

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 2 日現在

機関番号：12605

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2013～2015

課題番号：25560015

研究課題名(和文)科学体験を基にしたデザイン教育体系の構築

研究課題名(英文)Construction of an educational system for design students based on scientific experiences

研究代表者

高木 隆司(Takaki, Ryuji)

東京農工大学・工学部・名誉教授

研究者番号：80015065

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 2,800,000円

研究成果の概要(和文)：アート・デザインの分野と、自然現象との関係は最近強まっている。一方、将来この分野を目指す学生にどのような教育をするべきかについては、ほとんど議論されていない。本研究では、視覚的に把握しやすい自然現象の実験観察、および自然科学の基礎概念が実感できる手作業のワークショップを設定することによって、美術系大学生のための教育プログラムを構築した。そのテーマとしては、対称性、比率、空間分割などの幾何学的内容、平衡形や成長形のような動的現象、および波動や光などの情報科学的なものからなる。本研究者は、2つの美術大学でこれを実施し改良を加えた。その教育内容の要旨と、そこで制作された学生の作品例を示す。

研究成果の概要(英文)：Recently, the relation between art/design and natural science is increasing. However, there is almost no research on what kind of education should be given to students of art/design who are interested in this tendency. The present author tried to construct an educational program for art/design students by collecting topics of natural phenomena and basic concepts in natural science and geometry, which are visually recognized and attractive. They are concerned to the geometrical concepts such as symmetry, ratio and space division, the mechanism of pattern formation and the information concepts such as wave and light. These topics are arranged to workshops of experimental observation and constructing hand-made objects. The present author practiced this program at two art universities and improved the contents. Summary of this educational program and some of students' artworks are presented.

研究分野：物理学 形の科学 デザイン教育

キーワード：デザイン教育 科学体験 実験観察 対称性と比率 空間分割 形態形成 科学と芸術の融合

1. 研究開始当初の背景

(1) 最近のアート・デザイン分野の傾向の1つとして、自然科学との連携を強めることが期待されている。しかし、将来この方向の活動を目指す学生にどのような教育をするべきかについては、ほとんど議論されていない。本研究の代表者や分担者は、神戸芸術工科大学と武蔵野美術大学で、自然現象の観察や実験を含むワークショップをおこない、その結果をアート・デザインに結びつけるような指導を試みてきた。

(2) この試みにおいて、学生たちは自然観察や実験に興味をもつことが確認できた。また、その中の少数の学生が、自主的にテーマを設定して実験的な研究をする場合があった。その内容は、科学者による研究のレベルには及ばないにしても、その結果を応用したデザイン作品には目を見張るようなものが生まれていた。デザイン教育において、このような自主的研究の推進が重要であることを確認した。

2. 研究の目的

(1) 上記の背景を考慮して、本研究の目的を次のように設定した。第1に、授業のテーマとしてどのような内容を取り上げるのが適切かを再検討することである。第2に、その内容に関連する適切な自然観察やワークショップのテーマを選び、その指導法を研究することである。

(2) さらに、学習した結果から学生がどのようなアート・デザインの作品を生み出したか、さらにこの活動を通して学生たちが何を身につけたかということを確認することを目的達成の目安とした。

3. 研究の方法

(1) 上に述べた目的に応じて、授業内容とワークショップの組み合わせを、次のような3つのグループのコースとして編成した。最初の2つは学部初学年向けに実施し、主として物理現象の理解を目的とする「A. 形の理解」、および工学などへの応用を知るための「B. 形の応用」である。これらの一部は、分担者の大内が神戸芸術工科大学で実施する。それに続いて、学部高学年および大学院生向けに、アート・デザインへの発展を体験するためのコース「C. 形の創造」を配置した。本研究では、このコースの実施を通して教育方法を研究することを主な目的としたので、その内容を表1に示す。

授業内容は15テーマから成り、それぞれに実験やワークショップの内容が併記してある。本研究期間中は、この教育を代表者の高木、および協力者の板東孝明（武蔵野美術大学教授）が、学部3年次の学生に対して半年の授業として行った。各テーマには90分の時間を当てた。

分担者の水野は、授業に必要なコンピュータソフトウェアなどの開発を担当した。

WS:ワークショップ、ES:実演

主旨対象	C. 形の創造 学部上級・大学院
形の基本	C1.対称性とカイラリティ 多面体万華鏡WS C2.比率と黄金比葉序 ヒマワリらせんWS C3.自己相似性とフラクタル フラクタル計測WS
空間分割／構造と機能	C4.準結晶タイリング ペンローズタイリングWS C5.空間分割と建築 ケルビン14面体WS C6.3次元折りたたみ 吉村パターンWS・あたけぼねWS
形の形成機構	C7.平衡形の形成機構 ディップ液曲面WS C8.弾性体の造形 竹のテンセグリティ C9.成長形の形成機構 雪結晶のモデル-上級用WS
流れの パターン形成	C10.分岐系の形成機構 川の分岐系シミュレーションWS C11.乱雑さの生成 コンピューターマーブリングWS C12.電気泳動と調和関数 電気泳動アートWS
音と光／生物と 動的構造	C13.偏光の応用 偏光アートWS C14.画像の評価 1/fスペクトルWS C15.重力による動的構造 トロフルックス制作WS

表1. コース「C. 形の創造」の構成。

(2) 学生の自主的な活動を促進するために、学期末に学生作品の発表会を実施し、その運営を部分的に学生に任せた。さらに、その成果を盛り込んだ冊子を作成し、その編集も学生に依頼した。この方針によって、自然科学に積極的に関わるという意識が生まれることを期待した。

4. 研究成果

3年間の研究期間を通して、事前に十分な準備しておけば、学生たちは自然科学の学習を楽しむことができることを確認した。その証拠となるような学生の作品の例を、テーマの概要とともに以下に示す。

(1) 表1の、「C2. 比率と黄金比葉序」における学習として、植物の枝や葉が出る方向に関する黄金比葉序を実感するワークショップを次のようにおこなった。

アルキメデスらせんにそって、1周を黄金比に内分する角度(137.5度)ごとに点を打っていく。それから最近接の点同士を滑らかな曲線でつなぐ。さらに、最近接の次に近接した点同士をつなぐ。こうして、時計回りと反時計回りの互いに交わる曲線群、すなわちヒマワリらせんが得られる。

これを庭園のデザインに応用した作品例を図1に示す。



図1. ヒマワリらせんの応用としての庭園デザイン(長濱伸貴, 2007)

この作品は、2007年に制作されたもので、作者は庭園デザインが専門の教員である(大学院科目の単位取得のために、神戸芸術工科大学の大学院で開講した際に聴講していた)。その後、この作品を良い例として授業で使っていたので、ここで紹介することにした。

(2) 表1の「C4.準結晶タイルング」では、結晶学の分野で注目を浴びている準結晶を学生に紹介した。準結晶とは、厳密な生成規則によって原子が配置する物質であり、空間的な周期性がないという特徴をもつ。その1次元モデルとして、準結晶の性質を理解するために考案されたモデルがある。2つの文字S、Lから、S L、L S Lというルールによって成長させるものであり、これによって次のような文字列ができる。

S L S L L S L
 S L L S L L S L S L L S L
 S L L S L L S L S L L S L . . .

図2は、この1次元モデルを応用した平面構成である。L、Sを、黒および白の正方形に置き換え、中央から始めて時計回りのスパイラル状に配列している。この配列は、準結晶特有の性質を示すと同時に、全領域が市松模様と棒状の模様の領域にはっきり分けられるという顕著な特徴をもつ。この後者が現れるしくみは、今のところ不明である。この作品は、準結晶モデルのデザインへの応用可能性を示すと同時に、学生の活動によって数理学上の発見が生まれた例でもある。



図2. 1次元準結晶の2次元配列(松尾愛子, 2013)

(3) 「C5.空間分割と建築」では、ハチの巣の構造を学習した。実際のハチの巣には、正六角形の筒の奥に三つの菱形からなる壁がある。その構造は、イタリアの数学者マラルディによって発見され、菱形の角度 109.5° はマラルディの角と呼ばれている。授業では、紙粘土の球10個を積み重ねて周囲から圧迫することにより、この形を生み出すワークショップをおこなった

図3は、氷でハチの巣構造を作り、飲み物のサービスに応用したものである。氷を使うということが新機軸であった。目指す形をもつ氷を作る作業はある程度の困難を伴い、いろいろと試行錯誤を繰り返したと推定される。その意味で、自然科学に基づく作品と言える。これも、過去の良い例として授業で利用していた。



図3. 氷でできたハチの巣構造と飲み物への応用(田中理大, 辻村美帆子, 西村美帆, 2009)

(4) 「C9.成長形の形成機構」では、雪の結晶成長と拡散律則凝集をテーマとした。後者は、溶液中に分散した物質が拡散によって拡がり、物質同士が接触すれば融合することによって凝集体が生じる現象である。そこに、樹枝状のきめ細かい魅力的な形状がしばしば現れる。授業では、シャーレ内に銅線と硝酸銀溶液を入れ、銅の表面に析出する樹枝状の銀の凝集体を虫眼鏡で観察した。



図4. 樹枝状に成長する銀樹(映像中の1コマ)(小泉 萌, 2013)

ある学生がこの現象に興味をもち、顕微鏡下で成長する凝集体をビデオカメラで撮影した。図4はその映像の1コマである。理科系でない学生がこのような実験を一人でおこなうのは非常に困難であり、理科系の友人の助

力を得たそうである。実験に時間がかかったせいか、発表したのはそれを簡単に編集したものであった。しかし、凝集の進行を拡大映像で見るのは本研究者も未経験だったので、この作品は衝撃的であった。同時に、高度なアートに仕上げる可能性も感じさせた。

(5) 「C10.分岐系の形成機構」では、まず河川の分岐に関わるホートンの法則を紹介した。これは、源流を1次の流れとし、合流すると次数を増すとして、すべての支流に次数を定義する。ホートンの法則は、各次数の支流の本数が、次数とともに指数関数的に減少するというものである。この法則は、稲妻、割れ目、葉脈など河川以外の多くの分岐系にも成り立ち、授業ではそれらの例を示した。そのことに興味をもった学生が、身のまわりの分岐系として10個を選び、それらをスケッチするという作業をおこなった。



図5.手のひらの毛細血管系のスケッチ
(林李紗子,矢原みどり, 2013)

図5はその内の1つで、図鑑からスケッチした手の毛細血管である。指先や親指の付け根に集中していることは、手作業で多くの物を作成する人間の能力に関係することを想像させる。かなり詳細な多数のスケッチをおこなったせいか、新たなアート・デザインには至らなかった。しかしながら、この作業から、自然の造形に対する不思議と驚きを感じたことが容易に想像できる。

(6) 「C13.偏光の応用」では、偏光シートによる発色のワークショップをおこなった。多くの透明プラスチックは、その中を偏光が通過するとき、光の振動方向を回転させる性質(旋光性)をもつ。また、ある種のプラスチック(例えばセロファン)や砂糖の水溶液は、色によって異なる強さの旋光性をもつ。そのために、これらの物質を多数重ねて2枚の偏光シートではさむと、多数の色からなる模様が現れる。

図6は、学生が行った砂糖水の旋光性を示す実験結果であり、濃い砂糖水をゼラチンで固めたものを2枚の偏光シートではさんで光を通したときの写真である。白黒写真でわか

りにくい、中央のゼリーの部分に虹色の色彩が見えている。授業で、「砂糖水も旋光性をもつはずであるが、私は確認できなかった」と伝えたところ、油絵学科のある学生が、大量に砂糖を含むゼリーを慎重に作成し、冷蔵庫内で長時間冷やすことによって、旋光性を示す砂糖ゼリーの作成を見事に成功させた。その結果は驚くべきものであった。絵画制作を専門とする学生は、物質の処理に工夫を凝らすことに意欲的だという印象を受けた。



図6.ゼラチンで固めた砂糖水の偏光発色実験(渡邊 薫, 2015)

(7) あとがきとして、これまでの結果を要約しておく。ここで紹介した学生の作品は、彼らが大学で理科系の教育を受けていないことを考えると、賞賛すべきレベルに達していると言える。このような能力を発揮する学生は、全体の1~2割はいた。将来、彼らの中から、自然科学的研究とデザイン制作を結びつけるような優秀なデザイナーが生まれることを期待したい。

本研究の成果は、学際的な性格の国際組織 International Symmetry Society の会議、およびデザインの基礎研究に関わる国際組織 IASDR の会議で発表した。その時の印象を述べておく。Int.Sym.Soc. は学際的な活動を目的としており、この発表は概して好評であった。一方、IASDR の会議では、確立したデザイナーよりも若手の参加者に好評であった。若手研究者は将来の可能な活動方針を広く想定しており、そのうちの一つに加えたと思われる。

3節「研究の方法」(2)で述べたように、本研究の活動を紹介するために冊子を作成し、関係者に配布した。今後も、希望者には贈呈するつもりである。

本研究の今後の発展として、学生が将来デザイナーとして活躍する際に出会うであろういろいろな課題に関しても、教育内容として追加することを考えている。例えば、災害への対策、人工知能などの情報技術、などが考えられる。これらは、今後随時取り入れていく予定である。

5. 主な発表論文等

[雑誌論文](計3件)

内藤将司、水野慎士、インタラクティブ映像システム“GAYAIT UP”とその応用システムの開発、芸術科学会論文誌、査読有、Vol.14、No.4、2015、pp.140-149

Takaki, R., Vortex dynamics, FORMA, 査読有, Vol.30, 2015, pp.S25-S32.
<http://www.scipress.org/journals/forma/pdf/30s1/30s10025.pdf>

Tutu, H., Horita, T. and Ouchi, K., Performance estimation for two dimensional Brownian rotary ratchet systems, J. Phys. Soc. Jpn, 査読有, Vol.84, No.4, 2014, pp.1-15.
DOI : 10.7566/JSPS.84.044004

[学会発表](計8件)

高木隆司、大内克哉、水野慎士、デザイン系学生による科学活動の推進、80回形の科学シンポジウム、東京電機大学、埼玉県比企郡鳩山町、2015年11月21日

Takaki, R. Ouchi, K. and Mizuno, S. Promotion of Scientific Activities of Design Students", IASDR 2015, at Exhibition and Convention Center, Brisbane, Australia, 2015, Nov.1-5.

高木隆司、大内克哉、水野慎士、デザイン系学生の科学研究、79回形の科学シンポジウム、千葉工業大学、千葉県習志野市、2015年6月12日

高木隆司、数理科学と次世代のデザインとの結びつき - 人間にとって本当に良いシステムの構築、統計数理研究所2014年度数学共働プログラム採択ワークショップ「知能システム工学専攻談話会」、(招待講演)、福井大学、福井県福井市、2014年12月26日

高木隆司、自然と社会における分岐系の解析、76回形の科学シンポジウム、青山学院大学、東京都渋谷区、2013年11月16日

Takaki, R., Ouchi, K. and Mizuno, S., Educational System for Students of Art and Design with Concept of Sustainability, (Plenary lecture), Int. Sym. Soc. Congress, at Crete, Greece, 2013, Sept., 9-15.

Takaki, R. Ouchi, K. and Mizuno, S., Cultural Education for Art and Design Based on Scientific Experiences, IASDR 2013 (Int. Assoc. Societies of Design Res.), at Shibaura Inst. Tech., Koutou-ku, Tokyo. 2013, Aug.27-30.

高木隆司、大内克哉、水野慎士、科学体験を基にしたデザイン教育体系の構築、75回形の科学シンポジウム、フォッサマグナミュージアム、新潟県糸魚川市、2013年6月21日

[図書](計2点)

高木隆司、自然がつくるかたち大図鑑、PHP研究所、2013、64

高木隆司 (監訳) 稲葉芳成、河崎哲嗣、田中利史、平澤美可三、吉田耕平 (訳) 美しい幾何学、丸善出版、2015、201。
原著: Eli Maor and Eugen Jost, Beautiful Geometry, Princeton Univ. Press, 2014.

6. 研究組織

(1)研究代表者

高木隆司 (TAKAKI, Ryuji)
東京農工大学・工学部・名誉教授
研究者番号: 80015065

(2)研究分担者

水野慎士 (MIZUNO, Shinji)
愛知工業大学・情報科学部・教授
研究者番号: 20314099

大内克哉 (OUCHI, Katsuya)
神戸芸術工科大学・芸術工学部・准教授
研究者番号: 70258177

(3)研究協力者

坂東孝明 (BANDO, Takaaki)
植田真 (UEDA, Shin)
カスパー シュワーベ (SCHWABE, Caspar)