

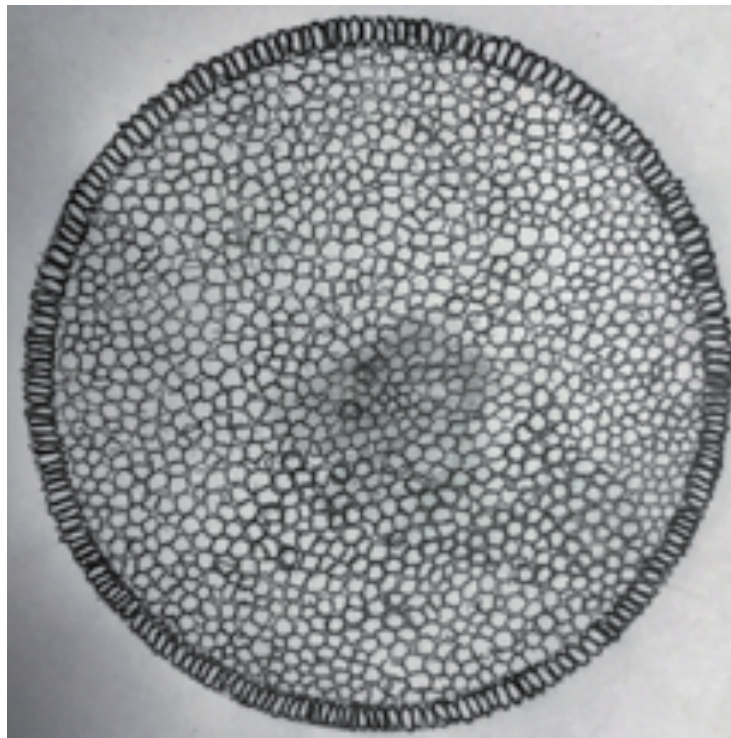
ISSN 0915-6089



形の科学会誌

第 32 卷 第 2 号 2017

Journal of the Society for Science on Form



形の科学会

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

目 次

【論文】

「ミリンダ王の問い」における証明に関する二つの概念

山口喜博 56

【交流】

佐渡島沢根層から産出する珪藻化石の個体数・分類とその産出頻度について

坂本悠莉 69

【シンポジウム】

第83回 形の科学シンポジウム 「伝統の形と形の科学」

プログラム 75

討論記録 79

【会告など】

会告..... 86

原稿募集 93

「ミリンダ王の問い」における証明に関する二つの概念

山口喜博

帝京平成大学

〒290-0193 千葉県市原市うるいど南 4-1

(連絡先:〒290-0073 千葉県市原市国分寺台中央 2-4-14)

chaosfractal@iCloud.com

Two concepts of proofs in “The Questions of King Milinda”

Yoshihiro Yamaguchi

Teikyo Heisei University

(2017 年 5 月 25 日受付, 2017 年 7 月 29 日受理)

Abstract: “The Questions of King Milinda” is a dialogue of the king Menander I (Milinda) and the sage Nagasena (Nagasena) published approximately 150 BCE. Milinda is a Greece-like considering representative and Nagasena is an Indian-like considering representative. Milinda poses questions on Buddhism to Nagasena. He expects explanations similar to the proof in the field of geometry. We name it the traditional proof. Nagasena does not give answers expected by Milinda, and explains the need of the procedure to achieve the concepts of Buddhism. Namely, Nagasena preaches the necessity for an algorithmic proof in contemporary terms. Using a dialog on “nirvana” in “The Questions of King Milinda”, we discuss the difference of the traditional proof and the algorithmic proof.

In the field of the dynamical system, there exists Nielsen-Thurston classification theorem. For this theorem, there exist the two types of proofs, namely, the traditional proof and the algorithmic proof. In order to determine whether or not the chaos exists in the system, we can use the procedures obtained by the algorithmic proofs.

Next, we give an example of algorithmic proof performed by the authors, and introduce several procedures in the dynamical systems and the hydrology.

Finally, the problems related to the traditional proof and the algorithmic proof are discussed. If we use the algorithmic proof in the field of science, we may be able to overcome the limitations in the traditional proof.

Keywords: The Questions of King Milinda, King Milinda, Sage Nagasena, Nirvana, Traditional proof, Algorithmic proof.

1. はじめに

最初に、平面の力学系の定理でよく利用されるニールセン・サーストンの分類定理 [1] を紹介する。この定理を適用できる系は面積保存写像系に限られるが、面積保存写像系を周期的な系、可約系、そして擬アノソフ系の三つに分類できる。簡単な適用例を付録 A に示した。面積保存写像はエネルギーを保存する系で現れる。特に系の中にカオスが存在するかどうかはポアンカレ以来の大きな問題である [2]。この問題の解決にニールセン・サーストンの分類定理が利用できる。

系が擬アノソフ系に分類されると、系の位相的エントロピーが正であることが保証される。つまり、系の中にカオスが存在することになる。系が与えられた場合、どのようにすれば上記の分類ができるのかについては何も述べていない。特に知りたいのは擬アノソフ系に分類されるための条件である。サーストンの論文が発表された当時、擬アノソフ系に分類されるための条件が経験的に知られていたにすぎない。

松岡隆 [3,4] がある種の行列を利用し分類を行うための手順を開発した。今日では使用した行列名をとってビューロー行列法と呼ばれる。この手順を実行すれば位相的エントロピーの下界が計算できる。正の値が得られると系は擬アノソフ系に分類される。ベストビナ・ハンデル [5] によって線路算法が発表された。この手順を実行しても系を分類できる。擬アノソフ系に分類されると位相的エントロピーの下界も計算してくれる。これらは非常に便利な算法である。これらの手順の開発で、面積保存写像系における系の位相的エントロピーが下界ではあるが理論的に計算できるようになった。カオスの強さを理論的に数値として得られるようになったことは画期的なことである。面積保存が成り立たない散逸写像系で、カオスの強さを調べるためには数値計算が必要である。

ビューロー行列法と線路算法は手順を与えるから、当然ではあるがプログラム言語で記述できる [6,7]。これらのプログラムを実行すると結果として分類が決まる。これらはニールセン・サーストンの分類定理のアルゴリズム的証明と呼ばれている。以上より、証明には二通りの方法があることが分かる。これらをまとめておく。

[I] 通常の証明。主張を提示し与えられた条件をもとに証明を与える。

[II] アルゴリズム的証明。提示された主張が正しいことを示す手順を与える。

紀元前 150 年頃、インドで成立した「ミリンダ王の問い」 [8] における問答には、上記の二つの証明方法の違いが明瞭に現れている。

ミリンダ王が問いを発し、それに答えるのが仏教僧ナーガセーナ長老である。ミリンダ王はギリシャ的な考えをする代表と考えてよい。つまり、上記の [I] のような思考をし質問する。ナーガセーナ長老は仏教者の代表であるが、インド的思考をする人達の代表でもある。ナーガセーナ長老は上記の [II] の立場でミリンダ王の多くの質問に答える。そのため、両者の基本的な思考の違いによって問答はすれ違いに終わることが度々ある。

この論文では、仏教哲学の重要な概念である「ねはん(涅槃)」についての問答をもとに両者の思考の違いを紹介する。科学の分野では [I] の考えが主である。科学の分野でも [II] の考えを取り込むことで新たな展開が可能となるのではないかと考えている。

第2章で、ねはんに関する問答を紹介する。第3章で、筆者が関係した問題におけるアル

ゴリズムの証明の例を紹介し、問題を解決する手順の重要性を議論する。また力学系等で利用される手順の紹介も行う。第 4 章で、本論文の内容と関連する問題についての議論を行う。

2. ねはん問答

「ミリンダ王の問い」の訳文[8]において、涅槃は「ねはん」となっているので、ここでもねはんを用いる。引用文は全て邦訳「ミリンダ王の問い」によった。

ねはん問答は大きく二つに分かれて収録されている。第 1 巻における第一編第四章第七から第九までと、第 3 巻における第二編第七章第五と第六、そして第八章第九より第十二章までである。仏教哲学における重要な概念の議論が分散しているのは不自然である。これは、第 1 巻の最初の部分のみが実際に行われた問答の記録で、それ以後の内容は後代における補遺と考えると納得できる。詳細は参考文献[8]の解説を参考にしてほしい。

紀元前 150 年ごろに、ギリシャ的な考えをする人物とインド的な考えをする人物の問答があったという歴史的な事実を伝えるという意味で本書の存在意義は大きい。また考え方の異なる人達の対話の重要性も我々に教えてくれる。

これよりミリンダ王を（大王）と、ナーガセーナ長老を（長老）と略して書く。

2.1. 仏教における信行学

最初に仏教における「信行学」[9]について理解しておくのと長老の説明が分かりやすいであろう。これらは我々の常識に何ら反する考えではない。信行学について、長老の話の中で引用される次の偈が分かりやすいと思われる（第一編第一章第十）。

人は信仰によって激流を渡り [信],
勤勉によって海を渡る [学],
精励（精進）によって苦しみを越え [行],
智慧によって全く清らかとなる。

括弧で示した信、学、行は筆者による追記である。「ミリンダ王の問い」で、長老は「行」無くして仏教の概念は理解できないと力説している。最後の「智慧によって全く清らかとなる」実体が「ねはん」である。それでは問答を紹介しよう。

2.2. ねはん問答

2.2.1. 最上の目的。

最上の目的についての問答から始める（第一編第一章第五）。

（大王）「あなたがたが出家したのは何のためですか。また、あなたがたの最上の目的は何ですか」。

二つ目の問いに関する答えを紹介する。

（長老）「実にわれわれの最上の目的は、生存に執すること無き完全な涅槃（ねはん）で

あります」。

ここで初めてねはんが登場する。ねはんの議論は第一編第四章第七、第八、並びに第九に移る。第七において、ねはんが「止滅」であると説かれる。止滅とは、煩悩を制止し抑制することを意味する。

(大王)「すべての人がねはんを得るのですか」。(第一編第四章第八)。

(長老)「大王よ、すべての人がねはんを得るではありません」。「正しく道を行い、熟知すべき法を熟知し、完全に知るべき法を完全に知り、断すべき法を断じ、修すべき法を修し、現証すべき法を現証する人は、ねはんを得るのです」。

ここではねはんを得るためには、法を行じる必要があることが述べられている。

(大王)「まだねはんを得ていない者が『ねはんは安楽である』と言うことを知っているでしょうか」。(第一編第四章第九)。

(長老)「まだねはんを得ない人々でも、ねはんを体験した人々の声を聞いて、『ねはんは安楽である』ということを知るのです」。

ねはんという概念はブッダだけのものではなく、多くの人々に伝えていけることが述べられている。

これより第3巻の内容に移る。

2.2.2. 因果論。(第二編第七章第五)。

(大王)「この世に、業(ごう)によって生起したのが見られ、原因によって生起したのが見られ、時節によって生起したのが見られます。この世に業によって生ぜず、原因によって生ぜず、時節によって生じないところのものがあれば、それをわたしに話して下さい」。

(長老)「大王よ、虚空とねはんは業によって生ぜず、原因によっても生ぜず、時節によっても生じないものです」(趣旨)。

この後、大王は原因と結果が対になった多くの例をあげる。これらの例と同じように、ねはんの生起する原因があるはずであると反論する。

(長老)「ねはんは生起せられるものではありません。それゆえに、ねはんの生起する原因は説かれません」。

(大王)「『ねはんを証得する原因は存在する。ねはんの生起する原因は存在しない』ということ、理由をもってわたしを納得させて下さい」(趣旨)。

この質問に対して長老は次の例をあげる。

(長老)「人は証得の力によって、ヒマラヤに至ることができます。しかし、ヒマラヤをここへもってくるところはできません」(趣旨)。

(長老)「ねはんを証得する道を説くことはできるけれども、ねはんの生起する原因を示

すことはできません」。

ねはんの生起する原因を示すことができない理由を長老は説明する。第二編第七章第五で述べられている原因をまとめると次のようになる。

ねはんは、形成されたものではない。そして、いかなるものによっても造られない。

ねはんは、すでに生じたとか、未だ生じないとか、あるいはまさに生ずるべきであるとかというものではない。

ねはんは、眼によって識別されるとか、耳によって識別されるとか、鼻によって識別されるとか、舌によって識別されるとか、身体によって識別されるとかと言われるべきものではない。

大王は、「A は B である」との言明をし、その言明を説明して欲しいのである。これはまさにユークリッド幾何学での命題とその証明という考え方である。しかし、長老は否定形で回答するのである。このような否定形を頻繁に利用することは仏教哲学の議論ではよく利用される。典型的な例を付録 B に示した。

2.2.3. 識別の概念。(第二編第七章第五, 第六).

第五と第六は識別能力に関する内容でつながっている。大王は、「ねはんが我々の持っている識別能力では識別できないのであれば、ねはんは存在しない」と主張する。このような大王に対しての考え方を改めるように長老は下記の例を示す。

(長老)「風をその色や形から、あるいは風が微細であるか、大であるか、長いか、短いかを示して下さい」。

(大王)「これこれであると、風を示すことはできません」。

(長老)「もしも、風を示すことができないならば、しからば、風は存在しません」。

(大王)「わたしは<風が存在することを>知っています」。

(長老)「ねはんは存在します。しかしながら、ねはんを色や形によって、示すことはできません」。

(大王)「ねはんは存在するということを認めます」(趣旨)。

(長老)「ねはんは、意によって識別されるものであり、かの正しく実践する聖なる弟子は清浄な智慧によってこれを見ます」。(第六)

2.2.4. ねはんの特性。(第二編第八章第十).

(大王)「ねはんは一向に安楽であり、しかも、その形態とか位置とか年数とか分量とかを、譬えにより、理由により、原因により、あるいは方法によって、示すことはできないと認めとしましょう」。「わたしがねはんの特性に関して、その一部分でも、明解をうるよう速やかにお話してください」。

長老はねはんの特性をいろんな物に喩えて紹介していく。ここでは代表的な特性を示す。

- (1) 蓮華が泥水のために汚されないように、ねはんはすべての煩惱によって汚されない。
- (2) 水が清涼で熱苦を吹き消すように、ねはんはすべての煩惱の熱苦を吹き消す。
- (3) 薬がもろもろの病気を滅ぼすように、ねはんはすべてのくるしみを滅ぼす。
- (4) 食物がすべての生きとし生けるものの寿命を維持するように、ねはんは、実証されたときその者たちの老いること、死ぬことをなくするから、寿命を維持する。

2.2.5. ねはんを実証する方法. (第二編第八章第十一).

(大王)「正しく実践し、ねはんを実証するものはだれでも、すでに生じたもの<ねはん>を実証しますか。それとも<ねはんをまず>生ぜしめて、後に<それを>実証しますか」。

長老は、大王がねはんをひとつの現象のように考えている考え方を否定する。そしてねはんの実証の仕方として次のように説く。

(長老)「正しく実践するものは、勝者(ブッダ)の教えによって、諸々の形成されたものを把握しつつ、智慧によってそれを実証するのです」。

つまり、修行していく間に生じる様々な体験並びに現象をもとに、修行者の智慧でねはんを理解していかなければならないことがわかる。単に「行」を実行すればねはんが実証できるとは述べていないのである。

2.2.6. ねはんの場所. (第二編第八章第十二).

大王は、「ねはんが実証される場所はどこにあるのか。ねはんが仕舞い置かれた場所はどこにあるのか」と問う。このような問いをすることは、大王はねはんが何か実態を伴うものであるという概念にとらわれていることを意味する。

(長老)「ねはんは存在しますが、その仕舞い置かれた場所は存在しません」。

(大王)「ねはんが仕舞い置かれた場所がないならそれでよろしい。しかしながら、正しく実践する者が、そこに住立して、ねはんを実証するところの住立所はありますか」。

(長老)「いかなるところに住立しても、正しく注意努力する者に、ねはんの実証があるのです」。

最後に大王は次のように述べて「ねはん」問答の主要部分が終わる。

(大王)「あなたによってねはんが示され、ねはんの実証が示され、戒行の功德が説かれ、正しい実践が示され、真理の幢(はた)がかかげられ、真理の眼が確立され、よく専心するものたちによって、正しい修行は空しいものではないと示されました。最上最勝の指導

者よ、これはまさにそのとおりだと、わたしは認めます」。

3. アルゴリズム的証明の例

図筆者らが書いた論文[10]の内容を紹介するために、分岐現象について簡単に説明する。周期軌道は分岐を経て生じる。ここで考える三つの分岐を説明する。パラメータ a の増加によって分岐が生じる様子を図 1 に描いた。分岐点は黒丸で示してある。また矢印の方向にパラメータ a は増加する。

(i) **周期倍分岐**. 楕円型周期軌道の周りの平均の回転の仕方を記述する回転数が $1/2$ になった場合、楕円型周期軌道から、この周期軌道の周期の二倍の娘楕円型周期軌道が生じる。(図 1(a)). もとの周期軌道は楕円型周期軌道から反転サドル型周期軌道へと変化する。

(ii) **同周期分岐**. 楕円型周期軌道の周りの平均の回転の仕方を記述する回転数がゼロになった場合、楕円型周期軌道から、この周期軌道の周期と同じ周期をもつ娘楕円型周期軌道が二個生じる (図 1(b)). もとの周期軌道は楕円型周期軌道からサドル型周期軌道へと変化する。

(iii) **サドルノード分岐**. サドル型周期軌道と楕円型周期軌道が対で生じる。ノードは楕円型の別名である (図 1(c)).

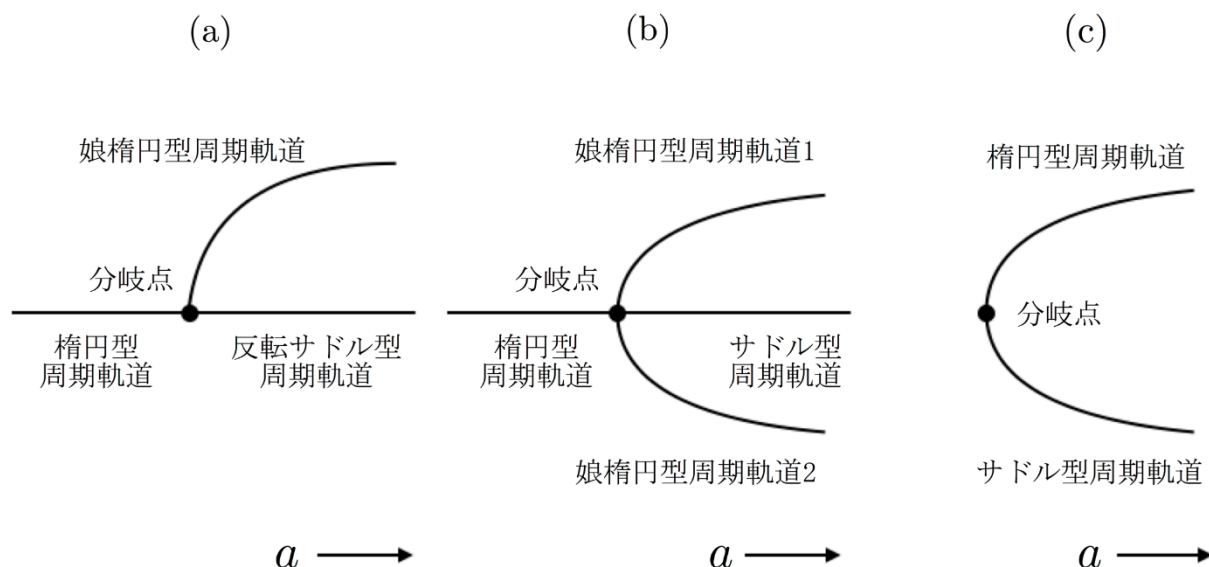


図 1 (a) 周期倍分岐. (b) 同周期分岐. (c) サドルノード分岐.

矢印の方向にパラメータ a は増加する。

考えている面積二次元写像でパラメータを増加すると、ある値以上でスメールの馬蹄が出現するでしょう [2,12]. スメールの馬蹄の中の軌道は 0 と 1 の記号で記述される。これを記号列 s という。記号が定義できると、記号だけで軌道の性質が議論できる。

周期軌道の場合、記号列は周期数に相当する語数の繰り返しとなる。この繰り返しの単位をコード d という。つまり、 $s = \dots ddd \dots$ である。 d を逆順に書いたコードを時間反転コードといい、 d^{-1} と書く。 d と d^{-1} において記号の巡回を認める。巡回した結果、 $d = d^{-1}$ が成り立つならば、コードは時間反転対称コードと呼ばれる。このような性質を

持つ周期軌道は対称周期軌道と呼ばれる．このような対称性を持たない周期軌道を非対称周期軌道と呼ぶ．

例としてコード $d = 0001001$ の時間反転コードは $d^{-1} = 1001000$ である．巡回すると， $d^{-1} = 0001001$ が得られる． $d = d^{-1}$ が成り立つことより，コード d は時間反転対称である．次に，コード $d = 0001011$ の時間反転コードは $d^{-1} = 1101000$ である．巡回しても $d = d^{-1}$ が成り立たない．つまり，コード d は時間反転対称でない．時間反転対称でないコード d が与えられた場合における，我々が考えた問題を紹介しよう．

3.1. 問題.

コード d を持つ非対称周期軌道はどのような分岐で生じたのか．

サドルノード分岐で生じた場合，サドルノード対を構成するパートナーである周期軌道のコードを定めよ．

周期倍分岐で生じた場合，周期倍分岐を起こした母周期軌道のコードを定めよ．

同周期分岐で生じた場合，同周期分岐を起こした母周期軌道のコードを定めよ．

これらの問題を考えるにおいて，コード d の情報のみ利用するというのが条件である．我々は[II]の立場で，答えとして決定手順を与え，得られた手順が正しいことを示した．[I]の立場では，これらの問題に答えを与えることができない．理由は，非対称周期軌道を求める手法が得られていないため，非対称周期軌道の分岐を調べることができないからである．つまり，我々が得た手順でしか問題に答えることはできない．

基本的な量は定義されているが，実際にその量を利用しようとするアルゴリズムの実行が必要となることがある．第3.2節で紹介する．力学系，カオス，フラクタル関係の量の求め方は参考文献[11,12,13]を，ホートンの法則については参考文献[14,15]を見られたい．力学系を含む様々な分野で[II]の考えが自然に浸透し利用されていると考えられる．

3.2. 例.

コードの持つ回転数を求めるアルゴリズム．

コードの二進法表記への変換アルゴリズム．

コードのブロック表示へのアルゴリズム．

コードの高さを求めるアルゴリズム．

カオスかどうかを判定する際に利用されるリアプノフ指数を求めるアルゴリズム．

フラクタル次元を求めるアルゴリズム．

周期倍分岐で生じた周期軌道の符号化規則．

ホートンの水路数の法則．

4. 議論

最初に紹介したニールセン・サーストンの定理には、[I]の立場での証明と、[II]の立場の証明が揃っている。しかし、第3節で紹介した内容は[II]のみの立場の証明である。力学系においては[II]の立場を積極的に利用しないと研究が進まない。筆者は、[II]の方法を利用すると[I]の立場では解決できない問題にアプローチできるのではないかと考えている。

ゲーデルの不完全性定理[16]は[I]の立場での定理である。[II]の立場は含まれていないと筆者は考えている。この点に関しては読者の方々の意見を伺いたい。

我々は、ほとんどは[II]の立場で生活をしていると思う。例を挙げよう。「これは美味しいですよ」と言われ、美味しさについて説明を受けても、実際に食べてみないと美味しさはわからないのである。[II]の立場は悪くすると議論の放棄にもつながる危険性がある。典型的な例は、「それはやってみなければわからない」という発言に代表される。

北岡裕子は参考文献[17]において、「日本のものづくりが『つくることで理解する』という哲学で支えられているように思われる」と述べている。更に「このようにして発展してきた日本の職人ワザを支えるのは日本独自の科学である」とも述べている。筆者は、日本の文化の底流部分に、「行」を通して「学」へという考え方があると考えている。

「ミリンダ王の問い」は仏教哲学的な観点では非常に未熟な内容である。しかし、教訓的な内容が含まれる。ここでは「ミリンダ王の問い」の内容のほとんどが譬え話であることについて考えよう。長老はいろんな仏教的概念を比喻で説明するのである。また、それを大王も望んでいるのである。言語で述べることはある意味で比喻なのである。言語には数式も含まれる。数式を図で表現すれば数式の意味が分かりやすくなる。図も言語の一種である。比喻でしか述べられない概念もある。比喻を比喻のままにしておくのではなく、そこから真の意味を理解する努力（「行」）を必要とするのは、どんな分野でも共通していると思う。比喻に対する批判もある[18]。今後、比喻の効用の議論が望まれる。

ヴィトゲンシュタインは1921年に論理哲学論考[19]を発表した（ヴィトゲンシュタインはオーストリア人であるから、本来このように読むべきである）。この論考の最後に、「話をするのが不可能なことについては、人は沈黙せねばならない」との有名な命題7がある。この少し前の命題6.53には、「本来哲学の正しい方法は、語られうること、従って自然科学の命題、従って哲学とは何の関係もないこと、これ以外の何も語らない、というものである」とも述べている。これらは論理哲学の限界を端的に示している。命題7のいろんな分野に与えた影響は大きい。詳細は参考文献[20]を見られたい。

仏教哲学は多くの概念を、比喻としてまた否定形を利用して表現してきた。また、言語で表現できない概念を、「行」によって理解することも可能であるとしているのである。これが長老の答弁の根底にある。橋爪大三郎は、仏教を非西洋的な言説戦略の胚胎として捉えている[21]。ここでいう非西洋的な言説戦略とは、ヴィトゲンシュタインの言語ゲームで捉えられないと言う意味である。橋爪大三郎は「ブッダの言説よりも、ブッダのものである悟りのほうが、確実に価値あるものである。ブッダの悟りは、言説に表明されることによって、確かにその価値を減じてしまう」と述べている。ここで、ブッダの言説とは經典を指す。筆者はこの主張に賛同する。問題は、ブッダの悟りをブッダ以外の人たちが理解し悟れるのかということに尽きる。この問題を解決するために仏教哲学では言語で記述した經典以外に「信」と「行」を必要としたのである。

「行」の重要性を理解するための簡単な例として音楽を考えよう．楽譜は音楽独特の記号である音符で書かれている．これは言語と同等である．楽譜が楽器で演奏され，これを聞いている人が感動するのである．楽器の演奏が「行」に相当する．「感動」は言語の世界つまり言語ゲームの世界には含まれないのである．言い換えると，「感動」は言語ゲームの世界では理解できないのである．言語ゲームの外に出るために「行」が必要なのである．

ヴィトゲンシュタインの言語ゲームを含む哲学では「行」が全く考慮されていない[22]．橋爪大三郎の議論でも同様である．このことから，筆者は仏教哲学をヴィトゲンシュタインの言語ゲームとして捉えることはできなし，橋爪大三郎の言う非西洋的な言説戦略としても捉えられないと考えている．インドでは，ヴィトゲンシュタインの論理哲学論考に見られる論理哲学の限界を 2000 年以上も前に乗り越える方法を確立していたのである．これはもっと評価されるべきであろう．

本論文の一部は，第 75 回形の科学シンポジウムにおける「形と知」の部門で発表した[23]．最後に，本論文について適切なコメントをしてくださった査読者に感謝いたします．

付録 A

ここではニールセン・サーストンの分類定理の適応例を紹介する．ニールセン・サーストンの分類方法は，周期軌道より組みひもを構成し組みひもの性質を利用した分類方法である．

最初に，面積保存写像で周期軌道を見つける．周期軌道の情報より組みひもを構成する．構成の仕方は参考文献[12]を参考にしてほしい．図 2(a)は周期 3 の周期軌道より構成された組みひもである．これはニールセン・サーストンの分類では，周期型に分類される．

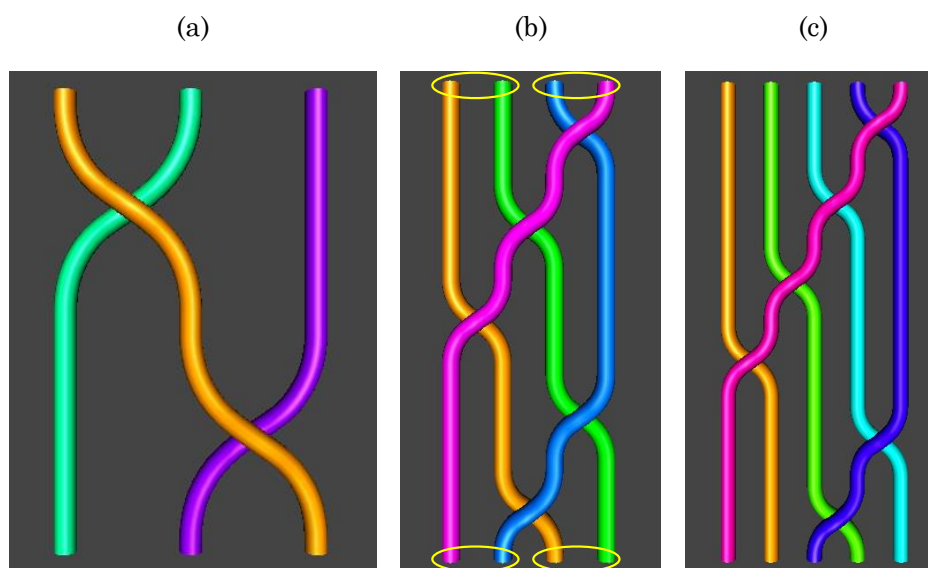


図 2. (a) 周期 3. 周期型組みひも．(b) 周期 4. 可約型組みひも．
(c) 周期 5. 擬アノソフ型組みひも．

図 2(b)は周期 4 の周期軌道より構成された組みひもである．これは可約型に分類される．左にある 2 本 ((b)の組みひもの上部と下部に丸で印をつけた) を一緒にして 1 本のひもにできる．また右にある 2 本を一緒にして 1 本のひもにできる．このように組みひもの数を減少できる組みひもは可約型に分類される．実際，この周期 4 の周期軌道は，周期 2 の周期軌道が周期倍分岐を起こして生じた周期軌道である．そのため 4 本の組みひもを 2 本に縮約できる．組みひもが周期型または可約型と分類された場合，考えている系の中にカオスがあるかどうか判定できない．

図 2(c)は周期 5 の周期軌道より構成した組みひもである．これは擬アノソフ型組みひもに分類され，この周期軌道を含む系はカオス系であることが示される．

付録 B

ここでは否定形の利用例として，法華經の開經である無量義經徳行品第一に述べられている例を紹介する．ここで「其の身」は法華經で説く実体である「仏性」のことである．訓読と漢語の読み方は参考文献[24]に従った．

其（そ）の身（み）は有に非ずまた無に非（あら）ず
 因に非ず縁に非ず自他に非ず
 方（ほう）に非ず圓（えん）に非ず短長に非ず
 出（しゅつ）に非ず没（もつ）に非ず消滅に非ず
 造に非ず起に非ず為作（いさ）に非ず
 坐に非ず臥に非ず行住に非ず
 動に非ず転に非ず閑静（げんじょう）に非ず
 進に非ず退に非ず安危（あんき）に非ず
 是（ぜ）に非ず非（ひ）に非ず得失に非ず
 彼（ひ）に非ず此（し）に非ず去来（こらい）に非ず
 青（しょう）に非ず黄（おう）に非ず赤白（しゃくびやく）に非ず
 紅（く）に非ず紫種種（ししゅじゅ）の色（しき）に非ず

第 1 行目の意味は，「其の身」は，有るとか無いとかという概念では捉えられないという意味である．以下の行の意味も同様である．

参考文献

- [1] Thurston, W. P., On the geometry and dynamics of diffeomorphisms of surfaces, American Mathematical Society. Bulletin. New Series, 19 (2) (1988), PP.417-431. ニールセンの論文を含め，多くの参考文献が引用されている．ニールセン・サーストンの分類定理について，日本語の解説として参考文献[12]の第 6.2 節と，参考文献[4]を見られたい．数理解析研究所講究録 第 938 巻 PP.81-85 (1996) 「周期点集合の組みひも型の決定問題」(著者：松岡隆)も参考になる．
- [2] 金英子 ポアンカレと力学系，数理科学 2008 年，10 月号，PP.25-30.

- [3] Matsuoka, T., The Burau representation of the braid group and the Nielsen-Thurston classification, in Nielsen-Thurston theory and dynamical systems. Contemp. Math. 152 (1993), PP.21-41.
- [4] 松岡隆, 講義ノート 組ひもの理論と力学系, 物性研究 67-1 (1996), PP.1-56.
- [5] Bestvina, M. and Handel, M., Train-tracks for surface homeomorphisms, Topology 34 (1995), PP.109-140.
- [6] Yamaguchi, Y., and Tanikawa, K., Dynamical ordering of non-Birkhoff orbits and topological entropy in the standard mapping, Prog. Theor. Phys., 107, (2002), PP.1117-1145. 付録にビューロー行列法のプログラムを載せた.
- [7] Hall, T. 下記のホームページより線路算法のプログラムがダウンロードできる.
https://www.liverpool.ac.uk/~tobyhall/T_Hall.html
- [8] 中村元, 早川鏡正訳, ミリンダ王の問い (副題: インドとギリシャの対決) (全3巻) (平凡社). 東洋文庫 7 (1963), 15 (1964), 28 (1964). 本書の成立等については, 訳者のよる解説を参考にしてほしい. 紀元前 150 年ごろに対話が行われたことより, 本論文ではこの時期を成立とした. しかし, パーリー語としてまとめた時期は, 紀元前 100 年頃から紀元後 100 年頃と考えられている. 特に後代の補遺に関しては 東洋文庫 7 の PP.328-329 が参考になる.
- [9] 佛説観普賢菩薩行法經 (法華經の結經) の内容を簡単に紹介する (参考文献[24]). ブッダの弟子である阿難 (あなん), 迦葉 (かしょう), 弥勒 (みろく) 菩薩が, 「ブッダの死後, 煩悩を断ぜず, 五欲を離れずして, 諸根を浄め, 諸罪を滅除するためにはいかに修行すべきか」という問いをブッダにする. これらの三人は信仰心もあつく, ブッダの教えも良く理解している人々である. 三人の問いをうけてブッダは修行方法を説く. 仏教における「行」の重要性が, この例からも理解できるであろう. 別の例を挙げる. ニュートン力学を学び, ニュートン力学が正しいと信じ, 惑星の軌道計算を実際に行う. この過程に信行学は自然に含まれている.
- [10] Yamaguchi, Y., and Tanikawa, K., Nonsymmetric saddle-node pairs for the reversible Smale horseshoe map, Prog. Theor. Phys., 128, (2012), PP.15-30.
- [11] Hall, T., The creation of horseshoes, Nonlinearity 7, (1994), PP.861-924.
- [12] 山口喜博, 谷川清隆, 馬蹄への道 (共立出版, 2016).
- [13] 長島弘之, 馬場良一, カオス入門 (培風館, 1992).
- [14] 高木隆司, 形の数理 (シリーズ「現代人の数理」), (朝倉出版, 1992).
- [15] 根岸利一郎, ひまわりの黄金比 (形の科学への入門), (日本評論社, 2016).
- [16] クルト ゲーデル, 不完全性定理 (岩波文庫, 2006). 林普, 八杉満利子 訳, 解説.
- [17] 北岡裕子, かわる! わかる! おもしろい! コペルニクスな呼吸生理, (克誠堂出版, 2015). P.119, P.142.
- [18] 堀淳一, エントロピーとは何か (講談社ブルーバックス B-396, 1979). 付記 (P.244) に, 槌田淳による「エントロピーとは何か」におけるエントロピーが比喩的であるとの批判に対する堀淳一の考えが述べられている. 筆者は, 堀淳一の考えを支持する.

- [19] ルートヴィヒ ヴィトゲンシュタイン, ウィトゲンシュタイン全集第 1 巻 論理哲学論考 (大修館書店, 1975). P.120. 翻訳:奥村雅博. 論理哲学論考は 1921 年に雑誌に発表され, 単行本は 1922 年に Routledge & Kegan Paul 社より刊行.
- [20] 現代思想 臨時増刊 総特集 ウィトゲンシュタイン. Vol.13-14. 青土社 (1985)
- [21] 橋爪大三郎, 仏教の言説戦略, 参考文献[19], PP.272-291. 引用文は, P.279 の図 1 の下部にある.
- [22] アリス アンブローズ編, ウィトゲンシュタインの講義 (講談社学術文庫 2196, 2013). P.50. 第一部哲学 1932-33 年の最初に, 「私は経験によって答えられる問を議論から除外する. 哲学の問題は経験によって解かれるものではない」とある.
- [23] 山口喜博, ミリンダ王の問いにおける証明, 第 28 号, 第 1 号, (2013), PP.22-23. (シンポジウム要旨).
- [24] 新編妙法蓮華経並并開結 (大日蓮出版, 1998). 佛説観普賢菩薩行法経からの引用内容は, P.610 にある. 無量義経徳行品第一からの引用文は, PP.7-8 にある.

佐渡島沢根層から産出する珪藻化石の個体数・分類とその産出頻度について

坂本悠莉

新潟第一高等学校 2年 新潟市中央区関屋

yuuri.youri.2000@i.softbank.jp

Classification and abundance of diatoms from the Sawane Formation in Sado Island

Yuuri Sakamoto

Niigata Daiichi High School

(2017 年 8 月 17 日受付)

Keywords: classification, abundance, diatom shell, Sawane Formation, Sado Island

1. はじめに

珪藻は中生代白亜紀までには出現し、今でも海洋や陸水域に生息している。珪藻はガラス質の殻を持っている。殻は、上殻、上半殻帯、下半殻帯、下殻の4つに分けられ、表面には胞紋と呼ばれる微細な孔がある¹⁾(図1)。

本研究には佐渡島に分布する沢根層第四系の泥岩試料を用いた。この試料から、珪藻の殻を取り出し、単位重量当たりの個体数を求めた。また、形態的特徴により珪藻の殻を分類した。さらに、分類したものの産出頻度を調べた。検討結果より、ある種の形態的特徴を持つ珪藻の産出頻度が高いことが分かった。胞紋の連なり線が曲線を描く配列とその特徴が見えない配列とがあることと胞紋の形成の関係について考察した。また、胞紋の配列と珪藻の破損のしやすさについて考察した。

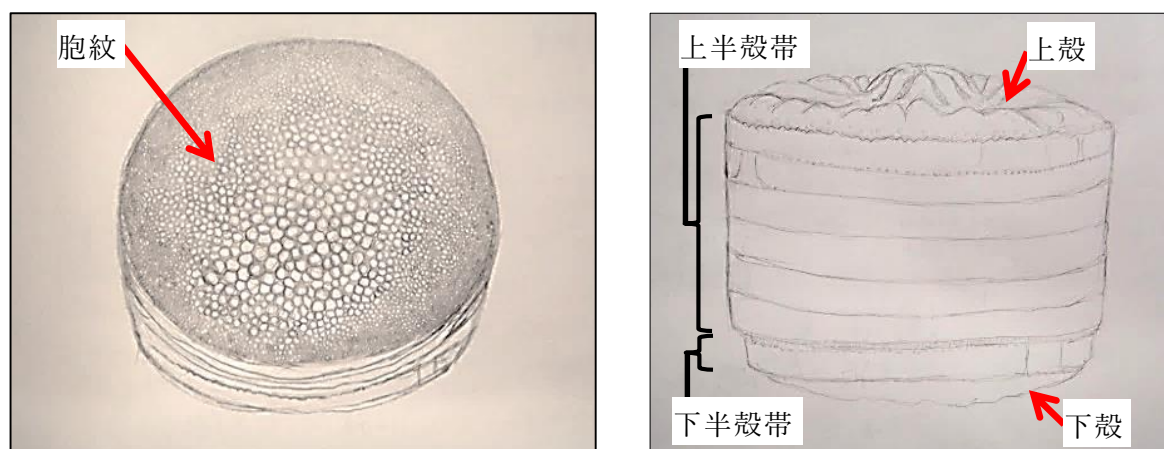


図1. 珪藻の殻の構造。 左：殻面観（上から見たところ） 右：帯面観（横から見たところ）

2. 研究項目と方法

2.1. 単位重量当たりの個体数

定量的に個体数を求めるため、以下の方法を採用した。採取した泥岩を乾燥させ、水分がなくなった泥岩試料の重さを量る。そしてその泥岩を水で濡らしながらほぐしてふるいにかけた。目的は、ふるいの網目より大きい珪藻を残し細かい粒子を除去するためである。ふるい分けは、目が粗いふるい（ $425\mu\text{m}$ ）と細かいふるい（ $45\mu\text{m}$ ）の2つを重ねて使った。次に目が細かいふるいの残存物を分割器にかけた。分割器とは試料を等しく、偏りなく1/2にする器具のことである。これによって元の試料の重さと分割後の試料の重さの比から元の試料に含有する珪藻の数を求めることができる。分割は7回行い、1/128となった試料を使い、プレパラートを10枚作成した。封入剤としてはエンテランニューを使用した。プレパラートを光学顕微鏡で観察し、珪藻が何個体入っているのかを記録した。

2.2. 珪藻の分類

珪藻を分類するためにそれぞれの珪藻殻の特徴を光学顕微鏡によって明らかにした。この時、胞紋の配列、形、大きさや殻套の胞紋形に特に注目して調べた。胞紋とは、珪藻の表面にある微細な孔のことである。また、配列とは珪藻にみられる胞紋の規則的な並び方のことを指している。殻套の胞紋は、他の胞紋と比べると長細い形に見え、殻面の外周を取り囲んでいるもののことである（図2）。

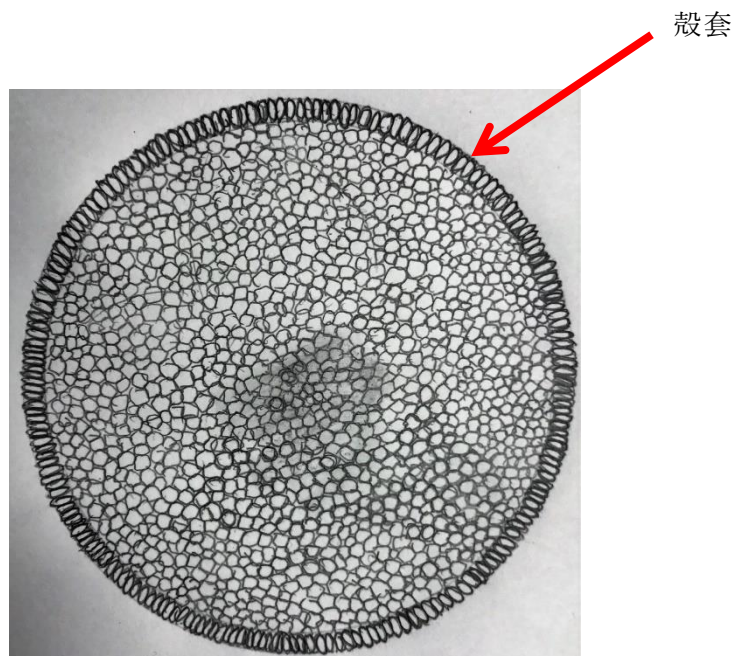


図2. 珪藻殻を上から見たときの殻套の見えかた。

2.3. 分類した珪藻の産出頻度

2.2.で分類した珪藻それぞれの産出頻度を求める。検討した珪藻の全個体数は 79 個体である。下記の式で計算を行い、円グラフにまとめた。

$$(\text{ある種類の珪藻の個体数}) \div (\text{全体の個体数}) = (\text{産出頻度})$$

3. 検討結果

3.1. 単位重量当たりの個体数

泥岩 1 g あたりの個体数は次のようになった。この試料の場合、元の試料が 23 g で分割を 7 回行ったことから分割した試料は 23/128 g で試料内の珪藻の個体数は 72 個だった。よってこの結果を $\langle 1 \text{ (g)} : x = \text{分割した試料 (g)} : \text{分割した試料内の個体数 (個)} \rangle$ に代入すると、1 g あたりの個体数は 400.7 個になった。この計算では、小数点第二位を四捨五入した。

3.2. 珪藻の分類

珪藻の殻形態の特徴を整理し、a から h の 8 種類に分けた。それぞれの種類の代表的な個体を図 3 に示し、以下に a から h の順に形態的特徴について記述する。

珪藻 a は、殻套と胞紋の境がどこなのかは分かるが、曖昧であるという特徴を持っている。また、胞紋の形・大きさは不均一で殻套に胞紋は見えない。

珪藻 b の特徴は、殻套が鮮明に見えて、中心から外側に向けて胞紋の大きさが小さくなっていることである。b のこの配列の特徴は他の珪藻にはない。

珪藻 c は、殻套の胞紋と胞紋との境が鮮明で殻面の胞紋が曲線を描いて配列している。殻套には線が見えない。b と c はよく似ているが、穴の大きさはほぼどれも同じという c の特徴とは異なることから別の種類とした。また、黒っぽく見えることが多かった。

珪藻 d の特徴は、殻套に細長い胞紋が見えることで、これは d だけにみられるものである。殻面の胞紋は曲線を描いて配列する。殻套に見える細長い胞紋は細かく小さく大きさが等しいが、殻面にある胞紋は殻套側が小さく中心は大きい。中心から外に向かって少しずつ胞紋の大きさが小さくなっていく b に対して、d の胞紋の大きさの変化は急という点が大きな違いである。

珪藻 e の特徴は、薄く見える胞紋は h によく似ていてとても小さく、殻套に見える胞紋は小さいことである。ただし、珪藻の上にゴミが乗っていて正確には分からない。

珪藻 f は、殻面の胞紋が曲線を描く配列があり、殻套に胞紋がある。また、壊れた胞紋の形は花卉が 5 枚の花のように見える。

珪藻 g は、胞紋は細かく、殻套の幅が広く、殻面の胞紋が曲線を描く配列をしている。

珪藻 h は、f によく似ているが殻套が見えない。殻面の縁に近い胞紋が f に比べると小さく放射状に並ぶという違いがある。

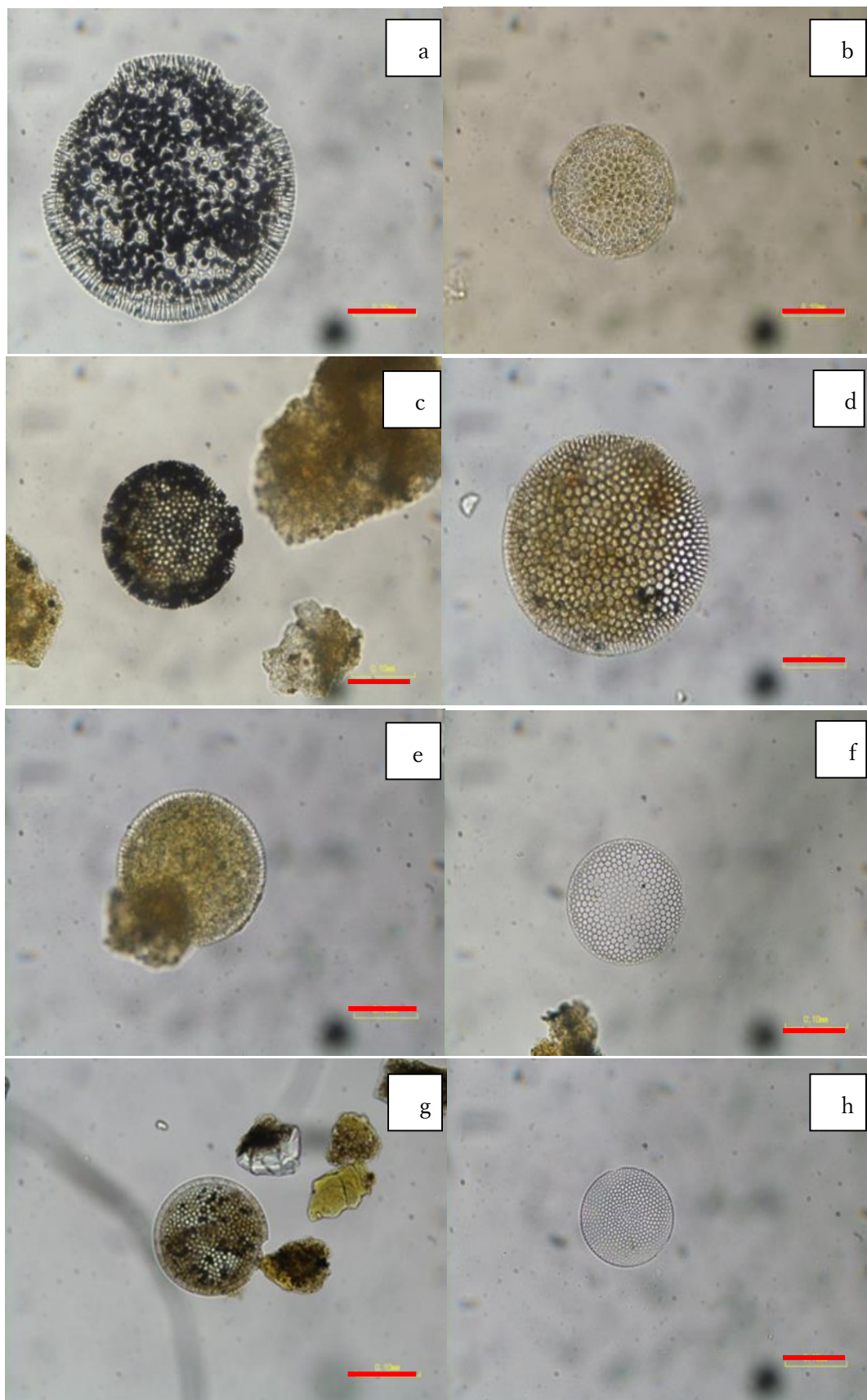


図3．佐渡島沢根層から産出する珪藻化石の分類結果。a、b、c、d、e、f、g、hは、それぞれ別の種類を示す。スケールは0.1mm。

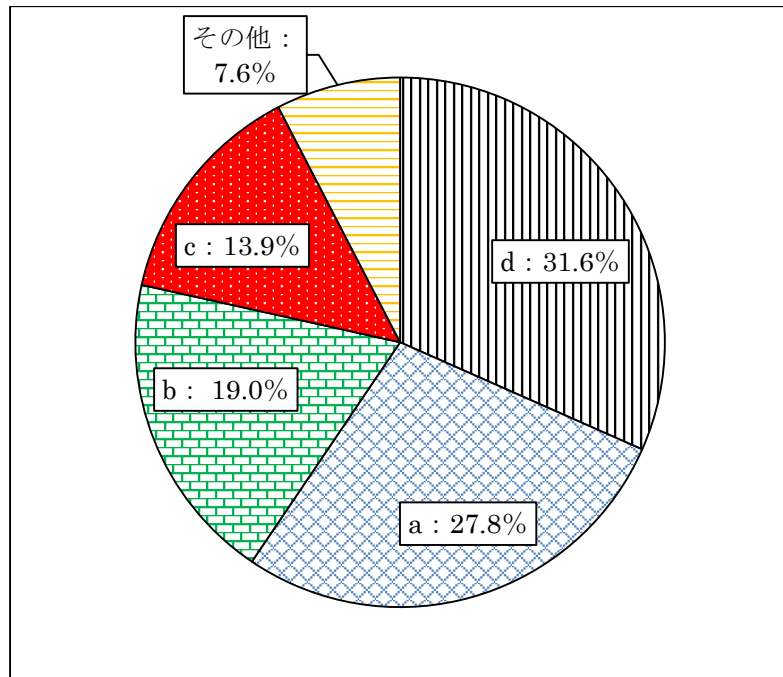


図4．珪藻化石の産出頻度。

3.3. 分類した珪藻の産出頻度

検討結果 3.2.より佐渡島沢根層から産出する珪藻化石を分類したので、種類ごとの産出頻度を調べた（図4）。計算では小数点第二位を四捨五入した。その結果、dが一番多く全体の31.6%、二番目がaで27.8%、三番目がbで19.0%、四番目がcで13.9%という順番になった。産出頻度が少ない珪藻を合わせてその他とした。その他は7.6%であった。

4. 考察

検討結果 3.2.、3.3.より、産出頻度の高かったb、dの共通の形態的特徴を持っていることが分かった。その形が生きていくことに適していたのではないかと考えられる。同じ形態的特徴を持ち、殻の形が似ている珪藻は親戚関係にある可能性があると考えられる。

また、b、c、dには殻面の胞紋が曲線を描く配列があり、aにはなかった。aのほうに胞紋の形がそろっている。曲線を描いて胞紋が配列する場合、殻の形成の段階でその配列に合わせて胞紋ができたために形が不均一になり、その配列が見られない方では配列にとらわれずに胞紋の形を作り上げていったのではないかと推定される。

他に違いを調べてみたところ、aは他の3つに比べて殻が壊れているものが多かった（図5）。このことから配列の胞紋が曲線を描いて配列するものは頑丈で、配列にその特徴がみられないものは弱い造りなのだろうと推測できた。胞紋の配列だけでなく、殻の大きさや厚さなど何が破損しやすい理由なのかを今後明らかにしていきたい。



図5.珪藻 a の壊れている殻。スケールは 0.1mm。

5. 終わりに

この研究では、佐渡島沢根層から産出する珪藻化石を分類をすることで珪藻の形の特徴を詳しく明らかにすることができた。今回、珪藻の形・数の方向について調べたが、別の多くの視点からも探求し内容を深め、今後は、胞紋の数の変化、珪藻の形の進化などを研究したい。

謝辞

本研究に当たり、様々なご指導を頂きました新潟大学の松岡篤教授、査読していただいた齋藤めぐみ博士に心より感謝申し上げます。

参考文献

- [1] 辻彰洋、谷村好洋、珪藻。谷村好洋、微化石 顕微鏡で見るプランクトン化石の種類（辻彰洋 編著）、61-62、2012。
- [2] 秋葉文雄、須藤斎、珪藻。尾田太良、新版微化石研究マニュアル（佐藤時幸 編）、68-71、2013。

第83回 形の科学シンポジウム「伝統の形と形の科学」

【主催】形の科学会

【共催】大学コンソーシアム石川

【会期】2017年6月10日(土)、11日(日)

【会場】6月10日 金沢工業大学扇ヶ丘キャンパス(野々市市) 23号館4階(409, 415)

6月11日 石川四高記念文化交流館(金沢市) 多目的室2、3番

【代表世話人】出原立子 E-mail: izuhara@neptune.kanazawa-it.ac.jp

〒924-0838 石川県白山市八束穂3丁目1番地

金沢工業大学 情報フロンティア学部 情報フロンティア系 メディア情報学科

【参加費】会員・非会員ともに一般5000円、学生1000円

【懇親会】2017年6月10日(土) 18:15より 金沢工業大学内「イルソーレ」にて

【懇親会費】一般 3000円、学生 1000円

【WEBサイト】<http://katachi-jp.com/sympo83> (予稿集PDFをカラーで閲覧できます)

プログラム

6月10日(土)

金沢工業大学 扇ヶ丘キャンパス(野々市市) 23号館4階(409室、415室)

8:30-9:00 受付

9:00-9:05 開会の辞

形の科学一般 (座長: 手嶋吉法)

9:05-9:25

水素原子スペクトルの代数的構築法 Pauli と Schrödinger の試み

小川直久(北海道科学大)

9:25-9:45

Paul Schatz 立体の折り紙モデルー鏡像体の立体構造モデルを表現する科学折り紙ー

石原正三(埼玉県立大)

9:45-10:05

結晶群における homogeneous-heterogeneous パッキング

松本崧生(金沢大名誉教授)

形と知 (座長: 手嶋吉法)

10:05-10:25

空間充填多面体を用いた動物感のある組立ブロック

松浦昭洋(東京電機大)

10:25-10:40 休憩

特別講演・公開講演(形の科学一般)

(座長: 石原正三)

10:40-11:40

形ができるしくみ ~自然がつくる形を理解する~

小川直久(北海道科学大)

11:40-13:00 昼休み、運営委員会

招待講演・公開講演(伝統の形と形の科学)

(座長: 出原立子)

13:00-14:00

「加賀てまり」伝統の形

小出孝子(加賀てまり毬屋)

14:00-14:15 休憩

伝統の形と形の科学 (座長：出原立子)

14:15-14:35

伝統芸能の対話の形を自動会話に応用する

松浦執 (東京学芸大)

14:35-14:55

非漢字圏学習者における漢字かなの書き方の傾向について

杵名健一郎 (プリンス・オブ・ソクラー大)

14:55-15:15

筆路から考える ICT

本田容子 (盛岡大)、杵名健一郎 (プリンス・オブ・ソクラー大)

15:15-15:35

Form Comparison of the Face and Muscle Expressions between Ihachi and Yoshimitsu's Animal Sculptures

王健 (千葉大)、久保光徳 (千葉大)

15:35-15:50 休憩

伝統の形と形の科学 (座長：高田宗樹)

15:50-16:10

葉序らせんとテトラパック牛乳

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)

16:10-16:30

伝統の形と映像表現の融合 —金沢駅「鼓門」プロジェクト—

出原立子 (金沢工業大)、山内暢人 (金沢工業大)

展示説明 (座長：高田宗樹)

16:30-17:00 (5分間×6件)

箕に見る自然な曲面のつくり方

久保光徳 (千葉大)、植田憲 (千葉大)

空間充填多面体を用いた動物感のある組立ブロック

松浦昭洋 (東京電機大)

正多面体・星型正多面体模型の作製と体積・辺長の計算

小梁修 (OSA 工房)

円柱充填による周期構造の模型

東田涼 (千葉工業大)、松本崧生 (金沢大名誉教授)、手嶋吉法 (千葉工業大)

放散虫骨格の拡大模型の作製

中川竜弥 (千葉工業大)、木元克典 (海洋研究開発機構)、松岡篤 (新潟大)、手嶋吉法 (千葉工業大)

タンパク質の立体模型の作製と利用

長田聖大 (千葉工業大)、河合剛太 (千葉工業大)、手嶋吉法 (千葉工業大)

17:00-17:15 休憩

17:15-18:00 総会および学会賞授与式

18:15-20:00 懇親会

6月11日(日)

石川四高記念文化交流館 (金沢市) 多目的室 2、3 番

8:45-9:00 受付

フォーラム (発表 10 分+質疑 10 分) (座長：植田毅)

9:00-9:20

鴨川等間隔則の検証

安福亮 (兵庫県立長田高)、上野和 (和歌山県立向陽中・高)、宮崎修次 (京都大)

9:20-9:40

電子レンジを利用して生成したプラズマの分光解析

上野和（和歌山県立向陽中・高）、安福亮（兵庫県立長田高）、宮崎修次（京都大）

9:40-10:00

水素，ヘリウム，ネオン，水銀の低圧ガス管放電の分光・準位統計解析

前田裕成（熊本県立宇土中学校・高）、宮崎修次（京都大）

形の科学一般

（座長：植田毅）

10:00-10:20

連なり線における多様さを観る

根岸利一郎（埼玉工業大）

10:20-10:35 休憩

形の科学一般

（座長：久保光徳）

10:35-10:55

サンチアゴ号の遭難：1585年8月19日

杉本剛（神奈川大）

10:55-11:15

イソップ寓話の解析 — 人工知能研究の一方針

高木隆司（東京農工大名誉教授）

11:15-11:35

放散虫 *Eucyrtidium hexastichum* (Haeckel) の仮足の引張り

吉野隆（東洋大）、松岡篤（新潟大）

形と知

（座長：久保光徳）

11:35-11:55

放散虫の普及を考える — 「放散虫の木」構想

松岡篤（新潟大）

11:55-13:10 昼休み、FORMA 編集委員会

形の科学一般

（座長：根岸利一郎）

13:10-13:30

チューブが螺旋線に変形する

本多久夫（神戸大・院）、阿部高也、藤森俊彦

13:30-13:50

植物の根の先端に見られるカタナリー曲線

藤原基洋（大阪大・院）、藤本仰一（大阪大・院）

13:50-14:10

生物の形の機能を理解する：曲面による進行波の分裂

堀部和也（大阪大）、廣中謙一（大阪大）、松下勝義（大阪大）、藤本仰一（大阪大）

14:10-14:30

集団と動きと形と，細胞

松下勝義（大阪大）

14:30-14:50

細胞内で二足歩行運動する分子モーター（ダイニン）の歩行運動メカニズムの解明

久保進太郎（京都大）、高田彰二（京都大）

14:50-15:05 休憩

形の科学一般

（座長：吉野隆）

15:05-15:20（10分＋5分）

Boerdijk-Coxeter helix のアクリル試験片作製および転がり実験……………

西田匠太郎（千葉工業大）、伊藤圭太（千葉工業大）、

池上祐司（理化学研究所）、藤本武（理化学研究所）、山澤建二（理化学研究所）、手嶋吉法（千葉工業大）

15:20-15:35（10分＋5分）

ヒト静止立位における姿勢制御の年齢間比較に関する研究

條野雄介（福井大・院）、谷村亨（福井大・院）、馬場大智（福井大・院）、平田隆幸（福井大・院）、高田宗樹（福井大・院）

15:35-15:50 (10分+5分)

瞑想が脳血流分布に及ぼす影響

馬場大智(福井大・院)、高田宗樹(福井大・院)、平田隆幸(福井大・院)、條野雄介(福井大・院)、谷村亨(福井大・院)、御橋廣真(名古屋大)

15:50-16:05 (10分+5分)

為替レート時系列を生成する数理モデルの本質的な変数の数の比較

谷村亨(福井大・院)、條野雄介(福井大・院)、馬場大智(福井大・院)、平田隆幸(福井大・院)、高田宗樹(福井大・院)

16:05-16:20 休憩

形の科学一般

(座長：藤原基洋)

16:20-16:40

ゲノム距離による変異原測定法‘GPMA’は単純ゆえに高感度(ppbレベル)

西垣功一(埼玉大・院、北陸先端科学技術大学院大)、馬場美聡(京都大・院)、月足元希(京都大・院)、パルミラ クマリ(埼玉大・院)、三浦崇(埼玉大・院)、マニッシュ ビヤニ(北陸先端科学技術大学院大)、保川清(京都大・院)

16:40-17:00

一様栄養拡散場中での癌細胞の成長のモンテカルロ・シミュレーション

植田毅(東京慈恵会医科大)、伊藤沙姫(東京慈恵会医科大)

17:00-17:20

テクスチャの陰影の方向と凹凸パタンの知覚の変化

佐々木康成(金沢星稜大)、坂東敏博(同志社大)

17:20-17:40

5方向の円柱による周期的な充填構造

東田涼(千葉工業大)、松本崧生(金沢大名誉教授)、手嶋吉法(千葉工業大)

17:40-17:50 閉会の辞

第83回 形の科学シンポジウム 「伝統の形と形の科学」

討論記録（記録のあるもののみ掲載）

討論記録は質問者の討論記録シートの記載にもとづいており、講演者の校正がないものもあります。

Q: 質問、A: 回答、C: コメント

6月10日（土）

形の科学一般

水素原子スペクトルの代数的構築法 Pauli と Schrödinger の試み

小川直久（北海道科学大）

Q. 手嶋吉法

本日のお話は、パウリとシュレーディンガーがやったことの紹介という理解でいいか。

A.

そのとおりである。このパウリの代数的なやり方を用いて、別の問題を解いている所である。

Q. 海野啓明

Legendre 多項式について簡単な差分方程式によって導くことが出来ると教科書に書かれている (shiff, p. 79, (64, 61) 式)、それと関係しているように見えるがどうか。

A.

多分関係している。

Paul Schatz 立体の折り紙モデルー鏡像体の立体構造モデルを表現する科学折り紙ー

石原正三（埼玉県立大）

Q.

くみあげたあとで、ほんの一部を逆のミラーにすることはできますか。

A.

部分的にはできます。

Q. 手嶋吉法

鏡像異性体の風車の折り紙についてだが、折り図を鏡に写してから折った風車は、スライド上では鏡映対称に見えるが、表裏を入れ替えると同じもののように見えるが、違うか。

A. 同じではなく、鏡像異性体となっている。

Q. 西垣功一

アミノ酸の d 体、 l 体の各々を基準として組み上げたタンパク質は相互に三次元的鏡像関係にあると理解していますが、先生の今のご講演は、それを証明していることになりませんか。

A.

自分もアミノ酸の d/l 体でタンパク質の折り紙モデルを作り上げたことがある。タンパク質の立体構造は複雑すぎて、明瞭でないので、折り紙の色の組み合わせで鏡像関係を視覚的に表現できることを示した。今回の公演では、Paul Schatz 立体の折り紙モデルを例として、折り紙の色の組み合わせではなく、ユニットの鏡像関係を利用して鏡像体が簡単に得られることを確認した。

結晶群における homogeneous-heterogeneous パッキング

松本崧生（金沢大名誉教授）

Q. 手嶋吉法

楕円をパッキングした図 (予稿集 p6 の図) は、三層ずつで向きが変わっている。二層ずつや四層ずつでもよいのか。

A.

三層ごとだけでなく、一層ごと、二層ごと、四層以上も同様にパッキング可能。一層、二層の時は、ホモジニアスパッキング、三層以上は、ヘテロジニアスパッキングとなる。

形と知

空間充填多面体を用いた動物感のある組立ブロック

松浦昭洋（東京電機大）

Q. 小梁修

ブロックをペーパークラフトで作ってみたいのですが、いかがでしょうか？ ペーパークラフトの切項 8 面体では、すでに空間充填して遊んでいます。以下の動画サイトに UP しています。

<http://www.youtube.com/k036osa>

A.

拝見します。我々も最初の試作は紙を用いて行いました。複数の多面体を接続した完成品そのものをペーパークラフトで作るのも有望かと思えます。

C. 手嶋吉法

空間充填形状 Tree は、故・渡辺泰成先生の帝京平成大での卒研生であった西尾晋作さんによってデザインされたものです。

【特別講演・公開講演】(形の科学一般)

形ができるしくみ ～自然がつくる形を理解する～

小川直久（北海道科学大）

Q. 植田毅

粘性指状体のビデオをみせていただいたが、本学会でも何度か、粘着テープを張り付けたあとに、はがすとき、はがす速度によって、しま状のパターンが変化するという発表がされているが、ビデオの実験の場合もはがす速度によって変化するか。

A.

テープの件は知らなかったけれども、粘性指状体の場合も速度によって変化すると考えられる。今、はっきりしたことは言えないが、速度が速くなると、複雑な形になると考えられる。

C. 本多久夫

指紋については、そのパターンが奥の血管の向きの効果を受けているという論文が「形の科学会誌」に載っている。これを伴った研究がなされれば興味深いと思う。

A.

この論文は私も拝見したが、今回の話とは直接には結びつかない。今回の話は単純にバックグラウンドの曲率がパターンの大雑把な形態（螺旋、ループ、弓状）に関係しているという話で、パターンの詳細については何も言っていないからである。

Q. 本多久夫

しょう乳石がらせんに巻いている観察がある。

A.

その原因はわかっていない。

【招待講演】(伝統の形と形の科学)

「加賀てまり」伝統の形

小出孝子(加賀てまり 毬屋)

Q1. 本多久夫

北極から10等分など行すが、9等分、7等分・・・にする方法は行うのか

A1.

行うこともある。模様により、さまざまな分割を用いています。

Q2.

糸のラストをしっかりと固定する方法は?

A2.

刺し終わりの部分は、返し針をして固定します。返し針とは、縫い出た穴に針を戻し入れることで末端を固定する技法です。

Q1. 手嶋吉法

1個作品を作るのにどのくらいの期間を要するか。

A1.

模様や大きさによってさまざまですが、数日で仕上がるものもあれば、ひと月以上かかるものもあります。

Q2.

そのようなひと月以上要するような作品は、お値段も張るのでしょうか。

A2.

ひと月以上かかるような高度で複雑な作品は、販売向けではなく、コンクールや展示会等に出品するための作品であることが多いです。

Q. 松本崧生

10等分組合せ地割2番目の工程に於いて、N or S 極の距離の決め方は?

A.

まりの円周をメジャーで実測して算出しています。向きを変えながら何度も測ることで誤差を少なくしています。

伝統の形と形の科学

伝統芸能の対話の形を自動会話に応用する

松浦執(東京学芸大)

Q. 高田宗樹

説番号でラベリングされた波形分析を評価空間にプロットすることによって、謡曲の作曲者の分類などできるのでしょうか?

A.

実際にカウントしてみた曲数が不十分なので、実際に特徴抽出できるかどうかはまだわかりません。対話の多い劇的な現在能と、歌い舞う夢幻能とではやや差が現れそうには見えます。現在能はより総句数が多く、対話部分が短い句で互いに畳み掛ける傾向があることがその差に対応します。

非漢字圏学習者における漢字かなの書き方の傾向について

杵名健一郎(Prince of Songkla University)

筆路から考える ICT

本田容子(盛岡大)、杵名健一郎(Prince of Songkla University)

Form Comparison of the Face and Muscle Expressions between Ihachi and Yoshimitsu's Animal Sculptures

王健(千葉大)、久保光徳(千葉大)

Q. 植田毅

現在は2人の作家の作品をデータとして比較しているが、1人の作家であっても、年齢により作風が変化する。1人の年齢によるデータのゆらぎと他者との違いは区別がつくのか?

A.

この研究では一定の年齢の範囲の作品について比較している。確かにデータで経年変化をみられる。一人の作家の経年変化をみるのは面白い研究で現在進行中である。

葉序らせんとテトラパック牛乳

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)

伝統の形と映像表現の融合 — 金沢駅「鼓門」プロジェクト シンマッピング —

出原立子(金沢工業大)、山内暢人(金沢工業大)

Q. 本多久夫

黒に近い面に光を当てることで白に見えるようにできるのはなぜか。

A.

現物を見ると真っ白ではなく色がついている。

6月11日(日)

Forum

鴨川等間隔則の検証

安福亮(兵庫県立長田高)、上野和(和歌山県立向陽中・高)、宮崎修次(京大)

C. 種村正美

今回の発表では粒子(個体)は位置を変更しないという前提ではあるが、粒子が時々刻々位置を調整すると仮定すると、一次元の場合、任意の初期配置に対し、最終的に等間隔になることを証明している(Hasegawa・Tanemura(1976))。参考のためコメントした(ついでに、位置を調節せずに逐次到達するというモデルとして一次元ランダム逐次充填というモデルがあることも指摘しておく。これは Renyi の car parking problem という問題で充填密度が厳密に求められる。)

A.

等間隔となることが証明できるのは、いま鴨川のほとりに座ろうとしている人が既に座っている人との距離を正確に計測できていることが前提となっている。座ろうとする人の視力はまちまちであり、既に座っている人との距離を正確に測っているわけでもない。そこに大きなゆらぎがある。等間隔ではなく、Wigner surmise のような分布が現れるのは先行研究でも知られている。(宮崎 補足)

Q. 佐々木康成

アルゴリズムについて最大間隔の midpoint に居るのか、その間の中でランダムに居るのか? 間の中に傾斜があって実際にはゆらぎではないか?

A.

最大間隔の midpoint に居る、です。(安福)

A.

鴨川のほとりに、既に複数の人間が座っているとき、新たに座ろうという人間がどこに座ろうとするかという、既に座っている人間の最も間隔があいているところの真ん中あたりに座る確率が高い、という前提に基づいたアルゴリズムの単純化・理想化で midpoint をとっているに過ぎない。このような単純化・理想化は高校生が理解するために、人為的に問題設定しているのであって、ゆらぎを取り入れればより精緻な鴨川ほとりに座る人の間隔分布が得られると考えるが、現実には midpoint 理想化で現実の間隔分布は再現できると考える。(宮崎 補足)

C. 佐々木康成

社会心理学のパーソナルスペースのモデルも加味するといのではないかな?

C. 本多久夫

端の効果を除くには周期的境界条件を使うのがよい。(範囲 0~1 をつなぎ、0~1、0~1、…のくりかえしとみなす。)

A.

そもそも鴨川のほとりで自由に座れるのは三条四条間である。その北側はベンチが設置してあり、まずはそこに座るといことで、座ろうという人が、既に座っている人の斥力を感じながら座る場所を決めるという状況は周期境界条件で再現する必要がない。有限線分の斥力を及ぼし合う分割点で分割する問題に帰着する。(宮崎 補足)

電子レンジを利用して生成したプラズマの分光解析

上野和(和歌山県立向陽中・高)、安福亮(兵庫県立長田高)、宮崎修次(京都大)

Q. 藤原基洋

電子レンジの実験で、CD を入れることがあるが、その発光現象と同じか?

A. 学生は知らなかったが、先生の方から雷の発光と同じという説明をいただいた。(上野)

A.

CD 等記録媒体の記録面は同心円状にピットという光の反射を抑える凸部分が並んでおり、その並び方で情報を保持している。そのような構造を反映して、電子レンジの中に入れたときの放電痕は円周方向、動径方向に偏る。小さい鏡を同様に電子レンジに入れて作動させると、ピットのような構造がないので、自己相似的な枝分かれをした放電痕が残る。落雷を高速度高解像度撮影したときもフラクタル状の枝分かれ構造が現れるが、その構造によく似ている。

500W 程度の家庭用電子レンジでプラズマを生成する場合、アンテナとして用いる導体棒(待ち針、シャープペンの芯)の長さに強く依存する。電子レンジの扉のガラス板を外し、動作中の電子レンジの扉に垂直に針金を挿入するとマイクロ波の半波長のところで、針金の先端から火花が飛び散るが、それ以外の挿入長では火花は飛ばないという実験がある。

酸素や窒素の希薄ガス管の輝線と電子レンジの輝線は全く一致しない。電子レンジプラズマの気体分子密度は希薄ガス管やオーロラと比較にならない程、高く、放電機構は全く異なる。(宮崎 補足)

Q. 海野啓明

陶器の皿が割れた原因は何か。

A.

わからない。(司会: 黒い点から割れ目が発生したのは。黒い点は待ち針の頭が溶けて燃えた後ではないか?) (上野)

A.

敷き砂なしで実験すると、待ち針の両端が溶けるような高温の物体が直接皿に接触する。局所的な、かつ、急激な熱膨張で、焼き物の皿でも破損したと考えている。(宮崎 補足)

C. 根岸利一郎

オーロラや高空、電子レンジをそれぞれでの H2 スペクトルが異なることは何らかの情報が得られている。すすめると良いと思う。

水素、ヘリウム、ネオン、水銀の低圧ガス管放電の分光・準位統計解析

前田裕成(熊本県立宇土中学校・高)、宮崎修次(京都大)

Q1. 高木隆司

バルマー系列などの話がでたが、これは高校の物理で習ったのか?

A1.

習っていない。自分で少しだけ勉強した。(前田)

A1.

「高等学校学習指導要領解説 理科編」(平成 21 年 7 月 文部科学省)によれば、3.「物理」の内容とその範囲、程度において、(4)原子 イ 原子と原子核(ア)原子とスペクトル、原子の構造及びスペクトルと電子のエネルギー準位の関係について理解すること、という項目で扱う範囲に含まれる。教科書では、末尾の方に、水素原子のエネルギー準位、バルマー系列、リュードベリの式などが記載されている。内容の(4)のイの(ア)については、水素原子の構造を中心にスペクトルと関連させて扱うこと、原子の構造については、例えば、歴史的な α 粒子の散乱実験などに触れながら扱う。また、原子が出す光のスペクトルと電子のエネルギー準位の関係については、スペクトルの波長に規則性があること、ボーアの原子モデルなどを扱い、例えば、水素原子のスペクトルの観察などを行うという記載もあるので、参考にされたい。

高校物理の授業の現場でどの程度詳細に扱うかは高校の物理担当教諭の判断によると思うが、大学入試問題として取り上げにくい部分であるので、割愛されることも多いと想像する。(宮崎 補足)

Q2.

レンズの副実像とは、レンズ面を鏡と考えて理解できるか。

A2.

レンズ面での反射によってできる。(前田)

A2.

前田ら熊本県立宇土高等学校の高校生の副実像の研究は、平成 27 年度スーパーサイエンスハイスクール生徒研究発表会において文部科学大臣表彰(最高賞)、第 13 回日本物理学会 Jr. セッションにおいて最優秀賞(最高賞)、第 41 回全国高等学校総合文化祭自然科学(物理)部門において最優秀賞(最高賞)など、数々の表彰を受けており、東京書籍発行「改訂 物理」という高校物理の教科書に掲載されている。以下の日本物理学会ホームページや新聞記事を参考にされたい。

<http://www.jps.or.jp/information/2017/06/13jr2017.php>;

http://www.jps.or.jp/information/docs/20170521_kumanichi.pdf (宮崎 補足)

形の科学一般

連なり線における多様さを観る

根岸利一郎(埼玉工業大)

Q. 吉野隆

コンピュータの CPU も有限桁数ですが、点も増やしていくとその影響をみることはできますか?

A.

影響は出るはずだけど、みたことはない。

C. 吉野隆

上記の問題が解決できれば今回の有効数字問題も解決される気がします。

Q. 手嶋吉法

ひまわりの場合、点配置は平面上か球面上か。パイナップルの場合、円筒面上という理解で良いか。

A.

ひまわりの場合は平面上である。

サンチアゴ号の遭難: 1585 年 8 月 19 日

杉本剛(神奈川大)

イソップ寓話の解析 — 人工知能研究の一方針

高木隆司(東京農工大名譽教授)

C1. 吉野隆

大作が時系列とともにネットワーク構造を変えていくのも面白いと思います。

C2.

日本の作品と比べる計画があるそうですが、ネットワークの文化的な違いがみられるかに興味は湧きました。

A.

日本の作品では、今昔物語を考えています。ネットワークに文化的な違いがあるかどうかはわかりませんが、物語の主旨は違います。イソップ物語は主人に対する助言をしているのに対して、今昔物語は珍しい話を大衆に伝えるものです。この違いが、ネットワーク構造に現れるかもしれません。

C. 宮崎修次

質問者は産業カウンセラーの資格を持っている。心理職はカウンセラーとクライアントの対話を文字に起こして、逐語分析を行う事がある。逐語分析の記録に対して複雑ネットワーク解析を行い、病的な心理を数字として把握されるかどうかは興味深い研究対象に思える。

A.

今回の結果として、珍しく良い結果に終わる話では、登場人物同士のコミュニケーションや相互作用が多い。その点は参考になるかもしれない。

Q. 宮崎修次

川の枝分かれの法則に言及されたが、実際の河川の流量の揺らぎにみられる打数正規分布をこの法則から導かれるのか？

A.

川の解析では、枝分かれの幾何学的な形のみに着目し、流量の揺らぎについては扱っていないので、この質問には答えられない。

Q. 植田毅

発表ではイソップ寓話を分析しているけれども、推理小説では登場するがほとんど他者と相互作用しない者が犯人だったりするので、グラフ分析すると明確になるのではないか。

A.

いままで考えていなかったが、シャーロックホームズなどの推理小説は面白いかもしれない。グラフ分析によって相互作用の少ない人物が犯人（あるいはキーパーソン）であるかどうかを推定できるかどうか、今のところは不明である。それが可能であれば、おもしろい。

放散虫 *Eucyrtidium hexastichum* (Haeckel) の仮足の引張力

吉野隆（東洋大）、松岡篤（新潟大）

Q1. 松浦昭洋

流体は水でしょうか（淡水 or 海水？）

A1.

淡水の密度と粘性を計算に使用した。

Q2.

仮足の速度はコマ全体の平均速度ということでしたが、移動時と定速時の違いは考えなくてもよいでしょうか？

A2.

即座に（1コマ以内）に定速（に近い？）状態に達するので、平均速度で解析している。

Q. 高田宗樹

結局、球面の抵抗力で近似されるかもしれませんが、抵抗力の効き方が小さくなるような、未来の放散虫進化について予想するような研究はありえますか？

A.

（軸対称性などの仮定のもとに）充分、議論できるスキームが構築できたと思う。

Q. 植田毅

仮足がアクチン・ミオシン系として動いているとして力を求めるにしても応力ならともかく、力を推定しているので、スケール、断面積が必要であるが、測定できるか？

A.

画像データのスケールの比から求められる。

Q. 高木隆司

放散虫は自己推進しているか、あるいは外力を与えているのか？

A.

外力を与えている。自己推進はない。

Q. 西垣功一

仮足の収縮を担うタンパク質は何ですか？アクチン・ミオシン系ですか？別ですか？

A.

まだはっきりしていません。今日の張力の見つもり数220pNから、逆に該当タンパク質を推定できないかと考えています。

Q1. 松本崧生

スケール？「ノミ」のはねるのと比べて？

A1.

・・・。

Q2.

軸対称の定義。回転？回反？

A2.

・・・。

形と知

放散虫の普及を考える — 「放散虫の木」構想

松岡篤（新潟大）

Q. 佐々木康成

日本人研究者が多いのは放散虫の形の美しさに対する感性が強いからか？

A.

地質学との関連で放散虫研究が盛んになった時期が日本では80年代から90年代にあって、そのときの日本人研究者人口が、そのまま今まで維持されています。国外にも放散虫の殻形態を参考に作品を制作するアーティストがいます。日本人の感性が特に強いということはないと思います。

Q. 本多久夫

放散虫以外の微生物（有孔虫など）ではくなぜ放散虫を強調するのでしょうか。

A.

私が放散虫の研究者だからというのが理由です。生物研究者が、扱う分類群に特化した嗜好性をもつことは一般的な傾向だと思います。アンモナイト研究者が、その美しさを強調するのと同じです。私は、アンモナイトの研究者でもあります。

形の科学一般

チューブが螺旋線に変形する

本多久夫（神戸大・院）、阿部高也、藤森俊彦

Q. 高木隆司

細胞の集まりということから離れて、弾性チューブを上下につぶしたらどうなるのか？ただし通常の座屈と違って、上下端は鉛直のままとする。

A.

それは興味があるがまだ追求していない。上下の固定の仕方や弾性の大きさによるかと思うが、螺旋ループにならず単純な「く」の字になるかも知れない。

Q. 松下勝義

分裂後細胞の回転はモデル上でどのように入れているのか

A.

分裂時に分裂面を Δ （角度デルタ、時計回りを正）だけ回転させる事で入れている。

植物の根の先端に見られるカタナリー曲線

藤原基洋（大阪大・院）、藤本仰一（大阪大・院）

Q. 植田毅

実験で根を育てる場合、まわりは液体なのか？寒天培地の場合、そのかたさによってどのように根の形が変化するか？

デンドライト形の結晶成長の場合、成長端の形は放物線になることが分かっている。

A.

示した実験は寒天培地を用いていて、その硬さを変えても、カタナリーであることにはかわりはなく、アスペクト比が変化する。

放物線もカタナリーも先端はほぼ同じであるので関連するかもしれない。

Q. 種村正美

実際の根の先端は3次元的に広がっていると思われる。当てはめられた曲線はその断面に対するものとも言える。そのため両端を固定して垂らしてできる最適のカタナリー曲線であるという説明は今回の場合、当てはまらないのではないか。

A.

今後は3次元的な広がり considering して研究を進めたい。

Q. 手嶋吉法

カタナリーは線(1次元)を垂らした時の曲線形状。植物の根の先端は曲面的(2次元)なので、その対応をどのように考えたらいいか。

A.

今回、根の断面形状を観察している。

カタナリー曲線(2次元)を面バージョンであるカタナリー曲面(3次元)に拡張することは自明ではないが、根の断面に見られるカタナリー曲線を軸対称に回転させた時に現れるドーム状の曲面としてとらえられる。

C. 高木隆司

カタナリーは鎖をつるした形であり、鎖の小部分に働く重力が、その両端に働く張力と釣り合っている。ところで、鎖の形を上下逆にすると、細長いドームの形になる(例は、パルセロナのサグラダファミリア教会の尖塔)。あの形は、カタナリーに近く、壁の一部に働く重力が、その上下からかかる圧力と釣り合っている。しかも、カタナリーの場合には、この圧力の向きが壁の接線方向と一致しているので、壁を折り曲げる作用がない。植物の根の場合も、カタナリーの形を採用すると、表皮が折れたり、シワができたりしないという可能性がある。

C. 本多久夫

放物線ではなく、カタナリーであると明確に出ているのが興味深い。そのメカニズムが言葉であらあわせるような理解がほしい。

A.

カタナリーの特徴である両端固定で1方向へ力が働くという特徴は、実際の植物の根において、根の原基の両端のみで発現する遺伝子が見つかっており、力の方向は分裂方向を1方向に定め細胞層を重ねる厳密な制御をしていることが対応すると考えている。

生物の形の機能を理解する：曲面による進行波の分裂

堀部和也（大阪大）、廣中謙一（大阪大）、松下勝義（大阪大）、藤本仰一（大阪大）

Q. 高田宗樹

進行波が分列するかしないかを判別する(又は)平面上の境界線は測地線の交点などから構成したと思っていたが、数値解析ではどのように判別していたか。また、境界条件はどうしているのか？

A.

目視で行っている。境界における反射は考えていない。

集団と動きと形と、細胞

松下勝義（大阪大）

Q1. 植田毅

確認ですが、最後のシミュレーションでは、 ε 以外のパラメータは全て同じですか？

A1.

ε 以外のパラメータは全て同じである。

Q2.

ε 以外のパラメータは同じであるので、進行方向に対して、横長のほうが動き難くなっているが、たて長、よこ長どちらも同じ速度で運動するようにした場合どうなるのか？

A2.

確かに、よこ長の場合のほうが運動速度は小さくなっている。同じ速度にした場合、集団運動することもあるかも知れない。やってみないとわからない。

Q. 高田宗樹

数値シミュレーション結果の動画の色は何を表しているのか？

A.

個体識別のために付けている。与えた係数条件は全て一定にしている。

Q. 根岸利一郎

粘菌以外で集団運動の原因は何か？

A.

物理的な原因は一つに絞れないが、分子的に制御されていると考えられる。

Q. 久保光徳

Eと ε の方程式のつなぎ方を教えてください。Eが外力、 ε が応力ですね。並べて解くには不思議な感じがします。

A.

Eと ε をつなぐために構成方程式を定義している。

C. 久保光徳

粘弾性挙動ですね、とても興味があります。

細胞内で二足歩行運動する分子モーター(ダイニン)の歩行運動メカニズムの解明

久保進太郎（京都大）、高田彰二（京都大）

Q1. 植田毅

ATPの加水分解過程で脚の部分に付着することで脚が変形するという実験があったように思うが、その効果は入っているのか？理由はともあれ、変形したとして、計算を始めていると思ってよいのか。

A1.

変形した後からの計算である。

Q2.

足の部分がステップを踏み出した後の位置のゆらぎがかなり大きいように思えるがそれで良いか。

A2.

ステップが一定値に見えるのはあくまで平均であり、この程度のゆらぎはある。

Q. 西垣功一

タンパクの構造ダイナミクスをよく捉えた素晴らしいMDだと思います。ところで、pre-postの状態変化に関して(ADP+Pi)→(ADP)変化を組み込んだモデルとなっていました。ATPに関しては、どうモデルに寄与していますか？ATPの加水分解エネルギーはこの構造変化に関連していますか？

A.

このモデルではATPの加水分解は含んでいません。ATPのエントリーサイトは考えることができますが、その後のエネルギー変化は盛り込んだものではできていません。

Boerdijk-Coxeter helix のアクリル試験片作製および
転がり実験

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

Q1. 植田毅

バランスが良い連結数 13、57 では転がり距離の増大は
見られなかったとのことであるが、グラフを見ると明
らかに 34 連結のときに短くなっているがその理由は何
か？また、34 連結あたりの転がり距離のゆらぎが大き
いが、その理由は何か？

A1.

まず、34 連結はバランスが良い連結数でない。転がり
距離が大きく落ちている理由は特定出来ていない。バ
ラツキが大きいこととの関係性もあると考えられる。

Q2.

自動車のアルミホイールなどは、回転軸の周りのバラン
スをとるためバランサー等で調整しているが、今の場
合、回転軸のまわりの質量分布はどのようになっている
のか？

A2.

軸まわりの質量分布は確認していないが、各正四面体
の中心が重心となるので、確認しておく。

C. 松浦昭洋

軸方向の投影図の頂点の分布に加え、接地する連続す
る 2 点間の距離も考慮してはどうか。

A.

それに関する考察も重要であると思うので、確認して
おく。

Q. 松浦昭洋

正四面体以外の四面体による転がりは検討している
か？

A.

正四面体以外はまだ検討していない。様々な四面体に
ついて、試験片を作製しての実験は手間がかかるので、
ご指摘頂いたように、まずは汎用ソフトを活用して、
転がりシミュレーションをおこないたい。

ヒト静止立位における姿勢制御の年齢間比較に関する
研究

條野雄介 (福井大・院)、谷村亨 (福井大・院)、馬
場大智 (福井大・院)、平田隆幸 (福井大・院)、高
田宗樹 (福井大・院)

Q. 高木隆司

基本的な質問であるが、ヒトは体の傾きをどのように
知覚しているのか。

A.

普通はふくらはぎの筋肉の緊張や足裏にかかる圧力の
変化を感じる。

Q. 吉野隆

優位性の有無を判断する相関係数の値が小さいよう
ですが、判断基準を教えてください。

A.

今回のサンプル数の場合は、 $p=0.05$ のとき相関が 0.06
以上であれば優位であることが知られています。

Q. 松岡篤

閉眼片足立ちの能力は個人差が大きい、数秒しかでき
ないヒトから 4 時間も続けられる人までいることを実
際に目している。この差には、人間のどういう能力
が最も関係しているのか？

A.

1. 体幹などの目には見えない筋肉の働き、
2. 体格など、体重や重心位置の違い、
3. 三半規管などの働き

などが考えられると思います。

また、閉眼、閉眼時で重心動揺に差があることから、
視力にとまなう空間認識能力も関係しているのではな
いかと考えます。両足、片足の違いはありますが、ヒ

トの姿勢制御のシステムという点では同じなので、未
だ解明されていないこのシステムが解明されれば、こ
の明確に答えを出すことができるのではないでしょ
うか。

瞑想が脳血流分布に及ぼす影響

馬場大智 (福井大・院)、高田宗樹 (福井大・院)、平
田隆幸 (福井大・院)、條野雄介 (福井大・院)、谷村
亨 (福井大・院)、御橋廣真 (名古屋大)

Q. 藤原基洋

本実験でのストレスはどれに当たるのか？(音をスト
レスだと思っていました)

A.

音はストレスではない。安静状態での実験。

C. 藤原基洋

ストレス状態時の瞑想の効果を知りたいなら、スト
レスをかけた場合の実験をするほうが良い様に思いま
した。例えば、音をサイレンの音に変えるだけで、同じ
状況で実験できると思います。

Q. 高木隆司

瞑想時に指導者が何らかの指導をしていたか。(注：数
年前瞑想のイベントに参加した時はインドから来た指
導者がいた。その時彼が行ったことは、「今自分は瞑想
している」ということだけを意識することだった)

A.

していない。経験者は過去に指導を受けているはずで
ある。

Q. 神藤拓実

今回の被験者 1~4 の間で、瞑想の行い方に違いはあっ
たか？

A.

・・・

C1. 神藤拓実

違いがあった場合、ヘモグロビン量の増加に、瞑想す
る際の行為(座り方、呼吸の仕方、思考の仕方)や環境
の違い(時刻、室温、気候など)がそれぞれ影響してい
る可能性がある。

むしろ、瞑想経験年数より具体的な行為や環境が優位
な瞑想に与える影響を科学的に示すことができれば画
期的では？

C2.

瞑想状態とはどういう状態かという科学的に明確な定
義はある！

Q. 本多久夫

瞑想と眠りは血流をみて区別がつくのでしょうか。

A. ・・・。

為替レート時系列を生成する数理モデルの本質的な変
数の数の比較

谷村亨 (福井大・院)、條野雄介 (福井大・院)、馬
場大智 (福井大・院)、平田隆幸 (福井大・院)、高
田宗樹 (福井大・院)

ゲノム距離による変異原測定法 ‘GPMA’ は単純ゆえに
高感度 (ppb レベル)

西垣功一 (埼玉大・院、北陸先端科学技術大学院大)、
馬場美聡 (京都大・院)、月足元希 (京都大・院)、
パルミラ クマリ (埼玉大・院)、三浦崇 (埼玉大・
院)、マニッシュ ビヤニ (北陸先端科学技術大学院
大)、保川清 (京都大・院)

一様栄養拡散場中での癌細胞の成長のモンテカルロ・
シミュレーション

植田毅 (東京慈恵会医科大)、伊藤沙姫 (東京慈恵会医
科大)

テクスチャの陰影の方向と凹凸パタンの知覚の変化
佐々木康成（金沢星稜大）、坂東敏博（同志社大）

Q. 松岡篤

回転の向きと結果には何らかの関係がありますか。

A.

15 度ずつランダムな角度で画像を提示しているので、回転の向き、つまり、時計回りか反時計回りかということの影響は検証できていません。ただし、テクスチャ画像自体がもつ影の方向性やその分布には依存する傾向があると思います。

C. 松岡篤

化石の写真を図版に示す際には、左上から光を当てるという規則があります。

A.

西洋の絵画でも窓の光や照明を表現するため、画面の左上や右上からというのがありますが、これらにも美しさという点からある程度の方向性の偏りは見られるのではないかと思います。

C. 高木隆司

光が左下から来ると念じながら（つまり、思い込みながら）、凹パターンを見ると、凸パターンに見えだした。しかし、同じことを凸パターンに対して試しても凹パターンには見えなかった。（少なくとも私には）凸パターンとみなすことは楽だった。

A.

そういうことはおおいにあるだろうと思っています。実際、実験で用いたテクスチャパターンの中には、影の方向が真横になるはずの 90 度と 270 度付近で凹凸の知覚が変化するものもあれば、ほとんどの角度で凸にしか見えないようなパターンもありました。もしかすると、人間が、あるいは動物が生態学的に持ち得ている凹凸パターンに対する一般的な傾向なのかもしれません。この点については、実験的にも手続きが可能かどうか検討してみたいと思います。ただし、今回の実験で用いたテクスチャのパターンを形作る細かな凹凸の形状や大きさが、もともと凸に見えやすいものであったということもあるのかもしれません。

Q. 本多久夫

身体の姿勢によるのではないか。

- ・右や左に寝ながらみたらどうみえるだろう。
- ・逆さや、股のぞきのようにしてみたらどうなるのだろう。

A.

たいへんおもしろいご指摘だと思います。実際、股覗きでの知覚が景色の認知に影響することが知られていますから、パターンを知覚するときの身体の姿勢や方向は大きく影響しているものと思われます。実験的には多少難しいところもありますが、検証可能な問題として検討してみたいと思います。

5 方向の円柱による周期的な充填構造

東田涼（千葉工業大）、松本崧生（金沢大名誉教授）、手嶋吉法（千葉工業大）

Q. 神藤拓実

同じ太さの円柱あたり、軸方向を一つ増やした場合に、単一格子の格子定数（間隔）にどれくらい変化があるか（或いは無いか）気になりました。

A.

軸数を増やした場合、格子定数は変化する。ただし、劇的に変化する場合があるか等、格子定数の観点から系統的にまとめていないので、今後まとめる必要がある。

Q. 佐々木康成

くしの断面は円でなくてもいいんですよね？

A.

我々は最も対称性の高い棒である円柱を用いているが、目的に応じて、角柱を用いても良い。

例えば、3 方向（直交する X, Y, Z）のパッキングでは、正四角柱（棒の断面が正方形）を用いることにより、充填率（空間占有率）を高めることが出来る。