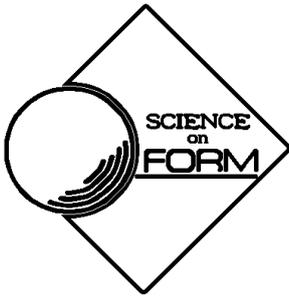


形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 9 No. 2 (2024年11月)
Proceedings of Symposium of the Society for Science on Form, Japan



第97回 形の科学シンポジウム 「現実のかたち・仮想のかたち」



会期: 2024年11月30日(土)、12月1日(日)
会場: 東京電機大学 鳩山キャンパス

形の科学会
<https://katachi-jp.com/>

第97回 形の科学シンポジウム「現実のかたち・仮想のかたち」

【主催】形の科学会

【会期】2024年11月30日(土)、12月1日(日)

【会場】東京電機大学 鳩山キャンパス 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

講演会場：12号館1階124室、展示会場：12号館1階アトリウム

【代表世話人】松浦昭洋 東京電機大学 理工学部 情報システムデザイン学系

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

【参加費】会員・非会員ともに一般5000円、学生2000円

【懇親会】2024年11月30日(土)17:45より HATO CAFE (4号館1階)

【懇親会費】一般5000円、学生3000円

【WEBサイト】<https://katachi-jp.com/sympo97>

プログラム

(変更される場合があります)

10:30-11:20 (50 min)

招待講演「食品のかたちと食感～3Dプリンタによる食感創造と食感AI分析～」

武政誠 (東京電機大学 理工学部 生命科学系)

11月30日(土)

休憩 (15 min)

8:45 受付

展示 (7件) (各5分間、質疑無し)

9:25 開会の辞

11:35-11:40 (5 min, ジュニア発表)

ポスター展示：新潟県長岡市落水における放散虫化石の採取と標本作成

形の科学一般 (2件)

板垣礼子 (新潟大学附属長岡中学校) …… 5

9:30-9:55 (25 min)

白い鳥の羽枝断面構造の比較

植田毅 (東京慈恵会医科大学)、平塚理恵 (同)

…………… 1

11:40-11:45 (5 min, ジュニア発表)

ポスター展示：生きている放散虫の採取・飼育および標本作製

9:55-10:20 (25 min)

板垣成俊 (新潟大学附属長岡中学校) …… 6

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 — 形態の創生領域を設定した場合 —

小野聡子 (近畿大学) …………… 3

11:45-11:50 (5 min)

視覚障害者が解剖学を学ぶ為の立体教材の開発

手嶋吉法 (千葉工業大学)、篠田萌華 (同)、川端出帆 (同)、土居周弘 (同)、寺口さやか (広島県立広島中央特別支援学校) …………… 7

休憩 (10 min)

11:50-11:55 (5 min)

機械機構を学ぶ為の立体教材の開発Ⅲ

遠矢孔成 (千葉工業大学)、手嶋吉法 (同)
..... 9

11:55-12:00 (5 min)

2025 年用の放散虫カレンダー

松岡篤 (新潟大学)、富田雄太 (イメージミッ
ション木鏡社) 11

12:00-12:05 (5 min)

科学リテラシーを普及するための小道具たち

根岸利一郎 (科学リテラシー研究所)、高橋優
(埼玉工業大学) 12

12:05-12:10 (5 min)

全天球の情報を一望する視野拡張システム

松浦昭洋 (東京電機大学)、宮川瑠偉 (元東京
電機大学) 13

昼休憩 12:10-13:30 (80 min)

現実のかたち・仮想のかたち (3件)

13:30-13:55 (25 min)

工芸と幾何学デザインのコラボ①京都・与謝野町
の織物

中村健蔵 (幾何学デザイン工房) 14

13:55-14:20 (25 min)

球面折り鶴

吉野隆 (東洋大学) 17

14:20-14:45 (25 min)

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) 19

形の科学一般 (6件)

14:45-15:10 (25 min)

ギーリス曲線を用いたプロダクトデザインの生
成

松浦真也 (愛媛大学) 21

休憩 (15 min)

15:25-15:50 (25 min)

科学リテラシーと体験のかたち

根岸利一郎 (科学リテラシー研究所)、齋藤茂
(まなびクラブ・リクウェイ)、杉田一郎 (同)、
牧口一男 (同)、三上修平 (同)、関口久美子 (埼
玉工業大学)、高橋優 (同)、根岸順治 (山根技研)
..... 23

15:50-16:15 (25 min)

放散虫の化石化過程とX線マイクロCT測定

松岡篤 (新潟大学)、木元克典 (JAMSTEC)
..... 25

16:15-16:40 (25 min)

ロクス・ファン・フィーンによるベーフェルウェ
イクの彗星図(1680)

杉本剛 (神奈川大学) 27

16:40-16:55 (15 min)

植物性充填材とポリフェノールを含有した懸濁
液による自在な形の食品積層造形

小田陽矢 (東京電機大学)、武政誠 (同) .. 29

16:55-17:10 (15 min, ジュニア発表)

新潟県糸魚川市能生の弁天岩周辺、新潟県上越市
の黒井突堤周辺と沖縄県本部町の瀬底島周辺の
海水から得た放散虫

諏佐和香 (新潟大学附属長岡中学校) ... 30

懇親会 17:45-19:45

12月1日(日)

9:00- 受付

現実のかたち・仮想のかたち (1件)

9:45-10:00 (15 min)

包丁による食材切断時の物理量計測とその再現
手法の検討

堀越涼太(東京電機大学)、松浦昭洋(同)

..... 31

形の科学一般 (2件)

10:00-10:15 (15 min)

自在な食感制御に向けた食品の形設計法開発

金子瑠辰(東京電機大学)、武政誠(同) .. 33

10:15-10:30 (15 min)

フード3Dプリンタで作製した食品内部構造の形
による塩味の知覚制御

山浦寛大(東京電機大学)、武政誠(同) .. 34

形と知 (1件)

10:30-10:55 (25 min)

生徒が個別調整する生成AIフィードバック

井戸季詠子(いずみの森義務教育学校)、後藤
勝洋(渋谷本町学園)、松浦執(東京学芸大学)

..... 35

休憩 (15 min)

11:10-12:00 (50 min)

招待講演「身体のかたちの治療支援」

荒船龍彦(東京電機大学 理工学部 電子情報・生
体医工学系)

昼休憩 12:00-13:20 (80 min)

(12:10-13:10 運営委員会)

形の科学一般 (4件)

13:20-13:45 (25 min)

ブーリガン構造の圧縮強度に関する研究II

箕田要(千葉工業大学)、手嶋吉法(同)

..... 37

13:45-14:10 (25 min)

円柱充填構造の強度異方性に関する研究

湊川裕介(千葉工業大学)、手嶋吉法(同)

..... 39

14:10-14:25 (15 min)

コロナ感染症拡大に伴う市場の構造変化

保谷太陽(福井大学)、佐藤勇貴(同)、高田宗

樹(同) 41

14:25-14:40 (15 min)

認知手順学習時における律動脳波に関する研究

石渡文剛(福井大学)、高田宗樹(同) .. 42

休憩 (15 min)

現実のかたち・仮想のかたち (3件)

14:55-15:20 (25 min)

4次元のコンパス

宮崎興二(京都大学) 43

15:20-15:45 (25 min)

記号計算による既約代数曲線のフェーリアンブ
ランチへの分解

宮澤篤(3Dコンソーシアム) 45

15:45-16:00 (15 min)

4次元物体のジェスチャを用いた直感的操作の
試み

王逸飛(東京電機大学)、松浦昭洋(同)

..... 47

16:00 閉会の辞

【事務局より】

論文投稿案内 (Call for Papers)	49
シンポジウム世話人の募集	50
入会案内	51

白い鳥の羽枝断面構造の比較

植田 毅¹、平塚理恵²

¹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

²東京慈恵会医科大学 生物学研究室、182-8570 東京都調布市国領町 8-3-1

¹tsuyoshi_ueta@jikei.ac.jp

Comparison of the cross-sectional structure of white bird feather barbs

Tsuyoshi Ueta¹ and Rie Hiratsuka²

¹The Jikei University School of Medicine, Division of Physics, Chofu, Tokyo 182-8570

²The Jikei University School of Medicine, Division of Biology, Chofu, Tokyo 182-8570

Abstract: So far, it has been found that the blue of *Forpus coelestis* and the green of *Pyrrhura molinae* are structural colors caused by the sponge structure on the surface of their feather barbs, and that the feathers of *Lonchura oryzivora* (white Java sparrow), which has a flat reflectance spectrum across the entire visible light range, do not have a sponge structure. In this study, we will compare the cross-sectional structures of the feather barbs of the Japanese Java Sparrow, Mute Swan (*Cygnus olor*), and Silkie as representative white birds. Since there are also Silkie that are completely black, we will also compare that of white and black Silkie.

Keywords: White bird, Feather barb, Cross section, SEM image, Silkie, Mute swan, *Cygnus olor*



図1 白文鳥，マメルリハインコ，ホオミドリウロコインコ

これまでに、白文鳥、マメルリハインコ・コバルト、ホオミドリウロコインコ・ブルーノーマル（図1）の発色の原理について様々な方法で調べてきた。2種のインコにはメラニン色素以外の色素はなく、青、緑の発色は構造色であること、白文鳥には色素も構造色もないことを見出した。

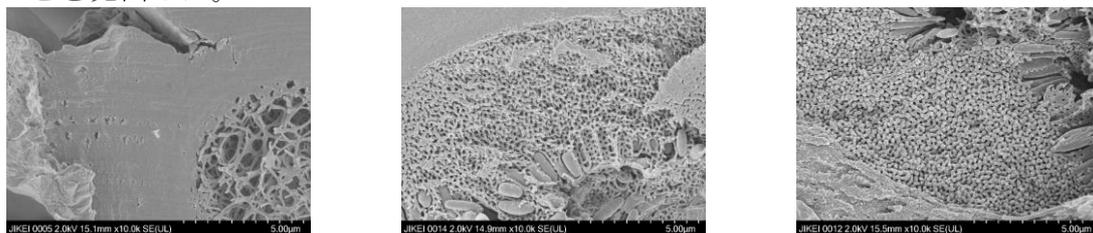


図2 白文鳥，マメルリハインコ，ホオミドリウロコインコの羽枝の断面のSEM画像

それぞれの鳥の羽枝の断面の SEM 画像により、2種のインコには表層の下層にスポンジ構造があるが、白文鳥には構造がないことを確認した(図2)。

白文鳥の反射スペクトルを図3に示す。反射スペクトルは短波長、紫外域において吸収の影響があるが、可視光域においてはほぼフラットであり、スペクトル的にも白いことが判明している。

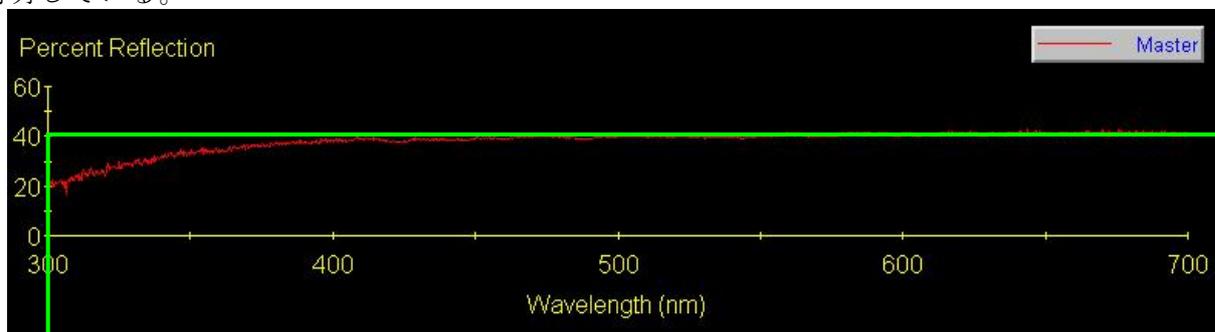


図3 白文鳥の反射スペクトル

本研究では、他種の白い鳥の羽根はどのように白色を実現しているのかを調べる。白い鳥の代表として、コブハクチョウ、烏骨鶏(図4)を選ぶ。



図4 コブハクチョウ、烏骨鶏(白)、烏骨鶏(黒)(烏骨鶏はWikipediaより)
コブハクチョウの羽根は図5(a)のようであり、大きい、羽枝も長いが非常に細い。
(a) (b) (c)

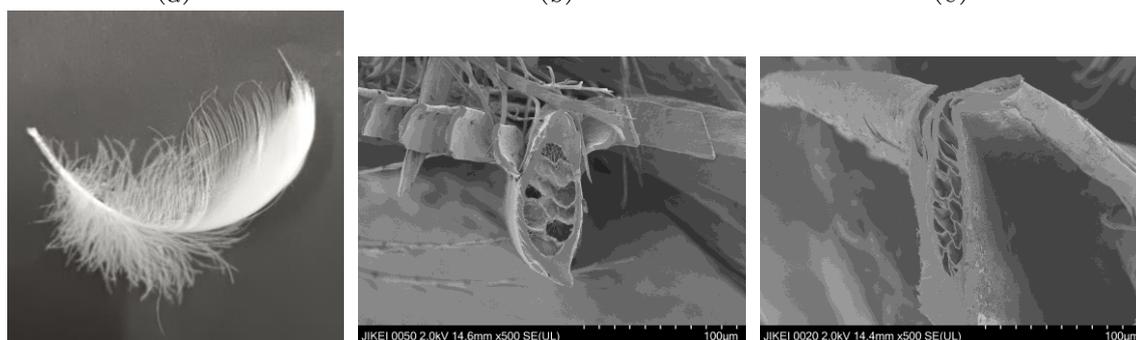


図5 コブハクチョウの羽毛(a)、コブハクチョウの羽枝の断面の SEM 画像(b)、烏骨鶏(白)の羽枝の断面の SEM 画像(c)

図5(b)に示すコブハクチョウの羽枝の断面の SEM 画像を見ると、表皮は非常に薄く、その内部には何ら構造がないことが分かる。同様に、図5(c)の烏骨鶏(白)の SEM 画像でも表皮の断面には構造がない。白い鳥の代表として選んだ、白文鳥、コブハクチョウ、烏骨鶏(白)の羽枝の表皮は全て共通して羽枝の表皮に構造を持たない。

烏骨鶏には白いもの以外に真っ黒なものもいる。黒い烏骨鶏の羽根の色はどのように発色しているのか、こちらも羽枝の断面の SEM 画像を確認した。構造は白い烏骨鶏と同じで、羽枝の中空部分に多くのメラニン顆粒の存在が確認できた。メラニン下流の存在が羽根色を黒くしているものと考えられる。講演では詳細について説明する。

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

— 形態の創生領域を設定した場合 —

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 and Cell Division

- In the case of setting up a creation area of the form -

ONO Satoko

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

Abstract : This study aims at computer morphogenesis of truss structure by applying plant cell characteristics. This paper examined whether computer morphogenesis of the truss structure is possible only within the initial setting region, and found that morphogenesis is possible.

Keywords : computer morphogenesis, truss structures, cell growth, cell division, strain energy, creation area

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。本研究における形態創生手法は、初期設定領域外にも形態創生が可能な点が特徴である。一方、初期設定領域内に限定して形態創生が可能であるかについては未検証である。そこで、植物における細胞の増殖および細胞の消滅(細胞死)を同時に適用した場合に、初期設定領域内に限定して形態創生が可能であるかを検証した。本論文では、その結果について報告する。

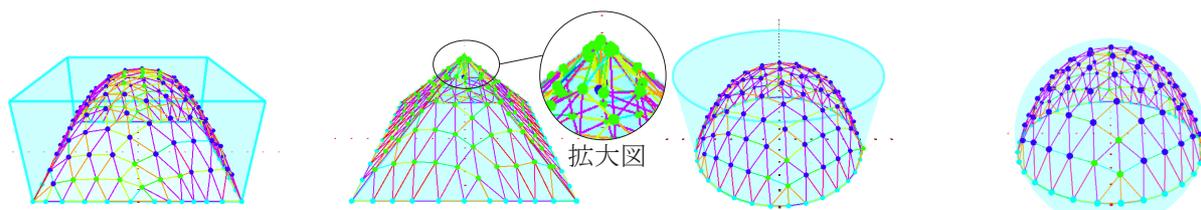
2 . 形態創生に用いるモデル

本研究では、前報⁽¹⁾までと同様、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/mm)とした。なお、本研究で使用する材料は SUS403 である。

3 . 形態創生方法

本研究で考えている形態創生方法は、下記のとおりである。

形態を創生する領域を座標 (x 座標, y 座標および z 座標) により設定する。設定領域の形状が直方体および四角錐の場合には直交座標系により、領域の形状が半円体および円柱の場合には極座標により、それぞれを設定する。初期形態は、初期粒子 7 個のうち外側粒子のみが増殖を繰り返すことにより創生する。その際、乱数により増殖する粒子を決定したのち、増殖する粒子に連結している内側粒子の個数および位置により、増殖する粒子数および方向を決定している。本論文では、初期設定領域内に限定して初期形態を創生させるが、初期設定領域外に粒子が発生した場合には、設定領域の境界線上に粒子を移動する。初期形態創生後は、初期形態に荷重を作用させてひずみエネルギーを算出する。部材に生じるひずみエネルギーが 1.0×10^{-7} ($kN \cdot cm$) 以下の場合には、その部材を消滅させる。また、



(a) 直方体の場合 (b) 四角錐の場合 (c) 円柱の場合 (e) 半球体の場合

図 1 各領域の形状における形態創生結果の一例

(領域の寸法: $500(\text{cm}) \times 500(\text{cm}) \times 250(\text{cm})$ ・初期部材長さ $50(\text{cm})$ の場合)

部材が初期部材長さの $0.25 \sim 1.5$ 倍伸長した場合には, その部材を伸長量だけ伸長させる. 部材が初期部材長さの $0.25 \sim 0.8$ 倍収縮した場合には, その部材を収縮量だけ収縮させる. 設定領域外に形態を創生した場合には, 初期形態の形態創生と同様の処理をする.

4 . 目的関数および収束条件

本研究における目的関数および収束条件は, 下記のとおりである.

$$\text{目的関数: } U = \frac{1}{2} \sum \frac{N_i^2 \ell_i}{EA} \rightarrow \text{最小化}$$

ここで, U は構造物の総ひずみエネルギー, N_i は各部材に作用している軸方向力, ℓ_i は各部材長さ, E は部材のヤング係数および A は部材の断面積である.

5 . 解析パラメータ

下記の 3 つをパラメータとして形態創生を試みることにより, 本研究で考える形態創生手法の特徴や問題点などを検証した. なお, 各パラメータについて 5 回ずつ解析した.

- 設定領域の形状 : 直方体・四角錐・円柱・半球体
- 設定領域の寸法 : $500(\text{cm}) \times 500(\text{cm}) \times 250(\text{cm})$ ・ $500(\text{cm}) \times 500(\text{cm}) \times 500(\text{cm})$
 $500(\text{cm}) \times 500(\text{cm}) \times 1000(\text{cm}) \times 500(\text{cm})$
- 初期部材長さ : $50(\text{cm})$ ・ $75(\text{cm})$ ・ $100(\text{cm})$

6 . 形態創生手法の検証結果およびその考察

領域の形状を変更して得られたトラス構造物の一例を図 1 に示す. 図 1 における領域の寸法は $500(\text{cm}) \times 500(\text{cm}) \times 250(\text{cm})$ であり, 初期部材長さは $50(\text{cm})$ である. 図 1 より, すべての領域の形状について, 設定した領域内にトラス構造物を形態創生していることがわかる. 図 1 (b) より, 領域の形状が四角錐の場合は, 設定した領域の側面が傾斜しているため, 他の領域の形状と比べて頂点付近のノードが分散せずに密集して発生している. これにより, 領域の形状次第では, ノードが分散せずに密集して発生することが判明した.

7 . 結論

今回の結果から, 初期設定領域内にトラス構造物を創生することが可能であった. 今後は, 領域を設定した場合でも総ひずみエネルギーを大幅に減少可能となるように, 本研究における形態創生方法の見直しが必要である.

[参考文献]

- (1) 川口健一, 陳毅哲: 応力密度法の逆懸垂による構造形態創生の基礎的研究, 日本建築学会学術講演梗概集 B-1, 構造 1(中国), pp.775 ~ 776, 2008 年 9 月
- (2) 大森博司, 早田寛: 形状・厚さ・位相の同時最適化による自由曲面シェル構造の形態創生に関する研究, 日本建築学会学術講演梗概集 B-1, 構造 1(中国), pp.731 ~ 732, 2011 年 7 月
- (3) 小野聡子, 益田翼: 細胞の特性を応用したトラス構造物の形態創生に関する研究, コロキウム『構造形態の解析と創生2012』, pp.73 ~ 76, 2012 年 10 月

新潟県長岡市落水における放散虫化石の採取と標本作成

板垣 礼子

新潟大学附属長岡中学校 1年、新潟県長岡市学校町 1-1-1

E-mail : recchy@outlook.jp

Abstract:

Since 2023, I have collected radiolarian fossils from Ochimizu, Nagaoka City, Niigata and have made slides of fossil specimens on my own.

Keywords: 放散虫化石 新潟県長岡市落水 地層 標本作製 UV レジン液

はじめに :

私は 2023 年から松岡篤先生（現 新潟大学名誉教授）の指導の下、放散虫について研究している。2023 年は自宅近くに放散虫化石を含んでいそうな地層を見つけ、1 個の放散虫化石(スプレラリア目)を発見したことを第 95 回形の科学シンポジウムにて報告した[1]。2 年目となる 2024 年もこの研究を続け、前回の報告後、新たに 7 個の放散虫化石を採取し、標本作製に取り組んだので報告する。

材料と方法 :

試料採取

2023 年に見つけた新潟県長岡市落水に露出する地層から試料を新たに 4 ヶ所採取した。

試料処理と標本作製（試料処理の方法を 2023 年から変更した）

2023 年と 2024 年に採取した試料をハンマーなどで細かく粉碎し、水でほぐし洗浄する。2023 年はこれを布製ふるいで濾過し、固形物をスライドガラスに滴下して標本としていたがこの方法では異物混じりの標本が多数できてしまい観察の効率が悪かった。2024 年は水を張ったシャーレに試料を入れ、そのまま倒立顕微鏡で観察し、放散虫化石を発見出来たら、その放散虫化石のみを洗浄したスライドガラスに滴下する方法に改めた。その後、スライドガラスをフライパンで温め、水分を十分に蒸発させ、乾燥したらスライドガラスをフライパンから下ろし、UV レジン液を滴下し、カバーガラスで封入した。最後に市販の UV ライトでレジン液を十分に固化させて標本完成とした。

結果と考察 :

2023 年の第 95 回形の科学シンポジウムで発表後、2023 年採取の泥層からさらに放散虫化石を 3 個（スプレラリア目 1 個、ナセラリア目 2 個）を発見した。さらに、2024 年採取の泥層から新たに 4 個（スプレラリア目 3 個、ナセラリア目 1 個）の放散虫化石を発見した（図 1）。



図 1 放散虫化石(ナセラリア目)

おわりに :

放散虫化石を 2 年間で 8 個発見することができた。今後
も顕微鏡観察や標本作製を継続したい。そして、この地層が堆積した年代を推定したい。

参考文献 :

[1]板垣礼子. 自分の力で放散虫化石を見つけたい! ~地層探しと自宅での標本作製~. 形の科学シンポジウム講演予稿集. 2023, 8(2), 30.

生きている放散虫の採取・飼育および標本作製

板垣 成俊

新潟大学附属長岡中学校 3年、新潟県長岡市学校町 1-1-1

E-mail : tocchy1010@outlook.jp

Abstract:

Since 2021 I have found over 100 living radiolarians and have cultured them for up to 89 days. In 2024 I am preparing slides of radiolarian shells.

Keywords: 放散虫 新潟県出雲崎町 飼育 標本作製 UV レジン液

はじめに :

私は 2021 年から松岡篤先生（現 新潟大学名誉教授）の指導の下、「生きている放散虫」を研究している。「生きている放散虫を捕まえて飼育観察すること」を目標に、新潟県出雲崎町での海水サンプリングを継続し、これまでの 4 年間で 100 個以上の放散虫を採取し、最長で 89 日間飼育できた[1]。放散虫は「殻」にならないと種の同定が出来ないが、今年自分で捕まえた放散虫の種を同定するために、捕まえた放散虫の標本作製にも挑戦している。これまでの研究結果について報告する。

材料と方法 :

新潟県出雲崎町の海岸（採取場所固定、水深約 5m）からプランクトンネットを用いて日本海の海水を採取した。採取した海水は自宅にて倒立顕微鏡で観察した。発見した放散虫は冷蔵後で保管・飼育し、連日観察した。死亡したと判断した個体は、キッチンハイターで処理してスライドガラスに UV レジン液で固定し標本とした。

結果と考察 :

2024 年は 10 月 12 日現在、16 回サンプリングを行い、47 個の放散虫を発見した。4 年間の合計では 109 個以上の放散虫を発見してきた。

飼育の最長記録は 2021 年の 89 日間（スプレラリア目）であった[1]。

標本作製は作業が難しく、殻になってからの種の同定も難しかった（図 1）。

おわりに :

2021 年から「生きている放散虫を捕まえて飼育観察すること」を目標に研究を続けている。出雲崎での海水サンプリングを継続し、季節や海の状態などから、いつどのような放散虫が採取できるのか？出雲崎の海にいる放散虫の特徴は？などを調査したい。飼育観察と標本作製も継続し、捕まえた放散虫の種の同定も続けたい。

参考文献 :

[1]板垣成俊. やっと捕まえた『放散虫』-目指せ 100 日！飼育の記録-. 形の科学会誌. 2023, 38(1), 11-19.

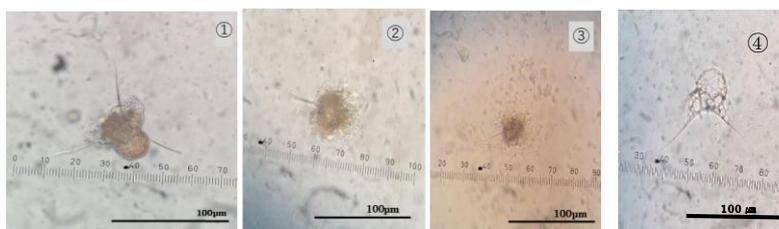


図 1: 標本作製の経過 ①～③飼育中 ④死後キッチンハイターで処理
ナセラリア目 *Phormacantha hystrix* (Jorgensen) と判明

視覚障害者が解剖学を学ぶ為の立体教材の開発

手嶋吉法^{1*}, 篠田萌華¹, 川端出帆¹, 土居周弘¹, 寺口さやか²

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 3D teaching materials for anatomy learning of the visually impaired

Yoshinori TESHIMA^{1*}, Moeka SHINODA¹, Izuhō KAWABATA¹,
Chikahiro DOI¹, Sayaka TERAGUCHI²,

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: We have been developing tactile 3D teaching materials that are useful for the visually impaired when learning anatomy. This time, we developed a model of myofibril, a model of liver lobule, a model of kidney, a model of urogenital organs, and a model of peritoneal cavity.

Keywords: additive manufacturing, anatomical 3D model, simplified shape, tactile 3D model, tactile teaching material

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、はり師きゆ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、視覚障害者が触察で学ぶ為の立体模型の開発を行っている[1]。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。

筋原線維模型の開発

筋原線維(アクチン、ミオシン)は、長さ約1~1.5 μm 、太さ約8~16 nmの細長い円筒形状であり、体の各部の動きや心臓の拍動の収縮を担う筋細胞内の構造である。筋原線維を構成するミオシンフィラメントにアクチンフィラメントが滑り込むことにより、機械的収縮力を発生させる。本研究では、アクチンフィラメント模型を土台から取り外して触察できるようにした。図1に本研究で開発した筋原線維模型を示す。

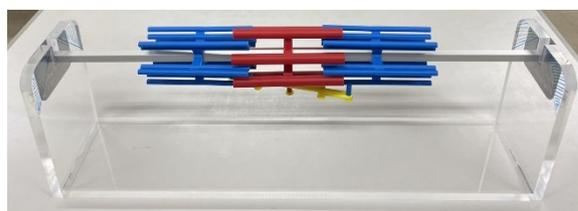


図1 本研究で開発した筋原線維模型



図2 本研究で開発した肝小葉模型

肝小葉模型の開発

肝小葉は直径 1~2 mm、長さ 1~2 mmの六角柱ないし多角柱のまとまりで、約 50 万個集まって肝臓を構成する。本研究では中心静脈、肝細胞索、洞様毛細血管を表す模型を作製した。土台の側面に磁石と金属プレートを設置し、土台同士を固定することで、肝小葉の集合状態を表す模型とした。図 2 に本研究で開発した肝小葉模型を示す。

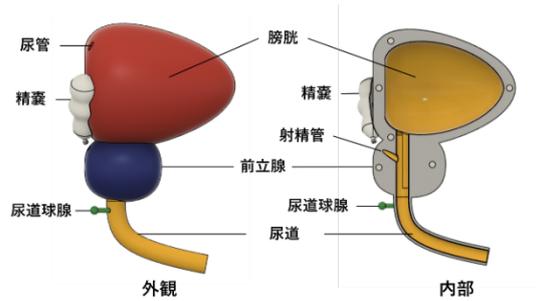


図 4 泌尿生殖器模型の設計データ：
外観図(上段左)、断面図(上段右)
および造形した泌尿生殖器模型(下段)

腎臓模型の開発

腎臓の全体形状の三次元形状データの作成を行い、3D プリンターで実体模型を作製した(図 3)。実際の腎臓に対して模型は約 1.5 倍の大きさとした。模型の外観となる腎皮質のパーツ(赤色のケース)は実際の腎臓と同じく凹凸のあるソラマメ形の形状に設計した。腎錐体(青色の円錐状パーツ)は実際には成人では 8~12 個あり、形状がそれぞれ多少異なるが、本研究では個数を 6 個とし、形状を全て合同に設計した。腎柱(黄色いパーツ)は接着剤で腎皮質に固定しているが、くびれの大きい形状にして腎皮質と区別しやすくしている。腎盂・腎杯(白い枝分かれした管のパーツ)は触察しやすいように実際より太くしており、分岐の本数も少なくしている[2][3]。各パーツの接続と、腎皮質を 2 分割可能とするためにネオジム磁石を設置する穴を適宜設けた。



図 3 腎臓の全体形状の模型(左)
およびその分割模型(右)

泌尿生殖器模型の開発

泌尿生殖器(膀胱、前立腺、精囊、尿道球腺)及び、尿の通り道に存在する臓器の位置関係及び形状を学ぶための模型の開発を行った。概略図及び断面図を参考に実際の臓器を簡略化した模型を設計し、3D プリンターを用いて実体模型を作製した(図 4)。

腹膜腔正中断模型の開発

腹膜で覆われている各臓器の位置関係及び臓側腹膜と臓側腹膜の間に生じる空間の腹膜腔について学ぶための模型の開発を行った。

既存の解剖学図や二次元の触図を参考に、実際の臓器や膜の簡略化を行い、触察の向上のために、腹膜腔の広さや臓器と腹膜の隙間の拡張を行った(図 5 左)。腹膜部分にシリコンシートを貼ることで、他の部分と異なる手触りにした。その後、着色し、完成した模型を図 5 右に示す。各色の配色は、腹膜腔(赤)、網嚢(青)、臓器(緑)、背骨(黄)、その他(白)、として着色を行った。

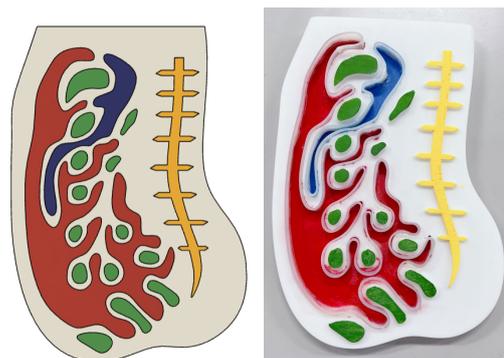


図 5 腹膜腔正中断模型。(左)設計データ、
(右)造形後、シリコンシートを貼り着色した模型

参考文献

- [1] 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、第 8 巻 1 号 (2023) pp. 11-12.

機械機構を学ぶ為の立体教材の開発Ⅲ

遠矢孔成、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 for learning mechanism III

Kousei TOHYA & 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 21 different models. This time, we improved a Rouleau model and made eight new models.

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、アメリカのコネル大学において最も良く保管されている[1]。我々は過去のシンポジウムにおいて21種類の機構模型の報告と展示を行った[2][3]。本稿では、過去の模型の改良(21種類中の1種類)および新たに作製した8種類の模型について報告を行う。

2. 模型の改良

前回の模型[3]の動作確認を行い、改良が必要と判断した改良が必要と判断したM6「ネイピアのダブルスクリュウ」の改良模型を作製した。M6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)。改良模型のM6「ネイピアのダブルスクリュウ」を図1に示す。M6「ネイピアのダブルスクリュウ」(図1)は、円筒に螺旋状の溝があり円筒を回転させるとその溝に沿って細長い形をしたスライダが左右に移動する機構である[1]。従来の模型はスライダが端から端まで移動することが出来ず、1区間内で往復してしまっていた。そこで、スライダの形状を変更し、スライダのパーツを2つにすることで稼働する改良を行った。

3. 設計と実体化

今回我々は、デジタル化および実体模型の作製がなされていなかったルーロー模型、S3「斜めスライダークランク直線リンク機構」、D8「ダブルスライダークランク機構」、N8「ジュネーブホイール間欠機構」、C9「ウォーム駆動機構」、及び C9 を見やすく改良した模型、V1「ベルト駆動機構」、I8「リベリオンチャンバースクリューホイール機構」、及び I8 と関連するアルキメデスのスクリュウの設計と実体化を行った（計 8 種類）。

例として 3 種類の機構模型を示す。S3 「斜めスライダークランク直線リンク機構」（図 2）は、円運動を斜め方向の直線往復運動に変換することができる機構である。

C9「ウォーム駆動機構」（図 3）は、軸の回転方向を 90 度変換することのできる機構で自動車のパワーステアリングや弦楽器の糸巻きに使用されている。

I8「リベリオンチャンバースクリューホイール機構」（図 4）は、タービンタイプの機械の先駆けと言われる機構である。液体または流体はスクリュウが回転するときにスクリュウに沿って軸方向に液体を動かす機構である。



図1 M6「ネイピアのダブルスクリュウ」
（左）ルーロー模型[1]、（右）実体化模型



図2 S3「斜めスライダークランク直線リンク機構」
（左）ルーロー模型[1]、（中央）3D形状データ、（右）実体化模型



図3 C9「ウォーム駆動機構」
（左）ルーロー模型[1]、（中央）3D形状データ、（右）実体化模型



図4 I8「リベリオンチャンバースクリューホイール機構」
（左）ルーロー模型[1]、（右）実体化模型

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.
- [3] 湊川、中沢、伊美、手嶋、「機械機構を学ぶ為の立体教材の開発II」、形の科学シンポジウム講演予稿集, 第8巻1号 (2023) pp. 13-14.

2025 年用の放散虫カレンダー

松岡 篤¹・富田 雄太²

¹新潟大学理学部/形の科学研究センター、新潟市西区五十嵐 2 の町 8050

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

²株式会社イメージミッション木鏡社、静岡市葵区水落町 9-10

2025 Calendar of Radiolaria

Atsushi MATSUOKA¹ and Yuta TOMITA²

¹Faculty of Science, Niigata University, Niigata 950-2181 Japan

²Image Mission Inc., Shizuoka, 420-0831 Japan

Abstract: A radiolarian calendar for the year 2025 is prepared and is available for sale on line and at major museums in Japan. Radiolarian calendars have been produced constantly since the 15th meeting of the International Association of Radiolarists held in 2017 in Niigata (InterRad 15). Radiolarian calendars are expected to enhance a degree of social recognition of radiolarians.

Keywords: radiolaria, calendar, 2025, InterRad, social recognition

はじめに

印刷体のカレンダーは長期間にわたり掲示されるため、絵柄となっている対象物の社会認知度を高めるのに役立つ。2025 年用の放散虫カレンダーについて紹介する。

放散虫カレンダー

放散虫カレンダーは、2017 年に開催された第 15 回国際放散虫研究集会 (InterRad 15) を宣伝する目的で 2017 年用が試作された^[1]。また、InterRad 15 の記念グッズの 1 つとして 2018 年用がイメージミッション木鏡社により作成された。毎年異なる放散虫カレンダーが作成され^[2]、ネット販売のみならず、ミュージアム・書店などでも店頭販売が行われている。

2025 年用カレンダーには、マリアナ海溝産の白亜紀最前期放散虫化石の中から、棘をもつ種が選ばれている (図 1)。このように保存が良いのは、放散虫の殻が、形成当時のオパール A の状態を保っているからである。

文献

- [1] 松岡 篤・大河内春香 (2016). 形の科学会第 81 回シンポジウム講演予稿集, 17.
- [2] Ito, T., Matsuoka, A., Yokoyama, H., Kawashima, T., Kanchiku, T., Tomita, Y. and Maehata, N. (2024). *Forma*, 39(1), S15-S23.

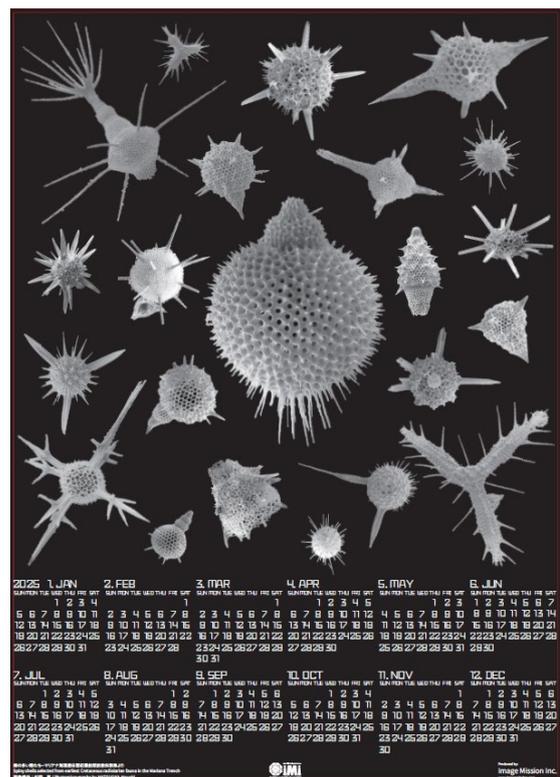


図 1. 棘のある放散虫 (白亜紀最前期) を用いた 2025 年用カレンダー。

科学リテラシーを普及するための小道具たち

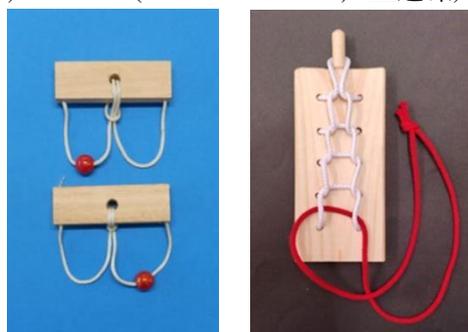
Props to Popularize Scientific Literacy

根岸利一郎¹, 高橋優²

¹科学リテラシー研究所, ²埼玉工業大学

身近な話題を取り上げ、その体験のために誰でも作れ、楽しく理解できる小道具をかたち化しました。図は「まなびハウス」*に展示してある小道具の一部です。(a)は木を使ったトポロジーパズルです。左は玉の移動、右は五連環です。最も易しい一連から順に始められるように工夫してあります。(b)はミニ風洞です。ストロー1600本を使って紙ヒコーキの速度約2m/sに合わせて作り、また風の流れを可視化のために超音波霧発生器を利用しています。(c)は硬貨分離機で1円と10円を分離できます。金属の種類ではなく運動量で分離できることが確認できるように重さの異なるアルミ硬貨を準備してあります。(d)は錯視で大きさの異なる現象を確認できる「エイムズの部屋」です。(e)はLEDによるRGB3原色による色混合の実験器です。

(a) パズル (ムービーボール, 五連環)



(b) ミニ風洞



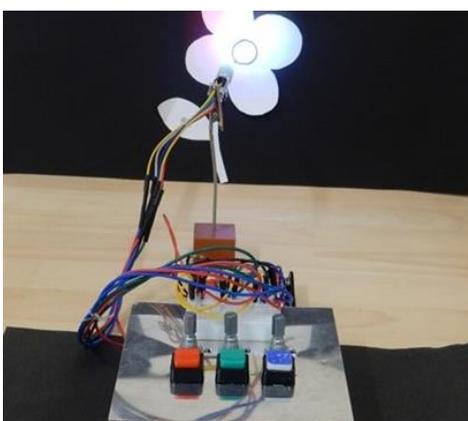
(c) 硬貨分離機



(d) エイムズの部屋



(e) RGB 色作り



まなびハウスに地域の多くの児童・生徒が参加して科学に親しむセンターの役割になることを望んでいます。

*NPO 法人 まなびクラブ・リクウェイ ; <https://rikuway.org//>

全天球の情報を一望する視野拡張システム

松浦 昭洋¹ 宮川 瑠偉

¹東京電機大学, 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

E-mail: ¹ matsu@rd.dendai.ac.jp

A System for Expanding Field of View That Provides Information of Whole Sphere

Akihiro Matsuura¹ Rui Miyagawa

¹ Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-cho, Hiki, 350-0394 Japan.

Abstract: We present a demo of a system for expanding field of view (FOV) that provides 360° spherical information in the three-dimensional space as circular and annular fisheye images based on equidistant projection. Participants experience the proposed view through play of the shooting content we developed.

Keywords: VR, head-mount display, field of view, FOV, sphere, fisheye, equidistant projection

1. はじめに

従来より視野拡張を可能とする手法・システムが知られる。まず、半球状魚眼レンズに映る画像を円形魚眼画像や正距円筒図法等を用いた矩形画像として提示する手法がある。さらに、半球を超えた視野拡張手法として、2つの魚眼レンズで撮影した全天球のデータを横長のパノラマ画像としてヘッドマウントディスプレイ(HMD)で提示する手法や、周辺視野で見る領域を圧縮してHMDの視野角内に収め提示する手法がある。しかし、従来の手法・システムでは、HMDの正方形に近い矩形画像内で全天球の情報を中央視野に提示することは難しい。そこで、魚眼画像を拡張して、全天球の情報を中心視野に近い領域の画像に収め、HMD等のディスプレイの画角に収まる画像として提示し、全方位に存在しうる物体を高速に発見し、続く操作・行動が可能な視野拡張システムを開発した。今回本システムをデモ展示する。

2. システムの概要

本システムは、提案する画像(全天球画像と呼ぶ)を表示するHMD(Meta Quest 2)、VRコントローラ、ノートPCからなる。全周の情報から下記射影方法でHMDに表示する円形状の全天球魚眼画像を作成する。まず、HMDを装着するユーザの前方の半球に映る領域を平面上の小さな円形領域に射影し、次に後方の半球に映る領域を本円形領域外の円環領域に射影する。その際これら二領域を距離に関する凸凹感なく接続するため「等距離射影」を用いる。本射影イメージを図1に示す。また、3D空間内における目標物の位置の特定を支援するため、ユーザの視線周囲の仮想球面上に一定角度(例えば45度)毎に補助線を描き、全天球魚眼画像を見る際、目標物の位置を特定しやすくした。VRアプリケーションはUnity 2021.3.5f1上でC#言語を用いて実装し、今回VRコントローラによる操作性を高めるため、通常の3Dビューと提案する全天球魚眼画像のビューの切替機能、補助曲線の表示機能(ON/OFF)とその位置のリセット機能、およびそれらを用いるシューティングゲームを実装した。プレイ中の画面とプレイヤーの様子をそれぞれ図2、図3に示す。本システムのより詳細は文献[1]を参照されたい。

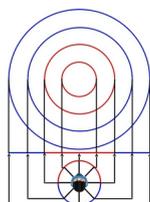


図1 等距離射影による画像作成

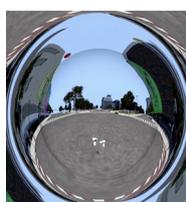


図2 全天球魚眼画像と通常画像

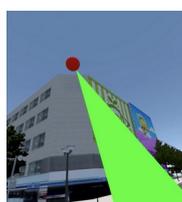


図3 プレイ中の様子

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 21K12198 の助成を受けて行った。

参考文献

[1] 宮川瑠偉, 松浦昭洋, “全天球の等距離射影に基づく魚眼画像を用いた視野拡張手法とゲームコンテンツへの応用,” 日本デジタルゲーム学会第14回年次大会, pp. 146-147, 2024.

工芸と幾何学デザインのコラボ①京都・与謝野町の織物

中村健蔵

幾何学デザイン工房代表、長崎県

E-mail: col.kenzou.nakamura@gmail.com

Collaboration Report of Traditional crafts and geometric design:

① Jacquard Fabric from Yosano Town, Kyoto

Mr. Kenzo Nakamura

Geometric Design Studio , Nagasaki Prefecture

Abstract: I report on the collaborative creation of a geometric design combined with Jacquard Fabric from Yosano Town, Kyoto.

Keywords: Jacquard Fabric, geometric design, Collaboration Report, crafts, Kyoto

1 コラボの経緯

私は、2024年から工芸：京都・与謝野町の織物とのコラボを再開しました。これまでも、20年前に京都の着物屋さんのコラボを手始めに、キルトのコラボ作成等を行ってきました。私がコラボする動機は、次の2点です。

①幾何学デザインの具体化で色々な作品をコラボで作成可能で、自分だけでは作成できないものが出来る。

②コラボを通じ人・資料・ノウハウ等の収集が出来る。

2 京都・与謝野町の織物の概要

与謝野町は京都府の北部、丹後半島の南側に位置し、日本海を望む行政区域です。明治時代から、現在の京丹後市と共に丹後ちりめんなどの織物産業が盛んな地域となっています。しかし、最盛期には約3万あった事業体が現在では約2千に減少し、10分の1以下となりました。ジャガード織機を用いて、撚糸を特徴とする生地が生産されています。

近郊の織物関連組織としては、京丹後市に京都府の織物・機械金属振興センターや丹後織物工業組合があり、また与謝野町に織物技術訓練センターが設置されています。これらの組織では、研究や教育等が行われています。

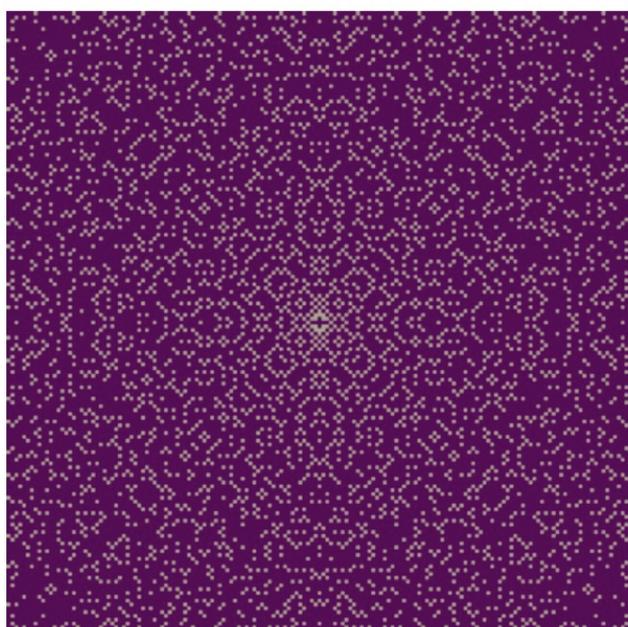
3 制作作品

ガウス素数の点列を使った 1.2m 四方のタペストリーとネクタイをジャガード織機で織り、縫製により製作しました。

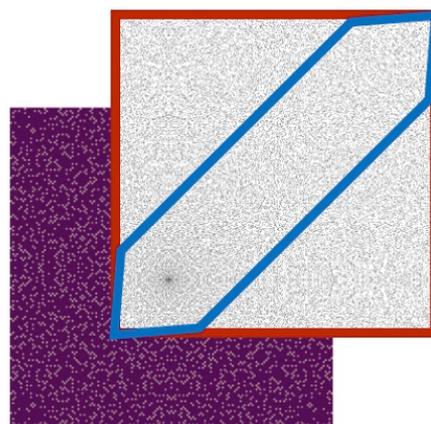
点列データは正方格子に白黒の正方形を並べたものと考えることが出来、織物のデータとして非常に整合性が良好です。今後、正方格子に整合性のある数学曲線、具体的にはスタッガー曲線を使ったデザインを具体化したいと取り組んでいます。

作成したタペストリーとネクタイのイメージは次のようなものです。実物については発表時に展示できる予定です。

タペストリー：1.2m四方



**ネクタイ
デザイン重視で
切れ目なし！**



4 コラボの課題

コラボの課題は、コラボ相手は稼業実施中であり、忙しいので、①相手に解決したいことがなければ、相手にされない。また、②解決したいことを具体的に考えていない場合が多い。などです。従って、①関連組織を見つけて、活用する。②必要としている人を見つける。ことが重要になります。

また、コラボ相手に研究開発費という考えがほぼ無いので、相手に解決したいことがなければ、コラボに経費が必要になります。今回も「試作請負ます。」と言われて、がっかりすることが度々でした。

5 まとめ

今回、京都・与謝野町の織物とコラボを行い、色々な可能性を見出すことができました。色々な問題点がありますが今後も、可能性を追求したい。さらに、コラボの範囲を印伝や竹細工といった多方面に拡大したいと考えています。

展示：工芸と幾何学デザインのコラボ①京都・与謝野町の織物

中村健蔵

幾何学デザイン工房代表、長崎県

E-mail: col.kenzou.nakamura@gmail.com

Exhibition: Collaboration of crafts and geometric design:

① Jacquard Fabric from Yosano Town, Kyoto

Mr. Kenzo Nakamura

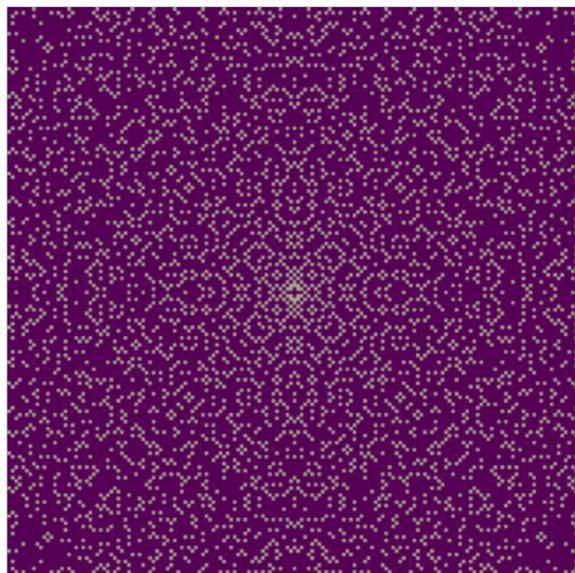
Geometric Design Studio , Nagasaki Prefecture

Abstract: This exhibition is the collaboration between Kyoto Yosano-cho Jacquard Fabric and Geometric Design, and includes Tapestry & Tie using Gaussian prime sequence designs.

Keywords: Jacquard Fabric, geometric design, Gaussian prime, crafts, Kyoto

ガウス素数の点列は根強い人気があり、私も以前から興味を持っており、キルトとのコラボレーションを行いました。今回は京都・与謝野町のジャガード織とのコラボでタペストリーとネクタイを作成できたので、展示します。この予稿では、ガウス素数の点列についてご説明し、展示品の完成度を確認していただければと思います。

ガウス素数の点列を原点を中心に正方形に表示すると、左右上下に対称となり、斜め45度方向にも対称線が生まれます。その結果、原点を囲む十字と四角などのデザインを見つけることが出来ます。また、素数であるため原点付近以外で、2点が連続せず適度に散らばった配列となり、不思議な分散の心地よさを感じることが出来ます。



球面折り鶴

吉野隆

東洋大学理工学部、〒350-8585 川越市鯨井 2100
tyoshino@toyo.jp

Spherical Origami Crane

Takashi Yoshino

Toyo University, Kujirai 2100, Kawagoe, 350-8585

Abstract: I consider the computer graphics of an origami crane that is correct from the viewpoint of spherical geometry. The results show that there are some characteristic constraints for spherical origami.

Keywords: origami crane, spherical geometry

1. はじめに

球面幾何学的に正しい折り紙（「球面折り紙」と呼ぶことにする）について検討し、折り紙の代表例である折り鶴を用いて検証した結果を報告する。ほとんどの折り紙は平坦な紙（曲率ゼロの表面）を用いるために、ユークリッド幾何学が用いられる（「ユークリッド折り紙」と呼ぶことにする）。非ユークリッド幾何学が用いられている折り紙はほとんど前例がないために、基礎的な操作から検討を行った。

2. 球面に制限された折り紙

研究の端緒として、平面折り紙における折り紙の公理（Huzita-Justin axioms）を球面に拡張することを検討した。折り紙の公理について考えるためには、公理において用いられる定義を球面に合わせて変更する必要がある。Alperin and Lang [1]によれば、「折り」の他に6つの定義が必要であり、この6つの定義に基づいて折り紙の公理7種類が導入される。紙面の関係で詳細を省略するが、ユークリッド幾何学における直線に相当する大円に折り線を設定することで、定義の拡張は自然に行うことができる。そして、折り紙の公理それぞれに相当する操作が球面幾何学を用いたアルゴリズムとして実装できる。

3. 3次元空間における球面折り紙

前節は折りを球面上に限定していたが、面が球面以外にあるような折りを行うためには折り線を大円弧から小円弧に拡張しなければならない。これは、ふたつの同じ大きさの球面の交わりが小円になることから容易に想像できる。折り線を決定するには「折り」という操作を「回転」と「表裏の反転」という二種類の操作の組み合わせとして考える必要がある。すると、回転の角度を決めると小円弧の極が決まるので折り線が決定できる仕組みになっている。すなわち、ユークリッド折り紙とは異なり、球面折り紙は展開図を描く段階ですべての角度を決定しなければならない。表裏の反転は折り紙に歪みを発生させないため必要である。図1に実際の折りの例を示す。折る方向がもとの球面の内側か外側かによって、折り線（小円弧）の向きが変わる。特に内側に折る場合、折られる面の外側に折り線ができることを強調したい。その他にも球面折り紙特有の制約があることもわかったが、紙面の都合で省略する。

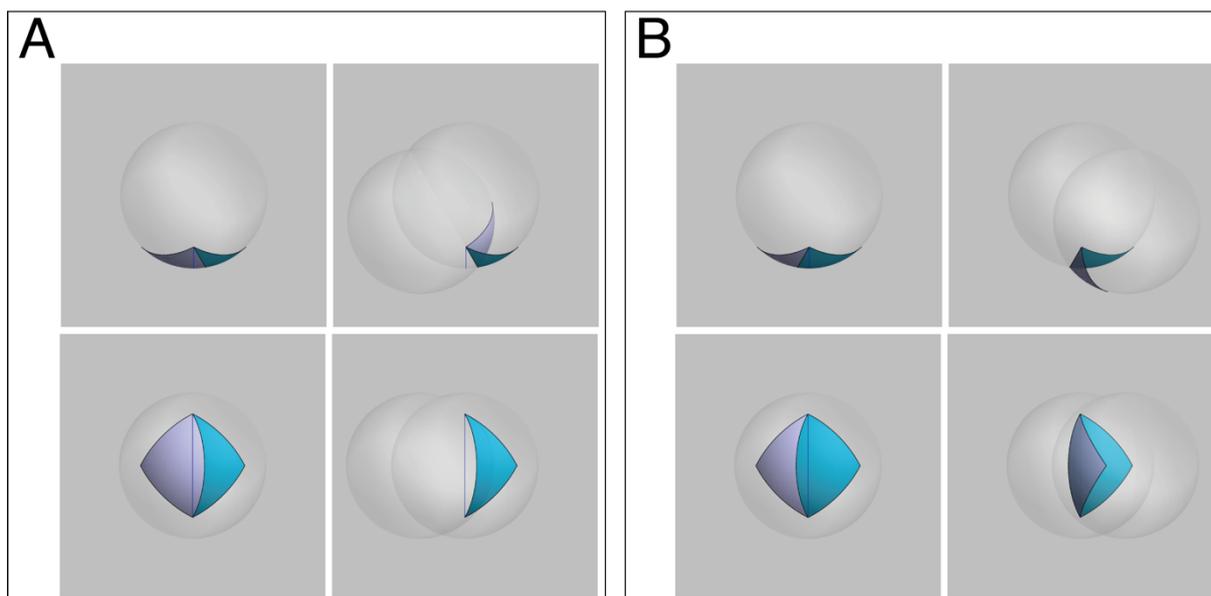


図 1:二種類の折りの例. A: もとの球の内部に折る. B: もとの球の外部に折る.

4. 球面折り鶴

ここまでの検討を確認するために球面幾何学的に正しい折り鶴の作成を試みた. 川崎 [2]には半球面シートを用いた大円弧のみの展開図が示されているが, 上述の通り 3 次元的に折るためには小円弧の折り線が必要不可欠である. 本研究では球面二角形による折り鶴の作成を検討した. 図 2 に結果を示す. ユークリッド折り紙の折り鶴との決定的な違いは, 折り線が腹を挟ってしまうために羽を内側に展開することができないことである. つまり, ユークリッド折り紙の手順で両方に羽を開く折り鶴の作成は不可能である. これを回避する方法は三種類あって, 一番単純 (そして妥当) な方法が図 2 に示した両方の羽を外側に折ることである. その他に, 新しい折り線を設定して内側に折ることや首や尾を外側に曲げて擬似的に羽根を両側に開くことが考えられるが, 本稿執筆時点では確認していない.

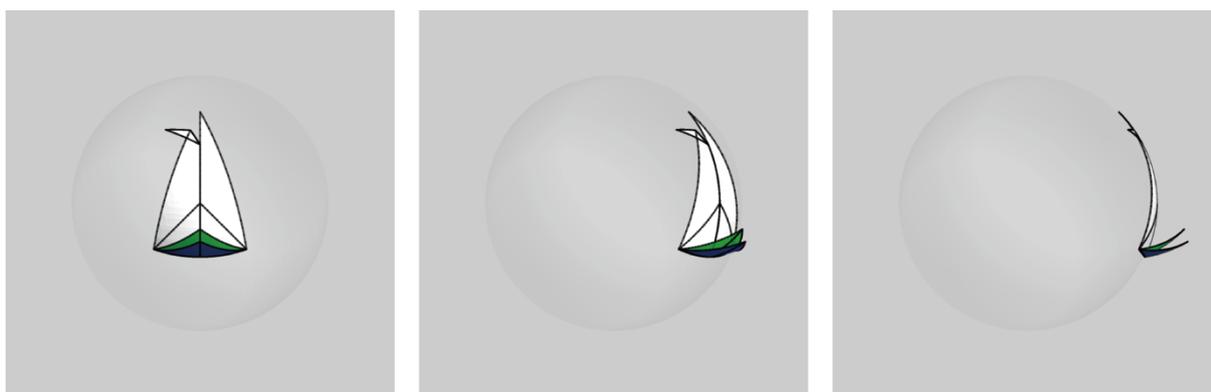


図 2:球面折り鶴の完成形を異なる視点から見る.

文献

- [1] Alperin, R. C., Lang, R. J.: One-, two-, and multi-fold origami axioms. *Origami* 4, 371-393 (2006)
- [2] 川崎敏和: バラと折り紙と数学と. 森北出版 (1998)

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

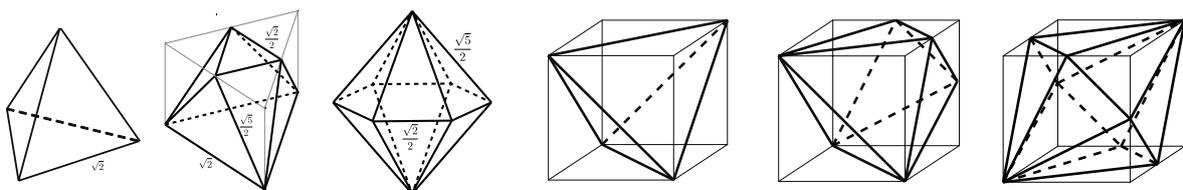
Hideki Tsuiki

Graduate School of Human and Environmental Studies, Kyoto University

Abstract: Layered fractal imaginary cubes are three-dimensional fractals generated by digit sets with layered structures. Notable examples include the Sierpinski Tetrahedron, H-Fractal, and T-Fractal. Recently, for layered fractal imaginary cubes, the projection directions that cast shapes with positive areas are characterized [T24]. In this presentation, I will explain this result and show how the projected images change according to the projection directions through videos and object exhibitions.

Keywords: Fractal Imaginary Cube, Projection, Measure

直交する 3 方向のそれぞれから射影すると残り 2 方向と平行な辺をもつ正方形が現れる立体をイマジナリーキューブといいます。言い換えると、直交する 3 方向から見えるかたちが仮想の立方体を想起させるような、現実のかたちです。立方体以外に、正四面体、底辺と高さの比が $\sqrt{2}$; $\sqrt{3}$ の正三角錐を半分の高さで切って上の面を 60 度回転させた反三角錐台(省略して T とよびます)、底辺と高さの比が 2:3 の二等辺三角形の面からなる重六角錐(省略して H と呼びます)、もイマジナリーキューブです。



正四面体

T

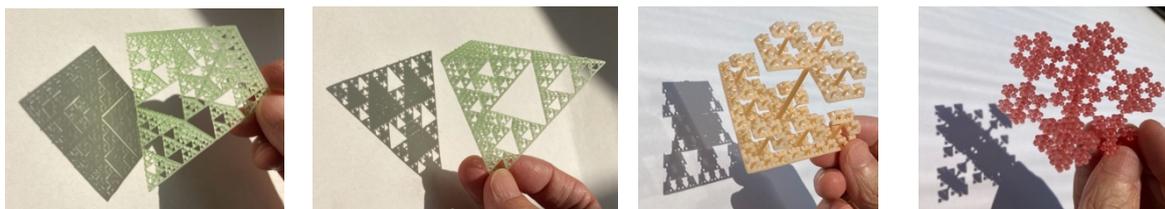
H

正四面体, T, H の仮想立方体

筆者は、長年イマジナリーキューブについて研究し、それに基づくオブジェやパズルを制作してきました。特に、フラクタル構造をもつイマジナリーキューブに興味を持ってきました。上記の 3 立体、正四面体、H, T には、対応するフラクタルイマジナリーキューブ(シェルピンスキー四面体, T-フラクタル, H-フラクタル)が存在します。この中で H および H-フラクタルは 6 回対称性を持っており、異なる 2 個の立方体に対するイマジナリーキューブになっています。



これらのフラクタルは、正方形以外にも正の面積をもつ像を作ります。



これらの射影像について調べている中で、これらを含むフラクタルイマジナリーキューブの族について、正の測度を持つ像をつくる射影の方向を特徴付けることができました[T24]。本発表では、この結果を紹介するとともに、いくつかの射影像についてその構造を紹介し、動画や立体模型の展示を通して、射影像が連続に変化していく様をお見せします。

シェルピンスキー四面体 X は、正四面体の頂点集合 D に対して、 $X = (X + D)/2$ を満たすフラクタル立体です。同様に、濃度 k^2 の n 次元集合 D に対し $X = (X + D)/k$ を満たすフラクタル立体を $F^3(k, l)$ と書くことにします。特に、 $D_{k,l} = \{(x, y, z) \in \mathbb{Z}^3 \mid 0 \leq x, y, z < k, x + y + z \equiv l - 1 \pmod{k}\}$ に対して得られるフラクタル立体 $F^3(k, D_{k,l})$ を、次数 k の layered fractal imaginary cube ということにします。 $F^3(2, D_{2,0})$ はシェルピンスキー四面体、 $F^3(3, D_{3,0})$ はT-フラクタル、 $F^3(3, D_{3,1})$ はH-フラクタルです。

定理： $F^3(k, D_{k,l})$ のベクトル (a, b, c) に沿った射影を考える。

(1) a, b, c のどれか2つが無理数比の時は、射影像は測度0である。

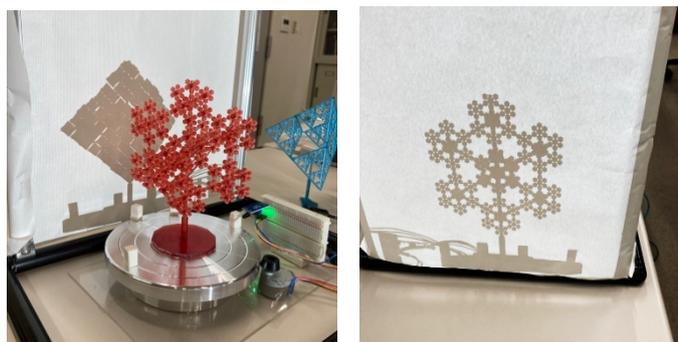
(2) それ以外の時は、 a, b, c が互いに素な整数の時だけ考えればよい。

(2-1) $(k, l) \neq (3, 1)$ なら、 $a + b + c$ が k と互いに素な時に、その時に限り射影像の面積は正となる。

(2-2) $(k, l) = (3, 1)$ すなわち、H-フラクタルなら、 $a + b + c$ が k と互いに素か、 $a \equiv b \equiv -(a + b + c)/3 \pmod{3}$ の時、その時に限り射影像の面積は正となる。

(2-2) の2個目の条件は複雑に見えるが、1個目の条件を満たす方向を $x = y = z$ の周りに180度回転した方向です。

このきれいな結果を楽しんでもらうために、フラクタルの3Dプリントを作成して、配布したり、これらの影を見せるオブジェを作成したり、YouTubeビデオを作成したりしてきた[Video]。今回は、連続に変化する影を見てもらうために、回転台の上に乗せ、興味深い影のところで止まる展示をArduinoで作成した。楽しんでいただきたい。



裏から見て影を楽しみます。

[参考文献]

[T24] H. Tsuiki, Projected images of the Sierpinski tetrahedron and other fractal imaginary cubes, Journal of Fractal Geometry 掲載予定, arXiv:2205.13065, 2024.

[Video] YouTube ビデオ youtu.be/watch?v=VQvyxG4X4iA

ギーリス曲線を用いたプロダクトデザインの生成

松浦真也

愛媛大学大学院理工学研究科、愛媛県松山市文京町 2-5

matsuura.masaya.mx@ehime-u.ac.jp

Product Design Using the Gielis Curves

Masaya Matsuura

Graduate School of Science and Engineering, Ehime University,

2-5 Bunkyo-cho, Matsuyama-shi, Ehime

Abstract: We will analyze mathematical curves called Gielis curves, with an eye to their application to product design. In the narrow sense, a Gielis curve is a planar curve with six parameters, and by changing these values in various ways, a wide variety of shapes can be expressed, including polygons, flowers, stars, and hearts. The ability to represent various shapes in a unified manner with a relatively simple mathematical formula makes the Gielis curve suitable for computer-aided product design.

Keywords: product design, Gielis curves, mathematical curves, Lamé curves

1. はじめに

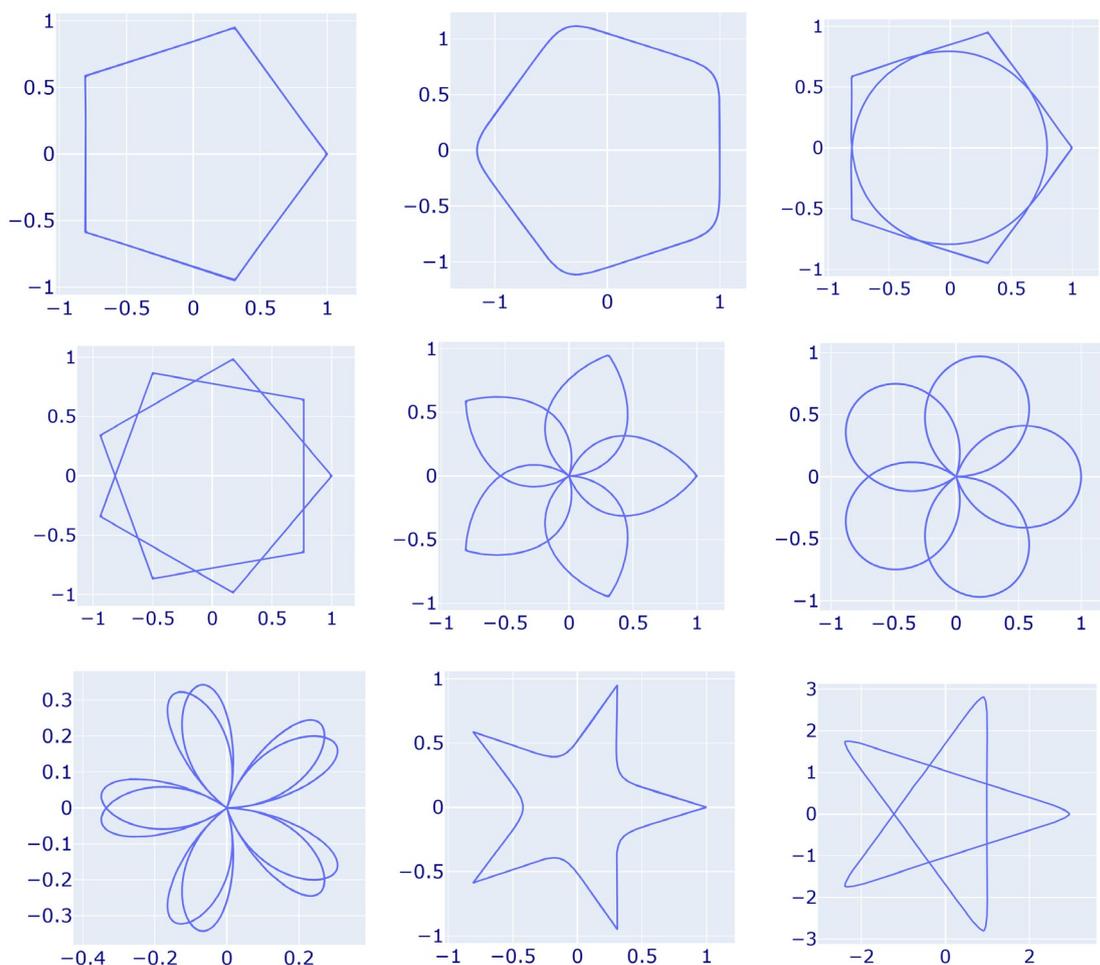
1900年代前半から中盤にかけて再開発が行われたスウェーデンの首都ストックホルムでは、街の中心部に位置するセルゲル広場 (Sergels Torg) の形に、スーパー楕円形 (数学の用語ではラメ曲線) が採用された。スーパー楕円は、楕円と長方形の中間的な形をしている。セルゲル広場への活用をきっかけに、スーパー楕円は北欧をはじめ、世界各国で建築物やインテリアなど、様々なデザインに用いられるようになった。しかし、スーパー楕円は基本的には楕円と長方形の中間的な形しか表現できない。そこで、ベルギーの植物学者ヨハン・ギーリス (Johan Gielis; 1962-) は、もっといろいろな形を表現できるようにと、スーパー楕円を数学的に拡張し、次式 (極座標形式) で表現されるギーリス曲線を考案した。

$$r(\theta) = \left\{ \left| \frac{1}{a} \cos \frac{n\theta}{4} \right|^{p_1} + \left| \frac{1}{b} \sin \frac{n\theta}{4} \right|^{p_2} \right\}^{-\frac{1}{q}}$$

ギーリス曲線は6つのパラメータを持ち、その値を変えることで、多角形、星形、花柄、ハート形など、多種多様な形を統一的な数式で表現することが可能である。このため、プロダクトデザインなどの分野で、オーダーメイドにユーザー好みのデザインを、自動生成するのに活用できると考えられる。

2. 数学的解析

本講演では、特に5角形と類似した形を具体例として、ギーリス曲線に対する数学的解析の一例を紹介する。曲線の持つ幾何学的な特徴が、パラメータ間に成り立つ簡単な数式によって表現できることを示す。例えば、以下の図に、ほぼ厳密な5角形、角が丸みを帯びた5角形、ほぼ厳密な五角形にほぼ厳密な円が内接した形、ほぼ厳密な4.5角形、5枚の花びらをもつ花形（角が尖ったもの、角が丸みを帯びたもの、花びらが2重のもの）、星形（線が交差しないもの、交差するもの）を示している。これらはすべて、上記のギーリス曲線で表現できるものであり、パラメータ間にどのような関係性を持たせれば、これらの形が再現できるか、簡潔に表現できるため、好みのデザインを計算機上で容易に、かつ正確に生成することが可能となる。



参考文献

- [1] M. Matsuura, “Gielis’ superformula and regular polygons,” *Journal of Geometry*, Vol. 106, no. 2, 2015, 383-403.
- [2] M. Matsuura, “Asymptotic behaviour of the maximum curvature of lamé curves,” *Journal for Geometry and Graphics*, Vol. 18, no. 1, 2014, 45-59.

科学リテラシーと体験のかたち

根岸利一郎¹, 齋藤茂², 杉田一郎², 牧口一男², 三上修平², 関口久美子³, 高橋優³, 根岸順治⁴

¹科学リテラシー研究所, 〒366-0052 埼玉県深谷市上柴町西 6-15-7

²NPO 法人 まなびクラブ・リクウェイ, 〒366-0052 埼玉県深谷市上柴町西 6-15-7

³埼玉工業大学, 〒369-0293 埼玉県深谷市普濟寺 1690

⁴山根技研(株), 〒367-0114 埼玉県児玉郡美里町中里 2

Scientific Literacy and the Form of Experience

Riichirou NEGISHI¹, Shigeru SAITOH², Ichirou SUGITA, Kazuo MAKIGUCHI², Shuhei MIKAMI²
Kumiko SEKIGUCHI³, Masaru TAKAHASHI³, Junji NEGISHI⁴

¹Research Institute for Science Literacy, 6-15-7 Kamishibachou-nishi, Fukaya, Saitama 366-0052, Japan

² NPO Manabi_club_Rikuway, 6-15-7, Kamishibachou-nishi, Fukaya, Saitama 366-0052, Japan

³Saitama Institute of Technology, 1690 Fusaiji, Fukaya, Saitama 369-0293, Japan

⁴Yamane Giken Co. Ltd., 2 Nakazato, Misato, Kodama, Saitama 367-0114, Japan

rikuway.negishi@gmail.com

Abstract: At this symposium, we explore a guideline for scientific literacy activities through the report and discussions on Rikuway's activities over the past few years.

これまで

楽しい科学体験のための「まなび講座」と他の科学教室, および楽しく考える体験のための「まなびハウス」を活動の中心に据えてきました。内容は自然科学, プログラミング, パズルおよび心理で図1に例を示します。これ以外の今年のテーマは, 宇宙, 糸電話, 発電, 発光などです。最近1年間の参加者は月平均にして28人前後で小・中学生が多く, 社会人参加は10%程度です。これまでの道跡を確かめながら科学リテラシーの普及への方法を検討します。

科学体験とリテラシー

月に一度の「まなび講座」は公共施設を使って開催し, 対象者は誰もが科学に親しめるように満10才から社会人まで, できるだけ広く科学に興味を持って体験してもらうことにしています。「まなびハウス」では科学をより理解したい対象者に考えて分かる体験ができるよう毎週土曜日午後開催しています。図1は「まなび講座」での(a)自然科学, (b)プログラミングそして(c)心理の例です。



図1. まなび講座での内容例



図2. まなびハウスでの内容例

図2は「まなびハウス」でのテーマ例です。まなび講座の翌月に関連テーマで開催し、各自で内容を確認して理解することで科学リテラシー*に繋がるように計画しています¹⁾。

*科学リテラシー:「諸問題への科学的理解と判断・対処ができること」(OECD定義からの簡略)

科学的リテラシーと自己効力感との乖離

よく知られているように15才を対象としたOECD・PISA*での近年の日本の科学的リテラシーの結果は域内のトップ水準を推移しています(図3)²⁾。ところが、同じ調査に含まれる科学リテラシーの自己効力感(self-efficacy)**の指標では最下位付近にあります(図4, 2006年)。

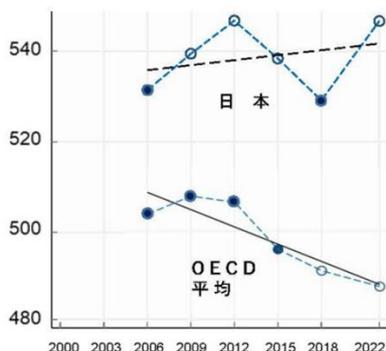


図3. 科学的リテラシーの推移

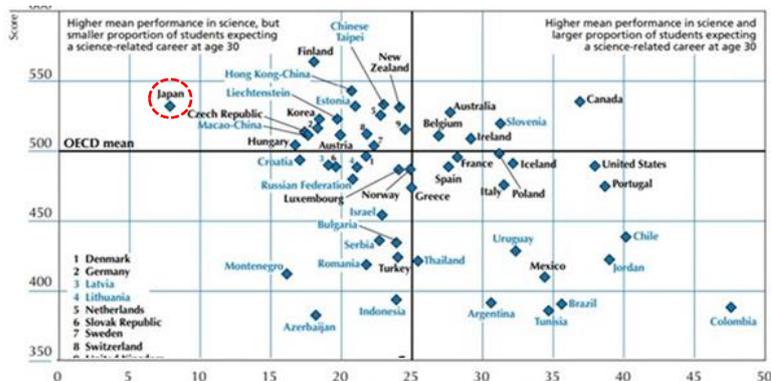


図4. 自己効力感の指標

この乖離の原因としては研究論文数の相対的低下³⁾、革新的新製品の少なさ⁴⁾、文系に比べて理系の給与水準の低さ⁵⁾、そして科学リテラシーの普及していない現状などの背景が考えられます。ここでは科学リテラシー普及への私たちの活動との関わりを検討します。自己効力感が向上するためには科学的理解と判断力向上に伴う参加者の自信が必要不可欠です。

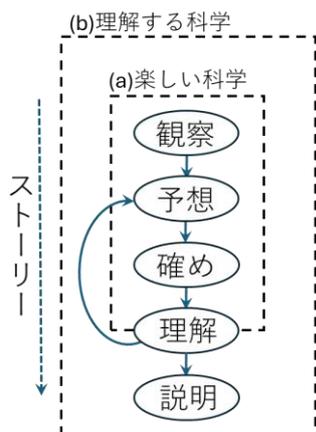


図5. 楽しさと理解の体験

そこでPISA対象の15才までに数年を控えた小学高学年と中学生への対応が重要になります。図5は心がけている科学体験の実践を示します。不思議事象を対象に科学には楽しさがあり役にも立つことを実感してもらうことが狙いです。各回毎に特定のテーマでの場を提供し、その下でストーリーに沿い、(a)楽しい科学体験とそれに続き(b)考え、確かめ、理解する体験で自信をつけてもらうことです。

*PISA: Programme for International Student Assessment

**自己効力感: 目標達成能力を自らが持っていることの認識

科学リテラシー普及のために

これまでの私たちの活動への参加者の多くは元々(自然)科学好きです。しかし科学リテラシーの普及にはより多くの小・中学生に参加してもらう必要があります。そのためには身近でタイムリーな話題を提供し、参加者がその科学的意味と役割を体験的に理解し、科学的判断力の獲得で自信を得ることが欠かせません。そのことが自己効力感の向上に寄与すると期待します。

文献

- 1) NPO 法人 まなびクラブ・リクウェイ; <https://rikuway.org/>
- 2) <https://www.oecd-ilibrary.org/>, <https://www.nier.go.jp/kokusai/pisa/>
- 3) https://www.mext.go.jp/b_menu/hakusho/html/hpaa202201/1421221_00005.html
- 4) <https://www.wipo.int/web-publications/global-innovation-index-2024/en/index.html>
- 5) 毎日新聞科学環境部(2003); 理系白書, 講談社文庫, p18.

X線マイクロCT技術をもちいた放射虫殻の密度測定

松岡 篤¹・木元克典²

¹新潟大学, 950-2181 新潟市西区五十嵐2の町 8050

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

²海洋研究開発機構, 237-0061 横須賀市夏島町2番地 15

Density measurement of radiolarian shells by X-ray micro-CT technology
Atsushi MATSUOKA (Niigata University) and Katsunori KIMOTO (JAMSTEC)

Abstract: Deep-sea pelagic sediments in recent oceans consist mainly of siliceous ooze and clay. Radiolarian shells are one of main components of siliceous ooze. Distribution pattern of these sediments is related partly to solution of radiolarian shells on ocean floor. Silica phase of radiolarian shells changes from opal-A through opal-CT to quartz with increase of density. Density measurement of radiolarian shells by using X-ray micro-CT technology is introduced.

Keywords: Radiolarian shell, X-ray micro-CT, density, ooze, pelagic clay

1. はじめに

現在の深海平原をなす大洋底には、主として遠洋性粘土と生物源シリカに富む珪質軟泥がみられる。それらの分布は、大洋底での生物源シリカの溶解現象が深く関わっている。生物源シリカの重要な要素は放射虫殻であるが、放射虫の分類群および成長段階によって、殻がどのような溶解特性をもつのかについての系統的な検討はなされていない。殻の溶解は、殻の密度にも関係していると予想される。放射虫殻を個体ごとにX線マイクロCT測定することによって得られるX線透過強度曲線を用いて、放射虫殻の相対密度を評価する方法について紹介する。これまで、放射虫殻の形態認識を高める手段としてX線マイクロCT技術を適用してきたが[1]、本研究ではこの手法を放射虫殻の表面積や密度といった物理量についての情報を得るために用いる。

2. 研究の背景

放射虫が内骨格として形成する生物源シリカは、オパールA（非晶質シリカ）からなる。生物源シリカを主体とする珪質軟泥の分布は、北半球の太平洋を例にとると、赤道周辺の低緯度と北緯40度以上の高緯度に限られる。一方、中緯度には生物源物質を欠く遠洋性粘土が広く分布する。大洋底堆積物の分布特性は、放射虫殻や珪藻殻がシリカに不飽和な海水に長時間さらされることにより溶解することが関係していると考えられている。生物生産性の低い中緯度海域では、海洋表層で

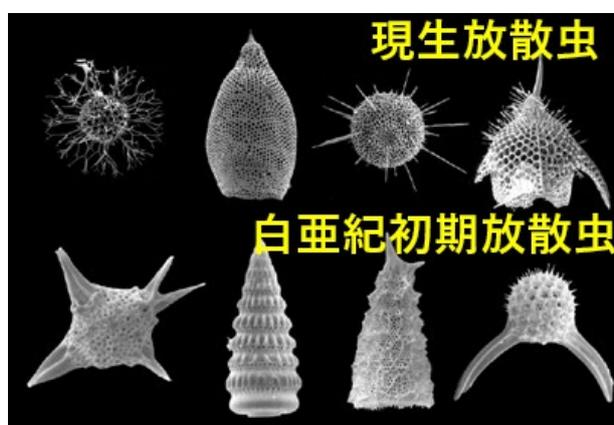


図1. 現生放射虫と白亜紀放射虫の殻の比較。現生放射虫の方が薄く華奢な殻をもつ。

生産される生物源シリカがすべて溶けたために、生物源シリカを欠く遠洋性粘土の堆積場となっている。

現生放散虫の殻と中生代放散虫の殻を比較すると、現生放散虫の方が薄く華奢である(図1)。放散虫殻の性質が地球史を通じて変化し、結果として大洋底堆積物の特徴が変遷してきたと推定される。放散虫殻を構成するオパールAは、地層中でオパールCTをへて、最終的には石英へと変化する。この続成作用によるシリカ相の転移に関係して、放散虫殻の密度が大きくなる。なお、オパールAからなる放散虫殻については、X線マイクロCTによる密度の測定が行われている[2]。

3. 放散虫殻のX線マイクロCT測定

現生放散虫および化石放散虫の殻について、X線透過強度を測定したところ、シリカ相変化に対応する透過強度の違いが明らかになった(図2)。興味深いことに、現生放散虫の殻を構成するオパールAと白亜紀初期の放散虫を構成するオパールAとでは、シリカ相は同一であるにもかかわらず、X線透過強度曲線の形態に違いがあることが判明した。オパールCTと予想される後期ジュラ紀の放散虫殻は、オパールAとは明らかに異なる曲線をもつ。日本の付加体に含まれ、石英からなる前期ジュラ紀の放散虫殻は、全く異なる様相を呈し、図2ではグラフの右端に振り切れている。この透過強度特性の違いは、殻を構成するシリカの密度差によるものとみられる。

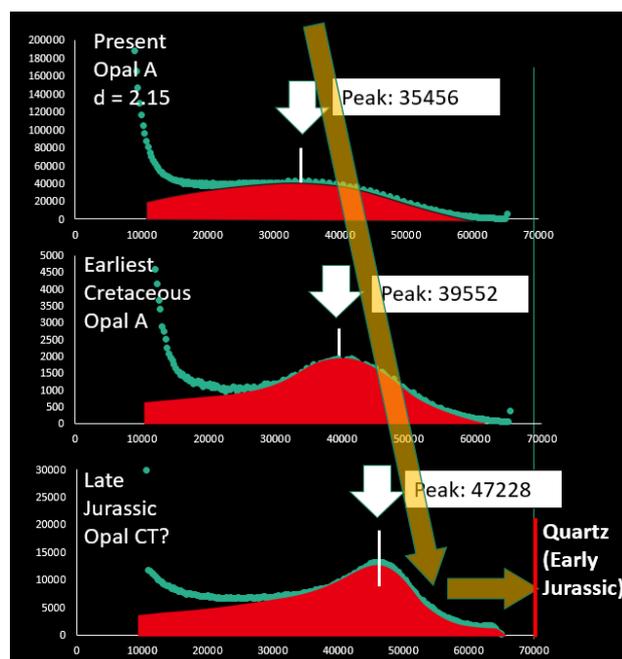


図2 X線透過強度測定の実験結果。透過強度曲線のピークの位置が、放散虫殻の年代やシリカ相によって異なる。

4. おわりに

本研究では、シリカの標準試料の測定を実施してX線透過強度曲線を密度に転換する手法の確立を目指している。この生物源シリカの密度測定の手法は、放散虫の殻のみならず、珪藻や海綿などにも適用可能である。本研究の成果は、広くシリカ固定生物の化石化作用の研究に資するとともに、全球的なシリカサイクルを解明するうえで、生物源シリカの役割を適正に評価することに寄与すると期待される。

文献

- [1] Matsuoka, A. et al., 2012. Exact number of pore frames and their configuration in the Mesozoic radiolarian *Pantanellium*: An application of X-ray micro-CT and layered manufacturing technology to micropaleontology. *Marine Micropaleontol.*, 88–89, 36–40.
- [2] Ikenoue, T., Kimoto, K. et al., 2021. New evaluation of species-specific biogenic silica flux of radiolarians (Rhizaria) in the western Arctic Ocean using microfocus X-ray computed tomography. *Limnol. Oceanogr.*, 66(11), 3901–3915.

ロクス・ファン・フィーンによるベーフェルウェイクの彗星図(1680)

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

Staarster boven Beverwijk by Rochus van Veen (1680)

Takeshi Sugimoto

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

Abstract: Rochus van Veen is a less known Dutch Golden Age painter. Rocho, in short, is good at drawing small animals and plants with chalk and water-colour. One exception is ‘Tail-star over Beverwijk’ exhibited in Rijksmuseum. There is no signature, but the painter is known to be Rocho by handwriting identification. The picture is the great comet Kirch of 1680 with four-line note at its bottom. The tail extends by the 60 degrees towards the zenith. Some calculation leads to the conclusion: the tail is 0.648 [au] long. In the dark back-drop of the picture there are the thin moon, the constellations, Auila and Scutum, M11 (Wild Duck Cluster), and the two churches extant today on the horizon. This great comet is extensively studied by Isaac Newton in his ‘Principia (1687).’

keywords: Natural History Painting, Comet Kirch, Handwriting Identification, Astrometry

1. いとぐち

Godfried Kirch (1639-1710)が 1680 年 11 月 14 日に望遠鏡を覗いていて発見した彗星は、初め夜明け前に見えていたが、近日点を過ぎてから長大な尾を持つ姿となり夕刻に現れた。多くの天文家が観察したが、後に Isaac Newton (1642-1727)は、天の流れ者彗星ですら万有引力の法則に従うとして Principia (初版 1687 年)で大きく取り上げた。同書の Edmond Halley (1656-1742)作の頌詩にいわく「今や我々は、恐ろしい彗星が曲がった道筋を辿ることを知っている。」このときは放物軌道だったが、Principia (第 3 版 1726 年)では「さらにハレーが着目したのはこの大彗星が 575 年間隔で 4 度現れたこと」として周期彗星に修正された。画家も記録を残した。夕焼けの中を天頂に立ち上る彗星の尾を描いた作品が 2 点ある。瓜二つだ。ひとつは Atlas van Stolk 所蔵で、もうひとつ(Fig.1)は Rijksmuseum 所蔵である。后者は、署名はないものの、博物画家の Rochus van Veen (c.1618-1693)の手に帰すると国立美術館は称している。どちらの絵にも下部に 4 行の詞書がある。蘭文を邦訳すると

1680 年 12 月 22 日、クリスマスの三日前、4 時半過ぎにベーフェルウェイクで見た恐ろしい星の姿を描いた。尾は長く、60 度上まで伸びて、大きい。南西の方、水平線のわずか上、フェルゼンとウエイク・アーン・ゼーの間に見えた。そして、西に沈んだ。

2. 彗星図の分析

2.1 筆跡鑑定

国立美術館の主張の追試を行った。筆跡鑑定である。手順は最頻文字(冠詞 een, de, het)なら'e'だ。好ましいのは、同一文字列の比較である。しかも、同時期の既知のデータと比較する。同一人物でさえ、年とともに字が変化してゆくからだ。そのため、署名と文書を含む Rocho (署名)の作品「ムクドリ(1679)」と「2 頭のチョウ(1679)」と「3 匹のトンボ(1681)」

を使う。結果の図示はここでは行わず、口頭発表に譲る。結論は「Rocho に間違いはない。」

2.2 星空情報検証

背景には、もうすぐ新月の細い月と「わし座」の尾の部分とほかと「たて座」の α β γ δ と思われる星々が見て取れる(Stellarium23.2出力と比較)。不思議なのは、尾のすぐ右脇に描かれたやや大きめの \circ だ。もしかすると M11 (Wild Duck Cluster) だが、歴史的には、この散開星団は来年(1681年) Kirch が見つける。

地平線の両端には、二つの教会の影が描かれている。視点の推定は、描かれた二つの教会(現存)がなす線分の垂直二等分線上の10km 圏(Lat.52.6°, Long.4.6°)と確信できる。

2.3 彗星の尾長再計算

オランダ語で5時半といえば、5時に向かって半時間過ぎであった。すなわち、我々の4時半だ。第95回シンポジウムでは、5時半の彗星位置で計算した結果を示した。それゆえ、1時間の修正(天体位置)を行ったが、0.648[au]で変わらなかった。



Figure 1. Staarster voben Beverwijk, attributed to Rocho van Veen;
© Rijksmuseum (Public Domain)

3. Rocho van Veen 略伝

ライデン大学に法科の学生として登録したのは1639年のことで、この時20歳だったという。後年ベーフェルウェイクに在住し、干拓地の管理官として働くが、不動産運用して生計を立てる(Jaap, 2008)。

最も初期の水彩画は1662年のもので、この時もう40歳代になっていた。基本は小動物や植物などの博物画を、チョークと水彩で精密に描く。画業の師匠は Jacob de Wet (c1610-1675/1691)である。Rocho は「自らの楽しみのために描く(Jaap, 2008)。』

Rocho とその息子の死後、1706年、'ふたりの'作品はオークションにかけられた。

4. むすび

大彗星の元図は Rocho 作品で、もう一枚は臨模によるだれかの模写である。

筆跡鑑定は署名&文書ありの絵3点と比較して、その結果 Rocho と確信できる。

星空情報は、Stellarium23.2の計算結果と比較して、背景に細い月と「わし座」と「たて座」と M11 (Wild Duck Cluster) が描かれていると思われる。

オランダ時間の訂正をして、彗星の尾長を再計算したが、0.648[au]で変わらない。

Grand Tour に発った Edmond Halley がパリ郊外で見た光景にそっくりである。

[文献]

van der Veen, Jaap (2008), Voor eigen plezier, *Kunstschrift*, II, pp.34-37.

植物性充填材とポリフェノールを含有した懸濁液による自在な形の食品積層造形

小田陽矢、武政誠

東京電機大学大学院 理工学研究科 生命理工学専攻

埼玉県 比企郡 鳩山町 石坂

takemasa@mail.dendai.ac.jp

3D printed food made from fillers and polyphenol suspension.

Haruya Oda, Makoto Takemasa

Graduate School of Science and Engineering, Tokyo Denki University

Isizaka, Hatoyamacho, Hikigun, Saitama, Japan

Abstract: Food textures can be controlled by food 3D printing. High quality printing as designed is required to realize a variety of food textures. For precise food 3D printing, there are limitations in rheology properties. The purpose of the study is hard 3D printed foods. The maximum compressive load of the 3D printed food made with *Mucuna pruriens*-vanilla beans ink was 160 N. The compression load was about 50 times higher than that of standard foods. As a result, hard foods can be 3D printed in any shape.

Keywords: food 3D printer, food ink, polyphenol, protein, vanilla beans

1.背景 食品における美味しさの約6割が、外観と食感に由来している。食品の Additive Manufacturing(以後 AM 製造)では様々な形状の食品を積層造形可能ため、外観や内部構造に由来する食感のコントロールが期待されている。しかし、積層造形に適した AM 製造用可食懸濁液の粘性率や剛性率は限定的である。また、やわらかい食感しか創出できない欠点があった。

2.目的 可食懸濁液の力学物性を制御することで、幅広い食品の食品造形を実現する。

3.方法 ポリフェノールとタンパク質の混合で硬化する、ムクナ豆-バニラビーンズを造形材料に使用した。レオメーターで、サンプルの剛性率温度依存性測定を行った。造形後、テクスチャーアナライザで食品を圧縮し、食感分析を行った。

4.結果 植物性のフィラーによる体積分率制御で、シリンジから吐出可能かつ積層可能な物性に、可食懸濁液をコントロール可能で、ムクナ豆タンパク質とポリフェノールの相互作用および加熱により、貯蔵剛性率は100~1000倍増加することが明らかとなった。また、造形食品は、加熱することで20倍以上の最大圧縮荷重を示した。同条件で圧縮したキャラメルよりも大きい最大圧縮荷重を示したことから、かみごたえのある食品を自在な形状で造形可能になったと考えられる。

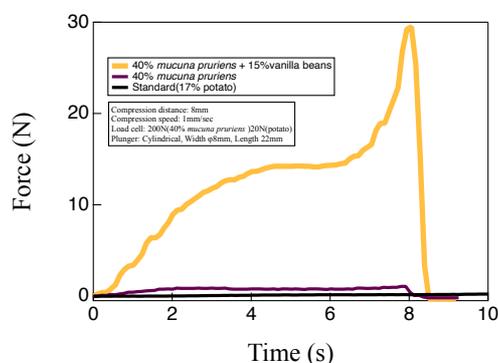


Fig.1 Food texture profile obtained for 3D printed food produced from *mucuna pruriens* or standard ink

新潟県糸魚川市能生の弁天岩周辺、新潟県上越市の黒井突堤周辺と 沖縄県本部町の瀬底島周辺の海水から得た放散虫

諏佐和香

新潟大学附属長岡中学校、新潟県長岡市学校町 1-1-1

nct245387@nct9.ne.jp

Abstract: 新潟県糸魚川市能生の弁天岩周辺の海水と新潟県上越市黒井突堤の海水を採取し、そこから発見された放散虫を沖縄県本部町の瀬底島周辺の海水の試料で発見された放散虫との共通点や相違点を探しました。放散虫の種類を特定し、分かったことを発表します。

Keywords: 放散虫、弁天岩、黒井突堤、瀬底島、形

はじめに

今回は、新潟県糸魚川市能生の弁天岩周辺の海水と新潟県上越市黒井突堤の海水を前回の第95回形の科学シンポジウムで発表した内容と同様に採取しプレパラートを作成し、観察しました。そして、沖縄県本部町の瀬底島周辺の海水の試料と比べての共通点や相違点を見つけ、どのような種が多かったのかを特定しました。

研究の方法

前回と同様に手作りプランクトンネットでの垂直引きでの採取を行いました。プランクトンネットを5回引き上げると500ml ペットボトル約1本分になります。計6回繰り返し、ペットボトル約6本分の海水を採取しました。その後、硫酸処理とブリーチでの処理を経た合計44本の試料についてプレパラートを作成しました。その際に気泡が入らないように工夫をしました。プレパラート作成では専用の封入材ではなくレジンを使用しました。そして、新潟県上越市黒井突堤周辺の海水から得られた放散虫を観察しました。観察の結果、見つかった放散虫の種類を特定し、どのような特徴があったのかなどをまとめました。

観察の結果と考察

観察の結果は黒井突堤の試料が一番放散虫の数が少なく、次に弁天岩の試料が一番多かったのは瀬底島の試料であることが分かりました。瀬底島の試料と弁天岩の試料から同じ種類の放散虫が発見されました。黒潮(日本海流)と対馬海流が関係しているのではないかと考えました。そこを追求したいです。プレパラートの中には放散虫以外のプランクトンも観察することができたので、どのような特徴があるのか種を特定しながら観察していきたいです。

包丁による食材切断時の物理量計測とその再現手法の検討

堀越 涼太¹ 松浦 昭洋²

^{1,2} 東京電機大学, 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

E-mail: ¹23rmd40@ms.dendai.ac.jp, ²matsu@rd.dendai.ac.jp

Measurement of Physical Quantities in Food Cutting by Knife and Reproduction Idea

Ryota Horikoshi¹ Akihiro Matsuura²

^{1,2} Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-cho, Hiki, 350-0394 Japan.

Abstract: In this study, we measured the force and acceleration when cutting seven types of food with a knife, which have various properties on hardness and number of layers, and observed their characteristics. Furthermore, we explored methods to reproduce the physical quantities with device for virtual food cutting.
Keywords: Food cutting, knife, load, acceleration, hardness, layer, virtual reality, reproduction

1. はじめに

包丁は主要な調理器具の一つであり、その切れ味に関する物理特性や感性評価、操作熟達等に関して様々な研究が行われている。文献[1]では、食材を切断する際に生じる荷重、加速度を12種類の食材で測定し、それらと切断時の感覚因子との関係についての分析が行われた。[2]では、型取りゲージの構造を利用した、独立して上下動が可能な三つの刃パーツをもつ包丁デバイスが開発され、いくつかの仮想的な圧力パターンの再現が行われた。しかし、モータの使用法と耐久性に課題があり、現実の食材の硬さ等のデータが利用されておらず、包丁を把持した手の感じる力や加速度の再現も考慮されなかった。

そこで本研究では、食材を切る体感を再現するための基礎データとして、[1]に沿った装置構成を採用し、[1]で測定されていない複合的な硬軟や層をもつ食材も含め、様々な食材を包丁で切る際の荷重と加速度を測定し、それらの特徴を観察・分析した。さらに、測定データの再現手法についても検討した。

2. 実験方法と結果

2.1 実験方法

食材を切る際の荷重を測定するために、[1]の構成を参考に、10.0cm 四方、厚さ0.9cmの木製の台座上面に食材を固定するために鉛直方向に棒状の治具を取り付けた図1の食材固定装置を作製した。その固定装置下部に静電容量型3軸力覚センサ(株式会社ワコーテック、WGF-3M50-5-RG5)を設置し、食材を台座上面に治具で固定する。手元の加速度を測定するために、包丁の把持する柄の下部に9軸センサモジュール(ST マイクロ社、LSM9DS1)を設置する。本環境下で食材を切断する。



図1 食材固定装置

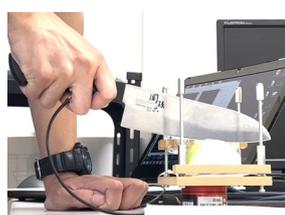


図2 食材を切断する様子

表1 測定した食材の分類 (7種類)

	柔らかい	硬軟混合	硬い
単層	コンニャク	—	サツマイモ
二層	鶏肉 (赤身+脂肪)	スイカ (果肉+皮)	(測定無し)
多層(繰り返し)	卵焼き	干瓢巻き (海苔,米,干瓢)	タマネギ

切断する食材としては、文献[1]でも用いられたコンニャク、タマネギに加え、多様な感触をもつ食材の切断体験を可能とするため、食材の硬・軟に関して、そのどちらかが主である食材と硬軟両性質をもつ食材を用いた。食材の層数に関しては、単層・二層・多層(繰り返し)の3タイプを対象とし、表1の計7種類の食材を試料とした。なお、表中の硬い二層の食材としてカボチャ等があるが、今回は測定できなかった。

2.2 実験結果

各食材を3回切断してデータを測定した。今回は紙面の都合で各食材の1回の切断時の荷重と加速度の変化を図3に示す。各グラフで横軸は時間(3秒間)、縦軸は荷重[N]または加速度[m/s²]を表す。加速度のグラフでは、x軸正方向は実験者から見て前方、y軸正方向は左向き、z軸正方向は上方を表す。

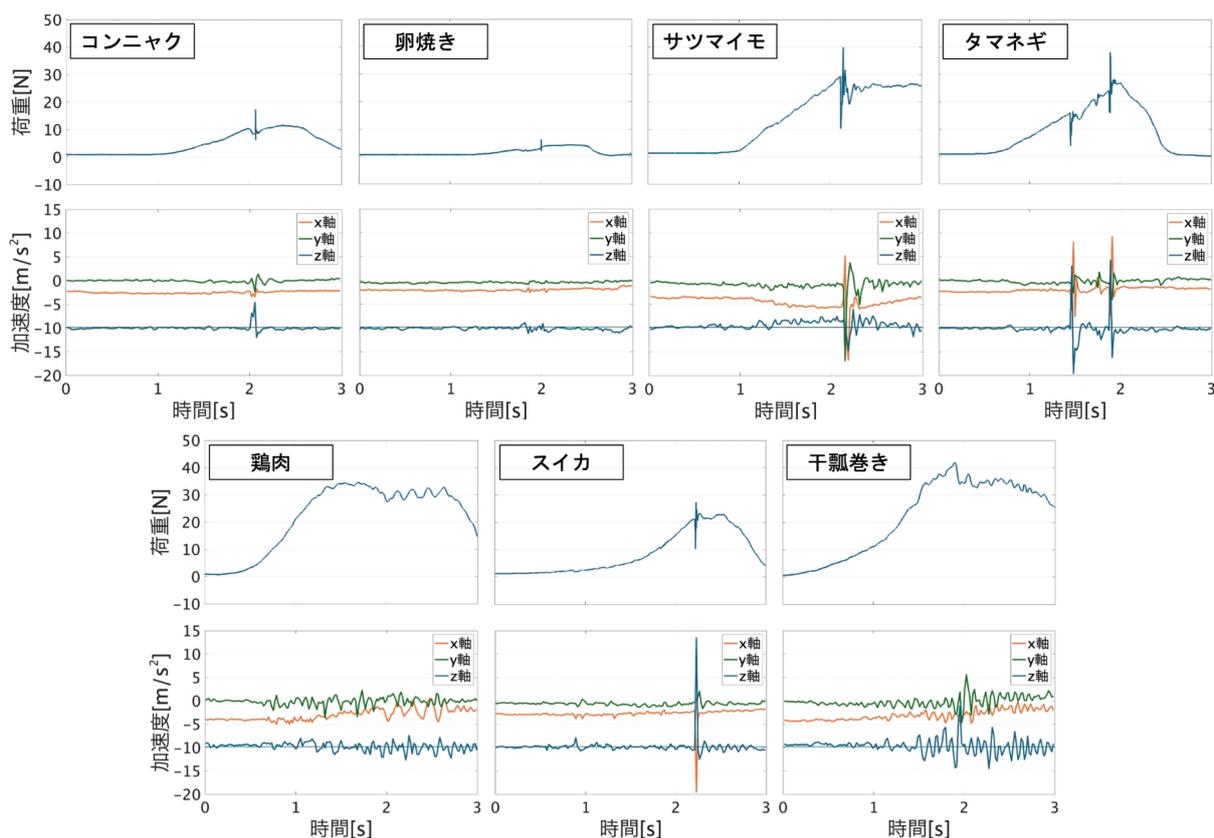


図3 7種類の食材の切断時の荷重と加速度の測定結果

2.3 観察・分析

本稿では、紙面の都合により、上記グラフを元に観察された特徴と分析を記す。まず多くのグラフに共通して(鶏肉と干瓢巻きを除き)、食材の切り終わりに包丁が台座に当たり、荷重は大きく上下に変動し加速度も全方向に触れた。個別の食材では、柔らかいコンニャクと卵焼きに関して、コンニャクでは全方向で振動は微小で、弾力はデータから読み取れなかった。卵焼きでは、荷重は小さいが、弾力のためか刃の入った瞬間荷重が微減し、再び増加すると同時にz方向に振動し、多層性の反映が推察される。サツマイモとタマネギでは、最大30N近い大きな荷重が測定された。サツマイモでは、加速度は全方向で大きく振れた。これはサツマイモの水分が少なく、包丁との間で摩擦が生じやすいからではないかと推察した。タマネギは多層のため荷重は振動しながら増加し、下部の硬い部分を切る際加速度が大きく変化した。鶏肉には上部に赤身、底部に脂身があり、試料は柔らかいが30N以上の荷重がかかった。二層あることは荷重の変化にも表れ、包丁を前後に動かすためx軸方向に大きく振れた。スイカは視覚上二層だが荷重や加速度の変化は読み取れず、内側から皮に向かいスムーズに切れたと推察される。最後に干瓢巻きでは、包丁を往復させて干瓢付近を切ったため、加速度は全方向に振れ、荷重も40Nを超えた。

3. 食材の切断の仮想的再現手法について

測定で得た食材の荷重や加速度の再現手法について考察する。文献[2]ではサーボモータを用いて包丁デバイスの刃を制御していたが、負荷でモータが壊れやすい課題があった。そこで硬さのより安定した提示を行うために、食材のパーツを包丁で押し込むと制御された荷重により下降する機構をもつ対話的なデバイスをテーブル上に設置して使用することを検討している。その機構の実現にはエアシリンダ、MR流体等の利用が考えられる。今後本デバイスを開発し、荷重や加速度の再現を目指す予定である。

謝辞 本研究はJSPS 科研費 24K15250 の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] 乃生将也, 佐藤敬子, 下川房男, 石塚裕己, “なぜ、包丁の切断により異なる感覚が生起されるのか?,” 日本感性工学会論文誌, Vol. 19, No. 3, pp. 301-307, 2020.
- [2] 堀越涼太, 松浦昭洋, “食材の多様な硬さを提示可能な包丁デバイスの開発,” エンタテインメントコンピューティングシンポジウム 2023 論文集, pp. 189-192, 2023.

自在な食感制御に向けた食品の形設計法開発

○金子 瑠晟*¹, 武政 誠*¹

*¹ 東京電機大院 生命理工、〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂
takemasa@mail.dendai.ac.jp

Development of a method for food shape design for food texture control

○Ryusei Kaneko*¹, Makoto Takemasa*¹

*¹Graduate school of science and Engineering, Tokyo Denki University

Abstract: More than 60% of palatability can be controlled by food texture. Food texture originates both from outer and internal structure of food, which has been evaluated by instrumental analysis and sensory test. However, it has been difficult to predict the food structure to achieve the intended food texture. Based on the machine learning for the relationship between food structure and texture, prediction of the food internal shape, particularly multilayered structure resulting the given food texture.

Keywords: Deep Learning, Food texture, Food structure

[諸言] おいしさの 6 割以上は、食感に支配され¹⁾、食感は食品の材料だけでなく構造に由来している。意図した食感を実現する食品構造の予測は困難であり、食感は経験則により設計されているのが現状である。

[目的] 希望する食感(=圧縮特性)を実現する食品構造の推定を目指し、まずは多層構造に限定して、食感から積層順序の予測を目的とした。

[方法] 食感が異なる食品 2 種類を同数使用し、積層することで多層構造食品を作製した。積層順序を変更することで、構造のみ異なる食品を作製した。前歯を模した治具で食品を 1 軸圧縮することで治具に加わった力の経時変化、つまり食感を測定した。積層順序を正解ラベルとして教師あり学習を行い、圧縮試験結果から積層順序を予測した。

[結果, 考察] 積層順序の変更による食感の変化が圧縮挙動から確認された(Fig.1)。圧縮の際に治具が触れる層が力を吸収し、上層から破断する傾向、隣り合う層に配置された食品の破断力の大小関係により、圧縮挙動が変化したと考えられる。安全な嚥下のために、咀嚼過程で食品は破断や大変形を起こすことが必然であり、食感、つまり変形量と圧縮荷重の関係はバネのような線形性は事実上成立せず、強い非線形性を示す。天然物由来の不均一構造や、境界条件の決定が困難、など多数の要因によりシミュレーションなども適用が困難であり、食感と構造の相関関係は解析が事実上不可能であった。ディープラーニングに基づき圧縮挙動と積層順序の対応を学習させ、ガムとせんべいの 6 層構造において、層単位では 9 割以上、全層の完全予測は 7 割以上の確度で予測可能となった。今後、圧縮試験結果数の増加による予測確度の向上²⁾や予測可能な形状の多様化が期待される。

[参考文献] 1) 勝田啓子, 西成勝好ら編, 新食感辞典, サイエンスフォーラム, 1999, pp20, 2) C. Sun, *et al.*, *IEEE International Conference Computer Vision*, arXiv:1707.02968v2,2017.

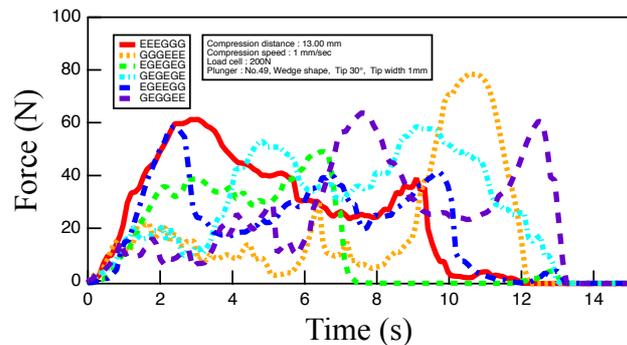


Fig.1 Compression test results of multilayered foods made with gum and senbei (G; gum, E; senbei)

フード 3D プリンタで作製した食品内部構造の形による

塩味の知覚制御

山浦寛大, 武政誠

東京電機大学大学院理工学研究科生命理工学専攻、

〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

takemasa@mail.dendai.ac.jp

Salty taste control based on

Internal structure of food using food 3D printer

Kandai Yamaura, Makoto Takemasa*

Tokyo Denki University

Abstract: Sensory score for saltiness can be modulated by special design of NaCl on and/or in the food. This was confirmed by food 3D printing.

Keywords: Food 3D printer, Food structure, Sensory evaluation, Salty

背景 近年健康志向の食品が注目され、高血圧症予防の観点から減塩が促されている。食品製造可能な3Dプリンタ(以下フード3Dプリンタと称す)は食品材料を立体配置することが可能であり、塩や砂糖等の味物質も食品中の指定位置に配置できる。食品表面に大きな塩、例えばミルで岩塩をまばらに振った場合、と細かい塩を均一に振った場合、もしくは塩化ナトリウム水溶液を均一に塗布した場合には、総塩化ナトリウム量が統一されている条件で、前者のような不均一な塩の分布の方が塩味をより強く感じる事が報告されている。フード3Dプリンタで食品表面、さらに内部に塩を設計通りに空間配置することで塩味知覚の強さやタイミングを制御することを目的とした。

実験方法 ジャガイモ澱粉を主成分としたペースト状のポテトインクを利用したフード3Dプリントを実施した。塩を加えたフードインクと加えていないインクを作製し、設計した3Dモデルを基に、フード3Dプリンタで2種類のポテトインク(塩有と無)を自動で吐出した。塩の配置が異なる造形した食品を対象にヒト試験を実施し、塩味の知覚強度の計時変化を官能評価として記録した。

結果及び考察 官能評価結果から食品全体に塩を均一に配置した食品よりも、塩を表面と内部に局所的に配置した方が、総塩分量を等しい条件でも、後者の方が塩味を強く感じる結果となった。塩を局所的に配置すると、均一に塩を配置した場合よりも、塩分濃度が高い領域が局所的に生じる。舌の味蕾にこの高濃度領域が接触することで強い塩味が感じられたと示唆される。

結論 塩の局所的な配置により、塩味知覚強度を増大させることが可能であった。また、最大知覚強度となるタイミングを、塩の空間配置により前後させることも可能であった。旨味調味料と塩の配置による塩味の増強効果も確認できたが、詳細は当日議論する。

生徒が個別調整する生成 AI フィードバック

井戸季詠子¹, 後藤勝洋², 松浦執³

¹八王子市立いずみの森義務教育学校, 東京都八王子市立子安町 2-18-1

²渋谷区立渋谷本町学園, 東京都渋谷区本町 4-3-1

³東京学芸大学教育学部, 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

(連絡先アドレス) shum00@u-gakugei.ac.jp

Generative AI Feedback Individually Tailored by Students

Kieko Ido¹, Katsuhiko Goto², Shu Matsuura³,

¹Hachioji City Izuminomori Compulsory Education School, 2-18-1, Koyasumachi, Hachioji, Tokyo 192-0904,

²Shibuya Ward Shibuya Honmachi Gakuen, 4-3-1 Honmachi, Shibuya, Tokyo 151-0071

³Tokyo Gakugei University, Faculty of Education, 4-1-1 Nukuikita Koganei, Tokyo 184-8501

Abstract: A generative AI was set up to provide interactive feedback on open-ended responses in junior high school science classes. When the feedback was adjusted according to four perspectives—cognitive tendency (rational ↔ intuitive), presence (mechanical ↔ human-like), constructive attitude (analytical ↔ creative), and intervention attitude (helpful critique ↔ encouragement)—some interesting trends were observed.

Keywords: Feedback Text, Feedback setting, Generative AI, Education with AI.

1. はじめに

本研究は、学校教育で生成 AI を生徒の対話パートナーとすることで、個々の生徒に応じて問う力を養うことを目的としている。問うことは本来生徒個別の展開であり、主体的で多様なものである。第 95 回形の科学シンポジウムにおいて我々は、大学生を対象に自由記述回答に対して、個別の、発展的アイデアを含むフィードバックを提供し、phatic な表現を導入することで情緒的接触を可能になった。機械的な対話相手から、人間的感覚を持たせながら対話することが可能と見られた。

本研究ではこれを進め、中学生を対象として、生徒自身が生成 AI の言葉の表現を好みのものに調整する方法を検討した。生成 AI によるフィードバックの内容と表現の両面で個別最適化することで、生成 AI とコラボしながら考えることの促進を図るものである。本稿では生徒の個別調整に見られた特徴に注目する。

2. 方法

言葉の表現を生成 AI のプロンプトで調整するために、表 1 に示す 2 項対置の分類を行い、生徒に生成 AI のプロンプトとして各分類の一方の項目を選択させた。

表 1. フィードバックの調整の分類

分類	分類ごと対置項目	選択肢表記 (生徒が選択しプロンプトに含める)
----	----------	-------------------------

構成的態度	分析的	分析的：データや事実に基づいて考える方が良い。
	創造的	創造的：オリジナリティあふれるアイデアで問題を解決する方が良い。
介入の態度	親切な指摘	親切な指摘：丁寧で具体的な指示で正しい方向に導くようなコメントがほしい。
	励まし	励まし：応援して励ましてほしい。前向きな気持ちになるようなコメントがほしい。
認知的傾向	合理的	合理的：理由を順番に追って考え方を重視したい。
	直感的	直感的：直感やひらめきを重視したい。
存在感	機械的	機械的：正確で無機質、感情を交えずに事実を答える方が良い。
	人間的	人間的：感情や共感を重視する方が良い。

3. 結果 (生徒のパラメータ選択傾向)

各対置項目の選択者数を図1に示す。構成的態度では分析的な話者と創造的の話者で好みがほぼ同数に分かれた。図2に分類クロス集計の一部を示す。分析的話者は認知的傾向として圧倒的に合理的を選択したが、創造的の話者では合理的と直感的の両方が均等に選ばれていた。介入の態度では、励ましよりも親切な指摘が大きく上回っていたが、分析的話者と創造的の話者で、

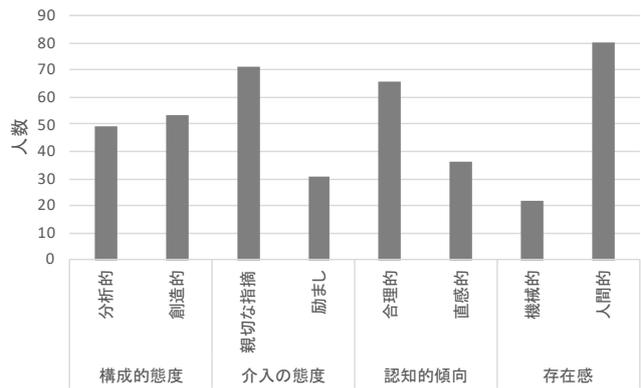


図1 表1の各項目の選択者数

介入の態度の比率はほぼ同等であった。一方、創造的の話者は同時にほとんどが人間的存在を選択し、分析的話者は機械的存在の選択も多かった。客観性が優先されるのだろうか。

総合すると、励ましにより、本人の長所を、自意識を高めて進んで伸ばすよりも、丁寧に方向づけや修正点などを指摘してもらうことが好まれている。それは創造的なタイプ、分析的タイプの別によらない可能性がある。認知的傾向についても、直感型よりも合理型が好まれる傾向が見られた。存在感として人間的タイプが圧倒的に選択されていることを合わせると、自分を個としてありのままに受容する相手を求めているのかと想像される。

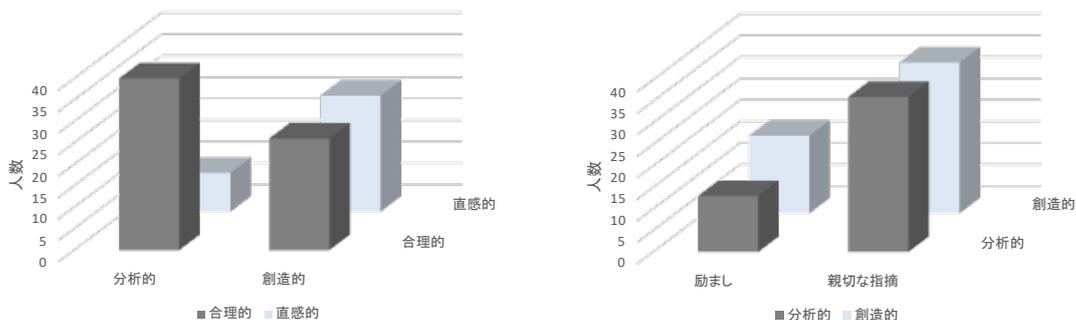


図2. 構成的態度、認知的傾向、介入の態度の各分類についてのクロス集計

ブーリガン構造の圧縮強度に関する研究 II

箕田要、手嶋吉法

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

Research on compressive strength of Bouligand structures II

Kaname MINODA, 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 nine different specimens that imitated the Bouligand structure and performed compression tests. And we carried out numerical simulations. The test results showed that the graphs had similar values of slope and displacement for the five types of specimens. The simulation results show that the minimum values of stress and strain appear in the specimens in two perpendicular directions.

Keywords: Arapaima gigas, Bouligand structure, compression test, numerical simulation

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、柔軟性があるうえに非常に硬く、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[1][2]。

前回の報告[3]ではアルミニウムの $\phi 3$ 中実丸棒を 48 mm に切断して 12 層積層した試験片に対して圧縮試験を行い、ブーリガン構造における構造と強度の関係を明らかにした。今回は、丸棒の直径と積層数を変更し、材料の種類を増やした実験とシミュレーションの結果について報告する。

2. 試験片

$\phi 5$ の中実丸棒を、長さ 45 mm に揃えて切断し、正方形になるように 9 本並べ 1 層とした。6 層分積層し 1 つの試験片とした。材料には、アルミニウムと真鍮を用いた。以下の表 1 に 9 種類の試験片の積層角度について示す。図

1 にアルミニウムの試験片を示す。

表 1 試験片の種類(全 9 種類)

試験片名	積層角度
2方向(0° ,15°)	0° ,15°
2方向(0° ,30°)	0° ,30°
2方向(0° ,45°)	0° ,45°
2方向(0° ,60°)	0° ,60°
2方向(0° ,90°)	0° ,90°
3方向(60° 回転)	0° ,60° ,120°
4方向(45° 回転)	0° ,45° ,90° ,135°
6方向(30° 回転)	0° ,30° ,60° ,90° ,120° ,150°
6方向(15° 回転)	0° ,15° ,30° ,45° ,60° ,75°

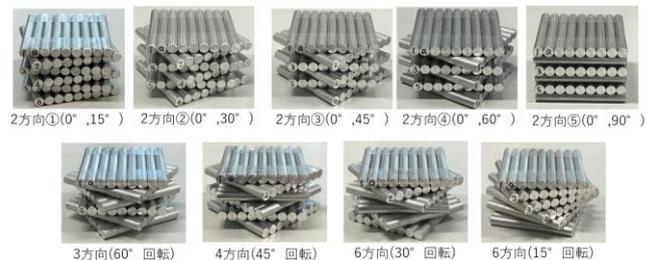


図 1 アルミ丸棒の試験片(全 9 種)

3. 実験

万能試験機(SHIMADZU 製、AGS-X 10kN)に

球型圧縮試験用治具（イマダ製、SP-5030、外径 30 mm）を装着した球圧縮と、圧盤での全面圧縮を行った。同種の試験片を 3 個ずつ作製し、圧縮試験を行った。試験条件は、最大試験力 10 kN、圧縮速度 10 mm/min、最大変位 30 mm とした。図 2 に万能試験機、図 3 に球型圧縮試験用治具を示す。

表 2 から表 3 に、全面圧縮における試験結果の平均値を示す。グラフの傾きは、試験力-変位グラフの傾きを表している(表中の※印は試験が途中で終了したことを示す)。

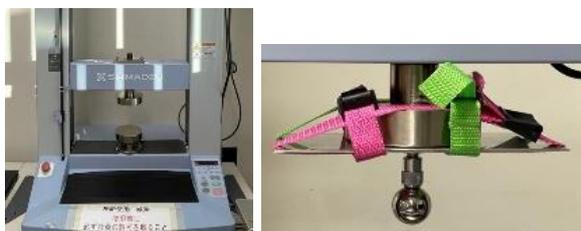


図 2 万能試験機 図 3 球型圧縮試験用治具

表 2 アルミ丸棒(全面圧縮)の結果

試験片	グラフの傾き	変位(mm)
2方向(0° ,15°)※	4552.4	1.0
2方向(0° ,30°)	9034.2	1.6
2方向(0° ,45°)	9210.5	1.6
2方向(0° ,60°)	9390.9	1.6
2方向(0° ,90°)	9446.7	1.5
3方向(60° 回転)	9540.0	1.5
4方向(45° 回転)	9538.8	1.5
6方向(30° 回転)	9573.0	1.6
6方向(15° 回転)	8973.3	1.8

表 3 真鍮丸棒(全面圧縮)の結果

試験片	グラフの傾き	変位(mm)
2方向(0° ,15°)※	6199.5	1.2
2方向(0° ,30°)	9505.0	1.6
2方向(0° ,45°)	9407.4	1.6
2方向(0° ,60°)	10112.3	1.3
2方向(0° ,90°)	10468.3	1.3
3方向(60° 回転)	10546.7	1.2
4方向(45° 回転)	10385.7	1.2
6方向(30° 回転)	10431.3	1.3
6方向(15° 回転)	9300.3	1.5

4. シミュレーション

Ansys Mechanical の静的構造解析を用いてシミュレーションを行った。鉛直下向きに荷重 10000 N をかけ、最下層の下面を固定した。

各試験片では以下の 3 種類のシミュレーションを行った。(1) 最上層上面から圧縮を行う

全面圧縮、(2) 球(φ 30)で圧縮を行う球圧縮、(3) 円盤(φ 45)で圧縮を行う円盤圧縮である。表 4 および表 5 に、アルミ合金と銅合金の円盤圧縮のシミュレーション結果を示す。

表 4 アルミ合金(円盤圧縮)のシミュレーション結果

試験片	最大相当応力 (MPa)	最大相当弾性ひずみ (mm/mm)
2方向(0° ,15°)	87.9	1.4×10^{-3}
2方向(0° ,30°)	104.6	1.5×10^{-3}
2方向(0° ,45°)	92.6	1.3×10^{-3}
2方向(0° ,60°)	81.3	1.6×10^{-3}
2方向(0° ,90°)	44.7	1.0×10^{-3}
3方向(60° 回転)	85.3	2.0×10^{-3}
4方向(45° 回転)	96.6	1.4×10^{-3}
6方向(30° 回転)	106.0	1.7×10^{-3}
6方向(15° 回転)	107.0	2.0×10^{-3}

表 5 銅合金(円盤圧縮)のシミュレーション結果

試験片	最大相当応力 (MPa)	最大相当弾性ひずみ (mm/mm)
2方向(0° ,15°)	87.7	0.9×10^{-3}
2方向(0° ,30°)	104.1	0.9×10^{-3}
2方向(0° ,45°)	92.4	0.8×10^{-3}
2方向(0° ,60°)	81.1	1.1×10^{-3}
2方向(0° ,90°)	45.3	0.7×10^{-3}
3方向(60° 回転)	84.7	1.3×10^{-3}
4方向(45° 回転)	96.5	0.9×10^{-3}
6方向(30° 回転)	105.7	1.1×10^{-3}
6方向(15° 回転)	106.2	1.3×10^{-3}

5. まとめ

試験結果(表 2、表 3)から、2方向(0° ,60°)から 6方向(30° 回転)の 5 種類の試験片において、グラフの傾きや変位が近い値となることが判った。

シミュレーション結果(表 4、表 5)から、応力とひずみの最小値は 2方向(0° ,90°)の試験片で現れた。試験片の積層角度を増加させると、応力が低くなる傾向が見られた。ひずみに関してはこの傾向は見られなかった。

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.
- [3] 箕田、池田、手嶋、形の科学シンポジウム講演予稿集, 8-1 (2023) pp. 15-16.

円柱充填構造の強度異方性に関する研究

湊川裕介、手嶋吉法

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

A study on strength anisotropy of cylinder-packing structures

Yusuke MINATOGAWA & Yoshinori TESHIMA*

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

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

Abstract. This study evaluated the anisotropy of three-way cylinder-packing structures when compressed from several different directions, using stresses and strains obtained from analysis in finite element analysis software. As results, the average values for the maximum equivalent stress were about 18.6 MPa on the plane normal direction, about 19.6 MPa on the face-diagonal direction, and about 26.7 MPa on the body-diagonal direction. Anisotropy was observed between the plane normal direction and body-diagonal direction. The stress values in the face-diagonal and body-diagonal directions had larger standard deviations.

Keywords: cylinder-packing structure, compression test, anisotropy, finite element analysis

1. はじめに

棒状部材の充填構造とは、3次元空間内の特定の方向に棒状部材を集積させた立体構造であり、例として円柱充填構造が挙げられる。円柱充填構造とは、3次元空間内の特定の方向に配置された合同な円柱の集合によってできる立体構造である[1]。科学分野では、ガーネットの複雑な結晶構造を円柱充填構造を用いて説明した研究が有名である[2]。工学分野では炭素繊維複合材料(CFRP)に円柱充填構造が活用されている[3]。

本研究は3方向円柱充填構造を異なる複数の方向から圧縮した際の異方性を、応力やひずみで評価する。3次元形状データを3D-CAD(Autodesk Fusion)で作成し、有限要素解析ソフトウェア(Ansys Mechanical)を使用して解析した。

2. 解析方法

まず、円柱充填構造として丸棒3方向(1200本)の基礎形状を作成した(図1)。荷重をかける面を、立方体の面法線方向、面对角線方向、体対角線方向とし、シミュレーションに使用する試験片の形状データを作成した。立方体の面法線方向は(100), (010), (001)の3方向、面对角線方向は(110), (101), (011), ($\bar{1}10$),

($\bar{1}01$), ($0\bar{1}1$)の6方向、体対角線方向は(111), ($\bar{1}11$), ($1\bar{1}1$), ($11\bar{1}$)の4方向である。これら13方向について、円柱(直径70mm, 高さ70mm)を図1の基礎形状から切り出した円柱充填構造を試験片とする。図2に作成した試験片の例を示す。また、表1に各試験片の体積と充填率の例を示す。

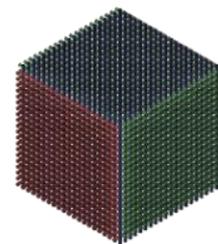


図1 丸棒3方向(1200本)の基礎形状



図2 切り出し後の試験片

(左) (100)方向 (中) (110)方向 (右) ($\bar{1}11$)方向

表1 各試験片の体積と空間充填率

	体積 [mm ³]	空間充填率 [%]
(100)	158800	58.95
(110)	158700	58.91
($\bar{1}11$)	158500	58.87

解析の際、被圧縮面と固定面に円盤(直径 45 mm, 高さ 7 mm)を設置した。図 3 に円盤と円盤取り付け後の試験片の例を示す。



図 3 (左) 円盤 (右) 円盤を取り付けた(110)試験片

解析条件は、力の大きさ 1000 N、試験片の素材は構造用鋼、メッシュの分解能を 2 (デフォルト値)とした。評価項目は、相当応力と相当弾性ひずみである。

3. 結果

解析結果を表 2~表 4 ならびに図 4~図 6 に示す。

表 2 面法線方向の相当応力と相当弾性ひずみの最大値

	最大相当応力 [MPa]	最大相当弾性ひずみ [mm/mm]
(100)試験片 要素数: 180490	18.84	1.00×10^{-4}
(010)試験片 要素数: 179432	18.70	1.01×10^{-4}
(001)試験片 要素数: 187108	18.34	0.94×10^{-4}
平均	18.63	0.98×10^{-4}
標準偏差	0.210	0.03×10^{-4}

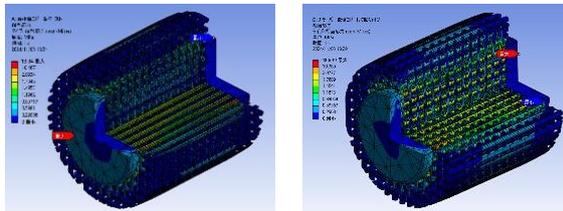


図 4 面法線方向 相当応力 (左) (100) (右) (010)

表 3 面对角線方向の相当応力と相当弾性ひずみの最大値

	最大相当応力 [MPa]	最大相当弾性ひずみ [mm/mm]
(110)試験片 要素数: 164565	20.32	1.02×10^{-4}
(101)試験片 要素数: 190032	25.71	1.42×10^{-4}
(011)試験片 要素数: 193253	15.51	1.06×10^{-4}
(110)試験片 要素数: 182680	17.54	1.22×10^{-4}
(101)試験片 要素数: 183985	17.82	0.96×10^{-4}
(011)試験片 要素数: 187584	20.46	1.09×10^{-4}
平均	19.56	1.13×10^{-4}
標準偏差	3.234	0.15×10^{-4}

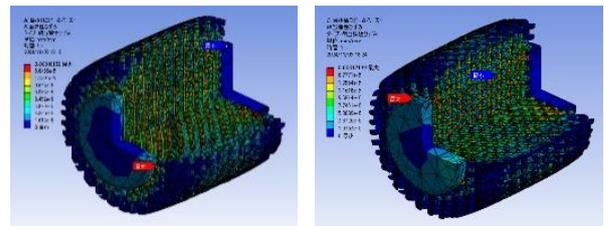


図 5 面对角線方向 相当弾性ひずみ (左) (110) (右) (110)

表 4 体対角線方向の相当応力と相当弾性ひずみの最大値

	最大相当応力 [MPa]	最大相当弾性ひずみ [mm/mm]
(111)試験片 要素数: 191289	23.48	1.29×10^{-4}
(111)試験片 要素数: 185507	25.98	1.31×10^{-4}
(111)試験片 要素数: 184519	26.38	1.33×10^{-4}
(111)試験片 要素数: 188608	31.04	1.56×10^{-4}
平均	26.72	1.37×10^{-4}
標準偏差	2.733	0.11×10^{-4}

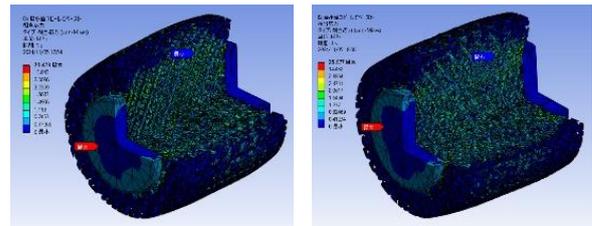


図 6 体対角線方向 相当応力 (左) (111) (右) (111)

4. まとめと今後の予定

最大相当応力の平均値は、面法線方向(表 2)は約 18.6 MPa、面对角線方向(表 3)は約 19.6 MPa、体対角線方向(表 4)は約 26.7 MPa であり、面法線方向と体対角線方向には異方性が見られた。面法線方向の相当応力の標準偏差は約 0.21 MPa と小さいが、面对角線方向の相当応力の標準偏差は約 3.2 MPa、体対角線方向の相当応力の標準偏差は約 2.7 MPa となり、大きくなったので原因を調査中である。

今後、角棒 3 方向試験片を作成して同様の解析を行う予定である。

参考文献

- [1] 手嶋ほか、「円柱充填による結晶構造」、形の科学会誌、29-1 (2014) p.62-63.
- [2] O’Keeffe, M & Andersson, S., “Rod packings and crystal chemistry”, *Acta Cryst.* A33 (1977) p.914-923.
- [3] 土方、福多、「三次元多軸複合材料の組織」、日本複合材料学会誌、18-6 (1992) p.231-238.

コロナ感染症拡大に伴う市場の構造変化

保谷太陽¹, 中根滉稀¹, 高田宗樹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

Structural changes in the market due to the spread of coronavirus infections

TaiyoHodani¹, KohkiNakane¹, Hiroki Takada²

¹Advanced Interdisciplinary Science School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

²Department of Human 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. The translational errors of the data were calculated and distribution plotted, and the financial time series data and their numerical solutions were evaluated and compared by performing nonlinear analysis.

Keywords: Etranse, Stock

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結果として、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。本研究では株価を金融時系列として並進誤差を算出して分布図を作成する。算出した分布図でコロナ感染症拡大に伴う市場の構造変化を見る。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決定論性に着目する。それぞれの金融時系列データ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)から新型コロナウイルス感染症の拡大期間(2022, 11, 20)までの15年間とそれ以降から今まで(2024, 10, 30)の、日足(終値)を扱う。対象となる企業は業種で大分類として分類される計17種類を扱う。大分類のうちの時価総額が高い2種類ずつを対象の企業とする。それに伴い日経平均、NASDAQ、S&P500、Dowも扱う。これらのデータを先ほど記述した2つの期間における並進誤差をDouble-Wayland法により算出し、Etrans-Etrans'平面上に散布させた。この分布図およびその時間変化をみて、市場の構造変化を評価した。

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/DGXMZ056990520Z10C20A3000000> (2021年11月1日参照)

[2] 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.

認知手順学習時における律動脳波に関する研究

石渡文剛¹、高田宗樹²

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

²福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻、

〒910-8507 福井県福井市文京3丁目9-1

takada@u-fukui.ac.jp

The Study of Rhythmic Brain Waves in Cognitive Procedural Learning.

Fumitaka Ishiwata¹ Hiroki Takada²

¹Department of Mechanical Systems Engineering, School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui City, Fukui Prefecture, 910-8507 Japan

²Department of Intelligent Systems, Graduate School of Engineering, University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui City, Fukui Prefecture, 910-8507 Japan

Abstract: In recent years, with advancements in biometric technology, the use of simplified EEG devices has become more widespread, making it possible to measure rhythmic brainwaves in everyday environments. To capture the brain's activity in detail during psychological states, thought processes, and learning, it is considered effective to analyze the α -to- β wave ratio. In this study, we conducted an experiment with 13 young healthy participants, using the Tower of Hanoi, a well-known cognitive problem-solving task. The aim of the experiment is to elucidate the interaction between brain activity and problem-solving while participants engage in the Tower of Hanoi task.

Keywords: brain wave、biological information、cognitive learning、simplified EEG device、

1. はじめに

近年、生体情報技術の進展とともに簡易脳波計の普及が進んでおり、日常的な環境で律動脳波を計測することが可能になった。心理・思考状態や学習の過程における脳の活動を詳細にとらえるためには、 α 波と β 波の比率から導き出すことが有効とされている。[1]

2. 実験方法

11歳～17歳の若年健常者13名を対象に、工事の認知的解決問題として知られるハノイの塔を用いた実験を行った。脳波計はバンド型テレメトリー式2電極簡易脳波計(NeuroSky社)を用いた。座位にて安静状態の計測を開・閉眼にてそれぞれ2分間、行った。尚、開眼では固視標を注視させた。ハノイの塔のルールを掲示した後、6分間の独自試行により認知学習手順を学習させた。その後認知学習手順の要点を掲示して、再度、安静状態および認知学習手順の学習時における計測を行った。

文献

[1] 梅澤克之, 石田崇, 齋藤友彦, 中澤真, 平澤茂一, 簡易脳波計を用いた学習者にとっての課題難易度の判定方法, 情報処理学会研究報告, Vol. 2016-CE-137, No. 4: pp. 1-6, 2016

4次元のコンパス 4-Dimensional Compasses

宮崎興二(京都大、名誉教授) Koji Miyazaki(Kyoto Univ., Professor Emeritus)
miyazakii jok@gmail.com

Abstract: A pair of 3-dimensional compasses draws a 1-dimensional circle on 2-plane. In this paper, a pair and triplet of 4-dimensional compasses are derived from geometric extension of these. They can draw a linear or planar 2-dimensional spheres in 3-space.

Key words: 4-space, compasses, geometry.

1. はじめに

3次元の作図用コンパスは1本の針を軸にして1本の鉛筆を3次元空間で回して2次元平面上に1次元の円を描く。それを幾何学的に拡張して4次元作図用コンパスを考え、1本の針を軸にして線形用の1本、あるいは面形用の2本、の鉛筆を4次元空間で回して3次元空間内に2次元球面を描く。

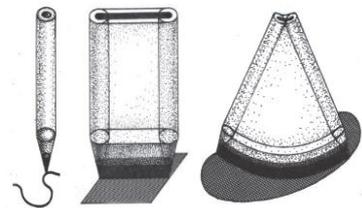


図 1

2. 鉛筆

3次元の作図用コンパスには、線で円周を描く柱状の鉛筆が筆記用具として装着される。それに対して図1に、4次元の、線分で球面を描く柱状(左端。断面は球や多面体)と2本に分かれて球面多角形で球面を覆う面状(右二つ。断面は円柱や角柱)の鉛筆を示す。

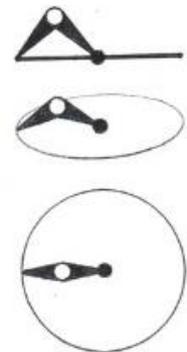


図 2

3. 3次元のコンパス

3次元のコンパスでは、1本ずつの針と鉛筆が装着された2本の脚が、円形のヒンジで連結されている。そのうち針先を平面上の1点に固定し、その点を中心にして鉛筆をヒンジとともに回転させて平面上に円を描く。図2にその経過を平面図で示す。円は投影方向によって楕円や直線に変わる。

4. 4次元のコンパス

3次元のコンパスから幾何学的に類推すると、4次元のコンパスは、球形のヒンジで連結された2本(図3)あるいは3本(図4)の脚を持ち、そのうち1本の脚には針が装着される。残る脚が1本なら図1左端の線用、2本なら同図右端の3角形をした面用の鉛筆が装着される。そのうち針先を3次元空間内の1点に固定し、それを中心にして鉛筆を回転させて、線(2本脚の場合)あるいは面(3本脚の場合)で球面多面体、特に図5に示す一筆書きできる正8面体の球面版、を描く。図6にその球面正8面体の稜線の一筆書きする軌跡の三面図を示す。この軌跡は既報の4次元時計の針の先端の軌跡と一致していて、円周の4次元版となる。図7は3本脚の場合の4次元コンパスの完成図である。図8

は1本の線形鉛筆、**図9**は2本の面形鉛筆の回転状態を示す。いずれも脚は左端に示すように円錐に内接させてある。面形の場合、2本の鉛筆の先を、**図10**のように、正8面体の1本置きの稜線の中点に置いて、またいだ稜線の一筆書きに従って**図11**のように動かすと、**図12**のように球面を覆い尽くす。白い部分は2重、黒い部分は3重に覆われるが、この作図が4次元コンパスに課せられた最も基本的な作業となる。

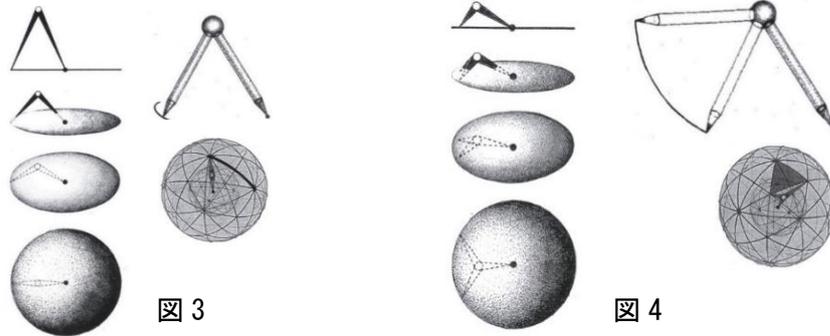


図3

図4

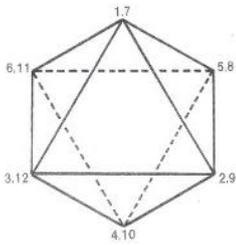


図5

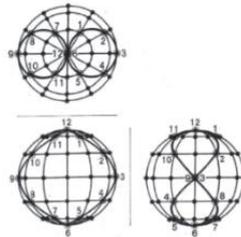


図6

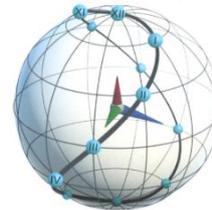


図7



図8

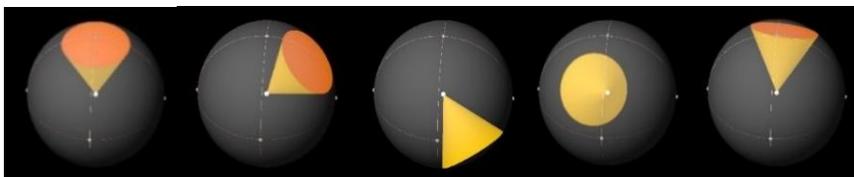


図9

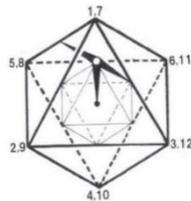


図10

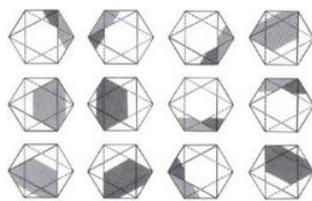


図11

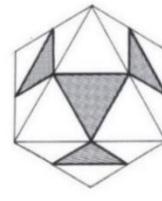


図12

参考文献：K.Miyazaki and M.Ishii“Visualization of a 4-dimensional clock”

ICGG 2024-Proceedings, SpringerNature, 2024

(CG: 石井源久)

記号計算による既約代数曲線のフェーリアンブランチへの分解

宮澤 篤

3D コンソーシアム、東京都世田谷区東玉川 1 丁目 5-16

amiyazaw@keio.jp

Decomposing Irreducible Algebraic Curves into Fehrian Branches via Symbolic Computation

Atsushi Miyazawa

3D Consortium, 1-5-16 Higashitamagawa, Setagaya, Tokyo

Abstract: This paper introduces a symbolic computational method that enables the decomposition of algebraic curves—traditionally considered irreducible—on the complex projective plane into finer components termed Fehrian branches. By explicitly integrating arithmetic, logical, and relational operations within algebraic contexts, the method transcends conventional algebraic techniques to achieve a more granular factorization of curves. Building upon and formalizing Howard Franklin Fehr's early visualization concepts from 1945, we provide rigorous mathematical definitions for these branches. The research employs advanced symbolic computation algorithms to perform these factorizations from a computer science perspective, demonstrating an interdisciplinary fusion of algebraic geometry and computational methods. The results extend the algebraic curve factorization theoretical framework and open new avenues for practical applications in symbolic computation and computational algebraic geometry.

Keywords: Symbolic computation, Factorization, Algebraic plane curve, Complex projective plane, Multi-dimensional geometry

1. はじめに

1880年、「4次元を見た男」として知られるイギリスの数学者チャールズ・ハワード・ヒントンは、3つの高次元の視覚化手法を通じて、超立方体のビジュアルを得ることに成功した。^[1]その後1945年、アメリカの数学教師ハワード・フランクリン・フェール（フェア）は、ヒントンの「4次元の物体の3次元的断面を考察する」という2番目の方法を応用し、いくつかの初等的な複素関数のグラフを視覚化した。^[2]しかし、フェールは「ブランチ」と称したこれらの視覚化要素に対し、十分な数学的定義を提供するには至らなかった。現在では、代数幾何学の基礎知識と Wolfram 言語（Mathematica のプログラミング言語）を用いた実装を通じて、フェールの功績に計算数学的な正当性を与えることが可能である。

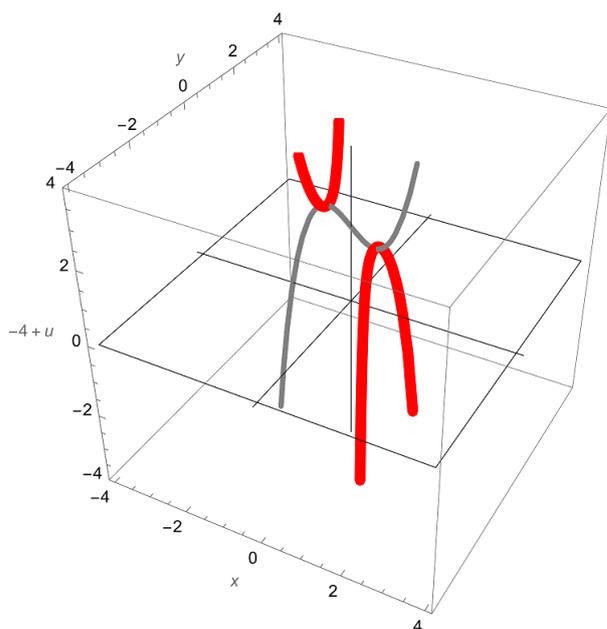
2. Mathematica を使ってフェーリアンブランチを正当化する手順^[3]

方程式 $f(x, y) = x^3 - x - y + 6$ の実変数 x と y を複素数に置き換える：

```
In[]:= f = x^3 - x - y + 6 /. {x -> x + I y, y -> u + I v}
Out[]= 6 - u - I v - x + (x + I y)^3 - I y
```

v を 0 に設定し、すなわち、方程式を 3次元部分空間 $\{x, y, u\}$ に制限して 4次元の三次元断面を表示する：

```
In[]:= c = v == 0 /. Equal -> Rule
lSubspace = {x, y, u, v} /. c /. (0 -> Nothing)
Out[]= v -> 0
{x, y, u}
```



複素数の相等 ($c_1 == c_2 \Leftrightarrow a_1 == a_2 \wedge b_1 == b_2$, ここで $c_1 == a_1 + i b_1$ および $c_2 == a_2 + i b_2$) を使用する :

```
In[]:=
(ComplexExpand[Re[f]]) == 0 &
(ComplexExpand[Im[f]]) == 0
Out[] = 6 - u - x + x^3 - 3 x y^2
== 0 & -v - y + 3 x^2 y - y^3 ==
0
In[]:= % /. c
Out[] = 6 - u - x + x^3 - 3 x y^2
== 0 & -y + 3 x^2 y - y^3 == 0
```

実数に関する式を簡約化する :

```
In[]:= Reduce[%, 1Subspace]
Out[] = (y == 0 & u == 6 - x +
x^3) & ((y == -sqrt(-1 + 3 x^2) &
y == sqrt(-1 + 3 x^2)) & u == -2 (-3
- x + 4 x^3))
```

x, y , および u の劣決定系の連立方程式を解く :

```
In[]:= 1lBranches = 1Subspace /. Solve[%, 1Subspace] // Quiet
Out[] = {{x, 0, 6 - x + x^3},
{x, -sqrt(-1 + 3 x^2), -2 (-3 - x + 4 x^3)},
{x, sqrt(-1 + 3 x^2), -2 (-3 - x + 4 x^3)}}
```

3. おわりに

この論文では、複素射影平面上で従来は既約とされていた代数曲線を、フェーリアン (フェアリアン) ブランチと名付けたより細かな要素に分解するための記号計算手法を紹介した。フェールが提唱した初期の視覚化概念を基に、それらのブランチに対する厳密な数学的定義を提供する。このアプローチでは、AND (\wedge)、OR (\vee)、NOT (\sim) といった論理演算子を用いて数式を変換し、既約代数方程式をより小さな因子に分解する。これにより、フェール可約 (Fehr reducible) と呼ぶ新しいクラスの数式が明らかになる。計算機科学の観点から、本研究はより進んだ記号計算アルゴリズムを用いてこれらの因数分解を行い、代数幾何学と計算手法の学際的な融合を示している。

4. 参考文献

1. 宮崎興二 (2020). 4次元図形百科. 丸善出版, 20-22.
2. Fehr, Howard Franklin. Graphical Representation of Complex Roots. Multi-Sensory Aids in the Teaching of Mathematics, Eighteenth Yearbook of the National Council of Teachers of Mathematics [1945] pp. 130-138.
3. Miyazawa, Atsushi. Fehrian Branches or: How I Learned to Reduce $y = x^2 + 1$ and Love Mathematica, Wolfram Technology Conference 2023 presentation. <https://youtu.be/IPiL0qtfQ1M>
4. 大野 義夫; 宮澤 篤 (1982). コンピュータが見た複素関数. 数学セミナー, 21 (11), 2-15.
5. OpenAI, ChatGPT, Wolfram Alpha. Wolfram Data. Accessed [8 Nov, 2024].

4次元立体のジェスチャを用いた直感的操作の試み

王 逸飛¹ 松浦 昭洋²

^{1,2} 東京電機大学, 〒350-0394 埼玉県比企郡鳩山町石坂

E-mail: ¹24rmd08@ms.dendai.ac.jp, ²matsu@rd.dendai.ac.jp

Attempt for Intuitive Manipulation of Four-Dimensional Objects Using Gesture

Itsuhi Oh¹ Akihiro Matsuura²

^{1,2} Tokyo Denki University, Ishizaka, Hatoyama-cho, Hiki, 350-0394 Japan.

Abstract: We present an interactive system for visualizing and intuitively manipulating four-dimensional solids with three-dimensional perspective view using hand gesture. We implemented basic operations such as translation, scaling, and rotations in the four-dimensional space. We performed a line of operations on the hypercube, hypercuboid, and pentachoron, and confirmed their operability.

Keywords: Four-dimensional space, hypercube, perspective, gesture, manipulation, scaling, rotation

1. はじめに

4次元以上の空間・立体・データは、従来より幾何学をはじめ様々な分野で現れるが、近年のビッグデータ、クラウドコンピューティング、人工知能等の技術の発展により、高次元データの処理、可視化技術はますます重要な課題になると考えられる。高次元の立体やデータは、コンピュータによる記号処理の対象となるだけでなく、人の直感的なインタラクションの対象とする試みも行われている。例えば、[1]では裸眼立体ディスプレイ、3次元触覚提示インタフェースを用いて、4次元空間での視点移動、4次元立体の基本操作(平行移動、拡大縮小、回転)を実現している。[2]では、4次元立体・データを複数の3次元部分空間に同時に投影して可視化し、HMD用コントローラを用いて操作するVRシステムが提案された。[3]では、4次元超立方体を3次元に透視投影し、4つ目の軸を回転不変面に含む回転を、手の平の開閉と手の前後運動を組み合わせた直感的なジェスチャにより操作する方法が提案された。しかし、可能であるのは中心を固定して置かれた超立方体の回転のみであり、平行移動、拡大縮小等の操作やその他の4次元立体・データに対する操作への対応は考慮されていなかった。

そこで本研究では、[3]の手法を発展させ、4次元立体に対する基本操作(平行移動、拡大縮小、4つ目の軸を含む/含まないという2タイプの回転不変面に対する回転)をそれぞれ実行可能な直感的な手のジェスチャを定め、超立方体、超直方体、正5胞体という3種類の4次元立体を例に、実際にジェスチャによる操作が可能であることを確認した。

2. 基本操作に対するジェスチャの定義・実行

4次元空間を直交する4軸(xyzw)をもつユークリッド空間とし、4次元立体のディスプレイ内の表示は $w=0$ のxyz空間に表示される3次元透視図とする。

2.1 ジェスチャの定義

平行移動: 指定した移動対象の立体の位置で、右手の人差し指と親指の腹同士を物をつまむように合わせた状態で手を移動させると、立体はディスプレイ内で手と同じ方向に平行移動する。

拡大縮小: 指定した立体の位置で、右手の中指と親指の腹同士を合わせた状態で手をディスプレイ方向(前方)に動かすと立体は拡大し、指を離すと拡大を停止する。逆に、手を身体方向(手前方向)に動かすと立体は縮小し、指を離すと縮小を停止する。

回転: 4次元の2タイプの回転のうち、xyz空間内の回転は、右手の人差し指と中指を伸ばしたまま付けて回すように動かして行う。一方でw軸を含む回転不変面をもつ回転では、右手の薬指と親指の腹を合わせた状態で手を身体方向に動かしながら最後に指を離すと、対象の4次元立体において、視点からw軸方向の最近部にある胞部分(正面を向いた超立方体の場合、透視図では外部の立方体)がディスプレイ内で手前に移動しながら縮小し、続いて前後の動きが逆転して自身の内部に移動し、w軸方向の最奥部にある胞部分(超立方体の場合、内部の小立方体)に移動することで循環的に回転する。逆に、手をディスプレイ方向に動かすと逆向きの回転となる。これらは[3]における5本の指を窄めたり広げたり

しながら前後に移動させる回転ジェスチャを、その直感的なイメージを保ちつつ簡素化したものと言える。

2.2 実装と実行例

本システムは、ゲームエンジン Unity 2022.3.20f1 上で C#言語を用いて実装し、さらに指の認識のために FaceTime HD カメラ、オープンソースライブラリ MediaPipe 0.9.0.1 を用いた。

本稿では、図1に示す超立方体、超直方体(4次元直方体)、正5胞体を例に、2.1節で定めたジェスチャを連続的に行い立体を操作した。超立方体を、中指と親指を合わせて前方に動かし、拡大させている様子を図2に、人差し指と親指で中央に平行移動させている様子を図3に、薬指と親指を合わせ、手を前に引く動作を繰り返し、zw 平面を不変面とする回転を施す様子を図4に示す。本回転では、外側の赤い線の立方体が手前に移動しながら大きくなり、遂に内部の青い立方体と入れ替わる。超直方体と正5胞体についても基本的な操作が可能であることを確認した。両立体の回転操作中の画像を図5に示す。

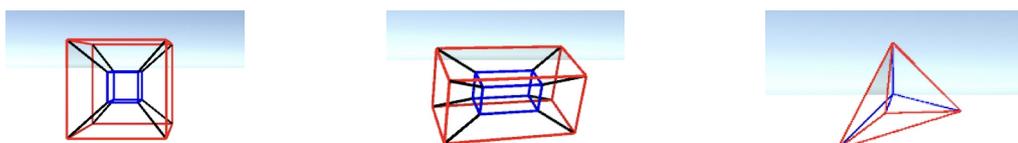


図1 操作する4次元立体(左から、超立方体、超直方体、正5胞体)



図2 超立方体の拡大操作



図3 超立方体の左方への平行移動



図4 超立方体の回転操作(zw 平面)



図5 超直方体と正5胞体の回転操作

2.3 ジェスチャ認識の現状と課題

今回定義したジェスチャの中で、移動のジェスチャは、カメラから見て上下左右の動きであるため認識に問題はなかった。拡大縮小と xw に関する回転は、手を画面に垂直な方向で前後に動かしオクルージョンが発生しやすい動作だが概ね認識された。それに対して、人差し指と中指を付けて回す xyz 空間の回転は、立体が動かなかつたり、左右・前後等で逆回転したすなり誤動作が発生した。これらは、人差し指と中指のジェスチャに、終わりを示すジェスチャを付加することで改善する方法を現在検討している。

3. まとめ

4次元立体をジェスチャで直感的に操作するシステムの現状を報告した。今後ジェスチャの認識精度の向上・評価、変形や他立体を含めた機能の拡張、VRシステム化・コンテンツ化等を行う予定である。

謝辞 本研究は、JSPS 科研費 24K15250 の助成を受けて行った。

参考文献

- [1] 酒井幸仁, 橋本周司, “直感的な理解のための4次元空間提示システム,” 情報処理学会第68回全国大会講演論文集, 1号, pp. 49–50, 2006.
- [2] K. Matsumoto, N. Ogawa, H. Inou, S. Kaji, Y. Ishii, M. Hirose, “Polyvision: 4D Space Manipulation through Multiple Projections,” SIGGRAPH Asia 2019 Emerging Technologies, pp. 36–37, 2019.
- [3] 福田健博, 松浦昭洋, “直感的な手の動きによる4次元超立方体の回転操作手法,” 映像表現・芸術科学フォーラム2021, 映情学技報, Vol. 45, pp. 13–16, 2021.

研究を“カタチ”に 形の科学会機関誌での論文発表

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

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

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

奮ってご投稿ください。

英文誌【FORMA】

会員・非会員を問わず、投稿できます。

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

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

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

和文誌【形の科学会誌】

会員・非会員を問わず、投稿できます。

原著論文(original paper)、解説論文(review paper)、速報(rapid communications)、討論(commentary)、講座(単発および連載)、エッセイ、交流、ニュースなどを掲載します。

投稿規定の詳細は、下記サイトをご覧ください。

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

形の科学シンポジウムを開催しませんか？

シンポ代表世話人を募集します

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

シンポジウムの代表世話人は、形の科学会会員の中から選ばれます。

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

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

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

【お問い合わせ先】

形の科学会事務局・シンポジウム開催支援担当

手嶋吉法（千葉工業大学）

yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

形の科学会 入会方法

入会資格は、形の科学的研究に興味を持っていることです。

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

《インターネットによる入会手続き》

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

《E-mailによる入会手続き》

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

《郵送による入会手続き》

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

————— 切り取り線 —————

会員登録カード (記入日： 年 月 日)

氏名： 氏名フリガナ：

生年月日： 年 月 日

連絡先選択：勤務先・自宅・出張先（一つだけ残す）

勤務先名称：

勤務先郵便番号：〒

勤務先住所：

勤務先電話： 勤務先 FAX：

勤務先 Email：

自宅郵便番号：〒

自宅住所：

自宅電話： 自宅 FAX：

自宅 Email：

主要活動分野（20字以内）：

形関連の興味（箇条書きで各20字以内）：

備考（出張宛先, etc.）：

————— 切り取り線 —————

【形の科学会事務局】

〒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. 9 No. 2 (2024年11月)

発行： 形の科学会

会長： 海野 啓明

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

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