

目次

【論文】

- KIWI フォーマットを用いたデフォルメ地図自動生成システムの開発
山守一徳、矢吹英明 107
- 近代絵画と近代技術
—近代技術的環境における心性の変容の図像解釈学的研究—
秋丸知貴 117
- 複雑形状の再構築とコンピュータグラフィックス実制作への応用
—複雑形状の復元精度±0.5mmの実現—
鳥居一平、岡田陽介、丹羽崇仁、小野木学、石井直宏 127

【交流】

- 形と人間—手と眼をめぐって
金子 務 137

【シンポジウム予稿】

- 第70回 形の科学シンポジウム「色と構造」
プログラムと予稿 144

【会告】

- 第69回形の科学シンポジウム討論記録 213
- 事務局からのニュースメール 219
- 会告 221
- 形の科学会誌の原稿募集 228
- 『形の科学会誌』論文投稿の案内 229
- 形の科学会入会案内 231
- 第71回 形の科学シンポジウム予告 233

KIWIフォーマットを用いたデフォルメ地図 自動生成システムの開発

Development of an Automatic Generation System of Deformed Maps with KIWI Formats

山守一徳¹ 矢吹英明²

Kazunori YAMAMORI¹ and Hideaki YABUKI²

¹ 三重大学 教育学部, yamamori@edu.mie-u.ac.jp

¹ Faculty of Education, Mie University

² インクリメント P 株式会社, joda@incrementp.co.jp

² Increment P Corporation

(2010年5月6日受付、2010年7月21日受理)

keyword: deformed maps, guide maps, KIWI formats, morphing, GIS

abstract. This paper presents the system for deformed map by automated generation. This system uses road maps by generated “ KIWI ” formats in which each road segment is classified to several individual classes; high way road, national road, wide road, narrow road and so on. This method that we proposed has various processes by several improved algorithms - road straighten process, direction quantization process, parallel emphasizing process and center enlarging process. In each process, the higher classes segments are transformed at first and then the lower classes segments are transformed later. It was not able to be deformed greatly so far, because of necessary to deform road data to never destroy the phase structure that has the relationship in connection between each road data. In our experiments, here was shown that our proposed method could generate stably deformed results for each selected area by using the same parameters. Those generated maps show more marked deformation than those by previous method.

1. はじめに

我々は、広告やパンフレットでよく見られる店舗等の場所案内のためのデフォルメ地図(略地図)を自動生成させることを目指している。小さな紙面を使って目的の場所を端的にわかりやすく示すために、デフォルメ地図は有効な表示方法である。携帯電話画面に地図を表示させる場合においても、拡大、縮小、移動の操作なく、静止画像の状態で場所案内することができるため、デフォルメ地図を自動生成させることができれば有益であると思われる。

これまでの研究では、プロット入力して作成した地図 [1] や三重県 GIS オリジナルマップの地図 [2] を使って、アルゴリズムの研究を行ってきたが、今回、カーナビに用いられている KIWI フォーマットの地図データ [3] を用いて、任意の地点でのデ

フォルメ地図を自動生成させつつ、アルゴリズムの改善を行った。プロット入力した地図データと比べると、KIWIフォーマットの地図データは、道路データが多く含まれており、本数が増えると変形させることが難しくなる。道路の接続関係である位相構造を壊すことがないように変形させなければならないため、従来のままでは、大きく変形させることができなかった。本方式は、道路の形状の単純さをできるだけ強調し、かつ、大きく変形させることができるようになった。本論文では、その方法について紹介する。

2. システムの概要

KIWI フォーマットのファイルを読み込み、デフォルメ変形結果を SVG 形式のファイルで出力す

る。SVG は、XML ベースの 2 次元ベクター画像記述言語であり、W3C で仕様が決まっている。SVG を用いた理由は、Web ブラウザを使って、結果を線画で表示することができ、拡大・移動などが行えて、結果を確認しやすいことと、最終的な見栄えを良くするための色や太さの変更が容易に行えるからである。

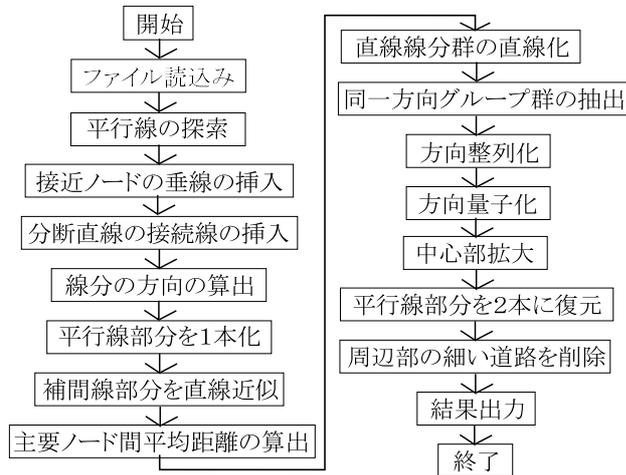


図 1: 処理の流れ

システムの処理の流れを図 1 に示す。個々の処理詳細については 5 章で述べるが、補間線部分を直線近似、直線線分群の直線化と方向量子化については、従来手法を改良したものであり、平行線の探索、平行線部分を 1 本化と平行線部分を 2 本に復元の処理は、KIWI フォーマットの利用に起因して追加された処理である。接近ノードの垂線の挿入、分断直線の接続線の挿入、方向整列化、中心部拡大と周辺部の細い道路を削除の処理は新規手法である。線分の方向の算出、主要ノード間平均距離の算出と同一方向グループ群の抽出は、続く処理への前処理に相当する。

変形の基本は、従来手法と同じ交差点の直交化 [4] という人間の空間知覚特性を用いた直線化と方向量子化であり、方向整列化を追加することによって、よりきれいな格子形状への変形を目指している。図 2 に方向整列化を含まない場合と含む場合の違いの実験例を示す。図 2(b) は図 10(b) の一部を拡大したものであるが、含む場合には、平行な線分群をきれいな平行の形状に揃えることができる。また、道案内の目的としている地点は中心近くに存在する可能性が高いため、中心部において詳細に見えるように中心部を拡大して見せること

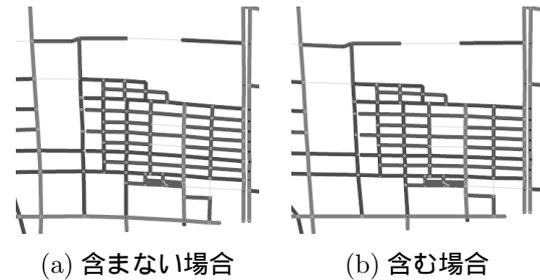


図 2: 方向整列化の結果例

も行う。同時に周辺部においては、地図領域の外へ繋がる主要な道路の位置を強調して見せることができるため、周辺部の細い道路を削除することも行う。

一般にデフォルメ地図は、不要な道路を削除して、道案内に必要な道路のみを使って見易くなるように大きく変形させた地図であるが、本研究では、不要道路の削除について周辺部以外では行っていない。与えられた道路データのままで、いかにして自動変形させるかの手法の研究に重きを置いている。不要道路の削除や見栄え上の飾り付けは後から取り組めば良いと考えている。

3. 類似研究との比較

類似の研究では (株) ゼンリンデータコムから「AREACUTTER」というデフォルメ地図作成ソフトが発売されているが、切り出しが主で変形が大きくなされている訳ではない。昭文社から発売されているソフト「デフォルメマップ作成ツール」も同様であり変形の程度が少ない。藤井らの研究 [7] では、ルートマップ型、サーベイマップ型、デフォルメマップ型の案内地図が提供できているが、ここでのデフォルメマップ型の手法はリンク間角度を 45 度で量子化しており、小領域向きで、本手法のような大きな領域には適用できないと思われる。丸山らの研究 [8] では、我々の従来の並列型変形手法に類似し、線分間の角度を量子化するように並列型変形が行われるため、処理時間が掛かる欠点がある。また、都市部の道路形状が格子状に近い領域を含む場合は適するが、そうでない場合には不向きである。中澤らの研究 [9] では、昼夜の違い等によるランドマークの見易さを用いて案内経路を変化させているが、地図変形をさせている訳ではない。また、二宮らの研究 [10] では、現在

地から目的地までの経路を主体とした携帯電話向きの変形であり、2次元平面上の全ての道路の接続を維持したままの変形ではない。

我々の従来の研究手法と比較すると、並列型変形手法によって道路の向きをゆっくりと安定するまで変形させる方法 [5] と比べて、処理速度は大変速い。本手法は、逐次型変形手法であるため、変形を行う線分の順番が影響するが、KIWIフォーマットは道路がクラスに分けられており、上位クラスから変形させることによって、変形の順番の影響が少なくなっている。同じクラスの中の道路線分の変形の順番について、微調整を行えば、さらに良い結果が生まれるとも考えられるが、道路クラスの順番でほぼ骨格となる変形結果ができあがっているため、同じクラス内での順番の影響は少ないと思われる。

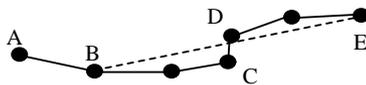


図 3: 直線近似の説明図

改善した個々の処理について述べると、補間線部分を直線近似と直線線分群の直線化で用いた直線近似手法の利点は、図 3 のように、点 C 点 D の屈折する道路が現れた場合、従来の区分的直線近似法では小さな屈折道路は消去されてしまうが、この方法ではその特徴的な形状を失うことなく直線近似することができる。特に直線線分群の直線化では、ファイルから読み込まれる道路の線分列の端点が点 B にある場合と点 A にある場合で従来手法では異なってしまうが、今回の方法ではグループ分けを行ってから直線近似を行うため、ファイルデータの影響を受けないという利点がある。また、方向量子化の今回の手法では、ベクトルモーフィング手法と組み合わせてクラス毎に変形を行うことによって、変形し易くしている。図 4 で示すと主要道路を垂直に変形する時 (図 4(b) 参照) に下位クラスとの交差を意識せず垂直に変形でき、その後下位クラスの道路をベクトルモーフィング手法で移動させる点が本手法の特徴である。

4. KIWI フォーマットの特徴

道路データを中心に説明を行う。道路の種類は、高速道路から細い道路まで 16 種類のクラスに分け

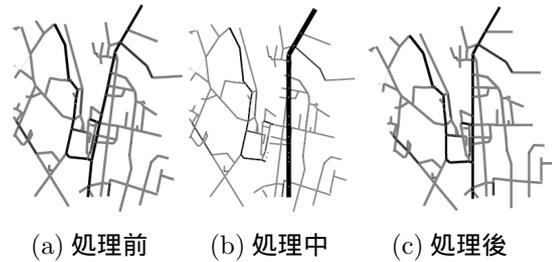


図 4: 方向量子化の例

られている。道路の中心線のデータが、セグメントと呼ばれる直線線分で表現され、セグメントの両端はノードまたは形状補間点から成る。ノードから次のノードまでをリンクと呼び、交差点は必ずノードとして表わされる。形状補間点は、リンクを直線で表現した時に道路形状の湾曲度合いを表現できない場合に、屈折点として挿入されている。リンクを繋げたリンク列が長い道路を表し、リンク列ごとに道路の種類が設定されている。交差点や分岐点では、同一ノードを示すために、リンク上のノードから他のリンク上のノードへ向けてポイントが張られている。同一ノードへのポイントは、各リンク上のノードに 1 つのみ保持し、辿ることによって自分のノードに戻ることができるようサイクリックにポイントが張られている。KIWI フォーマットの特徴としては、中央分離帯がある道路においては、上りと下りの別々のセグメントで表現されている。

KIWI フォーマットでは、詳細の程度によってレベル分けされてデータを保持しているが、本研究で用いたのは、特定のレベルのデータをファイルへ保存させたものであるため、レベル間の情報を利用することは考えていない。また、ノードは一般的には線分の端点を指すため、以下では、KIWI フォーマットでのノードを主要ノードと呼び、形状補間点と主要ノードを合わせてノードと呼ぶことにする。

5. 処理詳細

図 1 の個々の処理について、以下詳細に述べる。

(1) ファイル読み込み

KIWI フォーマットのファイルを読み込む。起動時にファイル名を指定するだけでなく、表示領域を指定することもでき、その場合、表示

領域外のデータに関しては非表示フラグをセットして、表示させないようにしている。読み込み後、表示のための拡大率の値を自動設定している。

(2) 平行線の探索

上りと下りの2本の線で表現されている平行線部分を見つける。一方通行となっているリンク列に限定し、平行に近い形状を構成する相手のリンク列を探す。具体的にはリンク列の始点に繋がる線分の一つの端点からの垂線の足の距離がしきい値未満、かつ、角度の差がしきい値未満の線分を探す。見つからなければ終点に繋がる線分から探す。見つかった相手の線分の属するリンク列を平行線の相手とする。次に、平行線の2本のうち、始点終点間の直線距離が長い方を主、短い方を従とする。ここで主と従に分類させることによって、以降の処理では、主側を変形の主体に用いる。主の方を使って、デフォルメ変形を行い、従の方は、主の方の移動に合わせて、後から追従して移動させることを行う。

(3) 接近ノードの垂線の挿入

ノードが他の線分に近付いている場合、変形させた時に位相構造が壊れやすくなる。そこで、しきい値の距離以内に近付いているノードと線分間に垂線を追加する。ノードが追加されることで、モーフィングした時に位相構造が壊れにくくなる。

(4) 分断直線の接続線の挿入

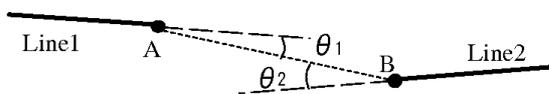


図 5: 接続線の挿入

直線に近い形状で繋がる線分が、途中分断されているように見える場合、それらの線分間を繋ぐ線分を挿入する。分断されたままの場合、方向量子化が線分毎に働くと、それぞれの線分が独立して方向量子化されるため、直線に近い形状に見えなくなってしまうため、線分間に線分を挿入することで、方向量子化が別々に働くことを避ける。図5において、ノード

AとノードBを接続する場合、 $\theta = (\theta_1 + \theta_2)/2$ とし $|A-B|/\cos^{15}$ の値を直線ずれ度と定義する。ここで、 $|A-B|$ はノードAとノードB間の距離を表す。直線ずれ度がしきい値未満で最も最小値を取る相手線分を選択して接続を行う。接続候補となるノードの条件は、繋がっている線分が60度以上の偏角で折れ曲がっているノードもしくは、1本の線分しか繋がっていないノード(端点)であり、 $\cos \theta_1 > 0.96$ かつ $\cos \theta_2 > 0.96$ を満たすことである。

(5) 線分方向の算出

各線分方向を求め、線分ごとにデータ保持させる。線分方向はX軸の正方向からの反時計周りのずれの角度で表す。始点終点の向きを区別して値としては0度以上360度未満の範囲になるが、処理上は180度反対の方向も同一方向として扱っている。この時点で方向を求めるのは、入力地図の段階での線分方向を重要視して、線分をグループ化できるようにするためである。平行線部分を1本化した後では、平行線間に存在した道路線分が1本化によって長さゼロになることがあり、道路方向を算出することができなくなるため、平行線部分を1本化する前に線分方向の算出を行う。

(6) 平行線部分を1本化

平行線の2本の線とその真ん中の位置に移動させる。なお、ノード座標を一致させることによって1本に見せるため、平行相手の線分に対応するノードがない場合には、補間点を追加している。

(7) 補間線部分を直線近似

形状補間点を端に持つ線分列を直線近似する。これによって、形状補間点が減少する。形状補間点を少なくするとこの後に交点の位置を移動させることが容易になるからである。ただし、平行線の部分についてはここでは近似しない。また、主要ノードにおける交差点角度が変わりすぎるのを避けるため、直線近似した時に、始点あるいは終点から繋がる線分の向きが、45度以上変わりすぎる場合には、変わりすぎる主要ノードから繋がる形状補間点は

移動させないものとする。直線近似の方法は、区分的直線近似法が基本ではあるが、偏角が22.5度以上屈折している形状補間点においては、必ず屈折させることとする。これは、急な屈折箇所の特徴を消してしまわないようにするためである。

(8) 主要ノード間平均距離の算出

単純に線分の長さの平均値を求めると、形状補間点で屈折している短い線分も含めての平均値を求めてしまうことになるため、形状補間点が存在しないものとして、主要ノード間を直線で繋いだ時の長さの平均値を算出する。交差点間の平均の距離を算出したいためであり、同一方向グループ群を抽出する場合などに、この数値が抽出のパラメータとして用いられる。

(9) 直線線分群を直線化

直線線分群を直線化するために、Step1、Step2、Step3の以下の処理を行う。

Step1: 線分方向によって、線分をグループに分ける。

類似した方向の道路線分が1つのグループになるように、180度を7.5度間隔で24個のグループに分ける。7.5度間隔としたのは、水平・垂直・45度方向が基本的に同じグループへ分類されるようにするためである。24個のグループを分割する境界は、0度からスタートするのではなく、各グループの境界付近で道路線分が多く出現することがないように、スタート位置をずらす。求め方は、0.5度刻み方向ごとの道路線分の本数のヒストグラム(図6に例を示す)を求めたのち、周期7.5度のcos関数と比較をして、cos関数の位相をずらしながら、境界付近で最も本数が少なくなる位相の位置を求めることとする。具体的には、 $H(i, \theta)$ を位相ずらした時のi番目のグループの位置でのヒストグラムの値、 $A(i)$ を位相ずらした時のi番目のグループのヒストグラムの平均の高さとし、以下の式の $S(i, \theta)$ を求める。

$$S(i, \theta) = \begin{cases} 0 \leq \theta < \pi/2, 3\pi/2 \leq \theta < 2\pi \text{ の時} \\ H(i, \theta) - A(i) \times (1 - \cos(\theta)) \\ \pi/2 \leq \theta < 3\pi/2 \text{ の時} \\ A(i) - H(i, \theta) \end{cases}$$

を0から2π変化させ、1つのグループ内(7.5度の範囲内)のずれが求まる。ずれは、 $S(i, \theta)$ が正の場合のみ累計し、その値が最も小さくなる時のθをずらす値とする。

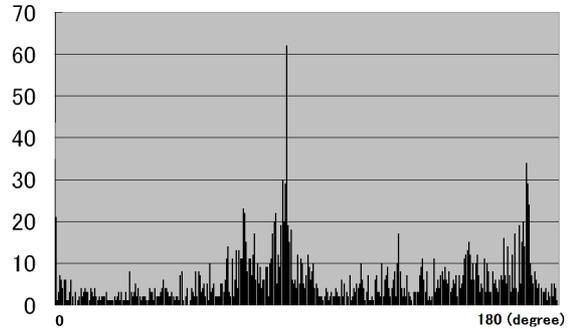


図6: 方向別ヒストグラムの例

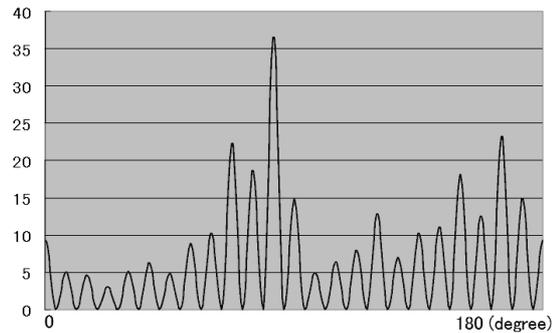


図7: 一致させるcos関数の例

図7は、24個のグループのcos関数を示し、振幅は各グループ区間におけるヒストグラムの平均高さに相当する。図7の位相をずらしヒストグラムとよりマッチングする箇所を探す。cos関数でなく正規分布関数を用いることも考えられるが、計算効率からcos関数を用いた。Step2: 道路のクラスの違いを区別することなく、直線に近い線分列を求める。

線分のグループ分けによって、同一のグループ番号で繋がる線分列は、一つの直線線分群とする。さらに、グループが隣のグループに属する線分が繋がる場合は、同じ直線線分群とする。ただし、一つの直線線分群の中には2つのグループの線分までは含むことができるが、3つ以上は含まないように直線線分群を分ける。

Step3: 抽出された直線線分群を直線近似する。直線線分群を区分的直線近似法を使って、複数本の近似直線線分に分ける。近似直線線分上に位置するように、元の個々の線分を移動させる。以後、近似直線線分を部分直線線分群と呼ぶことにする。直線化させるのは、より上位の道路クラスを含む直線線分群から行い、上位クラスの直線線分群が変形される毎に、下位クラスの線分をベクトルモーフィング手法を使って相対移動させながら行う。

(10) 同一方向グループ群の抽出

まず、部分直線線分群の方向を算出する。部分直線線分群ごとに、近くの類似した方向の部分直線線分群を抽出し、それらを同一方向へ向かわせるべき線分候補として抽出する。角度の差がしきい値（実験では 15 度）未満の相手を探し、端点からの垂線の足が、相手の線分と交差する相手に限る。その垂線の足の長さが、主要ノード間平均距離の 1.5 倍の距離内で、近い順に相手の部分直線線分群を 2 つまで探す。2 つ見つからない場合もあり得る。

ある部分直線線分群から相手 2 つの部分直線線分群を辿り、しきい値（実験では 5 度）未満の角度差である部分直線線分群を集めたものを同一方向グループ群とする。最後に、同一方向グループ群ごとに、方向の平均値を算出する。

(11) 方向整列化

部分直線線分群を所属する同一方向グループ群の平均の方向へ回転させる。部分直線線分群を回転していく順番は、より上位の道路クラスを含む直線線分群から行い、上位クラスの直線線分群が変形される毎に、下位クラスの線分をベクトルモーフィング手法を使って相対移動させながら行う。回転して方向が決められた線分が、後から方向が変わってしまうこ

とがないように、回転させようとしている線分に繋がる線分が既に方向が回転した後であった場合、その方向を維持する位置へノードが移動する。繋がる線分がまだ方向を回転する前であった場合、ノードは長さを維持する位置へ移動する。図 8 にその動きを示す。

図 8 において、傾いた部分直線線分群を水平の方向へ回転させる時に、右端のノードでは、繋がる線分が方向を維持させる必要がある場合を示しており、その場合、方向を維持した位置へノードが移動する。右から 2 つ目のノードでは、繋がる線分が方向を維持させる必要がない場合を示しており、その場合、ノードは回転した位置へ移動する。回転は元の部分直線線分群の始点と終点の midpoint を中心に回転させている。なお、繋がる線分が、しきい値（実験では 30 度）以上回転しすぎる場合は、統一方向への回転を取り止める。また、ノードが主要ノード間平均距離の 0.5 倍の距離以上、移動する場合も、統一方向への回転を取り止める。

(12) 方向量子化

リンク列の道路線分を区分的直線近似法を使って複数本の近似直線に分割し、その分割された線分列について、その端に位置するノードが、交点でない場合、その線分列が水平または垂直からしきい値（実験では 15 度）以内ならば、水平または垂直に変形する。ただし、道路クラスのうち、導入路および細街路クラス以下の細い道路については、道路が細かすぎるため、方向量子化は適用していない。水平、垂直に変形させるのは、より上位の道路クラスの道路線分から行い、上位クラスの道路が変形される毎に、下位クラスの道路をベクトルモーフィング手法を使って相対移動させながら行っている。

(13) 中心部拡大

中心部分が拡大し周辺部分が縮小するように変形させる。地図の中心付近に案内地点が存在する 경우가多く、その地点付近は大きく見せ、それ以外は小さく見せるためである。図 9 に変形例を示す。

具体的には、x 座標の場合、変形前の座標 (OldX) から変形後の座標 (NewX) へは以下

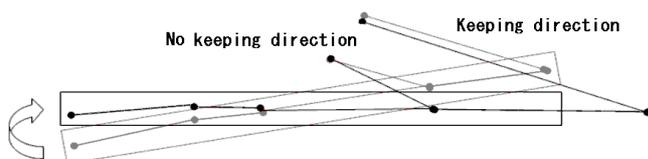


図 8: 回転操作の説明図

の式で変換する． $Hx=(OldX-Cx)/(Mx-Cx)$

$$N_x = \begin{cases} (Hx-k \times Hx^2)/(1-k) & (Hx \geq 0) \\ (Hx+k \times Hx^2)/(1-k) & (Hx < 0) \end{cases}$$

$$NewX = N_x \times (Mx - Cx) + Cx$$

ここで， C_x は領域の中心座標， M_x は X 座標の最大値， k は変形度合のパラメータ（実験では 0.3）である． y 座標も同様である．

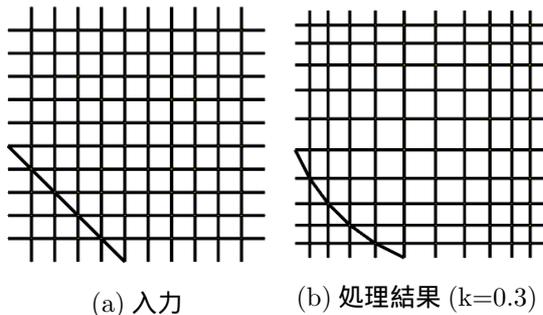


図 9: 中心部拡大処理

(14) 平行線部分を 2 本に復元

真ん中の線に移動させられていた平行線部分を 2 本の線で描き直す．具体的には，平行線部分 1 本化の処理において，真ん中の位置へ移動させたその変化量を元に戻すことによって，再び 2 本の線に戻す．

(15) 周辺部の細い道路の削除

周辺部に位置する国道クラス未満の細い道路で，始点終点ともに周辺部に位置する線分は表示を消す．地図の横幅を 100%とした時に，両端 3%の幅を周辺部とし，同様に地図の高さを 100%とした時に，両端 3%の高さを周辺部とした．

(16) 変形結果出力

SVG 形式で変形結果の地図をファイル出力する．道路クラスごとに色を変え，太さを変えて表示させることによって，より見易くさせる．

6. 実験と考察

2 種類の詳細レベルの道路地図を用いて，様々な切り出し場所を指定し変形処理を行った．実験



(a) 入力



(b) 出力結果

図 10: 実験結果例 1

結果の例を図 10，図 12 に示す．図 10 の処理に，CPU:Pentium4 2.2GHz メモリ 512MB の WindowsXP HomeEditionSP3 パソコンにおいて約 9 秒の実時間を要する．9 秒の内訳は，ファイル読み込みから分断直線の接続線の挿入までに約 1.2 秒，線分の方向の算出から直線線分群の直線化までに約 3.5 秒，同一方向グループ間の抽出と方向整列化に約 2.8 秒，方向量子化から最後までに約 1.5 秒を要している．図 12 の (a-1) の場合は約 1 秒，(c-1) の場合は約 2 秒の実時間である．なお，図 12 の (a-1)(b-1)(c-1) は図 10 のファイルから切り出し場所を指定している．(d-1)(e-1)(f-1) は詳細レベルが図 10 より粗い地図ファイルを用いている．

本手法では図 10 の複雑な地図に対しても位相構



図 11: 従来手法の結果

造が壊れることなく変形を施すことができている。方向量子化の効果によって地図の下部付近が垂直に変形され、住んでいる筆者が記憶の中の持っている道路の方向のイメージと合っている。図 12 の (a-2) では、単純な形状であるが、同一方向グループ群を統一方向への回転させた効果により、格子形状に近い領域がきれいな格子形状になっている。図 12 の (b-2) では、道路がさまざまな方向を向いているため、方向を揃えることはなされていないが、中心部拡大の効果によって中心部分を案内するのに見えやすい地図になっている。図 12 の (c-2) では、方向量子化の効果によって、道路の向きが単純となり、特徴を掴みやすく暗記しやすい結果の地図になっている。図 12 の (d-2) では、最も主要な道路が垂直となり、その主要道路から目的地を辿る場合に非常にわかりやすい地図となっていると思われる。図 12 の (e-2) および (f-2) も同様に、方向量子化の効果によって、主要道路が垂直となり、また、同一方向グループ群を統一方向への回転させた効果により、道路の平行性が保たれているため、見易い地図となっている。(d-2)(e-2)(f-2) ともに方向量子化の効果だけでなく、中心部拡大の効果によって、中心部分が大きく拡大されているため、目的地がおそらく中心付近にあることを想定すれば、大変見易くなったと感じられる。

図 10 と図 12 のすべての地図に対して、パラメータを変更することなく、同じパラメータによって、それぞれの地図にほぼ最適な変形を施すことができている。今回は、どの地点の地図においても、適度なデフォルメ変形結果を提示することができ、さ

まざま処理の調和が取れた状態であると思われる。

比較のために図 11 に過去の逐次型処理手法 [1] による結果を示す。図 10 と同じ入力を用い、平行線の探索、平行線部分を 1 本化と平行線部分を 2 本に復元の処理は KIWI フォーマットを利用するために追加したが、位相構造が壊れると判断されるため方向量子化処理で線分が移動できていない。直線化のみの変形が行われた結果となり、道路形状の屈折地点が左下箇所などで消滅してしまっている。図 12 と同じ入力を用いた場合でも方向量子化で線分が移動できず直線化だけが行われた結果を生成してしまう。本手法は過去の手法と比べると、扱う線分の数が今回大幅に増えているにもかかわらず、良い結果を生成できるようになっている。過去の手法は数 10 本レベルの本数の地図に適していたのに対し、今回の手法は数 100 本レベルの本数に対しても適切に変形することができると言える。

デフォルメ地図を評価するには、配色や線幅等による見易さを示す視認性、瞬間で見て判断し記憶する容易さを示す直観性、頭の中の認知地図とのずれを示す一致性、案内店舗場所の交通の便をよく見せようとするなど社会的ニーズとの合致を示す社会性の評価軸があると考えますが、今回は、従来の方法では変形できなかったものが変形できるようになったという結果であるため、変形の良し悪しの客観的評価はこれからである。変形できるようになって直観性が良くなったと思われるが、道路の本数が多すぎるため、パンフレットや広告に使われているデフォルメ地図に近付けるには、道路を自動で取捨選択させる機能が必要な段階にある。

7. まとめ

本手法によって、数 100 本レベルの道路本数の多い広範囲な場所に対して変形させることが可能となった。KIWI フォーマットを用いると、上位の道路クラスから変形を行い、下位クラスの道路をベクトルモーフィング手法で移動させながら、下位クラスの道路を後から直線化したり方向を変えたりすることができるので、良い結果が生成されやすい。処理速度においても、逐次型処理であるので、高速であり、大きな地図領域を指定しない限りは数秒で応答を返すことができている。

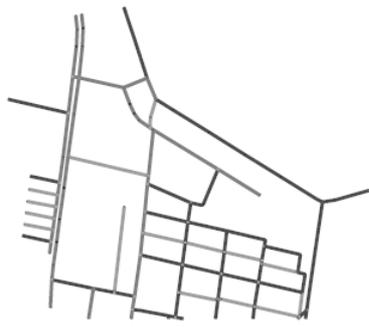
水平垂直を強調して変形、中心部を拡大して変

形，平行を強調して変形，これらのより見易く変形した結果が，切り出した地図ごとに適切に生成することができていると思われる．

今後は，直線化や方向整列化，方向量子化，中心線拡大などの各処理には長所，短所があるため，入力された地図に合わせて，処理パラメータの強弱を変えることができるようにすると，さらに良い結果を生成できるようになると思われる．例えば，中心部拡大処理は，四隅における斜めの道路が湾曲してしまうという短所が存在する．四隅において格子形状に近い領域が存在していた場合には，中心部拡大処理を施さないことが考えられる．また，広い領域内のすべての道路を表示させることなく，案内に必要な道路のみを自動抽出して変形させることができるようになれば，より完成に近付くと思われる．

文献

- [1] 梶田健史，山守一徳，長谷川純一：“デフォルメ地図自動生成システムの開発”，情報処理学会論文誌，Vol.37 No.9，pp.1736-1744，Sep. 1996
- [2] 山守一徳：“デフォルメ地図自動生成アルゴリズムの開発”，三重県 GIS 実証実験報告会（平成 16 年度実験分）報告集，pp.25-32，三重県 GIS 協議会・三重県，June 2005
- [3] 角本繁：“カーナビゲーションシステム - 公開型データ構造 KIWI とその利用方法”，共立出版，2003
- [4] 村田厚生：“認知科学”，朝倉書店，1997
- [5] 山守一徳，本田 宏，長谷川純一：“並列型変形による道路地図の自動デフォルメ”，形の科学会誌，Vol.15 No.3，pp.137-145，Mar. 2001
- [6] 山守一徳，本田 宏，長谷川純一：“ストリート単位の変形に基づく道路網の整形手法”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J84-D-II，No.9，pp.2058-2069，Sep. 2001
- [7] 藤井憲作，杉山和弘：“携帯端末向け案内地図生成システムの開発”，情報処理学会論文誌，Vol.41 No.9，pp.2394-2403，Sep. 2000
- [8] 丸山貴志子，谷崎正明，嶋田 茂：“デフォルメマップ生成のための道路形状正規化モデルとそのシステム評価”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J87-A，No.1，pp.108-119，Jan. 2004
- [9] 中澤啓介，北 望，高木健士，井上智雄，重野寛，岡田謙一：“ランドマークの視認性に基づいた動的な案内地図作成”，情報処理学会論文誌，Vol.49，No.1，pp.233-241，Jan. 2008
- [10] 二宮直也，戸川 望，柳沢政生，大附辰夫：“認知科学を応用した微小画面向け略地図生成手法とその統計的評価”，電子情報通信学会論文誌，Vol.J91-A，No.9，pp.869-882，Sep. 2008



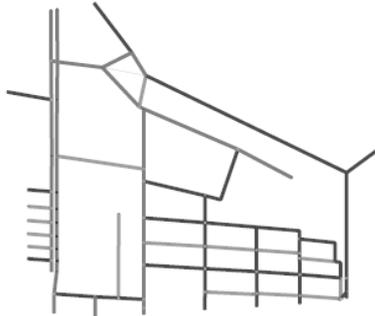
(a-1) 入力例 1



(b-1) 入力例 2



(c-1) 入力例 3



(a-2) 出力結果例 1



(b-2) 出力結果例 2



(c-2) 出力結果例 3



(d-1) 入力例 4



(e-1) 入力例 5



(f-1) 入力例 6



(d-2) 出力結果例 4



(e-2) 出力結果例 5



(f-2) 出力結果例 6

図 12: 実験結果例 2

近代絵画と近代技術——近代技術的環境における心性の変容の図像解釈学的研究

Modern Painting and Modern Technology: An Iconological Study of
the Transformation of Mentality in the Modern Technological Environment

秋丸 知貴 (日図デザイン博物館)

Tomoki Akimaru (Japan Design Museum)

(2010年6月3日受付、2010年9月27日受理)

Keywords: art and technology, abstract painting, modernism, iconology**Abstract:** Why has the abstract painting flourished since the latter half of the 19th century?

I discuss this problem from the viewpoint of the transformation of mentality induced by the modern technology: the modern technological environment has variously changed the human mental state, which has changed the painting style from Renaissance realism to abstractionism.

はじめに

なぜ、西洋美術において、一九世紀後半以後、ルネサンス的リアリズムは造形表現の主流から凋落し、抽象主義が新たな本流を形成したのだろうか？

本稿は、この問題について、近代技術による心性の変容という視点から考察する。

1. 近代絵画の根本問題

一般的に、西洋絵画の最も顕著な特徴は、ルネサンス的リアリズムである。これは、一五世紀前半にイタリアで開花した一点透視遠近法による、照明光における陰影法や明暗法を伴う、個々の事物の立体感や対象相互の空間関係の合理化に、中世以来北方で発達していた細密描写による、事物の表面の反射光の調節を伴う、迫真的な質感表現が加わり(注 1)、さらに同様の現実主義精神に基づく、光学や解剖学等の科学的知識が結合して誕生した、世界史上最も客観的再現性の高い写実画法である。

確かに、ルネサンス的リアリズムにおいても、ルネサンスとバロックの「視形式(注 2)」の違いを始め、それぞれの時代・社会の差異により、様式上の効果に多少の相違は存在する。また、個々の作品においても、それぞれの表現ではほぼ必ず、外界の客観的再現だけではなく、内面の主観的改変も働いている。それでもなお、基本的に、ルネサンス期以来、西洋の画家の念頭にあったものは、常にこのルネサンス的リアリズムを基盤として絵画を制作することであった。

この伝統的写実画法の発展に大きく貢献したのが、ほぼ同時期に発明された油彩画である。混色と重ね塗りにより、理論上、どのような階調の色彩でも実現可能なこの画材は、画家の鋭敏な描写感覚に的確に対応し、事物の色調は勿論、その微細で精緻な立体感、遠近感、陰影感、明暗感、質感、光沢感まで、見事に画布に定着させる。その結果、卓越した技巧の画家が描く場合、手業の跡を残さずに仕上げられる画面は、ほとんど

入念に磨き込まれた一枚の鏡面と化し、時には驚異的な迫真的錯視効果を幻出することもあった。「目騙し

[Trompe-l'œil]」という騙し絵分野の確立は、この事情を明確に物語っている。

元々、太古より、写実的に対象を描写できる技能は、画家が画家であることの一つの自己証明であった。例えば、古代ローマのプリニウスが『博物誌』で伝える、目を欺く写実技量を競い合う、古代ギリシャのゼウクスとパラシオスの腕比べを筆頭に(注 3)、画家に対する素朴な写実信仰は、古今東西枚挙に遑がない(注 4)。

その意味で、ルネサンス期以来約四五〇年間、そうした古典的写実画法が、画家の腕前や作品の価値を測る基準とされ、改良と洗練の中で、西洋美術の規範的な本道を構成したことは、本来非常に自然であった。むしろ、少なくとも古代ギリシャ以来二〇〇〇年以上も不変であった、そうした絵画の迫真的写実性を尊ぶ「常

識」がなぜか急激に失われ、逆にそれを否定することがまるで審美的正義であるかのような言説が支配的になったことこそ、わずか一〇〇余年前に突然に勃発した、近代絵画における美意識の異常な革命に他ならない。

勿論、絵画の目的は多様であり、客観的再現性自体は、必ずしも絶対的な必要条件ではない。また、一般に、絵画描写では、現実主義的側面だけが重視され、理想主義的側面が軽視されると、技術的には高度でも、芸術的には底が浅くなる弊害もある。

それでもなお、現に、模倣本能的にも願望充足的にも感性的・精神的快楽をもたらす以上、客観的再現性そのものが一つの画趣として、洋の東西や老若男女を問わず広く人々に愛好されることは、人間として十分に適っている。少なくとも、西洋美術では、画家を職人から芸術家に公式に格上げするために、一六四八年のフランス王立絵画・彫刻アカデミーの創立以来、合理的で説得的なルネサンス的リアリズムが、理論的にも実践的にも、公的で正式なアカデミズムの至上的かつ根幹的な絵画技法として広く称賛されたことは、やはり極めて妥当であったと言って良い。

周知のように、こうした正統的写実画法は、一八六〇年代以降フランスで、新たに印象派が台頭すると、次第に西洋絵画の主調から後退させられる。また、一八八〇年代頃から二〇世紀初頭にかけて、その後続のいわゆる後印象派、フォーヴィスム、キュビズム等が、さらに自然主義的再現描写を絶対視しない抽象的造形表現を促進すると、その退潮は一層加速される。

そして、一九一〇年代に、そうした反写実主義的傾向は一気に頂点を迎え、欧米各地で一斉に純粹抽象絵画が出現し始める。やがて、これらの新しい芸術的「^{アヴァン・ギャルド}前衛 [Avant-garde]」が成功を収めるのに比例して、従来のルネサンス的リアリズムが、急速に美術の主潮から激しい転落を経験させられたことはよく知られている。

無論、ルネサンス的リアリズムが、現在でもなお絵画技法の基礎であることは、大多数の美術学校の入試科目に明らかである。しかし、例えば、パブロ・ピカソの作品が、天文学的な高額で売買され、ほとんど全ての近代美術史が、印象派を起点とし、抽象絵画の生誕と繁栄を称揚していることもまた事実である。

2. 三つの先行解釈

この問題についての従来の有力な解釈は、「フォーマリズム」「北方ロマン主義の伝統」「反客観的再現主義」に大別できる。

まず、フォーマリズムは、一八世紀後半のフランス革命による旧体制の打倒及び近代市民社会の成立と、キリスト教的総合文化の衰退により、絵画が画題としての内容を失い、純粹に形と色のみによる形式美が追求された結果、徐々に造形の抽象化が生じたとする解釈である(注 5)。この立場には、絵画の自律化が進展し、その媒体的本質である平面性等が強調されたため、次第に形や色が再現描写の機能から解放されたとする視点も含む(注 6)。

次に、北方ロマン主義の伝統は、同じく一八世紀後半のフランス革命前後の啓蒙主義的合理精神の隆盛と、キリスト教的中心理念の喪失により、形而下の現象界の背後にある、形而上的な汎神性との直接的交感が希求され、目に見える具象的物質世界ではなく、目に見えない抽象的精神世界が探究された結果、徐々に非対象的な抽象描写が出現したとする解釈である(注 7)。この立場には、混沌的で疎外的な外的環境に対する非親和を、超越的・絶対的な永遠性の直観を通じて克服しようとする抽象衝動が、次第に純粹で幾何学的な抽象絵画を創出したとする観点も含む(注 8)。

そして、反客観的再現主義は、一九世紀のアカデミズムにおける技術的達成度の偏重により、芸術的創造性が抑圧され、自由で個性的な独創的主観性が渴望された結果、徐々に外界の客観的再現描写には依存しない抽象的造形表現が生成したとする解釈である(注 9)。この立場には、一九世紀前半の写真の発明により、客観的再現性において写真に劣る絵画は、次第に写真では表現できない絵画独自の抽象的造形表現を模索したとする見解も含む(注 10)。

これらは、それぞれ十分に説得力のある議論であり、確かに、それを支持する画家自身の発言や、そうした解釈に該当する作例も少なくはない。しかし、一例を挙げるだけでも、例えば、フォーマリズムは、シュルレアリ

スム絵画をどのように評価するのか、また、北方ロマン主義の伝統は、神聖性はレオナルド・ダ・ヴィンチのように具象絵画でも表現されうるのではないか、そして、反客観的再現主義は、元々従来のルネサンス的リアリズムも、決して客観的再現性のみを目指してはおらず、写真では表現できない主観的改変性もまたその本質的属性としていたのではないか等、いずれも重大な問題点を抱えており、必ずしも十全な解答とは言い難い。

これに対し、本稿は、実際に数多くの同時代証言や具体的事例に基づき、これらの解釈を排他的に否定するのではなく、新たに補足する別の学説を提示する。それは、「近代技術による心性の変容」である。

つまり、一八世紀後半以降、蒸気機関を筆頭に、次々と開発され普及する各種の「近代技術」が、徐々に、ヴェルナー・ゾンバルトの定義する「有機的自然の限界からの独立（解放）〔die Entwertung (Emanzipation) von den Schranken der lebendigen Natur〕(注 11)」を実現する結果、人間本来の自然な心性では把握できない、新しい脱自然的・非有機的現実感が発生し、それに伴い、旧来の写實的・自然主義的なルネサンス的リアリズムは、その効力を減退したとする解釈である。そして、その抽象的で非具象的な新しい近代的現実感への対応として、次第に、各種の近代絵画における抽象主義もまたもたらされたと指摘できる。

この問題を、「近代技術」による「知覚の変容」「視覚の変容」「意識の変容」の順に分析しよう。

3. 印象派と大都市群集

まず、近代技術による知覚の変容の最も代表的な例は、一九世紀中期以後に発達する、大都市群集である。

この大都市群集の成立背景には、人間を広範囲から高速かつ大量に循環させ、機械的加速リズムによる「有機的自然の限界からの解放」を社会全体に浸透させる、同時代の蒸気鉄道の発達がある。そして、この近代的な大都市群集による知覚の変容を造形化したのが、印象派である。

例えば、ゲオルク・ジンメルは、「大都市と精神生活」(一九〇三年)で、「大都市的な個性の様式を生じさせる心理学的基礎」は、「神経生活の昂揚」であり、これは、「外的及び内的な印象の急速で間断無き変化から生じる」と述べている。

つまり、「大都市」の「街路上のあらゆる往来」は、「私達に要求する意識量」において、「小都市や田舎の生活」とは「深い対立」を生み出す。その結果、大都市生活では、「神経刺激」が増大し、その「新しい刺激に適切な活力で反応できない無能力」による「怠慢」が生じ、冷やかな「疎遠」的態度が一般化する。ところが、この「疎遠」的態度が日常化すると、大都市生活者には、「他の状況では全く類比の無いある種の一定の個人的自由」が付与される(注 12)。

事実、大勢が足早かつ無関心に行き交う、大都市群集では、歩行者は対向者の目を見つめても、相手と親密で持続的な情緒的交流を経験することは無い。すなわち、大都市群集では、通行人相互の関係は、極めて瞬時的で表面的になる。

シャルル・ボードレーが、『悪の華』(一八六一年)で詠うように、今一瞬まなざしを交わした魅力的な「通りすがりの女」とは、もう二度と会うことは無いだろう(注 13)。「世界を見ながら、世界の中心に居ながら、世界から隠れたままでいる」、「莫大な悦楽」の中で、遊歩者は、「意識を備えた万華鏡」と化す(注 14)。

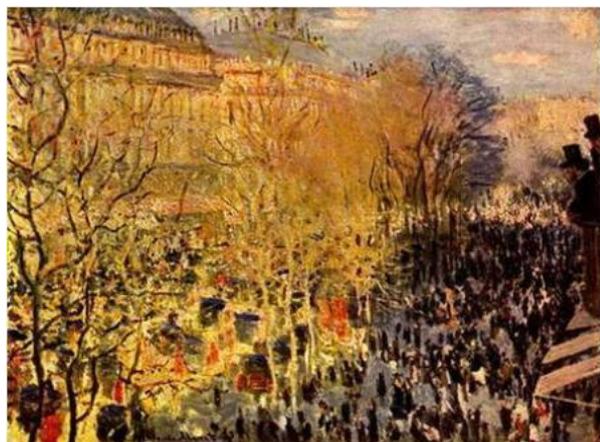
このように、歩行者相互の関係が流動的になり、個々の通行人が単なる束の間の視覚印象に過ぎなくなると、観察者には、やがて視野に入る膨大な目まぐるしい視覚印象全てと同時に向き合う、新しい知覚が生じる。この具象的奥行の減少した疎外的・一望的知覚を、ヴォルフガング・シヴェルプシュは、『鉄道旅行の歴史』(一九七七年)で、「パノラマ的知覚(注 15)」と呼ぶ。そして、この脱自然的な大都市群集の知覚を、絵画的に描出する画法こそ、正に個々の点描から画面全体を構築する、印象派の斑点描法である。

これに関連して、ヴァルター・ベンヤミンは、「ボードレーにおける幾つかの主題について」(一九三九年)で、印象派と大都市群集について次のように説いている。

多分、躍動する群集という日常風景は、かつては珍しい見ものであり、目はまずそれに適応しなければならなかった。これが一つの推測として認められるならば、次の推定も不可能ではない。つまり、この課題を克服した後の目には、自分が新たに獲得した能力を確かめる機会が、歓迎されないものではなからう。そうであ

れば、色斑の騒乱で画面を作り出す印象派の絵画手法は、大都市人の目に親しくなった経験の一つの反映であろう(注 16)。

実際に、クロード・モネの《カピュシーヌ大通り》(一八七三年)【図 1】を始め、印象派の画家達は、大都市群集を斑点描法で多数描いている。



【図 1】 クロード・モネ 《カピュシーヌ大通り》 1873 年

また、《テアトル・フランセ広場とオペラ大通り、冬、陽光の効果》(一八九八年)を制作した、カミーユ・ピサロは、一八九七年一二月一五日付息子リュシアン宛書簡で、大都市群集を次のように賛美している。

描くには非常に美しい！ これは多分余り美学的ではないが、私はこのパリの街路を描けることに魅了されている。この街路を、人々は醜いと言うのが習慣だが、とても銀色に輝き、光と活気に溢れている(注 17)。

もし、印象派の画家が、田園の牧歌的な自然風景を描く場合でさえ、その視覚と画法は、既に都会的かつ近代的に洗練されていることに注意したい。いずれにしても、印象派は、たとえ当初どれだけ批判されても、大都市群集的知覚が普通化するにつれて、いずれ人々からその絶対的現実感を支持されるだろう。

4. セザンヌと蒸気鉄道

次に、近代技術による視覚の変容の最も典型的な例は、同じく一九世紀中期以降に発展する、蒸気鉄道である。

ヴォルフガング・シヴェルブシュが、『鉄道旅行の歴史』で論じるように(注 18)、蒸気鉄道の車窓風景では、機械的加速により神経刺激が増加し、大都市群集と共通する「パノラマ的知覚」が発生すると共に、さらに様々な視覚的变化が加味される。この近代的な蒸気鉄道による視覚の変容を形象化したのが、後印象派のポール・セザンヌと考えられる。

シヴェルブシュによれば、蒸気鉄道の構成要素である、車輪・線路と蒸気機関は、その「機械のアンサンブル」により、「有機的自然の限界からの解放」を一層促進する。

つまり、蒸気鉄道は、車輪・線路により、接地面の摩擦と地形の不均一性を克服し、蒸気機関により、出力の不規則性と速力の天然的上限を征服する。その結果、蒸気鉄道では、純粋に幾何学的な直進的直線性と、圧倒的に革命的な規則的高速性が達成される。

この脱自然的な機械的高速直線運動は、乗客の視点を常に移動させ、その視界を曖昧化する。また、車窓では、事物は遠景にあるほど視野中央に長く留まり、近景にあるほど視野外に素早く飛び去る。さらに、逆走する風景は、水平方向に残像現象を生じ、機械的加速につれて、前景を失い奥行も喪う。そして、車輪線路と蒸気機関の抽象運動は、共に視覚を純化し、世界から心身共に疎外される乗客には、傍観者の感受性が胚胎する。

こうした、「視点の複数化」「対象の歪曲化」「構図の集中化」「筆致の近粗化」「運筆の水平化」「前景の消失化」「画像の平面化」「形態の抽象化」「色彩の純粹化」「共感の希薄化」を絵画化したのが、正にセザンヌの多彩で独創的な造形表現と推理できる。

事実、セザンヌは、パリ＝ル・アーヴル線のボニエール駅を描いた《ボニエールの船着場》(一八六六年)や、自宅の庭から眺めた鉄道風景を描いた《サント・ヴィクトワール山と切通し》(一八七〇年頃)を始め、極めて早い時期から、鉄道駅、電柱と電線、切通し、信号機、線路、鉄道橋、汽車等、蒸気鉄道に関する様々な画題を数多く実写している。

そして、セザンヌは、徐々に、鉄道画題を外から描くのではなく、《オーヴェール・シュル・オワーズ近郊の小さな家並》(一八七三-七四年)【図 2】や、《サント・ヴィクトワール山と大松》(一八八七年頃)等で、より内から捉えた、蒸気鉄道による視覚の変容自体を、一種の「感覚」的テーマとして、絵画上に「実現」しようとしたのだと解釈できる。



【図 2】 ポール・セザンヌ 《オーヴェール・シュル・オワーズ近郊の小さな家並》 1873-74 年

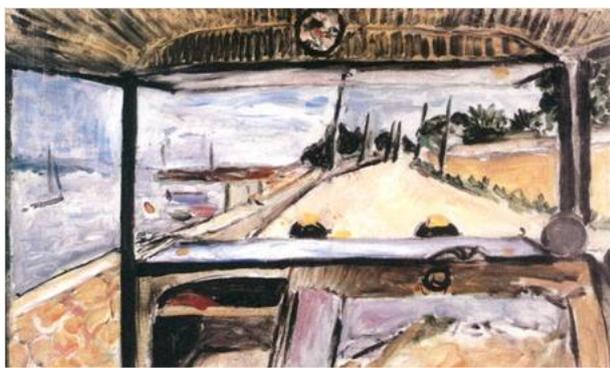
自然ではない。いずれにしても、セザンヌは、たとえ当初どれだけ非難されても、蒸気鉄道の視覚が通常化するにつれて、やがて人々からその絶対的現実感を肯定されるだろう。

5. フォーヴィズムと自動車

さらに、こうした移動機械による視覚の変容は、一九世紀後期以後、ゴムタイヤ・舗装道路と内燃機関により、より移動的自由度を増し、より「有機的自然の限界からの解放」を推進する、自動車により、一層人々の内面に定着する。

事実、疾走する自動車の運転席から見ると、フロントガラスに映る事物は、触覚性が減退し、視覚性が突出すると共に、もはや静止的な具象性を留めず、色も形も強烈に激動化する。また、その視覚の様態も、蒸気鉄道の乗客が、あくまでも平行的・受動的であるのに対し、自動車の運転手は、本質的に前進的・能動的である。この近代的な自動車による視覚の変容を表象化したのが、フォーヴィズムと推測できる。

実際に、《フロントガラス》(一九一七年)や、《アンティープ、自動車の中から見た風景》(一九二五年)【図3】等の自動車の運転席から眺めた風景画を多数連作した、アンリ・マティスは、一九四五年の対談で、自動車について次のように言及している。



【図 3】 アンリ・マティス 《アンティープ、自動車の中から見た風景》 1925 年

実際に、セザンヌは、一八七八年四月一四日付エミール・ゾラ宛書簡で、蒸気鉄道の車窓風景を次のように讃美している。

鉄道でアレクシ邸の傍を通過する時、東の方角に目の眩むような主題が展開する。サント・ヴィクトワール山と、ポールクイユに聳える岩山だ。僕は「何と美しい主題だろう」と言った(注 19)。

そうであれば、後印象派のセザンヌが、大都市群集による知覚の変容を具体化する印象派から、次第に、蒸気鉄道による視覚の変容を具現化する独自の抽象的造形表現に移行したと考えることは決して不

自動車では、時速五キロメートルを超すべきではないでしょう。さもなくば、もはや木々を(手で触る身振りをして)感じられない(注 20)。

また、《ログニーの道》(一九五三年)や、《モルターニュの道》(一九五三年)等のスピード狂が垣間見たような風景画を大量に描いた、モーリス・ド・ヴラマンクは、『危険な曲り角』(一九二九年)で、自動車について次のように描写している。

ヘッドライトが道路を探っていた。その二本の長く明るい絵筆は、滑らかに動き回り、地面の蛇行や起伏をなぞっていた。八気筒の鼓動は、震動はほとんど余り気にならず、一律で、優しく、静かであった。木々

は、自動車の前に身投げせんばかりに見え、通過の際には風の流れて軽い摩擦音を立てていた。競争用自動車は、時速一一〇キロメートルで突進していた。ヘッドライトに照射されたウサギ達の目は、闇を漕ぐ旧式自転車の灯火のようだった。道路は、今や一本の長大な白帯に、今や一匹の黒蛇と化し、無限に続いて行く。それは自動車のボンネットに貪り喰われたかと思うと、突然背後に出現する(注 21)。

フォーヴィスムの様式的特徴である、「彩色の主観化」「素描の主観化」や「色彩の純粹化」「形態の抽象化」、そして「彩色の過激化」「素描の過激化」は、正にこうした近代的な自動車の視覚の反映と推察できる。また、マティスやヴラマンクが、セザンヌに強い関心を示していることにも、脱自然的感受性の連続的親和性を観取できる。

これに加えて、二〇世紀前期以降、機翼と内燃機関により、文字通り人間を大地から浮上させ、「有機的自然の限界からの解放」を一層増進する、飛行機は、人々に未知の飛翔体験や上空俯瞰を招来する。そして、高速飛行による解放的な「視覚の純粹化」や、高度上昇による遠隔的な「地表の抽象化」は、対象把握の単純化をより一層展開させる。

実際に、『イカロス(ジャズ)』(一九四三年)等の飛行に関する主題を何度も作品化した、マティスは、『ジャズ』(一九四七年)で、飛行機について次のように記述している。

飛行機でのパリからロンドンへの簡単な旅行は、私達の想像力では予感しえなかった世界を開示してくれる。この新しい状況の感情は、私達を魅了すると同時に、今いるこの魅力的な環境が存在するにもかかわらず、見下ろす雲海の切れ間を通し、下方に見えるあの地上で、自分達を悩ませ続けた不安や憂鬱を想起させて、私達を当惑させる。だから私達は、歩行者としての普通の状態に戻っても、もはや自分達に押し掛かる曇天の重みを感じないだろう。なぜなら私達は、その容易に突き抜けられる壁の背後に、自分達にこれほど自由な瞬間を感じさせる無限な空間の知覚と同じく、燦々たる太陽が存在していることを思い出すだろうからである(注 22)。

こうした近代的な飛行機による視覚の変容も、フォーヴィスムと非常に親縁的である。いずれにしても、フォーヴィスムは、たとえ当初どれだけ仰天されても、蒸気鉄道、電車、自動車、自動二輪車、飛行機等の移動機械的視覚が標準化するにつれて、きっと人々からその絶対的現実感を評価されるだろう。

6. 「象徴形式」としてのキュビスム

そして、近代技術による意識の変容の最も顕著な例は、それらの一九世紀中期以後の移動機械による、物理的・心理的な時間と空間の変化である。この新しい時空間概念の変容を象徴化したのが、キュビスムと推定できる。

事実、移動機械は、その脱自然的な機械的高速直線運動により、「有機的自然の限界からの解放」を強力に遂行する。

つまり、その機械的直行性は、様々な天然の抵抗を解消し、本来的な空間の距離を、交通機関の搭乗時間に抽象する。また、その機械的迅速性は、移動に関わる客観的・計測的な時間を大幅に縮減し、主観的・実感的な空間の遠近感を飛躍的に縮小する。

さらに、移動機械は、想像的に、本来空間的には結付くはずのない無数の遠隔地を全て、時間的な隣接地として自らに引き寄せ、従来の自然な一点透視遠近法的世界観を崩壊させる。

その結果、人々の意識には、あらゆる場所が、まるで同一平面上に一覧的かつモザイク状に並置されるような、新しい世界観が登場する。この近代的な想念上のパノラマ的知覚を、旧来の一点透視遠近法的世界観に対し、世界同時性的世界観と形容できる。

こうした移動機械による時空間概念の変容は、同じく一九世紀中期以降普及する、各種の新しい伝達機械でも同様に成立する。

すなわち、電話は時間と空間を短縮し、無線は時間と空間を省略し、X線は時間と空間を透過し、写真は時間と空間を収集し、映画は時間と空間を編集し、蓄音機は時間と空間を再生し、ラジオは時間と空間を均一

化し、複製技術は時間と空間を画一化する。なお、これらを利用する新聞も、時間と空間を結集する。

その結果、やはり、こうした伝達機械でも、その脱自然的な超越的情報伝達により「有機的自然の限界からの解放」が一層増大され、観念的に、元来異なる領域に位置する全ての個別的空间は、必要な本性的時間を無視して近接させられ、単一平面上で総覧のかつ切子細工状に接合されることになる。

そして、こうした近代技術による意識の変容を技法化したのが、正に、一点透視遠近法を分解し、正面と側面を同時に表現するキュビズムや、本来全く異質な諸要素を同一平面上に配置するコラージュと理解できる。

実際に、キュビズムを主導し、《アヴィニョンの娘達》(一九〇七年)や、《ダニエル＝ヘンリー・カーンワイラーの肖像》(一九一〇年)【図 4】等を描いた、パブロ・ピカソは、一九三五年の声明で、キュビズムについて次のように説明している。



【図 4】 パブロ・ピカソ 《ダニエル＝ヘンリー・カーンワイラーの肖像》1910年

絵画は、生物のように命を生き、私達が日々の生活から受ける変化を被る。これは全く自然である。なぜなら、絵画は、それを見る人間を通じてのみ生きるからである。[...]私達がキュビズムを発明した時、キュビズムを発明しようなどという意図は全く無かった。私達は、ただ単に、自分達の内にあるものを表現したかったのである(注 23)。

また、ピカソと共にキュビズムやコラージュを推し進め、《果物皿とグラス》(一九一二年)や、《グラス・水差し・新聞》(一九一四年)等を作制作した、ジョルジュ・ブラックは、一九五四年の対談で、キュビズムについて次のように解説している。

私を大いに惹付けたこと——キュビズムの主要な方針でもあったのだが——それは、自分が感受した新しい空間の具体化だった(注 24)。

もし、エルンスト・カッシーラーの『象徴形式の哲学』(一九二三-二九年)を受けて(注 25)、エルヴィン・パノフスキーが「(象徴形式)としての遠近法」(一九二四-二五年)で示唆するように(注 26)、一点透視遠近法が、ルネサンス的合理主義精神の象徴形式であるならば、キュビズムこそは、正に近代技術主義精神の象徴形式に他ならない。そして、ピカソやブラックに、やはりセザンヌの影響が大きいことにも、脱自然的感受性の継承的類縁性を看取できる。

いずれにしても、キュビズムは、たとえ当初どれだけ拒否されても、各種の近代技術、つまり、蒸気鉄道、電車、自動車、自動二輪車、飛行機等の移動機械や、電話、無線、X線、写真、映画、蓄音機、ラジオ、複製技術等の伝達機械による、近代的な時空間意識が常態化するにつれて、必ず人々からその絶対的現実感を賞賛されるだろう。

7. 有機的自然の限界からの解放・近代技術的環境

ジョルジュ・フリードマンが、『人間と技術についての七つの研究』(一九六六年)等で定義する有名な時代区分に、産業革命以前を指す「自然的環境[ル・ミリュー・ナチュレル Le milieu naturel]」と、以後を示す「技術的環境[ル・ミリュー・テクニク Le milieu technique]」がある(注 27)。

要約すれば、「自然的環境」を基礎付けるのは、自然である。つまり、動力は全て、人間、動物、水、風等の天然自然力に依存し、用いられる技術は、あくまでも熟練の手作業の延長としての道具である。生活や労働のリズムは、外的自然としての時季的推移や、内的自然としての生命的情動により形成される。人間と世界の関係は、肉体を通じて直接的で現存的であり、意識集中と五感全体による濃密で持続的な共感的交流が行われる。

これに対し、「技術的環境」を特徴付けるのは、人工である。すなわち、動力には、蒸気、内燃、電気等の人

造エネルギーが多用され、駆使される技術は、もはや人間から独立した異質で強力な機械である。人間や社会を支配するのは、硬直した機械のリズムであり、内外の柔軟な自然のリズムは解消される。人間と世界の関係は、機械を介して間接的で疎外的になり、本能は衰退すると共に、以前とは全く異なる新しい反応様式と表象体系が再編される。

なお、フリードマンは、「自然的環境」もまた、ある意味で技術的環境であるが、技術の量的な増加が質的な変化を生み、「技術的環境」が出現すると主張している。しかし、こうした曖昧な分節では、彼自身が強調するこの環境変化の画期的革命性を、真の意味で明確に定義しえない。

そこで、ここでは、「近代技術」の特性を、従来の「技術」とは質的に全く異なるものと性格付けた、ヴェルナー・ゾンバルトを援用し、より正確に、改めてこの「技術的環境」を、人間が「近代技術」を介し「有機的自然の限界からの解放」を生起させた環境、すなわち、「近代技術的環境ル・ミリュー・テクニク・モデルヌ [Le milieu technique moderne]」と再定義しよう。

近代絵画の根本問題を考察する際に、この分類が重要なのは、丁度この「自然的環境」と「近代技術的環境」の対比が、「ルネサンス的リアリズム」と「抽象主義」の対照に呼応するからである。

つまり、ルネサンス的リアリズムは、自然的環境を必須的前提として成立する描写技法である。なぜなら、その特質である緻密で具象的な再現描写には、事物との密接で没入的な精神集中と五感総体による、無媒介的に自然な有機的相互関与が経験的に不可欠だからである。

これに対し、抽象主義は、近代技術的環境が勃興すれば、不可避免的に到来せざるをえない。なぜなら、人間と世界の関係に、脱自然的・非有機的な移動機械や伝達機械が介入し、対象との関係が刹那的で捨象的になれば、もはや事物を静態的・直接的・三次元的・具象的に把握することは出来ず、どうしても動態的・間接的・二次元的・抽象的に把握せざるをえないからである。(なお、ここで言う「静態的」・「動態的」の区別は、人間の生来的・肉体的な知覚能力の一般の限界を想定している。)

端的に言えば、正に、近代技術により有機的自然の限界からの解放が実現される時に、近代絵画における抽象主義もまた約束されるのである。

勿論、自然的環境が近代技術的環境の内在的基層である限り、ルネサンス的リアリズムの有効性が完全に喪失されることは無い。しかし、近代技術的環境が、続々に新しい脱自然的な近代的現実感を普遍化する以上、それに即応できないルネサンス的リアリズムの権威が失墜し、それに対応する新しい脱自然主義的な抽象的造形表現が、新たな絶対的普遍性の体現として賞揚されることは極めて必然的である。

これに関連して、ピエール・フランカステルは、『一九・二〇世紀における芸術と技術』(一九五六年)で次のように要約している。

これまでの、造形は常に安静から創造された。しかし今後は、造形は運動からもまた誕生する。だから、必然的に今後は、自然的あるいは芸術や技術が作り出す構成原理に見出されるものは、もはや均衡ではない。ダイナミック感が、私達の時代の黄金法則である。全てが、回転し、流動し、変容する。事物や造形は勿論、社会も同様である。均衡は、もはや不動の中にではなく、運動の中にある。私達は、運動に対する直接的で内的な経験を持つ。私達が、世界を駆け巡ったり、発電機や、物体を破壊する機械を見る時は勿論、映画を見る時も同様である。芸術が、人間が外的世界で所有するこの新しい経験を、適切な方法で表現するに至ることは、宿命だったのである(注 28)。

おわりに

以上のように、「近代技術」は、「有機的自然の限界からの解放」を生む。そして、人間の「知覚」「視覚」「意識」等を、様々に「変容」する。

そうした「近代技術による心性の変容」は、本来自然的存在である人間には、極めて異質で不調和である。人間は、この矛盾を克服し、外界と内面を調整し、認識と行為を調和させ、環境への順応を達成するために、従来の記号体系を変革し、新たな象徴体系を創造せねばならない。

近代技術による有機的自然の限界からの解放は、近代絵画において、ルネサンス的リアリズムを没落させ、

抽象主義を興隆させる。こうした近代絵画における抽象主義は、たとえ当初どれだけ拒絶されても、進展する近代技術による心性の変容への適切な応答である限り、絶対にその絶対的現実感を絶賛される。

近代技術的環境における美術では、先鋭的な脱自然的・近代的現実感に適応する、前衛としての新たな抽象的造形表現だけが、象徴形式としての臨界的強度を顕示しうる。ここにこそ、近代絵画を特徴付ける、自然主義的写実表現の蔑視という美意識の破格な革命と、新しいもののみ価値を見出す近代崇拜の神話が確立する必定性がある。

芸術上の「近代主義〔Modernism〕^{モダニズム}」については、様々な解釈がありうる。本稿は、そうした解釈の一つとして、造形的「近代化〔Modernization〕^{モダニゼーション}」を、近代技術がもたらす有機的自然の限界からの解放に照応する、近代絵画における抽象主義と定義したい。

文献

引用は全て、邦訳を参考にして試訳している。

(注 1) Ernst H. Gombrich, *The Heritage of Apelles*, Oxford, 1976.

(注 2) Heinrich Wölfflin, *Kunstgeschichtliche Grundbegriffe: Das Problem der Stilentwicklung in der neueren Kunst*, München, 1915. ハインリヒ・ヴェルフリン『美術史の基礎概念——近世美術における様式発展の問題』海津忠雄訳、慶應義塾大学出版会、二〇〇〇年。

(注 3) Pliny, *Natural History IX, Books XXXIII-XXXV*, Harvard University Press, 1952; Reprinted 1984, pp. 309-311. 『プリニウスの博物誌(Ⅲ)』中野定雄・中野里美・中野美代訳、雄山閣出版、一九八六年、一四二一頁。

(注 4) Ernst Kris / Otto Kruz, *Die Legende vom Künstler: Ein geschichtlicher Versuch*, Wien, 1934. エルンスト・クリス／オットー・クルツ『芸術家伝説』大西広・越川倫明・児島薫・村上博哉訳、ペリかん社、一九八九年。

(注 5) Hans Sedlmayr, *Die Revolution der modernen Kunst*, Hamburg, 1955. ハンス・ゼーデルマイヤ『近代芸術の革命』石川公一訳、美術出版社、一九六二年等。

(注 6) Clement Greenberg, “Modernist Painting” (1960), in John O’Brian (ed.), *The Collected Essays and Criticism: Modernism with a Vengeance 1957-1969*, Vol. 4, The University of Chicago Press, 1993. クレメント・グリーンバーグ「モダニズムの絵画」藤枝晃雄・川田都樹子訳、『批評空間 臨時増刊:モダニズムのハード・コア』太田出版、一九九五年等。

(注 7) Robert Rosenblum, *Modern Painting and the Northern Romantic Tradition: Friedrich to Rothko*, New York, 1975. ロバート・ローゼンブラム『近代絵画と北方ロマン主義の伝統——フリードリヒからロスコへ』神林恒道・出川哲朗訳、岩崎美術社、一九八八年等。

(注 8) Wilhelm Worringer, *Abstraktion und Einfühlung*, München, 1908. ヴォリンゲル『抽象と感情移入』草薙正夫訳、岩波文庫、一九五三年等。

(注 9) John Rewald, *The History of Impressionism*, New York, 1946; 4th revised edition, 1973. ジョン・リウオルド『印象派の歴史』三浦篤・坂上桂子訳、角川学芸出版、二〇〇四年等。

(注 10) Ernst H. Gombrich, *The Story of Art*, London, 1950; 15th enlarged and revised edition, 1989. エルンスト・ゴンブリッチ『改訂新版 美術の歩み(上・下)』友部直訳、美術出版社、一九八三年等。

(注 11) Werner Sombart, *Die Zähmung der Technik*, Berlin, 1935, S. 10. ヴェー・ゾンバルト「技術の馴致」『技術論』阿閉吉男訳、科学主義工業社、一九四一年、一四頁。

(注 12) Georg Simmel, “Die Großstädte und das Geistesleben” (1903), in *Brücke und Tür*, Stuttgart, 1957. ゲオルク・ジンメル「大都市と精神生活」居安正訳、『橋と扉』酒田健一・熊沢義宣・杉野正・居安正訳、白水社、一九九八年。

(注 13) Charles Baudelaire, “Les Fleurs du mal” (1861), in *Œuvres complètes*, Vol. 1 (Bibliothèque de la Pléiade), Paris, 1975, pp. 92-93. シャルル・ボードレーール「悪の華(再版)」福永武彦訳、『ボードレーール全集(Ⅰ)』福永武彦編、人文書院、一九六三年、一九〇-一九一頁。

(注 14) Charles Baudelaire, “Le Peintre de la vie moderne” (1863), in *Œuvres complètes*, Vol. 2 (Bibliothèque de la Pléiade), Paris, 1976, pp. 691-692. シャルル・ボードレーール「現代生活の画家」高階秀爾訳、『ボードレーール全集(Ⅳ)』福永武彦編、人文書院、一九六四年、三〇二頁。

(注 15) Wolfgang Schivelbusch, *Geschichte der Eisenbahnreise: Zur Industrialisierung von Raum und Zeit im 19. Jahrhundert*, München, 1977; Frankfurt am Main, 2004, S. 34. ヴォルフガング・シヴェルブシュ『鉄道旅行の歴史——一九世紀における空間と時間の工業化』加藤二郎訳、法政大学出版局、一九八二年、四七頁。

(注 16) Walter Benjamin, “Über einige Motive bei Baudelaire” (1939), in *Gesammelte Schriften*, I(2), Frankfurt am Main: Suhrkamp Verlag, 1974; Dritte Auflage, 1990, S. 628. ヴァルター・ベンヤミン「ボードレーールにおけるいくつかのモチーフについて」『ベンヤミン・コレクション(Ⅰ)』浅井健二郎編訳、久保哲司訳、ちくま学芸文庫、一九九五年、四八四頁。

(注 17) Camille Pissarro, *Lettres à son fils Lucien*, Paris, 1950, p. 442.

(注 18) 注 15 に同じ。

(注 19) Paul Cézanne, *Correspondance*, recueillie, annotée et préfacée par John Rewald, Paris, 1937; nouvelle édition révisée et augmentée, 1978, p. 165. ジョン・リウオルド編『セザンヌの手紙』池上忠治訳、美術公論社、一九八二年、一二二頁。

(注 20) Henri Matisse, *Écrits et propos sur l'art*, Paris, 1972, p. 306. マティス『画家のノート』二見史郎訳、みすず書房、一九七八年、三六八頁。

(注 21) Maurice de Vlaminck, *Tournant dangereux: Souvenirs de ma vie*, Paris, 1929, p. 262. グラマンク『危ない曲り角』税所篤二訳、東京建設社、一九三一年、二七八頁。

(注 22) Matisse, *op. cit.*, p. 236. マティス、前掲書、二七九-二八〇頁。

(注 23) Alfred H. Barr, Jr., *Picasso: Fifty Years of His Art*, New York: Museum of Modern Art, 1946, pp. 272-273. アルフレッド・H・バー・ジュニア『ピカソ芸術の五十年』植村鷹千代訳、創元社、一九五二年、二一四-二一六頁。

(注 24) Dora Vallier, “Braque, la peinture et nous,” *Cahiers d'Art*, octobre 1954, p. 16.

(注 25) Ernst Cassirer, *Die Philosophie der symbolischen Formen*, 3 Bde., Berlin, 1923-29. カッシーラー『シンボル形式の哲学(一-四)』生松敬三・木田元訳、岩波文庫、一九八九-九七年。

(注 26) Erwin Panofsky, “Die Perspektive als ‘symbolische Form’,” *Vorträge der Bibliothek Warburg*, 1924-25. エルウィン・パノフスキー『〈象徴形式〉としての遠近法』木田元・川戸れい子・上村清雄訳、哲学書房、一九九三年。

(注 27) Georges Friedmann, *Sept études sur l'homme et la technique*, Paris, 1966. ジョルジュ・フリードマン『技術と人間』天野恒雄訳、サイマル出版会、一九七三年。

(注 28) Pierre Francastel, *Art et technique aux XIX^e-XX^e siècles*, Paris, 1956, p. 211. ピエール・フランカステル『近代芸術と技術』近藤昭訳、平凡社、一九七一年、二九八頁。

謝辞

本研究発表は、筆者が研究代表を務める、京都大学こころの未来研究センター連携研究プロジェクト「近代技術的環境における心性の変容の図像解釈学的研究」による。

複雑形状の再構築とコンピュータグラフィックス実制作への応用

—複雑形状の復元精度 $\pm 0.5\text{mm}$ の実現—

Reconstruction of Complex Objects and its Application to Computer Graphics

鳥居一平、岡田陽介、丹羽崇仁、小野木学、石井直宏

愛知工業大学

情報科学部情報科学科

{mac, x07232xx, ishii} @aitech.ac.jp

Ippeii Torii, Yousuke Okada, Takahito Niwa, Manabu Onogi, Naohiro Ishii

Aichi Institute of Technology

Faculty of Information Science, Department of Information Science

(2009年12月14日受付、2010年10月22日受理)

Abstract

This research attempts to make reconstructed complex shapes by using 3-dimensional computer graphics (3DCG). The proposed method developed here, improved the accuracy of the scan slit ray projection system, which is realized by inexpensive webcams. In the past, a reconstructed polygon was often destroyed when the observed data is converted to the shape of the polygon, which is often used as a testing 3DCG object. This is caused by the shortage of information for the slit ray projection lines. To solve this problem, a reconstruction of highly accurate complex objects is challenged by applying interpolation of the slit ray projection lines by using 3 webcams. As a complex object, a bitter melon with very complex and irregular surface is adopted in the experiment. It was verified that the shapes of the bitter melon object are reconstructed with $\pm 0.5\text{mm}$ accuracy by the proposed method. Then, the output data of the highly complex object is applied to the computer graphics to make the final complex shapes.

Keywords

Computer graphics, Computer vision, Reconstruction model, Slit ray line, Rapid modeling

本研究は、現在までに行われている安価なカメラによるスリット光投影法を基本とし、その改良を行うことで精度の向上を実現するとともに、取得したデータを三次元コンピュータグラフィックス (3 Dimensional Computer Graphics) 制作に直接応用することが目的である。先行研究では、取得したデータを 3DCG オブジェクトに変換した場合、ポリゴンの一部が欠損した状態で再現される。これは、スキャン時に発生するスリット光の取得精度不足が主な原因である。本研究は、データを 3DCG の実制作に活用するため、スリット光

を3台の Web カメラで補完し、ノイズの無い複雑な形状の高精度復元を可能とする。今回、複雑な形状のサンプルとしてツルレイシ（ニガウリ、ゴーヤ）を用いた。表面に無数の尖った細かいイボに覆われており、その配列に規則性が存在しないことが理由である。サンプルによる実験で、形状の復元精度は $\pm 0.5\text{mm}$ を実現するに至った。最終的には、ポリゴン欠損の無い形状データを適切な形式で出力し、実制作への応用を可能にしている。

1. はじめに

三次元コンピュータグラフィックス（3 Dimensional Computer Graphics）はフォトリアリスティックな表現が可能であり、様々な分野で目的に応じて研究されており、近年では主な研究題材の一つとなっている。3DCG の制作プロセスは、形状データを定義・作成するモデリングと、形状データから最終的な画像を出力するレンダリングに大別される。レンダリングは比較的自動化が容易で、複雑な形状から写実的な画像を容易に生成することが可能となった。しかし、モデリングはクリエイターによる手作業に頼らなければならないのが現状で、効率化が遅れている。より高精度な自動形状モデリングが 3DCG の重要課題である[1][2][3]。

現在、多く研究が進められている方法として、レーザ光などを用いた高性能三次元スキャナやスリット光投影法、モアレトポグラフィ[4]がある。しかし、それらの手法を 3DCG の実制作に耐えうる精度で応用する場合、費用は非常に高価となる。先行研究では、取得したデータを 3DCG オブジェクトに変換した場合、ポリゴンの一部が欠損した状態で再現される。これは、スキャン時に発生するスリット光の取得精度不足が主な原因である。また、取得した三次元形状情報を三次元点群データに置き換えるだけであり、3DCG モデリングソフトウェアが取り扱うポリゴンや NURBUS に変換する過程を説明していない。これらの理由により、先行研究を一般的な 3DCG の制作工程において利用することは困難である。

本研究は、Web カメラ（USB カメラ）とプロジェクタという安価で簡単に入手できる装置構成で実制作に耐えうる精度の三次元形状復元を行うための、「スリット光を高精度に抽出し、解析するための画像処理手法」と「点群データではなく、3DCG モデリングソフトウェアで利用できる OBJ 形式（ポリゴン）のデータに変換して出力する手法」を提案する。また、我々は、より複雑なオブジェクトの形状情報取得を目指した。これは、3DCG の実制作に関係している。3DCG のモデリングにおいて、プリミティブを用いた簡易形状の CSG（Constructive Solid Geometry）表現は容易であり、コストも低い。一方で、細部の詳細表現は高い技術力が要求され、熟練のクリエイターさえも実現することが難しい。以上から、詳細表現を目的とした研究を行うことが 3DCG の発展に有用であることは明らかである[5]。

2. 方法

プロジェクターから水平方向のスリット光を平面に投影した場合、スリット光はどの位置から観察しても水平に走っていることが確認できる。しかし、このスリット光を複雑な起伏に投影し上部から観察すると、スリット光は湾曲する。このスリット光の変異をカメラで撮影、比較、解析して対象の形状を取得する。これら一連のモデリング手法を全自動

化させる。今回、複雑な形状のサンプルとしてツルレイシ（ニガウリ、ゴーヤ）を用いて、取得実験を行った。表面に無数の尖った細かいイボに覆われており、その配列に規則性が存在しないことが理由である。

2.1 測定時の環境と準備

本手法による形状測定で必要となる基本装置は主に、プロジェクタ（LT20, NEC）、Webカメラ、計算用コンピュータである。プロジェクタとWebカメラは図1の位置関係に設置する。プロジェクタから対象物にスリット光を照射し、Webカメラによって撮影する。本論文では、解像度800×600、画角60度に設定したWebカメラ（Qcam® Orbit AF, Logicool）で撮影を行っている。撮影環境では、太陽光やスポット光など強い光を除去する必要がある。

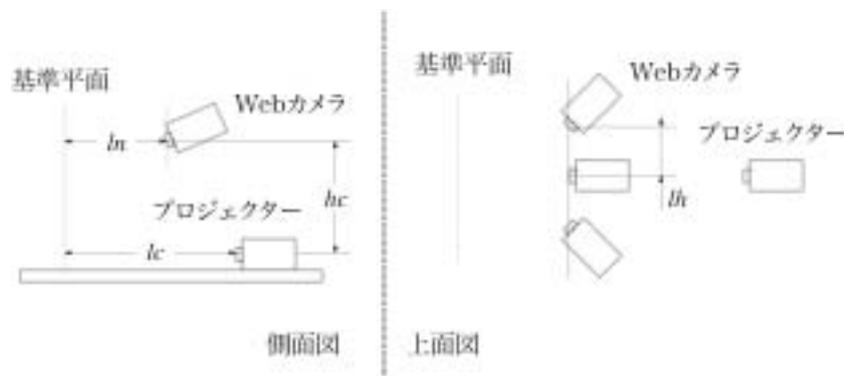


図1 Webカメラとプロジェクターの初期設定

2.2 ベースラインによる初期設定（キャリブレーション）

形状測定をするために、基準となる1px（プロジェクタで出力できる最小の光点）のスリット光（以後ベースライン）をコンピュータ上で生成する。ベースラインの色は任意であるが、本論文ではBlue（R:0 G:0 B:255）を使用している。ベースラインをプロジェクターで投影し、基準となる位置（基準平面）に投影する。ベースラインが離散的に7mm間隔となるようプロジェクターと基準平面の距離を調整する。ラインの間隔は、他のライン同士が干渉をしないよう7mmと設定した。図1中で示すパラメータ4箇所について示す。プロジェクターのレンズの表面から基準平面までの距離(lc)、カメラのレンズの表面から基準平面までの距離(ln)、プロジェクターのレンズの中心からWebカメラのレンズの中心までの距離(hc)、2台のカメラ間の距離(lh)をそれぞれ計測する。これらのパラメータとベースラインを用いてワールド座標系をカメラ座標に変換する。また、これらは後に示す座標算出時に必要となる情報でもある。変換式(1)を下に示す。 $(\Delta x, \Delta y)$ はワールド座標系の値で、単位はミリメートルである。 $(\Delta X, \Delta Y)$ は、式(1)で一次関数の変化の割合を決定するものであり、ワールド座標系とカメラ座標系の比率を表わしている。よって $(\Delta x, \Delta y)$ はワールド座標系で単位はミリメートルである。この値は基準平面上の2本のベースラインの距離を示している。また、 $(\Delta X, \Delta Y)$ はカメラ座標系の値で、単位はピクセルである。 (X_i, Y_i) は関数の独立変数である。 l はワールド座標 $(0, 0)$ の定義時に利用する誤差訂正定数である。なお、これから述べる座標系に関しては特に記述が無い限り、ワールド座標系とする。

$$\begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\Delta x}{\Delta X} X_i \\ \frac{\Delta y}{\Delta Y} Y_i \end{pmatrix} + I \quad (1)$$

2.3 スキャンラインの投射、画像解析による抽出

前項で設定したベースラインの情報をもとに、対象へ投影するスリット光（スキャンライン）をプロジェクターから投影する。スキャンラインの色もベースラインと同じく Blue (R:0 G:0 B:255) とする。スキャンラインはベースラインを基準に座標系変換を行っているため、スキャンラインは基準平面上で離散的に投影したベースラインと同一位置を通過する必要がある。ベースラインでは複数のラインを同時に投影するのに対して、スキャンラインは1ラインを上部から連続的に投影する。この制御を高速で行うことにより撮影時間が軽減できる。また、スキャンラインが目の上を通過しても被撮影者には害はなく安全である。これがレーザーキャナとの異なる利点である。

撮影した画像データからスキャンラインのみを抽出し、その他の情報を取り除く必要がある（図2）。Webカメラで撮影した画像を RGB 色空間から HSB (H:色相、S:彩度、B:明度) 色空間に変換する。HSB 色空間は、人間の色認識プロセスに類似しており、パラメータの人的な微調整に優れた効果を発揮する。以下に色空間の変換式を示す。MAX・MIN は、RGB 色空間上の値でそれぞれ最大値・最小値を表している。

$$H = \begin{cases} 60 \times \left(\frac{G-B}{MAX-MIN} + 0 \right), & \text{if } MAX = R \\ 60 \times \left(\frac{B-R}{MAX-MIN} + 120 \right), & \text{if } MAX = G \\ 60 \times \left(\frac{R-G}{MAX-MIN} + 240 \right), & \text{if } MAX = B \end{cases} \quad (2)$$

$$S = \frac{MAX-MIN}{MAX} \quad (3)$$

$$B = MAX \quad (4)$$

全ピクセルの色相角を解析し、平均となる色相角をしきい値 H_t として定義する。取得した画像データから、各ピクセルの色相角 $H_{ij} (0 < H_{ij} < 360)$ を抽出し、 $360 - H_t < H_{ij}$ and $H_{ij} < H_t$ を満たす時、 H_{ij} のピクセルを *True*、満たさない時 *False* として判定を行う。また、彩度 $S_{ij} (0 < S_{ij} < 255)$ について $250 < S_{ij} < 255$ を満たす時 *True*。明度 $B_{ij} (0 < B_{ij} < 255)$ について $140 < B_{ij} < 240$ を満たす時 *True* とした。全ての項目に対して（論理積）*True* を満たすピクセルをスキャンラインとして抽出させる。同時に、スキャンラインがx軸方向に連続した点であるため、ラインから大きく外れたノイズは除去することができる。そして、抽出されたラインをさらに鮮明にするため、以下の細線化処理を行う。ラインの最上部と最下部の点の平均を割り出すことで、ラインの位置をサブピクセルの精度で計測することができ、スキャンラインを抽出することが可能となる。

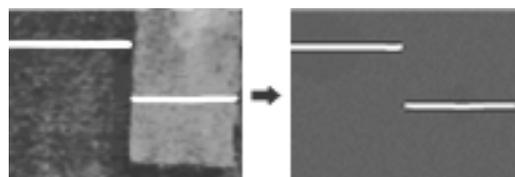


図2 画像処理によるスリット光の抽出

2.4 画像の正規化と結合

撮影した画像の座標は横方向を x 、縦方向を y として扱う。 lc, ln, lh を式(5)に代入し、図3に示した θ と ls の値を取得する。これは2台以上のカメラを用いる場合に必要な正規化処理である。Camera A(図4(a))とCamera B(図4(b))から画像を正規化する。ここでCamera CについてはCamera Bと同様であることから詳しい解説は行わない。式(6)(7)からCamera Bの画像を補正する。 (X, Y, Z) はワールド座標系の3次元座標であり、 (u, v) は画像平面に投影された座標である。 (cx, cy) は通常は画像中心である主点(レンズの光学的な中心)であり焦点距離 f_x, f_y はピクセル単位で表現される。また、同次変換行列である $[R|t]$ は外部パラメータである。 k_1, k_2 は半径方向の歪み係数、 p_1, p_2 は円周方向の歪み係数である。 $r^2 = \frac{x^2}{z} + \frac{y^2}{z}$ 。

図4(c)に正規化したデータを示す。Camera Aの画像を正規化するために、 y の値が最大の点を基準として、Camera Bの画像と合成する(図4(d))。この処理をCamera Bと同様にCamera Cでも行う。従って、Camera Aの画像はCamera BとCの画像から正規化されている。

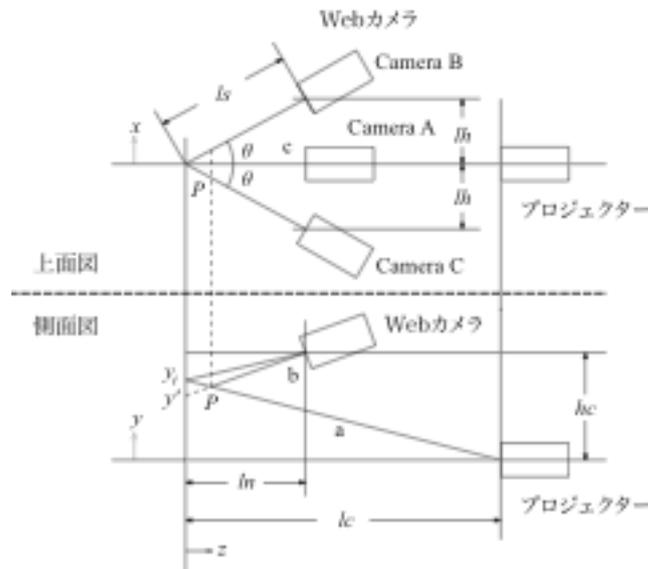


図3 測定図

$$ls = \frac{lc}{\cos(\arctan \frac{lh}{ln})} = \frac{lh}{\sin(\arctan \frac{lh}{ln})} \quad (5)$$

$$\begin{pmatrix} x \\ y \\ z \end{pmatrix} = R \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + t \quad (6)$$

$$\begin{pmatrix} u \\ v \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} f_x \left\{ \frac{x}{z} (1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \right\} + \frac{2p_1 xy}{z^2} + p_2 \left\{ r^2 + 2 \left(\frac{x}{z} \right)^2 \right\} + cx \\ f_y \left\{ \frac{y}{z} (1 + k_1 r^2 + k_2 r^4) \right\} + p_1 \left\{ r^2 + 2 \left(\frac{y}{z} \right)^2 \right\} + \frac{2p_2 xy}{z^2} + cy \end{pmatrix} \quad (7)$$

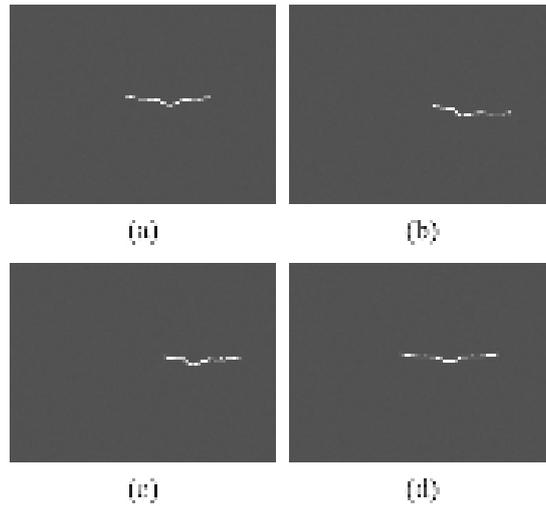


図4 画像の正規化処理

2.5 座標算出とデータ出力

正規化を終えた最終的な出力画像を用いて座標を算出する。2.2章で計測済みである lc , ln , hc は既知の定数である。図4より、プロジェクターから投影されたスキャンラインは、基準平面上の点 y_i で実像となる。 y_i は、2.2章で測定したベースライン情報と座標変換によって取得される。基準平面の前方に物体を設置した場合、物体上の点 P で実像となる。これは、Webカメラから撮影した画像では、基準平面上の点 y' で観察された点と同一になることを示している。そして、これらを結合した直線 a , b , c は一次関数であるため、座標の交点 $P(x_P, y_P, z_P)$ を求めることは容易である。以下に座標算出式(8)を示す。点 P は、3DCGにおけるポリゴンのバーテックスポイントに相当し、形状を定義する上で極めて重要なワールド座標系での位置情報となる。

$$P = \begin{pmatrix} x_P \\ y_P \\ z_P \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{x_i(y_i ln + lchc - y_i lc)}{y_i ln + lc(hc - y')} \\ \frac{y_i(y' ln + lchc - y' lc)}{y_i ln + lc(hc - y')} \\ \frac{lc ln(y_i - y')}{y_i ln + lc(hc - y')} \end{pmatrix} \quad (8)$$

上記より計算したワールド座標系の点群データを元に、3DCGのシーンを構築する。その際、我々はASCII形式であるOBJファイルフォーマット[6]を活用した。バーテックスポイントの定義後、フェイスの構築を行い、連続した三次元の形状情報を出力する。また、OBJファイルフォーマットは一般的なアプリケーションソフトウェアに対応しているため、互換性についての問題は考慮する必要がない。

3.結果

3.1 幾何形体による評価

幾何形体(図5)はデッサンなどに使われる幾何学的な立体であり、実寸は既知であることを考慮し採用した。本手法の有用性を示すため、実際の座標と計測結果を比較し誤差を検証した。表1では、我々の用いたパラメータを示す。これらのパラメータが我々の環境における試行錯誤の結果、最も精度良く形状の復元を行うことができた。また、今回の実験でカメラは、2.1章で示した同一のものを使用している。図6は実際に撮影した画像である。誤差の値を表2に示す。これらは、カメラ台数に対しての誤差変化を意味している。結果、カメラ台数が多いと誤差が小さくなることを確認した。

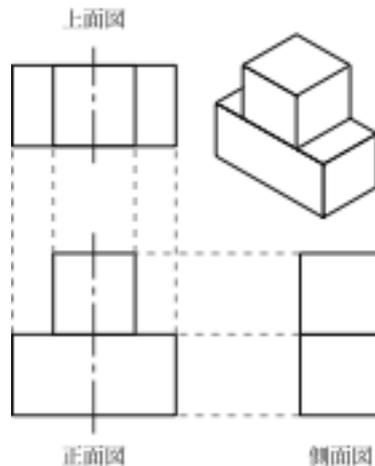


図5 サンプル幾何形体

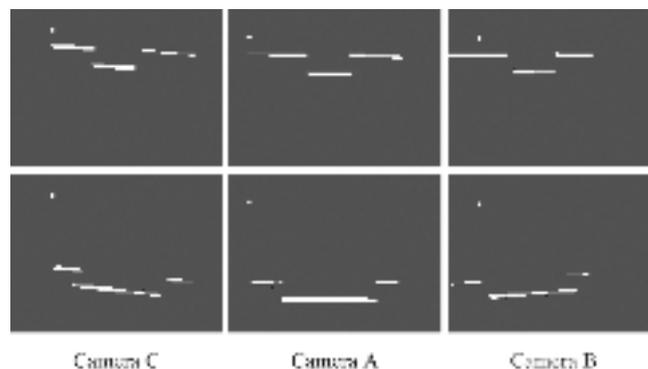


図6 3方向Webカメラによる画像

Parameters	lc	ln	lh	hc
Values	730	450	14	22

表1 パラメータ設定

		Point Z	Point 1	Point 2	Point 3
誤差	実寸	95.00	254.00	95.00	32.00
	カメラ 1 台	+2.29	-1.16	+1.13	+1.25
	カメラ 2 台	+1.20	-0.20	-0.49	+0.55
	カメラ 3 台	+0.12	+0.19	+0.19	+0.24
		Point 4	Point 5	Point 6	Point 7
誤差	実寸	307.00	7.00	56.00	134.00
	カメラ 1 台	-1.08	-0.10	-1.82	-0.84
	カメラ 2 台	-0.50	-0.02	-0.15	-0.20
	カメラ 3 台	-0.02	-0.02	-0.03	-0.05

表2 幾何形体によるカメラ台数と誤差の関係。実寸はワールド座標系(0, 0, 0)からの距離を表す。単位はmm。Point Zの数値はz座標、その他の数値はy座標。

3.2 複雑な微細突起形状による評価

複雑な微細突起形状のモデリングへ応用する。上記の実験によると、カメラの台数に比例して精度の向上が見られる。一台のWebカメラでは複雑な形状になるほどデータが失われやすい。より高精度な形状データを取得するためには、3台のカメラを利用するべきである。

そこで、我々は付録図7に示すツルレイシを微細突起形状のサンプルとして用い、実験を行った。取得した形状データを表3に示す。誤差の最高はPoint Cの-0.53mmとなっていることが確認でき、誤差は表2の結果に準ずるものであった。また、OBJファイルフォーマットを利用して、3DCGアプリケーションソフトウェア Maya (Autodesk) に入力し、形状データのレンダリングを行った。付録図8で示した画像は形状モデルとレンダリング結果である。また、その他のレンダリング結果については付録図9で示す。ツルレイシ表面の微細突起形状が再現されていることは明らかである。

		Point A	Point B	Point C	Point D
誤差	実寸	120.00	273.00	230.00	327.00
	カメラ 3 台	+0.31	+0.39	-0.53	-0.39
		Point E	Point F	Point G	Point H
誤差	実寸	251.00	311.00	93.00	147.00
	カメラ 3 台	+0.19	+0.33	-0.26	-0.19
		Point I	Point J	Point K	Point L
誤差	実寸	198.00	239.00	287.00	341.00
	カメラ 3 台	+0.37	-0.35	+0.16	-0.23

表3 複雑形状サンプルによるカメラ3台の誤差。実寸については表2と同じ。

4. 考察

本論文では、オブジェクトモデリング時に、忠実な形状の細部表現を可能にする。処理内容は撮影、画像処理、正規化、座標変換、座標算出、変換で、評価方法、3DCG への応用についても述べた。最終的にツルレイシを用いた微細突起形状復元実験において、復元精度は $\pm 0.5\text{mm}$ になることが確認された。3次元コンピュータグラフィックスによる映像制作で、 $\pm 0.5\text{mm}$ 以上の精度を必要とする表現をすることは少なく、仮に必要な場合でも熟練したクリエイターによる修正を行うほうが实际的である。よって、我々は復元精度について十分な精度を満たしていると考察した。

本研究は、細部オブジェクトモデリング手法の第1段階である。簡易性や時間の短縮といった改良を加えて行くことで、さらに効率的な形状復元システムの開発を目指す。さらなる精度の向上をポリゴンレベルで実現するためには、ポリゴンの分割数を上げる必要がある。しかし、ポリゴン数を増加させることは、データ量と処理内容が膨大になることを意味する。そこで、我々は、ポリゴンに依存しない形状変更手法として、シェーディング技術であるディスプレイメントマップ[7]の利用を考察中である。これは、1つのポリゴン内をマイクロポリゴンと呼ばれる微細形状に分離し、マップとして与えた輝度値をポリゴン面に対する変位に対応させる表面の詳細レンダリング技法の1つである。

文献

- [1] Yuencheng Lee, Demetri Terzopoulos, and Keith: “Realistic Modeling for Facial Animation”, In SIGGRAPH, ACM Computer Graphics (1995)
- [2] Bernd Bickel, Manuel Lang, Mario Botsch, Miguel A. Otaduy, and Markus Gross: “Pose-Space Animation and Transfer of Facial Details”, ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation (2008)
- [3] T. Akimoto, Y. Suenaga, and R. Wallace. “Automatic creation of 3D facial models. IEEE Computer Graphics and Applications”, 13(5):16-22 (1993-9)
- [4] Narasimhan, S., Koppal, S., Yamazaki, S: “Temporal Dithering of Illumination for Fast Active Vision”, In: European Conference on Computer Vision (2008)
- [5] “Advanced RenderMan: Creating CGI for motion pictures”, A. Apodaca, L. Gritz, R. Barzel (1999)
- [6] “B1. Object Files (.obj)”, <http://www.martinreddy.net/gfx/3d/OBJ.spec>
- [7] “RenderMan Interface Specification, version 3.2”, Pixar Animation Studio (2000)

付録



図7 複雑な形状サンプル：ツルレイシ（にがうり、ゴーヤ）

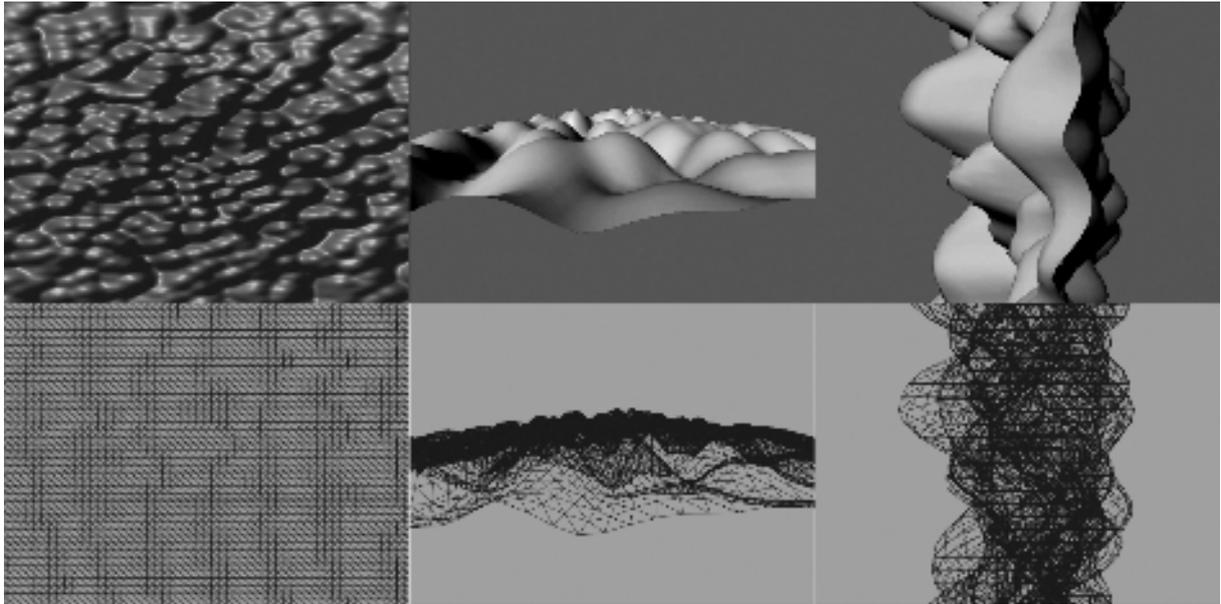


図8 ツルレイシのモデルとレンダリング結果（左：上面図、中央：側面図、右：正面図）

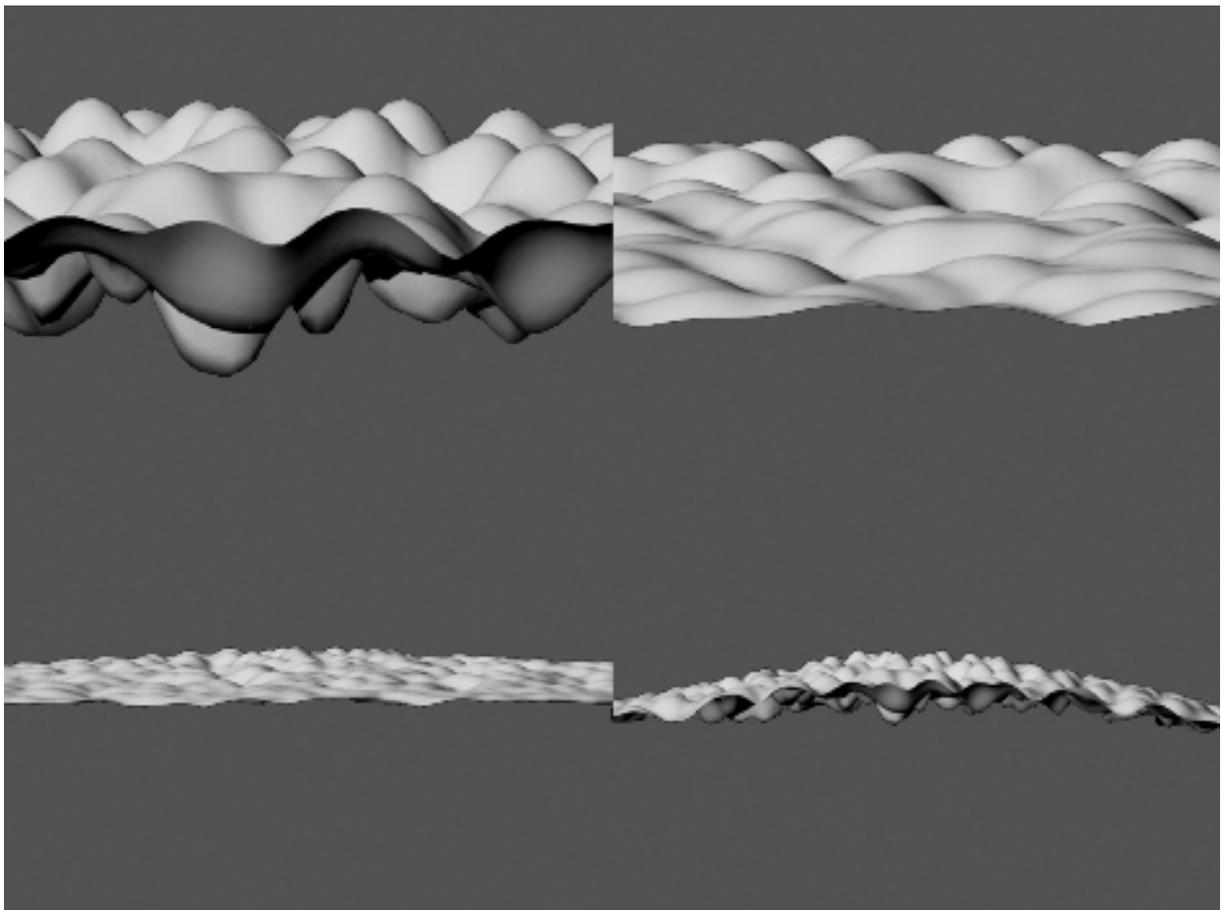


図9 ツルレイシのレンダリング結果

形と人間—手と眼をめぐって

金子 務 (形の文化会会長・大阪府立大名誉教授)

人間の理解力・創造力の上で、重要な器官が手と眼である。内外の哲学者、芸術家、科学者らの言説を通して、手の文化的思想的意味について考えながら、手の機能と認識問題に論点を絞って、報告することにしたい。解説図は一切省いた。

1. 芸術の根源としての手

彫刻家や陶芸家の世界は触覚である。磨いた鏡面の凹凸も薬指で感知するという高村光太郎に言わせれば、「触覚はいちばん幼稚な感覚だと言はれてゐるが、しかも其れだからいちばん根源的なものである」(1)とされた。

その二、三の詩にも触る指や手が唄われる。

「或男はイエスの懐に手を入れて二つの創痕を撫でてみた／一人のかたくなな彫刻家は／万象をおのれ自身の指で触つてみる。」とある。別の詩「千年の夢を手の平に」『十大弟子』にも、「(見知らぬ奈良朝の彫刻師よ／いくらおん身がそしらぬ顔を為ようとも、／私はちゃんと見てしまったよ。) おん身がどうして因陀羅の雲をつかんで来たかを、／どうして燃える火を霧と香ひとでつかんだかを、／／どうして千年の夢を手の平にのせたかを。」

意志的なブロンズ像「手」を製作した光太郎は手に生命の充実と繊細を見たが、その手も原爆の一閃でたちまち傷つき、生命を喪失するさまを、金子光晴詩集『非情』冒頭の「赤身の掌」に見ておこう。

「革手袋を裏返すやうに／ずるりと皮膚をひん剥かれて、／血管がのたうち／神経が裸になった掌。／／いつなほるだろう？／いつ？／うす皮でも、／皮ができるのは？／／この掌のうへに／玉のおもさを秤り／この掌で／ほかの掌を愛撫できるのは？」

手をモチーフにした木彫像もしきりに作った大正・昭和期の陶芸家・民芸運動の河井寛次郎には、「手考足思」というエッセイがある。

「私は私を形でしゃべる、土でしゃべる、火でしゃべる、木や石や鉄などでもしゃべる。形はじっとしている唄、飛んでいながらじっとしている鳥、そういう私をしゃべりたい。(あなたの中の私、私の中のあなた、私はどんなものの中にもいる)」(2)。

フランスの建築家ル・コルビュジエは、インド北部チャンディガールの地に、「開いた手」の記念碑(1951-85)を遺したことで知られる。1910年代末、網膜剥離で片目視力を失い、身体感覚を重視するようになって、腕を上げた人体が空間占拠する点をもとに与えられる長さを基準として、建築設計にあたった。すなわち、「モデュロール」(le modulator, 黄金尺。人体寸法と数学から生まれた寸法を測る道具)である(3)。腕を上げた人間について、その足、臍、頭、上に上げた手の指先という4つの定点による三つの間隔は、内にフィボナッチと呼ばれる黄金比を含むとされた。このさい基準人物の身長は6フィート≒183cm、が選ばれている。モデュロールは、コルビュジエにとって、建築という詩を唄うための鍵盤であった。ついに現場に現れなかった上野の国立西洋美術館の工事でも、柱の間隔、床の厚み、天井高、家具に至るまでモデュロールが適用された。(ちなみにギリシアの現代作曲家クセナキスはこの影響を受

けて、音楽とは動く建築であるとして、作品「メタスターシス」を発表している。)

2. 形の認識をめぐる手と道具

手を根源とみなすのは、芸術家ばかりではない。わが国哲学界の祖西田幾多郎も、晩年の論稿「生命」で、身体を「自己自身の内に自己表現的要素を含んだ組織」と規定した。その上で、その身体を貫いている知的直観的論理は手に表れ、「手は外部的脳、脳は内部的手、眼は手の弟子」であるとしたのである(4)。

西田は、人間が手で道具を作るのは、自己自身の意識の底に暗く本能的に働いていた器官を対象化することによるとした。すなわち、道具は「器官の投影」(organ-projection)によるという、エルンスト・カップ(5)の有名な器官投影説を踏襲する。われわれの思想は、思惟の神秘的抽象作用により簡単な抽象概念から発展したのではなく、手が物の形を構成することから言語を生み、自己の客観化をもたらし、自覚を促すことで意識が深まったことによる。外に自己表現物としてのものを作ることは内に深くなること、である。

手は眼と結合して創造の器官から理解の器官へと推移する。西田はいう。「手は分析と総合の器官、理論的能力と実践的能力の不可避の結合である。」と。

カップの「器官投影」説は、さまざまな形をした道具の製作と誕生をうまく表現する。人間が無意識のうちに自分の器官である手の形態、機能的関係、行動を手が働きかける諸対象に転移することによって、道具を生み出す。一方、その使用形態については、マイケル・ポランニィ(6)の「棲みこみ」(in-dwelling ; dwell-in)の概念が、道具の使われる場への身体的参与を巧みに表現する。すなわち、盲人が手の延長としての杖を自在に操るのは、杖に「棲みこみ」しているからである。車の運転に習熟するには、まず車に「棲みこみ」、車の大きさを自分の皮膚感覚と感じるようにまでならなければ、自在に車を動かせない。

職人は自分の手作業にあった道具(広義の器官投影になる)を工夫し、それに「棲みこみ」することによって、自在に道具を操るのである。そのさい高村光太郎がいうように、つねに眼を従えながら、「手が統括者」である。「顕微鏡でなければ歪みが見えないほどの精密道具の扱いにしても、高速度工具鋼の処理にしても、結局はそれ以上に高度な手の神経がそれを統括するのである。」(エッセイ「手」)

「大工道具は道具の王者」とあるという技術史家村松貞次郎は、日本の大工が手にする大工道具は、日本の木との長い対話の歴史の有能な通訳者であるとした(7)。鑿は建物の構造に、鉋は建物の美に奉仕するが、日本の大工にとって十分な道具の標準編成数は179種、安普請の最低装備数でも73種になる、と報告している。標準大工道具の内訳(括弧内の数は最低装備数)を見れば、墨掛け定規14(10)、鋸12(4)、鉋40(9)、鑿49(14)、錐26(10)、玄翁・槌6(4)、釘抜き9(5)、毛引き3(2)、鉞・チョウナ2(2)、雑18(13)、以上である。

3. 盲人の触覚と形—「モリヌークスの問題」

形の認識を巡る手と眼、すなわち「触れる」と「見る」の問題は古くて新しい問題である。手指の触覚で正立方体と球を識別できる生まれつきの盲人が、眼が見えるよ

うになったら、視覚でその対象を弁別できるか、といういわゆる「モリヌークスの問題」(8)がある。ジョン・ロックによって17世紀末に提示され、当事者のモリヌークスとロックによって「否」、弁別できない、と哲学的に推理されて以来、チェゼルデンの開眼手術(9)も登場して、18世紀以来さまざまな論議があった。

たとえばバークリー僧正は、立方体と球の問題に、距離、位置、大きさを加えて問題を深め、視覚それ自体ではこれらのものをどれ一つとして判断できない、と考えた最初の人物である。幾何学が対象とするのは形であるが、「形とは大きさの境界である」とバークリーは言った。触覚によって、立方体が正方形の面によって境界づけられた物体であり8つの尖った角をもつ一方、球は正方形の面で境界づけられずどこまでも滑らかであることを、盲人は知っている。しかし視覚によって知覚されるときには、ごつごつした突起の感じも滑らかな素材表面の肌理も、手応えのある物質的な抵抗性や固体性も、冷たかったりぬくもりのあったりする温冷性も、突き抜けてしまう。「視覚の観念はすべて新しい知覚」であって、開眼したばかりのものには、その新視覚に呼ぶべき言葉を知らない(10)。

現実に手術によって開眼したものは、視覚だけではなかなか識別できない。晴眼者と盲人とを問わず、触覚で形を見てきたからである。すなわち、触覚によって視覚的イメージが解発され、いわば触空間と視空間のトポロジ的相同性が生まれる。初めての視覚は、それだけでは触空間を想起しイメージすることはできない。学習を積み重ねて、はじめて視覚で識別可能となるのである。その点、ものの大きさや距離の認識となると触覚は劣り、視覚の精度が光彩を発揮する。触覚は三次元立体の大きさを異常に大きく見積もりがちだが、視覚はそれを正確に捉える。奥行き、幅、深さ、要するに3次元の尺度については、視覚は精密に測ることができる。

触覚の機能は、手などの触官を動かしたときに発揮できることを明確にしたのはダーヴィット・カツツというゲシュタルト学者であった(11)。手指でなで回す意味が重要なのである。ディドロが『盲人書簡』で書くように、盲目の幾何学者が円と楕円を区別できたのは、それらの形を手の上で順番になぞったからであった。手は物体にキスするように触れ、それからの反応を感じながらその物体を把握する。

こういう手の接触の相互性は、手は書くものであり、同時に書かれるものであるというヘレン・ケラーによる証言にも明らかである。聾啞者同士が対話するとき、相手の手に自分の手指でアルファベットを書くと、素早く相手はその指を使って自分の手に文字を書くことで応答する。彼女の家庭教師が冷たい流水にヘレンの手をさらして、その手に指でwaterと書くことで、「水」がその冷たいものを指すことをヘレンに知らせた体験の延長上にある。手はそれ以降、ヘレンにとって、世界のメッセージをつなぎ止めるものとなる。またヘレンは楽器に手を置くことによって、手指に伝わるリズムと振動で音楽を楽しみ、しなやかな薔薇や冷たい大理石像の美を、手に押し当てあるいは撫でさすりながら感じる、と報告している(12)。

4. 手が先か、脳が先か — 脳科学の問題点

現代脳科学は、脳が手足の動きを決定し、その逆ではないことを、「ピノキオ実験例」で示している(13)。神経科学者が実験に使う手段は、経頭蓋磁気刺激法と呼ぶ大きなねじ

巻きに似た装置で、二つのコイルの電流を流して磁場を生み、この磁場で脳内に電流を誘導するのである。試験者がこの装置を脳マッピングに従って被検者の左頭部に当て、ペダルを踏むと、たとえば右手の人差し指がピクリと動く。ねじ巻きを少しずつしていくと、こんどは中指が、次は薬指がピクッと動く。出力を上げれば、手足全体を動かせる。これをロンドン大学で体験取材した米国の科学記者は、「わたしは一度体験しただけでたくさんだ。他人に自分の身体を操られるのは、気持ちのいいものではない」と述べている。

またこの記者は「他人の手症候群」に苦しむ患者たちを報告する。自分の片手が、もう片方の手と勝手に争うのだ。一方の手が「独立した心を持っている」かのようなという。左手でコップを置こうとすると、右手がそれを持ち上げようとする。いうことをきかない手が本人の首を絞めようとし、やっともう一方の手で払いのける。これらは脳の病変から説明されている。まるで、自由意志などないようで、これなら唯脳論で話がすむはずだ。

ある理化学研究グループは、サルの脳の実験研究を進めて、大脳皮質を構成する神経細胞にプローブを刺して、物体像を見せられたときに活動して出す雑音を捉える古典的方法で、「物体像の脳内表現」に挑戦している(14)。この場合、物体像は要素的な図形特徴の組み合わせと解され、その特徴が視覚経路を伝わり脳の特定の神経細胞群を活動させる。これまでに、物体像は脳内では複数のスポットの分散表現として表現されている、ということが明らかになった。スポットは、大脳皮質を縦に直径500ミクロン、長さ2ミリの円柱コラムに分割したものに相当するが、1本のコラムには1万個から10万個の神経細胞が含まれる。たとえば顔を顔以外のものと識別するのに必要なコラムの組み合わせを「顔ドメイン」と呼んでいるが、ある顔を他の顔から識別する機能は、「顔ドメイン」だけでは果たせず、それに活動していない別のコラムが加わる必要がある、との興味深い報告もある。機能ドメインには階層性があり、それが意味を持った配置構造になっているようだが、詳しくは今後の研究を待たねばならない。

また触覚などの体制感覚について、従来の受容的感覚器の解析の路線から離れて、運動と触覚にかかわる探索的触行動、アクティブ・タッチ(active touch)の問題や、眼と手を使ってものを掴むときの感覚の統合問題も探求されてきている(15)。脳科学の進展は著しいが、いま問題とする手の主体的意味づけとはほど遠く、手の役割を規定するとされる脳自体の複雑性の問題に足を取られている状況で、脳生理学的手法の限界も感じさせられる。

5. 手の発達と人類考古学

ここで観点を変えてみよう。脳生理学は、現時点におけるサルやヒトの脳を調べるのだが、系統発生的視点、すなわちヒトの進化という人類考古学の視点に立ってみよう。

人類学者は人類は足から進化したという。直立二足歩行、後肢の2本足で立って歩くことによって前肢が手として解放され、手の発達が石器などの道具を進化させ、さまざまな求婚活動や共同作業の必要性から発声器官が鍛えられ、喉と舌を訓練して、分節言語の発生を見る。つまり手の誕生が脳の活動を高め、大脳化をもたらしたとされる。身体の後肢の足化、前肢の手化が結果として脳を穿ってきたことになる。すなわち、人類発生史的には、手や指の発達が脳を刺激してきたといってもよい(16)。4つ足の哺乳類では主前身運動器は4肢で副前進運動器は尾であるが、直立2足歩行になると、後足の下肢だけが主前

進運動器になり、前足の前肢は手となって、人類学者のいう環境作動器、簡単にいえば効果器になる。しかし手はそれだけではない。指先のふくらみには多くのセンサーがあり、指紋はそれによって摩擦を高め、感度を上げる働きがある感覚器でもある。

ヒトの手は5本指であるが、哺乳類いやその前の爬虫類からの3億年の記憶を担っている。手は27個の骨からなる。手首部分の手根骨、手のひら部分にあたる各指の中手骨各1、その先に拇指では2個、他指では3個ずつの指骨である。ヒトの手の器用さは、指と腕と肩にある。いかなる形のものでも、マジックハンドを見るまでもなく、指が3本あれば掴める。2本は予備である。しかし5本あれば掌が容器になる。

人間の手はよく動く腕に付いている。すなわち、まず腕にはよく動く肘関節があるから、腕を内側に回したり外側に回すこと、つまり回内と回外ができる。鍵を開けたり閉めたりできるのはこのためである。その腕はまたよく動く肩関節に付く。肩で大きく腕を回せるのはヒトとサルとコウモリだけだという。胸の上に鎖骨があるためだ。鎖骨の発達、胸郭と肩帯の骨構造を変化させたが、森の住民で樹上生活やブラキエーション(ぶら下がり移動)に馴化したサル類の進化上の成果であって、ヒトはその特質を受け継いだのである。その上で、サルもヒトもギュッと握る握力把握はできるが、1本1本の指をコントロールして精密把握できるのはヒトだけである(17)。ヒトでは親指を他の1本1本の指と対向できる、拇指対向性があるが、サルでは、親指と人差し指は向き合わせられるが、人差し指以外はそうはいかない、その違いのためという。ヒトの拇指は、他の類人猿と比べて長くて大きく、十分に発達してきた。

ヒトの手と脳は「共進化」したという(18)。脳科学で、脳の頂点を前後に分けているのが中心溝だが、すぐその前のふくらみが運動野、その後ろのふくらみが感覚野であり、隣り合わせに存在し、膨大な情報処理を行っている。手の化石は少なく、最古の全身骨が発見されたのは、エチオピアで見つかった320万年前の「ルーシー」である。アウストラロピテクス・アファレンシスの女性骨で、チンパンジー程度の脳容量400cc。拇指対向の拇指をもち、3本指であごを掴め、類人猿と違う新しい手首の構造が、強い打撃の衝撃も吸収できる。手製の石器からも、手の動きが推理できる。

初めは石と石を直接ぶつけて打ち欠くチョッパーやハンドアックス(握斧)だが、やがて大型獣の長骨などをたがねのように原石に当て間接的に石で叩いて打ち欠く方法が出てくる。実験考古学の報告では、ハンドアックス1個作成のために原石から削り取る回数は、北京原人などのホモ・エレクトゥスで平均65回、旧人のネアンデルタールで111回、私たちと同じ新人のクロマニオンで250回以上になる(19)。200万年前のホモ・ハビリスの脳容量はルーシー期の400-500ccから600-700ccになり、北京原人で900-1100ccに、クロマニオンでわれわれに近い1350ccにと大脳化する。手と指の動きが眼と合わさってそれだけ精緻になっていくのである。

6. 手の造形力と想像力

美術解剖学者の三木成夫は、受胎1ヶ月後からわずか1週間の、胎児の顔貌の変化(生命記憶)に、形(かたち)と態(すがた)である「おもかげ」を直感的に感得して、古生代から中生代を経て新生代に至る3億年の歳月(古代形象)の再現であることを見つけた(20)。個体発生は系統発生を繰り返すという、ヘッケル説の実証である。さら

に三木は、形態把握能力を担うものとして、西田のいう「手+眼」に「舌」を加えた。手は<突き出した眼>、眼は<眼窩の中の舌>、舌は<口の中の手>である。人間の成長過程でも、舌によるなめ回し(3ヶ月)、手でものを掴む(6ヶ月)、眼でなめ回す(1年)という段階を踏むからである。こうして形態把握能力が深まるとした。

ものの形を把握する筋肉は、舌・手・眼の筋(舌筋・上腕筋・眼筋)である。三木は、そのことを、サメとヒトの頭部の比較解剖によって、脊椎動物ではこの3種の筋が、頭尾方向に並んだ頭部の筋節に由来する兄弟関係にあることから着目した。舌筋では、後頭部の筋節から前腹側に伸びる舌下神経支配の腹側筋が、魚類では鰓下筋に、陸上動物では補食のため「喉から手が出る」ように、付着点を通り越して舌として迫り出したものになる。その後方の筋節の腹側筋は、魚類では胸鰭を動かす腕の筋肉となり、陸上動物では上肢を動かす筋肉になった。また眼筋は、頭部最前方の筋節の背側筋に由来する。こうした三種の筋が味覚・触覚・視覚の感覚の担い手になる(21)。

触覚は時間面と空間面との境、内と外との界であり、暗い感覚が支配する受動の極から知性の対象となる知覚が支配する能動の極まで広がっている、と西田も見ていた。手は触覚の先兵である。同時に外界変更器官でもある手が意識の発展に寄与するのは、手の二重投影性による。手それ自体が投影されるモデル器官であると同時に、意識内部の闇(無意識)を投影する先兵でもある。意識は感覚と運動の中間に位する。

手の二重投影性は、ベルクソンの哲学の「イマージュ」(イメージ、心象)ともかかわる。心象は、ものの周りを回ってスケッチする科学的概念の複雑さと、ものの中に入り込んで認識しようとする哲学的直観の単純さの、いわば中間項に置かれていたことを思い出す必要がある。「哲学者の心に絡みつき、その思想のさまざまな回り道を通して、影のように付きしたがっていく逃げ易い消えそうなイメージ」をよく観察して、その影を投ずる本体の姿を、「持続の相において」感得するのが、ベルクソンの方法である。すなわちベルクソンは、直観の単純性と概念の複雑性の中間項としての、イマージュ(イメージ)の認識における重要性を強調した(22)。イメージと手の関係はより深く認識する必要がある。手は器官として外部の「前に」それ自身を「投げ出す」こと(ラテン語の pro+jacio)、「投影」することで働きかけるが、それは同時に外部の「前に・立つこと」、Vor-stellung=「表象」、イメージを持つことなのである。

触れるという体験は、単なる触覚には還元できない。だから、いくら体性感覚としての触覚について、その解剖学的微細構造や神経インパルスの走向、脳皮質のニューロン配置や活動の有無を解剖学的生理学的に精緻に仕上げても、触覚と脳の間は明らかにはなるが、「触れる」という体験の豊饒さを見失ってしまうだろう。

手で外部のものに触れることは、そのものから触れ返さることもである。眼は見られることなしに見ることができ、耳は聞かれることなしに聞くことができるが、「手は、それ自身が触れられることなしには、触れることができない」という反射性、相互性が、自己への還帰と反省をもたらすのである(23)。触れる手によって自我は他者へと向かうが、触れられる手によって自我は自己へと帰還する。

こうして、手によって脳が穿たれ、豊かにされていくのであろう。

参考文献

- (1) 高村光太郎「触覚の世界」『全集』第5巻、筑摩書房、1957/1995.
- (2) 河井寛次郎記念館編『河井寛次郎の宇宙』、講談社、1998、p. 90. 河井寛次郎、1890(明治23)-1966(昭和41)。
- (3) 展覧会図録『ル・コルビュジェ』、毎日新聞社、1996. 『ル・コルビュジェ：黄金尺』ギャルリー・タイセイ、1997. ル・コルビュジェ(Le Corbusier) 1887-1965.
- (4) 西田幾多郎「生命」「哲学論文集」第七、岩波版『全集』第11巻所収。本稿中の西田の引用はすべてこの「生命」からである。
- (5) カップ(Ernst Kapp, 1808-1896)はヘーゲル左派の技術哲学者。
- (6) ポランニイ(Michael Polanyi, 1891-1976)はハンガリー出身、イギリスの物理化学者・哲学者。
- (7) 村松貞次郎『大工道具の歴史』岩波新書、1973。
- (8) モリヌクス(モリノー)(William Molyneux, 1656-1698)はイギリスの哲学者。友人のロック(John Locke, 1632-1704)に宛てた書簡(1693年3月2日付け)で提出した問題。ロックの『人間知性論』第2巻第9章第8節に初出する。
- (9) チェゼルデン(William Cheselden, 1688-1752)はイギリスの外科医。
- (10) G. バークリー(George Berkeley, 1685-1753)はアイルランド出身の哲学者・聖職者。バークリー『視覚新論 付・視覚論弁明』下条信輔・植村恒一郎・一ノ瀬正樹訳、勁草書房、1990、pp. 108-111。
- (11) ダーヴィット・カツ「触覚的形の構造に対する視覚および運動過程の寄与」『触覚の世界』東山篤規・岩田絹代訳、新曜社、2003のpp. 165-173に所収。カツ(David Katz, 1884-1953)はゲッチンゲン大学出身の実験心理学者。
- (12) ヘレン・ケラー『わたしの生涯』、岩橋武夫訳、1966.
- (13) マイケル・ブルックス『まだ科学で解けない13の謎』(楡井浩一訳)、草思社、2010年、pp.242-243。
- (14) 谷藤学「モノを見る脳の仕組み」(平成基礎科学財団主催講座)、NHK教育テレビ2010年9月5日放送。
- (15) 伊藤正男編『脳と認識』平凡社、1982、の諸論文、とりわけ岩村吉晃「触る—アクティブタッチの神経機構」、酒田英夫「感覚の統合—連合的認識」。
- (16) 香原志勢『手の動きと脳のはたらき』築地書館、1995年。
- (17) チャールズ・ベル『手』岡本保訳、医学書院、2005年。ベル(Charles Bell, 1774-1842)はスコットランドの解剖学者。臨床神経学の開拓者。
- (18) 濱田穰『なぜヒトの脳だけが大きくなったのか』講談社、2007年、p. 63.
- (19) 同上およびフランク・ウィルソン『手の五〇〇万年史』藤野邦夫・古賀祥子訳、新評論、2005年。
- (20) 三木成夫『胎児の世界』中央公論社、1983。
- (21) 三木成夫『生命形態学序説』うぶすな書院、1992。三木原凶・体節と鰓節のメタモルフォーゼ。同書に金子務解説「生命記憶と古代形象」294-307頁を載せた。
- (22) ベルクソン『思想と動くもの第一(哲学入門他)』河野与一訳、岩波文庫、1952。
- (23) ジャン・ブラン『手と精神』(中村文郎訳)法政大学出版局、1990、p. 117。

第70回 形の科学シンポジウム

「色と構造」

- 【主催】形の科学会 【共催】兵庫県立加古川東高等学校（地学部）
【会期】2010年11月19日(金), 20日(土), 21日(日)
【会場】兵庫県立加古川東高等学校 同窓会館 〒675-0039 兵庫県加古川市加古川町栗津 232-2 兵庫県立加古川東高等学校 交通アクセス：<http://www.hyogo-c.ed.jp/~kakohigashi-hs/01syokai/map.html> (JR 加古川駅より徒歩約10分)
【世話人】川勝和哉 〒675-0039 兵庫県加古川市加古川町栗津 232-2 兵庫県立加古川東高等学校
【参加費】会員・非会員とも一般3000円、学生1500円
【懇親会】2010年11月20日(土) 17:30 イタリアンレストラン「メイド・マリアン」
【懇親会費】検討中

プログラム

11月19日(金)

13:30 受付開始

色と構造

14:00-14:25 ニホントカゲ表皮をモデルとした多層薄膜の作製
宮本潔 1、星元規 2、小作明則 1 (1 獨協医科大学、2 筑波大学)

14:25-14:50 前カントル集合的媒質における電磁波の透過率とその特異性について 3.電磁波の局在
海野啓明 1、園田潤 1、小幡常啓 2 (1 仙台高等専門学校、2 群馬工業高等専門学校)

(休憩 14:50-15:05)

色と構造

15:05-15:30 蝶の翅のフォトニック結晶による構造色
藤田浩晃、吉岡伸也、木下修一 (大阪大学大学院生命機能研究科)

15:30-15:55 ミミズの表皮網目繊維構造をつくる成長点と成長モデル
小作明則、宮本潔 (獨協医科大学医学総合研究所)

(休憩 15:55-16:10)

形の科学一般

16:10-16:35 曲率に依存した拡散方程式Ⅱ—ねじれたチューブ内での拡散—
小川直久 (北海道工業大学)

公開講演および実験演示

16:35-17:20 光音響効果による温室効果ガスの検証
福原朗子 1、金子文俊 2 (1 北海道工業大学空間創造学部都市環境学科、2 大阪大学理学研究科)

11月20日(土)

8:40 受付開始

形の科学一般

9:00-9:25 中生代放散虫 *Pantanellium* の形態形質とその分類学的評価
松岡篤 1、吉野隆 2、栗原敏之 1、石田直人 1、木元克典 3、岸本直子 4、松浦執 5 (1 新潟大学理学部、2 東洋大学理工学部、3 (独) 海洋研究開発機構、4 京都大学工学研究科、5 東京学芸大学教育学部)

9:25-9:50 コロイト帯電ポリスチレン球を内包したベシクルの分裂規則

植田毅 (千葉大学総合メディア基盤センター)

9:50-10:15 On the face-vector realizing as a projection of a knot

菰田敏行、遠藤敏喜 (自由学園最高学部)

(休憩 10:15-10:30)

形の科学一般

10:30-10:55 富士火山貞観噴出物中の斜長石累帯構造パターン

佐藤博明 1,2、藤田奈穂 2、御堂丸直樹 2 (1 静岡大学防災総合センター、2 神戸大学理学部地球惑星科学科)

形と知

10:55-11:20 雪結晶の万華鏡づくり

松村光太郎 (宮城学院女子大学)

11:20-11:45 成層圏都市の可能性について

阿竹克人 ((株) 阿竹研究所)

展示解説

11:45-11:50 石膏模型でみる有孔虫のさまざまなかたち

岸本直子 1、木元克典 2、岩下智洋 3 (1 京都大学工学研究科、2 (独) 海洋研究開発機構、3 有限会社ホワイトラビット)

11:50-11:55 トピックマップサーバーを軸にした学習システムにおけるインタフェースデバイスの展開
河原崎幸之介 1、和気聡 1、天野公貴 1、小池貴子 1、中村優美 1、武田博直 2、内藤求 3、松浦執 1 (1 東京学芸大学、2 (株) セガ、3 (株) ナレッジシナジー)

11:55-12:00 成層圏都市の可能性について
阿竹克人 ((株) 阿竹研究所)

12:00-12:05 衛星「みちびき」の軌道を説明する模型
清水祐樹 (愛知医科大学医学部生理学第2講座)

12:05-12:10 中生代放散虫 *Pantanelium* の実体モデルと走査型電子顕微鏡像

松岡篤 1、吉野隆 2、岸本直子 3、木元克典 4、栗原敏之 1、石田直人 1、松浦執 5、手嶋吉法 6 (1 新潟大学理学部、2 東洋大学理工学部、3 京都大学工学研究科、4 (独) 海洋研究開発機構、5 東京学芸大学教育学部、6 産業技術総合研究所)

12:10-12:15 3D ソフトで設計した今風ペーパークラフト

田中正彦研究室 (兵庫大学経済情報学部)

(12:15-13:20 昼休み+展示)

形の科学

13:20-13:45 手指運動の解析による横書き書字の問題とその対処の考察

杵名健一郎 (名古屋市立大学)

13:45-14:10 マルコフモデルを用いたバスケットボールの試合解析

鳥光厚志、遠藤敏喜 (自由学園最高学部)

14:10-14:35 腹式呼吸で横隔膜はどのように動くか～X線動画による測定～

清水祐樹 (愛知医科大学医学部生理学第2講座)

(14:35-14:50 休憩)

高校生セッション

14:50-15:15 兵庫県南東部加古川市一高砂市に分布する高級石材凝灰岩「竜山石」の赤色化の原因～兵庫県立加古川東高等学校地学部 (2010) を検証する～

福本美南、江籠徳行、角田優貴、赤松沙耶、平田真由佳 (加古川東高等学校地学部竜山石班)

15:15-15:40 兵庫県南東部加古川市一高砂市に点在する古墳時代の石棺の鉱物学的・考古学的研究～淡黄色凝灰岩「竜山石」の分類をもとにして～

井上紗智、友藤優、高見大詩、木村優香、福田頌子 (加古川東高等学校地学部石棺班)

15:40-16:05 地学 I の教科書にある「条痕色」の定義を考える～「金鉱の条痕色は黄金色」はどのように調べたか～

田村優季、近江毅志、岡島菜穂子、小松原啓紀、高田千春、蓬萊明日、村主美佳、山本崇広 (加古川東高等学校地学部条痕色班)

(休憩 16:05-16:20)

特別講演

16:20-17:20 はだ色の不思議

沼原利彦、沼原紀予 (医療法人社団ぬまはら皮ふ科)

17:30-19:30 懇親会 (レストラン「メイド・マリアン」)

11月21日 (日)

8:40 受付開始

形の科学一般

9:00-9:25 細い毛細血管の周長はとびとびの値をもつ?

本多久夫 (兵庫大学健康科学部)

9:25-9:50 力学系におけるホモクリニック軌道の強制関係

山口喜博 1、谷川清隆 2 (1 帝京平成大学、2 国立天文台)

9:50-10:15 円錐曲線論の本邦への初導入とニュートンのプリンキピア

杉本剛 (神奈川大学工学部)

(休憩 10:15-10:30)

形の科学一般

10:30-10:55 ディスクレパンシーによる形の乱雑さの評価

根岸利一郎、関口久美子 (埼玉工業大学)

10:55-11:20 絞り染めの可能性を考える

中村健蔵 (MathArt 作家)

11:20-11:45 螺旋による造形

森田克己 (札幌大谷大学短期大学)

Forum

11:45-12:10 自然発生するリップルについて— イオンビームエッチングによるパターン形成と砂丘の風紋—

元廣友美 1,2、大日方圭 1、竹田康彦 1 (1 (株) 豊田中央研究所、2 豊田工業大学)

(12:10-13:25 昼休み+展示)

形の科学

13:25-13:50 ボロノイ・セル相互作用モデルによる多角形分割パターンの解析

種村正美 (統計数理研究所)

13:50-14:15 正四面体座標系による4次元正多胞体の表現について

吉野隆 1、小川泰 2 (1 東洋大学理工学部、2 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門、2 筑波大学名誉教授、2 科学芸術学際研究所 ISTA)

14:15-14:40 大偏差ネットワーク解析

宮崎修次 1、高口太郎 2 (1 京都大学情報学研究科、2 東京大学情報理工学系研究科)

(休憩 14:40-14:55)

14:55-15:20 美の幾何学 XI 科学としての幾何学～配置の問題を例として～

小川泰 (産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門、筑波大学名誉教授、科学芸術学際研究所 ISTA)

15:20-15:45 ゲノム距離非ゼロ性：形は同一でもゲノムに相違あり

西垣功一 1、駒崎峻 1、上関明子 1、相田拓洋 1、宮崎祐子 2、佐竹暁子 2 (1 埼玉大学大学院理工学研究科、2 北海道大学創成研究機構)

15:45-16:10 膜の強度を考慮した宇宙風船構造のかたちと試作

岸本直子 1、青木隆平 2、本多菜摘 2、小嶋淳 3、宮崎康行 4 (1 京都大学工学研究科、2 東京大学工学系研究科、3 太陽工業株式会社、4 日本大学理工学部)

展示の部 (11月19日～11月21日)

(P1) 石膏模型でみる有孔虫のさまざまなかたち

岸本直子 1、木元克典 2、岩下智洋 3 (1 京都大学工学研究科、2 (独) 海洋研究開発機構、3 有限会社ホワイトラビット)

(P2) トピックマップサーバーを軸にした学習システムにおけるインタフェースデバイスの展開

河原崎幸之介 1、和気聡 1、天野公貴 1、小池貴子 1、中村優美 1、武田博直 2、内藤求 3、松浦執 1 (1 東京学芸大学、2 (株) セガ、3 (株) ナレッジシナジー)

(P3) 成層圏都市の可能性について

阿竹克人 ((株) 阿竹研究所)

(P4) 衛星「みちびき」の軌道を説明する模型

清水祐樹 (愛知医科大学医学部生理学第2講座)

(P5) 兵庫県南東部加古川市～高砂市に分布する高級石材凝灰岩「竜山石」の赤色化の原因～兵庫県立加古川東高等学校地学部 (2010) を検証する～

福本美南、江籠徳行、角田優貴、赤松沙耶、平田真由佳 (加古川東高等学校地学部竜山石班)

(P6) 兵庫県南東部加古川市～高砂市に点在する古墳時代の石棺の鉱物学的・考古学的研究～淡黄色凝灰岩「竜山石」の分類をもとにして～

井上紗智、友藤優、高見大詩、木村優香、福田頌子 (加古川東高等学校地学部石棺班)

(P7) 地学 I の教科書にある「条痕色」の定義を考える～「金鉱の条痕色は黄金色」はどのように調べたか～

田村優季、近江毅志、岡島菜穂子、小松原啓紀、高田千春、蓬莱明日、村主美佳、山本崇広 (加古川東高等学校地学部条痕色班)

(P8) 中生代放散虫 *Pantanellium* の実体モデルと走査型電子顕微鏡像

松岡篤 1、吉野隆 2、岸本直子 3、木元克典 4、栗原敏之 1、石田直人 1、松浦執 5、手嶋吉法 6 (1 新潟大学理学部、2 東洋大学理工学部、3 京都大学工学研究科、4 (独) 海洋研究開発機構、5 東京学芸大学教育学部、6 産業技術総合研究所)

(P9) 3D ソフトで設計した今風ペーパークラフト

田中正彦研究室 (兵庫大学経済情報学部)

ニホントカゲ表皮をモデルとした多層薄膜の作製

宮本 潔, 星 元規*, 小作明則

獨協医科大学, 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880, *筑波大学, 茨城県つくば市
天王台 1-1-1

E-mail: miyamoto@dokkyomed.ac.jp

**Thin-film Multilayer Modeled on Structural Colored Skin of Infant Lizard
(*Plestidon japonicus*)**

Kiyoshi Miyamoto, Motoki Hoshi* and Akinori Kosaku

Dokkyo Medical University, Tochigi 321-0293 Japan, * University of
Tsukuba, Ibaraki 305-8577 Japan**Keywords:** thin-film multilayer, vacuum coating, lizard skin, structural color,
scale

1. はじめに

ニホントカゲは幼生期に金属光沢の尾を持っている。この色はトカゲ表皮（鱗）最表面のおよそ7層からなる多層膜に由来する構造色であることが明らかとなった（小作ら[1]）。今回、この多層膜構造のモデルを検証するため、超高真空蒸着法により多層薄膜を基板上に作製し、干渉色の再現を試みた。

2. 多層薄膜モデル

トカゲ表皮を TEM 観察すると、その鱗には表面から深さを増すにつれ厚みを増してゆく7層の膜があり、各層は厚さ 11.3 nm の空気層と考えられる隙間で隔てられている（図1）。

多層膜（I層～VII層）が屈折率 1.58 の chitin でできているとすると、個々の層の optical path length, 厚さ×

屈折率にあわせ、SiO₂（屈折率：1.46）と Fe を交互に厚さをコントロールしながら蒸着し、膜を積み上げ、Fe の薄膜を後から除去できれば、光学的に同等の多層薄膜が作成できると考えた。

3. 多層薄膜の作製

試料は、到達真空度が 5.0×10^{-9} Torr である超高真空蒸着器（日本シード研究所製）を用い、真空を破らないようにそれぞれの層を交互に連続して成膜した。蒸発源は SiO₂（石

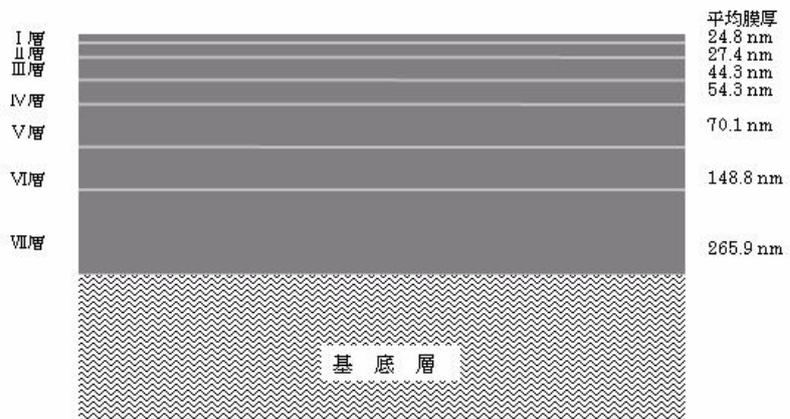


図1 ニホントカゲ表皮の多層膜モデル

英ガラス，フルウチ化学，純度 99.99%）および空気層作製のための Fe（高純度化学研究所，純度 99.999%）を使用し、電子ビームで加熱することにより蒸発させ基板上に堆積させた（図 2）．基板は MgO(001)単結晶を研磨したものを使用し、成膜前に 600℃で加熱することにより表面を清浄化した．

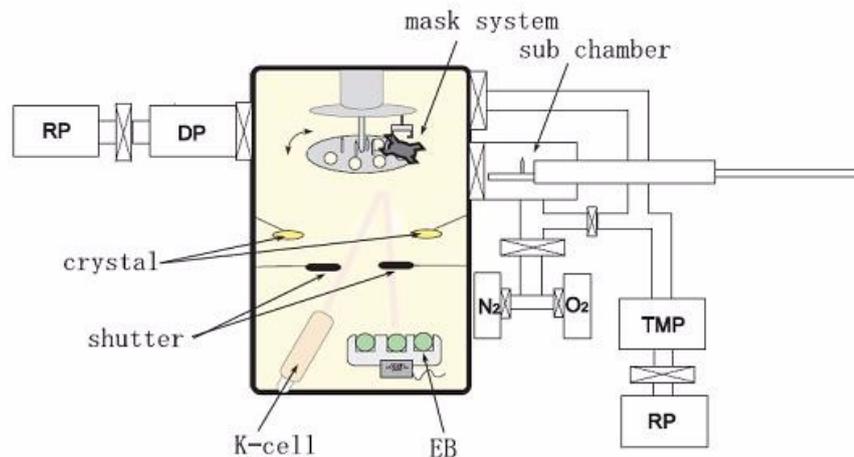


図 2 超真空蒸着装置の概略

成膜時の基板温度を 50℃，SiO₂と Fe の成膜速度を 2.0 Å/s，0.5 Åとして図 1 に示す膜厚構成を持つ多層薄膜を作製した．このときの膜厚は校正済みの水晶振動子膜厚計（Inficon IC5）を用いて成膜と同時に計測した．

作製した多層膜は濃度 1%の希塩酸を用いてエッチングを行い，Fe 層を溶解し，エタノールで洗浄後，大気中で乾燥させ空隙層を得た．

4. 結果

図 3 の写真は試料に対し 45° 方向から見たものである．エッチングした後の試料には青色の発色が確認できた．見る角度を変えると色が変化することから，この色は干渉色によるものであろう．この試料を真空中に放置したところ，干渉色が消失した．これは空気層が無くなったためと考えられる．



図 3 エッチング後の多層膜（水色）

謝辞

本研究にたずさわりの多大の労力を提供くださった筑波大学数理の鈴木和也氏に謝意を表します．

参考文献

- [1] 小作明則，宮本潔（2009）輝く色彩の尾をもつ幼体のニホントカゲ（*Plestidon japonicus*）表皮の微細構造，形の科学誌 24，23-24

前 Cantor 集合的媒質における電磁波の透過率とその特異性について

3. 電磁波の局在

海野啓明¹, 園田潤¹, 小幡常啓²¹ 仙台高等専門学校, 〒 989-3124 仙台市青葉区愛子中央 4-16-1,² 群馬工業高等専門学校, 〒 371-5830 前橋市鳥羽町 580

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

Anomaly of Transmission Properties in Pre-Cantor Dielectric Multilayers

3. Localization of Electromagnetic Wave

Keimei KAINO¹, Jun SONODA¹ and Tunchiro OBATA²¹Sendai National College of Technology, ²Gunma National College of Technology

Abstract Using the transmission-line theory, we investigate properties of wave propagation and resonance in pre-Cantor bars of two kinds of layers. As the stage number n of pre-Cantor bar of the length L increases, the bar is harder to transmit waves and at the midpoint $x_k = L/2 \cdot 3^k$ of a white layer of the bar the field amplitude with resonant frequencies rises exponentially as $|V(x_k)| \leq \varepsilon_r^{2^{n-k-2}}$ where ε_r is the ratio of dielectric constants. We will show the transmission properties of pre-Cantor microstrip lines.

Keywords: Pre-Cantor set, transmission coefficient, resonance, localization, microstrip line

1 はじめに

フラクタル的媒質は電磁波伝搬において興味深い性質を示す。例えば、誘電体で作った低ステージの Menger スポンジでは電磁波が局在するという [1]。Menger スポンジの対角線上は Cantor 集合である。本論では前 Cantor 集合的媒質における電磁波伝搬と共振時の電磁波の局在について調べる。伝送線理論を用いると第 n ステージの媒質における透過率 $t^{(n)}$ が求められる。高ステージでは $t^{(n)} = 1$ となる点 (透過波の周波数) の集合は Cantor 集合と同じく冪集合になるが, $t^{(n)}$ は急激 0 となり電磁波を殆ど通さないこと, また, 媒質の共振特性を調べると, 高ステージでは中央部の電圧と電流の強度の上限は指数関数的に増大することが示される [2]。本論では, 共振周波数において媒質内部の電圧と電流の強度が, 高ステージになるほど中央部に局在することを示す。さらに, 前 Cantor 媒質の特性を実験的に調べるためにマイクロストリップ線路が利用できることを示す。

2 前 Cantor 集合的媒質における電磁波伝搬

前 Cantor 媒質は, 図 1 のように媒質 2 (ε_2, μ_2) を 3 等分して中の部分を取り除き媒質 1 (ε_1, μ_1) で置き換える操作を続けたものである。第 0 ステージから出発して n 回の操作を施すと第 n ステージ前 Cantor 媒質が得られる。本論では媒質は無損失とし, $\varepsilon_1 < \varepsilon_2$, および $\mu_1 = \mu_2$ とする。図 1 の第 0 ステージの媒質は図 2 の伝送線で表される。添字 $i = 1, 2, 3$ により 3 つの領域 $x < a$, $a < x < b$, $x > b$ を表す。媒質の単位長さあたりの直列

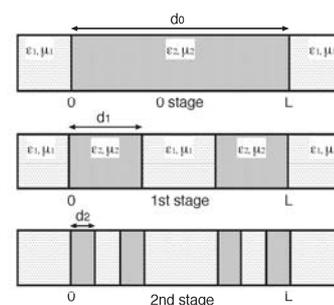


図 1 低ステージの前 Cantor 媒質

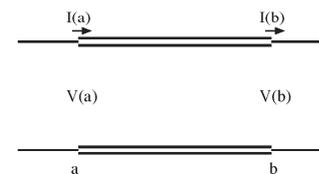


図 2 伝送線

インピーダンスと並列アドミタンスをそれぞれ Z_i と Y_i とおくと, 無損失の場合は $Z_i = j\omega L_i$, $Y_i = j\omega C_i$ より, 伝播定数と特性インピーダンスは $\gamma_i = \sqrt{Y_i Z_i} = j\beta_i$, $Z_{0i} = \sqrt{Z_i/Y_i}$ となる。ただし, $\gamma_3 = \gamma_1$, $Z_{03} = Z_{01}$ である。ここで $C_i = \varepsilon_i$, $L_i = \mu_i$ とおくと Maxwell 方程式と対応がつく。

伝送線理論によれば, 例えば媒質 i における電圧は $V(x) = A_i e^{-\gamma_i x} + B_i e^{\gamma_i x}$ と表わされる。ここに A_i と B_i はそれぞれ進行波と後退波の振幅である。第 0 ステージの遷移行列 $T^{(0)}$ を $t(A_1, B_1) = T^{(0)}(a, b) t(A_3, B_3)$ (t は転置) で定義すると, 第 n ステージの前 Cantor 媒質

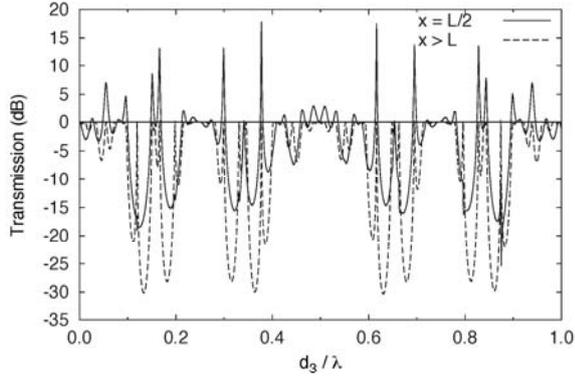


図3 第3ステージの透過率と中央の電圧強度

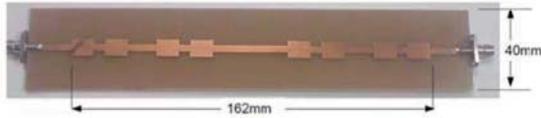


図4 第3ステージのマイクロストリップ線路

の遷移行列 $T^{(n)}$ は、次の漸化式により求められる。

$$T^{(k)}(0, L) = T^{(k-1)}(0, \frac{L}{3}) T^{(k-1)}(\frac{2L}{3}, L) \quad (1)$$

($k = 1, \dots, n$) [3]. 第 k ステージの遷移行列は

$$T^{(k)}(0, L) = \begin{pmatrix} \xi_k e^{-\gamma_1 L} & \eta_k e^{\gamma_1 L} \\ \eta_k^* e^{-\gamma_1 L} & \xi_k^* e^{\gamma_1 L} \end{pmatrix} \quad (2)$$

と表わされるので、無損失のとき $T^{(k)} = |\xi_k|^2 - |\eta_k|^2 = 1$ が成り立つ。第 n ステージの透過率は $t^{(n)} = 1/|\xi_n|^2$ は

$$t^{(n)} = 1/(1 + 4^n (\sinh \alpha)^2 s^2 \prod_{k=0}^{n-1} |\xi_k|^2 c_k^2) \quad (3)$$

となる [2]. 反射率は $r^{(n)} = 1 - t^{(n)}$ となる。ただし、 $\xi_k = |\xi_k| e^{j\theta_k}$ として、 $c_k = \sin(3^k \beta_1 d + \theta_k)$, $s_k = \cos(3^k \beta_1 d + \theta_k)$ である。また、層厚は $d = L/3^n$, $Z_{01}/Z_{02} = \sqrt{\varepsilon_r} = e^\alpha$ (比誘電率 $\varepsilon_r = \varepsilon_2/\varepsilon_1$) とおく。さて、漸化式から

$$|\xi_k| \leq \cosh(2^k \alpha), \quad |\eta_k| \leq \sinh(2^k \alpha) \quad (4)$$

が得られ、次の不等式

$$4^n (\sinh \alpha)^2 \prod_{k=0}^{n-1} |\xi_k|^2 \leq \sinh^2(2^n \alpha) \quad (5)$$

が成り立つので、(3) 式の名分の係数はステージ数と共に急速に増大し、媒質は電磁波を透過しにくくさせる。

3 媒質内部における電磁波の共振と局在

前コントロール媒質中央部 ($\frac{L}{3} < x < \frac{2L}{3}$) の電圧、電流の大きさは、 $\exp j\beta_1(\frac{L}{2} - x) = C + jS$ とおくと、

$$\begin{pmatrix} V(x) \\ I(x) \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} C & jSZ_{01} \\ jS/Z_{01} & C \end{pmatrix} \begin{pmatrix} V(\frac{L}{2}) \\ I(\frac{L}{2}) \end{pmatrix} \quad (6)$$

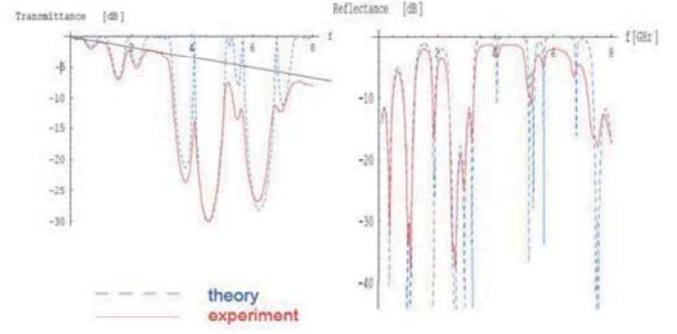


図5 第3ステージのマイクロストリップ線路による透過率と反射率

と表される。 $V(\frac{L}{2})$, $I(\frac{L}{2})$ は前コントロール媒質中央部の電圧と電流で、第 n ステージで新しくできた伝送帯では $c_{n-1} = 0$ ($s_{n-1} = \pm 1$, $|\xi_n| = 1$) より

$$|V(\frac{L}{2})| = |Z_{01} I(\frac{L}{2})|^{-1} = (|\xi_{n-1}| + |\eta_{n-1}|)^{\pm 1} \quad (7)$$

となり、その他の伝送帯では $c_{n-k} = 0$ ($k = 2, \dots, n$) または $s = 0$ より $|V(\frac{L}{2})| = |Z_{01} I(\frac{L}{2})|^{-1} = 1$ となる。

電圧共振の最大振幅は (4), (7) 式より

$$20 \log |V(\frac{L}{2})| \leq 20 \cdot 2^{n-1} \alpha \quad [\text{dB}] \quad (8)$$

となるので、ステージ数を上げると指数関数的に増大する。第 n ステージの媒質 1 の中心の系列

$$x_k = L/(2 \cdot 3^{k-1}), \quad (k = 1, \dots, n-1) \quad (9)$$

では、電圧共振のとき電圧の最大振幅について不等式

$$20 \log |V(x_k)| \leq 20 \cdot 2^{n-k-1} \alpha \quad [\text{dB}] \quad (10)$$

が成り立つので、電圧共振時の電圧最大振幅が不等式の上限で表わされるならば電圧は中央部に局在する。

図3に第3ステージの媒質の透過率(点線)と媒質中心の電圧強度(実線)を示す。マイクロストリップ線路を用いて前Cantor媒質が作成できる [4]. 第3ステージの線路を図4に示し、その透過率と反射率の測定結果を図5に示す。図5右図と図3の理論計算(点線)とはよく一致するが、実線で示される損失があり共振時も透過波が透過しにくくなる。この線路による方法は前Cantor媒質の電磁波閉じ込めの研究や新規デバイスの開発に有用である。

参考文献

- [1] M. W. Takeda et al.: Phys. Rev. Lett., **92**, 093902-1-093902-04 (2004).
- [2] 海野啓明, 園田潤: 形の科学会誌, **23**, 91-92 (2008);
- [3] K. Honda and Y. Otobe: J. Phys. A., **39**, L315-L322 (2006).
- [4] 静野薫 他: 電子情報通信学会 2010 年総合大会予稿

蝶の翅のフォトニック結晶による構造色

藤田浩晃*、吉岡伸也、木下修一
 大阪大学大学院 生命機能研究科
 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-3
 E-mail*: fujiaki@fbs.osaka-u.ac.jp

Structural color produced by photonic crystal in butterfly wing

Hiroaki Fujita, Shinya Yoshioka, Shuichi Kinoshita
 Graduate School of Frontier Biosciences, Osaka University
 1-3 Yamadaoka, Suita, Osaka

Abstract: The green patch of the wing of a butterfly *Parides Sesostris* is produced by a three-dimensional natural photonic-crystal-like structure inside wing scales. This wing scale has a very peculiar appearance: under crossed polarizer and analyzer, it is observed to have domained regions with different colors (e.g., blue, sky blue, and deep blue). To clarify the coloration mechanism of this butterfly, we have performed detailed structural, optical, and computational investigations.

Keywords: structural color, photonic crystal, gyroid structure

1. はじめに

フォトニック結晶は光の波長程度の周期性を持つ微細な構造体である。その大きな特徴は、ある波長範囲の光の伝搬モードが存在しないフォトニックバンドギャップ(PBG)を持ちうることである。PBGに含まれる波長の光は結晶内部に進入できないため、極めて高い反射率を持つ。

自然界の生物においても、フォトニック結晶型の微細構造を用いた構造色が多数知られている。本研究では、中南米に生息するマエモンジャコウアゲハ (*Parides sesostris*) を対象に、蝶の翅を持つ三次元周期構造による構造色の仕組みに関する研究をおこなった。

2. 微細構造の観察

マエモンジャコウアゲハの前翅には、鮮やかな緑色の領域がある。その領域の鱗粉一枚を光学顕微鏡で観察すると、全体が緑色に輝いている様子が見られる。ところが2枚の偏光板を利用し、反射により偏光が90°回転する成分を用いて鱗粉を観察すると、鱗粉には図1Dのようなステンドグラス状の様相が現れ、各ドメインは藍色・青色・水色に輝く。1つのドメインの大きさは約10 μmである。この鱗粉の微細構造を、電子顕微鏡を用いて調べると、鱗粉の底部に複雑な周期構造が観察できた(図1E)。この構造はジャイロイド構造(立方晶で空間を二つに分ける共連結構造)で

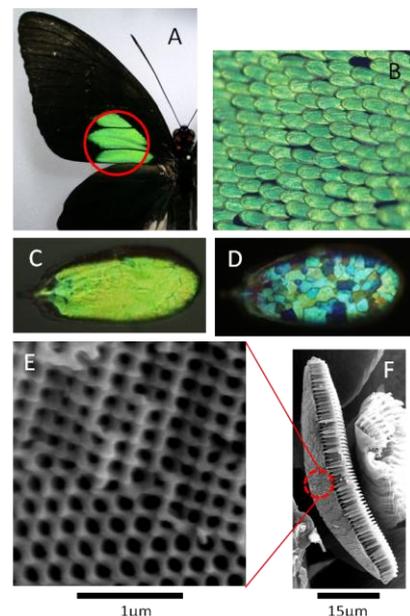


図 1. マエモンジャコウアゲハの鱗粉の微細構造

あると言われており[1]、単位格子の周期はおよそ 320 nm である。さらに詳しく観察すると、微細構造の断面には周期構造の境界があることが分かる。例えば図 1E の上側は正方格子、下側は六方格子のような対称性を持っている。すなわち、鱗粉は方位が異なるジャイロイド構造の多結晶体として形成されている。このことがステンドグラスのようなドメイン模様の起源であると考えられる。

3. 光学測定

顕微分光法を用いて、単一ドメインからの反射スペクトルを測定した（測定領域は直径約 5 μm の円）。2 枚の偏光板を平行配置にして、偏光が回転しない成分を用いて実験をおこなうと、550 nm 付近に幅の広いピークが存在し、その短波長側に鋭いサイドピークがいくつか確認できる。鱗粉を回転させて、

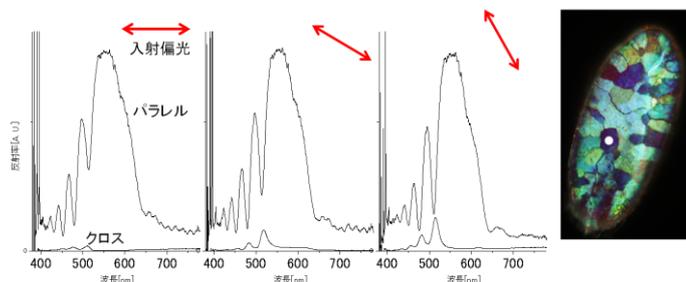


図 2 顕微分光法を用いた単一ドメイン反射スペクトル測定

ジャイロイド構造に対する入射偏光の向きを変えてもスペクトルはほとんど変化しない。一方偏光板を直交させた場合には、強度が大きく減少するとともに、スペクトル形状は奇妙なものになる。幅の広いピークは見られず、短波長側にいくつかのピークがあるだけである。この偏光配置では入射偏光の向きを変化させるとピークの強度が大きく変化することが分かった。強度変化に伴い、例えば藍色であったドメインは青色、水色へと変化する様子が見られた。つまり、図 1D に見られる各ドメインの色の差は、構造と入射偏光の向きの関係がドメイン毎に違うことによって生まれている。また、複数のドメインで実験をおこない、どのドメインにおいても同様な結果が得られることを確かめた。

以上の実験から、マエモンジャコウアゲハの構造色には以下のような特徴がある事が分かった。

- ① 粒径 10 μm 程度のジャイロイド多結晶構造が構造色の主たる起源である。
- ② 偏光板が平行配置での実験においては、入射偏光にほとんど依存しない緑色の反射がある。
- ③ 偏光板が直交配置での実験においては、強度が入射偏光に大きく依存する青色の反射がある。
- ④ 各ドメインはほぼ同じ光学特性を持つ。

フォトリソグラフィによる光の反射を X 線回折におけるブラッグ反射との類推で考えてみると、立方晶による結晶がランダムな方位で存在するとするならば、ブラッグの反射を起こす面間隔がドメイン毎に異なるため、反射される光の波長はドメインにより大きく異なるはずである。ところが実験ではその予測に反して緑色しか観察されなかった。なぜマエモンジャコウアゲハの鱗粉はどのドメインにおいても緑色に見えるのだろうか？また上記のような回転した偏光の反射特性がどのようにして現れているのであろうか？これらの疑問に答えるため、Pendry の転送行列法[2]、厳密結合波解析法 (RCWA)、ボルン近似を用いた解析など、いくつかの数値計算法を用いて反射スペクトルのモデル計算をおこなった。その結果と実験との比較について報告する。

参考文献

- [1] K. Michielsen and D.G. Stavenga, *J. R. Soc. Interface* (2008) **5**, 85-94
- [2] J.B. Pendry, *Journal of modern optics*, 1994, Vol. **41**, no. 2, 209-229
- [3] Leon Poladian *et al.*, *J. R. Soc. Interface* (2009) **6**, S233-S242

ミミズの表皮網目繊維構造をつくる成長点と成長モデル

小作 明則, 宮本 潔

獨協医科大学医学総合研究所

栃木県下都賀郡壬生町北小林 8 8 0

kosaku@dokkyomed.ac.jp

Epidermis Structure and Growth Model of Earthworm

Akinori Kosaku and Kiyoshi Miyamoto

Institute of Medical Science, Dokkyo Medical University, Tochigi, 321-0293 Japan

Abstract : Earthworm add new segments as they grow older by new copies of the body's last segment. We observed growing points of epidermis by TEM and SEM as well as we propose a new model of growth in earthworm.

Keywords : earthworm, growth, epidermis, micro structure

1. はじめに

我々はミミズの体色表皮 (epidermis) の積層繊維構造により生み出されることを明らかにした [1]. この構造についてこれまでミミズ研究者は表皮直下に存在する分泌細胞から分泌されるキチン質の膜と考えてきたが, 繊維構造形成も含めこれを実証するような詳細な研究はなされていない. 今回, 繊維構造の生成過程並びに生成のおこなわれる部位が肛門体節に存在するという示唆 [3] に基づき電子顕微鏡レベルの詳細な知見を得たので報告する.

2. 材料と方法

ミミズ類は成体となると成長が停止してしまうため今回幼体のフトミミズ類 (Megascolecina) を標本として採集した. そのため種の同定はおこなえなかった. 採集した標本はエタノール麻酔をおこなった後, 肛門体節から 4 節目で切断し切断組織を 2.5% グルタルアルデヒドで 2 時間固定し, リン酸バッファーで洗浄後, さらに 1% 四酸化オスミウムで 2 時間固定した. 固定後の標本はエタノール脱水をおこない後, 樹脂に包埋し透過型電子顕微鏡 (TEM) 標本とした. 樹脂標本はウルトラミクロトームによりおおよそ 100 nm の超薄切片を作成, 酢酸ウラニールと四塩化鉛により二重染色し, TEM 観察をした.

3. ミミズ類増節部の表皮構造

今回標本としたミミズ類の基本的表皮構造は図 1 に示すように体表全体が 10 から 20 層前後の互いに直行する積層繊維構造で構成されている. この積層する繊維構造がミミズ体表の虹色の構造色を生み出している [1]. 図 2 には増節成長後の通常体節表皮末端 (後端第 3 節以降) が示されている. 表皮末端は一規則的な表皮クチクラの積層繊維構造が観察される. これに対し後端第二節の成長部体節末端は図 3 に示されるように表皮の積層繊維構造が体節嵌入部終端において一部が途切れていたり, 不規則に乱れる (図 3. 矢印). さらに表皮繊維束は断面直径の小さい

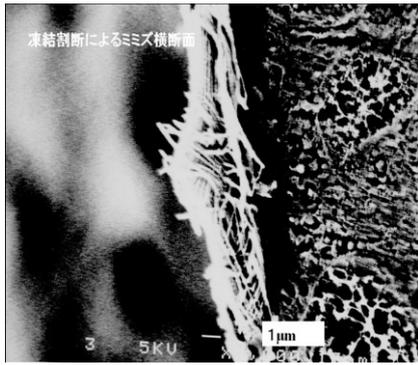


図1 表皮繊維構造のSEM像

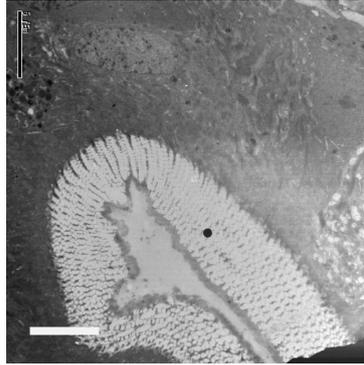


図2 成長に関与しない体節
末端表皮 TEM 像

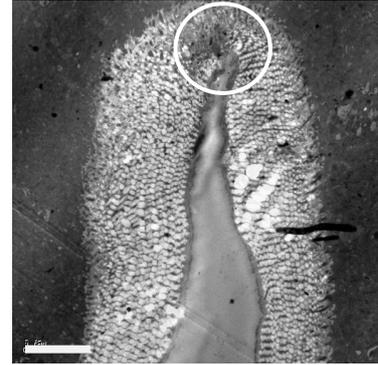


図3 伸長増設部の体節末端
表皮 TEM 像

繊維が不規則かつ多数化していることがわかった。現在、我々はこの部分においてミミズ表皮が肛門方向から前方の頭部に向かって体表全体をらせん状に覆うように連続する繊維層を加齢に従い伸長させることにより脱皮をせずにミミズ類が伸長肥大生長しているのではないかと考えている。

4. ミミズ類の成長様式と進化系統

前口動物の進化系統については近年目覚ましい発展を遂げつつある分子系統学[4]によりこれまでとは異なる分類体系が提唱され、その基本的な分類形質として成長時に脱皮をするかしないかが大きな論点として取り扱われている。新たな分類体系ではミミズ類は脱皮をしない冠輪動物群 (Lophotrochozo) として脱皮をする昆虫類などの (脱皮動物群、Ecdysozoa) とは異なる動物群に分類される。この「脱皮をしない成長」についての詳細な研究はおこなわれておらず、今回得られた知見から我々は「脱皮をしない成長」における表皮の形成モデルを次のように考えてみた。

ミミズの成長は体躯の体節増節により伸長成長をおこなうが、まず体節数の増加は肛門体節の直前の体節 (後ろから2番目) の体節において前方に向け新しい体節を複製増加させることにより成長している。このときミミズ表皮を形成する積層繊維構造の最末端が増節により伸長していく。さらにそれぞれ互いに直行するこの積層繊維構造は繊維が体躯全体をらせん状に尾部から頭部に向かって取り巻いていると考えた。その結果、ミミズ類は脱皮をせず、さらに加齢に伴う肥大生長も可能になると考えられる。ミミズは体節の増加により成長し、体節の増加はミミズ体躯の最末端を形作る肛門体節の直前(後ろから2番目)の体節において前方に向け新しい体節を増加させることにより成長しているのではないか。

参考文献

- [1] 小作明則, 宮本 潔:「環形動物表皮に観察される構造色」形の科学会誌 17(2) 121, 2002.
- [2] <http://www.backyardnature.net/worms.htm>.
- [3] Kouduka M., Sato D., Komori M., Kikuchi M., Miyamoto K., Kosaku A., Naimuddin M., Matsuoka A. and Nishigaki K.: A Solution for Universal Classification of Species Based on Genomic DNA. Int. J. of Plant Genomics article ID 27894:8 2007

曲率に依存した拡散方程式 II
 -ねじれたチューブ内での拡散-

小川直久
 北海道工業大学、札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目
 ogawanao@hit.ac.jp

Curvature Dependent Diffusion II

-Diffusion in Twisted Tube-

Naohisa Ogawa
 Hokkaido Institute of Technology, 7-15 Teine Maeda,
 Sapporo 006-8585 Japan

Abstract: In previous talk, we showed that the particle diffusion in curved surface with thickness depends on curvature of surface. But the physical meaning was not so clear. Now we introduce approximately one dimensional system “Twisted Tube” in R_3 , and we explain the physical reason of curvature dependence of diffusion.

Keywords: Diffusion, Curvature, Reaction Diffusion, Frenet-Serret, Torsion

1. Motivation

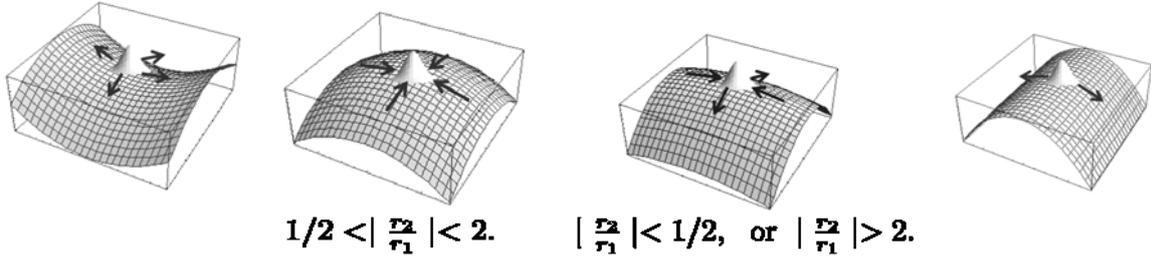
反応拡散方程式によって、いろいろな動物の表皮のパターンがコンピュータシミュレーションで得られるが、実際にはそれらのパターンのいくつかが各部分に混在しているような動物も存在する。たとえばよく知られたアメマス（岩魚）では、写真のように横腹は白斑点であるのに、背中近傍では、斑点が長く伸びてゆき、ラビリンス（迷路）状に変化している。横腹では曲率は小さく、背では曲率が大きいことが拡散方程式に影響を与えるのであれば、このようなパターン変化を曲率によって説明できる可能性がある。この事実に基づいて、埋め込みによる曲面上の拡散方程式を考察し、新しい拡散方程式を曲面の厚さ ε の展開によって求めた。

$$\begin{aligned} \text{Diffusion Equation: } -\frac{\partial \phi^{(2)}}{\partial t} &= \nabla_i (J_N^i + J_A^i), \\ &= g^{-1/2} \frac{\partial}{\partial q^j} g^{1/2} (J_N^i + J_A^i), \end{aligned}$$

Anomalous Diffusion Flow:

$$J_A^i = -\tilde{D} \left\{ (3\kappa^{im} \kappa_m^j - 2\kappa \kappa^{ij}) \frac{\partial \phi^{(2)}}{\partial q^j} - \frac{1}{2} g^{ij} \frac{\partial R}{\partial q^j} \phi^{(2)} \right\}.$$

κ は第 2 基本計量 (外部曲率), R はリッチスカラー (リーマン曲率), ϕ は拡散場。
 この異常な拡散流は、その場所の曲率に応じて、拡散のみならず、凝集も行う。
 流れの様子は、 r_1, r_2 を二つの方向の曲率半径として、以下のように分類される。



$$1/2 < \left| \frac{r_2}{r_1} \right| < 2. \quad \left| \frac{r_2}{r_1} \right| < 1/2, \text{ or } \left| \frac{r_2}{r_1} \right| > 2.$$

双曲面 $R < 0$ 疑似球面 $R > 0$ 疑似球面 $R > 0$ 楕円柱側面 $R = 0$

このような曲率への依存性がどのような理由から生じるのかを考えるため、本論では 1 次元の単純化したモデルで考察する。

2. ねじれたチューブ内での拡散方程式

理論構成は基本的に曲面の場合と同じであるが、曲線の周囲での局所的曲線座標系として、Frenet-Serret の式による基底ベクトルを用いた。

$$\frac{d\vec{e}_1}{ds} = \kappa\vec{e}_2, \quad \frac{d\vec{e}_2}{ds} = -\kappa\vec{e}_1 + \tau\vec{e}_3, \quad \frac{d\vec{e}_3}{ds} = -\tau\vec{e}_2$$

これによるとチューブ内の擬 1 次元的な拡散方程式は曲率に依存し、その効果はすべて拡散係数に繰りこまれる。

$$\frac{\partial\phi^{(1)}}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial s} D_{eff}(s) \frac{\partial}{\partial s} \phi^{(1)}.$$

$$D_{eff} = D \left(1 + \left(\frac{\kappa\epsilon}{2} \right)^2 + \mathcal{O}(\epsilon^4) \right)$$

(s はチューブ中心線の長さのパラメータ)

拡散係数の曲率依存性が、チューブを通過する物質の拡散距離と明確な関係を持つことから、この依存性を直感的に説明することができる。2 次元の場合に直接的に拡張して直感的な説明を行うことは不可能だが、重要な手掛かりを与えてくれる。

3. 参考文献

- N. Ogawa, K. Fujii, A. Kobushkin, Prog. Theor. Phys. 83 (1990)
- N. Ogawa, K. Fujii, N. Chepilko, A. Kobushkin, ibid. 85 (1991)
- N. Ogawa Prog. Theor. Phys. 87 (1992)
- K. Fujii, N. Ogawa Prog. Theor. Phys. 89 (1993)
- N. Ogawa, Phys. Rev. E 81, 061113 (2010)

光音響効果による温室効果ガスの検証

福原朗子

北海道工業大学 札幌市手稲区前田 7 条 15 丁目

fukuhara@hit.ac.jp

金子文俊

大阪大学大学院理学研究科高分子科学専攻 豊中市待兼山町 1-1

toshi@chem.sci.osaka-u.ac.jp

Verification of Greenhouse Gas by Photo-acoustic Effect

Akiko Fukuhara

Hokkaido Institute of Technology, 7-15 Teine Maeda,

Sapporo 006-8585 Japan

Fumitoshi Kaneko

Osaka University, Faculty of Science, Department of high polymer chemistry,

1-1 Machikaneyama, Toyonaka

Osaka 560-0043 JAPAN

Abstract:

Global warming is one of most serious issues of today and detailed analyses have been carried out on this issue. As a chemical education program to simulate this greenhouse effect for students, we have constructed an apparatus by using photo-acoustic (hereafter abbreviated as PA) effect. We can find various greenhouse gases around us, not only CO₂, chlorofluorocarbon but also others. In this presentation, we give not only lecture but also we perform experimental test by using PA effect, and to show greenhouse effect as obviously visible one.

Keywords: Photo-Acoustic effect, CO₂, N₂, Greenhouse gas

1. 目的

地球温暖化は今日の世界において、もっとも深刻な問題のひとつとなっている。化学教育のプログラムとして、温暖化の要因のひとつと考えられる気体の温室効果をシミュレートするために実験装置を考案した。地球温暖化、温室効果や、動作原理の説明とともに実験・演示を行う。

温室効果を引き起こす気体として知られている二酸化炭素やフロンガスはいずれも目に見えず、イメージしにくい。そこで、これらの気体の温室効果を目で見て比較できるようにしたい。この目的のために、周期的な赤外線パルスを気体に照射し、それによって生じる気体の温度変化を音として検知する光音響効果（PA）を用いて、気体の種類ごとに赤外線を吸収する能力の違いを確かめる。

以上のように環境問題を物理・化学の視点でとらえ、教材化したシステムを紹介する。

2. 実験概要

図1に示すように、赤外線（IR）ビームは窓の空いた回転円板（チョッパ）を通過し、ガスの容器に入る。赤外域に非対称分子振動の吸収帯（ $4.3\mu\text{m}$ ）をもつ二酸化炭素はこれを吸収し、その温度は光パルスのON、OFFにあわせて時間とともに変動する。

この短い周期の温度変化は直ちに圧力変化となり、音としてマイクに検知される。（光音響効果）この信号をオシロスコープで観察する。

なお、マイクで検出した音にはノイズが乗っており、トリガーをとること（波形を安定化すること）が困難なため、回転円板の近くに別途、光センサを取りつけ、ここからの光パルスでトリガーをとる。

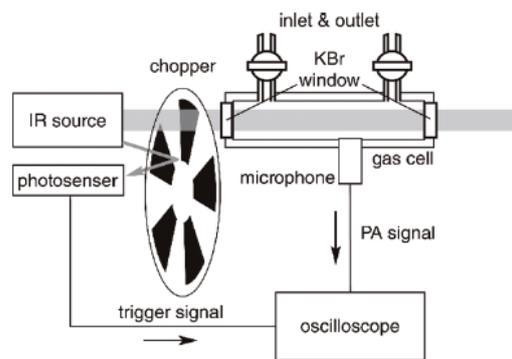


Figure 1. Schematic diagram of a PA experimental system for IR absorption of gases.

図1 装置概略

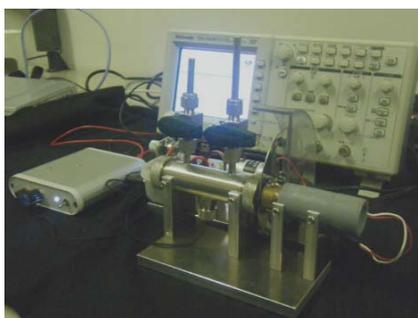
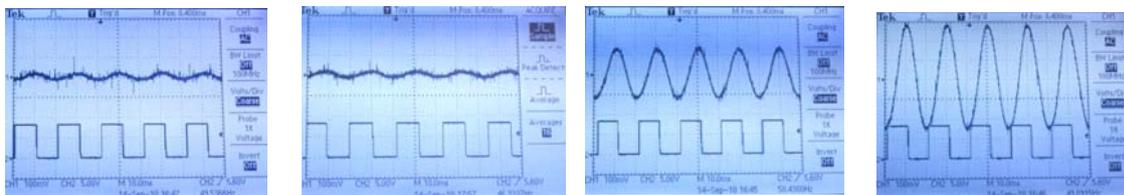


図2 装置の実際

3. 観測結果

図3は、いずれも同じスケールで撮ったもので、容器内のガスは、左から窒素、空気、二酸化炭素、フロンガスである。（図3）⇓



信号の大きさによる比較によって、温室効果の程度が、

窒素 < 空気 < 二酸化炭素 < フロンガス

であることがはっきりと理解できる。窒素でもわずかに、信号が見えるが、これは容器内にわずかに二酸化炭素が残っていることを示している。観察結果から圧倒的に、フロンガスの温室効果が大きいことが理解できるだろう。

4. 教材としての拡充

子供向けの実験として、身近にたくさんあるはずの二酸化炭素を、市販されているガスボンベから取り出して実験するのは芸が無い。

そこで今回は、呼気から水蒸気を取り除き、二酸化炭素のみを取り出して実験する方法、お風呂の入浴剤から二酸化炭素をとり出す、などの方法を用いる。

また、窒素は空気中の80%を占める気体なので、空気中からモレキュラーシーブスを用いて取り出す。また、フロンガスにはエアダスターの市販品を用いる。

装置の材料としてはガス容器の窓板に用いる臭化カリウム結晶板以外は、身の回りのもので代用できる。IRの光源には、銅管の中にニクロム線を入れて電圧を加え、8Wほどの電力を供給した。また、ガス容器は灯油配管用の銅パイプで代用できる。

(右図)



図4 量販店で購入した材料を用いて

なお、よく知られたように、水蒸気は温室効果の高い気体であるが、ここではガス容器の窓に臭化カリウム結晶板を用いており、水によって結晶板が腐食するため、水蒸気の温室効果については実験を行なわなかった。

5. 参考文献

Intergovernmental Panel on Climate Change. Climate Change 2007: The Physical Science Basis; Cambridge University Press: Cambridge (2007)

F. Kaneko, H. Monjushiro, M. Nishiyama, and T. Kasai, Journal of Chemical Education, 3b2, Ver9, ed-2008000446 (2009)

6. Acknowledgement

この装置は、大阪大学の教育機器リノベーションセンターと共同で、金子が開発したものである。

中生代放散虫 *Pantanellium* の形態形質とその分類学的評価

松岡 篤¹, 吉野 隆², 栗原敏之¹, 石田直人¹, 木元克典³, 岸本直子⁴, 松浦 執⁵

1) 新潟大学理学部, 2) 東洋大学理工学部, 3) (独) 海洋研究開発機構,

4) 京都大学工学研究科, 5) 東京学芸大学教育学部

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

Morphological characters of Mesozoic radiolarian *Pantanellium* and their evaluation in taxonomy

A. Matsuoka¹, T. Yoshino², T. Kurihara¹, N. Ishida¹, K. Kimoto³, N. Kishimoto⁴, and S. Matsuura⁵

1) Niigata Univ., 2) Toyo Univ., 3) IORGC/JAMSTEC, 4) Kyoto Univ., 5) Tokyo Gakugei Univ.

Keywords: *Pantanellium*, radiolaria, morphological characters, taxonomy, X-ray micro CT

はじめに

Pantanellium は、中生代トリアス紀に出現し、白亜紀まで生息した放散虫の1属である。本属の放散虫は、殻孔のある球状の外層殻と2本の主棘をもつことで特徴づけられる。X線マイクロCT技術と積層造形法により *Pantanellium* の殻の実体モデルを作成し、外層殻にみられる殻孔の数とその配列様式について検討してきた[1][2][3][4]。今回は、*Pantanellium* 属に含まれる種の分類学的研究のレビューをおこない形態形質の特徴を把握するとともに、種の識別基準について整理する。そのうえで、実体モデルという新たな観察対象を加えることにより、どのような形態形質が分類に有効なのかについて議論する。さらに、追加試料について実体モデルを得たので、それらの形態的特徴についても紹介する。本研究は、新潟大学コア・ステーション「形の科学研究センター」が進める分野横断型共同研究の一部である。

Pantanellium の研究史と形態形質

Pantanellium 属は Pessagno により、Spumellaria 亜目の属として1977年に設立された。同時に *Pantanellium* 属などを含む科として Pantanelliidae 科が新設された。以来、*Pantanellium* 属の新種として、74種が記載されている。また、1977年以前に別の属の種として記載され、*Pantanellium* に帰属させるべき種がいくらかある。

Pessagno and Blome(1980)は、*Pantanellium* 属の種レベルの分類基準として以下の5つの形態形質をあげている[5]。1. 主棘の微細構造(主棘にある溝と稜の幅)、2. 殻孔柱の厚さ、3. 殻孔柱の頂点にみられる突起物の有無、4. 殻孔柱の大きさ数、5. 主棘の長さ。実際、Pessagno およびその門下の研究者は、この基準にしたがって種の区分を行っている。それ以外に研究者も、おおむねこの取り扱いに準じて形態形質を認識し、記載している。なお、外層殻に含まれる内層殻については、これまで分類形質として取り上げられていない。

形態形質の評価

先に述べた5つの形態形質のうち、殻孔の数を除くと、個体発生の段階の違いにより形態が異なることが予想される。例えば、主棘の長さは個体発生に伴って伸張するはずである。主棘の微

細構造も殻成長とともに変化していくであろう。また、殻孔枠の厚さや頂点の突起物についても殻物質の付加によって変化しうる。一方、殻孔の数は、個体発生の過程で変化しない形質であるといえる。

白亜紀最前期の *Pantanellium*

これまでに実体モデルを作成してきた *Pantanellium* は、すべてマリアナ海溝産の白亜紀最前期のものである。前回までの発表では2個体についてモデル (*Pantanellium* 1号, 2号) を紹介したが、今回新たに2個体のモデルを示す。便宜的にそれらを3号および4号と呼ぶことにする。1号は27個の殻孔をもつのにに対し、2号, 3号, 4号は28個の殻孔をもつ。



図1 *Pantanellium* 3号



図2 *Pantanellium* 4号

おわりに

中生代の *Pantanellium* 属放散虫を通覧すると、28前後よりも明らかに少ないかあるいは多い殻孔をもつ個体が認められる。殻孔の総数および殻孔枠が作る多角形の種類・数およびその配列は、*Pantanellium* 属の種を区別する上で重要は形態形質のひとつとして捉えることができる。また、個体発生の初期に形成される内層殻は、分類にとってさらに重要な意味をもつと考えられる。今後実体モデルを用いて検討していきたい。

文献

- [1] 松岡 篤ほか (2009) 中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる殻孔の配列様式. 形の科学会第67回シンポジウム, 形の科学会誌, **24(1)**, 33-34.
- [2] 吉野 隆ほか (2009) 中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる殻孔の幾何学. 形の科学会第67回シンポジウム, 形の科学会誌, **24(1)**, 35-36.
- [3] 松岡 篤ほか (2009) 中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる殻孔の配列様式とその多様性. 形の科学会第68回シンポジウム, 形の科学会誌, **24(2)**, 160-161.
- [4] 松岡 篤ほか (2010) 中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる27個の殻孔の配列. 形の科学会第69回シンポジウム, 形の科学会誌, **25(1)**, 17-18.
- [5] Pessagno, E.A.Jr. and Blome, C.D. (1980) Upper Triassic and Jurassic Pantanelliinae from California, Oregon and British Columbia. *Micropaleontology*, **26**, 225-273.

コロイド帯電ポリスチレン球を内包したベシクルの分裂規則

植田 毅

千葉大学総合メディア基盤センター

263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-33

ueta@faculty.chiba-u.jp

Division Rule of Vesicles Encapsulating Colloidal Polystyrene Spheres

Tsuyoshi UETA

Chiba University, Institute of Media and Information Technology

1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba, 263-8522

Abstract: Recently, even division of vesicles encapsulating charged colloidal polystyrene spheres was reported. In the present paper, a division rule is thermodynamically studied using the free energy including repulsion between polystyrene spheres. The number of daughter vesicles is given as a function of the ratio of osmotic pressure to surface tension.

Keywords: Colloidal polystyrene spheres, Vesicle, Division rule, Repulsion

1. はじめに

最近、ポリスチレン球の体積分率が約 0.5 のコロイドにおいて、粒子を多数閉じ込めたベシクルの形状変化の観察がなされ、体積面積一定で、娘小球ベシクルが数珠状に連なる twin および pearl necklace 形状への変形が報告された [1]。コロイド粒子をベシクルに閉じ込めた効果として、固有面積差や表面積と体積の比を表す余剰面積 ξ がどのような値の場合でも同様の小球へ分裂が生じ、また、分裂過程において、固有面積差および余剰面積 ξ が不変であることが確認された。本研究では、ベシクルがこのような分裂する要因として、ポリスチレン球の静電斥力を考え、分裂個数について熱力学的に考察する。

2. 解析モデル

この系のモデルとして、ベシクルの表面張力、浸透圧、ポリスチレン球間の斥力を考える。分裂前のベシクルの体積を V 、内包されているポリスチレン球の数を N 、ポリスチレン球 1 個の体積を v とする。このとき、ベシクル内の溶質の体積は $\bar{V} = V - Nv$ となる。表面積を A とし、 $\xi = (A/4\pi)^{1/2} / (3V/4\pi)^{1/3} - 1$ と定義される余剰面積は分裂の前後で変化しないから、これを用いると、 $A = (\xi + 1)^2 V^{2/3} (9 \cdot 4\pi)^{1/3}$ と表される。単位面積当たりの界面エネルギーを γ とすると、全界面エネルギーは $\gamma A = \gamma (\xi + 1)^2 V^{2/3} (9 \cdot 4\pi)^{1/3} = \Gamma (\xi + 1)^2 V^{2/3}$ と書ける。浸透圧によるエネルギーはベシクル内外の化学ポテンシャルの差を $\Delta\mu$ とすると、 $\Delta\mu \bar{V} = \Delta\mu (V - Nv)$ と与えられる。

ポリスチレン球はベシクル内で斥力により、ほぼ等間隔に分布している (結晶構造をなす) と考えられるので、球間の平均距離 d は $V = N(4\pi/3)d^3$ より、 $d = (3/4\pi)^{1/3} (V/N)^{1/3}$ と見積もられる。斥力エネルギーの N 依存性は N^2 よりも弱いと考えられるので、 $0 < \beta < 1$ 、 $\alpha > 0$ とし、斥力エネルギーは $\varepsilon N^{1+\beta} (N/V)^{\alpha/3}$ と与えられるものとする。 ε は正の定数である。このとき、系全体の自由エネルギーは $F = \Gamma (\xi + 1)^2 V^{2/3} + \Delta\mu (V - Nv) + \varepsilon N^{1+\beta} (N/V)^{\alpha/3}$

と書ける。浸透圧により、ベシクル内の溶質が外に出て安定化するから、自由エネルギーの \bar{V} についての停留条件 $\partial F/\partial \bar{V} = \Gamma(\xi+1)^2(2/3)V^{-1/3} + \Delta\mu + \epsilon N^{1+\beta+\alpha/3}(-\alpha/3)V^{-\alpha/3-1} = 0$ により安定なベシクルの大きさが決定される。

分割に際して膜を構成する材料が無駄なく利用されるとすると、観察の通り分割の前後でベシクルの表面積が保存する。ベシクルが $[l]$ 個の標準娘球ベシクルと 1 つの小娘球ベシクルに分裂するとして、小娘球の表面積は標準娘球の表面積の $l-[l]$ 倍になるものとする。これから、標準娘球の体積は $V' = V(\xi+1)^3 l^{-3/2}$ 、小娘球の体積は $(l-[l])^{3/2} V'$ で与えられる。体積保存の条件より、 $V = V'(\xi+1)^{-3} l^{3/2} = V' \{ [l] + (l-[l])^{3/2} \}$ なる条件が得られる。この条件だけから、 ξ と l の関係が図 1 (分割された線) のように得られる。

3. 解析結果

体積保存は仮定せず、全ての娘ベシクルが同じ等分割の場合を考える。ポリスチレン球は各娘ベシクルに N/l 個に等分配されるとする。分割前と分割後の全ベシクルの自由エネルギーの差にベシクルの安定条件を用いて ϵ を消去すると

$$\Delta F = \Delta\mu V \{ (\xi+1)^3 l^{-1/2} - 1 \} + \frac{2}{\alpha} \left\{ \Gamma V^{2/3} (\xi+1)^2 + \frac{3}{2} \Delta\mu V \right\} \{ (\xi+1)^{-\alpha} l^{-(\beta-\alpha/6)} - 1 \}$$

を得る。これが負となる状態が実現する。さらに、この値を最小とする l を求めると、

$$\frac{\partial \Delta F}{\partial l} = \frac{1}{2} \Delta\mu V l^{-3/2} \left[-(\xi+1)^3 + \left\{ \frac{2}{3} \frac{\Gamma V^{2/3}}{\Delta\mu V} (\xi+1)^2 + 1 \right\} \left(1 - 6 \frac{\beta}{\alpha} \right) (\xi+1)^{-\alpha} l^{\alpha/6-\beta+1/2} \right] = 0$$

$$l^* = \left[(\xi+1)^{3+\alpha} \frac{\Delta\mu V}{\Gamma V^{2/3}} \left/ \left(1 - 6 \frac{\beta}{\alpha} \right) \left\{ \frac{2}{3} (\xi+1)^2 + \frac{\Delta\mu V}{\Gamma V^{2/3}} \right\} \right]^{\frac{1}{\alpha/6-\beta+1/2}}$$

のように、 ξ 、浸透圧と表面張力の比 $\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$ の関数として分割数 l^* が与えられる。この関係を図 2 に示す ($\alpha = 2.5, \beta = 0.2203$)。また、 $\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3} = 0.55$ の場合の l^* の ξ 依存性は図 1 (連続線) に示すように表面積、体積保存を仮定した場合の関係と非常によく一致する。

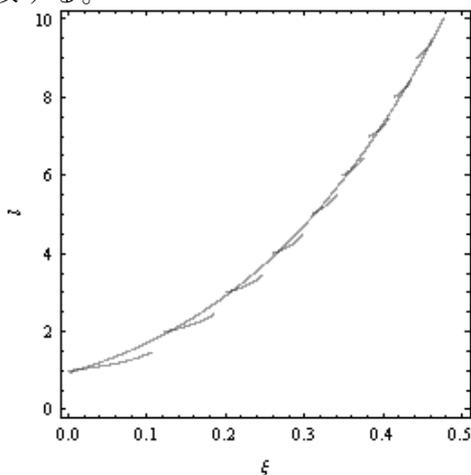


図 1: l の ξ 依存性

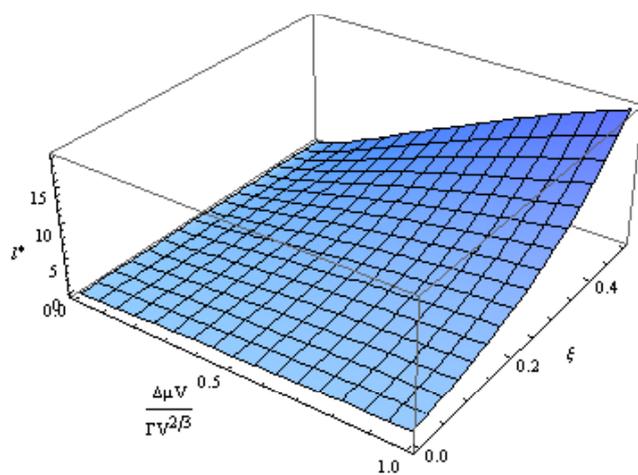


図 2: l^* の $\Delta\mu V/\Gamma V^{2/3}$ と ξ 依存性

参考文献

- [1] Yuno Natsume, Olivier Pravaz, Hirohisa Yoshida and Masayuki Imai : Shape deformation of giant vesicles encapsulating charged colloidal particles, *Soft Matter*, (2010), DOI: 10.1039/c0sm00396d.

On the face-vector realizing as a projection of a knot

菰田敏行, 遠藤敏喜

自由学園最高学部 〒 203-8521 東京都東久留米市学園町 1-8-15

E-mail: {komoda, end}@prf.jiyu.ac.jp

Toshiyuki Komoda, Toshiki Endo

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

Abstract We show that for every vector of non-negative integers $(f_3, f_5, f_6, \dots, f_n)$ satisfying a corollary $\sum_{i \geq 3} (4-i)f_i = 8$ of the Euler's polyhedron formula, there exists an integer f_4 and a 4-regular cut-through Eulerian plane graph G such that the number of i -gons of G is f_i for $i \geq 3$. This is an extension of Grünbaum's theorem.

Keywords cut-through Eulerian trail, knot projection, the Eberhard problem

1 はじめに

本稿ではグラフはすべて有限連結単純を仮定し, 主に 4- 正則平面グラフを扱う. とくに説明しないグラフ理論の用語・記法については [2] を参照されたい. 一筆書きに関する次の定理は有名である.

定理 1.1 (Euler の一筆書き定理) グラフ G が Euler 回路を持つための必要十分条件は, G のすべての頂点の次数が偶数であることである.

Euler の一筆書き定理により, 4- 正則平面グラフもまた Euler 回路を持つ. ただし, この Euler 回路は各頂点のところで, 右の辺に進んだり, 左の辺に進んだり, 直進したり, 自在に進むことが許される. しかし, 進み方に制約条件をつけたものも研究されている. 例えば, 各頂点において, 左右どちらかの辺にしか進むことができない Euler 回路は A - 回路と呼ばれ, 任意の 4- 正則平面グラフが A - 回路を持つことが証明されている [5]. 各頂点において直進のみ許す Euler 回路は直進 Euler 回路と呼ばれる [4]. 本稿では, とくに結び目理論 [1] の観点から, 直進 Euler 回路に着目する. それは, 自然に結び目の射影図に対応するからである.

問題 1.2 4- 正則平面グラフ G が直進 Euler 回路を持つ (すなわち結び目の射影図になる) ための必要十分条件は何か.

平面グラフ G に対して, その i 角形の個数を f_i とする. ここで, i は面の境界を構成する歩道に登場する辺の回数でカウントする (すなわち橋は 2 回カウントする). 単純グラフのみ扱うので $i \geq 3$ である. このとき, 行ベクトル (f_3, f_4, \dots, f_n) を G の面ベクトルと呼ぶ (n は最大の面のサイズ). 問題 1.2 に面ベクトルの観点からアプローチする. 先ず, 必要条件として, Euler の多面体公式から次が成り立つ.

定理 1.3 (Euler の多面体公式) 任意の 4- 正則平面グラフ G に対して, 面ベクトル (f_3, f_4, \dots, f_n) は等式 $\sum_{i \geq 3} (4-i)f_i = 8$ を満たす.

以下, 等式 $\sum_{i \geq 3} (4-i)f_i = 8$ を Euler 条件と言及する. Euler 条件は f_4 に関しては何も情報を持たないことに注意されたい.

2 Eberhard の問題

問題 1.2 の十分条件を考えるにあたって, Eberhard の問題と Grünbaum による 1 つの解答を紹介する.

問題 2.1 (Eberhard の問題 [3]) 4- 正則平面グラフ G が凸多面体となるための必要十分条件は何か.

定理 2.2 (Grünbaum [3]) ベクトル (f_3, f_5, \dots, f_n) が Euler 条件を満たすならば (f_4 が入っていないことに注意), ある非負整数 f_4 が存在して, $(f_3, f_4, f_5, \dots, f_n)$ は 4- 正則凸多面体の面ベクトルとなる .

Steinitz の定理により, 平面グラフ G が凸多面体となることと G が 3- 連結平面グラフであることは同値である . Grünbaum は定理 2.2 を証明するために, ベクトル (f_3, f_5, \dots, f_n) を実現する 3- 連結平面グラフを構成している . 例として, 図 1 に, ベクトル $(f_3, f_5, f_6, f_7, \dots, f_n) = (12, 0, 2, 0, \dots, 0)$ の場合を示す . この場合 $f_4 = 27$ である .

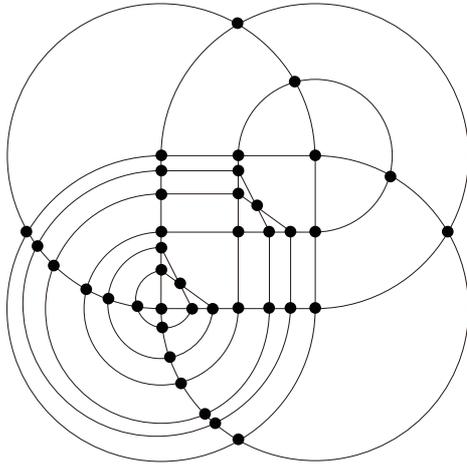


図 1: Grünbaum による構成

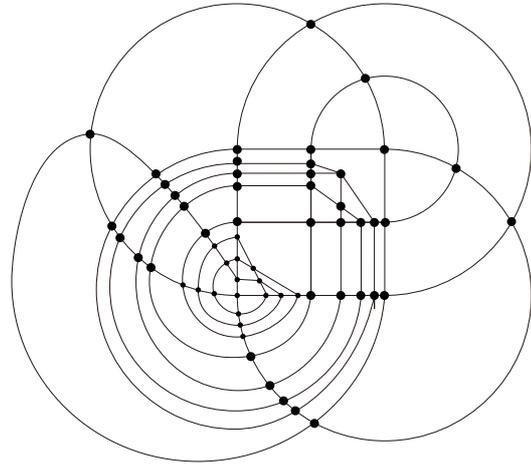


図 2: 直進 Euler 回路での実現

3 結果と考察

問題 1.2 に対しても, 2 節と同じことが成り立つことが今回判明した . 図 1 が, 結び目ではなく, 成分数 4 の絡み目の射影図となっていることから分かるように, Grünbaum の構成方法は必ずしも結び目になるとは限らない . すなわち, 直進 Euler 回路ではない . しかし, 図 2 のように改良することで, 直進 Euler 回路として実現することに成功した (残念ながら, この事実は Jeong[4] によって, 別手法で証明済みであった) .

定理 3.1 ベクトル (f_3, f_5, \dots, f_n) が Euler 条件を満たすならば, ある非負整数 f_4 が存在して, $(f_3, f_4, f_5, \dots, f_n)$ は直進 Euler 回路を持つ 4- 正則平面グラフの面ベクトルとなる .

ここで自然な疑問として, f_4 がどのような値を取り得るのかということが浮かぶ . 例えば, f_4 以外の値が図 2 と同じで, $f_4 = 2$ となるグラフも存在する . このように, f_4 の取りうる最小値を考察することも興味深い .

参考文献

- [1] C. C. Adams, “The Knot Book”, W. H. Freeman and Company, New York, 1994.
- [2] R. Diestel, “Graph Theory”, Graduate Texts in Mathematics No. 173, Springer, 2005.
- [3] B. Grünbaum, “Convex Polytopes”, Springer-Verlag, New York, 2003.
- [4] D.-Y. Jeong, Realizations with a cut-through Eulerian circuit, Discrete Mathematics 137 (1995), 265–275.
- [5] A. Kotzig, Eulerian lines in finite 4-valent graphs and their transformations, in “Theory of Graphs” (P. Erdős and G. Katona, Eds.), pp. 219–230, Academic Press, New York, 1968.

富士火山貞観噴出物中の斜長石累帯構造パターン

佐藤博明^{1,2}・藤田奈穂²・御堂丸直樹²

1 静岡大学防災総合センター, 2 神戸大学理学部地球惑星科学科

e-mail アドレス: hsato47@yahoo.co.jp

Zoning patterns of plagioclase phenocrysts in the A.D. 864 eruption products of Fuji Volcano

Hiroaki SATO^{1,2}, Naho FUJITA², Naoki MIDOMARU²

1 CIREN, Shizuoka Univ, 2 Dept Earth Plan Sci, Kobe Univ

Abstract: Patterns of the compositional zonings of plagioclase phenocryst in the A.D. 864 eruption products of Fuji volcano are described and relevant magmatic processes are examined with the aid of melting/crystallization experiments.

Keywords: plagioclase, zoning texture, Fuji volcano, magma degassing, magma mixing

1. はじめに

斜長石 ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8\text{-CaAl}_2\text{Si}_2\text{O}_8$ の連続固溶体) は地表付近で最も量が多い鉱物である。斜長石はその元素置換が $\text{Na}^{1+}\text{Si}^{4+}=\text{Ca}^{2+}\text{Al}^{3+}$ とカップリングして生じるため元素拡散速度が小さく、累帯構造の保存が良いという特徴がある。天然の斜長石結晶は多様な組成累帯構造を示し、従来多くの研究が行われてきている。特にパッチ状累帯構造は多くの火山岩中の斜長石結晶で普通に認められるが、その生成過程がマグマ混合と関連付けて理解されるようになったのは、Tsuchiyama(1985CMP)による実験的検討に負うところが多い。Tsuchiyama(1985)の実験によると、液と平衡な斜長石組成よりも Na に富む斜長石斑晶は部分熔融してパッチ状の組織を形成する。今回我々は、富士火山貞観噴出物(A.D.864 年)中の斜長石斑晶の組成累帯構造パターンの記載を行い、熔融・結晶化実験を通して関連するマグマ過程の検討を行ったので、その結果について紹介する。

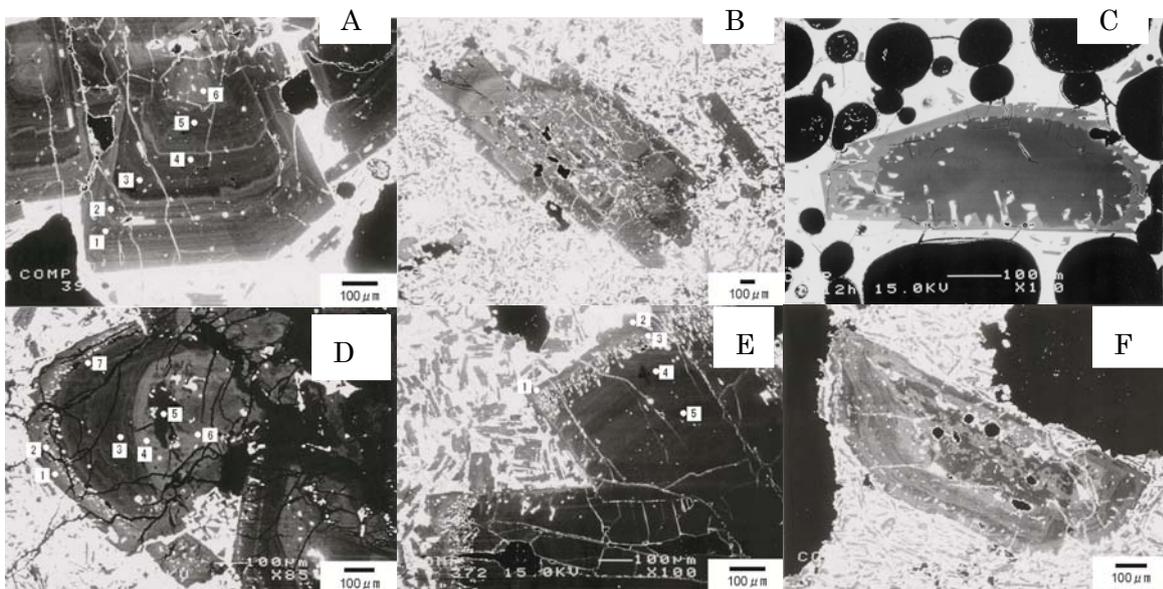
2. 富士貞観噴出物について

西暦 864 年の富士貞観噴火は、山頂の北西 9-11km に位置する 4 つの噴火口から 5 月頃から 8 月頃にかけてその大半が溶岩流として流出した。溶岩流は約 32km^2 に拡がり総噴出量は 1.4km^3 と宝永噴火と並んで、富士の歴史時代噴火としては最も規模の大きいものである。宝永噴火では殆ど無斑晶質に近い玄武岩が噴出したのに対して、貞観噴出物は 20-30 体積%の斜長石と少量のかんらん石、斜方輝石、単斜輝石を斑晶として含んでいる。全岩化学組成は玄武岩では両噴火共ほぼ等しく $\text{SiO}_2=51\text{-}52\text{wt}\%$, $\text{MgO}=5.5\text{wt}\%$, $\text{FeO}^*=10.0\text{wt}\%$, $\text{CaO}=\text{Na}_2\text{O}=\text{K}_2\text{O}=0.75\text{wt}\%$ となっている。

3. 斜長石斑晶の累帯構造パターン

斜長石の累帯構造の種類としては、正累帯構造 (normal zoning), 逆累帯構造 (reverse zoning), 振動累帯構造 (oscillatory zoning), 汚濁帯 (dusty zoning), パッチ状累帯構造 (patchy zoning) 等が知られている (例えば津根・寅丸 2004)。下図は後方散乱電子線像であり、明るい部分が Ca に富む部分、暗い部分が Na に富む部分である。正累帯構造と云

う場合、通常マグマが冷却してより低融点成分に富む方向の累帯構造（斜長石の場合は外側へ向かってNaに富むようになるもの）のことを云う。漸移する場合もステップ状に外側がNaに富む場合もある。もちろんこれらの像は二次元の切断面であるので一般には結晶の中心から外れた部分での切断像である。図Aの斑晶斜長石はコアから外へ向かい、振動→逆→振動、の累帯構造パターンを呈する。図B、D、Fの結晶では、パッチ状→正→振動→汚濁帯・逆→正、図Cの結晶では、均質→逆、図Eの結晶では、振動→汚濁帯・逆→正の累帯構造パターンを呈する。A、C、EではコアのCaに富むパッチ状の部分がないが、コアを切断しなかった可能性がある。この噴出物の場合、一般に最外縁部で逆累帯構造を示すものが多い。パッチ状累帯構造は全体の斑晶の88%で認められ、また最外縁部に逆累帯構造（+汚濁帯）の存在するものは全体の斑晶の61%に認められた。



4. 関係するマグマ過程

マグマは地殻内に上昇すると周囲から冷却され結晶作用を生じる。ただ、この過程は周囲の岩石中の熱伝導で律速され、かなり時間スケールの長い過程である。一方、富士玄武岩マグマ中の含水量は元々深さ15kmのマグマ溜りで3-4重量%と見積もられており、マグマ中の水の溶解度は圧力の平方根に比例するので、深さ3km程度でマグマは水に飽和してより浅所では発泡・脱ガスする。脱水するとマグマの融点が上昇するために結晶作用が生じる。また、マグマの上昇・貫入は一般に間欠的に生じ、いったん脱水したマグマ（結晶を含む）に新たな含水量の多いマグマが貫入・混合することが予想される。上記の斜長石の累帯構造パターンは、これらの脱水過程やマグマ混合過程を記録していると考えられる。この他講演では、溶融実験によるパッチ状累帯構造の作成結果について紹介する。

参考文献

- 佐藤博明・原郁男・小山美香(1999) 月刊地球, 21, 446-451.
 Tsuchiyama, A. (1985) Contrib. Mineral. Petrol., 89, 1-16.
 津根明・寅丸敦志 (2004) 火山, 49, 249-266.

雪結晶の万華鏡づくり

松村 光太郎¹⁾, 水津 重雄²⁾, 荒川 逸人³⁾

- 1) 宮城学院女子大学：仙台市青葉区桜ヶ丘 9-1-1 (kotaro@mgu.ac.jp)
- 2) 科学体験クラブ府中, 3) 野外科学株式会社

The Making of Kaleidoscope for the Snow Crystal.

Kotaro MATSUMURA, Shigeo SUIZU, Hayato ARAKAWA

- 1) MIYAGI Gakuin Women's University

Abstract: This report introduces a method to easily make the kaleidoscope which snow crystal looks like. There are many things letting you reflect the general kaleidoscope in the mirror of the equilateral triangle. Form of the snow crystal can make a kaleidoscope to see by changing the angle of the mirror into 30 degrees.

Keywords: Snow Crystal, Reflection of the Light, Kaleidoscope

1. はじめに

近年、理科離れを改善するために、小中学生を対象とした科学の祭典が多く行われている。その1つとして、(社)日本雪氷学会が主催する雪氷楽会がある。雪氷楽会は、全国各地で、小学生を対象として、雪や氷に関する実験・考察・観察・写真展示などを催して、身近な気象現象や雪や氷の不思議を楽しみながら伝えているものである。この催しの中で、人気の高い「雪結晶の万華鏡づくり」について、小学生でも簡単に作る方法を紹介する。

2. 材料と準備物

材料は、塩ビミラー(厚さ0.5mm)、工作用紙、ポリエチレン半透明板(厚さ1mm)、具材(ビーズなど)、超透明幅広テープ、セロテープ、両面テープ、製本テープ(幅)、のり、とし、工作用の準備物は、定規、はさみ、カッター、カッター台、黒マジック、穴あけパンチである。

3. 製作方法

塩ビミラーは6.2×18cmに切り出し、青いシール側の面に中央にカッターで薄く切り目を入れ、3.1×18cmのミラー2枚が繋がっているようにする。工作用紙で内筒、外筒と無反射紙を作る。内筒は9.8×18cmに切り、後で折りやすくするため、短辺の端から3.2cmの所に長辺と平行になるように、カッターで薄く切り目を入れる。短辺の端から4.9, 8.1cmの所も同様に。外筒は10.6×19cmに切り、内筒同様、3.4, 5.3, 8.7cmの所に薄く切り目を入れる。無反射紙は1.6×18cmに切り、裏面をマジックで真っ黒に塗りつぶす。ポリエチレン半透明板は3.4×1.9cmに切る(図1)。塩ビミラーと無反射紙で三角柱を作る。ミラーの青いシールをはがし、中央部を切り離さないように注意しながら折り曲げ、角度が約30度になるように、外側をセロテープで接着する。その面を上にし、無反射紙と0.5mm程度すきまを開けてセロテープで接着する(図2)。ミラー内側の透明なシールをはがす。この面が反射面になる。シールをはがした面に触らないように、ミラーと無反射紙をセロテープで接着し、頂点が30度で、底面が無反射紙の三角柱を作る(図3)。内筒を折り畳み、四角柱にし、その中に鏡の三角柱を固定する。三角柱のミラーの面の外側が内筒の大きいほうの面にぴったり合うように両面テープで固定する。内筒の端に超透明幅広テープをふさぐように貼り付ける。もう一方の端も同様にふさぐ。適当な長さに切った超透明幅広テープを接着面が上になるようにカッター台の上に置き、中央部に内筒の端を押し付け、筒の端の頂点それぞれから、カッターでテープを外側に向けて切り、余ったテープを筒の外側に巻いて固定する。外筒を折り

畳み、四角柱にし、その中に内筒の一方の端と外筒の端がそろうように両面テープで固定する。反対の端では、内筒が1cmほど内側になる。ここが具材を入れる空間になる。具材を適量(空間の1/3程度)選び、空間に入れ、それがこぼれないように、ポリエチレン半透明板をセロテープでとめる。反対の端からのぞいて、像が見えるか確認する。具材を変えたり、量を調節し、自分の好きな像が見えるようにする。その後、ポリエチレン半透明板を超透明幅広テープで固定する。外筒の具材の反対側の端にのぞき穴を作る。製本テープを長さ6cmぐらいに切り、中央部を折り、穴あけパンチで穴を開ける。穴が三角柱の中心に位置するように、外筒の具材の反対側の端に固定する。外筒の外側にきれいな紙を貼って完成する。

4. 学術的な背景

万華鏡にはたくさんの種類があるが、もっとも一般的なものは鏡が三枚で、正三角柱のものである。具材の模様が何回も対称に反射された像が視野一杯に広がって見える。しかしながら正三角形の鏡では、雪の

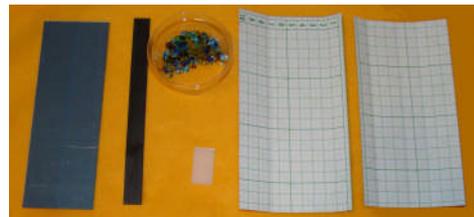


図1 材料の加工

結晶のように6本の枝が出ている模様は見られない。また、視野一杯に模様が広がる。



図2 鏡の加工



図3 筒の製作

ここで紹介する「雪結晶の万華鏡」では正三角柱の鏡ではなく、頂角が30度の二等辺三角柱。正三角形の頂角は60度であるから半分となる。また、底辺は、光を反射

しないように、黒く塗りつぶす。図4の様子が4回反射され、図5の像が見える。底面が反射しないため、視野は正12角形になり、中心から6本の枝が出ている模様を見ることが

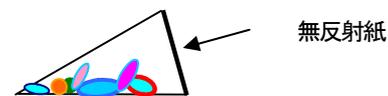


図4 鏡の中の模様

5. 雪の結晶

雪は、上空で水蒸気が冷却され、水分子が集まってできる。雪の結晶は六方晶型になり、六方対称(六本の対称軸を持つ形)になる。実際の雪の結晶は、気温や湿度の条件により、平面方向だけでなく、垂直方向にも成長するので、千差万別の形になる。雪の結晶を、初めて人工的に作ったのは中谷宇吉郎氏であるが、中谷氏の有名な言葉である「雪は天から送られた手紙である」は、雪の形には、上空の気象条件が反映されているということを示しているのではないだろうか。

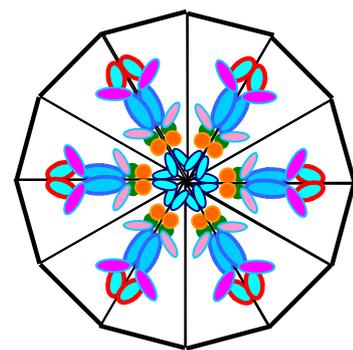


図5 雪結晶の万華鏡による像

6. おわりに

小学生相手に、このような工作を行うことで、少しでも科学や、自然現象、そして形に興味を持ってもらえたらと思い始めた内容である。もちろんのこと、保護者が同伴の場合には、製作してもらう前に、簡単な光の反射の説明も行っている。そのことで、保護者にも反射や降雪のメカニズムなど、興味を持ってもらうこともある。

今後も、ただ単なる工作に終わらせるのではなく、あくまでも科学を伝えていく手法として工作を取り入れているというスタイルで続けていきたい。

成層圏都市の可能性について

阿竹 克人

株式会社 阿竹研究所 〒468-0068 名古屋市天白区表台 15

atake@atake-i.com

About the possibility of the stratosphere city

Katsuhito ATAKE

Katsuhito Atake Institute co., ltd. Omotedai 15 Tenpaku-ku Nagoya 468-0068

Abstract: The possibility of the city that floats on the stratosphere by a huge balloon of the solar heat and steam is considered. It is possible to use it for the the micro wave base , the space airport and plant factories.

1. はじめにフラーの空中都市構想



図-1 フラーの空中都市、雲の建築群

フラードームで知られるバックミンスターフラーは、直径1マイル程度の金属ドームでは内部の温度が一度上昇する際に熱膨張する空気の重さは構造体の重さを上回るために空中に浮かぶと説いた。時にそれは成層圏に達し、何千人もの人々が住む空中都市が数十年後には実現すると考えた。

2. バルーンアース構想

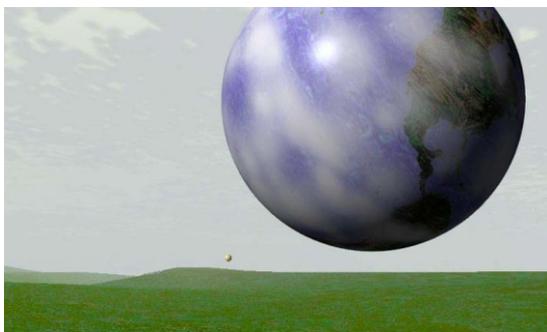


図-2 愛地球博バルーンアース構想

フラーは剛体のドームで内部を減圧することを考えていたが、赤外線透過膜と吸収膜の二重膜バルーンにすれば、もっと小さなスケールで実現可能と考え、愛地球博

に1/20万地球月系の展示提案を行った。



図-3 愛工大での実証実験

実証実験も行い内膜面の急激な温度上昇が確認されたが、温度上昇を効果的に浮力に変える必要があり、水蒸気と組み合わせることが有効とかがえられた。

3. 成層圏太陽熱水蒸気バルーン

この水蒸気太陽熱型気球は次の点から成層圏など高高度のほうが効率が良い。一つは直達日射量が地上より三割ほど大きいこと。また気圧の低下に伴い沸点温度が摂氏25度程度まで低下すること。さらに外気温がマイナス50度と低いので、気圧のわりに空気の密度が大きく浮力が稼げる。

また太陽電池は太陽エネルギーの20パーセント程度しか利用できず、残りは熱になるのでこれを利用すれば100%太陽エネルギーを有効利用できるシステムとなる。

水蒸気が太陽熱で上昇するのは地球の気象のメカニズムそのものである。

4. テラメリーゴーラウンド構想

成層圏に巨大飛行船を浮かべて、通信衛星にかわる電波通信網を考えたのが成層圏プラットフォーム構想であった。これは太陽電池で飛ぶヘリウム飛行船で風に逆らって飛び地上から定点をキープしようというものであったが、ヘリウムの漏洩と風に逆らって飛ぶことに困難な課題があった。

ところが太陽熱水蒸気型で空に浮かぶ場合、水蒸気はいくらでも空中から調達できる。また定点にとどまることに困難があるのなら、多数のバルーンをジェット気流のベルトに浮かべてぐるぐる回せばよい。中緯度偏西風帯に 60 機程度のバルーンがあれば前後に見通しが利くので、マイクロウェーブ網を構築できる。軌道修正のため多少の運動性を得ようとする完全な球体ではなく回転楕円体の飛行船形状が良いと思われる。この 60 機は太陽熱の関係で昼は高度が上がり、夜は高度が下がると考えられるので、テラ(地球)メリーゴーラウンド構想と呼びたい。

5. 宇宙空港および成層圏エレベータ構想。

宇宙ロケットの燃料の大半は対流圏の濃密な大気の壁を抜けるために消費されるので、成層圏に空港を設けることが出来れば宇宙旅行のコストを大幅に下げることが出来る。またオリエントエクスプレスのような宇宙弾道飛行機も同様に成層圏の空港間を結べば大幅に構造を簡略化できる。

空港自体もジェット気流に乗って移動しているので空港と地上をコンピューター航空で結び、たとえばヨーロッパ上空で乗り込み日本上空で地上に降りれば、数日間の空中都市滞在でほとんどエネルギーを消費せずに大陸間を移動できる。

またこの成層圏都市からエレベーターを地上に降ろすとすれば、高々10km程度の長さなので、38,000kmの静止衛星から下ろす軌道エレベーターよりはるかに技術的なハードルは低い。

6. 成層圏植物工場構想

成層圏では地上の三割り増しの太陽光が一年中降り注ぐので、太陽光利用型植物工場も有効かもしれない。太陽光利用型の場合どうしても室温が上昇してしまうため冷却が大きな問題となるが、成層圏では外気温が低いので、クローズされた状態でエネルギーを使わずに任意の温度調整が可能となる。また気圧や二酸化炭素濃度も理想的な状態が作り出せる可能性が高い。

二酸化炭素供給源となるメタンや窒素肥料となるアンモニアはともに空気よりかなり軽い気体であるので、大量に貯蔵することで浮力の維持に役立つ。

7. 数値的検討

中部国際空港「セントレア」は空の真ん中という意味にも取れるので、この空港島のサイズに習い、長さ4千メートル直径1千メートルの回転楕円体を仮定すると、体積は約21億立米となる。外気が0.118気圧-5.5℃で、内部に0.001気圧高い2.5℃の飽和水蒸気を満たしたとすると、浮力は立米あたり107g、全体で22万5千トン弱となる。一方この回転楕円体の表面積は約1000万㎡(10平方キロ)で膜面の自重を多層のトータルで平均1kgとするとたかだか1万t程度で差し引き20万t以上の浮力が残る。

一方この回転楕円体の膜面に発生する引っ張り力は半径500mの円筒より大きくはならない。円筒形の膜面に生じる引っ張り力は $N=pR$ (N断面力 p内圧 R曲面半径)0.001気圧差は約100kg/㎡なので、膜面に要求される引っ張り力は、高々mあたり50t程度であり、ケブラーなどすでにある素材で十分に対応可能な強度である。

一方居住区は0.7気圧程度は必要だとおもわれるがその部分の内圧に対する配慮は旅客機などですでに確立されている。

参考文献「太陽熱飛行船の可能性について」阿竹克人 ブイヤント航空 VOL37 No.1

手指運動の分析による横書き書字の問題とその対処の考察

杳名健一郎

名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科, 〒467-8501 名古屋市瑞穂区瑞穂町山の畑 1

viola@art.design.co.jp

Consideration of Horizontally-Written Problem by Analysis of Movement of Hand and Fingers

Kenichiro KUTSUNA

Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University,

1 Yamanohata, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya, Aichi 467-8501 Japan

Abstract: Enormous difficulties were clarified. It depends on writing the character that has developed around columnar writing in horizontal writing. It is repeated for how to have it to fall into disorder from the pain and the difficulty in concentration of tiredness and the finger, and to invent the stress in addition. It is necessary to redefine preferable way with pen for horizontal writing.

Keywords: horizontally-written, form of character, stroke of handwriting

1. 横書きに適した形

縦書きを中心に発展してきた文字を横書きに書字することによる問題点が明らかとなっている。教育の視点から横書き時の筆記具の望ましい持ち方について、手指運動の分析を通して考察する。

縦書きから発達した漢字・ひらがなは横書き書字時に「字形の損傷」を起こす。これは字形上のペンの連続性、いわゆる筆脈の問題により、次の文字が存在するべき下方向に向かうはずの右回転運動が横書きゆえに右方向に向くことにより、左下方向への力の行き場が迷う現象とすることができる。学校教育の「国語科書写」では、横書きで合理性を失い損傷が起こることを確認しながらも、日常生活に多いという理由だけで横書き書式の題材を書写に導入することは危険*1との指摘もあつてか、書写における縦書き教材の比率を調査したところ学習課題は 5%以下、図版も含めて 12%であった。これは文字を「正しく整えて書く」学習指導要領の目的から考えると、縦書きで正しい字形とストロークを学ぶべきという考えで、生活に密着した横書きについては定着してから学ぶべきとの考えであろう。筆記具の持ち方については、望ましい持ち方でないと疲れやすい*2ことから、筆記具の角度や指の伸縮運動幅等からの字形メカニズムの考察や持ち方の提案などを示している*34567が、望ましい(正しい)持ち方について未だに定まっていない。

2. 調査・実験

①**アンケート調査**: 書字時に指が痛くなるのは 80%以上、その指は親指・人差し指に差は無く中指がやや多い。指の痛みで集中力が途切れる生徒が 5 割以上、我慢し続ける生徒も 3~4 割程いる。指が痛くなった時は持ち方や筆記具を変えることが主な対処法で、痛い部分をずらす・意識を逸らす工夫が、痛みに対する現実逃避という実効的な対応なのであろう。

②**実験**: A,ペンにかかる 3 本の指の圧力(握持圧)、B,「きまつしけんのあさ」と書かせ紙にかかる圧力、の 2 つについて調べた(Fig.3)。親指の荷重が強いことは証明されたが、親指の受け手となる中指にはあまり荷重が強くない。寧ろ親指の荷重が、人差し指と中指で受け止められるような形であり、人差し指と中指の荷重変化があまりないことから、親指で文字を書くということができよう。筆圧は横書きの方が強いため、親指に強い力をかけている書き方・持ち方であるといえる。

⑤書きやすいのは？ ア、縦書き 10% イ、横書き 54% ウ、縦横同じ 26% エ、分からない 10%	⑥速く書けるのは？ ア、縦書き 18% イ、横書き 46% ウ、縦横同じ 14% エ、分からない 22%	⑧指が痛くなることは？ ア、いつも 12% イ、よくある 24% ウ、たまに 48% エ、ない 16%	⑨どういう時に痛い？ ア、たくさん書く時 83% イ、芯の色が薄い時 11% ウ、力を入れる時 48% エ、その他 4%
⑩どの指が痛い？ ア、親指 29% イ、人差し指 31% ウ、中指 36% エ、その他 21%	⑫指が痛くなったら？ ア、勉強が嫌になる 14% イ、集中力がなくなる 40% ウ、変わらない 33% エ、その他 21%	⑬指が痛い時にすること ア、我慢 40% イ、持ち方を変える 29% ウ、ペンを代える 14% エ、その他 26%	⑭どうしたら痛くない？ ア、指の部分を軟らかく 43% イ、持ち方を正しく 29% ウ、色の濃い筆記具にする 7% エ、その他 21%

Fig.1 アンケート結果



Fig.2 検出システム

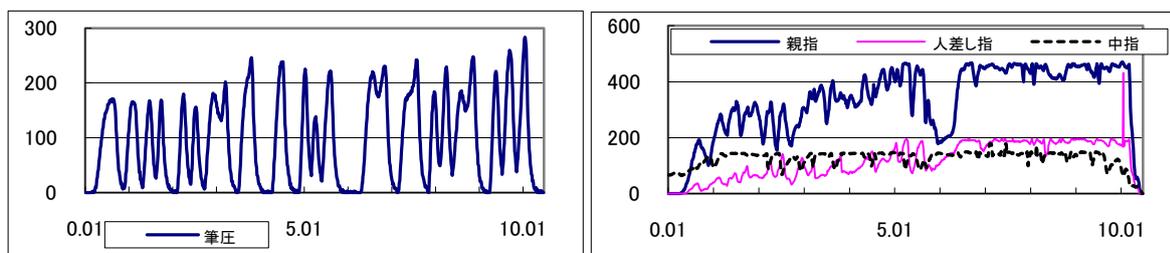


Fig.3 横書き時の例 (左:筆圧/右:握持圧) 縦軸は[g重]、横軸は秒

3. 考察・まとめ

指導要領で述べる速書きは、実際には行書を意味するもので、行書以外の速書きは想定していない。日常筆記における速書きへの要求が高いことに対して、清水ら*8は書写における静的視点から動的視点へ捉えなおすことによって改善できるとした。本来、正しい持ち方としては親指、人差し指、中指（側面）の3本の指の協働とされてきたが、実験の結果、縦書きでは

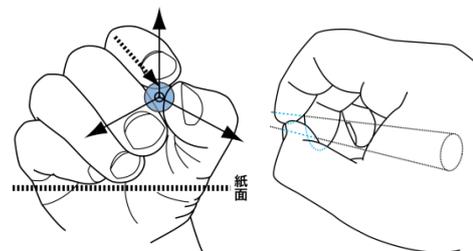


Fig.4-1, Fig.4-2 望ましい持ち方の一例

主に人差し指の力、横書きの場合は親指と中指という横方向に位置する指の荷重が主に高く、右横方向に動かすのはこれらの指であることが明らかとなった。久米*2が望ましい持ち方でないことから疲れやすいと指摘する通り、疲労感・手指の痛み・集中力の欠如から持ち方はさらに適当なものとなって負のスパイラルとなる。人間工学の分野では効率的な動作を支援するいわゆるエルゴノミクスの思想から「持ちやすい」「書きやすい」形状を探り、筆記具ではペン軸の太いものなどが販売されているが、文字に対応した持ち方に言及するものではない。「横書きのための望ましい持ち方」は縦書きを中心とした望ましい持ち方と異なる可能性が高いことが分かった。そもそも望ましい持ち方についても検討が求められ、今後再定義を要するであろう。

参考文献

- (1) 小竹「横書き書字における平仮名の字形的損傷について」『書写書道教育研究』18, 41-50, 2003
- (2) 久米「『書き方』の指導は『持ち方』の指導から」『書写書道教育要説』萱原書房, p62-66, 1989
- (3) 小竹「伝統的書写指導の誤解と問題点の指摘」『実技教育研究』17, 兵庫教育大学, 89-97, 2003
- (4) 小竹「実技指導を行う実践能力の育成(1)硬筆書写用具の持ち方への取り組み」『実技教育研究』18号, 兵庫教育大学実技教育研究指導センター, p101-110, 2004
- (5) 押木ほか「望ましい筆記具の持ち方とその合理性および検証方法について」『書写書道教育研究』17, 2003
- (6) 小林「硬筆筆記具の執筆法と字形の関係における分析的研究」『書写書道教育研究』19, 75-84, 2004
- (7) 齋木・橋本「中学生の書字姿勢および筆記具の持ち方の適正化を目指す研究-カーボン紙法への導入による筆圧を意識させる取り組みを通して-」『書写書道教育研究』21, p69-74, 2006
- (8) 清水・押木「中学生を対象とした書きやすく速く書く力を育成する実践的研究」『書写書道教育研究』22, p59-68, 2007

※本研究の実験機材は北陸職業能力開発大学の滝本貢悦先生にご協力頂いた。多大なるご指導・ご尽力頂きましたことをこの場を借りてお礼申し上げます。

マルコフモデルを用いたバスケットボールの試合解析

鳥光厚志, 遠藤敏喜

自由学園最高学部 〒 203-8521 東京都東久留米市学園町 1-8-15

E-mail: {tori, end}@prf.jiyu.ac.jp

Modelling Basketball Games as a Markov Process

Atsushi Torimitsu, Toshiki Endo

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

Abstract Markov processes have been used to model various sports such as football and baseball. Basketball has a scoring system similar to them. This suggests that basketball could also be modeled as a Markov process. We will develop such a model and study the effectiveness of it.

Keywords Markov processes, modelling, basketball, game analysis

1 はじめに

マルコフモデル [5] とは、時間とともに変化する確率過程において、過去とは関係なく現在の状態のみで次の状態を予測できる特性を持つ確率モデルをいう。すなわち、時点 n で状態 i にいたとき、次の時点 $n+1$ に状態 j へ推移する確率は、時点 $n-1$ 以前の状態とは無関係である。状態とは、時点 n における確率過程 X_n がとりうる値のことである。また、すべての状態の集合を状態空間といい S で表す。状態 i から状態 j へ推移する確率 p_{ij} を行列の形に並べた推移確率行列 P によって推移の構造を表現することができる。また、 $n = 0, 1, 2, \dots, m = 1, 2, \dots$ に対して、状態 i である時点 n から m ステップ後の時点 $n+m$ に状態 j へ推移する確率は $p_{ij}^m = \sum_{k=1}^{|S|} p_{ik}^{m-1} p_{kj}$ で与えられる。

本稿では、マルコフモデルを用いてバスケットボールの試合解析を行ない、未対戦試合の勝敗を予測することを試みる。バスケットボールでは対峙する 2 チームが規定時間内により多くの得点をあげたチームが勝者となる。しかし、そこにはバスケットボールのあらゆる要素が関係する。それらの要素の中からとくに試合展開に影響を与えらると思われるものを状態とし、その状態間を有向辺で結ぶことで、バスケットボールの試合展開のモデルを構築した (図 1)。

2 モデルの検証

構築したモデルの整合性を検証するため、第 85 回関東大学バスケットボールリーグ 1 部の 4 試合を観測して推移確率を算出し、その推移確率をもとに 1000 回づつシミュレーションを実行した。その結果、1000 回シミュレーションを行って得た得点の平均と、実際の得点との誤差はいずれも 10 点以内に収まった。

3 力の定量化

前述したシミュレーションは実際に推移する様子を観測して得た推移確率から行っているため、対戦相手が変わっても同じ推移確率であるかどうかは疑問である。なぜならば、例えばミスをする確率は、ボールをキープする力と、相手チームのディフェンスの力が関係していると考えられるからである。そこで [1, 2, 3, 4] を参考に、それぞれのチームが持つ「力」を探るため、バスケットボールの試合のスコア記述で一般的に用いられ

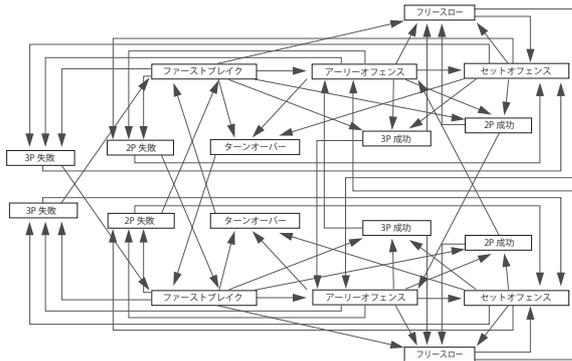


図 1: 試合展開を表すマルコフモデル

変量名	説明
チーム名	各データをサンプリングしたチームの名前
対戦相手名	各データをサンプリングしたチームの対戦相手の名前
総得点	あるチームの1試合での総得点
得失点差	あるチームの総得点からその対戦相手の総得点を引いた得点
スティール	相手が保持しているボールを奪取した回数
ターンオーバー	ボールの所有権が相手チームに移ることをいう。主に、パスミス、キャッチミス、ドリブルミスによって相手チームにボールが移る回数
3ポイント試投数	3Pラインより外側での野投を試投した回数
3ポイント成功数	3Pラインより外側での野投が成功した回数
2ポイント試投数	3Pラインより内側での野投を試投した回数
2ポイント成功数	3Pラインより内側での野投が成功した回数
ファール	反則回数
フリースロー試投数	相手チームの反則によって行われる自由投の試投回数
フリースロー成功数	相手チームの反則によって行われる自由投の成功回数
オフェンスリバウンド	シュートを失敗したチームが再びボールを保持した回数
ディフェンスリバウンド	シュートを失敗したチームではないチームが再びボールを保持した回数

図 2: ボックススコア変量

「ボックススコア」を用いて、第 85 回関東大学バスケットボールリーグ 1 部 8 チームの 56 試合を解析した。その結果、対戦相手との得失点差において、総得点、2 ポイント、ディフェンスリバウンド、ターンオーバーの 4 つの変量から中程度の相関が見られた。また、得失点差と相関が見られない変量も、中程度の相関が見られた 4 つの変量と相関がある変量をたどっていくことで関係を見つかることができた。また、対戦相手別にチームの総得点(得点された点数)とミスをした回数の箱髭図(図 3)を作成したところ、日本大学と対戦するチームは平均して、どのチームよりも総得点が低く、ミスをする回数が多いことが分かった。そのことから、日本大学は他のチームよりもディフェンスが優れているため、相手チームのミスを多く誘発することができたと解釈できる。そして、ターンオーバーと総得点の間に負の相関が見られることが、この箱髭図でも見てとることができた。「力」がどの変量に関係があり、どの様に求めるかが課題となってくるが、重回帰モデルを用いて、推移確率決定モデルを考案する。

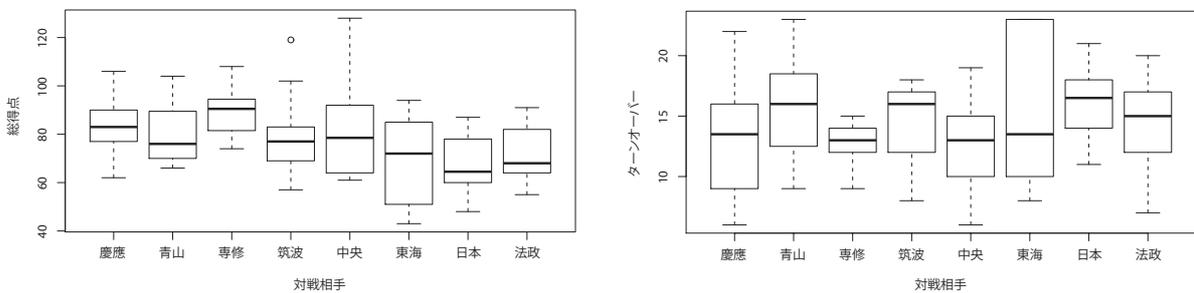


図 3: 対戦相手別箱髭図

参考文献

- [1] 宮副信也・内山治樹・吉田健司・佐々木直基・後藤正規, バスケットボール競技におけるゲームの勝敗因と基準値の検討, 筑波大学体育科学系紀要 30, 31-46, 2007.
- [2] 大神訓章・長門智史・葛西太勝, Y 大男子バスケットボールチーム戦力の詳細分析, 山形大学紀要(教育科学) 14, 93-101, 2009.
- [3] 大神訓章・浅井慶一, 全日本女子バスケットボールチームの攻撃形態から捉えた戦力分析, 山形大学紀要(教育科学) 14, 69-84, 2006.
- [4] 長門智史・大神訓章, バスケットボールゲームにおける出場人数の数量化, スポーツ方法学研究 22, 75-86, 2009.
- [5] Wayne L. Winston, Introduction to probability models: Operations research, volume II, Duxbury Resource Center, 2003.

腹式呼吸で横隔膜はどのように動くか —X線動画による測定—

清水 祐樹

愛知医科大学医学部生理学第2講座, 愛知郡長久手町岩作雁又 21

E-mail: yuuki@aichi-med-u.ac.jp

How the diaphragm moves in abdominal breathing?

—Measurement with X-ray movie—

Yuuki SHIMIZU

Department of Physiology, Aichi Medical University, Nagakute, Aichi 480-1195

1. はじめに

腹式呼吸で横隔膜を大きく動かすことにより呼吸能力が増大し、健康増進に効果が表れると言われている。横隔膜を大きく動かす呼吸と、それ以外の呼吸では、呼吸筋や骨格の動作のメカニズムが違っていると推測される。しかし、呼吸時に横隔膜がどのように動くか、詳しく測定した報告例は少ない。

本研究の目的は、胃透視台を用いた X 線動画撮影により、胸式呼吸と腹式呼吸における横隔膜の動きを計測し、その違いを明らかにすることである。

2. 方法

対象は呼吸法に慣れている男性 3 名・女性 2 名とした。1 呼吸 8 秒に統制した胸式呼吸・腹式呼吸を行わせた。RIP (respiratory inductive plethysmograph) のセンサーを体幹部に巻くことで胸部と腹部の周囲長を測定した。胸部と腹部の周囲長変化の関係から胸式呼吸・腹式呼吸を識別した。また、異常な呼吸の例として、腹部に力を入れて腹部の周囲長変化を意図的に小さくする呼吸や、胸部と腹部の動きを逆位相にする呼吸を行わせた。測定時にはスパイロメーターにより換気量を同時に測定した。

X線 CT による動画を撮影し、1 呼吸における横隔膜左右端高さおよび胸郭幅を、撮像用スケールによるキャリブレーションと画像処理により求めた。(図 1)

3. 結果

1) 呼息・吸息と横隔膜の動きの位相

呼息で横隔膜が上がり、吸息で横隔膜が下がる関係が成立した。ただし、胸部と腹部の動きを逆位相とした呼吸のみ、この関係は成立しなかった。

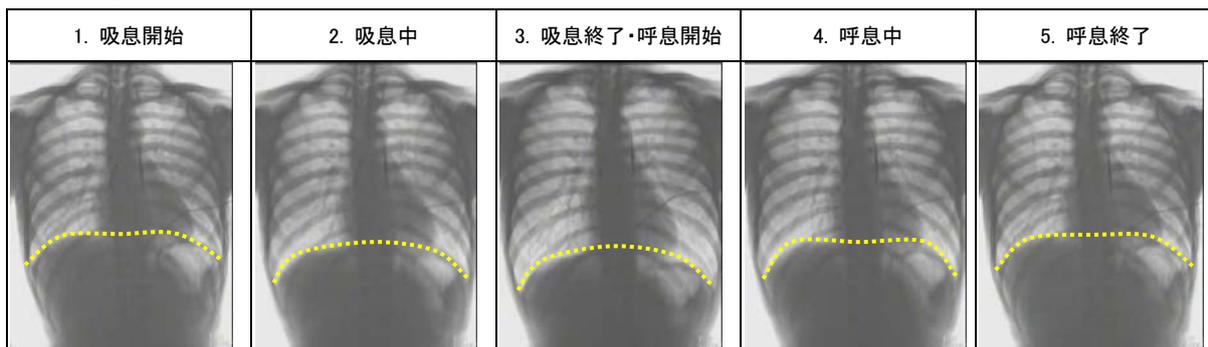
2) 横隔膜の形の変化

横隔膜は、呼吸筋に接続している左右両端部分で、上下方向の動きが最も大きかった。それに付随して中央部が動くと考えられる。

3) 胸式呼吸・腹式呼吸の違い

腹式呼吸において横隔膜が大きく上下に動いていた(図 2)。一方、胸式呼吸では、横隔膜の上下動が腹式呼吸よりも小さく、胸郭幅の変化が大きかった。胸式呼吸と腹式呼吸における換気量に有意差はなかった。

胸式呼吸



腹式呼吸

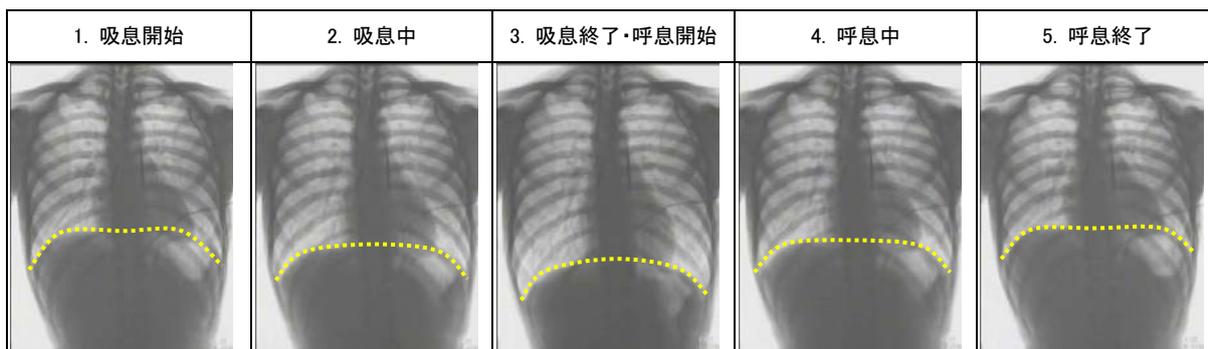


図1：呼吸時における横隔膜の位置（X線動画からの取り込み）

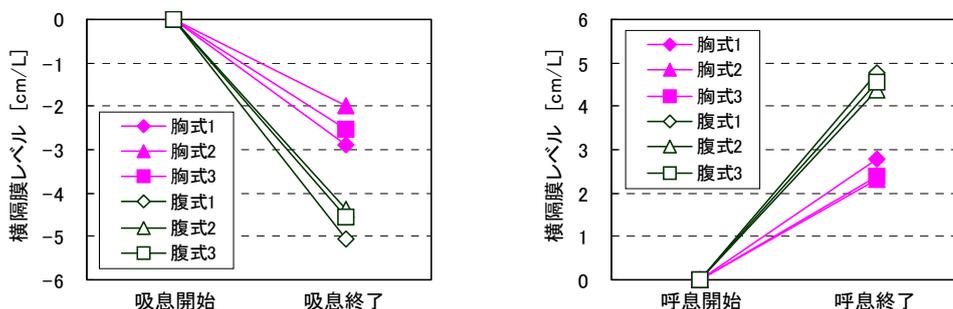


図2：呼吸法と横隔膜レベル（横隔膜両端高さ）の関係

4) 腹部に力を入れる呼吸

腹式呼吸法の経験者の中には、腹部に力を入れることで腹部の周囲長変化を小さくする呼吸がみられた。そのような呼吸では、横隔膜の上下動が小さかった。

4. 考察

これまで、腹式呼吸における横隔膜の動きを知るには、X線やMRIの動画撮影による直接測定しか方法が無かった。今回の結果より、胸部・腹部の周囲長変化と換気量の関係から、横隔膜の上下方向の動きを推測できるものと思われる。今後は、ヨガ等で腹部の筋肉を自由に動かす方法を習得している被験者での測定を予定している。

腹部の周囲長変化を大きくすることで横隔膜が大きく動く呼吸と、腹部の筋肉の動作を主体としており実際には横隔膜の動きが小さい呼吸は、生理学的に区別すべきと考えている。

兵庫県南東部加古川市一高砂市に分布する高級石材凝灰岩「竜山石」の赤色化の原因
 ～兵庫県立加古川東高等学校地学部（2010）を検証する～

福本 美南・江籠 徳行・角田 優貴・赤松 沙耶・平田 真由佳

兵庫県立加古川東高等学校 地学部 竜山石班／〒675-0039 兵庫県加古川市加古川町粟津 232-2

e-mail : kakogawah_koko@pref.hyogo.lg.jp

**A cause of the red of the tuff “Tatsuyama-isi” distributed over Kakogawa-Takasago city widely
 ~The inspections of the consideration of Kakogawahigashi High School Earth Science Club (2010)~**

Minami FUKUMOTO, Noriyuki EGO, Yu-ki KAKUDA, Saya AKAMATSU, and Mayuka HIRATA

Kakogawahigashi High School Earth Science Club

232-2, Awazu, Kakogawa-cho, Kakogawa-city, Hyogo pref. Japan

要 旨

本校が立地する兵庫県南東部加古川市一高砂市には、ガラス質結晶質凝灰岩が層状ハイアロクラスタイトとして広く分布している。この凝灰岩は「竜山石」と呼ばれ、古墳時代から現在に至るまで、高級石材として全国に流通している。竜山石には、青色、黄色、赤色の3色の色相のものがある。兵庫県立加古川東高等学校地学部（2010）は、青色凝灰岩が風化変質作用を受けると黄色化し、マグマ残液の熱の影響を受けると赤色化することを示し、赤色化には1気圧条件下で700℃程度の熱が必要であることを明らかにした。今回、課題として残されていた問題を解明し、赤色化の機構を俯瞰できるようにした。（1）青色凝灰岩は風化変質作用の影響で赤鉄鉱や褐鉄鉱が晶出して黄色化し、さらに風化変質がすすむと容易に淡赤色化する。青色凝灰岩の赤色化（赤鉄鉱晶出）低限温度が220℃に対して、黄色凝灰岩は80℃程度の熱で赤色化する。黄色凝灰岩は風化変質作用の影響を受けており、すでにFe鉱物が多く生じているため赤色化しやすい。（2）鉛直方向にのびる青色凝灰岩の節理面に沿って熱水残液が上昇すると、その側壁を熱の影響で濃赤色化する。濃赤色部分には、熱水残液からもたらされたFeが顕著に認められる。この場合、熱水残液の発泡による遊離酸素が必要である。（3）（2）に示した過程で濃赤色化した後、全体が風化変質を受けると、これと接する青色凝灰岩は黄色化し、赤色部分は白濁する。

キーワード：竜山石・赤色化・風化変質・熱水残液・遊離酸素

1. はじめに

兵庫県立加古川東高等学校地学部（2009）は、兵庫県南東部高砂市一加古川市に分布する淡青色、淡黄色、淡赤色の3色の色相をもつ「竜山石」は、白亜紀後期のガラス質結晶凝灰岩が層状ハイアロクラスタイトとして堆積して形成されたことを明らかにした。「竜山石」は本来淡青色として固結するが、マグマ残液の熱水流体相の影響を受けて酸化条件下で加熱されると淡赤色化し、この条件を兵庫県立加古川東高等学校地学部（2010）は1気圧条件下で700℃程度に相当する熱であるとした。しかし当時から結論の一部に問題を残していたため、筆者らは再度詳細な露頭観察をおこない、赤色凝灰岩の分布と鉱物学的研究をすすめた結果、すべての赤色凝灰岩が熱水の影響を受けたわけではないことがわかった。これにより、「竜山石」の色相変化を系統的に説明できるようになった。

2. 露頭観察

山体全体に、地表面にほぼ鉛直方向と水平方向に発達した節理がみられる。節理面に沿って淡黄色化しており、その中心部や深部に淡青色凝灰岩が残されている。赤色凝灰岩には次の3種類がある。

- （1）地表付近の水平方向の節理面に沿って、淡赤色凝灰岩が淡黄色凝灰岩と接している。
- （2）鉛直方向にのびる節理面の深所では、淡青色凝灰岩が濃赤色凝灰岩と接する。このような赤色化は山体の南側に集中してみられる。濃赤色部分に接する淡青色凝灰岩は熱の影響を受けた形跡が残されている。

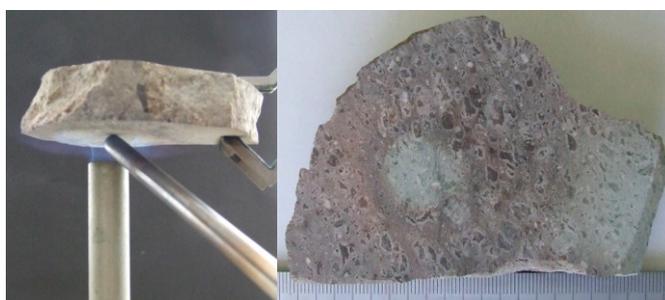
(3) 鉛直方向の浅所節理面では、濃赤色凝灰岩が淡青色凝灰岩から変化した淡黄色凝灰岩と接することがあるが、その場合には濃赤色凝灰岩も全体的に変質がすすんでいる。

3. 岩石・鉱物記載

- (1) 淡黄色凝灰岩と接する淡赤色凝灰岩：淡黄色凝灰岩に熱の影響はみられず、全体に風化変質作用を受けて白濁している。淡黄色凝灰岩と淡赤色凝灰岩は漸移し、斜長石などの鉱物の外縁輪郭部に沿って鉄鉱物が生じており、鉱物間で Fe の置換がおこったことを示している。
- (2) 淡青色凝灰岩と接する濃赤色凝灰岩：赤色化部分には鉄鉱物が多く晶出しており、濃赤色部分側から淡青色側に向かって Fe がもたらされた可能性を示唆している。熱水が及ばなかった部分が淡青色として残った。熱水の前線は濃褐色脈となっている。
- (3) 淡黄色凝灰岩と接する濃赤色凝灰岩：境界部は非常に明瞭で(2)と類似している。淡黄色凝灰岩の境界部付近では、熱で焼かれて軽石が欠落している。濃赤色凝灰岩部分は欠落が著しい。双方の凝灰岩に褐鉄鉱が広く生じており、風化変質作用が進行している。

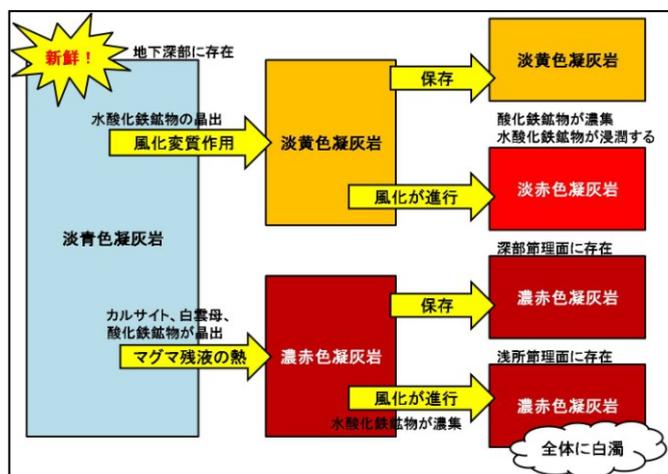
4. 加熱実験

- ・ 輻による遠加熱：淡黄色部分は赤色化し淡青色部分は赤色化しない。
- ・ 80℃で10日間の定値加熱：淡黄色凝灰岩は赤鉄鉱を晶出させて赤色化するが淡青色凝灰岩は赤色化しない。
- ・ バーナーの酸化炎と還元炎による加熱：淡青色凝灰岩を内炎（還元炎）で加熱しても赤色化しないが外炎（酸化炎）で加熱すると赤色化する。別に内炎の温度で酸化加熱すると赤色化する。



5. 考察

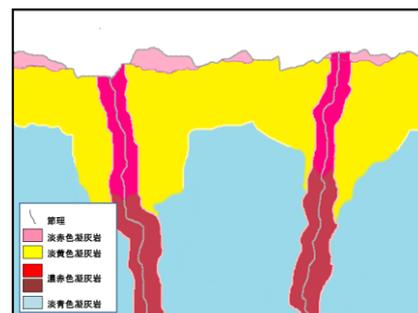
淡青色凝灰岩が風化変質作用を受けると淡黄色化し、さらに淡赤色化する。淡黄色凝灰岩は淡赤色化しやすい。淡青色凝灰岩の節理面に沿って熱水が上昇すると、側壁に熱の影響を残しながら濃赤色化する。この部分には熱水から Fe がもたらされ鉄鉱物が濃集する。このとき、遊離酸素の存在が必須である。



6. 今後の課題

今後、流体相からどの程度の Fe の供給移動があったのかを客観的に示す必要がある。

さらに、露頭をより詳細に観察し、節理面に沿った濃赤色凝灰岩の分布を地質図上に示すことができれば、マグマ残液の上昇地域を特定することができるかもしれない。どのようにマグマ分化最末期の流体相が上昇し循環したのかを明らかにすることは、地域の形成史を明らかにするだけでなく、マグマ分化過程を理解するうえで重要な基礎研究となる。



参考文献

- 兵庫県立加古川東高等学校地学部 (2009) マグマ残液流体相と風化変質作用が凝灰岩に与えた影響～高級石材「竜山石」の成因～(未来の科学者との対話Ⅶ) (日刊工業新聞社, 2009, 54-76)
- 兵庫県立加古川東高等学校地学部 (2010) マグマ分化末期の流体相の状態を推定する～凝灰岩の加熱実験から、その赤色化を指標にして～(未来の科学者との対話Ⅷ) (日刊工業新聞社, 2010, 28-55)

兵庫県南東部加古川市－高砂市に点在する古墳時代の石棺の鉱物学的・考古学的研究

～淡黄色凝灰岩「竜山石」の分類をもとにして～

井上 紗智・友藤 優・高見 大詩・木村 優香・福田 頌子

兵庫県立加古川東高等学校 地学部 石棺班／〒675-0039 兵庫県加古川市加古川町栗津 232-2

e-mail : kakogawah_koko@pref.hyogo.lg.jp

A mineralogical-archeological study about the quality of the sarcophagus of the Burial Mound age, which Kakogawa city – Takasago city are dotted with

Sachi INOUE, Yu TOMOFUJI, Taishi TAKAMI, Yu-ka KIMURA, and Sho-ko FUKUDA

Kakogawahigashi High School Earth Science Club

232-2, Awazu, Kakogawa-cho, Kakogawa-city, Hyogo pref. Japan

要 旨

地元に分布するガラス質結晶凝灰岩「竜山石」は大きく分けて淡青色、淡黄色、淡赤色のものがあり、とりわけ淡黄色凝灰岩は、古墳時代前期から石棺として畿内を中心に広く用いられてきた。地元の兵庫県南東部加古川市－高砂市には数多くの古墳があり、石棺も多く保管されている。本校校庭の片隅には、淡黄色竜山石で作製された地元でも最大級の古墳時代の刳抜式石棺が完存状態で静置されている。これほど身近な存在であるにもかかわらず、これまで岩石鉱物学的に研究されたことがないばかりか、考古学的にも調査されていなかった。筆者らは、考古学的側面から石棺を理解するとともに、岩石鉱物学的手法によって石棺をつくる岩石の生成条件を明らかにするという、分野横断的研究を試みた。その結果、以下について明らかになった。(1) 地元に広く分布する淡黄色凝灰岩は、軽石の白斑や流紋岩片の包有の有無、青い微弱な破碎帯脈の有無から、大きく4種類に分類される。

(2) 本校所有の石棺は、地元から採石されたものである。(3) 石棺の淡黄色凝灰岩は軽石や流紋岩片を多く含む。露頭から切り出されて1500年程度が経過しているにもかかわらず、風化変質をほとんど受けておらず高品質である。(4) 加古川市－高砂市の火山岩の露頭すべてについて帯磁率を測定したが、帯磁率の変化幅が小さく、山体や露頭の同定の指標として用いることはできない。

キーワード：竜山石・石棺・軽石・破碎帯脈・帯磁率

1. はじめに

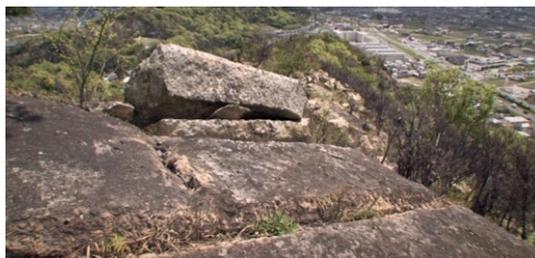
兵庫県南東部高砂市－加古川市に分布する流紋岩質ガラス質結晶凝灰岩「竜山石」のうち淡黄色のものは、古墳時代前期から石棺として仁徳天皇陵古墳など畿内を中心に広く用いられてきた。その後、五輪塔や石仏の材料として利用され、江戸時代には姫路藩の専売特許としての地位を与えられた。近年では皇居や国会議事堂、京都御所の壁材として利用されている。古来より経験的に使い分けられているが、その硬さや粘性を特徴付けている白斑や「筋目」といわれる青い脈の正体すら明らかではなかった。

加古川市－高砂市には古墳時代の石棺が多数出土している。本校校庭にも刳抜式石棺が完存されている。この石棺について、岩石鉱物学的・考古学的に調べられたことはないため、(1) 石棺の考古学的価値を明らかにする、(2) 白斑や青い脈の正体を明らかにして、淡黄色凝灰岩を分類する、(3) 本校所有の石棺がどの淡黄色凝灰岩に分類にされ、どの程度の品質なのかを岩相をもとに判定する、(4) 帯磁率をもとにして石棺の母岩が採石された山体を特定する、を目的に領域横断的研究をおこなった。



2. 石棺の考古学的価値

竜山石が古墳石室材として採石されはじめたのは、古墳時代4世紀である。古墳時代5世紀に造られた仁徳天皇陵古墳をはじめとした奈良・京都・大阪に点在する大王の墓に用いられている長持形石棺のほとんどが「竜山石」で造られており、大王などの権力者が存在したことが強く推測される。奈良時代になると、「播磨国風土記」（717年）に石材に関する記述があちこちに登場する。この頃には、飛鳥大仏の台座や平城京の礎石、国分寺礎石としての使用が始まる。平安時代～鎌倉時代に入ると礎石材や石仏、五輪塔などに利用され、さらに、鳥居、燈籠など多種多様に利用されるようになった（「峰相記」）。江戸時代の「播磨鑑」や「印南郡誌」には、城の石垣材として用いられるようになり、天保7年には姫路藩の専売品となったことが記されている。姫路城の石垣には、古墳時代の石棺がそのままの姿で利用されている。明治時代になると、姫路藩領から明治政府官有地となり、さらに民間で採石をおこなうようになった。古代には、明瞭な水平節理面あるいは層理面に沿って力を加えることで採石していたと考えられているが、中世以降（具体的な年代は不明）になると「矢」が発明されたことにより、水平方向に発達する節理面や層理面に沿って岩塊を剥がし取った。



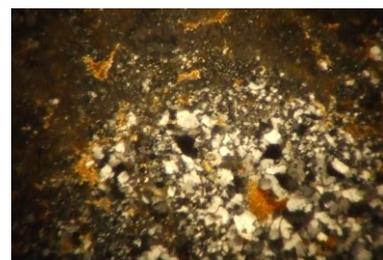
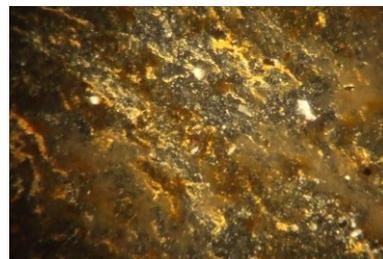
3. 淡黄色凝灰岩の分類

筆者らは淡黄色凝灰岩を、軽石（白斑点）の有無、包有流紋岩片の有無、軽微な破碎帯脈（筋目）の有無、によって4種類に分類した。（1）きめ細かで変質の程度が低く細粒緻密な淡黄色凝灰岩、（2）規則正しい軽石の白斑を含む淡黄色凝灰岩、（3）火山灰と同質の流紋岩質岩片（一部溶結）を多く含む淡黄色凝灰岩、（4）青い破碎帯脈または圧縮脈をもつ淡黄色凝灰岩。

4. 石棺の岩石鉱物学的研究

石棺は数 mm 径の軽石の白斑をもち、基質と同質の流紋岩片を含む。岩片周囲に溶結はみられず、「筋目」とよばれる破碎帯脈もない。石棺として 1500 年以上の年月風雨にさらされたにもかかわらず鉱物が風化によって欠落するようすはみられない。斜長石は変質しており、石英は融食されている。軽石はやや引き延ばされており、脱ガラス化して微晶質の変質鉱物に置換されている。

露頭において、節理面に沿って淡青色凝灰岩の周囲が淡黄色化している。これは風化変質によって地表に露出する以前から淡黄色化が進行していたことを示している。さらに地表付近の鉱物構造が石棺のそれと類似している。1500 年前、石工は軽石を白斑点としてもつ淡黄色凝灰岩を選択的に石棺として切り出した。石棺の淡黄色凝灰岩は、現在でも石材として十分利用可能な品質を有している。



5. 竜山石の帯磁率測定

山体や露頭によって帯磁率が異なるという報告がある。今回、石棺採取露頭の特定をめざして、火山岩および凝灰岩類の露頭すべてで帯磁率を測定した。石棺の帯磁率は 0.7×10^{-5} SI unit である。同一露頭においても帯磁率は変動し、規則的な関連はみられなかった。帯磁率をもとにして、石棺を切り出した露頭を特定することはできないことが明らかとなった。

6. 今後の課題

淡黄色凝灰岩を選択的に石棺の石材として用いたのは、古代から黄色が高貴な色として扱われていたためではないかという考えがある。一方、赤は意図的に魔除けとして用いられることが多かった。青い脈をもつ石棺はみられない。加工するには硬すぎるといった物理的な理由もあったと考えられるが、何らかの宗教的な意味があったのかもしれない。

地学 I の教科書にある「条痕色」の定義を考える

～「金鉱の条痕色は黄金色」はどのように調べたか～

田村 優季・近江 毅志・岡島菜穂子・小松原啓紀・高田 千春・蓬萊 明日・村主 美佳・山本 崇広
兵庫県立加古川東高等学校 地学部 条痕色班／〒675-0039 兵庫県加古川市加古川町栗津 232-2

e-mail : kakogawah_koko@pref.hyogo.lg.jp

The suggestion of the definition of "streak color"

Yu-ki TAMURA, Tsuyoshi OUMI, Naoko OKAJIMA, Hiroki KOMATSUBARA, Chiharu TAKADA,
Toshiaki HOURAI, Mika MURANUSI, and Takahiro YAMAMOTO

Kakogawahigashi High School Earth Science Club

232-2, Awazu, Kakogawa-cho, Kakogawa-city, Hyogo pref. Japan

要 旨

鉱物を素焼きの板に擦りつけたときにあらわれる微粉末の色「条痕色」は、教科書にも記載されているが、その定義はきわめて曖昧である。そこで、そもそも条痕色とは何なのか、鉱物をどの程度の大きさの粉末にしたときの色をさすのか、鉱物によってその大きさは異なるのか、について研究をおこなった。さまざまな結晶系の透明鉱物や不透明鉱物で実験をおこなった結果から、以下の考察をおこなった。① 光学的等方体（等軸晶系）の不透明鉱物（黄鉄鉱・金鉱）は、光の散乱現象が少なく、比較的大きな粉末段階で条痕色を呈し、また実体顕微鏡で拡大しても条痕色を観察することができる。② 光学的異方体の不透明鉱物（黄銅鉱・赤鉄鉱）は、光の散乱現象が著しく、微粉末にしなれば条痕色を観察することはできない。その大きさの微粉末を実体顕微鏡下で観察すると、依然として散乱現象が確認される。③ 光学的異方体であっても、肉眼でみて白色～透明な鉱物（トパーズ・滑石）は、光の散乱現象の影響が弱く、光沢の有無を除いて条痕色が肉眼視と異なることはない。④ 光学的等方体に比べて、光学的異方体の鉱物は光の散乱現象の影響を強く受けるため、肉眼で条痕色を呈していても顕微鏡で拡大すると、まだ条痕色を呈していないように観察される。⑤ これらの結果は、条痕色を粉末の大きさで定義することができないことを意味している。

キーワード：条痕色・結晶系・光学的等方体・光学的異方体・散乱現象

1. はじめに

授業で使用している地学の教科書や図説には、「金と黄鉄鉱は条痕色で区別できる」とある。ところが金鉱を条痕板にこすりつけてみても粉末にならず条痕色は確認できない。たたいて粉末にしようとしても延びるばかりである。いったいどのようにして金鉱の条痕色が黄金色だと調べたのか。須藤（1980）には「光の吸収、反射、屈折などのためにおこる散乱現象を抑えた鉱物の微粉末の色」と説明されており、その他の専門書を確認しても、その粉末の大きさが示されたものはない。今回、実験によって粉末として求められる大きさを調べ、鉱物の結晶系との関係について考察をおこなった。



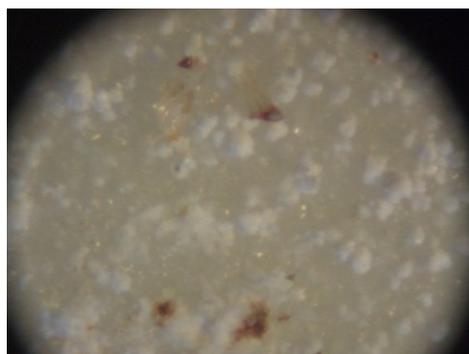
2. 金鉍の条痕色

金鉍を条痕板に何度も擦りつけると、金鉍は条痕板粉を抱え込んで丸まる。肉眼では見えないが実体顕微鏡下ではごく微量の金粉 ($20\sim 30\mu\text{m}$) が確認され、それらは金光沢をもたず条痕色を呈する。一方純度 97.625% の金箔を擦りつけてできる金粉 ($10\mu\text{m}$) はやはり金光沢をもたない。金鉍は展性・延性に優れているため、思い通りの大きさの粉末を作ることが困難である。



3. 条痕色を示す粉末の大きさの比較

光学的等方体 (等軸晶系 = 金鉍・黄鉄鉍) の鉍物は、光の散乱現象が少ないため、比較的大きい粒子の段階で条痕色を呈し、またそれを鏡下で観察してもやはり条痕色である。一方光学的異方体 (正方・六方・斜方・単斜晶系) の不透明鉍物 (黄銅鉍・赤鉄鉍) は、光の散乱現象が著しく、微粉末にしなければ条痕色を観察できず、鏡下では、さらに細かい粉末にしなければ条痕色を呈さない。光学的異方体でも白色～透明な鉍物 (トパーズ・滑石) では、光の散乱現象が弱く、光沢の有無を除いて条痕色が肉眼視と異なることはない。石墨は層間結合に伴って自由に動く電子が、ほとんどあらゆる可視光線を吸収するために黒色を呈する。



20~30 μm の金鉍粉末 (黄色色)

このように条痕色を示す大きさが、結晶系や不透明か半透明かによって、また肉眼視と鏡下による拡大視で異なることから、条痕色を一律な粉末の大きさで定義付けることはできない。今回の実験では、劈開の有無と条痕色を呈する大きさとの間に有意な差は認められなかった。

4. 今後の課題

今後は、① 鉍物の条痕色は、その純度によって影響を受けるのかどうかを調べる、② 金鉍の条痕色はどの大きさから観察できるのかを調べる、③ 劈開の有無が条痕色の表れ方に影響を与えるのかどうかを確認する、④ 金鉍を液体窒素で固定して破碎するなど方法を工夫して、さまざまな大きさの金粉末を作成して条痕色を確認する、などの課題がある。

鉍物名	結晶系	硬度	劈開	肉眼で見た色と条痕色	鉍物粉の大きさ	肉眼で条痕色	鏡下で条痕色 (40倍)
金鉍 Au_2	等軸晶系	2.5	不完全 または 不明瞭	肉眼：金色 金光沢 条痕：黄金	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	△	△
					20 μm	○	○
					10 μm	○	○
黄鉄鉍 FeS_2	等軸晶系	6	不完全	肉眼：黄銅 金光沢 条痕：緑黒	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	△	△
					20 μm	○	○
					10 μm	○	○
黄銅鉍 CuFeS_2	正方晶系	4	不完全	肉眼：黄銅 金光沢 条痕：緑黒	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	×	×
					20 μm	○	△
					10 μm	○	○
赤鉄鉍 Fe_2O_3	六方晶系	5.5	不完全 または なし (裂開)	肉眼：鉄黒 金光沢 条痕：赤褐	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	×	×
					20 μm	○	△
					10 μm	○	○
トパーズ Al_2SiO_5 (F,OH) $_2$	斜方晶系	8	完全	肉眼：無色 無光沢 条痕：白	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	×	×
					20 μm	△	×
					10 μm	○	△
石墨 C	六方晶系	1.5	完全	肉眼：鉄黒 金光沢 条痕：黒	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	×	×
					20 μm	△	△
					10 μm	○	△
滑石 $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}$ (OH) $_2$	単斜晶系 または 三斜晶系	1	完全	肉眼：白 真珠光沢 条痕：白	50 μm	×	×
					40 μm	×	×
					30 μm	△	×
					20 μm	○	△
					10 μm	○	△

○：条痕色が見える、△：条痕色が見えるかどうかの限界、×：条痕色は見えない

引用文献：須藤俊男 (1980) 鉍物学入門 (朝倉書店)

はだ色の不思議

沼原利彦¹、沼原紀予¹

1)医療法人社団ぬまはら皮ふ科 769-1501 香川県三豊市豊中町比地大 2621

E-mail: numa_san@nifty.com

Understanding human skin and its color

Toshihiko Numahara¹, Kiyoko Numahara¹

1)Iryohojin Numahara hifuka, 2621, Hijidai, Toyonaka-cho, Mitoyo-shi, Kagawa,769-1501

Abstract : In short, illuminated light which comes into the skin is scattered in the dermis and a part of it is absorbed by melanin and hemoglobin, then the rest of the light makes the familiar flesh color. Because skin color directly reflects every pathological change of skin that causes modification of its optical characteristics, it is vital information in dermatological diagnosis.

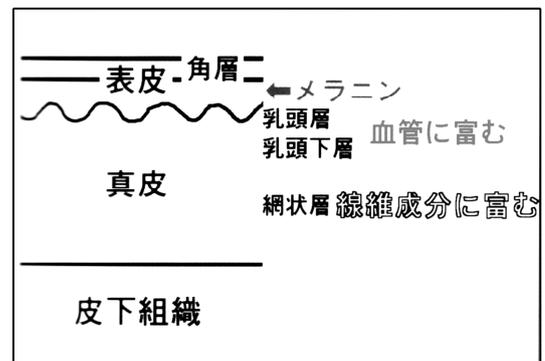
Keywords: skin color, melanin, hemoglobin, optical characteristics, dermatological diagnosis

1. はじめに

皮膚（ひふ）科の診断には、皮疹（ひしん）（皮膚病変）の色、形、分布の詳細な観察が重要である。正しい色の観察には正しい照明が必須であり、照明には均等な間接光線が要求され、北向きの窓を有する診察室が古くから好まれている【1】。皮疹の微妙な「色」のイメージを伝えるために「スレート色、サーモンピンク、ポートワイン、ヘリオトロープ、カフェ・オ・レ、黒真珠」など、工夫された特有の表現も多い。

2. 皮膚の模式図

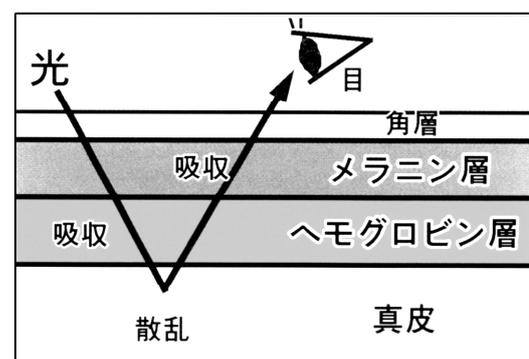
皮下組織を除いた皮膚の厚さは1.5～4mm、性別、年齢、部位によって差がみられる。表皮最上層が角層（0.02mm、手掌足底では0.5mm）である。表皮基底層10個に1個の割合でメラノサイトが介在し、表皮細胞にメラニンを供給し、紫外線防御に大きな役割をはたしている。真皮では、表皮下の乳頭層は毛細血管と知覚神経末端に富み、乳頭下層では脈管と神経系に富み、真皮の大部分を占める網状層は線維成分に富んでいる【2】。



3. 皮膚の光学モデル

皮膚の色のなりたちについて、滝脇の文献【3、4】、沼原の文献【5-7】より、まとめてみよう。おおまかにいえば、表皮のメラニンと表皮血管のヘモグロビンで吸収された残りの光が、白い真皮で散乱（乱反射）されて“はだ色”に見えるのである。

表皮メラニン量が増せば褐色調が強くなり、皮膚の炎症のために血管が拡張し血流が増えれ



ば赤色調が強くなる。メラニンやヘモグロビン以外にも、血漿中のビリルビンやカロチンなどの吸光色素も皮膚色に影響を与える。角層や真皮層の光学的変化も皮膚色に影響してくる。角層が厚くなったり乾燥してくると、角層での乱反射率が増し不透明感が増す。

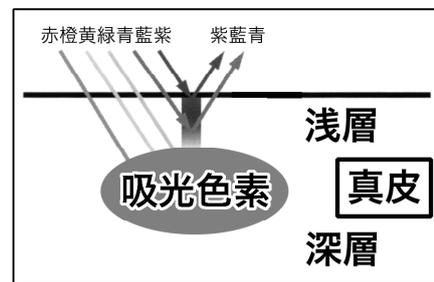
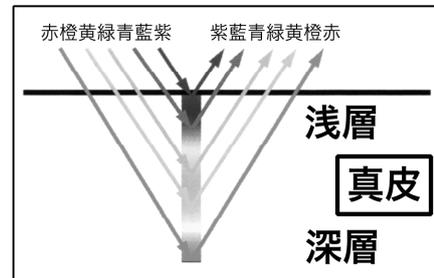
4. 真皮の光学的性質

真皮は牛乳寒天のようなものにたとえられ、一定の厚みがあって初めて白色とみえる。

また、真皮では波長の長い（赤い）光ほど透過しやすく、短い（青い）光ほど散乱されやすい性質がある。

真皮中に吸光色素が無視できない量で存在すると、真皮の浅いところで散乱される短波長光はわれわれの目に戻ってくる率が高いが、長波調光は透過して色素に吸収され戻ってくる率が低くなる。このため、皮膚の浅い部分にある毛細血管拡張や蕁状血管腫は鮮やかな赤に見えるが、やや深い部にある静脈や血管腫は青っぽく見える。

メラノサイト関連の母斑（ぼはん＝あざ）でも、母斑細胞が真皮表皮境界部に存在する境界母斑では褐色調に見えるが、真皮にある青色母斑はその名のごとく青色調に見える。



5. 皮膚の病的変化→はだ色の変化:はだ色の変化→皮膚の病的変化を読み取る

皮膚の病的変化は、はだ色の変化につながる。皮膚科専門医は、皮疹の性状や はだ色の変化から、「病変部の変化の主体は何であり、その程度はどの位か、病変の深さ（角層、表皮、真皮、皮下組織）はどこか等」を読みとろうとしているのである。

最近では、ダーモスコピーと呼ばれる特殊な拡大鏡が、良性のホクロや、早期のメラノーマ（悪性黒色腫；いわゆるホクロのガン）の診断に役立てられている。

文献

- 【1】山村雄一ほか編：現代皮膚科学大系，第1巻 皮膚科学概論主要症候と診断，中山書店，1985.
- 【2】上野賢一：MINOR TEXTBOOK 皮膚科学，改訂第6版，金芳堂，1996.
- 【3】滝脇弘嗣：パーソナルコンピューターを用いた皮膚色シミュレーターの開発と皮膚病変解析への応用：臨床皮膚科，1997；51巻、593-596.
- 【4】滝脇弘嗣：皮膚の色，皮膚科診療プラクティス5．スキンケアの実際：文光堂，1999；124-125.
- 【5】沼原利彦：皮膚科領域から：パネルディスカッション 第2部：医療の最前線におけるデジタル画像の活用とその色処理：第1回デジタル医用画像の「色」シンポジウムの記録文書より、1999；<http://biocolor.umin.ac.jp/sympo199905/panel24.html>
- 【6】沼原利彦：「肌色」のしくみと、「肌」を記録するデジタル画像技術に求めるもの：INNERVISION 2000；15巻13号、17-20.
- 【7】Toshihiko Numahara:From the Standpoint of Dermatology:Digital Color Imaging in Biomedicine (edited by H Tanaka et al. Produced by ID corporation) 2001;67-72. <http://biocolor.umin.ac.jp/book200102/din01022812.pdf>

細い毛細血管の周長はとびとびの値をもつ？

本多久夫（兵庫大）

加古川市平岡町新在家2301 兵庫大学健康科学部 hihonda@hyogo-dai.ac.jp

Hisao Honda (Hyogo Univ.)

Abstract: When a thin capillary consists of regular hexagons, the circumference length of capillary is restricted to discrete values, $\sqrt{3}$, 3 , $2\sqrt{3}$, $\sqrt{21}$, $3\sqrt{3}$, 6 , $\sqrt{39}$, $4\sqrt{3}$, ... where the edge length of the regular hexagon is 1. The fact may be useful to discuss the structure of thin tubes of capillary, lympho-capillary, trachea of insect embryo and so on.

Keywords: epithelium, capillary, diameter, circumference length

細い毛細血管は、管一周に数個の扁平上皮細胞が並んで管を形成している。このような少数の細胞からなる管では、細胞の形が直に管の形を規定していると考えられる。扁平上皮細胞のもっとも安定な形は扁平な正六角柱である。同一サイズの正六角形が集まって管をつくるとしてその作り方を網羅的に考えた。これらの細い管の周長は（正六角形の辺長を1とすると）、 $\sqrt{3}$ 、 3 、 $2\sqrt{3}$ 、 $\sqrt{21}$ 、 $3\sqrt{3}$ 、 6 、 $\sqrt{39}$ 、 $4\sqrt{3}$ のようにとびとびの値をもつことがわかった。

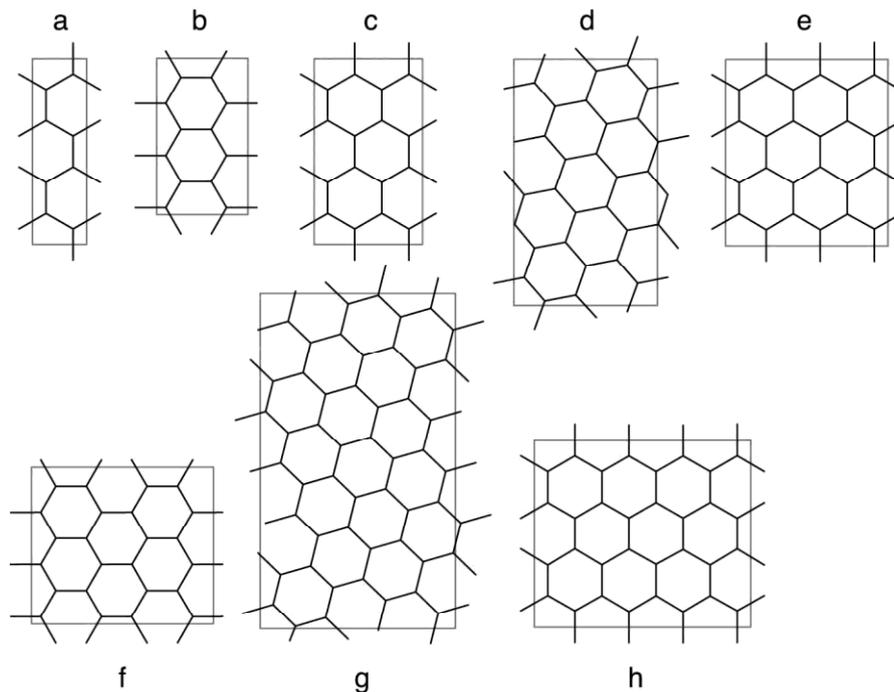


図 1

序論-毛細血管をはじめ毛細リンパ管、ハエ幼虫の気管などでは扁平な上皮細胞が円筒状に集まって管をつくっている。この上皮細胞は、管腔の内腔側（これをアピカル側とよぶ）の多角形の辺に沿ってアクチン繊維が走行し辺長は収縮している。円筒を軸に平行に切断し開いて平面にすると、平面には上皮細胞のアピカル側の多角形が敷き詰まっている。この多角形パターンはアクチン繊維により辺長が短くなったもので、正六角形が敷き詰まった場合辺長は最小になり、最も安定なパターンとなる。（ここでは扁平上皮細胞の厚みは変化しないで一定と考え、扁平上皮細胞を厚みを考えない平面の多角形と見なして議論を進める。したがって平面から曲面への変形の影響も考え

ない。)

結果—図 1 に示すように管を切開した平面を考える。平面での正六角形の並べ方には縦向き（図 1 a、正六角形の平行な辺が縦向き）と横向き（図 1 b、正六角形の平行な辺が横向き）がある。それぞれ管の周長は

$\sqrt{3}$ 、3である。これは正六角形パターンの切り抜き方の違いである。左右の境界がうまく対応すれば斜めの切り抜き方も可能である。図 2 に a ~ h の 8通りを示した。これらに対応する切開平面は 1 a ~ h である。管の形で表示すれば図 3 a ~ h となる。これらの周長を横軸にとって、重ねて表示すると図 4 上図のようなスペクトルを思わせるパターンになる。これは同じ図の下方のパターンのすべてを重ね合わせたものである。

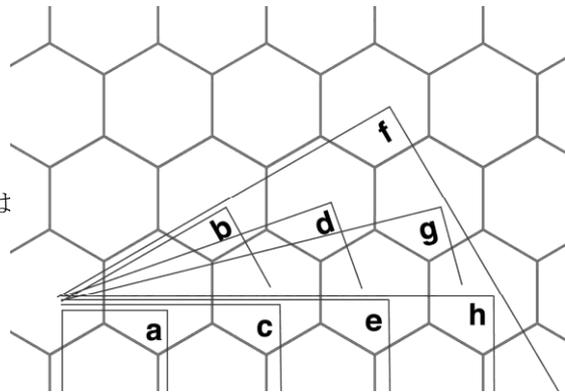


図 2

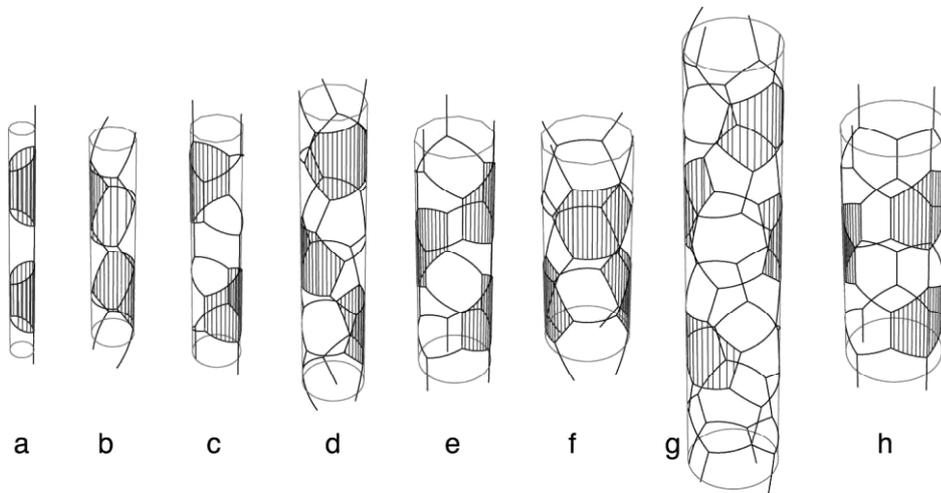


図 3

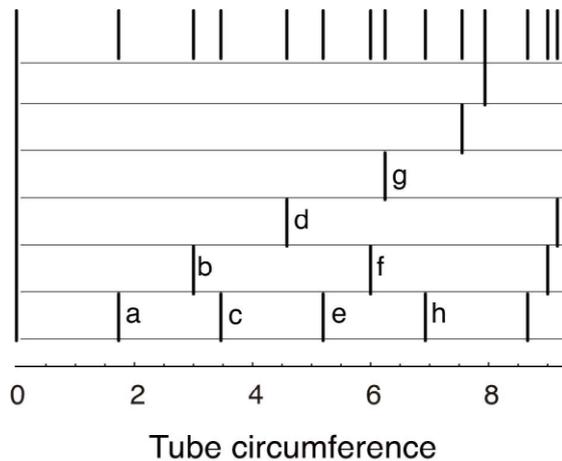


図 4

議論—生体内の管には引っ張りなどの力がかかっている。ここでの述べたような形が実現しているところが実際にあるのかどうか不明である。

力学系におけるホモクリニック軌道の強制関係

山口喜博 (帝京平成大学 : 170-8445 東京都豊島区東池袋 2-51-4)

メールアドレス : chaosfractal@mac.com

谷川清隆 (国立天文台 : 181-8588 東京都三鷹市大沢 2-21-1)

メールアドレス : tanikawa.ky@nao.ac.jp

Forcing relation for the homoclinic orbits

Y. Yamaguchi (Teikyo Heisei University)

K. Tanikawa (National Astronomical Observatory)

Abstract: First, we derive an algorithm to determine the forcing relation for the periodic orbits and homoclinic orbits in the Smale horseshoe. Using our algorithm, we derive the explicit forcing relation for the homoclinic orbits and study whether or not the conjecture by Hall and de Carvalho holds for the homoclinic orbits and the periodic orbits in the area and orientation preserving Hénon map.

Keywords: Horseshoe, homoclinic orbit, periodic orbit, forcing relation and Hénon map.

最初に $A \rightarrow B$ という表現を導入する. 対象 A と B が周期軌道の場合, 周期軌道 A が存在するならば別の周期軌道 B が存在することを意味する. この関係式は強制関係 (Forcing relation) と呼ばれ, A は B を強制すると読む. この表現をホモクリニック軌道についても利用する.

シャルコフスキー [1,2] は 1 次元写像系において周期軌道の出現順序を記述する下記の強制関係を導いた.

$$3 \rightarrow 5 \rightarrow 7 \rightarrow \dots \rightarrow 3 \quad 2 \rightarrow 5 \quad 2 \rightarrow \dots \rightarrow 3 \quad 2^2 \rightarrow 5 \quad 2^2 \rightarrow \dots \rightarrow 2^3 \rightarrow 2^2 \rightarrow 2 \rightarrow 1.$$

この関係には周期を表す自然数がすべて現れ, 1 次元的に順序付けられている. 周期 3 が存在するならばすべての周期数の周期軌道が存在することを意味している. このような順序関係は線形順序 (linear ordering) と呼ばれている. シャルコフスキー以後, 線形順序関係を 2 次元写像において見いだすために多くの努力がなされた. しかし, 線形順序関係は見つかっていない. 同様の順序関係がホモクリニック軌道についても調べられているが, 線形順序関係は見つかっていない [3,4]. 現状を明快に表現している予想を示す.

Hall - de Carvalho の予想 [5]

[i] スメールの馬蹄の中の周期軌道は族に別れている.

[ii] ひとつの族に含まれる周期軌道に対しては線形順序が成立し, かつひとつのホモクリニック軌道に強制される.

スメールの馬蹄が存在するという条件で, ホモクリニック軌道の強制関係を導くアルゴリズムは複数存在する [6,7]. しかし, アルゴリズムが複雑であり, 得られた順序関係に関する情報が少ないという欠点がある. この講演では, 面積保存方向保存エノン写像の特徴を生かしたアルゴリズムを紹介する. 次に, 我々のアルゴリズムを利用して下記の結果を得たので報告する.

[a] ある条件が成立する場合には, ホモクリニック軌道の明示的な強制関係が得られる.

[b] Hall - de Carvalho の予想 [ii] が面積方向保存エノン写像で成立するかどうかという問題について, 「ひとつのホモクリニック軌道に強制される周期軌道の族がある」ことは確かである. しかし, この族において線形順序が成立するかどうかははっきりしない.

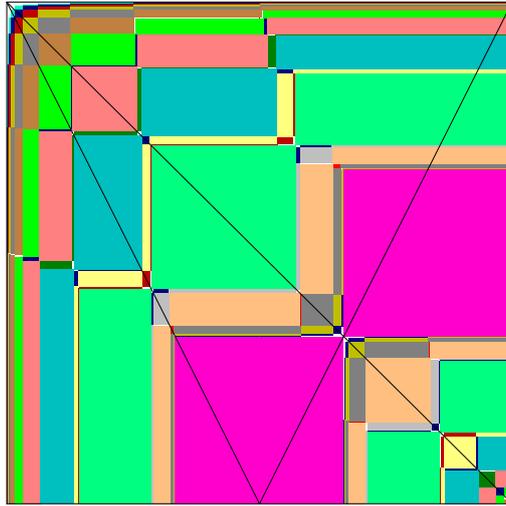


図 1: 記号平面. 原点は左上の角. 横軸が x で, 縦軸は y . 記号平面は共鳴領域によって分割されている. 対角線と折れた線分はエノン写像の対称線.

補遺 面積保存方向保存エノン写像とその性質.

$$y_{n+1} = y_n + a(x_n - x_n^2), \quad x_{n+1} = x_n + y_{n+1}.$$

a は正のパラメーターで, $a = a_{hs} = 5.17661\dots$ でスモール马蹄が存在する. エノン写像のもつ対称性より, この記号平面 $(0 \leq x, y \leq 1)$ は共鳴領域で分割されることが示せる (図.1 を見よ). すべての共鳴領域の面積の和は, 記号平面の面積 1 と等しいことが導かれる. この事実からホモクリニック軌道が記号平面の内部に軌道点をもつならば, 必ず共鳴領域の中に軌道点を持つ事が分かる. このようなホモクリニック軌道の記号列は通過する共鳴領域を表現するブロック語で記述される [8]. 例として, 回転数 $1/3$ の共鳴領域のみに軌道点をもつホモクリニック軌道で最も簡単な $0^\infty 10010^\infty$, $0^\infty 11010^\infty$, $0^\infty 11110^\infty$ と $0^\infty 10110^\infty$ を考える. これらはブロック語を用いて $0^\infty 1E(1/3)0^\infty$, $0^\infty 1S(1/3)0^\infty$, $0^\infty 1D(1/3)0^\infty$, $0^\infty 1F(1/3)0^\infty$ と書ける. これら 4 つの軌道をまとめて $H(1/3)$ と書く. 一つの共鳴領域に軌道点をもつホモクリニック軌道に対して, 強制関係 $H(p/q) \rightarrow H(r/s)$ ($0 < r/s < p/q < 1/2$) が成立することは良く知られている. しかし, 複数の共鳴領域に軌道点をもつホモクリニック軌道に関する強制関係はまだ分かっていない.

参考文献

- [1] A. N. Sharkovskii, Ukrain. Math. Zh., 16 (1964), 61-71. Russian.
- [2] R. Devaney, *Introduction to Chaotic Dynamical Systems* (2003, Westview Pr).
- [3] P. J. Collins, Experimental Math. 14 (2005), 75-86.
- [4] Y. Yamaguchi and K. Tanikawa, Prog. Theor. Phys. 116 (2006), 1029-1049.
- [5] A. de Carvalho and T. Hall, Experimental Math. 11 (2002), 271-288.
- [6] M. Bestvina and M. Handel, Topology, 34 (1995), 109-140.
- [7] J. Franks and M. Misiurewicz, in *Nielsen Theory and Dynamical Systems*, Contemporary Mathematics, No.152 (1993), 69-139.
- [8] Y. Yamaguchi and K. Tanikawa, Prog. Theor. Phys. 122 (2009), 569-609.

円錐曲線論の本邦への初導入とニュートンのプリンキピア

杉本 剛

神奈川県工学部 横浜市神奈川区六角橋 3-27-1

e-mail: take@is.kanagawa-u.ac.jp

Introduction of the conic sections into Japan and its relation to Newton's Principia

Takeshi SUGIMOTO

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

Abstract: The year 1880 saw the publication of Tomochika Kawakita's translation of Drew's treatise on the conic sections used in Cambridge University. On this occasion the treatise on the parabolas was only introduced into Japan. The whole part of Drew's text was translated by Kamenosuke Nagasawa under Kawakita's supervision and published in 1882. This treatise is taught by synthetic geometry and closely related to Newton's Principia.

Keywords: Synthetic Geometry, Conics, Newton's Principia, History of Science

1. はじめに

円錐曲線については日本でも独自に研究されていた。関孝和は側圓（楕円のこと）の面積を求めることに成功しているし、円柱の切り口が楕円になることばかりでなく、円錐の切り口が楕円およびそれ以外の閉じない曲線（圭面の圓）になることも知っていた。しかしながら、和算の世界では円錐曲線の体系的な研究がなされないまま明治維新を迎えた。和算家で西洋数学にも通じた川北朝鄰は、ケンブリッジ大学のコミュニティーで使われていた W.H. Drew 著 A Geometrical Treatise on Conic Sections⁽¹⁾の第5版（1875年）のうち放物線に関する部分⁽²⁾を明治13年（1880年）翻訳して土屋忠兵衛のもとで刊行している。本稿では、円錐曲線論の本邦への導入の経緯や数学用語の初出などについて述べる。特に、Drew のテキストとニュートンのプリンキピアとの関係について深い関心を寄せる。

2. 円錐曲線論の本邦への初導入

2. 1 川北の訳校本

川北朝鄰（1840-1919）は、関流七伝免許皆伝の和算家である（名前の「ちか」は図1に示すとおり大里が正しい）。名高い Tohoku Mathematical Journal の創始者で東北帝国大学教授林鶴一（1873-1935）に関流八伝免許状を授けた。静岡学問所で洋算を学びその母校で教鞭を執った。明治維新後は陸軍兵学校教官となった和魂洋才の数学者である。

川北の訳校本「圓錐裁断曲線法」が円錐曲線論の本邦への初導入であると断じる根拠は、同書の緒言にある。いわく「本朝近時数理書陸続上木スルト雖モ未タ曾テ円錐裁断曲線法ノ板書アルヲ聞ス」とある。関流和算の免許皆伝がいうのだから、間違いあ

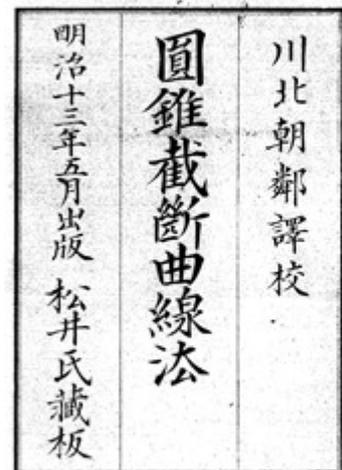


図1. 圓錐裁断曲線法の扉

るまい。兵庫県令のちの貴族院議員で経済学者でもある神田孝平（1830-1898）が漢文の前書きを寄せていて、「続焉譯代微積等各教科書 以成完備 則責在吾黨」と結んでいるので、数学の教科書の訳出を体系的に進めていたことが窺える。東京帝国大学教授菊池大麓（1855-1917）がケンブリッジ大学で MA を取得するのが 1881 年であることから、菊池がこの原書を推奨した可能性は高い。訳は正確無比である。ただし放物線の部分の訳出のみに終わり、これに続く楕円・双曲線・付録が川北の手によって訳出されることはなかった。

気になる数学用語であるが、*latus rectum* は「燃点ニ通轍シ而シテ兩端曲線ニ止リタル BC ナル倍縦線ハ之ヲ通径ト稱ス」とある。これは今日では放物線のばあい主通径とよばれている。放物線には、これ以外にただの通径もあるが、原書では a focal chord または the parameter of the diameter とあり、川北はこれに帯径の訳語を当てた。

では、円錐曲線論の本邦導入は中途半端に終わったかというところではない。川北は仕切りなおして、弟子の長澤龜之助（1860-1927）を指導して、明治 15 年（1882 年）に完訳「幾何圓錐曲線法⁽³⁾」を東京数理書院出版より刊行した。本書の扉を図 2 に示す。扉の次のページに「竹弄軒主人 龜之助自題」とある。長澤は竹弄軒と号していたから、扉の達筆は彼の自署であることがわかる。解読すると「綫有曲直 理無二途」である。明治時代の和魂洋才数学者の遊び心が垣間見える。

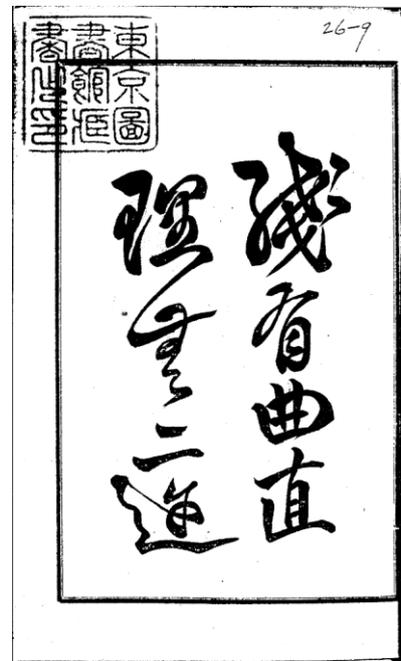


図 2. 幾何圓錐曲線法の扉

2. 2 Drew のテキストの特殊事情

翻訳されたテキストは、第 5 版であった。Drew の初版の前書きには奇妙な一式がある：

$$QV^2 = 4SP.PV$$

これを証明するという。PQSV という点の存在が暗黙の裡に読者との間に了解されていることを示している。実はこの関係は、「任意の頂点に属する通径の長さは、その頂点から焦点までの距離の 4 倍である」というニュートンのプリンキピア第 I 書の補助定理 XIII の結論なのである。ニュートン自身は証明を与えることなく、「Patet ex Conicis (円錐曲線論より明らか)」とだけ述べている。古来より伝わる円錐曲線論のどこにも、この証明は載っていない。ケンブリッジ大学のコミュニティーでは、証明する必要があることが認識されていたと思われる。川北が、原書とプリンキピアの関係に気づいていた形跡はない。

3. むすび

プリンキピアとの結びつきの深い円錐曲線論が日本初上陸であった経緯について述べた。また、*latus rectum* が通径の訳語を与えられた理由も明らかにした。

文献

- (1) W.H. Drew (1857) A Geometrical Treatise on Conic Sections, MacMillan & Co., pp.138.
- (2) 川北朝鄰・訳校（1880）圓錐裁断曲線法，土屋忠兵衛，34 丁.
- (3) 川北朝鄰・校閲 長澤龜之助・訳述（1882）幾何圓錐曲線法，東京数理書院出版，pp.240.

ディסקレパンシーによる形の乱雑さの評価

根岸利一郎, 関口久美子

埼玉工業大学, 埼玉県深谷市普濟寺 1690

negishi@sit.ac.jp

Estimation of Randomness in Forms Using the Discrepancy

Riichirou Negishi, Kumiko Sekiguchi

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

Abstract:

The randomness differences between two images have been estimated using the discrepancy whereas the entropy cannot be utilized when the rule of forming arbitrary objects including the probability is unknown.

Keywords: Discrepancy, Randomness, Entropy

1) はじめに

乱雑さの尺度としては一般的にエントロピー S が使われる。形の乱雑さをエントロピーで評価する場合, そのパターンを作り出す決まり (ルール) がわかれば S を計算できる。図 1(a)と(b)は 627 (n) 個の小区域中の 33 (N) 個を黒く塗りつぶす仕方の 2つのパターンであり, そのエントロピー $S(=k \log_e W)$ は場合の数 W を使い, $k=1$ とすれば, 同じ値 129.3 と計算される [1][2]。しかし, 見かけ上, (a)よりも(b)が乱雑に見えるが, 確率を含む両者のイメージ生成のルールが判らない場合にはこの違いをエントロピーで評価できない。

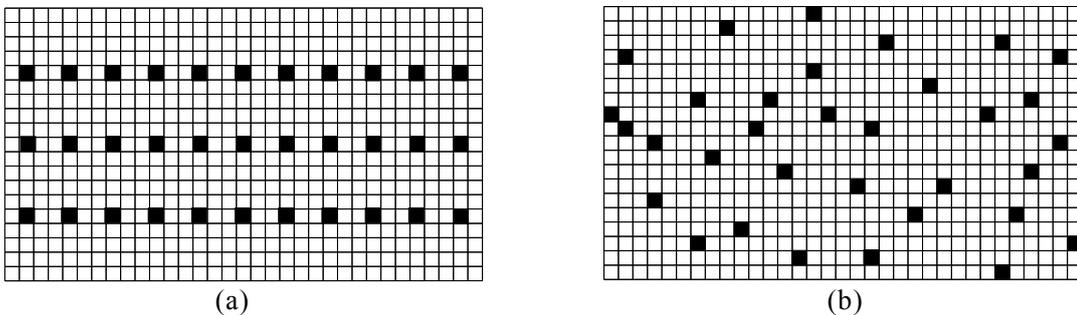


図 1. 627 (n 個) の小区域の中の 33 区域 (N 個) を黒く塗りつぶす仕方の 2つのパターン
この 1枚のパターンから乱雑さを評価することを検討する。

2) 方法

一様さからの食違いを評価する量にディסקレパンシーがある [3]。手塚によれば, k 次元単位立方体の点集合におけるディスクレパンシー D の定義は,

$$D_N^{(k)} = \sup_{\mathbf{t} \in [0,1]^k} \left| \frac{\#([0, \mathbf{t}); N]}{N} - t_1 \times \cdots \times t_k \right|, \mathbf{t} = (t_1, \dots, t_k)$$

であり, 10 点からなる右図の 2次元点集合では次のように書かれる [4]。

$$D_{10}^{(2)} = \sup_{0 < u, v \leq 1} \left| \frac{\#([0, u] \times [0, v]; 10)}{10} - uv \right|$$

これを図 3 の $uv=0.35$ の領域に適用し, 上限値としてこの領域の最大の点数をとって $D_{36}^{(2)}$ を求めると図の下部に示した値となる。(b),(c)はほぼ同じ大きさで, (a)よりも一桁大きい。そのため, (a)よりも(b)と(c)が乱雑と評価される。

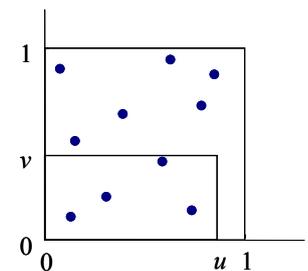


図 2. 2次元点集合

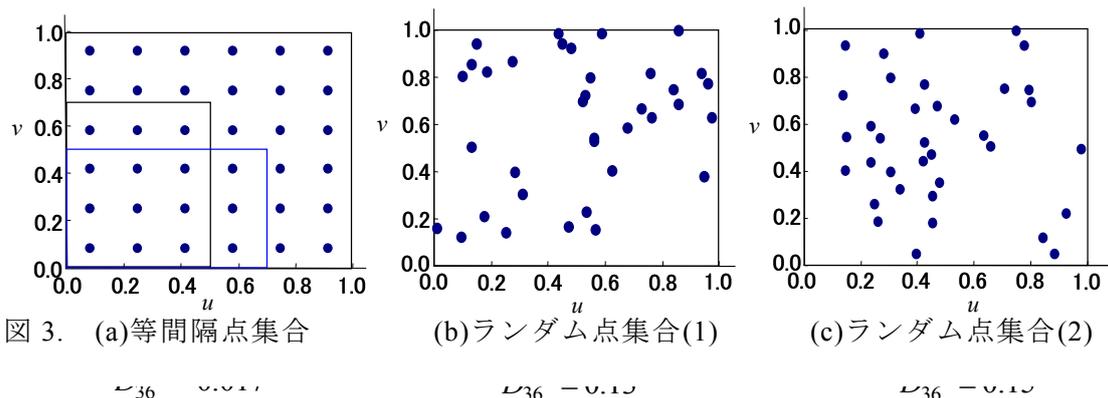


図 3. (a)等間隔点集合 (b)ランダム点集合(1) (c)ランダム点集合(2)

3) ディスクレパンシー D によるパターンの評価

図 4(a)で示した木のような図形は、片開き角 20° ，縮小率 0.8，枝分れ数 5 で描いたもので一つの形しかない。これに確率的变化として(b)片開き角を $19\sim 21^\circ$ と縮小率を 0.7~0.9 の各 3 段階と，(c)片開き角と縮小率の 5 段階を加える。

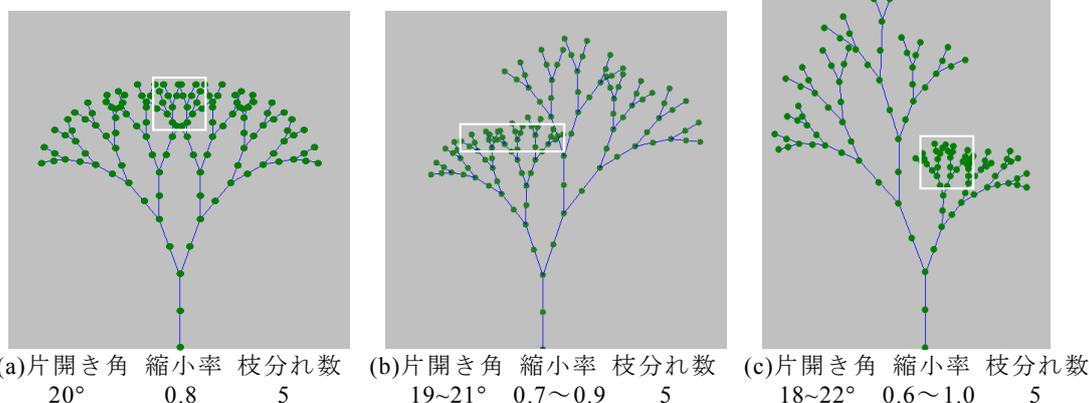


図 4. 片開き角，縮小率，枝分れ数を固定した場合(a)と確率的变化を加えた場合(b)(c)

これらのエントロピー S は $k=1$ として下表 2 行目のようになる。

これらの図を定義のディスクレパンシー D で評価する場合，線画から点を取り出す必要がある。各枝の一本の直線部から最小限 2 点取り出すと図 4 に示した点 (●点)になる。それぞれの同等領域の図について，その内部の同じ面積の白い□内の点数の最大値は 3 行目になる。ディスクレパンシー $D_{127}^{(2)}$ はこの最大値から計算すると 4 行目のように求まる。

	(a)	(b)	(c)
S	0	54.9	128.3
□内点数	24	29	32
$D_{127}^{(2)}$	0.158	0.198	0.222

この点数からの乱雑さは $D_{127}^{(2)}$ として(a)よりも(b)，(b)よりも(c)が大きくなってエントロピーの傾向と一致する。この結果は最も確からしい図に適用したものであり，常に成り立つとは限らない。そこで一定領域内でのサンプリングその他の条件の検討が必要になる。それらの検討結果を報告する。

文献

- [1] 堀淳一；「エントロピーとは何か」，講談社ブルーバックス(1969).
- [2] 高木隆司；「形の数理」，朝倉書店(1998).
- [3] B.Chazelle；“The Discrepancy Method”，Cambridge University Press: Cambridge (2000).
- [4] 手塚 集；“超一様分布列の数理”，「計算統計 I」，岩波書店(2007).

絞り染めの可能性を考える

中村健蔵

MathArt作家 静岡県駿東郡小山町須走27-3-14-201 〒410-1431

E-mail:SI4K-NKMR@asahi-net.or.jp

以前コラボレーションした絞り染めの店(1)に伺う機会があり、絞り染めの面白さと奥の深さを知ることが出来たので、その可能性について考えてみる。

Potential of the Shibori dying

I used to collaborate with Shibori Artist. I had the chance to meet him and know the wonder and variety of Shibori. I'd like to show the potential of Shibori.

1 はじめに

絞り染めは布の一部を縛るなどの方法で圧力をかけ染料が染み込まないようにすることで模様を作り出す技法の一つである。

世界中にあるが、日本のものは特に技法の種類が多く、世界的にも「Shibori」と表記されるそうである。今回、知人に見せて頂いた技法は、布を糸で縛り、染色することを2回繰り返して出来たものであった。

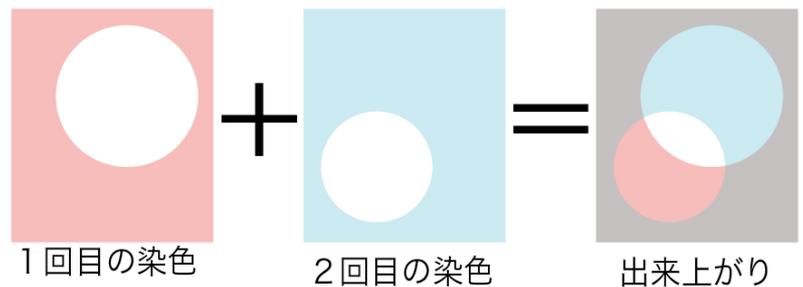


図1：2回染色による絞り模様

図1は知人に見せて頂いた絞りとその作り方を簡単に説明したものである。染める時の白丸が糸で絞ることにより染まらない様にした部分を示している。これから判ることであるが、絞りは染まらない部分を作るための技術であることに興味を引かれた。また、次のような制約があることが判った。1つは、ある点を中心にして糸を絞るために染まらない様にした部分は円形に近いものにならざるを得ない。もう1つ、実際に見せて頂いた出来上がりのグレーは落ち着いた深みのある素晴らしい質感であったが、色を重ねるほど、黒に近づくために2回染色が現実的だということであった。これらの制約を少しでも緩和する方法は無いかを考えてみた。

2 幾何学模様による2回染め模様の可能性

円は単純な形であるが、多重に重ねることにより、モザイクにも似た模様が出来ると(2PP189)。しかしながら、

今回の場合は絞る必要からあまり多くを重ねることは、なかなか難しいものと思われる。そこで、これまでにつけて来た幾何学模様の中で日本

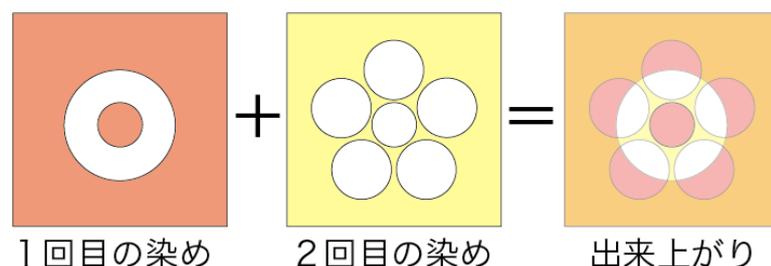


図2：絞り2回染めによる梅鉢

の伝統模様である梅鉢に似た物を考え、図2に示す。

この模様の特長は、1回目に染めた中心の赤が、2回目の時は絞られて染められない様になっていることである。なかなか良いアイデアであると思うが、如何であろうか？

3 3回以上の染めの可能性

3回以上の染めの問題点は、何度も染まったところが黒に近くなる点である。染め自体の問題点はなかなか難しいが、寒色系は最後の1回にすることしか無い様に思われる。

図形としては、大きな円を使い染まらない範囲を大きくすることであろう。そのようなデザインとして図3、図4を考えてみた。

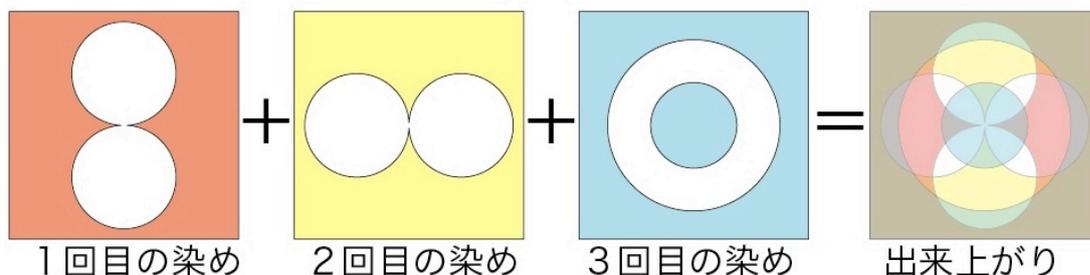


図3：3回染色の絞り模様



図4：4回染色の絞り模様

それぞれ大きな円が大胆に使われており、染色されていないところから1色、2色と重なるところがうまく配置されている。

4 まとめ

「絞りは友禅等と違って、染めないための技法」という言葉に触発され、その場で聞いた制約のみを緩和することを考えてみた。実際、物を作るためには、もっと多くの制約があるのであろうが、素人の強みは知らないことである。知りすぎている人は駄目と思うことも出来ない訳が無いと思えるところが恐ろしいところであろう。ということで、知人に相談してコラボレーションしてみたい。出来たら、また発表したい。乞うご期待！

参考文献等：1 紹介した絞りのお店：片山文三郎商店 <http://bunzaburo.com/>

〒604-8151 京都市中京区橋弁慶町221番地 TEL075-221-2666

2 「Mathematicaで絵を描こう」中村健蔵 東京電機大学出版局 1998

螺旋による造形

森田克己

札幌大谷大学短期大学部美術科

Forms by Helices

Katsumi MORITA

Department of Arts and Design, Junior College of Sapporo Otani University
Higashi 9, Kita 16, Higashi-ku, Sapporo, Hokkaido 065-8567 Japan

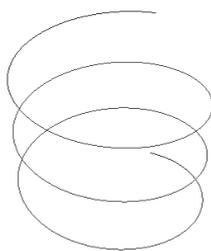
Keywords: form, helix

1. はじめに

螺旋は、世界中の至る所で見ることのできる形であるが、植物の蔓のように自然界で見ることのできる形もあれば、バネやコイルのように人工的な形において確認することができる。言わば、一般的によく知られた形である。筆者はこれまで自然界の螺旋の形に魅了され、その形に触発を受け、その造形性について追求してきた [1][2][3]。本稿では、いままで追求してきた螺旋の造形に関する考察をベースに、新機軸の構想から螺旋形態について追求する。第1に、螺旋の形状に着眼し、線の形状、帯の形状、チューブの形状に分類する。第2に、螺旋の多重構造による構成に焦点を当てる。第3に、螺旋と平面曲線あるいは曲面体を組み合わせた合成螺旋を生成する。第4に、螺旋を用い階層構造を適用した構成をする。以上から、螺旋による造形の可能性について検討を加えた。

2. 螺旋の形状別分類

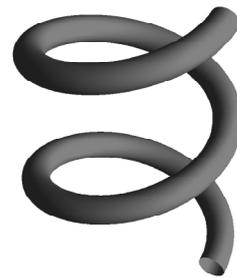
螺旋の形状を、線、帯、チューブに分類した例を図1に示す。各々を形状別に、線螺旋、帯螺旋、チューブ螺旋と呼ぶ。以上のうち、本稿では、帯螺旋とチューブ螺旋を扱う。



(a) 線螺旋



(b) 帯螺旋



(c) チューブ螺旋

図1 螺旋の形状別分類

3. 螺旋の多重螺旋

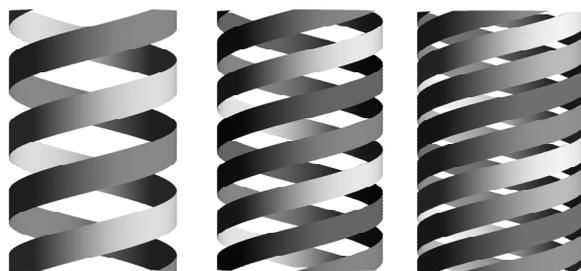
螺旋を複数用いた構成を次に示す。本稿では、生成した螺旋を、多重螺旋と呼ぶこととする。

3.1 ユニットによる構成

ユニットによる構成を次に示す。図2は帯螺旋による、図3はチューブ螺旋による多重構造のバリエーションである。

3.2 異なる形の組合せによる構成

異なる形の組合せによる構成を図4に示す。図4は外側と内側に合同の螺旋を配置した。図4aは外側と内側に各2個を配置し、計4個、図4bは外側と内側に各3個を配置し計6個で構成した。

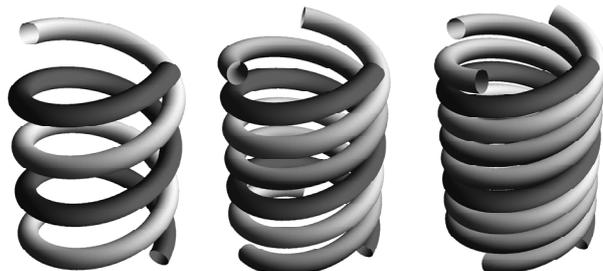


(a) 2重螺旋

(b) 3重螺旋

(c) 4重螺旋

図2 帯螺旋による多重構造

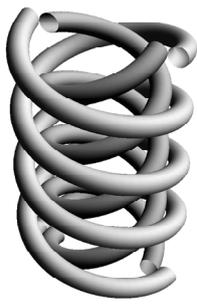


(a) 2重螺旋

(b) 3重螺旋

(c) 4重螺旋

図3 チューブ螺旋による多重構造

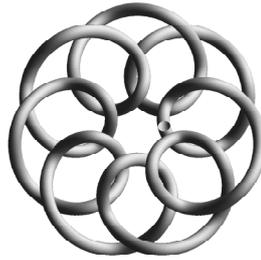


(a) 4重螺旋

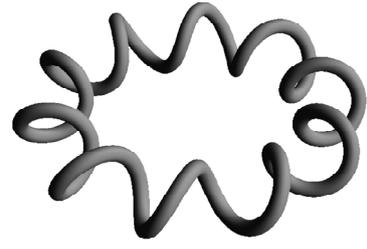


(b) 6重螺旋

図4 異なる形の組み合わせによる構成

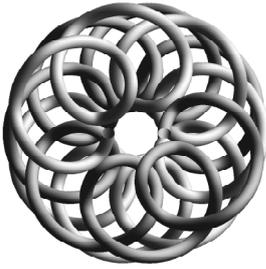


(a) エピトロコイド螺旋

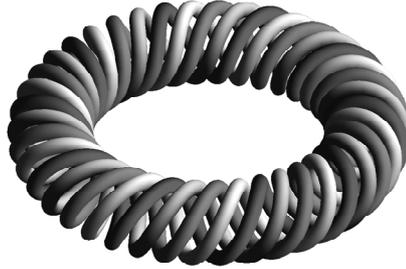


(b) トーラス螺旋

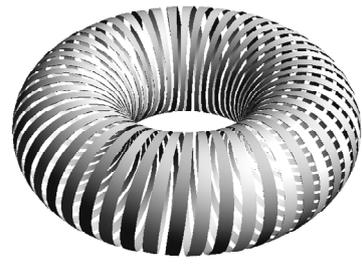
図5 合成螺旋



(a) エピトロコイド螺旋の2重構造



(b) トーラス螺旋の4重構造

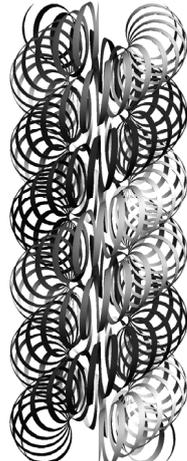


(c) 帯トーラス螺旋の2重構造

図6 多重合成螺旋

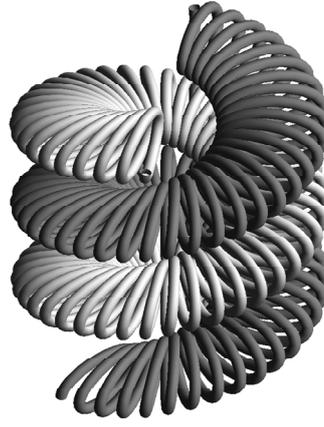


(a) 2重螺旋

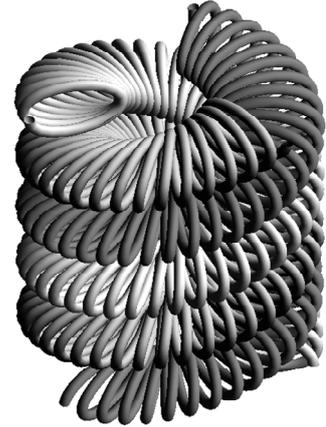


(b) 3重螺旋

図7 帯螺旋の階層構造



(a) 2重螺旋



(b) 3重螺旋

図8 チューブ螺旋の階層構造

4. 合成螺旋

螺旋と2次曲線あるいは曲面体とを組合せた例を図5に示す。図5aはチューブ螺旋をエピトロコイド曲線にのせ合成し、図5bは螺旋をトーラスに絡ませた例である。合成した螺旋を各エピトロコイド螺旋及びトーラス螺旋と呼ぶ。図6aは図5aを2重に構成し、図6bは図5bを用い4重構造にした例である。図6cは帯トーラス螺旋による2重構造をなす。図7は帯螺旋を用い、図8はチューブ螺旋を用い、階層構造にした例である。図7aと図8aは2重構造、図7bと図8bは3重構造にした。

5. まとめ

本稿では、螺旋を用いた造形表現の可能性可能性について追求した。以上を次にまとめる。(1)螺旋の形状を帯形状とチューブ形状にした。(2)螺旋の構成に多重構造を適用した。(3)平面曲線としてエピトロコイド曲線と曲面体としてトーラスを対象に合成螺旋を生成した。(4)螺旋を用い階層構造を適用し構成した。結果的に、螺旋の造形性に新たな可能性を多少示すことができたと思われる。

参考文献

- [1] 森田克己(1999): 螺旋形態のバリエーションの生成、1999年度大会(東京) 学術講演論文集, 日本図学会, 109-114
- [2] 森田克己(2001): 螺旋の多重構造の生成、2001年度大会(東京) 学術講演論文集, 日本図学会, 69-74
- [3] 森田克己(2003): 螺旋形態の分岐パターンの生成、2003年度大会(関東) 学術講演論文集, 日本図学会, 73-78

自然発生するリップルについて

— イオンビームエッチングによるパターン形成と砂丘の風紋 —

元廣友美^{1,2*}、大日方圭¹、竹田康彦¹

¹株式会社豊田中央研究所、〒480-1192 愛知県愛知郡長久手町

²豊田工業大学、〒468-0034 名古屋市天白区久方二丁目 12-1

*motohiro@mosk.tytlabs.co.jp

Spontaneously Emergent Ripples

— Pattern Formation by Ion Beam Etching and Wind —

Tomoyoshi Motohiro^{1,2}, Kei Obinata¹, Yasuhiko Takeda¹

¹TOYOTA Central R&D Labs., Inc., Nagakute, Aichi, 480-1192, Japan

²TOYOTA Technological Institute, 2-12-1, Hisakata, Tempaku, Nagoya
468-8511, Japan

Abstract: Spontaneously emergent ripples on fused silica surface under homogeneous oblique incidence of Ar ions accelerated up to 4.25keV are reintroduced with an interest in similarity with (and difference from) ripples formed on sand by the wind.

Keywords: Ripples, Ion beam etching, Wind, Pattern Formation

均質な物質表面に均一なイオンビームを照射すると、図1に示すような特徴的な不均一パターンが生ずることがある^[1]。特に照射角度 45° の場合、図2に示す様なリップル構造が照射量に従って相似形に成長し、コンパクトディスク表面のような虹色の反射を呈する場合もある。加速されたイオンは表面原子を弾き飛ばし(スパッタリング)、一連の玉突

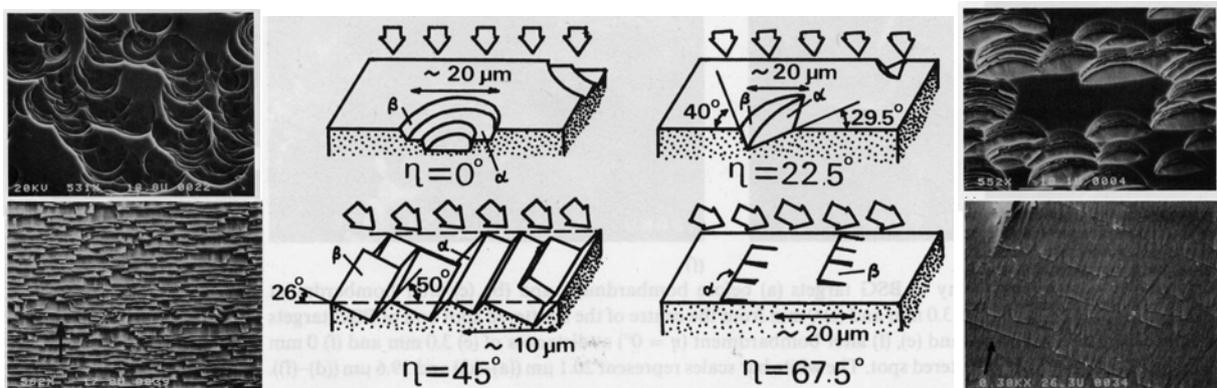


図1. 表面が平滑な熔融石英に加速エネルギー4.25keVのArイオンビームを、垂直照射($\eta=0^\circ$)および3通りの斜め照射($\eta=22.5^\circ, 45^\circ, 67.5^\circ$)したときにスパッタエッチングによってできる表面構造の走査型電子顕微鏡像とその模試図

き衝突の後、一部の原子は表面の外に飛ばされていく。表面に凹凸があると、凹部から外に飛ばされた原子の一部は凸部に再堆積する。このようなスパッタリングと再堆積の微妙なバランスの下に図2のようなリップル構造が形成されるようである。

このことは、比較的詳しく解析されている砂丘の風紋の生成過程^{[2][3]}を思い起こさせる。均一な風の下でも、凸部の砂は比較的遠くに、またその風下の凹部の砂は比較的近くに飛ばされるため堆積位置が集約されて始めの凸部から一定距離のところを再び凸部が形成される傾向が生ずる。一方、砂山の力学は極端な凹凸を崩し平坦化しようとする。この吹き飛ばしと再堆積、平坦化を織り込んだ比較的簡単な計算プログラムを動かすと、吹き飛ばし距離すなわち風速と、平坦化の程度すなわち砂のさらさら度の組合せによって、均一表面から図3のようなリップル構造が発生するのを観測することができる。

このような現象は自然界に他にも散見されるものと思うが、比較的単純な条件設定で、規則的なリップル、場合によっては原子オーダーのものが、いわば自然発生してくれることは、工学的にも利用価値があるものと思う。

文献

- [1] Motohiro, T. and Taga Y.(1987) Characteristic erosion of silica by oblique argon ion beam bombardment, *Thin Solid Films*, 147, 153-165
- [2] Nishimori, H. and Ouchi, N.(1993) Formation of Ripple Patterns and Dunes by Wind-Blown Sand, *Phys. Rev. Lett.*71(1), 197-200
- [3] 坪田 誠、西森 拓, (2008),量子渦のダイナミクス/砂丘と風紋の動力学, 非線形科学シリーズ 1、中村勝弘編、培風館、東京

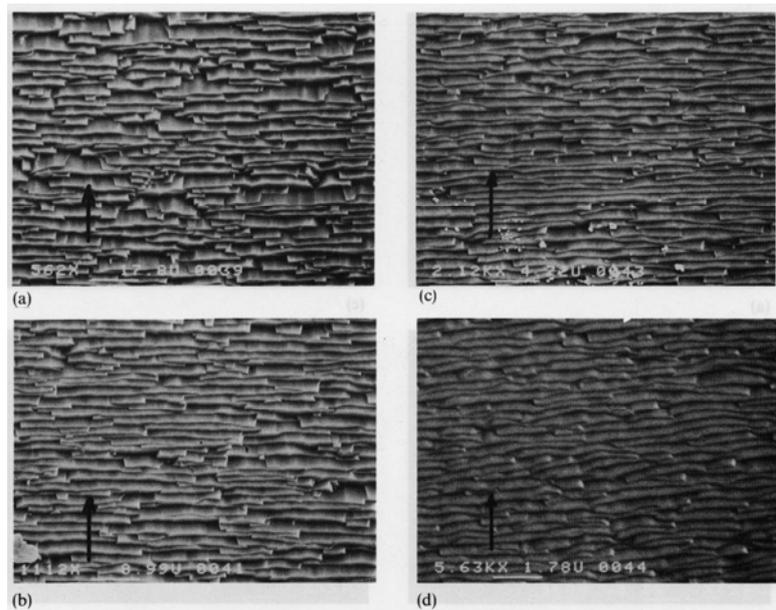


図2. Ar イオンビーム斜め照射 ($\eta = 45^\circ$) の場合のリップル構造の成長の様子.(a)>(b)>(c)>(d)の順で照量が多く、サイズを示す白線の長さは、(a)17.8 μ , (b)8.99 μ , (c)4.22 μ , (d)1.78 μ である。(d)から(a)へが構造の成長段階を示すと思われる、さらに初期段階では原子オーダーのリップルであったと推察される。

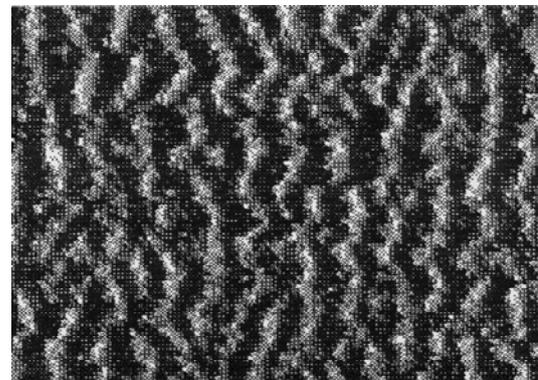


図3. 良く知られる砂丘の風紋の動力学^{[2][3]}に従って作成した計算機実験の結果。濃淡が紙面垂直方向の高さを示す。風の向きは左から右。

ボロノイ・セル相互作用モデルによる多角形分割パターンの解析

Analysis of Polygonal Tessellation Patterns through Voronoi Cell Interaction Model

種村 正美

Masaharu Tanemura

統計数理研究所, 〒190-8562 東京都立川市緑町 10-3,
The Institute of Statistical Mathematics,
10-3 Midori-cho, Tachikawa, Tokyo 190-8562, Japan
tanemura@ism.ac.jp

Abstract

We present the Voronoi cell interaction model for polygonal tessellation data. By performing MCMC simulation for a set of values of parameters, we find that our model is capable to produce various types of patterns. Some statistical method of estimating parameters is discussed.

Keywords

Gibbs-Voronoi Process, MCMC Method, Polygonal Tessellation, Pseudo-likelihood Method, Voronoi Cell

1 はじめに

自然界では金属に現れる多結晶粒界、森林における樹冠による空間分割、生物組織に見られる細胞パターンなど種々の多角形分割データが得られる。そこで、これらのデータに対する統計モデルを構築して、データの解析方法を確立することは「形の科学」の立場からも重要である。

2 ボロノイ・セル相互作用モデル

以下では多角形分割データが所与の点配置から構成されるボロノイ多角形と見なせると仮定して議論を進める。ちなみに、与えられた多角形分割データから多角形の中心点を幾何学的に求める方法が Loeb [2] に記載されている。まず、 N 個の多角形

に対応して点配置 $X \equiv \{x_1, x_2, \dots, x_N\}$ が与えられているとして、各点が有限領域 A 内にあり、 A がボロノイ多角形 (ボロノイ・セル) たち $\text{Vor}(X) \equiv \{\text{Vor}(x_1), \text{Vor}(x_2), \dots, \text{Vor}(x_N)\}$ で分割されているとする。そして $\text{Vor}(X)$ は次のポテンシャル・エネルギーの下で平衡に保たれていると考える。

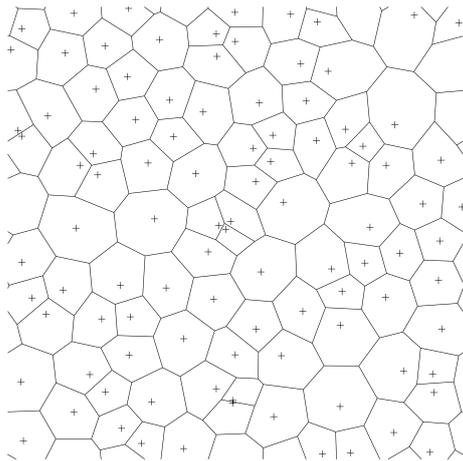
$$U_N = \alpha \sum_{i < j} L(x_i, x_j) + \beta \sum_{i=1}^N (V(x_i) - \bar{V})^2 + \gamma \sum_{i < j} (L(x_i, x_j) - \bar{L})^2.$$

ここで $L(x_i, x_j)$ は隣接するボロノイ・セル $\text{Vor}(x_i)$ と $\text{Vor}(x_j)$ 間の辺長、 $V(x_i)$ は $\text{Vor}(x_i)$ の面積、 \bar{V} は平均面積、 \bar{L} は平均辺長である。 α, β, γ はモデルを規定するパラメータである。 U_N はボロノイ・セルの間の相互作用を表すと考えることができ、上のモデルを「ボロノイ・セル相互作用モデル」と呼ぶ ([3], [4])。

3 MCMC による計算機実験

われわれは MCMC 法 (マルコフ連鎖モンテカルロ法) によるシミュレーション実験を行った。図 1 および図 2 に $N = 100$, $A = 10 \times 10$ に対して α, β, γ をそれぞれ $(0, 0, 10)$ および $(0, 40, 0)$ と定めたときのボロノイ・セル分割図が与えられている。図 1 は + で示された点配置からも見て取れるように、集中型配置の例である。一方、図 2 は規則型配置を表す。他にもパラメータ値のいくつかの組み合わせについて

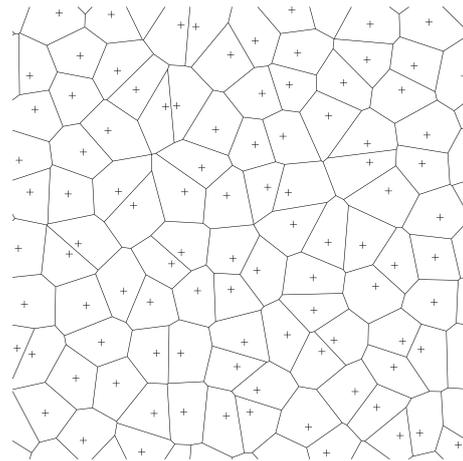
2-D Voronoi Tessellation Network (Periodic)



N = 100; t = 500000; a = 0, b = 0, c = 10; Delta = 0.50; V = 10 x 10

図 1: Voronoi 分割 ($\alpha = 0, \beta = 0, \gamma = 10$).

2-D Voronoi Tessellation Network (Periodic)



N = 100; t = 500000; a = 0, b = 40, c = 0; Delta = 0.25; V = 10 x 10

図 2: Voronoi 分割 ($\alpha = 0, \beta = 40, \gamma = 0$).

て実験を行った結果、ポロノイ・セル相互作用モデルは簡単な構造であるにもかかわらず、多角形分割データに対してランダム型・集中型・規則型の広範なタイプを実現できることが分かった。

4 疑似尤度によるパラメータ推定例

そこで、所与の多角形分割データにポロノイ・セル相互作用モデルを当てはめることを目的として、MCMC シミュレーションで得られたデータに対して疑似尤度によるパラメータ推定を試みた。疑似尤度法としては点配置に適用された方法 (Diggle et.al [1]) を援用する。次の表は 2 組のパラメータ値 $(\alpha, \beta, \gamma) = (0, 40, 0)$ および $(\alpha, \beta, \gamma) = (0, 0, 10)$ に対して得られたそれぞれ 4 個のデータに対する疑似尤度推定の例である。

(0, 40, 0)	$\hat{\beta}$	41.566	45.676	49.679	45.747
(0, 0, 10)	$\hat{\gamma}$	12.039	17.814	14.302	14.602

ここで、真値が 0 のパラメータは 0 に固定して推定を行っている。推定結果は疑似尤度を用いているゆえの偏りが見られるものの、一定程度満足な値が得られることが分かった。

今後は、推定法の改良と実際の多角形分割データに対する解析を行う予定である。

本研究の一部は平成 20-22 年度科学研究費補助金 (基盤研究 (C)) 課題番号 20500264 による。

参考文献

- [1] Diggle, P.J., Fiksel, T., Grabarnik, P., Ogata, Y., Stoyan, D. and Tanemura, M.(1994). On parameter estimation for pairwise interaction point processes.
- [2] Loeb, A. L.(1976). *Space Structures – Their harmony and counterpart*, Addison-Wesley, Reading.
- [3] 種村正美 (2009). 多角形分割データに対する MCMC による統計モデル. 2009 年度統計関連学会連合大会. 2009 年 9 月 8 日, 同志社大学, 京田辺市.
- [4] 種村正美 (2010). 多角形分割データに対する MCMC による統計モデル II. 2010 年度統計関連学会連合大会. 2010 年 9 月 7 日, 早稲田大学, 東京.

正四面体座標系による4次元正多胞体の表現

吉野隆^{1,4}, 小川泰^{2,3,4}

1) 東洋大学理工学部, 2) 産業技術総合研究所, 3) 筑波大学名誉教授, 4) 科学芸術学際研究所 ISTA

tyoshino@toyo.jp

Representation of Four-Dimensional Regular Polytopes Using the Tetrahedral Coordinate

Takashi Yoshino^{1,4} and Tohru Ogawa^{2,3,4}

1) Toyo University, 2) National Institute of Advanced Industrial Science and Technology, 3) University of Tsukuba (Prof. Emer.), 4) NPO ISTA

Abstract: We examined a new representation of four dimensional figures proposed by Ogawa[1]. We focused on the representation of four-dimensional regular polytopes and discussed the differences from other representations.

Keywords: tetrahedral coordinate, four-dimensional figure, regular polytopes

はじめに

近年, 小川によって新しい4次元の表現方法が提案されている. 本研究では, これを「正四面体座標系による表現」と呼ぶことにする. 小川はこの表現方法によって4次元のリサーチ図形について詳細な検討を行っている. しかし, 4次元において最も理解されている正多胞体について議論がなされていない. 本研究では正四面体座標系による表現によって正多胞体を視覚化し, この表現方法の性質について検討を行う. また, 小川[3]で記された3次元(そして $2^n - 1$ 次元)における単体と超立方体の関係についても言及する予定である.

正四面体座標系

4次元正多胞体を表現するためには, 4次元空間上の頂点座標を3次元空間内で表現することができるように変換し, 隣接した頂点を直線で結ぶ作業を行う必要がある(さらに言えば面や多面体の隠線処理も必要であるがここでは考えない). 4次元空間内での座標を, 直交4座標軸を用いて (x, y, z, u) と表すこととし, 与えられた変換によって投影される点の座標を, 直交3座標軸を用いて (α, β, γ) と表すことにする.

これまでに行われてきた表現方法は, 主に「平行投影」と「中心投影」である. 前者は平行な光を多胞体に当てて光に直交する3次元の壁に影を映すものであり, 後者は多胞体の外にある点光源が反対側の壁に影を映すものである. これらの方法には必ず強調される方向が存在している.

正四面体座標系とは, 3次元空間で正四面体の中心から頂点方向に伸ばした4つの線を座標軸として, 4次元空間内の点を3次的に割り当てるものである. 正四面体座標系では4つの座標が等価に扱われることが特徴となっている. スケールおよび回転についての任意性があるので唯一なものではないが, 正四面体座標系に変換する行列のひとつは,

$$\begin{pmatrix} \alpha \\ \beta \\ \gamma \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1/2 & -1/2 & 0 & 0 \\ -1/2\sqrt{3} & -1/2\sqrt{3} & 1/\sqrt{3} & 0 \\ -1/2\sqrt{6} & -1/2\sqrt{6} & 1/2\sqrt{6} & \sqrt{3}/2\sqrt{2} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x \\ y \\ z \\ u \end{pmatrix}$$

である．ここで，変換行列を構成する縦ベクトルは，正四面体の4つの頂点の位置ベクトルに相当している．平行移動しても形が変わらないことは自明なので，以下の結果ではもとの正多胞体の中心は原点にあるものとしている．

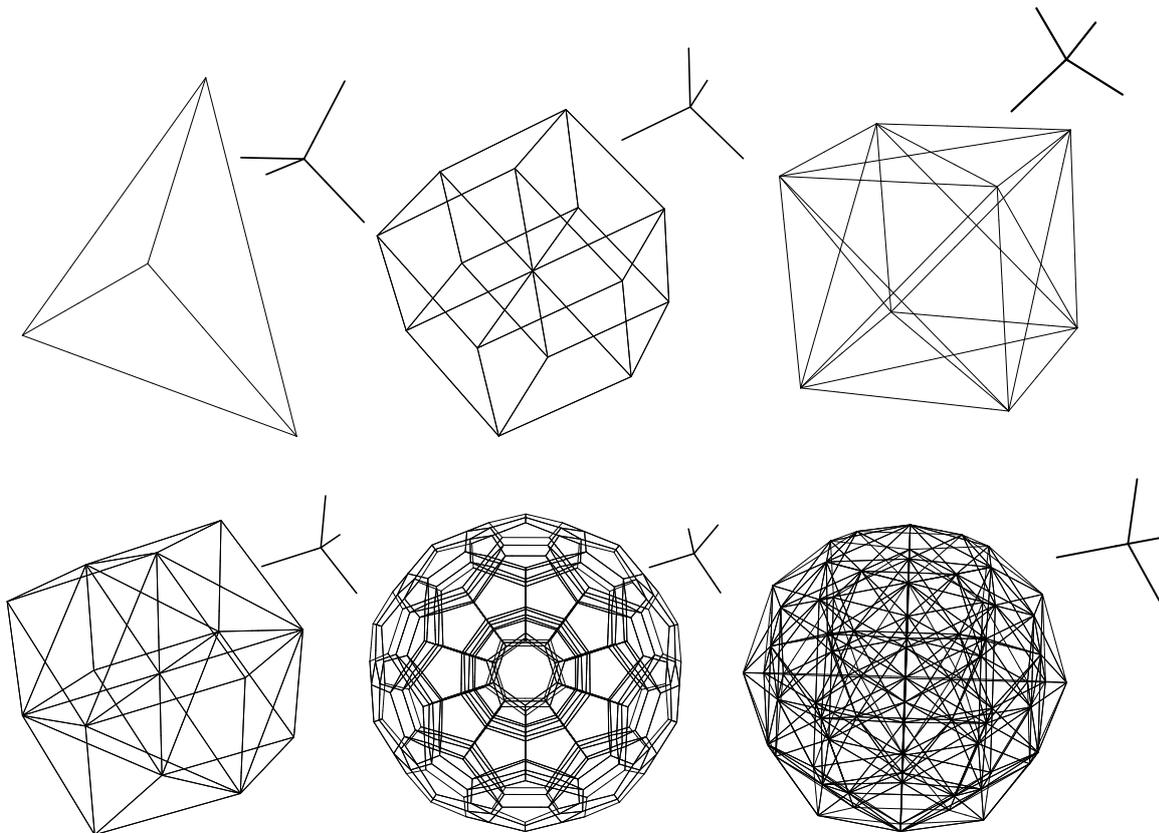
結果

頂点と辺で構成される正多胞体の骨組を四面体座標系に変換することを試みた．結果を図に示す．正多胞体の座標は宮崎と石原[2]に依った．ただし，正120胞体については誤植があったので正しい座標に $((\tau^2, \tau^2, 0, 1)$ を $(\tau^2, \tau^{-2}, 0, 1)$ と読み替える)変更した．

正5胞体はこの変換によって潰れて平面に近い四面体形状に変換される．正8胞体と正16胞体は外形が菱形12面体，正24胞体は外形が立方体に変換される．正120胞体と正600胞体は平行投影とよく似た（おそらく同一の）図形に変換される．

参考文献

- [1] 小川泰，美の幾何学 VII，形の科学会誌 22(1), 17-18(講演要旨)，2007，ほか
- [2] 宮崎興二，石原慶一，4次元グラフィックス：高次元CGへの道，朝倉書店，1989
- [3] T. Ogawa, A Set of Space Curve Transformed from 4D-Uniform Curve, G4G9, 2010



図：正四面体座標系を用いて表現された四次元多胞体．上段：左から，正5胞体，正8胞体，正16胞体．下段：左から，正24胞体，正120胞体，正600胞体．それぞれの図の右上にある4本の線は座標軸に平行な方向を表している．

大偏差ネットワーク解析

宮崎修次, 高口太朗^A

〒 606-8501 京都府京都市左京区吉田本町, 京都大学大学院情報学研究科
syuji@acs.i.kyoto-u.ac.jp

^A 〒 113-8656 東京都文京区本郷 7-3-1, 東京大学情報理工学系研究科

Network Analysis Based on Statistical-Thermodynamics Formalism

Syuji Miyazaki and Taro Takaguchi^A

Graduate School of Informatics, Kyoto University

Yoshida-Honmachi, Sakyo-ku, Kyoto, 606-8501, Japan

^A Graduate School of Information Science and Technology, University of Tokyo

7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo, 113-8656, Japan

Abstract: Random walk on a real social networking service consisting of 2271 nodes is analyzed on the basis of the statistical-thermodynamics formalism to find phase transitions in network structure. Each phase can be related to a characteristic local structure of the network such as a cluster or a hub. For this purpose, the generalized transition matrix is introduced, whose largest eigenvalue yields statistical structure functions. The weighted visiting frequency related to the Gibbs probability measure, which is useful for extracting characteristic local structures, is obtained from the products of the right and left eigenvectors corresponding to the largest eigenvalue. An algorithm to extract the characteristic local structure of each phase is also suggested on the basis of this weighted visiting frequency.

Keywords: Social networking service, large deviation, Gibbs probability measure, transition matrix, q-phase transition

The statistical-thermodynamics formalism has been successfully applied to temporal fluctuations caused by chaotic or stochastic dynamics. In chaotic dynamical systems, local expansion rates that indicate an orbital instability fluctuate largely over time, reflecting a complex structure in the phase space. Its average is called the Lyapunov exponent, whose positive sign is a practical criterion of chaos. There have been numerous investigations based on large-deviation statistics in which one considers distributions of coarse-grained expansion rates (finite-time Lyapunov exponent) in order to extract large deviations caused by non-hyperbolicities or long correlations in the vicinity of bifurcation points. In general, statistical structure functions consisting of weighted averages, variances, and these partition functions as well as fluctuation spectra of coarse-grained dynamic variables can be obtained by processing the time series numerically. In some cases, we can obtain these structure functions by matrix calculations. We herein attempt to apply to network analysis an approach based on a weighted visiting frequency corresponding to the Gibbs probability measure and large-deviation statistics in the research field of chaotic dynamical systems. Along this line, graphs and networks can be related to chaotic dynamics.

In this presentation, random walk on a real social networking service consisting of 2271 nodes is analyzed on the basis of the statistical-thermodynamics formalism to find phase transitions in network structure. Each phase can be related to a characteristic local struc-

ture of the network such as a cluster or a hub. For this purpose, the generalized transition matrix is introduced, whose largest eigenvalue yields statistical structure functions. The weighted visiting frequency related to the Gibbs probability measure, which is useful for extracting characteristic local structures, is obtained from the products of the right and left eigenvectors corresponding to the largest eigenvalue. An algorithm to extract the characteristic local structure of each phase is also suggested on the basis of this weighted visiting frequency.



図 1: The analysis object constructed from a social networking service with 2271 nodes are drawn. The node-dependent quantity 0 (1) is indicated by a white (black) circle.

参考文献

- [1] Taro Takaguchi, Kei Ejima and Syuji Miyazaki, Progress of Theoretical Physics Vol.124, No.1, pp.27-52 (July 2010).

美の幾何学XI

科学としての幾何学 —— 配置の問題を例として ——

小川 泰

科学芸術学際研究所 ISTA, 産業技術総合研究所¹, 筑波大学²

wt-ogawat@nifty.com

2004年以降この表題で、芸術的要素をも意識した幾何学研究の成果を発表してきた。予稿の最後に一覧表を掲げる。¹

『美の幾何学——天のたくらみ・人のたくみ』は伏見康治・安野光雅・中村義作による鼎談で、1979年に中公新書で刊行され、今年8月にハヤカワ・ノンフィクション文庫の〈数理を愉しむ〉シリーズとして再版された書の題名であり、本会名誉会員であった伏見康治先生に承諾を得て、1998年以来鼎談の精神や姿勢に合う話題と判断した場合に使わせていただいている。

今回は、配置の問題を題材として科学と幾何学の関係のありようについて問題提起したい。

最近ハヤカワ文庫で再刊された『美の幾何学：天のたくらみ・人のたくみ』。原著は1979年刊行の中公新書。



幾何学は数学の一分野であり、数学としての幾何学を思い浮かべるのは、それなりに自然である。その場合には論理をないがしろにはできない。しかし、ここでは、幾何学的事実、幾何学的現象、幾何学的効果を重んじて、ある種の遊びやデザイン・芸術等の方向に向かうことを愉しむ姿勢を採用している。

さて、大きさを持たない点ならば、どんな狭いところにでも、連続空間なら空間の次元数によらず、無数の点を詰め込める。詰め込むものが大きさと形を持てば、密度に限りがあり、形にも依存する。現実には、大きさだけではなく粒子間の相互作用の性質にも依存する。

物理学では、ジャングルジムのような格子空間の簡単なモデルを使う場合もあるが、多数の格子点を占めるような大きさと形を考慮すると、当然高密度ほど扱いが煩雑になる。

そこで、配置問題の幾何学というものが重要になる。この流れの文献では先駆的なフェイエシュトートによる『配置の問題——



L. Fejes Tóth
(1915 – 2005)

¹ 客員研究員

² 名誉教授

平面・球面・空間における』があるが、数学の立場で書かれており、20年ほど前に筑波大での研究室で輪講のテキストに使ったが、証明の細部にこだわりすぎてしまう弊害を感じた。かねがね、科学の立場で問題意識を整理することの必要性を感じていたので、ここでの主課題はその問題提起である。少し広い意味で関連する形の科学会会員の著書数点があるので、参考文献に挙げておく、今回の講演とも関連する私の問題意識の記述があるものとして拙著も含めてある。

ここでは詳しく述べないが、今回の発表内容も含めて、今後進めたいと思っている内容は、証明には必ずしもこだわらず（数学としての幾何学ではないと称する理由。科学、特に物理学では現象の発見者と説明者ないし理論家は分業である。）、興味深い配置の現象を中心とした「幾何学的事実」「幾何学的現象」の発見と整理。必要な諸概念の導入といったことである。

シミュレーションも含まれるが、最近私の作業効率が低下しているので、共同研究パートナー発掘も今回の発表の動機の一つである。

参考文献

フェイエシュ・トート『配置の問題：平面・球面：・空間における』樋口伊佐夫・種村正美訳、1983年、みすず書房。

腰塚武志編『計算幾何学と地理情報処理』（初版1986年；第2版1993年）

高木隆司『形の数理』（シリーズ「現代人の数理」）（1992年）

栗田治『都市モデル読本』栗田治著、共立出版（2004）

柳井浩『数理モデル』（基礎数理講座4）（2009）

小川版「美の幾何学」シリーズI～X（前回まで） いずれも形の科学会誌掲載頁一覧。

- I 菱形6面体とその切頭 **13(2)** 135-136 (1998) :
- II Kepler 模型の拡張 **14(3)** 180-181 (1999) :
- III 一定の太さをもつ空間曲線 **19(1)** 32-33 (2004) :
- IV 最密螺旋続報等 **19(2)** 217-218 (2004) :
- V 高次元幾何学の直観的理解はどこまで可能か？ **20(2)** 175-176 (2005) :
- VI 4次元と3次元の新しい関連づけ **21(2)** 220-221 (2006)
- VII “一様な”空間閉曲線と両眼立体視の3枚絵方式 **22(1)** 17-18 (2007)
- VIII 4次元曲線からの3次元デザイン **22(2)** 201-202 (2007)
- IX 空間曲線の太さ、立体曲面の厚みについて **23(1)** 15-16 (2008) (小川、吉野、手嶋)
- X 曲線群を測地線とする曲面とそれらの積層造形 **24(1)**45-46(2009)

なお、下記の拙著にも関連するテーマが入っています。入手困難なものもありますが。存在情報を掲げておきます。

小川泰『形の物理学——科学研究のあり方を考える』（モナドブックス83）、1983年、海鳴社、
（伏見康治先生ゆかりのウェブサイト <http://viva-ars.com/bunko/>にある小川泰文庫で読めます）

小川泰『フラクタルとは何か』（岩波 NEW SCIENCE AGE 39、1989年）

小川泰『かたち探検隊』（岩波科学ライブラリー83、2002年）

ゲノム距離非ゼロ性：形は同一でもゲノムに相違あり

西垣功一¹、駒崎峻¹、上関明子¹、相田拓洋¹、宮崎祐子²、佐竹暁子²

¹ 埼玉大学大学院理工学研究科 〒338-8570 埼玉県さいたま市桜区下大久保 255
koichi@fms.saitama-u.ac.jp

² 北海道大学 創成研究機構 〒001-0021 札幌市北区北 21 条西 10 丁目
satakeak@cris.hokudai.ac.jp

Non-zero property of genome distance: The same forms have distinct genomes

Koichi Nishigaki, Shun Komazaki, Meiko Kamiseki, Takuyo Aita,
Yuko Miyazaki, Akiko Satake

¹Saitama University, 255 Shimo-okubo Sakura-ku, Saitama, 338-8570

²Hokkaido University, Nishi-10, Kita-21-jyo, Kita-ku, Sapporo, 001-0021

Abstract: Long believed is that all cells of a single body are built up from the same genome. In other words, the leaves growing from a single tree have the same genome (*i.e.*, zero-genome distance) even if there might be difference in their forms due to environmental effects. However, this was not true theoretically nor experimentally. This fact is important for considering the essence of genomes and organisms, leading to drawing a genome sequence space.

Keywords: genome, genome distance, phenotype-genotype, genome sequence space

ゲノムの安定性

遺伝子の総体としてのゲノムを考えると、我々は殆ど無意識に、単一個体を形成する細胞のすべてが同一のゲノムからできているとみなしている。偶に、ガン細胞のような変異体が発生することはありえてもそれは例外的であると思っている。従って、一見、同一の形状をしたブナやサクラの木に茂る葉どうしは、ゲノム的に同一であると思われる。しかしこれは、理論的にも実験的にも正しくないことが示される。理論的には、既に DNA 複製酵素の複製エラー率が極小であっても ($10^{-4} \sim 10^{-8}$ / 塩基 / 複製)、それがゼロでないことから自明のことであった (但し、つい最近の‘次世代シーケンサー’の出現まで、証明のしようがなかったし、現時点でも真正面からの証明はない)。複製という化学反応が熱的揺らぎのなかで行われているときに、有限のエラーが発生するのは極めて自然なことである (自然突然変異率の主因)。さらに、ゲノム DNA は複製の後においても化学物質としての DNA を損傷する環境因子 (UV、放射線、ROS と総称される過酸化水素等) の作用を常に受け、それを修復する営みを繰り返している (この営みの中にガン化の芽がある)。従って、個々の細胞に存在するゲノムの安定性は絶対的ではない。

ゲノム距離

今回、初めて同一個体内異所細胞間にゲノム距離があることが実験的に示された。それは、ブナの葉を用いた昨年の実験において既に示唆されていたことであるが、今回サクラの葉を用いて、それを支持する結果を得たことによっている。ここで得られるゲノム距離 d_G は

$$d_G \propto \varepsilon_r + \varepsilon_l \quad (1)$$

ここで、 ε_r は複製時エラー、 ε_l は生命活動時発生エラーを表す。我々は既に導入した GP(genome profiling)法におけるゲノム距離を用いて、実際のゲノム間の距離を測定した。その結果、同一個体（サクラ）内の異なる枝から生じた葉の細胞のゲノム距離が有意に異なることが示された。これはさらに、そこで得られた DNA 断片の直接的配列決定からも同様な結果となり支持された。さらに信頼性を上げる実験を企画中である。

「ゲノム配列空間」と「プロテオームユニバース」

結局、すべてのゲノムには距離がある（「ゲノム距離非ゼロ性」）事実に基づき、それぞれのゲノムを仮想空間（ゲノム配列空間）に配置し、“active”な細胞を形成しているゲノムをその空間上の“輝点”としてとらえるとき、「種」は時間依存的にある領域に捕捉されたゲノム群（輝点群）と理解することができ、時間とともにその局限領域内の点の移行・明滅運動としてとらえることができる。これは、1970年代に M.Eigen が提案した擬種（quasi-species）の概念を図式的に示したものに他ならず（いわば“アイゲン運動”と呼べるもの）、その束縛要因（一種のポテンシャル）を考察することは、進化や種の概念を一般化する上で興味深い。

今回、genome の投射物といえる proteome を対象として、「ゲノム配列空間」のカウンターパートとしての「プロテオームユニバース」を描き、生物進化を考えるツールを付け加えた。この場合にも興味深い結果が得られたので併せて報告する。

文献

- [1] A. Kornberg & T.A. Baker, DNA replication, Freeman-Toppan, 1992
- [2] M.Eigen & P.Schuster, The Hypercycle, Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, 1979
- [3] 伏見譲・西垣功一（共編著）進化・情報・かたち、培風館、2006

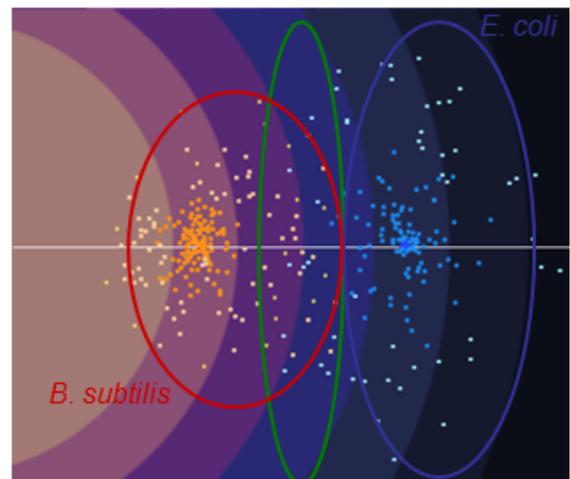


図 1. ゲノム配列空間（GSS）の模式図

大腸菌や枯草菌のゲノムが配列空間（球半径はゲノムサイズに比例）に点在する様子を示す。それぞれの点は異なるゲノム配列に対応し、それぞれの位置関係はゲノム距離に依存する。結局“種”は点の集合に対応する。

膜の強度を考慮した宇宙風船構造のかたちと試作

岸本 直子¹, 青木 隆平², 本多 菜摘², 小嶋 淳³, 宮崎 康行⁴

1) 京都大学工学研究科, 2) 東京大学工学系研究科, 3) 太陽工業株式会社,

4) 日本大学理工学部

kishimoto@kuaero.kyoto-u.ac.jp

Prototype Model of Inflatable Space Structure Designed for Membrane Strength

N. Kishimoto¹, T. Aoki², N. Honda², J. Kojima³, and Y. Miyazaki⁴

1) Kyoto Univ., 2) Univ. of Tokyo, 3) Taiyo Kogyo Corporation, 4) Nihon Univ.

Keywords: Gossamer structures, inflatable structures, space structures, membrane strength

はじめに

膜面構造物は軽量であり、大型宇宙構造物を低コストで構築するための基本構造として有望であり、大面積を要する太陽発電衛星[1]やソーラーセイル[2]への適用が検討されている。こうした膜面構造物を使った宇宙構造物として、小さく折り畳んだ風船を流体の流入によって膨張させるように短時間で大型構造物を構築するインフレータブル構造物がある[3]。これまで、インフレータブル方式の宇宙アンテナの実証試験[3]や、日本でも、伸展アクチュエータとしてインフレータブルを使ったアンテナの試験[4]が行われている。

また、インフレータブル構造の膨張ガスとして空気を使えば、風船内部に生物が住める環境を簡便に構築できることから、宇宙ステーションや惑星上の居住空間としてインフレータブル構造を利用する研究・開発も進められている。米国 Bigelow Aerospace 社の GENESIS I、GENESIS II は宇宙ホテルとして実用化するために無人だが昆虫など生物を乗せて軌道上での展開・運用実績もある。このほかに TransHab の開発なども進んでいるが、有人の居住空間構築を目的とするために、壁面の厚さが6インチもあり、収納効率は円周方向のみ1.6倍程度である。ここでは、より簡便なシステムとして、寸法や代謝が非常に小さい種子の状態での運搬・保管が可能である植物を対象として、軌道上や惑星上で実験や食糧確保のための栽培ができる“温室”を内部に構築するインフレータブル構造を考える。地上での環境になるべく近づけるために内部を地上1気圧に保つと、高真空である宇宙空間との内外差圧が1気圧となり、構造物が大きくなると通常の膜材では破断強度を超えてしまう。そこで、本研究では、局所的な曲率半径を小さくして膜面にかかる荷重を下げることを考え、実際に試作品を製作し膨張試験を実施した。

試作品の設計

半径1mの円筒の内外差圧を1気圧としたとき、球面にかかる荷重は約500N/cmとなる。成層圏プラットフォーム用に開発された膜材(KS127-197、膜厚0.22mm)の破断強度は860N/cm、建築用の膜材(TT200、膜厚0.63mm)の破断強度は654N/cmであり、安全率を考えると内外差圧1気圧に耐えることができない。膜面にかかる荷重を低減するためには、図1のように局所的な曲率半径を小さくする必要がある。

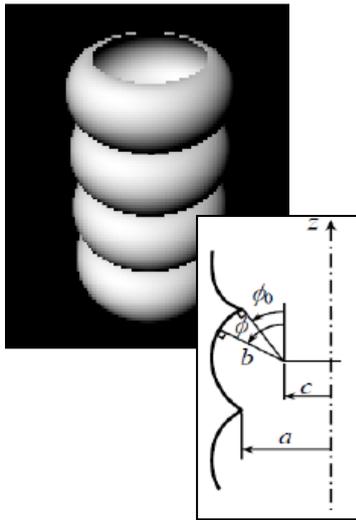


図 1 曲率半径低減モデル



図 2 試作品膨張試験

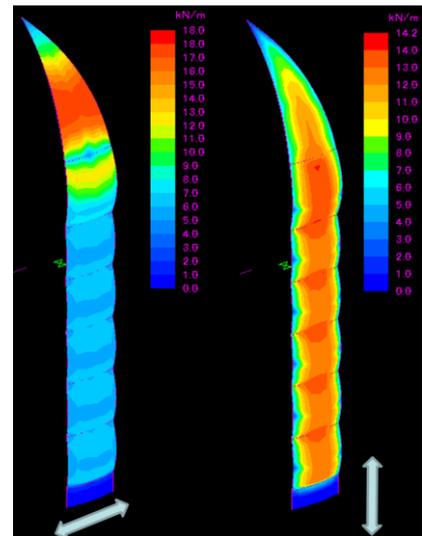


図 3 膜面にかかる応力
(計算値)

試作品の製作と膨張試験

このことを踏まえて、図2のような試作品を設計・製作した。軸方向だけでなく、円周方向にも曲率半径を小さくする設計となっている。膜面の形状は、4枚の膜材の貼り合わせでひとつの凸状形状を形成する立体裁断とワイヤ・グリッドによりこのような3次元的な形状をつくりだしている。ワイヤは膜面にかかる荷重を分担する役割も担っている。膜材同士の接着は、熱と圧力による溶着である。膜材は建築用のTT200を使用し、気密性を保持するためエパールあるいはポリエチレンの内袋を内挿した。内袋は強度が高くないため、内圧による荷重が直接かからないように外袋よりも大きめに製作している。図3に膜面にかかる応力の計算中を示す。円周方向の応力の最大値は180N/cm、軸方向揚力の最大値は142N/cmであり、安全率を見込んでもTT200の破断強度(654N/cm)を下回ることが確認できる。この試作品を用いて、大気圧下での膨張試験(最大差圧0.2気圧)ならびに水中での耐圧試験を計画している。

おわりに

膜面の形状を工夫することで、新たな高強度膜材を開発することなく既存の膜材が利用できることは開発期間やコスト面で非常に有効であるが、実用化するためには、その製作や試験方法を含めた包括的な研究・開発が必要である。

文献

- [1] 岩田敏彰 (2008) 太陽発電衛星の組立法と構造. Journal of the Vacuum Society of Japan, Vol.51, No.8, pp.535-541.
- [2] <http://www.jspec.jaxa.jp/activity/ikaros.html>(2010/10/01)
- [3] C.H.M. Jenkins, ed., (2001), Gossamer Spacecraft: Membrane and Inflatable Structures Technology for Space Applications, Progress in Astronautics and Aeronautics, Volume 191.
- [4] http://aerospacebiz.jaxa.jp/topics/2007/topics20071001_j.pdf (2010/10/01)

トピックマップサーバーを軸にした学習システムにおける インタフェースデバイスの展開

川原崎幸之介¹, 天野公貴¹, 和気聡¹, 小池貴子¹, 中村優美¹,
武田博直², 内藤求³, 松浦執¹

¹ 東学大・教育, 東京都小金井市貫井北町 4-1-1

² 株式会社セガ, 東京都大田区羽田 1-2-12

³ 株式会社ナレッジシナジー, 愛知県高浜市屋敷町 3-3-1

E-mail: shumats0@gmail.com

Use of Popular Devices as the Interfaces of A Learning System based on Topic Maps Server.

Kounosuke Kawarazaki¹, Kimitaka Amano¹, Satoshi Waki¹, Takako Koike¹,
Yumi Nakamura², Hironao Takeda², Motomu Naito³, Shu Matsuura¹

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

² SEGA Corporation, 1-2-12 Haneda, Ohta-ku, Tokyo,

³ Knowledge Synergy Inc., 3-3-1 Yashikicho, Takahama, Aichi.

Keywords: Topic Maps, Wii Remote, iPhone, iPad.

Abstract: Topic Maps works as information provider that associates learning resources on web. In this study, several popular handy devices are introduced to access the server and to provide the resources in manners useful for learning.

1. Topic map サーバー

Topic Maps は情報の主題の関連づけをすることにより、web 上の多数の有用な学習資源を効率的に関連づけて整理する。Topic map web サイトでは、topic map の構造をそのまま標準的なテキストベース web ページデザインに対応させることができる。これは web 上、あるいはデータベース上に散在する学習資源を、あたかもサーバー上に体系的に整理され保存された web システムを利用するのと同様に利用できることを意味する。

2. 情報資源に接続できる身近なデバイス

近年は、ゲーム機にもインタラクションのみならず人同士のコミュニケーションが求められるようになった。Wii リモコンは加速度センサと各種のボタンのついたポインティングデバイスである。本機には各種プログラミング言語の API が作成されており、人の動作やボタンアクションをサーバーでの情報検索に割り当てることが可能である。iPod, iPad などの小型情報端末は、情報の送受信機能と、加速度センサなどにより動作や実空間情報の取得、さらにソフトウェアによって複雑なインタラクションを構築することができる。

本研究では、これらのデバイスの特徴を活かして、web ドリルでの個別および利用者全体の可視化、立体空間の探索などの実装を試みた。また、topic map 構造をデバイス動作に割り当て、情報探索を標準的動作に対応させる試みを始めた。身の回りのデバイスに情報接続機能が実装され、情報の環境化が進むにつれ、探索手段の身体化も進むだろう。

第 69 回 形の科学シンポジウム討論記録

「かたちと人間」

【主催】形の科学会 【会期】2010年6月25日(金)、26日(土)、27日(日)
【会場】東京学芸大学 20周年記念飯島同窓会館 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1
交通アクセス：<http://www.u-gakugei.ac.jp/10sougou/01general/z03.html> (小金井キャンパス。JR 中央線武蔵小金井駅からバスまたは徒歩。JR 中央線国分寺駅から徒歩) キャンパス地図：http://www.u-gakugei.ac.jp/pdf/2005_A4_map.pdf
【世話人】松浦執 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1 東京学芸大学基礎自然科学講座
Tel&Fax: 042-329-7541 E-mail: shumats0@gmail.com
【参加費】会員・非会員とも一般 3000 円、学生 1500 円
【懇親会】2010年6月26日(土) 18:00 「第2 武蔵野ホール 1F カフェ」

討論記録 (記録の残るもののみ掲載しています)

6月25日(金)

形の科学一般 座長：石原正三

中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる 27 個の殻孔の配列

松岡篤 1, 吉野隆 2, 栗原敏之 1, 石田直人 1, 木元克典 3, 岸本直子 4, 松浦執 5 (1 新潟大学理学部, 2 東洋大学理工学部, 3 (独) 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター, 4 京都大学工学研究科, 5 東京学芸大学教育学部)

Q:①殻形成プロセスについて

- i 殻を形成する時の観察記録はあるか。
- ii あるならば、成長段階、規則性はあるか。
- iii 殻の全体や特徴的な部位を形成するのに、どのくらいの時間がかかるのか。

A:① i *Pantanellium* に関しては、化石種のため観察記録はないが、他の規則性についてはある。
ii 塔状のものは上から順に殻を作る。具体的な規則性はまだ明らかになっていない。
iii 飼育実験では通常、1日に1回、顕微鏡観察を行っている。1日の間に成長していることも、成長が見られないこともある。連続的に殻を付加するのではなく、間欠的に成長しているようである。最近、蛍光染料をもちいて、どの部分が殻成長しているのかを突き止めようとしている。

汎用的な光学機器を用いた化石の三次元形状データ取得法

吉岡翼 1, 松岡篤 2 (1 新潟大学大学院自然科学研究科, 2 新潟大学理学部地質科学科)

Q:①焦点面の移動を手動で行う際に制御は難しくないのか。もし、行き過ぎると戻さなければいけなくなり、ネジのゆるみなどの影響はどうするのか。

②倍率の大きい対物レンズを用いると深度が浅くなり、全体像が見えなくなる。どの程度の倍率の対物レンズが適しているか。

③落射と透過での観察で、手法的に違いがあるのか。

④データ取得には focus があつた部分を使うのか。

A:①測定をやり直すのが最も簡単。それほど手軽に用い得る手法である。

②サンプルに依存。

③透過光観察よりも落射光観察に適している。本講演では、双眼実体鏡での落射光での結果を示した。

④はい。focus のあつた部分を使う。

放散虫 *Mirifusus* 属の殻形態から着想した 3 次元フレーム構造の力学特性

岸本直子 1, 吉野隆 2, 石田直人 3, 木元克典 4, 栗原敏之 1, 松岡篤 1, 松浦執 5 (1 科学技術振興機構/京大, 2 東洋大学理工学部, 3 新潟大学理学部, 4 (独) 海洋研究開発機構地球環境観測研究センター, 5 東京学芸大学教育学部)

部)

Q:①構造内の局所的ひずみは計算できるか。

②ツノの出る部位の形状には何か特別な性質があるか。

③殻構造の形成プロセスに関連する研究はありますか。

A:①計算することはできる。

②殻の内部にさらに構造物があり、その影響が考えられる。また、ツノの位置と殻の形態に関係があるはず。

③現状では形態の分類が主な研究で、形成プロセスの詳細は分かっていない。

C:ノードのところの写真をを見せてください。一般に空間トラス構造の最適化ではトラスメンバーよりもノードが重要だと思っております。ノードのところの研究を進められることを期待します。

形の科学一般 座長：岸本直子

ペンローズ・パターンの折り紙モデル

石原正三 (埼玉県立大学保健医療福祉学部)

Q:この作品を水平に置いたときに、頂点の高さの種類数を尋ねましたが、質問者側が別の問題と混同していたことに基づく質問でしたのでお答えいただかなくても構いません。

Forum

面積・体積・超体積の考え方について

阿竹克人 (株式会社阿竹研究所)

展示解説

反復学習のための算数図形分野の問題集自動生成アルゴリズム

小山量平 (ロイダック)

形の科学 座長：松岡篤

空間充填に関する二、三の結果

佐藤郁郎, 中川宏, 金原博昭, 秋山仁 (宮城県立がんセンター, 東海大学教育開発研究所)

Q:①空間充填するのかどうか、その立体は実際に模型をつかってみてトライアンドエラーで見えるのか。

②模型をつかった試行錯誤だと、充填はどのようにみえて、数学的にはそうでないという場合はないのか。

③ジョンソン立体 91 番の空間充填では三種類の多面体を使って空間を隙間なく埋め尽くすものでした。この充填を含めて何種類の充填構造が知られていますか？

④1 種類のジョンソン多面体、2 種類のジョンソン多面体による空間充填構造は何種類知られていますか？

A:①空間充填できる必要条件で絞り込んだ対象から実際に模型を作って試行錯誤している。

②必要条件是満たしているので、模型で充填できれば数学的にも十分条件を満たすことになる。

③④現在知られているものは 15 組くらいしかないが、必要条件を満たすものは 1000 組くらいあるので、まだ多くの知

られていない組み合わせが発見できると思われる。

Q: 正 12 面体には立方体が内接している(正 20 面体も同様)。内接している立方体を並べて立方格子を作ると、正 12 面体同士はかみ合った立体の周期配列となる。従って、内接している立方体の x, y, z 面を延長していくと、J91 による空間充填の構造の正 12 面体の位置が求まるのではないかと思うがどうか。この場合、充填形は正 12 面体の重なりがなくなった時点のものと考えてよいか。

A: イメージとしてはその通りです。ただし、同じ 5 回回転対称性を持つ正 20 面体の場合は、空間分割の連結断面が正多角形にはなりません。途中経過ですが、正多面形の連結した断面をもつものは正 12 面体+立方体+J91 だけのようです。

Edge-to-edge タイル張り可能な凸五角形

杉本晃久 (科学芸術学際研究所 ISTA)

Q①:六角形タイルより五角形タイルの方が強度、経済性等から有効な点はありませんか。それともデザインですか。

②: 私自身も実は神戸の公園で五角形のタイルがしかれていてかなり疑問に思いました。六角形タイルの方が、強度、経済性などから有利な点はありませんか？

7 次のルーベ魔方陣に表れる SYLO 形

東川和夫 (富山大学理学部)

形と知 座長:阿竹克人

正多角形が作る芒星の数と星型正多角形

横田至明 (東京藝術大学デザイン科)

Q: 新しい名称を提案されていますが、その提案が、承認されるためのルールはあるのでしょうか？

A: たとえば①意匠登録制度があります。また②公証役場で確定日付を取ったうえ、しかるべき機関で発表するか、著作物にして出す、といった方法が考えられます。

形の科学

美の幾何学 XI: 立体幾何学と解析力学

小川泰 (産業技術総合研究所 (客員), 科学芸術学際研究所, 筑波大学 (名誉教授))

Q: 4次元の超体積の公式で分母に4がついているのは四面体(頂点が4コ)を第4軸に沿って、動かしたからではないか。他の多面体の場合はどうなるか。

A: 私の予稿および講演では、超体積には触れていませんが、3次元空間での「錘」は、底面に相当する平面図形に対して、しかるべき高さの一点とを結んでできる、底面の平行移動で作られる「柱」の場合の1/3の体積をもつ。同様に三次元図形を第四方向に平行移動でできる図形XXを「四次元XX柱」と名付けるならば、その体積は移動距離を乗じればよい。四次元空間での錘対応物は、乗算ではなく積分的であるからその四分の一と考えられる。頂点数の問題ではなくて、錘概念の問題だと考えます。

Q: 立体幾何学としての解析幾何学はどのような点でしょうか。

A: 運動の軌道を求めるのに、例えば球面上に束縛された場合ならば、周期的円運動のほか、振り子の円弧軌道も一般的にはありうる。そうした観点から、今の曲面への束縛を条件として課する手法で当該曲面上での自由粒子の運動を求めると、曲線がデザインできる。

円が円運動した軌跡として現れる数学曲面—立体模型の作製と視覚障害者による触覚認識

手嶋吉法 1,6、小川泰 1,2,6、池上祐司 1,3,6、大内進 4、金子健 4、藤芳衛 5、山澤建二 3、渡辺泰成 1,3,6 (1 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門, 2 筑波大学名誉教授, 3 理化学研究所 ラピッド・エンジニアリングチーム,

4 国立特別支援教育総合研究所, 5 大学入試センター, 6 科学芸術学際研究所(ISTA))

Q: 数学曲面は本来厚みのない物だが、実物模型は厚みがあるので、厚みの分だけ調整しているのか。

A: 実体模型として厚さゼロの数学曲面を造ることは当然ながら不可能であり、模型を造る以上は、厚さを持たせる事が必須となる。特に触覚鑑賞用模型に関しては、強度の観点からも適度な厚さ(数 mm)を付与する必要がある。厚さを付与する際、模型が数学的な正確さを失わない様に配慮する必要がある。閉曲面(例:球、楕円体、トーラス)の場合、曲面の内側方向に向かって適度な厚さを付与すれば、外形は全く変わらないから、その様にすれば良い。開曲面や閉曲面の分割模型に関しては、注意が必要である。例えば、ある数学曲面のある部分において曲面間の距離が非常に接近している場合、厚さを付与した結果、離れていた部分が一体化してしまうことがあり、形状が根本的に変化してしまう。このような場合は、付与する厚さを減らして対処する。これにより強度を十分に確保出来ない場合には、模型全体を相似拡大することで厚さを増すことが出来る。このような厚さが外形に表れている模型を鑑賞する際には、厚さゼロの形状との差異に注意して鑑賞する必要がある。

本講演で紹介した模型に関しては、厚さの付与は、数学ソフトではなく、造形データ(STL形式)編集用のソフトでおこなった。

展示解説

15:40-15:45 数学曲面の立体模型—視覚と触覚による立体認識の為に

手嶋吉法 1,6、小川泰 1,2,6、池上祐司 1,3,6、大内進 4、金子健 4、藤芳衛 5、山澤建二 3、渡辺泰成 1,3,6 (1 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門, 2 筑波大学名誉教授, 3 理化学研究所 ラピッド・エンジニアリングチーム, 4 国立特別支援教育総合研究所, 5 大学入試センター, 6 科学芸術学際研究所(ISTA))

15:45-15:50 陶芸作品「Breathing Cube」シリーズ・触りたくなる形について

竹野美奈子 (タケノセラミック)

招待講演 (公開) 座長:松浦軌

触覚からひらく人工現実と形の世界

嵯峨智 (獨東北大学大学院情報科学研究科)

Q: 触覚の硬さ、やわらかさ、ざらざらなどの感覚はこれらと感じた時に興奮する場所がきまったり、系統的に並んだりしているのだろうか？

A: 臭いの時は多いが触覚の場合は数が少ないので明確になっていないと思います。

Q: 人は同じ刺激に対して、同じ触覚として感じているでしょうか？

A: 確かめる事は難しい問題です。モデルとしては同じ刺激に対しては同様な触覚が得られているとみなしています。

かわいい人工物の系統的的研究 —かわいい形・色・質感—

大倉典子 (芝浦工業大学工学部情報工学科)

Q: 当初の形状に関する実験で猫などの具体的なイメージを浮かべやすいものを利用してしたが、なぜかより抽象的な正方形、円、楕円などイメージしにくいものの方が良いのではないかと曲率なども含めて考えてはどうか？

A: 当初の実験以外は抽象的なものを利用していません。確かに曲率なども検討するとおもしろいかもしれません。

Q: テクスチャーとかかわいさに関する調査でテクスチャーのもとになる文字情報は提示されたのか？

A: 文字情報は集計時につけたもので調査の際には提示して

いないか類推されたようだ。

C: 放散虫骨格には多様な形態があるが、丸い形態のものをかわいいと表現する人が多い。講演の中で示された実験でも同様な結果が得られていて、興味深い。

Forum

サイエンスとアートの関連を話し合う会

高木隆司 1、松浦執 2 (1 神戸芸術工科大学 (科学芸術学際研究所理事長)、2 東京学芸大学)

C: サイエンスがアーティストに期待するものは何かという質問に答えて。新しい科学の概念は技術を提供する事によって、新しいアートが誕生する事に期待する。かつて、コンピュータがなかった時代にはメディアアートのようなものはなかった。アート系大学の学生にサイエンティストの教育する場をもっと盛んにしたい。

C: サイエンスとアートはどちらも高度な知的行為であり、互いに関連して当然である。サイエンスを始める切っ掛けやサイエンスの結論は、「ああ、そういうことだったのか」というような一つの場面で表現できると思う。サイエンスの側からアーティストに望む事は、そのような場面で表現する事である。例えば、相対性理論での時の同時性、生き物が居る事で地球が変わる、人と動物は絶対的に区別があるのではなく奥では連続しているなど。

C: 自然現象を作品で扱う理由は日常性を持ちながらも、自分の枠をこえ壮大な自然界へとつながる事ができるからです。こちらの会に参加し、先生方の深い研究からインスパイアされ、自分というモデルを通して作品化したいと思っています。

C: Static なアート、インタラクティブアート、メディアアートなどは VR 学会、IVRC、Siggraph など多くの学会でサイエンスとアートが融合している部分が多く見られる。

C: アート系大学の学生にサイエンティストの教育をもっと盛んにしたい。

C: サイエンスとアートの例の中にバウハウスのデザインとあるが、デザインとファインアートは分けて考えるべきではないか。ファインアートはサイエンスから遠ざかっている気がする。

Q: サイエンスはアートに何を望むか?

A: サイエンティストが研究している姿を描く事や脳を刺激される作品を作る。

C: 絵画発展の歴史は、脳の視覚世界の構造過程の探求を見る事ができ、モダンアートは人間に新しい視覚体験をもたらそうとしていると論じる神経学者がいます。アートは科学者が探求を始めるよりはるかに早く同じ謎を探求しているという例も多い。

C: I believe artists and scientist and mathematician should be encouraged to collaborate together. This in turn will result in better appreciation of each and creating meaningful art work that can be further appreciated not only by them but by the general public and by children and students thereby the next generation as well. Music is appreciated by all. Likew is science and math-based art should be appealing to all.

輝く色彩の尾をもつ幼体のニホントカゲ (*Plestiodon japonicus*) 表皮の微細構造 II

小作明則、宮本潔 (獨協医科大学医学総合研究所)

Q: 脱皮するときはどこから脱げるのか?

A: 一番外側のクチクラの部分が脱げる。

Q: 人間の蒙古斑が青く見えるが、それと同じような状況がおこるのでは?

A: 真皮にあるメラニン保有細胞による色素沈着により青黒く見える。

Q: ブルーの層は分子ですか、細胞層ですか。

A: 真皮細胞が体軸に平行に分泌したナノサイズの積層するケラチン薄膜層。

Q: 成虫の褐色に見えるブルーの多層を取り出しブルーに見えれば主張が正しいこととなりますが。

A: 今試み中である。

球面上の Vertex Dynamics モデル

吉野隆 1, 岸本直子 2, 松岡篤 3, 栗原敏之 3, 石田直人 3, 木元克典 4, 松浦執 5 (1 東洋大学理工学部, 2 京都大学工学研究科, 3 新潟大学理学部, 4 (独) 海洋研究開発機構 地球環境変動領域, 5 東京学芸大学教育学部)

Q: 面積の分散に関するポテンシャル UD の物理的根拠は何か?

A: 生物の細胞が短時間では体積変化を起こさない。ということに基にしている。

Q: 任意の曲面の局所的な特徴量を使って一般的な形式を書けないのか?

A: 測地線と面積が一般的に定義するのは可能だが、個別に適宜しないといけない場面は個別に方程式を立てなければならない。

C: 線の長さを球面上の弧長にするか、2点を結ぶ直線にするかは生物学的に検討すべきである。

C: 球面上での Vertex dynamics はまだ他にやられていないと思う。是非すすめてほしい。

蛍光試薬 PDMPO と生態観察にもとづく放散虫の骨格形成に関する新知見

鈴木紀毅 1, 辻 彰洋 2, 大金薫 2 (1 東北大学・理・地学, 2 国立科学博物館・植物)

Q: 成長部分のみが光るといのは実験的に保証されているのか。

A: 先行研究でしっかり行われている。

Q: PDMPO がシリカとついた状態ではなく取り込まれている可能性はないか。

A: 条件として酸化である必要があり、ただ取り込まれているだけにしては蛍光が強すぎる。

Q: 生きている放散虫の回りにくっついているトゲの破片は、軟体部の中で形成されたトゲではなくて、折れたものではないか。

A: パーツを作ってつなげる可能性も考える必要もある。折られたか、成長させたものか更に検討を進めたい。

Q: 放散虫の種が数千種というのはゲノムがそれだけの数あると考えてよいのかという疑問がある。遺伝子は形の作り方をきめるだけで、実際につくられる時の環境の影響によっていろいろな変形ができるのではないか。培養して親の形が子の形に影響する事を調べられないか。

A: 現生種は 800~1,000 種程度だが、ライフサイクルが分かっていないため、ゲノムの数との対応は現時点では何も言えない。培養で生かすことはできるが継代することはできていないものの、環境によって形が変わることは十分にあり得ることで、重要な研究課題である。

形の科学 座長: 吉野隆

Cancer (“蟹”に喩えられた癌) の組織立体構築と病理診断
青葉孝昭、島津徳人、工藤朝雄、田谷雄二、佐藤かおり、柳下寿郎 (日本歯科大学生命歯学部病理学講座)

Q: 形から将来を予想する事はできるのか?

A: 今のところ来ていない。逆に形を同定する事で将来を予想することができるのかを知りたい。

Q: その場の観察によって将来についての情報を得る事は可能か?

A: ひとについては、その場観察は不可能。実験動物についてはその場観察は可能であるが、人に対する応用が可能か

は分からない。

Q: ガンの組織の形から、どんなパラメタを抽出すれば診断の役に立つかが問題である。形の科学の立場からは、トポロジ的性質(結合系、分離した部分の数)は役に立つだろうか。

A: それらの量は推定できる。そのとき、将来どのように変化するかを知る事が問題である

ヒトの腕の慣性モーメントの計測

平山修(東京農工大学工学府機械システム工学専攻)

Q: 予測値と実測値の違いの原因について考えを教えてください。

A: 歩かずに腕を振るには腕を強制的に振動させなければならない。時速3kmで歩くと剛体振り子に近くなるようだ。

Q: 一昨年度のデータは歩行時のものだったが、この結果では、予測値と実測値に違いはみられるのか?

A: 歩く速さを指定しなかったのが、異なる結果が多いようだ、来年は速さを指定して歩かせたい。

Forum

バラ(赤バラ)の定理の証明

蛭子井博孝(卵形線研究センター)

Q: 円周上で任意の一般の位置にある8点についての定理という事だが、どのように8点をとってもバラのように見えるのか。

A: バラかどうかは問題ではない。

展示解説

椎骨の拡大模型の作製—視覚障害者の解剖学理解の為に

寺口さやか、手嶋吉法、中島善人、中野司(広島県立広島中央特別支援学校)

感染症伝播様式についての考察

流田智史(橋本市民病院)

特別講演(公開) 座長: 松浦執

Solving for The Unknown: Foundation of Math and Art
Bahman Kalantari (Dept. of Computer Science, Rutgers Univ.)

Math Art Workshop (Kalantari 先生指導)

招待講演(公開)

人々が立体映像に求めてきたもの、立体映像がもたらすもの
大口孝之(映像ジャーナリスト)

Q: 多数の電器メーカーが3Dテレビをみきり発車的に色々な方式で発売しているが、どの方式が残ると間考えられるか? また、千葉大で10年後の技術としてCGホログラフィを用いた3DTVを研究中であるが、その展望はどうか。

A: 韓国でのMPEG2+H.264.2chのフルHDの実験方法が成功すれば決定版となります。

Q: 本当に3Dテレビは普及するの。

A: 3年は待つ方がいい。

かたちと人間 座長: 宮本潔

新しい立体映像技術がもたらす効用

高田宗樹1,2, 宮尾克3, 高田真澄2, 山本哲也2,4, 杉浦明弘4, 渡邊智之5, 大森正子6, 長谷川聡7 (1 福井大学大学院工学研究科, 2 愛知医科大学医学部, 3 名古屋大学大学院情報科学研究科, 4 岐阜医療科学大学保健科学部, 5 愛知学院大学心身科学部, 6 神戸女子大学家政学部, 7 名古屋文理大学情報文化学部)

Q: LCD、HMDそれぞれの目からの工学的距離はどの程度か、またCGはどの距離からどの距離までうごかしているのか。1m以上であれば調節は影響しないという知見があるが、

わざと調節に影響が出る、レンジで実験しているように思える。そのレンジで影響が出るのは当たり前。

(1m以上で使うデバイスがあれば必要ないのでは。)

A: 飛び出て見える特性を生かした実験をしなかったため。

Q: 細かい話だが、最初のグラフ(実際の位置とピントの位置)での、ずれは近→遠と遠→近で目の適応速度が違うとしてよいのか。

A: 個人差の方が大きく、調整はされているので問題はない。なお、示したグラフは例である。

近代絵画と近代技術——近代技術的環境における心性の変容の画像解釈学的研究

秋丸知貴(日図デザイン博物館)

Q: 濃密な解説をありがとうございます。近代からの延長として現代芸術をどのように把握されていますか。

A: :いわゆる現代芸術にも、「近代技術的環境における心性の変容」を観取できる作例は数多くあります。例えば、マルセル・デュシャンのレディーメイド・オブジェや、ドナルド・ジャッドの工業材のミニマルアート、アンディ・ウォーホルのシルクスクリーン・ポップアート等を挙げられます。抽象表現主義絵画のジャクソン・ポロックでさえ、1951年のインタビューで次のように述べています。「新しいものが必要となれば新しいテクニックも必要になる、というのが私の意見です。ですから近代の芸術家たちはその表現したいことを実現するために新たな方法、新たな手段を見つけ出してきました。ルネサンスその他過去の文化の古い型を使って、近代の芸術家がこの時代、飛行機、原子爆弾やラジオを表現するのはできない相談です。それぞれの時代はそれ自身のテクニックを見つけ出すのだから」。

C: 新しい技術が普及し、その体験で新しい芸術の表現ができたという。いろいろな思いを持った。

A: 下部構造が上部構造を規定するという芸術論の代表はマルクス主義美学ですが、それ以外にも既に一定の先行研究が蓄積されています。特に私が関心を持っているのは、ラズロ・モホリ=ナギ、ギオルギー・ケペッシュ、ルイス・マンフォード、ジークフリート・ギーディオン、ジョルジュ・フリードマン、ピエール・フランカステル、マーシャル・マクルーハン等です。

C: 蒸気機関の発明の前にも例えば馬車もあっただろう。これがセザンヌのような表現にいたらなかったのはその体験ができる人口の大小かもしれない。蒸気機関により、多くの人が体験し、それに訴える芸術が成立した。

A: ヴォルフガング・シヴェルプシュの『鉄道旅行の歴史』

(1977年)が示唆しているように、線路と蒸気機関が結合して作り出す蒸気鉄道の運動特性には、二つの要素、つまり直進的直線性と規則的高速性があります。蒸気鉄道は、馬車よりも速度が遅い初期でさえ、その脱自然的な直進的直線性により、馬車では成立し得なかった全く新しい機械的視覚を鉄道乗客にもたらしたと考えられます。その上でその機械的視覚には、さらに脱自然的な規則的高速性も加算された訳です。セザンヌの造形表現には、そうした複合的な蒸気鉄道による視覚の変容の反映を分析できます。そして、蒸気鉄道の体験者の増加につれて、そうしたセザンヌの造形表現が支持される土壌が形成されたと推定できます。

C: 今、スクューバの広まりや映像で海中の世界が人の共有できる体験になっている。これが芸術につながるのではないだろうか。宇宙からの映像もそうかもしれない。

A: 既に、海底風景の反映を推測できる画家としては、シュルレアリスムのイヴ・タンギーを挙げられます。また、日本でも賀春江は文字通り《深海の情景》(1933年)を描いています。また、宇宙空間的ヴィジョンについては、絶対主義のカジミール・マレーヴィチにその萌芽が見られます。さらに、表現主義のヴァシリー・カンディンスキーは成層圏

飛行に言及し、ハンス・アルプはユーリ・ガガーリンの宇宙遊泳に啓示を受けた詩を制作しています。

C: テレビの放映で、戦争の攻撃側と受け側がほぼ、同時に認識できるようになった。これを反映した芸術もあり得るだろう。

A: ポール・ヴィリリオ『戦争と映画』(1984年)や飯島洋一『光のドラマトゥルギー』(1990年)は、第一次世界大戦に従軍したアポリネールの詩に、近代戦争における戦場の同時遍在性の反映を指摘しています。また、戦争の美学を主張した未来派も、世界同時性を様々な主題化しています。さらに、スティーン・カーンの『時間と空間の文化』(1983年)はキュビズムと迷彩を関係付けていますが、パブロ・ピカソの《ゲルニカ》(1937年)等にも同様の時空間意識が反映しているのかもしれない。

パソコンによる文様と形の描画 総合報告

小林英子, 小国力 ((有) ケブラ社)

Q: 発表用資料には原色が多いが、微妙な色合いも設定できるのか。

A: できる。今回の資料はあくまで明瞭さを優先しているだけ。

Q: 生成された模様は、更に「カワイサ」を付加するようなフィルターはできませんか?

A: それは、ユーザー側で開発していただきたいと思います。例えば、ハートの形を作る関数などは作っており、プロポーションを変えると表情が変わる事がわかります。

座長: 手嶋吉法

モジュール表を使った造形譜のための構成システム

笹田晋司 1, 石垣健 2 (1 日本電子専門学校, 2 アルスノート研究所)

Q: 画像を見ていて、最近ツアーが組まれているという川崎市の石油コンビナートの夜景を連想しました。人はこのような景色に魅力を感じるものなのでしょうか? ご意見をお聞かせください。

A: 夜景はディテールが見えないので、見る人のイメージを自由に解き放ちます。それは抽象表現のおもしろさでもあり、組み立てられた構成(ここでは化学プラントの構造と照明)が見る方の記憶を美しく再構成できたのではないのでしょうか。

平仮名の字体に関する考察~横書きに適した新しい形について~

沓名健一郎 (名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科)

Q: 横書き用の持ち方の提案はありませんか?

A: 親指に力を入れる、または親指が動きやすいように持つ。

Q: 横書きだと、右・左の利き手によって書きやすさが変わりそうだが、それに関するご意見を伺いたい。

A: 今は指導が左右関係なく行われている。力の入れ方などの指導変えて行くべきかもしれないが、まだそこまでの研究は進んでいない。

C: 横書きのひらがなで重要な点は、最後が右向きのストロークになっている事である。 α 型 γ 型の2分類が示されていたが、もう一つ水平に伸ばした第三の形を加えて字体を考えたらどうか。

Q: アルファベットの筆記体、横書きにふさわしいようになっている。日本語の仮名は縦書きだがやや左上からみぎしたななめになる。これを横書きにするのは、筆記の字体を変えなければならないと思う。

A: 許容体というのがある。これから、選ぶやり方があると考えられる。

C: レーザーで文字を刻印する制御の研究で、単位時間当た

りの刻印も字数が増加すると処理が追いつかなくなって、刻印される文字が崩れるという研究がありました。そのような崩れた字形を参考にされるとよいだろう。

6月27日(日)

テント写像における素数の奇妙な振る舞い

山口喜博 (帝京平成大学)

Q: 過去の研究(馬場-長島:1989)と今回の研究の関係は?

A: 我々は、記号列における偶奇性という概念を導入した。その結果、馬場-長島の結果は偶奇性が奇の場合の性質であることが分かった。つまり、今回の研究の結果は馬場-長島の結果を含んでいる。

太陽電池変換効率が集電線パターンの工夫により1.2倍程度向上する

大日方 圭, 竹田 康彦, 元廣 友美 (豊田中央研究所)

Q: モデル化の仕方について、格子にしているのですがどう取っても縦や横より斜めにした時に要素が増えるので、結果も斜めを増やした方が良くなるのでは?

A: 十分細かく取れば問題ないが、基本的には質問の通りになる。そのため、今回は、銀線は斜線で表し、太陽電池を格子に分割するというモデルを採用した。太陽電池の発電量は銀線でカバーされる面積比で減少させる補正を行っている。

Q: 集電線パターンで上下線と斜線が重なっているのはなぜ?

A: 印刷機の問題で、両パターンの同時印刷が都合が良い。もし質問が、上下線がセルの上面と下面ではなく、上下に引かれた集電線の意味でしたら、次のような回答になります。最初に行った計算で、電力損失は一番上の左右の線に集中していた。そのため負荷を分散させるため斜線を加えたところ良好な結果が得られた。

アフライン・ワイル群とラブラシアン境界値固有値問題

星川良紀 (重信中学校)

(ご講演取りやめ)

正多面体と平行多面体の元素定理

秋山仁 1, 佐藤郁郎 2, 中川宏 2 (1 東海大学教育開発研究所, 2 宮城県立がんセンター)

Q: 「元素」という呼称は適当か。英訳した場合も含め、unit cellなどと考えたが、更に分割できる可能性も含めてどうか。

A: すでに「element」で論文に発表しているので、「元素」でよいと思う。これ以上分割できないものを element と呼んでいるが、incomposability は数学的には難しい問題で、2等分できなくてもn等分だったらできる可能性がつきまとう。

Q: 元素の組み合わせは無限にあるのか。

A: おそらく有限、出した図は比較的簡単に思いつくもので他にもあるのは確実。

Q: 現実的に原子の組み合わせなどを考えると、あまり複雑なものはおそらく作れない。頂点数の数をなるべく少ない物を求めるといったことは可能か?

A: 頂点数に関わりなく、これ以上分割できないものを element と呼んでいるが、そういった制約条件をつければ特定できるかもしれない。

円錐曲線の代表長「通径」概念の変遷

杉本剛 (神奈川大学工学部)

Q: 放物線の「主でない通径」はどの用にして引いたのか。

A: 主通径と放物線の交点で接戦を引き焦点を通り、それと平行に線を引く。この平行線が放物線で切り取られる部分。

Forum

複数回の折畳みにおける形に起因する非線形性について — セミウィンザーノットによるネクタイ結び—

元廣友美 (㈱豊田中央研究所)

Q: 理想的なネクタイとは、結んだあとの高さが0になるあたりの条件で結ぶ前の差を大きく変えて、結んだ後の差が大きく変わらないものであろう。そのため、ネクタイの幅の分布をもとめてみたらどうだろうか。

A: 検討してみる。

Q: 単純なシングルノットなら、このような違和感は少ないのでは?

A: そう思う。

対流系におけるカオスと時空カオス

日高芳樹, 甲斐昌一 (九州大学工学研究院)

Q: 系のサイズによって ξ (相関距離) が変化しないのか。

A: 系の水平方向のサイズが深さに対して十分大きければ、今回見いだした関数 ξ のグラフの形は、ある程度一般的なものになると考えている。

招待講演 (公開) 座長: 松浦執

人工現実エンターテイメントにおける形の表現と役割

星野准一 (筑波大学大学院システム情報工学研究科)

かたちと人間—手と眼を巡って

金子務 (形の文化会会長)

かたちと人間 座長: 杉本剛

岩絵から古代人のメッセージを読む

高木隆司 1、水野慎士 2、出原立子 3、柏原牧人 4 (1 神戸芸術工科大学デザイン学部, 2 愛知工業大学情報科学部, 3 金沢工業大学情報学部, 4 コロナ社編集部)

Q: 野生のヤギ (アイベックス) をスケルトン表示して shape code 化していますが、全部で何種類の shape code が得られましたか? また、各 shape code の出現頻度の差異を教えてください。

Q: 岩絵に描かれた動物について:

a. 豹はいたか?

b. それ以外のものはどうか

c. 手前の野牛のはらの欠項は何か

A: a. いたものばかりを描くとは限らないが、いたかも知れない。b. 最上段は野牛。その右が豹。そのまわりは__だと思われる。c. 意味は分からないが、そのように描かれている。

C: eternity の定義は「時間が存在しない」。

剣道における正面打ち動作の解析

平田隆幸、黒瀬祐希 (福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻)

Q: 残心があるかどうかは刃の軌道だけからわかるだろうか?

A: 難しいと思う。「残心」の定義は一律ではない。

Q: 今回の発表は、静止したターゲットの面うち (先制攻撃) であった。将来の研究対象として、防御、つまり、相手の動きを (体重移動もふくめて) 読んでかわし、後の先を取るという動作の研究もありうるのか?

A: 確かにそうだ。実際、私は日々、相手の微妙な体の動きや体重移動の重要性を練習で認識している。今回は竹刀の動きの解析だけだったが、打突の前ぶれとしての体重移動の検出は重要なテーマである。

展示

(P1) 椎骨の拡大模型の作製 — 視覚障害者の解剖学理解の

為に

寺口さやか 1、手嶋吉法 2、中島善人 3、中野司 4 (1 広島県立広島中央特別支援学校, 2 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門, 3 産業技術総合研究所地圏資源環境研究部門, 4 産業技術総合研究所地質調査情報センター)

(P2) 数学曲面の立体模型—視覚と触覚による立体認識の為に

手嶋吉法 1,6、小川泰 1,2,6、池上祐司 1,3,6、大内進 4、金子健 4、藤芳衛 5、山澤建二 3、渡辺泰成 1,3,6 (1 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門, 2 筑波大学名誉教授, 3 理化学研究所 ラピッド・エンジニアリングチーム, 4 国立特別支援教育総合研究所, 5 大学入試センター, 6 科学芸術学際研究所(ISTA))

(P3) 陶芸作品「Breathing Cube」シリーズ - 触りたくなる形について

竹野美奈子 (タケノセラミックラボ)

(P4) 面積・体積・超体積の考え方について

阿竹克人 (株式会社阿竹研究所)

(P5) 7 次のルーペ魔方陣に表れる SYLO 形

東川和夫 (富山大学理学部)

(P6) 反復学習のための算数図形分野の問題集自動生成アルゴリズム

小山量平 (ロイダック)

(P7) 感染症伝播様式についての考察

流田智史 (橋本市民病院)

(P8) 科学玩具等の展示・販売

前畑謙次, 有馬司朗 ((株) イメージミッション木鏡社)

(P9) Vizualizer の展示

時山響子 (株式会社ヴォルフビジョン)

(P10) Google Earth 立体映像ナビゲーション

秋山正樹, 鴨川威 (株式会社岩根研究所, (株) フェニックス)

(P11) ペンローズ・パターンの折り紙モデル

石原正三 (埼玉県立大学保健医療福祉学部)

事務局からのニュースメール

本記事は形の科学会ニュースメールの内容抜粋です。(問合せ:事務局松浦執 shumats0@gmail.com)

2010年9月22日

○第70回形の科学シンポジウム「色と構造」講演募集の延長のお知らせ。

【会期】2010年11月19日(金),20日(土),21日(日)

【会場】兵庫県立加古川東高等学校 同窓会館 〒675-0039 兵庫県立加古川市加古川町栗津 232-2 兵庫県立加古川東高等学校。- JR加古川駅より徒歩約10分。

講演募集締切を次のように延期しました。

【講演申込締切日】2010年9月21日(火)(延期しました)【予稿原稿提出締切日】2010年10月5日(火)(延期しましたが、厳守です)

ただし、会期中の11月20日(土)15:30からは「高校生セッション」を予定しております。

講演ご希望は土曜日の方が多いと思いますが、高校生の発表の数によって、限りができてしまいます。ご容赦ください。シンポジウム懇親会には高校生も参加できるようにする予定です。この機会にぜひご講演、展示(研究、作品など)でのご参加をご検討ください。

2010年9月11日

○横幹技術フォーラムのご案内(本会会員は参加費無料です)

「第28回横幹技術フォーラム」テーマ:将来社会創造アプローチの展開(2)~市民との対話による構想立案~

日時:2010年10月4日(月)13:00~16:45

会場:文京シビックセンター 26階 スカイホール

主催:横幹技術協議会、横幹連合

参加費:横幹技術協議会会員企業の関係者、横幹連合会員学会の正会員、学生は参加費無料。

当日資料代:1,000円(希望者のみ 費用は当日申し受けます)一般5,000円(資料代込み)

横幹技術フォーラム URL:

http://www.trasti.jp/forum/forum28_kyg.html

2010年8月12日

○日本第四紀学会公開シンポジウムのご案内

「自然史の教育と研究をすすめるために ―さまざまな分野からの取り組み」

日本第四紀学会では、自然史教育に関するシンポジウムを下記の通り開催いたします。このシンポジウムは公開で行われ、第四紀学会の会員・非会員を問わず参加できます。事前の参加登録は必要ありません。参加費は無料です。当日会場に直接お越し下さい。シンポジウムは、講演と、合計147件もの活動紹介のポスター展示・実演を行うポスターサロンからなります。夕方のポスターサロンではビールの販売も行いますので、ビールを片手にぎっくばらんに情報交換をしてください。

い。趣旨:自然史学の一分野といえる第四紀学にとって、自然史教育のあり方を考えることは重要である。これまで、学校教育現場における地学、地理の履修者の減少の問題が多く取りあげられてきたが、一方で生涯教育の現場や各地域で第四紀学の成果を踏まえた活発な自然史教育や普及活動が進められている。このシンポジウムでは、それらの特色ある活動をされている方に報告していただく。第四紀学の成果をどう展開し、いかに社会に発信していくか、そして、これからの自然史教育をどうすすめていくか議論する。

日時:2010年8月22日(日)10:00-18:00

講演会場:東京学芸大学芸術館ホール

ポスターサロン会場:第1むさしのホール

会場の場所は以下のURLをご参照ください

http://www.u-gakugei.ac.jp/~graduate/syushi/info/campus_map.html 講演(芸術館ホール)趣旨説明

1000-1005 目代邦康(自然保護助成基金)

第1部

S-1 1005-1020 自然史教育の方法:事業仕分けに対抗し、持続可能で安心・安全な社会を構築するために 植木岳雪(産総研)

S-2 1020-1045 カタクリとシデコブシを用いた自然史教育 小泉武栄(東京学芸大)

S-3 1045-1110 分布様式としての関越要素の存在について 牧林功(埼玉昆虫談話会)

S-4 1110-1135 さいはての島における自然史ネットワーク 佐藤雅彦(利尻町立博物館)

S-5 1135-1200 ジオパーク活動に第四紀研究の果たす役割 町田洋(前会長)

1245-1345 ポスターサロン1(会場:第1むさしのホール) 開場は1100の予定です。

第2部

1355-1415 防災人形劇公演(2件)(会場:芸術館ホール)

S-6 1420-1440 損保ジャパンの防災CSR戦略と町火消し精神の試(私)論

児島 正(損保ジャパン・リスクマネジメント)

S-7 1440-1500 土をどう教えるか 浅野眞希(筑波大)

S-8 1500-1520 郷土の自然と歴史—普及と教材化— 角田清美(都立北多摩高校)

S-9 1520-1540 地形実験を取り入れた自然史教育 池田 宏(深田地質研究所・元筑波大)

S-10 1540-1600 石器作りの体験学習と考古学 小菅将夫(みどり市立岩宿博物館)

1605-1630 総合討論

1630-1640 移動時間

1640-1800 ポスターサロン2(会場:第1むさしのホール) ビール販売あり。ポスターサロンの題目、

解説者については、以下の日本第四紀学会のHPで、会報の9から13ページをご参照下さい。

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/qr/report/QRNL1704.pdf>

2010年6月15日

○第 69 回形の科学シンポジウムの 2 日目、6 月 26 日 (土) に立体映像についてご講演いただく大口孝之さんから、次のような情報提供のお願いをいただきました。下記の内容について何かご存知の方は、ぜひ事務局松浦あてご連絡ください。

長岡半太郎の時代の物理学者であり、改良霧箱の発明者でもあった清水武雄博士が、清水式映画という先駆的立体映像を研究され、寺田寅彦も立体映像の可能性について議論していたということです。この清水武雄博士の映像技術について、また関連事項についてご存知の方はいらっしゃらないでしょうか？

2010 年 6 月 6 日

○ワークショップのご案内

ワークショップ「創発現象の世界 2」(World of Emerging Phenomena

2) <http://www.e.ap.kyushu-u.ac.jp/ap/seminar/files/870fc65322c5e802539d88dbc9da3e72-13.html>

日程：2010 年 6 月 11 日(金) 13:00~17:10

会場：九州大学医学部百年記念講堂 中ホール 3

<http://med.kyushu-u.ac.jp/100ko-do/>

6 月 11 日(金)

13:00-13:40 佐野雅己(東京大学大学院・理学系研究科・物理学専攻)「非平衡状態の微粒子系における特異な輸送現象と動的構造形成」

13:50-14:30 浅井哲也(北海道大学大学院・情報科学研究科・情報エレクトロニクス専攻)「電子回路で容易に実装可能な二重井戸ポテンシャル系における確率共鳴」

14:40 - 15:20 真原 仁((独)産業技術総合研究所・ナノテクノロジー研究部門)「非平衡反応拡散系におけるエントロピーバランスの計算」

15:40-16:20: 寺本 敬(千歳科学技術大学・総合光科学部)「散逸系における 2 次元スポット解のダイナミクス」

16:30 - 17:10 新留琢郎(九州大学大学院・工学研究院・応用化学部門)「近赤外光を吸収して発熱する金ナノロッドの医療分野への応用」

世話人：甲斐昌一(九州大学 大学院工学研究院)，山口智彦(産業技術総合研究所)，栄伸一郎(九州大学 大学院数理学研究院)，日高芳樹(九州大学 大学院工学研究院)

2010 年 6 月 1 日

○本会が加盟する地球惑星科学連合関連の教育シンポジウムのご紹介

日本第四紀学会シンポジウム「学校教育で地学は生き残れるか：学会と教育現場との連携に向けて」

[日時]：6 月 19 日(土) 13~18 時

[場所]：早稲田大学 22 号館 202 教室

〒169-8050 東京都新宿区西早稲田 1-7-14

[主催]：日本第四紀学会[趣旨]：持続的発展可能で安心・安全な社会の構築のためには、将来を担う児童・生徒の科学リテラシーの向上が必要不可欠である。平成 24 年度から高校理科が 3 科目必修となる一方で、現在の地学の履修率は低く、地学専門の教員も激減している。このような危機的な状況の中で、地学を教科と

して存続させ、履修率を上げるためには、学会が積極的に教育現場に働きかける必要がある。本シンポジウムでは、3 つの教育系の学会と共同で学校の教科教育を中心とする地学教育、理科教育、科学教育の現状と課題を整理し、学校現場と学会の連携を図るための方向性を議論する。なお、本年 8 月の日本第四紀学会大会では、生涯教育としての自然史教育をテーマとしたシンポジウムを開催する予定である。詳細は次のページをご覧ください。

<http://wwwsoc.nii.ac.jp/qr/event/qr.html#sympo0619>

2010 年 5 月 27 日

○会員の方のワークショップ

5/28, 29 の両日に横浜国立大学の大学祭で建築学科の四年生がペンデグリティーの仮設建築の展示を行います。<http://ynu2010.nobody.jp/kasetsu/top.html>

それにあわせて、ワークショップと会員の阿竹克人先生の講演会が行われます。講演会の日程は 29 日午後二時から会場。くわしくは

<http://ameblo.jp/kasetsu2010/> です。大学祭なので一般参加可だと思います。

○新入会の皆様(敬称略)

宮尾 克 名古屋大学情報科学研究科
大野 直子 京都大学エネルギー理工学研究所

○新入会の皆様のご紹介(敬称略)

このコーナーでは、交流の促進を目的として、新入会の皆様の「主要研究分野」(A と略記)と「形の興味」(B と略記)、もしくは、お寄せいただいたご自身によるプロフィール記事(C と略記)を掲載します。

宮尾 克 名古屋大学情報科学研究科

A: 人間工学、産業医学、モバイル情報
の関連、形を認識する視覚機能

B: 立体映像の形の認知、文字の可読性と形

大野 直子 京都大学エネルギー理工学研究所

A: 金属材料学、照射損傷、透過電子顕微鏡
関係の関連

B: 対称性、ひずみエネルギー、形と強度の

○平成22年度をもって御退会の皆様(敬称略、会誌第25巻第1号に追加)

土岐 大介 オークラ情報サービス(株)
元池 育子 京都大学物質・細胞統合システム拠点
岸 清(ご逝去) (元)東京理科大学

○ご逝去

岸 清 先生 元 東京理科大学理学部応用物理学科

ひげ結晶など微結晶の研究に従事され、長年にわたり会員として本会を支えて下さいました。

○2010年度第1回形の科学会運営委員会議事録

日時：2010年6月26日(土)11:50~12:50

場所：東京学芸大学 20周年記念飯島同窓会館 〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1

出席者：松岡篤、植田毅、小川泰、押田恵司、海野啓明、岸本直子、沓名健一郎、塩沢友規、高木隆司、高田宗樹、手嶋吉法、徳永英二、西垣功一、沼原利彦、原田新一郎、平田隆幸、福井義浩、本多久夫、松浦執、宮坂寿郎、宮本潔、山口喜博。

議題：(総会委任状45通 定足数441×1/15=30名)

(1) 会員関係報告：2010年6月25日現在441名。(昨年度6月14日現在444名)

(2) 2010,11年度運営委員信任投票結果が報告された。

別紙一覧の32名の運営委員候補者全員が、会員の多数の信任投票により信任された。

(3) 2010,11年度形の科学会会長が次のように選出、新任され、会長の決定が承認された。

会長候補者 新潟大学理学部地質科学教室 松岡 篤 教授

メールにより会長候補の信任投票をおこない、運営委員総数の3/4の24名を超える26名の有効票があり、全票信任で信任された。

(4) 2009年度の活動について次のように報告された。

・2009年度シンポジウムを次のように開催した。

第67回：東京大学柏キャンパス「表現の科学—人工物と環境を考える」2009年6月26日(金)~27日(土) (世話人：岩田修一、上田完次、河口洋一郎)。

第68回：獨協医科大学臨床医学棟10階ホール「かたちが生み出す機能、機能を発揮するかた

ち」(世話人：宮本潔)2009年11月21日(土)～23日(月祝)。

- ・形の科学会誌第24巻1～3号(編集委員長：福井大学 平田隆幸)を刊行した。
- ・FORMA Vol.24を刊行した。
- ・2009年度かたちシュレーを3月12～13日ホテルグランディア太宰府で実施した。

(5) 2009年度決算報告が行われ、村田智監査役による監査報告が事務局により代理報告された。以上のもとで2009年度決算が承認された。

(6) 2010年度活動計画について次のように報告された。

- ・シンポジウムは次のように開催する。

第69回：東京学芸大学「かたちと人間」2010年6月25日(金)～27日(日)(世話人：松浦執)。

第70回：兵庫県立加古川東高等学校「色と構造」(世話人：川勝和哉、日程：2010年11月19日(金)～21日(日))。

- ・会誌第25巻1～3号を刊行する。
- ・FORMA Vol.25を刊行する。
- ・2010年度「かたちシュレー」の開催を検討している。(事後情報：グランディア芳泉(福井県あわら市舟津43-26)、2月ごろに開催を予定)
- ・今年度は学会発足25周年であり、25周年記念事業を検討している。第69回シンポジウムにおいて、学会25周年記念公開講演を行う。

(7) 2010年度予算案が報告され、承認された。

(8) 日本地球惑星科学連合での欧文誌刊行案に関する報告が押田委員により行われた。

(9) 2010年度学会賞選考報告が福井義浩学会賞選定委員長により行われ、承認された。

(10) その他

学会賞選考手続きの迅速化について意見交換が行われ、授賞式を第2回シンポジウム時とすることが提案された。

(以上)

○2010年度形の科学会総会議事録

日時：2010年6月26日(土)17:20-17:50

場所：〒184-8501 東京都小金井市貫井北町4-1-1 東京学芸大学20周年記念飯島同窓会館2階第4会議室

出席：31名 委任状：45名 (定足数：会員総数441×1/15 = 30名 本総会は定足数以上の出席および委任状により成立)

議題：

(1) 会員関係報告：2010年6月26日現在441名。(昨年度6月14日現在444名)

(2) 2010,11年度運営委員信任投票結果が報告された。

(3) 2010,11年度形の科学会会長として、松岡篤教授(新潟大学理学部地質学教室)の就任が承認された。

(4) 2009年度活動報告(下記)が承認された。

- ・2009年度シンポジウム開催について。

第67回：東京大学柏キャンパス「表現の科学—人工物と環境を考える」2009年6月26日(金)～27日(土)(世話人：岩田修一、上田完次、河口洋一郎)。

第68回：獨協医科大学臨床医学棟10階ホール「かたちが生みだす機能、機能を発揮するかたち」(世話人：宮本潔)2009年11月21日(土)～23日(月祝)。

- ・形の科学会誌第24巻1～3号(編集委員長：福井大学 平田隆幸)を刊行した。
- ・FORMA Vol.24を刊行した。
- ・2009年度かたちシュレーを3月12～13日ホテルグランディア太宰府で実施した。

(5) 2009 年度決算報告，監査報告が行われ、承認された。

(6) 2010 年度活動計画が次のように報告され、承認された。

・シンポジウム開催

第 69 回：東京学芸大学「かたちと人間」2010 年 6 月 25 日（金）～27 日（日）（世話人：松浦執）。

第 70 回：兵庫県立加古川東高等学校「色と構造」（世話人：川勝和哉、日程：2010 年 11 月 19 日（金）～21 日（日））。

・会誌第 25 巻 1～3 号の刊行。

・FORMA Vol.25 の刊行。

・2010 年度かたちシュレーは検討中。

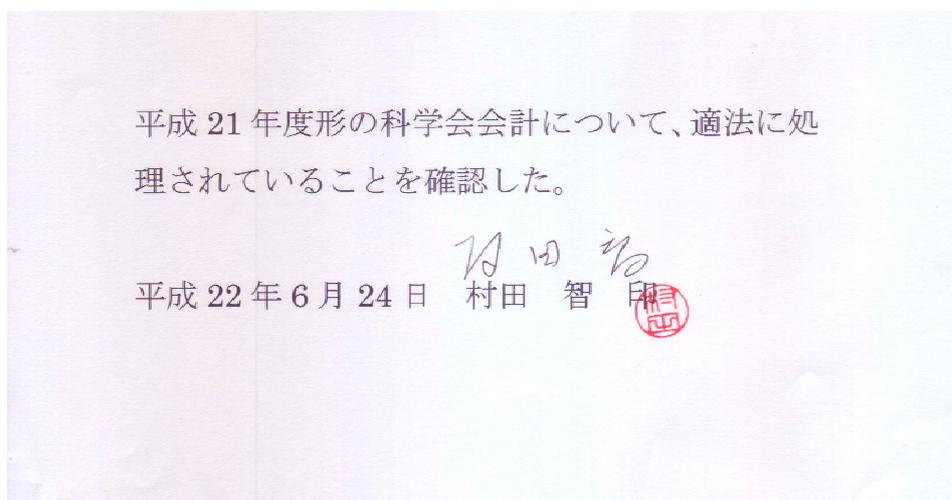
(7) 2010 年度予算報告が行われ、承認された。

(8) 2010 年度学会賞の選考結果が福井義浩学会賞選考委員長により報告された。2010 年度論文賞は杉本剛氏、奨励賞は田中健一氏および沓名健一郎氏に授与される。

（総会后引き続き学会賞授賞式が行われた）

（以上）

○平成 21 年度決算 監査報告



○平成 21 年度決算および平成 22 年度予算

平成 21 年度決算 平成 22 年度予算

(平成 22 年 6 月 26 日総会)

収入の部		
	平成 21 年度決算	平成 22 年度予算案
前年度より繰越	3,882,137	3,537,227
賛助金	0	0
会費	2,194,000	2,200,000
出版助成金	0	0
雑収入(合本等販売) (銀行振込)	63,640	60,000
受取利息	170	170
シンポジウム参加費	462,000	500,000
シンポジウム展示等	0	0
懇親会費	305,000	330,000
合計	6,906,947	6,627,397

支出の部		
	平成 21 年度決算	平成 22 年度予算案
出版・校正費(和文誌)	794,570	800,000
人件費	325,500	330,000
通信費	139,905	120,000
交通費・宿泊費	129,360	100,000
振込手数料	28,940	30,000
諸雑費(事務用品等)	250,846	250,000
会場費	0	50,000
講演準備費	165,000	165,000
会合費(懇親会)	377,646	330,000
英文誌出版費	1,137,953	1,200,000
内訳:	学会分担金 (1,137,953)	学会分担金 (1,200,000)
	出版助成金 (0)	出版助成金 (0)
学会賞賞金	20,000	60,000
合計	3,369,720	3,435,000

	平成 21 年度決算	平成 22 年度予算案
収支差引残高	3,537,227	3,192,397

○2010年度形の科学会賞選定報告

平成22年6月21日

2010（平成22）年度 形の科学会賞選定報告

形の科学会 学会賞選定委員長
徳島大学大学院 福井義浩

形の科学会賞規則により2010（平成22）年度の学会賞選定委員会（会長，幹事1名，名誉会員1名，委員2名）が，松岡 篤（会長），小川 秦（名誉会員），本多 久夫（委員），徳永英二（委員），福井 義浩（幹事）をメンバーとして平成22年4月27日に発足した。

今年度の学会賞については，論文賞1件（杉本 剛氏：他薦），奨励賞2件（田中 健一氏：他薦；沓名 健一郎氏：他薦）の応募があった。学会賞推薦を受けて，4月27日から6月11日まで学会賞選定委員会で審議を行った。審議の結果，論文賞1件，奨励賞2件はこの賞の趣旨に沿うものと認め，全員一致で2010（平成22）年度学会賞を選定した。

選定委員会としては，形の科学会学会賞候補者として下記の3氏を推薦したいと考える。

記

論文賞： 杉本 剛 氏

Takeshi Sugimoto “How to present the heart of Newton’s principia to the layperson: A primer on the conic sections without Apollonius of perga” *Symmetry: Culture and Science* 20, 113-144, 2009.

理由：提出論文は、ニュートンの運動の法則に含まれる「万有引力が逆自乗則に従うこと」を高度な数学をつかわずに導いたものである。初等的な数学をつかって形に関する重要な自然法則を説明する試みは、「形の科学」の目指すものであり、また科学史および科学教育の点からもこの論文は貴重である。杉本 剛氏の論文は、今後の「形の科学」啓蒙の可能性を有する。よって、論文賞受賞に価すると判断する。

奨励賞： 田中 健一 氏

理由：従来の最適配置問題は、利用者から施設までの移動距離（時間）を対象に、その最小化や集客の最大化を与える施設の位置を議論してきた。ここでは、それに時間軸（サービス時間）を位置と同じように明示的に最適化の主役として位置づけたもので、この点は多くの示唆を与えるものであり、今後の発展が期待できる。

奨励賞： 沓名 健一郎 氏

理由：手書き文字の形状特性を定量的に明らかにしようとする試みはユニークな研究である。更に発展し特徴量が求められれば、いろいろな目的に使用できると考えられる。定量化されることによってフォント生成支援ツールのようなものも考えられるかもしれない。今後の発展性を期待できる。

○ 2010～2011 年度形の科学会運営体制

会長 : 松岡 篤 (新潟大学)

運営委員 (50 音順) :

岩田 修一 東京大学大学院新領域創成科学研究科 人間環境学専攻
植田 毅 千葉大学 総合メディア基盤センター
小川 泰 筑波大学 (名誉教授)
小川 直久 北海道工業大学総合教育研究部
押田 恵司 **SCIPRESS**
甲斐 昌一 九州大学工学研究院エネルギー量子工学部門
海野 啓明 仙台高等専門学校 広瀬キャンパス
岸本 直子 京都大学工学研究科 航空宇宙工学専攻
杳名 健一郎 名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科生体情報専攻生体高次情報系
腰塚 武志 南山大学情報理工学部
塩澤 友規 青山学院大学保健管理センター
清水 英男 湘南鎌倉総合病院・病理診断部
清水 祐樹 愛知医科大学 医学部生理学第 2 講座
高木 隆司 神戸芸術工科大学 芸術工学研究科
高田 宗樹 福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻知能基礎講座非線形科学研究室
千場 良司 (財)厚生会 仙台厚生会病理部
手嶋 吉法 産業技術総合研究所先進製造プロセス研究部門製造情報研究グループ
徳永 英二 中央大学 経済学部
中村 振一郎 (株)三菱化学科学技術研究センター基盤技術研究所
西垣 功一 埼玉大学 理工学研究科 物理機能系専攻機能材料工学コース
沼原 利彦 医療法人社団 むまはら皮ふ科
原田 新一郎 埼玉県立浦和東高等学校
平田 隆幸 福井大学 工学部 知能システム工学科
福井 義浩 徳島大学大学院 ヘルスバイオサイエンス研究部 発生発達医学講座機能解剖学分野
古川 義純 北海道大学 低温科学研究所 雪氷新領域部門
本多 久夫 兵庫大学 健康科学部
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学分野
松浦 康之 名古屋大学大学院情報科学研究科 情報システム学専攻
松岡 篤 新潟大学 理学部 地質科学教室
宮坂 寿郎 京都大学大学院 農学研究科 地域環境科学専攻
宮本 潔 獨協医科大学 医学総合研究所
村田 智 東京工業大学大学院総合理工学研究科知能システム科学専攻
山口 喜博 帝京平成大学 情報学研究科

事務局長 : 松浦 執

幹事 :

庶務幹事 本多 久夫
財務幹事 宮坂 寿郎
渉外、広報幹事 手嶋 吉法、 清水 祐樹

出版幹事	高田 宗樹、	平田 隆幸
FORMA 編集委員長	甲斐 昌一	
会誌編集委員長	平田 隆幸	
学会賞選考委員長	宮本 潔	
監査役	村田 智	

そのほかの諸担当：

FORMA 編集幹事	高田 宗樹、	日高 芳樹 (九州大学)
会誌副編集委員長、会誌編集事務局長	清水 祐樹	
形シユール等企画	高田 宗樹、	松浦 康之
学会 web サイト管理	杓名 健一郎	

○ 各種連絡先

会長： 松岡 篤

〒950-2181 新潟県新潟市五十嵐 2 の町 8050 新潟大学 理学部地質科学教室

Phone: 025-262-6376 Fax: 025-262-6376

E-mail: matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

一般事務局：松浦 執 (入会申し込み宛先、その他の情報送り先)

〒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

Phone & Fax: 042-329-7541

E-mail: shumats0@gmail.com

会誌事務局：清水 祐樹 (会誌原稿送り先、その他)

〒480-1195 愛知県愛知郡長久手町岩作雁又 21 愛知医科大学医学部生理学第 2 講座

Phone : 0561-62-3311 (内 2212) Fax : 0561-63-9809

E-mail : yuuki@aichi-med-u.ac.jp

会誌編集長：平田 隆幸 (会誌問い合わせなど)

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

Phone : 0776-27-8778 Fax : 0776-27-8750

E-mail : d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp

FORMA 事務局：

日高 芳樹 (FORMA 原稿送り先、その他)

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学工学研究院エネルギー量子工学部門

Phone : 092-802-3529 Fax : 092-802-3531

E-mail : hidaka@ap.kyushu-u.ac.jp

高田 宗樹 (FORMA 原稿送り先、その他)

〒910-8507 福井県福井市文京 3-9-1 福井大学大学院工学研究科知能システム工学専攻 知能基礎講座・非線形科学研究室

Phone: 0776-27-8795 内 4824 Fax : 0776-27-8420

E-mail : takada@u-fukui.ac.jp

FORMA 編集長：甲斐 昌一 (FORMA 問い合わせなど)

〒819-0395 福岡市西区元岡 744 九州大学工学研究院エネルギー量子工学部門

E-mail : skai@athena.ap.kyushu-u.ac.jp

形の科学会誌の原稿募集

本誌は、"かたち"に関連した研究を促進するため、high quality な論文の発表、及び、できるかぎり自由に意見を発表できかつ討論できる場を提供することを目的として、原稿を募集しています。

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、形の科学会の会員は本誌に投稿することができます。本誌に投稿された論文 (original paper, review paper) は、査読過程を経てから掲載することを原則とします。また、速報、討論、講座、エッセイ、交流、ニュースなどに関しては、より自由な発表場所を提供することを旨とし査読過程を経ずに掲載しますが、編集委員会で掲載が不適当であると判断された場合は、改訂を求めること、あるいは掲載をお断りすることがあります。

本誌の論文を論文中で引用される時は、日本語論文の場合は、形の科学会誌、11、(1997)、1-2。欧文論文の場合は、Bulletin of Society for Science on Form, 11, (1997), 1-2. というように引用してください。

本誌は、シンポジウムの予稿原稿も掲載しています。本誌のシンポジウム要旨を論文中で引用される時は、形の科学会誌、12、(1997)、1-2 (シンポジウム要旨)、欧文論文の場合は、Bulletin of Society for Science on Form, 12, (1997), 1-2 (Extended Abstract of 39th symposium). というように引用してください。

『形の科学会誌』論文投稿の案内

1 Editorial Board

編集委員長 (Chief Editor)	平田隆幸	
副編集委員長 (Sub-chief Editor)	清水祐樹	(物理学・地球惑星科学)
編集委員 (Editor)	高木隆司	(物理・美術)
	渡辺泰成	(数学・幾何学)
	種村正美	(数学・幾何学)
	本多久夫	(生物)
	鳥脇純一郎	(工学)
	宮本 潔	(医学)

2 原稿投稿先

形の科学会誌への投稿論文 (original paper, review paper, 講義ノートなど) の宛て先は、編集委員長・副編集委員長・編集委員とする (宛先は下記参照)。

平田隆幸 910-8507 福井市文京 3-9-1, 福井大学 工学部 知能システム工学科

Phone: 0776-27-8778, Fax: 0776-27-8420, Email: d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp

清水祐樹 480-1195 愛知郡長久手町岩作雁又 21, 愛知医科大学 医学部 生理学第 2 講座

Phone: 0561-62-3311(内 2212), Fax: 0561-63-9809, Email: yuuki@aichi-med-u.ac.jp

高木隆司 192-0371 八王子市南陽台 3-3-13

Phone: 042-675-0222, Fax: 042-675-0222, Email: jr.takaki@iris.ocn.ac.jp

渡辺泰成 290-0171 市原市潤井戸字大谷 2289-23, 帝京平成大学 情報システム学科

Phone: 0436-74-5979, Fax: 0436-74-3659, Email: watanabe@cn.thu.ac.jp

種村正美 233-0002 横浜市港南区上大岡西 3-5-3-307

Phone: 03-3446-1501, Fax: 03-3446-1695, Email: tanemura@ism.ac.jp

本多久夫 675-0101 加古川市平岡町新在家 2301, 兵庫大学 健康科学部

Phone: 0794-24-0052, Fax: 0794-26-2365, Email: hihonda@hyogo-dai.ac.jp

鳥脇純一郎 470-0393 豊田市貝津町床立 101, 中京大学 生命システム工学部 身体システム工学科

Phone: 0565-46-6633, Fax: 0565-46-1299, Email: jtoriwak@life.chukyo-u.ac.jp

宮本潔 321-0207 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880, 独協医科大学 総合研究施設

Phone: 0282-87-2271, Fax: 0282-86-5678, Email: miyamoto@dokkyomed.ac.jp

3 投稿論文の処理過程

1) 編集委員は、投稿論文を受け取った時点で、論文の種類・受付日を付加してオリジナル原稿1部を副編集委員長に送る。

2) 編集委員は、original paper, review paper に関しては、査読者1名を決めて依頼し、修正等の過程を経て受理決定をおこなう。受理原稿は、受理日をつけて副編集委員長に送る。

3) 編集委員が却下 (reject) と判断した論文は、編集委員が、意義申立をする権利があることを付記して著者に返却する。再投稿された論文は、元の、あるいは新たな査読者に依頼し、同様に受理・却下を決定する。その結果として却下の場合は、編集委員は書類一切を編集委員長、および(必要な部分をコピーして)副編集委員長へ送る。編集委員長がその後の処理を決める。

4) 編集委員に送られた論文が、自分の専門分野外と判断された場合は、副編集委員長に論文を転送する。副編集委員長は、もっとも適当な編集委員に論文を転送する。(しかし、形の科学の広い立場から、なるべく査読を引き受けてください)

5) 査読を必要としないもの(エッセイ、交流等)に関しては、別に査読者を決めず、編集委員の判断で著者に修正を依頼したり、受理の決定をする。受理原稿は、副編集委員長に送る。なお、編集委員が、形の科学会誌の原稿として不適当であると判断した場合は、original paper, review paper の処理に準じて、編集委員長がその後の処理を決める。また、シンポジウム予稿原稿もこれに準じる。

6) 副編集委員長は、各号の内容の編集をおこなう。

7) 当面、受理原稿の掲載号は次のように決める。原稿が、次回の形の科学シンポジウム開催日の1ヶ月前までに副編集委員長に届けば、会誌の次号に掲載する。なお、著者の特別な申し出がないかぎり、原稿の著作権は形の科学会に帰属するものとする。

原稿作成要領

オリジナル原稿、およびコピー原稿2部の計3部を投稿してください。写真製版可能な原稿のみを受け付けます。投稿された原稿はそのまま印刷されますので、以下の点に注意してください。

1) 上下左右それぞれ約2.5 cmのマージンを残す。

2) 1頁40-45行程度、1行40字程度。原著論文、解説論文等は刷り上がり10頁、速報は刷り上がり4頁以内を原則とします。

3) 図や表は、本文中に張り込み、図の下に必ずキャプションを付けてください。

4) 最初の頁には、タイトル、氏名・所属(できれば電子メールアドレスも)・英文 Keywords (5個以内)をお書きください。英文のタイトルおよび所属を併記してください。独立した英文の abstract をつけることを歓迎します。

5) タイトル、氏名・所属と本文の間(英文 abstract がある場合は英文 abstract の前)には、受付日と受理日を印刷するため、上下2.0 cmのスペースを開けてください。

6) 引用文献は、本文の最後に「文献」という見出しとともに出現順に記してください。

7) ページ番号は印刷せず、原稿の右上に鉛筆で1から通し番号をつけてください。

8) 以上の作成要領と大きく異なる場合は、改訂をお願いすることがあります。

入 会 案 内

会員の特典

- 形の科学会員は、形の科学会誌および論文誌 **FORMA** の配布をうけ、それらに投稿することができます。
(FORMA への投稿は会員以外でもできます)
- シンポジウムの開催案内をうけ、講演の申し込みができます。
- 画像データベース等、情報の配布を受けることができます。
- **賛助会員**については、正会員と同じ権利を持ち、かつ、賛助会員年会費を支払っていれば、その1年間は会誌に無料で広告を掲載できます。
- **団体会員**は学会出版物を定期購読でき、シンポジウムの案内などの学会からの通知を受け取ることができます。団体の連絡担当者を1名決めていただきます。
本会の刊行物の定期購読を希望する団体(企業、研究所、研究室、その他)は、団体会員として登録することを勧めます。

形の科学会への入会

- 入会資格は、形の科学研究に興味を持つことです。
- 会員登録カードに必要事項を記入し、会長または事務局あてお送りください。(形の科学会誌に綴じ込んであります。必要な方は会長または事務局へご請求ください)
- 入会に際しては、下記の年会費をお支払いください。入金後、会員の登録をいたします。
- 賛助会員、団体会員についても、同様の入会手続き、ならびに会費の送金をしてください。
- 現住所、所属機関等、登録カードの記載事項に変更があった場合は、ただちに書面でご連絡下さい。
- 会員の個人情報、会員の交流および研究を促進する活動のために事務局が連絡先として用います。

会費

- **正会員** 8,000 円/年
- **学生会員**(学生およびそれに準ずる者) 4,000 円/年(学生証のコピーを同封のこと)
- **賛助会員** 38,000 円/年
- **団体会員** 10,000 円/年

下記の口座に最寄りの郵便局からご送金ください。

- 口座番号: 00330-9-30953
- 加入者名: 形の科学会



会 員 登 録 カ ー ド (記入： 年 月 日)

会員記号番号： _____ 会員状態： _____ 会費： _____

フリガナ： _____ 生年月：西暦 年 月

氏 名： _____ 連絡先選択： 勤務先 自宅 出張先

勤務先： _____

〒： _____ 宛先： _____

電話： _____ FAX： _____

E-mail： _____

自宅 〒： _____ 宛先： _____

電話： _____ FAX： _____

主要活動分野 (20字以内)： _____

形関係の興味 (個条書き, 各20字以内)： _____

備考 (出張先宛て先、etc.)

第 71 回 形の科学シンポジウム 「形、模様、画像の時間変化の科学と応用」

目が捉える映像は動きのある画像であり、時間により場面が変わっていきます。そのため、我々は雲の動き、水の流れる感じることができます。この世界には数分の観察で変化がわかるものから、植物の成長のように数ヶ月の観察で分かる変化、都市の構造、鍾乳石のように数年単位の変化など、様々なタイムスケールでの形、模様、画像の時間変化が存在します。その時系列を追って初めて、その現象の裏に隠れた法則性が発見されることがあります。本シンポジウムでは生物、無生物、自然、人工問わず、形、模様、画像の時間変化に潜む科学やその応用法に焦点を当てます。

【会期】 2011 年 6 月 17 日(金), 18 日(土), 19 日(日)

【会場】 千葉大学自然科学研究棟 自然科学マルチメディア教室

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-3

【主催】 形の科学会

【代表世話人】 植田毅

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-3 千葉大学総合メディア基盤センター

【講演および参加申込先】 代表世話人 植田毅

〒263-8522 千葉市稲毛区弥生町 1-3 千葉大学総合メディア基盤センター

Tel&Fax:043-290-3546

E-mail: ueta@faculty.chiba-u.jp

【参加費】 会員・非会員ともに一般 3000 円、学生 1500 円

【懇親会】 2011 年 6 月 18 日(土) 夕方

【懇親会費】 会員・非会員ともに一般 4000 円、学生 1000 円(検討中)

参加申し込み —— 講演申込ならびに参加(聴講)の申込 形の科学シンポジウムは会員・非会員によらず講演申込、参加(聴講)ができます。当日参加も可能ですが、懇親会に参加される場合は必ず事前に申し込みしてください。

【講演申込受付開始日】 2010 年 11 月 22 日(月)

【講演申込締切日】 2011 年 4 月 22 日(金)

【予稿原稿提出締切日】 2011 年 5 月 6 日(金)

【参加申込締切日】 2011 年 6 月 10 日(金)

【講演申込の方法】 以下の講演申込フォームに必要事項を記入し、電子メール、郵送、または FAX にて代表世話人 植田宛 にご送付ください。

■ 講演申し込み書式(第 71 回 形の科学シンポジウム)

- ・ 氏名 :
- ・ 所属 :
- ・ 住所(連絡先) :

- ・ 電子メール :
- ・ 電話 :
- ・ ファックス :
- ・ 講演題目(仮題でも可) :
- ・ 発表希望セッション(以下 1~6 から一つ選ぶ)
 1. 形、模様、画像の時間変化の科学と応用 : 第 71 回シンポジウムメインテーマ

2. 形の科学一般 : あらゆる分野での形にかかわる自由な内容の講演を受け付けております。

3. 形と知 : 分野を問わず、自由な形式での、哲学・人文・芸術・デザイン・教育・作品紹介などあらゆるタイプの活動のご紹介。

4. 展示 : 自由な形式の作品・研究発表ポスターなどの展示。展示作品をもちいた実演、販売も行えます。展示のみの場合、5 分間のご講演もお願いします。

5. Forum : 自由なテーマで、各自の研究領域の問題や成果、興味深い「かたち」に関する話題などをご紹介いただけます。分野を越えて興味を高め合う場にいたしますので、専門的な詳細の説明は最小限にとどめ、非専門家にも分かるような発表をお願いします。また、Forum 講演者には、シンポジウムに Forma 誌(カテゴリー: Forum)への 4 枚以内の投稿原稿をご持参いただきます。講演時間と討論時間を 10 分ずつ設ける予定です。

・ 懇親会(2011 年 6 月 18 日(土) 夕方) : [参加・不参加] 参加の場合 : 自分と同伴者を合わせた参加人数 :

・ その他(質問事項、希望事項、発表希望日など) : <注意事項>

○ご講演はお一人一件までとします。

○発表時間は 25 分(5 分程度の質疑応答を含む)を予定しています。○「展示」のセッションでは自由な形式の作品・研究発表ポスターなどを展示していただくことができます。展示作品をもちいた実演、販売も行うことができます。○講演申込をした方は、申し込みフォームは不要です。

【予稿原稿の提出方法】 学会公式 web サイト <http://wwwsoc.nii.ac.jp/form/> に掲載される予稿原稿作成要領(PDF、word)を参考に予稿原稿を作成し、電子ファイルの場合はメール添付にて代表世話人宛にご送付ください(PDF ファイル、word ファイル)手書き原稿の場合はご郵送ください。

複写権委託済み表示の変更(2009年11月20日)

形の科学会は、本誌掲載著作物の複写に関する権利を一般社団法人学術著作権協会に委託しております。本誌に掲載された著作物の複写をご希望の方は、(社)学術著作権協会により許諾を受けてください。但し、企業等法人による社内利用目的の複写については、当該企業等法人が社団法人日本複写権センター((社)学術著作権協会が社内利用目的複写に関する権利を再委託している団体)と包括複写許諾契約を締結している場合にあっては、その必要はございません(社外頒布目的の複写については、許諾が必要です)。

権利委託先 一般社団法人学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂9-6-41 乃木坂ビル3F
FAX : 03-3475-5619 E-mail : info@jaacc.jp

複写以外の許諾(著作物の引用、転載、翻訳等)に関しては、(社)学術著作権協会に委託致しておりません。直接、形の科学会へお問い合わせください。

形の科学会誌 Vol. 25 No. 2 (2010, 11月)

発行： 形の科学会

会長： 松岡 篤

〒950-2181 新潟市西区五十嵐2の町8050

新潟大学理学部地質科学教室

phone/fax : 025-262-6376

E-mail : matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

編集委員長：平田隆幸

〒910-8507 福井市文京3-9-1 福井大学工学部

phone : 0776-27-8778 fax : 0776-27-8420

E-mail : d970062@icpc00.icpc.fukui-u.ac.jp

副編集委員長&編集事務局：清水祐樹

〒480-1195 愛知郡長久手町岩作雁又21

愛知医科大学医学部 生理学第2講座

phone : 0561-62-3311 (内線2212) fax : 0561-63-9809

E-mail : yuuki@aichi-med-u.ac.jp