形の科学会誌 第26巻 第2号 (2011)

目 次

【解説論文】	
Marcia P Sward Lobby タイリングの分析	
杉本晃久	122
【論文】	
価数 5 の node を備えた凸五角形タイリングの探索	
杉本晃久	132
近代絵画と飛行機―近代技術による心性の変容	
秋丸知貴	144
ポール・セザンヌの絵画理論―「感覚の実現」を中心に	
秋丸知貴	157
【交流】	
坂元宗和さんを偲ぶ	
渡辺泰成	172
「猿楽」の訓みと語源	
坂元宗和	173
書評「デザインサイエンス-百科事典―かたちの秘密をさぐる」	
高木隆司	193
【シンポジウム予稿】	
第 71 回 形の科学シンポジウム	
「形,模様,画像の時間変化の科学と応用」(追加掲載)	194
第72回 形の科学シンポジウム「運動と形」	
【会告】	
第 69 回形の科学シンポジウム討論記録 (追記) ····································	267
第 71 回形の科学シンポジウム討論記録 ····································	267
事務局からのニュースメール	274
会告	277
形の科学会誌の原稿募集 ····································	282
『形の科学会誌』論文投稿の案内	
形の科学会入会案内	

Marcia P Sward Lobby タイリングの分析

杉本晃久

科学芸術学際研究所 ISTA, 〒351-0036 朝霞市北原 2-5-28I 鈴木第 2 ビル 211 ismsugi@gmail.com

Analysis of Marcia P Sward Lobby Tiling

SUGIMOTO, Teruhisa

The Interdisciplinary Institute of Science, Technology and Art, Suzukidaini-building 211, 2-5-28 Kitahara, Asaka-shi, Saitama, 351-0036, Japan

(2011年4月1日受付、2011年6月1日受理)

要旨: 1995 年に Marjorie Rice は、価数 3, 4, 6 の node を備えた周期的な凸五角形タイリングを発見した。そのタイリングは、アメリカ数学協会のビルの床を飾っており、Marcia P Sward Lobby タイリングと呼ばれている。本稿では、node 比率の関係の視点から Marcia P Sward Lobby タイリングを解説する.

Abstract: In 1995 Marjorie Rice discovered a periodic convex pentagonal tiling with nodes of valence three, four and six. The entry foyer of the headquarters of the Mathematical Association of America is decorated by the tiling she discovered, which is called Marcia P Sward Lobby tiling. In this article, we explain this tiling from the viewpoint of the relations of node ratio.

Keywords: Convex pentagon, Tiling, Tile, Node, Marcia P Sward Lobby tiling.

1. はじめに

一種類の合同凸五角形のみでユークリッド平面を隙間なく充填できる凸五角形タイルの網羅問題は未解決で、一般に凸五角形タイル張り問題と呼ばれている。現在、凸五角形タイルは 14 種類の type に分類されている(図 1 参照)が、これ以外の type がないかどうかはまだ確定していない[1][2][5][7][9][13]。タイルによって埋め尽くした平面のパターンを、タイリングと呼ぶ。タイリング内の任意の 2 つの凸多角形が 1 つの頂点で交差しているか 1 つの辺を共有しているかのどちらかであるならば、その凸多角形によるタイリングを edge-to-edge と呼ぶ。14 種類の各 type の凸五角形タイルが生成するタイリングは、edge-to-edge な場合とそれ以外が混在している。図 1 から、type 4、type 5、type 6、type 7、type 8、type 9に属すものは edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形(edge-to-edge タイリングを生成可能な凸五角形タイル)だと確認できる。分類表では一般に、type 1 もしくは type 2 に属す凸五角形タイルが生成するタイリングは、図 1 のように non-edge-to-edge で表現され

ている.しかし特別な場合,type 1 もしくは type 2 に属す凸五角形タイルは,edge-to-edge タイリングを生成できる(図 2 参照).なお,図 1 と図 2 の各タイリング内で色がついている領域は,それぞれのタイリングの基本領域(並進のみで周期タイリングを生成するユニット)である.

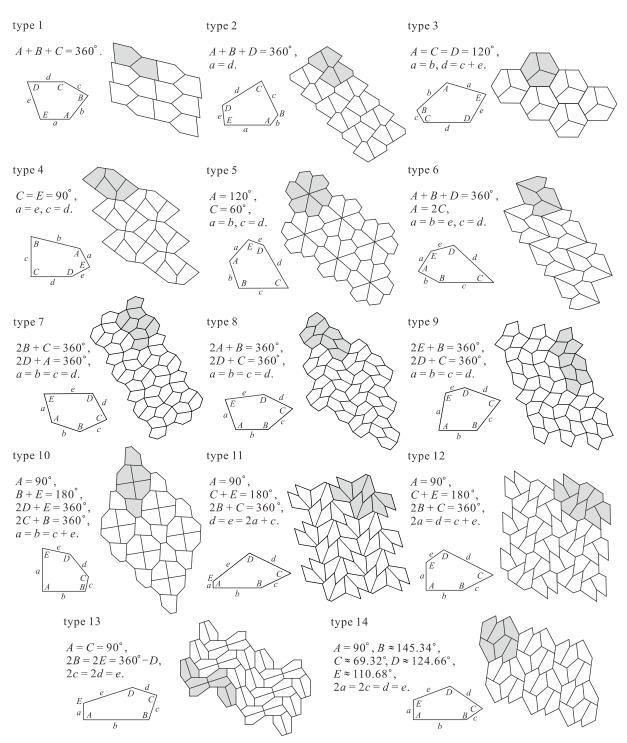


図 1. 凸五角形タイル 14 種類. 各タイリング内で色がついている領域は、それぞれのタイリングの基本領域.

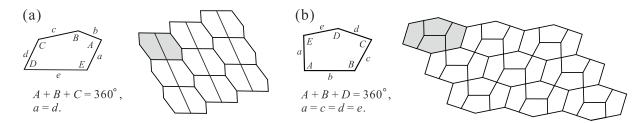


図 2. type 1 もしくは type 2 に属す凸五角形タイルを用いた edge-to-edge タイリング. 各タイリング内で色がついている領域は、それぞれのタイリングの基本領域. (a) type 1 に属す edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形. (b) type 2 に属す edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形.

$$V_3: V_k \approx 3k - 10:1$$
 (1)

である[11]. また、T内で使われる node の価数の種類が 2 種類に制限されなければ、Tの 価数 3 の node の個数 V_3 とその他の価数の node の個数 V_k との間には、

$$V_3 \approx \sum_{k \ge 4} (3k - 10) \cdot V_k \tag{2}$$

が成り立つ[11]. 上記の関係は数え上げ可能である V_s を必要とするため W の半径 ρ を有限のサイズとした(そのために式の左辺と右辺が完全なイコールでない)が, $\rho \to \infty$ として極限を考えれば式の左辺と右辺がイコールになると理解してかまわない.なお,(1)と(2)の関係は,T が周期タイリングか非周期タイリングかを問題にしない.実在する凸五角形タイルが生成した edge-to-edge タイリング内に W を考え,その内部のタイリングの node比率を調べると以下のようになる.価数 3 と 4 の node で形成されている図 1 の type 4, type 6, type 7, type 8, type 9 の edge-to-edge タイリングと図 2 の type 1, type 2 の edge-to-edge タイリングは,式(1)の k=4 の場合に該当する $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係を満たしている(各タイリング内に W を考えると W 内のタイリングで $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係が成り立っている).また,価数 3 と 6 の node で形成されている図 1 の type 5 の edge-to-edge タイリングは,式(1)の k=6 の場合に該当する $V_3:V_6\approx 8:1$ の関係を満たしている.

我々はこれまで、凸五角形タイルを用いた周期的な edge-to-edge タイリングに関して、

使われている node の価数の種類が 2 種類であるようなもの(価数 3 と 4 の node を備えた edge-to-edge タイリングか,価数 3 と 6 の node を備えた edge-to-edge タイリング)しか知らなかった。ただし,価数 5 もしくは 6 の node が 1 つだけ中心に存在し,その他はすべて価数 3 と 4 の node である回転対称な edge-to-edge タイリング(非周期的な edge-to-edge タイリング)は知っていた[3][7][8][10][12]. 最近,Marjorie Rice が凸五角形タイルを用いた価数 3 と 4 と 6 の 3 種類の node を備えた周期的な edge-to-edge タイリングを,1995 年に発見していたことを知った[4]. そのタイリングは,アメリカ数学協会のビルの床を飾っており,「Marcia P Sward Lobby タイリング」と呼ばれている(図 3 参照)[6]. なお,Marcia P Sward とはアメリカの数学者の名前である。本稿では,Marcia P Sward Lobby タイリングの性質を,我々が以前に導いた node 比率の関係の視点から分析した結果を紹介する.

2. 現行の分類の説明

前章で述べたように凸五角形タイルは、図 1 の type 1~type 14 の 14 種類に現在分類されている。例えば、type 1 に属す凸五角形タイルとは、隣接した 3 つの内角の和が 360° (もしくは、隣接した 2 つの内角の和が 180°) の関係を満たす凸五角形であり、その関係を図1では $A+B+C=360^\circ$ と表している。各 type の条件は、その type に属す凸五角形がタイル張り可能であるために最低限必要な角と辺の関係を表している。その最低限必要な角と辺の関係と最少個数の凸五角形で形成される基本領域とで生成されたタイリングを、type の基



図 3. アメリカ数学協会のビルの床の Marcia P Sward Lobby タイリング (出典: http://mat htourist.blogspot.com/2010/06/tiling-with-pentagons.html).

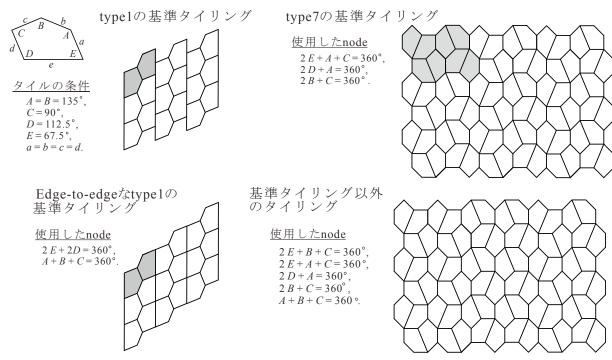


図 4. type 1 と type 7 両方に属す凸五角形タイルとそのタイルを使ったタイリングの例.

準タイリングと呼ぶことにする。また、type 14 の凸五角形タイル以外は、サイズ以外の自由度をもつ。そのため現行の分類法に従うと、同時に 2 つ以上の type に属すような凸五角形タイルや、基準タイリング以外のタイリングを生成できるものが存在する。例えば、図4 の凸五角形は type 1 と type 7 の両方に属し、それぞれの基準タイリングを生成でき、さらにそれ以外のタイリングも生成できる。

edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形と基準タイリングとの関係をまとめると次のよ うになる. type 4, type 6, type 7, type 8, type 9 の少なくともどれか 1 つに属している凸五角 形タイルは、それが属している type の基準タイリングを生成でき、その基準タイリングは edge-to-edge で $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係を満たす. type 5 に属す凸五角形タイルは, type 5 の 基準タイリングを生成でき、それは edge-to-edge で $V_3:V_6\approx 8:1$ の関係を満たす. 一方、 type 1 もしくは type 2 に属す凸五角形が、図 2 のような 3 つの異なる頂点で形成された 1種類の価数3の node とその価数3の node には含まれない2つの頂点で形成された1種類 の価数 4 の node で形成される edge-to-edge タイリングを生成できるとき、その凸五角形は edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形である. 以下, type 1 (もしくは type 2) に属す凸 五角形が edge-to-edge タイル張り可能であるために最低限必要な角と辺の関係 (例えば、 type 1 ならば「 $A+B+C=360^\circ$, a=d」, type 2 ならば「 $A+B+D=360^\circ$, a=d, c=e」の関係)と 最少個数の凸五角形で形成される基本領域とで生成した edge-to-edge タイリングを, type 1 (もしくは type 2) の edge-to-edge な基準タイリングと呼ぶことにする. そして, type 1 も しくは type 2 の edge-to-edge な基準タイリングは, $V_3: V_4 \approx 2:1$ の関係を満たす. 本稿で, type 1 (もしくは type 2) に属す edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形とは, type 1 (もし くは type 2) の edge-to-edge な基準タイリングを生成できる凸五角形タイルとする. したが って、図4の凸五角形は、type1に属す edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形である.

3. Marcia P Sward Lobby タイリング

図 3 の Marcia P Sward Lobby タイリングに使用されている凸五角形タイルは、図 5 に示したような「 $A=90^\circ$, $B=E=120^\circ$, $C=60^\circ$, $D=150^\circ$, a=e, b=c=d」という角と辺の条件を備えている。この凸五角形タイルは、 $D+E+A=360^\circ$ が成り立つので type 1 に属すことがわかり、さらにb=dより type 1 に属す edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形であるとわかる。なおこの凸五角形は $A+B+D=360^\circ$ の関係を持つが、辺が $a\neq d$ かつ $c\neq e$ なので type 2 には属さないことを注意しておく。この凸五角形タイルは、1 種類の価数 3 の node $D+E+A=360^\circ$ と 1 種類の価数 4 の node $2B+2C=360^\circ$ を備えた、図 5 のようなタイリングを生成できる。図 5 のタイリングは、type 1 の edge-to-edge な基準タイリングであり、 $V_3:V_4\approx2:1$ の関係を満たしている。

本稿では、node をそれを形成する頂点の記号で表すことにする.例えば、図 5 のタイリングの価数 3 の node $D+E+A=360^\circ$ は DEA と表し、価数 4 の node $2B+2C=360^\circ$ は BBCC と表す.価数 4 以上の node には頂点の順序や配置の情報が本来含まれたほうが親切かもしれないが、本稿ではそれらの情報を含まないことにする.

図 5 のタイリングの基本領域は、図 5 に示したような 2 個の凸五角形で形成される.ここで、タイリングの node の要素と基本領域の関係に注目しよう.図 5 の基本領域には、凸五角形の頂点 B と頂点 C が集結し $B+C=180^\circ$ (この集結を BC と表すことにする)となっている箇所が 2 カ所存在し、頂点 A, D, E はそれぞれ単独に 2 カ所ずつ存在する.図 5 のタイリングにおいて、頂点 B, C は価数 4 の node BBCC の要素であり、頂点 A, D, E は価数 3 の node DEA の要素である.以上から、基本領域には BBCC のパーツである BC が 2 個存在し、DEA のパーツである頂点 A, D, E がそれぞれ 2 個ずつ存在すると言える(なお基本領域は 2 個の凸五角形で形成されているので、各頂点が 2 個ずつ含まれる).つまり基本領域は、2 つの 3 の node 3 の

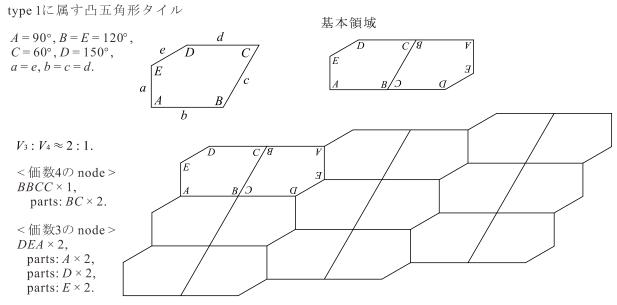


図 5. Marcia P Sward Lobby タイリングに使われている凸五角形タイルとそのタイルを使った type 1 の edge-to-edge な基準タイリング.

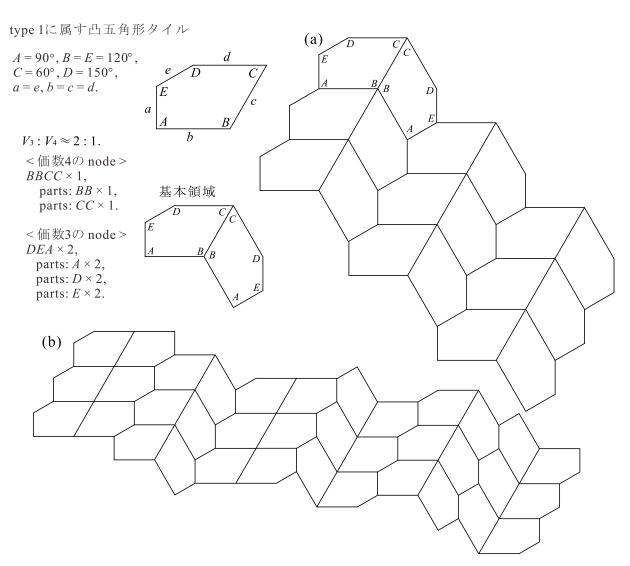


図 6. Marcia P Sward Lobby タイリングに使われている凸五角形タイルとそのタイルを使ったタイリング.

域が備えている価数 3 の node と価数 4 の node の個数の比率は 2:1 と言える. つまり,この基本領域で生成したタイリングは価数 3 の node と価数 4 の node の個数の比率は 2:1 になり,これは上述したこのタイリングが $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係を満たすという内容と合致する. この場合のように,タイリングの基本領域が備えている node の性質から,そのタイリングがどのような node 比率の関係を持つかがわかる.

一方で、Marcia P Sward Lobby タイリングに使用されている凸五角形タイルは、a=eの関係をもつので、図 6 (a)のようなタイリングも生成できる。図 6 (a)のタイリングも、1種類の価数 3 の node DEA と 1 種類の価数 4 の node BBCC で構成されている(ただしこのタイリングは、type 1 の edge-to-edge な基準タイリングではない)。図 6 (a)のタイリングの基本領域を、2 個の凸五角形が辺 BC (=c) で鏡映に張り合わさった形に選ぶと、その基本領域には BBCC のパーツである BB と CC が 1 個存ずつ存在し、DEA のパーツである頂点 A, D, E がそれぞれ 2 個ずつ存在すると言える。したがって、その基本領域が備えている価数 3 の node と価数 4 の node の個数の比率 2:1 と言えることから、図 6 (a)のタイリングが $V_3:V_4$

 $\approx 2:1$ の関係を満たすと理解できる. さらにこの凸五角形は、図 5 の基本領域と図 6 (a) の基本領域 (180 度回転したものを使うことも可能) を 1 次元方向に自由に組み合わせて、図 6 (b)ようなタイリングを生成できる. このようなタイリングでも、図 5 と図 6 (a)の基本領域と同形の要素で構成されていることを考慮すれば、タイリングが $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係を満たすと理解できるであろう.

4. おわりに

Marcia P Sward Lobby タイリングは、凸五角形タイルを用いた周期的な edge-to-edge タイリングの 1 つであるが、価数 3 と 4 と 6 の 3 種類の node を備えた非常にユニークなタイリングである。ただし、このタイリングの凸五角形タイルは、type 1 に属す凸五角形であり、図 5 のような type 1 の基準タイリングも生成でき、特殊な形をしているとは言い難い。

我々は、式(1)と(2)を与えるのと同時に、価数 3 と 4 と 6 の 3 種類の node を備えた凸五角形タイリングが存在した場合、そのタイリングの node 比率の関係(正確には、そのタイリング内に考えた有限の半径 ρ (0 << ρ < ∞)の円 W内部のタイリング T の node 比率の関係)を以下のように与えた[11].

$$V_3: V_4: V_6 \approx (2x+8y): x: y$$
 (3)

ここで x=1,2,3,...,y=1,2,3,...とする。Marcia P Sward Lobby タイリングは、3 章で示したようにそれを生成する基本領域が備えている価数 3 と 4 と 6 の node の個数の比率が 20:6:1 であることから、式(3)の(x,y)=(6,1)の場合に該当する $V_3:V_4:V_6\approx 20:6:1$ の関係を満たすタイリングである。

我々が式(3)を導いた時点で、すでに Marcia P Sward Lobby タイリングは発見されていたわけだが、我々はその存在を最近まで知らなかった。我々は Marcia P Sward Lobby タイリングを知ったとき、式(3)の関係を満たす凸五角形タイリングが実際に存在していたことに驚いた。

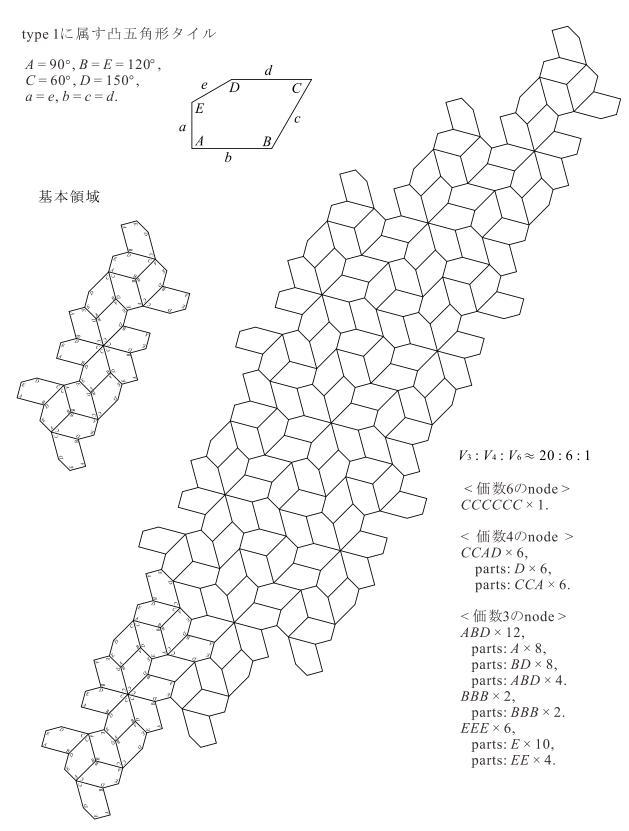


図 7. Marcia P Sward Lobby タイリングとその基本領域.

文献

- [1] Gardner, M. (1975) On tessellating the plane with convex polygon tiles, *Scientific American*, July, 112–117.
- [2] Grünbaum, B. and Shephard, G. C. (1987) *TILINGS AND PATTERNS*, W. H. Freeman and Company, New York, pp.15-35 (Chapter 1), pp.113-134 (Chapter 3), pp.471-487, pp.492-497 and pp.517–518 (Chapter 9).
- [3] Hirschhorn, M. D. and Hunt, D. C. (1985) Equilateral convex pentagons which tile the plane, *Journal of Combinatorial Theory*, Series A **39**, 1–18.
- [4] Peterson, I. (2010) Tiling with Pentagons, http://mathtourist.blogspot.com/2010/06/tiling-with-pentagons.html (accessed 16 October 2010)
- [5] Kershner, R. B. (1968) On paving the plane, American Mathematical Monthly, 75, 839-844.
- [6] Mathematical Association of America, *BUILDING GUIDE*, http://www.maa.org/development/MAA_buildingguide.pdf (accessed 16 October 2010)
- [7] Schattschneider, D. (1978) Tiling the Plane with Congruent Pentagons, *Mathematics Magazine*, **51**, 29–44.
- [8] Schattschneider, D. (1981) In Praise of Amateurs, *The Mathematical Gardner* (ed. D. A. Klarner), Wadsworth International, Belmont, pp.140–166.
- [9] Sugimoto, T. and Ogawa, T. (2005) Systematic Study of Convex Pentagonal Tilings, I: Case of Convex Pentagons with Four Equal-length Edges, *Forma*, **20**, 1–18.
- [10] 杉本晃久,小川泰 (2006) 充填凸五角形とそのタイル張り模様の系統的研究 IV 4 等辺凸五角形 4: 集結条件を課さない場合のタイル張りと 5 等辺の場合,形の科学会誌,第 21 巻 第 1 号, 1-12.
- [11] Sugimoto, T. and Ogawa, T. (2006), Properties of Tilings by Convex Pentagons, Forma, 21, 113–128.
- [12] Sugimoto, T. and Ogawa, T. (2009) Systematic Study of Convex Pentagonal Tilings, II: Tilings by Convex Pentagons with Four Equal-length Edges, *Forma*, **24**, 93–109.
- [13] Wells, D. (1991) *The Penguin Dictionary of Curious and Interesting Geometry*, London: Penguin Books, pp.177–179.

価数5のnodeを備えた凸五角形タイリングの探索

杉本晃久

科学芸術学際研究所 ISTA, 〒351-0036 朝霞市北原 2-5-28I 鈴木第 2 ビル 211 ismsugi@gmail.com

Search of Convex Pentagonal Tiling with 5-valent Nodes

SUGIMOTO, Teruhisa

The Interdisciplinary Institute of Science, Technology and Art, Suzukidaini-building 211, 2-5-28 Kitahara, Asaka-shi, Saitama, 351-0036, Japan

(2011年6月29日受付、2011年10月6日受理)

要旨: 価数 5 の node を備えた周期的な edge-to-edge タイリングを生成出来る凸五角形タイルが存在するかは知られていない. 本論文では, 72° の内角を 2 つ備えた凸五角形が価数 5 の node を備えた edge-to-edge タイリングを生成可能かを考察した.その結果,その 72° の内角を 2 つ備えた凸五角形を用いて価数 5 の node を備えた(無限に広がる) edge-to-edge タイリングは生成不可能であった.

Abstract: It is unknown whether there is a convex pentagon that can generate a periodic edge-to-edge tiling with 5-valent nodes. In this paper, we considered whether a convex pentagon with two interior angles of 72° can generate an edge-to-edge tiling with 5-valent nodes. As a result, the (infinite) edge-to-edge tiling with 5-valent nodes can not be generated by using the convex pentagons with two interior angles of 72°.

Keywords: Convex pentagon, Edge-to-edge tiling, Tile, Node, Fundamental region.

1. はじめに

一種類の合同凸五角形のみでユークリッド平面を隙間なく充填できる凸五角形タイルの網羅問題は未解決で、一般に凸五角形タイル張り問題と呼ばれている.凸五角形タイルは現在 14種類の type に分類されている(付録 A.2 参照)が、これ以外の type がないかどうかはまだ確定していない[1][2][5][10][14]. タイルによって埋め尽くした平面のパターンを、タイリングと呼ぶ.タイリング内の任意の 2 つの凸多角形が 1 つの頂点で交差しているか 1 つの辺を共有しているかのどちらかであるならば、その凸多角形によるタイリングを edge-to-edge と呼ぶ.本稿では、edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形とそれが生成する edge-to-edge タイリングに注目する.そして、edge-to-edge タイリング内で、n 個のタイルが 1 点に会する点を価数 n の nodeと呼ぶことにする.凸五角形タイルによる edge-to-edge タイリングは、価数 3 の node と価数 4 以上の node を備えている必要がある[10].

我々はこれまで、凸五角形タイルを用いた周期的な edge-to-edge タイリングに関して、使われている node の価数の種類が 2 種類であるようなもの (価数 3 と 4 の node を備えた edge-to-edge タイリングか、価数 3 と 6 の node を備えた edge-to-edge タイリング)しか知らなかった。ただし、価数 5 もしくは 6 の node が 1 つだけ中心に存在し、その他はすべて価数 3 と 4 の node である回転対称な edge-to-edge タイリングは知っていた[3][7][9][11]。最近、Marcia P Sward Lobby タイリングと呼ばれている価数 3 と 4 と 6 の 3 種類の node を備えた凸五角形タイルによる周期的な edge-to-edge タイリングを、1995年に Marjorie Rice が発見していることを知った[4][13][6]。

Marcia P Sward Lobby タイリングを知ったとき,我々は価数 3 の node の性質に着目して edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形の研究を行っていた[12]. そしてその研究過程で, Marcia P Sward Lobby タイリングで用いられている凸五角形タイルを得ていた.我々の上記の研究では,凸五角形がタイル張り可能であるかどうかを判定することを優先していたので,既存の type に属していると判定できた凸五角形はそれが実際にどのようなタイリングを生成できるかを調べなかった.したがって, Marcia P Sward Lobby タイリングの存在に気づくことはなかった.

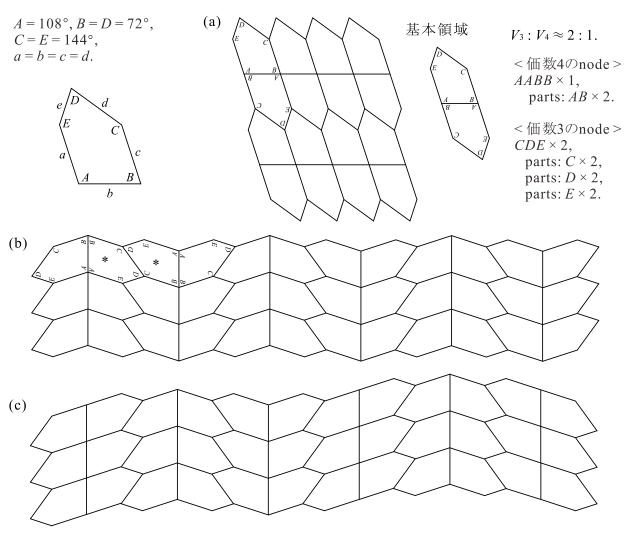


図 1. 72° の内角を 2 つ備えた 4 等辺凸五角形 P_s と,その P_s で生成した type 1 の基準となる edge-to-edge タイリングと,価数 3 の node $C+D+E=360^\circ$ と価数 4 の node $2A+2B=360^\circ$ で形成されるその他の edge-to-edge タイリング. 記号 $A\sim E$ と共に*のある凸五角形は,鏡映像(裏返したもの)である.

Marcia P Sward Lobby タイリングを知ったことで,我々の上記の研究過程で見つけた,図1に示した 72° の内角を 2 つ備えた 4 等辺凸五角形(条件: $A=108^\circ, B=D=72^\circ, C=E=144^\circ, a=b=c=d$)の存在が気になり始めた.以下,この凸五角形を P_s と呼ぶことにする.角と辺の関係から, P_s は type 1 と type 2 に属す凸五角形タイルである(付録 A.2 参照).例えば,図 1 のような edge-to-edge タイリングを生成出来る.一方で, P_s は 72° の内角を備えていることから,5 つの頂点が 1 点に集結するような組合せが何パターン(図 5 参照)か可能である.この特性から,我々は P_s が価数 5 の node を備えた edge-to-edge タイリングを生成できないのかという興味が湧き,調査を行った.本論文では,その結果を報告する.

2. Node の性質と基準タイリング

我々はこれまでの研究で、凸五角形タイルを用いた edge-to-edge タイリングに適応できる node 比率に関して以下のような特性を与えた。まず、凸五角形タイルで生成した edge-to-edge タイリングの内部に有限の半径 ρ (0 << ρ < ∞)の円 W を考える。そして、W 内のタイリング T の価数 s の node の個数を V_s ($s \ge 3$) をする。そのとき、T が価数 3 と価数 k の node のみ形成 されているならば、 V_3 と V_k ($k \ge 4$) の比率は、

$$V_3: V_k \approx 3k - 10:1$$
 (1)

である[10]. 上記の関係は数え上げ可能である V_s を必要とするため Wの半径 ρ を有限のサイズ とした(そのために式の左辺と右辺が完全なイコールでない)が, $\rho \to \infty$ として極限を考えれば式の左辺と右辺がイコールになると理解してかまわない.

本研究では、type に属す凸五角形がタイル張り可能であるために最低限必要な角と辺の関係と最少個数の凸五角形で形成される基本領域とで生成されたタイリングを、type の基準タイリングと呼ぶことにする。さらに、type 1(もしくは type 2)に属す凸五角形が edge-to-edge タイル張り可能であるために最低限必要な角と辺の関係(例えば、type 1 ならば「 $A+B+C=360^\circ$, a=d」、type 2 ならば「 $A+B+D=360^\circ$, a=d, c=e」の関係)と最少個数の凸五角形で形成される基本領域とで生成した edge-to-edge タイリングを、type 1(もしくは type 2)の edge-to-edge な基準タイリングと呼ぶことにする[13]。図 1 (a)のタイリングは、type 1 の edge-to-edge な基準タイリングであり、 $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係を満たす(タイリング内に W を考えると W 内のタイリングで $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係が成り立っている)[10][13]。また、図 1 (a)のタイリングを生成する基本領域(タイリングを並進のみで生成するユニット)は 2 個の凸五角形で形成され、本論文では図のように P_s を辺 AB(=b)で回転対称に張り合わせた形を採用した。つまり P_s は、type 1 の edge-to-edge な基準タイリングを生成できる凸五角形タイルである。

なお上述したように、 P_s は type 2 にも属すので type 2 の基準タイリングを生成出来る.ただし、その生成出来る type 2 の基準タイリングは、「 $B+C+E=360^\circ$ 、a=d、 $b\neq e$ 」から、non-edge-to-edge である(付録 A.1 の図 8 参照).

3. 価数 *n* の仮 node

本研究では、図 2 (a)のような、n 個の凸五角形が 1 点に会し(つまり、集まっている頂点の内角和が 360°)かつその点に集まっている凸五角形の辺が等しい辺長同士のみで接触しているような点を、価数 n の仮 node と呼ぶことにする。したがって、図 2 (b)のような頂点が 1 点に

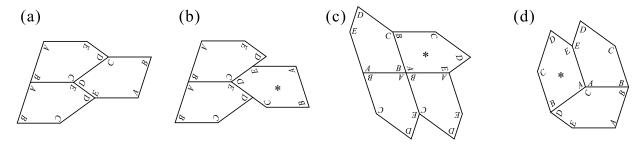


図 2. 仮 node となる場合(a)と、仮 node でない場合(b)と、仮 node としての条件は満たしているが P_s を用いた edge-to-edge タイリングでは使用できない場合(c)と(d).

会しているがその点に集まっている凸五角形の辺が等しい辺長以外とも接触しているようなものは、仮 node に含まれない. なお仮 node すべてが、edge-to-edge タイリングで使用できるとは限らないことを注意しておく.

本論文では、node と仮 node をそれを形成する頂点の記号で表すことにする. 例えば、図 1 のタイリングの価数 3 の node $C+D+E=360^\circ$ は CDE と表し、価数 4 の node $2A+2B=360^\circ$ は AABB と表す. 価数 4 以上の node (もしくは仮 node) の表記には、頂点の順序や配置の情報が含まれないことにする.

頂点 $A\sim E$ の集結方法で、凸五角形 P_s が形成できる仮 node は以下の 13 種類(4 種の価数 3 の 仮 node と、6 種の価数 4 の仮 node と、3 種の価数 5 の仮 node)であり、それらで edge-to-edge タイリングで使用できる可能性があるものを図 $3\sim 5$ に示した.

価数 3 の仮 node: CDE, AAC, CCB, EEB.

価数 4 の仮 node: AABB, AADD, BBDE, DDBC, BBBC, DDDE.

価数 5 の仮 node: BBBBB, BBBDD, DDDDB.

上記の 13 種の仮 node と P_s の幾何的性質を考慮し、実際にどのような形の仮 node が存在する かを確認する. 例えば、 $C+D+E=360^{\circ}$ という集結を考えた場合、1点に集まっている3つの凸 五角形 P_s はそれぞれ表向きと裏向き(頂点 C の凸五角形の表と裏向き、頂点 D の凸五角形の 表と裏向き、頂点 E の凸五角形の表と裏向き)に配置可能なので、 P_s の配置の組合せは 2×2 $\times 2 = 8$ 通りある. しかし, $C+D+E = 360^{\circ}$ が価数 3 の仮 node であるには辺 DE (辺 e) は常に辺 DE と接触する必要があるので、図 2 (b)のような配置は許されない. したがって、 $C+D+E=360^{\circ}$ という集結に関しては、図 3 (a)と(b)のような配置で P_s を 3 つ組み合わせたものと図 3 (a)と(b) の鏡映像のみが, 価数 3 の仮 node CDE である. また, 仮 node としての条件は満たしているが, P_s を用いた edge-to-edge タイリングでは使えないもの (edge-to-edge タイリングの規則に反する 箇所を持つもの)がいくつか存在する. 例えば、図 2(c)の価数 4 の仮 node AABB は頂点 A と頂 点 E が一カ所に集結しているパーツ AE を持つが、頂点 A と頂点 E が集結するような仮 node は上記 13 種の中に存在しない. また図 2(d)の価数 3 の仮 node AAC は 2 つの頂点 E が一カ所に 集結しているパーツ EE を持つが、頂点 E が 2 つ以上集結するような仮 node は EEB しかなく それは図3(i)のような配置とその鏡映像だけであるので、図2(d)の EE 部は仮 node にはならな い. 以上のような性質を考慮すると、上記 13 種の仮 node の中で P_s を用いた edge-to-edge タイ リングで使用できる可能性を持つものは、図 3~5 に示したものとそれらの鏡映像だけである

と導ける.

4. 凸五角形 P_s を用いた価数 3 と 4 の node を備えたタイリングに関する考察

前節で求めた仮 node に関する結果と edge-to-edge タイリングの node 比率の関係を基に、 P_s を用いてどのような edge-to-edge タイリングが可能かを考察する。まず、凸五角形 P_s が生成出来る $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係を満たす edge-to-edge タイリングについて考察してみる。 $V_3:V_4\approx 2:1$ と基本領域に使われる凸五角形の個数と仮 node の情報から、価数 3 と 4 の仮 node の組合せの例として(i) CDE, CDE, AABB., (ii) AAC, CDE, BBDE., (iii) CCB, EEB, AADD., (iv) EEB, AAC, DDBC., (v) CDE, AAC, CCB, EEB, AABB, DDDE.などを考えることが出来る。(i)~(iv)は、価数 3 の node 5 を 5 を 5 を 5 の node 5 を 5 を 5 を 5 の node 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を 5 を

(i)~(v)は、記号 $A\sim E$ を使った表記上では $V_3:V_4\approx 2:1$ の関係も満たし頂点の総数などに 矛盾はないが、(i)と(iv)以外は edge-to-edge タイリングが存在しない。例えば、(iii)の場合は、 edge-to-edge タイル張りで使用できる可能性がある価数 4 の仮 node AADD は図 4 (e)と(f)とその 鏡映像だけである。図 4 (e)と(f)の P_s の集まりを見ると、そこには頂点 C と頂点 E が集結する 箇所が存在している。しかし、(iii)の場合には頂点 C と頂点 E が集結する(CDE のような)仮 node は存在しない。したがって、 P_s は価数 3 の node CCB, EEB と価数 4 の node AADD のみで 形成されるような edge-to-edge タイリングを生成出来ない。同様に、(ii)と(v)の場合も、 P_s はそれぞれの価数 3 の node と価数 4 の node の組合せのみで形成されるような edge-to-edge タイリングを生成出来ないと導ける。

(i)の場合は、図1のタイリングに該当する.図1(a)のタイリングは、前述したように、type 1の edge-to-edge な基準タイリングである.図1 (b)のタイリングは、2 個の P_s を辺 AB で鏡映に張り合わさった形を利用して生成されたタイリングである.さらに P_s は、図1(a)の基本領域と図1(b)の2個の凸五角形を辺 AB で鏡映に張り合わさった形を1次元方向に自由に組み合わせて、図1(c)ようなタイリングも生成できる.ここで、タイリングの node の要素と基本領域の関係に注目しよう.図1(a)のタイリングにおいて、頂点 A,B は価数 4 の node AABB の要素であり、頂点 C,D,E はすべて価数 3 の node CDE の要素である.図1(a)のタイリングの基本領域に

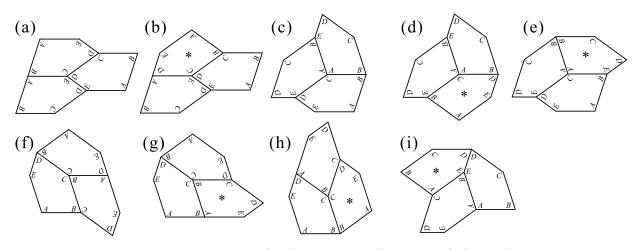


図 3. Edge-to-edge タイリングで使用できる可能性がある価数 3 の仮 node.

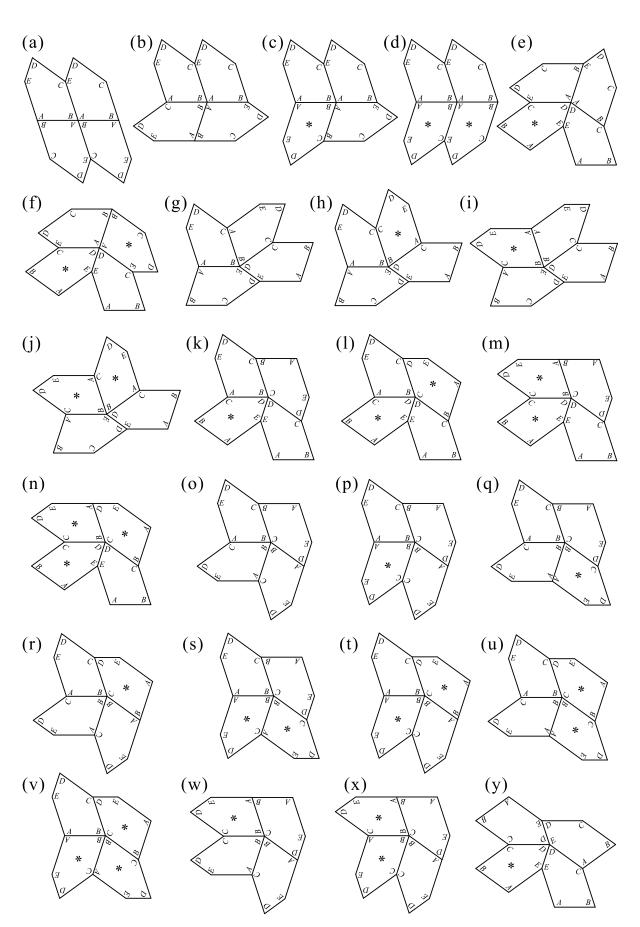


図 4. Edge-to-edge タイリングで使用できる可能性がある価数 4 の仮 node.

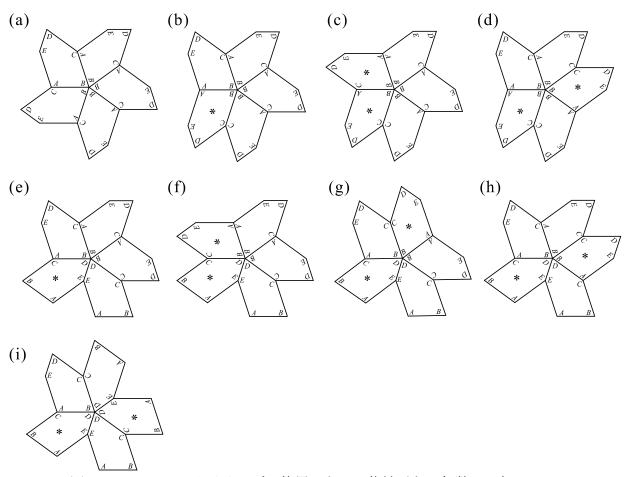


図 5. Edge-to-edge タイリングで使用できる可能性がある価数 5 の仮 node.

は、AABB のパーツである頂点 A と頂点 B が集結した箇所 AB が 2 カ所存在し、CDE のパーツ

である頂点 C, D, E はそれぞれ単独に 2 カ所ずつ存在する. つまり基本領域は, 2 つの AB があ るので 1 個分の価数 4 の node AABB を持ち、頂点 C, D, E がそれぞれ 2 個ずつあるので 2 個分 の価数3の node CDE を持っていると言える. この基本領域で生成したタイリングは価数3の node と価数 4 の node の個数の比率は 2:1 になり, これは上述した図 1 (a)のタイリングが $V_3:V_4$ ≈ 2:1の関係を満たすという内容と合致する.この場合のように、タイリングの基本領域が備 えている node の性質から、そのタイリングがどのような node 比率の関係を持つかがわかる. 同様に考察すると、図1(b)、(c)のタイリングも $V_1: V_4 \approx 2:1$ の関係を満たすとわかるであろう. (iv)に関しては, edge-to-edge タイル張りで使用できる可能性がある価数 4 の仮 node DDBC は, 図 4 (k), (l), (m), (n)に示した 4 種類である. この 4 種類のうち 2 種類(図 4 (m)と(n))は,2つ の頂点 C が集結する箇所が存在しているので、 P_s は EEB, AAC, DDBC のみで形成される edge-to-edge タイリングを生成できないとわかる. 残り 2 種類 (図 4 (k)と(l)) に関しては、 P_s が EEB, AAC, DDBC のみで形成される図 6 のような edge-to-edge タイリングを生成できる. 図 6(a)のタイリングは、基本領域が 4 個の P_s で形成され、その基本領域には EEB, AAC, DDBC が それぞれ 2 個分含まれている(1 個の EEB と EEB のパーツである EE と B が 1 個ずつ存在し、 AAC のパーツである AA と AC と A と C が 1 個ずつ存在し、図 4 (I) に該当する DDBC のパー ツである DD と B と C が 2 個ずつ存在する). したがって, 基本領域が備えている価数 3 の node と価数 4 の node と個数の比率は、(2+2): 2 = 2:1 である. 一方、図 6(b)のタイリングは、基本

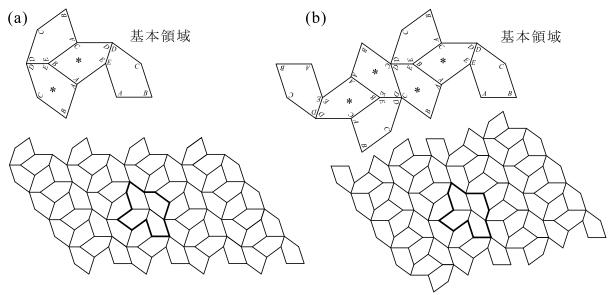


図 6. Node EEB, AAC, DDBC で形成される edge-to-edge タイリング. (a)と(b)のタイリング内の太枠の領域は、図 4 (l)の DDBC と図 4 (k)の DDBC の形にそれぞれ該当する.

領域が 8 個の P_s で形成され、その基本領域には EEB, AAC, DDBC がそれぞれ 4 個分含まれている。 この DDBC は、図 4 (k)に該当する。したがって、基本領域が備えている価数 3 の node と価数 4 の node と個数の比率は、(4+4): 4=2:1 である。以上より、図 6 (a)と(b)のタイリングは共に、 $V_3: V_4 \approx 2:1$ の関係を満たしているとわかる。

図 6 (a)と(b)のタイリングの基本領域を比べると、図 6 (b)の基本領域は、図 6 (a)の基本領域とそれを 180°回転したものをあわせた形をしているとわかる。実は凸五角形 P_s を用いた EEB, AAC, DDBC のみで形成されるような edge-to-edge タイリングは、図 6 (a)の基本領域とそれを 180°回転したものを、1 次元方向に自由に組み合わせてタイリングを生成できる。この P_s は、我々の論文[8][11]で C12-T1C と名付けた凸五角形タイル (条件「C+D+E=360°, C=2B, a=b=c=d」)の C=E=144° の場合に該当するものである。

5. 凸五角形 P_s が価数 5 の node を備えたタイリングが可能かどうかの考察

それでは、凸五角形 P_s が価数 5 の node を備えた edge-to-edge タイリングを生成可能かを考察する. もし、 P_s が価数 3 と 5 の node のみを備えた edge-to-edge タイリングを生成可能ならば、そのタイリングは(1)より、 $V_3:V_5\approx 5:1$ を満たす. さらに、もし P_s が価数 3 と価数 4 と価数 5 の node を備えた edge-to-edge タイリングを生成可能ならば、それは、 $V_3:V_4:V_5\approx (2x+5y):x:y$ (x=1,2,3,... and y=1,2,3,...) を満たすことがわかっている[10]. 例えば、 $V_3:V_5\approx 5:1$ の関係を満たす場合として、「CDE、CDE、CDE、CDE 、CDE CDE 、CDE CDE 、CDE 、CDE 、CDE 、CDE 、CDE CDE 、CDE 、CDE CDE CD

問題は、価数 5 の node が実際に edge-to-edge タイリング内に存在できるかである.そこで、図 5 のそれぞれの価数 5 の仮 node の周りに使用可能な仮 node を順々に形成し、 P_s が edge-to-edge タイリングの規則に従って配置するとどうなるかを調べる.価数 5 の node を備えた edge-to-edge タイリングが存在するならば周期的な構造が見えてくるだろうし、価数 5 の node を備えた

edge-to-edge タイリングが存在できないなら破綻する箇所 (次のタイルをおけない箇所) が現れるはずである. 図 5 の価数 5 の仮 node 全部の考察過程を示すのは容量的に不可能なので、1 の価数 5 の仮 node を例にして考察方法を説明する.

図 7 は、図 5 (a)の価数 5 の仮 node BBBBB が価数 5 の node にならない (価数 5 の node とし て edge-to-edge タイリングで使えない)ことを示した図である.まず STEP 1として、図 7 (a) の BBBBB を形成している 5 個の凸五角形において、頂点 A と頂点 C が集結している箇所に注 目する. 凸五角形 P_s で頂点Aと頂点Cが集結できる方法は,AACだけである. AACが edge-to-edge タイリングで存在可能な状態であるような P_s の配置は、図 7 (b)(図 3 (c))のような配置しか ない. 図 7 (c) (図 2 (d)) の灰色の凸五角形のような配置にすると, edge-to-edge タイリングの 規則に従ってタイルを配置できない箇所が出現する. したがって,図 7 (b)のように3 カ所に AAC を形成した状態を作る. STEP 2 では、8 つの P_s で形成された図 7 (b)の頂点 D と頂点 E が 集結している箇所に注目する. edge-to-edge タイリングなので、頂点 D と頂点 E が集結してい る箇所は、構成している辺の関係より図 4(y)の DDDE を形成するようにしか P_s を配置できな い. したがって、図7(d)のように 2 カ所に DDDE を形成する(このとき隣接して EEB が形成 される). STEP 3 では、図 7 (d)で出来た頂点 A と頂点 C が集結する箇所に注目する. 頂点 A と 頂点 C が集結する箇所は AAC にしか出来ないので、 P_s の配置は図 7 の(e)か(f)のような 2 つの みである.しかし、図7(f)の灰色の凸五角形ように配置すると、edge-to-edge タイリングではな くなる. したがって、 P_s の配置は図 7 (e)と決まる. STEP 4 では、図 7 (e)で配置した P_s の辺 DEに注目する. タイリングは edge-to-edge なので、唯一辺長の異なる辺DE は常に辺DE と接触す る. したがって、図 7(e)で配置した P_s の辺 DE と接触する P_s を配置する方法は、返 7 の(g) と(h)の灰色の凸五角形のどちらかになる. しかし, $\boxtimes 7(g)$ のように配置すると P_s を配置できないス ペースが現れ,図7(h)のように配置するとすでに配置されている凸五角形に重なる状態になる. つまり、図 7 (e)の状態から次の P_s を配置しようとすると、edge-to-edge タイリングの規則に従 えない箇所が必ず出現する. したがって, 図 7 (a)の BBBBB は, 価数 5 の node にならない (edge-to-edge タイリングで使用できない).

同様な考察を、図 5 のすべての価数 5 の仮 node に関して行った。その結果、 P_s を順々に配置していくと、すべての場合で edge-to-edge タイリングの規則に従えない箇所(edge-to-edge タイリングの規則が破綻する箇所)が必ず出現するとわかった。したがって、図 5 のすべての価数 5 の仮 node は、価数 5 の node になりえない。

6. まとめ

本論文では、図 1 に示したような 72°の内角を 2 つ備えた条件「A=108°, B=D=72°, C=E=144°, a=b=c=d」の凸五角形 P_s が、価数 5 の node を備えた edge-to-edge タイリングが生成出来ないかを調べた。その結果、 P_s は価数 5 の node を備えた(無限に広がる)edge-to-edge タイリングは生成不可能とわかった。なお、現在までに凸五角形タイルを用いた edge-to-edge タイリングで、価数 5 の node を備えた周期的なものは知られていない。

一方でこの P_s は、価数 3 と価数 4 の node を備えた edge-to-edge タイリングに関して全く異なる node の組合せを持つもの(図 1 と図 6 参照)を生成でき、さらに non-edge-to-edge タイリングを許すと type 2 の基準タイリング(図 8 参照)も生成できる珍しい性質を備えているものであった.

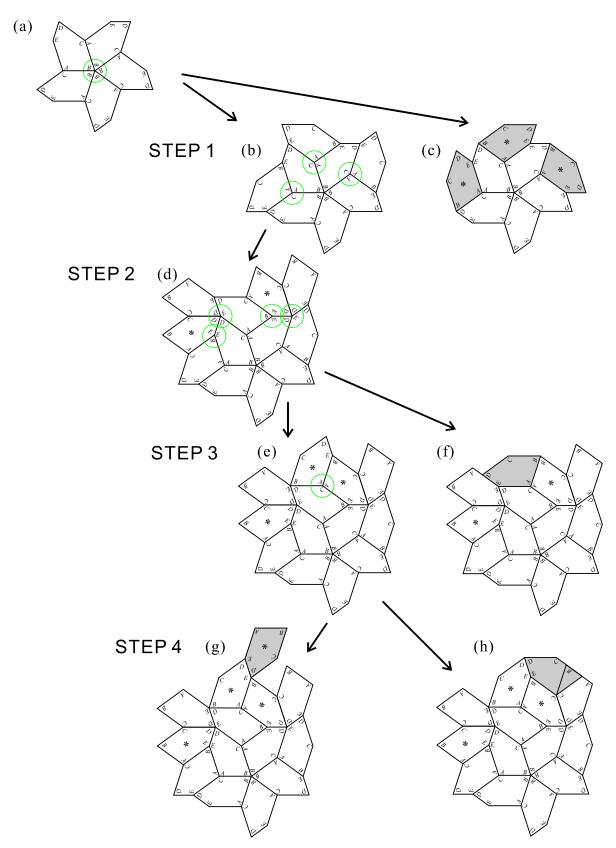


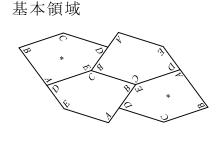
図7. 価数5の仮node BBBBBの1つがedge-to-edge タイリングで使えないことを確認する方法.

対対

- [1] Gardner, M. (1975) On tessellating the plane with convex polygon tiles, Scientific American, July, 112–117.
- [2] Grünbaum, B. and Shephard, G. C. (1987) *TILINGS AND PATTERNS*, W. H. Freeman and Company, New York, pp.15–35 (Chapter 1), pp.492–497 and pp.517–518 (Chapter 9).
- [3] Hirschhorn, M. D. and Hunt, D. C. (1985) Equilateral convex pentagons which tile the plane, *Journal of Combinatorial Theory*, Series A **39**, 1–18.
- [4] Peterson, I. (2010) Tiling with Pentagons, http://mathtourist.blogspot.com/2010/06/tiling-with-pentagons.ht ml (accessed 16 October 2010).
- [5] Kershner, R. B. (1968) On paving the plane, American Mathematical Monthly, 75, 839–844.
- [6] Mathematical Association of America, *BUILDING GUIDE*, http://www.maa.org/development/MAA_build ingguide.pdf (accessed 16 October 2010).
- [7] Schattschneider, D. (1978) Tiling the Plane with Congruent Pentagons, Mathematics Magazine, 51, 29–44.
- [8] 杉本晃久,小川泰 (2004) 充填凸五角形とそのタイル張り模様の系統的研究 III 4 等辺凸五角形 3: 集結条件に従うタイル張り,形の科学会誌,第19巻 第2号,166-177.
- [9] 杉本晃久,小川泰 (2006) 充填凸五角形とそのタイル張り模様の系統的研究 IV 4 等辺凸五角形 4: 集結条件を課さない場合のタイル張りと5等辺の場合,形の科学会誌,第21巻 第1号,1-12.
- [10] Sugimoto, T. and Ogawa, T. (2006), Properties of Tilings by Convex Pentagons, Forma, 21, 113–128.
- [11] Sugimoto, T. and Ogawa, T. (2009) Systematic Study of Convex Pentagonal Tilings, II: Tilings by Convex Pentagons with Four Equal-length Edges, *Forma*, **24**, 93–109.
- [12] 杉本晃久 (2010) Edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形,形の科学会誌,第 **25** 巻 第 1 号, 29–30 (シンポジウム要旨).
- [13] 杉本晃久 (2011) Marcia P Sward Lobby タイリングの分析, 形の科学会誌, 第 26 巻 第 2 号, 122-131.
- [14] Wells, D. (1991) *The Penguin Dictionary of Curious and Interesting Geometry*, London: Penguin Books, pp.177–179.

付録

A.1. 凸五角形 P_s で作った type 2 の基準タイリング



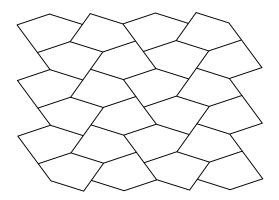


図 8. 凸五角形 P_s で作った type 2 の基準タイリング.

A.2. 凸五角形タイル 14 種類

凸五角形タイルは、図 9 の type 1~type 14 の 14 種類に現在分類されている。例えば、type 1 に属す凸五角形タイルとは、隣接した 3 つの内角の和が 360° (もしくは、隣接した 2 つの内角の和が 180°)の関係を満たす凸五角形であり、その関係を図 9 では $A+B+C=360^\circ$ と表している。各 type の条件は、その type に属す凸五角形がタイル張り可能であるために最低限必要な角と辺の関係を表している。

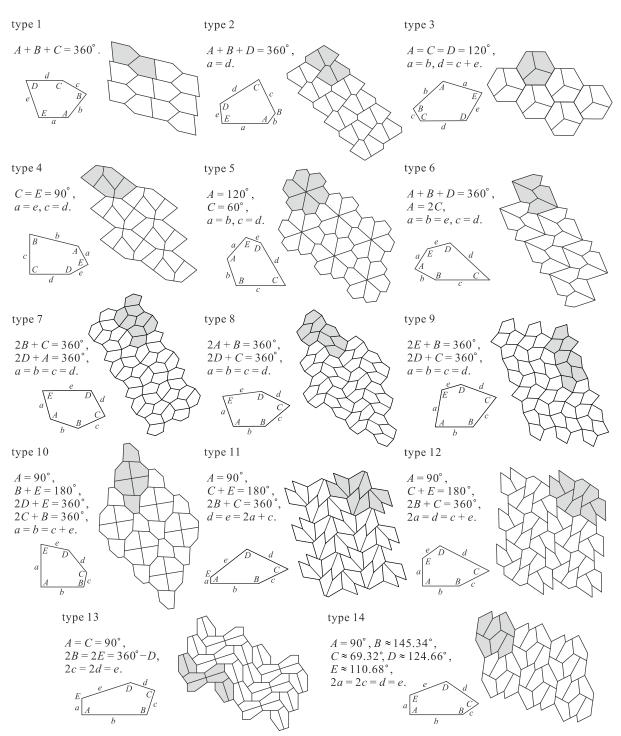


図 9. 凸五角形タイル 14 種類. 各タイリング内で色がついている領域は、それぞれのタイリングの基本領域.

近代絵画と飛行機――近代技術による心性の変容

Modern Painting and Airplane
: Transformation of Mentality Induced by Modern Technology

秋丸 知貴 (美術史家) Tomoki Akimaru (Art Historian) (2011年5月30日受付、2011年8月8日受理)

Keywords: modernism, modern art, abstract painting, modern technology, airplane

Abstract: How has the airplane transformed human mentality? Moreover, how has the transformed mentality influenced modern paintings? Several researchers have addressed the abovementioned questions. However, their works are yet to be categorized and examined in detail. This paper presents a general interpretation of these studies and offers a new classification, that is, the transformation of time-space consciousness, visual perception, and self-consciousness. Finally, it concludes that the airplane influenced abstractionism in modern paintings.

1. はじめに

飛行機は、近代絵画にどのような影響を与えたのだろうか? 本論文は、この問題について 近代技術による心性の変容という視点から考察する。

1903 年 12 月 17 日に、アメリカのウィルバーとオーヴィルのライト兄弟が、飛行機による世界初の有人動力飛行に成功する。この時使用されたライトフライヤー号は、出力は 12 馬力で、最大の飛行速度は時速約 48 キロメートル、飛行高度は約 3 メートル、飛行距離は約 260 メートルであった。以後、飛行機の性能は急速に向上し、飛行の速度・高度・距離はそれぞれ飛躍的に発展する。

例えば、1906 年 10 月 22 日には、サントス・デュモンが 14BIS 号で、ヨーロッパ初の有人動力飛行を成就し、1908 年 1 月 13 日には、アンリ・ファルマンがヴォワザン社製複葉機で、ヨーロッパで初めて飛行距離 1 キロメートルを記録している。また、1909 年 7 月 25 日には、ルイ・ブレリオがブレリオ XI 号で、初めて約 30 キロメートルのドーバー海峡を横断し、1910 年 1 月 7 日には、ユーベル・ラタムがアントワネット VII 号で、初めて飛行高度 1000 メートルに到達している。さらに、1913 年 9 月 9 日には、モーリス・プレヴォがドゥペルデュサン・モノコック・レーサー号で、初めて飛行時速 200 キロメートルを突破し、1927 年 5 月 20 日には、チャールズ・リンドバーグがスピリット・オブ・セントルイス号で、初めて約 5810 キロメートルのニューヨーク=パリ間の単独無着陸飛行を達成している。なお、飛行機による旅客輸送が世界的に本格化するのは、第一次世界大戦の軍用機が民間に放出された 1919 年からである。

こうした飛行機は、ヴェルナー・ゾンバルトが「近代技術」の性格と見なす、「有機的自然の限界からの解放(1)」を人類に呼ぶ。つまり、その「機翼」と「内燃機関」は、人間を文字通り大地から離陸させる。

現に、ル・コルビュジエは『四つの交通路』(1939年)で、飛行機について次のように説いている。「陸路は、人類の起源から機械時代まで、歩速、つまり時速 5 キロメートル弱で一定

であった。水路は、初期の頃から機械時代まで、風力か人間の腕力で一定であった。鉄路により、人間の全活動に固有的と信じられていた伝統的なリズムが破壊され、未知の速度が開幕した。時速約 50 キロメートルから 100 キロメートルは、従来の 10 倍から 20 倍の速さであり、神懸り的で破滅的な速力である。空路ともなれば……私が 20 歳の時には、サントス・デュモン、ライト、ヴォワザンが最初の飛行を行っており、人々は言ったものだ、『神はお許しになるまい。人は地のために創られ、鳥は空のために創られたのだから』。今や、鳥達は遥かに追い越されている。飛行機は、既に時速 800 キロメートルに至り、間もなく 1000 キロメートルに達するだろう。時速 1600 キロメートルに到達する時、飛行機は太陽の進行速度に追い付き、恐らく時間そのものが終焉するだろう(2)」。

こうした脱自然的で近代的な飛行機は、人間に様々な新しい経験を生む。本稿は、そうした 飛行機による心性の変容を、時空間意識の変容、視覚の変容、自意識の変容に分け、それが絵 画表現にどのように反映したかを分析する。

2. 飛行機による時空間意識の変容

最初に、飛行機による時空間意識の変容について見てみよう。

まず、飛行機は、その脱自然的な飛行性により、地上の地形や国境を無視し、一度も飛行機に乗ったことが無くてさえ、人類の地理概念を変革する。また、飛行機は、その脱自然的な高速性により、従来の固定的で介在的な時間と空間を大幅に縮小し、人類の時空間意識を変容すると共に、光と化した速力の中で世界全体が流動的かつ抽象的に一体化する幻想を生じさせる。

例えば、マクシミリアン・ソールは『地理学と社会学の接点』(1957年)で、飛行機による時空間意識の変容について次のように論じている。「飛行機が発達した結果、特に非常な高度の征服の結果、もはや地球上のどんな地点も他の地点から遠く離れているとは言えない(3)」。

事実、シュテファン・ツヴァイクは『昨日の世界』(1941年)で、ルイ・ブレリオによるドーバー海峡初横断を次のように回想している。「ブレリオが英仏海峡を飛び越えた時、私達はウィーンで歓声を上げた。まるで、彼がオーストリアの英雄であるかのように。私達の技術や科学が時々刻々と獲得する勝利への誇りから、初めて一つのヨーロッパという連帯感情、一つのヨーロッパという国家意識が生まれつつあった。私達は、自分自身に言ったものだ。あらゆる飛行機が、遊戯のように容易く飛び越えるならば、国境は何と無意味なことか、関税障壁や国境監視人は何と田舎じみて人為的なことか、結束や世界協和を目に見えるかたちで熱望する私達の時代感覚に、何と矛盾することか! この感情の飛翔は、飛行機の飛翔に劣らず素晴らしかった(4)」。

こうした飛行機による時空間意識の変容は、絵画表現にも直接反映する。

実際に、オルフェウス派のロベール・ドローネー(図 1)の妻ソニアは、『私達は太陽まで行くだろう』(1978 年)で、飛行機による時空間意識の変容について次のように回顧している。「後に、私はロベールに飛行機の出発を描くように勧めたが、それをブレリオに捧げることを思い付いたのはロベールだった。私達の会話の翌日、ロベールは私に自分の描いたものを見せてくれたが、それはパリ人達が見たと思ったものとは全く別物だった。それは、より近代的で非常に爆発的だった。なぜなら、ロベールはそこに光の運動を描き加え、それが新しかったからである。ロベールは、見たままの飛行機の出発でもなく、歴史的初飛行でもなく、光の中の飛行機の飛翔を描いたのである。これこそ真の礼讃であり、空間征服への予感的感動であった(5)」。

3. 飛行機による視覚の変容(仰視性)

それでは、飛行機による視覚の変容は一体どのようなものだろうか? 最初に、飛行機を外から眺める場合を見てみよう。

まず、飛行機は、地上の人間に、上空に飛来する機体を見上げる経験を一般化する。古来、重力に拘束されている人間にとって、天翔ける人工物は空想上の産物でしかなかった。その意味で、飛行機を仰ぎ見ることは、人類の自然に対する勝利であり、全く近代的な美的体験である。

例えば、マルセル・プルーストは『失われた時を求めて』第五篇「囚われの女」(1923年)で、飛行機への仰視的視覚に関して、「美」は、「長らく地上の距離が、まだ今日のように速力によって短縮されていなかった頃」は、「多分 2 キロメートル先を通過する汽車の汽笛が有していたであろう」が、「今や、さらに当分の間は、2000メートル上空の飛行機の唸りの中にあり、私達を感動させる」と書いている(6)。

その上で、その飛行機の機翼と内燃機関による脱自然的な高速推進は、飛行の自由な上昇・ 下降・旋回運動と相俟って、抽象的で幾何学的な飛行力線を空中に可視化する。

事実、フランツ・カフカは 1909 年 9 月 29 日付『ボヘミア』紙の記事「ブレッシアでの懸賞旅行」で、飛行機への仰視的視覚について次のように記している。「今まで衆目を集めていたのは、ルブランの飛行機だけだった。しかし、今やブレリオの飛行機が現れる。それが英仏海峡を横断したものであることは、誰も説明しなくても誰もが知っている。長い間の後、ブレリオが空中に浮かぶ。背を伸ばした上半身が両翼の上に見え、両足は深く機体の一部となっている。太陽は傾き、観客席の日除けの下で、陽光が宙に舞う両翼を照らし出している。皆心を奪われて彼を見上げ、他のことを思う余地は無い。彼は小さな輪を描き、やがて私達のほとんど真上を飛ぶ。単葉の機体が揺れ、ブレリオにより制御され、さらに上昇するにつれて、全員が首を伸ばして眺める(7)」。

また、ウラジミール・ナボコフは「時間と引き潮」(1945年)で、飛行機への仰視的視覚について次のように綴っている。「頭上では、エンジンの低い唸りが段々強くなる。[…]目も、顎も、肋骨も、裸の空に引き上げられる。そこに軍用機が一機、この世のものとは思えぬ速力で飛来する。機体の腹部が背部に変わる時、ゆっくりと見えるのは、空が広いからに過ぎない。翼も轟音も、距離の先に解消する。見事な怪物だ。偉大な飛行機だ(8)」。

こうした飛行機への仰視的視覚は、絵画表現にも様々に反映する。

実際に、素朴派のアンリ・ルソーが《セーヴル橋とクラマールの丘、サン=クルーとベルヴュの眺め》(1908年》(図 2)で、飛行機を気球や飛行船と共に描いていることは、空中を飛行する機械への仰視体験がいかに画家に創作意欲を掻き立てたかを示している。

また、総合色彩派のスタントン・マクドナルド=ライトが、頭上を飛ぶ飛行機を仰視的に描いた《飛行機、橙黄色における総合色彩》(1920年)(図3)では、その飛行自体の脱自然性が抽象的に表現されている。

さらに、1913 年 10 月付の詩「対照」で、「空の飛行場は今、燃え上がり、チマブーエの絵画である(9)」と詠ったブレーズ・サンドラールが、天空を舞う飛行機を仰視的に描いた《空中旅行》(1913 年)(図 4)では、その飛行旋回運動の超自然性が抽象的に造形されている。

そして、フェルナン・レジェが、1937年のパリ万国博覧会時に行った次の提案も、そうした 飛翔する飛行機への超現実的な仰視体験が前提となっている。「純白のパリ! 私は30万人の 失業者で、あらゆる外壁を綺麗に磨くことを提案した。白く輝く都市の創造! 夕方には、エ ッフェル塔が、オーケストラの指揮者として、世界中で最も強力なサーチライトで、街路に、 白く映りの良い家々に、輝く多彩な光を投射するだろう (何機かの飛行機も、この新しいお伽 噺の光景に協力できるだろう) (10)」。

(ただし、レジェの飛行機画題の代表作《空の飛行機》(1939 - 52 年)(図 5)では、画面下辺を覆う雲の描写や画面全体の具象性の大幅な減少から、既に外からの仰視視覚のみならず、後述する内からの飛行視覚や自意識の変容の反映も窺われる。)

4. 飛行機による視覚の変容(俯瞰性)

次に、飛行機の内から眺める場合を見てみよう。

まず、飛行機は、その脱自然的な飛行性により、人間の視点を地上から引き離し、高所からの俯瞰を招く。元々、移動機械では、その直進的直線性と規則的高速性ゆえに「視覚の抽象化」が生じるが、飛行機では、さらにその上昇的高度性と距離的懸隔性ゆえに「地表の抽象化」が発生する。

例えば、ラズロ・モホリ=ナギは『新しい視覚』(1947年)で、「飛行機の下方に、また飛行機を見上げることからも、新しい眺めが現れる。その本質は、俯瞰的な眺めであり、より完全な空間経験である(11)」と言っている。

また、ジョルジュ・フリードマンは『人間と技術についての七つの研究』(1966年)で、「飛行機は、私達を高所からの眺めに慣れさせるが、そこでは私達の親しい風景、都市、街路、田園は、図形的で幾何学的な投影として見出される(12)」と述べている。

さらに、ルネ・ユイグは『形と力』(1971年)で、「飛行機は、実際に私達に世界を眺めるための補助的な次元を与えてくれるだろう(13)」と告げている。

一方、そうした抽象化された地表風景は、飛行機の搭乗経験の有無にかかわらず、航空写真の普及で日常化する。そして、そうした航空写真は、印刷技術の進展と相俟ってより一層日常 生活に浸透する。

例えば、フリードマンは『人間と技術についての七つの研究』で、航空写真について次のように示唆している。「航空写真は、広範な大衆をこの新しい輸送方式の豊かな手段に接触させるが、この新しい輸送方式は、より広まるにつれて、少しずつ私達の視覚地図、私達の感情、私達の空間や時間や運動の枠組さえ根本的に変容する可能性がある(14)」。

現実に、飛行機の上昇により時間的にも空間的にも抽象される地表風景は、搭乗者に未曽有の幾何学性を開示する。そして、そうした新しい日常的現実である上空からの俯瞰風景は、芸術家に新たな造形課題を提出せずにはおかず、芸術家も感受性が鋭敏であればあるほど、そうした美的現象に敏感に反応せずにはいない。

例えば、ジークフリート・ギーディオンは『空間・時間・建築』(1941年)で、飛行機の俯瞰的視覚の芸術表現への反映について次のように指摘している。「私達はもはや、地上に縛られた動物にとっての通常の距離から事物を眺めることに限定されない。俯瞰的な眺めは、私達に世界の全く新しい外観を開示した。こうした新しい知覚方法は、そうした外観と共に、芸術家が定式化せねばならない新しい感情をもたらす(15)」。

事実、ジャン・コクトーは『アンティゴネー』(1922年)で、「飛行機からギリシャを写真撮影するのは魅力的だ。全く新しい外観がそこに見出される。[…]鳥のように飛ぶと、偉大なる美は消失し、別の美が出現する。思いがけない対照、団塊、陰影、角度、起伏等が形成される(16)」と語っている。

また、コクトーは『僕の初旅(八〇日間世界一周)』(1937年)でも、「金属扉が閉まり、機体は離陸する。[…] 非人間化が、大いなる孤独が、無人の世界を信じさせる現象が始まる。大地が非人間化する。人間がまず消える。続いて動物が。続いて自動車が。[…] 大地にはもはや、家並しか、その屋根しか残っていない。[…] そして、直線、長方形、三角形、菱形、芝生、敷石等の人間の作品と、静脈、動脈、蛇行、曲線、螺旋、円環、渦巻、縞模様等の風と水の作品である(17)」と話している。

さらに、ル・コルビュジエは『建築と都市計画の現状についての闡明』(1930 年)で、「飛行機から、宇宙的とも言える光景を眺めた。何という瞑想への誘い、何という大地の根本的真実の召喚!」と驚き、「高度 500 メートルあるいは 1000 メートルで、時速 180 キロメートルあるいは 200 キロメートルであれば、飛行機からの視覚は、人が望みうる最も冷静で、規則的で、明確である。[…]全てが図面のように明確になる」と感嘆している(18)。

そして、アントワーヌ・ド・サン=テグジュペリは『人間の大地』(1939年)で、「飛行機は一個の機械に違いないが、何という分析器具だろう! この器具は私達に、大地の真の相貌を見出させた。事実、道路は幾世紀にも渡って私達を欺いていたのだ。[…]しかし、私達の視覚は研ぎ澄まされ、私達は残酷な進歩を遂げた。飛行機と共に、私達は直線を知った(19)」と賛嘆している。

こうした飛行機による俯瞰的視覚は、美術表現にも様々に反映する。

実際に、ロベール・ドローネーの《エッフェル塔とシャン・ド・マルス》(1922年)(図 6)は、『イリュストラシオン』誌の航空写真記事(図 7)を参照して描かれている。

また、マルセル・デュシャンが 1915 年に制作を開始した《大ガラス》は、マン・レイの撮影で 1922 年に『リテラテュール』誌上で写真発表された時には、《マン・レイによって飛行機から撮影された光景》(図 8) と題され(後に《埃の培養》と改題)、「ここにローズ・セラヴィの領土がある/何とそれは不毛なことか。何とそれは肥沃なことか/何とそれは楽しげか。何とそれは悲しげか! (20)」と注記されている。

さらに、デュシャン自身、1914年から 1920年の間に書いた『不定法で〈ホワイト・ボックス〉』で、飛行機による俯瞰的視覚について次のように記述している。いかにも韜晦的なデュシャンらしい晦渋な文章だが、大意は「地表の抽象化」だろう。「地理的『風景画法』――/地図の『方法で』――しかし/飛行機の高度の風景画家――/次に実地調査(400キロメートル)メモ取り、つまり、例えばそれぞれの村における家々の数、あるいはよりさらにはそれぞれの家におけるルイ十五世式の椅子の数/地理的風景画(透視図法による、あるいは透視図法によらない、地図のような平面図)ならばあらゆる種類の事物を記録し、説明を持ち、統計的外観を取れるだろう。――/また『地質学的風景画法』もある。すなわち、土地が違えば色彩が違う――何という外観!(21)」。

5. 飛行機による視覚の変容(静動性)

さらに、こうした高度上昇による地表の抽象化は、飛行機の脱自然的な高速推進と結び付く ことでより複雑な視覚効果を発揮する。

つまり、まず飛行機では、空中移動のため、自分が世界に前進しているのではなく、世界が 自分に突進して来るように見える。そのため、速度の加速につれて、眼下の地表は接近するほ ど高速で足下を搭乗者の後方に疾走するように見える。

その上で、高度の上昇につれて、地表の抽象化が進むと、地表の走行も減速する。そして、 自分の推移を測る手掛かりが減少するので、搭乗者は、実際には高速で移動しているにもかか わらず、自分もまた静止しているように思えてくる。こうした飛行の不動感は、高度の下降に つれて、地表が具象性を取り戻し、足下の地面が迅速に流動し始めるに従って、再び高速感を 回復する。

事実、ジャン・コクトーは『大股びらき』(1923年)で、「飛行機の中では、機体の進行は認められない。機体は不動のままである(22)」と伝えている。

また、アントワーヌ・ド・サン=テグジュペリは『人間の大地』(1939年)で、「極めて高空から観察すれば、海波は少しも起伏を示さず、大量の波飛沫も不動のように見える。ただ大きな白い棕櫚の葉だけが、一種の氷結に捕われたように、葉脈や斑紋を際立たせて広がっている(23)」と評している。

さらに、サン=テグジュペリは『南方郵便機』(1929年)で、「高空では、大地は裸で死んでいるように見えていた。だが、飛行機が降下すると、大地は着衣する。森林は、再び大地にキルティングを施し、谷間や丘陵は、大地にうねりを刻み込む。大地が、呼吸する。山は、上空を飛ぶと、横たわる巨人の胸のように、ほとんど自分の所まで盛り上がって来る。今や間近に、橋の下の急流のように、事物の流れが加速する。平坦な世界の氷解である。木々、家々、村々

が、滑らかな地平線から分離して、自分の後方に浮流しつつ運び去られる(24)」と叙述している。

こうした飛行機による地表の静動性も、絵画表現に多様に反映する。

実際に、バッラ、ベネデッタ、デペーロ、ドットーリ(図 9)、フィッリア、マリネッティ、プランポリーニ、ソメンツィ、タート(図 10)の連名による「未来派航空絵画宣言」(1931 年)は、地表の静動性の絵画表現への影響について次のように触れている。「滑空し、降下し、急上昇する飛行機は、無限の空中のどこにでも吊り下げられる、鋭敏な理想的観測所を創出する。それはまた、視覚=感覚の数分や数秒の価値やリズムを変化させる、運動の知覚自体によりダイナミック化される。時間と空間は、不動の飛行機の下に大地が高速で疾走するという電光的事実により粉砕される(25)」。

また、ピエール・フランカステルは『一九・二〇世紀における芸術と技術』(1956年)で、地表の静動性の絵画表現への反映について次のように確言している。「例えば、モーリス・エステーヴの《飛翔する人々》(図 11)における、風景が見る者の下に次々と展開する感覚を形象しようとするより最近の探究さえ、ここから生じている。こうした発展が、機械文明、より具体的には現今の機械文明に浸された人間の生活の外では想像することが不可能であることは、全く明らかである。飛行機の時代に生きる人々だけが、ドガの定式からエステーヴの定式への移行を確約できる(26)」。

(ただし、ここで言及されているエステーヴの作品には、具象性のほぼ完全な解消の点で、 単なる視覚の変容のみならず、後述する自意識の変容も観取される。)

6. 飛行機による視覚の変容(自在性)

生来、人間はそれぞれ直角に分かれる三半規管により、縦・横・高さを覚知している。また、 人間は二足歩行で直立し、地面を水平的に移動している。通常、こうした肉体的条件から三次 元的空間が認識され、垂直性がその基本構造を規定している。そして、平均的に視点の高さは、 地上2メートル未満で一定している。

これに対し、飛行機は、その脱自然的な高速推進や上昇・下降・旋回運動により、搭乗者の 視線を前後上下左右に移行させる。また、飛行機は、空中で体位を縦横無尽に変転させること により、搭乗者の水平感覚を大いに麻痺させる。これらにより、搭乗者は、古来の絶対的で恒 常的な三次元的空間概念を忘失し、視点の自在性を獲得する。

例えば、ギオルギー・ケペッシュは『視覚言語』(1944年)で、「写真家にとっては勿論、飛行家にとっては、水平線は絶えず変化し、結果的にその絶対的な有効性を喪失する。もはや、事物やその空間関係の視覚的な理解が、顕在的にしろ潜在的にしろ、一つの不変的で固定的な水平線を持つ参照枠に基づくことは必須ではなくなった(27)」と考察している。

また、ポール・ヴィリリオは『戦争と映画』(1984年)で、「飛行機」は「一つの視覚様式、あるいは恐らく究極的視覚様式にさえなった(28)」とし、「もはや戦闘機の操縦士にとっては、ア・プリオリには、高さも、低さも、視覚的基軸も存在しない。特殊効果は、既に宙返り、錐揉み降下、8の字飛行等と呼ばれている[…]。こうして飛行中の視覚は、塹壕の兵士達が地上で強く感じるユークリッド的な中和化を免れる。飛行機は、内視鏡的なトンネルを切り開く。これこそ、望みうる最も驚くべきトポロジー的視覚の達成である(29)」と洞察している。

事実、ジャン・コクトーは『大股びらき』(1923年)で、飛行機内からの眺めを次のように描写している。「ヘルメットとゴーグルを被った搭乗者は、小さくなったり大きくなったりする家並や、川に区画された死んだ都市を眺める。この都市は、左右に揺れたり、壁に掛かる地図のように立ち上がったりする。突然、宙返りが、私達の頭上に地図を描いて見せる(30)」。

こうして飛行機は、その脱自然的な速度・高度・視角の関数として、搭乗者に新しい地理景

観を提示する。さらに、その地表に平行な直線的飛行は、大局的には、地球の曲面に沿った曲線的航空と化す。その結果、旧来の自然で慣習的な三次元的空間概念からの解放はより一層促進され、新しい非ユークリッド幾何学的な空間概念が普通化する。

実際に、ラズロ・モホリ=ナギは『運動における視覚』(1946年)で、飛行機的視覚を次のように説明している。「自動車の運転手や、飛行機の操縦士は、遠く離れた無関係な目標物同士を、歩行者には未知の空間関係で把握することが出来る。その差異は、様々な速度により起こる知覚の変化、つまり運動における視覚(ヴィジョン・イン・モーション)によって生起する(31)。

また、アンドレ・シーグフリードは『現代』(1955年)で、飛行機的空間概念を次のように解説している。「かくして、航空の直線は曲線である。これは、人間が天空を飛び廻る習慣を持った時に人間に課せられた、既に半宇宙的な想念である。こうした状況では、世界は、私達が益々そう思い描いているように、もはやユークリッド的な世界ではない。この世界は、多分実はユークリッド的よりも現実的な、ロバチェフスキー的あるいはリーマン的な幾何学の法則により多く対応している。そして私達は、平行線はありえないという観念や、同一の直角の垂線が交わるという観念に慣れなければならない。それらは、少なくとも地球上で、飛行機が私達に容易な旅程にした長い距離を考察する時に確認されることである(32)」。

7. 飛行機による自意識の変容

その上で、飛行機は、搭乗者の自意識も変化させる。

つまり、まず飛行機は、搭乗者に人間本来の身体能力を遥かに超える強力な飛行能力を授与すると共に、機体の発達につれて次第に搭乗者を機内に密封的に梱包する。これらにより、搭乗者は、空間移動において肉体的制約の無い精神的自由を大いに享受することになる。この場合、搭乗者が、主体的・能動的な操縦士であればその力能的昂揚感は一層増加し、客体的・受動的な乗客であればその観光的遊覧感は一層増大する。

さらに、上空風景は、元々気象的に脱物質的である上に、その広大な眺望性により距離的にも抽象化される。そして、そうした天上的で超常的な雲海風景は、飛行機がもたらす解放的意識状態をさらに一層増幅する。

事実、チャールズ・リンドバーグは『翼よ、あれがパリの灯だ』(1953年)で、ニューヨーク=パリ間初飛行時の操縦経験を次のように述懐している。「しばしの間、私は自分の肉体から離脱したように思われた。まるで、私は一個の意識であり、空間中に、地球を超えて、天国へと拡大して行くようで、時間や物質に束縛されず、人々を重苦しい人間世界の問題に縛り付けている重力から自由だった。[…]この本源的な意識は、その旅行に肉体を全く必要としなかった(33)」。

こうした飛行機による自意識の変容も、絵画表現に如実に反映する。

実際に、飛行機の上昇性能がまだそれほど高くない 1910~1920 年代でさえ、絶対派のカジミール・マレーヴィチ(図 12・図 13)は、『キュビスム、未来派から絶対派へ――新しい絵画の写実主義』(1915 年)で、「諸君の無理解も全く当然である。いつも一頭立て馬車を乗り回している人間に、急行列車や飛行機で移動する人間の経験や印象が本当に理解できるだろうか?(34)」と問い、『無対象の世界』(1927 年)で、自らの画風に対する飛行機の影響を次のように公言している。「絶対派の付加的要素を、私は『絶対派的な直線』(ダイナミックな性格)と呼ぶ。この新しい文化に対応する環境は、技術、特に飛行技術の最新の成果を通じてもたらされた。従って、絶対派を『航空学的』と呼ぶことも可能である(35)」。

また、航空能力が進歩し、雲上旅行も通常化し始めた、1930年代の抽象派のフランチェスカ・クプカ《雲 Π 》(1934年)(図 14)や、1960年代の抽象派のジョージア・オキーフの「雲の上の空」連作(図 15・図 16)では、視覚的具象性が心象的抽象性に取って代わられている分だ

け、そうした飛行機による自意識の変容の反映を看取できる。

さらに、フォーヴィスムのアンリ・マティス(図 17・図 18)は、「色彩の役割と様相」(1945年)で、「私達の文明は、飛行機に一度も乗ったことの無い人達にさえ、空や、広がりや、空間についての新しい理解をもたらしました。今日では、この空間の全体的な所有が要求されるに至っています(36)」と説き、『ジャズ』(1947年)で、飛行機による自意識の変容について次のように証言している。「飛行機によるパリからロンドンへの簡単な旅行は、私達の想像力では予感しえなかった世界を開示してくれる。この新しい状況の感情は、私達を魅了すると同時に、今いるこの魅力的な環境が存在するにもかかわらず、見下ろす雲海の切れ間を通し、下方に見えるあの地上で、自分達を悩ませ続けた不安や憂鬱を想起させて、私達を当惑させる。だから、私達は歩行者としての普通の状態に戻っても、もはや自分達に圧し掛かる曇天の重みを感じないだろう。なぜなら、私達はその容易に突き抜けられる壁の背後に、自分達にこれほど自由な瞬間を感じさせる無限な空間の知覚と同じく、燦々たる太陽が存在していることを思い出すだろうからである(37)」。

また、マティスは『コート・ダジュールの時』(1970年)でも、自分の制作に対する飛行機による自意識の変容の影響を次のように明言している。「これらの鳩の連続する飛翔、それらの軌跡、それらの曲線は、まるで大きな内部空間におけるように、私の内部を滑って行きます。この切紙絵の時期に、私の手が鋏の進行を導く時、私の内部に生じる飛行感覚が、私の手をより良く調整するのにどれほど役立ったか、あなたには想像できないでしょう。これは、説明がかなり困難です。それは、飛行感覚の一種の線的ないし図的な等価物と言えましょう(38)」。

さらに、表現派のヴァシリー・カンディンスキー(図 19・20)は、「芸術への通路」(1937年)で、「今日では、北極上空飛行をして、飛行場や鉄道駅でキッスを受け」、「成層圏飛行は正に『古い遊び』になろうとしている」と談じ(39)、自作に対する飛行機による自意識の変容の反映を次のように断言している。「こうした表現を『読む』ことが、人によってはどれほど困難であるか、私は分かっている――特に、それが『抽象的』な形態で語りかける時には。何人かの『鑑賞者』は脅える。なぜなら、彼には、足下の地面が引き裂かれ、自分が『宙に吊られる』ように思われるからである。特に今日では、『正常な』人間が、彼に『両足でしっかりと地面に立つべし』と要求している。残念ながら、彼はしばしばこの命令に従っている。その時、彼は恐らく忘れているのだ。今日では、彼の肉体でさえも、飛行という太古の夢を叶えており、既に北極上空飛行や成層圏飛行が可能であることを。多分、彼は間もなく、『究極の』高度である地球の最後の『蓋』に到達するだろう(40)」。

これに加えて、パブロ・ピカソを始めとする前衛画家達と交流の深かったガートルード・スタインは、『ピカソ』(1938 年)で、近代絵画と飛行機の関係を次のように解釈している。「アメリカにいた頃、私は初めてほとんど常に飛行機で旅行しました。大地を見ると、見渡す限りキュビスムの線で、画家がまだ誰も飛行機で上昇していない時に、キュビスムは既に成されていたのです。私は、眼下の大地に、ピカソの入り組んだ線を見ましたが、それは行きつ戻りつし、自らを発展しては破壊する線でした。また、ブラックの単純な分解や、マッソンのさ迷う線も見ました(41)」。

そして、オットー・シュテルツァーは『写真と芸術』(1966年)で、抽象絵画と飛行機の関連を次のように要約している。「1880年代の末に、ナダールの息子や他の数名が、パリの完全に垂直な俯瞰に達する。しかし、こうした初歩の段階から抜け出すためには、飛行機という手段と第一次世界大戦という契機が必要だった。その時、当然軍事偵察の目的で、1800メートル以上の高度からの撮影が成功する。これは――少なくとも特定の地形の場合には――次の段階に到達するのに十分な高さだった。つまり、大地は『非具象的』になったのである。測量士の訓練された目だけが、図面のように見える線や、微かな浮彫状の斑紋形態や、その他の構造を『解釈』できたに過ぎない。通常の観察者は、その数年前にカンディンスキーやキュビスト達

が創造した絵画に全く似ていないとは絶対に言えない、『抽象的』な映像に直面したのである (42)」。

8. おわりに

以上のように、飛行機による時空間意識・視覚・自意識の変容は、近代絵画の根本問題である抽象主義と詳細に呼応している。つまり、その世界観の革新、視覚の仰視性・俯瞰性・静動性・自在性、心身的解放感等の反映は、近代絵画の諸流派の様々な抽象的造形表現に具現的にも象徴的にも読取できる。そして、そうした飛行機による時空間意識・視覚・自意識の変容、すなわち心性の変容は、相互に複雑に作用し合って、1910年代以降の純粋抽象絵画の成立に多大な影響を与えたと指摘できる。

もちろん、本稿は、抽象絵画の成立には飛行機だけが影響していると限定する訳ではない。 なぜなら構造上、形と色からなる絵画造形は、意味の多義性を内包しており、単一の要因だけ でその創造や鑑賞の多様性全てを包括することは本質的に不可能だからである。

しかし、時代的一致においても、画家達自身の証言においても、飛行機がもたらす様々な脱自然的な抽象的心性が、1910年代以降の脱自然主義的な純粋抽象絵画を準備し、生成し、推進した可能性は、決して否定することが出来ない。その意味で、飛行機は、近代絵画における抽象主義に影響を与えた可能性が高いと主張できる。

謝辞

本論文は、筆者が研究代表を務める、2010~2011 年度京都大学こころの未来研究センター連携研究プロジェクト「近代技術的環境における心性の変容の図像解釈学的研究」の研究成果の一部です。本稿執筆に当たり、ご支援を頂きました鎌田東二京都大学こころの未来研究センター教授、また数多くの有益なご助言を賜りました査読委員の先生に心より感謝申し上げます。

文献

引用は全て、既訳のあるものは参考にさせて頂いた上での拙訳である。

- (1) Werner Sombart, *Die Zähmung der Technik*, Berlin, 1935, p. 10. W・ゾンバルト「技術の馴致」『技術論』阿閉吉男訳、科学主義工業社、1941 年、14 頁。
- (2) Le Corbusier, Sur les 4 Routes, Paris, 1941; English translated by Dorothy Todd, The Four Routes, London, 1947, p. 29. ル・コルビュジエ『四つの交通路』井田安弘訳、S D選書、1978 年、34 頁。
- (3) Max. Sorre, Rencontres de la géographie et de la sociologie, Paris, 1957, p. 193. マクシミリアン・ソール『地理学と社会学の接点』松田信訳、大明堂、1968 年、167 頁。
- (4) Stefan Zweig, *Die Welt von Gestern: Erinnerungen eines Europäers*, Stockholm, 1944; Berlin, 1952, p. 183. シュテファン・ツヴァイク『昨日の世界(I)』原田義人訳、みすず書房、1999 年、290 頁。
- (5) Sonia Delaunay, *Nous irons jusqu'au soleil*, Paris, 1978, p. 38. 穴沢一夫「ロベール・ドローネーの芸術と芸術論」『ドローネー展図録』東京国立近代美術館、1979 年に引用。
- (6) Marcel Proust, "La Prisonnière (Sodome et Gomorrhe III)," in À la recherche du temps perdu, VI, Paris: Gallimard (Bibliothèque de la Pléiade), 1924, p. 275. マルセル・プルースト「第五篇 囚われの女」『失われた時をもとめて(8)』井上究一郎訳、ちくま文庫、1993年、717-718頁。
- (7) Franz Kafka, "Die Aeroplane in Brescia" (1909), in *Drucke zu Lebzeiten*, Frankfurt am Main, 1994, pp. 408-409. フランツ・カフカ「ブレッシアでの懸賞飛行」『カフカ・セレクション (II)』平野嘉彦編、柴田翔訳、ちくま文庫、2008 年、292 頁。

- (8) Vladimir Nabokov, "Time and Ebb" (1945), in *Nabokov's Dozen: Thirteen Stories*, London, 1958; Penguin edition, 1960, p. 132. ウラジミール・ナボコフ「時間と引き潮」『ナボコフの一ダース』中西秀男訳、ちくま文庫、1991 年、214-215 頁。
- (9) Blaise Cendrars, "Dix-neuf poems élastiques" (1919), in *Œuvres complètes*, Paris: Donoël, 1947, p. 57.「弾力的な詩一九」『サンドラルス抄』飯島正訳、厚生閣書店、1929 年、6 頁。
- (10) Fernand Léger, "On Monumentality and Colour" (1943), in Siegfried Giedion, *Architecture, You and Me: The Diary of Development*, Harvard University Press, 1958, pp. 44-45. フェルナン・レジェ「記念性と色彩」、ギーディオン『現代建築の発展』生田勉・樋口清訳、みすず書房、1961 年、53 頁。
- (11) László Moholy-Nagy, *The New Vision and Abstract of an Artist*, New York, 1947; New York, 1949, p. 63. L・モホリ=ナギ『ザ ニュー ヴィジョン』大森忠行訳、ダヴィッド社、1967 年、138-139 頁。
- (12) Georges Friedmann, Sept études sur l'homme et la technique, Paris, 1966, p. 60. ジョルジュ・フリードマン『技術と人間』天野恒雄訳、サイマル出版会、1973 年、57 頁。
- (13) René Huyghe, Formes et forces: de l'atome à Rembrandt, Paris, 1971, p. 48. ルネ・ユイグ『かたちとカ――原子からレンブラントへ』西野嘉章・寺田光徳訳、潮出版社、1988 年、71 頁。
 - (14) Friedmann, op. cit., p. 60. フリードマン、前掲書、57頁。
- (15) Sigfried Giedion, Space, Time and Architecture: The Growth of a New Tradition, Harvard University Press, 1941; 14th printing, 2002, p. 432. ジークフリート・ギーディオン 『空間・時間・建築(2)』太田實訳、丸善、1955 年、462 頁。
- (16) Jean Cocteau, "Antigone" (1922), in *Œuvres complètes de Jean Cocteau*, V, Genève: Marguerat, 1948, p. 139. ジャン・コクトー「アンティゴネー」三好郁朗訳、『ジャン・コクトー全集(VII)戯曲』堀口大学・佐藤朔監修、東京創元社、1983 年、88 頁。
- (17) Jean Cocteau, "Mon premier voyage" (1937), in Œuvres complètes de Jean Cocteau, XI, Genève: Marguerat, 1951, p. 342. ジャン・コクトー「僕の初旅・世界一周」堀口大学訳、『ジャン・コクトー全集(V)評論』堀口大学・佐藤朔監修、東京創元社、1981 年、285 頁。
- (18) Le Corbusier, *Précisions sur un état présent de l'architecture et de l'urbanisme*, Paris, 1930, p. 8. ル・コルビュジエ『プレシジョン(上)』井田安弘・芝優子訳、鹿島出版会、1984年、19頁。
- (19) Antoine de Saint-Exupéry, "Terre des hommes" (1939), in Œuvres complètes, I, Paris: Gallimard (Bibliothèque de la Pléiade), 1994, pp. 200-201. サン=テグジュペリ『人間の大地』山崎庸一郎訳、みすず書房、2000 年、50-51 頁。
- (20) Exh. cat., *Man Ray: Photographe*, Paris: Philippe Sers, 1981, p. 16. 『カメラ毎日別冊 マン・レイ』毎日新聞社、1984年、15頁。
- (21) Marcel Duchamp, *Duchamp du signe*, Paris, 1975; Paris, 2008, p. 115. マルセル・デュシャン『マルセル・デュシャン全著作』ミシェル・サヌイエ編、北山研二訳、未知谷、2001年、160-161頁。
- (22) Jean Cocteau, "Le Grand écart" (1923), in Œuvres complètes de Jean Cocteau, I, Genève: Marguerat, 1946, p. 90. ジャン・コクトー「大股びらき」澁澤龍彦訳、『ジャン・コクトー全集(Ⅲ)小説』堀口大学・佐藤朔監修、東京創元社、1980 年、262 頁。
- (23) Antoine de Saint-Exupéry, "Terre des homes," p. 185. サン=テグジュペリ『人間の大地』25 頁。
 - (24) Antoine de Saint-Exupéry, "Courrier Sud" (1929), in Œuvres complètes, I, Paris:

Gallimard (Bibliothèque de la Pléiade), 1994, p. 45. サン=テグジュペリ『南方郵便機』山崎庸一郎訳、みすず書房、2000 年、22 頁。

- (25) Balla, Benedetta, Depero, Dottori, Fillia, Marinetti, Prampolini, Somenzi, Tato, "L'Aeropittura Futurista" (1931), in 『未来派: 1909-1944』展図録、エンリコ・クリスポルティ/井関正昭構成・監修、諸川春樹翻訳監修、鵜沢隆・浦上雅司・片桐頼継・吉城寺尚子・古賀浩・堤康徳訳、東京新聞、1992 年、170 頁(邦訳 171 頁)。
- (26) Pierre Francastel, *Art et technique aux XIXe-XXe siècles*, Paris, 1956, p. 174. ピエール・フランカステル『近代芸術と技術』近藤昭訳、平凡社、1971 年、247-248 頁。
- (27) Gyorgy Kepes, Language of Vision, Cichago, 1944; New York, 1995, p. 75. ギオルギー・ケペッシュ『視覚言語』グラフィック社編集部訳、グラフィック社、1973 年、66 頁。
- (28) Paul Virilio, Guerre et cinéma I: logistique de la perception, Paris, 1984; Paris, 1991, p. 22. ポール・ヴィリリオ『戦争と映画——知覚の兵站術』石井直志・千葉文夫訳、平凡社ライブラリー、1999 年、52 頁。
 - (29) Ibid, p. 24. 同前、55 頁。
 - (30) Cocteau, "Le Grand écart," p. 90. コクトー「大股びらき」 262 頁。
- (31) László Moholy-Nagy, *Vision in Motion*, Chicago, 1946; 7th Printing, 1965, p. 245. L・モホイ=ナジ「ヴィジョン・イン・モーション(17)」『SD』阿部公正訳、鹿島出版会、1982年 11 月号、78 頁。
- (32) André Siegfried, *Aspects du XXe Siècle*, Paris, 1955, p. 188. アンドレ・シーグフリード『現代——二十世紀文明の方向』杉捷夫訳、紀伊国屋書店、1956 年、177-178 頁。
- (33) Charles A. Lindbergh, The Spirit of St. Louis, New York, 1953, pp. 352-353.
- (34) Kazimir Malevich, "From Cubism and Futurism to Suprematism: The New Painterly Realism" (1915), in John E. Bowlt (ed. and trans.), *Russian Art of the Avant-Garde: Theory and Criticism 1902-1934*, New York, 1976; Revised and enlarged edition, New York, 1988, p. 125. カジミール・マレーヴィチ「キュービズム、未来主義からシュプレマティズムへ――新しい絵画のリアリズム」、J・E・ボウルト編『ロシア・アヴァンギャルド芸術』川端香男里・望月哲男・西中村浩訳、岩波書店、1988 年、162 頁。
- (35) Kasmir Malewitsch, *Die gegenstandslose Welt*, München, 1927, p. 59. カジミール・マレーヴィチ『無対象の世界』五十殿利治訳、中央公論美術出版、1992 年、59 頁。
- (36) Henri Matisse, Écrits et propos sur l'art, Paris, 1972, p. 201. マティス『画家のノート』 二見史郎訳、みすず書房、1978 年、235 頁。
- (37) Ibid., p. 236. 同前、279-280 頁。
- (38) *Ibid.*, pp. 250-251. 同前、298 頁。
- (39) Kandinsky, Essays über Kunst und Künstler, Stuttgart, 1955; Bern, 1973, p. 203. カンディンスキー『芸術と芸術家』西田秀穂他訳、美術出版社、2000 年、228 頁。
- (40) *Ibid.*, p. 209. 同前、235-236 頁。
- (41) Gertrude Stein, "Picasso" (1938), in *Writings 1932-1946*, New York, 1998, p. 533. ガートルード・スタイン「ピカソ」『ピカソその他』本間満男・金関寿夫訳、書肆山田、1984 年、97 頁。
- (42) Otto Stelzer, *Kunst und Photographie*—*Kontakte, Einflüsse, Wirkungen*, München, 1966, pp. 63-64. オットー・シュテルツァー『写真と芸術』福井信雄・池田香代子訳、フィルムアート社、1974 年、75 頁。



図1 ロベール・ドローネー《ブレリオ礼讃》1914年



図2 アンリ・ルソー《セーヴル橋とクラマールの丘、 サン=クルーとベルヴュの眺め》1908年



図3 スタントン・マクドナルド=ライト 《飛行機、橙黄色における総合色彩》1920年



図 4 ブレーズ・サンドラール《空中旅行》1913年



図 5 フェルナン・レジェ《空の飛行機》1939-52 年



図8 マルセル・デュシャン (マン・レイ撮影) 《埃の培養》1920年



《エッフェル塔とシャン・ド・マルス》1922年



図7 飛行船から見たエッフェル塔 『イリュストラシオン』抜粋 1909 年 6 月 5 日付



図 9 ジェラルド・ドットーリ《速度の三連作、疾走》1925-27年 図 10 タート《空中風景》1932 年





図 15 ジョージア・オキーフ《雲の上の空 I 》 1962-63 年 図 16 ジョージア・オキーフ《白雲の上の空 I 》 1962 年



図 14 フランチェスカ・クプカ《雲Ⅱ》 1934 年



図 12 カジミール・マレーヴィチ

《絶対派の要素の構成(飛行感覚)》1914-15年



図 13 カジミール・マレーヴィチ《飛翔する飛行機》 1914 年



図 17 アンリ・マティス《イカロス (ジャズ)》 1943 年



図 18 アンリ・マティス《鳥達》1947年



図 20 ヴァシリー・カンディンスキー 《固定された飛翔》1932年



図 19 ヴァシリー・カンディンスキー 《幾つかの円》1926年

ポール・セザンヌの絵画理論――「感覚の実現」を中心に

Paul Cézanne's Painting Theories : Focusing on His "Realization of Sensations"

秋丸 知貴 (美術史家) Tomoki Akimaru (Art Historian) (2011年5月30日受付、2011年8月30日受理)

Keywords: Paul Cézanne, art theory, realization of sensations, Impressionism, Pleinairism

Abstract: In this paper it is clarified that in Paul Cézanne's painting theory the "realization of sensations" means the expression of impressions: that is, the concretion of perceptions based on his own temperament by means of the drawings and colors in his paintings. The sensations that Cézanne tries to realize are (1) the coloring sensations to represent objects in color planes induced by bright reflections of the strong sunlight outdoors, (2) an optical sensation to classify their color planes in three or two tones, and (3) "centering of composition," "flattening of picture," "abstracting of form," and "purifying of color."

1. はじめに

ポール・セザンヌの絵画理論の最も有名な一つに、「感覚の実現」がある。現に、セザンヌ自身が 1906 年 10 月 15 日付息子宛書簡で、「感覚 (les sensations) が私の仕事の基盤を形成している (1)」と述べている以上、この「感覚の実現」が彼の芸術の核心に触れていることは間違いない。しかし従来、セザンヌの絵画理論は、彼自身の直接的な一次資料のみならず、間接的な伝聞資料も含めて考察されることが多かった。これに対し、本論文は、調査対象を厳密にジョン・リウォルド編集の書簡集に限定する。そして、セザンヌの確実な肉声のみを総合的に抽出することで、可能な限り本来の彼の絵画理論の再構成を目指す。

最初に、従来の最も典型的な三つの学説を時系列的に要約しよう。

まず、同時代の一般的なセザンヌ解釈の代表は、親友エミール・ゾラである。ゾラは『制作』 (1886年)で、セザンヌを主なモデルとする画家クロード・ランティエに、今目の前にある事物を「自分が感じる (sentait) ままに描く」こと、つまり「直に研究し、自分が見たままの個人的な調子で率直に描く」ことを称揚させ (2)、その文脈で「実現 (réalisant)」を用いている (3)。従ってゾラは、「感覚」を客観的現実を直に捉えた主観的真実、「実現」をその絵画への直接的造形化と解していたと推測される (4)。

これを受けて、セザンヌ没後の基準的解釈を形成したのが、弟子エミール・ベルナールである。ベルナールは『回想のセザンヌ』(1912 年)で、セザンヌが「自然によって、つまり感覚(sensation)によって、再び古典的になる必要がある」と語り、「自然の中の全ては、球体、円錐体、円筒体に従って肉付いている。画家はこの単純な形体に即して描くことを学ぶ必要があり、そうすれば望む全てを為し得るだろう」と話し、さらに「素描と彩色は、少しも区別されない。つまり、彩色されるにつれて素描され、彩色が調和すればするほど、素描も正確になる。色彩が豊富である時、形態も充実する。色調の対照や連関、そこにこそ素描と肉付の秘訣がある」と説き、「画家は自らの芸術の中で労働者となり、早い時期に自らの実現(réalisation)の手法を知らねばならない」と論じたと紹介している(5)。このことから、ベルナールは、「感

覚」を視覚世界における立体性の抽象的形体による把握、「実現」をその絵画平面への翻案的造形化と解釈していたと推察される。なお、ベルナールは同著で、「セザンヌが『彩る感覚(sensations colorantes)』と名付けた、段階的色調を読解するためによく調節された目(6)」に言及しており、彼の理解する「感覚」には、上記の立体性の抽象的形体による把握に加え、立体性の段階的色調による把握も含まれていたと推定される。また、「実現」における「転調(modulations)」の重視もベルナールが祖型であり、彼はセザンヌの「実現」の手法が、従来の固有色の連続的明暗による肉付ではなく、「転調」、つまり「古い綴れ織に観察されるように、類似色が段階的に移調して対極で対照を成す」もので(7)、そうした色面の「明るいままの原色の差異、すなわち強烈な対照」で「描くものに立体感を十分与えること」であったことも示唆している(8)。

これらに関連しつつ、さらに「感覚」を、概念や情念を捨象した「純粋視覚」と見なす解釈が、後代の学者により登場する(9)。この解釈を最も簡潔明瞭に要約した、ゴットフリート・ベームの『ポール・セザンヌ《サント=ヴィクトワール山》』(1988年)によれば、「色彩の感覚(sensations colorantes)」は、「現象学の用語」で言う「直観的還元」による「色彩の視覚データ」であり、「実現(Realisieren)」は、「画家の目の中で感受されたものをその対応物、いわゆる視覚データに変換すること」と、「色彩=形態の織物」として「色彩の感覚を画像上の対応物へと実際に転換すること」の両方である(10)。

本論文は、これらの先行研究、すなわち客観的現実に即した主観的真実の絵画的造形化、抽象的形体と段階的色調により把握された現実的立体性の絵画平面上への色面対照による翻案的造形化、言語以前の原初的印象による外界把握の絵画的具現化を補足し、特に従来ほとんど全く注目されてこなかった、セザンヌ自身の「感覚」における「外光」の重要性を詳細に分析する。

2. 自然と感覚

まず、「感覚」について見てみよう。セザンヌは、「感覚」は「自然」から感受されると言っている。

事実、セザンヌは、「自然」について、1878 年 12 月 19 日付エミール・ゾラ宛書簡で、「僕は、自然(la nature)を見始めるのが少し遅かった。それにもかかわらず、自然には多大な関心を抱かずにはいられない(la 11)」と書き、la 1886年5月 la 11 日付ヴィクトル・ショケ宛書簡で、「常に空が、限りない自然(la nature)の事物が私を惹き付け、喜びを持って眺める機会を与えてくれます(la 12)」と記している。

また、セザンヌは、「自然」と「絵画」について、1874 年頃の両親宛書簡で、「南仏の景色 (les aspects) が、自分の絵画に沢山の資源を与えてくれる(13)」と語り、1878 年 5 月 8 日付エミール・ゾラ宛書簡で、「絵画」の「到達すべき目標」を「自然の再現 (la représentation de la nature)」と話している(14)。また彼は、1903 年 9 月 13 日付シャルル・カモワン宛書簡で、絵画における「『自然』 (la Nature)を前にしての良い研究(15)」を説き、1904 年 5 月 12 日付エミール・ベルナール宛書簡で、絵画において「取り組むべき真実の驚くべき研究」は、「自然(151 は、「自然(152 という絵画の多様性」と論じている(153 に

さらに、セザンヌは、「自然」と「感覚」について、1879 年 9 月 27 日付エミール・ゾラ宛書簡で、「田舎(la campagne)」には「自分には表現できない感覚(des sensations)」があり、「それらをより強く感じたい」と告げ(17)、1903 年 9 月 13 日付シャルル・カモワン宛書簡で、「自然 (la nature)との接触によって、私達の内にある、本能を、芸術的な感覚(les sensations d'art)を生き生きとさせる必要がある(18)」と教え、1905 年 1 月 17 日付ルイ・レイデ宛書簡で、「あの美しい自然(nature)——男、女、静物——に接して私達が感じる感覚(les sensations)の十全なる造形化(formuler)に到達すること(19)」を望んでいる。

これらのことから、セザンヌは、「自然」に強い関心を持ち、「自然」から感受される「感覚」

を、絵画に再現的に造形化することを目指していることが分かる。そして、その「自然」は、 風景のみならず、人物・静物を含むことも分かる。

3. 絵画と実現

次に、「実現」について見てみよう。セザンヌは、自然から感受される感覚を、「絵画」に表現することを、「実現」と呼んでいる。

実際に、セザンヌは、「絵画」と「実現」に関して、(1878年) 11月20日付エミール・ゾラ宛書簡で、「絵画 (la peinture)」を「感覚の表現(expression de sensation)手段」と形容している(20)。また彼は、1899年6月3日付アンリ・ガスケ宛書簡で、絵画の探究目標を「感覚の表現(l'expression de ces sensations)(21)」と記述し、1904年5月26日付エミール・ベルナール宛書簡で、「画家は、素描と彩色の手法で(au moyen du dessin et de la couleur)、自らの感覚(ses sensations)を、自らの知覚を、具体化する(concrète)(22)」と説明している。さらに彼は、1906年10月13日付息子宛書簡で、「油彩画(la peinture à l'huile)」の目標は「自然に即して実現する(réaliser)」ことであり、「粗描(Les esquisses)」や「本画(les toiles)」を「モデルが示唆する感覚(les sensations)や展開(という、自然)に即した構成(des constructions)」と解説し(23)、1904年12月9日付シャルル・カモワン宛書簡で、「あなたが所有するに至らねばならない良い構成(construction)の方法(24)」を勧めている。

これらのことから、セザンヌは、自然から感受される感覚を、「絵画」において素描と彩色の手法で具体的に構成することを、「実現」と呼んでいることが分かる。

4. 気質と感覚

さらに、セザンヌは、芸術的な「感覚」には、「気質」が必要であると述べている。

事実、セザンヌは、1902年7月8日付ジョアシャン・ガスケ宛書簡で、「腹に何かを持っている必要があります。その後は仕事しかありません(25)」と断じている。また彼は、1903年2月22日付シャルル・カモワン宛書簡で、「芸術」にあるのは「初発の力、うまり気質(letempérament)だけであり、これが人をして自己の到達すべき目標へと至らしめうるのです」と談じ(26)、1905年頃のエミール・ベルナール宛書簡で、「各自の個人的な気質(tempérament)に従って自己を表現し(exprimer)ようと努めましょう(27)」と奨めている。そして彼は、1904年7月25日付エミール・ベルナール宛書簡で、「少しでも気質(tempérament)を持っていれば、人は立派な画家でありえます。大層な調整家や色彩家ではなくても、人は見事に何事かを成しえます。芸術的な感覚(un sens d'art)を持っていれば十分なのです(28)」と主張している。

ここで考慮すべきは、セザンヌが、先述のように「芸術的な感覚(les sensations d'art)」と表現しており、文脈上この「sens」は「sensation」と極めて親縁的と想定される問題である(sens が器官及びその作用を指し、sensation は主に作用を意味すると解せる)。そうであれば、セザンヌは画家として、「素描と彩色」の「手法」よりも、「気質」とそこで展開される「感覚」をより重視していると解釈できる。これに加えて、セザンヌは、「感覚」することを「感じる」や「強く感じる」とも表現している。例えば彼は、1904 年 5 月 12 日付エミール・ベルナール宛書簡で、「モデルをよく見て、非常に正確に感じ(sentir)、そしてさらに、品位と力強さをもって自己を表現する(exprimer)必要があります(29)」と論し、1906 年 9 月 13 日付息子宛書簡で、「当然、自分自身で強く感じ(ressentir)、十分に自己を表現す(exprimer)る(に至る)必要がある(30)」と訓じている。

その上で、セザンヌは、1906年9月22日付息子宛書簡で、「私は彼と同じ気質(tempérament)を持たず、彼の強い感じ方 (sa façon de ressentir) も持たない (31)」と分析し、1884年2

月 23 日付エミール・ブラ宛書簡で、「何と僕達は感覚 (sensation) が隔たっているのだろう! (32)」と驚いている。

これらのことから、セザンヌは、「気質」には人それぞれに固有性があり、そのため、それに基づく「感じ方」やそこで得られる「感覚」にも人それぞれに個別性があると考えていると察せられる。

5. 外光

ここで注目すべきは、セザンヌ自身の「自然」からの「感覚」の感受が、何よりもまず「外 光」下で行われている問題である。

事実、セザンヌは、1866 年 10 月 19 日頃のエミール・ゾラ宛書簡で、「外光」に関して次のように叙述している。「ところで君、屋内で、アトリエで制作された絵画は全て、屋外で (en plein air) 制作されたものに決して匹敵できない。屋外の光景を描写する時、背景と人物の対照 (les oppositions des figures sur les terrains) は驚くべきもので、風景は壮麗だ (le paysage est magnifique)。色々と素晴らしい事物を見るので、僕は屋外で (en plein air) しか制作しないと決心する必要がある (33)」。

また、セザンヌは同じ手紙で、「外光」に関して次のように描述している。「ギウメが誉めてくれた粗描は、僕が自然に即して制作した物なのだが、それはそれ以外の作品全てを下落させ、悪い物のように見せる。僕は、過去の巨匠達が屋外にある(en plein air)事物を描いた絵画は全て、上手に制作されていないと確信する。なぜなら、それは僕には、自然が提供する真実の、とりわけ本来の外観を有するとは思われないからだ(34)」。

なお、この手紙の末尾には、「屋外で (en plein air) 描く予定の絵画の下書 (35)」(図 1)も図示されている。また、ここで言及されているギウメに誉められた粗描の類例としては、その油彩画である《モティーフへ出かけるマリオンとヴァラブレーグ》(1866 年)(図 2)を想定できる。

これに関連して、セザンヌは、「風景」を美しく見せる「晴天」を非常に賛美している。実際に彼は、1884年 11 月 27 日付エミール・ゾラ宛書簡で、「嘆いた後は、太陽(le soleil)万歳と叫ぼう。太陽が、僕達にとても美しい光を与えてくれる(36)」と称えている。また彼は、1906年 9 月 28 日付息子宛書簡で、「天気は快晴(Le temps est épatant)で、風景は素晴らしい(37)」と賞賛している。

さらに、セザンヌは、「絵画」制作における「晴天」の重要性を度々力説している。例えば彼は、1876年7月2日付カミーユ・ピサロ宛書簡で、「もし好天に恵まれれば (le temps devient propice)、多分私はそれら(風景画)を最後まで推し進めることが出来ます(38)」と期待し、(1878年)11月20日付エミール・ゾラ宛書簡で、「僕は絵画(peinture)における自分の探究を再開するために晴天(une éclaircie)を待っている(39)」と待機している。また彼は、1896年6月13日付ジョアシャン・ガスケ宛書簡で、「太陽が輝き(Le soleil brille)、希望が心に溢れます。 — 私は間もなく研究に出かけます(40)」と喜び、1902年1月23日付アンブロワーズ・ヴォラール宛書簡で、「時々美しい太陽(de beaux soleils)も、不意に重苦しい曇天に覆われてしまうので、そのことが風景の追求を危うくします(41)」と悲しんでいる。さらに彼は、1902年7月8日付ジョアシャン・ガスケ宛書簡で、「二年前に始めた一点の習作(une étude)がありますが、これをもっと追求すべきと考えています。遂に天気が晴れたのです(Le temps est enfin devenu beau)(42)」と言明し、1904年6月27日付エミール・ベルナール宛書簡で、「天気は晴れ(Le temps est beau)、私はそれを利用して仕事をしています(j'en profite pour travailler)(43)」と表明している。

これらのことから、セザンヌは、「晴天」の「外光」下の強烈な照明光による反射光の強調がもたらす、「自然」の事物の壮麗な色彩的「対照」に強い興味を抱いていることが分かる。そ

の関心は、十分な「外光」が得られない時には、絵画の制作自体が出来ないと嘆く程強いものであり、さらにそのことが、アカデミスム絵画における画面の不自然な暗さに対する批判に繋がっていることも分かる。

ただし、ここで注意すべきは、セザンヌの「外光」への興味が確かな事実としても、だからといって彼が、「外光」下でなければ絵画を描けないと考えていた訳ではない問題である。例えば彼は、1905年頃のエミール・ベルナール宛書簡で、「こうした雨がちの天気では、これらの理論はとても正しいけれども、屋外で(en plein air)実践することは不可能です。しかし、根気強さが、私達を他の全てと同様に、屋内の物も理解させるに至ります(44)」と弁じている。

これらのことから、セザンヌは、「感覚」が感受される「自然」として、まず「外光」下の「風景」を念頭に置き、さらにそうした屋外写生で得られた知見を、適宜「屋内」の人物画や静物画にも適用していったのだと考えられる。

6. モティーフ

ここで興味深いことは、セザンヌが、「外光」下の「自然」の「風景」を、特に「モティーフ」 と呼んでいる問題である。

事実、セザンヌは、1866 年 10 月 19 日頃のエミール・ゾラ宛書簡で、「モティーフ(もちろん風景)へ出かける(partant pour le motif (le paysage s'entend))(45)」と証言している。また彼は、1904 年 12 月 9 日付シャルル・カモワン宛書簡で、「私と一緒にモティーフ(motif)へ行きましょう」と誘い、「私はモティーフ(le motif)へ出かけます、雨が降らない限り(à moins de pluie)」と限定している(46)。そして彼は、1906 年 10 月 8 日付息子宛書簡で、「天気は晴れ(Le temps est beau)、午後私はモティーフ(motif)へ行く(47)」と伝えている。

ここでセザンヌの言う「モティーフ」は、人物・静物も含む可能性は保留されるとしても、前述の「自然」への関心に加え、現実に彼自身が「風景」と注釈している以上、まず第一に「自然」の「風景」を指すと推理できる。また彼自身が、「雨が降らない限」り「天気は晴れ」の時に「モティーフ」へ出かけると証言している以上、それらの「モティーフ」は、「外光」下の「自然」の「風景」を指すと推量できる。

実際に、セザンヌは、繰り返し「風景画」の対象としての「モティーフ」について語っている。例えば彼は、1876年7月2日付カミーユ・ピサロ宛書簡で、「ここでは仕事に三、四ヵ月もかかりそうな幾つかのモティーフ(des motifs)を見出すことが出来ます。というのも、ここでは植物が変化しないのです(48)」と紹介し、1906年9月22日付息子宛書簡で、「私は毎日風景へ(au paysage)行く、モティーフ(les motifs)は美しい(49)」と報告している。

これらのことから、セザンヌは、「風景画」の対象としての「外光」下の「自然」の「風景」 を、「モティーフ」と呼んでいると推測できる。

その上で、セザンヌは、「風景」の選択には「外光」が関係することを示唆している。事実彼は、1883年 5月 24日付エミール・ゾラ宛書簡で、「ここには美しい眺めが幾つかあるが、それらが全てモティーフ(motif)になる訳ではない(50)」と退け、1906年 8月(26日)付息子宛書簡で、「私は常に喜びを持って研究している。しかしながら時々、光がとても汚い (une si sale lumière) ので自然が醜く見える。だから選ぶことが必要である (51)」と自戒している。

これらのことから、セザンヌは、「風景」を「モティーフ」として感受する時には、彼自身が「外光」下の「風景」の「壮麗さ」を讃美し、「光」の汚さが「自然」を「醜く」すると慨嘆している以上、そこには「外光」により強調された事物の色彩的「対照」が大きく関わっていると推察できる。

さらに興味深いことは、セザンヌにおける「モティーフ」は、客体よりもむしろ主体に関わっている問題である。実際に彼は、1902 年 3 月 10 日付ルイ・オランシュ宛書簡で、「自分を

苦しめている頭脳の障害」が「絵画においてもモデルに即して(d'après le modèle)自分を導くことしか出来なくさせる」と憤慨している(52)。また彼は、1904年12月9日付シャルル・カモワン宛書簡で、「ラファエロ」は「とても偉大な芸術家」だが「常にモデルに縛られている(bridé par le modèle)」と批判し、「素描はあなたが見るものの外形でしかありません」と訓戒している(53)。

これに対し、セザンヌは、1906年9月8日付息子宛書簡で、「川のほとりでは、モティーフ (les motifs) が増加する。同じ題材 (le même sujet) でも異なる角度で眺めれば、より強く 興味を引く研究の題材 (un sujet) を提供してくれる (54)」と悦んでいる。

これらのことから、セザンヌにおける「モティーフ」は、客体としての「題材」自体というよりも、むしろそれをまなざす主体の「感じ方」に関係していると推論できる。つまり、彼の「モティーフ」は、まず何よりも、画家が「自然」の「風景」を眺めた時に、強烈な「外光」によって事物の色彩的「対照」が強調される視覚的印象、すなわち「感覚」そのものを指す概念と推定できる。

7. 光と色彩

それでは、セザンヌ自身の「感覚の実現」は、具体的には一体どのようなものだろうか? この問題について、セザンヌは、1878 年 4 月 14 日付エミール・ゾラ宛書簡で、「僕は仕事 をしている。成果はほとんど無く、全体的な感覚(sens général)から隔たり過ぎている(55)」 と嘆いている。また彼は、1905 年頃のエミール・ベルナール宛書簡で、「素描をしなさい (Dessinez)。しかし(mais)、反射こそが覆っています。光(la lumière)は、全体的な反射 (le reflet général)によって、覆うものとなります(56)」と指導している。

これらのことから、セザンヌの「全体的な感覚」は、「光」の「全体的な反射」に関わるものと想像できる。そして、この「光」の「全体的な反射」は、逆接の接続詞(mais)で対比されている以上、文法的に「素描」と対を成す「彩色」に関わるものと想定できる。

事実、セザンヌは、「光」は「色彩」によって再現されると言っている。例えば彼は、1906年8月3日付息子宛書簡で、「ゴンクール兄弟、ピサロ、そして光と空気を再現する色彩(la couleur, représentative de lumière et d'air)に対する性向を持つ人々に幸いあれ(57)」と祝福し、1904年4月15日付エミール・ベルナール宛書簡で、「赤色と黄色で再現される光(lumière, représentées par les rouges et les jaunes)の震動の中に、空気を感じさせるのに十分な量の青みがかった色を導入する(58)」ことを提唱している。

その上で、セザンヌは、1884 年 11 月 27 日付エミール・ゾラ宛書簡で、「色彩」の「調和」について、「芸術は外観のように恐ろしく形式を変え、非常に卑小な形式を夢見過ぎる。同時に、調和(l'harmonie)に対する無自覚が、色彩そのものの不一致(la discordance des colorations même)によって、さらにより不幸なことには、色調の失声症(l'aphonie des tons)によって、ますます現れる(59)」と惧れている。そして彼は、1906 年 8 月 14 日付息子宛書簡で、「絵画」における「調和」について、「かつてフォンテーヌブローで制作したのと同じ種類の一点の水彩画を始めた。今度の方がより調和が取れている(harmonieuse)ように思える。全ては出来る限り最大の照応(le plus de rapport)を与えることだ(60)」と確言している。

これらのことから、セザンヌは、「外光」下の「自然」の「風景」から感受する、自らの視覚器官全体に作用する「光」の「全体的な反射」に関心を持っていると推測できる。また、その「光」の「全体的な反射」は、上述のように、強烈な「外光」を浴びて事物の色彩的「対照」が強調された視野全体を指すと考察できる。

そして、セザンヌは、そうした「光」の「全体的反射」を、「色彩」を用いて出来る限り「調和」的に「絵画」上に「構成」することを目指していると解釈できる。つまり、その「調和」

とは、「感覚」と「絵画」を「色彩」的に「一致」させることであり、そのためにセザンヌは、 その「感覚」の「色調」の正確かつ鮮明な把握を重視しているのだと理解できる。

実際に、セザンヌは、「色調」を鈍くする「曇天」を嫌っている。例えば彼は、1902年2月3日付ルイ・オランシュ宛書簡で、「今日は空に暗雲(nuages gris)が垂れ込めているので、私には事物がより一層暗く(en noir)見えます(61)」と憾み、1906年7月(20日)付息子宛書簡で、「大気は時々くすみ(poussiéreuse)、色調を嘆かわしくする(un ton lamentable)。 ――幾らかの瞬間にしか晴れない(62)」と悲嘆している。

これらのことから、セザンヌは、「感覚」の明瞭な感受のために、反射光の強調をもたらす強烈な照明光を必要としており、だからこそ彼は「外光」を重視しているのだと了解できる。

8. 「彩る感覚」「ある視覚的感覚」

それでは、セザンヌ自身の「感覚」は、具体的には一体どのようなものだろうか?この問題について、セザンヌは、1906年9月8日付息子宛書簡で次のように明記している。「最後に、お前に言っておくが、私は画家として自然を前にするとより明晰になる。しかし、私の作品では、自分の感覚の実現(la réalisation de mes sensations)は、常に非常に骨が折れるのだ。私は、自分の感覚に展開する強烈さ(l'intensité qui se développe à mes sens)に到達することが出来ず、自然を生き生きとさせる(anime la nature)あの色彩の壮麗な豊富さ(cette magnifique richesse de coloration)も持つことが出来ない(63)」。

このことから、セザンヌの「感覚」は、「強烈さ」を持って「展開」し、「色彩の壮麗な豊富さ」で「自然を生き生きとさせる」ものであることが分かる。

これに関連して、セザンヌは、1876 年 7 月 2 日付カミーユ・ピサロ宛書簡で次のように明言している。「ここは太陽がとても強烈なので(Le soleil y est si effrayant)、私には、事物が白色や黒色だけでなく、青色や、赤色や、茶色や、紫色による影絵となって浮き出る(les objets s'enlèvent en silhouette non pas seulement en blanc ou noir, mais en bleu, en rouge, en brun, en violet)ように思えます。私の間違いかもしれませんが、これは肉付(modelé)の正反対(l'antipode)であるように思えます(64)」。

これらのことから、セザンヌは、「強烈」な「太陽」に照らし出された事物を、その反射光の強さから、「面」(シルエット・輪郭図形)として浮き出るように感受していることが分かる。 そして、その「面」は、それぞれ「白色」や「黒色」だけでなく、「青色」「赤色」「茶色」「紫色」等の「生き生き」とした「壮麗で豊富」な「色面」として享受されていることが分かる。

つまり、セザンヌ自身の「感覚」とは、まず「外光」下の視覚における「対象の色面化」と 推定できる。また彼は、そうした影絵的な「色面」の平面性を、従来のルネサンス的リアリズ ムにおける「肉付」の立体性とは「正反対」と把握していると判定できる。

さらに、セザンヌは、同じ書簡で「対象の色面化」について次のように喩えている。「私は、海を含む二点の小さなモティーフに取組み始めました。それを私に話してくれた、ショケ氏のためにです。——それは、まるで一枚のトランプのカード(une carte à jouer)です。青い海の上の赤い屋根(Des toits rouges sur la mer bleue)(65)」。

また、セザンヌは、1905 年 10 月 23 日付エミール・ベルナール宛書簡で、「対象の色面化」について次のように教示している。「他方、諸プランは、個々が別の個々の上に重なっています(les plans tombent les uns sur les autres)。そこで、新印象派は輪郭を一本の黒線で境界付けて脱しますが、これは全力で闘うべき欠点です。そうではなく、自然を参照すれば、私達にはこの目的を達成する手法が与えられます(66)」。

制作時期、寸法、来歴から判断すれば、前者で語られている「モティーフ」を描いた作品が、 《エスタックの海》(1876年)(図3)である。同様の作例として、同じく油彩の《東から見た エスタック湾》(1878-79年)(図4)、水彩の《エスタック湾》(1878-82年)(図5)も挙げら れる。これらの作品では、「赤い屋根」の背後に「青い海」が広がっており、ここで言う「重なり」における「上」とは、垂直的な上下関係ではなく、水平的な前後関係を意味すると読解できる。

そして、この前後に重なる「赤い屋根」や「青い海」を、後者の発言における「プラン」(色面)と捉えれば、ここで述べられていることは、やはり視覚における「対象の色面化」と解読できる。ここではさらに、既述の「外光」下の「背景と(上の)人物の対照 (les oppositions des figures sur les terrains) (67)」も想起すべきだろう。

また、文字通り平面的であるこれらの個々の「色面」は、前置詞「sur」が用いられている以上、前後に接触するように感受されているはずであり、この全体としても一枚の平面的な「トランプのカード」のような色面モザイクこそが、まず第一に、セザンヌが「外光」下の「自然」から「モティーフ」として感受した「感覚」の内容と特定できる。

確かに、セザンヌが、絵画制作の際にそうした色面モザイクから画面を構築していたことは、特に晩年の作品、例えば水彩の《プロヴァンスの風景》(1895-1900 年)(図 6)、《エクスの北から見たサント・ヴィクトワール山》(1906 年頃)(図 7)、《ローヴから見たサント・ヴィクトワール山》(1902-06 年)(図 8)、油彩の《ローヴの庭》(1906 年頃)(図 9)、《曲り道》(1904 年頃)(図 10)、《サント・ヴィクトワール山》(1902-06 年)(図 11)等で確認できる。

これに加えて、セザンヌは、1904年12月23日付エミール・ベルナール宛書簡で、この「対象の色面化」を「彩る感覚」と形容し、さらにそれに続く、もう一つの別の「ある視覚的感覚」について次のように論述している。「私達の視覚器官の中で、ある視覚的感覚(une sensation optique)が生じます。それは私達に、彩る感覚(des sensations colorantes)によって表象された諸プラン(les plans)を、光(lumière)、半調子(demi-ton)、あるいは(ou)四分調子(quart de ton)に分類させます。従って、画家にとって、いわゆる光(La lumière)は存在しません。あなたが黒色から白色へ(du noir au blanc)と移行する限り、必然的に、この抽象作用の最初のもの(la première de ces abstractions)が脳にとってと同じくらい目にとっても閊えとなるので、私達は行き詰まり、自己を統御し、自己を所有するに至りません(68)」。ここで言う、「ある視覚的感覚」に先立つ「彩る感覚」は、まなざす事物を「諸プラン」(色面)として表象するものである以上、先述の視覚における「対象の色面化」と同定できる。そして、それらの「色面」が、続く「ある視覚的感覚」により「光」「半調子」「四分調子」に分類されるならば、前述のセザンヌが「光」を「色彩」で表そうとする姿勢から、それらは「全色調」「半色調」「四分色調」と分析できる。つまり、「彩る感覚」は、視覚における「対象の色

ここで注意すべきは、混色するほど明度が落ちる絵具では、最も明るい「光」を意味する「全色調」は、実際には「無色(塗残し)」としても表現されうる問題である。その場合、特に水彩画では、上記の「全色調」「半色調」「四分色調」は、「無色」「淡色」「濃色」と解しうる。

面化」であり、それに続く「ある視覚的感覚」は、その「色調の段階化」と判別できる。

また、こうした「色調の段階化」は、「遠景」「中景」「近景」等の奥行的要素にも対応すると解釈できる。現に、《シャトー・ノワールの庭のピスタチオの木 II》(1900 年頃)(図 12)では、「黄色」に注目すれば、遠景の山や空が「無色」、中景の樹木や家屋が「淡黄色」、近景の庭石が「濃黄色」である。

さらに、この「色調の段階化」は、必ずしも同一色の階調ではなく、寒色・暖色の対比を含むことも考えられる。事実、《リンゴ・ナシ・鍋(食事机)》(1900-04年)(図13)の果物では、ハイライトが「無色」、中間色が「暖色」、陰影が「寒色」である。

そして、「半色調」と「四分色調」を結ぶ接続詞が、「et (そして)」ではなく「ou (あるいは)」である以上、色調は「三分化」ではなく「二分化」の場合も推考できる。実際に、《シャトー・ノワール付近の高台から見たサント・ヴィクトワール山》(1900-02年)(図 14)は、「無

色」と「淡色」だけで画面が構成されている。

いずれにしても、セザンヌは、この「抽象作用の最初のもの」である「対象の色面化」を、固有色の連続的明暗による「肉付」、すなわち通常の「光」と同じ「白色」(ハイライト)から「黒色」(陰影)への連続的な移行と捉えようとすれば、齟齬が生じざるをえないと論じていると解釈できる。そして彼は、こうした色彩手法に基づき、油彩画等ではさらにその彩色密度を高めて行ったのだと理解できる。

9. 「構図の集中化」「画像の平面化」

ここで考察すべきは、「対象の色面化」における個々の色面の平面性が「画像の平面性」に繋がるのに対し、「色調の段階化」における移行的な階調性は「画像の立体性」に結び付く問題である。これに関連して、セザンヌの「感覚」には、観察においても制作においても、様々な「画像の平面性」と「画像の立体性」の二重性を指摘できる。

事実、セザンヌは、1904年4月15日付エミール・ベルナール宛書簡で、制作における「感覚」に関して次のように教授している。「自然を、円筒体(le cylindre)、球体(la sphère)、円錐体(le cône)によって扱い、全てを遠近法の中に(en perspective)置きなさい。つまり、一つの面(un plan)である、一つの事物(un objet)のそれぞれの側面(chaque côté)が、一つの中心点(un point central)に向かって行く(se dirige)ようにしなさい。水平線に平行な線(Les lignes parallèles)は、広がり(l'étendue)を、すなわち自然の一断面を与えます。 […] この水平線に対し垂直な線(Les lignes perpendiculaires)は、深さ(la profondeur)を与えます。ところで、自然は、私達人間にとっては、平面(surface)においてよりも、奥行(profondeur)において存在するものです。それゆえに、赤色(les rouges)と黄色(les jaunes)で再現される光の震動の中に、空気を感じさせるのに十分な量の青みがかった色(une somme suffisante de bleutés)を導入する必要があります(69)」。

ここで最初に指摘すべきは、セザンヌが、画中の構成要素が「向かって行」く「一つの中心 点」を設定して画面を構成している事実である。このことから、この絵画理論には、まず「構 図の集中化」を読み取れる。

実際に、画面上の事物を求心的に呼応させる中心点の実例としては、図 11 の画面中央の中景の山の足下の緑と濃緑の色面に跨る橙色の小点、《サント・ヴィクトワール山》(1902-06 年)(図 15)の画面中央の中景の山の足元の緑の色面の上辺の橙色の小点、《サント・ヴィクトワール山と大松》(1887 年頃)(図 16)の画面中央の遠景の山の中腹の赤茶の小点、《アヌシー湖》(1896 年)(図 17)の画面中央の遠景の建物の手前の屋根の頂点の赤色の小点等を挙げられる。また、セザンヌが、「一つの事物」を「一つの面」と同格的に換言している以上、この発言もまた、前述の「対象の色面化」としての「彩る感覚」に連続するものと考えられる。

ここで注目すべきは、「対象の色面化」が「画像の平面性」をもたらすのに対し、セザンヌが「円筒体」「球体」「円錐体」という立体の導入を奨めている問題である。つまり、彼はここで、明確に「画像の立体性」も奨励している。

さらに着目すべきは、ここでセザンヌが推奨する三つの立体に共通する特徴が、その側面がいずれも境目線を持たない「一つの面」である事実である。立体感をもたらす境目線が無い以上、これらの形体は、描かれた時には、平面的にも立体的にも感受されうる。その上で、全てが「遠近法」の中に置かれ、「それぞれの側面」が「遠近法」の先の「一つの中心点」に「向かって行く」ように描かれるならば、それらには依然として立体感も留保される。すなわち、ここでは、相反する「画像の平面性」と「画像の立体性」が同時に語られている。

ここで注意すべきは、セザンヌが、水平線に対して平行あるいは垂直な「線」の導入を訓示している問題である。このことは、セザンヌが、「感覚」を「素描と彩色」の手法で「具体化」

すると述べていることに対応し、やはりこの絵画理論が、「感覚」に関わるものであると共に、彼における「感覚」が、前述の「色彩」的要素とは別の何らかの「線」的要素も含む可能性を示唆する。そして、「線」を、無形態としての「色彩」の対立物と捉えるならば、「線」の描出は、平面的な「対象の色面化」に対する、形体的な立体性の導入と解しうる。ただし、この「線」は、形態の連続的な輪郭として用いられた場合には、再び平面性へと回帰するだろう。

さらに留意すべきは、「線」の中でも、水平線に「平行な線」がもたらす「広がり」は、対象の側面における「一つの面」と同様に、平面性に呼応する事実である。これに対し、水平線に「垂直な線」がもたらす「深さ」は、対象の側面における境目線と同様に、立体性に対応する。つまり、ここでも、「画像の平面性」と「画像の立体性」の二元的調和が説かれている。

これに加えて、「色彩」についても、「光の震動」を表す暖色の「赤色と黄色」は、強烈な光源が視界の融解を招くように、平面性をもたらすものと解釈できる。これに対し、「空気」を感じさせる寒色の「青みがかった色」は、空気遠近法が奥行を表わすように、立体性をもたらすものと理解できる。すなわち、ここでもまた、「画像の平面性」と「画像の立体性」の両義的均衡が論じられている。

こうした独特な二次元と三次元の二重性の実例としては、「対象の色面化」による従来の連続的な肉付の否定で、画面全体に平面性を招きつつ、「色調の段階化」である山や森における同一色の階調及び遠景の寒色と中近景の暖色の対比で、立体性を生じさせ、さらに山や地平の水平的な輪郭線で、再び画面に平面性を導きつつ、それが断続的であるために、やはり立体性も孕み続ける、図 15 等を挙げられよう。

これに関連して、セザンヌは、1904年7月25日付エミール・ベルナール宛書簡で、観察における「感覚」について次のように教導している。「進歩を実現するためには、自然しかありません。そして、目は自然との接触によって教育されます。大いに見詰め仕事をすると、目は集中するように(concentrique)なります。私が述べたいことは、オレンジにも、リンゴにも、ボールにも、頭部にも、一つの頂点があるということです。そして、その頂点は常に、一光と影(lumière et ombre)、彩る感覚(sensations colorantes)の恐るべき効果にもかかわらず 一、私達の目に最も接近しています。事物の周縁(les bords des objets)は、水平線上に(ànotre horizon)置かれた一つの中心(un centre)に向かって逃げて行きます(fuient)(70)」。

ここで注目すべきは、セザンヌが、「光と影」を「彩る感覚」と同格的に換言している事実である。このことは、「彩る感覚」を、「外光」下の強烈な照明光による反射光の強調がもたらす、対象の「影絵」化と見る先述の解釈と照応し、さらにこの発言が、「彩る感覚」に連動する造形理論であることを暗示する。

さらに着目すべきは、ここでもセザンヌが、一点透視遠近法の消失点に類似する、画中の構成要素が「集中」し「向かって逃げて行」く、「一つの中心」を論じている事実である。従って、この引用からも、「構図の集中化」を観取できる。

また、セザンヌが言及する「オレンジ」「リンゴ」「ボール」「頭部」は全て、立体的な「球体」である。そして、そうした「球体」の「頂点」が、観者の目に最も接近し、さらにその「周縁」が、「水平線」上の「一つの中心」に「集中」し「向かって逃げて行く」ならば、やはり対象には、依然として立体性が保持されることになる。

これに対し、それと対比するかたちで述べられている「彩る感覚」は、前述のように、「対象の色面化」による視覚における「画像の平面性」を導くと解釈できる。また、立体の「球体」は、やはり側面から眺められた時には、「一つの面」、すなわち平面としても感受されうる。そうであれば、ここでもまたセザンヌは、「画像の平面性」と「画像の立体性」の同時的総合を唱導していると理解できる。

ここで想起すべきは、一般にルネサンス以来の西洋美術が、二次元の絵画平面上に三次元の立体幻像を現出する方向で発展してきた事実である。その意味で、その特徴は、「画像の立体化」

と形容できる。これに対し、セザンヌでは、その「画像の立体化」に逆行する「画像の平面性」 の導入こそが顕著である。その意味で、ここで見た彼の特徴は、「画像の平面化」と定義できる。

10. 「形態の抽象化」「色彩の純粋化」

ここで興味深いことは、これらの証言からは、さらに「形態の抽象化」と「色彩の純粋化」 を看取できる問題である。

事実、セザンヌが賞揚する「円筒体」「球体」「円錐体」は、側面から見た時に、最も単純な基本的形態である「 \Box 」「 \bigcirc 」「 \triangle 」を示す。実際に彼は、《カードで遊ぶ男達》の連作、図 18 (1892-93 年)、図 19 (1893-96 年)、図 20 (1893-96 年)等で、両側の男性の「帽子」(円筒体、球体)と真中の「壜」(円錐体)でこれを実践している。

ただし、これらは、最も純粋な幾何学的平面図形である「□」「○」「△」そのものではない上に、造形的にも様々な具象的夾雑性を残存させている点で、「形態の抽象性」ではなく、「形態の抽象化」と表現できる。

これに加えて、セザンヌが推薦する「赤色」「黄色」「青みがかった色」は、言うまでもなく、最も根源的な基本的色彩である三原色に関わる。さらに彼は、1886 年 5 月 11 日付ヴィクトル・ショケ宛書簡で、「緑色(Le vert)は最も明朗で、最も目に良い色の一つ(71)」と誉めている。すなわち、彼が称揚する「赤色」「黄色」「青色」「緑色」は、三原色とその補色の組合せである。現に彼は、水彩の図 $5 \cdot 6 \cdot 7 \cdot 8 \cdot 12 \cdot 13 \cdot 14$ 、油彩の図 $3 \cdot 4 \cdot 11$ 等を、この四色を基に着色している。

ただし、これらもまた、最も純粋な三原色そのものではない上に、彩色的にも様々な雑色的 不純性を残留させている点で、「色彩の純粋性」ではなく、「色彩の純粋化」と定義できる。

11. おわりに

晩年のセザンヌは、1904 年 1 月 25 日付ルイ・オランシュ宛書簡で、「感覚の実現」を次のように総括している。「お手紙の中で、あなたは芸術における私の実現(ma réalisation)について語られています。多少骨が折れますが、私は日々益々そこに到達していると信じています。なぜなら、もし自然の強烈な感覚(la sensation)が、――確かに、私はそれを生き生きと有しているのですが――、あらゆる芸術構想の不可欠の基礎であり、その基礎の上に未来の作品の偉大さや美しさが築かれるとしても、私達の感動を表現する手法(des moyens)の知識も、それに劣らず本質的であり、非常に長い経験によってしか獲得されないからです(72)」。

これらのことから、セザンヌは、「絵画」において、「手法」よりも「気質」や「感覚」を重視しているとはいえ、「手法」もまた必要視していると読取できる。

以上のように、書簡集から読解できる、絵画におけるセザンヌの「感覚の実現」は、要約すれば、印象の表現、つまり「気質」を備えた画家が、自分自身の「感じ方」に基づき、まなざした「自然」から「モティーフ」として感受した視覚的印象を、「絵画」上に「素描と彩色」の「手法」で「構成」することと定式化できる。

そうであれば、セザンヌの制作におけるこうしたいわゆる印象派的傾向が、定型的に言及される、1872年のポントワーズ周辺で共に屋外写生したカミーユ・ピサロからの影響以前に、実は1866年の「外光」への独自の関心に既に内在していた可能性はもっと強調されて良い。

現実に、セザンヌは、1899年6月3日付アンリ・ガスケ宛書簡で、「感覚」と「印象」の親縁性を次のように言い表している。「僕達に沢山の深い印象(impressions)を残している、あのプロヴァンスの素晴らしい太陽や、青春時代の古い記憶や、あの水平線や、あの風景や、あの並外れた輪郭を反響した感覚(des sensations)の震動は、僕達において永遠にまどろむことはありません(73)」。

そして、セザンヌ自身の「実現」すべき「感覚」は、まず何よりも「彩る感覚」、つまり「外 光」下の強烈な照明光による反射光の強調がもたらす「対象の色面化」であり、それに続く「あ る視覚的感覚」、すなわち表象された色面を三段階(あるいは二段階)の色調に分類する「色調 の段階化」と指摘できる。このセザンヌの「感覚」における外光の重要性や、二種類の分節内 容の読解は、従来の先行研究では明確なかたちでは全く解明されなかった本稿の新知見である。

さらに、これらに関連して、「構図の集中化」「画像の平面化(立体性と平面性の同時的達成)」 「形態の抽象化」「色彩の純粋化」も、セザンヌの「感覚」に含まれ、それを絵画平面上に、既 に見た様々な「素描と彩色」の「手法」で「構成」することもまた、その「実現」であった可 能性を主張できる。

もちろん、セザンヌが自らの造形表現を絵画理論において言い尽くしているとは限らない以上、先行する他の全ての解釈と同様に、セザンヌの「感覚」には、ここで分析した以上の内容が含まれる可能性もまた十分に留保されねばならない。しかし、少なくとも、本稿で解読した様々なセザンヌの絵画理論が、いずれもセザンヌの造形表現にもまた見出すことができ、セザンヌの理論と実践に一定の一貫性が存在することは、一つの事実として提出することができる。

謝辞

本論文は、筆者が研究代表を務める、2010~2011 年度京都大学こころの未来研究センター連携研究プロジェクト「近代技術的環境における心性の変容の図像解釈学的研究」の研究成果の一部です。本稿執筆に当たり、京都大学こころの未来研究センターでご支援を賜りました鎌田東二先生、京都造形芸術大学大学院でご指導を賜りました高階秀爾先生、芳賀徹先生、浅田彰先生、また数多くの有益なご助言を賜りました査読委員の先生に心より感謝申し上げます。

文献

図版は全てポール・セザンヌ作である。また、「V.」は Lionello Venturi, *Cézanne, son art, son œuvre*, 2 vols., Paris, 1936; San Francisco, 1989、「RW.」は John Rewald, *Paul Cézanne: The Watercolors, A Catalogue Raisonné*, Boston, 1983、「C.」は Adrien Chappuis, *The Drawings of Paul Cézanne: A Catalogue Raisonné*, 2 vols., New York, 1973 の図版番号を示す。

- (1) Paul Cézanne, *Correspondance*, recueillie, annotée et préfacée par John Rewald, Paris, 1937; nouvelle édition révisée et augmentée, Paris, 1978, p. 332. 本稿中、セザンヌ書簡の引用は全てこの仏語新版からの拙訳である。適宜、邦訳(『セザンヌの手紙』ジョン・リウォルド編、池上忠治訳、美術公論社、1982年)を参考にさせて頂いた。以下、紙数の都合上、この仏語新版からの引用は頁数のみを記す。
- (2) Émile Zola, *L'Œuvre* (1886), in *Œuvres complètes*, XIII, Paris: Nouveau Monde, 2005, p. 43. エミール・ゾラ『制作(上)』清水正和訳、岩波文庫、1999 年、72 頁。
- (3) Ibid., p. 151. エミール・ゾラ『制作(下)』清水正和訳、岩波文庫、1999年、12頁。
- (4) こうしたゾラの解釈は、19世紀以後、フランスでは特にユジェーヌ・ドラクロワ以来注目され始めた、芸術表現における主観性の強調をセザンヌに見るものであったと言って良い。この問題については、Kurt Badt, *Die Kunst Cezannes*, München, 1956. クルト・バット『セザンヌの芸術』佃堅輔訳、美術公論社、1981 年、特に第 4 章「実現の問題」を参照。また、この延長上で、Richard Shiff, *Cézanne and the End of Impressionism*, The University of Chicago Press, 1984 は、セザンヌの絵画表現における主観性の増大の問題を考察している。
- (5) Émile Bernard, Souvenirs sur Paul Cézanne, Paris, 1912; Paris, 1925, pp. 31-32. エミル・ベルナール 『改訳 回想のセザンヌ』有島生馬訳、岩波文庫、1953 年、32 頁。
 - (6) *Ibid.*, p. 70. 同前、75 頁。 (7) *Ibid.*, p. 24. 同前、26 頁。
- (8) *Ibid*, p. 50. 同前、51 頁。なお、セザンヌ自身、1897 年 9 月 26 日付ジョアシャン・ガ

スケ宛書簡で、「芸術は自然と平行する一つの調和です」(p. 262)と述べているので、彼が画面上に現実的三次元の秩序とは異なる絵画的二次元の秩序の構成を目指していた蓋然性は高い。基本的な論考としては、Julius Meier-Graefe, Entwicklungsgeschichte der modern Kunst, 3 Bde., Stuttgart, 1904; Maurice Denis, "Cézanne" (1907), in Théories: 1890-1910, Paris, 1920; Clive Bell, Art, London, 1914; Roger Fry, Cézanne: A Study of His Development, London, 1927; Fritz Novotny, Cezanne und das Ende der wissenschaftlichen Perspective, Wien, 1938; Erle Loran, Cézanne's Composition, The University of California Press, 1943; Herbert Read, The Philosophy of Modern Art, London, 1952; Theodore Reff, "Cézanne's Constructive Stroke," Art Quarterly 25, no. 3, Autumn 1962; Liliane Brion-Guerry, Cézanne et l'expression de l'espace, Paris, 1966; Lawrence Gowing, "The Logic of Organized Sensations," in Cézanne: The Late Work, New York: The Museum of Modern Art, 1977 等を参照。

- (9) この観点については、Herbert Read, Art Now, London, 1933; Fritz Novotny, Cézanne, London, 1937; Maurice Merleau-Ponty, "Le doute de Cézanne" (1945), in Sense et non-sens, Paris, 1948; Hans Sedlmayr, Verlust der Mitte, Salzburg, 1948 等を参照。
- (10) Gottfried Boehm, *Paul Cézanne Montagne Sainte-Victoire*, Frankfurt am Main, 1988, pp. 54-58. 邦訳『ポール・セザンヌ《サント・ヴィクトワール山》』岩城見一・實渊洋次訳、三元社、2007 年、71 76 頁。
- (11) p. 178. (12) p. 226. (13) p. 145. (14) p. 166. (15) p. 296. (16) p. 302.
- (17) p. 186. (18) p. 296. (19) p. 311. (20) p. 177. (21) pp. 270-271.
- (22) p. 303. (23) p. 331. (24) p. 307. (25) p. 289. (26) p. 293. (27) p. 314.
- (28) p. 305. (29) p. 301. (30) p. 325. (31) p. 327. (32) p. 214.
- (33) pp. 122-123. なお、エミール・ゾラは、この約5ヶ月前の『我がサロン』(1866年) 所 収の「マネ氏」(1866年5月7日付)で、「マネ氏の気質は、素っ気なく大掴みである。彼は、 生き生きとその形象を捉え、自然の性急さの前にたじろがず、その躍動感の中で異なる事物が 互いに際立たせ合う(les différents objets se détachant les uns sur les autres)様を描いてい る。彼の存在そのものが、色面(taches)によって、つまり単純で力強い断片によって物を見 るように彼を仕向ける。彼は正確な色調を求め、次にそれを一つの絵画上に並置することで満 足すると評しえよう。このようにして、画布は堅固で力強い彩色で覆われるに至る」と説き、 「もう隣の絵など見ずに、部屋の中の (dans la salle) 隣の人物を見よ。床や壁と彼等の体の 対照 (les oppositions de leurs corps sur le parquet et sur les murs) を研究せよ。それから、 マネ氏の絵画を見よ。あなたは真実と力強さを見るだろう」と評している。従って、セザンヌ は、当時こうした色面による対象描写の問題意識を、ゾラと共有していたと推定できる。さら に、ゾラは、この時既に一度マネと面談しているので、この「屋内」の対象描写における色面 対照の絵画理論はマネに由来し、セザンヌは、さらに独自にそれを強調する「屋外」の「外光」 に関心を抱いた可能性が高い。これにはまた、クロード・モネが 1865 年に屋外の外光下で制 作した《草上の昼食》の影響も想定できる。Émile Zola, "M. Manet" (7 mai 1866), in *Mon Salon* (1866), in Œuvres complètes, II, Paris: Nouveau Monde, 2002, pp. 640-641.
 - (34) p. 123. (35) p. 124. (36) p. 215. (37) p. 329. (38) p. 152. (39) p. 176.
- (40) p. 252. (41) p. 278. (42) p. 289. (43) p. 303. (44) p. 314. (45) p. 123.
- (46) p. 307. (47) p. 330. (48) p. 152. (49) p. 327. (50) p. 211. (51) p. 322.
- (52) p. 283. (53) p. 307. (54) p. 324. (55) p. 165. (56) p. 314. (57) pp. 318-319.
- (62) p. 203. (66) p. 507. (67) p. 524. (66) p. 106. (66) p. 514. (67) pp. 510 515.
- (58) p. 300. (59) p. 215. (60) p. 321. (61) p. 282. (62) p. 316. (63) p. 324.
- (64) p. 152. (65) p. 152. (66) p. 315. (67) p. 123. (68) p. 308. (69) p. 300.
- (70) pp. 304-305. (71) p. 227. (72) p. 298. (73) p. 270.



図 1 《1866 年 10 月 19 日頃エミール・ゾラ宛書簡》 C. 152



図7 《エクスの北から見たサント・ヴィクトワール山》



図 2 《モティーフへ出かけるマリオン とヴァラブレーグ》 1866 年 V. 96



図8 《ローヴから見たサント・ヴィクトワール山》 1902-06 年 V. 917



図3 《エスタックの海》1876 年 V. 168



図 6 《プロヴァンスの風景》1895-1900 年 V. 962



図4 《東から見たエスタック湾》1878-79 年 V. 408



図 9 《ローヴの庭》1906 年頃 V. 1610



図 5 《エスタック湾》1878-82 年 V. 915



図 10 《曲り道》1904 年頃 V. 1532



図 11 《サント・ヴィクトワール山》 1902-06 年 V. 804



図 15 《サント・ヴィクトワール山》 1902-06 年 V. 802



図 12 《シャトー・ノワールの庭の ピスタチオの木II》 1900 年頃 V. 1040

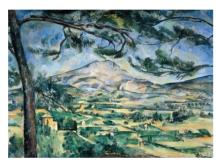


図 16 《サント・ヴィクトワール山と大松》 1887 年頃 V. 454



図 13 《リンゴ・ナシ・鍋 (食事机)》 1900-04 年 V. 1540



図 17 《アヌシー湖》 1896 年 V. 762



図 14 《シャトー・ノワール付近の高台から見た サント・ヴィクトワール山》 1900-02 年 RW. 500



図 18 《カードで遊ぶ男達》1892-93 年 V. 556



図 19 《カードで遊ぶ男達》 1893-96 年 V. 557



図 20 《カードで遊ぶ男達》1893-96 年 V. 558

坂元宗和さんを偲ぶ

渡辺泰成

坂元宗和さんが平成 22 年 6 月腎臓癌のため逝去されました。享年 6 2 才でした。私が彼を知ったのは、平成 2 年の第 17 回形の科学シンポジウムでした。「多変数剰余関数を使った模様の生成」の講演をされ、非常に美しい壁紙パターンを見せてもらいました。彼は平成 3 年東大生産技術研究所の高木幹雄研究室で「2 変数剰余関数が生成するパターンの性質とそのコンピュータ・グラフィックスへの応用」という題目で文部省科研費研究の代表者勤め、それらの成果を基に「グラフィック・デザインのための2次元コンピュータ・グラフィックス」という題目で工学博士の学位を取得されました。当時、私は準周期構造のパターンのアートへの応用を始めていた頃で、彼の研究に興味を持ち、平成4年の理研シンポジウム「サイエンティフィックアートの世界」展に出品をお願いしました。平成8年高木研究室が先生のご定年で解散になった後どうしたか気になっていましたが、時々日本古来の言語の研究や古事記の解説記事などを載せた小冊子を送ってきました、多分趣味でやっていることと思っていました。

私がサイエンスアートの NPO ISTA を立ち上げたとき、彼も喜んで事務所に来てくれましたが、現在失職中で会費は払えないというので、むしろ話題提供で気楽に顔を出して欲しいと頼みました。平成 20 年頃まで、ISTA のイベントなどにも顔を出されていましたが、その後顔を見せなくなったので、気にしていたところ、昨年突然遺族の方から訃報を頂きました。

昨年の8月に納骨式のご案内を頂きその際、彼の遺言で、最後の論文「「猿楽」の訓みと語源」を是非出版して欲しい、何とかならないかと相談を受けました。専門外ですが、論文を読んだところ、国学院雑誌にいくつかの論文を投稿し掲載されていることが分かりました。早速国学院雑誌の編集者に事情を話し遺稿掲載を問い合わせたところ、一般の投稿基準に従ってもらいたいとのことで、特に遺稿だからといってそのまま掲載することはできないとの返事を得ました。彼は形の科学会に在籍当時、平成11年形の科学会誌第14巻2号「カタチの語源」の執筆があり本原稿の掲載を考慮いただきました。今回、追悼文を添えて彼の形の科学会での業績を偲びたいと思います。

ご遺族からの資料によりますと、彼は東大理科一類に在籍しておられましたが、文学部言語学科に転部し卒業されました。 卒業後 SE として企業に就職された後、職業訓練校でオフセット印刷を学び、その技術が使えるサンエンジニアリングの SE として、版下レイアウトシステムを開発されました。 昭和 57 年東大生産技術研の高木研究室に移られ、技官を経て助手として研究活動をされました。 前記の CG デザインの研究はこの時の成果です。一方、彼の経歴から分かるように科学者と同時に言語学者だったのです。友人の話によると、生前「言語学が自分の本命の研究だ」と語っていたそうです。生産研退職後は再就職することもなく、黙々と日本語の言語の論文を書き続け、こちらの分野でも成果が出始める矢先に倒れられたのはさぞ悔しかったことでしょう。

彼は形の科学会での活動も壁紙のデザインの論文を FORMA の「サイエンティフィックアートの世界」特集号に掲載し、朝倉書店の形の科学会編集「形の科学百科事典」にも執筆しています。学会で座長を勤められるなど形の科学会の活動にも貢献されました。二足の草鞋を穿いて、それぞれの分野で成果を出し、清貧に甘んじながらも、好きな学問に情熱を傾けられた姿は研究者としてなかなか真似できるものではありません。ここに、生前の坂本さんの活動の一端をご紹介し追悼の言葉とさせていただきます。

「猿楽」の訓みと語源◆A (第16版)

坂元宗和

はじめに

近代の国語辞典として語源の解明に意を用いた『大言海』を見ると、「さるがく(猿楽)」の項の語源には「戯楽〔サルガク〕ノ意ナルベシ、…楽トハ、演技ヲ云フ、田楽ナド云フモ是ナリ、此語ニ、漢語ノ散楽〔サンガク〕ノ字ヲ充テ用ヰラル…」とある。「さるがう(戯謔)」の項には「猿楽〔サルガク〕ノ音便…其戯事〔サレゴト〕スルヨリ、移ル」、「さるがふ(戯謔)」には「猿楽〔サルガク〕ヲ、音便ニ、さるがう(名詞)ト云フヨリ、自ラ、波行四段活用ノ語ヲ生ジタルナリ、…」とある。サルガクを和語動詞サル(戯る)が漢語名詞ガク(楽)を修飾する混種語と見ている。サルが連体形でないことについては「さるめ(猨女、猿女)」の項に指摘があり、類例が挙げてある。

芸能史側の見解として[折口26]は、「申楽の名称に就いても、この散楽が這入つたものだとの説があるが、或はさうかも知れぬ。古来ナ行とラ行とは混淆せられたので、サンガクがサルガクに通じて使はれ、つまり散楽が申楽になり、更にサルガクといふ語から、サルガキゴト>サルガイゴト>サルガウゴトンいふ様な変化を生む様になつたとも考へられる。併し又一方、ガフといふのは、日本語特有の動詞の語尾であるから、それに古語のサル――物真似をするといふ意味、……――が附き、サルガフといふ語があつたとも考へられる。」(筆者注、傍点を付した平仮名は片仮名に書き替えた)と言い、漢語と和語の二つの語源の可能性を挙げている。サルガクが動詞としてカ行に活用した段階を想定していることが注意を惹く。

現代の古語辞典を見ると、サルガク>サルガウのウ音便、サルガウを活用させた語がサルガフであると説明するのは『大言海』と同じである。ただし、奈良時代の散楽〔サンガク〕から音韻変化して平安時代に猿楽〔サルガク〕となったとするものが多い。現代の有力説を図式的に示せば次のようになる。

サンガク(散楽)>サルガク(猿楽)>サルガウ→サルガフ

しかし、サンガク>サルガクの変化は音声学的な音韻変化としては無理がある.この変化を認めない辞典があるのもそのためであろう.「猿楽」と「さるかう」は同時代に使われ、同じものを指している.もしサルガウの原形がサルガク (猿楽) であるならば、動詞としてはサルガクというカ行の活用にするのが自然だと考えられるのに、なぜハ行の活用になるのだろうか.

語源を一語一語考察する場合には小さな不整合は未詳として放置されやすいが、関係語彙を総覧すれば、小さな不整合も重なって看過しえない矛盾になる.以下では各変化の当否を詳細に検討したあと、猿楽の語源を探り、全体を見通してもっともありそうな系譜を提案する.

1. サンガク→サルガクか

現代の多くの古語辞典では、サルガクがサンガクから変化したとする説が紹介されているが、『角川古語』には言及がない、『小学館古語』は「さるがく【散楽・猿楽・申楽】」の項の語誌で「「さるがく」は「さんがく」の転、ただし、「戯(さ)る」「猿」などの類推が

働いたか◆Q 」とする.

『岩波古語』は「さるがく【散楽・猿楽・申楽】の項の語源的説明で「サンガク(散楽)の転という。また、大嘗祭・鎮魂祭の神楽の舞などに奉仕した猿女(さるめ)の故事と混交したものか」とし、語釈末尾の補足説明で、「「散」の字音 san が saru として伝承されたのは、「敦賀(つるが)」の「敦」の字音 tuen が turu と訓まれたのと同じ。」と言い、サンガク>サルガクが音韻変化であるかのような示唆を述べている。

しかし、これは韻尾の-nをruの表記に宛てた例を挙げたに過ぎず、n>ruを示したわけではない. ツルガの古い名はツンガではなくツヌガである. nu>ruも類例に乏しいが、ありえない変化というわけではなく、地方的な発音偏向とも考えられる. 「駿河(するが)」における「駿」の-nがルに宛てられているのも、「敦賀」の例同様に地名を二文字で表記するための工夫の結果であって、音韻変化の結果ではない. これらの例を挙げることは、「散楽」をサルガクと訓ませる傍証にはなるかもしれないが、サンガク>サルガクの変化の証拠にはならないのである.

漢語における $n/_g$ の変化を見ると、丸桁(グヮンギャウ>グヮギャウ),現形(ゲンギャウ>ゲギャウ)の例があり、n が吸収されている。文字の上ではンが脱落しているが、音声の上ではn の発音の長さが徐々に短くなって滅失したものである。類似の音韻環境の $n/_k$ を見ると、判官(ハンクヮン>ハウグヮン) \spadesuit の ,反古(ホンク>ホウグ),輪鼓(リンコ>リウゴ)がある。仮名の上からはン>ウであるが、音韻として漢語のウはu の場合とp の場合とがある。p ならば調音位置の同化で、起りやすい変化であるが、さらに同化しやすい音韻環境の $n/_g$ で同化せず、吸収されているから、 $n/_k$ の変化は同化ではない。まず、p が吸収されるとともに、p の濁音化が起り、ついでp が寄生したと考えられる。p ならばれるとともに、p の濁音化が起り、ついでp が寄生したと考えられる。p ならずの音韻となる現象である。「丸桁」、「現形」は拗音が続き、p の声音が肥大化して独立の音韻となる現象である。「丸桁」、「現形」は拗音が続き、p の「鼓」の漢音はコであるが、上代特殊仮名遣いの区別のあった上代漢音はコ甲であり、p 寄生しうる音韻環境と言える。漢語を含めるならばp 寄生の音韻環境を拡張してp を放映、p の、p の、p の、p の、p の、p の、p の、p の、p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p の p

従って、サンガクが発音の崩れに基づく普通の音韻変化をしたなら、サガクかサウガクとなる。もしもサルガクが音韻変化の帰着形ならば、音形のめりはりが強調されるような変化だから、語形が分裂するときに良く見られる、過度の強調の結果と考えられる。たとえば、エビスがその例で、エミス>エズ \spadesuit K (さらに>エゾ) が普通の音韻変化、エミス>エビスはそれに対抗した音韻変化である [坂元03].

ところが、サンガクからはサガクやサウガクに変化していない。一方の起りやすい変化が実現していないのに、対抗変化であるサンガクからサルガクへの変化があったとするのは大きな無理がある。

音韻変化のみでは説明しきれないから、『岩波古語』は「混交」、『小学館古語』は「類推」という表現で語形の飛躍的変化の可能性を指摘している。◆V しかし、混交や類推は、意味と語形に混同を招くような語の間で起こるものである。サルメとサンガクは混同を招くほど意味や音形が似ているわけではなく、この両語から混成語サルガクが生ずることはない。

要するに、サンガクからサルガクへの音韻変化はなかったと言える. 内容上の起源と言葉上の起源は別物であり、猿楽の語源は散楽ではないと考える方がよい.

2. サルガク→サルガウか

平安時代の貴族の日記など漢字表記の文献では「猿楽」が現われるが,仮名文学では「さるかう」と書かれている.「猿楽」の用例は:

「於清涼殿前召猿楽,御覧之」[日本紀略,康保2(965)年8月2日].

「都猿楽之態・鳴呼之詞, 莫不断腸解頣者也」[新猿楽記(注1), 序].

一方,「さるかう」の用例は:

「民部卿の「あはれ宰相の朝臣世に交らはましかば、いかなる散楽〔さるがう〕をして 一日かあらまし」」[宇津保物語、蔵開上].

「かしがましうのゝしりをる顔どもゝ,夜に入りては,中ゝゝいま少し,掲焉なる火かげに,猿楽〔さるがう〕がましく,わびしげに,人わろげなるなど,さまゞゝに,げに,いと,なべてならず,さま異なるわざなりけり」[源氏物語,乙女].

「「仏にことのよし申たまへ. れいの作法なるに」とて、天下〔あめのした〕の散楽〔さるがう〕ごとをいひのゝしらるめれど、」[かげろふ日記、天禄2(971)年].

他に『枕草子』の例があり、これは次章に挙げる.

「猿楽」と「さるかう」は、滑稽な動作と言葉遣いを特徴とする芸能を指し、一般人がそれをまねることもあったので、おどけることや冗談を言うことにも拡張して使われた. 紫式部がサルガウを嫌っていたことが推測できるのに対して、清少納言は次章に見るように好意的だが、これは両者の性格の違いを反映しているというよりも、紫式部は実際に見たことがあるために猿楽者の下卑た振舞いを嫌い、清少納言は本物を知らず、貴族官人が滑稽振りを真似たものを見知っていただけだからだろう.

現代の古語辞典はともにサルガウをサルガク(猿楽)の転としている。確かに、ku>uの変化はウ音便として和語には普通に見られる音韻変化であり、◆L 漢語においても、格子(カクシ>カウシ)、冊子(サクシ>サウシ)、拍子(ヒャクシ>ヒャウシ)、北条(ホクデウ>ホウデウ)、緑杉(ロクサム>ロウサウ)などの例がある。ただし、漢語の語末でのク>ウの変化は確実な例がない。『大言海』が例示した「帽額〔マウカク〕」はモカウの学者語源と考えられる(注 2)。

サルガクは訓と音が混じった湯桶読みの語◆T で、中世には珍しくないものの古くは 稀であった、サルガクという語が平安時代に存在したかどうか疑ってみる必要がある.

守屋毅『中世芸能の幻像』は「これまで指摘されてきた史料上の所見をたどるかぎりでは、あるいは、むしろ後者の用法(筆者注、仮名文学の「さるがう」などの使用)が生じてから、滑稽を旨とする物真似芸を、とくに「さるがく」ないし「猿楽」というようになったのではないか―と考える余地も残っているように思われる.」と述べ、従来説に対して疑問を投げかけている.

猿楽の訓みについて高野辰之『日本歌謡史』は漢土から輸入した散楽に日本人の好みを加えて「散楽の文字も散更と書き、猿楽とも記した…」と述べ、「成尋の参天台五臺山記に猴楽舞と用ひてあつて、前代の中葉には之をサルガウといひ、猿楽又は猴楽と書いた…」と訓みまで示している。『参天台五臺山記』を引くのはふつう「猿楽」の初出例とされる『日本紀略』の記事が原表記でないかもしれない懸念があるためとしている。

音韻変化における古形と改新形が同時代に並存する状況はもちろんありうるが、同時代で同じ意味なのであるから、表記が異なっていても語形は同じと考える方が自然である.その上、漢語に「猿楽」がなく、仮名文学にサルガクが見当たらないのであるから、サルガウの漢字表記として「猿楽」を使ったものと考えるのがよい.サルは通用の字に「猿」があるから、これを採り、二字目は音曲を伴う芸能だから「楽」としたのであろう.◆Gこの用字法はエミスを「蝦夷」と表記するのと同じ方法である[坂元 0 3].この場合はエミを「蝦」で表し、異民族であることを「夷」で表している.現代語で「奈翁」などとするのと同様である.(注3)

「散更」は字音サンカウをもってサルガウを写したもので、「散」は「散楽」の意をも受けているだろう。さらに言えば「更」は見母であるから、サルガウと濁るのでなくサルカウとする方がより適切だと考えられ、サルカウ>サルガウの変化があったことを推測させる。

要するに、平安中期の「猿楽」はサルガウ(古くはサルカウ)と訓むべきであり、サルガクは後世の訓みを古い用例に適用した誤りである可能性が高い.◆D

3. サルガウ→サルガフか

動詞のサルガフは、名詞のサルガウを活用させた語とするのが通説であるが、派生の本末を確かめる必要がある。ともに『枕草子』に現われており、比較検討に都合がよい。

「うち笑ひて,「やや, さらに得知らず」とて, 口をひき垂れて,「知らぬ言よ」とて, 猿楽 [さるがう] 仕掛くるに, 籌 [かず] 刺させつ.」[枕草子136◆N] 謎合せをしたときに最初に出された謎が簡単すぎたので, 解答者側は知らない謎だと応じて, 笑って済ませてやるつもりでいたら, これが計略で, 負けにされてしまったというエピソードである.

「道のほども、殿の御猿楽言〔おんさるがうごと〕に、いみじう笑ひて、ほとほと打橋よりも、落ちぬべし.」[枕草子99].

「男などの, うちさるがひ, ものよくいふが来たるを, 物忌みなれど入れつかし.」[枕草子133].

いずれの例も笑わせることを目的とした言動の意味にとることができる.

『大言海』には、上引に続いて「装束〔サウゾク〕、乞食〔コツジキ〕ノ末音ヲ、加行四段ニ活用セシムルト、同趣ナリ、問答〔モンダフ〕、敵対〔テキタイ〕ノ末音ヲ、波行四段活用トスルモ同ジ」とあり、「敵対」からテキタフが派生した例を挙げて、サルガウからサルガフが派生したと考えたが、末尾子音がないからやむを得ずハ行に活用したもので類例ではない。「猿楽」がサルガクという語を表しているなら、「装束」からサウゾクという動詞が派生しているように、原則どおりカ行に活用する*サルガクとなるべきではなかろうか。漢語末のウ音便が見当たらないことを併せて考慮するなら、これはサルガウの語源がサルガクではないということを示すものである。

名詞がサルガウであって、動詞がサルガフなのだから、ここに名詞スマウ(相撲)と動詞スマフの開係を想定することができる. つまり、動詞サルガフからサルガヒという連用形名詞ができ、それがサルガウとなった可能性がある. サルガヒ>サルガウのヒ>ウの変化はスマヒ>スマウ、ムカヒ>ムカウ(向う)やイモヒト>イモウト(妹)などヒトの複合語に見られるものと同じである. つまり、ヒ>ウは、ヒ>フ(注4)の変化にさらにハ

行転呼フ>ウが続いたものである. ◆E

fi>u は 2 音韻の変化であるから、中間の変化形を経由したはずで、fu を経由するのは音声学的に自然である. 『岩波古語』の「いもうと」の項に「imoFitö \rightarrow imowito \rightarrow imouto」とあるが、wi>u の変化は容認しがたい.後世の変化は wi>i であり、また fi>fu と wi>u を比べるならば、唇の狭窄がより強かったと考えられる f の方が w よりも i の音色を変える変化を起こしやすかったと言えるからである.

[馬淵80] によれば、語中末のハ行ワ行の混同は、訓点資料において10世紀中頃から散発し、11世紀中頃には混同が一般化したという。表記上の混同は音声言語に遅れて現われるが、表記上の軌範がなく個人に任されている時代では遅れは1世代程度であろうから、発音上、f>wは平安中期初頭に始まり、中期末葉に完了したものと考えられる(注5)。

要するに、動詞サルガフは名詞サルガウをハ行に活用させた語ではなく、動詞サルガフの連用形名詞サルガヒが音韻変化してサルガウとなったと考えられる.

4. 猿楽の語源

以上の検討により、「猿楽」は和語サルガウの漢字表記であり、古形サルカウからはサルカフを経てサルカヒへと遡れることが明らかになった。ここで改めてサルカヒの意味を考えてみる必要がある。サルを用字どおり動物の猿と見れば、カヒは自ずから「飼ひ」に絞られてくる。上代には犬飼、猪飼、鵜飼、鳥飼など鳥獣を飼う職掌があるが、猿飼ひはこれらと並ぶもので、猿を飼って何らかの芸をさせたものであろう。

サルカヒ (猿飼ひ) は上代には連濁しない音韻環境であり (注6),「散更」がサルカウと訓めることも、古くは連濁しなかったことを示している。サルカヒからサルガウまでの変化経路は、サルカヒ (正確にはサルカヒ甲) > * サルカフ>サルカウ>サルガウとなる。

この音韻変化の内、ヒ甲>フは上代に起った音韻変化である.フ>ウはハ行転呼◆Bであり、平安中期の変化と考えられる。平安中期は仮名文学の基準の時代でもあるから、「すまう」と「すまふ」のどちらが正しいかという仮名遣いの問題になってもいる(注7)。従来説に従うならば、写本に「さるかふ」とあっても、仮名遣いの間違いと認識されて「さるがう」と翻字される虞があることになる.ハ行転呼は上代からあったとする説もあるが、その証拠の多くは別の解釈の方が合理的であり、証拠として疑わしい。ウルハシ>ウルワシのみ平安初期に起っているが、例外的な先駆例で、この語に固有の事情があったものと考えられる。

『宇津保物語』、『源氏物語』とも10世紀後半の成立、『枕草子』は11世紀冒頭の成立が推定されており、ハ行転呼の起った時代とちょうど重なっているが、伝統を重んじたと思われる筆者たちであるから、仮名文学における「さるかう」は、おそらくサルカフであろう。すでにサルカウの形になっていたかもしれないが、しかし、いまだサルガウになってはいない。

猿飼と猿楽とに語源関係があることに奇異の念を懐く向きもあるかもしれない. 猿楽の語形はサルカフであって, サルカヒとの関係は説明した. 芸能としての内容は徐々に発展したものと考えられる.

『大乗院寺社雑事記』寛正4(1463)年10月23日の条に七道者として「猿楽,アルキ白拍子,アルキ御子,鉢タタキ,延タタキ,アルキ横行,猿飼」が挙げられている。同

じ遊芸人として猿楽と猿飼が無縁のものではないことが分るが,下賎の者の内でも最下位 にいた猿飼の芸は分化して,片割れの猿楽は最高位にまで昇格していた.

猿飼は中世には猿引きと呼ばれるのが普通で、この他猿廻し、猿使いとも言った。猿引きの役割は、猿を人間のように舞わせるなどの芸を見せることと、馬の息災のために祈祷することの二つがある。

『古今著聞集』魚虫禽獣第三十には猿の舞のエピソードが残されている、「足利左馬入道義氏朝臣、美作国より猿をまうけたりけり. そのさる、えもいはずまひけり. 入道将軍の見参に入たりければ、前能登守光村につゞみうたせられて、まはせられけるに、まことに其興ありてふしぎなりけり. …. はじめはのどかにまひて、すゑざまにはせめふせければ、上下めをおどろかして興じけり. まひはてゝは必纏頭をこひけり.」とある. 見巧者の貴族を感嘆させる入魂の舞ができるほどに仕込まれていた.

『奥州秋田風俗問状答』には「猿廻しと云ふもの猿ごとも申す」とあり、サルゴについて [柳田15] は猿楽の古語に由来すると考えている. 古いサルガウがサルゴー>サルゴとなるのは音韻史的に無理はなく、意味の違いは、猿廻し、すなわち猿飼と猿楽の両方の芸を兼業した者がいたとすれば説明がつく.

当初は,猿が健気に勤める各種の芸を猿飼が気の利いた口上 \diamond F で面白おかしく紹介したものだったろう.その芸を人間が演じるようになれば,猿の動作を真似したところで稚拙に見えるだけだから,をこのわざのみが残り,おのずから興味の中心は言葉に移っていく.人間が演じる場合には,動作もせりふ \diamond P も複雑なものが可能になるので,観客の興味に合せて滑稽芸に変化していったのだろう.それが対話であれば,深い内容を盛り込むことも可能になる.出発点が猿飼の口上であっても,次第次第に内容的に発展していったことが推測できるのではないだろうか.

5.「猿楽」がサルガクとなった時点

「猿楽」は室町時代以来サルガクと訓まれているが、平安初期にはサルカフ、平安中期にはサルカウであり、その後サルガウとなった。この変化は複合語の一体感を醸成する連濁だと考えられる。『下学集』態芸門に「鵜飼〔ウガイ〕 嗽〔クチスヽク〕也」とあり、サルカヒ(猿飼ひ)>サルガウ(猿楽)の関係はウカヒ(鵜飼ひ)>ウガヒ(嗽)の関係と対比できる。嗽は咽喉をすすぐ行為を鵜飼の鵜の姿に見立てたので、転義と本義とでまったく意味が異なっている。サルガウがサルカフコトの下略から発達したように、ウガヒもウカヒススギのような語の下略であろう。ヒ>フの変化が見られないのは、平安時代以降の新しい語だからである。合成語に一体感を与える連濁は、語義が転じて成分語の単鈍な結合からは得られない一概念を表すようになったときにはより強く要請される。◆日室町時代に目立ってくる変化であり、平安中期まではなかったものである。サルガウという語形の直接の証拠は見出しえなかったので、暫定的に鎌倉時代の変化と見ることにする。説明に支障を来たさない範囲なら、平安時代後期まで遡らせることも可能だが、支配層が交代したことが文化的風土を変え、芸能にも影響を与えたのではないかと考えたのである。

サルカウの後継語にサルゴとサルガクとがあることから、連濁形のサルガウの存在を想定すれば、説明が簡潔になる。au が \circ : (\circ の開音)となる変化によってサルガウはサルガオ (「さるがほ碁」『春のみやまぢ』弘安3 (1280)年4月21日)を経て、室町時代にはサルゴーとなり、近世のサルゴとして残っている。これが音韻変化に従う系譜である

から、サルガクへの変化は飛躍的なものである。最も近い語形はサルガウであるから、その時代にサルガクに変わったことが推定できる。

サルガクの一次資料の仮名表記の初出例は林屋『中世芸能史の研究』所引の正平7 (1352)年『阿蘇社造営遷宮以下日記写』にある「さるかくニ二疋 二かしら」で、猿楽の頭2人に祝儀として馬2匹を与えたことが記されている、文安元 (1444)年刊行の『下学集』は態芸門に「猿楽〔サルガク〕」とある. 15世紀中頃にはサルガクが「猿楽」の標準的な訓みだったと考えられる.

サルガウからサルガクへの変化は普通の音韻変化ではないから、何らかの外的要因によるものである。猿楽と娯楽の王座を競い合ったものに田楽 \spadesuit I があり、永長元年(1096)京で大流行があった。この頃以降、田楽が優勢となり、田楽(デンガク)・猿楽(サルガウ)と並称されることが多くなった。『鶴岡放生会職人歌合絵巻』には「猿楽」と「田楽」が合わされ、室町時代の成立が推定されている『七十一番職人歌合絵巻』も同様で絵の脇に「てんかく」「猿かく」とある。田楽と猿楽なら、内容はよく似ており、しかも田楽が優位に立っていたから、語形が牽引を受ける条件が揃っている。 \spadesuit S 字面上も「楽」の音はガクであるから、ガウを音便形と捉えてそれを修正する気持も働いたのだろう。

貞和5 (1349)に四条河原で田楽と猿楽の競演があり、足利尊氏、二条良基など貴顕も鑑賞していた。猿楽は歌舞の要素を巧みに取り入れて一層の洗練を見せるようになっており、以後再び隆盛を迎えた。そうした新しい作品を愛好した権力者の一人がサルガクという呼名を与えたとも考えられる。牽引による変化であっても、権力者が自らそう呼べば、権威付けには役立ったことだろう。猿楽師たちも新しい名称を自分たちの努力の成果にふさわしいものと考えて、広めたに違いない。

6. 猿楽という語の系譜

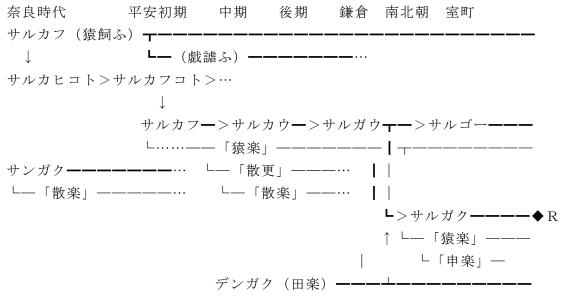
有力説での「猿楽」という語の系譜は次のようなものであった. >は音韻変化, →は派生である.

奈良時代 平 安 時 代

散楽(サンガク)>猿楽(サルガク)>さるがう→さるがふ

上で論じたようにこれらの関係はすべて間違っている.「猿楽」の平安時代初期の訓みはサルカフであり、サンガクからサルカフには変化しようがない.

本論考での系譜を示すなら、次のようになる. >は音韻変化、語形に付した↓は派生、 Lに付した↑は牽引を示す. 仮名表記については図の複雑化を避けるために省略した.



「猿楽」はサルカフ,サルカウ,サルガウ,サルガクのいずれの時代にもその漢字表記となりうるが,「散更」は最も音形の近いサルカウの時代に当てられたことが推定でき,サルガウの時代にも使われ続けたことはありうる.しかし,韻尾が合わないから,サルカフの時代にこの表記が当てられることは考えられない.「散更」は林屋『中世芸能史の研究』によれば,『舞楽要録』寛治 2 (1088)年の記事が初出なので,この頃「猿楽」はサルカウと訓まれていたものと推定できる.「猿楽」の初出は『舞楽要録』承平6(936)年に遡り,語末のフ>ウが起った頃と重なるが,サルカフの時に案出されたとしても差し障りは生じない.

なお、「散更」と「猿楽」がサルカウの用字として広く使われるようになった段階では、「散楽」は両者を折衷した「散(更)+(猿)楽」と認識することもできるから、サルカウと訓まれた可能性が高い。つまり、「散楽」は奈良時代にはサンガクで、中国伝来の雑技を意味していたが、11世紀以降、日本で発達した滑稽芸の「猿楽」と同義になった。表記は同じでも、指す内容は異なっている。能勢『能楽源流考』は、内容の違いを散楽の時代的変遷と捉えている。ここに、サンガク>サルガクの音韻変化説が発生する基盤がある。

「申楽」は世阿弥が始めた表記である.上宮太子が秦河勝に天下安穏のための神楽を命じ,事が成就したあと,「末代のため、神楽なりしを,「神」といふ文字の片を除けて、旁を残し給.是,日暦の「申」なるがゆへに,「申楽(さるがく)」と名づく.」[風姿花伝]という独自の起源説によるものである.猿楽の権威付けのために「猿」を除き,「神」の字を毀損することまでしてのけた牽強付会に過ぎない.

有力説は平安時代の「猿楽」を熟字訓として訓まず,後世の訓みそのままに,当時は稀な語構成だった湯桶読みをしている.猿楽(サルガク)の完成度の高さに判断が引きずられたこともあるだろう.そこから文化的に優れた中国からの輸入文化を想定し,先行する散楽の影響を受けたとすることになる.サンガクという語形もサルガクに似ていてこの想定を助長した.しかし,散楽の演目は曲芸や幻術が多く,笑いは必須ではなかった.散楽は動作が眼目であるのに対し,猿楽は言語表現に重点が置かれている.散楽が演じられた場で猿楽が演じられたのは,どちらも気晴らしにふさわしい芸能だったからで,同じようなものだったからではない.

この系譜には音韻史的に幾つかの節目があり、①サルカヒコト→②サルカフ>サルカウ

>③サルガウ>サルゴー, ④サルガクと4部分に分けられる. 内容の発展に対応する変化と考えてみたい.

高度に洗練され内容豊かな芸能であってもその濫觴は単純素朴なものであるのが常である。①上古の猿飼の口上は,猿の人まねを面白おかしく紹介したり,猿に礼をさせて寿詞を重ねる程度の低級なものであったが,気の利いた言い回しを含み,それがサルカヒコトとして注目を受けた.②音韻変化したサルカフコト(注8)から切り出されたサルカフは平安時代中期にはサルカウと変化し,一段と進んだ口頭芸の意味を担うようになった.猿に代って人が務めるようになったから,観客の好みに合せて,現在の掛け合い漫才のようなものになったと考えられる.一般人がこれを真似て冗談を言ったり,おどけた仕草をすることにも使われた.③鎌倉時代にはサルガウへと変り,田楽◆M・猿楽(サルガウ)と並称されるようになった頃には,諧謔を特徴とした寸劇に発展し,今の狂言の前身と言えるものになった.④その後も他の芸能と競合する中で,優れたものは取り入れ,南北朝期には洗練の度を増して歌舞劇となり,名もサルガクとなった.ついに観阿弥,世阿弥のような天才が輩出して芸術としての完成を見たのである(注9).

まとめ

従来説は、サルガク(猿楽)の語源をサンガク(散楽)、サルガウをサルガクのウ音便、動詞サルガフをサルガウからの派生語としているが、いずれも誤りである。猿楽が大成した室町時代には「猿楽」の標準的な訓みはサルガクとなっていたので、平安時代の「猿楽」までサルガクと訓んで怪しまなかったことから始まった誤解である。

奈良時代の「散楽」と平安時代の「猿楽」との間には語源関係はない.「散楽」は漢語であり、「猿楽」は和語サルガウの古形サルカフの漢字表記である.冒頭のサルを正訓字の「猿」で、音曲を伴う演技であることを「楽」で表したものである.「猿楽」と同義の語として「散更」が使われているが、サルカフから変化したサルカウを字音サンカウで音訳表記したものであり、これをサルガクと訓むのは無理が過ぎる.

平安仮名文学の「さるかう」は連濁しないサルカウであり、古形を優先するなら「さるかふ」と校訂すべきである。サルカウはサルカヒ(猿飼ひ)>*サルカフ>サルカウと変化した語で、この音韻変化はスマヒ>スマウ(相撲)、イモヒト>イモウト(妹)と同じものである。名詞サルガウから動詞サルガフが派生したのではなく、動詞サルカフは動詞カフ(飼ふ)が目的語サル(猿)と結合して派生義を表したものである。サルカウがサルガウと連濁したのは鎌倉時代だろう。

猿楽は田楽と競合してデンガク・サルガウと並称されているうちに、語形が牽引される 条件が整い、また楽の字音から、訛音の修正のようにも受け取れることがサルガクへの飛 躍変化を許した. サルガクの語形が使われ始めた時点は、14世紀中頃と推定している. 語形の定着に当ってはこの新しい猿楽を愛好した権力者の支持が大きく作用した.

注

- (1) 『新猿楽記』序の「猿楽」について訳注者の川口久雄はサルガクと訓んでいるが、 川口の調製した藤原明衡の略年譜によれば、成立は1052年頃であるから、「猿楽」はサ ルカウと訓むべきだろう.
 - (2) 『大書海』は『色葉字類抄』◆N の用字を採用してマウカク(帽額)>モカウ

としているが、漢語の語末のウ音便の例として採用するには躊躇を感じる.まず「帽額」の呉音はモウガクと修正すべきだろう.すると、ou〉o、g〉k、ku〉uの三つの独立の音韻変化が重なったありそうにない例になる.一方で、『延喜式』内蔵寮に元日の高御座の装飾が規定されており、そこに「元正預前装餝大極殿.….玉幡八 旒 .玉冒甲十六条.鄣子十二枚.…」とあり、「冒甲」がモカウに当る可能性がある.漢和辞典は「甲」の呉音をケフとしているが、これは声母にかかわらず同じ韻母の音形を当て嵌める機械的な構成音で、伝承音である小倉肇『日本呉音の研究』所載の法華経音義系統の音注はカフである.『色葉宇類抄』の「帽額」は大江匡房の説によっているが、『延喜式』は二百年近く古く、当時は語中末のハ行音とワ行音の区別が保たれていた.モカウの古形は*モカフと推定できるから、漢語末のク〉ウの例ではない.「帽額、冒甲」は漢籍には見られないし、日本で作られた漢語としても、意味が今一つ明確でない.「冒甲」は宛字、「帽額」はこれをもとに案出した学者語源であろう.*モカフはおそらく和語である.

- (3) 林屋『中世芸能史の研究』は『信西古楽図』所載の散楽の演目「猿楽通金輪」に用字の起源を見ているが、この演目が猿楽に繋がるかどうか疑念が残る.猿の嬉々とした様子からすると、演目は「猿、金輪を通るを楽しむ」の意味だろう.猿牽きの横にいる二人はそれぞれ小人を先行させている.他の演目の童子は無帽なのに、この小人は他の団員と同じ被り物である.また背から出た棒状のものを後の二人が握っている.偶人なのではあるまいか.その後に円盤状の物を差し上げる二人がいて、一方は木の枝のようなものを握っており、さらに拍手する二人がいる.円盤を持つ者と拍手する者は獅子舞の図にも見えるから、二人組で皿回しのような曲芸をするのではないか.全体が雑技団の様相である.
- (4) 上代の変化なので,甲乙を区別すれば,ヒ甲>フである. \spadesuit U 変化の過程については,おそらくヒ甲>ヒ乙>フ(fī>fī>fu)と思う.この変化は,ハ行子音 f を先行音韻環境としており,しかも上代に多く見られるという時代的条件があるから,ハ行子音の音価の推移 $[p]>[\Phi]>[h]$ との関係が予想される.上代にはすでに $[\Phi]$ への変化が完了していたと見るのが普通のようだが,これはハ行転呼が上代に遡ると見たための誤認である.上代のハ行子音はまだ $[\Phi]$ になっておらず,[pw] ないしは $[p\Phi]$ で強い円唇性があったのではないだろうか.その影響で渡り音が後続のソノリティの低い母音を吸収したのだろう.つまり,fī [pwi] >fī [pwi] > ([pwm]) >fu [pu]. 母音体系における中舌母音 $[\Phi]$ の存在も,この変化を容易にした条件の一つと思われる.従って,平安期に見られる変化形も上代の語形を継承するもので,音韻変化は上代に起こったと考えられる.
- (5) 無意識的に起る音声学的音韻変化において,関係する語彙が全部変化するのに必要な期間は,言葉に注意深い人が記憶している期間程度だろう.f>wも平安中期半ば頃のせいぜい百年の間に変化を完了したと考えられる.それが上代から平安後期に渡る長い期間の変化に見えたのは,一つは実際には起っていない上代を勘定に入れた誤りによる.もう一つは音韻変化に一般的に言えることで,旧例を尊重する歴史主義的表記が取り入れられて,下限が下がる場合,また,例外的に先駆けて変化する語や,逆に出遅れる語があって,上限下限が広がる場合があるからである.
- (6) 上代の連濁は直前の鼻音音節による濁音化が主な原因であり、サルカヒ甲はこの条件にない. ところが、マヨ甲ガキ甲(眉描き)は、目的語+動詞連用形の構造が同じで、鼻音音節を欠くのに、連濁している. ここで考慮しなければならないのはマヨ甲ネ(眉根)という語の存在である. この語の古形はおそらく*マヨ甲ニであるから、*マヨ甲ニカキ

甲>*マョ甲ニガキ甲>マョ甲ガキ甲が推定でき、結果として連濁の形になる.このように連濁の原因となった鼻音音節が見かけ上失われている場合がある.

(7) 金田一春彦は『補注版』の「すまう」の補注で、「すまふ」とすると連体形または終止形が名詞に転用されるという異例になるので、助詞「て」を伴うウ音便の連用形が名詞となったと見て、正しい仮名遣いは「すまう」だとした。『小学館古語』の「すまう」の語誌にも同趣旨の説明があるものの、「音便は「て」や「たり」が下接した場合に生じるものであるから、問題は残るが、」と歯切れが悪い、ウ音便の連用形が名詞になるということも終止形の名詞への転用と同様に異例と思うが、視野が動詞にしか及んでいないことは考察の欠陥である。本文で指摘したように名詞にもあるから、形態論にかかわらない純粋に音声学的な音韻変化である。

ただ、普通の音韻変化では関係する全語彙が変化するのが原則なのに、この変化は一部の語しか変化していないことが議論を紛糾させたのだろう。ヒ甲>フの変化にはfの音価が強い円唇性を伴う唇音であることが原因となり、イの乙類の母音 fの存在が変化を助長した。上代には両方の条件が揃っていたが、平安時代に入ると条件が失われた。語彙が一部しか変化しないうちに音韻体系の方が変わって変化の基盤を失い、波及が阻止されることになった。変化した語からどんな語が先陣を切ったかが推定できるわけだが、使用頻度が大きい語だった可能性がある。動詞音便形は一部の動詞の変化を類推して他に及ぼしたのだろう。

- (8) 平安時代中期の「さるかうこと」は力だけでなくコも清音だったと思われる.『日 葡辞書』においても Cayericoto, Curicoto, Sunecoto, ただし, Cacotçuqegoto とあって, 清音が優勢である.
- (9) 上代の猿飼の芸から能楽が発達したと述べたが、ともに芸能であるとはいえ、その質の懸隔はあまりにも大きい. 社会的にも猿楽師は武家の禄を食んでいたが、猿飼は社会の底辺で暮らしていた. 差が大きすぎて直感的把握に支障があるかと思う. いささか乱暴な構図で恐縮だが、

猿飼 →さるかう→能楽

猿引き→猿若芸 →歌舞伎

としてみれば、再度の発展という好都合な並行例から、中間段階であるサルカウ(平安中期の猿楽)の実態が推測できるだろう。歌舞伎の起源は阿国のややこ踊りではあるが、「郡司46」が指摘したとおり猿若芸も源流の一つであり、多様な芸能が絡み合って発達していったことは、猿楽の場合に散楽や呪師あるいは神楽を源流と認めるのと同様である。到達点が異なるのは時代の観客の趣味嗜好が代り、競合する芸能から摂取したものが違うからである。

猿飼の芸が日本文化を代表する能楽や歌舞伎にまで発展したことについては、それなりの要因があったのではなかろうか.生き物を育て,芸を仕込まなければならないとすれば、とても片手間では済まない. ◆ C しかも猿を相手にすることは訓練する人間の側にも努力を強い、人間の本質に対する反省を促すことになったであろう.専門性が高まって芸の深化や芸域の拡大に努力を傾注したものと考えられる.

参考文献

宇津保物語,源氏物語,かげろふ日記,宇治拾遺物語は日本古典文学大系本に準拠した. 枕草子は集成本,風姿花伝は日本思想大系本,延喜式,日本紀略は国史大系本普及版による.信西古楽図は覆刻日本古典全集本,鶴岡放生会職人歌合絵巻は新修絵巻物全集本による.

柳田國男(1915):山荘太夫考;郷土研究,3(2)――物語と語り物[ちくま文庫]柳田國男全集9;筑摩書房(1990)所収による.

折口信夫(1926):室町時代の文学――折口信夫全集12;中央公論社(1966) 所収による.

高野辰之(1926):日本歌謡史;春秋社.

大槻文彦(1935):大言海;冨山房――新訂版(1956)による.

能勢朝次(1938):能楽源流考;岩波書店.

郡司正勝 (1946):猿若の研究;日本演劇かぶき発生史論集 [岩波現代文学]; 岩波書店 (2002) 所収による.

林屋辰三郎(1960):中世芸能史の研究;岩波書店.

山田忠雄(1968)監修解説:元和三年刊 下学集[古辞書叢刊2];新生社.

表 章 (1974),加藤周一校注:世阿弥 禅竹 [日本思想大系24];岩波書店.

金田一春彦(1974), 三省堂編修所編:新明解古語辞典補注版第二版;三省堂.

土井忠生(1980), 森田武, 長南実編訳:邦訳日葡辞書;岩波書店.

馬淵和夫(1980):ハ行転呼音——国語学会編『国語学大辞典』;東京堂出版所収.

川口久雄(1983):新猿楽記[東洋文庫];平凡社.

中田祝夫(1983),和田利政,北原保雄編:古語大辞典;小学館.

中村幸彦(1984), 岡見正雄, 阪倉篤義編:角川古語大辞典2;角川書店.

守屋 毅(1985):中世芸能の幻像;淡交社.

大野 晋(1990), 佐竹昭広, 前田金五郎:古語辞典 補訂版;岩波書店.

小倉 肇(1995), 日本呉音の研究 資料編一;新典社.

坂元宗和(2003):エミシ(蝦夷)の音韻史的検討;國學院雑誌,104,4.

冗注

◆A この論文を書くきっかけとなったのは林屋辰三郎『中世芸能史の研究』を読んだことである。国語学的感覚の鈍さに呆れ、幸せな論理展開にも驚いた。別に反撥を感じたからではないが、音韻史に関係することがらでもあるので、「猿楽」「さるがう」等の語彙の系譜の考察を行なった。用例から「猿楽」は和語「さるがう」を漢字表記したものと考えられるが、動詞「さるがふ」が浮いてしまう。ここで、ヒ甲>フの音韻変化を適用すると、本来は動詞の「さるがふ」で、その連体形名詞「さるがひ」が音韻変化して名詞「さるがう」になったと推定できる。そこから「猿飼ひ」に遡源できた。その後検討を重ね、平安時代の仮名文学ではまだサルカウ(動詞はサルカフ)で、サルガウになったのは平安後期以降と考えるようになった。

かなり長い間スランプだったので、こんな知恵 [レベルB-] でも出てほっとした. 論 文ができると、自分より優秀な人もいるのに同じ考えがなぜ出なかったのかを考えて、独 創性を検証している. 本考察の場合、ヒ>フ>ウの音韻変化の適用が重要な解明を果たし ている. ヒ>フの音韻変化は自前の説であるから、他の人よりも有利な立場にあった.

◆B 【ハ行転呼】 蔵中進『上代日本語音韻の一研究』が上代に遡る古いハ行転呼音の例を挙げ、上代から存在したと主張しているが、再点検が必要である. [坂元00]が指摘したように上代に先立つことそれほど古くない時点でwは音韻として独立したので、その後音韻変化を受ける対象となるには早すぎる. また、本論考にも述べたが、ヒ甲>フの変化を許すfの音価は強い円唇性を伴うはずで、f>wのように狭窄の弱化を招くことはない.

挙例の多くは別の解釈があり、最近ではその見解をとる注釈者も多い.

- 1) ウルハシ (麗し) > ウルワシ. --これは平安初期の変化である.『新撰字鏡』に変化形で記されているなど、多くの証拠があるので、この語のみ例外的に早く変化したものと考えられる.
- 2)ウルハカハ(閏八河)[万⑪ 2 7 5 4] > ウルワカハ(潤和川)[万⑪ 2 4 7 8]. --前後の表現も同じであるから,同じ川だと推定できるから,発音のゆれか変化である.現在の有力説では「八」をハの仮名とするのが異例であるために,ウルヤカハと訓んでいる.音訓の並びからも「閏八河」の「八」は訓であるべきで,ウルヤカハとするのがよい.しかも,ウルヤならば,形状言+状態を示す接尾辞と分析できる.要するに,ウルヤカハ>ウルワカハの音韻変化である.u に後続する y が u の音色に引きずられて w に変化したものである.
- 3) カホ(顔) > カヲ. --『万葉集』にはカヲと訓むべき「杲」が散見する. 通説では「杲」の音 kau でカヲを表したものとするが、他の kau の字が使われていないこと、「在杲石」[万⑥ 1 0 5 9] など、音訓の並びでは訓にあたることが明らかである. 「杲」がなぜ《顔》の意味であるかは分らないが、あるいは大系本『万葉集』のように「皃」の異体字なのかもしれない、要するに、この変化は認めることができない.
- 4)カハラ(河原)>カワラ. -- [坂元00]で述べたように応神記の「繋其衣中申而, 訶和羅鳴.」は《其の衣の中の甲〔かわら〕に繋りて, カワラと鳴りき.》と訓むべきもので, カハラ(河原)と関係付けるのは曲解も甚だしい.
- ◆C [柳田1912] が引く『駿国雑誌』に載る江戸浅草猿屋町の猿牽頭の談に「天正十一年の頃…. 時に家祖長大夫上総天羽郡佐貫領花貝村に在り. 農事の暇猿引を業として

国中の厩祓す.」とあるから、当初は農民の副業であった.

厩祓いだけなら副業でもできたと思われるが、人のように舞う芸を見せるには常に稽古が必要だから、専業と思われる. [織田68] は立って歩くことと親指と人差指で物をつまむことを習得させたのち「一つずつ芸を教えるのだが、全てが根のいる訓練を用し、覚えさせるのに、数カ月を要するのはザラだという.」と述べ、「猿に芸を仕込むことはかなり難しいことらしい. そのために一子相伝でその技術を伝え、長く伝統を保ちえたということもいえそうである.」と総括している.

- ◆D 「猿楽」を長くサルガクと読み来たっていたから、そのままサルガクと訓んだんだろうが、一応他の訓みの検討過程を追跡してみる.漢字表記の文献だから第一候補は音読みであるが、漢籍に見当たらないから、エンガクは無理である.第二候補は訓読みであるが、「楽」を訓みかねたのかもしれない.無理を承知で訓めば、サルアソビかサルハヤシだろう.平田篤胤はサルマヒと訓んでいるが、よりふさわしい「舞」の字があるから、これは無理強い訓みだろう.アソビは儀式的かつ主に不祝儀で使われ、ハヤシは原義の《激しくする、させること》が鮮明過ぎる.準儀式的祝儀で激越さのない剽軽な快活さにふさわしい語がない.第三候補として湯桶読みが出てきたのだろうが、その前に熟字訓を検討すべきだった.ところが、仮名文学の「さるかう」はサルガクのウ音便のように見えるので、検討が終結してしまったのだろう.
- ◆E 説経節『さんせう太夫』の厨子王丸について一橋大学の秋谷教授から《厨子負ふ丸》の意味ではないかと伺ったことがある.そのとき,意味は良いけれども,連体形での造語はおかしいから,《厨子負ひ丸》が変化したものだろう.ただし,この変化は遅くとも平安初期まで遡らせなければならないと答えた.現在は,この変化は上代にまで遡ると考えているわけだが,奈良時代の仏教で厨子を負って移動するどのような状況が考えられるかが問題になる.私度僧も出てきてはいるが,背負うほどの仏像をどうやって入手できたろうか.

◆F 猿回しの口上.

『奥州秋田風俗問状答』には、「肩衣に脇指さして一人太鼓を打ち一人猿をは舞す、其詞に云ふ.

猿天やれ,西天竺式三番に小猿楽, 久敷人の年齢を尋ね申すに, 東方朔は八千歳, うつゝら翁八万歳, 浦島太郎は七百余歳と申せども, 翁にましたる歳はなし. 三千年に一度石に花咲き実の生る事は度々見たる翁なれば, 翁殿の御装束は揉ゑぼし直垂, 額に四海の波をたゝみて眉毛に霜を降せて腰に梓の弓を張り,備へてまいる宝物には,綾は千駄錦は千駄, 火を採る玉に水とる玉, 麝香の臍幸ひかな, 万劫めでたや御髭撫て, 千代の御神楽まいらそへて神をかざし, のつとを申す御代も繁昌なり.

猿天やれ西天竺に百さいこく普賢文殊の召されて猿は山王の御使者のものよ,獅子は唐より舞て出る,さて長久にとりては比叡山は住吉八幡韋駄天祭る目出たいや,大慶との笛は役威権に唐子とんと打てば,火の生る実は生る風は無心とは善なさへよ,開前に揉に得おふせ一寄よりて大地を踏てあくまを払舞た翁のおもしろさよ,先一番に伊勢に神明天照太神,二番に熊野三社権現,三御山はさもあらたかに拝し申すに,其折三番叟太夫どのは謡の曲さしあかり,扇に鈴よ取や添へてさつさつの名鈴の声はらんでん返りろんでん返り四十二双の舞の装束,仰げば光る守れば守護する御観のまいらそへて,神をかさしのつとを申御代も繁昌也.」

江戸幕府に登城した猿曳は羽織袴で厩祈祷をする. その詞は,

「天清浄, 地清浄, 内外清浄, 六根清浄, 天清浄とは天の七曜九曜二十八宿を清め奉る. 地清浄とは地の三十六禽を清め奉る. 内外清浄とは此家の御厩を清め奉る. 六根清浄とは 此身此体を清め奉り. 汚きも溜りなければ穢れ濁りはあらじ. 内外の玉垣清く浄しと申す」

「抑敬白奉 馬之本地伊勢渡会之在所見能瀬川河上駕男女降 天竺より真猿飛来て彼馬を随 其時神之前には神馬駒 仏之前には滅最 [災か] 駒商駒耕久駒 武家之上には名馬猿之社日本に弘たり……」

歌舞伎の近頃河原達引(お俊伝兵衛)に猿舞わしの歌がある。文化5年(1808)上演という.繰返しや囃子言葉と合いの手で直接引用すると分りにくいので,これを除くと,

「お猿はめでたやな、婿入姿の、のつしりと、いたゞくものぢや、盃を、そこでおはつが戴く物ぢや、いたゞくのふ盃を、嫁子の昼寝は、ころりとせ、起きたら互に抱きつきやれ、それで機嫌がなほつたぞ、くるりと返つて立つたりな、立つてくれ、立たしやませ、序に日和を見てたもれ、女房ぢやの、日和見たらば起きてたも、そうぢや、おめでたや」

ほとんど祝詞を述べるもので、概括すれば万歳と同じである. 門付け芸人として散所あるいは河原に集住していたから、芸の交流もあったのではないかと考えられる. 万歳が掛け合いの面白さを前面に出して現代の漫才に発達したことを想起してもらえれば、猿回しの口上にも同様な発達がありうることは理解してもらえるだろう. とくに猿の役を人聞がするようになれば、なおのことである.

- ◆G 「楽」に呉音ゲウ漢音ガウの音があり、実は最初はこのガウを使ったのかと思った. しかし湯桶読みとしては古過ぎるし、ガウの音は「好む」の意味のようだから、もう一歩 考えを進めた.
- ◆日 [坂元99] に指摘したようにカタキ [敵] とカタギ [形木] も連濁によるダブレットである.カタギは型染めに使った木で、模様となる形を刳り抜き、同じ形に抜いた2枚を使って布を締め付けた.これを染汁に浸せば、穴のところには染料が滲みて色が着き、木のところは圧迫されているので白いままである.色濃く染めるにはカタギで締め付けたまま乾燥させて色素の定着を待ち、再び染汁に浸すことを繰返した.カタギは対になるもの2枚が必要であり、古形カタキの転義は《相手》である.『岩波古語』かたき【敵】の語源解には「カタはカタ(片)に同じ.二つで一組を作るものの一方の意.キは人の意.オキナ(翁)・イザナキ(神名)のキに同じ、もと男性をいう語」とあるが、カタ(片)は不完全性をコノテーションとしてもつ語なのに、カタキにはそのようなニュアンスがない.同音異義語の誤解である.また、キの意味は男ではなく《夫》であり、カタ(片)と合成して意味をなすような語ではない.カタキの語義はアタカタキ(仇敵)を継承しており、《敵性がある》意味はアタが担っていた.
- ◆ I 田楽も芸能と料理の意味があり、料理の意味は芸能の意味から派生している.料理としての田楽は里芋または豆腐を串刺しにし、味噌を塗って焼いたものである.このときの串の取っ手が長く、田楽の高足に見立てたために料理の名となったのである.多分最初は田楽焼きという名で、田楽は省略語である.後に田楽は煮込み料理に変化し、煮汁も味噌から醤油になった.今のおでんである.これは田楽に御を付けると同時に末尾を省略した女房詞である.芸能の田楽とおでんの意味は料理の田楽を知らなければ簡単には結びつかない.
- ◆ J 【韻尾のンの変化】 他の音韻の前における変化は、

/_ $\{s,z\}$ では雲珠 [ウンス> ウズ], 汗衫 [カンサム> カザミ], 懸想 [ケンサウ> ケサウ], 見参 [ゲンサン> ゲザン], 巾子 [コンシ> コジ], 軟障 [ゼンシャウ> ゼジャウ], 半挿 [ハンサフ> ハザフ], 文字 [モンジ> モジ],

/_ $\{t,d\}$ では、裙帯 [クンタイ> クタイ]、旋頭歌 [セントウカ> セドウカ]、

/ rでは、檳榔毛 [ビンラウゲ>ビラウゲ]、

/_ $\{f,b\}$ では,新発意 [シンボチ>シボチ],寸白 [スンハク>スバク],単皮 [タンヒ>タビ(足袋)],椀飯 [ワンハン>ワウバン],

の例がある。最後の例を除いてnが後続の子音に吸収され、多くは連濁を起している。連濁していないものは、一旦連濁したのち清音化したのではないかと考えている。最後の例はu 寄生の条件を満たしている。

- ◆K [坂元03] では名詞エズの語形を提示せず、形容詞エズシの派生源として認めただけだったが、黒田:龍の棲む日本のp79に写真が紹介された妙本寺本日本図に [エスノ千嶋] が認められ、「エス」はエゾとなる前段階の名詞エズと考えられる、エゾとなったのはエズガ千島の形からガのaによってu>oが引き起こされたからで、ノが後続する場合には変化しなかったであろう。
- ◆L 【ウ音便】 ku>u は音声学的に平凡な変化であるから、いつの時代にもありえて、決して平安時代に始まった現象ではない.上代にはないとされてきたが、見出せなかっただけのことである。ku>u が起ると前の音節の母音とのヒアトゥスが生じる.上代はヒアトゥスが避けられる傾向にあったので、語形が変容を受けてしまうので、一見関連が付きにくい形になっている.先行する母音としては上古以来の4母音 $\{a,i,u,\delta\}$ が想定できるが、 \ddot{o} の場合はない. $C\ddot{o}$ Cu の形式の語形が厳しく排除されているからである.a の場合は u の開口度増加が伴い、Caku>Cau>Cawo となる.アク(灰)>アヲ(青)のように.i の場合は拗音を経てi が吸収され、Ciku>Ciu>(Cyu)>Cu となる.サク(幸く)[万4346] のように.u の場合は長音を表記しない原則によって見かけ上消失する.Cuku>Cuu (表記上はCu).ミケツカミのツは之の意であると言われてきたが、これはツク(貢く)>ツである.上代にもあるはずと確信して探しえた語どもである.
- ◆M 田楽が大流行したのは新しい要素が魅力的だったからだと思うが、朝鮮の農楽が日本に入ったのではないか. 内容は曲芸と舞踏であるから、言葉は通じなくても、鑑賞はできるし、物乞いの仕草をすれば、祝儀を求めていることは誰にでも分る. 朝鮮と日本で大きく異なるのは音楽のリズム感である. 新奇なリズムが日本人を魅了したのであろう.

農楽隊は定住せず、村々を廻った芸能集団であるが、メンバーは男だけ、男色家なので、新しいメンバーの補充には子供を買ったり攫ったりした。この特殊性からもともとは寺の芸能僧だったのではないかと想像してみることができる。それが戦乱あるいは仏教の弾圧で食い詰めて流浪の芸能民となり、日本にまで渡ってきたのであろう。

◆N 『色葉字類抄』を鎌倉初期に増補した『伊呂波字類抄」には「帽額〈モカウ〉 胃 [巾胃] 甲〈已上同〉」とある(帽,同の字体は標準的な形に修正した).「胃」のあとには 少し空白がある. [巾胃] は『康熙字典』に見当たらないが,『伊呂波字類抄』に「藺 [巾胃] 〈井カサ〉」(藺は実際には竹冠),「笠〈カサ〉 帽〈同〉」とあるところから,帽の異体字と考えられる. 従って,胃も冒の異体だろうから,空白には本来「甲」があったものと推定される.「帽額」は編者が正しいと認めた用字,「胃(甲)」は延喜式の用例,「[巾胃] 甲」はこれを受けた用例だろう.

- ◆O 現代語ではさらに変化して判官(ホウガン,あるいは変化しない語形を継承したハンガン),反古(ホゴ),輪鼓(リュウゴ)となっている.
- ◆P セリフの語源にはセリイフ (競り言ふ) が推定されており、意味はありうるものの語形が終止形では文法的に面白くない. この語もセリイヒ>セリフが想定できるが、そうすると上代にすでにあった言葉でなければならない. サルカフのロ頭芸の主要部分かと憶測しているのである. しかし、用例は近世以来のものしかない. この語は語中末にハ行音が残る点でも特殊であるから、さらに考察する必要がある.
- ◆Q 牽引の源を複数提示することは学説として誠実でない.たくさん提示すれば、どれかが本当の関係をもつことが期待できるから、絞込みの努力をすべきである.「猿」はともかく、「戯る」は下二段活用であるから、造語成分としてはサレであり、語形が同一でない.サルとするなら、語形の違いの説明が必要である.『大言海』の「さる쬻(女、猿女)」の項には「戯女〔サルメ〕ノ義ナルベシ(・・・)終止形ノ連体形トナレルナリ(垂〔シ〕づる枝〔エ〕、しづえ.出づる水、いづみ)」とあり、サルルがサルとなっている類例が挙げてある.このうちシヅ江は*シム(下)+ツ(在於)+江(枝)が語源であるから取り下げるべきである.イヅルミ>イヅミはありうる音韻変化であり、現段階では連体法終止形を認めるよりはよい.
- ◆R その後武家の式楽となり、明治時代になるまで「猿楽」の名が続いてきたが、明治の開化思想により欧米の基準での評価を気にするようになって野卑な「猿」の字が嫌われ、「能楽」が使われるようになった. [味方98] によると、文化文政期に「能楽」の用例があるが、1881年に猿楽の衰微を防ぎ、後援振興するために能楽社が設立されたころから一般化したらしい.
- ◆S 田楽の語源も明確にすべきだろうが、さらに一編の論文が必要になる大きな問題なので、『大言海』説の紹介に留める. タマヒ (田舞ひ) を音読してデンブ (田舞)、これが他の演目を取り入れて間口を広げたのでデンガク (田楽) となったという.
- ◆T 湯桶読みは中世には一般化しており、犬王 (いぬおう) がいたり、結崎座 (ゆうざきざ) があったりしたから、猿楽 (サルガク) にも違和感はなかった. しかし、上代には珍しく、『万葉集』の「手師」がその先蹤と言われているものの、このシは和語である可能性が高い. ウシ (大人)、ヌシ (主)、アルジ (主) のシで権威ある人の意味と考えられる. 「師」の字音シとは偶然の一致である.
- ◆U このヒ甲>フの音韻変化は[坂元05]で指摘した.
- ◆ V 術語が耳慣れないために一般的な用語で説明したのだろうが、鞄語(カバンゴ、Portmanteau word)が形成されたと言うつもりであろう。英語の鞄語としては breakfast +1unch→brunch,+1cm +1cm +1cm

◆ X 冗注参考文献.

柳田國男 (1912): 勝善神; 考古学雑誌, 2 (10) — [ちくま文庫] 柳田國男全集5; 筑摩書房 (1989) 所収による.

織田紘二(1968):猿まわしの系譜(九)[三隅治雄監修:近世大道芸人資料(二〇)]; 芸能,10(7). 蔵中 進(1975):上代日本語音韻の一研究[神戸学術叢書4];神戸学術出版.

味方 健(1985):能楽——大百科事典11;平凡社(1985)所収.

坂元宗和(1999):カタチの語源;形の科学会誌,14(2).

坂元宗和(2000):上代語の長呼と強化形;國學院雑誌,101(8).

黒田日出男(2003):龍の棲む日本[岩波新書新赤版831];岩波書店.

坂元宗和(2005):接頭辞タの語源分け;國學院雑誌,106(6).

◆Y 英文タイトル.

New readings and etymology of conventional "sarugaku (noh play)"

◆ Z 「猿楽」の訓みと語源(要旨)

坂元宗和

「猿楽」の語源を、関連する語彙との関係を重視して考察した。有力説では、奈良時代の散楽〔サンガク〕から音韻変化して平安時代に猿楽〔サルガク〕となったとし、平安時代の仮名文学に見られるサルガウはサルガクのウ音便、サルガウを活用させた語がサルガフであると説明している。

しかし、サンガク>サルガクの変化は音声学的な音韻変化としては無理があり、漢語末のウ音便は例がない。また、サルガウの原形がサルガク(猿楽)であるならば、動詞としてもサルガクというカ行の活用になるのが自然だと考えられる。

名詞がサルガウ,動詞がサルカフならば,ムカウ(向う)とムカフ(向ふ)の関係と同じである.これはヒ甲>フという上代の音韻変化に,フ>ウという平安時代のハ行転呼が重なったものである.従って,サルガウもサルカヒ(猿飼ひ)に遡ることができる.

「猿楽」をサルガクと訓めば湯桶読みで、平安中期にはまだ稀な語構成である.これはサルガウの冒頭を「猿」、楽曲を伴う芸能であることを「楽」で表した語である.平安時代の漢字表記には「散更」もあり、これは字音サンカウをもってサルカウに宛てたもので、平安中期にはカは清音であった.サルガウと濁音化したのは鎌倉時代頃と考えられる.サルガウから室町時代の「猿楽」の標準的な訓みのサルガクへの変化は、普通の音韻変化ではない.鎌倉時代に並び称されたデンガク(田楽)の語義と音形が牽引したもので、サルガクの語形が出現したのは南北朝時代頃と考えられる.

猿飼は猿に諸種の芸をさせたもので、その口上(サルカヒコト)が発達して平安時代中期には掛け合い漫才のようなものになり、一般人の冗談をも含めてサルカウと呼ばれた. 鎌倉時代にはさらに進歩した滑稽寸劇となってサルガウとなり、他の芸能も取り入れ一層の洗練を加えて歌舞劇として完成したのがサルガクである. 考察

 \bigcirc 6 5.

- ○64. 散楽のサンガクとサルカウの切れ目. 091104.
- ○63. ヒ甲>フにおいて,関係する全語彙が変化したわけではない理由.091104.
- ○60. サルガク、サルガウが時代的に並行して出現することを示す. 091102.
- ○58. 文献追加. 国文研. 0910xx.

キーワード=猿楽。

国語語源考 //大槻文彦 //国学院雑誌 2 5 - 1 0 (1919)。

新猿楽記考 //井浦芳信 //国語と国文学19-12(1942)。

能形成以前の猿楽 //植木行宣 //芸能史研究22 (1968)。

キーワード=湯桶。

いわゆる湯桶読・重箱読について //山田俊雄 //成城文芸1 (1954)。

重箱読・湯桶読について(高山寺蔵古往来特集) //島原泰雄 //王朝文学12(1965)。 特集 漢字と日本語 「重箱読み」と「湯桶読み」 //橘豊 //月刊しにか9-6(1998)。

特集・徹底解剖!漢字の読み方 湯桶読みと重箱読み—和語と漢語の混種語—その表記と読み方 // 林史典 //月刊しにか 1 4 - 5 (2 0 0 3)。

キーワード=漢語&音便。

文献なし。

キーワード=猿若。

猿若臆説 //盛田嘉徳 //学大国文16 (1973)。

- \bigcirc 5 6. 一体化連濁はn の後の連濁と関係あるかも、n の後の連濁は古くはなかったが、室町ごろから優勢になったらしい、0 9 0 6 1 8.
- \bigcirc 5 5. 二人(あるいはそれ以上)で行なうようになったのはサルカフ>…>サルガウのいつの時点か. 0 9 0 6 1 1.
- ○54. 田楽(デンガク)と並称され続けた結果,サルカウ>サルガウとサルガウ>サルガクが起ったのではないか.後者の変化には演者の主張も影響しているようだ.0906 10. / 合成語の纏まりを示すための濁音は室町時代ごろから発生しているので,それ以前と考えられるサルカウ>サルガウは田楽との並称を原因と考える方がよい.0906 14.
- \bigcirc 52. ヒ>フ>ウ,動詞のウ音便とに時代的ずれはないか.090606.
- 〇 5 0. 関係する音韻変化. サルカヒ甲>8 サルカフ>10 末サルカウ>サルガウ→13 サルガク.

(上代特殊仮名遣い) 794ト甲乙混同, 796トへ混同, 800コヨ区別, 820コ区別, 850コ区別, 865宣命にコ混同, 882コ混同, 889コ区別, 893コ混同, 981コ区別,

(エ,江) 923混同. 934混同. 935区別あったらしい. 950区別. 951区別, 混同. 956混同. 962混同. 966区別. 983混同. ==10世紀中葉に混同.

(オ, ヲ) 956部分混同. 1002語頭でヲ→オ. 1045混同. 1058混同. 1060混同. 1075混同ただし語頭のイヰ, エヱを区別. 1093エヱ, オヲ区別. 10◆ Y 英文タイトル.

Munekazu SAKAMOTO: Other readings and etymology of conventional "sarugaku (noh play)"

◆ Z 「猿楽」の訓みと語源(要旨)

坂元宗和

「猿楽」の語源を、関連する語彙との関係を重視して考察した。有力説では、奈良時代の散楽〔サンガク〕から音韻変化して平安時代に猿楽〔サルガク〕となったとし、平安時代の仮名文学に見られるサルガウはサルガクのウ音便、サルガウを活用させた語がサルガフであると説明している。

しかし、サンガク>サルガクの変化は音声学的な音韻変化としては無理があり、漢語末のウ音便は例がない。また、サルガウの原形がサルガク(猿楽)であるならば、動詞としてもサルガクというカ行の活用になるのが自然だと考えられる。

名詞がサルガウ,動詞がサルカフならば,ムカウ(向う)とムカフ(向ふ)の関係と同じである.これはヒ甲>フという上代の音韻変化に,フ>ウという平安時代のハ行転呼が重なったものである.従って,サルガウもサルカヒ(猿飼ひ)に遡ることができる.

「猿楽」をサルガクと訓めば湯桶読みで、平安中期にはまだ稀な語構成である.これはサルガウの冒頭を「猿」、楽曲を伴う芸能であることを「楽」で表した表記である. 平安時代の漢字表記には「散更」もあり、これは字音サンカウをもってサルカウに宛てたもので、平安中期にはカは清音であった.サルガウと濁音化したのは鎌倉時代頃と考えられる. サルガウから室町時代の「猿楽」の標準的な訓みのサルガクへの変化は、普通の音韻変化ではない. 鎌倉時代に並び称されたデンガク(田楽)の語義と音形が牽引したもので、サルガクの語形が出現したのは南北朝時代頃と考えられる.

猿飼は猿に諸種の芸をさせたもので、その口上(サルカヒコト)が発達して平安時代中期には掛け合い漫才のようなものになり、一般人の冗談をも含めてサルカウと呼ばれた. 鎌倉時代にはさらに進歩した滑稽寸劇となってサルガウとなり、他の芸能も取り入れ一層の洗練を加えて歌舞劇として完成したのがサルガクである.

書評

「デザインサイエンスー百科事典―かたちの秘密をさぐる」

Jey Kappraff 著,萩原一郎,宮崎興二,野島武敏 監訳 朝倉書店 A5 判 478 ページ 定価 12,000 円 ISBN 978-4-254-10227-7

この書物の原表題は、Connections—The Geometric Bridge Between Art and Science であり、その初版は 1990 年に World Scientific Publishing Co. から出版された。著者はニュージャージー 工科大学の数学教授であり、そこではデザインのための数学も担当している。英文誌 FORMA の編集委員をつとめており、2004 年には "Golden Mean" という表題の特集号を編集した。私は、以前 から形の科学におけるこの書物の重要性を知っていた。このたび、その第 2 版(2001 出版)の和訳 が実現し、我々にとって読みやすくなったことは非常に喜ばしい。

形の科学は、空間の性質、形態形成機構、形態計測、創作への応用、という4つの分野から成る。本書は、主として空間の性質に属し、所々で創作(アート・デザイン)との関連も議論されている。本書の内容には、形の科学シンポジウムで発表される講演のテーマとつながるものが多い。以下に、章の見出しを、その主な内容とともに挙げよう。

- 1. 建築における比 (神話と数、古代の音階、黄金比、など)
- 2. 相似 (相似図形の族、らせん、自然界や幾何学における成長と相似性、など)
- 3. 黄金比 (フィボナッチ数列、正五角形と正十角形、植物成長、バルトークの音楽、など)
- 4. グラフ (グラフとマップ、相対性、トーラスとメビウス、方陣、構造物の補強、など)
- 5. 多角形によるタイル張り (対称性、折り紙パターン、イスラム芸術、など)
- 6.2次元のネットワークおよび格子 (ディリクレ領域、格子によるパターン形成、など)
- 7. 多面体:プラトンの立体 (シュレーゲル図、相対と相貫、空間充填特性、万華鏡、など)
- 8. プラトンの立体の変形 I (菱形十二面体、テンセグリティ、ジオデシックドーム、など)
- 9. プラトンの立体の変形Ⅱ (アルキメデスの立体、切頭八面体、ねじれ図形、など)
- 10. 多面体:空間充填 (最密球配置、結晶構造、曲面状無限多面体、ゾーン多面体、など)
- 11. 等長写像と鏡 (写像、平行移動、滑り鏡映、2つの鏡による鏡映、など)
- 12. 平面の対称性 (対称性の数学、万華鏡群、双曲幾何学によるパターン形成、など) 以上のように、本書の内容は非常に多様で興味深いものである。空間の性質について調べようとするときは、常に携帯するとよいだろう。さらに、新たな発想の種を本書の中に見出すであろう。

ところで、私には和訳本の表題が気になる。著者は、序文の中でデザインサイエンスにしばしば 言及し、たとえば物理化学者のアーサー・ロープの主張「結晶、建築、振付などの空間構成がもつ 文法がデザインサイエンスである」を紹介し、本書をこの空間の文法を追求するものと位置付けて いる。その意味で、本書がデザインサイエンスを目指していることは間違いないであろうが、原書 の表題に"Design Science"を使っていない(一度著者に聞いてみたいと思っている)。ただし、「百 科事典」ではない。上記のように多彩な内容なので百科事典のような印象を与えるが、各節は独立 した記述になっていないし、あくまでも通して読むべき教科書であることを注意しておきたい。し かしながら、そのために和訳本の価値が下がるわけではない。

(神戸芸術工科大学、芸術工学研究科、高木隆司)

文字から見る選択型視覚誘導場モデルの可能性

沓名健一郎

名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科,〒467-8501 名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑 1

viola @art.design.co.jp

Consideration of Possibility where Induction Field on Vision Model Selected by Character Exists

Kenichiro KUTSUNA

Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University,

1 Yamanohata, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya, Aichi 467-8501 Japan

Abstract: "Induction Field on Vision" has some problems. However, the problem of "Induction Field" can be solved by using the idea of "JIZA" that exists in "SHODO". That is, they are two "Induction Field on Vision" such as "Yokose's Induction Field" and "Gaussian blur Induction Field".

Keywords: Induction Field on Vision, Gaussian blur, JIZA, SHODO

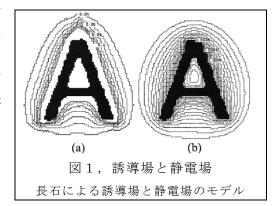
1、はじめに

認知科学の分野において、文字の点画および文字全体の構造分析に「視覚の誘導場」が使われている。横瀬*1によって提唱された視覚の誘導場(横瀬の誘導場を特に「心理ポテンシャル場」と呼ぶ)は、視認される図形の輪郭より電磁場のような広がりを仮定して、ビオサバールの公式で算出される場が広がることを計算から規定するもので、心理実験から発見された。実験の方法などにより種々のモデルが存在するが、脳科学的な証明が困難な誘導場の研究は現在停滞している。そこで沓名ら*2 は視神経におけるマッハ効果と呼ばれる神経の側抑制を数値的に2次元で捉え直し誘導場と近似したモデルを提唱した。神経における数値的な表象を捉えられることから、現在広く検証が進められている。しかし横瀬の誘導場および側抑制モデルは、「文字」および「書」における「虚画の実画化」部分を無視できない問題点から、新しいモデルとしてガウシアンブラーを用いた誘導場を提唱した。文字をモデルとして捉えると、距離によって「字座」すなわち誘導場は異なると考えられる。これらを解決するには選択的に誘導場を用いていると考えられる。ガウシアンブラー誘導場との併用の可能性を考察したい。

2、視覚の誘導場

長石*3は文字の読み易さについて、工藤らにより「誘導場の強さは図形の線の太さに影響される」*4ことが示唆されているとし、より正確な場の強さを得るには、文字の太さを考慮した計算方法が必要とした。書道において、「一画強調」と呼ばれる一画だけを伸ばすことによっ

てバランスや見た目のインパクトを整える効果や、右下に伸ばす書体などが存在するが、これまでの誘導場ではこれらの書体や筆法などを説明することができなかった。これを論理的に説明することを企図して、ガウシアンブラーの概念に至った。平形*5による構成字座、生成字座を基本に、横瀬の誘導場とガウシアンブラー誘導場の、2つの誘導場から説明することが可能となる。



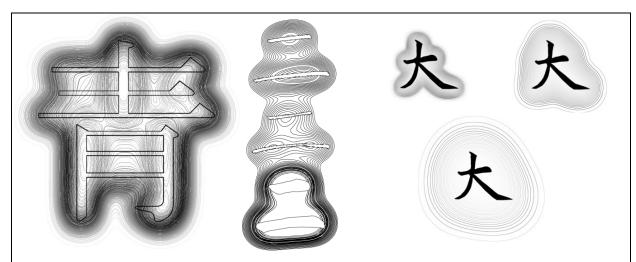


図2・3, ガウシアンブラーによる濃度等高線 左(図2「青」)は、単体文字のガウシアンブラー等高 線。右(図3「二」)は、太さによるガウシアンブラー。 を左から 50、100、200pix かけたもの。

図4, ガウシアンブラーフィルター例 635×540 ピクセルの文字にガウスぼかし

文字の「ぼかし」および文字の滲みが、読みやすさとどう関係するかについて実験を行った *6ところ、 例えば明朝体活字では 161%の太さになるようガウシアンブラーでにじませた際に 最も文字を読む時間が短縮され、誤読数も 30 人平均 80 字中 1 個未満であった。161%を超え ると漸増し、235%の滲みでは誤読数が平均23個で時間も65%増加した。つまり太さは可読 性・判読性に影響を与え、また太さや滲みを持たせた方がその効果は高まる。この結果から例 えば速読時には、視覚処理の過程でガウシアンブラーのような滲み加工処理を適度に行って、 適度にぼかして判読性を高めている可能性も考えられる。

サッケード(saccade:飛び飛び運動)とは、文章を読む際に一文字ずつ視認するのではな く、あるまとまった範囲の一点を一瞬注視することを繰り返す眼球運動を指し、それは眼球の 運動を計測するアイカメラで確認することができる。サッケードとは即ち文章を読む際の視覚 においては、文字の明確さという点で見ると、滲みのようなぼかしが入った認識がなされてい るということを示唆する。それはつまり文字を記号として頭の中に流し込む行動である「読む」 と、文字の全体および部分を認識する「見る」では異なった視覚認識構造を持っており、これ は平形による二つの構成字座の思考と合致する。読む際にはこれまでの鮮明な視覚認識を基準 とした誘導場ではなく、新しい誘導場、即ちガウシアンブラーによるぼかされた誘導場を持つ ことの妥当性を示していると考えられる。

参考文献

- *1 横瀬善正『形の心理学』名古屋大学出版,1986
- *2 沓名健一郎・高田宗樹・平形精一・宮尾克「字座の研究―マッハ効果とポテンシャル場を用いて―」『全国大 学書道学会紀要』p117-126, 2002
- *3 長石道博・押木秀樹「視覚の誘導場を用いた手書き文字の左右バランスの評価」日本認知科学会テクニカルレ ポート JCSS-TR-49, 2003
- *4 工藤博章・安藤理恵・大西昇『視覚の誘導場を形成する上下弁別閾に対する側抑制モデルによる検討』電子情 報通信学会総合大会講演論文集 2007, 基礎·境界, S-109-S-110, 2007
- *5 平形精一「字形要素による学習漢字の分類<I>」『書写書道教育研究』(4), p64·74, 1990
- *6 沓名健一郎・見城正訓・高田宗樹・宮尾克・平形精一「にじんだ文字の読みやすさ評価」『日本人間工学会東 海支部 2003 年研究大会論文集』, 2003

第72回 形の科学シンポジウム

「運動と形」

【主催】形の科学会

【会期】2011年12月9日(金)~11日(日)

【会場】鹿児島大学理学部1号館(郡元キャンパス)

〒890-8580 鹿児島市郡元 1 丁目 21 番 24 号

【問合せ先 代表世話人】

宮崎修次 〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 京都大学 情報学研究科

秦 浩起 〒890-8580 鹿児島県鹿児島市郡元1丁目21番24号 鹿児島大学 理工学研究科 【参加費】12月9日と10日(最終セッションを除く)

会員・非会員ともに一般 3000 円, 大学院生・大学生 1000 円, 高校生無料 12 月 10 日 (最終セッション) と 11 日 全員無料 (一般公開)

【懇親会費】会員・非会員ともに一般 5000円, 大学院生・大学生 3000円, 高校生 1000円

プログラム

12月9日(金) 9:00-9:20 受付・準備

運動と形-統計的アプローチ

9:20-9:45 推定された未来の情報を用いたカオス 制御

小林 幹,上田哲史,合原一幸(First 合原最 先端数理モデルプルジェクト,東京大学生産技術 研究所)

9:45-10:10 双曲性・非双曲性と拡大率スペクトル 松井克仁¹, 小林 幹², 宮崎修次¹(¹京都大学情報学研究科, ²FIRST, 合原最先端数理モデルプロジェクト)

10:10·10:35 グラフ上の酔歩と大偏差統計関数の 非解析性

宮崎修次, 田中健太(京都大学情報学研究科)

(10:35-10:45 休憩)

運動と形―ダイナミクスが生み出す形

10:45-11:05 高速カメラによる水滴落下の観察と 考察

秦 浩起¹,末谷大道¹,○黒岩宏紀¹,副島果林², 松岡 伶²(¹鹿児島大学理工学研究科,²鹿児島大 学理学部)

11:05-11:30 反応拡散系モデルによるひまわりの 花序形成

田中吉太郎,三村昌泰(明治大学大学院理工学研究科)

11:30-11:55 Multipolar planetary nebulae: Not as geometrically diversified as thought

Sze-Ning Chong¹, Sun Kwok², 今井 裕¹, Daniel Tafoya¹ (¹鹿児島大学理学部物理科学科, ²Department of Physics, The University of Hong Kong,)

11:55-13:10 昼休み

形の科学一般

13:10-13:35 背負子とエングワに見る力学性について

久保光徳, 北村有希子, 田内隆利(千葉大学大学院)

13:35-14:00 ペンローズパターンの折り紙モデル に基づく金属準結晶構造の検討

石原正三(埼玉県立大学保健医療福祉学部)

14:00-14:25 中生代放散虫 Pantanellium の 骨格構造がもつ多面体幾何学的な特徴

吉野 隆¹, 松岡 篤², 岸本直子³, 栗原敏之², 石田直人², 木元克典⁴, 松浦 執⁵(¹東洋大学理工 学部, ²新潟大学, ³摂南大学, ⁴JAMSTEC, ⁵東 京学芸大学)

14:25-14:50 多節 Nassellaria (放散虫) の捕食 行動と系統分類

松岡 篤(新潟大学理学部地質科学科)

(14:50-15:00 休憩)

<u>非線形多体系への実験的アプローチ</u> 15:00-15:25 AC トラップ中に閉じ込められた帯電 微粒子群の構造の動的振る舞い

諏訪部元樹¹, 庄司多津男¹, 秦 浩起², 上村鉄雄³(¹名古屋大学工学研究科, ²鹿児島大学理工学研究科, ³名城大学理工学研究科)

15:25-15:50 AC トラップ中の帯電粒子の運動の 統計的振る舞い

古田洋輔¹, 庄司多津男¹, 石崎龍二², 秦浩起³ (¹名古屋大学大学院工学研究科, ²福岡県立大学人間社会学部, ³鹿児島大学理工学研究科)

(15:50-16:00 休憩)

運動と形一招待講演

(兼 鹿児島大学理学部物理科学科 学科談話会, 鹿児島大学構成員に対して無料公開)

16:00-17:00 2011年新燃岳噴火~これまでの 推移と今後の見通し~

井村隆介(鹿児島大学理工学研究科)

12月10日(土) 9:00-9:30 受付·準備

形の科学一般

9:30-9:55 色彩多型を持つアオモンイトトンボ Ischnura senegalensis (Rumbur,1842)の構造 色

小作明則¹, 高橋佑磨², ○宮本 潔¹(¹獨協医科大学医学総合研究所, ²東北大学生命科学研究 科進化生熊科学講座)

9:55-10:20 メビウスの輪をもつ上皮シート 本多久夫(兵庫大学健康科学部)

10:20·10:45 任意点数による擬似一様充填とその応用

根岸利一郎, 関口久美子(埼玉工業大学)

(10:45-10:55 休憩)

運動と形一長距離相互作用系

10:55-11:20 AC トラップにおける少数帯電微粒子の配置構造

石崎龍二¹,秦浩起²,庄司多津男³,古田洋輔³ (「福岡県大学人間社会学部、2鹿児島大学理学部、3名古屋大学大学院工学研究科)

11:20-11:45 金星過日——天文単位測定問題 杉本 剛(神奈川大学) 11:45-13:00 昼休み 形の科学会運営委員会

形の科学一般

13:00-13:25 機械式セルオートマトンの構想検討大日方 圭, 竹田康彦, 加藤直彦, 元廣友美((株)豊田中央研究所)

13:25-13:50 ガム咀嚼時における脳血流分布に ついて

松浦康之¹,谷口拓矢²,杉浦明弘³,宮尾 克⁴, 高田宗樹⁵(¹福井大学産学官連携本部,²朝日大 学歯学部付属村上記念病院,³岐阜医療科学大学 保健科学部放射線技術科学科,⁴名古屋大学大学 院情報科学研究科情報システム学専攻,⁵福井大 学大学院工学研究科知能システム工学専攻)

(13:50-14:00 休憩)

運動と形一縮約と同期

14:00-14:25 ノイズに駆動された力学系の白色ノイズ極限

堀田武彦(大阪府立大学工学研究科)

14:25-14:50 位相記述可能性の観点で見た周期 性の強いカオスの特徴

今井貴史¹,末谷大道^{2,3,4},青柳富誌生^{1,5}(¹京都大学情報学研究科,²鹿児島大学理工学研究科,³科学技術振興機構さきがけ,⁴理化学研究所基幹研究所,⁵ 科学技術振興機構CREST)

14:50·15:15 不安定周期軌道を用いたカオス位相同期の解析

大内克哉¹, 堀田武彦²(¹神戸芸術工科大学, ² 大阪府立大学工学研究科)

15:15-15:40 振動子の最適同期をもたらすネット ワークの形

茶碗谷 毅¹, 伊賀志朗², 伊庭幸人³, 青柳富誌 生² (¹大阪大学, ²京都大学, ³統計数理研究所)

15:40-15:50 休憩

※次のセッションから最終日最終セッションまで一 般公開

<u>運動と形一招待講演</u>(兼 鹿児島大学理学部物理 科学科 学科談話会)

15:50-16:50 宇宙の渦巻き: 銀河スパイラルの起

源とダイナミクス

和田桂一(鹿児島大学理工学研究科)

16:50·17:50 様々なプラズマ、帯電微粒子群に おける形と運動の非線形現象

庄司多津男¹,角谷政樹¹,小澤隆嘉¹,岩井一 彦¹,秦 浩起²(¹名古屋大学工学研究科,²鹿児島 大学理工学研究科)

18:00ごろ 懇親会

12月11日(日) 9:00-9:10 受付・準備

形の科学一般

9:10-9:35 身体名称想起時におけるヒト脳内活動 部位の時空間推移の推定

山ノ井髙洋¹, 豊島 恒², 大槻美佳³, 山崎敏 正⁴(¹北海学園大学工学部電子情報工学科, ²ジャパン・テクニカル・ソフトウェア, ³北海道大学大学 院保健科学研究院, ⁴九州工業大学知能情報工 学科)

9:35·10:00 螺旋による造形Ⅱ 森田克己(札幌大谷大学短期大学部美術科)

10:00-10:25 ユニバーサルサービスとしての書写 教育における書字指導のあり方

沓名健一郎(名古屋市立大学大学院システム 自然科学研究科)

招待講演

10:25-11:25 離島における科学部の活動 西 雄高(鹿児島県立種子島高等学校)

11:25-12:40 昼休み FORMA 編集委員会

形の科学一般

12:40·12:55 簡易な実験系によるパターン形成 一棒の回転—

秦 浩起(鹿児島大学理工学研究科物理·宇宙 專攻)

招待講演

12:55-13:55 鹿児島人工衛星と集中豪雨予測 西尾正則(鹿児島大学理工学研究科)

(13:55-14:05 休憩)

高校生セッション

(講演概要は会誌第3号に掲載予定。なお,講演, 講演者に変更があるかもしれません。)

14:05-

福岡県立小倉高等学校

いびつなライトカーブを持つ小惑星の形状

SS天文研究会 2 年 江口直明,SS天文研究会 1 年 大山峻平

振り子の振動解析

1年 猪野元大樹, 1年 福田純也

鹿児島県立錦江湾高等学校

桜島の火山雷の特性評価とその発生モデルの提 唱

理数科3年 前畑大樹

甲虫オトシブミへ寄生する昆虫の研究

理数科3年 厚地賢人

桜島大根を救え!~桜島大根を使った焼酎開発 ~

理数科3年 渕田孝大

展示(10 日 13 時から11 日 16 時まで)

珪藻の被殻形態パターンを再現する自己組織化 モデルの構築

石田花菜^{1,2}, 内藤泰宏^{1,2,3}, 冨田 勝^{1,2,3} (1慶 應義塾大学大学院政策・メディア研究科, ²慶應 義塾大学先端生命科学研究所, ³慶應義塾大学 環境情報学部)

微化石のトランプ

松岡 篤, 小林由枝(新潟大学理学部)

タイ北部からのイノシシ科化石の形態と分類 小澤祐介¹,福地 亮²,仲谷英夫¹(¹鹿児島大 学大学院理工学研究科,²(株)阪神コンサルタン ツ)

放散虫と有孔虫の石膏模型 岸本直子(摂南大学)

科学玩具の展示

前畑謙次(株式会社イメージミッション木鏡社)

ガウス加速より、磁力のした仕事を考察する 杉元聖和(福岡県立小倉高等学校 2年) (講演概要は会誌第3号に掲載予定) (11日のみ)

推定された未来の情報を用いたカオス制御

小林幹, 上田哲史, 合原一幸

First 合原最先端数理モデルプルジェクト, 東京大学生産技術研究所 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 miki@sat.t.u-tokyo.ac.jp

A chaos control on the basis of predicted future information

Miki U. Kobayashi, Tetsushi Ueta and Kazuyuki Aihara

First, Aihara Innovative Mathematical Modelling Project, Institute of Industrial Science 4-6-1 Komaba Meguro-ku, Tokyo, Japan

Abstract

A chaos control method is proposed on the basis of predicted future information with nonlinear time series analysis. The purpose of this talk is to give a brief explanation about the method and apply the method to simple chaotic systems, i.e. the logistic map, the Henon map and a model of prostate canser, in order to verify the method.

Keywords: Chaos control, nonlinear time series analysis

本講演において、力学系におけるカオス的振動を周期的な振動に制御するための新しい方法を提案する。カオス的振動とは、長時間にわたる未来の予測が不可能で、複雑に乱れた運動のことである。基礎科学の観点からは、カオス的振動は複雑ではあるが運動の中に美しい法則が潜んでいる大変興味深い対象である。一方、工学などの応用上の観点からは、予測や制御が困難な厄介な対象である。よって工学的応用においてカオス的振動を周期振動に制御するための効率のよい方法を与えることは非常に重要である。

カオス制御において最も有名な方法の一つに遅れフィードバック法がある [1]。遅れフィードバック法は、カオス力学系 $\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(k))$ に対して、制御入力として過去の状態をフィードバックする制御法である:

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(k)) + K(\mathbf{x}(k-\tau) - \mathbf{x}(k)), \tag{1}$$

K はフィードバックゲイン行列で τ は遅れ時間を表す。K=0 においてカオス的振動を引き起こす力学系 f に対して、(1) 式右辺第 2 項で表される制御入力を与える。もし制御項が加わっていない系が周期 τ の不安定周期軌道を持っているとすると、適切な K と τ を持った制御入力を加える事で、周期 τ の不安定周期軌道が安定化されて、力学系は周期 τ の周期振動を示す。遅れフィードバック法はシンプルな制御法であり実装が簡単であることが大きな利点であるが、いくつかの困難を伴うことも知られている。例えば、フィードバックゲイン K の決定が難しいことや、系のヤコビ行列が 1 より大きな実固有値を奇数個もつならば制御は成功しないことが知られている [2]。

これらの困難を克服するために、遅れ時間ではなく、未来の情報を使った制御が考案さ

1

れている[3]:

$$\mathbf{x}(k+1) = \mathbf{f}(\mathbf{x}(k)) + K(\mathbf{x}(k+\tau) - \mathbf{x}(k)). \tag{2}$$

遅れフィードバック法とは異なり、未来における正確な状態をフィードバックする制御法である。この方法を用いる事で、前述した困難は解消される事が知られている。

しかしながら、カオス力学系において未来の情報を用いることは原理的に不可能である。よって、我々は未来の情報として、非線形時系列解析によって推定された状態を用いて、それをフィードバックする方法を提案する。Fig. 1 はロジスティック写像 X(k)=aX(k)(1-X(k))(a=3.75) に対して我々の方法を適用した例を示している。制御入力は k=100 で加えられている。適切な τ と K を選ぶ事で、カオス振動が固定点に収束している事が分かる。

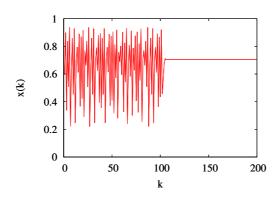


FIG. 1: ロジスティック写像 X(k)=aX(k)(1-X(k))(a=3.75) における制御例。k=100 のときに制御入力を入れると、速やかに固定点が安定化される。

本講演では、我々の提案する方法を簡単に解説してから、実際に様々なカオス力学系に 適用した例を紹介する。さらに、遅れフィードバック法と我々の提案する方法の詳細な比 較も行う予定である。

参考文献

- [1] K. Pyragas, Phys. Lett. A, 170, 421 (1992).
- [2] T. Ushio, IEEE Transactions on circuits and systems, 43, 815 (1996).
- [3] T. Ushio and S. Yamamoto, Phys. Lett. A **264**, 30 (1999).

双曲性・非双曲性と 拡大率スペクトル

松井克仁, 小林幹 ^A , 宮崎修次 〒 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町 , 京都大学大学院情報学研究科 matsui@acs.i.kyoto-u.ac.jp ^A 〒 153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 , 東京大学生産技術研究所 Cw601 , FIRST , 合原最先端数理モデルプロジェクト

Hyperbolic and Non-hyperbolic Fluctuation Spectra of Local Expansion Rates Reflecting

Katsuhito Matsui, ^AMiki U. Kobayashi and Syuji Miyazaki Graduate School of Informatics, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, Japan

AFIRST, Institute of Industrial Science,
 University of Tokyo, 4-6-1 Komaba, Meguro-ku,
 Tokyo 153-8505, Japan.

Abstract: Non-hyperbolicity, tangent structure between stable and unstable manifolds, yields non-analytic behaviors of large-deviation functions such as rate functions of local expansion rates, which is also known as q-phase transitions. Recent studies with covariant Lyapunov vectors distinguished between hyperbolic and non-hyperbolic parameter regions of the Lorenz system. Such a distinction also appears in large-deviation properties of the local expansion rate. Fujisaka proposed a numerical method of calculating generating functions in the thermodynamics formalism by regarding those as a form of two-time correlation functions, which is an application of Mori's projection operator method. Explicit calculations are obtained for concrete examples.

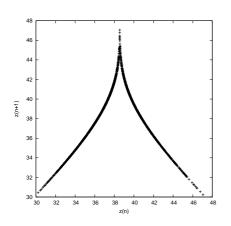
Keywords: Large deviation, covariant Lyapunov vector, projection operator, q-phase transition

安定多様体と不安定多様体が接する非双 曲性が局所軌道拡大率(有限時間リヤプノ フ指数)の レート関数をはじめとする大 偏差統計関数に非解析性(q相転移)をもたらすことが知られている.このような非双曲連続時間力学系で適当なポアンカレ断面上のアトラクタを見ると,滑らかな湾曲部を持ち,両多様体の接点を見出すこともできる.Henonアトラクタはその一例である.強散逸の極限を取ると,さらに,一次元写像に還元される.非双曲性はこの写像の滑らかな極値に反映されており,極値のところで,局所軌道拡大率が負の無限大に発散する.

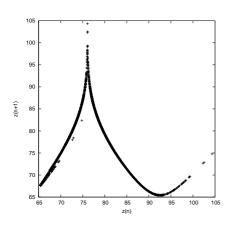
近年、Covariant Lyapunov Vector (CLV)を用いたローレンツ系の双曲領域と非双曲領域の区別がなされたが[1]、一次元写像であるローレンツプロットを描くと、滑らかな極値は、前者では現れず、後者では現れる(図1).滑らかな極値付近を通る軌道では、局所軌道拡大率が、時折、負の大きな値をとり、大きく揺らぐ、これより、非双曲性による局所軌道拡大率のレート関数(拡大率スペクトル)のような大偏差統計関数に非解析性が現れ、q相転移が生じる[2].

上記のレート関数は,定義に従って,局所 軌道拡大率の時系列から,局所平均(有限 時間平均)の分布関数から得られるが,局 所平均の時間幅や時系列の全長が有限であ れば,厳密なレート関数のうち,長時間平 均のまわりの一定の範囲しか見えない[3]. 条件が悪ければ,長時間平均のごく近傍の 中心極限定理が成り立つ範囲しか見えず, そのときのレート関数はガウス分布の帰結 として放物線となる.

藤坂は大偏差統計関数に現れる母関数を 二時間相関関数に見立て,射影演算子法を 用いた大偏差統計関数の数値解析法を提案 した [4].運動方程式に射影演算子法を適 用すると,システマティックな項,記憶項, 雑音項(真に非線形な項)からなる一般化 ランジュバン方程式が得られ,状態変数の 二時間相関関数の形に書き直すと,雑音項 は消え,記憶項を含む二時間相関関数につ いて,閉じた形が得られる.考えている状態変数に新たな状態変数を加え,状態空間を拡張することで,記憶項を無視し,より容易に二時間相関関数を求めるのが,藤坂の方法であり,大偏差統計関数の母関数の計算にも応用した.この方法では,局所平均をとる時間幅が有限であることに起因する,レート関数の数値解析で求まる範囲の制約は受けない.これについて,可解カオスの具体例を用いて議論したい(図2、図3).



(a) r = 28 (双曲領域)



(b) r = 60 (非双曲領域)

図 1: ローレンツ方程式 $(\dot{x},\dot{y},\dot{z})=(-10x+10y,-xz+rx-y,xy-8z/3)$ におけるローレンツプロット

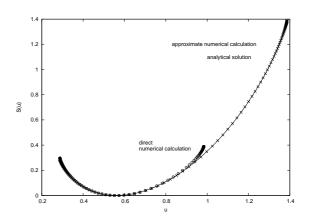


図 2: 非対称テント写像 $x_{t+1} = 4x_t$ ($0 \le x_t \le 1/4$), $4(1-x_t)/3$ ($1/4 \le x_t \le 1$) の 拡大率スペクトル. 解析解、直接数値計算、近似による数値計算の比較.

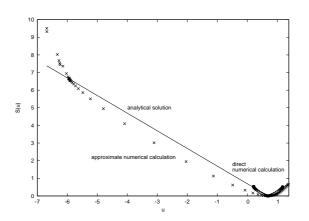


図 3: ロジスティック写像 $x_{t+1} = 4x_t(1-x_t)$ の拡大率スペクトル. 解析解、直接数値計算、近似による数値計算の比較.

参考文献

- [1] Y. Saiki and M. U. Kobayashi, JSIAM Letters **2** (2010) 107.
- [2] 森肇, 蔵本由紀, 散逸構造とカオス (現 代物理学叢書) (2000) 岩波書店.
- [3] H. Nakao, S. Kitada and A. S. Mikhailov, Phys. Rev. E 74 (2006) 026213.
- [4] H. Fujisaka, Prog. Theor. Phys. 114 (2005) 1.

グラフ上の酔歩と大偏差統計 関数の非解析性

宮崎修次,田中健太 〒 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町, 京都大学大学院情報学研究科

syuji@acs.i.kyoto-u.ac.jp

Random Walk on a Graph and Non-analytic Rate Functions

Syuji Miyazaki and Kenta Tanaka Graduate School of Informatics, Kyoto University, Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, Japan

Abstract: Random walk on a graph is analyzed on the basis of the statistical-thermodynamics formalism to find phase transitions in network structure in some cases. Each phase can be related to a characteristic local structure of the network such as a cluster or a hub. For this purpose, the generalized transition matrix is introduced, whose largest eigenvalue yields statistical structure functions. The weighted visiting frequency related to the Gibbs probability measure, which is useful for extracting characteristic local structures, is obtained from the products of the right and left eigenvectors corresponding to the largest eigenvalue. An algorithm to extract the characteristic local structure of each phase is also suggested on the basis of this weighted visiting frequency.

Keywords: Large deviation, Gibbs probability measure, transition matrix, q-phase transition

次のような32ノードからなる4種類のグラフを考えよう.ノードにはノード特性量というものが割り当てられており,この量は時間変動しない.例えば,SNSでの市場調査では,各ユーザの商品への関心の有無,WEB検索の場合では,ある検索語を含むか否かを数値化した0と1であり,図では, や で表されている.連続的に変化する量でもよい.

1		1		I	I	1	
1		1					I
1		1			1	1	1
(b)							
1		I					I
1	1	I		1	1	1	
1				I	l		1
(c)							
I			1	l			1
1	1	I		1	1	1	
I		1					I
(d)							
1	1	I		1	1	1	
I				I	I	1	
1	1	1	1			1	

(a)

最初の3つのグラフは正方格子であり、 最後のグラフは正方格子から幾つかのリンクを外してある.3番目と4番目のグラフでは、との配置は同じである.もちろん,これらのグラフのリンク構造やノード特性量の配置は目で見て区別できるわけだが、ノード特性量を同時に捉えることは容易で はない.これらのグラフの上で,酔歩を行い,酔歩粒子が訪れたノードのノード特性量を並べることにより,ノード特性量のランダムな時系列が得られる.その揺らぎの大偏差統計からリンク構造とノード特性量を同時に特徴づけることを試みよう.

1番目のグラフでは、0が無限に続く極端な時系列と1が無限に続くもう1つの極端の時系列の間で、0と1がランダムに並ぶ時系列が現れ、ノード特性量のレート関数は0と1の間で下に凸な滑らかな関数であり、長時間平均1/2のところで、極小値0となる、2番目のグラフでは、どんな酔歩を行っても、0101・・という周期的な時系列が現れ、揺らぎはない、レート関数は点(1/2,0)となる、同じ正方格子でありながら、ノード特性量の配置が異なるだけで、レート関数はこのように極めて異なる形となる、3番目と4番目はノード特性量の配置は同じだが、リンク構造は異なり、レート関数にも違いが現れる、

次に,以下の2つのグラフを考えよう.

どちらも4 ノードの完全グラフから1つ 対角線のリンクを外したもので,リンク構 造は同一である.しかし,ノード特性量の 配置は異なり、揺らぎの性質は異なる。こ れら2つのグラフを構成する8つのノード の異なる2つのノードのすべての組み合わ せについて,非常に弱い無向リンクを張る. このリンク強度を とし()や(\)で 表される元のリンクの強度は1 - とする. このようにして構成した8ノードのグラフ 上の酔歩で、ノード特性量のレート関数を 求めると、 0の極限で,二か所で非解 析的となり、レート関数はそれを境に三か 所の部分からなる.時間変動する量の大偏 差統計関数に現れる非解析性はq相転移と してカオス力学系に対して研究がなされて

いる.ここに現れる相は,クライシスのような分岐や非双曲性に起因するアトラクタの特徴的な局所構造に対応する.

グラフ上の酔歩から得られる q 相転移の相とは何であろうか・上記の 8 ノードの例では,2つの非解析点で挟まれるレート関数の部分は右の 4 ノードからなるグラフに対応し,非解析点の外側の 2 つの部分は左の 4 ノードからなるグラフに対応する・従って,この場合の相はノード特性量の配置を含めた特徴的な部分グラフ,あるいは,クラスタといったものに対応する・このような局所構造の抽出にはレート関数のみならず,Gibbsの確率測度に相当する重み付きのノードの訪問頻度が必要となる・Googleの PageRank は,原理的には,重みのない単純な酔歩による訪問頻度から得られることに注意しておこう・

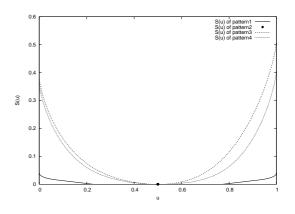


図 1: 前頁の図 (a-d) に対するノード特性量 (: 0 , : 1) のレート関数 . (a):実 線 , (b):点 (1/2,0) , (c):破線 , (d):点線 .

参考文献

[1] Taro Takaguchi, Kei Ejima and Syuji Miyazaki, Progress of Theoretical Physics Vol.124, No.1, pp.27-52 (July 2010).

高速カメラによる水滴落下の観察と考察

秦 浩起[†] 末谷 大道[†] 黒岩 宏紀[†] 副島 果林^{††} 松岡 伶^{††} [†]鹿児島大学理工学研究科 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35 ^{††}鹿児島大学理学部 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35

K2193041@kadai.jp

Observation and consideration of waterdrop fall with a high-speed camera

Hiroki HATA[†], Hiromichi SUETANI[†]
Hiroki KUROIWA[†], Karin SOEJIMA^{††}, Rei MATSUOKA^{††}

[†]Department of Physics and Astronomy, Kagoshima University
Korimoto 1-21-35, Kagoshima 890-8580, JAPAN

^{††}Faculty of Science, Kagoshima University
Korimoto 1-21-35, Kagoshima 890-8580, JAPAN

Abstract:

水滴がポタポタと落ちる現象は、流量によって落下間隔が周期的であったり、カオスになったりすることが知られている。水滴の落下間隔を計測し、合わせて水滴の形状変化を高速カメラで撮影した。その結果と考察を報告する。

Kevwords:

Dripping water, Dripping Faucet,

1. はじめに

蛇口からしたたる水滴の落下は日常よく目にする現象である。蛇口からの水の流量を変化させると落下間隔が周期からカオスへの遷移が観察される。[1]

蛇口から落下する水滴の時間間隔は、水量が少ないと規則的なのにやや多くなると不規則になってしまう。この場合、水滴の落下は、いずれも同じ普遍的な物理法則にのっとって行われている。そして、その物理法則自体には、いかなる偶然の要素も入り込む余地はない。ところが現実には、水量がやや多くなると、わずかな誤差が増幅されて、時間間隔を予測するのが不可能になってしまうのである。このように、決定論的に生成されるランダムネス(無秩序性)を「カオス」と呼ぶ。

2. 実験装置

もともとの実験は蛇口を利用しているが自分たちの実験装置ではビュレットをつかう。 水槽からビュレットに水を供給して、ビュレットの水面を一定に保ち、ビュレットから 滴定された水滴の落下間隔を計測する。計測の仕方は水滴がレーザーを遮ることによって 水滴が通過したことを感知し、その感知した間隔を計測する。これと平行してカメラでビ ュレットの先から落下する水の様子を観測する。

3. 水滴落下運動

水滴落下運動の大まかな発展を以下に記す。

水滴は表面張力によってビュレットの先にぶら下がっている。

- 1. 水滴の質量が大きくなり、その重心が徐々に下がってくる。
- 2. 溜まった水滴の重心がある点に到達すると、ちぎれて水滴は落下する。
- 3. ちぎれた際に残った水滴は振動する。
- 4. 再び水滴が溜まる。

その他、流体の運動などあるが、今回は考慮しないとする。

運動を繰り返した場合、通常見受けられる周期的な水滴落下がおこる。

ここで、カオス運動が起きる大きな要因として、運動との関係がある。周期的な運動の 場合、この運動が収束した後に、溜まった水滴の重心がちぎれ落下する。一方、カオス運 動が見られる時は、振動が納まる前に水滴の重心が通常よりも早く落下する。これがカオ スとなる要因の1つである。







図 1: 左から順にぶら 下がった水の落下する までの時間発展。(高速 カメラによって撮影)

4. 知られている結果(数値計算モデル)

推定の落下が不規則的に見える(カオス状態 の)ときに水滴が1回落下して2回目落下す るまでの間隔をT1と取り、2回目から3回目 の落下までを T2…としていき、落下時間感間 隔 T_n とその次の T_{n+1} の関係を図示したものの 一つが右図のような関連性を持つことが結果 として知られている。右図は実験の結果では なく数値計算モデルによって計算されたもの で実際の実験ではこのように綺麗な形ではな く多少ぼやけている。またこれ以外の形にな ることも知られている。

5. 高速カメラで観察できること

これらの知られていることに加えて落下間隔 とビュレットの先にぶら下がっている水の動き を高速カメラで撮影した画像に何らかの関連性 があるか調べる。

左図:整っている系 右図:乱れている系 [1]水滴系のカオス ロバート・ショウ 佐藤 譲/津田 一郎

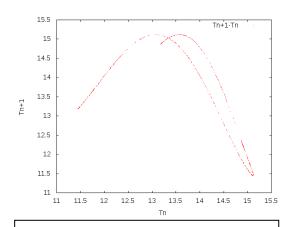


図 2:数値計算モデルによる水滴系 の落下時間間隔のリターンマップ (ノイズ無し)





田中吉太郎 (M2) 三村昌泰 (指導教員)

明治大学大学院理工学研究科

神奈川県川崎市多摩区東三田 1-1-1

ce06206@meiji.ac.jp

Inflorescence of sunflower in a reaction diffusion model

Yoshitaro Tanaka, Masayasu Mimura(Supervisor)

Department of Science and Technology, Graduate School of Science and Engineering, Meiji University

1-1-1 Higasimita, Tamaku, Kawasaki, Japan

Abstract: It is well-known that sunflowers exhibit two spirals, which relate to the golden ratio and Fibonacci number. The model calculating the distance was already proposed, by which the numerical simulation generates sunflower patterns([1]). However, there is a natural question how sunflowers can calculate the distance. Motivated by this question, our purpose of this study is to propose a more realistic model based on a reaction-diffusion framework under the hypothesis that the primordia releases diffusive inhibitory hormone.

Keywords: Sunflower, Golden ratio, Fibonacci number, Reaction diffusion model,

1 導入

ひまわりの種の並び、花序の特徴は、右回りと左回りの二重螺旋の構造が現れることである。ほとんどのひまわりで、この螺旋の本数は連続するフィボナッチ数になる。特に螺旋の本数が (21, 34)、(34, 55) の時には黄金角に関係していることも知られている。

このひまわりの花序はやがて種となっていく原基の配置によるものであると考えられている.葉序, 花序のほとんどのモデルは,新しい原基は存在する原基がもっとも少ないところに発生するという仮定 をもとに作られている.1995年に S. Douady and Y. Couder は,互いの距離を測り,新しい原基が今 までにある原基から距離がもっとも離れるところに発生するモデルを提案した.しかしながら,ひまわ りがそれぞれの原基の距離を測るのは不自然であり,原基がどのようにして距離を測っているのかにつ いては満足できる説明はないように思われる.

そこで,原基同士の距離を測らずにして測った場合と同じ効果を得るために,ひまわりの実在する植物 ホルモンには原基同士互いを反発するような抑制効果があるという仮説を与え,そのモデリングを行った.このモデルでは,原基は拡散性抑制物質を分泌し、新しい原基は場全体で最も濃度の低い所に出現 するとする. 時刻 $t \in ((n-1)T,nT)$ における原基 $0 \sim n-1$ 番目の位置を X_j 、 $(j=0 \sim n-1)$,それらの原基が出したホルモンの濃度の和を $S_n(x,t)$ とし,V は原基の移動速度,T は原基の形成される時間 間隔, R_0 は茎頂分裂組織の半径でとする.この時

$$\begin{cases} X_j(t) = (R_0 + Vt)(\cos\theta_j, \sin\theta_j) \\ \frac{\partial S_n}{\partial t} = D\triangle S_n + a \sum_{j=0}^{n-1} \delta(x - X_j(t)) - bS_n \\ S_n(x, (n-1)T) = S_{n-1}(x, (n-1)T) \end{cases}$$

$$(1.1)$$

 S_n が茎頂の周上で最小となる θ_n $(0 \le \theta_n < 2\pi)$ を見つける.

以上のステップをくり返すモデルを考える。このモデルのイメージ図が図 1 である。緑の円が原基を表しており,原基は茎頂(黄色の円)から発生して,抑制効果のホルモンを拡散分泌しながら移動していく.赤い線が高濃度のホルモンを,青い線が低濃度のホルモンを表している.各ステップで茎頂の周上で濃度の和が一番低い θ_n を探して,そこに新しいを原基を発生させる.

(式 1.1) の第 2 式は各原基のホルモン濃度の拡散,分泌,分解を表している。 δ はデルタ関数である。 (式 1.1) の第 3 式は各ステップの初期値を前のステップの濃度場を用いるということを表している。パラメーターは拡散係数 D と分解率 δ であり,そして重要なパラメーター

$$G = \frac{VT}{R_0} \tag{1.2}$$

が与えられる。モデルで扱う抑制効果の植物ホルモンは実在するものと仮定しているため,拡散係数 D と分解率 b は固定されているとしてよい。また,a は適当な変数変換で消せるため,本質的なパラメーターはこの G だけとなる。 R_0 はほとんど大きさが変らないと考えられ,G の分子をだけを考えると,VT が大きい時は,ひまわりがより成長していることを表し,VT が小さい時はひまわりがあまり成長していない状態を表していると解釈できる。そのため,このパラメーターは成長率と解釈することができる。

2 数值計算結果

実際の茎頂の大きさを参考にし計算する空間の大きさを決め、オーキシンの拡散係数を用いて D を与えた. G の値を振って、原基の開度を調べた、数値計算はは極形式で、 360×360 分割して行った. 図 2

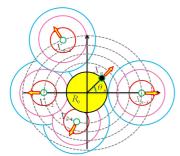


図 1. モデルイメージ図

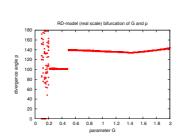


図 2. 開度 φ and パラメーター G=0.1~2.0

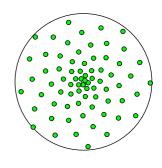


図3. ひまわりパターン

は原基の個数が増えていき、開度(連続する原基の偏角の差)が収束したら、縦軸に開度を横軸にパラメーター G をプロトしたものである。パラメーター G が適当なところでは開度が 137.5 になり、期待されるフィボナッチ数の二重螺旋パターン図 3 が得られた。この時、パラメーター G はそれぞれ固定されており、時間によって変化させないで数値計算されている。モデルの数値計算結果より、反応拡散系のモデルからひまわりパターンが再現することができた。ひまわりは化学物質の濃度を感知するという極めて単純なシステムにより、互いの距離を測っていることがわかったのである。

参考文献

[1] S.Douady and Y.Couder, Phyllotaxis as a Dynamical Self Organizing Process Part 1:The Spiral Modes Resulting from Time-Periodic Iterations, J. Theor.Biol.(1996) 178, 255–274.

Multipolar planetary nebulae:

Not as geometrically diversified as thought

Sze-Ning Chong¹, Sun Kwok², 今井 裕¹, and Daniel Tafoya¹ ¹鹿児島大学理学部物理科学科 鹿児島市郡元 1-21-35

(Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University,

1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan)

²Department of Physics, The University of Hong Kong, Pokfulam Road, Hong Kong selina@milkyway.sci.kagoshima-u.ac.jp

Abstract: We present a general three-dimensional model of multipolar planetary nebulae (PNe). By rotating to different viewing angles and adjusting the angles between the multiple lobes, we demonstrate that the model is able to reproduce HST H-alpha images of 20 multipolar young PNe. Though this model only considers the geometrical projection effects, it significantly unifies the selected PNe and can be considered as a first-order fundamental model of the "multipolar" morphological class. This kind of model reduces complexity and is essential to pursuing of the shaping mechanism.

Keywords: planetary nebulae, multipolar

Introduction

Planetary nebulae (PNe) are believed to have formed from intermediate-mass stars (with 0.4-8 solar masses) when they leave the main sequence. Traditionally their shapes were described as bipolar, elliptical and round, but as the telescope power improves, more multipolar PNe have been discovered, and more known bipolar PNe have been or are ready to be re-classified as multipolar, e.g. NGC 6072 (Kwok et al. 2010) and NGC 6853 (Kwok et al. 2008). While the formation mechanisms of bipolar PNe remain unclear, in order to explain the presence of multiple outflow axes one has to introduce additional hypotheses such as precession motions. It is still under debate whether the multiple lobes are formed simultaneously or episodically (Sahai 2002).

Before starting to establish the theories, the first step should be to know the real three-dimensional (3D) structure, rather than only the projected two-dimensional (2D) images. Based on the 3D model, one can estimate the kinematic timescale in each outflow. Instead of making a single model for each nebula, it will be more effective to build a unified 3D model to reproduce the observed 2D images of individual objects by changing only a few parameters. Similarities and differences can then be more easily seen from the varying parameters.

The Model

We used an interactive graphical software SHAPE (Steffen 2011) to construct the 3D model. Basically, the model consists of three pairs of identical lobes (Fig. 1). At the moment, we are concerned about the projection effect on the lobes in different orientations, so we fix other parameters such as the sizes, and change only the inclination angle i and position angle (PA) of each pair. Therefore there are six



independent parameters. From these six parameters, the separation angle θ between any two pairs of lobes can be calculated. The lobes are hollow inside with evenly distributed density within the "walls" of the lobes.

Figure 1. The 3D model in SHAPE.

Results

Some special combinations of the six angles make the projected images not easily interpreted as multipolar structures: when two or more pairs of lobes are aligned along similar projected directions, or if one pair is viewed nearly pole-on or slightly tilted in the equatorial direction which may be wrongly interpreted as a torus (Fig. 2). Moreover,

2010). It is possible that there are more than three pairs (e.g. IRAS 19024+0044 by Sahai

the apparent shape varies with the sensitivity (Fig. 3).

To compare the modeled images with real observed ones, obtained H-alpha images of 20 objects from the Hubble Space Telescope archive. Due to the limited space, only 5 of them are shown in Fig. 4.

Why We Use 3 Pairs?

The number 3 is also commonly found in literatures (NGC 7027 by Nakashima et al. 2010; and NGC 6644 by Hsia et al.

et al. 2005), but adding more pairs means adding parameters; at this stage we hope to keep the number of parameters down. The less obvious lobes can be treated as higher ordered structures.



Figure 2. Images from special viewing angles.



Figure 3. Perception of morphology is affected by sensitivity. In the lower row, each image is modified from the one above that the faintest pixels below one-third of the peak brightness are cut off.

Figure 4. Five examples of the 20 observed images (upper row) compared with its corresponding modeled image (lower row). IRAS names of the objects: a. 05028+1038, b. 07172-2138, c. 10197-5750, d. 10214-6017, e. 15015-5459. Brightness levels are in log scale. North is pointing up and east to the left.

References

Hsia, C.-H., Kwok, S., Zhang, Y., Koning, N., & Volk, K. 2010, ApJ, 725, 173

Kwok, S., Chong, S.-N., Koning, N., Hua, T., & Yan, C.-Y. 2008, ApJ, 689, 219 Kwok, S., Chong, S.-N., Hsia, C.-H., Zhang, Y., & Koning, N. 2010, ApJ, 708, 93 Nakashima, J., Kwok, S., Zhang, Y., & Koning, N. 2010, AJ, 140, 490 Sahai, R. 2002, RevMexAA, 13, 133 Sahai, R., Sanchez Contreras, C., & Morris, M. 2005, ApJ, 620, 948

Steffen, W. 2011, IEEE TVCG, vol. 17, no. 4, pp. 454

背負子とエングワに見る力学性について

久保光徳・千葉大学大学院, mkubo@faculty.chiba-u.jp 北村有希子・千葉大学大学院, 11tm1112@id.chiba-u.jp 田内隆利・千葉大学大学院, tauchi@faculty.chiba-u.jp

ON THE DYNAMICS OF A WOODEN RACK AND A HOE

Mitsunori Kubo/ Graduate School of Engineering Chiba University
Yukiko Kitamura/ Graduate School of Engineering Chiba University
Takatoshi Tauchi/ Graduate School of Engineering Chiba University
Design Morphology Unit, Division of Product Development,
Department of Design Science, Graduate School of
Engineering Chiba University 1-33, Yayoi-cho, Inage-ku,
Chiba-shi, Chiba, 263-8522 JAPAN

Abstract: An old wooden rack and a hoe were investigated from the viewpoint of materials and structural mechanics in order to make clear the relationships between the geometrical characteristics of traditional folk handicrafts/MINGU and the internal forces that distribute in the MINGU's forms. As a result, it's been confirmed that these forms seemed to have an interesting shape in which the strength of the stresses that distribute in the MINGU tend to be equal, or the shape tends to have uniform strength to internal force that induces the stresses in whole of the shape. And, it seems to suggest that the MINGU's forms have a dynamical rationality although they've been naturally created by nameless creators or livers.

Keywords: Wooden back pack, Hoe, MINGU, Uniform Strength, Dynamical Rationality

1. はじめに

民具への不思議な思いのきっかけとなったのは、世界遺産の一つである岐阜県大野郡白川村(白川郷)の荻町集落の中の小さな茅ぶき屋根の資料館に展示されていた一つの背負子との出会いである(図1)。カイコ置き場であった屋根裏に展示された様々な農具の中において、その形の異様性を誇っているように感じ取られた。その背負子は有爪型背負子であり、その爪が背負子本体の縦材である枠に対してほぼ直角の横方向に伸びるように形作

られているものであった。最も原型的な手持ち運搬具の一つである背負子の材料配置おいて、生きていくための必要に迫られた結果として、そこに最適設計解が見え隠れしても、不思議なことではないのかもしれない。本研究では、この背負子形状の力学的な意味を、初等的な材料力学的視点で探ることをきっかけとして実施している様々な民具形状が潜在的に有する力学的傾向を確認し、そこに隠された"ものつくりにおける潜在的な知恵"を明らかにすることを目的としている。今回は一つの材料のみで構成されたエングワもその検討対象とする。



図 1. 木製背負子(岐阜高山市白川郷)

2. 背負子が持つ力学性について

背負子の基本形はL字型のラーメン構造として見なすことができるので、実際の使用状況を想定した上で境界条件を定め、図2のような背負子ラーメンを定義し、その表面に生じる最大応力が全てにおいて一様になるような形状の算出を試みた。その結果、図3に示すように、縦メンバーではその高さと軸方向の座標値とが平方根の関係をもつこと、横メンバーに関してはその高さと軸方向座標値が比例関係にあることが求められ、実際の背負子の形との類似性を確認することができた。

3. エングワが持つ力学性について

秋山郷に近い新潟県中魚沼郡の津南町歴史民俗資料館に所蔵されている木製の単一素材で構成されている鍬, エングワ(図 4)に対して, その形状の読み取りは三次元デジタイザVIVID910(コニカミノルタ社製)を用いて実施し, その三次元データを構造解析アプリケーションANSYS Ver. 12にて実施した(図 5)。構造解析の境界条件は, 記録が残る同様な使用方法の鍬に見られる使用状況を参考にして設定した。構造解析の結果, 外力を直接受ける箇所(直接エングワに力を掛ける部分:腹部の突起部分, 地面に突き刺さる部分)での応力集中は見られず, 比較的全体においてその応力を分布させている様子を伺うことができた。

4. 背負子とエングワに見る共通性について

エングワの解析については始めたばかりで、さらに精度の高い解析と考察を必要とするが、白川郷の背負子にしてもこの秋山郷のエングワにしても、一つの大きな共通性があることは間違いがないと確信している。それは、どちらの形態においても、その形の中に発生する応力をできるだけ一様にその形全体で受け持たせようとする意図を見ることができる。これはまさに全ての部位で同様の応力を持つことによって可能となる軽量で十分な剛性と強度を有する最適設計構造体と同質のものであると理解することができる。自然発生的に生活の中から生み出されてきたと思われる両者の形態に、ここまで洗練された力学的合理性が存在することは驚嘆するに値するものと感じている。

5. おわり**に**

民具形状が持つ力学性に関する研究は開始したばかりであり、まだ手探り状態であるが、これらの形状が有する普遍的な共通性を明らかにし我々が持ち合わせてきた創造性を再度見直してみたいと考えています。今回、新潟県中魚沼郡の津南町歴史民俗資料館および津南町教育委員会の皆様に大変なご協力をいただいたこと、他に代え難い貴重な資料に対峙させていただいたことに心から感謝の意を表します。

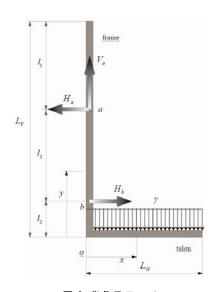


図 2. 背負子ラーメン

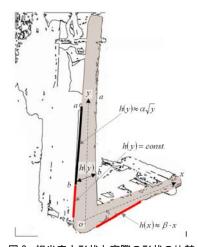


図3. 相当応力形状と実際の形状の比較



図 4. エングワ

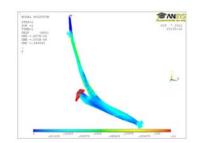


図 5. ミーゼス応力の分布

ペンローズパターンの折り紙モデルに基づく金属準結晶構造の検討

石原 正三

埼玉県立大学 保健医療福祉学部, 埼玉県越谷市三野宮 820 番地 E-mail: shozo@spu.ac.jp

A survey of metallic quasicrystal structures referring to an Origami-model of a Penrose pattern

Shozo, ISHIHARA

School of Health and Social Services, SAITAMA Prefectural University, 820 Sannomiya, Koshigaya, Saitama 343-8540, Japan

Abstract: Suggesting possible three-dimensional structures of a potential inorganic quasicrystal, an Origami-model of a Penrose pattern revealed that the quasi-periodic structure of Penrose tiling composed of two kinds of rhombi can be represented by a network of octahedra sharing faces and vertices with each other^[1]. With a view to correlating the network of octahedra in the Origami-model with metallic quasicrystal structures deduced from experiments, an acute golden rhombohedron^[2], one of the two kinds of parallelepipeds filling space in a three-dimensional Penrose lattice, is focused on. It has been revealed that regularly connected with each other by sharing rhombic faces, acute golden rhombohedra would form a network of golden octahedra, each of which is obtained by cutting two golden tetrahedra from an acute golden rhombohedron, and it should be pointed out that the network of golden octahedra would be consistent with that in the Origami-model.

Keywords: Origami-model, Penrose pattern, quasicrystal, golden octahedron, golden tetrahedron

1. はじめに

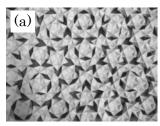
1984年に急冷した Al-Mn 合金系の準安定構造として準結晶の存在が確認されて以来,多くの金属準結晶とそれに類似する金属結晶(近似結晶)が報告され,金属準結晶の構造は剛体球モデルの空間充填構造を前提に検討されてきた。また、二種類の菱形が平面を埋め尽くす二次元ペンローズパターンと同様に,三次元のペンローズ格子を二種類の菱形平行六面体(アキュート黄金六面体とオブテューズ黄金六面体)の空間充填構造として表現できることが示され^[2],金属準結晶の三次元準周期構造の理論的な進展に大きな役割をはたしている。

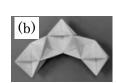
近年,八面体が作る網目構造で二次元ペンローズパターンの準周期構造を表現する,折り紙モデル (ペンローズパターンの折り紙モデル $^{[1]}$)が考案され,空間充填構造を前提とすることなく,配位多面体が形成する多様な立体構造で三次元の準周期構造を表現することができることが示され,今後,準結晶の研究対象が金属から無機化合物へと広がることが期待されている.

本報告では、アキュート黄金六面体に含まれる黄金八面体に着目して、三次元ペンローズ格子の空間充填構造と折り紙モデルを形成する八面体の網目構造の対応関係を考察し、ペンローズパターンの折り紙モデルと金属準結晶の準周期構造の関係性を検討する.

2. ペンローズパターンの折り紙モデル

ペンローズパターンの折り紙モデルは、ユニット折り紙で作った八面体の骨格構造 (スケルトン)を基本単位として、面を共有する数個の八面体で構成された4種類のクラスター (図1(b)-(e))で構成された板状構造 (Slab; 図1(a)) である[11]. 2種類の菱形で埋め尽くされた通常のペンローズパターンから、細長い菱形を抜き取ったものに相当する.





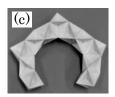




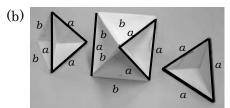


図1 ペンローズパターンの折り紙モデル: (a) 八面体の網目が作る板状構造(Slab); (b), (c), (d), (e) 八面体が面を共有して作る四種類のクラスター

3. 黄金八面体と黄金4面体で構成されるアキュート黄金六面体

アキュート黄金六面体は、黄金八面体と 2 つの黄金四面体で構成されている(図 2(a)(b)). なお、黄金比を τ とすれば、 $\tau = (\sqrt{5} + 1)/2$, $b = \sqrt{(1 + \tau^2)}/2 \cong 0.95 \times a$ という関係が成り立つ. また、20 個の黄金四面体で正二十面体が構成されることも指摘される.





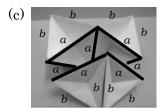


図2 アキュート黄金六面体の折り紙モデル: (a) アキュート黄金六面体(接続部は太い 実線); (b) 黄金八面体と2つの黄金四面体; (c) アキュート黄金六面体の接続

4. おわりに

ペンローズパターンの折り紙モデル中の八面体を黄金八面体に置き換えるとすれば、アキュート黄金六面体の接続は、図2(e)に示すような一定の規則に従って接続されることが必要となる。例えば、図1(d)のクラスターでの接続を考えるとすれば、aを3辺とする三角形の面で接続することは許されない。また、許容される接続方法により、アキュート黄金六面体中の黄金四面体が正二十面体の一部分である正五角両角錐(pentagonal dipyramid)を形成することが注目される。

折り紙モデル中の八面体をアキュート黄金六面体中の黄金八面体に置き換えることが可能であることから、ペンローズパターンの折り紙モデルが表現している準周期構造は、二種類の菱形平行 六面体の充填構造によって表現される三次元ペンローズパターン、および、三次元金属準結晶中 の正二十面体構造基本とする金属準結晶の準周期構造と矛盾にしないことが示唆される.

なお,本研究は平成23年度学術研究助成基金挑発的萌芽研究の助成を得て実施された.

参考文献

[1] 石原正三(2010), ペンローズパターンの折り紙モデル, 第 69 回形の科学シンポジウム, 形の科学会誌 25(1), 23-24.

[2] T. Ogawa, "On the Structure of a Quasicrystal -Three-Dimensional Penrose Transformation-", J. Phys. Soc. jp., vol.54, No.9, pp.3205-3208, 1985.

中生代放散虫 Pantanellium の骨格構造がもつ

多面体幾何学的な特徴

吉野 隆¹, 松岡 篤², 岸本 直子³, 栗原 敏之², 石田 直人², 木元 克典⁴, 松浦 執⁵

1) 東洋大学理工学部, 2) 新潟大学, 3) 摂南大学, 4) JAMSTEC, 5) 東京学芸大学, 1) 〒350-8585 川越市鯨井 2100

tyoshino@toyo.jp

Polyhedron Geometrical Characters of Skeleton Structures of Mesozoic Radiolaria *Pantanellium*

T. Yoshino¹, A. Matsuoka², N. Kishimoto³, T. Kurihara², N. Ishida², K. Kimoto⁴, and S. Matsuura⁵

1) Toyo University, Kujirai 2100, Kawagoe, 350-8585

Keywords: Radiolaria, Pantanellium, Polyhedron Geometry, Skeleton Structure

1. はじめに

我々はこれまでに中生代の放散虫である Pantanellium の骨格構造について、X 線マイクロ CT 技術と積層造形法によって作成した実体模型を用いた観察結果について報告してきた[1,2]. 本講演では、これまで作成してきた4つの模型(1 号 \sim 4 号)がもつ多面体幾何学的な特徴を総合的に報告する.

2. 殻孔枠のかたちと個数

これまで作成してきた模型について言えば、 Pantanellium の外層殻は、5角形と6角形の殻孔枠によって構成されている(一部の画像では7角形が存在することも確かめられている)。これらの外装殻は、実体模型を用いて観察を行うことで、凸多面体に近似してその特徴を記述することが可能である。 殻孔の総数と5角形や6角形の数についてこれまでにまとめられた結果を表-1に示す。 枠が集まって作られる頂点はすべて3次であった。すなわち、すべての頂点は3つの枠(辺)から構成されていた。5角形と6角形のみで凸多面体を作る場合には、オイラーの多面体定理から5角形の個数は常に12個になると予想される。 実際の観測結果はその予想と一致していることが4つのサンプルについて確認されている。

表-1: 殻孔の数についてのまとめ								
	殻孔の数	5角形の数	6角形の数	5角形ペア	コメント			
1号	27	12	25	4	赤道に平行なバンド構造			
2 号	28	12	26	6	3 号の鏡像			
3 号	28	12	26	6	2 号の鏡像			
4 号	28	12	26	4	3つ繋がった5角形			

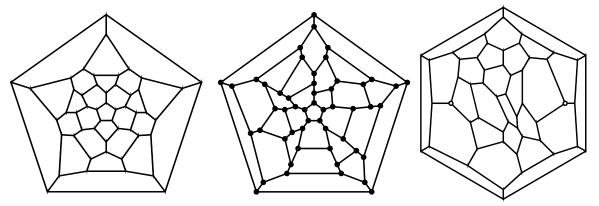


図-1:骨格構造の平面グラフ. 左から順に1号, 2号, 4号.

3. 平面グラフ

凸多面体は平面グラフで表現することが可能である.ここでは1 号から4 号までの平面グラフ化を行った.その結果を図-1 に示す.平面グラフ化することによって,表面に現れる多角形の分布が読み取れる.平面グラフによる記述によって,2 号と3 号が鏡像関係にあることが明らかになった.そのため,図-1 では3 号の平面グラフを省略している.

凸多面体が 5 角形と 6 角形で構成されている場合, 5 角形は 12 個と個数が変わらないので,その 12 個がどこに配置されているのかは有用な情報になる.多くの場合, 5 角形は対になって存在していることが確認できる. 2 号と 3 号ではすべてが対になっており(すなわち全部で 6 対),これらは単独で存在し他の対と辺を共有しない.一方 1 号と 4 号では, 5 角形対は 4 対であり残りの 4 個の 5 角形は単独(周囲がすべて 6 角形である) 1 個と 3 個がつながるものとなっている.

4. モジュール型折り紙

ここまで記してきた構造は、すべてモジュール型折り紙[3]で再現することができる.その一例を図ー2に示す.このモジュール型折り紙は文系学生に試作してもらったものであり、データとして渡したのは実体模型ではなく平面グラフのみである.すなわち、平面グラフでその構造を記述することによって、誰でも手元に Pantanelliumの設孔枠構造を再現することができることも確認している.

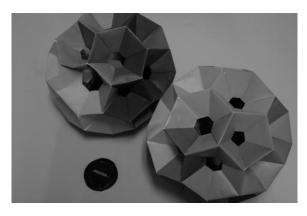


図-2:モジュール型折り紙による再現

参考文献

- [1] 松岡ほか,中生代放散虫 *Pantanellium* の骨格構造と形態形成,形の科学会誌 **26(1)**, pp. 52-53, 2011 (シンポジウム予稿)
- [2] 松岡ほか,中生代放散虫 Pantanellium の形態形質とその分類学的評価,形の科学会誌 **25(2)**,pp. 160-161, 2010 (シンポジウム予稿)
- [3] 布施知子, 折ってなるほど!ゆかいな多面体, 日本ヴォーグ社, pp. 68-69, 2005

多節 Nassellaria (放散虫)の捕食行動と系統分類

松岡 篤

新潟大学理学部地質科学科,新潟市五十嵐2の町8050 matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

Phylogeny and feeding behavior of multi-segmented Nassellaria (radiolaria)

Atsushi MATSUOKA

Department of Geology, Niigata University, Niigata 950-2181, Japan

Keywords: Radiolaria, multi-segmented Nassellaria, feeding behavior, phylogeny

1. はじめに

放散虫はシリカ(SiO_2)の殻をもつ原生生物である.約5億年前のカンブリア紀から化石記録が知られ,現在もほとんどの海域に生息している.放散虫には,主要な3つの捕食様式があり,殻形態はこの様式によく対応していることが指摘されている[1].そのうちのひとつは,多節 Nassellaria に代表され,殻の末端に位置する開口部は,エサの取り込み口である.Nassellaria の分類は,頭室基部の骨針の配列や殻の構造からなされており,現在海洋に生息する多くの Nassellaria は,その起源が中生代にあると考えられている.今回は,補食行動にかかわる軟体部の特徴と殻形態の双方から,多節 Nassellaria の系統関係について論じる.

2. 多節 Nassellaria の捕食器官と捕食行動

多節 Nassellaria がエサを捕獲する行動は, Eucyrtidium hexagonatum Haeckel, Pterocorys zancleus (Müller), Dictyocodon prometheus Haeckel について詳細に記録されている[2]. さらに, Lipmanella dictyoceras (Haeckel)および Spirocyrtis scalaris Haeckel についても, 捕食行動の観察報告がある[3]. 以上の種の他に, Eucyrtidium hexastichum (Haeckel), Theocorythium trachelium (Ehrenberg), Stichocorys seriata Jorgensen (図1) についても観察する機会に恵まれた.



図1. Stichocorys seriata Jorgensen. 殻の長さは約0.1 mm.

多節 Nassellaria の捕食行動は以下のようにまとめることができる. 軸策質(axoplast) から伸びる軸足(axopodia)の束が、殻の末端の開口部から外界に向かって張り出される. 軸足の束は、全体として、円錐形の構造(Terminal Cone: TC)を形づくる. 円錐の中央には、軸足の束よりもはるかに長い仮足が、1本ないし数本伸ばされる. 最も長い1本の仮足をAxial Projection (AxP)とよび、短く数本(通常3本)からなる仮足を、ここではSub Axial Projection (Sub-AxP)とよぶことにする. 捕食に際しては、AxP にエサが触れると、急速に収縮してエサを TC 内に取り込むとともに、TC がエサをかご状に包み込んで、殻の開口部の中に取り入れてしまう.

多節 Nassellaria の捕食行動は、AxP を収縮させるという点では共通するが、AxP が螺旋状になるかどうか、Sub-AxP をもつかどうかといった点で違いがある. *Eucyrtidium hexagonatum* は螺旋状の AxP をもつのに対し、その他の多節 Nassellaria には、そのような AxP の性質は、同属に分類されている *Eucyrtidium hexastichum* を含めて知られていない.

3. 多節 Nassellaria の系統

今回検討した多節 Nassellaria のうち、Eucyrtidium hexagonatum と Eucyrtidium hexastichum は Eucyrtidiidae 科に、Spirocyrtis scalaris と Stichocorys seriata は Artostrobiidae 科に、Pterocorys zancleus と Theocorythium trachelium は Pterocorythidae 科に属する。Eucyrtidiidae 科と Artostrobiidae 科は中生代に出現し、Pterocorythidae 科は新生代に出現したとされている。これらの科レベルの分類は、頭室 およびその基部にみられる殻の微細構造によってなされており、化石記録から出現時期が推定されている。

殻形態にもとづく分類からは、Eucyrtidiidae 科と Artostrobiidae 科の放散虫は、2億年あまり前から別の系統として進化の道筋をたどってきたことになる.

4. おわりに

捕食器官(軟体部)の特徴にもとづく分類と殻形態にもとづく分類とは必ずしも一致しない. 放散虫の系統関係を考える上では、殻構造のみならず軟体部の情報がますます重要になってくることは間違いない.

文献

- [1] 松岡 篤(2006)「形の宝庫」放散虫. 進化・情報・かたち "生命知"のパースペクティブ, 培風館, 142-155.
- [2] Sugiyama, K., Hori, R.S., Kusunoki, Y., Matsuoka, A.(2008) Paleontological Research 12, 209-222.
- [3] 松岡 篤(2006) 形の科学会誌, 21(1), 75-76.

AC トラップ中に閉じ込められた帯電微粒子群の 構造の動的振る舞い

諏訪部 元樹、庄司 多津男、秦 浩起 ^A、上村 鉄雄 ^B 名大工 〒464-8601 名古屋市不老町、 ^A鹿大理 〒890-8580 鹿児島市郡元 1-21-24、 ^B名城大理工 〒468-8502 名古屋市塩釜口 1-501 suwabe-motoki11@ees.nagoya-u.ac.jp

Dynamic behavior of charged particles in AC trap

M.Suwabe, T.Shoji, H.Hata^A, T.Kamimura^B Nagoya Univ. Furou, Nagoya464-8601, Japan ^AKagoshima Univ. Koorimoto Kagoshima890-8580 Japan ^BMeijo Univ. Shiogamaguti Nagoya468-8502 Japan

Abstract: Dynamic behavior of charged particles trapped in AC quadrupole electric field has been investigated. Local density perturbation in the large number of trapped particles (~104) was introduced by injecting test particle with large charges. After the injection, it was observed that a hole structure in the particles was formed and decays accompanied with oscillation. The relaxation time of the hole which is governed by Coulomb inter-particle interaction is longer than of that caused by air-particle friction and the period of AC field.

Keywords: AC trap, Coulomb many-body interaction, Relaxation time

1. 背景

図1に示す装置を用いて、空気中にAC四重極電場によって帯電微粒子を多量に閉じ込めることにより(図2)、クーロン相互多体相互作用する集団の振る舞いを調べている[1]。このような系におけるダイナミクスはプラズマ中のダストでも観測されているが[2]、周囲のプラズマによる影響が複雑なため、クーロン多体相互作用による現象を分離して観測することが困難という欠点がある。

そこで我々は空気中に大量の荷電粒子を 閉じ込め、外部から帯電粒子を打ち込んだ時の微 粒子群のダイナミクスを観測し、クーロン多体相 互作用する集団の観察を行った。

2. 帯電微粒子のAC4重極電場閉じ込め装置

図1に装置と実験パラメータを示す。閉じ込め た微粒子群に上から帯電させた粒子を落下させ、 その時の微粒子群のダイナミクスを高速カメラ

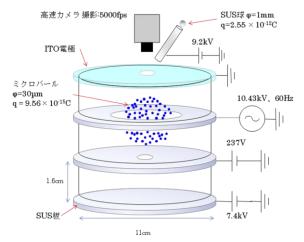


図1ACトラップ装置

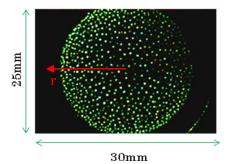


図 2 微粒子群の閉じ込め時の様子 及び座標系の定義

によって観測した。観測時は横からシート状レーザーを当てることにより、閉じ込め粒子 群の中心部のみ切り取った 2 次元平面の様子を観測している。

3. テスト帯電粒子入射実験

外部から粒子を打ち込んだ直後の微粒子群の時間変化を図3に、穴の半径の時間変化を図4に示す。粒子を落とすことで、微粒子群とのクーロン相互作用が生じ、結果として穴が発生した。穴の半径は初期では図4の傾きから約1200mm/sの速さで広がり、その後電場の振動数と同じ速さまで減速されながら拡大する。穴が拡大するときのr方向数密度時間変化を図5に示す。図中の白い点線は落下粒子が微粒子群に到達した時刻を示してい

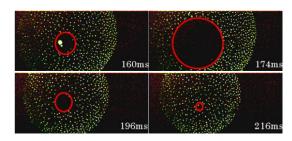


図3 微粒子群に帯電粒子を打ち込んだ時の 時間変化。160msの赤丸中の明るい部分 は落下粒子である。時間とともに成長 し、ある時刻で緩和に転じ元に戻る

る。落下と同時に数密度の高い部分が r の大きい外側に伝搬し、r=8mm の時最大に達した。その後落下前の数密度分布に元に戻る現象が生じた。

一方緩和過程では、電場の周期(T=16.7ms)に比べ非常に長い時間(約 29ms)をかけて穴が修復されることが分かった。空気の摩擦による緩和時間が約 3.3ms であることを考慮すると、穴の修復はクーロン相互作用により緩和過程が支配されているのではないかと考えられる。また穴が修復された後の微粒子群が、落下粒子を打ち込む前と同じ状態なのか、それとも準安定状態などの異なる状態にとどまっているのか、現在検討中である。

参考文献

- [1] 庄司 多津男,小澤 隆嘉,秦 浩起,米澤 逸人,上村 鉄雄,石崎 龍二,日本物理学 2010 年秋季大会 24pPSB-9
- [2] Samsonov et al., Physical Review Letters, 92 (2004), 1-4.

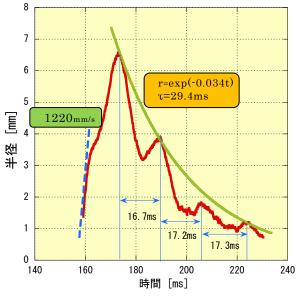


図 4 穴半径の時間変化。成長時は最大 1220mm/s で広がり、平均緩和時間 は電場の振動周期(16.7ms)よりも 遅い時間(29.4ms)で収束する。

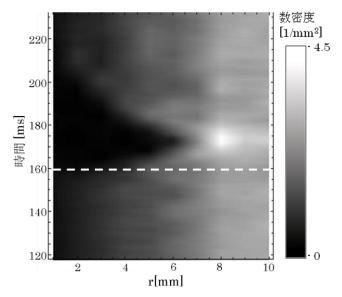


図 5 径方向の数密度の時間変化。白い点線は落下微粒子が到達した時刻を示す。密度が高い部分が外に移動し、r=8cmの部分で最大に達している。

AC トラップ中の帯電粒子の運動の統計的振る舞い

古田洋輔、庄司多津男、石崎龍二^A、秦浩起^B名古屋大学大学院工学研究科、〒464-8601 名古屋市千種区不老町福岡県立大学人間社会学部^A、〒825-8565 福岡県田川市伊田 4395 鹿児島大学理学部^B、〒890-8580 鹿児島県鹿児島市郡元 1 丁 目 21 番 24 号 e-mail adress: furuta-yosuke11@ees.nagoya-u.ac.jp

Statistical behavior of charged particles in AC trap

Y.Furuta, T.Shoji, R.Ishizaki^A, H.Hata^B Nagoya Univ.,Furo-cho,Chikusa-ku,Nagoya464-8601,Japan Fukuoka Prefectual Univ.^A,Tagawa,Fukuoka 825-8565,Japan Kagoshima Univ.^B, Korimoto, Kagoshima 890-8580,Japan

Abstract: Nonlinear behavior of few charged particles confined in an AC quadrupole electric trap field (AC trap) is studied. Charged particle motion under the combination of radial nonlinear electric field and azimuthal periodic field perturbation was investigated. Regularly rotating, chaotic motion of single particle and regular structure of few particles are observed it depending on AC parameters such as frequency, DC and AC field.

Keywords: AC trap, nonlinear behavior of particles, rotation, chaos, particle structure

1. はじめに

AC4 重極電場によって帯電させた微粒子(数十 μ m径)を大気中で長時間閉じ込めることができる。微粒子間のクーロン相互作用エネルギーは熱揺らぎのそれよりも大きく、一成分強結合プラズマと呼ばれている。この系を利用して様々なクーロン相互作用のもとでの秩序構造や非線形ダイナミックを調べている。

2. 帯電粒子の AC トラップ

図 1 に微粒子の帯電と AC4 重極電場によ る閉じ込め装置の概略を示す。電極④に印 加した DC 電圧 Vi(=2~20kV)により帯電し た粒子は電極から離れ上方に打ち上げられ る。③の穴を通過した粒子は①~③で形成 される AC4 重極電場によって粒子は安定 に閉じ込めることが可能である。粒子軌道 の閉じ込め安定性は AC 電圧 Vac(=0~5kV)、 周 波 数 f(=0~100Hz) 、 DC 電 圧 Vdc(=0~500V)で決定される。粒子に働く 重力のキャンセルの為に垂直電場を与える 電位 Vc(=0~500V)がさらに印加されてい る。電極②の穴には円周方向に周期的な微 小な凹凸が設けられており、この摂動外場 により安定領域内の粒子が方位角方向に回 転または Chaotic な運動をすることが理論 で予想されている[1]。

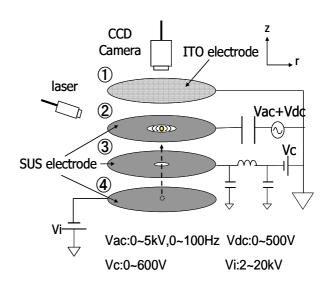
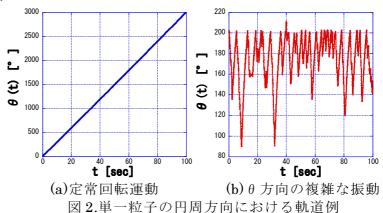


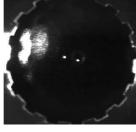
図 1. 実験装置概略図

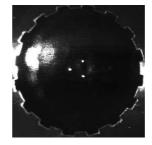
3. 単一荷電粒子の非線形運動

図2は粒子数が1の場合において閉じ込めパラメータを変化させたときの粒子の変化させたとの変化を調べた例である回転運動、(b)では回転運動、(b)では強な回転運動ないた。ののではないではいる。 動現象がなれた。込め運動するないであるによっている。 形態に変化が見られる。



4. 少数粒子群の結晶構造とその変化





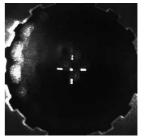
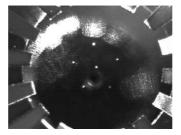
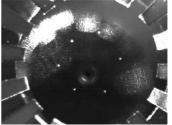


図3.粒子数が2、3、5のときの特徴的な結晶配位

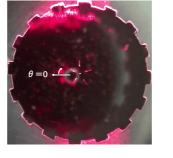


(a)5 角形型配位



(b)6 角形型配位

図 4.粒子数 6 における結晶構造の変化



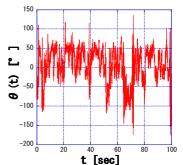


図 5.粒子結晶内部で不安定な振動をする 粒子とその円周方向における軌道の変化

参考文献

[1] R.Ishizaki, H.Hata, T.Shoji: J.Phys.Soc.Jpn.80 044011(2011)

2011 年新燃岳噴火~これまでの推移と今後の見通し~

井村隆介

鹿児島大学 大学院理工学研究科, 鹿児島市郡元 1-21-35 e-mail:imura@sci.kagoshima-u.ac.jp

Eruption of the Shinmoedake volcano in 2011

Ryusuke Imura

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima Univ. Korimoto 1-21-35, Kagoshima

Abstract: On 26th January 2011, a magmatic eruption started at Shinmoedake in the Kirishima Volcanoes, accompanying the emission of huge amount of pumice and ash. Lava accumulated in the crater and explosive eruptions occurred repeatedly, emitting volcanic ash intermittently. GPS measurements data indicate that magma keeps continuously being supplied to deeper magma chamber. The eruptive activity of Shinmoedake will continue for several months.

Keywords: Kirishima Volcanoes, Shinmoedake volcano, eruption

はじめに

2011年1月26日、鹿児島県と宮崎県の県境にある霧島山新燃岳(1421m)が激しい軽石噴火(準プリニー式噴火)を起こした。ここでは、約300年ぶりの噴火と言われる、この活動のこれまでの推移と今後の見通しについて紹介する。

今回の噴火の推移

今回の新燃岳の噴火は突然始まったわけではなく、2008 年 8 月 22 日に起こった噴火が一連の活動の始まりだったと考えられる。この時の噴火では山体西斜面に新たな割れ目火口列ができたが、その噴出物中には新しいマグマに由来する粒子は見られず、この噴火は水蒸気噴火であったと考えられている。2009 年には目立った活動はなかったが、12 月頃からは霧島山を南北に挟むGPS 基線で、伸びが観測され始めた。2010 年 3 月以降、新燃岳では小規模な噴火が繰り返されるようになり、2010 年 7 月 10 日の噴火では低温の火砕サージが火口から約 300 メートル流れ下るのが観察された。

2011年1月19日未明、顕著な前兆現象なしに噴火が起こった。噴火そのものは単発的だったが、火山灰は北西の風に乗って、宮崎県都城市から日南市にまで達した。この時の噴出物に新しいマグマに由来する粒子が多く含まれていることがわかったのは1月26日であった。19日の噴火以降、火山性地震や微動がやや多い状態が続き、1月22日にごく小さい噴火があった。

1月26日朝、噴火が始まった。午前中から15時頃にかけては、連続して火山灰を噴出する灰噴火の状態が続いていたが、16時頃からは連続的な空振を伴う軽石噴火に発展した(写真1)。18時過ぎには噴火はいったん落ち着いたが、翌27日2時頃から明け方まで再び激しい軽石噴火を起こした。27日夕方には軽石噴火が再度発生し、2時間程度続いた。26・27日の両日に風下側にあった都城市、三股町、日南市などでは多量の軽石や火山灰が降り、火口から7~8kmのところでは火山レキによって車のガラスが割れるなどの被害が生じた。27日午前中には、火口から火砕流が1km

程度流下していることが確認されていた。

1月28日の午前中には火口内に 直径数10mの溶岩ドームが見つかっ た。29・30日は激しい噴火はなかっ たが、夜間には火映が著しく、活発 な噴火活動が継続していることを示 していた。そして1月31日朝には、火 口内いっぱいに溶岩が広がっている のが観察された(写真2)。このとき火 口を埋めていた溶岩は直径約500m で中央部がやや盛り上がるドーム状 をしていたが、2月1日の爆発的噴火 の後は、直径600m程の平たいパン ケーキ状になった。2月1日の爆発で は、火口から3.2km離れたところにも 火山弾が落ち、山林火災を生じた。 また、空振によって、鹿児島県霧島 市方面で窓ガラスが割れ、ケガ人が 出た。

2月1日以降、8日頃までは数時間から数日間隔でブルカノ式噴火を繰り返すとともに連続して噴煙を上げていたが、徐々に噴煙は断続的となり爆発の頻度も低下していった。2月14日と4月18日にはやや大きな噴火



写真 1 2011 年 1 月 26 日 16 時 22 分頃の噴火。 噴煙は直立せず、風下側に傾いている。新燃岳の南 約 7.5km から撮影。



写真 22011年1月31日12時07分頃の新燃岳火口。 JNN 取材ヘリから撮影。

が起こり、風下側の宮崎県小林市や高原町方面の広い範囲に火山レキを降らせて、車のガラスや 太陽熱温水器のガラスが割れるなどの被害を生じたが、それ以降、大きな被害を出すような噴火は 発生していない(11月4日現在)。

この一連の活動による軽石や火山灰の量は数1000万トンに達する(桜島の2010年火山灰噴出総量は数100万トン)が、約300年前に起こった江戸時代の噴火(享保噴火1716-17年)の噴出物量の5分の1程度でしかない。享保噴火では、今回と同じかあるいはそれ以上の規模の軽石噴火が、1年以上にわたって5~6回繰り返されたと考えられている。

今後の見通し

現在、新燃岳の噴火活動は小康状態にある。このまま終息したとしても、山頂火口を埋めた溶岩が冷えるまで、数ヶ月程度は現在のような噴火が続くと考えられる。国土地理院よる GPS の観測結果からは、地下深部へのマグマ溜まりへのマグマの供給は依然続いていると推定されており、また、江戸時代の享保噴火では数ヵ月の間をおいて軽石噴火を繰り返しているので、今後さらに大きな噴火に発展する可能性もある。いずれにせよ、しばらくの間は活動を注意深く見守る必要があると言える。

色彩多型を持つアオモンイトトンボ *Ischnura senegalensis* (Rumbur,1842) の構造色

小作明則1、高橋佑磨2、宮本 潔1

- 1 獨協医科大学医学総合研究所 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880
- 2 東北大学生命科学研究科進化生態科学講座 宮城県仙台市青葉区 E-mail:kosaku@dokkyomed.ac.jp

Structural color of damuselflies, *Ischnura senegalensis* (Rumbur, 1842), with color polymorphism

Akinori Kosaku ,Yuma Takahashi and Kiyoshi Miyamoto Institute of Medical Science, Dokkyo Medical University Tochigi, Japan Division of Ecology and Evolutionary Biology, Tohoku University Miyagi, Japan

Abstract: Damuselflie (*Ischnura senegalensis* (Rumbur, 1842) has color polymorphism of 3 types (σ : 1 type, φ : 2 types). This color polymorphism has been produced by coordination between monolayer thin film and intracellular minute granule.

Keywords: layers, damuselflie, color polymorphism, structural color,

1. はじめに

アオモンイトトンボはロシアからアフリカ大陸にいたる熱帯から亜熱帯にかけて広く分布するイトトンボの仲間で国内では岩手県以南の日本全国の低地沿海部に広く生息する。本種では オス(\checkmark) 以外、メス個体に本来のメス(Ұ)と オスに酷似したオス型メス(Ұ*)の2つのタイプがあり都合3タイプの色彩型がある[1]ことが知られている。このような現象は「色彩多型(color polymorphism)」といわれている。オス(\checkmark)は胸と尾端に青色の部分があり オス型のメス(Ұ*)もまた同様な体色を持ち、通常メス(Ұ)では青色の部分が赤から茶褐色を示す。これまでトンボ類の青色体色はクチクラ層下の顆粒によるチンダル散乱あるいはレイリー散乱による青色と考えられてきた。しかし我々は体表クチクラ最上層に単層の薄膜層を見出したので薄膜層による干渉と青色という視点からアオモンイトトンボの色彩多型について解析を試みた。

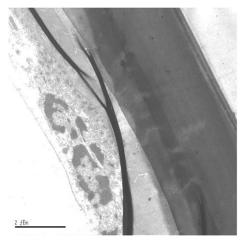
2. 材料と方法

試料としたアオモンイトトンボは色彩多型のタイプに従い ①雄(σ) ②通常型雌(φ) ③ 雄型雌(φ *) の3個体を採集した。採集後、直ちに尾端青色部を切断しまず 2.5% グルタールアルデハイドにより 2 時間固定した後、2%四酸化オスミウムにより 2 時間の後固定を

おこなった。固定終了後、エタノールにより脱水をおこないエポン樹脂に包埋し、薄切標本を作成した後、透過型電子顕微鏡により標本観察をおこなった。

3. イトトンボ色彩変異の形態学的比較

色彩多型を示すアオモンイトトンボのそれぞれの表皮構造を TEM により比較した結果、これまで報告された表皮細胞内の微小顆粒構造に加えて、表皮クチクラ最上層に図1, 2に示す単層の薄膜($100\sim130\,\mathrm{n}\,\mathrm{m}$)の存在が確認できた。また表 1 は色彩多型のタイプと単層薄膜ならびに細胞内微小顆粒構造の分布様式の特徴を示した。アオモンイトトンボの尾が青色であるか、茶褐色であるかは、演者らがニホントカゲの青色構造色で示した反射小板[2]と同様、トンボのクチクラ層下に観察された微小顆粒の存在状態に依存していると考えられる。つまり顆粒分布密度が低く、図では欠落しているが黒色色素の裏打ちがある場合(σ 、 ϕ *タイプ)では青色を示し、顆粒分布密度が高い場合クチクラの持つ茶褐色が際立った結果、通常メス(ϕ 9イプ)の体色は茶褐色となると考えられる。



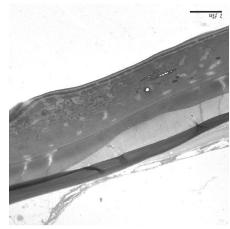


図1. 通常メス型表皮横断 TEM 像 図2. オス表皮横断 TEM 像

表1. 色彩多型と表皮構造の関係

雌雄	7	2	♀*
体色	青	茶褐色	青
表皮多層膜	0	0	Δ
顆粒反射胞	Δ	0	Δ
顆粒サイズ	\sim 610nm	\sim 4 4 0 n m	\sim 7 6 0 n m

参考文献

- [1] 高橋佑磨、渡辺 守:昆虫 11(1) 13-17, 2008.
- [2] 小作明則、宮本 潔 : 形の科学会誌 25, 50-51, 2010.

メビウスの輪をもつ上皮シート

O 本多久夫 (兵庫大学)

兵庫県加古川市平岡町新在家2301 兵庫大学健康科学部 hihonda@hyogo-dai.ac.jp

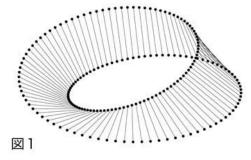
An Epithelial Sheet Constructing a Mebius Loop

H. Honda (Hyogo University)

Abstract: I considered if a Mebius loop can be made of an epithelial cell sheet or not. Epithelial cells having the apico-basal polarity form a tube. The tube could be flattened and form a loop by connecting two ends. Some of the loops may be Mebius, when the tube is flattened with a twist of 180°. In addition to the apico-basal polarity, epithelial cells have the planar cell polarity (PCP). The PCP is usually established by local interaction of PCP cells (like a mechanism of domino game) and global control of PCP. When the global PCP control works in an epithelial cell sheet, it cannot make any Mebius loop. However, there is a possibility of a Mebius loop of an epithelial sheet in which only the local interaction of PCP works.

Keywords: apico-basal polarity, epithelial sheet, Mebius loop, planar cell polarity

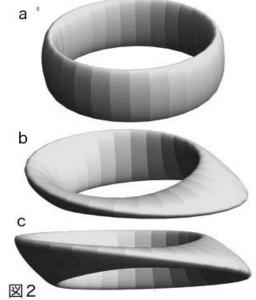
メビウスの輪(図1)を構成する面は奇妙な面である。 普通の面は3次空間を仕切るものなのに、メビウス面はそ うでない。面の表面をたどると一度も面を通り抜けないの に、はじめの表面の裏面にたどり着く。いっぽう、多細胞 動物の身体は上皮シートとよぶシートが閉じてできた袋と 見なすことができるのだが^[1]、この上皮シートは身体の内部 と外部を仕切っている。動物の形づくりの過程でこの袋は



大規模な変形を行い、何回か袋表面が融合して肝臓や腎臓のような複雑で込み入った構造を形成する。こんな複雑なものができるのだから、よく探せばどこかにメビウス輪みたいな構造もあるのかも知れないと思うが、それはない。上皮シートは裏表が明確に区別されているから、2つの空間を仕切らないような上皮シートの面は考えられない。

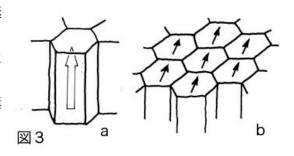
それでは上皮シートで袋帯のようなものをつくり、帯の両端をつないだらどうだろうか(図2a 袋帯とは長い円筒を平たく押しつぶしたベルトである)。両端のつなぎを図2aのようにはしないで半周ねじって図2bのようにつなぐとメビウス輪になる(図2cは同じものを水平から見たところである)。上皮シートがこのようなものをつくることは可能だろうか。

上皮シートは上皮細胞とよばれる角柱状の細胞が一層に敷き詰まったものと考えてよいのだが(図3b)、細胞は等方的ではなく極性とよばれる異方性を持っている。極性には二つのタイプがありそのうちの一つは、上皮シートのウラ面からオモテ面への異方性である(図3a)。ウラ面は基底膜とよばれる細胞外物質に接し、オモテ面は流体(液体



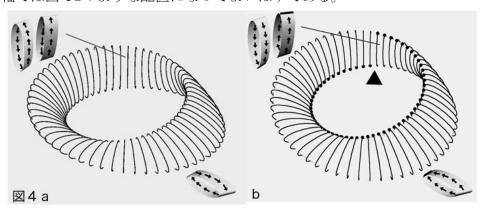
や気体) に面している。この極性はアピカル-基底膜極性とか頂低極性とかよばれている(apico-basal polarity)。図2bやcの上皮シートのメビウスの輪はこのような細胞からできていると考えてよい。

ところが上皮細胞にはもう一つの極性がある。この極性は平面内細胞極性(Planar cell polarity, PCP)とよばれるもので図3bに矢印で示すような上皮シートの



面での異方性である。矢印は身体の頭尾や背腹の軸にそっているものである。実際に特別な物質が細胞内でこのように片寄って存在したり、細胞表面の突起物がこのような方向性をもって並んでいる例がある(聴覚をつかさどる有毛細胞など)。この平面内極性の方向は隣同士がそろうことが基本だから、矢印は隣と平行になるように、また前の矢印の後に次の矢印が並ぶように要請されている。したがってメビウス輪では図4aのような配置になってよいはずである。

ここで細胞同士の平面 内極性がそろう機構について考えよう。一つは隣の平面内極性の向きにしたがって自分の平面内極性の向きを決めるという局所的相互作用である。 一方の隣から他方の隣にこれが伝われば将棋の駒



倒し(ドミノゲーム)のようになる。しかしこの機構だけではなく、大きな範囲の上皮シートが短い時間に同時に決定される事実から考えられることなのだが、いくつかの場所で独立して起こった平面内極性の方向が、互いにそろうような機構がある。広範囲の領域を支配するグローバルな機構である。実際、広範囲に分布する因子があって、これが濃度勾配を持っていることが知られている^[2,3]。そうであれば上皮シート上に因子の濃度勾配をつかさどる元締めのような特別な場所があるはずである。もしこのような場所が上皮シートのメビウス輪にあるとすれば、それは袋帯の縁だろう。図4bでそのような場所として縁に黒点をプロットした。これをたどれば妙なことが起こる。図4b上部の三角印で示すように、隣り合った細胞同士で平面内極性が逆転してしまう。このメビウス輪では平面内極性の秩序が成立しない。このようなことは上皮シートではありえない。

[結論]上皮シートのメビウス輪を考えることで、上皮細胞の平面内極性の決まり方についての問題が浮かび上がってきた。平面内極性の決まり方にグローバルな機構が働いているはずだから、上皮シートのメビウス輪はありえないだろう。しかし、局所的な将棋倒し機構だけが働き、グローバルな機構が働かないような突然変異体があれば、その上皮シートはメビウス輪であってもよい。

参考文献

- [1] 本多久夫 (2010) 『形の生物学』NHK ブックス
- [2] 碓井理夫、上村匡 (2005) 蛋白質・核酸・酵素 50:601-607
- [3] McNeil, H. (2010) Cold Spring Harb Perspect Biol 2010;2:a003376, 1-16

(f) $n=1\sim1000$, p=0.5

任意点数による擬似一様充填とその応用

根岸利一郎,関口久美子 埼玉工業大学,埼玉県深谷市普済寺 1690

negishi@sit.ac.jp

Quasi-uniform filling by arbitrary points and its application

Riichirou Negishi, Kumiko Sekiguchi

Saitama Institute of Technology, 1690 Fusaiji, Fukaya, Saitama, 369-0293, Japan

Abstract: It is well known that point distribution of space-filling is quasi-uniform when the points form of Fibonacci spiral[1]. In this report, the characteristic of quasi-uniform is compared to the good lattice points in numerical integration and is discussed their compatibilities during on wrinkle and sphere.

Keywords: Quasi-uniform, Fibonacci spiral, good lattice points, sphere

1) 任意点数による擬似一様充填

良く知られているように、ひまわりの種の並びはらせん構造をとることから、興味をもって検討されてきた[2],[3]。そのらせん構造を構成する任意の点配置(ここでは簡単のために、この黄金比を利用したひまわり状の点配置をS配置、パイナップル鱗片状のそれをP配置と呼ぶことにする)での点分布は擬似的な一様性を示し、画素としての応用も研究されている[1]。

図 1 o(a)~(c)は (1) 式の方法で円の内側や外側にそれぞれ 1000 点を充填した S 配置の図である。(d)は S 配置をさらに球面上に充填させた図である。(e)は (2) 式の方法で 1000 点を矩形内に充填させた P 配置の図であり,(f)は(e)をさらに皺上に配置した図である。いずれも擬似的に一様分布するように配置することができる。

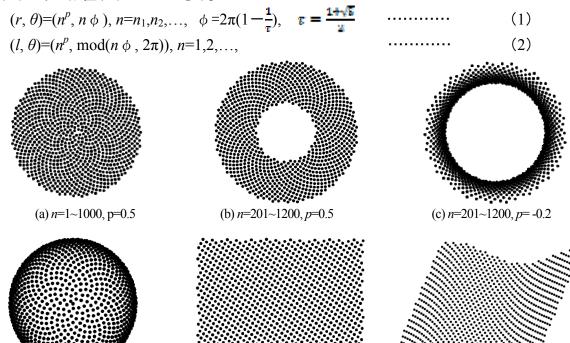


図 1 (1)式と(2)式のnとpをいくつか変えた場合のS配置とP配置の点分布の例。

2) 優良格子点法における点配置との対応

(d) $n=1\sim1000$, p=0.5

2次元平面における数値積分において、誤差の少ない方法として優良格子点法(Method of good lattice points)の点配置が知られており[4]、その中で注目される点配置が Fibonacci lattice rule の結果として紹介されている[5]。x-y 平面での点位置は次式で求めることができる。

(e) $n=1\sim1000$, p=1

(x, y)={mod (j, F_k) , mod $(j*F_{k-1}, F_k)$ }, j=1,2,..., $(F_k$ は Fibonacci 数でkは順番号) · · · · · (3)

図 2. (a)は(3)式に従って F_9 =34 で規格化した点を配置した分布図である。(b)は同じ点数を(2)式で示される P配置で計算し、最大値で規格化した図である。両点分布の配置は形と数値ともに全く同じ様子を示す。(3)式の方法は F_k で規格化されて基本的に正方であるが、P配置では任意の点数とアスペクト比の場合(図(c)は n=997 の場合)でも一様な点配置として利用することができる。

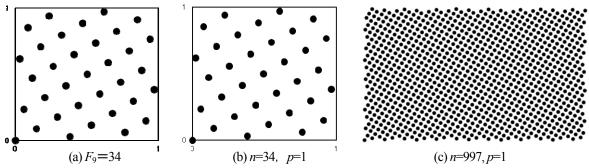


図 2. Fibonacci lattice rule で描いた点配置と P 配置。(c)は任意の点数とアスペクト比の P 配置の例。

3) 任意点数によるサンプリングと表示

黄金比配置での点分布が円および矩形において擬似的に一様分布することから、それを利用すると面や矩形内で任意点数による一様なサンプリングが可能である[1]。このほぼ一様な点分布を球面や皺上に適用すれば、曲面上での任意点数のサンプリングが可能である。図 3.(b)は円形元画像(a)内の 30000 点を S 配置の球面上に、(d)は矩形元画像(c)内の同じ点数を P 配置の適当な皺上に表示した。

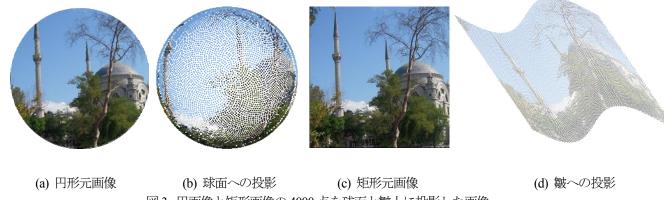


図3. 円画像と矩形画像の4000点を球面と皺上に投影した画像

球状の画像についてはすでに魚眼レンズや回転鏡面などの画像処理に利用されている[6]が、ここで検討した方法を利用すれば画素単位での相互変換に役立つと考えられる。黄金比を利用した点配置の有用さについての検討結果を報告する。

文献

- [1] R. Negishi and K. Sekiguchi; FORMA, 22(2007), 207-215.
- [2] K. Azukawa and T. Yuzawa; Math. J. Toyama Univ., 13(1990), 165-176.
- [3] 高木隆司, 小木曽由利子, 林まもる, 勝明次郎; 形の科学会誌, 18-1 (2003), 38-39.
- [4] 森正武,室田一雄,杉原正顕;「数値計算の基礎」,岩波講座,応用数学,方法1,岩波書店(1993年).
- [5] I. H. Sloan and S. Joe; "Lattice Methods for Multiple Integration", Oxford University Press, Oxford(1994).
- [6] 外村元伸; Design Wave Magazine, No.133(2008), 113-127. など。

AC トラップにおける少数帯電微粒子の配置構造

石崎龍二、秦浩起 ^a、庄司多津男 ^b、古田洋輔 ^b 福岡県大学人間社会学部、〒825-8585 福岡県田川市伊田 4395 鹿児島大学理学部 ^a、〒890-8580 鹿児島県鹿児島市郡元 1 丁目 21 番 24 号 名古屋大学大学院工学研究科 ^b、〒464-8603 名古屋市千種区不老町 e-mail アドレス: ishizaki@fukuoka-pu. ac. jp

Arrangement of charged fine particles in an AC trap

Ryuji Ishizaki, Hiroki Hata^a, Tatsuo Shoji^b, and Yosuke Furuta^b
Faculty of Integrated Human Studies and Social Sciences, Fukuoka
Prefectural University, Tagawa 825-8585, Japan
Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University^a,
Kagoshima 890-8580, Japan

Graduate School of Engineering, Nagoya University^b, Nagoya 464-8603, Japan

Abstract: We have investigated the behavior of charged fine particles under a strong Coulomb many body-interactions in AC trap.

The center of gravity of three-particle system is a stable fixed point, and the motion in relative coordinates is periodic for a large coefficient of friction. Three charged fine particles maintain a triangular arrangement. The triangular arrangement is neutral stability for rotation. The triangular arrangement become unstable and an irregular mutation occur in the triangular arrangement of particles, depending on the control parameters.

Keywords: AC trap, Mathieu equation, chaos

帯電微粒子を交流電場によって閉じ込めると、電場の強さや周波数といったコントロールパラメータの変化により、帯電微粒子の運動には、固定点、周期運動、不規則運動などが観測される。交流電場による荷電粒子(1粒子)を閉じ込めるための条件は、次のMathieu 方程式の固定点や周期運動の安定性により説明される。

$$\frac{d^2 x_i}{d\tau^2} = -(a_i + 2q_i \cos 2\tau)x_i \quad \text{for} \quad i = 1,2,3$$

しかし、Mathieu 方程式に、空気抵抗などによる散逸を考慮すると、周期運動やカオス運動は説明できない。ここで、交流電場によって閉じ込められた1つの帯電粒子の運動を、散逸項を加えた Mathieu 方程式を拡張した数理モデルを導入すると、固定点が不安定化すると安定周期運動を、更に、安定周期運動からカオスが生じることが数値実験により観測される。特に、カオスが発生するパラメータ領域では、1 粒子の回転運動の揺らぎは、カオスにより確率的に回転方向が変わる回転方向の拡散運動が発生する[1]。

交流電場によって閉じ込められた粒子が2個以上になると、粒子間にクーロン力が働く。 この場合、クーロン斥力との釣り合いで、安定な粒子配置が実現する。次式は、交流電場 によって閉じ込められた3つの帯電微粒子が、互いにクーロン斥力を及ぼしながら運動する場合のx成分の運動方程式である(i,j,kは粒子の識別番号)。

$$\frac{d^2 x_i}{d\tau^2} = c \frac{x_{ij}}{r_{ii}^3} + c \frac{x_{ik}}{r_{ik}^3} - (a_x + 2q_x \cos 2\tau) x_i - \gamma \dot{x}_i \qquad \text{for } i, j, k = 1, 2, 3$$

図 1 は、3 つの帯電粒子が三角形の配置を保ちながら、中心から放射状に電場の周期で振動する解を示す。この配置は、回転に対して中立安定である。パラメータを動かすと、この安定配置が不安定になり、粒子の不規則な配置換えが発生する。

また粒子数が4つになると、粒子の四 角形配置が実現する。

今回の講演では、粒子数を2,3,4個 と増やした場合に発生する粒子の配置構造とその安定性について報告する。

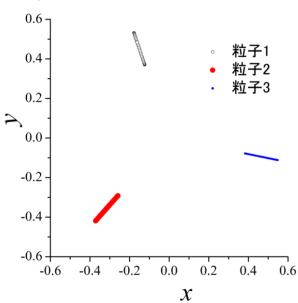


図 1回転に対して中立安定な安定解(三角形配置)

参考文献

- [1] R. Ishizaki, H. Hata, and T. Shoji: J. Phys. Soc. Jpn. **80** 044001 (2011).
- [2] W. Paul and H. Steinwedel: Z. Naturforsch. A 8 (1953) 448 [in German].
- [3] R. F. Wuerker, H. Shelton, and R. V. Langmuir: J. Appl. Phys. **30** (1959) 342.
- [4] J. Hoffinagle, R. G. DeVoe, L. Reyna and R. G. Brewer: Phys. Rev. Lett. **61** (1988) 255.
- [5] R. G. Brewer, J. Hoifnagle, R. G. DeVoe, L. Reyna and W. Henshaw: Nature **344** (1990) 305.
- [6] H. Mori, S. Kuroki, H. Tominaga, R. Ishizaki, and N. Mori: Prog. Theor. Phys. 109 (2003) 333.
- [7] T. Geisel and J. Nierwetberg: Phys. Rev. Lett. 48 (1982) 7.
- [8] S. Grossmann and H. Fujisaka: Phys. Rev. A 26 (1982) 1779;H. Fujisaka and S. Grossmann: Z. Phys. B 48 (1982) 261.
- [9] M. Schell, S. Fraser, and R. Kapral: Phys. Rev. A 26 (1982) 504.
- [10] S. Grossmann and S. Thomae: Phys. Lett. A 97 (1983) 263.
- [11] A. Okubo, V. Andreasen, and J. Mitchell: Phys. Lett. A 105 (1984) 169.
- [12] H. Koga, H. Fujisaka and M. Inoue: Phys. Rev. A, 28 (1983) 2370.
- [13] J. Masoliver, K. Lindenberg, and G. H. Weiss: Physica A 157 (1989) 891.
- [14] G. Zumofen and J. Klafter: Phys. Rev. E 47 (1993) 851.
- [15] K. Ito and S. Miyazaki: Prog. Theor. Phys. 110 (2003) 875.
- [16] S. Miyazaki: Prog. Theor. Phys. Suppl. 161 (2006) 270.

金星過日——天文単位測定問題

杉本 剛

神奈川大学:〒221-8686 横浜市神奈川区六角橋 3-27-1 sugimt01@kanagawa-u.ac.jp

Transit of Venus: How to Measure AU

Takeshi Sugimoto

Kanagawa University: 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa Ward, Yokohama 221-8686 Abstract: Transits of Mercury and Venus over the Sun's disk are rare astronomical events. The first modern observation of Mercury transit was done by Gassendi at the Paris Observatory in 1631; the first modern observation of Venus transit was made by Horrocks and his friend Crabtree in Lancashire in 1639. The observation of such transit helps astronomers enhance the accuracy of orbit-determination. In 1716 Halley proposed to make most of 'Transit of Venus' to measure one Astronomical Unit by the parallax of the paths of Venus observed in the different places on earth. Since then several large scale observations of 'Transit of Venus' had been made, but the black-drop phenomena hindered to determine the accurate timings of ingress and egress. In Japan the whole transit of Venus is observable in 6 June 2012.

Keywords: History of Science, Transit of Venus, Transit of Mercury, Astronomical Unit

1. いとぐち

リベラル・アーツ 7 科目は、言語を使いこなすための trivium (三叉路=文法・論理・修辞) および数理に長けるための quadrivium (四叉路=算術・幾何・音楽・天文) からなる。天文は動的な幾何学の位置づけであった。

内惑星の日面経過(略称過日)の観察は、第一義的に内惑星軌道の精密測定につながり、 そして日面経過の予測精度向上にフィードバックされていく。さらに、水星より大きな金 星の日面経過を、地球上の離れた2点で同時計測することで、視差を求めることができる ことに人類は気づいた。このことから、天文単位を決定しようという歴史的動きがあった。

2. 年 表

- ・1629 ケプラー「アドゥモニシオ(緊急予報)」を刊行。1631年の水星過日と金星過日を予言。
- 1630 ケプラー死す。
- ・1631 11月7日にガッセンディ(パリ)が水星過日を観測。12月4日に金星過日を待ち受けるも、欧州では観測不能。
- ・1639 11月24日 (グレゴリオ暦の12月4日) にホロックス (マッチ・ホール) が独自 に金星過日を予測し、友人のクラブトゥリー(マンチェスター)とで観測に成功。
- ・1641 1月にホロックス病死。美神の道行きを覗き見たから。
- ・1644 7月にクラブトゥリー(戦?)死。美神の道行きを覗き見たから。
- ・1661 5月3日にヘヴェリウス (グダニスク) が水星過日を観測。ホイヘンスは、訪問 先のロンドンで観測。ホイヘンス、ホロックスの金星過日の手稿を王立協会より

入手し、のちに、ヘヴェリウスへ渡して公開を託す。

- ・1662 ヘヴェリウス自らの「水星過日とホロックスの金星過日の観測結果」を刊行。
- •1673 ウォリス編「ホロックス遺稿集」刊行。
- 1677 11月7日にハレー(セント・ヘレナ)水星過日を観測。
- ・1679 ハレー「南天星表(付・水星過日観察記)」刊行。
- ・1680 大彗星現る。後日ニュートンが、万有引力の法則により、その軌道を決定する。
- ・1682 ハレー彗星現る。
- ・1687 ニュートン「プリンキピア (初版)」を刊行。編集と出版の担当はハレー。
- ・1705 ハレー「彗星理論」を発表。周期彗星の存在を提示。
- ・1713 ニュートン「プリンキピア (第2版)」を刊行。
- ・1716 ハレー「金星過日を活用した天文単位測定法」を発表。
- ・1726 ニュートン「プリンキピア (第3版)」を刊行。
- ・1727 ニュートン死す。
- ・1742 ハレー死す。
- ・1758 ハレー彗星の帰還。欧州全体でも、ニュートンの「万有引力の法則」が定着。
- ・1761 6月6日に金星過日。ブラック・ドロップ現象が、視差の精密測定を妨げる。
- ・1769 6月3日にキャプテン・クック(タヒチ)らが金星過日を観測。ブラック・ドロップ現象が、視差の精密測定に影響。
- ・1874 12月9日の金星過日観測のため、明治政府のもとにフランス隊(神戸と長崎)・ 米国隊(長崎)・メキシコ隊(横浜)が来訪。
- ・1882 12月6日に金星過日。しかし、観測熱冷める。
- ・1974 横浜にメキシコ隊の「金星過日記念碑」立つ。
- ・2004 6月8日に金星過日。ホロックスのおひざ元で国際天文連合が「金星過日のコロキウム」開催。

3. むすび

2012 年 6 月 6 日には、日本では朝から金星過日が観測可能となる。これを逃すと次は 2117 年までない。美神の道行きを眺めて、天文単位を測定するという夢を実現しようとし た科学者たちの冒険に思いを馳せよう。

500 De Mercurio in Sole viso,

Discus Solie cum traficiente Mercurio, provi intra observam Scenam seinnerie in

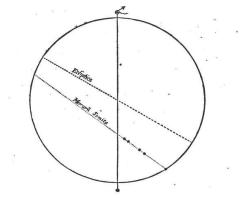


図 1.1631 年の水星過日 (Gassendi)

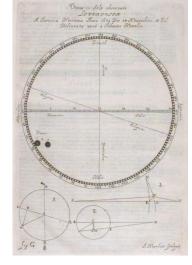


図 2.1639 年の金星過日 (Horrocks)

機械式セルオートマトンの構想検討

大日方圭、竹田康彦、加藤直彦、元廣友美 (株)豊田中央研究所、〒480-1192 愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道 41 番地の 1 obinata@mosk.tytlabs.co.jp

Concept of a mechanical cellular automaton

Kei Obinata, Yasuhiko Takeda, Naohiko Kato and Tomoyoshi Motohiro TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC.

41-1, Aza Yokomichi, Oaza Nagakute, Nagakute-cho, Aichi-gun, Aichi-ken, 480-1192, Japan

Abstract:

Cellular automata are discrete mathematical modeling represented only by simple interactions between the elements. They have been used to analyze various collective phenomena such as fish schools and traffic jams. According to the interactions between neighboring elements, cellular automata can exhibit even such phenomena taking place in life as self-restoration and self-reproduction. Cellular automata have a potential to introduce these kinds of collective phenomena into engineering systems and materials. We have tried to make a concept of a mechanical cellular automaton consisting of multiple elements connected by simple mechanical interaction.

1. はじめに

セルオートマトンは構成要素(セル)間の単純な相互作用で記述される離散的なモデルであり、様々な現象をシミュレーションできることが知られている¹⁾。

一方で、セルオートマトンそれ自体も組織集団によって初めて自律的な挙動を示すという点で研究対象となっており^{2),3),4),5)}、条件によっては自己複製や自己修復現象を示すことが知られている。

2. 目的

ここで述べた様にセルオートマトンではセルの組織集団によって初めて「創発」する自律的機能が存在する。このような「セルオートマトン的」なシステムは、隣接するセル間の単純な相互作用のみにより、組織集団全体が機能する。このようなシステムを応用できれば、これまでの工学システムや材料では実現出来なかった生物的な機能(自己修復や、自己複製、環境変動に対して恒常性を保つ機能など)を実現できる可能性がある。これらの生物的な機能を工学分野に導入する第一歩として、まずは単純な構成要素からなる機械式のセルオートマトンを構想した。

3. 機械式セルオートマトンの構想

「セル」の集合体として、六角格子上セル群を考える(図1)。問題は、セル間の相互作用をどのように機械式システムで実現するかである。この目的のため、我々は、セル壁を貫通する回転軸と、これに固定された二つの翼からなる連成回転翼を考案した

(図2)。駆動源としては風を想定した。この連成回転翼の角度を変更することにより、 セル間の相互作用を変化させることができると考えた。

流体力学によれば、平板翼は風に正対する性質をもつ。しかし、同一セル内の6枚の回転翼間にはさらに複雑な相互作用が存在する可能性がある。例えば、他の回転翼の角度によって、図2(a)の実線側と破線側の風速が異なる場合、翼の回転が起こるであろう。その場合、継続的に回転するかどうかは摩擦係数と風速差のバランスによる。しかし、この羽の角度が変化することで、風速差を生みだしている他の回転翼の角度に影響を及ぼすため、風速差も変化するため、組み合わせた場合は複雑な挙動を示すことが予想できる。

これを多数並べた図3のようなシステムを試作したい。

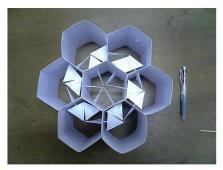
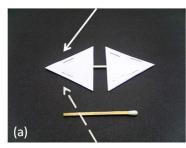


図1 六角格子上セル群(ペーパークラフト)



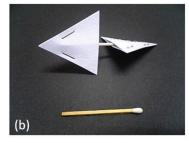
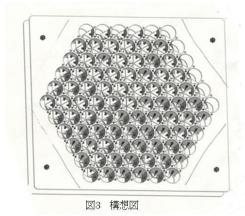


図2 (a)連成回転翼(ペーパークラフト),(b)組み合わせ角度を変更したところ



参考文献

- 1) 加藤恭義, 光成友孝, 筑山洋, "セルオートマトン法", 森北出版(1998)
- 2) Stephen Wolfram, "A New Kind of Science", Wolfram Media Inc (2002)
- 3)小田切健太、"階層的構造をもつ自己増殖系におけるパターン形成とダイナミクス", 第 61 回 形の科学シンポジウム (2006)
- 4)今井友紀,工藤清, "三竦み競合系が作る時空パターン", 形の科学会誌、第20巻 第一号(2005)
- 5)ウィリアム・パウンドストーン,"ライフゲームの宇宙", 日本評論社(1990)

ガム咀嚼時における脳血流分布について

松浦 康之¹・谷口 拓矢²・杉浦 明弘³・宮尾 克⁴・高田 宗樹⁵ 「福井大学産学官連携本部 〒910-8507 福井市文京 3-9-1

²朝日大学歯学部付属村上記念病院 〒500-8523 岐阜市橋本町 3 丁目 23 番地 ³岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術科学科 〒501-3892 関市市平賀字長峰 795-1 ⁴名古屋大学大学院情報科学研究科情報システム学専攻 〒464-8603 名古屋市千種区不老町 ⁵福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻 〒910-8507 福井市文京 3-9-1 E-mail:matuura@u-fukui.ac.jp

Distribution of cerebral blood flow during gum-chewing

Yasuyuki MATSUURA¹, Takuya TANIGUCHI², Akihiro SUGIURA³, Masaru MIYAO⁴, Hiroki TAKADA⁵

¹ Headquarters for Innovative Society-Academia Cooperation, University of Fukui 3-9-1 Bunkyo, Fukui 910-8507, Japan

²Murakami Memorial Hospital Asahi University 3-23 Hashimoto-cho, Gifu 500-8523, Japan

Abstract: The physiological mechanism for the prevention of obesity by increasing the chewing frequency has recently been clarified, and its hygienic characteristics have been reported. Research into masticatory movement has not been initiated only due to its involvement in health promotion, but is also being increasingly investigated as a factor influencing the development and maintenance of brain function. Chewing training is not only useful for middle-aged and elderly obese individuals, but also employed as educational instruction at health centers and schools. In this study, in order to elucidate the influence of masticatory movement on the brain, we examined young males during gum-chewing. Electromyography of their masticatory muscles and near-infrared spectroscopy were simultaneously conducted to investigate the relationship between chewing and local cerebral blood flow. The influence of masticatory movement on the brain was confirmed by examining images of the brain obtained on magnetic resonance imaging. Through these findings, gum chewing was suggested to reduce stress.

Keywords: Mastication, Cerebral blood flow, Electromyograms (EMG), Near-infrared spectroscopy (NIRS), Magnetic resonance imaging (MRI)

Introduction

Histamine is released as the chewing frequency increases and acts on the satiety center in the brain [1]. Histamine also inhibits fat synthesis from glucose [2] and promotes visceral lipolysis [3]. A physiological

³ Gifu University of Medical Science 795-1 Ichihiraga Nagamine, Seki, Gifu 501-3892, Japan

⁴ Department of Information Engineering, Graduate School of Information Science, Nagoya University Furo-cho, Nagoya 464-8603, Japan

⁵ Department of Human and Artificial Intelligent Systems, Graduate School of Engineering, University of Fukui 3-9-1 Bunkyo, Fukui 910-8507, Japan

obesity-preventive mechanism has recently being clarified, and its hygienic practice has been reported [4]. In addition, masticatory movement is not only investigated with regard to its involvement in health promotion, but it is also attracting attention as a factor influencing the development and maintenance of brain function [5]. The relationship between chewing and brain function is attracting increasing attention. Reportedly, chewing is not a mere voluntary movement to move the teeth and jaws, but it is established involving advanced integrative function in the brain.

In this study, to clarify the influence of masticatory movement on the brain, young males chewed gum, and electromyography (EMG) of the masticatory muscles and NIRS were simultaneously performed to investigate the relationship between chewing and local cerebral blood flow.

Method

We performed the following experiment to provide an example of the influence of masticatory movement on the brain. Using NIRS and surface electromyography, chewing muscle activity and local cerebral blood flow were simultaneously measured and the influence of chewing on brain activity was evaluated.

The subjects were 6 young healthy males aged 21-24 years (mean \pm standard deviation: 22.0 ± 1.26 years) with no stomatognathic function abnormality, such as a defective tooth, pain of the temporomandibular joint or muscles, or disturbance of mouth opening.

The experiment was performed in a sitting position. After resting for 5 minutes, regarding a 20-second pre-rest, 30-second chewing, and 40-second post-rest as one set, the subject held 2 pieces of xylitol gum in their mouth in the pre-rest of the first set and repeated 3 sets, and removed the gum in the post-rest of the 3rd set. This 3-set test was repeated 3 times, and the subjects finally rested for 3 minutes. The brain activity was measured using NIRS while confirming the chewing motion in the EMG.

Results and Discussion

To clarify the influence of masticatory movement on the brain, young males chewed gum and electromyography of the masticatory muscles and NIRS were simultaneously performed to investigate the relationship between chewing and local cerebral blood flow.

Cerebral blood flow increased with chewing gum but decreased after chewing and returned to the level before chewing. The increased cerebral blood flow indicated that chewing gum activated the whole prefrontal area. It was suggested that chewing activates the brain, which may be effective for improving memory and reducing stress.

Reference

- [1] Fujise T., Yoshimatsu H., Kurokawa M., et al. (1988). Proceedings of the Society for Experimental Biology and Medicine, 217, 228-234.
- [2] Masaki T., Yoshimatsu H., Chiba S., Watanabe T., Sakata T. (2001). Diabetes, 50, 376-384.
- [3] Masaki T., Chiba S., Yoshimichi G., et al. (2003). Endocrinology. 144, 2741-2748.
- [4] Veyrune J.L., Chaussain Miller C., Czernichow S., et al. (2008). Obesity Surgery, 18(11), 1467-1472.
- [5] Fisher J. P., Ogoh S., Young C.N., et al. (2008). Journal of Applied Physiology, 105, 266-273.

ノイズに駆動された力学系の白色ノイズ極限

堀田武彦

大阪府立大学工学研究科、堺市中区学園町1-1 horita@ms. osakafu-u. ac. jp

White noise limit of noisy dynamical systems

Takehiko Horita

Department of Mathematical Sciences, Osaka Prefecture University 1-1 Gakuencho, Sakai, Japan

Abstract: The derivation of reduced equation for the slow variables in the white noise limit for the system driven by the colored noise is considered. A direct method of derivation, which is applicable for a wide class of colored noise converging to Gaussian white noise or Poissonian noise in the slow limit, is proposed.

Keywords: noise, slow variable, reduced equation

はじめに 力学系が遅い変数を含む場合、遅い変数のみを用いた記述が可能となることが知られており、非線形現象の普遍性の解明のための有用な手法となっている。たとえば、局所分岐点近傍での中心多様体上への縮約[1]や周期振動系での位相縮約[2]がある。このような系に、ランダムな外力(ノイズ)が加わって場合ノイズの相関の減衰にくらべて遅い変数が十分に遅ければノイズは白色ノイズとみなすことができる。遅い変数に対する縮約方程式を導出する場合、外力がランダムでは無い場合とは異なる形、すなわち、ランダムでは無い場合の外力項を白色ノイズで置き換えればよいという訳ではない、ということが最近になって示された[3,4]。ただし、ノイズとしてOrnstein-Uhlenbeck過程が仮定されており確率分布に対するFokker-Planck方程式を経由した方法による導出となっており、縮約方程式はガウス白色ノイズに駆動されたものとなる。本研究では、縮約方程式の直接的な導出法を提案し、より広いクラスのノイズに対して同様の結果が得られることを示す。また、この導出法は、ガウス白色ノイズではなくポアソンノイズが白色ノイズとして縮約方程式にあらわれる場合についても適用可能で、ガウス白色ノイズの場合とは異なる結果となることを示す。

縮約方程式 遅い変数 x と速やかに減衰する変数 y を含んだ系がノイズ z_{ϵ} により駆動されているとして次の系を考える。

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) + \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) z_{\epsilon}
\frac{d\mathbf{y}}{dt} = -\frac{1}{\epsilon} \gamma(\mathbf{x}) \mathbf{y} + \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{y}) z_{\epsilon}
\langle z_{\epsilon}(t) z_{\epsilon}(s) \rangle = \frac{1}{\epsilon} e^{-\frac{|t-s|}{\epsilon}}$$

ただし、 ϵ はスモールパラメータである。 γ の固有値実部はすべて負であるとの仮定の下で、 ϵ が 0 となる極限をとることで x のみを含む方程式が縮約方程式である。この極限でノイ ズはガウス白色雑音とみなすことが出来ると仮定し、さらに4時間相関関数について次の

$$\langle z_{\epsilon}(t_1)z_{\epsilon}(t_2)z_{\epsilon}(t_3)z_{\epsilon}(t_4)\rangle = \langle z_{\epsilon}(t_1)z_{\epsilon}(t_2)\rangle\langle z_{\epsilon}(t_3)z_{\epsilon}(t_4)\rangle(1 + ae^{-b(t_2-t_3)/\epsilon}) \qquad t_1 \ge t_2 \ge t_3 \ge t_4$$

形を満たすとする。ただし、a,b (b>0)は定数である。0rnstein-Uhlenbeck 過程の場合には a=b=2 であり、マルコフノイズの場合もこの形に表される。元の方程式を ϵ より長いが x の変化にくらべて十分短い時間間隔 Δt で積分を行うことで縮約方程式を直接的に得ることができる。この際にノイズを含む項の評価を 4 時間相関関数の性質を用いて行うことができ、以下の縮約方程式が導かれる。ただし、 η はガウス白色ノイズである。

$$\frac{d\mathbf{x}}{dt} = \mathbf{f}(\mathbf{x}, \mathbf{0}) + \nabla_{\mathbf{y}} \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{0}) \left[I + \gamma(\mathbf{x}) \right]^{-1} \mathbf{g}(\mathbf{x}, \mathbf{0}) + \mathbf{h}(\mathbf{x}, \mathbf{0}) \eta$$

次に、 $\{T_i\}$ は生起率rのポアソン過程の生起時刻の列であるとし、

$$z_{\epsilon}(t) = \sum_{T_i \leq t} \sqrt{\frac{2}{r\epsilon^2}} \exp\left(\frac{t - T_i}{\epsilon}\right) - r$$
 とおくと $\langle z_{\epsilon}(t)z_{\epsilon}(s) \rangle = \frac{1}{\epsilon} \mathrm{e}^{-\frac{|t-s|}{\epsilon}}$ であるが、

白色ノイズ極限はポアソンノイズとなる。この場合にも同様の手法を用いることができるが、4時間相関関数は上記の形とはならず、縮約方程式は上記のものに新たな項を付け加えた形となることを示すことができる。

おわりに 図は等しい 2 時間相関をもつ 3 種のノイズの実現値の波形を示したものである。図(c)は上記の指数減衰パルス列である。相関時間が 0 の極限では、(a)と(b)の場合にはガウス白色ノイズとなり、(c)の場合にはポアソンノイズとなる。本研究の結果は、たとえ 2 時間相関関数は等しくても波形の違いが、縮約方程式の形の違いとしてあらわれるのだと捉えることもできる。講演では、今回提案する手法について詳しく報告したい。

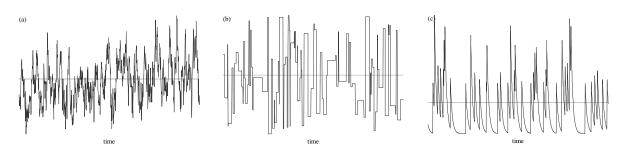


図:ノイズの実現値 (a) 0-U 過程、(b) マルコフノイズ、(c) 指数型ポアソンパルス列

参考文献

- [1] J. Guckenheimer and P. Holmes, "Nonlinear Oscillations, Dynamical Systems, and Bifurcations of Vector Fields", Springer, 1983.
- [2] Y. Kuramoto, "Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence", Springer, 1984.
- [3] J. Teramae, H. Nakao, and G. B. Ermentrout, Phys. Rev. Lett. 102, 194102, 2009.
- [4] K. Yoshimura, in "Reviews of Nonlinear Dynamics and Complexity" ed. H. G. Schuster, vol. 3, Chap. 3, WILEY-VCH, 2010.

位相記述可能性の観点で見た周期性の強いカオスの特徴

今井 貴史 A,† ,末谷 大道 B,C,D ,青柳 富誌生 A,E

A) 京都大学 情報学研究科 〒 606-8501 京都市左京区吉田本町

B) 鹿児島大学 理工学研究科 〒 890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35

C) 科学技術振興機構 さきがけ 〒 332-0012 埼玉県川口市本町 4-1-8

D) 理化学研究所 基幹研究所 〒 351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

E) 科学技術振興機構 CREST 〒 102-0075 東京都千代田区三番町 5

E-mail: †imai@acs.i.kyoto-u.ac.jp

Differences between rhythmic dynamics of periodic and chaotic oscillators in terms of phase description

Takashi IMAI^{A,†}, Hiromichi SUETANI^{B,C,D}, and Toshio AOYAGI^{A,E}

A) Graduate School of Informatics, Kyoto University

Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto 606-8501, Japan

B) Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

1-21-35 Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

C) Japan Science and Technology Agency, PRESTO

4-1-8 Honcho, Kawaguchi-shi, Saitama 332-0012, Japan

D) RIKEN Advanced Science Institute

2-1 Hirosawa, Wako-shi, Saitama 351-0198, Japan

E) Japan Science and Technology Agency, CREST

5 Sanbancho, Chiyoda-ku, Tokyo 102-0075, Japan

Abstract: We illustrate that, under certain conditions, rhythmic dynamics of chaotic oscillators can be described by phase equations just like periodic oscillators, in which we determine "phase response curves" of chaotic oscillators by measuring the responses to perturbations. The obtained phase equations are expected to clarify the differences in the rhythmic dynamics between periodic and chaotic oscillators.

Keywords: chaotic oscillator, rhythmic dynamics, synchronization, phase description

§ 1. はじめに

非線形な決定論的時間発展方程式で記述されるような系において、非線形性を高めていくと、しばしば周期的な振る舞いが現れる。周期的な振る舞いを呈している系を周期振動子とよぶ、いま、さらに非線形性を高めていくことを考えよう。そうすると、ある点を境に、決定論的な系であるにも関わらず、一見、ランダムノイズに駆動されているかのような挙動が現れる。このような挙動はカオスとよばれ、熱流体や電気回路、レーザー、化学反応、神経細胞など、至るところに現れる。カオスはさまざまな系に現れる複雑な挙動を統一的に理解するための枠組みとして非常に重要である。カオスを呈している系をカオス振動子とよぶ。

ところで、カオス振動子の多くは、ただ乱雑なだけでなく、何らかのリズムをもっているように見える. Rössler 振動子 [1] が顕著な例で、原点まわりの1回転を1周期と見なし、1周期中での位置を表す位相変数を適当に定義すると、位相の時間発展は周期振動子のそれと似たものとなる。適当な位相変数の下で周期振動子に似た挙動を呈するカオス振動子を、特に、周期性の強いカオスとよぶ。

ここで一つ疑問が生じる. 周期性の強いカオスにおける位相変数は周期振動子における位相変数に似た 挙動を呈するわけだが、果たして、そのダイナミクスまで周期振動子における位相変数と同じなのだろう か.確かに、周期振動子にノイズが加わった系の位相の時間発展と周期性の強いカオスにおける位相の時間発展とは非常によく似ている。しかし、周期性の強いカオスの位相ダイナミクスがカオス特有のアトラクターの構造に起因するであろうことを考えると、なんらかの形で明確な違いが現れてしかるべきともいえる。本発表では、位相記述可能性という観点で見たときに現れる、これら二つの位相ダイナミクスの間の違いについて述べる。

§ 2. カオスの位相記述

周期振動子の場合,系に外力や振動子間結合などの摂動 p(t) が加わった際の挙動は,位相変数 ϕ に関して閉じた時間発展方程式

$$\dot{\phi} = \frac{2\pi}{T} + Z(\phi) \cdot p(t), \quad \text{where } T \colon \, \Box \, f \, \exists \, B \, \exists \, B \, , \quad Z(\phi) \colon \, \Box \, d \, \Box \, \delta \, d \, \exists \, k \, , \tag{1}$$

で記述される [2]. 位相方程式とよばれるこの方程式を解析することで、振動子集団における位相同期など、さまざまな興味深い現象のメカニズムを解明することができる。個々の系に対応する位相方程式を同定する、すなわち位相応答曲線 $Z(\phi)$ を見積もるための手法もいくつか提案されており、位相方程式を基に系の振る舞いを調べるアプローチは、周期振動子に関しては一般的なものとなっている。

一方, 周期性の強いカオスにおいても, 位相変数のダイナミクスが周期振動子のものと同じであるとすれば, 位相記述が有効であると期待される. そこで, 周期振動子において位相応答曲線を計測するための手法の一つである複数周期 WSTA 法 [3] を周期性の強いカオスに適用し, 位相応答曲線に相当するものが得られるかを調べてみよう.

いま、周期性の強いカオスとして大域結合 Rössler 振 動子系 [4], 摂動として正弦波入力 $\eta \sin(\Omega t)$ を採用する. このとき、さまざまな値の Ω , η に対して平均場の振動数 を計測すると、平均場の振動数がΩに引き込まれる領域、 いわゆる Arnold tongue が見つかる. この tongue を位 相方程式から再現できるかが関心事である。まず、系に 複数周期 WSTA 法を適用し、得られる曲線を位相応答 曲線と見なす.次に、周期振動子の場合と同じ位相方程 式 (1) を解き、 Ω 、 η に対して系の振動数を計測する. そ うして得られた結果と元の系の直接シミュレーションか ら得た結果との差をとると、図1が得られた. 入力の弱 い領域ではよく合い、強い領域ではずれが大きくなって いる。このずれは、入力強度を上げていくにつれ、位相 方程式から得られる tongue の縁は直線的に広がってい くのに対し、直接シミュレーションから得られる tongue の縁は曲がっていくことに起因している. 位相方程式に よる予測からのずれを生むこの tongue の屈折こそ、周

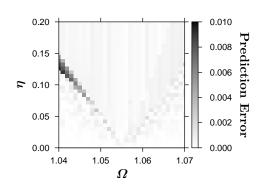


図 1: 元の系を直接シミュレートして得た tongue と位相方程式から得た tongue との差を濃淡で描いた. 横軸は入力の振動数 Ω を表し、縦軸は入力の強度 η を表す. 黒の濃い部分ほど差が大きい.

期性の強いカオスの位相ダイナミクスを周期振動子のそれと峻別する特徴であると考えられる.

参考文献

- [1] O. E. Rössler: Physics Letters A 57 (5) (1976) 397.
- [2] Y. Kuramoto: Chemical Oscillations, Waves, and Turbulence (Dover Publications, 2003).
- [3] 今井貴史, 青柳富誌生, 末谷大道: 日本物理学会講演概要集 64 (2) (2009) 209.
- [4] A. S. Pikovsky, M. G. Rosenblum and J. Kurths: Europhysics Letters 34 (1996) 165.

不安定周期軌道を用いたカオス位相同期の解析 大内克哉、堀田武彦

神戸芸工大 651-2196 神戸市西区学園西町 8-1-1、大阪府大工 606-8501 大阪市学園町 1-1 ouchi@kobe-du.ac.jp, horita@ms.osakafu-u.ac.jp

Analysis of chaotic Phase synchronization in terms of unstable periodic orbits

K. Ouchi, T. Horita, T. Yamada

Kobe Design Univ., 8-1-1 Gakuennishi-Machi, Nishi-ku, Kobe 651-2196, Osaka Pref. Univ., 1-1 Gakuencho, Osaka 599-8531, Japan

概要

We present that the chaotic phase synchronization transition is achieved by phase-locking of all the pairs of unstable periodic orbits embedded in the attractor of whole the system. The result is confirmed by introducing the maximal finite time zero Lyapunov exponents. Since each of finite time zero Lyapunov exponent is considered to give a stability of a corresponding unstable torus, the above picture gives that the maximal one changes its sign on the onset of phase synchronization.

Keywords: chaotic phase synchronization, finite time zero Lyapunov exponent, unstable periodic orbits

カオス結合系に対する同期現象は数多く研究されていて、その特性に従って、例えば等価な系に 見られる完全同期、異なる系同士の結合に対しては、位相が定義できるような系における位相同 期やラグ同期、更には一般化同期といった分類がなされている。ここで少しだけコントロールパ ラメータの違う二つのカオス振動子を結合した系を考えた場合に、ある結合係数を増加させると 個々の部分系の位相変数のみがロックし、一方それらの振幅は独立に運動することが知られてお り、カオス位相同期と呼ばれている。

他の多くのカオス結合系の同期現象がそうであるように、カオス位相同期 (CPS) もその転移点 をリアプノフ数の符号の変化として特徴付ける試みがなされてきた。今、カオスを示す自励振動子 を二つ、結合強度 ϵ で結合した系を考える。このような系では、 $\epsilon=0$ の時に二つのリアプノフ指 数が $\,0\,$ となる。一方、ある $\,\epsilon_c\,$ に対して $\,\epsilon > \epsilon_c\,$ の時に、二つのリアプノフ指数の一つが負になると 考えられ、ここではそれを zero リアプノフ指数と呼ぶことにするが、カオス位相同期現象では、 この zero リアプノフ指数が負になることで CPS が達成されると考えられてきた。しかしながら、 近年の研究でそのことが否定されつつあった [1,2]。そこで我々は、2009 年秋の学会で発表したよ うに、CPSの転移点は他の同期現象とは異なり、zero リアプノフ指数そのものではなく、有限時 間リアプノフ数の揺らぎスペクトルの最大値 $\Lambda(\infty)$ により特徴づけられることを示した。

今回の発表では、その結果が CPS の転移という現象とどのようにして結びついているのかを、 不安定周期軌道 (UPO) を用いて説明することを試みる。ここで取り扱われる系は、単一方向に結 合したレスラー系

$$\dot{x}_{d} = -\omega_{d}y_{d} - z_{d}, \qquad \dot{x}_{r} = -\omega_{r}y_{r} - z_{r} + \epsilon(x_{d} - x_{r}),
\dot{y}_{d} = \omega_{d}x_{d} + ay_{d}, \qquad \dot{y}_{r} = \omega_{r}x_{r} + ay_{r},
\dot{z}_{d} = p + z_{d}(x_{d} - c), \quad \dot{z}_{r} = p + z_{r}(x_{r} - c),$$
(1)

である。 $\{x_d,y_d,z_d\}$ 、 $\{x_r,y_r,z_t\}$ をそれぞれドライブ振動子、レスポンス振動子と呼ぶことにす る。ここでドライブ (レスポンス) 振動子の位相 $\phi_{d(r)}(t)$ を

$$\phi_{d(r)}(t) = \arctan \frac{y_{d(r)}(t)}{x_{d(r)}(t)}$$

で定義し、その位相差 $heta(t) \equiv \phi_r(t) - \phi_d(t)$ を用いて回転数 Ω を

$$\Omega \equiv \lim_{t \to \infty} [\theta(t) - \theta(0)]/t = \langle \dot{\theta} \rangle$$
243

定義すると、CPSへの転移は、 $\Omega = 0$ で求められる。

 CPS 現象を、カオスに埋め込まれた無限個の UPO を用いて説明すると、以下のようになる [3]。 $\epsilon=0$ では、ドライブ (レスポンス) 振動子に無限個の UPO $\{U_j^{d(r)}(t):j=0,\cdots\infty\}$ が存在する。ここで、 $U_j^{d(r)}(t)$ の UPO の周期を $T_j^{d(r)}$ と記す。任意の $\{j,k\}$ に対して $U_j^d(t) \times U_k^r(t)$ は位相アンロックの準周期軌道 (トーラス) を形成する。今、ある $\{j,k\}$ に着目し、 ϵ を大きくしていくと、このトーラスは $\epsilon \geq \epsilon_{jk}$ でサドルノード分岐を引き起こし、位相がロックした二つの UPO $S_{jk}(t)$ 、 $U_{jk}(t)$ が現れる。すなわち、ある m、n に対して $T_j^d/m=T_k^r/n$ となる。この時ある UPOU(t) の zero リアプノフ指数を $\lambda[U(t)]$ と表すと、それぞれ $\lambda[S_{jk}(t)]<0$ 、 $\lambda[U_{jk}(t)]>0$ である。また ϵ におけるアトラクタを $A(\epsilon)$ と記すと、 $S_{jk}(t)\in A(\epsilon_{jk})$ かつ $U_{jk}(t)\in A(\epsilon_{jk})$ である。

今、 $\epsilon_c = \max\{\epsilon_{jk} : j, k =$ $0\cdots\infty$ } と置くと、 $\epsilon \geq \epsilon_c$ で、全て の $U_i^d(t)$ 、 $U_k^r(t)$ ペアがサドルノー ド分岐を引き起こす。この時、同時 に CPS が引き起こされ、系のアトラ クタ $A(\epsilon_c)$ が収縮することにより、 任意の $\{j,k\}$ ペアに対して $S_{ik}(t) \in$ $A(\epsilon), U_{ik}(t) \notin A(\epsilon_c)$ となる。よって $A(\epsilon_c)$ 内にある全 UPO $S_{ik}(t)$ に対し て、 $\lambda[S_{ik}(t)] < 0$ となる。ここで、 有限時間リアプノフ指数が UPO の zero リアプノフ指数と等価である と仮定すると、 $\epsilon < \epsilon_c$ では $\Lambda(\infty) =$ $\max\{\lambda[U_{ik}(t)],\lambda[S_{ik}(t)]:j,k=$ $0\cdots\infty$, $\epsilon \geq \epsilon_c \, \text{TL} \, \Lambda(\infty) =$ $\max\{\lambda[\lambda(S_{ik}(t)]:j,k=0\cdots\infty\}$ であることから、上記の結果につな がる [4]。

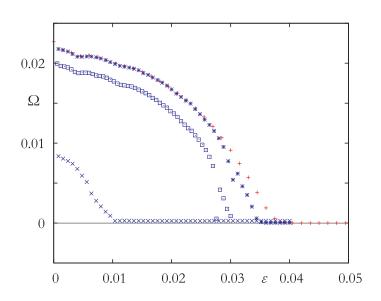


図 1: ϵ dependence of Ω driven by chaos (+) and UPO with 1-peeriod (×), 3-period (*), 5-period (□).

この解析結果を確認するために、ドライブ振動子のアトラクタに埋め込まれた UPO に駆動された レスポンス系の回転数 Ω の ϵ 依存性を求めた。図 1 に、それぞれ 1, 3, 5 周期の UPO における Ω の振る舞いを示し、カオス振動子による Ω と比較している。図から分かるように、UPO によって駆動される個々の Ω は、いづれも $\epsilon < \epsilon_c$ で 0 となる。この結果から、最後のドライブ系とレスポンス系の UPO ペアが位相ロックする前に、レスポンス系のアトラクタに埋め込まれている全ての UPO がここで用いた 1, 3, 5 周期周期のドライブ系の UPO と位相ロックしていることが確かめられる。よって、CPS を決定するドライブ系の UPO は、ここで得られた UPO 以外のいづれかであることが分かる。

参考文献

- [1] A. E. Hramov, A. A. Koronovskii, and M. K. Kurovskaya, Phys. Rev. E 78, 036212 (2008).
- [2] A. Politi, F. Ginelli, S. Yanchuk, and Y. Maistrenko, Physica (Amsterdam) **224D**, 90 (2006).
- [3] A. Pikovsky, G. Osipov, M. Rosenblum, M. Zaks, and J. Kurths, Phys. Rev. Lett. 79, 47 (1997)
- [4] K. Ouchi, T. Horita, T. Yamada, Phys. Rev. E83, 046202 (2011).

振動子の最適同期をもたらすネットワークの形

茶碗谷 毅 A 伊賀 志朗 B 伊庭 幸人 C 青柳富誌生 B 大阪大学 豊中市待兼山町 A 京都大学 京都市左京区吉田本町 B 統計数理研究所 東京都立川市緑町 C chawanya@ist.osaka-u.ac.jp

Shape of oscillator networks optimized for synchronization

Tsuyoshi Chawanya^A, Shiro Iga B , Yukito Iba C , Toshio Aoyagi B Osaka University, Toyonaka 606-0043, Japan A Kyoto University, Kyoto 606-8501, Japan B

The Institute of Statistical Mahematics, Tachikawa 190-8562, Japan C

Abstract:We report on the feature of interaction networks that are optimized for synchroniation of oscillators. It is uncovered that the shape and the diversity of the optimized networks depend on the choice of order parameter to be maximized.

Keywords: synchronization, optimization, network

振動子の同期と相互作用ネットワーク 振動現象は時間変化を伴う現象としてはもっとも基本的なものの一つであり、様々な系において観測されている。特に非平衡散逸系でみられるリミットサイクル振動子の同期については位相縮約を用いた理論的な枠組みが整備され、神経系における振動的活動や概日リズムといった生物の挙動への応用も進んできている。

特に生物系における同期振動の機能的側面を考える上では、より効率よく同期現象を引き起こし うるようなネットワークが進化的に形成されてきているという可能性も考えられる。スモールワー ルド型のネットワークは同期が強く現れやすい傾向がみられるなどの報告があるが、非一様なネッ トワーク上での同期現象についてはまだ統一的な理論はなく分かっていない部分が多い。

ここではネットワークの形態による同期のしやすさの違いを考える上で一つの基準になると思われる、「もっとも同期を起こしやすい」ネットワークがどのようなものかという問題について考える。

モデル ここでは位相振動子 N 個からなる集団を考える。各振動子はそれぞれ異なる自然振動数をもち、振動子間には 位相差の \sin に比例した力が働く 2 体の相互作用が働くとする。ただし相互作用の強度はペア毎に異なっても良い。

$$\dot{\theta}_i = \omega_i + \sum_{j=1}^N K_{ij} \sin(\theta_j - \theta_i), \quad (i = 1 \dots N)$$
 (1)

ここで $\theta_i,\ i=1\dots N$ は各振動子の位相を表す変数で $[0,2\pi]$ の値をとるものとする。また K_{ij} は i 番めと j 番めの振動子間の結合の強さを表し $K_{ij}=K_{ji}$ とする。このモデルは K_{ij} が全てのペアについて同じ値の場合には平均場モデル(蔵本モデル)になる。

ここでは、自然振動数分布 $\{\omega_i\}$ が与えられているときに、結合強度の総和 $K=\sum K_{ij}$ を一定に保つという拘束のもとで $\{K_{ij}\}$ をどのように選ぶと最もよく同期を起こし、その時どの程度よく同期するか、という問題について考える。

「同期のよさ」の指標となる秩序パラメータとしては、振動数同期に注目した指標(振動数秩 序パラメータ R_{ω}) と位相の揃い具合に注目した指標 (位相秩序パラメータ R_{ϕ}) の 2 通りのもの を考える。

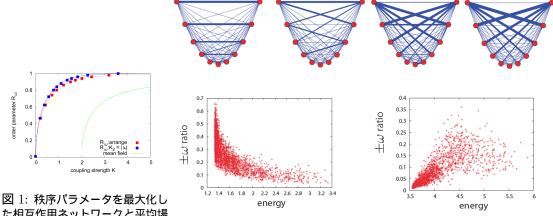
$$R_{\omega} := \max_{\Omega} \sharp \{i | <\dot{\theta}_i > = \Omega\}/N$$
$$R_{\phi} := |\sum_{j} \exp(i\theta_j)|/N$$

結合強度 (K) と秩序パラメータ (R_{ω},R_{ϕ}) の関係 図 1 に示した K と R_{ω} の関係をみると、平均 場結合の場合にはあるしきい値 K_c 以下の結合強度では同期が起こらないのに対して、相互作用 ネットワークの最適化を行った場合には小さな K に対しても非ゼロの秩序が発生する。

相互作用ネットワークの最適化を行うと、結合強度の総和が小さい場合には少数のリンクに集中 的に結合強度を配分することで相互引き込みを起こすのに必要な相互作用の強さが確保され、引き 込みを起こすために必要な結合強度を配分できない振動子は完全に切り離された状態になってい る。そのため結合強度の総和が小さくても部分的な同期が発生するようになっている。結合強度の 総和が大きくなるにつれて、振動数の平均からのずれが小さいものから順に引き込む振動子が増え て、徐々に秩序パラメータの値も増加する。

数値実験により得られたネットワークの特徴(それぞれの秩序パラメータを最大化するように、モ ンテカルロ法を用いて最大化して得られたネットワークの特徴について紹介する。

秩序変数のK依存性をみるとどちらも一見よく似た振る舞いではあるが、得られているネット ワークの形は異なっている。特に振動子秩序最大化の結果得られるネットワークには多様性がみら れるのに対して、位相秩序最大化の場合はたすき掛け状の結合が強くなるみられる(図2) 講演 ではこのような特徴が現れる理由についても簡単に説明する。



た相互作用ネットワークと平均場 結合についての $K - R_{\omega}$ relation

図 2: 秩序変数最適化で得られるネットワークの例(上)と最適化の度合い と対称結合の強度が占める割合の相関図 (下):いずれも左半分は R_{ω} 、右半 分は R_ϕ を最大化した場合に対応する。 R_ω 最大化の場合最適 (左端) に近 いネットワークの形には多様性がみられるのに対し、 R_o 最大化では対称な 結合の寄与は0に近づき、たすき掛けの結合が支配的となっている。

宇宙の渦巻き:銀河スパイラルの起源とダイナミクス

和田 桂一

鹿児島大学大学院理工学研究科、890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35 wada@astrophysics.jp

Dynamics of Galactic Spirals

Keiichi Wada

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University, 1-21-35 Korimoto, Kagoshima, 890-0015 Japan

Abstract: The most prominent structures in galaxies are the spiral arms, which have been realized as long-lived "density waves" in stellar disks. Here we show a new dynamical picture of galactic stellar and gas spirals, based on our hydrodynamics and N-body hybrid-simulations. We focus especially on spiral structures excited in an isolated galactic disk without a stellar bar. Using high-resolution, three-dimensional N-body/Smoothed Particle Hydrodynamic simulations, we found that the spiral features of the gas in galactic disks are formed by essentially different mechanisms from the galactic shock in stellar density waves. The stellar spiral arms and the interstellar matter on average corotate in a galactic potential at any radii. These structures are highly time-dependent and non-stationary in contrast to those postulated in the traditional theory.

Keywords: Spiral Galaxy, Numerical Simulation, N-body system, Hydrodynamics

銀河とは

銀河は1000億個程度の恒星や水素を主成分とする星間ガス、固体微粒子、そしていまだ正体不明のダークマターから構成される、宇宙の基本的な構造である。全宇宙にはおよそ1000億もの銀河存在していると見積もられている。銀河には主に2種類ある。ひとつは星間ガスが少なく、ほぼ球状の「楕円銀河」。もう一つの種族は、円盤状の「渦巻き銀河」(spiral galaxies)である。天の川銀河系は、渦巻き銀河の一種と考えられている。

渦巻きの起源:定説

渦巻き銀河の円盤には、その名の通り、数本の「渦巻き腕」がある。現在の宇宙では、多くの星はこの腕の付近で形成されていると考えられている。この渦巻きはおよそ100億年継続した構造と考えられているが、その発生/維持のメカニズムは完全には解明されていない。もっとも有名なのが、1960年代に提唱された、「密度波仮説」と呼ばれる理論である。この理論では、渦巻き腕は、「腕」という実体ではなく、恒星系円盤中に伝わる「密度波」と考える。これによって、「巻き込みの困難」という、腕が銀河回転によって巻き込まれてしまい、長い寿命を保てないという欠点を避けられると考えられていた。この

恒星系の密度波が渦巻状の重力ポテンシャルを銀河円盤につくり、それによって星間ガスに「定在衝撃波銀河衝撃波」が発生し、圧縮された星間ガスからの「星形成」が起こると考えられた。この仮説に基づき、60-70 年代にかけて、きつく巻いた(ピッチ角小)近似や定常解が仮定した理論研究が多くなされた。

転機

2次元時間発展の場合の「銀河衝撃波」の構造は、80年代後半になって、数値シミュレーションによってはじめて示された。その後、長い停滞期があったが、2004年頃、われわれのグループは、高精度の2次元数値流体シミュレーションを行い、この「銀河衝撃波」は、力学的に不安定になる場合があることを初めて示した(Wada & Koda 2004)。この不安定(wiggle 不安定)は、流体力学的不安定に起因し、銀河衝撃波を分裂させる。その際に、半径方向に延びた「スパー構造」をつくる。この構造は、渦巻銀河のinter-armに見られるダストレーン構造を自然に説明することを示した。Wada (2008)では、これらの研究の研究を発展させ、銀河面に垂直方向の構造や、ガスの自己重力、ガスの冷却や加熱プロセスを全て考慮した現実的な3次元モデルを提案した。これらの研究により、銀河衝撃波には、不安定の非線形成長の結果「準安定状態」が存在することが示唆された。

新たなパラダイムへ

以上の研究では、恒星系とガス系の相互作用は限定的にしか扱っていなかった。最近、われわれのグループは、恒星系円盤の高精度 N 体計算、および恒星系円盤と星間ガスを含んだ場合の銀河円盤について、よりコンシステントな理論計算を行った。それの結果、銀河の恒星系渦巻き構造は本質的に非定常であり、生成と破壊を繰り返していることが、銀河差動回転とともに運動(つまり、「巻き込んでいる」)ことを理論的に示した。星間ガスも同様に運動しており、銀河の腕構造は銀河衝撃波「ではない」ことを証明した (Fujii et al. (2011), Wada, Baba, Saitoh (2011)). これらにより、渦巻き銀河のダイナミクスについての理解は、密度波仮説からおよそ 40年を経て、本質的な進展をしたといえる。

本講演では、銀河の渦巻きを形作るメカニズムの最新理論について紹介する。

様々なプラズマ、帯電微粒子群における形と運動の非線形現象

庄司多津男、角谷政樹、小澤隆嘉、岩井一彦、秦浩起* 名古屋大学工学研究科、名古屋市千種区不老町一丁目 * 鹿児島大学理学研究科、鹿児島市郡元一丁目 shoji@ees.nagoya-u.ac.jp

Nonlinear Phenomena of Pattern and Dynamics in Plasmas and Charged Particle System

Tatsuo. SHOJI, Masaki KADOYA, Takayoshi OZAWA, Kazuhiko IWAI, Hiroki HATA*

Department of Energy Engineering and Science, Nagoya

University 464-8603, Nagoya Japan

*Department of Physics, University of Kagoshima 890-0065,

Kagoshima, Japan

Abstract: Structure formations and nonlinear behaviors in plasma discharges and charged particles in quadrupole AC trap are shown. Dielectric barrier discharge (DBD) (10-20kHz) in a small gap between two parallel dielectric plates forms variety of spot patterns of current filaments. A radio frequency (rf) discharge (\sim 1MHz) of hydrogen gas show a narrow pair ring formation in a pressure range of few torr. Charged particles of few tens of micron in diameter are trapped in AC (\leq 60Hz) quadrupole electric field in an atmospheric pressure are good example of one component strong coupled plasmas (OCP). Various behaviors of statistical and dynamic nature of long range interacting particle system are studied.

Keywords: rf discharge, ac trap of charged particles, pattern formation, nonlinear dynamics

プラズマは分子、原子、イオン、電子、微粒子などの集団であり、電磁流体、放電、非平衡、高エネルギー状態の(化学)反応が複雑に起こる非線形媒質であり、非線形科学の研究材料として利用価値があると考えられる。ここではその一部を紹介する。

1、誘電体バリヤ放電(DBD)における構造形成とダイナミックス



図 1 DBD 放電. f=10-20kHz, 電極間隔 2mm, 電極直径 33mm, Ar:50-150torr



15kHZ 16kHZ 図 2. 放電フィラメントの構造の周波 数依存. Ar:35torr 12.57kV

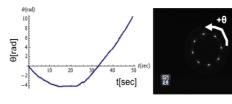
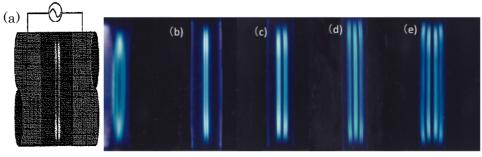


図3放電電場方向に印加 された磁場4Tによる放 電フィラメントの結晶構 造の回転の時間的変化 ン相互作用と放電の非線形過程が関与していると考えられる。さらに電極垂直方向に強磁場を印加すると図3のような方位角方向の回転運動が加わる事が観測されている。

2、水素の rf 放電における Ring 状発光構造

図4(a)のようなガ ラス管外部に円筒 電極を巻き付け、 水素ガスの高周波 放電を行うと圧力 に従って Ring 状 対の発光が観測さ れる[2]。Ring 対の 数と位置はガス圧 により図5の様に 変化する。電極で 加速された高エネ ルギー電子の減速. 発光および Ring のプラズマ電位に よる放電がこの現 象の鍵となる。

3、AC トラップに 閉じ込められた帯 電微粒子の構造と ダイナミックス



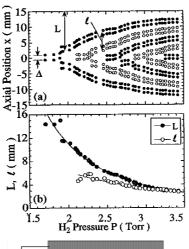


図 4 (上)(a)Capasitive rf 放電.放電管直径 85mm,電極間隔 10-70mm, f=1.2-1.5MHz, Prf=1kW, P(H₂)=1.5-3 torr, (b) f=1.2MHz, P(H₂)=3.9torr, (c) 6.89torr, (d) 9.22torr, (e)29.0torr.

図 5 (左) (a) Ring 発光位置、(b) Ring の電極端からの居値(L), 隣接 Ring 対間の距離 (l)のの水素ガス圧依存性 f=1.5MHz、電極間(内側)距離 30mm

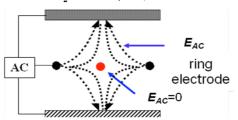


図 6 (左)AC 4 重極電場閉じ込め配位

図7(下) 中央電極面の微粒子(30 μ m 直径)の構造変化. fac=50Hz、Vac=3.6kV, (a) Vac のみ、(b) Vac に低周波の摂動 fmod=1 Hz、500V を加えた時の像, (c) fmod=1Hz の時の径方向の粒子の位置の揺らぎ[<r2>]^{1/2}の分布形の科学会誌 第26巻 第2号(201

Vac=3.6kV,fac=50Hz,Vmodu=0.5kV
(a)
(b)
(c)
(c)
1 2 3 4 5 r [mm]

持つ (図 7(a))。閉じ込めの時間平均ポテンシャルによる振動近くの低周波 fmod (<<fac) のAC 電場の摂動を加えてやると、微粒子群の中心と外側で位置の揺らぎの大きさに境界が出来 [3]、強結合プラズマの溶解現象やそのダイナミックスを可視化して調べる等の対象として興味深い。

References

- [1] 庄司多津男、西川徳彦、秦浩起 形の科学シンポジウム(京都大学) 2008
- [2] Y. Sakawa, M. Hori, T. Shoji and T. Sato, Phys. Rev. E 60 (1999) 6007
- [3] 小澤隆嘉、庄司多津男、秦浩樹、物理学会 2011 年秋季大会、21pGS-16

身体名称想起時におけるヒト脳内活動部位の時空間推移の推定

山ノ井髙洋¹, 豊島恒², 大槻美佳³, 山﨑敏正⁴

- 1 北海学園大学工学部電子情報工学科,064-0926 札幌市中央区南26 条西11-1-1 yamanoi@eli.hokkai-s-u.ac.jp
- 2 ジャパン・テクニカル・ソフトウェア,001-0021 札幌市北区北21 条西3-1-14 3 北海道大学大学院保健科学研究院,060-0812 札幌市北区北12 条西5 4 九州工業大学知能情報工学科,820-8502 飯塚市川津680-4

Estimation of spatiotemporal brain activities on recalling body names

Takahiro YAMANOI¹, Hisashi TOYOSHIMA², Mika OTSUKI³, Toshimasa YAMAZAKI⁴
1 Hokkai-Gakuen University, W11-1-1, S26, Central Ward, Sapporo 064-0926
2 Japan Technical Software, W3-1-14, N21, North Ward, Sapporo 001-0021

3 Hokkaido University, W5, N12, North Ward, Sapporo 060-0812

4 Kyushu Institute Technology, 680-4 Kawazu, Iizuka, Fukuoka 820-8502

Abstract: The authors have recorded electroencephalograms (EEGs) from subjects observing some images of human body parts and reading them silently. We estimated brain activities by use of the equivalent current dipole source localization (ECDL) method. The ECDs were localized to the right angular gyrus, the right fusiform gyrus and the right middle temporal gyrus, these areas are related to image recognition. However, the subject is left handed and her language recognition area is located on the right hemisphere. Hence these areas are also related to the language recognition.

Keywords: electroencephalograms, equivalent current dipole source localization, language recognition, angular gyrus, fugiform gyrus, middle temporal area

1. はじめに

本研究では、健常な被験者が視覚刺激として画像提示された身体部位を想起し黙読する際の 脳波(electroencephalograms: EEGs)を計測し、等価電流双極子推定(equivalent current dipole source localization: ECDL)法[1]を試み、脳活動の時空間的な推定を行った.

2. 脳波計測実験とその解析

被験者に対して、身体の一部を想起させる線画の図、「口」「手」「足」「背中」を提示した、被験者が視覚刺激を観察する際の EEG 計測には時間分解能が 1 ミリ秒で、19 チャネルでの EEG 計測が可能である Polymate AP1000(デジテックス製)とアクティブ電極変換ボックス AP-U04

0(デジテックス製)を使用して計測した. 使用する電極は国際 10-20 法にしたがって配置し、これを介して実験中の EEG を計測した. 計測された EEG はデータ保存用の PC に出力される. 実験時には電極接触抵抗値は最大でも $10k\Omega$ 以下で計測を行った.



Fig. 1: presented images of part of human body

EEG 計測時のサンプリング周波数は1 KHz とした. 本実験では、正常な視覚を有する 22 歳の女子学生(利き手:左利き)に対して、これらの装置構成による実験をそれぞれ複数回行った. 本実験の被験者は、以前の言語に関する脳波計測実験の解析結果から言語野が右脳に存在すると考えられる. 同心球モデルの設定には被験者本人の MRI 画像を利用した. また、推定結果の精度および信頼性については、それぞれ、Goodness of fit (GOF)および統計的な信頼限界の値によって評価した. これらの解析には PC 版双極子推定ソフトウェア[1](SynaCenterPro: NEC)を用いた. なお、ECDL 法による推定結果に関しては、 GOF 値が 98%以上、95%の信頼限界が 1 mm 以下である結果を採用した.

3. 解析結果と考察

高次処理と言われている潜時 400ms 以降で、右角回(AnG)、右紡錘状回(FuG)、右中側頭極(TEP)、右下側頭白質(TWM)に ECD が推定された. 「手」の画像については右 TEP に反応が見られなかった.

本研究で確認された腹側系の経路は、「絵の認知」と「言葉の想起」からなっている.角回は様々なモダリティーの情報を統合すると言われている部位なので、すでに言葉の想起を行っている可能性もある.右 TWMでは「絵の認知」→「言葉の想起」と処理が進んでいるところと考えられる.この処理は直列かあるいは、ほぼ同時に平行処理されている.「手」のみ異なった結果が得られたのは、「手」という画像を提示した場合の想起のときに何らかの特異的な異なったストラテジーが働いたか、あるいは逆に「手」以

外の単語提示の場合に何らかの異なったストラテジーが働いた可能性も推察できる.

Table 1: Relationship between localized source and its latency Unit:msec

-	Body	R	R	R	R
	Part	AnG	FuG	TEP	TWM
•	mouth	402	495	497	502
	hand	405	486	None	506
	foot	404	489	502	513
	back	406	501	504	514







Fig. 1: Example of ECD localized to the right angular gyrus at 402 msec (image:mouth)

謝辞

本研究は、平成 19 年度に採択された文部科学省私立大学戦略的研究基盤形成支援事業に伴う北海学園大学ハイテク・リサーチ・センター研究プロジェクト「電磁・光センシングを主体とする生体関連情報の先進的計測・処理技術の開発と応用」の一環として行われた.

文献

- [1] T. Yamazaki, K. Kamijo, T. Kiyuna, Y. Takaki, Y. Kuroiwa, A. Ochi, and H. Otsubo: "PC-based multiple equivalent current dipole source localization system and its applications", Res. Adv. in Biomedical Eng., 2, pp. 97-109, 2001.
- [2] H. Toyoshima, T. Yamanoi, T. Yamazaki, S. Ohnishi: Spatiotemporal Brain Activity during Hiragana Word Recognition Task, J. Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics, Vol.15, No.3, pp.357-361, 2011.

螺旋による造形 II 森田克己

札幌大谷大学短期大学部美術科

Forms by Helices II Katsumi MORITA

Department of Arts and Design, Junior College of Sapporo Otani University Higashi 9, Kita 16, Higashi-ku, Sapporo, Hokkaido 065-8567 Japan Keywords: form, helix, unit

1. はじめに

本稿は第70回形の科学シンポジウムにおいて発表した拙稿「螺旋による造形」の続報である。前 拙稿においては、先ず、螺旋を線・帯・チューブの3種類の形状別に分類し、次に多重構造の螺旋及 び平面曲線あるいは曲面と組合わせた合成螺旋のバリエーションを生成した。以上を踏まえ、本稿で は、次の展開として、螺旋をユニットとして、様々な幾何曲線と組合わせた合成螺旋の生成を試みた。

2. 合成螺旋生成のための設定

2.1. 適用する幾何曲線

本稿では、螺旋をユニットとした合成螺旋を生成するために次の幾何曲線を適用することとする。

- (1) 外転サイクロイド (epicycloid)
- (2) 内転サイクロイド (hypocycloid)
- (3) 外転トロコイド (epitrochoid)
- (4) 内転トロコイド (hypotrochoid)
- (5) リサージュ曲線 (lissajous curve)
- (6) トーラス結び目 (torus knot)

2.2. 幾何曲線と合成螺旋の表示

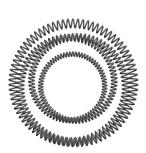
適用する幾何曲線と合成螺旋の関係を明らかにするために、各図の表示を次の通りとする。

- (1) 適用する幾何曲線:チューブ形状の平面図で表示する。
- (2) 合成螺旋:チューブ形状の平面図で表示する。

3. 合成螺旋のバリエーションの生成

螺旋をユニットし、様々な幾何曲線と組合わせた合成螺旋のバリエーションを図1から図12に示す。





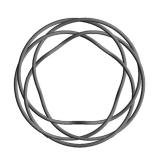


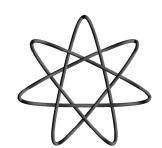


図1 外転サイクロイドと組合わせた合成螺旋1

図2 外転サイクロイドと組合わせた合成螺旋2







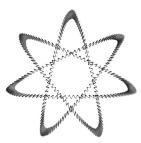
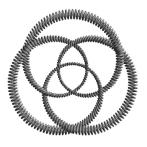


図3 内転サイクロイドと組合わせた合成螺旋1

図4 内転サイクロイドと組合わせた合成螺旋2





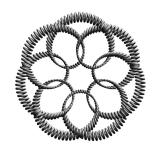
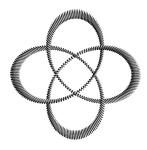


図5 外転トロコイドと組合わせた合成螺旋1

図6 外転トロコイドと組合わせた合成螺旋2







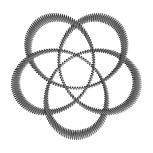


図7 内転トロコイドと組合わせた合成螺旋1

図8 内転トロコイドと組合わせた合成螺旋2







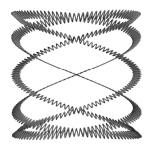
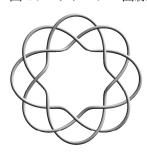


図9 リサージュ曲線と組合わせた合成螺旋1

図10 リサージュ曲線と組合わせた合成螺旋2







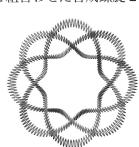


図11 トーラス結び目と組合わせた合成螺旋1

図 12 トーラス結び目と組合わせた合成螺旋 2

4. まとめ

本稿では、螺旋をユニットとして、様々な幾何曲線と組合わせた合成螺旋のバリエーションを生成した。結果として、螺旋の造形性において新規の方向性を多少示すことができたと思われる。今後、他の曲線との組合せについて検討課題としたい。

参考文献

[1] 森田克己 (1999): 螺旋形態のバリエーションの生成、1999 年度大会(東京)学術講演論文集, 日本図学会、 109-114

[2] 森田克己 (2001): 螺旋の多重構造の生成、2001 年度大会(東京)学術講演論文集、日本図学会、69-74 [3] 森田克己 (2003): 螺旋形態の分岐パターンの生成、2003 年度大会(関東)学術講演論文集、日本図学会、73-78

[4] 森田克己 (2010): 螺旋の造形、形の科学会第 70 回シンポジウム、形の科学会誌、25(2)、196-197

ユニバーサルサービスとしての書写教育における書字指導のあり方

沓名健一郎

名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科,〒467-8501 名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑 1 viola@art.design.co.jp

Consideration about the Method of Writing Instruction in SHOSHA-Education as Universal Service

Kenichiro KUTSUNA

Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University, 1 Yamanohata, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya, Aichi 467-8501 Japan

Abstract: It has been reported that there are many Dysgraphia -writing disturbance- students. Since dysgraphia students can desire an improvement by instruction, in writing instruction of the school education which is Universal service, aiming at new writing instruction on condition of dysgraphia is called for.

Keywords: Dysgraphia, writing disturbance, universal service, SHOSHA-education

1、はじめに

書写教育は小中学校における国語科の言語分野に位置する文字教育であるが、主に字形 指導をその役割としている。しかし昨今、バリアフリーな教育が模索されている中で、字 形が乱れる、いわゆる筆記障害(ディスグラフィア)な生徒が多いことが報告されている。 ディスグラフィアは指導により改善が望めることから、いわゆるユニバーサルサービスで ある学校教育の書字指導として、ディスグラフィアを前提としたゼロからの書字指導を目 指すことが求められる。

2、書写の目的

書写は国語科の一分野である。新しい学習指導要領は小学校で平成23年4月から施行され、中学校は平成24年4月(高等学校は平成25年4月)からの完全施行となる。書写の目的は、学習指導要領により学年によって多少異なるが、主に「正しく整えて書く」ことである。前指導要領では、国語科の〔言語事項〕であったが、新しくは〔伝統的な言語文化と国語の特質に関する事項〕となり、内容としては変わらないものの、より言語の本質性、すなわち言語の発達と文字の深い関わりに依拠した教科であることを前面に出した指導を求めていることが示唆されている。

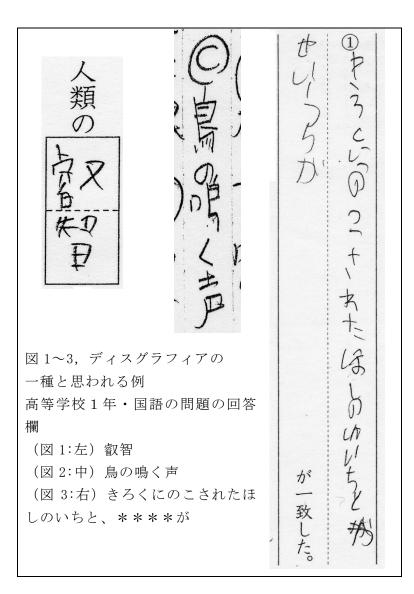
言語の発達と文字の深い関わりとは、特に日本語という文字言語において、文字の媒介が重要なファクターであり、すなわち文字による造語、例えば文字により派生する語意の吸収により広範な言語の活用性を獲得することが容易になることを意味する。これは今日的な課題にあてはめると、コミュニケーションとは会話による口語、およびメールなどによる口語的な言語交流を意味されがちだが、いわゆる文字というものの意味性による媒介がなければ、造語性は高まらず、文化の創造がいちいち困難となってしまう。 よく例に出されるのは、ひらがなだけの文化であったなら、語に対する意味を文字に持たせることができないため、漢字であれば駅・液・易と書けば良いものが「でんしゃのえき」「あおいえき」「うらないのえき」などいちいち説明的な語句となる。つまり、文字言語の特性である漢字とひらがな・カタカナの組み合わせを正しく整えて書く手段こそが、コミュニケーションの基盤となることを学ぶのが書写の狙いである。

3、筆記障害 (ディスグラフィア Dysgraphia)

一般の授業において、文字はノート、すなわち記録としての役割と、記憶の定着補助としての役割を負うが、文字を整えて書く、もしくは書くという事が先天的に困難な場合、言語性 LD の一種、筆記障害(ディスグラフィア)が疑われる。図 1~3 はその一例と考えられるが、これらの特徴として、正しく読み、正しく解答を導いていながら、書くということが困難であったために誤答とされている。字形のおぼろげな形状をとらえながらも、紙面への筆記に際して一画一画の結びつきが全て破棄された状態として確認できる。これらディスグラフィアの構造的な問題は、一種の障害であるとの自覚症状はなく、親も認めようとはしないため潜在的ディスグラフィアが全国に無数に存在するとされるが、診察を受けることは稀で、字が下手、練習が足りない、やる気がないとみなされ、漢字の書き取りテスト等はいうまでもなく、筆記テストでは軒並み減点されてしまうため落ちこぼれのレッテルを貼られてしまい、進学や就職に不利益を被るケースが見られる。しかしこれは誤解で、実は他より知能が優秀であることも多い。これは発達障害としての側面を持つことが多く、成長するに従って自然と改善されることも多いことから、適切な指導により正しく書くことが促進されるため、社会的な認知と指導法の開発が急務である。

4、ユニバーサルサービスとし ての書写教育

ユニバーサルサービスとは、 等しく受益を得ることのできる 公共的なサービスを指し、学校 教育および文字教育はまさにユ ニバーサルサービスとして行わ れなければならない。特にディ スグラフィアの児童・生徒に対 して有用な、しかしこれまで行 わることのなかった持ち方や文 字の基本ルール、字形の意味に ついて等の基本部分を充実させ た指導を考えた場合、いわゆる 健常者に対しても文字に対する 誤解と偏見を解く、とても有用 な指導として、ただ形を整える という表面的ことではなく、内 面的な充実を図ることで、より 文字言語コミュニケーションの 精神性を高めた、ホリスティッ クな書写教育を実現することが 期待される。



離島における科学部の活動

西 雄高

鹿児島県立種子島高等学校, 鹿児島県西之表市西之表 9607 番地 1 e-mail: y-nishi@po2. synapse. ne. jp

The activity of the science club in an isolated island

Yutaka Nishi

Kagoshima Prefectural Tanegashima Senior High School Address: 9607-1, Nishinoomote, Nishinoomote-city, Kagoshima-Pref.

Abstract: Tanegashima Business High School and Tanegashima Senior High School were unified, and our school was built in 2006. In the inside of the lecture, the activity of the science club in an isolated island is introduced. The present condition of the science education in an isolated island in Kagoshima can be grasped through that.

Keywords: Tanegashima Senior High School, science club

【1】はじめに

本校は、種子島高等学校と種子島実業高等学校が平成18年度に再編統合された新設高校である。学校名は、(新設)種子島高等学校となり、種子島実業高校の場所に開校した。部活動に関しては、両校で開設されていた部活動をできるだけ取り入れて、現在、体育系・文化系の部活動が併せて20以上の部活動がある。私は、4年前(開校2年目)の平成19年4月に本校に着任し、理科の科目を担当している関係もあり、科学部を任された。本講演では、これまでに科学部で行ってきた活動を中心に話をしていきます。

【2】種子島高校について

本校は、現在、3学年全体で普通科(8クラス)、生物生産科(3クラス)、電気科(3クラス)で構成されています。普通科は本年度の1年から2クラスになっている。全校生徒数は、435名で、西之表市唯一の高校です。進学を目指している生徒は、高校卒業後、島外に出ることになる。理科は、物理・化学・生物・地学4分野の専門が各1名ずついる。クラス減による影響が今後出てくるかもしれないが、現在4名態勢で授業は行っている。

【3】本校の科学部について

本校の科学部は部活動ができて6年目で,部活としては歴史が浅い部活である。元々,旧種子島高校に生物部があり,統合によって本校に,最初は生物部として取り込まれた。生物部では生物分野しか取り扱うことができないので,生物以外の分野に興味のある生徒にも対応できるようにと考え,開校2年目に「科学部」へ名称変更をした。部員は,体育系に比べとても少なく毎年数名程度で活動を行っている。また,指導者についても,生徒の興味に応じて,物理・化学・生物・地学の4分野の先生方が担当できるようになっている。

(1) これまでの活動

私が.	本校に卦任し	てからの研究テー	マの一覧を以下に示す。
1410 9			

年 度	物理分野	化学分野	地学分野
2007	空気抵抗の研究	染色の研究	
2008			種子島に分布する形之 山層の化石と堆積環境*
2009		分子モデルを使った化 学平衡のシミュレーション実験の研究*	種子島南端における皆
2 0 1 0	ビン笛の研究		種子島のビーチロック について*

テーマ名の最後に「*」の付いたものは、他の教員が担当した。

(2) 具体的な活動の内容

① 『種子島南端における皆既帯の北限の判定について』(2009年)

2009年7月22日に起こった皆既日食を研究の 対象にした。種子島南部から奄美大島北部にかけて皆 既帯ができる予定であったので, その北限界線を確定 することに挑戦した。それを行うために、左図のよう な自動計測装置を製作し,設置を南種子町立南種子中 学校の協力の下,準備を整えて当日を臨んだ。しかし, 残念ながら, 当日は天候に恵まれず, 雨時々曇の天気 であった。何台か不具合があったものの、データを取 (図1)自動計測装置 ることができた。当時の科学部の生徒で宇宙に興味を 持っている生徒がおり、その生徒を中心に考察を行った。



②『ビン笛の研究』(2010年)

ビン笛を使って、水の量(空洞の体積)と音の振動数 について調べた。計測装置には図2にあるポケコンを 用いた装置を使用した。パソコンに取り込み、FFT等で 処理して発生している振動数を決定する方法ではな く, 音の波形をポケコンの画面に表示させ, そこから 読み取れる周期から振動数を求める方法を取った。教 科書に出てくる『気柱共鳴』で予想された結果と異な ることに気付いた。



(図2)音の計測装置

【4】最後に

離島ということもあり、科学的な知識を得る手段や直接体験する機会が少ないため、 科学的な研究をしようという気持ちを起こす生徒が少ないように感じる。高校での進路 選択にも、それは反映されており、医療系の大学に進学を希望する生徒はいるが、大学 の理学部を目指す生徒は毎年若干名である。

簡易な実験系によるパターン形成-棒の回転-

秦浩起

鹿児島大学 理工学研究科 物理・宇宙専攻 〒890-0065 鹿児島市郡元 1-21-35 hata@sci.kagoshima-u.ac.jp

A Simple Experiment for Pattern Formation - A Rotating Rod -

Hiroki HATA

Department of Physics and Astronomy, Kagoshima University Korimoto 1-21-35, Kagoshima 890-8580, JAPAN.

Abstract: Pattern formation is important concept to understand our world. Here, we study the pattern formation by rotating a rod, which is a very simple system to show in class. The bifurcation of stable pattern are discussed.

Keywords: pattern formation, nonlinear dynamics, rotating rod, simple experiment

はじめに 我々の世界の事物は、非平衡非線形ダイナミクスによる時空間にわたるパターン形成によって生成されている [1]。物理学は世界の成り立ちに迫ろうとするものだが、高等学校はもちろん、大学の物理教育においてパターン形成はあまり扱われない。もちろん、バネによる調和振動や連成バネの定在波のようなものは扱われるのだが、それらはエネルギー保存系であって非平衡状態でのパターン形成ではない(性質も本質的に異なる)[2]。扱われない理由には、歴史的なこと、非平衡非線形系の科学が体系化されていないことなど色々な理由があろうが、一つには良い題材が知られていないことにも由来しよう。そこで、ここではある簡単で面白い系を紹介する。



図1:モーターと竹ひご系。左上は外した扇風機の羽根。

棒の回転系 ここで取り上げるのは、竹ひごを軸方向に回転させるもので、図1のように長さ90cm 直径1mm 程度の竹ひごをモータに接続させ回転させる。モーターの回転軸と竹ひごの接続はゴムチューブ(自転車タイヤの虫ゴム)を使うのが簡単でよい[3]。回転するとどうなるかは、講演での実演を楽しみにということでここでは掲載しない[4]。

これ以降は講演前には読まない方が実演を楽しめるでしょう。もちろん、読んだ上で、どうなるか

力学的機構と解の分岐 回転中の定常な形は、棒の曲げを戻すおよび棒の重力エネルギーを減らす力 \mathbf{F} と遠心力 \mathbf{f} のつり合いから決定され、 \mathbf{F} は概ね "曲がり幅" a と "波数" k に依存し、 \mathbf{f} は a と回転角速度 ω に依存する。そのため、回転角速度 ω に応じ形成される形 (k,a) が変化 (分岐) する。講演では数値計算も用いた解析結果を併せて報告する。

特徴と使い方 本講演では、棒の回転によるパターン形成を実演を交えて紹介し、解析 結果も議論した。2010年の錦江湾高等学校のサイエンスウィーク(1年生対象の科学教 室)では、装置の制作も高校生が行った。制作中は「ちゃちな工作」のように感じて怪訝 な顔をしていたが、回転させた途端に驚きの声が上がった(全員準備ができた後に一斉に スイッチを入れるのがコツです)。他の高校や大学でも演示実験を行ったが、見た人は興 味津々である。このように非平衡非線形ダイナミクスで選ばれた形ができるという一例を 生で見て、対比的に平衡系ののつぺりさ=つまらなさを確認すると、私たちの世界の成り 立ちを考えるスタートに立つことができる。また、曲げ、重力、遠心力といった中高生に 理解できる知識を使う程度なので形が選択される機構の解説にも踏みこめる。つまり、マ ジックショーで終わらず物理にできるところが重要である。更に、多少の装置と時間が必 要だが、回転数をコントロールして変えたときの変化を実験で調べることもできよう。非 平衡状態でのパターン形成実験には Rayleigh-Bénard 対流や化学反応など詳細に研究さ れた綺麗な例があるが、何れも実験が本業ではない素人 [5] には敷居が高いし手間もかか る。更に、機構の説明には大学の物理系で学ぶ物理や数学の力が必要で、結果として高校 生や市民は、「見て驚いてお終い」になってしまう。ここで紹介した棒の回転系は、これ らの問題を回避しつつ、十分楽しめる一例になっていると考えている[6]。

- [1] 読み物として,「非線形科学」 蔵本 由紀 (集英社, 2007),「自己組織化と進化の論理」 S・カウフマン (日本経済出版社, 2002)。
- [2] 実際の定在波の実験は周期外力でエネルギーが供給されたものが多い。
- [3] モーター部分はいわゆる 100 円ショップで購入できるハンディ扇風機を利用している。この羽根を外して虫ゴムで竹ひごを繋ぐ。なお、見た人が「やってみる」ためには用品を安価に楽に手に入れられることも肝要で、虫ゴムや竹ひごも 100 円ショップで購入できる。注:竹ひごは直径が 1mm 程度の柔らかいものが良い。
- [4] 非参加者のためにシンポジウム開催後、私の web サイトに動画を置く予定です。
- [5] 著者は、非線形科学特にカオスを研究する理論系の研究者で、実験に関する事前の知識はあまりありません。
- [6] 本講演・小文を通して授業などでこの実験をやってみた方は、その様子など御一報いただくと幸いです。

鹿児島人工衛星と集中豪雨予測

西尾正則

鹿児島大学理工学研究科、〒890-0065 鹿児島市郡元1-21-35 mxnishio@sci.kagoshima-u.ac.jp

A Challenge of Local Downpour Prediction with Tiny Satellites Masanori Nishio

Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University 1-21-35, Korimoto, Kagoshima 890-0065, Japan

Abstract A project of next nano-satellite at Kagoshima and future plans after KSAT2 are presented. KSAT2 is an improved version of a satellite KSAT launched on May 20, 2010 UT with H-IIA. A main mission of KSAT2 is observations of water vapor distribution in lower troposphere. A constellation of more than 1000 satellites on very low earth orbits is suitable for a disaster prevention system.

Keywords: CubeSat, satellite constellation, local downpour, disaster prevention

1. はじめに 大気下層の水蒸気の観測は、その増加が潜在的な大気不安定性の増大を意 味し、豪雨などの予測において重要である。対流圏下層の水蒸気の観測は、地上設置ライ ダー、気象レーダー、ウインドプロファイラ、GPS ダウンルッキング、GPS トモグラフィー などにより行われているが、観測手段が十分整備されているとは言い難い[1]。

我々は、低軌道地球周回衛星(LEO)から送出される電波を用い、これを地上に設置し た電波干渉計により受信する方法により、大気水蒸気の空間変動の観測を行ってきた[2]。 本手法を応用した集中豪雨等の予測システムの技術実証を目的として CubeSat (=10cm 立 方)クラスの超小型衛星 KSAT の開発を行った [3]。この衛星は、金星探査機「あかつき」 の相乗り衛星の 1 つとして、世界時 2010 年 5 月 20 日に種子島宇宙センターより打ち上げ られ、ハヤトと命名された。KSAT の宇宙での運用結果をもとに、現在、KSAT のミッショ ンを引き継ぎつつ、新たなミッションを加えた次期衛星 KSAT2 の開発および超小型衛星 を利用した気象観測システムの検討を行っている。

本発表では、現在開発を行っている KSAT2 の概要および将来計画として検討を行って いる低軌道衛星群で構成する観測システムについて報告する

2. KSAT2 の概要 KSAT2 の衛星外観を図 1 に に示す。衛星は、ロケット搭載時は外形寸法 100 mm $imes 100 \; \mathrm{mm} \times 100 \; \mathrm{mm} \;$ の立方体の形状をしており、ロ ケットから分離された後にブームと2枚の太陽電池 パドルを展開する。衛星搭載機器は、受信機2系統、 送信機3系統、衛星制御計算機、電源制御装置、姿勢 制御装置、伸展式ブーム、太陽電池、ニッケル水素 二次電池およびカメラであり、衛星質量は 1.5 kg を 予定している。

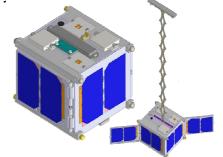


図 1: KSAT2 の外観 (左) 打ち上 げ時、(右)分離後

3. KSAT2 のミッション KSAT2 はマイクロ波帯通信機による工学実験および理学観 測を目的としており、(1)人工衛星を使った大気水蒸気の独創的観測法、(2)宇宙から の動画撮影、(3)低高度軌道を利用した衛星測位システム基礎実験、(4)電波干渉計に よる衛星軌道決定実験、(5)超低高度軌道での衛星運用実験、(6)パンダグラフ式伸展 261 ブームの宇宙実証、(7)宇宙からの日本応援メッセージ送信、の7つのミッションを予定している。大気水蒸気の観測は、水蒸気量により電波の速度が変化することを利用しいている。図2にその原理を示す。

4. 鹿児島衛星の将来 KSAT2のでは、KSATに比べてバス系システムの大幅な小型化と省電力化を図っているが、その後に開発を予定している衛星では更に小型化を進める予定である。当面の目標は、スマートフォンサイズである。このようにすることで、衛星をまとめて打ち上げることが容易となり、多数の衛星を連動させたシステムが可能となる。たとえば、一眼レラに衛星バスを搭載し、これを低画度軌道に多数打ち上げることで、地上の画像や雲の画像を同時に多方向から撮影するということが可能となる。

衛星を低高度に配置することで、比較的小型の撮像装置でも静止軌道上に配置された大型衛星と同程度の画質で撮像が可能であり、静止軌道上の衛星と相補的な観測が実現できる。気象観測では一定の方向からの定期的な観測が求められる。低高度軌道の衛星は短時間で観測点上空を通過してしまうため、単独の衛星では要求を満たすことができないが、図3のように多数の衛星を軌道上に配置して多方向から同時に撮影を行い、画像処理により一定の方向から撮影した画像を再生可能と考えられる。これに加え、立体的な画像を再生することも可能となる。衛星数は1000機以上を想定している。

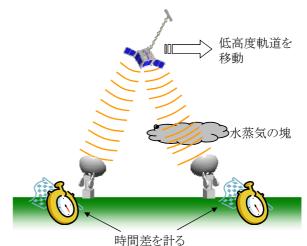


図 2: 大気水蒸気観測の原理

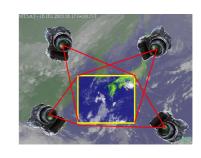


図 3: 低高度衛星群による気象 観測。多方向から撮影した画像 より定点観測画像を再生。

衛星を多数打ち上げた場合、機能を終えた衛星が宇宙ゴミとなり、他の衛星に衝突する危険がある。衛星を大気抵抗の大きい 400km 以下の軌道に投入することで、1年以内に大気圏に突入・消滅させることができる。継続的に観測を行うには、次々と衛星を打ち上げることが必要となるが、この点でも衛星を小型化した方が有利である。低高度に衛星を投入した場合、大気抵抗を正確に組み込んだ軌道計算が必要となる。現在、KSAT の軌道履歴を用いて、300km 以下の高度における軌道推定の方法についての検討も進めている [4][5]。

参考文献

- [1] 小司禎教: 水蒸気観測技術の発達とこれから, 天気、第 54 巻, 第 10 号, pp. 15-18, 2007.
- [2] 南竹力: 低高度地球周回衛星電波を用いた大気水蒸気分布観測システムの開発, 鹿児島大学院 陸学研究科博士学位論文, 2008.
- [3] M. Nishio, et al., "In-orbit Verification of a Pico-satellite for Atmospheric Water Vapor Observations," 2nd Nano-Satellite Symposium, CD-ROM (2011.3).
- [4] 吉武晴信・木村敏則・後澤康徳・西尾正則: 高度 300km に投入された超小型衛星群の軌道履歴 をもとにした大気構造の解析,第8回宇宙環境シンポジウム集録, Sep., 2011.
- [5] 後澤康徳・木村敏則・吉武晴信・西尾正則: 超小型衛星 KSAT の軌道履歴をもとにした超低高度軌道の大気抵抗について, 平成 23 年度鹿児島県気象研究会集録, Nov. 2011.

珪藻の被殻形態パターンを再現する自己組織化モデルの構築

石田 花菜 ^{1,2}, 内藤 泰宏 ^{1,2,3}, 冨田 勝 ^{1,2,3}

¹ 慶應義塾大学大学院 政策·メディア研究科 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322 ² 慶應義塾大学先端生命科学研究所 〒997-0035 山形県鶴岡市馬場町 14-1 ³ 慶應義塾大学 環境情報学部 〒252-0882 神奈川県藤沢市遠藤 5322

e-mail: kana87i@sfc.keio.ac.jp

Construction of a self-organizing model for valve pattern formation in diatoms

Kana Ishida^{1,2}, Yasuhiro Naito^{1,2,3}, and Masaru Tomita^{1,2,3}

¹ Systems Biology Program, Graduate School of Media and Governance, Keio University, Fujisawa, 252-0882, Japan

² The Institute for Advanced Biosciences, Keio University, Tsuruoka, 997-0035, Japan Faculty of Environment and Information Studies, Keio University, Fujisawa, 252-0882, Japan

Abstract:

Diatoms are microscopic unicellular algae which form greatly diverse symmetrical silicate cell walls, especially known as "frustules". Silica biomineralization, the biological mechanism behind this process, is still unclear. In this study, we constructed a mathematical model for pattern formation of centric diatom and carry out computer simulation. The model consists of uniform elements, which repel each other, and the boundary of the field. Simulation results showed that spontaneously formed patterns resembled the surface patterns of diatom frustules. The results suggest the repulsive interactions between elements may play a significant role in well-regulated pattern formations of diatoms.

Keywords:

biomineralization, diatom, self-organization, pattern formation, mathematical model

【研究背景】

生物が殻・歯・骨などの硬組織を形成するバイオミネラリゼーションは、無機物と生体高分子との相互作用による自己組織化現象のひとつである。単細胞藻類の珪藻は、数十万種以上の美しく幾何学的な構造をした珪酸質の細胞壁(被殻)を生成する[1]。精緻なパターンで構成される被殻は、バイオミメティクスの観点からも注目される一方、その分子機構は大部分が未解明である。

図1.モデルのパラメータを変化させ、多角形の被殻形成をそれぞれ再現したシミュレーション結果の1例.

【研究目的と研究内容】

単細胞生物が備えうる形態形成機構として、互いに ュレーション結果の 1 例 反発する要素が被殻領域内に自己組織化的に配置することで整然としたパターンが出現する、という仮説を提案し、これに基づく数理モデルを構築した。モデルの数値シミュレーション結果から、様々な形態で珪藻の被殻パターンを再現できることが示された(図 1)。

[参考文献]

[1] David J. Norris (2007). Material Science: Silicon life forms. Nature, 446:146-147

微化石のトランプ

松岡 篤・小林由枝

新潟大学理学部

matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

Playing card of microfossils

A. Matsuoka and Y. Kobayashi

Keywords: microfossil, SEM image, playing card, learning tool

1. はじめに

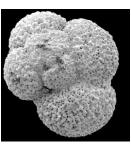
顕微鏡でみるサイズの化石を微化石という. 放散虫,有孔虫,珪藻といった原生生物の殻や花粉・胞子の化石は代表的な微化石である.微化石は少量の堆積岩に多量に含まれるため,地質学や古環境学にとって重要である.しかしながら,その微小なサイズのために一般の方には馴染みの薄い存在といえる.そこで微化石の知名度をあげるためのツールとして,微化石の走査型電子顕微鏡(SEM)画像を貼り込んだトランプを作成した.微化石のトランプは,学習教材としても利用できることを示す.

2. 標本と微化石トランプの作成方法

トランプの絵柄に使ったのは佐渡市質場の 沢根層に含まれる微化石の SEM 画像である. 沢根層は新生代第四紀の地層で,日本海で形成 された海成層である. 質場の崖に露出する沢根 層の泥岩には,有孔虫,放散虫,珪藻の殼,節 足動物の貝形虫の殼,カイメンの骨針,ウニの 微小な棘などが多量に含まれている.

微化石の SEM 画像は、通常の撮影手順により得た。画像ソフトをもちいて、微化石画像を紙面の所定の位置に貼り付けてトランプを作成した。紙のサイズを正確に揃えるために、印刷にはミシン目の入った名刺用の用紙を使用した。





放散虫(左)および有孔虫(右)の SEM 写真

3. 微化石トランプの使用法

微化石トランプは、通常のカードゲームとして使用できるのはもちろんである。ここでは、 絵柄を使った学習教材としての利用のしかた について述べる。

1組のトランプはジョーカー1枚を加えて 53 枚である. 1組のトランプには同一の岩石 試料から産出した微化石を載せていることか ら,同時代に生息していた生物の多様性の一端 を示していることになる.形態上の特徴に基づ いて微化石をグループ分けすることにより,大 まかな分類が体験できる.区分したグループの 個体について,さらに形態を比較することによ り,グループ内の形態多様性が認識できる.

トランプ1組にあたる 53 枚では、微化石の 形態多様性の全容を示すには少なすぎる. 分類 学の学習教材として実際に使用するためには、 1つの分類群あたり数百枚は揃えたい. トラン プには枚数の制約があるが、知名度の高さは抜 群である. 枚数の拡張性は今後の課題である.

タイ北部からのイノシシ科化石の形態と分類

小澤祐介 ^a, 福地亮 ^b, 仲谷英夫 ^a ^a 鹿児島大学大学院理工学研究科 ^b(株) 阪神コンサルタンツ k9104984@kadai.jp

Identification of a new Suidae fossil from northern Thailand

Yusuke Ozawa^a, Akira Fukuchi^b, Hideo Nakaya^a

The Graduate School of Science and Engineering, Kagoshima University

bHanshin Consultants co., Ltd.,

Abstract: A new suid fossil found in the Chiang Muan Formation which is one of the most famous fossil sites in the Thailand is composed of a nearly complete set of an individual skeleton. The fossil preserves shape and structures of its bones, especially teeth and mandible. Therefore, it is anticipated that the identification of the suid is possible.

Keywords: Miocene, Mammalia, Suidae, Thailand, Fossil

1.はじめに:

イノシシ科は後期始新世から現生に至るまでかなりの多様性を示している(1)。本標本は 2005 年にタイ・日本古生物調査隊(TJPET)によりタイのチェムアンから発掘されたものである(2)。本標本は一個体からなる骨格の一部(遊離した上顎歯、下顎歯を含んだ左右の下顎骨、四肢骨、体幹骨の破片など)が保存されている。

2.分類:

東南アジアでは今までにイノシシ科とペッカリー科に属する化石種が発見されている(3)。イノシシ科とペッカリー科を比較するとペッカリー科では下顎角に下顎角突起が発達する(4)が、本標本の下顎角には下顎角突起が発達していない。この特徴から本標本はイノシシ科に属する。亜科より下位の分類は Pickford (1988)と Made (1999)を参考にした(5.6)。前臼歯が大型化しており歯の表面のエナメル質に皺が発達する特徴から本標本は Tetraconodontinae 亜科に属する。また大型化した前臼歯の大きさが第一大臼歯に対して僅かに上回る点と下顎第三前臼歯と下顎第四前臼歯と下顎第三大臼歯の歯の大きさから Conohyus 属に属する。今後の課題としては、同亜科の外群を含め同属の種と詳しい比較を行い種レベルの分類を進めたい。

- 1. McKenna, M. C., and Bell, S. K., (1997). Classification of Mammals Above the Species Level. Columbia University Press, p. 393.
- 2. Fukuchi, A., Ratanasthien, B., Hanta, R., and Wongchai, N., (2006). The Journal of the Geological Society of Japan 112, 5, IX-X.
- 3. Pickford, M., Nakaya, H., Kunimatsu, Y., Saegusa, H., Fukuchi, A., and Ratanasthien, B., (2004). C. R. Palevol 3, pp. 65-75.
- 4. Liu, L.-P. (2003). Chinese fossil Suoidea-Systematics, Evolution, and Paleoecology. University of Helsinki, Department of Geology, Division of Geology and Paleontology, Doctoral disseration, pp. 1-41
- 5. Pickford, M., (1988). Münchner Geowissenschaftliche Abhandlungen Reihe A, Geologie und Paläontologie 12, pp. 1-91
- 6. Made, J. van der, (1999). Transactions of the Royal Society of Edinburgh: Earth Sciences 89, pp. 199-225.

放散虫と有孔虫の石膏模型

岸本直子 (摂南大)

発表者の専門分野は、ロケットや人工衛星といった宇宙空間で機能する構造物の形や機能の研究である。宇宙空間は、高真空と微小重力という2つの大きな地上にない特徴をもつ。このうち、高真空に関しては、真空チャンバーという試験装置(JAXAつくば宇宙センターでは最大直径13m)を用いて 10^{-5} Pa(大気圧は、約105Pa)以下の環境を実現することができる。しかし、微小重力環境は、落下塔やパラボリックフライトを用いても、 10^{-3} G(Gは重力加速度)程度を数秒間しか作り出せない。

このように地上試験で十分に試験できない微小重力下で合理的な構造物とは何かを考えるために、浮力によってある程度重力から解放されている水中生物の形態と構造に着目してきた。水中生物のなかでも放散虫は、化石中に骨格が保存され、約5億年の進化過程がたどれる。放散虫の形態変化は環境の変動に適応した結果であり、その変遷をたどることで、微小重力環境でどのような構造物が合理的かの現実の例証が得られると考えている。

これまで主に電子顕微鏡写真に基づいて骨格構造の数理モデル化などに取り組んできたが、構造力学的あるいは機能的な考察は、内部を含めた実際の3次元構造を元に議論しないと、机上の空論になりかねない。そこで、マイクロCTを用いた放散虫骨格の3次元構造取得を進めてきた。

マイクロCTによって得られた3次元形状データは、コンピューターグラフィックスを使って自由に拡大、縮小、回転、切断など加工することができるが、モニタ画面での2次元的な表現では、実際の3次元形状を空間的に把握したり、とくに複数の研究者間で共通認識を得たりすることには困難が伴う。そこで、我々はこれらのデータを3次元プリンタで出力して拡大模型を製作し、模型を使って議論を進めている。任意の断面で切り取った拡大模型も製作可能なので、内部を含めた3次元構造の検討や確認に有効活用できる。また、博物館や研究機関での展示用模型として提供している。今回は新たに取得した放散虫と有孔虫の3次元データを基にして製作した模型(下図)を中心に展示する。





第 69 回形の科学シンポジウム討論記録(会誌第 25 巻第 2 号の追記) 「かたちと人間」

【主催】形の科学会 【会期】2010年6月25日(金),26日(土),27日(日)

【会場】東京学芸大学 20 周年記念飯島同窓会館 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

Edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形

杉本晃久(科学芸術学際研究所 ISTA)

Q①:六角形タイルより五角形タイルの方が強度、経済性等から有効な点はありますか。 それともデザインですか。

②: 私自身も実は神戸の公園で五角形のタイルがしかれていてかなり疑問に思いました。六角形タイルの方が、強度、経済性などから有利な点はありますか?

A: 同じ周長をもつ平面図形では円がもっとも面積が大きくなります (これは等周問題として知られています)。この関係を元に正六角形と正五角形(正五角形はタイル張り出来ませんが)を比べると、同じ周長ならばより円に近い正六角形の

ほうが面積が大きくなることがわかっていただけると思います。したがって、凸六角形タイルの方が凸五角形タイルよりも経済性にすぐれているはずです。また強度もより円に近い凸六角形のほうが高いと思います。以上のような観点から、

強度や経済性という面では、凸六角形タイルのほうが凸五 角形タイルより優れていると思います(ただ、公園などの 歩道に敷かれているタイルは、五角形でも六角形でも強度 面においてそれほど大差ないというか、その差を問題にす る必要性はほとんどないような気もします)。

では、なぜ凸五角形タイルが敷かれているかと考えると、それはデザインのバリエーションが多いことが一つの要因ではないかと私は推測します。単純に凸五角形タイルと凸六角形タイルの type の種類を比べても、凸五角形タイルは 14 種あるのに対して凸六角形タイルは 3 種しかありません。

また凸五角形のタイリングであってもその五角形タイリングの基本領域(凸五角形を何枚か組合せ平行移動だけで平面を埋め尽くせるようなもの)の形が、六角形になるようなもの(例えば、「A+B+D=360°、C=E=90°、a=b=c=d=e」という条件を満たす凸五角形タイルなど)が存在します。そのようなタイリングは、最小要素はたしかに凸五角形であるかもしれませんが、実は経済性や強度に優れている六角形のタイリングであるとみなすことが出来ます。このようなものはまさにデザイン性の観点から、凸五角形をタイリングの要素に用いているのではないでしょうか。

ただし、以上は私が推測したことなので、実際にタイルを制作している企業などは違う理由で五角形を採用しているかもしれません。

第71回 形の科学シンポジウム

「形、模様、画像の時間変化の科学と応用」

【主催】形の科学会 【共催】千葉大学総合メディア基盤センター、千葉市科学館

【会期】2011年6月17日(金), 18日(土), 19日(日)

【会場】6 月 17 日(金), 19 日(日)千葉大学自然科学系総合研究棟 1 1 階大会議室 〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区 弥生町 1-3

6月18日(土)千葉市科学館 7階企画展示室

【世話人】植田毅 〒182-8570 東京都調布市国領町 8-3-1 東京慈恵会医科大学

【参加費】会員・非会員とも一般 3000円, 学生 1500円

【懇親会】2011年6月18日(土)19:00 三井ガーデンホテル千葉 http://www.gardenhotels.co.jp/chiba/

【懇親会費】一般 5000 円, 学生 2000 円

討論記録(記録の残るもののみ掲載しています)

6月17日(金)

会場:千葉大学自然科学研究棟1大会議室

[座長:松浦執]

Forum

ナノグラフェンリボンの端の形と電子状態の関係

夏目雄平¹,藤本茂雄²,富田竜太郎¹(¹千葉大学理学研究科,²千葉大学普遍教育センター)

Q: 1) 六角形が一蹴8個より小さいのは観察されていないとのことですが、これより小さくなると六角形の平面が保てなくなるからでしょうか。

2)六角形が斜めに並んで筒を作る場合は見つかっていますか。 (本多)

 $A: 1)_{\pi}$ (パイ) 電子の正常な分布が成立しなくなるように考えられる。

2)斜め並びもあると考えられる。

形、模様、画像の時間変化の科学と応用

分子科学に現れる形の科学, 化学の音

中村振一郎 1 , 納本淳 1 , 井出祐昭 2 (1 理化学研究所, 2 井出音研究所)

Q: 発表された3例のうちあとの2例(RasRafの解離および糖分子の遊離)は音がとぎれとぎれであったのですが、どうしてですか。1体のものが2体に離れるという不連続な現象だからですか。(本多)

A: 化学反応の内実と音の相関は、確かにあり、いま整理しています。解離現象だからとびとびという訳ではありません。違う時期に作成したデータを一度におきかせしましたので、そのようは印象を与えてしまいました。Molecular Dynamicsの時間間隔を幾つおきに周波数(音)に変換するかという、数値が違うものだからです。現在は後半の例に統一していま

す。

球面上の Vertex Dynamics (その2)

吉野隆¹, 岸本直子², 松岡篤³, 栗原敏之³, 石田直人³, 木本克典⁴, 松浦執⁵(¹東洋大学理工学部, ²摂南大学理工学 部, ³ 新潟大学理学部, ⁴(独)海洋研究開発機構地球環境変 動領域, ⁵東京学芸大学教育学部)

Q: 辺の長さのばらつきを最小化する様なポテンシャルには 考えられないのか? (小山)

A: 平均とは何かを考えてみると、どのような式にすればいいのかは難しそうである。

Q: 成長にともなう体積の変化は考えているか?計算量として難しいかもしれないが辺のつなぎ変えの距離もパラメータだと思われます。どうやって求めているのでしょうか? (大日方)

A: 今の所考えていない。どちらかといえば逆のセンスで辺を 短くするなど縮む方向である。 つなぎ替えの距離は単位球の 長さの 1%ととりあえず決めている。

Q: ポテンシャルの各項の意味についてはどのように検討されていますか。頂点間距離の項は、放散虫の硬部の材料の量に関する意味があると思う。面積の指定は何に対応するのか、考えられるほうが良いと思う。

A: 面積は大きな穴があかないことに対応している。

[座長:石原正三]

形と知

バイオメディア・アートとしてのシアノバクテリアの造形に ついて

岩崎秀雄 (Metaphorest (bioaesthetics platform),早稲田大学大学院理工学術院)

Q: 布状とは具体的にどのようなことか? (石原)

A: フィルム状でかつ組織が互いにからみあつた状態を意味 する。

Q: 泡の膜に沿ってバクテリアが分布する写真があった。泡の内部の気体は何か? (高木)

A: バクテリアが光合成で生成した酸素が主成分である。物理化学とバクテリアが共同で形成した。

今風ペーパークラフト作成のためのプロトタイプデザイン 田中正彦 (兵庫大学経済情報学部)

Q: ここでいう「プロトタイプ」が何を指しているかがよくわかりませんでした。いくつかのバージョンが示されていましたが、「最終バージョンのひとつ前のバージョンが最新バージョンのプロトタイプ」という理解で正しいでしょうか?(手嶋)

A: 発表の中でお見せしたものはすべてプロトタイプです。作品の元になるものと考えてください。プロトタイプを利用すると数多くのペーパークラフト作品が作りやすいことを目標としています。作品は展示をご覧ください。学生が今風なキャラクターなどを作成しています。

立体映像の学習利用の可能性

柳澤文香,吉井拓弥,小池貴子,中村優美,松浦執 (東 学大・教育)

Q: 1)後半でムービーが2つ並んでいたのは片方が従来の3 DCG で他方が最新の立体映像だったのでしょうか?それと も立体視用のムービーだったのでしょうか

2) 球が楕円体の様な形に変形して表示されていたのは、どのように理解すれば良いですか? (特定の変換あるいは投影法によるものでしょうか?) (手嶋)

A: 1) 左右の画像がそれぞれ左目用、右目用に対応します。 映写では、これらの画像を、光軸を合わせ、互いに垂直に偏 光させた2つの映写管から、スクリーンに投影しています。 2) 透視投影で描写されています。絵画的な距離感がつくのですが、カメラの画角を広角にしていることと相まって強い歪んで描写されるのではないかと思います。

C: 分子の運動を理解したとはどういうことか?立体視したら、平面視よりも分子間相互作用を理解したといえるのか?むしろ、見た目自然だったかどうかであり、分子間の理解ともいえないのではないか?方程式の代わりにこのようなアプローチで方程式を示す中味にせまろうという試みかもしれないとすら感じた。(中村)

A: 立体映像では深さ方向の認識の負担がなくなり、3次元空間での運動が把握しやすくなると思います。ポテンシャルエネルギーを変えることに伴って、粒子間距離が同様でも運動の様子が変わることを動画で認識できます。立体映像にすることで、3次元的な動きを認識する負担が減ることと、粒子に固定した運動座標系から観察するという視点の切り替えができます。このときにも、空間内で自らが揺れているという感覚は立体映像の方が得られやすい印象を持っています。さらに進んで、方程式が表している運動を、仮想的にせよ、より実感に結びつけるということが目標です。

Q: 理数科教材に立体概念形成のために必要な教材が少なく、 強化すべき立体概念を体験すること自体が重要ではないか。 (石原)

A: 同感です。手に取って理解できるモデル、空間の中に配置 された物体モデルなどに加えて、視点を自由に変えられるメ リットを生かして、そこに自分がいるかのように感じられる 教材ができないかと考えています。

形の科学一般

河川網, 葉脈, 樹枝状結晶, そしてミウラ折り 徳永英二 (中央大学)

Q: 結晶合成の場合、樹枝状結晶の形状が悪化すると聞いたことがあるが、樹枝状結晶の形状も一般に言えることなのか。 (石原)

A: 現状では一般的な特徴かどうかは不明。

Q: 1) ハイビスカスの時の葉脈の二分枝は、葉の成分で生じたもので葉が芽の中で折りたたまれているときは三分枝なのではないか。

2) 葉脈を折り線とした折りたたみにより、葉脈の形も決まるというモデルを考えたことがある。

3) 葉の展開に伴い、成長すると河川網と同じメカニズムが働くのかもしれない。(海野)

A: 葉脈が河川網と同じ役目をするなら、三分枝するよりも二分枝の方が得だ。

Q: 三分枝は物理的な不安定ではあるが、解であるのか単なる プロセス (解ではない) のどちらでしょうか。

A: 物理的な問題としての安定ではない(流路がぶつかる) パッキングの問題もある。うめつくさなければならないという要請がある。

Q: 葉脈は植物にとって水分配の効率化という観点から考えるのであり、目的関数をもたないし河川網とは異なるのではないか。

A: どちらの場合も物理的制約の下にもっとも起こりやすい 状態が実現される。

↑これは Dewar の Maximum Entropy(Hypothesis のことを指しておられるのだと思う)

Roderick Dewar(2005?) Math phys Gen 2009 J Theor. Biol.

中生代放散虫 Pantanellium の骨格構造と形態形成

松岡 篤¹,吉野 隆²,栗原敏之²,石田直人¹,木元克典³,岸本直子⁴,松浦 執⁵(¹新潟大学理学部,²東洋大学理工学部,³(独)海洋研究開発機構,⁴摂南大学理工学部,⁵東京学芸大学教育学部)

Q: ゲノムと形の関係はどうなっているのか?ゲノムが規定

したものより環境の効果がはるかに大きく形を決めるといえますか? (中村)

A: ゲノムがまだそこまで追いついていません。

Q: 現在放散虫は骨格の成長が観察されるのに対し、化石放散 虫では成長個体しか見つからない点についてシーラカンスな どは 生と成体と生活圏が違うため、群れには成体しか観察 されないそうだが、化石放散虫と現生放散虫で生活様式が異 なるということはないか? (阿竹)

A: 基本的には、すべての死骸が降り積もると考えられるが、幼生の骨格は殻が薄くて溶けやすいため、化石として残りにくいと考えられている。

Q:1日から19日までの観察があるが、その中はどうなっているか。(本多)

A: スポンジ様のシリカの殻がある。これは1日目のものは小さい。次々に外側に付加されて19日目には大きな殻になっている。

[座長:吉野隆]

形の科学一般

Marcia P Sward Lobby タイリングの分析と価数 5 の node を持つ凸五角形タイリングの探索

杉本晃久(科学芸術学際研究所 ISTA)

Q: 1) Ps に注目したのは何故か?

2) Ps 以外に価数値が 5 の node をもつタイリングを作れる可能性がある凸五角形はあるか? (吉野)

A: 1) 72° の内角を 2 個もっている凸五角形なので、価数 5 の node をもつタイリングを作れる可能性が高いと思えた。

2) 価数 5 の node を 1 つ中心にもつ回転対称な凸五角形タイリングが知られており、そのタイリングは 72° の内角を 1 個もつ type 2 に属す凸五角形で作ることが出来る。価数 5 の node をもつ凸五角形タイリングはそれ以外には知られていない(見つかっていない)と思う。

八面体のスケルトンで作る正十二面体の折り紙モデル 石原正三(埼玉県立大学 保健医療福祉学部)

Q: 1) 八面体スケルトンユニットの作り方。

2) ユニットを組み合わせたり、はずしたりの試行をどのようにして可能にしているのか。

A: 1) ユニット折り紙の折り方は笠原邦彦氏や布施知子氏等 の折り紙作家の書籍を参照

2) 面と面、稜と稜を接続する際は、接続部分に接着剤を直接塗ります。角と角を接続する際は、接合部分に短く切った水引を挿入します。はずすことはめったにありませんが、必要なときは弱粘着性の接着剤を使用します。

Q: 数学的に不可能であるが、折り紙のたわみによって立体構造が可能になるという言葉の意味がわかりませんでした。(小山)

A: 1) 各ユニットが少しずつ完全に対象な状態からずれることで、全体としてバランスの良い構造となっている

2) これは準結晶のモデルである(結合のひずみ)

Q: 折り紙で準周期構造を発見することの意味は? (吉野) A: 八面体を基本構造として、正十二面体やペンローズパターン折り紙モデルを制作して、準周期構造を探ることに意味がある。今回の発表では、折り紙は手段でしかない。

美の幾何学 XII 次元際幾何学的情報交流の試み(1) 4 次元球面を 3 次元有限領域に写像する試み

小川泰(産業技術総合研究所客員研究員,NPO 科学芸術学際研究所 ISTA)

Q: 5 胞体の三次元展開図から 4 次元折り紙の意味で折りたたむ様子が先生の方法でどのように表現されるのか興味はある。(海野)

A: 平射法で表現してみる。

Q: 1)図の5つ目の頂点はどこにあるか。

2)五胞体については乙部融郎さんの立体モデルがあるが。 (阿竹)

A: 1)5つ目の頂点は裏に隠れた失敗の図。

2) 乙部さんのモデルとは異なるアプローチになる。

2 等辺 3 角形が作りだす同素 4 面体 2(n+2)連結環状体 横田至明 (TAMA 市民塾)

マイクロ CT でみた放散虫の 3 次元形態 岸本直子(摂南大学 理工学部 機械工学科)

Q: 分解能の限度は何によりますか。(本多)

A: CCD です。これを上げることは今後可能です。

6月18日(土)

会場:千葉市科学館 7階企画展示室

[座長:阿竹克人]

形の科学一般

縄文土器の文様と縄の特性

高木隆司¹, 植田 真²(¹神戸芸術工科大学デザイン学部, ²㈱パスコ研究開発センター)

Q: 局面である縄文土器の表面で縄を転がした場合と平板の 上を転がした場合で同じ式が適用できますか。(小山)

A: 原理的にはできません。しかし、曲面の曲率半径は、縄の直径に比べてはるかに大きいので、近似的に適用できると思います。

巣と餌場を結ぶ人工経路を用いたアリの経路選択挙動の研究 平山 修¹, 萎澤隼也¹, 石渡信吾²(¹東京農工大学工学 部,²横浜国立大学工学研究院)

Q: 距離の長短より時間の長短で整理するほうがポイントを つかめないか(力学や光学の運動のように)。人間も時間の方 が強い行動因子だろうから。(大高)

A: 時間による整理はかえってデータをばらつかせるという 感触である。大きくは先行者によるフェロモンの残量が決め、 それからのはずれの原因をつかもうとしている。

Q: 人口経路を定期的に新しいものに交換して、

1. 学習効果が消失→フェロモン説支持

2. 学習効果が残る→フェロモン以外の学習効果メカニズム を示唆するのではないか。(小山)

A: 原理的にはそれでよいが、経路を交換することが技術的に可能かどうかが問題である。(後で検討した結果、人口経路の容器の底面にOHPシートを敷き、そのシートの出し入れが可能な構造に人工経路容器を作成することで比較的簡単に質問の趣旨に沿った実験ができることがわかった。)

Q: 20%がうろつき回るというのは、エサを探すためには良い バラツキではないかと思うが、どう思われますか。(中村)

A: そういった面もある。複数の餌場がセットされた場合に (現実に対応)、アリがうろつきまわる割合がいくらのときに より多くの餌場がより早く発見されるかをシミュレーション などで調べると確認できそうである。

[座長:植田毅]

招待講演

化学反応によって駆動される液滴運動 北畑裕之(千葉大学大学院理学研究科)

Q: 1)アルコールの動きのエネルギー効率はどれくらいか。 2) BZ 反応は $\Delta \mu$ (ケミカルポテンシャル) の差が作る振動でないか。(中村)

A: 1) 抵抗など、未知の物理量が多く、計測も難しいため、 効率を求めるのは難しい。

2) 1)の議論と同じことかもしれない。

Q: 水・アルコール系での運動で、適当な大きさのときは円弧になって増速していくが、そのメカニズムは。やはり大きさ

に依存するのか。(中村)

A: 動くことで変形し、変形したことで増速することがうまく 連動する大きさになっている。

Q: 1)BZ 反応は無動状態と地上で違いは生じるか。

2) 左巻きと右巻きの渦はどうして生じるのか。

3)渦の中心はどうなっているのでしょうか。(川崎)

A: 1)実施された航空機による微小重力実験は短時間であるので違いは明確ではない。

2)同心円パターンの線分が切れることにより、左右がペアで 生じる。

3)物質的には周囲との差は特にない。

Q: 液滴内部の運動を Stokes 方程式を用いて解くとき、液滴表面の境界条件が理解できないか。(高木)

A: \mathbf{r} =R で、 $\mathbf{v}_{\mathbf{r}}$ =0, $\mathbf{v}_{\mathbf{r}}$ 0 としたのは誤りで、外部流の $\mathbf{v}_{\mathbf{r}}$ 0 としなければならない。

渦・波動・不安定性

青木圭子 (東邦大学理学部大型プロジェクト)

Q: 流線図のシームの意味は何か。

A:

Q: カルマン渦が音を発生するということについて、自転車に乗ったときの風の音は耳が起こす渦から出ていると考えてよいか。(阿竹)

A: それでよい。手すりなどでもピッチによってきれいな形は ど音を発生しやすくなる。

Q: 1. (図) シミュレーションで、板の温度は均一なはず。 なぜ「湧き出し点」「引き込み点」など(水平方向に) 不均質 な挙動がシミュレートされるのか。

2. 計算上の丸め誤差と物理的な揺らぎは同じものなのか。 (小山)

A: 1. 計算上の丸め誤差による。

Q: 少ない流線の表示で1つ飛ぶことがあるが、これは対流することにより流れが加速されて、速い所ができたと考えてよいのか。(中村)

A: 現象として考えていなかったが、そのようなことが考えられる。

Q:つい隆のトレーサーの起動が突然隣に移り変わるのは、流れが完全に定常になっていないことを意味するのか。(高木) A:その通りです。

C: 円形の領域での熱対流は同心円状のロールパターンになって落ち着く。ところが、おちついた状態で長く放置すると、 平衡な直線状ロールになったという実験結果を聞いたことがある(高木)

A:現在は計算時間が長く取れるので、それを確認することは 可能である。

[座標:松岡篤]

招待講演

金平糖とその類似構造

中田友一(中京大学国際教養学部)

Q: 金平糖はポルトガル原産というのは初めて知ったが、茶の 湯でも使われている。茶の湯はかくれキリシタンのミサだっ たと言われているが。(阿竹)

A: 茶の湯とキリシタン大名は重なるところが多く、そうだったと思われる。小説「利休の妻」などでも扱われている。

Q: 1)金平糖のツノの成長は、ツノの先にくっついているのが鍾乳石のようにしずくがたれて成長しているのでしょうか。 2)「おーい金平糖」の御本の中で、音楽の「金平糖の踊り」の日本語訳を考えた人を知っていたら教えてくださいと書かれていましたが、解決したのでしょうか。(沼原)

A:

Q: 1)ニッケルの金平糖が小さいのは材質によるものか。

2)また、大きくなると球状に近くなるのか。(中村)

A: 1)そう思うが、鉛等では出来ない様である。

2)大きくなると球状に近くなるようである。

Q: 座長の松岡先生、金平糖のような放散虫はいませんか。(岸本)

A: いるが、でき方は違うかもしれない。

Q: 1)金平糖の内部パターンに外形に沿ったゾーニング(層状パターン)は観察されるか。(川崎)

2)好物の自然碑も類似の過程でできたと考えてよいか。

Q: 1)金平糖の内部パターンに外形に沿ったゾーニング(層状パターン)は観察されるか。

2)好物の自然碑も類似の家庭でできたと考えてよいか。

A: 1)観察される。密度の違いがあり、層状構造が見られる。 製造会社によって製品の密度差がある。

2)多分、その通り。

Q: 金平糖の角の形成メカニズムとして、球面上の歯車のか み合わせが効いているのではないか。(高木)

A:角はランダムに出ているので、そうは思わない。

バクテリアのコロニー形成-実験とモデル化-松下 貢 (中央大学理工学部)

Q: 枝分かれしている時、枝もいっしょに分かれているように見えましたが。(流田)

A: 核かどうか見ていない。

Q: 3次元的な広がりのある場合はどうなるのでしょうか。球や球滴は? (岸本)

A: 好気性と嫌気性のバクテリアをつかって実験できるのではないか。

Q: 経路が途中で広がったり狭くなったりして密度が変わる 様な実験系は組めないか。(小山)

A:

Q: ターゲットドターンで、先端が細かく分岐したら成長が止まっている。分岐とその中の個体数が減少することが、不活発化の原因ではないだろうか。(高木)

A: 先ほど話したモデルの主旨は、それを考えに入れたのである。

Q: 同心円状のパターンが残るためには、周期的増殖するだけでなく内側の円の細胞密度が変化しない必要があると思う。 運動はしていないのか。(大日方)

A: していない。細胞間相互作用の問題かもしれない。モデルとしては先に話した2種のしきい値のモデルである。

Q: このようなパターンをバクテリアがつくると、どんなよい ことがあるのでしょう。(本多)

A: 代謝のことやいろいろ考えられているがよくわかっていない。

尿路結石形成のメカニズム

坂本信一(千葉大学大学院医学研究院泌尿器科)

Q: シスチン結石で日本人特有ということは、欧米人とは遺伝子異常のメカニズムがまったく違うのか。(中村)

A: その通りであり、発表されて初めて判った事である。

CT, MRI 画像からの心臓内血流の再現

井宮淳 (千葉大学総合メディア基盤センター)

Q: 計算機解剖学というネーミングから人体の有限要素法による人体の再構築のようなお話かと思ったのですが。(阿竹) A: 医学のほうでは診断に使いたいという要請があり、それは個人差よりも標準モデルの話ではないか。いろいろなアプローチが平行して走っているのでそういうアプローチの方もいる。

Q: 結石に必要な有機物質を加えて in vitro で生成実験をすることが考えられる。そのような例はあるか。(高木)

A: n vitro の実験を行ったができなかった。生体内でないとで

きないようだ。

Q: 結石の形と大きさに関係は見られるのか。(田中) A:

形の科学一般

キュビスムとガラス建築——近代技術による心性の変容 秋丸知貴(美術史家)

Q: キュビスムとガラス建築の類似性(相関)は「キュビスムからガラスへ」影響したという「因果関係」を説明しないのではないか。(小山)

A: 発表者は、単純な技術決定論や一方向的な影響関係を認め ない。まず、最初の本格的なガラス建築であるジョセフ・パ クストンの《クリスタル・パレス》は 1851 年の第 1 回ロン ドン万博時に完成し、以後、フランスでもガラス建築は 19 世紀後半以降徐々に普及して行く。一方、典型的なキュビス ム絵画であるパブロ・ピカソの《アルルの女》は、フランス で 1911 年から翌年にかけて描かれている。このことから、 一般化するガラス建築の現実的な新しい透明空間が、キュビ スム絵画の想像上の新しい透明空間概念の成立を促した可能 性は否定されない。また逆に、そうしたキュビスム絵画の想 像上の新しい透明空間概念が、さらに透明性・開放性・脱実 体性を追求して発達するガラス建築の現実的な新しい透明空 間のモデルとなった可能性も考えられる。従って、その影響 関係は一方向的ではなく相互作用的である。少なくとも、デ ッサウのバウハウス校舎(1926年)を設計したヴァルター・ グロピウスは、キュビスム絵画に強い影響を受けている。

Q: 観音開きのカガミとキュビスムとの関連はありませんか。 (坂本)

A: 多様な成立要因の複合的産物である絵画表現を、唯一つの成立要因だけに還元することはできない。発表者は、キュビスムにはガラス建築だけではなく様々な成立要因が背景にあると考えている。その要因の一つとして、観音開きの鏡の影響の可能性も否定することはできない。しかし、ここでは蓋然性の高低こそが重要である。実際に、ピカソはガラス建築が普及する20世紀初頭のパリで生活し、グロピウスはそのピカソが描いたキュビスム絵画に強い関心を持っていた。また、現実にピカソ(1881年生まれ)とグロピウス(1883年生まれ)は同世代であり、共に不透明的・閉鎖的・実体的な空間から透明的・解放的・脱実体的な空間を求める19世紀後半以降の同時代的な共通心性を有していたと考えられる。そうした共通心性に基づき、一方ではガラス建築が発展し、他方ではキュビスムが展開し、その両者の間には相互作用も働いていたと考える方がより蓋然性が高い。

懇親会 三井ガーデンホテル千葉

6月19日(日)

会場:千葉大学自然科学研究棟1大会議室

[座長:平山修] 展示・ポスター紹介

CG と折り紙で肺の「かたちからくり」を体感しよう 北岡裕子(株) JSOL)

個体の運動形質の違いによるバクテリアコロニーのパターン 形成シミュレーション

森河良太, 宮川毅, 高須昌子 (東京薬科大学生命科学部)

ストローと輪ゴムを用いたテンセグリティー 工藤 清(手づくりおもちゃの科学館)

絞りの展示

中村健蔵(MathArt 作家)

形と知

絞り染めの可能性を考える Ⅱ

中村健蔵(MathArt 作家)

Q: ご自身のデザインされた幾何学的パターンを布地に表現する事が目的と思います。最近は、2D プリンターの技術で布地にも着色が出来る様に思いますが、目指しておられるのは、その様な技術に頼らず、伝統技法とのコラボレーションでしょうか。今後の布地への展開プランが他にもありましたらご教示下さい。

A:

Q: 染物屋が要求どおりに作業してくれないのなら自分で絞って自分で染めたらいかがでしょうか。(高木)

Δ.

Q: 染色の順番を変えると、他の色はどう変わるか。また、その理由は。(平山)

A: 微妙に色合いが変わる。先に組織に結合した方の色素が他の色素の結合を妨害するのではないか。

形の科学一般

ハインツマン固定肺を使用した肺胞腔の Helicon Focus による解析

小和田佳織,流田智史,本多 修,富山 憲幸

(橋本市民病院, 大阪大学大学院医学系研究科 放射線医学 講座)

Q: Helicon Focus 法の焦点の会っている部位はどの様に認識されるのか。(小山)

A:5万円程度の市販ソフトで自動解析できるそうです。

[座長:山口喜博]

形、模様、画像の時間変化の科学と応用 横隔膜の力学的非対称性が言語中枢を左に導く

北岡裕子 ((株) JSOL)

Q: 横隔膜のように1つしかない体内の部位に右脳左脳が関係するということはどう理解すればいいのか。(松岡)

A: 横隔膜は受動的に振舞っている。

肺は左右あり、肺の動きが横隔膜の動きに影響を与えている。 肺の動きが言語能力に関する右脳左脳問題に関係している。

Q: 脳の言語中枢の左右性と横隔膜の左右性の関係ですが、横隔膜の右左で、右の方が、じゃまがなく素直な動きをしている。これが左脳と連絡しあうので、左脳が言語機能に関連するということでよろしいか。(本多)

A: そうです。

草本のフラクタル成長と葉面積-葉数べき乗則

小山耕平(石川県立大学 生物資源環境学部 環境科学科 植物生態学研究室)

Q: 発見されたべき乗則は植物の成長の環境について、集団平均をとったものと考えてよいか。植物の密度による影響はないか。(植田)

A: いろいろな地点から採取している。それでも、この法則が成り立つことが興味深い。密度には基本的には影響されないであろう。

Q: ウバユリの葉の分裂は本当に「分裂」するのか。(大日方)A: していない。ウバユリは一度出たら一年はその大きさ、キクイモは後から出たほうが必ず大きい。ここで分裂といっているのは、1枚1枚の葉が分裂するのではなく、葉の集団(1個体)全体の葉数が増えていく様子を、個体の表面が分裂していくという形でモデルとしてそう考えるとべき乗則が成り立っていたということである。

Q: トマトやキュウリなどの場合も同様のことが言えるのか。 (平山)

A: 観測してはいないのが、特定の種に固有の現象であるとは 考えていない。 ニューベキアの葉の発生過程における表現型可塑性のモデリング

中益朗子, 末松 J 信彦, 木村成介 (明治大学 グローバル COE)

Q1: ①予稿の図1の水中での写真の枝の方向は、2D的でなく3D的にいろんな方向を持つという理解で良いですか。

②図1の写真3つを統一的に記述する数理モデルの構築を目指されているのであれば、シミュレーションの格子は2D 六方格子よりも3D の格子(例えば面心立方格子)を用い、その中で空気中での葉の形(2D だ円的)を説明できたら良いと感じました。(手嶋)

Q: 1)表現型の異なる葉ですが、どの形態を同じ単位のもの とみなせるでしょうか。

2)葉の成長率が表現型の異なるものではかなり違いがあると思いますが、成長方向も含めてどのような違いがあるでしょうか。(松浦)

A: 1)まだあまりはっきりしていない。

2)水中の葉の成長率はかなり低い。より詳細な成長率の測定も必要だろう。

C: 水中、気中で葉の形が異なるという興味深い対象への研究なので、進展を期待しています。(本多)

タイムラプス観察に基づく多細胞性シアノバクテリアのヘテロシスト分化パターニングの解析

石原潤一 1 ,浅井宏啓 1 ,岩森俊介 1 ,宮城康之 1 ,岩崎秀雄 1,2 (1 早稲田大学理工学術院先進理工学研究科電気・情報生命 専攻、 2 Metaphorest)

Q: ヘテロシスト細胞のすぐ横で切断する事は可能ですか。 (小山)

A:

Q: "細胞分裂系統図"で分裂のタイミングが微妙に同期しない現象が面白い。どうして、このような状態になるのか理解されているのか。(松岡)

A: 検討中である。

Q: 1)細胞間の連絡は細胞間に穴が開いていると考えてよいのですか。

2)細胞の代償はいろいろあって、シフト間は細胞数(数の字は判別不可能)ではなく絶対的な距離が重要と考えてよいか。(本多)

A: 1)そうである。2)その可能性がある。

[座長:根岸利一郎]

形の科学一般

彗星理論の変遷――天体力学の観点から

杉本 剛(神奈川大学工学部)

Q: ハレーはどのような方法で積分を行ったのでしょうか。 (川口)

A: アルキメデスによる放物線と弦の囲む「かたち」の求積法を使った。

Q: ハレー彗星が戻って来るまでの間、ニュートンは主流ではなかったということか。また、1687年当時に戻ってくるのが1758年と正確に予想できる精度があったのか。(中村)

A: ニュートン自身も光の説明にはエーテルを必要としていたなど、明確に信じられるまでには長い時間が必要であった。また、ハレー彗星が逆行(リトログレイド:時計回り)であり、反復の記録が残っていたので、ある程度正確に予想された。プリンキピア第2-3版ではニュートンがハレーに軌道と周期を求めさせている。

可逆馬蹄写像のホモクリニック軌道に対する強制順序関係 山口喜博¹,谷川清隆²(1帝京平成大学,²国立天文台)

Q: 1)この研究は非可積分系の一分野か

2)軌道の出現順序がなぜ重要か(根岸)

A: 1)非可積分系の一分野です。

2) 出現順序によって位相的エントロピーが決まります。その結果、弱いカオスから強いカオスに向かう途中の状態を理解することが可能になります。

Q: ホモクリニック軌道とは何ですか?

A: ホモクリニック軌道は、時間軸で無限の過去もまた無限の 未来も同じ周期軌道 (サドル) に向かう軌道です。ホモクリ ニック軌道の周りからカオス領域が広がっていきます。

積雪表面に現れる雪えくぼ:パターンとメカニズム

茂木智行¹, 島田 亙², 竹内由香里³, 小南靖弘⁴, 山口 悟⁵(¹佐藤工業, ²富山大学大学院理工学研究部(理学領域), ³ 森林総合研究所十日町試験地, ⁴中央農業総合研究センター 北陸研究センター, ⁵防災科学研究所 雪氷防災研究センター) Q: ①人工降雪の実験で、密度の高い領域を作ってやらないと 雪えくぼはできないのか?

②①であるということは、ある程度積雪の状態にバラツキが必要ということか?

③②ということは何らかのパターンになっていそうか? (大日方)

A: ①最初にやってみたが、穴はあくがきれいなパターンには ならない。

②そう思う。

③何かのパターンにはなっていそうだが、細かいパターンでもあるし詳しくはわからない。

Q: 人口積雪実験で積雪表面の凹凸の揺らぎの影響はないのか。かんなをかけたように人工的に平らにした場合はどうなるか。雨を降らせた場合の雨粒の揺らぎはどういう分布になっているのか。(植田)

A: 装置の構造上一度平らにならしてから繰り返し、雪を降らせている。雪の下の水がたまる層が重要で、それほど大きな影響はない。

三日月型砂丘の衝突ダイナミクス

勝木厚成 1 , 西森拓 2 , 遠藤徳孝 3 , 谷口圭輔 4 , 菊池誠 5 (1 日本大学理工学部, 2 広島大学理学研究科, 3 金沢大学自然科学研究科, 4 同志社大学理工学部, 5 大阪大学サイバーメディアセンター)

Q: 砂丘のパターンの相図を二次元で示しているが、シミュレーションで示しているように、パターンの時間変化があるので相図には時間軸が必要ではないか。(植田)

A: それをやりたいと思っているが、だれもがどうすればよいのか分からない状態。

Q: dune は周期構造が出来る物理があって、それが原因して transverse に並ぶと思いますが、Barchan はそのようなこと がなく、ソリトンライクな動きをする。Barchan と dune の 相図の境界はどうなっているのか。また、同サイ回の Barchan が風に立して横に相前後してあったときに風の流れの上で相 互作用はないのか。(元廣)

A: ①Barchan と dune の相境界のことはよくわかっておらず、 今後の課題と思う。

②Barchan の横に並んでの相互作用はあるかもしれないが、 今回は3次元のシミュレーションはやっていないので、それ が表れていない。

ダイニンとマイクロチューブが作る自走粒子のパターン形成 永井健¹, 住野 豊², Huges Chatéc³, 大岩 和弘 ^{4,5} (¹東 大理, ²愛知教育大教育, ³cCEA-Saclay, ⁴未来 ICT 研究所, ⁵兵庫県立大学)

Q: 渦の動画で右回りと左回りで一方の数が多いように見えるが、それは見かけの問題か。同数になる場合、物理的根拠はあるのか。一方向に回っているものが反対に回ることもあ

るのか。(植田)

A: 見かけの問題で、だいたい同数になっている。この場合に は回転方向が変化することもある。

Q: 渦の回る方向はどうなっているのか。(中村)

A: 一つの渦の中でも左右両回りがあり、決まっていない。

[座長:杉本剛]

形、模様、画像の時間変化の科学と応用

画素分散化表示による視認性の改善

根岸利一郎, 関口久美子(埼玉工業大学・先端科学研究所) Q: プログレッシブというのがあったが、それとの長所をとって、最初の表示で3×3画素で表示して後は正確に埋めていくというのではどうか。(中村)

A: 上手く画素分散が出来れば、その方法を取り入れることもできるかもしれない。

Q: 1)円形表示の場合の空白の解決にはハードウェアが必要なのか。画像情報の格納方式を工夫すればよいのか。

2)最初の画像の視認性で白い部分を他の色に変えることで 視認性は向上しないのか。(大日方)

A: 1)ハードウェアでないと難しい。

2)画像の種類で変えることは計算量の点から望ましくないため、全画像で同じである。表示対象周辺の画素を大きく表示することは可能。

Q: 長方形領域を正方形に分割して、それぞれの中で同じ方法 を適用すれば上手くいくのではないか? (小山)

A: 正方形の表示で処理すればよいと思われる。

あたけぼねシザーズ構造の展開過程その1あたけタワー 阿竹克人((株)阿竹研究所)

Q: 1) 底面の形が四角以上の多角形では形状不安定とはどういうことを指すのか。

2)正三角形以外(例えば二等辺三角形)ではどのような展開となるか。(杉本)

A: 1)例えば四角形にすると、四角隅の動きに拘束がないため タワーと中の四角が平行四辺形になってしまうことをいう。 ただし、逆に利用すればたたみやすい。

2)二等辺三角形だとすると、タワーになるが短い辺に相当する部分が展開しきるとそれ以上のびず直線になることはない。

Q; Aspect 比が 1 でない場合には白いダミーの領域があることにして、Aspect 比を 1 にしたら、Aspect 比 1 のときに良好な結果が得られた Gn.Gn-1 が使えないか。

A: それは良い idea だ。

Q: テントの重さはどのくらいか。

A:

太陽電池サブモジュール用集電線パターンの最適化の実証実 験

大日方圭,加藤直彦,竹田康彦,元廣友美((株)豊田中央 研究所)

Q: 樹木では、ダヴィンチ則、パイプモデルがあり、合流したときの断面積の和は一定(断面積保存則)である。各パイプは円柱ではなく円すい台になる。これらのルールを参考に配線を組んだらどうか?

A:

文字から見る変動型視覚誘導場モデルの可能性 沓名健一郎(名古屋市立大学)

Q: 1)ガウシアンブラーをかけた「大」3種類の違いを説明していただきたい。赤い線の意味は。

2)静電場は文字間のモデルにはならないのか。(中村)

A: 1),,,2)ならない

Q: 文字のかたまりでの視認性や流れのとらえやすさが読みやすさに関わる要素もあると思います。(松浦)

A: 今回は文字ごとで考えたが、漢字かなまじり文で読みやすさを増すなどのこともあり、文字のかたまりを考慮することも必要と思われる。

展示

72°の内角を2 つ備えた4 等辺凸五角形を使ってタイリングを作ってみよう!

杉本晃久(科学芸術学際研究所 ISTA)

運動性シアノバクテリアのコロニーパターン形成のダイナミ クス

深澤有貴 1 , 岩崎秀雄 1,2 (1 早稲田大学理工学術院, 2 Metaphorest)

あたけぼねシザーズ構造の展開過程その1あたけタワー 阿竹克人((株)阿竹研究所)

流れのシミュレーションとその可視化 升水厚、桑原諸兄((株)計算流体力学研究所)

事務局からのニュースメール

本記事は形の科学会ニュースメールの内容抜粋です。(問合せ:事務局松浦執 shumats0@gmail.com)

2011年10月29日

○サイエンスアート展のご紹介

形の科学会と関係の深いNPO法人ISTAの主催するサイエンスアートの展示会をご紹介します。

1. 「これがサイエンスアートだ 第2弾」ギャラリー ASK

日時:2011年11月14日(月)-19日(土)11:30-19:00

e-mail: <u>saku@oak.ocn.ne.jp</u>

http://www.kb-net.com/ask/ 場所:ギャラリーASK 〒104-0031 東京都中央区京橋

場所:ギャラリーASK 〒104-0031 東京都中央区京橋 3-6-5 木邑ビル 2F, TEL03-5524-0771 FAX03-5524-0772

2. 「これがサイエンスアートだ 第2弾」サイエンス アゴラ

日時:2011年11月19日(土)-20日(日)10:00-17:00場所:日本科学未来館3階サイエンスライブラリ東京都江東区青海2-3-6

http://www.scienceagora.org/scienceagora/agora20

いずれも案内は http://www.npo-ista.org/。

2011年10月22日

○横幹連合の情報

*第4回横幹連合コンファレンス

「21世紀のイノベーション創出に向けた知の創造」

2011年11月28~29日, 主催: 横幹連合

会場:石川ハイテク交流センター

http://www.trafst.jp/conf2011/index.html

*第32回横幹技術フォーラム

日時: 2011年12月9日(金)13時30分-16時40分会場: 文京シビックセンター(26階)スカイホール(最

寄駅 都営地下鉄 春日,東京メトロ 後楽園)

主催: 横幹技術協議会、横幹連合 【テーマ】情報共有による社会インフラの強靭化

~システム技術の新たな挑戦課題~

【企画趣旨】世界中で都市の在り方に多くの関心が集まっている。安全快適な都市生活や活力あるビジネス活動のために、物流・移動、エネルギー、水、情報通信など社会インフラの強靭化は不可欠であり、同時に、優れた強靭化策を備えた社会インフラはグローバルなビジネス競争力を強固なものにする。横幹科学技術は、市民、企業、インフラサービス提供事業者、行政などの関与者や設備に対して、適切な情報連携の形を導くことによって、強靭なシステムづくりに貢献できる筈である。本技術フォーラムでは、3.11での経験を踏まえ、社会インフラの強靭化をはかる上での基本的な考え方と具体的な取組み動向や課題、強靭化に係るシステムデザインの新たな方法論について学び、議論する。

【参加費】 横幹技術協議会会員企業の関係者、横幹連合会員学会の正会員、学生は参加無料。当日資料代: 1,000 円(希望者のみ) 一般 5,000 円(資料代込) 【フォーラムHP・オンライン参加申込】

http://www.trasti.jp/forum/forum32_kyg.html

*横幹連合ニュースレター 2011年10月号 (No. 27) http://www.trafst.jp/news.html 編集:ニュースレタ ー編集室

<<目次と 主な掲載内容 >>

1 ●巻頭メッセージ◆ サービスサイエンス と 横断型科学技術…… 小坂満隆 横幹連合理事(北陸先端科学技術大学院大学 知識科学研究科長)「21世紀のイノベーション創造に向けた知の統合と知の創造」というテーマで、本年11月28日、29日に第4回横幹連合コンファレンスが、北陸先端科学技術大学院大学

(JAIST) で開催されます。私は、コンファレンスの実行委員長を務めています。知の統合については、いろいろな領域や技術分野に「空間的」に広がってゆく知の統合という側面に加えて、(昔から受け継がれてきた)伝統的な知と(最先端技術を活用した)最新の知との、時代を超えて響き合い、再解釈され続ける、「時間的」な広がりを示す知の統合という側面もあると思います。加賀という伝統文化の地で、横断型科学技術の研究者が一同に集い、知の統合や横断型科学技術の意義について議論できますことを心から期待しています。==>>続きはこちら

http://www.trafst.jp/news.html#message

2●活動紹介【活動紹介】第31回横幹技術フォーラム 「企業における事業継続計画 (BCP) の必要性」に参加 して (9月27日) ····· 辻内賢一 (日立製作所 OB) 最 初に丸谷氏から、今回のテーマである、企業における 「事業継続計画の概要と今回の震災を踏まえた最新動 向」についての包括的な講演が行われました。「事業 継続計画」とは、危機や災害が起きることを前提とし た危機管理の手法で、非常に限られた経営資源で最低 限の事業活動を継続する、あるいは、事業を目標復旧 時間以内に再開できるようにするため、事前に策定さ れる行動計画のことです。内閣府の事業継続ガイドラ インにおいては、これは緊急時の、経営や意思決定、 管理などのマネジメント手法の一つと位置付けられ、 平時の事前対策を含めて、事業の継続と復旧に力点が 置かれているようです。経済学の知見に富む丸谷氏の 講演からは、特に、危機や災害などの「リスク」に備 えるためには、「コスト」が必要であることを、強く 意識させられました。==>>続きはこちら

http://www.trafst.jp/n1/027/report.html

3 ●参加学会の横顔 横幹連合に参加している学会を紹介するコーナーです. ◆日本品質管理学会 ………会長 鈴木和幸 氏 (電気通信大学 教授)==>>詳細は http://www.trafst.jp/nl/027/profile.html

2011年10月22日続報

○日本地球惑星科学連合ニュース

日本地球惑星科学連合公開講演会のお知らせ 日本地球惑星科学連合として初めての秋季公開講演会 を開催します.学校の先生と中高生が対象とあります が,大学生・大学院生,研究者,一般の方々のご参加

■日本地球惑星科学連合 学校の先生と中高生のための公開講演会 「地球惑星科学と社会〜震災を振り返り、未来へつなぐ〜」

も歓迎いたします. どうぞ奮ってご参加下さい.

日時:2011年11月5日(土) 14:00~17:00

場所:東京大学弥生キャンパス 弥生講堂(東京都文京区弥生 1-1-1 東京大学農学部内)主催:日本地球惑 星科学連合

内容:地球惑星科学は,太陽系の起源と進化を探り,地球史46億年の変動と進化,現在の地球の姿の解明を目指す基礎科学であるとともに,地震や津波,火山噴火,気象災害,地球環境変動など,私たちの社会と密接に関わる側面もあります.本講演会では,地球温暖化問題や東日本大震災にみられる基礎科学の役割とその課題について考えるとともに,小惑星探査機「はやぶさ」の科学成果と将来の夢について解説します.

- ・石川有三((独) 産業技術総合研究所,静岡大学防災 総合センター) 「東北地方太平洋沖地震と地震学的課 題について」
- ・中島映至(東京大学大気海洋研究所)「地球温暖化問題と原発環境汚染問題:科学的知見の重要性と科学者の役割」
- ・橘省吾(東京大学大学院理学系研究科)「「はやぶさ」が教えてくれたこと. 「はやぶさ 2」がめざすもの」

• 総合討論

http://www.jpgu.org/whatsnew/20111105JpGU_sympo/2011autumn_lecture.html★できる限り上記URLから事前申し込みをお願いします.

2011年9月18日

○非線形に関するシンポジウムのご紹介

シンポジウム「創発と自己組織化一魅惑の非線形」の ご案内

非線形科学研究者各位

ますますご活躍のこととお慶び申し上げます。さて、今回、下記のように九州大学にて「創発と自己組織化一魅惑の非線形」のシンポジウムを開催いたします。このシンポでは、パターン形成ならびに自己組織化を研究なさっている国内の第一線の研究者の方々に創発、自己組織化、複雑系などをそれぞれの研究面から話していただくことにしています。これらの用語はちまたにあふれていますが、人それぞれで解釈が異なります。そこでそれぞれの方がどのように捉えているか、ご専門の立場から話していただき、この分野の将来はどのように進むかあるいは何が問題かについて討議できれば幸いと考えています。

あわせてメイルをお送りした方々に創発や自己組織化、非線形についてどのような疑問やお考えをお持ちかについてのアンケートをお願いしています(後記)。 当日、パネルディスカッションの中でアンケートから 得られた疑問等に対する講演者の方々のお考えもお聞きする予定でいます。

このアンケートは下記のウェブベージにも記載されていますので、そこから回答頂いても結構ですので、 宜しくお願いします。

http://www.ap.kyushu-u.ac.jp/anke/questionnaire.html

皆様のご参加を宜しくお願い致します。九州大学 工学研究院 甲斐昌一

----- 記 -----

創発と自己組織化ー魅惑の非線形ー

日程:2011年11月21日(月)~22日(火)

会場:九州大学 西新プラザ(福岡市早良区西新 2-16-23)

http://www.kyushu-u.ac.jp/university/institution-use/nishijin/ 参加料:無料

詳細は下記をご覧ください。

http://www.e.ap.kyushu-u.ac.jp/ap/seminar/files/fascination20111121.html

お問い合わせ先 九州大学工学研究院 日高芳樹 hidaka@ap. kyushu-u. ac. jp

2011年9月8日

○第72回形の科学シンポジウム「運動と形」の講演募集

【講演・展示申込締切日】 2011 年 10 月 14 日 (金) 【予稿原稿・Forma 原稿提出締切日】 2011 年 10 月 28 日(金)【参加(講演・展示なし)申込締切日】 2011 年 11 月 25 日(金)

今回から、

- シンポジウム講演申し込みおよび予稿原稿送信
- シンポジウム参加申し込み(登壇されない方の事前 登録)

を web サイトで行っていただくことになりました。学 会の公式 web サイトは次の URL に移動しました。

http://katachi-jp.com/

web サイトがリニューアルされています。構築作業は 現在も継続していますが、ぜひご覧いただき、ご要望 などをお寄せください。講演申し込みなどは新しいホ ームページ上部の水平ナビゲーションバーの右側にあ る「入会案内、各種申し込み」のメニューから選択し ていただけます。

講演申し込み:

http://katachi-jp.com/moushikomi-kouen 概要原稿投稿:

http://katachi-jp.com/moushikomi-yokou 参加申し込み(非登壇者):

http://katachi-jp.com/moushikomi-sanka 予稿フォーマットなど:

http://katachi-jp.com/paperkitei

第72回形の科学シンポジウムホームページは

http://wwwfs.acs.i.kyoto-u.ac.jp/~syuji/20111209

【会期】 2011年12月9日(金)~11日(日)

【会場】 鹿児島大学理学部1号館(郡元キャンパス)

〒890-8580 鹿児島市郡元1丁目21番24号

【問合せ先 代表世話人】宮崎修次 〒606-8501 京都

府京都市左京区吉田本町 京都大学 情報学研究科

Tel: 075-753-3388 FAX: 075-753-3391 E-mail: syuji@acs.i.kyoto-u.ac.jp

秦浩起 〒890-8580 鹿児島県鹿児島市郡元1丁目21

番 24 号 鹿児島大学 理工学研究科(理学部)

E-mail: hata@sci.kagoshima-u.ac.jp

【参加費】12月9日,10日 会員・非会員ともに一般 3000円,大学院生・大学生1000円,高校生無料 12月11日 全員無料(一般公開日)

【懇親会費】 会員・非会員ともに一般 5000 円, 大学院生・大学生 3000 円, 高校生 1000 円

【講演・展示申込締切日】 2011 年 10 月 14 日 (金) 【予稿原稿・Forma 原稿提出締切日】 2011 年 10 月 28 日 (金) 【参加 (講演・展示なし) 申込締切日】 2011 年 11 月 25 日 (金) 詳しくは web サイトをご覧ください。シンポジウムへのご参加をお待ちしております。

2011年8月31日

○形の科学会公式 web サイトの移動のお知らせ

国立情報学研究所が学協会情報発信サービスでのホームページ構築支援サービスを終了することから、本会の旧サイト http://wwwsoc.nii.ac.jp/form/から、9月1日より次の新しいURLに形の科学会公式webサイトを移動いたします。

http://katachi-jp.com/ (すでに移動済みです) 今後は新しい web サイトをご参照ください。

2011年8月1日

○本会が加盟する横幹連合からのニュースレター配信のご連絡です。

■□■横幹連合ニュースレター 2011 年 7 月号

(No. 26) ■□■ http://www.trafst.jp/news.html 編集:ニュースレター編集室

<<目次と 主な掲載内容 >>

1 ●巻頭メッセージ◆統計科学の研究者の横断型科学 との関わり……田村義保 横幹連合副会長(統計数理研 究所副所長) ==>>続きはこちら

http://www.trafst.jp/news.html#message

2●活動紹介

【活動紹介】第30回横幹技術フォーラム「知の統合による経営の高度化に向かって~未来経営の構想と技術課題~」(3月22日)第30回横幹技術フォーラムが、東日本大震災発生直後の3月22日、千代田区の日本教育会館で行われた。==>>続きはこちら

http://www.trafst.jp/n1/026/report.html

3●参加学会の横顔 横幹連合に参加している学会を紹介するコーナーです. ◆日本シミュレーション&ゲーミング学会 ……… 会長 兼田敏之氏==>>詳細はこ

ちら http://www.trafst.jp/n1/026/profile.html

4 ●イベント紹介 横幹連合の主催・共催イベントの開催情報です. ==>詳細はこちら

http://www.trafst.jp/n1/026/event.html

2011年7月14日

会員の方の著書のご紹介です。

「いきいき物理わくわく実験3」(愛知・三重物理サークル編著、日本評論社、2310円)

物理のプロによる、分かりやすいイラストが好評。身近な材料でできる実験や、本質的で面白い実験に加え、大学での授業の例や、生物学との関連項目も充実。物理を学ぶ側にも、教える側にもためになる、内容盛りだくさんの一冊です。

○新入会の皆様(敬称略)

波多 祐紀 大阪大学医学部形成外科

秦 浩起 鹿児島大学理工学研究科(理学部)

○新入会の皆様のご紹介(敬称略)

このコーナーでは、交流の促進を目的として、新入会の皆様の「主要研究分野」(\mathbf{A} と略記)と「形の興味」(\mathbf{B} と略記)、もしくは、お寄せいただいたご自身によるプロフィール記事(\mathbf{C} と略記)を掲載します。

波多 祐紀 大阪大学医学部形成外科

A: 形成外科医としての臨床活動

B: 血管の先天奇形 トポロジー フラクタル

秦 浩起 鹿児島大学理工学研究科(理学部)

A: 非線形科学,統計物理学,理科教育 B: 非線形ダイナミクスがつくるパターン形成,力学系のアトラクターや分岐といった形,画像データからの形の抽出,動画像データからのダイナミクスの抽出,生命系での形と機能の関係

○2011 年度第 1 回形の科学会運営委員会議事録

日時:2011年6月17日(金)11:45-12:45

場所:千葉大学総合メディア基盤センター4 階会議室〒263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町 1-3

出席者:植田毅、小川泰、海野啓明、岸本直子、高木隆司、手嶋吉法、徳永英二、中村振一郎、西垣功一、福井義浩、本多久夫、松浦執、松岡篤、宮本潔、日高芳樹(敬称略) 議題:

- (1)会員関係報告: 2011 年 6 月 17 日現在 429 名. (昨年度 6 月 25 日 441 名)
- (2)2010年度の活動についてつぎのように報告された。
- ・2010年度シンポジウムを次のように開催した。

第 69 回:東京学芸大学「かたちと人間」2010 年 6 月 25 日 (金) ~ 27 日 (日) (世話人:松浦執).

第 70 回:兵庫県立加古川東高等学校「色と構造」(世話人:川勝和哉、日程:2010 年 11 月 19 日 (金) ~21 日 (日)).

- ・形の科学会誌第25巻1~3号を刊行した。
- ・FORMA Vol.25 を刊行した。
- ・2010年度かたちシューレを次のように開催した。

石川県加賀市山中温泉河鹿荘ロイヤルホテル(〒922-0126 石川県加賀市山中温泉河鹿町ホー100)(2011年2月19日(土)~20日(日))。世話人:平田隆幸、高田宗樹(福井大学)、松浦康之(名古屋大学)

- (3)2010年度決算報告が行われ2010年度決算が承認された。
- (4)2011年度活動計画について、次のように報告された。
- ・シンポジウムは次のように開催する。

第71回:千葉大学「形、模様、画像の時間変化の科学と応用」2011年6月17日(金)~19日(日)(世話人:植田毅。共催:千葉大学総合メディア基盤センター、および千葉市科学館)。 第72回:鹿児島大学(世話人:宮崎修次).

- ・会誌第26巻1~3号を刊行する。
- ・FORMA Vol.26 を刊行する。
- ・2011 年度「かたちシューレ」は、2012 年 2 月下旬に四万温泉にて開催予定。世話人:根岸

利一郎(埼玉工業大学)

(5)2011 年度予算案が報告され、承認された。

(6)2011 年度学会賞選考結果が宮本潔学会賞選定委員長により報告され、承認された。論文賞は北岡裕子氏。奨励賞は秋丸知貴氏。

(7)その他

- · Forma 編集部からつぎのような審議事項が提案され、審議した。
- 1. FORMA の学会と出版社との間の権限の分掌について、出版社より細則の提起があった。
- 2. SciPress から次のような提案があり、審議した。
- 1)FORMA 特集号の冊子媒体を配布している国内外の図書館、その他依頼のあった図書館には、CD-ROM 版も配布する。
- 2)リポジトリへの登録と公開の依頼に対しては、積極的に協力する。
- ・「形の科学百科事典」の英訳版の執筆依頼を行う。
- ・形の科学会 HP を国立情報学研究所の学協会情報発信サーバーから民間のサーバーに移行する。沓名氏に担当を依頼。
- ・日本感性工学会大会を協賛する。
- ・新潟大学「形の科学研究センター」企画事業を後援する。
- ・「岡倉天心記念六角堂等復興基金」に寄付を行う。
- ・株式会社美和企画より、Milsil 誌(国立科学博物館)の連載記事への協力依頼。
- ・その他、日本地球惑星科学連合、横幹連合に関する報告など。 (以上)

○2011 年度形の科学会総会議事録

日時:2011年6月18日(土)17:45-18:30

場所:千葉市科学館 7F 企画展示室 千葉市中央区中央 4 丁目 5 番 1 号

議題:

- (1)会員関係報告が行われた: 2011年6月17日現在429名. (昨年度6月25日441名)
- (2)2010年度の活動が以下のように報告され、承認された。
- ・シンポジウム開催

第 69 回:東京学芸大学「かたちと人間」 2010 年 6 月 25 日 (金) \sim 27 日 (日) (世話人:松浦執).

第 70 回:兵庫県立加古川東高等学校「色と構造」(世話人:川勝和哉、日程:2010 年 11 月 19 日 (金) \sim 21 日 (日)).

- ・形の科学会誌第25巻1~3号を刊行した。
- ・FORMA Vol.25 を刊行した。
- ・2010 年度かたちシューレを実施した:石川県加賀市山中温泉河鹿荘ロイヤルホテル(〒922-0126 石川県加賀市山中温泉河鹿町ホ―100)(2011年2月19日(土)~20日(日))。世話人:平田隆幸、高田宗樹(福井大学)、松浦康之(名古屋大学)
- (3)2010年度決算が報告され、村田智会計監査による監査報告が示され、承認された。
- (4)2011 年度活動計画が次のように報告され、承認された。
- ・シンポジウム開催

第71回:千葉大学「形、模様、画像の時間変化の科学と応用」2011年6月17日(金)~19日(日)(世話人:植田毅。共催:千葉大学総合メディア基盤センター、および千葉市科学館).

- 第72回:鹿児島大学(世話人:宮崎修次).
- ・会誌第26巻1~3号を刊行する.
- ・FORMA Vol.26 を刊行する.

- ・2011年度「かたちシューレ」2012年2月下旬、四万温泉にて開催予定。世話人:根岸利一郎(埼玉工業大学)。
- (5)2011年度予算案が報告され、承認された。
- (6)2011 年度学会賞選考結果が宮本潔学会賞選定委員長により報告され、承認された。論文賞は北岡裕子氏、奨励賞は秋丸知貴氏に授与される。

(7)その他

- · Forma 編集部からの審議事項が報告された:
- 1. FORMA 細則の学会への提起(出版社との権限の分掌について)
- 2. SciPress からの提案
- 1) 印刷物 (特集号) を配布している国内外の図書館へ、印刷されていない通常の論文も CD-ROM 等に収録し配布する。その他、依頼のあった図書館にも配布する。
- 2) リポジトリへの登録と公開の依頼に対しては、積極的に協力する。
- ・形の科学会 HP の移行 (国立情報学研究所の学協会情報発信サービスでのホームページ構築・ 提供支援が終了することに伴い、本年度中にサーバーを移行する)
- ・形の科学会が日本感性工学会大会を協賛する。
- ・形の科学会が新潟大学「形の科学研究センター」企画事業を後援する。
- ・「岡倉天心記念六角堂等復興基金」について形の科学会から寄付を行う。

(総会後引き続いて学会賞授賞式が行われた) (以上)

○平成 22 年度決算 会計監查報告

平成22年度形の科学会会計について、通路に入れ理とれているこれを確認した。

平成23年6月17日

○平成 22 年度決算および平成 23 年度予算

平成 22 年度決算 平成 23 年度予算

(平成 23 年 6 月 18 日総会)

	収入の部	
	平成 22 年度決算	平成 23 年度予算案
前年度より繰越	3,537,227	2,669,623
賛助金	0	0
会費	1,352,000	1,800,000
出版助成金	0	0
雑 収 入(合本等販売)		
(銀行振込)	129,908	60,000
受取利息	83	170
シンポジウム参加費	682,000	680,000
シンポジウム展示等	0	0
懇親会費	330,850	330,000
合計	6,032,068	5,539,793

支出の部							
	平成 22 年度決算	平成 23 年度予算案					
出版・校正費(和文							
誌)	764,720	760,000					
人件費	304,736	280,000					
通信費	86,152	85,000					
交通費·宿泊費	327,530	200,000					
振込手数料	21,440	30,000					
諸雑費(事務用品等)	144,917	150,000					
会場費	27,487	50,000					
講演準備費	130,000	160,000					
会合費(懇親会)	357,460	330,000					
英文誌出版費	1,137,953	1,200,000					
	学会分担金	学会分担金					
内訳:	(1,137,953)	(1,200,000)					
	出版助成金 (0)	出版助成金 (0)					
学会賞賞金	60,000	40,000					
合計	3,362,445	3,285,000					

	平成 22 年度決算	平成 23 年度予算案		
収支差引残高	2,669,623	2,254,793		

平成 23 年 6 月 17 日

平成23年(2011年)度 形の科学会賞選定報告

形の科学会 学会賞選定委員長 獨協医科大学 宮本 潔

今年度の学会賞については、論文賞1件(北岡裕子氏:他薦)、奨励賞1件(秋丸知貴氏:自薦)の応募があった。学会賞推薦を受けて、3月7日から3月31日まで学会賞選定委員会で審議を行った。審議の結果、論文賞1件、奨励賞1件はこの賞の趣旨に沿うものと認め、全員一致で2011(平成23)年度学会賞を選定した。

選定委員会としては、形の科学会学会賞候補者として下記の2氏を推薦したい。

記

論文賞: 北岡裕子 氏

"A 4-Dimensional Model of the Alveolar Structure" by H. Kitaoka, G. F. Nieman, Y. Fujino, D. Carney, J. DiRocco, and I. Kawase The Journal of Physiological Sciences 57(3) (2007) 175-185.

理由: 提出論文は、医学的に新しい知見を与え、時間の要素を取り入れ、呼吸の実態を機能のからくりとして、折り紙モデルに発展させたオリジナルとなる論文である。素人にも分かり易いモデルを実現した点が高く評価されるとともに今後の「形の科学」啓蒙の可能性を有する。よって、論文賞受賞に価すると判断する。

奨励賞: 秋丸知貴 氏

「近代絵画と近代技術――近代技術的環境における心性の変容の図像解釈学的研究」形の科学会誌 第25巻第2号、形の科学会、2010年11月、117-126.

理由:美術の歴史に技術進歩という科学が関与する視点が考慮されている。歴史的な流れに沿って整理しながら、「近代技術による心性の変容」という現代において書かれていて当然とも思える観点が今までなく、ユニークで面白い提起である。ただ、抽象造形に対する一貫した解釈として近代技術の登場だけでは解決できぬ問題が多々あり、この点が今後展開されることを期待したい。同主張を専門分野へ投稿し一石を投じる契機となるなら、この論文が受賞する価値がある。よって、奨励賞受賞に価すると判断する。

形の科学会誌の原稿募集

本誌は、"かたち "に関連した研究を促進するため、high quality な論文の発表、及び、できるかぎり 自由に意見を発表できかつ討論できる場を提供することを目的として、原稿を募集しています。

原著論文 (original paper)、解説論文 (review paper)、速報 (rapid communications)、討論 (commentary)、講座 (単発および連載)、エッセイ、交流、ニュースなどを掲載し、形の科学会の会員は本誌に投稿することができます。本誌に投稿された論文 (original paper, review paper) は、査読過程を経てから掲載することを原則とします。また、速報、討論、講座、エッセイ、交流、ニュースなどに関しては、より自由な発表場所を提供することを旨とし査読過程を経ずに掲載しますが、編集委員会で掲載が不適当であると判断された場合は、改訂を求めること、あるいは掲載をお断りすることがあります。

本誌の論文を論文中で引用される時は、日本語論文の場合は、形の科学会誌、11、(1997)、1-2. 欧文論文の場合は、Bulletin of Society for Science on Form, 11, (1997), 1-2. というように引用してください。

本誌は、シンポジウムの予稿原稿も掲載しています。本誌のシンポジウム要旨を論文中で引用される時は、形の科学会誌、12、(1997)、1-2 (シンポジウム要旨)、欧文論文の場合は、 Bulletin of Society for Science on Form, 12, (1997), 1-2 (Extended Abstract of 39th symposium). というように引用してください。

『形の科学会誌』論文投稿の案内

1 Editorial Board

編集委員長 (Chief Editor) 平田隆幸

副編集委員長 (Sub-chief Editor) 清水祐樹 (物理学・地球惑星科学)

編集委員 (Editor) 高木隆司 (物理・美術)

渡辺泰成 (数学・幾何学)種村正美 (数学・幾何学)

本多久夫 (生物) 鳥脇純一郎 (工学)

宮本 潔 (医学)

2 原稿投稿先

形の科学会誌への投稿論文(original paper, review paper, 講義ノートなど)の宛て先は、編集委員長・副編集委員長・編集委員とする(宛先は下記参照)。

平田隆幸 910-8507 福井市文京 3-9-1. 福井大学 工学部 知能システム工学科

Phone: 0776-27-8778, Fax: 0776-27-8420, Email: d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp

清水祐樹 480-1195 愛知郡長久手町岩作雁又 21, 愛知医科大学 医学部 生理学第 2 講座

Phone: 0561-62-3311(内 2212), Fax: 0561-63-9809, Email: yuuki@aichi-med-u.ac.jp

高木隆司 192-0371 八王子市南陽台 3-3-13

Phone: 042-675-0222, Fax: 042-675-0222, Email: jr.takaki@iris.ocn.ac.jp

渡辺泰成 290-0171 市原市潤井戸字大谷 2289-23, 帝京平成大学 情報システム学科

Phone: 0436-74-5979, Fax: 0436-74-3659, Email: watanabe@cn.thu.ac.jp

種村正美 233-0002 横浜市港南区上大岡西 3-5-3-307

Phone: 03-3446-1501, Fax: 03-3446-1695, Email: tanemura@ism.ac.jp

本多久夫 675-0101 加古川市平岡町新在家 2301, 兵庫大学 健康科学部

Phone: 0794-24-0052, Fax: 0794-26-2365, Email: hihonda@hyogo-dai.ac.jp

鳥脇純一郎 470-0393 豊田市貝津町床立 101、中京大学 生命システム工学部 身体システム工学科

Phone: 0565-46-6633, Fax: 0565-46-1299, Email: jtoriwak@life.chukyo-u.ac.jp

宮本潔 321-0207 栃木県下都賀郡壬生町北小林880, 独協医科大学総合研究施設

Phone: 0282-87-2271, Fax: 0282-86-5678, Email: miyamoto@dokkyomed.ac.jp

3 投稿論文の処理過程

- 1)編集委員は、投稿論文を受け取った時点で、論文の種類・受付日を付加してオリジナル原稿1部を副編集委員長に送る。
- 2)編集委員は、original paper, review paper に関しては、査読者1名を決めて依頼し、修正等の過程を経て受理決定をおこなう。受理原稿は、受理日をつけて副編集委員長に送る。
- 3)編集委員が却下 (reject) と判断した論文は、編集委員が、意義申立をする権利があることを付記して著者に返却する。再投稿された論文は、元の、あるいは新たな査読者に依頼し、同様に受理・却下を決定する。その結果として却下の場合は、編集委員は書類一切を編集委員長、および(必要な部分をコピーして)副編集委員長へ送る。編集委員長がその後の処理を決める。
- 4)編集委員に送られた論文が、自分の専門分野外と判断された場合は、副編集委員長に論文を転送する。副編集委員長は、もっとも適当な編集委員に論文を転送する。(しかし、形の科学の広い立場から、なるべく査読を引き受けてください)
- 5) 査読を必要としないもの(エッセイ、交流等)に関しては、別に査読者を決めず、編集委員の判断で著者に修正を依頼したり、受理の決定をする。受理原稿は、副編集委員長に送る。なお、編集委員が、形の科学会誌の原稿として不適当であると判断した場合は、original paper, review paper の処理に準じて、編集委員長がその後の処理を決める。また、シンポジウム予稿原稿もこれに準じる。
 - 6)副編集委員長は、各号の内容の編集をおこなう。
- 7)当面、受理原稿の掲載号は次のように決める。原稿が、次回の形の科学シンポジウム開催日の1ヶ月前までに副編集委員長に届けば、会誌の次号に掲載する。なお、著者の特別な申し出がないかぎり、原稿の著作権は形の科学会に帰属するものとする。

原稿作成要領

オリジナル原稿、およびコピー原稿2部の計3部を投稿してください。写真製版可能な原稿のみを受け付けます。投稿された原稿はそのまま印刷されますので、以下の点に注意してください。

- 1)上下左右それぞれ約 2.5 cm のマージンを残す。
- 2)1頁40-45行程度、1行40字程度。原著論文、解説論文等は刷り上がり10頁、速報は刷り上がり4頁以内を原則とします。
 - 3)図や表は、本文中に張り込み、図の下に必ずキャプションを付けてください。
- 4)最初の頁には、タイトル、氏名・所属(できれば電子メールアドレスも)・英文 Keywords (5個以内)をお書きください。英文のタイトルおよび所属を併記してください。独立した英文の abstract をつけることを歓迎します。
- 5)タイトル、氏名・所属と本文の間(英文 abstract がある場合は英文 abstract の前)には、受付日と受理日を印刷するため、上下 2.0 cm のスペースを開けてください。
 - 6)引用文献は、本文の最後に「文献」という見出しとともに出現順に記してください。
 - 7)ページ番号は印刷せず、原稿の右上に鉛筆で1から通し番号をつけてください。
 - 8)以上の作成要領と大きく異なる場合は、改訂をお願いすることがあります。

入会案内

会員の特典

形の科学会員は、形の科学会誌および論文誌 FORMA の配布をうけ、それらに投稿することができます。

(FORMA への投稿は会員以外でもできます)

- シンポジウムの開催案内をうけ、講演の申し込みができます。
- 画像データベース等、情報の配布を受けることができます。
- **賛助会員**については、正会員と同じ権利を持ち、かつ、賛助会員年会費を支払っていれば、その1年間は会誌に無料で広告を掲載できます。
- **団体会員**は学会出版物を定期購読でき、シンポジウムの案内などの学会からの通知を受け取ることができます。団体の連絡担当者を1名決めていただきます。

本会の刊行物の定期購読を希望する団体(企業、研究所、研究室、その他)は、団体会員として登録することを勧めます。

形の科学会への入会

- 入会資格は、形の科学的研究に興味を持つことです。
- 会員登録カードに必要事項を記入し、会長または事務局あてお送りください。(形の科学会誌に綴じ込んであります。必要な方は会長または事務局へご請求ください)
- 入会に際しては、下記の年会費をお支払いください。入金後、会員の登録をいたします。
- 賛助会員、団体会員についても、同様の入会手続き、ならびに会費の送金をしてください。
- 現住所、所属機関等、登録カードの記載事項に変更があった場合は、ただちに書面でご 連絡下さい。
- 会員の個人情報は、会員の交流および研究を促進する活動のために事務局が連絡先と して用います。

会費

- 正会員 8,000 円/年
- **学生会員**(学生およびそれに準ずる者) 4,000 円/年(学生証のコピーを同封のこと)
- 賛助会員 38,000 円/年
- 団体会員 10,000 円/年

下記の口座に最寄りの郵便局からご送金ください。

• 口座番号: 00330-9-30953

• 加入者名: 形の科学会



:員記号番号:			_ 会員#	犬態:			会費:			
フリガナ:					生年月	: 西暦	年	月		
· 名:					 連絡先	選択:	□勤務先	□自宅	□出張先	
动務先 :										
〒:		宛先	:							
電話:					 FAX :					
E-mail:										
1宅 〒:		宛先	:							
電話:					 FAX:					
E要活動分野	(20 字以	(内):_								
彡関係の興味	個条書き	各 20	字以内)	:						
-										
			`							
 前考 :(出	長先宛て	〔先、et	c.)							

複写権委託済み表示の変更(2009年11月20日)

形の科学会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託 しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会によ り許諾を受けてください。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該 企業等法人が社団法人日本複写権センター ((社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関 する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、そ の必要はございません(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会

〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3F

FAX: 03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託 致しておりません。直接、形の科学会へお問い合わせください。

形の科学会誌 Vol. 26 No. 2 (2011, 12月)

発行: 形の科学会

会長: 松岡 篤

〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050

新潟大学理学部地質科学教室

phone/fax: 025-262-6376

E-mail: matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

編集委員長:平田隆幸

〒910-8507 福井市文京 3-9-1 福井大学工学部

phone: 0776-27-8778 fax: 0776-27-8420

E-mail: d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp

副編集委員長&編集事務局:清水祐樹

〒480-1195 愛知郡長久手町岩作雁又 21

愛知医科大学医学部 生理学第2講座

phone: 0561-62-3311 (内線 2212) fax: 0561-63-9809

E-mail: yuuki@aichi-med-u.ac.jp