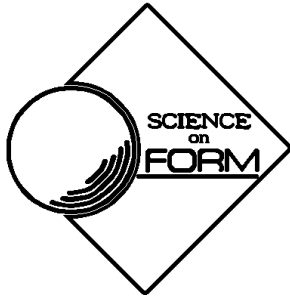


形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 6 No. 2 (2021 年 11 月)

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



第 91 回 形の科学シンポジウム



会期: 2021 年 11 月 13 日(土), 14 日(日)

オンライン開催

形の科学会

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

第91回 形の科学シンポジウム（オンライン開催）

【主催】形の科学会

【会期】2021年11月13日(土)、14日(日)

【オンライン開催】講演者と参加者に接続情報を11月10日までに伝達

【代表世話人】高田宗樹（福井大学大学院工学研究科）

E-mail: takada[at]u-fukui.ac.jp （[at]を半角@で置き換え）

【世話人】平田隆幸、松本拓也（福井大学大学院工学研究科）

【参加費】無料

【WEBサイト】<https://katachi-jp.com/sympo91>

プログラム

11月13日(土) 第1日目

9:10-9:15 開会の辞（平田隆幸）

セッション1（座長 平田隆幸）

9:15-9:40 (25 min)

中学校化学での化学式の導入に手作り分子模型を用いる効果

七五三野 晃平（東京学芸大学）、松浦 執（同）

..... 1

9:40-10:05 (25 min)

学校広報の静止画像・動画像にどのようなルックが求められるか

松原 僚兵（自由学園）、河原 弘太郎（同）、遠藤 敏喜（同） 3

10:05-10:30 (25 min)

三次元形態の表現と双方向性のある科学コミュニケーションのためのデジタルプラネタリウムの活用

吉岡 翼（富山市科学博物館）、竹中 萌美（同）

..... 5

休憩 10:30-10:45

セッション2（座長 塩澤友規）

10:45-11:10 (25 min)

最小木法で見出される乳腺良性乳管内増殖性病変と異型乳管過形成・非浸潤性乳管癌の間の細胞構築の差異について

千場 良司（岩手県立中央病院） 7

11:10-11:35 (25 min)

非ペリトロコイド型ロータリーエンジンの設計

佐藤 郁郎（宮城県立がんセンター）、秋山 仁

（東京理科大学） 9

11:35-12:00 (25 min)

初期胚心臓の左巻きらせんループは心筋細胞の異方的変形で生じる

本多 久夫（神戸大学大学院、理化学研究所）

..... 11

昼休み 12:00-13:40 （運営委員会）

セッション3（座長 松浦執）

13:40-14:05 (25 min)

放散虫化石の探し方と観察の仕方

松岡 篤（新潟大学） 13

14:05-14:10 (5 min)

2022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) 15

14:10-14:25 (15 min)

新潟県佐渡の沢根の崖の微化石—放散虫の形—
諏佐 和香 (新潟大学附属長岡小学校)
..... 16

14:25-14:40 (15 min)

やっと捕まえた放散虫
板垣 成俊 (新潟大学附属長岡小学校)
..... 17

休憩 14:40-14:55

セッション 4 (座長 松本拓也)

14:55-15:20 (25 min)

平面群 G の Non-characteristic G -orbits, G -
軌道
松本 崧生 (金沢大学名誉教授) 18

15:20-15:45 (25 min)

大陸を脱着可能な触覚学習用地球儀の作製
本間 智也 (千葉工業大学)、青松利明 (筑波大
学附属視覚特別支援学校)、手嶋 吉法 (同)
..... 20

15:45-16:10 (25 min)

一次元写像におけるヒステリシスを伴う周期倍
分岐
山口 喜博 (形の科学会会長) 22

16:10-16:35 (25 min)

天正時代の南蛮系日本地図地名解—三題
杉本 剛 (神奈川大学) 24

11 月 14 日(日) 第 2 日

セッション 5 (座長 高田宗樹)

9:00-9:25 (25 min)

時間遅れを伴った興奮子ネットワーク電子回路
の多重安定性と短期記憶の検討
神藤 央樹 (同志社大学大学院)、上野 洋 (同)、
吉川 研一 (同)、剣持 貴弘 (同)26

9:25-9:50 (25 min)

ウロコ模様を作り出す異方的反応拡散モデル
昌子 浩登 (関西学院大学)、横川 隼也 (同)、
岩本 凌 (同)27

9:50-10:15 (25 min)

粒径が分布する粉体の加振による諸現象
宮崎 修次 (京都大学大学院)、中根 直哉 (同)、
岩崎 俊 (京都大学)29

10:15-10:40 (25 min)

ランダムウォークを使った感染症シミュレーシ
ョン
青木 俊毅 (福井大学)、高田 宗樹 (福井大学
大学院)、平田 隆幸 (同)30

休憩 10:40-11:00

セッション 6 (座長 手嶋吉法)

11:00-11:15 (15 min)

Python ライブラリをつかったボロノイ分割の
応用 -ボロノイによるなわばり解析-
西浦 一輝 (福井大学)、高田 宗樹 (福井大学
大学院)、平田 隆幸 (同)32

11:15-11:30 (15 min)

IBM のゲート式量子コンピュータを使った乗算
回路とその評価
万里川 則亮 (福井大学大学院)、平田 隆幸 (同)
.....34

11:30-11:45 (15 min)

周辺視認時における視線運動分布のかたちに関する研究

中嶋 大祐 (福井大学)、板津 佳希 (福井大学大学院)、平田 隆幸 (同)、高田 宗樹 (同)
.....36

昼休み 11:45-13:30

セッション 7 (座長 杉浦明弘)

13:30-13:45 (15 min)

機械学習を用いた立ち上がりテストに関する判別分析の改良に向けて

菅井 洋成 (福井大学)、宇佐美 雄也 (福井大学大学院)、平田 隆幸 (同)、高田 宗樹 (同)
.....38

13:45-14:00 (15 min)

敵対的生成ネットワークを用いた I 誘導心電図のシミュレーションの可能性について

河合 辰貴 (福井大学)、中根 滉稀 (福井大学大学院)、平田 隆幸 (同)、高田 宗樹 (同)
.....40

14:00-14:15 (15 min)

仮想現実を利用したトレーニングシステムの構築に向けて

金 哲行 (福井大学大学院)、塚本 圭祐 (同)、宇佐美 裕也 (同)、平田 隆幸 (同)、高田 宗樹 (同)42

14:15-14:20 閉会の辞 (松本拓也)

【事務局より】

論文投稿案内 (Call for Papers)44
シンポジウム世話人の募集45
入会案内46

中学校化学での化学式の導入に手作り分子模型を用いる効果

七五三野 晃平, 松浦 執*

東京学芸大学教職大学院, *東京学芸大学教育学部

東京都小金井市貫井北町 4-1-1

m203408y@st.u-gakugei.ac.jp

Usage of Hand-Crafted Molecular Model in the Introductory Learning of Chemical Equations in Secondary School.

Kohei Shimeno, Shu Matsuura*

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

Abstract: In secondary chemistry education, the students learn the concept of atoms and molecules for the first time, followed by the introduction of chemical equations that depict chemical reactions. This often brings about the difficulty for the students in understanding the quantitative relationships in the chemical reactions. In this study, we consider the effects of hand-crafted molecular models on the enjoyment and collaborative learning as well as on the intuitive grasp of form-quantity relationships.

Keywords: hand-crafted molecular model, secondary education, concept of atoms

1. はじめに

小学校理科では気体の性質やものの溶け方などの学習を通じて、児童自らが物質の粒子概念を持つことが促される。この上に立脚して中学校理科では原子・分子概念が直ちに導入され、化学変化の実験観察を経て変化の過程の化学式での表現が導入される。ここで分子という単位とその係数についての量的理解の確立にしばしば困難が生じる。

本研究の目的は、分子模型を作製し模型を用いてグループ活動で問題を考察することの、学習の楽しさと内容理解を促進する効果を明らかにすることである。

2. 方法

東京都内の公立中学校1年生4クラスを対象として、原子・分子に関する授業を行った。図1のように着色した発泡スチロール球で生徒に分子模型作製を経験させた。

その上で、分子模型使用がもたらす楽しさと理解しやすさの効果を調べるために、実験群2クラスと対照群2クラスに分けて化学反応式の学習を行い、テスト(アンケート調査)を表1のように実施した。実験群では初回導入時に、グループ活動で模型を用いて化学反

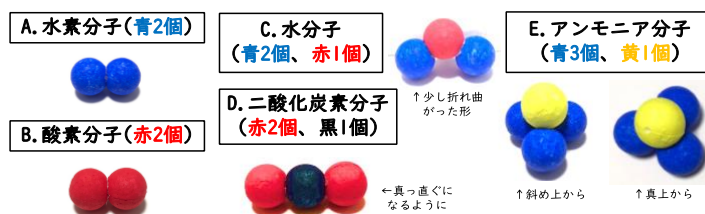


図1 生徒が作成する分子模型

応式を考察させ、その後化学反応式の規則を板書で学習した。対照群では初回に板書で化学反応式の規則を学習し、その後分子模型を用いたグループ活動を実施した。

表 1. 実験群と対照群のセッション順とリカートスケールアンケートの平均値

セッション順	実験群 (2クラス)	対照群 (2クラス)
1 (学習セッション)	化学反応式 分子模型導入	化学反応式 板書で規則導入
2 (テストセッション)	第1回テスト (アンケート1 : 理解度 6.7 ± 2.1 , 楽しさ 8.3 ± 2.1)	第1回テスト (アンケート1 : 理解度 5.7 ± 2.2 , 楽しさ 6.5 ± 2.6)
3 (学習セッション)	化学反応式 板書で規則学習	化学反応式 分子模型学習
4 (テストセッション)	第2回テスト (アンケート2 : 理解度 6.9 ± 2.1 楽しさ 8.1 ± 2.1)	第2回テスト (アンケート2 : 理解度 6.8 ± 2.5 楽しさ 7.3 ± 2.6)

3. 結果と考察

グループで分子模型を用いて議論する分子模型学習セッションを先行させた実験群と、板書授業を先行させた対照群の場合について、各学習セッション後に行ったテストセッション (表 1) で、理解度と楽しさを 11 段階リカートスケール (0～10) で調査した結果を散布図にしたものを図 1 に示す。

図 1 の左右図を比較すると、左図の模型先行は評価が全体に高く、楽しさ評価の平均値が顕著に高い。理解度の平均値は高い状態を維持していた。

図 1 右図の板書説明先行では、板書説明 (セッション 1) 後では理解度と楽しさの評価値は幅広く、相関係数 0.80 と相関が高い。これに続く模型学習 (セッション 3) 後は、理解度の平均値増加が顕著であり、模型先行の実験群と平均理解度はほぼ同等になった。

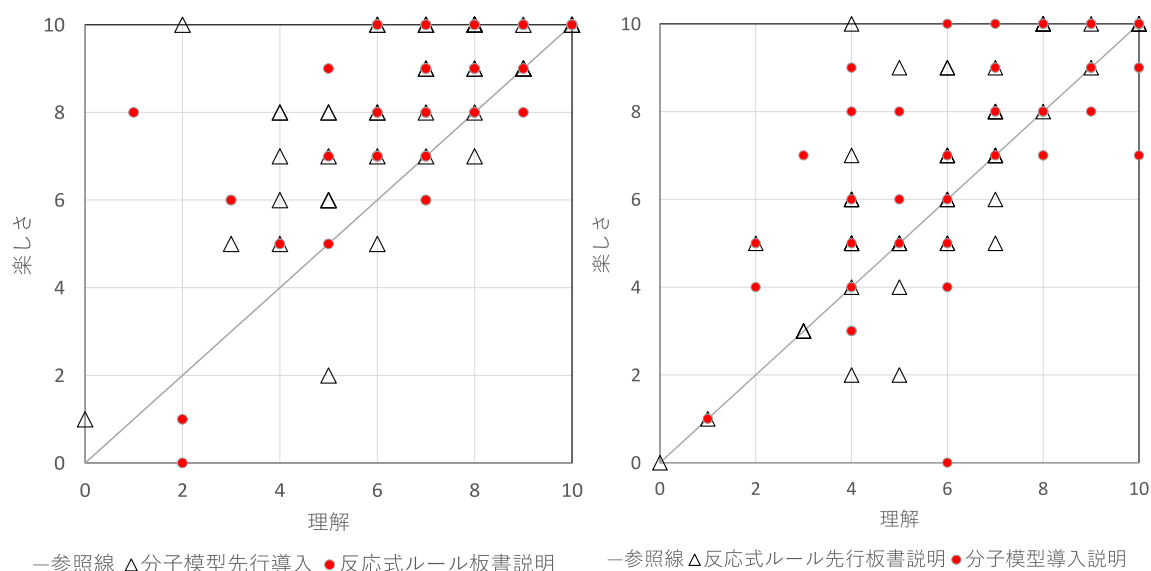


図 2 生徒のセッション後の理解感と楽しさの程度の散布図。

左：分子模型を用いた討論を先行した実験群。右：板書による説明を専攻した対照群。

4. 結論

模型の活用は楽しさを高め、理解の向上が見られた。模型活用のグループ活動は、化学反応式の概念理解の土台となる粒子像の把握に大きな効果があることが示唆された。

学校広報の静止画像・動画像にどのようなルックが求められるか

松原 僚兵

河原 弘太郎

遠藤 敏喜

S11132@std.jiyu.ac.jp

kawahara@jiyu.ac.jp

end@prf.jiyu.ac.jp

自由学園最高学部 〒203-8521 東京都東久留米市学園町 1-8-15

What Look is Required for School Publicity Image?

Ryohei MATSUBARA, Kotaro KAWAHARA, and Toshiki ENDO

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

Abstract: 映像業界で使用されるルック(Look)の概念や技法を学校広報の画像に適用する。その学校の「らしさ」が在校生自身によってどのようにルックに演出されるかJ大学を事例に実験調査する。

Keywords: ルック, カラーグレーディング, 学校広報, 画像, 映像

1. はじめに

ルック(look)は、辞書に“見た目”や“服装の型・雰囲気”などと記述されているように、アパレルやファッションの世界で古くから業界用語として使用されてきたが、近年、映像業界においても、色味や照明などの要素が醸し出す画面のたたずまいを表す用語として使用されている[3]。本研究は、このルックの概念を、映像のプロフェッショナルの世界だけではなく、一般人の日常生活に展開する。これは、誰もが、静止画像や動画像を気軽に扱える時代になり[1]、受け手としてだけではなく発信する側にもなりうることを考慮してのことである。ルックを計算機によってサポートしようとする試みもある。例えば寺井・江村[2]は指定された印象に対応する色調を映像に転送するシステムを開発している。しかし計算機によるルックの実用化は、始まったばかりで、多くの課題がある。

私たちの試みは学校広報へのアプローチである。一般的に学校の宣伝のためのイメージは、教育を享受する側ではなく伝授する側が、広告会社などに委託して制作する。しかし、学校の主役は学生であり、さらに場合によっては大人よりも卓越した感性を有す。今回は幼小中高大の一貫教育を行う都内のJ学園の大学部の学生の手でルックを演出した。J学園は「自然の樹々や草花、鳥、虫などに身近に親しみ」「作物を育て」「四季それぞれに変化する自然の美しさを有する」(いずれも公式ウェブサイトより引用)が、このような環境はルックに何らかの傾向を与えているだろうと考えた。

2. 実験と考察

2.1. J学園らしい情景抽出のためのアンケート調査

ルック作成の基礎資料のため、2021年9月上旬の2週間をかけて、大学部の在籍学生に対して、「J学園らしいと感じる情景」をアンケート形式で調査した。在籍学生95人のうち55名から回答を得た。男女はほぼ同数であった。回答者は全員が幼小中高のいずれかの段階から学園に在籍するが、平均7年間J学園に在籍していた。図1に収集した情景の場所と行為の組み合わせをバブルチャートで示す。円の大きさが回答数の多さを表すが、「生徒による毎日の昼食食事づくり」「皆で集まって昼食をとる」「食事前の黙祷」など生活経営における「食事・調理・片付け」に関するシーンと、「毎朝の芝生での本鈴」「時間を知らせるために生徒が鳴らす鐘・板木(バンギ)の音」など日常生活における「時の鐘・板木」が突出して多く、「三角巾をつけて行う清掃」「毎年秋に全校で行う体操会」などが続いた。その他「生徒の委員会が学校を動かす」「寮長が新入生の親に手紙を書く」「上級生に怒られる下級生」などの「人間関係」の特徴も浮き彫りとなった。

2.2. カラーグレーディング実験

調査結果をふまえて、ルック用映像の被写体を「板木(図2)」「食事風景」「芝生」「清掃風景」

などと選定した。ルックに留意して、朝昼夕が光で表現されるように現場の撮影を行った。それらの素材を使用して、実際に学生がどのように色調を補正するかを実験した。ソフトウェアは Adobe Lightroom を使用した。現在、本実験調査中であるが、プレ実験は 10 月中旬の 1 週間をかけて、在籍学生から各学年 2 名ずつの計 8 名を任意に選んで、実施した。

図 2 に結果のひとつを示す。時刻を告げる板木の写真を学生は、木材の質感を出すためにコントラストを上げた。自身が叩いた経験をイメージし、色合いに温かみを出すべくハイライトと中間調の赤を強くし、シャドウには補色の青をふっている。

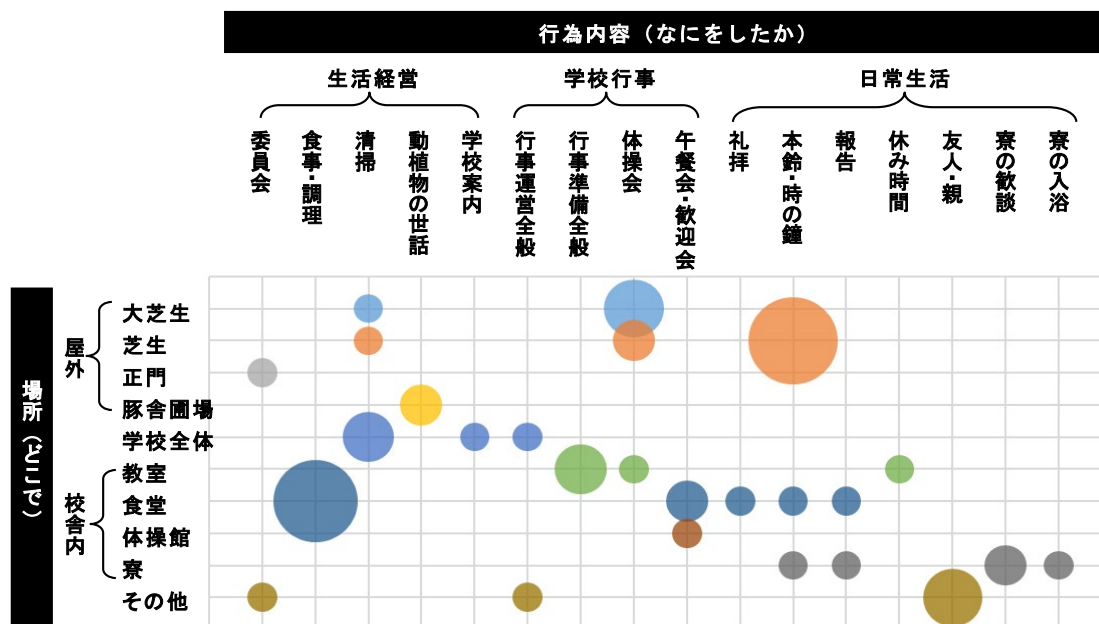


図 1 収集した「もっとも」学園らしい情景」の場所・行為組み合わせ



図 2 カラーグレーディングの例：左はオリジナル，右は学生によって色味が補正された写真

3. まとめ

本実験の最中であるが、現段階でも学生の感性はルックに生かされるという実感を得ている。この傾向は静止画像よりも動画像において顕著であると推測している。

参考文献

- [1] 総務省情報通信政策研究所(2021),『令和2年度情報通信メディアの利用時間と情報行動に関する調査報告書』,総務省情報通信政策研究所.
- [2] 寺居佑貴・江村伯夫(2020), カラーグレーディングの自動化に関する研究ーカラーグレーディングが映像の印象に及ぼす影響, 第 82 回全国大会講演論文集, 139-140.
- [3] ビデオサロン編集部(2021),『ビデオサロン 2021 年 1 月号』,“特集:撮影時に豊潤なルックを作る! FILM LOOK アプローチ”, 玄光社.

三次元形態の表現と双方向性のある科学コミュニケーション のためのデジタルプラネタリウムの活用

吉岡 翼*、竹中萌美

富山市科学博物館、富山市西中野町一丁目 8-31

* yoshioka@tsm.toyama.toyama.jp

Using a digital planetarium for expression of three-dimensional forms and interactive science communication

Tasuku YOSHIOKA, Megumi Takenaka

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

Abstract: We are exploring new uses of planetariums for interactive science events dealing with non-astronomical three-dimensional forms. In this presentation, we will report on the progress and the main issues.

Keywords: digital planetarium, 3D data, CT, photogrammetry, science communication

はじめに

プラネタリウムはドーム型のスクリーンを持つ没入型映像空間であり、天文教具として1世紀にわたる歴史を持つ。20世紀の終わりにはデジタル式のプラネタリウムが登場し、星空の再現にとどまらないあらゆる全天周映像をコンピュータから直接出力することが可能となった。これによりプラネタリウムは多目的な没入型映像空間として活用できるようになり、全天周の迫力ある科学映像番組がパッケージ作品として数多くのプラネタリウム施設で提供されている。しかし、没入型映像を活用した双方向性のある科学コミュニケーションは非天文領域ではまだ一般的とは言えない。自然科学系博物館に所属する演者らは、生物や地形などの形態情報を参加者と共有しながら行う双方向性のある科学イベントを念頭に、プラネタリウムの新しい活用について模索している^[1,2]。本発表ではこれまでの経過と主な課題について報告する。

プラネタリウムにおける三次元形態の表現

演者らはこれまで富山市科学博物館のプラネタリウムにおいて、マイクロ CT で得られた放散虫など微小なプランクトンの 3D データのリアルタイム描画を主体とした行事を実施してきた^[2]。大きなドーム空間に拡大された微小な世界の映像は迫力もあり、参加者からも好意的な意見が得られている。

さらにこれまで、CT やフォトグラメトリーで得られた大型の対象物（脊椎動物の骨格や埋没林）の 3D データについてもリアルタイム描画の試投映を行った（図 1）。

プラネタリウムシステムで描画可能な 3D データの作成には労力がかかることから、より簡便な映像の準備手順も試みている。おおむね 10cm 以上の内部構造を持つ対象物であれば魚眼レンズで直接撮影した映像を用いることもできる。また、陰影で立体感を強調させた対象物を動かしながら標準レンズやマクロレンズで動画撮影し、3D ビュアーで表現されるような映像を疑似的に作成して投映するといったことも行った（図 2）。

プラネタリウムの映像では 360 度の映像から任意の視野を見ることができるが、視点の移動は全員が共有する。これにより一体感は得られるが、自由に形を探るといった行為が行いにくい。そこで 3D プリンターで出力した模型を手にしながら映像を視聴するといった試みも行った。

課題

近年のデジタルプラネタリウムシステムの多くは汎用的な 3D データのリアルタイム描画に対応しており、3D データがあれば必要な変換作業を行ったうえでドーム空間に投映できる。しかし、宇宙空間の演出に主眼が置かれた特殊なシステムであるため、3D データがあっても望み通りの描写がすぐできるとは限らない。演者らが 2020 年にプラネタリウム行事として投映に用いた放散虫の 3D データについて、最低限必要な変換を行って他施設の異なるシステムでも試投映したが、想定通りの描写ができないケースが複数あった。さらに、変換に必要なソフトが当該施設では用意できない場合もあり、現場の感覚としてハードルがあると感じられた。

また、共通した課題として、投映像の迷光（不必要な散乱光）により立体感が損なわれることや、座席の位置によっては像がゆがんで見えるといった根本的な課題もある。模型を併用する場合はプラネタリウムが暗所であることが大きな課題となる。

今後これらの課題を踏まえながら、プラネタリウムにおける三次元形態のより効果的な表現手法・活用方法を模索していきたい。

本活動費用の一部は一般財団法人乃村文化財団の助成金による。

文献

- [1] 吉岡 翼・竹中萌美 (2021). サイエンスコミュニケーション, 11(1): 32-33.
- [2] 吉岡 翼・竹中萌美・松岡 篤・岸本直子 (2020). 第 89 回形の科学シンポジウム講演予稿集.



図 1. CT データ（ネコの頭骨）のリアルタイム描画による投映.

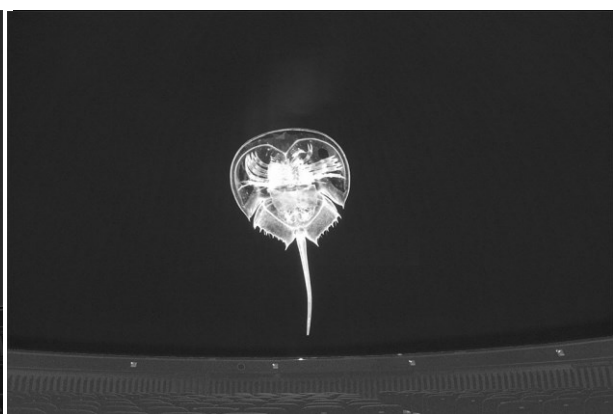


図 2. 回転台に乗せて撮影した標本（カブトガニ幼生の脱皮殻）の二次元映像の投映.

最小木法で見出される乳腺良性乳管内増殖性病変と
異型乳管過形成・非浸潤性乳管癌の間の細胞構築の差異について

千場 良司

岩手県立中央病院 病理診断科

020-0066 岩手県盛岡市上田1-4-1

Difference in cellular architecture between benign intraductal
proliferative lesion and atypical ductal hyperplasia/noninvasive ductal
carcinoma of the breast detected by minimum spanning tree analysis

Ryoji Chiba, DMD, PhD (Human Pathology)

Department of Pathology, Iwate Prefectural Central Hospital

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

Abstract: In human pathology, intraductal epithelial proliferative lesions of the breast have been divided into three major categories conventionally based on their cytological and architectural features: usual ductal hyperplasia (UDH), atypical ductal hyperplasia (ADH), and ductal carcinoma in situ (DCIS). UDH is thought to be benign, and ADH and DCIS are considered as precursor and noninvasive forms of carcinoma respectively. The author recently found the difference in cellular architecture between UDH and ADH/DCIS, using computerized image analysis and minimum spanning tree method of graph theory.

Keywords: Intraductal proliferative lesions of the breast, Cellular architecture, Computerized image analysis, minimum spanning tree analysis, human pathology

緒言

人体病理学では乳管の上皮増殖病変は(1) 通常型乳管過形成(UDH), (2) 異型乳管過形成(ADH), (3) 非浸潤性乳管癌(DCIS)の主に3つの疾患群に分類されてきた^{[1][2][3]}. UDHは良性, ADHは良悪性境界病変ないし前癌病変, DCISは周囲の組織への広がりや欠くものの悪性であり, 乳癌としては最も頻度の高い浸潤性乳管癌の初期病変と考えられている(図1)^{[1][2][3]}.

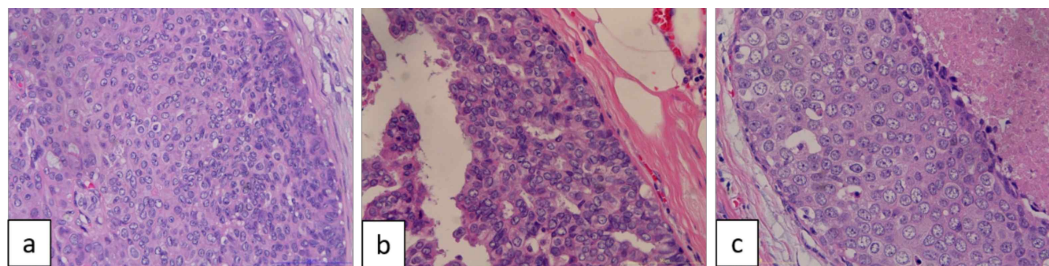


図1 (a) UDH, (b) 低異型度DCIS, (c) 高異型度DCIS.

ADHとDCISの差異は概ね病変の量的な差^[3]であるが, これらとUDHは細胞とその形作る組織の形態に基づいて区別されている^[3]. 鑑別点としていくつかの所見が列挙されているが^[3], いずれも定性的なものである. そこでUDHとADH/DCISの組織構築の認識に定量的な視点を導入するために各病変の光学

顕微鏡画像からコンピューター画像解析を用いて細胞核の配置を解析した^{[4][5]}。

材料と方法

UDHおよびADH/DCISのヘマトキシリンエオジン染色光学顕微鏡切片からJPEGデジタル画像を撮影した。画像編集ソフトPhotoshop Element, Adobe Inc.を用いてグレイスケール256階調に変換後、病変部を切り出し、画像解析ソフトFiji, NIH and LOCI, University of Wisconsinを用いて手動で病変細胞の核プロフィールを抽出し、それらの重心座標を計測した。得られた座標を最短距離法のクラスター分析を用いて連結し、核間距離のヒストグラムを作成した。この分析にはJMP Ver.15, SAS, Inc.を使用した。最短距離法のクラスター分析は最小木を形成するKruskalのアルゴリズムと等価なことが示されている^[5]。

結果

分析の結果、UDHでは右に裾を引く滑らかな非対称性の核間距離分布が得られた(図2(a))。一方、DCISでは多峰性分布が見られた(図2(b)および(c))。成書ではUDHは細胞の性状が雑多であり、大きさと形状のばらつきが大きく、DCISは形態の似通った細胞の単調な組織構築が特徴と表現されてきたが^{[1][2][3]}、核間距離の分布という観点からはUDHには規則性があり、ADH/DCISには他臓器の癌で指摘されるような構造の不規則性が窺われた。

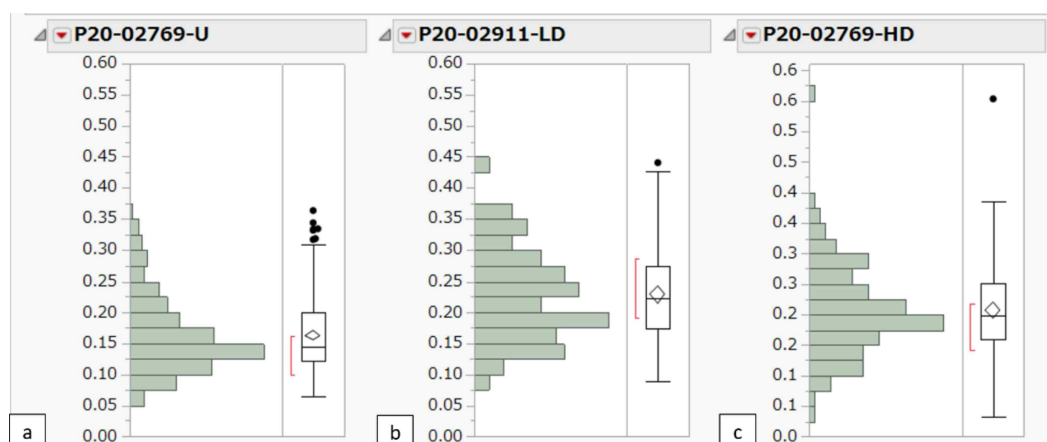


図2 最小木法により得られた各病変の核間距離の分布を示すヒストグラム。(a) UDH, (b) 低異型度DCIS, (c) 高異型度DCIS。

文献

- [1] Goldblum JR, McKenney JK, Lamps LW, Myers JL (eds.): Rosai and Ackerman's Surgical Pathology Eleventh Edition Volume 2, Elsevier, 2018.
- [2] Rosai J: Rosai and Ackerman's Pathology Tenth Edition Volume 2, Elsevier-Mosby, 2011.
- [3] Schnitt SJ, Collins LC: Biopsy Interpretation of the Breast 3rd Edition, Wolters Kluwer, Philadelphia, 2018.
- [4] Kruskal JB: On the shortest spanning subtree of a graph and the traveling salesman problem. Proceedings of the American Mathematical Society 7(1): 48-50, 1956.
- [5] 公益社団法人 日本オペレーションズ・リサーチ学会編：OR事典2000. (社)日本オペレーションズ・リサーチ学会，東京，2000.

非ペリトロコイド型ロータリーエンジンの設計

佐藤郁郎 秋山仁

宮城県立がんセンター 東京理科大学

宮城県名取市愛島塩手字野田山 47-1

sato-ik510@miyagi-pho.jp

Rotary engine, where he is and where he will go?

Ikuro SATO, Jin AKIYAMA

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

Tokyo University of Science, Kagurazaka, Tokyo 162-8601, Japan

Abstract: The performance of the rotary engine depends on its rotor-stator harmonics. The stator is a cocoon-concaved curve called 2-node peritrochoid and the rotor is an in-revolvable curve mimicking Reuleaux triangle. As an application of Fourier series written by Hurwitz in 1902, we designed a node-less stator which is a new type, two semi-circles interpolated by line segment pair. By such a stadium-shaped convex curve, several benefits of combustion engine are produced, considered one small change but one giant merit in mechanics.

Keywords: Rotary engine, peritrochoid, node-less stator, Hurwitz, Fourier series

問題の設定 (ペリトロコイドの呪縛からの解放)

ロータリーエンジンはピストンがない分、小型化・軽量化が可能となり、大きさの割には高い出力が得られることから、1964年、MAZDAがその生産を開始した。ルーローの三角形に似たローターが偏心回転し、回転子を収容する固定子は中央がややへこんだ繭型をしている。この繭型曲線は2節ペリトロコイド曲線と呼ばれるもので、ペリトロコイドとは半径の異なる2つの円があり、半径 R の円に半径 r ($r < R$) の円が内接している場合に、半径 r の円を固定し、半径 R の円が半径 r の円を偏心回転するとき、半径 R の円周上(あるいは円に固定されたアームの先端)の点 P の軌跡である。フラフープ曲線といったほうがわかりやすいかもしれない。

ロータリーエンジン諸元は偏心量 e と創成半径 R の比である $K (=R/e)$ と排気量から決められる。 K を大きくすればくびれは減るが、躯体が大きくなるので少しくびれがある諸元が選ばれる[1]。すなわち、ロータリーエンジンに繭型形状の「くびれ」はつきものであるが、このくびれをなくし(無節化)、2つの半円を2本の線分で補間したスタジアム型(競技場型)へと改良したい。ペリトロコイドの呪縛から解放し、円と直線とすれば内燃機関としてのメリットも得られる。ここではフルヴィッツのフーリエ級数論の応用として、精確に円と直線に沿って動く機構を紹介する。

フーリエ級数論の萌芽とフルヴィッツのフーリエ級数論(1902)

古代ギリシャの人々はすべての天体の運動は円とその組み合わせによって支配されると考え、固定円の軌道上を小さく円を描きながら動く回転円(周転円・エピサイクル)を

使って地球の周りを運行する惑星の軌道を説明した．たとえば，原点を中心とする半径 a の円の円周上を等速 α で公転する点があり，その点の周りを半径 b ・等速 β で自転するエピサイクル上の点の軌跡は

$$\begin{aligned} \cdot \quad x &= a \cos(\alpha t) + b \cos(\beta t) \\ \cdot \quad y &= a \sin(\alpha t) + b \sin(\beta t) \end{aligned}$$

で表される．その後，回転運動の合成がよくあてはまらない惑星に対する補正として第 3 の円・第 4 の円，・・・を用いたため，初期のモデルは徐々に複雑なものとなってしまう，そのエレガントさは失われていった．

$$\begin{aligned} \cdot \quad x &= a \cos(\alpha t) + b \cos(\beta t) + c \cos(\gamma t) + d \cos(\delta t) \\ \cdot \quad y &= a \sin(\alpha t) + b \sin(\beta t) + c \sin(\gamma t) + d \sin(\delta t) \end{aligned}$$

惑星運行の連続かつ閉軌道はすべて周転円を使って記述することができる考えたところに本質的な無理があったのである．このことは今日から見れば真理ではないにしろ，19 世紀初頭にフーリエが波や振動を正弦曲線に分解できると考えるに至った萌芽とすべき出来事である．（前者がペリトロコイド曲線，後者がその無節化に対応している）

フーリエ級数と呼ばれる関数展開は，フランスの数学者・物理学者フーリエが熱伝導に関する著作の中で，鉄の輪を熱したときの温度分布を解析する熱伝導の考察から誕生し，任意の周期関数 $y=f(x)$ がサインとコサインの項の和，すなわち，単振動の和に分解されることを証明したことに始まる．フーリエ級数は波動や振動現象の解明をはじめ多くの応用分野をもっている．フルヴィッツが 20 世紀初頭に発表した有名な論文[2]にはフーリエ級数を用いた等周問題の厳密な証明のほか，アステロイドの平行曲線は正三角形の内転形であること，デルトイドの平行曲線が定幅曲線（平行な支持線間の距離が一定な卵形線）であることなどが証明されている．この論文からの刺激をうけて，藤原松三郎は一般的な凸多角形の内転形についてフーリエ級数論を応用して解析的に研究した[3]．

結語

ここでは[2][3]の発展形として[a]正方形の偏心回転の包絡線，[b]特異点の解消，[c]ローター曲線の包絡線，[d]内包絡線の隠線処理の順に，ロータリーエンジンの改良を試みた．ロータリーエンジンにはくびれ構造ゆえの問題も多々あり，基礎から見直す機会は大変重要である．ペリトロコイドへの固執を断ち切り，これが新しい知見のトリガーになれば幸甚である．地球温暖化対策の下，ロータリーエンジンはこれからどこへ向かうのだろうかかと懸念されるが，2022 年に発電機器として復活させる計画があることを申し添えておきたい．

参考文献

- [1] 山本健一編：ロータリーエンジン（工業技術ライブラリー15）、日刊工業新聞社
- [2] Hurwitz A.: Sur quelques applications géométriques des séries de Fourier
Annales scientifiques de l'École Normale Supérieure, Série 3, Tome 19(1902), pp. 357-408.
- [3] Fujiwara M.: Ueber die einem vielecke eingeschriebenen und umdrehbaren konvexen geschlossenen Kurben, Science reports, Sendai, 4 (1915), 43-55

初期胚心臓の左巻きらせんループは心筋細胞の異方的変形で生じる

本多久夫

神戸大学大学院医学研究科（神戸市中央区楠町 7-5-1）；
理化学研究所 生命機能科学研究センター（神戸市中央区港島南町 2-2-3）

hihonda@hyogo-dai.ac.jp

Left-handed helical loop of the initial heart tube is formed by anisotropic deformation of the cardiomyocytes

Hisao HONDA

Kobe University Graduate School of Medicine (Kusunoki-cho, Kobe, Japan);
RIKEN CDB (MinatojimaMinami-cho, Kobe, Japan)

Abstract: In the embryonic heart development of mammals and birds, a straight initial heart tube undergoes left-handed helical looping. The mechanism of formation of the left-handed helical loop was investigated using a mathematical cell model (vertex dynamics). An initial heart tube consisting of polygonal cells was straight. Assuming that edges of the polygonal cells contract anisotropically, which was actually observed in the chick initial heart tube, we succeeded in demonstration of formation of helical looping. The formation involved convergent extension (CE) of cardiomyocytes. We showed that chiral properties of constituting cells leads to the chiral helix structure of heart tube.

Keywords: anisotropic contraction, cardiac loop, chiral, convergent extension, vertex dynamics

トリやマウスの初期胚の心臓は、はじめ真っ直ぐなチューブであったものが、ねじれて左巻きのらせんループに変形することが知られている。チューブが左右非対称に変形し、左ネジに巻くという不思議な現象である。およそ 100 年前にこの現象が指摘され、以来多くの研究がなされてきたが、どんな機構がはたらいてこれが起こるのかは明白になっていなかった。しかし近年これに関して重要と思われるいくつかの事柄が明確になった。著者はこれらに基づき数理的細胞モデル(vertex dynamics)を使って左巻きらせん形成の筋道を明らかにした。

トリ胚の心臓形成で細胞集団のconvergent extension (CE)が起こっていることが明らかにされた(Ray et al. *PNAS* 2018; Kidokoro et al. *Development* 2018; Kawahira et al. *Cell Rep* 2020)。CEとは、例えばFig.1に示すような細胞の並び替えである。はじめ縦方向に積み重なっていた淡色の2つの細胞が、隣からの濃色の細胞の挿入により引き離される。全体として細胞の並びが縦方向に伸長し横方向には収斂する。さらに興味深いことに、このCEは多角形細胞の辺のうち特定方向の辺に強い収縮(anisotropic contraction, **anisoC**)がおこることによって実現できることがvertex

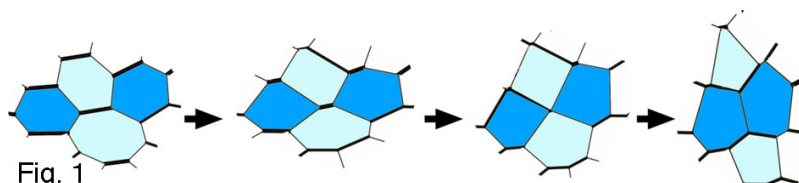


Fig. 1

dynamics modelをつかった数理モデル研究で明らかにされている(Honda et al. *Dev Dyn* 2008)。ここで伸長方向はanisoCの方向に垂直である。

一般のチューブについて調べた。側面が多角形で敷つまった人工のチューブを想定し、CEによる伸長を、いろいろな角度(anisotropic angle)のanisoCで行った(Fig. 2)。伸長方向がチューブの軸から大きく離れた場合(-30°)、多角形パターンはチューブ側面を回転し理容店のサインポールのようなパターンになった(Fig.2, -30°)。伸長方向を縦軸方向に近づけると(-70°)回転は止まり、チューブ自体が変形しヘアピン状に屈曲した。さらに軸方向に近づけると(-80°)、驚いたことにチューブ自体が大きく変形してねじれるようになった(Fig.2, -80°)。これは初期心臓の呈するらせんループに対応していると考えた。

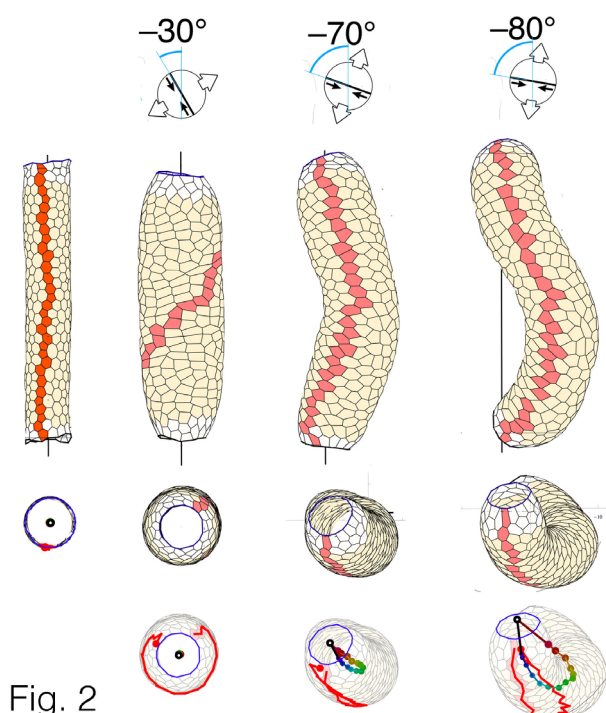


Fig. 2

そこでチューブを初期心臓に

倣って作りかえた。チューブの腹側と背側を区別して、腹側の多角形にだけ CE を行わせると Fig. 3 右のようならせんループができた(Honda *Biophysical Journal*, in press)。腹側すべての細胞に均一な anisoC を仮定したのだが、CE による伸長の程度はチューブ腹側の上下左右 4 区画でそれぞれ異なった。この局所的な伸長の違いによりチューブに左右非対称が生じ、腹側へ出っ張る屈曲

とあいまってらせんループができたと考えられる。

この結果はらせんループが、心臓を構成している心筋細胞自体の異方性が原因で起こる事を示した(内的要因)。いっぽう、いくつかの研究グループは、らせんループは体内の左右非対称性の反映であると考えられる実験結果を提出している(外的要因)。両方の要因が同じ方向に働いてらせんループは形成されている。実際には内的要因および外的要因が相乗的(synergistic)に働いているのではないかと考えている。

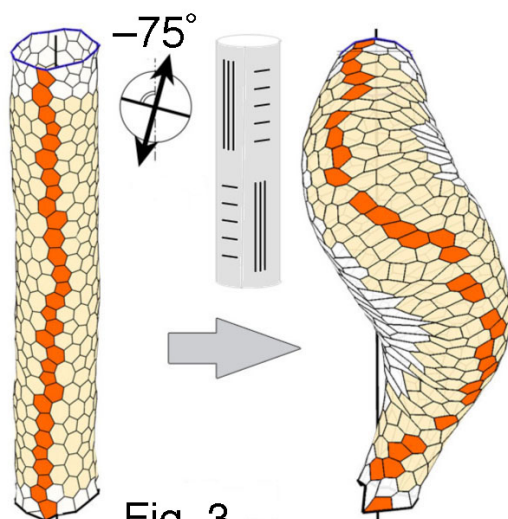


Fig. 3

放散虫化石の探し方と観察の仕方

松岡 篤

新潟大学理学部/形の科学研究センター、新潟市西区五十嵐 2 の町 8050

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

How to find out and observe radiolarian fossils

Atsushi MATSUOKA

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

Abstract: It is essential to demonstrate how to find out and observe radiolarian fossils for popularizing them in society. This paper guides localities of radiolarian-bearing sediments on Sado Island and introduces how to separate radiolarian shells from the sediments. Preparation of micropaleontology slides for light microscope observation is presented.

Keywords: radiolarian-bearing sediments, preparation, observation, light microscopy

はじめに

放散虫は単細胞生物であり、世界のほとんどの海域で浮遊性生物として生息している。珪酸質の殻は化石としてよく保存され、カンブリア紀以降の地層から産出する。日本列島でも多くの産出地点が知られている。このようにありふれた生物であるにもかかわらず、社会認知度は高いとはいえない。その要因としては、産出地点の情報が得にくいことや、地質試料の採取から観察にいたるまでの手順の説明が不足していることなどが考えられる。そこで今回は、放散虫化石の産地の例として新潟県佐渡島を取り上げ、地質試料から放散虫を取り出す方法と光学顕微鏡観察用のプレパラートの作成手法について紹介する。

放散虫を含む地層

放散虫はあらゆる海域に生息する浮遊性生物であることから、海で堆積した地層（海成層）の中には普通に含まれている。チャートは放散虫化石を多産する岩石として有名であるが、チャートだけに含まれているというわけではない。反対に、放散虫化石を産出しないチャートもある。

佐渡島は約 300 万年前までは日本海の海中の没していたとされている。日本列島が東西に圧縮される場に置かれるようになって海底が隆起し、佐渡島は誕生した。島には日本海の歴史を記録した約 1500 万年前から数万年前までの海成層が各所に見られる。大佐渡南部の二見半島から沢根にかけての地域には、この時代の地層がよく露出している。一般には、若い地質時代の地層ほど固結度が低く、放散虫化石の取り出しは容易である。佐渡島に分布する新生代第四紀の泥や泥岩は、放散虫化石を得るのに適している。

地質試料（泥および泥岩）からの放散虫化石の取り出し

最近形成された地層は未固結であるため、水によって簡単に分解する。多少、固結が進

んだ地層であっても、地質試料を水中において手でほぐすと分解する。完全に粒子状にまで分解しなくても、地層に入っている粒子が幾分ほぐれれば放散虫の殻も個体分離している。粒子化した部分だけをふるい分けすればよい。1 mm 以上の粗い粒子を取り除くには茶こしでふるいの代用ができる。細かい粘土粒子の除去には適当なメッシュの布を用いて、布に残る放散虫殻を含む粒子を集めて観察試料とする。色々な布で試してみるとよい。

観察のための手法

粒状に分解した地質試料の中に放散虫化石が含まれているかどうかは、虫眼鏡（ルーペ）や実体顕微鏡があれば確認できる。放散虫の殻のサイズは、一般には 0.1～0.3 mm 程度である。大型の種では 1 mm を超えるサイズのものもあるが量的には少ない。野外での地質調査の際には、ルーペを使った観察により放散虫化石の存在が確認できる場合もある。

放散虫の種を同定するためには顕微鏡を用いる。古生代や中生代の放散虫研究では光学顕微鏡と電子顕微鏡を併用する場合が多い。新生代や現世の放散虫の観察・同定には光学顕微鏡だけを用いるのが一般的である。新しい時代の放散虫は保存状態がよいからである。

光学顕微鏡観察のためのプレパラート作成

光学顕微鏡観察用のプレパラートは、スライドガラスの上に放散虫試料を載せ、それにカバーガラスをかけて作成する。観察するだけであれば、水で封入するだけで十分である。長期間保存するプレパラートの場合は、カナダバルサムなどの封入材を用いる。表面の保護剤として使用するレジ液や爪に塗るマニキュアなどは、封入材の代用品として使用できる。通常の観察であれば、必ずしもカバーガラスを必要としない（図 1）。

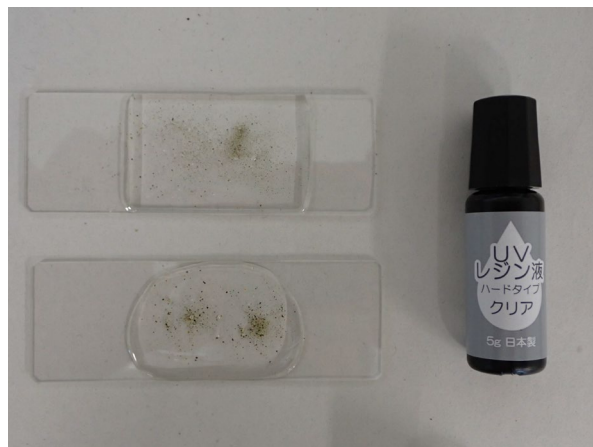


図 1. 封入材の代用品のレジ液とプレパラートの作成例。カバーガラスはあっても（上）なくても（下）よい。

おわりに

放散虫化石の産地として佐渡島に分布する新生代の地層について紹介した。日本列島は造山運動の活発な地域であり、地質時代の最近まで海で形成されていた地層がすでに陸域に露出している。私たちの身近なところに放散虫化石の産地があるといえる。それらの地層は未固結・弱固結であるため、特別な薬品処理を施すことなく放散虫化石を取り出すことができる。ぜひ、皆さんのまわりの地層について検討してみてほしい。また、取り出した放散虫化石を観察するのに特殊な封入材は必要ではなく、入手が容易な代用品で光学顕微鏡観察用のプレパラートが作成できることを示した。放散虫を使った学習方法の一例として、画像入りのカードを作って整理するやり方が、少年写真新聞社「理科教育ニュース」の No. 1153（2021 年 11 月 8 日号）の付録^[1]の中で紹介されているので参考にとよい。

文献

[1] 理科教育ニュース, 2021 年 11 月 8 日号 No. 1153, 少年写真新聞社。

2022 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

2022 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 2022 is prepared and is available for sale at major museums in Japan. Radiolarian calendars have been produced constantly since the 15th meeting of the International Association of Radiolarists held in October 2017 in Niigata. Calendars using radiolarian images are expected to enhance a degree of social recognition of radiolarians.

Keywords: radiolaria, calendar, 2022, InterRad 15, 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と期待される。2022 年用の放散虫カレンダーが完成したので報告する。

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^[2]、ミュージアム・書店などでも販売が行われた。

2022 年用カレンダーは、マリアナ海溝産の白亜紀最前期放散虫化石の光学顕微鏡像と電子顕微鏡像とを上下に組み合わせた構成となっている (図 1)。観察方法の違いにより、殻の形状をより深く把握することができる。ピンクに彩色されているのは、*Pantanellium* 属放散虫である。カレンダーは、放散虫の普及活動の一環として定着している。

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] Matsuoka, A. and organizing committee of the InterRad XV (2018). Science Reports of Niigata University (Geology), no. 33, 41-56.

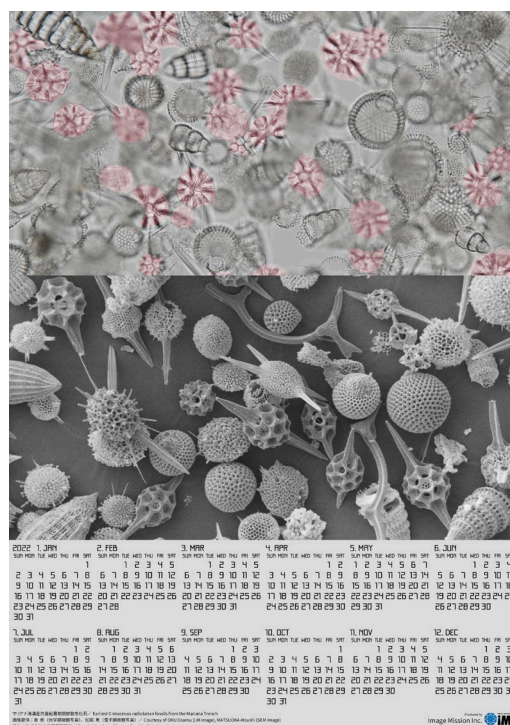


図 1. 白亜紀最前期の放散虫化石を用いた 2022 年用カレンダー。

新潟県佐渡の沢根の崖の微化石—放散虫の形—

諏佐 和香(すさ わか)

新潟大学附属長岡小学校

新潟県長岡市学校町 1-1-1

E-mail アドレス: st285833@yd6.so-net.ne.jp

Abstract: 私は、微化石の放散虫に興味があり調べはじめたのがきっかけです。小さな微化石を観察し形に気づいたことを発表します。

Keywords: 佐渡、沢根、微化石、放散虫、形

1 微化石を探す

私は、新潟県佐渡の沢根の崖の砂の試料から微化石を探しました。佐渡の沢根層は新生代第四紀です。砂の試料から微化石を取り出すのに細い筆を使います。実体顕微鏡で微化石を探し、見つけたら細い筆の先にくっつけて取り出します。

2 微化石の中から見えてくること

始めは、実体顕微鏡で見つつ細い筆に微化石をくっつけることがとても難しかったです。微化石と思われる化石を取り出してみると大きい貝などの一部の破片でした。ようやく少しなれてくると有孔虫を取り出すことに成功しました。微化石なのでとても小さいことはわかっていました。しかし、同じ有孔虫ですが少しずつ形が違いました。同じ有孔虫でも大きさが違ったり色が違ったり形のつくり方が少しずつ違うことに気づきました。私は、とてもうれしかったです。なぜなら、自然とは種類が同じでもかたちが同じものは一つもないと思うからです。

佐渡の沢根の崖の砂の試料から取り出した微化石は、①有孔虫②放散虫③貝形虫④海綿の骨針⑤ウニの棘です(図1)。まだ試料の半分しか微化石を取り出していない。この中から取り出した微化石で多いのは有孔虫でした。放散虫は、とても少なかったです。放散虫は、有孔虫よりも小さいです。放散虫は、丸い形でした。化石には無数の穴があいてあるように見えます。同じ穴があいているようにきれいに並んで見えました。もう一つも、放散虫ではないかと思います。ガラスのように透きとおっていて他の放散虫より小さいです。放散虫に入るのかいろんな角度からさらに観察をしたいと思います。

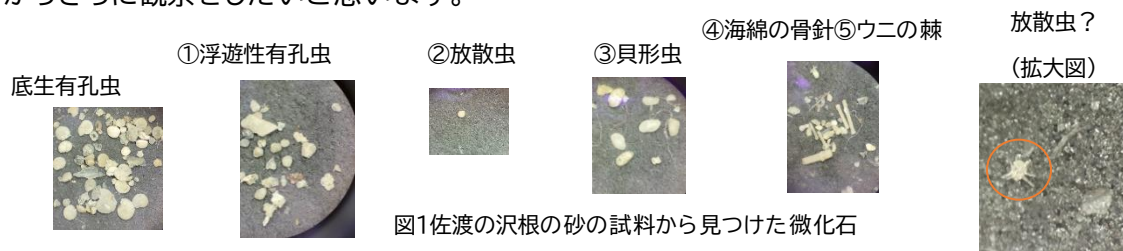


図1佐渡の沢根の砂の試料から見つけた微化石

3 微化石は昔を知る貴重な宝

微化石は、昔生きていたころの有孔虫や放散虫を見つけることができます。昔の海にどんな微生物がいたのかを微化石から見つきたいです。①有孔虫②放散虫③貝形虫④海綿の骨針⑤ウニの棘に分類しました。さらに一つ一つを分類できるように観察し昔の海の微生物を探したいと思いました。微化石は、昔どんな生物がいたかを教えてくれる貴重な宝です。

やっと捕まえた放散虫

板垣 成俊 (いたがき しげとし)

新潟大学附属長岡小学校 6 年 1 組、新潟県長岡市学校町 1 丁目 1 番 1 号

e-mail: TOCCHY1010@outlook.jp

Abstract:

新潟大学ジュニアドクタープログラムで、松岡篤先生の指導のもと、自分で採取した海水サンプルから放散虫をなんとか観察することができたので報告します。

Keywords: 放散虫 プランクトンネット 顕微鏡

松岡篤先生 新潟大学ジュニアドクタープログラム

はじめに

ぼくは、新潟大学ジュニアドクタープログラムで、松岡篤先生の指導のもと、放散虫について調べました。コロナ禍なので指導は毎回オンラインでしたが、自分で採取した海水サンプルから放散虫をなんとか観察することができたので報告します。

材料と方法

新潟県の海岸（水深約 5m）から新潟大学から借りたプランクトンネットを用いて日本海の海水を採取しました。採取場所を固定し、ほぼ毎週、合計 11 回採取しました。

新潟大学から借りた実体顕微鏡、倒立顕微鏡を用いて、採取した海水を自宅で観察しました。

放散虫の観察

海水採取と観察を始めてから 1 か月以上たって、ようやく一つ放散虫を見つけて撮影することができました（図 1）。見つけた放散虫は *Spumellaria* 目だと思いました。でも、松岡先生によると、「放散虫であることは間違いない。ただ、種類となると、放散虫は殻で種類を見分けるため、細胞がつまっているこの状態では判定できない。」とのことでした。つまり、殻の骨格が観察できるようにならないと名前が特定できないということです。

おわりに

生きている放散虫を自分で捕まえて、飼育するのがぼくの目標です。でも今は、やっと数個の放散虫を見つめることができただけです。放散虫を探したり、他のプランクトンが元気に動いている姿を観察できることは本当に楽しいです。これからもたくさん放散虫を探して、生きている様子を観察したいです。そして、飼育できるようになりたいと思います。

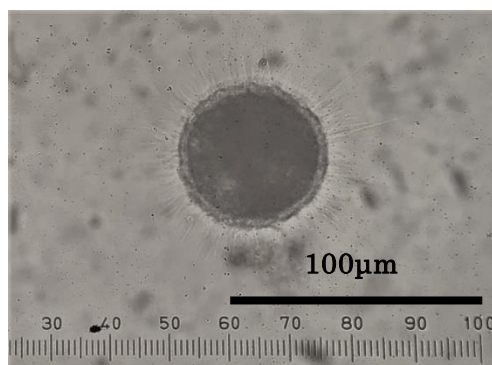


図 1 初めて見つけた放散虫
(倒立顕微鏡で観察)

平面群 G の Non-characteristic G - orbits , G -軌道

松 本 崧 生 (金澤大学名誉教授)

自宅 920-0955 石川県 金沢市 土清水 2-77

The non-characteristic G -orbits of the plane groups G

Takeo Matsumoto (Emeritus Professor, Kanazawa University)

Home address : 920-0955, Ishikawa-ken, Kanazawa-shi, Tsuchishimizu 2-77, Japan.

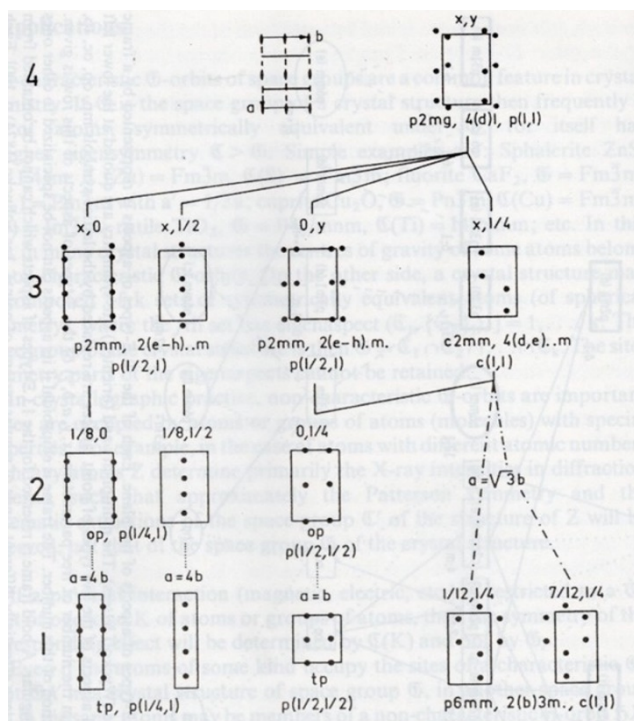
Abstract: It is the reproduction of old paper by Matsumoto and Wondratschek, on the Non-characteristic Orbits of the plane groups G , in 1987. Therefore this is the old one but it is important and wonderful to study again. A G -orbit (of points) in the plane is a set of all points which are symmetrically equivalent relative to a plane group G . By means of group-subgroup relations all non-characteristic G -orbits of the plane group have been derived and listed, i.e. all those G -orbits, whose Euclidean stabilizer C exceeds G ; $C > G$. Some applications are mentioned.

Keywords: Non-characteristic orbits, plane groups, group-subgroup relation, generating groups,

1. 多くの結晶構造で、1個或は数個の原子は、結晶構造から期待される空間群 (平面群) space group(plane group) より高い対称 higher symmetry を示す部分構造 substructure を形成することがある。これら簡単な事実を、蛍石構造と、平面群 $p2mg$ 、Wyckoff position 4d 1 の non-characteristic G -orbit について学びましょう。
2. 夜、蛍石の粉末を炭火にまくと、綺麗な蛍色の輝きを見たことを思い出してください。

References

- P. Engel, T. Matsumoto, G. Steinmann, H. Wondratschek : The non-characteristic orbits of the space Groups, pp.218. Suppl. Issue Nr. 1. Zeit. Kristallogra , Munchen, R. Oldenbourg GmbH. 1984.
- H. Iwasaki, : On the diffraction enhancement of symmetry. Acta Cryst. **A28**. 253-260. 1972.
- T. Matsumoto and H. Wondratschek : Possible superlattices of extraordinary orbits in 3-dimensional Space . Z. Kristallogra . **150**. 181-198. 1979. 115-122, 1979.
- R. Sadanaga and K. Ohsumi : Basic theorem of vector symmetry in Crystallography. Acta Cryst. **A35**,



p2mg 4 d 1, lattice p(1,1) の
Non-characteristic orbits

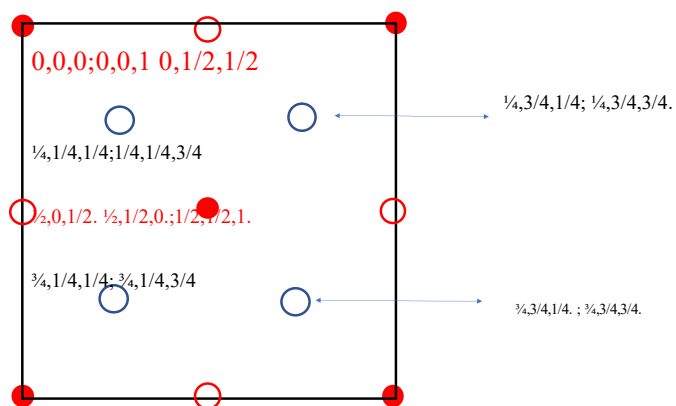
Fig. 3. Diagram of the non-characteristic G-orbits of Wyckoff position p2mg, 4(d)1. From a general G-orbit with four free parameters (x,y,a,b) lines are drawn to G-orbits with increasing specialization. Unit cells are displayed in the style of IT (1987). Restrictions of coordinates or lattice constants are noted on top, the eigenaspects below the unit cells. Lines are solid for specialized coordinates, dotted for specialized lattice constants and dotted-dashed if both become specialized simultaneously. The number of free parameters is stated at the left margin. Specialization of a lattice parameter means transition to a translation-equivalent supergroup of another crystal family, e.g. op (0, 1/4) — tp (0, 1/4) in Figure 3. Specialization of a coordinate parameter leads to a supergroup in the same crystal family. The supergroup is translation equivalent if the lattice is not changed, e.g. p3; x, y — x, 0 (p31m); otherwise it may be class equivalent, e.g. p2mg; x, y — x, 0 (p2mm); in Figure 3, or general, e.g. p31m; x, 0 — 1/3, 0 (p6mm).

Fluorite, Ca F₂,

Ca : Fm3m, 4 a m3m , 0,0,0 ; 0,1/2,1/2 ;
1/2,0,1/2 ; 1/2,1/2,0.

F : Fm3m, 8 c 4 -3m , 1/4,1/4,1/4; 1/4,3/4,3/4;
3/4,1/4,3/4; 3/4,3/4,1/4, 3/4,3/4,3/4; 3/4,1/4,1/4;
1/4,3/4,1/4 ; 1/4,1/4,3/4.

NCO, SL:P(1/2,1/2,1/2). Pm3m(1a,b)



大陸を脱着可能な触覚学習用地球儀の作製

本間智也¹, 青松利明², 手嶋吉法³

¹元 千葉工業大学, ²筑波大学附属視覚特別支援学校

³千葉工業大学 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 globes for tactile learning which allow the continents to be attached and detached

Tomoya Honma¹, Toshiaki Aomatsu² and Yoshinori Teshima^{3*}

¹Former student of Chiba Institute of Technology,

²Special Needs Education School for the Visually Impaired, University of Tsukuba,

³Department of Innovative Mechanical and Electronics Engineering, Faculty of Engineering,
Chiba Institute of Technology, 2-17-1 Tsudanuma, Narashino, Chiba, 275-0016 Japan

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

Abstract: Removable globes for the continents has been developed for the tactile learning of the visually impaired. Two types of attachment / detachment methods for the continents, an inset type and a magnet type, were adopted, and each model was developed. Tactile models were created by the additive manufacturing. Several improvements have been made to the model to suit tactile learning. The evaluation showed that the earth models developed in this study were useful for the tactile learning of the earth for the visually impaired.

Keywords: tactile 3D model, additive manufacturing, visually impaired people, attachment / detachment methods for the continents

1. はじめに

視覚障害者の為の触覚学習用の立体教材として活用すべく、これまでに我々はデジタルものづくり技術を駆使して様々な立体模型を開発してきた。触覚学習用地球儀の作製に関しては、当事者（視覚特別支援学校の社会科教諭）からの依頼を受け、開発をおこなった[1][2]。それらの模型においては六大陸は球面に固定されていたが、大陸の脱着が可能な地球儀を開発したので、報告する。

2. 触覚学習用地球儀の作製

はめ込み式地球儀とマグネット式地球儀の2種類の地球儀を作製した。

2.1 はめ込み式地球儀 はめ込み式地球儀は、6大陸それぞれに形の異なる取っ手(外側)およびほぞ(内側)を付与し、球面にほぞとはまりあう溝(穴)を有する。はめ込み式地球儀の作製手順は、(1)地球儀の3Dデータを入手する (2)大陸ピースに取っ手(外側)およびほぞ(内側)を付与する (3)球体のデータを作成する (4)球体にほぞとはまりあう溝(穴)を作成する (5)作成したデータを3Dプリンタで造形する (6)組み立てるである。(1)はThingiverseというアップロードサイトを利用した。(2)、(3)、(4)は3D CADで設計を行った。大陸に作業平面を引き、付与したい形を作成し、押し出しで大陸に取っ手を取り付けた。球体の直径は150mmとした。(5)は材料押出法の3Dプリンタを使用した。評価は筑波大学附属視覚特別支援学校で行った。改良点として、地球の直径を150mmから120mmに変更した。また、北極点、赤道、本初子午線の突起に丸みを帯びさせた。図1に初版のはめ込み式地球儀、図2に改良後のはめ込

み式地球儀を示す。



図 1 はめ込み式地球儀



図 2 同改良版



図 3 マグネット式地球儀



図 4 同改良版

2.2 マグネット式地球儀 マグネット式地球儀は大陸に赤道と本初子午線を付与し(それらと重なっている大陸のみ)、球体は大陸の輪郭の形に窪みを施した。大陸ピースの取り付けは、マグネットを大陸ピースおよび球面に埋め込んだ。以下にマグネット式地球儀の作製手順は、(1)大陸のデータを作成する(2)球体のデータを作成する(3)球体データに窪みを施す(4)作成したデータを 3D プリンタで造形する(5)組み立てる、である。(1)、(2)、(3)は 3D CAD で設計を行った。大陸を作成し、球面に大陸を干渉させ、干渉させた部分を取り除いた。また、球体の直径は 150mm とした。(4)は材料押出法の 3D プリンタを使用し、評価は筑波大学附属視覚特別支援学校で行った。図 3 に初版のマグネット式地球儀、図 4 に改良後のマグネット式地球儀を示す。改良点として、球体の直径を 150mm から 120mm に変更し、赤道と本初子午線に丸みを帯びた突起を付与した。また、ユーラシア大陸の形状が認識しづらかった為、簡略化した。

3. 有効度調査

実体化した触覚鑑賞用地球儀の評価を筑波大学附属視覚特別支援学校で行った。被験者は全盲の成人男性 2 名である。はめ込み式地球儀は大陸を容易に当てはめることができるという回答を得た。組み立て時間は改良前の方が早く組み立てることができた。球体の大きさは改良後の地球儀の方が適切であった。マグネット式地球儀は当てはめやすい人と当てはめにくい人に分かれた。そして、組み立て時間は改良前と改良後に差はほとんどなかった。こちらの地球儀のサイズも改良後の大きさの方が適していた。しかし、ユーラシア大陸を簡略したため、アフリカ大陸とサウジアラビア辺りの地形が離れてしまい、間違った認識をしてしまう可能性がある。また、授業で使用する際は改良後の直径 120mm の地球儀のサイズが適しているという回答であった。

4. まとめ

触覚鑑賞用地球儀として、はめ込み式地球儀とマグネット式地球儀の 2 タイプを作製し、1 度目の評価を踏まえて、それぞれの模型の改良版を作製した。2 度目の評価では、現状で、はめ込み式地球儀の改良版が授業での使用に適していることが判った。

参考文献 [1] 手嶋、細谷、酒井、中野、田中、青松、山澤、「触覚学習用地球儀の開発と評価」、形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 1, No. 2, pp. 36-37 (産総研、2016 年 10 月)
[2] Y. Teshima, Y. Hosoya, K. Sakai, T. Nakano, A. Tanaka, T. Aomatsu, K. Yamazawa, Y. Ikegami, Y. Watanabe, Development of Tactile Globe by Additive Manufacturing, *LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE*, Vol. 12376, (2020), pp. 419-426.

一次元写像におけるヒステリシスを伴う周期倍分岐

山口喜博^{*1}

Period-doubling bifurcation with the hysteresis in the one-dimensional map

Yoshihiro Yamaguchi

Abstract: The period-doubling bifurcation in the C^n ($n \geq 1$) one-dimensional map $f(x)$ is studied. It is derived the conditions that the period-doubling bifurcation with the hysteresis occurs.

Keywords: C^n ($n \geq 1$) one-dimensional map, Period-doubling bifurcation, Hysteresis.

最初に周期倍分岐 [1] と相転移現象 [2] の類似について説明する. 図 1(a) は二次相転移現象を記述している. パラメータ (例として温度) を増加すると安定な状態が不安定化する. そして系は別の安定な状態に連続的に移行する. 力学系の場合, パラメータを増加すると周期 1 が不安定化する. そして系は安定な周期 2 に連続的に移行する. これが通常の周期倍分岐である. 図 1(b) は一次相転移現象を記述している. パラメータを増加すると安定な状態が不安定化し, 別の安定な状態に不連続的に移行する. 次にパラメータを減少すると安定な状態からもとの安定な状態へ不連続的に移行する. ヒステリシスが一次相転移現象の特徴である [2]. このようなヒステリシスを伴う周期倍分岐はロジスティック写像では生じない.

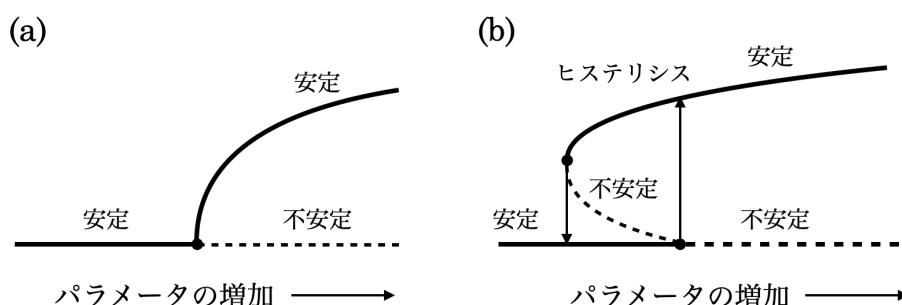


図 1 (a). 二次相転移と通常の周期倍分岐. (b) 一次相転移とヒステリシスを伴う周期倍分岐.

一次元写像 ($x_{n+1} = f(x_n)$) で, 関数 $f(x)$ がどのような性質を持てばヒステリシスを伴う周期倍分岐が生じるのかを調べるのが本報告の目的である. ここで $y = ax(1-x)$ と $y = x$ の交点を $x_c = 1 - 1/a$ ($a > 2$) とする. これは周期倍分岐を起こす不動点 Q の位置である.

$$x_{n+1} = f(x_n) = \begin{cases} f_l(x_n) = ax_n(1-x_n) & (0 \leq x_n \leq x_c), \\ f_r(x_n) = ax_n(1-x_n) - b(x-x_c)^m & (x \leq x_c \leq 1, b \geq 0, m = 2, 3, \dots). \end{cases}$$

関数 $f(x)$ は $b = 0$ の場合, 関数は解析的で写像はロジスティック写像となる. $b > 0$ の場合, 関数 $f(x)$ は C^{m-1} 級関数である.

$m = 2$ と $b = 4$ に設定した場合の分岐図を図 2 に示した. ヒステリシスを伴う周期倍分岐が観測される. 周期 2 は接線分岐で生じる. 臨界値は $a_c = 2.95606883$ である.

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

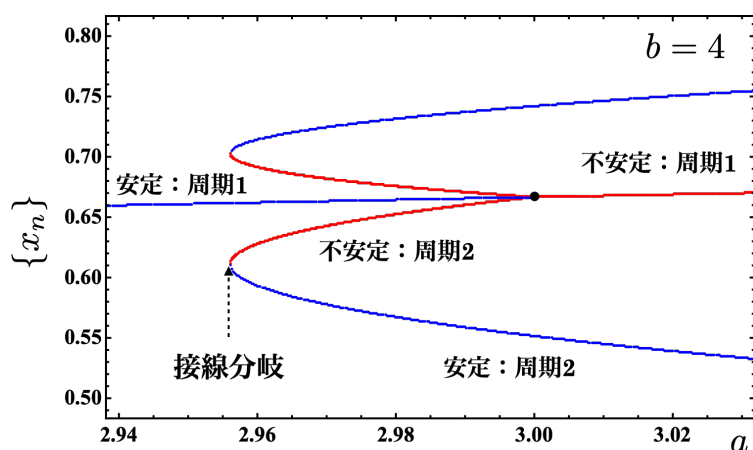


図2 ヒステリシスを伴う周期倍分岐の例. $m = 2$.

$a = 3$ における二回写像 $G_2(x) = f(f(x))$ ($m = 2, b = 4$) の形状を図3に示した. これより, $x = x_c + \epsilon$ ($0 < \epsilon \ll 1$) において関数 $G(x)$ が対角線より上部にあるとすでに周期2の軌道点が生じていることがわかる. よって下記の判定方法が得られる. この判定方法を利用して不動点 Q がヒステリシスを伴う周期倍分岐を起こす条件について得られた結果を最後に示す

判定方法.

- (a) $G(x) > x$ ならば, 不動点 Q はヒステリシスを伴う周期倍分岐を起こす.
- (b) $G(x) < x$ ならば, 不動点 Q は通常の周期倍分岐を起こす.

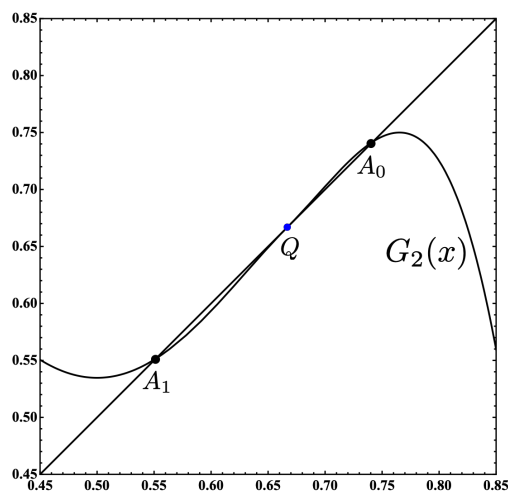


図3 不動点 Q がヒステリシスを伴う周期倍分岐を起こす条件. A_0 と A_1 は周期2の軌道点.

結果.

- (1) 写像関数 $f(x)$ が C^1 級の場合. ヒステリシスを伴う周期倍分岐が生じる.
- (2) 写像関数 $f(x)$ が C^2 級の場合. 条件によっては通常の周期倍分岐が生じる場合と, ヒステリシスを伴う周期倍分岐が生じる場合がある.
- (3) 写像関数 $f(x)$ が C^n ($n \geq 3$) 級の場合と解析関数 ($b = 0$) の場合. 通常の周期倍分岐が生じる.

[1] ロビンソン, C., 力学系 上 (シュプリングー・フェアラーク東京, 2001, 國府寛司その他翻訳).

[2] ヒステリシス. <https://en.wikipedia.org/wiki/Hysteresis>.

天正時代の南蛮系日本地図地名解—三題

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

Place Names in Namban Maps of Japan in the Tensho Era: A Trilogy

Takeshi Sugimoto

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

Abstract: A Portuguese met some Japanese in 1543. St Francisco Xavier came to Japan in 1549, and the Jesuit mission begun. The Tensho Embassy (1582/90) is a vehicle to export Japanese maps and artifacts to Catholic Europe as well as to import European map screens. Renward Cysat, a Lucerne literate, compiled (1586/7) the mission reports on Japan with an imaginary map, derived from Mercator's representation. Urbano Monte, a Milanese literate met the Tensho Embassy, devoted half of his life to construct enormous wall maps of the worlds in a polar azimuthal equidistant projection (1587-90/1604). Its spinoff is the map of Japan (1589). Ignacio Moreira worked with Visitor Valignagno in Japan (1590-92). Moreira surveyed Japan and collected information useful to map-making. Moreira's map was completed in 1590s. His original maps are lost, but there are extant some hand-copied and printed maps (16C/17C). Place names in those maps are completely sorted out in Japanese.

Keywords: Cartography, Renward Cysat, Urbano Monte, Ignacio Moreira, Place Names of Japan

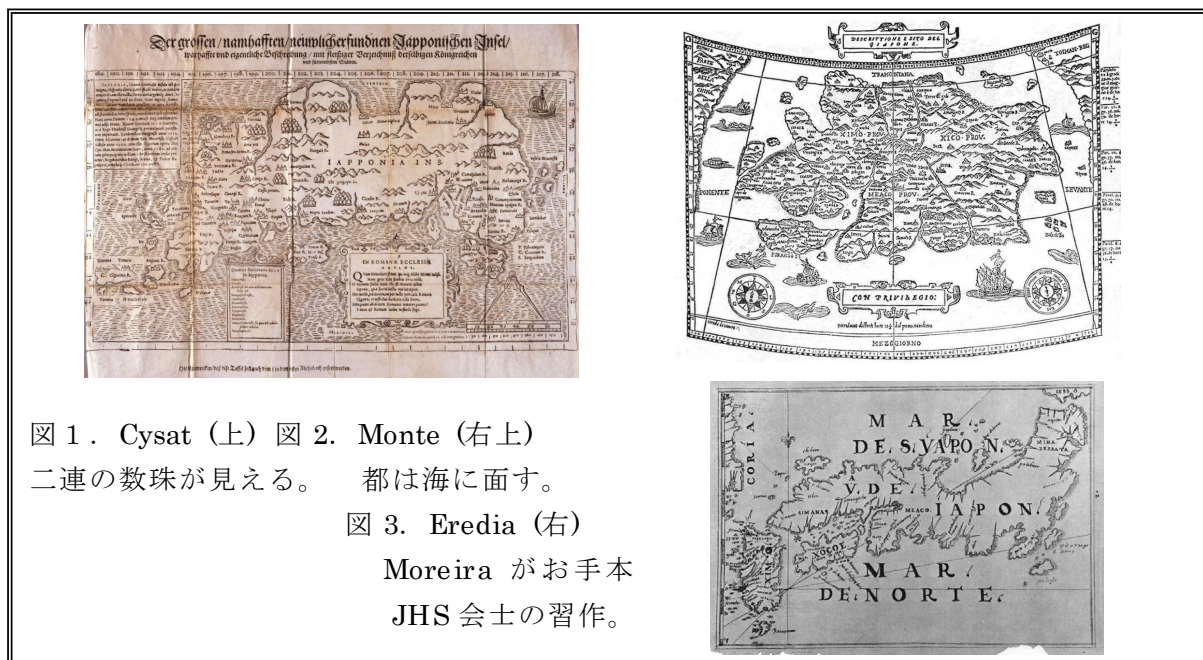
1. いとぐち

1543年8月25日種子島にやってきたポルトガル人が日本を発見した。1549年8月15日種子島に到着したフランシスコ・ザビエルはキリスト教の布教を始めた。イエズス会 (JHS) 布教の成果が天正遣欧使節であった。彼らは旧教圏の欧州に日本の存在を強く印象付け、西洋の印刷機・楽器・世界地図などを日本にもたらした。ルツェルンの文人 R. ツィザート (1545-1614) は、使節の訪欧に感銘を受け、日本報告と付属の地図を編纂した (1586/7)。ミラノの教養人 U. モンテ (1544-1613) は、使節と会って彼らの肖像を描き残した。その後の半生を巨大な壁掛け世界地図の制作に費やした (1687-90/1604)。その副産物として、日本地図の木版図を公にした (1587)。使節帰国の際に来日した I. モレイラ (1538/9-?) は地図師で、精度の高い日本地図を作った。これら三種の地図に書かれた地名解を完成させた。

2. 天正のケミストリー

2.1 日本地図の源流

長方形を描いておけばよい・・・から一歩進んだ日本地図は B. ボルドネのシマダス (Isolario, 1528) だ。大事なことは島国の首都は海に面していないという表現である。1550年ころの海図に「くの字」に折れ曲がった二連の数珠つなぎ日本が出現する。宣教師・航海士情報：「日本は多くの島からなる」の図解である。G. メルカトルは、その世界図 (1569) で、以上の二つを重ね合わせた日本図を描いた。お友達の A. オルテリウス (1570) もそれに倣った。こうして、メルカトル＝オルテリウスが日本地図の源流となった。



2.2 ツィザートによる JHS 布教の成果編纂(ドイツ語/ラテン語)

地名は、メルカトル＝オルテリウス由来(Sændebar, Taprobana, ザビエル情報)と JHS「日本報告」イタリア語版で説明がつく。欧文化した地名は語尾変化するので要注意だ！ 初刷に地図は付属せず、第二刷から地図が織り込まれた。形はメルカトル＝オルテリウスである(図 1)。一か所を除いて、解説は済んだ。

2.3 モンテによる半生かけた地図製作(ラテン語)

地名は、JHS「日本報告」イタリア語版だけでなく、独自取材の結果を含む。壁掛け地図(1587/90)を見ると、二十六聖人の殉教(1597)以前に、彼杵一時津一浦上ー長崎のつながりを知っていたことがわかる。中国大陸の地名はほとんどが、プトレマイオス「地理書」とマルコポーロ「東方見聞録」由来だ。形はボルドネ回帰で、京都が海に面している(図 2＝木版図)。円錐写像による世界地図は、自分用の手稿 Rumsey 標本(1587/90)60 枚貼り・子孫用の手稿 Seminario 標本(1589/90)60 枚貼り・地図のみ銅板の Ambrosiana 標本(1604)64 枚貼り以上三組が現存している。地図に現れる自画像が年を重ねていく念の入れようだ。世界地図は、全部貼り合わせると、直径 2.7m にもなる。モンテの生前に、ミラノの学校の壁を飾ることはなかった。以上すべての標本の日本地図について地名解を完成させた。

2.4 モレイラによる実地検分の成果開花(ポルトガル語/ラテン語)

モレイラは来日すると、地測・天測(食も)・資料収集・取材を繰り返して、行基図を越え日本の地図を作り上げた。彼の描いた地図そのものは現存しないが、前出の地図(図 3)のように、写本・刊本などに臨摸した作品が生き残っている。イタリア手稿(1596/1603)、Blancus 校正刷り(1617)、Ginnaro 刊本(1641)、Cardim 刊本(1646)、Dudley 刊本(1646)について、地名解を完成させた。

3. むすび

ヴァリニャーノに「日本教会史」を書かせるほど順調に見えた日本での布教だが・・・伴天連追放令(1587)・サン・フェリペ号事件(1596)・徳川幕府の禁教令(徳川幕府 1612-3)・島原の乱(1637)を経て、1639 年南蛮人の時代は終わった。

時間遅れを伴った興奮子ネットワーク電子回路の 多重安定性と短期記憶の検討

神藤 央樹, 上野洋, 吉川研一, 剣持貴弘

同志社大学大学院 生命医科学研究科

〒610-0394 京都府 京田辺市多々羅都谷 1-3

Ctuf0031@mail4.doshisha.ac.jp

Multistability and short memory on excitable network as opto-electronic circuit with time-delay

Hisaki Shinto, Hiroshi Ueno, Kenichi Yoshikawa, Takahiro Kenmotsu

Grad. Sch. Life Med. Sci., Doshisha Univ.

1-3 Tataromiyakodani, Kyotanabe, Kyoto, Japan

Abstract: In recent years, the network structure of the nerve system has been clarified, whereas it is required to understand dynamics of the information transmission. However, its spatio-temporal observation is still experimentally difficult. We analysed multistability on an excitable network and will discuss about the short memory, modeling the coupled oscillators implemented by opto-electronic circuit.

Keywords: Coupled Oscillator, Multistability, Excitable System

近年脳神経系のネットワーク構造が明らかになるにつれて^{1,2)}, いよいよそのダイナミクスの理解が求められている. 本研究は相互に光結合する電子回路モデル³⁾として, 時間遅れを伴った興奮波伝達系を設計し, 図1に示す4回路系について解析を行った. 発表では, 外部刺激として発火を促す Activator, 発火を抑制する Inhibitor を与える位置とタイミングに依存して, 一過性の伝播に終わるか, あるいは4種類の周期的な発火パターンが得られたこと(図2)を報告する.

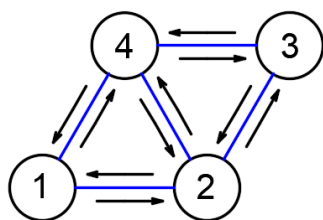


図1 双方向に光結合する
三角格子ネットワーク

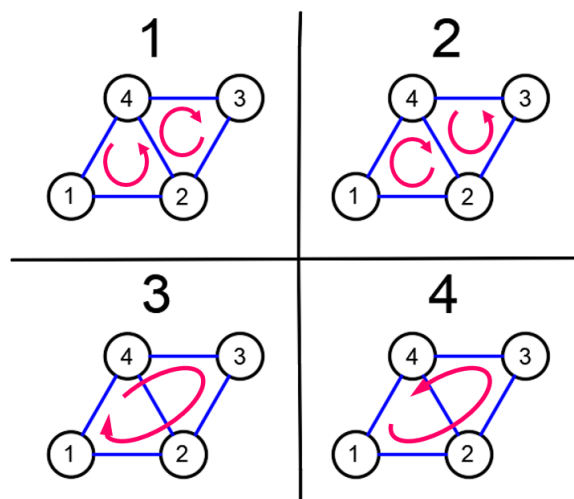


図2 4相における多重安定性

[1]C.S. Xu, *et al*, A Connectome of the Adult Drosophila Central Brain, BioRxiv, (2020).

[2]H. Maruoka, *et al*, Lattice system of functionally distinct cell types in the neocortex, Science, vol. 358, no. 6363, (2017), pp. 610-615.

[3]M. Sekikawa, H. Kawakami *et al.*, in Proceedings of the 20th ACM International Conference on Multimedia - MM '12 (ACM Press, Nara, Japan, 2012), p. 1485.

ウロコ模様を作り出す異方的反応拡散モデル

昌子浩登¹, 横川隼也², 岩本凌²

¹ 関西学院大学理工学部数理科学科、² 関西学院大学理工学研究科数理科学専攻
〒669-1337 兵庫県三田市学園 2-1

shoji@kwansei.ac.jp

Scale Patterns Obtained by Reaction-diffusion Model with Anisotropic Diffusion

Hiroto Shoji, Syunya Yokogawa, Ryo Iwamoto

Kwansei Gakuin University, Gakuen, Sanda Hyogo, 669-1337, Japan

Abstract: Scale patterns, patterns in which triangles are arranged, are observed in organisms which formed self-organizedly. We have developed the algorithms utilizing Reaction-diffusion (RD) system with anisotropic diffusion to quantify patterns of three rows of outer hair cells in inner ear. However, the mechanism of scale pattern formation of RD system with anisotropic diffusion had been unclear. In this study, we investigate scale patterns generated by RD system with anisotropic diffusion. We derived a formula for bifurcation point of the strength of anisotropic diffusion in scale patterns, based on a heuristic argument of unstable modes of derivation from the uniform steady state. The relation with diffusion instability is also discussed.

Keywords: Turing Pattern, Scale Pattern, Anisotropic Diffusion

1. はじめに

1952 年イギリスの数学者アラン・チューリングは場を一様にする 2 物質の拡散現象が物質相互の反応とカップルする反応拡散方程式 (Reaction-Diffusion: RD) 系により自発的に周期構造が形成される拡散誘導不安定性を提唱した[1]。この RD 系により得られる典型的なパターンは、縞模様であっ

たり、斑点模様である。この仕組みを工学的に利用する試みが多くなされてきた。有名な例としては、指紋再現や強調のための活用である[2]。著者らは、これまで内耳螺旋器に見られる聴毛の配列パターンの定量解析のために、チューリングが提唱してきた反応拡散系に拡散異方性を導入したモデ

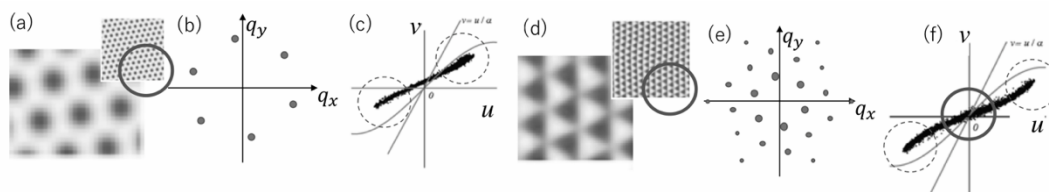


図 1: (a), (d): 異方的拡散を導入した RD モデルにより得られた斑点模様(a)とウロコ模様(d). (b), (e): (a), (d)のフーリエピーク. (c), (f): (a), (d)の分布値プロット. (c)の点線内で示す拡散誘導不安定性による分布だけでなく、(f)では実線円で示す平衡点付近の分布も多数含まれる。

ルを用いて、解析を行ってきた[3]。この異方性を導入したモデルでは、三角形が周期的に配置した（ウロコ）模様が自発的に形成される。しかしそのウロコ模様の数理的形成メカニズムが十分に解明できていなかった。本項では、その数理解析からわかることと、反応拡散系により形成される新たな周期パターンの可能性について議論していきたい。

2. 数理モデル

拡散物質であるアクティベータ（その濃度 $u(t, x)$ ）とインヒビター（その濃度 $v(t, x)$ ）が互いに反応する反応拡散系を考える。また、 u の流れの方向 $(\theta = \tan^{-1}(\frac{\partial u}{\partial y} / \frac{\partial u}{\partial x}))$ によって拡散係数が増減するという拡散異方性を導入した次の RD モデル

$$\begin{aligned}\partial u / \partial t &= \nabla \cdot (D_u(\theta) \nabla u) + f(u, v), \\ \partial v / \partial t &= d_v \nabla^2 v + g(u, v),\end{aligned}$$

の解析を行っていく。ここで、拡散係数 d_u, d_v と異方性の強さ δu 、並びに u の流れの方向によって拡散係数に変化する関数 $D_u(\theta)$ とする。例えば、 $D_u(\theta) = d_u / \sqrt{1 - \delta_u \cos n\theta}$, $n = 3$ とすると、異方性の強さ δu をある程度大きくとると、図 1 (d) のようなウロコ模様が自発的に形成される。

3. パターンのバランス

得られたウロコ模様について、そのフーリエピークを見てみると、斑点模様を示す第 1 ピークと、第 2、3 ピークを複雑に組み合わせたパターンであることがわかる。また、分布の値プロット（図 1 (c) と (f)）を見ると、チューリングが提唱した拡散誘導不安定性により得られる第 1 ピークの分布だけでなく、反応項の安定な分布である第 2、3 ピークの分布とが絡み合って、斑点パターンを複雑にした固定ウロコ模様が形成されていることがわかる。

これらの観点から、数値解析と平衡点解析によりウロコ模様ができるための異方性の強さの条件式を求めてきた[4]。すると、ウロコ模様が維持されるためには、図 2 に示すようにチューリングパターンができる臨界点 d_u^c をまたいで拡散係数の分布範囲が存在する必要であることがわかった。さらに、平衡点が安定な部分が必要であることがわかった。つまり、拡散誘導不安定性と反応項の平衡点とのバランスがある一定でないと、このようなパターンが得られないということを示していると考えられる。

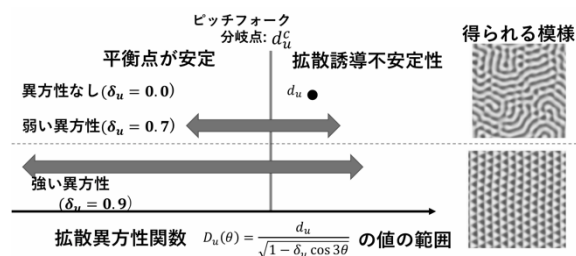


図 2：拡散係数の範囲と臨界値との関係

4. 新たな可能性

ここまでは、ウロコ模様が形成されるケースについて特定の拡散係数の関数や値などをおいて考えてきた。しかし、この関数形や値、反応項の形をさまざまに変えることで拡散誘導不安定性で形成されるモードと反応項の安定なモードとのバランスで形成される固定周期パターンの新規パターンが考えられる。このような観点から、これまで筆者らが見出してきたパターンについてもその紹介する予定である。

参考文献

- [1] A. M. Turing, *Proc. Roy. Soc. Lond.* 237, 37 (1952).
- [2] Y. Ito, *et. al.*, *IEICE TRANS. FUND.* E86-A, 1916 (2003).
- [3] H. Shoji, R. Iwamoto, (投稿中).
- [4] H. Shoji *et. al.*, (投稿準備中).

粒径が分布する粉体の 加振による諸現象

Various phenomena of vibrated non-uniform granular particles

宮崎修次^{1,*}, 中根直哉¹, 岩崎俊²

〒606-8501 京都府京都市左京区吉田本町,

¹ 京都大学大学院情報学研究科

² 京都大学工学部情報学科

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

Syuji Miyazaki^{1,*}, Naoya Nakane¹, and

Suguru Iwasaki²

¹ Graduate School of Informatics,

² Faculty of Engineering,

Kyoto University, Yoshida-Honmachi,

Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, Japan

Abstract: Identical granular particles in multiple compartments on a vertically shaking table may present an aggregation phenomenon termed *granular Maxwell's demon* for a suitable choice of parameters. Vertically vibrated binary granular particles may yield the *granular Maxwell's demon* or the *granular clock*. Horizontally vibrated binary granular particles may form stripe patterns perpendicular or parallel to the vibratory direction for a suitable choice of parameters. Influences on the above-mentioned phenomena are analyzed, when the diameter or the mass of the granular particles is distributed.

Keywords: Granular Maxwell's demon, Granular clock, Aggregation phenomenon, Brazil nut effect

粒径が一定の粉体を鉛直方向に加振するとき、適当なパラメータ設定において「粉体のマクスウェルの悪魔」という現象が現れる [1]. 粒径が大小 2 通りの粉体を鉛直方向に加振するとき、「粉体のマクスウェルの悪魔」や「粉体時計」[2] が生じ、水平方向に加振するとき、適当なパラメータ設定において加振方向と垂直に、または、平行に縞模様が生じる [3]. 粒径や質量が分布するとき、これらの現象がどのような影響を受けるのかを解析する.

「粉体のマクスウェルの悪魔」については、粒径一定の場合とこの粒径を平均として粒径が一様に分布する場合で、凝集の転移点が一致しない. これは、粒径分布が鉛直方向に一様ではなく、ブラジルナッツ効果と呼ばれる鉛直方向の粒径分布の非一様性によるものと考えられる.

参考文献

- [1] J. Eggers, *Sand as Maxwell's Demon*, Phys. Rev. Lett. **83**, p.5322 (1999).
- [2] R. Lambiotte, J. M. Salazar, and L. Brenig, *From particle segregation to the granular clock*, Physics Letters A **343**, p.224 (2005).
- [3] M. Fujii, A. Awazu, and H. Nishimori, *Segregation-pattern reorientation of a granular mixture on a horizontally oscillating tray*, Phys. Rev E **85**, 041304 (2012).

ランダムウォークを使った感染症シミュレーション

青木俊毅^{1*} 高田宗樹² 平田隆幸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

*ha180031@g.u-fukui.ac.jp

A simulation model of infectious disease using random walkers

Toshiki Aoki¹ Hiroki Takada² Takayuki Hirata²

¹Department of Mechanical and System Engineering, Faculty of Engineering,
University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, Japan

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

Abstract:

Simulations of infectious disease are carried out on square lattice. Two states of agents are used in the simulation: i.e, infected, or not infected. Two parameters that are the strength of infection and the duration of infection are introduced in our model. The phase diagram is obtained by carrying out simulation.

Keywords: Random Walk, Pandemic, Square Lattice, Simulation, Python.

1. はじめに

ランダムウォークとは、ある位置から次の位置へ移動するとき、駆動力を確率的に決定して移動させる運動のことである。ランダムウォークは、ブラウン運動や感染症の伝播、株価の変動などのシミュレーションに用いられる。ここで、ランダムウォークをつかって、感染症の伝播シミュレーションをおこなうことで、感染者数がどのような条件で変化するかを調べる。ここでは、シミュレーションで得られた知見をもとに、コロナ禍での適切な行動指針について議論する。

2. 正方格子上のランダムウォーク

Pythonを用いてランダムウォークのシミュレーションをおこなった。なお、シミュレーションは正方格子上でおこなった。シミュレーションの手順は以下の通りである。1) 正方格子上で、エージェントの初期配置をおこなう。なお、エージェントは、感染している状態と感染していない状態をとる。2) エージェントは、時間ステップ毎に、上下左右に移動する。3) 感染したエージェントと感染していないエージェントが同一の格子、あるいは隣接した格子に来ると、エージェントはある確率で感染する。4) 感染したエージェントは、一定時間経過すると、回復する。

ここでエージェントは、人に模したものである。なお、感染している状態のエージェントはオレンジ色、感染していない状態のエージェントを青色とし、シミュレーションの様子が視覚的にわかりやすいようにした。シミュレーションは、周期境界条件もとでおこなった。正方格子上の周期境界条件では、端と端がつながっており、例えば、エージェントがマップの右端に移動したときは、左端に移動することになる(図1参照)。

周期境界条件を使うことにより、エージェントが境界をこえていなくなることにし、シミュレーションをおこなうことができる。

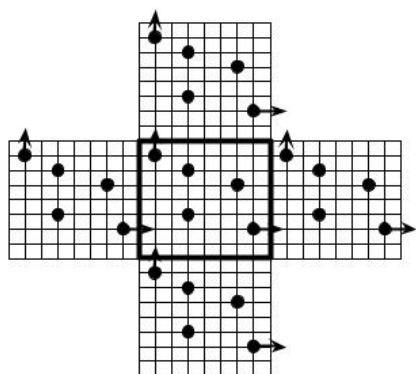


図1：周期境界条件の説明図。

太枠は周期境界を表す。

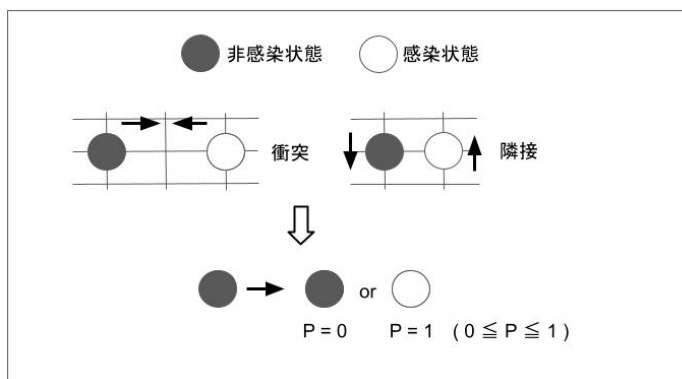


図2：エージェントの状態変化時の説明図。

3. シミュレーションにおける3つのパラメータ

エージェントの密度(パラメータ1)：マップの大きさを固定した際の、配置するエージェントの数、また、配置したエージェントの、感染したエージェントと感染していないエージェントの比率を決める。

感染力の強さ(パラメータ2)：感染したエージェントと感染していないエージェントが同一の格子、あるいは隣接した格子に来たときに、感染していないエージェントが感染する確率を決める。

例)：隣接すると必ず感染する $P = 1$ ($0 \leq P \leq 1$ (P ：感染確率))

：隣接しても全く感染しない $P = 0$ ($0 \leq P \leq 1$ (P ：感染確率))

感染期間(パラメータ3)：感染後、T時間ステップでエージェントが正常な状態に変化する値Tを決める。

4. シミュレーション結果・考察

図3はシミュレーション結果をもとに作成した相図である。また、初期感染者の比率を66%としてシミュレーションを始めると、感染が収束する場合は、ある段階で感染者数が飽和に近い状態になり、感染期間を過ぎると、一気に感染者数が2～4割程度に減少し、そのまま収束に向かう傾向にあることが分かった。

また、感染期間が長ければ長いほど、感染確率が高ければ高いほど、感染者が残り続けることがわかった。このことから感染確率を下げることは、感染拡大を防ぐことに有効に作用すると考えられる。

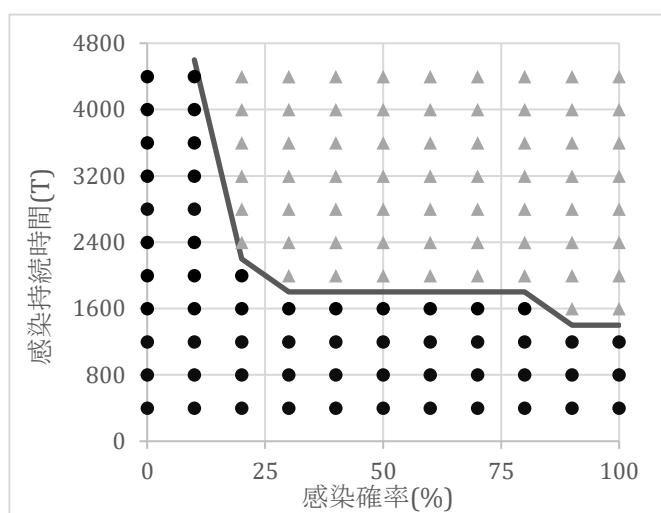


図3：相図。初期感染者率66%。●は、感染収束。

▲は、感染継続。－は●と▲の境界線。

参考文献

- [1] ランダムウォーク(酔歩)の意味と確率の問題の解法を分かりやすく解説
<https://linky-juku.com/randomwalk-kakuritu/>
- [2] matplotlib.org <https://matplotlib.org/>
- [3] Bill Lubanovic：入門Python3 第2版，発行所 オライリー・ジャパン，p. 624(2021)

Python ライブラリをつかったボロノイ分割の応用

-ボロノイによるなわばり解析-

西浦一輝^{1*} 高田宗樹² 平田隆幸²

¹ 福井大学 工学部 機械・システム工学科

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

*ha170984@g.u-fukui.ac.jp

**An analysis of the map information by using Python's SciPy library of Voronoi analysis
— Voronoi analysis of the territory of landmarks —**

Kazuki Nishiura¹, Hiroki Takada², Takayuki Hirata²

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

University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, [Japan](#)

²University of Fukui, Department of Human and Intelligent Systems,
Graduate School of Engineering,

University of Fukui, 3-9-1 Bunkyo, Fukui, Fukui 910-8507, [Japan](#)

Abstract: Voronoi analysis of landmarks on the map is carried out. The Python's library of Voronoi analysis, i.e.: the library of SciPy, is used for constructing Voronoi diagram. The convenience stores that are belonging to major franchise organization are used as landmarks.

Keywords: Voronoi diagram, Delaunay triangle, Python library, SciPy

1. はじめに

Python は、科学技術の分野での主要なプログラム言語である。Python の特徴の一つは、ライブラリが充実していることである。ここでは、Python でつかえる科学技術計算用のライブラリ SciPy をつかって、ボロノイ解析をおこなった。地図上のランドマークのボロノイ図(Voronoi diagram)を作成することにより、ランドマークのなわばり解析をおこなった。

ボロノイ図とは、平面上にいくつかの点が配置するとき、その平面内の点がどの点に最も近いかによって分割してつくる図である。また、その分割のことをボロノイ分割という。配置された点をボロノイ図の母点(generator)または生成元と呼び、ボロノイ図の各領域をボロノイ領域(Voronoi region)、ボロノイ領域の境界線をボロノイ辺(Voronoi edge)、3つ以上のボロノイ領域が共有する点をボロノイ点(Voronoi point) という^[1]。また、隣接した母点同士を直線で結ぶことでドロネー(Delaunay)図を描くことができる。その母点同士を結んだ直線のことをドロネー辺(Delaunay edge)という。ここでは、作成したボロノイ図によって、地域によって商業施設のなわばりを議論する。さらに、地域格差を軽減させるための都市計画にも言及する。

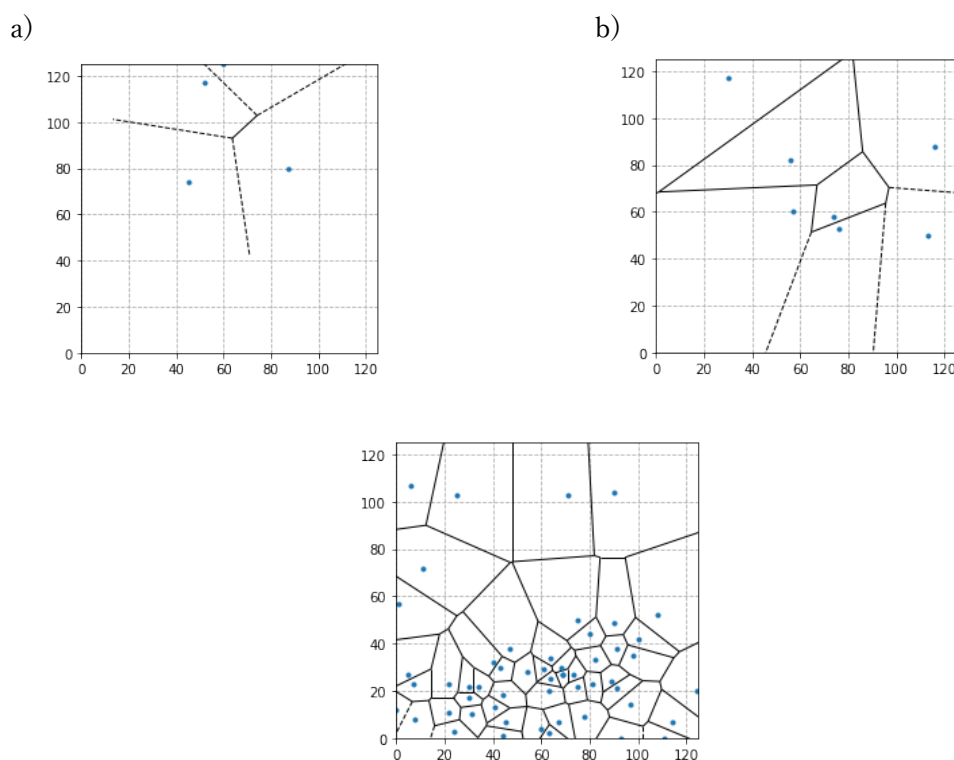
2. 解析

ボロノイ分割を用いて、コンビニの分布を調べた。そのために伊賀市、福井市、名古屋市の市

役所を中心とした約 10 km²の範囲にあるセブンイレブンの位置を母点としたボロノイ図を作成した。

ボロノイ図の作成手順を説明しよう。まずは隣接した母点同士を破線でつなぎ、ドロネー図を作成する。ドロネー辺の垂直二等分線がボロノイ辺にあたるので、垂直二等分線を引いていくことでボロノイ図を描くことができる。ボロノイ図とドロネー図は、双対関係にある。

ここで、Pythonを使用してボロノイ図を作成する。PythonのライブラリSciPyにあるVoronoiメソッド、voronoi_plot_2dメソッドを用いる^[2]。ボロノイ分割を行いたい範囲の左下を原点とし、母点の位置を計測して座標で表した。そして、それらを行列として変数に代入した。そうして作成したボロノイ図を図1に示す。



1 セブンイレブンの分布とボロノイ分割。 a) 伊賀市役所周辺, b) 福井市役所周辺, c) 名古屋市役所周辺。なお、母点の数が少なくボロノイ分割が完成でない場合を破線で示している。

実際のデータ解析から新たにセブンイレブンを出店するにはどこが良いかを考えよう。伊賀市役所周辺にセブンイレブンの店舗は少なく、図1の左下あたりにある四十九町に出店するのが相応しいと考えられる。福井市役所周辺に関しては、福井大手3丁目を母点とするボロノイ領域が広いが、足羽山を含むため人口は多くない。そのため住宅街多く立ち並ぶ西別院駅と松本町屋駅付近に出店するとよいだろう。名古屋市役所周辺について、南側は名古屋市の中心街に近くなり、店舗数は十分である。そのため、清水駅か尼ヶ坂駅周辺に出店すればよいと考えられる。同様に、閉店する店舗についても考察できる。

参考文献：

- [1] 杉原厚吉：なわばりの数理モデル-ボロノイ図からの数理工学入門-, pp.2, 共立出版 (2009)
- [2] SciPy <https://www.scipy.org/>

IBM のゲート式量子コンピュータを使った乗算回路とその評価

*万里川則亮 平田隆幸

福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻

〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9-1

*nrkmrkw@gmail.com

A construction of the multiplication circuit on the IBM's gated quantum computer and its evaluation

*Noriaki MARIKAWA and Takayuki HIRATA

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

Abstract

A multiplication circuit on a quantum computer is studied. The calculation of multiplication is carried out by using the real quantum computer and the emulator on PC. We evaluate the IBM's gated quantum computer by comparing with the emulator.

Keywords: quantum computer, multiplication circuit, Q#, emulator, IBM.

1. はじめに

量子コンピュータは、特定の計算分野において従来のノイマン型コンピュータを越える計算能力を有しており、未解決の問題を解くことが期待されている^{[1][2]}。現在、複数の企業が実用可能な量子コンピュータの普及をめざしている。さて、ハードウェアとしての量子コンピュータの開発と同時に、ソフトウェアとしての量子プログラミングの開発がおこなわれている。科学分野の研究を扱う人々にとって、量子プログラミングはチャレンジングなテーマである。ここでは、古典的なアルゴリズムの考え方で量子プログラミングができるかという点に注目する。

具体的に、量子コンピュータにおける乗算回路を考案する。なぜなら、古典アルゴリズムの知識があったとしても、量子プログラミングは容易にできるとは限らないからである。また完成した乗算回路の計算過程が我々にとって理解しやすいかが、重要な問題となる。ここでは、乗算回路を作成する上で、古典アルゴリズムを知っていれば量子プログラミングが可能になるかに注目した。

2. 量子コンピュータの実機とエミュレーションを用いた乗算

重ね合わせの状態でない小さい値の乗算から始め、乗算回路の一般化を目指した。乗算する値を 2,3,5... と順に回路をプログラミングした。偶数の乗算は奇数と 2^n を行うことで実現できるため、主に奇数の乗算のプログラミングを行った。開発環境について述べる。ハードウェアは CPU 8-Core, RAM 32GB を用いた。ソフトウェアは Visual Studio の Quantum 開発キット(QDK)を用いた。QDK は Q#言語によって記述され、仮想量子 qubit を用いる。また、仮想量子 qubit のみでは実際に乗算回路が正しく動いているかわからないため、少数の qubit を借りることができる IBM で 3 の乗算回路を実行し、この回路をもとに乗算回路を大きな値でも乗算できるように発展させた。

3. 演算の実行と結果

演算結果について述べよう。3 や 5 の乗算は繰り上がり用の qubit を用意することで簡単

に可能となった．次に7の乗算を行う回路に取り掛かったが，重ね合わせの状態を保った演算が実現できなかった．3,5の乗算回路のパターンから繰り上がり用の qubit を取り除くことによって複雑になった回路が簡素になり， (2^n+1) の乗算回路ができた．さらに， (2^n+1) の乗算回路を組み合わせることで奇数の乗算回路が完成した．また，重ね合わせの状態の奇数の乗算も可能となった．図1にインクリメント演算の省略，図2に重ね合わせの状態の奇数の乗算回路を示す．図2のアルゴリズムで回路を作成した場合，必要な qubit の数は a, b の qubit の数をそれぞれ A, B とすると， $(A+2B)$ qubit が必要となる．

乗算回路を試行錯誤するためには計算の順序が非常に重要であることがわかった．ゲートの順番を一つ間違えるだけで計算結果が大きく変わってしまう．そのため，ゲートの順番を入れ替えて試すという工程があった．古典的な回路では論理回路の構成を変えるのに対して新鮮なものがあつた．図2のようにインクリメント演算が階段状に規則的に配置されているのがわかる．ここでゲートを作用させていく順番について注目する．左から6番目のインクリメント演算を1番目に作用させると結果が異なってしまうことに注意しなければならない．6番目のインクリメント演算は a の 4qubit 目に作用する．そのため，1～3番目のインクリメント演算のように， a の 4qubit 目の状態を制御ビットにする場合は先に演算をしなければならない．また，qubit の状態は他の qubit へのコピーができないという性質から演算の順序の重要性がでてくることがわかる．

ゲート式の量子コンピュータは，ユニタリ変換の組み合わせであり，逆から演算を行うことによって逆の性能を持つ．しかし，今回作成できた奇数の乗算回路を逆から処理させることで奇数の除算の計算ができるわけではない．この回路には余りを格納する qubit や整数以下の値を計算するための qubit が用意されていないからである．今回作成した乗算回路はオペランドのように加算を繰り返すだけの回路ではなく，筆算やデジタル乗算器の計算方法に近い．

今回は，奇数のみの乗算回路の作成に成功したが，一般的な乗算回路は今回の回路のプログラミング手順では完成させることができなかった．しかし，すべての乗算は，偶数と奇数の乗算の組み合わせであるため，今回の回路に偶数の乗算回路を組み合わせることですべての乗算が可能となる．

今後，より一般的な演算をおこなえる回路の設計を行う予定である．

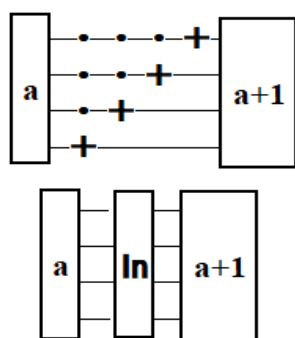


図1. インクリメント演算の省略．

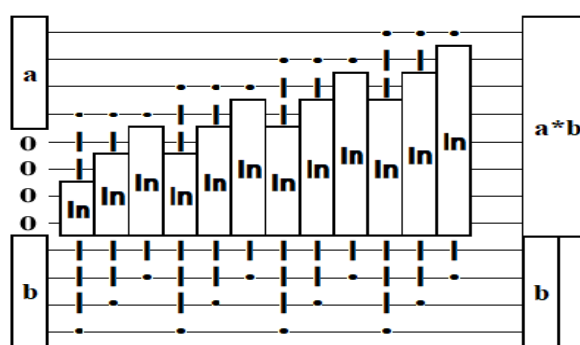


図2. 奇数の乗算回路．

参考文献

- [1] 量子コンピューティングとは Azure Quantum ドキュメント
<https://docs.microsoft.com/ja-jp/azure/quantum/overview-qdk>(2021年9月).
- [2] Eric R. Johnston, Nic Harrigan, Mercedes Gimeno-Segovia : 動かして学ぶ量子コンピュータプログラミング, 北野章訳, オライリー・ジャパン, pp. 309 (2020).

周辺視認時における視線運動分布のかたちに関する研究

中嶋大祐¹, 板津佳希², 平田隆幸², 高田宗樹^{2*}

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

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

*takada@u-fukui.ac.jp

A study on form of the distribution in radial motion during the peripheral vision

Daisuke Nakajima¹, Yoshiki Itazu², Takayuki Hirata², Hiroki Takada²

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

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

Abstract: Some elderly people feel that their vision has become narrower with advancing age, which many elderly people feel while driving their cars in particular. Radial motion of the young was herein measured to compare that of the elderly while viewing a 3D video clip in peripheral vision and tracking on a sphere in the video clip. Velocity vectors in standardized data were calculated for each vision, and their histograms of the young were compared with those of the elderly. Chi-square tests were also conducted on these distributions. In this study, we have examined whether it is possible to mathematically discuss the characteristics of changing in the radial motion with advancing age during the peripheral vision.

1. はじめに

人の視覚情報は、細胞生物学的に周辺視野と中心視野に分類される。得られた視覚情報は脳内にて処理される。高齢化が進むにつれて、視野が狭くなるという報告^[1]がある。特に、自動車を運転している時に視野が狭くなったと感じる高齢者は多い^[2]。また、物体が動く時にその物体を目で追いかける追従眼球運動をする。高齢化に伴い、追従眼球運動の衰えも感じるという^[3]。そこで本研究では、高齢化に伴う周辺視野と、追従眼球運動した際の視野(以降、追従視野と呼ぶ)の関係を調べることを目的として実験を行なった。

2. 実験方法

正視である若年男性 10 名(以降、平均 ± 標準偏差: 22.67 ± 0.78 歳)と高齢者 6 名(75.0 ± 8.2 歳)を対象として、視線運動の計測を行なった。映像視認には、Sky Crystal(オリンパスメモリーワークス)をもとに同社の許可を得て再構築したものを使用した。計測は暗室で行い、計測姿勢は立位ロンベルグ姿勢とした。立体映像を周辺視認または追従視認の方法で 60 秒間視認させ、この間の視線運動を計算した。映像視認には、55 インチの 3D ディスプレイ 55UF8500 (LG)を用い、視距離は 2 [m]とした。計測装置には、アイマークレコーダーEMR-9(ナックイ

メージテクノロジー)を用い、映像視認時における各サンプリング時刻での視点の画面上位置を記録した。尚、サンプリング周波数は 60 [Hz]とした。

3. 解析方法

実験によって得られた若年者と高齢者の周辺視と追従視それぞれにおける視線運動データについては、データの標準化を行った。次に、サンプリング時刻ごとに速度ベクトルを求めた。さらに、その速度ベ

クトルの大きさについて頻度分布を調べた(図 1)。これはマイクロサッカードやドリフト、トレモアといった視線運動成分の割合に依存すると考えられる。ここでは、頻度分布の差異について、カイ二乗検定により統計学的に比較検討を行った。特に、加齢に伴い、周辺視時の視線運動の変化する特徴を数理的に捉えることができるかを検討した。

詳細な結果と考察は講演にて報告する。

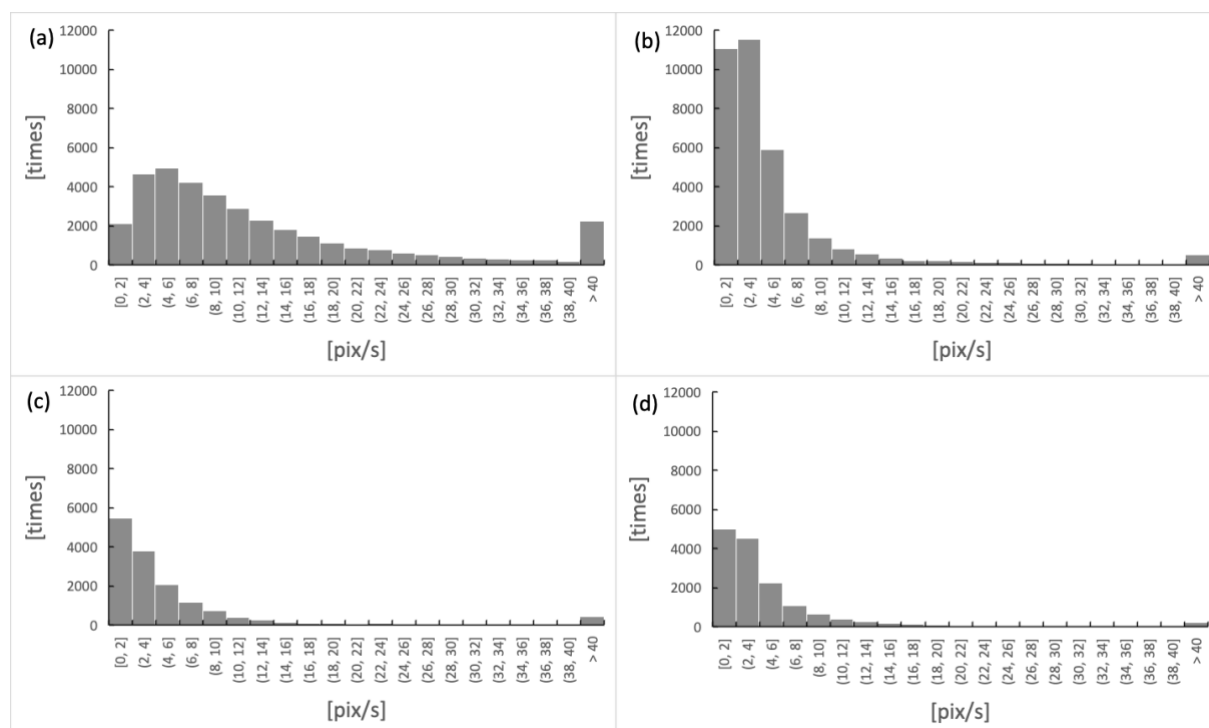


図 1：若年者と高齢者の視線運動に関する頻度分布

(a)：若年者の周辺視 (b)：若年者の追従視 (c)：高齢者の周辺視 (d)：高齢者の追従視

参考文献

- [1] 金光義弘 “高齢運転者における視野異常の実態—視野の経年変化に関する調査的研究を通して—,” 川崎医療福祉学会誌, Vol.13, No.2, pp.257-262, 2003
- [2] 呉 景龍 宮本脩平 河内山隆紀 蓮花一己 矢野雅文 “動的視野加齢効果の計測と交通安全への適用に関する検討,” 国際交通安全学会誌, Vol.34, No.3, pp.63-71, 2009
- [3] 山中仁寛 中西由佳 川上満幸 “若年者と高齢者の視覚情報処理における眼球運動の違いに関する研究,” 日本生理人類学会誌, Vol.13, No.1, pp.39-48, 2008

機械学習を用いた立ち上がりテストに関する

判別分析の改良に向けて

菅井洋成¹ 宇佐美雄也² 平田隆幸² 高田宗樹²

¹福井大学工学部機械・システム工学科

²福井大学大学院工学研究科知能システム専攻

〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9-1

takada@u-fukui.ac.jp

Towards Improved Discriminant Analysis on Rise Testing Using Machine Learning

Hironari Sugai¹, Yuuya Usami², Takayuki Hirata², Hiroki Takada²

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

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

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

Abstract: In recent years, extending healthy life expectancy has become a major issue of our aging society in Japan. Nursing care for the elderly should be required by their joint diseases, falls, and fractures. Above all, the falls and the fractures are caused by deterioration in lower limb muscle. In our previous study, rise tests were conducted on the healthy young. Using Convolutional Neural Network (CNN), machine learning was conducted for image-data extracted from the motion trajectories of each joint. Discriminant accuracy came out to 96.2 percent. Enhancing resolution of the image-data, we verify whether the discriminant accuracy is improved.

Keywords: Machine Learning, Convolutional Neural Network (CNN), Image Processing, Human Body Recognition

1. はじめに

近年、日本では高度な医療技術の成長と共に平均寿命が増加し、高齢者の数は増加している。それに伴い、高齢者の運動器障害は QOL の低下や介護者の介護負担を引き起こし、問題になっている[1]。転倒・骨折や関節疾患などの運動器障害を予防することによって、健康寿命を延伸することができる。また、先行研究によると、運動器障害と転倒リスクには関連があると考えられており、転倒のリスクを理解することは健康寿命の延伸に不可欠だと言える[2]。

日本整形外科学会は平成 19 年にロコモティブシンドローム(以下、ロコモ)を発表した。ロコモとは「運動器の障害のために移動機能の低下をきたした状態」と定義されており[3]、その評価方法の 1 つに立ち上がりテストがある。立ち上がりテストは、座位面 10-40 cm から両足または片足で立ち上がり、その成否で下肢筋力を推定することが可能である。

ブラウザ上で実行可能なディープラーニングモデルで、TensorFlow.js (Google)を用いて

身体関節位置を自動推定する PoseNet がある[4]。我々はこれまでに PoseNet を利用して、立ち上がりテストにおける各関節点の移動軌跡フレームデータを抽出して画像化した。これらの画像の一部を学習データとして、立ち上がりテストに成功した画像と失敗した画像に判別する機械学習を行った[5]。ここでは、畳み込みニューラルネットワーク (CNN) を利用した。そこでは、テストデータに対して約 96.2% の精度で判別することに成功している。

本研究では、以上の画像解析の精度を向上させるために、各関節点の移動軌跡フレームデータから画像化する際の解像度を上げる他、画像化に関する閾値を任意に設定して、正答率に変化がみられるかを検討する。

2. 実験方法

被験者を座位面 40 cm の台に座らせ、そこから片足のみで立ち上がらせる。この時、反動をつけて立ち上がらないように両腕を胸の前で組んだ姿勢をとらせた。また、立ち上がりやすいように、やや前傾姿勢からテストを開始した。片足立ちが成功した場合、反対側についても同様にテストを行った。両足とも成功した場合は座位面を 10 cm 間隔で下げてテストを行った。これらの実験手順を被験者に十分に説明し、実験の実施に対する同意を得てから立ち上がりテストを行った。また、高さ 80 cm、被験者から距離 200 cm だけ前方にカメラを設置して、撮影を行った。

3. 解析方法

PoseNet を用いて取得した各関節点の移動軌跡フレームデータを抽出した。それらから 64×64 ピクセルの解像度の画像を生成した。これに取得したデータの x 座標、y 座標それぞれの変位した範囲をレンジに設定した。次に、取得した関節の移動軌跡のデータを画像に重ねてプロットし、正規化した。また、軌跡が通過したピクセルに 1 の値、それ以外に 0 の値を代入した。次に、これらの正規化された画像の一部を学習データとして、CNN を用いて、立ち上がりテストに成功した画像と失敗した画像に判別する機械学習を行った。

4. 結果及び考察

判別分析の結果に関する詳細及びその考察については、講演での報告とする。

参考文献

- [1] 前田清, 太田壽城, 芳賀博, 石川和子, 長田久雄, “高齢者の QOL に対する身体活動習慣の影響”, 日本公衆衛生雑誌, 49 巻, 6 号, pp.497-506, 2002.
- [2] 大高洋平, “高齢者の転倒予防の現状と課題”, 日本転倒予防学会誌, Vol. 1, pp.11-20, 2015.
- [3] 海老原知恵, 新井智之, 藤田博暁, 加藤剛平, 笹岡世英良, 森田泰裕, 丸谷康平, 細井俊希, 石橋英明, “地域在住中高年者のロコモティブシンドロームと Quality Of Life の関連”, 理学療法科学, Vol.28, No5, pp.569-572, 2013.
- [4] Dan Oved, Real-time Human Pose Estimation in the Browser with TensorFlow.js, 2018.
- [5] 宇佐美雄也, “PoseNet と機械学習を用いた立ち上がりテストにおける判別分析に関する研究”, 福井大学卒業論文, 2020.

敵対的生成ネットワークを用いたI誘導心電図の

シミュレーションの可能性について

河合辰貴¹、中根滉稀²、平田隆幸²、高田宗樹^{2*}

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

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

[*takada@u-fukui.ac.jp](mailto:takada@u-fukui.ac.jp)

On the possibility of simulating I-guided Electrocardiogram (ECG) using adversarial generation networks

Tatsuki Kawai¹, Kouki Nakane², Takayuki Hirata², Hiroki Takada^{2*}

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

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

Abstract: A sufficient amount of data is required to perform machine learning, however, depending on the type of data, it may be difficult to secure a sufficient amount of data. In particular, medical images are difficult to obtain because they contain information that can identify individuals. Although there have been studies on generating images using deep learning, there are not many studies on generating the time series data of rhythmic pulses such as electrocardiogram (ECG) and electromyogram (EMG). In this study, we use an adversarial generative neural network (GAN) to generate the ECG data.

Keywords: Generative Adversarial Networks (GAN), Electrocardiogram (ECG), Deep Learning, PTB-XL, Rhythmic Pulse Generation

1. はじめに

今や私たちの生活の様々な場面で機械学習が用いられている。物体検出や画像生成、時系列性のあるデータの予測などの分野において、その実用性と効果は信頼に値するという評価を受ける場面が増えつつある。このような正確な判断を行うためには、工夫を重ねた学習モデルと対象とするデータが必要である。その中でも、データ量は学習モデルの精度向上に大きく関わっており、十分に良質なデータ量が無ければ、学習モデルの汎化性能が下がる可能性がある。そのため、一定量のデータを確保することは、精度の高いモデルを作成する上で必要不可欠である。

特に、医療画像を用いた研究データの収集は難しい。通常、医療画像には被写体を映したピクセル情報だけではなく、被験者の年齢や性別、生年月日など個人を特定する情報が含まれている。そのため、それらを学習データとして用いる場合には、個人情報情報を匿名化するなどの処置を行う必要がある。しかし、これらの匿名化作業は手作業で行われるため、大量のデータを作成するには時間を要することになる。また、人間は数多くの要素から構成されているため、部位によってはデータとしての母数が少ない場合も考えられる。このようなデータ量不足の場合、データにノイズを付与することや、元の情報が変化しすぎない程度で形

を変えるなどの処理を行うことで量の担保を行うことが一般的である^[2]。その一方で、以上の対抗措置はデータの質の低下を引き起こす可能性があり、逆に学習モデルの精度低下につながることもある。

そこで、本研究では、GAN(Generative Adversarial Networks)を用いて医療画像における時系列データの作成を行う。

2. GAN とは

生成モデルの一種であり、生成ネットワークと識別ネットワークの2つのネットワークを有したモデルである。生成ネットワークではランダムノイズから偽データを作成し、識別器に真データと誤認させるように学習させる。識別ネットワークでは真データと生成モデルが作成した偽データを読み込ませて、真データを識別するように学習させる。このように2つのネットワークが互いに騙しあうように学習を行うことで、より精度の高い偽データを作成することを目的としたネットワークである。

3. 実験方法

本研究では PhysioNet で公開されている大規模

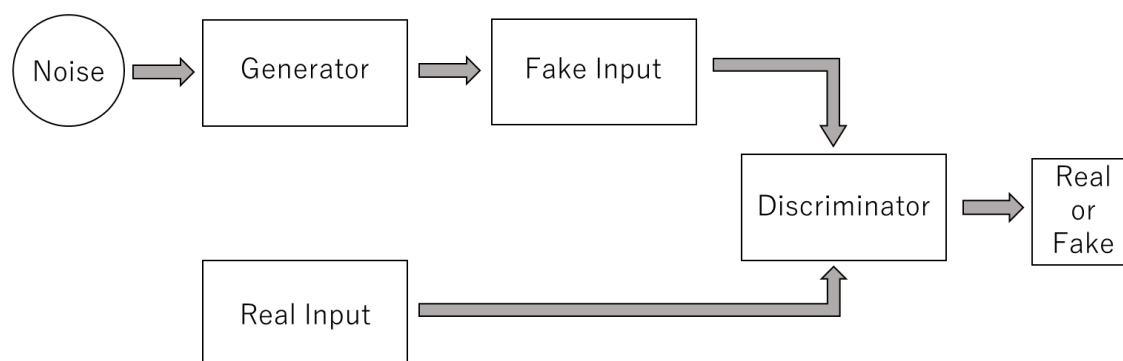


Fig1. 機械学習のモデル

参考文献

- [1] Anne MD, Eoin B, Tomas EW (2019) Synthesis of Realistic ECG using Generative Adversarial Networks, arXiv:1909.09150, pp.1-16.
- [2] Connor S, Taghi MK (2019) A survey on Image Data Augmentation for Deep Learning, J Big Data, Vol.6(60), pp.1-48. Doi: 10.1186/s40537-019-0197-0(2021/10/21)
- [3] Wagner P, Strodtthoff N, Bousseljot R, Samek W, Schaeffter T (2020) PTB-XL, A Large publicly available electrocardiography dataset (version 1.0.1). PhysioNet.

な心電図データセットである「PTB-XL ECG データセット」を用いて実験を行う。データセットには、18885 人の患者から計測された 21837 系列の臨床 12 誘導 ECG(系列長 10 秒)が含まれている。尚、サンプリング周波数は 500 Hz にて保存されている。今回の実験では、100Hz にダウンサンプリングされた I 誘導心電図の波形データを使用する。また、今回使用するデータの長さは 2.56 秒とする。

次に、学習モデルを作成する。今回は DCGAN の構成を元にネットワークを作成した。生成モデルでは正規分布に基づいたランダムノイズを与えて真データに似せた偽データを作成するように学習を行う。識別モデルには真データと生成モデルが作成した偽データを入力し、真データを識別できるように学習を行う。この一連の流れを 1 エポックとして合計 50 エポックの学習を行う。その結果として出力された ECG データに対して、比較・検討を行う。

結果及び考察は講演での報告とする。

仮想現実を利用したトレーニングシステムの構築に向けて

○金哲行¹, 塚本圭祐¹, 宇佐美裕也¹, 平田隆幸¹, 高田宗樹¹

¹ 福井大学大学院工学研究科知能システム専攻, 〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1
takada@u-fukui.ac.jp

Construction of Training Systems Using Virtual Reality

Kin Tekkou¹, Keisuke Tsukamoto¹, Usami Yuuya¹, Takayuki Hirata¹, Hiroki Takada¹

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

Abstract: It has been possible to experience augmented and virtual reality by the development of head-mounted displays (HMDs) and video technology. Also, it has been reported that a therapeutic method combining virtual reality and treadmill exercise is effective for rehabilitation for Parkinson's disease patients. However, the mechanism of the motion sickness has not been elucidated, which induces unpleasant symptoms such as headaches, vomiting, eye fatigue and others. The aim of this study is to develop training systems that can reduce sensory conflict and degree of the motion sickness with the exposure to 2D/3D video clips on a screen and/or HMDs while running on a treadmill.

Keywords: 3D images, AR, VR sickness, visually induced motion sickness, Biomedical effects

1. はじめに

ウォーキング(歩行)は、生活習慣病の予防に役立つ有酸素運動としてよく知られている^[1]。また、ヘッドマウントディスプレイ(HMD)の台頭により、拡張現実(Augmented Reality: AR)や仮想現実(Virtual Reality: VR)を体験することが可能となってきた。ここで、仮想現実とトレッドミルの運動を組み合わせた治療法は、脳の活動を変化させることや、パーキンソン病や神経変性疾患患者の転倒事故を減少させることを報告した先行研究^[2]がある。一方で、立体映像視聴に伴う頭痛・嘔吐・眼疲労などの不快な症状が引き起こされるなど、動揺病の機序は未解決のまま残っており^[3]、AR 及び VR 環境下においても同様なことが想定される^[4]。また、VR や AR などの映像とトレッドミルなどの屋内トレーニングシステムとの関連についての研究事例は多くない。しかし、当該分野の産業の発展および、これらの治療法を広範に活用するためには、立体映像視聴との関連について検討するとともに、感覚不一致を軽減させるシステムを開発する必要がある。

そこで本研究では、感覚不一致を軽減させるトレーニングシステムの開発を目的として、スクリーン・液晶テレビまたは透過型/非透過型 HMD を利用して、トレッドミル走行中の被験者に立体映像/非立体映像を視認させる以下の実験を行う。特に、様々な媒体での映像視聴とトレッドミル上の歩行との感覚不一致による生体影響について検討する。

2. 方法

本研究では、被験者にスクリーン・液晶テレビまたは透過型/非透過型 HMD を利用して、

映像を視認させながらトレッドミル上を歩行させる(Fig. 1)。

本研究では、酔いの度合いを計量するための重心動揺検査や Web カメラを用いたモーションキャプチャーにより生体計測を行い、歩行時の身体の傾きなどを推定する。また、その他の生理評価法として心電図及び脳波検査を行う。さらに、酔いの主観評価として SSQ(Simulator Sickness Questionnaire)を用いる。実験では被験者にトレッドミル上を時速 5 km で 300 秒間歩行させながら 1 人称視点の歩行する映像を視認させる(Fig. 2)。視認させる歩行映像の速度は時速 0, 3, 5, 8 km のものをそれぞれ使用する。なお、これらの映像は任意の順で視認させる。被験者が実際に歩行している速度と視認している歩行映像の速度との感覚不一致による影響を実験の前後の生体計測によって評価する。

尚、本研究は福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻・人を対象とする研究倫理委員会の承認を得た(H2021002)。



Fig. 1 実験風景

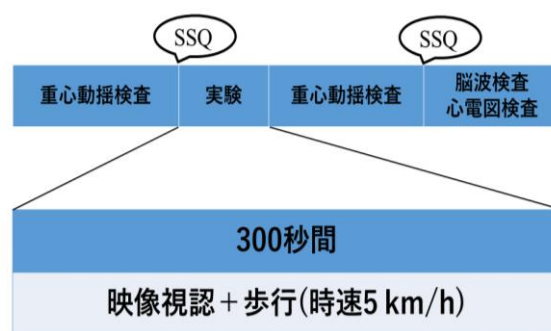


Fig. 2 実験プロトコル

3. 今後の展望

これまでに非透過型 HMD にて立体映像を視認させる上記の実験を行っている。一方、酔いの発生機序はディスプレイの様式や照度等の実験環境によって変化することが考えられる。例えば、映像の投影方式の 1 つにプロジェクションマッピングがある。プロジェクションマッピングを利用することでヘッドマウントディスプレイのような没入感を得られる可能性がある。今後は、種々の環境下での実験を通して、映像酔いに関する知見を得る必要がある。

参考文献

- [1] 武井正子, “運動による健康づくり: 気軽に歩いて、今日も元気”, 順天堂医学, Vol.48(3), pp.330-334, 2002.
- [2] Mirelan et al.: “Addition of a non-immersive virtual reality component to treadmill training to reduce fall risk in older adults (V-TIME): a randomised controlled trial”, The Lancet, Vol.388, pp.1170-1182, 2016.
- [3] 氏家弘裕, “映像の生体安全性に関する ISO 国際ワークショップ報告”, VISION Vol.17(2), pp.143-145, 2005.
- [4] 田中信壽, “VR 酔い対策の設計に求められる知見の現状”, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.10(1), pp.129-138, 2005.

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. 6 No. 2 (2021 年 11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