ISSN 2433-6165 (Print)　ISSN 2433-6173 (Online)

形の科学シンポジウム講演予稿集　Vol. 8　No. 1　(2023 年 6 月)

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

第 94 回 形の科学シンポジウム

会期： 2023 年 6 月 9 日(金), 10 日(土), 11 日(日)

会場： 千葉工業大学 津田沼キャンパス 6 号館

形の科学会

https://katachi-jp.com/

第 94 回 形の科学シンポジウム「デザインと設計」

【主催】形の科学会
【共催】千葉工業大学
【会期】2023 年 6 月 9 日(金)、10 日(土)、11 日(日)
【会場】千葉工業大学 津田沼キャンパス 6 号館 4 階（講演会場 646 教室、展示会場 645 教室）
【代表世話人】手嶋吉法（千葉工業大学） 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
E-mail: yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp
【参加費】一般 5000 円、学生 2000 円 （オンライン：一般 4000 円、学生 1000 円）
【懇親会】6 月 10 日(土) 18 時から、2 号館 20 階ラウンジにて開催（一般 4000 円，学生 2000 円）
【WEB サイト】https://katachi-jp.com/sympo94

プログラム

6 月 9 日（金） 第 1 日目

9:30 受付開始
10:00 開会の辞

セッション 1 形の科学一般

10:05-10:30
円周上での不確定性関係・最小波束と円周統計学
小川直久（北海道科学大学）····· 1

10:30-10:55
気象情報から推定される核災害汚染地図
小川進（空間技術研究所）····· 3

10:55-11:20
DNA 情報・力・形づくり
本多久夫（神戸大学大学院、理化学研究所）
····· 5

休憩（15 分間）

セッション 2 メインテーマ「デザインと設計」

11:35-12:00
細胞の増殖・消滅・伸縮を同時に応用したトラス構造物の形態創生に関する研究
小野聡子（近畿大学）····· 7

12:00-12:25
色合わせ回転式 3D ジグソーパズル
永井真統（千葉工業大学）、池上祐司（理化学研究所）、山澤建二（同）、手嶋吉法（千葉工業大学） ····· 9

昼休み 12:25-14:00

セッション 3 メインテーマ「デザインと設計」

14:00-14:25
視覚障害者が解剖学を学ぶ為の卓上型内臓模型の開発
篠田萌華（千葉工業大学大学院）、寺口さやか（広島県立広島中央特別支援学校）、手嶋吉法（千葉工業大学大学院） ····· 11

14:25-14:50
機械機構を学ぶ為の立体教材の開発
湊川裕介（千葉工業大学大学院）、中沢佑太（千葉工業大学）、 伊美岳（同）、 手嶋吉法（同）
····· 13

14:50-15:15
ブーリガン構造の圧縮強度に関する研究
箕田要（千葉工業大学大学院)、池田朋裕（千葉工業大学)、手嶋吉法（同）····· 15

休憩（15 分間）

セッション 4　形の科学一般
15:30-15:55
斥力相互作用するポリスチレン球コロイドを内包したベシクルの等分裂条件
植田毅（東京慈恵会医科大学）····· 17

15:55-16:20
子供と AI が創るおもちゃの構想（新しいコンピュータの活用法）
八坂青志（京都総合科学研究所）····· 19

16:20-16:45（オンライン）
非漢字文化圏における漢字指導
沓名健一郎（タクシン大学）·····

6 月 10 日（土）　第 2 日目

8:30　受付開始

セッション 5　メインテーマ「デザインと設計」
9:00-9:25（オンライン）
大径化した原木の建築構造材への利活用に関する研究（その 1）大径木厚板による板倉式ユニットハウスの試作
加藤憲司（株式会社 HKS 環境建築事務所)、杉村泰司（株式会社杉村構造設計)、荒木光子（ローカルズ 55 有限責任事業組合)、小野聡子（近畿大学）····· 21

9:25-9:50（オンライン）
大径化した原木の建築構造材への利活用に関する研究（その 2 ）落し込み壁の実大実験
杉村泰司（株式会社杉村構造設計)、小野聡子（近畿大学)、加藤憲司（株式会社 HKS 環境建築事務所)、荒木光子（ローカルズ 55 有限責任事業組合）····· 23

休憩（15 分間）

セッション 6　メインテーマ「デザインと設計」
10:05-10:55 ≪招待講演（公開講演 1 ）≫
円柱形つまみの回転操作における指の使用状況に関する一連の研究
松崎元（千葉工業大学）····· 25

休憩（15 分間）

セッション 7　形の科学一般（1 件）および展示説明（5 件）
11:10-11:35
正三角形間のコネクターを基礎図形として構成できる図形について
立木秀樹（京都大学）····· 27

展示説明（各 5 分間、質疑無し）
11:35-11:40
フラクタル・イマジナリーキューブの影
立木秀樹（京都大学）····· 30

11:40-11:45
外形が立方体の回転式 3D ジグソーパズルの開発 II
大山寛人（千葉工業大学)、池上祐司（理化学研究所)、山澤建二（同)、手嶋吉法（千葉工業大学）····· 31

11:45-11:50
ピース形状が正四面体と正八面体からなる 3D ジグソーパズルの改良 II

首藤大雅（千葉工業大学)、池上祐司（理化学研究所)、山澤建二（同)、手嶋吉法（千葉工業大学） ····· 33

11:50-11:55
木造継手の立体教材の開発 III
長谷川達也（千葉工業大学)、手嶋吉法（同） ····· 35

11:55-12:00
面を共有する 正八面体のスケルトンで作る環状構造と十二面体構造の折り紙モデル
石原正三（科学芸術 学際研究所 ISTA） ····· 37

昼休み　12:00-13:30
（12:15-13:15 運営委員会）

セッション 8　メインテーマ「デザインと設計」
13:30-14:20 ≪招待講演（公開講演 2）≫
しわの形と膜面の有限要素解析
秋田剛（千葉工業大学）····· 39

休憩（15 分間）

セッション 9　メインテーマ「デザインと設計」
14:35-15:25 ≪特別講演（公開講演 3）≫
実空間と仮想イメージを融合するメディアデザイン
出原立子（金沢工業大学）····· 41

休憩（15 分間）

セッション 10　形の科学一般
15:40-16:05
茶碗などに見られるひび割れについて II. 古代サメの歯他
海野啓明（仙台高専名誉教授)、山口喜博（形の科学会会長）····· 43

16:05-16:30
指紋の形と血流の関係
岡﨑登志夫（ヤマザキ動物看護学部 大学院） ····· 45

16:30-16:55
ゲノム QR コード（スピド）法（II):“形”の植物分類と“ゲノム”の植物分類とはなぜ一致するのか？
西垣功一（埼玉大学名誉教授)、濱野圭一（GenoLife 研究会） ····· 47

17:00-17:40　総会

18:00-19:45　懇親会（2 号館 20 階ラウンジ）

6 月 11 日（日）　第 3 日目

9:00　受付開始

セッション 11　メインテーマ「デザインと設計」
9:30-9:55
Auxetic 構造を取り入れたソフトロボティクス設計
遠藤洋史（富山県立大学）····· 49

9:55-10:20
競争的ニューラルネット ワークを利用した株価時系列の数値解析とその評価
保谷太陽（福井大学大学院)、中嶋大祐（同)、中根滉稀（同)、平田隆幸（福井大学)、髙田宗樹（同） ····· 51

10:20-10:35（15 分間）
明暗順応過程における生体信号に関する研究
牧野瑞稀（福井大学大学院)、河合辰貴（同)、菅井洋成（同)、保谷太陽（同)、 木下史也（富

山県立大学)、松浦康之(岐阜市立女子短期大学)、平田隆幸（福井大学大学院)、髙田宗樹（同）
…… 53

休憩（15 分間）

セッション 12　形の科学一般
10:50-11:15
色相と形の組み合わせが短期記憶に及ぼす影響に関する研究
　丸野瑞貴（千葉工業大学大学院)、松崎元（同）
…… 55

11:15-11:40
幾何学形態のモーショングラフィックスによる水の表現に関する研究
　高橋弘暉 （千葉工業大学大学院)、松崎元（同）
…… 57

11:40-12:05
押しボタンスイッチの形状と操作に用いる手指接触部位選択の関係
　森澤圭織（千葉工業大学大学院)、松崎元（同）
…… 59

昼休み　12:05-13:30

セッション 13　形の科学一般（2 件）およびフォーラム（1 件）
13:30-13:55
バイオミメティクスを用いた開発におけるアイデアの評価手法
　橘悟（京都大学大学院）…… 61

13:55-14:20（オンライン）
五角形タイルで回転対称なタイリングを作る
　杉本晃久（科学芸術学際研究所 ISTA、日本テセレーションデザイン協会）…… 63

14:20-14:40 （オンライン）Forum（20 分間）
イナッシオ・モレイラの世界地図手稿再訪
　杉本剛（神奈川大学）…… 65

セッション 14　形と知
14:55-15:20
AI と共生する教育
　松浦執（東京学芸大学)、三木大生（同)、Ng Bing Yuan Wilson（同)、井戸季詠子（同)、後藤勝洋（渋谷区立渋谷本町学園）…… 67

15:20-15:45（オンライン）
源氏物語の帖名の数理解析
　林寧生（産業創成大学院大学)、増田靖光（同）
…… 69

15:45-16:10（オンライン）
4 月 30 日は放散虫の日
　松岡篤（新潟大学)、横山隼（RC GEAR)、前畑典子（イメージミッション木鏡社)、茨木洋介（フォッサマグナミュージアム)、伊藤剛（産業技術総合研究所） …… 71

16:15 閉会の辞

【事務局より】

論文投稿案内（Call for Papers）‥‥‥‥ 73
シンポジウム世話人の募集‥‥‥‥‥‥‥‥ 74
入会案内‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥‥ 75

円周上での不確定性関係・最小波束と円周統計学

小川直久
北海道科学大学
ogawanao@hus.ac.jp

Uncertainty Relation and Minimum Wave Packet On Circle, and Circle Statistics

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

Abstract: There are some difficulties for uncertainty relation when the dynamical variable obeys the periodic boundary condition. For example, the angle and angular momentum are canonically conjugate to each other that give rise to commutation relation $[\theta, L] = i\hbar$ and that remind us the uncertainty relation $\sigma_\theta \cdot \sigma_L \geq \hbar/2$. However, this is not true. For the angular momentum eigen state, we have $\sigma_L = 0$ but we never have $\sigma_\theta \to \infty$ since $0 \leq \theta < 2\pi$. In this way we need to reconsider the uncertainty relation on circle. In this talk we consider how to treat and solve this problem.

Keywords: uncertainty relation, minimum wave packet, Circle Statistics

§1 力学変数の選択

S^1 上での量子力学を考える。 位置座標として角度 θ を選ぶと正準運動量は角運動量となるので交換関係は、$[\theta, L] = i\hbar$ となるが、これを角運動量の固有状態で挟んで計算すると、直ちに矛盾を生じる。これは角運動量演算子がエルミートではないことを意味している。この矛盾は、部分積分において total derivative が 0 にならないからで、本質的な原因は位置 θ が周期関数ではないことによる。また、$f(\theta)$ の期待値

$$< f > = \int_{\beta}^{2\pi+\beta} f(\theta)\,|\psi(\theta)|^2 d\theta$$

が境界βに依存しないための条件は $f(\theta) = f(2\pi + \theta)$ となるので、力学変数は 2π の周期関数に限られることになる。またその時に限って、エルミート性の問題も解消する。

§2 位置変数の決定

位置変数としては周期関数であることが必要なので、以下のようにとる。

$$X_n = \cos n\theta, \quad Y_n = \sin n\theta.$$

特に n=1 の時は、考える点 θ のデカルト座標を意味しており、その期待値は質量が円周上に密度$|\psi|^2$で分布するときの重心座標（必ずしも円周上ではない）を意味している。

$$< X_1 > = \int_0^{2\pi} \cos\theta \, |\psi(\theta)|^2 d\theta \qquad < Y_1 > = \int_0^{2\pi} \sin\theta \, |\psi(\theta)|^2 d\theta$$

このように位置の期待値の点を考えると、一般に円周上からはみ出すことになるので、デカルト座標表現が重要だったわけである。
標準偏差は通常通りに定義する。

$$\sigma_{X_n} = \sqrt{< X_n^2 > - < X_n >^2}, \quad \sigma_{Y_n} = \sqrt{< Y_n^2 > - < Y_n >^2}, \quad \sigma_L = \sqrt{< L^2 > - < L >^2}.$$

すると交換関係　　$[X_n, L] = -i\hbar n Y_n, \ [Y_n, L] = +i\hbar h X_n$
を用いて不確定性関係

$$\sigma_{X_n} \cdot \sigma_{Y_n} \geq (n\hbar/2)| < Y_n > | \qquad \sigma_{Y_n} \cdot \sigma_L \geq (n\hbar/2)| < X_n > |,$$

が得られる。

§3 Minimum wave packet (MWP)

$$\sigma_{X_n} \cdot \sigma_{Y_n} \geq (n\hbar/2)| < Y_n > |$$

を最小化する波束を求めると、

$$\psi_{n,m}(min) = \frac{1}{\sqrt{2\pi I_0(\alpha_n)}} \exp\left[\frac{\alpha_n}{2}\sin(n\theta) + im\theta\right], \ \alpha_n = \frac{2}{na\hbar}.$$

であり、円周統計学で登場する Von Mises 分布となる。（円周正規分布）
同様に、もう一つの不確定性関係を最小化する波束は、これとは異なる位相を持った、Von Mises 分布となるが、両不確定性関係を同時に最小化するような波束は求められない。

§4 Infinite Total Uncertainty Relations

$R_n^2 \equiv < X_n >^2 + < Y_n >^2$　　：標本平均合成ベクトル長（円周統計学）

$\tilde{\sigma}_{R_n}^2 \equiv \sigma_{X_n}^2 + \sigma_{Y_n}^2 = < X_n^2 > - < X_n >^2 + < Y_n^2 > - < Y_n >^2 = < X_n^2 + Y_n^2 > - (< X_n >^2 + < Y_n >^2) = 1 - R_n^2.$

これらを用いて、二つの不確定性関係を合成すると

$$\tilde{\sigma}_{R_n} \cdot \sigma_L \geq \frac{n\hbar}{2} R_n$$

あるいは、　　$\sigma_{R_n} \cdot \sigma_L \geq \frac{\hbar}{2}$　　$\sigma_{R_n} \equiv \frac{\tilde{\sigma}_{R_n}}{n R_n} = \frac{\sqrt{1-R_n^2}}{n R_n}$

が得られて、通常の不確定性関係と似た関係となるが、不確定性関係は無限個生成される。

参考文献

1) W. H. Louisell, Phys. Lett., Vol.7, No.1, pp 60-61(1963).
2) P. Carruthers and M. M. Nieto, Rev. Mod. Phys.,Vol.40, No.2, pp 411-440 (1968).
3) J. Marc and L. Leblond, Ann. Phys. **101**, pp 319-341 (1976).
4) A. S. Holevo, Rep. Math. Phys., Vol.16, pp 385-400 (1979).
5) T. Opatrny, J. Phys. A: Math. Gen. {¥bf 27}, pp 7201-7208 (1994).
6) Rade Lutil, Statistics,Vol.46, NO.4, pp549-561, (2012)

気象情報から推定される核災害汚染地図

小川進，空間技術研究所，東京都江東区東陽 3-1-5
ogawa_susumu_phd@yahoo.co.jp

Nuclear pollution map estimated from meteorological data

Susumu Ogawa, Spatial technology institute, Toyo 3-1-5, Koto, Tokyo, Japan

Abstract: Nuclear disaster pollution patterns are determined by the weather conditions, especially wind speed and rainfall intensity. Three disasters were selected: Hiroshima atomic bomb, Chernobyl and Fukushima nuclear power plants. A particle model was used for mapping pollution areas.
Keywords: atomic bomb, Chernobyl, Fukushima, Hiroshima, nuclear power plant.

1. Introduction

The most sever nuclear disasters were Hiroshima atomic bomb, Chernobyl and Fukushima nuclear power plant accidents. Pollution patterns were determined by weather conditions, especially wind speed and rainfall intensity. Always wet deposit was superior to dry deposit of radioisotopes. Nuclear pollution maps were made by a particle model with meteorological data.

2. Methods

The meteorological data were wind speeds and directions, and rainfall intensity with weather maps in Hiroshima, Chernobyl, and Fukushima. Aero photographs in Hiroshima were taken by B29. A particle model was a simulation for isotope flying over the sky with the horizontal wind speed and the vertical dropping speed calculated by the Stokes equation.

3. Results

3.1 Hiroshima atomic bomb

From aero photographs, three kinds of wind directions and speeds were estimated. The interviews for eyewitness in Hiroshima were carried out to obtain rainfall intensity and periods with colors. The west part of Hiroshima was polluted by black rain over the Ohta river.

3.2 Chernobyl nuclear power plant

From the weather map, cold front was generated near Chernobyl with nimbostratus to bring thunder storms. Two intense pollutions were generated in Belarus and Russia.

3.3 Fukushima nuclear power plant

From the weather data archive, cold air stream flowed over Fukushima at 18:00, Mar 15, 2011.

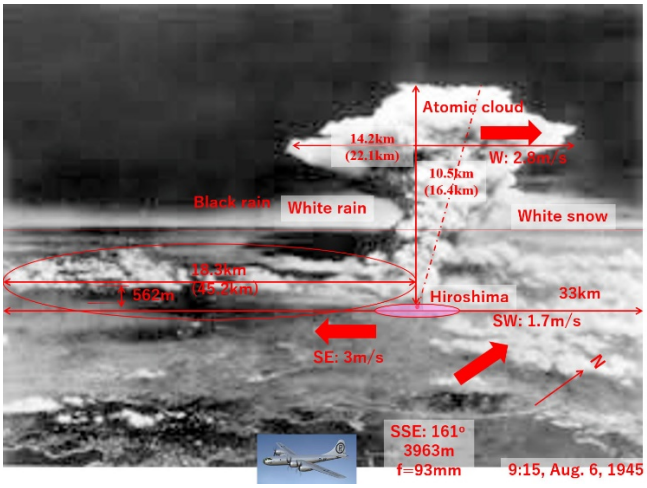


Fig. 1 Aerial photograph by Enola Gay

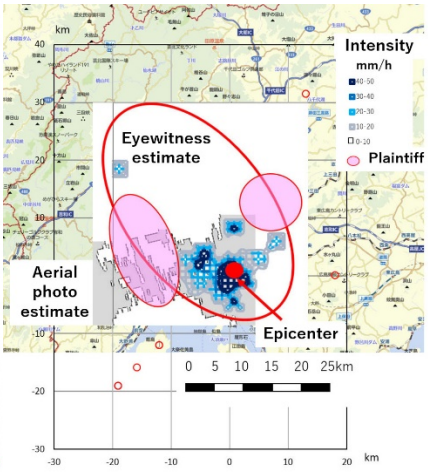


Fig. 2 Pollution estimate

Fig. 3 Weather map in Chernobyl

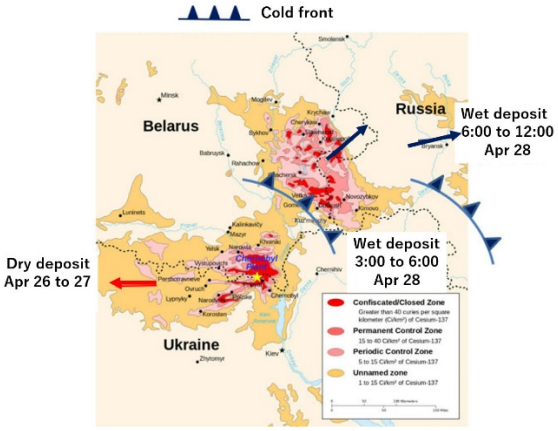


Fig. 4 Cold front with storms

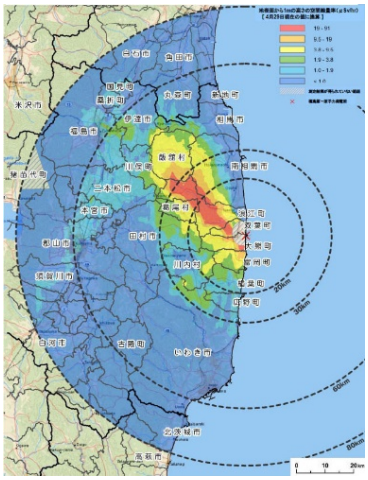


Fig. 5 Air dose map in Fukushima

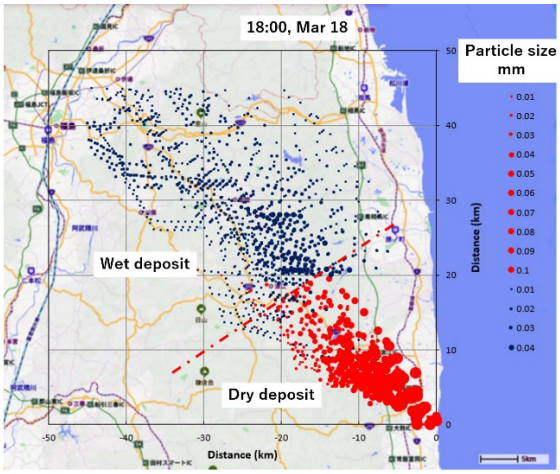


Fig. 6 Particle model simulation

4. Discussion

In Hiroshima and Chernobyl, atomic bomb and nuclear power plant might make nimbostratus to bring wet deposit: intense rainfall with much radioisotope.

DNA 情報・力・形づくり

○本多久夫[1, 2]
[1]神戸大学大学院医学研究科、〒650-0017 神戸市中央区楠町 7-5-1
[2]理化学研究所 生命機能科学研究センター
hihonda@hyogo-dai.ac.jp

DNA information・Force・Morphogenesis

○Hisao Honda[1, 2]
[1]Kobe University Graduate School of Medicine, Kobe 650-0017, Japan;
[2]RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research

Abstract: We have been studying morphogenesis of multicellular organisms (e.g., helical looping of the embryonic heart) using a mathematical cell model (vertex dynamics), where component cells are automatically organized into shapes. Originally, we were interested in a path of morphogenesis from DNA information, via individual cell properties, to biological shapes. Here I considered a whole process of construction of biological shape by proteins from DNA information. Among the proteins, switch-functions of small G-proteins (e.g., Rho GTPase) and formin are highlighted.

Keywords: *DNA information, chirality, embryonic heart, formin, vertex dynamics*

これまで私共は細胞の数理モデルをつくり、細胞の集まりが形をつくる過程を研究してきた。多角形や多面体の細胞に物理的な性質の仮定を行ったうえで、細胞の集団が形づくられる過程である (Honda and Nagai 2022)。そこには遺伝子の関与は顕わではなかった。遺伝子の関与は、仮定した細胞の性質に潜在していた。

しかし、生物の形の形成は DNA 情報に基づいて行われている。最終的には DNA 情報から形までの道筋を知りたい。ここで重要なのは「力」であることに気が付いた。形は物質でできており、物質に力が働いて形ができる。多細胞生物では細胞集団が、細胞に起因する力によって変形し形ができる。DNA 情報は (形の材料である物質の合成だけでなく) 細胞で力を産生させその力の方向を指令する。この力で細胞たちが形をつくるのである。

異方的収縮をおこなう細胞の集まりが形をつくる

細胞集団を構成している細胞の性質により、細胞集団の全体の形がきまる例として、鳥類や哺乳類の初期心臓のらせんループ形成について述べよう（本多 2021; Honda 2021）。図 1 に示すように、多角形の細胞（心筋細胞）が敷き詰まってできたまっすぐな初期心臓チューブにおいて、多角形細胞の境界辺のうち右肩さがり（時計短針の 3:30 の向き）の辺が強く収縮すると、隣りあう細胞の間で細胞が個々に動いて、細胞集団は右肩さがりの向きに短くなり、右肩あがり（0:30 の短針）の向きには伸長する（この細胞集団の変形は convergent extension、CE とよばれる）。この時チューブの上端と下端の動きが制約されていると、チューブはバックリングを起こし、ねじれて左巻きらせんになる。

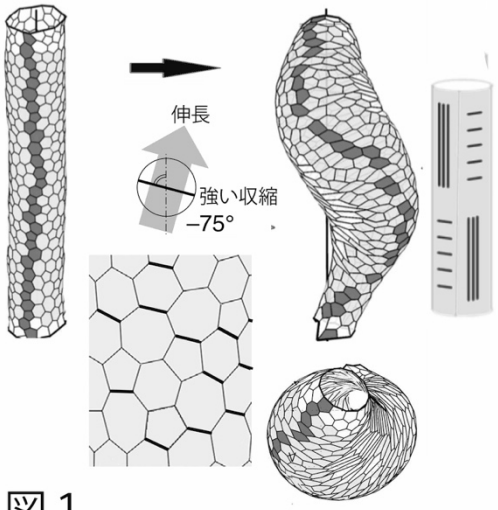


図 1

細胞に異方的収縮を起こさせるタンパク質

ここで、細胞にどのような DNA 情報が働けば右肩さがりの細胞境界が収縮するかが問題となる。水平方向の細胞境界が収縮するシステムについては詳しく研究されている。トリ

の神経管が形成される時に知られていることであるが（Nishimura et al. 2012）、体軸に直角な細胞境界辺(水平方向の辺)に Celsr1 とよばれる平面内細胞極性（PCP, planar cell polarity）を司るシグナル分子が発現する。これがシグナルとなり一連のシグナル関連タンパク質が次々と活性化される（Dishevelled→PDZ-RhoGEF→RhoA→ROCK→MLC）。これによりリン酸化された MLC はミオシン II を形成し、アクトミオシンの強い収縮を起こす。はじめはこれらのシグナル関連タンパク質は活性化されてない状態でどの向きの細胞境界にも存在する。そのなかで Celsr1 が発現する細胞境界にあるシグナル関連タンパク質にだけ活性化が起こり、この細胞境界のアクトミオシンが強く収縮する。こうしてはじめは平らだった細胞シートのアピカル面が、水平方向に収縮して曲面になり神経管が形成される。

細胞にキラリティーをもたせるタンパク質

初期心臓チューブにおいてもこのような機構で生成され、方向性のある力が働いていると考えられる。ところが心臓の場合には（収縮する辺の方向が水平ではなく）斜め、しかも右肩さがり斜めの辺だけが収縮する。細胞数理モデルを使ったシミュレーションで示したことは、右肩さがりの辺が収縮する細胞の集まりでは、左巻きらせんループができることだった。

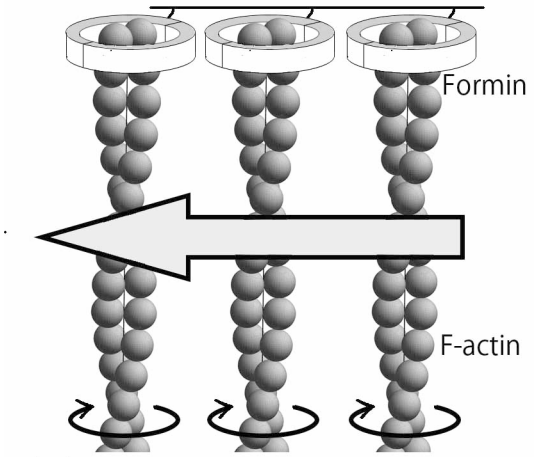


図 2

多角形の斜め特定方向の辺だけが特別であるということは、この多角形細胞にキラリティーがあるということである（このパターンの鏡映像はもとのパターンと重ならない）。これは心筋細胞の実験で、細胞を解離して培養皿に置くと回転するのだが、回転の左右方向に偏りがあるという実験結果と符合する(Ray et al. 2018)。

DNA がどのようなタンパク質をつくれば細胞はキラルになるかについては、フォルミン(formin)とよばれる F アクチンの端に作用するタンパク質が知られている。フォルミンは F アクチンのプラス端にアクチン顆粒を重合させるタンパク質である。F アクチンはアクチン顆粒が重合して右巻きらせんになった繊維で、F アクチンがフォルミンによるアクチン顆粒の重合で伸長するとき、F アクチンとフォルミンは一方が他方に対してらせんのピッチだけ回転する。回転の向きは F アクチンのらせんが右巻きであることからきまる（Middlekoop et al. 2021）。図 2 に示すように F アクチンが平行に並んだ配列があればその近辺にキラルな運動が生じる。このような分子の運動が心筋細胞にキラリティーを与えている可能性が高い。

結論

DNA 情報から異方的細胞境界辺の収縮やキラリティーの発現が起こる道筋は、既知のタンパク質かそれに類似のものの働きでたどれると考えられる。心筋細胞で具体的にそれぞれのステップでどのタンパク質分子が働いているのかはこれから明らかにされることである。DNA 情報から形までの道筋を、確定的ではないが尤もらしくたどれたと考えている。

文献

–本多久夫(2021) 第 91 回形の科学シンポジウム（online 福井大学 11/13）講演予稿集 pp. 11–12.
–Honda, H. (2021) *Biophys. J.* **120**, 5371-5383.
–Honda and Nagai (2022) "*Mathematical Models of Cell-Based Morphogenesis*" Springer Nature https://doi.org/10.1007/978-981-19-2916-8.
– Middlekoop, T.C. et al. (2021) *Proc. Natl. Acad. Sci.* USA. **118** No. 20 e2021814118.
–Nishimura, T.; Honda, H.; Takeichi, M. (2012) *Cell* **149**, 1084–1097.
–Ray, P. et al. (2018) *Proc. Natl. Acad. Sci.* USA. **115**, E11568–E11577.

細胞の増殖・消滅・伸縮を同時に応用したトラス構造物の形態創生に関する研究

小野聡子
近畿大学産業理工学部建築・デザイン学科
〒820－8555 飯塚市柏の森11番6号
satoko@fuk.kindai.ac.jp

Study on Computer Morphogenesis of Truss Structures by Applying Cell Growth, Cell Division and Cell Stretching and Shrinking

ONO Satoko
KINDAI University, 11－6 Kayanomori, Iizuka City, Fukuoka, 820－8555

Abstract：This paper reports the results of morphogenesis of truss structures by applying cell growth, cell division (cell death) and cell stretching and shrinking among plant cell properties. The results suggest that morphogenesis of the truss structure is possible, but the total strain energy was hardly reduced. On the other hand, many more unique morphologies could be created.

Keywords：computer morphogenesis, truss structures, cell growth, cell division, cell stretching and shrinking, total strain energy

1．序

本研究では，細胞の発生や成長などの細胞の性質を応用することにより，建築構造物を形態創生することを目的としている．参考文献[1),(2)]では，植物における細胞の性質のうち，細胞の増殖あるいは細胞の増殖加えて細胞の消滅（細胞死）を同時に応用することにより，トラス構造物の形態創生について報告した．その結果，本研究で考えている形態創生手法は，トラス構造物の形態創生が可能であることを示唆できた．一方，目的関数としている総ひずみエネルギーの減少率が低い状況にあった．

そこで，本論文では，植物における細胞の性質のうち，細胞の増殖および細胞の消滅（細胞死）に加えて，細胞の伸縮も同時に応用することにより，トラス構造物を形態創生した結果について報告する．

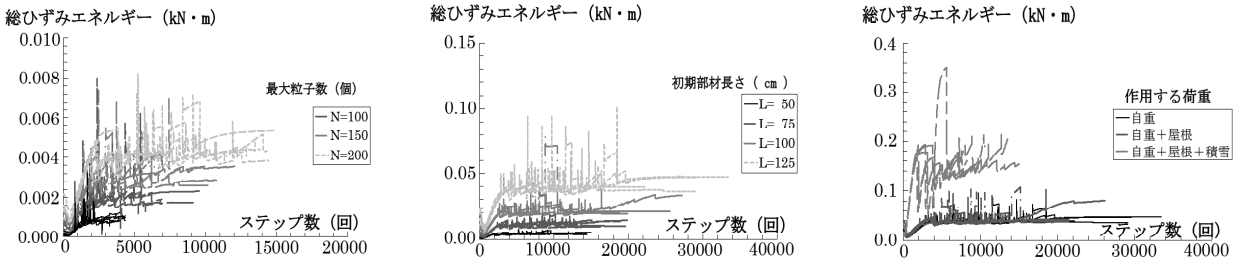
2．形態創生に用いるモデル

本研究では，トラス構造物に類似しているスプリングネットワークモデルを用いる．モデルの粒子部分をトラス構造におけるノードとして，スプリング部分をトラス部材として，それぞれをモデル化する．本論文では，ノードの半径を60（mm），トラス部材の半径を30（mm）およびバネ定数を6.0（N／m）とした．なお，粒子数およびトラス部材の材長は，設定した範囲内で変化する．なお，本研究では，SUS403の力学的性質を用いている．

3．形態創生するためのアルゴリズム

粒子（ノード）の増殖および消滅（細胞死）に関するアルゴリズムは，基本的には参考文献[1),(2)]と同様である．スプリング（部材）については，生じる応力から伸縮および増殖・消滅を決定する．つまり，固定荷重や積載荷重などの外力（荷重）を作用させた際に生じるスプリング（部材）の伸縮量あるいは設定したひずみにより，スプリング（部材）の消滅を決定する．それにともなって，粒子（ノード）の増殖なども決定する．また，伸縮量が設定値以下の場合は，部材が伸縮量の逆数だけ収縮して，伸縮量が設定値以上の場合は，部材が伸縮量だけ伸長するように設定している．

なお，目的関数は総ひずみエネルギーであり，目的関数を最小化することにより形態を創生する．



（a）初期部材長:75（cm）
荷重:自重＋屋根荷重

（b）最大粒子数:200(個)
荷重:自重

（c）最大粒子数:200(個)
初期部材長:125（cm）

図 1 総ひずみエネルギーーステップ数関係

4．解析条件

本論文では，下記の 3 ケースについて，トラス構造物の形態創生を試みた．

（1）CASE 1 :最大粒子数が 50(個)，100(個)，150(個)および 200(個)の場合

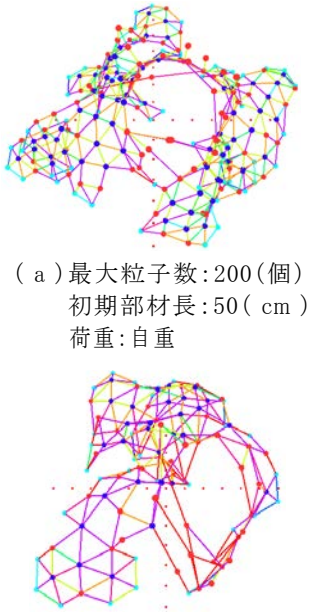
（2）CASE 2 :トラス部材長が 50（cm），75（cm），100（cm）および 125（cm）の場合

（3）CASE 3 :作用させる荷重が自重，自重＋屋根荷重および自重＋屋根荷重＋積雪荷重の場合

5．解析結果およびその考察

得られた結果の一例を図 1 に示す．図 1 の縦軸はひずみエネルギーであり，横軸はステップ数である．図 1（a）は，最大粒子数を変化させた Case 1 の結果の一例である．最大粒子数が多いほど最終的な総ひずみエネルギーは大きくなり，総ひずみエネルギーの減少率は 10（%）以下とほとんど減少していない．図 1（b）は，初期部材長を変化させた Case 2 の結果の一例である．総ひずみエネルギーの減少率は 20（%）以下であり，初期部材長にかかわらず，総ひずみエネルギーの大幅な減少は確認できなかった．図 1（c）は，作用させる荷重を変化させた Case 3 の結果の一例である．積雪荷重などの過大な鉛直荷重が作用した場合，ステップ数が進むにつれて総ひずみエネルギーは増大する．一方，それ以外の場合，総ひずみエネルギーはほとんど変化しない．

これらの結果より，細胞の増殖・消滅・伸縮を同時に取り入れてトラス構造物を創生した場合，最大ノード数，初期部材長および作用させる荷重にかかわらず，総ひずみエネルギーの大幅な減少は確認できなかった．これは，ノードおよびトラス部材の増殖が総ひずみエネルギーに影響をおよぼしている可能性がある．一方，初期段階から総ひずみエネルギーが大きくないため，ほとんど減少していない可能性もある．なお，これまでよりもユニークな形態が多数創生できた(図 2 参照)．



（a）最大粒子数:200(個)
初期部材長:50（cm）
荷重:自重

（b）最大粒子数:100(個)
初期部材長:75（cm）
荷重:自重+屋根＋積雪

図 2 形態創生結果の一例

6．結論

今回の結果から，細胞の増殖・分裂・消滅・伸縮を同時発生するように形態創生へ取り入れた場合，トラス構造物の形態創生が可能であることを示唆できた．一方，初期形態後の形態創生に細胞の増殖が影響をおよぼしており，総ひずみエネルギーはほとんど減少しなかった．今後は，最終的な総ひずみエネルギーの減少率を飛躍的にアップさせるため，消滅・伸縮・増殖の発生条件を検討する必要がある．

［参考文献］

（1）小野聡子:細胞の増殖を応用したトラス構造物の形態創生 に関する研究，第 92 回形の科学シンポジウム，形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol.7 No.1，pp.7 ～ 8，2022 年 6 月

（2）小野聡子:細胞の増殖および細胞の消滅を応用したトラス構造物の形態創生に関する研究，第 93 回形の科学シンポジウム，形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol.7 No.2，pp.51 ～ 52，2022 年 11 月

色合わせ回転式 3D ジグソーパズル

永井真統[1]，池上祐司[2]，山澤建二[2]，手嶋吉法[1]
[1]千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科，〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
[2]理化学研究所

A Color-Matching Rotating 3D Jigsaw Puzzle

Manato NAGAI[1], Yuji IKEGAMI[2], Kenji YAMAZAWA[2] and Yoshinori TESHIMA[1*]
Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan
*yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract: We developed a color-matching rotary 3D jigsaw puzzle which was a combination of a color-matching puzzle and a rotary 3D jigsaw puzzle. With this puzzle, the player has to match the colors on each six faces. Once six colors are complete, the player can break it down into 27 pieces. We have successfully designed such a puzzle and materialized the shape data by a 3D printer.
Keywords: 3D jigsaw puzzle, color-matching rotary puzzle, assembly, disassembly

1. はじめに

3D ジグソーパズルとは、一般的な 2D ジグソーパズルを 3 次元化したものである。当初の直線スライド方式(ほぞや溝の形状が直線状)[1]に加え、回転スライド方式(ほぞや溝の形状が円弧状)[2][3]を我々は開発してきた。

今回は、回転式 3D ジグソーパズルに色合わせの要素を追加した新しいパズルを開発したので報告する。

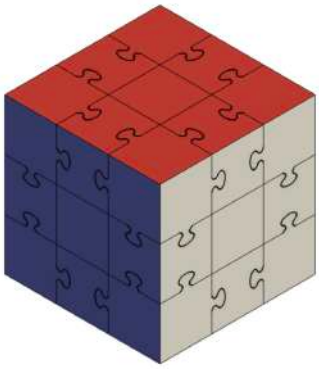


図 1　CAD で作成したデータ

2. 色合わせ回転式 3D ジグソーパズルの特徴

本パズルの遊び方は、市販のルービックキューブと同様にまず立方体 6 面の色を揃える(図 2)。色が揃うと、27 個のピースに分解することが可能となる(図 3)。再び、27 個のピースを組み立てて、立方体に戻す。この様に本パズルは、色合わせパズルの特徴と 3D ジグソーパズルの特徴を両方兼ね備えている。

図 4 に示すように、パズルのすべての接合面(6 箇所)に大小 2 つの円形ほぞ(または溝)を設けた。ほぞはくびれ形状を有し、溝はくびれが有る部分と無い部分の 2 種類があり、ピースの脱着はくびれがない部分で行われる(図 5)。 1 稜 3 分割の回転式ジグソーパズル[3]では 90 度以上の回転を抑制していたが、本パズルでは全ての回転軸周りで 360 度回転が可能になっている。ある回転軸の周りで 90 度、180 度、270 度回転後、他の回転軸回りでも回転できる様に(図 2)、ほぞや溝の配置を 1 稜 3 分割の回転式ジグソーパズルとは異なる設計にした(図 3)。

3. 設計と実体化

3D CAD(Fusion 360)を用いて設計を行なった。CAD データを造形データ（STL 形式）に変換し、3D プリンタ(AFINIA H＋1)で造形し、組立てた。材料は ABS フィラメントを使用した。

図２　完成した色合わせ回転式 3D ジグソーパズル

図３　分解後の全 27 ピース

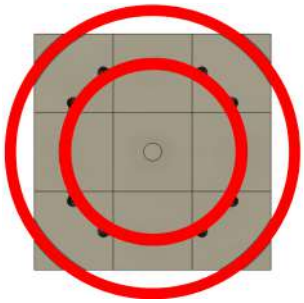


図４　２つの円軌道

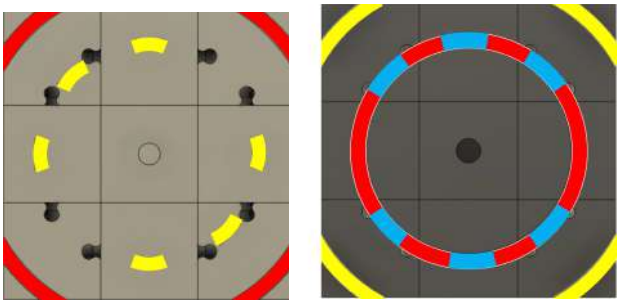


図５　隣り合う面のほぞと溝の位置関係
黄：ほぞ　赤：くびれ有り溝　青：くびれ無し溝

4. まとめ

色合わせ回転式 3D ジグソーパズルを 3D-CAD で設計し、3D プリンタで造形し、動作確認を行なった。今後、別の内部機構を導入して同様のパズルを再設計する予定である。

参考文献

[1] 町屋ほか、「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」、形の科学シンポジウム講演予稿集、4-1(2020)pp.41-42

[2] 加藤ほか、「外形が立方体の回転式 3D ジグソーパズルの開発」、形の科学シンポジウム講演予稿集、6-1(2021)pp.1-2

[3] 大山ほか、「1 稜 3 分割の回転式 3D ジグソーパズルの開発」、形の科学シンポジウム講演予稿集(2023 年 6 月)に掲載予定

視覚障害者が解剖学を学ぶ為の卓上型内臓模型の開発 II

篠田萌華[1]，寺口さやか[2]，手嶋吉法[1*]，

[1]千葉工業大学大学院工学研究科機械電子創成工学専攻　〒275-0016　千葉県習志野市津田沼 2-17-1
[2]広島県立広島中央特別支援学校　〒732-0009　　広島県広島市東区戸坂千足二丁目 1 番 4 号

Development of tabletop models of internal organs for anatomy learning of the visually impaired II

Moeka SHINODA[1], Sayaka TERAGUCHI[2], Yoshinori TESHIMA[1*]

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

[2] Hiroshima Central Special Support School, 2-1-4 Hesakasenzoku, Higashiku, Hiroshima 732-0009, Japan

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

Abstract: In this study, we developed two types of tabletop models of internal organs as tactile teaching materials that can be used by the visually impaired when learning anatomy. One is a model in which organs are connected using only pins or rubber tubes. The other is a model in which organs are connected using pins, rubber tubes, and magnets. Magnets were used to fix the points where there is no connection between actual organs. In order to investigate the usefulness of models, we conducted an evaluation test for comparing two models. As a result, the model using magnets was superior in terms of ease of operation and stability when organ parts were placed on the pedestal.

Keywords: Additive Manufacturing, Anatomical 3D Model, Simplified Shape, Tactile 3D Model, Tactile Teaching Material

1. はじめに

視覚特別支援学校の理療科ではあん摩マッサージ指圧師や、はり師きゅう師を目指す生徒は、人体の構造と機能を理解するために解剖学を学ぶ必要がある。我々は、視覚障害者が臓器の配置や形状を触察で学ぶことのできる卓上型内臓模型の開発を行っている[1][2]。開発においては、模型を適切なサイズで提供することと臓器の形状を適度に簡略化することが重要である。実物大の市販模型や解剖学の専門書を参考に、形状を簡略化し、卓上サイズの模型を開発した。本稿では模型の改良について報告する。

2. 改良の内容

視覚障害者に初期模型を試用してもらい、そのフィードバックに基づいて改良を施した。各臓器の形状修正は 3DCAD（Autodesk Fusion 360）を用いて行った。

修正は、まず「大腸を小腸に差し込む際の操作スペースが狭い」というコメントから、大腸の形状を変更した(図 1)。さらに、胃・膵臓・十二指腸の配置を変更した。前回報告した模型は、これら 3 つの臓器が同一平面上に配置されていたが、実際の臓器配置では膵臓が半分胃に重なっている。模型の開発方針として形状は大胆に簡略化するが、位置関係はほぼ正確に再現することが求められている。正しい配置となるように主に十二指腸の形状を修正した(図 2)。

図 1 大腸の形状変更
（左）改良前（右)改良後

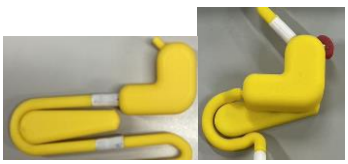


図 2 十二指腸の形状変更
（左）改良前（右）改良後

また、今回報告する模型では、臓器間の接続にピンとゴムチューブを用い、臓器間の便宜上の固定には磁石を用いた。

3. 磁石の導入による臓器の固定

ピンをゴムチューブに差し込む操作に比べ、磁石の方が操作は容易である。しかし、全ての接続部に磁石を用いたところ、意図しない向きでの接続や、近くにある別の磁石に接続してしまうなどの問題が起きた。そこで、実際の臓器間には接続関係が無いが隣接している臓器同士(左肺と心臓、胃と脾臓、胃と膵臓)を便宜的に固定する場合は磁石を用いることとした。実際の臓器間に接続関係がある箇所については、従来通りピンとゴムチューブを用いて接続を行った。ピン・ゴムチューブと磁石を併用するため、この模型をハイブリッド版と呼ぶ。ハイブリッド版の模型を図４に示す（図３は便宜上の固定箇所に磁石を用いていない模型)。臓器間の接続と便宜上の固定の方法を区別することにより、実際の接続関係の有無について理解を深めることができる。

図３　ピンとゴムチューブの卓上型内臓模型

図 4 ハイブリッド版の卓上型内臓模型

4. 有効度調査

磁石の導入で模型の操作性がどの程度向上したかを評価するため、有効度調査を行った。調査は２つのタイプの模型を比較する形式で行った。１つ目は、磁石を全く用いず、ピン・ゴムチューブのみで構成されている模型であり、２つ目はハイブリッド型の模型である。被験者は晴眼者６名で、全盲者と同じ条件で行う為にアイマスクを全員着用して行った。手順は①模型を触って学習、②一通り確認、③パーツの識別と組み立てが行えるかをテスト、④2 つの模型の比較を聞き取る、という流れである。聞き取りの項目は４つあり、それぞれの項目における回答と、ハイブリッド版を含む回答率をまとめたものを表１に示す。また今後、特別支援学校にて、視覚障害者を被験者とする有効度調査も行う予定である。2 つの模型の比較のみならず、改良すべき点などの意見も聞き取りを行う予定である。

Q1 臓器同士の接続や固定が容易だったのはどちらか。
Q2 臓器同士の接続および固定後、安定していたのはどちらか。
Q3 台座に設置した時、安定感があったのはどちらか。
Q4 この教材の使用に慣れた後、補助者がいなくても使用できそうなのはどちらか。

表１　有効度調査の結果

	Q1	Q2	Q3	Q4
被験者①	B	B	B	無し
被験者②	A, B	B	B	B
被験者③	B	A	B	B
被験者④	B	B	無し	B
被験者⑤	A, B	無し	B	A, B
被験者⑥	B	A	B	B
B を含む回答率	100%	50%	84%	84%

A＝ピンとゴムチューブのみ　AB=どちらも
B＝ハイブリッド版のみ　無し＝どちらも該当せず

5. まとめ

本研究では、視覚障害者が解剖学を学ぶ際に利用可能な卓上型内臓模型を提供することを目的として、3 種類の模型を開発した。臓器パーツの接続と固定にピンとゴムチューブを用いた模型、全て磁石で接続および固定した模型、ピンとゴムチューブと磁石を用いたハイブリッド版の模型である。ハイブリッド版では、便宜上の固定のために心臓、脾臓、膵臓の３か所に磁石を用いた。全て磁石のタイプを除く、2 種類の模型を比較する有効度調査を行った結果、ハイブリッド版が優れていることがわかった。磁石の導入により臓器同士の接続が容易となり、台座とも固定することで設置後の安定感が増した。

参考文献

[1] 小池，寺口，手嶋,「視覚障害者が解剖学を学ぶ為の人体臓器模型の開発」，第 90 回形の科学シンポジウム予稿集，（2021）pp.13-14.

[2] 篠田,寺口,手嶋,視覚障害者が解剖学を学ぶ為の卓上型内臓模型の開発,形の科学シンポジウム講演予稿集，（2022），pp.52-53

[3] Shinoda, S., Koike, A., Teraguchi, S., Teshima, Y.: Development of tabletop models of internal organs for anatomy learning of the visually impaired. LNCS, volume 13341 (2022), pp.261-269

機械機構を学ぶ為の立体教材の開発 Ⅱ

湊川裕介[1]、中沢佑太[2]、伊美岳[2]、手嶋吉法[1]
[1]千葉工業大学大学院 工学研究科 機械電子創成工学専攻
[2]千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科
〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

Development of three-dimensional teaching materials for learning mechanism II

Yusuke MINATOGAWA, Yuta NAKAZAWA, Gaku IMI & Yoshinori TESHIMA*
Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan
*yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract. In the 19th century, more than 300 types of mechanical models were developed under the guidance of F. Rouleau. We have created 3D shape data of those models and made three-dimensional teaching materials for studying mechanical mechanisms. In the previous report, we showed 13 different models. This time, we improved three Rouleau models and made eight new models. Moreover, we created ten mechanism animations.

Keywords: mechanism, teaching material, digital shape data, additive manufacturing, three-dimensional model, mechanism animation

1. はじめに

「機構」とは、機械や構造物が機能する際、内部の部品同士が互いに作用しあう為に必要な仕組みのことであり、その種類は数多い。19 世紀のドイツの機械工学者フランツ・ルーローは、様々な機構の原理を伝えることを目的に機構の模型群(300 種類超)の製作プロジェクトを指揮した。現在、それらの模型（以下、ルーロー模型と呼ぶ）は、アメリカのコーネル大学において最も良く保管されている[1]。我々は前回シンポジウムにおいて 13 種類の機構模型の報告と展示を行った[2]。本稿では、前回の模型の改良(13 種類中の 3 種類)および新たに作製した 8 種類の模型および 10 種類の機構アニメーションの報告を行う。

2. 模型の改良

前回の模型[2]の動作確認を行い、改良が必要と判断した F1「シンプソンとシプトンのチャンバクランク機構」、K1「複合スライダクランク機構」と S1「正確なスライダクランク楕円と直線リンク機構」の改良模型を作製した。F1 等の記号は、各ルーロー模型に付けられたインデックスである(以下同様)。例として、K1「複合スライダクランク機構」を図 1 に示す。これはスライダの往復直線運動をクランクの回転運動に変換する機構である。前回の模型は、部品間の摩擦が大きく、動かした際に、クランク機構のピンが破損した。そこで、各部品間の隙間を増加することにより摩擦を軽減し、折れたクランク機構のピンの直径を大きくして強度を高めた。改良模型を図 1 に示す。

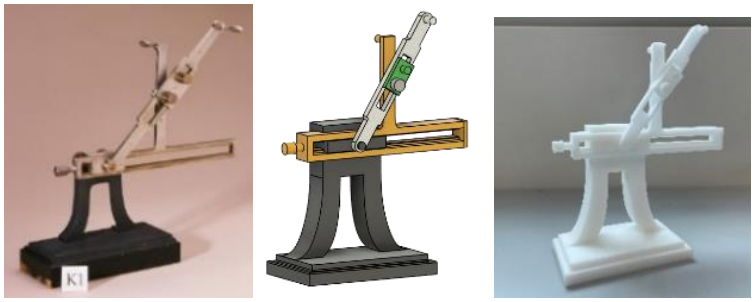


図 1　K1「複合スライダクランク機構」の改良
(左)ルーロー模型[1]、
(中央)改良後の 3 次元形状データ、
(右)改良後の実体化模型

3. 新たなルーロー模型の設計と実体化

今回我々は、新たに 8 種類のルーロー模型、C2「スライダクランク機構」、C7「単純平歯車機構」、G2「遊星歯車列」、M6「ネイピアのダブルスクリュー」、P1「自在継手」、Q1「平歯車混合歯形」、W5「横軸と溝付きホイールを備えたフリクションホイール」、Z5「オルダム継手」の設計と実体化を行った。例として、 3 種類の機構模型を以下に示す。

P1「自在継手」は、2 つの軸がある角度をなしていても回転を伝達できる継手である。

図 2　P1「自在継手」
(左)ルーロー模型[1]、
(中央) 3 次元形状データ、
(右)実体化模型

Q1「平歯車混合歯形」(図 3)は、歯車の一種であるピニオンとよばれる小口径の円形歯車と平板状の棒に歯切りをしたラックを組み合わせた機構であり、回転力を直線の動きに変換できる[1]。

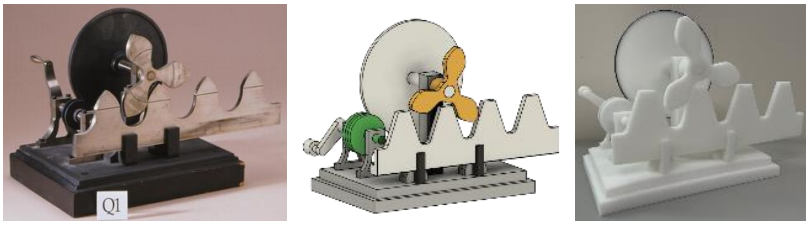


図 3　Q1「平歯車混合歯形」
(左)ルーロー模型[1]、
(中央) 3 次元形状データ、
(右)実体化模型

Z5「オルダム継手」(図 4)は、平行な 2 つの回転軸が一直線上に無い場合でも回転を伝えることができる[1]。

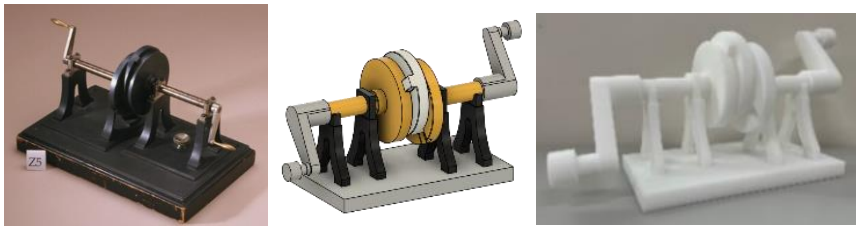


図 4　Z5「オルダム継手」
(左)ルーロー模型[1]、
(中央) 3 次元形状データ、
(右)実体化模型

4. 機構アニメーションの作成

本研究では、機構の動き方をより理解し易くするために、作成した 3 次元形状データを基に機構アニメーションの作成にも取り組み、合計 10 種類の模型の機構アニメーションを作成した。

参考文献

[1] Cornell University Library , Kinematics Models for Design Digital Library (KMODDL)
https://digital.library.cornell.edu/collections/kmoddl
[2] 伊美、手嶋、「機械機構を学ぶ為の立体教材の開発」、形の科学シンポジウム講演予稿集，第 7 巻 2 号 (2022) pp. 30-31

ブーリガン構造の圧縮強度に関する研究

箕田要[1]、池田朋裕[2]、手嶋吉法[1]
[1]千葉工業大学大学院 工学研究科 機械電子創成工学専攻
[2]千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科
〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

Research on compressive strength of Bouligand structures

Kaname MINODA, Tomohiro IKEDA, Yosinori TESHIMA*
Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan
*yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract. The scales of Arapaima Gigas (pirarucu) are very hard, and the structure of the scales is known as the "Bouligand structure", which consists of stacks of rod-like fibres. We fabricated 17 types of specimens imitating the bouligan structure and performed compression tests. As a result, the strength of the test piece with one direction was low, and the strength of the test pieces with two or more directions were high.

Keywords: Arapaima gigas, Bouligand structure, compression test

1. はじめに

アマゾン川流域に生息する淡水魚ピラルクの鱗は、非常に硬く、鋭い歯をもつピラニアの攻撃を防ぐことができる。ピラルクの鱗の内部構造は、コラーゲン繊維が集まった層が、回転するように重なったブーリガン構造で構成されていることが判っている[1]。

本研究では、ブーリガン構造を模倣した試験片を作製して圧縮試験を行い、ブーリガン構造の圧縮強度を調べることを目的としている。

2. 試験片

直径 3 mm の中実丸棒を、長さを揃えて切断し、正方形になるように並べ 1 層とした。12 層を積層し 1 つの試験片とした。材料は、アルミニウムとアクリルを用いた。丸棒の真上に丸棒を配置する積層を真上積層、丸棒と丸棒のくぼみに丸棒を配置する積層をくぼみ積層と呼ぶ。表 1 に 7 種類のアクリル試験片、表 2 に 10 種類のアルミニウム試験片について示す。以下の図 1 から図 4 にアクリル試験片、図 5 から図 8 にアルミニウム試験片の例を示す。

図 1　1 方向 A

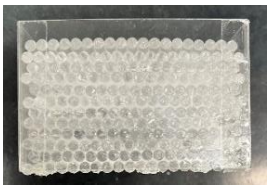


図 2　1 方向 B

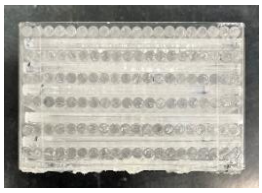


図 3　2 方向 A

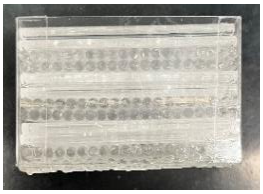


図 4　2 方向 B

図 5　1 方向 A

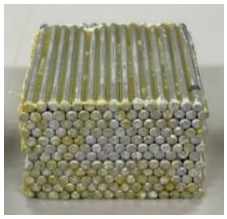


図 6　1 方向 B

図 7　2 方向

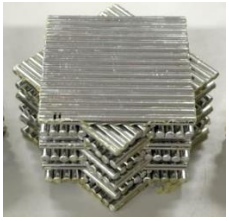


図 8　4 方向 A

表１　7種類のアクリル試験片

試験片	層間の角度	接着有り（個）	積層形式
1方向A	0°	4	真上積層
1方向B	0°	4	くぼみ積層
2方向A	90°	4	―
2方向B	90°	4	2層ずつ真上積層
2方向C	90°	4	2層ずつくぼみ積層
2方向D	90°	4	3層ずつ真上積層
2方向E	90°	4	3層ずつくぼみ積層
合計		28	―

表２　10種類のアルミニウム試験片

試験片	層間の角度	接着有り（個）	接着無し（個）	積層形式
1方向A	0°	3	―	真上積層
1方向B	0°	3	―	くぼみ積層
2方向	90°	3	3	―
4方向A	45°	3	3	―
4方向B	※1	3	―	―
6方向A	30°	3	3	―
6方向B	※2	3	―	―
合計		21	9	―

（※1）　0° → 90° → 45° → 135° の順

（※2）　0° → 60° → 120° → 30° → 90° → 150° の順

3.　試験方法

万能試験機（島津製、AGS-X 10kN）に圧子として球型圧縮試験用治具（イマダ製、SP-5030、外径 30 mm）を装着し、圧縮試験を行った。試験条件は、最大試験力 10 kN 、試験速度 10 mm/min 、最大変位 30 mm とした。図５に万能試験機、図６に圧子を示す。

図５　万能試験機

図６　圧子

4.　試験結果

以下の表３と表４に、試験力の最大値の平均と変位の平均をそれぞれ示す。

表３　アクリルの試験結果

試験片	試験力[N]	変位[mm]
1方向A	2181.2	5.6
1方向B	6124.8	6.6
2方向A	10014.9	9.0
2方向B	3316.2	6.5
2方向C	1727.4	6.2
2方向D	1982.9	6.0
2方向E	1655.4	5.8

表４　アルミニウムの試験結果

試験片（接着）	試験力[N]	変位[mm]
1方向A（有り）	6611.2	2.9
1方向B（有り）	3471.0	20.7
2方向（有り）	10025.0	3.5
4方向A（有り）	10023.7	3.4
4方向B（有り）	10021.9	3.5
6方向A（有り）	10017.7	3.6
6方向B（有り）	10020.8	3.6
2方向（無し）	9036.4	5.4
4方向A（無し）	9001.1	5.9
6方向A（無し）	4680.1	4.1

5.　まとめ

アクリルの2方向A、アルミニウムの2～6方向試験片接着有りは、最大試験力 10 kN に到達し破壊しなかった。これら以外の試験片は最大試験力 10 kN に到達せず破壊が発生した。このことから、1層ずつ角度を変えて積層した試験片は強度が高くなることが判った。

また、接着無しの試験結果より、ブーリガン構造を上から圧縮すると、力のかかる範囲が下の層に行くほど広がり、丸棒の変形量が小さくなっていくことが判った。

参考文献

[1] Zimmermann, E. et al., Nature Communications 4, 2634 (2013).

[2] 小川、杉野、手嶋、形の科学シンポジウム講演予稿集, 7-1 (2022) pp. 50-51

斥力相互作用するポリスチレン球コロイドを内包したベシクルの等分裂条件

植田 毅
東京慈恵会医科大学 物理学研究室、182-8570 東京都調布市国領町 8-3-1
tsuyoshi_ueta@jikei.ac.jp

Determination of conditions for equidivision of vesicles enclosing polystyrene spherical colloids with repulsive interaction

Tsuyoshi Ueta
The Jikei University School of Medicine, Chofu, Tokyo 182-8570

Abstract: It has been experimentally observed that lipid bilayer membrane vesicles enclosing polystyrene sphere colloids repulsively interacting with each other divide almost equally under certain conditions. In that case, it has been confirmed that both the surface area and volume of the vesicle are preserved. For this phenomenon, the number of daughter vesicles was analytically derived with a phenomenological thermodynamic model conserving only surface area. By requiring the division number obtained by the thermodynamic model to agree with that by that by a model preserving both the surface area and the volume for any number of division, the interaction parameters of polystyrene and the ratio of osmotic pressure to surface tension has been uniquely determined.
Keywords: Colloidal polystyrene spheres, Vesicle, Division rule, Repulsive interaction

１．はじめに

十数年前、体積分率が約 0.5 のポリスチレン球コロイドにおいて、球を多数閉じ込めたベシクルの浸透圧に対する形状変化の観察がなされ、体積、面積ともに一定で、娘小球ベシクルが数珠状に連なる twin および pearl necklace 形状への変形が報告された[1]。コロイド粒子をベシクルに閉じ込めた効果として、分裂前のベシクルの体積をV、表面積をAとして、$\xi = (A/4\pi)^{1/2}(3V/4\pi)^{1/3} - 1$と定義される余剰面積がどのような値の場合でも同様の小球へ分裂が生じ、また、分裂過程において余剰面積ξが不変であることが確認されている。このことは、ポリスチレン球間の斥力相互作用、膜の表面張力、ベシクル内外の化学ポテンシャルの差（浸透圧）$\Delta\mu$を考慮した分裂前後の全ベシクルの自由エネルギーの差の極小化により、等分割される場合の娘ベシクルの数が解析的に導かれている[2]。本研究では、体積、面積が一定の条件でベシクルが$[l]$個の標準娘球ベシクルと１つの小娘球ベシクルに分裂するとして求めたξとlの関係と自由エネルギーの差の極小条件から求めた関係が全てのlについて成立する条件より斥力相互作用のパラメーターおよび浸透圧と表面張力の比$\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$を一意に決定する。

２．熱力学モデル

内包されているポリスチレン球の数をN、ポリスチレン球１個の体積をvとする。このとき、ベシクル内の溶媒の体積は$\bar{V} = V - Nv$となる。ポリスチレン球は斥力によりベシクル内でほぼ等間隔に分布していると考えられ、斥力エネルギーは$\varepsilon N^{1+\beta}(N/V)^{\alpha/3}$と与えられるとする。ただし、$\alpha, \beta\ (<1), \varepsilon$は正の定数である。全系の自由エネルギーは$F = \Gamma(\xi +$

$1)^2V^{2/3}+\Delta\mu(V-Nv)+\varepsilon N^{1+\beta}(N/V)^{\alpha/3}$と書ける。自由エネルギーの停留条件$\partial F/\partial\bar{V}=\Gamma(\xi+1)^2(2/3)V^{-1/3}+\Delta\mu+\varepsilon N^{1+\beta+\alpha/3}(-\alpha/3)V^{-\alpha/3-1}=0$より安定なベシクルの大きさが決定される。体積保存は仮定せず、ベシクルがl個に等分割し、ポリスチレン球は各娘ベシクルにN/l個に等分配されるとする。分割前後の全ベシクルの自由エネルギーの差は$\Delta F=\Delta\mu V\{(\xi+1)^3l^{-1/2}-1\}+2/\alpha\{\Gamma V^{2/3}(\xi+1)^2+3/2\,\Delta\mu V\}\{(\xi+1)^{-\alpha}l^{-(\beta-\alpha/6)}-1\}$を得る。これを最小とする条件$\partial\Delta F/\partial l=0$より、分割数$l^*$が$l^*=\left[\{(\xi+1)^{\alpha+3}(\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3})\}/\{(1-6\beta/\alpha)(2/3(\xi+1)^2+\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3})\}\right]^{1/(\alpha/6-\beta+1/2)}$のように与えられる。

３．面積・体積保存モデル

ベシクルが$[l]$個の標準娘球ベシクルと１つの小娘球ベシクルに分裂するとして、小娘球の表面積は標準娘球の表面積の$l-[l]$倍になるものとする。これから、標準娘球の体積は$V'=V(\xi+1)^3l^{-3/2}$、小娘球の体積は$(l-[l])^{3/2}V'$で与えられる。体積保存の条件より、$V=V'(\xi+1)^{-3}l^{3/2}=V'\{[l]+(l-[l])^{3/2}\}$なる条件より、$\xi$と$l$の関係$\xi=l^{1/2}/\{[l]+(l-[l])^{3/2}\}^{1/3}-1$が導出できる。

４．相互作用パラメータαと$\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$の決定

ベシクルが同じ大きさの球状ベシクルに等分割される場合（$l=[l]$）に２つのモデルの結果が一致する条件より、$\xi+1=l^{1/6}$であり、$\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}=2/3(1-6\beta(\alpha)/\alpha)l^{-\beta(\alpha)+1/3}/\{1-(1-6\beta(\alpha)/\alpha)l^{-\beta(\alpha)}\}$を得る。この値が全ての$l$の値に対して変化しない条件より$\alpha$の値が決定される。$l=1$~$6$に対して$\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$を$\alpha$の関数としてプロットすると図１のようになる。$l$についての平均を$\langle\ \rangle_l$として、平均値$m(\alpha)\equiv\langle\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}\rangle_l$、標準偏差$\sigma(\alpha)=\sqrt{\langle\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3^2}\rangle_l-\langle\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}\rangle_l^2}$を用いて変動係数（相対標準偏差）$CV(\alpha)=\sigma(\alpha)/|m(\alpha)|$を定義すると、図２のように$\alpha=2.046$のとき極小値を持つ。このとき、$\beta(\alpha)=0.30703$、$\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$の平均値は$0.07369$となる。

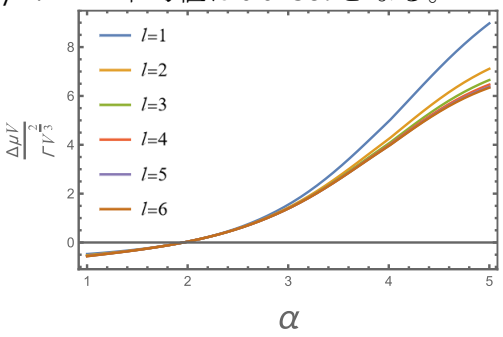


図１　$\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$の$\alpha$依存性（$l=1$~$6$）

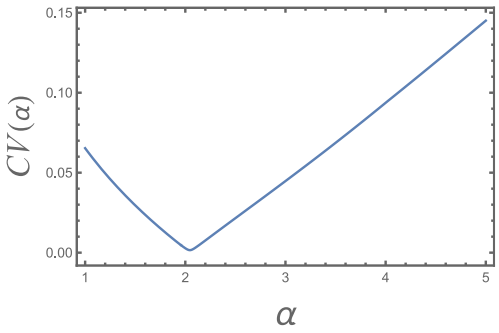
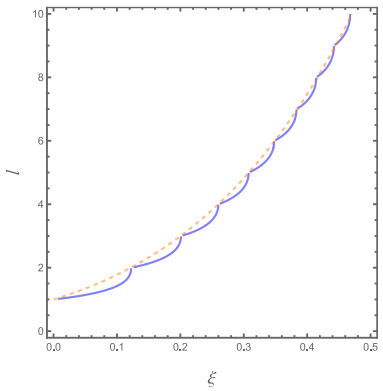


図２　変動係数$CV(\alpha)$のα依存性



このとき、左図のように、ξにより娘ベシクルの数が決定される。講演では、曲げ弾性としてCanham-Helfrich自由エネルギーを考慮した場合の結果についても言及する。

参考文献

[1]Yuno Natsume, Olivier Pravaz, Hirohisa Yoshida and Masayuki Imai : Shape deformation of giant vesicles encapsulating charged colloidal particles, Soft Matter, (2010), DOI: 10.1039/c0sm00396d.

[2]Tsuyoshi Ueta : Thermodynamic theory on division of a vesicle enclosing colloid polystyrene spheres, Phys. Scr. 98 (2023) 035229, DOI: 10.1088/1402-4896/acbbf4.

『子供と AI が創るおもちゃの構想（新しいコンピュータの活用法）』

八坂　青志
一般社団法人　京都総合科学研究所　京都市左京区岡崎南御所町　40-10
E-mail:Seiji.Yasaka@kyoto-soken.jp

The Concept of Toys Created by Children and AI

Seiji.Yasaka
Kyoto Institute of General Sciencd,Inc
40-10 Okazaki-MinamiGsyo-cyo, Sakyou-ku ,Kyoto,Japan

Computers have been around for more than 70 years.
During this time, computers have technologically surpassed humans in performance and capability.
Computers have replaced human jobs and made our lives more convenient, but they have yet to revolutionize the way we use computers.
Can ″form,″ the object of our interest, contribute to new ways of using computers?
We have come up with the ″concept of a toy created by children and AI.″ We are still in the conceptual stage, but we would like to hear from experts in the field of ″form.″
Keywords: #AI-Techknowlogy #Children # form #Toys、#Beyond the Common Sense

1. これまでのコンピュータの歩み

コンピュータはこれまで 70 年あまりの間、進化・変遷を遂げてきました。
これまではコンピュータは繰り返して、高速に、大量にデータを処理することに特化していました。またそれを求めて、人々の仕事を肩代わりしてきました。

2. アラン・ケイ※1 による問題提起

アラン・ケイ博士は 2010 年日本のデジタル教科書教材協議会でのシンポジウムへのビデオメッセージをよせ、PC の利用の現状とその理由について次のように述べています。

> 「PC の技術そのものは進歩したもののまだこれだというものが実行されるに至っていません。（中略）これまで PC に載せられていたのは既存のメディアをコンピューターが簡素化のために模倣しただけであって、コンピューターの本当の新しいところに関するものが無かったからでもあります。」※2

アラン・ケイはその答えの実践として Squeak※3 を作成・実践してきました。
この開発系は現在は scratch に引き継がれています。

3. AI とコンピュータの使い方

近年、Chat-GPT が話題となっています。一見、ジョン・サールによる『中国語の部屋』※4 が完成したとさえ思えるのですが、サール自身も『強い AI』※5 はできないと公言しているとおり、中国語の部屋はまだ完成していません。アランケイの提唱もた現在でもまた、その状況は今日も変わっていません。

４.本質に近づくことのメッセージ

では、アランケイの言う『模倣でなく、の本当の新しいところに関するもの』に近づくことはできないでしょうか。今回『AI と子供たちの対話からおもちゃを創造する』を考えてみました。(図 1)

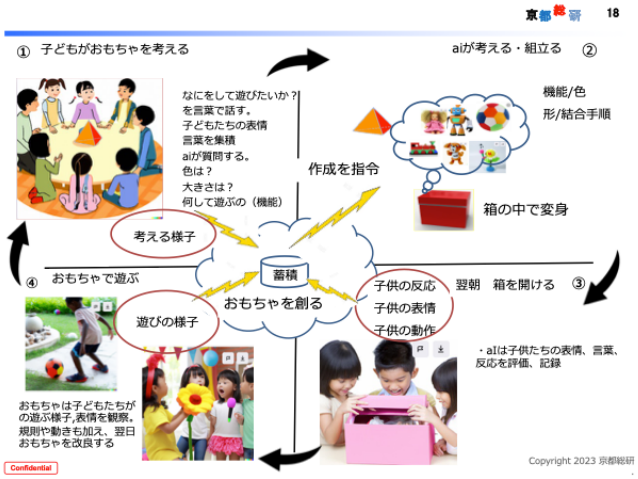


図 1AI と子供たちの対話からおもちゃを創造する※6

アラン・ケイの『本当の新しいところ』をいきつくする本質的方法は今のところ考えられませんが、これとは少し異なるコンピュータの利用ができこれまでにない以下のような結果をもたらすことが可能と考えています。

① おとなではない『こどもの発想』を収集した AI と対話により発想
② object(おもちゃ)の形を AI が発想する
③ 子供たちの発想でおもちゃの機能（走る、歌う、踊る）割付ける
④ 子供たちの反応を見て AI が形（容姿）や機能を改善させてゆく。
⑤ 子供たち自身も AI を通じて発想を改善し、発想力を養う。

5. 課題とお願い

現在、筆者はこの『子供と AI が創るおもちゃ』の構想を行っている段階で、すでに様々課題・問題点をかかえています。AI で解決できてゆくのが理想ですが、AI 以外の大人が考えなければいけない問題も、安全性、子どもの発達、おもちゃの堅牢性、おもちゃの形状、形の再現性、情報処理、AI の問題等沢山あると考えています。

こと『形の知見』で解決できる問題は沢山ある考えています。（色、強度、安全性、汎用性、再編成、動き等）形の識者の皆様には、多数のご意見とご示唆を賜りたくお願いいたします。

【参考文献】

※1 フリー百科事典『ウィキペディア（Wikipedia）https://ja.wikipedia.org/wiki/アラン・ケイ
※2【DiTT へのメッセージ】アラン・ケイ Alan Kay（2010．7．27）
一般社団法人デジタル教科書教材協議会（現：一般社団法人超教育協会）HP より https://ditt.jp/message/?id=6
※3 ウィキペディア https://ja.wikipedia.org/wiki/Squeak
※4 ウィキペディア：https://ja.wikipedia.org/wiki/中国語の部屋
※5 ウィキペディア https://ja.wikipedia.org/wiki/強い AI と弱い AI
※6 ©2023 京都総合科学研究所 with AI

大径化した原木の建築構造材への利活用に関する研究 (その１)大径木厚板による板倉式ユニットハウスの試作

加藤憲司*1，杉村泰司*2，荒木光子*3，小野聡子*4
*1 株式会社 HKS 環境建築事務所　〒824－0722 福岡県田川郡添田町大字落合1937番地の1
*2 株式会社杉村構造設計　〒810－0004 福岡市中央区渡辺通 5-23-2 号東急ドエルアルス天神 504
*3 ローカルズ 55 有限責任事業組合　〒824-0602 福岡県田川郡添田町大字添田1025-1
*4 近畿大学産業理工学部建築・デザイン学科　〒820-8555 飯塚市柏の森 11 番 6 号
hks-archi@outlook.jp

Study on Utilization of Large-Diameter Logs for Structural Timber Part 1. Prototype of Itakura-type unit house made of large-diameter thick wood planks

KATO Kenji, SUGIMURA Yasushi, ARAKI Mitsuko and ONO Satoko

Abstract : This research aims to design and construct non-residential buildings using large-diameter timbers as structural members in order to promote the use and expansion of large-diameter timbers. This paper describes the results of the design and construction of a simple system of architecture:the Itakura-style unit house.

Keywords : large diameter logs, thick wood plank, Hikosan Itakura-zukuri, dropped wooden siding wall, Itakura-style unit house

１．序

日本において，2020 年時点で 10 齢級以上の主伐期を迎える人工林は約 70％と見込まれており，今後も人工林の高齢化（＝原木の大径化（以下，大径木と略す））がさらに進むと考えられる．主伐および主伐後の再造林による人工林資源の循環利用を計画的に実施するためには，大径木の利用・拡大が重要課題である．しかし，量産型の製材工場にある製材機で大径木の加工が困難であること，強度にばらつきがあるために品質管理が困難であることなどから，大径木の利用・拡大が促進されていない．大径木は，合板産業や集成材などの一部の分野では大変需要があるものの，大径木の利用が著しく向上しているとはいえない状況である．

このような背景から，本研究では，大径木の利用・拡大を促進するため，大径木を構造材に利用した非住宅建築物の設計・施工を目指している．あわせて，地場の大工でも簡易に施工可能な簡易なシステム建築を考えることにより，安定した大径木の活用を目指している．本論文では，簡易なシステム建築：板倉式ユニットハウスを設計・施工した結果について報告する．

２．大径木の定義および長所

『大径木』とは，原木丸太における末口径 30 cm 以上の尺上（しゃくかみ）材である．大径木の長所はとしては，① 柾目取りができること，② 板中の収縮が小さいこと，および，③ 曲がりおよび割れが少ないことの 3 点が挙げられる．この長所をいかしながら，簡易なシステムの設計・施工を考案する．

３．『英彦山の板倉造』による仕口部分の再現

本論文では，大径木を豊富かつ合理的に用いた建築物の好例である『英彦山の板倉造』を検分したのち，実際に仕口の再現モデルを施工することにより，システム建築への利用を検討した．『英彦山の板倉造』は，横架材の角を切りかいて組立てている点が特徴である．その組立て状況を写真 1 に示す．

写真 1 のとおり，横架材の切りかいた部分を重ねあわせて，その部分にこみせんを入れることにより，横架材どうしを固定している．施工には特殊な工具が不要であり，木槌しか使用していないため，施工経験がない場合でも容易に組立てが可能である．一方，『英彦山の板倉造』は板厚が 120 mm 程度もある角材であるため，壁の高さが高くなると容易には持ち上げること

① 横架材の組立て：1 段目

② 横架材上面にさね材を設置

③ 横架材の組立て：2 段目

④打設による横架材の接続

⑤ 横架材の組立て：4 段目

⑥ 仕口部にこみせんを挿入

⑦ こみせんの打設

⑧ 仕口部の完成

写真 1　『英彦山の板倉造』による仕口部分の再現

① 柱を土台に設置

② 柱間上方から落し込み板を挿入

③ 落し込み板を下方にスライド

④ 板幅 220mm による壁面完成

⑤ 角部には板幅 300mm を使用

⑥ 落し込み板を次々に挿入

⑦ 壁面上部を頭繋ぎ材で固定

⑧ ユニットハウスの完成

写真 2　大径木厚板による落し込み壁でのユニットハウス試作

が困難である．そこで，簡易な施工性を目指しているため，『英彦山の板倉造』ではなく，別工法を考えることにした．

4．大径木厚板による板倉式ユニットハウスの試作

『英彦山の板倉造』の代替案として，伝統工法である『板倉工法』を採用することにした．『板倉工法』とは，落し込み板により壁を施工する工法であり，施工時に接着剤などが不要なである簡易な工法である．この工法であれば，落し込み板に大径木の長所をいかせる．そこで，『板倉工法』を応用したユニットハウスを施工することにした．なお，このユニットハウスを『板倉式ユニットハウス』と称することにする．大径木厚板による落し込み壁を有する『板倉式ユニットハウス』の施工状況を写真 2 に示す．写真 2 より，柱間に大径木厚板による落し込み板を挿入することで，道具や接着剤などを使用せず，簡易に壁面が施工できることがわかる．

5．結語

本論文では，大径木を利用した簡易なシステム建築：板倉式ユニットハウスを設計・施工した結果について述べた．今後は，大径木による非住宅建築物の設計・施工を目指して，研究を進める予定である．

【謝辞】
本研究は，林野庁：『令和 3 年度林業成長産業化総合対策補助金（木材産業・木造建築活性化対策のうちの都市の木造化促進総合対策事業）』の助成金（『大径化した原木等を活かした利用の拡大事業』・代表：荒木光子）により実施しました．本論文を作成するにあたり，岩本教之様（添田町文化専門官）には英彦山の板倉造に関する情報をご提供いただきました．髙瀬舞様（MY 設計室二級建築士事務所）および岩永昌子様（IWAKO）には画像をご提供いただきました．ここに記して，深甚の意を述べます．

［参考文献］ ※紙面の関係から，下記には参考文献の一部を記載している．
（1）岩永青史，早舩真智，田中亘，伊神裕司：製材業における国産大径材利用の実態と課題，中部森林学会，中部森林研究 No.68，pp.57－58，2020 年 5 月 30 日
（2）国立研究開発法人森林研究・整備機構森林総合研究所：大径材の使い方，丸太段階で強度特性を予測して目指す 要求性能に応じた製材品の安定供給，2021 年 3 月 5 日
（3）田川郷土研究会：『増補 英彦山 千部限定』，葦書房有限会社発行，1978 年 9 月 20 日

大径化した原木の建築構造材への利活用に関する研究 （その 2 ）落し込み壁の実大実験

杉村泰司*1，小野聡子*2，加藤憲司*3，荒木光子*4，
*1 株式会社杉村構造設計　〒810 - 0004 福岡市中央区渡辺通 5-23-2 号東急ドエルアルス天神 504
*2 近畿大学産業理工学部建築・デザイン学科　〒820-8555 飯塚市柏の森 11 番 6 号
*3 株式会社 HKS 環境建築事務所　〒824 - 0722 福岡県田川郡添田町大字落合 1937 番地の 1
*4 ローカルズ 55 有限責任事業組合　〒824-0602 福岡県田川郡添田町大字添田 1025-1
stkozo@themis.ocn.ne.jp

Study on Utilization of Large-Diameter Logs for Structural Timber Part 2. Results of the full-scale experiment on the dropped wooden siding walls

SUGIMURA Yasushi, ONO Satoko, KATO Kenji and ARAKI Mitsuko

Abstract : This research aims to design and construct non-residential buildings using large-diameter timbers as structural members in order to promote the use and expansion of large-diameter timbers. This paper describes the results of a full-scale experiment conducted on the “dropped wooden siding wall” used in the “Itakura-style unit house”.

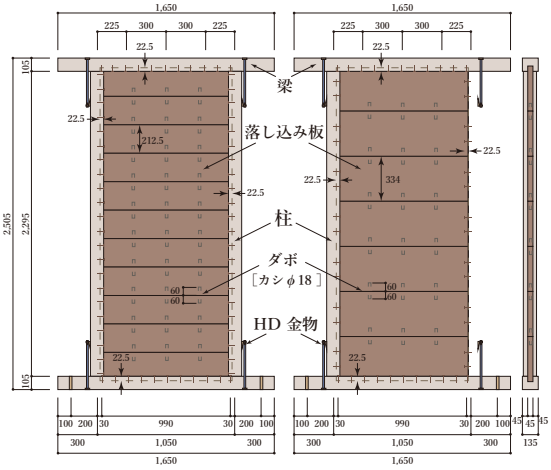
Keywords : large diameter logs, thick wood plank, dropped wooden siding wall, full-scale experiment

1 . 序

前報（その 1 ）につづき，本報では大径化した原木の活用に関する研究について報告する．本論文では，前報（その 1 ）で紹介した『板倉式ユニットハウス』に使用している『落し込み壁』に対して実施した実大実験の結果について報告する．

2 . 試験体

本論文で使用した試験体の形状およびその寸法を図 1 に示す．試験体のパラメータは，落し込み板の幅：2 種類（ 200 mm および 300 mm ）であり，試験体は各幅 3 体ずつ製作した．試験体の落し込み壁および柱･梁には，スギ材の大径木を使用している．落し込み板の木取りは，幅：200 mm では芯去り挽きであり，幅：300 mm では大径木の芯割挽きである．なお，柱および梁は 105 × 135 （ mm ）であり，落し込み板は 990 × 45 （ mm ）である．



（ a ）幅：200 mm の場合　（ b ）幅：300 mm の場合

図 1　試験体の形状およびその寸法（単位：mm ）

3 . 載荷方法

実大実験は，福岡県農林業総合試験場資源活用研究センター（久留米市）で実施した．載荷は，層間変形角を漸増させた正負繰返し載荷実験である．載荷プログラムは，± 1 / 450 （ 0.0022 ）rad，± 1 / 300 （ 0.0033 ）rad，± 1 / 200 （ 0.0050 ）rad，± 1 / 150 （ 0.0067 ）rad，± 1 / 100 （ 0.0100 ）rad，± 1 / 75 （ 0.0133 ）rad，± 1 / 50 （ 0.0200 ）rad，± 1 / 30 （ 0.0333 ）rad，± 1 / 20 （ 0.0500 ）rad であり，各層間変形角を 3 回ずつ繰返した．それ以降については，層間変形角が 1 / 15 rad に達する，あるいは，最大荷重より約 80 % 低下するまで載荷した．本実験では，押しを正加力としている．なお，層間変形角は，変位計②（上部梁の中心位置）から変位計①（上部梁の中心から 1885 mm 下方の位置）を減じた値を，変

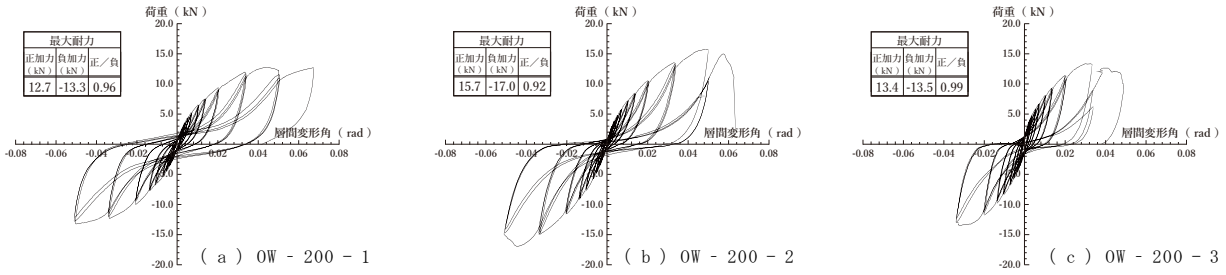


図 2　荷重－層間変形角関係：幅 200 mm（ OW－200 ）の場合

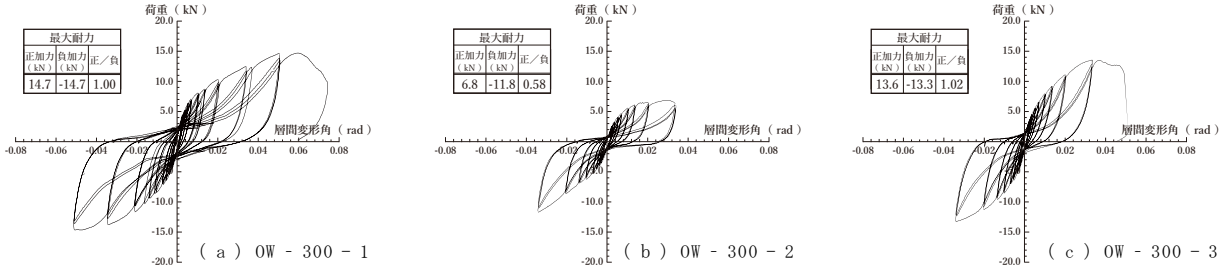


図 3　荷重－層間変形角関係：幅 300 mm（ OW－300 ）の場合

位計①から変位計②までの距離（ 1885 mm ）で除して求めている．

4．結果およびその考察

実験により得られた荷重－変形関係を図 2 および図 3 に示す．図 2 および図 3 の縦軸は荷重（ kN ）であり，横軸は層間変形角（ rad ）である．図 2 は落し込み板の幅が 200 mm の結果であり，図 3 は落し込み板の幅が 300 mm の結果である．図 2 および図 3 より，図 3（ b ）を除けば，いずれの試験体も最大耐力はほぼ同程度であり，正加力と負加力の差異はほとんどない．一方，図 2（ a ）および図 3（ a ）以外は，± 1／20（ 0.0500 ）rad で最大荷重の 80 % に低下したため載荷を終了した．これは，HD 金物の接合部で壊れたことが要因である．しかし，いずれの試験体も落し込み壁の破壊はみられなかった．図 3（ b ）は，載荷中に試験体の設置に不具合があることが判明した．その段階で載荷を中止したため，最後まで載荷ができなかった．

図 2 および図 3 より，エネルギー吸収量（ kN・rad／rad ）－サイクル数（回）関係を算出した．その結果，同じ層間変形角を繰返すことにより，エネルギー吸収量が低下していた．一方，層間変形角が漸増するにつれて，エネルギー吸収量は増加していた．幅：300 mm（ OW－300 ）の方が幅：200 mm（ OW－200 ）よりもエネルギー吸収量が大きいことがわかった．

図 2 および図 3 より，壁倍率を算定したところ，幅：200 mm（ OW－200 ）については 2.91 であり，幅：300 mm（ OW－300 ）については 3.14 であった．落し込み壁の壁倍率が告示では 2.5 であることから，大径木厚板による落し込み壁は十分な壁倍率を有していると判断できる．

5．結語

本論文では，本研究で考えている大径木厚板を活用した落し込み壁に対して実大実験を実施した．その結果，大径木を活用した落し込み壁の壁倍率は告示の壁倍率よりも大きく，幅 300 mm の大径木でも良好な結果が得られた．今後は，梁や床などの構造材に大径木を活用した試験体に対して，実大実験を実施予定である．その後，地場大工よる非住宅建築物（仮設建築物）を建設予定である．

【謝辞】
本研究は，林野庁：『令和 3 年度林業成長産業化総合対策補助金（木材産業・木造建築活性化対策のうちの都市の木造化促進総合対策事業）』の助成金（『大径化した原木等を活かした利用の拡大事業』・代表：荒木光子）により実施しました．実験に際しまして，福岡県農林業総合試験場資源活用研究センターのご協力を得ました．ここに記して深甚の意を述べます．

［参考文献］ ※紙面の関係から，下記には参考文献の一部を記載している．
（ 1 ）国土交通省国土技術政策総合研究所監修，国立研究開発法人建築研究所監修：『木造軸組工法住宅の許容応力度設計①（ 2017 年版）』，公益財団法人日本住宅・木材技術センター発刊，2017 年 3 月

円柱形つまみの回転操作における指の使用状況に関する一連の研究

松崎 元
千葉工業大学 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
gen.matsuzaki@p.chibakoudai.jp

A Series of Studies on How to Use Fingers When Turning Columnar Knobs

Matsuzaki Gen
Chiba Institute of Technology
2-17-1 Tsudanuma,Narashino-shi,CHIBA

Abstract:

Experiments were conducted to examine how the number of fingers used at the start of the operation and the contact position change with the diameter of the cylinder when turning a columnar object such as a knob or a cap. The number of fingers used varied from 2 to 3, from 3 to 4, and from 4 to 5, and the relative frequency of the subject was shown and grasped. By aligning the coordinates of the first finger (thumb finger) on the y-axis from the obtained contact position data, the relationship with the other four fingers could be illustrated. This paper summarizes the results of a series of research on knob rotation operations conducted in the latter half of the 1990s.

Keywords: Hand Skill, Rotary Control, Columnar Knob, Finger Manipulation

１．目的

つまみ・ノブ・キャップ等の操作機器を前提とした柱状物体の回転動作において，操作開始時に使用する指の本数と接触位置が円柱の直径変化によってどのように推移するかを検討するため実験を行った。つまみやふた等，工業製品の形状デザインや操作性・開封性の向上に役立てることが目的である。

２．方法

直径が７㎜～130㎜の間で異なる木製の円柱（高さ50㎜）を45本用意し，無作為に選択された各円柱を,順に透明アクリル板上の回転軸に差し込み,右手で時計回りに回転させる。操作の状況は，反対側から動画撮影し，得られた画像により各指と円柱の接触状態を記録した。立位の被験者32名に対して円柱サンプルの設置方法は，上面設定，正面設定，側面設定の３つ（図１左）で，実験方法はそれぞれ同様とした。

３．結果

3.1 円柱形つまみの回転操作開始時における指の使用本数について

回転操作開始時に使用する指の本数が，２本から３本，３本から４本，４本から５本と変化する境界値(直径)を,被験者の相対度数で図示し把握することができた(図１中央)。上面→正面→側面の順で，指の使用本数の増える直径が小さくなる傾向にあり，側面設定

では，直径90㎜を超えると小指を使わず４本使用が増加する。

3.2 円柱形つまみの回転操作開始時における指の接触位置について

得られた接触位置のデータから第１指（母指）の座標をy軸上にそろえることで，他の４指との関係性を図示することができる（図１右）。円柱の直径が増大するのに伴って，各指の接触位置がどのように推移するか二次曲線で近似し，その傾向を明らかにした。この結果は，つまみの外形，ボタンの配置など，回転操作機器の形状デザインに役立つ資料となる。

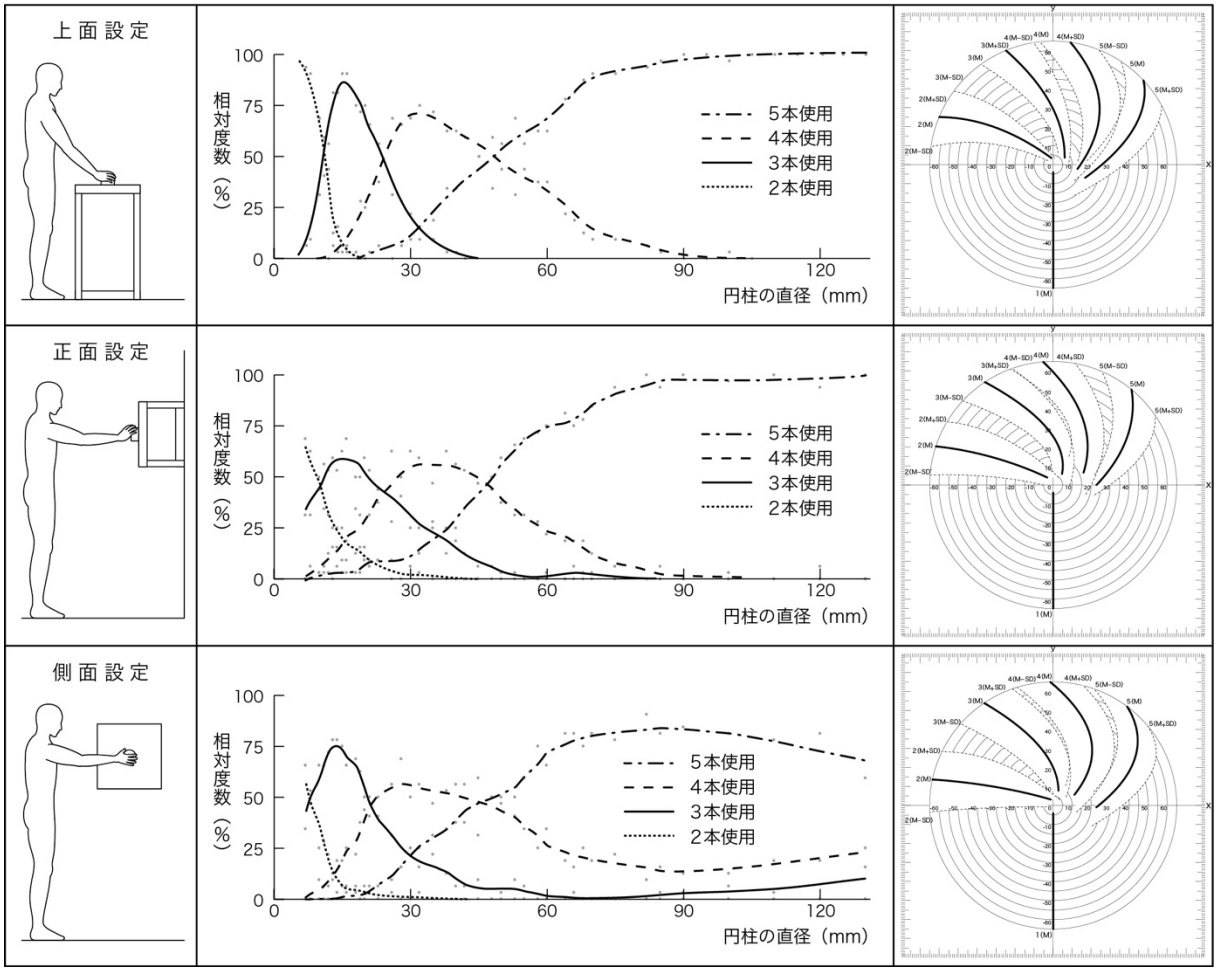


図１　回転操作開始時における指の使用本数と接触位置の推移（上面・正面・側面設定）

４．まとめ

本稿は，1990年代後半に行ったつまみの回転操作に関する一連の研究成果を，まとめ直したものである。近年では，デジタルデバイスの普及に伴いタッチパネルや非接触での操作も増加し,物体に対する人のアプローチに関する研究も,対象を広げ多岐に渡っている。多くのサンプルを用意して地道に検証を積み重ねる手法は効率的ではないが，起こっている現象を捉える上で一定の価値があると考える。物に対する人の無意識の行為に注目し，新たな製品のデザインに応用することは，製品開発の基礎として普遍的なものであろう。

参考文献

松崎元，つまみの回転操作における指の使用本数と接触位置に関する研究，2002，博士学位論文（千葉工業大学工博甲第 85 号）

正三角形間のコネクターを基礎図形として構成できる図形について

立木 秀樹
京都大学 人間・環境学研究科
tsuiki@i.h.kyoto-u.ac.jp

Figures composed of connectors of regular tetrahedrons

Hideki Tsuiki
Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

Abstract: We study figures constructed from two connected kites. Sierpinski triangle and many tessellation patterns are constructed. They are exactly patterns constructed by the cellular automaton with the rule (100,001→1,others →0).
Keywords: Sierpinski triangle, Cellular automaton

シェルピンスキー三角形の近似図形を，3D プリンタで作成した基本ピースから物理的に組み立てることを考える。正三角形を組み立てていったのでは，２つの正三角形を頂点で接続する必要が生じる。そこで，正三角形の 1/3 の部分となるタコ型２つを頂点でくっつけた形（図 1）を基本とし，これをつなげていくことを考える。数学的に考えるのはこの形から構成された図形であるが，3D プリンタで制作する基本ピースは，頂点に幅をもたせ接着辺に凹凸をつけた形である（図 2，3，4）。

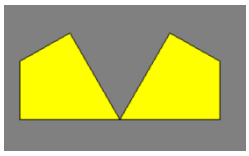


図 1

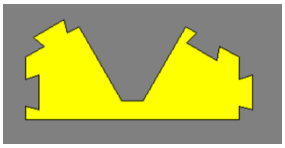


図 2

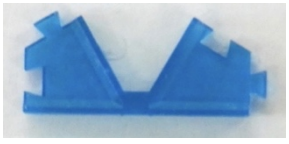


図 3

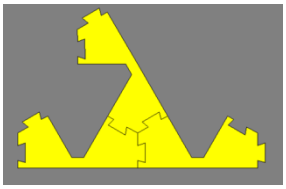


図 4

この基本ピースを無限個，接着辺が残らないようにつなげてできる（無限）図形を考える。まず，無限に大きなシェルピンスキー三角形の近似図形が作成できる。それは，図 5 からはじめて，それにピースを加えて図 6，図 7 と大きくしていった極限である。それは，図 5 を図 6 の 1,2,3 のどの部分として拡張するかを 1,2,3 で示し，同様に図 7 やその先の図形がどのように一つ前の図形を拡張したものかを 1,2,3 で示していけば，{1,2,3} の無

図 5

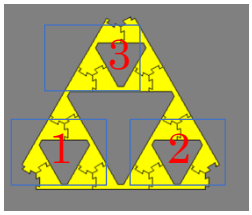


図 6

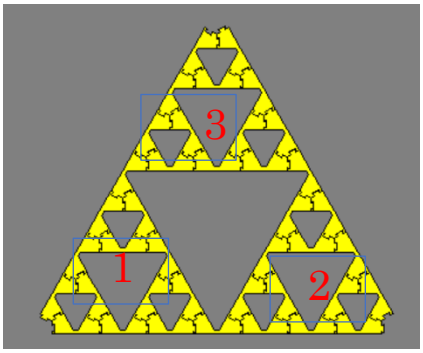


図 7

限列で表現できる。その中で，平行移動で重ね合わせることができるのは，あるところから始まる部分無限列が同じものだけなので，平行移動で重ね合わせられないものは非加算無限個ある。この中で，[1,1...] に対応する図形は，正三角形の一つの頂点を起点とした拡張であり，接続辺が残るので，それを２つ基本ピースでつなげた図形を考える。

シェルピンスキー三角形以外にも，基本ピースからできる無限図形が存在する。それは，図 4 以外に図 8 も基本ピースから正三角形を作るつなげ方になっていることに起因する。このように，同一の（下向きの大きな）正三角形を幾つも，辺上に他の正三角形の頂点が来るように平行移動しつつ描いていき，残された部分を構成する２種類の正三角形をシェルピンスキー三角形の n, m 次近似で埋めてできる図形（それは，p3 対称性を持つ）を全て作ることができる。下図 9,10,11 はそれぞれ，(n,m) が(0,0), (0,1), (2,1) の場合である。

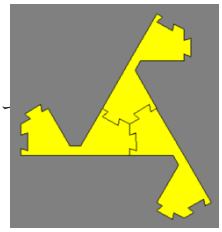


図 8

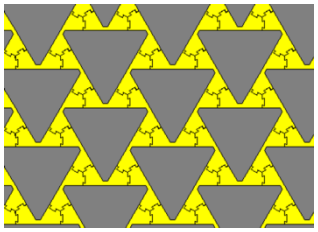


図 9

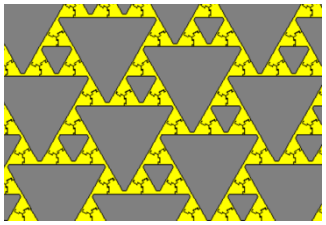


図 10

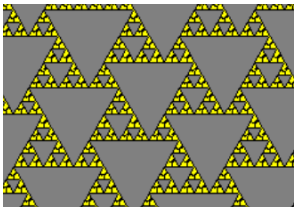


図 11

この基本ピースからできる図形全体を考えてみる。それは，ピースは必ず３つ繋がって正三角形をなすこととから，図 12 の三角形の集まりの部分集合(図 13 はその例)をなすはずである。それは，どの頂点においても，そこでつながる２つの正三角形のうち０個か２個を含んでおり，よって，各行は上の行の排他的論理和になっている。よって，黒色の正三角形と反対向きの灰色の正三角形を全て正方形にみたてれば，このピースから作られる図形は，(001, 110→1，その他→0)というセルオートマトンが生成する図形と対応している。

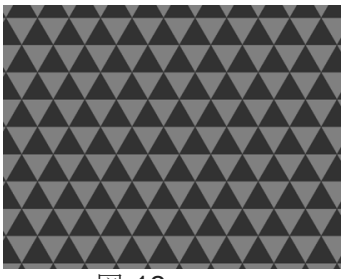


図 12

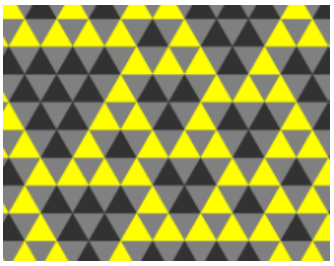


図 13

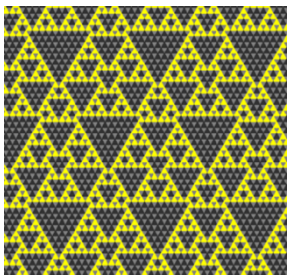


図 14

このセルオートマトンとの対応関係は，正三角形の頂点方向となる 3 方向全てで成り立っている。また，上の行は，1 箇所の 0, 1 を決めれば下の行から決まることにも注意されたい。この性質から，このピースで作れる p3 対称性を持つものをいくつか求めたが，上にあげたもの以外に十分に複雑な模様も現れた。図 14 にその一例を示す。

このように，この基本ピースを組み合わることで，シェルピンスキー三角形や，様々な繰り返し模様だけでなく，セルオートマトンと関係のある，規則性と複雑性を適度に組み合わせた図形ができる。今回は展示も行っているので，そのことを楽しんでいただきたい。図 2 の 3 次元版（凹凸の代わりに磁石を用いる）で同様のことを行うと，シェルピンスキー四面体のみができる[1]。それに対し，接続面に磁石による制限をつけない場合が，今回の研究の 3 次元版と考えられる。

[1] Hideki Tsuiki, “Constructing Sierpinski Tetrahedrons from Connector Pieces”, in Proc. Bridges conference, 2023, to appear.

正三角形間のコネクターを基礎図形として構成できる図形について（展示）

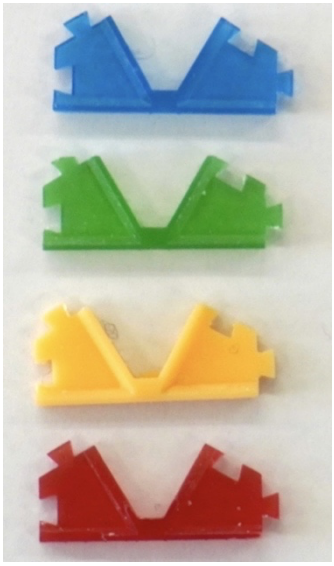
立木 秀樹
京都大学 人間・環境学研究科
tsuiki@i.h.kyoto-u.ac.jp

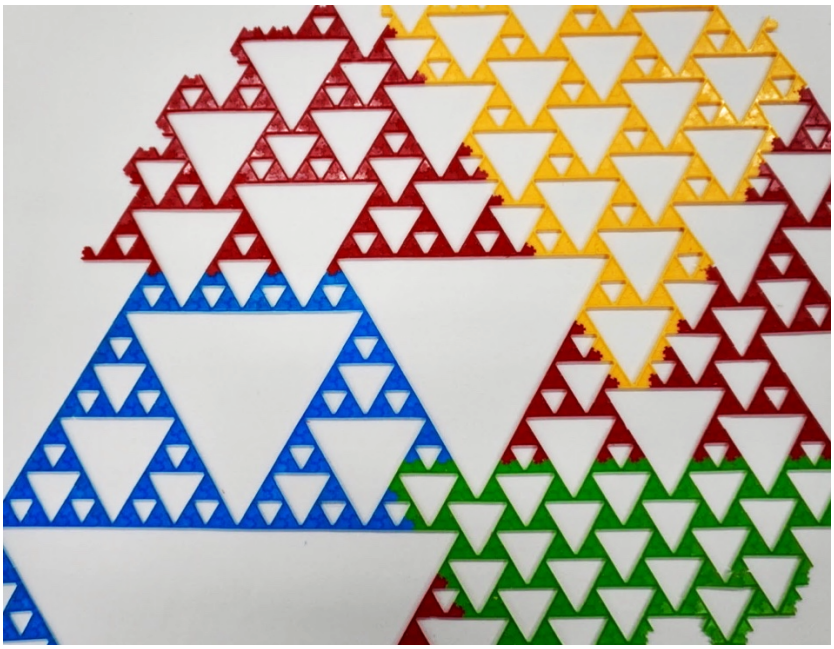
Figures composed of connectors of regular tetrahedrons (Exhibition)

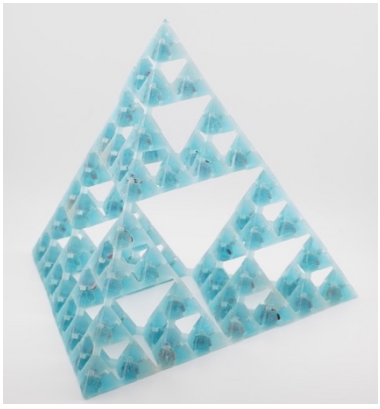
Hideki Tsuiki
Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

同タイトルの発表の展示を行います。また，3 次元空間で，6 面体を 2 つつなげた形のピースで凹凸の代わりに磁石を用いて同様のことを行うと，シェルピンスキー四面体のみができます[1]。その展示も行います。

[1] Hideki Tsuiki, “Constructing Sierpinski Tetrahedrons from Connector Pieces”, in Proc. Bridges conference, 2023, to appear.







フラクタル・イマジナリーキューブの影

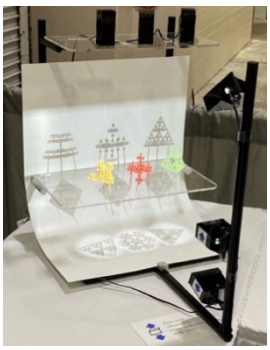
立木 秀樹
京都大学 人間・環境学研究科
tsuiki@i.h.kyoto-u.ac.jp

Shadows of Fractal Imaginary Cubes

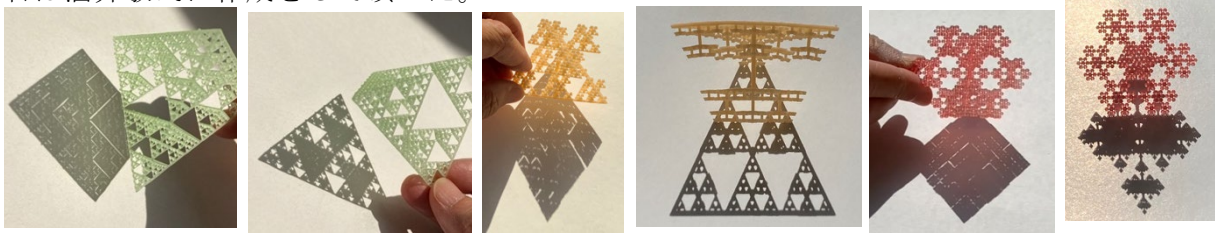
Hideki Tsuiki
Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

Abstract: We present three 3D-printed models of fractal imaginary cubes, Sierpinski gasket, H-fractal, and T-fractal. They are displayed on a 3D lighting pedestal so that one can enjoy four projected images of each of them.
Keywords: Fractal Imaginary Cube, Projection, Measure

シェルピンスキー四面体は立方体と同じように三つの直行する方向からの射影で正方形になる。筆者はこの性質をもつ立体をイマジナリーキューブとよび，その性質を調べてきた[1]。シェルピンスキー四面体は，フラクタルなイマジナリーキューブであるが，それ自体がフラクタルなだけでなく，平行な光線による影もフラクタル図形となり，光の方向に連続的に変化する。影には，正方形以外にも正の面積を持つものが含まれており，それは，影の４頂点を O,A,B,C としたとき，$x\overrightarrow{OA}+y\overrightarrow{OA}+z\overrightarrow{OA}=\vec{0}$ を満たす奇数x,y,zが存在する時であることが，Kenyon によって示されている[2]。



筆者は，シェルピンスキー四面体の次に単純なフラクタル・イマジナリーキューブである H-フラクタル，および，T-フラクタルの場合にも，正の面積を持つ方向を特定した。詳細は，[3]を見ていただきたい。また，これらの立体を 3D プリンタで作成し，その影が連続に変化する様子を示す YouTube ビデオを作成した[4]。今回の展示は，これらの影を４方向から見ることができるものである。この展示台は酒井敏氏に作成をして頂いた。



[1] Hideki Tsuiki. Imaginary cubes and their puzzles. Algorithms, 5(2):273 – 288, 2012.
[2] Richard Kenyon. Self-replicating tilings. Symbolic dynamics and its applications, 135:239–263, 1992.
[3] Projected images of the Sierpinski tetrahedron and other fractal imaginary cubes. Arxiv 2022 (https://arxiv.org/pdf/2205.13065.pdf)
[4] YouTube video https://youtu.be/JbEAvM1ElSU. QR コード→

外形が立方体の回転式 3D ジグソーパズルの開発 II

大山寛人[1]，池上祐司[2]，山澤建二[2]，手嶋吉法[1]
[1]千葉工業大学，工学部 機械電子創成工学科 〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1
[2]理化学研究所 〒351-0198 埼玉県和光市広沢 2-1

Development of a turn-style 3D jigsaw puzzle with cubic outer shape II

Hirohito OHYAMA[1], Yuji IKEGAMI[2], Kenji YAMAZAWA[2] and Yoshinori TESHIMA[1*]
[1]Department of Innovative Mechanical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba, 275-0016 Japan
[2]RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama, 351-0198 Japan
[*]yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract: We had developed a rotating 3D jigsaw puzzle with a cubic piece shape moving along a circular tenon, up to a size of 2x2x2. This time, we have successfully developed a rotating 3D jigsaw puzzle with a size of 3×3×3, which has concentric double circular tenons.
Keywords: 3D jigsaw puzzle, circular tenon, 3D printing,

1. はじめに

2000 年に池上によって開発された 3D ジグソーパズルは、立方体に基づくピース形状をしており、直線的なほぞに沿って動かすことでピースの脱着が可能となっている（図 1）[1]。その後、図 2 のような立方体のピース形状で円形のほぞ沿って動く回転式 3D ジグソーパズルが開発された[2]が、1 稜 2 分割（全 8 ピース）までであった。そこで本研究では、1 稜 3 分割（全 27 ピース）の回転式 3D ジグソーパズルの開発を行った。

2. 1 稜 3 分割の立方体回転式ジグソーパズルの設計

立方体（1 稜 2 分割）の回転式 3D ジグソーパズル[2]を図 2 に示す。図 3 のようにすべてのピースに円軌道が通るようにほぞと溝が設計されている。しかし、同じ方法で 1 稜 3 分割を設計すると円軌道がすべてのピースを通らず、ほぞや溝が無いピースが生じてしまう。このままでは形が保てず 3D ジグソーパズルとして機能しないため、図 4 のように円軌道を 2 つ設けることによって問題を解決した。内側の円軌道では、くびれのない溝は中心角 60 度分、くびれのある溝は中心角 30 度分とし、4 か所ずつ交互に配置した。くびれのある溝と同形状のほぞを、くびれのない溝に上からはめ、45 度回転させてピースを固定させる。立方体の中心のピースの各面にピンを設け、対応面に穴を設けて、周りのピースと結合した。ほぞと溝の配置は図 5 のようになっている。しかし、図 6 の黄色く表示されているピースの 1 頂点の周りに 3 つの溝が配置され、非常に細いくびれ形状が発生した。強度が低いことが懸念されたので、3 つの溝の内 1 つをほぞに変更してくびれの断面積を大きくし、強度を向上させた。

3. 90 度以上の回転の抑制

前節までの設計で得られた回転式ジグソーパズルは、1 つの回転軸周りで 90 度回転が可能となっていた。しかし、90 度回転させてしまうと他の回転軸周りで回転させた際に回らず、パズルが破損する恐れがある。ルービックキューブと異なり、90 度以上の回転は不要

なので、ほぞ(溝)の形状を 4 種類作成することによって、90 度回転を抑制した。図 7 に本研究で最終的に得られたパズルを示す。

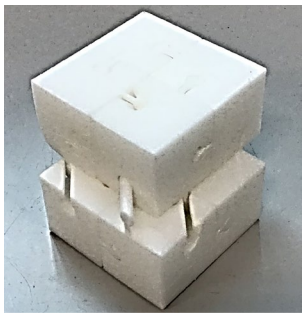


図 1　立方体(1 稜 2 分割)の直線スライド式 3D ジグソーパズル[1]、

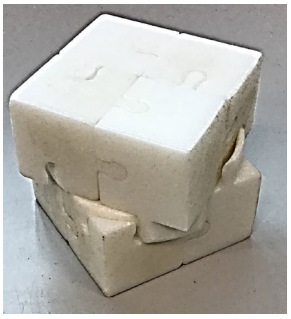


図 2　立方体(1 稜 2 分割の回転式 3D ジグソーパズル[2]

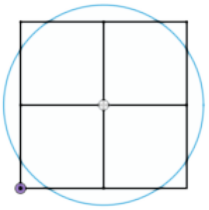


図 3　1 稜 2 分割の円軌道

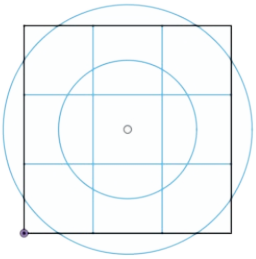


図 4　1 稜 3 分割の二重円軌道

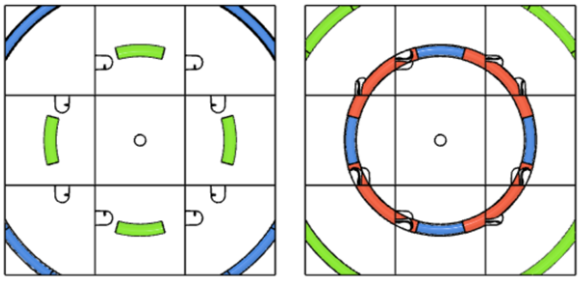


図 5 (左)1 稜 3 分割の 1 段目と 2 段目の接合面の下面。(右)2 段目と 3 段目の接合面の上面。
(緑:ほぞ　赤:くびれのない溝　青:くびれのある溝)

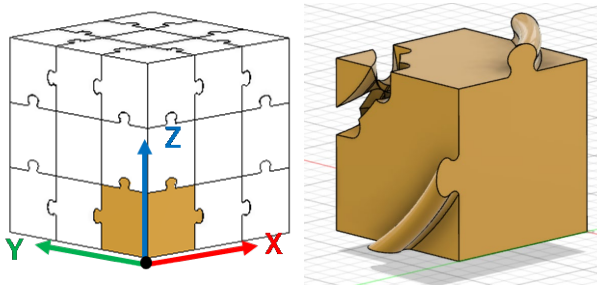


図 6 (左)3 つの溝が 1 つの頂点周りに集まったピース(黄色)。
(右)同ピースの拡大図。

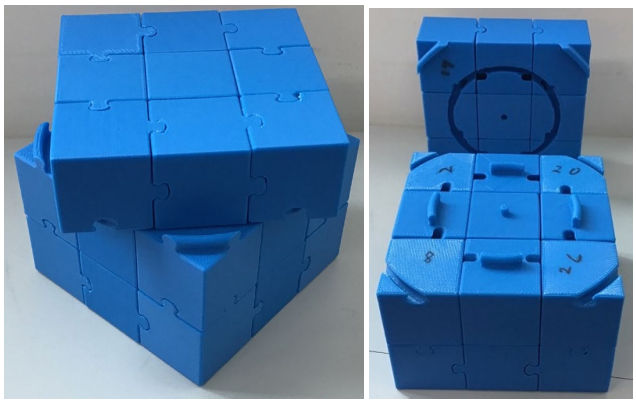


図 7 (左)1 稜 3 分割の立方体回転式 3D ジグソーパズル
(右)同パズルの接合面

参考文献

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

[2] 加藤、宮本、池上、山澤、手嶋、外形が立方体の回転式 3D ジグソーパズルの開発、形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol. 6, No. 1, pp. 1-2. (2021 年 6 月)

ピース形状が正四面体と正八面体からなる 3D ジグソーパズルの改良 II

首藤大雅[1]，池上祐司[2]，山澤建二[2]，手嶋吉法[1]
[1]千葉工業大学，工学部 機械電子創成工学科 〒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

Improvement of 3D jigsaw puzzles whose piece shapes consist of regular tetrahedron and regular octahedron II

Taiga SHUTOU[1], Yuji IKEGAMI[2], Kenji YAMAZAWA[2] and Yoshinori TESHIMA[1*]
[1]Department of Innovative Mechanical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering, Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba, 275-0016 Japan
[2]RIKEN, 2-1 Hirosawa, Wako, Saitama, 351-0198 Japan
[*]yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Abstract: In the past symposium, we reported that we developed new 3D jigsaw puzzles with piece shapes based on a regular tetrahedron and a regular octahedron. And we solved a challenge in the case of the size obtained by dividing one edge into two. In this paper, we report a successful design in the cases of the size obtained by dividing one edge into three, four and five.
Keywords: 3D jigsaw puzzle, straight tenon, 3D printing,

1. はじめに

池上式 3D ジグソーパズルは、2000 年に池上によって開発されたピース形状が立方体のジグソーパズルである。その後、ピース形状が正四面体と正八面体からなる外形が平行六面体の 3D ジグソーパズルが設計され［1]、さらにその改良が行われた［2］が、改良が行われたのは 1 稜 2 分割(全 24 ピース)のものであった。

2. 1 稜 3 分割の改良方針

外形が平行六面体の 3D ジグソーパズル［1］に内在していたほぞ同士の交差で内部に小さな空隙が生じてしまうという問題に対して、1 稜 2 分割のサイズで空隙の解消に成功していた[2]。1 稜 3 分割以上においても同様の問題が生じる。そこで本研究では、内部のほぞ（溝）の配置を変更し、交差を解消することで空隙をなくすことを試みた。

3D ジグソーパズルが満たすべき要件の 1 つは、内部に空隙がない事である。このパズルの内部に空隙が発生していたのは、1 つのピース上に 2 つ以上の同じ高さのほぞ（あるいは溝）が配置されることが原因である（図 1 左)。1 つのピースに 2 つ以上ほぞ（溝）が存在する時、そのすべての方向でピースの着脱が可能でなければならない。3 方向すべてで直線スライドを可能にするにはほぞの一部分を削除する必要があり、この削除した部分が空隙となってしまう。そのため、ほぞ同士が交差しないように直線ほぞを立体交差させて、外形が平行六面体の 3D ジグソーパズルの設計を行う必要がある（図 1 右)。

3. 改良の為の設計方法

第 2 節で説明した方針に基づき、2 通りの方法で改良をおこなった。本稿では、設計方法Ⅱについて説明する。設計方法Ⅱでは、直線ほぞ 3 方向のうち 1 方向を固定し、残り 2

方向を移動させる。ほぞとほぞの間隔を保ったまま接合面の平行四辺形上で交差を解消するように平行移動させた。図 2 に 1 稜 3 分割（総ピース数 81 個）の設計データ、図 3 に実体模型を示す。

4. 1 稜 4 分割および 1 稜 5 分割の設計

設計方法Ⅱを適用して、1 稜 4 分割（総ピース数 192 個）および 1 稜 5 分割（総ピース数 375 個）の設計をおこなった。最終的に得られた形状データの外観を図 4 と図 5 に示す。

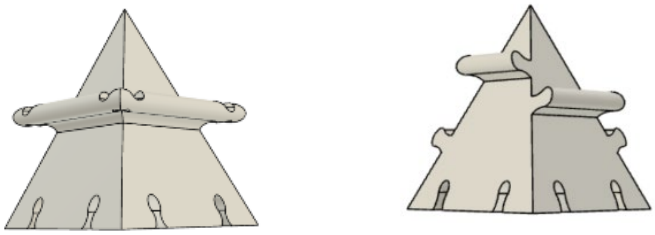


図 1 （左）ほぞが同じ高さで交差している。
（右）ほぞを異なる高さに配置すると、交差は解消する。

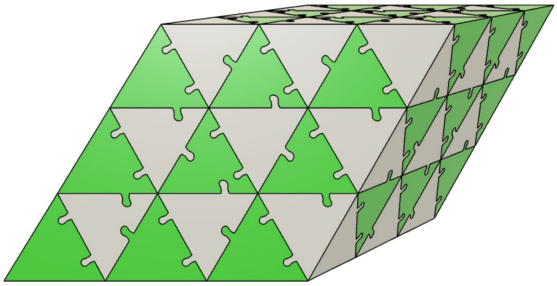


図 2 改良後の 1 稜 3 分割の形状データ

図 3 改良後の 1 稜 3 分割の実体化モデ

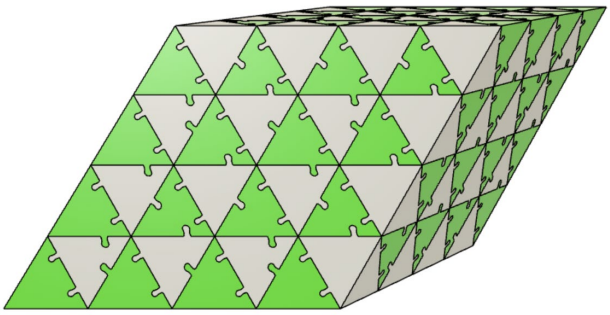


図 4 改良後の 1 稜 4 分割の形状データ

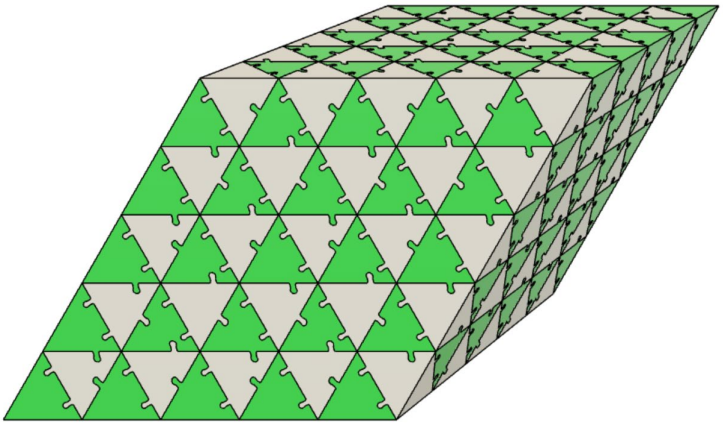


図 5 改良後の 1 稜 5 分割の形状データ

参考文献

[1] 町屋、池上、山澤、手嶋、新たな 3D ジグソーパズルの開発、形の科学シンポジウム予稿集, 5-1, (2020), pp.3-4.

[2] 手嶋、佐藤、田村、町屋、池上、山澤、ピース形状が正四面体と正八面体からなる 3D ジグソーパズルの改良、形の科学シンポジウム講演予稿集, Vol. 7, No. 1, pp. 5-6.（2022 年 6 月）

木造継手の立体教材の開発 III

長谷川達也、手嶋吉法
千葉工業大学 工学部 機械電子創成工学科　〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

Development of three-dimensional teaching materials to learn wooden joints III

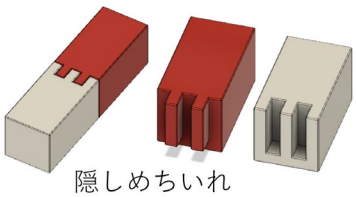
Tatsuya HASEGAWA & Yoshinori TESHIMA*
Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba 275-0016, Japan
*yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

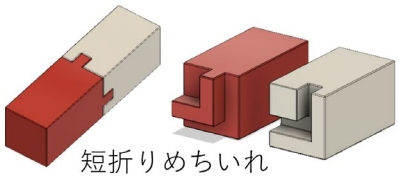
Abstract. Based on 2D drawings of 27 kinds of traditional wooden joint, we generated 3D shape data by utilizing a 3D CAD software. They were materialized as small models by a 3D printer. In addition, we have created animations to help learner understand the behavior of each wooden joint.
Keywords: traditional wooden joint, 3D shape data, 3D printed model, animation

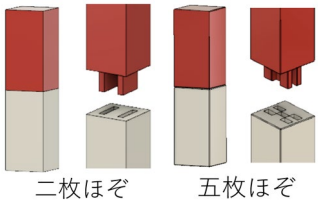
我々は、木造継手や仕口のデジタル形状データの作成および 3D プリンタにより模型作製をおこなっている[1][2]。今回、新たに 27 種類の小型模型を作製したので、報告する。

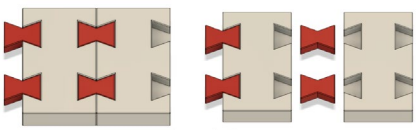
3D-CAD ソフト（Fusion 360）を使用して、伝統的な木造継手の文献[3]に掲載されている 2 次元情報を基に、小型模型用の 3 次元形状データを設計した。造形は 3D プリンタ（AFINIA H+1）を使用し、材料は ABS 樹脂を用いた。造形方法は材料押出法である。積層ピッチは 1.5 mm ~ 3.5 mm の間で形状により調整した。密度も 15 ~ 99 %の間で形状により調整した。

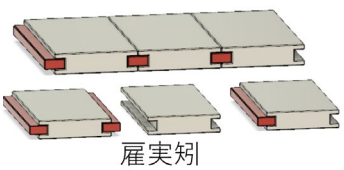
本研究では新たに 27 種類の 3 次元形状データを作成し、実体化を行った。さらに継手の動きを説明する為のアニメーションを作成した。以下に、継手や仕口の形状データを示す（各々の左図が結合時、右図が解体時）。ただし、二枚ほぞや五枚ほぞと類似の構造である三枚ほぞと四枚ほぞは省いた。また、最後の四方差しは本研究で設計した形であり、東大寺南大門の四方差しとは別の構造となっている。

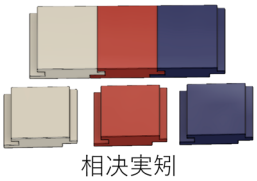

隠しめちいれ

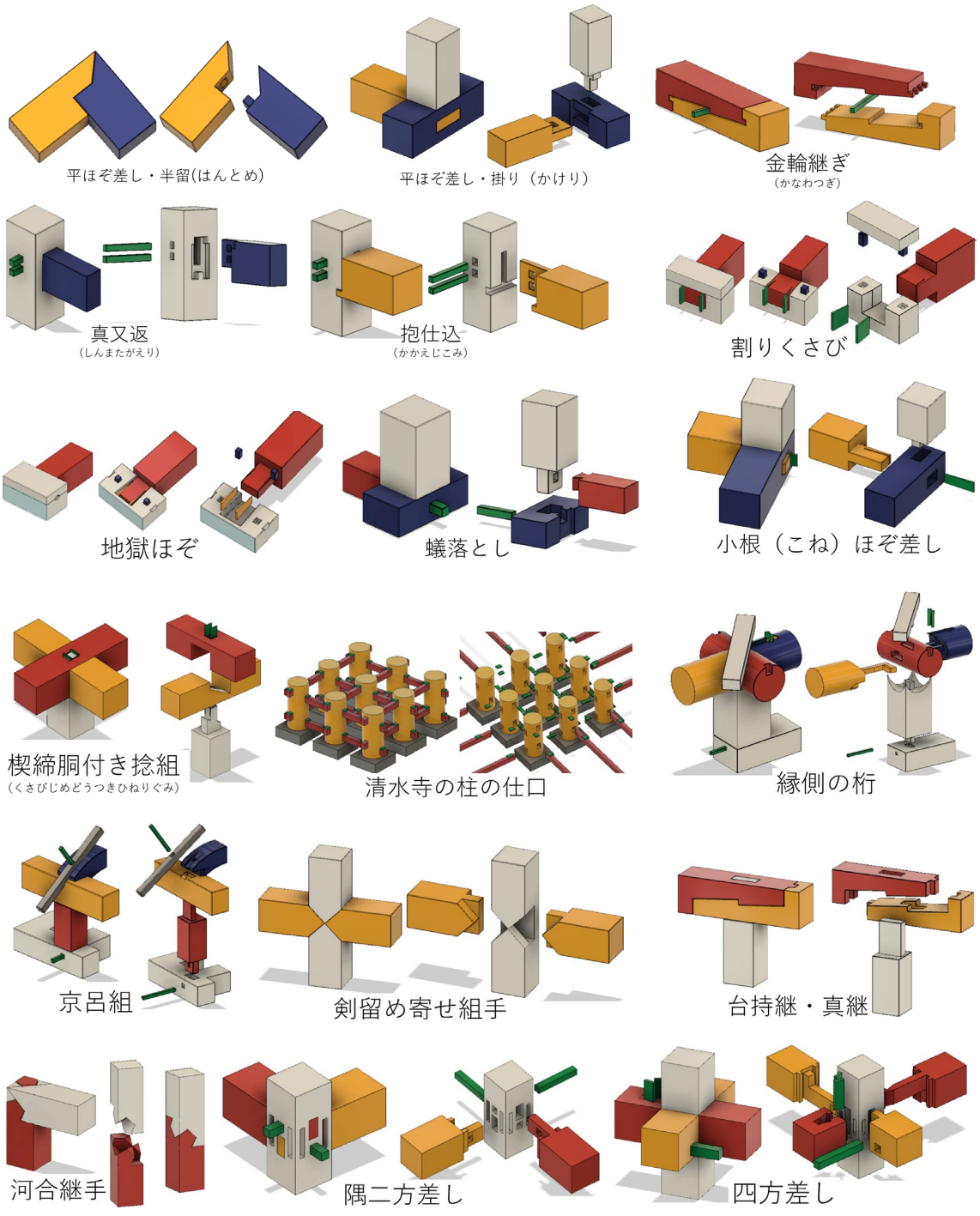

短折りめちいれ


二枚ほぞ　五枚ほぞ


千切矧
（ちぎりはぎ）


雇実矧
（やといざねはぎ）


相決実矧
（あいじゃくりざねはぎ）



参考文献

[1] 大和田貫太、手嶋吉法、木造継手のデジタル化と模型製作、形の科学シンポジウム講演予稿集, 5-1 (2020) pp. 1-2.

[2] 麻生真世、手嶋吉法、木造継手の立体教材の開発 II、形の科学シンポジウム講演予稿集, 7-2 (2022) pp. 24-25.

[3] 住吉寅七、松井源吾、「木造の継手と仕口」、鹿島出版会（1989）

面を共有する正八面体のスケルトンで作る環状構造と十二面体構造の折り紙モデル

石原 正三
NPO 法人 科学芸術学際研究所 ISTA（イスタ）
Shozo8961@gmail.ac.jp

Origami models of rings and a dodecahedral structure made of face-sharing regular octahedral skeletons.

Shozo Ishihara
NPO The interdisciplinary Institute of Science, Technology and Art

Abstract: By making use of Science Origami, three-dimensional Origami models of circular structures made of 10, 12, 15 and 28 face-sharing octahedral skeletons, and a dodecahedron made of 160 ones, are exhibited. Referring to the Origami-model of a Penrose pattern suggesting a quasi-crystalline structure, the features of origami models of circular and dodecahedral structures are pointed out.
Keywords: Science Origami, Face-sharing Octahedra, Penrose pattern, Quasi-crystalline structure

三角形のユニット折り紙を設計して多面体の骨格構造（スケルトン）を組み立て、複数のスケルトンを相互に接続することによって、結晶構造や分子構造を表現する立体モデルを作る手法を“科学折り紙”と呼びます。

新型コロナの流行により話題となることの多いウィルスは幾何学的な構造をもつものがあり、パピローマウィルス（papilloma virus）のカプシドと呼ばれる構造は正八面体が面を共有して接続した正十二面体構造として表現されています。[1]

このカプシドの構造は、ペンローズパターンの折り紙モデルの板状構造を板面に垂直な方向に積み重ねて、一つの可能な準結晶構造を導く際に板状構造間に挿入した正十二面体の構造（図１）に対応しています。[2]

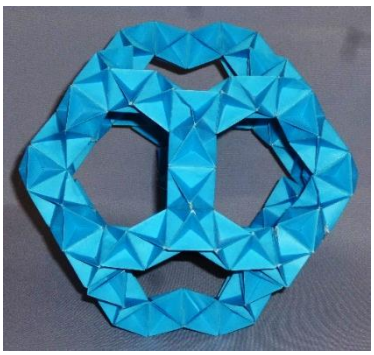
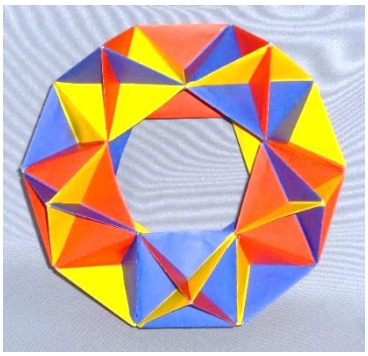


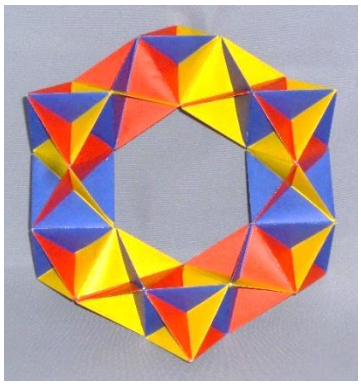
図１ 面を共有した正八面体のスケルトン 80 個が作る正十二面体構造

面を共有する正八面体が作る環状構造[3]を、10 個、12 個、15 個、および 28 個の正八面体のスケルトンで制作した折り紙モデル（図２(a)-(c) 参照）を展示して、その特徴を具体的に示すとともに、ペンローズパターンの折り紙モデルとの関連性を考察します。

(a)



(b)



(c)

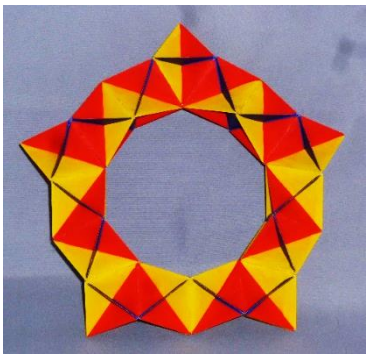


図２ 面を共有する正八面体のスケルトンが作る環状構造:
(a), (b), (c) は、それぞれ、10 個、12 個、15 個の正八面体のスケルトンを含む

参考文献

[1] “Science of Crystal Structures”, ed. I. Hargittai and B. Hargittai, Springer (2015), pp.115.

[2] “An Origami-model of a Penrose pattern: A three-dimensional Quasi-periodic structure made of octahedral skeletons”, Symmetry: Art and Science, Crete, 9-15 September 2013, pp.158-pp.161.

[3] “New Geometries for New Materials”, ed. E.A. Lord, A.L. Mackay, and S. Ranganathan, Cambridge Univ. Press (2006), pp.113.

しわの形と膜面の有限要素解析

秋田　剛
千葉工業大学、千葉県習志野市津田沼 2-17-1
akita.takeshi@p.chibakoudai.jp

Form of Wrinkling and Finite Element Analysis for Wrinkling

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

Abstract: Flexible membranes are often used as basic components in various advanced structures, such as super pressure balloons, artificial heart diaphragms and space membranes structures. Membranes are easily buckled under compressive forces, which leads to wrinkle. The mechanical behaviors of wrinkled membranes are usually evaluated by the tension field analysis and bifurcation buckling analysis. This research summarizes these analysis methods and describes the characteristics of these methods from a linear algebraic point of view.

Keywords: Tension Field, Bifurcation Analysis, Tangent Stiffness Matrix, Projection Matrix

1. はじめに

柔軟な膜材は，観測気球，人工心臓のダイアフラム，大型膜面宇宙構造物など，様々な先端的構造の構造部材として用いられている．膜材の性質として，圧縮力の作用により容易に座屈し，しわ（リンクル）を発生することが挙げられる．図 1 のように膜面の一方向に引張力を受ける状態で，もう一方向に圧縮力を受けると座屈してしわ波を生じる．しわの存在は，構造の力学特性に大きな影響を与え，また形状的にも本来の機能を損なう可能性があるので，構造設計においてしわの影響を正確に評価することが重要である．

しわを生じる膜面の力学挙動は，古くから張力場理論[1]とよばれる近似理論によって明らかにされている．近年は張力場理論に基づいた膜面の数値解析法も確立され，様々な膜面構造物の設計に用いられている．張力場理論では，しわの発生に伴う面外座屈変形を面内の収縮変形に置き換え，座屈現象を二次元問題に近似して解析を行う．このため，構造物の剛性などの大域的な力学挙動を求めることができるが，しわの形状や座屈に起因した特性を正確には評価できない．一方で，非線形有限要素法により座屈解析からしわの形状や座屈後の応力場を求めることもできる[2]．ただし膜のしわ形成に伴う座屈現象は，複雑な分岐座屈となり高度な解析技術が必要となる．本発表では，張力場理論と座屈解析の 2 つの方法での膜面のしわ解析技術を紹介し，線形代数的な視点でのそれらの方法の特徴を述べる．

2. 円形張力膜の分岐座屈解析例

しわ解析の一例として図 2 のような張力を受ける円形膜のねじり問題を考える．中心のハブにねじりモーメントを与え回転させることで，中心から放射状にしわを生じる．この問題を薄肉シェルの座屈問題として解析した結果が図 3 である．図は系のつり合い経路を示し，横軸が中心のねじり角，縦軸が正規化されたねじりモーメントである．ねじり角が

一定の大きさになると最初の分岐経路が表れ，2 つのつり合い状態が存在することになる．さらにねじり角を大きくしていくと次々に分岐経路が発生する．分岐座屈解析では，分岐モードを用いて解を分岐経路に誘導し，つり合い解を求める．図 4 に 1 から 5 番目までの分岐経路におけるしわの形状を示す．図からわかるように，経路によってしわの本数が異なる形状が求められることがわかる．

参考文献

[1] Reissner, E., "On Tension Field Theory," Proceedings of the Fifth International Congress for Applied Mechanics, pp. 88-92, 1939.

[2] Zhang, W., Hisada, T. and Noguchi, H., "Post-buckling Analysis of Shell and Membrane Structures by Dynamic Relaxation Method," Computational Mechanics, vol. 26, pp. 267-272, 2000.

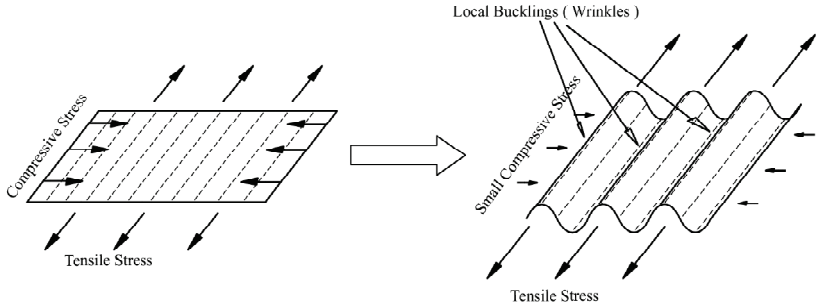


Fig. 1 しわの形成

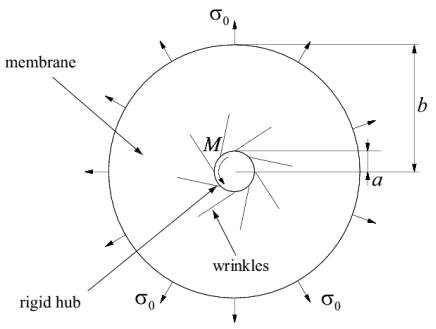


Fig. 2 円形張力膜のねじり問題

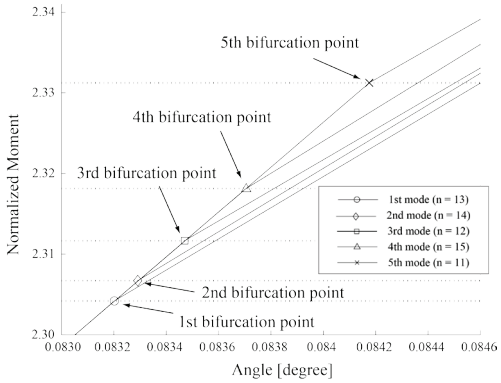


Fig. 3 分岐経路

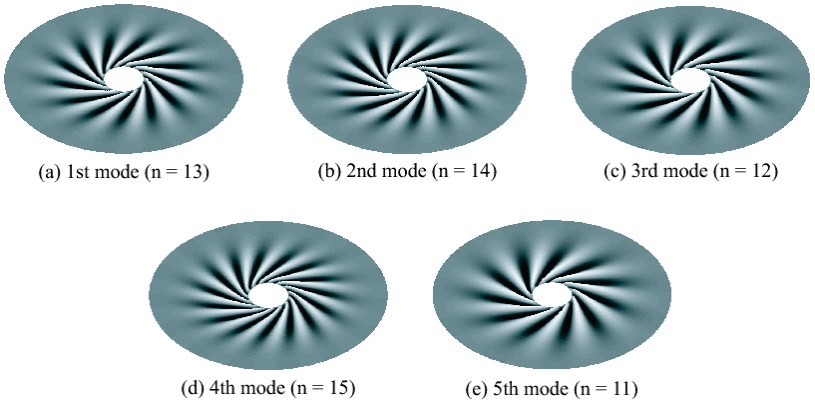


Fig. 5 経路ごとのしわの形

実空間と仮想イメージを融合するメディアデザイン

出原 立子
金沢工業大学、石川県野々市市扇ヶ丘７－１
izuhara@neptune.kanazawa-it.ac.jp

Media Design for Fusion Real Space and Virtual Images.

Ritsuko Izuhara
Kanazawa Institute of Technology、7-1 Ogigaoka,Nonoichi-shi,Ishikawa

Abstract: This presentation will discuss how to design a virtual image that fits the shape of the space. First, a manual method to match the shape of a particular object will be shown. Next, a development system that extracts features of the spatial shape, generates images based on these feature points, and projects the images according to the shape will be presented. Furthermore, we will discuss three-dimensional representation suitable for the video projection environment.
Keywords: projection mapping, media design

1. はじめに

近年、xR(xTended Reality,cross Reality)に関連する技術開発により、実空間と仮想イメージを融合させたメディアシステムやコンテンツが様々な目的で活用されている。実空間に合わせた仮想イメージをプロジェクタで投影することで拡張現実感を作り出すSAR(Spatial Augmented Reality)もその一つであり、プロジェクションマッピングとして一般によく知られている(図 1)。特定の構造物に合わせたプロジェクションマッピングを制作するためには、対象物の形状情報を取得してそれに合わせたイメージを制作することが必要である。また、鑑賞者の視点位置を考慮してどの位置から鑑賞しても映像が破綻しないようなイメージ表現を考えることも必要である。さらに、投影映像は特定の対象物に合わせて制作されるため、異なる構造物に対して活用することが難しい。そこで本発表では、実空間の形状に合った仮想イメージをどのようにデザインするか、事例を紹介しながら考察する。

2. 対象物の形状に合ったイメージのデザイン

投影映像を制作するためには、投影部分の形状を元にテンプレートを作成し、それに合わせて表現したい内容を抽象化して制作する(図 2)。このような方法は、事前に対象となる構造物の測定や映像制作を必要とする。これに対して、投影対象となる空間形状の特徴から投影映像が自動的に生成される新たなデザイン手法を構築し、それによって様々な空間を対象としたプロジェクションマッピングを行う汎用性のあるシステムを開発した[1]。本手法の特徴は､イメージが投影対象の形状情報を起点としてCGプログラムによって生成される点にある。そのため、予め形状に合わせて意図的にデザインされたイメージではなく、形状情報を元にして変化の富んだイメージを生成できるのが特徴である(図 3)。

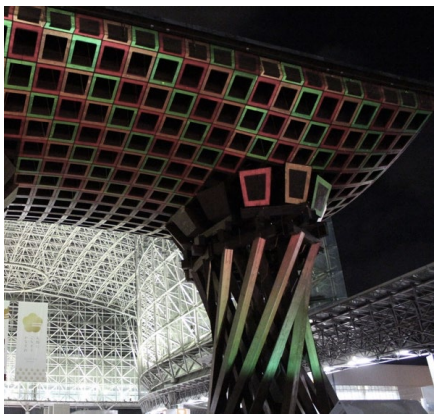


図 1「鼓門」プロジェクションマッピング

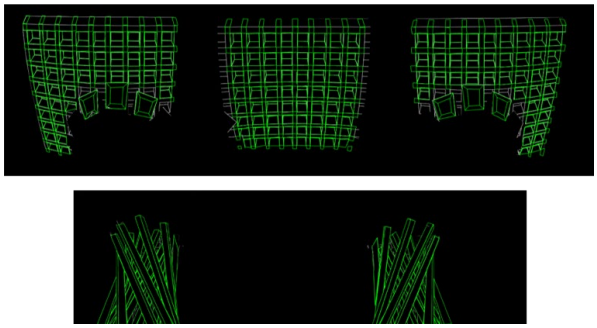


図 2 鼓門の 3DCG テンプレート

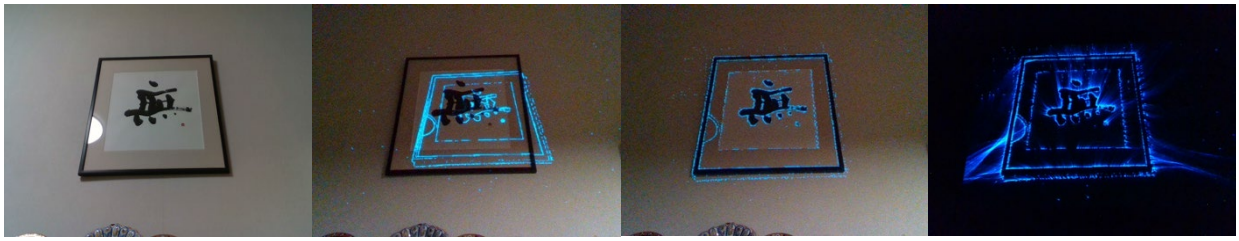


図 3 対象物、特徴点投影、特徴点画像補正後、生成イメージ投影シーン

3. 映像投影環境に適した立体表現

大きな壁面に対して映像投影するプロジェクションマッピングにおいて、実空間を拡張させるように見える立体的な映像や連続した 3DCG シーンを作る場合、鑑賞者の視点位置について注意が必要である。すなわち、その空間にいる不特定の複数の人たちは異なる位置に立ち、時には移動しながら見ることもある。透視投影でレンダリングされた 3DCG をマッピングした場合、適切に見える視点は限定され、それ以外の位置から見ると不自然な立体に見える。すなわち、実空間において我々の目を通して感じる遠近感と 3DCG の仮想空間内のカメラを通してレンダリングされるイメージの遠近感が一致しないことが原因である。従って、実空間における空間認識、遠近感に破綻をきたさないようなイメージを投影することが求められる。それによって、違和感のない拡張現実感が作り出せる。

この問題に対する方法として、実空間の対象物の輪郭線を主とした映像を生成する方法が考えられる。この方法では抽象化したイメージ表現になるが、立体形状の特徴も際立たせ、且つどの方向から見ても対象物の形状に合った表現を作ることができる。また、別の方法として、透視投影ではない立体表現法として、日本の絵巻ものにも使われた斜投象の図法を用いる事が挙げられる[2]。斜投象を用いることで視点の位置が限定されず、横に長く続く壁面などに映像を投影しても、鑑賞者の位置によらず立体的な映像を投影することができる。

参考文献

[1] 亀蔦邦彦,出原立子,“空間形状の特徴点に基づくイメージ生成による空間演出システム”, 日本デザイン学会第 69 回研究発表大会, デザイン学研究　研究発表大会概要集, pp.272-273 (2022).

[2]小山清男,“日本の絵巻における絵画空間”,図学研究 66 号, pp.21-27(1994).

茶碗などに見られるひび割れについて II. 古代サメの歯他

海野啓明 [1]，山口喜博 [2]
[1] 仙台高専（名誉教授），[2] 形の科学会会長
keimei.kaino@gmail.com

Cracks in Glass, China and Porcelains II. Isurus hastalis and others

KAINO Keimei [1] and YAMAGUCHI Yoshihiro [2]
[1] National Institute of Technology, Sendai College, [2] The Society of Science on Form

Abstract: Various cracks occur when cups, porcelains, rubber baloon and teeth of ancient sharks are broken. Some of them are shown to explain their interesting features by use of the theory of cracks of glass plates by M.Hirata.et al.

Keywords: Crack-patterns, bending, stress wave, rubber balloon, tooth of Isurus hastalis

１．はじめに

茶碗，土鍋や甕の蓋，ガラスの器や瓶などは何かのはずみで落として割れたりするとき，割れ目を観察すると興味深い形を持っている。また，発掘された古代サメの歯の化石にはひび割れがよく見られることも興味深い。

文献１（p.256）には，ガラス板をさまざまな方法で破壊させて割れ目の模様を観察した結果から，割れ目の特徴には定性的に共通する法則性が４つある。(1)　割れめは枝分かれするが，独立な二つ以上の割れめが交差することはない。(2)　特別な条件下を別にすれば，割れめの起点は一カ所である。そこで発生した”最初の割れめ”から，通常は枝分かれによって多数の割れめが発生する。(3) 速い割れめは枝分かれするが，遅い割れ目は枝分かれしない。(4) 割れめの方向は最大引張り応力則に従う。すなわち最大引張り応力に対して垂直になるように進む。（図１参照）

本稿では古代サメの歯の化石や日常的に見られる割れ目を幾つか観察した結果から，それらの割れ目の形について気がついたことを述べる。

２．イスルス・ハスタリスIsurus hastalisの歯の化石とひび割れ [2]

図２は千葉県鋸南町元名の採石場から発見されたサメの歯の化石（イスルス・ハスタリス，年代は前期鮮新世）であり，歯根が十分形成され歯こぼれがあるので上顎の機能歯と判断される。サメの歯は岩から外すとき歯が縦方向に割れることが多いので，縦方向にひび割れが入りやすいが横方向にひび割れが入りにくいという性質がある。図２の左図（表面）ではAからBへがメインのひび割れで，右図（裏面）ではAからC2へがメインのひび割れである。問題は表面のスジを越して右側にひび割れが進行していることである。AHを折り目として折ったときAから縁に垂直に最初の割れ目ができて横方向にひび割れが進行し，縦方向のひび割れを誘発した推測される。

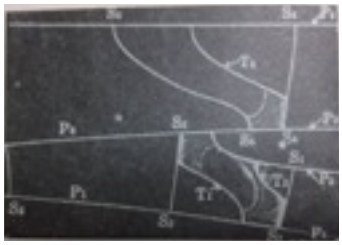


図１　ガラスの表面の割れ目
S2の長さ1mm[1]

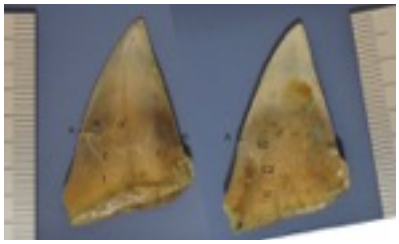


図２　Isurus hastalisの歯の化石のひび割れ。左が表面，右が裏面

図３ ゴム風船の裂け目。

３． ゴム風船の裂け目

図３はハート形のゴム風船を床に置いたままで自然に生じた裂け目である。この波状の裂け目は M.Hirataの論文に掲載されたパイロットバルーンの裂け目と同じ形をしている[3]。パイロットバルーンは球形で気象観測用で膨張して破裂するまで上昇するがゴムの劣化や氷結により破裂することがあるので，十分膨張しないで裂けたときに波状の裂け目が生じると推測される。

４．土器や陶器の割れ目

図４の左図は甕の蓋（35cmϕ）を縦に持って床に落とした時にできたひび割れである。蓋の落下点（図の下側）が最初の割れ目で，ひび割れは枝分かれして蓋の真ん中にある出っ張りを取り囲むように進行する。これと同時に最初の割れ目の丁度反対側の点（図の上側）からも割れ目が生じて，これに最初の分岐したひび割れが入って消滅したと思われる。

図４の右図は茶碗（11cmϕ）の底に少しご飯が残っていた時のひび割れを示す。最初の割れ目（図の上側）はすぐに分岐したが，真ん中のひび割れはご飯のところで左右のひび割れに入って消滅し，左右のひび割れは直線的に伸びて縁まで伸びている。最初の割れ目の丁度反対側の点からは割れ目が発生していないのは，ご飯がひび割れの振動を吸収したためだと推測される。

図５は土鍋の蓋（22cmϕ）を縦に持って床に落とした時にできたひび割れである。図５の左側に ョ 形の大きな割れ目が生じただけで右側に伝搬しなかった。ところが，図５の右図に示すように，反対側に同様な形をした小さなョ 形の割れ目が生じて剥がれた。これは落下したとき受けた打撃が圧縮応力波として反対側まで伝わり，反射により引っ張り応力波に変わる際に起きた破壊だと推測される。[4]

５． ガラスの器のひび割れ

図６はガラスの醤油差しを持ったままの位置で床に落としたときのひび割れである。こなごなにならなかったので比較的ゆっくり割れたと推定される。最初の割れ目は鏡面のようになり，そこから割れ目の進行方向に破面の曲線群が生じたことが図６の左図からわかる。また左図の左側の破断面はω状に波打つ形であることが特徴である。

図４　甕の蓋と茶碗のひび割れ。左は裏面図。右は抜け落ちた三角形の破片が二つ見える。

図５　土鍋の蓋のひび割れ。左は初期割れ目に物指しをあて，反対側には鉛筆を当てた。右は鉛筆をあてた所の拡大したもの。

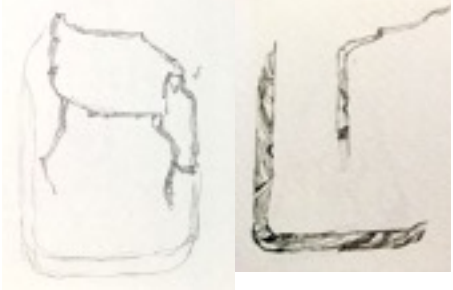


図６　ガラスの醤　油瓶のひび割れ。左は見取り図。右は破面の曲線群

[1] 平田『キリンのまだら』（中央公論社，1975）.
[2] 上野，近藤，井上，千葉中央博自然誌研究報告，第１号（1990, 3月）pp.15-20
[3] M. Hirata，Experimental Studies on Form and Growth of Cracks in Glass Plate, Sc.Pap. I.P.C.R, No.322, Vol.16，（1931）, p.172.
[4] 兵藤『身のまわりの物理学』（裳華房，1944), pp.61–62.
[5] 寺尾『破壊の秘密』（法政大学出版局，1968）, p.132

指紋の形と血流の関係

岡﨑 登志夫
ヤマザキ動物看護学部大学院動物看護学研究科
〒192-0364 東京都八王子市南大沢 4-7-2
t_okazaki@yamazaki.ac.jp

Relationship between Fingerprint Shape and Blood Flow

Toshio Okazaki
Graduate School of Yamazaki University of Animal Health Technology

Abstract: In a previous paper, it has been reported that fingerprint patterns are related to the distribution of veins under the skin and the blood flow by observing the rise in temperature of each part of the skin surface of a precooled finger using thermography. Blood flow pattern was compared to each other of standard fingerprint shapes, such as the loop, whorl, and arch. In addition, the ridge pattern of fingerprints was compared with the grounding pattern of wave planes originating from blood vessels with the finger surface. From these results, it was clarified that the fingerprint patterns were related to the subcutaneous blood flow. However, the details of the fingerprint ridge pattern formation mechanism are still unclear.
Keywords: Fingerprint ridge, Formation mechanism, Vein, Blood flow

１．はじめに

指紋は胎生期 9-15 週目ごろに形成されることが知られている[1]。著者はこれまで、指紋形成のメカニズムの解明を企図して、指紋の形が指皮下の皮静脈血管分布と密接な関係があること [2]、その皮静脈血管分布が指の血液の流れと密接な関係があり、指紋の形と関連することを明らかにし [3]、指紋分布の偏りが、血管形成因子にかかわる遺伝子異常と関連する可能性について報告した[4]。一方ごく最近、指紋がシグナリング分子の EDAR (ectodysplasin A receptor)、WNT と BMP (bone morphogenic protein)が関与するチューリングパターンであることが報告された[5]。しかし、シグナリング分子間の局所反応と、拡散とは異なる方向性のある血流がどのように指紋の形に影響するのかは不明である。今回は、指紋の形と血流に関するこれまでのデータを整理し、若干の考察を試みた。

２．指の血管分布と血流の観察

指紋の形と血管分布の関連を解析するために、皮下の血管分布を可視化すべく、指の爪側に近赤外線 LED 照明装置を置き、指の腹側から近赤外用 CCD カメラで撮影した。次に皮下の血流を観察するために、前もって指を冷やした後、サーモグラフィーカメラで指表面の温度変化を連続的に観察し、撮影した。そもそも血液は熱を運ぶことが知られており、指表面温度上昇の拡散は、血流に依存するものと考えられた[3]。

３．指表面温度の経時変化からの血流の推定

蹄状紋、環状紋、弓状紋の指の表面温度の経時的拡大変化から、血流について推定した。

蹄状紋では、表面温度上昇は、指中央左右２ヶ所から始まり、蹄状紋の隆線の流れの方向の下側に拡大した。環状紋では、表面温度上昇は、指中央１ヶ所から始まり、下側に拡大した。弓状紋では、表面温度上昇は、指中央縦に並んだ複数ヶ所から始まり、下側に拡大した。以上のように指紋の形によって、血流に明らかな違いが認められた[3]。

４．波動と隆線との関連性の推定

血液または組織液の流れによって伝えられる波動面と指皮膚との接地パターンと指紋の隆線との関係を推定するために、指の石膏レプリカを作製し、これにまっすぐな棒の影を落として、隆線パターンと比較したところ、よく一致した。このことから、血管を起点とする血液の流れを介した波動が、指紋の隆線形成と関係するものと推定された[2]。

５．血流による指紋形成

我々の身の回りにはさまざまな縞模様があるが、その素材とリップル（縞）間隔の関係を見てみると、素材の粒径が小さければ小さいほどリップル間隔が指数関数的に小さくなる傾向が認められ、指紋の隆線間隔もこの回帰直線上にあると推定された（図１）。多様な形の指紋形成メカニズムの解明には、上皮細胞の増殖制御機構解析と素材である上皮細胞やシグナリング分子と流れとの物理学的相互作用解析の両方が必要と思われ、今後の課題である。

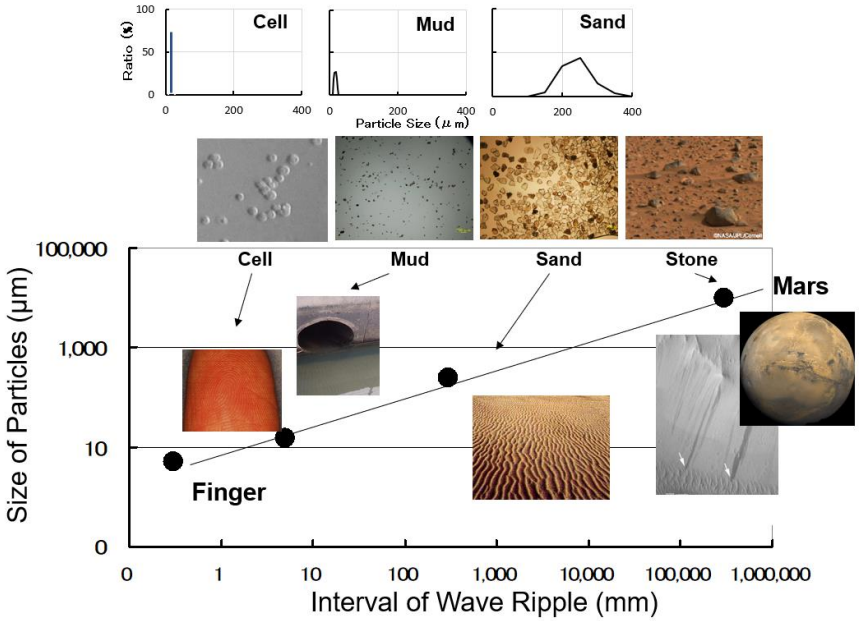


図１　縞紋様のリップル（縞）間隔と粒子サイズの関係

参考文献

[1] Lacroix B. et al. Early human hand morphology: an estimation of fetal age. Early Hum. Dev. 9 (1984) 127-136.

[2] 岡﨑登志夫．指紋の形と静脈分布の関係について．形の科学会誌 30 (2015) 104-115.

[3] 岡﨑登志夫．指紋の形と動的赤外線サーモグラフィーによって推定された血流との関係．形の科学会誌 42 (2021) 89-95.

[4] 岡﨑登志夫．指紋分布の偏りと血管形成因子異常の関係．形の科学会誌 43 (2023) 印刷中.

[5] Glover J.D. et al. The developmental basis of fingerprint pattern formation and variation. Cell 186 (2023) 940-956.

ゲノム QR コード（スピド）法（II):
“形”の植物分類と“ゲノム”の植物分類とはなぜ一致するのか？

西垣 功一[1]、濱野 圭一[2]
[1]埼玉大学（名誉教授）、[2,1]GenoLife 研究会
[1]埼玉県上尾市中妻, [2]埼玉県さいたま市南区
[1]koichi@fms.saitama-u.ac.jp, [2]khamano1211@gmail.com

Genome QR code (spiddos) method (II):
Why does the genome-approach generate the congruent classification of plants with the “Katachi”-based one?

Koichi Nishigaki, Keiichi Hamano
Saitama University, GeniLife Science

Abstract: There is no *a-priori* guarantee for the congruence between the two quite different methods; phenotype-based and genotype-based classifications. Experimentally, it has been found that the spiddos method provides the excellent congruent classification result with the classical phenotype-based one. To understand this phenomenon, those concepts of “dissimilarity”, “evolution”, and “genome distance” were prudently considered, offering the images of potential powers of the spiddos method.

Keywords: spiddos method, Genome profiling (GP), Genome QR code, botanical classification, phenotype-based classification

1. はじめに

古来、李時珍の「本草綱目」（1598 年）や Carl Von Linné の「植物の種」（1753 年）、あるいは牧野富太郎の「牧野日本植物図鑑」（1940 年）など植物分類上、顕著な足跡が残されている。中でも Linné により植物分類学の体系的基礎が築かれた。これらの分類は“形”を基本としたものでその重要性は今も失われていない。一方、20 世紀末以来、DNA 塩基配列情報が加速的に蓄積し、今日では塩基配列情報に基づき植物（生物）を同定・分類することが主流になってきている。

ここにおいて、“形”の類似度(Similarity)を基本に構築された植物分類体系（クロンキスト体系など）と”DNA 塩基配列”の近さから築き上げられた植物分類体系（APG など）との間には原理的な違いがあり、その一致は自明ではない。実際、比較に用いる遺伝子の種類や組み合わせによって分類結果に違いが生じる（文献１）。従って、遺伝子型での分類は、一般にやや込み入った補足的処理が必要になる。しかし、その一種であるスピド法は単一の処理だけで表現型（形）による分類と見事に一致することがわかっている。この間の事情を考察し、スピド法の有効性と適用範囲を示す。

２．表現型と遺伝子型

植物 P1,P2,P3 を分類するのに、特定の組織・器官（花や葉など）T1,T2,,,の表現型（形/サイズなど）の違いに基づく。それらの相似性（similarity)から”半”定量的（大・中・小のように）に相違度を評価し、それらすべてを総合して、共通の祖先からの分離を仮定し、P1,P2,P3 の系統を求めるのが表現型による分類学の基本といえる。必然的に携わる研究者ごとに主観の入り込む余地が生じ常に議論を要する。そのために分類体系の最終的な決着を得るのは容易ではなく改定が続いてきた（エングラー体系→新エングラー体系→クロンキスト体系）。

一方、遺伝子型方式のスピド法では、植物 P1,P2,P3 のゲノム DNA から共通性のある配列部分を取り出し（ランダム PCR 技術）、それらの DNA 断片から塩基配列情報に基づく分離処理（温度勾配ゲル電気泳動法）および画像処理により”QR コード状”の「スピド」を生成し、植物相互間のスピド比較から相似性（similarity）を求め、その補数としてのゲノム距離を求めることになる。この一連の手続きには主観は入り込まず、結果は一義的・普遍的である（文献２）。

３．ゲノム距離と”ガウス鎖距離”

上記のように原理的に異なる分類法で求められた結果が一致するという保証はアプリオリには存在しない。にもかかわらず良好な一致を示す理由としては遺伝子型法の”単純加算的距離”（ここでは「ゲノム距離」）に対して、形態による分類では多因子に起因する統計的効果としての距離（”ガウス鎖距離”）が対応し、それらの間に『相似性』が存在することが推定される。

今日、分子生物学・分子生物物理学の発展により、表現型の変異と遺伝子型の変異とはより緻密に繋がりつつある。1 つの表現型（例えば葉の大きさ）を決めるのに、関係するタンパク質の発現量／活性／他の分子との相互作用の全体／が関わってくる。さらにそれらは、タンパク質の形態形成（フォールディング）の速度や三次元的構造、その構造安定性を基礎としている。それらをタンパク質アミノ酸配列の個々の変異（元になる遺伝子 DNA の塩基配列変異（→ゲノム距離の発生））と対応付けて捉えることができる。つまり、DNA の 1 塩基置換が 1 アミノ酸変異を引き起こしたときに、その結果として、様々な反応素過程で個別に異なる出力（プラス・マイナス応答）を生じ、形態的に異なる方向への変移につながると考えられる。この過程の考察から本テーマの解が求まると考えられる。

４．参考文献

1) de la Torre J. et al. *BMC Evolutionary Biology* (2006) **6**:48
2) Kouduka et al. *Int. J. Plant Genomics* (2007), **2007**:27894,

Auxetic 構造を取り入れたソフトロボティクス設計

遠藤　洋史
富山県立大学工学部・〒939-0398 富山県射水市黒河 5180
endo@pu-toyama.ac.jp

Design of Auxetic-typed Soft Robot

Hiroshi Endo
Toyama Prefectural University・5180 Kurokawa, Imizu-shi, Toyama 939-0398, Japan

Abstract: An actuator is a mechanical element that converts an external input such as an external field or an electrical signal into a physical motion. Soft actuators are made of soft polymer materials such as gels and elastomers, and have various advantages such as lightweight and quietness. We have previously fabricated a channel structure with a re-entrant structure with a kind of auxetic structure, and developed it into a highly stretchable wearable sheet. However, the deformation of the cell structure was limited to two dimensions. In this study, we designed a soft robot with a three-dimensional auxetic structure using a 3D printer, and aimed to drive it by pneumatic control.
Keywords: Soft robot, Auxetic structure, Biomimetic, Pneumatic control

【緒言】ゲルやエラストマーといった柔らかい高分子材料を採用したソフトロボットは，小型･軽量･静音であることなど様々な利点を有している．ソフトロボットの駆動源は様々提案されているが，近年では空気圧で駆動するバイオミメティック系構造体が注目されている．従来のロボットのモーターが金属製に制限されているのに対し，柔らかいロボットには強度と柔軟性を兼ね備えることができる．また歩行性を加味することで，人が介入できないような環境へも対応できる．また自然界に存在するトポロジカルな特徴として，カイラリティや階層性などが挙げられる．これら幾何学的要素から触発された人工物は多数報告されているが，最近では負のポアソン比を有する Auxetic 構造が注目されている．その一種に 2D-カイラル回転構造があり，リエントラント骨格を主体に様々な回転機構が提案されている．しかしながら，多くは 2D-回転限定の平面挙動に注力されており，3D-立体変形を促すような回転機構は少ない．立体変形をはじめとした形状可変の構造体作製は，航空工学や低侵襲手術の発展などに貢献する未来技術の核となるシーズとして位置付けられていることからも重要である．

上記を踏まえ，本研究では負のポアソン比を有する Auxetic 構造を外骨格様のアーマードと見立て，ベローズ型チューブ周囲に一体化したシリンダー設計を行い，空圧駆動による変形特性と歩行性能を検討した．併せて従来の 2D-回転限定のカイラル円形枠を架橋した独自のユニットセル構造を設計した．この上下回転 2 層体を中心に，面外変形の拡張性を見出すために力学・空圧操作による駆動機構を検討した．

【Auxetic アーマード設計】構造体作製には光造形(SLA)方式の 3D プリンタを使用した. またレジンには Elastic 50A を使用した. 本レジンはショアデュロメータ 50A の硬度をもつアクリレート系素材であり, ヤング率に換算すると PDMS と同等の約 2.2 MPa である. 全体形状およびユニットセル構造を **Fig.1** に示す. リエントラント型の double arrowhead honeycomb(DAH)構造(**Fig.1 (a), (d)**), ハニカム構造の長手をチューブ長軸と平行に縦配置した vertical 構造(**Fig.1 (b), (e)**)および横配置した horizontal 構造(**Fig.1 (c), (f)**)の 3 種類を設計した. チューブ周囲を Auxetic 構造で覆い, 両端で固定化する設計により一体化を図った. アーマード部の変形を利用して, ラチェット路面上における歩行性能を検証した. 空気注入–吸引操作を繰り返したところ, DAH シリンダーは矢じり先端の立体変形に伴う多点接地に反映し, 約 18 cm/min の速度でほふく運動する様子を確認できた(**Fig.2 (a)**). 一方, ハニカム型の両シリンダーは前進することなく, その場で伸縮運動するだけであった(**Fig.2 (b), (c)**).

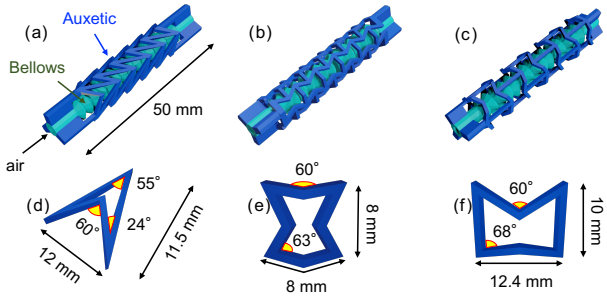


Fig. 1 Schematic illustration of auxetic armored cylinder with **(a)(d)** DAH, **(b)(e)** re-entrant honeycomb (vertical), **(c)(f)** re-entrant honeycomb (horizontal).

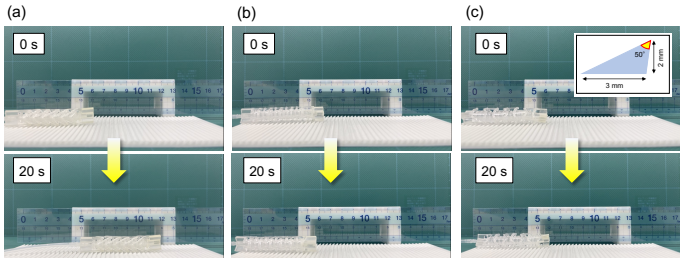


Fig. 2 Snapshots of locomotion before and after pneumatic control for various cylinders. **(a)** : DAH cylinder, **(b)** : vertical honeycomb cylinder, **(c)** : horizontal honeycomb cylinder.

【Auxetic カイラル設計】2 種類の造形方式を採用して構造体を作製した. 熱溶解積層(FDM)方式の 3D プリンタを使用する場合にはフィラメント材に TPU(熱可塑性ポリウレタン)を用いた. 光造形(SLA)方式の 3D プリンタを使用する場合にはレジンに Elastic 50A を用いた. 上下回転 2 層体は, 全体の長軸方向に対して架橋軸(回転角)を 45º に固定して, 回転部位が上下同一方向の並列型(**Fig.3 (a)**)と交差型(**Fig.3 (c)**)の 2 種類を設計した. 回転円の直径は 10 mm, 面外変形する架橋中心円の直径は 3 mm とした. 15 mm 一軸伸長すると並列型は上下両側に(**Fig.3 (b)**), 交差型は片側のみ(**Fig.3 (d)**), 共に 2 mm 面外変形した. 伸長と同時に回転角が 45º を越えると円がゆがみ始め, 短軸上下からの応力が伝搬して面外変形すると考えられる.

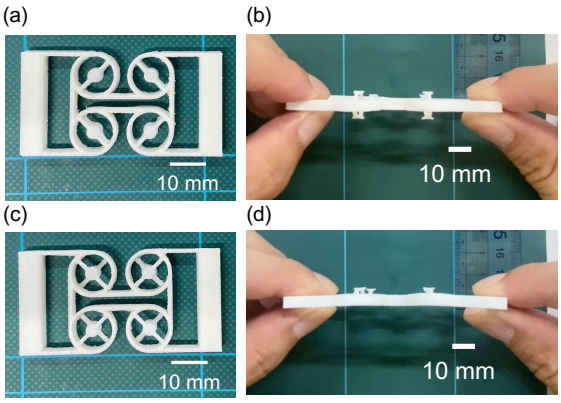


Fig.3 Photographs of **(a)** parallel-typed and **(b)** crossing-typed chiral structures. Photographs of stretching transformation for **(c)** parallel-typed and **(d)** crossing-typed chiral structures.

【謝辞】本研究の一部は JSPS 科研費(19H02446)および小笠原敏晶記念財団からの援助により実施した.

競争的ニューラルネットワークを利用した株価時系列の数値解析とその評価

保谷 太陽[1], 中嶋 大祐[1], 中根 滉稀[1], 平田 隆幸[2], 髙田 宗樹[2]
[1]福井大学大学院工学研究科総合創成工学専攻 〒910-8507 福井市文京3-9-1
[2]福井大学学術研究院工学系部門 〒910-8507 福井市文京3-9-1
E-mail takada@u-fukui.ac.jp

Evaluation of the Numerical Analysis of Stock Prices Using Generative Adversarial Networks

Taiyo Hodani[1], Nakajima Daisuke[1], Kohki Nakane[1], Hirata Takayuki[2], Hiroki Takada[2]
[2]Advanced Interdisciplinary Science and Technology, Graduate School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan
[3]Department of Human and Artificial Intelligent Systems, Graduate School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

Abstract: On March 19, 2020, the Nikkei Stock Average continued to fall on the Tokyo stock market, closing at 16,552.83 yen. Stock prices fell assuming that the new coronavirus problem would not be resolved. The aim of this study is to construct a financial time-series model using artificial intelligence (AI). As an example, a few companies were herein selected from the aviation industry in Japan. Using generative adversarial networks (GAN), we conducted a numerical analysis to predict the stock prices of the daily data.

Keywords: Generative adversarial networks (GAN), Wiener process, auto covariance, Hurst exponent, translational error

1. はじめに

2020年3月19日、東京株式市場で日経平均株価は続落し、1万6552円83銭で終えた[1]。新型コロナウイルス問題の収束が見込めないためなのか、株価は下落した。この下落の要因として、新型コロナウイルスの影響による企業業績の悪化だけでなく、人工知能(AI)もしくは、自動売買アルゴリズムにおける自動的なロスカットの連鎖による連続的な売りが発生したことが挙げられる[2]。このことは、金融市場にAIや自動売買アルゴリズムの導入が進んでいることを示唆している。また、教育現場にとどまらず、企業活動においてもリモートワークが普及しており、経済活動の背景となる社会構造が変化した可能性もある。

本研究では金融時系列を記述するAIモデルの構築を目的とした。その一例として、日本国内の上場企業のうち数社を抽出して、過去15年間の日足データを参照して株価を記述する敵対的生成ネットワークGAN (Generative Adversarial Networks)を構築した。ここでは、カオス時系列解析の際に考慮すべき特徴である、定常性、決定論性、フラクタル性に着目する。それぞれの金融時系列データおよびその数値解について非線形解析を行うことにより評価して、比較検討した。

2. 実験方法

本研究で用いた株価時系列データはリーマンショック(2009,4,1)から新型コロナ感染症の拡大期間(2022,11,20 日)までの 15 年間で、日足(終値)を Yahoo!ファイナンスより得た。対象とした企業は航空業種の中から 10 社を抽出した(表 1)。先ず、時系列長を 1024 点ごとに切り出し、それら区間ごとに最小値および最大値が±1 になるように標準化し、これを標準化株価時系列とする。この標準化株価時系列と GAN の生成器により生成された時系列(生成時系列)を GAN の識別器により分類し、生成時系列を標準化株価時系列と判定した場合に数値解(擬為替レート)とした。これらとウィナー過程にて生成された波形、標準化株価時系列データから自己共分散、ハースト指数および並進誤差[3]の指標をそれぞれ算出した。自己共分散については、各時系列に対し l ステップ遅延時系列との自己共分散を算出する。それぞれの指標ごとに密度分布を得ることにより、標準化株価時系列と擬為替レート、ウィナー過程の密度分布に関する一致する度合い(類似度)を求めて、数値解の評価を行った。

3. 結果および考察

自己共分散については、すべての遅れ時間おいて、数値解(擬為替レート)の方が高い類似性を示した。図 1 に示した並進誤差についても同様にすべての遅れ時間において、数値解(擬為替レート)の方が高い類似性を示した。ハースト指数についてはウィナー過程により生成した時系列の方が、類似性が高い。

企業名	
日本航空	ANAホールディングス
日本航空電子工業	パスコ
双日	川田テク
EIZO	航空施設
日本航空ビル	日新

表 1,航空業種の 10 社

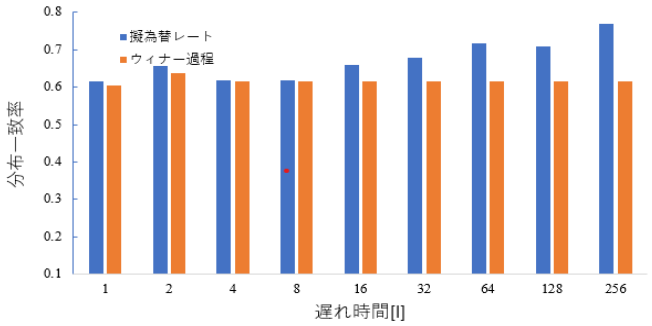


図 1,自己共分散の結果

参考文献

[1] 日本経済新聞社, ”日経平均、終値 173 円安の 1 万 6552 円,” 日本経済新聞社,03 19 2020. https://www.nikkei.com/article/DGXMZO56990520Z10C20A3000000 (2021 年 11 月 1 日参照)

[2] S. Ponczek, E. Popina and L. Wang, “Dow average, who dropped-machine criminal theory emerging,” Bloomberg, 06 02 2018. https://www.bloomberg.co.jp/news/articles/2018-02-06/P3PJGE6JIJVN01(2021 年 11 月 1 日参照)

[3] H. Takada, T. Morimoto, H. Tsunashima, T. Yamazaki, H. M. Miyao, ”Applications of double-Wayland algorithm to detect anomalous signals,” Forma, Vol. 21 (2), pp. 159-167, 2006.

明暗順応過程における生体信号に関する研究

牧野瑞稀[1]、河合辰貴[1]、菅井洋成[1]、保谷太陽[1]、
木下史也[2]、松浦康之[3]、平田隆幸[1]、髙田宗樹[1]
[1]福井大学大学院工学研究科知識社会基礎工学専攻
〒910-8507 福井市文京 3-9-1
[2]富山県立大学工学部情報システム工学科　〒939-0398 富山県射水市黒河 5180
[3]岐阜市立女子短期大学データ駆動科学教育研究センター
〒501-0102 岐阜県岐阜市一日市場北町 7-1
mf220320@g.u-fukui.ac.jp

A Study on Bio-signals during the Light/Dark Adaptation Process

Mizuki Makino[1], Tatsuki Kawai[1], Hironari Sugai[1], Taiyo Hodani[1]
Fumiya Kinoshita[2], Yasuyuki Matsuura[3], Takayuki Hirata[1], Hiroki Takada[1]
[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]Department of Information Systems Engineering, Faculty of Engineering,
Toyama Prefectural University
5180 Kurokawa Imizu, Toyama 939-0398, Japan
[3]Education and Research Center for Data-Driven Science, Gifu City Women's College
7-1 Hitoichiba Kitamachi Gifu, Gifu 501-0192, Japan

Abstract: In recent years, we may encounter numerous situations in which stereoscopic images can be viewed, and the use of stereoscopic images has become popular. As a side note, reports of people complaining of symptoms of visually induced motion sickness (VIMS) such as headaches and vertigo have been observed. Furthermore, reports on the effects of the illuminance environment on biological reactions have been observed. However, the effects of the light/dark adaptation process on our bodies have not been investigated in detail when viewing stereoscopic images. Bio-signals were observed in this study to investigate the effects of the adaptation process on biological reactions when viewing stereoscopic images. We observed a hysteretic control in the body sway as the adaptation processed.

Keywords: visually induced motion sickness (VIMS), bio-signal, light/dark adaptation process, hysteretic control, body sway

1. はじめに

近年、映像技術の発展により立体映像を視聴できる場面が増加している。ゲーム機器や家庭用テレビ、映画視聴といった娯楽だけにとどまらず教育や医療の現場など、様々な分野において立体映像の利活用が盛んにおこなわれている。その一方で、頭痛や眩暈、目疲労といった映像酔いと呼ばれる不快感を訴える報告が多くされている[1]。

姿勢制御は、前庭系、視覚系、体性感覚系などからの感覚入力の調整によって行われている。人の認知のうち視覚から得られる情報が大半を占めているとされており、姿勢制御には視覚系が深く関わっているといえる[2]。また、部屋の照度や色温度など、照度環境が生体に与える影響についての報告がされている[3][4]が、立体映像視認時における照度変化が生体に与える影響について着目している例はほとんどない。そこで本研究では立体映像視聴時における照度変化が生体に与える影響を検討するための基礎的な検討として、照度変化が生体状態に与える影響について着目した。明暗順応過程における重心動揺や脳波、心電図などの生体信号を計測し解析することで、明暗順応過程が生体に与える影響について、検討を行った。

2. 実験方法

本実験では、部屋の照度を 10 段階変化させた際の重心動揺、脳波、心電図の計測を行った。被験者は健常な若年男性 8 名を対象に実験を行った。被験者から視距離 150 cm の位置に固視点を配置し、部屋の照度は被験者の目の位置で 10 lx から 30 lx 刻みで 280 lx までの 10 段階とした。各段階の照度で 30 秒間の計測を行い、各被験者に照度上昇過程また照度下降過程の 2 条件での計測を行った。2 条件は順序効果を考慮してランダムな順番で実施し、2 条件間には 5 分間の休息をとらせた。重心動揺計測には平衡機能計 UM-BARII(株式会社ユニメック)を用い、立位ロンベルグ姿勢での計測を行った。脳波計測にはバンド型テレメトリー式 2 電極簡易脳波計(NeuroSky)、心電図計測には Cardiostic(NeuroSky)を用いた。

3. 結果および考察

本実験の実験風景を図 1 に示す。明暗順応過程において同時計測した重心動揺、脳波、心電図解析を行い、照度変化による明暗順応過程の違いが生体に与える影響について基礎的な検討を行った。解析結果および考察の詳細については、講演での報告とする。

また、今後の展望として、立体映像視認時における明暗順応過程での生体反応について検討することが考えられる。

図 1　実験風景

4. 参考文献

[1] 濱岸五郎, “3D ディスプレイにおける人間工学的評価と標準化”, 映像情報メディア学会技術報告, 33(16), pp.9-12, 2009

[2] 加藤宏, “視覚は人間の情報入力の 80%説の来し方と行方”, 筑波技術大学テクノレポート, 25(1), p.6, 2017

[3] 杉本賢, “照明環境要素の生体への影響に関する研究　照度と生理的負担の関係 (その 1)”, 照明学会誌, 64 (4), pp.178-182, 1980

[4] 北堂真子, “良質な睡眠のための環境づくり 就寝前のリラクゼーションと光の活用”, バイオメカニズム学会誌, 29(4), pp.194-198, 2005

色相と形の組み合わせが短期記憶に及ぼす影響に関する研究

丸野 瑞貴、松崎 元
千葉工業大学大学院 創造工学研究科 デザイン科学専攻
千葉県習志野市津田沼 2-17-1
s18B3122KK@s.chibakoudai.jp

A study on the effects of combinations of hues and shapes on short-term memory

Maruno Mizuki,Matsuzaki Gen
Chiba Institute of Technology
2-17-1 Tsudanuma,Narashino-shi,CHIBA

Abstract: In this study, we conducted an experiment on 12 male and female university students to examine how the hue and shape of the memorized objects change when recalling objects and symbols instantaneously memorized with the eyes. Displays a 3x3 white square in the center of the display terminal. A shape formed by adding color to 4 of them is used as a pattern, and 8 patterns are displayed at random one by one for 1.5 seconds. After all of them are displayed, check the patterns that you can recall. As a result, it was found that line-symmetrical and point-symmetrical patterns are easy to recall, and that there is a difference depending on the hue.
Keywords: short-term memory, hue, shape, pattern

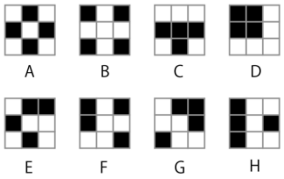
１．目的

瞳で瞬間的に記憶した物体や記号を想起する際、記憶する対象の色相や形状によってどのように変化するのか検討するために実験を行った。印象に残りやすいロゴマークや製品のデザインを製作する際に役立てることが目的である。

２．方法

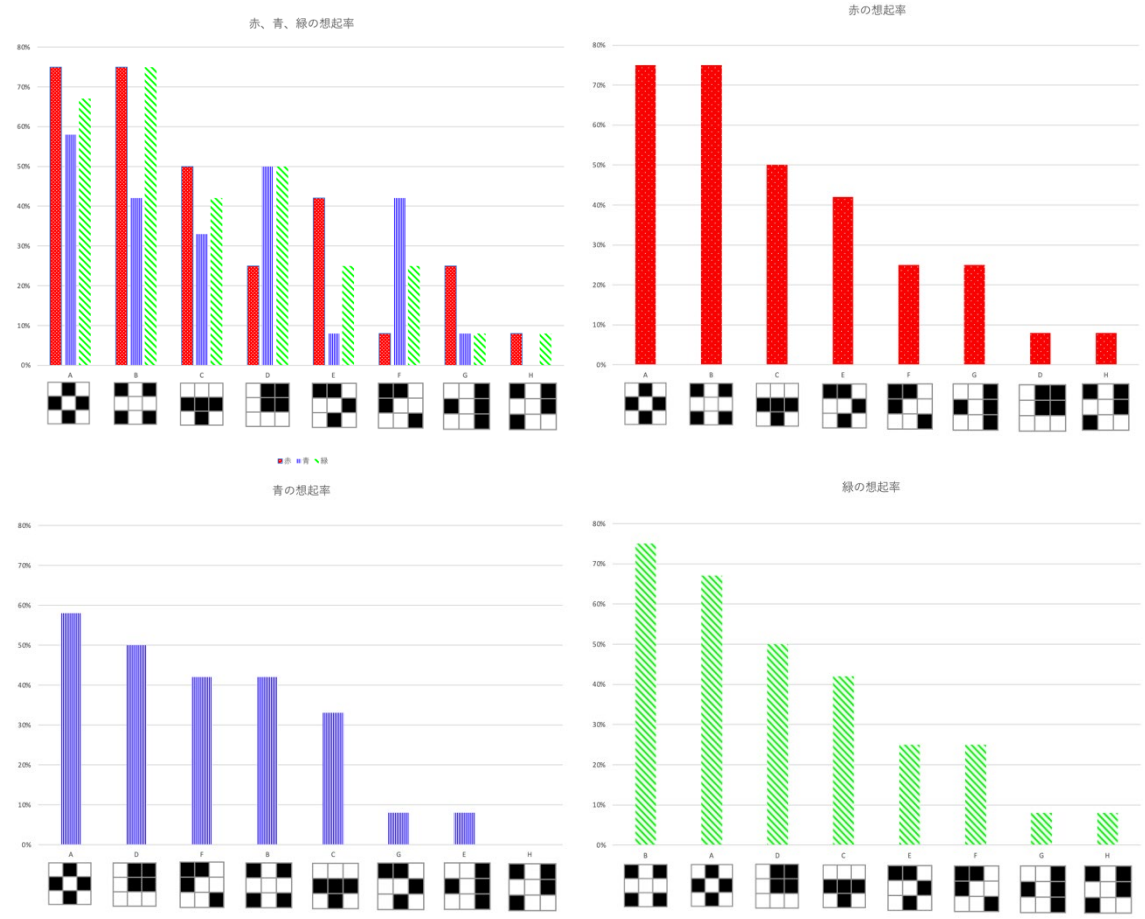
21歳～24歳の視力や色覚に異常がない男女12人を対象として行った。21インチ（2560×1440）のディスプレイ端末の中心に3×3マスの白の正方形を表示する。その内の4マスに色を足してできた形を模様とし、8つの模様を無作為に1つずつ1.5秒間表示する[図１]。すべて表示された後、想起できた模様を確認する。これを１セットとし、模様の色相を変更して合計３セット行った。使用する色相は赤（R:225,G:0,B:0）青（R:0,G:0,B225）緑(R:0,G:225,B:0)とし、1セットに1色ずつ使用した。ディスプレイの背景は白で、輝度は最大を固定する。

[図１]



３．結果

瞳で瞬間的に記憶したものを想起する際、記憶する対象の模様と色相によって差があることが、考察できた[図2]。模様A、Bのような線対象かつ点対象な模様は赤、青、緑の色相すべて50%以上となる正答率を記録した。線対象かつ点対象な模様は9マスの正方形において、上下左右どちらに寄っていたかを考える必要がないため非常に記憶しやすい模様であるのだと考えられる。模様Hはすべての色相における正答率が一番低い結果となった。模様Bと比べて模様Hは角の1マスが1つ動いただけの非常によく似た模様であるにも関わらずかなり大きな差となった。模様C、Dのような4つのマスの距離が近い場合はその模様を形として認識したのだと考える。色相のみで見ると青の正答率が赤、緑と比べて低いことが結果として出た。この原因は不明である。



４．まとめ

対象を短期記憶する際、対象の色相や形によって想起に差が出ると仮説を立てて実験を行った。今回は 3×3 のマスの中での検証となったため、線対象かつ線対象の模様が他の模様と比較して優位な結果が出た。また、4 マスのみに色相を加えたため、色相が加えられた 4 マス同士が近い模様は形として認識され、色相が加えられたマス同士が離れている模様と比較して優位な結果が出た。そして、色相によって想起に差が出ることが結果として出た。

幾何学形態のモーショングラフィックスによる水の表現に関する研究

高橋　弘暉、松崎　元
千葉工業大学大学院　創造工学研究科　デザイン科学専攻
千葉県習志野市津田沼 2-17-1
s18b3081md@s.chibakoudai.jp

Research about the expression of the water by the motion graphics that is in geometry form

Takahashi Koki, Matsuzaki Gen
Graduate school of Chiba Institute of Technology
2-17-1 Tsudanuma,Narashino-shi,Chiba

Abstract:
As the use of motion graphics continues to advance, we investigated the possibility of representing water as a geometric shape and recognizing it in advance as a new way to use motion graphics. We investigated the possibility of using geometrical shapes to represent water temperature, water volume, water flow, etc. and recognize them in advance. Four types of shapes were prepared, and 39 videos were evaluated by 12 men and 12 women for their impressions. Scatter plots were created based on the results. It was also found that the images could be divided into three groups with different characteristics. Based on the results of this study, it is necessary to analyze whether there is a difference in the evaluation of the images of water in the future.

Keywords: Motion graphics, Water, Geometric Form, state visualization

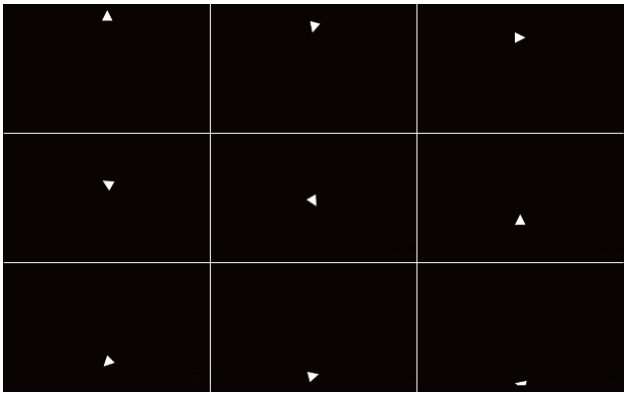
1. 目的

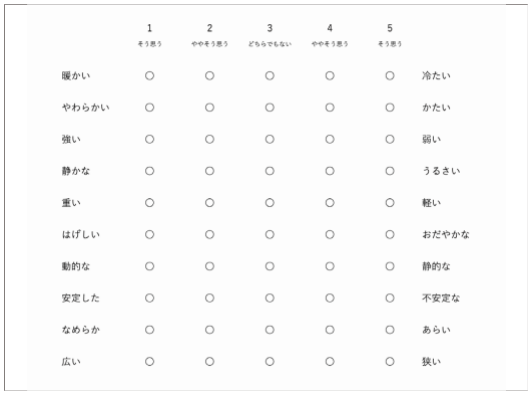
モーショングラフィックスに関する研究[1) 2)]によって、活用性の高さが示されている。活用性の高さを生かし、水の状況（水温や水量、水の速さなど）を幾何学形態で表し、かつモーショングラフィックスを組み合わせることで、水の状況を簡単に表現しやすくし、視聴者に伝えることを模索する。活用場所としては、視覚的にスマートフォンを通して遠隔地の人に伝える。例えば、祖父母の生活状況を確認するためなどである。表示場所としては、主に水道の液晶やレバーハンドル、給湯器リモコン、アプリ画面などである。

2. 実験方法

Keynote を用いて作成した動画を視聴してもらう。色彩などの影響を最小限にするために、背景は白色（#FFFFFF）で図形は黒色（#000000）とする。表示する画面は、Macbook を使用する。手続きとしては、「図形が動く動画」であることを把握してもらう。変数は図形の種類・回転速度・回転数の３種類である。図形は円形・三角形・四角形・五角形・六角形を

使用している。回転速度は「0.5 秒・1.25 秒・2 秒」の 3 段階で設定し、回転数は「1 回転・3 回転・5 回転」を設定した。円形のみ移動速度だけを変更している。円形以外は 9 通りずつ、円形は 3 通りの動画を用意した。評価方法は、SD 法による 5 段階評価を実施した。評価項目は先行研究[3]を参考に選定している。被験者は、千葉工業大学の学生及び院生 12 名（男性 6 名、女性 6 名）である。

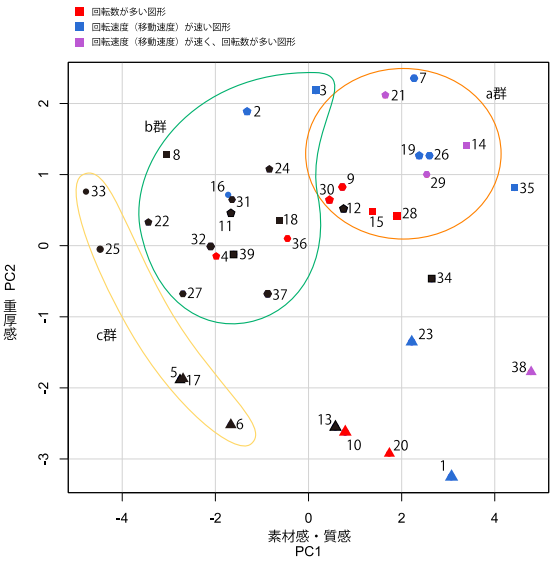




※実験動画(右図)・評価項目(左図)

3. 解析結果

解析結果を基に作成した散布図が左図である。第 1 因子が強く影響している変数は、「やわらかい⇄固い」と「なめらかな⇄あらい」であることから、第 1 主成分を素材感・質感とした。第 2 因子が強く影響している変数は、「強い⇄弱い」と「重い⇄軽い」であることから、第 2 主成分を重厚感とした。回転数が最も多い図形を赤、回転・移動速度が最も速い図形を青、両方の要素がある図形を紫の図形で表した。特徴のある三つの群に分けた結果、A 群は、四角形以上の多角形で赤・青・紫のいずれかを含む。B 群は、四角形以上の多角形で構成されており、形が重要視されている。C 群は赤・青・紫を含まず円形と三角形のみで構成されていた。



4. まとめ

図形としての印象評価にとどまっているので、手続きの段階で水をイメージもらうことで異なる結果が得られたかもしれない。今後は、水をイメージして評価してもらい、印象評価に差異が生まれるのかを解析する必要がある。

参考文献

1. 趙領逸、山中敏正：ビジュアルコミニケーションにおけるモーショングラフィックスの構成要素による感性反応の特徴 -デザイン教育や仕事の経験の差による認知の差を中心に-、日本感性工学会論文誌 Vol.9 No.2 pp277-283 (2010)
2. 森崇圭、菊池司：ロゴタイプ・ロゴマーク構成要素の分類に基づいたモーショングラフィックスの生成、ITE Technical Report Vol.40 No.11 (2016)
3. 井上正明、小林利宣：日本における SD 法による研究分野とその形容詞対尺度構成の概観、教育心理学研究 第 33 巻 第 3 号 pp253-260 (1985)

押しボタンスイッチの形状と操作に用いる手指接触部位選択の関係

森澤 圭織、松崎 元
千葉工業大学大学院 創造工学研究科デザイン科学専攻
千葉県習志野市津田沼 2-17-1
s18B3129GF@s.chibakoudai.jp

Correlation Between Shape of Push-Button Switch and Choice of Fingers Used for Press

Morisawa Kaori,Matsuzaki Gen
Graduate School of Chiba Institute of Technology
2-17-1 Tsudanuma,Narashino-shi,CHIBA

Abstract: We usually operate push-button switches with different standards using various body parts without being conscious of it. We will investigate what characteristics of switches humans use to decide which part to use for operation. The results can be used to develop products that provide people with a better operating experience.

Keywords: push-button switch, sensibility evaluation

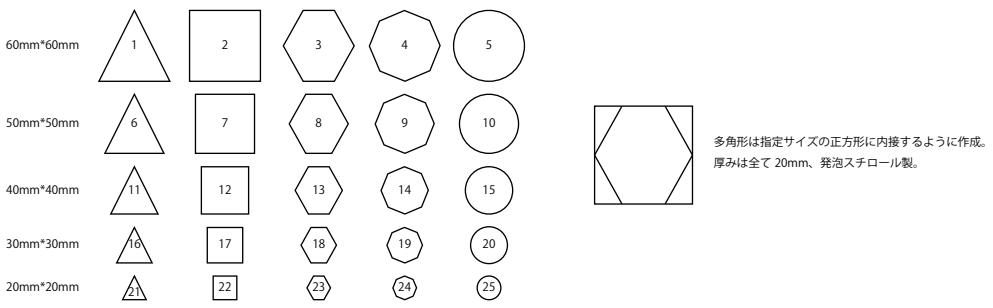
1．目的

押しボタンスイッチを押す際に手のどの部位を用いるのか、スイッチの形状や大きさによって用いる部位は変化するのかについて実験を行った。感触を最も楽しめる部位での操作に誘導する、形状から予想される使用部位に適した操作感のスイッチを採用するなどの形でより良い操作体験を提供するために役立てることが最終的な目的である。

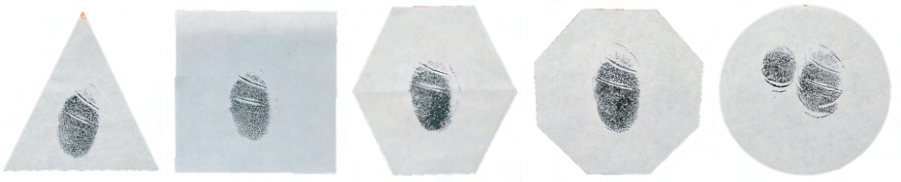
2．実験概要

21 歳～24 歳の腕や指に障害のない男女 13 人を対象として行った。
押しボタンスイッチの操作面を模したサンプルを 25 種類用意し、同じ形に切った紙を貼り付けた。サンプルの内訳は 5 種類の形状と 5 段階の大きさの組み合わせで、表面は全て平坦である［図 1］。被験者は利き手にニトリル製の手袋を着用し、その上からインクを塗布して番号順に被験者の正面に提示するサンプルを操作した。その様子を撮影した映像から操作に使用した部位を、貼り付けた紙に残ったインクの跡からサンプルのどこに接触したのかを記録した［図 2］。

［図 1］



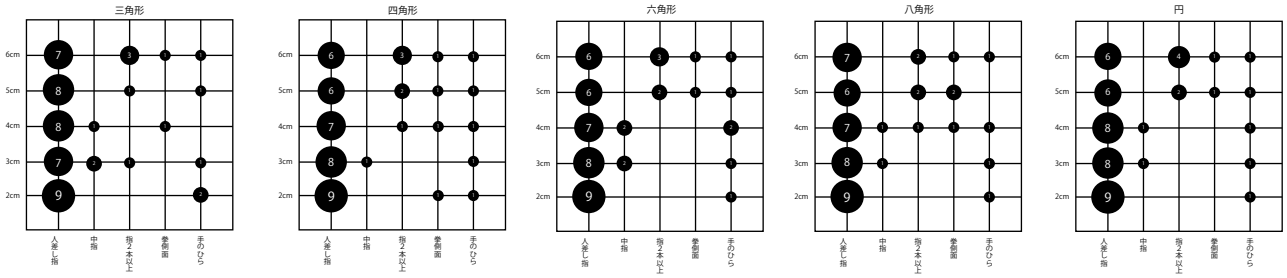
［図 2］



3．実験結果

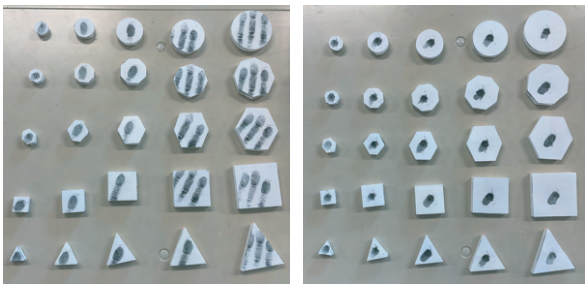
実験の中で使用された部位は人差し指、中指、指 2 本以上、拳側面、手のひら、その他に分けられた。その他の部位の内訳は指関節、親指、薬指、小指である。その他以外の 5 種類の部位を方眼の横軸に、サンプルの大きさを縦軸にとり、その交点に使用された件数を円の大きさと内部に記した数字で示した。サンプルの形状ごとに同様の表を作成した [表 1]。表からは、人差し指が最も多く用いられていること、人差し指以外の部位での操作はサンプルのサイズが大きい方がよく見られること、この2つの傾向はサンプルの上面形状に影響されにくいことが窺える。

［表 1］

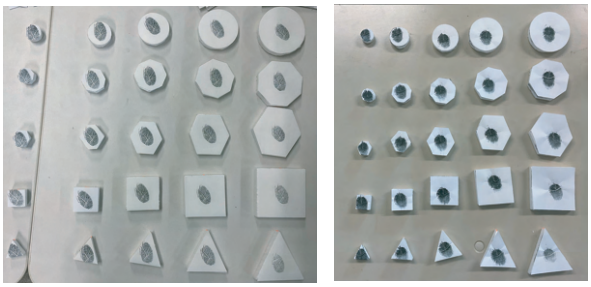


手指とサンプルの接触位置を被験者が左利きのもの［図 3］と右利きのもの［図 4］に分けると、下部が利き手の側に寄る形で接触跡がやや斜めにつく傾向がある。サンプルを被験者から見て正面に設置したため、腕をやや外側から回して操作することになったと考えられる。

［図 3］



［図 4］



4．まとめ

押しボタンスイッチの大きさと上面形状が使用部位決定に深く関わっていると仮説を立てて実験を行い、大きさの変化に伴って見られた使用部位の変化の傾向が全ての上面形状で共通していたため、この 2 要素を比較した場合大きさの方が影響力が強いと考えられる。今回全てのサンプルで共通にした表面の凹凸や厚みといった条件についても実験を行う必要がある。押しボタンスイッチの操作に用いる部位は、人差し指を用いるのが主流であることが確認できた。また、利き手によってもスイッチへの触れ方が変化することが分かった。

バイオミメティクスを用いた開発におけるアイデアの評価手法

橘悟
京都大学大学院人間・環境学研究科、京都市左京区吉田二本松町
tachibana.satoru.68u@st.kyoto-u.ac.jp

Methods for evaluating ideas in biomimetic development

Satoru Tachibana
Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University
Yoshida-nihonmatsu-tyo, Sakyo-ku, Kyoto, Japan

Abstract: Biomimetics is a technical discipline that uses biological solutions as a reference for manufacturing. The utilization process is unique because it requires the collaboration of different fields, such as biology and engineering, and the communication in its development is difficult. In this study, a worksheet was created to evaluate and visualize ideas. The goal is to promote more active use of biomimetics.

Keywords: Biomimetics, Methodology, Communication, Support decisions, Project management

１．背景

バイオミメティクスは、生物の形や行動をモノづくりの参考にする技術及び学問である[1]。開発手法としては大きく２通り、Problem driven approach(課題解決型）と Solution based approach(解決策提案型）がある[2]。また、バイオミメティクスの活用方法の体系化を目指す目的で、教育やメソドロジーに関する研究も行われている。幅広い分野で注目を集めている技術だが、生物とモノづくりという異分野が混在するためプロセスが特殊であり、開発におけるコミュニケーションが困難という課題がある。

本研究では、それらの課題の解決にはプロセスの改善が必要であり、「トピックの評価・比較」という段階と方法が不足していることに着目した。異分野の人やバイオミメティクスに詳しくない人に対してバイオミメティクスのアイデアを伝えたり、工学的課題に対して適切な生物の解決策を選択したりするには、この段階を明文化し整備することが必要だと考えた。

２．研究手法

バイオミメティクスのアイデアの評価が可能になれば、比較や選定が可能になり、開発における議論といったコミュニケーションもよりスムーズになる為、評価用ワークシートを作成した（Fig.1)。ワークシートには、例えば生物サンプルの入手しやすさなど、生物学やモノづくりに関する評価項目を原型として設定した。実際の使用では、各自の状況や使用目的に合わせて、評価する項目の確認や重みづけなどを最初に行う必要がある。各項目で評価を数値化するので、グラフ化なども可能である。

３．効果、ワークシートを使ってできること

バイオミメティクスのアイデアを評価することが可能になったことで、情報伝達をスムーズに行うことができ、適切にアイデアを選択できる効果を見込んでいる。応用として、生物に関する項目のみでの詳細な評価や、テーマの評価ではなく適切な協力者の選定といった使用も可能である。

波及効果として、評価手法の整備によって、バイオミメティクスの活用を効率的にするだけでなく、新たにバイオミメティクスを導入するハードルも下がることが期待される。

4．今後の予定

バイオミメティクス専用のツールは散在しており、技術者などのユーザーにとっては使いにくい状態である。本研究のワークシートもアナログ形式なので、アクセシビリティが優れているとは言い難い。そのため今後は、多々あるツールを集約したシステムを開発するなど、バイオミメティクス開発を総合的に支援する仕組みづくりを目指す。

Evaluation axis				Question	Evaluation: easy ⟷ difficult	Examples of choice or answer
Biology	Obtain (Select how to obtain)	Buy	Sold or not	Is it sold or not? Can you buy and obtain it readily?	1 2 3 4 5 sold often — can obtain sometimes — difficult to obtain	sold in the market, vendor
			Cost	How much is it?	cheap — expensive	so expensive that we cannot buy two individuals
		Capture (needed alive)	Habitat	Does it live near you? Is the place far?	near/1day — middle/1week — far/2weeks<	in our country, other location
			Habitat envirommment	Where does it live? Can you approach its habitat easily without specialised tools?	easy — not difficult — difficult	coast, in ocean, in sky, on land, in the soil, on a tree
			Season and span	How many days or months does it occur in a year?	annual — some months — a few day	for 1 month, rainy season
			Occurrence time of day	What time does it become active? Can you find it easily in a day?	easy/day time — slightly dark — difficult/night	diurnal, nocturnal
			Population	How many it lives in the habitat?	many — some — a few	many
			Migratory ability	Can it move? What is the range and speed?	no movement — slow — fast	so fast that we can not see it clearly
			Size	How large is it? Is it visible?	large/distinguishable — not visible/not large	more than 10 cm, less than 1mm, not visible
	Focus ability and area	Ability		Is the behavior of moving or a fixed structure the focus?	structure — moving structure — active behavior	fast flying
		Condition		What condition of the organism can you test? Can you keep specimens for investigation?	easy/dry — not difficult/ethanol — difficult/only alive	dead but fresh, dry, in ethanol
		Location	Body parts	What is the focus? Do you need to dissect it?	outside — simple dissection — inside of body	outside, inside, leg, wing
			Size	How large is it? Is it visible?	large/distinguishable — not visible/ not large	large, small, not visible
Engineering	Time of manufacturing	Time or size		How long does it take to make the product? How large is the product or application area?	a few day — some weeks — more than a year	several months, nanosize, microsize
		Application		Can you apply the technology easily? Can you check the effect of the application easily?	easy — difficult easy — difficult/small	yes, we have similar technology already yes, it is easy
	Cost	Investigation		Do you have enough money for the experiment?	enough — need more	enough
		Manufacturing		Do you have enough money to make the products?	enough — need more	no, we need help
Study progress	Biology	Popularity		Is there enough informations about the organisms?	well — some — no	the organism is well known, and there are many books
		Study		How much biological research has been conducted?	well researched — research in progress — no research	being researching but minimally
	Engineering	Popularity		Is there enough information on the product or technology?	many — some — no	The product resolves a new problem, so there is little information.
		Study		How much engineering research has been conducted?	well researched — being researched — not researched	well researched
Stage of application	Utilisation			In which situation is the biological solution in utilization?	utilised — not yet but in process — not utilized	not utilized, not yet but in process, utilized now
	Starting point			From which stage can you start?	apllication — experiment — research — target-setting	The topic was decided and experiment will start
Popularity				How well is the technology known?	well known — known — unknown	The lotus effect is well known.
			Patent	Is there a patent related to the application globally?	no — some — many	No

Fig.1 バイオミメティクス開発を評価するためのワークシート（3 から引用し改変

参考文献

1. ISO (International Organization for Standardization) (2015) ISO 18458:2015: Biomimetics – terminology, concepts and methodology. ISO, Geneva, Switzerland. https://www.iso.org/standard/62500.html
2. Helms M, Vattam S and Goel AK (2009) Biologically inspired design: process and products. Design Studies 30(5): 606–622. https://doi.org/10.1016/j.destud.2009.04.003
3. S Tachibana, R Noguchi, J Miyasaka, and K Ohdoi (2023) Evaluation methods of biomimetic development: how can topics be compared and selected?. Bioinspired, Biomimetic and Nanobiomaterials. https://doi.org/10.1680/jbibn.22.00070

五角形タイルで回転対称なタイリングを作る

杉本晃久
科学芸術学際研究所 ISTA，日本テセレーションデザイン協会
ismsugi@gmail.com

Create rotationally symmetric tilings with pentagonal tiles

SUGIMOTO, Teruhisa
The Interdisciplinary Institute of Science, Technology and Art,
Japan Tessellation Design Association

Abstract: Various rotationally symmetric tilings that can be formed using pentagons that are related to hexagons, octagons, or rhombus are discussed.
Keywords: pentagon, octagon, hexagon, rhombus, tiling, rotational symmetry

1 はじめに

もし貴方がある床面や壁をタイル張り（タイル貼り，タイリング，テセレーション）にしたいと考えて業者に施工を依頼すると，多くの場合は1個のタイルもしくは複数のタイルの塊を平行移動させることでタイルを隙間なく敷き詰めたものになると思われる．このように整然とタイルが繰り返して敷き詰められた様も綺麗ではあるが，場所や費用の余裕があるならばタイルを放射状の回転対称に敷き詰めるような施工を依頼してみてはどうだろうか．それもタイルの形に五角形を使うと，他にはないユニークな敷き詰めができて，大きな施設などでは目印にもできると思う．

この発表では，そのような施工でも使えそうな様々な五角形タイルを用いた回転対称なタイリングを紹介する．

2 回転対称な敷き詰め

凸多角形タイルで形成した回転対称なタイリングとして，菱形を使ったものが想像しやすい．つまり，菱形で $360^\circ / n$ （n は 3 以上の整数）の内角を持つものは，n 回回転対称なタイリングを形成できる．また勘が良い人は六角形でもできそうだと思ったかもしれない．実際に，すべての辺の辺長が等しく，かつ向かい合う辺が平行な等辺平行凸六角形で $360^\circ / n$ の内角を持つものが，n 回回転対称なタイリングを形成できる．

では，n 回回転対称なタイリングを形成できる五角形タイルはあるのかというと，それはいまのところ大まかに 3 種類の型が存在する．まず一つ目として，等辺平行凸六角形を 2 等分することでできる凸五角形がある．二つ目は，2 個の凸五角形をある一辺で線対称に貼り合わせた凹八角形を用いて回転対称なタイリングを形成できる．これらは，既存の分類だと Type 1 と呼ばれるファミリーに属す凸五角形タイルである．三つ目は，既存の凸五角形タイルの分類だと Type 2 と呼ばれるファミリーに属すもので，2 個の五角形をある一辺で回転対称に貼り合わせた形を用いて回転対称なタイリングを形成する．この一辺で回転対称に五角形を貼り合わせた形は菱形と対応している．

上記で述べた五角形を用いた回転対称な敷き詰めは平面を無限に覆えるタイリングであるが，中心部分に（同じタイルを隙間なく敷き詰めができない）多角形の穴があるような敷き詰め方も可能

である．どこか施設の床面や壁などで目印として回転対称な敷き詰めの施工を考えたとき，このような中心部分に穴があるほうが活用しやすいのではないかとさえ思う．

近年まであまり注目されず知られていなかったことだと思うが，五角形で回転対称なタイリングや敷き詰めを作ることは，意外と難しくない．しかし，それらの模様（パターン）は非常に多彩であり，是非とも多くの場所で実際に活用されてほしいと考えている．

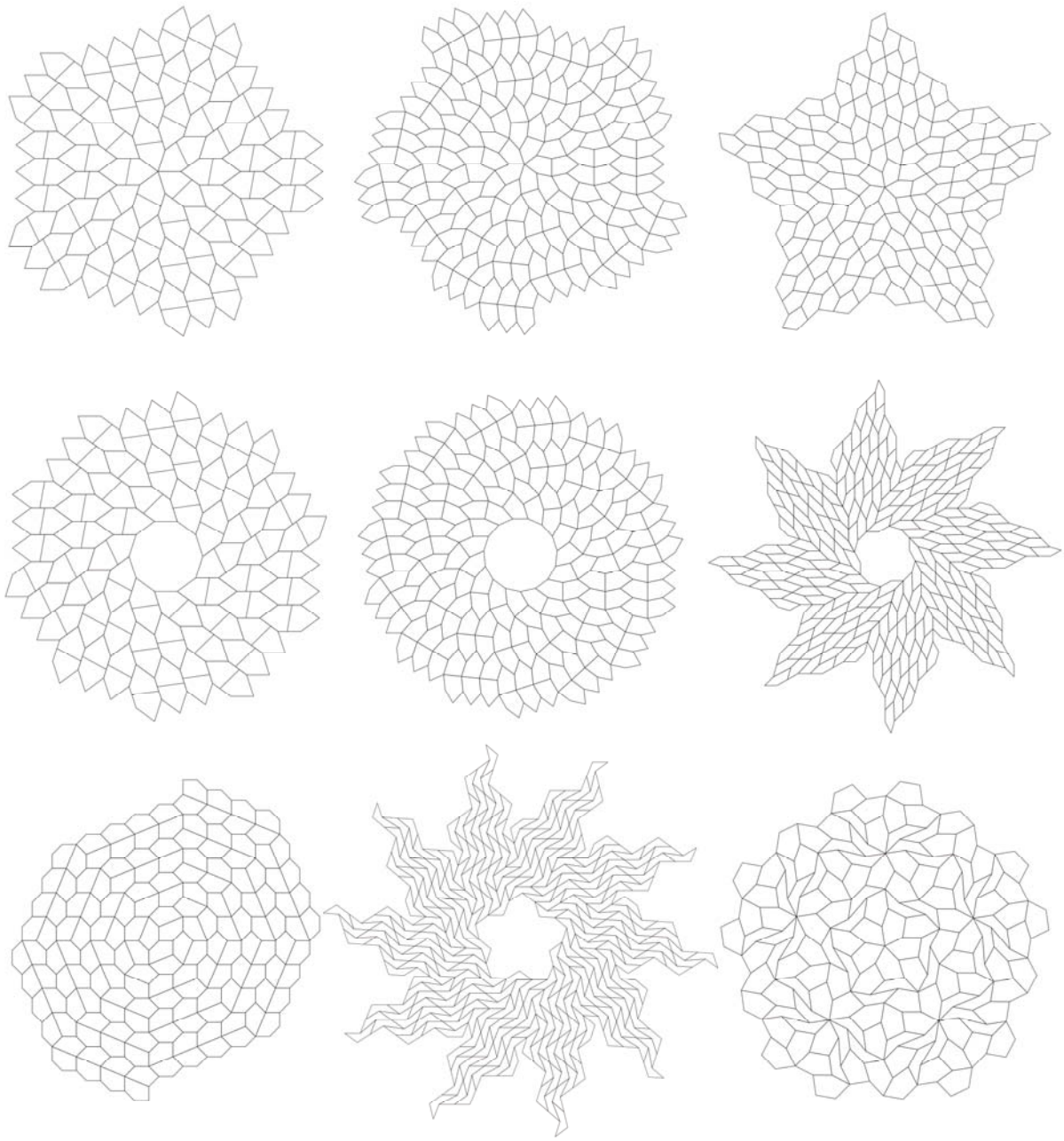


図 1．五角形タイルを用いた回転対称な敷き詰めの例

参考文献

杉本晃久: 五角形で回転対称なタイリングを作る, 数学セミナー, 2022 年 4 月号 (通巻 726 号), 42–47.

イナッシオ・モレイラの世界地図手稿再訪

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

Ignacio Moreira's Manuscript Map of the World Revisited

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

Abstract: Almost 400 years ago a sheet of the world map was made in Japan by someone related to Catholic Missions. In 1986 this map went to the United States, and it is still there. The map must be examined by Japanese scholars in cartography and/or Kakure Kirishitan.

Keywords: Era of Exploration, Cartography, Catholic Missions, Kakure Kirishitan

１．いとぐち

1986 年に、日本人収集家の元を離れて米国の古地図商 Kenneth Nebenzahl（1927-2020）の手に渡った世界地図の基本情報について述べる。この地図は、おそらく天正遣欧使節帰国以降に東洋（∵紙質）で作られた世界地図であって、作者はカトリック教会の関係者である。400 年間人目に触れることなく、現代日本に伝わったこの地図を詳しく吟味することは、日本人の使命である。本件は邦人研究者への呼びかけである。

２．発見の経緯

Nebenzahl（以下 N 氏）のもとに、当時日本に在住していた米人古地図（印刷物）収集家から知らせが届く。日本人古地図収集家（以下 X 氏）が日本製木版画（地図・天図）のコレクションを手放したいという。1986 年、東京の X 氏の自宅を N 氏が訪れ、コレクションを吟味し、取引は成立した。そのとき、X 氏は固く巻かれたヨーロッパ製世界地図を「ついでに」つけてくれたのだった。シカゴに戻った N 氏は、修復士に世界地図を平面に伸ばすよう依頼した。買い取った日本の古地図類は、1988 年に、ウィスコンシン大ミルウォーキー校図書館に売れた。

しばらくたってからのこと、広げられた世界地図（Fig.1）を一目見た N 氏はその真価に気が付いた。ポルトガル語訛りの地名が記された、カトリック教会の活動を示す地図だったのである。蝦夷も含めて、日本が描かれている。南蛮人の作った世界地図だった。

３．幾つかの定説

1993 年夏にシカゴで、地図学史研究の世界大会が開催された。N 氏はポルトガルの権威 Arfredo Pinheiro Marques（以下 M 氏，1956-）に会って、この地図を見せて意見を聞いた。M 氏の即答は、日本に滞在歴ある地図作者 Ignacio Moreira（b.1538/9-fl.1601）の作品である。M 氏は地図の写真を携え、帰国して、研究を開始した。

1993 年は、日本ポルトガル友好 450 周年記念の年だ。11 月には、リスボンで記念講演会が開催された。ここで M 氏は、この地図の発見と Moreira 作者・説を展開する早業を見せた。1996 年には、本図を含むポルトガル製日本古地図集を出版する M 氏だった。

Figure 1. Ignacio Moreira's Manuscript Map of the World
Digital Image by Courtesy of MEDEA-CHART; the Kenneth Nebenzahl collection.

天正遣欧使節に詳しい Peter Derek Massarella(1950-)は、この地図(Fig. 1)が Duarte de Sande(1547-1599)のラテン文対話集(遣欧使節記, 1590)に付随するものだと説く。

イエズス会に残るラテン文資料「蝦夷人の島」一葉を拠り所に、Moreira が 1591 年(来日中)に蝦夷の地図を描いたと主張する研究者は少なくないが、図版は現存しない。

Moreira の作成した日本図は現存しないが、それに倣った銅板刷り Christopher Blancus の日本図(1617)は、1985 年に発見され、今はゼンリンミュージアムの所蔵になっている。

なお Moreira は、イエズス会士ではないし、職業地図師でもない。

４．定説の吟味

解像度の高い画像で隅から隅まで目を通したが、作者の手掛かり(サインなど)は残っていない。作者推定は、今後の課題であるが、実現は困難である。

遣欧使節記に付属の地図であるにしては、関連する欧州の地名は ROMÆ(ローマ)ひとつしかなく、日本に十字架(布教成就の証)は立っていない。

「蝦夷人の島」をよく読めば、「この地図」には蝦夷の一部しか描かれていないことがわかる。さらに、大陸との位置関係が理解できるとの示唆もある。ならば、「この地図」は日本専図そのものであろう。「蝦夷人の島」という文章は、Moreira がポルトガル語で作成した「日本作図記」より抜粋した蝦夷の部分のラテン語訳であると私は思う。

５．むすび

地図中の文字情報と地名解は、口頭発表にて提示する。他図との対比も同様なり。

[文献]

N 氏＆M 氏, Mercator's World, (Jul./Aug. 1997), pp. 18-23.

AIと共生する教育

松浦執[1], 三木大生[1], Ng Bing Yuan Wilson[1], 井戸季詠子[2], 後藤勝洋[3]
[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]東京学芸大学教育学研究科専門職学位課程,
[3]渋谷区立渋谷本町学園 東京都渋谷区本町 4-3-1,
shum00@u-gakugei.ac.jp

Toward Education to Live with AI

Shu Matsuura[1], Taisei Miki[1], Ng Bing Yuan Wilson[1], Kieko Ido[2],Katsuhiro Goto[2]
[1]Tokyo Gakugei University, Faculty of Education
4-1-1 Nukuikita Koganei, Tokyo 184-8501
[2]Tokyo Gakugei University, Graduate School of Teacher Education.
[3]Shibuya Ward Shibuya Honmachi Gakuen,
4-3-1 Honmachi, Shibuya, Tokyo 151-0071,

Abstract: The child practicing critical thinking similarly invoked this ability when interacting with ChatGPT. it could be said that ChatGPT is also looking for appropriate feedback from humans. The Japanese also have a unique culture of attachment to mechanical objects. These may suggest the possibility of a form of education in which machines and humans coexist empathetically.

Keywords: Critical Thinking, Generative AI, Education with AI.

1. はじめに

日本の教育とAIの関わりの中心は、現在公立学校で広く導入されている個別最適化型ドリルでの学習診断機能である。2020 年からの新型コロナ感染に伴う休校措置をきっかけとして、児童生徒一人一台端末を謳う GIGA スクール構想が前倒しに実施され、子どもの手元にAIによる個別診断機能を備えたドリルなどが届けられた。

ところが、2022 年 11 月 30 日にプロトタイプが公開された自然言語を生成 GAI (Generative Artificial Intelligence)であるChatGPTは自然な言葉で誰でもAIと対話できることから、教室での、AIと共に進む教育という側面で高い関心が起きている。その反面、ChatGPTで課題や試験を解答してしまうなど、教育の場での危惧も否めない。

Eloundou[1]らによれば、ホワイトカラーの多くの労働が GAI の影響を受ける一方、科学とCT(Critical Thinking)スキルによる労働への影響は小さいと推定している。これらのスキルは小学校段階から育成が始まり、AI を主体的に活用する上でも重要なスキルに位置付けられ得るのではないか。本研究では、CT の育成が行われている小学校5年生[2]の科学実験の学習にChatGPTを導入して、児童の反応を調べ、小学校でのAIとの共生の教育の可能性を探る。

2. ChatGPT の使用で CT を呼び起こす

東京都渋谷区内のある小学校 5 年生の国語の授業で、教科書中の偉人の生き方の例から、自分の生活に役立つことを見出し、なぜ役立つのか説明する課題に取り組ませた。図 1 は、児童の説明文中のうち自分の考えの部分の文字量割合のヒストグラムである。図が示すように、自分の考えの割合は全体に低い。さらに、自分の考えに直接関係しない引用をする例も見られた。また、自分自身の考えの代わりに、ネット記事を引用する例も見られた。

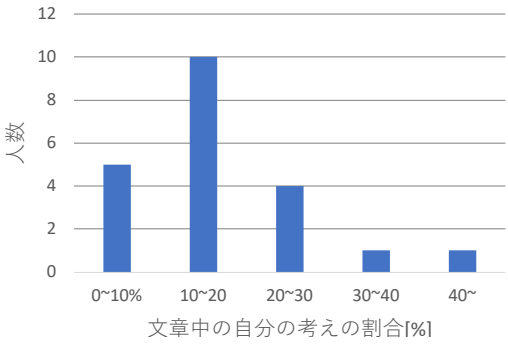


図 1 自分の考えの割合

次に、同じ児童に、理科の「食塩の水への溶け方を調べる実験」を自身に考えさせ、グループで検討して CT を発揮させる活動を行なった。その後 ChatGPT に実験方法を質問して、その回答をグループで話し合わせた。図 2 は授業時の自由記述アンケートでの回答数分布である。「参考になったこと」への意見は相対的に最も少なく、「GPT に足りないところ」、さらに「尋ねたいこと」が多かった。ChatGPT の回答の意義は認めつつも批判的に検討していることが見られた。

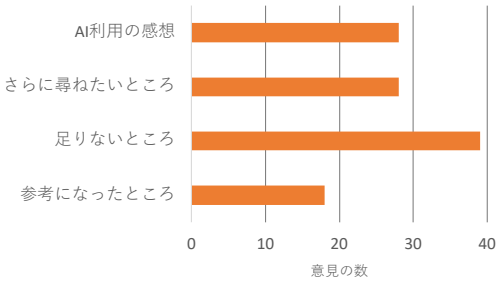


図 2 内容ごとの意見数の比較

国語試行では教科書の引用は正解テキストであるが、ChatGPT の発話は正解に似て児童から見て不十分、考え不足、説明不足な非正解システム[2]として作用するのだろう。

国語で自分の考えを十分に発揮せずにまとめる傾向を見たが、AI 導入理科では、ChatGPT が 1 回の会話で過不足ない正解を生成するどころか、ツッコミどころの多い、弱い AI 話者としてあらわれた。対話者を抑圧せず、批判的思考を呼び起こしていると見ることもできよう。

3. マシンへの愛着

GAI の生成物は人工物の配合であり、それを価値づけ判定するような人間の文化世界への再転写は人間が行わねばならず、 GAI はそれを待っているといえよう。人間が CT するなどして真摯に GAI を評価することで、AI と NI(Natural Intelligence)は共存可能になる。

さらに、日本の子どもは AI を道具として見ていない。幼少期から AI と共生し、関わり合って生きる世界を文化として持っている。そのことはドラえもんなどの浸透に感じ取ることができる。ChatGPT は特定の姿を持たずに出現したが、人と言葉で関わり合うことへの言葉のアドバンテージは高い。人が条件を模索して発問しないと望みの発話が得られないことも自然な関係に落ち着く。

ChatGPT は人の生み出した言語を資源としている。人の言語資源を活用することで、人の well-being を増進する手立てがえらえるだろうか。

参考文献

[1] https://arxiv.org/abs/2303.10130(2023).
[2]松浦,後藤:形の科学シンポジウム講演予稿集,**7**[2],pp.19-20(2022).

源氏物語の帖名の数理解析

林　寧生, 増田　靖
光産業創成大学院大学、静岡県浜松市西区 1955-1
neisei@gpi.ac.jp

Mathematical analysis of subtitles in The Tale of Genji

Neisei Hayashi, Yasushi Masuda
The graduate school for the creation of new photonics industries

Abstract: A matrix analysis was conducted on the regularity of the number of characters in each title of The Tale of Genji. When the titles were arranged in order as an N x M matrix, the number of N values for which the shift matrix determinant is zero was 6 and 5. The former corresponds to all chapters of The Tale of Genji, and the latter corresponds to the chapter "Kumogakure."

Keywords: The Tale of Genji, matrix, Kumogakure, determinant, long novel

フラクタル性は、自然界に溢れている。例えば、植物の葉や芽の繰り返し形状[1], 宇宙と脳のシナプスの形状の酷似がある[2]。自然界の一部である人間の活動にもたびたびフラクタル性が存在する。例えば、人の歩行中に生じるリングワンダリング現象[3]がある。これは､人間の無意識の脳認知機能が実際の歩行軌跡にフラクタル性を生じさせる例である。人間の意識的な脳認知機能が実際の活動にフラクタル性を生じさせる 2 次元的な芸術手法にマンネリズムが存在する。これは、意図的に同じ構図・作画を行う手法である[4,5]。人間の意識的な脳認知機能が実際の活動にフラクタル性を生じさせる 1 次元的な芸術手法と

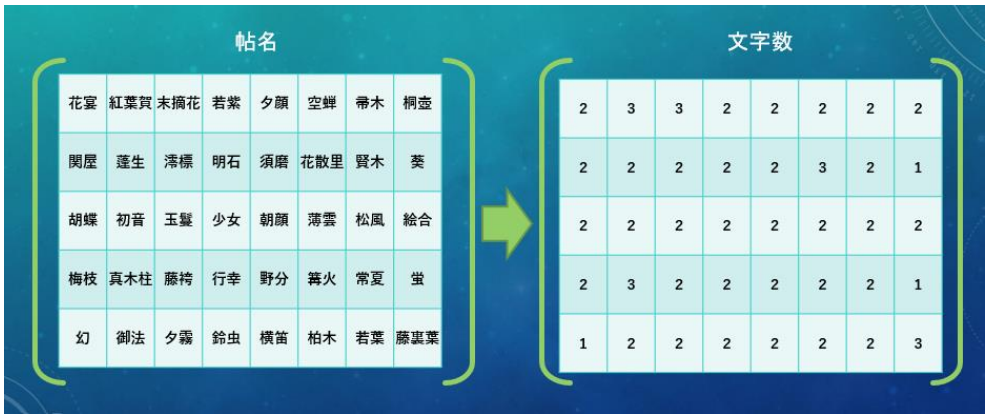


図 1 帖名の文字数の行列化

して、小説がある。例えば、現代作家のひとりである筒井康隆氏による作品にはマンネリズムを意図的に取り入れた小説作品が存在する。また、長編物語であるフィネガンズ・ウェイクにも一つの単語を冒頭と文末に分けて書くことでフラクタル性が意図的に付加されている[6]。文献[3]のような人間の無意識の活動中のフラクタル性は、長時間のデータ蓄積

によりその存在が明確化しやすい。つまり、文献[6]のような人間の意識的な活動中のフラクタル性も、長時間のデータ蓄積(長編小説)にも出現しやすい。東洋の長編小説としては、源氏物語がある。この長編小説のフラクタル性は解析されていない。そこで、数学の基本概念である行列概念を用いて源氏物語のフラクタル性を用いて解析する。特に、源氏物語の作品を俯瞰するのに役立つ小題を解析する。源氏物語の小題の字数は統一されていない。1～3 字である(図 1)。一見それらの文字数は、不規則に決定されているように思われる。そこで、シフト行列計算をそれらの帖名(小題)に適応する(図 2)。この適用のために、小題の文字数を全て数字にし、1 から順に行列数を追加していく。小題が 5 行×8 列である時に、シフト行列の和が 0 となる。また、6 行×9 列の時にもシフト行列の和が 0 となる。このように、行列式のシフト量が 0 になる行列数の組み合わせが複数ある点は、フラクタル性があると考えられる。

議論：源氏物語において、小題の文字数に規則的な切れ目があることは、作者の意図的な思考の切れ目があると思われる。特に、5 行×8 列の並びに関しては、作者の学識が高かったことを考慮すると、中国の五言律詩を真似た可能性が考えられる[9]。

図 2　各帖名の数理計算

参考文献

[1] TATSUMI, JIRO, AKIRA YAMAUCHI, and YASUHIRO KONO. "Fractal analysis of plant root systems." Annals of Botany 64.5 (1989): 499-503.

[2] Vazza, Franco, and Alberto Feletti. "The quantitative comparison between the neuronal network and the cosmic web." Frontiers in Physics 8 (2020): 491.

[3] Obata, Tsunehiro, et al. "Fluctuations in human's walking (II)." Journal of the Korean Physical Society 46.3 (2005): 713.

[4] Lorenz, Wolfgang E. *Fractals and fractal architecture*. na, 2002.

[5] Shearman, John, and C. S. Branagan. Mannerism. Harmondsworth: Penguin, 1967.

[6] Joyce, James. *Finnegans wake*. Phoemixx Classics Ebooks, 2021.

[7] Nagatsuka, Takashi, and Ching-chih Chen. "Global Memory Net Offers New Innovative Access to Tsurumi's Old Japanese Waka Poems and Tales, and Maps." Digital Libraries: Implementing Strategies and Sharing Experiences: 8th International Conference on Asian Digital Libraries, ICADL 2005, Bangkok, Thailand, December 12-15, 2005. Proceedings 8. Springer Berlin Heidelberg, 2005.

[8] Abadir, Karim M., and Jan R. Magnus. Matrix algebra. Vol. 1. Cambridge University Press, 2005.

[9] Chiyuki Kumakura, "Hidden depths : unearthing Sino-Japanese poetics in the tale of Genji", ISBN:9784305707833, KASAMASHOIN, 2015.

4 月 30 日は放散虫の日

松岡　篤[1]，横山　隼[2]，前畑典子[3]，茨木洋介[4]，伊藤　剛[5]

1) 新潟大学，2) RC GEAR，3) イメージミッション木鏡社，4) フォッサマグナミュージアム，5) 産業技術総合研究所 地質調査総合センター

April 30th: The day of Radiolaria

A. Matsuoka[1], H. Yokoyama[2], N. Maehata[3], Y. Ibaraki[4], T. Ito[5]

1) Niigata Univ., 2) RC GEAR, 3) Image Mission Inc., 4) Fossa Magna Museum, 5) Geological Survey of Japan, AIST

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

Abstract: April 30th is designated as the day of Radiolaria. The establishment of the day is explained and activities of each year since 2020 are introduced. They are recorded in the web page entitled “RAD.INFO”.

Keywords: radiolaria, outreach activity, calendar, card, picture book, RAD.INFO.

はじめに

4 月 30 日は「放散虫の日」である．この日に因んだ活動が 2020 年以降毎年行われている．「放散虫の日」設立の経緯とこれまでの活動内容について紹介する．放散虫を取り扱うウェブページ「RAD.INFO. 放散虫情報」に各年度の活動が画像によって示されている．

設立の経緯

「地質の日：5 月 10 日」は 2007 年に，「化石の日：10 月 15 日」は 2018 年に設立された．このような記念日設立の流れに触発され，「放散虫の日」を策定しようという機運が高まった．2019 年 11 月 3 日に開催された大阪微化石研究会「NOM 水戸」のビジネスミーティングにおいて，4 月 30 日が「放散虫の日」として提案され承認された．4 月の 4 は英語ではフォーであり，30 はサンジュウと読む．一種の語呂合わせが「ホウサンチュウの日」の由来である．

各年の活動

2020 年

2019 年 12 月に発生した新型コロナ感染症は, 2020 年になると世界的に流行した. 日本でも 2020 年 2 月からは外出の自粛など大きく行動制限を受ける事態となった．さまざまな年中行事もオンラインでの実施に切り替えられた．「放散虫の日」の設立から最初の年にあたる 2020 年は，オンラインで 4 月 30 日の「放散虫の日」を祝う活動となる．関係者に活動の趣旨が通知され，「私のイチオシ放散虫」と題して，参加者が放散虫を紹介しあうという活動が Zoom を使って行われた．

2021 年

新型コロナウイルス感染症による行動制限も２年目となり，感染症対策を講じながら対面の活

動が少しずつ進められた．関係者による活動は各所で分散して実施された．新潟県糸魚川市のフォッサマグナミュージアムでは，4 月 30 日を挟む期間に企画展「放散虫　－ミクロの世界の形の不思議－」が開催された．その会場で地元の子どもたちを集めて放散虫トランプを使ったワークショップが行われた．

2022 年

3 年目にあたる 2022 年は，科学とエンタメの融合をめざす「どこでも博物ふぇす 壱」が実施された．仮想空間が設定され，アバターとして講演者と参加者が登場して講演会を実施するというオンラインの取り組みに参加し，これを「放散虫の日」のイベントに位置づけた．「松岡篤の放散虫すごいで！」と銘打って，4 月 30 日と 5 月 11 日の 2 回にわたりオンライン講演が実施された（図 1-A）．

2023 年

イメージミッション木鏡社が作成している放散虫トランプが完売し，2 刷りを制作することになった．この機会に同社の所在地である静岡で「放散虫の日」のイベントを開催することを模索した．当日の 4 月 30 日には「百町森あそび村」を会場として，「放散虫ってなあに？」と題したライブ配信と放散虫トランプのワークショップが行われた．配信された動画のアーカイブは，「百町森」の YouTube　チャンネルにて公開されている．5 月 5 日には新潟県糸魚川に活動の場を移し，放散虫トランプのワークショップが実施された（図 1-B）．会場は糸魚川ユネスコ世界ジオパークの小滝川ヒスイ峡エリアに位置する高浪の池である．この地にある「ヒーリングガーデンたかなみ」でキャンプ生活する親子などがこのイベントを楽しんだ．糸魚川－静岡構造線（糸静線）は日本列島にとって重要な地質境界であるが，「放散虫の日」の活動でも糸静線が繋がった．

おわりに

4 月 30 日の「放散虫の日」は，春の大型連休の前半にあたる．これまでの活動は，教育・普及活動に携わるメンバーが中心となり実施されてきた．放散虫の普及ツールとして，カレンダー，トランプ，マスクケース，絵本などが作成されているが，それらを社会に対して紹介する場として展開されてきたという側面もある．設立からこれまでの期間は，新型コロナウイルス感染症への対策を必要とする社会の中での活動だった．今後，ウィズコロナの社会に推移するのに伴い，人の自然な触れ合いを通して，「放散虫の日」の活動が各地で盛り上がることを期待したい．

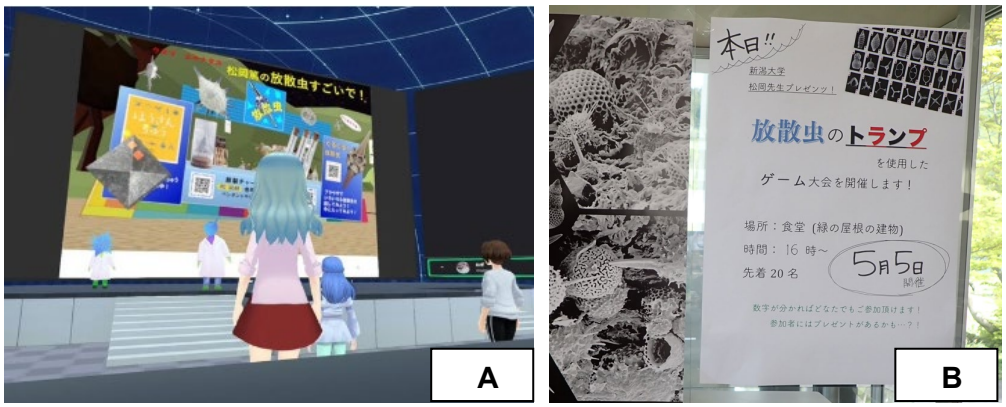


図 1「放散虫の日」のイベント．A：「どこでも博物ふぇす 壱」の仮想空間（2022 年），B：糸魚川市小滝の「ヒーリングガーデンたかなみ」での広報ポスター（2023 年）．

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拡がっております。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
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、右記サイトにございます。　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】
〒150-8366　　東京都渋谷区渋谷4-4-25
青山学院大学経営学部経営学科
塩澤 友規 宛
E-mail: shiozawa[at]busi.aoyama.ac.jp
([at]を半角の@で置き換えてください)

形の科学シンポジウム講演予稿集　Vol. 8　No. 1（2023 年 6月）

発行：　形の科学会

会長：　山口 喜博

事務局長：　塩澤 友規
青山学院大学経営学部経営学科

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