

形の科学

第4回 形の創造-形と感性

高木 隆司*

Science of Forms (4) Creation of Forms - Forms and Sensitivity

Ryuji Takaki*

Key words: Art, Design, Sensitivity, Symmetry, Ratio, Fluctuation

はしがき

本講座の第1回で、形の科学が4つの活動分野、空間の性質、形態計測、形の形成機構、形の創造と密接に関係することを述べた。第2回目の内容は、これらの内の空間の性質と形態計測、第3回目は形の形成機構に対応していた。今回の内容は形の創造に関する。

形の創造は、具体的にはアートやデザインである。創造という活動は、自然の法則性に対する概念、社会的なニーズ、個人的な欲望などを、目で見える形として制作することである。科学が、現実の物体や現象から概念を形成する活動であるのに対して、創造は概念から現実の物体をつくる。その意味で、工学も広い意味での創造である。しかし、創造の個々の例を見ていくと、専門的な内容に深入りしすぎるので、本講座の主旨には合わない。ここでは、形の基本的な属性である対称性、比率、周期性(およびそのゆらぎ)に着目し、これらの属性と私たちの感性との関わりを問題にする。

まず、感性とは何か、ということについて一言述べておこう。哲学関係の事典によれば¹⁾、感性とは「外界の刺激に応じて感覚や知覚を生じる、感覚器官の感受性」と定義されている。それに対して、外界の刺激なしに、概念を形成する能力は理性、あるいは悟性とよばれる。感性とは、見えた、聞こえた、匂ったなど、外界の刺激に反応することである。

したがって、今回あつかう問題は、対称性をもつ

(あるいはもたない)形に対して私たちは何を感じるか、特定の比率や特定のゆらぎを含む形に対して何を感じるかということである。以下の各節で、これら3つの形の要素と感性の関係について取り上げていく。

1. 対称性と感性

広い意味での対称性は、ある図形に空間的な移動(あるいは変形)をほどこしたとき、元の形と一致するという性質である。たとえば、ある形の左右(あるいは上下)を反転させて元の形と一致すれば、その図形は反転対称性をもつという。同じように、回転や並進をほどこして元と一致すれば、それぞれ回転対称性、並進対称性をもつという。ここでは、反転対称性に限って議論し、それを単に対称性と呼ぶことにする。対称性に関する参考書を2つあげておく^{2,3)}。

「西洋文化は対称性を志向し、日本文化は非対称性を志向する」という、しばしば表明される主張から始めよう。筆者はこの主張に反対である。一度広まった間違った考え方が、いつまでも維持される例の一つとさえ思っている。この主張は、庭園デザインの比較から生まれたと考えられる。図1は、代表的な西洋庭園と日本庭園である。確かに、西洋庭園の多くが対称的に構成され、日本庭園のほとんどが非対称である。

ところが、庭園以外では話が違ってくる。寺院建築では、パリのノートルダム大聖堂や東大寺大仏殿を見ればわかるように、西洋でも日本でも対称的にデザインされている。対称的な建築からは、「崇高」、「荘厳」という印象を受けるので宗教建築には適している。官庁建築に対称な形が多いのも、権威を示すという意図

* 神戸芸術工科大学デザイン学部
School of Design, Kobe Design University

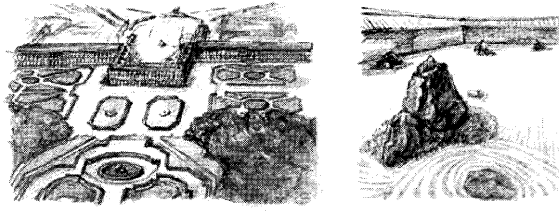


図1 西洋庭園と日本庭園の対称性. 左:ベルサイユ宮殿の庭園, 右:竜安寺の石庭 (スケッチ:高木)

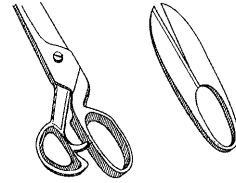


図3 洋ばさみ(非対称)と和ばさみ(対称).

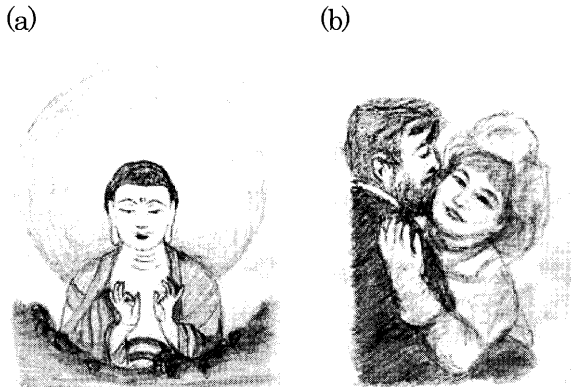


図2 絵画における対称性. (a)対称性をもつ「山越阿弥陀図」(部分)(京都, 禅林寺), (b)顔は対称でポーズは非対称なルノアール「田舎の踊り」(部分), (c)顔もポーズも非対称なピカソ「座せる女」(部分), (スケッチ:高木)

が感じられる. 一方, 住宅をみれば, 西洋でも日本でも, 部分的には対称であるが全体の構成は非対称な形が多い. このような形からは「安らぎ」を感じる. それに対して, 現代の美術館には対称性を大きく崩したものが多い. そのような建築からは, 活動的という印象を受ける. 結局, 建築に関しては西洋と日本に違いはない.

絵画も, 西洋と日本とでやはり同じ傾向を示している(図2). 多くの宗教絵画が対称性をもつ一方で, 通常の人物画は非対称なポーズを取る場合が多い. このとき, 人物の顔が写実的で対称性を保ち, ポーズが非対称であると親近感を感じる. それに対して, 顔まで対称性を崩す, かなりダイナミックな印象を受ける.

次に, 道具や乗り物の形に注目してみよう. 図3は, はさみの形の比較であり, 洋ばさみは非対称, 和ばさ

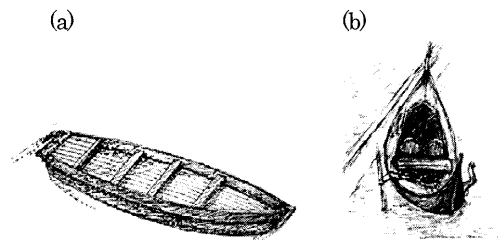


図4 櫓でこぐ船の比較. (a)和船(櫓の支点は, 中心線の向こう側にある), (b)船尾から見たゴンドラ(支点は右側のS字の部分) (スケッチ:高木)

みは対称である. 洋ばさみは, 手にしっくりとなじみ, 操作が簡単であるが, その製造は単純ではない. 硬い鋼鉄を使って切れ味をよくしようとすると, 握りの部分の形を作るのに手間がかかる. 和ばさみは, 製造工程は比較的単純であるが, 使うときしっかりと保持するのが難しい.

服装にも, 同じ事情がある. 洋服は着るのが簡単であるが, 体に合うよう仕立てるのが難しい. 一方, 和服は着付けが難しいが仕立ては簡単である.

乗り物の例として, 櫓でこぐ船を比較してみよう. 和船は中心線に対して対称な形をもつ(図4(a)). 船尾で櫓を押ししたり引いたりするとき, 足場を十分確保するために, 櫓の支点は船体の中心線から大きく外れたところにある. 船の推進力は, 櫓から支点を通して受けるので, 支点が中心線から外れていたなら, 船の進行方向が徐々にずれていくはずである. それにもかかわらず直進させるためには, 櫓を微妙にコントロールして方向のずれを打ち消さねばならない. 筆者は学生の頃, 一度だけ和船をこいだことがある. 直進するようになるまで30分位かかった記憶がある.

櫓で推進する西洋の船に, ベニスのゴンドラがある(図4(b)). 櫓の支点は, 和船と同じく中心線から外れているので, やはり進行方向がずれていくはずである. ところが, ゴンドラの船体自身が決まらずではなく, 曲がっているのである. 図4(b)の手前(船尾)が右に大きく曲がっているのは, 視点の関係ではなく, 実際の形を表している. これによって方向のずれが補

正できるはずである。なお、ゴンドラの非対称性の理由として、これとは異なる説明があるが⁴⁾、筆者は方向の補正の効果もあると考えている。

以上述べた、道具や乗り物の例に対して、次のようにまとめることができる。西洋では、物を作るとき人間の形に合うように作る。こうしてできた物は、使いやすい形をもっている。そのためには苦勞を惜しまない。すなわち、西洋では人間の形が価値判断の中心にある。この考え方はヒューマニズムとも呼ばれる。それに対して、日本ではなるべく作りやすいように単純な形を選ぶ。その代わりに、使いこなすために修練が必要である。日本では単純な形、あるいは自然のあるべき姿というものが価値判断の中心にある。

ここで、今述べた西洋と日本の違いに基づいて、庭園の対称性の違いを考えてみよう。庭園のデザインには、人々の理想が投影されている。西洋では、人間の形が価値判断の基準にあり、人間全体の対称的な形を反映させて理想的なデザインをした。一方、日本では自然が基準なので、自然を模倣することにより対称性を避けたデザインになったのであろう。

結局、西洋と日本の対称性の違いは、人間を基準に置くか、自然（あるいは単純さ）を基準に置くかという違いなのである。

今まで述べてきた例を、2つの軸をもつ座標の中に位置づけたものを図5に示す。横軸は、人工物の目的、縦軸は対称性のあるなしを示す。この図を見ても、西洋と日本の対称性への志向は単純ではないことがわかる。西洋では精神的なものに對称性を志向し、日本では実用的なものに對称性を志向する傾向があるようだ。

2. 比率と感性

図6は、縦横比が異なるいくつかの長方形を並べた

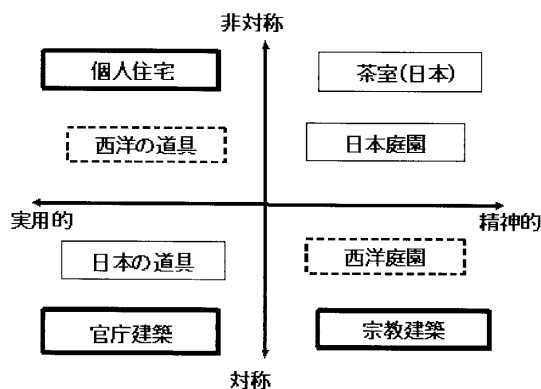


図5 西洋と日本の人工物を、目的と対称性の2つの軸で整理する。細い実線のワケは日本、点線のワケは西洋、太いワケは西洋と日本に共通する。

ものである。読者は、このうちのどれが好ましい（あるいは美しい）と思うだろうか。以下に読み進む前に、まず考えて欲しい。

筆者がアート・デザイン系の大学の授業で学生にこの質問をしたところ、Bを選んだ割合が半分以上であり、その次がCであった。これらの長方形の横の長さを1とすると、縦の長さは左から1.30, 1.414 ($\sqrt{2}$), 1.618 (黄金比, 記号 ϕ で表す), 1.732 ($\sqrt{3}$)である。Bを選んだ理由は容易に想像できる。これは、日常使っているA4やB4などの用紙の縦横比であり、見慣れているためであろう。ただし、通常の名刺の縦横比は黄金比である。黄金比は、いつのまにか日本で根付いているのである。

同様の調査が100年以上前にドイツで行われている⁵⁾。それによれば、Cの黄金比が最も好まれていて、それに続いてDに近い比、その次にBに近い比が好まれていた。当時、黄金比をもつ用紙が使われていたのかもしれない。

西洋で黄金比が好まれている理由として、しばしばピタゴラスの名前が挙げられる。ピタゴラスは、正多面体について重要な発見をし、特に正五角形の面をもつ正十二面体を神聖視していた。彼は、正五角形にも魅了されていて、辺の長さとお角線の長さの比である黄金比を神聖な比と見なした（黄金比は、近代以前は「神聖比」と呼ばれていた）。西洋の人々は、ギリシャの学問への尊敬の念から、その創始者であるピタゴラスが愛した正五角形に関わるこの比を尊重したというのである。

この説は正しいかもしれないが、筆者は理由はそれだけではないと考えている。人体には黄金比に近い比があちこちに見出される。たとえば、指骨の長さに黄金比が見出される。このことを確認するには、図7(a)に示すような、「黄金比コンパス」を作っておくと便利である。これは、細長い厚めの短冊2枚を、一か所でボルトナットでつないだもので、その点の両側の長さが黄金比にしてある。これを開いたとき、先端間の長さ同士も黄金比になっている。

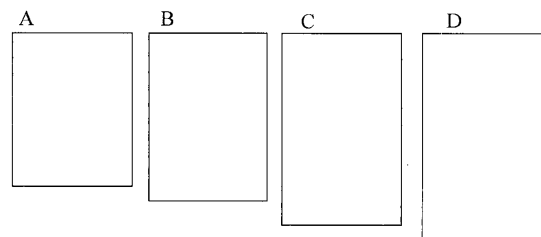


図6 用紙の縦横比の好みテスト

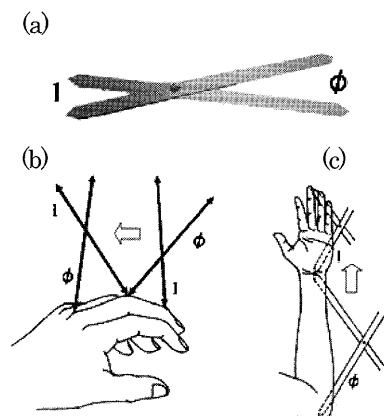


図7 人体における黄金比の確認。(a)黄金比コンパス, (b)指骨の長さの比の確認, (c)腕における長さの比の確認。

コンパスを開いて、その短い方の開き幅を図7(b)のように中指の第1, 第2関節の長さ一致させよう。それから、開き角度を固定したままで、コンパスの大きい方の開き幅を第2, 第3関節にあててみよう。開き幅がかなり良い精度で関節間の長さ一致するはずである。すなわち、指骨の長さは、黄金比に近い比をもっているのである。図7(c)に示すように、ひじから手首までと、手首から指の先端までの長さも黄金比に近い。人体の多くの場所に黄金比が見られることから、私たちは黄金比、あるいはそれに近い比を容易に受け入れたのだと考えられるのである。

ここで、黄金比が彫刻に現れた例を挙げておこう。図8(a)に示すミロのビーナスでは、へその上下で縦方向の長さの比が約1:1.6であり、黄金比に近い。ギリシャ彫刻には、一般にこの比が採用されている。日本の古代の彫刻である仏像では、この比が1:1.3~1:1.5の間にあり、西洋に比べて足が短い。例外は、図8(b)の百済観音であり、約1:1.6である。なお、百済観音にはへそが表現されていないが、人体でや多くの仏像でへその高さと同じの高さがほぼ等しいので、それからへその位置を推定した。百済観音には謎が多く、どこで誰が制作したのか不明だそうだ。もしかしたら、この比がヒントになるかもしれない。

では、現代の基準はどうなっているだろうか。スーパーモデルと呼ばれるファッションモデルの中に、足の割合が黄金比よりもっと長い例がある(図8(c))。そのプロポーションは、へそ上の1に対して下は約1.7であり、 $\sqrt{3}$ に近い。

古代以前に、好まれた比はどうであっただろうか。この問題が系統的に調査されているのかどうか、筆者

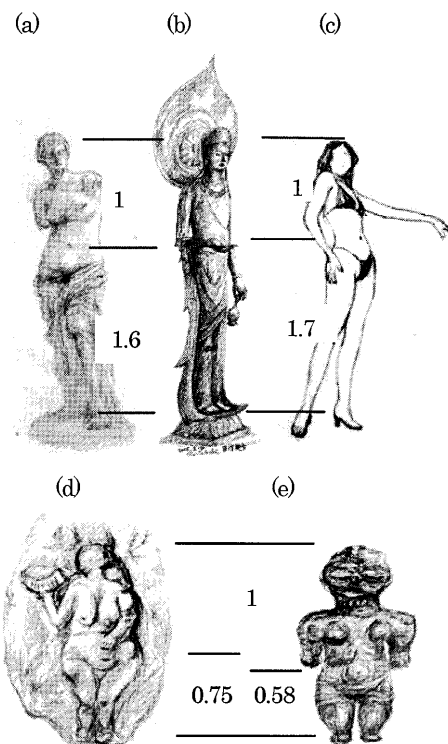


図8 大昔から現代までの比率の基準。(a)ミロのビーナス, (b)百済観音, (c)現代のスーパーモデル, (d)角を掲げたビーナス(フランス, 2万年前), (e)土偶(縄文後期)(スケッチ:高木)

は知らない。ここでは、目についた2,3の例から推定することにする。図8(d)は約2万年前のグラヴェット文化に属するレリーフであり、へそから下の方が短い。図8(e)の日本の土偶でも、やはり下の方が短い。大昔の人々が実際にこのような体形をもっていたとは考えにくいので、故意にこのような形にしたのではなからうか。すなわち、大昔の人々は短足が美しいと思っていたのだろう。

以上から、比率に関する美の基準は、時代とともに変化すると考える方が妥当ではないと思われる。では、どのような仕組みで基準が変化したのだろうか。筆者は、各時代の人々の共通の願望というもの、基準を支配したと考えている。大昔、農業が発達する前は、人々は「飢餓からの解放」という願望をもっていた。そのためには、男性は狩りをし、女性は地面から食べ物を拾った。地面にかがんで作業するには、足が短い方が都合である。こうして、特に女性については短い足が美の基準になったと考えられる。

古代から近代にかけては、気候変動や災害からまぬがれ、より豊かな生活をするために、「無知からの解放」が人々の願望になった。そのためには、旅によって見分を広めたり、賢者と呼ばれる人へ傾倒した。旅をす

るためには、足を長くして速く歩けることが好ましいことから、足の長いプロポーションが美しいとされるようになった。ピタゴラスへの尊敬の念がそれと結びつき、黄金比が美の基準になった。

現代では、少なくとも先進国では飢餓と無知から解放されている。残っている唯一の制約は重力である。現代人は、「重力からの解放」という潜在的な願望をもっているのではなかろうか。浮遊錯覚を求めることから、足が長く重心が高い体形へと美の基準が移っているように思われるのである。

以上をまとめると、比率に対する感性は、その当時の人々の共通の願望に支配されるということである。黄金比に関わるその他の興味ある話題については、文献5を参照されたい。

3. 周期性のゆらぎと感性

タイル張りのように、同じ形の要素が周期的に並んでいる配置からは、安定感や堅苦しさなどの印象を受けるものである。一方、周期性が少し崩れていたり(ゆらぎと呼ぶ)、要素が乱雑に並んでいると、また別の印象を受ける。このような周期性の崩れは、スペクトル解析によって調べることができる。この節では、風景写真や絵画から受ける印象と、そのスペクトルとの関係について考察する。それに関係して、風景の映像がもつゆらぎを利用して、好ましいアニメーションを制作する試みを紹介する。

2次元的な画像からスペクトルを得るには、まず画像をスキャンしてテレビ信号のような明るさの1次元信号に変換し、それをフーリエ変換すればよい。2次元画像から求めたゆらぎについての平易な参考書を1つ紹介しておこう⁶⁾。

筆者が神戸芸術工科大学の大学院で担当している科目「芸術工学論B」では、共同で担当している大内克哉氏が開発したコンピュータープログラムによって、画像のスペクトルを求め、画像から受ける印象と比較するというワークショップを実施している。写真や絵画についてこのプログラムを応用したものを示す。

図9(a)(b)は、筆者が京都府南部の木津川市にある神童寺を訪れたときに撮影した写真であり、どちらからも「懐かしい」という印象を受ける。ところで、ゆらぎの性質という観点でみると、これら2つの写真には違いがある。(a)には、樹木の枝の重なりや山門の微細構造のように、空間周波数の大きい構造が目立つ。一方、(b)では、大きな屋根の配置が目立ち、小さい周波数が支配的である。

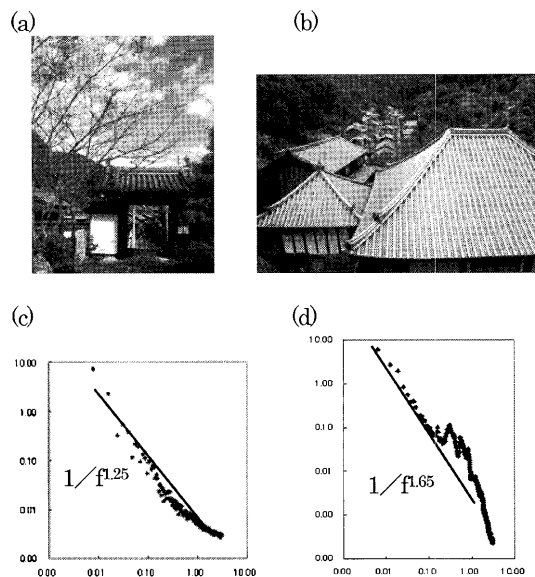


図9 神童寺の風景とそのスペクトル。(a)山門、(b)伽藍、(c)山門の写真のスペクトル、(d)伽藍の写真のスペクトル

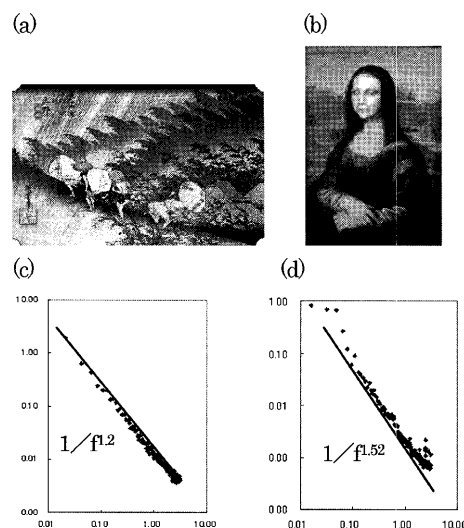


図10 絵画のスペクトル。(a)安藤広重、東海道五十三次(庄野)、(b)モナ・リザ、(c)「庄野」のスペクトル、(d)モナ・リザのスペクトル

図9(c)(d)に示すそれぞれのスペクトルも、この違いを反映している。空間周波数を f とすると、(c)では $1/f^{1.25}$ 、(d)では $1/f^{1.65}$ というスペクトルをもつ。(d)の方が、高周波数成分が弱いのである。

一般に、 $1/f^n$ という型のスペクトルをもつゆらぎは快感を与えると考えられている。その中でも、 n が1に近いとメリハリがある、あるいはきびきびとした印象を与え、 n が2に近くなると穏やかな、あるいは暖かいという印象になる。

図10は、絵画の例について、スペクトルを比較し

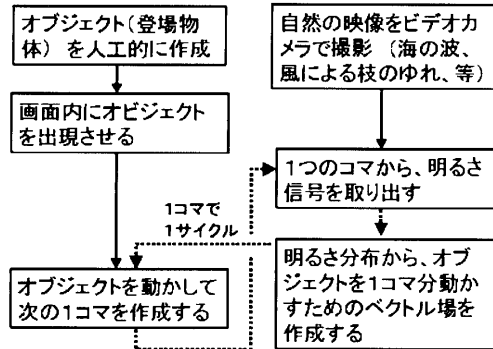


図 11 アニメーション映像制作のフローチャート。点線で示した流れは、1コマ分制作ごとに1サイクルする。

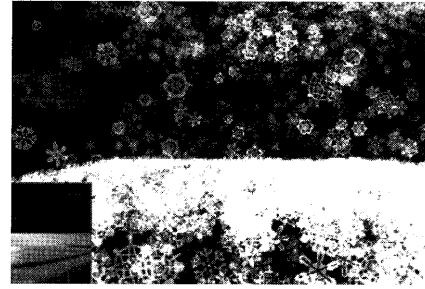


図 12 雪のシーンの1コマ。結晶形をもつ雪片が舞い降りてくる。左下に、自然映像として用いた、海岸に打ち寄せる波の1コマが示されている。

たものである。安藤広重の版画は、データ点がきれいに並んだ1/f型のスペクトルになった（これには筆者も驚いた）。一方、モナ・リザではnの値が大きく、穏やかな印象に属するスペクトルをもつ。ここで注意すべきことは、多くの人がモナ・リザの顔から穏やかという印象を受けるであろうが、スペクトルが示す穏やかさは顔ではなく、あくまでも絵全体の色と濃淡の分布である。ダ・ヴィンチは、人物の穏やかさを絵全体の色調によって強調したのかもしれない。

1/f型のスペクトルをもつ風景が、私たちに好ましい印象を与えるとしたら、人工的なアニメーションの制作にそれを利用するということが考えられる。筆者を含むグループは、そのことを2009年ころから試み、その成果を2010年に発表した⁷⁾。その方法の概要を、図11に示す。

まず、アニメーションに登場する物体（オブジェクト）を手書き、あるいはCGで制作する（今までに制作した作品では、サクラの花弁、枯葉、雪、魚など）。それらをアニメーションの画面に登場させる。それらを動かす仕組みは、完全に人工的ではなく、事前に撮影した自然の映像を用いる。映像1コマの画像から明るさ信号を抽出、それにもとづいて3次元ベクトル場を構成する。それによってオブジェクトを1コマ分動かす。以上の1サイクルを1/30秒以内におこなう。1コマ分動かした後、自然映像の次のコマを用いて、同様にアニメーションの次の1コマ分の動きを与える。

この方法によって制作したアニメーションの1コマを図12に示す。こうして制作された映像をいくつかの機会で見せたところ、オブジェクトの動きがごく自然に見えるので、かなり強い印象を与えたようである。なお、この方法は、まだ完全に確立されていないので、今後改良を進めなければならない。

あとがき

4回の講座で、読者には、形の科学がどのような分野なのか、おぼろげながらも分かっていただけたと思う。なお、取り上げなかった重要な問題がまだ多くある。とくに、2011年のノーベル化学賞に輝いた準結晶の発見（イスラエルのD. シェヒトマン博士）には、まったく触れなかった。これについては、筆者が2001年に書いた解説で一言触れている⁸⁾。

形の科学とは、一体何かと問われたとき、自然を（ときには社会を）観察するときの一つの視点だという答え方もある。形に着目してすべての現象を見るということである。ただし、詳しい解析をおこなう場合は、従来の各分野の手法をしばしば借用する。こうして、学問分野を横につなぐ役目はたしているのである。

最後に、形の科学を概観するのに便利な事典を紹介して、筆を置くことにする⁹⁻¹¹⁾。

参考文献

- 1) 栗田賢三, 古在由重編, 岩波哲学小辞典, 岩波書店, 1979
- 2) H. ヴァイル著, 遠山 啓訳, シンメトリー, 紀伊国屋書店, 1970
- 3) I. Hargittai, M. Hargittai, Symmetry-a Unifying Concept, Ten Speed Press, California, 1994
- 4) [http://ja.wikipedia.org/wiki/ゴンドラ_\(船\)](http://ja.wikipedia.org/wiki/ゴンドラ_(船))
- 5) B. アータレイ著, 高木隆司, 佐柳信男訳:「モナ・リザと数学」, 化学同人, 2006
- 6) 武者利光, ゆらぎの世界, 講談社ブルーバックス, 1980
- 7) R. Takaki, S. Sasada, M. Takahashi and K. Ishigaki, Computer animation by the use of natural signals, Proc. Conf. on Symmetry: Art and Science, Gmuend, Austria, 2010 (ed. G. Lugosi & D. Nagy, 2010), pp.286-289
- 8) 高木隆司, 形の科学の最新動向, 計測と制御, 40巻9号, 2001, 664-669
- 9) 高木隆司編, かたちの事典, 丸善, 2003
- 10) 形の科学会編, 形の科学百科事典, 朝倉書店, 2004
- 11) 高木隆司編, かたち・機能のデザイン事典, 丸善, 2011