

形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 3 No. 1 (2018 年 6 月)

第 85 回 形の科学シンポジウム

「かたちの機能，機能のかたち」



会期： 2018 年 6 月 22 日(金), 23 日(土), 24 日(日)

会場： 東北大学 青葉山東キャンパス 青葉記念会館

形の科学会

<http://katachi-jp.com/>

第 85 回 形の科学シンポジウム「かたちの機能,機能のかたち」

【主催】形の科学会 【共催】東北大学工学部・工学研究科
【会期】2018 年 6 月 22 日(金), 23 日(土), 24(日)
【会場】東北大学 青葉山東キャンパス青葉記念会館
【代表世話人】村田 智 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 6-6
TEL: 022-795-4100 E-mail: murata@molbot.mech.tohoku.ac.jp
【参加費】会員・非会員ともに一般 5000 円、学生 1000 円
【懇親会】 2018 年 6 月 23 日 (土) 17:45 より
【懇親会費】 一般 3500 円、学生 3500 円

プログラム

6 月 22 日 (金)

9:30-9:35 開会の辞

形の科学一般

9:35-10:00 竹の自然美と機能美

島弘幸 (山梨大学)、佐藤太裕 (北海道大学)、
井上昭夫 (熊本県立大学) 1

10:00-10:15 潮の干満による「月」の軌道変化

内田菜月 (山梨大学)、島弘幸 (同) 3

かたちの機能, 機能のかたち・第 1 部

10:15-10:40 中生代放散虫 Vallopus 類の殻形
態とその“機能”

松岡篤 (新潟大学) 5

10:40-11:05 フラクタル空間充填木構造の開放
型流路による液滴収集

甲斐洋行 (東北大学)、豊里涼馬 (同)、西澤松
彦 (同) 7

(11:05-11:15 休憩)

招待講演・公開講演 (かたちの機能, 機能のか たち・第 2 部)

11:15-12:15

ワークプレイスのデザイン ― 創造的なグルー
プワークの技術と形

本江正茂 (東北大学 都市・建築学専攻)

..... 9

(12:15-13:30 昼休み)

かたちの機能, 機能のかたち・第 3 部

13:30-13:55 DNA オリガミを用いて膜に穴を
開ける: ϕ 12 nm 人工チャネルの設計と機能評
価

岩渕祥璽 (東北大学)、片山航一郎 (同)、川又
生吹 (同)、鈴木勇輝 (同)、村田智 (同)、野村
M. 慎一郎 (同) 11

13:55-14:20 複数の自己集合モードを持つ
DNA オリガミ構造体の設計と構築

武田祐貴 (東北大学)、村田智 (同)、鈴木勇輝
(同) 13

14:20-14:45 ヒト肺繊維芽細胞 WI-38 の培養よ
り栄養枯渇下に形成されるフラクタル構造

春日井勲 (宮城県立がんセンター) 15

(14:45-14:55 休憩)

形の科学一般

14:55-15:20 笑顔の評価における主観と客観の比較 一目元と口元の表情の入れ替えによる実験的検討—

佐々木康成 (金沢星稜大学) ……………17

15:20-15:45 海外における書道ワークショップの実践

本田容子 (盛岡大学) ……………19

15:45-16:10 細胞内共生説：光栄養先行説における栄養連結のグラフ的特徴

春日井勲 (宮城県立がんセンター) ………21

(16:10-16:20 休憩)

かたちの機能, 機能のかたち・第4部

16:20-16:45 自己集合サイズがプログラム可能な DNA ナノモジュールの設計

劉詩韻 (東北大学)、安部桂太 (同)、内田健央 (同)、遠藤佑真 (同)、秋田賢 (同)、市堰翔成 (同)、荒舘笙 (同)、斎藤正崇 (同)、吉川太陽 (同)、福地成彦 (同)、川又生吹 (同)、野村 M. 慎一郎 (同)、村田智 (同) ……………23

16:45-17:10 池上式 3D ジグソーパズルの複製とピースの対称性について

町屋佑季 (千葉工業大学)、池上祐司 (理化学研究所)、手嶋吉法 (千葉工業大学) ………25

展示説明 (質疑無し)

17:10-17:15 フラクタル 3D モデル(構造デザインのためのユニット折り紙スキル)

八十嶋裕 (SSDS symmetric)、八十嶋章雄 (同) ……………27

17:15-17:20 一次元写像における周期軌道の記号化規則

山口喜博 (元帝京平成大学) ……………29

17:20-17:25 池上式 3D ジグソーパズルの作製

町屋佑季 (千葉工業大学)、池上祐司 (理化学研究所)、手嶋吉法 (千葉工業大学) ………31

17:25-17:30 三文字を三面図として形成される立体について

阿竹克人 (榊阿竹研究所) ……………63

17:30-17:35 DNA および RNA 模型の作製

岩上凌 (千葉工業大学)、河合剛太 (同)、手嶋吉法 (同) ……………32

6月23日(土)

形の科学一般

9:30-9:55 生物の体サイズに応じて収斂する生物個体のエネルギー利用

森茂太 (山形大学)、黒澤陽子 (同)、王莫非 (同)、山路恵子 (筑波大学)、石田厚 (京都大学) ……………33

9:55-10:10 ブナ芽ばえの根の省エネルギーによる急速成長

黒澤陽子 (山形大学)、森茂太 (同) ………35

10:10-10:35 発見された卑弥呼の墓のフラクタル性

小川進 (空間技術研究所)、谷口幸弥 (長崎大学)、桜井貴子、福永晋三 ……………37

(10:35-10:45 休憩)

かたちの機能, 機能のかたち・第5部

10:45-11:10 DNA 反応拡散系によるハイドロ
ゲル媒質中への濃度勾配パターンの形成と制御
安部桂太(東北大学)、川又生吹(同)、鈴木 勇
輝(同)、野村 M. 慎一郎(同)、村田智(同)
.....39

形の科学一般

11:10-11:35 平行六面体状の脚部をもつ三脚巴
ブロックの滑動性について
松浦昭洋(東京電機大学)41

11:35-12:00 ホモメトリック構造-2
松本崧生(金沢大学・名誉教授)43

(12:00-13:30 昼休み)
(12:15-13:15 運営委員会)

招待講演・公開講演(かたちの機能, 機能のか
たち・第6部)

13:30-14:30
ロボット機構の考案・具現化における『形』の熟
考過程の実際
多田隈建二郎(東北大学 応用情報科学専攻)
.....45

(14:30-14:40 休憩)

形の科学一般

14:40-15:05 映像視聴時の意識統制が与える身
体・精神への影響
杉浦明弘(岐阜医療科学大学)、田中邦彦(同)、
大西達也(同)、太田一樹(同)、北村一騎(同)、
森下沙紀(同)、梅田凌輔(同)、高田宗樹(福井
大学)47

15:05-15:30 活字設計の基礎となる漢字の字形
評価の検討
沓名健一郎(福井大学)、高田宗樹(同)

..... 49

15:30-15:55 画像の乱れを評価する
根岸利一郎(埼玉工業大学)、関口久美子(同)、
船崎明美(㈱ビジネスサポート)、内田正哉(埼
玉工業大学) 51

(15:55-16:05 休憩)

16:05-17:05 総会・学会賞授与式

(17:05-17:15 休憩)

ミニコンサート・一般公開

17:15-17:35 ビバルディ 2本のチェロのため
の協奏曲 ほか
トリオチェリステン

(17:35-17:45 休憩)

17:45-19:45 懇親会

6月24日(日)

形の科学一般

9:30-9:55 立体概念の形成を支援する科学折り
紙教材 II. 体性感覚(触覚)を活用した立体概
念形成の試み
石原正三(埼玉県立大学) 53

9:55-10:20 脊椎動物の系統樹の位相的性質:
Horton 解析と中立的確率分岐モデルに基づく
アプローチ
石井友一郎(神戸大学)、山崎和仁(同)
..... 55

10:20-10:45 二次元変形・流動現象における
ポテンシャル曲面の微分幾何学的構造

山崎和仁（神戸大学）	57	15:10-15:35	4次元正多胞体のリングの皮むき展開図について II
(10:45-10:55 休憩)			
<u>形の科学一般</u>			海野啓明（仙台高等専門学校・名誉教授）
10:55-11:20	第2次セント・ヘレナ島沖海戦：1602年3月14-16日		73
杉本剛（神奈川大学）	59	15:35-15:40	閉会の辞
11:20-11:45	物語におけるグラフ表示と意図との相関		
高木隆司（東京農工大学・名誉教授）	61		
11:45-12:10	標準写像における横断性の新しい証明法		
山口喜博（元帝京平成大学）	63		
(12:10-13:30 昼休み)			
(12:20-13:20	FORMA 編集委員会)		
<u>形と知</u>			
13:30-13:45	オンライン学習システムでの学生の記述ドリル解答にみられる文章パターン		
宮本光一郎（東京学芸大学）、松浦執（同）	65		
13:45-14:10	三文字を三面図として形成される立体について		
阿竹克人（阿竹研究所）	67		
14:10-14:35	色の形「ペーパークロマトグラフィックス」〜ルンゲの愛した染物手法〜		
河野奈菜子（お茶の水女子大学）	69		
(14:35-14:45 休憩)			
<u>形の科学一般</u>			
14:45-15:10	2番目に小さいn次元多胞体		
宮崎興二（京都大学・名誉教授）	71		

【事務局より】

論文投稿案内 (Call for Papers)	75
シンポジウム世話人の募集	76
入会案内	77

竹の自然美と機能美

島 弘幸¹ 佐藤太裕² 井上昭夫³

¹山梨大学大学院総合研究部 (山梨県甲府市武田 4 丁目 4-37)

²北海道大学大学院工学研究院 (北海道札幌市北区北 13 条西 8 丁目)

³熊本県立大学環境共生学部 (熊本県熊本市東区月出 3 丁目 1-100)

E-mail アドレス: hshima@yamanashi.ac.jp

Nature-derived Beautility of Bamboo

Hiroyuki Shima¹, Motohiro Sato², Akio Inoue³

¹Univ. Yamanashi (4-4-37 Takeda, Kofu, Yamanashi 400-8510)

²Hokkaido Univ. (Kita-13, Nishi-8, Sapporo, 060-8628)

³Pref. Univ. Kumamoto (3-1-100 Tsukide, Higashi-ku, Kumamoto 862-8502)

Abstract: Bamboo is a tropical plant native to East and Southeast Asia, being fascinating from both aesthetic and structural viewpoints. A salient feature of bamboo is a long cavity inside a cylindrical woody section that is divided into many chambers by stiff diaphragms inserted at nodes. In addition, many rigid fibers are aligned in the longitudinal direction, being embedded in a soft woody matrix. In the present work, we demonstrated that these two specific organs, diaphragms and fibers, serve as stiffeners for bamboo culms against the external load. Measurement data analysis together with theoretical formulations lead us to the conclusion that wild bamboos effectively control their structures in accord with the lightweight and high-strength design concept.

Keywords: Bio-inspired material、 Plant-mimetics、 Structural mechanics

竹は東アジアと東南アジアが原産の熱帯植物であり、私たち日本人にとっては日々の暮らしに根付いた植物の一種といえよう。竹で作られた日用品は、茶の間・台所・田畑・伝統玩具など枚挙にいとまがなく、日本最古の昔話にもモチーフとして取り上げられている[1]。かたや生物学的にみると、竹はその成長速度が著しく速いという稀有な性質を示す。例えばある種の竹は、十分な肥料や水がもたらされない状況においても、1日あたり1メートルもの割合で成長することができる。この急速な成長速度を利用して、竹は他の競合する樹木種よりも多くの日光を独占し、植物間の生存競争を優位に進めていると考えられる。さらにこの素早い成長率は、我々人間にとっても、建設業やパルプ産業で使用する材料を低コストかつ容易に入手できるというメリットをもたらす。さらに竹は大量のバイオマスその内部に蓄積することができるため、大規模竹林を適切に整備することは、地球規模の炭素循環にとっても有益である。

上述のような竹の優れた特性とは別に、本研究では竹の「構造力学的」な機能美に注目する。最も重要な点は、野生の竹が「軽さ」と「丈夫さ」を併せもった天然の機能材料であるという事実である。まず竹が軽い理由は、その中空性にある。すなわち、光合成産物

を内部へ充填させる必要がないため、竹は少量の材料(木質部)で素早く成長できる。ただし軽量性ばかりを重んじると、竹は横風による力や自重に耐えきれず、崩壊するリスクが生じる。そこで竹は、中空性に起因する力学的な脆弱性を補うべく、自身の外側に多数の節を形成し、稈全体の強度を高めている[2]。さらに竹の断面内部には、長手方向に貫く維管束鞘(=繊維)が存在する。この繊維は弾性が非常に高く、引張り強度は鉄鋼材料に匹敵する。この繊維が、竹の断面全体に傾斜分布することで、稈に作用する曲げ応力を効果的に分散しているのである[3]。

このように竹は、巧妙な仕掛けによって軽さと丈夫さを獲得し、他の樹木との生存競争を有利に進めていると考えられる。ではその竹の巧妙な智慧を、科学的に説明することはできるだろうか？こうした動機から本研究では、竹の節と繊維の補剛効果を定量的に記述するための構造力学理論を展開した。具体的には、野外調査で得た膨大な測定データ[4]と、線形弾性論に基づく数理解析を駆使することで、竹の節と繊維が果たす力学効果を明らかにした。さらに隣り合う節同士の不均一間隔と、竹断面における繊維の不均一分布が、ともに最大限の補剛効果を獲得するべく絶妙に調節されていることを初めて明らかにした。

参考文献

- [1] A. Inoue and H. Shima: Forma **33**, 1-5 (2018).
- [2] H. Shima, M. Sato and A. Inoue: Phys. Rev. E **93**, 022406 (2016).
- [3] M. Sato, A. Inoue and H. Shima: PLOS ONE **12**, e0175029 (2017).
- [4] A. Inoue, S. Tochiara, M. Sato and H. Shima: Trees **31**, 1271-1278 (2017).



図 1. 竹の長手方向の断面写真。空洞部分の両端が節板で区切られている。各々の節板は、横からの外力に抗うための補剛板の役目を果たす[2]。

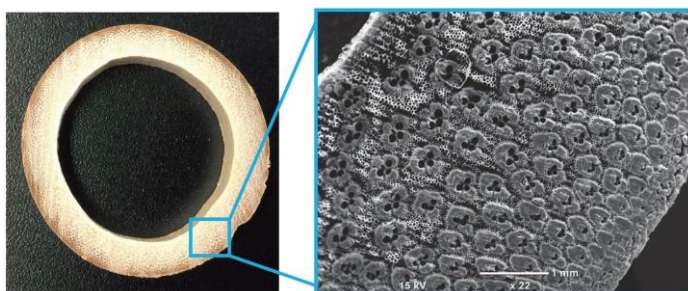


図 2. 竹の動径方向の断面写真。拡大写真を占める多数のハート型の模様は、竹の長手方向を貫く繊維(維管束鞘)の断面である[3]。

潮の干満による「月」の軌道変化

内田 菜月^A 島 弘幸^B *

^A 山梨大学 生命環境学部、^B 山梨大学 大学院総合研究部^B

〒400-8510 山梨県甲府市武田 4 丁目 4-37

* hshima@yamanashi.ac.jp

Secular variation of Moon's orbit by rise and fall of the sea level

Natsuki Uchida, Hiroyuki Shima

Department of Environmental Sciences, University of Yamanashi

Kofu, Yamanashi 400-8510, Japan

Abstract: The ocean tide on the Earth, i.e., the periodic rise and fall of the sea level, generates tidal current in the global scale. It is interesting that the friction between tidal current and the sea floor causes dissipation of the mechanical energy associated with the revolution and rotation of the Moon and the Earth, respectively. Due to the energy dissipation, the distance between the two celestial bodies has been getting longer. In the present work, we develop a concise theory that describes the secular variation in the celestial distance, placing an emphasis on the contribution from the angular momentum carried by "coastal Kelvin wave".

Keywords: Ocean tide, Gravitational force, Planet's motion, Celestial mechanics

多くの海岸で観測される潮の満ち引きは、主に月が関与する二つの力によって生じている。一つ目は月が地球に及ぼす万有引力、二つ目は地球と月との共通重心周りの公転に伴う遠心力である[図 1]。これら二つの合力(潮汐力)が海水に作用した結果、潮の満ち引きをもたらす周期的な海水の流れ(潮流)が発生する。厳密には月以外にも太陽からの弱い潮汐力が作用するため、満潮時と干潮時の潮位差が大きい時期(大潮)と小さい時期(小潮)が、約 27 日周期で繰り返される。重要な点は、こうした周期的な潮の満ち引きが、互いに力を及ぼし合う天体の相対的な大きさと公転軌道の見事な調和によるものだということである。もし月と地球の大きさや軌道が現在のもものと異なっていたら、私たちの目にする潮の満ち引きが今とはずいぶん様子が違っていただかもしれない。

潮汐力が海水に作用して潮流が生み出されると、潮流と海底との摩擦によって地球の自転速度は徐々に減速させられる。こうして月から供された力学的エネルギーが海底で散逸する一方で、月と地球の角運動量の総和は常に一定に保たれる。その結果、地球の自転速度が遅くなると、月の公転軌道は長くなる。いわば潮の満ち引きが月を地球から遠ざけるのである。実際に NASA の観測データによると、月は年に約 3.8cm ずつ地球から遠ざかっていることが分かっている。このように潮汐力による天体軌道の永年変化を、天文学の用語で「潮汐進化」と呼ぶ。

潮汐進化に対する理論解釈は多々あるが、そこでは地球を「陸のない真球状」の天体と近似し、沿岸域における波の反射・屈折などを無視することが少なくない。そこで本研究

では、潮汐力に対する海水の動的な応答と、大陸や海底起伏などの地形凹凸を考慮に入れた「動学的潮汐論」に基づいて、月の潮汐進化を考察した[1, 2]。動学的潮汐論に基づく、潮汐力が引き起こす海水の盛り上がりは、大陸との衝突およびコリオリ力を受けた結果、潮汐と同じ周期で回転する沿岸ケルビン波に変化する。実際に地球の海洋スケールでは、複数の沿岸ケルビン波が、陸や海底の形状に従って複雑に点在している。本研究ではこのような沿岸ケルビン波が月―地球間の角運動量輸送および力学エネルギー収支に果たす役割を定性的に考察した。具体的には、沿岸ケルビン波の角運動量と回転エネルギーを算出し、2 天体間の時間変化と地球の自転速度の時間変化に対する寄与を具体的な数値で見積もった。その結果、月の潮汐進化に関する従来の観測データと整合する有効理論モデルを提案することができた。

参考文献

- [1] 内田菜月、島 弘幸：[25aPS69] 月―地球系の潮汐進化に対する有効モデルの導出、日本物理学会第 73 回年次大会 講演概要集（第 73 巻，第 1 号，2018 年）
- [2] 内田菜月、島 弘幸：[PPS08-P14] 惑星軌道の永年変化に対する海洋潮汐波の回転効果、日本地球惑星科学連合 2018 年大会 講演概要集

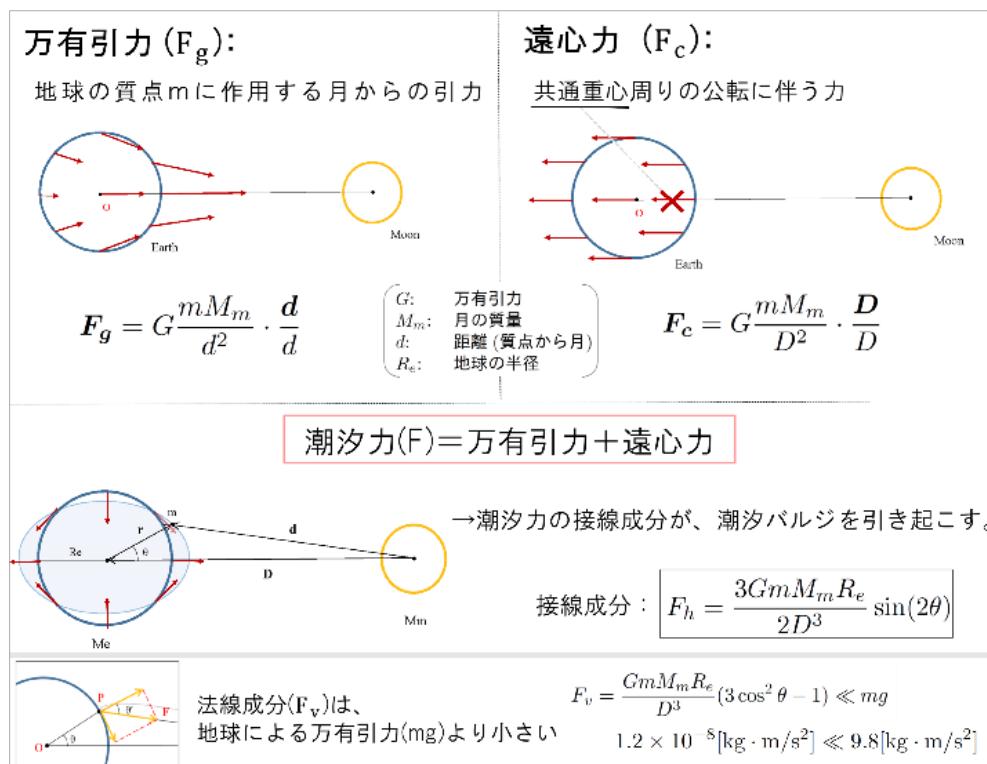


図 1. 月が地球に及ぼす力の概念図（文献[1]に関連する発表ポスターから抜粋）。万有引力と遠心力の合力が潮汐力として働き、海洋における潮の満ち引きを生み出す。

中生代放散虫 *Vallupus* 類の殻形態とその“機能”

松岡 篤

新潟大学理学部/形の科学研究センター、新潟市西区五十嵐 2 の町 8050

amatsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

Shell morphology of the Mesozoic radiolarian *Vallupus* group and its “function”

Atsushi MATSUOKA

Faculty of Science, Niigata University, Niigata 950-2181 Japan

Abstract: The Mesozoic radiolarian *Vallupus* group has peculiar morphological features. When occurrence data are used as a tracer, oceanic circulation system can be reconstructed satisfactorily. This is a unique application of radiolarian skeletons as a tool that testifies a simulation of ocean circulation in the past. This can be regarded as a “function” of radiolarian shell morphology.

Keywords: Mesozoic, radiolaria, *Vallupus*, paleocurrent, tracer, ocean circulation

はじめに

Vallupus 類 (図 1) は *Pantanellium* 類から派生した中生代放散虫である。Cortical Collar という特徴的な形質を備えた一群の放散虫で、ジュラ紀新世に出現し、急速に進化して白亜紀初頭に絶滅した。*Vallupus* 類が生息していた海域は *Vallupus* テリトリーとよばれ、低緯度の表層海水を代表する^[1]。過去の海流系は、シミュレーションから復元されているが、その妥当性の検証については何らかの物証が必要である。*Vallupus* 類という特殊な殻形態をもつ放散虫が、古海流を復元するという“機能”を有していることを紹介する。

Vallupus 類の進化

Vallupus 類の最も祖先的な属は *Protovallupus* であり、*Pantanellium* 類に Cortical Collar が生じることによってジュラ紀新世に誕生した。2 本の主棘の長さを減じることで、*Mesovallupus* へ、さらに *Vallupus* へと進化した。この一連の形態変化は定向的で、生層序学的に有用である。*Vallupus* 類には、上記の属の他に、*Bivallupus*, *Neovallupus*, *Supervallupus* が含まれる。

Vallupus 類の分布

Vallupus 類の産出地点を、ジュラ紀新世の海洋にプロットすることにより、*Vallupus* 類が生息していた海域が推定され、*Vallupus* テリトリーが認定された^[1]。このテリトリーの中において、*Vallupus* 類は一樣に分布するのではなく、多様性 (属種の数) および産出量には偏りがある。複数の属の *Vallupus* 類が産出する海域は、現在に地理で表現すれば、カリブ海、南米大陸上の海域、太平洋低緯度である。その他の海域では、数種の *Vallupus*

が産出しているのに過ぎない。拡大初期にあたり、まだ狭い海域の西テチスー北大西洋海域では、*Vallupus* 類の種数に大きな違いがある。すなわち、西テチスでは *V. hopsoni* がわずかに産出するだけであるのに対し、カリブ海は最も多様性が高い海域となっている。また、アルゼンチンの Neuquen 海盆でも高い多様性が見られる。このように、北東ー南西に延びた一連の海域において、多様性には大きな変化が認められている。

古海流系と *Vallupus* 類の分布

ジュラ紀新世の地球は、現在とはかなり異なる海陸分布であった。地球表面は超大陸パンゲアと超大洋パンサラサーテチスからなり、ジュラ紀初頭に分裂を開始したパンゲア中部において、テチス海はその西側で分裂しつつある北大西洋を通じて、さらに西側にあるパンサラッサの低緯度部分で連結していた。ジュラ紀新世は、パンゲアが分裂を開始して、初めて低緯度で地球を周回する海流系が成立した時期であるといえる。シミュレーションによれば、海流系は低緯度海域を西向きに1周するように流れていたとされている。

最も *Vallupus* 類の多様性が高いのは北大西洋南部で、現在のカリブ海周辺にあたる。そこから北東のテチス西部では、*Vallupus* 類は1種に限られた地点から産出するのみである。一方、南方および東方には多様性・産出頻度ともに高い海域が連続しているようにみえる。これは、地球の低緯度を周回する西向きの海流系によるものであると考えられる。すなわち、北大西洋南部に出現海域をもつ *Vallupus* 類は、北東へは運ばれず、南方および西方にのみ海流系によって運ばれたと考えれば、分布の実態がよく説明できる。

おわりに

特殊な殻形態をもつ放散虫の分布から、中生代ジュラ紀の海流系を復元するという研究例を示した。*Vallupus* 類は進化速度が速いため、刻みの小さいタイムスライスごとにトレーサーとしての役割を発揮する。放散虫の殻形態の“機能”として、昔の海洋の海流系を復元する役割があることを指摘したい。

文献

- [1] Matsuoka, A., 1995, Late Jurassic tropical Radiolaria: *Vallupus* and its related forms. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 119, 359-369.

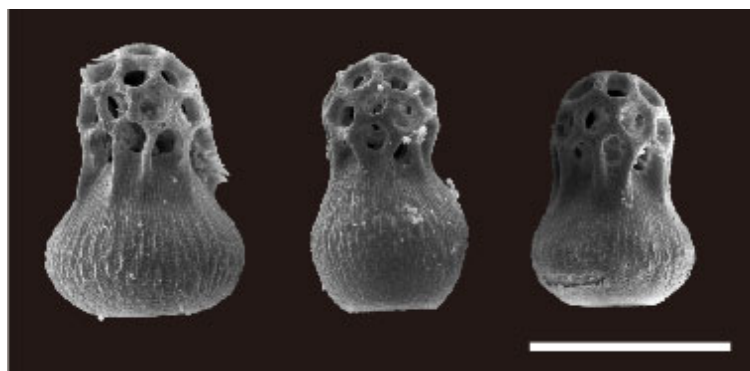


図1. *Vallupus* 類の電子顕微鏡写真。スケールは 0.1 mm.

フラクタル空間充填木構造の開放型流路による液滴収集

甲斐洋行, 豊里涼馬, 西澤松彦
東北大学, 仙台市青葉区荒巻青葉 6-6-1
kai@tohoku.ac.jp

Droplet collection by open microfluidics with a fractal space-filling tree structure

Hiroyuki Kai, Ryoma Toyosato, Matsuhiko Nishizawa
Tohoku University, 6-6-1 Aramaki-Aoba, Aoba-ku, Sendai, Japan

Abstract: Open microfluidics, the technology to manipulate droplets on the solid surface, has been extensively studied. The previous study demonstrated the directional transport of water droplets on an open microfluidic channel made of a superhydrophilic thin strip surrounded by a superhydrophobic area, where the superhydrophilic strip has a width gradient. We patterned the superhydrophilic film with branching superhydrophilic open microfluidic channels having a fractal structure called the space-filling tree and demonstrated that the film can efficiently collect water droplets sprayed on the surface.

Keywords: space-filling tree, open microfluidics, droplet collection

【緒言】

水蒸気からの水の凝集による水滴の回収や、微小な水滴の収集は、乾燥地帯での水の確保や微量サンプルの分析のために有用と考えられる。濡れ性のパターンニングによって基板上で液滴を操作するオープンマイクロフレイディクスの研究が行われてきた。超疎水性表面の基板上に細長く幅に勾配のある超親水部を作成すると、表面張力によって幅の広い方向に液滴を高速に輸送可能な開放型流路となることが示されている。[1] 私達は、平面を埋め尽くすフラクタル構造である空間充填木[2]で多段階枝分かれの開放型流路をパターンニングすることで、液滴を広い面積から一箇所に収集するフィルムを開発した (図1)。[3]

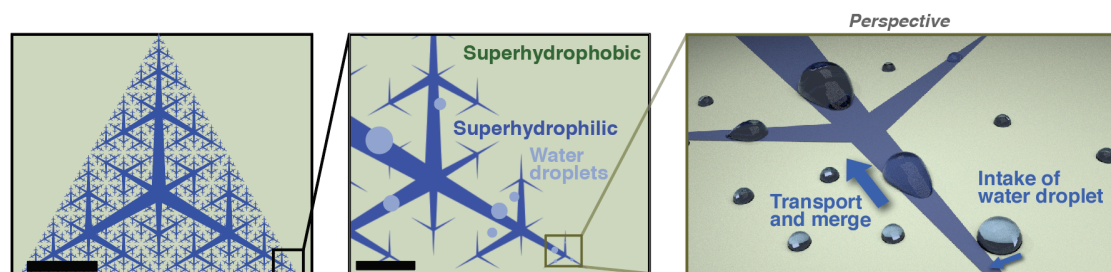


図1 液滴収集フィルムの構造と液滴収集過程の模式図。スケールバー：5 mm (左)、500 μm (中央)。図は[3]より引用 (CC BY-NC 3.0 [5])。

【実験結果】

酸化チタンナノ粒子とフッ化アクリル樹脂 Capstone® ST-100 のエタノール分散液を、ポリエチレンテレフタレートフィルム上に噴霧後に乾燥することで、超疎水性の基板を作成した。作成した基板に紫外光を照射すると照射した部分が超親水性に変化することを水滴の接触角測定によって確認した。自作のプログラムで空間充填木の流路構造のデータを生成し、レーザー描画装置でフォトマスクを作製した。フォトマスクを通して超疎水性基板に紫外光照射することで、空間充填木構造の開放型流路（フラクタル流路）を作成した。この流路の面上全体に微小な水滴を噴霧したところ、1秒以内に水滴が中央に集積した（図2）。フラクタル流路は3つの形状パラメータ（全体のサイズ、枝分かれ世代数、テーパ角）によって一意に定まる（図3）。液滴収集効率の形状パラメータ依存性を、中央の液滴体積を顕微鏡画像から計算することで定量的に評価した。世代数を増加させると液滴の収集効率が向上し、世代数8、テーパ角5°の流路において、中央への収集効率が $74\% \pm 9\%$ に達することが明らかとなった。類似の先行研究で用いられた通常の（空間充填木でない）木構造による流路[4]では、収集効率は25%にとどまり、効率的に平面を埋め尽くすフラクタル流路の利点が明らかとなった。

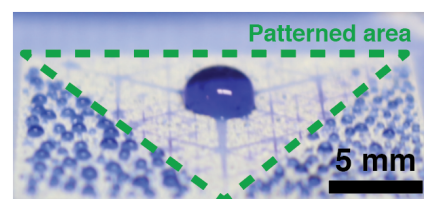


図2 フラクタル流路上に青色液滴を吹き付けたときの液滴の収集の様子。図は[3]より引用。

【結論】

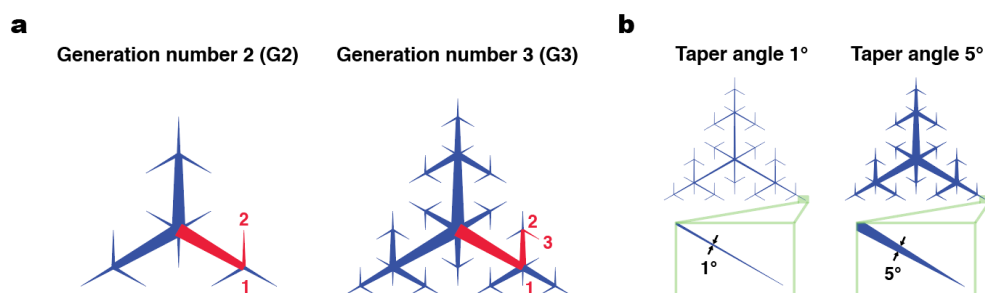


図3 フラクタル流路の形状パラメータ (a) 世代数 (b) テーパー角。図は[3]より引用。

超疎水性基板上にフラクタル空間充填木構造を持つ超親水性の開放型流路を作成することで、基板の広い面積の液滴を中央の一箇所に収集することに成功した。効率的に平面を埋め尽くす空間充填木の特性が、高効率な液滴収集に寄与していることを明らかにした。

【参考文献】

- [1] A. Ghosh et al., *Lab on a Chip*, **14**, 1538-1550 (2014).
- [2] James J. Kuffner, Steven M. LaValle, *IEEE International Conference on Intelligent Robots and Systems*, 6048346, 2199-2206 (2011). DOI: 10.1109/IROS.2011.6094740
- [3] H. Kai, R. Toyosato, M. Nishizawa, *RSC Advances*, **8**, 15985-15990 (2018).
- [4] M. Wang et al., *ACS Applied Materials & Interfaces*, **9**, 29248-29254 (2017).
- [5] Creative Commons Attribution-Non Commercial 3.0 Unported Licence (CC BY-NC 3.0)
<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>

ワークプレイスのデザイン — 創造的なグループワークの技術と形

本江正茂

東北大学大学院工学研究科都市・建築学専攻

仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-06

motoe@tohoku.ac.jp

Design of Workplace --- Form and the Art of Creative Group Work

Masashige Motoe

Department of Architecture and Building Sciences, Graduate School of
Engineering, Tohoku University

6-6-06 Aza Aoba Aramaki, Aoba-ku, Sendai, Japan

Abstract: The design of the workplace is to establish the relationship of communication between workers in the form of physical space. In this paper, we outline the historical transition of the form of workplace and clarify its aim. We will also touch experiments involving workers themselves in space composition.

Keywords: design, office, workplace, layout, activity based workplace,

1. オフィスの誕生

英語の office の語源はラテン語から古フランス語経由の「仕事 opus」 + 「する facere」である。また office にはカトリック教会の「聖務日課、時課祈祷式」という意味もある。service が宗教用語であると同様に、office ももともと神に捧げられる行為、とりわけその定常性を管理する行為を指すのだった。

この office という言葉が「事務所」という意味で一般的に使われるようになったのは、産業革命期のことであるらしい。19 世紀においても当初は、工場は factory ではなく mill と呼ばれることが一般的であったようだが、水力を動力源としていた mill が、蒸気機関を動力とするようになり、立地が自由になると同時に規模が大きくなっていく。それが factory である。そして、工場の大規模化にともなって拡大した事務管理部門が独立した空間となっていくとき、その空間が office と呼ばれるようになっていった。office は factory の一部が切り分けられることによって登場したのである。農業用の建物と区別されない mill から、工業生産に特化したビルディングタイプである factory への変化が、モノの生産機能の建築的独立であるのと同様に、office の登場は factory からの情報処理機能の空間的自立なのであった。

オフィスは、自社の工場との関係と同様にあるいはそれ以上に、他社のオフィスとのコミュニケーションを重視するので、相互に物理的に近接しようとする。かくして、情報の生産と授受を主たる機能とするオフィスビルが、大規模に集積するオフィス街が世界の諸都市に成立する。工場からオフィスへとビジネスの拠点が移動し、富の産出の中心的活動はモノの生産から情報の生産へと移行したのである。

2. オフィスからワークプレイスへ

近年では「オフィス」を「ワークプレイス」と呼ぶことが多くなってきた。「オフィス」は固定的な仕事場を感じさせる言葉なので、モバイル環境などもふくめてより広い意味でとらえなおした「仕事の間」を「ワークプレイス」と呼ぶのだ、と説明されることが多い。その説明はわかりやすいが、こうした言い換えが求められるようになった理由を説明するには不十分かと思われる。

ワークプレイスに類する言葉には、ワークスタイル、ワークフロー、ワークプロセスなどがある。ワークプレイスはこれらの概念と相補的である。つまり、ワークプレイスとは、オフィスを構成する諸要素のうち、人々が仕事をする「場所」としての側面、すなわちオフィスの空間的あるいは社会文化環境的側面を、操作可能なデザインの対象として切り出した概念なのである。こうした言葉が求められるのは、オフィスの重要性が増して、その様々な局面をより詳細に弁別し具体的に検討する必要がでてきたからにほかならない。

3. 様々なワークプレイス

「個室」で執務するというスタイルは個人の書斎の延長にあり、知的生産は究極的にはパーソナルな行為であるという認識を反映しているだろう。一方で事務業務の増大と複雑化は、管理された集団が一堂に介して相互にコミュニケーションを取りながら働くことを要請するようになり、コミュニケーションへの要請をもとに、様々なワークプレイスが開発されていった。

「ブルペン・オフィス」は、居並ぶタイピストたちの後ろに、監督官が睨みを利かせているパノプティコンの空間。「オフィスランドスケープ」は、部署間のコミュニケーション関係に注目したプランニングで、什器を大空間に撒き散らしたようなレイアウト。しかし部署の関係と言うのは仕事の進展とともにどんどん変わっていくため、かえって柔軟性が足りなくなってしまった。

「オープンプラン」に「フリーアドレス」を適用し、自席を固定しないことで、フレキシビリティを高めつつ、外回りなどで稼働率の低い席をなくしてオフィスの面積を圧縮する方法も用いられ、さらに「ユニバーサル・レイアウト」は、課や係の管理単位ごとに島を作るのではなく、均質なレイアウトにしておくことで、組織変更に対応しようという方法も普及してきた。さらに、オフィスワークも電算化・機械化が進み、単純作業が減って活動の種類が増えてくると、単なるデスクと会議室だけでなく、活動の仕方に応じた多様な空間を用意しておいて、その都度選んで使う「アクティビティ・ベースド・ワークプレイス」という考え方も出てきている。

4. ワーカーは自らの作業に最適な環境を作り出すことができるのか？

働き方と働かせ方は表裏一体で、ワークプレイスは基本的に使用者によって作られる。建築家やインテリアデザイナーが専門家としてこれを支援する。では、ワークプレイスの当事者であるワーカーたちは自分たちの作業にふさわしい環境を自身で整えながら働くことができるだろうか。私の研究室ではワーカーたちがグループワーク環境を自身で作りながら使ってみるデザイン実験を、様々な角度から展開してきた。その成果を紹介しながら、ワークプレイスのデザインが、創造的なグループワークを支える環境をどのように形作ってきたかを検討する。

DNA オリガミを用いて膜に穴を開ける： φ 12 nm 人工チャネルの設計と機能評価

○岩渕 祥璽¹, 片山 航一郎, 川又 生吹, 鈴木 勇輝, 村田 智, 野村 M. 慎一郎²

東北大学大学院工学研究科 ロボティクス専攻・仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01

¹iwabuchi@molbot.mech.tohoku.ac.jp ²nomura@molbot.mech.tohoku.ac.jp

Making pores on membrane using DNA origami:

Design and function evaluation of φ 12 nm artificial channel

Shoji Iwabuchi, Koichiro Katayama, Ibuki Kawamata, Yuki Suzuki, Satoshi Murata, Shinichiro M. Nomura

Molecular Robotics Laboratory, Tohoku University

6-6-01 Aoba Aramaki-Aza Aoba-Ward Sendai City Miyagi, Japan

Abstract: In recent years, molecular robots using liposome as enclosure have been developed. However, mechanisms for transporting substances through the lipid bilayer are required to respond to stimulation of signals from the outside of liposome. In this study, we developed an artificial channel with a pore diameter of 12 nm using DNA origami and evaluated the permeability of fluorescent molecules.

Keywords: DNA nanotechnology, channel, nanopores, molecular transport, DNA origami

1. 研究背景・研究目的

近年、DNA などの生体分子を工学における材料として用いる DNA ナノエンジニアリングが急速に発展しており、人工的な脂質二重膜を有する小胞、リポソームを筐体として利用した分子ロボットが開発されている[1][2]。脂質二重膜は細胞膜類似の疎水性膜で内外の環境を遮蔽するが、脂質二重膜を経由して物質を輸送できる機構が実装されれば、外界の環境の変化に応答可能な分子ロボットの実現の貢献が期待される。人工チャネルはすでに複数例の報告があるが、それらの口径は最大で数十 nm³ 程度と小さく[3][4][5]物質透過性に制限が大きい。今回、物質透過性の制御を視野に入れ、従来よりも口径の大きな人工チャネルを設計し、蛍光分子の透過を顕微鏡観察により評価した。

2. 人工チャネルのデザイン・構造確認

人工チャネルは、材料となる長鎖 DNA とそれを折りたたむ短鎖ステイプル DNA の自己集合によって任意の構造体を作成できる手法である DNA オリガミを用いて設計した[6]。ポア(孔)の直径は 12 nm、面積は約 110 nm² であり、現在までに報告されている脂質二重膜を貫通する人工チャネルのうち最大のもの[5]の約 3 倍の面積となる(Fig. 1)。脂質二重膜に対しては、疎水性分子が修飾されたアンカーDNA を用いた相補性と疎水性相互作用によって結合され、ポアが形成される(Fig. 2)。

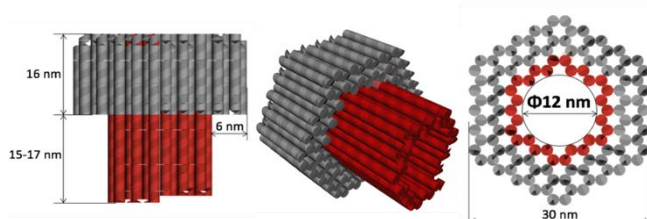


Fig. 1 人工チャネルの設計・寸法

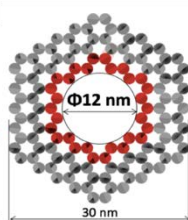


Fig. 2 脂質二重膜への結合の模式図

3. 蛍光粒子の観察による人工チャネルの評価

人工チャネルの機能評価は、リポソームの内外に存在する蛍光分子の分布の経時変化を共焦点顕微鏡で追った。リポソームの外部には直径約 1nm の緑の蛍光を持つカルセインを混合し、内部には直径約 220nm の青の蛍光を持つビーズを封入した (Fig. 3). 人工チャネルによって設計通りのポアが形成されれば、カルセインはリポソーム外部から内部へ流入するが、青ビーズはリポソームから流出しないと予想される。

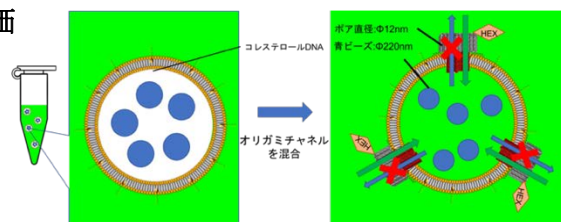


Fig. 3 実験系の模式図

観察の結果、リポソームの膜面では赤の蛍光分子を修飾した人工チャネルが確認され、リポソームの形状を保ったままカルセインが流入する様子が観察された (Fig. 4, 5)。この流入現象は、人工チャネルとアンカーDNA が存在する条件でのみ確認された (Fig. 6)。この結果から、今回設計した人工チャネルはリポソームの脂質二重膜に対してポアを形成し、そのサイズに適した物質を透過する能力をもつことが示唆された。

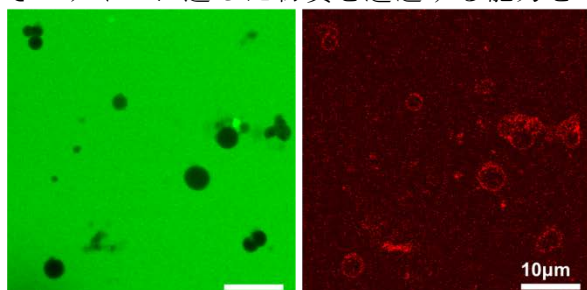


Fig. 4 脂質二重膜へのチャネルの吸着

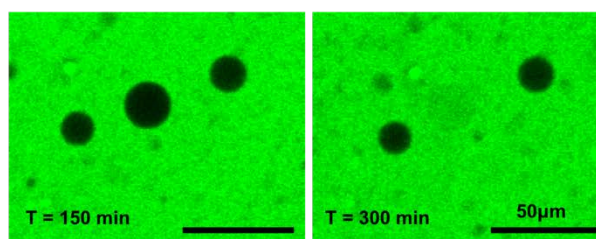


Fig. 5 時間経過によるカルセインの流入の様子

	+ リポソーム		+ アンカーDNA		+ オリガミチャネル		+ リポソーム		+ アンカーDNA		+ オリガミチャネル	
	-		+		-		-		+		+	
	t = 0	t = 360	t = 0	t = 360	t = 0	t = 360	t = 45	t = 120 [min]	t = 0	t = 360	t = 45	t = 120 [min]
緑 (カルセイン)												
青 (青ビーズ)												
赤 (オリガミチャネル)												

Fig. 6 複数の条件におけるリポソーム中の蛍光の変化

4. 結論・今後の展望

今回設計した人工チャネルを用いて、脂質二重膜を隔てて物質が受動的に輸送されることが確かめられた。今後は、リポソーム内部にあらかじめ封入する蛍光分子の大きさを変化させることにより、輸送可能な分子の大きさを調査することでさらに人工チャネルの評価を行う他、ポアの内部への分子を修飾することによって輸送する分子の制御を試みる予定である。

5. 参考文献

- [1] 村田智 他『DNA ナノエンジニアリング』(2010)
- [2] Y. Sato. *et al.*, Science Robotics **2**, 4(2017)
- [3] L. Martin. *et al.*, Science **338**, 6109(2012)
- [4] K. Swati. *et al.*, Nature Comm. **7**, 12787(2016)
- [5] K. Göpfrich. *et al.*, ACS Nano **9**, 8207(2016)
- [6] S.M. Douglas. *et al.*, Nature **459**, 7245(2009)

複数の自己集合モードを持つ DNA オリガミ構造体の設計と構築

○武田祐貴¹, 村田智¹, 鈴木勇輝^{1,2}

1. 東北大学大学院工学研究科ロボティクス専攻

2. 東北大学学際フロンティア研究所

takeda@molbot.mech.tohoku.ac.jp

Designing DNA nano-structure which self-assembles into multiple modes

○Yuki TAKEDA¹, Satoshi MURATA¹, Yuki SUZUKI²

¹Department of Robotics, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Japan,

²Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Japan

Abstract: Self-assembly is a phenomenon in which several elements congregate together in autonomous and orderly manner through local interaction. Many researches have been made to artificially imitate the phenomenon where much attention is being paid as a bottom-up design and fabrication method for molecular artifacts. In this research, we have designed nanostructures with multiple self-assembly modes using DNA origami.

Keywords: self-assembly, DNA origami, triangle, self-assembly modes, shape-complementary

1. 背景と目的

自己集合とは、複数の要素が局所的なやりとりを通し、自律的かつある秩序をもって集合する現象のことである。生体内や自然界で多く見られるこの現象を、マクロミクロのスケールを問わず人工的に模倣する研究が数多くなされており[1],これまでのトップダウン型の設計に変わるボトムアップ型の設計手法として注目されている。その基礎として、ナノ構造体の自己集合形態(モード)を制御する方法を考える。そのため発表では精密なナノ構造体を作るのに適している DNA オリガミ技法を用いて複数の自己集合モードをもつナノ構造体の設計および作製を行った結果について述べる。

2. 原理と設計

本研究では最も単純な構造の1つとして三角形を採用した。三角形の集合体は直線、六角形、二量体とランダムに集合するものに全て分散するモードを加えた5種類の集合モードをとることができる。今回はその中で三角形と直線の2つのモードに着目した。厚みのある三角形の各辺にそれぞれ突起を作成し、辺2と辺3は裏表が同じときに、辺1と辺2は裏表反転したときに形状相補となるように設計した[図(a)].形状相補なDNAオリガミはジグソーパズルのように結合することができるため[2],このように設計することで、辺3のみを無効化したときは裏表交互に結合して直線をなし、辺1を無効化(後述)したときは全て同じ面で結合し六角形を形成する。

DNA オリガミの足場鎖には M13mp18(7249 塩基)を使用し、断面にはハニカム格子を用いている。1つの辺の最長部は154塩基であり、長さは50 nmである。また、突起部の平滑末端同士にはたらくスタッキング相互作用は結合状態を固定する役割をもつ。この平滑末端を形成するステイプル鎖のチミン(T)が平滑末端から4塩基突き出すように配列設計すると、スタッキング作用を無効化することが可能となる[図(b)].

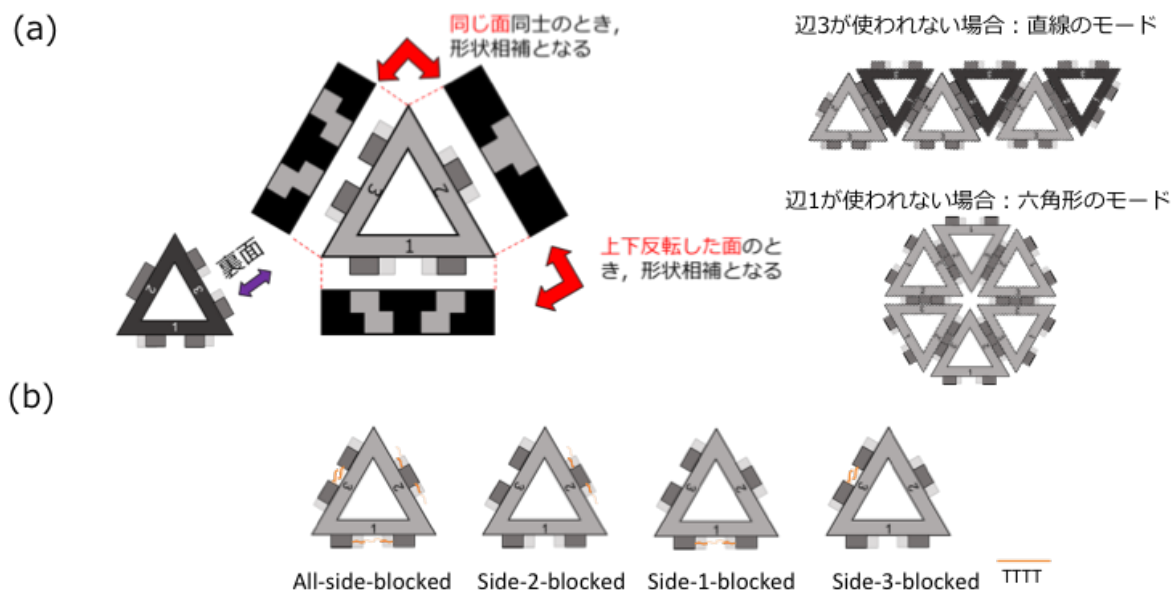


図 (a) 三角形構造の概略図。 (b) 各辺のチミンよる平滑末端の無効化。

3. DNA 構造体の形成とその集合体の観察

まず構造体単体の形成を確認した。一般的に一本鎖 DNA が二重らせんを形成する際には陽イオンが必要であり、マグネシウムイオン (Mg^{2+}) を含む緩衝液を使用した。

緩衝液に足場鎖とステイプル鎖を混合してアニーリングし、AFM で観察したところ設計通りのものが形成されていることが確認できた。

次に構造体が自己集合するかの確認を行った。 Mg^{2+} 濃度を上げ、室温にて 90 分間放置した後 AFM にて観察した。直線になるものは 5 つ繋がった集合体が、六角形になるものは完成しているものとともに三量体や二量体も観察されモードの作り分けが可能であることが示された。

4. まとめ

本研究では DNA オリガミを用いた三角形構造体の辺を適切に設計することで、その自己集合モードを辺ごとの相補性の無効化、すなわちチミン鎖を付加するかどうかというわずかな違いにより作り分けられることを示した。今回は予め突起部平滑末端にチミン鎖を追加することで結合に使わない辺を指定していたが、自己集合した後にイオン濃度や温度変化などの外部刺激に応答し、その自己集合モードを切り替えられるような設計も行いたいと考えている。こうした DNA 構造体の自己集合の研究はボトムアップ型の新たな設計指針を示すことに繋がるだろう。

参考文献

- [1] George M. Whitesides and B. Grzybowski, *Science*, 295, 2418-2421, 2002.
- [2] Thomas Gerling, K. F. Wagenbauer, A. M. Neuner, and H. Dietz, *Science*, 347, 1446-1452, 2015.

ヒト肺繊維芽細胞WI-38の培養より栄養枯渇下に 形成されるフラクタル構造

春日井 勲

宮城県立がんセンター・ティッシュバンクセンター
宮城県名取市愛島塩手字野田山 47-1
isao.kasugai@gmail.com

Fractal structure formed under nutrient depletion derived
from culture of human lung fibroblasts WI-38

Isao Kasugai

Miyagi Cancer Center・Tissue Bank Center,
47-1 Nodayama, Medeshimashiote,
Natori, Miyagi 981-1293, Japan

ヒト肺繊維芽細胞WI-38を培養し、増殖飽和したのち、長期間栄養補給せず維持したところ、140kDaのタンパク質を含む、次元1.75のフラクタル構造が形成された。当現象は、ヒト肺由来細胞からin vitroでフラクタル構造が形成される初めての知見であり、密な細胞集団から栄養枯渇によって安定な構造が形成される現象が、生体における組織形成の一つの様式である可能性を示唆した点で重要である。また、当構造は、水溶液中で安定な微細線状構造として、バイオ材料としての利用も期待される。

Keywords : フラクタル WI-38 増殖飽和 栄養枯渇 組織形成

WI-38は、ヘイフリックによりヒト胎児肺から単離された繊維芽細胞株であり、正常なヒト細胞として、増殖や老化の研究に広く用いられている。なかでも、正常細胞に分裂寿命があることを示した、所謂、ヘイフリック限界(Hayflick limit)の発見は[1]、染色体末端にあって分裂回数をカウントするテロメア構造とそのテロメアを伸長させるテロメラゼの研究へと繋がり、老化研究の潮流を作ったことは、研究者の誰もが知るところである。

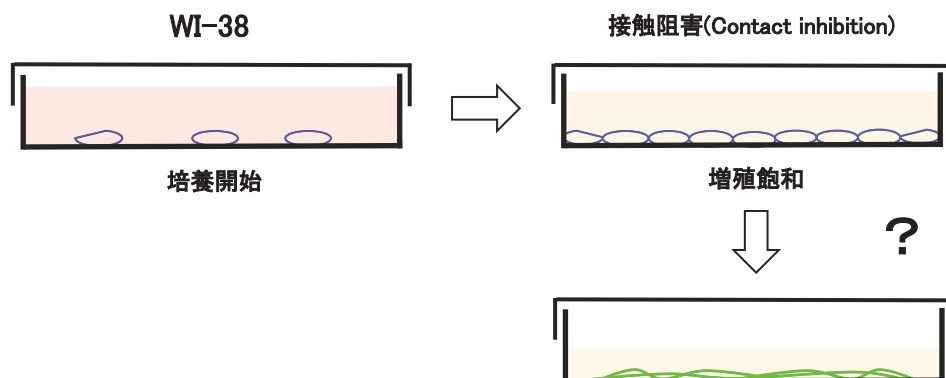


図1. WI-38細胞培養の長期維持

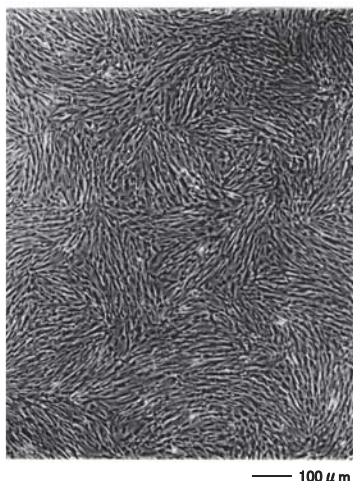


図2. 増殖飽和したWI-38細胞

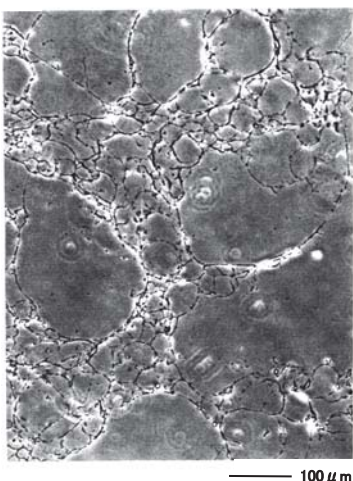


図3. 図2の状況後、長期間培養を維持し形成された構造

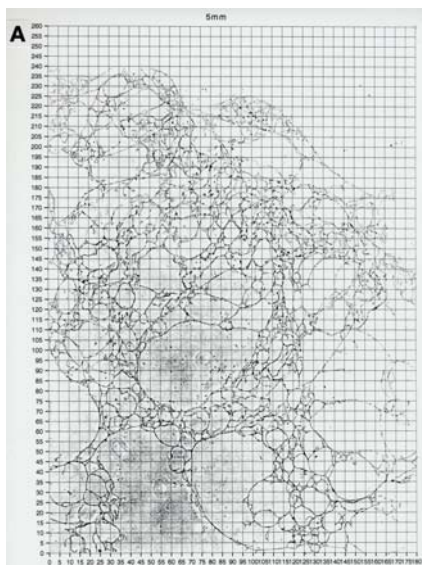


図4. WI-38細胞培養由来のフラクタル構造 (上図の拡大視野)

WI-38は、正常細胞として典型的な形質を保持している。すなわち、培養器等で培養された時、増殖により細胞の占有領域が減少し、細胞どうしが接触するほど密度が高まると、細胞が単層状態で増殖を停止する接触阻害(Contact inhibition)の形質を示すことである。筆者は、接触阻害により増殖停止したWI-38細胞が、汚染されることなく栄養補給を受けず、さらに長期間維持された時、単に細胞死によるタンパク質の分解物スープになるのか、それともまた異なった状態になるのか、という増殖飽和後の経過に興味を持ち、検討を行った(図1)。

低密度で培養を開始したWI-38細胞は、7日後飽和し増殖停止した(図2)。その後、8～12週間の間、培養を維持した所、図3, 4に示される構造が観察された。ボックスカウンティング法を用い、セルの大きさと構造を含むセル総数との関係を両対数グラフでプロットしたところ、直線近似が得られ、同構造が次元数1.75のフラクタル構造であることが判明した(図5)。引き続き、同構造を可溶化し、SDS-PAGEでタンパク質成分を解析したところ、同構造には、140kDaのタンパク質が主成分として含まれることが明らかとなった。同構造の発生過程やその意味、利用について考察したい。

〈参考文献〉

Hayflick, L. (1965) The limited in vitro lifetime of human diploid cell strain. *Exp Cell Res.*, 37, 614-636.

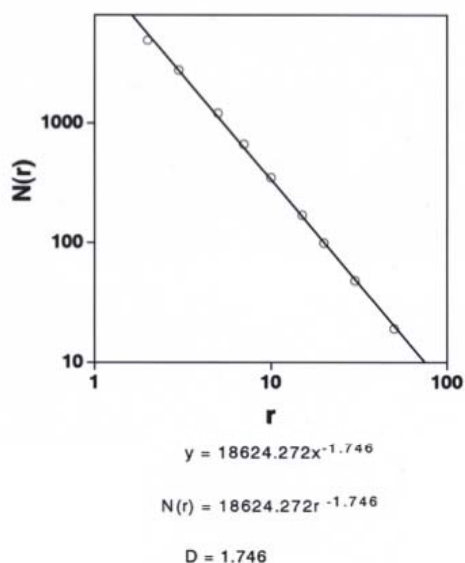


図5. ボックスカウンティング法によるフラクタル次元の算出

笑顔の評価における主観と客観の比較 —目元と口元の表情の入れ替えによる実験的検討—

佐々木康成

金沢星稜大学, 金沢市御所町丑 10-1

ysasaki@seiryu-u.ac.jp

Subjective and Objective Evaluation of a Smile

Yasunari SASAKI

Kanazawa Seiryu University, 10-1 Ushi, Goshomachi, Kanazawa-shi, Ishikawa Prefecture

Abstract: We can not see our own facial expressions. Therefore, it is difficult to convey emotion to others only by facial expressions. Especially, a smile with a large difference between the facial expression imagined by the person and the expression seen by another person is harder to convey emotion to the other person than to other expressions. In this study, we examined how we pay attention to either the expression of eyes or the expression of mouth. In the experiment, participants evaluated the smile in image stimulus that changed the combination of eyes and mouth. The results showed that the evaluation of the experiment participants was influenced by the mouth expression rather than the eyes.

Keywords: smile intensity, self-consciousness, eyes, mouth, face

1. はじめに

人が自分で表出した表情は、道具等に頼らない限り、ふつうは直接見ることはできない。例えば、自分では笑顔で撮ったつもりの写真であっても、後で見返してみるとそれほどの笑顔でない自分が写っていることがある。つまり、人間は鏡や写真などで自分の姿を直接見なければ、自分自身の表情を正しく評価するのは難しいと言える。本研究では、表情の中でも特に笑顔の表情に焦点を当て、自分の表出した表情と他者の感じる表情の評価の違いについて実験的に調べた。

2. 方法

2.1. 実験参加者

18-20 歳の女子短期大学生の 32 名が実験に参加した。そのうち 22 名は画像刺激に写る人物と面識がない者、残りの 10 名はその人物と面識がある者であった。ただし、前者 22 名のうち 2 名は入力した評価が一部無効になっていたため、分析データから省いた。

2.2. 画像刺激

予備実験で笑顔の表出レベルに順序づけを行った画像刺激を用いて、笑顔の表出レベルごとの 7 枚の画像から目元の部分と口元の部分の画像をトリミングして GIMP^[1]で作成した。目と口それぞれの左右の高さが等しくなるよう水平補正をして、目元画像は眉山の約 2 cm 上から鼻尖部まで、口元画像は鼻の下から顎までを切り取った。目元画像は鼻尖部の真ん中、口元画像は上唇の真ん中をそれぞれ左右の中心として目元画像と口元画像の中心線をそろえた。目元画像刺激 7 枚と口元画像刺激 7 枚の組み合わせ 49 枚すべてについて、目と口の大きさのバランスを整え、顔面のずれや表情のゆがみをなるべく防ぐようにした。

2.3. 装置

実験参加者への画像刺激提示には、予備実験と同様に 21.5 型カラー液晶モニタ EV2116W (EIZO

製)を用いた。画面の大きさは、 47.6×26.8 [cm]、画素数は 1920×1080 [pixel]であった。画面の明るさは、最も明るい 100%に統一した。画像の提示は、画面の左側に画像刺激、右側に評価用スケールを提示し、画像刺激を見ながら笑顔の評価ができるようにした。

2.4. 手続き

画像刺激と評価スケールは、実験参加者ごとに画像刺激がランダムとなるように PsychoPy^[2]を使用して提示した。画面左側に提示される画像刺激を見て、笑顔度、確信度、目と口の表情の一致度を評価させた。1枚の画像刺激を1試行とし、試行間隔 1.5 秒で 49 試行を行った。試行間隔には、固視点のある画像を提示した。実験参加者への教示では、笑顔度 (画像の表情はどのくらい笑顔に見えるかについて、0=無表情から 10=100%の笑顔まで)、確信度 (笑顔度を評価した際にどの程度自信をもって決めたかについて、1=自信なし、2=やや自信なし、3=普通、4=やや自信あり、5=自信あり)、目と口の表情の一致度 (目と口の表情の笑顔度がどの程度一致しているかについて、1=一致していない、2=やや一致していない、3=普通、4=やや一致している、5=一致している)をそれぞれ数値で選択させた。また、1 試行毎の反応時間も記録した。

3. 結果と考察

表 1 は、各画像刺激の笑顔度評価の平均である。全体として目元と口元の表情のレベルに応じた笑顔の程度が評価されている。しかし、口元の表情のレベルが 0 の画像刺激では、全てが 1 未満と低い評価になっている。これは、口元に表情が無いときには目元の表情を強い笑顔にしても、顔全体の笑顔としての表情も無くなってしまふことを示唆する。

表 2 は、各画像刺激の笑顔度評価の標準偏差である。表 1 で口元の表情が 0 の画像刺激は標準偏差も小さく、表情が無いことを確信を持って判断している可能性が高く、実際、表 3 の確信度の平均で見ても高い値を示している。一方、目元の表情のレベルが 10 の画像刺激は、口元と表情が一致していない刺激 (1, 3, 5, 7) において標準偏差が大きく、表 3 の確信度も低い値を示していることから、目元の表情が強い場合は、口元との相互的な関係で表情全体を評価する傾向にあることを示唆している。ただし、これらの画像刺激に対する反応時間は平均よりもやや長い程度であることから、評価の判断が難しいというよりも、むしろ目元と口元との整合を取るのに少し時間がかかっている可能性が考えられる。

今後は、画像刺激となる対象者を増やして、上記の結果が特殊な傾向であるのかどうかを確認し、また、その対象者に対する親密度、表情の記憶、関係性、好感度など、対象者と参加者との関係性を考慮した検討を行う必要がある。

引用文献

- [1] <https://www.gimp.org/>
[2] <http://www.psychopy.org/>

表 1 笑顔度評価 (平均)

Level		目								M
		0	1	3	5	7	9	10		
口	0	0.4	0.2	0.5	0.9	0.9	0.6	0.7	0.6	
	1	1.8	1.7	3.2	3.7	3.3	3.6	3.2	2.9	
	3	1.7	2.1	2.7	3.6	3.5	4.8	3.9	3.2	
	5	4.2	4.0	5.1	5.2	4.7	6.1	5.8	5.0	
	7	4.2	4.1	5.3	5.9	6.1	6.8	7.2	5.7	
	9	4.7	4.2	5.6	6.4	6.5	7.6	8.1	6.1	
	10	4.7	5.0	6.0	6.9	6.4	8.3	8.5	6.5	
	M	3.1	3.0	4.0	4.6	4.5	5.4	5.3		

表 2 笑顔度評価 (標準偏差)

		目								
Level		0	1	3	5	7	9	10	M	
口	0	0.0	0.6	0.7	1.2	1.1	1.1	0.7	0.8	
	1	1.6	1.2	1.7	1.8	1.7	2.3	2.6	1.9	
	3	1.2	1.4	1.6	1.5	1.4	2.0	2.6	1.7	
	5	1.6	1.6	2.3	1.3	1.9	2.2	2.5	1.9	
	7	1.4	1.6	1.6	1.4	1.6	1.8	2.6	1.7	
	9	1.4	1.8	1.9	1.6	1.6	2.1	1.5	1.7	
	10	1.7	2.0	1.9	2.0	1.8	1.6	1.6	1.8	
	M	1.3	1.4	1.7	1.6	1.6	1.9	2.0		

表 3 確信度 (平均)

		目								
Level		0	1	3	5	7	9	10	M	
口	0	3.9	4.1	3.7	3.7	3.3	3.5	3.7	3.7	
	1	3.6	3.3	3.3	3.1	3.2	2.9	2.6	3.1	
	3	3.5	3.4	3.4	3.3	3.2	3.1	2.9	3.2	
	5	3.1	3.2	3.3	3.5	3.3	3.6	2.8	3.3	
	7	3.3	3.3	3.4	3.4	3.6	3.7	3.5	3.4	
	9	2.9	3.1	3.4	3.4	3.3	3.6	3.6	3.3	
	10	3.1	3.1	3.3	3.5	3.4	4.0	3.9	3.5	
	M	3.3	3.4	3.4	3.4	3.3	3.5	3.3		

海外における書道ワークショップの実践

本田 容子

盛岡大学文学部 〒020-0694 岩手県滝沢市砂込 808

A Report on a Japanese Calligraphy Workshop for Utilizing Kanji Characters Held in London

Yoko HONDA

University of Morioka, Sunakomi808, Takizawa, Iwate 020-0694

y-honda@morioka-u.ac.jp

Abstract: This research paper is about an overseas workshop on Japanese calligraphy. The workshop was held on November 5th, 2017 at a Japanese Saturday school in London (Croydon School) to teach the skills of calligraphy to Japanese elementary students studying in a supplementary course at the school. Basically, the research is supposed to have two objectives.

First, through analyzing the process of the workshop, the research paper clarifies how effective calligraphy is in helping students learn kanji characters. Second, the research explores the potentials of calligraphy as an effective method to communicate the appeals of Japanese traditional culture.

The paper concludes that whenever we have an overseas workshop on Japanese calligraphy, it is recognized that foreigners and Japanese children living overseas are similarly fascinated by the manners of calligraphy, because from their viewpoints, calligraphy appears to be one of the embodiments of Japanese traditional culture. Thus, it is proven that calligraphy is an effective mean to communicate the appeals of Japanese culture to the world.

Keywords: Calligraphy, Kanji characters, Workshop

1. 序

昨今、文字による非対面コミュニケーションが進むなか言語活動の充実はますます求められている。これからの時代を生きる子どもたちにとって文部科学省は国際社会を生き抜く異文化コミュニケーション能力及び多様なコミュニケーション能力が基礎的な能力を培うとし、「芸術表現を通じたコミュニケーション教育の推進」が図られている。その実践の一つとして筆者は書道からのアプローチが言語力の育成を目指すのに最も有効な手立てとなるのではないかと考えた。具体的には、書道のワークショップを海外の教育機関で展開した内容について述べることにする。文字文化の継承を実践すること、これが本研究の目的である。

2. 海外における書道ワークショップの実践

今回のワークショップは 2016 年 11 月 5 日、ロンドンの北部にある日本人授業補習校クロイドン校で行われた。対象者は小学校 3 年生の 21 名（男子 11 名、女子 10 名）である。彼らの多くはロンドンに長く住み日常会話はほとんど英語である。敢えて漢字文化圏に属さない国である理由を挙げるならば、漢字や書道に対して先入観を持たずに創造的行為の共有を試みたかったためである。今回の実践は教える側が知識を一方的に与えるのではなく、自らみて・触って・試して・考えるといった学ぶ側が能動的に学習できるワークショップの型である。

また、漢字は表意文字であるため、漢字そのものの意味内容を説明することを通して文字の形から表現する書の多様性や意義を伝えたいと考えた。セミール(2002)は「反対色特性」の一



図 1. ワークショップの様子

(a) 筆の「弛め」デモンストレーション (b) 取り組んでいる様子 (c) 書道作品を掲示している様子

つである色の組み合わせについて美術と脳の関係から生理学的に確かめられたことを示しているが、言わば白と黒の世界である書道のそのワークショップにおいて芸術性をいかに感受されたのか、この点についての詳細は今後、実証していく必要がある。書道には「文房四宝」という言葉があり、紙・硯・筆・墨の道具が書道をする上で重要となるが、子どもたちには紙は手漉きの和紙、羊毛の筆など本式の用具を用意して筆で書く体験をしてもらうことにした。一連の流れとして文房四宝について説明し、子どもたちが今、書きたい漢字（漢字は一文字に統一）をそれぞれ選び一人ひとりが書道作品を完成させるという流れである。ワークショップの様子を一部示す〔図 1〕。

3. 結

これまで子どもたちは字形を図形的に捉える傾向にあったが、このワークショップを通して見えない形の理想形を探すように、はねたり払ったりといった機能としての認識の高度化・意識化が図られた。非漢字文化圏に向けての芸術表現からのアプローチは、書道といった芸術表現を通して漢字の意味や広がりや伝わるということであり、今回のロンドンだけではなく世界に日本の伝統文化をアピールすることにつながるのではないだろうか。佐藤（2003）は現代の子どもたちにとって最も必要なものはアートの教育であるとして「アート」と「子ども」との関わりを述べているが、「書道」と触れ合うことが日常にない子どもたちにとってその表情や態度、また感想文などからこのワークショップが「創造的行為を共有する試み」となったことがわかった。これは漢字文化圏に属さない対象者に対し、芸術を通して文字文化の継承の可能性が具現化されたのではないかと考えている。

参考文献

- ・ロバート・L・ソルソ『脳は絵をどのように理解するか—絵画の認知科学』新曜社（1997）
- ・インゴ・レンチュラー『美を脳から考える—芸術への生物学的探検』新曜社（2000）
- ・上野行一『まなざしの共有—アメリア・アレナスの鑑賞教育に学ぶ』淡交社（2001）
- ・セミール・ゼキ『脳は美をいかに感じるか』日本経済新聞社（2002）
- ・佐藤学・今井康雄『子どもたちの想像力を育む—アート教育の思想と実践』東京大学出版会（2003）
- ・Christopher Earnshaw “Sho Japanese Calligraphy: An In-Depth Introduction to the Art of Writing Characters”, Tuttle Publishing (1989)

謝辞 本研究は盛岡大学学術研究助成金の助成を受けたものです。

細胞内共生説：光栄養先行説における 栄養連結のグラフ的特徴

春日井 勲

宮城県立がんセンター・ティッシュバンクセンター
isao.kasugai@gmail.com

Endosymbiotic theory : Graphic features of nutrition
transfer on Phototrophy-Preceding Theory

Isao Kasugai

Miyagi Cancer Center・Tissue Bank Center,
47-1 Nodayama, Medeshimashiote,
Natori, Miyagi 981-1293, Japan

細胞内共生説は、真核生物細胞の成立過程を説明する学説であり、嫌気性宿主細胞に、 α -プロテオバクテリアに類似した酸素呼吸能を持つ細菌が取り込まれミトコンドリアとなり、その後、酸素発生型光合成能を持つ藍藻の祖先生物が共生して葉緑体になったという連続共生説(SET)が、一般に受け入れられている。筆者は、それに対し、藍藻の祖先生物による光合成能の獲得が、酸素呼吸能の獲得よりも先行していたとする光栄養先行説(PPT)(生物科学(農文協) 2005 56(2) : 101-109.)を提案している(図1)。SETとPPTの関係を解説し、PPTでは当初から、共生体と宿主間でエネルギー生産に関与する栄養物質の授受において、グラフ上強連結の関係を築きうることを述べ、SETよりも適応度が高いことを示す。

<参考文献>

- ANDERSON, J. O. & ROJER, A. J. 2002 Curr. Biol. 12(2) : 115-119.
GIOVANNONI, S. J., TURNER, S., OLSEN, G. J., BARNS, S., LANE, D. J. & PACE, N. R. 1988 J. Bacteriol. 170(8) : 3584-3592.
HANNAERT, V., SAAVEDRA, E., DUFFIEUX, F., SZIKORA, J.-P., RIGDEN, D. J., MICHELS, P. A. M. & OPPERDOES, F. R. 2003 Proc. Natl. Acad. Sci. USA 100(3) : 1067-1071.
春日井 勲. (2005) 共生説：光栄養が先行する様式. 生物科学(農文協) 56(2) : 101-109.
MARGULIS, L. 1993 "Symbiosis in Cell Evolution" 2nd ed., Freeman, New York.
MARTIN, W. & MÜLLER, M. 1998 Nature 392(6671) : 37-41.
NOZAKI, H., MATSUZAKI, M., TAKAHARA, M., MISUMI, O., KUROIWA, H., HASEGAWA, M., SHIN-I, T., KOHARA, Y., OGASAWARA, N. & KUROIWA, T. 2003 J. Mol. Evol. 56 : 485-497.
OREN, A. & PADAN, E. 1978 J. Bacteriol. 133(2) : 558-563.
PALENIK, B. & HASELKORN, R. 1992 Nature, 355(6357) : 265-267.
PARACER, S. & AHMADJIAN, V. 2000 *Symbiosis : an introduction to biological associations*. Oxford University Press. 153-167.
REISSER, W. 1993 *Origins of Plastids*, ed. LEWIN, R. A. New York : Chapman and Hall. 27-43.
STAL, L. J. 1995 New Phytol. 131 : 1-32.
YANG, D., OYAIZU, Y., OYAIZU, H., OLSEN, G. J. & WOESE, C. R. 1985 Proc. Natl. Acad. Sci. USA 82 : 4443-4447.

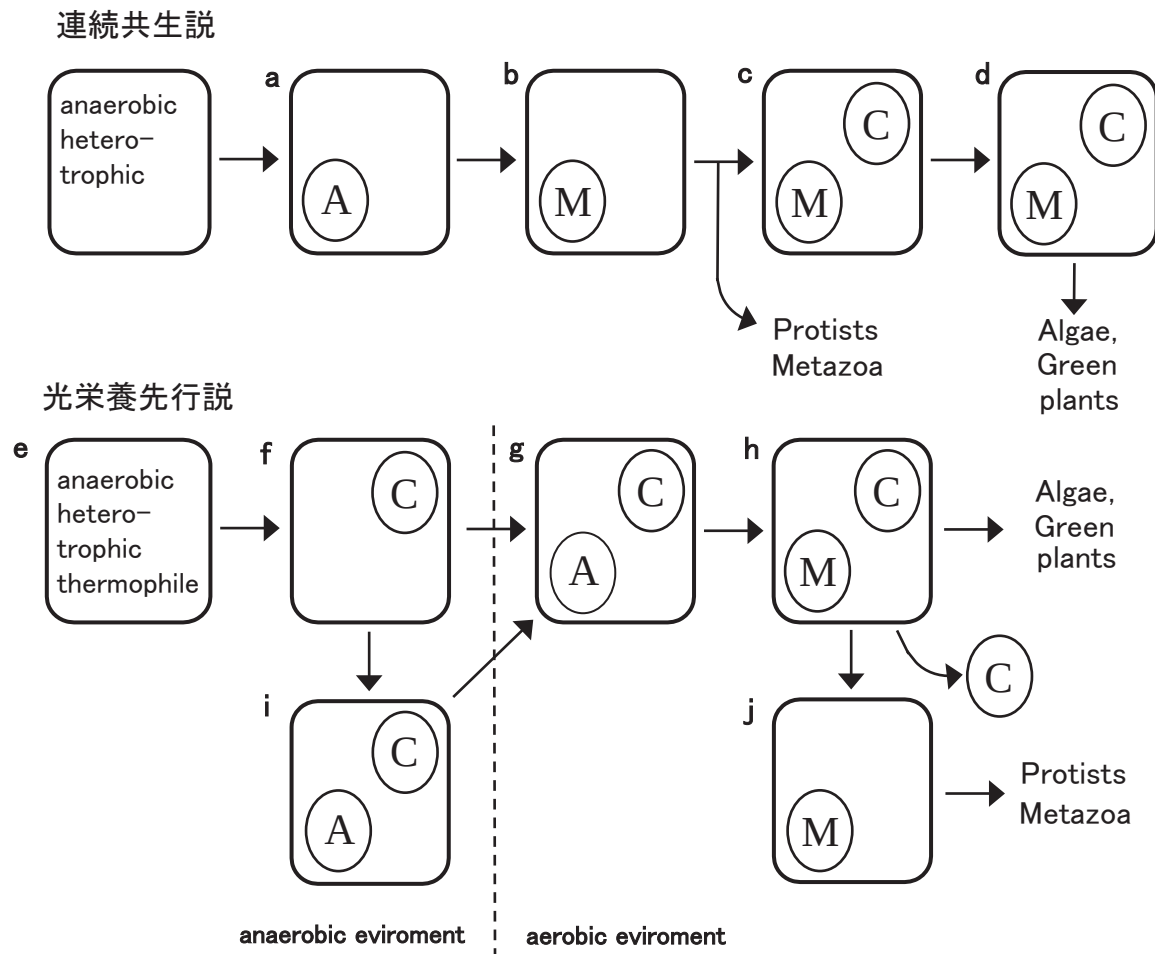


図1. 共生説における共生生物の取込み様式

A: aerobic bacteria (a, g) or facultative anaerobic bacteria (g, i)

M: mitochondria

C: cyanobacteria ancestor (c, f) or chloroplast (d, g, h)

自己集合サイズがプログラム可能な DNA ナノモジュールの設計

○劉詩韻¹, 安部桂太¹, 内田健央¹, 遠藤佑真¹, 秋田賢¹, 市堰翔成¹, 荒舘笙², 斎藤正崇², 吉川太陽², 福地成彦³, 川又生吹¹, 野村 M.慎一郎¹, 村田智¹

¹ 東北大学工学研究科ロボティクス専攻

² 東北大学工学部機械・知能航空工学科

³ 東北大学理学部物理学科

hikari@molbot.mech.tohoku.ac.jp

Size Controllable Linear Self-Assembly Module of DNA Origami

○Shiyun Liu¹, Keita Abe¹, Takeo Uchida¹, Yuma Endo¹, Satoru Akita¹, Shosei Ichiseki¹, Sho Aradachi², Masataka Saito², Taiyo Kikkawa², Akihiko Fukuchi³, Ibuki Kawamata¹, Shin-ichiro M.Nomura¹, Satoshi Murata¹

¹ Department of Robotics, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Japan

² Department of Mechanical and Aerospace Engineering, School of Engineering, Tohoku University, Japan

³ Department of Physics, Faculty of Science, Tohoku University, Japan

Abstract: In nature, various biological functions are realized by multimeric proteins. Those proteins have intrinsic curvature and the number of monomers in a multimer is determined by their curvature. In linear assembly, however, it is difficult to control the number of proteins without additional capping mechanisms. Here, we propose a novel mechanism to control such linear assembly by employing a mechanism inspired by Vernier. We designed a nanoscale DNA origami module that can count the number of stacking using the Vernier mechanism. It consists of a hollow cylinder and a twisted shaft, where the shaft can rotate inside the cylinder. Since the shaft is slightly twisted, there is a phase shift between stacking angles on its ends. As the modules stack, the phase shift accumulates on the shaft. The modules are capable of stacking until the accumulated twist reaches the limit defined on the cylinder. The elaborate design enables us to make size-controllable DNA origami complexes, which provide a novel possibility for structural nanotechnology.

Keywords: Molecular robotics; DNA origami; Self-assembly; Shape complementary; Vernier mechanism

生体内では、タンパク質の自己集合により様々な生物学的機能が実現される。これらのタンパク質集合体には同種のタンパク質か固有のサイズに自己集合するものがある。多くの場合、そういった集合体は環状であり、タンパク質の曲率によりサイズが決まる。しかし、線形自己集合の場合では、キャッピング機構などの付加的な機構なしに集合体の長さを制御することは困難である。本研究では、バーニヤ機構を用いて線形自己集合を制御できる新しい DNA ナノ分子モジュールを提案する^[1]。

設計した DNA 分子ナノモジュールは溝のある中空なシリンダーとねじりを

持つシャフトにより構成され、シャフトはシリンダーの中で回転することができる。結合可能なモジュールの数 N は、シャフトのねじり角度 θ とシリンダーにある溝の幅 φ により決められる (式 1)。

$$N = \left\lfloor \frac{\varphi - \theta}{\theta} \right\rfloor \quad (1)$$

モジュールは、形状相補性により結合し、線状の自己集合体に成長する。モジュールの末端をブロック配列

(Poly-T) で修飾すると、モジュール同士は結合できなくなる。また、シャフトにねじりを加えないと、モジュール同士は無限に結合していくと考えられる (図 1)。

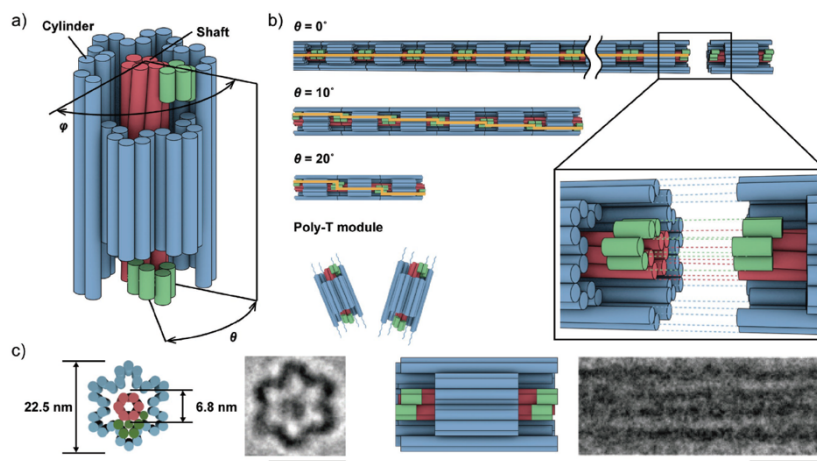


図 1 モジュールの設計図

実験では、原子間力顕微鏡 (AFM) と低温電子顕微鏡 (cryo-TEM) を用いて、末端がブロックされたモジュールとシャフトのねじり角度 θ が異なるモジュールを観察した。モジュールは設計通りの形状に形成され、線状の自己集合体に成長した。さらに、シャフトのねじり角度 θ を変えることにより、自己集合体の長さの分布をある程度制御できることを確認した (図 2)。

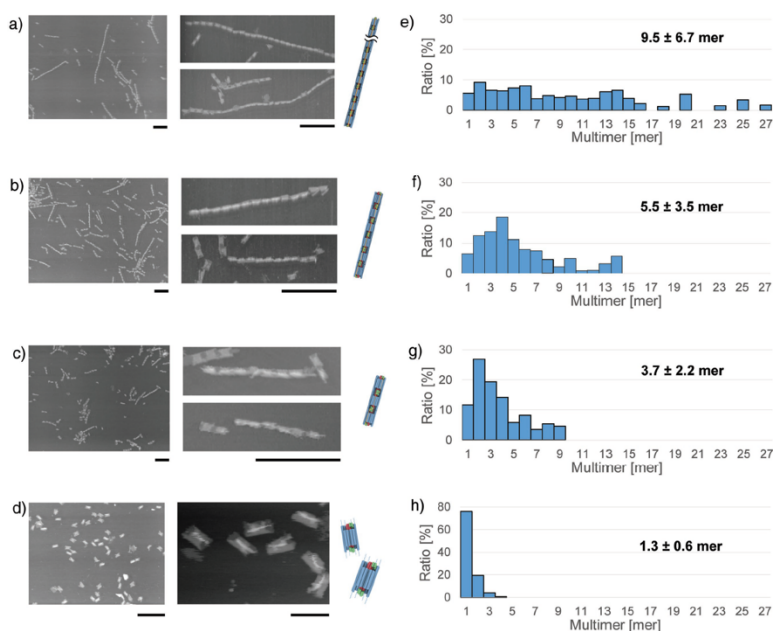


図 2 モジュールの AFM 画像と自己集合体の長さ分布

シャフトのねじり角度 θ を変える以外にも、シリンダーの溝幅 φ を変更しても、線状の自己集合体の長さを調整できる。このバーニヤ機構により、サイズプログラム可能な DNA オリガミ重合体を作製することが可能になり、構造ナノテクノロジーの新たな可能性が提供された。

[参考文献]

[1] T. Uchida et al., *Small*, 2017

[2] Alexander E. Marras et al., *PNAS* 112, 713-718, 2015.

池上式 3D ジグソーパズルの複製とピースの対称性について

町屋佑季¹、池上祐司²、手嶋吉法¹

¹千葉工業大学大学院工学研究科機械サイエンス専攻、〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

²理化学研究所 〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

Reproduction of Ikegami's 3D jigsaw puzzle and symmetry of the puzzle pieces

Yuki Machiya¹, Yuji Ikegami², Yoshinori Teshima^{1*}

¹Department of Mechanical Science, Graduate School of Engineering, Chiba Institute of Technology

Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

²RIKEN, 2-1 Hirosawa Wakou, Saitama 351-0198, Japan

*yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract : Based on Ikegami's 3D jigsaw puzzle (3×3×3), we designed the 3D jigsaw puzzle (2×2×2, 3×3×3, 4×4×4) and manufactured them. We investigated symmetry of the internal structure on the puzzles. As a result, the pieces show reflection symmetry in regards to the sizes 2×2×2 and 4×4×4 under the condition that all ditches and tenons be congruent. On the other hand, the pieces do not show reflection symmetry in regards to the size 3×3×3.

Keywords: 3D Jigsaw Puzzle, ditches, tenons, reflection symmetry

1. はじめに

3D ジグソーパズルとは、一般的な 2D ジグソーパズルを 3 次元化したものである。本研究での 3D ジグソーパズルは、2D ジグソーパズルと同様の凹凸の曲線がパズル表面上に現れる場合に限定する。図 1 は池上祐司氏によって設計された 3D ジグソーパズルであり、多面体の内部にある溝とほぞをかみ合わせて空間を埋め尽くすパズルである。

2. 池上式 3D ジグソーパズルの内部構造

図 1 の外観を持つ 3D ジグソーパズルは、ある一方向にピースを動かして外そうとすると、側面のほぞが動かそうとしたピースに引っかかるため、一見すると実現困難に思われる。池上祐司氏はパズル内部の溝とほぞを空間の 3 方向に巧妙に配置することで、ピースをスライドさせることを可能にした [1]。図 2 の円柱は池上式 3D ジグソーパズル (2×2×2) の内部のほぞの配置を表しており、黄・緑・青の円柱はそれぞれ異なる方向を向き、交差することなく配置されている。図 2 の様なほぞの配置にすると、ピースはこの方向に沿ってスライドし、パズルを分解することが可能になる。これが池上式 3D ジグソーパズルの特徴である。

3. 池上式 3D ジグソーパズルの複製

3D ジグソーパズルは縦・横・高さ方向の分割数によってサイズが決まる。図 1 の池上式 3D ジグソーパズルでは、縦・横・高さ方向にそれぞれ 3 分割ずつされているのでサイズは 3×3×3 (全 27 ピース) となる。本研究では、これまでに 2×2×2 (全 8 ピース)、3×3×3、4×4×4 (全 64 ピース) の池上式 3D ジグソーパズルの形状データ作成と実体化を行った。今回、3D ジグソーパズルの全ての溝とほぞを同じ大きさの楕円柱で設計することにより、合同なピースや鏡映対称な



図 1 池上式 3D ジグソーパズル
(3×3×3)

池上祐司氏 設計

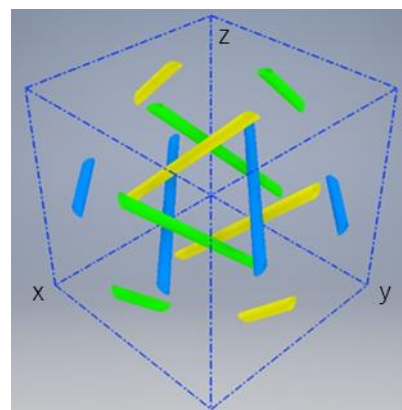


図 2 池上式 3D ジグソーパズル
(2×2×2) 内部のほぞの配置

黄 (0, 1, 1) 方向

緑 (1, 0, 1) 方向

青 (1, 1, 0) 方向

ピースができることが判った。

ピースの造形は熱溶解積層法の 3D プリンタ (Makerbot Replicator Z18) で行った。造形後、ピースにやすりがけを行い細かな凹凸やサポート材を取り除き、表面を滑らかにした。このやすりがけを行うことでピース同士をはめ合わせる事が可能になる。上記の作業を行い、3D ジグソーパズル (2×2×2、3×3×3、4×4×4) を完成させた。

4. ピースの対称性

図3に示した4種類のピースは2×2×2を構成する全8個のピースであり、①と②のピースは各1個ずつ存在しこれらは鏡映対称となっている。また、③と④はそれぞれが合同な3個のピースからなり、③と④は鏡映対称となっている。

図4に示した7種類のピースは3×3×3を構成する全27個のピースであり、②～⑦はそれぞれ合同なピースが存在する。②は合同なピースが2個、③と④は合同なピースが各3個ずつ、⑤・⑥・⑦は合同なピースが各6個ずつ存在する。①は3×3×3の中心に位置するピースとなっており、合同なピースは存在しない。また、3×3×3には鏡映対称なピースは全く存在しないことを確認した。

図5に示した14種類のピースは4×4×4を構成する全64個のピースであり、③～⑭はそれぞれ合同なピースが存在する。③・④・⑤・⑥・⑦・⑧は合同なピースが3個ずつ、⑨・⑩は合同なピースが4個ずつ、⑪・⑫は合同なピースが6個ずつ、⑬・⑭は合同なピースが12個ずつ存在する。また、4×4×4は全てのピースがどれかしらのピースと鏡映対称となっており、①と②、③と④、⑤と⑥、⑦と⑧、⑨と⑩、⑪と⑫、⑬と⑭がそれぞれ鏡映対称となっていることを確認した。

5. まとめ

本研究ではこれまでに2×2×2、3×3×3、4×4×4の池上式3Dジグソーパズルを作製し、それらのピースの対称性を調査した。その結果、偶数分割 (2×2×2、4×4×4) のパズルは全てのピースがどれかしらのピースと鏡映対称となっているが、奇数分割 (3×3×3) のパズルには鏡映対称なピースが存在しないという特徴がみられた。しかし、この特徴がより大きいサイズの池上式3Dジグソーパズルに当てはまるかは未確認である。今後、池上式3Dジグソーパズル5×5×5を設計してピースの特徴を調査し、3×3×3と同様の特徴を有するか調べ、一般的な法則を解明したい。

参考文献

[1] Y.Watanabe,Y.Ikegami, K.Yamazawa, Y.Murakami:World of Scientific Puzzle Art Using Layer Manufacturing, Forma, 21, (2006) 37-48

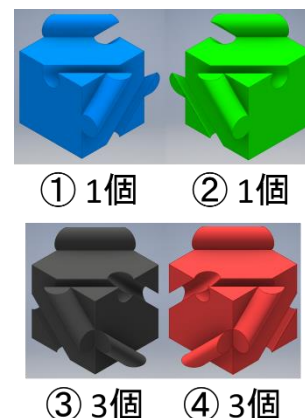


図3 2×2×2の鏡映対称なピースとその個数

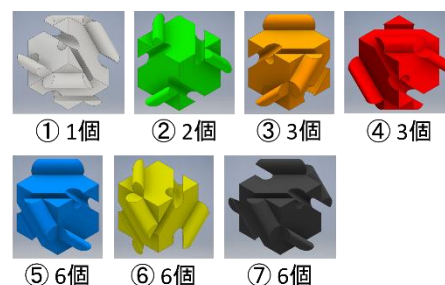


図4 3×3×3のピースとその個数

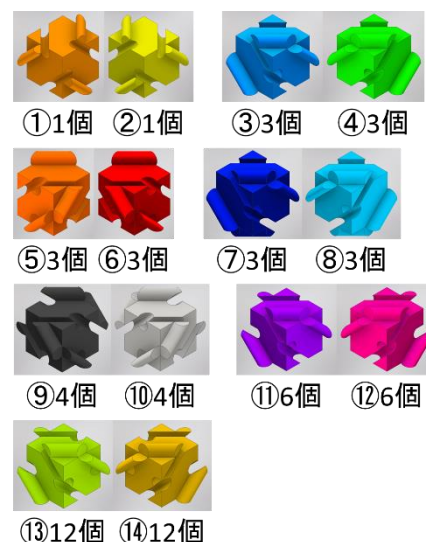


図5 4×4×4の鏡映対称なピースとその個数

フラクタル 3D モデル(構造デザインのためのユニット折り紙スキル)

八十嶋 裕、八十嶋章雄

〒913-0026 福井県坂井市三国町殿島 2-19

Yaso0511@yahoo.co.jp

Fractal 3D model (Modular origami skill for structure designs)

Yutaka Yasoshima, Akio Yasoshima

Tonoshima 2-19, Mikuni, Sakai, Fukui, Japan

Abstract: With modular origami, there is a pyramid side regular tetrahedron. Taking off a pyramid you can find an equilateral triangle. By joining the same solids to those triangles, and repeating four times you can find four cubes. With each cube, if you repeat the same operations, you can make a fractal 3D model. Besides this, I found three operations which I can make a similar Radiolaria frame.

Keywords: fractals truss structure Radiolaria Modular origami 3D

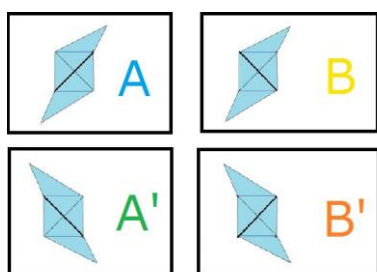


Fig.1

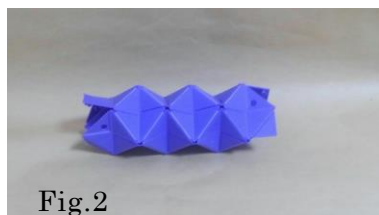


Fig.2

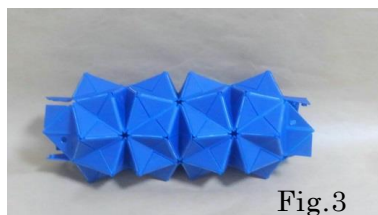


Fig.3

1. ユニット折り紙のユニットには Fig. 1 のような 4 つのタイプがある。A と A'、B と B' は構造的には同じで、模様が鏡対称になる。A と B は構造的にも異なる。

Fig 2 の仮称ジャバラパイプと呼ぶ構造物は「タイプ A のユニット」と「タイプ B のユニット」を交互に一段ずつ積み重ねることによって製作できる。外見上は、直角二等辺三角形が上下反転しながら交互にならんでいる。(Fig. 2)

仮称テトラパイプ(図 1 3)は、角錐が上下の向きを入れ替えながら一段ずつ交互に積み重なった構造をしている。テトラパイプはジャバラパイプと

違い、一種類のユニット (A なら A のみ) で作ることができる。

2. ここで紹介する「構造デザインのためのユニット折り紙スキル」は、「CAP (ふた)」「JOINT (関節)」「PIPE (パイプ)」を手続きの概念として想定された造形システムである。この 3 つの手続きを組み合わせるとラス構造やラス構造に類似した構造で密封できる構造物を制作できる。「関節同士は基本的に、それらを直接接続することはできない」が、タイプ A のユニットで作られた関節とタイプ B のユニットで作られた関節なら直接接続することができる。また、クラフトとして親しまれている「くすだま」などにあらわれる構造は、パイプの終端を閉じる「CAP (ふた)」



Fig.4

として位置づけられている。「くすだま」は4系統のふたを直接二つ向い合せて接合させた立体ともいえる。(Fig.7は4種類の「ふた」の写真。赤が3系統)

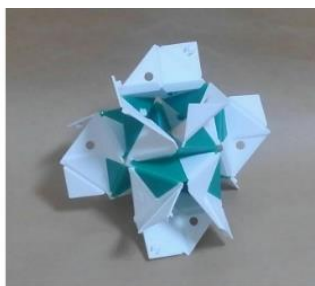


Fig.5



Fig.6



Fig.9



Fig.10

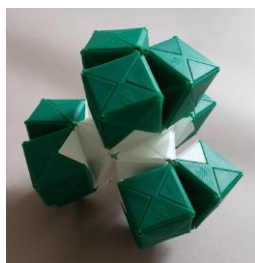


Fig.7



Fig.8



Fig.11

3. タイプAの3号関節には、タイプBの3号関節を4つ接続することができる。すると、関節の口が4箇所から12箇所に増える(軸が12本に増える)。それにふたを12枚被せると、Fig.5の立体ができる。閉じずに12箇所の関節口にそれぞれタイプAの3号関節を接続すれば、関節口は36箇所になる。そして、全ての関節口に3系統のふたを接続したものがFig.6になる。繰り返し同じ立体が出現し、部分と全体の相似が成立している。すなわち「フラクタル」である。さらに同じ操作を繰り返した結果がFig.8である。

4. Fig.3の関節は中心から4方向に軸を伸ばせるが、必ずしも全ての方向に軸を伸ばさなくてはならないわけではなく、伸ばしたくない軸を「閉じる」という操作も行える。Fig.7は、Fig.3の関節の4本の軸のうち、2本を閉じたものである。こうすることで、結局は軸を「屈折させた」と同じ結果を得ることができる。この手

続きをうまく組み合わせると、図23のような五角形のパイプ構造が製作できる。さらに、この星形パイプを三次元に展開すると、図24のような正12面体のパイプ構造ができる。

5. この造形システムで制作された立体の中には、Fig.12やFig.13のように放散虫の形態を想起させるものもある。

6. 造形システムとしては「ユニット折り紙」を前提としているが、実際の制作では、大型の作品を制作すると、自重と剛性の関係で作品が崩壊するという問題をクリアするために「アイガミ (i-gami)」のなかの「イチガミ」を使用している。

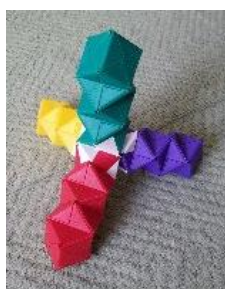


Fig.12



Fig.13

参考文献

- [1]「多面体百科」 宮崎興二著 丸善出版
31 ページ 折り紙多面体
- [2] 形の科学百科事典 形の科学会 2013
4123. 5218. 2219.
- [3]ユニット折り紙 北條敏彰 日本文芸社
- [4]くす玉ユニット折り紙つがわみお日本文芸社

一次元写像における周期軌道の記号化規則

山口喜博 (chaosfractal@iCloud.com: 元帝京平成大学)¹

Coding rule for periodic orbits in the one-dimensional map

Yoshihiro Yamaguchi

Abstract: A new coding rule for periodic orbits in unimodal one-dimensional maps is derived. The best-known example of a family of unimodal maps is the logistic map. The band merging is observed in the bifurcation diagram of the logistic map. Let a_m^k ($k \geq 1$) be the critical value at which 2^k -band merges into 2^{k-1} -band. At $a > a_m^0$, the diverging orbit appears and thus 1-band disappears. The relations $a_m^{k+1} < a_m^k$ for $k \geq 0$ hold. Let s_q be the code for periodic orbit of period q in the interval $(a_m^1, a_m^0]$. Assume that the code s_q represented by symbols 0 and 1 is known. In the interval $(a_m^{k+1}, a_m^k]$, there exists the periodic orbit of period $2^k \times q$ ($k \geq 1$). Let its code be $s_{2^k \times q}$. Let $\mathcal{D}$ be the doubling operator defined by the substitution rules as $0 \Rightarrow 11$ and $1 \Rightarrow 01$. The following coding rule is derived. Operating k times of $\mathcal{D}$ to s_q , the code $s_{2^k \times q}$ is determined.

Keywords: One-dimensional map, Bifurcation diagram, Periodic orbits, Coding rule, Doubling operator

本講演では、一次元写像 [1,2] における周期軌道の記号化について議論する。ここでは記号として 0 と 1 を用いる。周期軌道の周期を q とすると、周期軌道は q 個の記号の集まりで表現される。これをコードと呼ぶ。コードを利用して周期軌道を分類する初期の方法はメトロポリス-スタイン-スタイン (Metropolis-Stein-Stein)[3] によって行われた。この方法はミルナー-サーストン (Milnor-Thurston)[4] によるニーディング理論 (Kneading Theory: 混練理論) でも継承され、コードを利用した位相的エントロピーを求める手法が確立された。これについては参考文献 [2] に簡単な解説がある。一方で周期軌道のコードを決定する手順は一部の周期軌道の族にのみ知られている。記号化過程を見直した結果、新しい記号化規則を見出したので報告する。

検討する問題についてロジスティック写像 $f(x_n)$ の分岐図 (図 1) をもとに説明する。

$$x_{n+1} = f(x_n) = ax_n(1 - x_n). \quad (1)$$

ここで、 $0 < a \leq 4$, $0 \leq x_n \leq 1$. $a = 1$ で不動点 Q ($x = 1 - 1/a$) が生じる。 Q は、 $a = 3$ で周期倍分岐を起こす。

二つの帯が融合する臨界値 a_m^1 と $a_m^0 = 4$ の間には窓が存在する。帯とはカオス的運動の集合である。この帯の中に窓が存在する。例として周期 3 の窓を考えよう。周期 3 の窓はコード 001 と 011 で記述される周期軌道が接線分岐で生じたことで分岐図の中に出現する。分岐図で観測できる周期軌道は生じた際に安定な周期軌道である。この周期軌道のコードは 001 である。四つの帯が融合する臨界値 a_m^2 と臨界値 a_m^1 の間には周期 2×3 の窓がある。周期 3 のコード 011 から周期 2×3 の不安定周期軌道のコードを決める規則は何かというのが問題である。この規則を利用すれば区間 $(a_m^{k+1}, a_m^k]$ の間にある周期 $2^k \times 3$ の不安定周期軌道のコードが決まる。区間 $(a_m^1, a_m^0]$ の間にある周期 q の周期軌道がシャルコフスキーの順序順序関係 [5] に含まれる場合もあるが含まれない場合もある。例として、分岐図に示した周期 3 の右にある周期 5 と周期 4 はシャルコフ

¹(290-0073) 千葉県市原市国分寺台中央 2-4-14

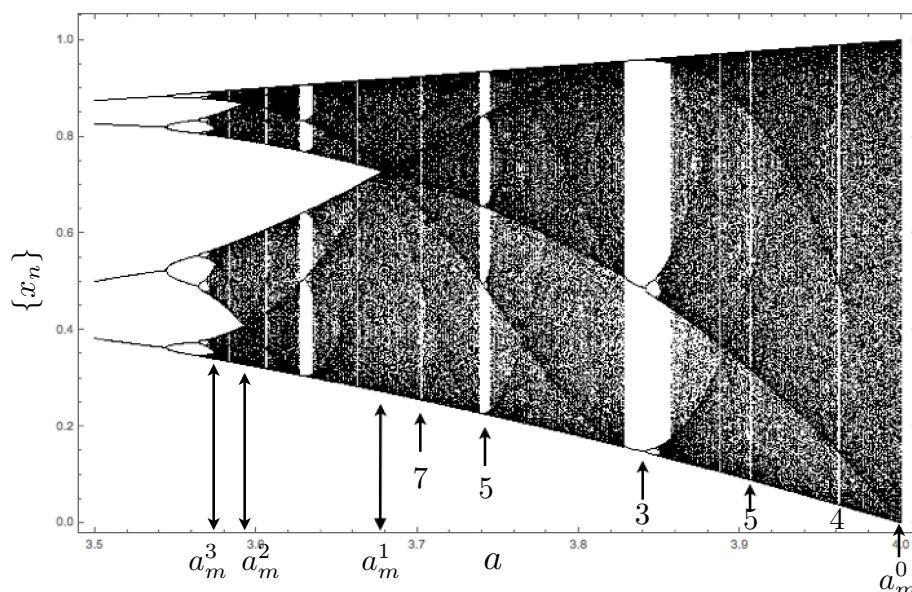


図 1: ロジスティック写像の分岐図. 二つの帯が融合する点の臨界値は $a_m^1 = 3.678573 \dots$, 四つの帯が融合する点の臨界値は $a_m^2 = 3.592572 \dots$, 八つの帯が融合する点の臨界値は $a_m^3 = 3.574804 \dots$, 十六個の帯が融合する点の臨界値は $a_m^4 = 3.570985 \dots$. $a_m^0 = 4$. 周期倍分岐が集積する a の値は $3.569945 \dots$. 自然数 3 は周期 3 の窓を意味する. 他の自然数についても同様.

スキーマの順序順序関係に含まれない. 得られた記号化規則はシャルコフスキーの順序順序関係に含まれる周期軌道に対しても含まれない周期軌道に対しても適用できる.

最初に周期倍化作用を紹介する. この作用を利用すると不動点 Q (コード 1) の周期倍分岐で生じた娘周期軌道のコードを順次決めることができる.

周期倍化作用 [6] D : 0 を 11 で置き換え, 1 を 01 で置き換える.

記号化規則. パラメータ区間 $(a_m^1, a_m^0]$ にある周期 q の周期軌道のコード s_q は分かっているとす. コード s_q に周期倍化作用 D を k (≥ 1) 回作用することでパラメータ区間 $(a_m^{k+1}, a_m^k]$ にある周期 $2^k \times q$ の周期軌道のコード $s_{2^k \times q}$ が決まる.

分岐図 (図 1) で周期 3 の右にある周期 5 (00101) に記号化規則を適用してみる. 二つ帯にある周期 2×5 のコードは 1111011101 で, 四つ帯にある周期 $2^2 \times 5$ のコードは $(01)^4 11(01)^3 1101$.

接線分岐で生じた周期軌道のコードに, 周期倍分岐で定義された周期倍化作用が適用できるのは不思議である. 理由の説明は講演で行う.

参考文献

- [1] コレ, P., エックマン, J-P., カオスの出現と消滅, 遊星社 (1993).
- [2] 長島弘幸, 馬場良和, カオス入門, 培風館 (1992).
- [3] Metropolis, N., Stein, M. and Stein, P., J. Combinatorial Theory Ser. A 15 (1973), 25-44.
- [4] Milnor, J., and Thurston, W., *On iterated maps of the interval Dynamical systems*, Lecture Notes in Math., 1342 (Springer, 1988), 465-563.
- [5] Sharkovskii, A. N., Ukrain. Math. Zh. 16, (1964), 61-71. International Journal of Bifurcation and Chaos 5, (1995), 1263-1273.
- [6] Gilmore, R., and Lefranc, M., *The topology of chaos*. (Wiley-Interscience, 2002), §2.7.5.2.

池上式 3D ジグソーパズルの作製

町屋佑季¹、池上祐司²、手嶋吉法¹

¹千葉工業大学、〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

²理化学研究所 〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

Reproduction of Ikegami's 3D jigsaw puzzle

Y. Machiya¹, Y. Ikegami², Y. Teshima^{1*}

¹Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan

²RIKEN, 2-1 Hirosawa Wakou, Saitama 351-0198, Japan

*yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract: Based on Ikegami's 3D jigsaw puzzle (3×3×3), we designed three-dimensional shape data of the 3D jigsaw puzzles (2×2×2, 3×3×3, 4×4×4) using 3D CAD. They were converted to STL file format for 3D printing and the solid models were made by using a 3D printer of the fused deposition modeling (FDM). After the 3D printing, we polished the puzzle pieces so that they can move.

1. はじめに

3D ジグソーパズルとは一般的な 2D ジグソーパズルを 3 次元化したものである。図 1 は池上祐司氏によって設計された池上式 3D ジグソーパズル [1] であり、多面体の内部にある溝とほぞをかみ合わせて空間を埋め尽くすパズルである。本研究では、図 1 のパズルの内部構造を観察して理解し、本質的にそれと同等な 3D ジグソーパズル (2×2×2、3×3×3、4×4×4) (図 2、図 3、図 4) を設計・作製した。



図 1 池上式 3D ジグソーパズル
(3×3×3) 池上氏設計

2. 3D ジグソーパズルの作製手順

3D ジグソーパズルの作製手順は以下の通りである。(1)3D CAD (Autodesk Inventor) を用いて 3D ジグソーパズルの溝とほぞの配置などの設計を行い、3 次元形状データを作成する。(2)作成した 3 次元形状データを造形データ(STL 形式)へ変換する。(3) 造形データ(STL 形式)を基に 3D プリンタを用いて造形する。3D プリンタは Makerbot 社の Replicater Z18 を使用した。(4)造形直後の池上式 3D ジグソーパズルのピースはサポートで表面が覆われており、そのままの状態ではピース同士をはめ合わせることが出来ない。そのため、表面を覆うサポート材をペンチで取り除く。その後、ペンチでは取り除けない細かなサポート材やパズル表面の細かな凹凸などをやすりがけを行って取り除き表面を滑らかにする。このやすりがけを行うことでピース同士をはめ合わせることが可能になる。上記の作業を行い、3D ジグソーパズル (2×2×2、3×3×3、4×4×4) を完成させた。



図 2 3D ジグソーパズル
(2×2×2)

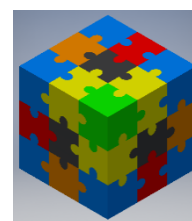


図 3 3D ジグソーパズル
(3×3×3)

3. 作製した 3D ジグソーパズルの特徴

作製した 3D ジグソーパズル (2×2×2、3×3×3、4×4×4) は、ほぞの一部が交差する設計となっているためパズル内部に隙間が生じるがパズル表面に隙間は無く、ピースをスライドさせて外すこともでき、3D ジグソーパズルとしては問題なく機能する。

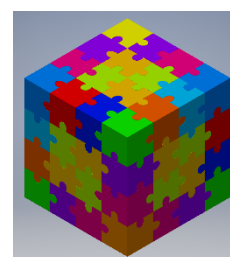


図 4 3D ジグソーパズル
(4×4×4)

参考文献

[1] Y.Watanabe,Y.Ikegami, K.Yamazawa, Y.Murakami:World of Scientific Puzzle Art Using Layer Manufacturing, Forma, 21, (2006) 37-48

DNA および RNA 模型の作製

岩上 凌¹, 河合剛太², 手嶋吉法^{1*}

千葉工業大学¹工学部機械サイエンス学科, ²先進工学部生命科学科

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1 *yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Production and application of protein models

Ryo Iwakami, Gota Kawai, and Yoshinori Teshima

Chiba Institute of Technology, ¹Faculty of Engineering, ²Faculty of Advanced Engineering, 2-17-1

Tsudanuma, Narashino-shi, Chiba 275-0016, JAPAN

Abstract: We designed and made 3D models of RNA and DNA as demonstrative materials for scientific discussions. The models assisted students and researchers to understand deeply the structure and interaction of DNA and RNA.

Keywords: 3D printer, Protein, teaching materials

生命現象を分子レベルで説明するためには、生体高分子の立体構造を解明し、その機能を知ることが重要である。近年のコンピュータの進歩により、コンピュータスクリーン上での分子の立体表示が容易となっているが、しかしながら、それらの形を正しく理解するためには、生体高分子の実体模型を用いることが有効である。そこで、私たちは 3D プリンタによってさまざまな生体高分子の立体模型を作製し、講義あるいは研究上の議論において活用している。今回は、DNA および RNA の立体模型を作製し、その評価を行った。

対象とした分子は、DNA および RNA の基本構造に対応するもの 4 種 (B 型 DNA, A 型 DNA, Z 型 DNA, A 型 RNA), 千葉工業大学において立体構造が決定された RNA 2 種 (PDB ID: 1WKS, 2RV0), および Protein Data Bank に登録されている機能性 RNA (リボスイッチ, PDB ID: 2GIS) である。分子表示ソフトウェアである UCSF Chimera を利用して STL ファイルへの変換を行い、熱溶解方式の Replicator2X (Makerbot 社製) で作成した。使用した素材は表面処理をやすり等で容易に行うことができる ABS 樹脂とした。

核酸の基本構造 4 種については、その構造の違いが大変にわかりやすく、特に講義において役立った。千葉工業大学において立体構造が決定された RNA 2 種については、重要な部分に色付けしたものを学会において議論に利用したところ、2 つの RNA の構造比較において、非常に効果的であった (第 19 回日本 RNA 学会年会, 2017 年 7 月, 富山)。また、リボスイッチについては、分子内部に結合しているリガンド分子が取り出せるよう、全体を 2 つに分割して模型を作製したところ、非常に有用であることが分かった (図 1)。この模型は、分割面に磁石を埋め込むことで、容易に元の構造を再現できるように工夫した。

以上のように、文字通り「手に取って」構造を見ることによって、形についての共通認識を得るとともに、より深い議論が可能であることが確かめられた。



図 1. リボスイッチ RNA の分割模型

生物の体サイズに応じて収斂する生物個体のエネルギー利用

森茂太¹・黒澤陽子¹・王莫非¹・山路恵子²、石田厚³

山形大学農学部、〒997-0037 鶴岡市若葉町 1-23

E-mail: morishigeta@tdsl.tr.yamagata-u.ac.jp

Energy use of individual organisms scale convergently with their body size

Shigeta Moril, Yoko Kurosawa, Mofei Wang, Keiko Yamaji, Atushi Ishida

¹. Yamagata Yamagata University, Wakabamachi 1-23, Tsuruokashi, Yamagata

². Graduate school of life and environmental sciences, Tsukuba University

³. The center for ecological research, Kyoto University

Abstract:

The scaling of respiratory metabolism with body mass is one of the most pervasive phenomena in biology. Using a single allometric equation to characterize empirical scaling relationships and to evaluate alternative hypotheses about mechanisms has been controversial. We developed a method to directly measure respiration of about 1000 whole plants, spanning ten orders of magnitude in body mass, from small seedlings to large trees, and from tropical to boreal ecosystems. Our measurements include the roots, which have often been ignored. Rather than a single power-law relationship, our data are fit by a biphasic, mixed-power function. The allometric exponent varies continuously from 1 in the smallest plants to 3/4 in larger saplings and trees. Therefore, our findings support the recent findings of Reich et al. [Reich PB, Tjoelker MG, Machado JL, Oleksyn J (2006) *Nature* 439:457-461] and West, Brown, and Enquist [West GB, Brown JH, Enquist BJ (1997) *Science* 276:122 -126.]. The transition from linear to 3/4-power scaling may indicate fundamental physical and physiological constraints.

Keywords: allometry, metabolic scaling, mixed-power function, whole-plant Respiration, simple-power function

1. はじめに

ほとんどの生物は呼吸を通じたエネルギー利用で生命を維持しており、個体当たりのエネルギー利用は体サイズに応じて変化し (Metabolic scaling)、一定の法則性が指摘されている (1, 2)。近年の研究では、動物も植物も体サイズに応じたエネルギー利用効率は一致しているとの指摘もあり (3)、生物個体の体サイズに応じたエネルギー利用を巡って生物学を越え、物理系、複雑系分野などを巻き込み様々な熱い議論が続いてきた (3-7)。

樹木はその重量成長の幅が極めて広く 1 兆倍に及ぶ。そこで、我々は樹木の根全体を掘り出して、芽ばえ～大木まで樹木と草本のあらゆる植物個体全体の呼吸を実測し、体サイズにより個体エネルギー利用がどのように制御されるかを検討した (3, 5)。

2. 材料と方法

材料は、シベリア永久凍土地帯からインドネシアの熱帯林の樹木(草本も含む)など様々環境から採取した。測定に際しては樹木の全部位を自作の大小の測定装置に密閉して正確に、多数



図-1. 自作の装置による芽生え～大木の個体呼吸測定の様子
全て同じ CO₂ センサーと同じ測定原理を用いた。右図は切断しない立木を用いたが、切断して場合も個体呼吸への影響はなかった。

(約 1000 個体)、芽ばえ～大木まで幅広く測定を行った。測定方法は Mori et al. (2010) (5)を用いた (図-1)。

3. 結果、考察

生物学や生理学は種間の違いを系統だって示すことが一つの目的である。しかし、我々の結果では、広い個体サイズスケールで見た生物個体のエネルギー利用には系統や環境間の差が消える傾向があった (3, 5)。

これは、広い個体サイズスケールで生物個体のエネルギー利用を見た場合、生物学的な制御とは独立した物理化学的な制御がより強く関与する可能性があることを示すものである。生物の形の最重要要素の一つである個体サイズは、植物個体のエネルギー利用のもっとも主要な制御要因なのだろう。

参考文献

1. Kleiber M (1932) Body size and metabolism. *Hilgardia* 6:315-353.
2. West GB, Brown JH, Enquist BJ (1997) A general model for the origin of allometric scaling laws in biology. *Science* 276(5309):122-126.
3. Banavar JB, Cooke TJ, Rinaldo A, and Maritan A (2014) Form, function, and evolution of living organisms. *PNAS* 111: 3332-3337.
4. Reich PB et al. (2006) Universal scaling of respiratory metabolism, size and nitrogen in plants. *Nature* 439(7075):457-461.
5. Mori et al. (2010) Mixed-power scaling of whole-plant respiration from seedlings to giant trees. *PNAS* 107 (4) 1447-1451.
6. 本川達雄 (1992) ゾウの時間 ネズミの時間. 中公新書.
7. ジョン・ホイットフィールド (野中 香方子訳) (2009) 生き物たちは 3/4 が好-多様な生物界を支配する単純な法則-. 化学同人.

ブナ芽ばえの根の省エネルギーによる急速成長 根の省エネ・急速成長に始まる樹木成長 -ブナ個体の実測から-

黒澤陽子、森茂太

山形大学農学部、山形県鶴岡市若葉町 1-23

a170033m@st.yamagata-u.ac.jp

Drastic development of roots with energy saving

in whole seedlings of *Fagus crenata*

Yoko Kurosawa, Shigeta Mori

Faculty of Agriculture Yamagata University、

1-23, Wakaba-machi, Tsuruoka-shi, YAMAGATA

Abstract: The adaptation of terrestrial plants largely depends on metabolically differentiated organs. However, little study focused on organ-specific metabolic rates with direct measurements and linked them with whole-plant metabolic rates. We measured respiration, mass and surface area for total leaves, stems and roots of 55 individuals of *Fagus crenata* seedlings of various sizes in two years from germination. We found only roots had a decrease at the unit of surface area that only roots had decreased in metabolic rate at unit of surface area, and they accounted for most of the whole-plant surface area. It is probable that this rapid root development is energetically efficient adaptation for seedlings to survive by improving their water uptake.

Keywords: whole-plant physiology, metabolic scaling, root surface area

陸上植物は様々なストレスに対して地上部(葉・枝幹)・根系の炭素・水資源獲得で適応する必要があるが、個体のエネルギー(呼吸)はサイズに依存する。そのため、ストレス耐性の低い芽生え期のブナ実生は限られたエネルギーや炭素資源を効率的に用いて地上部・地下部を獲得する必要がある。本研究では、ブナ発芽当年から翌年の 55 個体の全体の葉・枝幹・根の重量・表面積・呼吸を実測し、個体サイズに応じた器官別呼吸の変化をスケーリングの視点から検討し、実生の成長・環境適応を個体生理学的な理解を試みた。

この結果、成長初期 2 年間で葉と幹枝の表面積増加は小さく、表面当たりの呼吸は高く一定であった。逆に、根表面積は急激に拡大するとともに表面積当たりの呼吸は急激に低下し、1年生実生の根表面積は個体全体の大部分(約 82%)を占めていた。この効率的な根表面積拡大は乾燥に弱い実生期の枯死を防ぐ重要な現象であろう。

重量を指標に評価したところ、実生期までは増加傾向にあった根系/地上部比はそれ以降は低下した。従って、本研究が示したエネルギー利用は芽生え～実生期に限定的な現象であり、その後は炭素獲得優先の適応に移行するのだろう。この地上部/根系比のサイズ依存性は、成長に伴う適応的な現象が物理化学的制御の上に生じることを示唆している。このように、生物の成長やそれに伴う適応現象は個体のエネルギー利用を規定するパラメーターである個体サイズに着目することが必要である。

Fractal characters for a new mounded tomb of Himiko

Susumu Ogawa, Yukiya Taniguchi, Takako Sakurai, Shinzo Fukunaga

Abstract: A new big mounded tomb was discovered at Tagawa, Fukuoka. Himeko was an emperor of Yamatai country in the 3rd century in Japan, but her details are unknown except in Sanguozhi, which described the radius of the mound was about 150 m. This mound was surveyed by using UAV. The diameter of the mound measured by UAV was coincident with the previous literature. The linearity was also checked by fractal analysis.

Keywords: archaeology, Hashihaka tomb, Onga river, UAV, Yamataikoku

1. Introduction

A new mounded tomb was discovered at Akamura, Tagawa, Fukuoka. Himeko was an emperor of Yamatai country in the 3rd century in Japan, but her details are still unknown except Wei history in Sanguozhi, which described the radius of the mound was about 145 m. This mound was surveyed by using UAV. The linearity of the mound shape was also analyzed by fractal.

2. Methods

The 3D images for the tomb of Akamura were measured by UAV. UAV was Phantom 4 Professional with 4K camera. Pictures were synthesized to 3D orthogonal images with PhotoScan. The orthogonal image was processed to a monochromatic silhouette and the edge image with Photoshop. Fractal analysis was carried out for these horizontal images and DEM.

3. Results

The dimensions of Akamura tomb were bigger than Hashihaka tomb. The former dimensions were the maximum length: 443 m; the circle diameter: 152 m; the height: 22 m; the bottom side: 230 m; the maximum height: 33 m. the latter dimensions were 278 m, 150 m, 30 m, 130 m, and 30 m, respectively.

The fractal dimensions were 1.859 for the

silhouette for 1.249 for the edge



Fig. 1 Map of Tagawa and large keyhole-shaped tomb mound

¹Member: Institute of Spatial Technology

²Student: Nagasaki University

(Address: Bunkyo-machi, Nagasaki 852-8521)

(Phone: 81-95-819-2611, E-mail: bb35515021@ms.nagasaki-u.ac.jp)

4. Discussion

Akamura exists in the watershed of Onga river. The fractal dimensions of this river were 1.832 for the mass and 1.25 for the edge. These results show that the shape of the tomb is artificial because natural shapes have near 1.3 for the edges and different from the original watershed.

5. Conclusions

The discovered mound was artificial structures and therefore, it should be an ancient tomb, might be Himiko's tomb. The dimensions of the tomb were similar to Nintoku tomb and bigger than Hashihaka tomb..



Fig. 2 Contour map of the mound DEM

References

- B. Yasumori, Yamatai country was in Fukuoka, Bensei Pub., 2015.
- Wei history, Sanguozhi, 280.



Fig. 3 Silhouette image of the mound



Fig. 4 Edge image of the mound

DNA 反応拡散系によるハイドロゲル媒質中への 濃度勾配パターンの形成と制御

○安部 桂太¹, 川又 生吹¹, 鈴木 勇輝², 野村 M. 慎一郎¹, 村田 智¹

1. 東北大学大学院工学研究科ロボティクス専攻

2. 東北大学学際フロンティア研究所

abe@molbot.mech.tohoku.ac.jp

Pattern formation using DNA reaction diffusion system in hydrogel field

○Keita ABE¹, Ibuki KAWAMATA¹, Yuki SUZUKI²,

Shin-Ichiro M. NOMURA¹, Satoshi MURATA¹.

1Department of Robotics, Graduate School of Engineering, Tohoku University, Japan,

2Frontier Research Institute for Interdisciplinary Sciences, Tohoku University, Japan

Abstract: We demonstrate a bisector pattern formation using DNA reaction diffusion system in hydrogel field. The bisector pattern of a chemical gradient forms between the sources of DNAs inside hydrogel field as a result of reactions of AND gate which is uniformly distributed out of the sources. Additionally, we controlled the pattern by slowing down the diffusion of the DNA. The bisector pattern was formed close to one source when the DNA diffuses slowly. Our framework to form an artificial pattern has a potential to realize a self-organizing material in the future.

Keywords: pattern formation, DNA logic gate, reaction diffusion system, hydrogel

近年、分子の自己組織化を利用する新たなものづくりの方法が提案され、生物の発生過程を模倣することで複雑なシステムの構築へと発展できると期待されている。そこで、我々は発生の初期段階におけるパターン形成を模倣し、反応拡散系を構築して自律的に濃度勾配パターンを形成させた。この技術が発展すれば生体組織のような複雑で高度な機能を持つシステムの自律的な構築が可能になると考えられる。

本研究では、任意の反応系を構築できるという DNA の特性を利用し[1], アルギン酸ゲル中での拡散を DNA 反応系で制御することでゲル中を二分する濃度勾配パターンを形成させる。アルギン酸ゲルは水溶液中でアルギン酸ポリマーが網目状の立体構造をとっており、網目より大きな分子は網目に捉われて拡散することができない。本研究で使用する網目より小さな一本鎖 DNA は、網目より大きなポリアクリルアミド分子に結合すると拡散が抑制される(図 1a)。さらに DNA による AND ゲートを使用してパターンを形成させる位置を判定する。AND ゲート DNA をアルギン酸ゲル中に一様に分散させておき、二種類の入力 DNA (Input A, B)を拡散させる。AND ゲートは Input A と B 両方が存在する場で反応し、拡散を止めることで拡散源の間を二等分するパターンが形成される(図 1b)。

実験では Input A, B にそれぞれ緑色蛍光分子(FAM), 赤色蛍光分子(TAMRA)を修飾し、パターンの形成過程を観察した。初期状態で左右の拡散源中に局在していた入力 DNA が拡散し、6 時間後、拡散源の間を二等分するパターンが形成された(図 1c, d)。シミュレーションによっても同様のパターン形成が確認されたため(図 1e, f)、このパターンは構築した DNA 反応拡散系によって形成されたものであると考えられる。

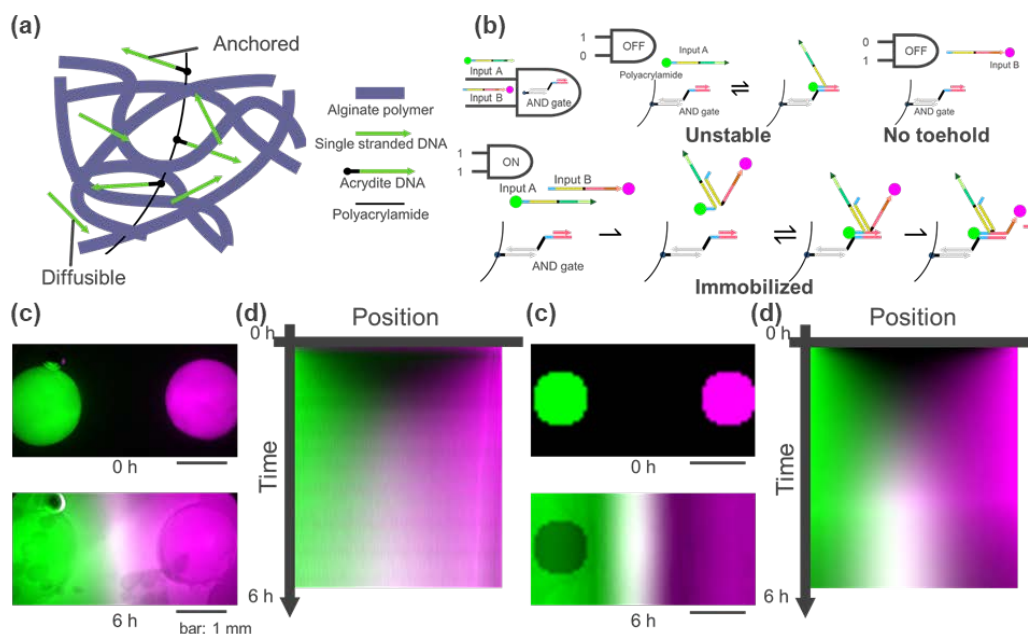


図 1. AND ゲートを利用した二等分線パターン形成. a. アルギン酸ゲル中での DNA の振る舞い. b. AND ゲートの反応. c. 6 時間の観察結果. d. 拡散源間の蛍光強度の時間変化を示すカイモグラフ. e, f. シミュレーションの結果

さらに、二種の DNA を導入し(Trap, Competitor), 可逆反応を通して Input A を固定することで見かけ上の拡散の速さを変化させた. Trap はゲル中を拡散しない DNA であり, InputA, Competitor と相補な配列を持つ. そのため Input A と Competitor は Trap を取り合うように反応し, 結合している間は Trap とともに固定される(図 2a). Competitor 濃度が大きいほど多くの Trap が Competitor と結合し, Input A の拡散は自由拡散に近づく. 実験では Competitor が少ない場合には二等分線が Input A の拡散源の近くに形成され, Competitor を増やすと二つの拡散源の中間に近づいた(図 2b, c). これは Input A の拡散が Trap によって遅くなり, Competitor を加えるほど自由拡散に近づいたためであると考えられる.

本研究では, ハイドロゲル中に構築した DNA の反応拡散系によって, 空間を二等分する濃度勾配パターンを形成させた. さらに, DNA の拡散を変化させる機構を導入し, パターンが形成される位置を変化させることに成功した. 本研究を発展させ, 発生の段階を人工システムで模倣することで, 人工臓器などの複雑なシステムを自己組織化によって構築できると期待される.

参考文献

[1]Soloveichik, David, Georg Seelig, and Erik Winfree. "DNA as a universal substrate for chemical kinetics." *Proceedings of the National Academy of Sciences* 107.12 (2010): 5393-5398.

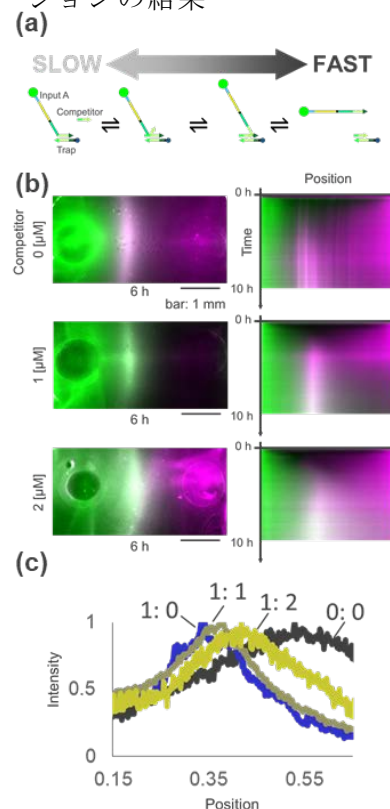


図 2. 拡散の制御によるパターンの変化. a. 反応の模式図. b. Competitor 濃度を変化させた場合に形成されるパターン. c. 蛍光強度分布の変化

平行六面体状の脚部をもつ三脚巴ブロックの滑動性について

松浦 昭洋

東京電機大学, 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

E-mail: matsu@rd.dendai.ac.jp

On the Sliding Property of Triskelion Blocks Having Parallelepiped Legs

Akihiro Matsuura

Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-cho, Hiki, 350-0394 Japan.

Abstract: We make mathematical analysis of the sliding movement of the building blocks which we call Triskelion Blocks [1]. We explain how such sliding occurs by clarifying the exact locations of the tessellated triskelions in the oblique coordinate system throughout their manipulation.

Keywords: triskelion, symmetry, block, parallelepiped, sliding, oblique coordinate system

1. はじめに

従来より、構成玩具や立体模型作成を目的とした、幾何形状を利用した様々なブロックや構造体が開発されている。昨年我々は、三本の脚や渦等の図象により世界的に用いられる「三脚巴 (triskelion)」と呼ばれる三回回転対称な平面図形に着目し、複数の正三角形を用いた二タイプの三脚巴図形に深さを与え三次元した三脚巴ブロック (Triskelion Blocks) を提案した[1]。それらの最小の図形は、中央に正三角形を持つか否かによる、図1の二つの三脚巴図形である。いずれも、図2のような同一の二図形の脚部での接合が可能で、特に図1左の三脚巴図形は図3のような平面敷き詰めも可能である。これら二図形は、脚部を伸ばし、類似の性質をもつ図形の族に拡張できる。

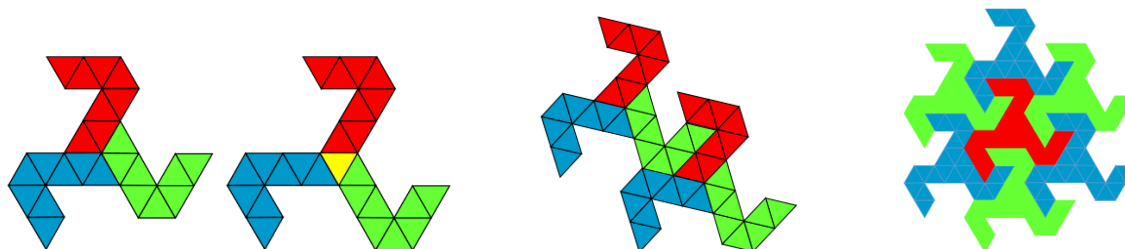


図1 二種類の三脚巴図形

図2 図1左の三脚巴の接合

図3 平面の敷き詰め

これらの図形を元にした三脚巴ブロックは、接合部の摩擦がブロックがスライドする程度に小さいとき、図4、図5のように、三つのブロックが完全に噛み合った状態から任意の二ブロックに外側に向かい力を加えると、全てのブロックが同期してスライドし噛み合いが外れる、という興味深い性質をもつ。ここでは本性質を、ブロックの「滑動性 (sliding property)」と呼ぶ。摩擦0の理想状態では、本性質はブロックを無限個平面に敷き詰めた状態でも成り立つ (つまり二つのブロックに力を加えることで全ブロックをスライドさせ外せる)。本稿では、三脚巴ブロックの本滑動性の数理的な説明を行う。

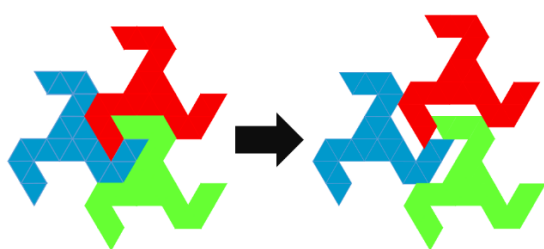


図4 三脚巴図形図形の滑動性

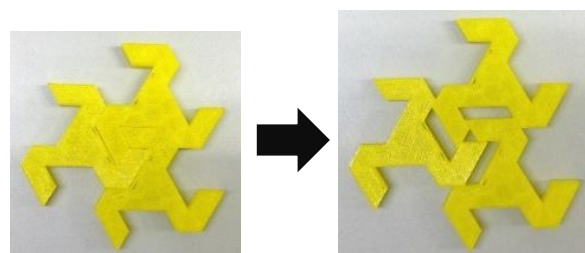
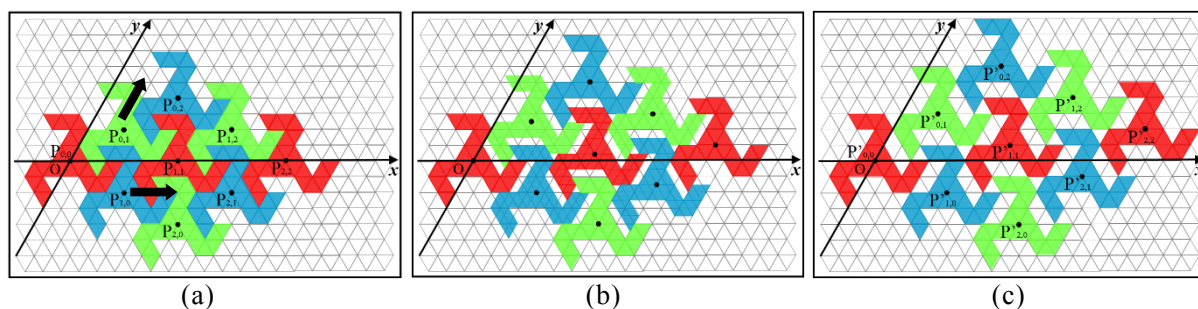


図5 実ブロックによる滑動性の確認

図6 三脚巴の滑動性 (a)初期状態 ($t=0$); (b)半分外れた状態 ($t=1/2$); (c)完全に外れた状態 ($t=1$)

2. 三脚巴ブロックの滑動性の数理

簡単のため、三脚巴ブロックとして図1左の三脚巴図形を使ったものを考え、本図形を図6(a)のように平面上に敷き詰めたものを初期状態とする。平面には二軸のなす角度が 60° の斜交座標系を定める。三脚巴図形の元となる小正三角形の一辺の長さ(つまり、格子の一辺の長さ)を1とし、原点 $O = \text{点 } P_{0,0}$ を中心とする三脚巴図形の周囲に点 $P_{i,j}$ ($-\infty < i, j < \infty$) を中心とする三脚巴図形が敷き詰められているとする。このとき、点 $P_{i,j}$ の座標は斜交座標を用いて $(4i+2j, -2i+2j)$ と書ける。

本初期状態から、図4と同様に二つの三脚巴に力を加えたときの効果を考える。ここで、点 $P_{0,0}$ を中心とする三脚巴は(動かないように力を加え)その場に固定することとし、もう一つの三脚巴(任意に選択可能)、例えば点 $P_{1,0}$ を中心とする三脚巴に x 軸の正の向きに力を加える。図6(b)は滑動途中の配置を示し、図6(c)は全ての三脚巴図形が完全に外れたときの配置を示す。点 $P_{i,j}$ の最終配置時の移動先の点を $P'_{i,j}$ とすると、その座標は $(5i+2j, -2i+3j) = (4i+2j, -2i+2j) + (i, j)$ と書ける。

初期時刻を $t=0$ 、完全に外れたときの時刻を $t=1$ として、その間等速に滑らせるとする。例えば、点 $P_{0,0}$ 、 $P_{1,0}$ 、 $P_{0,1}$ を中心とする三つの三脚巴の動きを見ると、点 $P'_{1,0}$ の座標値の点 $P_{1,0}$ からの増分は $(1, 0)$ であり、一般に、時刻 t ($0 \leq t \leq 1$) における中心の座標の、点 $P_{1,0}$ からの増分は $(t, 0)$ である。同様に、点 $P'_{0,1}$ の座標値の点 $P_{0,1}$ からの増分は $(0, 1)$ であり、時刻 t ($0 \leq t \leq 1$) における増分は $(0, t)$ である。しかも、 $(t, 0)$ 、 $(0, t)$ だけ座標値の増えた二つの三脚巴と $P_{0,0}$ 中心の三脚巴は図6(b)のように常に互いに接触している。以上のことから、 t を 0 から 1 まで変化させると、 $P_{1,0}$ 、 $P_{0,1}$ をそれぞれ中心とする三脚巴を、中心が $P_{0,0}$ の三脚巴を互いに接触させたまま、それぞれ x 軸方向、 y 軸方向に直線的に滑動させることが可能ながわかる。本性質は、同形の任意の三つの三脚巴の組に対して(相対的に)成り立ち、 x 、 y 座標それぞれの成分について、滑動による移動量の線形和を考えると、時刻 $t=0$ で点 $P_{i,j}$ に中心のある三脚巴の時刻 t ($0 \leq t \leq 1$) における中心座標は $(4i+2j, -2i+2j) + t(i, j)$ ($0 \leq t \leq 1$) と書け、全ての三脚巴は常に周囲の三脚巴と接触したまま滑動することがわかる。

以上が図1左の三脚巴図形を元にしたブロックで、敷き詰められた全てのブロックの滑動が可能ながことの説明の概略である。さらに、図1右の図形や脚部の長さを任意に伸ばした図形を元にした三脚巴ブロック[1]に対しても、座標値等の違いはあるが同様の議論・計算ができ、敷き詰められたブロックが連動して滑動することを説明できる。

3. まとめ

平行六面体の脚部をもつ三脚巴ブロックを複数接合したものに力を加えた際に生じる同時的な滑動性の数理的な説明を行った。今後は、本現象のシミュレーションを行う予定である。

なお、本研究は JSPS 科研費 16K00507 の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] A. Matsuura, H. Shirane, “Triskelion Block Families,” Proc. of Bridges 2017: Mathematics, Art, Music, Architecture, Education, Culture, pp. 371-372, Tessellations Publishing, 2017.

ホモメトリック構造－2

松本 崧生

金沢大学名誉教授、自宅、金沢市土清水 2－7 7

Homometric structures－2

Cyclotomic sets, Quartet, Tautoeikonic sets

Takeo MATSUMOTO

Emeritus Professor Kanazawa University、

Private address: 920-0955 Tsuchisimizu 2-77, Kanazawa, Ishikawa, Japan

matsumoto.ty@gmail.com

Abstract:In Nagasaki, summary of the reexamination on homometric triplets and quadruplets was presented. Hereafter several items(matters,articles) are examined in detail. First of all cyclotomic sets, quartet and tautoeikonic sets are explained.

Keywords:homometric structures ; cyclotomic sets; quartet, tautoeikonic sets, vector sets.

1. 長崎でのシンポジウムで、ホモメトリック構造(homometric structure)を発表したが、先を急ぎはしりすぎたので、少し振り返り 2, 3 項目につき述べたい。先ずは表題につき発表する。
2. 円周上の点配列、Circular representation 1 次元の周期配列を円周上の点配列で表現する。上からみて、反時計回りを+正とし、時計回りを-負とする。当初、Patterson 等は時計回りを正としたので、以後反対になることもある。古典的研究であるが、再検討する。円に内接する正 n 多角形の頂点のどこかに r 個の同種点、原子を配置する。 $n-r$ 個が空点である。Patterson(1944)、Buerger (1977,1978) が Cyclotomic set (r) and Complementary set($n-r$)、Cyclotomic point sets for tautoeikonic complementary pairs.とし研究。Buerger は $n \leq 16$, $4 \leq r \leq n/2$ 全て 2644 個を調べ、390 homometric pair 合同を見出す。
3. $n=16$, $r=7$, $n-r=9$ の 1 例を見てみよう。(図 1.参照)結晶、点の配列は $[3 \ 2 \ 2 | 3 \ 2 \ 2]$ で、空結晶、空点は結晶点の隙間に $[\ 3 \ 2 \ 4 | 3 \ 3 \ 4]$ の配列となる $[Q]$ 。この配列を線上に表現したものと、そのベクトルセット vector set を下部に示す。 $0/16=0.0$, $8/16=1/2$, $16/16=1.0$ に m 、鏡面、1-点対称の対称を示す。勿論、 0.0 , 1.0 デの値は、結晶、点の数 $r=7$ である。基本配列を反対向きにすれば、体掌体、左右像 enantiomorphic となる。
4. また、実点、結晶と空点とを交換すれば、Compliment となる $[Q']$ 。左右像対、complimentary pair $[E(Q), E(Q')]$ さらに、この両者を操作したものも考察できる(図 2)。この 4 個組、Quartet、の、 $Q, E(Q')$ ならびに $Q', E(Q)$ の線上表現と vector set を(図 3)に示す。これの n が偶数特に $r=n/2$, $n-r=n/2$ の場合重要な情報を持ち、tautoeikonic sets を生じ、興味深い。

5.当初に述べたように、古く古典的もんだいが、再検討で思わぬ新事実に気付いたが、その基本的なこと学ぶ必要があった。(2018.03.)

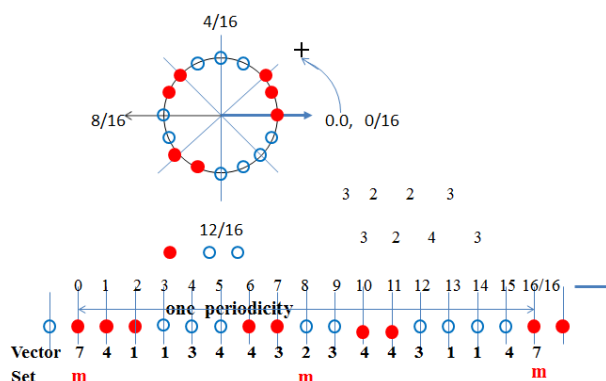


図 1. Circular representation, Vector set.

結晶の円周状の配列

$N=16, r=7 : N-r=9$ の 1 例

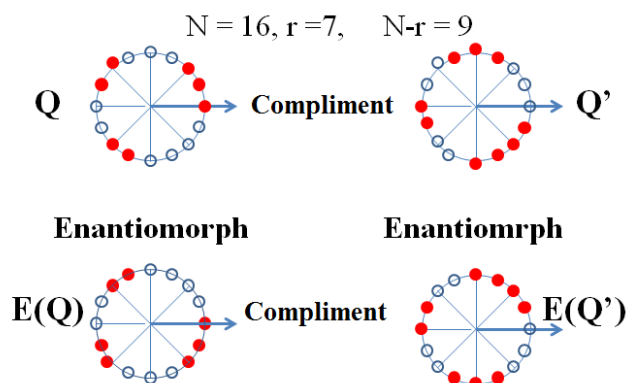


図 2. a Quartet 4個組 [Q とその compliment Q' ,
ならびにこれらの enantiomorphs $E(Q), E(Q')$ Chung
Chieh(1979)]

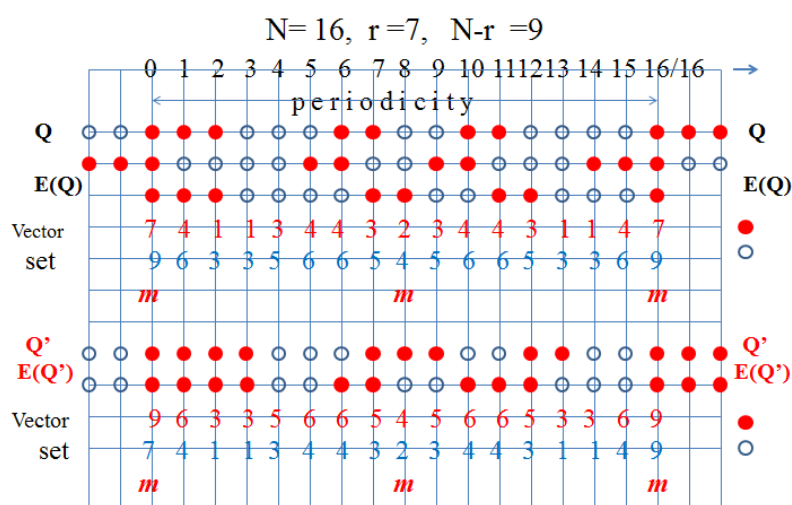


図 3. $N=16, r=7, N-r=9$ の 4 個組 [Q とその compliment Q' ならびに enantiomorphs $E(Q),$
 $E(Q')$]の 1 次元線上表現とそれらの vector set.

Reference

A.L.Patterson(1944) : Ambiguities in the X-ray Analysis of Crystal Structures. Physical Review,
65,6,195-201.; Cyclotomic set (r) and Complementary set(n-r)

Martin J. Buerger (1977,1978) : Cyclotomic point sets for tautoeikonic complementary pairs.

松本崧生: ホモメトリク構造 homometric structure. 第 84 回シンポ予稿(長崎大) 及びその reference

Chung Chieh (1979) : Analysis of cyclotomic sets.Zeit.Krist.150,261-277.

ロボット機構の考案・具現化における『形』の熟考過程の実際

多田 隈 建二郎

東北大学, 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01

tadakuma@rm.is.tohoku.ac.jp

Actual Situation of the idea process of "shape"

in inventing and designing robot mechanisms

Kenjiro TADAKUMA

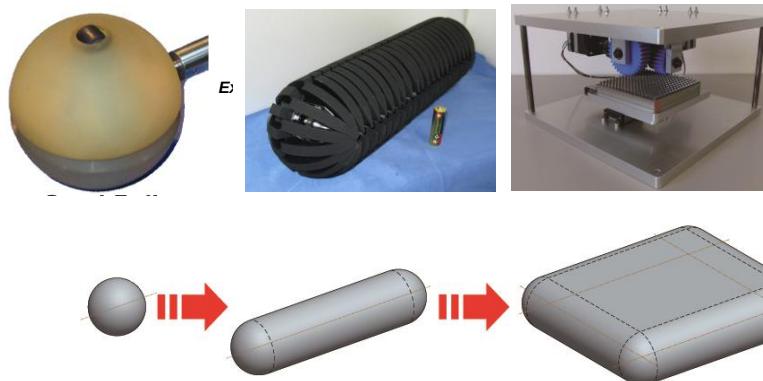
Tohoku University, Graduate School of Information Sciences

(GSIS), Tohoku University, 6-6-01 Aramaki Aza Aoba, Aoba-ku, Sendai-shi, Miyagi,
Japan 980-8579

Abstract: In this speech, I will try to systematically introduce various omnidirectional drive mechanism studies based on the spherical omni-directional wheel "Omni-Ball" we have devised, researched and developed. Although it looks like a different thing at first sight, such as a circular cross-section crawler and an omnidirectional enclosing gripper with this wheel mechanism as a starting core configuration, there is a common principle in terms of their fundamental structure. In this time, from the viewpoint of shape science, I explain the concept of topological mechanism design, not merely topological geometry.

Keywords: Mechanism, Omnidirectional Driving, Torus Configuration, Topological Mechanical Design

本講演においては、我々が考案・研究開発してきた球状全方向車輪“Omni-Ball”を原点とした各種全方向駆動メカニズム研究を体系的に紹介することを試みます。この車輪機構を皮切りとした、円形断面クローラ・全方向包込み式グリップなど、一見すると別物に見えるものの、それらの根本構造に関しては原理的共通項が存在します。今回は形の科学という観点から、位相幾何ならぬ、位相機構という私自身が構造を考案する概念を説明し、実際のロボット機構のアイデア創出、実機設計・試作といった一連の具現化の、「泥臭いながらも重要な」過程に関してもご紹介できればと考えています。



映像視聴時の意識統制が与える身体・精神への影響

杉浦明弘¹⁾, 田中邦彦¹⁾, 大西達也¹⁾, 太田一樹¹⁾,
北村一騎¹⁾, 森下沙紀¹⁾, 梅田凌輔¹⁾, 高田宗樹²⁾

¹⁾岐阜医療科学大学保健科学部, 501-3822, 岐阜県関市市平賀字長峰 7 9 5 - 1

²⁾福井大学学術研究院工学系部門, 910-1193, 福井県福井市文京 3 - 9 - 1

asugiura@u-gifu-ms.ac.jp

Effect of controlled consciousness on body and mind while viewing stereoscopic movies

Akihiro Sugiura¹⁾, Kunihiro Tanaka¹⁾, Tatsuya Onishi¹⁾, Kazuki Ohta¹⁾,
Kazuki Kitamura¹⁾, Saki Morisaki¹⁾, and Hiroki Takada²⁾

¹⁾Department of Radiological Technology, Gifu University of Medical Science,
795-1 Nagamine, Ichihiraga, Seki, Gifu 501-3822, Japan

²⁾Graduate School of Engineering, University of Fukui,
3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

Abstract: In our previous study, we found it is possible to have an effect of change in the condition of consciousness (allocation of consciousness) on visually evoked postural responses (VEPRs). In this study, we verified effect of controlling consciousness on VEPRs, visually induced motion sickness (VIMS), a sense of presence while viewing three-dimensional movies.

Keywords: Visually Evoked Postural Response (VEPR), Body sway, Visually Induced Motion Sickness (VIMS), Sense of presence, Consciousness

【はじめに】

視覚情報によって引き起こされる姿勢変化は、視覚誘導性姿勢変化 (VEPRs) と呼ばれる [1]. VEPRs は、映像の持つ特徴に起因して発現することから、映像酔いや臨場感覚の評価指標として用いられる事が多い [2, 3]. VEPRs の発現理由については、我々が実施した先行研究から、感覚矛盾を修正する身体反応である可能性が示唆された [4]. この知見が正しければ、身体動揺を意識的に変化させることで、臨場感覚や映像酔いの程度を自由に制御できるようになると仮定できる. そこで本研究では、前述した仮定の基礎的検証として、映像視聴時に意識統制を行った場合の影響について身体および精神の両面より評価を行った.

【方法】

視聴用映像については、映像全体が多数の球で埋め尽くされているような空間を基本とした. 映像の運動成分については、球全体が左右方向に 0.25 Hz で正弦往復運動するものとした. 映像視聴については、42 インチの 3D 対応液晶テレビ (LG 社製) (縦 52.62 cm × 横 99.30 cm, 解像度 : 1,920 × 1,080) を用いて、被験者には 3D 用液晶シャッターメガネを装着させ、50cm の視距離にて視聴させた.

意識統制については、次の 3 種類の意識付けを各実験前にそれぞれ行った. 1) 無統制,

2) 映像の動きと同方向に身体を動揺させる(順方向), 3) 映像の動きと逆方向に動揺させる(逆方向)。

対象および測定については, 21-22歳の成人男性2名, 女性5名の計7名を対象として, 各意識統制下において, ロンベルグ姿勢にて映像視聴を180秒間行わせた。また映像視聴中に連続して重心動揺の測定を行った。精神面の測定については, 映像酔いおよび臨場感について主観評価を実験後に行わせた。映像酔いの評価では, シミュレータ酔い問診票(SSQ)を用い, 臨場感の評価では, 臨場感および類似した感覚(動感, インタラクティブ感)についてそれぞれ, 0-100のアナログスケールを用いて評価を行わせた。

【結果および考察】

紙面の都合により, 結果の一例を示す。図1に重心動揺測定結果より算出された総軌跡長の結果を示す。無統制の場合が最も軌跡が短く, 同方向の軌跡が最も長くなった。一貫した経時的変化については認められなかった。映像の運動位相との同調性については, 無統制および同方向については, 映像の運動位相と同期した変化を示しており, 左右方向への動揺の広がり確認できた。一方, 逆方向については, 無統制や同方向と同様の傾向を示しつつも, 映像の運動とは逆方向への動揺が観察された。故に意識統制の影響がVEPRsよりも大きいことを示唆している。

図2にSSQから算出されたトータルスコアの結果を示す。スコアが高いほど酔いの症状が強いことを表す。中央値(箱の中央の線)を比較すると, 有意差は認められないものの無統制が最も低く, 逆方向が最も高くなった。これらの結果より, 映像に対して同方向に移動させた場合も逆方向に移動させた場合も, 酔い症状が増加する可能性が示唆された。特に逆方向に運動させることで顕著に酔い症状が増強する可能性が示唆された。

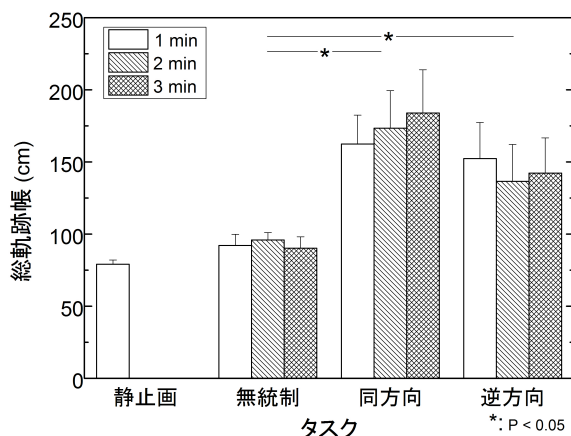


図1. 総軌跡長の結果

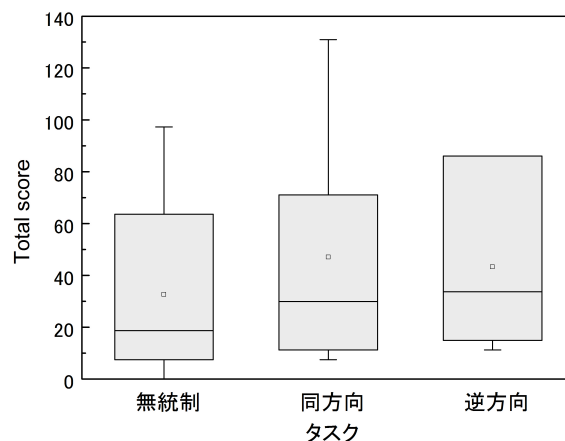


図2. 酔いアンケートの結果(total score)

【参考文献】

- [1] Bronstein, A.M.: Suppression of visually evoked postural responses. *Exp. Brain Res.* 63, 655-658 (1986)
- [2] Stoffregen, T.A., Smart, L.J., Stofregen, T.A., Smart, L.J.: Postural instability precedes motion sickness. *Brain Res. Bull.* 47, 437-448 (1998)
- [3] Rebenitsch, L., Owen, C.: Review on cybersickness in applications and visual displays. *Virtual Real.* 20, 101-125 (2016)
- [4] 杉浦明弘, 田中邦彦, 若田部駿, 松本千佳, 宮尾克: 往復運動映像観視における重心動揺の時間特徴解析. *日衛誌.* 71, 19-29 (2016)

活字設計の基礎となる漢字の字形評価の検討

沓名健一郎 高田宗樹

福井大学大学院工学研究科, 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1

kutsuna@u-fukui.ac.jp

A Study on Character Shape Evaluation of Kanji as the Basis of Typographic Design

Kenichiro KUTSUNA, Hiroki TAKADA

Graduate School of Engineering, Fukui University, 3-9-1 Bunkyo, Fukui 910-8507, Japan

Keywords: Character shape, Typographic design, Chinese character

1, 目的

美的鑑賞に耐える活字設計の方法と、それに必要な要素について論じる。これまで文字の形を如何に美的であるか或いは用途に適しているか評価を行ってきた^[1,2]が、ここで体系的な整理検討を行ってみたい。文字の美的な基準は数千年の歴史を持つ書（書道）、現代の我々の日常書、さらには世界中の国々に存在する各種文字において全く異なるものがあり、その基準については統一的に検討できる見込みは少ないが、近年の脳科学や心理・認知科学の発達とその応用^[3,4]により文字の形にはある種の特徴が備わっていることが判明している。活字設計に求められる要素について今日的な課題を取り上げつつ検討を行う。

2, 文字の美についての歴史的背景

文字を美の感性で捉えたものとして書がある。書は手紙・文字・芸術書道の総称であるが、ここでは平易な文字としての「書」を論じる。漢字は紀元前 1500 年頃には中国にあり、その後装飾性や美的感性を併せ、中国では書法、日本では書道と呼ばれる芸術活動となる。書は情報密度を輻輳化させるために多くのスタイルを持つ。道具や素材の性質から発生する形状が字形に強く反映され、文字が多く生み出された時代の隷書体には字形の変遷を見ることが出来る。特に貴重で高価な絹を用いた帛書（図 1a）は平滑だが滲み線が太く、また筆触の摩擦による伸縮で独特の字形を生んだ。最も資源量の多い素材である竹簡（図 1b）は、素材の特性もあり幅が狭い。繊維が粗く筆も未熟なため字形の判読性はあまり高くない。文字とともに文化の発達が促進され造字も進んだ。増えた文字の情報量は部品として縦に重層されていったので非常に縦長な文字も多い。しかし情報伝達を目的とする文字ゆえ、誤字・誤読を防止するための書き分け（文字性）は重視され、後漢時代になると紙の品質が向上して、判読性を高めた文字となった（図 1c）。横画の間隔が均等になり部品の数が減っている。さらに、そこに形を整える構築性（構造的な斉整の感覚）を付加し、見やすく（可読性）読みやすい（判読性）文字が整備され近世に至る（図 1d）。その後、機器と文化の発達とともに精神性（美的な表現）が高まり、デザインは絶えず進化をしながら現代の書写・書道および活字につながる。

活字の原始は石碑・木版である。漢字の活字は文字種の多さとそのデザインが複雑なため多く作られず、わずかに木・陶・青銅などで作られ時代を経る。清時代に木版の康熙字典（1716, 図 1d）が作られ、その字形が日本の漢字全体の標準となり、且つまた活字の標準書体として現在使用されている。

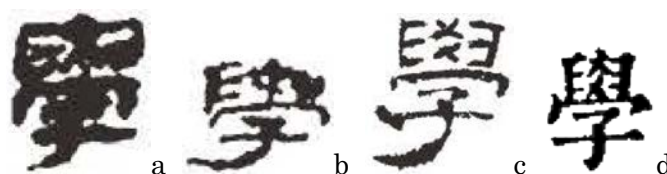


図 1, 隷書

a 馬王堆帛書・前漢(絹) b 武威漢簡・漢(竹)
c 乙瑛碑・後漢(石) d 康熙字典・清(木版)

	活字	手書き文字				備考
		日常書	書写	書道	美術	
文字性	○	○	○	○	△	字形規則
構築性	○	○	○	○	△	造形斉整
精神性	△	○	△	○	○	芸術的美

表 1, 文字の種類と美的評価

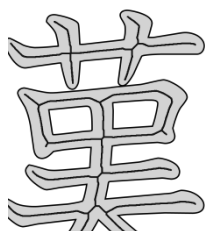


図 2, 細線化例



図 3, 書写

手書き文字	
結構・形状 字形の構成要素	筆法 線を形成する要素
空間位置	線の形
	線の動き

表 2, 字形を構成する要素

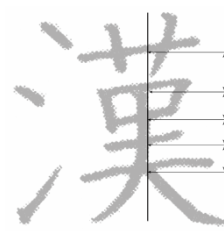


図 4, 書写の間

活字
結構・形状 字形の構成要素
空間位置
線の形
N/A



図 5, 活字の間

3, 書の美的分類／文字の 3 要素

人間が文字に感じる根源的美とは何かについては議論が多い。ゲシュタルトの法則や黄金比等についても存在は確認されているが、未だにその根拠が示されない^[5]。しかし日本の文字の形について考察するにあたり審美評価は排除出来ない。そこで数千年に及ぶ文字の分析から検証するものとする。まず 5 字種に分類し文字に求められる 3 要素から評価を行った (表 1)。美術的な文字を除き 4 種で文字性 (字形の規則性) が重視され、活字体と書写体で構築性 (造形の斉整さ) が高い。手書き文字の中でも書写は活字と同種な扱いである。ゲシュタルトの法則に従い、整った字形を求める書写と活字が同種に扱われるものと推察される。書道は構築性が少し甘い、これは精神性・芸術的自由さを含む故であろう。

次に手書き文字と活字の形について比較する要素を表に示した (表 2)。手書き文字の字形は、結構 (形状) と筆法から説明される。活字は静的なため線の動きに該当するものは無く、点・線 (点画) の位置と線の形、即ち線分のデザインが手書き文字と一致する。

4, 字形評価とその検討

線の形は横画、縦画、払い、点など多くあるが、横画が最も多い。縦画に比べ横画は、前述のように密度を増やし情報量を高めるためである。よって中世以後は縦長の字形が隆盛した。横画のデザインが文字の斉整度を測るのに適すると考えられる。字形を解析するならば筆線の太さや装飾を機械的に削ぎ落とした「細線化パターン」が有効である (図 2) が、処理時の乱れが顕著である。書写 (硬筆／図 3・4)・活字 (図 5) は太さが元々ほぼ一定なので細線化処理を行わずに計測でき、処理のデメリット無く線の間隔を計測することができる。

実験素材は書写教科書 1～3 年生、G、K、M、N、O、T 社の 6 社を使用し学年別配当表漢字全 440 文字から 171 文字、データ数は 3534 を計測した。九成宮醴泉銘も同様に抽出し 330 文字、データ数 1223 を計測。表 3 の要素分類の横画の間隔を比較した。実験の結果 (図 6)、総画数および本数の増加によりやや間隔の差は減るものの、その要素につながる縦画との関係により横画の間隔は字形によりほぼ同様の傾向を持つことが分かった。

[1] 手書き文字における横画間のバランスについて、杓名健一郎『形の科学会誌』Vol.23, No.2 pp. 234-235, 形の科学会, 2008.11

[2] 手書き文字における横画間の分類の提案とその基礎的分析, 杓名健一郎『大学書道研究』第 2 号, 全国大学書道学会, pp93-103, 2009.3

[3] 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, 工藤博章他、電子情報通信学会総合大会講演論文集、Vol.2007 pp."S-109 -110"

[4] 脳波のフラクタル解析による視覚に対する感性の定量化、小川真一他、電子情報通信学会技術研究報告、Vol.106, No.345(20061107) pp. 33-38

[5] 美の認知, 川畑秀明『認知神経科学』13 巻(2011)1 号

	1	2	3	4	5
a	二				二
b	二	二	二	二	二
c	二	二	二	二	二
d	二	二	二	二	二
e	二	二	二	二	二
f	二	二	二	二	二
g	二	二	二	二	二
h	二	二	二	二	二

表 3, 横画の分類

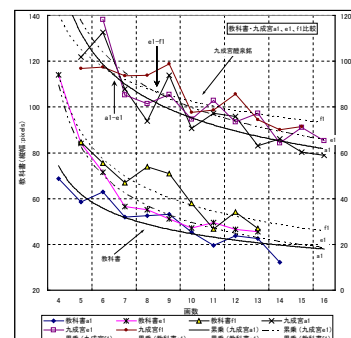


図 6, 画数と横画間隔の関係

画像の乱れを評価する

根岸利一郎¹, 関口久美子¹, 船崎明美², 内田正哉¹

¹埼玉工業大学, 深谷市普済寺 1690

²(株)ビジネスサポート, 本庄市五十子 3-6-17
negishi@sit.ac.jp

Evaluating image disturbance

Riichirou NEGISHI¹, Kumiko SEKIGUCHI¹, Akemi FUNAZAKI², and Masaya UCHIDA¹

¹Saitama Institute of Technology, 1690 Fussaiji, Fukaya, Saitama, 369-0293

²Business support Co. Ltd., 3-6-17 Ikako, Honjo, Saitama, 367-0027

Abstract: When the proposed Fourier transform method is applied to a pixel-filling image, a generalized Fibonacci sequence can directly be obtained as a parastichy number. Even though the target is a part of the image, the obtained number set reflects the disturbance of the image. Consequently, the number set indicates the disturbance in the general image.

Keywords: Disturbance, Fibonacci sequence, Fourier transform, Parastichy number

1 はじめに

Parastichy 数はひまわりの種の連なりによるらせんを特徴づける数値として知られ, シミュレーションからも得られる[1]。任意の開度による点充填平面の Parastichy 数はフーリエ変換法によって直接求めることができる[2]。その任意の開度による充填画像から求まる Parastichy 数 (空間周波数のピーク値) には一般フィボナッチ数が混在する。この数量は画像乱れとどのような関係があるか。また, 対象箇所が画像の一部の場合はどうか。このような観点から充填画像の乱れと求まる空間周波数との関連を検討した。

2 乱れの評価

図 1 は点充填に使う円筒を模した Pineapple-モデルである。任意の開度 ϕ によって矩形状に点が充填される。図 2 は, 開度 ϕ が 137.3° , 137.4° , 黄金角 ϕ_r ($137.507764\dots$), 137.8° のときの充填の様子を示す。評価対象領域は, 各図の上部矩形内 256 点とした。変換結果を図 3 に示す。各図に対応する 2 つの数字は, 求めた空間周波数の最大ピークと 2 番目に大きなピーク値である。(a) の $43/21=2.04$ は(c)の $89/55=1.62$ に比べて大きく, 図 2(a)と(c)の偏りに対応する。また図 2(b)と(d)の差異は目視では分かりにくい, 図 3 での空間周波数の数値では明らかに異なる。その結果, 図の乱れは求まる空間周波数の 2

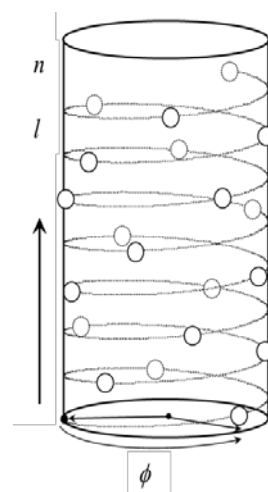


図 1. Pineapple-モデル

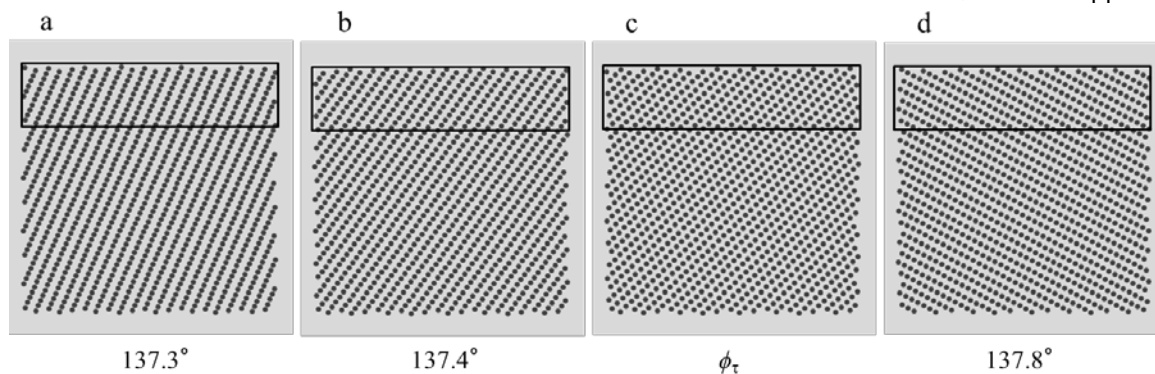


図 2. 各図の下部に示した開度の僅かな変化による充填の変化。対象領域は各図の上部 256 点。

数の比, 1.38 と 1.72 の違いとして評価される。

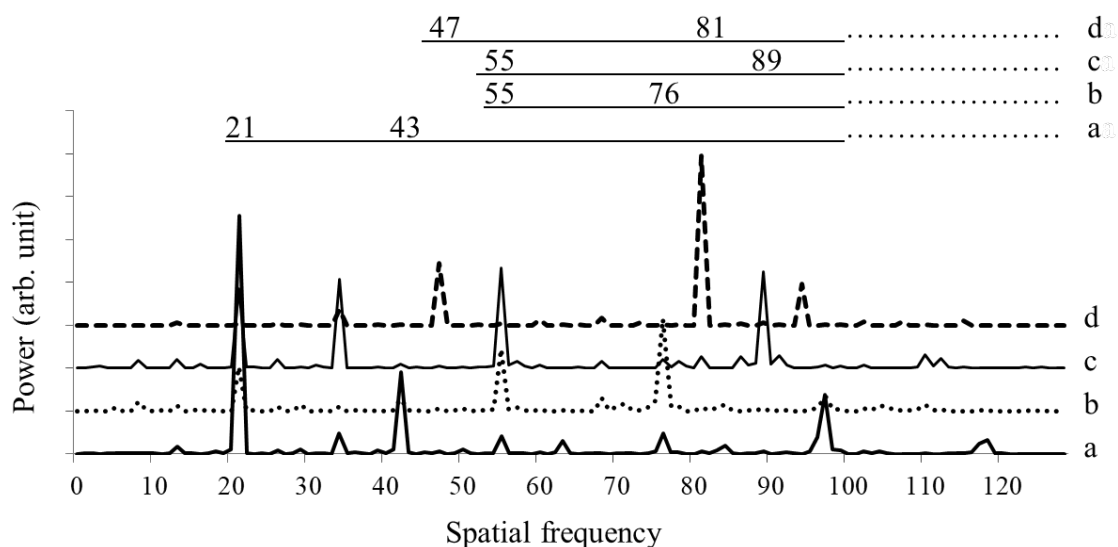
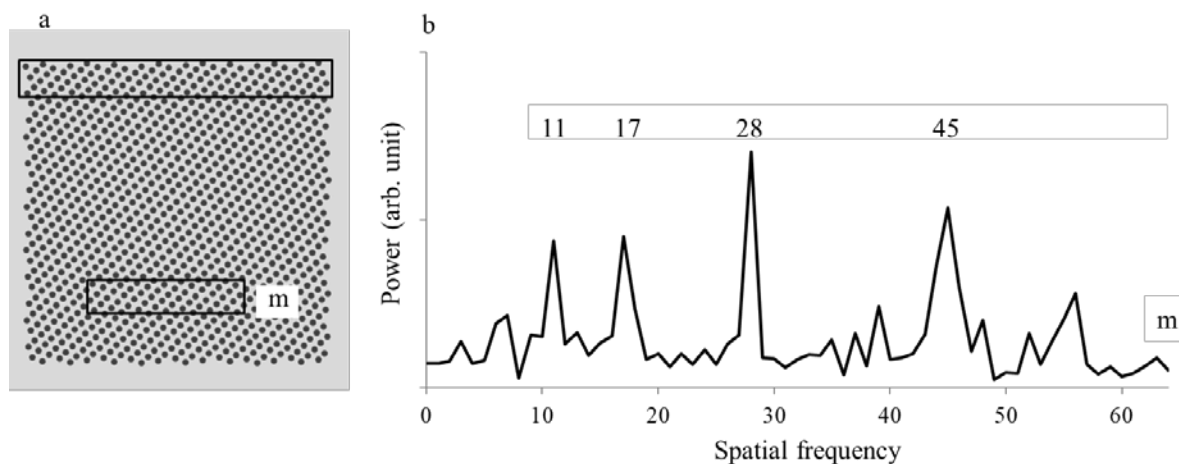


図 3. 図 2 のフーリエ変換から求めた空間周波数のピーク値。

3 対象箇所が画像の一部の場合

図 4 (a) は開度が黄金角 ϕ_τ の場合の 1000 点充填図である。小矩形領域 m は、評価対象領域を示す。この領域 m のサイズは、図 4(a) の上部対象領域と高さが同じで幅が 1/2 である。図 4 (b) に変換結果を示す。求められた空間周波数のピーク値 11, 17, 28 および 45 は、図 3 (c) のピーク値 21, 34, 55 および 89 それぞれの約 1/2 である。対象とするサンプリング領域が部分であっても得られるピーク値は正確に求められ、その比として $45/28=1.62$ が得られる。この結果は図 3(c) の結果にほぼ等しく、得られる比はサンプリング領域の大きさに依存しない。



この方法は実在のひまわりなどの画像に適用して評価できるであろうか。検討結果を報告する。

参考文献

- [1] Jean, R. V. (2009) *Phyllotaxis*, Cambridge University Press, New York.
- [2] Negishi, R., Sekiguchi, K., Totsuka, Y. and Uchida, M. (2017) Determining Parastichy Numbers Using Discrete Fourier Transforms, *Forma*, **32**, 19–27.

立体概念の形成を支援する科学折り紙教材

Ⅱ．体性感覚（触覚）を活用した立体概念形成の試み

石原正三

埼玉県立大学 保健医療福祉学部、〒343-8540 埼玉県越谷市三野宮 820 番地
shozo@spu.ac.jp

Science Origami as a teaching material aiming for grasping concepts of solid bodies, II. An attempt to make use of sense of active touch

Shozo Ishihara

School of Health and Social Services, Saitama Prefectural University (SPU),
820 Sannomiya, Koshigaya, Saitama 343-8540, JAPAN

Abstract: Being introduced into a class of Mathematical Science, a course of liberal arts offered at Saitama Prefectural University, Science Origami, a method of making three-dimensional models constructed of polyhedral skeletons, is expected to be a new teaching material for grasping concepts of solid bodies by means of tactual experience, i.e. active touch. Following to the previous report presented in the symposium at Nagasaki University, it is reported that most of the students in the class, 2017, were interested in making their own models, though they might have felt difficulty to grasp solid bodies with visual and/or oral explanations.

Keywords: Science Origami, geometry of solids, mathematical science, active touch

はじめに

教養科目「数理科学」は、保健医療福祉学部の1年次生を主な対象として開講されており、2006年度の教育課程改訂の際に数学関連教養科目として新設され、2012年度の再改訂で、科学折り紙の手法を活用した立体モデルの制作実習が導入されて以降、立体モデルの制作過程を通して立体幾何学を体験的に学習することを目的としている。

結晶学の学修を目的として考案された科学折り紙の手法によって、折り紙モデルの制作を通して頭の中に立体構造のプロトタイプが形成されることが示唆され、「新たな立体構造の理解には、頭の中に基本となる立体構造のプロトタイプを形成しておくことが重要である」との経験則に基づき、小学生から研究者に至るまでの幅広い利用者を対象とする、多彩な教材として科学折り紙を開発している。鏡像体などの複雑な分子構造モデルや、個性豊かな芸術的オブジェへと活用範囲を広げ、今後、アクティブラーニングや理数探究科目の教材として、科学折り紙のさらなる普及が期待されている。

本報告では、長崎大学で開催された第84回形の科学シンポジウムで報告した2016年度の取り組み^[1]に加え、2017年度に提出された実習報告書に基づき、科学折り紙の特徴を紹介するとともに、近年の脳科学研究に基づき、体性感覚（触覚）を活用した立体概念形成の可能性を考察する。

2017 年度開講の教養科目「数理科学」の実習報告書より

「この授業を通じて、どんなことを知りましたか。」の問いに対し、正多面体が5種類しかないことを初めて知り、その証明も分かりやすかったという回答が多かった。また、「疑問に思ったことはありましたか」の問いには、多様な疑問を感じていたことが示唆され、科学折り紙が学生の習熟度や興味・関心に応じた実習活動であることが推察された。

折り紙モデルに対する感想を尋ねたところ、「作業を重ねるうちに手になじんでくる感じは単純に面白かった。」「同じ折り方で、縦と横の長さの比を変えるだけで様々な立体ができるのだと知り、とても驚きました。」等の回答が寄せられ、どの感想からも学生たちが折り紙モデルの制作を楽しんでいたことが窺えた。図1に制作された作品を示す。

最後に、授業に対する感想を聞いたところ、立体幾何学や理系の科目に対するネガティブな先入観に反して、単純な作業中にビデオ教材を流したり、他の学生や教員との雑談を奨励したりの試みに対して、やほぼ全員の学生が好意的な感想を述べていた。

おわりに

科学折り紙と「数理科学」の授業に対する受講学生の好意的感想が報告書から示唆された。しかし、保健医療福祉学部の受講生は、2016年と2017の2年間を合わせても10名程度であり、科学折り紙を利用して立体概念を形成する教材の有効性を検証するためには、さらに多くの学生を対象として調査を進める必要がある。

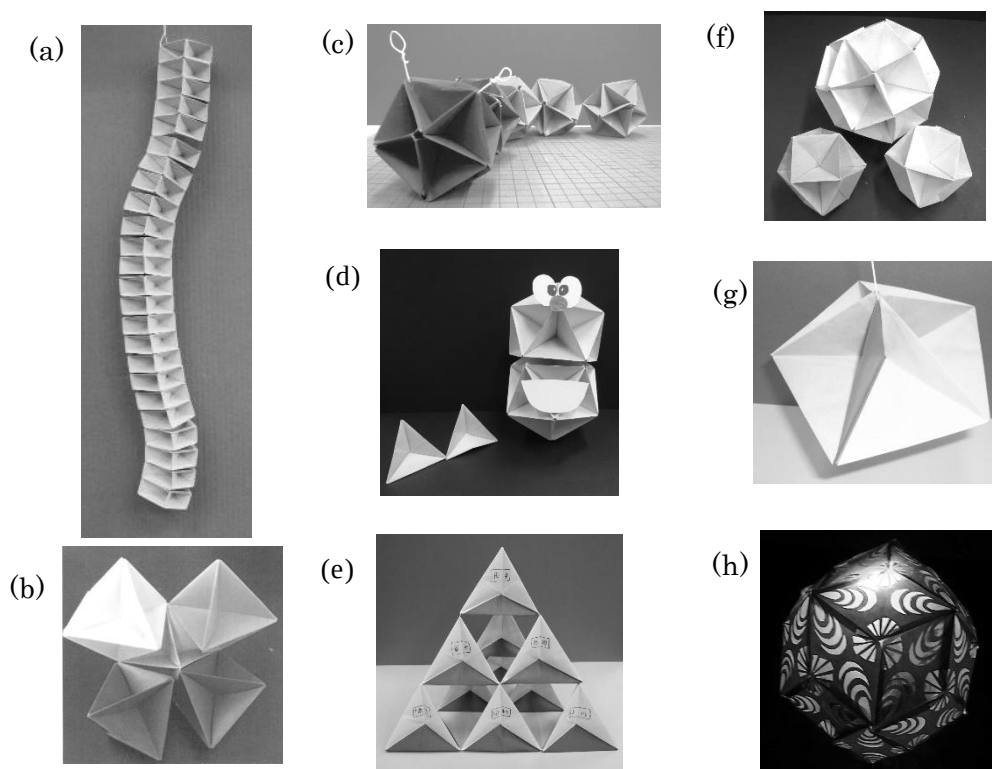


図1 「数理科学」(2017 年度開講) に於いて制作された折り紙モデル：

(a) 年末年始の思い出, (b) ST (言語聴覚) セット, (c) カラフルいもむし, (d) ドラえもん, (e) 組体操, (f) 金平糖の花, (g) ジョンソンの立体, (h) 水晶

参考文献

- [1] 石原正三、「立体概念の形成を支援する科学折り紙教材 I. 教養科目「数理科学」での取り組み」、形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol.2 No.2 (2017 年 12 月)、11-12.

脊椎動物の系統樹の位相的性質：Horton 解析と中立的確率分岐モデルに基づくアプローチ

石井 友一郎¹, 山崎 和仁¹

¹ 神戸大学大学院理学研究科惑星学専攻、神戸市灘区六甲台町 1-1

172s401s@stu.kobe-u.ac.jp

Topological properties of vertebrate phylogenetic trees: Horton analysis and neutral model of stochastic branching

Yuichiro Ishii¹, Kazuhito Yamasaki¹

¹Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University

1-1, Rokkodai-cho, Nada-ku, Kobe, 657-8501, JAPAN

Abstract: Phylogenetic trees visually represent geometric patterns of biological evolution and diversity. We have analyzed topological properties of vertebrate phylogenetic trees.

We have quantified topological properties of phylogenetic trees utilizing Horton's 1st law. Then, we have compared topological properties of vertebrate phylogenetic trees with that of artificial branching objects produced by neutral model of stochastic branching simulation.

Our study has shown topological properties of vertebrate phylogenetic trees can be explained by using the neutral model.

Keywords : Phylogenetic trees, topology, Horton's law, Neutral model, branching objects

1)はじめに

系統樹はさまざまな幾何学的情報を有しており、生物の進化と多様化を視覚的に表現しているといえる。系統樹の幾何学的情報については、これまで主に系統樹の枝の数や長さに着目して議論がなされてきた(e.g. Raup et al., 1973[1]; Harvey et al., 1994[2])。

確かに系統樹の位相的な特徴から生物の進化と多様化を議論するときは枝の数と長さは重要な量であるといえる。加えて、我々は枝の繋がり方も重要な要素であると考え。例えば同じ数の枝(種)が増加しても、枝の繋がり方が変われば多様化の様子は異なってくる。それにもかかわらず、系統樹の枝の繋がり方についての解析は十分でない。その要因として、系統樹(枝分かれ図形)が定量化が困難な複雑な形をしていることが考えられる。

ところで、地形学の分野でも枝分かれ図形の定量化、特に枝の繋がり方に関する定量化がおこなわれてきた。Horton(1945)[3]は、河川の水流に適切な方法で次数付けをおこない解析することで、河川の形態に関する法則(Horton の法則)を発見した。このうち Horton の第一法則は、河川(枝分かれ図形)の統計的な繋がり方についての法則であるといえ、繋がり方は分岐比という値によって表される。

本研究ではまず系統樹に対して Horton の第一法則に関する Horton 解析をおこない、その位相的性質の定量化を試みた。

2)方法

本研究では Horton の第一法則を利用して系統樹の位相的性質の定量化をおこなった。手順は(1)系統樹の枝に次数付けをする。(2)次数ごとに枝の数を数えて分岐比を計算する。

2-1) 枝の次数付け

枝の次数付けの方法は Strahler(1952)[4]による方法を基本とした。ただし、1本の枝が3本以上の枝に分岐する場合でも適用できるように定義を拡張した。以下に次数付けの定義を示す。

- i) 末端の枝の次数を 1 とする
- ii) x 本の枝 ($2 \leq x$) が合流したとき、その枝の中での最大次数が k であったとする
 - ア) 次数が k の枝が 2 本以上のとき、合流後の枝の次数は $(k+1)$ とする
 - イ) 次数が k の枝が 1 本のとき、合流後の枝の次数は k とする

2-2) 分岐比の計算

次数 j の枝の合計が $N(j)$ であるとする。本研究では系統樹全体の分岐比 R_b は、

$$R_b = \frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^{n-1} \frac{N(j)}{N(j+1)}$$

と定義する。ここで n は系統樹の枝の最大次数である。

また、Horton の第一法則が成立しているかどうかは $(n-1)$ 個の $N(j)/N(j+1)$ の標準誤差の値で判断した。標準誤差の値が小さいときは Horton の第一法則が成立しているとみなす。

本研究では系統樹の位相的性質として、一次の枝の数、最大次数、分岐比に注目する。

3) 解析対象

解析対象としたのは脊椎動物の分子系統樹である。魚類、両生類、カメ、ヘビ・トカゲ、鳥類、哺乳類の 6 種類の系統樹について位相的性質を解析した。

4) 結果

解析対象とした脊椎動物の系統樹の全てにおいて Horton の第一法則は成立していた。系統樹ごとに一次の枝の数と最大次数は様々な値を示した。これは系統推定に用いられた種数の違いによる。一方で、分岐比の値は系統樹によらずほとんど同じ値(約 3)となった。

分岐比の値がどの系統樹でも約 3 となった原因を考察するため、中立的確率分岐モデルシミュレーションによって人工的に作り出した系統樹と位相的性質を比較した。このモデルでは、枝が分岐するかどうかは確率的に決まり、またその条件はどの枝でも、またどの時間でも同じである。この意味において中立モデルとなっている。

比較の結果、実際の脊椎動物の系統樹と人工的な系統樹は同様の位相的性質を有していることが明らかになった。これは、地球史規模の生物の進化・多様化の位相的なパターンが中立モデルを用いて説明可能であることを示唆している。

また、Horton の第二法則に関する解析もおこなったので、講演ではそれについても合わせて発表する。

5) 参考文献

- [1] D. M. Raup et al., 1973, *The Journal of Geology*, Vol. 81, No. 5, pp. 525-542
- [2] P. H. Harvey et al., 1994, *Evolution*, Vol. 48, No. 3, pp. 523- 529
- [3] R. Horton, 1945, *GSA Bulletin* 56 (3): 275-370.
- [4] A. Strahler, 1952, *GSA Bulletin* 63 (11): 1117-1142.

二次元変形・流動現象における ポテンシャル曲面の微分幾何学的構造

山崎 和仁

神戸大学理学研究科惑星学専攻、神戸市灘区六甲台町 1-1

yk2000@kobe-u.ac.jp

Differential geometrical structure of potential surface for two-dimensional deformation and flow

Kazuhito YAMASAKI

Department of Planetology, Graduate School of Science, Kobe University,
1-1 Rokkodai, Nada, Hyogo, Japan

Abstract: We consider the differential geometric structures of stream functions and stress functions to calculate the Gaussian curvatures and the mean curvatures of some basic deformations.

Keywords: Potential, Stream function, Stress function, Differential geometry, Curvatures.

(1) はじめに

二次元変形・流動現象においては、ある種のポテンシャル (e.g., 流れ関数や応力関数など) を考えることにより、問題が簡略化・直感化されることが多い。したがって、複雑な初期値・境界値問題を解かなければならない地球惑星科学において、流れ関数や応力関数に基づく解析は頻出する手法である。この言わば「伝統的手法」に幾何学的視点を導入することにより、地球惑星科学における実世界の様々な物理的問題は、対応する抽象空間の幾何学的問題、すなわちポテンシャル曲面の“形”の変化として直感的に解析できるようになる。本講演では、その内容を、論文[1][2][3]に基づき概説する。

(2) 二次元流動問題とトポロジー

二次元非圧縮流体の連続の式から流れ関数が導入されることは、良く知られている。流れ関数は、二次元曲面を形成するが、その平均曲率は渦度に、ガウス曲率は Q 数 (Okubo-Weiss 基準: 例えば、ラグランジェ粒子間の距離発展を決めるもの) に対応する [1]。したがって、コヒーレント・インコヒーレント問題は、流れ関数曲面が楕円か双曲かという問題に対応する。また、ポテンシャル流れの問題は、流れ関数曲面の極小曲面問題に対応する。このとき、二次元正則曲面として複素速度ポテンシャルが定義される。その複素数による一階微分が速度を与えることは良く知られるが、その二階微分がガウス曲率を与えることが示される [1]。これにより、よく知られた基本的ポテンシャル流れ (一様流れ, 角流れ, 二重湧き出し, 湧き出しと吸い込み, 渦糸) は、曲率の違いとして統一的に解釈される。また、流れ関数自体には重ね合わせが成立するので、直接導く事が難しい複合的な流れ (e.g., 二重カルマン渦) のガウス曲率すなわち Q 数を導くことが容易となった。

球面上の流れに対応する流れ関数閉曲面を考えた場合、そのガウス曲率の積分値は、オイラー標数を通じて（ガウス・ボンネの定理）、ベクトル場の特異点指数と関係する。これは例えば、地球表面における大陸の分裂および衝突（幾何学的にはオイラー標数の変化）に伴い、古海流がどう変化するのか、という問題を考える上で拘束条件のひとつとなる。

力学系の非平衡状態における安定性を解析する手法として KCC 理論があるが[4], 解析に使用される重要な幾何学量：偏差曲率は、二次元流体を考えた場合、上記の Q 数、すなわち流れ関数曲面のガウス曲率に対応することが示される。したがって、例えば、流れ関数に基づく二重カルマン渦の安定性解析は、通常の線形安定性だけでなく、KCC 理論におけるヤコビ安定性にも関係していることが示される。

(3) 二次元変形問題と幾何学的世界観

流体の場合と同様、弾性体の二次元変形問題においても、ポテンシャル曲面の“形”が、様々な物理現象を規定する。この場合、ポテンシャルには、エアリーの応力関数が対応する。応力関数自体は、平面等方性物体の応力平衡条件から導入され、その曲面の最大（最小）主曲率は、物理量である最大（小）主応力に対応する[2]。このとき、弾性体力学における二つの応力不変量が、微分幾何学における不変量：平均曲率とガウス曲率に対応する。つまり、応力関数曲面の“形”の違いが、応力場の種類の違いに対応することになる。例えば、応力関数曲面が可展面の場合、応力場は単純な圧縮か伸長になる。さらに、極小面の場合には剪断応力場に、平面（曲率ゼロ）の場合には静水圧に対応する。実際の岩石における歪み・変形解析においても、パラメタ空間の非 Euclid 性は、変形マーカーの類似性を定量化する上で重要となる[5]。

応力関数曲面の幾何学的性質は、破壊力学の観点からは、断層の性質を規定する。例えば、モール応力円とクーロンの破壊条件から、内部摩擦角が応力関数曲面のラギール幾何学的エネルギーに対応する。この時、断層が生じる方向は、応力関数曲面の臍点付近となる。また、重調和関数である応力関数の Goursat 表示から、断層の種類も曲面の“形”に規定される。

ところで、微分形式における電場と磁場の関係を記述するホッジ双対性は、変形力学に適用することにより、様々な欠陥場の基礎方程式を導出する[6]。また、Maxwell 方程式を“演繹的”に導出するファインマン証明を、変形力学に拡張することにより、やはり欠陥場の基礎方程式が導出される[3]。断層場は典型的な欠陥場であるが、地殻空間の捩率および曲率として記述される（e.g., [3, 6]）。したがって、例えば、「テクトニックな応力場により生じる断層場」や「断層場によって周囲に生じる応力場」といった、いわゆる地球惑星科学的現象は、「応力関数曲面の曲率と地殻空間の曲率の相互作用」という幾何学的現象として解釈される。このとき、一方の幾何学量と他方の幾何学量を具体的に数値で結んでいくものが、いわゆる弾性力学や破壊力学である、というある種の幾何学的世界観が提示される。

参考文献 [1]Yamasaki, Yajima & Iwayama, 2011, *J. Phys. A*, 44, 155501. [2]Yamasaki & Yajima, 2012, *Acta Geophysica*, 60, 4. [3]Nakamura & Yamasaki, 2016, *Int. J. Theoretical Physics*, 55, 5186. [4]Antonelli & Rutz, 2005, *Nonlinear Analysis: RWA*, 6, 899. [5]Yamaji, 2008, *Jour. Struct. Geol.*, 30, 1451. [6]Yamasaki & Nagahama, 2001, *J. Phys. A*, 35, 3767.

第2次セント・ヘレナ島沖海戦：1602年3月14-16日

杉本 剛

神奈川大学、横浜市神奈川区六角橋 3-27-1

sugimt01@kanagawa-u.ac.jp

The Second Battle off St Helena Island: 14th-16th March 1602

Takeshi Sugimoto

Kanagawa University, 3-27-1 Rokkakubashi, Kanagawa Ward, Yokohama

Abstract: Francesco Carletti made the first private circumnavigation (1594-1602). He enjoyed himself in Japan (Jun. 1597-3 Mar. 1598); tea and miso occupied Carletti's curiosity; he bought five Korean servant boys; five boys were freed in Goa, but Antonio Coria went to Europe with Carletti. Carletti became wealthy by trades on his journey, and he embarked upon the Santiago at Goa. St Helena is a roadhouse in the Atlantic Ocean. On 14th March 1602 off the island the Santiago met with the Dutch ships: the Zeelandia, the Langebark and the Witten Arend. There was a fierce battle between them, the Dutch took the Santiago with its treasures to home. Among these treasures Chinese porcelains in Ming dynasty are the first in the Zealand. The Santiago was broken to pieces. Antonio would be a model for Rubens' sketch titled 'A Man in Korean Costume.'

Keywords: Cartography, Dutch Pirating, Private Circumnavigation, Porcelain, Rubens's Model

1. いとぐち

ベルナルド・ゴメス・デ・ブリートの「海難史」(リスボン、1735-6) 2巻から、日本にかかわりのある第二の事例を紹介する。鎖国寸前の日本に長逗留して、その風土・文化を記録したフランチェスコ・カルレッティ(c1573-1636)を乗せたサンチアゴ号が、セント・ヘレナ島沖でジーラント(オランダ)船隊から海賊行為を受け、拿捕された事件である。

2. 鎖国寸前の日本

カルレッティは、フィレンツェの商家に生まれた。1591年父アントニオに命ぜられて貿易を学びにスペインに移り住んだ。1594年1月27日やって来た父とともにスペインの船に乗って大西洋横断を開始した。奴隷の売買で商機をつかもうとしていたようだ。そのつもりもないのに・・・なぜか気がつけば西回りで地球を周っていた。1609年に起こした手稿の写しが4冊あり、バチカンほかで保管されている。印刷された「世界周遊記」(フィレンツェ、1701)は、広く読まれた。多数の国で翻訳が出版されたが、邦訳はない。

バテレン追放のペドロ・マルティネス司教とは入れ違いの1597年6月に長崎入りし、木の家づくりに関心を寄せる。屏風・茶の湯・味噌・いろはなど興味津々だ。朝鮮出兵の捕囚から朝鮮の少年5人を買う(ゴアまで連れ回り、そこで自由人となす。うちアントニオは欧州にまでついて行く)。1598年3月まで長居したカルレッティは、日本が御景頂だ。

3. 海戦の顛末

3.1 第1次海戦

1600年4月25-6日島にいたジーラント船隊リューブとリュービンに、ジェロニモ・コウ

ティーニョの船隊の先陣サン・シモン号が砲撃して蹴散らす。ジーラント船隊は逃げ帰る。

3.2 第2次海戦

海難を受けるのはまたしてもサンチアゴ号だ。顛末はカルレッティの手稿だけでなく、メルキオール・エスタチオ・ド・アマラル「戦いの物語」(リスボン、1604)およびオランダの記録(ハーグ、1948)に詳しい。

南アジアで仕入れた絹製品・陶器・金銀宝石・香辛料ほかのお宝と約300人を乗せたサンチアゴ号は1601年12月26日にゴアを発つ。モザンビーク海峡・喜望峰を無事抜けた船は、コンボイを組む相手を待つためセント・ヘレナ島に向かう。1602年3月14日、風上から回り込み島の上陸ポイント「チャペルが谷」を目指す。既に3隻が入港している。かわすためにエスパラヴェルに錨を下すと・・・2隻がにわかに帆を上げた。ジーラント船隊だったのだ。向かって来たのはジーランドディア号とランゲバルク号・・・先に撃ったのはサンチアゴ号だが・・・多勢に無勢なだけでなく士気と技量の問題もあって・・・二日間にわたり砲撃を受け沈没寸前となる。徹底抗戦を唱える船長だったが乗客の投票で降伏が決まった。16日朝白旗を上げる。オランダ人がサンチアゴ号に乗り込んで応急修理し、乗員を海に飛び込ませ、ボートで拾いジーラント船に移す。このとき賄賂を渡せなかった者たち(含む日本人)に溺死者が出る。ボートの縁にすがる手を切り落とすオランダ人!

ウィッテン・アーレント号も加わってコンボイを組み、ブラジル沖のフェルナンド・デ・ノローニャ島へ向かう。4月8日到着。ウィッテン・アーレント号は積み荷の一部を海に捨て、喫水を取り戻す。積み過ぎで戦闘に参加できなかったわけだ。乗員からも身ぐるみ知ぐオランダ人・・・サンチアゴ号を徹底修理・ポルトガル人の要求した約束のボート製作とオランダ人は忙しい。すべてが済んだ5月13日、40-50人の死者を出したポルトガル人たちは島に置き去りだ。カルレッティとアントニオはジーラント船に乗せてもらえた。

ジーラント船隊は7月7日にミッデルブルクに到着した。補修されたとはいえ満身創痕のサンチアゴ号はその6-8日後に着いた。積み荷はすべてジーラント政府が競売にかけ、百五十万ギルダーも稼いだ。サンチアゴ号は解体され、木材と資材として売り払われた。

ポルトガル人たちのその後はこうだ。残されたボートに船長ほか十数名が乗ってブラジルを目指す。島を発って二日後にパライバ港(現ジョアノ・ペソア)に着き、さらに政府のあるリオ・グランデ州へ向かう。そこで島に残った人々の救援の手配など後処理をして、生き残った一行がリスボンに帰国したのは翌1603年7月15日のことだ。ディオゴ・デ・コウトが託した「アジア史(第7巻)」ほか何もかも奪われた船長の責任は何よりも重い。

4. むすび

ジーラント政府は戦勝記念金貨と銀貨とを発行した。略奪品の明国製陶器が、オランダ初到来だったことは美術史に残る事実である。世界一周の途中で大儲けしたものの身ぐるみはがれたカルレッティは、弁護士を雇いジーラント政府と交渉したが、1605年4月21日泣く泣く13000ギルダーで手を打つ。このお金は訴訟費用に充てて消えた。傷心のカルレッティだが、トスカーナの大公の求めに応じて旅の話聞かせ、大公のお気に入りとなって年金が支給された。こときの話が手稿のもとである。フランダースの画家ルーベンスのスケッチに「朝鮮の民族衣装に身を包んだ男」という佳作がある。この作品のモデルは、カルレッティについてイタリアへ渡ったアントニオ・コリアだといわれている。

事実は小説よりも奇なり。

物語におけるグラフ表示と意図との相関

高木隆司

東京農工大学 (名誉教授), 〒248-0014 鎌倉市由比ヶ浜 2-23-12, jr.takaki@iris.ocn.ne.jp

Correlation between Graphic Representation of Narratives and their Intentions

Ryuji Takaki

Abstract: The present author has been trying to obtain correlations between graphic representations of narratives and intentions of them, for the Aesop Fables and the Konjaku-monogatari (Japanese short stories in the medieval age). It was found that unusual stories with good endings include many interactions among characters. In this paper time-wise developments of stories in Konjaku-monogatari are analyzed based on an established idea that a story has a progress with several stages, such as “set-up”, “complicating actions”, “most reportable event” and “resolution”. It is found that unusual stories with good endings have large numbers of complicating actions among characters before climaxes of the stories. An interpretation of this fact is given in relation to a problem in the AI research field.

1. 導入

筆者は、2017 年 6 月の形の科学シンポジウムにおいて、イソップ寓話のネットワーク構造に関する発表を行った[1]。そこでは、イソップ物語のうち、まれに起きる非常に良い内容の話では、登場人物同士の相互作用が他の話に比べて多いということを示した。同年 12 月の形の科学シンポジウムにおいて、12 世紀に成立した今昔物語の本朝編[2]の話においても、同様の傾向が見られることを示した[3]。本研究では、物語の進行の各段階において登場人物の相互作用の数がどのように変化するかを調べ、それと物語の意図との関係を問題にする。

2. 物語のネットワーク構造および各話の意図の分類

話の意図を、
 教訓か戒め (A+, A-, A)、
 妖怪や超能力者が登場する
 不思議な話 (B+, B-, B)、
 現実的な話 (C+, C-, C)、
 因果関係の紹介 (D+, D-, D)
 に分類する。+, -, (なし) は、話の
 結末が良い、悪い、どちらでもない
 ことを示す。

図 1 は、霊鬼に関する話の一例
 の構造で、末尾に「狐は恩を知り嘘
 をつかないので、助けてやるべきだ」
 という教訓があり、A+ に属する。

話の構造を、導入(Set Up : SU)、
 話の展開(Events : Ev)、クライマ
 ックス (Most Remarkable Event :
 MRE)、終結 (Resolution : Re)に
 分け[4]、それぞれにおける相互作
 用数 ni (図中の矢印) を求めた。

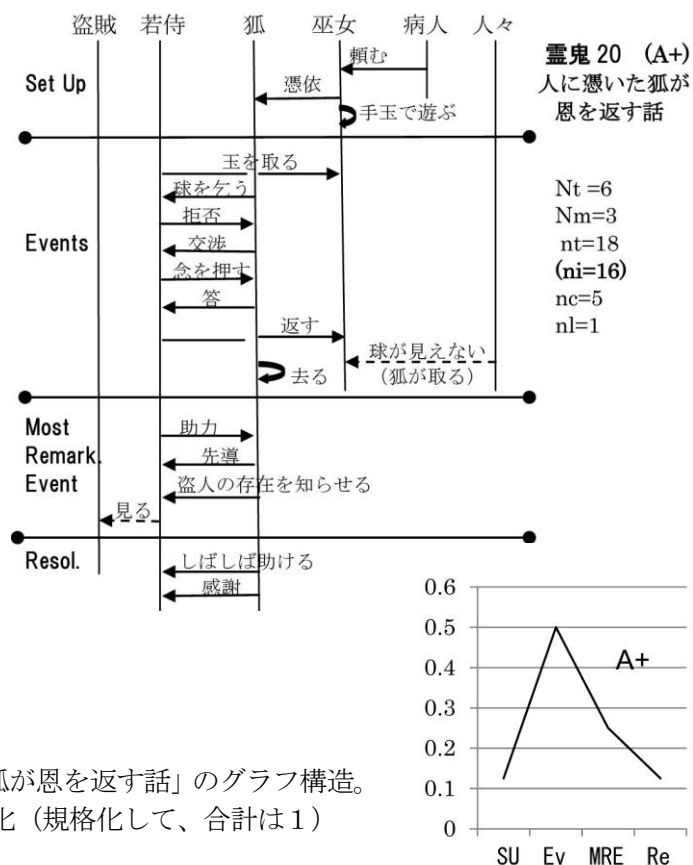


図 1. 今昔物語の「人に憑いた狐が恩を返す話」のグラフ構造。

右下は 4 段階における ni の変化 (規格化して、合計は 1)

3. 今昔物語における相互作用数の時間変化

ある程度長い話（登場人物 4 人以上、相互作用 12 個以上）について、相互作用数の変動を図 2 に示す(A,D-,D では長い話は無い)。B+ (不思議な良い話) では、A+と同じように、クライマックス (MRE) に到る前 (Ev) で多くの相互作用がある。B- (悪い話) では Ev と MRE で相互作用は同程度、B では B+と B- の中間的な傾向がある。C (現実的な話) では、C- (悪い話) において導入部が長いこと以外は、目立った特徴はない。

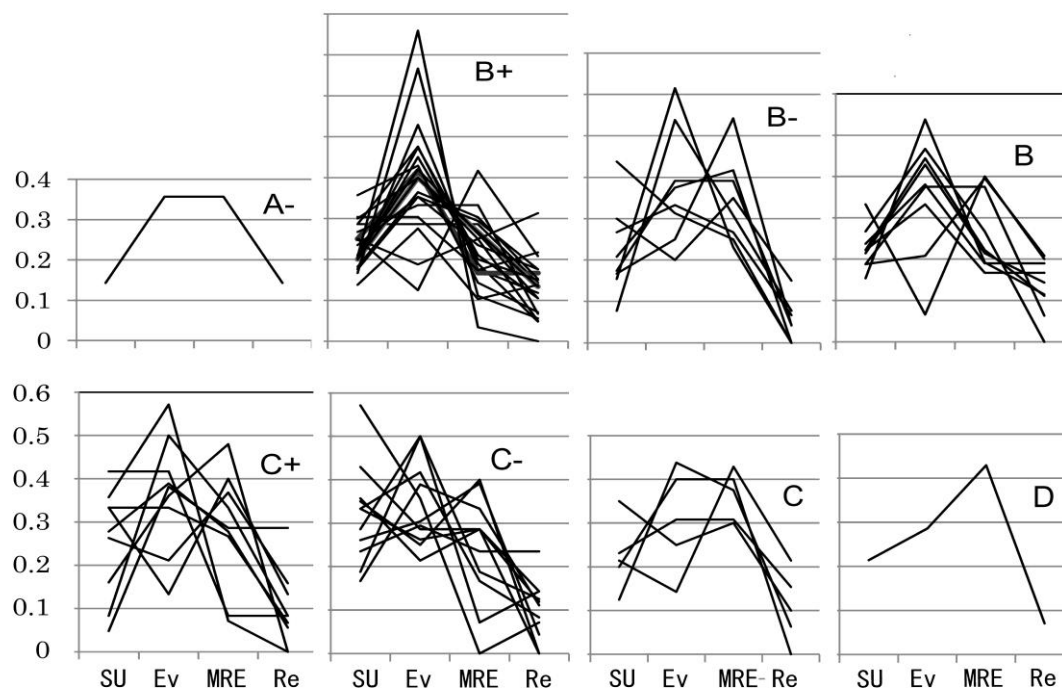


図 2. A-～D+の分類における ni の変化。B+では、クライマックス (MRE) の前の手続き (Ev) が多い。

4. 議論

筆者は、2008 年の形の科学シンポジウムにおいて、Ted Goranson、Beth Cardier との共著で行った講演で[5]、Windows-Vista という OS の失敗に触れて、見たことがないシステムの設計という人間にとって苦手な仕事では、昔の物語の解析が有効であることを主張した。筆者がイソップ物語や今昔物語を選んだ理由は、各話の末尾に教訓が付随し、話の意図が特定できるからである。

B+のように、特異な内容で良い結果に終わる話は、新しく開発され使い勝手がよいシステムに対応すると考えられる。このような話をもつ特徴は、システム開発に良いヒントを与えると期待される。

人工知能研究者の松田雄馬氏によれば、「人間の知能を超える人工知能ができるとは考えづらい」そうだ[6]。確かに、「人間の知能を超える人工知能」は自己矛盾を含んでいる。しかし、物語に含まれる過去の智慧の集積も借りたら、現代の人間の知能を超える可能性があるかも知れない。

参考文献

- [1] 高木隆司、「イソップ寓話の解析-人工知能研究の一方針」、第 83 回形の科学シンポジウム講演予稿修 (2017), pp. 39-40.
- [2] 福永武彦、野坂昭如、「日本の古典 9, 今昔物語」, 河出書房新社, 1971.
- [3] 高木隆司、「今昔物語の構造解析-イソップ物語との比較」第 84 回形の科学シンポジウム講演予稿 (2017), pp. 23-24.
- [4] Beth Cardier との私信, 2017.
- [5] T. Goranson, B. Cardier, 高木隆司、「物語の対称概念をデザインするための kutachi」, 形の科学会誌, 23 巻 2 号 (2008), pp. 235-236.
- [6] 松田雄馬、「未来を予測する最善の方法」、図書、岩波書店, 2018, 1 月号, pp. 21-25.

標準写像における横断性の新しい証明法

山口喜博 (chaosfractal@iCloud.com: 元帝京平成大学)¹

A new proof of transversality for the standard map

Yoshihiro Yamaguchi

Abstract. The transverse intersection of the stable and unstable manifolds of the saddle fixed point in the standard map is proved at any value of $a > 0$. In order to prove the transversality, we use the properties of periodic orbits accumulating to the homoclinic point.

Keywords: The standard map, Stable and unstable manifolds, Transverse intersection

最初に、円筒面 (x, y) で定義された標準写像 (Standard map) T を与える.

$$T : y_{n+1} = y_n + f(x_n), x_{n+1} = x_n + y_{n+1} \pmod{2\pi}. \quad (1)$$

ここで $f(x) = a \sin x$ ($a \geq 0$). 図 1 で $P = (0, 0)$ はサドル型不動点である. $P' = (2\pi, 0)$ も同様である. 円筒面では $P = P'$ である.

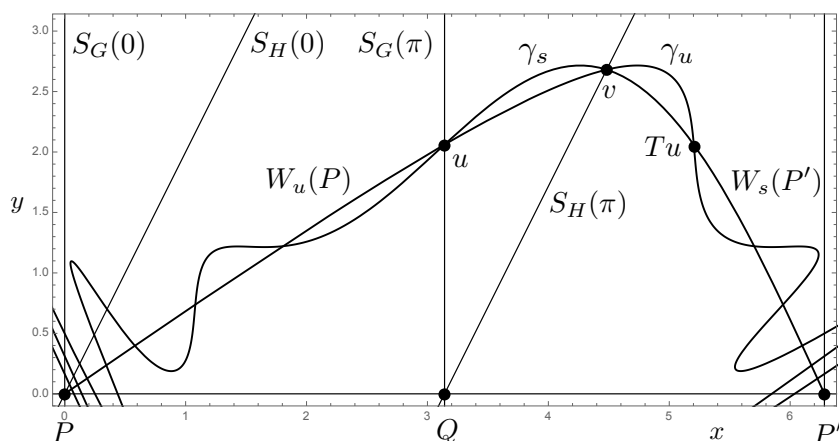


図 1: サドル型不動点 P の不安定多様体を $W_u(P)$ とし, サドル型不動点 P' の安定多様体を $W_s(P')$ とする. S_G と S_H は対称線. $W_u(P)$ と $W_s(P')$ は主軸 $S_G(\pi)$ ($x = \pi$) で交差する. 交差点が主ホモクリニック点 u . Q は楕円型不動点. $a = 1.5$.

主ホモクリニック点 u における $W_u(P)$ と $W_s(P')$ の横断的交差を新しい方法で証明することが本講演の目的である. 横断的交差の証明は, a の値が無限小の場合 [1] と, $a \geq 4/3$ の場合 [2] になされている.

$a > 0$ において, 円筒面を x 軸方向に回転する楕円型周期軌道とサドル型周期軌道が生じる. これらは順序保存性を持つためにバーコフ (Birkhoff) 型周期軌道と呼ばれる. 回転数を p/q (既約分数) として, 楕円型周期軌道を p/q -BE と記し, サドル型周期軌道を p/q -BS と記す. p/q -BE は固有値が複素共役の楕円型周期軌道である場合と, 反転型サドル周期軌道である場合がある. BE と BS の B は Birkhoff の B を意味する.

標準写像の持つ左右の対称性に注目して, 下記のように対合 G と H を用いて $T = H \circ G$ と分割する. ただし, $H \circ H = G \circ G = id, \det \nabla H = \det \nabla G = -1$.

$$G \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -x \\ y + f(x) \end{pmatrix}, \quad H \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} y - x \\ y \end{pmatrix}. \quad (2)$$

¹連絡先: 市原市国分寺台中央 2-4-14

対合の不動点の集合が対称線である. 対合 G の対称線を S_G と, 対合 H の対称線を S_H と書く.

$$S_G : x = 0, \pi, \quad S_H : y = 2x, y = 2(x - \pi). \quad (3)$$

対称線 S_G のひとつである $x = \pi$ は主軸と呼ばれる. 主軸を $S_G(\pi)$ と書く.

$T^q = T^{q-1}H \circ G$ と分離する. $T^{q-1}H$ も対合である. 対合 $T^{q-1}H$ の対称線を $S_{T^{q-1}H}$ と書き, 副軸と呼ぶ. ここでは回転数 $1/(2k+1)$ ($k \geq 1$) を持つ $1/(2k+1)$ -BE を利用する. この軌道の初期点は $S_H(0)$ ($y = 2x$) にあり, z_k は $S_G(\pi)$ にある. つまり z_k では副軸が主軸と交差している. この場合, 副軸 $S_{T^{q-1}H}$ は $T^k S_H(0)$ である.

主ホモクリニック点 u における $W_u(P)$ の傾きを $\xi_u(u)$ とし, $W_s(P')$ の傾きを $\xi_s(u)$ とする. 下記の関係が成り立つ. $\xi_u(u) = \xi_s(u) = a/2$ を満たす場合が非横断的交差である.

$$\xi_u(u) + \xi_s(u) = a. \quad (4)$$

性質 1.

- (1) 主軸性 [3]. p/q -BE は, 主軸上 ($S_G(\pi)$) に軌道点 z_k を持ち, $a > 0$ において複素固有値を持つ楕円型軌道であるか反転型サドル軌道である.
- (2) 副軸定理. 軌道点 z_k における副軸の傾きを ξ_k とする.
 - (i) $\xi_k > a/2$ ならば, z_k は楕円点.
 - (ii) $\xi_k < a/2$ ならば, z_k は反転型サドル点.
 - (iii) $\xi_k = a/2$ の場合が, 周期倍分岐の臨界点.
- (3) 単調傾き命題. 副軸 $T^k S_H(0)$ と主軸の交点を z_k とする. z_k は $1/(2k+1)$ -BE の軌道点である. これらの軌道点について $\lim_{k \rightarrow \infty} z_k = u$ が成り立つ. z_k における副軸の傾きを ξ_k とする. これらの傾きについて下記の関係が成り立つ.

$$\xi_k > \xi_{k+1}, \quad \lim_{k \rightarrow \infty} \xi_k = \xi_u(u).$$

- (4) 宇敷の定理 [4]. 平面 R^2 から R^2 への解析的微分同相写像 f が複素二次元空間 C^2 から C^2 への自己同型写像に拡張可能であれば, f はサドルコネクションをもたない.

接続写像 T は宇敷の定理の条件を満たす. 二つのサドル (P, P') をつなぐ滑らかな曲線 Γ があって写像 T のもとで不変のとき, 曲線 Γ をサドルコネクションという. この定理によって, 接続写像 T にはサドルコネクションが存在しないことが保証される. 主ホモクリニック点 u で安定多様体と不安定多様体は横断的または非横断的に交差している. 次に横断的交差の証明手順を述べる.

主軸上に存在する $1/(2k+1)$ -BE の軌道点 z_k における副軸の傾きを ξ_k とする. ここで a を任意の値に固定する. 宇敷の定理を利用して軌道点 z_k を含む双曲領域が構成できる事を示す. ただし, k は a に依存する. 結果として軌道点 z_k が反転型サドル点である事が導かれる. 副軸定理より $\xi_k < a/2$ が得られる. 更に単調傾き命題より $\xi_k < a/2$ が得られる. 結果として, $\xi_u(u) < a/2$ が得られる. 最後に式 (4) を利用すると定理 2 が得られる. 写像 T の単調ねじれ性より系 3 が導かれる.

定理 2. 標準写像において, 任意の $a (> 0)$ で $\xi_u(u) < a/2 < \xi_s(u)$ が成立する.

系 3. $\xi_u(u) < a/2 < \xi_s(u)$ が成立するならば, 主軸性が成り立つ.

参考文献

- [1] V. F. Lazutkin, I. G. Schachmannskii and M. B. Tabakov, Physica D 40 (1989), 235-248.
- [2] Y. Yamaguchi and K. Tanikawa, Prog. Theor. Phys. 103 (2000), 1127-1136.
- [3] J. M. Greene, J. Math. Phys. 20 (1979), 1183-1201.
- [4] S. Ushiki, C.R. Acad. Sci. Paris 291 (1980), 447-449.

オンライン学習システムでの 学生の記述ドリル解答にみられる文章パターン

宮本光一朗¹, 松浦執²

¹東京学芸大学大学院教育学研究科, ²教育学部, 東京都小金井市貫井北町 4-1-1
m171802x@st.u-gakugei.ac.jp

Sentence patterns of the students' descriptions in an online learning system

Koichiro Miyamoto¹, Shu Matsuura²

¹Graduate School of Education, ²Faculty of Education, Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukuikita, Koganei, Tokyo 184-8501

Abstract: In order to develop a summarizing system of the students' texts written and stored in the online learning systems, we examined the patterns detectable in the students' texts that were written for the answers to the questions without specific correct answers. Many of their texts consisted of three or four parts, from an assumption of a proposition, some inspiration or a suggestion, and a concluding proposition. However, the logic is in many cases unclear and the conclusion seemed to be prior the construct a logical thinking.

Keywords: text analysis, automatic feature extraction, online learning system.

1. 研究背景と目的

いわゆる論理的といわれる文章には決まった型があることが考えられる。典型的には、問題設定、前提、推論、結論から構成されるだろう^[1]。推論の過程で、演繹的推論ばかりでなく、仮説とその検証や、比較検討、類推などが行われる。このような叙述はまた、語りの形として、演劇論の起承転結や序破急の形式に対応できるような展開構造を持つことが推測される。論理的なつながりに無頓着な文章では、一つ一つの文が矛盾なく成立していたとしても、文の間で飛躍、撞着、欠如などが発生し、全体の構造が破綻したまま妥当と思った結論を記述するにとどまることもある。

本学の教育学部の講義において、教官が当該回の内容に関する発問をし、インターネット上で学生が回答するオンライン学習システムを取り入れている。理科教育を科学史・思想史に基づいて意味づけたり、現代社会から次世代の社会のあり方、理科教育の課題を問うたりするものが多く、特定の「正解」を持たず、解答者の解答構築への主体性を暗に問うものを中心にしている。

問題解決に対する資質・能力の向上は、文部科学省の次期学習指導要領においても教育の中心的な目標とされている。そのため、各科目に固有の見方・考え方と探求の方法を身につけ、その上で汎用的な問題解決能力と主体的な問題解決への態度の育成が求められている。現行の学習指導要領では生きる力の育成のため、言語活

動がすべての教科を通じて重視されており、知識の活用力の涵養という意味でも、文章に表現させること、それを評価することは重要な教育実践である。

オンライン学習システムを活用することにより、将来的には文章の入力直後にある程度の評価やアドバイスを提供したり、多数の学生・生徒の文章を効率よく分析・評価したりするための自動システムを構築することは有益と考えられ、さらには自動採点システムの構築も目指されている^[2]。本研究では、指導者が逸早く学生の入力したテキストの特徴を把握し、書き手の意図をその明瞭・不明瞭さをふくめて把握しやすくするための、指導者の文脈把握を支援する自動システムの構築を目指すものである。本報告では、その下準備として、実際に大学生が短時間で授業時間中に入力したテキストを対象として、その語りの流れの共通性と、個別の特徴抽出の可能性を検討する。

2. 方法

本研究で提示されている記述問題の形式は①「Aである。この観点からBについて自由に論ぜよ」という様式のものである。命題Aにより問題Bについての議論の観点が方向づけられるが、問題へのアプローチの仕方は自由である。正解例のような範型を持たないので、範型との類似性を算出する分析はできない。そこで、解答の流れのパターンを検出した上で、主要な語の出現がその流れの中でどのように変化するかを観測することにより、直観的議論を含めて解答者の発想を把握することを試みた。

本研究では、教育学部の第1, 3 学年理科専攻生を中心とした解答者による自由記述文をテキストマイニングにより分析した。設問ごとに収集されたテキストに対し、個別の処理を行うことにより、設問による違いと、設問によらぬ共通性を検討した。また、論理的な流れについてはテキストをオントロジーに表現することによって検討した。

3. 結果と考察

設問をランダムに6 題程度選択し、句点の数を調べることで文(センテンス)の数を測ったところ、句点の数は平均 4.09 個で、文章全体の長さによらず 3～4 文の構成が多いことがわかった。形式的には、議論の前提や予備知識確認に始まり、主張を表す文に終わる傾向が高かった。最初の前提のセンテンスで、①の「Aである」という内容が必ずしも明瞭には理解されておらず、自分なりの捉え方を前提とする傾向が見られた。さらにセンテンス間で1 ステップごとに論理的な連結がなされているとは限らず、論理的飛躍や新たな仮定を暗に含めている事例が多く見られた。これらに対応して、前提の命題を適切に理解することの指導、および、自分の提示する結論が何に基づいているかを、より明瞭に意識させることの必要性が示唆された。

参考文献

- [1] 小山透, “科学技術系のライティング技法—理系文・実用文・仕事文の書き方・まとめ方”, (2011, 慶應義塾大学出版会).
- [2] 竹内孔一・大野雅幸・泉仁宏太・田口雅弘・稲田佳彦・飯塚誠也・阿保達彦・上田均, “小論文の自動採点に向けたオープンな基本データ構築および現段階での自動採点手法の評価”, 言語処理学会第 23 回年次大会発表論文集, 839-842 (2017).

三文字を三面図として形成される立体について

阿竹 克人

株式会社 阿竹研究所 〒468-0068 名古屋市天白区表台 15

atake@atake-i.com

About a solid which is formed as a trihedral figure with three letters

Katsuhito ATAKE

Katsuhito Atake Institute co., ltd. Omotedai 15 Tenpaku-ku Nagoya 468-0068

Abstract: When three independent letters such as English-language three-letter abbreviation (TLA) and Japanese three-letter idiom are applied to each of trihedral figure, many things form a single solid. Along with the introduction of solids visualized by modeling software, consider the conditions for establishing and the font for that.

Keywords: TLA trihedral figure font modeling software three-letter solid

1. はじめに

今日三文字略語は様々な分野で使われており、USA JPN など国名 JFK RBF など人名 WWW CAD CPU などコンピューター関連用語 AKB SKE などアイドルグループ(もとは地名) GDP LNG WHO NHK CEO など挙げだすときりが無い。これを TLA (three-letter abbreviation) と呼ぶようだが、TLA 自体も TLA である。

また三面図は三次元の立体を表す一般的な方法であるが、各図は互いに線形独立なので位置と大きさが合えば全く異なる形にすることができる。簡単な三文字を三面図にして立体が出来ないかを考えることは、立体思考のトレーニングとして一部のパズルマニアなどの間で行われてきた。ここでこの方法で成立した立体を三文字立体と呼びたい。

2. モデリング

今日パズルの世界は例外なくコンピューターによって蹂躪されているが、この問題も三次元モデリングソフトを使うと簡単に答えが得られる。その方法はまず正方形に内接する三文字のフォントを掃引して立方体状の箱文字(柱状体)を作る。次にそれらをそれぞれ XYZ 方向にフォントが向くように回転させて重ね合わせ、三つの立体の共通部分(積集合)を計算させる。これだけである。

3. フォント

この三体の共通部分が欠けると文字として成立しなくなるので、できるだけ太めの空間充填度の高いフォントが良いことがわかった。また O Q B など正方形の辺縁部を使う字体が多いので A や I など辺縁部が少ない字体も場合によっては読める範囲で変形させたほう



FIG. 1

が良い結果になることがわかった。FIG. 1 は今回このために作成した立方体状の箱文字である。

4. モデリング結果

様々な TLA を三次元 CAD ソフトでモデリングした結果を FIG. 2 に示す。何の三文字かは最下段に表示するので、パズルとして考えていただきたい。O, L, J 等を含む三文字は成立しやすいことは容易に想像がつく。また今回一部は第三角法一角法といった図法上の三面図の配置の制約にはこだわらずに三文字立体が成立しやすい配置としている。

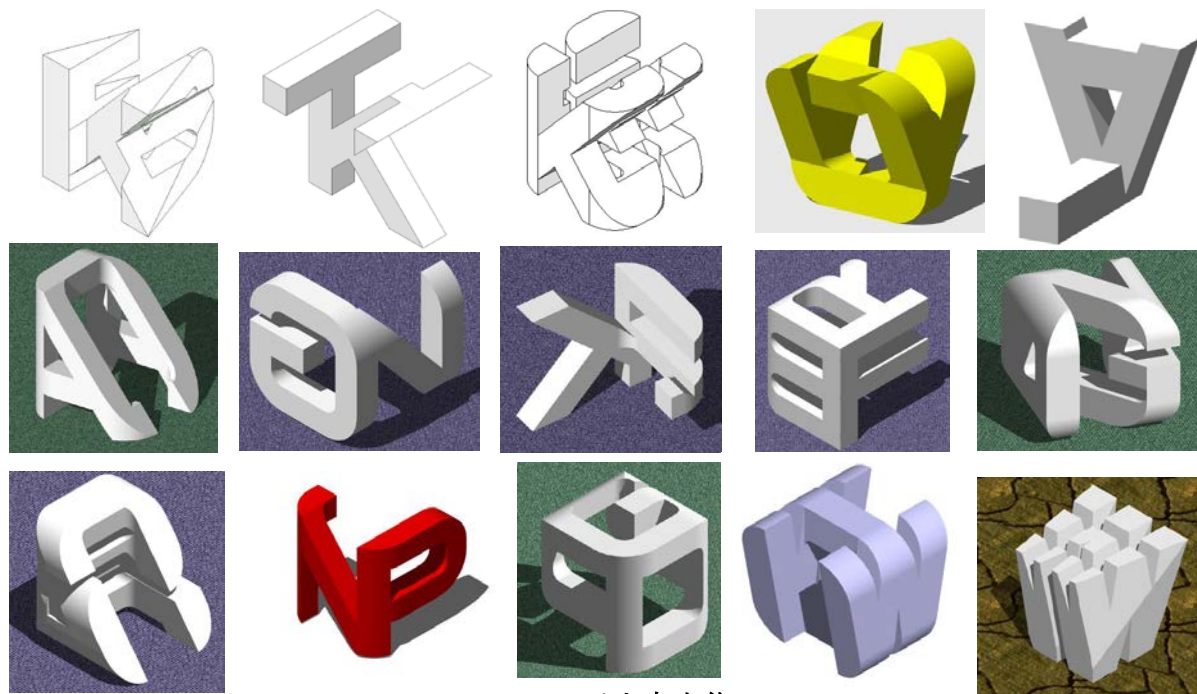


FIG. 2 三文字立体

5. 漢字三文字熟語への拡張

日本にも「天王山」「天地人」や「大団円」といった漢字三字熟語があり、空間(平面)充填度に関しては漢字のほうが英字より高いので、より三文字立体が成立する可能性が高くなる。ただ多くの漢字は図として一体化されていないため、演算上独立した点等をどこかにつないでしまうといった操作が求められる。また「無尽蔵」や「醍醐味」など複雑すぎるものは今回の使用ソフト(ベクターワークス 11)の演算限界を超える現象が見られた。仮にできたとしても複雑すぎて視認が困難であることも予想されるが、新しいソフトでは十分に可能と思われる。天王山 天地人の大団円で本稿を閉じる。

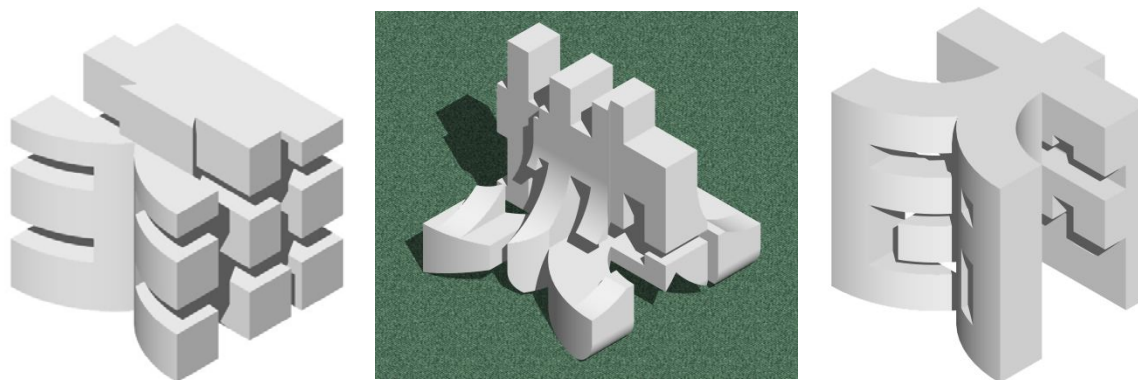


FIG. 3 天王山 天地人 大団円

(FIG. 2 左上から AKB HKT SKE YMO TLA CAD LNG JFK RBF NGO USA JPN GDP WHO WWW)
参考文献 Wikipedia 「三文字頭字語」「三字熟語」

色の形「ペーパークロマトグラフィックス」

～ルンゲの愛した染物手法～

河野 奈菜子

お茶の水女子大学理学部化学科、東京都文京区大塚 2-1-1

g1620307@edu.cc.ocha.ac.jp

Form of colors ‘PaperChromatographics’

Science×Art loved by Friedlieb Ferdinand Runge

Kawano Nanako

Ochanomizu University, 2-1-1 Ohtsuka, Bunkyo-ku, Tokyo 112-8610, Japan

Abstract:

I call art used paper chromatography ‘PaperChromatographics.’ I found regularity between aqueous ink and a shape of ‘PaperChromatographics’ by making 170 works of ‘PaperChromatographics.’ ‘PaperChromatographics’ has two big possibility, one is scientific, the other is about encounter.

Keywords:

PapreChromatographics, F.F.Runge, paper chromatography, color, aqueous pen

はじめに 水を展開溶媒として濾紙上で水性色素を分離するペーパークロマトグラフィーの原理を利用した芸術活動及びその作品を「ペーパークロマトグラフィックス」と私は呼ぶ。この作品制作の動機は、短冊上の濾紙を用いた科学的手法としてのペーパークロマトグラフィーを、花が咲くように芸術として観測する試みである。カフェインの分離やアニリン染料の合成に成功した19世紀のドイツの分析化学者、フリードリヒ・フェルディナント・ルンゲは、**Figure 1**のようにこれと類似した模様を集めて繊維業界向けの模様収集本を著している[1][2]。**目的** 本レポートでは、円形濾紙に一本のペンで円を描き、中心から給水して得られる「ペーパークロマトグラフィックス」を約200種類作成することにより、元の水性ペンの色と得られる模様の特徴との関係の傾向を明らかにするとともに、この芸術に秘められた可能性について考察することを目的とする。

実験 まず、質量140 g/m²、厚さ0.25 mmの円形定性濾紙に直径30 mmの円を鉛筆で下書きし、上から水性ペンでなぞった。次に、毛細管現象を利用して、直径2 mmのキャピラリー長さ26 mm分の水道水を測り取り、円形濾紙の中心につけて濾紙に水を染み込ませることを15回繰り返し、合計0.1 mlの水道水を染み込ませた。この操作を9社170種の水性ペンで行った。乾燥させて得られた作品を、色素展開の最先端部分の模様に注目して分類した。

結果と考察 「ペーパークロマトグラフィックス」の色素展開の最先端部分に注目した形は、大きく三種類に分類された。一種類目は、Pentel社サインペン黒によってのみ得られた形で、展開の過程で濾紙中を移動する水の速度に差が生じ、水の移動が遅い部分に色素が溜まることで花びらのように見える現象、名付けて「花びら現象」が観測された形であった(**Figure 2**)。二種類目は、トンボ社PLAY COLOR2青で顕著であり(**Figure 3**)、青系及び緑系、紫系の水性

ペンを用いた際に得られる形で、展開の最先端部分に色素が溜まることでコーヒーステインのように見える現象、名付けて「ふち効果」が観測された形であった。三種類目は、三菱鉛筆社ピンクのように (Figure 4)、赤系の水性ペンを用いた際に多く得られた形で、色素の移動速度が水の移動速度よりも小さいことから形成された。

今後の展望 「ペーパークロマトグラフィックス」は、使用する水性ペンや濾紙、給水方法、温湿度といった条件が複雑に絡みあって形成されると考えられる。各因子の影響を定性的かつ定量的に解明し、任意の作品を制作するためのモデルを確立したい。一方、「ペーパークロマトグラフィックス」には、多くの新たな「出会い」を生み出す可能性がある。私はこの一年間、この作品制作や研究発表を通じて、多くの人々との「出会い」の機会を得た。また、自分の作品の一部を Instagram にて公開し [3]、世界中の人々とペーパークロマトグラフィーとの「出会い」の場を作り出している [4]。今後も本活動を通して、多くの「出会い」を作り出したい。

参考文献

[1] GE ヘルスケア・ジャパン株式会社ライフサイエンス統括本部「生化夜話第 32 回：ノーベル賞研究を支えた架空の紙？—ペーパークロマトグラフィー—」

https://www.gelifesciences.co.jp/newsletter/biodirect_mail/chem_story/97.html

[2] Friedlieb Ferdinand Runge Sidney Pacheco

<http://www.cromatografialiquida.com.br/Clae/Historia/Runge.htm>

[3] Instagram paper_chromatographics

https://www.instagram.com/paper_chromatographics/

[4] Yoshihito MORI An Instagram user shares experimental data with people Natural Science Report of Ochanomizu University 68(1-2), 1-5(2018).



Figure 1 ルンゲの本



Figure 2 結果 (左から花びら現象、ふち効果、その他)

2 番目に小さい n 次元多胞体

宮崎興二

京都大学名誉教授

miyazakii.jok@gmail.com

Enumeration of n -dimensional small polytopes

Koji Miyazaki

Professor Emeritus, Kyoto University

Abstract: In 3-space, there is only one polyhedron, the tetrahedron, which has the smallest number of faces, and are two kinds of pentahedra, a triangular prism and quadrangular pyramid which have the second small number of faces. Then, how many kinds of n -dimensional polytopes which have the smallest and second small number of $(n-1)$ -dimensional cells are in n -space?

Keywords: N -dimensional polytopes, Enumeration of cells

1. 問題提起

多角形 (2 次元多胞体) では、辺数が 1 本ずつ増えるに従って、3 角形、4 角形、5 角形というように種類が一つずつ増えていく。それに対して多面体 (3 次元多胞体) では、最少の側面を持つものに 4 面体つまり 3 角錐 1 種類のみ (図 1 上) があるのに対して、2 番目の 5 面体には 3 角柱と 4 角錐の 2 種類がある (図 1 下)。それでオイラーは、頂点数を加えた二名法を工夫して、3 角柱を 6 点 5 面体、4 角錐を 5 点 5 面体と呼んで区別した。ところが 3 番目の 6 面体には

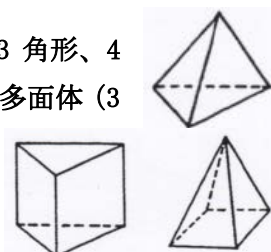


図 1

7 種類あって、その中には 6、7、8 点のものが 2 個ずつあり、オイラ

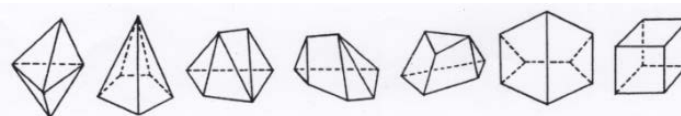


図 2

一の多面体公式にしたがって稜数も同じになって区別が難しくなる (図 2)。

この基礎的な問題は、多角形についてなら幼児並みの知識で解決できるが、次元がたった一つ上がっただけの多面体の場合は、わずか 2 番目に小さい 5 面体で早くもオイラーを悩ますほどの問題となり、3 番目の 6 面体やそれ以上になると難しさは倍加する。

では 4 次元さらにはそれを超える一般の n 次元多胞体の場合はどうなるだろうか。

2. 最小の n 次元多胞体

最小の n 次元多胞体は、各次元の単体としての n 次元 $(n+1)$ 胞体 1 種類で、2 次元の場合は 3 角形、3 次元の場合は 4 面体、4 次元多胞体 (多面体状の胞が、各側面まわりにちょう

ど2個、各稜まわりに3個以上、各頂点まわりに4個以上集まる図形) の場合は4面体5個からなる5胞体となる(図3上)。4次元の場合を図形的にいうと、3次元の3角錐に1点を加えた3角錐状の3角錐錐とすることができる。 n 次元の場合は最小の $(n-1)$ 次元多胞体に1点を加えた3角錐状の n 次元 $(n+1)$ 胞体つまり3角錐 n^2 となる。

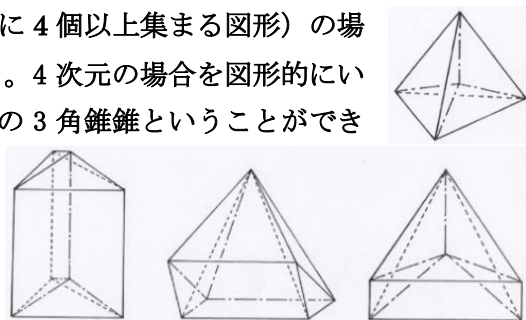


図3

3. 2番目に小さい n 次元多胞体
2番目に小さい多胞体は、4次元では6胞体となり、3次元から類推すると、4面体(3角錐)を直線に沿って動かした3角錐柱、3角柱に1点を加えた3角柱錐、4角錐に1点を加えた4角錐錐の3種類がある(図3下)。 n 次元の場合は $(n+2)$ 胞体となり、各次元において最小の3角錐状の $(n-1)$ 次元多胞体を1本の直線に沿って動かした3角柱状のものと、2番目に小さい $(n-1)$ 次元多胞体に1点を加えた4角錐状のものがある。つまり3角錐 n^3 柱、3角錐 n^4 柱錐、3角錐 n^5 柱錐²、・・・、3角柱錐 n^3 、4角錐 n^2 の $(n-1)$ 種類がある。

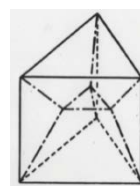


図4

ところが4次元の場合、3次元からの類推が困難なもう1種類の6胞体加わる。3角柱を3角形に沿ってトーラス形に動かしたもので(3-3)柱とも呼ばれている(図4)。この6胞体の n 次元版を加えると n 次元の2番目に小さい多胞体は複雑かつ急激に増える。

4. n 次元多胞体数え上げ問題の落とし穴

n 次元多胞体を数え上げる問題にはいくつかの落とし穴がある。

たとえば3次元の場合、5番目に小さい8面体には図5のような、互いの違いを数値で説明することが不可能に近いペアがある。

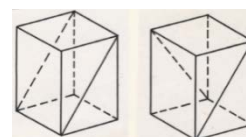


図5

また点と線のみで表わした4次元多胞体には図6のようなものがあり、影のある3角形を側面としない場合は側面数15の7胞体、側面とする場合は側面数16の8胞体となる。シュレーフリの多胞体公式「点-線+面-胞=0」に従って頂点数と稜数は変わらない。つまり4次元には、3次元のグラフ理論でふつうに行われているように点と線のみで図示する限り、胞の数が確定できない多胞体がある。

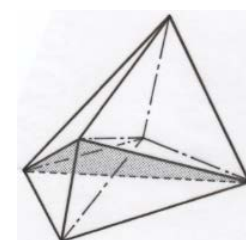


図6

こうした落とし穴は高次元になるとさらに大きく深くなり、種類の数え上げは、たとえ2番目に少ない場合でも不可能になると思われる。3次元で考える場合の宿命であろうか。

5. 結論

2番目に小さい n 次元多胞体を数え上げるという、2次元の多角形の場合は幼児向けのきわめて初歩的な作業は、3次元で早くも疑問が生じ、4次元の場合は簡単ではなくなる。さらに次元が上がればおそらく実行不可能になると思われる。かといってこの作業を無視することはできない。 n 次元多胞体を考える場合のもっとも基本的な問題だからである。

参考文献

宮崎興二「多面体百科」(丸善出版、2016)

4次元正多胞体のリングの皮むき展開図について II

海野啓明

仙台高等専門学校 (名誉教授), 989-3128 仙台市青葉区愛子中央 4 丁目 16-1

E-mail: kaino@sendai-nct.ac.jp

Apple-Peel Fold-Outs of 4-D Regular Polytopes II

Keimei KAINO

National Institute of Technology, Sendai College, Sendai 989-3128

Abstract: A curve of apple-peel is a symmetric S-shaped spiral. Apple-peel fold-outs of 5-, 8-, 16- and 24-cells are obtained by using their axonometric projection diagrams. An apple-peel fold-out of 120-cell consists of spherical fold-outs of dodecahedron and icosahedron on both ends and a fold-out of rhombic triacontahedron in the central plane. These apple-peel fold-outs will give us a good way to obtain fold-out of 600 cell and a shape of 4D apple-peel curve.

Keywords: Apple-peel fold-out, Axonometric projection, S-shaped double spiral, Regular polytope

1. はじめに

正多面体の箱を展開するときリングの皮むき展開を用いると、図1のようにS字形の展開図がほぼ一意に定まる。この実用例として「皮むき多面体」(阿竹研究所)がある。リングを皮幅一定の条件で軸の周りでむくと全体としてはS字形螺旋として知られる Euler spiral となるが、軸の付近では Archimedes spiral に移る。正5胞体, 超立方体, 正16胞体の皮むき展開図は比較的簡単に求められる(図2)。

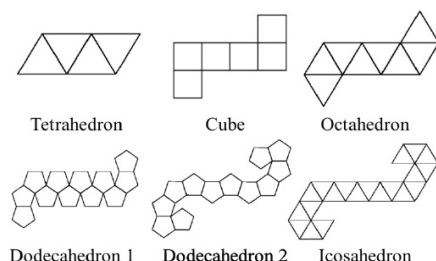


図1. 正多面体の皮むき展開図

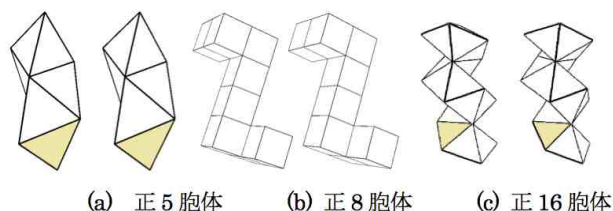


図2. 標準正多面体の皮むき展開図

これを元に、4次元正多胞体を皮むき展開するには、表1の正多胞体の直投影図が役に立つことを示した[1]。実際には表1の太字の直投影図を使うと良い。また、正多胞体の適当な回転軸をU軸とすると、胞の中心はU軸に垂直な何枚かの超平面上に分布する。例えば、超立方体の胞心図の[1,6,1]は、胞の中心が3枚の超平面(以下層と記す)上にあり、U軸の上から順に1,6,1個分布することを示す。この中央層の6個の胞は赤道球面上にあるので、胞心図では「退化した正方形」となり立方体の表面を作る。そのため、超立方体を皮むき展開すると立方体の皮むき展開図が現れる。

表1. 4次元正胞体の直投影図[2]と胞の中心の分布.

	点図	胞心図
正5胞体	正4面体 [4,1]	正4面体 [1,4]
超立方体	菱形12面体 [4,4]	立方体 [1,6,1]
正16胞体	正8面体 [8,8]	立方体 [1,4,6,4,1]
正24胞体	菱形12面体 [6,12,6]	立方8面体 [1,8,6,8,1]
正120胞体	?	切頂菱形30面体
正600胞体	20・12面体状の80面体	?

この方法で、正24胞体と正120胞体の皮むき展開図を求めることができた。復習のため再度結果を示すが、正600胞体の展開は未完成であるので、再度取り組みたい。

2. 正 24 胞体, 正 120 胞体, 正 600 胞体の皮むき展開図

正 24 胞体は正 8 面体からなり, その点心図を図 4 に示す。胞の分布は $[6,12,6]$ である。中央層の胞 (正 8 面体) は「退化した菱形」となり菱形 12 面体を作る。これに内接する正方形は (図 4 中), 内部 (U 軸上 1, 3 層に相当) にある 6 個の胞の対称面 (正方形) からなる (図 4 右参照)。これが第 1 層の皮むき展開図であるから, 図 5 上のように立方体の皮むき展開図が生じる。中央層からは図 5 下図に示す菱形 12 面体の皮むき展開図が生じる。これらをつなぎ合わせると図 6 の皮むき展開図が得られる。

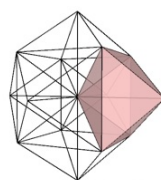
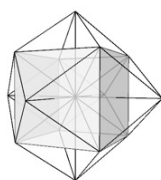
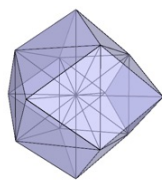
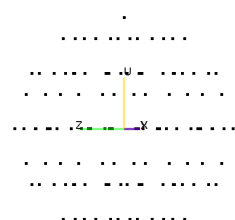


図 4. 正 24 胞体の点心図

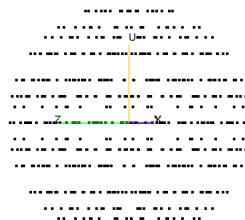
図 5. 第 1,2 層の展開図

図 6. 正 24 胞体の皮むき展開図

正 120 胞体の胞心図と正 600 胞体の点心図の胞の中心座標を打点すると図 7 のようになる。正 120 面体の胞心図では, 最上層の胞と, その周りの 12 個の胞 (第 2 層上にある) による展開図は正 12 面体の皮むき展開図になる。第 4 層上の胞は離れているので第 3 層と一緒にして皮むき展開する。中央層は「退化した正 8 面体」により切頂菱形 30 面体を作るので, その展開図は図 7 の S 字形になる。これらをつなぎ合わせると図 9 の (北半球の) 皮むき展開図ができる。



正 120 胞体 (胞心図)



正 600 胞体 (点心図)



[1,12,20,12,30/

[20, 20,30,60;60,60,20,60/

切頂菱形 30 面体

皮むき展開図

図 7. 胞の中心座標の分布図 (*//は中央層を示す)

図 8. 切頂菱形 30 面体を見せる正 120 胞体

正 600 胞体は 600 個の正 4 面体からなる。その点心図における胞の分布は, 図 7 のように中央層は 60 個の胞は

「退化した 2 等辺角形」となり 20・12 面体の正 5 角形上に 5 角錐を作るように配置されるので [3], この層単独では皮むき展開はできない。そのため U 軸上

下の層にある胞と合わせて展開する必要がある。また, 正 600 胞体の胞心図を調べることも必要である。

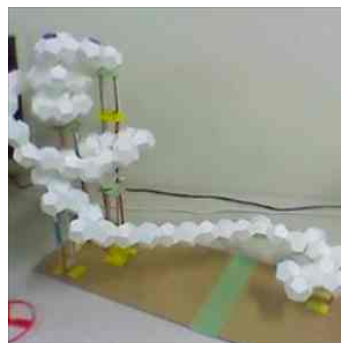


図 9. 正 120 胞体の皮むき展開図 (北半球, 立体視図)

文献

- [1] 海野, 木村, 形の科学会誌, **29**, (2014) 217-218 (シンポジウム予稿, かたちシューレ 2015@熱海) .
- [2] 宮崎, 石井, 山口, 「高次元図形サイエンス」(京都大学出版会, 2005), pp.84-85.
- [3] 宮崎「しゃぼんだま建築」(彰国社,1985) ; 佐藤・中川「多面体木工」(科学協力学際センター,2011)

研究を“カタチ”に 形の科学会機関誌での論文発表

この度は、形の科学シンポジウムにご参加いただきまして、ありがとうございました。

形の科学会の機関誌として、英文誌【FORMA】と和文誌【形の科学会誌】がございます。

<http://katachi-jp.com/gakkaishi>

奮ってご投稿ください。

英文誌【FORMA】

会員・非会員を問わず、投稿できます。

論文のカテゴリーは、(1) Original paper, (2) Review, (3) Letter, (4) Forum です。

投稿規定の詳細は、下記サイトの“Call for Papers to FORMA”をご覧ください。

<http://www.scipress.org/journals/forma/>

和文誌【形の科学会誌】

会員・非会員を問わず、投稿できます。

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ます。

投稿規定の詳細は、下記サイトをご覧ください。

<http://katachi-jp.com/paperkitei>

形の科学シンポジウムを開催しませんか？ シンポ代表世話人を募集します

近年、形の科学シンポジウムは、年に2回、開催されています（2000年度までは、3回ずつ開催されていました）。過去のシンポジウムの開催履歴は、以下のサイトでご覧いただけます。 <http://katachi-jp.com/symposium>

シンポジウムの代表世話人は、形の科学会会員の中から選ばれます。

代表世話人は、シンポジウムの メインテーマの設定 や 招待講演者の人選 をほぼ自由におこなうことが出来ます。その他、そのシンポジウムならではの企画 を立てていただくことも可能です（過去には、遠足や見学を含んだシンポジウムもありました）。

形の科学会は、会員数としては小規模な学会ですが、会員の皆様のご専門分野は非常に広い分野に広がっております。このような多様な会員を有する学会は他にはあまり無く、本学会の長所であると考えております。

シンポジウム開催の観点から言えば、代表世話人を適切に選ぶことにより、多様なシンポジウムを開催することが可能となります。過去のシンポジウムの代表世話人は、事務局からの依頼で決まることが多かったのですが、立候補も歓迎します。我こそはと思う方は、下記までご連絡ください。（諸事情により、立候補して頂いてもご希望に沿えない場合もございますので、予めご了承ください。）

【お問い合わせ先】

形の科学会事務局・シンポジウム開催支援担当

石原正三（埼玉県立大学）

shozo@spu.ac.jp

手嶋吉法（千葉工業大学）

yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

形の科学会 入会方法

入会資格は、形の科学的研究に興味を持っていることです。

入会案内の詳細は、右記サイトにあります。 <http://katachi-jp.com/nyukaiannai>

《インターネットによる入会手続き》

右記サイトにて必要事項をご入力ください。 <http://katachi-jp.com/nyukaimoushikomi>

《E-mail による入会手続き》

必要事項（切り取り線で挟んだ部分）を記入し、形の科学会事務局宛にお送り下さい。

《郵送による入会手続き》

必要事項（切り取り線で挟んだ部分）を紙に記入し、形の科学会事務局宛にお送り下さい。

————— 切り取り線 —————

会員登録カード (記入日： 年 月 日)

氏名： 氏名フリガナ：

生年月日： 年 月 日

連絡先選択：勤務先・自宅・出張先（一つだけ残す）

勤務先名称：

勤務先郵便番号：〒

勤務先住所：

勤務先電話： 勤務先 FAX：

勤務先 Email：

自宅郵便番号：〒

自宅住所：

自宅電話： 自宅 FAX：

自宅 Email：

主要活動分野（20 字以内）：

形関連の興味（箇条書きで各 20 字以内）：

備考（出張宛先, etc.）：

————— 切り取り線 —————

【形の科学会事務局】

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

東京学芸大学 自然科学系基礎自然科学講座理科教育分野

松浦 執 宛

E-mail：shum00@u-gakugei.ac.jp （00 は数字のゼロゼロ）

形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 3 No. 1 (2018年6月)

発行： 形の科学会

会長： 宮本 潔

獨協医科大学医学総合研究所

事務局長： 松浦 執

東京学芸大学自然科学系基礎自然科学講座理科教育分野

講演予稿集編集事務局： 手嶋 吉法

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

千葉工業大学工学部機械電子創成工学科

TEL: 047-478-0645 FAX: 047-478-0575

E-mail: yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp