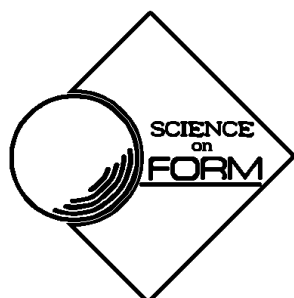


形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 3 No. 2 (2018 年 11 月)

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



第 86 回 形の科学シンポジウム 「形と人間」



やよいの鐘(千葉大学附属図書館本館塔屋 1982年設置)

会期: 2018 年 11 月 28 日(水), 29 日(木), 30 日(金)

会場: 千葉大学 アカデミック・リンク・センター

形の科学会

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

第 86 回 形の科学シンポジウム「形と人間」

【主催】形の科学会

【共催】千葉大学統合情報センター

(科研費研究集会・対象依存型データ解析による高次多次元画像の理解と認識)

【共催】文部科学省科学研究費補助金 新学術領域研究「医用画像に基づく計算解剖学の
多角化と高度知能化診断・治療への展開」(代表 九州大学 橋爪誠)

【会期】2018 年 11 月 28 日(水)、29 日(木)、30 日(金)

【会場】千葉大学アカデミック・リンク・センター1 階

「ひかりえ」「プレゼンテーションスペース」「展示スペース」

【代表世話人】井宮 淳 〒263-8522 千葉県千葉市弥生町 1-33

千葉大学 統合情報センター imiya@faculty.chiba-u.jp

【参加費】会員・非会員ともに一般 5000 円、学生 1000 円

【懇親会】2018 年 11 月 29 日(木) 18:00 より 樺会館 1 階 レストランコルサ

【懇親会費】一般 4000 円、学生 1000 円

【WEB サイト】<http://katachi-jp.com/sympo86> (予稿集最新版をカラー閲覧可能)

プログラム

11 月 28 日 (水)

講演会場：アカデミック・リンク・センター「ひ
かりえ」

公開講座会場：プレゼンテーションスペース

11:15-11:45 受付 (於 ひかりえ)

12:00-12:10 開会の辞 (於 プレゼンテーショ
ンスペース)

公開講座

12:10-12:40

昆虫の色とシャボン玉

吉岡伸也 (東京理科大学)

12:40-13:40 昼休み

招待講演・公開講演 (形と人間)

13:40-14:30

超音波によるマルチスケールでの生体組織性状
評価

山口匡 (千葉大学)

休憩 (10 分間)

形の科学一般

14:40-15:05 くしゃくしゃの紙の数理

三浦公亮 (宇宙科学研究所、東京大学・名誉教
授) 1

15:05-15:30 学習段階に対応した科学折り紙の
利用法

石原正三 (埼玉県立大) 3

15:30-15:55 カブトムシの角と折りたたみ可能な三角柱

佐藤郁郎（宮城県立がんセンター）、中川宏（積み木インテリアギャラリー）、山口康之（東京理科大学）、秋山仁（東京理科大学）…………… 5

休憩（15 分間）

形の科学一般

16:10-16:35 ホモメトリック構造ー3

松本崧生（金沢大学・名誉教授）…………… 7

16:35-17:00 Voronoi ランダム充填と Delaunay ランダム充填

種村正美（統計数理研究所・名誉教授）… 9

17:00-17:25 不変曲線の崩壊

山口喜博（元帝京平成大学）…………… 11

11 月 29 日（木）

9:00- 9:30 受付

形の科学一般

9:30-9:55 セント・ヘレナ島黎明期

杉本剛（神奈川大学）…………… 13

9:55-10:20 ジュラ・白亜系境界の GSSP と放散虫の系統進化：イタリア中部の Bosso Valley section における検討

松岡篤（新潟大学）、LI Xin (Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS)、CHIARI Marco (Institute of Geosciences and Earth Resources, CNR)、BERTINELLI Angela (University of Perugia)…………… 15

10:20-10:35

展示説明（質疑無し、1 件 5 分）

・日科学的理解を普及するための小道具たち

根岸利一郎（埼玉工業大学、まなびクラブ・リクウェイ）…………… 17

・2019 年用の放散虫カレンダー

松岡篤（新潟大学理学部、形の科学研究センター）、大河内春香（同）…………… 18

・数学曲面の模型

手嶋吉法（千葉工業大学）…………… 19

休憩（15 分間）

形と人間

10:50-11:15 史上最年少プロ棋士藤井聡太のレーティング評価と問題点

高津和紀（福井大学）、高田宗樹（福井大学大学院）、平田隆幸（福井大学大学院）…………… 21

11:15-11:30（15min） 精細度が異なる映像が体平衡系に及ぼす影響に関する研究

山本将太（福井大学大学院）、高田宗樹（同）、條野雄介（同）、高田真澄（中部学院大学） 23

11:30-11:55 仮想現実感を利用した MCI 予防手法とその生体評価

平山洪介（福井大学大学院）、田原博史（株式会社視空間工房）、伊藤菊男（株式会社ニューロスカイ）、谷村亨（福井大学大学院）、平田隆幸（福井大学大学院）、高田宗樹（福井大学大学院） 25

休憩（15 分間）

公開講座（於 プレゼンテーションスペース）

12:10-12:40

複数の立体を折れる展開図について

上原隆平（北陸先端大）

12:40-14:00 昼休み

(12:50-13:50 運営委員会
統合情報センター4階会議室)

形と知

14:00-14:25 ダヴィンチと寺田寅彦—形の科学
のキーパーソン
高木隆司（東京農工大学・名誉教授）… 27

14:25-14:50 可変双曲型メタマテリアルによる
符号変化問題のモデル化
楠見 螢（東京学芸大学）、太田 溪介（同）、小林
晋平（同）…………… 29

14:50-15:15 水面波に対して負の屈折率を示す
メタマテリアルの作製
渡邊 慧（東京学芸大学）、太田 溪介（同）、楠見
螢（同）、小林 晋平（同）…………… 31

休憩（15 分間）

形の科学一般

15:30-15:55 高空隙率ダスト凝集体の衝突によ
るクレーター形成と破壊
桂木 洋光（名古屋大学大学院）、Jürgen Blum
（TU Braunschweig）…………… 33

15:55-16:20 アニメ・特撮等のキャラクターの
サイズ分布について
山本 健（琉球大学）…………… 35

16:20-16:45 漢字における線長と画数のベキ乗
則
太田 守洋（琉球大学）、山本 健（同）… 37

休憩（15 分間）

特別講演（功労賞受賞記念講演）

17:00-17:35
カタチとチカラ、その適合を迫及する
— 建築構造の世界における例 —
川口 衛（法政大学・名誉教授）…………… 39

18:00- 懇親会
於千葉大学櫛会館 1 階 レストランコルサ

11 月 30 日(金)

受付 9:30-9:50

形と人間

9:55-10:10 組織切片の伸展性応答による病態
に依存したひび割れパターン形成
大社 奈摘（同志社大学）、池川 雅哉（同）、剣持
貴弘（同）、吉川 研一（同）…………… 43

10:10-10:35 人体における管構造の最適形態に
ついて
金澤 洋隆（京都府立医科大学）…………… 45

10:35-11:00 初期心臓におけるキラリティーの
出現
本多久夫（神戸大学大学院、理化学研究所）、
阿部 高也（理化学研究所）、藤森 俊彦（基礎生物
学研究所、理化学研究所）…………… 47

招待講演・公開講演（形と人間）

11:00-12:00
臓器の統計形状モデルの構築
本谷 堅秀（名古屋工業大学）

12:00-13:10 昼休み

形と人間

13:10-13:35 刑事事件における AI による個人
識別

小川進（空間技術研究所）…………… 49

13:35-14:00 サハ共和国の口琴ホムスとヒトの
関係性

荏原小百合（北海道科学大学）…………… 51

招待講演・公開講演（形と人間）

14:00-15:00

「百聞は一見に如かず」ではない：錯視からわ
かる人間の知覚情報処理特性

一川 誠（千葉大学大学院）

休憩（15 分間）

形と知

15:15-15:40 高次元正多胞体のかたちの原則

宮崎興二（京都大学・名誉教授）…………… 53

15:40-16:05 4 次元正多胞体のリングの皮むき
展開図について III

海野啓明（元仙台高専）…………… 55

16:05-16:30 回転対称型接合部を持つ改良耐震
シェルターについて

阿竹克人（株式会社阿竹研究所）、富岡万輝（株
式会社カラフルコンテナ）、四方田彩花（名城大
学）、武藤厚（名城大学）…………… 57

16:30-16:40 閉会の辞

【事務局より】

論文投稿案内 (Call for Papers)	59
シンポジウム世話人の募集.....	60
入会案内.....	61

くしゃくしゃの紙の数理

三浦公亮

宇宙科学研究所、相模原

miurak@gakushikai.jp

Mathematics of a crashed thin sheet

Koryo Miura

Inst. Space & Astronautical Science, Sagami-hara

Abstract: This paper shows that, through cautious inspection of a piece of crashed sheet, one can find a particular fold pattern dominates over the whole surface. Using Maekawa's origami theorem and Fedorov's theorem of tessellation, the pattern is proved to be the disordered shape of Miura-ori

Keywords: Miura-ori, Maekawa, origami, Fedorov, tessellation

1. くしゃくしゃのアルミフォイルの画像

ここに一枚の画像がある (Fig.1)。これは薄いアルミフォイル ($11\mu\text{m}$) のシートを両手で、出来るだけ均等に周縁から中心にむけて縮めた後、平たく展開し、撮影したものである。これは、「完全に平坦な、限りなく薄い平板を、周縁から均等に圧縮し、その変形を観察する」という無謀な実験に疲れはてて、いたずらに作った映像である (1970年代)。その後、この映像は、この問題の難しさの例として、講義等に使っていた。

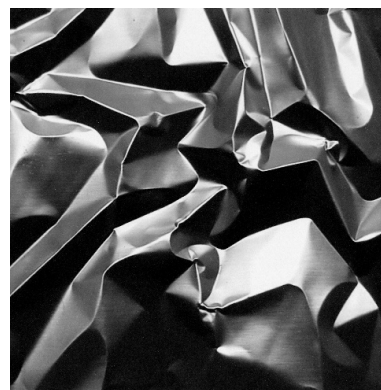


Fig.1 Clashed & deployed foil

最近になって、ふと眺めたら、とても面白いことに気が付いた。たしかにめちゃくちゃだが、この多面体面は、折りで構成される大小の独特のパターンが全面を埋め尽くしている。そこで、山折りを実線、谷折りを破線で記入すると、その特徴はより明確になってきた (Fig.2)。一見、ある時代の抽象画のように見えるこの図に、私は衝撃をうけた。極め付きの特徴は、すべての頂点から発する折り目は4個であり、その折り目の山谷の数は、3:1または1:3である。言うまでもなくこの性質は、平坦折りの山折り谷折りの数についての Maekawa¹ の定理を充たす。

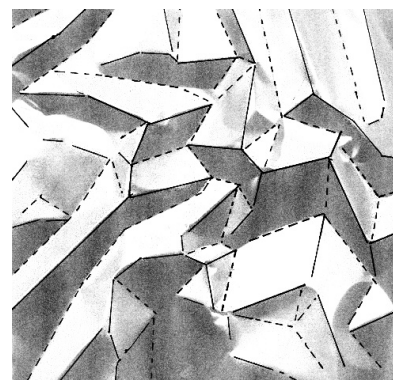


Fig. 2 Marked fold lines

$$M - V = \pm 2$$

さらに驚いたのは、フォイル全面を覆う頂点について、略すべて最小の折り目数である4、つまり3と1の形状なのである。このことは、折り畳みに必要な全歪エネルギーが最小になるように、自然は出来るだけ折り目の数を少なく設計していることを示している。

2. 基本領域とそれから形成される周縁領域

一方、折り目で形成されるパターンに注目しよう。一つの頂点の周りには、4個の平行四辺形が並ぶ基本領域が形成されている (Fig.3)。これは、完全に畳めることは明らかであるから、この基本領域で平面を隙間なく埋めることが出来れば、その全体も畳めることができるはずである。全体の形態はどのように構成されるべきか、それを考究しよう。

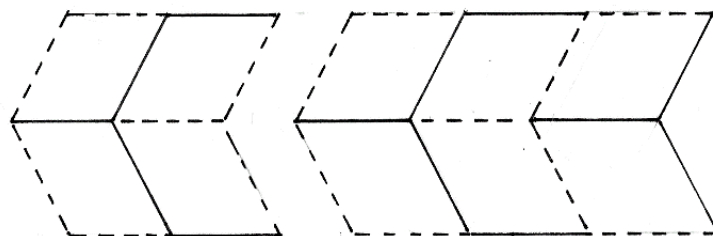


Fig. 3 Fundamental unit

3. 折り畳み可能タイル張り

Fig.4 に、基本領域を矛盾なく拡大した周縁領域を示す。この領域について、客観的に、どのような幾何学的操作が存在するかを検討する。明らかに、水平方向に鏡映 (m) の線が並列している。これと直交して、滑り鏡映 (g) の線が並列している。

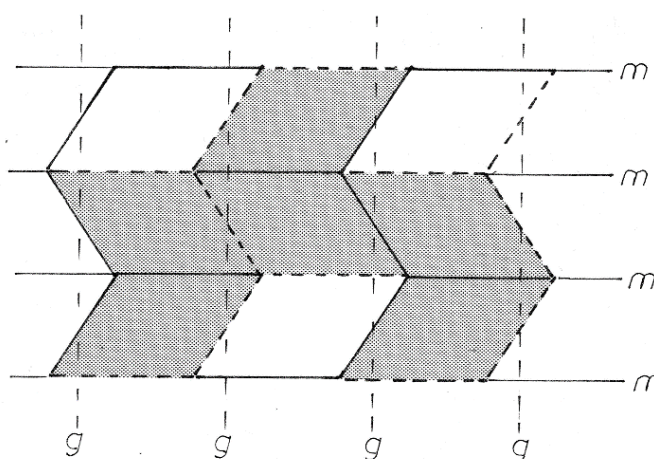


Fig. 4 p2mg with mirrors and glide mirrors

4. 全領域の構築

平面の tessellation に関する Fedorov² の定理にてらすと、上記のパターンは、 $p2mg$ に属することがわかる。そして、この形状は紛れもなく Miura-ori³ である (Fig.5)。また逆に、くしゃくしゃのシートは、Miura-ori と本質的に同じ原理で構成されていて、ただ整列していないだけであることが示された。

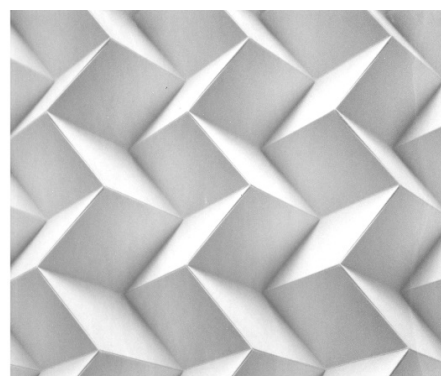


Fig. 5 Miura-ori

文献

1. Maekawa, J. & Kasahara, K. (ed.), *Viva Origami*, San Rio (1983)
2. Coxeter, H.S.M. (ed.), *Art and Science*, New York, Elsevier (1986)
3. Miura, K, The Science of Miura-ori; A review, *Origami*⁴, A.K.Peters (2000)

学習段階に対応した科学折り紙の利用法

石原 正三

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

Utilization of Science Origami in classrooms corresponding to developmental stage

Shozo Ishihara

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

Abstract: Since 1995, Origami-models made of triangular units, called Science Origami, have been introduced into lectures for a wide variety of developmental stages from a schoolchild to a university student. Judging from experience of the lectures on three-dimensional structures of crystals and molecules, some teaching plans making use of Science Origami are proposed according to each developmental stage. It should be remarked that most of students in each classroom have constructed their own Origami-models after several attempts.

Keywords: Science Origami, Origami-model of crystals and molecules, Teaching material of three-dimensional structures, Developmental stage

はじめに

複数の折り紙を組み合わせるユニット折り紙の手法を活用して制作された多面体の骨格構造（スケルトン）を糊と水引きを用いて接続し、結晶構造の立体モデル（結晶の折り紙モデル）が1990年に結晶学の研究用として開発された。更に、三角形のユニット折り紙を活用して多数の炭素原子を含む複雑なフラーレン分子や、ユニット折り紙の色の配色を工夫してアミノ酸分子の鏡像体など、折り紙モデルの手法が分子構造の立体モデル（分子の折り紙モデル）へと拡張された。

その後、三角形のユニット折り紙を任意の形状に設計する方法が定式化され[1]、三角形のユニット折り紙を設計して任意の形状の多面体のスケルトンを制作する手法を科学折り紙と呼んでいる。ここでは、結晶や分子の折り紙モデルとともに、芸術的作品として制作された立体オブジェを含め、三角形のユニット折り紙を設計して立体構造物を制作する活動を総称して“科学折り紙”と呼ぶこととする。

本報告では、小学生から大学生までを対象として、これまでに報告者が実施してきた、講義や実験・実習授業、および、サイエンス・パートナーシップ・プロジェクト（SPP；科学技術振興機構主催）の連携講座や大学主催の公開講座の経験に基づき、科学折り紙を授業へ導入する際の、学習段階に応じた科学折り紙の利用法を提案する。なお、1回50分または90分の授業が最低3回連続して実施されることを前提としている。

学習段階に対応する科学折り紙教材

小学校3年生から大学生までを学習段階に応じて、初等教育中期（3・4年生）、初等教育後期（5・6年生）、中等教育前期（中学1・2・3年生と高校1年生）、中等教育後

期（高校2・3年生）、高等教育期（高専・短大の基礎教育と大学の学部教養教育）の5段階に分類して科学折り紙の活用法の議論を進める。なお、小学2年生以下、高等教育期の専門教育、および一般市民の成人教育における科学折り紙の活用法については、課外活動として導入することを検討中である。

初等教育前期の科学折り紙教材として、正四面体と正八面体のスケルトン（それぞれ、図1(a)と(b)）の制作実習を提案する。この学習段階の生徒は折り紙の色彩に強く興味を惹かれることが顕著であり、20色程度の折り紙を用意して、そこから数色の折り紙を選ばせることにより、積極的に授業に参加する姿勢が見られた。

初等教育後期の教材として、初心者向けにはダイヤモンド構造の折り紙モデル（図1(c)）、上級者向けには動く折り紙モデル（図1(d)）の制作を提案する。前者は正四面体のスケルトンを、後者は正八面体のスケルトンを糊と水引を用いて接続して制作される。

中等教育前期では、作品制作を個人活動とグループ活動の二通りで実施することが可能であり、特に、この学習段階の生徒は立体の形状に興味を示すことが顕著で、多数の多面体を接続して独創的な作品（図1(e)）を制作しようとする傾向が認められた。

中等教育後期と高等教育期の科学折り紙教材は、三角関数の学習が進むことによって任意の形状の三角形のユニットを設計することが可能となるため、制作者の創意工夫を最大限に表現することができる。多数の文献を参考にして制作する立体を選択し、試行錯誤を繰り返しながら目的とする構造に辿り着くことによって、立体構造に対するより深い理解が可能となり、個性豊かな作品（図1(f)）を制作することが期待できる。

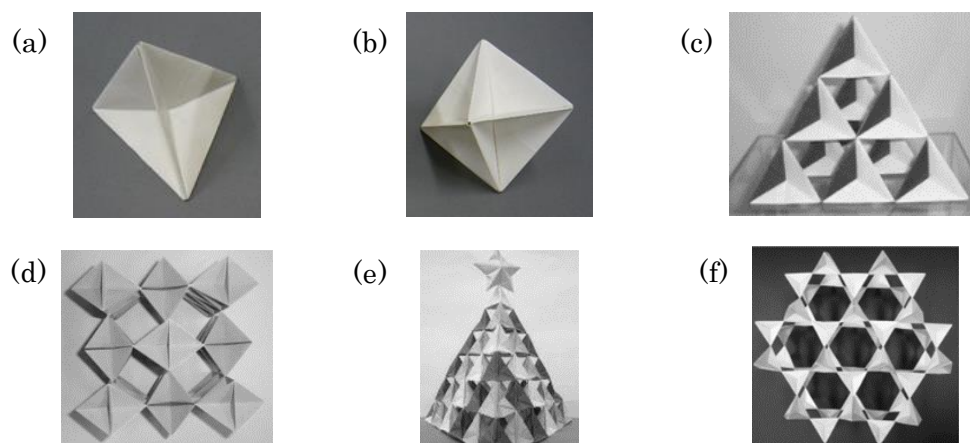


図1 科学折り紙作品：(a)正四面体のスケルトン、(b)正八面体のスケルトン、(c)ダイヤモンド構造、(d)ルチル構造（動く折り紙モデル）、(e)クリスマスツリー（グループ作品）、(f)氷の結晶構造（ I_h ）

おわりに

ほぼ全員の参加者が作品を制作し、たとえ、目的の作品を完成できなかったとしても、出来上がったモデルの作品名に意味を持たせることによって、失敗を失敗として終わらせないという姿勢が散見され、科学折り紙は失敗のない科学・理科教材であると言える。

謝辞

本研究は平成29年度科学研究費助成事業（基盤研究（C）；課題番号：17K01039）から助成金の交付を受けて実施されました。お礼申し上げます。

参考文献

- [1] S. Ishihara, “Science Origami, The Origami-model composed of Polyhedral Skeletons”, *Symmetry: Art and Science*, 2010/1-4, pp.100-103.

カブトムシの角と折りたたみ可能な三角柱

佐藤郁郎¹⁾, 中川宏²⁾, 山口康之³⁾, 秋山仁³⁾

宮城県立がんセンター¹⁾, 積み木インテリアギャラリー²⁾, 東京理科大学³⁾

宮城県名取市愛島塩手字野田山 47-1

sato-ik510@miyagi-pho.jp

collapsible and expansible structures consisted of tetrahedra

Ikuro SATO, Hiroshi NAKAGAWA, Yasuyuki YAMAGUCHI, Jin AKIYAMA

Miyagi Cancer Center, Natori, Miyagi, 980-1293, Japan

Abstract: In image display electronics, liquid crystal molecules transit between prismatic phase and helical phase alternatively. By molecular twist, structures consisted of tetrahedra expand and compress (extremely collapse). As a possible application of collapsible and expansible structures for space-engineering or growth mechanism of corner of beetles, some ideas are shown in this talk.

Keywords: collapsible and expansible structure, Sommerville prism, Boerdijk-Coxeter helix, Hill tetrahedron, space-engineering

【1】ミウラ折りと宇宙工学

宇宙構造物の設計者、三浦公亮先生は不思議な開閉をする折りたたみ式構造物を考え出された。その学術的名称は可展二重波形面 (DDC surface), 通称ミウラ折りであって、対称な4つの平行四辺形が結合したユニットの繰り返しからなる二重波形構造である。それはいたるところガウス曲率が0の展開可能面であって、折り紙でモデルを作ることができるのはそのためである。ミウラ折りは人工衛星の展開式太陽電池パネルなどに応用された。

また、薄い材料でできた円柱、たとえば、缶ビールの空き缶を立てておいて軸に沿って均等に力をかけるとダイヤモンドパターンが現れる。このパターンは吉村慶丸先生にちなんで吉村パターンと呼ばれている。製造時に吉村パターンを実現させることによって、強度を保ちながら材料を約30%も減らしたキラキラ光るチューハイ缶が市販されているからご存じの方も多かろう。実はこれももともと宇宙工学で考え出された頑丈な形であって、疑似円筒凹多面体 (PCCP) すなわちアンチプリズムを重ねた疑似円筒形で、そのガウス曲率もいたるところ0になっている。

【2】カブトムシの角の成長メカニズム

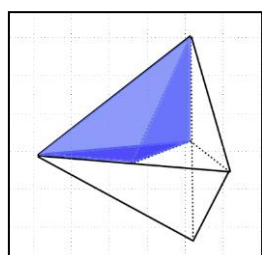
カブトムシの角はサナギになってから2時間たらずの短い時間で現れることから、幼虫の頭部に蛇腹状に折りたたまれた角原基があって、それが展開されるという成長モデルが想定されている。自然界にはこのような折りたたみ式構造の展開例は結構多いのではないかと推察されるが、蛇腹が物理的に展開されるための駆動力は素材自体の復元力だけに負っているのだろうか？ 以下に述べる三角柱の変身模型はカブトムシの角の成長メカニズムなど立体構造の形成原理について、その駆動力も含めうまく説明してくれる (希望)。

[1] 空間充填可能な四面体

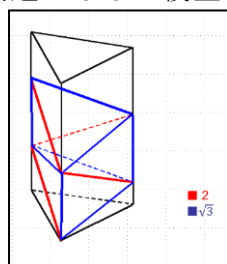
Sommerville の四面体は $A(0, 0, 0), B(2, 0, 0), C(1, 1, 1), D(1, 1, -1)$ を 4 頂点とし, 3 辺の長さ $[2, \sqrt{3}, \sqrt{3}]$ の合同な二等辺三角形 4 枚からなる等面四面体である. 一方, Hill の四面体は $A(0, 0, 0), B(1, 0, 0), C(1, 1, 0), D(1, 1, 1)$ を 4 頂点とする直角錐で, 前者の 4 等分体になっている (1). これらの四面体には自己複製的な空間充填性が備わっていて, 前者を積み上げると正三角柱 (2), 後者では正三角柱に加え直角二等辺三角形柱を作ることができる.

[2] 三角柱の変身

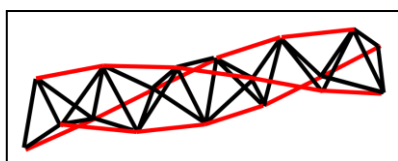
Sommerville 三角柱から側板を外した棒状の辺のみで構成されたスケルトンを考える. 長さ 2 の対向する 2 辺が $\sqrt{3}$ に短縮すると, 正四面体が面と面を接合して正三角形面よりなるねじれた柱に変形する. 円筒に内接するこの構造体は Boerdijk-Coxeter helix と呼ばれ, ねじれ角 $\arccos(-2/3)=131.8^\circ$ はこの非等長変換によってもたらされる (3). その際, 辺の長さの変化量とねじれ角の大きさの間には美しい変換式が成立するのであるが, 詳細は別の機会に譲りたい. それに対して, 長さ 2 の対辺が $\sqrt{6}$ に伸長すると三角柱は折りたたまれて, 平面に押しつぶされた図形へと退化する (4). Hill 三角柱では長さ $\sqrt{3}$ の最長辺が長さ 1 まで短縮すると, Sommerville 三角柱の場合と同様に体積が 0 の図形へと変身する. 以上のプロセスを逆向きにたどればカブトムシの角の成長モデルが得られるはずであるが, 実際の工作となると素材の厚みを無視することはできないし, 各辺の長さの可変量をどのような素材でもって実現させればよいのか, また, 辺の長さを連続的に変化させ頂点を同時に動かすためのカラクリも工作上的問題となる. 模型を作って鑑賞してみたい.



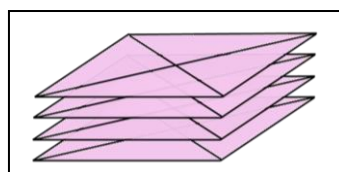
(1) Hill in Sommerville



(2) Sommerville prism



(3) contraction



(4) elongation

【3】参考文献

- [1] Goldberg M: Three infinite families of tetrahedral space-fillers, J. Combinatorial theory(A), 16(1974), 348-354
- [2] Hurley A.C.: Some helical structures generated by reflections, Aust. J. Phys, 38(1985), 299-310
- [3] Coxeter H. S.M.: The simplicial helix and the equation $\tanh \theta = n \tan \theta$, Canad. Math. Bull. 28(1985), 385-393

ホモメトリック構造－3

松本 崧生

金沢大学名誉教授、自宅：金沢市土清水 2－7 7

matsumoto.ty@gmail.com

Homometric structures -3

Special case: $n = \text{even}, r = n/2$

Takeo MATSUMOTO

Emeritus Professor Kanazawa University、

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

Abstract: In Nagasaki(2017.12.5-7.), and Sendai(2018.6.22-24.) symposium, several items on homometric structures have been presented. The writer reexamined “Quartet” structure ($n=16, r=7, n-r=9$), and “vector sets” in Sendai. This time, one homometric quadruplet among three, from the cyclotomic sets: $n=16, r=8=(n-r)/2$. is reexamined, even though old, classical problem.

Keywords: homometric structures; cyclotomic sets; tautoeikonic sets; vector sets; homometric quadruplets

1. ホモメトリック構造につき、長崎、仙台と発表してきたが、今回は分割個数 n が偶数で、存在点 $r = n/2 = (n-r)/2$ の場合につき、考察する。この特殊条件のもとで、大事な性質が現れる。 r の取り方が最小であり、 $n/2=r$ が偶数のものが興味深い。(A.L.Patterson,1944)。これらは、古く、古典的問題ではあるが、回折対称上昇問題と関連して、再検討中である。
2. 一次元の周期配列を、円周上の点配列で表現、Circular representation は、Patterson (1944), Buerger(1977.,1978), Chung Chieh(1979) 等の研究がある。長崎 (2017.12.) , 仙台(2018.6.)のシンポジウム予稿論文集をも、参考にして下さい。
3. 仙台の会合では、重要な四重組、Quartet ($n=16, r=7, (n-r)=9$)の 1 例につき、検討した。1 個の黒白配列 Q につき、complement(黒白交換) Q' と、これらの enantiomorphic な $E(Q), E(Q')$ 4 組の相互関係が”Quartet”である。 $Q, E(Q)$ とそれらの vector set は点対称配列となる。また $Q', E(Q')$ の vector set は、黒点、白点共に同じとなり、対称心配列である。この概念は、homometric pairs, triplets, quadruplets を考察するとき有益となる。
4. 4 重ホモメトリック構造 3 タイプ中の 1 組、type-I につき長崎で発表したが、再び考察する。Patterson(1944) が一次元の周期構造を円周上の点配列 (黒点 8 個、白点 8 個で表現したものである(cyclotomic sets)。3 タイプとも、 $\{n=16, r=8, (n-r)=8\}$ で、 $\alpha, \beta, \gamma, \delta$ の 4 種の黒点、白点配列と構造をもつ。今回、type-II を Fig.1.に示す。また、type-II- α の四重組を Fig.2 に示す。Vector set は会場でのお楽しみに。これらは、回折対称上昇問題と、深く関連する。

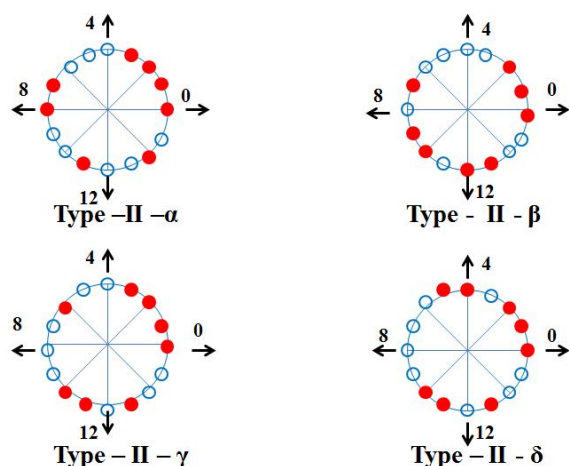


Fig.1: Homometric quadruplet from cyclotomic sets, $n=16$, $r=8$.
四重ホモメトリック構造。(3タイプ中の1)

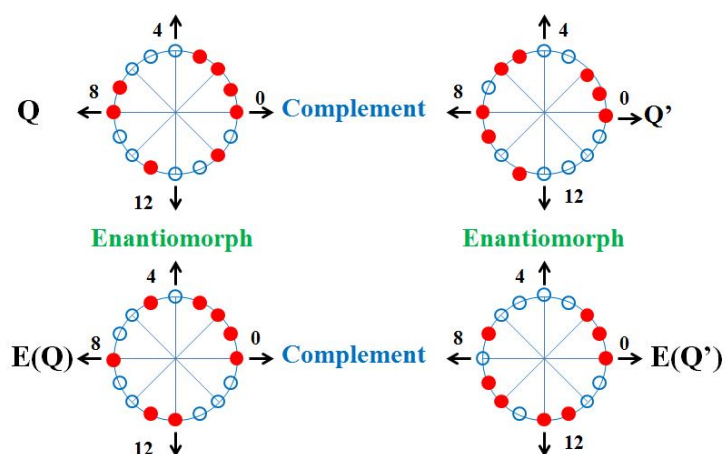


Fig.2: Type-II- α の Quartet, 四重組。 $n=16$, $r=8$

参考文献

- [1] A.L.Patterson(1944): Ambiguities in the X-ray Analysis of Crystal structures. Physical Review, 65,6,195-201.
- [2] Martin J.Buerger(1977,1978): Exploration of cyclotomic point sets for tautoeikonic complementary pairs. Zeitschrift fur Kristallographie, Bd.145,371-411.
: Proofs and generalizations of Patterson's theorems on homometric complementary sets. Zeitschrift.Kristallogr.143,79-98.(1976)
Interpoint distances in cyclotomic sets. Canadian Mineralogist.(1978)16.301-314.
- [3] Chung Chieh (1979) Analysis of cyclotomic sets. Zeit.Kristallogr.150,261-277.
- [4] 松本崧生: ホモメトリック構造、第 84 回形の科学シンポジウム講演予稿集、p.13-14、2017 年 12 月、長崎大学
- [5] 松本崧生: ホモメトリック構造ー 2、第 85 回形の科学シンポジウム講演予稿集、p.43-44、2018 年 6 月、東北大学

Voronoi ランダム充填と Delaunay ランダム充填

種村 正美

tanemura@ism.ac.jp

統計数理研究所・名誉教授, 〒190-8562 東京都立川市緑町 10-3

Voronoi Random Packing and Delaunay Random Packing

Masaharu Tanemura

Prof. Emer. The Institute of Statistical Mathematics,
10-3 Midori-cho, Tachikawa, Tokyo 190-8562, Japan

概要

We present new classes of random sequential packing, called an "Voronoi random packing" and "Delaunay random packing, where the former was proposed by the author as "areal random packing" several years ago. In this paper, an exact algorithm of one-dimensional Voronoi random packing and a flavor of the new Delaunay random packing are given.

Keywords

Car Parking Problem, Random Complete Packing, Voronoi-Delaunay Cell Division

1 はじめに

第78回形の科学シンポジウムで著者は「面積ランダム充填」と称する新しいランダム充填を提示し、その後1-D (1次元空間), 2-D および 3-D の計算機シミュレーション結果を示してきた [2], [3]. 一方、従来から存在するランダム逐次充填問題として「ランダム駐車問題」があり、1-D では密度の厳密解が知られている [1]. 1-D の「面積ランダム充填」は Voronoi 線分の長さに制約をつける充填であったのに対し、「ランダム駐車問題」は隣接粒子間の距離, すなわち Delaunay 線分の長さに制約を課す充填と解釈できる. そのように考えると「面積ランダム充填」は「Voronoi ランダム充填」と改称するのが自然であり, その一方で 2-D の「ランダム駐車問題」として新しく Delaunay 三角形の面積に制約を課すランダム充填が考えられる. 本講演では前回発表の課題であった 1-D の Voronoi ランダム完全充填のアルゴリズムを提示するとともに 2-D の「Delaunay ランダム充填」の計算アルゴリズムと一例を示す.

2 1-D Voronoi ランダム完全充填のアルゴリズム概要

充填される区間を L とし, N を区間 L にランダム充填される点の個数とする. 区間 L は配置された N 個の点で Voronoi 分割され, 各 Voronoi 線分の長さは臨界値 a_c より大きいものとする. さて, ランダム完全充填はそれ以上は入る余地のない状態であり, 粒子 x_i の Voronoi 線分の長さを $|V(x_i)|$ で表すとき, 1) $|V(x_i)| > 2a_c$ の場合と, 2) 隣接粒子 x_i, x_j に対して $|V(x_i)| + |V(x_j)| > 3a_c$ の場合とにおいて新しい点 x が満たすべき不等式が作成でき, 有限個のそれらの不等式を探索することで完全充填が実現できる.

3 2-D の Delaunay ランダム充填アルゴリズム

われわれのランダム充填は次のアルゴリズムで生成される：

1. $N \leftarrow N_0$ として, N 個の点を 領域 $A = L \times L$ の中で一様ランダムに生成する.
2. 点配置の Delaunay 分割を計算する. もしもどれかの Delaunay 三角形 (Delaunay Triangle $\equiv$ DT) の面積が s_c より小さければ Step 1 に行き, さもなければ Step 3 に行く.
3. テスト粒子 $\mathbf{x}_t$ を A の中で生成し, 点 $\mathbf{x}_t$ につながる DT を計算する. もしもそれらの面積がどれも s_c より小さくなければ Step 4 に行く ; さもなければ Step 3 に行く.
4. $N \leftarrow N + 1$. もしも指定された **Stopping Rule** が満たされれば **Stop**, さもなければ Step 3 に行く.

ここで, 簡便な **Stopping Rule** はテスト粒子の総数 n_t をあらかじめ与えることである ; n_t を大きくすれば最終的な N は一般に大きくなるが, 無駄な計算時間を省くためには適切な n_t の値の設定が肝要である. 図 1 に Delaunay ランダム充填の一例を与えた ($A = 10 \times 10$; $L = 10$; $s_c = 0.5$).

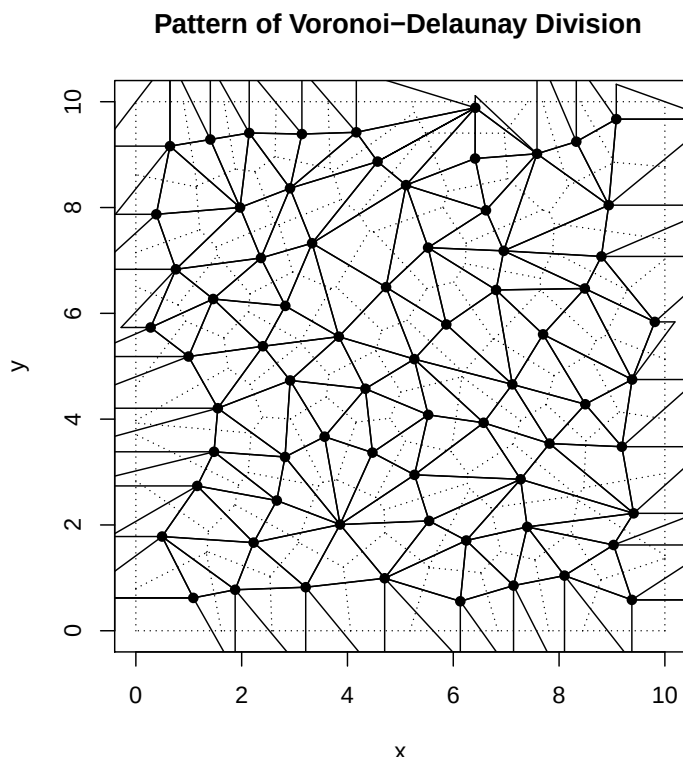


図 1: Delaunay ランダム充填の一例 ($L = 10$, $s_c = 0.5$; $n_t = 50000$, $N = 70$).

参考文献

- [1] Rényi, A. (1958). On a one-dimensional problem concerning random space filling. *Publ. Math. Inst. Hung. Acad. Sci.*, **2**, 203–218.
- [2] 種村 正美 (2014). 面積ランダム充填 — 新しいランダム逐次充填問題の提起 —. 形の科学会誌, **29**, 162–163.
- [3] 種村 正美 (2015). 面積ランダム充填 (II) — 2次元モデルからの拡張 —. 形の科学会誌, **30**, 175–176.

不変曲線の崩壊

山口喜博 (元帝京平成大学)¹

Destruction of the invariant curves

Yoshihiro Yamaguchi

Abstract. The breakup of the invariant curve for the standard map T defined in cylinder is studied. In 1979, J. M. Greene proposed the criterion to determine the critical value $a_c(\omega)$ at which the invariant curve Γ_ω is disintegrated. This is named Greene's criterion. The justification of Greene's criterion was done under the condition that the set of quasi-periodic orbits is uniformly hyperbolic. The proofs already carried out are not complete as far as there exists the condition mentioned above. Using the geometric method, we justify Greene's criterion.

Key words. Standard map, Invariant curve, Quasi-periodic orbit, Greene's criterion

円筒面 ($0 \leq x < 2\pi, -\infty < y < \infty$) で定義された二次元面積保存写像を考える。パラメータが小さく系が可積分系に近い場合、準周期軌道で構成された不変曲線が存在する。パラメータを大きくして系が可積分系から離れるにつれて不変曲線が順次崩壊することが知られている。不変曲線の存在は軌道点の閉じ込めに寄与している。特に不変曲線の崩壊現象を調べる場合、不変曲線が崩壊する臨界値の判定法が問題になる。グリーン [1] によって提唱された臨界値の判定法は計算しやすいため多くの研究者が利用している。

グリーンの判定法の証明にはくりこみ群による方法がある [2]。しかし、くりこみ群の手法が使えるためにはカントール構造の準周期軌道集合が一様双曲性をもつという条件が必要である。また、ファルコリニー とデラ・ラーブ [3] の証明に関しても同様である。そのため、彼らの論文のタイトルは「グリーンの判定法の厳密であるが部分的な正当化」となっている。筆者は、一様双曲性という条件がある限りグリーンの判定法の正当性は証明されていないと考えている。

二次元面積保存写像として円筒面上で定義された標準写像 T を用いる。

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

ここで、 $a \geq 0, 0 \leq x < 2\pi, -\infty < y < \infty$ 。

ここで円筒面を一周する不変曲線について説明する。不変曲線 Γ は円筒面 $0 \leq x < 2\pi$ で $y = F(x)$ とかける。関数 $F(x)$ は x に関して一価関数である。つまり不変曲線は円に同相なグラフである。不変曲線上の点を s とする。この像 Ts も Γ 上にある。これが不変性の定義である。

これからの議論で必要となる主軸性の概念について紹介する。標準写像において、 $a > 0$ ではポアンカレ・バーコフの定理で保証される円筒面を回転する回転数 p/q の周期軌道が存在する。回転数 p/q は既約分数である。この周期軌道はバーコフの順序保存性を持つ [4]。円筒面を回転する周期軌道には二つの周期軌道が存在し、それらを p/q -BE と p/q -BS と書く。B でバーコフの順序保存性を表現している。E は楕円型 (Elliptic) を意味し、S はサドル型 (Saddle) を意味する。ただし、固有値が (± 1) の場合も、反転を伴うサドル型周期軌道も p/q -BE に含める。

グリーンは数値計算で得られた結果をもとに、「 p/q -BE は対称線 $x = \pi$ に軌道点をひとつ持つ」という仮説をおいた。対称線 $x = \pi$ は主軸と呼ばれ、この仮説は主軸仮説と呼ばれるようになった。後に主軸仮説が正しいことはマツカイとミースによって証明された [5]。

¹連絡先：〒 290-0073 千葉県市原市国分寺台中央 2-4-14, メール：chaosfractal@iCloud.com

黄金数を $\phi = (\sqrt{5} + 1)/2$ と書く [6]. グリーンは回転数 $\omega_G = 1/\phi = 0.618033\cdots$ を持つ準周期的運動が構成する不変曲線 Γ_{ω_G} の安定性を調べた. 回転数 $1 - \omega_G = 1/\phi^2 = 0.381966\cdots$ の不変曲線 $\Gamma_{1-\omega_G}$ も不変曲線 Γ_{ω_G} と同様の性質を持つ. これらは最後の不変曲線と呼ばれている.

次にグリーンの行なったことを簡単に紹介する. 回転数 ω_G に集積する回転数の列 $\{p_n/q_n\} = \{1/1, 1/2, 2/3, 3/5, 5/8, 8/13, \cdots\}$ を用意する. $p_0/q_0 = 1/1$, $p_1/q_1 = 1/2$ として, $n \geq 1$ において $p_{n+1} = p_n + p_{n-1}$ と $q_{n+1} = q_n + q_{n-1}$ が成り立つ.

グリーンは, p_n/q_n -BE が周期倍分岐を起こす臨界値 $a_c(p_n/q_n)$ を数値計算で求め, 臨界値が集積する値 $a_c(\omega_G)$ を不変曲線が崩壊する臨界値とした.

$$a_c(\omega_G) = \lim_{n \rightarrow \infty} a_c(p_n/q_n). \quad (2)$$

臨界値として $a_c(\omega_G) = 0.97163540631$ が得られた.

図1ではいくつかの初期点から出発した軌道点を描いた. 図1(a) は最後の不変曲線が崩壊する直前の様子を表す. 軌道点は上部にある $\Gamma_{1-\omega_G}$ と下部にある Γ_{ω_G-1} がバリアーとなって上部にも下部にも抜けることができない. 図1(b) は崩壊した後の様子を表す. 最後の不変曲線が崩壊すると軌道点は上部にも下部にも抜けられる.

不変曲線が満たす対合不変性と, 不変曲線に漸近する p_n/q_n -BE の軌道点の性質を利用した幾何学的手法で, グリーンの判定法の正当性を証明することが本報告の目的である.

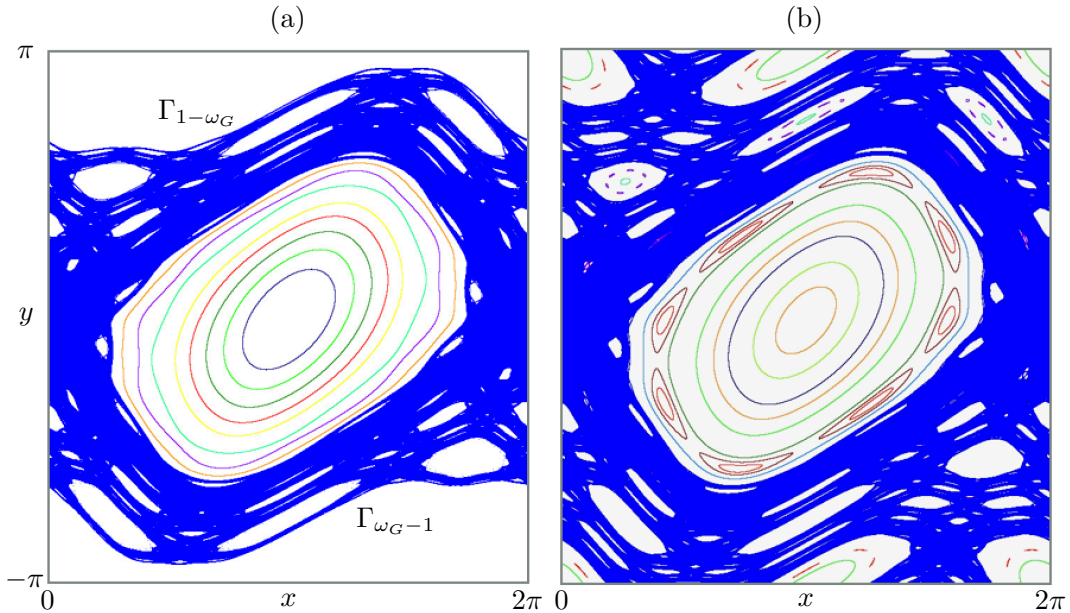


図 1: (a) $a = 0.9716$. 不変曲線 $\Gamma_{1-\omega_G}$ と Γ_{ω_G-1} が存在. (b) $a = 1$. カオスの海.

- [1] Greene, J. M., A method for determining a stochastic transition. J. Math. Phys. 20 (1979), 1183-1201.
- [2] MacKay, R. S., Greene's residue criterion, Nonlinearity, 5 (1992), 161-187.
- [3] Falcolini, C. and De La Llave, R., A rigorous partial justification of Greene's criterion, J. Stat. Phys. 67 (1992), 609-643.
- [4] 山口喜博, 谷川清隆, 馬蹄への道 (共立出版, 2016).
- [5] MacKay, R. S. and Meiss, J. D., Linear stability of periodic orbits in Lagrangian systems. Phys. Lett. A, 98 (1983), 92-94.
- [6] 根岸利一郎, ひまわりの黄金比 (日本評論社, 2016).

セント・ヘレナ島黎明期

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

The Island of St Helena: Dawn of Its History

Takeshi Sugimoto

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

Abstract: The island of St Helena was discovered by the Portuguese on 21 May 1502. The Portuguese first kept its whereabouts secret. Several events act as triggers of revealing the facts about St Helena: Magellan's circumnavigation of the Earth (1519-22); the Tensho Embassy from Japan (1584-6 in Europe); Thomas Cavendish's circumnavigation of the Earth (1584-8); Jan Huygen van Linschoten's Itinerario (1596). Portuguese monopoly in Asia came to an end.

Keywords: Cartography, location, plan view, revelation of the secret

1. いとぐち

1502年5月21日 Carreira da India (インド航路)の復路で、ジョアン・ダ・ノヴァは水と緑の豊富な無人島を発見した。この日がコンスタンティヌス大帝の母たる聖ヘレナの祭日だと信じたノヴァはこの島を S Elena (St Helena)と名付けた。実はこの日はコンスタンティヌスの祭日で、聖ヘレナの日は8月18日だったのだが・・・両者が混同されることは度々だったという。この島の発見が正史に書き留められるのは16世紀半ばである。

香辛料が採れない島に入植などしない・・・でも「復路に一息つける島」の情報は大切だ。海図そのものが国家機密の時代なのだから、島の位置は秘匿されたと考えて良い。

2. 位置の時代

・ c 1507 年 : Codex (Valentim Fernandez)・・・この地図作者の手書ノートでは、セント・ヘレナが大西洋のアセンション島より南にあることが暗示される。ほかの島には平面図を描きながら、フェルナデスのノートにあるのは図1のとおり幾何学的形である。書かれた文字は「Ilha de Sint (改行) Elena」である。何の符牒か、これ以降イベリアの地図作者たちは、地図のセント・ヘレナの位置にこの記号を描く。

・ 1508 年 : Die reyse van Lissebonne, etc. (Jan van Doesborch)・・・このフランダース人はポルトガルの遠征について行った体験を綴った冊子をアントワープで250部自費出版した。「1506年7月21日に島影を見た」だけ。フランダース語で書かれているので、他所では読まれまい。

・ 1510 年 : Chart of Carreira da India (Jorge Reinel?)・・・東インド会社司令部の壁に貼ってあったと考えられている大きな地図；島の位置には図1の記号と名前とがある。

・ 1519 年 : Miller Atlas (Lopo Homem)・・・ブラジル東岸と大西洋の地図に、図1の記号にポルトガルの旗が立ち、脇には S Elena。

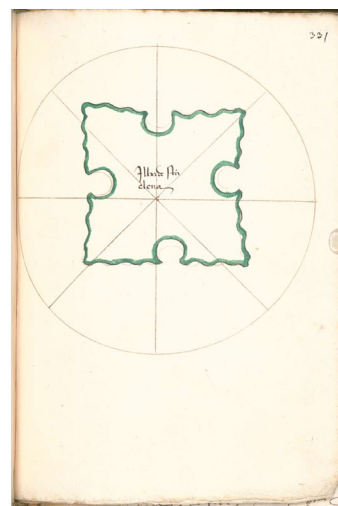


図1. 秘密の島の記号

- ・このころまでに島には木造のチャペルが建つ。船を一艘解体して作ったという。
- ・世捨人フェルナンド・ロペスは 1515 年から死ぬ 1545 年まで一人きりで島で暮らした。
- ・1544 年 : Atlas (Battista Agnese)・・・アニーゼ図法の世界図にはマゼランの世界一周航路(1519-22)が描き込まれている。大西洋の地図には角の取れた△の島影と S, Elana がある。周航記(1525)はヴェネツィア人の作だ。イベリアの国家機密は漏れ始めた。
- ・1564 年 : Typus Orbis Terrarum (Abraham Ortelius)・・・クロワッサンの形の脇に S^t Helena・・・無残な姿の Iapan もある。これを改良した 1570 年版が好評を博す。
- ・1569 年 : Atlas (Gerard Mercator)・・・メルカトル図法登場・・・S, Elena とあるがその位置に大きな詞書があつて島影は見えない。Iapan はオルテリウスと同じ無残な姿。

3. 1580 年代のケミストリー

- ・1586 年 : 天正遣欧使節・・・使節の欧州滞在は 1584 - 86 年で、欧州のカソリック国家に一大センセーションを巻き起こす。数百の記録がこの年を皮切りに印刷公表される。日本とはどんなところかだけでなく、セント・ヘレナで一息ついたことが書かれている。
- ・1589 年 : Principal Navigation,...English Nation (Hakluyt)・・・Thomas Cavendish の 1586-8 世界周航記:第 2 版(1600)に、セント・ヘレナではしゃぎまわる様子が描かれる。
- ・1595 年 : Reys-Gheschrift (Jan Huygen van Linschoten)・・・1589 年にインドを発つて故国ネダランドに向かったエスピオナージュは、初めにイベリアの航海記録集を、続いて東方案内記を著し、ポルトガル人たちのやっていることを白日の下に曝らした。諸言語に次々翻訳され、ポルトガルのアジア独占は終焉を迎える。

4. 形の時代

- ・1596 年 : Itinerario (Jan Huygen van Linschoten)・・・案内記に描かれるセント・ヘレナの特徴は鳥瞰図である。これはオランダ地図界の十八番になる。「南東岸→北岸→西岸」移動しながらの記述は動画を見ているようだ。それなのに大西洋の地図には図 1 の記号！
- ・1598 年 : Historie van Indien (Willem Lodewijcksz)・・・第一回オランダ東インド会社アジア遠征記・・・復路に寄ったセント・ヘレナのところにはほぼ正確な平面図が初出！
- ・1598 年 : Caert Thresoor (Barent Langenes)・・・オルテリウスの遺志を継ぐ世界紹介のポケット地図帳・・・日本とサンチアゴ号の遭難とセント・ヘレナの平面図と何でも揃い、読者は美文に酔いしれ異国を夢想する。嗚呼この平面図、地名の配置がテンで出鱈目。
- ・1598 年 : Africae(Jodocus Hondius)形はいびつだが正しい平面図。
- ・1604 年 : Tratado das Batalhas (Amaral)・・・セント・ヘレナの地名情報は正確だが、方位が東に 45 度ずれている。第 2 次セント・ヘレナ島沖海戦紹介冊子の付図だ。
- ・1675 年 : A New Mapp of the Island of Saint Hellena (John Seller)・・・初の英国製地図(平面図)で 1572 - 3 年のオランダとの島の争奪戦を描き込む・・・1677 年 3 月に島に上陸する Edmond Halley が持って行った地図だ。

5. むすび

大西洋の孤島がポルトガル人に発見されて、島の存在が世界の同時代人に知れ渡るようになるには、きっかけが要る。マゼランの周航記・・・1580 年代のケミストリー(天正遣欧使節/海賊キャベンディッシュ/リンスホーテン)・・・などなど。

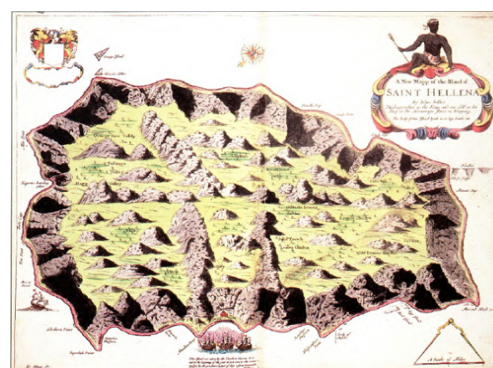


図 2. 初の英国製島の地図

ジュラ・白亜系境界の GSSP と放散虫の系統進化

イタリア中部の Bosso Valley section における検討

松岡 篤¹・LI Xin²・CHIARI Marco³・BERTINELLI Angela⁴

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

GSSP for the Jurassic-Cretaceous boundary and phylogeny of radiolarians - Data from the Bosso Valley section, central Italy

Atsushi MATSUOKA¹, Xin LI², Marco CHIARI³, Angela BERTINELLI⁴

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

² Nanjing Institute of Geology and Palaeontology, CAS, Nanjing, 210008, China

³ C.N.R., Istituto di Geoscienze e Georisorse, Firenze, 50121, Italy

⁴ Università degli Studi di Perugia, Via A. Pascoli, Perugia, 06123, Italy

Abstract: The Bosso Valley section, central Italy, is famous for one of potential candidates for Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP) of the Jurassic-Cretaceous Boundary (JKB). Calcareous microfossil (Calpionellids) stratigraphy and magnetostratigraphy have been studied sufficiently in the section. The evolutionary phylogeny of radiolarians is expected to produce an additional base for considering the GSSP of the JKB. Occurrences and preservation state of radiolarian fossils in the Bosso Valley section are reported.

Keywords: Jurassic, Cretaceous, Global Boundary Stratotype Section and Point (GSSP), radiolaria, phylogeny, Bosso Valley section, central Italy

はじめに

ジュラ・白亜系境界 (JKB) は、カンブリア系より上位の地質系統の中で、GSSP (国際境界模式層断面と断面上のポイント) の確定がなされていない最後に残された系の境界である。JKB の GSSP が確定されない背景には、ジュラ紀末から白亜紀初頭にかけて、生物群の劇的な入れ替わりが検出されてこなかったという経緯がある。ヨーロッパの浅海域では、最も重要な示準化石であるアンモナイトは JKB でほとんど形態変化を示さない。また、付随して産出する年代指標性の高い石灰質微化石 (石灰質ナノプランクトン、カルピオネラ) の形態変化もさほど大きくはない。一方、海洋プランクトンの放散虫に着目すると様相は一変する。JKB 付近は、放散虫の進化史全般からみると最も多様性が高い年代範囲にあたり、多彩な放散虫群に種分化が起こっている。放散虫が GSSP の設定に大きく寄与できる潜在能力をもつことを示すために、各地の JKB 付近における放散虫の系統進化を検討している。GSSP の有力候補と目されているイタリア中部の Bosso Valley セクション (図 1) での検討例について報告する。

JKB 付近の放散虫の系統進化

これまでに蓄積されてきた世界各地の放散虫研究を総合すると、JKB 付近に生層序基準面が認定される可能性をもつ属としては、*Alievium*, *Archaeodictyomitra*, *Cinguloturris*, *Complexapora*, *Crococapsa*, *Doliocapsa*, *Emiluvia*, *Eucyrtidiellum*, *Hemicryptocapsa*, *Hsum*, *Loopus*, *Mirifusus*, *Mesovallupus*, *Neorelumbra*, *Pantanellium*, *Protovallupus*, *Protunuma*, *Pseudodictyomitra*, *Ristola*, *Spinocapsa*, *Tethysetta*, *Thanarla*, *Vallupus*, *Xitus*, *Zhamoidellum* などがあげられる。これらのうち、JKB の設定との関連では、*Loopus*–*Pseudodictyomitra* および *Protovallupus*–*Mesovallupus*–*Vallupus* の進化系列が特に有望である。

Bosso Valley セクションと放散虫化石

本セクションは車道沿いに良好に露出し(図1)、白色ミクライト質石灰岩に灰色のチャートの薄層が挟まれるという岩相的な特徴をもつ Maiolica 層からなる。本セクションにおける岩相層序、石灰質微化石(カルピオネラ)層序、古地磁気層序はすでに公表されている[1]。このセクションの JKB とされる層準を中心に高密度の試料採取を行い、放散虫の検出を試みている。これまでの検討の結果、保存の良い放散虫化石はチャートに隣接する石灰岩に多く含まれていることが判明した。保存良好の試料には 30 以上の放散虫種が含まれる。放散虫の同定は進行中であるが、*Pseudodictyomitra* 属の産出を確認している。

おわりに

Bosso Valley セクションは、放散虫化石の産出状況からみても GSSP の有力候補といえる。放散虫は海洋生物の中では最も広範囲の堆積岩から産出することから、地層の年代対比に威力を発揮すると期待される。

文献

[1] Housa, V. et al. (2004) *Cretaceous Research*, 25, 771–785.



図1. Bosso Valley セクションにおけるジュラ・白亜系境界付近の地層

科学を普及するための小道具たち

根岸利一郎, 埼玉工大・先端研

negishi@sit.ac.jp

Props to Popularize Science

R. Negishi, Saitama Institute of Technology

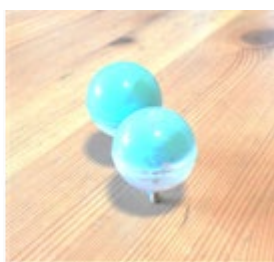
昨年5月から科学を普及するためにNPO法人(Web)立ち上げ, 活動を始めました。

なぜ今さら科学の普及でしょうか。それは生涯給与 5000 万円の差(理系白書)や大学関連の基礎研究費の漸減(指標)などの実態が動機です。

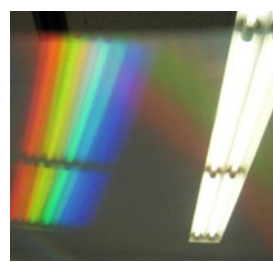
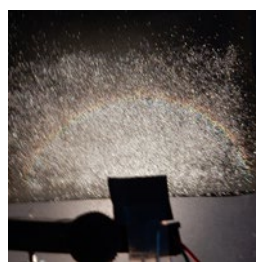
何から始めるかですが, 誰でも比較的簡単に理解できる科学(物理的・化学的・生物学的...)現象を直感的に理解するためのイメージ化や形化から始めることにしました。科学教室です。参加対象は9歳の壁を過ぎた小学4年生から社会人です。現象はできるだけ簡単に表現できる事物です。

例えばそれは,

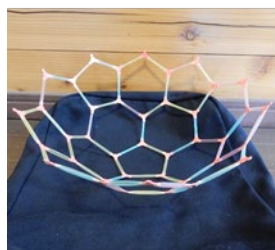
○倒れるコマと倒れないコマ



○ガラスビーズと回折格子による分光



○五角形の回りの六角形配置による球面



○鏡像とキラリティー



などです。

かたちにするためのイメージ化はどんな道か, 多くの科学教室を主宰しているみなさんを師にしています。まだ前方の形がよく見えていませんが, 当面の指針は「どうすべきか」はさておき「どうあるべきかのどこまで」(本川)です。これに藤田の言う『『恥ずかしがらず, 言いたいことを言いなさい』-----, あなたの主張の 50%が正しければ, 価値ある人生を送ったということです』(佐々木)が励みになります。

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

科学技術指標 2018 ; <http://www.nistep.go.jp/archives/37708>

佐々木健一 ; 「Mr.トルネード 藤田哲也 航空事故を激減させた気象学者」, 小学館 (2017)

毎日新聞科学環境部 ; 「理系白書」, 講談社文庫 (2008)

本川達雄 ; 「生物多様性」, 中公新書 (2015)

2019 年用の放散虫カレンダー

松岡 篤・大河内 春香

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

2019 Calendar of Radiolaria

Atsushi MATSUOKA and Haruka OHKOUCHI

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

Abstract: Calendars using images of radiolarian skeletons are expected to enhance a degree of social recognition of radiolarians. A radiolarian calendar for the year 2019 is produced and is available for sale at major museums in Japan. This activity is regarded as one of fruits of the 15th meeting of the International Association of Radiolarists held in October 2017 in Niigata, Japan.

Keywords: radiolaria, calendar, 2019, InterRad 15, social recognition, outreach

はじめに

カレンダーは長期間にわたり人目につく場所に貼られるため、対象物の社会認知度を高めるのに役立つと期待される。2019 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]、ミュージアムや書店などでも販売が行われた。

2019 年用の放散虫カレンダーは、白亜紀最前期放散虫の電子顕微鏡写真が絵柄として使用されている (図 1)。2019 年用も同社により作成され、国内の主要なミュージアムなどで販売されている。

放散虫カレンダーの作成は、InterRad 15 を契機に開始され、教育普及活動の一環として位置づけられる。

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 Report of Niigata University (Geology), no. 33, 41-56.

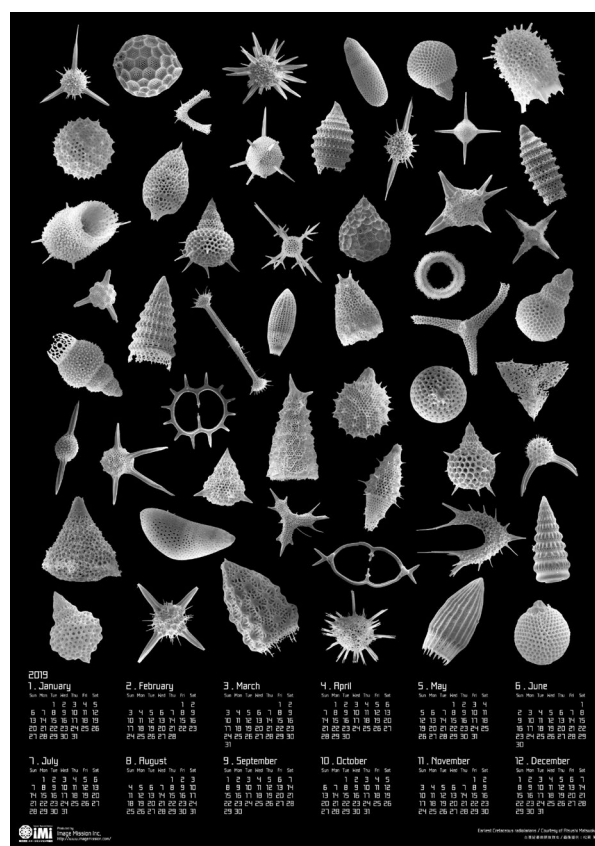


図 1 中生代白亜紀放散虫の電子顕微鏡写真を用いた 2019 年用カレンダー

数学曲面の模型

手嶋 吉法

千葉工業大学工学部機械サイエンス学科

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

Models of Mathematically Defined Curved Surfaces

Yoshinori Teshima

Chiba Institute of Technology, Faculty of Engineering,

2-17-1 Tsudanuma, Narashino-shi, Chiba 275-0016, JAPAN

これまでに我々が作製してきた数学曲面の模型をまとめて展示する。本稿でグラフィックスで示したのもの、展示会場では立体模型を陳列するので触っていただきたい。

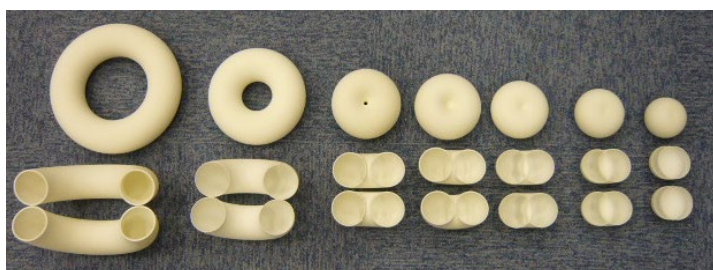


図 1. トーラス3種とその分割模型(ナイロン粉末積層造形)
左 3 つ: Ring Torus, 中: Horn Torus, 右 3 つ: Spindle Torus



図 2. Bohemian Dome

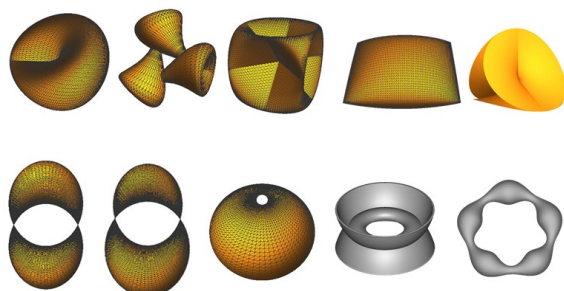


図 3. 様々な数学曲面

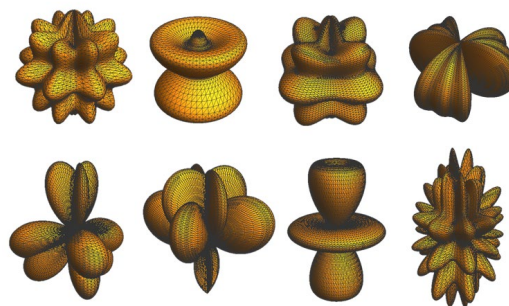


図 4. Spherical Harmonics



図 5. 円柱相貫体(アクリル)

参考文献

- [1] Teshima et al., Models of Mathematically Defined Curved Surfaces for Tactile Learning, Lecture Notes in Comput. Sci., 6180, (2010) pp.515-522.
- [2] 手嶋, 「空間を味わい、形を造る」, 数学文化 (Journal of Mathematical Culture), 14-1, (2010) pp.51-62.
- [3] 手嶋, 「立体の形と機能」, 数学セミナー, 662 号, 2016 年 12 月号, pp.8-14.

史上最年少プロ棋士藤井聡太のレーティング評価と問題点

高津和紀* 高田宗樹** 平田隆幸**

* 福井大学工学部知能システム工学科 〒910-8507 福井県福井市文京 3 丁目 9
- 1

** 福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻 〒910-8507 福井県福井市
文京 3 丁目 9-1
kazut5412@gmail.com

About Elo Rating of the Youngest Professional Shogi Player Souta Fujii

Kazuki TAKATSU*, Hiroki TAKADA** and Takayuki HIRATA**

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

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

Abstract: How to estimate the strength of professional shogi player have been discussed. Elo rating is a way to estimate the strength of shogi players. Souta Fujii is one of the most famous professional players. As Souta Fujii became a strong player in a short time, Elo rating has not been able to estimate Souta Fujii's rating accurately. The difficulty of evaluating the rapid growing young player by Elo rating was discussed.

Keywords: Board game, Elo rating, Shogi, Souta Fujii

1.はじめに

史上最年少の 14 歳 2 ケ月でプロ棋士になった藤井聡太は、多くの注目を集めた。さらに、デビュー戦から 29 連勝、朝日杯将棋オープン戦の優勝、31 年ぶりに最年少記録を更新する新人王戦で優勝など様々な大記録を打ち立てている。ここで、藤井はどれほど強いのかという疑問が発生する。すでに、将棋界で一番強いのではないかとさえ囁かれている。

将棋の強さ(棋力)は段位とレーティングで表される。段位は仕組みが単純で、分かりやすい指標である。しかし、段位は一度上がると下がることがないため、加齢や不調などの実力の低下に対応することができない。レーティングは、強さを測りたい対象を数値化して表す手法であり、将棋ではイロレーティングが使用されている。イロレーティングは対局の勝敗を使用してレーティングを更新していくため、実力の低下に対応することができる。一方で、1 回の対戦で移動するレーティングは対戦相手のレーティングに依存するため、短期間の実力の向上をレーティングとして正確に表すことができないという問題がある。このように段位とレーティングにはそれぞれ利点と欠点がある。

本研究では、史上最年少棋士でありデビュー以降実力を大きく伸ばしている藤井聡太の実力の向上を、イロレーティングから推定した。また、イロレーティングの問題点を藤井のイロレーティングを例に検証した。さらに、イロレーティングによる実力の推定の欠点を補う棋譜解析について議論した。

2. 藤井聡太の適正レーティングは？

藤井聡太が対戦した棋士に 29 連勝する確率をレーティングから議論してみよう。すると、レーティングが 2100 のときに 29 連勝する確率は 21.9%であった^[1]。よって、藤井の適正レーティングは 2100 程度であると推定できる。藤井が 29 連勝していたのは 2016 年 12 月 24 日から 2017 年 6 月 26 日までであるが、1 年以上経過した 2018 年 10 月 1 日時点での最高レーティングは 1837 であり、推定されるレーティングに届いていないことが確認できる。

3. 藤井聡太の棋譜の解析

藤井聡太のように急速に実力が上昇した場合、イロレーティングは、タイムラグのため、実力を適切に表せない可能性がある。そこで、勝敗から実力を評価するイロレーティングではなく、棋譜解析で棋力が推定できないかを考える。

藤井聡太の棋譜解析を行い平均悪手と一致率を調べた。ハードウェアは Core i7-7700CPU、クロック周波数 3.60 GHz、4 コア、8 スレッドマシンを、将棋ソフトは技巧、Bonanza を使用した。図 1、図 2 は技巧を使用した棋譜解析で得られた藤井の月別平均悪手と月別平均一致率である。図 1 から、2017 年度と 2018 年 9 月時点の平均悪手のピークが 9 月であることが分かる。このことから藤井が 9 月に調子を落とすことが推測できる。図 2 から、各年度の 9 月の一致率は他の月と比べて低いことが分かる。図 1、図 2 の各年度の 9 月の結果から、平均悪手が大きくなると一致率が低くなる傾向があることが分かる。また、月別平均一致率は季節や特定の月での傾向が見られなかった。このことから、棋譜解析を利用して棋力を推定するときに、一致率は棋力を判断する指標にすることが難しいことが分かる。

図 1: 藤井聡太の月別平均悪手 (技巧)

図 2: 藤井聡太の月別平均一致率 (技巧)

本研究で藤井聡太の棋譜を解析した結果、一致率は棋譜解析による棋力を推定する指標として適さず、悪手は棋力の推定に使用できることが分かった。しかし、悪手に重点を置いた棋力推定では、ある局面で最善手以外の手をあえて選択するなどの人間特有の指し手を評価できないという欠点がある。今後は、棋力の推定に利用できる悪手以外のパラメータを検討するとともに、人間特有の指し手を実力として評価する方法の提案をしていく。

参考

[1] 高津和紀, 高田宗樹, 平田隆幸: 将棋の最年少プロ棋士藤井聡太の強さを測る - レーティングによる評価と問題点 -, 福井大学大学院工学研究科研究報告第 67 巻, 1-9 (2018).

精細度が異なる映像が体平衡系に及ぼす影響に関する研究

山本将太¹, 高田宗樹^{1*}, 條野雄介¹, 高田真澄²

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

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

*takada@u-fukui.ac.jp

Effect of low/high-definition stereoscopic video clips on the equilibrium function

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

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

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

Abstract : In recent decade, there is an increase in the opportunity to view stereoscopic video clips. Although the case reports involved in the motion sickness have been obtained due to the stereoscopic viewing, the mechanism of the symptom has been unclear. Also, the way does not have been established to ease the severity of the motion sickness. The aim of this study is to investigate the effect of low/high-definition stereoscopic viewing on the equilibrium function. Eleven healthy young volunteers (mean $\pm$ standard deviation; 22.6 ± 1.0) participated in this study. Severity of the motion sickness is herein measured by the sway values such as the total locus length, the area of sway, the total locus length per unit area, and the sparse density.

Keywords: stereoscopic video clips, motion sickness, equilibrium function

1. はじめに

近年、立体映像はアミューズメント施設や映画館など多くの場所に取り入れられ、より迫力や臨場感のある映像を視聴できるようになった。しかし、立体映像視聴が身近になっていくのに伴い、頭痛、眩暈、吐き気などの映像酔いや眼疲労などの不快な症状が発生することも報告されている^[1]。映像酔いの原因には諸説あるが、解明には至っていない。よって更なる実証研究の蓄積は不可欠である。本研究では、精細度の違う映像が体平衡系にどのような影響を及ぼすのかについての検討を目的とし、実験を行った。映像酔いについての評価を行う方法の一つとして重心動揺検査が挙げられる。この方法は立体映像視聴時の映像による体平衡系

への影響を定量的に評価するのに有効である。本実験では重心動揺による検討を行っていく。

2. 実験方法

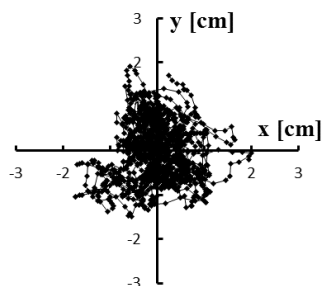
2.1 対象

被験者は21-24歳の健常な男性11名(平均 $\pm$ 標準偏差: 22.6 ± 1.0 歳)を対象とし、インフォームドコンセントを行い同意を得たうえで実施した。被験者の条件として、裸眼及びコンタクトレンズ装着で視力が0.8以上、かつ立体視可能な者とした。

2.2 方法

本研究では、HMD(GOOVIS G2)に解像度の異なる2種類の映像コンテンツを表示させ、映像

(a)



(b)

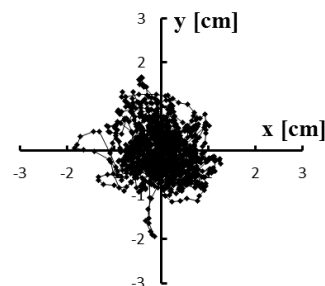


Fig. 1 1回目の計測における重心動揺図。(a)映像1、(b)映像2

視聴時の重心動揺を測定した。解像度が高い1080pの立体映像を映像1、解像度の低い360pの立体映像を映像2とした。映像コンテンツの立体映像は Sky Crystal(オリンパスメモリーワークス、東京)をもとに同社の許可を得て再構成したものを使用した。重心動揺検査には、Wii バランスボード(Nintendo、京都)を用い、立位ロンベルグ姿勢にて60秒間100Hzの記録を行った。このセットを5セット行った。

2.3 統計・解析

重心動揺図(Fig. 1)で得られた時系列データを総軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長、疎密度の項に分け算出し^{[2][3]}、コンテンツ毎にWilcoxonの符号付順位和検定を行った。

3. 実験結果

3.1. 映像間の比較

1回目、2回目、4回目、5回目の計測の解析結果から、映像1と映像2視聴時の総軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長、疎密度の値を比較して、統計的な差異は見られなかった。3回目の計測の解析結果から、単位面積軌跡長では有意傾向がみられたが、その他の解析指標では統計的な差異は見られなかった($p < 0.1$)。

3.2. 試行間の比較

映像1視聴時では、1回目と比較して3回目

以降の総軌跡長、外周面積、疎密度の値が有意に大きいことが示された($p < 0.05$)。

映像2視聴時では、1回目と比較して3回目以降の総軌跡長、外周面積、単位面積軌跡長、疎密度で統計的な差異がみられた。($p < 0.05$)。

4. 考察

映像間での比較ではあまり統計的な差異は見られなかった。このことから、精細度の違いに関わらず、映像酔いの起こりやすさは変わらない可能性があることが示唆された。また、試行間での比較では、映像1視聴時、映像2視聴時において3回目以降になると1回目と比較して統計的な差異がみられるようになった。このことから、試行を重ねるごとに疲れがでて動揺が大きくなったのではないかと考える。

5. 参考文献

- [1] International standard organization, "IWA3:2005 Image safety-Reducing determinism in a time series", Phys. Rev. Lett., Vol.70, pp.530-582, 1993.
- [2] 日本平衡神経科学会, 平衡機能検査の標準化検討委員会, 重心動揺検査の基準, Equilibrium Res 42, pp367-369
- [3] 高田宗樹, 北岡良之, 市川真澄, "幾何学的な指標の重心動揺検査への応用", Equilibrium Res Vol.59(5), pp.458,200

仮想現実感を利用した MCI 予防手法とその生体評価

平山洪介¹、田原博史²、伊藤菊男³、谷村亨¹、平田隆之¹、高田宗樹^{1*}

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

² 株式会社視空間工房 〒910-8507 東京都千代田区外神田 6-15-11

³ 株式会社ニューロスカイ 〒103-0014 東京都中央区日本橋蛸殻町 1-11-1

*takada@u-fukui.ac.jp

Evaluation of contents to prevent from the mild cognitive impairment by using virtual reality

Kosuke Hirayama¹, Hiroshi Tahara², Kikuo Ito³, Toru Tanimura¹,

Takayuki Hirata¹, Hiroki Takada¹,

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

² Vitual Space Studio Ltd. 6-15-11 Sotokanda, Chiyoda, Tokyo 910-8507, Japan

³ NeuroSky Ltd. 1-11-1 Nihonbashi-kakigara, Chuo, Tokyo 103-0014, Japan

Abstract: It is a big problem for an aging society to establish the preventive measures against dementia. Game-content with virtual reality has been developed to detect the mild cognitive impairment (MCI). We herein evaluate the Electroencephalogram (EEG) during conducting the game for sports vision training (SVT). As a result, cognitive activity might be enhanced by the SVT.

諸言

厚生労働省の報告では、2025 年には認知高齢者数が 700 万人を超え、約 5 人に 1 人が認知症に罹患すると推測されている。認知症の進行は介護の必要性を高めており、保健医療福祉分野において重要な課題となっている。現在、認知症を根治する治療法はないため、予防面での取り組みは重要である。

また、近年では軽度認知症 (Mild Cognitive Impairment: MCI) が注目されるようになっていく。MCI は、認知機能の一部に問題を抱えつつも日常生活には支障をきたさない状態であるため、発見や対応が遅くなることが懸念されている。軽度認知症の症状と関連するものに視機能の低下があげられる。米国にて、Alzheimer 病などの認知機能障害と視機能との関係について高齢者 625 人を対象に 8 年間以上追跡調査し、視力が良好な群では認知症を発症するリスクが 63% 低いことが明らかに

された^[1]。特に、視空間認知障害は Alzheimer 型認知症でよく認められる症状であり、認知障害と視機能の低下の関連が強く示唆されている。一方、視機能低下の抑制には、立体映像を利用したスポーツビジョントレーニングが有効であることを示している^[2]。そこで開発されたのが視空間脳体操 3D プログラムである。

脳波はその周波数帯域ごとに示す性質が異なっており、生体評価手法の一つとして用いることが可能である。また、脳波は加齢とともに、より鋭敏な値を示すようになる^[3]。

そこで本研究では、軽度認知症の予防手法として視機能低下の抑制を行うことによって有効性の有無を脳波の計測結果をもとに明らかにすることを目的とした。

方法

164 人の健常被験者 (平均 ± 標準偏差; 43.01 ± 18.78) を対象として、視空間脳体操 3D プログラム

を利用した作業中の脳波を簡易脳波計 Mind Wave Mobile(NeuroSky, 東京)にて計測した。得られた脳波については、高速フーリエ変換により周波数解析を行った。8つの帯域(δ , θ , low- α , high- α , low- β , high- β , low- γ , mid- γ)ごとにパワーの積分値を算出し、年齢層及び得点(正答率)層ごとに分け、基準とする40歳代および60点以下の階級におけるスペクトルパワーの平均値および標準偏差にて基準化した(スペクトルパワーの基準値)。各帯域のスペクトルパワーが増加して、帯域ごとに特徴づけられる脳活動が極端に増大する時間を統計学的に定義した(特徴時間の長さ)。各帯域におけるスペクトルパワーの基準値および特徴時間の長さについて、

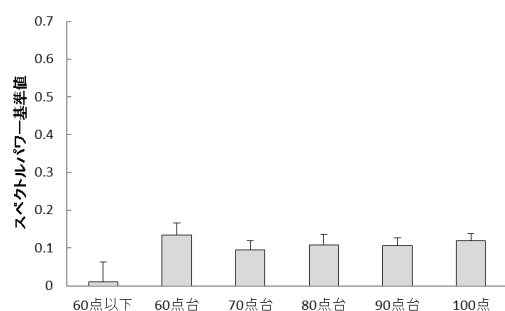


Fig. 1 θ 波のスペクトルパワーの基準値に関する得点層間比較

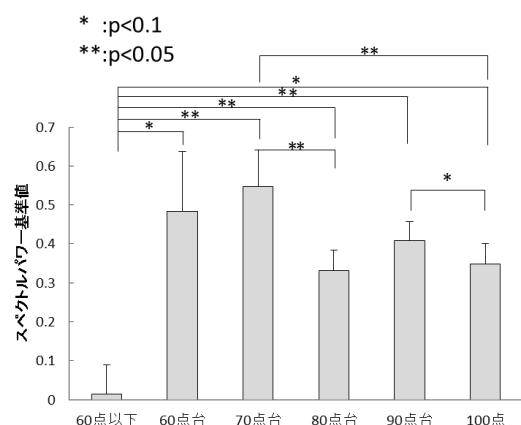


Fig. 2 δ 波のスペクトルパワーの基準値に関する得点層間比較

ノンパラメトリック検定により階級間で比較を行った。尚、有意水準を 0.05 とした。

結果および考察

階級間で比較を行った結果、認知能力に関わるとされる θ 波の帯域では、スペクトルパワーの基準値(Fig. 1)および特徴時間の長さについて有意差がみられなかった($p>0.05$)。このことから、仮想現実感を用いた視空間脳体操 3D プログラムを用いた作業時には、年齢層や得点層に関わらず、想起や認知を行っている可能性が示唆された。また、高得点層は 60 点以下の階級に比べて、 δ 波成分の統計量(中央値)が有意に大きいことから($p<0.05$)、想起・認知の過程で眼球運動が賦活化していると考えられる。60 点以下の階級を除いた比較においては、高得点層の方が眼球運動は抑えられており(Fig. 2)、少ない眼球運動で多くの情報を得ていると考えられる。

参考文献

- [1] Rogers M. A. M., Langa K. M., Untreated Poor Vision: A Contributing Factor to Late-Life Dementia, *Am J Epidemiol.*, 171(6), 728–735 (2010).
- [2] Sugiura, A., Miyao, M., Yamamoto, T., Takada, H. Effect of strategic accommodation training by wide stereoscopic movie presentation on myopic young people of visual acuity and asthenopia, *Displays*, 32(4), 219-224, (2011).
- [3] Kazuma Okamoto, Aging, concentration on a task and event related potentials, *The KITAKANTO Medical Journal*, 43(3), 237-244, (1993)

ダヴィンチと寺田寅彦—形の科学のキーパーソン

高木隆司

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

Da Vinci and Torahiko Terada – Key Persons for Science of Forms Ryuji Takaki

Abstract: Two key persons are introduced, Leonardo da Vinci and Torahiko Terada, as pioneers of the science of forms. First, the scope of the science of forms and the activities of Terada are explained, and a philosopher Titus Lucretius Carus of ancient Roma is introduced, whom both Terada and da Vinci were interested in. Next, personality of da Vinci as a scientist is pointed out, with examples of his activity, i.e. the free fall problem and the observation of vortices in turbulent flow. Then, what we can learn from these two persons is pointed out. Finally, a short report is given of the recent result in the narrative analysis by the present author.

Keywords: Da Vinci, Torahiko Terada, Lucretius, Science of Forms, Narrative Analysis

1. 導入

今年(2018)は、レオナルド・ダヴィンチの没後 500 年目にあたる。それを記念して、今年の 12 月 3 日に、早稲田大学の GRA(グローバルロボットアカデミア)、イタリアの聖アンナ大学院大学、およびイタリア大使館の共催で、Italy-Japan Workshop 2018 が開催される。筆者は、このワークショップで、形の科学会の紹介を含む講演を依頼されている。そこで、その講演内容を紹介し、本シンポジウムの参加者からご意見を伺いたいと思っている。これが、今回の講演の動機である。

ここでは、ダヴィンチの科学者としての側面、および寺田寅彦が彼に対応する科学者であることを述べる。どちらも、自然現象を熱心に観察し、さらに古代ローマの哲学者であるルクレティウスに興味をもっていた。彼らに焦点を当てることにより、形の科学の将来の発展のためのヒントが得られる可能性がある。以下では、形の科学を紹介する方法を簡潔に記し、寺田寅彦とルクレティウス、ダヴィンチの活動、およびそれから得られる教訓をのべる。

2. 形の科学の紹介

形の科学会の研究内容の紹介は、学会のホームページに掲載してある図、すなわち正四面体の頂点に「形の性質」「形の形成機構」「形の計測」「形の創造」を置いた図を示すのがよい。それから、学会の活動について述べ、「かたち」という言葉が、「型」(見かけの形状)と「ち」(生命力を暗示する言葉)の合成であること、および「かたち」は英語の「Symmetry」に対応することも有意義である。

3. 寺田寅彦とルクレティウス

寺田寅彦が、巨視的な物理現象の研究に興味をもつようになったきっかけは、その前のテーマであった微視的世界のブラッグ反射にかかわる出来事であった。ブラッグ反射とは、結晶面で散乱した X 線の干渉によって感光板に特有の斑点模様が生じるもので、寺田はその結果を英国の雑誌 *Nature* に投稿して掲載された。ところが、その 3 か月前にイギリスのブラッグ父子による同様の論文が掲載されていて、その功績でブラッグは 1915 年にノーベル賞を受賞した。しかし、当時の船便はヨーロッパに届くのに数か月かかっていたので、この現象の発見は寺田の方が早かった可能性が高い。

寺田は、これを契機として、西洋の後を追うのではなく、日本独自の研究をするべきことを主張し始めた。その成果は、彼の弟子である中谷宇吉郎(実験室内での雪の結晶成長)、藤原咲平(渦の研究)、平田森三(破壊現象の実験)、坪井忠二(地震学の推進)らによって実現していった。これらの研究が巨視的な形を対象にしていることから、形の科学の元祖は寺田寅彦であるといえることができる。

寺田は、古代ローマの哲学者ルクレティウス (BC1 世紀) に興味をもっていて、弟子たちに彼の著書「物の本質について」を読むよう勧めた[1]。筆者が学生るとき、平田先生の講義中に、ルクレティウスの書物を読むよう勧められたことを覚えている。ルクレティウスは、例えば「何ものも神的な力によって無から生まれることはない」など、現代の感覚に通じるような主張をしている。

3. 科学者としてのダヴィンチ

ダヴィンチが優れた科学者であったことを示す2つの仕事を述べよう、ひとつは、彼の「ウィンザー手稿」に含まれているスケッチで、落下する水によって生じる渦運動が描かれている(図1)。この図は、乱れた流れとはいろいろなサイズの渦の混合であることを示している。実は、このことは20世紀の半ばに、流体力学の分野で確認されたことである。このスケッチは、ダヴィンチがそのことに気づいていたことを暗示する。

他のひとつは、ガリレイによって発見された自由落下の法則、すなわち落下距離が時間の2乗に比例することを、すでにダヴィンチが見つけていたことである[2]。彼は、手稿の中で「等しい時間間隔で次々と球を落とすと、相互の距離は時間に比例して増加する」と主張した。これは、落下距離が時間に比例するというアリストテレスの説と同じと誤解されたが、文章を忠実に解釈すると、ガリレイの主張と一致するのである。図2は、一定の時間間隔で落とした4個の球の位置の変化を示す。時刻0と1で落とした2球の間隔は1, 3, 5と増加し、ダヴィンチの主張と一致するのである。

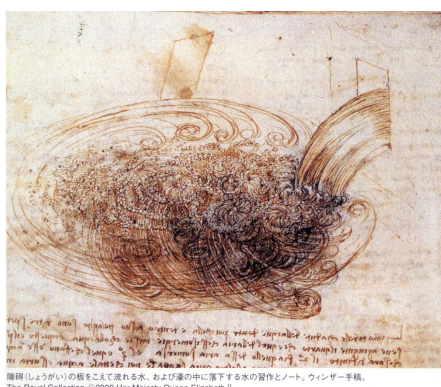


図1. 水流のスケッチ

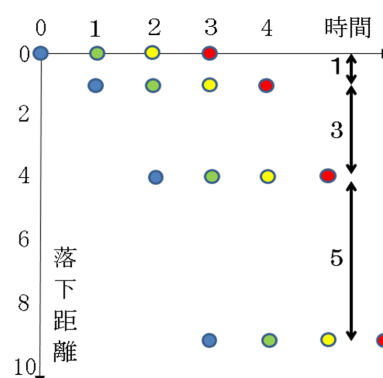


図2. 自由落下の法則を示す実験

4. 議論

ダヴィンチと寺田(および彼の弟子)の共通点は、固定観念や偏見なしで巨視的な自然現象を観察し解釈したこと、および自然観察で導いた法則を実験観察で確認したことである。なお、偏見なしで観察事実から判断するという態度は、2人ともルクレティウスから学んだことが想像される。この態度は、もちろん科学全般で重要である。

蛇足であるが、最後に筆者の最近の研究テーマについて触れておく。それは、人間がこれまでに見たことがないような新しいシステムを構築するには何が必要か、という問題である。筆者は、2008年の形の科学シンポジウムにおいて、Ted Goranson、Beth Cardierとの共著で行った講演で、昔から伝えられた物語にヒントを探ることが有効であることの可能性を示唆した[3]。

ところで、人工知能研究者の松田雄馬氏によれば、人間の知能を超える人工知能ができるとは考えづらいそうである[4]。確かに、「人間の知能を超える人工知能」という言葉は自己矛盾を含んでいる。しかし、昔から語り継がれてきた物語に含まれている人間の智慧の集積を借りることができたら、現代の人間の知能を超えられる可能性が期待される。そこで、イソップ物語と今昔物語の中の人間関係の展開を、筆者が定量的に調べたところ、良い結果に終わる珍しい物語では、他の場合と比べて登場人物間の相互作用が多いという結果を得た。筆者は、このようなテーマと研究方針の設定で、ダヴィンチや寺田から影響を受けているのではないかと感じている。

参考文献

- [1] ルクレティウス:「物の本質について」、樋口勝彦訳、岩波文庫、1961.
- [2] B. Ataley:「モナリザと数学」、高木隆司、佐柳信夫訳、化学同人、2006.
- [3] T. Goranson, B. Cardier, 高木隆司、「物語の対称概念をデザインするための Kutachi」, 形の科学会誌, 23 巻 2 号(2008), pp. 235-236.
- [4] 松田雄馬、「未来を予測する最善の方法」、図書、岩波書店、2018, 1 月号, pp. 21-25.

可変双曲型メタマテリアルによる符号変化問題のモデル化

楠見 螢, 太田 溪介, 小林 晋平

東京学芸大学・教育学部, 東京都小金井市貫井北町 4-4-1

E-mail:181806n@st.u-gakugei.ac.jp

Modeling of Metric Signature Change Problem with Variable Hyperbolic Metamaterial

Kei Kusumi, Keisuke Ota, Shinpei Kobayashi

Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukui-kita, Koganei, Tokyo

Abstract:Metamaterial is artificial medium possessing peculiar properties not found in nature usually. One of the typical metamaterial for electromagnetic wave is made up small, arranged structures, e.g., arrayed wires and double split-ring resonators. The authors of [4] suggested that we can model the phenomenon called signature change which is thought to occur in the early universe. In this research, we extended it to be (3+1)-dimensional case. As a result, we found that the entropy would increase if the signature change occurred in the our universe.

Keywords:metamaterial, cosmology, cloaking, metric signature change, hyperbolic metamaterial

1 はじめに

メタマテリアルは、自然界にはない性質を示す人工的な媒質の総称であり、歴史的にははじめに、電磁波での負の屈折率を実現するために考えられた [1]。屈折率 n は $n = \sqrt{\epsilon}\sqrt{\mu}$ であることから、比透磁率 (ϵ) と比誘電率 (μ) をそれぞれ負の値にすることで負の屈折率を実現されることが示唆される。実際、電磁波の波長の 10 分の 1 程度の金属共振器を並べることで、比透磁率と比誘電率をそれぞれを負の値にできることが理論的に示され、後に実験でも実証された [2]。現在、メタマテリアルは様々な分野で応用されているが、そのひとつに宇宙に関するモデルが考えられている。

膨張している現在の宇宙からさかのぼると、宇宙は大きさを持たない 1 点に集中した、密度が発散するような特異点から始まったことになる。これを特異点問題という。この特異点を回避するために、Hartle と Hawking は数学的手法として虚時間を導入し、宇宙は実時間では有限な大きさから始まったと仮定した (図 1)[3]。虚時間から実時間に切り替わるとき、時空の幾何学を表す線素の時間成分の符号が変わる。これを時間符号変化という。このシナリオの妥当性や、時間符号変化の際に宇宙でどのような現象が起こるのかなど、詳しいことは明らかにはなっていない。

そこで 2010 年、Smolyaninov らは可変双曲型メタマテリアルを用いて、時間符号変化問題を (2+1) 次元時空でモデル化できると考え、その結果、時間符号変化の際に状態密度が増加することを理論的に示した [4]。本研究では、実際の宇宙での状態密度の変化の有無を調べるために、(3+1) 次元時空に拡張した。

2 時間符号変化問題

数学的手法として虚時間を導入するということは、私たちの住む世界である (3+1) 次元ミンコフスキー時空の実時間を虚時間に置き換え ($\tau = it$)、(4+0) 次元ユークリッド空間を考えることに相当する。Hartle と Hawking が考えた時間符号変化のシナリオ (図 1) では、宇宙は虚時間から実時間にどこかで切り替わったことになるが、これを観測して確認することは極めて難しい。このような問題に対して、2010 年、Smolyaninov らがこの時間符号変化をメタマテリアルでモデル化できると考えた [4]。

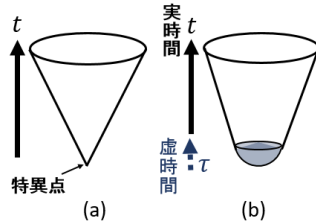


図 1 宇宙初期での虚時間から実時間への変化 (a) 特異点から始まる宇宙 (b) 虚時間を導入して特異点を回避した宇宙

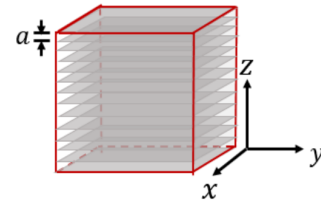


図 2 可変双曲型メタマテリアルの概略図

3 可変双曲型メタマテリアルによる時間符号変化のモデル化

彼らは可変双曲型メタマテリアルといい、図 2 のように石英をベースとし、その中に間隔 a でガリウム (Ga) 製の薄い層を重ねた構造を持つ人工媒体を考えた。この可変双曲型メタマテリアルは、ガリウムの性質により、 x, y 方向の誘電率のみ正負が入れ替わる。これを誘電率符号変化と呼ぶことにする。彼らは、この誘電率符号変化を (3+0) 次元ユークリッド空間から (2+1) 次元ミンコフスキー空間への低次元時間符号変化のモデルであるとして状態密度を計算し、低次元時間符号変化の際に状態密度は増加することを示した。

4 ミクロカノニカルアンサンブルでの状態密度の変化

本研究では、先行研究の手法を 3 次元時空から 4 次元時空に拡張した。(4+0) 次元ユークリッド空間から (3+1) 次元ミンコフスキー空間へ切り替わったときのモデルである可変双曲型メタマテリアル内での誘電率符号変化の際の状態密度は、 $\frac{dW_{E(4N)}}{d\omega} \sim \frac{\omega^{4N}}{c^{4N}}$ 、 $\frac{dW_{H(4N)}}{d\omega} \sim K_M^{4N}$ となった。ここで、 W_E は (4+0) 次元ユークリッド空間のモデルでの状態数、 W_H は (3+1) 次元ミンコフスキー空間のモデルでの状態数であり、 c と ω はそれぞれ光速、電磁波の振動数である。また、 $K_M (\sim \frac{1}{a})$ は構造 (図 2) の制限から決まるカットオフ波数である。 $K_M \gg \frac{\omega}{c}$ であることから [5]、 $\frac{dW_{H(3)}}{d\omega} > \frac{dW_{E(3)}}{d\omega}$ となり、可変双曲型メタマテリアル内では誘電率符号変化により状態密度が増加することが分かった。本発表では、この結果から宇宙初期で起こると考えられる現象についても議論する。

参考文献

- [1] D.R.Smith *et al.*, Appl. Phys. Lett. 81 (2002) 2713.
- [2] R.Shelby *et al.*, Appl. Phys. Lett. 78 (2001) 489.
- [3] S.Hawking *et al.*, Phys. Rev. D28 (1983) 2960.
- [4] I.Smolyaninov *et al.*, Phys. Rev. Lett. 105 (2010) 067402.
- [5] Z.Jacob *et al.*, Appl. Phys. B 100 (2010) 215-218.

水面波に対して負の屈折率を示すメタマテリアルの作製

渡邊慧, 太田溪介, 楠見蛸, 小林晋平

東京学芸大学・教育学部, 東京都小金井市貫井北町 4-4-1

E-mail:navechan11.s@gmail.com

Manufacture of Metamaterial Indicating Negative Refractive Index for Water Wave

Satoshi Watanabe, Keisuke Ota, Kei Kusumi, Shinpei Kobayashi

Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukui-kita, Koganei, Tokyo

Abstract: Metamaterials are artificial material with structures in which wave behaves anomalously. We studied design of metamaterial with negative refractive index for free surface wave in shallow water. I will talk about how to realize negative refractive index for surface wave and the experimental result for the metamaterial actually made using a 3D printer for free surface wave.

Keywords: Metamaterial, Water Wave, Negative Refractive Index, Transmission Line Theory

1 はじめに

メタマテリアルとは、自然界の物質が持つことのない性質を持つ人工的な物質の総称であり、その性質の一つに「負の屈折率」がある。1968年に Veselago によって負の屈折率を持つ物質の存在可能性が理論的に示された [1] が、当時はそのような物質が実在しなかったため議論は行われなくなっていた。しかし、1999年に Pendry が金属を用いた特殊な構造によって光に対して負の屈折率を実現することが可能であることを見出し [2]、実際に 2000年には Smith らによって世界で初めて、光に対して負の屈折率を持つメタマテリアルが作られた [3]。このことによって、メタマテリアルの研究は一気に加速し、現在は光だけでなく、音の波や水の波、そして力に対して自然界の物質が示すことのない反応を示す、様々なメタマテリアルについて研究が盛んに行われている。しかし、負の屈折率を持つ物質は自然界には存在しないため、負の屈折率を持つ物質が存在する場合に起きる現象はイメージがしづらい。光や音の波に対するメタマテリアルは実際に作製されているが、水の波に対して負の屈折率を示すメタマテリアルの構造は論文 [4] によって理論的に示されているだけで、実際にメタマテリアルを作製し実験するまでには至っていない。

本研究では、水面波が光や音の波と異なり視覚的な観察が可能であることに着目し、水面波に対するメタマテリアルを実現し教材として活用することが「負の屈折率」の特徴的な性質の直観的な理解の補助となると考え、水面波に対して負の屈折率を示すメタマテリアルの作製を試みた。

2 負の屈折率

メタマテリアルは様々な特性を持っているが、その応用では「負の屈折率」という特性が用いられることが多い。以後、「負の屈折率を持つ媒質」という意味として「メタマテリアル」と呼ぶことにする。

以下では、伝送線路理論を用いた負の屈折率の理論的な実現について概要を説明する [4]。

図1のように十字に接続した伝送線を想定すると、二端子対回路の理論より、入力端子側と出力端子側の電圧 P と電流 Q の関係は

$$\begin{pmatrix} P_x \\ P_{x+l} \\ P_y \\ P_{y+l} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} A+B & B & B & B \\ B & A+B & B & B \\ B & B & D+B & B \\ B & B & B & D+B \end{pmatrix} \begin{pmatrix} Q_x \\ -Q_{x+l} \\ Q_y \\ -Q_{y+l} \end{pmatrix} \quad (1)$$

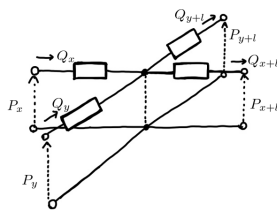


図1 十字に交わる伝送線

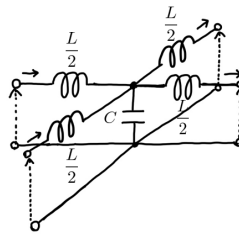


図2 分布定数回路

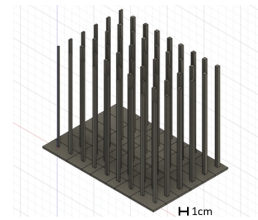


図3 水面波メタマテリアルのイメージ

とかける。これを計算をすると A, B, D はそれぞれ

$$A = iZ_x \tan \frac{k_1 l}{2}, B = \frac{Z_x Z_y \sec \frac{k_1 l}{2} \csc \frac{k_1 l}{2}}{2i(Z_x + Z_y)}, D = iZ_y \tan \frac{k_1 l}{2} \quad (2)$$

となる。ここで $Z_x(Z_y), k_1, \omega, l$ はそれぞれ x 軸 (y 軸) 方向の伝線の特異インピーダンス、入射する波の波数、入射する波の角振動数、メタマテリアルの単位構造当たりの長さである。図1のような伝送線は図2のような分布定数回路と等価であると考えることができる。この分布定数回路で式(1)を考えると インダクタンス L , キャパシタンス C は

$$L = \frac{2Z}{\omega} \tan \frac{k_1 l}{2}, C = \frac{2}{\omega Z} 2i \sin k_1 l \quad (3)$$

となる。 L と C は線路の特異インピーダンス、メタマテリアルの単位構造当たりの長さ、入射する波の角振動数に依存している。この L, C から屈折率 n は

$$n = \sqrt{L}\sqrt{C} = \frac{2}{l\omega} \sqrt{\tan \frac{k_1 l}{2}} \sqrt{\sin k_1 l} \quad (4)$$

となる。このことから、屈折率 n は $k_1 l$ が $\pi + 2m\pi < k_1 l < 2\pi + 2m\pi (m = 0, 1, 2, \dots)$ の範囲で負になることがわかる。このことを用いると、水面波に対しても水路の幅や長さ、入射させる波の波数や角振動数を変化させることで理論的には負の屈折率を実現することができる。

3 実験装置のサイズと作製法

水面波に対するメタマテリアルの構造は理論から図3のようなものになると予想できる。侵入する波の振る舞いが構造の影響を無視できないという点が、メタマテリアルの構造において重要である。よって、メタマテリアルの構造のスケールは侵入させる波の波長によって変化する。本研究では、メタマテリアルを教材として活用することを目標としているため、メタマテリアルを含めた実験装置全体が、実験室の机の上に乗るサイズを想定している。

また、メタマテリアルは3Dプリンターを用いてPLA樹脂を材料として作製をする。3Dプリンターでは、ミリ単位の構造を短時間で作製することが可能であり、材料費も比較的安価である。そのため、メタマテリアルを教材として活用することを目標としている本研究にとって適した作製法であるといえる。

4 まとめ

水面波に対して負の屈折率を実現する理論はすでに[4]によって構築されているため、本研究では実際に水面波に対するメタマテリアルの作製を試みた。水面波に対するメタマテリアルを用いた実験装置が完成すれば、イメージのしづらいメタマテリアルの性質や特徴を直観的に理解することが可能になる。このことは今後のメタマテリアルのさらなる発展につながると期待している。

参考文献

- [1] V. G. Veselago, Sov. Phys. Usp. 10(1968)509.
- [2] J.B.Pendry *et al.*, IEEE Trans. Microwave Theory Tech. 47(1999)2075.
- [3] D.R.Smith *et al.*, Phys.Rev.Lett.85(2000)2933.
- [4] T.Iida, Ph.D.thesis.
- [5] 左貝潤一 (2017). メタマテリアルのための光学入門, 森北出版株式会社.
- [6] 阿部真之, 土岐博 (2017). 電気回路と伝送線路の基礎, 丸善出版株式会社.

高空隙率ダスト凝集体の衝突によるクレーター形成と破壊

桂木洋光, Jürgen Blum

名古屋大学大学院環境学研究科, IGEP, TU Braunschweig, Germany

katsurag@eps.nagoy-u.ac.jp

Cratering and disruption of impacted porous-dust aggregate

Hiroaki Katsuragi and Jürgen Blum

Department of Earth and Environment Sciences, Nagoya University, Japan

IGEP, TU Braunschweig, Germany

Abstract: When a spherical solid projectile impacts on the surface of highly porous dust aggregate, deformation and/or fracturing can be induced. In this study, we performed a set of simple impact experiments. A solid sphere is impacted onto a dust aggregate of packing fraction 0.35. To reduce the air-drag effect, all the experiments were carried out in a vacuum chamber. By systematically varying the impact kinetic energy, we found that the cratering by indentation or the fragmentation due to the fracturing is caused by the impact. The shape of crater agreed with the spherical segment of the impacting projectile. And, the threshold of dynamic pressure for the fragmentation could be estimated from the experimental data.

Keywords: porous dust aggregate, impact, cratering, deformation

はじめに

太陽系形成の初期段階では、サブミクロンサイズの固体微粒子が衝突合体を繰り返し、微惑星へと成長したと考えられている。しかし、この成長過程は容易に達成されるわけではなく、様々な問題があることがこれまで指摘されている。特に、サブミクロン粒子の合体により作られる凝集体は空隙率の高いスカスカの構造をしていたと考えられ、そのような高空隙率ダスト凝集体が衝突によりどのように振る舞うかについては、明らかになっていない部分が多い。このような背景の中、高空隙率ダスト凝集体の衝突応答を明らかにするための実験的研究が近年盛んにおこなわれている[1]。一方、高空隙率ダスト凝集体の力学特性は、低い充填率 ϕ を持ちながら安定的に形状を保つ柔軟な材料の特異な力学特性として、ソフトマター物理の研究トピックとしても興味深いものであると考えられる。以上の背景を受け、本研究では、高空隙率ダスト凝集体の力学特性の理解を目指し、固体弾と高空隙率ダスト凝集体の衝突応答（とくにクレーター形成と破壊）について実験的研究を行うこととした。

実験

直径約 1.5 μm の SiO_2 微粒子を高空隙率となるように ($\phi = 0.35$)、直径 20 mm、高さ 20 mm の円柱状に成形した。作成した凝集体を真空チャンバーに配置し、自由落下により直径

4 mm 程度の鉄球等の固体球を衝突速度 $v = 0.2 - 3 \text{ m/s}$ で衝突させた．衝突時の様子を高速カメラで撮影し，固体弾の衝突・貫入・跳ね返り等の挙動からダスト凝集体の力学特性について解析した．また，衝突により窪み（クレーター）が形成された場合は，そのクレーター形状をレーザー・シートを用いて計測した．

結果と議論

衝突速度が小さい場合は，いずれの実験においても固体弾は浅い貫入の後に跳ね返りを示した．このとき表面には，衝突により形成されたクレーター地形が観察された．（図 1 左）．衝突速度を上げて，衝突のエネルギーが閾値を超える辺りからターゲットである凝集体に亀裂の進展が見られるようになり（図 1 中央），十分大きな衝突エネルギーが加えられた場合は全体的な破壊が起こるようになる（図 1 右）．クレーターが形成された際の形状は，固体弾の球形セグメントと一致することがレーザー計測より明らかになり，ダスト凝集体上に出来るクレーターは単純貫入による痕跡であることが明らかとなった．これは，砂層に固体弾を衝突させた際に出来る掘削のような挙動がダスト凝集体では起こらないことを示唆している．また，解析の結果，衝突により加えられる動圧がおよそ 10 kPa を超える辺りからダスト凝集体の全体破壊が起こり始めることが明らかになった．

その他にも，固体弾の運動学的解析から，衝突抵抗モデルを砂層などをターゲットとした粉体衝突の場合と比較するなどの解析・議論も行ったが，ここではスペースの限界のためそれらの詳細については割愛する．これらの項目についての詳細は文献[2]に報告されている．

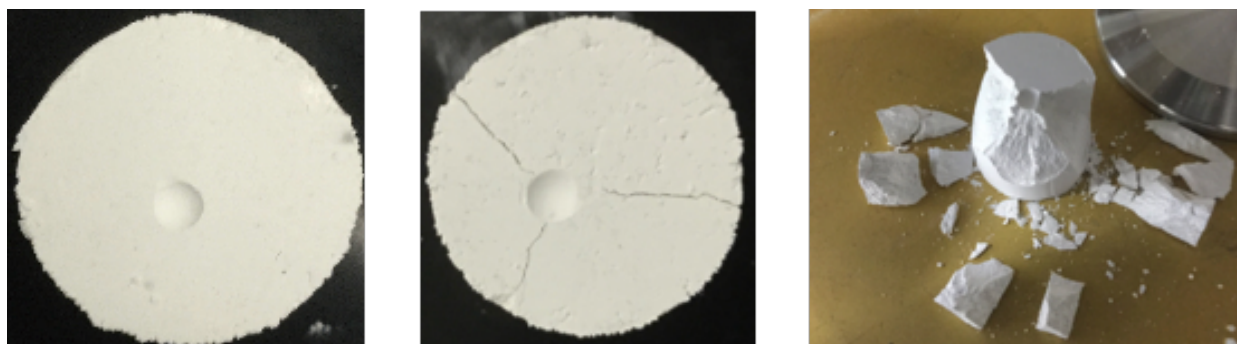


図 1：衝突によりできたクレーター（左），亀裂成長（中央），全体破壊（右）

まとめ

高空隙率ダスト凝集体の力学特性を明らかにするために，真空環境下で固体弾をダスト凝集体に自由落下衝突させる実験を行った．実験結果より，ダスト凝集体に形成されるクレーター形状は，固体弾の球形状セグメントと一致することが明らかになった．また，衝突による動圧が 10 kPa 程度を超えると，クレーター形成相から全体破壊相へ挙動が移行することが明らかになった．

参考文献

- [1] J. Blum, Space Sci. Rev. **214**, 52 (2018).
- [2] H. Katsuragi & J. Blum, Astrophys. J. **851**, 23 (2017).

アニメ・特撮等のキャラクターのサイズ分布について

山本健

琉球大学理学部, 沖縄県西原町千原1番地

yamamot@sci.u-ryukyu.ac.jp

Size distribution of characters in animations and superhero series

Ken Yamamoto

University of the Ryukyus, Senbaru 1, Nishihara, Okinawa 903-0213, Japan

Abstract: The size distribution of characters in animations and superhero series is studied.

We find that the lognormal distribution appears commonly in the weight distribution of characters in Pokémon and other works. We propose an explanation for this lognormality on the basis of the Weber-Fechner law, which states that our mental number line is logarithmic.

Keywords: Pop culture, Size distribution, Lognormal distribution, Weber-Fechner law

1 娯楽作品におけるキャラクター

近年, 漫画やアニメ, 特撮などの娯楽作品は児童に限らず幅広い世代に親しまれ, 日本を代表する大衆文化の1つに挙げられることさえある. ストーリーの面白さだけでなく, 魅力的なキャラクターの造形も, これらの作品が支持される要素である. さらに, いくつかの作品ではキャラクターの詳細な情報が公式に設定され, それらのデータは作品の奥行を広げることにつながっている. 本研究では, キャラクターのデータの中でも基本的な身長と体重(サイズ)の特徴を分析する.

2 ポケモンのサイズ分布

本稿では、『ポケットモンスター』に登場するポケモン(架空の生物)のサイズ分布を取り上げる. データは『ポケモンずかん』¹⁾に収録されている全ポケモン925種類(2018年10月時点)の高さと重さを利用した. 図1がポケモンの高さと重さの分布であり, グラフは度数分布の累積(各サイズ以上のポケモンが何種類いるか)で示している. ポケモンの重さのグラフに引かれた実線は累積形の対数正規分布

$$F(x) = \frac{N}{2} \left[1 - \operatorname{erf} \left(\frac{\ln x - \mu}{\sqrt{2}\sigma} \right) \right] \quad (1)$$

である. ただし, N はデータサイズ(キャラクター数)であり, μ および σ はパラメータである ($N = 925, \mu = 3.34, \sigma = 1.39$). また, erf はガウスの誤差関数である. 対数正規分布とは, “対数に変換した値が正規分布にしたがう” という確率分布である. ポケモンの重さが対数正規分布とよく一致するという結果に対して, 高さの分布は対数正規分布とは明らかに異なる(が, 具体的な分布の種類は特定できていない). さらに, 『ポケットモンスター』以外のいくつかの作品でも, キャラクターの体重が対数正規分布にしたがうという共通の特徴がみられる.

3 なぜ対数正規分布が現れるのか

キャラクターの体重の分布に対数正規分布が共通して現れる理由を考える. まず, 各作品のキャラクターには典型的なサイズがある. たとえば, ポケモンは人間の子どもに近いサイズのものが多く, 『ウルトラマン』シリーズの怪獣は主役のウルトラマンと同じくらいのサイズであるものが多い. また, キャラクターごとに異なる個性をもつため, サイズは典型的な値からばらつきをもつ.

架空のキャラクターのサイズは, 作者たちが頭の中で設定した値である. 我々の感覚は数や量を線形なスケールでとらえているのではないことが指摘されている²⁾. 具体的には, 心理的な感覚量は刺激の強さの対数に比例するというウェーバー・フェヒナーの法則が知られている. つまり, 我々

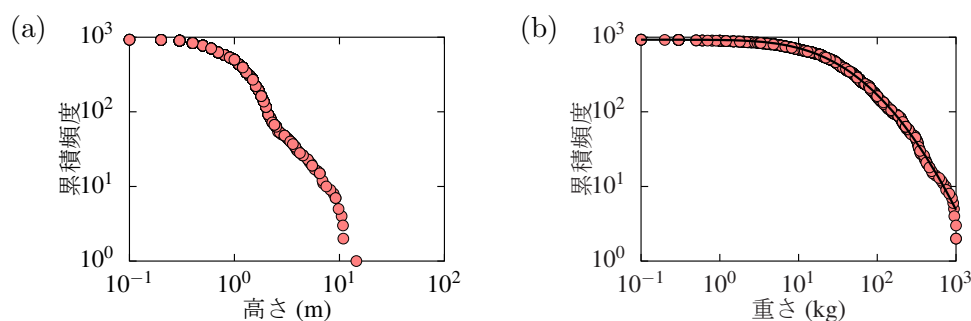


図 1 『ポケットモンスター』に登場する 925 種類のポケモンの高さ (a) と重さ (b) の累積分布. 体重の分布は対数正規分布 (実線) とよく一致する.

の感覚上の“ものさし”は対数目盛に近いのである. キャラクターのサイズを表す確率変数を X とすると, ウェーバー・フェヒナーの法則より, $\ln X$ が心理的なスケールで測ったサイズに当たる. 感覚量 $\ln X$ に対して, 平均が μ (典型的なサイズ), 標準偏差が σ (ばらつき) であるという制約条件を仮定する. これら以外にサイズ X に関して何も情報がなければ, X がしたがう分布として対数正規分布を仮定するのが最も自然であると結論される. (正確には, $\ln X$ の平均と標準偏差を固定したときにエントロピーが最大になるのが対数正規分布である.)

以上の議論は, 対数正規分布が現れる仕組みを完全に説明しているわけではない. しかし, キャラクターのサイズ分布において対数正規分布が標準的であることに対する 1 つの理論的根拠になりうると考えられる.

体重が対数正規分布とよく一致する作品であっても, キャラクターの身長は対数正規分布からのずれが大きい傾向がある. この理由として, 身長は体重に比べて自由に設定しにくい量であることが考えられる. たとえば, キャラクターたちの身長は, 映像上の大小関係を崩さずに設定しなければならない. このように, 身長の分布はキャラクターたちのデザインに強く依存するのである.

なお, 対数正規分布は現実の生物のサイズ分布でも現れることが多い. すると, キャラクターサイズの対数正規分布は, 現実の生物を模倣している結果として現れるという可能性が考えられる. 図 2 は動物図鑑⁴⁾に載っている哺乳類 423 種の体重の累積分布であり, 実線で示した対数正規分布 (1) との一致がよい. ただし, 対数正規分布のパラメータは $\mu = 2.41, \sigma = 3.22$ であり, サイズのばらつきに関するパラメータ σ がポケモンの $\sigma = 1.39$ よりも大きい. ばらつきの度合いが大きく異なることから, キャラクターのサイズは現実の生物を模倣しているとは考えにくい.

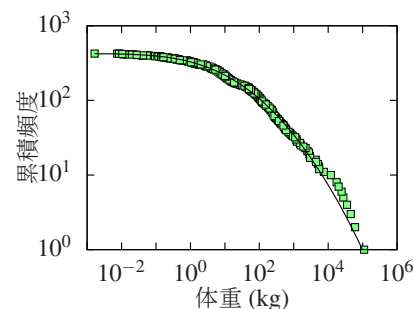


図 2 動物図鑑⁴⁾に掲載の哺乳類 423 種の体重の分布. 実線は対数正規分布.

謝辞

本研究は中山隼雄科学技術文化財団の助成を受けたものである.

参考文献

- 1) ポケモンずかん: <https://www.pokemon.jp/zukan/>
- 2) スタニスラス・ドゥアンヌ (長谷川真理子, 小林哲生訳), 数覚とは何か? (早川, 2010).
- 3) R. D. Portugal and B. F. Svaiter, Minds & Machines 21, 73 (2011).
- 4) 成島悦雄監修, 動物 (小学館の図鑑 NEO ポケット) (小学館, 2011).

漢字における線長と画数のベキ乗則

太田 守洋, 山本 健

琉球大学理学部, 沖縄県西原町千原 1 番地

k188323@eve.u-ryukyu.ac.jp

Power-law relation between the line length and stroke count of kanji

Morihiro Ohta, Ken Yamamoto

University of the Ryukyus, Senbaru 1, Nishihara, Okinawa, Japan

Abstract: Power laws appear in various complex systems, including language. In this study, we focus on the relation between the line length and the stroke count of kanji. We find that the line length increases with the power law as the stroke count increases. Furthermore, we propose a simple model based on fractal and derive a relation between the power-law exponent of kanji and corresponding fractal dimension.

Keywords: Power law, Language, Chinese characters, Kanji, Fractal

1 漢字の複雑さと画数

日本には約 5 万もの漢字がある¹⁾。私たちが日常でよく使う漢字はそこの中のごく一部である。とはいえ、常用漢字 2136 字の中だけでも 1 画で書ける“一”や“乙”といった単純な漢字から、“鬱”のように書き終わるのに 29 画もかかる複雑な漢字がある。漢字を構成する線の長さは、漢字の形の複雑さを表す指標の 1 つといえる。本研究では、漢字の画数に対して線長がどのように増大するかに着目して、漢字の形の複雑さを分析する。

2 線長と画数のベキ乗則

手書きの文字には個人のくせが強く表れることから、コンピュータのフォント MS ゴシックを用いて解析を行う。漢字の線長は 1 画 1 画の長さを合計して求められるが、コンピュータで計算するには長さを直接測定することは難しい。そこで、以下の方法を用いて漢字の線長を計測した。

まず漢字を一辺 100 ピクセルの正方形内に二値化して表示する。この画像の黒いピクセルを数えることで、漢字の面積を求める。線の幅が一定ならば、面積を幅で割ることで線長を計算することができる。図 1 のように連続した黒いピクセルの数を各行各列で数え、その最頻値を求めることで線の幅を推定する。

常用漢字 2136 字の線長と画数の関係を図 2 に示す。グラフより、漢字の線長 l は画数 s に対しておおむねベキ乗則にしたがって増加していることが分かる。つまり、

$$l \propto s^\beta \quad (1)$$

と表せる。指数の値は $\beta = 0.47$ である。同様のベキ乗則は JIS 第 1 水準から第 2 水準までの漢字 6355 字でもみられ、 $\beta = 0.52$ となる。

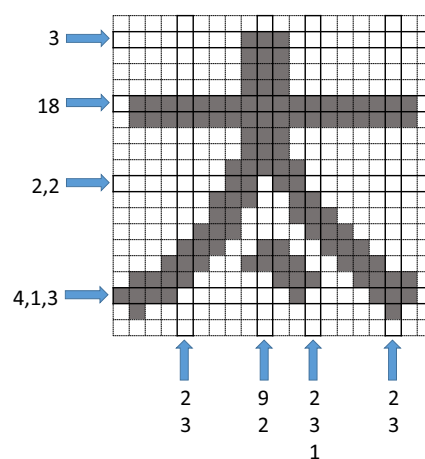


図 1 幅の測定の例。左および下側にある数字のように、連続した黒いピクセルの数を数えていく。

3 フラクタル図形を基にしたモデリング

前述の結果を説明するためにフラクタルを基にしたモデルを考える。このモデルから、漢字のベキ指数 β とフラクタル次元との関係が導かれる。

このモデルでは、各ステップごとに線分を追加してフラクタル図形を描いていく。初期図形 ($n = 0$) として、一辺が L の三角形を描く (図3左)。1本の線分を1画で書くことにすると、総画数 $s_0 = 3$ で線長 $l_0 = 3L$ である。次に $n = 1$ では、一辺が $L/2$ の三角形を加える (図3中央)。画数および線長はそれぞれ $s_1 = s_0 + 3$, $l_1 = l_0 + 3L/2$ となる。さらに $n = 2$ では、 $s_2 = s_1 + 3^2$, $l_2 = l_1 + (3/2)^2 L$ となる (図3右)。同様に考えると n ステップ目では、

$$s_n = 3 + \sum_{i=0}^n 3^i = 3 + \frac{3}{2}(3^n - 1),$$

$$l_n = 3L + \sum_{i=0}^n \left(\frac{3}{2}\right)^i L = 3L \left(\frac{3}{2}\right)^n$$

である。この2式から画数 s と線長 l の関係を求めると、 n が十分大きいとき、

$$l \propto s^{1 - \frac{\ln 2}{\ln 3}} \quad (2)$$

となることが分かる。三角形の追加を繰り返すと ($n \rightarrow \infty$)、シアピンスキー・ギャスケットが描かれる。そのフラクタル次元 D は $D = \ln 3 / \ln 2$ であるから、式 (2) の右辺の指数は $1 - \frac{1}{D}$ と表せる。よって、式 (1) と比較すると、

$$\beta = 1 - \frac{1}{D}.$$

漢字における指数 β の値から対応するフラクタル次元 D を計算すると、常用漢字では $\beta = 0.47$ から $D = 1.89$ 、JIS 第1水準から第2水準までの漢字では $\beta = 0.52$ から $D = 2.08$ である。次元 D が2に近いことから、漢字の字形は画数が増えるにつれて平面充填的に複雑化していくことが推測される。この結果は、画数が多い漢字を小さく印刷すると真っ黒に塗りつぶされたように見えることと対応している。

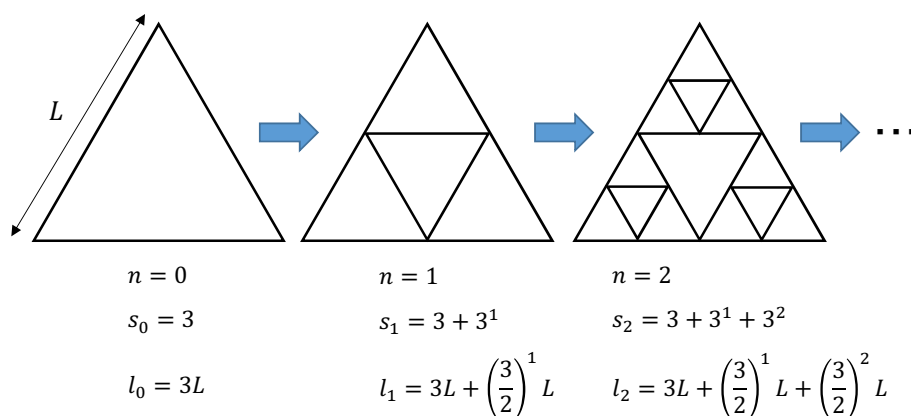


図3 フラクタル図形を基にしたモデル。

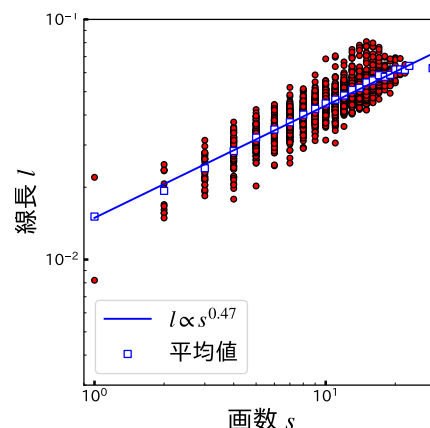


図2 常用漢字 2136 字に対する線長と画数のプロット。丸い点は各漢字の線長、四角い点は各画数での平均線長を表す。

参考文献

- 1) 諸橋轍次, 大漢和辞典. (大修館書店, 東京, 1955).

2018 形の科学会功労賞受賞記念講演

カタチとチカラ、その適合を追求する

ー建築構造の世界における例ー

法政大学名誉教授・(株)川口衛構造設計事務所代表

川口 衛

1. ホリスティック・デザインとは

近年、構造設計の分野で、ホリスティック・デザイン (holistic design) という言葉が聞かれるようになってきた。ホリスティック・デザインとはいったい何のことなのか、また、なぜ近年になってこのことが議論されるようになってきたのだろうか。

ホリスティック・デザインとは、個々の設計技術の単なる寄せ集めではなく、これらを有機的に構成して、より高い価値を得ようとする手法である。

2. なぜ、今、ホリスティック・デザインか

ホリスティック・デザインが近年、構造設計の分野で改めて論じられなければならないのは、それなりの理由がある。その最も大きな原因は、知識、技術の細分化である。ホリスティック・デザインとは、「問題全体を、有機的に把握して設計する」ということに他ならない。ここでいう「問題」は、広義に解釈されている。それは、場合によって、構造、建築、社会、手法、等々と読み替えることができる。たとえば、「問題」を「構造」と読んだ場合は、経済的にも、機能の面でも、強さ、耐久性、美しさの面でも満足すべき結果が得られるように、構造そのものの構成を有機的に把握して設計するのが、ホリスティック・デザインである。

20世紀、鉄筋コンクリートが建設材料の主役に加わってくると、長年続いてきた伝統的建設手法は改変を要求される。コンクリート部材は鉄や木材と違って、柱、梁などの線材のほかに平面、曲面の部材を建造物の規模で形成することができる。自由でプラスチックな形が容易に得られるだけでなく、大規模な一体成形により、モノリシック(monolithic, 一枚岩的)な実体を得ることができるようになる。ここに至って、エンジニアのアプローチには差異が生じてくる。彼らの多くは、鉄筋コンクリートを用いながら、それまでの構造材料である木や鉄と同じように、柱と梁を主要な構造と考え、床スラブは梁間を埋める付属的な部材として設計することに何の疑問も持たないまま、実務に埋没していた。しかし心あるエンジニアたちは、鉄筋コンクリート構造の一体性に大きな希望を見出し、これを有機的な全体と考えて設計することにより、それまで建築、土木構造物の世界では考えられなかったような合理性、経済性に富む、新しい造形が得られることを見出したのである。

ここでは、これら無数の新しい試みの中から、巨匠、エドゥアルド・トロハの試みを、一例だけ挙げることにする。

トロハに代表されるホリスティック・デザインへの試みは、折から建築界のみならず、美術全般に繰り広げられたモダニズム運動と呼応して発展、普及を遂げたが、この間に構造工学は解析方法や材料の発展に伴って、細分化が進み、ホリスティック・デザインの意味を理解できるエンジニアの数はむしろ減少して行ったと言って良いかもしれない。その後、1970～80年代に起きたポスト・モダンの傾向は、デザインにおける合理性を否定する動きを見せ、古典様式の部分的復活や○△□のファンシー・デザインに構造が奉仕させられる時期を招いた。さらに1990年代に入ると、ポスト・モダンにも飽きた美術界、建築界は、再び合理性の表現に興味を示すようになったが、この間にさらに進行した知識、技術の細分化のために、真の意味でのホリスティック・デザインは影をひそめてしまっていた。構造を知らない建築家、建築を知らない構造技術者、建築がどのように造られるかを知らない設計者たちが右往左往する中で、稚拙な建築デザインが数多く出現することになった。近年になってホリスティック・デザインの必要性が叫ばれるようになってきた最も大きな原因は、実にここにあるのである。

3. エドゥアルド・トロハにおけるホリスティック・デザイン

建築構造デザインの巨匠エドゥアルド・トロハ(Eduardo Torroja, 1899-1961)は、常にホリスティック・デザインを目指して止まなかったエンジニアである。トロハは鉄骨、中空レンガなど、コンクリート以外の材料も視野に入れたデザインを行っている。ここでは彼が力、機能、材料、手法をホリスティックに把握して設計を行った例として、モロッコのFedala に建設された給水塔を見てみよう。

1956年にFedala(現Mohammedia)に造られた給水塔(容量3500立米)は、トロハがいかにか巧みに、かつ慎重にホリスティック・デザインを行ったかを示す好例であろう。このタンクの外形は一葉双曲面である。また、底面と屋根はドーナツ形である。

深さが8mを超えるタンクとしては、まず何よりも水密性が要求される。外形に一葉双曲面を選んだのは、型枠もPC鋼材も直線材を使用することが出来、確実に、経済的に所期の効果が得られるからである。こうして、外壁面は2組の母線群に沿ってプレストレスが与えられた。底面は、半径方向はドーナツ状の形によって自動的に圧縮力が生じる。円周方向は、外周に沿って弦状にタイを配置し、ターン・バックルを用いてプレストレスが導入されている。これも極めて経済的で、確実な手法である。

さらに特筆すべきことは、彼がここでスペインの伝統材料である中空レンガを用いていることである。

中空レンガを建物の床や壁に用いるのは、スペインの伝統的手法であり、この材料による

ヴォールト工法もカタロニア地方では古くから知られた技法である。タンクの底部は、まずこの方法によってドーナツ状のヴォールトをつくり、これを型枠にして底部のコンクリートが打設された。また、屋根は中空レンガのみ3層で形成されている。

激しい陽射しの北アフリカに造られた給水塔にとって、この屋根の優れた断熱性はまさに当を得ているというべきであろう。

4. ホリスティック・デザインの条件

以上、エドワード・トロハという、空間構造設計の巨匠について、そのホリスティック・デザインの手法を一例だけ、垣間見ることを試みた。

この例を手がかりにして、ホリスティック・デザインの条件と考えられるものをいくつか列挙すると、次のようである。

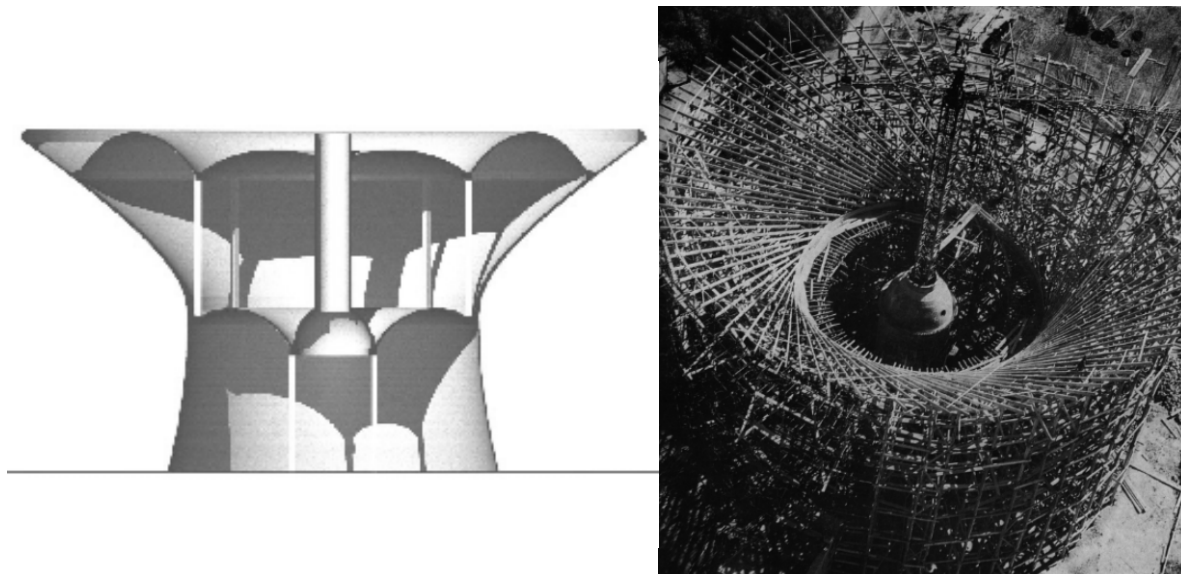
- 1) 自由な発想（先入観を捨て、頭脳だけでなく、全人格を投入して考える）。
- 2) システムを「全体」として把握する(全体と部分の「有機的つながり」を求める)。
- 3) 自然に対する畏敬と備え（人の存在も力学も自然現象の一部。 自然によるチェック）。
- 4) 可能な手法を総動員する（どの手法にも限界がある）。
- 5) 最適な形態、構造システム、材料、ディテールの模索と検証（経済性、耐久性の重視）。
- 6) 造り方を考える（施工の経済性、安全性、実現性）。

5. ホリスティック・デザインの実践

構造設計の分野には、数多くの卓抜した例を示してくれた先駆的エンジニアたちがいる。今後、われわれがホリスティック・デザインを試みる際に最も参考になるのは、これらの先輩たちが実践した設計手法であろう。

健全なホリスティック・デザインが行えるためには、エンジニアもアーキテクトも、自らのアイディアの源泉として、健全な個性を備え得るような教育を与えられるべきである。それは、構造技術者だから構造力学を勉強しろ、というような、短絡的、狭量なものではなく、自然、社会、人文科学を横断するような教育である。

さらには、いわゆる学問の領域に入っていない、人間教育も、忘れてはならない。



(a) 断面

(b) 型枠骨組み

図1 Fedala の給水塔の構成



図2 Fedala の給水塔

組織切片の伸展性応答による病態に依存したひび割れパターン形成

大社 奈摘, 池川 雅哉, 剣持 貴弘, 吉川 研一

同志社大学 生命医科学研究科

京都府京田辺市多々羅都谷 1-3

Mail address: ctuc0037@mail4.doshisha.ac.jp

Characteristic Cracking Pattern Dependent on Disease State

by Stretching Response of Tissue Slice

Natsumi Okoso, Masaya Ikegawa, Takahiro Kenmotsu, Kenichi Yoshikawa

Faculty of Life and Medical Sciences, Doshisha Univ.

Miyakodani 1-3, Tatara, Kyotanabe, Kyoto Japan

Abstract: Biopsy is one of the most important methods for disease diagnosis, but the current diagnosis of tissue slices is a visual inspection by microscope, so there is ambiguity in the information. Here, we report that, with a simple treatment by use of a urethane sheet, characteristic cracking pattern is generated for tissue slices depending on the difference of disease state. It is shown that the crack pattern of tissue sections caused by stretching the urethane gel sheet can provide useful information for distinguishing disease states. By analyzing such characteristic cracking pattern in a quantitative manner, it becomes possible to perform reliable pathological diagnosis.

Keywords: diagnosis, tissue slice, cracking, urethane gel, stretching

1. 背景と目的

従来の病理診断法では、作成した組織切片を光学顕微鏡で観察し、細胞や核の形態および細胞数を評価する手法が一般である¹⁾。しかし、従来の診断法では目視による診断のため定量的な指標に基づかないことや初期の癌など判断の難しい対象があり、病理医によって診断が異なる場合がある。そのため、現在の状況を改善するべく、より多くの診断手法が今日求められている。そこで、本研究では、病理診断における定量的な指標の開発を目指すため、病態によって異なる組織切片の物理的特性に着目した。その際、組織切片をウレタンゲルシートに接着させ、張力をかけることで、病態に依存した特徴的なひび割れパターンが形成されることを発見した。さらに、このひび割れパターンを定量的に解析することで、ひび割れパターンを指標とする新規な病理診断手法の確立を目指す²⁾。

2. 実験方法と結果

実験には (a) Control (健常な肝臓), (b) Simple-steatosis (単純脂肪肝), (c) NASH (非アルコール性肝炎), (d) HCC (肝炎) の 4 つの病態モデルマウスを使用した³⁾。従来の病理診断法と同様の操作で組織切片を作成後、本研究では伸縮性のあるウレタンゲルシートに組織切片を接着させ、張力を印加させた。図 1 に張力印加後の観察画像を示す。図 1 より、病態の進行につれひび割れが増加し、凹凸のあるひび割れが発生する傾向がみられた。さらに、このひび割れパターンの面積比の解析を行った。

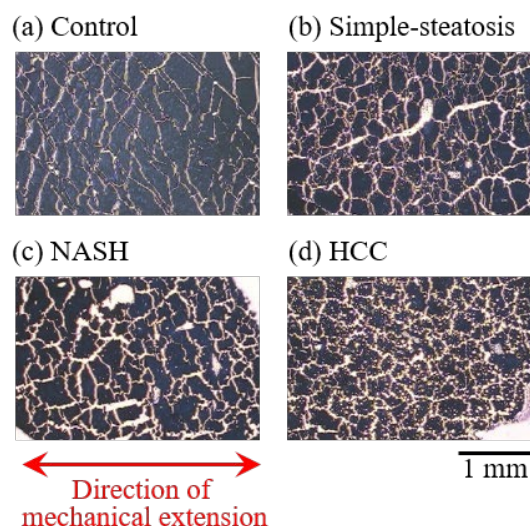
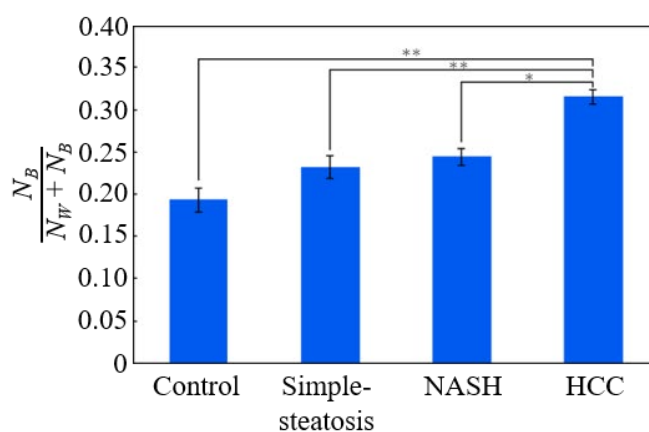


Fig.1 張力印加後の各病態のマウス肝臓組織切片の観察画像 2)



(Mean $\pm$ SE, *p < 0.05, **p < 0.01, head count of the mouse N = 4)

Fig.2 ひび割れパターンにおける面積比の解析結果 2)

図1の観察画像をそれぞれ白黒に二値化し、 N_W ：白ピクセル数と N_B ：黒ピクセル数を算出した．これらを各病態に対して行い、黒ピクセル数の割合より、各病態におけるひび割れを比較した．図2にひび割れパターンにおける面積比の解析結果を示す．解析結果より、Control, Simple-steatosis, NASH, HCC の値がそれぞれ 0.19, 0.23, 0.24, 0.31 となり、病態の進行につれ、ひび割れパターンの面積比が増加することがわかった．また、従来の診断手法では判断の難しい NASH と HCC において有意水準 5% で差が認められた．

3. まとめ

本研究では、ウレタンゲルシートに組織切片を接着させ、張力を印加させることで、組織の病態に依存したひび割れパターンの形成を発見した．さらに、ひび割れパターンを画像解析することで、定量的に病態の差を示すことを可能とした．また、このひび割れパターンの差は細胞接着力に依存すると考えられる 4)．従来の顕微鏡観察による診断手法に加え、このウレタンゲルシートを用いたひび割れパターンを新たな定量的指標とすることで、更に信頼性の高い病理診断が見込め、医学分野に貢献するものと期待される．

謝辞

本研究において京都大学医学部肝胆膵・移植外科教室の上本伸二教授、中村直彦博士、井口公太博士にはマウスの肝臓組織を提供して頂き、山口大学大学院創成科学研究科山口好昭准教授には病理切片伸展装置の設計・製作にご協力頂いた．ここに記して謝意を表する．

参考文献

- (1) 飯島宗一, 影山圭三, 石川栄世, 島峰徹郎, 組織病理アトラス, p.1-43, 文光堂 (2007)
- (2) K. Danno, T. Nakamura, N. Okoso, N. Nakamura, K. Iguchi, Y. Iwadate, T. Kenmotsu, M. Ikegawa, S. Uemoto, K. Yoshikawa, "Cracking pattern of tissue slices induced by external extension provides useful diagnostic information", Sci Rep., 8, 12167 (2018)
- (3) J. Eek, "Dietary and genetic obesity promote liver inflammation and tumorigenesis by enhancing IL-6 and TNF expression", Cell., 140, 197 (2009)
- (4) T. C. Wright, T. E. Ukena, R. Campbell, M. J. Karnovsky, "Rates of aggregation, loss of anchorage dependence, and tumorigenicity of cultured cells", Proc. Natl. Acad. Sci. USA, 74, 258 (1977)

管構造の最適化からみる人体の形態異常としての疾患と恒常性

金澤洋隆^{1,2} 茂田昌樹¹

¹ 京都府立医科大学大学院生体機能形態科学教室

² 国際高等研究所

京都府 京都市上京区河原町通広小路上る梶井町 465 番地

kusanagi0013@gmail.com

Diseases as form abnormality and its homeostasis in the view of optimal tubular structure.

Hiroataka Kanazawa^{1,2} Masaki Shigeta¹

¹Kyoto Prefecture University of Medicine, Graduate School of Medical Science, Department of Anatomy and Developmental Biology

²International Institute for Advanced Studies

Kajii-cho 465, Kawaramatitohri hirokoujinoboru, Kamigyoku, Kyoto-shi, Kyoto, Japan

Keyword: Differential geometrical energy, Variation method, Cytogenesis

Abstract

In this presentation, we focused on renal tube as a un-branching renal structure and researched this mathematical properties. To be more specific, we established new mathematical quantity which consisted with a curvature and an area of a tube, and calculated the minimal points of this quantity using variation method. As the results, we obtain some given shape. To assume whether these shapes exit or not practically, we examined renal tube in mouse which is consider as cystic kidney model. This model mouse (inv) has renal tubes which is known as abnormal structure, cystic kidney. According to our experiment, abnormal renal structure in inv mouse may be one of minimal shapes which is concluded from our theoretical calculation and this seem show that there is some homeostasis in morphogenesis disease.

1 背景と目的

進化の過程において、管構造は生物にとって最も基本的な構造の一つであり続けている。この管構造は枝分かれがあるものとそうでないものに大別されるが、前者として中血管から小血管、気管支があり後者については大血管や消化管、腎細管などがその例として挙げられる。枝分かれする管構造についてはフラクタル解析やコンストラクタル理論などによりその数学的性の解明が多く存在するが、後者については Vertex モデルなどで視覚的な現象理解に留まることが多く、十分に数学的理解がなされているとは言えない。本研究では、枝分かれのしない管構造の数学的性質を追求することで、どのような要素が管腔形態に構築に影響するのかを検証することを目的とする。

2 手法

我々が以前に導入した微分幾何学エネルギーを用い、それが極小化するような形態を変分法を用い導いた [1]。次にこれを実際の生態における構造と比べるために、野生型と嚢胞腎モデルを用いて比較検討した。

3 結果

理論的結果として、微分幾何学エネルギーが極小化する条件の形態は、(1) 管腔構造 (横断面) の半径、(2) 管腔の伸長方向の長さ、2つの要素より決定されるが、その解は有限であることが明らかとなった。一方、生物学的実験結果として、生後マウス腎尿細管形成において、全観察視野の尿細管数の合計は 196 本で、嚢胞腎モデルマウスの場合、確かに拡張異常を示す尿細管数は増加しているもの、尿細管の全体数は減少していた (137 本)。さらに尿細管上皮の細胞数は、嚢胞腎モデルと野生型で有意差はなかったことから、嚢胞腎モデルでの、細胞数の増加による尿細管の異常拡張は見かけ上のもので、組織内の細胞再編および細胞形態変化によるものと推察された。実際、細胞数の増加を伴わない拡張異常 (個々の細胞の扁平化) が初期の表現型として有意に多く認められた (Figure1)[2]。

細胞数の増加を伴わない尿管拡張が起きている

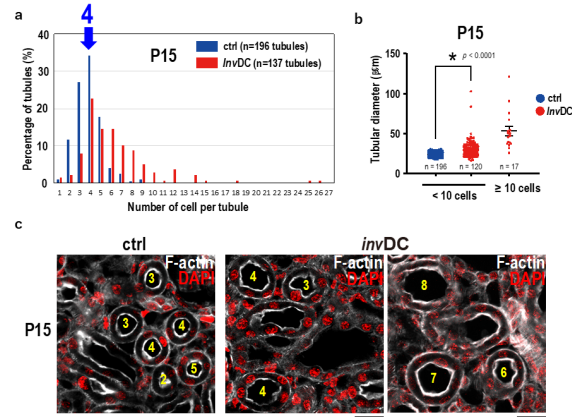


Figure 1: 細胞数の増加を伴わない拡張異常

4 考察

以上の結果により、inv マウスにおける尿管の形態変化は細胞増殖の異常というよりも形態形成そのものの異常が重要な点であることが明らかになった。しかしこれは単なる無秩序な異常というよりは、微分幾何学エネルギーが極小化するようないくつかの解である可能性があり、理論的結果はそれを裏付けているように思われる。これはすなわち、形態異常とは単純に細胞増殖の異常ではなく、ある一定の条件下において得られる解の一つに過ぎないという意味で、形態異常の中にもある一定の原理が働いていることが示唆される。その意味で、形態疾患は物理法則に従いつつも理論的にはあり得ても実際の生体内では取られない形態が取られたものと考えることが可能であり、この点から形態疾患の評価が可能であると考えられる。

5 展望と課題

我々が用いたエネルギー量は曲率を用いているが、曲率は本質的に二次元曲面の内在的量である。しかし三次元における管構造はその二次元曲面の性質とともに torsion といった三次元的性質も存在するのであるから、その torsion が取り込まれたエネルギー量に拡張する必要がある。この一般化したエネルギー量を考えることで、有限な空間において管構造がいかにコンパクトに埋め込まれるのかといった性質も明らかになると思われる。これは生物学的には in vitro ではなく in vivo における重要な性質であり、このようなコンパクトネスを考えると人体における形態研究の次の段階であるように思われる。

6 Supplemental

微分幾何学エネルギー $\mathbb{R}^2$ に埋め込まれた 2 次元曲面 S に対して次のような物理量を定義する。実変数 $u_1, u_2 \in \mathbb{R}$ により定められる定義域 $\mathbb{D}$ において曲面 S の面積 $Area(S)$ とその主曲率 κ_1, κ_2 に対して

$$\varepsilon(S) = \alpha Area(S) + \beta \int_S K dS$$

と定め、これを微分幾何エネルギーと呼ぶ。

References

- [1] Kanazawa, H. Some mathematical considerations about a small intestine morphology in the human body. RIMS kokyuroku 2043, 160-163 (2017).
- [2] Shigeta, M., Kanazawa, H., Yokoyama, T. Tubular cell loss in early inv/nphp2 mutant kidneys represents a possible homeostatic mechanism in cortical tubular formation. 1-20 (2018).

初期心臓におけるキラリティーの出現

○本多久夫^{1,2}、阿部高也²、藤森俊彦^{3,2}

¹神戸大学大学院医学研究科

(〒650-0017 神戸市中央区楠町 7-5-1; hihonda@hyogo-dai.ac.jp)

²理化学研究所 生命機能科学研究センター; ³基礎生物学的研究所

Emergence of chirality in embryonic heart looping

○Hisao Honda^{1,2}, Takaya Abe² and Toshihiko Fujimori^{3,2}

¹Kobe University Graduate School of Medicine, Kobe 650-0017, Japan; ²RIKEN Center for Biosystems Dynamics Research; ³National Institute for Basic Biology

Abstract: In mammals and birds, the embryonic heart tube is converted from a straight tube to a helical structure, which has chiral properties. Chirality is originated from stereochemistry and is thought to arise from a combination of three axis-asymmetries. We investigated the morphogenesis of the helical structure of the heart tube, keeping in mind that chirality is a three-dimensional (3D) geometric property. Based on experimental observations, we performed computer simulations with cell-based 3D vertex dynamics and recognized importance of rightward movement of the anterior heart tube, which related to the left-right asymmetry, one of the three axis asymmetries. The left-right asymmetry may be generated by a left-right biasing system, such as the Nodal-relating signal pathway. Our results provide insight into how the left-right biasing system leads to the helical looping of the embryonic heart tube.

Keywords: cardiac looping, chirality, embryonic heart, helix, vertex dynamics

哺乳類や鳥類の心臓形成の初期には、直線状のチューブであったものが左巻きのヘリックスになる。ヘリックスはその鏡像がもとの形と重ならないキララル構造である。どのようにしてこの構造ができるかに興味をもった。多くの動物は、外見は左右対称だが内部の器官は左右非対称である。これを支配する遺伝子として例えば Nodal 関連遺伝子が知られている。心臓のキララル構造形成はこのような遺伝子と関係するに違いないが詳しいことはわからない。

立体幾何学によれば空間の x, y, z 軸それぞれに非対称があれば全体はキララル構造になる。これを頭において身体の初期心臓の形を考えよう。三軸は背腹軸(V)、頭尾軸(A)、左右軸(RL)である (図1)。初期心臓の直線チューブはまず腹方向(V)に出っぱり屈曲する。我々はマウス胚を使った実験で、チューブの腹側の細胞が背側の細胞よりも増殖がひんばんであることを確かめた。また初期心臓の形成を動画に撮り、細胞分裂がチューブの軸

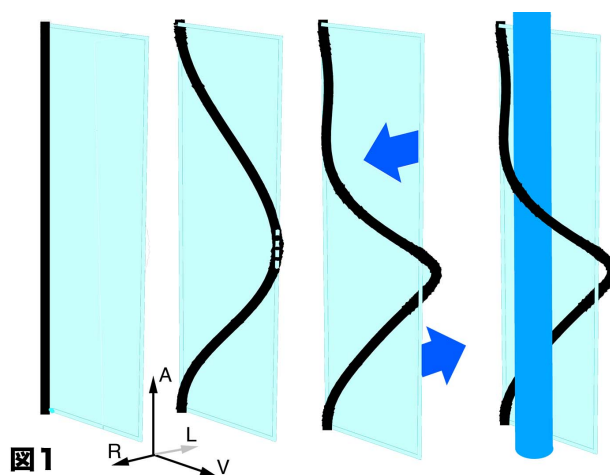
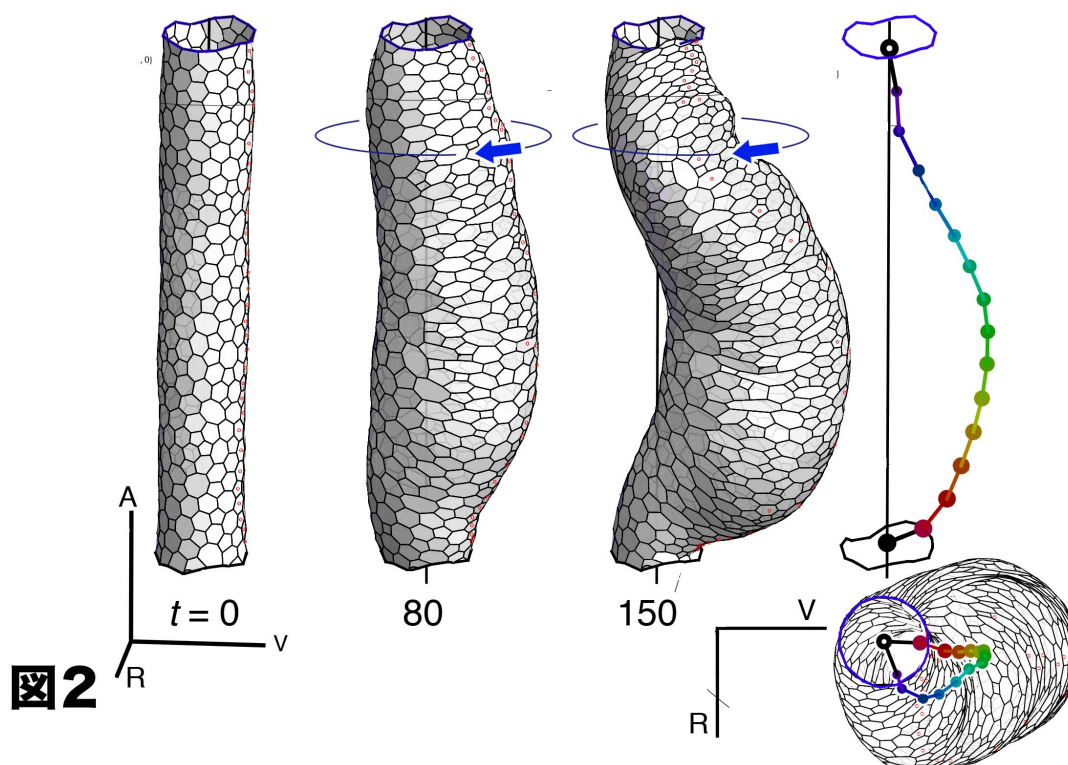


図1

方向 (分裂面が軸に垂直) であるものが多いことを確かめた。この観察に基づき、多角形

でできたチューブ（図2 $t = 0$ ）に vertex dynamics をつけたコンピュータ・シミュレーションをほどこすと、チューブは腹側に屈曲しはじめた（図2 $t = 80$ ）。これは背腹軸に関する非対称である。



腹側に屈曲したチューブは腹側から見て右に向かう運動することが観察されている。これは左右軸に関する非対称であるが、最近この右向き運動は頭尾軸の頭側で起こることが明らかにされた(Le Garrec et al., 2017)。我々も細胞分裂でできた2つの娘細胞がチューブの頭側では逆時計回りにシフトし、チューブの尾側（後側）では時計回りにシフトする事を見いだした。頭尾軸に関する非対称である。コンピュータ・シミュレーションでは、屈曲しつつあるチューブ（図2 $t = 80$ ）の頭部に右向き運動を加えた。結果は図2 ($t = 150$)である。チューブを水平にスライスしたものの中心点をつないでできた鎖を図2右しめした。下に水平面に投影した図もしめした。この鎖はヘリックス構造であることがわかる。

結論

初期心臓のヘリックス構造は背腹軸、左右軸、頭尾軸3軸の非対称があれば形成されることがわかった。[左右性を支配する遺伝子]が[心臓の左巻きヘリックス形成]にはたらくプロセスが不明なのだが、不明なプロセスは [左右性を支配する遺伝子]から[チューブの右向き運動]に縮まった。

文献

Le Garrec, J. F. et al. (2017) A predictive model of asymmetric morphogenesis from 3D reconstructions of mouse heart looping dynamics. *eLife*, doi:10.7554/eLife.28951.001.

Individual identification by AI in criminal cases

Susumu Ogawa

Institute of Spatial Technology, Toyo 3-1-5, Koto, Tokyo 135-0016

E-mail: ogawa_susumu_phd@yahoo.co.jp

Abstract: Individual identification by AI has been developed in daily life, especially criminal cases. Here, in actual criminal cases, forensic and AI identifications were shown and their problems were discussed.

Keywords: image analysis, pattern recognition, REKOGNITION, Watson

1. Introduction

Recently, in most of criminal cases, security camera images were used for the forensic judgement, which concluded guilty. Especially, in face recognition, qualitative judgement led to guilty. On the other hand, face recognition software by AI was published in low prices, especially Amazon REKOGNITION has been used for criminal investigation in US. Then, REKOGNITION was applied for security camera images in 4 criminal cases.

2. Method

Using REKOGNITION by Amazon, image similarity was obtained between criminal persons and accused persons in four criminal cases.

3. Results

(1) Robbery case

In a robbery case, image similarity was obtained between criminal and accused persons.

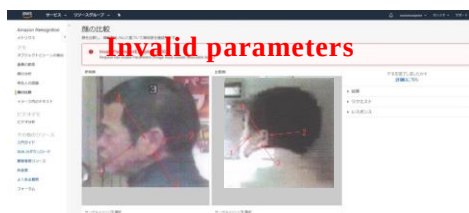


Fig. 1 Result of Amazon REKOGNITION

Similarity was not obtained between criminal and accused persons from lack of face components.

(2) Obscenity charges

In obscenity charges, image similarity was obtained between criminal and accused persons.

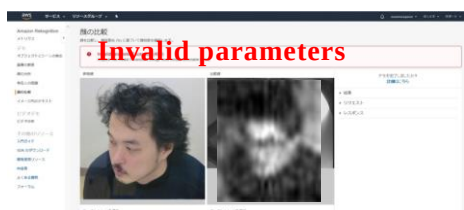


Fig. 2 Result of Amazon REKOGNITION

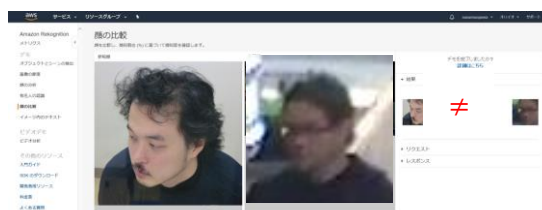


Fig. 3 Result of Amazon REKOGNITION

In Fig.2 similarity was not obtained between criminal and accused persons because of lack of face components, while in Fig. 3 similarity showed difference between criminal persons and accused persons.

(3) Traffic violation case

In traffic violation case, image similarity was obtained between criminal and accused persons.



Fig. 4 Result of Amazon REKOGNITION



Fig.5 Result of Amazon REKOGNITION

In Figs. 4 and 5 both similarity showed difference between criminal and accused persons.

(4) Property crime

In property crime, image similarity was obtained between criminal and accused persons.



Fig. 6 Result of Amazon REKOGNITION

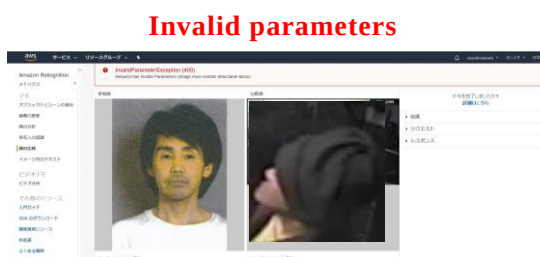


Fig. 7 Result of Amazon REKOGNITION

In Figs. 6 and 7 both similarity was not obtained between criminal and accused persons because of lack of face components.

4. Discussion

In four criminal cases, some results showed expectation, while others showed “invalid parameters”. The major causes would be low resolution, underexposure, and lack of face components. Therefore, prosecutors should judge impossible recognition for these cases.

5. Conclusions

- (1) As a result of REKOGNITION for four cases, some of them obtained expected similarity.
- (2) Impossible recognition for these cases was caused by three elements: low resolution, underexposure, and lack of face components.
- (3) Therefore, prosecutors should judge impossible recognition for these cases.

References

Amazon Rekognition: <https://aws.amazon.com/jp/rekognition/>

サハ共和国の口琴ホムスとヒトの関係性

荏原 小百合

北海道科学大学全学共通教育部、札幌市手稲区前田 7 条 1 5 丁目 4-1

ehara-s@hus.ac.jp

Relationship between Khomus(Jew's Harp) and people in the Sakha Republic

EHARA Sayuri

Hokkaido University of Science, 15-4-1, Maeda 7-jo, Teine-ku, Sapporo-shi

Abstract:

ヒトが演奏する楽器には様々な「かたち」がある。その中でも口琴 (Jew's Harp) は、とても小さな楽器だが、ヒトと口琴が織りなす音色やレパートリーは多様だ。この講演では、音楽人類学的視点から、シベリア・サハ共和国で製作・演奏されている金属製口琴「ホムス」とヒトの関わりについて考察を行う。

Keywords: cultural anthropology, musical instrument, Jew's Harp, Khomus, Sakha (Yakutia) Republic.

1. サハ共和国

日本のほぼ真北、東シベリアに、ロシア連邦サハ共和国がある。サハ共和国の面積は日本の約 8 倍程で、共和国の人口は約 96 万人 (2010 年国勢調査)、サハ 48.9%、ロシア 36.9%、エヴェンキ 2.2%、エヴェン 1.6% 他である。公用語はチュルク諸語のサハ語とロシア語である。サハ人の祖先は、10～13 世紀頃、バイカル湖周辺からレナ川上流域、中流域に移動した人々だといわれ、古くから馬牛飼育が盛んだ。首都ヤクーツクで冬の気温は摂氏 -50～60 度、夏は +40 度近くまで上昇し、年間の気温差は 100 度におよぶ。

厳しくも豊かな自然と共に暮らすサハの人々の暮らしの節目に、音楽文化 (歌や口琴ホムス) がある。

2. 口琴 (Jew's Harp)

口琴 Jew's Harp は、太鼓や笛類のように世界各地に分布するが、あまり良く知られていない。アイヌのムックリ (竹製口琴) をはじめとして、ユーラシアを中心に世界中に存在する。少なくとも 7000 人もの人々が口琴を演奏し楽しんでいるとされ、共和国全体で広く知られ「国民楽器」と称されているのはサハだけである (Музей и центр хомса народов мира 2011)。

3. 口琴ホムス (Хомус)

ホムスはサハ共和国で製作・演奏されている金属製口琴である。ビンの栓抜きほどの掌にのる小さな楽器だ。竪琴もしくは蹄鉄の形をした外枠の間に、薄い「振動弁」が取り付けられている。ホムス演奏は枠を上下の歯にあて、振動弁の先端を手で弾いて振動音を口

腔内に共鳴させて発音する (Abe 2010)。

ホムスはその小さな楽器からは想像できないほど、多様な音色を持ち、演奏で用いられる技法や演奏される曲目には、自然や動物の様子・鳴き声を描写したものが数多く存在する (荏原 2014)。



(上) ホムス (下) ムックリ

4. 鍛冶師とホムス

鍛冶師は鉄の配合率や加工法などの科学的な側面における専門家というエンジニアであるだけでなく、サハに受け継がれるオーナメント (文様であり、お守りの役目もある) の意味など文化的な継承者という科学と文化の双方を統合し受け継ぐ人々である (荏原 2015)。

5. ホムスを通じてサハの大地が語る

ホムスは、サハの大地から採掘された鉄を鑄鉄し、サハの鍛冶師によって製作される。その鉄をサハのホムス奏者が演奏する。人間の声帯ではなくホムスの弁 (サハ語で舌) が声帯となり調音される。ホムス奏者は「鉄は歌う」、「ホムスは歌う」というが、これはホムスを通じて、サハの大地が語り、サハの聴衆がそれを聴くという、自然のホムスを媒介とした表現と、人々の再認識であると捉えることができる (荏原 2015)。

参考文献

Abe, Kazuhiro. Sound Analysis of Jew's Harp Sounds. (*Newsletter of the international Jew's Harp Society*. Issue. 11: 7-8, International Jew's Harp Society, 2010)

荏原小百合「サハ—歌謡と口琴」(山田仁史・永山ゆかり・藤原潤子編『水・雪・氷のフオークロア—北の人々の伝承世界』勉誠出版、2014) pp. 217—242.

荏原小百合「口琴ホムスを通じてみたサハの自然と人」(檜山哲哉・藤原潤子編『シベリア—温暖化する極北の水環境と社会』京都大学学術出版会、2015) pp. 232—349.

Музей и центр Хомса народов мира, *Музей и центр Хомса народов мира*. (кутск: Музей и центр Хомса народов мира, 2011)

高次元正多胞体のかたちの原則

宮崎興二

京都大学名誉教授

miyazakii.jok@gmail.com

Fundamental Shapes of Higher-dimensional Regular Polytopes

Koji Miyazaki

Professor Emeritus, Kyoto University

Abstract: There are 3 kinds of regular polytopes in 5- or higher-space. They can be variously projected onto 2- and into 3-space, and show gorgeous shapes which make kaleidoscopic changes under some graphic rules controlled by geometric projection. This report compiles the fundamental shapes obtained.

Key words: Higher-dimensional space, Regular polytopes, Projection

1. 正多胞体とは

n 次元空間において、合同な $(n-1)$ 次元正多胞体が各構成図形まわりに一定の状態で集まる多胞体を n 次元正多胞体といい、2次元正多胞体(正多角形)には ∞ 種類、3次元正多胞体(正多面体)には5種類、4次元正多胞体には6種類がある。それに対して5次元以上の場合は、 $(n+1)$ 個の $(n-1)$ 次元正 $(n+1)$ 胞体が a 次元図形のまわりに $(n-a)$ 個ずつ集まる自己双対の正 $(n+1)$ 胞体(n 次元正4面体)と、 $2n$ 個の $(n-1)$ 次元正 $2n$ 胞体が a 次元図形のまわりに $(n-a)$ 個ずつ集まる正 $2n$ 胞体(n 次元立方体)、ならびにそれに双対な 2^n 個の $(n-1)$ 次元正 2^n 胞体が a 次元図形のまわりに 2^{n-1-a} 個ずつ集まる正 2^n 胞体(n 次元正8面体)、の3種類がある。

2. 正多胞体の数え上げ

2次元正多角形については論外として、3次元正多面体の個数については、ユークリッドが『原論』の巻末で、合同な正多角形が一つの頂点まわりに集って立体角を作る方法には5種類しかないことを使って図形的に証明している。4次元以上の正多胞体については、Schläfli(1852年)が数学的に数え上げたが、ここではそれをユークリッドに倣って図1のように図形的に行う。最上段は正多面体についてで、白丸印の頂点まわりの正多角形の集まり方には5種類ある。2段目は4次元正多胞体についてで、白丸印の稜のまわりの正多面体の集まり方には6種類ある。3段目は5次元以上の有限次元の正多胞体についてのもので、白丸

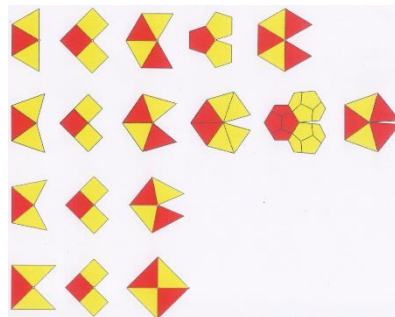


図 1

印の $(n-3)$ 次元図形のまわりの $(n-1)$ 次元正多胞体の集まり方には3種類しかない。左から正 $(n+1)$ 胞体、正 $2n$ 胞体、正 2^n 胞体である。3角形は底辺 $\sqrt{2}$ 、斜辺 $\sqrt{\{n/(n-1)\}}$ の2等辺3角形、4角形は正方形となっていて、白丸のまわりに、3角形は4個まで、正方形は3個まで集まる。4段目は ∞ 次元の場合で、すべて直角3角形と正方形で構成され、 ∞ 次元正8面体は ∞ 次元平面に退化する。

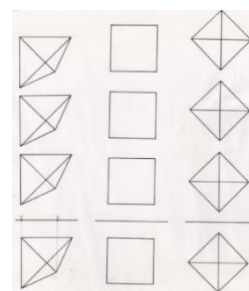


図 2

高次元正多胞体はさまざまな投影によって3次元空間内や2次元平面上で表示される。そのうち X_1 から X_n まで n 本の n 次元直交座標軸のうち2本ずつで決められる $n-1$ 枚の平面上への直投影を、横方向に置いた X_1 軸の上下に配置する正投影によると原像の計量的な性質を正確に表現できる。

5次元正多胞体の正投影は図2のようになる。左から、正 $(n+1)$ 胞体、正 $2n$ 胞体、正 2^n 胞体で、それぞれにおいて合同な図が上下に配列され、 $(n+1)$ 胞体以外は任意の次元に共通した図になる。 $(n+1)$ 胞体の場合、1辺を $\sqrt{2}$ とした場合、 X_1 軸上の・印間の距離は $\{1+\sqrt{(1+n)}\}/n$ となる。図1の3角形も同様に決められる。

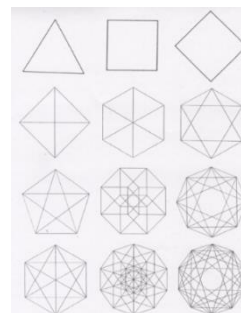


図 3

この正投影を使って回転させると、図3のように、正 $(n+1)$ 胞体は正 $2n$ 角形にすべての対角線を加えた図、正 $2n$ 胞体は正 $2n$ 角形に各辺に平行な辺を持つすべての菱形を加えた図、正 2^n 胞体は正 $2n$ 角形に中心を通るものの以外のすべての対角線を加えた図となる。

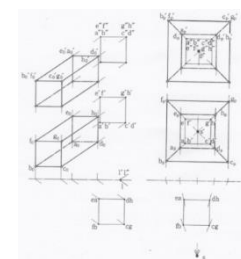


図 4

直投影以外の主要な投影である斜投影と透視投影については、正投影から図4のように作図できる。

こうした高次元正多胞体の応用例が、正 $2n$ 胞体による n 次元空間充填図形の直投影となった図5の2次元平面上の非周期的なタイル貼り図形(上段)と3次元空間内のゾノトープ(下段)である。

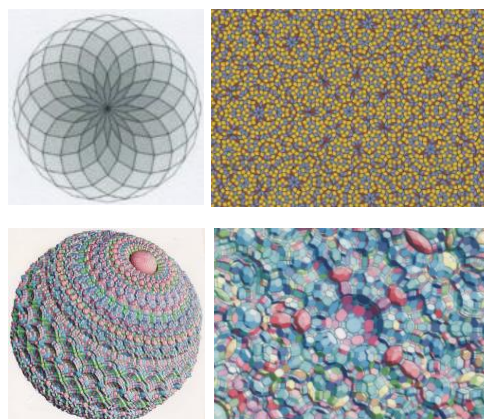


図 5

4. 結論

5次元以上の n 次元正多胞体には正 $(n+1)$ 胞体、正 $2n$ 胞体、正 2^n 胞体の3種類があり、3次元空間へ直投影する場合は、図2のように、正 $(n+1)$ 胞体は4面体や近似球、正 $2n$ 胞体は立方体や近似球、正 2^n 胞体は正8面体あるいは近似球を見せ、2次元平面へ直投影する場合は、図3のように、正 $(n+1)$ 胞体は3角形や近似円、正 $2n$ 胞体は正方形や近似円、正 2^n 胞体は正方形や近似円を見せて、3次元人にとっての基本図形である○△□が揃う。

参考文献 宮崎興二、石井源久、山口哲「高次元図形サイエンス」(京大学術出版会、2005)

4次元正多胞体のリンゴの皮むき展開図についてⅢ

海野啓明

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

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

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

Keimei KAINO

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

Abstract: A curve of apple-peel is a symmetric S-shaped spiral. Apple-peel fold-outs of 5-, 8-, 16- and 24-cells are obtained by using their axonometric projection diagrams. An apple-peel fold-out of 120-cell consists of spherical fold-outs of dodecahedron on both ends and a fold-out of truncated rhombic-triacontahedron in the central plane. These apple-peel fold-outs will give us a good way to obtain fold-out of 600 cell and a shape of 4D apple-peel curve.

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

1. はじめに

正多面体の箱を展開するときリンゴの皮むき展開を用いると、図1のようにS字形の展開図がほぼ一意に定まる。この実用例として「皮むき多面体」(阿竹研究所)がある。リンゴを皮幅一定の条件で軸の周りでむくと全体としてはS字形螺旋となる。正5胞体, 超立方体, 正16胞体, 正24胞体の皮むき展開図の作成法によれば, 正120胞体等を皮むき展開するにはその直投影図が役に立つことが分かる。正120胞体には直投影図の胞心図が役に立つ。その皮むき展開図は中心対称であるため, 北半球の展開図の例を図2に示す。特徴は, 球面状のS字形螺旋が入れ子になり, それが平板状のS字形螺旋に連結する。本報告では, これらのS字形螺旋の性質について解析した結果を示す。

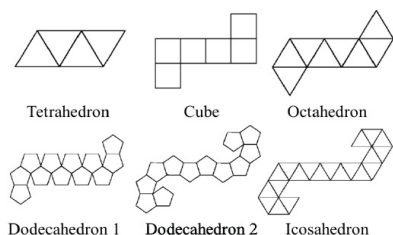


図1. 正多面体の皮むき展開図

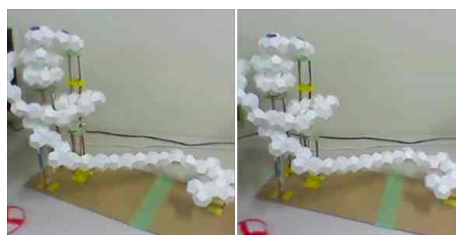


図2. 正120胞体の皮むき展開図の例 (半球, 立体視図)

2. 正120胞体の皮むき展開図について

正120胞体では, その中心から適当な胞の中心を通る軸をU軸にとると, 120個の胞の中心座標はU軸に垂直な9枚の超平面上に分布する。図3の[1,12,20,12,30,12,20,12,1]の各数は, 超上から順にそれぞれ超平面(層)に分布する胞の数を示す。中央層の30個の胞は赤道球面上にあるので, 胞心図では退化した6角形となり切頂菱形30面体の表面を形成し(図4), その皮むき展開は平板状となる(図5)。

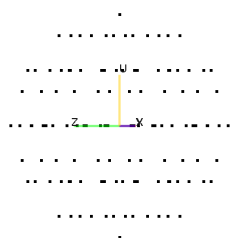
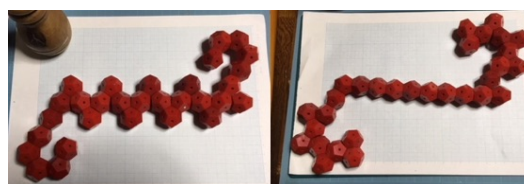


図3. 胞の中心の分布図



図4. 切頂菱形30面体を
見せる正120胞体 [5,5,10,5,5]



(a) 鋸歯型 5+20+5 (b) 直線状 10+10+10

図5. 中央層の皮むき展開図2種類

この展開図は2種類あるが、基本的に同じ形である。ここでは簡単のため図5(a)の鋸歯型を採用するが、図2の皮むき展開図では図5(b)を採用している。図2は北半球の展開図であるが、これは中央層を含めて4つの皮むき展開図(単に皮と呼ぶ)からなる。

第1の皮は1個の胞, 第2の皮は12個の胞からなるが、後者の皮を作るためには、正12面体の皮むき展開図(図1. Dodecahedron 2)の正5角形の各面に胞を糊付けし、隣同士の胞を接着すればよい。第2の皮はほぼ球面状に配置され、その内部の空洞には1個の胞(青色で表示)がうまく収まる(図6)。

第3の皮は、図3の第3層と第4層の32個の胞からなる。図7に皮むき展開の切れ目を黄色で示し、上の赤い胞から皮むきする。ここでは、第3層の胞は凹9角形、第4層の胞は凸10角形をに対応する。皮むき展開の上面図を図8に示す(マッチの軸を立てた面が図7の正5角形の面である)。ほぼ球面状の形をもち、その半径は第2層の皮の倍である。図8の皮むきは上部に5個の胞からなる円環と、それに続いて10個の胞からなる円環(の一部)からなる。前者は図6にも見られる。後者の円環は、第3層と第4層の2個の胞を一組とすると、中心角が37.4度の扇形の弧を描くので、19.3個の胞で1つの円弧を作る(図9)。その半径は、胞の一对の平行な辺の間隔の4.2倍である。また、二つの円環の平面のなす角度は15度である。これらを組み合わせれば図2のような皮むき展開図が得られる。

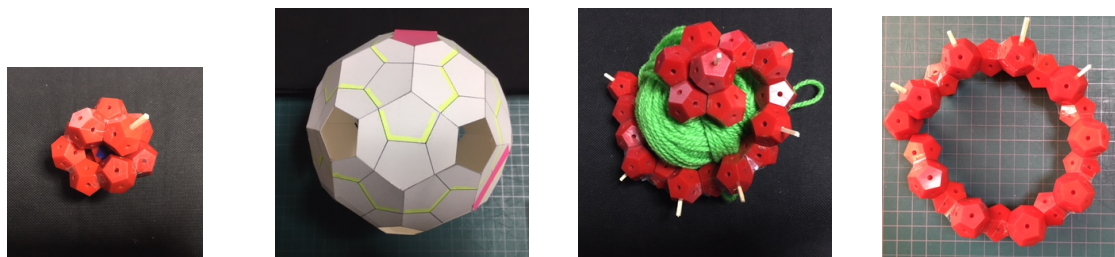


図6. 第1&2層の皮むき 図7. 第3&4層の皮むきと切れ目 図8. 第3&4層の皮むき(半分) 図9. 第3&4層の皮むきの円環

3. 正600胞体の皮むき展開図について

正600胞体は600個の正4面体からなる。その点心図において、600個の胞の中心座標を打点すると図10が得られる。超上から順に各超平面に分布する胞数は[20,20,30,60,60,60,20,60,20,60,60,60,30,20,20]となる。点心図の核は正20面体、これに第2,3&4層にある(20+30+60個)の胞を詰めると菱形30面体の中核ができる。これを利用して皮むき展開図を作成する。第1層の皮は、正20面体の皮むき展開図(図1. Icosahedron)の各面に胞を付着させ、隣同士の面を接着すればできる。これらの胞は中心の一点で接するので球面状である(図11)。第2,3&4層を纏めて展開する方法として、正20面体の皮むき展開図の上に20個の胞を付着し、胞の間の谷に30個の胞を入れ、それらの凹面に60個の胞を貼り付けると、図12が得られる。正4面体の一边の長さを単位とすると、図12の皮むきの内部の空洞は内接球の半径が1.02であるので、図11の皮むきがうまく収まる。中央層は60個の胞は「退化した2等辺角形」となり20・12面体の正5角形上に5角錐を作るように配置されるので、この層単独では皮むき展開はできない。そのためU軸上下の層にある胞と合わせて展開する必要がある。

謝辞、正120胞体の皮むき展開図の作成のため宮崎興二先生から正12面体のプラモデルを借りました。



図10. 正600胞体(点心図)

の胞の中心座標の分布

図11. 第1層の皮むき

図12. 第2,3&4層の皮むき

回転対称型接合部を持つ改良耐震シェルターについて

○阿竹 克人¹ 富岡 万輝² 四方田 彩花³ 武藤 厚³

¹株式会社阿竹研究所 ²株式会社カラフルコンテナ ³名城大学

¹〒468-0068 名古屋市天白区表台 15

¹atake@atake-i.com

On Improved Seismic Shelter with Rotationally Symmetric Joint

¹Katsuhito ATAKE ²Kazuki Tomioka ³Ayaka Yomoda ³Atsushi Muto

¹Katsuhito Atake Institute Co.,Ltd. ²Colorful Container Co.,Ltd. ³Meijyo Univ.

¹Omotedai 15 Tenpaku-ku Nagoya 468-0068

Abstract: Last year, thin steel sheet for containers was bent to form column beams, and we developed an anti - seismic shelter joined rotationally symmetrically. This year more improvements were added to develop variations, high strength was confirmed in the destructive test, and it was actually constructed.

Keywords: seismic shelter rotationally symmetry Solid cubic structure

1. はじめに、旧モデルについて

第 86 回形の科学シンポジウムで、回転対称型接合部とその応用例としての耐震シェルの開発についての発表を行った。この開発コンセプトは、海上コンテナの妻壁用鋼製折板 t2 を曲げ加工して柱梁とし、平板を天井に用いたラーメン構造で大きな開口を確保し、ひとつの部材を 20kg 程度とし室内で三人程度の人力と電動工具で組み立て可能。全体でも 200kg 程度で本体構造に負荷をかけないものだった。

当初は木造 4.5 畳を対象としたコンセプトモデルであったが、名城大学理工学部武藤研究室によって有限要素法解析と公開強度実験を行い、載荷試験と二階床が崩壊し縦型ピアノが落ちてくることを想定した落下実験に対し十分な強度が確認された。

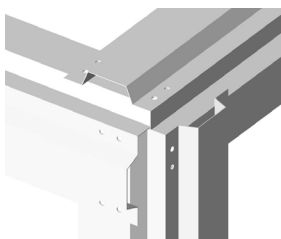


図 1. 回転対称接合部

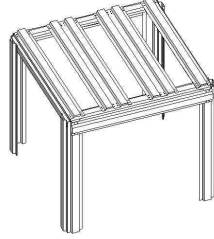


図 2. 旧モデル

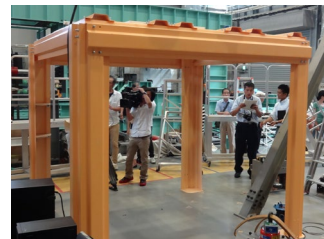


写真 1. 初回の対衝撃実験

2. 旧モデルからの改良

実験が報道されると問い合わせが相次ぎ、要望に応えるため 6 畳と 8 畳にもバリエーション展開することとなった。

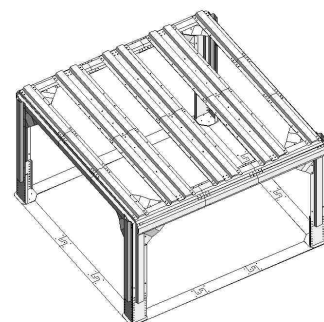
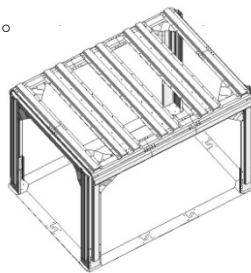
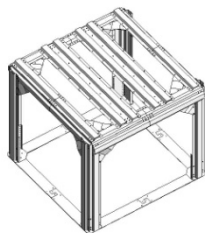


図 3. 改良モデルバリエーション展開

また実験と解析結果等から次の改良がなされた。

1. 一重の天井折版を二重使いとした。これにより落下物に対する強度は約三倍になった
2. 6 畳と 8 畳に共通部品で対応する為に梁を分割し、900mm の拡張梁が入るようにした。これにより部品点数は増えたが、単体の軽量化で施工性が向上した。
3. 柱を床に緊結し、柱間にバリアフリーを考慮した t1.6 のテンションビームを入れた。これは梁同様特殊な継ぎ手で分割化し部品の共通化を図った。
4. 建築物と一体化するため安価な中国製コンテナ用 ISO 鋼材を止め、建築基準法の仕様規定を満たす JIS 鋼材 t2.3mm 曲げ加工に改めた。
5. ラーメン構造のため比較的脆弱だった水平耐力強化のため、回転対称状の接合部に同様に回転対称状の火打ち頬杖梁を追加した。これにより約 1.5 倍の耐力が得られる解析結果となった。
6. 柱とベースを分け、穴位置を選択することで二種類の柱で H1750 から H2750 までの天井高に 50mm 刻みで対応可能とした。(天井との隙間 50mm の場合)
7. 梁の分割等に対応する為 12 φ 中ボルトを同径のハイテンションボルトとした。
8. 必要に応じて柱の内側に棚を付けることでインテリア性を向上させた。

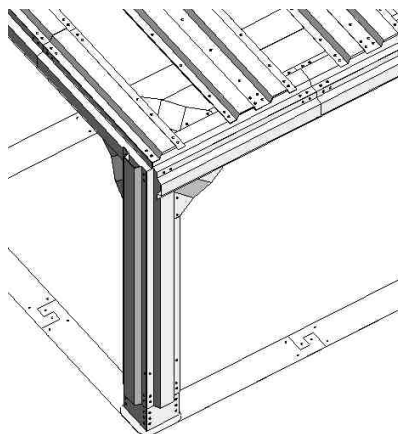


図 4. 改良型詳細

3. 改良モデル再実験

改良タイプのうち最もクリティカルな 8 畳版に対して今回は床版床組みとともに縦型ピアノが落下する事象を想定して繰り返し衝撃を加え、最後には 450kg の落下体を 1m から落とす衝撃にも耐えることが確認された。部材は最終的に耐力を失い、大きな残留変形を生じたが、薄板の変形を抑えさらなる高強度化へのヒントが得られた。



写真 2. 最終実験結果

4. 実施例と今後の展開

本年 10 月に最初の施工事例が愛知県内で竣工し施工性に問題がないことが確認された。またこのシステムはアンクルなどの型鋼に対しても有効であるので、単なる防災耐震シェルターにとどまらず建築構造の一部としても展開する可能性を模索している。



写真 3. 実施例施工中



写真 4. 完成



写真 5. 施工例詳細

参考文献 回転対称型接合部とその応用例の耐震シェルターについて 阿竹 克人

84 回形の科学会シンポジウム予稿

研究を“カタチ”に 形の科学会機関誌での論文発表

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

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

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

奮ってご投稿ください。

英文誌【FORMA】

会員・非会員を問わず、投稿できます。

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

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

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

和文誌【形の科学会誌】

会員・非会員を問わず、投稿できます。

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

投稿規定の詳細は、下記サイトをご覧ください。

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

形の科学シンポジウムを開催しませんか？ シンポ代表世話人を募集します

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

シンポジウムの代表世話人は、形の科学会会員の中から選ばれます。

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

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

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

【お問い合わせ先】

形の科学会事務局・シンポジウム開催支援担当

石原正三（埼玉県立大学）

shozo@spu.ac.jp

手嶋吉法（千葉工業大学）

yoshinori.teshima@it-chiba.ac.jp

形の科学会 入会方法

入会資格は、形の科学的研究に興味を持っていることです。

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

《インターネットによる入会手続き》

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

《E-mail による入会手続き》

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

《郵送による入会手続き》

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

————— 切り取り線 —————

会員登録カード (記入日： 年 月 日)

氏名： 氏名フリガナ：

生年月日： 年 月 日

連絡先選択：勤務先・自宅・出張先（一つだけ残す）

勤務先名称：

勤務先郵便番号：〒

勤務先住所：

勤務先電話： 勤務先 FAX：

勤務先 Email：

自宅郵便番号：〒

自宅住所：

自宅電話： 自宅 FAX：

自宅 Email：

主要活動分野（20 字以内）：

形関連の興味（箇条書きで各 20 字以内）：

備考（出張宛先, etc.）：

————— 切り取り線 —————

【形の科学会事務局】

〒184-8501 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

東京学芸大学 自然科学系基礎自然科学講座理科教育分野

松浦 執 宛

E-mail：shum00@u-gakugei.ac.jp （00 は数字のゼロゼロ）

形の科学シンポジウム講演予稿集 Vol. 3 No. 2 (2018年 11月)

発行： 形の科学会

会長： 宮本 潔

獨協医科大学医学総合研究所

事務局長： 松浦 執

東京学芸大学自然科学系基礎自然科学講座理科教育分野

講演予稿集編集事務局： 手嶋 吉法

〒275-0016 千葉県習志野市津田沼 2-17-1

千葉工業大学工学部機械電子創成工学科

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

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