

目次

【論文】

- 走電性下でのゾウリムシの個体数分布
平山 修, 中井俊介, 石渡信吾 1

【交流】

- かたちシュレー 2009 —かたちの体験と交流—
松浦康之, 沓名健一郎, 高田宗樹 11

【シンポジウム】

- 第67回形の科学シンポジウム「表現の科学—人工物と環境を考える」
プログラムと予稿 14

【会告】

- 事務局からのニュースメール 86
会告 88
形の科学会誌の原稿募集 89
『形の科学会誌』論文投稿の案内 90
形の科学会入会案内 92
第68回形の科学シンポジウム予告 94

お詫びと訂正

形の科学会誌第 23 巻第 3 号(2008) 295-303 に掲載された論文「走電性下のゾウリムシの個体数分布」にページの落丁がありました。訂正版として、同論文を本号に再掲載いたします。

関係各位には深くお詫び申し上げます。

形の科学会誌編集部

走電性下でのゾウリムシの個体数分布

平山 修¹⁾, 中井俊介¹⁾, 石渡信吾²⁾

1)東京農工大学工学部機械システム工学科 〒184-8588 東京都小金井市中町 2-24-16

2)横浜国立大学工学部知能理工学科 〒240-8501 横浜市保土ヶ谷区常盤台 79-5

E-mail: 1)hrym@cc.tuat.ac.jp 2)s-iswt@ynu.ac.jp

Population distribution of paramecia exhibiting galvanotaxis

Osamu HIRAYAMA¹⁾, Syunsuke NAKAI¹⁾, Shingo ISHIWATA²⁾

1)Department of Mechanical Systems Engineering, Tokyo University of Agriculture and Technology, Naka-cho 2-24-16, Koganei, Tokyo 184-8588, JAPAN

2)Department of Physics, Faculty of Engineering, Yokohama National University, Tokiwadai 79-5, Hodogaya-ku, Yokohama, Kanagawa 240-8501, JAPAN

(2008年7月16日受付、2008年10月17日受理)

Abstract Stationary spatial distributions of a number of paramecia in a uniform electric field were examined by experiments and found to be exponential. The probability of their moving towards negative and positive electrodes and the probability of their remaining stationary were also examined. Under the assumption that these probabilities are uniform, an advection-diffusion equation was derived as the governing equation for the number of paramecia and its stationary solution was obtained. The values of the exponent obtained theoretically agreed with those obtained by the experiments.

Key Words: paramecia, spatial distribution, galvanotaxis, exponential type, moving probability

1. はじめに

ゾウリムシなどの繊毛虫類がさまざまな外部刺激に対して反応する性質を走性と呼ぶ。ゾウリムシを電場の存在する空間で遊泳させた場合には、ゾウリムシの多くは負電極に向かって移動する。この性質は走電性と呼ばれ、そのメカニズムなどは古くから研究され明らかにされてきた[1][2]にもかかわらず、ゾウリムシを集団として電場中においた場合の個体数の空間分布がどのようになるかということの研究はまだほとんどなされていない。ただし、一様な温度勾配中でのゾウリムシ集団の定常的な個体数の空間分布を求めた研究は存在する[3][4][5][6]。また一方では、近年のマイクロマシンの研究対象が拡大する中で、走電性を利用してゾウリムシ集団の動きをコントロールし、マイクロマシンまたはロボットとして活用しようとする研究が見られるようになった[7][8][9]。

ところで、ゾウリムシを集団として電場中に置いた場合の挙動を見ると、必ずしも電場の方向（すなわち負極を向く方向）の運動をする個体ばかりではない。電場の向きに動く個体ほど多くはないにしても、その場に留まろうとする個体や電場と逆の向きに動こうとする個体も存在する。その割合がどの程度存在するのか、また、それが制御可能なことかどうかということが、上記のようなゾウリムシの空間集団分布の形状や時間変動に対して大きな影響を及ぼすことは明らかである。また、応用的な面についていえば、マイクロマシンとしてのゾウリムシ集団の効率に大きな影響を与えることになる。

そこで、本研究では、まず一定一様な強さの電場が存在する場合に、個体数分布、負極方向への移動確率分布（以下、順行確率分布と呼ぶ）、正極方向への移動確率分布（以下、

逆行確率分布と呼ぶ), 同一領域に留まる確率分布 (以下, 滞留確率分布と呼ぶ) がどのようなになるかを実験によって調べ, 明らかにする. これが本研究の第1の目的である. さらに, ゾウリムシ集団の個体数分布の従うモデル方程式を構築し, その定常解を求め, 観察結果と比較してモデル方程式および定常解の妥当性を検証する. これが本研究の第2の目的である. さらに, 本研究で得られた走電性下での個体数の空間分布を, 先行研究で明らかにされている走熱性下での空間分布の結果と比較してその違いを明らかにする. これが本研究の第3の目的である.

2 実験方法

本研究では, 実習用の教材として市販されているゾウリムシ (中村理科 L55-7000) を, 室温(平均温度 20℃程度)の下で培養したものを用いた.

以下のような方法で実験を行った. 図1に実験装置の全容と観察領域の概念図を示す.

まず, 銅版で作った1組の電極を 30 mm×30 mm のプラスチック製観察容器の両縁に配置し直流電源 (KIKUSUI, PMM18-2.5DU) に接続する. 電極間の電位差を約 3V に保ち, 電極間にほぼ一様な電位勾配が得られるようにする. 図2に得られた電位勾配を示す. 電位勾配すなわち電場は, 負極の最近傍を除いてほぼ一様で, 0.13 V/mm である.

ここでいったん電源スイッチを切り, 電位勾配が存在しない状態にしておいて, 培養容器からスポイトでゾウリムシ入りの水を吸い取り, 観察容器に注入する. このとき, ゾウリムシの鉛直方向の動きを極力制限させるために水深を 1 mm 程度とする (ゾウリムシの体長の 0.2-0.3mm よりは大きく, ゾウリムシの基本的な運動であるらせん運動のピッチの約 2 mm よりは小さくした). 注入の数 10 秒後に電源スイッチを入れ電位勾配を設定する. さらに, 数 10 秒後に電源スイッチを切り, 電位勾配を除く.

電源スイッチを入れる前から再びスイッチを切った後の約2分間に渡ってのゾウリムシ集団の行動を上

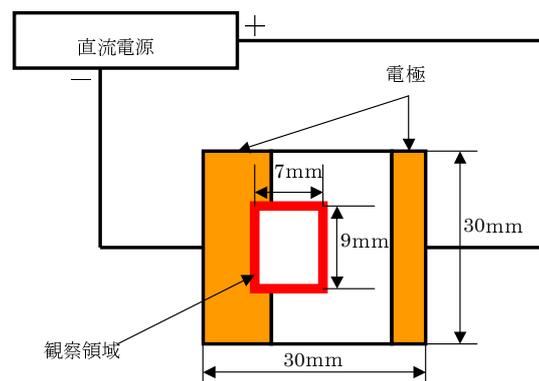


図1. 実験装置全容 (上図) および観察領域の概念図 (下図)

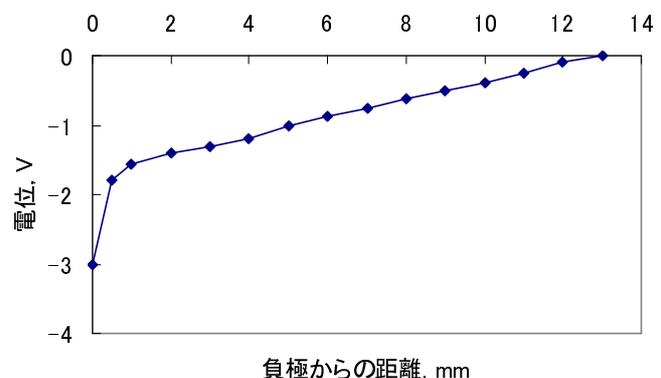


図2. 電位分布

部に設置した CCD カメラ (中村理科:顕微鏡テレビ装置 1K-920N) で撮影し, 画像を得る. 画像のコマ数は 1 秒あたり 3 コマである. 観察領域 (撮影領域) は 9 mm×7 mm の長方形領域でこれがディスプレイ画面の 640×480pixel の領域に対応する. 得られた画像データを画像解析ソフト (ディテクト社製, Dip Motion 2D) により x-y 座標化し, このデータを用いて個体数分布などを求める.

3 実験結果

3-1. 全個体数の時間変化

実験は 3 回実施し, そのうち 2 回については, 観測領域内の総個体数がほぼ一定と見なせる状態すなわち定常状態が得られた. 定常状態が得られた実験を実験 I, 実験 II と称することにする.

実験 I の場合, 撮影開始後 $t = 30\text{s}$ に電位勾配をセットし, $t = 90\text{s}$ で電位勾配を除去した. 図 3 に, 電位勾配 (電場) が存在する状態での一画像を示す. 1 秒ごとに計測したゾウリムシの観測領域内の全個体数の時間変化を図 4 に示す. 撮影開始後 $t = 30\text{s}$ から $t = 50\text{s}$ までは観測領域内の個体数は増加し続け, $t = 50\text{s}$ から $t = 90\text{s}$ までは微小な増減を繰り返すが, ほぼ一定であると見なすことができる. $t = 90\text{s}$ 以後は時間とともに減少し続ける.

実験 II については, 撮影開始後 $t = 10\text{s}$ に電位勾配をセットし, $t = 60\text{s}$ で電位勾配を除去した. 図 5 に, 実験 II の場合の観測領域内の全個体数の時間変化を示す.



図 3. ゾウリムシ集団の一画像 (実験 I)

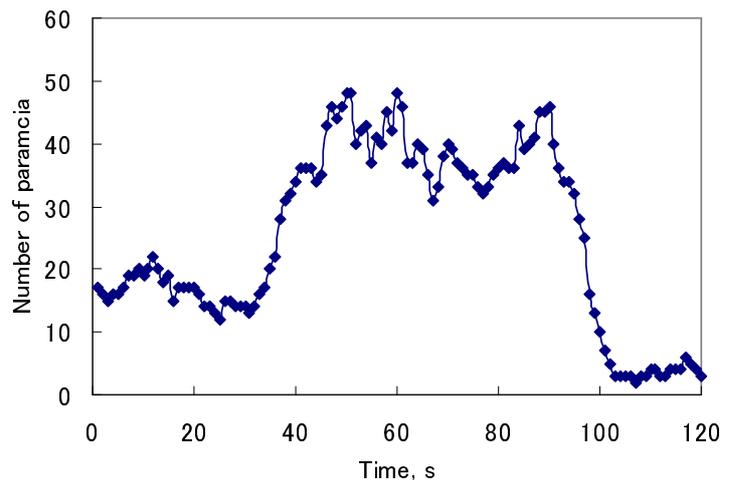


図 4. ゾウリムシの総個体数の時間変化(実験 I)

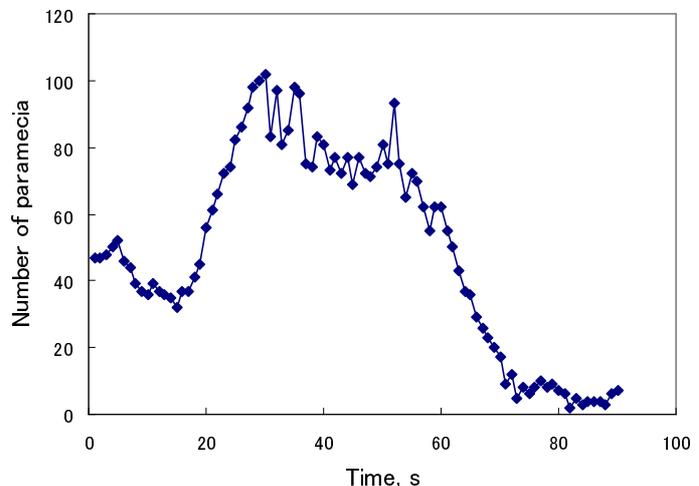


図 5. ゾウリムシの総個体数の時間変化(実験 II)

3-2. 個体数の空間分布

実験 I については、 $t = 50\text{s}$ から $t = 90\text{s}$ の 40 秒間を定常状態と見なし、ゾウリムシの個体数の空間分布を求めた。観察領域のうち、負電極と重ならない 5.5 mm 幅の領域を図 6 のように $a = 0.50\text{ mm}$ 幅の細長い帯に分割し、各帯の内部に存在する個体数をカウントし、その分布を 1 秒ごとに求めた（同様の手法は、ミジンコの集団運動について調べた研究にも見られる [10]）。こうして求めた分布は時間的に大きく揺らぐので、全時刻（41 時刻）の時間平均を求め、定常的な空間分布とした。横軸に各帯の負電極からの距離 x を、縦軸に各帯内のゾウリムシの平均個体数 n を対数目盛で表示したグラフを図 7 に示す。また、実験 II については、 $t = 30\text{s}$ から $t = 60\text{s}$ の 30 秒間を定常状態と見なし、同様の方法で定常状態の空間分布を求めた。図 8 にそのグラフを示す。図 7、図 8 に見られるように、分布は指数関数的な分布であり、それぞれの分布は、

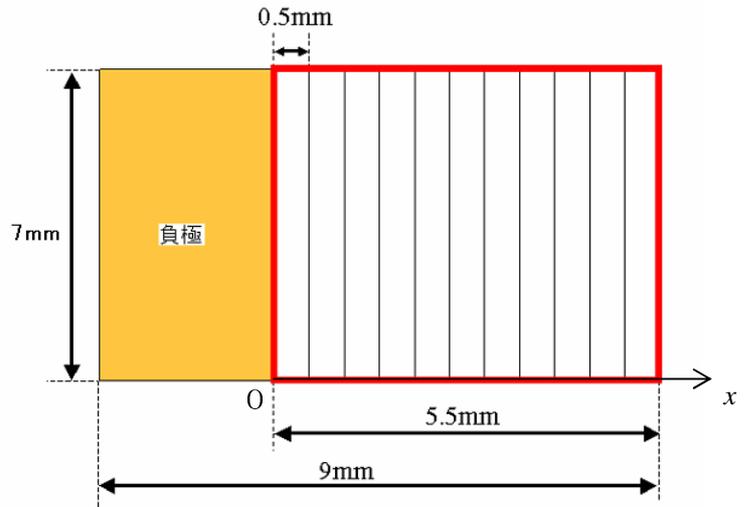


図 6. 個体数分布を求める帯の配置

$$\text{実験 I: } n(x) = 16 \exp(-0.87x) \quad (1)$$

$$\text{実験 II: } n(x) = 24 \exp(-0.75x) \quad (2)$$

でフィッティングできることがわかった（帯の幅 a が有効数字 2 桁で与えられるので、指数等もそれに合わせて有効数字 2 桁で表示した）。

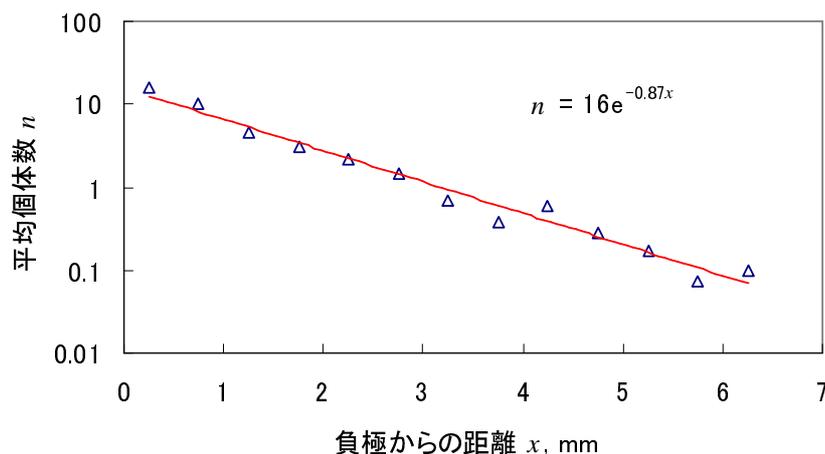


図 7. ゾウリムシの個体数密度空間分布（実験 I）

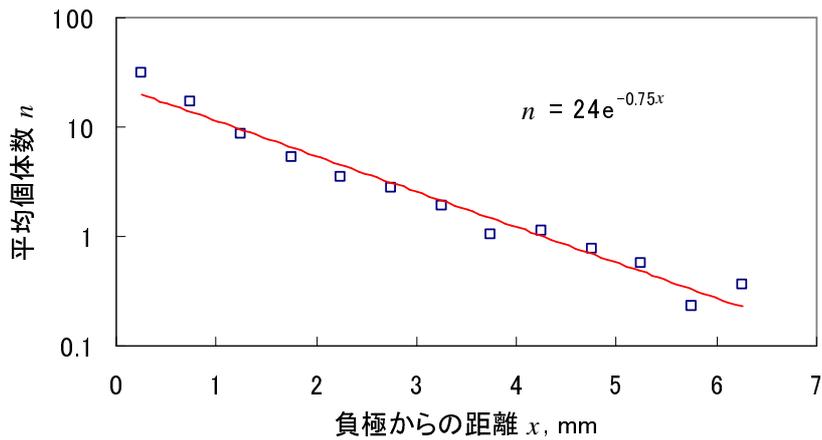


図 8. ゾウリムシの個体数密度空間分布 (実験 II)

3-3. 順行確率, 逆行確率, 滞留確率の空間分布と空間密度依存性

実験 I について, 定常状態と見なされる期間 $t = 50\text{s} - 90\text{s}$ の全 41 時刻において, 観察された全個体の移動の仕方を追跡し, 各帯ごとに順行個体数・逆行個体数・滞留個体数をカウントした. それらの全 41 時刻の総和から, 図 6 の各帯ごとの単位時間あたりの順行確率 p , 逆行確率 q , 滞留確率 r を次式により求めた.

$$p(i) = \frac{\text{帯 } i \text{ から左側の帯へ移動した個体数の全 41 時刻の総和}}{\text{帯 } i \text{ にいた個体数の全 41 時刻の総和}} \quad (3)$$

$$q(i) = \frac{\text{帯 } i \text{ から右側の帯へ移動した個体数の全 41 時刻の総和}}{\text{帯 } i \text{ にいた個体数の全 41 時刻の総和}} \quad (4)$$

$$r(i) = 1 - p(i) - q(i) \quad (5)$$

ただし, $i = 1 \sim 11$ である.

これらの確率の空間分布を図 9 に示す. 最も左側の帯 (負極に隣接した帯) では, さらにその左側へ移動することができないので, $p = 0$ の条件が課されることになる. この領域を除いて, p, q, r は全領域でほぼ一様と見なすと, その平均値は, $p = 0.296\text{s}^{-1}, q = 0.196\text{s}^{-1}, r = 0.509\text{s}^{-1}$ となる.

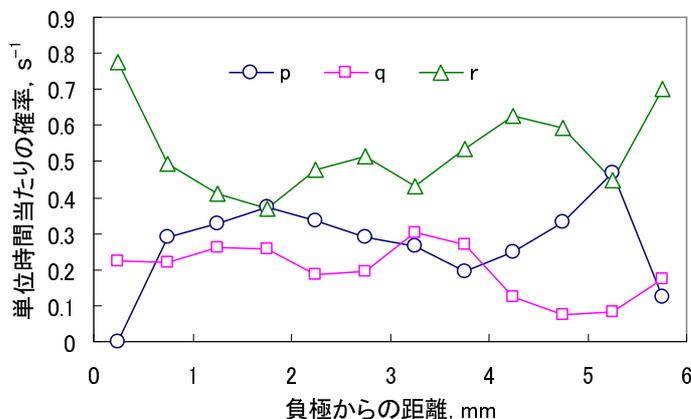


図 9. ゾウリムシの移動確率および滞留確率の空間分布 (実験 I)

実験 II についても, p, q, r がほぼ一様と見なせる分布が得られ, p, q, r の平均値は, $p = 0.359\text{s}^{-1}, q = 0.251\text{s}^{-1}, r = 0.390\text{s}^{-1}$ であった.

4 個体数分布の支配方程式および定常解の導出

1次元的な電位勾配下での集団の個体数分布を考える. 時間を t , 幅 Δx の帯状の領域の位置座標の代表値を x_i とする ($i = 1, \dots, 11$). 電位分布は $x = 0$ が負極で, x 軸の正方向に向かって電位が高くなるものとする. 位置 $x_i \sim x_i + \Delta x$ の帯での, 時刻 t におけるゾウリムシの個体数を $\psi(x_i, t)$ とする. この ψ は, 式(1), 式(2), 図7および図8におけるゾウリムシの個体数 n に対応する. また, ゾウリムシが位置 x_i から位置 x_{i-1} へ単位時間に移動する確率を $p(x_i, t)$, 位置 x_{i+1} へ移動する確率を $q(x_i, t)$ とする.

時刻 $t + \Delta t$, 位置 x_i における個体数について, 以下の式が成り立つ.

$$\begin{aligned} \psi(x_i, t + \Delta t) = & [1 - p(x_i)\Delta t - q(x_i)\Delta t]\psi(x_i, t) \\ & + p(x_{i+1})\Delta t \cdot \psi(x_{i+1}, t) + q(x_{i-1})\Delta t \cdot \psi(x_{i-1}, t) \end{aligned} \quad (6)$$

ここで, 位置座標および時間を連続変数と見なして, 帯の幅 $\Delta x \equiv a$ について2次の項まで Taylor 展開を行うと, 偏微分方程式

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = a \frac{\partial [(p-q)\psi]}{\partial x} + \frac{a^2}{2} \frac{\partial^2 [(p+q)\psi]}{\partial x^2} \quad (7)$$

が得られる. (7)は移流拡散方程式である.

ここで第一近似として, p, q, r とも位置および時間に依存せず一様一定であるとしても, 前章で述べた実験結果に大きく反することはない. そこで, $p, q = \text{const}$ とすると, (7)は

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = a(p-q) \frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{a^2}{2}(p+q) \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} \quad (8)$$

と書き換えられる. ここで, (8)の方程式の係数の物理的な意味を考えてみる. $\partial \psi / \partial x$ に比例する項の係数 $a(p-q)$ は, 電位勾配が存在しない場合には $p = q$ であるので0となるが, 電位勾配が存在する場合には走電性の結果として通常は $p > q$ すなわち $p - q > 0$ となる. また, $\partial^2 \psi / \partial x^2$ に比例する項は拡散の効果を表すが, その強さは $p+q$ に比例することからも明らかである. 実際の数値を見ると, $p > q > 0$ であるので, ゾウリムシ集団の各個体は走電性により負極に向かおうとする傾向とともに高密度の状態を解消する拡散の傾向を持つということが出来る. (8)式の定常解は,

$$0 = a(p-q) \frac{d\psi}{dx} + \frac{a^2}{2}(p+q) \frac{d^2\psi}{dx^2} = a \left[(p-q) \frac{d\psi}{dx} + \frac{a}{2}(p+q) \frac{d^2\psi}{dx^2} \right] \quad (9)$$

すなわち,

$$\frac{d\psi}{dx} + \frac{a(p+q)}{2(p-q)} \frac{d^2\psi}{dx^2} = 0 \quad (10)$$

を満たす. ここで,

$$\phi = \frac{d\psi}{dx} \quad (11)$$

と置くと,

$$\phi + \frac{a(p+q)}{2(p-q)} \frac{d\phi}{dx} = 0 \quad (12)$$

が得られる．(12)の一般解は

$$\phi = C_1 \exp\left(-\frac{2(p-q)}{a(p+q)}x\right) \quad (13)$$

であるので，これをさらに x で積分し

$$\psi = C_2 \exp\left(-\frac{2(p-q)}{a(p+q)}x\right) + C_3 \quad (14)$$

が得られる．境界条件として，

$$\psi = \begin{cases} \psi_0 & : x=0 \\ \psi_\infty & : x \rightarrow \infty \end{cases} \quad (15)$$

を用いると

$$\psi = (\psi_0 - \psi_\infty) \exp\left(-\frac{2(p-q)}{a(p+q)}x\right) + \psi_\infty \quad (16)$$

が得られる．

ここで， p, q についての実験値および a の値を用いて，(16)式の指数の値を算出する． a は有効数字 2 桁であることを考慮し，

$$\text{実験 I} : \frac{2(p-q)}{a(p+q)} = \frac{2 \times (0.296 - 0.196)}{0.50 \times (0.296 + 0.196)} = 0.81 \text{ mm}^{-1} \quad (17)$$

$$\text{実験 II} : \frac{2(p-q)}{a(p+q)} = \frac{2 \times (0.359 - 0.251)}{0.50 \times (0.359 + 0.251)} = 0.71 \text{ mm}^{-1} \quad (18)$$

が得られる．実験から直接得られた(1)式および(2)式の指数値との誤差は，それぞれ 6.9% および 5.3%である．

5 考察

ここで，得られた結果についていくつかの検討を加える．

第 1 に，図 4 および図 5 において，電位勾配を設定する以前の総個体数と電位勾配を除去した後の総個体数を比較すると，明らかに減少していることがわかる．この理由としては次のことが考えられる．電位勾配を設定する前の段階においては，どの帯においても，帯に流入する個体数と帯から流出する個体数が釣り合っていて，観察領域内の総個体数がある一定値を保っていると考えられる．スイッチを入れ電位勾配を設定した段階では，走電性の効果により，全体の流入量が流出量を上回り，総個体数は増加を続ける．定常状態に達した段階では，左端の帯で負電極に衝突した個体の多くが帯に平行な向きに移動の向きを変えて観察領域外に出てしまうことによる総個体数の減少を，他の帯における観察領域外から領域内への正味の流入による個体数の増加で補っていて，観察領域内の総個体数がある一定値を保っていると考えられる．電位勾配を除去した段階においては，スイッチを切った直後は負電極付近に非常に多数の個体が存在していてこれらが正味の流出を続けているのに対して，他の帯においては正味の流入が停止するため，観測領域内の個体数は

減少し続け、ついには電位勾配設定前よりも総個体数が少なくなってしまうと考えられる。

第2に、第4章で導いた方程式(8)および定常解(16)について考察する。これらは、ゾウリムシ個体の運動の観点から考えて、以下のように導くこともできる。ゾウリムシの1個体についての運動方程式として次の Langevin 方程式を考える[11].

$$m\dot{v} = -cv - F_0 + \xi(t) \quad (19)$$

ただし、 v 、 m はゾウリムシの速度および質量、 ξ は遥動力、 c, F_0 は定数である。右辺第2項は、走電性による負極への吸引力を表す項で電場の強さに比例するが、一様電場の場合には負極からの距離 x に依存せず一定であるとした。ここで、(19)式左辺の慣性力項と右辺第1項の粘性力項の比較を行う。簡単のために、ゾウリムシを直径 $d=10^{-4}$ m の球とみなし、密度を水の密度と等しく 1.0×10^3 kg/m³ とみなすと、 $m \approx 5 \times 10^{-10}$ kg が得られる。また、加速度 \dot{v} を 1mm/s² 程度とみなすと、 $m\dot{v} \approx 5 \times 10^{-13}$ N が得られる。一方、ゾウリムシを直径 $d=10^{-4}$ m の球とみなし、速度を $v=10^{-3}$ m/s、水の粘性率を $\eta=1.0 \times 10^{-3}$ Pa·s とすると、 $cv = 3\pi d\eta v \approx 10^{-6}$ N が得られる。明らかに、 $m\dot{v} \ll cv$ であるので慣性力項を無視すると、(19)は次のように書ける。

$$v = -f_0 + f(t) \quad (20)$$

ただし、 $f_0 = F_0/c$ 、 $f = \xi/c$ である。遥動力 f について、

$$\langle f \rangle = 0, \quad \langle f(t)f(t') \rangle = Q\delta(t-t') \quad (21)$$

および、 $f(t)$ の3次以上の相関はすべて0であると仮定すると、(20)に対応する Fokker-Planck 方程式すなわちゾウリムシの個体数密度 (x 方向の単位長さあたりの個体数) ψ^* の支配方程式が、遷移確率のモーメントを計算することによって次のように得られる[12].

$$\frac{\partial \psi^*}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} (f_0 \psi^*) + \frac{1}{2} Q \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} \quad (22)$$

定常分布に対する方程式は

$$\frac{\partial}{\partial x} (f_0 \psi^*) + \frac{1}{2} Q \frac{\partial^2 \psi^*}{\partial x^2} = 0 \quad (23)$$

となり、(10)における ψ は帯の幅 a あたりの個体数であるので、 $\psi^* = \psi/a$ として(23)を書き換えると

$$\frac{\partial \psi}{\partial x} + \frac{Q}{2f_0} \frac{\partial^2 \psi}{\partial x^2} = 0 \quad (24)$$

が得られる。(10)と(24)を比較することにより、

$$\frac{Q}{f_0} = \frac{a(p+q)}{p-q} \quad (25)$$

の関係があることがわかる。

第3に、本研究で得られた結果を、一様な1次元温度勾配の下でのゾウリムシ集団の定常的な集団分布を求めた中岡・豊玉の結果等[3][4][5][6]と比較する。彼らの用いた基礎方程式は、個体数を N として、

$$\frac{\partial^2 N}{\partial t^2} + (f_+ + f_-) \frac{\partial N}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial x} \left(v \frac{\partial (vN)}{\partial x} \right) + (f_+ - f_-) \frac{\partial (vN)}{\partial x} \quad (26)$$

と表わされる[6]. ただし, v はゾウリムシの移動速度, x はその位置座標, t は時間である. また, f_+, f_- は正方向進行個体, 負方向進行個体の単位時間あたりの方向変換の確率を表し, 近似的には位置や時間に依存しない定数とみなすことができる. v は温度 θ の線形増加関数であり, θ は x の線形増加関数であるので, $dv/dx=c$ (定数) の関係が成り立つ. 定常状態の方程式は(24)式の左辺を 0 と置くことで得られ, 定常解は $N(x) = \text{const} \cdot (v(x))^n$ となる. ただし, $n = -[1 + (f_+ - f_-)/c]$ である[4][5]. この分布はべき乗の分布であり, 本研究で求められた指数関数的な分布と明らかに異なっている. ところで, Sato and Fujimura は, (26)式において速度 v が温度または位置に依存せず一定であるとして, (26)式を

$$\frac{\partial^2 N}{\partial t^2} + (f_+ + f_-) \frac{\partial N}{\partial t} = v^2 \frac{\partial^2 N}{\partial x^2} + v(f_+ - f_-) \frac{\partial N}{\partial x} \quad (27)$$

に帰着し, その場合の定常解は

$$N(x) = \text{const} \cdot \exp\left(-\frac{f_+ - f_-}{v} x\right) \quad (28)$$

となることを示した[6]. この分布は指数分布であり, 本研究で得られた分布と本質的に同等である. また, N の時間変化が非線型的でないとして(27)において左辺第 1 項を無視すると, (8)式と同様の移流拡散方程式となることがわかる.

以上のことを総合して考えると, 一様な 1 次元温度勾配と一様な 1 次元電位勾配という一見すると似たような状況のもとで分布に違いが生じる理由は, ゾウリムシの移動速度が温度には大きく依存するが, 電位には基本的に依存しないという点にあることがわかる.

6 終わりに

本研究では次のような結論が得られた.

走電性下でのゾウリムシ集団の個体数の定常的な空間分布および順行・逆行・滞留確率分布が実験的に求められ, 前者は指数関数的な分布であり, 後者はほぼ一様な分布であることが示された. また, 移流拡散方程式の解から指数関数的な分布が得られ, その指数の理論値と観測値が一致することが示された.

本研究では, p, q, r を一定一様と近似して理論的に個体数の空間分布を求めた. しかし, 他の個体が放出した化学物質に引き寄せられる化学走性などの影響も考慮に入れると, p, q, r が個体数に依存することも考えられる. それらを解析に取り込むことは今後の課題である. また, 先に述べたように, 本実験は 3 回実施したが, そのうち 1 回は, 観察領域内の総個体数がほぼ一定とみなせる状態 (定常状態) には達せず, 今回の解析の対象からは除外した. どのような条件の下に定常状態が得られるのかということは現段階では明らかにされていない. その原因を探り, 実験の再現性を高めることも今後の課題である.

文献

- [1] 内藤豊, 単細胞動物の行動, 東京大学出版会, 1990.
- [2] 大沢文夫, 複雑系のバイオフィジックス第 7 章, 共立出版, 2001. .
- [3] F. Oosawa and Y. Nakaoka, Behavior of Micro-organisms as Particles with Internal State Variable, J. theor. Biol. **66** (1977) 747-761.

- [4] Y. Nakaoka and F. Oosawa, Temperature-Sensitive Behavior of *Paramecium caudatum*, *J. Protozool.* **24** (1977) 575-580.
- [5] 中岡保夫, 豊玉英樹, ゾウリムシの走熱性, *生物物理*, **20** (1980) No6, 335-340.
- [6] T. Sato and J. Fujimura, Reaction of *Paramecium* to Temperature Gradients and the Telegraph Equation, *J. Phys. Soc. Jpn.* **61** (1992) No.1, 385-390.
- [7] 伊藤明俊, 電場による原生動物の行動制御に関する研究, *日本機械学会論文集(C編)*, **65**, No.631(1999-3)222-228.
- [8] N. Ogawa, H. Oku, K. Hashimoto and M. Ishikawa, Microrobotic Control of *Paramecium* Cells using Galvanotaxis, *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Biometrics, Hong Kong and Macau, 2005*, 23-35.
- [9] K. Takahashi, N. Ogawa and H. Oku, Organized Motion Control of Microorganisms Using Visual Feedback, *Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, Florida, 2006*, 1408-1413.
- [10] 御橋廣眞, 小宇宙の探索者, *ミジンコ*, *日本福祉大学情報社会科学論集*, **8** (2005) 67-73.
- [11] 平山修, 守屋祐輝, 石渡信吾, 走電性下でのせん毛虫の空間密度分布, *形の科学会誌*, **21**(2006),No.1,79-80.
- [12] H. Haken, *協同現象の数理*, 東海大学出版会, 1986.

かたちシューレ 2009 –かたちの体験と交流–

松浦 康之¹・沓名 健一郎²・高田 宗樹³

¹名古屋市立大学大学院医学研究科 〒467-8601 名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄 1

²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

³岐阜医療科学大学保健科学部放射線技術科学科 〒501-3892 岐阜県関市市平賀字長峰 795-1

E-mail:y.matsu@med.nagoya-cu.ac.jp

平成22年3月7日(土)午後～3月8日(日)午前の2日間の日程で、かたちシューレ2009 –かたちの体験と交流– を企画し、名古屋市立大学大学院医学研究科研究棟11階・講義室B(〒467-8601 名古屋市瑞穂区瑞穂町川澄1)にて開催しました(図1)。3月8日には会場前の環状通をコースとした名古屋国際女子マラソンが開催され、またシドニー五輪金メダリストの高橋尚子さんの引退レースとすることで、多くの人で賑わっておりました。



図1 かたちシューレ2009・会場

今回のかたちシューレでは、広く社会への情報発信を行い、体験型の企画を主とした研究発表やワークショップなどを行う研究交流会ということで行いました。そのためシンポジウムや講演会などとは異なり、講演者と聴衆の距離が近いだけではなく、様々なかたちの話題を提供し、講演や体験を通じ、かたちへの理解を深めて頂くことをコンセプトに行いました。これにあわせて今回、一般の方が親しみやすいように、「形シューレ」を「かたちシューレ」と表記を替え、さらにサブタイトルを挿入しました。また新たな試みとして、これまでの形シューレでは取り入れていなかったワークショップを、発表形式の一つとして取り入れました。シンポジウム同様、所定の期限までに講演概要や論文をご投稿頂き、編集委員会の判断で形の科学会誌に掲載するように致しました[1]。ただ年度末ということもあり、印刷の関係で会誌は間に合わず、当日は予稿集で対応しました。さらに講演時間も演者の方にお任せする形を取り、30分～1時間30分とバリエーションに富んだ形となりました(表1)。

今回の開催は年度末・受験の時期という多忙な時期での開催となり、演題が集まるかどうか心配でしたが、無事に9つの演題が集まり、開始時間を繰り上げるほどでした。演題の内訳としては、体験型・討論型演題が5演題、ワークショップが2演題でした。充実した講演・ワークショップと率直なディスカッションが展開され、通常のシンポジウムとはまた異なった有意義な交流が出来たのではないかと

思います。また、懇親会では当日飛び入り参加の方が見えるなど大変盛況で、楽しいひと時を皆様と過ごせたと思います。

表1 かたちシューレ2009・演題一覧

3月7日(土)

#	演題	発表者
1	あたげぼねワークショップ	阿竹克人(株)阿竹研究所
2	着物のかたちを科学する	北岡裕子(JSOL)
3	今楽しんでいる形	小川泰(ISTA)
4	美文字のつくりかた ワークショップ	杳名健一郎(名古屋市立大)
5	形の科学会の将来像 —新潟大学「形の科学研究所」の設立構想とからめて— 懇親会	松岡篤(新潟大)

3月8日(日)

#	演題	発表者
6	内心の定理による正5胞体の折りたたみ	海野啓明(仙台電波高専)
7	簡単なフォトリアリスティックフェイシャルモデリング	岡田陽介・鳥居一平(愛知工業大)
8	多次元的なトピックマップによる知識表現	松浦執(東海大)
9	考古学における形の問題	高木隆司(神戸芸術工科大)

参加人数ですが、世話人の力不足で、効果的な広報が出来ず、25人前後と低迷致しました。しかし、一般の方や高校生の参加などもあり、広くとまでは言えないものの社会への情報発信が出来たと考えております。今後の課題として、より効果的な情報発信をいかにするべきかを考えていく必要があると考えます。

今回のかたちシューレでは、専門家だけではなく、一般向けの交流会と言う新たな試みとして行いました。そのため今回は中心テーマを決めませんでした。シンポジウム同様、何らかの中心となるテーマを置き、その上で形一般に関する講演やワークショップを行うなどの工夫があっても良かったと考えております。また企画講演、招待講演なども考えたのですが、準備不足のため実現には至りませんでした。なお今回は予定していたメルパルク名古屋が満室であったため、残念ながら合宿形式での開催が出来ませんでした。これまでの形シューレのように、合宿形式で行い、夜の懇親会では、交流をしながら、議論が出来るといいかもしれません。

今後のシューレでは、招待講演や討論会などの企画を盛り込むなどの取り組みを行うと、より活発な交流会といった声も懇親会にて聞かれました。また、過去に行われていたインフォーマルミーティングのように、温泉地をベースに学会活動などについての討論会を行うことも考えられます。

謝辞 かたちシューレ 2009 開催にあたり、名古屋市立大学大学院医学研究科 労働生活・環境保健学分野 榎原毅先生から多大な御協力をいただきましたことを深く感謝いたします。

[1]形の科学会誌、22(3)、(2009)

第 67 回 形の科学シンポジウム

「表現の科学—人工物と環境を考える」

2009年6月2日時点での予定です。最新情報は学会公式 web サイト <http://wwwsoc.nii.ac.jp/form/> をご確認ください。

- 【主催】形の科学会 【会期】2009年6月26日(金)～6月27日(土)
【会場】東京大学柏キャンパス 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5
交通アクセス：<http://www.kashiwa.u-tokyo.ac.jp/access/index.html>
キャンパス地図：<http://www.kashiwa.u-tokyo.ac.jp/access/map.html>
【世話人】岩田修一、上田完次、河口洋一郎
【代表世話人】岩田修一 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉 5-1-5 環境棟 222 号室 東京大学大学院新領域創成科学研究科人間環境学専攻 tel/fax: 04-7136-4604 mail: iwata@k.u-tokyo.ac.jp
【参加費】会員・非会員とも一般 3000 円、学生 1500 円、6 月 27 日午後公開講座は全員無料
【懇親会】2009年6月26日(金)夕方
【懇親会費】検討中(会員・非会員ともに一般 3000 円、学生 1000 円で検討中)

プログラム

- 6月26日
- 9:00-9:15 受付
- 形と知
- 9:15-9:40 学習におけるインタラクティブ体感型メディア「体感・教室」の可能性
松浦執、森本康彦、石井和美¹、武田博直¹(東京学芸大学教育学部, ¹株式会社セガ)
- 9:40-10:05 Kepler システムにおける幾何計算とグラフィクス
小林英子(ケブラ社)
- 10:05-10:30 デジタルフォントと手書き文字のプロポーショナルな文字間隔の比較考察—縦書きのひらがなについて—
杓名健一郎 土屋真澄¹(名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科, ¹静岡大学教育学部)
- (休憩 10 分)
- 形の科学の基礎
- 10:40-11:05 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
小作明則、宮本潔(獨協医科大学医学総合研究所)
- 11:05-11:30 赤バラ青バラ 1/2 1/4 3/4 ミックス定理
蛭子井博孝(卵形線研究センター)
- 11:30-11:55 可換格子空間と非可換格子空間、その上の無限次元リー代数
三浦武男(基礎数理論理学研究所)
- 11:55-12:20 周期性の強い複素カオス写像を用いたカオス同期の解析
宮崎修次、森野佳生(京都大学大学院情報学研究所)
- 12:20-13:50 昼休み+展示
形の科学の展開
(放物面をたたく理論と宇宙での実現 三浦公亮 ご体調のご事情により登壇取りやめ)
- 13:50-14:15 中生代放散虫 Pantanellium の外層殻にみられる殻孔の配列様式
松岡篤、吉野隆¹、栗原敏之、石田直人、木元克典²、岸本直子³、松浦執⁴(新潟大学理学部, ¹東洋大学工学部, ²海洋研究開発機構地球環境観測研究センター, ³宇宙航空研究
- 開発機構宇宙科学研究本部, ⁴東京学芸大学教育学部)
- 14:15-14:40 中生代放散虫 Pantanellium の外層殻にみられる殻孔の幾何学
吉野隆、松岡篤¹、栗原敏之¹、石田直人¹、木元克典²、岸本直子³、松浦執⁴(東洋大学工学部, ¹新潟大学理学部, ²海洋研究開発機構地球環境観測研究センター, ³宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, ⁴東京学芸大学教育学部)
- 14:40-15:05 太陽光発電モジュールにおける太陽電池セル配置の幾何学的構造最適化
大日方圭、竹田康彦、加藤直彦、元廣友美(豊田中央研究所)
- (休憩 10 分)
- 表現の科学
- 15:15-15:40 呼吸する肺を折り紙で表現する
北岡裕子, Carlos A.M. Hoyos¹、高木隆司²(JSOL エンジニアリング本部, ¹University of Singapore, ²神戸芸術工科大学)
- 15:40-16:05 科学・幾何学の立体模型の開発—手に取ってモノを観察することの重要性—
手嶋吉法^{1,8}、池上祐司^{1,2,8}、大内進³、小川泰^{1,7,8}、金子健³、田中明子¹、中野司¹、藤芳衛⁴、松岡篤^{5,8}、山澤建二²、渡辺泰成^{1,6,8}
(¹産業技術総合研究所, ²理化学研究所, ³国立特別支援教育総合研究所, ⁴大学入試センター, ⁵新潟大学, ⁶帝京平成大学, ⁷筑波大学名誉教授, ⁸科学芸術研究所 ISTA)
- 16:05-16:30 1 自由度アクチュエータによる移動球体ロボットの開発
豊泉徹平、米倉将吾、河口洋一郎(東京大学大学院情報学環学際情報学府)
- 16:30-16:55 美の幾何学X 曲線群を測地線とする曲面とそれらの積層造形
小川泰、手嶋吉法(科学芸術学際研究所 ISTA, 産業技術総合研究所)
- 17:00-18:00 形の科学会総会および学会賞授与式
- 18:00-20:00 懇親会

6月27日

形の科学の基礎／展開

9:00-9:25 Surface rendering 法によるサル胎仔大脳表面の三次元構築

澤田和彦¹、孫学智²、福西克弘³、加島政利³、坂田ひろみ⁴、洲加本孝幸³、青木伊知男⁵、福井義浩⁴ (1つくば国際大学医療保健学部、²放医研放射線防護研究センター、³新日本科学安全性研究所、⁴徳島大学大学院 HBS 研究部機能解剖学、⁵放医研分子イメージング研究センター)

9:25-9:50 折り紙でつくる4次元正多胞体

宮崎興二 (高次元居士)

9:50-10:15 An Approach for Microstructural Pattern Design of Materials

Zhiming Zhang, Shuichi IWATA¹, and Junjun Jia¹ (Dept. of Systems Innovation, Sch. of Eng., The Univ. of Tokyo, ¹The Grad. Sch. of Frontier Sciences, The Univ. of Tokyo)

(休憩 10分)

形の科学の展開、表現の科学

10:25-10:50 籠編みの進化形・ベンデグリティー構造の研究

阿竹 克人 (阿竹研究所)

10:50-11:15 コウモリ曲線類の対称性について

中村健蔵 (MathArt 作家)

11:15-11:40 自然信号をとり入れたコンピュータ映像の制作

笹田晋司¹、黒澤あかね¹、高橋 舞¹、富田有香¹、石垣 健²、倉持勇紀³、高木隆司⁴ (1日本電子専門学校、²COMA DESIGN STUDIO、³株式会社コマデン、⁴神戸芸術工科大学)

11:40-12:05 ニュートンのプリンキピア第I書命題VIIの変遷——特に付図について

杉本 剛 (神奈川大学工学部)

12:05-13:30 昼休み+展示

公開講座 表現の科学

13:30-13:40 はじめに 表現の科学—地域の形を考える

岩田修一 (東京大学新領域創成科学研究科)

13:40-14:10 ほのぼのする形 (仮題)

大武美保子 (東京大学人工物工学研究センター)

14:10-14:40 地域社会の形 (仮題)

柴崎亮介 (東京大学空間情報科学研究センター)

14:40-15:10 サインからのメッセージとサインのマッサージ～環境デザインのサイン・システム～

今井澄子 (今井澄子デザイン事務所、東京大学新領域創成科学研究科)

(休憩 10分)

15:20-15:50 「何に見える？」わからない形の解釈と共感コミュニティの形成

大澤幸生 (東京大学)

15:50-16:20 人工物の構造化と価値創成

上田完次、西野成昭 (東京大学人工物工学研究センター)

16:20-17:00 表現科学へ向けて

河口洋一郎 (東京大学大学院情報学環)

17:00-18:00 パネル討論：地域の形をどうするか

展示の部

アルキメデスの方法

杉本剛 (神奈川大学工学部)

「科学玩具」(展示販売)

前畑謙次 (イメージミッション木鏡社)

内心の定理による正5胞体の折りたたみとその折り紙モデル
海野啓明、山尾直史、矢島邦昭 (仙台電波高専)

科学・幾何学の触れる立体模型—手に取ってモノを観察する事的重要性—

手嶋吉法^{1,8}、池上祐司^{1,2,8}、大内進³、小川泰^{1,7,8}、金子健²、田中明子¹、中野司¹、藤芳衛⁴、松岡篤^{5,8}、山澤建二²、渡辺泰成^{1,6,8} (1産業技術総合研究所、²理化学研究所、³国立特別支援教育総合研究所、⁴大学入試センター、⁵新潟大学、⁶帝京平成大学、⁷筑波大学名誉教授、⁸科学芸術研究所 ISTA)

美の幾何学X 曲線群を測地線とする曲面とそれらの積層造形

小川泰、手嶋吉法 (科学芸術学際研究所 ISTA、産業技術総合研究所)

コウモリ曲線類の対称性について

中村健蔵 (MathArt 作家)

Pneuma

文-boon

籠編みの進化形・ベンデグリティー構造の研究

阿竹 克人 (阿竹研究所)

X線CTによる浮遊性有孔虫の内部構造と三次元形態計測

遠藤孝義、佐々木理¹、岩下智洋²、尾田太良、長濱裕幸 (東北大学大学院理学研究科地学専攻、¹東北大学総合学術博物館、²有限会社ホワイトラビット)

陶芸作品「Breathing Cube」における融け崩れる形

竹野美奈子 (タケノセラミックラボ)

力学ドリルアプリケーションでのイメージを伝える工夫

天野公貴、河原崎幸之介、和氣聡、星大樹¹、岩山知樹¹、福島甫¹、松浦執 (東学大・教育、¹東海大・開発工)

オントロジー構築を通じた中等教育化学の単元構造の検討

安田和宏、中村優美、内藤求¹、松浦執 (東学大教育、¹ナレッジ・シナジー)

溶解度学習から広げる分野横断的トピックマップの制作

中村優美、安田和宏、内藤求¹、松浦執 (東学大教育、¹ナレッジ・シナジー)

学習におけるインタラクティブ体感型メディア「体感・教室」の可能性

松浦執¹, 森本康彦¹, 石井和美², 武田博直²

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

E-mail: ¹ shumats0@gmail.com

Applicability of Interactive Virtual Experience Media for Learners

Shu Matsuura¹, Yasuhiko Morimoto¹, Kazumi Ishii², Hironao Takeda²

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

²SEGA Corporation, 1-2-12 Haneda, Ohta-ku, Tokyo.

Keywords: interactive media, virtual reality, body sensation, learning media.

1. はじめに

オンラインの情報検索が普及すると、検索の形態は、書籍の表象と人の問合せとの単一致にとどまらず、思考—問合せ—情報取得を反復する中で問合せと情報ニーズ自体が変化発展していくものとして捉えることが必要になった。Bates はこれを「ベリー摘み」モデルと呼んだ[1]。人は、情報メディアの種別によらず、情報との間でインタラクションするようになった。ここでインタラクティブとは、人が自ら探索する情報を主体的に操作し支配することができることを意味する。

本講演では、学習者がインタラクティブに学習内容を「採餌」する形態を、人工現実(VR)を用いて実現し、将来の学習環境とすることの可能性を議論する。

2. インタラクティブな学習形態

教室における伝統的な学習形態は、ある目的のもとに一定の知識をその理解に適したストーリー構成を作成して、教師が学習者に提供するものである。学習者にとっては提供される内容は権威を持つ。近年では教師が学習者に伝えるやり方が評価の対象となっている。もちろんこのような「授業」においても、教師と学習者のやり取りの過程で内容やシナリオの変更が行われることは普通である。しかし依然、学習者個々が主体的、積極的に授業内容を不断に選択、変更していくものではない。

e-Learning に於いても、本質的には上と同様な形態を取る。教師や学習者間のコミュニケーションや、コンテンツおよび学習支援機能において入出力を持つといったローカルなインタラクションがあるものの、学習の内容やシナリオを学習者個々がその思考にもとづいて主体的に変えるというほどではないのが通常である。

コンピュータゲームは、ある目的と規則の制限のもとで、対立と相互作用によりプレーヤーが主体的に行動の道りを選ぶことができる[2]。ロールプレイングゲームにはマルチエンディングの概念がある。社会的、教育的目的で作られたゲームはシリアスゲームとも呼ばれ、起業、経営、健康など人材育成のためのゲームが作成されている[3]。これらはゲームの目的が比較的広義であること、本質的に複雑な要素に対する対応が問題になるので、インタラクティブ性の高いものになっている。シリアスゲームは一部学校教育現場でも実

践例がある。

株式会社セガは、1990年代に都市型テーマパークに、世界でも類例のない人工現実(Virtual Reality (VR))技術を用いたインタラクティブ性の高いアトラクション装置を導入した[4]。1996年に開発された東京ジョイポリスの「ザ・クリプト」では、4畳半ほどの部屋の四周と床面に画面が投影され、液晶シャッター眼鏡をつけた観客がVRの空間を立体的に移動して地下の迷宮を探索する。深い没入感のもとで、観客自身が主体的に探索することで成り立つシステムである。

人間の学習は、その総体としては世界とのインタラクションの中で主体的に探索を進める行動である。個別の学習形態として、一方向的、双方向的、探索的学習が併存する。限定された時間空間の中で行われる多人数への講義においては、一方向的要素が強くなる傾向があるのは仕方がないかもしれない。それ以外の学習メディア、学習環境においては、今後インタラクティブ性の高いものが導入されていくであろう。

インタラクション、およびその活動の困難さが自己の能力よりやや高めであるとき、人はその活動に自己目的的な没入感を受け、困難に積極的に取り組みつつ幸福感を得られることがある。これはチクセントミハイにより「フロー」と名付けられた[5]。この心理は、学習における不断の内発的動機生成のためにも考慮すべきものである。

3. 学習における体感

学習時に、人は視覚、聴覚、身体感覚のいずれかに大きな比重を置いて情報を取得すると言われる。逆に、特定の学習形態のもとでは、人により知識修得度に違いがでることになる。また、体感を積極的に活用することで学習が加速されるとも言われる。VR技術においては、視覚空間の創出のみならず、聴覚や、揺動装置を用いた身体感覚の強化が行われ、印象を強くしている。体感的印象と、論理的理解や位置づけとは区別して考えられねばならないが、記憶と学習の促進において体感の活用は無視できない。VRの学習環境への導入は、学習素材やシナリオの開発においても新たな展開を誘発する可能性がある。

4. 体感学習メディアの場所

以上、インタラクティブ体感型メディアの学習環境としての可能性を示唆してきた。我々はこれを「体感・教室」と呼ぶ。このような人工物はどのような場所に置かれればよいだろうか。一つの可能性は、公共の場での社会教育メディアとしての位置づけである。学校の放課後や休日などに、個人や数名で楽しむものとして構築できるのではないか。また、個別の履歴などを携帯でき、個の学びの広がり、探索履歴をどの装置でも再利用できるようにすることも可能である。学習内容が装置の設置場所のエピソードを反映することで、情報空間と実空間の重なりも進むであろう。

文献

- [1] <http://www.gseis.ucla.edu/faculty/bates/berrypicking.html>
- [2] <http://www.vancouver.wsu.edu/fac/peabody/game-book/Coverpage.html>
- [3] 藤本徹『シリアスゲーム』東京電機大学出版局(2007).
- [4] 武田博直、映像情報メディア学会誌 2002年6月号.
- [5] M.チクセントミハイ著、今村浩明訳『楽しみの社会学』新思索社(2000).

Kepler システムにおける幾何計算とグラフィクス

小林 英子

(有)ケプラ社

〒252-0804 神奈川県藤沢市湘南台 3-21-2

E-mail : kobayashieiko@f00.itscom.net

The Kepler system supplies to Geometric calculation and Graphics

Eiko Kobayashi

Kepler-sha, Ltd., 3-21-2 Shounandai, Fujisawa, Kanagawa 252-0804 Japan

Abstract: The software package Kepler supplies to Geometric calculation and Graphics.

Keywords: programming language,geometric calculation,graphics,mathematicians

1. はじめに

Kepler システムは、Kepler 言語という独自の言語を持つシステムで、文様描画を得意とし、グラフィクスや数値計算機能も備えたシステムである。Kepler 言語は教育用汎用プログラミング言語で、米国の MathWorks 社の MATLAB やフランスの慈善団体による Octave と同様の仕様を持っている[1]。

Kepler システムが進めている、数学教育に役立つ分野には、2つある。

- ・ 図形表示による理解
- ・ 手順による理解

図形表示による理解としては、まず、いくつかの幾何計算を関数化した。そして、各種数学曲線や正多面体のように、幾何計算機能と図形出力機能を備えた関数を揃えた。

その他、3次元形状が簡単に理解できるような機能を揃えた。

また、コンピュータグラフィクスにおいて欠かせないアニメーション機能についても言及する。この機能は「手順による理解」にも適用できる。

本講演ではこれらの実装について報告する。

2. 幾何計算

幾何計算の関数をつぎのように分類して関数化した。

(1) 基本関数：交点,2点を通る式,垂線,2等分線,距離,平行線などの算出

(2) いろいろな接線：2次曲線,双曲線,円,楕円などへの接線の算出

(3) 幾何入門：

- ・ 3角形関連：垂心点,重心点,外接円,内接円などの算出
- ・ 正多角形：正多角形の算出
- ・ 円・円弧関連：円,円弧,直線と円の交点,2円の交点,円の外接円,内接円などの算出

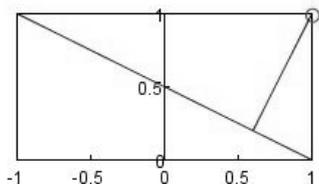


図 1：垂線

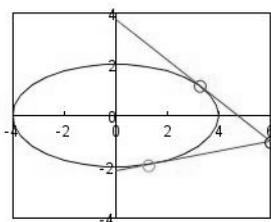


図 2：楕円の接線

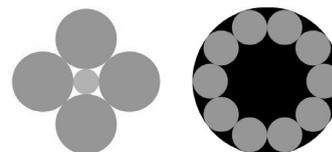


図 3：円の外接円,内接円

3. 各種数学曲線

各種の数学曲線を関数化した。

- ・アステロイド曲線
- ・内/外サイクロイド曲線
- ・リサージュ曲線
- ・内/外トロコイド曲線
- ・トロイダル曲線

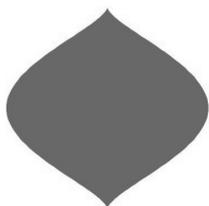


図 4 : アステロイド曲線

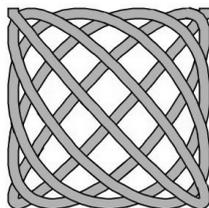


図 5 : リサージュ曲線

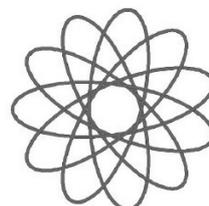


図 6 : トロコイド曲線

4. 3次元図形の作成と描画

3次元の図形には、多面体や回転体などがある。3次元の図形を表現する方法としては、平面をいくつか張り合わせて作る多面体と等高線による表示を提供している。

つぎの3次元図形を作成したり、描画する関数を備えた。

- ・多面体：正多面体（4,6,12,20の正多面体）と球を含む回転体の作成
- ・等高線：3次元図形データを等高線の描画
- ・文様の貼り付け：格子データに沿った3次元の多角形に、マップ画像や文様を貼り付けて描画

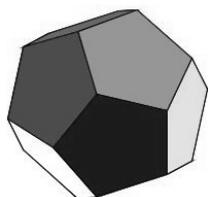


図 7 : 正 20 面体



図 8 : 等高線

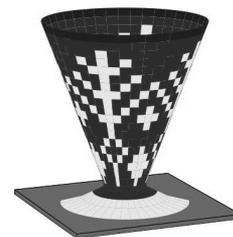


図 9 : 様の貼り付け

5. アニメーション

アニメーションは画像を連続的に表示して、図形が動いているように見せる機能である。画像を表示して、ある時間が過ぎるとつぎの画像を順に表示していく。

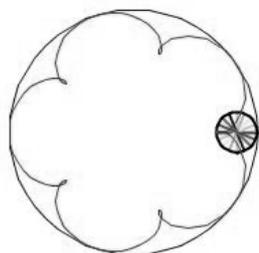


図 10 : サイクロイド曲線の軌跡

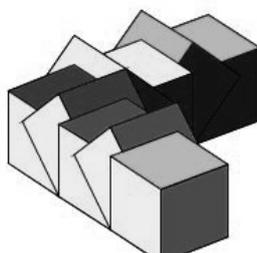


図 11 : 立方体の転がし

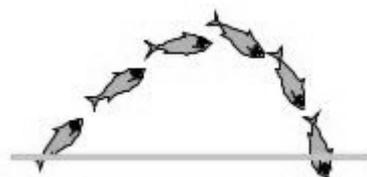


図 12 : 魚のジャンプ

文献

- (1) 小林 英子 (2008) 文様描画・プログラミング教育用言語 Kepler システムによる形の描画, 形の科学会誌,23,23-24

デジタルフォントと手書き文字のプロポーショナルな文字間隔の比較考察 —縦書きのひらがなについて—

沓名健一郎* 土屋真澄**

*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
k.kutsuna@nsc.nagoya-cu.ac.jp

**静岡大学教育学部, 〒422-8021 静岡市駿河区大谷 836

Comparison with the Interval of the Proportional Character by Digital Fonts and Handwriting -Hiragana of Vertical Writing -

Kenichiro KUTSUNA* Masumi TSUCHIYA**

*Graduate School of Natural Sciences, Nagoya City University,
1 Yamanohata, Mizuho-cho, Mizuho-ku, Nagoya, Aichi 467-8501 Japan

**Faculty of Education, Shizuoka University,
836 Oya, Suruga-ku, Shizuoka, 422-8021 Japan

Abstract: Horizontal Line Interval of the hand-written character is classified with shape. As for Horizontal Line Interval, size had a rule by shape as a result of analysis experiment, and it was shown that the mutual size was different by the number of strokes of the kanji.

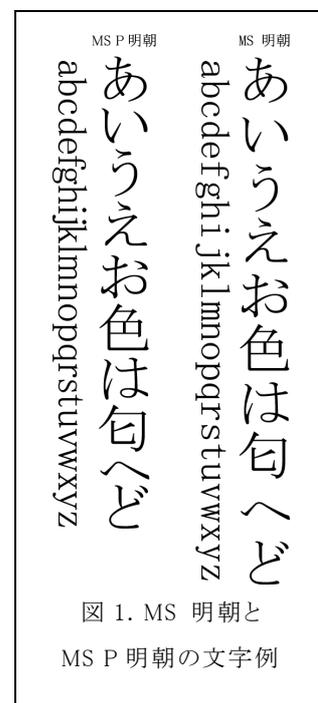
Keywords: handwritten characters, balance, interval of the horizontal line

1. はじめに

Windows や Mac などの PC では、活字＝いわゆるデジタルフォント(以下フォント)が多数入っており、自由に変更してその書類の目的に応じた使い分けを図ることができる。しかし PC が広く普及し DTP (Desk Top Publishing) や精細なワープロ機能が広く使用されるようになると、ただ整然と並べられるだけの活字には問題があることが分かってきた。大きなものとして、視認性と文字間隔(文字と文字の距離)の問題である。視認性については新しいフォントを開発することで対応し、文字間隔についてはプロポーショナルフォントを開発することで対応しているが、未だ問題点は多い。本論では縦書きのひらがなに特化して、その問題点と対策を、手書きの文字との比較から考察していきたい。

2. フォントと手書き文字の比較

Windows の PC には MS 明朝、MS ゴシックという書体がデフォルトとされているため、官公庁や学会紀要などにも多用されているが、最近 Microsoft は「メイリオ」を開発するなどして、機能の高まったハードウェア、例えば精細なディスプレイや、フォントの種類に対応する処理速度等に対応し、時代に合わせたフォントをリリースしていることから、MS 明朝は開発当時の技術による未熟なフォントであったことが分かる。最近開発されているフォントでは視認性の解決等が図られ、ポイント数の小さな文字での潰れの問題や、デスクトップ上の表示のなめらかさ(アンチエイリアス)などを向上させ、さらにデザインの問題にも取り組んでいる。ところでアルファベットでは当たり前であるが、日本語フォントでは常用されないものに、「プロポーショナルフォント」がある。これは文字毎に文字幅が



それぞれ異なるフォントのことで、例えば「MS P 明朝」のことを指す。

逆に文字幅を一定にしたものを「モノスペース」および「等幅」と呼び「MS 明朝」のことを指す。図 1 の場合、モノスペースのアルファベットは空間が空きすぎるなど等間隔に並んでいる感がなく読みにくい。日本および漢字圏の国では文字数が多く、さらに縦書きとしても使用するため正方形のグリッドに整然と収まるモノスペースの活字は重宝する。しかし文字は画数が増えるほどに縦画よりも横画の本数が増えることが多いことから、縦長の字形になりやすく、文字の大きさはそれぞれ異なることが示唆される。手書きについて実験で、横画の高さは、関係する縦画との関わりによってそれぞれ異なった幅を持ち、文字毎に固有の文字空間が存在することが示され、さらに余白についても全てに統一する幅ではなく、文字毎に異なった幅を持つことが示された⁽¹⁾ことから、文字の大きさと余白、および余白を含めた文字全体の幅について、新しく設計を行うべきであろう。

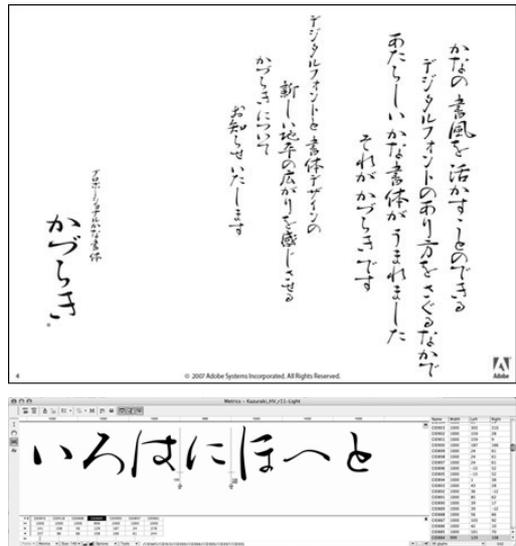


図2. かづらきフォント(上)と
フォント開発画面(下):(アドビシステムズより)

3. フォントに求められるもの

Adobe では現在、OpenType フォントである「かづらき」(図 2)を開発している⁽²⁾。これは、「欧文書体のように各文字が固有の字幅」ということを目標に作られており、藤原定家の書風を生かしてデザインされた新しいタイプのフォントとして注目されている。しかし藤原定家の書(図 3)は歌人としての高名もあり定家流として書風が定着するほどではあるものの、一般的には個性的な書とされ、基本に則った書写的な文字と比較した議論はできない。これまでモノスペースが問題視されにくかったのは原則に従ったものだからであり、プロポーショナルな新しい主要フォントは、整齊な書体である書写体のいわゆる書写的要素の検討が重要であると考えられる。

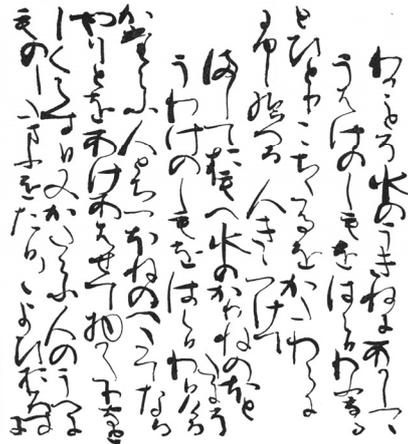


図 3. 藤原定家の書

参考文献

⁽¹⁾手書き文字における横画間の分類手法の検討, 沓名健一郎, 『全国大学書道学会紀要』全国大学書道学会, 2008, 2009. 3

⁽²⁾新しいタイポグラフィの表現を可能にするために～日本語プロポーショナルかなフォント かづらき® の取り組み, 山本太郎 西塚涼子, 「EDGE」Adobe システムズ, <http://www.adobe.com/jp/newsletters/edge/february2009/articles/article2/index.html>, 2009. 2

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

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 880

E-mail:kosaku@dokkyomed.ac.jp

Ultrastructure of Skin in an Infant Lizard (*Plestiodon japonicus*) causing Blue Tail Coloration

Akinori Kosaku and Kiyoshi Miyamoto

Institute of Medical Science, Dokkyo Medical University Tochigi, Japan

Abstract: Electro-microscopic observation of the skin of an infant *Plestiodon* lizard, which has iridescent blue tail coloration, identified seven layers on the surface causing interferences to generate blue color and epidermal melanophores beneath the layers, making the color conspicuous.

Keywords: lizard, skin, layers, epidermal melanophores, structural color

1. はじめに

構造色は様々な動植物に観察されている。今回、脊椎動物の爬虫類に属するニホントカゲの構造色と思われる体色を研究対象とした。

ニホントカゲはほぼ日本全土に生息し、生後1年前後の幼若個体（以下、幼体）は後肢より後の尾部に青色の色彩を持つ。しかし2年を過ぎ成体になるとこの青色は失われてしまう。我々は幼体の表皮について電子顕微鏡で微細形態を観察し、青みがかった色彩が表皮の微細構造により発色する構造色であることを見出したので報告する。

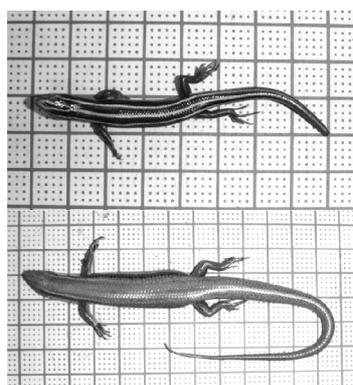


図1. ニホントカゲの幼体と成体。格子は1 cm 幅

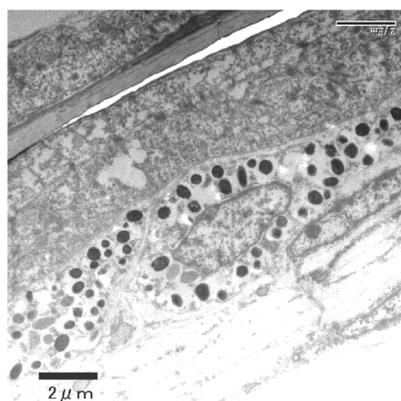


図2. 幼体の皮膚断面のTEM像。バーの長さは2 μm



図3. 幼体クチクラ層のTEM像。バーの長さは500nm

2. 試料と方法

試料として用いたニホントカゲは生後1年以内の幼体1個体を採取し、実験室に持ち帰った後、炭酸ガスにより安楽死させた。安楽死させた幼体から尾部ならびに背部表皮の皮膚組織のそれぞれ一ヶ所づつ、計2試料を採取した。試料はまず2.5%グルタルアルデヒドにより2時間固定を行った。次に2%四酸化オスミウムによりさらに2時間固定を行った後、脱水処理を施した後、定法

によりエポキシ樹脂に封埋し標本とした。樹脂標本はマイクロームにより薄切し、透過型電子顕微鏡標本を作製した。

3. 表皮の微細構造

幼体の表皮断面を図2に示す。表面からまず $0.6\sim 0.7\ \mu\text{m}$ のクチクラ層、その直下に約 $3\ \mu\text{m}$ の細胞層が一層あり、さらに3層目に $3\sim 6\ \mu\text{m}$ の多くのメラニン顆粒(直径 $500\ \text{nm}$ 程度)を含む細胞層がある。第一層目のクチクラ層(図3)は昆虫などで観察されるような多層膜構造ではなく、構成する薄膜のそれぞれがわずかな隙間を持つ単層膜の積層構造になっている。単層薄膜は最大で7枚まで識別され、表面から深さを増すにつれ厚くなる(表1)。

4. クチクラ層の薄膜がつくる色

クチクラ層の膜は互いに接すことなく単独の薄膜として光の干渉を起こすと考えられる。薄膜の干渉色は次の干渉条件式によって中心波長が求められる。

$$2nd = (2m + 1) \frac{\lambda}{2} \quad (1)$$

ここで、 n はクチクラの屈折率で、キチンの1.58を用いた。 d は膜の厚さ、 m は次数で整数値、 $m = 0, 1, 2, \dots$ をとり、 λ は干渉の中心波長である。干渉色は $m = 0$ の0次、 $m = 1$ の1次のそれぞれについて干渉色を計算した。その結果、表1に示すとおり、0次では表層から第4層までは膜厚が $50\ \text{nm}$ 以下であるため紫外部での干渉となり、可視的には無色透明である。5層目は膜厚 $70.1\ \text{nm}$ で中心波長は $443\ \text{nm}$ となり青色を呈する。同様に1次の干渉色は、第7番目の薄膜が可視領域で緑から $560.2\ \text{nm}$ の緑から黄緑の色を生ずる。一方、IからVIの6の薄膜がつくる干渉波長は、紫外線領域にあり、可視光領域では透明である。この干渉光を生じる薄膜の下層には、表皮細胞層があり、細胞中に黒色顆粒が多数高密度で存在するため干渉光に暗い背景を作り、生じた干渉光を際立たせているものと考えられる。

以上の計算による干渉色は、幼体のニホントカゲが春先に日照のもと尻尾を輝かせながら走り回るときに見られる虹色の色彩と良く一致している。

本研究のニホントカゲを生体標本としてご提供いただいた千葉大学、植田毅博士に感謝します。

表1. クチクラ層を構成する7枚の薄膜の膜厚と干渉色

薄膜 No.	平均膜厚	0次干渉の波長	干渉色	1次干渉の波長	干渉色
I	24.8	156.7	紫外	52.2	紫外
II	27.4	173.2	紫外	57.7	紫外
III	44.3	280.0	紫外	93.3	紫外
IV	54.3	343.2	紫外	114.4	紫外
V	70.1	443.0	青色	147.7	紫外
VI	149.8	946.7	赤外	315.6	紫外
VII	265.9	1680.5	赤外	560.2	緑-黄緑色

(単位: nm)

文 献

[1] D.L. Fox, (1976) Animal Biochromes and Structural Colour.

赤バラ青バラ $1/2$ $1/4$ $3/4$ ミックス定理

蛭子井博孝

卵形線研究センター 740-0012岩国市元町4丁目12-10

dovaloid@movie.ocn.ne.jp

Red ROSE, Blue Rose $1/2$ or $1/4$ or $3/4$ Mix Theorems

Hirotaka Ebisui

Oval Research Center 740-0012 Iwakunishi Motomachi 4-12-10

Abstract: We find some porisms of one theorem as the extension in Euclid and Projective Geometry. But, We have seldom heard about Mix of theorems. This time, We found Mix Theorem which is composed of mixing or combining each condition of two theorems (Red and Blue Rose Theorems). The ratio of mixing is $1:1$ or $3:1$ or $1:3$. Here, We report the diagrams of them.

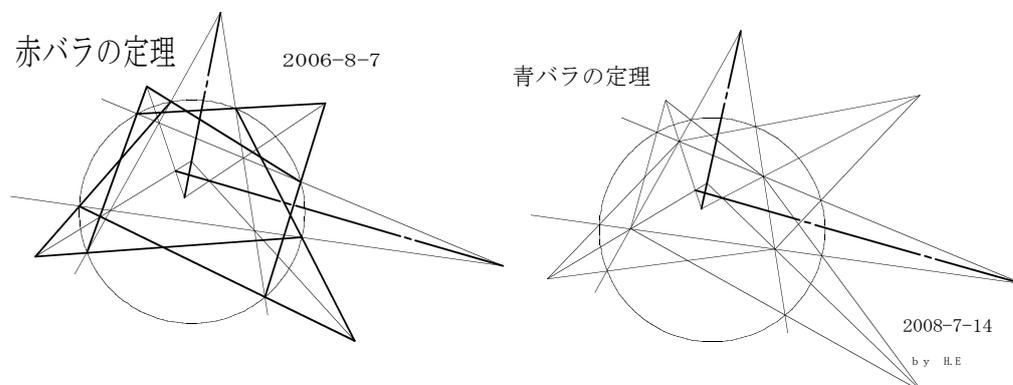
Key word: Rose Theorem, Projective Geometry, $1/2$ $1/4$ Mix theorem

1. はじめに

以前、バラの定理¹⁾という、射影幾何学の定理を発見した。その後、その類型となるバラの定理を見つけた。それで、2つを、赤バラの定理、青バラの定理と呼ぶことにした。その2つは、異なる条件線をもつ。このたび、その条件線を、混合させても、また、同じ形の結論が成り立つことを見つけた。その混合させる方法が、 $1:1$ $1/2$ だけでなく、 $3:1$ $1/4$, $1:3$ $3/4$ でも成り立つということに気づいた。その定理のダイアグラムを報告する

2. 赤バラと青バラの定理

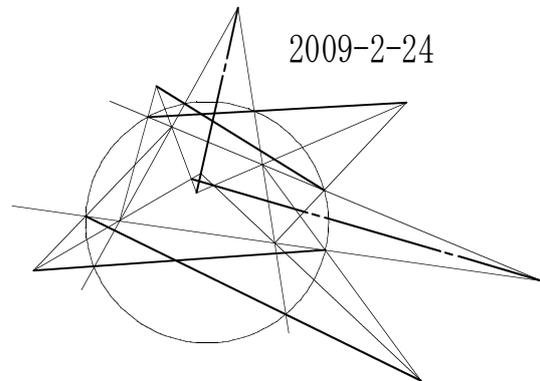
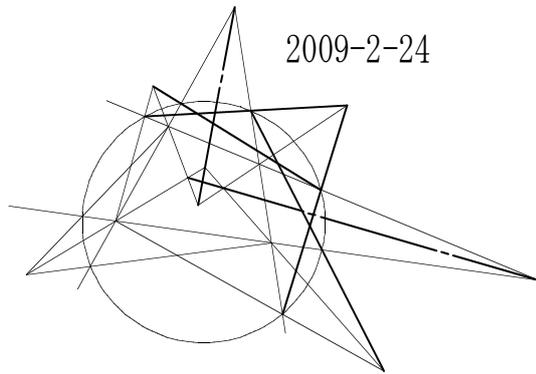
まず、二つの定理のダイアグラムを示す。



ダイアグラム1 赤バラと青バラの共線定理

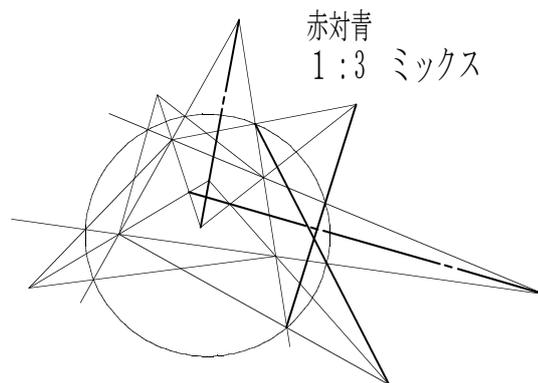
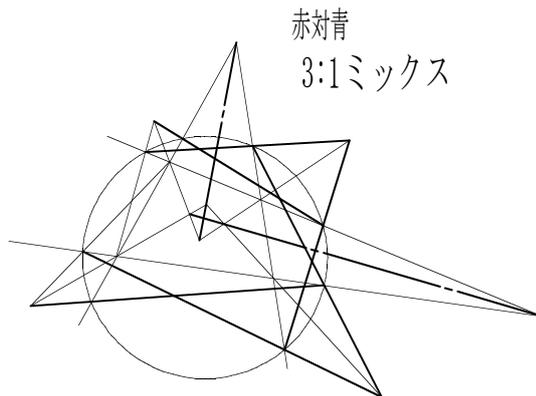
3. 赤バラと青バラのミックスダイアグラム

3.1 1:1 1/2 ミックスを2種



ダイアグラム2 赤対青ハーフミックスの定理

3.2 赤対青 3:1、1/4 と1:3 3/4 ミックス



ダイアグラム3 赤対青 3:1, 1:3 の定理

4. 結び

たかが交点の位置を変えただけ，そこに不思議がある。1:3 の混ぜ方まだほかにもある。各自、作図し、確かめられるとよい。小さな不思議が、味わえるでしょう。ここで、改めて、PC と CAD の制作従事者に感謝します。PC と CAD なくしては、発見はあり得なかったでしょう。ありがとうございます。

参考文献 蛭子井博孝；“ある共線定理（バラの定理）とある接円定理（ザクロの定理）”；第63回形の科学会シンポジウム、2007年

可換格子空間と非可換格子空間、その上の無限次元リー代数

Commutative Lattices, Noncommutative Lattices, and Their Infinite Dimensional Lie Algebras

三浦武男

有限会社 基礎数理科学研究所 〒355-0063 埼玉県東松山市元宿 1-24-4

Takeo Miura

Advanced Institute for Mathematical Science, Ltd.

Email: t_miura@msg.biglobe.ne.jp

Abstract : We consider a method of building Infinite dimensional Lie-Algebras both on commutative lattices and on noncommutative lattices.

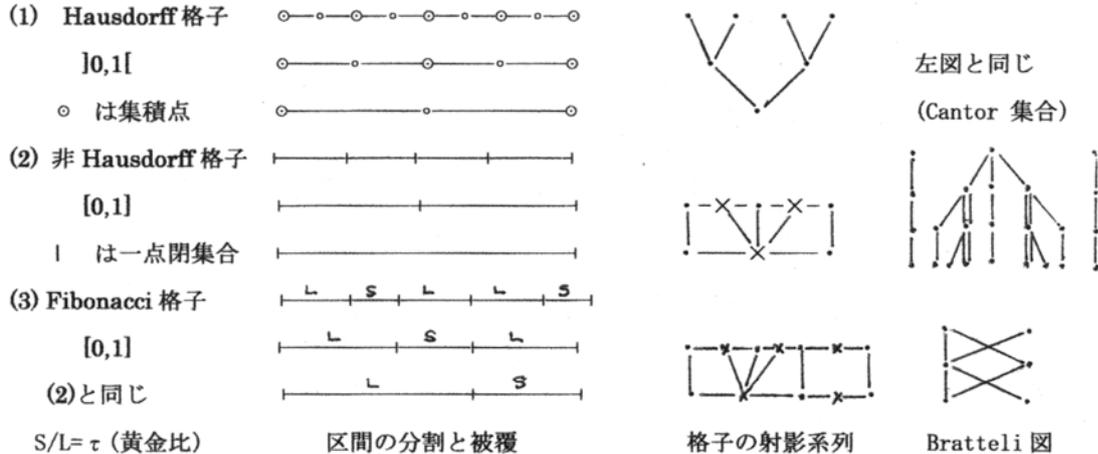
Keyword : Moyal Bracket, Noncommutative Lattices, AF-algebras

1. はじめに

多様体上に可換格子空間又は非可換格子空間を構築する、有限被覆とその加算無限被覆により格子の系列を生成する、位相の取り方で種々の格子空間を構築できる。次を示す、格子空間上の場の Moyal 括弧式より無限次元リー代数(SU(N)系の $N \rightarrow \infty$ で)が導かれる、可換格子及び非可換格子に同じ方法で出来る。

2. 格子空間と非可換格子空間の構成

空間を有限個数の開集合や閉集合で被覆し、閉包をとる、分割して独立した各部を一点とする商空間とし、格子をつくる[1]。この構成を一つ決めると、その上に繰り返し同じ被覆、閉包を行い、一つの系列とする。位相の取り方により、Hausdorff 位相又は非 Hausdorff 位相の格子空間の系列を得る、非 Hausdorff 位相は半順序集合の場合に出現する。以下に 1 次元閉空間[0,1]に対して、単純な三例を図示する



3. Moyal 括弧式(*-積)より Lie 代数を導く

3.1 Moyal 括弧式はリー代数である、次式は Moyal 括弧式である、 $\{\{f,g\}\} = (-1/(4\pi^2 k^3)) \times \int d p' d p'' d x' d x'' f(x', p') g(x'', p'') \times \sin((1/k)(p(x' - x'') + x(p'' - p') + p' x'' - p'' x'))$
 f, g をフーリエ変換する F, G は f, g 各々のフーリエ係数であり、Moyal 括弧式を成分で表すと

$$\{\{f, g\}\}_{\hat{m}, \hat{n}} = F(m_1, m_2) G(n_1, n_2) 2i \sin(k(\hat{m} \times \hat{n})) K_{\hat{m} + \hat{n}}, \quad K_{\hat{m}} = K_{(m_1, m_2)} = (i/k) \exp(i/k) (i m_1 x + i m_2 p)$$

$[K_{\hat{m}}, K_{\hat{n}}] = (1/k) \sin(k(\hat{n} \times \hat{m})) K_{\hat{m} + \hat{n}}$, k は Planck 定数に相当する。次式を得る

$$\{\{f, g\}\}_{\hat{m}, \hat{n}} = F(m_1, m_2) G(n_1, n_2) 2ik [K_{\hat{m}}, K_{\hat{n}}] = F(m_1, m_2) G(n_1, n_2) i\hbar [K_{\hat{m}}, K_{\hat{n}}]$$

3.2. ジェネレーター K_m の有限次元 SU(n)代数系列の行列環系列による表現。

周期性の強い複素カオス写像を用いたカオス同期の解析

宮崎修次, 森野佳生

〒 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, morino@acs.i.kyoto-u.ac.jp

Chaos Synchronization Analyses by use of a complex chaotic map with strong periodicity

Syuji Miyazaki and Kai Morino

Graduate School of Informatics, Kyoto University

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

Abstract: Chaos synchronization is analyzed by use of a complex map with strong periodicity. Statistical properties of phase differences, sensitive and inhomogeneous dependencies of the relaxation time on the initial point in the phase space in the vicinity of the synchronization-desynchronization transition point.

Keywords: chaos synchronization, large deviation, phase space, relaxation time

カオス的に振舞う振動子を結合させると, その結合強度と個々の振動子のパラメータの値によって各種の同期現象が見られることが知られている. これまでに結合強度を強くすることで非同期状態からカオス位相同期の状態に至るシナリオについて, レスラー系などの連続力学系や周期性の強い複素カオス写像 [1] を用いて議論されてきた. [2, 3]

周期性の強い複素カオス写像は以下のように導かれる. 慣性項と周期撃力を加えた調和振動子の方程式

$$\begin{aligned}\dot{\psi} &= p \\ \tau \dot{p} &= i\omega\psi - p + F_a(\psi, \psi^*) \cdot \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - t_n)\end{aligned}$$

を撃力を加える直前の時刻から次の撃力を加える直前の時刻まで積分して, 強散逸極限 ($\tau \rightarrow 0$) を取ることで

$$\begin{aligned}\psi_{n+1} &= e^{i\omega} f_a(\psi_n, \psi_n^*) \\ f_a(\psi, \psi^*) &= \psi + F_a(\psi, \psi^*)\end{aligned}\tag{1}$$

という写像を得ることができる. ここで $f_a(\psi, \psi^*) = [a - (1 + ib)|\psi|^2]\psi$ とすることで写像 ψ_n は周期性の強い複素カオス写像になることが知られている [1].

前回の報告 [3] では, 上記の複素カオス写像を用いてカオス位相同期の転移点とリヤブノフスペクトルの関係を中心に研究結果を示した. 今回は, カオス完全同期状態やカオス位相同期状態に緩和する時間がある閾値より長いかわりで相空間内の初期点を色分けしたところ, 初期値に対して敏感で非一様な依存性を見出したので, その解析結果を報告する. 時間が許せば, 位相差の大きな揺らぎに関する解析結果についても報告する.

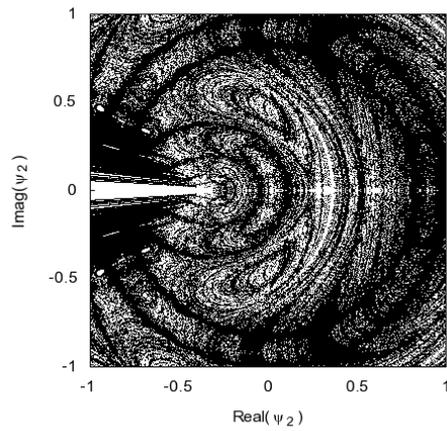


図 1: 同一の複素カオス写像の結合系において，カオス完全同相同期への緩和時間が，ある閾値より短いものをプロットした．横軸は二つの複素カオス写像の片方の状態変数の実数部 $\Re[\psi_2]$ ，縦軸はその状態変数の虚数部 $\Im[\psi_2]$ である．

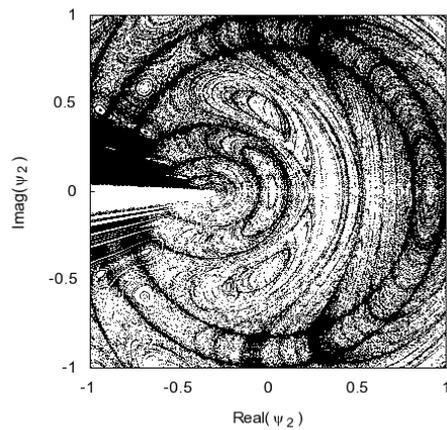


図 2: 固有振動数がわずかに異なる二つの複素カオス写像の結合系において，二素子の状態変数の距離がある値より小さくなるまでの緩和時間が，ある閾値より短いものをプロットした．横軸は二つの複素カオス写像の片方の状態変数の実数部 $\Re[\psi_2]$ ，縦軸はその状態変数の虚数部 $\Im[\psi_2]$ である．固有振動数差は 10^{-3} である．

参考文献

- [1] H.Fujisaka, S. Uchiyama and T.Horita, Prog. Theor. Phys. **114**, 289 (2005).
- [2] G.V.Osipov *et al.*, Phys. Rev. Lett. **91**, 024101 (2003) 及び，その引用文献．
- [3] 森野，堀田，宮崎，形の科学会誌 第 23 巻，第 2 号, 133 (2008).

放物面をたたむ理論と宇宙での実現

三浦 公亮

東京大学 (名誉教授)、東京都町田市鶴川 3-9-7

miurak@gakushikai.jp

Packaging/Deployment of Parabolic Surfaces in Space

Koryo Miura

University of Tokyo (Retired), 3-9-7 Tsurukawa, Machida, Tokyo

Abstract: Designing of a large deployable antenna in space has to overcome the intrinsic difficulty of simulating $K>0$ surface with patch of membranes that tend to deform into $K<0$ surfaces.

Keywords: parabola, packaging, space, tension truss.

1. $K>0$ の曲面をたたむことの問題点

放物面は、 $K>0$ だから、平らにたたむことは理論上不可能である。しかし宇宙工学者は、そういう無理を現実のものにしなければならない。宇宙電波観測衛星「はるか」は、直径約 10 メートル、鏡面精度 5mm (rms) の巨大高精度のパラボラアンテナを、ごく控えめなサイズの衛星に搭載することが、要求された。

この時代には、多くのアンテナ鏡面のコンセプトが提案されたが、どれ一つ上記の性能を満たすものはなかった。その困難を象徴するのが、ラップリブアンテナである。リブというのは中心から放射状に出ている骨であり、ラップリブというのはそのリブが、中心にラップ上に巻きつけられることを意味する。リブは正しく放物線形状で、リブの間に金メッキのメッシュでできた鏡面の膜を張ることで、放物面の形成を期待する。しかし、類似する雨傘を広げて観察するとすぐわかるが、全体形状は $K>0$ であるが、骨の間の布は $K<0$ の形状をしていて、どんなに強く張っても、これは変らない。膜は最小曲面に近づく本質的な性質を持つからである。従って、ラップリブアンテナで、上記の要求をみたすには、膨大な数のリブを配列しなければならなくなる。

2. Tension Truss というコンセプト

著者は、パラボラアンテナを張力構造で形成する新しいコンセプトを提案した。

このコンセプトは次の二点に基づく。

- * 部分構造：放物面を多数の三角形の小面に分割し、それぞれがメッシュ面と周縁のケーブルでケーブルネットを構成する。
- * 全体構造：上記のケーブルネットをプリテンションの状態にするため、それぞれのジョイントにはほぼ垂直方向に、ケーブルで凸の方向に適宜張力を加える。

これで、すべての部分構造の周縁ケーブルが張力となり、仮想のトラスを形成する。また、メッシュ面はフラットとなり、全体構造は、放物面を近似する。結果として、 $K>0$ の放物面を、 $K=0$ の三角形群で近似したことになる。このコンセプトを Tension Truss Antenna あるいは Cable Truss Antenna とよぶ。もちろん、これはアンテナだけに限られるコンセプトではない。

3. 達成できる精度と実現

簡単に考えると、 $K > 0$ のかたちを近似するのに、ラップリブでは $K < 0$ の要素を用いたのに比して、テンショントラスでは $K = 0$ の要素を用いたことになる。三角形への分割数を多くし、ケーブルの長さをせいぎよすれば、比較的大雑把な分割でも、かなり高い精度が得られることがわかった。 $K > 0$ の曲面を近似する要素として、 $K = 0$ の方が $k < 0$ より優れているのだ。Fig. 1 は、テンショントラスアンテナを実現する一つの方法を示す。フロントネットに対応するリアネットが、弾性タイケーブルの支点となり、この全体がアンテナ支持構造に接続される。Fig. 2 は、「はるか」のテンショントラスアンテナの構成図である。

Fig. 1 Antenna surface formation

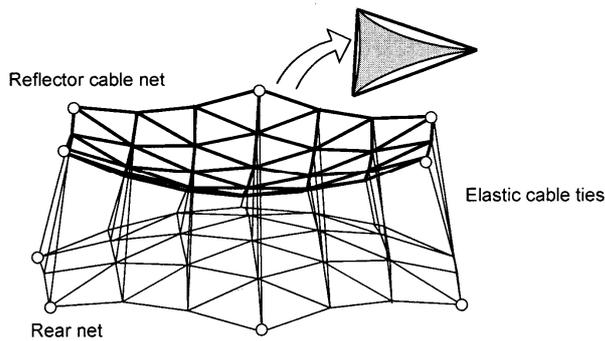
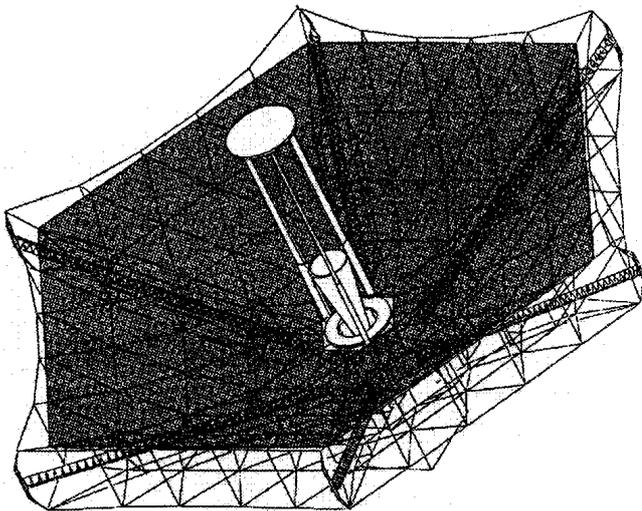


Fig. 2 Reflector of "HALCA"



文献

Miura, K and Y. Miyazaki (1990) Concept of the tension truss antenna, AIAA Journal, 28, 1098-1104.

Miura, K. and K. Tanizawa (2000) Tension truss antenna: concept, reality and futures, In: IUTAM-IAAA Symposium on Deployable Structures, Kluwer Academic Publishers, 291-300.

中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる殻孔の配列様式

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)(独) 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, 5)東京学芸大学教育学部
matsuoka@geo.sc.niigata-u.ac.jp

Mode of pore arrangement in cortical shell of Mesozoic radiolarian *Pantanellium*

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) ISAS/JAXA, 5) Tokyo Gakugei Univ.

Keywords: *Pantanellium*, radiolaria, pore arrangement, X-ray macro CT, layered manufacturing

はじめに

新潟大学には学長が認定するコア・ステーション (CS) という制度がある。2009年4月1日に新しいCSとして、「形の科学研究センター」が誕生した。このCSの中核的な研究グループが、「宇宙プランクトン」グループであり、今回の著者らがその構成メンバーである。宇宙構築物と海洋プランクトンという、全く異なるスケールと環境下で機能する物体に着目し、それらをつなぐ普遍的な設計原理を探索しつつ、その設計原理に基づく応用体系 (マルチスケールデザイン学) の構築を目指すプロジェクトを展開している [1] [2] [3]。本プロジェクトを成功させるためには、放散虫・有孔虫のような微小生物殻の形状を正確に把握することが不可欠である。X線マイクロCT技術と積層造形法により、放散虫の実体モデルを作成したことについては先に報告した [4]。今回は、実体モデルの観察にもとづいて、中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる殻孔の配列様式を明らかにしたので報告する。

Pantanellium の走査型電子顕微鏡像と実体モデル

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本の極棘をもつことで特徴づけられる。外層殻の内側にはさらに内層殻があり、内層殻と外層殻とを繋ぐ多数の細いビームが存在するが、今回の報告では触れない。外層殻にみられる殻孔の数、殻孔枠の装飾、極棘の長さ、極棘のねじれなどの形質に差異により数多くの種が記載されている。*Pantanellium* から派生する属も多数あり、本属は中生代に栄えた放散虫の一群であるといえる。

放散虫殻の表面形態の観察は、通常、走査型電子顕微鏡によって行われる。*Pantanellium* の観察についても、極棘の長軸を真横からみる姿勢についての電子顕微鏡像を利用することが多い。殻孔の形状、外層殻にみられる殻孔の列数および殻孔の数については、電子顕微鏡像から概要を知ることができるが、正確な形状や数を把握することは困難である。*Pantanellium* の実体モデルは、手に持ちあらゆる方向から観察することができるため、殻孔の形状ならびにその数を正確に捉えることができる。今回、*Pantanellium* に属する放散虫1個体について、実体モデルを使っ

て検討を行った。本属の放散虫について、このように詳細な殻形状の検討がなされるのははじめてである。

Pantanellium の外層殻にみられる殻孔の配列

Pantanellium の殻孔は、外層殻に5列をなして配列する。図1のように極棘を水平に置き、5列をなす殻孔の連なりについて、殻孔の総数および5角形と6角形の個数を表示すると、下記ようになる。等号よりも左辺にある数字の列の両端が、極棘に接する殻孔を表現している。

$$\begin{array}{r} 3 + 7 + 7 + 7 + 3 = 27 \quad (\text{殻孔の総数}) \\ \hline 2 + 1 + 6 + 1 + 2 = 12 \quad (\text{5角形の個数}) \\ 1 + 6 + 1 + 6 + 1 = 15 \quad (\text{6角形の個数}) \end{array}$$

外層殻にみられる殻孔の総数は27個である。その内訳は、5角形が12個で、6角形が15個である。極棘を取り囲む殻孔は3個であり、2個の5角形と1個の6角形からなっている。外層殻の中央部の3列は、いずれも7個の殻孔から構成されている。外層殻の赤道面をつくる列には、6個の5角形と1個の6角形がみられる。その列を挟む2列には1個の5角形と6個の6角形の殻孔がある。数の上では、5角形と6角形の配分は、赤道面に対して対称になっている。興味深いことに、各列で1個として表現されている仲間はずれの5角形ないし6角形は、片方の極棘からもう片方の極棘に向かって、相隣り合い、外層殻を斜めに連なって配列する。



図1 X線マイクロCT技術と積層造形法により作成した*Pantanellium*の石膏実体モデル。長さは約23 cm。実物の約800倍。

おわりに

殻孔の配列様式を示す数字の列は極めて規則的であり、神秘的ですらある。こういった殻孔の配列様式の認識は、実体モデルを手に入れることによってはじめて可能となった。X線マイクロCT技術と積層造形法は、放散虫の形状認識を劇的に深化させることを実感した。

文献

- [1] 岸本直子ほか(2007) 横断型プランクトン研究プロジェクトについて, 形の科学会誌, **22(1)**, 37-38.
- [2] 吉野 隆ほか(2008) 球形放散虫骨格生成のための凸多面体形成. 形の科学会誌, **23(1)**, 73-74.
- [3] 木元克典ほか(2008) 浮遊生有孔虫チャンバー形成モデル – その2 : 実在する形態との比較 – 形の科学会誌, **23(1)**, 77-78.
- [4] 松岡 篤・手嶋吉法(2008)有殻原生生物の実体モデル作成と研究・教育への利用. 形の科学会第65回シンポジウム, 形の科学会誌, **23(1)**, 11-12.

中生代放散虫 *Pantanellium* の外層殻にみられる殻孔の幾何学

吉野隆¹, 松岡篤², 栗原敏之², 石田直人², 木元克典³, 岸本直子⁴, 松浦執⁵

1)東洋大学理工学部, 2)新潟大学理学部, 3) (独) 海洋研究開発機構地球環境変動領域, 4) (独) 宇宙航空研究開発機構宇宙科学研究本部, 5)東京学芸大学教育学部

E-mail: tyoshino@toyonet.toyo.ac.jp

Geometry of pore arrangement in cortical shell of Mesozoic radiolarian *Pantanellium*

T. Yoshino¹, A. Matsuoka², T. Kurihara², N. Ishida², K. Kimoto³, N. Kishimoto⁴, and S. Matsuura⁵

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

Keywords: *Pantanellium*, radiolaria, pore arrangement, polyhedron structure

1. はじめに

ここでは、本シンポジウムの松岡ほかの講演[1]を受けて、*Pantanellium* の殻孔の幾何学について検討する。殻孔構造についての2種類の情報源（電子顕微鏡画像とマイクロ X 線 CT）から外層殻の構造がどのような多面体であるのか同定される過程について説明し、その構造の特徴について議論する。

2. 電子顕微鏡画像からの検討

松岡ほか[1]で説明されているように、今回検討した *Pantanellium* の殻孔の数は 27 個である。しかし、この特徴は電子顕微鏡画像からは断定することはできない。画像からわかることは 25 前後の殻孔をもつことである。他の特徴として、5 角形と 6 角形で構成されていること、頂点の次数はすべて 3 であることである。この 5 角形と 6 角形は正多角形ではないが、正多角形に極めて近い形をしていると考える。殻孔が 5 角形と 6 角形であることと頂点の次数がすべて 3 であることは骨格の（材料コストや力学的な安定性の）効率化と関係しているのかもしれない。

上記の情報から、5 角形と 6 角形で構成され、すべての頂点の次数が 3 である多面体の面の構成をオイラーの多面体定理から導くと、5 角形が 12、6 角形は任意であることがわかった（観察から外層殻を凸多面体と仮定した）。従って、殻孔の数が与えられることによって 6 角形の個数が決定される。二種類の多角形の個数が決まると、自動的に頂点と辺の数が求められる。殻孔の個数が 27 の場合、頂点の個数が 50、辺の本数が 75 となる。オイラーの多面体定理はこれらの個数についての条件を与えてくれるものの、実際の配置をどのようにすべきなのかは教えてはくれない。

3. マイクロ X 線 CT データからの検討

マイクロ X 線 CT のデータによって、任意の方向から殻孔を観察することができるようになり、殻孔の個数は 27 と確定した。ただし、この数が 27 と判明したのは三次元造形機によって肉眼でその形が見えるようになってからであり、コンピュータの画面での観察では数えることはできなかった。今後はこのような用途に適したソフトウェアの開発も検討したい。

殻孔の配置を決定するために、ゾムツールを用いて多面体模型を作製した。ゾムツール

は対称性の良い多面体模型を製作するためのものなので、本研究のような目的で用いられることを想定していないが、ストラットがある程度の変形に耐える材料で作られているので、多少の変形を覚悟すれば対称性の良くない多面体を作ることができる。ただし、ストラットの先端で折れてノードとストラットが折れて再利用できなくなることや、長期的な変形の結果として塑性変形を生じさせることがあるので、あくまでも自己責任の範囲内で使用することになる。

殻孔数 27 で最初に作られた多面体模型は極棘部分に 3 つの 5 角形を集めたものであった。これは、極棘を軸とする回転対称性を意識したものである。両極に 3 つずつ合計 6 個の 5 角形を作り、1 辺を共有する 2 個の 5 角形を赤道上に 3 個配置することによって、3 回対称性をもつ 27 殻孔モデルを作成することに成功した。しかし、その後の観察結果から、対称性は良いものの *Pantanellium* の殻孔モデルとしては正しくないものであることがわかった。

新たな観察結果から、松岡ほか[1]で述べられているように、一方の極から他方の極に向けて 3-7-7-7-3 個の順で殻孔バンドが作られていることと、それぞれのバンドが 1 個の仲間外れを除いて同じ多角形で作られていることがわかった。この観察結果に従うようにして作られた多面体モデルを図に示した。上が極方向から見た画像である。仲間外れは左上部分に集中し、そのためこの部分だけが他とは異なる見え方をしている。中央は赤道方向から見た画像のひとつで、(ズームツールが塑性変形をしているせいでいびつに見えるが)鏡像対称性を持っていることがわかる。下の図は同じく赤道方向ではあるが別の方向から見た画像で、手前の 5 角形と奥の 5 角形が同じ役割を担っていないことがわかるものである。

対称性に注目すると、この多面体モデルは最初に見つけたモデルよりも回転対称性がない分だけ劣っている。*Pantanellium* がなぜこの構造を選んだのかについては不明であり、今後の検討課題である。

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, 形の科学会誌, 24, ページ番号未定 (シンポジウム要旨)。

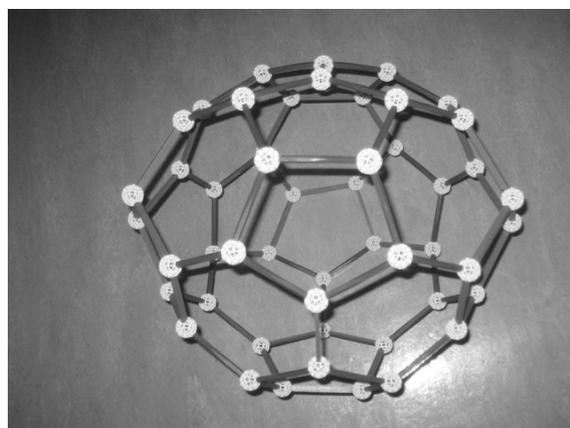
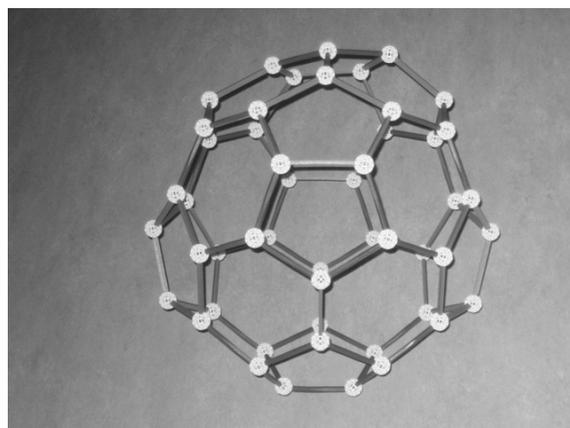
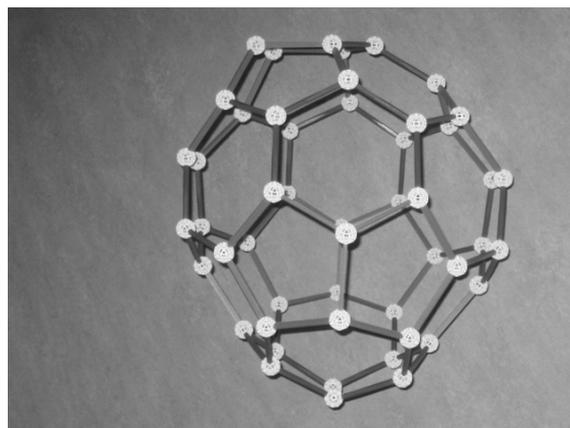


図: ゼムツールで作成した殻孔モデル。

太陽光発電モジュールにおける太陽電池セル配置の幾何学的構造最適化

大日方圭、竹田康彦、加藤直彦、元廣友美

(株) 豊田中央研究所、愛知県愛知郡長久手町長湫字横道 4 1 の 1
e1437@mosk.tytlabs.co.jp

Geometrical optimization of solar cells arrangement in a photovoltaic module

Kei Obinata, Yasuhiko Takeda, Naohiko Kato and Tomoyoshi Motohiro
TOYOTA CENTRAL R&D LABS., INC, Nagakute aza-Yokomichi 41-1,
Nagakute-cho, Aichi480-1192, Japan

Abstract: To realize low cost production <¥10/kWh necessary for popularization of solar electricity utilization, many efforts for R&D on possible low cost solar cells employing thin films or organic substances has been paid in recent ten years. Although the importance of the attainment of a higher energy conversion efficiency of each solar cell is indispensable, there may be another approach to get higher efficiency photovoltaic modules by geometrical optimization of plural solar cells. We demonstrated that obliquely arranged plural cells can possibly give 15-50% increase of short-circuit current density by computer modelings and experiments.

Keywords: Solar cells, Geometrical optimization, Energy conversion efficiency, Short-circuit current density

1) イントロダクション

有機太陽電池やアモルファスシリコン太陽電池など比較的安価に作製でき、最大 10%程度の変換効率を持つ新型太陽電池の研究が盛んになっている。これらの中には太陽光スペクトルの中に吸収効率が低い波長領域をもつものがある。その波長領域では入射光の一部が利用されないため、太陽光の利用効率を引き下げる要因となる。その場合、セル内の光路長を長くすることができれば、利用効率の向上が期待できる。本研究は、複数のセルと鏡からなる太陽電池の組み合わせを太陽電池モジュールとして取り扱い、その配置を工夫することで、太陽電池セル自体の性能向上によらずに太陽電池システム全体の光電変換効率向上を目的としている。

今回は色素増感太陽電池¹⁾を例にとり、シミュレーションにより、効果を予測し、測定により検証を行った。



図1 想定した太陽電池セルの組み合わせ A: 太陽電池セルの断面図、B: 太陽電池セルの組み合わせ方法

2) シミュレーション方法

太陽電池モジュール内のセルの配置・角度を変えることにより、どの程度太陽光利用効率の上昇を見込めるかをシミュレーションで求めた。図 1A のような太陽電池セルを仮定し、それを図 1B のように配置するという条件で、モンテカルロ法で計算を行った。計算には吸光係数は実測値を用い、屈折率に関しては定数とし、太陽光強度は ASTM 標準 G-173 の 1sun のデータを用いた²⁾。吸収光を電流に変換する効率(Absorbed Photon-to current efficiency)は波長依存しないものとした。

3) 測定方法

上記の効果を実験的に検証した。太陽電池セルを図 1B のように組み合わせ、測定は I-V テスタを用い、疑似太陽光を 1sun の強度で照射して測定を行った。シミュレーションとの比較は短絡電流を面積で割った値である短絡電流密度を用いた。

4) 結果

図 2 にシミュレーションと測定の結果を示す。測定とシミュレーションの比較は水平に置いた状態の短絡電流密度を 100 として相対値で比較した。セル 2 枚では、シミュレーションでは 15%程度の短絡電流密度の向上が予測された。I-V テスタによる測定ではセル 1 枚で 20%, 2 枚では 50%程度という大きな短絡電流密度の向上が計測された。このシミュレーションと測定の差の一部はセル形状が理想構造とは異なることから説明できる。

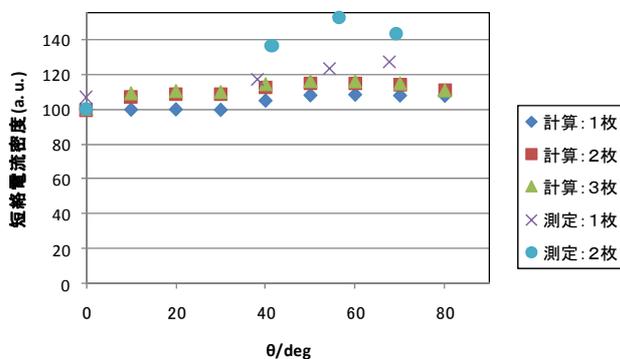


図2 シミュレーションと実験の比較

50-80 度まではほとんど変わらない)、セル 2 枚 (鏡あり) では 56 度(シミュレーションでは 50 度がピークで 70 度までゆるやかに低下する)であった。短絡電流密度の角度のピークは比較的良い一致をみせた。

3) 太陽電池セルの配置の最適化によりモジュール全体の性能が向上することが示された。

参考文献

1) Grätzel M., INORGANIC CHEMISTRY 44,6841-6851(2005)

2) " Reference Solar Spectral Irradiance: ASTM G-173 "

<http://rredc.nrel.gov/solar/spectra/am1.5/ASTMG173/ASTMG173.html> (参照 2009-3-18)

呼吸する肺を折り紙で表現する

北岡裕子¹⁾, Carlos A.M. Hoyos²⁾, 高木隆司³⁾

1) 104-0053 東京都中央区晴海 2-5-24 (株)JSOL エンジニアリング本部

2) University of Singapore, 3) 神戸芸術工科大学

A breathing lung model by Origami

Hiroyuki KITAOKA, Carlos A.M. Hoyos, Ryuji Takaki,
h-kitaoka@tyo.sci.jsol.co.jp

1. はじめに

我々は形態形成に基づいた肺の4Dモデルを提案している[1-3]. 肺は気管源基という単一の面分が同相変形して形成される。気道部分は分岐する円柱で、その形状は容易に把握できるが、肺胞構造は複雑である。一般に、複雑な4D構造(3D空間+時間)を紙面やモニタ画面のような2D媒体で表現するのは困難を極める。一方、折り紙は2D平面から4D構造を創発するシステムであり、生物の形態形成と共通する性質をもつ。今回、我々は折り紙で肺の構造と機能を表現しえたので紹介する。

2. 肺胞構造の形態形成と Kitaoka モデル

図1に肺胞構造の形態形成の過程と3Dモデルを示す[3]。最初に樹枝状の分岐管が形成される(A)。ついで、管の内腔が拡張し、空間を充填する(B)。さらに管壁が変形して凹凸ができる(C)。最後に2次隔壁が付着して肺胞が形成される(D)。肺胞を含めた分岐管全体を肺胞管と呼ぶ。肺胞管の壁は肺胞で占められており、肺胞管の中央を空気が通過する。肺胞管のうち、肺胞領域が占める割合は約2/3である。Kitaokaモデルでは、初期肺胞管を立方体の連なりで表している。個々の立方体を変形させて4つの18面体(立方体の12本の稜を六角形の面に置換する)と4つの立方体に分割すると、空間充填の性質を保ちつつ、大小8個の肺胞を生成することができる。

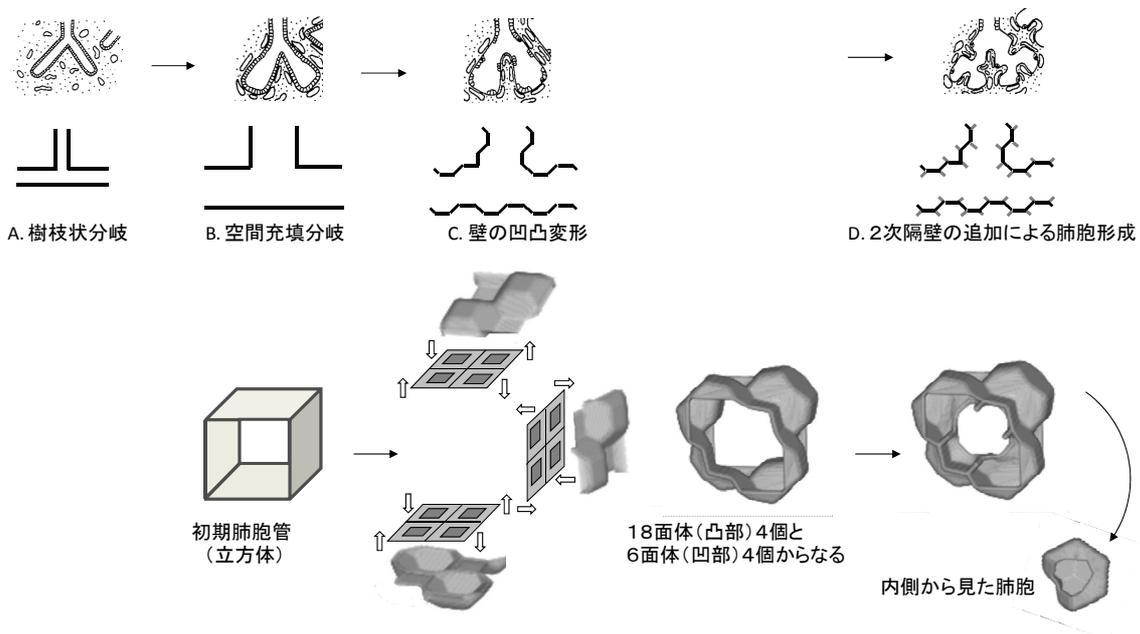


図1. 形態形成に基づいた Kitaoka 肺胞モデル.

肺胞の運動は、図2のバネ・ヒンジモデルで近似される。青色板は18面体の正方形の面に対応する。水色の板は六角形の面に対応する。これらの板はヒンジで連結されている。2次隔壁に対応する赤色のバネの伸縮により、ヒンジ角度が変わり、容積が変化する。

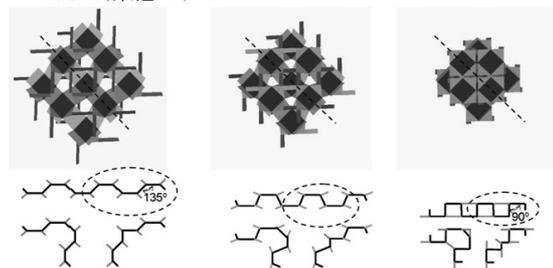
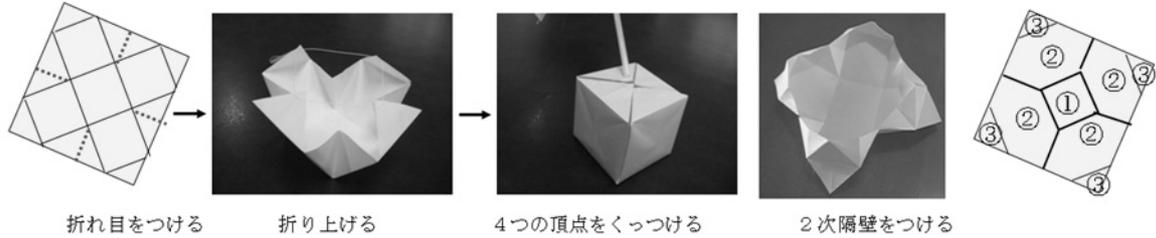


図2. バネ・ヒンジ動的モデル

2. Hoyos 折りによる肺胞の表現

図2のパネ・ヒンジモデルを折り紙で表現したものが図3である。発明者の姓を冠して Hoyos 折りと呼ぶ。4つの頂点を中央でくっつけると、小さな立方体になる。これを Hoyos 立方体と呼ぶことにする。2次隔壁を付着させると肺胞と等価の構造になる。中央の正方形(①)が18面体の正方面に、6角形(②)が18面体の6角面に対応する。頂点付近の3角形(③)は18面体の正方面の1/4に対応する。すなわち、Hoyos 折りは、18面体の表面の1/3に相当する。



折れ目をつける

折り上げる

4つの頂点をくっつける

2次隔壁をつける

図3. Hoyos 折り

3. Hoyos 折りの連折りによる肺胞管の表現

正方形を2 x 2の小正方形に分割し、それぞれに Hoyos 折りを施して連折りすると、図4に示すような構造になる。凹部は Hoyos 立方体の頂面が欠けたものである。中央の凸出した最小の正方形は、元の正方形の頂点周囲の3角形(図3の③)が集まって生じたもので、裏側から見ると、Hoyos 立方体の底面になっている。Hoyos 折りを複数個連ねて両端を貼り合わすと管状構造になるが、そのままでは、空間充填という条件が満足されない。空間を充填する Kitaoka 肺胞管モデルでは、18面体が2個、立方体が2個、交互に配置している。したがって、Hoyos 折りを4つ並べて、そのうちの2つを立方体に変換させればよい。これは、Hoyos 折りの中央の正方形を折り込んで縮退させることで達成される(図5矢印。操作しやすいように個々の Hoyos 折りの境界線に切れ目が入れている)。このようにして作成した4D肺胞管モデルが図6である。

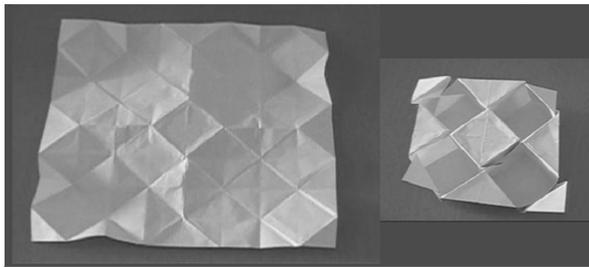


図4. Hoyos 折りの2 x 2連折り

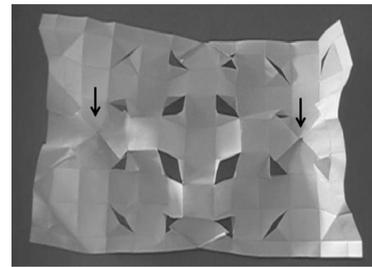


図5. 変わり連折り

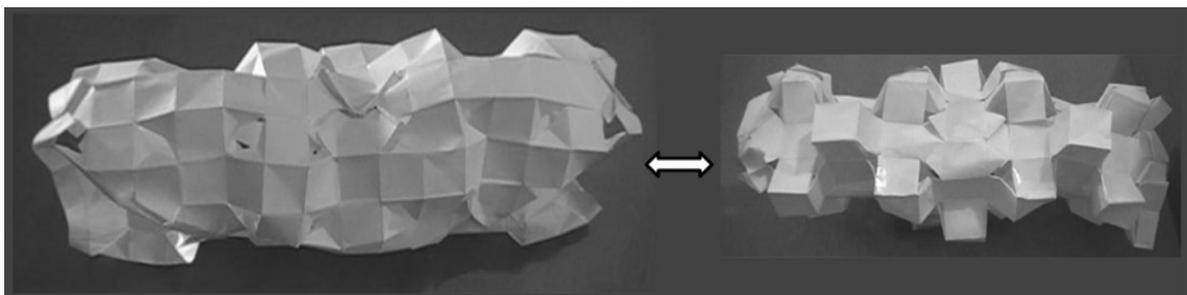


図6. Hoyos 折り変わり連折りによる4D肺胞管モデル

4. おわりに

折り紙によって生体の構造と機能を表現することは、人工臓器の開発やバイオミメティクスの展開など、具体的な人工物製作のヒントになるだけでなく、研究者の理解を深め、生体研究をさらに推進するのにきわめて有用と考えられる。

- 文献： 1. Kitaoka H, Takaki R, and Suki B. *J. Appl. Physiol.* 87: 2207-2217, 1999.
 2. Kitaoka H, Tamura S, and Takaki R. *J. Appl. Physiol.* 88: 2260-2268, 2000.
 3. Kitaoka H, et al. *J Physiol. Sci.* 57: 175-185, 2007.

科学・幾何学の立体模型の開発 —手に取ってモノを観察することの重要性—

手嶋吉法^{1,8}、池上祐司^{1,2,8}、大内進³、小川泰^{1,7,8}、金子健³、田中明子¹、
中野司¹、藤芳衛⁴、松岡篤^{5,8}、山澤建二²、渡辺泰成^{1,6,8}

¹産業技術総合研究所、²理化学研究所、³国立特別支援教育総合研究所、⁴大学入試センター、⁵新潟大学、⁶帝京平成大学、⁷筑波大学名誉教授、⁸科学芸術研究所 ISTA

Development of scientific solid models: Importance to observe substantial models in your hands

Y. Teshima *, Y. Ikegami, S. Oouchi, T. Ogawa, T. Kaneko, A. Tanaka,
T. Nakano, M. Fujiyoshi, A. Matsuoka, K. Yamazawa, and Y. Watanabe

* yoshinori.teshima@aist.go.jp

Keywords: 立体模型、触覚、形状認識、研究支援模型

1 視覚障害者の為の立体模型開発

筆者らは、2006 年度より科研費プロジェクト「視覚障害者の立体認識機構の研究および立体幾何学教材の開発」に取り組んでいる。「視覚障害者の触覚鑑賞の世界をより豊かにする」という目的を掲げており、それを実現する為に、日常生活では触ることが出来ない物を模型として提供する取組みを続けている（第 63 回シンポ・視覚障害者用立体模型プロジェクトの概要、第 64 回シンポ・触覚用の惑星儀開発、第 65 回シンポ・プランクトン骨格模型および数学曲面ミストーナツ）。筆者は日常生活で触りえない物を次の 2 つの範疇に分けている。1 つ目は、触察可能なサイズ（つまり手のひらサイズ）と実物のサイズが著しく掛け離れている物で、巨大物（例：惑星）や微小物（例：プランクトン）がこの範疇に入る。2 つ目は、抽象物である。これは人間の思考の産物であるから、実体化してやらない限り自然界に存在しない。抽象物の具体例としては、数学の多面体や曲面、芸術作品がある。

2 立体模型が持つ意義の一般性

視覚障害者向けに開発した立体模型は、一般向けの立体模型としても意義深いと最近強く感じる。晴眼者は、全盲の人と比べると、視覚情報が使えるので立体模型が持つ情報をより多く読み取る可能性が高い。そういった意味で、視覚障害者の為に開発した模型がそのまま晴眼者の役に立つ事は、当然といえる。

3 手に取ってモノを観察することの重要性

テレビやパソコンの画面上など、私達の日常生活にはバーチャルな映像が溢れている。そんな状況下だからこそ、リアルな立体模型を直接手に取ってじっくり観察することの意義が高まっていると筆者は感じている。

3次元空間の住人である私達にとって、3次元形状の理解は容易ではない。その理由は、幾つかあるだろうが、同じ物でも見る方向によって見え方が様々であること、別の言い方をすると、3次元形状の投影図が投影方向によって様々に異なることがその原因の1つではあるまいか。

数学曲面の実体模型を手にとってじっくり眺めていると、パソコン画面上で見ていた時には気がつかなかった性質に気付くことがある。今日ではパソコン画面上においても、3次元形状を回転して眺める事が可能となっているわけだが、実体模型を手にとってじっくり眺めることとは、何かしら決定的な差があるように思う。その差は何なのか。完全な説明とは言えないだろうが、以下、説明を試みる。

まず、実体模型においては回転操作が完全に意のままである。そして落ち着いてじっくり観察できる。これらは視覚的な情報を得る上での長所である。

また、手に持つことで触覚的な情報が得られる。手の役割の1つは、模型を眺める際の保持と回転だが、これだけでも模型の重心位置などを直感することが出来る。さらに、手指で積極的に模型に触ることで、触覚に基づく形状情報が得られる。この様な触覚による形状情報の取得は、視覚による形状情報の取得と比べると、幾分統合的なものではないだろうか。上述のように視覚では様々な投影図が現れ得るが、触覚では、触り方は多様だが、対象物を1つの立体像として認識しようとしている様に思われる。いずれにせよ、3次元形状を認識する際に、視覚だけでなく触覚を併用することは有効である。

4 「視覚障害者の為の模型」から「視覚障害者も共に使える模型」へ

最近では障害者や高齢者にも使いやすい製品デザインや表示に関する配慮が広がりつつある。例えば、缶ビールのプルタブのそばには、点字で「おさけ」と書かれている。このようにすることで、未成年の視覚障害者がジュースとビールを間違わずに済む。概念および言葉としては、ユニバーサルデザイン、バリアフリーデザイン、共用品、インクルーシブデザインなどがある。これらの用語の意味は、全く同じではないが、概念の多くを共有している。

筆者は、今後も長期に渡り立体模型開発を継続予定である。立体模型が持つ意義の一般性から、「視覚障害者の為の」と銘打つことなく一般向けの立体模型の開発を進めるのが良いと考えている。同時に視覚障害者の鑑賞に対する配慮は継続する。晴眼者は三感「触る・見る・聴く」、全盲の方は二感「触る・聴く」を使って、同じ立体模型を鑑賞する。

5 立体模型の科学研究における役割

立体模型には、学校教育における教材としての価値があるが、それは1つの可能性に過ぎない。昔も今も科学者は、遠くの星を望遠鏡で観測し、微小な世界を顕微鏡で観察し、見えたものを絵や写真として記録した。立体模型は、それら絵や写真に代わる観察記録の重要な手段になり得る。科学者が誤りなく研究を進める為に、立体模型が果たす役割は大きい。今後これまで以上に立体模型の作製が研究遂行上に不可欠となっていくに違いない。

謝辞：本研究は、科研費[基盤研究(A) 18200049]の助成を受けている。

1 自由度アクチュエータによる移動球体ロボットの開発

豊泉 徹平*、米倉 将吾、河口 洋一郎

*東京大学大学院 情報学環・学際情報学府、東京都文京区本郷 7-3-1

*qq086308@iii.u-tokyo.ac.jp

Developing the mobile robot using only 1 D.O.F. actuator

Teppei Toyoizumi*, Shogo Yonekura, Yoichiro Kawaguchi

*The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo-to, Japan

Abstract: In this research, we developed a sphere-shaped mobile robot that can generate multiple behaviors by using only one motor. The robot can generate the translational motion and the rotational motion by controlling the mode of the motor. The motor itself acts as an eccentric weight during motions. To generate multiple behaviors, many vinyl tapes are mounted on the surface of the spherical body. The rotational motion occurs by an interaction between the external world and these vinyl tapes when the sphere is vibrating.

Keyword: 1 D.O.F. actuator, sphere-shaped probe robot, vibration

1. 研究背景

宇宙探査ロボットの分野では車型[1]や円柱型[2]など様々な形を持ったロボットが研究されている。しかし、これらの方法ではアクチュエータを2台以上使用しているため宇宙探査では致命的と考えられるメカニカルトラブルの可能性が高い。そこで本研究では、1自由度アクチュエータを用いた移動球体ロボットの開発を行う。

Fig.1 はモータを1台のみ使用した球体ロボットのデザインである。球体内部のモータの出力トルクがギヤと主軸を介して外殻に伝わることでロボットが駆動する。モータユニットは主軸に対して回転自由な状態で接続されており主軸を中心に自由に回転することができる。

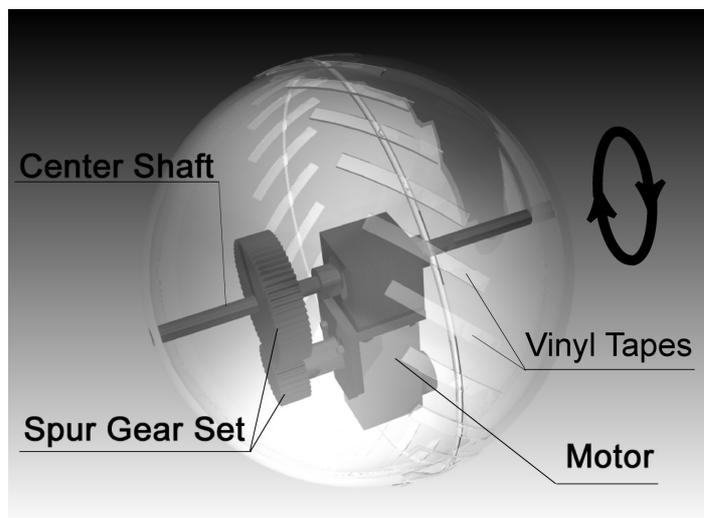


Fig.1 球体ロボットのデザイン

また、球体表面にはビニールテープで製作された突起が接着してある。従来1自由度アクチュエータでは制御できないと考えられていた多自由度移動の制御を球体表面の突起による“形のズレ”を用いて可能にする試みを行う。

2. 多自由度動作の発生

このロボットはシンプルな構造であるにもかかわらずモータ駆動モードを変更することで多自由度の動作

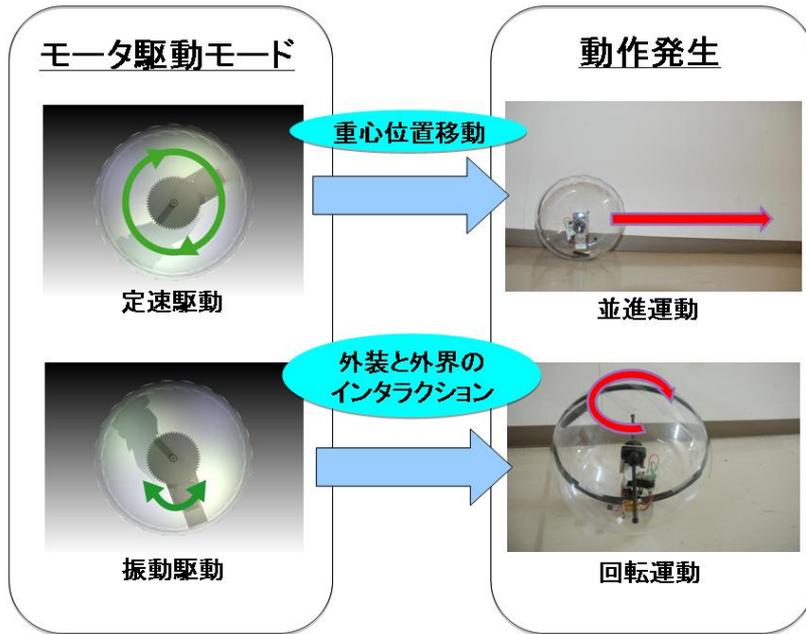


Fig.2 モータ駆動モードによる多自由度動作の制御

が可能となっている。(Fig.2)

2.1 並進運動

モータが定速駆動モード時に主にモータユニットの位置の変化によってロボットの重心位置が変化し、ロボットは並進運動を発生する。

2.2 回転運動

ロボット表面は、元々の材質であるアクリルと外装として接

着されたビニールテープという二種類の材質による摩擦の違いによって摩擦勾配が存在している。モータを振動駆動させるとロボットは回転運動を発生する。これはロボット表面と地面が接地する領域で摩擦の勾配に起因する回転力が発生するためと考えられる。また、ビニールテープの接着方向により摩擦勾配の向きを逆転させると回転運動の向きが変化する。これにより、平面上の任意位置への移動という宇宙探査の基本移動タスクが2種類のモータ駆動モードを制御することによって可能となった。

3.結論

本研究では1自由度アクチュエータを用いた2自由度方向への移動が可能な球体ロボットを開発した。ロボットはモータ駆動モードによって2種類の動作発生が可能である。特に振動駆動モード時にはロボット表面の突起による摩擦勾配に起因する回転力を用いて回転運動を発生させることができ、これにより1自由度アクチュエータを用いて多自由度の動作を発生させることが可能となった。将来、このロボットを複数台用いて群行動に関する研究を行い、宇宙探査や海底探査に応用したいと考えている。

謝辞

本研究は科学技術振興事業団戦略的基礎研究推進事業(CREST)の支援のもとに推進されました。

参考文献

- [1] Rover Team Characterization of the Martian Surface Deposits by the Mars Pathfinder Rover, Sojourner Science 5 December 1997:Vol. 278. no. 5344, pp. 1765 - 1768
- [2] S. Shingo, Y. Nakamura. Development of Microgravity Rover using Internal Magnetic Levitation. In Space '99 International Space Utilization Symposium

美の幾何学X 曲線群を測地線とする曲面とそれらの積層造形

小川 泰, 手嶋吉法

科学芸術学際研究所 ISTA, 産業技術総合研究所

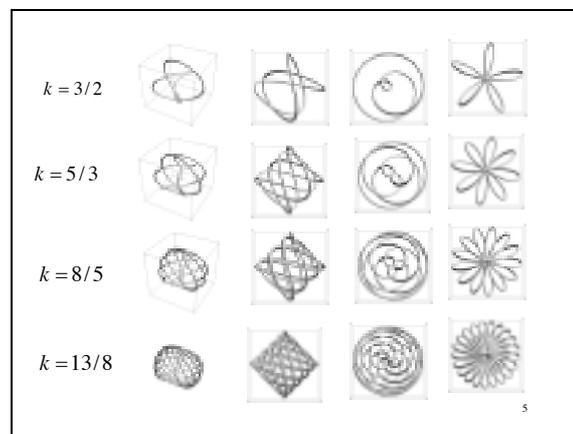
• ogawa-t@koalanet.ne.jp

2004年以降, 小川はこの表題で, 芸術的要素を意識した幾何学研究の成果を発表してきた。今回は, ある曲線群が測地線として載っているような曲面を考察し, そのうちのいくつかをコンピュータ制御による積層造形を試みた。

例えば, 以前に4次元の一樣曲線を3次元人が何かを感じて楽しむために, 3次元内での4方向同等化による鑑賞法を試みた。そのパラメータ依存性に基づく曲線群がすべて載るような曲面を求めることに成功した。元の曲線はその曲面の測地線となっている。この曲面は t によるパラメータ表示で次式になる。

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta + \sin \theta - \cos k\theta - \sin k\theta \\ \cos \theta - \sin \theta + \cos k\theta - \sin k\theta \\ \cos \theta - \sin \theta - \cos k\theta + \sin k\theta \end{bmatrix}$$

$$= 2\sqrt{2} \begin{bmatrix} \cos[(1+k)\theta/2 + \pi/4] \sin[(1-k)\theta/2] \\ \cos[(1+k)\theta/2 + \pi/4] \cos[(1-k)\theta/2] \\ -\sin[(1+k)\theta/2 + \pi/4] \cos[(1-k)\theta/2] \end{bmatrix}$$

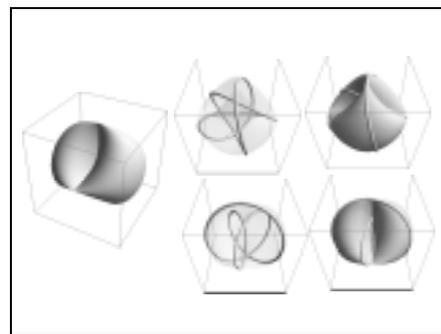


ただし, もうひとつのパラメータ k の値は, 系統性を見る目的で Fibonacci 列に沿って黄金比に近づくように選んだ。これらの曲線群は, 曲線の複雑化に応じて収束する曲面の存在を示唆している。そんな曲面が存在するならば, その方程式は, 任意の k の値に応じられるように,

$0 \leq \theta \leq 2\pi$, $0 \leq \phi \leq 2\pi$ に対して

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \theta + \sin \theta - \cos \phi - \sin \phi \\ \cos \theta - \sin \theta + \cos \phi - \sin \phi \\ \cos \theta - \sin \theta - \cos \phi + \sin \phi \end{bmatrix}$$

と表わせるはずである。



この曲面は, 「円 A を, その円を含む面と直交する面内で同じ半径の円 B に沿う運動させた軌跡」となっている。「拡張した意味でのトラース」と表現してもよさそうである。

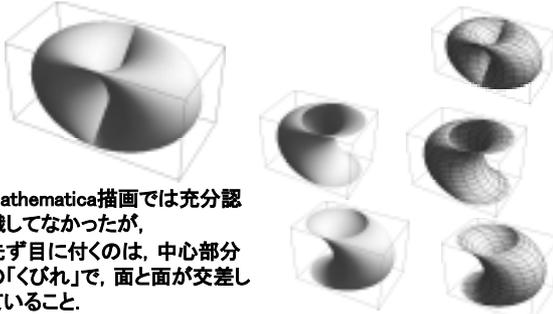
この曲面がわかりにくいのは, この曲面は, 自分自身と交差しているからである。考えてみれば当然のことなのであるが, 通常の理工系教育のカリキュラムには登場してないようだ。

「与えられた紙と筆記具を一筆書きのように接触を保って適当な線を描け」と命じられ, 指示に従うとしたら, いずれ線は自身と交差するに違いない。同じように, 「3次元空間に曲面を」と

いう場合ならば、曲面はやがて交わり、交わりは交線を生じる。この状況について、現代人はさほど慣れていないので、イメージが描きにくい人も多かろう。これからの話は、そうした曲面の交わりが主題である。

前頁最後の3行にある「円Aを、その円を含む面と直交する面内で同じ半径の円Bに沿う運動させた軌跡」は、たとえば水平な単位円を、それが観覧車の一台であるように水平を保ちつつ半周させると下の左上図のようになる。残りの半周がその下側の図で、これらを「あわせた」ものが下左のスライド図中最大の図である

**積層造形法による実物模型を
水平面に安置してみるならば**



Mathematica描画では充分認識しなかったが、
先ず目に付くのは、中心部分の「くびれ」で、面と面が交差していること。

この上面の接平面は円で接触！ ということは？

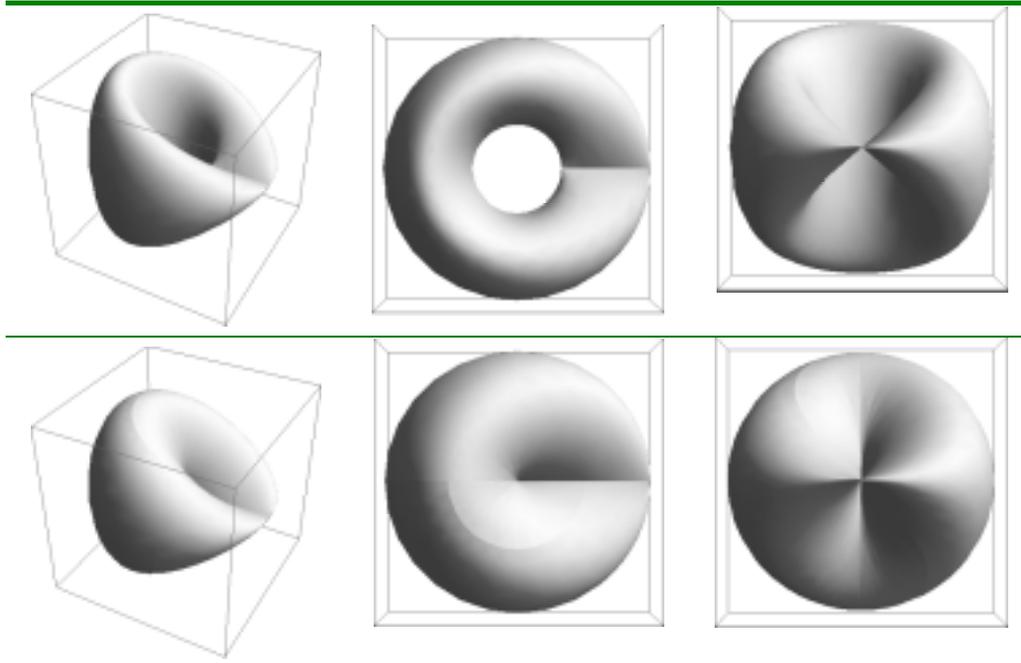
15



さて、ここで用いた観覧車を持ち出した説明等は、この曲面がまず数式でわかった後、数式を頼りに積層造形→手の感触で発見→事実の認識 という順序で獲得した。

このようにして得られた曲面の特徴を認識した後、改めて既知の曲面を見直してみると、いろいろと新しい解釈が可能である。

まず、縁が1本で面に表裏の区別がない Mobius の帯（輪）に対し、縁がなく表裏の区別のない閉曲面をクラインの壺と呼んでいる。なぜ壺の形が必要なのか？ 今にして思うに、理由が薄弱である。私は中空ドーナツ、すなわちトーラスタイプのクライン（と呼ぶ必要はないのだが、いわば、普通名詞化しているから）を導入する。穴なしドーナツタイプも含めて。



Surface rendering 法によるサル胎仔大脳表面の三次元構築

澤田和彦¹、孫学智²、福西克弘³、加島政利³、坂田ひろみ⁴、
洲加本孝幸³、青木伊知男⁵、福井義浩⁴

¹つくば国際大学・医療保健学部、²放医研・放射線防護研究センター、
³新日本科学・安全性研究所、⁴徳島大学・大学院 HBS 研究部・機能解剖学、
⁵放医研・分子イメージング研究センター
k-sawada@tius-hs.jp

3D reconstruction of surface of developing cerebrum of cynomolgus monkey fetuses by surface rendering

Kazuhiko Sawada¹, Xue-Zhi Sun², Katsuhiko Fukunishi³, Masatoshi Kashima³,
Hiromi Sakata-Haga⁴, Takayuki Sukamoto³, Ichio Aoki⁵, Yoshihiro Fukui⁴

¹Faculty of Medical and Health Sciences, Tsukuba International University, ²Regulation Science Research Group, National Institute of Radiological Sciences, ³Shin Nippon Biomedical Laboratories, ⁴Department of Anatomy and Developmental Neurobiology, University of Tokushima Graduate School Institute of Health Biosciences, ⁵MR Molecular Imaging Team, Molecular Imaging Center, National Institute of Radiological Sciences

Abstract: The present study examined the 3D reconstruction of the cerebral surface of cynomolgus monkeys at embryonic days (EDs) 70-150 by the surface rendering. The surface rendered images reproduced well the cerebral surface morphology. The timetable for fetal sulcation by these surface rendered images was good agreement with that by MR slices. The results reveal that the surface rendered images are useful for investigating the normality of the sulcal development of the monkey cerebrum in the 3D.

Keywords: MRI, macaque, cerebrum, surface rendering, fetus

はじめに

サルは系統発生学上ヒトに最も近く、ヒトに類似した脳溝・脳回を形成する。我々はカニクイザルの胎仔大脳を用いて、サルにおける脳溝・脳溝の形成過程を肉眼解剖的 (Fukunishi et al, 2006; Kashima et al, 2008) および MRI 画像解剖的 (Sawada et al, *in press*) に明らかにしてきた。本研究では、7 テスラ MRI 装置を用いて取得した画像を基に、surface rendering 法によりサル胎仔大脳表面を三次元構築し、その再現性を検討した。

材料と方法

本研究では、我々の以前の研究 (Sawada et al, *in press*) で 7 テスラ MRI 装置 (放射線医学総合研究所・分子イメージングセンターに設置) (Magnet: Kobelco and Jastec, Japan; Console: Burkert BioSpin, Germany) により取得したカニクイザル雄胎仔 (胎齢 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150 日を各 1 例ずつ) の大脳左半球固定標本の前頭断 MR スライス (TE = 9.574 ms; TR = 600 ms; slice thickness = 1.25 mm; slice gap = 0 mm; matrix dimension = 256 x 256; FOV = 2.56 x 2.56 to 6.4 x 6.4 cm) を用いた。各 MR スライスの画像コントラストを基に、SliceOmatic software (TomoVision, Canada) の ”Snake” ツールを用いて、大脳皮質を半自動的に抽出 (segmentation) した (Fig. 1)。抽出画像 (TAG 画像) から同ソフトウェアを用いてポリゴンサーフェイスを生成し、大脳表面を三次元的に再構築した (Fig. 1)。なお、本研究は、動物実験等の基準と指針に則り、株式会社新日本科学安全性研究所・実験動物倫理委員会の承認を得ている。

Table 1. 脳溝発生時期(胎齢)の比較

	MR 画像	Surface rendering
外側溝	70	70
中心溝	90	90
頭頂後頭溝	80	80
鳥距溝	80	80
海馬溝	70	70
帯状溝	100	100
主溝	110	110
弓状溝	90	90
内側眼窩溝	100	100
頭頂間溝	100	100
月状溝	100	100
上側頭溝	80	80
側副溝	120	120
後頭側頭溝	120	120
下後頭溝	90	90

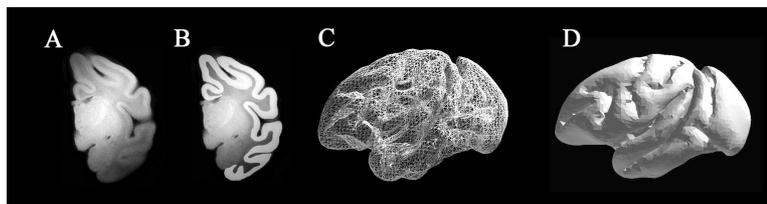


Fig. 1. Surface rendering の手順。A : 元となる MR 画像。B : 大脳皮質を抽出(灰色部分; TAG 画像) C : TAG 画像からポリゴンサーフェイスをポリゴンメッシュ(ワイヤーフレーム)で示したもの。D : ポリゴン上に色を貼りつけたもの。

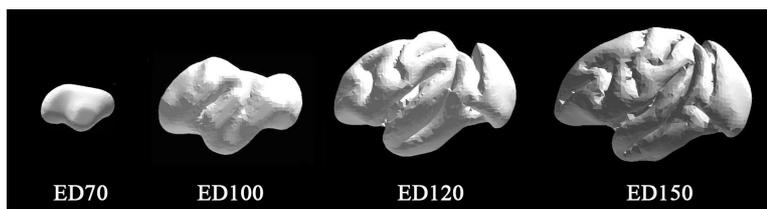


Fig. 2. Surface rendering によるサル胎仔大脳の再現。

結果

MR 画像を元に、surface rendering 法により再構築した胎齢 70~150 日のサル大脳を Fig. 2 に示した。surface rendering 法による脳表面の三次元再構築は、各胎齢における脳溝の形成状況をよく再現しており、脳溝の発生時期は、オリジナル MR 画像から読み取れる所見と同じであった (Table 1)。

考察

本研究で使用した MR 画像は、これまでの研究 (Fukunishi et al, 2006; Kashima et al, 2008) で使用した大脳固定標本から取得している。7 テスラ MRI 装置に加えて、*ex vivo* による MRI 測定は、高解像度の MR 画像を提供し (Sawada et al, *in press*)、更に、surface rendering 法による大脳表面の三次元再構築画像の所見は、MR 画像から読み取れる所見を劣化なく再現していた。以上より、本研究結果は、サル大脳の正常発生および脳発達障害を三次元的に解析する上で、有用である。

謝辞

本研究は、独立行政法人日本学術振興会の科学研究費助成金 (20590176) の助成を受けた。また、本研究において MRI 測定に御協力頂いた放射線医学総合研究所・分子イメージングセンターの米山操研究員および齋藤茂芳研究員に深く感謝します。

参考文献

- Fukunishi K, Sawada K, Kashima M, Sakata-Haga H, Fukuzaki K, Fukui Y (2006) Development of cerebral sulci and gyri in fetuses of cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). *Anat Embryol* 211: 757-764
- Kashima M, Sawada K, Fukunishi K, Sakata-Haga H, Tokado H, Fukui Y (2008) Development of cerebral sulci and gyri in fetuses of cynomolgus monkeys (*Macaca fascicularis*). II. Gross observation of the medial surface. *Brain Struct Funct* 212: 513-520
- Sawada K, Sun X-Z, Fukunishi K, Kashima M, Sakata-Haga H, Tokado H, Aoki I, Fukui Y Developments of sulcal pattern and subcortical structures of the forebrain in cynomolgus monkey fetuses: 7-tesla magnetic resonance imaging provides high reproducibility of gross structural changes. *Brain Struct Funct, in press*

折り紙でつくる4次元正多胞体

宮崎興二 (高次元居士)

Four-dimensional regular polytopes made of Origami

Koji Miyazaki (Professor Emeritus, Kyoto University)

miyazaki@yf7.so-net.ne.jp

Abstract: Each of 6 kinds of 4-dimensional regular polytopes is made of a kind of 3-dimensional regular polyhedra. Almost of these regular polyhedra becomes to show irregular shapes when they are projected into 3-space. In this report, the faces of these polyhedra are made of Origami, and they are assembled to show projection of 4-dimensional regular polytopes.

Keywords: Four-dimensional regular polytope, Origami

1. 制作概要 :

4次元空間の6種類の正多胞体のそれぞれは合同な3次元正多面体、つまりその側面としての合同な正多角形、を構成要素とする。この正多胞体は投影立体に限って3次元空間で見ることができ、その場合、側面としての正多角形はふつう不規則に変形している。ここでは、その変形した(凸)多角形を日本の誇る折り紙で作り、それを組み合わせて4次元正多胞体の投影立体とする。

2. 制作前提 :

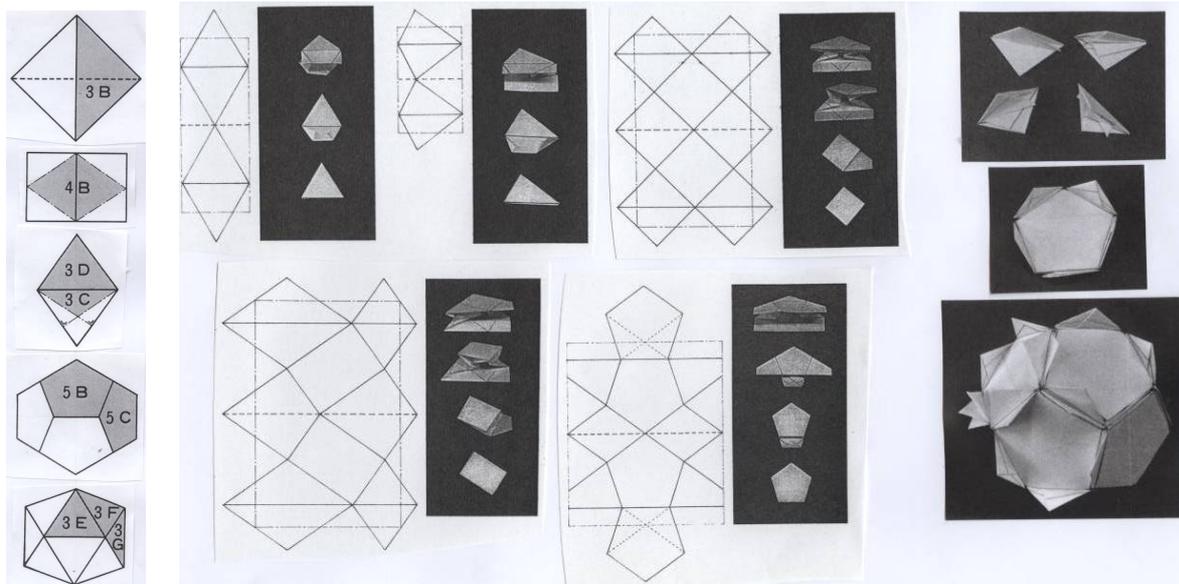
- ①制作する投影立体は、頂点あるいは胞を中心に置くものとする。
- ②制作する多角形のすべての辺に沿って継ぎ手用のポケットを設ける。
- ③継ぎ手は多角形とは別に作る。
- ④用紙は折り目をあらかじめ作図したさまざまな大きさの長方形とする。
- ⑤ハサミによる切り込みやノリによる接着は原則として行わない。

3. 制作過程(付図) :

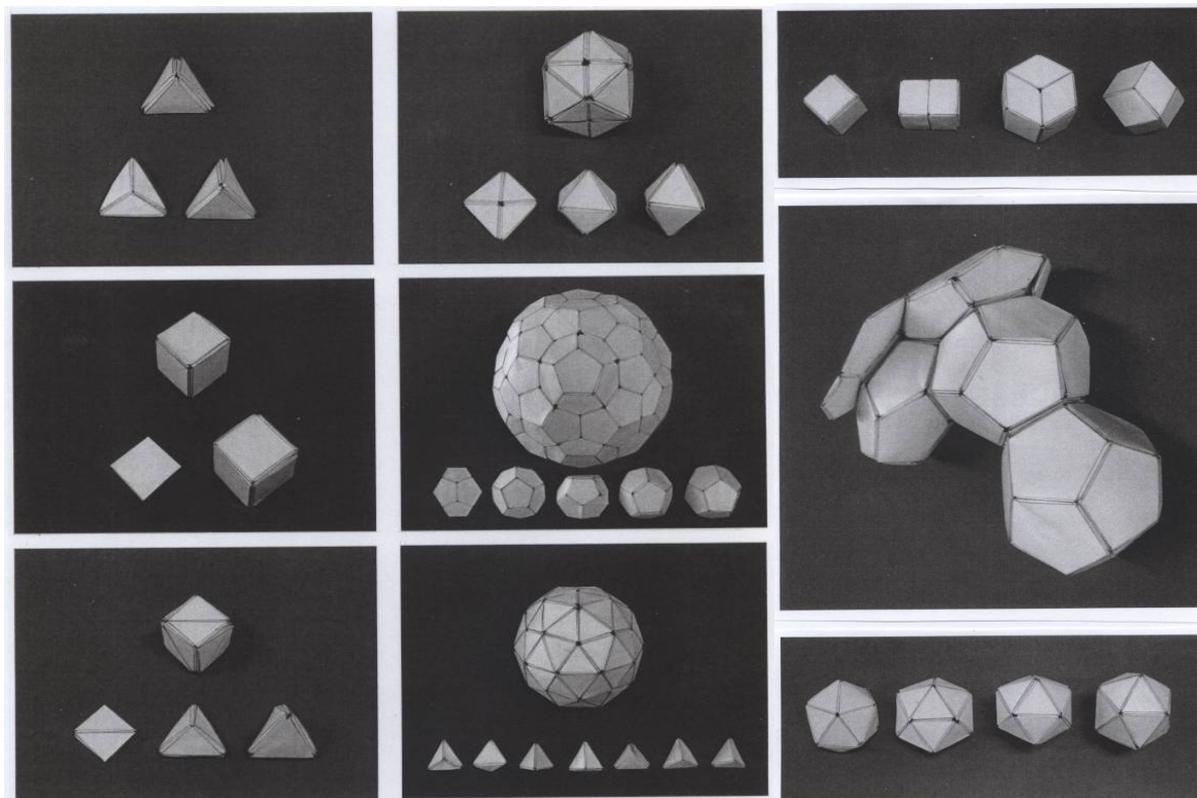
- ①長方形の用紙に折り目を作図する。
- ②折り目に従ってすべての辺にポケットを持つさまざまな多角形を作る。
- ③適当なかたちの継ぎ手を作る。
- ④継ぎ手をポケットに差し込みながら構成要素としての多面体を作る。
- ⑤重ねて差し込まれる継ぎ手で固定しながら多面体を積層して多胞体とする。

4. 制作成果 :

- ①すべての辺にポケットを持つさまざまな多角形を折り紙で作った。
- ②さまざまな多角形を側面とするさまざまな多面体を折り紙でつくった。
- ③さまざまな多面体の積層図形としての多胞体の投影立体を折り紙でつくった。
- ④以上の成果は一般に3次元空間における多面体の積層図形制作に適用できる。



付図1 左端列は主要な3、4、5角形（暗示部分）の実形。いずれも3次元正多面体の投影図の中に埋め込まれている。図にない3A、4A、5Aは正多角形。中央の図と写真のペア5図は主要な多角形の折り目（左。一点鎖線で示す長方形の部分折る）と折り方（右。下へ向かって折る）。下段左の長方形は左端列にはない特殊例。右端列は主要な継ぎ手（上）と、それを差し込んだ正五角形（中央）ならびに正12面体（下）。



付図2 左端と中央6図は正多胞体の投影立体。左端列上から、正5胞体(3A,C)、4次元立方体(4A)、正16胞体(3A,B)、中央列上から正24(3A,B)、120(5A,B,C)、600胞体(3A,D,E,F,G)。各図上は外観、下は構成要素としての多面体例。右端列は、上から、4次元立方体の回転状態(4Bの変形と長方形追加)、正120胞体の内部構造、正600胞体の内部に現れる正20面体。

An Approach for Microstructural Pattern Design of Materials

Zhiming Zhang^{1*}, Shuichi IWATA², and Junjun Jia²

^{*1} *Department of Systems Innovation, School of Engineering, The University of Tokyo, Japan, Tokyo, 113-8656*

Email: zzmsunny@gmail.com

² *The Graduate School of Frontier Sciences, The University of Tokyo, Japan Chiba, 277-8563*

Email: iwata@k.u-tokyo.ac.jp

Abstract

By taking advantage of calculated data, Many properties of materials are largely influenced by the microstructure pattern of the material which is determined by the growth dynamics. Understanding the influence of various control parameters on the growth dynamics is therefore of great practical importance. This research introduced the direct and inverse simulation methods of pattern design. In addition, we used the direct method to investigate the mechanism of pattern growth dynamics.

Keywords: Microstructure pattern; pattern design; Simulation model; Inverse method; dynamic growth

1 Introduction

The formation of microstructure pattern is a critical important process in a wide range of phenomena in science and technology. Such behavior is exhibited in the solidification, crystal growth and metallurgical processes. The pattern formation and components of the grown crystal, spar, etc, are the results of the competition of the temperature, surface tension, particles interaction, particle size, composition, and so on, in diverse systems. As a result, many of the questions concerning the formation of microstructure pattern have not so far been satisfactorily understood. One possible way to solve the above questions is to use the computer simulation to bridge between a set of patterns and a set of models described by algorithms and parameters. The objective of this study is to

2 Simulation Design Procedure

In this research, we developed the computer model to simulate and design the microstructure pattern. Computer simulations allow a molecular-level analysis of the interaction among nanoparticles which is difficult to observe in the real experiments. The design procedure is show as below.

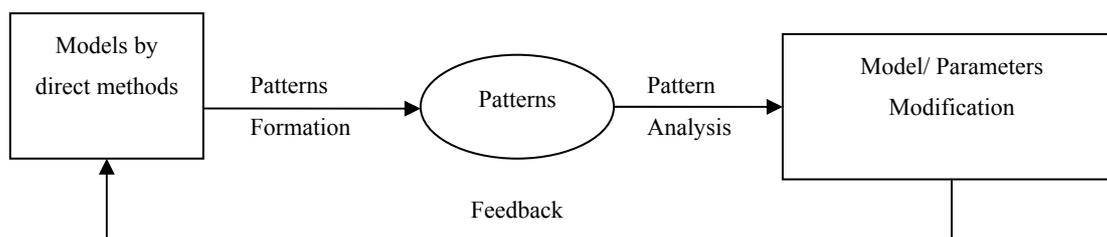


Fig. 1 the direct pattern simulation and inverse pattern design procedure

This is a circular design procedure. Firstly, the modified simulation models including the traditional models are used to obtain the formation patterns, and then analyze these formation patterns as the design requirements. The simulation models before are modified by using the pattern analysis results and then the characteristic parameters related to some factors (such as temperature and particle interaction) to influence the microstructure pattern are introduced into the simulation models. Through a systematic variation of the simulation parameters and changing the growth mechanism, this inverse design solution can be used to investigate the morphological transition of the microstructure pattern affected by the influencing factors. To facilitate an efficient construction and a comprehensive exploration of the internal relations between the microstructure design and computer simulation models, the database is set to record the relationship between the simulation model

parameters/mechanisms and the properties of microstructure pattern.

3 2-D patterns and mathematically derive theories

There are many kinds of significant 2-D patterns that can be observed in nature and our daily lives, such as snow, metallurgy, vein, and so on. Various mathematically theories and models have been developed to draw these patterning processes showed in the bellow table:

Table 1 2-D patterns mathematically derive theory and model

Mathematically derive theories	Property, characteristic
Crystallography	Describing the arrangement of atoms in solids, with the property of symmetry and regularity;
LPF	Can be proposed to about 90% of the patterning processes in Nature both in Multi-D and 2-D;
Growth Model	Using the particle diffusion and aggregation dynamic to gain the required growth pattern;
Space filling	Giving a representation of the size and shape of the whole molecule, showing how much space each atom occupies ¹⁾ ;

This research uses the growth model to design the microstructural pattern. The typical diamond-like pattern is formed using the anisotropic dynamic growth mechanism based on the direct anisotropy model as shown in the below Fig. 1. The methodology is to make the sticking probability direction dependent. This is achieved on a square lattice by taking different sticking probability P_x and P_y on the x-axis and y-axis direction. In this case, the pattern description factors, model parameters and dynamic mechanism are show as below table.

Table 2 The diamond-like pattern and growth model parameters

Simulation model	Pattern description factors	Model parameters	Dynamic mechanism
Anisotropic model	$X \sim N^a$, $Y \sim N^a$, $Y/X \sim N^a$, $X*Y \sim N^a$, $Y/X \sim X^a$...	P_x , P_y , N ...	DLA, RLA

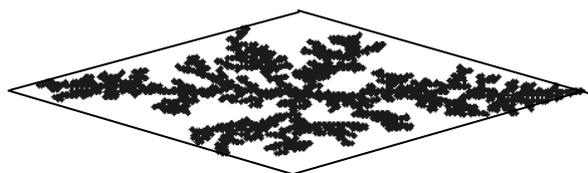


Fig. 2 Anisotropic fractal growth pattern

After model modification and parameter fitting, we can use the inverse method to design the pattern formation with this kind of characteristic shape.

By changing the parameters and growth mechanism, this application can be extended to a variety of aggregates found in nature.

4 Discussion and Conclusion

Adopting this kind of simple methodology, we hope that it will provide a useful starting point towards a more complete understanding of the relation between the simulation model and the pattern design. In future, the models integrated anisotropic surface-attachment kinetics, surface diffusion, nearest- and next-nearest-neighbors interactions will be developed to simulate and design the grown pattern.

Reference

1) Robert B. Corey and Linus Pauling (1953): Molecular Models of Amino Acids, Peptides, and Proteins. Review of Scientific Instruments, Volume 24, Issue 8, pp. 621-627.

籠編みの進化形・ベンデグリティー構造の研究

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

Study of bendegritty structure - advanced type of basket knitting

Katsuhito ATAKE

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

Abstract: “Bendegritty structure” is named by author, and it is turn over shape of inside out the tensegrity structure by R. Buckminster Fuller. Bendegritty is an integrated body that subdivides the bend power while it is an integrated body that the tensegrity is resolved the structure to the tension and the compression power. It is possible to assemble to various shape with small kind of parts that is a similar to tensegrity, and because of the tensegrity structure usually has corresponding tensegrity, it is possible to use it as an easy simulator of the difficult tensegrity.

Keywords: bendegritty tensegrity Fuller architecture knitting

1. はじめに

ベンデグリティー構造は筆者による命名であり、バックミンスターフラーによるテンセグリティー構造の裏返しである。テンセグリティーが構造を張力と圧縮力に細分化した統合体であるのに対し、ベンデグリティーは曲げ力を細分化した統合体である。テンセグリティー同様少ない部材で多様な形に組み上げることができ、原則として対応するテンセグリティー構造が存在するので、ともすればとっつきにくいテンセグリティーの簡単なシミュレーターとしても利用できる。

2. 基本原理

図-1 は基本的な六本のストラット(棒)によるテンセグリティー構造とそれに対応するベンデグリティー構造である。左は立方体の各面に直交三軸に平行に六本のストラットを配置したものである。各ストラットは線分なので当然のことながら立体の外側から他のストラットの先端より内側を通して外側に通り返れる。これを内を外に裏返すと各ストラットは曲がり、他のストラットの内側から始まり、他のストラットの端部を押さえ込んで、また中に入る形となる。右は同じ構造で端部の位置をそれぞれ近づけたものである。左では大きさの近い三角形八面からなり、右では小さな三角と大きな三角各四個づつからなる。

左は正八面体に近く、右は小さな三角を頂点とみなせば正四面体になる。

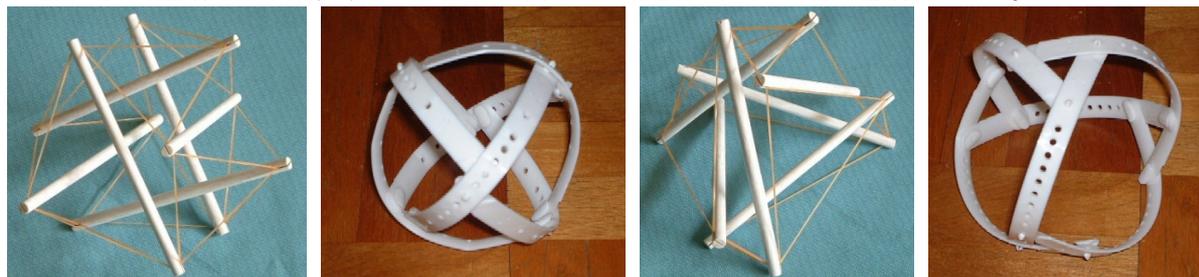


図-1 6本のストラットによるテンセグリティー構造と対応するベンデグリティー構造

3.多面体との関係

多面体では三個以上の面が集まって頂点を形成するが、頂点の各辺を渦巻状に回転させてずらすことでT字路ばかりからなるネットワークで立体を覆うことができる。平面のタイリングでもこの操作は可能で両端がいわゆる双対図形であるがその途中の変容過程のネットワークがベンデグリティでありテンセグリティでもある。

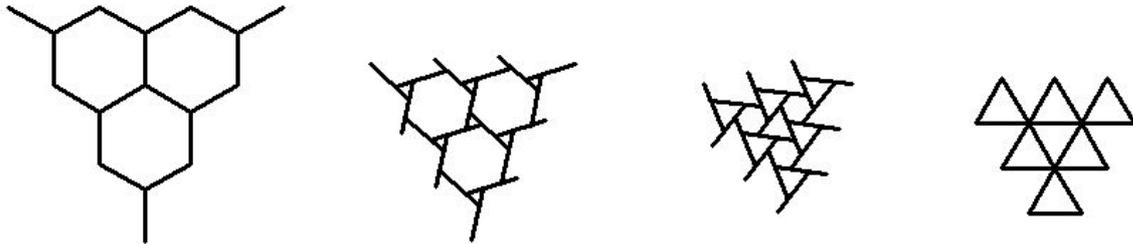


図-2. ネットワークの変容 左端と右端は双対図形とみなすことができる。



図-3. 30本のストラットからなる二十面体のテンセグリティとそのベンデグリティ
ベンデグリティは左から正 12 面体とその双対の二十面体、右はその中間で切頂十二面体に近い形。

4.さらに複雑な形

ベンデグリティは凸多面体に限らず正多角形で表面を分割できる立体であれば、ほぼすべてに適用することができる。適用が困難なものは頂点を構成する角度が変形十二面体のように著しく均等でないものであるが、変形立方体は構成できる。



図-5. さまざまな形への適用。上左から変形立方体、タワー、テセラック、カーボンナノチューブの端部、フォント A、C60 の双対形、壺、ロの字型、すべてあたげねキットによる。

参考文献 <http://www1.ttcn.ne.jp/~a-nishi/tensegrity/tensegrity.html>
<http://www.atakebones.com/>

本文中のテンセグリティ構造の画像は上記サイトの西原明氏によるものである。

コウモリ曲線類の対称性について

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

伏見康治先生が考案したコウモリ曲線は、対称性について非常に面白い性質を持っている。この性質を見直すとともに拡張した曲線についてさらに面白い性質があることが分かった。

Symmetry of the Bat curve family

The Bat curve which was devised by Dr. Fushimi, has some interesting characteristic on symmetry. I make some expansion of the curves, and find more interesting characteristic.

1 はじめに：コウモリ曲線とは

下図で紹介するコウモリ曲線は伏見康治先生が考案したもので「ドラゴン・カーブ（中略）の拡張として（中略）二つに折るかわりに、Z型に三つ折りしていく」（*1 PP119）とある。元々の正三角形を2つ合わせた菱形のそれぞれの辺が、三つ折りにされて複雑な形になる様子を見ることが出来る。操作を繰り返すことで、さらに複雑になる。

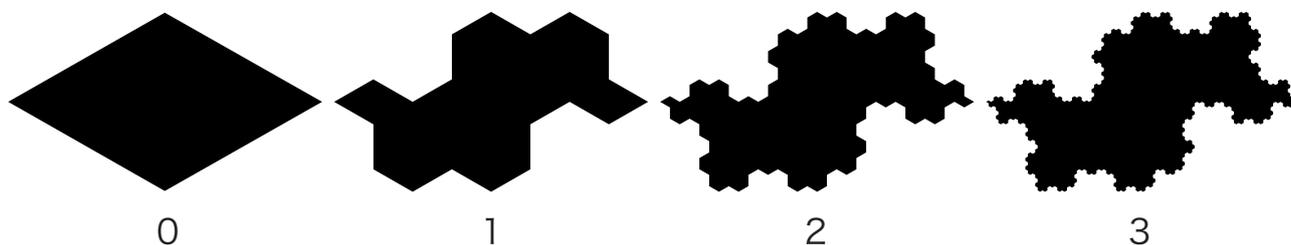
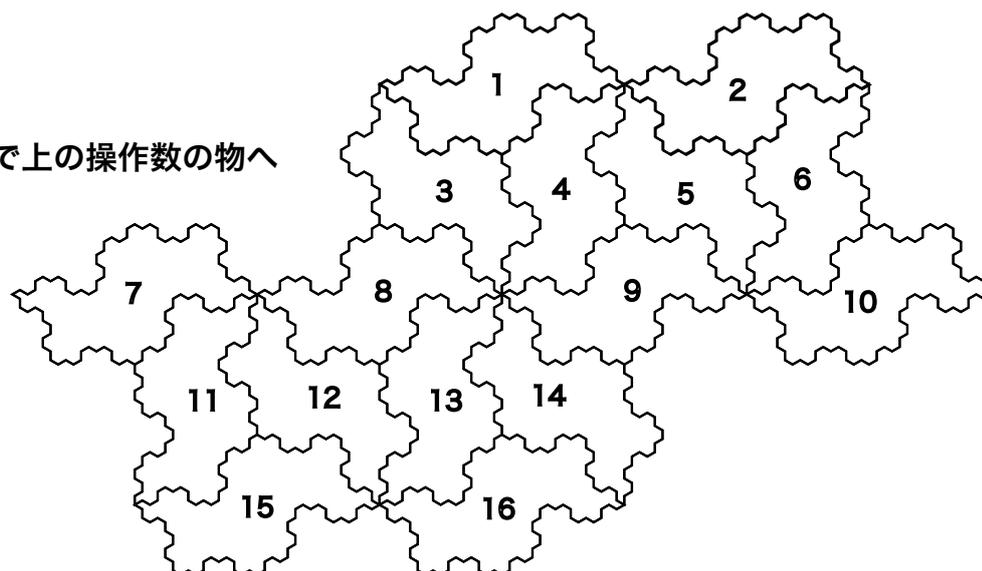


図1：コウモリ曲線と操作の繰り返し回数

2 コウモリ曲線の性質

図2にある様にn回の操作をしたコウモリ曲線16個を集めることでn+1回操作の物と合同な形を作ることが出来る。また、図2の2回操作形を16個集めると3回操作形にすることが出来ることから複雑な形で平面を埋め尽くすことが出来ることが分かる。その時に現れる対称性には、図2に見える6つ割、3つ割、並進、鏡映等、色々な対称性が現れる。

図2：16個で上の操作数の物へ



3 コウモリ曲線類

コウモリ曲線の拡張として同様の操作を正三角形と正六角形に行ったものが図3である。

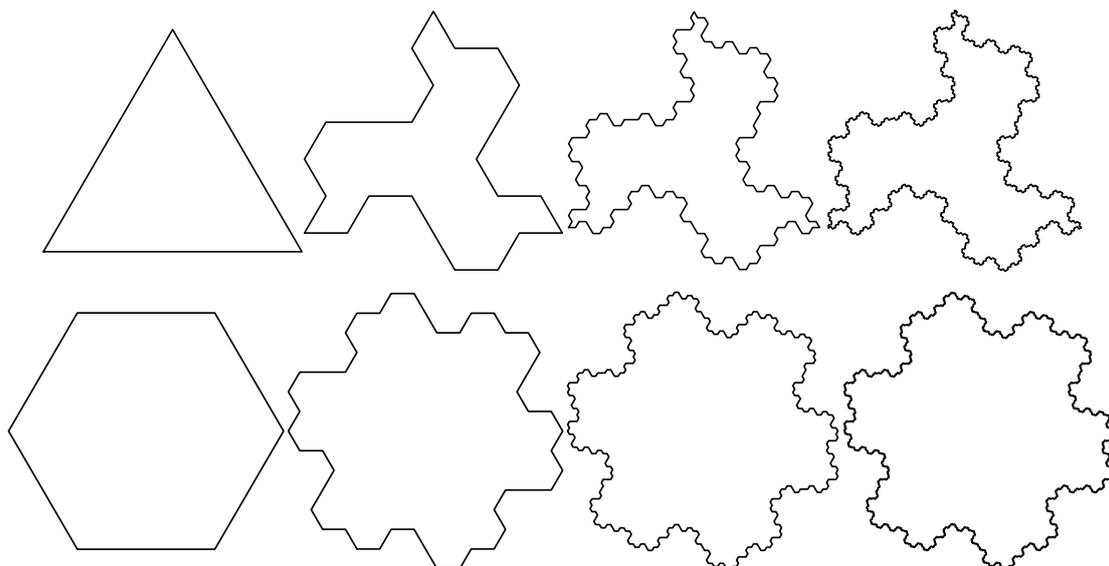


図3：コウモリ曲線類

これらには次の様な面白い性質があることが分かった。

(1) 正三角形を元とするコウモリ曲線類を6つ集めると同じ操作回数の正六角形コウモリ曲線類となる。

(2) 正三角形を元とするコウモリ曲線類が36個集まると操作回数の1つ多い正三角形のコウモリ曲線類となる。

4 まとめ：合同構成性と怪物曲線における相同構成性

正三角形を元とするコウモリ曲線類が36個集まると操作回数の1つ多い形となることが分かったが、これは以前からコウモリ曲線やスタッガー曲線等のいわゆる怪物曲線で知られた性質である。このような性質に怪物曲線における相同構成性という名前をつけて今後、調べてみたい。なお、三角形を4つ集めると4倍の面積の合同な三角形になることは自明であるが、このような性質を合同構成と名付けると、そこで焦点となるのは、

- (1) 合同構成が出来るか。その時の最小の数は、いくつか。
- (2) 最小数の2乗以下で合同構成が出来るか。
- (3) 合同構成が出来た時の並べ方は一種類か。

三角形で考えれば、4倍の面積でも9倍でも合同な形を作ることが出来ることは自明である。しかし、パズル等で知られる様に凹型では4倍、9倍は駄目でも16倍の面積であれば合同な形を作ることが出来る形も知られている。

怪物曲線における相同構成性においては、16倍の他に今回36倍で構成されるものが出てきた訳である。なお、辺の変形の繰り返しという観点から考えれば、最小の構成数以外で相同構成できるものを作ることは非常に難しいことが予想される。

参考文献等：1 中公新書「美の幾何学」伏見康治他 中央公論社 1979

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

自然信号をとり入れたコンピュータ映像の制作

笹田晋司¹, 黒澤あかね¹, 高橋 舞¹, 富田有香¹, 石垣 健², 倉持勇紀³, 高木隆司⁴
¹日本電子専門学校, ²COMA DESIGN STUDIO, ³株式会社コマデン, ⁴神戸芸術工科大学

Creation of Computer Movie with a Help of Natural Signal

Shinji Sasada¹, Akane Kurosawa¹, Mai Takahashi¹, Yuuka Tomita¹, Ken Ishigaki²,
 Yuuki Kuramochi³, Ryuji Takaki⁴

¹Japan Electronics College sasada@jec.ac.jp, ²COMA DESIGN STUDIO ishigaki@arsnote.com,
³Komadon Co. Ltd kurasan@s5.dion.ne.jp, ⁴Kobe Design University jr.takaki@iris.ocn.ne.jp

Abstract : A new method to create computer movies is proposed, where signals including fluctuations are extracted from natural environments and used to control random motions of objects in the movies. As examples the scenes of snow fall, fall of blossoms, fall of leaves, water wave near a coast and motion of aurora are created. The effect of natural signal is discussed based on its spectrum.

Keywords: Computer movie, Natural signal, 1/f Spectrum

1. はしがき

雪、桜、紅葉が舞い落ちるシーン、海岸に打ち寄せる波、オーロラの揺れ動きなどを含む映像をコンピュータで作ろうとすると、登場する多数の要素(雪片、花卉など)にランダムな運動を与えねばならない。ところが、この運動を人工的に作ると、非常に不自然な印象を与える。それは、自然界の不規則さが、人間が作りにくい独特の性質をもつからである。そこで、自然界から不規則さをもつ信号を抽出して、それを基にして映像中の要素を制御すると、自然な映像を人工的に作ることができると期待される。本研究の目的は、この方法で映像の断片を作ることを試みた結果を報告することである。今回の試みでは、自然信号として海岸に打ち寄せる波のビデオ映像を用い、それから信号を抽出しながらリアルタイムで映像を作成した。

自然界の不規則な信号は、 $1/f$ スペクトル(スペクトル強度が周波数 f に反比例する場合)をもち、それが心地よさを与える要因になっている場合が多い。今回使用した自然信号についても、そのスペクトルを求めて、その効果を検討する。

2. 映像の制作方法

制作方法を、雪のシーンについて説明する。雪の結晶の画像をあらかじめ作って入力しておく。多数の結晶を画面上部のランダムな位置に設定する。自然映像をビデオカメラで撮影し、リアルタイムでその映像の中の特徴点(明度が大きく変化している点)の位置をいくつか求め、それらを基に運動速度の3次元ベクトル場を構成する。雪の結晶は、垂直下方に移動すると同時に、ベクトル場によってランダムにゆらぎながら3次元空間を落下する。

結晶が地上に達したら、そこで運動がとまる。その間にも、新たに多数の雪の結晶を次々と置いて、同様に運動をさせる。結晶は、六角形の結晶形から、ぼやけた氷塊に変換させることもできる。

このシーンを見る視点の位置と俯角を指定することにより、制作された映像が変化する。

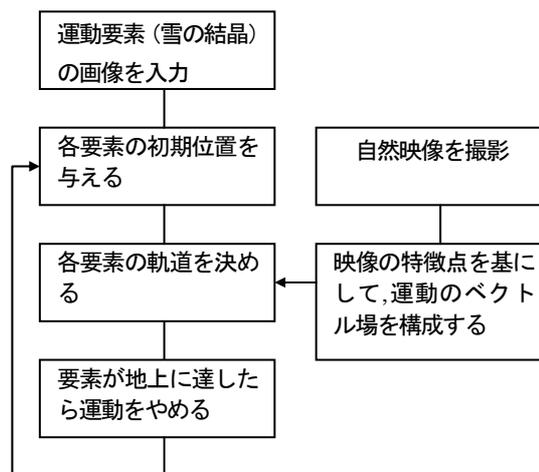


図1. 自然映像を基にして、要素の落下軌道を決めるプロセスのフローチャート。左右のプロセスが同時進行する。

3. 制作した映像の例

今回制作した映像は、桜の花弁、紅葉、雪が舞い落ちるシーン、海岸に波が打ち寄せる波のシーン、およびオーロラが揺れ動くシーンの5つである。自然映像と、それをスキャンして得た濃淡信号のスペクトルを図2(a)に示す。このスペクトルは、おおざっぱには $f^{-1.3}$ になっている。制作した映像の1コマを図2(b)-(f)に示す。自然映像が $1/f$ スペクトルに近いことから、製作された映像も自然な印象を与える。

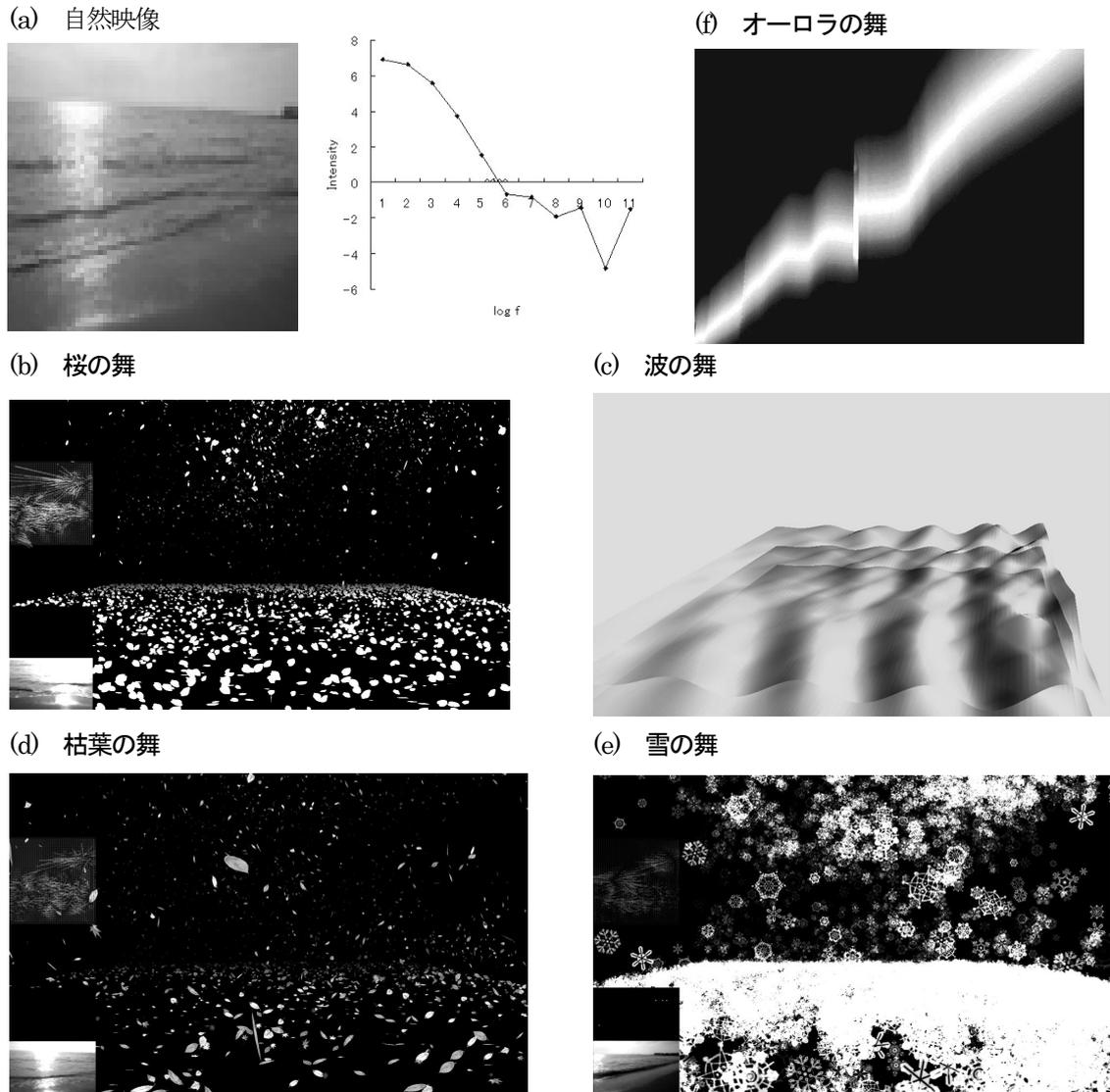


図2. (a) 海の波の自然映像とスペクトル, (b)-(f) 制作した映像の1コマ。(b),(d),(e)の左下の小さな窓は、使用中の波の自然映像と、それから構成した速度のベクトル場。制作したものはカラー映像である。

4. あとがき

本研究の目的は、私たちの感性をより深める表現方法を追求することである。研究はまだ始まったばかりであるが、1つの方向性を提案することができた。自然から学ぶことは尽きない。今回対象にした映像のように動きをともなう作品の制作においては、自然を忠実に模写する科学的なコンピュータ・シミュレーションと比較することにより、作品の検証をおこなうことも必要であろう。

アートとは自然現象より美しい人工物を作ることだと言うこともできる。一方、自然現象と人工物を美しさの点で比較することは不可能だと言う立場もある(自然から美しいと感じた部分を抜き出したのが人工物だという意味で)。今回の研究では、このような問題意識をもつ機会がしばしばあった。今後も、「美しさ」に対して謙虚な態度で研究をつづけることが必要だと感じている。

ニュートンのプリンキピア第 I 書命題 VII の変遷

——特に付図について

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

**Transformation of Proposition VII in Book I of Newton's Principia
with special reference to the adjoining figures**

Takeshi SUGIMOTO

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

Abstract: Newton's Principia is a difficult book for modern readers. One of the reasons is loss of knowledge on Apollonius's conics: this will be solved elsewhere in the near future. The original text is written in Latin, which is another hurdle. Translation of scientific documents needs special care to every words, equations and figures. One of the symbolic errors in figures of Principia is found in the one adjoining Proposition VII in Book I. Scrutiny of the figures in different editions and translations leads us to two findings. One is transformation of the figures made by Newton himself: this revision results in extensive use of this proposition in proofs for other propositions. Another is a mere error made by a craftsman engaged in an American edition of Principia in 1934. This error propagates to several modern editions of Principia in Japanese (1971 & 1979) and English (1999).

Keywords: Principia, bibliography, propagation of errors, lectio difficilior potior

事の顛末

思い立ってニュートンのプリンキピア(邦訳)を読み始めたところ、第 I 書命題 VII の付図に不審な点を見つけた。アーカイブの充実で、原著の pdf も手に入るようになった。さまざまな版を比較することで、二つのことを発見した。ひとつは、ニュートン自身が、初版→第 2 版→第 3 版へと改訂するたびに書き換えていたことである。特に初版から第 2 版の書き換えによって、この命題は単なる練習問題から補助定理相当に格上げとなった。もうひとつの事実は、1934 年に刊行された米国版に誤った図が入り込み、邦訳(1971 年およびその改訂版 1979 年)と最新の英訳(1999 年)が汚染されたことである。下に原著の図を、次ページにはプリンキピア諸版の参照関係を示す。

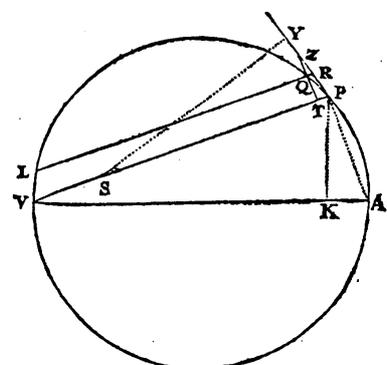
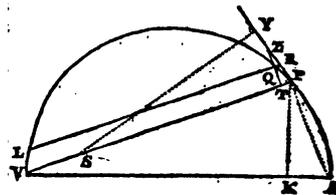
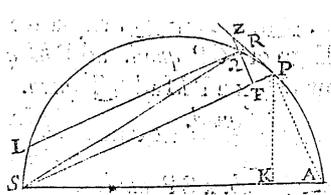


図 1. 命題 VII の付図 : 左から初版、第 2 版、第 3 版

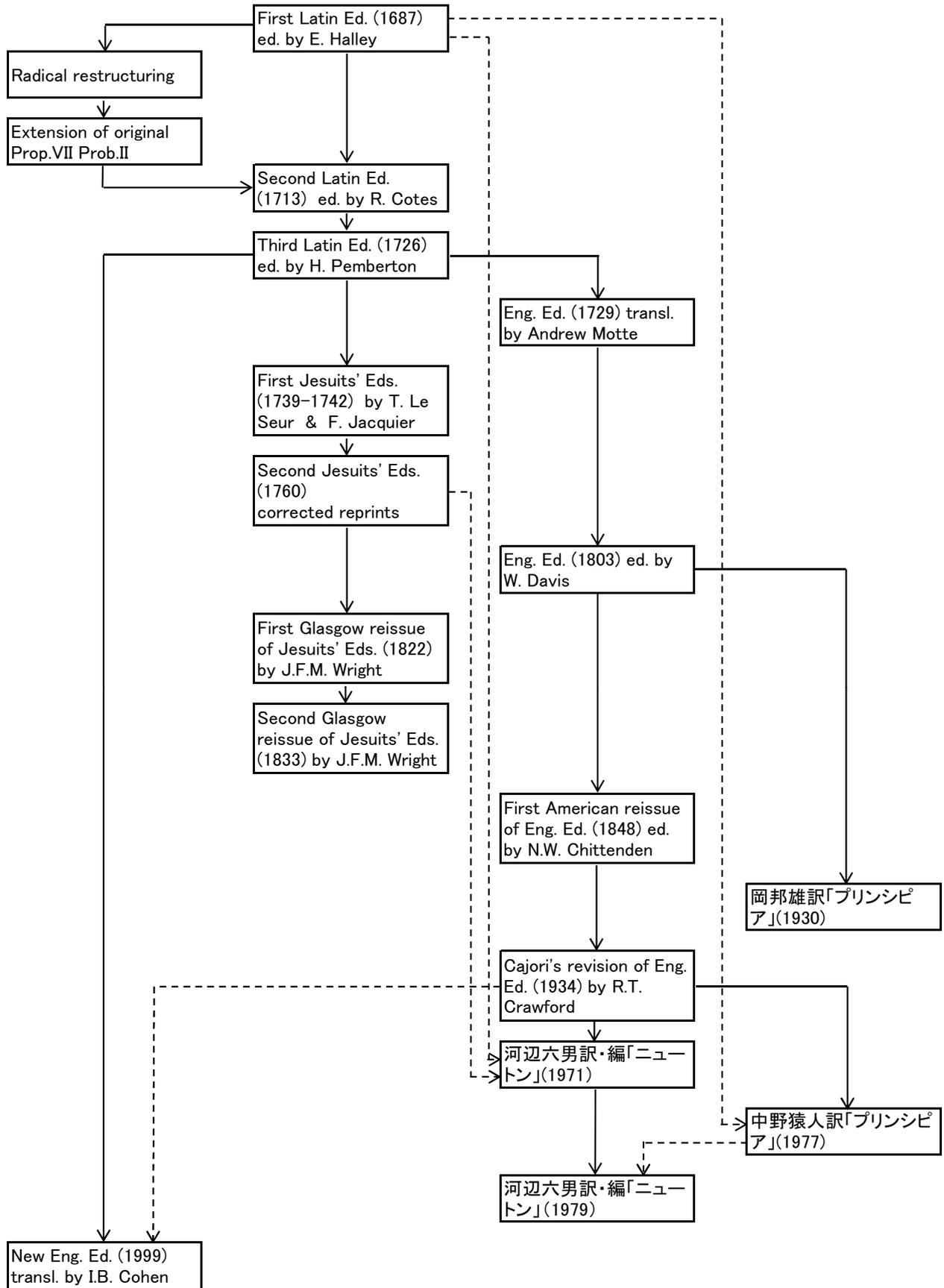


図2. プリンキピア諸版の参照関係: 実線 (翻訳、改訂)、破線 (参考)

表現の科学—地域の形を考える

岩田修一

東京大学新領域創成科学研究科 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

iwata@k.u-tokyo.ac.jp

Science on Community Phenotype

Shuichi Iwata

Graduate School of Frontier Science The University of Tokyo

5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa City, Chiba

Abstract: Creation of a better community is realized through a process of interactions among people and environment/nature, which results into each phenotype as a urban/rural landscape. This phenotype can be described simply as a regional landscape, as a topology of a community with respect to connections of people, value, mass, time and space sharing, as a set of indices to describe regional business, sustainability, culture, and as dynamics of human activities and so on. In this series of public lectures, different approaches to co-create our own community are introduced, expecting follow-up discussions and actions by the audience to make this Kashiwa/Nagareyama area better for everyone. As a proposal from one coordinator of this symposium living in this area, KATACHI may play an important role for different people living in the same place as a common language to communicate, where universities needs to create universal information commons for its regional society to evolve.

Keywords: community, landscape, phenotype, shape, co-creation, KATACHI, information commons

柏キャンパス地区は、時々刻々と進化しているが、このキャンパスや柏の葉公園の周辺地区が、100年後、1000年後にどのような景観になるのかは誰も知らない。

この地区が、大学という教育と研究の場を新たに内部に保持して10年余り過ぎたが、この後、周辺地域が如何に発展するか、どのような産業が育つのか、叡智のキャリアである高齢者が増える地域社会と大学との関係はどうなるのか、また逆に地域の発展が大学の新たな活動に如何なる刺激を与えるか、どのような大変興味深い課題であり、また夢も大きく膨らむ。

江戸時代や明治時代に日本にやってきた外国人の旅行記には、この国の手入れされた美しさを称賛している。かつては日光街道や利根川から江戸への運河のそばにあり、大鷹も棲んでいた自然豊かだった森は、高度成長期以降の日本全体で進行した無秩序な開発の痕跡をいたるところに残している。景観法も制定され、つくば学園都市と東京の中間に位置

して新たな開発が進行しているが、大丈夫だろうか？私達は、この地域の住民の責任として、心豊かにしてくれる知の森を創成し、自然の森も再生して、地域全体の調和・美観・伝統・魅力を増殖できるのであるだろうか？

長い年月をかけて形成された伝統と風格と調和のある街並みが都市を含む各地に残っているヨーロッパなど諸外国と比べて、もっと具体的には数百年かけて構築された英国のケンブリッジやオックスフォードのような風格のある地域、大学の活力を上手に展開しているボストンやシリコンバレーと比べても魅力的な地域を柏に創出するために私達は何をしなければならないだろうか？何ができるのであろうか？

今世紀になって日本でも、ようやく「美しい国づくり政策大綱」が作成され、景観法が2004年6月に公布された。実効性・法的強制力の向上についても具体的な検討が始まっているが、大都市や周辺地域の景観に関しては、過去の自由放任のつけは大きく、分野、対象によっては過度に厳しい制度的なガイドラインや社会の嗜好があり、公共財の構築や運用についても必ずしも成功しているとは言えず、全体の調和を達成するには抜け道だらけと都市景観のエントロピーは不安定領域でゆらぐ。

このような問題意識から、本公開講座のプログラムを考えてみた。この原稿を書いている時点では、

- * 人々が心から住みたくなる地域とは？
- * 地域の進化の数理は？
- * 環境デザインで何ができるか？
- * 高齢者のいるコミュニティの創り方は？
- * 産業や価値の創り方、生産性の向上方法は？
- * 藝術のインパクトは？
- * KATACHI は分野、価値感のカベを超える共通言語になりうるのか？
- *

などを考えている。外国人が書いた旅行記の多くは明治維新前の江戸時代の景観を讃美する。そうした時代とは全く異なる現代において、誰もが一度は住みたくなる地域の創成は容易ではない。公開講座に参加しながら、インタラクティブに、100年先、1000年先の地域の魅力的な地域の KATACHI が描けたらと考えている。

Message from Sign and Massage of Sign
～ Sign-system in Environmental Design ～
サインからのメッセージとサインのマッサージ
～環境デザインのサイン・システム～

今井澄子

今井澄子デザイン事務所/東京大学新領域創成科学研究科
東京都品川区東五反田 3 - 16 - 10/千葉県柏市柏の葉 5-1-5

Sumiko Imai

Sumiko Imai Design office/ Graduate School of Frontier Science The University of Tokyo
3-16-10 Higashigotanda, Shinagawa-ku, Tokyo/ 5-1-5 Kashiwanoha, Kashiwa City, Chiba
duospace@os.rim.or.jp

Abstract : Sign-system requires a holistic view as a design product, namely, harmonization as a part of each landscape, cognitive aspects as a carrier of messages for safe and smooth traffic flow, effective emergency guides for the case, 3R(reduce, reuse and recycle) and economy. Two examples are introduced to massage this design product for better design getting more commitments from society.

Keywords : sign system, environmental design, traffic control, emergency guide

1. はじめに

サインとは、人から人へのメッセージを表現する *Katachi* で、それは創る人の心と受ける人の心とのインタフェースである。そして、それは「しるし」や「符号」、「合図」など、人々が直感的に必要なことを理解するための情報源で、図や記号もそのひとつに含まれる。視覚的なサインを上手に組合せて、利用者を明快かつ円滑に誘導案内する情報設備のことを、ここではサインシステムと呼ぶ。サインシステムの最も基本的な目的は、不特定多数の人が利用する交通施設、公共施設、スポーツ施設、商業施設等において、一般利用者に対して見やすく、解り易く情報を提供することにある。

サインシステムは、人々の安全性や緊急性に拘わるものについて勿論、一般利用者が便利に安心して過ごせる街をつくりあげていくために、ばらばらな状態から脱却して、認知という視点からの統一化を進めることが必要である。また環境デザインの観点から、街の環境と調和するよう、サインシステム及びサインシステムが設置される環境を含めて、トータルデザインされることが求められる。筆者は、全国の街づくりを以上の環境デザインの観点より実施するた

め、高速道路における「上り下りサインシステム」及び「避難誘導サインシステム」を提案しているが、そこでは以上の考え方でトータルデザインを試みた。以下に2つの例を紹介する。

2. 「上り下りサインシステム」のトータルデザインの試み⁽¹⁾

日本縦断高速道路の上り・下り車線を2色に分け(図1)、交通安全を強化する方策と美しい日本の交通インフラに相応しいトータルデザインをおこなった。このデザインのポイントは、日本縦断の高速道路を、東京日本橋を中心として、上り・下り車線を2色に分けることである。運転者が車の進行方向が確実に解り進行方向の誤認がなくなることで高速道路での逆走を防ぐことができることや、サービスエリアでの出入り口での進行方向の確認のため必要以上の車の減速を防ぐなど、運転中の交通安全の強化が可能になる。



図1 日本の高速道路の上り下り

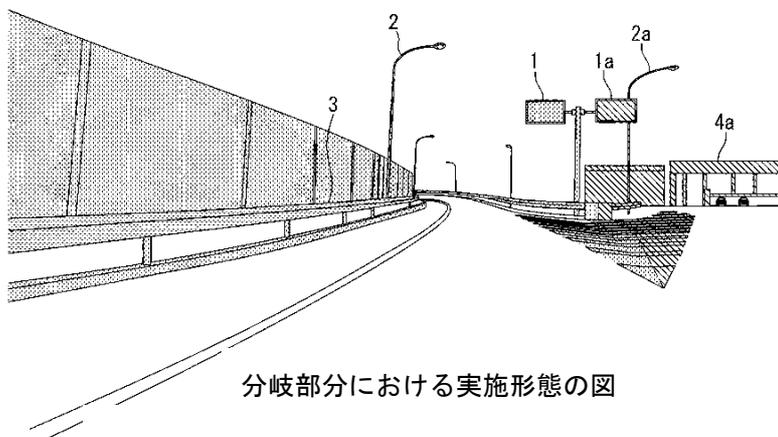
上り・下り車線と同様に2色に分けるのは、①高速道路、②サービスエリア、③料金所における、交通標識、車線のペイント、ガードレール、サイン等のすべてのアイテムであり、併せ

て、美しい日本の交通インフラに相応しいトータルデザインを考えている。高速道路のアイテムの例を以下に示す。

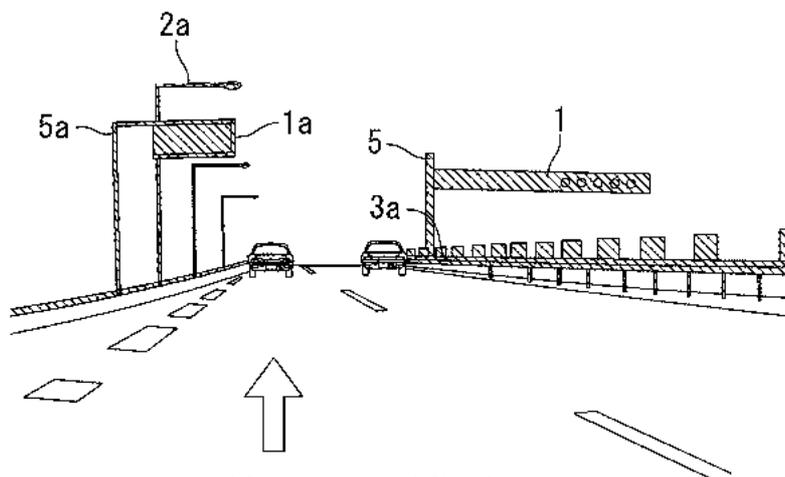
標識の見落とし、進行方向の誤認によって生じる危険を解消するため、高速道路の上り車線と下り車線にそれぞれ統一した固有の色彩を特定し、高速道路又はこれに付帯する施設に、上り車線、下り車線毎に前記固有の色彩を表示して高速道路の安全強化装置を構成している。以下に高速道路におけるトータルデザインの実施形態を示す。

固有の色彩は、路面など高速道路自体に表示するほか、付帯施設にも反映させる。付帯施設とは、交通標識 1、ガードレール 3、縁石、遮音パネル、バスシェルター、照明ポール 2、車止め、トンネル、歩道橋 7、サービスエリアの店舗またはトイレ、料金ブース 4 など、高速道路に付帯して運転者が目にするものであれば特に限定はない。

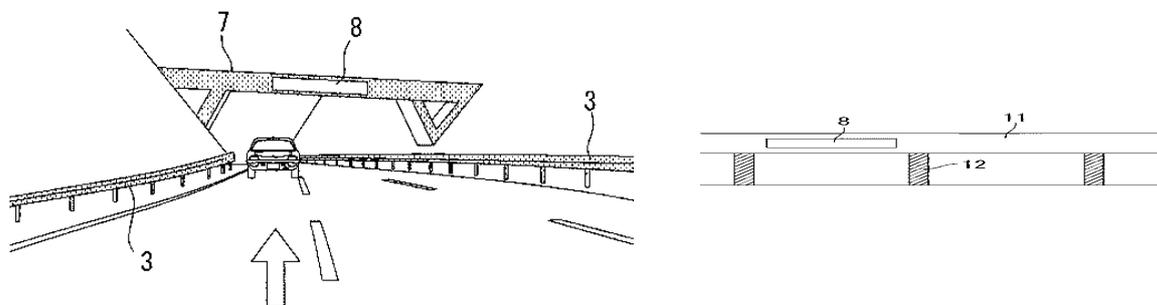
図 2 のデザインでは、高速道路のインターチェンジ入り口部分において、分岐する上り線と下り線の識別を容易にするために、標識 1, 1a, 照明ポール 2, 2a, ガードレール 3, 料金所 4a に、上り線と下り線それぞれ統一した色彩を付した。たとえば上り線の標識版 1, 照明ポール 2, ガードレール 3, はワインレッド色に彩色し、下り線の標識版 1a, 照明ポール 2a, 料金所 4a には緑色に彩色する。(図においては網点とハッチングで表示)



分岐部分における実施形態の図



本線部分における実施形態の図



歩道橋部分における実施形態の

橋脚への応用例を示す図

図2 高速道路におけるトータルデザインの実施形態

1 a 標識板 2 a 照明ポール 3 a ガードレール 4 a 料金所 5 標識板のポール 7 歩道橋 8 広告

3. 「避難誘導サインシステム」のトータルデザインの試み⁽²⁾

地震国である我国は、特に、都市部の密集市街地における大規模地震に伴う大火の発生が危惧され、震災応急対策の一つとして、迅速・安全に避難場所まで誘導する、避難標識の設置を全国的に展開することが急務である。また、避難誘導標識は、機能を充足した上で、美しいデザインとするため、多面的に研究をして、最適な形状・色彩・材質及びサイズなど追求して創造する。機能としては、一目で識別可能な高い視認度を確保し、標示されたサインや文字が、子供からお年寄りまで、誰でも容易に理解できること、標識本体の材質の高品質化や高耐候性、構造の強度を確保がある。また、避難誘導標識も都市景観を構成する要素の一つであるため、周辺に調和し、親しみがもて、記憶に残る美しいデザインとする必要がある。

当該デザインは、都市景観を構成する要素の統一にも資するものとして、他の災害標識や道路標識などのデザインへ転用できるものでなければならない。全国展開と国際化への対応を考えて、「避難場所」標示マークは、以下のように日本国家規格（JIS）の人型シンボルデザインを採用し、現在、現在、国際規格化に向けた日本案として、ISO（国際標準機構）に提案中である。

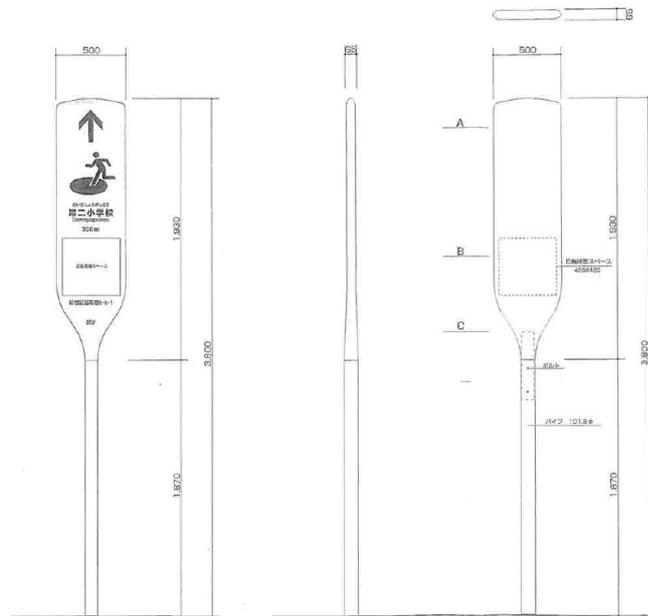


図3 避難誘導機能

4. まとめ

本来、多面的な配慮を必要とする環境デザインの KATACHI として、サインシステムのデザイン例を示した。サインシステムは、デザイナーと利用者との緊密なコミュニケーションの産物である。そこでは KATACHI が普遍的な意味を持ち、それはデザイナーと利用者との“マッチ”を通して進化し、やがて社会が共有する美しく、暖かく、やさしいインターフェイスとなる。デザイナーの一人としては、サインの KATACHI、色にそうしたメッセージを上手にのせることを考え、努力している。

参考文献：

- (1) 【高速道路の安全強化装置（実願第 2001-003183）】
- (2) 【避難誘導標識（意匠登録第 1254001 号）】

「何に見える？」わからない形の解釈と共感コミュニティの形成

大澤幸生

東京大学、東京都文京区本郷 7-3-1

ohsawa@sys.t.u-tokyo.ac.jp

“What is this...?” Interpretation of an uncertain shape and community formation

Yukio Ohsawa

The University of Tokyo, 7-3-1 Hongo, Bunkyo-ku, Tokyo 113-8656

Abstract: The interpretation of an image may vary for different viewers. According to our experimental cases, the structure underlying the simple shape emerges from the communication of viewers, and a consensus comes to be obtained shortly after the emergence of dense clusters of viewers sharing common interpretations.

Keywords: Interpretation, communication, human relations, empathy

形の解釈 図1の様な図を見て、服のボタン、穴の少ないレンコンなど、様々な解釈が可能である。解釈の容易でない絵画や形状について、様々な解釈から一つないし少数の解釈に絞り込んでゆく人の視覚から思考、理解に達する認知プロセスあるいは、視点計測や脳についての生理学的分析を用いた研究がなされてきた[1,2 など]。一方、社会的に解釈に対する合意が形成されるのはコミュニケーションによるものであろう。人々が UFO やネッシーの様な、正しく解釈したという確証の持てない（わからない）形状を視認し解釈を交換するうちに、世界を巻き込む大議論に発展した。また、細胞写真からの病理診断で良悪性の判断が医師間で分裂することはしばしば起こるが、そこでの的確な意見交換により正しい解釈を得て医療ミスを防ぐことができる。

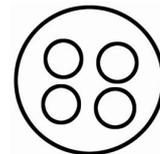


図1 何に見えますか？

しかし、形の解釈についての会話は会話・談話の分析研究においてあまり見られない。社会的問題についての議論の内容を分析的に可視化する技術の研究は多いが[4]、形の解釈では、その形が問題としての価値を有するかどうかさえ必ずしも合意されない。抽象的な美術作品を見る場合には、鑑賞者ごとに異なる興味を持って徘徊することはむしろ喜びとなり、作品への愛着を生み出す。しかし、このような状況においても個々の作品の解釈が一つあるいは数個の有力な解釈に収束するのは、いかなるメカニズムに因るものであろう。

しかし、形の解釈についての会話は会話・談話の分析研究においてあまり見られない。社会的問題についての議論の内容を分析的に可視化する技術の研究は多いが[4]、形の解釈では、その形が問題としての価値を有するかどうかさえ必ずしも合意されない。抽象的な美術作品を見る場合には、鑑賞者ごとに異なる興味を持って徘徊することはむしろ喜びとなり、作品への愛着を生み出す。しかし、このような状況においても個々の作品の解釈が一つあるいは数個の有力な解釈に収束するのは、いかなるメカニズムに因るものであろう。

会話における気づき：コミュニティ形成が先か解釈合意が先か 図1の解釈を考えてみようというだけで開始された Web コミュニティがあった。しかし、この問題の価値の高さを、参加者たちは認め合っておらず、むしろ冗談として意見を出している。途中から、ゲームなどのコントローラであるとする解釈の頻度が上がり、有力意見となった。

このような有力説の定着段階では、発言が多く、互いに反応しやすい参加者が特定されてくる傾向がある。では、彼らはコントローラというアイデアに群がったのか、それともアイデアの出現より先に密な関係を作ったのだろうか。自然に考えれば、互いに面識の無いメンバーを引き合わせる力が先にある筈であり、この場合は「コントローラ」というアイデアがそれであろう。しかし、この予想は以下の事例のように覆った。

人工物の構造化と価値創成

上田完次, 西野成昭

東京大学人工物工学研究センター, 千葉県柏市柏の葉 5-1-5

ueda@race.u-tokyo.ac.jp

Structuring of Artifacts and Value Creation

Kanji Ueda, Nariaki Nishino

Research into Artifacts, Center for Engineering (RACE), The University of Tokyo,
Kashiwanoha 5-1-5 Kashiwa, Chiba 277-8568, Japan

Abstract: This presentation describes structuring of artifacts and value creation, referring to the emergent synthesis. The function of artifacts is realized by structuring of artifacts, but artifacts not always create values even with high functionality. Value is created through interaction among artifacts, environments and humans. From this viewpoint, value creation model is proposed, and research examples based on these ideas are shown.

Keywords: Artifacts, Emergent Synthesis, Value Creation

1. はじめに

我々は人工物を生み出し、それを利用することで生活を豊かにしている。それは人工物によって提供される機能に依拠しているが、機能は人工物の構造が決定され発現する。一般的に、人工物の構造は閉じたシステムでの最適化を通じて設計されるものであるが、人工物の機能が利用される場合は社会であり、複雑で開いたシステムの中で機能から価値が生み出されることになる。従来 of 工学では機能と構造化の問題に焦点があてられ、社会における人工物の価値創出はほとんど扱われていきていない。本稿では、人工物の構造化と価値創成について議論する。

2. 人工物の構造化: シンセシスの問題

人工物を創るということは人間の創出行為であるが、別の表現をすれば、システムの“機能”を“要求仕様”として与えてそれを実現するシステムの“構造”を決定することである。そのような意思決定行為は、狭義の“設計”に限定せず、“シンセシス”と言うことができる。

構造化された人工物がある環境下で作動するとしても、その環境が変動する場合には事前に完全に知ることは困難であるし、人工物の設計者の意図さえも未確定の場合がある。すなわち、人工物の構造化のプロセスには多かれ少なかれ創発的なプロセスが関与するのであって、そのような設計行

為と設計プロセスを筆者らは創発的シンセシスと呼んでいる。

創発的シンセシス[1]によれば、人工物の目的と環境に関する情報の完全性に着目して、シンセシスの問題は以下のように三つのクラスに分けられる。

1. クラス I: 完全問題
目的および環境に関する情報が完全に既知であり、問題を完全に記述できるが、最適解探索が困難な問題。
2. クラス II: 不完全環境問題
目的に関する情報は十分に与えられているが、環境に関する情報が不十分なため、問題を完全に記述できないために、求解が困難な問題。
3. クラス III: 不完全目的問題
環境だけでなく、目的に関する情報が不十分なため、問題を記述できないために困難な問題。

特にクラス II, III には従来の決定論的な方法論では不十分であり、創発的な方法論が有効である。

3. 機能発現から価値創成

社会まで含めて人工物の創出を俯瞰すれば図 1 のように示すことができる。新しい人工物を創出するには、既存物を分析し獲得した知識を蒐集し、選択することによって、知識の集合を得なければならない。知識の集合が得られたとしてもそれ自体は人工物の生成を意味しない。要素としての知識の結合が決められて人工物は構造化する。

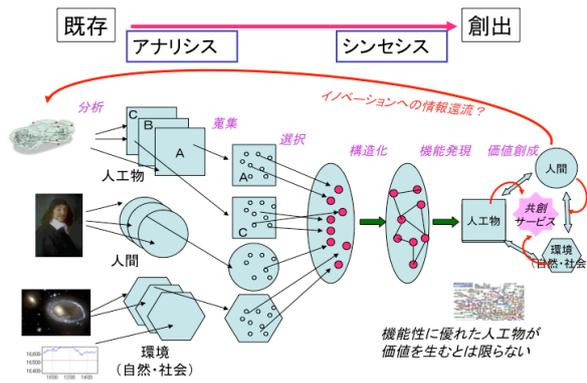


図 1：既存のアナリシスから価値創成のシンセシスへ

人工物として構造化されると機能が発現すると考えられるが、人工物の創出それ自体が価値を生み出す訳ではない。言い換えると、機能性に優れた人工物の創出が、豊かな価値をもたらすかということは自明ではなく、環境で作動し、市場で交換され、人に使用されなければ単に人工的なモノでしかなく、価値を生み出さない。このことは、人工物を人間や社会から切り離された孤立系として扱うことを妥当とせず、三者の共創を扱うことを要請する。ここで共創とは「多様な行動主体間の相互作用の結果、システム全体として有効解を創出する集合的意思の形成プロセス」である。

上記の議論を背景に、人工物が生み出す価値について、提供型価値（クラス I）、適応型価値（クラス II）、共創型価値（クラス III）の3つの価値創成モデルを提案している。大量生産は典型的なクラス I であるし、サービスはクラス III の価値共創が本質となる。そして、実世界の現状は理論無きクラス II であると言えることができる。例えば、製造業のプロセスレベルにおける日本の優位性は、現場における暗黙知や集団的協調主義に依拠した問題解決がなされてきたからである。多様化する現代社会においては、これまでの方法だけでは不十分であり、システムを開いての価値拡大を目指す価値共創型の人工物創出が必要である。

4. 研究例

創発的シンセシスや共創、価値創成に関連する研究例を紹介する。

生産システムのフロアにおける加工機のレイアウト問題を、自己組織化の手法を用いてアプローチしている[2]。ここでは、生産機械と加工機を構成要素とし、それらが局所的に相互作用しながら、創発的なプロセスを通じてレイアウトを形成していく。

図 2 にシミュレーション結果の例を示す。初めに与えられたランダムな配置が、自己組織化を通じて、効率的な生産を可能にするフロアレイアウトが実現している。すなわち、要求された機能を満たす加工機の配置という構造を生み出している。

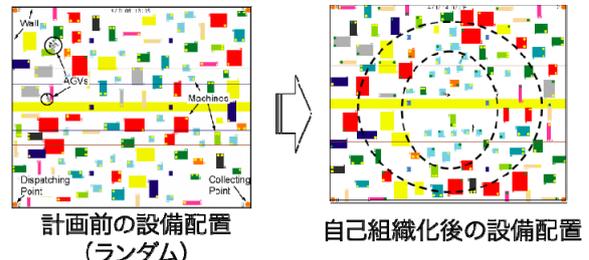


図 2：生産システムの設備配置の構造

別の研究例として、情報の局在性を導入した複雑ネットワークの創発モデルを提案している。空間4人のジレンマを用いて、意思決定主体間で協調行動がどのように構造として現れるかを、各行動主体の影響場の大きさとして表現した情報の局在性の観点から分析している[3]。図 3 は、行動主体間の協調ネットワークの構造を図に表したもので、局在性の違いから異なる構造が現れていることが分かる。

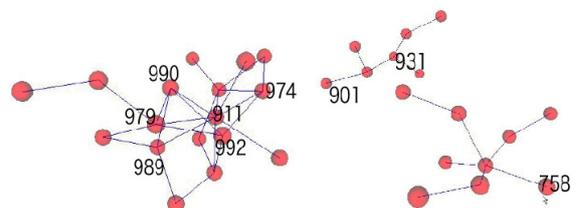


図 3：協力関係のネットワーク構造

その他にも、ネットワーク外部性が働く市場での製品普及の問題や、価値創成モデルによるサービス価値分析などの研究を進めている。詳細はシンポジウムで発表する。

参考文献

- [1] 上田完次 他：創発的シンセシスの方法論，未来開拓研究プロジェクト成果報告書，2001
- [2] K. Ueda et al.: “Facility Layout Planning Using Self-Organization Method”, Annals of the CIRP, 51(1):399-402, 2002.
- [3] 倉岡寛 他：“情報の局在性を考慮したネットワーク環境における協調行動の創発”，コンピュータソフトウェア，24(1):62-69, 2007.

表現科学へ向けて

河口洋一郎

東京大学大学院 情報学環

yoichiro@iii.u-tokyo.ac.jp

Toward the Phenotypic Science

Yoichiro Kawaguchi

The University of Tokyo

Abstract: Originally, Art had a close relationship to science, and it was quite natural that sense was deeply connected with theory. There were few artists, however, who succeeded in the fusion of science and art. Leonardo da Vinci has a rare talent for this fashion, because of his deep insight into the outer world and his visual sensation, again the meaning of our relationship to the natural world. It seems to us that art is a highly desirable means of embodying “the chemistry of science”, the new problem with which we are now confronted. Moreover, there is a method of creating living things and/or nature under a quasi-reconstruction of the laws of the natural world. This method, which approaches the observation values as closely as possible, will continue for a long time hence. This is to pursue why materialistic shapes and colors exist in this transcendent sphere, which includes the natural and the cosmos. The enlargement of those realms of existence will certainly render a molding cut off from the framework of earth or mankind possible. It is no exaggeration to say that Phenotypic Science will have to take up the challenge of experimenting in such invisible territories as essential elements of its future mission. Phenotypic Science is not satisfied simply to surpass a spatial phase; it must go beyond even a time stage. Perhaps we ought to construct Phenotypic Science so that it will push out in a wider sphere the viewpoints of artistic materials which can surpass the various genre divisions of the separate actions of the human receptacles like seeing and listening.

表現科学のねらいは、文化・芸術の高度化をより先導的に推進するために、類例のない、自然科学の美を高度に表現する情報造形を研究することである。そのために、

- 自然の造形美の現地調査研究による生物的 CG 技術の開発
- 濃密な超高精細 CG 映像の新伝統表現技術の開発
- 生き物のように反応するメカニクな立体造形技術の開発

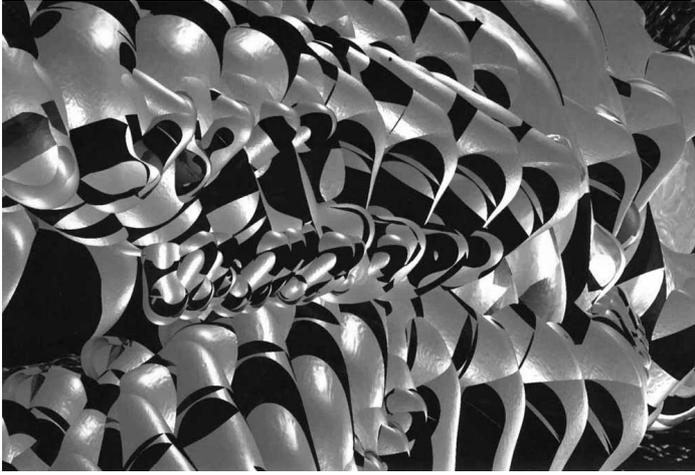
が、伝統芸能と有機的に連動した、濃密な超高精細映像を使用した複合現実感による空間創出技術の標準モデルを研究することを目的とする。

I-2. 研究の背景

「科学の美の高度な映像空間研究」を推し進め、独自の科学の知の高度な芸術化のための先端映像技術開発をすることが必要である。先端メディア技術を応用した、独創的、情感的で繊細な超高精彩の日本独特の新伝統芸能を創出するための技術開発を



人の動きに反応する情感的 CG 空間



行う「情報造形研究」に、早急に着手すべきである。

筆者は、過去 30 年近くにわたり、米国 ACM SIGGRAPH 国際大会等での先導的な CG 映像の研究発表に加え、2000 年以降、人とメディア空間がインタラクティブで情感的に反応する「ジェモーション (Gemotion = Growth, Gene +

emotion)」の基礎研究を発表している。この「ジェモーション」による舞台公演は、SIGGRAPH オープニングなどの記念公演および数多くの国際大会の招待基調講演を通して発表され、日本独特の新伝統芸能創出の重要性・可能性を提示した。このような高精細画像と人の動きとの創造性に満ち躍動感あふれる舞台表現は、幸いにも、さまざまな国際大会にてその斬新さから絶賛を得た。しかし一方で、投影された画像は 2 次元平面である舞台背景スクリーンへのみであり、舞台全体を超高精彩、独創的かつ情感豊かに、3 次元立体的に反応する統合的な「シアター空間」へ演出する新技術の試みは未だ実現していなかった。生き物のように映像に凹凸反応するジェモーション・ディスプレイは、2007 年には実現し、発表することができた。

また、近年において、日本を追い上げている、特にアジア各国のメディア技術の発展に対応し、わが国では先端科学技術を芸術に応用することにより、アジア諸国や欧米との特徴づけを図ることが急務である。しかしながら、これまでににおいて、このような試みはなされてこなかったのが現状である。

このような状況において、世界でも独特で長い伝統芸能の歴史を持つわが国として、1)伝統芸能の持つ繊細で高度に洗練された芸術性、2)世界最高水準にあり、さらに高度化、精密化される一途にある最先端科学技術、これらを統合させた新しい芸術形態として、日本古来の独自の世界感が濃密に揺らめきつつ、新しい進化の要素を印象強く加えた新伝統芸能の創出を行うことは、長い歴史を持つ文化立国日本として早急に着手すべきである。また、情報造形の研究は、組織的に確立された機関として着手し取り組むことで、長期的な継続およびより多方面への多彩で応用的な将来展望が強く期待できることは特に重視すべきである。

表現科学の研究は、大きく 3つのアプローチから生命的メディア空間の創出を目指す。

- ① 自然から発想した「バイオ・ビューティー」, 「メディカル・ビューティー」の先端 CG 技術
- ② 生命体から発想を得た、反応するメカニックな立体造形技術
- ③ 伝統芸能を先端化するためのシアター空間統合技術である。

その具体的内容を以下に示す。

① バイオ・ビューティー， メディカル・ビューテ ィー（自然から発想す るCG技術）

最先端をゆく日本の科学技術のプレゼンテーションとしての可視化にとどまらず，そういった成果をより印象的に見せるCG技術の開発．また，複雑で極彩色豊かな質感表現の実現．エモーショナルな動作表現を見せる生体マイクロ組織や軟体動物の形態生成・運動機構を，アルゴリズムとして再現するメディカル・ビューティー，バイオ・ビューティーのための表現技術に関する開発を行う．例えば，次に挙げるようなテーマである．

- 玉虫やモルフォ蝶，ルリスズメダイの鮮やかな構造色のレンダリング技術
- クジャク，カワセミなど野鳥の柔らかできらびやかな羽毛の光彩表現技術
- 蝶や蛾の擬態模様の生成技術
- クラゲのうねるような動作表現技術
- タコ・イカの色素変容による体色変化の表現技術
- 地殻変動や造山運動のダイナミクスや，鍾乳洞の有機的形状生成技術
- 生体臓器・血管・神経細胞といった有機体組織の微細な構造生成技術
- 生物の発生，自己組織化および進化のメカニズム

これらの自然的知見の吸収は，フィールドワークによる，説得力のある精密な観察を元に行われる．また，これらの研究は，発生と進化を経験した生物の生態解明のためはもとより，自己生成的・自己複製的アルゴリズムの適用により，退化や絶滅を仮説的に取り入れることで，斬新で有り得るかもしれない生物の仮説的な形態生成を生み出すことが可能となる．

②自然から発想される，反応するメカニックな立体造形技術



単純で予測可能な動作を目指すメカニクスではなく，空間要素として人間や環境とのインタラクションを持つ，反応するメカニク的な立体造形技術．例えば，次のようなテーマが期待される．

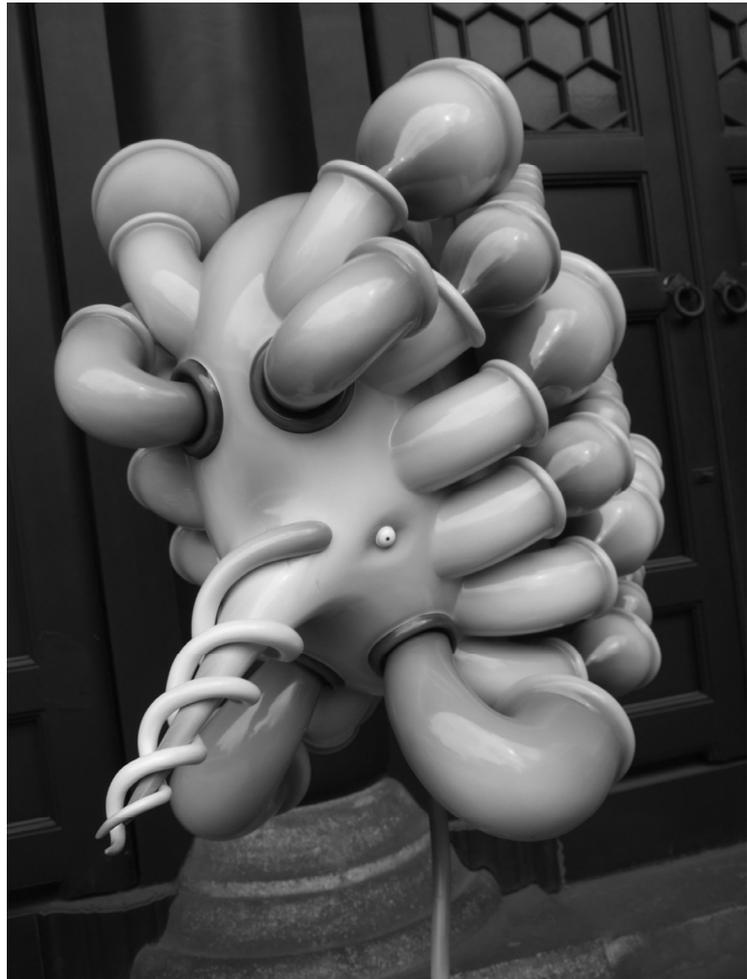
- タコやイカなどの軟体動物型の立体造形の，ダイナミックかつ安全な制御技術
- 浮遊し，人間とインタラクションを持つクラゲ型立体造形
- 外界との反応，協調のためのセンサー，ユビキタス技術
- 人間や環境との接点を保つためのインタフェース技術

③ 新伝統芸能空間を演出する映像技術

本研究の成果発表の場となる空間について，下記の技術開発により実現させる．

①ならびに②にいう技術の発表，モニタリング，評価のために，空間の効果的な演出を行う．従来からのコンテンツに加え，日本の高度な文化芸術・伝統芸能と融合し，「新伝統芸能」へと昇華するための空間変形装置や，錯綜する複合現実感をもたらす，生命的に反応する空間構成技術の実現を目指す．また，この空間は，世界最高峰の映像技術であるスーパーハイビジョン映像で埋め尽くされる．この技術の実現によって，かつてはディスプレイ内に限定されていた映像表現が空間的に展開し，多様なコンテンツの汎用性のあるプラットフォームとして，音，映像，動きなどの総合的な要素を持つ双方向的な空間が実現する．

- スーパーハイビジョンにふさわしい超高解像度・リアルタイム CG レンダリング技術
- 大型レンチキュラーを用いた，超感覚ディスプレイ，映像装置の研究
- 生き物のように呼吸し，より大きくかつ優れた反応性を有する大型映像装置（例：大型凹凸ディスプレイ）の開発
- 空間内に共存する人間・立体造形・映像を高度に融合するための展示技術
- パフォーマンス＝演技を阻害せずに舞踏動作を受信するための高感度ウェアラブルセンサの開発
- ユビキタス技術等を用いた，ステージ上/展示物と参加者，鑑賞者とがコミュニケーションし，そのデータ（評価など）をフィードバックできるシステム



アルキメデスの方法

杉本 剛

神奈川大学工学部 横浜市神奈川区六角橋 3-27-1

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

The Method of Archimedes

Takeshi SUGIMOTO

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

Abstract: Archimedes is known to use his physical tool and conceptual experiments for method of mathematical problem-solving. It is written in his *Method*: seeking for the volume of a paraboloid; he uses a lever and the equilibrium of torques to obtain its volume is half the circumscribing circular cylinder. This motive is used to manufacture the 3D mobile.

Keywords: Archimedes, Method, mobile, history of science

3次元モビールの造形

アルキメデスは、19世紀の末に発見された「方法」とよばれる作品によって、得意の「天秤の原理」を数学の問題を解く際にも使っていたことが知られている。

図1は、回転楕円体の体積を求める問題である。天秤の右にぶら下がる回転楕円体の半径分布は、 $y^2=R^2x$ である。これのまわりを円柱が取り巻いているとすると、 $y^2:R^2=x:1$ であるから、天秤の支点から x の位置に吊り下げられた面積 πR^2 の薄い円盤は、支点から -1 の位置に水平に吊られた面積 πy^2 の薄い円盤と釣り合う。こうして、天秤の右に横吊りにした直円柱と、天秤の左に縦吊りにした回転放物体とを釣り合わせることができる。

ところで直円柱の重心は中央にあるから、支点から 0.5 の位置に吊るした円柱と支点から -1 の位置に吊るした回転放物体が釣り合うことがわかる。したがって、回転放物体の体積は、それを取り囲む円柱の体積の半分であることが結論できる。実際計算してみれば

$$\begin{aligned}\pi \int_0^1 y^2 dx &= \pi \int_0^1 R^2 x dx \\ &= \pi R^2 \int_0^1 x dx \\ &= \frac{\pi R^2}{2}\end{aligned}$$

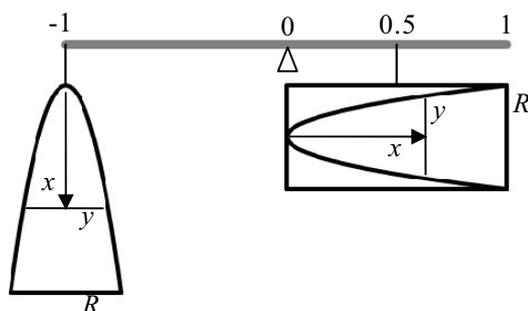


図1. アルキメデスの「方法」の原理

である。

今回はこれをモチーフにした3次元のモビールの制作を試みた。作品の側面には、アルキメデス好みのモチーフである螺旋を描いてある。

文献

Heath, T. (2007) *The Method of Archimedes*, Cosimo Classic, pp.108.

内心の定理による正5胞体の折りたたみとその折り紙モデル

海野啓明, 山尾直史, 矢島邦昭

仙台電波高専, 仙台市青葉区愛子中央4丁目, kaino@cc.sendai-ct.ac.jp

Folding 4-Space Regular Simplex around Its Incenter by Using Origami Model

Keimei KAINO, Naofumi YAMAO and Kuniaki YAJIMA

Sendai National College of Technology, Aobaku, Sendai 989-3129

Abstract: When a triangle is flat-folded around its incenter by using the incenter theorem, all line segments are brought into coincident with the base. In the same way, 4-space regular simplex is flat-folded around its incenter. We will show this fact by using an Origami model.

Keywords: 4-space regular simplex, flat folding, incenter theorem,

内心の定理によれば, 3角形の角2等分線は内心の1点で交わる. 内心から辺に下ろした垂線を谷折りとし, 3本の角2等分線を山折りとすると, 3角形は辺を重ねるように平らに折りたたまれる. このように, 辺に注目すれば, 折りたたまれた状態を調べることは1次元低い問題になる. 4次元正5胞体を内心の定理により折りたたむ問題は, 胞に注目すれば3次元の問題になる. 正4面体の折り紙のモデルを用いて正5胞体の折りたたみを調べる.

正5胞体の展開図では, 図1のように赤の正4面体の各面に白の正4面体が貼り付く. 4次元XYZU空間において展開図を $U=0$ 超平面に置き, まず点Aを共有する3つの正4面体をU軸超上に折り, 次に図2のように底面に付いた破線の正4面体をU軸超上に折ると, 赤の正4面体を底とする正5胞体ができる.

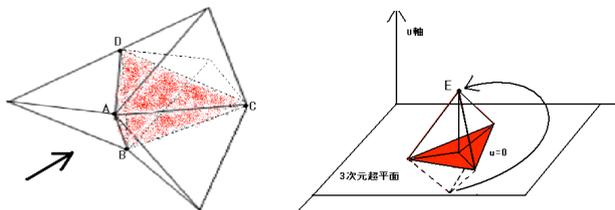


図1. 正5胞体の展開図. 図2. 正5胞体の折り方.

正5胞体の折りたたみ方は次の通りである.

(i) 図1の展開図は図3のように面①②③で分解される. 正5胞体では赤黄緑の面同士が合わさる. (ii) 図3の色付きの4面体を真中の白い4面体の側面①, ②, ③を折り面として鏡映

変換すると図4のようになる. (iii) 図4の正4面体2, 3をそれぞれ図5のようにブック折りと中割り折りすると, 上方の4面体1と同じ色の面で重ね合わせられる(図6の襟参照). (iv) 底面 $\triangle ABC$ の下に付いた正4面体を内心のまわりに折りたたむと両脇にポケットができるので, それに(iii)でたたんだ2つの4面体を入れると図6のように重ね合わせられる.

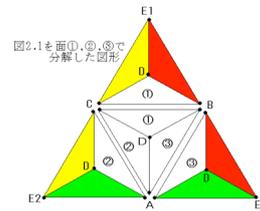


図3. 展開図の分解.

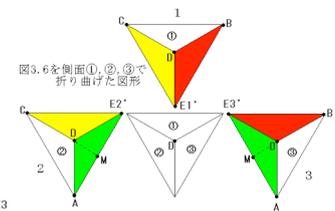


図4. 鏡映変換1

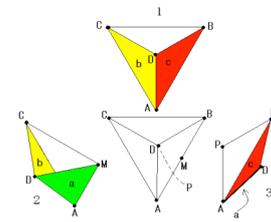


図5. 鏡映変換2



図6. 折りたたみのモデル

まとめると, 正5胞体は内心の周りに折りたたまれるが, これはより低次元の折りたたみ方から構成されるので, 高次元の正単体でも同様に折りたためると予想される.

【参考文献】

海野 他: 形の科学会誌, **23**, (2008), 352-353.

科学・幾何学の触れる立体模型 —手に取ってモノを観察する事の重要性—

手嶋吉法^{1,8}、池上祐司^{1,2,8}、大内進³、小川泰^{1,7,8}、金子健³、田中明子¹、
中野司¹、藤芳衛⁴、松岡篤^{5,8}、山澤建二²、渡辺泰成^{1,6,8}

¹産業技術総合研究所、²理化学研究所、³国立特別支援教育総合研究所、⁴大学入試センター、⁵新潟大学、⁶帝京平成大学、⁷筑波大学名誉教授、⁸科学芸術研究所 ISTA

Touchable solid models of science and geometry: Importance to observe substantial models in your hands

Y. Teshima *, Y. Ikegami, S. Oouchi, T. Ogawa, T. Kaneko, A. Tanaka,
T. Nakano, M. Fujiyoshi, A. Matsuoka, K. Yamazawa, and Y. Watanabe

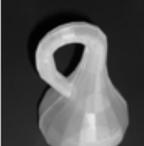
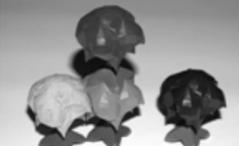
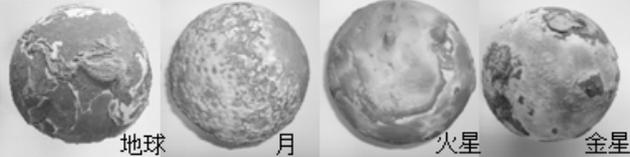
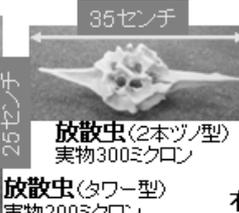
* yoshinori.teshima@aist.go.jp

Keywords: 立体模型、触覚、形状認識、研究支援模型

「視覚障害者の立体認識機構の研究および立体幾何学教材の開発」プロジェクト

→ 視覚障害者の触覚鑑賞の世界を豊かにするべく、様々な立体模型を開発

- ・**抽象物:** 実体化しなければと自然界に存在しないものを実体化。例: 幾何学模型(数学曲面、多面体)
- ・**巨大物・微小物:** 実物のサイズが触察可能サイズ(手のひらサイズ)から掛け離れ、そのままでは触覚認識不可能なものを縮小または拡大して実体化。

抽象物	 古典的数学曲面 「サイクライド」	 数学曲面的な造形 「ミスドーナツ」	 準正多面体全16種 上図は{3,3,3,3,5}	 数学モデル 「クラインの壺」	 3次元エッシャーパターン「木」 1つの形で空間を隙間無く完全充填	
巨大物(惑星儀)	 地球 月 火星 金星				人工衛星の惑星探査による 正確な地形データから作成された 高低起伏を持つ惑星儀 模型の直径: いずれも約20センチ	
微小物 (プランクトン骨格模型)	 放射虫(タワー型) 実物200マイクロン	 放射虫(2本ツノ型) 実物300マイクロン	 有孔虫 実物500マイクロン 左は外面。右は2つに分割した内部			マイクロX線CTで計測した正確な3次元形状データから作成された プランクトン骨格模型 ※[世界初] 現時点では 研究支援模型としての 価値も高い

謝辞: 本研究は、科研費[基盤研究(A) 18200049]の助成を受けている。

コウモリ曲線類を使った絵の展示

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

コウモリ曲線類は色々な対称性を持っている。その性質を使い絵を描いてみたので展示する。その性質に注意しながら楽しんで頂きたい。

The exhibition of CG using the Bat curve family

The Bat curve family has some interesting characteristic on symmetry. I draw the CG using the Bat curve family. Please enjoy my works with some attention on symmetry.

シンポジウムで 発表するコウモリ曲線類は色々な対称性を持っている。その性質を使い絵を描いてみたので、その性質に注意しながら楽しんで頂きたい。

図の注目点は次の通りである。図1は、色々な対称性が見られる。図2では、三角・六角を元にするコウモリ曲線類が巧みに組み合わされて構成されている。また、三角を元にするコウモリ曲線類6個で、六角を元にするコウモリ曲線類が作られる。

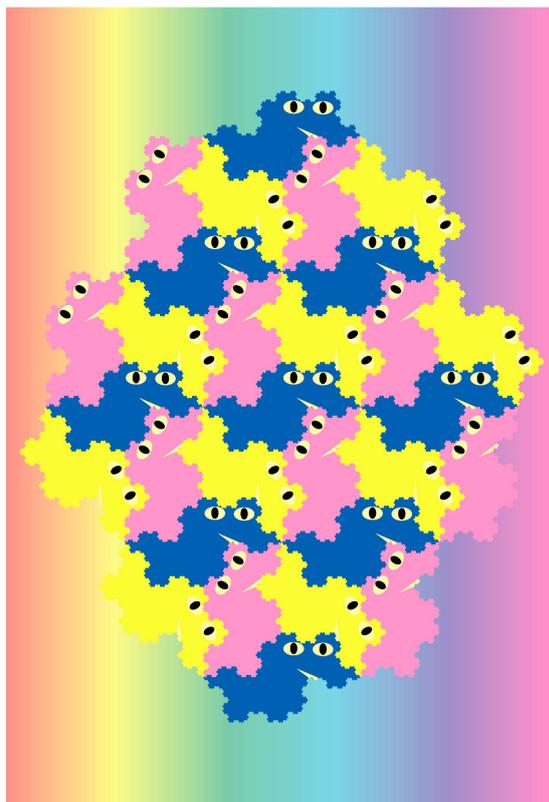


図1：コウモリ曲線

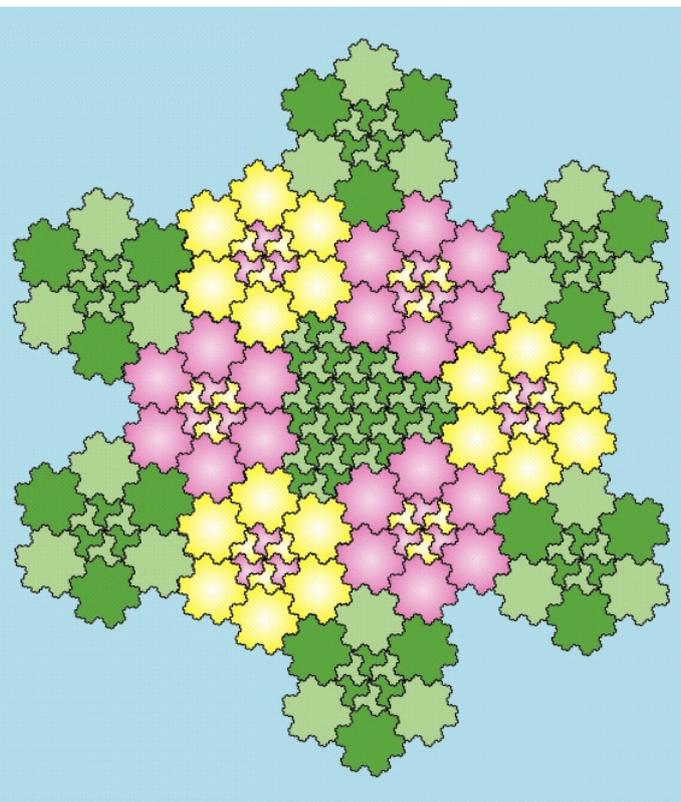


図2：三角・六角を元にするコウモリ曲線類

参考文献等：「Mathematicaで絵を描こう」中村健蔵 東京電機大学出版局 1998

Pneuma

文-boon

e-mail : boon@boonblue.com

Pneuma

Boon

Abstract:

”Pneuma ” is an artwork of videos and photographs of the bubble shapes obtained by blowing the air into thin oil. The air bubbles reveal actually the different pattern whenever it is blown. Being aware of the bubble flow as a primitive symbol of a life and natural rhythm, it will provide an opportunity to tune and ease our mind and to delve into ourselves.

私は、現代美術における非物質を主題とした作品を制作している。物体としての痕跡が残りづらい自然現象を媒体としてパフォーマンスやインスタレーションなどの表現を試みている。今回は、” Pneuma” という作品を展示する。この作品は、オイルに空気を吹き込んで得られたかたちをビデオや写真で撮影したものである。” Pneuma” という意味は、ギリシャ語で「息を吹き込む」「精霊」などという意味がある。ふと生まれたかたちに、あるとき魂が吹き込まれ生物が生成したというようなイメージが浮かび作品を制作した。このような原始的なかたちを眺めることで、人間の内面に静寂が生まれていくのではないかと考えている。

Keywords: viscous finger, Mixed Media, Art

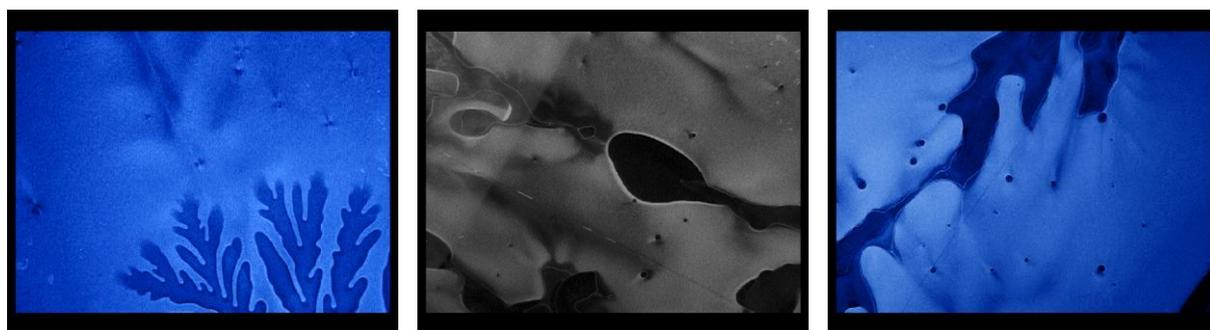


図1 “Pneuma” (Video,photo)



図2 左 青の静寂 CD (笙 : 石川高) / 中央 スパイラル (青山) / 右 青山芸術祭

制作協力 : Kiri

X線CTによる浮遊性有孔虫の内部構造と三次元形態計測

遠藤孝義*, 佐々木 理**, 岩下智洋***, 尾田太良*, 長濱裕幸*

*東北大学大学院理学研究科地学専攻地圏進化学講座, 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

**東北大学総合学術博物館, 〒980-8578 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-3

***有限会社ホワイトラビット, 〒468-0015 愛知県名古屋市天白区原 2-404 ドミール小出 403

E-mail: entaka@dges.tohoku.ac.jp

Inner Structure and 3-D Morphometry of Planktonic Foraminifera by X-ray CT

T.Endo*, O.Sasaki**, T.Iwashita***, M.Oda*, H.Nagahama*

*Division of Geo-Environmental Science Department of Earth Sciences Graduate School of Science Tohoku University, 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, 980-8578, Japan

**The Tohoku University Museum, 6-3 Aoba, Aramaki, Aoba-ku, Sendai, 980-8578, Japan

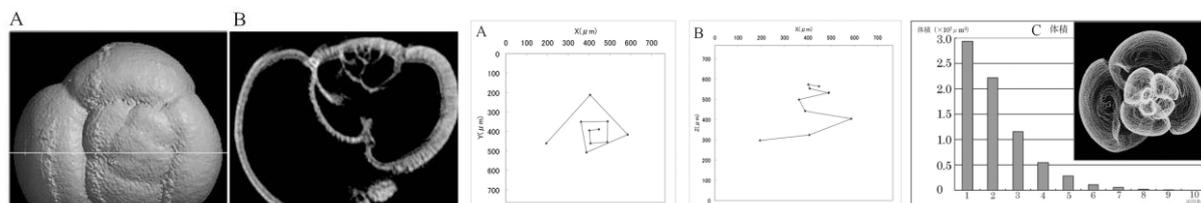
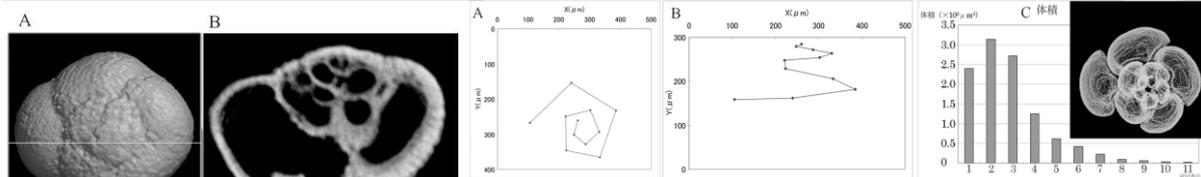
***White Rabbit Corporation, 403 Domicile Koide, Hara, 2-404, Tempaku-ku, Nagoya, 468-0015, Japan

Keywords: planktonic foraminifera, computer tomography(CT), growth process

二次元像を元にした形態計測研究では、個体成長過程の記載や分析には形態情報の計測精度に原理的限界がある。そこで本研究では、浮遊性有孔虫 *Globorotalia orientalis* 系列をテストケースとして、X線CTによって得られる断層像と三次元形態情報から浮遊性有孔虫の個体成長過程の記述パラメータを実測するための計算機プログラムの開発を行った。

今回は *G. inflata inflata* と *G. inflata praeinflata* の2個体の化石標本を用いた(Figs.1A,3A)。CTによって得られる断層像で殻の内部構造を観察すると、隔壁状に内側に突出した口孔縁と同じ殻厚で連続する薄い内層と、やや画素値が小さく暗いバンドによって内層と分けられる厚い外層の発達が2つの標本いずれにおいても明瞭に見られる(Figs.1B,3B)。Hemleben *et al.* (1977; *Journal of Foraminiferal Research*, 7(1), 1-25.)の図版12, 写真2は一次石灰化層と二次石灰化層の間に数層の有機質層が発達することが示されており、断層像の内層と外層を分ける低密度層は有機質層による密度低下層と考えられる。

浮遊性有孔虫は個体成長にともない室房を付加していくことが知られ、*G. inflata inflata* と *G. inflata praeinflata* では螺旋状に付加していく。各室房ごとの重心位置(Figs.2A,B,4A,B)と体積(Figs.2C,4C)を求めた。重心軌道のX-Y平面投影は両種のひと巡回当たりの室房数の違いを示す。すなわち、*G. inflata inflata* の重心点を結んだ軌道は四角形であるのに対して(Fig.2A), *G. inflata praeinflata* のそれは五角形状を呈する(Fig.4A)。この特徴は、Maiya *et al.* (1976; *Progress in micropaleontology*, New York, American Museum of Natural History Micropaleontology Press, 395-422.)が指摘した最終巡回の室房数の違いに対応する。一方、X-Z平面投影では両種の軌道の明瞭な違いは認められない(Figs.2B,4B)。このときの形態変化において認められている最終螺旋の室数の減少は、殻の付加成長モデルからみると、殻成長率の増加として定量化できる。

Fig.2. *G. inflata inflata* の形態計測結果A: 室房重心の X-Y (螺旋側面投影) グラフ, B: 室房重心の X-Z (端側面投影) グラフ, C: *G. inflata inflata* の室房・体積のグラフ, Cの横軸は新しい順から並べた室房番号, 縦軸は計測した室房体積を表している。Fig.4. *G. inflata praeinflata* の形態計測結果A: 室房重心の X-Y (螺旋側面投影) グラフ, B: 室房重心の X-Z (端側面投影) グラフ, C: *G. inflata praeinflata* の室房・体積のグラフ, Cの横軸は新しい順から並べた室房番号, 縦軸は計測した室房体積を表している。

陶芸作品「Breathing Cube」における融け崩れる形

竹野美奈子

タケノセラミックラボ

121-0822 東京都足立区西竹の塚2-1-8 ヤスミビル 501

takeno@w6.dion.ne.jp

1. はじめに

「Breathing Cube」(図 1)は、窯の熱により融け崩れた立方体と、様々な質感をもつタイルを組み合わせた、陶芸作品である。硬そうなのに軟らかそう・・・といった、相反するイメージをもたせ、違和感、不安定感を表現することを試みた。今回は、作品のベースとなる融け崩れる形に焦点をあて、温度や構造の違いによる形の変化を報告する。ベースとなる立方体は、厚さ 3 mm~4 mmの板状の粘土を張り合わせた、中空構造である。低温で融けるように、粘土(白土)には長石やタルクを調合した。



図1 作品「Breathing Cube」

2. 融け崩れる段階の形_焼成温度による違い

一辺 184 mmの中空の立方体(上面と底面は 184*184 mm、側面 A は 184*176 mm、側面 B は 176*176 mm、厚さ4mmの 6枚の板からなる)を、1190 度(図 2-a)、1220 度(図 2-b)、1260 度(図 2-c)の 3つの異なる最高温度で焼成した。形とともに色や質感も変化しており、土が焼き締まりガラス化する過程がうかがえる。1220 度(図 2-b)の側面には、上部が凸で下部が凹のタイプと、全面が凸のタイプが現われている。いくつかの試作から、前者が側面 A で、後者が側面 B であり、融け崩れが進行する段階で下部が凹のタイプに変化するだろうと推測できる。



(a) 最高温度 1190 度



(b) 最高温度 1220 度



(c) 最高温度 1260 度

図2 窯の熱で融け崩れる立方体

3. 穴を開けた場合の形

これは花器として制作された作品シリーズである。穴のサイズは、表面に貼られているタイルの大きさに合わせ決められている。

4. おわりに

次の課題として、辺の補強や、板厚の調整、部分的な過重などで、より細かな制御をするつもりである。複雑でありながらも、どこか見慣れた、「融け崩れる形」の研究を、原理を探りながら今後も進めていきたい。

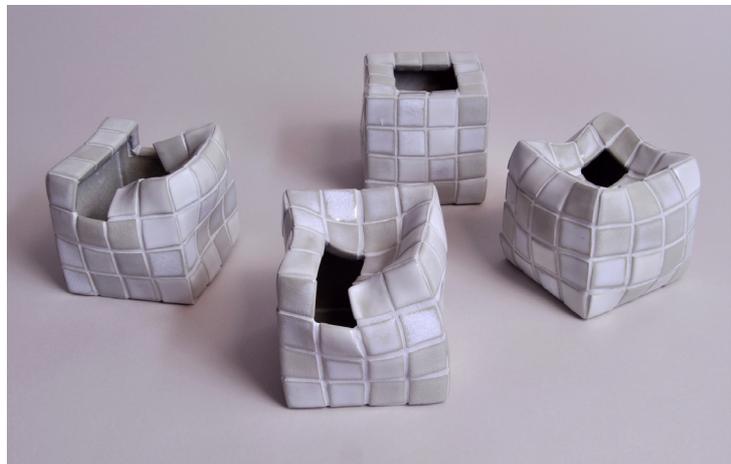


図3 作品「Breathing Cube 花器シリーズ」

力学ドリルアプリケーションでのイメージを伝える工夫

天野公貴¹, 河原崎幸之介¹, 和氣聡¹, 星大樹², 岩山知樹²,
福島甫², 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 東海大・開発工, 静岡県沼津市西野 317

E-mail: a070301k@gmail.com

Making Devices that Exhibit Images in An Introductory Mechanics Drill Application.

Kimitaka Amano¹, Kounosuke Kawarasaki¹, Satoshi Waki¹, Taiki Hoshi², Tomoki Iwayama², Hajime Fukushima², Shu Matsuura¹

¹ Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukui-kita, Koganei, Tokyo 184-8501,

² Tokai University, 317 Nishino, Numazu, Shizuoka 410-0395

Keywords: Topic Maps, introductory physics education, drill application.

1. ドリルアプリケーションの設計方針

本研究では初等的な大学の力学教科書[1]に関連した内容の選択肢型ドリルを、利用者のPCのデスクトップ上で練習するためのアプリケーションを開発している。本デスクトップ・アプリケーションは、章項目ごとのドリル問題の表示、利用者の解答の入力と正誤判定、およびその記録、記録の出力などの基本機能を備える。また、解答履歴をもとにした理解度の判定では、ドリルごとの理解度判定と、章ごとの理解度の2つの階層での評価を行い、部分と全体の理解度を把握できるようにする。また章項目間の内容上のつながりを可視化して、利用者の理解の構築を助けることを試みている。

2. 知識構造と理解度評価の重ね合わせ

通常の講座型学習システムでは、1次元的に配列された教材を逐次的に学習し、完遂を目指す。学習方法としてはこれが分かりやすいので、本アプリケーションでも書籍の章立てと同等の1次元表示を採用する。一方、右図のように内容のつながりを可視化したマップ表示を併用し、これにドリル学習の記録にもとづく理解度評価値を色彩などにより重ねて表示することで、内容のつながりと理解状況の分布を関連させた表現が可能である。また、ドリルごとの理解度表現も色彩とシンボルを用いて、わかりやすく、学習を喚起する工夫を試みた。文献

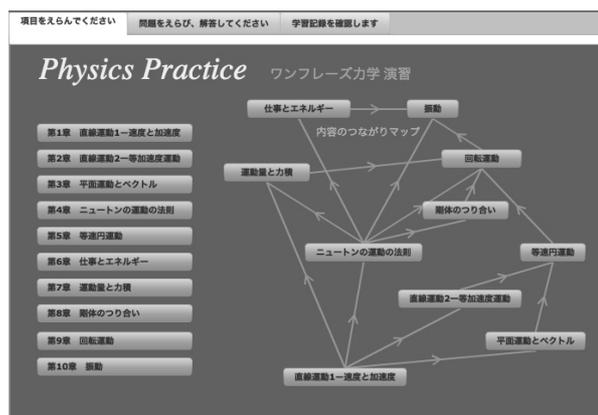


図 章項目の1次元表示(左)と内容関連表示(右)。

また、ドリルごとの理解度表現も色彩とシンボルを用いて、わかりやすく、学習を喚起する工夫を試みた。

[1] 原康夫『ワンフレーズ力学』学術図書出版社(2008).

オントロジー構築を通じた中等教育化学の単元構造の検討

安田和宏¹, 中村優美¹, 内藤求², 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株式会社ナレッジ・シナジー, 埼玉県所沢市くすのき台 3-747-4
レジデンス所沢貳番館 203

E-mail: yasuda.kazuhiro@nifty.com

Ontological Consideration of Traditional Unit Structures of High School Chemistry

Kazuhiro Yasuda¹, Yumi Nakamura¹, Motomu Naito², Shu Matsuura¹

¹Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukui-kita, Koganei, Tokyo 184-8501,

² Knowledge Synergy Inc., 203 Residence Tokorozawa Nibankan, 3-747-4 Kusunokidai,
Tokorozawa, Saitama 359-0037

Keywords: Topic Maps, ontology, chemistry education

1. 目的

Topic Maps は、知識構造を記述し、それを具体的な情報資源と関連付けるための ISO 国際標準規格である [1]。情報を表す要素は、Topic (主題)、Association (関連) および Occurrence (出現) の 3 つである。この三要素に対してそれぞれに型を定義することができ、この定義づけをオントロジー [2] と呼ぶ。

本研究は、学習者が理科学習を総合的かつ自主的に展開するための公開学習環境の構築を大きな目標としている。同時に、初中等教育の理科教育者にとっての理科全体の知識を関連付けながら教育素材を得られる web 上でのプラットフォームの提示も目指す。これらの基盤技術として Topic Maps を採用している。

本稿では、中等教育、特に高等学校課程における化学分野の知識構造を表現するオントロジーの構築を試みる。さらに、これをもとにして一般的な現行教科書での知識配列の問題を検討する。

2. 教科教育でのオントロジーの活用

化学オントロジー構築にあたって、物理量、物質構造、物質変化、化学変化などの大項目の分類を行い、それぞれの内部でトピック型の階層構造を検討した。この階層構造により知識の内容が表現される。このような構造化により知識の系統樹が形成される。一方、例えば「中和反応」の知識に関して、酸性の程度を測定するために用いられる pH は、「物質量」として定義される概念である。教科書では中和反応の学習の際に pH が導入されるが、知識構造を考えると pH を中和との関連のみならず、濃度など物質量と再度関連させて理解することが、より確実な認識をもたらすものと判断される。オントロジーの活用により、より有意な教育活動が可能になるものと期待される。

文献

[1] 内藤求『トピックマップ入門』東京電機大学出版局(2006)

[2] 溝口理一郎『オントロジー工学』オーム社(2005)

溶解度学習から広げる分野横断的トピックマップの制作

中村優美¹, 安田和宏¹, 内藤求², 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株式会社ナレッジシナジー, 埼玉県 所沢市くすのき台 3-747-4

レジデンス所沢貳番館

E-mail: yutna616@gmail.com

Construction of A Trans-disciplinary Topic Map Extended from “Dissolution” Subjects in Chemistry.

Yumi Nakamura¹, Kazuhiro Yasuda¹, Motomu Naito², Shu Matsuura¹

¹Tokyo Gakugei University, 4-1-1 Nukui-kita, Koganei, Tokyo 184-8501,

² Knowledge Synergy Inc., 203 Residence Tokorozawa Nibankan, 3-747-4 Kusunokidai,
Tokorozawa, Saitama 359-0037

Keywords: Topic Maps, dissolution, transdisciplinary.

1. 知識の関連にもとづいて展開する学習へ

知識の関連をたどり、断片化されない認識が構築されていくとき、人は主体的な学びを実現している。断片的興味での学習は長続きせず、納得感のある認識が形成されにくい。学校教育のカリキュラムは、学校での授業を中心に再検討が重ねられて来た。これに対し、学習者の生活全体での学びを考えると、今後は情報環境での学びの要素も視野に入れる必要がある。知識の関連を主体とした情報技術に Topic Maps がある。これは主題とその関連のネットワークにより知識を表現するもので、人間の思考に近い方法により情報を構造化するための技術である。本研究では、教室で簡易かつ明瞭に実体験できる溶解の実験パッケージをもとに、そこから化学、物理学、応用技術、文化的関連にいたる広く、また興味を引く分野の知識を連結して学びを展開するためのシステム開発を試みている。

q

2. 溶解度実験と関連する知識の Topic Map 制作

著者の一人である中村は、小学校から高等学校までを視野に入れた生徒実験で、消耗品の追加や廃液処理を最小限にしつつ、明瞭に溶解現象を観察し溶解度の性質を捉える実験パッケージを開発した(図)。この実験から、化学の基礎知識としての物質変化、化学的相互作用、物質の構造の学習、さらには電磁気学や熱力学などの物理的知識、そして攪拌や混合などの実験技術から工業技術での応用へと知識の関連を広げることが可能である。また伝統的産業技術や、調理技術などの身近な作業の知識にも関連させることができる。この知識の関連構造の Topic Maps を作成し、関連情報の収集とコンテンツ作成を行い、web を通じて学習を広げるためのシステム構築を試みた。Topic Map の開発には統合的な開発ソフトウェア Ontopia Knowledge Suite を用いた。

このような様々な分野の知識の関連の可視化を進めることで、学ぶ人の関心や認識をより効果的に喚起できるのではないかと考えている。

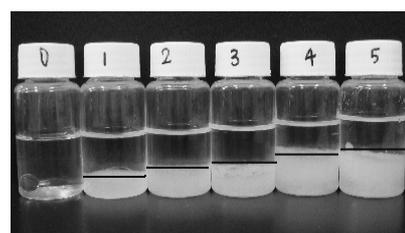


図 溶質量を変えた硝酸カリウム溶液。加温して溶解現象を比較観察する。

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。2009年5月からはメーリングリストにてニュースメールをお届けいたします。（問い合わせ先：一般事務局 松浦執 shumats0@gmail.com）

2009年5月26日

○形の科学会会員の皆様

事務局の松浦執です。ニュースメールを途絶えさせてしまい申しわけありません。事務局のLAN環境が以前とかなり変わってしまい、ニュースメールにつきましては、メーリングリストにてお送りすることになりました。どうかご了承ください。

本メーリングリストは、基本的に事務局から皆様へのご連絡、参考情報のご提供のみを目的としています。本メーリングリスト(ML)に返信すると、発信者(事務局)のみに返信メールが届きます。従いまして、本MLによりメール受信量が著しく増大することはないと思われまます。

本メーリングリストは、学会でレンタルしている外部サーバーから発信いたします。サーバー上には、会員情報としては、ご氏名と、ご登録のe-mailアドレスのリストのみを保存しています。

今後も、シンポジウム情報その他のご案内を、メールにて差し上げたく存じます。どうかご了承くださいませよう、お願い申し上げます。

形の科学会一般事務局 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 自然科学系基礎自然科学講座 理科教育学分野

Tel&Fax: 042-329-7541 mail:shumats0@gmail.com (自然科学研究棟 N204 研究室)

2009年4月3日

○第67回形の科学シンポジウム講演登録受付

講演募集は3月31日締切としておりましたが、4月6日まで締切を延長して受け付けます。講演/展示をご希望の皆様、下記のフォームにご記入の上、ご返信ください。なお、概要原稿締切は4月14日で変更なしです。よろしくお願ひします。(6月27日土曜にご講演希望の方が多いので、できれば26日の講演となることもご考慮ください)

2009年3月18日

○ISTA展のご案内

本会シンポジウムに講演・展示などで参加されているNPO法人科学芸術学際研究所(ISTA)の催し物をご紹介します。今週末です!

ISTA展

主催: ISTA、時期: 2009年3月20-22日 10:00-17:00 (20日のみ12時から)、場所: 朝霞市中央公民館1階ギャラリー

ワークショップ

3/20 14:00-15:00 および 15:30-16:30 図形を作るおもちゃ

3/21 11:00-12:00 立体的な錯視、14:00-15:00 および 15:30-16:30 映像を作ろう

3/22 11:00-12:00 立体的な錯視、14:00-15:00 および 15:30-16:30 雪の結晶成長

展示・ワークショップのテーマ

- ・ 放散虫クッキー 松岡 篤 (新潟大学)
- ・ 水着のパターン 渡辺泰成 (平成帝京大学)
- ・ 図形を作るおもちゃズームツール 有馬司朗 (イメージミッション木鏡社)
- ・ フラクタルを使ったアート 渡辺泰成
- ・ 多面体のポップアップブック 佐久間菜摘・梶原有紀・吉野 隆 (東洋大学)
- ・ 立体的な万華鏡 高木隆司 (神戸芸術工科大学)
- ・ 多面体を使った照明スタンド 渡辺泰成
- ・ レインボーキューブ 渡辺泰成

- ・ 雪の結晶成長のシミュレーション 柏原牧人 (コロナ社) ・高木隆司
 - ・ 自分で描いた絵で映像を作ろう 石垣 健 (駒クラフト) ・笹田真司 (日本電子専門学校)、高木隆司
 - ・ 立体的な錯視を体験しよう
- (以上)

2009年2月24日

○かたちシユール 2009 -かたちの体験と交流-参加受付中です。 <http://form.geo.jp/hp/>

【会期】2009年3月7日(土) 12:45 ~ 18:00、2009年3月8日(日) 9:30 ~ 13:00
 【会場】名古屋市立大学大学院医学研究科・研究棟11階 講義室B (地下鉄桜通線・桜山駅3番出口すぐ)
 【住所】〒467-8601 名古屋市瑞穂区瑞穂町字川澄1
 【代表世話人】松浦 康之 (名古屋市立大学大学院システム自然科学研究科) 〒464-0083 名古屋市千種区北千種2-1-10 TEL: 052-721-1225、FAX: 052-721-3110 E-mail: y.matsuura@nsc.nagoya-cu.ac.jp
 【世話人】松浦康之、杓名健一郎 (名古屋市立大学)、高田宗樹 (岐阜医療科学大学)
 【参加費】一般 2000円、学生 1000円、高校生以下 無料
 【懇親会】2009年3月7日 18時30分~ 会場: 旅籠家 さくらみせ 【懇親会費】一般 5000円、学生 4000円

プログラム

3月7日(土) 12:45 ~ 18:00 懇親会 18:30 ~
 12:45 かたちシユール 2009 代表世話人 挨拶 松浦 康之 (名古屋市立大学)
 12:50 ~ 14:20 あたげぼねワークショップ (1時間30分) 阿竹 克人 (阿竹研究所)
 14:30 ~ 15:30 着物のかたちを科学する (1時間) 北岡 裕子 (JSOL)
 15:40 ~ 16:25 今楽しんでいる形 (45分) 小川 泰 (ISTA)
 16:35 ~ 17:20 美文字のつくりかた (45分) 杓名 健一郎 (名古屋市立大学)
 17:30 ~ 18:00 形の科学会の将来像-新潟大学「形の科学研究所」の設立構想とからめて- (30分)
 松岡 篤 (新潟大学)
 18:30 ~ 懇親会 (旅籠屋 さくらみせ)

3月8日(日) 9:30 ~ 13:00
 9:30 ~ 10:00 内心の定理による正5胞体の折りたたみ (30分) 海野 啓明 (仙台電波工業高等専門学校)
 10:10 ~ 10:40 簡単なフォトリアリステックフェイシャルモデリング (30分) 岡田 陽介・鳥居 一平 (愛知工業大学)
 10:50 ~ 11:50 多次元的なトピックマップによる知識表現 (1時間) 松浦 執 (東海大学)
 12:00 ~ 13:00 考古学における形の問題 (1時間) 高木 隆司 (神戸芸術工科大学)

○ 第19回横幹技術フォーラムのご案内 (形の科学会員は無料です)
 横幹連合ではシリーズ「経営の高度化に向けての知の統合」を下記により、開催致します。

フォーラムの詳細や事前参加申込は、下記のホームページをご覧ください。

第19回横幹技術フォーラム HP http://www.trasti.jp/forum/forum19_kyg.html

プログラムはこちらから http://www.trafst.jp/reference/forum_19.pdf

参加申込はこちらから http://www.trasti.jp/cgi-bin/forum_19_1.cgi?step=1

これまでの開催記録に関してははこちらから <http://www.trasti.jp/about.html#forum>

==== 第19回横幹技術フォーラム 概要====

シリーズ: 経営の高度化に向けての知の統合 ~シリーズ第2回 エンタープライズリスクマネジメント~
 日 時: 2009年3月30日(月) 13:30 ~ 16:40

会 場: 筑波大学 東京キャンパス (東京都文京区大塚3-39-1) G501室

地下鉄丸の内線茗荷谷(みょうがだに)駅下車「出口1」徒歩3分程度

主 催: 横幹技術協議会、横幹連合、共 催: 統計数理研究所リスク解析戦略研究センター

お問合せ先-----

横幹技術協議会、横幹連合 〒113-0033 東京都文京区本郷1-35-28-303 (社) 計測自動制御学会事務局内
 電話&FAX: 03-3814-4130、 E-mail: office-kyg@trasti.jp、office@trafst.jp

2009年2月22日

○平成21年度形の科学会賞 候補者募集中

2009年3月31日締切で、形の科学会功労賞、論文賞、奨励賞の自薦、他薦での候補者を募集しております。書式等は次のwebページからダウンロードしてください。 <http://www.soc.nii.ac.jp/form/news.htm>

(以上)

会告

○新入会の皆様(敬称略)

古川 登 千葉大学理学部地球科学科
岩城 和哉 東京電機大学理工学部
桐原 文子
柴田 智郎 北海道立地質研究所

○新入会の皆様のご紹介

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)を掲載いたします。(敬称略. 最近ご入会の方から並べてあります)

古川 登 千葉大学理学部地球科学科

A: 実験鉱物学、微化石形態 B: 微化石の形態、結晶成長

岩城 和哉 東京電機大学理工学部

A: 建築意匠学+建築設計

B: ・空間・建築・環境などの身体を包み込む形, ・形の統合とその根底に存在する原理, ・形の継起的変化(シークエンスなど), ・形の特性の記述法, など.

桐原 文子

A: 現代美術(ミクストメディア)の制作/色彩造形表現

B: 主に自然現象から生まれた形態を用いて作品を制作しています。

柴田 智郎 北海道立地質研究所

A: 地球科学(地殻内流体) B: 時系列解析と地形

○平成 21 年度をもって御退会の皆様

清水 以知子 東京大学理学系研究科 地球惑星科学専攻
大槻 憲二郎 東北大学 大学院理学研究科 地圏環境科学科
伊藤 英則 名古屋工業大学 情報工学科
日向野 三雄 秋田県立大学 地域連携・研究推進センター
小桧山 賢二 慶應義塾大学大学院 政策・メディア研究科
山口 陸幸
山岡 久俊 早稲田大学大学院 情報生産システム研究科大員研究室
大久保 肇也
二宮 敏行
小寺 隆幸 多摩市立和田中学校
北 栄輔 名古屋大学情報科学研究科
山口 忠 北海道情報大学
平沢 一紘 東京農工大学大学院電気電子工学科
長久 巧一 長久歯科医院 ケイ・クリスタル研究所
浅見 泰司 東京大学空間情報科学研究センター

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、できる限り自由に意見を発表でき且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相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, 11, (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)
	増成陸士	(文化系)

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, Fax: 0561-63-9809, Email: yuuki@aichi-med-u.ac.jp

高木隆司 651-2196 神戸市西区学園西町 8-1-1, 神戸芸術工科大学 芸術工学研究科

Phone: 078-794-5263, Fax: 078-796-2559, Email: takaki-r@kobe-du.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 106-0047 東京都港区南麻布 4-6-7, 統計数理研究所調査実験解析研究系

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: 0794-27-5111, Fax: 0794-27-5112, 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

増成陸士 305-0006 つくば市天王台 1-1-1, 筑波大学現代語現代文化学系

Phone: 0298-51-3558, Fax: 0298-51-3558, Email: masunari@mailhost.net

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相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2.5cm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2.0cm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ただければ、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下さい。
- 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 力 一 下 (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 68 回形の科学シンポジウム（予告と講演募集） 「かたちが生みだす機能，機能を発揮するかたち」

会期：2009 年 11 月 21 日(土)，22 日(日)，23 日(祝)

会場：獨協医科大学 臨床医学棟 10 階ホール

〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880

会場案内：<http://www.dokkyomed.ac.jp/dusm/gaiyou/index-access.html>

医学において形態に関する情報は、マクロでもミクロでも、基礎と臨床を問わず研究や診療に大きな位置を占めている。特に医療は形態情報を広範に活用している領域といえる。本シンポジウムの招待講演では、放射線医療における最新の形態診断の現状などを紹介する予定である。

今回は懇親会場とパネルなどの展示会場が一続きの部屋になっています。講演会場だけでなく懇親会場やコーヒープレークの時間でも参加者の親密な討論を期待して、ポスター展示を歓迎します。なお、ポスター展示の方も、10 分程度の講演時間を用意する予定です。

招待講演：石川 勉（獨協医科大学放射線医学）

招待講演：吉田昭広（生命誌研究館） ほか

【講演申込方法】学会公式 web サイト <http://wwwsoc.nii.ac.jp/form/> の案内を参照してください。

【講演申込締切日】 2009 年 9 月 14 日（月）

【予稿原稿提出締切日】 2009 年 10 月 5 日（月）

予稿原稿作成（PDF ファイル、ワードファイルのほか手書き原稿も受け付けます）

【参加申込締切日】 2009 年 11 月 9 日（月）

【参加費】 会員・非会員ともに 3,000 円 / 学生は 1,500 円

【懇親会】 2009 年 11 月 21 日（土）夕方 「獨協メディカル倶楽部」

<http://local.yahoo.co.jp/detail/spot/2cdd48c9018ca814b6ff618812a8d1b31/> 懇親会費（未定）

【主催】形の科学会

開設セッション（予定）：

- 「かたちが生みだす機能」
- 「機能を発揮するかたち」
- 「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。
- 「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。
- 「展示」：自由な形式の作品・研究発表ポスターなどの展示。展示作品を用いた実演、販売も行えます。

【申込先・問合せ先 代表世話人】 宮本 潔

〒321-0293 栃木県下都賀郡壬生町北小林 880

獨協医科大学 RI センター

Tel: 0282-87-2271 Fax: 0282-86-5678

E-mail: miyamoto@dokkyomed.ac.jp

複写される方へ

形の科学会は有限責任中間法人 学術著作権協会（学著協）に複写に関する権利委託をしていますので、本誌に掲載された著作物を複写したい方は、学著協より許諾を受けて複写してください。但し、社団法人日本複写権センター（学著協より複写に関する権利を再委託）と包括複写許諾契約を締結されている企業の社員による社内利用目的の複写はその必要はありません。（*社外頒布用の複写は許諾が必要です。）

権利委託先： 有限責任中間法人 学術著作権協会
〒107-0052 東京都港区赤坂 9-6-41 乃木坂ビル 3階
電話：03-3475-5618 FAX:03-3475-5619 E-mail: info@jaacc.jp

注意：複写以外の許諾（著作物の転載・翻訳等）は学著協では扱っていませんので、直接、形の科学会へご連絡ください。

また、アメリカ合衆国において本書を複写したい場合は、次の団体に連絡してください。

Copyright Clearance Center, Inc.
222 Rosewood Drive, Danvers, MA 01923 USA
Phone 1-978-750-8400 FAX 1-978-646-8600

形の科学会誌 Vol. 24 No. 1 (2009, 6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

副編集長&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