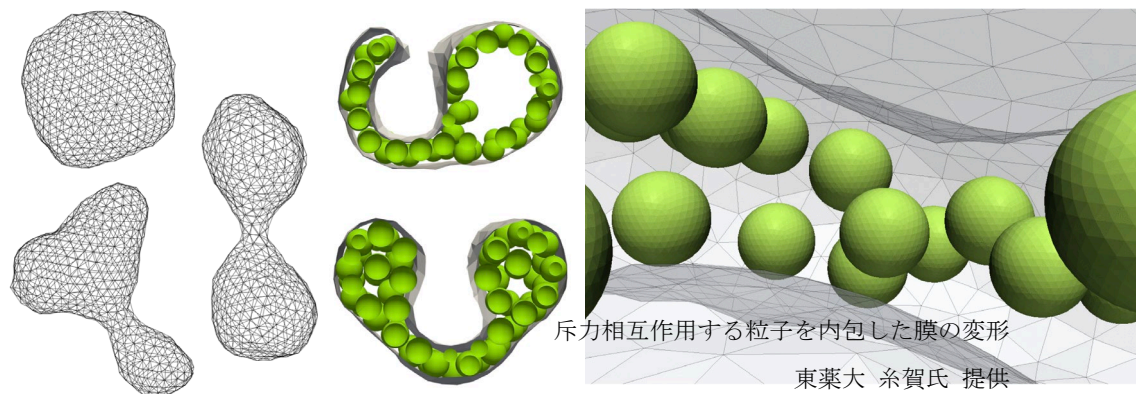


形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 4 No. 1 (2019 年 6 月)

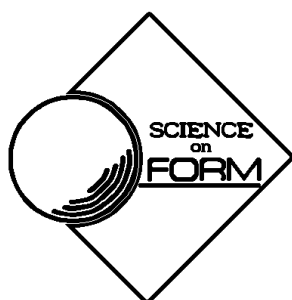
Proceedings of Symposium of the Society for Science on Form, Japan

第 87 回 形の科学シンポジウム 「生物と医学にまつわる形と物理法則」



会期: 2019 年 6 月 7 日(金), 8 日(土), 9 日(日)

会場: 東京慈恵会医科大学 国領キャンパス



形の科学会

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

第 87 回 形の科学シンポジウム「生物と医学にまつわる形と物理法則」

【主催】形の科学会

【会期】2019 年 6 月 7 日(金), 8 日(土), 9 日(日)

【会場】東京慈恵会医科大学 国領校 620 講義室

【代表世話人】植田 毅 〒182-8570 東京都調布市国領町 8-3-1

東京慈恵会医科大学 医学部物理学研究室

TEL: 03-3430-8686 内線 2211 E-mail: tsuyoshi_ueta@jikei.ac.jp

【参加費】会員・非会員ともに一般 5000 円、学生 1000 円

【懇親会】2019 年 6 月 8 日(土) 18:00 より 学生食堂 BELLA (ベラ)

【懇親会費】一般 3500 円、学生 3500 円

【WEB サイト】<http://katachi-jp.com/sympo87> (プログラムの最新版と予稿集のカラー閲覧はこちらで)

プログラム

(変更される場合があります)

招待講演・公開講演

14:30-15:30

トポロジー最適化の基礎と最新展開

藤井雅留太(信州大学 学術研究院(工学系))

.....7

6 月 7 日 (金)

12:15-13:00 受付

13:00-13:05 開会の辞

(15:30-15:40 休憩)

生物と医学にまつわる形と物理法則(第 1 部)

13:05-13:30 風と家の立地と生活

岩瀬正幸(東京学芸大学大学院)、筆保弘徳(横浜国立大学) 1

13:30-13:55 立体映像の脳内処理における協同性について

山本将太(福井大学大学院)、高田宗樹(同)、
條野雄介(同)、高田真澄(中部学院大学) 3

13:55-14:20 肝臓の形態解析とその数理解析

昌子浩登(関西学院大学)、岩本凌(同)
..... 5

(14:20-14:30 休憩)

形の科学一般

15:40-16:05 生体由来ナノ繊維の固有ねじれと
メカニクス

上谷幸治郎(大阪大学産業科学研究所)、宇都
卓也(宮崎大学)、安藤大将(ウィスコンシン大
学マディソン校)、鈴木望(名古屋大学大学院)
..... 9

16:05-16:30 計算機を用いた脂質二重膜ベシク
ルの形状解析

糸賀響(東京薬科大学) 11

16:30-16:55 線毛を使って移動するバクテリア
の運動パターンと走化性

森河良太(東京薬科大学)、玉腰雅忠(同)、宮
川毅(同)、高須昌子(同) 13

(16:55-17:05 休憩)

形の科学一般

17:05-17:30 Chaplygin-gas と d 次元 相対論
的膜の理論

小川直久 (北海道科学大学)15

展示説明 (質疑無し)

17:35-17:40 デザイン系学生による形の科学関
係の作品

高木隆司 (東京農工大学・名誉教授)17

17:40-17:45 池上式 3D ジグソーパズルのほぞ
形状を限界値に近づけた模型

町屋佑季 (千葉工業大学大学院)、池上祐司 (理
化学研究所)、山澤建二 (同)、手嶋吉法 (千葉工
業大学)18

17:45-17:50 水防災教育用のジオラマ型教材

野村詩織 (京都大学大学院)、戸田圭一 (同)
.....19

6月8日 (土)

形の科学一般

9:35-10:00 回折上昇の一部問題についての再
検討

松本崧生 (金沢大学・名誉教授)21

10:00-10:25 藤井聡太の将棋の解析

高津和紀 (福井大学大学院)、高田宗樹 (同)、
平田隆幸 (同)23

生物と医学にまつわる形と物理法則(第2部)

10:25-10:50 ミツバチの営巣初期過程に見られ
る自己組織化

鳴海孝之 (山口大学)、上道賢太 (関西学院大
学)、本多久夫 (神戸大学、理研)、大崎浩一 (関
西学院大学) 25

(10:50-11:00 休憩)

招待講演・公開講演 (生物と医学にまつわる形 と物理法則・第3部)

11:00-12:00 脊椎動物の形態進化～上陸に伴う
内臓の進化～

岡部正隆 (東京慈恵会医科大学 解剖学講座)

(12:00-13:40 昼休み)

(12:10-13:30 運営委員会)

形の科学一般

13:40-14:05 二重可逆面積保存写像における二
重対称周期軌道：代数構造

山口喜博 (元帝京平成大学) 27

14:05-14:30 Heesch 数が正となる凸五角形

杉本晃久 (科学芸術学際研究所) 29

14:30-14:55 放散虫トランプの遊び方・学び方

松岡篤 (新潟大学) 35

(14:55-15:05 休憩)

形の科学一般

15:05-15:30 改定常用漢字から考える字形 —
言語力の涵養

本田容子 (盛岡大学)、杳名健一郎 (福井大学
大学院、タクシン大学) 31

15:30-15:55 高速音読の学習効果と言語力

杳名健一郎 (福井大学大学院、タクシン大学)、
Kunaj Somchanakit (タクシン大学)、本田容子
(盛岡大学)、高田宗樹 (福井大学) 33

15:55-16:20 Boerdijk-Coxeter helix の転がり
実験に関する再検討

西田匠太郎 (千葉工業大学大学院)、伊藤圭太
(同)、池上祐司 (理化学研究所)、藤本武 (同)、
山澤建二 (同)、手嶋吉法 (千葉工業大学)

.....37

(16:20-16:35 休憩)

16:35-17:35 総会・学会賞授与式

18:00-20:00 懇親会

於 学生食堂 BELLA (ベラ)

6月9日(日)

形の科学一般

9:30-9:55 錯視により物の量の判断を考え直す
3年生理科「物と重さ」の授業

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)39

9:55-10:20 池上式 3D ジグソーパズルにおいて
可能なほぞ形状の範囲

町屋佑季 (千葉工業大学大学院)、池上祐司 (理
化学研究所)、山澤建二 (同)、手嶋吉法 (千葉工
業大学)41

10:20-10:45 インディア環礁の地理情報変遷史
杉本剛 (神奈川大学)43

(10:45-10:55 休憩)

招待講演・公開講演(生物と医学にまつわる形 と物理法則・第4部)

10:55-11:55 臨床情報、血行力学的情報、形態
学的情報を用いた機械学習による脳動脈瘤破裂
予測

鈴木正昭 (東京理科大学 理工学部経営工学科)

(11:55-13:30 昼休み)

(12:20-13:20 FORMA 編集委員会)

形の科学一般

13:30-13:55 4次元正多胞体のリングの皮むき
展開図について IV

海野啓明 (仙台高等専門学校・名誉教授)

..... 45

13:55-14:20 手まりの地割りの球面幾何学

吉野隆 (東洋大学) 47

14:20-14:45 視線データを用いた映像酔いの新
たな評価指標の検討

藤掛和広 (名古屋大学)、橋梅佑宜 (福井大学)、
高田宗樹 (同) 49

14:45-15:10 立体概念の形成を支援する科学折
り紙教材: 折り紙モデルとアクティブラーニング
石原 正三 (埼玉県立大学) 51

(15:10-15:20 休憩)

形と知

15:20-15:45 Shape analysis for the ancient
mounded tomb group in Tagawa

小川進 (空間技術研究所)、谷口幸弥 (東京大
学) 53

15:45-16:10 アート・デザイン系学生のための
形の科学

高木隆司 (東京農工大学・名誉教授) 55

16:10-16:35 主体を仮想することについて

松浦執 (東京学芸大学)、面川怜花 (東京学芸
大学附属世田谷小学校) 57

16:35-16:40 閉会の辞

【事務局より】

論文投稿案内 (Call for Papers) 59

シンポジウム世話人の募集..... 60

入会案内 61

風と家の立地と生活

岩瀬正幸 筆保弘徳

東京学芸大学大学院連合学校教育学研究科 自然系教育講座

配置大学横浜国立大学 筆保研究室

住所 〒240-8501 神奈川県横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-1

iwase733@yahoo.co.jp

A location and life of wind and the house

Masayuki IWASE Hironori FUDEYAASU

Doctoral Course

The United Graduate School of Education

Tokyo Gakugei University

Division of Mathematics and Natural Science Education

〒 240-8501 79-1, Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama-shi, Kanagawa

Abstract: 生活に潜む形状は、安全・安心に生活できるように人が工夫して作り上げた歴史である。気象現象は、雨・風・雪・気温の高低・など人の生活に大きな影響を与えてきた。本研究で提案することは、「人が生活する家の形は、それを取り巻く気象条件に影響を受けてきた形である。」と考えるところである。それぞれの地域に吹く局地風は、そこに住む人々の家の形に大きく影響を与えている。各地の人々が局地風に向き合い、工夫して生活し、考えた形に着目して研究していくことで見えてくるものがある。気象が生活に関連して重要であることを背景に風と家のつながりに注目し研究する。今回は、問題関心と事例までを扱っていききたい。

Keywords: Wind・House・Landform・Life・Weather・Safety

1 背景

本論文において研究しようとする問題関心は、「子どもの考える力に根差す地域教材の開発と理科教育—地域の生活と気象に着目する—」研究を進めることである。これまでの自己の研究からこの課題を取り上げる理由として次のことを捉えている。私の修士論文は「子どもの考える力と地域教材開発授業理論～生活科・総合学習の授業から考察する～」である。その意義として、地域教材を開発して授業に活かすことは、学習者の身近な課題として興味・関心を引き出すことができる教材になると考えたからである。このことは、論文で研究した実践によって明らかにすることができた。今後は、生活科・総合学習のみならず、地域と生活相互の関連に着目した教材開発に関して、理科の分野でも地域教材を活かした教育課題を更に推し進めていきたいと考えている。その具体化として考えている項目がある。

第一に、本研究では理科の分野で地域教材を活かした教材開発を実践し、理科の授業に活かせる教材開発を行う。第二として、理科教育で活かすと同時に社会教育でも活かせる教材にしたいと考えている。それは、防災の授業に活かせる教材開発である。

研究で検討する教育内容として、学習者中心の理論と実践を検討する。教材作成の範囲は、

理科教育であるが、主として気象教育に関連した教材作成を研究対象と考えている。学習に関連して、デューイは、『民主主義と教育』の中で「学びは生活の中にある。」としている。私は、生活の中にある「風」に着目した。前に掲げた、『暮らしと景観』には、「強風吹く溪谷盆地の民家一天竜川中流・伊那盆地」の記述があり、風と生活に関する研究がされている。私は、この気象現象としての「風」と「生活」に着目して研究を進める問題・関心をもつに至った。気象現象は、「風」を含む多岐にわたる空の現象に着目しなければならない。本研究では、理科教育と気象教育を研究しようと考えている。

理科教育における気象教育の実践を進める際に、気象がどのように「教育課程」に位置付けられているかについて明らかにする必要がある。また、「理科教育」における子どもの考える力を育成するために作成した教材を授業実践するにあたって、学習者の視点で研究するという課題がある。その課題が、「子どもの考える力に根差す」という学習者中心の教材作成と学習研究の活用から実践についての研究である。

2 研究目的

第一、風と生活に関する研究に際して、「風と家の立地と生活」に着目して教材開発を行う場合、生活の形は、安全・安心に生活できるように人が工夫して生きてきた歴史である。その場合、気象現象は、雨・風・雪・気温の高低・など人の生活に大きな影響を与えてきたことを明らかにしていきたい。本論で提案することは、「人が生活する家の形は、その立地の形や家の形それを取り巻く環境を、人が安全・安心・快適に生活できるように工夫してきた形である。」という仮説を通して明らかにしたいと考えたことが研究の目的である。第二、「風と家の立地と生活」に着目して教材開発を行う場合、どのような地域に風や気象現象が影響する地域があるのかという調査を文献で行い、現地にも行ければよいと考えている。第三、子どもの考える力に根差す地域教材の開発と理科教育を創るために、地域の生活と気象に着目して研究をする際に、形に着目する教材開発をどのように行っていけばよいのか検討することである。

参考文献

- 1 デューイ, ジョン、松野安男訳 (1975)『民主主義と教育 上・下』岩波文 JoneDewey (1916)『DEMOCRACY AND EDUCATION』
- 2 三澤勝衛 (2009) 三澤勝衛著作集、風土の発見と創造、第2巻『地域からの教育創造』農文協
- 3 吉野正敏 (1989)『風の世界』東京大学出版会

立体映像の脳内処理における協同性について

山本将太¹, 高田宗樹^{1*}, 條野雄介¹, 高田真澄²

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 中部学院大学看護リハビリテーション学部 〒501-3993 岐阜県関市桐ヶ丘 2-1

*takada@u-fukui.ac.jp

Synergy in processing in brain while viewing 3D images

Shota Yamamoto¹, Hiroki Takada^{1*}, Yusuke Jono¹, Masumi Takada²

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

2 Chubu Gakuin University, 2-1 Kirigaoka, Seki, Gifu 501-3993, Japan

Abstract : In recent decade, there is an increase in the opportunity to view stereoscopic video clips. Although the case reports involved in the motion sickness have been obtained due to the stereoscopic viewing, the mechanism of the symptom has been unclear. Also, the way does not have been established to ease the severity of the motion sickness. The aim of this study is to investigate the effect of low-definition stereoscopic viewing/visual field narrowing on the equilibrium function. Healthy young volunteers participated in this study. Significant increases in the oxyhemoglobin concentration were observed on the surface of frontal, temporal, and occipital lobes while viewing low-definition/narrowed visual field stereoscopic video clips. Also, we have succeeded in findings of synergy between brain activities in the ventral visual tract and those in the dorsal visual pathway by estimating coherence among time series data of the oxyhemoglobin concentration.

Keywords: Synergy, 3D images, functional Near-infrared Spectroscopy(fNIRS)

1. はじめに

近年、AR や VR は動画視聴やゲーム等のエンターテインメントだけでなく、医療の現場でも活用されている。一方で、立体映像視聴が身近になっていくのに伴い、頭痛、眩暈、吐き気などの映像酔いや眼疲労などの不快な症状が発生することがある^[1]。映像酔いの原因には諸説あるが、解明には至っていない。そこで本研究では、精細度の違う映像および視野狭窄がある映像が脳活動に及ぼす影響を検討した。

2. 実験方法

被験者にはインフォームドコンセントを行い、同意を得たうえで実施した。本研究では、

裸眼及びコンタクトレンズ装着で視力が0.8以上、かつ立体視可能な者を被験者とし、以下の立体映像視認時における大腦表面の血流についてfNIRS(島津製作所)を用いて測定した。尚、サンプリング周波数は55Hzであった。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同意を得た(H2018010-11)。

2.1 実験 1

実験 1 では、21-24 歳の健常な男性 11 名(平均±標準偏差:22.6±1.0 歳)を対象とし、HMD(GOOVIS G2)に解像度の異なる 2 種類の映像コンテンツを表示させ、映像視聴時の脳

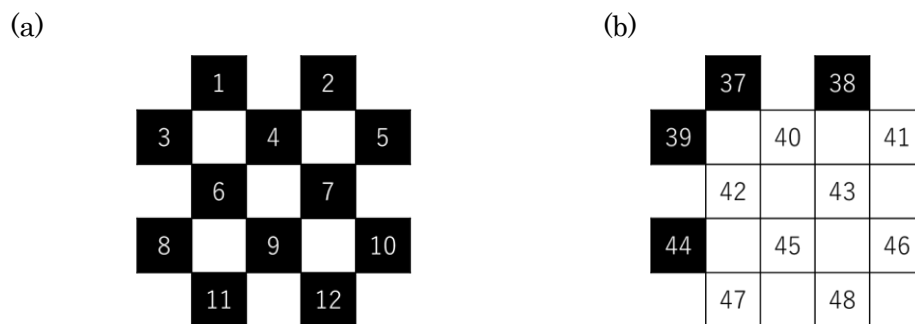


Fig. 1 実験 1 の oxy-Hb 濃度の濃度変化 前頭葉(a)、後頭葉(b)

(■ 増加:p<0.05)

血流量を測定した。解像度が高い 1080p の立体映像、解像度の低い 360p の立体映像の順でそれぞれ 60 秒間立位ロンベルグ姿勢にて視認させた。このプロトコルを 5 回繰り返して実験を行った。

2.2 実験 2

実験 2 では、健康若年者男性 13 名(平均±標準偏差:22.85±0.99 歳)を対象とし、MOVERIO BT-200(EPSON)を用い、立体映像視聴を行った。実験は暗室で行い、実験中の姿勢は立位ロンベルグ姿勢である。実験映像は、Sky Crystal(オリンパスメモリーワークス)をもとに同社の許可を得て構成しなおしたものを使用した。実験開始後 60 秒間は背景映像に狭窄がない映像を視認し、次の 60 秒間は背景映像に狭窄がある映像を視認し、最後の 30 秒間は開眼で安静をとった。このプロトコルを 5 回繰り返して実験を行った。

3. 実験および考察

酸素化ヘモグロビン濃度(oxy-Hb)の濃度変化を表す波形の積分値を全被験者で求め、全チャンネルにおいて Wilcoxon の符号順位検定により比較を行った。

3.1. 実験 1

精細度が低下したことにより、前頭葉の全てのチャンネル、側頭葉上部(ch17、19、22、24、27、30、32、35)、後頭葉上部(37、38、39、44)で有意に増加した(p<0.05)。

低精細化の影響で前頭葉、側頭葉上部、後頭葉上部で oxy-Hb 濃度が増加した。これは低精細になったことにより視覚対象の認識や把握が困難になり視覚情報処理過程に作業負荷が加わったためであると考えられる。また、腹側視覚経路の活動を示す側頭葉 ch19 と背側視覚経路の活動を示す後頭葉 ch37 の振幅二乗コヒーレンスから相関があることが示された。

3.2. 実験 2

視野狭窄によって、oxy-Hb 濃度は前頭葉のすべてのチャンネルと ch19、22、39 で有意に増加し、側頭葉の一部(ch15、18、20、26、28、29、31、33、34)で有意に低下した(p<0.05)。

視野狭窄の影響で、集中や判断などの能力に関わる前頭葉の全チャンネルにおいて、oxy-Hb 濃度が有意に増加した。これは、狭窄によって背景が小さくなり、周辺視が阻害されて、視標の動きや形状に関する視覚情報処理が支配的になり、前頭葉と腹側視覚路で脳血流量が増加したためであると考えられる。

4. 参考文献

- [1] International standard organization, "IWA3:2005 Image safety-Reducing determinism in a time series", Phys. Rev. Lett., Vol.70, pp.530-582, 1993.

肝類洞の形態解析とその数理解析

昌子浩登^{1#}, 岩本凌¹

¹ 関西学院大学理工学部数理科学科、

[#]shoji@kwansei.ac.jp

The Analysis on Three-dimensional Morphologies of Hepatic Sinusoidal Networks

Hiroto Shoji, Ryo Iwamoto

Kwansei Gakuin University, Science & Technology, Sanda, Hyogo 669-1337 JAPAN

Abstract: Microstructures in the liver primarily comprise of hepatocytes, hepatic blood vessel, hepatic sinusoid. Hepatocytes are arranged in rows, and each hepatocyte comes in contact with sinusoid; hence, hepatocytes and sinusoidal networks form periodic network patterns. In this study, we have investigated the morphologies of sinusoidal network patterns by using confocal laser scanning microscopy (CLSM). First, we obtained the 3D fluorescence images of hepatic sinusoidal endothelial cells by CLSM. Utilizing the segmentation method, U-net, we obtained of 3D images of sinusoidal networks. Then, we performed fractal analysis of obtained patterns. Moreover, we have studied morphologies using a mathematical model.

Keywords: Sinusoidal network, Fractal dimensions, 3D network

1. はじめに

体内の生化学反応を一手に担う肝臓は、図1のように1～2 mm³の肝小葉という基本単位が積み重なって構成されている[1]。肝小葉における細胞配置をみると、門脈付近から中心静脈付近に列をなした肝細胞が

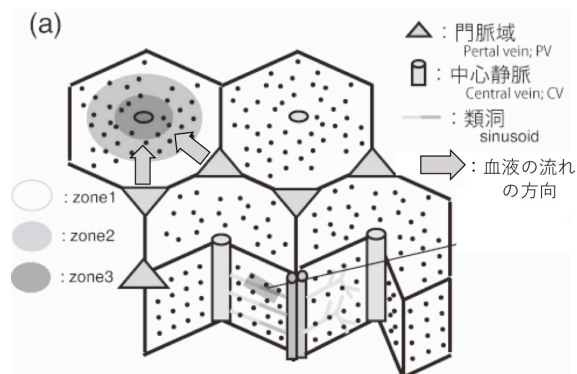


図1：肝小葉。6角柱の基本単位が積み重なって肝臓が構成される。

配置されている。また肝細胞に栄養分等を運搬するため必ず各肝細胞に接するように血管系である肝類洞が接している。そうして肝細胞の列、肝細胞索と肝類洞とが周期的に配置し、3次元ネットワーク構造を作り上げている。この3次元ネットワーク構造が構成されているのか、形態観察を行い、その形態の統計指標を調べた。そうして、その形態をとる意義について考察してきた。

2. 観察

肝類洞3次元構造を観察するために、類洞内皮細胞に蛍光染色を施し、共焦点レーザー顕微鏡 (CLSM) を用いてその像を撮像した。なので、類洞内部も含めてその構造抽出するためには画像解析が必要になる。そのため、図2のように教師あり学習の一つのア

ルゴリズムである U-net[2]を用いて抽出した。その結果が図 2 である。

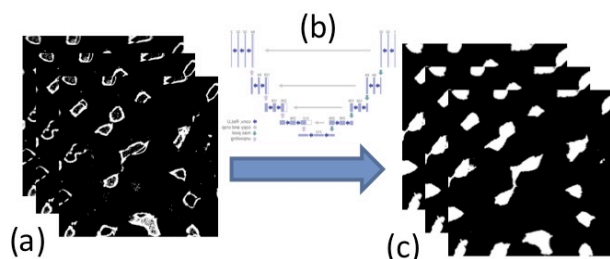


図 2 : U-net. (a) 共焦点像の z 方向の積み重ね, (b) 使用した U-net (c) U-net の処理後の像の積み重ね。

血液の流れは、図 1 の矢印で示すように門脈付近から中心静脈へと流れる。そのため、門脈に近い(zone1)か、中心静脈に近いか(zone3)、もしくはその中間か(zone2)と領域を分けて類洞の形態を観察した。それぞれラット 3 個体の肝臓のそれぞれの zone を 10 箇所ずつ、計 30 セットの 3 次元像を取得した。

3. フラクタル次元

2. で取得した 3 次元画像それぞれにボックスカウント法[3]を用いて解析した。Zone1 のサンプルの結果をまとめたのが図 3 である。他の血管系と同様にフラクタルを取ることがわかる。傾きから、それぞれの zone でのフラクタル次元を計測した。図 3(c) がそのまとめである。

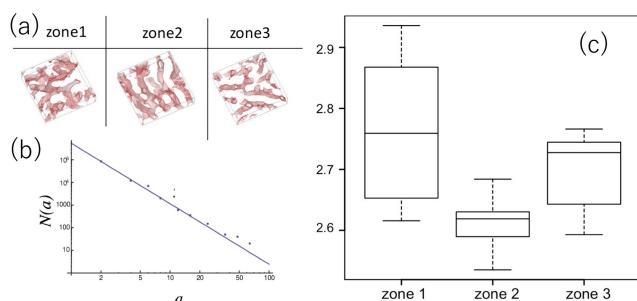


図 3 : フラクタル次元の計測結果。(a) zone1~3 の肝類洞の立体ネットワークの例。(b) zone1 のボックスカウントの結果。(c) フラクタル解析の結果のまとめ。

Zone2 のみ他の部分と有意に異なっていた。この領域の類洞形状は直線的な部分が多くなっていて、他の部分よりもフラクタル次元が小さくなっているようだ。

また一方で、肝類洞の径を調べてみると血液の流れと同様に zone1 から zone3 に進むしたがって細くなっていた。

4. 数理モデル

3. の観察結果から、zone ごとの肝類洞形態のフラクタル次元の違いと、類洞の径の変化があることがわかった。が、この関係がどのようなことを暗示するか、次の仮説を立て、現在数理モデルを用いて、その考察を行っている。

- (1) 肝細胞の密集効果
- (2) 血流コントロール効果
- (3) 肝細胞活性による効果

5. 補遺

4. の検証のためにも、解像度は同じくして、肝小葉サイズ (1 ~ 2 mm³) で 3 次元形態を CLSM により撮影でき、形態解析も進めている。3. で調べた以外の特徴量以外にも計測を行い、4. で挙げた形態の原因仮説の論拠にできるようにも進めている。

参考文献

- [1] Diseases of the liver and biliary systems, 12th Ed., J.S. Dooley Ed. Willey-Blackwell, 2011.
- [2] U-net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation, O. Ronneberger, P. Fischer, T. Brox, arXiv:1505.04597v1. 2015.
- [3] フラクタルの物理(I) 松下貢 著 裳華房 2002.
- [4] Analysis on 3D Morphologies of Hepatic Microstructures in Hepatic Diseases, H. Shoji, 5th Int. Sym. Multi. Compu. Anatomy. 75-77, 2019.

トポロジー最適化の基礎と最新展開

藤井 雅留太¹

¹ 信州大学学術研究院工学系, 長野県長野市若里 4-17-1

¹g_fujii@shinshu-u.ac.jp

The basis of topology optimization and its recent developments

Garuda FUJII^{*1}

¹ Institute of Engineering, Shinshu University, 4-17-1 Wakasato, Nagano City,
Nagano 380-8553 Japan.

Abstract: We present topology optimization based on a covariance matrix adaptation evolution strategy (CMA-ES) to overcome the difficult properties of optimization problems such as multimodality, interdependence between design variables, and ill-scaleness. Proposed method enable us to obtain optimal configurations having good performance without trial and errors for initial guesses and adjusting strategy parameters. Evaluated structures are expressed by an immersed boundary-level set method and clear structural boundaries are incorporated into the analyses during topology optimization. A perimeter constraint is employed by the presented topology optimization based on the immersed boundary-level set method to solve the ill-posedness and an objective function evaluating device performance is minimized with the perimeter of the structure.

Key Words: CMA-ES, Topology optimization, Immersed boundary-level set method

1 緒言

構造最適化は数値解析によって構造を目的関数に基づいて評価し, 数学的根拠に基づいて設計変数を改善することにより, 高い性能のデバイスを設計しうる構造設計手法である. その中でも最も設計自由度が高いトポロジー最適化は, 寸法最適化や形状最適化と比較して新しい孔の創出を許容することが可能であり, これまでにない高性能なデバイスや新しい機能の創出が可能となりうる手法として注目を浴びている. 近年ではこれまでに精力的に研究されてきた力学の分野に限らず, 熱, 流体, 電磁波, 音響などの学問分野にも展開され, 様々な物理におけるデバイスの性能の大幅な向上に貢献している. 一方で, トポロジー最適化はその設計自由度の高さから数学的に無限小の構造を創出することを許容するため不適切問題となり, それに対応する方法として均質化法, 密度法, レベルセット法に代表されるさまざまな構造の表現方法や幾何的制約法が提案されている. レベルセット法は均質化法や密度法と比較して, 異なる物質間の中間状態であるグレースケールを含まない最適化構造を, 直接求めることができるため, 近年盛んに研究され, 多くのデバイス設計に用いられている.

一方で, 設計変数の更新方法や探索方法に関してはいまだ多くの改善の余地がある. 特に近年では, 力学以外の分野へのトポロジー最適化が進み, 評価関数や対象とする物理の支配方程式によっては最適化問題が困難な性質, 例えば多峰性や設計変数間の依存性および悪スケール性など, を含むことがある. このような性質の悪い最適化問題においては, 従来よりトポロジー最適化で頻繁に用いられる勾配に基

づいた単点探索による更新方法では、良い性能を有する構造を得るために、さまざまな初期解から最適化計算を行う必要がある。性能が不十分な局所的最適解が多く存在する最適化問題においては、この良い最適解に辿り着くための初期解を推定する試行錯誤の作業に多くの時間が必要となる。このような多峰性の強い最適化問題に対しては遺伝的アルゴリズムや粒子群最適化などの進化的アルゴリズムに代表される多点探索に基づいた解探索が有効であると考えられている。しかし、これらの目的関数の勾配を解探索に利用しない手法では、設計変数が多い最適化問題において探索性能が十分でなく、良い解を得ることができないことが多い。そのため、物理現象を精度よく解析できる十分な離散化をとった最適化では、解析空間の十分な離散化により設計変数が増加するため、良い性能を実現する構造の探索は困難となる。

本講演では、上記のトポロジー最適化における不適切性と構造表現について解説したのち、困難な性質を含むトポロジー最適化に対して有効な共分散行列適応進化戦略 (CMA-ES)³⁻⁵⁾ に基づいた解探索について、最新の研究結果⁶⁻¹⁰⁾ を含め、解説する。トポロジー最適化において有効なアルゴリズムと高速化について述べ、最新の設計対象や今後の課題について講演する。

参考文献

1. M. P. Bendsøe and N. Kikuchi, Generating optimal topologies in structural design using a homogenization method, *Comput. Meth. Appl. Mech. Engrg.* Vol. 71, pp.197–224 (1988).
2. Ole Sigmund, On the usefulness of non-gradient approaches in topology optimization, *Structural and Multidisciplinary Optimization* Vol. 43, pp.589–596 (2011).
3. N. Hansen and A. Ostermeier, Adapting arbitrary normal mutation distributions in evolution strategies: The covariance matrix adaptation, *Proc. IEEE Int. Conf. Evol. Comp.*, pp. 312–317 (1996)
4. N. Hansen and A. Ostermeier, Completely derandomized self-adaptation in evolution strategies, *Evolutionary Computation*, Vol. 9(2), pp.159–195 (2001).
5. N. Hansen, The CMA evolution strategy: a tutorial, *arXiv:1604.00772* (2016).
6. G. Fujii, M. Takahashi and Y. Akimoto, CMA-ES-based structural topology optimization using a level set boundary expression–Application to optical and carpet cloaks, *Comput. Meth. Appl. Mech. Engrg.* Vol. 32, pp.624–643 (2018).
7. G. Fujii, Y. Akimoto and M. Takahashi, Exploring optimal topology of thermal cloaks by CMA-ES, *Appl. Phys. Lett.* Vol. 112, Issue 6, p. 061108 (2018).
8. G. Fujii, Y. Akimoto and M. Takahashi, Direct-current electric invisibility through topology optimization, *J. Appl. Phys.* Vol. 123, Issue 23, p. 233102 (2018).
9. G. Fujii and Y. Akimoto, Topology-optimized thermal carpet cloak expressed by an immersed-boundary level-set method via a covariance matrix adaption evolution strategy, *Int. J. Heat Mass Trans.* Vol. 137, pp. 1312–1322 (2019).
10. G. Fujii and Y. Akimoto, DC carpet cloak designed by topology optimization based on covariance matrix adaptation evolution strategy, *Opt. Lett.* Vol. 44, Issue 8, pp. 2057–2060 (2019).

生体由来ナノ繊維の固有ねじれとメカニクス

上谷幸治郎* (阪大産研)、宇都卓也 (宮崎大 TT)、
安藤大将 (ウィスコンシン大マディソン)、鈴木望 (名大院工)
*大阪大学産業科学研究所、〒567-0047 大阪府茨木市美穂ヶ丘 8-1
*uetani@eco.sanken.osaka-u.ac.jp

Intrinsic Torsion of Bionanofibers and Their Mechanics

Kojiro Uetani* (ISIR, Osaka Univ.), Takuya Uto (TT, Univ. Miyazaki)
Daisuke Ando (Univ. Wisconsin, Madison), Nozomu Suzuki (Dep. Eng., Nagoya Univ.)
*The institute of scientific and industrial research (ISIR), Osaka University,
8-1 Mihogaoka, Ibaraki-shi, Osaka 5670047 Japan

Abstract: Cellulose nanofibers (CNFs), extracted from wood cell walls, are known to have the intrinsic right-handed torsion to be chiral nanofibers. The mechanical properties of CNFs including the strength and Young's modulus have been investigated through experiments and calculations. However, the mechanical characters depending on torsion remains a great challenge to be revealed because most of the previous studies have given no thought to the torsion of CNFs. On the other hand, it is well-known that the shapes are inextricably associated with the functions; for example, the papers rise their strength when folded. It is therefore strongly deduced that the chiral nanofibers have their own mechanics depending on the intrinsic torsion. This study introduced the geometrical consideration on CNFs and aimed to reveal the characteristic mechanics of the single twisted CNFs.

Keywords: cellulose nanofibers, twisted fibrils, finite element method, mechanics

【緒言】

樹木の細胞壁は、高分子の一種であるセルロースを骨格としており、その重い樹体を支持している。この細胞壁を漂白するとパルプ繊維が得られ、我々が身近に扱う紙の主成分に変換される。このパルプ繊維は、さらに細い繊維であるセルロースナノファイバー (CNF) から構成されていることが知られ、近年の技術革新によって CNF をバラバラに解きほぐして得ることが可能になっている (図 1)。CNF は、セルロース分子鎖が 1 方向に伸び切って配列した独特の結晶構造を有しており、その構造に由来する高い力学強度や弾性率、また極めて低い熱膨張性など、特徴的な力学性能を併せ持っている。

さらに最近、CNF が右巻きのねじれという固有キラリティを持つことが報告された^[1]。結晶

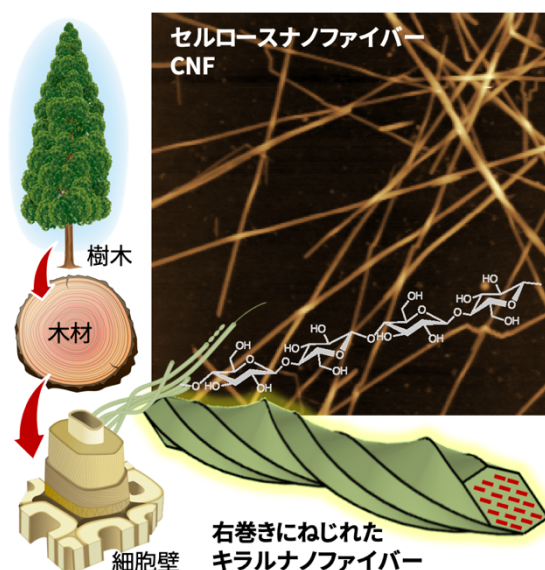


図 1. 木材細胞壁を構成する捻れたセルロースナノファイバー。

軸が捻れたキラルナノファイバーは極めて特徴的である一方、その捻れに起因した力学はほとんど解明されていない。これまで調査された CNF の力学特性は、いずれも捻れ形状を考慮しないモデル系・実測系を用いているためである。しかし、形状は機能と表裏一体である。紙を折ると強くなるように、組成が同一の物質であってもカタチが変わると力学特性は大幅に変動する。すなわち、CNF のねじれた形状は、ねじれていない形状とは異なる力学を有していることが強く推定された。そこで本研究は、形状と機能の視点を CNF に対して初めて導入し、捻れた CNF1 本が示す力学を解明することを目的とする。

【実験方法】

有限要素法によるマルチフィジックス・シミュレーションソフトウェア COMSOL Multiphysics® (COMSOL Inc., Stockholm, Sweden)を用い、木材由来 CNF を数理モデル化した 6 角形断面の捻れ棒を曲線座標上に作成した。断面形状や捻れ率、方位ごとの弾性率・せん断係数・ポアソン比は既報^[1,3]を参照した。数理モデルの端面を固定拘束し、もう一方の端面に軸方向荷重を時間依存的に増大させながら印加し、変位やフォン・ミーゼス応力の分布を解析した。

【結果および考察】

荷重を印加することにより、捻れたカタチに由来するとみられる不規則なフォン・ミーゼス応力の分布が観測された。ねじれが無い形状モデルと比較すると、捻れた形状では局所的な応力集中が発生することが判明した。荷重印加面の近傍における変位を観測したところ、印加した荷重による応力ベクトルとは明らかに異なる回転変位が観測された。さらに、捻れ周期を 10 倍に増やした場合、回転変位に加えてモデル全体が湾曲する変位も生じることが観測された。捻れた形状には、入力荷重とは異なる方向へ応力を伝達する性能があると考えられる。この特徴は、CNF を集積した紙材料「ナノペーパー」に最近見出されてきた異方的な応力複屈折（光弾性）[4]など、物性ダイナミズムの発現にも関与している可能性が考えられる。また、木材細胞壁中で CNF は傾角を持って集積しており、最も荷重が加わる鉛直（重力）方向とはわずかに異なっている。本研究の結果は、CNF が傾いていても鉛直方向に荷重を伝達できている可能性が示唆されている。

【参考文献】

- [1] G. Nyström, M. Arcari, J. Adamcik, I. Usov, R. Mezzenga, *ACS Nano* **2018**, *12*, 5141.
- [2] 日本木材学会 組織と材質研究会 (編), *あて材の科学—樹木の重力応答と生存戦略*, 海青社, **2016**.
- [3] a) K. Daicho, T. Saito, S. Fujisawa, A. Isogai, *ACS Appl. Nano Mater.* **2018**, *1*, 5774; b) P. Chen, Y. Ogawa, Y. Nishiyama, A. E. Ismail, K. Mazeau, *Phys. Chem. Chem. Phys.* **2016**, *18*, 19880.
- [4] 上谷幸治郎ほか, 平成 30 年度繊維学会年次大会予稿集 2D07 (2018 年 6 月 14 日).

計算機を用いた脂質二重膜ベシクルの形状解析

糸賀 響

東京薬科大学生命科学研究科生命物理科学研究室

東京都八王子市堀之内 1432-1

s096020@toyaku.ac.jp

Study of Vesicular Shape Using Computational Simulations

Hibiki Itoga

Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences, Computational Biophysics Laboratory

1432-1 Horinouchi Hachioji, Tokyo, Japan

Abstract: Equilibrium shapes of a lipid-bilayer vesicle were simulated using the replica-exchange method. Obtained shapes were often different from shapes in the absence of thermal fluctuations. Also, Equilibrium shapes of the vesicles in the presence of colloidal particles were analyzed by the Metropolis Monte Carlo simulations. It is revealed that the long-range repulsion between internal particles induces a dumbbell-shaped vesicles.

Keywords: Lipid Bilayer Membranes, Membrane Biophysics, Metropolis Monte Carlo method, Replica exchange method

1 脂質二重膜ベシクルの平衡形状

両極性分子であるリン脂質は、水環境中において互いの疎水基を向かい合わせるようにして閉じた二重膜をつくる。実験で観察する程度の時間スケールでは、脂質分子の溶出がほとんどなく、分子の数が増えないためこの膜の面積は保存されている。脂質分子がもつ占有領域の大きさや形は自由エネルギーを最小化するようにして決まっており、二重膜ベシクルを形成する分子のそれは長さ約 2 nm の円柱形である [1]。脂質膜を伸縮させたり歪めるとこの形状から外れるため、それを戻そうとする弾性力が生じる。二重膜では2つの脂質層それぞれにこの弾性力が生じる [2]。実験的にベシクルを調製するとき、それぞれの2つの脂質層に含む脂質分子の数がばらつくため、弾性的な自由エネルギーを最小化することで決まる安定な形状に多様性が生まれる [3]。閉じた膜であることで内外の水の交換は制限されているため、内外の浸透圧差も形状を決める因子である。ある程度外圧が高い条件では、体積あたりの表面積が増加するため、様々な形状をとる。熱揺らぎのないエネルギー最小の形状については、軸対称性や鏡面对称性を課した物理モデルを用いて詳しく調べられている [4, 5]。さらに、脂質膜ベシクルの内部に粒子を封入し、外から浸透圧を加えると連球形のベシクルが得られることが実験的に示されている [6]、このとき脂質層の面積のばらつきが無視できるほど、脂質膜と内封粒子の相互作用があることが示唆された。

2 ベシクルのモデルと形状のサンプリング

ベシクルの脂質分子間の相互作用は必ずしも全原子モデルなどを用いて詳細に計算する必要はない。ベシクルの直径は 10 μm 程度であり、5 nm 程度の膜の厚みは無視できるため、閉じた曲面を用いてベシクルの形状を表すことができる。このとき弾性的なエネルギーは曲率を用いて表す [2]。面積一定の制限下で、脂質層の曲がりに由来する曲げ弾性エネルギーと、2分子膜であることに由来する面積差弾性エネルギーを考慮したモデルは面積差弾性モデルと呼ばれる [4]。

本研究では、面積差弾性モデルを基本にして内外の浸透圧差を考慮したモデルを構築し、ベシクルの形状を解析した。さらに、その内部に反発する粒子を考慮したモデルを作成し、コロイド粒子内包ベシクル

の平衡状態における形状を解析した [7, 8]. それぞれの形状は, レプリカ交換法とメトロポリス法を利用してサンプリングした. これらの手法は, 微視的な状態を正準分布に従うように重み付けて発生させることを繰り返し平衡状態をサンプリングする確率的な方法である.

3 物理モデルを利用した形状解析

熱的に揺らぐベシクルの平衡状態の形状を対称性を課さずにサンプリングし, それぞれの形状を解析した (図 1). 形状は基本的にすでに報告されているエネルギー最小の形状 [4, 5] と近いものが多かったが, 対称性を持たない形状やゆらぎを考慮することで得られる形状も含まれていた. さらにベシクルの内部に反発する粒子を複数封入した場合についても解析を行った. 粒子間の斥力ポテンシャルが短距離の条件では粒子を含まない場合の形状に近い形状になるのに対し, 長距離の条件ではダンベル形になることを明らかにした [7, 8].

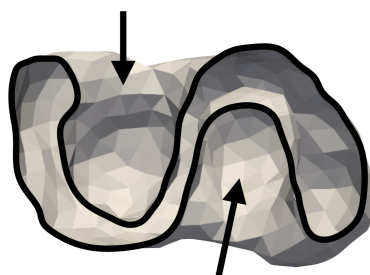


図 1: 切断したベシクルの形状の例. 断面の輪郭を実線, 陥入している位置を矢印でそれぞれ示した.

参考文献

- [1] J. N. Israelachvili, D. J. Mitchell, and B. W. Ninham, *Biochim. Biophys. Acta* **470**, 185–201 (1977).
- [2] P. B. Canham, *J. Theor. Biol.* **26**, 61–76 (1970); W. Helfrich, *Z. Naturforsch.* **28c**, 693–703 (1973).
- [3] S. Svetina and B. Žekš, *Eur. Biophys. J.* **17**, 101–111 (1989).
- [4] L. Miao, U. Seifert, M. Wortis, and H.-G. Döbereiner, *Phys. Rev. E* **49**, 5389–5407 (1994).
- [5] S. Svetina, *ChemPhysChem* **10**, 2769–2776 (2009).
- [6] Y. Natsume, O. Pravaz, H. Yoshida, and M. Imai, *Soft Matter* **6**, 5359–5366 (2010); Y. Natsume and T. Toyota, *PLoS ONE* **11**, e0146683 (2016); H. Terasawa, K. Nishimura, H. Suzuki, T. Matsuura, and T. Yomo, *PNAS* **109**, 5942–5947 (2012).
- [7] H. Itoga, R. Morikawa, T. Miyakawa, H. Yamada, Y. Natsume, T. Ueta, and M. Takasu, *JPS Conf. Proc.* **5**, 011002(1-6) (2015).
- [8] H. Itoga, R. Morikawa, T. Ueta, T. Miyakawa, Y. Natsume and M. Takasu, *Phys. Rev. E* **99**, 042418 (2019).

線毛を使って移動するバクテリアの運動パターンと走化性

森河良太, 玉腰雅忠, 宮川毅, 高須昌子

東京薬科大学 生命科学部

東京都八王子市堀之内 1432-1

morikawa@toyaku.ac.jp

The pattern of twitching motility in the bacillus using the pili and correlation with the chemotaxis

R. Morikawa, M. Tamakoshi, T. Miyakawa and M. Takasu

School of Life Sciences, Tokyo University of Pharmacy and Life Sciences

1432-1, Horinouchi Hachioji, Tokyo, Japan

Abstract:

The bacterium moving on a medium with viscous resistance using pili, which is called “twitching motility”, is modeled and studied the features and chemotaxis. The dynamical properties of our bacterial model by computer simulation are studied and some conditions to switch the motility between “horizontal crawling” and “vertical walking” are investigated.

Keywords: bacillus, twitching motility, low Reynolds number, chemotaxis

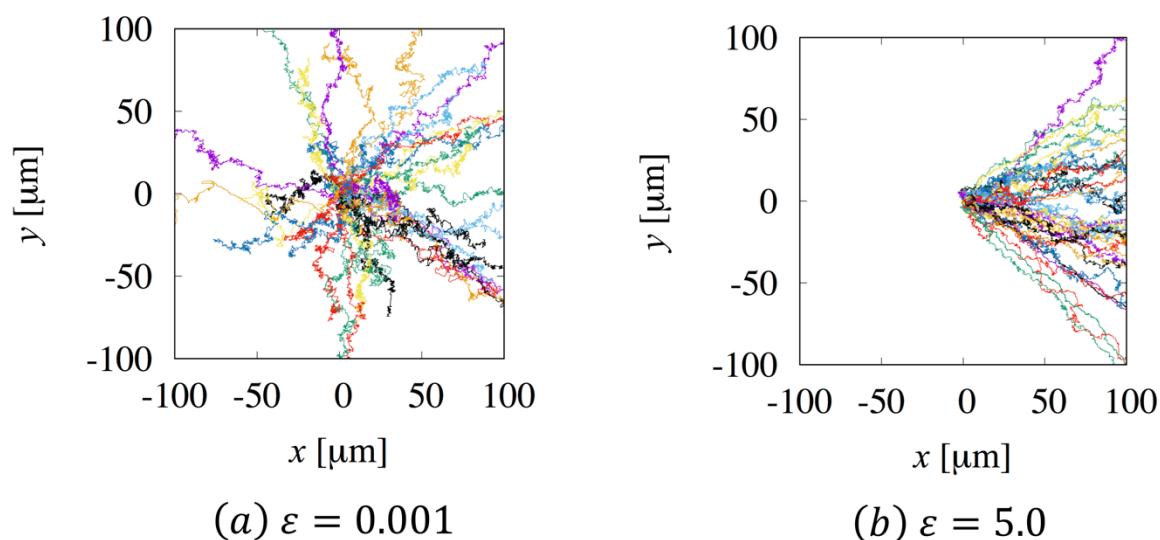
緑膿菌や高度好熱菌などのバクテリアは、棒状の菌体（桿菌）表面から複数本の線毛を伸ばし、その先端をスライドガラスや動植物の表皮などの硬い表面上に吸着させ、縮退させることによって表面上を移動している[1]. この運動は twitching と呼ばれ、菌体を表面上に横倒しにして直線的に前進する運動

（crawling）と、菌体を直立させて小刻みに四方八方に移動する運動（walking）の2種類が知られている. この2種類の運動パターンは同一個体において見られ、walking についてはバクテリアがバイオフィルムを形成する際に、その形状に影響を与えられている[2]. しかし線毛を持つバクテリアの運動における crawling と walking の切り替えが、どのような条件によって行われるのかについては、未だ明らかになっていない.

また多くのバクテリアは、栄養物質に向かって近づき、有害物質から遠ざかるという性質を持つ. これは走化性と呼ばれ、細胞内にある複数の酵素やタンパク質が関与するシグナル伝達システムによって実現されている生命現象である. この走化性シグナル伝達システムについては、モデル生物である大腸菌において詳細に研究されており、走化性物質を感知するメチル基受容走化性タンパク質(MCP)から、大腸菌の運動を司る鞭毛のモータータンパク質に至るまで、一連の伝達メカニズムがほぼ解明されている. 一方、線毛を伸縮させて移動す

るバクテリアも、大腸菌と類似したリン酸基転移に基づくシグナル伝達システムによって制御されているのではないかと推測されている[3].

我々はこれまで、表面に吸着しながら twitching 運動を行うバクテリアのシミュレーションを、ストークス動力学モデルを用いて行ってきた[4]. その結果、線毛の数または表面とバクテリアとの吸着力の大きさ ε が、crawling と walking の切り替えに関与していることを示した (図参照). 一方、大腸菌の走化性シグナル伝達におけるリン酸化酵素の活性の大きさと MCP におけるメチル化のレベルのそれぞれの時間変化に注目し、シグナル伝達経路を細胞全体で大雑把に捉えた粗視化モデル (SPECS) が提唱されている[5]. 我々はこの twitching 運動を再現したストークス動力学モデルと SPECS による走化性シグナル伝達粗視化モデルを組み合わせ、線毛を持つバクテリアの低レイノルズ数環境下における走化性運動シミュレーションを行った.



(図)バクテリアの重心の軌跡(40サンプル). バクテリアと培地の吸着力 ε が大きくなると、バクテリアの運動はwalkingからcrawlingに変化する.

その結果、一般的に walking による運動よりも crawling による移動の方が、走化性物質の探索能力が高いことが示唆された. このことから walking を行うバクテリアは、餌を探索する以外の別の目的で運動を行っている可能性があると考えられる.

- [1] J. C. Conrad, *Res. Microbiol.*, **163** (2012) 619.
- [2] M. L. Gibiansky et al., *Science*, **330** (2010) 197.
- [3] I. Sampedro, et al., *FEMS Microbiol. Rev.* **39** (2015) 17.
- [4] R. Morikawa, et al., *JPS Conf. Proc.* **1** (2014) 016019.
- [5] Y. Tu, T. S. Shimizu and H. C. Berg, *PNAS* **105** (2008) 14855.

Chaplygin-gas と d 次元相対論的膜の理論

小川直久

北海道科学大学 〒006-8585 札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目

ogawanao@hus.ac.jp

Chaplygin Gas and Relativistic d - brane

Naohisa Ogawa

Hokkaido University of Science, 7-15 Maeda, Teine, Sapporo 006-8585 Japan

Abstract: We discuss the relation between the theories of Euler fluid with mysterious state equation called Chaplygin gas and d-dimensional relativistic brane.

Keywords: Chaplygin gas, Relativistic brane, minimal surface, symmetry, World Volume

Introduction (d+1, 1) 次元時空内の d 次元膜の相対論的理論と d 次元のオイラー方程式の等価性について議論する。これら二つの理論は、奇妙な状態方程式 (Chaplygin gas) で繋がっている。

$$P = -\frac{2\lambda}{\rho}$$

ここで、 P は圧力、 ρ は密度、 λ は定数である。この状態方程式を満たすようなオイラー流体を Chaplygin Gas という。この状態方程式を満たすような非回転的なオイラー流体は以下の作用から導かれる。 θ は速度ポテンシャル。

$$S = \int d^{d+1}x \left[\theta \dot{\rho} - \left(\frac{\rho}{2} (\vec{\nabla}\theta)^2 + \frac{\lambda}{\rho} \right) \right].$$

ここで、状態方程式、および、 $v = \vec{\nabla}\theta$ を用いた。ここでさらに、 ρ に対する運動方程式を用いて、作用を θ のみで書き表すことができ、

$$S = -2\sqrt{\lambda} \int d^{d+1}x \sqrt{\dot{\theta} + \frac{1}{2}(\vec{\nabla}\theta)^2}$$

Euler-Lagrange 方程式は

$$\frac{\partial}{\partial t} \frac{1}{\sqrt{\dot{\theta} + \frac{1}{2}(\vec{\nabla}\theta)^2}} + \vec{\nabla} \cdot \left\{ \frac{\vec{\nabla}\theta}{\sqrt{\dot{\theta} + \frac{1}{2}(\vec{\nabla}\theta)^2}} \right\} = 0.$$

Brane Solution

$$\theta(x_1, x_2, \dots, x_d) = \text{const.}$$

の面を考えると、E-L 方程式から、

$$\text{div}(\vec{n}) = 0, \quad \text{where,} \quad \vec{n} = \frac{\vec{\nabla}\theta}{|\vec{\nabla}\theta|}$$

これは平均曲率が 0 の d-1 次元曲面 (極小曲面) であることを意味する。

時間依存性のある解としては、元の流体の理論がガリレイ変換

$$\vec{x}' = \vec{x} - \vec{V}_0 t$$

に対して不変であることから、以上の時間に依存しない解をガリレイ変換で動かしてやることで求められる。

$$\theta(\vec{x}, t) = \theta_s(\vec{x} + \vec{v}_0 t) - \vec{x} \cdot \vec{v}_0 - \frac{1}{2} \vec{v}_0^2 t.$$

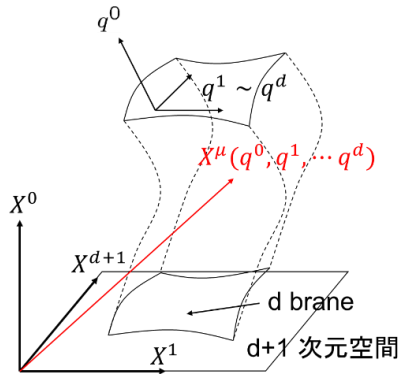
これが EL 方程式の解であることはすぐにわかる。

これには他の解法もあって、 d 次元極小曲面 から解を得る方法もある。(今回は割愛)

Symmetries

d 次元 Chaplygin gas の持つ対称性は $(d+2)(d+3)/2$ 個ある。これは $d+2$ 次元時空のポアンカレ対称性と同じ数。相対論の登場を匂わせる。

Theory of Relativistic d-Brane in $(d+1, 1)$ space time



World Volume 上でのメトリックを $G_{ij} = \eta_{\mu\nu} \frac{\partial X^\mu}{\partial q^i} \frac{\partial X^\nu}{\partial q^j}$ と置く。

$i, j \dots = (0, 1, \dots, d)$. このとき世界体積は、

$$V = \int d^{d+1}q \sqrt{\det(G_{ij})}$$

これが最小になるように、相対論的な d-Brane の運動が決まる

座標 $(q^0, q^1, \dots, q^d)$ の選び方には $d+1$ 個の任意性があるので、理論の中の $d+1$ 個の自由度は適当に決めてよい。(ゲージの自由度) そこで、Light Cone ゲージで

$$q^k = X^k \quad (k = 1 \sim d), \quad q^0 = \frac{1}{\sqrt{2}}(X^0 + X^{d+1})$$

に取り、さらに残った自由度で新たな場を定義する。

$$\theta \equiv \frac{1}{\sqrt{2}}(X^0 - X^{d+1})$$

このとき作用は定数倍を除いて、以下のように書ける。

$$S \sim \int d^{d+1}q \sqrt{\dot{\theta} + \frac{1}{2}(\nabla\theta)^2}$$

これは、Chaplygin Gas の理論である。

このように、 d 次元の相対論的な膜の理論と、 d 次元の流体力学と、 $d-1$ 次元の極小曲面が結びつく非常に面白い関係になっている。同様に、 d 次元の Chaplygin Gas の理論の解を、 d 次元の極小曲面から作ることも出来る。(Ogawa N., 2000 Phys. Rev.)

参考文献

Bazeia D. and Jackiw R., Ann. Phys. **270** (1998) 246--259.

Bazeia D., Phys. Rev. **D59** (1999) 085007.

Bordemann M. and Hoppe J., Phys. Lett. **B317** (1993) 315--320.

Ogawa N., Phys. Rev. **D62** (2000) 085023.

デザイン系学生による形の科学関係の作品

高木隆司

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

Artworks by Students of Design

Ryuji Takaki

Tokyo University of Agriculture and Technology (Koganei, Tokyo, Japan)

Abstract: Some artworks by students created in the course of “Science of Form” are presented. They show that students of design are interested in natural phenomena and geometrical shapes, and eager to create artworks inspired by natural phenomena.

Keywords: Artworks, Students, Art, Design,

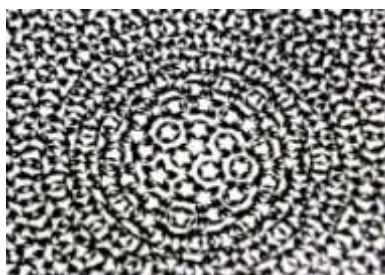
1. 導入

筆者は、2004 から 4 年間、神戸芸術工科大学に在籍し、その後、武蔵野美術大学で非常勤講師を務めている。これらの大学の院生や学生が制作した作品を、テーマ別に示す。

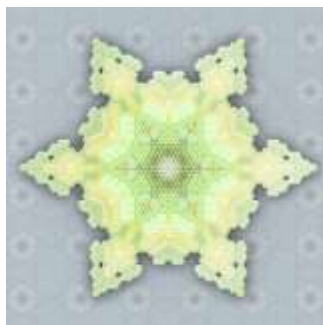
2. 比率、らせん、対称性に関する作品



3. 空間分割・準結晶に関する作品



4. 平衡形・成長形に関する作品



5. 分岐・折りに関する作品



池上式 3D ジグソーパズルのほぞ形状を限界値に近づけた模型

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

Models in which the tenon shape of Ikegami's 3D jigsaw puzzle is close to the limit value

Yuki Machiya¹, Yuji Ikegami², Kenji Yamazawai² and 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: We exhibit models in which the tenon shape of Ikegami's 3D jigsaw puzzle is close to the limit value. Three-dimensional shape data of such Ikegami's 3D jigsaw puzzles were generated by using 3D CAD. 3D models were created by 3D printing of the fused deposition modeling. All surfaces of each puzzle piece were rasped to smooth them.

1. はじめに

池上式 3D ジグソーパズルの設計理論を構築することを目的として、ほぞの幅と高さを変化させ、その限界値の調査を行っている。その結果、ピースの一边の長さを L 、ほぞの幅を W 、高さを H とした場合、 $2 \times 2 \times 2$ 分割におけるほぞの限界値は、幅は $0 < W < \frac{L\sqrt{2}}{2}$ 、高さは $0 < H < L$ となることが判った。

我々は、上記の限界値にほぞ形状を近づけた池上式 3D ジグソーパズルを設計および作製した。

2. ほぞ形状を限界値に近づけた池上式 3D ジグソーパズルの作製

今回作製した $2 \times 2 \times 2$ 分割の模型は、一边の長さ L を 30mm とした時、幅 W の取得値が $\frac{30\sqrt{2}}{2}$ mm (約 21mm) 未満、高さ H は 30mm 未満となる。これらの値を基に、ほぞの幅を限界値に近づけた $2 \times 2 \times 2$ 分割、ほぞの高さを限界値に近づけた $2 \times 2 \times 2$ 分割の 2 種類を 3D CAD を用いて設計し[1]、AFINIA H800+(図 1)で造形した。材料は ABS 樹脂を用いた。

3. 模型作製の失敗及び改良

当初、ほぞの幅を限界値に近づけた $2 \times 2 \times 2$ 分割模型において、 W を 19mm にして作製した。しかし、 $W=19$ mm ではピース表面にある突起部(図 2)の強度が弱く、造形密度を高めても欠損してしまった。そのため、 $W=15$ mm(図 3)に設計変更したところ、造形に成功した。同様に、ほぞの高さを限界値に近づけた $2 \times 2 \times 2$ 分割模型においても、パズルの強度面を考慮し、ほぞの高さを限界値に対して幾分余裕のある値 $H=25$ mm(図 4)にし、造形に成功した。

参考文献

[1] 町屋佑季, 池上祐司, 手嶋吉法, 「池上式 3D ジグソーパズルの作製」, 形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol. 3, No. 1, (2018) 31.



図 1 3D プリント: AFINIA H800+

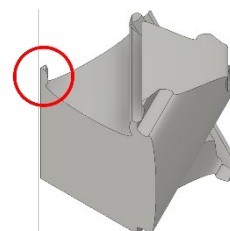


図 2 $2 \times 2 \times 2$ 分割に生成された微小な突起 ($W=19$ mm $H=6$ mm)

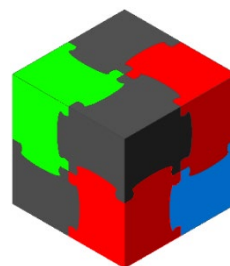


図 3 $2 \times 2 \times 2$ 分割 ($W=15$ mm $H=6$ mm)

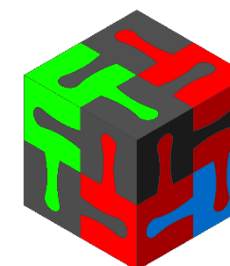


図 4 $2 \times 2 \times 2$ 分割 ($W=6$ mm $H=25$ mm)

水防災教育用のジオラマ型教材

野村詩織、戸田圭一

京都大学大学院工学研究科（京都府京都市西京区京都大学桂）

E-mail アドレス nomura.shiori.88r@st.kyoto-u.ac.jp

Diorama as a material for water related disaster prevention education

Shiori NOMURA, Keiichi TODA

Kyoto Univ. (Kyoto Univ. Katsura, Nishikyo, Kyoto, Kyoto 615-8510)

Abstract: Knowing what to do and how to act in the case of a natural disaster is important for protecting oneself from it. Diorama is often used for water disaster education as a teaching material. Those are one of the effective methods to understand natural disaster. However, many of those materials have many restrictions for using them. Our new diorama is portable and can be used everywhere. The goal of this material is to simplify the movement of water, and to provide a motivation for children to think about how to act by a natural disaster.

Keywords: Education for disaster prevention, Water disaster prevention, Teaching material, Diorama

自然災害に対し適切な避難行動をとるために大事なことは、災害の発生が近づいたときに何が起こりえるかを予測し、それに対してどう行動するべきかを考えられるようになることである。その為には、実際の災害の流れを体験することが大切であるが、児童にとっては、恐怖を伴うことなく体験できることがより重要である。

児童向けの水防災教育の手段の一つとして、実際の地形に近いジオラマタイプの模型を使ったものがある¹⁾。参加者の興味関心をひきやすい一方で、これらの模型はその機能性・再現性からサイズが大きくなりやすい。模型を使って水害を再現するにあたり、移動用の軽トラック、実演用の大量の水、複数の実演スタッフ等設備・人手が必要であることが多い。その為、移動・開催場所が制限され、広く市民の方に模型を通じて防災について

知って頂けないことが課題であった。

そこで、より手軽に持ち運べ、場所を選ばずに実演できる防災教材を提案する。この模型は、児童にとって身近な玩具を用いることで、児童に遊びながら体験をしてもらえる。自然の複雑な動きを簡略化しながら、児童が災害時にとるべき行動を予測できるよう、災害について伝えることが目的である。

参考文献

- ¹⁾ 戸田圭一・石垣泰輔・安田誠宏・馬場康之・中島隆介 (2017) : ジオラマタイプのミニチュア模型を用いた水防災教育の実践, 京都大学防災研究所年報. B, 60 巻, pp. 692-700, 京都大学防災研究所

回折上昇の一部問題についての再検討

松本 崧生

金沢大学名誉教授、自宅、金沢市土清水 2-7-7

matsumoto,ty@gmail.com

Reexamination of enhancement on homometric structures.

Takeo MATSUMOTO

Emeritus Professor Kanazawa University.

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

Abstract:

The writer reexamined “Quartet” structure ($n=16, r=7, n-r=9$), and “vector sets” in Sennadai. In Chiba, one homometric quadruplet among three, from the cyclotomic sets: $n=16, r=8=(n-r)/2$. is reexamined, even though old, classical problem.

The fractional coordinates of periodic one-dimensional homometric structures for quadruplets were shown by Patterson (1944), where three homometric quadruplets from the cyclotomic sets: $n=16, r=8$. existed. There are three homomeric quadruplets. Homometric type II among 3 types has peculiar feature. Connected with this feature, enhancement of diffraction will be discussed.

Keywords: homometric structures ;vector sets; diffraction enhancement ;convolution; symmetry.

1. ホモメトリク構造につき、長崎、仙台、千葉と発表してきた。1次元周期配列を、円周上の点配列、Circular representation は Patterson(1944), Buerger (1977,1978), Chung Chieh(1979),等の古典的研究がある。これらを再検討して、興味ある結果が得られた。

2. 分割個数 $n=16$, 存在点(黒点) $r=n/2=(n-r)=8$ のホモメトリク構造3タイプのうち、Type II の1タイプについての再検討につきに報告した。4重ホモメトリク構造、type-II の α 、 β 、 γ 、 δ 、の4種の赤充点、白空点配列構造、type-II- α Quartet 4重組を [86回千葉シンポ] を想起願います。

3. 四重ホモメトリク構造は type-II- α 、 β 、 γ 、 δ 、の4種各々が、 $Q, E(Q), Q', E(Q')$ の Quartet, 四重組をもつ。合計16種できるが、同一配列が2種ずつあり、独立なものは、8種となる{表1}。結晶3軸に、8種をあてはめて、結晶モデルをつくる。対称上昇のモデルが作られる。

表 1. 16種が8種となる。

Type-II - α	Type-II - β	Type-II - γ	Type-II - δ
↓	↓	↓	↓
$Q = E(Q')$		$Q = E(Q')$	
$E(Q) = Q'$		$E(Q) = Q'$	
$Q' = E(Q)$		$Q' = E(Q)$	
$E(Q') = Q$		$E(Q') = Q$	

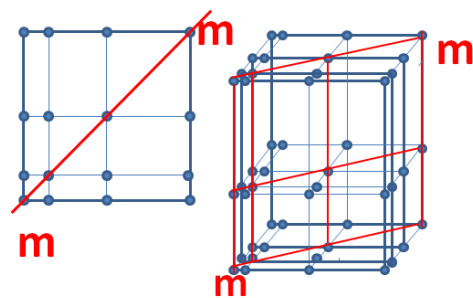


図 Convolution で作ったモデル結晶は単斜晶系だが、ベクトルセットは、正方対称となる。定永。大隅《1976》のモデルを修正。

4. 回折対称の上昇。

三斜雲母 10Tc3 の X 線回折図形は単斜晶系で、Friedel 則の枠を超え、回折対称が高くなった現象 (Ross et al, 1966) を、定永、武田 (1968) は解析的に証明し、回折対称の上昇 Enhancement of diffraction symmetry と名付けた (1968、1986)。その後、多くの研究 (文献参考) によりベクターセット解析法等の発展を見た。これから逐次説明討議をしてゆきたい。

参考文献

- [1] A.L. Patterson: Physical Review, 65, 6, 195-201 (1944) [2] Martin J. Buerger: Zeit. Krist. 143, 73-98 (1976); 145, 371-411 (1977, 1978); Canadian Mineral. 16, 301-314 (1978)
- [3] Chung Cheieh: Zeit. Krist., 150, 261-277 (1979). [4] M. Ross, H. Takeda, D.R. Wones: Science, 151, 191. (1966)
- [5] H. Iwasaki: Acta Cryst. A28, 253 (1972); A30, 173 (1974); A31, S6 (1975); J. Cryst. Soc. Jpn. 16, 155 (1974) in Japanese.
- [6] R. Sadanaga: Prog. Nat. Sci. Jpn, 3, 143-153. (1978); R. Sadanaga, K. Ohsumi, Proc. Jpn. Acad., 51, 179-183. (1975); Acta Cryst. A33, 115-122. (1979). R. Sadanaga, H. Takeda: Acta Cryst. B24, 144-149 (1968). R. Sadanaga, K. Ohsumi, T. Matsumoto: Proc. Jpn. Acad. 49, 609-614.; 49, 816-819 (1973).
- [7] F. Marumo, Y. Saito: Acta Cryst. B28, 867-870. (1970)
- [8] K. Ohsumi, E. Min, R. Sadanaga: Zeit. Krist., 151, 179-184 (1980), K. Ohsumi, F. Okamura, R. Sadanaga: Acta Cryst. A28, S121 (1972), K. Ohsumi, W. Nowacki: Bull. Mineral. 104, 211-214. (1981)
- [9] T. Matsumoto: Acta Cryst. A31, S6. (1975). T. Matsumoto, T. Kihara, H. Iwasaki: Acta Cryst. A30, 107-108. (1974)
- 松本崧生: 形の科学シンポ予稿、ホモメトリク構造 (第84回 長崎, 第85回 仙台, 第86回 千葉)
- [10] J.E. Iglesias: Zeit. Krist. 150, 279-285. (1980).
- [11] J.M. Perez-Mato, J.E. Iglesias: Acta Cryst., A33, 466-474. (1977)

藤井聡太の将棋の解析

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

Analysis of the Performance of Sota Fujii in Professional Shogi Society

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: Sota Fujii is a professional shogi player who has achieved many historic records. His Ero rating ranking is top 10 among the professional players. By analyzing Fujii's play, the evolution and characteristics of his shogi were discussed.

Keywords: Shogi, Sota Fujii, Record of a game of shogi, Characterization, Moving

1. はじめに

藤井聡太は史上最年少の 14 歳 2 ヶ月でプロ棋士となり話題となった。藤井が打ち立てた大きな記録としてデビュー戦からの 29 連勝、2 度の朝日杯将棋オープン戦の優勝、詰将棋解答選手権の 5 連覇がある。また、藤井は将棋連盟棋士別成績一覧のイロレーティングでのランキングにおいて、2019 年 4 月 22 日時点で 4 位である^[1]。これらの記録から藤井の棋力が現時点でプロ棋士のトップレベルに相当することが推測できる。藤井の棋力の向上には脳の成長が大きく関係している。成長途上である藤井の棋力はさらに伸びていくであろう。躍進を続ける藤井の将棋はどのように変化しているのだろうか。

プレイヤーの将棋の特徴を調べる方法の 1 つに棋譜解析がある。棋譜解析を行うことでプレイヤーの指し手の変化やプレイヤー固有の特徴が分かる可能性がある。本研究では藤井の棋譜を解析し、指し手の変化や特徴をみることを目的とした。棋譜解析では棋譜の符号のみを用いた解析と将棋 AI の評価値を利用した解析を行った。また、藤井の考慮時間と評価値の関係について議論した。さらに、他のプロ棋士の棋譜も解析した。

2. 棋譜解析

棋譜とは対局の情報を符号で表し記録したものである。棋譜を解析することで将棋を数値的にみることができる。一般的に使用されている棋譜解析に将棋 AI を利用した方法がある。棋譜を将棋 AI に読み込ませることで、将棋 AI が示す局面の評価値を得ることができる。この手法ではプレイヤーの棋力を示すときに一致率と平均悪手がよく用いられる^[2]。一致率、平均悪手は将棋の強さを表す指標として使用されるが、その精度の高さは解明されていない。また、将棋 AI を利用しない棋譜解析法として、棋譜の符号を使用した方法がある。符号から局面ごとの駒の使用比率を調べることで、プレイヤーの特徴がみえる可能性がある。

藤井聡太と他のプロ棋士の棋譜解析を行い一致率と平均悪手を調べた。また、考慮時間

と指し手の評価値の関係を調べた。さらに、符号からプレーヤーの特徴がみられるか検討した。ハードウェアは Core i7-7700CPU、クロック周波数 3.60 GHz、4 コア、8 スレッドマシンを、将棋 AI は技巧 2 ver2.0.2、Bonanza6.0 を使用した。

3. 解析結果

図 1 は将棋 AI を用いた棋譜解析において、最善手のみと一致した場合の藤井聡太の月別平均一致率である。使用した将棋 AI は技巧である。図 1 から最善手のみの場合は平均一致率が 55%から 65%に収まることが多いことが分かる。また、2017 年 5 月から 8 月は平均一致率が下降傾向にあることが分かる。2017 年 7 月、8 月は藤井が負けた対局があることから藤井が調子を落としていたと考えられる。しかし、月別平均一致率には 1 月ごとの対局数が少ないという問題点がある。2019 年 4 月 9 日時点での藤井の月平均対局数は 4.8 局である。これは、藤井の月ごとの棋力を十分に測ることができる対局数としては少ないかもしれない。

藤井に 1 年間で棋力の向上がみられるかを調べるために 2017 年度と 2018 年度の最善手のみの場合の平均一致率を条件別に調べた結果を図 2 に示す。なお、2016 年 12 月と 2019 年 1 月から 3 月は対局数が少ないため、それぞれ 2017 年度、2018 年度に加えた。図 2 から全対局、勝った対局のみ、負けた対局のみのいずれも平均一致率が上昇していることが分かる。特に勝った将棋での平均一致率は前者が約 57%であるのに対し、後者が約 60%となり、3%の上昇がみられた。ここから、藤井が最善手を指す頻度が全体的に増え、実力がついたと考えられる。しかし、これらの平均一致率の差を t 検定を行い統計的にみたら有意差はみられなかった($p < 0.05$)。よって、平均一致率から藤井の棋力の成長を推測することは難しいと考える。

本研究では棋譜解析を行うことで藤井の将棋の変化と特徴をみることを試みた。技巧での月ごとの平均一致率では 1 月の対局数が少ないため藤井の将棋の変化を詳細にみることは難しいと考えられる。また、技巧での年度ごとの平均一致率では藤井が成長している傾向はみられたが有意差はみられなかった。ここから、平均一致率でプレーヤーの棋力を測ることはできない、あるいは少なくとも 60 局以上の対局数がないと議論できないのではないかと考える。

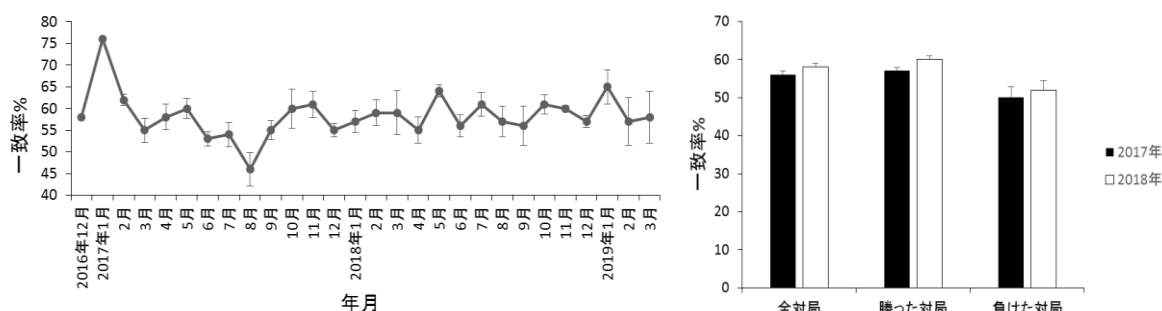


図 1：藤井の月別平均一致率(最善手のみ) 図 2：藤井の条件別一致率(最善手のみ)

文献

- [1] 将棋連盟棋士別成績一覧(レーティング), <http://kishibetsu.com/rating.html> (2019 年 4 月 22 日).
- [2] 高津和紀, 高田宗樹, 平田隆幸: 将棋の最年少プロ棋士藤井聡太の強さを測る - レーティングによる評価と問題点 -, 福井大学大学院工学研究科研究報告第 67 巻, 1-9 (2018).

ミツバチの営巣初期過程に見られる自己組織化

^{1*} 鳴海 孝之、² 上道 賢太、^{3,4} 本多 久夫、² 大崎 浩一

¹ 山口大学 創成科学研究科、山口県宇部市常盤台 2-16-1

² 関西学院大学 理工学研究科、兵庫県三田市学園 2-1

³ 神戸大学 医学研究科、神戸市中央区楠町 7-5-1

⁴ 理化学研究所 生命機能科学研究センター、神戸市中央区港島南町 2-2-3

* tnarumi@yamaguchi-u.ac.jp

Self-organization at the first process of honeycomb construction

^{1*} Takayuki Narumi, ² Kenta Uemichi, ^{3,4} Hisao Honda, ² Koichi Osaki

¹ Yamaguchi University, Tokiwadai 2-16-1, Ube, Yamaguchi

² Kwansei Gakuin University, Gakuen 2-1, Sanda, Hyogo

³ Kobe University, Kusunoki-cho 7-5-1, Chuou-ku, Kobe, Hyogo

⁴ RIKEN BDR, Minato-zima Minami-machi 2-2-3, Chuou-ku, Kobe, Hyogo

Abstract: We propose an agent-based model, the attachment-excavation model, to understand the mechanisms of the first process of honeycomb construction. In this presentation, we discuss how a tripod pattern can be seen in two-dimensional simulations. The simulation results show that the tripod pattern emerges due to competition between the attachers and excavators. Moreover, we employ anisotropic wax growth to obtain a linear sequence of constructed tripods, thus suggesting that anisotropy is a significant contributor to the first stage of honeycomb construction.

Keywords: honeybee, attachment, excavation, agent-based simulation

1. 緒論

ミツバチの巣は、働きバチが分泌するミツロウからできている。ハニカム構造は耐久性と貯蔵性に優れており、作製に必要な材料を少なくできる利点があるため、ミツバチは進化の過程でハニカム構造を作る能力を獲得したと考えられている。しかし、そのような精緻な構造をミツバチがどのようにして作るのか、そのメカニズムは謎に包まれている。営巣メカニズムの解明は、社会性昆虫の代表例であるミツバチの生態を理解するうえで重要なものであり、さらに自然界で見られる複雑な形状についての理解にも寄与する可能性を秘めている。

ミツバチが精緻なハニカム構造を作る謎について、大きく分類すると二つの有力な説がある。ひとつは、ミツバチが発する熱でミツロウが溶けて、表面張力によりハニカム構造が現れるという説で、もうひとつは、ミツバチ自身が「器用な建築家」としてハニカム構造を作製するという説である。ただし、前者の説に関しては、これまでのところ営巣の際にミツロウが溶けている様子が直接観察されたという報告はない。こうした状況を踏まえて、我々はミツバチを「器用な建築家」とみなして研究を行った。ただ、いくらミツバチが器用な建築であったとしても、小さな脳しか持たず、働きバチの寿命が長くて半年程度しかないことを考えると、働きバチが人間のように系統立ててハニカム

構造を作製しているという描像は非現実的である．そこで我々は、ミツバチが本能として世代間で受け継ぐことのできる単純な行動により、ボトムアップ的にハニカム構造を作製していると考えた．

2. モデル

ボトムアップ的な構造物作製のひとつの手段として、「自己組織化」が挙げられる．自己組織化が起こるためには何らかの供給と排出が起こる必要があり、ミツバチの巣作りではミツロウがそれにあたると我々は仮定した．ミツロウの供給は、働きバチがミツロウを付着することでなされる．一方、ミツロウの排出は、働きバチがミツロウを掘削することでなされると考えた．働きバチがミツロウを掘削することはこれまでも知られていたものの、営巣過程への掘削の影響は明らかではなかった．そこで、ミツロウを掘り進められるところまで掘り、ミツロウが一定の厚みより薄くなると掘削をやめるという条件を設定することで、営巣過程で掘削が果たす役割を具体的に仮定した．こうして、働きバチによるミツロウの付着と掘削という行動ルールに従って、自律的に行動するエージェントと、それらの間の相互作用を設定した現象論的なモデルである付着・掘削モデル (attachment-excavation model) を提案し、コンピュータシミュレーションによって、平面上でどのような構造が得られるのかを調べた [1,2]．

3. 結果

ミツバチの営巣過程では、まず三角錐の面が凹んだような形状の構造物が作られ、この構造物を最小構成単位として一方向に連結したものがハチの巣の土台となる．付着・掘削モデルの2次元シミュレーションでは、この初期構造を再現することができ、さらに、ミツロウが一方向に付着しやすいという追加設定のもとでは、ハチの巣の土台となる構造も再現された．これらの結果は、付着・掘削モデルの正当性を支持するもので、ミツロウの付着と掘削という単純な行動ルールに基づいた活動によって、精緻な巣が作られうることを明らかにした．

4. まとめ

我々は、ミツバチの行動ルールに基づいて付着・掘削モデルというエージェントベースモデルを提案し、そのコンピュータシミュレーションを実行した．その結果、ミツロウの付着と掘削という互いに相反する行動ルールの競合による自己組織化で複雑な構造が創発するという描像により、営巣初期過程が説明できた．これは、ミツバチが自己組織化をうまく活用する建築家であることを示唆するものとなっている．

参考文献

- [1] T. Narumi, K. Uemichi, H. Honda, and K. Osaki, “Self-organization at the first stage of honeycomb construction: Analysis of an attachment-excavation model,” PLoS ONE **13**, e0205353 (2018).
- [2] 鳴海 孝之, 『ミツバチの造巣初期過程に対するエージェントベースモデル』, 数理解析研究所講究録 **2043**, 142 (2017) .

二重可逆面積保存写像における二重対称周期軌道：代数構造

山口喜博 (元帝京平成大学)¹

Doubly symmetric periodic orbits in the doubly reversible area-preserving map
- Algebraic structure -

Yoshihiro Yamaguchi

Abstract: The most well-known map which has the double reversibility is the standard map. In this map, there exist not only the singly symmetric periodic orbits, but also the doubly symmetric periodic orbits (DPOs). A new involution representation for DPOs is introduced.

Keywords: Standard map, Reversibility, Involution, Doubly symmetric periodic orbit

円筒面 ($0 \leq x < 2\pi$, $-\infty < y < \infty$) で定義された標準写像 T は二重対称性をもつ [1,2].

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

$f(x) = a \sin x$. $a > 0$ ではサドル型不動点 $P = (0, 0)$ と楕円型不動点 $Q = (\pi, 0)$ が存在する.

写像 T を二つの対合の積で表現する. 表現の仕方は2通りある. 最初の表現は $T = H \circ G$. この表現が可能である理由は, 関数 $f(x)$ が奇関数であることによる.

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

第二の表現は $T = h \circ g$.

$$g \begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y - f(x) \\ x \end{pmatrix}, \quad h \begin{pmatrix} y \\ x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} -y \\ x - y \end{pmatrix}. \quad (3)$$

対合の不動点の集合より対称線が下記のように得られる (図1).

$$S_G : x = 0, \pi, \quad S_H : y = 2x, \quad y = 2(x - \pi). \quad (4)$$

$$S_g : y = -f(x)/2, \quad S_h : y = 0. \quad (5)$$

対合 G と H による点の動き方から S_G と S_H を左右の対称線と名付け, 対合 g と h による点の動き方から S_g と S_h を上下の対称線と名付ける. 標準写像では左右または上下の対称線の上に軌道点をもつ一重対称周期軌道と, 下記で定義する二重対称周期軌道が存在する. 本報告では二重対称周期軌道の新しい特徴付けを提唱する.

定義 1 (二重対称周期軌道). 二重対称周期軌道とは, 左右の対称線上と上下の対称線上に軌道点をもつ周期軌道のことである. 不動点 P と Q を左右の対称線と上下の対称線が通過しているが, ここではこれらを二重対称周期軌道に含めない.

性質 2. 二重対称周期軌道は対称線上に2個または4個軌道点を持つ.

二重対称周期軌道は表1で示したように4種類に分類される.

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

表 1: 二重対称周期軌道の分類

分類	周期: q	左対合	恒等写像	右対合	対称線:左対合	対称線:右対合
D-I	$4k \ (k \geq 1)$	$T^{2k-1}H$	$GT^{2k-1}h$	g	$T^k S_G$	S_g
		$T^{2k-1}h$	$gT^{2k-1}H$	G	$T^k S_g$	S_G
D-II	$4k \ (k \geq 1)$	h	$gT^{2k-1}H$	GT^{2k-1}	S_h	$T^{-k} S_H$
		H	$GT^{2k-1}h$	gT^{2k-1}	S_H	$T^{-k} S_h$
D-III	$4k+2 \ (k \geq 0)$	$T^{2k}H$	$GT^{2k}h$	g	$T^k S_H$	S_g
		H	$GT^{2k}h$	gT^{2k}	S_H	$T^{-k} S_g$
D-IV	$4k+2 \ (k \geq 1)$	h	$gT^{2k}H$	GT^{2k}	S_h	$T^{-k} S_G$
		$T^{2k}h$	$gT^{2k}H$	G	$T^k S_h$	S_G

分類 D-I を利用して表 1 の見方を説明する. 周期 $q = 4k$ の写像 T^q を三つの作用に分解する.

$$T^q = T^{2k-1}H \circ GT^{2k-1}h \circ g. \quad (6)$$

第二の作用 $GT^{2k-1}h$ が恒等写像ならば, 対合 $T^{2k-1}H$ の不動点の集合として対称線 $T^k S_G$ が得られ, 対合 g の不動点の集合として対称線 S_g が得られる. 対称線 $T^k S_G$ は対合 $T^{2k-1}H$ について不変である ($T^{2k-1}H(T^k S_G) = T^{2k-1}T^{-k}HS_G = T^{k-1}(HG)GS_G = T^k S_G$).

恒等写像 $GT^{2k-1}h = id$ より, $T^{2k-1}H = GhH = g$ が得られる. これは $T^{2k-1}H$ の不変集合 $T^k S_G$ と g の不変集合 S_g の共通集合が存在すれば二重対称性が存在することを意味している. これは分類 D-I の対称線の表式と整合性がとれている. 周期 $q = 4 \ (k = 1)$ の場合における恒等写像 GTh による軌道点の動きを図 1 に示した. 対称線の像 $TS_G \ (y = x - \pi)$ と $S_g \ (y = -f(x)/2)$ の交点に軌道点 z_0 と z_2 がある. これらの軌道点が存在する条件は $a > 2$ である.

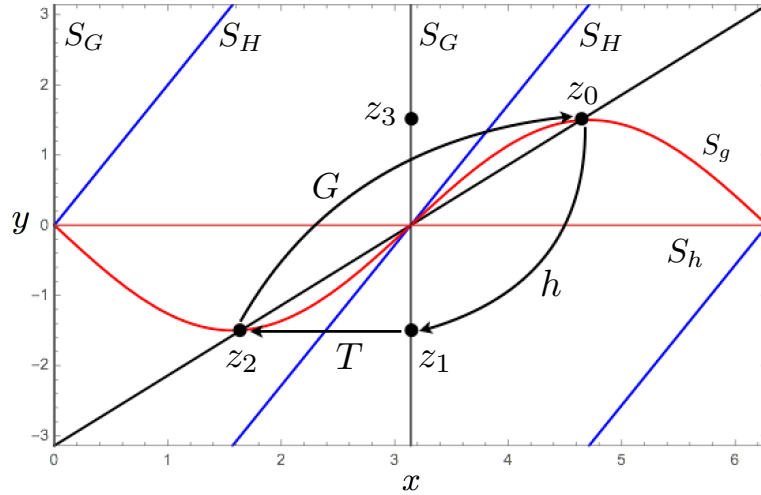


図 1: 対称上に 4 個の軌道点を持つ二重対称周期軌道の例. 矢印は恒等写像 GTh による軌道点の動き.

今回の講演では二重対称周期軌道の対合表現の代数的構造について議論する.

参考文献.

- [1] MacKay, R. S., *Renormalisation in Area-Preserving Maps*, (World Scientific, 1993).
- [2] Roberts, J. A. G., and Quispel, G. R. W., Chaos and time-reversal symmetry. Order and chaos in reversible dynamical systems, *Phys. Rep.* 216 (1992), 63-177.

Heesch 数が正となる凸五角形

杉本晃久

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

Convex Pentagons with Positive Heesch Number

SUGIMOTO, Teruhisa

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

Abstract: We found convex pentagons whose Heesch number is equal to one, which admit an edge-to-edge corona. In this manuscript, new classification of these convex pentagons is presented.

Keywords: convex pentagon, corona, Heesch number, monohedral tiling, tessellation

1 はじめに

平面のタイリング（タイル張り）とは、タイルと呼ばれる集合の集まりで平面を隙間やタイルの境界を除いて重なり無く被覆することである。タイルとは、シンプルな閉じた曲線であるような境界を持つトポロジカルディスクのような有界閉集合を指す。タイリング内の全てのタイルが同じサイズで同じ形状の場合、そのタイリングをモノヘドラルと呼び、そしてモノヘドラル・タイリング内の多角形をモノヘドラル・タイリングのプロトタイル、もしくは多角形タイルと呼ぶ。現在、凸五角形タイルはTypeと呼ばれる15のファミリーが知られている [2, 4]。凸多角形によるタイリングで、タイリング内の任意の2つの凸多角形が互いに素か1つの頂点あるいは1つの辺全体を分け合うような場合、そのタイリングをedge-to-edgeと呼ぶ。既知のTypeの凸五角形タイルの代表的なタイリングには、edge-to-edgeな場合とそれ以外の場合が混在している。

2 Heesch数

タイル T を考えたとき、 T をそれ自身の合同なコピーで隙間や T の境界を除いて重なり無く囲んだ層と中心に置いたオリジナルの T 自身を含む集合を T のコロナと呼ぶ。ファースト・コロナは、中心にあるタイルと共通の境界点をもつすべてのタイルの集合である。2以上の整数 h に関して、 h 番目のコロナは、 $(h-1)$ 番目コロナとそれと共通の境界点をもつすべてのタイルの集合となる。タイル T のコロナが形成できる層の最大数を T の Heesch 数と呼び、 $H(T)$ と表記する。もし T がモノヘドラル・タイリングのプロトタイルであるならば、 $H(T) = \infty$ である。したがって、凸五角形タイルは $H(T) = \infty$ を持つ凸五角形である。一方で、タイリングもコロナも生成できない正五角形は、 $H(T) = 0$ を持つ凸五角形である。

Heesch 数は、1968 年に Heinrich Heesch が $H(T) = 1$ を持つ凸五角形（図 1 参照）と次のような問題を提示したことに由来する [1, 2, 3, 5]。

Heesch のタイル張り問題。 正の整数 r に対して、 T_0 を T_0 と合同なタイルによって r 回囲むことはできるが $r+1$ 回は囲むことができないようなプロトタイル T_0 は存在するか？

1991年まで有限なHeesch数を持つタイルは $H(T)=1$ のタイルのみ知られていたが、現在では $H(T)=5$ を持つタイルが知られている [3]. ただし、現在知られている $2 \leq H(T) < \infty$ を持つタイルはすべて凸形ではない. つまり、現在知られている有限なHeesch数を持つ凸多角形は、すべて $H(T)=1$ を持つ多角形である. 2005年に阿賀岡は、 $H(T)=1$ を持つ凸七角形を発見した [1]. そして阿賀岡は、「edge-to-edge コロナを認める $1 \leq H(T) < \infty$ を持つような凸五角形 T_p は存在するか？」と問題を提示した (図1の1968年にHeeschが示した $H(T)=1$ を持つ凸五角形が形成するファースト・コロナはnon-edge-to-edgeであり、この凸五角形はどのように配置してもedge-to-edgeコロナを生成できない).

我々は、阿賀岡の上記の問題に関して「 T_p は存在する」という解を得た [5]. つまり我々は、コロナをedge-to-edgeに形成できる $H(T)=1$ を持つ凸五角形を見つけた. さらに、凸五角形タイル ($H(T)=\infty$ を持つ凸五角形) と同様の分類 (凸五角形の本質的に異なる性質を基準とした分類) に従うと、 $H(T)=1$ を持つ凸五角形は無限のファミリーが存在することもわかった. ただし、 $H(T)=\infty$ を持つ凸五角形タイルのTypeとは異なるCategoryと名付けた基準で分類すると、無限に存在する $H(T)=1$ を持つ凸五角形は有限のファミリーに分類できる. そこで本講演では、我々が見つけたedge-to-edgeコロナを許す $H(T)=1$ を持つ凸五角形をCategoryという基準で分類した結果を紹介する.

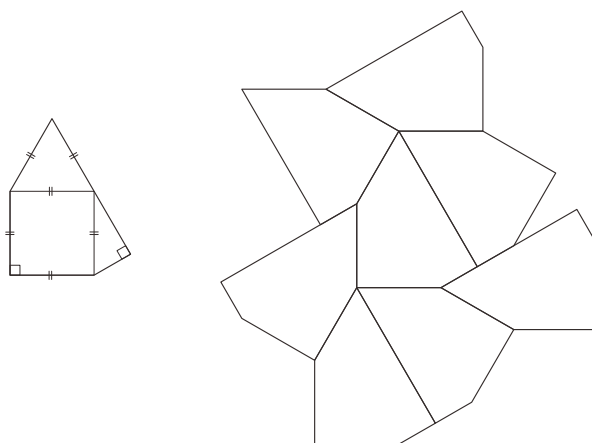


図 1. Heesch が示した $H(T)=1$ を持つ凸五角形とそのファースト・コロナ. この凸五角形は正方形と正三角形と $30^\circ - 60^\circ - 90^\circ$ 直角三角形に分割できる.

参考文献

- [1] Agaoka, Y.: An example of convex heptagon with Heesch number one, 広島大学総合科学部紀要 IV 理系編, 第 31 巻 (2005), 117–123.
- [2] Grünbaum, B. and Shephard, G. C.: *Tilings and Patterns*, W. H. Freeman and Company, New York, 1987, pp. 15-35 (Chapter 1), pp. 113-157 (Chapter 3), pp. 492-497, pp. 512-518 (Chapter 9).
- [3] Mann, C.: Heesch's tiling problem, *American Mathematical Monthly*, **111**(6) (2004), 509–517.
- [4] 杉本晃久: 平面タイル張り可能な凸五角形, 数学セミナー, 第 55 巻第 1 号 (2016 年 1 月号), 44–48. 正誤情報: <https://www.nippyo.co.jp/blogsusemi/正誤情報/>
- [5] Sugimoto, T.: Convex Pentagons with Positive Heesch Number, I, 2018, <https://arxiv.org/abs/1802.00119v2>.

改定常用漢字から考える字形 ―言語力の涵養―

本田容子¹ 沓名健一郎^{2・3}

¹盛岡大学文学部 〒020-0694 岩手県滝沢市砂込 808

²福井大学大学院工学研究科 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1

³タクシン大学人文社会学部 Songkhla District, 90000, Thailand
y-honda@morioka-u.ac.jp

Thinking about the Character Shapes of the New JOYO KANJI -Nourishing language skills-

Yoko HONDA*, Kenichiro KUTSUNA**

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

**University of Fukui, Bunkyo3-9-1, Fukui 910-8507

**Thaksin University, HUSO, Songkhla District, 90000, Thailand

Keywords: JOYO KANJI, Character Shape, Language skills, REIWA, Printing Type

1, はじめに

日本において漢字は言語学上、重要な位置づけである。その理由は、漢字は造語能力が高く、言語的創造に資する文字言語としての意義からである。新元号の令和は、図らずも常用漢字と言語力の涵養に対する無関心さを浮かび上がらせる結果となった。本論では「令」の文字に触れつつ、常用漢字と言語力との関係について議論したい。

2, 常用漢字と法

平成 22 年、常用漢字表が内閣告示され、これにより昭和 56 年内閣訓令第 1 号（旧常用漢字表）が廃止された*¹。196 の漢字が新たに追加され 1945 字から 2136 字となった。常用漢字表〔前書き〕1 に、「この表は、法令、公用文書、新聞、雑誌、放送など、一般の社会生活において、現代の国語を書き表す場合の漢字使用の目安を示すものである」とし、あくまで目安としての立場を明確にしている。これは文字の骨組みとしての「字体」を明らかにしながら、詳細のデザインにあたる「字形」についての許容を認めたものである。また、〔表の見方及び使い方〕4 においては「字体は（略）便宜上、明朝体のうちの一種を例に用いて「印刷文字における現代の通用字体」を示した」として、社会一般で広く使われる字体である「通用字体」を示したとしている。即ち、印刷文字である「明朝体活字」としての標準の字体を示したことを意味しつつも、手書き書体の標準でないことを示唆している。さらに、〔表の見方及び使い方〕6 においては活字書体の原典とされる康熙字典体を併記していることを示し、「明治以来行われてきた活字の字体とのつながりを示すために参考として添えた」と書いており、歴史的な書体の字形を参考にして現代の字形を考えるべきであることを示している。

3, 「令」の書的な字形考察

平成 31 年 4 月 1 日、新元号「令和」が発表された。そこで示された「令」の字形について多くの人々が疑問を持ち、新聞等マスコミでも多く取り上げられている*²。その問題は「一」「丶」「冂」「マ」の違いについてである。「冂」部を「刀」とする誤用もある。

字形について詳しく知る場合、漢字の字源に根拠を求める必要がある。「令」の部首は後漢時代（西暦 100 年）に書かれた最古の漢字字典である『説文解字』第九篇によれば「人（じん）、亼」（Fig.1a）部首の画数は 2 画「人」あるいは 3 画「亼」である*³。旁は「冂（せつ）」。「亼」はふしづくり、わりふ、せつ。原始の文字とされる甲骨文字①では跪いた人の象形とされる。字形については活字と手書き文字の 2 つを分けて考える必要がある。いわゆる活字体と筆書体である。清まではほとんど活字が存在しないため、筆書体のみで考えることができる。

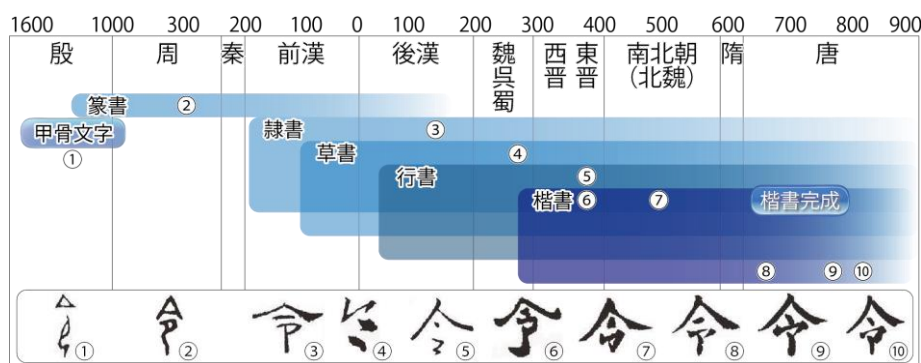


Fig.1 文字の変遷年表



Fig.2 部首と「口」

Fig.1 文字の年表①～⑩：①甲骨文字②大孟鼎③乙瑛碑④月儀帖⑤集字聖教序・王羲之⑥龔寶子碑⑦賀蘭汗造像記⑧九成宮醴泉銘・欧陽詢⑨顔氏家廟碑・顔真卿⑩玄秘塔碑・柳公權 Fig.2 字書における部首⑪～⑫：⑪説文解字・後漢（北宋本）⑫康熙字典・清 草書と楷書の「口」字形の例⑬～⑯：【命】⑬淳化閣帖・東晋・王羲之⑭顔勤禮碑・唐・顔真卿【即】⑮十七帖・東晋・王羲之⑯道因法師碑・唐・欧陽通

歴史的に見ると、最古の甲骨文字（周代）①から、金文②、隷書③（秦代）では「一」「口」が使われ、次の草書④（漢代）で大きく簡略化されて「二」、行書⑤（東晋）では「マ」「マ」になる。同じ頃、隷書と楷書の過渡期の字形⑥（楷隸）では「マ」「口」、北魏の楷書⑦では「マ」「マ」が標準になる。ところが、⑥にも見られる「楷隸」が長い期間使用されたため、楷書が完成する唐代の九成宮醴泉銘では「一」および「マ」と、「マ」と「口」の未分化な形、あるいは混在が見られ、その後、明朝体の源流とされる顔真卿とその弟子柳公権⑨⑩は「マ」と「マ」と「口」が混在する。一方、「命」「即」では、草書⑬⑮は「マ」楷書⑭⑯は「口」のみである。

現代の活字の起源は、清の康熙帝の命により編纂された字書「康熙字典」の文字であり、書体を康熙字典体と言う。明朝体は宋代に中国で作られた活字が明代に完成し日本に流通した書体であり、中国では存在しない。中国と台湾では宋朝体を中心に使われるが、特に台湾は康熙字典体の流れを色濃く残す。

この康熙字典体が「口」であるが、筆書体（楷書）では「マ」のため、日本では文化庁の指針*1にもある通り「口」でも「マ」でも良いという立場をとっているため、混乱が続いている。

4. 言語力の涵養に向けての常用漢字

言語力とは即ち国語における運用能力一般を指し、学校教育においては、思考力・判断力・表現力の育成の基盤として位置づけられている。この言語力の涵養は、いわゆる古典や近現代の言語を学習するのみならず、新たな言語運用能力の獲得も意味している。

さて、常用漢字に広い許容が認められているのは、2・3章の議論のように歴史的な字形を許容しているからである。この許容はグローバルスタンダードを標榜する超スマート社会においては、統一と伝統それぞれへの尊重という矛盾をはらむ。この意義について考察したい。

文字に許容を認めているのは、文字の発達を止めてはならないという自制からきていると仮説を立てたい。言語は人間の社会活動に対応し、その都度生成する。この言語は文化の融合時は言うに及ばず創造的な活動においても新生される。文字言語の基盤たる文字だけ固定するべきであろうか。Fig.1 の年表のように、文字は時代の要請に応じ、統一と創造が繰り返されて今日に至っているものであり、新しい文字の創造の余地を残しているのではないか。また、言語においても言語力の涵養と、未知の言語の創造への対応力の育成に適応した「余白」として、常用漢字の許容は位置づけるべきだと考えられるのではないだろうか。

参考文献

- *1 文化庁『常用漢字表一平成22年11月30日内閣告示』2011年4月13日
- *2 大串誠寿「新元号「令」の点と線」西日本新聞 2019年4月17日
- *3 説文解字大徐本（汲古閣本）

高速音読の学習効果と言語力

杵名健一郎^{1,2} Kunaj Somchanakit¹ 本田容子³ 高田宗樹²

¹タクシン大学人文社会学部東洋言語学科, ソンクラー, 90000, Thailand

²福井大学大学院工学研究科, 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1

³盛岡大学文学部 〒020-0694 岩手県滝沢市砂込 808

kenichiro.k@tsu.ac.th

The Effects of High-speed Reading-aloud Practice on Language Learning and Development

Kenichiro KUTSUNA^{1,2}, Kunaj SOMCHANAKIT¹, Yoko HONDA³, Hiroki TAKADA²

¹Thaksin University, Faculty of Humanities and Social Sciences, Songkhla District, 90000, Thailand

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

³University of Morioka, Sunakomi808, Takizawa, Iwate 020-0694

Keywords: High-speed reading, Reading-aloud, Language ability

1. 高速音読の意図

本稿は、海外日本語学習者による1年間のテキストの音読による速読テスト（高速音読）を通じた読字数の変化に対して、その学習効果と言語力の定着方法について考察するものである。

本専攻は高等学校での日本語未修者もいるが、大学入学時に日本語能力試験 JLPT で N3 や N2 を持つ既習者もいる。既修者と未修者との日本語能力の差がどうしても存在するため、会話の授業においては習熟度別に1対1形式を行う必要がある。対象学年である2年生は総数が36名と多いため、きめ細かな指導を行う時間を作るよう、会話の他に音読による速読を試験課題の一つとし、試験中にアクセントなど詳細を指導することとした。

2. 背景

日本語教育において音読は多様な意味から用いられる。例えば、読解の授業で学習者に教材の音読をよくさせているが、その最大の意義は、音読により学習者に自分の発音に気づかせ、新出語彙に注目させることである（茂住 2004）。また、茂住によると、音読には(1)気づきを促す、(2)内容理解、(3)教師によるチェック、(4)クラス運営上のテクニック、(5)体感・体得させる、(6)学習者に達成感や自信を持たせるために音読させる、といった目的が認められる。速読に関して小林は、学習時間の長さ、語彙の蓄積、類推力、慣れが無意識のうちに可能にするものとし、内容を読み取る訓練として位置付けている（小林 1992）。

3. 使用教材と実施方法

3-1 教材：『初級日本語「げんき」II〔第2版〕』第13課～23課の会話教材を使用。教科書の表記に倣いプリントを作成。文字は教科書体でサイズは14pt、ふりがなは7pt。

3-2 実施：タクシン大学人文社会学部日本語専攻の学生で、日本語会話2を受講する32人（2年生該当）。2018年度前・後期（2018年8月～2019年5月）の中間・期末試験。

3-3 方法：できる限り早く読むように指示す

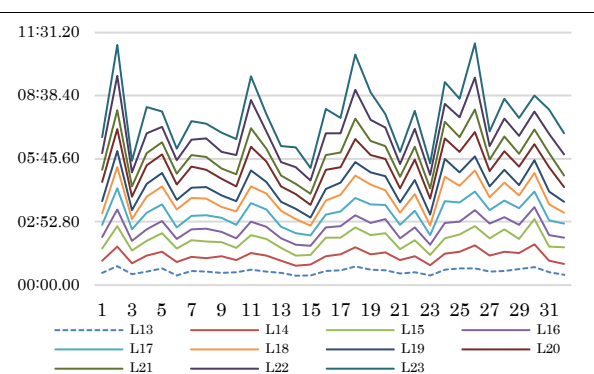


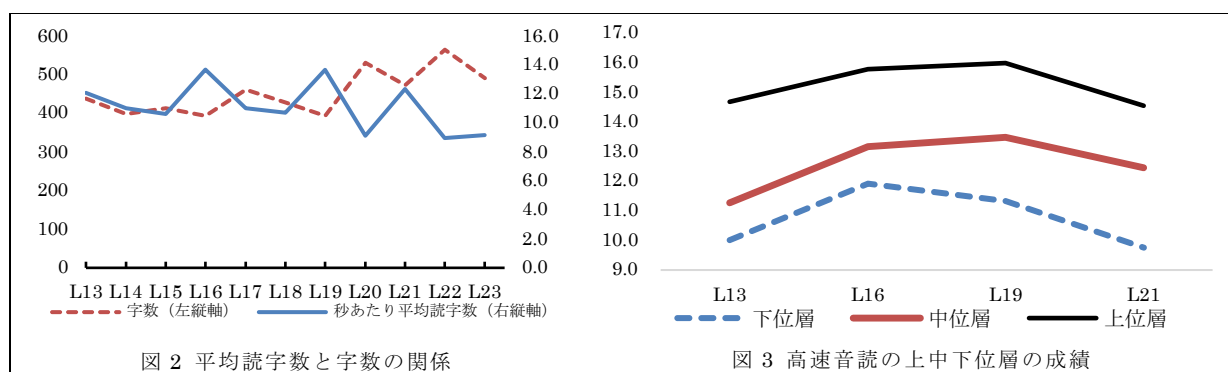
図1 各者の成績積み上げグラフ

表1 各課題データ

	L13	L14	L15	L16	L17	L18	L19	L20	L21	L22	L23
平均	12.0	11.0	10.6	13.7	11.0	10.7	13.7	9.1	12.3	8.9	9.2
字数	437	397	412	393	460	427	393	530	473	564	491
漢字数	55	31	74	55	80	55	50	82	59	95	70
句読点	41	38	50	38	34	45	33	49	46	46	45
	前期中間			前期期末			後期中間			後期期末	

表2 課題の点数表（部分）

	L21		L22		L23	
	Normal	Blind	Normal	Blind	Normal	Blind
10	00:31.50	00:41.40	00:37.60	00:52.60	00:32.70	00:45.80
9	00:33.80	00:44.10	00:40.30	00:56.40	00:35.10	00:49.10
8	00:39.40	00:47.30	00:43.40	01:00.70	00:37.80	00:52.90



る。合図とともにストップウォッチで計測し、誤読やアクセントの大きな間違いは教員の判断によりやり直しとする。点数表として目標時間を提示する(表 2)。例えば最高点である 10 点は 15 文字/秒、9 点は 14 文字/秒で読む速さに設定されている。試行回数はおよそ 2 週間のテスト期間内であれば無制限とした。本テストはあくまで学習効果を高める目的であり、良い成績を目指す意欲を持ち、また挑戦を繰り返すごとに速度・技術が上がって読字・読解技術が向上する楽しみを得ながら取り組むべき課題である。また、この他に会話によるテストを実施し、さらに後期には要約文を見て暗記したテキストの文を読み上げる要約速読(ブラインドテスト)も行っている。併せて行うことで文意を深く理解し、思考力、判断力、表現力とともに会話の応用力を定着させ、高速音読にも生かされるよう企図した。

4. 結果と考察

各被験者の時間を積み上げ折れ線グラフで示した(図 1)。課題ごとに字数が異なるため、時間を字数で割り、読字数/秒の平均値を出した(表 1)。注目すべきは、各試験の 1 つ目の課題の成績が良く、その後の課題は成績が下がる傾向である。各期の最初に学習して習熟期間が長いこと、最も得意とする課題の習熟度を高めて成績を上げる意図があることが原因と考えられる。次に、各課題の字数に着目し、1 秒当たりの平均読字数との関係を図 2 に表した。相関係数は -0.75 で強い負の相関が見られた。字数が多いことによる疲労との関連が強いと考えられる。後期中間(L20)以降、総字数が 470 字を超えて極端に読字数が減る。そこで、各期最初の課題第 13、16、19、21 課のみを抜粋し、成績上位層と中位、下位 3 つに分けたものを図 3 に示した。前期中間から期末試験(L13～L16)にかけては、どの層も成績の上昇が見られるが、後期中間試験(L19)では下位層が成績を大きく落とした。これは暗記を要する要約速読の課題が課されているストレスと考えられる。しかし課題数が 2 つだけであるためか、中位層は成績が下がっていない。後期期末(L21)では全層で成績低下が見られた。課題が 3 つと多いことと、要約速読課題があること、文字数が劇的に増えていることが関係していると考えられる。また、そうしたストレスに加え、与えられた目標点数(表 2)との乖離によって意欲が低下した可能性がある。タイでは GPA が就職に直結するため、成績に対し非常に意欲が高いが、目標の成績に達せない時の意欲低下が顕著であるためである。課題の総字数に注意し、字数が多い場合は目標とする時間を延ばすなどの処置を施す必要があろう。

5. 言語力の育成に向けて

教科書の素材は会話文であり読む文ではないため、音読では生きた発話にならない。しかし、本当の生きた会話にするためには、意図の把握と感情の表現力が求められる。単語理解はできて、イントネーション(抑揚)が欠けては表現とならない。言語力とはまさに理論的な思考の構築を通して、情緒を組み込んだ言語運用能力であり、単なる音読では得られない。本稿で行った高速音読は、非漢字圏日本語学習者における言語力の育成に資するものと考えられる。

参考文献

- 茂住和世・足立尚子(2004)「クラス授業で行われる音読に対する教師の目的意識～外国人学習者に対する日本語教育現場での調査から～」東京情報大学研究論集 8(1), 35-44, 東京情報大学
 小林幸江(1992)「中級日本語の教授法の一つの試み_速読をめざして」日本語学校論集 no.18 p.107-115, 東京外国語大学外国語学部附属日本語学校

放散虫トランプの遊び方・学び方

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

How to use and learn playing cards of radiolarians

Atsushi MATSUOKA

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

Abstract: A set of playing cards using images of radiolarian skeletons was prepared for enhancing a degree of social recognition of radiolarians. The cards are composed of 53 different scanning electron microscopy images of earliest Cretaceous radiolarian species obtained from the Mariana Trench. Diversity and taxonomy of radiolarians are naturally noticed when one uses the playing cards.

Keywords: radiolaria, diversity, taxonomy, playing card, social recognition

はじめに

放散虫は“形の科学”研究者には、比較的なじみのある生物であるが、一般社会ではほとんど知られていない。2017年に新潟で開催された InterRad XV の際に、放散虫の社会認知度を高めるためのツールの1つとして、放散虫の形をモチーフにしたトランプを作成した^[1]。各地での普及イベントなどでそのトランプを使用した際に入手希望が多かったことを受け、販売を視野に入れてトランプを開発した。放散虫トランプの遊び方・学び方について紹介する。

放散虫トランプ

放散虫の図柄は、前作^[1]と同様に1個の岩石試料から取り出した放散虫化石の走査型電子顕微鏡写真をもちいた。マリアナ海溝の海側斜面から、「しんかい 6500」の潜水により採取された白亜紀最前期の放散虫化石である。この岩石には、400種を超える放散虫化石が含まれており、白亜紀最前期の放散虫としては、世界で最も保存のよい群集として知られている。Matsuoka (1998)は、そのうちの256種について電子顕微鏡写真を載せて群集の多様性の高さと保存状態の良さを紹介した^[2]。今回図柄として使用した放散虫画像は、この文献に掲載された写真を利用したものである(図1)。ジョーカーを含めて、53種の放散虫が使われている。図柄の選択には、放散虫の分類学的知見が意識されている。スペードとクラブ(黒札)には Nassellaria 目の、ハートとダイヤ(赤札)には Spumellaria 目の放散虫が使われている。また、配列にも放散虫の分類体系が反映されている。なお、この岩石試料には未命名の放散虫が多数含まれるが、図柄には種名が明らかな個体が選ばれている。

放散虫トランプの遊び方・学び方

放散虫トランプは、通常のトランプとしての遊び方に加えて、独自の遊び方ができる。「七並べ」の完成結果は、図1の状態となる。この放散虫の並びを見ることで、Nassellaria 目および Spumellaria 目の概要を知ることができる。目より下位の分類についても、同じ科や属に入る個体は隣接して配置するなどの工夫が施されている。カードゲームとしてトランプを使いながら、放散虫の多様性を理解するとともに、分類形質が自然と分かるような仕組みとなっている。

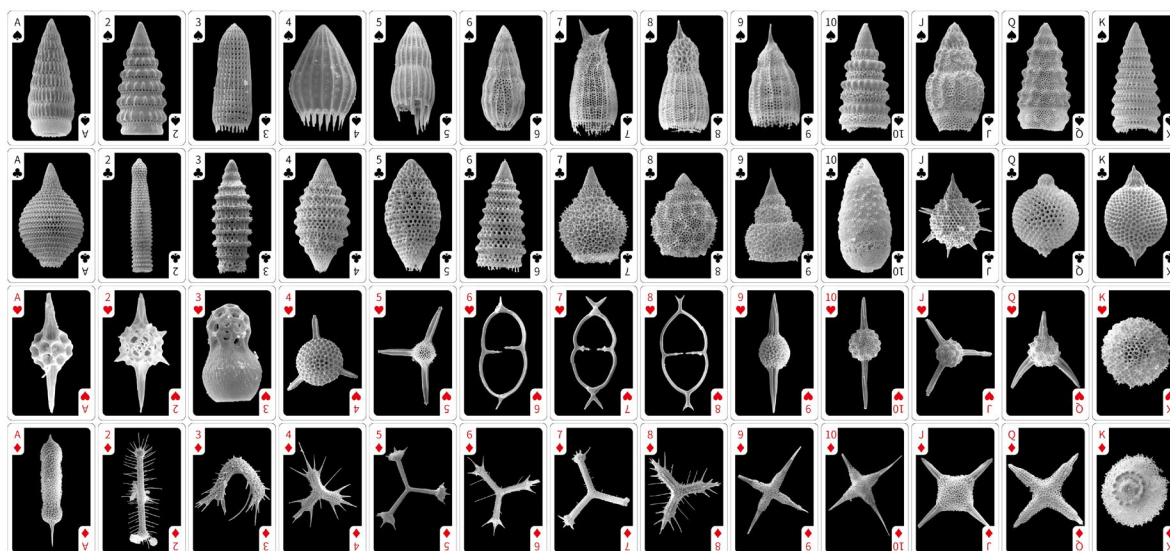


図1 中生代白亜紀最前期の放散虫化石を図柄にもちいたトランプ

おわりに

今回のトランプでは、放散虫の殻の形を紹介することに主眼を置いたために、文字情報はあえて入れていない。トランプの図柄に関連づけて、種名や分類学的な位置付けを取り扱う解説冊子を作成することを計画している。また、絵札と対になる字札を作成する方向性も考えている。

放散虫は、地質時代ごとに異なる殻形態をもつグループがみられることから、多様なトランプをつくることが可能である。カラフルな色彩をもつ現生の放散虫からは、カラーの図柄を作成することもできる。カードゲームとしてよく普及しているトランプは、放散虫の社会認知度を高めるための有効なツールになると期待される。

文献

- [1] 松岡 篤・大河内春香, 放散虫のトランプ. 第82回形の科学シンポジウム予稿集, 11, 2016.
- [2] Matsuoka, A., Faunal composition of earliest Cretaceous (Berriasian) radiolaria from the Mariana Trench in the western Pacific. *News of Osaka Micropaleontologists, Special Volume*, no. 11, 165–187, 1998.

Boerdijk-Coxeter helix の転がり実験に関する再検討

西田匠太郎¹、伊藤圭太¹、池上祐司²、藤本武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

Revisit rolling experiment on test specimens of Boerdijk-Coxeter helix

Shotaro Nishida¹, Keita Ito¹, Yuji Ikegami²,

Takeshi Fujimoto², Kenji Yamazawa² and 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: Linear stacking of a regular tetrahedron called the Boerdijk-Coxeter helix (BCH) was reinvestigated. A complete set of acrylic test specimens of BCH in which the number of regular tetrahedron is from 10 to 60 were manufactured. And the rolling experiment on test specimens were performed for clarify the rolling properties of BCH. When the range of the number of connected tetrahedra was from 10 to around 25, the rollong distance was increasing rapidly. When the range of the number of connected tetrahedra exceeded about 35, there was no outstanding increase in the rolling distance.

Keywords : Boerdijk-Coxeter helix, acrylic test specimen, rolling experiment

はじめに 正四面体の三角形面同士を貼り合せて得られる棒状構造では、全ての正四面体が異なる向きに配置され、並進対称性を有しない。この構造を Boerdijk-Coxeter helix (以下 BCH) と呼ぶ[1][2]。BCH は、連結数の増加に伴い、その中心軸方向への投影図が円に漸近することから、連結数の増加と共に転がり易くなることが予想される。この性質を実験的に記述することが本研究の目的である。筆者らは、BCH の転がりや構造についてこれまでに何度か報告してきた[3][4][5][6][7]。本報にて、BCH の転がり実験を総括する。

アクリル製 BCH 試験片 転がり実験用の試験片を作製した。一辺 40mm の正三角形をアクリル板から切り出し、正三角形の各辺に切削加工で傾斜を施し、傾斜面を接着して正四面体を作製し、正四面体同士を接着剤で面連結して試験片となる BCH を作製した。10 連結から 60 連結までの全ての連結数に対して1個ずつ試験片を作製した。図1に作製した BCH 試験片の一部を示す。

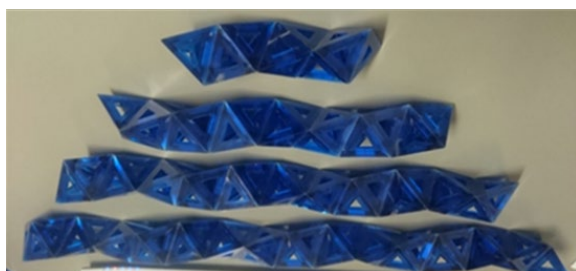


図1 アクリル製の BCH 試験片
(上から順に、
10 連結、20 連結、30 連結、40 連結)

転がり実験の結果と考察 斜面上からBCH試験片を連結数ごとに各10回転がし、静止位置までの距離を測定した。実験の概要を図2に、写真を図3に示す。また、実験結果を図4に示す。実験結果より、10 連結から 25 連結付近までは転がる距離が急激に増加した。これは、円とは程遠い形の投影図が急速に円に漸近した為と考えられる。35 連結付近以降は転がる距離の大きな増加は見られなかった。これは、投影図が円に近付いた後は、円柱の転がり特性(円柱の長さに拠らず転がる距離が一定)と同様の理由で距離が伸びないと考えられる。BCH の転がりは、転がり時の床面との接触状況が基本的に点接触で、かつ接触位置が常に変化する為、単純形状(球や円柱など)の転がりと比べ、複雑な挙動を示す。

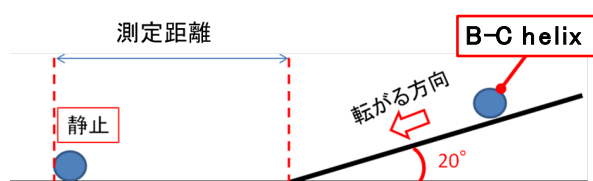


図2 転がり実験の概要図

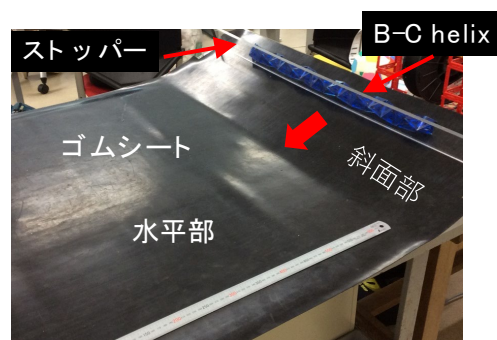
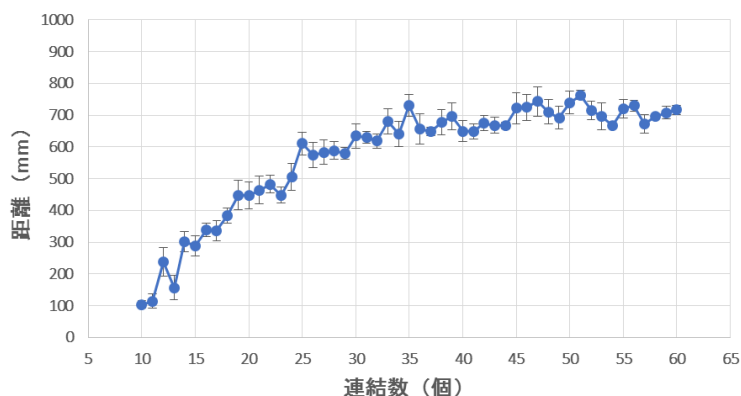


図3 転がり実験の様子

図4 連結数と転がった距離の関係
(各連結数について
10回ずつ測定)

参考文献

- [1] Boerdijk, A. H., "Some remarks concerning close-packing of equal spheres", Philips Res. Rep. 7 (1952) 303-313.
- [2] Coxeter, H. S. M., "The simplicial helix and the equation", Canad. Math. Bull. 28, (1985) 385-393.
- [3] Teshima, Y., "Rolling polyhedrons: applied geometry in mechanical science and engineering". Symmetry: Art and Science, (2013) pp. 318-321. (Proc. of SIS-Symmetry Congress, Crete, Greece, September 2013)
- [4] 伊藤圭汰, 手嶋吉法., 「Boerdijk-Coxeter helix の転がりに関する研究」, 第 75 回形の科学シンポジウム予稿, 形の科学会誌, 28-2, (2013) 184-185.
- [5] 伊藤圭汰, 手嶋吉法., 「正多面体の面連結から生成される螺旋構造について」, 第 77 回形の科学シンポジウム予稿, 形の科学会誌 29-2, (2014) 164-165.
- [6] 伊藤圭汰, 手嶋吉法., 「Boerdijk-Coxeter helix の投影図は如何に円に漸近するか」, 第 78 回形の科学シンポジウム予稿, 形の科学会誌, 30-1, (2015) 16-17.
- [7] 西田匠太郎, 伊藤圭汰, 手嶋吉法., 「Boerdijk-Coxeter helix のアクリル試験片作製および転がり実験」, 第 83 回形の科学シンポジウム予稿集 (2017) 55-56.

錯視により物の量の判断を考え直す3年生理科「物と重さ」の授業

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

Third-grade science classroom on “object and weight” that reconsiders the judgment of quantity of matter by introducing visual illusion.

Katsuhiro Goto¹, Shu Matsuura²

Shibuya Ward Nishihara Elementary School,

2-22-1 Nishihara, Shibuya, Tokyo 151-0066,

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: Many children have notions that objects of different shapes have different weights. To develop scientific thinking, it is necessary to consider critically on sensory judgement. In this viewpoint, one can rethink his visual judgement if he/she finds visual illusions. In this study, we conducted a questionnaire survey on a question of visual judgement that include visual illusion to 3rd, 4th, and 5th-grade students. The results showed that many of the students are likely to believe their visual judgement without using the scales and did not understand correctly the relation between the volume and the weight of objects.

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

1 はじめに

小学校理科「物と重さ」の分野は先入観による誤概念が生じやすいことが知られている。先入観を克服するためのクリティカル・シンキングの研究では、暗黙の前提を明確にすることが重要だと考えられている。すなわち、先入観や自分の経験、知っている情報を明確にし、何が正しいのか議論することが大切である。そこで本研究では「ものの重さには先入観や測定位置による混同が見られやすい」ことに気付かせるために、錯視により先入観や視覚による錯誤を意図的に導入した授業を考案する。

2. 授業の方法

始めに、ジャストロー錯視を用いた問題をもとに質問紙調査を行い、ものの形や大きさ

についての児童の思考の傾向を分析する。次に、ものの形や体積と重さの関係を児童に理解させるために、錯視や触覚による見かけと測定とを比較して考える活動を行う。

3. 結果と考察

図1の写真を見せ、質問1、2に回答させた。

質問1：絵のようなバームクーヘンがあります。大きいものを選ぶとき、どちらを選びますか。下の選択肢から選び、選んだ理由も書きましょう。

①上 ②下 ③どちらとも言えない（同じ）

質問2：大きい方を選ぶにはどのような方法で確かめればいいでしょうか。

図1はジャストロー錯視と呼ばれ、2つの形は同じ形、大きさである。質問に答える際に定規等を使うかどうかは児童の判断に任せた。回答結果を表1-3に示す。

表1 質問1の学年ごとの回答数 ※（）は割合

学年	①上	②下	③どちらとも言えない（同じ）	合計人数
3年	2（8%）	17（68%）	6（24%）	25
4年	7（7%）	51（53%）	38（40%）	96
5年	4（5%）	42（49%）	40（46%）	86

表2 質問1で「どちらとも言えない」を選んだ理由の人数比 ※（）は割合

学年	位置がそろっていない	錯覚だと思う	厚さが違うかもしれない	長さを測ったと同じだった	曲がり方が違っているから	理由なし
3年	1（17%）	2（33%）	2（33%）	0（0%）	1（17%）	0（0%）
4年	1（3%）	6（16%）	5（13%）	15（39%）	5（13%）	6（16%）
5年	2（5%）	12（30%）	14（35%）	3（7%）	0（0%）	9（23%）

表3 質問2の確認方法の人数比 ※（）は割合

学年	重さを量る	重ねる	定規で幅を測る。	定規で幅、厚さを測る	面積を出す	体積を出す	方法なし・視認
3年	1（4%）	6（24%）	10（40%）	1（4%）	1（4%）	0（0%）	6（24%）
4年	2（2%）	21（22%）	38（40%）	4（4%）	0（0%）	0（0%）	31（32%）
5年	18（21%）	28（33%）	6（7%）	2（2%）	3（4%）	8（9%）	21（24%）

表1から、錯視により「②下」の選択肢を選んだ児童がどの学年でも一番多かった。表2から、学年が上がるにつれて錯覚の疑いをもつ児童が増加した。しかし錯覚の指摘はほとんどなかった。実際に定規で測った児童は4年生に多かったが、全体的には少ない。5年生では、写真では厚さが判断できないとする児童が増えた。これは、前提を明確にしなければならないという意識の表れであると捉える。表3は、実際に量を調べる方法の提示である。重さは5年生で21%と多かったが、全体に少ない。これは大きさと重さの関係を把握している児童が少ないことを示す。4年生は長さの測定が多く、重さに目を向ける児童が少なかった。

以上から、児童は見た目で判断しやすく、重さで量を判断する意識が高くない。見た目で判断することを批判する実体験が必要と言えよう。

池上式 3D ジグソーパズルにおいて可能なほぞ形状の範囲

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

Possible range of tenon shapes in Ikegami's 3D jigsaw puzzle

Yuki Machiya¹, Yuji Ikegami², Kenji Yamazawa² and 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 : An Ikegami's 3D jigsaw puzzle has tenons which are configured along three directions in 3D space. Authors investigated possible ranges of tenon dimensions in the Ikegami's 3D jigsaw puzzle. The shape of a tenon is characterized by the width (W) and the height (H) of tenon. As results, possible ranges were $0 < W < (L\sqrt{2})/2$ and $0 < H < L$ for $2 \times 2 \times 2$ -division and $0 < W < (L\sqrt{2})/2$ and $0 < H < L/2$ for $3 \times 3 \times 3$ -division and over $4 \times 4 \times 4$ -division, where L was the edge length of a cubical piece. Such information will become basic knowledge to construct a design theory for the Ikegami's 3D jigsaw puzzle.

Keywords : Ikegami's 3D jigsaw puzzle, dimension of tenon, intersection of tenons

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 は池上によって設計された 3D ジグソーパズルであり、四方継(図 2)という日本の伝統的な継手の手法を応用し、ほぞを空間の 3 方向に巧妙に配置することで 3D ジグソーパズルを実現している[1]。このような構造を持つ 3D ジグソーパズルを池上式 3D ジグソーパズルと呼ぶ。

2. 研究背景及び目的

池上式 3D ジグソーパズルは池上によって 2000 年に考案および開発された。しかし、その設計理論は明らかにされていない。本研究では、池上式 3D ジグソーパズルの設計理論を構築することを目的としている。これまでに、池上式 3D ジグソーパズルを複製し、それらを構成するピースの形状を分類した[2]。

本調査では、池上式 3D ジグソーパズルのほぞの横幅と高さを変化させ、可能な寸法範囲、すなわち限界値を調査した。

3. 調査方法

3D CAD (Autodesk Inventor) を用い、ピースの一辺の長さ L を 30mm として、分割数が $2 \times 2 \times 2$ および $3 \times 3 \times 3$ のほぞのみからなる 3D モデル(図 3)を作成する。次に、それらのほぞの幅 W と高さ H を 0~30mm の範囲で変化させ、ほぞの干渉の有無を確認し、限界値を調査した。



図 1 池上式 3D ジグソーパズル。
 $3 \times 3 \times 3$ の全 27 ピースからなる。

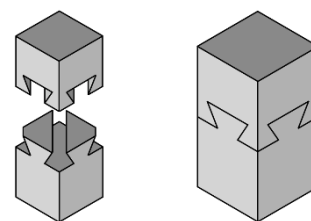


図 2 四方継

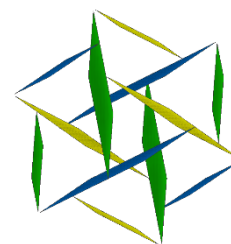


図 3 分割数 $2 \times 2 \times 2$ のほぞモデル
幅 $W \approx 0\text{mm}$, 高さ $H = 29\text{mm}$

4. 2×2×2 分割に関する調査結果

調査の結果、2×2×2 分割では、ほぞの幅 W が $0 < W < \frac{30\sqrt{2}}{2}$ 、高さ H が $0 < H < 30$ の範囲でほぞの干渉が無いことを確認した。ほぞの幅 W と高さ H が上記の値を超えた場合、ほぞ同士の干渉やパズル表面からのほぞの突出が生じ、パズルとして機能しなくなるということが判明した。

これらの結果より、2×2×2 分割におけるほぞの限界値は、幅は $0 < W < \frac{L\sqrt{2}}{2}$ 、高さは $0 < H < L$ となる。この結果を基に、ほぞの幅を限界値に近づけた 2×2×2 分割 ($W=15\text{mm}$, $H=6\text{mm}$) (図 4) および、ほぞの高さを限界値の近づけた 2×2×2 分割 ($W=6\text{mm}$, $H=25\text{mm}$) (図 5) を設計し、作製した。

5. 3×3×3 分割に関する調査結果

調査の結果、3×3×3 分割では、ほぞの幅が $0 < W < \frac{30\sqrt{2}}{2}$ 、高さが $0 < H < 15$ の範囲でほぞの干渉が無いことを確認した。3×3×3 分割においても 2×2×2 分割と同様に、ほぞの幅 W と高さ H が上記の値を超えると、ほぞ同士の干渉やパズル表面からのほぞの突出が生じる。また、 H の限界値が 2×2×2 分割では L 未満であるのに対し、3×3×3 分割では $L/2$ 未満であるのは、ほぞが向かい合う状態のピース (図 6) が存在するため、 H の値が $L/2$ より大きくなると、向かい合うほぞ同士の干渉が生じるからである。

これらの結果より、3×3×3 分割におけるほぞの限界値は、幅は $0 < W < \frac{L\sqrt{2}}{2}$ 、高さは $0 < H < L/2$ となる。

6. ほぞの交差の 2 種類の形態

本研究においてこれまでに、同一ピース表面上での 2 本のほぞの交差 (図 7) が確認されていた。今回の調査において、ほぞの高さを高くした際に、2 つの別のピースに所属する 2 本のほぞの交差 (図 8) が生じることが新たに判明した。前者の交差形態では、パズル内部に空間を生じないようにパズルを設計することが可能である。他方、後者の交差形態については、パズルとして機能する為にはパズル内部に空間 (隙間) が生じることが避けられない。それゆえ、3D ジグソーパズルを設計する際に後者の交差形態を回避することが必要である。

7. 結論

可能なほぞ形状の範囲は、2×2×2 分割については、幅は $0 < W < \frac{L\sqrt{2}}{2}$ 、高さは $0 < H < L$ である。3×3×3 分割については、幅は $0 < W < \frac{L\sqrt{2}}{2}$ 、高さは $0 < H < L/2$ である。また、ほぞの高さを高くした際に、2 つの別のピースに所属するほぞ同士の交差が新たに確認された。

参考文献

- [1] Y. Watanabe, Y. Ikegami, K. Yamazawa, Y. Murakami, “World of Scientific Puzzle Art Using Layer Manufacturing”, *Forma*, 21, (2006) 37-48.
- [2] 町屋佑季, 池上祐司, 手嶋吉法, 「池上式 3D ジグソーパズルの複製とピースの対称性について」, 形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol.3, No.1, (2018) 25-26.

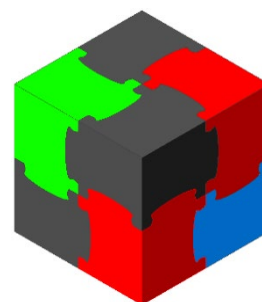


図 4 2×2×2 分割 ($W=15\text{mm}$ $H=6\text{mm}$)

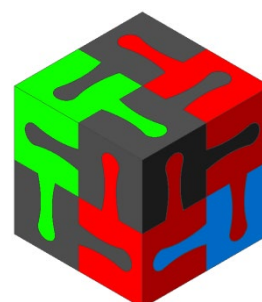


図 5 2×2×2 分割 ($W=6\text{mm}$ $H=25\text{mm}$)

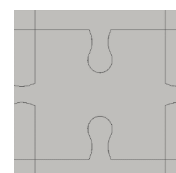


図 6 3×3×3 分割の 1 ピースにおける向かい合うほぞ

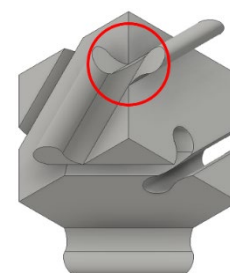


図 7 1 ピース内でのほぞの交差

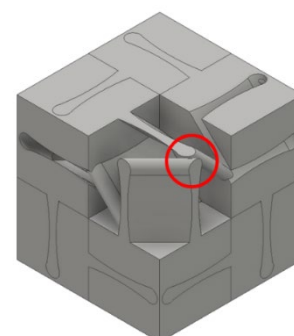


図 8 2 ピースでのほぞの交差

インディア環礁の地理情報変遷史

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

From Baixos da Judia to Bassas da India

Takeshi Sugimoto

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

Abstract: Bassas da India is famous for the shipwreck of Santiago in 1585. This atoll was discovered in 1505 and charted on the maps. But Europa Island nearby had also been discovered by mid-16 Century. These are confused for centuries.

Keywords: Cartography, Atoll, Phantom Island, Shipwreck

1. いとぐち

「サンチアゴ号の遭難⁽¹⁾」の舞台となったモザンビーク海峡の難所・・・インディア環礁はリング状のサンゴ礁である。近くによく似た大きさの環礁島エウロパがある。16-8 世紀には両者は混同されていた。さらに、17 世紀の文字変換 {I と J の分離} および {V と U の分離} が混乱に輪をかける。すべてがはっきりするのは 19 世紀のことだ。

2. 難所の位置と形

ポルトガルの商人フェルナンド・デ・ロローニャは、ユダヤ教からカソリックに改宗した過去を持つ。1506 年彼の船隊が（1505 年 2 月に発見されていた）環礁を再発見し、ロローニャに捧ぐつもりで Baixos da Judia(ユダヤ女の暗礁)と名付けた。

1510 年の通称 Reinel Map には、南緯 22 度のあたりに重心を持つ点の円盤分布として描かれる。16 世紀前半のポルトガルの海図には南緯 21 度半に暗礁の印が描かれているのが常である。それが 16 世紀後半からは、Stuckenberg⁽²⁾の図形タイプ分類からも明らかなことだが、実体（島影）が描かれるようになる。位置を調べてみると、16 世紀後半の海図では、南緯 22 度半に島影が置かれるように変化した。エウロパを発見したのは明らかだ。



図 1. レイマーニョの手稿

航海士ヴィセンテ・ロドリゲスは、1568 年リスボンからゴアに向かう航海で環礁を目撃している。1590 年の航海では環礁を周回している。ロドリゲスの航海記録⁽³⁾を出版するためガスパル・フェレイラ・レイマーニョは手稿を書き留めた。環礁のページを図 1 に示す。本文には「暗礁入口は南緯 21 度 3/4 にあり南東に 10-12 リーグ離れた南緯 22 度 1/4 の島まで続く」とある。「入り江を持った島」の特徴が描かれる。エウロパである。離れ具合を換算すると 50-60km となって、現代の値 100km の過小評価にあたる。二つの環礁を一つのシステムとしてとらえている。これ以降ジュディア環礁の印は、南緯 22 度半の小島から北西に伸びる三角形の浅瀬となる。

3. 17世紀の名称変更

16世紀には I と V しかない。J と U はそのあとデザインされて導入されるのである。図1に書かれたとおり「Ivdia」は現代の「Judia」である。17世紀に入ると、{母音の I と子音の J} および {子音の V と母音の U} という書き換え則が、欧州の言語にいきわたっていく。これにともなう書き換えが素直に適応されれば、「Ivdia」→「Judia」となるはずである。「Ivdia」→「India」の書き間違えは起こり得ない。

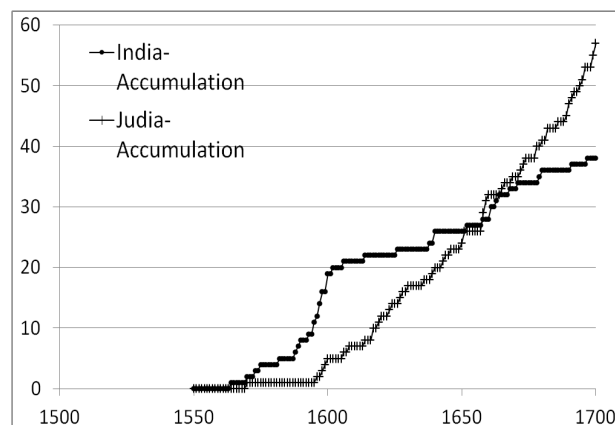


図2. 名称変更の進捗

おそろしいことに、1564年ヴェニスで発行されたジャコモ・ガスタルディの地図に、「Basse de India」とあって、意図的な書き換えだ。地中海人は最初からインディア環礁だと思われた。この世紀末にリンスホーテンの「東方案内記」が広く読まれるようになると、そこに書かれた「サンチアゴ号の悲劇」の故事から実は環礁はジュディアであったことが知られるようになる。

「1508年から1700年までのアフリカの地図集成」⁽⁴⁾から、地図に書かれた地名を拾い、図2にその累積値を示す。ジュディアへの順調な書き換えが進んでいる。18世紀になってもジュディア環礁との呼称は優勢であったのに・・・。

4. 英国海軍の情報整理

18世紀になっても難所の情報ははっきりしない。インディア環礁は島を伴う環礁との認識である。だから、1774年12月24日に英国船 Europa がリング状の環礁を(再)発見した。

1823年2月19日英国艦隊がリング状の環礁とは別に、島とまわりの環礁を(再)発見した。H.M.S. Leven のウィリアム・オウエン艦長は、「リング状の環礁をインディア環礁」そして「島と環礁をエウロパ島」と命名し直した。これで名称変更が完成した。

19世紀の英国海軍の公式記録によれば、環礁の位置は次のとおりである。

- ・ Bassas da India 21°27' 20"S 39°45' 38"E
- ・ Europa Isle 22°19' 15"S 40°27' 30"E

5. むすび

大航海時代には、あまたの幽霊島の伝説があつて、地図に書き込まれているほどである。近寄りたくない難所の情報は、なおのこと確定しない。動力船がゆっくり時間をかけて探査することで真実が暴かれる。

[文献]

- (1) 杉本剛、第83回形の科学シンポジウム予稿集 (2017), pp. 39-40.
- (2) B.R. Stuckenberg, Natal Mus. J. Humanities, **12** (2000), pp. 51-78.
- (3) G.F. Reimão, Roteiro da Carreira da India, Lisbon (1612), 138 pp.
- (4) Richard L. Betz, The Mapping of Africa, Utrecht (2007), 540pp.

4次元正多胞体のリンゴの皮むき展開図について IV

海野啓明

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

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

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

Keimei KAINO

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

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

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

1. はじめに

正多面体の箱を展開するときリンゴの皮むき展開を用いると、図1のようにS字形の展開図がほぼ一意に定まる。2回対称で中央部が直線的である。この実用例として「皮むき多面体」(阿竹研究所)がある。正12面体の展開図が2種類あるが、皮むき多面体では組立強度の関係でDodecahedron1を用いる。4次元正多胞体にリンゴの皮むき展開を用いることができる。正5胞体、正8胞体(超立方体)、正16胞体の皮むき展開図を図2に示す。これらはポリドロンで作成した。8胞体の場合は正方形が34枚、16胞体では3三角形が34枚必要である。5胞体と16胞体は2回対称性しかないが、正8胞体は中心対称性を持つ。

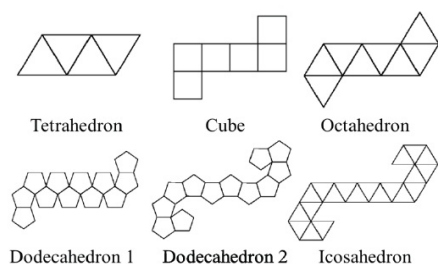


図1. 正多面体の皮むき展開図



図2. 正5胞体, 正8胞体, 正16胞体の皮むき展開図

表1に正多胞体の直投影図を示す[1]。4次元正多胞体を皮むき展開するには、表1の太字の直投影図を使うと良い。正多胞体の適当な回転軸をU軸とすると、胞の中心はU軸に垂直な何枚かの超平面上に分布する。直投影図では、中心がU軸の超上の最大または超下の最小に対応し、その表面が $U=0$ 超平面(球面)に対応する。例えば、正8胞体の胞心図の[1,6,1]は、胞の中心が3枚の超平面上にあり、U軸の

表1. 4次元正胞体の直投影図と胞の中心の分布.

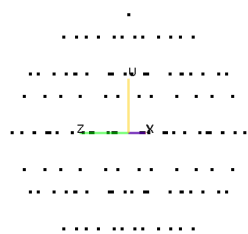
	点図	胞心図
正5胞体	正4面体 [4,1]	正4面体 [1,4]
正8胞体	菱形12面体 [4,4]	立方体 [1,6,1]
正16胞体	正8面体 [8,8]	立方体 [1,4,6,4,1]
正24胞体	菱形12面体 [6,12,6]	立方8面体 [1,8,6,8,1]
正120胞体	?	切頂菱形30面体
正600胞体	20・12面体状の80面体	?

上から順に 1,6,1 個ずつ分布することを示す。中央の6個の胞は、胞心図では「退化した正方形」となり**立方体**の表面を作る。そのため、正8胞体を皮むき展開すると立方体の皮むき展開図が現れる(図2参照)。この方法で、正24胞体と正120胞体の皮むき展開図が求められる[2]。

2. 正120胞体の皮むき展開図

正120胞体は正12面体が120個からなる。その中心から適当な胞の中心を通る軸をU軸にとると、120個の胞の中心座標はU軸に垂直な9枚の超平面上に分布する。図3の $[1,12,20,12,30,12,20,12,1]$ の各数は、超上から順にそれぞれ超平面に分布する胞の数を示す。(1) 最上の胞と、次の2番目の超平面上の12個の胞による展開図は、中央に胞を取り囲み球面上に配置される。これは正12面体の皮むき展開図の各面に12面体を面と面が合う様に貼り付けたものになるので、球面上のS字型螺旋になる。(2) 正120面体の胞心図では、4番目の超平面上の胞は互いに離れているので、3番目の超平面上の胞と一緒にして皮むき展開する必要がある。図4の中央の黒い(正12面体配置する)胞と、その周りに5個(正20面体配置する)の胞が取り囲む部分Aを作り、次にこれらが交互に接続した10個の胞からなる円環の部分Bを作り、この2つを接続した物を2つ作る(図5(b))。(3) 中央の超平面(U=0)上の30個の胞は球面上に分布する。これらは、胞心図において退化した六角形となり切頂菱形30面体の表面を形成する。この部分の展開図は、正12面体が一対の平行な面を張り合わせながら、切頂菱形30面体の皮むき展開図になるように展開すると、図5(c)のように平板状のS字型螺旋となる。これは、正多面体の皮むき展開図の中央部が直線的になる事と同じ理由による[3]。

(2) で示した3,4番目の超平面の展開図は2つの円環からなるが、図5(b)で2つの円環の上部の向い合う胞を接続し、一方を72度回転すると図6のように、ほぼ球面上のS字型螺旋が得られる。これを(3)の展開図に接続すると図6(b)のようになり、さらに(1)の展開図を接続すると図6(c)のように北半球の皮むき展開図ができる。全体の展開図が次の課題である。



正120胞体 (胞心図)

$[1,12,20,12,30,12,20,12,1]$

図3. 胞の中心の分布図



切頂菱形30面体
図4. 切頂菱形30面体を見せる正120胞体



(a) 1,2番目の超平面 (b) 3,4番目の超平面 (c) 中央の超平面
図5. 各超平面上の胞の皮むき展開図



(a) 3,4番目の超平面上の胞 (b) 3,4,5番目の超平面の胞 (c) 1～5番目の超平面の胞
図6. 正120胞体の皮むき展開図 (北半球部分)

文献

- [1] 宮崎, 石井, 山口, 「高次元図形サイエンス」(京都大学出版会, 2005), pp.84-85.
- [2] 海野, 形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol.3, No.1, pp.69-70 (2018/6).
- [3] 木村, 海野, 奥村, 芸術科学会論文誌, Vol.14, No.3, pp.73-82 (2015).

謝辞 ポリドロンの使用は(株)イメージミッション木鏡社前畑典子氏の助言による。正120胞体の展開図については宮崎興二先生から助言を頂いた。

手まりの地割りの球面幾何学

吉野 隆

東洋大学理工学部、〒350-8585 川越市鯨井 2100

tyoshino@toyo.jp

Polyhedron Geometry of Temari

Takashi Yoshino

Department of Mechanical Engineering, Toyo Univ.,

Kujirai 2100, Kawagoe 350-8585, Japan

Abstract: We discuss the spherical geometry of the Temari basic divisions. We demonstrated that the Temari artists had obtained all of the possible divisions by congruent triangles using great circles. Then, we extended the definition from congruent triangles to two types of triangles and found two combination divisions based on cuboctahedron and icosidodecahedron.

Keywords: Temari, spherical geometry, basic divisions

1. はじめに

手まりは日本で古くから発達した工芸・アートである。手まり作家は細かい装飾の前に地割り (basic divisions) と呼ばれる表面の分割を行う。本研究では、この地割りについて球面幾何学の立場から整理し、新しい地割りについて検討を行った。

2. 手まりの地割りと Coxeter Prints との関係

手まりの地割りは単純地割り (simple divisions) と組み合わせ地割り (combination divisions) の二種類からなる。単純地割り S_n は n 個に等分割された球面 2 角形を赤道で分割することによって得られる $2n$ 個の合同な球面二等辺三角形で構成されている。組み合わせ地割り C_n は、 n 個に等分割された球面 2 角形に、基本寸法 (magic numbers) と呼ばれる比を利用して得られた点をもとにして追加された大円で作られる。どちらの地割りも大円を用いて作られた合同な球面三角形による分割である。以上をもとにして、本研究では手まりの地割りを、(1) 球面 2 角形による等分割、(2) 唯一の基本寸法を用いて決定される点の追加、(3) 手順(2)で追加された点を含む大円の追加、の手順によって定義する。単純地割りの一種である S_8 とすべての組み合わせ地割り C_6, C_8, C_{10} を Fig. 1 に示した。図では、もとの球面 2 角形の頂点 (ふたつの極) を大きなマーカーで、手順(2)によって置かれた点を小さいマーカーで示している。

地割りは Coxeter Prints と呼ばれる平面分割と対応づけることができる。Coxeter Prints は内角が $\pi/p, \pi/q, \pi/r$ である三角形とこれを裏返した三角形 (内角が $\pi/p, \pi/r, \pi/q$) である一種の合同な三角形による平面 (球面, ユークリッド平面, 双曲面) の分割方法である。球面上の Coxeter Prints との対応関係から、上記の定義から得られる地割りはすべて発見されていることが確認できた。

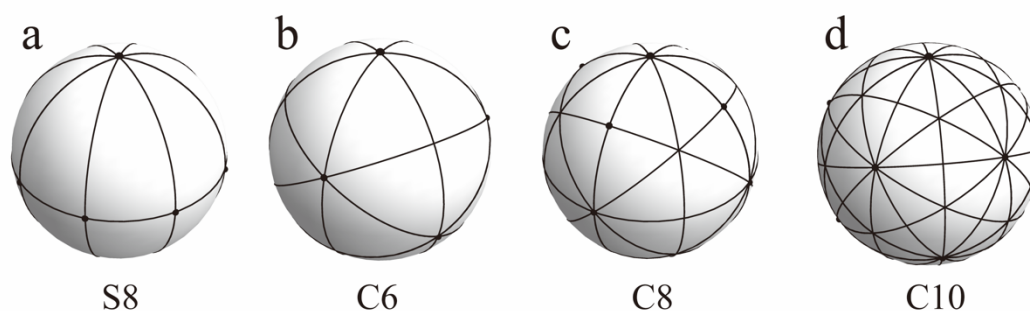


Fig. 1: Basic divisions of Temari.

3. 組み合わせ地割りの拡張

組み合わせ地割りは，プラトンの正多面体に対して，面の中心と頂点を結ぶ直線で面を三角形分割したのちに球面に投影した結果と一致する．プラトンの正多面体が5種類あるのに対して組み合わせ地割りが3種類なのは多面体の双対性のためである．そこで，同様の方法をアルキメデスの正多面体に適用して，新しい組み合わせ地割りの可能性を検討した．これは，前述の手順(2)を「唯一の基本寸法」から「複数の基本寸法」に拡張したことに相当する．結果として，立方八面体（cuboctahedron）と二十・十二面体（icosidodecahedron）をもとにした地割り方法を得ることができた．しかし，これは Fig. 2 に示したように，C8 および C10 に対して大円を追加することによって得られることもわかった．

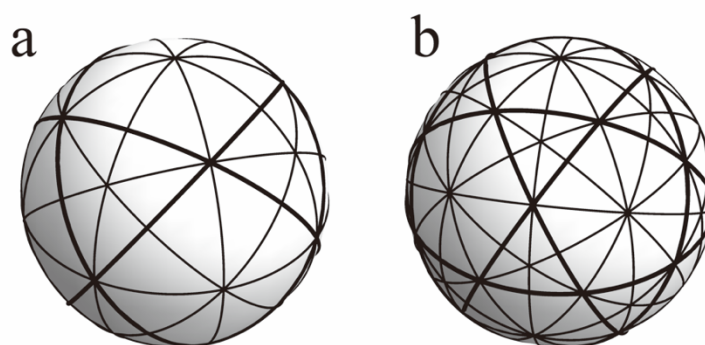


Fig. 2: New combination divisions obtained by modification of the C8 and C10 divisions.

参考文献

- 高原暉子(1995) 高原暉子の花てまり入門，マコー社，70pp.
- Suess, B. B. (2012) Temari Techniques: a visual guide to making Japanese embroidered thread balls, Elmhurst: Breckling Press, vii + 199 pp.
- Coxeter, H.S.M. (1964) Regular Compound Tessellations of the Hyperbolic Plane, Proceedings of the Royal Society of London A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences, 278, no. 1373, 147-167.

視線データを用いた映像酔いの新たな評価指標の検討

藤掛和広*, 橋梅佑宜**, 高田宗樹**

* 名古屋大学, 名古屋市千種区不老町

** 福井大学, 福井県福井市文京 3 丁目 9-1

* E-mail : fujikake@coi.nagoya-u.ac.jp

A Study on new evaluation indices in eye tracking analysis to evaluate motion sickness

Kazuhiro FUJIKAKE*, Yuki HASHIUME**, Hiroki TAKADA**

* Nagoya University, Furo-cho, Chikusa-ku, Nagoya, Aichi

** Fukui University, Bunkyo-ku 3-9-1, Fukui, Fukui

Abstract: In this study, indices for stabilograms were applied to evaluate the motion sickness in accordance with eye tracking analysis during driving simulator operation. As a result, we have succeeded in findings of the sparse density as an effective index for the evaluation of the motion sickness.

Keywords: Gaze data, Motion sickness, Driving simulator (DS), Elderly people

1. はじめに

交通場面に関連した研究では、ドライビングシミュレータ（以下、DS）が利用されている。DS の長所は「実車両に比べ、事故やトラブルのリスクが少ない」ことが挙げられる。しかしながら、DS の利用に関する問題点としては、DS での走行に伴う「映像酔いの発生」が挙げられる。

映像酔いの評価指標としては、主観評価である SSQ (Simulator Sickness Questionnaire) や、立位時の重心動揺の測定等が利用されている。一方、酔いによるふらつきが発生すると、眼球は視界を傾けない様にする為に、ふらつきとは逆方向に眼球が回旋することが知られている。この眼球回旋運動は、映像酔いの評価指標としての利用が期待されているものの、筋電図による測定が一般的であることから、利用場面は限定されている。

そこで本研究では、非接触型の視線測定機器によって取得した視線データを基に、映像酔いの有効な評価指標について検討する。映像酔いによって発生するふらつきに伴って眼球が回旋することから、映像酔いの症状が発生した場合には「視線データの軌跡が伸長する（仮説 1）」「視線データが拡散する（仮説 2）」ものと予想される。

2. 実験方法

実験協力者は日常生活に支障のない視覚機能・平衡機能を有する高齢者（9 名）とした。視線データは、DS 走行（5 分程度の運転を 5 回）の前後の安静時に測定した（DS 画面中央を 1 分間注視）。また、実験開始前と終了後に SSQ を実施した。

視線の測定機器は Tobii Pro X2-30（サンプリングレート、60 Hz）、解析ソフトは Tobii Pro Studio（ver. 3.3.2）を使用した。なお、視線データは、シーンカメラ（ロジクール社製 HD Webcam C270）の解像度（幅 640×高 480 Pixel）に対応してプロットされる。

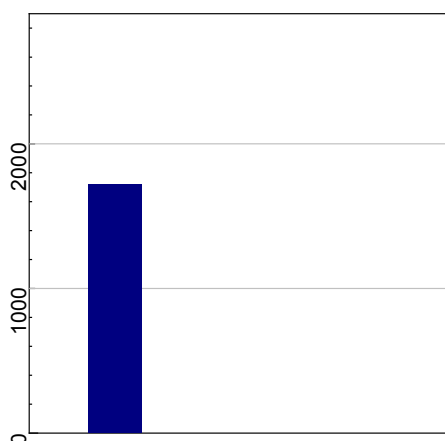


図 1 視線データの総軌跡長の平均

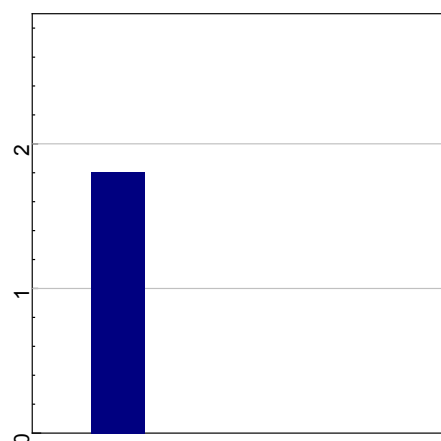


図 2 視線データの疎密度の平均

3. 結果

実験協力者は、SSQ の結果から映像酔い「あり（4 名，平均 79.0 歳）」と「なし（5 名，平均 71.2 歳）」の 2 群に分類した。

各実験協力者の安静時の視線データから総軌跡長を算出し、映像酔い「あり/なし」・DS 走行前後（pre/post）毎の平均を図 1 に示した。総軌跡長の結果、DS 走行前後共に、映像酔い「なし」よりも「あり」の方が視線データの総軌跡長が長かった。また、映像酔い「なし」では DS 走行前後の総軌跡長に差は見られなかったが、「あり」では DS 走行後の総軌跡長が伸長する傾向が見られた（ $p<0.1$ ）。

総軌跡長と同様に、視線データから疎密度の算出を行い、実験条件毎の平均を図 2 に示した。疎密度は、平面図上のデータのバラツキを示す定量化指標で、データが拡散していると数値が高くなる。疎密度の結果、映像酔い「あり」「なし」共に、走行前よりも走行後の数値が高くなった。更に、映像酔い「なし」では DS 走行前後の疎密度に差は見られなかったものの、「あり」では DS 走行後の疎密度の数値が有意に高かった（ $p<0.05$ ）。

4. 考察

実験の結果、映像酔いの症状が発生した場合には「視線データの軌跡が伸長する」「視線データが拡散する」という 2 つの仮説が認められたといえる。また、映像酔いを評価する為の視線データの定量化指標として、疎密度の有効性が示された。

なお、視線データの総軌跡長の結果、映像酔い「あり」群は DS 走行前から軌跡が長かった（図 1 参照）ことから、映像酔いが発生しやすい高齢者は、視線のふらつきが常態化している可能性が示唆される。

5. まとめ

本研究では、非接触型の視線測定機器によって取得した視線データを基に、映像酔いの有効な評価指標について検討した。その結果、映像酔いを評価する為の視線データの定量化指標として疎密度の有効性が示された。

謝辞

本研究は、堀科学芸術振興財団第 27 回研究費助成事業の助成を受けたものである。

立体概念の形成を支援する科学折り紙教材 III, 折り紙モデルとアクティブラーニング

石原 正三

埼玉県立大学 保健医療福祉学部、〒343-8540 埼玉県立大学保健医療福祉学部
shozo@spu.ac.jp

Science Origami as a teaching material aiming for grasping concepts of solid bodies III, Origami-models for active learning

Shozo Ishihara

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

Abstract: With a view to teaching solid geometry, Science Origami, which is a method of constructing three-dimensional models made of triangular units of Origami, has been introduced into a course of Mathematical Science since 2006. Owing to experience of constructing Origami-models in the courses, Science Origami makes it easier for most of the students in the classroom to be active in learning geometry of three-dimensional structures than before. While the program of Mathematical Science offered in the second semester of the academic year 2018 is exhibited in detail, it is suggested that Science Origami is suitable for active learning.

Keywords: Science Origami, Origami-models, active learning, three-dimensional structures, Mathematical Science

はじめに

平成 29 年度より、保健医療福祉学部の学生を対象とする教養科目「数理科学」において、科学折り紙を活用した実習教材の開発を進めている。これまでに、第 84 回形の科学シンポジウムにおいて、学生が制作した折り紙モデルを紹介し[1]、第 85 回では、体性感覚（触覚）を活用して立体概念の形成を支援する教材として、“科学折り紙”の新たな可能性を指摘した[2]。前回の第 86 回では、これまでに実施してきた授業や公開講座等の経験に基づき、学習段階に応じて対象者を 5 つのグループ（初等教育中期、初等教育後期、中等教育前期、中等教育後期、高等教育期）に分類し、グループごとに実習内容を提案した[3]。

本報告では、平成 30 年度に実施した「数理科学」の授業内容の詳細について報告する。

教養科目「数理科学」の平成 30 年度授業プログラム

平成 30 年度に実施した「数理科学」の授業プログラムを表 1 に示す。第 1 回から第 5 回までは導入として、目隠しをして立体情報を把握する実習[2]や正多面体（プラトン立体）の骨格構造（スケルトン）の制作実習を幾何学の講義と並行して実施した。第 6 回から第 14 回までは、プロジェクト型（PBL）学習によるグループ討論と折り紙モデルの作品制作を実習し、第 15 回に成績評価を目的として、実習報告書の提出と口頭試問を行った。

表1 平成30年度 教養科目「数理科学」の授業プログラム (平成30年度シラバスより抜粋)

回	到達目標	授業概要
1	全15回の授業内容の概要を知る	ガイダンス：授業計画の説明 目隠しをして、立体の触覚（体性感覚）実習
2	ユークリッド幾何学の理論体系を知る	立体の触覚（体性感覚）実習から幾何学へ
3	幾何学の基礎事項を確認する	テキスト「多角形と多面体の幾何学」
4	5種類の正多面体の特徴を考察する	テキスト「多角形と多面体の幾何学」続き
5	多面体の特徴を示す幾何学量を説明できる	オイラーの多面体公式と色々な多面体
6	折り紙モデルの制作方法を知る	PBL テュートリアル：正四面体と正八面体の骨格構造（スケルトン）の折り紙モデル
7	折り紙モデルの制作方法で立体を設計する	PBL テュートリアル：正六面体（立方体）と正八面体のスケルトンの折り紙モデル
8	複雑な折り紙モデルの制作方法を知る I	PBL テュートリアル：正十二面体のスケルトンの折り紙モデル
9	複雑な折り紙モデルの制作方法を知る II	PBL テュートリアル：正二十面体のスケルトンの折り紙モデル
10	立体モデルを設計する I	PBL テュートリアル：多面体の設計と必要な折り紙の大きさと枚数の計算（次回へ続く）
11	立体モデルを設計する II	PBL テュートリアル：多面体の設計と必要な折り紙の大きさと枚数の計算（設計完了）
12	立体モデルを制作する I	PBL テュートリアル：折り紙のカッティング
13	立体モデルを制作する II	PBL テュートリアル：ユニットの制作
14	立体モデルを制作する III	PBL テュートリアル：作品の完成と写真撮影
15	制作した作品の立体構造を説明できる	プレゼンテーションの実施と報告書の完成

おわりに

平成30年の履修者が1名であったため、学生間のグループ討論を行うことは出来ず、担当教員との討論（質疑・応答）となってしまうため、授業内容の評価は次年度とする。制作された折り紙モデルの作品と実習報告書に記載された授業の感想を図1と図2に示す。

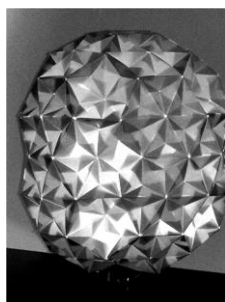


図1 C_{70} のランプ・シェイド；
作品名「親子でイースター」

Q4：この授業について、感想を聞かせてください。

全体的に物を使って説明して下さるところ
が多く、実際に見たり触れたりすること
で頭で考えやすかったです。

図2 「数理科学」の授業に対する感想
(実習報告書より抜粋)

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））の支援を受けている「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）の一部として実施されました。支援に対しお礼申し上げます。

参考文献

- [1] 石原正三, 「学習段階に対応した科学折り紙の利用法」, 第86回形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol. 3, No. 2, (2018), PP. 3-4.
- [2] 石原正三, 「立体概念の形成を支援する科学折り紙教材Ⅱ. 体性感覚（触覚）を活用した立体概念形成の試み」, 第85回形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol. 3, No. 1, (2018), pp. 53-54.
- [3] 石原正三, 「立体概念の形成を支援する科学折り紙教材Ⅰ. 教養科目「数理科学」での取り組み」, 第84回形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol. 3, No. 1, (2017), pp. 3-4.

Shape analysis for the ancient mounded tomb group in Tagawa

Susumu Ogawa¹ and Yukiya Taniguchi²

1 Institute of Spatial Technology, Toyo, Koto, Tokyo 135-0016

2 University of Tokyo, Komaba, Meguro, Tokyo 153-0041

ogawa_susumu_phd@yahoo.co.jp; taniguchi-yukiya312@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

Abstract: Shape analysis was carried out for the ancient mounded tomb group in Tagawa. Ages for them were estimated by the regression lines derived from their shape sizes. The ages suggested the Himiko era, in the late 3rd century to 4th century.

Keywords: dating, form interpretation, keyhole-shaped tomb mound, round barrow, UAV

1. Introduction

In 2018, a large keyhole-shaped tomb mound was discovered in Tagawa, Japan. The form interpretation was carried out for this tomb. The length is 443m, the diameter is 152m, and the height is 33m: the second biggest mound in Japan. The dating was calculated by the shape sizes from certain ancient tombs researched by archeology.

2. Method

UAV determined the size of the mound with PhotoScan. By the list of the ancient tombs, two regression expressions were obtained for the dating of discovered tombs. The types of the tombs were three: keyhole, round, and ellipse shapes.

3. Results

The regression line of keyhole shape tombs was next equation (N=38).

$$\text{Year} = 296.12 \cdot b/c \quad (r^2 = 0.3049)$$

where b is a square size and c is a total length (see Figs.2,3, and 4).

The regression line of round barrows was next equation (N=85).

$$\text{Year} = 59.57 \cdot H/D + 454.13 \quad (r^2 = 0.2463)$$

where H is the height of the tomb and D is the diameter of the tomb (see Figs 5 and 6).

Therefore, Akamura keyhole tomb was estimated to be constructed as 399AD, while Onzuka was estimated as 307AD with an error of 30 years.

Therefore, these tombs might be constructed in the late 3rd to the 4th century, which corresponded to the Himiko era, late the 3rd century.

4. Discussion

The dating for the tombs could be estimated by shape analysis. The method is remote sensing, non-destructive monitoring.

5. Conclusions

The dating for the ancient tombs in Tagawa was carried out. These tombs were estimated by shape analysis to be constructed in late the 3rd and 4th century, which corresponded to the Himiko era.

References

Wei history, Sanguozhi, 280.

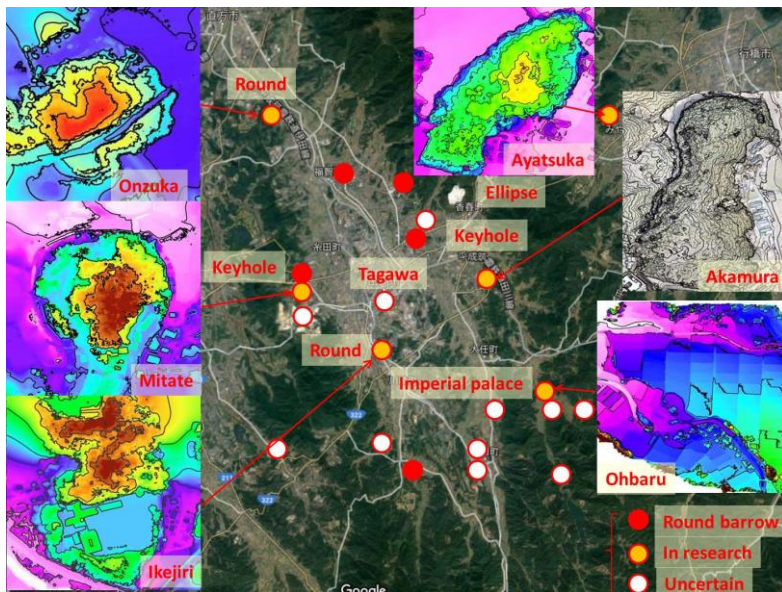


Fig. 1 Distribution of the ancient tomb group in Tagawa

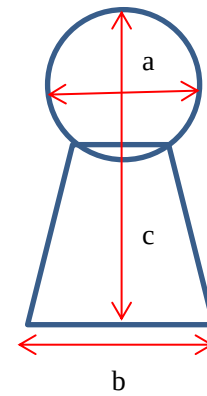


Fig. 2 Keyhole shape sizes

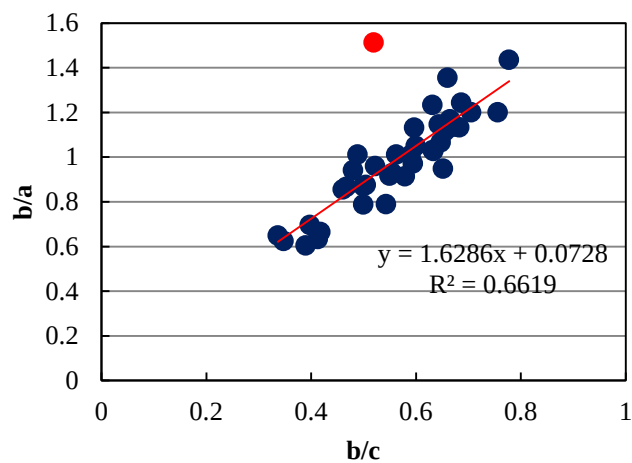


Fig. 3 Relationship between ratios of each size

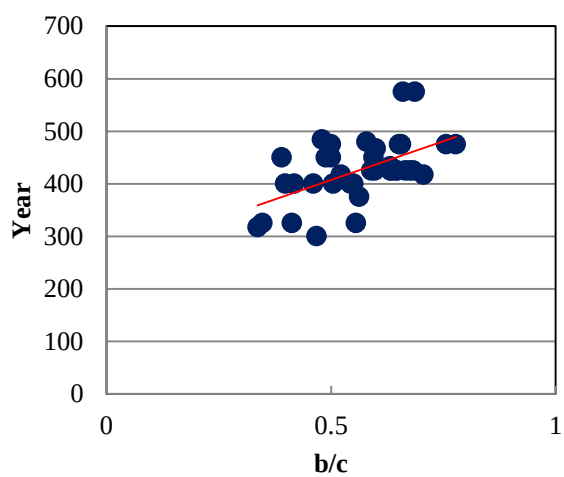


Fig. 4 Regression line of year and the ratio of sizes

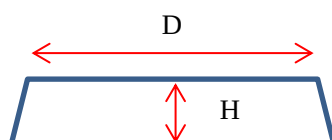


Fig. 5 Round barrow sizes

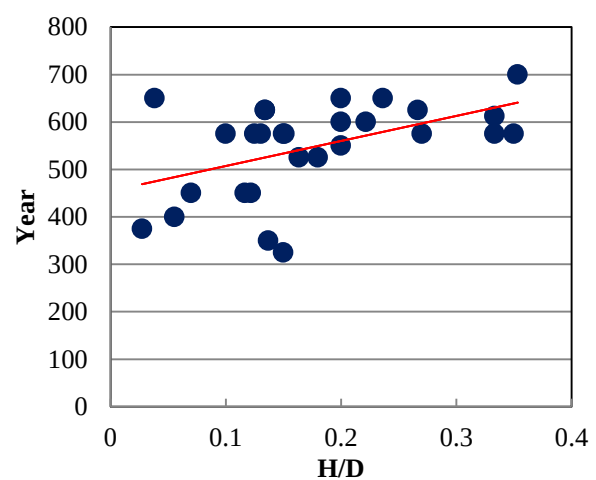


Fig. 6 Regression line of year and the ratio of sizes

アート・デザイン系学生のための形の科学

高木隆司

東京農工大学 (名誉教授)、248-0014 鎌倉市由比ヶ浜 2-23-12

Jr.takaki@iris.ocn.ne.jp

Science of Form for Students of Art and Design

Ryuji Takaki

Tokyo University of Agriculture and Technology (Koganei, Tokyo, Japan)

Abstract: Contents of education of the Science of Form for students of art and design are introduced, which are developed by the present author through teaching activities at Kobe Design University and Musashino Art University. They include basic concepts in the Science of Form, such as size, ratio, symmetry, space division, pattern formation, etc. In this paper some topics treated in the lecture concerned to biological systems are presented.

Keywords: Education, Art, Design, Forms, Biological systems

1. 導入

筆者は、2004～2007 年度に神戸芸術工科大学に在籍し、形の科学に関する授業を行ってきた。また、2008 年度から現在まで、武蔵野美術大学の基礎デザイン学科 3 年次学生に対して、演習科目「シナジェティクス」を担当し、形の科学にふれる教育を行っている。ここでは、できるだけ実物を見せ、言葉で説明することを心がけている。今回の発表では、教材の中から生物に関するテーマを選び、教育内容と学生による作品を示す。

2. サイズと比率

まず、「新科学対話」のなかで動物のサイズにふれたガリレイの話を紹介する。それから、動物のサイズと体型の関係を述べる (図 1 参照)。さらに、大型恐竜の復元図に対する筆者の疑問を述べる。

比率については、日常でよく使う紙の縦横比から始める。書類の用紙では、 $1 : \sqrt{2}$ の比が多いが、通常の名刺は黄金比になっている。次に、人体の比率として、へその上下の長さの比を扱う。ギリシャ彫刻では黄金比、仏像では $1 : 1.4$ が多い。一方、石器時代の彫刻も考えることにより、人体の美の基準は、当時の人間の願望を反映していることを述べる。

それから、植物に見られる比率の問題として、ヒマワリらせんの生成をワークショップとして行う。それを用いて、ごく自然な枝ぶりをもつ樹木を描く方法にふれる。



図 1. 動物のサイズと足の形

3. 空間分割・平衡系・成長形

平面分割や空間分割の一般論を述べた後で、ハチの巣の六角中の奥に現れるマラルディの角 137.5° をつくるワークショップを行う。それは、紙粘土で同じサイズの球を作って密に積み重ね、周囲から圧縮することにより実現できる。

それから、準結晶の概念を導入する。まず、2 つの文字 S, L の 1 次元配列を例として、準結晶の概念を説明する。ヒマワリらせんにも、この配列が現れる。次に、ペンローズタイリングを、紙製のタイルを敷き詰めることにより体験する。なお、渡辺泰成氏による準結晶タイリングがあるが、これには長時間が必要なので、出来上がったものを見せるにとどめる。

身近な平衡形として、懸垂線、シャボン膜を観察する。特に立体的な針金ワクに張ったシャボン膜からは、意外な発見が得られる。次に、シャボン液の代わりに「Dip」という商品名で販売されている液体で同様に膜をつくる。これは、空気にさらしておくと、数分で固まるので、



図 2. Dip で作った極小曲面

極小曲面が保存できることになる（注意：固まる前の Dip には有機溶媒が含まれている）。

成長形とは、非平衡状態で成長を続けるときに現れる形を指す。その代表には、拡散律速凝集によって生まれる細かく分岐した凝集体や、雪の結晶などがある。授業では、まず前者の例として銅線を硝酸銀水溶液にひたして現れる凝集体（銀樹と命名した）を見せる。図 3 は、神戸芸術工科大学の学生の作品である。



図 3. ろ紙の上に作った銀樹
(安井沙永子 2004)



図 4. 雪成長ワークショップ

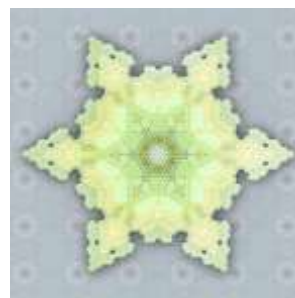


図 5. 雪結晶（任 亜鵬 2006）

次に、雪結晶の成長のしくみを理解するために、氷の小片をあらわす紙片を追加していった結晶を成長させるワークショップをおこなう。ランダムに紙片を選び、六回対称性を保って、中央の六角形の紙に継ぎ足した結果、図 4 のような結晶形が出来上がる。図 5 は、このワークショップに刺激されて制作した学生の作品である

4. 遊泳・飛行

動物や植物の動きを考える場合は、生物学の知識以外に力学や流体力学が必要になる。動物が水を後方に押して水中を推進する際に、微小な動物（アメーバ、ゾウリムシ、ミドリムシ、等）は、水の粘性を利用する。一方、魚やタコ、クジラは、水を勢いよく後方に押し、その慣性を利用している。昆虫や鳥たちが飛行するときも、空気を後方に押してその慣性を利用する。なお、飛行の場合は、空中に体を支えるしくみも必要になる。

教室でのワークショップでは、大きな装置が必要にならないので、もっぱら飛行の方を扱っている。その主な方針は、ゆっくりと空中を移動する仕組みを、紙や軽い木材でつくる。その際、できるだけ単純な形で安定に飛ばせることができると、達成感が強くなる。今までに試したものは、カエデやアルソミトラの種子であった。



図 6. カエデの種子モデル



図 7. アルソミトラの種子



図 8. 種子のモデル

図 6 上はカエデの種子の忠実なモデルである。下は羽の部分が均一な厚さで、上下対称にしている。実際に飛ばすと、上の方が安定して回転しながらゆっくり落下した。図 7 はアルソミトラの種子で、ほとんど水平にゆっくり飛ぶ。図 8 は、そのモデルであり、羽の形を変えてその効果を比べるために作成した。

結語：以上は、授業で扱ったテーマのほんの一部である。他のテーマは別の機会に発表したい。

主体を仮想することについて

松浦 執¹、面川 怜花²

¹ 東京学芸大学教育学部、東京都小金井市貫井北町 4-1-1、

² 東京学芸大学附属世田谷小学校、東京都世田谷区深沢 4-10-1

shum00@u-gakugei.ac.jp

On the supposition of a subject of a robot

Shu Matsuura¹, Reika Omokawa²

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

² Setagaya Elementary School attached with Tokyo Gakugei University, 4-10-1
Fukasawa, Setagaya, Tokyo 158-0081

Abstract: Piaget introduced a concept of child animism to characterize the human development. He also discussed a construction process of cognitive structures through the interactions between the subject and the environment. The child animism implies supposition of subjectivity in the non-living things. For the symbiosis with the intelligent machines, it is necessary to have empathy with the virtual subject, which will bring about the problem of the form of words in the verbal communications.

Keywords: subjectivity, symbiosis with machines, empathy.

1. 研究背景と目的

Piaget は、子どもに共通に非生物に生命性を感じとる小児アニミズムの概念を提唱した。また、子どもの発達には環境との相互作用を通して進み、認知的構造も主体と環境との相互作用によって段階的に構成されるという発生的認識論を提唱した。主体はあらかじめ知能を既有するのではなく、環境との相互作用によって構成されていくものとして捉えられた。情報を同化して認知構造を変化させ、新たな情報の同化が可能になる。

アニミズムは、生化学のアルゴリズムの知識を得るにつれて中学高校と後退すると言われるが、それは認知発達の過程で何か不可欠の役割を果たしていると想像される。子どものアニミズムは「生きている」ことを曖昧に捉える。特に自律的活動現象は生きているものと認識される。著者らは小学校 2 年生を対象とした4ヶ月にわたる生命を考える道徳の授業において、ロボットには生命があるか、人間の生命との類似性と異質性は何かを討論する活動を展開した。その過程で、ロボットの機械としての性質を、プログラミングなどを通じて検討しながらも、半数の児童が共感的に生命を認識するという結果を得た。

さらにこの過程で、活動や会話コミュニケーションを観察・経験しながらも、その現象に対しては批判的に観察しており、単に動くから生きているのではなく、ロボットに、ロボットの主体を、児童が仮想できるということ、主体を仮想して共感することが生命性の感受となり、従って生命性の感受は親しみや気持ちの一体感に誘引されるものと思われた。本研究では、児童がロボットと共感的関係を持つことを目指し、特に対話の話形の効果を調べることを試みた。児童と、教師付きロボットとが対面した時に、定型的な話形と交感的な語形とをタイプ分けすることにより、児童の意識に生じる変化の検出を試みる。

2. 方法

Society 5.0 について調べている小学校 5 年生の 3 学級に、ヒューマノイド・ロボット NAO と教員 1 名が入り、人工知能についての導入的説明と児童の質問に答える授業を実施した。対話話形に関しては「クエリ」と「交感」の 2 タイプを用意した。クエリタイプでは疑問詞を伴う定型的質問に対して返答発話するものである。交感タイプは、非定形の声がけに反応して非定形の交感的な語を発話するものである。後者は人間側から返答内容を要求されないが、発話にロボットのキャラクタの表現を埋め込んだ。授業前後の児童の記述を比較することにより、対話を通じて児童が知能的機械に主体を仮想するきっかけを持ち得るかどうかを推測する。

3. 結果と結語

事前に収集された児童の質問内容は AI やロボットについて、定義、性質、可能性、生活への影響を問うものに分類され、知能機械を対象化し、調べる過程で目にするタイプの質問が大部分であった。

授業実践では、各学級で NAO はクエリタイプ平均 16 ± 1 回、交感タイプ 11 ± 3 回の発声があった。これらに対して、学級全体の子どもからの笑いがそれぞれ 7 ± 3 回および 9 ± 2 回引き起こされた。これは NAO の発声に対して、それぞれ 44% と 82% の笑いが起きたことを示す。特に交感タイプ発話に対しては、ほとんどの笑いが大笑いであった。また、クエリタイプの発話に対しても 44% に親和的な反応があったが、これも交感タイプ会話に誘引された親しみと NAO のキャラクタ感に基づくものと推測された。

授業後、児童には 3 つの質問に記述回答させた。その一つは「夜夢をみるロボットがあれば、どんな話をしたいですか」というもので、ロボットに様々な機能やセンシングを統合した主体的意識を児童が想定し得る質問である。これに対する回答では、ロボットの役割や情報など機械を対象化した意見よりも、ロボットの主体を仮想してその意識や交感を考えるケースの数が上回った。

本実践では言葉のタイプの有無などによる比較をしていないが、発話形による反応の違いや、交感タイプ発話により親しみや共感的関心が高まることが顕著に観察された。

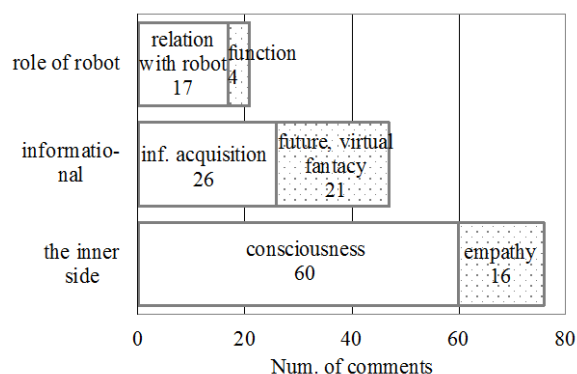


図 夜夢見るロボットと話したいトピックの分類

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. 4 No. 1 (2019年6月)

発行： 形の科学会

会長： 宮本 潔

獨協医科大学医学総合研究所

事務局長： 松浦 執

東京学芸大学自然科学系基礎自然科学講座理科教育分野

講演予稿集編集事務局： 手嶋 吉法

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

千葉工業大学工学部機械電子創成工学科

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

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