

## 第 85 回 形の科学シンポジウム 「かたちの機能, 機能のかたち」

### 討論記録 (討論記録のあるもののみ掲載)

- 【主催】形の科学会 【共催】東北大学工学部・工学研究科  
【会期】2018年6月22日(金), 23日(土), 24日(日)  
【会場】東北大学 青葉山東キャンパス 青葉記念会館  
【代表世話人】村田 智 〒980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻青葉 6-6  
TEL: 022-795-4100 E-mail: [murata@molbot.mech.tohoku.ac.jp](mailto:murata@molbot.mech.tohoku.ac.jp)  
【参加費】 会員・非会員ともに一般 5,000 円、学生 1,000 円  
【懇親会】 2018年6月23日(土) 17:45より  
【懇親会費】 一般 3,500 円、学生 3,500 円

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

### 討論記録

6月22日(金)

#### 形の科学一般

##### 竹の自然美と機能美

島弘幸(山梨大学)、佐藤太裕(北海道大学)、井上昭夫(熊本県立大学)

Q. 佐々木康成

他の木材では傾斜機能をもっていないか?

A.

他の木は成長とともに太くなるので、竹と同じ傾斜にはなっていないと思われる。

#### 潮の干満による「月」の軌道変化

内田菜月(山梨大学)、島弘幸(山梨大学)

Q. 高木隆司

潮流によるエネルギー損失が計算されている。その効果は、地球自転エネルギーや月の公転のエネルギー減少につながるのか。

A.

そのとおりである。地球自転速度の減少が測定されているし、地球と月の間の距離が少しずつ増加している。

Q. 岩淵祥聖

今回発表者が提案したモデルおよびそれを別の天体に適用した場合における誤差はどの程度になるのか。

A.

まず、誤差を予測するというのは難しい。また、他のモデルにおいて適用する場合では表面のどの程度が水分(海)で覆われているか、いたのか、あるいはその天体の持つ衛星の個数によってもモデルは影響を受ける。これらについては今後検証/検討を行う予定とのこと。

#### かたちの機能, 機能のかたち・第1部

##### 中生代放散無視 Vallupus 類の殻形態とその"機能"

松岡篤(新潟大学)

Q. 高木隆司

ゴンドワナ大陸で見つかった、赤色で示された Vallupus 類が高緯度で見ついている理由として、ゴンドワナ大陸が元は赤道近くにあったという仮説はできないか。

A.

ゴンドワナ大陸の挙動は別の根拠によって、それほど南北方向に動いていないことがわかっています。

Q1. 手嶋吉法

予稿集(p.6) Vallupus 類の骨格写真を見ると、上部(孔のある多面体的な部分)と下部に別れているが、下部はどのような内部構造か?

A1.

筒状になった下部の内部は空洞になっています。

Q2.

Pantanellium から Vallupus への形状の変化の過程については既に解明されているか?

A2.

化石記録から、Pantanellium からまず Protovallupus が生じ、Mesovallupus を経て Vallupus に進化する事が分かっています。

Pantanellium を特徴付ける主棘が、徐々に短くなるという定向的な進化傾向を示します。

#### フラクタル空間充填木構造の開放型流路による液滴収集

甲斐洋行(東北大学)、豊里涼馬(東北大学)、西澤松彦(東北大学)

Q. 島弘幸

開き角  $\alpha$  が大きいと液滴の止まってしまう理由は?

A.

$\alpha$  増に伴い液滴への駆動力は上がる一方、周縁部の濡れ面積も同時に大きくなるため、周縁部に保持されたままの液体が増えるためである。

Q. 安部桂太

スケールの影響について。

A.

収率は流路のスケールと液滴の大きさの影響を受けるが今は液滴の大きさを固定して実験している。

Q. 高木隆司

大変興味ある研究である。ところでフラクタル構造はぬれやすさを高める処理をさせているが、液体が中央に集まるには流体の表面張力が重要である。現在は純水で実験しているのか。

A.

そのとおりである。実際に収集する溶液は純水でない場合もあるため、溶液の種類による表面張力の違いの影響は今後検討したい。

#### 招待講演・公開講座(かたちの機能, 機能のかたち・第2部)

##### ワークプレイスのデザイン — 創造的なグループワークの技術と形

本江正茂(東北大学 都市・建築学専攻)

Q. 甲斐洋行

「勝手に入って行って勝手にやる」が面白くて、これを実験系の研究室に応用できないか?

A.

Yahoo! の取り組みは、ビルの管理者からするとセキュリティリスクの点でかなり厳しいのは事実。それでも何とか新しいことをやろうと必死でやっている。サイロ型組織をやぶるためには有効かも。

Q. 佐々木康成

席替えの功罪は?

A.

ユニバーサルレイアウトにしておいて、定期的な席替えをする企業もたしかにある。営業マンのように席にあまりいない

人のために、限られた数だけを用意しておいて席は都度好きに選べることにしていても、結局だんだん位置が決まってくることになりがち。毎回くじを引いて決めるというのもある。その効果についての検証は出来ていないが。

Q. 松岡篤

生成物(成果物)の評価を含めて、いいワークプレースの形というのはありますか。

A.

残念ながら、いつでも正解という「いい形」はない。組織と仕事の内容が常に変わっていくから。

Q. 河野奈菜子

本江先生ご自身の研究室における「ワークプレースのデザイン」を教えてください。

A.

恥ずかしながら紺屋の白袴で、これというものではないが、家具レベルでは色々試したりはしている。

C. 高木隆司

興味ある講演ありがとうございました。講演でふれたワークプレースの人物間の相互作用は、私が最近取り組んでいる物語の解析とつながっているという印象を受けた。とくに、今昔物語で、珍しい話で良い結果に終わるものでは、話のクライマックスの前に登場人物同士の相互作用が多い。これは、ワークプレースにおける人物間の相互作用の制御に関係するかもしれない。

### かたちの機能、機能のかたち・第3部

DNA オリガミも用いて膜に穴を開ける： $\Phi 12\text{nm}$  人工チャネルの設計と機能評価

岩淵祥聖（東北大学）、片山航一郎（東北大学）、川又生吹（東北大学）、鈴木勇輝（東北大学）、村田智（東北大学）、野村 M. 慎一郎（東北大学）

Q. 佐々木康成

自然界のリポソームは  $20\mu\text{m}$  のような大きさのものはないと思う。この技術はどれぐらいから応用されているのか。

A.

視認で数を数えやすくするために大きなリポソームを作った。10年ぐらい前から加速度的に進んできた技術。

Q1. 手嶋吉法

リポソームの膜面を形成する脂質の個数は？リポソーム(球体)の直径は？

A.

ここで使っているリポソームは 10 マイクロメートルくらい大きさ。

Q2.

人工チャネルは、リポソームの球面上に何個ぐらい、どのように配置されるか？

A2.

数十ナノメートルからいろいろな大きさのリポソームをつくらることができる。濃度計算上、この場合は数十万個のチャネルが一個のリポソームの上にいることになるが、貫通しているものがどれだけあるかはわからない。

複数の自己集合モードを持つ DNA オリガミ構造体の設計と構築

武田祐貴（東北大学）、村田智（東北大学）、鈴木勇輝（東北大学）

Q1. 甲斐洋行

六角形と直線は unit の構造は何が違うのか？

A1.

表同士／表+裏の組み合わせの違い。

Q2.

AFM の基板上で動くのか？

A2.

溶液中で会合させて後観ている。基板上でも少し動く。

Q3.

長さは制御出来るのか？

A3.

いまはできない

Q. 佐々木康成

塩基の突起部分の配列の違いを 1~6 量体の出方の分布で表せることにならないか？

A.

検討してみます。

Q1. 手嶋吉法

正三角形を辺で連結して出来る形には多面体(正四面体、正八面体)もあるが、今回の三角形の構造では辺で連結すると平面的なものに限定されるという理解で良いか？

A1.

平面的な構造だけを許すように設計している。傾きをつけて立体をつくることも今後検討したい。

Q2.

六角形のモードは、説明図では中央に穴は無い(小さい)が、写真では中央の穴が割と大きい。何か？

A2.

DNA は負に帯電しており、自分自身とも反発するため膨らんで見えているのだろう。

ヒト肺繊維芽細胞 WI-38 の培養より栄養枯渇下に形成されるフラクタル構造

春日井勲（宮城県立がんセンター）

Q. 村田智

どのような状態で長期保存しているのか？

A.

5%CO<sub>2</sub> インキュベーター内で保存している。湿度はほぼ飽和しているが、実際は 95%前後と思われる。長期培養で培養液は減少するが、乾いてはいない。

Q. 甲斐洋行

フラクタル構造は生物学的プロセスによってできているのか？例えば 7 日ぐらいで細胞を殺して同期間置いたらできないのか？

A.

構造の形成には、アポトーシスや自己組織化といった現象が密接に関係していると思われる。細胞死の方法にもよるが、アポトーシスに含まれるプロテアーゼ反応等の酵素的過程が阻害される状況においては、構造の形成は、妨げられるのではないかと考えている。

C. 高木隆司

図 2 と 3 を比べて見たときの印象を述べる。図 2 の写真で白黒のコントラストが弱いところは、図 3 では死んでいる領域になる。また、図 2 で細長い細胞の向きが揃っているところは早く死ぬ(単なる印象なので、確かでない)

A.

図 2 と 3 は、厳密には同一の視野ではない。培養のコントラストや細胞の配向と、細胞死の領域に相関があるかどうかは現時点では不明。

Q. 鈴木勇輝

140kDa 程度のタンパク質は、細胞を最初から低密度培養した際には発現しないのか。

A.

同分子は、飽和した培養の細胞外(培養液、細胞外マトリックス)に、銀染色レベルで検出されなかったため、低密度培養では、それ以下のレベルと思われる。細胞内の発現については不明。140kDa の分子は、プロテアーゼ耐性等で残存した、より大きな分子の一部である可能性も考えられる。

Q1. 手嶋吉法

予稿集の図 2 が図 3 に変化するとの事で、この間で生きている細胞の数は同じか？

A1

図 3 のフラクタル構造と同培養液を SDS-PAGE で解析したところ、培養液には低分子から高分子まで、大量のタンパク質が含まれていた。これら成分は、細胞由来のタンパク質やその分解物であり、細胞死により放出されたものと考えられることができる。したがって、図 2 の増殖飽和到達時に生存していた細胞の大半は失われているものと思われる。

Q2.

図 2 や図 3 は平面的な構造か立体的か？ 図 3 はシャボン玉の構造に似ているが、膜はあるのか？

A2.

図 2 は増殖飽和した細胞であるので、単細胞程度の厚みを持った立体構造と考えられる。それら細胞や細胞外マトリックスから形成された図 3 のフラクタル構造は、同様に細胞の厚さ程の立体構造と推定されるが、突出した部分があるかどうかは不明。顕微鏡下では、膜的構造は認められなかった。

#### かたちの科学一般

笑顔の評価における主観と客観の比較 - 目元と口元の表情の入れ替えによる実験的検討 -

佐々木康成 (金沢星稜大学)

Q. 高木隆司

実験結果から私が受けたときの印象は、口を中途半端に開けたときは目の表情が大きな影響を持つ。話しているときも口を中途半端に開けるので、目の影響が強い。

A.

講演中に触れなかったが、確かにその傾向がある。

#### 海外における書道ワークショップの実践

本田容子 (盛岡大学)

Q. 神藤拓実

芸術としての書道 (小学生に書かせた後、紙を自由に装飾させる?)、言語を超えたコミュニケーションとしての書道 (起業家、書道家による活動)、二つの事例を見聞きしたことがあるが、自由に書く”芸術としての?”書道と手本を元に書いてたり赤字で直されたりしながら形式を知って正しく書く書道は”書道の活用”と一口でくくってしまった場合には、これらが混在しているのか？

A.

現在、書道を表現している方々の中でも混在していると考えている。カリキュラムを通して芸術科としての書道および国語科としての書写を研究対象としている。

Q1. 河野奈菜子

手本を事前に渡していたのか？

A1.

このワークショップに取って手本はない、好きな漢字を書くことに設定した。漢字は表意文字でもあるため、漢字が苦手であるといった気持ち(苦手意識)をなくすことが第一目的。

Q2.

書道(手本がある、朱で直される)= 芸術？

A2.

書道は(文字を素材とした)線の芸術と考えている。とめ、はねを児童に示して児童が真似をする。その線を見て「美しい」「良い」と感じたら芸術と言える。

Q3.

書道に似た文化は他の国にもあるのか？

A3.

中国(韓国)には書道の文化がある。今後も、非漢字文化圏でのワークショップを考えている。文字 = 図形と考えるのか、「手本」などは難しいと考えるのか、これから研究していきたい。

Q. 高木隆司

ヨーロッパの人々はうまい書と下手な書を見分けるセンスをもともと持っているのか。

A.

持っているように思える(特に、曲線のある美についても)。しかし、この問題はまだきちんと調査されていない。

細胞内共生説：光栄養選好説における栄養連結のグラフの特徴

春日井勲 (宮城県立がんセンター)

#### かたちの機能, 機能のかたち・第 4 部

自己集合サイズがプログラム可能な DNA ナノモジュールの

設計

劉詩韻 (東北大学)、安部桂太 (東北大学)、内田健央 (東北大学)、遠藤佑真 (東北大学)、秋田賢 (東北大学)、市塚翔成 (東北大学)、荒館笙 (東北大学)、斎藤正崇 (東北大学)、吉川太陽 (東北大学)、福地成彦 (東北大学)、川又生吹 (東北大学)、野村 M. 慎一郎 (東北大学)、村田智 (東北大学)

Q. 手嶋吉法

シリンダーの形はなぜこの形にしたのか？また、「モジュール同士が無限に結合していくと考えられる」とのことだが、形状相補性だけで結合するとは考えにくい。何の力が働いているのか？

A.

DNA の平滑末端同士の結合(パイ電子共有)による。

Q. 宮本潔

オリガミという呼び名は、この分野の通称になっているのですか？日本人としては誇らしいことですが、モジュールは立体的なので、レゴと呼んだ方が良いと思いますが。

A.

ナノモジュールは二次元の展開図から考えられているので、オリガミと呼ばれています。

池上式 3D ジグソーパズルの複製とピースの対称性について

町屋佑季 (千葉工業大学)、池上祐司 (理化学研究所)、

手嶋吉法 (千葉工業大学)

Q1. 安部桂太

2D ジグソーとの違いについて。

A1.

ご指摘いただいた様に、ジグソーパズルを完成させる手順は、3D ジグソーの方が、制約が増える。2D ジグソーでは、任意の 1 ピースを独立に嵌め外し出来るが、3D ジグソーでは出来ない。3D ジグソーでは、各層ごとに組上げてから、それらを重ねる必要がある。これは、この 3D ジグソーの内部構造を反映したもので、面白いところとも言える。別の見方としては、2D ジグソーで 1 ピースの嵌め外しが可能なのは、3D 空間内で動かしているからであって、2D ジグソーの動きを 2D 空間内に拘束すれば、全ピースが嵌め外し出来なくなる。池上式 3D ジグソーが 3D 空間内の動きで分解可能なのは、今回説明した 3 方向へのスライドによる。

Q2.

造形で手作業が低速になっていることについて。

A2.

今回、3D プリンタの中でも熱溶解積層法 (FDM) と呼ばれるタイプのマシンで実体化をおこなった。この場合、サポートと呼ばれる余分な形状が付与されるので、その除去に時間を要した。これに関しては、ナイロン粉末焼結の 3D プリンタなど、サポートを要しないタイプの 3D プリンタを用いることで、時間短縮できる。しかし、仕上げ作業において最も時間を要したのは、ほぞと溝の嵌合の調整である。今回の実体化では、ほぞと溝を同じ寸法で実体化し、手作業で嵌合を調整したので、膨大な時間を要することとなった。3D プリンタの造形精度はさほど高くなく、マシンのタイプにも依存するので、従来の加工法(旋削など)の様に、はめあいを制御出来ていないのが現状である。今後の 3D ジグソーのピースの実体化では、ほぞに対する溝のサイズをある比率で大きくし、適切な比率を見出し、手作業による嵌合の調整時間をゼロに近づけたい。

6 月 23 日 (土)

#### 形の科学一般

生物の体サイズに応じて収斂する生物個体のエネルギー利用

森下茂太 (山形大学)、黒澤陽子 (山形大学)、王莫非 (山形大学)、山路恵子 (筑波大学)、石田厚 (京都大学)

Q1. 小川進

呼吸は表面であるので、質量に関して 2/3 乗則ではないか？

A.1

複雑。

Q2.

20°Cに正規化しているが、どのように補正を行っているか。

A2.

キャリブレーションを使った。

Q. 本多久夫

樹木は大きくなると死んだ細胞が増え、それが幹の力学的に支えになるといわれているが、これとの関連はどうか。

A.

若い植物では、個体重量 - 呼吸活動の勾配が 1 に近いが、大きくなるとこれから小さくなっている。活動していない細胞の影響はここに反映されている。

ブナ芽生えの根の省エネルギーによる急速成長

黒澤陽子 (山形大学)、森茂太 (山形大学)

Q. <質問者氏名記載なし>

フラクタル性について表面、分岐のフラクタルがあるが、呼吸速度と面積、質量との非線形との関係はどうか？

A.

まだやっていない。

発見された卑弥呼の墓のフラクタル性

小川進 (空間技術研究所)、谷口幸弥 (長崎大学)、桜井貴子、福永晋三

Q1. 手嶋吉法

今回、前方後円墳の可能性のある地形をドローンで計測されたとのことで、これが墓であれば石室や副葬品が出土する可能性があるが、それらの発掘調査はこれからか？

A1.

10 月より、福永晋三さんが発掘調査に入ります。

Q2.

クニの形を河川で論じる場合、クニの境界線が河川か、河川をまたぐようにクニがあるのか？

A2.

クニの境界は河川か流域界になります。3 世紀当時にそのようなクニがあったかどうかはわかりませんが、基本的には河川がクニの要素になると考えられます。

Q. 安部桂太

卑弥呼は墓が作られるような存在だったのか？

A.

当時の国の代表であったので墓はあるだろう。7000 戸という、日本を代表するクニであったことは間違いなく、邪馬台国は大和朝廷につながったクニです。読みも「ヤマト」ともいわれます。

DNA 反応拡散系によるハイドロゲル媒質中への濃度勾配パターン形成と制御

安部桂太 (東北大学)、川又生吹 (東北大学)、鈴木勇輝 (東北大学)、野村 M. 慎一郎 (東北大学)、村田智 (東北大学)

C. 本多久夫

DNA、反応拡散、発生過程...が並ぶと生物学で遺伝情報が発現し形態形成が起こる問題と勘違いしてしまう。初め「に人工的に操作できる物質として DNA を使う」という意味のことを述べられるとよいと思う。

Q. 本多久夫

拡散速度が異なるもの間でできる拡大で形成される境界は直線ではなく曲線になることが知られているが、これと今日の結果の関係は？

A.

拡散によって濃度が小さくなり、それに伴って反応速度が小さくなることで境界が予想されるような曲線にならなかったと考えられる。

平行六面体状の脚部を持つ三脚ブロックの滑動性について

松浦昭洋 (東京電機大学)

Q. 村田智

滑動性の一般的な定義は？

A.

「滑動性」は本研究の造語であり、複数のブロック (より一般には事物) が噛み合い一定数敷き詰められた状態で、一部のブロックに力が加えられたとき、ブロックが隣接状態を維持したままスライドして動く性質を指す。

ホモメトリック構造—2

松本崧生 (金沢大学・名誉教授)

Q. 手嶋吉法

Patterson や buerger が手計算でホモメトリック構造を見つけたとの事で、その後もっと大きな  $N, r$  についても計算機などを利用して求められているか？

A.

A. L. Patterson (1939,1944), Martin J. Buerger (1976, 1977, 1978) 等、homometric structures, tautoeikonic sets を検討、円周上の点配列で表現 (正  $n$  角形の頂点の  $r$  個に同種と  $n \cdot r$  個の異種の配置法) を考察、 $n \leq 16, 4 \leq r \leq n/2$  につきすべて調査した。その後、計算機プログラムを使つての研究もされている。例えば、Chung Chieh (Zeit. Krist. 150, 261 (1979)) は、 $N = 16, 18, 20$  を発表している。Juan E. Iglesias (Zeit. Krist. 150, 279 (1979); 155, 121 (1981)) にも異なった試みがみられる。

招待講演・公開講演 (かたちの機能, 機能のかたち・第 6 部 ロボット機構の考案・具現化における『形』の熟考過程の実際 多田隈健二郎 (東北大学 応用情報科学専攻)

Q. 高木隆司

大変興味深い講演であった。ところで、複雑な機構においてもそのエレメントは球や円柱のように単純な形をもつものが多い。一方生物の体の部品ではエレメントも複雑な形を持つものが多い。たとえば、人間の指の関節間の長さは、先端から奥へ向かって約 1.6 倍ずつ長くなっている。そのために、種々の太さの棒を楽に握ることができる。このように生体から学ぶ可能性があるだろうか。

A.

<記載なし>

Q. 高田宗樹

体と客体を入れ替えたり、高次元化を考えるうえで何か工学的な問題意識や動機付けが研究を駆動させているようなことはあるのでしょうか。

A.

割と(理学的に)興味から研究を進めていることがあるが、要素数を減らしたり接点数を少なくしたり、機構を単純化させる意識を持っている。

形の科学一般

映像視聴時の意識統制が与える身体・精神への影響

杉浦明弘 (岐阜医療科学大学)、田中邦彦 (岐阜医療科学大学)、大西達也 (岐阜医療科学大学)、太田一樹 (岐阜医療科学大学)、北村一騎 (岐阜医療科学大学)、森下沙紀 (岐阜医療科学大学)、梅田凌輔 (岐阜医療科学大学)、高田宗樹 (福井大学)

活字設計の基礎となる漢字の字形評価の検討

沓名健一郎 (福井大学)、高田宗樹 (福井大学)

Q. 寺嶋吉法

等高線(視覚誘導場)を文字に対して生成する方法と意義を直観的に説明するとどうなるか。

A.

視覚の誘導場による等高線は、ピオサバルの法則をもちいたポテンシャル場で示されます。

文字と文字、線と線は、お互いにその最適な距離を保っています。これは文字のパーソナルスペースともいうべきものです。これを視覚の誘導場による等高線によって図示できると、文字の間隔や行間、線画の距離の均衡が整うメカニズムが明確になります。

Q. 小川進

美しさには、「静」的な整った美と「動」的な動きのある美があります。極端に対立した美の形となります。対象として、王羲之の楷書と行書には2つの異なる美があるのではないですか。α波とβ波の異なる反応の美が存在するのでは。

A.

文字の美の感受性については多くの研究がされています。王羲之の書を見ますと、確かに静と動の文字がありますが、手で書くということに立脚した様式の違いと、そこに勢いや強さを感じる感受性の差であると解釈されています。文字の研究ではα波とβ波のような異なる反応の美であるとは考えられておりませんが、今後考察を深めていきたいと思います。なお本論では活字としての美を追求する観点から静的で整った文字を対象としています。

画像の乱れを評価する

根岸利一郎(埼玉工業大学)、関口久美子(埼玉工業大学)、船崎明美((株)ビジネスサポート)、内田正哉(埼玉工業大学)

Q1. 高田宗樹

列の距離をとる計測円は半径の任意性など、計測位置等の任意性を含むが解析の安定性はみているか？

A1.

みている。半径を変化させると、計測の精度が変わる。現在は計測位置を手動で定めている。

Q2.

砂漠の点列は水路の節(分岐点)と思われ、フラクタル次元等別の計測も考えられるが、画像診断(例えば臓器の境界の識別)に使えるか？

A2.

そういった応用性を十分考えて、研究を進めている。

6月24日(日)

形の科学一般

立体概念の形成を支援する科学折り紙教材 II. 体性感覚(触覚)を活用した立体概念形成の試み

石原正三(埼玉県立大学)

Q. 杉本剛

履修者が2年で10人と少なく結果を統計的に解釈するには2.5倍のデータが必要だが、「数理科学」という科目名がハードルを上げていないか。

A.

そうかも知れないが、壁を乗り越えて受講者に「探求」の楽しさを知ってもらいたい。

C. 種村正美

石原先生の作られる折り紙は多面体の骨格をベースにしておられる。これは非常に基本的な着眼点で興味ある方向であると感じているが、受講する学生に5種の正多面体を教える場合、骨格で作った多面体(面がない多面体)について学生たちがどう感じるのかに興味を持った。

A.

基本的に科学折り紙を多面体の頂点、稜及び任意の多面体を四面体に分割したときの三角形面で作るというスタンスで教育している。そのため、多面体の面がない構造でも学生たちは理解してくれると考えている。

Q. 高木隆司

「科学折り紙」という言葉はもっと広い意味を持つと思う。今回の発表内容以外にどんな科学折り紙が可能か考えてみたらどうだろうか。

A.

はい、「科学折り紙」という言葉はもっと広い意味を持つとは思いますが、ここでは、任意の形状をした三角形のユニットを設計し、色々な立体を組み立てる手法を、「科学折り紙」と呼んでいます。

脊椎動物の系統樹の位相的性質：Horton 解析と中立的確率分岐モデルに基づくアプローチ

石井友一朗(神戸大学)、山崎和仁(神戸大学)

Q. 高木隆司

系統樹のシミュレーションは初期設定をどのように行うのか。枝の相互の距離は考えるのか。

A.

一つの種から始め、分岐していく。枝の相互の時間的順番は考えるが、それ以外の距離は考えない。あくまで位相的パターンのみに注目する。

C. 本多久夫

ホートンの法則は地形学での河川の分岐や樹木学の分岐などで調べられているが、今回の発表を聴くと生物系統学で大きな成果が得られる可能性があるように思います。ご健闘を祈ります。

二次元変形・流動現象におけるポテンシャル曲面の微分幾何学的構造

山崎和仁(神戸大学)

Q. 杉本剛

「世界観」はいかなる意味か。

A.

物理学での抽象と幾何学での恒等式の対応の妙を表現している。

Q. 高木隆司

最初に定義されたQ値の意味は何か。

A.

流線が平行でなく、流れに従って広がるか、狭まるかによって正・負の値をとる。

第二次セント・ヘレナ島沖海戦

杉本剛(神奈川大学)

Q1. 手嶋吉法

予稿の末尾に参考文献が挙げられていないが、イントロの一行目に出てくる「海難史」が全てか。原著を読んでいるのか、何語で書かれているか。

A1.

「海難史」がすべてではない。口頭発表の最後に参考資料を提示した。

16-8世紀発行の様々な原著を読んでいる。これらは、ラテン語・ポルトガル語・オランダ語・イタリア語などで書かれている。英訳があるばあいには参考にしている。

Q2.

なぜこの時代のこの文献に関心を持っているのか。

A2.

大航海時代の世界観・宇宙観形成について研究している。素材は、地図・海図・星図である。事実の洗い出しに、周辺の文献を読み漁っている。

Q1. 本多久夫

時代の確認をしたいのだが、ポルトガルとスペインの時代から次にオランダ、イギリスの時代に移るが、これはまだポルトガルとスペインが力を持っていた時代にポルトガル対オランダの戦いがあったのか。

A1.

その通り。

Q2.

Zealandはオランダのことか。ニュージーランドはこのゼーランドを踏まえた名前か。

A2.

その通り。欧州人としてニュージーランドを初めて発見したタスマンはゼーランド出身だった。

物語におけるグラフ表示と意図との相関

高木隆司(東京農工大学・名誉教授)

Q. 佐々木康成

物語の中での作家のカテゴリ化はしているか。カテゴリ間の相互関係について可視化すると新しいことがわかるのでは？

A.

検討してみます。

Q. 石原正三

講演の結論に、『人間の知能を超える知能』は自己矛盾を含んでいる。しかし、物語に含まれる過去の智慧の集積も借りたら、現代の人間の知能を超えられる可能性があるかも知れない』とあるが、現状を見ると画一的な領域や専門性に閉じこもりうとすることが多い。単に狭い領域に縛られることなく、領域を超えるだけでも可能性はあるのではないか。

A.

そうだと思う、専門領域を超えるという意味で形の科学会の存在意義がある。

標準写像における横断性の新しい証明法

山口喜博 (元 帝京平成大学)

Q. 手嶋吉法

ホモクリニック点に漸近している反転サドルは通常の鞍形で良いか。「反転サドル」はどの様な形をイメージすれば良いか。

A.

サドルとして通常の峠点がイメージできます。峠を降っていく場合、どんどん峠点から離れます。これは固有値が +1 より大きいことが原因です。反転を伴うサドルの場合、峠点をいったりきたりしながら峠点から離れていることをイメージしてください。これは固有値が -1 より小さいことが原因です。

Q. 石原正三

安定多様性と不安定多様性の境界でのサドル型と反転サドル型の形状の変化は、ポテンシャルの形状変化のイメージと同様に考えてよいか。

A.

そう考えてもよい。

形と知

オンライン学習システムでの学生の記述ドリル解答に見られる文章パターン

宮本光一郎 (東京学芸大学)、松浦執 (東京学芸大学)

Q. 安部桂太

解答を採点する際には、解答者がたくさんいる中で、「どういう解答が点数が高くて、こういう解答が(点数が)低い」という重みづけをする必要があると考えられるが、発表のようなパターンが出ると分かった上で、どのような重みづけをする必要があると考えているか。

A.

今発表は「他人に説明をする文章には論理的な型が存在する」という仮定に基づき、学生の解答パターンを分析することを主目的としました。ある程度模範的な解答の定まっている短文記述の領域とは異なり、意見や考えを述べる形式の長文記述では自動採点(点数化)にはまだ至っておりませんので、点数化の際の重みづけに関しましては今後の研究課題となっております。

Q. 海野啓明

平均 175 文字程度の解答を人間が採点するのか。またどの程度の時間がかかるか。

A.

あまり細かな採点はしておらず、興味ある内容がでてきたら評価する程度です。175 文字程度なら全体を把握しやすいので、時間はかかりません。しかし、もっと長い解答が多い場合には、ある程度の自動化が欲しいと感じます。

三文字を三面図として形成される立体について

阿竹克人 (株) 阿竹研究所

Q. 佐々木康成

設計のとき正射影でつくるが、見るときは投視投影で見るので、その差を埋める設計をしてもらえるとよいかと思うが、特に大きなものであると感じる場合がある。

A.

あまり見え方に差はないと思っています。むしろ面白い形が思いもよらずに出てくるのが楽しいです。

Q. 松浦昭洋

三文字の置き方(配置)には任意性があると思うが、どう決められているか。また、立体が作れないのはどんなときか。

A.

文字の性質を活かして選択している。

色の形「ペーパークロマトグラフィックス」

河野奈菜子 (お茶の水女子大学)

Q. 安部桂太

インク成分がわからないと原理に落とし込むことが難しいのではないか。

A.

食用色素(食紅)等、既知の試料を用いて研究中です。

Q1. 佐々木康成

シミュレーションにする際に、どのようなパラメータが必要だと思うか。

A1.

十分な考察に至っていません。温湿度、給水速度、乾燥速度が必要だと思います。色素ごとの特徴も分析する必要があると思います。

Q2.

パラメータはそれだけでよいと思うか。

A2.

少ないと思われます。これから細かく分けて実験を進める予定です。

Q3.

水性ペンで描いてからの時間は厳密に計っているか。

A3.

一日以上は置いたが、厳密には計っていません。

形の科学一般

2 番目に小さい  $n$  次元多胞体

宮崎興二 (京都大学・名誉教授)

Q1. 手嶋吉法

$k$  番目に小さい  $n$  次元多胞体は  $(k-1)$  番目から、もれなく導出できるという理解で正しいか。

A1.

報告者は多胞体を抽象的な理論面から考えたのではなく、形の科学にふさわしく、3次元に投影された具体的な形で捉えて、それを側胞(側面の4次元版)の形と個数で区別し模型を作った。その場合、数学的な理論が不十分な投影という独特の操作が必要なものもあって、結局、 $(k-1)$ 番目からもれなく  $k$  番目を具体的な形を持たせて導出する作業は次元が上がるのと同時にきわめて困難になる、と指摘することになった。

それに対して本報告の直後にフロアから、数学上は、G.M.Ziegler らが、「 $n$ 次元空間における  $(n+2)$ 個の頂点を持つ多胞体の個数は  $n^2/4$  を超えない最大の整数になる」という定理を紹介している旨の指摘があった。ただしこの場合は、側胞でなく頂点の個数とそのトポロジカルなつながり方で理論的に多胞体が捉えられ、その双対関係に従って、 $n$ 次元空間で  $(n+2)$ 個の側胞を持つ多胞体の個数は  $n^2/4$  を超えない最大の整数になる、ということが知られるのみである。つまりここには、本報告で重視した側胞の具体的な形についての情報はない。結局、 $k$  番目に小さい  $n$  次元多胞体の個数は  $(k-1)$ 番目からもれなく導出できるが、多方面へ応用する場合に重要な形については明確ではない、ということになる。

Q2.

本日の結論は2番目に小さい4次元多胞体は「現状では4種」ということで良いか。5次元以上は不明で良いか。

A2.

報告者は具体的な模型を手掛かりにして4種類を見つけた。この個数はA1で触れた「 $n$ 次元空間における  $(n+2)$ 個の頂点を持つ多胞体の個数は  $n^2/4$  を超えない最大の整数になる」という定理に適合している。したがって個数、形とも本報告の4種類ですべてといえる。また5次元以上については、個数はこの定理により明確(例えば5次元の場合は6種類、6次元

元の場合は9種類)で、その形についても、本報告から類推することにより決定することができると思われる。

4次元正多胞体のリングの皮むき展開図について II  
海野啓明 (仙台高等専門学校・名誉教授)