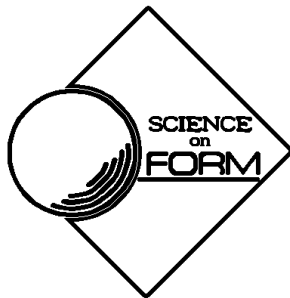


形の科学シンポジウム講演予稿集 第5巻、第1号 (2020年12月)

Proceedings of Symposium of the Society for Science on Form, Japan. Vol. 5, No. 1, 2020



第89回 形の科学シンポジウム



会期: 2020年12月5日(土), 6日(日)

会場: オンライン開催

形の科学会

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

第 89 回 形の科学シンポジウム

【主催】形の科学会

【会期】2020 年 12 月 5 日(土)、6 日(日)

【会場】オンライン開催 (メインテーマの設定無し)

【代表世話人】石原正三 (埼玉県立大学)、手嶋吉法 (千葉工業大学)

【参加費】無料 【懇親会】無し

【WEB サイト】<https://katachi-jp.com/sympo89>

プログラム

12 月 5 日(土) 第 1 日目

9:55 開会の辞

セッション 1: 形の科学一般

10:00-10:25 (25min)

木造継手のデジタル化と模型製作

大和田貫太 (千葉工業大学)、手嶋吉法 (同)

..... 1

10:25-10:50 (25min)

新たな 3D ジグソーパズルの開発

町屋佑季 (千葉工業大学)、池上祐司 (理化学
研究所)、山澤建二 (同)、手嶋吉法 (千葉工業大)

..... 3

10:50-11:05 (15min)

ジョイント部の接触状態の変動を考慮したピン
支持構造の 非線形有限要素解析

安藤佳楠 (千葉工業大学)、秋田剛 (同)

..... 5

休憩 (11:05-11:20)

セッション 2: 形の科学一般

11:20-11:45 (25min)

周期倍分岐における四つの分岐過程

山口喜博 7

11:45-12:10 (25min)

回折対称上昇の再検討

松本崧生 (金沢大学名誉教授) 9

12:10-12:35 (25min)

ワイソフ多胞体の対蹠点間のマンハッタン距離
について

佐藤郁郎 (宮城県立がんセンター)、秋山仁 (東
京理科大学) 11

昼休み (12:35-13:40)

セッション 3: 形の科学一般

13:40-14:05 (25min)

マダニ; 長時間・大量に吸血するための形

沼原利彦 (ぬまはら皮ふ科)、沼原紀予 (ぬま
はら皮ふ科)、矢野泰弘 (福井大学)、寺中正人 (香
川大学)、新井明治 (香川大学) 13

14:05-14:20 (15min)

階層型クラスター分析を用いた上気道: 上皮内扁

平上皮癌とその前駆病変の Grading の試み

千場良司（岩手県立中央病院）、千場勲・ 15

14:20-14:35 (15min)

新しい画像解析ツールを用いた細胞核形態定量
の試み ―甲状腺濾胞上皮細胞を例として―

千場良司（岩手県立中央病院）、千場勲・ 16

14:35-15:00 (25min)

肺胞 4D モデルと新型コロナ肺炎

北岡裕子（東京農工大学）…………… 18

休憩 (15:00-15:15)

セッション 4： 形の科学一般

15:15-15:40 (25min)

ひまわりの Parastichy pairs

根岸利一郎（科学リテラシー研究所）、関口久
美子（埼玉工業大学）…………… 20

15:40-16:05 (25min)

Fermat らせん＋黄金角＝ヒマワリの花序

佐藤郁郎（宮城県立がんセンター）、秋山仁（東
京理科大学）…………… 22

16:05-16:30 (25min)

円筒内の非同大球配置を考える

佐藤郁郎（宮城県立がんセンター）、秋山仁（東
京理科大学）、中川宏（積み木インテリアギャラ
リー）…………… 24

休憩 (16:30-16:45)

16:45-17:45

形の科学会・総会

12月6日(日) 第2日目

セッション 5： 形の科学一般

09:30-09:55 (25min)

将棋 AI を活用した感想戦を行う対話システム
の製作

高津和紀（福井大学大学院）、高田宗樹（同）、
平田隆幸（同）…………… 26

09:55-10:10 (15min)

統計的機械学習を用いたメニエール病診断支援
に関する研究

杉江倫太郎（福井大学）、前川紘澄（福井大学
大学院）、中根滉稀（同）、中山明峰（名古屋市立
大学）、岡崎涼（同）、平田隆幸（福井大学大学院）、
高田宗樹（同）…………… 28

10:10-10:25 (15min)

追従時および自由視時における眼球運動計測の
ためのハイパスフィルターの数理設計に関する
研究

坂倉響（福井大学）、前川紘澄（福井大学大学
院）、小野蓮太郎（同）、杉浦明弘（岐阜医療科学
大学）、平田隆幸（福井大学大学院）、高田宗樹（同）
…………… 30

10:25-10:40 (15min)

香気曝露に伴う胃電図パターンの時間変化を捉
えるための非線形解析

市川敬太（福井大学）、高井英司（曾田香料株
式会社）、青柳隆大（同）、松浦康之（岐阜市立女
子短期大学）、木下史也（富山県立大学）、平田隆
之（福井大学）、高田 宗樹（同）…………… 32

休憩 (10:40-10:55)

セッション 6： 形の科学一般

10:55-11:20 (25min)

デジタルプラネタリウムによる放散虫 3D モデル
の投映

吉岡翼 (富山市科学博物館)、竹中萌美 (同)、
松岡篤 (新潟大学)、岸本直子 (摂南大学)
…………… 34

11:20-11:45 (25min)

ジュラ紀放散虫 *Unuma echinatus* の形態的特徴
松岡篤 (新潟大学) …………… 36

11:45-12:10 (25min)

黒い雨の形態解析
小川進 (空間技術研究所) …………… 38

昼休み (12:10-13:15)

セッション 7： 形の科学一般

13:15-13:40 (25min)

「天文楽」表・裏
杉本剛 (神奈川大学) …………… 40

13:40-14:05 (25min)

モジュラー折り紙プラスキラリティで制作する
3D フラクタルツリー
八十嶋裕 (SSDS Symmetric)、八十嶋章雄 (同)
…………… 42

休憩 (14:05-14:20)

セッション 8： 形の知 および フォーラム

14:20-14:45 (25min)

カラー 2 次元コードの配色効果
遠藤敏喜 (自由学園最高学部)、波多野修一
(同)、河原弘太郎 (同) …………… 44

14:45-15:05 (20min)

A C トラップにおける帯電微粒子の運動の諸形
態
宮崎修次 (京都大学大学院) …………… 46

15:05-15:25 (20min)

イオンチャネルの異常輸送とオンオフ間欠性
中根直哉 (京都大学大学院)、宮崎修次 (同)
…………… 48

休憩 (15:25-15:40)

セッション 9： 形の科学一般

15:40-16:05 (25min)

児童がイメージする空気と水の形
後藤勝洋 (渋谷区立西原小学校、東京学芸大学
大学院)、松浦執 (東京学芸大学) …………… 50

16:05-16:30 (25min)

立体概念の形成を支援する科学折り紙教材 V :
アクティブタッチを用いた立体概念の導入
石原正三 (埼玉県立大学) …………… 52

16:30-16:55 (25min)

非漢字文化圏の書き文字の形状と学習について
杳名健一郎 (タクシン大学) ……………

16:55 閉会の辞

木造継手のデジタル化と模型製作

大和田貫太、手嶋吉法

千葉工業大学 工学部 機械電子創成学科 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

Digitization and model creating of wooden joints

Kanta Ohwada & Yoshinori Teshima*

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

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

Abstract. Based on 2D drawings of 20 kinds of traditional wooden joint, we generated 3D shape data by utilizing a 3D CAD software. They were materialized as small models by a 3D printer. In addition, we have created animations to help you understand the behavior of each wooden joint.

Keywords: traditional wooden joint, 3D shape data, 3D printed model, animation

1. 背景および研究目的

継手や仕口には、部材を接合することに加え、部材から部材への力の伝達や木組みのみでの自立性、そして木組み後の見た目の美しさがある[1]。また、機械部品の締結には多くの場合ネジが使用されるのに対して、木造継手や仕口の手法はいわばネジレス（ネジを必要としない）と言える。このようなことから、他の分野が木造継手から学べることが多くあるように思われる。しかし、継手や仕口の構造を紙面上だけで理解することは困難であり、正確に学ぶ為には小型模型があると良いが、木工による小型模型の製作は簡単ではないように思われる。そこで我々は、デジタルものづくり技術を活用し、木造継手の立体教材を製作した。

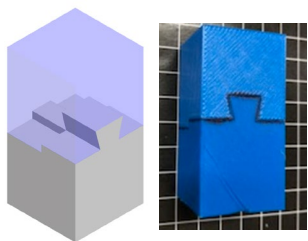
また、既存の木造継手は木工用道具の制約により、直線的あるいは平面的な断面（接合部）形状に限られていた。本研究では、3DCADの活用により、曲線的あるいは曲面の断面形状を有する新たな継手の設計および3Dプリンタによる実体化を行い、継手の新たな可能性を模索することも念頭に置いている。

2. 伝統的な継手図面の三次元化、小型模型の製作およびアニメーション作成

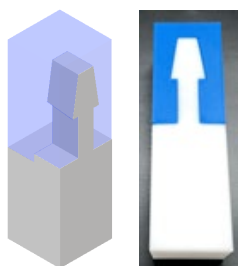
伝統的な木造継手の図面[1]に基づいて、3D-CADソフト（Autodesk Inventor）を使用し、角柱部を1辺40mm以下の小型模型用の3次元形状データを設計した。

造形は3Dプリンタ（AFINIA H800+）を使用した。造形方式は材料押出法である。積層ピッチは0.2mmとし、密度は15～99%の範囲内で形状によって調整した。また、使用したフィラメントは、ABS（Acrylonitrile butadiene styrene）樹脂またはPLA（ポリ乳酸：Poly-Lactic Acid）樹脂を使用した。本研究では20種類の木造継手の模型化を行った。

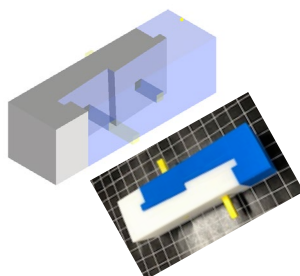
実体化模型に加え、嵌め合わせ方法を分かり易く説明するために3D-CADソフトを使用し、アニメーションを作成した。実際の動きを見ることによって嵌め合わせが分かり易くなった。



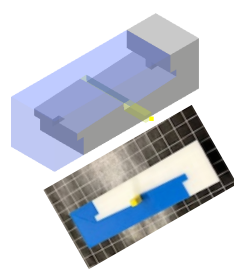
腰掛蟻継ぎ



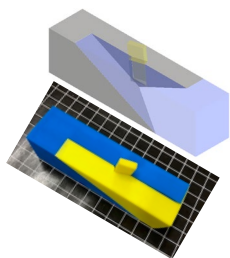
腰掛鎌継ぎ



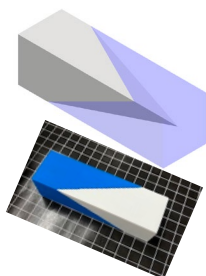
追いか大栓継ぎ



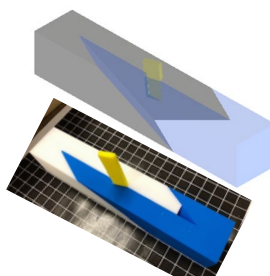
尻ばさみ継ぎ



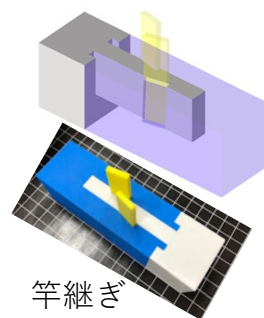
三方いすか継ぎ



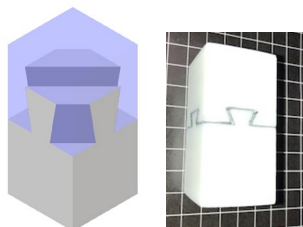
四方いすか継ぎ



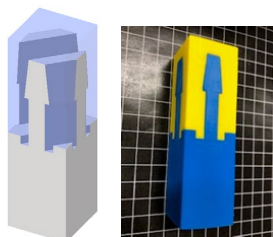
宮島継ぎ



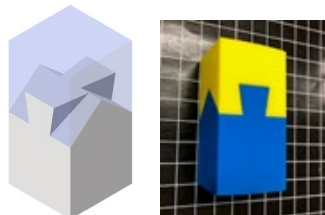
竿継ぎ



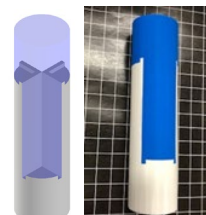
四方蟻継ぎ



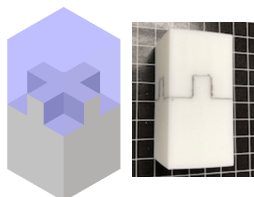
四方鎌継ぎ



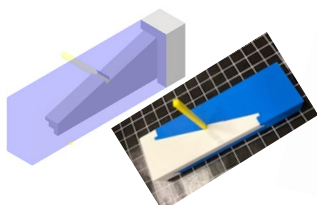
大阪城大手門控え柱の継手



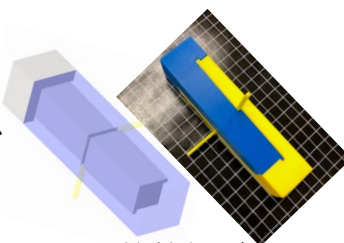
貝の口継ぎ



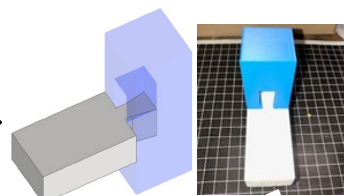
十字めちいれ



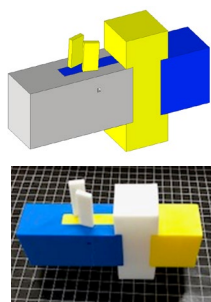
隠し金輪継ぎ



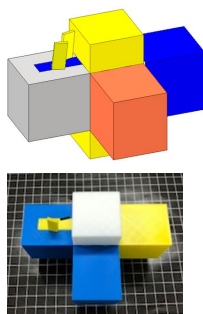
箱栓継ぎ



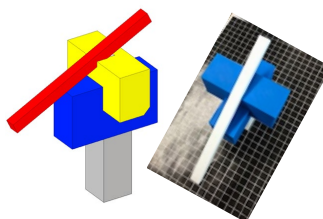
送り



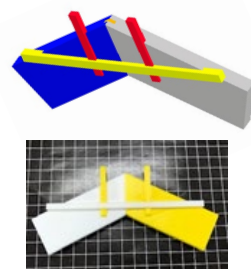
二方差し



三方差し



折置組



破風板

参考文献 [1] 住吉寅七、松井源吾、『木造の継手と仕口』、鹿島出版会 (1989)、124 pages.
[2] 大和田貫太、「木造継手の模型製作」、千葉工業大学・卒業論文、2020年3月

新たな 3D ジグソーパズルの開発

町屋佑季¹、池上祐司²、山澤建二²、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

Development of new 3D jigsaw puzzles

Yuki Machiya, Yuji Ikegami², Kenji Yamazawa², 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: Referring to the Ikegami's 3D jigsaw puzzle, we invented several new 3D jigsaw puzzles which have different internal structures to it. It is possible to fill the space without any gaps by using both the regular tetrahedron and the regular octahedron. By combining these, we successfully developed three types of new 3D jigsaw puzzles i.e. a 3D jigsaw puzzle with a regular tetrahedron outer shape (5 pieces in total), a 3D jigsaw puzzle with a regular tetrahedron outer shape (15 pieces in total) and a 3D jigsaw puzzle with a parallelepiped outer shape (24 pieces in total). As a new mechanism to realize these three types of puzzles, we have newly introduced circular tenons.

Keywords : Ikegami's 3D jigsaw puzzle, circular tenon, regular tetrahedron, parallelepiped

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り、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。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（外形が立方体のもの）であり、四方継(図 2)という日本の伝統的な継手を用い、内部の 3 方向にほぞを配置することでパズルとして機能している[1]。

2. 研究背景及び目的

本研究ではこれまでに、池上式 3D ジグソーパズルの複製、形状によるピースの分類、ほぞ形状の限界値の調査を行った。今回はこれまでの経験を活かし、全く新しい 3D ジグソーパズルを開発することを目的に研究を行った。

3. 3D ジグソーパズルの空間充填

3D ジグソーパズルには、空間充填可能な多面体により構成されるという特徴がある。例として、池上式 3D ジグソーパズルは複数の合同な立方体により構成されている。上記の理由から、新たな 3D ジグソーパズルの開発には、組み合わせることで空間充填可能となる正四面体と正八面体を用いた。これらの正多面体を用いて空間充填を行う際、正四面体(図 3)と平行六面体(図 4)の 2 種類の外形を形作ることが可能である。

4. 円形ほぞ

正四面体と正八面体を用いた 3D ジグソーパズルの開発にあたり、円形ほぞ(図 5)を考案した。このほぞは、正四面体の側面に同様のほぞの断面が現れ、四方継と類似した特徴を有している。この嵌め合わせは、ピースを 60° 回転



図 1 池上式 3D ジグソーパズル
(3 × 3 × 3)

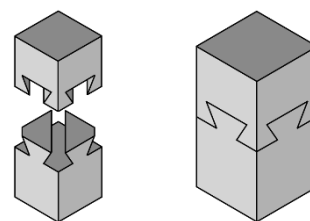


図 2 四方継

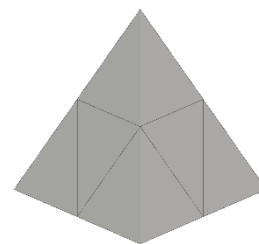


図 3 正四面体と正八面体を用いた
空間充填
(外形が正四面体)

させることで外すことができる。

5. 外形が正四面体となる 3D ジグソーパズル (全 5 ピース)

このパズル (図 6) は 4 個の正四面体と 1 個の正八面体により構成されており、外形は正四面体となっている。

パズル内部のほぞは円形状であり四方継と同様に正四面体の側面全てに同形状のほぞの断面が現れる。この円形ほぞは正八面体の 4 面に配置され、それら 4 面と接する正四面体に配置された溝とかみ合うことによりピース同士が結合している。パズルを分解する際は、円形ほぞに沿ってピースを 60° 回転させ、引き抜く。

6. 外形が正四面体となる 3D ジグソーパズル (全 15 ピース)

このパズル (図 7) は上記の 3D ジグソーパズルの分割数を増加したものであり、正四面体 11 個と正八面体 4 個により構成されている。

パズル内部には、上記の 3D ジグソーパズルのものと同形状の円形ほぞの他、それよりも円の直径が一回り大きな円形ほぞが存在する。パズルの分解方法は、上記の 3D ジグソーパズルと同様であり、それぞれの円形ほぞに沿ってピースを 60° 回転させた後引き抜いて分解する。

7. 外形が平行六面体となる 3D ジグソーパズル

このパズル (図 8) は 16 個の正四面体と 8 個の正八面体により構成されており、外形は平行六面体となっている。

パズル内部には、上記の 2 種類の 3D ジグソーパズルのものと同形状の円形ほぞの他、池上式 3D ジグソーパズル (立方体) のものと同様の直線のほぞ (四方継を応用したもの) が存在する。パズルを分解方法は、はじめに直線ほぞに沿ってピースをスライドさせ、その後、円形ほぞに沿ってピースを 60° 回転させ、引き抜いて分解する。

8. 結論

正四面体と正八面体を用い、外形が正四面体となる 3D ジグソーパズル (全 5 ピース)、外形が正四面体となる 3D ジグソーパズル (全 15 ピース)、外形が平行六面体となる体 3D ジグソーパズルの 3 種類を設計した。

上記 3 種類のパズルの設計にあたり、円形状のほぞを考案した。このほぞは四方継と同様に正四面体の側面全てに同形状のほぞの断面が現れる特徴を有する。外形が正四面体となる 3D ジグソーパズル (全 5 ピース) には 1 種類の円形ほぞ、外形が正四面体となる 3D ジグソーパズル (全 15 ピース) には直径が異なる 2 種類の円形ほぞ、外形が平行六面体となる体 3D ジグソーパズルには 1 種類の円形ほぞ及び直線ほぞによってピースが結合される。

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

[2] 町屋佑季、「3D ジグソーパズルに関する研究」、千葉工業大学大学院修士論文、2020 年 3 月

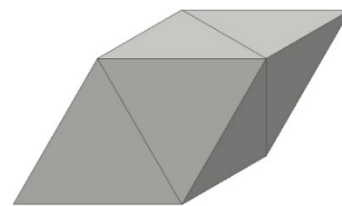


図 4 正四面体と正八面体を用いた
空間充填
(外形が平行六面体)

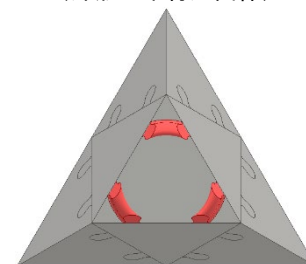


図 5 円形ほぞ

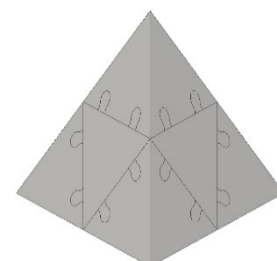


図 6 外形が正四面体となる
3D ジグソーパズル (全 5 ピース)

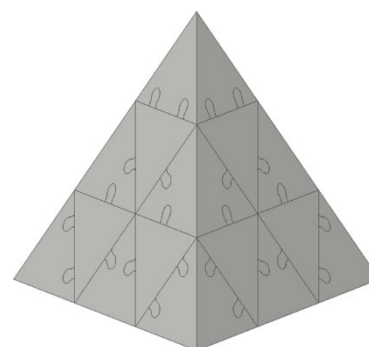


図 7 外形が正四面体となる
3D ジグソーパズル (全 15 ピース)

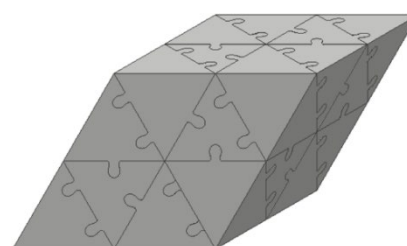


図 8 外形が平行六面体となる
3D ジグソーパズル

ジョイント部の接触状態の変動を考慮したピン支持構造の 非線形有限要素解析

安藤 佳楠、秋田 剛

千葉工業大学、千葉県習志野市津田沼 2-17-1

akita.takeshi@it-chiba.ac.jp

Nonlinear Finite Element Analysis for Pin-jointed Structures Considering the Variation of Contact Status Around Joint

Kanan ANDO and Takeshi AKITA

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

Abstract: The pin-jointed structures are widely used for the deployable space structures. The rotational degree of freedom at the joint is usually fixed by pressing the pin to the hole in the joint by external forces after deployment. The alignment error between centers of the joint and the pin could cause position errors of the whole structures. In this research, we investigate the effects of the alignment error on the position accuracy by using nonlinear finite element analysis.

Keywords: Finite Element Analysis, Frictional Analysis, Contact Analysis

1. はじめに

展開宇宙構造物の展開機構に含まれるピン支持部は、展開時に回転自由で展開後に構造物の形状を安定させるために押しつけ荷重により固定されることが多い^[1]。この際、ピンの接触状態によっては支持部に形状誤差を生じることがある。ピン支持部の形状誤差は構造物全体に影響を与えるため、その特性評価が重要となる。本研究では、V型溝ジョイントと剛体円からなる二次元のピン支持部を考え、接触と摩擦を考慮した非線形有限要素解析を行い、その特性を評価する。

2. 解析モデルと結果

図1にV型溝ジョイントモデルの寸法を、図2に解析に使用した有限要素メッシュを示す。V型溝がピンに片当たりするように初期状態を設定した。V型溝右端の各節点に1N(合計21N)の押しつけ荷重を与え動解析を行った。図3にV型溝左端の上下節点のx方向変位の時刻歴を示す。荷重を与えた初期段階では、V型溝がピン上部に1点接触した片当たり状態で変位し、0.66 ms、1.14 msでV型溝が傾いた状態でピン下部に接触して2点接触状態となった瞬間に跳ね返る現象が見られた。1.40 msで完全な2点接触となり、押しつけ荷重によりピンが固定された。完全な2点接触になる段階で発生した傾きが最終的な形状誤差となった。図4にV型溝左端の上下節点のx方向変位から計算したV型溝の傾き角度の時刻歴を示す。

次に図5のように溝近傍の一部の要素を削除して剛性を変化させたモデルを作成し、同様の解析を行った。表1に5 msにおける各モデルの傾き角度を示す。表からTypeA, Bのモデルでは、最終的な傾き角度(形状誤差)が軽減されていることがわかる。片当たりから

完全な2点接触になるまでの履歴がV型溝ジョイントの接触側の剛性によって異なるため、このような形状誤差の違いが生じたと考えられる。今後は形状最適化法を利用して、形状誤差の少ないV型溝ジョイントの剛性形態を求めていきたい。

参考文献

- [1] 馬場満久, 河野太郎, 石村康生, 伸展式光学架台のロンジロン・シャフト部間における接触を考慮した剛性評価, 第32回宇宙構造・材料シンポジウム講演集録, A13 2016.

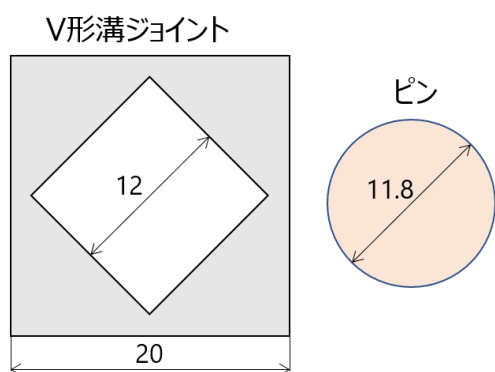


Fig. 1 V型溝ジョイントモデル

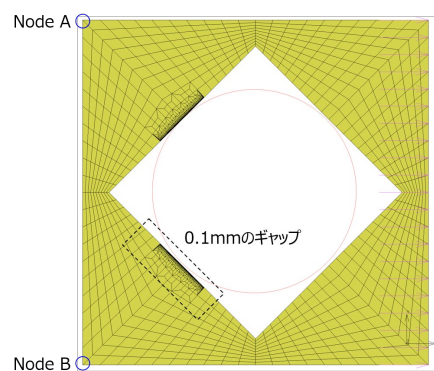


Fig. 2 FE メッシュと初期不整

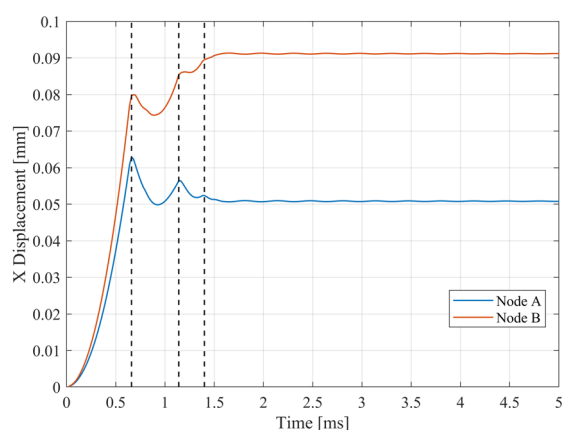


Fig. 3 左辺上下端節点の x 変位時刻履歴

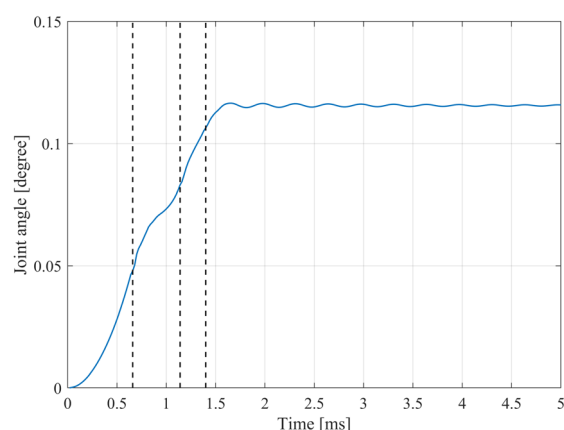


Fig. 4 ジョイント傾き角度の時刻履歴

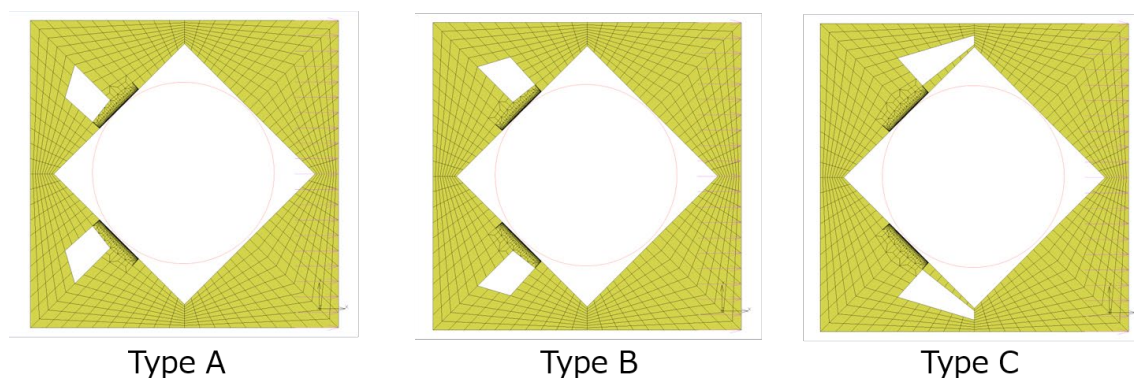


Fig. 5 接触部の剛性を変化させた V 型溝ジョイントモデル

Tab. 1 最終ステップ (5 ms) における各モデルのジョイント傾き角度

	Nominal	Type A	Type B	Type C
Joint angle [°]	0.1158	0.0813	0.1073	0.1164

周期倍分岐における四つの分岐過程

山口喜博^{*1}

Four bifurcation processes of the period-doubling bifurcation

Yoshihiro Yamaguchi

Abstract: We know that there exist three different bifurcation types of the period-doubling bifurcation (PDB). Recently, the fourth type of PDB is found. Using the stability coefficient, we discuss the differences of the four types (Types I, II, III, IV). Type I is independent with the equi-period bifurcation (EPB) and thus is clearly understood. We regard PDB and EPB as a consecutive phenomenon. From this consideration, the properties of Types II-IV are understood and the cause of them is elucidated.

Keywords: Period-doubling bifurcation, Equi-period bifurcation, Stability coefficient

下記の形式の面積保存写像 T における周期倍分岐 [1] について議論する.

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

ここで $f(x) = a(x - x^2)$ ($a \geq 0$). 写像 T はエノン写像族に含まれる.

周期 q の軌道点を z_k ($0 \leq k < q$) とする. 軌道点 z_k における線形化行列 $M(z_k)$ は

$$M(z_k) = \begin{pmatrix} 1 & f'(x_k) \\ 1 & 1 + f'(x_k) \end{pmatrix} \quad (2)$$

と得られる. ここで, $f'(x_k) = a(1 - 2x_k)$.

写像 T^q の線形化行列は $M_q = M(z_{q-1}) \cdots M(z_1)M(z_0)$ である. $r(a) = \text{Trace} M_q$ として, 固有値 λ を決定する固有方程式は次のように書ける.

$$\lambda^2 - r(a)\lambda + 1 = 0. \quad (3)$$

ここで係数 $r(a)$ を安定性係数と名づける. $r(a) > 2$ ならば周期軌道はサドル型であり, $|r(a)| < 2$ ならば周期軌道は楕円型であり, $r(a) < -2$ ならば周期軌道は反転サドル型である. $r(a) = -2$ を満たす a の値で (反) 周期倍分岐が生じる. $r(a) = 2$ を満たす a の値で (反) 同周期分岐が生じる.

周期倍分岐という通常は下記のタイプ I を意味する. 周期倍分岐は簡単な分岐であるが, タイプ I 以外の分岐過程があることが分かったのは最近のことである. タイプ II とタイプ III については参考文献 [2,3] を見られたい. 今回の講演はタイプ IV の周期倍分岐の報告も兼ねている.

タイプ I. 母軌道が生じた後, 軌道点 z_k の周りの回転が速くなる. 結果として $r(a)$ は a の増加とともに減少し, $r(a) = -2$ を満たす a の値で周期倍分岐が生じる. 最終的に母軌道は反転を伴うサドル型となる.
 タイプ II. 安定性係数における最初の部分はタイプ I と同じである. 母軌道は反転を伴うサドル型となった後, $r(a)$ は a の増加とともに増加し, $r(a) = -2$ を満たす a の値で反周期倍分岐を起こして楕円型に戻る. 次に $r(a) = 2$ を満たす a の値で同周期分岐を起こし, 最終的に母軌道はサドル型となる.

^{*1} 連絡先: 千葉県市原市国分寺台中央 2-4-14, chaosfractal@iCloud.com

タイプ III. 母軌道が生じた直後, 母軌道はサドル型である. $r(a)$ は a の増加とともに増加するが途中と減少し始める. $r(a) = 2$ を満たす a の値で母軌道は反同周期分岐を起こし楕円型になる. 最後に周期倍分岐を起こして, 最終的に母軌道は反転を伴うサドル型となる

タイプ IV. 安定性係数の変化は前半はタイプ III で, 後半はタイプ II の後半と考えられる.

タイプ II-IV の特徴をまとめておこう.

タイプ II : 反周期倍分岐が生じ次に同周期分岐が生じる.

タイプ III : 反同周期分岐が生じ次に周期倍分岐が生じる.

タイプ IV : 反同周期分岐が生じ次に周期倍分岐が生じる. 反周期倍分岐が生じ次に同周期分岐が生じる.

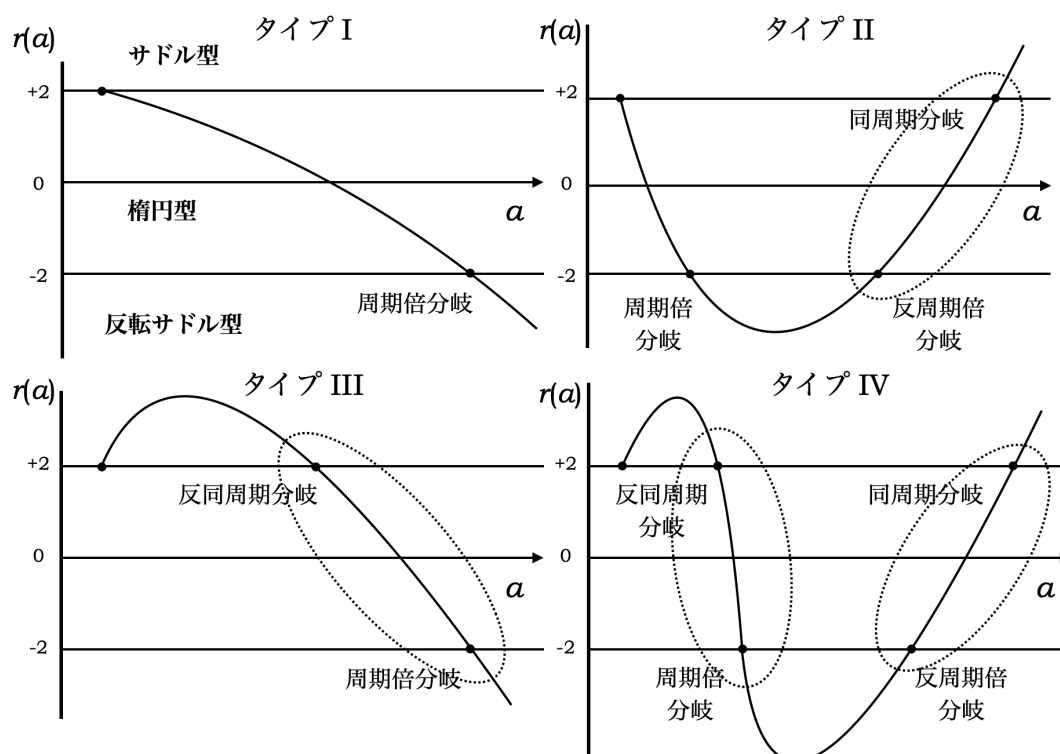


図1 四つのタイプの周期倍分岐

タイプ II-IV の分岐過程は「周期倍分岐と同周期分岐が連携している」として正しく理解できるのである. 二つの場合が存在する. 同周期分岐が周期倍分岐の性質を決めている場合と, 周期倍分岐が同周期分岐の性質を決めている場合である. タイプ II-IV の分岐過程が生じる原因を突き止めることも筆者の目的である. 得られた結果の詳細は講演で報告する.

参考文献

- [1] 周期倍分岐に関する解説. http://www.scholarpedia.org/article/Period_doubling
- [2] 山口喜博, 谷川清隆, 馬蹄への道 (共立出版, 2016).
- [3] 山口喜博, 谷川清隆, 周期倍分岐で生じた対称周期軌道の記号則 (国立天文台報へ投稿中).

回折対称上昇の再検討 Reexamination for Enhancement of Diffraction Symmetry

松本 崧生, Takeo MATSUMOTO

金沢大学名誉教授 Emeritus professor, Kanazawa University,
Kanazawa, Ishikawa, Japan:

Private address 自宅 : 石川県 金沢市 土清水 2-77

Abstract : We are trouble of not only the coronavirus but also the wild animals (including the tukinowa kuma (= bear). Here in Ishikawa prefecture, 15 peoples have been wounded by Kuma.

We have many trouble and confusion to represent this study.

A.L.Patterson found three homometric quadruplets from the cyclotomic sets: $n=16, r=8$ (full red circles) [Type-I, Type-II and Type-III]. These are homometric structures. We discuss one type among three in detail. Each quadruplet has a quartet. And a quartet is composed of four sets, related to complement and enantiomorph, namely $Q, Q',$ and $E(Q), E(Q')$. There are $4 \times 4 = 16$ sets for each quadruplet. In these sets, there exist the same sets, and 8 independent sets. This is certainly 落穂拾い, namely 'gather ears of grain after the reapers' or 'glean the corn that is left'.

1. はじめに. 世界的な新型コロナウイルスの猖獗、金沢医療センタークラスター急増、猛暑日射病、次いで10月から石川県内での野生動物の放蕩(月の輪熊も含む、石川県で15人襲われ負傷)、研究発表も混乱してます。

長崎、仙台、千葉、のシンポジウムで、homometric structure について検討してきた。Friedel 's law 以上の回折対称を示す現象は、回折対称の上昇と言われる。これらは、古く古典的問題であるが、homometric 問題とも関連して再検討してきた。1次元の周期配列を、円周上の点配列で表現 (Circular representation) するのは、Patterson(1944), Buerger (1977,1978), Chieh(1979)等の研究もある。古典的仕事である。

2. 4重 homometric 構造. 分割個数 n は $n=16$, 存在点 (赤点または黒点) $r = n/2 = (n-r) = 8$ の homometric 構造 3 タイプのうち、Type-II についての再検討を報告した。4重 homometric 構造 Type-II- α , Type-II- β , Type-II- γ , Type-II- δ で、応用価値もあり結晶は原子の赤点、白点配列構造、さらに Type II Quartet も記した。

3. Vector set. 結晶の対称、結晶構造の決定は、通常回折法が用いられる。しかし、結晶の回折パターンは結晶の vector set に直接関係する。回折対称の上昇は、vector set の上昇に直接関与する。{ Hosemann and Bagchi (1954), Ohsumi(1972,1980,1981), Sadanaga (1978, 1986), 定永両一: 結晶学序説(1986、岩波)、Sadanaga and Ohsumi(1975,1979,) Sadanaga and Takeda(1968) Sadanaga, Ohsumi and Matsumoto(1974)}. Vector set の Convolution は、応用価値があり、有益である。また、次元を上げることに、役に立つ。

同一の Patterson map を示す複数の特異な結晶は、Homometric structures と呼ばれるように、同一の vector set をもつ複数の基本的な vector sets は、Homometric sets と呼ばれる。{Buerger: Vector Space, p197. (New York.)}

線形システムの場合、関数間の順番をかえてもよい。結晶学で使用する畳み込み(convolution)は、これに当たる。

4. Convolution, 畳み込み

Convolution theorem はフーリエ理論、x線結晶学への応用のなかで重要な関係の1つである。関数 a, b をそして Fourier 変換、 A, B を考えよう。

ab の積の Fourier 変換は、 AB の畳み込みである。特に a, b が、 δ 関数の時は興味深い。ホモメトリック構造 ($n=16, r=(n-r)=8$, Type-II) の再検討で、Type-II- $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ の4種各々が、 $Q, E(Q), Q', E(Q')$ Quartet 4重組を持つ。合計16種できるが、同一配列が2組ずつあり、独立なものは8種となる新結果が得られた。回折対称上昇にも関係し、対称上昇モデルも従来のものは異なる。最低の対称結晶「点群1、線群(空間群) $p1$ が、最高の回折群 $m\bar{3}m$ を作るモデルが多数できる。Unit cell, 単位胞 metric cell は、立方体 cubic

である。

5. 四重ホモメトリク構造 ($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), 3 types (Type I, Type II, Type III.), $n=16, r=(n-r)=8$.

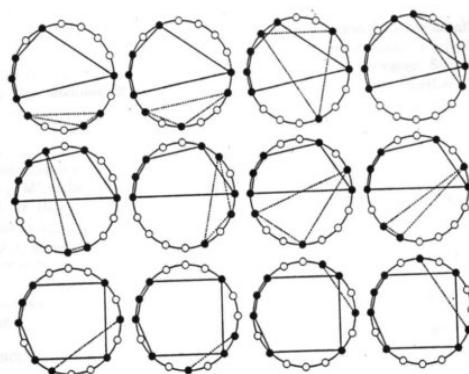


FIG. 6. Three homometric quadruplets from the cyclotomic sets: $n=16, r=8$ (full circles). Most of the distance lines are omitted for clarity. An invariant subset for each quadruplet is outlined in full lines. Variant points are connected by dotted lines. Examination of the open circles will show that the first two and the last two of each quadruplet form complementary pairs.

6. $n=16, r=(n-r)=8$ の 3 Types (Type I, Type II, Type III.) の 4 重ホモメトリク構造

($\alpha, \beta, \gamma, \delta$.) の 赤充点 と 白空点の配列構造. A.L.Patterson (1944) Physical Review, 65, 6, 195-201.

Type I.	α	β	γ	δ
	4 2 1 1 2 1 4 1	4 1 2 1 1 2 4 1	5 1 1 1 3 2 1 2	3 2 1 2 5 1 1 1
Type II.	α	β	γ	δ
	4 2 1 1 3 2 2 1	3 1 2 2 4 1 1 2	4 1 2 1 2 3 1 2	3 2 2 1 1 4 1 2
Type III.	α	β	γ	δ
	3 2 1 1 1 1 2 1 1 3	3 1 1 2 1 1 1 1 2 3	3 1 1 1 2 1 3 1 1 2	3 1 2 1 1 1 3 2 1 1

Three homometric quadruplets from cyclotomic sets: $n=16, r=8$. The arrangements can be represented by the following ordered lists of numbers. 4重ホモメトリク構造($\alpha, \beta, \gamma, \delta$), 3タイプ(Type I, Type II., Type III.), $n=16, r=(n-r)=8$ における 実在点の数値配列。

4 重 homometric structures の 3 types の基本を理解されますように！

参考文献

- Martin J Buerger (1959) – [Vector space], (1976) Zeit.Krist.143,79-98.,(1978)Can.Mineral.16,301-314.
 Chung Chieh(1979)Zeit.Krist.150,261-277.
 J.E.Iglesias(1980): Zeit .Krist.150,279-285.
 H.Iwasaki(1972)Acta Cryst,A28,253: (1974)A30,173: (1975)A31,S6
 T.Matsumoto (1975)Acta Cryst. A31,S6., Matsumoto,T.Kihara, H.Iwasaki (1974)Acta Cryst.A30,107-108.
 A.L.Patterson (1944) Phys. Rev., 65, 195-201., (1939) Nature 143, 939-940.

ワイソフ多胞体の対蹠点間のマンハッタン距離について

佐藤郁郎 秋山仁

宮城県立がんセンター 東京理科大学

宮城県名取市愛島塩手字野田山 47-1

sato-ik510@miyagi-pho.jp

Manhattan distance to antipode of Wythoffian polytope

Ikuro SATO, Jin AKIYAMA

Miyagi Cancer Center, Natori, Miyagi 981-1293, Japan

Abstract: An algorithm for Manhattan distance from a vertex to antipode via edges of Wythoffian polytope is established based on the combinatorial enumeration. For example, the distance of n -lattice polytope is counted $n(n-1)$. The correctness of the algorithm is re-confirmed by symmetry invariants derived from characteristic equation expressed as a linear combination of Chebyshev polynomials.

Keywords: Manhattan distance, Wythoffian polytope, characteristic equation, Chebyshev polynomials, lattice polytope

問題の設定

ワイソフ多胞体は、1種類あるいは2種類以上のファセットが各頂点の周りに同じ状態で集まってできる凸一様多胞体であって、3次元におけるプラトン立体・アルキメデス立体を統一して、高次元まで拡張した概念となっている。ここでは、ワイソフ多胞体の相対する頂点同士を何本の辺で結べるか、そのステップ数を求める問題を考える。

固有方程式を用いてステップ数を数え上げる [1],[2]

4次元以上では数え上げは困難になるから、いささか天下りのあるが、正多胞体の基本単体の鏡映によって生成される群の固有方程式を考える。 A_n 群の固有方程式は第2種 Chebyshev 多項式 $U_n(\lambda)=0$ 、 B_n 群のそれは第1種 Chebyshev 多項式 $T_n(\lambda)=0$ に帰着され、 $U_n(x)=\sin(n+1)\theta/\sin\theta$, $T_n(x)=\cos(n\theta)$, $x=\cos\theta$ であるから、直ちに A_n 群の固有値 $\lambda=\cos(i\pi/(n+1))$ 、 B_n 群の固有値 $\lambda=\cos((2i-1)\pi/2n)$ を得ることができる。これを Petrie 数 h と指数列 m を用いて $\lambda=\cos(m\pi/h)$ の形で記述するとそれぞれ $h=n+1$, $m=(1,2,3,\dots,n)$, $\sum m=n(n+1)/2$ と $h=2n$, $m=(1,3,5,\dots,2n-1)$, $\sum m=n^2$ 。ここで、ステップ数は $\sum m=nh/2$ で与えられるから、対蹠点に至るステップ数は切頂八面体で6、大菱形立方八面体では9、6次元の $\{3,3,3,3,4\}(1,1,1,1,1)$ のステップ数は36となることわかる(図1,2)。それ以外の例をあげると、 H_3/H_4 群の固有方程式は Chebyshev 多項式の簡単な1次結合: $2\tau^2 T_n(\lambda) - U_n(\lambda)=0$, $\tau=(1+\sqrt{5})/2$ に帰着され、Petrie 数と指数列はそれぞれ $h=10, m=(1,5,9)$ 、 $h=30, m=(1,11,19,29)$ となることから、大菱形20・12面体と4次元の $\{3,3,5\}(1,1,1)$ のステップ数はそれぞれ15と60になる(図3,4)。

投影図を用いてステップ数を数え上げる[3],[4]

次元が高くなるにつれてワイソフ多胞体の **wireframe** 投影図は線分が密集し、6-7 次元ともなると **black out** してしまうことも少なくない(図 2)。このような投影図を用いてステップ数を数え上げることは困難であるが、適切に着色・隠線処理を施して、適切な方向からの **solid** 投影図が得られれば、それを用いてステップ数を数え上げることが可能となる。目で見える部分は直接的な数え上げ、扁平化して見えない部分は失われた情報を脳ミソで補う(脳内イメージを喚起する)ことによって、たとえば、格子多面体のステップ数は $\{3,3,4\}(1,1,1,0)$ の場合、6 (直接数え上げ) +6 (ワイソフ多胞体のファセット分解) =12、 $\{3,3,3,4\}(1,1,1,1,0)$ の場合、8+12=20、 $\{3,3,3,3,4\}(1,1,1,1,1,0)$ の場合、10+20=30。再帰的な関係より n 次元の格子多胞体のステップ数は $n(n-1)$ になることがわかる。

結語

これで一般のワイソフ多胞体のステップ数を個別に数え上げることが可能になった。図の助けを借りてはいるが、このようなアルゴリズムで数え上げを行うと、3 次元多面体のステップ数から 4 次元多胞体のステップ数が得られ、それが判明すると 5 次元多胞体のステップ数が得られるといった芋づる式算法になっていることがおわかりいただけたかと思う。

図 1



図 2

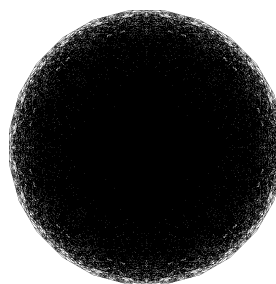


図 3

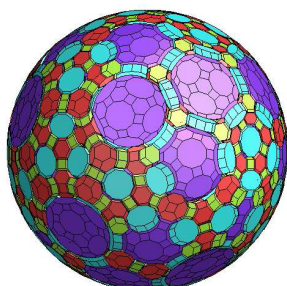
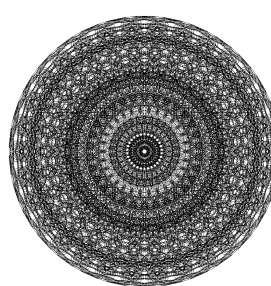


図 4



参考文献

- [1] Coxeter H. S. M. : The Product of the Generators of a Finite Group Generated by Reflections, Duke Math. J. 18, 765-782, 1951
- [2] Coxeter H. S. M. : Regular and Semiregular Polytopes III. Math Zeit, 188, 3-45, 1988
- [3] Ishii M. : On a General Method to Calculate Vertices of N-Dimensional Product-Regular Polytopes. Forma 14, 221-238, 1999
- [4] 石井源久 : 多次元半正多胞体のソリッドモデリングに関する研究、京都大学学位論文: <https://repository.kulib.kyoto-u.ac.jp/dspace/handle/2433/181359?locale=ja>

マダニ；長時間・大量に吸血するための形

沼原利彦†、沼原紀予†、矢野泰弘*、寺中正人§、新井明治§

†医療法人社団ぬまはら皮膚科 769-1501 香川県三豊市豊中町比地大 2621

*福井大学医学部 病因病態医学講座 医動物学領域 910-1193 福井県永平寺町松岡下合月 23-3

§香川大学医学部 国際医動物学講座 761-0793 香川県木田郡三木町池戸 1750-1

E-mail tos[at]numahara-hifuka.jp

Ticks ; The Form for Longtime and Massive Bloodsuckers

Toshihiko NUMAHARA†, Kiyo NUMAHARA†, Yasuhiro YANO*, Masato TERANAKA§, Meiji ARAI§

†Numahara Skin Clinic, 2621 Hijidai, Toyonaka-cho, Mitoyo-shi, Kagawa 769-1501 JAPAN

*Department of Medical Zoology, Faculty of Medical Sciences, University of Fukui,
23-3 Matsuoka Shimoaizuki, Eihei-cho, Fukui 910-1193 JAPAN

§Department of International Medical Zoology, Faculty of Medicine, Kagawa University
1750-1 Ikenobe, Miki-cho, Kita-gun, Kagawa 761-0793 JAPAN

Abstract: Since October 2012, we have removed over forty ticks from patients and identified the tick species. Ticks are arthropods that suck blood from animals and humans. They occur around the world and are important as vectors of a large number of diseases[1]. Feeding may last several days or up to several weeks. Hypostome and chelicerae constituting the mouthparts show saw tooth appearances. The majority of ticks in the family Ixodidae secrete a cement substance anchoring their mouthparts to the host skin. An unfed female tick can suck host blood several hundred times the body weight and fully engorge.

Keywords: Ticks, Hypostome, Chelicerae, Cement substance, Engorgement



【マダニ Ticks】(左図；ヒト皮膚上で吸血するマダニ)

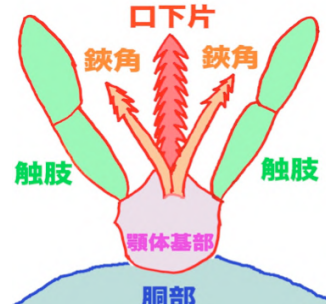
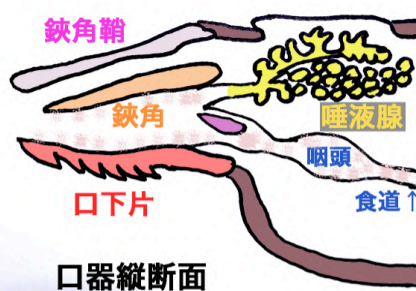
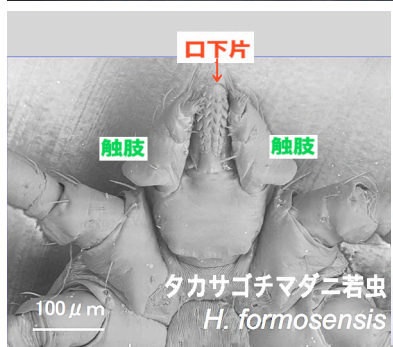
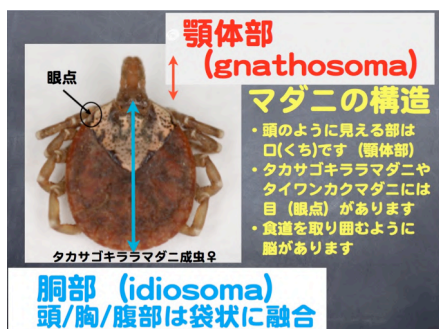
世界のマダニの種類は2010年の時点で896種とされ、高田らは日本産マダニとして46種を列挙している[2]。マダニ亜目は発育環の全てのステージが寄生吸血性であり、動物とヒトの間で病原体が受け渡しされる複雑な問題が生じる[2][3]。

幼虫→飽血・脱皮→若虫→飽血・脱皮→成虫→
♂吸血・造精、♀飽血・産卵



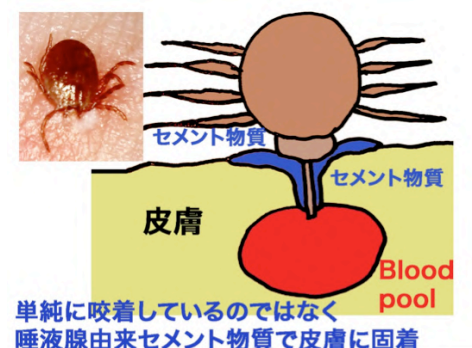
【飽血 Engorgement】(左図；飽血状態のマダニ)

蚊(♀)は産卵のため自重とほぼ同量の血液を短時間で吸血する[4]。マダニは数日から時には数週吸血し続け、♀成虫では自重の数百倍の血液を吸血し[5]、巨大化する。♀マダニの外皮は、幼虫～成虫まで、ひだ構造をしており、吸血とともに外皮を伸展させることができる[6]。



マダニは口下片を宿主皮膚に刺入し、鋏角を伸長させて皮膚を切り開く[2]。口下片には鋸歯状の逆歯が多数あり、宿主皮膚からのダニ除去を困難にしている。自己除去マダニ持参5症例中4例で口下片や顎体部欠損がみられた[7]。

【セメント物質 Cement Substance】 下図；文献[2][5]を参考に作画



皮膚への口器の刺入と同時に、唾液腺由来のセメント物質を注入し、「皮膚」と「口器～顎体基部」を強固に固着している。この他、唾液腺からは長期間の吸血を支える種々の物質が分泌されている[5]。

2012年10月以降、ダーモスコープ（皮膚色素病変診断用の特殊拡大鏡）観察下で、愛護的に40例以上のマダニ除去を行い、全例で口下片欠損を認めなかった。その半数超はタカサゴキアラマダニであった[7]。

【文献】

- [1] Ticks ; Vector Control - Methods for Use by Individuals and Communities. © 1997, WHO.
- [2] 医ダニ学図鑑、高田信弘、高橋 守、藤田博巳、夏秋 優、北隆館 (2019)
- [3] NIID 国立感染症研究所 (マダニ一般向け啓蒙記事～専門的なことまで)、niid.go.jp
- [4] 蚊「生態と種類を知る」、ウルトラがいちゅう大百科 KINCHO、www.kincho.co.jp/gaichu/
- [5] 辻 尚利、藤崎幸蔵；マダニの生存戦略と病原体伝搬，化学と生物 Vol50 No2, p119-126(2012)
- [6] Chapter 5 Integument and ecdysis by Kauman WR, 「Biology of ticks」 ed. Sonenshine DE and Roe RM Oxford Univ. Press (2014)
- [7] 沼原利彦、沼原紀予、矢野泰弘、寺中正人、新井明治；マダニ刺症73例より、第67回日本皮膚科学会香川地方会（2020年10月31日、高松市）抄録より

階層型クラスター分析を用いた上気道

上皮内扁平上皮癌とその前駆病変の Grading の試み

千場 良司^{*}, 千場 叡

^{*}岩手県立中央病院 病理診断科

020-0066 岩手県盛岡市上田 1-4-1

stereopathol@tiara.ocn.ne.jp

An attempt to Histological Grading of Squamous Intraepithelial Neoplasm in the Upper Aerodigestive Tracts by Cluster Analysis

Ryoji Chiba, DMD, PhD^{*}

Akira Chiba, BS in Information Science (Complex System)

^{*} Department of Pathology, Iwate Prefectural Central Hospital

1-4-1, Ueda Morioka, Iwate 020-0066

Abstract: In human pathology, intraepithelial squamous cell carcinoma and its precursor lesions in the upper aerodigestive tracts have been divided into mild, moderate and severe dysplasia to squamous cell carcinoma in situ by microscopic observation. The authors attempted to re-examine the structural changes through their process of pathogenesis and the possibility of quantitative grading, using image processing and numerical analysis of cellular arrangement.

Keywords: Squamous intraepithelial neoplasm, Digital image analysis, Nearest neighbor clustering, .

緒言

人体病理学においては従来上気道粘膜の重層扁平上皮癌の早期病変および鑑別を要する病変として軽度、中等度、高度の各異形成および上皮内癌、口腔の疣贅状過形成が記載されている。これらの病変における組織構築上の変化を細胞の配置の面から定量化することを試みた。

材料と方法

分析の対象として"Atlas of Head and Neck Pathology"^[1]の口腔および喉頭の異形成と疣贅状過形成のデジタル画像を使用した。ImageJ を用いて重層扁平上皮細胞の核の重心座標を抽出し、さらにこれらの座標を最短距離法の階層的クラスター分析^[2]を用いて連結した。取得されたデータから核間距離のヒストグラムを作成し、分布パターンを正常の粘膜上皮層のパターンと比較検討した。

結果

正常の上皮層には核間距離の分布に右に裾を引く滑らかなパターンが見られたが、上皮内癌および異形成病変の分布には多峰性あるいはピークの形成の不明瞭な平坦なパターンなどの正常からの乖離が認められた。クラスター分析の樹形図やヒストグラムパターンを分類する手法を考案することで数量化によるgradingの可能性が示唆された。

文献

[1] Wenig BM: Atlas of Head and Neck Pathology, Third Edition, Elsevier, New York, 2016.

[2] Kruskal JB: On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem. *Proceedings of the American Mathematical Society* 7(1): 48-50, 1956.

新しい画像解析ツールを用いた細胞核形態定量の試み —甲状腺濾胞上皮細胞を例として—

千場 良司*, 千場 叡

*岩手県立中央病院 病理診断科

020-0066 岩手県盛岡市上田 1-4-1

stereopathol@tiara.ocn.ne.jp

Quantitation of Cell Shape Using A New AI Image Analyzing Tool

Ryoji Chiba, DMD, PhD*

Akira Chiba, BS in Information Science (Complex System)

* Department of Pathology, Iwate Prefectural Central Hospital

1-4-1, Ueda Morioka, Iwate 020-0066

Abstract: Recently, application of artificial intelligence (AI) to the extensive fields of science is remarkable. The progress in scientific research on form using those techniques is not exceptional. The authors have attempted to automatic detection of the contours of biological structures, which has been conventionally difficult to perform, with use of AI-based segmentation. As an example, we present our trial in the quantitation of nuclear shape of thyroid follicular cells.

Keywords: Cell shape, AI, Trainable segmentation, Watershed algorithm, Thyroid follicular cell

緒言

近年科学の諸分野への人工知能の応用には目覚ましいものがある。このような進歩は生体組織の形態研究においても例外ではない。今回、著者らは AI を用いて従来困難であった生体構造の形の自動検出を試み、その一例として人の甲状腺濾胞上皮の核形態の数量化の結果を提示したい。

材料と方法

画像解析ソフト Fiji(NIH and LOCI, University of Wisconsin)^[1]のプラグイン WEKA Trainable Segmentation^[2]を用いて生体組織の光学顕微鏡標本デジタル画像(H&E 染色, 原倍率 400 倍)から細胞核の領域を抽出した。得られた画像を Photoshop でグレースケールに変換し、画像分割結合ツール^[3]で分割した。各画像について Fiji の“Analyze particles” command により細胞核の面積, 周長および円形度を計測した。核の重なりのある画像に関してはやはり Fiji の Watershed processing^[4]による領域分割の後上記の計測を行った。ヒト甲状腺の濾胞状腺腫(FA), 橋本病(HT), バセドウ病(GD)および濾胞型乳頭癌(FVPTC)で行った数値化の例を以下に示す。

結果

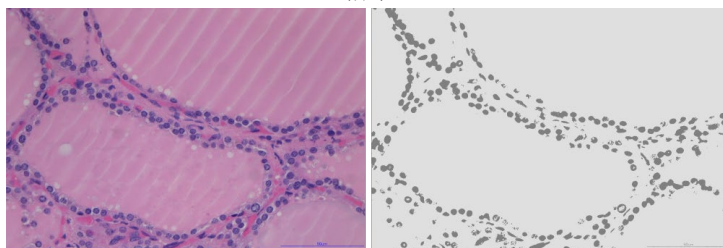


図 1 WEKA Trainable Segmentation による核の自動抽出。(左)原画像, (右)抽出後のグレースケール

図 1 は AI による核領域の自動検出の結果である。核領域と間質の区別に関する数回の反復学習により核が濃いグレーの領域として抽出されている。

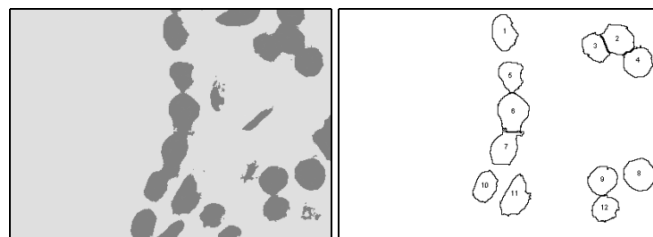
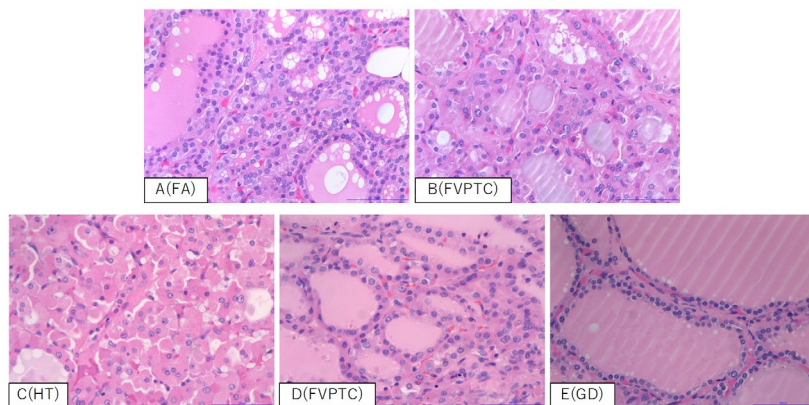


図 2 “Watershed” processing による重複した核プロフィールの分割

図 2 は Watershed processing による核プロフィールの分割の結果である．重なりを除いた 12 個の分離した構造としてサンプリングされていることが分かる．



FA: follicular adenoma, FVPTC: follicular variant papillary thyroid carcinoma, HT: Hashimoto thyroiditis, GD: Graves disease.

図 3 計測したヒト甲状腺病変の組織像

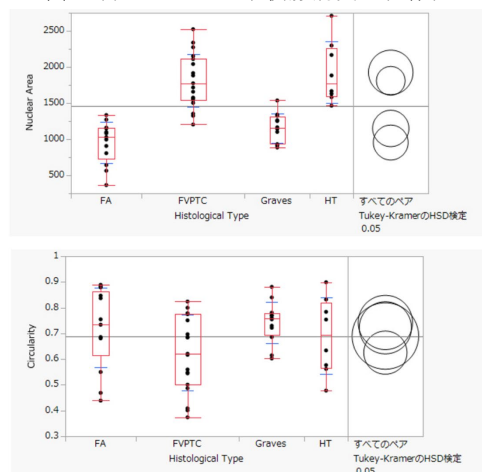


図 4 甲状腺の各病変の核面積(上)と円形度(下)の分布

計測の結果，FVPTC と HT の核(平均 $19.8 \mu m^2$)は FA および GD(平均 $12.0 \mu m^2$)に比較して有意に大きいことが分かった．円形度の計測では各病変ともばらつきがやや大きく，FVPTC と HT で小さな値を取る，すなわち FA および GD に比較して円からかけ離れた不整な形態をとる傾向がみられたが，統計学的な有意差は得られなかった．

文献

- [1] Fiji-ImageJ: <https://imagej.net/Fiji> 2020-11-08 閲覧．
- [2] WEKA The workbench for machine learning: <https://www.cs.waikato.ac.nz/ml/weka/> 2020-11-15 閲覧．
- [3] 分割結合「あ」: <https://www.vector.co.jp/vpack/browse/person/an040271.html> 2020-11-15 閲覧．
- [4] Preim B, Botha C: Visual Computing for Medicine *Theory, Algorithms, and Applications* Second Edition. ELSEVIER, New York, 2014.

肺胞 4D モデルと新型コロナ肺炎

北岡裕子

東京農工大学工学部生体医用システム工学科

E-mail: hirokokitaoka000@hotmail.com

4D alveolar model and COVID-19 pneumonia

Hiroko KITAOKA

Dept. of Bioengineering, Tokyo University of Agriculture and Technology

Abstract: COVID-19 pneumonia is an acute interstitial pneumonia due to viral infection of type II pneumocytes located on the alveolar wall, which produce the pulmonary surfactant. Although it has been believed that the alveolar wall is thickened in the interstitial pneumonia, thickening is an optic illusion of the folded walls of collapsed alveoli. A 4D model of the alveolar structure reproduces the alveolar collapse infected by the COVID-19 virus.

Keywords: interstitial pneumonia, ARDS, type II pneumocyte, pulmonary surfactant

はじめに

2019 年 12 月に武漢で発生した新型コロナウイルス感染症は、瞬く間に世界中に広がった。病原体である新型コロナウイルス (SARS-CoV-2) は肺胞内にある「II 型肺胞上皮細胞」に侵入することで間質性肺炎を起こし、重篤な呼吸不全 (急性呼吸窮迫症候群, Acute Respiratory Distress Syndrome, 以下 ARDS) に至らしめる。インフルエンザウイルス感染によって生じる肺炎は、ほとんどが持続する細菌感染による肺炎で、COVID-19 肺炎とはその病態が大きく異なる。

間質性肺炎は肺胞壁が炎症によって肥厚する肺炎とされている。しかし、肺胞壁の変化をライブで観察することは動物実験であっても技術的に不可能なので、「肺胞壁の肥厚」という所見は異なる個体 (もしくは同一個体の異なる部位) の病理組織像を組み合わせ得られた推論である。演者は 2004 年、肺胞構造の 4D モデル (= 動的 3D モデル) を発表し、肺の病態を理解するためには、肺胞の動的構造とそれが疾患によってどのように変容するかを理解することが重要であると主張した。そして、間質性肺炎や ARDS で肺胞壁の肥厚とされている所見は、虚脱した肺胞の壁が折り重なっている所見を誤解釈したものであると主張した。しかし、それらの主張は黙殺され続け、学界は間質性肺炎と ARDS に関する誤った考えから脱することができないままに、COVID-19 のパンデミックを迎えてしまった。本稿では、正常肺胞の 4D 構造について説明し、それが COVID-19 によってどのように変化するかを、コンピュータモデルと折り紙モデルで説明する。

肺胞 4D モデル

肺胞の構造は、しばしばブドウの房にたとえられる。ブドウの柄の先端に実がついているように、枝分かれした気管支の先端に 1 個の肺胞がついている、というイメージである。

しかし、実際は気管支の壁に多数の肺胞が開口している。一本道のどん詰まりに家があるのではなく、道の両脇にお店が軒を連ねているイメージである。人間の商店街は2次元であるが、肺胞商店街は3次元で、さらに、呼吸によって動く4次元商店街である。商店には戸口があり、朝になると戸口を開けてお客が入り、夜になると戸口を閉める。肺胞も同じように、呼吸運動によって肺胞口が動き、空気を出し入れする(図1)。

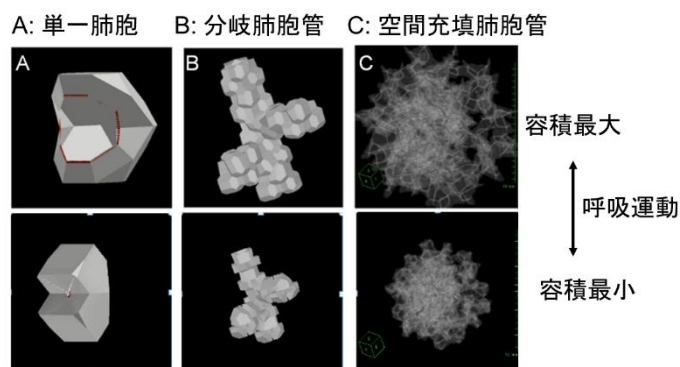


図1. 肺胞構造の4Dモデル

新型コロナ肺炎における肺胞虚脱のメカニズム

前述したように、COVID-19 ウイルスはⅡ型肺胞上皮細胞に感染する。Ⅱ型肺胞上皮細胞では肺サーファクタントが産生・分泌される。肺サーファクタントは肺胞壁表面を濡らす液膜内に分布し、その表面張力を低下させる機能がある。そのため、ウイルスの感染により、肺サーファクタントが欠乏した肺胞は表面張力の増加によって虚脱する。その過程を折り紙モデルで図2に示す。図3は1辺3mmの肺実質モデルの断面で、肺の組織標本画像に相当する。虚脱して折り重なった肺胞壁が、分厚い1枚の壁のように見える。

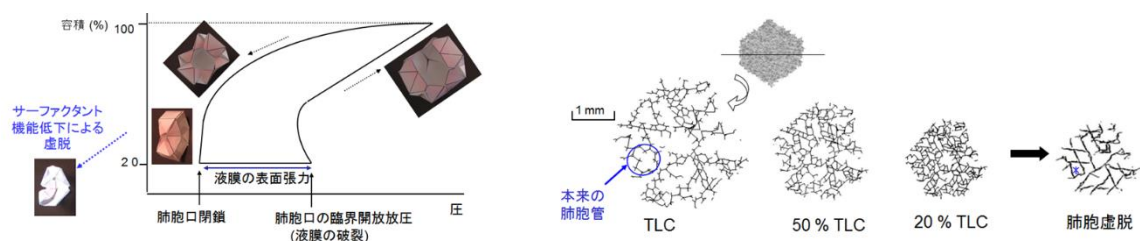


図2. 折り紙モデルによる肺胞虚脱シミュレーション 図3. 肺実質モデルによる肺胞虚脱の組織標本シミュレーション

おわりに

これまで、呼吸中の肺胞の形状については肺容量に応じて相似変形することが暗黙裡に想定されており、形状の変化についてはほとんど考慮されてこなかった。組織の病理標本には動きがない。呼吸停止下に撮影されたCT画像にも動きがない。ここに従来の呼吸器学が陥った陥穽がある。今、我々呼吸器科医が行なうべきは、新型コロナ肺炎の病態を正しく理解し、ウイルス感染によって欠落した肺サーファクタント機能を補う治療法を開発することである。詳細や文献は、筆者の個人ブログ「コペルニクスな呼吸器学」(<https://ameblo.jp/hirokokitaoka/>) をご覧いただきたい。

ひまわりの Parastichy pairs

根岸利一郎¹, 関口久美子²

¹ 科学リテラシー研究所, 深谷市上柴町西 6-15-7

² 埼玉工業大学, 深谷市普濟寺1690

rikuway.negishi@gmail.com

Parastichy pairs for Sunflowers

Riichirou Negishi¹, Kumiko Sekiguchi²

¹ Research Institute of Science Literacy, 6-15-7 Kamishiba-nishi, Fukaya, Saitama, 366-0052

² Saitama Institute of Technology, 1690 Fsaaji, Fukaya, Saitama, 369-0293

Abstract: Parastichy pairs are found on series of sunflower seeds. The two numbers are determined by applying the Discrete Fourier Transform (DFT) method to the seeds distribution, and the ratio of the two numbers indicates the order of the distribution.

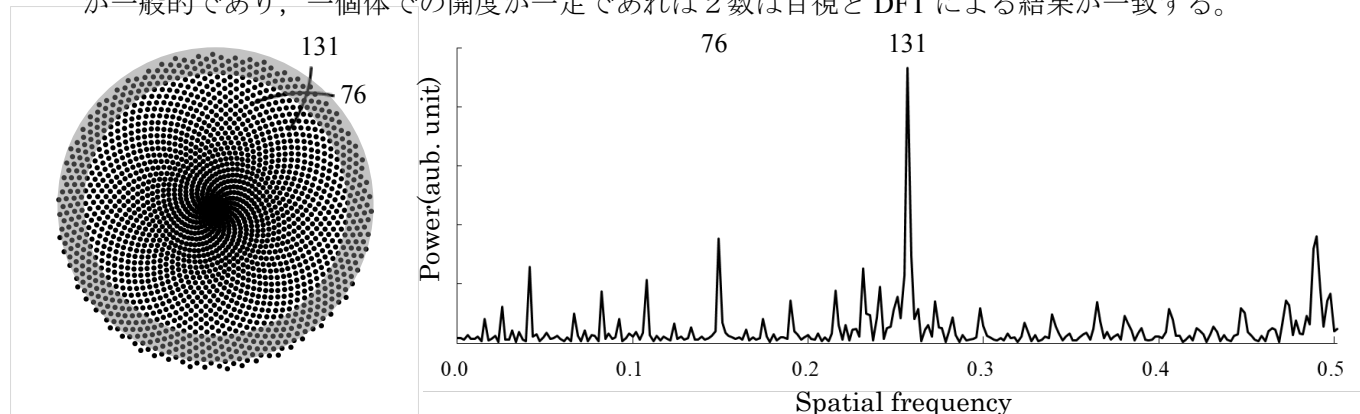
Keywords: Sunflower, Parastichy pairs, Discrete Fourier transform, Fibonacci numbers, Order

1. ひまわりの種の連なり

ひまわりの種による連なり数は Parastichy pairs として知られ, その数がフィボナッチ数となることから古くから注目されてきた(Turing, 1952)。実在のひまわりの連なり数はフィボナッチ数になる場合とならない場合があり, その違いを検討した。

2. シミュレーションによる任意開度での Parastichy pairs

開度を使った点分布のシミュレーションでは, 任意開度での点連なりによる Parastichy pairs は一般化されたフィボナッチ数(G)になる(Negishi *et al.*, 2017)。例えば開度が 137.4°では図 1 a の点分布となり, 外側グレー領域での Parastichy pair は目視で 76 と 131 が計数できる。その 2 数は Discrete Fourier Transform (DFT) の方法でピーク値として決定できる (図 1 b)。このモデルでの点分布は開度 ϕ , n 番目の点位置を $(r, \theta) = ((N-n+r_0)^p, n\phi)$ を使い, $N=2000, r_0=0.1, p=0.7$ で求めた。任意開度での Parastichy pair 2 数はフィボナッチ数(F)ではなく一般化されたフィボナッチ数(G)になるのが一般的であり, 一個体での開度が一定であれば 2 数は目視と DFT による結果が一致する。



a) 開度 137.4°での 2000 点分布

b) DFT の方法で決定された Parastichy pair

図 1. 任意開度による点分布シミュレーションと DFT の結果

3. ひまわりの Parastichy pairs

図 2a は実在のひまわりであり, 図 2b は種の先端位置を読み取って図に示した。図の外側領域 (薄いグレー) での目視による Parastichy pair は 89 と 144, 中間領域 (濃いグレー) では 55 と 89 が計数できる。図 2b の外側領域から取り出した 400 点に DFT の方法を適用した結果が図 3a であ

り、ピークを特定するためにコンボリューションを施した。コンボリューション関数はガウス関数とローレンツ関数を 1:1 で加え合わせて使った。同様に中間領域の 300 点からの DFT の結果が図 3b である。図 3a をコンボリューション処理した結果から 2 ピーク値として 85 と 142, 図 3b からは 56 と 90 がそれぞれ確定できる。

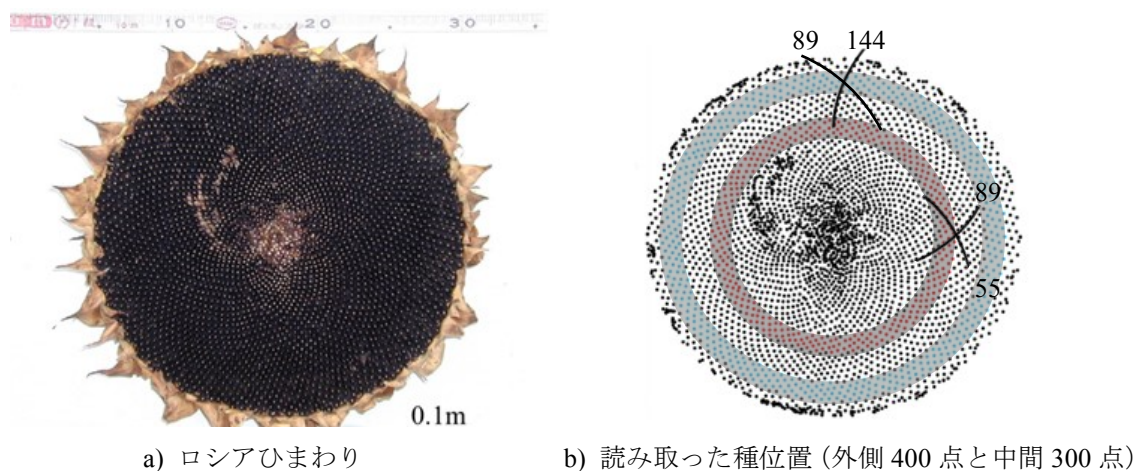


図 2. 実在のひまわり種子の位置特定

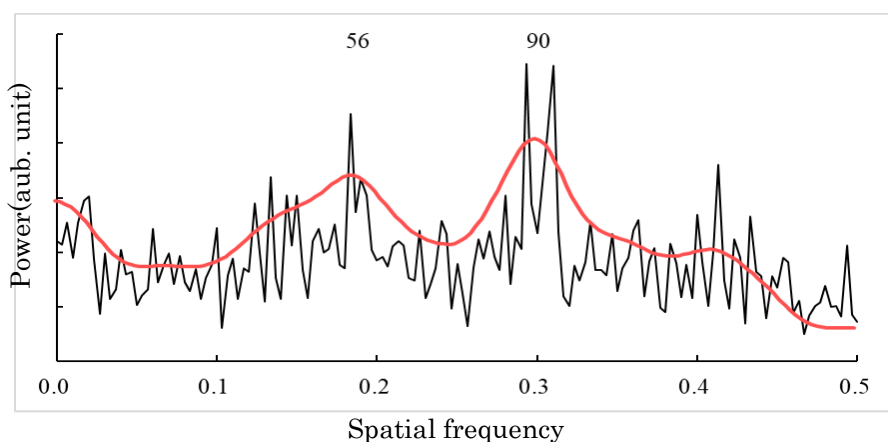
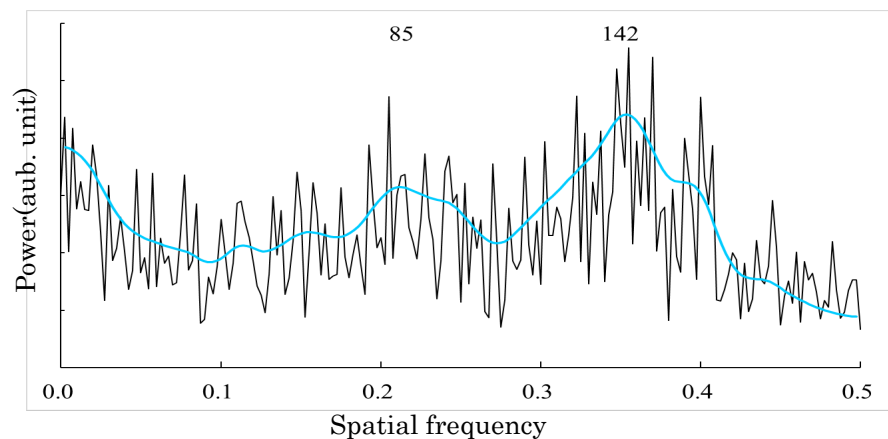


図 3. 離散フーリエ変換とコンボリューション

4. まとめ

DFT を使ってひまわりの種分布を調べた結果, Parastichy pairs とその比は外側領域 400 点では $142/85 = 1.67$, 中間領域では $90/56 = 1.61$ がそれぞれ求まる。これらの比は目視で計数して求まった $144/89 = 1.62$ および $89/55 = 1.62$ と近い値を示すがわずかに異なる。その理由は目視による計数では点と点の繋がり有無を恣意的に計数するが, DFT では点間距離を正確に計数しているところにある。このため, 点分布秩序に対する DFT 法の結果は分布評価に適していると考えられる。報告ではその他のひまわりの解析結果と応用を紹介する (Negishi, 2019)。

References

- Negishi, R., Sekiguchi, K., Totsuka, Y. and Uchida, M. (2017), *Forma*, **32**, pp.19–27.
 Negishi, R. (2019), *Asymmetry in Plants*, (ed. B. Bahadur, K. V. Krishnamurthy, M. Ghose and S. J. Adams), Chapter 16, CRC press.
 Turing, A. M. (1956) *The Turing Digital Archive*, <http://www.turingarchive.org>.

Fermat らせん+黄金角=ヒマワリの花序

佐藤郁郎 秋山仁

宮城県立がんセンター 東京理科大学

宮城県名取市愛島塩手字野田山 47-1

sato-ik510@miyagi-pho.jp

Fermat spiral+ golden angle= phyllotaxis of sunflower

Ikuro SATO, Jin AKIYAMA

Miyagi Cancer Center, Natori, Miyagi 981-1293, Japan

Abstract: By putting dot sequence $(r_n, \theta_n) = (n^{1/2}, 2\pi n\alpha)$ with a parameter α $(0, 1)$ on Fermat spiral, some interesting geometrical effects, for example, Fibonacci number spirals with uniform distribution, are produced around the spiral center if and only if α is related to golden angle. Such a property is based on Delone set and it is considered optimal arrangement of phyllotaxis of sunflower.

Keywords: Delone set, Fermat spiral, golden angle, uniform distribution, phyllotaxis

問題の設定

隣り合う2点間の距離が一定値 R 以下(相対稠密)かつ一定値 r 以上(一様離散)という2つの重要な性質を満たす集合を Delone 集合という。平面上の点配置の場合、半径 r の任意の円が多くて1個の点を含みかつ半径 R の任意の円が少なくとも1個の点を含むような点の集まりのことであるから、各点はあまり大きな隙間をあけないようにバラバラに配置されていることになる。すなわち、Voronoi 領域の面積がほぼ一定で、ヒマワリの花序にとって最も効率の良い配置と考えることができる。ところで、[1]によれば Delone 集合は無限の広がりをもつ空間に対して意味のある数学的概念で、計算機実験ができないような無限のかなたでの性質である。実際、結晶ではこのような局所的に限定された状態から大域的な周期性を生じてくる。しかしながら、無限の広がりをもつヒマワリは存在しない。そこで、ここでは[2]にしたがって、Fermat らせん上に配置された点列の「原点付近での振る舞い」について紹介したい。以下、黄金比を τ で表す。

代表的な平面らせん

[a] Bernoulli らせん: $r=a^\theta$

[b] Archimedes らせん: $r=a\theta$

[c] Fermat らせん: $r^2=a\theta$

では、隣接する渦巻きの間隔は原点から遠いほどそれぞれ広くなる・等間隔・狭くなる。このような明確な違いにもかかわらず、ヒマワリの花序では[a]と[c]がしばしば混同される。混乱の原因は両者とも黄金らせん・Fibonacci らせんという別名で呼ばれるためと思われる。これらは同音異義語であって、とかく別名の呼び方には誤りが起こりがちである。

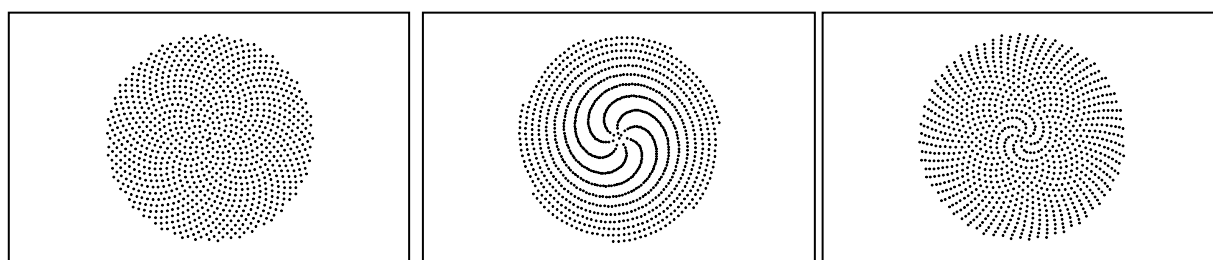
Fermat らせん上の点列

平面極座標 (r_n, θ_n) で表される点列を考える。動径 r_n については、 $n^{1/2}$ のオーダーであることが Delone 集合になるための必須条件である。そこで、 $(r_n, \theta_n) = (n^{1/2}, 2\pi n\alpha)$ 、 $\alpha(0,1)$ を考える。このらせんは Fermat らせんになるが、 $r_n = n^{1/2}$ は最初の n 点が半径 $n^{1/2}$ の円に含まれていることを意味する。一方、偏角 θ_n については無理数であるだけでは十分条件にならず、 $\alpha = 1/\tau = [0; 1, 1, 1, 1, \dots]$ 、 $\alpha = 1/\tau^2 = [0; 2, 1, 1, 1, \dots]$ のとき、原点付近での最適配置が得られる(図 1)。 $1/\tau + 1/\tau^2 = 1$ より、一方が時計回り・他方が反時計回りに回転するだけで両者に本質的な違いはない。また、左巻き 5 重、右巻き 8 重、左巻き 13 重らせんなど互いに交わる多重らせんが現れる。これが Fibonacci らせんと呼ばれる所以であるが、Fibonacci らせんの最も顕著な性質は点分布の一様性であり、それ以外の角で作られたパターンと対比すると著しい特徴がある。 $\alpha = \pi^{-3} = [0; 7, 15, 1, 292, 1, \dots]$ では中心部に 7 本、周辺部に 113 本(図 2)、 $\alpha = e^{-2} = [0; 1, 2, 1, 1, 4, 1, 1, 6, 1, 1, 8, 1, \dots]$ では中心部に 7 本、周辺部に 71 本のらせんが現れる(図 3)。これらは $22/7, 355/113$ が π の、 $19/7, 193/71$ が e の非常によい有理数近似になるためである。

図 1

図 2

図 3



結語

Fermat らせんと特別な角度 137.5° が結びつくと、原点付近に一様な点分布が出現することを示した。黄金比 τ に対する連分数は最もゆっくり収束するが、有理数近似の収束速度が緩やかであることが点分布の一様性に影響している。近接効果に対して、無限遠ではある定数 B があって連分数展開の部分商がすべて B より小さいことが Delone 集合になるための必要十分条件である[1]。 $\alpha = e^{-2}$ では無限に大きい部分商が存在するため Delone 集合にはならないが、連分数展開が有限個を除いてすべて 1、たとえば $\alpha = [0; 9, 8, 5, 1, 1, 1, \dots]$ のような形に表現される場合は Delone 集合になる。残念ながら、無限遠での挙動は原点の近くだけ計算機実験しても予測困難で、何もいえないのである。

参考文献

- [1] Akiyama S.: Spiral Delone sets and three distance theorem, Nonlinearity, 33(5), 2020, <https://dx.doi.org/10.1088/1361-6544/ab74ad>
- [2] Lord E.A., Mackay A.L., Ranganathan S.: New geometries for new materials 邦訳 宮崎興二・日野雅之・関戸信彰「ミクロの世界の立体幾何学」丸善出版, 2019

円筒内の非同大球配置を考える

佐藤郁郎 秋山仁 中川宏

宮城県立がんセンター 東京理科大学 積み木インテリアギャラリー

宮城県名取市愛島塩手字野田山 47-1

sato-ik510@miyagi-pho.jp

Aniso-sphere packing in a cylinder

Ikuro SATO, Jin AKIYAMA, Hiroshi Nakagawa

Miyagi Cancer Center, Natori, Miyagi 981-1293, Japan

Abstract: Arranging equal-sized spheres (iso-spheres) at vertices of Boerdijk-Coxeter helix (BCH), the packing density in a cylinder is 50.7%. After deformation of regular tetrahedra of BCH, it is possible to build up periodic helix and arrange two different-sized spheres (aniso-spheres) at vertices of this helix. In such a configuration, how much the packing density is measured inside the cylinder?

Keywords: Boerdijk-Coxeter helix, periodic helix, aniso-sphere, packing density, closest sphere packing in cylinder

問題の設定

BCH (Boerdijk-Coxeter helix)は、正四面体がらせん状に連なるねじれた図形である。Boerdijk はこのらせんの頂点に同じ大きさの球を配置した円筒内球充填の問題を考察している[1]。この構造では局所的には最も効率よく最密充填構造を作ることができるが、大域的な空間充填密度は 50.7%と意外に低値である(図 1)。また、BCH のねじれ角は $\arccos(-2/3)=131.8^\circ$ であり、これは π の無理数倍なので、非周期性・準結晶性を与える。すなわち、正四面体の連結数を無限に増やしてもらせん軸に沿った投影図上で頂点が重なることはない。しかし、正四面体を少し変形させると周期性(例: 135°)・非周期性(例: 黄金角)をもつらせん構造を作ることができる[2]。これらのらせん構造には半径の異なる2種類の球を配置することができるが、その充填密度はいかほどであろうか?

非周期的らせんと周期的らせん

多くの植物の葉は幹の周りにらせんを描くようにしている。これは植物の葉が真上に重なり合うように成長すると他の葉が必要とする日光、水分、酸素を遮ってしまうからという明白な数学的条件にしたがっている。黄金角は $2\pi/\phi^2 \sim 137.5^\circ$ (π の無理数倍)なので、らせんを無限に描いたとしても上下の葉がピッタリ重なることはない。しかし、らせんのねじれ角を $2\pi\alpha$ とすると、大多数の植物において α は有理数であり(周期的らせん構造)、それは Fibonacci 数をひとつおきにとった比 $1/3, 2/5, 3/8, 5/13, 8/21, \dots$ で表されることになる(Schimper-Braun の葉序則)。この分数列は二つ先の Fibonacci 数との比であるから $1/\phi^2$ に収束することになるが、もはや植物においては周期的・非周期的を区別する本質的意味はないと考えられる。そこで、...

周期的・非周期的四面体らせん構造体の構築

- (a) 正四面体の1辺を伸縮(正三角形面2枚と二等辺三角形面2枚からなる四面体)
- (b) 正四面体の1組の対辺を伸縮(二等辺三角形面4枚からなる等面四面体)
- (c) 正四面体の連続する3辺を伸縮(2種類の二等辺三角形面からなる四面体)

正四面体を変形させた3種類の四面体(a), (b), (c)を用いて、ねじれ角が一定のらせんを実現させる(図2, 3)。そして、これらの変形四面体らせん構造を骨格として、大きさの等しい1種類の球あるいは大きさの異なる2種類の球を配置し、その空間充填密度を計算する。

高次元らせん構造体の応用

染色体は複雑な多重らせん構造(super-coil)を作っている。そのような対象の場合、高次元のBCHを応用してその構造を構築することが期待できる。[3]に基づいて、円筒内において超球が占める比率を計算すると、4次元であれば23.7%であるが、5次元では8.96%に下落し、7次元以上では1%未満になる。不思議なことに超球の体積は ∞ 次元のとき0に収束する(高次元のparadox)。高次元空間であってもこのような計算は可能であるが、その姿を想像し、理解するのは難しい。

図1

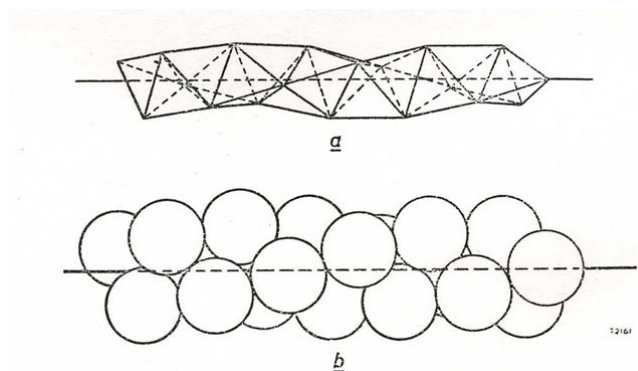


図2

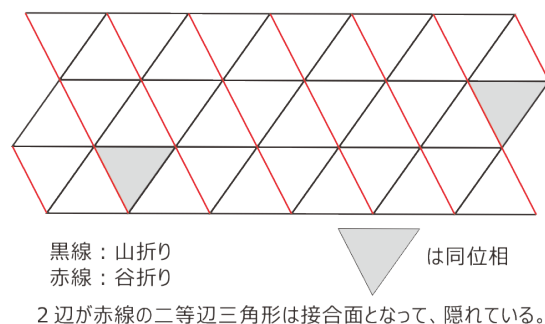
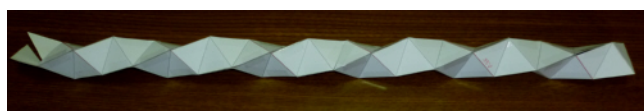


図3



参考文献

- [1] Boerdijk A.E.: Some remarks concerning close-packing of equal spheres, Philips Res. Rep. 7, 303-313, 1952
- [2] Lord E.A., Mackay A.L., Ranganathan S.: New geometries for new materials 邦訳 宮崎興二・日野雅之・関戸信彰「ミクロの世界の立体幾何学」丸善出版, 2019
- [3] Hurley A.C.: Some helical structures generated by reflexions, Aust. J. Phys, 38, 299-310, 1985

将棋 AI を活用した感想戦を行う対話システムの製作

高津和紀* 高田宗樹 平田隆幸

福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻

〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9-1

*kazut5412@gmail.com

A Dialogue System for Post-Game Consideration using Shogi AI

Kazuki TAKATSU, Hiroki TAKADA and Takayuki HIRATA

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

Abstract: Shogi is one of most popular board game in Japan. By appearance of arising new young star player Sota Fujii, a lot of attention to shogi has being attracted. The number of amateur shogi players has been increasing. However, there is no established method to study shogi efficiently. Most amateur players aspire to be a good shogi player. In this study, the dialogue system of post-game consideration was constructed by using shogi AI.

Keywords: Shogi, Dialogue System, Artificial Intelligence

1. はじめに

史上最年少でプロ棋士になった藤井聡太の登場により、将棋が世間から大きく注目されるようになってきた。観戦するだけでなく、実際に将棋を指す将棋ファンも増加している。今後も将棋人口が増加していくことが期待される。

将棋プレーヤーが棋力(実力)を伸ばすための効率的な勉強法の一つに感想戦がある。感想戦とは、対局後に対戦者と共に指し手の良し悪しを検討することである。プロ同士の対局は言うに及ばず、感想戦はアマチュアの大会でも行われている。また、将棋倶楽部 24 などのインターネット上の対局サイトでは、チャットで感想戦を行う機能が備わっている[1]。

感想戦は、全てのプレーヤーが満足に行えるわけではない。例えば、将棋プレーヤーの人口が少ない地方都市では、対面で感想戦を行う機会が少ない。チャットによる感想戦は可能であるが、意思の疎通が難しいため、苦手とするプレーヤーが多い。本研究では、初心者を含めた全てのプレーヤーが棋力向上のために活用できる、感想戦を行う対話システムを製作することを目的とした。局面の良し悪し(形勢)や候補手を知るために、将棋 AI を使用した。また、プレーヤーが感想戦を行いやすいような GUI を製作する。

2. 将棋の感想戦を行える対話システム

対話システムとは、コンピュータによる人間とコミュニケーションをできるようにしたシステムである。現在の技術では、人間のように自由な話題の変化に対応することができない。そのため、特定のタスクのみを実行する対話システムが多く開発されている。

本研究では、ユーザーが指定した局面について、ユーザーの棋力向上につながる応答文を、人間が理解しやすい表現を取り入れて返すような対話システムを製作する。ユーザーの棋力向上につながる応答文を返すためには、より正確な局面の良し悪しや実際の指し手

以外の候補手を教えなければならない。これらを得るために、将棋 AI による棋譜解析を利用した。棋譜解析を行うことで、評価値(局面の形勢を数値で表したもの)と複数の候補手を得ることができる。

人間が理解しやすい表現とは、「指しやすい」、「つまらない」などの局面の状況を簡単に表す言葉のことである。これは、日本将棋連盟の棋譜中継サイトで得られる人間が作成したプロ棋士の対局の解説文を参考にして定義した^[2]。また、将棋の初心者が対話システムを活用できるように、将棋の基礎知識を教える機能を付けた。教える基礎知識は、駒の動き、符号の読み方、戦型、戦法の 4 つとした。

対話システムでは以下の 2 つの手順で感想戦を行う。①ユーザーが指定した棋譜を元に、全ての指し手について応答文を生成する。②ユーザーが将棋の基礎知識を持っている場合は感想戦を始め、基礎知識を持っていない場合は基礎知識を説明した後に感想戦を始める。対話システムのフローチャートを図 1 に示す。

3. 対話システムの実装

作製した対話システムを図 2 に示す。対話システムによる感想戦では、ユーザーが指定した局面の形勢、指し手の良し悪し、他の候補手などを人間が理解しやすい表現を交えて説明することができた。また、感想戦の前に将棋の基礎知識の勉強ができるため、初心者が扱いやすいシステムになった。しかし、様々な戦型や戦法に基づいた応答文を十分に作成することができなかった。そのため、戦型・戦法が異なっても同じような応答文が生成されてしまうという問題点が残った。これは、対話システムを活用するユーザーのモチベーションの低下につながってしまうかもしれない。

本研究では、将棋の棋力向上に役立つ感想戦が行える対話システムを、将棋 AI を活用して製作することを試みた。人間が理解しやすいような表現を取り入れた応答文は、将棋 AI による棋譜解析の結果と人間が作成した解説文を参考にして作成した。これは、応答文がシステムの作成者の将棋の理解度に左右されるため、作成者より棋力の高いプレイヤーは活用しにくいかもしれない。今後の課題は、ディープラーニングを活用して、人間らしい表現を含めた応答文を生成することである。

図 1：対話システムのフローチャート

図 2：対話システムの初期画面

参考文献

- [1] 将棋倶楽部 24,
< <https://www.shogidojo.net/>>(2020 年 11 月 11 日).
- [2] 竜王戦中継サイト,
< <http://live.shogi.or.jp/ryuou/>>(2020 年 11 月 11 日).

統計的機械学習を用いたメニエール病診断支援に関する研究

杉江倫太郎¹、前川紘澄²、中根滉稀²、中山明峰³、岡崎涼³、平田隆幸²、高田宗樹^{2*}

¹ 福井大学工学部機械システム工学科、〒910-8507 福井県福井市 3-9-1

² 福井大学大学院工学研究科知能システム専攻、〒910-8507 福井県福井市 3-9-1

³ 名古屋市立大学睡眠医療センター、〒467-8602 名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄 1 番地

*takada@u-fukui.ac.jp

A study on support systems to diagnose Meniere's disease using statistical machine learning

Rintarou Sugie¹, Hiroto Maekawa², Kouki Nakane²,
Meihou Nakayama³, Ryo Okazaki³, Takayuki Hirata², Hiroki Takada²

¹ Department of Mechanical Systems Engineering, School of Engineering, University of Fukui

² Department of Human and Artificial Intelligent Systems, Graduate School of Engineering,

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

³ Good Sleep Center, Nagoya City University,

1 Kawasumi, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya City, 467-8602, Japan

Abstract: Many cases of sleep problems may be caused by Meniere's disease which is an internal ear disorder. However, there are not many studies focusing on the causal connection between sleep disorders and the vertigo. In this study, statistical machine learning was used to analyze electroencephalograms (EEGs) during sleep, and remarkable differences could be found in EEGs between Meniere's disease patients and the controls.

Keywords: Meniere, Machine Learning, Variational Auto Encoder (VAE), Gated Recurrent Unit (GRU), Polysomnography (PSG)

1.はじめに

現在、内耳疾患の一つであるメニエール病は内耳への虚血病変、特に内リンパ水腫が原因で引き起こされているとされている^[1]。その一方、メニエール病は睡眠時無呼吸症候群などの睡眠障害を併発することも多く、それらの関係性も指摘されている^[2]。そこで本研究では、睡眠時におけるメニエール病患者の脳波に健常者にはみられない特徴的なパターンが存在していると仮定した。健常者およびメニエール病患者の脳波を、統計的機械学習を用いて低次元へ埋め込み、その際に特徴的な差異が存在するかを検証する。

2.方法

本研究で用いる脳波は、名古屋市立大学睡眠医療センターで100例の男女(35歳から85歳、内50例はメニエール病患者)を対象に行われたPolysomnography(以下、PSG検査)の検査結果から抽出された。サンプリング周波数は500 Hzである。チャンネル数は4チャンネルである。

睡眠時における脳波において、健常者とメニエール病患者との間には罹患の有無以外にも、性別、体調、重篤度、合併症など複数の要素が影響を及ぼしていることが考えられる。そこで本研究では、統計的機械学習の一種であるVariational Auto Encoder(以下、VAE)^[3]を用いて、脳波データを低次

元へ埋め込んだ。これは上述の複数の要素との対応を中間層出力にて確認することができる。睡眠時の脳波という特性上、時系列上で特徴が現れることが考えられる。また波形の空間上の特徴もあると考えられる。これらのことから、VAE の Encoder と Decoder には、学習の過程で過去の状態を保持し回帰的に学習を行うことができる回帰型ニューラルネットワークのゲート機構である Gated Recurrent Unit (以下、GRU)^[4]と、空間上の特徴を捉えることができる Convolutional Neural Network (以下、CNN)を交互に用いることで、時系列上に現れる特徴と空間上に現れる特徴を抽出する(Fig.1)。こうして低次元に埋め込まれた特徴量をその次元でプロットし、メニエール病と健常者の2つのクラスタ进行分类することを試み

た。

分類されたクラスタの類似度を、Jensen-Shannon Divergence (以下、JSD)^[5]を用いて検証した。JSD は二つの分布間の類似度を示すもので、0 から 1 の間で表現され、値が小さくなるにつれ、その分布間の類似度は高いとされる。また Support Vector Machine (以下、SVM)^[6]を用いて、どの程度の精度でパターン認識ができるのかを確認した。

これらの検証結果をもとに、上述したクラスタ間の分布のマージンを最大にするように、最適な脳波チャンネル数やデータのサンプリング周期などを求め、機械学習モデルの再構成を行った。

結果及び考察は講演での報告とする。

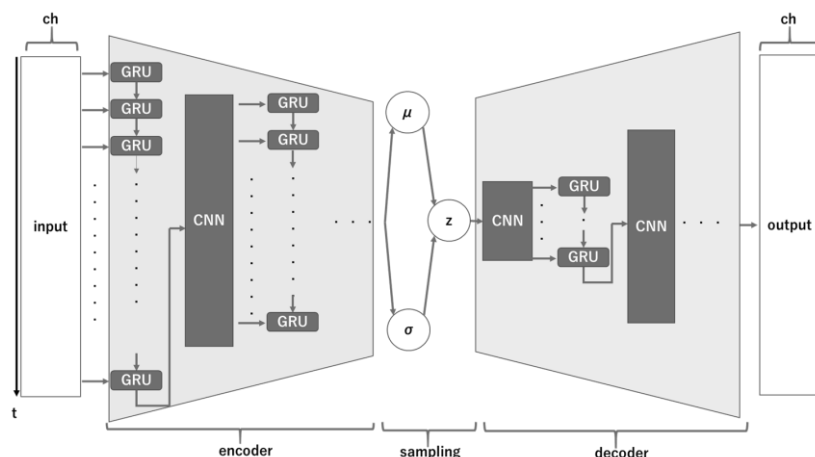


Fig. 1 機械学習のモデル

参考文献

- [1] Lopez-Escamez JA, Carey J, Chung WH, Goebel JA, Magnusson M, Mandalà M, Newman-Toker DE, Strupp M, Suzuki M, Tralbalzini F, Bisdorff A (2015) Diagnostic criteria for Menière's disease, J. Vestib. Res., 25(1): p.1-7.
- [2] Takahashi M, Odagiri K, Sato R, Wada R, Onuki J (2005) Personal factors involved in onset or progression of Ménière's disease and low-tone sensorineural hearing loss, ORL J. Otorhinol. Relat Spec., 67: p.300-304.
- [3] Kingma DP, Welling M (2014) Auto-Encoding variational Bayes, Proc. ICLR 2014: arXiv:1312.6114 (2020/11/15)
- [4] Kyunghyun C, van M Bart, Caglar G, Dzmitry B, Fethi B, Holger S, Yoshua B (2014) Learning phrase representations using RNN Encoder-Decoder for statistical machine translation, Proc. EMNLP 2014: p.1724-1734.
- [5] Fuglede B, Topsoe F (2004) Jensen-Shannon divergence and Hilbert space embedding, Proc. ISIT 2014: doi: 10.1109/ISIT.2004.1365067 (2020/11/15)
- [6] Boser BE, Guyon I, Vapnik V. (1992) A training algorithm for optimal margin classifiers, Proc. COLT'92: p.144-152.

追従時および自由視時における眼球運動計測のための

ハイパスフィルターの数理設計に関する研究

坂倉 響¹, 前川紘澄², 小野蓮太郎², 杉浦明弘³, 平田隆幸², 高田宗樹^{2*}

¹ 福井大学工学部機械システム工学科, 〒910-8507 福井県福井市 3-9-1

² 福井大学大学院工学研究科知能システム専攻, 〒910-8507 福井県福井市 3-9-1

³ 岐阜医療科学大学保健科学部放射線学科, 〒510-3892 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1

*takada@u-fukui.ac.jp

Mathematical design for high-pass filter during measurements of tracking and free eye movement

Hibiki Sakakura¹, Hiroto Maekawa², Rentaro Ono²,
Akihiro Sugiura³, Takayuki Hirata², Hiroki Takada²

¹ Department of Mechanical Systems Engineering, school of Engineering, University of Fukui

² Department of Human and Artificial Intelligent Systems, Graduate School of Engineering,
University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

³ Department of Radiology, Gifu University of Medical Science, Seki, Gifu 510-3892, Japan

Abstract: Biological signals of eye movements are contaminated with noise. Cut-off frequency in the band-pass filter to remove the noise is often determined empirically. We herein focus on the high-pass filter to find the nonlinearity of the system to control the eye movement and evaluate the cutoff frequency objectively. Five surrogate data are obtained from smoothed time series data of the eye movement. Translation errors of the surrogate data were compared with those of smoothed original data during the tracking and free vision, respectively.

Keywords: High-pass filter, Cut-off frequency, Eye movement, Surrogate data, Fourier-Shuffle (FS) method.

1. はじめに

対象物を凝視すると眼疲労や、景色がぼやけて見える症状を訴えるのは眼球運動に何らかの障害に起因する可能性がある。このような眼球運動障害は、命に関わる疾患の兆候であると言われている^[1]。このため眼球運動を計測し、解析することは非常に重要である。しかし、眼球運動から抽出される生体信号は一般的に微弱であり、アーチファクトに汚染されやすい。そこで、時系列データからノイズ除去するために帯域通過ろ波器(BPF)のカットオフ周波数を設定する必要がある。しかし、この値は経験的に決められている。そこで本研究では、ハイパスフィルターに重点を置き、眼球運動を制御するシステムの非線形性を求め、カットオフ周波数を客観的に評価することを目的に研究を行う。

2. 方法

健常な 22-22 歳の健常若年者 8 名(6M、2F)を対象として、計測を行った。映像視認には、42V 型の 3D テレビ LW5700(LG エレクトロニクス)を用いた。ここでは、画面上に散布した紫色の

球体が動く映像と、紫色の球体に加えて中心に、紫の球体と同じように動く黄色の球体がある映像の2つを用意した。視標として用いた球体の運動は 0.25 Hz の周期成分を有するものの、1 方向的なものではない。計測は暗室で行い、計測姿勢は椅座位とした。赤外線強膜反射法^[2]によって、眼球運動を計測する眼球運動計測装置 TKK2930a (竹井機器工業) を用いた。

サンプリング周波数を 500 Hz とし、映像視認時の各サンプリング時間での縦横方向での眼球運動を記録した。ここでは、計測した追従視および自由視の時系列データを、X 軸成分 (右方向を正) と Y 軸成分 (上方向を正) に分けて時系列解析を行った。カットオフ周波数をそれぞれ 0.1, 0.2, 0.3, 0.4, 0.5, 1.0 Hz と設定したハイパスフィルターによって平滑化した時系列データを作成した。この平滑化された時系列データからターケンスの方法^[3]にしたがってアトラクターを再構成して、時系列を生成すると考えられる数理モデルの並進誤差の値を、Double-Wayland アルゴリズム^[4]を用いて推定した。また、上述のカットオフ周波数が設定されたハイパスフィルターによって平滑化された時系列データに対して、これらを記述する数理モデルが非線形性を有するかを統計的検定によって確認する Fourier-Shuffle サロゲートデータ法を用いて解析を行った。平滑化された時系列データから代理時系列データを5つずつ生成し、これらの代理時系列を記述する数理モデルの並進誤差の値についても推定して、比較検討を行った。

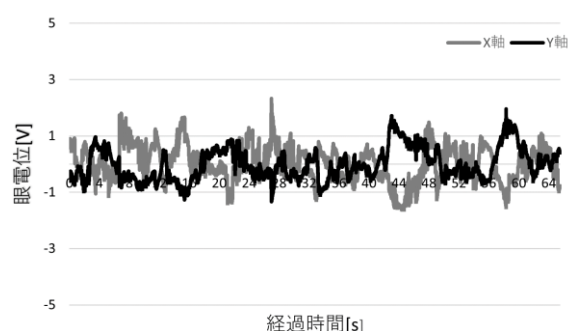
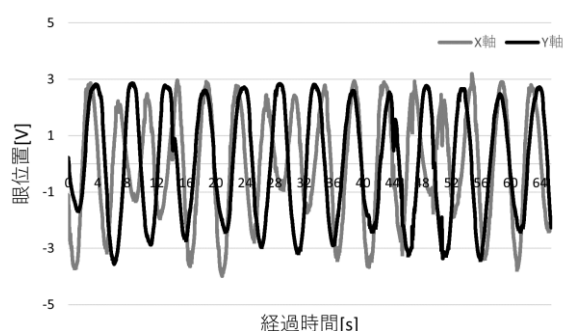


Fig. 1 追従視時における視線運動の時系列データ Fig. 2 自由視時における視線運動の時系列データ

3. 結果

追従視時および自由視時における視線運動の時系列データの典型例を Fig. 1 から Fig. 2 に示す。追従視時については、固視微動成分が低いため、視認方法で適切なカットオフ周波数が変化する可能性があると考えられる。自由視時においては、小刻みな固視微動やサッケード様の運動が重畳されており、高周波成分が高いと考えられる。結果および考察の詳細は講演での報告とする。

参考文献

- [1] 山田昌和 (2018) 眼瞼下垂と眼球運動障害, 杏林医学会誌, 49(3): p.249-252.
- [2] 羽根邦夫(2018) 強膜反射法による新しい眼球運動測定方法の開発, 日本臨床環境医学会誌, 27(2): p.56-66.
- [3] Takens F. (1981) Detecting strange attractors in turbulence, Lecture Notes in Mathematics, 898: p.366-381.
- [4] 高田宗樹, 清水祐樹, 保科宏幸, 塩澤友規 (2004) 時間差分時系列の Wayland テストを併用した時系列における決定論性の評価, 形の科学会誌, 19(3): p.301-310.

香気曝露に伴う胃電図パターンの時間変化を捉えるための非線形解析

市川敬太¹, 高井 英司², 青柳 隆大²,

松浦 康之³, 木下史也⁴, 平田隆之¹, 高田 宗樹¹

¹福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻, 〒910-8507 福井県福井市文京3-9-1

²曾田香料株式会社, 〒270-0233 千葉県野田市船形1573-4

³岐阜市立女子短期大学国際文化学科, 〒501-0192 岐阜県岐阜市一日市場北町7-1

⁴富山県立大学工学部電子・情報工学科, 〒939-0398 富山県射水市黒河5180

takada@u-fukui.ac.jp

On nonlinear analysis for temporal changes of Electrogastrograms during exposure to fragrance

Keita Ichikawa¹, Eiji Takai², Takahiro Aoyanagi², Yasuyuki Matuura³, Humiya Kinoshita⁴, Takayuki Hirata¹, Hiroki Takada¹

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

²SODA AROMATIC CO.,LTD., 1573-4 Funakata, Noda, Chiba 270-0233, Japan

³Department of Cross Cultural Studies, Gifu City Women's College, 7-1 Hitoichiba Kitamachi, Gifu, Gifu 501-0192, Japan

⁴Department of Electric Information Engineering, Graduate School of Engineering, TOYAMA Prefectural University, 5180 Kurokawa, Imizu-shi, Toyama 939-0398, Japan

Abstract: The olfactory perception depends on subjective sensory evaluation for the digitization. However, we have found a trend in studies of objective evaluation for olfaction using the biological reaction in recent decades. We have measured noninvasive electrogastrograms (EGGs) and estimated values of the translation error to evaluate degree of determinism in the mathematical model of the EGGs. In this study, we also examined whether values of the translation error depended on the length of the sampling interval. We have succeeded in findings of remarkable changes in values of the translation error due to the exposure to the fragrance.

Keywords: Electrogastrography, Nonlinear analysis, translation error, sampling interval, Fragrance

1. はじめに

嗅覚は視覚や聴覚等と異なり、それらの情報の数値化をヒトの主観的評価に頼っている。しかし近年、香気刺激時の生体反応・生体情報を利用した嗅覚およびその情報の客観的評価が検討されている[1]。本研究ではこのうち、非侵襲的な胃電図に着目し、香気曝露に伴う胃電図パターンの時間変動を捉えるために、非線形解析に用いる時間窓長について検討した。

2. 方法

被験者は、不整脈疾患や消化器疾患および消化器症状を有さない若年健常男性 8 名（平均±標準偏差: 23.125 ± 0.78 歳）を対象とした。被験者には事前に実験内容の説明を十分に行い、書面にて承諾を得た。なお、本研究は福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻人を対象とする研究倫理委員会の承認を得た(H2019001)。実験は遮音された実験室にて心電

図および胃電図の計測を行った。胸部および腹部にディスポ電極装着し(Fig. 1)、仰臥位にて記録した。香料にはそれぞれ濃度の異なる人工バニラの匂いがついた脱脂綿の入った蓋つきの瓶を3つ(A:溶媒のみ, B: 低濃度, C: 高濃度) 用意し、ハンドアームにて被験者の鼻孔から5 cm 離れた位置に瓶を固定した(Fig. 2)。瓶の蓋を開けずに 20 分間の計測後、瓶の蓋を開けて 20 分間の計測を行った。尚、測定は香料を使用せずに測定した対照実験を含む 4 回の計測を、概日リズムの影響を考慮して行った。また、順序効果も考慮した。

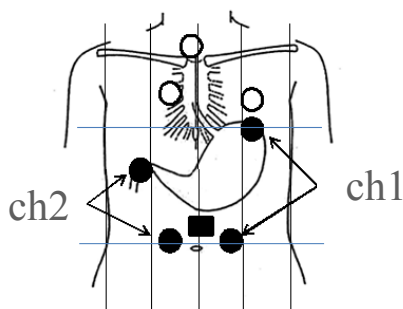


Fig. 1 電極貼付位置

○: 心電図 ●: 胃電図 ■: アース位置



Fig. 2 実験風景

3. 解析

胃電図では、胃運動以外の電氣的雑音を除去するために、遮断周波数 0.015-0.15 Hz のバンドパスフィルタを適用した。測定開始 3 分後から 20 分後と、23 分後から 40 分後の 17 分間について、それぞれ高速フーリエ変換を行い、胃電図の正常周波数帯域である 2.4-3.7 cpm に着目した[2][3]。この帯域でのピーク周波数およびピーク周波数のパワー値を算出した。また、非線形解析として、時系列データと時間差分の時系列データからそれらを記述する数理モデルの並進誤差の値を推定した。特にここでは、胃電図パターンの時間変動を捉えるために、並進誤差の解析区間長について比較検討した。

4. 結果

4. 1 周波数解析

胃電図のピーク周波数は対照実験と比較して A の曝露時のみ有意に増加した。前・後半間の比較では、A を用いた実験では有意に増加し、C では有意に減少した。ピーク周波数のパワー値は、対照実験と比較して A, B, C すべての曝露時において有意に増加した。前・後半間の比較では、A と C では有意に増加した。

4. 2 非線形解析

非線形解析の結果の詳細については、講演での報告とする。

参考文献

- [1] 宮崎 良文(1997) 主観評価と生理応答の対応, 日本官能評価学会誌, 第1巻, 第1号: p.37-42.
- [2] Homma S, Shimakage N, Yagi M, Hasegawa J, Sato K, Matsuo H, Tamiya Y, Tanaka O, Muto T, Hatakeyama K(1995) Electrogastrography prior to and following total gastrectomy, subtotal gastrectomy, and gastric tube formation, Dig Dis Sci, 40: p.893-900.
- [3] Kreier F, Yilmaz A, Kalsbeek A, Romijn JA, Sauerwein HP, Fliers E, Buijs RM (2003) Hypothesis: shifting the equilibrium from activity to food leads to autonomic unbalance and the metabolic syndrome. Diabetes, 52: p.2652.

デジタルプラネタリウムによる放散虫 3D モデルの投映

吉岡 翼^{1*}、竹中萌美¹、松岡 篤²、岸本直子³

¹ 富山市科学博物館、富山市西中野町一丁目 8-31

* yoshioka@tsm.toyama.toyama.jp

² 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

³ 摂南大学理工学部機械工学科、寝屋川市池田中町 17-8

Projection of radiolarian 3D models using digital planetarium

Tasuku YOSHIOKA¹, Megumi TAKENAKA¹, Atsushi MATSUOKA²
and Naoko KISHIMOTO³

¹ Toyama Science Museum, 1-8-31 Nishinakano-machi, Toyama, Japan

² Faculty of Science, Niigata University, 8050 Ikarashi 2-no-cho, Niigata, Japan

³ Faculty of Science and Engineering, Setsunan University, 17-8 Ikedanaka-machi,
Neyagawa, Osaka, Japan

Abstract: We held an event to project radiolarian 3D models into a planetarium dome with a digital planetarium system. Form and scale of radiolarians have a high affinity as a dome image. Projection of radiolarian models into planetarium dome is expected to raise interest in radiolarians and dome architecture.

Keywords: digital planetarium, dome screen, radiolaria, 3D model, 100th anniversary

はじめに

デジタルプラネタリウムは高輝度のビデオプロジェクターを用いてドーム型のスクリーンに映像を投映するシステムであり、星空以外にも様々な映像を映し出すことができる。ドーム空間における全天周映像は、高い臨場感・没入感を多人数が同時に得ることができ、平面スクリーンに比べ裸眼による立体感も高いことから、新しいメディア表現の場としても注目されている。3D モデルの投映も可能であり、天体や宇宙構造物の 3D データは広く活用されているが、生物など非天文分野の 3D モデルを投映に用いる事例は少ない。富山市科学博物館では、プラネタリウムイベントとして放散虫の 3D モデルの投映を行ったので報告する。

投映データの作成

直径 18 m の水平ドームを持つ富山市科学博物館では、デジタルプラネタリウムのシステムとして(株)五藤光学研究所の VIRTUARIUM II Release4 を導入している。同システムでは Wavefront OBJ 形式などの 3D モデルファイルを読み込んでリアルタイム描写が可能である。データの変換や読み込みの際、ファイルサイズが大きいと処理に時間がかかるため、マイクロ CT で得られた 3 種の放散虫の 3D データを元に、表現したい形状が失われない程度に MeshLab を用いてサイズを圧縮して利用した。また、三次元構造を認識しやすいよう、Blender を用いて電子顕微鏡画像に近い像となるテクスチャを作成した。なお、放散虫本来のガラス質のマテリアルをもつ 3D 映像は形状認識が難しいことやプラネタリウムシステ

ムでのリアルタイム描写にもシステム上の制約があったため断念したが、Blender と Adobe After Effects を用いてガラス質のマテリアルを持つ放散虫の動画を事前に作成して投影に使った。

プラネタリウムイベント「キラキラくるくる放散虫プラネタリウム」

イベントは 2020 年 9 月 6 日に開催した。新型コロナウイルス感染症対応のため、242 席の座席に対し 50 名を定員として広報も抑制したが、県内外から定員を上回る申し込みがあった。当日は導入的な講演を前半に行った後、後半で 3D モデルをドーム空間に映しながら解説を行った。対象は小学生以上としたが、ドーム空間での視点移動は特に子どもが酔いやすいことから、3D モデルの投影は 20 分間とした。

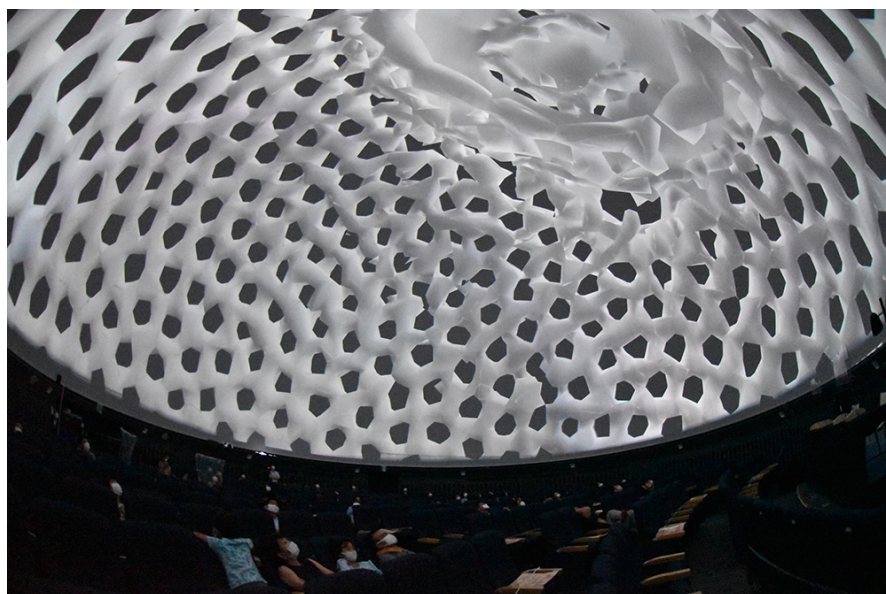


図 1 放散虫の 3D モデルを投影して骨格の内部を観察する場面。

リアルタイム描写による 3D モデルの投影は臨場感を全員で共有することができ、特に放散虫の内部に入る場面（図 1）では参加者から歓声が上がるなど、一体感が強く得られる結果となった。感想を自由記述してもらったアンケートも好意的な意見で占められ、より長い時間見ていたかったというコメントが複数あるなど、放散虫の形態に対する関心や理解を高めることにつながったと思われる。

今後の展望とプラネタリウム 100 周年に向けて

非日常的な微小空間に身を置くという視点は映像に対する新鮮さに貢献していたと思われる、特に球形に近い骨格を持つ放散虫の内部に入る映像はドームスクリーンとの親和性が非常に高く感じられた。今後、よりスムーズなデータ処理や質感などの映像表現の向上を目指すとともに、放散虫以外のコンテンツへの適用も行いながら、VR 空間としてのプラネタリウムの活用やドームスクリーンにおける形態表現の手法について模索していきたいと考えている。

1922 年にドイツ・イエーナのカール・ツアイス社屋屋上に仮設された世界で最初のプラネタリウムドームは測地線ドームの起源とされ、放散虫の骨格がそのモデルになったとされる。プラネタリウム投影機は翌 1923 年に完成し、常設のプラネタリウムは 1925 年にドイツ博物館で公開された。ちなみに、放散虫の研究で知られるエルンスト・ヘッケルは 1919 年にイエーナの地でその生涯を閉じた。プラネタリウム誕生 100 周年を目前とした今、放散虫やドーム建築への関心を高めるためにも、放散虫コンテンツがより多くの施設で投影されることを期待したい。

ジュラ紀放散虫 *Unuma echinatus* の形態的特徴

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

Morphological features of Jurassic radiolarian *Unuma echinatus*

Atsushi MATSUOKA

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

Abstract: The middle Jurassic radiolarian *Unuma echinatus* Ichikawa and Yao is characterized by a spindle test with spine-bearing longitudinal plicae. Longitudinal plicae are common in Mesozoic and Cenozoic radiolarians. *Unuma echinatus* is a rare species that possesses longitudinal plicae with stout spines. The morphological feature of plicae with spines is a unique combination through the 500 million years evolutionary history of radiolarians.

Keywords: Jurassic radiolaria, *Unuma echinatus*, longitudinal plicae, spines, Osaka City University

はじめに

大阪市立大学で開学 140 周年を記念する展示会が開催されることになった。同校は 1980 年代に放散虫化石を用いて地質年代を明らかにする研究で地球科学の発展に大きく貢献した。この“放散虫革命”^[1]とよばれる科学史上のできごとを紹介するにあたり、その立役者であるジュラ紀放散虫 *Unuma echinatus* の模型が制作されることになった。この制作の過程において、*Unuma echinatus* の形態を詳細に観察する際に、本種の特徴である棘は放散虫の進化史の中で特殊な形質であることに気づいた。*Unuma echinatus* にまつわる話題を紹介するとともに、本種の形態の特殊性について指摘する。

Unuma echinatus の形態ならびに“放散虫革命”との関係

Unuma echinatus は大阪市立大学の市川浩一郎と八尾昭によって、1976 に新属・新種として記載された^[2]。属名の *Unuma* は、模式地である岐阜県各務ヶ原市鵜沼にちなんでいる。1976 年の論文では *Unuma* 属の下に *typicus* と *echinatus* の 2 種が記載された。*Unuma* 属の模式種は *typicus* である。もう一方の *echinatus* は、*Unuma* 属の亜属として同時に設立された *Spinunuma* 亜属の模式種となっている。しかしながら、*Spinunuma* 亜属は現在ほとんど使われていない。

図 1 に示されるように、*U. echinatus* は紡錘形の殻に縦に伸びた多数の肋 (plicae) をもつ放散虫である。肋には鋭い棘が発達する。2017 年に日本で開催された第 15 回国際放散虫研究集会 (InterRad 15) を企画するに当たり、この *U.*

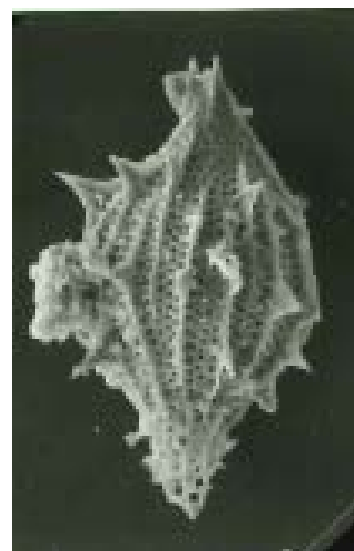
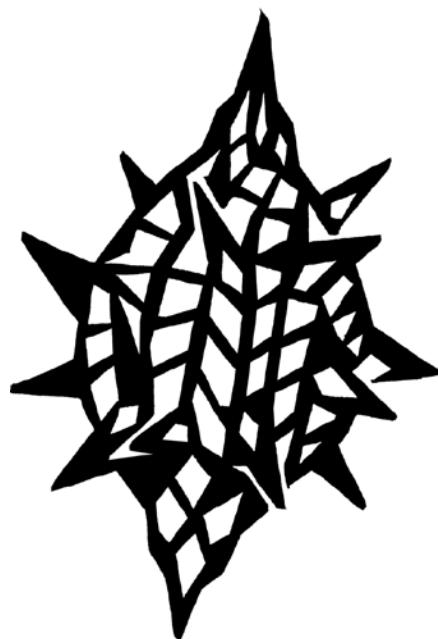


図1 *Unuma echinatus* の電子顕微鏡写真。

echinatus を国際会議のシンボルとすることとし、本種をデザインしたロゴマークが制作された (図 2)。

1980 年代に放散虫研究が爆発的な広がりを見せる中で、年代によって異なる放散虫群集が各地で認識されるようになる。ジュラ紀中世を代表する放散虫群集として *Unuma echinatus* 群集が提唱された。この群集が日本中の地層から発見され、従来古生代と考えられていた地層の年代が中生代ジュラ紀であることが判明した。放散虫化石の研究により、日本列島の形成が 1 億年以上若いことが明らかにされたのである。この“放散虫革命”とよばれる研究展開により、*U. echinatus* の名前は一躍有名になった。当時の地質学研究者の中で *U. echinatus* を知らない者はいなかったといつてよい。



Unuma echinatus がもつ形態の特殊性

中生代に入ってから現代型の放散虫が発展するが、その中には plicae をもつ属が多数知られている。中生代の属としては *Unuma* と同じ Unumidae 科に含まれるとされる

Protunuma 属や *Turbocapsula* 属については、plicae をもつことが diagnosis の中に述べられている。これらの他に、*Hsuum* 属、*Parahsuum* 属、*Archaeodictyomitra* 属、*Dictyomitra* 属なども plicae をもつことが属の重要な特徴となっている。また、新生代にも *Theocyrtis* 属や *Pterocorys* 属などの放散虫には、plicae をもつ種が含まれている。このように plicae 自体は放散虫に普通に見られる形態要素といえる。しかしながら、plicae 上に頑丈な棘をもつ種は、*U. echinatus* 以外にはほとんど知られていない。言い換えると、*U. echinatus* は放散虫の進化史上ユニークな形態要素の組み合わせをもつ種である。

図 2 *Unuma echinatus* をモチーフにした InterRad 15 のロゴマーク。

おわりに

一般に放散虫の棘は、軟体部である軸足が伸びる向きに発達する。したがって、*U. echinatus* も生息時には棘の先端から軸足を伸ばしていたことが想定される。この軸足にどのような機能があったのかは興味深い。棘の機能という観点からの検討がこのユニークな形態の理解につながる可能性がある。

文献

- [1] 石垣 忍・八尾 昭, 1982. 放散虫革命－放散虫研究者と現場教師の対話－. 地学教育の科学運動, no. 11, 93–102.
- [2] Ichikawa, K. and Yao, A., 1976. Two new genera of Mesozoic cyrtoid radiolarians from Japan. Progress in Micropaleontology, 110–117.

黒い雨の形態解析

小川 進

空間技術研究所, 東京都江東区東陽 3-1-5

E-mail: ogawa_susumu_phd@yahoo.co.jp

Shape analysis for black rain in Hiroshima

Susumu Ogawa

Institute of Spatial Technology, Toyo 3-1-5, Koto, Tokyo

Abstract: On August 6, 1945, an atomic bomb was fallen down on Hiroshima city. An fire ball fired this city with victims of 166,000 and black rain polluted the victims. From an aerial photo by B29, the shape of black rain was estimated and fitted with the victim testimony.

Keywords: Atomic Bomb, Nuclear cloud, Spatial distribution, Wet deposit

1. はじめに

1945 年 8 月 6 日 8 : 15, 広島市中心部にエノラゲイが原子爆弾を落とし, 死者数は 166,000 人に及んだ. 被爆直後から, 気象, 放射線, 医療の総合的な調査¹⁾が行われたが, 依然として, 被爆者の後遺症は続き, 黒い雨訴訟²⁾も提起されている. 黒い雨の降雨範囲が問題とされている. ここでは当時のデータ, 特に空中写真³⁾から黒い雨の形態を推定し, 検証した.

2. 方法

投下 1 時間後の爆心地より南南東 80km の地点から撮影された米軍の空中写真 (図 1 : 焦点距離 185mm) と黒い雨訴訟¹⁾の降雨範囲の推定図 (図 4) を使用した. 空中写真から黒い雨の雲を切り出し, 水平方向に補正を行い, 2 値化した. 訴訟で提出された黒い雨の範囲と空中写真より復元した雨雲を重ね, 検証した.

3. 結果

図 1 に示すように, 原爆雲は 10.6km の高さで, 17.5km の幅で, 黒い雨の雲は水平方向 35km, 高さ 1500m で北北西に伸びている. この部分を切り出し, 2 値化し, 図 4 の黒い雨の範囲に合わせて, 水平方向に延ばし, 回転させた (図 5). 図 4 と図 5 を重ね合わせた (図 6). 同図は黒い雨訴訟の原告らの被曝証言と一致し, すべての被爆者の位置を被覆した.

4. 考察 : 白い雪, 黒い雨, 白い雨

原爆の直後, 放射性同位体は火球から等方的に飛来し, 地上及び空中に分散した. 放射性同位体の金属元素は酸化し, 白色の結晶として雪のように落下した. 一方, 地表面は熱線で水蒸気を蒸発し, 木造家屋は発火し, 黒煙を上空に吐き出した. この結果, 1.5 km 上空には積雲が列状に形成され, 黒い雨をもたらした. また火球による積乱雲は, 白い雨をもたらした.

5. 結論

米軍が撮影した原爆のきのこ雲から、黒い雨をもたらした雨雲の形態を推定した。雨雲の形態は被爆者の証言に一致した。被曝は黒い雨、白い雨、白い雪の3態でもたらされた。

参考文献

- 1) 日本学術会議原子爆弾災害調査報告書刊行委員会編，原子爆弾災害調査報告集，1953.
- 2) 矢ヶ崎克馬，意見書「広島黒い雨の特性，広島地裁提出，2017.
- 3) 広島市長崎市原爆災害誌編集委員会，広島・長崎の原爆災害，岩波書店，1979.

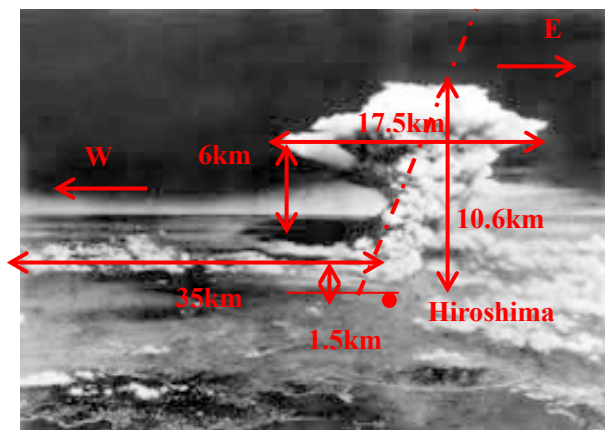


図1 原爆雲の形態 (9:15撮影)

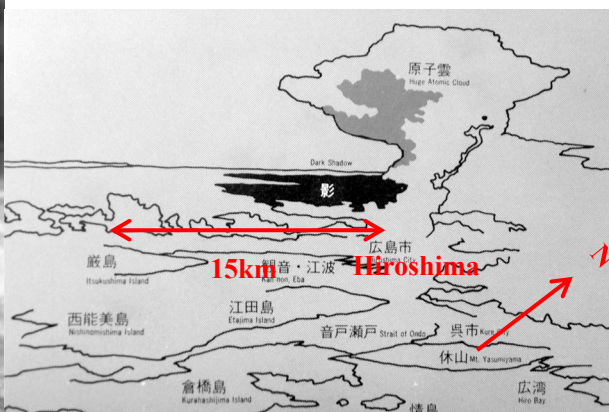


図2 原爆雲の位置図 (矢ヶ崎, 2017)



図3 B29の撮影位置と画角

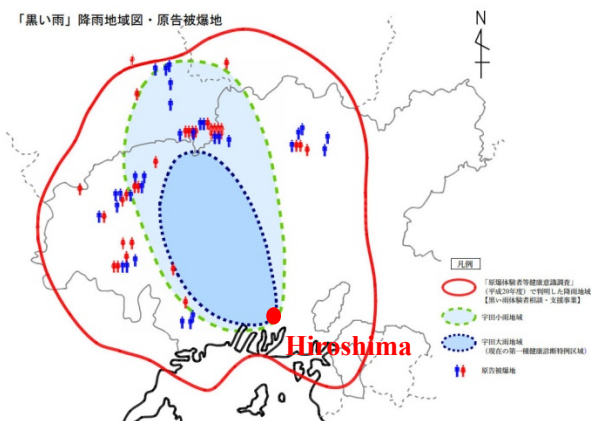


図4 黒い雨の範囲。青と赤の人は被曝者。

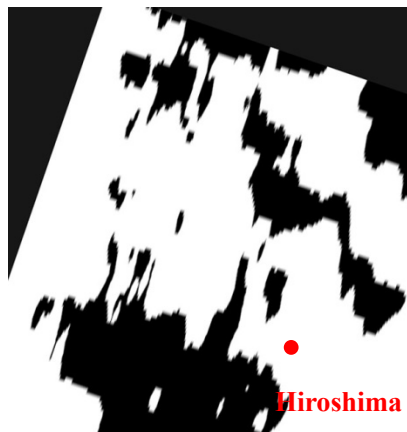


図5 空中写真から推定した雨雲の形状

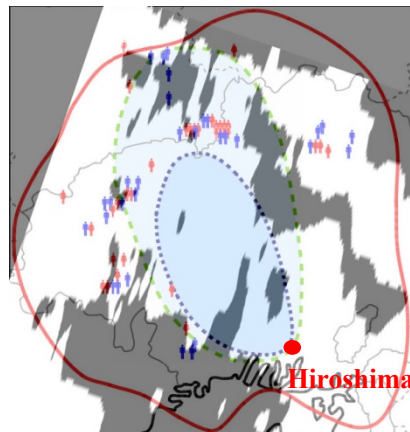


図6 黒い雨の合成画像。被曝者の位置と一致。

「天文楽」表：2019 年 11 月 11 日の水星過日

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

Astronomy Toys for the Transit of Mercury: Exercises on 11 Nov 2019

Takeshi Sugimoto

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

Keywords: Mercury, Transit, Construction Geometry, Toy Modelling

1. いとぐち

水星過日とは水星の日(太陽)面経過をいう。太陽より小さい内惑星が白昼に黒点となり太陽面を移動する食の一種である。ヨハネス・ケプラーが「天象予報(1629)」で発表し、フランスのP・ガッサンディによる1630年11月3日の水星過日観測が人類史上初となる。天文学上の意義は、(1)経度決定への活用(E・ハレー、1677)および(2)天文単位決定への活用(ハレー論文、1716)にあった。現代への「水星過日」再生として、児童向け「天文楽」教材の開発を目指す。昼の天体観測および作図と計測による解析が要点である。

2. 水星観察と結果の解釈

水星は最大離角 14° 程しかない内惑星であって、観察は難しい。「コペルニクスは水星を見たことがない」という科学系都市伝説が存在するほどだ。

(1) 明星の観察：2018年12月15日夜明け前の城ヶ島で、裸眼と双眼鏡($\times 10$)にて観察し、その小ささを実感した。

(2) 水星過日の観察：2019年11月11日ロンドンのハイド・パークで、眼に優しいSolar Scopeにより観察した。画像を撮影し、後日水星の視直径および軌道について解析して、満足のいく結果を得た。紙ベースの画像解析および作図・計測で解釈は可能である。

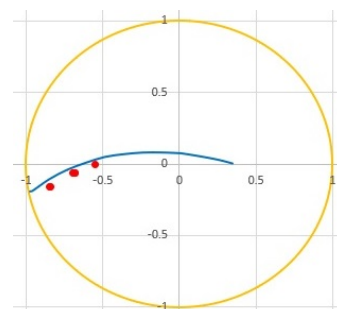


図1. 日面上の水星軌道

(青線は予測；ドットは実測)

3. まとめ

水星を対象とした児童向け天文学の教材開発の骨子を示した。明星(裸眼もしくは双眼鏡)および水星過日(Solar Scope)の観察法を実証した。「見えた」以上の満足感はその後の解析(作図・計測)から生まれる。教材の特徴として、科学史という位相の折り込みを掲げる。経度決定問題の歴史(天測から海事時計へ)および天文単位決定の歴史(金星過日と科学の黒船)である。「天文楽」は効果を挙げ得る。次の水星過日は2032年11月13日である。15時40分ころから見られる(日没による中断は残念だが)。

[文献]

USA & UK National Almanac Offices (2016), “Astronomical Phenomena for the year 2019,” (Crown Pub., London), 91pp.

T. Sugimoto (2018), FORMA, 33 (Special Issue), pp.S17-S22.

T. Sugimoto (2019), Trans. Soc. Math. Sci., 20(1), pp.3-7.

国立天文台暦計算室「日面経過各地予報」(Online App).

「天文楽」裏：2020 年夏の夜空の珍事

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

Exercises by the rare astronomical observations in the summer of 2020

Takeshi Sugimoto

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

Keywords: Meteor, Conic Sections, Comet, Conjunction

1. 習志野隕石

2020 年 7 月 2 日午前 2 時 32 分に満月よりも明るい火球が現れた。神奈川県南足柄郡上空から千葉県浦安市東京ディズニー・ランド&シー上空越えて 7 秒で流れ、消失した。火球の軌跡を図 1 に、大まかに示した。火球の正体は隕石で、千葉県習志野市内で破片が見つかった。建物にぶつかったため二つの欠片に分かれていた。回収された隕石は科学博物館にて調査中である。このことについて、以下の問いに答えよ。有効数字は二桁とする。

- (1) 出現点から消失点までは 104[km]ある。この間の飛行速度[km/s]を求めよ。
- (2) この隕石の落下を地球との引力による二体問題としてとらえ、その軌跡を（楕円、放物線、双曲線）の中から推定せよ。上で求めた飛行速度と第一宇宙速度（7.9[km/s]）および第二宇宙速度（11[km/s]）との関係を根拠とせよ。空気抵抗の影響は無視してよい。
- (3) 回収された隕石の大きさは、破片甲が 45[mm]×30[mm]×25[mm]で 63[g]で、破片乙が 50[mm]×35[mm]×20[mm]で 70[g]であるという（科博発表）。形として直方体と四角錐の中間形態（足して二で割った値）を想定して、破片甲と乙の密度[g/cm³]を求め、さらにその算術平均値を求めよ。

2. NEOWISE 彗星

この彗星は、探査衛星 NEOWISE が 2020 年 3 月 28 日（日本時間）に発見した。7 月 4 日（日本時間）に近日点を通過すると、明るさを増し、肉眼で観察できる彗星になった。7 月 15 日までは夜明け前に北西の空に見えていたが、この日以降は日没後に北西の空に現れた。このことについて、以下の問いに答えよ。

- (1) NEOWISE とは Near-Earth Object Wide-field Infrared Survey Explorer の略である。この探査衛星は、こういった周波数領域をとらえる電波望遠鏡を備えた、何を探す衛星であるか。
- (2) 7 月 15 日を境に、彗星が見える時間帯が変わったことについて、彗星と太陽と地球（昼夜の別）の位置関係を天頂から見た略図に表し、そうなった訳を説明せよ。

〔文献〕

国立科学博物館、各地で観測された火球が隕石であることを確認、(2020 年 7 月 13 日)、5pp.

SonotaCo Network、火球の光学的観測から予想された地域における隕石の回収について、(2020 年 7 月 13&15 日)、10pp.

モジュラー折り紙プラスキラリティで制作する 3D フラクタルツリー

八十嶋裕 ○八十嶋章雄

SSDS Symmetric 福井県坂井市三国町殿島 2-19

yaso0511@yahoo.co.jp

3D fractal tree created with modular origami plus chirality

Yutaka Yasoshima ○Akio Yasoshima

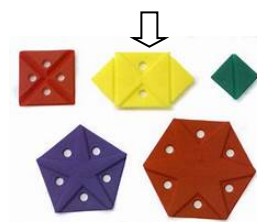
SSDS Symmetric Tonoshima 2-19 Mikuni Sakai-City Fukui Pre. Japan

Abstract: A figure called a "fractal tree" is made by repeating the operation of two branches extending from the bottom on a plane and branching into two again at a certain length. The same operation has been realized in 3D. I will explain in detail how to assemble. We will also discuss whether this solid meets the fractal requirements by comparing it with cases such as Sierpinski gaskets.

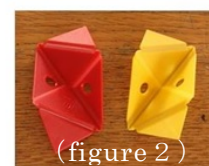
Keywords: fractal tree, 3D, Sierpinski gaskets, fractal

1. 「i-gami」で無限に正三角形の空間を構成する。

「i-gami」という構成玩具に含まれる 5 種類のモジュールのうちの「ichigami」(figure 1) を使って、3 次元空間の中に「正三角形を底面とする反角柱」を構成する手続きを無限に繰り返すことができる。折り紙は、2 次元のものを 3 次元にする技術である。「モジュラー折り紙プラスキラリティ」は、シート状のモジュールを使って、3 次元の袋状の構造物を組み立てる技術である。モジュールの大きさは変化しない。使われる立体の辺の長さは、比が $\sqrt{2} : 1$ の 2 種類である。ただし、折り方は正方形部分を対角線で「右上がり谷折り」(A 折り)と「左上がり谷折り」(B 折り)に折り分け、これらのキラルなパーツを組み合わせて構成する。(figure 2)



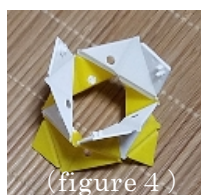
(figure 1)



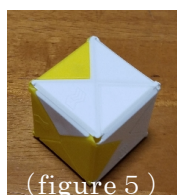
左が「B折り」、右が「A折り」

2. 正三角形の空間を構成するアルゴリズム

① A 折りのモジュールと B 折りのモジュールを 3 枚ずつ中心線が直角に交わるように交互に接続する。(figure3) ② ①で作った「モジュール 6 枚連続したもの」をリング状に接続する。すると、2 回対称の軸を持つ正反 3 角柱の空間を示す構造物ができる。(figure4) ※開いている所を閉じると立方体 (角錐面正 4 面体) (figure5) になる。③ ②で構成した、開いた 2 箇所の一



(figure 4)

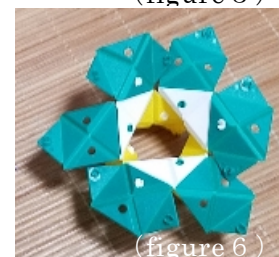


(figure 5)

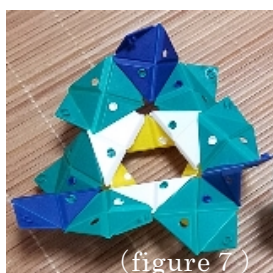


(figure 3)

方に 6 枚のモジュールを接続する。(繰り返すアルゴリズムのスタート) (figure6) (緑色は A 折り・白は B 折り) ④ ①でできた正 3 角形の頂点に接する隙間に、キラルなモジュール (青) を接



(figure 6)



(figure 7)

続する。(figure 7) ⑤ ④で接続した青の先にキラルな緑を接続する。すると、緑色の折り目が3本連なるのが見えるようになる。この3本の緑の折り目で、次の3つの正三角形の空間ができる。(figure 8) → (figure 9) 比較のためにこれを閉じる。(figure 10)



(figure 8)

結局、立体としては、正反3角柱と正4面体が使われる。正反3角柱をスタートとして、正3角形の底面に正4面体を接



(figure 11)

合し残りの正4面体の3つの側面にそれぞれ正反3角柱を接合した結果、正3角形の空間を繰り返し構成する、アルゴリズムを作り出すことができた。必要に応じて、接合する正反3角柱を積み重ねて、隣接する構造間の干渉を避ければ、無限に繰り返す



(figure 12)

ことができる。柔らかい素材で構成すれば、肺胞細胞のような稠密な構造ができることが予想される 2 回繰り返した構造物 (figure 11) とこれを閉じた多面体 (figure 12)



(figure 9)



(figure 10)

3. シェルピンスキーのガスケットとの比較

1. 正三角形を用意する。2. 正三角形の各辺の中点を互いに結んでできた中央の正三角形を切り取る。3. 残った正三角形に対して2の手順を無限に繰り返す。上記の手順の結果できる図形がシェルピンスキーのガスケットである。(Wikipedia より) モジュラー折り紙プラスキラリティで制作する 3D フラクタルツリーに関して、この説明を対比して表現すると、1'. 正三角形の空間を用意する。2'. モジュール 12 枚をモジュラー折り紙の技術で組み立て接合して、symmetric で合同な「正三角形の空間」を3個作成する。3'. 作成された「正三角形の空間」に関して2'の手順を無限に繰り返す。

4. フラクタルであるための要件の検討

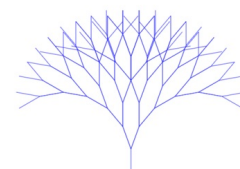
① 微細な構造は存在しない。②自己相似（合同）である。（自分自身の縮小コピー（1分の1）を集めてできている。③簡単な操作の繰り返しで作られる。④自然界に似たものがある。⑤古典的な幾何や数学の方法では扱えない？⑥「大きさ」は測り方によって異なる？⑦フラクタル次元は確定できない。

5. 参考文献

①フラクタル（岩波科学ライブラリー）/
ケネス・ファルコナー/服部 久美子
（自然科学・環境：岩波科学ライブラリー）

②<https://ja.wikipedia.org/wiki/%E3%83%95%E3%83%A9%E3%82%AF%E3%82%BF%E3%83%AB>

③私編 雑科学ノート <https://hr-inoue.net/zscience/topics/fractal/fractal.html>



フラクタルツリー（2次元）



シェルピンスキーのガスケット
ウィキペディアより

カラー 2 次元コードの配色効果

遠藤 敏喜 波多野 修一 河原 弘太郎

end@prf.jiyu.ac.jp s11127@std.jiyu.ac.jp kawahara@jiyu.ac.jp

自由学園最高学部 〒203-8521 東京都東久留米市学園町 1-8-15

Human Imagination Effects of Color Arrangement in the Color 2D Code “IoTCode”

Toshiki ENDO, Shuichi HATANO, and Kotaro KAWAHARA

Jiyu Gakuen College, Gakuen-cho 1-8-15, Higashikurume-shi, Tokyo 203-8521, Japan

Abstract: QR コードは白黒のドットの集合でデザインが無機質となりがちである. そのためコードをカラー化する研究が進んでいるが, 本講演では, カラーコードの色彩配色について議論する. 株式会社 IT 働楽研究所の IoTCode を実例に, 現代におけるカラーコードの有用性を述べる.

Keywords: Color Combination, Colored 2D Code, IoTCode, Impression Evaluation

1. はじめに

携帯電話やスマートフォンの普及に伴い, QR コードに代表される 2 次元コードがウェブサイトや商品に掲載されるようになった. 2 次元コードは, バーコードのように横一方向にしか情報を持たない 1 次元コードに比べて, 縦横 2 方向に情報を持つため, 埋め込める情報量が大きく, テキストデータだけではなく画像や音声などのバイナリデータも扱うことができる^[1]. しかし, コードは主として黒と白の 2 色で構成されており, 雑音状に配置された幾何学模様と相俟って, 紙面や商品のデザイン性や美観を損ねることが問題として指摘されている^[2]. この問題に対して, コードの一部を画像化したり, 符号化方法そのものを変更してカラーパターンを導入したりする試みがなされている.

このような背景のもと, 株式会社 IT 働楽研究所が開発した 2 次元コード IoTCode は, コードそのもののカラー化により, 収納できるデータ容量を約 10 倍に広げ, さらに, 公開情報に加えて秘匿情報も流通可能としたことにより, 業界で注目されている^[3]. 図 1 にコードの例を示す. 本研究は, IT 技術の側面ではなく, IoT コードの色彩面に注目する. とくに配色の観点から, コードの復号に影響を与えることなく, コードのデザインがより有機的なものに変更可能であることを主張する.

1. 配色の視覚効果

今回は, IoTCode に 4 つの色を使用する. ここで 4 つとは, PCCS 色相環から選んだ 2 色 (基準色) と, その一方の明度を変えた色, 白色である. 配色調和は, 基準色の色相環上での距離をもとに, 同一, 隣接, 類似, 中差, 対照, 補色の 6 つの色相配色が基本的である. 色の組み合わせがどのような評価をもたらすか, 本学学生に対する SD 法による官能検査を実施したが, 基準色の色系と色相調和の組み合わせと学生のカラーコードへの種々の印象に顕著な相関性が出なかった. これは白黒がカラーになったことにより, ドットの雑音性が薄れたからではないかと判断している.

2. カラーコードのデザイン性

2.1. 歴史上の芸術家の色彩分析とカラーコード

芸術家で教育者であったヨハネス・イッテン (1888-1967) は, 中世から近代にいたる名作を教材に, 学生たちに勉強として色彩コンポジションの抽出作業をさせた. 細かい部分は捨象し, 絵画に用いられる色調とその割合を帯状に要約させたのである. このことは, 絵画のカラーコード化の実現可能

性を示唆する。図 2 にマルク・シャガール(1887-1985)の作品とそのカラーコードを示す。美術館などにおいて、展示作品のスマホ解説にコードを活用する事例が増えているが、カラーコードは、作品と親和性の高い展示様式を可能にする。



図 1: IoTCode の例

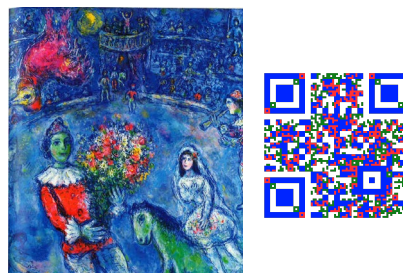


図 2: シャガール「紫の雄鳥」
絵画とカラーコード

2.2. アニメキャラクターとカラーコード

嗅覚, 聴覚, 触覚など様々な感覚の中で, 視覚における色彩感覚は, 人間の心理過程によって生じる一面があることはよく知られている。そのため, アニメーション作品では, 配色が重要な要素となっており, 登場するキャラクターの色合いは, キャラクターのイメージをもとに考えられて設定されている。とくにキャラクターが人型の場合, 色彩がもっとも明示的に表れるのは髪色である。顔の造作などが簡略化されていることから, 髪色の違いによりキャラクターが区別化される。その他, 装飾品や服装や持ち物などでアクセントカラーがつけられる。これらにはキャラクターの性質から連想される色が配色される。したがって近年のアニメキャラクターはカラーコード化が難しい。図 3 は, 尾田栄一郎による少年漫画『ONE PIECE』(集英社・週刊少年ジャンプ掲載)を原作とするテレビアニメの主人公とその仲間をイメージして作成したカラーコードであるが, 本学学生を無作為に選んで調査したところ, どのキャラクターのコードを表すかを 70%以上が正しく言い当てた。



図 3: テレビアニメの登場人物を想起させるカラーコード

2.3. 商品パッケージとカラーコード

誰もがスマホを持つ時代では, 生活者は商品パッケージに印刷されたカラーコードにスマホをかざすことでメーカーの提供する情報を読み取ることが可能である。これまでパッケージに記載されていた説明はカラーコードへ変えられる。カラーコードは商品パッケージとしてのデザインとみなせる。

謝辞

IoTCode は株式会社 IT 働楽研究所の登録商標である。本研究での使用を許可して下さった同社に心から感謝申し上げる。

参考文献

- [1] 池田和興,『例題が語る符号理論: BCH 符号・RS 符号・QR コード』, 共立出版, 2007
- [2] 新価値創造展事務局(株式会社 日経イベント・プロ),「IoT 技術を活用して新たな二次元コード IoTCode を開発」, 新価値創造ポータル“Break Through 企業インタビュー”, 2018 年 11 月 13 日掲載記事, <https://shinkachi-portal.smrj.go.jp/webmagazine/8ecen/>, 2020 年 5 月 1 日閲覧。
- [3] 暴満栗・藤吉正明・貴家仁志, カラー情報付加による QR コードの多機能化, 映像情報メディア学会技術報告 36 (2012), 1-4.

ACトラップにおける 帯電微粒子の運動の諸形態

Various motions of charged fine particles in an AC-trap

宮崎修次

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

miyazaki.syuji.8m@kyoto-u.ac.jp

Syuji Miyazaki

Graduate School of Informatics,
Kyoto University, Yoshida-Honmachi,
Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, Japan

Abstract: An AC trap is a device, which is a ring-shaped conductor with radius about 15mm connected to several hundreds or thousands alternating-current source and confines charged fine particles. Preceding experimental studies found regular and chaotic motions for a few particles, and an irregular motion near the center in addition to pulsating motion of the outer shell for large number of particles. The latter may be called a partial *melting* state. Some experimental results are reproduced by a mathematical modeling and numerical analyses in the present study.

Keywords: AC trap, Paul trap, chaos

ここで扱うACトラップとは、半径 $r_0 = 10\text{mm}$ の円輪状の導体を約数百～数千Vの交流電源に接続し、振動電場を生じさせ、帯電微粒子を閉じ込める装置である。円輪状の導体の上下に平行平板電極をおき、帯電微粒子の重力を相殺する定電場を印加する。帯電微粒子として金メッキを

施した半径 $30\mu\text{m}$, 質量 $m \approx 10^{-10}\text{kg}$ のシリカゲル製の球が用いられる。¹ ACトラップに複数の帯電微粒子を閉じ込めると、様々な集団運動が見られる。² 先行研究の実験結果では、少数個では、規則的運動やカオス的な運動が観測され、多数個では、中心付近が不規則な動きをしつつ、その外側が規則的に拍動する一部「融解」状態を呈する場合がある。さらに、短い毛糸の切れ端のような細長い物体を閉じ込めると、丸まったり、伸びたり、ヘリックス・コイル転移のようなことまで起こり、非常に興味深い動きを見せる。研究の当面の主目的は実験を忠実に再現する数値解析用のシミュレーションモデルの構築と、実験で観測された諸現象の再現である。 xy 平面を円輪帯電体を含む水平面にとり、これと垂直に z 軸をとる。 $x^2 + y^2 = r_0^2$ で与えられる円周上に線密度 λ で電荷が分布する帯電体を考える。後に、この帯電量は時間的に振動させる。帯電体上の任意の点 $(r_0 \cos \phi, r_0 \sin \phi, 0)$ と電場を求める点 $P(r \cos \phi, r \sin \phi, z)$ との距離を R とすると、点 P の電位 U は、 $U(r, z) = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \int_0^{2\pi} \frac{\lambda r_0 d\phi}{R}$ と表される。ここで、帯電体は真空中におかれているとし、 ϵ_0 は真空の誘電率である。この積分を実行すると、第1種完全楕円積分 K を用いて円輪帯電体により生じる電位 U は無次元化を施すと、 $u(\rho, \zeta, \tau) = \frac{1}{\sqrt{(1+\rho)^2 + \zeta^2}} K \left(\sqrt{\frac{4\rho}{(1+\rho)^2 + \zeta^2}} \right) \times (A_{dc} + A_{ac} \cos \tau)$, ($\rho = r/r_0$, $\zeta = z/r_0$,

$\tau = \Omega t$, $A_{dc} = \frac{q\lambda}{2\epsilon_0 m r_0^2 \Omega^2}$, $A_{ac} = R A_{dc}$,
 $u = \frac{\pi\epsilon_0}{\lambda} U$) のように与えられる.
 $q (\approx 9.6 \times 10^{-15} \text{C})$ は帯電微粒子の帯電
 量, $\lambda (\approx 10^{-10} \text{C/m})$ は円輪帯電体の直流
 成分の電荷の線密度, Ω (数 kHz) は交流
 成分の角振動数, R は直流に対する交流の
 振幅比である. 原点のまわりで展開する
 と, $u(\rho, \zeta) \approx 1 + \frac{1}{4}\rho^2 - \frac{1}{2}\zeta^2$ となる. 交流
 成分がない限り, r^2 の項の符号と z^2 の項
 の符号が逆で, 原点は安定な平衡点ではな
 い. 帯電微粒子を閉じ込める機構は, 支点
 を高い振動数で揺るときに生じる単振り
 子の逆立ち状態と同じで,³ 円輪帯電体の
 電荷の線密度が $\lambda(t) = \lambda_{dc} + \lambda_{ac} \cos(\Omega t)$
 のように時間的に周期的に振動すること
 で, このような周期外力が実効的なポテン
 シアルとしてもとのポテンシャルに加わ
 り, Ω がある閾値を越えると, 不安定な平
 衡点が安定な平衡点に変化することによ
 る. この安定化機構により, 具体的には,
 エネルギー散逸が小さく, かつ, $R > 1$,
 かつ, $\Omega \gg \sqrt{\frac{q\lambda}{4\epsilon_0 m r_0^2}}$ という条件を満た
 すと, 一つの帯電微粒子は原点に捉えられ
 る. 最後の不等式の右辺は1程度の量なの
 で, 角振動数が kHz 程度の交流電源を用
 いれば条件を充足する. また, 複数の帯電
 微粒子がある場合も, その重心の初期値が
 原点近傍にあれば, 重心も原点に捉えられ
 る. 庄司らの研究グループによる先行研究
 の実験結果によると, 帯電微粒子が2個の
 ときは, 重心と相対座標が共にほぼ静止す

る場合と, 重心が静止し, 相対座標が振動
 する場合がある. 3個のときは, 正三角形
 に近い形を作り, 重心が静止し, 帯電微粒
 子が重心に近づいたり, 離れたりするよう
 な振動が生じることがある. また, 重心は
 静止したまま, 相対座標は大きく不規則に
 変動し, 3つある帯電微粒子のうちの2つ
 が入れ替わるようなことも起こる. 入れ替
 わりの途中で天体力学の「直線解」のよう
 な配置を経るようにも見える. 粒子が多い
 ときは, 電圧の大きさによって, 全ての帯
 電微粒子が規則的に静止する「結晶」状態
 を呈する場合や, 中心付近が不規則な動き
 をしつつ, その外側が規則的に拍動する一
 部「融解」状態を呈する場合がある. 粒子
 数が数個程度の実験と数値解析の比較は既
 に報告した.⁴ 先行研究の実験結果によ
 ると, 多数粒子の場合の様々な集団運動も観
 測されている. 上記のシミュレーションモ
 デルの50粒子程度までの数値解析を実行
 し, 上記の実験結果と比較を行う.

参考文献

- 1 Ishizaki, Hata and Shoji,
J. Phys. Soc. Jpn. **80** (2011)
044001.
- 2 Ishizaki, Hata, Shoji and Furuta,
Procedia IUTAM **5** (2012) 234.
- 3 戸田, 渡辺, 非線形力学, 第2章,
共立出版 (1983).
- 4 宮崎, 野中, 岡田, 秦, 日本物理学会
秋季大会講演概要集, 13aPS-43
(2019).

イオンチャネルの異常輸送と オンオフ間欠性 Anomalous transport of ion channels and on-off intermittency

中根直哉, 宮崎修次 *

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

*miyazaki.syuji.8m@kyoto-u.ac.jp

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

Abstract: It is proposed that anomalous transports of ion channels modeled by granular dynamics is derived from a mechanism of on-off intermittency, in which a particle is driven by a temporally periodic forcing in a spatially periodic potential.

Keywords: Ion channel, Anomalous transport, On-off intermittency, Granular dynamics

容器に粉体を入れ、適当な高さの仕切りを入れて二分し、鉛直方向に加振すると、加振振動数などの制御変数をうまく調整することで、片方の部屋に粉体が偏る凝集現象が生じ、粉体のマクスウェルの悪魔と呼ばれることがある [1]。容器全体を少し傾けて同様の加振を行うと、水平方向に一樣な流れが生じ、あたかも仕切りのところで、「悪魔」が粉体を一方向に動かす状況が生じる。容器の両室の非対称性を表すパラメータ（例えば、傾けた角度）を磁性体の外部磁場になぞらえると、相転移や臨界現象が生じ、臨界指数、指数関係式、スケーリング関数を導出することができる [2]。文献 [1] においては、片方の部屋の数密度 n についての時間発展方程式 $\dot{n} = -nF(n) + (1-n)F(1-n)$ の導

出がなされた。右辺第一項は粉体の数密度 n の部屋から隣の容器への流出、第二項は逆向きの流入を表す。隣の容器の数密度は $1-n$ である。第一項のみを考慮し、 $F(n)$ を定数とおくと、部屋から一樣な割合で粉体が逃げ、残った粉体の個数が指数関数的に減少する様を表している。ロジスティック写像 $x_{t+1} = ax_t(1-x_t)$ で a を 4 よりわずかに大きくとったときに、区間 $[0, 1]$ に一樣にとった初期点がこの区間に残る割合の時間発展も同様である。また、この区間に滞在する時間の分布関数も指数関数として与えられ、 $F(n)$ （この場合は定数）と一定の関係がある。この滞在時間の分布関数がべき分布の部分を持ち、長時間の滞在を許せば、すべての初期点が逃げ出すという緩和に遅い異常拡散のような異常な輸送現象が生じることが予想できる。Hodgkin らが提唱したイオンチャネルの粉体モデル [3] は 2 つの部屋を細長い通路でつないだ構造をしている。全体を通路の方向と垂直な水平方向に加振すると、その中の粒子は Ussing が提唱した受動輸送に関する方程式に基づいて 2 つの部屋を行き来するのではなく、それからは大きくずれた異常な輸送現象が発生した。このような異常輸送を一系列縦隊拡散を用いて解析した研究 [4] もあるが、イオンを部屋に閉じ込めるポテンシャルとイオン間相互作用を平均化したポテンシャルを一括したならされたポテンシャルの中の一つのイオンの運動に周期外力が加わったものとみなすと、完全カオス同期の破れに伴う間欠性（オンオフ間欠性）[5] による異常な輸送現象が生じる。

単一の種類の粉体ではなく、図 1 に示したように、粒径の異なる二種類の粉体を水平方向に加振すると、加振方向、あるいは、それと垂直な方向に縞模様が現れ、二種類の粉体が分離することがある。Asakura-Oosawa の提唱 [6] に始まる depletion force を用いた縞模様の生成機構の説明がさまざまなされている。二種類の粉体のそれぞれの密度の差が Cahn-Hilliard 方程式に従うとする現象論の提案もなされている [7]。これらの先行研究は上記の平均化したポテンシャルを直接導出するものではないが、個々の粉体が山や谷のある実効ポテンシャルに影響を受けて、縞模様のような不均一な構造に至ると仮定することはそれほど不自然ではないように思える。

ここでは、空間的な周期ポテンシャルと周期外力によるオンオフ間欠性の描像に基づいたイオンチャンネルにおけるの異常な輸送現象に関する解析結果を報告する。

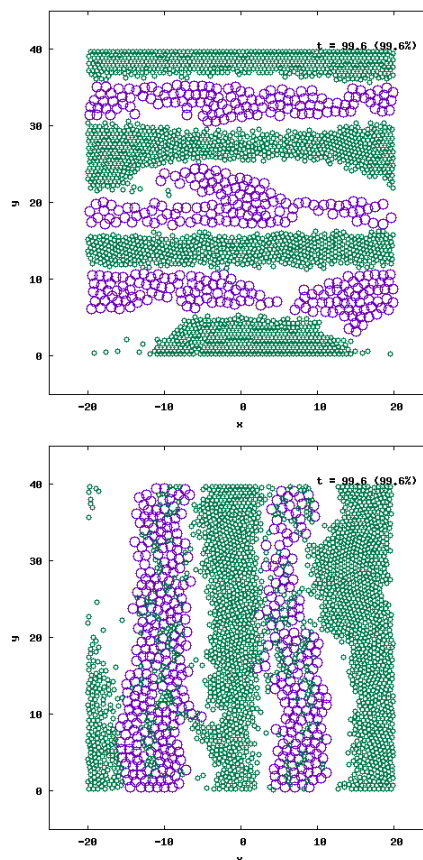


図 1 二種類の粒径の粉体の水平加振による縞模様。パラメータの値によって、加振方向に、または、それと垂直に縞模様ができる。

参考文献

- [1] J. Eggers, Phys. Rev. Lett., **83**, pp. 5322 - 5325, (1999).
- [2] 野中・宮崎, 日本物理学会 第 75 回年次大会講演概要集, 19aPS-71, (2020).
- [3] A. L. Hodgkin and R. D. Keynes, J. Physiol. **128**, pp. 61 - 88, (1955).
- [4] T. Ooshida *et al.*, Biophys. Rev. Lett., **11**, pp. 9 - 38, (2016).
- [5] H. Fujisaka and T. Yamada, Prog. Theor. Phys., **69**, pp. 32 - 47 (1983).
- [6] S. Asakura, F. Oosawa, J. Chem. Phys., **22**, 1255 (1954).

- [7] M. Pica Ciamarra, A. Coniglio and M. Nicodemi, Eur. Phys. J., E **22**, pp. 227 - 234 (2007).

児童がイメージする空気と水の形

後藤勝洋¹ 松浦執²

¹ 渋谷区立西原小学校 東京都渋谷区西原 2-22-1,

東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科,

² 東京学芸大学教育学部, 東京都小金井市貫井北町 4-1-1,

E-mail アドレス: m155507s@st.u-gakugei.ac.jp

The shape of air and water that children imagine.

Katsuhiro Goto¹, Shu Matsuura²

The United Graduate School of Education Tokyo Gakugei University,

4-1-1 Nukuikita, Koganei, Tokyo 184-8501,

Tokyo Gakugei University, Faculty of Education,

4-1-1 Nukuikita, Koganei, Tokyo 184-8501.

Abstract: The purpose of this study is to examine how children describe the volume change of air and water with temperature. After confirming the volume change in the experiment, the child illustrated the inside of the air and water. The children evaluated each drawing and chose the one that best represented the changes in air and water. An analysis of pictures drawn by children showed that there is a tendency to personify them in order to explain. It was also found that while water is often expressed in the form of round grains, air is often expressed in the form of clouds.

Keywords: critical thinking, weight and volume, illusion, science education.

1 はじめに

小学校理科第4学年の粒子を領域とする分野では、水や空気を実体的な視点で捉えることが求められている。菊池ら（2014）は、小学校に粒子概念を導入し、空気と水のイメージ図を描く研究を行った。その際のスタンスとして、粒子概念にまつわる最低限必要な知識を教師が教えてから、思考させる授業構想を用いていた。一方、吉川ら（2017）は、児童自身が空気や水の小さな粒子となってみんなが集まった時の振る舞いとして起こることを想像する擬人化体感学習により、粒子の世界を学ぶ方法を取り入れている。このように空気や水を実体的にとらえる手法はいくつかあるが、本研究では児童に解釈可能であり、かつ、主体的に自らの能力の範囲で解釈可能な図は何かを探っていくことを目的とする。

2. 研究の方法

小学校第4学年理科「物の体積と温度」の単元において、空気や水を温めたり、冷やしたりした時の体積変化を図に表す活動を行う。その際、児童には、相互評価を基に解釈が妥当だと判断した図を選ばせる。児童がどのような図を選んだかを検証する。

2.1 単元の学習過程

表1に示す学習過程で児童が書いた図を相互評価する。作図をする際や相互評価する際

は以下の3つの視点を重視するように指導した。

①目に見えない空気や水を目に見える形で表している。②空気と水が温められると体積が増える理由が明確である。③空気と水の体積変化の違いを表している。

表1 学習過程

授業時	児童の活動
1 - 3	空気と水の温度による体積変化を見る実験を行う。
4 - 6	実験結果を基に空気と水の温度による体積変化を解釈するための考えを図に表す。
	個人で考えた図を班（1つの班は3～5名）で交流し、1番良いと思うものを一つ選ぶ。
	班の代表で、図を説明し、投票により、1番良いと思う図を選ぶ。

2.2 検証方法

図1に例示されるような児童の描いた図を分類する。分類する際は「擬人化を用いているか」、「空気や水を何で表しているか」、「体積変化をどのように解釈しているか」で分類した。空気や水を形で表しているか代表に選ばれた図とその理由を考察する。

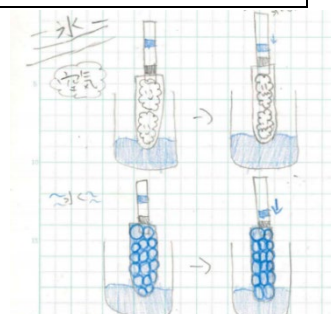


図1 児童の描いた図

3. 結果と考察

表2 児童のイメージ図の分類

分類	擬人化		空気と水の表現方法						体積変化の解釈		
	擬人化	擬人化なし	空気粒丸型	空気粒雲型	空気色分け	水粒丸型	水粒雲形	水色分け	粒の間隔が大	粒が大きく	粒増加
班代表	8	6	5	7	2	10	2	2	8	3	1
1組代表	●			●		●			●		
	人間が寒いと縮こまり、熱いと伸びをする。水はぎっしり詰まっていて伸びができない。										
2組代表	●		●			●			●		
	温かい状態は辛い状態で、体積が広がると楽になる。										

表2は、児童の図を分類したものである。図2に示すように空気や水に表情を加えたり、セリフを加えたりするなど擬人化したものが多かった。1組代表、2組代表の図も擬人化したものであった。これは、人間の性質に見立てた方が説明しやすいためであると考えられる。また、空気も水もいくつかの粒の状態で存在していると考えた児童が多かったが、水が丸い粒の形で表されているものが多い反面、空気は雲形のような粒の表し方が多かった。これは、圧したときの変化が空気の方が大きいイメージから、空気には弾力があり、変わりやすい形をイメージしたためと考えられる。

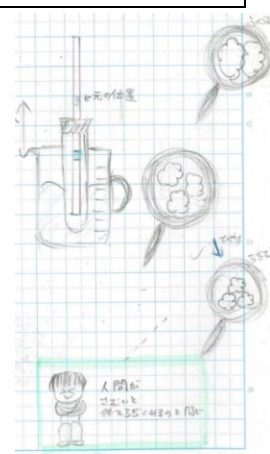


図2 児童の描いた図

【参考文献】菊地洋一、高室敬、尾崎尚子、黄川田泰幸、村上祐菊（2014）「小学校における系統的物質学習の実践的研究—粒子概念を「状態変化」で導入し「溶解」で活用する授業—」『理科教育学研究』54 巻 3 号

吉川直志、秋谷真衣、小林亜衣、長崎由加里、茗荷谷穂（2017）「理科の主體的な学びに向けて擬人化体感学習の利用の検討」『日本科学教育学会研究会研究報告』31 巻 8 号

立体概念の形成を支援する科学折り紙教材 V, アクティブラッチを用いた立体概念の導入

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 teaching materials that support the formation of three-dimensional concepts of solid bodies V, Introduction of 3D concept by making use of active touch

Shozo Ishihara

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

Abstract: By making use of Science Origami, a versatile method for constructing three-dimensional models made of triangular units of Origami, exercises without visual instruction for solid geometry are proposed. It is suggested that active touch would be preferable to visual aids for intuitive understanding of solid geometry. It should be noted that the teaching plan, 2020, has frequently been being changed because of COVID-19, Coronavirus 2019.

Keywords: Science Origami, Origami-models, Active touch, Mathematical Science,

はじめに

2017 年度に科学研究費の支援を受けて科学折り紙を活用した新たな実験・実習教材の開発に取り組んできた[1]。教養科目「数理科学」において、立体幾何学の基礎知識を学修するための新たな授業計画を設計し、新カリキュラム（カリキュラム 2019）導入を契機として、教授者中心の講義形式から、グループ討論活動を活用して、学習者中心のアクティブラーニング形式（Project-based Learning ; PBL）へと授業形態の転換を試みた。

本講演では、2019 年度の授業実践に基づいて改善された、2020 年度の実習授業の取り組みについて実践報告を行う。

2020 年度「数理科学」の授業計画

2019 年度の取り組みから、視覚情報に基づく従来の立体幾何学の学習に比べ、目隠しをして立体物を触り、その形状の特徴を口頭と文章で他者に伝えることで、立体幾何学の学習をより深く、かつ、より簡便に行えることが示唆されている。2019 年度に 1 回の授業（90 分）で行っていた目隠しをして立体物の特徴を探る実習を 3 回の実習授業に拡充し、更に、PBL 形式の実習授業に改編した。表 1 に 2020 年度の「数理科学」授業計画を示す。

おわりに

本研究により、立体概念の形成には、“Seeing is not always believing.” であるこ

とを認識し、体性感覚に基づく体験的学修が必要であることが示唆されている。

表1 2020年度 教養科目「数理科学」の遠隔地 Web 授業計画※ (2020年11月現在)

回	到達目標	授業概要
1	受講に必要な情報機器環境を確認して、遠隔地 Web 授業による全 15 回の授業内容の概要を知る	ガイダンス：遠隔地 Web 授業計画の説明 情報機器環境を確認；教育研究の実施通知と許諾
2	通信環境を確認して、隔地 Web 授業による授業の運営を知る また、通学時間を調査して対面授業実施の可能性を検討する	COVID-19 感染状況により、適宜、授業計画を変更する可能性を伝達し、成績評価方法と基準の見直しを通知
3	LMS (ラーニング・マネジメント・システム) として WebClass® (Data Pacific) を使用し、教材の提示とメールの送信を行う授業運営を知る	WebClass に授業資料として掲示した「科学折り紙の手法」を参照して、正八面体と正四面体の骨格構造 (スケルトン) の制作を実習する
4	対面授業Ⅰ：触覚による立体の認識と体験の文章表現を試みる 固有名詞で表現される一般的な立体物と、幾何学的な立体の表現方法の違いを知る	目隠しをして、立体の触覚 (体性感覚) 実習：①一般の立体物、②正多面体のモデル、③準正多面体の折り紙モデル
5	(対面授業Ⅱは COVID-19 感染拡大のため次回へ延期) 視覚情報を遮断して、立体幾何学の基礎事項を考察する	Zoom の画像を停止して、身近にある立体物の形状を口頭で説明し、立体物を当てるゲームを実施して、立体物の形状を表現することが難しいことを体験する
6	(対面授業Ⅱは COVID-19 感染拡大のため次回へ再延期) 正多面体の形状を特徴づける情報とはどのようなものかを考察する	テキスト「多角形と多面体の幾何学」を用いて、多面体の特徴が面 (2 次元) と線 (稜; 1 次元) と頂点 (0 次元) で表現できることを確認する 正多面体が 5 種類であることを確認する
7	(対面授業Ⅱは COVID-19 感染拡大のため中止; 対面授業Ⅲも中止) 立体物の特徴を表現する情報として、対称性 (シンメトリー) が有効な手段であることを知る	テキスト「形の数理」を用いて、対称操作と対称要素を学習し、立体物の形状が対称性によって表現できることを知る 例として、鏡像体を取り上げ、キラルとアキラルの相違を知って、タンパク質とアミノ酸の立体構造の特徴を知る
8	対面授業で実習予定であった正多面体のスケルトンの折り紙モデルを遠隔地 Web 授業で制作する	正六面体 (立方体) のスケルトンの制作を通して科学折り紙の手法を知り、その他の正多面体は課題として各自制作する
9	多面体の特徴を示す幾何学量を説明できる	調査活動と討論 オイラーの多面体公式を理解する
10 13	折り紙モデルの設計方法を活用して、個性豊かな立体オブジェを制作する	PBL (Project-based Learning): 多面体の設計と必要な折り紙の大きさと枚数の計算する
14	プレゼンテーションと口頭試問の予行演習	制作した作品を 3 分以内で紹介し、抽選で選択した課題について 2 分以内で回答
15	プレゼンテーション本番と口頭試問の本番	プレゼンテーションと口頭試問の本番

※：遠隔地 Web 授業は、Zoom (Copyright © 2020 Terilogy Serviceware Corporation) を使用して実施されています。また、第 7 回までが既に実施されました。

謝 辞

本研究は、平成 29 年度科学研究費助成事業 (基盤研究 (C)) の支援を受け、「科学折り紙を活用した課題解決型 (PBL) 実験の開発」(課題番号: 17K01039) の実践的教育研究として実施されました。支援に対してお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 石原正三, 「科学折り紙を活用した課題解決型 (PBL) 実験の開発」, 平成 29 年度科学研究費助成事業 (基盤研究 (C)), 課題番号: 17K01039

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. 5 No. 2 (2020 年 11 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