

第48巻2・3号  
通巻143号  
2014年（平成26年）  
9月

日本図学会



図 *Journal of*  
学 *Graphic*  
研 *Science*  
究 *of Japan*

長島 忍	01	巻頭言
岡田 大爾, 松浦 拓也	03	研究論文 天文分野における児童・生徒の空間認識に関する比較研究
金子 颯介, 辻合 秀一	11	研究資料 vwwによるグラフィカルプログラミングツールの現状と 作品制作効率の一考察
金子 哲大	23	作品紹介 ソファ：「ホットドッグ」
金子 哲大	25	作品紹介 本棚：「スネオ」
園田 計二, 竹之内 和樹	27	講座 機械にまつわる幾何学形状（1）
大月 彩香	33	報告 日本図学会2014年度春季大会報告
安福 健祐 他	45	日本図学会2014年度春季大会研究発表要旨
	52	2013年度秋季大会優秀研究発表賞・研究奨励賞
	53	日本図学会2014年度新名誉会員紹介
鈴木 賢次郎, 堤 江美子, 椎名 久美子	54	第51回国学教育研究会報告
横山 弥生 他	64	中部支部2013年度冬季例会報告
	71	会告・事務局報告

## 切断法と代数学

長島 忍 Shinobu NAGASHIMA



図学は今後どうなるのだろうか。最近特に考えるようになった。図学との出会いは大学1年だが、よく意味がわからず好きではなかった。中高でやった技術家庭では図面を描くのは好きだったが、図学によく出てくる三角形や斜円柱などは気に入らなかった。大学在学中はパソコンを制作したり計算機室に入り浸ったり、とにかくコンピュータ関係すべてに興味があった。図学にもコンピュータの導入が始まるという話が出て、その関係で東大の図学教室の助手になり、図学会にも入会した。これが図学との付き合いの始まりだろうか。

コンピュータの能力向上もあって、設計の主流はCADに移り、手描きの図面を描く場面が減り、全国の大学における図学の授業も減少の一途をたどった。東大を辞職して立教大学に移ったため、図学は非常勤で教えるようになったが、なぜかだんだんと図学に愛着を覚えるようになった。そして、図学がそのまま消滅してもいいのだろうかと考えるようになった。立教では一般教育部に所属していたため、大学に一般教育は必要ないという文部省の方針が出てからは、経済学部に移り、身分が不安定なまま何年間も過ぎ、その後理学部数学科に移った。

数学科に所属した関係もあり、図学を発見したと言われるフランス人数学者モンジュのことや、なぜ図学が生まれたのか、またその背景はどうなっているのかを知りたくなった。モンジュは微積分の発展時期に活躍し、曲面の偏微分と接平面との関係や微分方程式の研究で業績を残している。一番気になったのは、図学は数学として生まれたのかどうか、ということであった。文献によれば軍の命令で「敵の攻撃で被弾しない領域を計算で求めよ」と言われて、モンジュは面倒な計算に代わる作図法を発見し、上官から褒められたということであった。したがって数学ではなく、実用的な手法として誕生した。

筆者は最近図学の数学的側面を考えるようになった。図学会の大会でも発表しているので、それ以外の話を紹介したいと思う。図学では空間の形状を扱うが、3次元空間はxyz座標で表すこともできる。xyzすべてがある値に固定されると点になる。このxyzのどれかに自由度を与えると直線になる。あるいはxyzがあるパラメータで表されると曲線になる。自由度を増やすことを、「拘束を緩める」と自分勝手に呼んでいる。直線や曲線のxyzの拘束をさらに緩めると平面や曲面になる。たとえばxyzの線形結合は空間における平面を表す。さらに拘束を緩めてxyzは何でもいいとすると全空間になる。

さて図学における切断法は補助平面法とも言われ、大変素晴らしい作図法だと思った。たとえば直線と立体の交点を求めるのに、そのままでは求まらない。そこで直線を平面の端視図と考える。つまりこれは拘束を緩めて直線を平面に拡大している。こうなると、与えられた問題は立体の切断になる。切断平面の端視図が出て

いるので、立体の切断線がすぐに求まる。ここで拘束を加えて元の直線を考えると、その交点が求まり、最初の問題が解けたことになる。切断法を用いないとなると、副投影などの手間がかかる作図が必要になる。この切断法は本当に優れたものだと思う、他の分野にはないかといつも考えていた。

代数学における3次方程式の解法に類似の考え方があることにある日気がついた。3次方程式の解法は、2次の係数をなくす処理をしたのちに、変数を足して自由度を増やす操作を行う。これは拘束を緩めることに相当する。この操作で方程式は解かれ、さらに拘束を与えて元の3次方程式の解を導き出すことができる。これは16世紀中頃にイタリア人数学者が発見した方法である。普通未知数が多い方程式を解くのに未知数の解を順に求めて未知数を減らしていくわけだが、ある意味やっばいはいけないことをやって、つまり未知数を増やすことをやっばいうまくいった例である。2次方程式の解法は紀元前1700年には知られていたもので、3次方程式の解法が見つかるまでに3000年以上の年月を要したわけである。4次方程式の解法もすぐに見つかるが、5次以上は解けないことがわかり、これは代数学における群論やガロア理論の発展に大いに寄与することになる。

このように図学の中をじっくりのぞいてみると、興味深い内容に出会うことがある。しかし残念ながら図学の現実には厳しい。

図学教育が減少する中、今後図学はどこへゆくのであろうか。消えてなくなるのか、あるいは姿を変えて生き残るのか。数学でも幾何学では行列や数式ばかりで図形は出てこないし、代数学でも群・環・体などの概念形成などが主な内容になっていることが多く、時代と共に内容が変化している。ただし数学の目標は証明を用いて真理を明らかにすることだが、図学の目標は何であらうか。図学とは何なのか、これからも考え続けていきたい。

# 天文分野における児童・生徒の空間認識に関する比較研究

A Comparative Study on the Spatial Cognition of Students in Astronomy

岡田 大爾 *Daiji OKADA*

松浦 拓也 *Takuya MATSUURA*

## 概要

平成10(1998)年の学習指導要領改訂では、天文分野の学習が中学1年生から中学3年生に移行された。その結果、小学5年生から中学2年生までの4年間は天文分野が学習されないことになった。一方で、このような変更に伴う児童・生徒の空間認識への影響については、詳細なデータが不足している。本稿では、1985年及び2007年当時の小・中学生の空間認識として球形概念や左右概念等を調査し、天文分野のカリキュラムとの関係について考察した。主要な結果は以下の通り。(1)半球概念は小学5年から中学2年まで2007年の方が正答率が概ね低い。(2)球形概念は、左右概念ほど天文単元学習後正答率が下がらない。(3)天文を学習しない小学5年から中学2年の間も空間認識が向上しており、他の影響が考えられる。(4)中学3年時で比較すると各概念とも2007年は、1985年と比べて同等以上である。

**キーワード:** 空間認識/天文分野/カリキュラム/球形概念/左右概念

## Abstract

In 1998 astronomy classes were shifted from grade 7 to grade 9, as advanced spatial cognition is required to understand astronomy. Consequently, students don't learn astronomy from grade 5 to grade 8 because of this change. However, detailed data was insufficient to consider this impact on the spatial cognition of students. In this paper, we investigate the spatial cognition of students. Specifically, the relationship between the learning period of astronomy and understanding of two concepts: the left / right concept and the spherical concept. The major results of this study are as follows. (1) The hemispherical concept in 2007 is generally less well understood than in 1985 at between grade 5 and grade 8. (2) Understanding of the spherical concept does not go down, compared to understanding of the left/right concept after students learn it. (3) Spatial cognition has improved between grade 5 and grade 8 although they do not learn astronomy, so the other effects can be considered. (4) At grade 9, understanding of each concept of spatial cognition in 2007 is almost the same or better than that in 1985.

**Keywords:** Spatial cognition / Astronomy / Curriculum / Spherical concept / Left and right concept

## 1. はじめに

平成10(1998)年の学習指導要領改訂(以後改訂)では、中学1年生で学習していた天文分野が中学3年生に移行した。これは、主に、天文分野には高度な空間認識を必要とする内容が含まれており、中学1年生では理解しにくいという配慮によるものであった<sup>[1][2]</sup>。同時に、小学校においては、天文分野の学習は3・4年生に集約され、5・6年生での学習の機会がなくなった。そのため、結果的に小学4年生での学習後、中学3年生まで天文分野を学習する機会がなくなった。

一方、天文分野に関する学習は、天文に関する知識を獲得するのみでなく、その過程において、複数の天体の位置関係を考慮する必要があるなど、空間認識能力が重要となる。しかし、上述のような学習時期の変更に伴う児童・生徒への影響について詳細に調査を行った事例は少なく、児童・生徒の空間認識の形成過程にどのような影響が生じているかを詳細に調べる必要性があると考えた。よって、天文分野を中心とした小学校・中学校の理科の学習内容の変遷と子どもたちの空間認識の形成過程との関係について詳細な分析が必要と考える。

## 2. 研究の目的・方法

研究目的は、次の2点に要約される。

- 1) 2007年と1985年の児童・生徒の空間認識の実態比較
  - 2) 天体分野の学習指導要領の違いに基づく影響の検討
- 筆者は、昭和52(1977)年改訂の学習指導要領に基づいて学習していた1985年において、小・中学生の空間認識の発達段階と天文分野の教育課程(小・中学校学習指導要領理科編)との関係を明らかにしている<sup>[3]</sup>。

また、1985年と同様の問題を用い、平成10(1998)年改訂の学習指導要領に基づいて学習している小・中学生の空間認識の発達状況を2007年に調査した。本研究では、1985年の調査結果と比較しながら空間認識の発達状況を分析する。さらに、発達状況の比較から学習指導要領の改訂による空間認識形成への影響を検討する。

### 3. 小・中学校理科における天文分野の変遷

まず、小・中学校理科における天文分野の変遷を整理するために、昭和52(1977)年から平成10(1998)年までの小学校理科指導書理科編、中学校指導書理科編において、各学年で扱われている天文分野の中で地球、月、太陽、星座の形と動きに関係する内容を抽出した<sup>[4]-[9]</sup>。その結果を表1に示す。昭和52(1977)年の内容と比較することにより、平成元(1989)年の生活科の導入にともなって、理科が小学3年生から始まり、日なた・日かげが1年生から3年生に移動する等、小学校では各内容が全体的に上の学年に移動したことが読み取れる。また、総合的な学習の導入に伴って理科の内容や授業時数が削減された平成10(1998)年の改訂では、「月の観察に当たっては、その形にも触れ、三日月や満月などの中から二つの月の形を取り上げ、月の特徴をとらえるようにする。ただし太陽と月の位置や月の形の見え方との関係についてはふれない。」とし、全体的に内容の精選・軽減が図られた(その後、ただし書き等歯止め規定については撤廃された)。

昭和52(1977)年と平成10(1998)年とを比較すると、全体的に「影のでき方→月・太陽の形と動き→星座の形と動き→地球の形と動き」の順番に配列されているが、改訂によって学習内容が上の学年に移行するとともに、小学校に含まれる内容が中学校で繰り返されなくなってきたといえる。

表1 学習指導要領の変遷と各学年の天文分野の内容

	昭和52(1977)年	平成元(1989)年	平成10(1998)年
小1	日なたのかげ		
小2	日なた、日かげと太陽のかげ		
小3		日なた、日かげと太陽との関係	日なた、日かげと太陽との関係
小4	太陽の形と動き 月の形と動き		月の動き 星の特徴と動き
小5	星、星座の形と動き	太陽と月の動き や形と位置関係	
小6	太陽の高さと季節	星の特徴と動き	
中1	地球の動き(地球の自転と公転)、惑星の公転	地球の動き(地球の自転と公転)、惑星の公転	
中2			
中3			天体の動きと地球の自転・公転、惑星の公転

### 4. 調査対象と調査時期

1985年調査、及び2007年調査とも、同一校区内の公立の小学4年生から中学3年生の各学年約140~200名を対象とした。その詳細を表2に示す。

1985年調査は6月上旬に実施したため、全ての学年において当該学年の天文分野の学習は未習であった。前年度の学習状況より、中学1年生は天文分野の学習を3月上旬に実施していたため、調査時において中学2年生は学習後約3ヶ月経過していた。また、小学4年生は「月の形と動き」の学習を10月上旬に実施していたため、調査時において小学5年生は学習後約8ヶ月経過していた。

一方、2007年調査は3月上旬に実施したため、全ての学年において当該学年の天文分野の学習は終えていた。当該年度の学習状況より、調査時において中学3年生は天文分野の学習後約3ヶ月経過していた。また、小学4年生は調査時において「月の動き」の学習後約8ヶ月経過していた。なお、分析に際して除外した被験者はいない。

表2 各調査における実施人数

調査時期	学年	男子	女子	合計
1985年6月	小学4年生	77	80	157
	小学5年生	78	76	154
	小学6年生	76	79	155
	中学1年生	90	86	176
	中学2年生	88	83	171
	中学3年生	77	81	158
	合計	486	485	971
2007年3月	小学4年生	87	96	183
	小学5年生	87	86	173
	小学6年生	99	93	192
	中学1年生	89	70	159
	中学2年生	74	62	136
	中学3年生	82	72	154
	合計	518	479	997

### 5. 調査方法と分析方法

中学校理科の教科書では、月の満ち欠けを説明するために、図1のような図がよく用いられている。この図では、太陽と地球の位置を固定し、月の位置の変化に伴う影の変化の様子から月の満ち欠けを説明している。本調査では、このような天体学習の基本となる月の満ち欠け

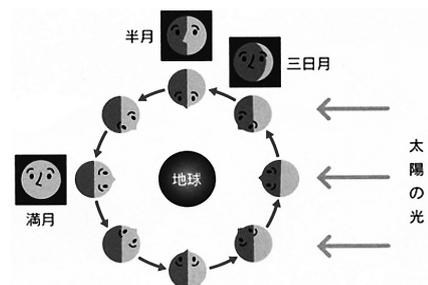


図1 教科書における月の満ち欠けの説明図<sup>[10]</sup>

の原理に着目し、月をボールに置き換えて満ち欠けについて正しく回答できるか否かを問うことにした。これは、月をボールに置き換えても正しく回答することができていれば、月の満ち欠けに関する単純な知識ではなく、空間認識能力が形成されていると判断できるのではないかと考えたからである。具体的には、ボールの満ち欠けを正しく空間認識するために必要な要素として、半球概念、左右概念、球形概念（以下に操作的に定義する）を抽出・調査することにした。

本問題は、ボールの位置を1から8の番号で整理し、図2のように暗い部屋で右から光を当てるという状況設定とした。そして、1～8の位置にある各ボールは、光がくる方向と逆の半球のみ影になることが理解できる場合、半球概念が形成されていると定義する。また、図2に示したように、図の中心X(地球)の位置に立って観察すると、位置1を見たときと、180°回転して位置5のボールを見たときの影は左右逆になる。このことが理解できていれば、左右概念が形成されていると定義する。そして、図3の位置2や位置8のように、視点を45°斜め前方に移動する場合には、十日あまり月や三日月のように明暗の境界が曲線となる。このことが理解できていれば、球形概念が形成されていると定義する。なお、月の形と動きに関する学習は、昭和52(1977)年と平成10(1998)年のいずれの学習指導要領においても小学4年生で扱うことになっている。ただし、小学校においては

地上から見た月の形と動きが中心であるため、左右概念を本質的に理解するためには、中学校における学習が必要となる。

本調査では、小学4年生から中学3年生まで全ての学年の児童・生徒の半球概念、左右概念や球形概念を同一課題で調べるため、全ての学年の児童・生徒に分かりやすく、興味を持って取り組めるような調査が求められる。そこで、図1のように教科書に一般的に使われている月の満ち欠けを説明するモデル図をもとに、図4に示したように、ボールの満ち欠けをA～ケの12個の図形から選ぶことにより短時間で簡単に回答できるような調査問題を用いた。この問題は、視点を固定してボールを移動させる場合を考える質問1と、ボールを固定して視点を移動させる場合を考える質問2で構成している。回答時間は全員が回答し終わるまでとし、15分前後であった。

## 6. 調査結果と考察

図4の調査問題の質問2では、Xの位置にボールが固定され、質問1よりも左半球が影となることがわかりやすくなる。このため、質問2の調査結果に基づいて、回答者が見る方向と紙面上の観察者(太郎君)が見る方向が同じ時(図4における位置5)、及び90°の時(同、位置3)の半球概念、180°の時の左右概念(同、位置1)、45°の時の球形概念(同、位置6)について検討することにした。その詳細を以下に示す。

### 6.1. 半球概念(視点移動がない場合)

半球概念について検討するために、質問2における位置5(観察者の太郎君と回答者で見る方向が同じ)の正答率の変化を比較した。その結果を、図5に示す。

最も簡単な問題でありながら、正答のウを選んだ生徒は中学3年生でも1985年が6割、2007年が7割程度である。また、1985年は、小学4年生から6年生まで正答率が上昇した後は下降と上昇を繰り返している。一方、2007年は、小学5年生で正答率が下降した後は中学3年生まで一貫して上昇している。そこで、この傾向を統計的に検討するために、調査時期(1985年・2007年)と学年(小4～中3)を独立変数として位置5の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、学年の主効果が有意であった( $\chi^2_{(3)} = 51.00, p < .01$ )。また、調査時期と学年の交互作用が有意であったため( $\chi^2_{(3)} = 13.18, p < .05$ )、正答率の差の検定(有意水準の調整には、Bonferroni法よりも検出力の高いSidak法を使用、以下同様)を行った。ここで、1985年は調査時期が6月上旬のため、天文単元の学習効果は次の学年

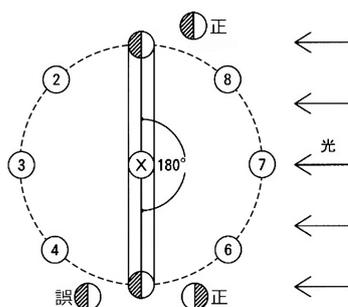


図2 左右概念の抽出

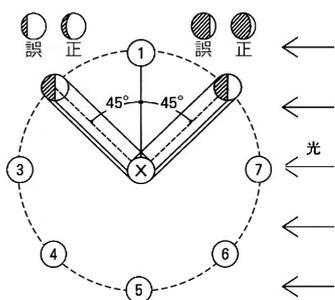


図3 球形概念の抽出

【質問1】 右の図1のように暗い部屋で、台につけたボールに矢印の方向から光をあてた。台につけたボールは、自由に動かせるようになっています。これを上から見ると、下の図2のようになっています。観察者（図1の太郎君）がXのところ立って、そのまわりの①～⑧においたボールを見ると、どのように見えるでしょうか。下のア～シの中から選んでその記号を回答用紙に書きなさい。ただし、斜線  は、影の部分（暗い部分）を示す。また、太郎君やボールの影はどのボールにもかからないものとする。

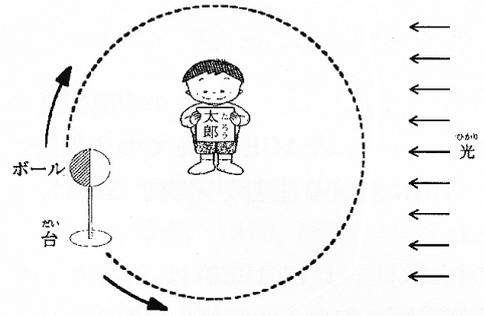


図1 質問1の装置

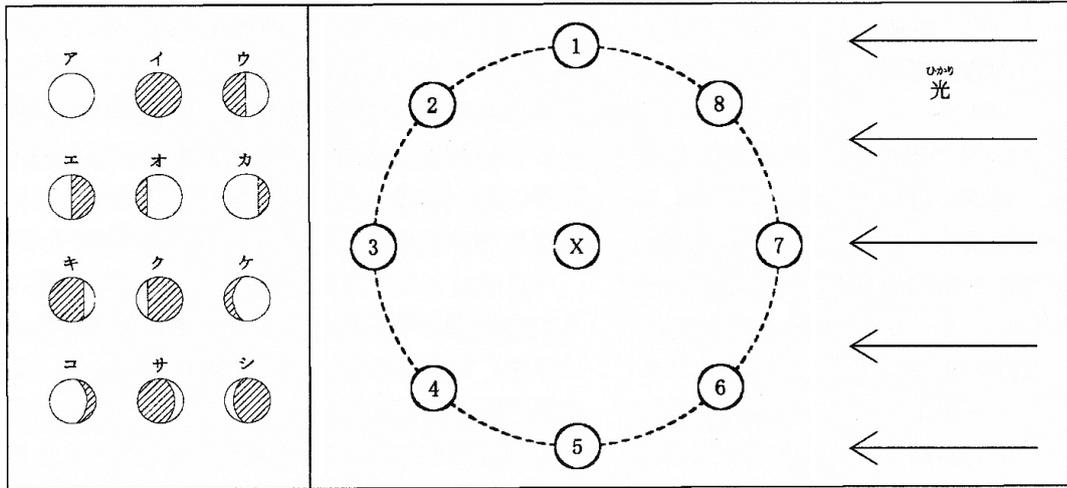


図2 質問1や質問2の装置を真上から見た図

【質問2】 今度は右の図3のようにボールは動かさずに観察者が移動する。これを上から見ると、やはり、上の図2のようになっている。観察者（図3の太郎君）が、①～⑧のところ立って、そこからXのところにおいたボールを見たら、どのように見えるでしょうか。上のア～シの中から選んでその記号を回答用紙に書きなさい。ただし、太郎君の影はどのボールにもかからないものとする。

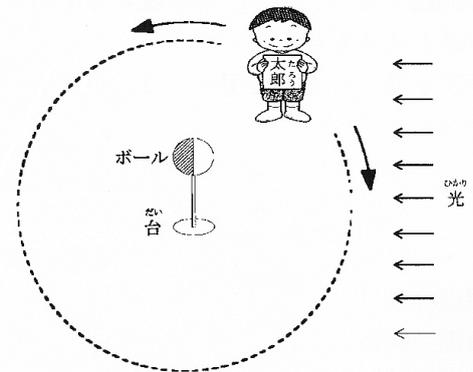


図3 質問2の装置

回答用紙

\_\_\_\_\_年 \_\_\_\_\_組 \_\_\_\_\_番 名前\_\_\_\_\_

位置	1	2	3	4	5	6	7	8
質問1								
質問2								

図4 調査問題（調査時はB4版）

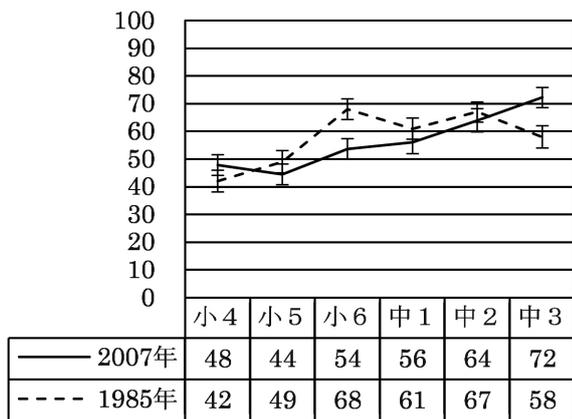


図5 質問2位置5の正答率の学年変化  
(エラーバーは、±標準誤差の範囲を表す。以下同様。)

に表れ、2007年は調査時期が3月上旬のため天文単元の学習効果は学習した学年に表れる。このような調査月の違いを考慮し、1985年は小学5年生の正答率を基準とすると、小学6年生と中学2年生において正答率が有意に高いことが明らかとなった ( $p < .01$ ;  $p < .05$ )。一方、2007年は小学4年生の正答率を基準とすると中学3年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった ( $p < .01$ )。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学6年生のみ正答率に有意な差が見られた ( $p < .01$ )。

以上のことから、1985年においては小学5年生の「星、星座の形と動き」、及び中学1年生の「地球の動き、惑星の公転」等の学習の効果が考えられる。一方、小学6年生の「太陽の高さと季節」の影の長さ等の学習では、真横から光を当てたら半月に見えるという半球概念の向上には結びつかなかったものと考えられる。また、2007年においては個別の学習内容の顕著な影響は読み取れないものの、小学6年生以降の正答率は一貫して上昇傾向にあるといえる。

### 6.2. 半球概念 (視点移動が90°の場合)

90°視点移動した場合の半球概念について1985年と2007年との違いを検討するために、質問2における位置3(観察者の太郎君が見る方向が回答者が見る方向に対して90°)の正答率の変化を比較した。その結果を、図6に示す。この問題も正答のイを選んだ者は、1985年、2007年とも中学校3年生でも7割程度である。

1985年は、全体としては正答率が上昇傾向にあるものの、中学3年生では明確に下降している。2007年においても、全体としては正答率が上昇傾向にあるものの、小学5年生と中学1年生において下降している。そこで、この傾向を統計的に検討するために、前項と同様の枠組みで位置3の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、学年の主効果が有意

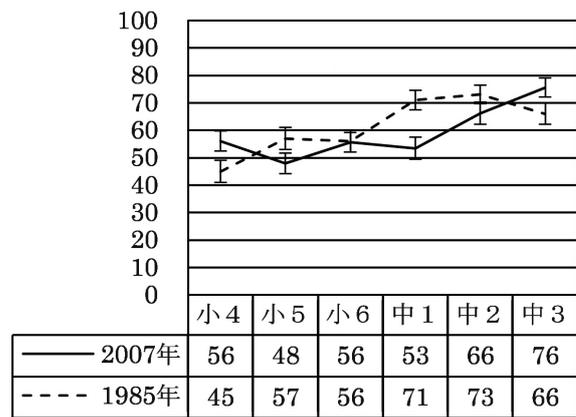


図6 質問2位置3の正答率の学年変化 (単位: %)

であった ( $\chi^2_{(5)} = 48.52$ ,  $p < .01$ )。また、調査時期と学年の交互作用が有意であったため ( $\chi^2_{(5)} = 20.16$ ,  $p < .01$ )、正答率の差の検定を行った。前項と同様に、1985年は小学5年生の正答率を基準とすると、中学2年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった ( $p < .05$ )。一方、2007年は小学4年生の正答率を基準とすると中学3年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった ( $p < .05$ )。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学4年生と中学1年生において有意な差が見られた ( $p < .05$ ;  $p < .01$ )。

以上のことから、1985年においては小学6年生の「太陽の高さと季節」等の学習の効果が考えられる。また、2007年においては小学4年生の「月の動き」等の学習の効果が考えられるものの、小学校6年生時の正答率の向上は1985年と異なり、2007年には見られなくなった。

### 6.3. 左右概念

左右概念について1985年と2007年との違いを検討するために、質問2における位置1(観察者の太郎君と回答者で見る方向が180°異なる)の正答率の変化を比較した。その結果を、図7に示す。

1985年は、小学4年生から中学2年生まで正答率が一貫して上昇し、中学3年生で若干下降している。また、

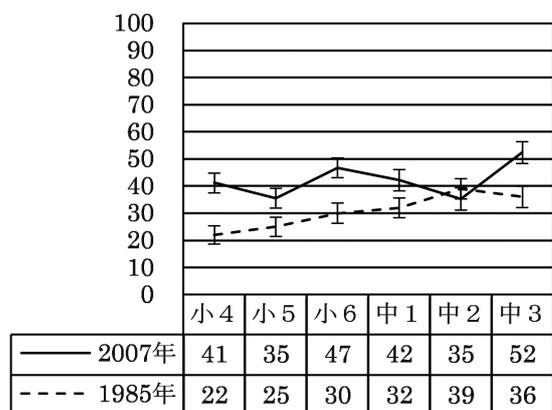


図7 質問2位置1の正答率の学年変化 (単位: %)

最も正答率が高い中学2年生においても4割程度となっている。2007年は、小学6年生と中学3年生のみ正答率が上昇しており、上下の変動が繰り返されている。そこで、この傾向を統計的に検討するために、前項と同様の枠組みで位置1の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、調査時期、及び学年の主効果が有意であった ( $\chi^2_{(1)}=24.30, p<.01; \chi^2_{(5)}=15.50, p<.01$ )。一方、調査時期と学年の交互作用は見られなかった ( $\chi^2_{(5)}=10.99, n.s.$ )。正答率の差の検定を行ったところ、1985年の小学4年生と中学2年生の間にのみ有意な上昇が見られた ( $p<.01$ )。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学4年生、5年生、6年生、中学3年生において有意な差が見られた ( $p<.01; p<.05; p<.01; p<.05$ )。以上のことから、1985年においては小学4年生から中学2年生にかけて正答率が上昇傾向にあるといえる。一方、2007年においては一貫した傾向は見られないものの、小学4年生の「月の動き」や中学3年生の「天体の動きと地球の自転・公転、惑星の公転」等の学習の効果が考えられる。また、統計的な有意差は見られなかったものの、2007年においては天文分野の学習が設定されていない学年では正答率が下降する傾向が見られる (小学6年生を除く)。

また、誤答傾向を事例的に検討するために2007年調査における当問題の正答エ、左右概念のみを間違えた誤答ウ、その他の誤答の選択率を整理した結果を図8に示す。図8における学年変化をみると、中学1年生以外は正答エの増減に対して誤答ウが逆に連動する傾向にある。誤答ウを選択した被験者は半球概念については理解しているものの、左右が逆転することについては正しく認識できていないことになる。また、全体としては減少傾向にあるものの、中学生においてもその他の誤答を選

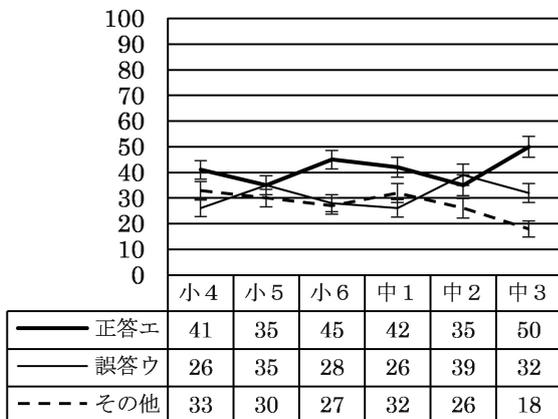


図8 2007年の質問2位置1の正答エと左右概念のみを間違えた誤答ウ及びその他の選択率の学年変化 (単位: %)

択した被験者が約2~3割程度存在する。このような被験者は、真横から球に光を当てたときに半月状の影が見えるという半球概念が十分に定着していない等の課題が考えられる。

#### 6.4. 球形概念

球形概念について1985年と2007年との違いを検討するために、質問2における位置6 (観察者の太郎君と回答者で見る方向が45°異なる) の正答率の変化を比較した。その結果を、図9に示す。

中学校3年生で正答のケを選んだ被験者は1985年が4割、2007年が5割程度である。また、1985年は、小学4年生から中学2年生まで正答率が一貫して上昇し、中学3年生で若干下降している。2007年は、全体としては正答率が上昇傾向にあるものの、小学5年生と中学3年生において下降している。そこで、この傾向を統計的に検討するために、前項と同様の枠組みで位置6の正答率に関する逆正弦変換を利用した2要因の分散分析を行った。その結果、学年の主効果が有意であった ( $\chi^2_{(5)}=79.40, p<.01$ )。

また、調査時期と学年の交互作用が有意であったため ( $\chi^2_{(5)}=14.70, p<.05$ )、正答率の差の検定を行った。前々項と同様に、1985年は小学5年生の正答率を基準とすると、小学4年生の正答率が有意に低いことが明らかとなった ( $p<.01$ )。一方、2007年は小学4年生の正答率を基準とすると中学2年生と3年生の正答率が有意に高いことが明らかとなった (両学年とも  $p<.01$ )。また、1985年と2007年で同一学年を比較したところ、小学4年生のみ有意な差が見られた ( $p<.01$ )。

以上のことから、1985年においては、小学4年生の「太陽の形と動き、月の形と動き」の学習の影響が顕著であったと考えられる。また、1985年、2007年ともに最も正答率が高いのは中学2年生の5割程度であり、正答率の学年変化も類似した傾向を示している。

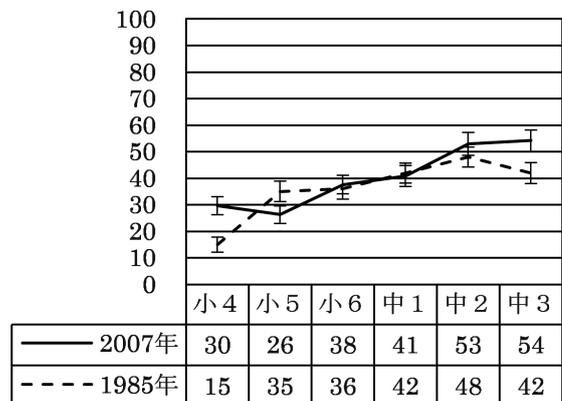


図9 質問2位置6の正答率の学年変化 (単位: %)

## 6.5. 空間認識と学習指導要領

前項までの分析結果を、学習指導要領の違いという視点から検討するために、昭和52(1977)年改訂下の1985年と、平成10(1998)年改訂下の2007年の天文単元の学習時期・内容と半球概念、球形概念、左右概念の形成状況について考察する。

まず、視点移動を伴う半球概念は、1985年においては中学1年の学習成果として中学2年生の正答率が最も高く、2007年においては当該学年の学習成果として中学3年生の正答率が最も高くなることが明らかとなった。視点移動を伴わない半球概念は、2007年においては視点移動を伴う場合と同様である。しかし、1985年においては、中学2年生のみでなく小学6年生の正答率も高くなっている。小学5年生における天文分野の学習内容は、星の動きに関する内容が中心であるため、その他の学習も影響していると考えられる。また、左右概念は、1985年においては中学1年生の学習の成果として中学2年生の正答率が最も高くなっている。一方で、2007年においては既に小学4年生において1985年よりも正答率が高く、その後は多少の前後はあるものの横ばい傾向にある。そして、球形概念は、1985年においては小学4年生の学習の成果として小学5年生の正答率が高くなると共に、中学2年生の正答率が最大となっている。2007年においては中学2・3年生の正答率が最も高くなることが明らかとなった。

これらのことから、中学3年生時点における空間認識の形成状況は、天文分野の学習機会が減少した平成10(1998)年改訂下においても、昭和52(1977)年改訂下と比べて同等以上であると考えられる。また、統計的な有意差はないものの、昭和52(1977)年改訂下の中学3年生の空間認識は、いずれの要素においても中学2年生時と比較して低下傾向に転じている。このため、平成10(1998)年改訂下においても、高校1年生を対象に調査を実施すると空間認識がやや低下していると推測される。

また、球形概念については、天文単元の学習前後の変化が分かる1985年では、小学4年生の月の満ち欠けの学習による正答率の上昇が最も大きく、学習後1年たって正答率の減少がある場合でも減少幅は比較的小さい。また、2007年の調査で天文単元を学習していない小学6年生や中学1・2年生においても正答率が少しずつ伸びていることから、算数・数学等の教科や生活経験等の影響が考えられる。そこで、他の教科の中では調査事項に最も近い学習内容と考えられる算数・数学の図形領域について検討した。学習指導要領に基づく、算数・数学の

図形領域の変遷を整理した結果を表3に示す。これを見ると、平成10年改訂の学習指導要領は小学校では、昭和52年改訂の内容を概ね1～2年後に学習し、中学校でも相似条件が1年後の3年生で学習するなど学習内容の先送りが見られる。

調査時期から1985年は学習した次の学年、2007年はその学年での正答率の上昇に影響したと考えられるが、図9と表3より1985年は、小学4年生の立体や中学1年生の空間図形、2007年は、小学6年生の立体や中学1年生の空間図形の学習が影響した可能性がある。特に2007年の小学6年生と中学1年生については天文単元の学習はなく、算数の立体と数学の空間図形の学習の影響が最も可能性が高いと考えられる。

しかし、正答率の上昇は、1985年の月の満ち欠けの学習後の小学5年生ほどの大きな変化ではなかった。これは、月の満ち欠けの学習はボールの満ち欠けの調査と状況設定がほぼ同一で、直接的な影響が考えられるのに対

表3 学習指導要領の変遷と各学年の図形領域の内容<sup>[11]</sup>

	昭和52(1977)年	平成元(1989)年	平成10(1998)年
小1	ものの形	ものの形	ものの形
小2	箱の形 正方形・長方形・ 直角三角形など	箱の形 正方形・長方形・ 直角三角形など	ものの形
小3	二等辺三角形・正 三角形など 円	二等辺三角形・正 三角形など 角・円	箱の形 正方形・長方形・ 直角三角形
小4	直線の平行と垂直 平行四辺形・台 形・ひし形など 立方体・直方体 ものの位置	直線の平行と垂直 平行四辺形・台 形・ひし形など 立方体・直方体 ものの位置	二等辺三角形・正 三角形 角 円
小5	合同・頂点・辺・角 図形の簡単な性質 円周率の意味	合同・頂点・辺・角 図形の簡単な性質 円周率の意味	直線の平行と垂直 平行四辺形・台 形・ひし形 図形の簡単な性質 円周率の意味
小6	線対称・点対称 縮図・拡大図 角柱・円柱 角錐・円錐	線対称・点対称 縮図・拡大図 角柱・円柱 角錐・円錐	立方体・直方体 簡単な角柱・円柱
中1	空間図形 図形の作図 図形の計量	図形の作図と平面 図形の理解 空間図形	基本的な図形の作 図、 空間図形と図形の 数量
中2	平面図形の性質 三角形の合同条 件・相似条件	平面図形の性質 三角形の合同条 件、相似条件	平面図形の性質 三角形の合同条件
中3	円の性質 三平方の定理・立 体の相似比	円の性質 三平方の定理、扇 形、立体の相似比	三角形の相似条件 三平方の定理

して、立体や空間図形の学習は、調査問題と状況設定が異なるため、間接的な影響しか及ぼさなかったためと考えられる。

一方、左右概念については、小学4年生、5年生、6年生、中学3年生において2007年の方が正答率が高かった。これは、それまで8方位の月の形を学んでいたものが、平成10年の改訂で月の形が2種類に絞られたことで、左右の逆転がより焦点化されて身につけやすかったことが原因の1つと考えられる。このように、より直接的に月の満ち欠けにおける左右逆転の原理を定着したことが、図形領域の先送りの影響を越えて、ボールの満ち欠けの形の左右逆転の考えに強く影響したものと考えられる。

また、中学3年時で比較すると、各概念の正答率は2007年は1985年と同等かそれ以上であることから、天文単元を中学1年から3年に移行したことは、おおむね良い結果であったと考えられる。さらに、今回、月と太陽を観察し、月の位置や形と太陽の位置を調べ、月の形の見え方や表面の様子についての考えをもつことができるようにするという内容を小学校6年に追加した平成20年の学習指導要領改訂<sup>[12][13]</sup>の方向性は、より好ましい結果をもたらすのではないかと注目される。そこで、この予測の真偽を確かめるため、2008年改訂の現学習指導要領下での空間認識についても、実施後6年程度経過時に同様の調査を継続して行う必要があると考えている。

## 7. まとめと今後の課題

天文分野の学習指導要領と児童・生徒の空間認識形成との関係を調べるために1985年及び2007年当時の小・中学生の空間認識を分析し、次のようなことが判明した。

- (1) 半球概念は、中学3年で逆転するものの、小学5年から中学2年まで2007年の方が1985年よりも正答率が概ね低い。
- (2) 球形概念は、小学校の天文学習によっても大きく伸びる。学習後の定着は比較的良好。小学4年のみ有意に2007年の方が1985年よりも正答率が高い。
- (3) 左右概念は、小学4・5・6年と中学3年で2007年の方が1985年よりも正答率が有意に高い。一方で、2007年は天文分野の学習が設定されていない学年では正答率が下降しやすい傾向が見られる。
- (4) 天文単元を学習しない小学5年～中学2年の間も空間認識が少しずつ向上しており、他の影響も考えられる。
- (5) 1985年・2007年の調査とも中学3年の約半数が球形

概念や左右概念が理解できていない実態から、概念としての定着を図るために、なお一層の工夫が必要と考えられる。

また、2007年の調査では、統計的な有意差は見られなかったものの、本稿で取り上げた4つの設問全てにおいて小学5年生の正答率が低下する傾向が見られた。小学4年生は天文単元の学習直後で高く、小学5年生は学習後1年以上経過した影響も考えられる。このため、このような知見を踏まえて、空間認識をわかりやすく、確実に定着させ、発展させる学習指導法についてより一層研究を深める必要があると考えられる。

本論文の執筆にあたっては、匿名の査読者より貴重な指摘を頂いた。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] 江田稔・三輪洋次編著，“新中学校教育課程講座 理科”，ぎょうせい，(1999)，105，151
- [2] 江田稔・三輪洋次編著，“中学校学習指導要領の展開 理科編”，明治図書，(1999)，143-144
- [3] 岡田大爾，“児童・生徒の天文分野における空間認識に関する研究—1985年当時の視点移動能力について—”，地学教育，62(3) (2009)，79-88.
- [4] 文部省，“小学校指導書理科編”，(1978)，25-26，41-43，72-73，88-90，105-106.
- [5] 文部省，“中学校指導書理科編”，(1978)，76-82.
- [6] 文部省，“小学校指導書理科編”，(1989)，42-43，70-71，84-86.
- [7] 文部省，“中学校指導書理科編”，(1989)，72-79.
- [8] 文部省，“小学校指導書理科編”，(1999)，26-28，37-39.
- [9] 文部省，“中学校指導書理科編”，(1999)，86-91.
- [10] 吉川弘行ら，“未来へひろがるサイエンス2分野下”，(2005)，啓林館，88
- [11] 国立教育政策研究所，学習指導要領データベースインデックス <http://www.nier.go.jp/guideline/>
- [12] 文部科学省，“小学校学習指導要領解説理科編”，(2008)，14-17，30-31，41-42，66-67.
- [13] 文部科学省，“中学校学習指導要領解説理科編”，(2008)，12-15，86-90.

●2013年12月23日受付

おかだ だいじ  
広島国際学院大学 工学部 教授  
〒739-0321 広島市安芸区中野6-20-1  
TEL : 082-820-2566  
E-mail : okada@hkg.ac.jp

まつうら たくや  
広島大学大学院教育学研究科 准教授

# vvvvによるグラフィカルプログラミングツールの現状と作品制作効率の一考察

A Study of the Present Condition and the Efficiency Using Graphical Programming Tool with vvvv

金子 颯介 Sosuke KANEKO

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

## 概要

我々が生きる現代はコンピュータ技術が日々進歩している。新しい技術に挑戦することは、新しい発見につながることはもちろん、今まで以上にエンターテインメント性を含む作品を制作することができると考えインタラクティブアートにおいて調査していく中で出会ったvvvvという新しいプログラミングツールについてまとめ、初心者向けのマニュアル作成を目指した。そしてその過程で得た知識を用い、vvvvでオリジナルのプログラムを組んでみる。マニュアル作成とオリジナルプログラムの作成、この2点をメインの研究内容とする。

**キーワード:** CG/vvvv/インタラクティブアート/グラフィカルプログラミング/マニュアル

## Abstract

Nowadays, Computer technology has advanced. I think that to challenge the new technology will lead to new discoveries and it is possible to produce interesting work than ever. I met with the new programming tool called vvvv while I examined the interactive art. So, I aimed at creating manual for beginners about vvvv and I decided to try to make an original program with vvvv.

**Keywords:** CG/vvvv/Interactive art/Graphical programming/manual

## 1. はじめに

我々が生きている現代は、さまざまな技術が常に開発されており、コンピュータ技術においてもプログラムを用いた作品や商品は日々進化し、発展を続けている。特にARやプロジェクションマッピング等、仮想的な情報を現実世界に映し出す技術の発展が話題になることも多い。仮想的なデータに現実から干渉する作品、いわゆるインタラクティブアートの分野において調査していく中でvvvvという比較的新しいグラフィカルプログラミングツールの存在を知り興味を持った。新しい技術に挑戦することは、新しい発見につながることはもちろん、今まで以上にエンターテインメント性を含む作品を制作することができると考え、vvvvという新しいプログラミングツールの研究をテーマとして設定した。

このvvvvというツールは一般的に広く知られてはおらず、参考書籍等も日本ではまだ販売されていない状況であるのでこのツールについて研究していく上で得た情報をまとめ初心者に向けた簡易的なマニュアルを作成すると共に、作品制作に向くツールであるかを確かめた。

## 2. vvvvの概要

### 2.1. vvvvについて

vvvvはドイツで生まれた新しいプログラミングツールでvvvv groupによって開発されている(図1)。vvvvのプログラミングにおいて特徴的なことは通常のテキストを記述するタイプのプログラミングツールと異なり、視覚的な操作によってプログラミングを行うグラフィカルプログラミングと呼ばれるプログラミングスタイルである。グラフィカルプログラミングのツールは以前からも



図1 vvvvのマーク<sup>[1]</sup>

Max(Cycling'74開発)などいくつか存在していたが、このvvvvは商業的な利用にはライセンスの購入が必要となるが、非商業的な利用であれば無料で使用できる<sup>[1]</sup>。記述方法の似たMaxやPDは、音に特化したプログラミング言語であり、vvvvはインタラクティブアート向けである<sup>[2]</sup>。なお、このツールは、Microsoft Windows 2000以降のOSで動作する<sup>[1]</sup>。

## 2.2. vvvvの特徴

プログラミング言語であるvvvvは、他のプログラミング言語と違い作成する画面と表示する画面がはっきり分かれてはいない。ランタイムグラフィカルプログラミングと呼ばれていて、プログラムを作成している間も常に計算やグラフィックの描画を行っている。

そしてvvvvの特徴的なシステムとしてスプレッドと呼ばれるものがある。これはvvvvでグラフィックを扱う際にとっても便利な機能である。このスプレッドという機能を用いることで複数のオブジェクトやデータを一度に扱う場合、それぞれをひとつずつ制御するプログラムを用意しなくても、1つの操作で複数のオブジェクトをまとめて操作できる。これによりユーザーインタフェース上でたくさんのオブジェクトの動きを簡単に変更できる。

他にもvvvvは3Dレンダリングやビデオトラッキング、物理シミュレーションに対応した機能も用意されており、操作にも数多くのデバイスの使用可能である。

## 3. インストール

### 3.1. ダウンロード

まずvvvvの公式サイト (<http://vvvv.org>) (図2) から

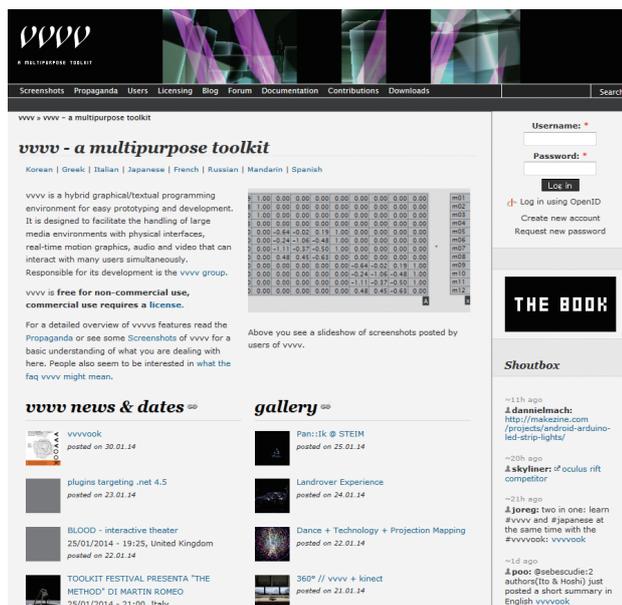


図2 vvvvの公式サイト<sup>[1]</sup>

downloadsへ進み、そこから32bit、64bitいずれかのzipファイルをダウンロードする。それを解凍し、フォルダを開くとvvvv.exeというアプリケーションがある。これがvvvvを起動するメインボタンとなる。この段階でvvvv.exeを起動し無事起動するようであれば問題ないが、vvvvにはいくつか動かすために必要なソフトウェアがある。

### 3.2. セットアップ

必要なソフトウェアがコンピュータ上にインストールされているか確認するには同フォルダ上にあるcrack.exeを起動する(図3)。すると必要事項がクリアされているかを確認する画面が表示される。この中で条件をクリアしているものは緑色のライト、クリアできていないものは赤色のライトが点く。例えばvvvvで必要であるDirectXやVisual C++などがインストールされてなければ赤色が点く。この場合は、画面上にwebセットアップへのリンクが表示されるので指示に従いインストールを進めるとよい。必要なソフトの準備が整い、ライトが緑色に変わったなら無事vvvvを起動できる(図4)。

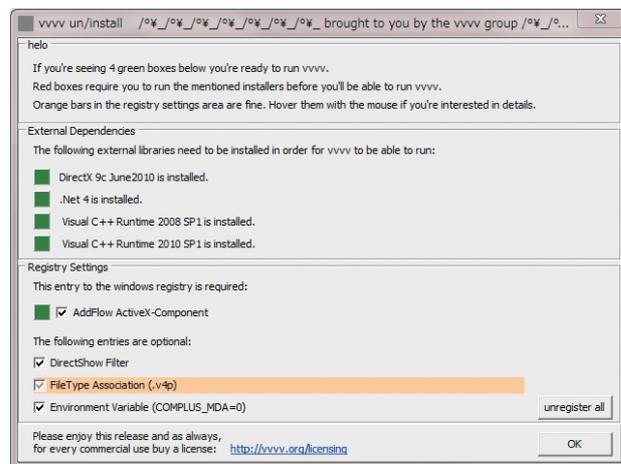


図3 crack.exe起動画面

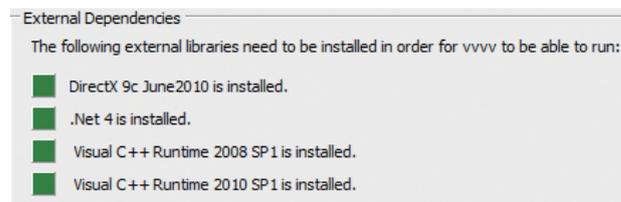


図4 crack.exe起動画面中央部の拡大

## 4. プログラミング

### 4.1. vvvvの起動

必要な準備が終わり、vvvv.exeを起動するとグレーの画面が表示される。vvvvではこのグレーの画面上でプロ

グラムを組む。この画面上でマウスの中ボタン（中ボタンのないマウスを使用している場合はSpaceキー+右ボタン）を押すことでメインメニューが表示される。普段使用する情報がこれでひとまとめに表示できる（図5）。

vvvvのプログラミングはこのグレーの画面上にプログラムの動きを制御するボタンを配置し、そのボタン同士を線で結ぶことでプログラムが繋がっていく。このボタンのことをノードと呼ぶ、そしてそれらを結ぶ線のことをラインと呼ぶ。ノードとノードを結ぶ際にラインを引くことのできるノードにある出発地点の黒い四角のことをピンと呼ぶ。

1つのノードにはそれぞれの機能に対応したピンが複数個用意されている。ノード同士で繋ぐ場合はピンが大きく表示される。これらを複数組み合わせることで複雑なプログラムもできる（図6）。

ノードを表示はグレーの画面の上でマウスの左ボタンをダブルクリックする。するとノードのリストと検索の入力画面が表示される（図7）。もし用意したいノードの名前がすでにわかっている場合は上部の検索画面にノード名を打ち込むとすぐにそのノードが表示され、それをクリックすることで画面内に設置できる。ノード名

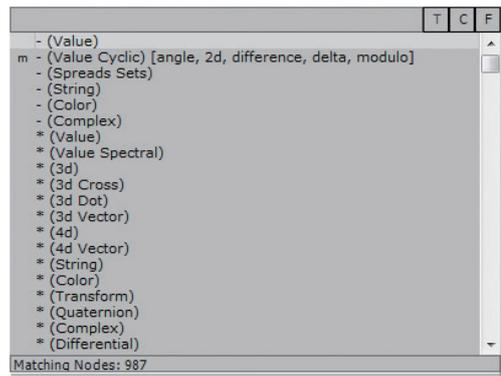


図7 ノードリストの表示

がわからない場合は、検索画面の下から続いているノードリストからノードを選べる。リストから選ぶ場合もそのノードをクリックすることで画面内に設置できる。

#### 4.2. Hello Worldの表示

ここでプログラミング言語を紹介する際の方法として最もポピュラーなHello Worldの表示方法を紹介する。

例えばテキストタイプのプログラミング言語javaでの表示の場合は、テキストを入力し、それをコンパイルすることで、コマンドプロンプト上にHello Worldを表示する（図8、9）。

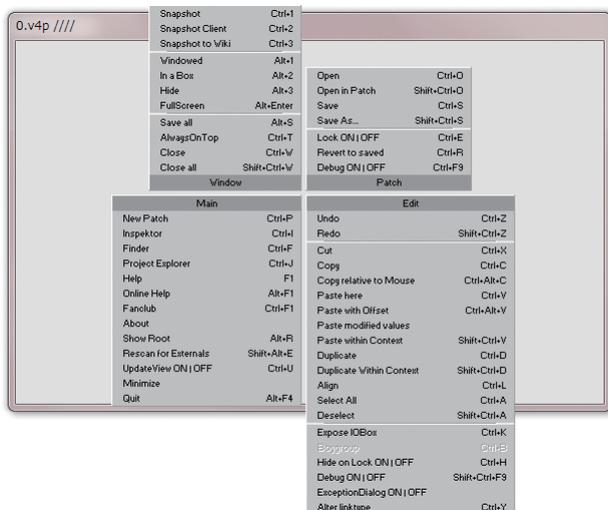


図5 vvvv.exeメインメニューの表示

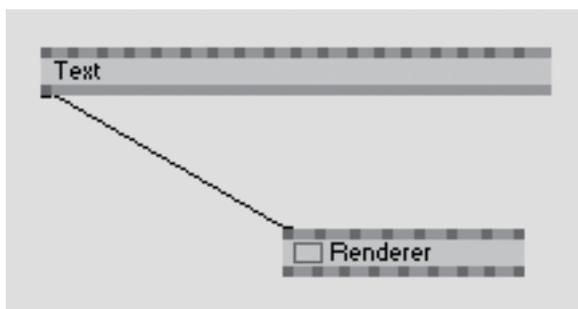


図6 ノード同士のピンをラインで結んだもの

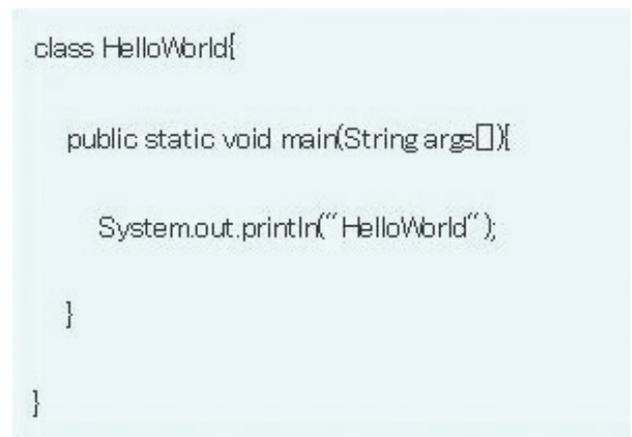


図8 javaによるHello World表示テキスト



図9 javaによるHello World表示画面

上記のようなテキストタイプのプログラミングとは異なり、vvvvはグラフィカルプログラミングであるので文章で入力するのではなく、より視覚的にプログラムを組むことができる。

まずvvvvの場合は基本のグレーの画面上でプログラムを組む。vvvvの特徴として、テキストタイプのプログラミングの場合に分かれて存在している実行画面がノードとして存在している。つまり実行画面もプログラムとして画面上で変更が可能である。

そこでまず実行結果の表示画面を用意する。そのためのノードがレンダラー (Renderer) ノードである。ダブルクリックでノードリストを表示させレンダラー (Renderer EX 9) をクリックすると別ウィンドウで画面が表示される (図10, 11)。表示させたいプログラムのノードをレンダラーピンとラインで繋ぐことでこの画面に結果が映し出される。このレンダラー画面はマウスで自由に移動できる。

実行画面が用意できたのでHello Worldの文字を表示させるノードを用意する。それがテキスト (Text) ノードである。ノードリストからテキスト (Text EX 9) を選び、クリックして画面に表示する。テキストノード上のピンでそれぞれ文字の大きさや、字体、色などを変更できるので変更したい場合はそのピン上で右クリックを

行くと調整するための枠が出現する。そこで値を変えて入力することで反映される。今回はHello Worldと表示させたいのでピンのtextを選び右クリックしてそこにHello Worldと入力しておく (図12)。ここの文字を変えることで表示される文字が変わる。

Hello Worldの表示にはテキストとレンダラーこの2つのノードを用意するだけでよい。この2つのノードをラインで繋ぐのだが、まずテキストノードの下側のピン、出力ピンをクリックする。すると出力ピンからマウスにかけてラインが表示される。このラインはマウスに付いて伸びてくるのでそのまま繋ぎたいレンダラーのピンをクリックして2つのノードを繋ぐラインを結ぶのである。出力ピンをクリックした時点でそこから繋ぐことのできるピンが他のピンより大きく表示されるようになるのでわかりやすい。今回の場合はレンダラーの一番左側のピンが大きくなっているのでそこにつなぐ (図13)。

これでレンダラーの画面上にHello Worldが表示されたはずである (図14)。文字が大きくてはみ出す場合はテキストノードのNormalizeピンをWidthに調整すると画面内に収まる。

レンダラー画面の設定として、Background Colorピンを選択し、マウスの右ボタンを押したまま上下にドラッグで明るさの変更、左右にドラッグで色相の変更、Ctrlキーを押しながらドラッグで画面の彩度を変更できる。

また通常は別ウィンドウで表示されているレンダラー画面であるが、Altキー + 2 を押すことでレンダラーノードと一体化しプログラミング画面の中に収めることもできる。元の別ウィンドウの状態に戻したいときは

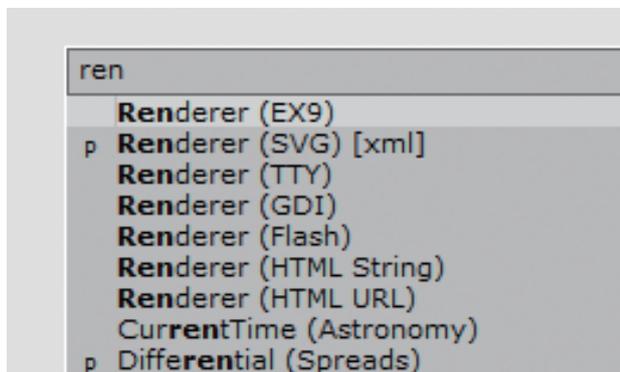


図10 ノードリストからレンダラーを選択

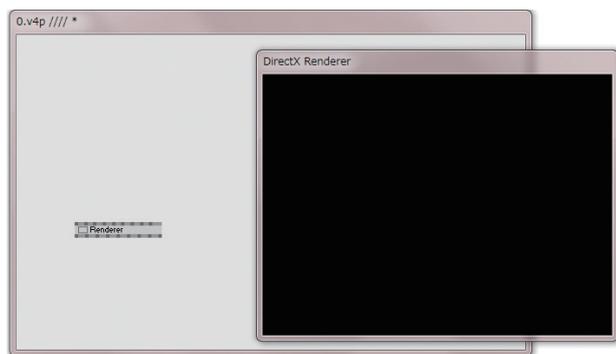


図11 レンダラー画面の表示



図12 テキストノード

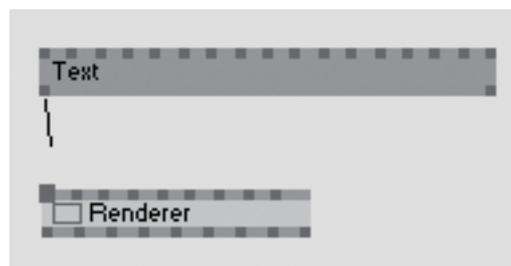


図13 ノード同士をラインで結ぶ

Altキー+1で戻すことができる(図15)。

作ったプログラミングを保存したい場合はグレーの画面上でマウス中ボタンを押し、メインメニューを開き、その中のsaveをクリックして保存を行う(図16)。

### 4.3. マウスの動きに連動したプログラム

先述のHello Worldの表示でvvvvのプログラミング方法を説明した。今度は表示するオブジェクトがマウスの動きによってリアルタイム変化するプログラムを作る。

まずグレーの画面でマウス(Mouse System Global)ノードを表示する。これによってマウスの動きをX座標とY座標のデータとして入手できる。マウスノードは出力ピンがX座標データとY座標データで分かれており必要な場合はそれぞれのデータだけを利用できる。

しかし今回はX座標とY座標のデータをどちらも利用するので2つのデータをひとまとめにする。そのために使うのがベクター(Vector 2d Join)ノードである。ベクターノードを通すことでX座標とY座標の2つをひとまとまりのデータとして出力できる。今回はX座標とY座標だけの処理なのでベクターの2d Joinであるが、Z座標まで利用する場合はベクター3d Joinを用いるとよ

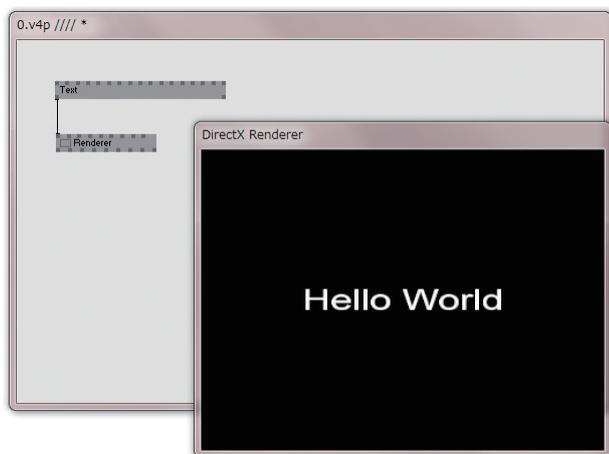


図14 Hello Worldの表示



図15 設定を変更したHello Worldの表示

Alt+1		
Alt+2	Open	Ctrl+O
Alt+3	Open in Patch	Shift+Ctrl+O
Alt+Enter	Save	Ctrl+S
Alt+S	Save As...	Shift+Ctrl+S
Ctrl+T	Lock ON OFF	Ctrl+E
Ctrl+W	Revert to saved	Ctrl+R
Shift+Ctrl+W	Debug ON OFF	Ctrl+F9
	Patch	
	Edit	
Ctrl+P	Undo	Ctrl+Z
Ctrl+J	Redo	Shift+Ctrl+Z
Ctrl+F	Cut	Ctrl+X

図16 メインメニュー上のsave

い。マウスノードのX座標出力ピンをベクターノードのX座標入力ピンに、同じようにマウスノードのY座標出力ピンとベクターのY座標入力ピンをラインで結ぶことでマウスのX座標とY座標のデータを伝えるプログラムの部分ができる(図17)<sup>13)</sup>。

次に実行画面とそこに映し出すオブジェクトを用意する。実行画面はHello Worldと同じようにレンダラー(Renderer EX9)を作成する。これで実行画面が表示される。

次にフォンディレクショナル(PhongDirectional EX9. Effect)ノードを作成する。そして画面に表示させるオブジェクトとしてボックス(EX9. Geometry)ノードを作成する。これは文字通り四角いオブジェクトを表示させるノードである。上部のピンを調節することで縦と横の長さを変更できる。vvvvには画面に表示するためのオブジェクトとして数多くのノードが存在している。今回はボックスノードで示すが他にも球体やティーポット等様々な形を試す。

画面に表示させる部分のプログラムを担うレンダラーノードとフォンディレクショナルノード、そしてボックスノードをそれぞれ接続するとレンダラー画面に四角いオブジェクトが表示されるはずである。この四角のオブ

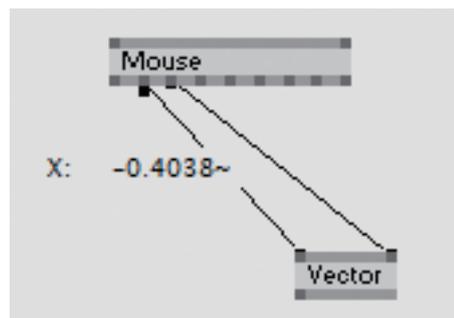


図17 マウスのXとYをベクターにつなぐ

ジェクトは今の段階ではまだ動かないのでこれらのノードと先ほどのノードを繋いでマウスの位置によって四角が動くようにする。

先ほどのマウスノードとベクターノードで出力されたデータでオブジェクトを動かしたいので新たにトランスフォーム (Transform 2d vector) ノードを作成する。マウスの動きに連動して四角のボックスオブジェクトが動くようにしたいのでベクターノードからのXY出力ピンとトランスフォームノードのTranslate XYピンに接続する。あとはつないだトランスフォームノードからの出力ピンをフォンディレクショナルノードのTransformピンに接続すればプログラムは完成である。これで、画面上でマウスを動かしてみるとその動きについてくる形で四角のオブジェクトが動いている様子が確認できる (図18)。

今はトランスフォームノードからフォンディレクショナルノードのTransformピンに接続しただけなのでオブジェクトが動くだけであるが、フォンディレクショナルノードには他にも値によっての変化を受け入れるピンが用意されている。例えばColor Transformピンである。Transformピンに接続したままでもう一本ラインを伸ば

しColor Transformピンにも接続してみると、マウスの動きに合わせて四角のオブジェクトがついてくるのに加えマウスの位置によってオブジェクトの色もリアルタイムで変わる (図19, 20, 35)。vvvvは1つのノードに複数の選択肢がついているのでラインで接続する箇所を変えることでまた違った動きにもすぐ変更できる。

#### 4.4. スプレッドを利用したプログラム

冒頭でも少し述べたがこのvvvvは複数のオブジェクトを比較的簡単に制御できる。それはスプレッドと呼ばれる機能があるからである。

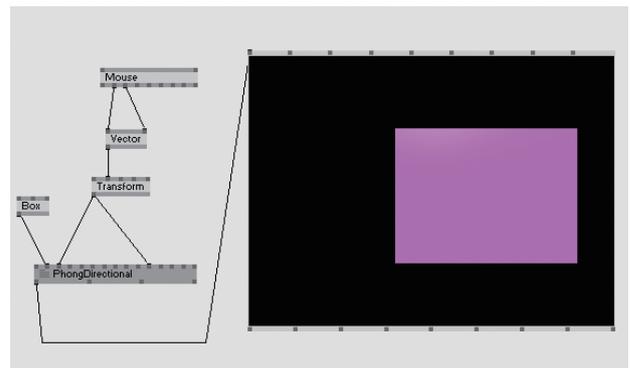


図20 マウスによって色と動きが変わるプログラム

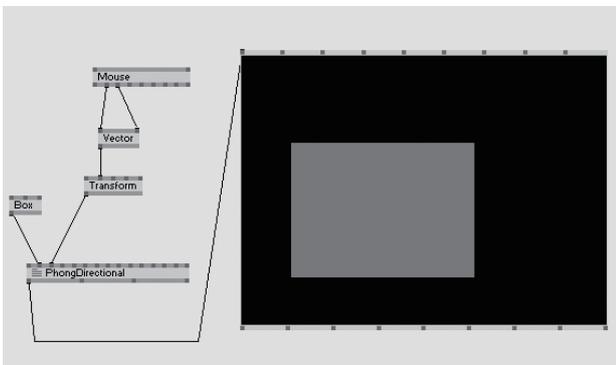


図18 マウスに追従して動くプログラム

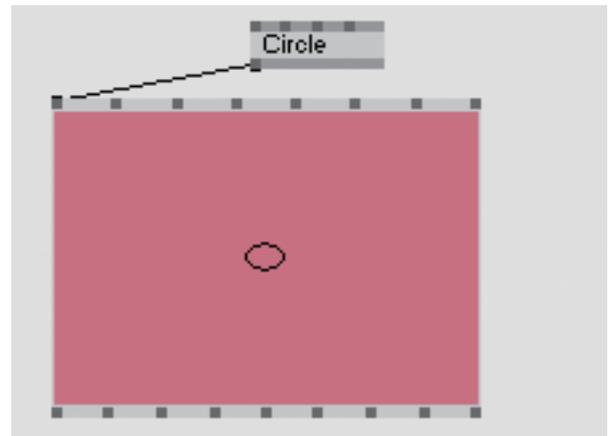


図21 サークルオブジェクトの表示

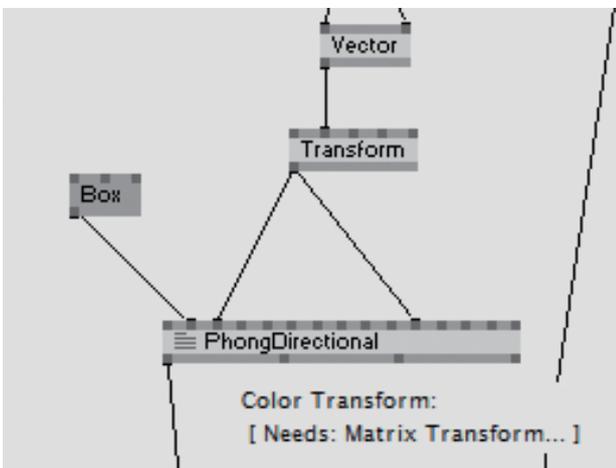


図19 トランスフォームノードからラインを伸ばす

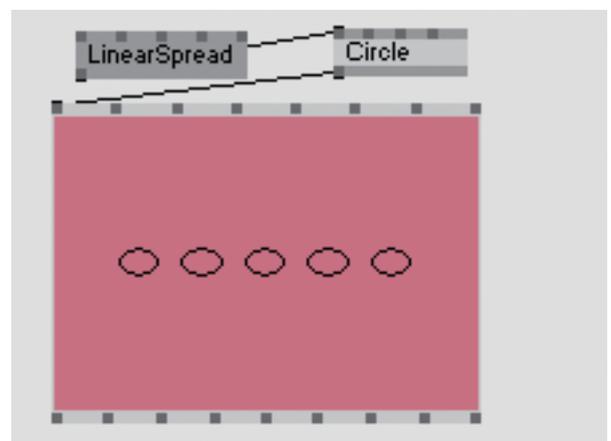


図22 スプレッドノードを用いた表示

スプレッドというのはノードの中にスプレッドノードとして存在していて、同じオブジェクトを複数動かしたい場合に1つずつプログラムを用意しなくても1つのスプレッドノードで複数個の制御ができる。例としてサークルオブジェクトを複数個表示するプログラムを示す。通常のようにレンダラー画面とサークルノードを繋ぐと画面には1つのサークルしか表示されない(図21)。ここではレンダラーへの出力ピンが1つしかないのでサークルノードを増やそうとすると間に他のノードを挟まなければならないなど面倒な作業になる。

そこで活躍するのがスプレッドノードである。今回はLiarSpreadノードを使用する。スプレッドノードを今回のサークルノードに接続することで同じサークルの数を5個に増やす事ができる。

まずスプレッドノードを作成し、サークルノードのピンと繋ぐ。このときにスプレッドノードの右上のピンを右クリックするとSpread Countと表示され、いくつオブジェクトを画面に出すか入力できる。ここに5と入力することでさっきまで1つしかなかったサークルオブジェクトを一瞬にして5個に増やすことが可能である。スプレッドノードとサークルノードを接続するピンによってそのオブジェクトの並び方も変わってくる。今回の例ではまずスプレッドノードをサークルノードのX座標入力ピンに接続している。そのためX軸上に5つサークルオブジェクトが横一列に並んだ形で表示する(図22)。これをY座標入力ピンに接続した場合は5つのサークルオブジェクトがY軸上に、縦一列に並んで表示される。

また、スプレッドノードをサークルノードのX座標入力ピン、Y座標入力ピンのどちらにもそれぞれ接続することで一列に並んだオブジェクトを何列かに分けて表示できる。例えばX座標入力ピンには先ほどと同じでSpreadCountが5のスプレッドノードを接続しておく。そしてY座標入力ピンにSpreadCountが2のスプレッドノードを接続する。すると一列に並んだ5つのサークルオブジェクトがX軸方向から見て5つ、Y軸方向から見て2つとなるように整列できる(図23)。

このようにして1つの命令を複数のオブジェクトが一体となって受けることができる。

スプレッドの数を増やすことによって画面には多くのオブジェクトが表示されるがそれらを個々に処理しているわけではないのでマシンへの負荷も少なく動作が安定していることもvvvvの長所の1つである。

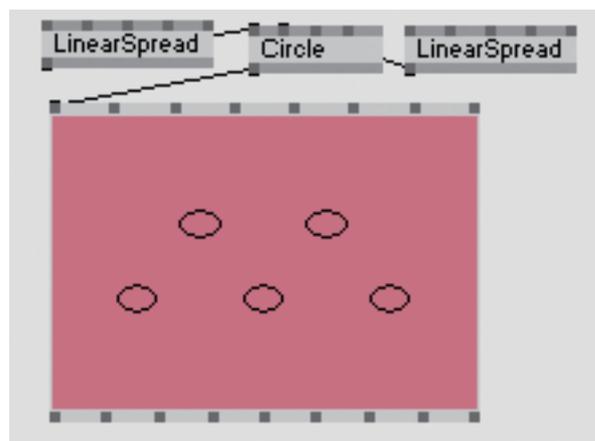


図23 スプレッドノードを用いた複数表示

## 5. オリジナルプログラムの制作

### 5.1 制作に向けて

基本的な事項について説明を行った。それらを用い、簡単なプログラムを組んでみる。テスト機には、富士通製のコンピュータFMV-T8210を用いる。この機械は、OSがWindows XP Tablet Edition 2005であり、CPUのスピードが1.73GHzでメモリ1.99GBでHDDは20GBを搭載している。

まず、作る上での盛り込みたい条件として3つ考える。1つ目はvvvvの特徴でもあるスプレッドノードを使用して複数のオブジェクトを画面に表示させること。2つ目はマウスの動きに連動してオブジェクトを動かし変化させること。そして3つ目はマウスのクリックで何かしらの反応が起きるようにすること。この3点の要素を入れて作品を目指しプログラミングする。

### 5.2. スプレッドの利用

まずオブジェクトを描画するノードとしてラウンドレクタ(RoundRect GDI)ノードを作成し、スプレッド(LinearSpread)ノードと繋いで四角をたくさん描く。ラウンドレクタノードで描いた四角は角の丸みを変更でき、円のような形にもできるが今回は四角のまま制作を進める。スプレッドノード上のピン、SpreadCountの値や四角の幅を調整してそれぞれの重なり具合を調整した。オブジェクトの個数の変更がスプレッドノードのピン1つで変えられる。

### 5.3. マウスの動きに反応するプログラム

スプレッドノードでたくさんレンダラー(Renderer GDI)ノードに表示したオブジェクトを今度はマウスで動くようにする。以前のマウスノードだと単にマウスの動きに沿ってついてくる単純なものになってしまうのでこのプログラムではポイント2ベクター(Points 2 Vector)というノードを使用する。このノードは2点間の距離を

読み取ることができるので、マウスからそれぞれの四角オブジェクトまでの距離を出すために使用する。このポイント2ベクターノードをラウンドレクトノードの幅を調節するピンに接続することでマウスが近づくと周りの四角の間隔がリアルタイムで変わるプログラミングができた(図24)。

プログラムの動き枠組みは、だいたい固まってきたので今度は色を変える。

四角のオブジェクトの色を変えればより視覚的に面白くなるのではと考えたがこの四角オブジェクトはラウンドレクトノードで描画した1つの四角をスプレッドノードでコピーして増やしているものなので直接ラウンドレクトノードで色を変更することはできるが全ての四角を同じ色一色にしか変更できない。

そこでIOBox(Color) というノードでの色変更を実行する。IOBoxノードも最初の段階では色の入力がひとつしかないで全て一色にしか変更できないがインスペクター(Inspector vvvv) という機能を使うことで入力箇所を増やせる。

このインスペクターというものはノードと同じようにvvvvの中に入っているがノードとは少し違い、それぞれのノードやオブジェクトのプロパティの内容などを表示する。インスペクターを開いた状態でIOBoxノードをクリックするとプロパティが確認できる(図25)。その中でRowsという項目の値を変更することで入力箇所が増える。始めは1つしかない“1”という値であったが値を7に変更することで色変更のウィンドウが7行分並んで表示される。この行はひとつずつバラバラに色を設定できるので四角のオブジェクトを7色に塗り分けられる(図26)。

7つに増えたIOBoxノードの色入力ウィンドウにそれ

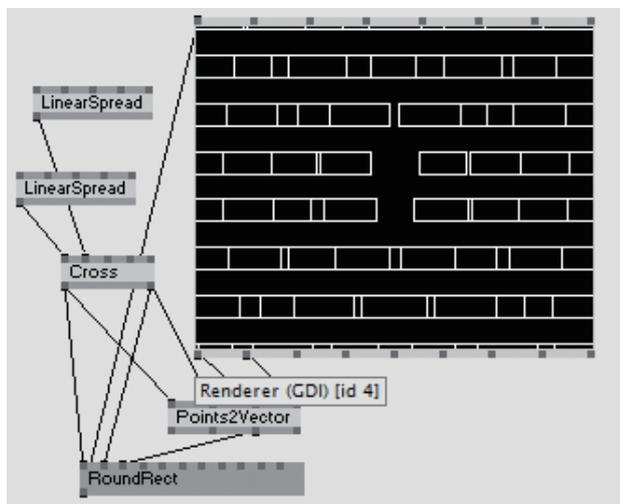


図24 マウスの距離によって視覚の幅が変わる

ぞれ色を入れていく(図27)。7色に分けたIOBoxノードの出力ピンをラウンドレクトノードに接続すると今まで白一色だった四角オブジェクトが鮮やかになる。7色の塗り分けはそれぞれ小さい四角一個が一色として塗り分けられる(図28)。

四角オブジェクトの色を変更したのでその他の部分の

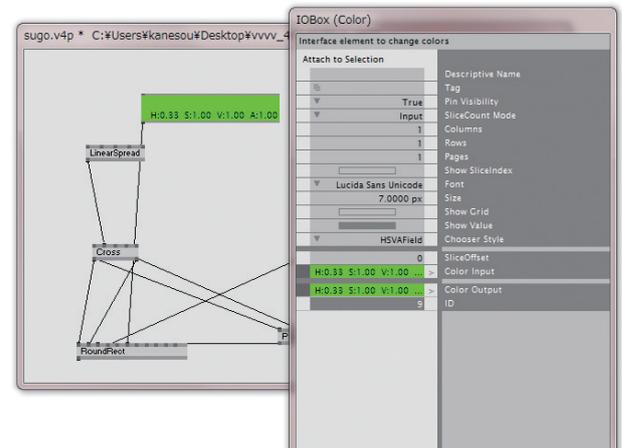


図25 インスペクターでIOBoxのプロパティを開く

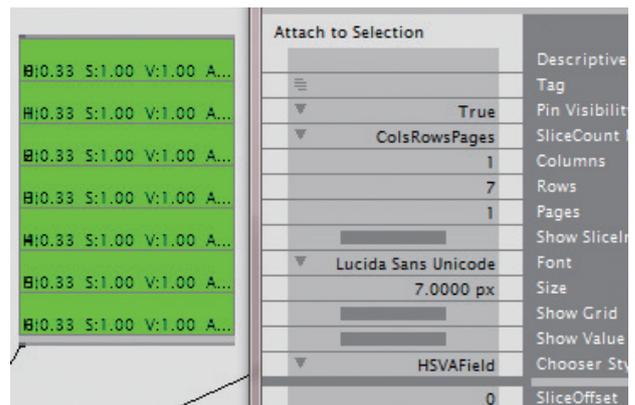


図26 Rowsの値を変更することでIOBoxの行が増える

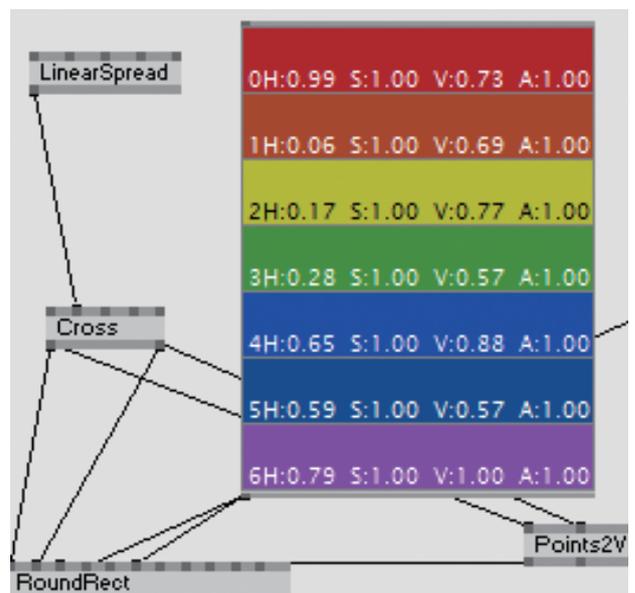


図27 IOBoxの色を変更したところ

色も変更してみてどういう作品にしていくかイメージを固めていくことにした。四角オブジェクトは今の段階では線だけでできているのでレンダラー画面の背景色である黒色が透けて見えているという状態である。四角オブジェクトについてはラウンドレクトノード上のピンで面の塗りつぶしが可能なので、レンダラー画面の背景色を薄い黄色に、四角オブジェクトの塗りつぶしを黒で行った(図29)。

色を変更してみるとマウスを動かした時に黒い四角オブジェクトの隙間から明るい背景色が見え隠れする感じが木漏れ日のようにあり、動かすごとに隙間の形も変化して綺麗だったので、暗い色のオブジェクトの隙間から明るい背景色を見せる画面を用意する。また、四角オブジェクトの動きも見せたいのでこの画面と対を成すような明るい画面も用意する。

#### 5.4. マウスクリックに反応するプログラム

暗い部分と明るい部分はマウスクリックによって切り替えられるようプログラムを組み込む。基本は暗い画面

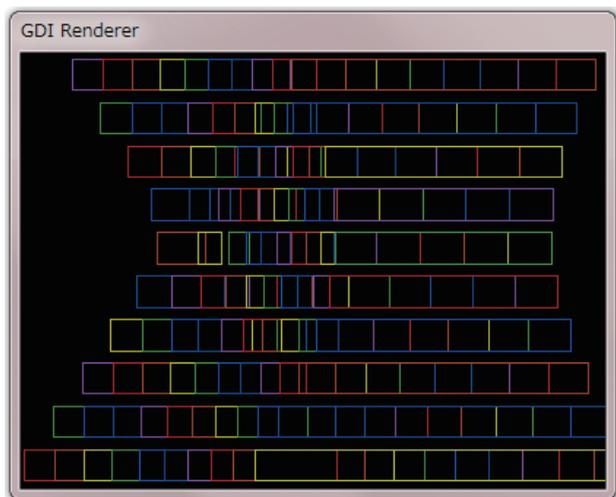


図28 オブジェクトの色に反映されている

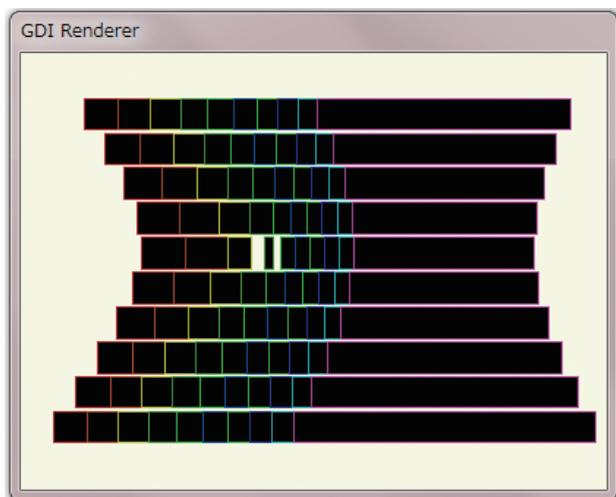


図29 色を変更して作品のイメージを探る

のほうでマウスを動かすことで明るい隙間だけがキラキラ見える。そしてマウスをドラッグしている間だけ明るい画面に切り替わる仕組みで、暗い画面のときも明るい画面のときもマウスの動きに連動してオブジェクトが動くようにする。方法としてはあらかじめマウスの動きに反応して動く暗い画面のプログラムと明るい画面のプログラムを用意し、このふたつのプログラムをつなげるのだがこのときに2つの画面を切り替えるスイッチとしてマウスクリックの機能を用いる。

暗い画面の方は先ほど用意していたプログラムで、四角オブジェクトが隙間以外で間が開かないようにびっしり配置してレンダラー画面の背景色を明るい色に、そして四角ウィンドウの線と面どちらの塗りも黒で統一したものを使う。明るい方は背景色を濃い青色にして四角オブジェクトの線の色にIOBoxノードを使い、青の七色のグラデーションにする。この明るい画面の方のプログラムをレンダラーノードのLeftButtonピンに接続する。しかしレンダラー画面に繋がれるのは通常どちらかひとつのプログラムだけなので、間にスイッチ(Switch Node Input)ノードをはさみ接続することにした。スイッチノードには入力(Input)ピンが2つ付いているので片方に暗い画面の表示データを、もう片方に明るい画面の表示データを繋ぐことができ、それをひとまとめにレンダラーノードへと送ることができる。そしてSwitchピンとレンダラーノードのLeftButtonピンを接続することでマウスの左クリックがスイッチとなり、押し続けている間、暗い画面と明るい画面が切り替わるプログラムができた(図30, 31, 32)。

## 6. おわりに

静止画ではわかりづらいがマウスに追従する形でオブジェクトがリアルタイムで変化していく様子がとてもなめらかで美しい。場面が切り替わる際にもタイムラグなども全く無く、とても安定していると感じた(図33, 34)。実際にプログラムを組んでみると自分の作りたいものを表すためにどうすればいいか悩む場面が多々あり失敗してはやり直すことの繰り返しであった。vvvvには使い切れないほど数多くのノードが用意されておりプログラムの動かし方も無数に存在していると思う。そういった中でひとつのプログラムを組み上げることはvvvvを理解する上で大きな経験となった。

卒業研究・制作展でデモとvvvvのマニュアルの展示を行い、トラブルもなく展示を終えた(図34)。このとき、vvvvがアート向けのためコンピュータのウィンドウ枠を

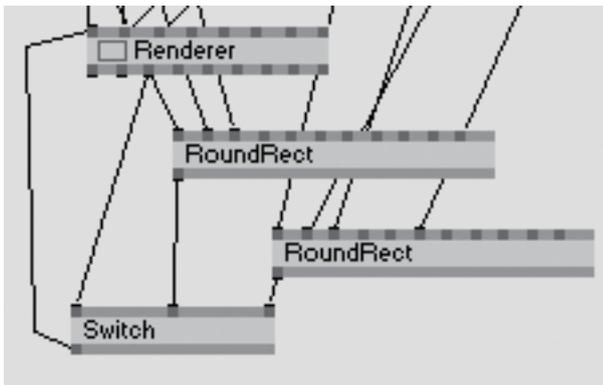


図30 スイッチノード

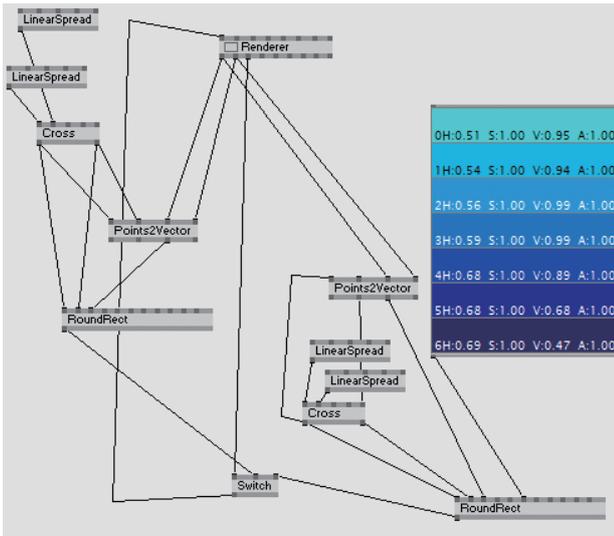


図31 組み上がったプログラム

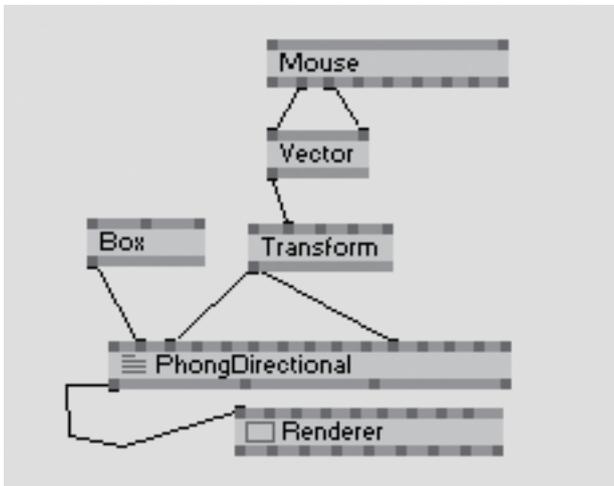


図32 マウスに追従して動くプログラム

表示したくない作品に対してフルスクリーン状態を簡単に作り出せた。

研究を始める前は名前さえ知らなかったvvvvであったがプログラムを組んでいく中で本当に少しずつではあるが理解していくことができる。プログラミングは全くの素人だったので手探り状態での作業となったが無事プログラムを組むことができた。vvvvにはまだまだ数多くの

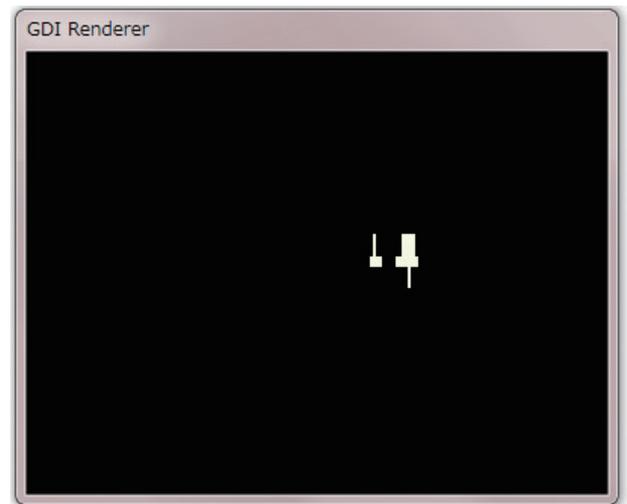


図33 暗い画面

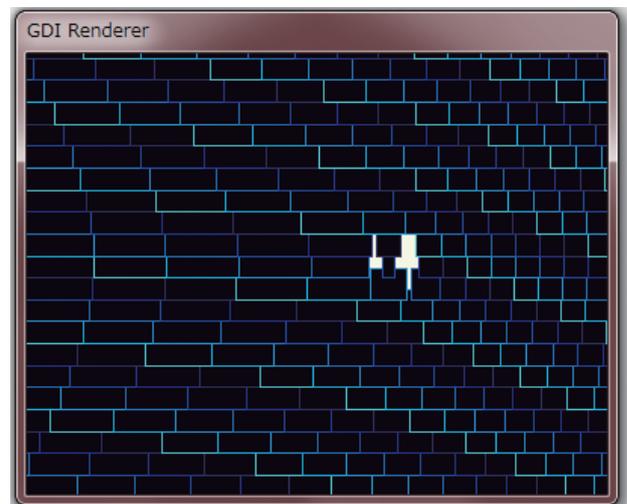


図34 明るい画面



図35 卒業研究・制作展でのデモとマニュアル展示

機能が備わっていて作り出せるものの幅もとても広いので大きな可能性を秘めたプログラミング言語だと感じた。この研究の発表によって誰かがvvvvに興味を持つきっかけになれば幸いである。

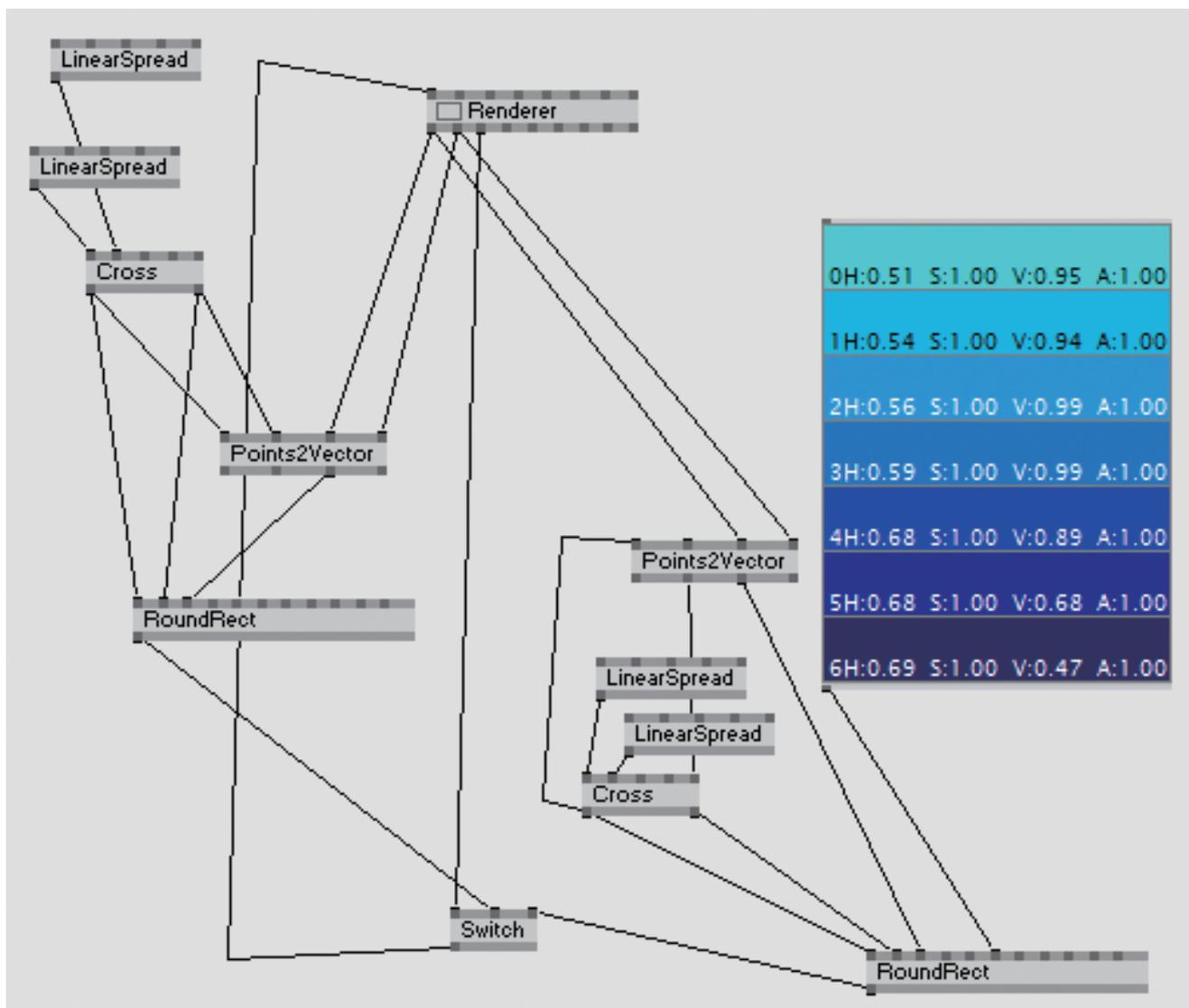


図36 オリジナルのプログラム

#### 参考文献

- [1] vvvv 公式サイト, <http://vvvv.org> (2014.2.3アクセス).
- [2] 伊東実, 星卓哉, “vvvook-プロトタイピングのためのビジュアルプログラミング入門-”, ビー・エヌ・エヌ新社 (2014).
- [3] トカマクロケット.デザイン, <http://tkmkrocket.net> (2014.2.3 アクセス).

●2014年2月16日受付

かねこ そうすけ

平成26年富山大学芸術化学部デザイン情報コース卒業.

つじあい ひでかず

昭和58年甲南大学理学部応用数学科卒業. 昭和61年大阪府立大学大学院総合科学研究科修士課程情報科学専攻修了. 昭和62年近畿大学理工学部第二部電気工学科助手. 平成5年同大学生物理工学部電子システム情報工学科講師. 平成17年10月富山大学芸術化学部芸術化学科准教授. 博士(工学). 図形情報教育, 画像処理を用いた応用技術の研究に従事.

## ●作品紹介

# ソファ：「ホットドッグ」

Sofa "hotdog"

金子 哲大 Tetsuo KANEKO

キーワード：造形論



図1 ソファ：「ホットドッグ」全体像

## 1. はじめに：制作の背景

福岡県大川市で家具製造販売を行っているナカヤマ木工のシリーズ「KaMoNaDESIGN」は、家具の機能から発生する新しい行為の発見をデザインコンセプトとするもので、筆者がデザインするいくつかの新しい家具を提案・販売している。ソファ hotdog もそのシリーズに位置する。図学的な形態操作における回転・屈折、延長・短縮、形態の運動性に留意した造形と、ユーザビリティにおいて日常生活がもたらす「散らかし」というストレスを楽しみに変換するデザインを目指した。

## 2. 形態の概要

hotdog は座と背の間に溝があるソファである。溝は15インチのノートパソコンがスッポリ入る大きさに設定した。身近に置いておきたい小物を入れたり、愛犬が顔を出しているのもユーモラスである。溝があるために必然的に出現した背もたれ上部の幅300mmの平面も新しいアクティビティを誘起する。座の厚みは背もたれのそれと同様に300mmであるため、床に座って寄りかかった時に背もたれとしてちょうど良い。ウレタンの特徴の

「へたる」という経年変化も積極的にデザインに受け入れた。柱の傷が成長の記憶となるように、ソファのへたりのユーザーとの関わりの記憶となろう。大きな柔らかいパンのイメージを与えることで、シワやデコボコという経年変化が愛着へと変換されれば製品の長寿命化につながる（図1・図2）。

## 3. 形態の構成

日本の靴を脱ぐ生活は、リビング空間に置かれるソファに対してゆったりと座る以外にゴロゴロしたり座の縁に寄りかかるなど様々な行為を招く。こうした光景は、子供の頃折り畳んだ布団に身を預けて遊んだ経験を思い起こさせる。そこで、柔らかいシンプルな四角い食パン状の形態を折り畳むことで造形した。

食パンを折り畳むためのガイドとして凹みを押しつけ不要な部分を切除、さらに切除部分を軸に屈折させソファの背もたれとして機能する90°で静止させたものである。背もたれが座と分離し浮遊して見える不安定な形態は、さらに折り畳んでみたくなる衝動をユーザーに惹き起こす（図3）。切除段階で背もたれになる部分の背

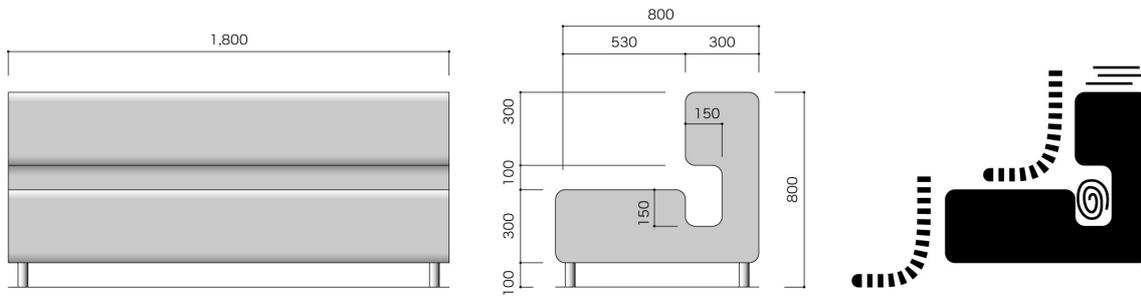


図2 正面図・側面図・使い方のダイアグラム

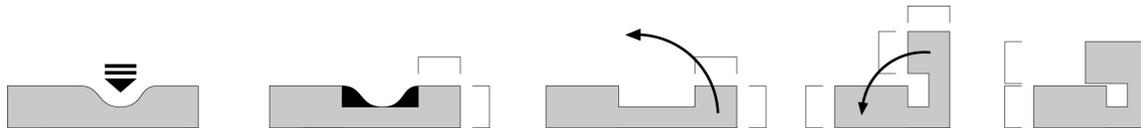


図3 折り畳む造形のプロセス

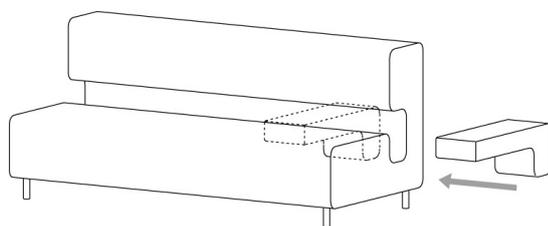


図4 移動可能な肘掛け

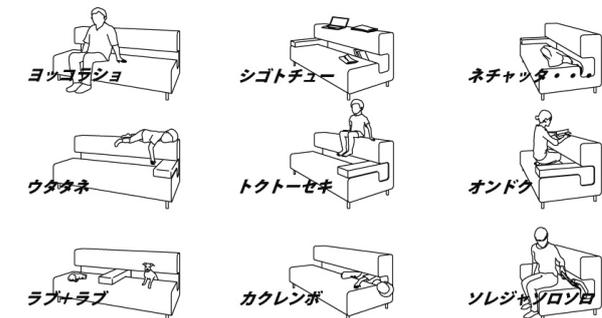


図5 ユーザーの様々な生活行為とソファ

の高さと座の厚みと背もたれの奥行きを同一寸法とすることで、ソファに座ることと床に座ることを同等の行為として位置づけ、日本の居間の生活の特性を表現した。

幅は3人掛けを想定して1,800mmとした。両端に肘掛けを固定せず、L型の断面を素直に側面に表すことにした。L字形を押し出した形態は延長・短縮が自在なため、ユーザーの必要に応じてカスタマイズ可能である。スライドして自由な位置に移動可能な溝に差し込まれる肘掛けは、延長・短縮の可能性を暗示している(図4)。

回転・屈折、延長・短縮という形態操作を直接的に造形に用いて、形態の運動性という予感をユーザーに伝えるデザインを行った。その予感はユーザーにhotdogの、ソファという家具カテゴリーからの逸脱を感じさせるためのものである。

#### 4. 形態と生活行為

hotdogという名称は、食べ物の名前から引用している。料理は美しく皿に盛りられるが、その皿上を散らかしながら食べなければ美味しさは感じられない。散らかすことによって得られる生活の快楽を連想させることを目論んだ。溝や背もたれ上部の平面に、ユーザーが身近に置きたいもの、自分の分身といってよい雑貨が散らかることで、hotdogは暮らしのための情報を獲得できるインフォメーションブースとなる(図5)。

#### 5. おわりに：造形とデザインの視点

本作品の制作を通して、家具デザインにおける造形の図学的な形態操作の伝達が、ユーザービリティの多様性をもたらすという視点を得た。食パンを折り曲げていくという図学的な形態操作は、形態の運動性の予感をユーザーに伝達する。その予感によりユーザーはソファに求められる一般的な機能以外のアクティビティを発見していくだろう。

デザインはその詳細さに比例してユーザーの行動に対して制約を与える一方、行動の多様性は減少していく。ユーザーは、造形という形態の運動性の瞬間を捉えた図学的な出来事と形態の運動性をもたらす予感の先の可能性の間を多少の戸惑いを持ちながら行き来する。一種の情動とも言える戸惑いの振幅が大きいほどデザインは新鮮さを放ち、ユーザーに新たな生活行為の誘発を促す。なお、本作品は2007年度グッドデザイン賞を受賞し、来場者の一般投票が行われたGDPアワード2007では、全体で26位にランクインし一般からも高い評価を得た。

本稿作成にあたり、助言を戴いた近畿大学産業理工学部の川上秀人教授、井原徹教授に深謝の意を表す。

●2014年1月8日受付

かねこ てつお  
近畿大学産業理工学部 准教授 tetsuok@fuk.kindai.ac.jp

●作品紹介

# 本棚：「スネオ」

Bookshelf "Sneo"

金子 哲大 Tetsuo KANEKO

キーワード：造形論

## 1. はじめに：制作の背景

木の無垢材を使用したスネオ [Sneo (shelf+neoの造語)] は、筆者が福岡県大川市で質の高い木製別注家具製作を主とするナカヤマ木工と共同で製品開発した本棚である。スネオは、当社が日常の生活行為に新鮮さを提供することをテーマとして製作販売するカモナデザインシリーズに位置し、大型量販店による安価な製品が席卷している家具市場において、デザインによって生き残ろうとする試みの一つである。一般的に垂直水平で構成されることの多い室内空間において、斜線を含む造形により、新鮮な風景の創出と多様な空間的体験をユーザーに提供することを目論んだ。

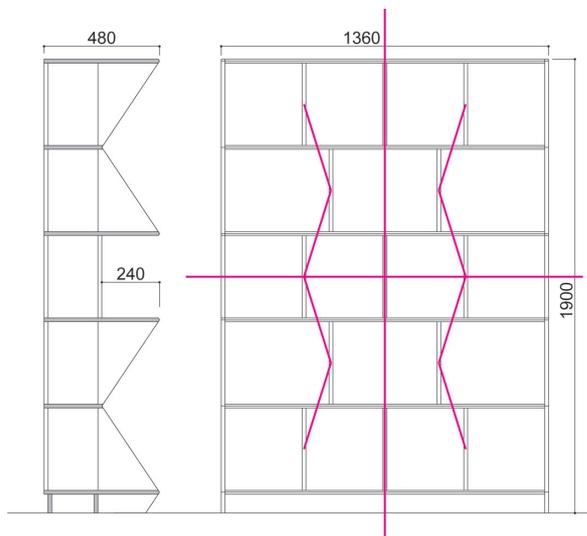


図1 断面図・正面図



図2 本棚：「スネオ」全体像



図3 回転して見る

## 2. 形態の概要

幅1,340mm, 高さ1,900mm, 奥行き480mmで, ハードメイプルの無垢材をオイルフィニッシュで仕上げた. 奥行きは本棚が安定して自立できるように, 図書館書架に倣い最大480mmに設定した. 棚は内法高さ345mmの5段構成である. 下から1・3・4段目と最上部の棚板の奥行き(480mm)は, 2・5段目の奥行き(240mm)の2倍とした. 構成する材の厚みはすべて16mmに統一した. 側板×棚板, 棚板×仕切り板の各部材の接合においては, 実(さね)の有効寸法を幅及び深さともに8mmとし, 堅木であるハードメイプルだからこそ可能な薄さを得た. 仕切り板は棚板との接合における実の有効寸法により必然的に互い違いに配し, 1・3・4段目は4つ, 2・5段目は3つに仕切った(図1・図2).

## 3. 形態の構成

空間における図学的な出来事の一つに, 静・動的な効果があるだろう. 本作品は, その効果が日常生活行為の中に新鮮さを生み出す構図を試みた. 図1に示すように, 本作品は側面の動きの激しいジグザグ形を特徴とするが, 正面図で分かるように, 縦横に中心軸を設けて左右及び上下がシンメトリーとなる静かな構成とした. しかし, 構造的な理由とは言え, 側板の形態に合わせて仕切り板はジグザグに配置した. 正面から側面への視点の移動に伴って, 正面では見えなかった側板のジグザグが顕在化する一方, 仕切り板のジグザグの配置は見えづらくなり潜在化していく. ジグザグ形が, 正面図から側面図へと事象を転位するのである(図3).

さらに, 側板の中央段(3段目)における鋸形の欠損はジグザグ形を破綻させ, その破綻は3段目の棚において単なる本の配架とは異なる生活行為を誘発するであろう. 正面と背面の表情の違いは, 本棚を境とした空間相互に強いコントラストを生み出す. ユーザーは, 正面と背面の2極間を事象の転位という図学的な出来事によって彷徨い, 多様な空間体験を獲得できるであろう.

デザインプロセスでは, 図学的な出来事を勘案しながら, 大きな直方体をユーザービリティに従い切断することで造形した. 2段目の棚は下部の棚に容易にアクセスできるように膝等の脚部との干渉を, 5段目の棚は立った



図4 デザインプロセスにおける切断

まま4段目の棚板でメモできるように頭部との干渉を回避するために2つの棚板の奥行きを浅くした. 側板も斜線によって三角形に切り取り, 閉塞感を無くし奥行きのある棚板での新しい本棚の機能にはないアクティビティの発生を容易にした. 3段目の棚は, 移動しながら容易に小物を置けるように側板を凹形に切り取り, 行動の流動性を確保した(図4).

## 4. 形態と生活行為

本棚は, 本を収納して背表紙の書名による知識のインデックスを構築する. 一方, 様々な背表紙の色の帯が集まることによって, インテリア空間にカラフルな縞模様の壁面が発生する. それは本棚が空間にもたらす快楽である. 本棚が知識のインデックスを構築するものであるというごく自然な思い込みに少しだけ違反することによって, ユーザーは新鮮な風景を獲得できるのである.

ユーザーは, カラフルな縞模様の壁面を大いに楽しむ生活の一部をスネオに持ち込むことによって, 知識のインデックスとしての書名を無意識に読み取るだろう. 知識を反芻する機会が無意識に発生するのである(図5).



図5 使用状況

## 5. おわりに：造形とデザインの視点

本作品では, 家具デザインにおける斜線を含む造形が図学的な事象の転位をもたらすことによってユーザーに多様な空間体験を誘発させることを目指した. 図学的な事象の転位と立体・空間のデザインにおける多様性の発現については, 今後の課題とする.

本棚は棚板という浮遊した平面がアフォードするいくつかの生活行為を排除することによって本棚たり得る. しかし, 棚の深い奥行きは, 本棚の機能から排除されている棚のアフォードダンスを助長した. 機能性の追求によって排除されている無駄は, 逆に生活行為における楽しさの源泉になると考えている.

本稿作成にあたり, 助言を戴いた近畿大学産業理工学部の川上秀人教授, 井原徹教授に深謝の意を表す.

●2014年1月17日受付

かねこ てつお  
近畿大学産業理工学部 准教授 tetsuok@fuk.kindai.ac.jp

# 機械にまつわる幾何学形状（1）

Geometric Profile of Machine Elements(1)

園田 計二 Keiji SONODA

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

## 1. はじめに

軸受は自動車や工作機械をはじめ、あらゆる機械の運転性能を左右する、最も基本的で最も重要な機械要素です。価格カルテルの問題で、今年1月末に新聞等で報じられていた軸受用の鋼球は、幾何学的には単純な球ですが、その球を正確に製作するには極めて高度な技術が要求されます。日本の鋼球の品質たるや表面粗さや真球度などにおいて世界最高レベルです。しかし、それに満足することなく品質向上を目指す現場での飽くなき挑戦は筆舌に尽くし難いものがあります。実際の納入価格などを聞くと、機械屋の端くれとしては本当にこんなに安価でいいのだろうかと心配になってしまいます。

また、内燃機関の燃料噴射ノズルや小惑星探査機「はやぶさ2」の姿勢制御用噴射ノズルも、幾何学的には単純な円筒形の小さい穴ですが、精度よく加工するために、その加工工具や工作機械の開発や改善にとどまらず、加工する部屋の温度や湿度まで管理を徹底しなくてはなりません。単に図面で円とか球に加工することと指示するだけでは済まされない現実があるということは忘れないようにしたいものです。

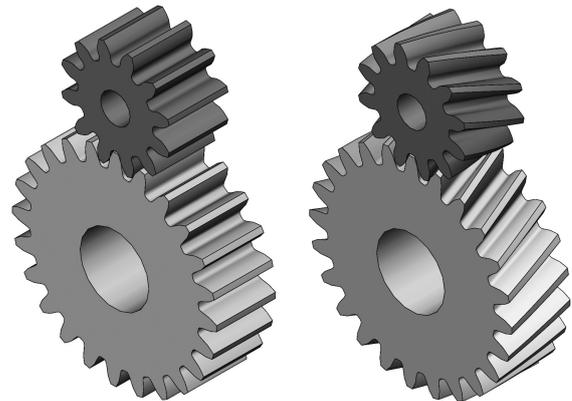
このたび「図学研究」に機械工学に関する話題を執筆する機会をいただきました。筆者らが専門とする機械はからくりの集合体であり、その機能の多くは、要素表面の形状や要素間の接触や連結により創成されます。この講座では、とかくブラックボックスになりがちな機械装置の内部について、代表的な機械要素の幾何学形状の特徴およびその形状を具現化するに当たっての注意点や工夫点などについて数回にわたって紹介し、最終的には幾何公差の考え方や取り扱いについても言及したいと考えています。

## 2. 歯車の幾何学

歯車は、主に動力の伝達や運動の方向や量の変換を行うのに利用される、機械に不可欠の要素です。図1に代表的な円筒歯車の例を示しています。歯車はその用途に応じて、歯車の種類、歯の大きさ、歯数等が決定されるとともに、設計強度に応じて歯車材種や熱処理および表

面仕上げの方法が考慮されます<sup>[1]-[3]</sup>。

今回は、歯車の歯形形状 (gear tooth profile) について考えましょう。図2において、 $O_1$ を中心とする歯形 $\widehat{xx}$ 、 $O_2$ を中心とする歯形 $\widehat{yy}$ が点Cで接触し、角速度 $\omega_1$ 、 $\omega_2$ で回転しています。点Cの前後においてふたつの歯面が離れず、食い込みもしないで噛み合いが維持されるためには、点Cにおける両歯面の法線方向の速度 $\vec{CN}$  ( $V_{1n}, V_{2n}$ ) が一致する必要があるため、次のような関係式が成り立たなくてはなりません。



(a) すぐば歯車 (b) はすば歯車

図1 代表的なインボリュート系の円筒歯車

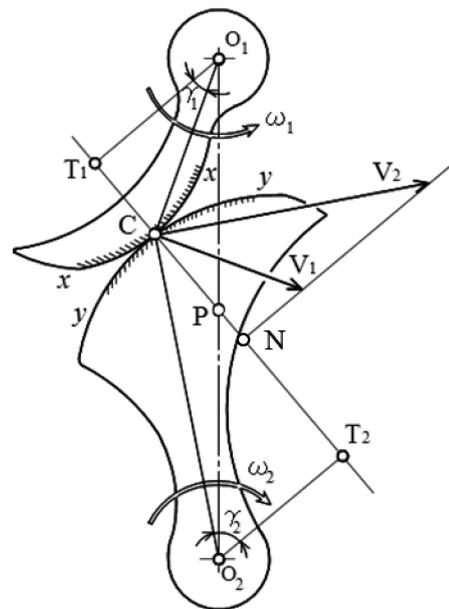


図2 噛み合う歯形に必要な機構学的条件

$$V_{1n} = V_{2n}$$

$$V_{1n} = V_1 \cos \gamma_1 = O_1C \cdot \omega_1 \cdot \cos \gamma_1 = O_1T_1 \cdot \omega_1$$

$$V_{2n} = V_2 \cos \gamma_2 = O_2C \cdot \omega_2 \cdot \cos \gamma_2 = O_2T_2 \cdot \omega_2$$

$$\therefore \frac{\omega_1}{\omega_2} = \frac{O_2T_2}{O_1T_1} = \frac{O_2P}{O_1P} = u \quad (u \text{ は速比})$$

すなわち、接触点Cにおける歯面の共通法線が歯車の中心連結線 $O_1O_2$ を切る点、線分 $O_1O_2$ を角速度の逆比に分ける点になります。この点をピッチ点 (pitch point) といいます。一對の歯車において、入力軸の回転を正確に出力軸に伝達するには、歯車の歯形は次の条件を満足することが必要です。

Camusの定理：両歯形の任意の接触点における共通法線はピッチ点 (両軸の中心距離を速比で内分する点) を通過する。

この条件を満足する歯形としては、インボリュート歯形がよく知られており、実際に最も広く用いられています。また、その他にもサイクロイド歯形や円弧歯形、ノビコフ歯形など色々な種類の歯形が研究され、一部で実用化されています。

図1からも分かるように、歯車は軸方向に幅を持っており、歯すじのねじれによっても回転を伝えることができるので、上記の条件を満たす歯形は、幾何学的には無数に存在すると考えられます。しかし、加工方法や運転性能および寿命などを考慮すれば実用化できるものは限られてしまいます。さらに、ものづくりの世界では、標準化を図ることが最も重要視されるので、流通している歯車のほとんど、ほぼ九割以上はインボリュート歯形です。

## 2.1 インボリュート曲線

図3において、基礎となる円板 (基礎円: base circle) に糸を巻き付け (円弧AB)、糸が弛まないように引っ張りながら展開するときの糸の先端が描く軌跡 (AからP) をインボリュート曲線 (involute curve) といいます。このインボリュート曲線の一部を歯形に利用したのがインボリュート歯車です。この描画法から分かりますとおり、インボリュート曲線と展開された糸 (直線PB) とはいつも互いに直交しています。

次に、図4のように一對のインボリュート歯車の歯形がかみ合う場合を考えてみましょう。滑らかな曲面同士が接触するとき、その接触点 (実際には接触線となるが、ある軸断面で切断したと考える) において共通接線 (実際は共通接平面) が存在します。この共通接線に対する共通法線を考えます。歯車工学では、この線を作用

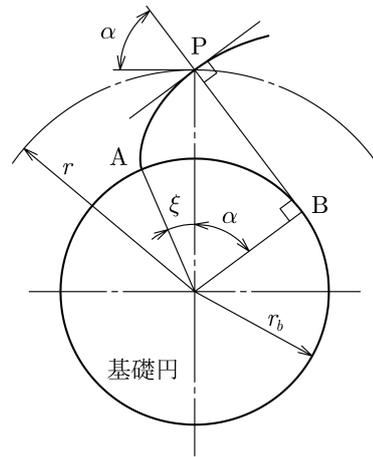


図3 インボリュート曲線

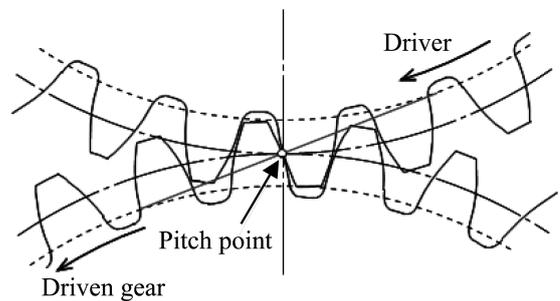


図4 インボリュート歯車のかみ合い (図3の基礎円を破線で示す)

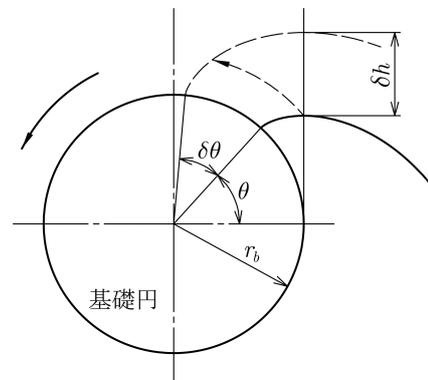


図5 等速回転運動から等速直線運動へ

線 (line of action) と呼んでいます。インボリュート曲線同士の接触の場合には、前述の通りインボリュート曲線と展開された糸は常に直交しているため、接触点における共通法線は展開後の糸に一致します。従って、インボリュート歯形において、任意の接触点における共通法線は、常に両歯車の基礎円に接することになります。このことは、両歯車基礎円の共通接線上でインボリュート歯車のかみ合いが行われるということを意味しています。

図5において、糸を展開した角度分だけ基礎円を回転すれば、展開する糸の傾きが一定のまま歯車が回転し

ていると考えることができます。図5の回転角 $\delta\theta$ と、それに対応した糸の展開長さ $\delta h$ との関係は、先ほどのインボリュート曲線の作図を思い出せば $\delta h = r_b \cdot \delta\theta$ です。つまり、糸の展開長さは回転角に比例するため、作用線を空間に固定して見たとき、歯車が等速回転すると接触点が作用線上を等速で移動することになります。このように、接触点が空間に固定された直線上を等速直線運動する歯車の歯形は、インボリュート曲線に限られます。このことにより、インボリュート歯形は、歯車対の中心距離を変化させても、かみ合いに誤差を生じない唯一の歯形になります。すなわち、インボリュート歯車は、歯車装置の製作に当たって、軸間距離が設計値と異なった場合でもまったく問題なく滑らかに噛み合うことができるのです。

さらに、インボリュート歯車には優れた特徴があります。いま、歯車の歯数が極端に多くなった場合を考えると、基礎円は大きくなり歯形は直線に近づきます。そして、歯数が無限大になった歯車の歯形形状は直線となります(図6)。この歯車のことをラック(rack)と呼びます。当然ながら、ラックは有限の歯数を持った普通のインボリュート歯車(ピニオン:pinion)とスムーズにかみ合います(図7)。この歯車の組み合わせをラック&ピニオン(rack & pinion)といい、回転運動を直線運動へ、逆に回転運動を直線運動へと変換することが可能です。

なお、前述のように工学では標準化を図ることは最重要事項のひとつです。歯形は、このラックについて図6のように標準化されています。歯車には多数の歯が付いているので、一对の歯車がかみ合うためには、ピッチ(歯と歯の間隔)が等しくなければなりません。ピッチ円(ピッチ点を通る円)上のピッチ $t$ のことを円周ピッチ(circular pitch)と呼び、この円周ピッチ $t$ を $\pi$ で割った値をモジュール $m$ (module)と定義して標準平歯車の大きさを定めます。このモジュールを、任意の値でなく、表1のような推奨値から選ぶことが標準化の第一歩です。さらに、日本工業規格JISでは、標準の歯形については、ピッチ点より歯先側(歯末:addendum)を $m$ 、ピッチ点より下側(歯元:dedendum)を $1.25m$ 、歯の高さ(全

歯たけ)を $2.25m$ としています。歯元を歯末より $0.25m$ だけ大きくしているのは、頂隙(clearance)と呼ばれるすき間を設けるためです。また、ピッチ円上の歯厚(正確には円弧歯厚)は理論上はピッチ $t$ の半分の $\pi m/2$ なのですが、加工誤差や熱膨張などの影響を防ぐために、これにもバックラッシュ(背隙:backlash)として、 $(0.02\sim 0.05)m$ 程度のすき間(遊び)を設けます。

インボリュート歯車には、このラックとピニオンのかみ合いを基にしてインボリュート歯形の加工を行うことができるという、工学的に極めて有用な特徴があります。最も汎用的な歯車加工法であるホブ切り(hobbing. ホブ切りを行う工作機械をホブ盤hobbing machineという)は、図8(a)に示すラックと同じような直線の切れ刃を有する工具(ホブ:hob)がねじ運動によって歯車とかみ合いながら歯車を切削します。まず、ホブ、歯車被削材(gear blank)を適切に同期させて回転することで、ラックに相当するホブの切れ刃と歯車被削材に創成される歯がピッチ円上でかみ合った運動を生成します。次に、この状態で、ホブを歯車の軸方向に移動することで歯溝の部分を削り取ってインボリュート曲線を創成します。つまり、図7においてラックと歯車がかみ合った

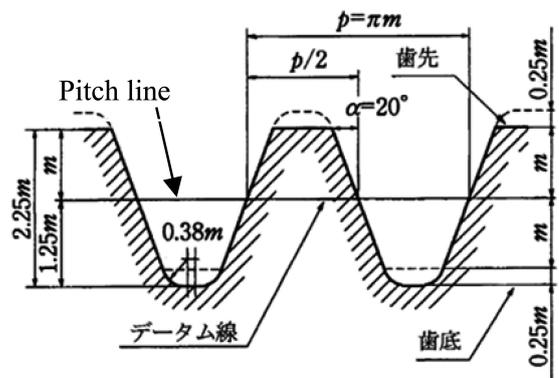


図6 標準ラック

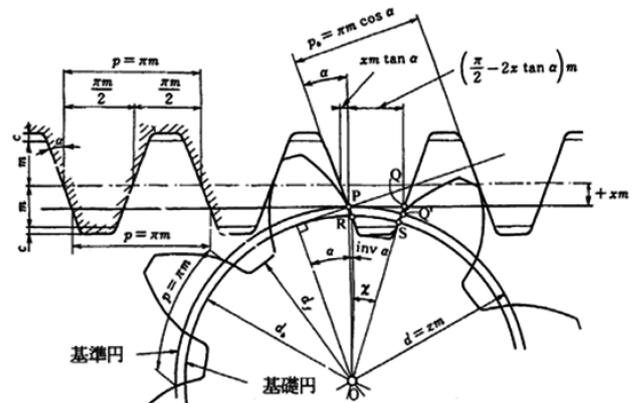


図7 標準基準ラックによる歯車の創成

表1 JISで推奨されているモジュール  
(JIS B 1701-2:1999) [単位 mm]

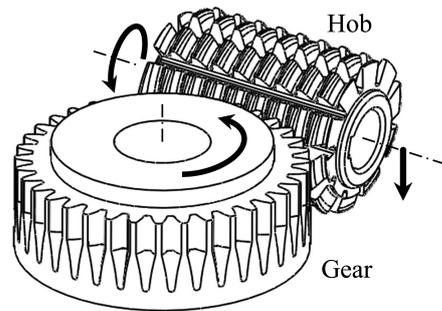
0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 0.6, 0.8, 1, 1.25, 1.5, 2, 2.5, 3, 4, 5, 6, 8, 10, 12, 16, 20, 25, 32, 40, 50
---

状態でラックが横に進みながら、歯形を創成します。図8(b)はホブ盤による歯車加工の様子です。この写真では、ホブ、歯車被削材が図8(a)に示した向きに回転しながら、上から下に移動して切削を進めています。このようなホブ切りは、高精度の歯車を高速に仕上げることができます。例えば、普通乗用車で使用される程度の大きさの円筒歯車であれば、約30秒で歯切りすることが可能です。

図8(c)には、ラックの直線歯形の輪郭を、ラックにピッチ円で接触して転がるローラ上に、転がり量を少しずつ変えて転写することで、創成歯形を作図<sup>[4]</sup>の様子を示しています。図8(d)は、ホブにより歯形が創成される過程を、視点をピニオンの歯溝に固定した座標に変えて見たもので、歯溝に相対的なホブの切れ刃の運動が図示されています。ホブの切れ刃が左上から歯溝となる部分の中央下に移る過程で歯溝の左側の面が、その後、右上に抜ける過程で歯溝の右側の面が創成されます。

ホブは、指定されたモジュールに対して、外径や長さ、溝数、巻き数(条数)、ねじれ方向など自由度が多く、設計が難しい点が多くあります。詳細については別に譲るとして、ここではホブ切り加工の特徴を少し述べておきます。図9(a)はホブの例で、3条の切れ刃を持っています。1条ホブではホブの1回転で切れ刃歯が1ピッチ分だけ移動するのに対して、3条ホブではホブ1回転で3ピッチ分移動します。言い換えると、3条ホブでは、ラックとピニオンの歯のかみ合いの始めから終わりまでの間に、ホブの切れ刃が歯溝を通過する回数は、1条ホブに対して、1/3になります。図9(b)の歯溝の中のホブの切れ刃の線の多少は、このことに対応しています。左の1条ホブによる切削の場合には一つの歯車歯溝を少しずつ削り取りながら丁寧に加工していくのに対して、右の3条ホブの場合はホブ1回転で3つの歯車歯溝を仕上げるので、歯面の形状をややラフに、その代わりに短時間で歯車を切削すると考えるとよいでしょう。

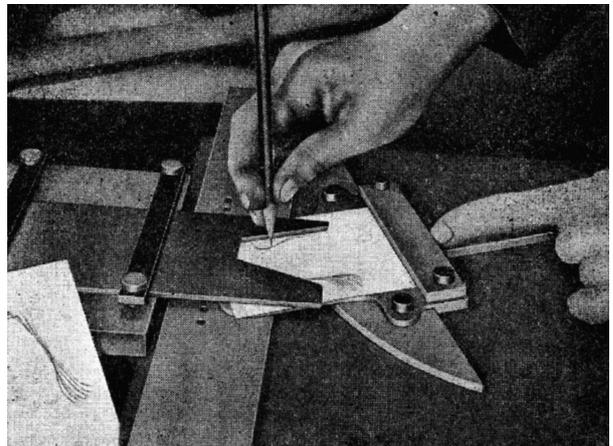
ホブの製作に当たっては、ホブ切り仕上げで終わりののか、ホブ切り加工後に研削加工等を行うのかといった加工工程あるいは加工時間やホブ盤の性能など様々なことを考慮しながらホブを設計する必要があります。例えば、右ねじれのはずば歯車を右ねじれホブで加工するのか、左ねじれホブで加工するのか、あるいは図8(a)、(b)のように上から下に切削するコンベンショナルカットなのか、下から上に切削するクライムカットなのかによって歯車の仕上がりやホブの寿命が大きく異なります。



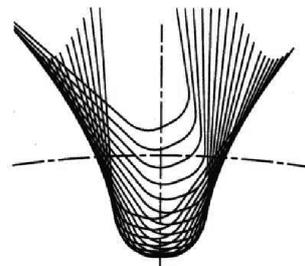
(a) ホブによる歯切り



(b) ホブ盤での歯切り



(c) 歯切りピッチ円ローラによる創成歯形の作図<sup>[4]</sup>

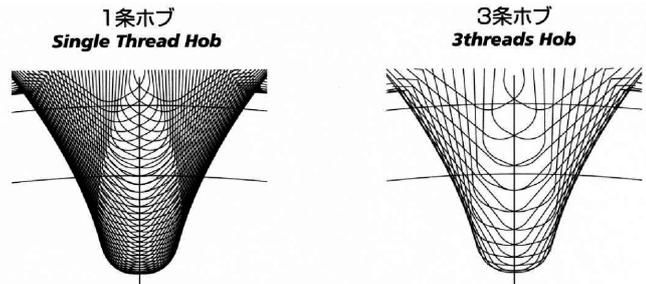


(d) 歯形の創成(歯車創成図)

図8 ホブによる歯車加工



(a) ホブ (3条)



(b) ホブ条数による歯車創成の違い<sup>[5]</sup>

図9 ホブによる歯形の創成

この他、インボリュート曲線の特徴を利用して歯車形工具 (pinion cutter) でも加工することもできます。これも創成法の一つで、図10に示すように工具を上下に動かしながら歯車を加工するタイプのものです。同じ軸に大きさの異なる複数の歯車が付いている段付き歯車や内歯車 (internal gear) を加工するのに適しています。

## 2.2 円弧を利用した歯形曲線

円弧を利用した歯形の歯車も幾種類かあります。図11に示すノビコフ歯車 (Novikov gear) は、凹面と凸面の接触により接触応力が緩和されるので、大きな動力を伝達することができることで有名です。ただし、研究の対象にはなってはいますが、あまり使用実績はありません。駆動側に凸面の円弧歯形、被動側に凹面の円弧歯形を用いており、歯形かみ合いだけでは回転を正確に伝達することはできないので、図1(b)のようなはすば歯車として、ねじれかみ合いによって回転伝達を行います。このノビコフ歯車にも幾つかの設計法が提案されていますが、図11に示しているようにピッチ点より歯先側に凸面の円弧を用いるものが多いようです。この他に一つの歯形に凸面と凹面の円弧をつなぎ合わせた円弧歯車もあります。すなわち、歯末 (ピッチ点より歯先側) に凸面の円弧歯形、歯元 (ピッチ点より下側) に凹面の円弧歯形を用いる歯形を利用した歯車です。

歯車に似ているスプロケット (chain sprocket, 自転車競技者や愛好者はgearと呼ぶことが多い) とローラチェーン (roller chain) も円弧形状を利用したものです。自転車用のスプロケット歯形形状は数種類の円弧をつなぎ合わせており、各メーカーがそれぞれに開発した独自形状のものも少なくありません。20年以上も前に試行錯誤をしながらアナログ的に設計された歯形のデザインを現在も継続して使用している場合もあると聞いています。図12で示すように軸を含む横歯形にも円弧が使われている場合も多くあります。チェーンに取り付けられている



図10 歯車形削り盤による歯車の創成加工

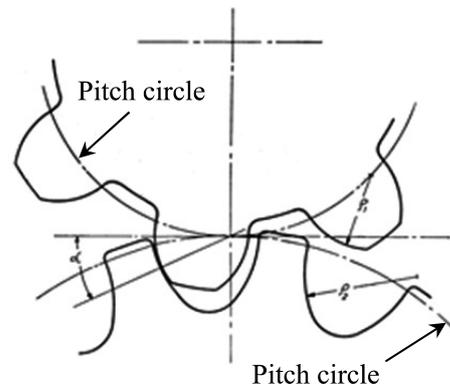
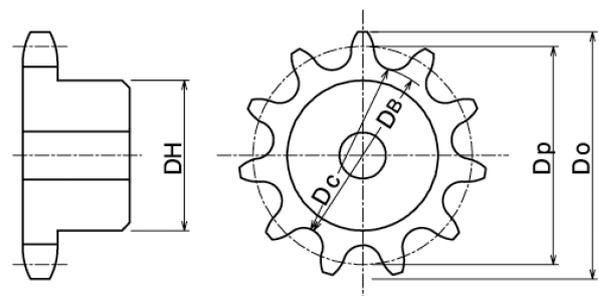


図11 ノビコフ歯車



(a) 横歯形

(b) 基準歯形

図12 スプロケット (JIS B 1802-1989)

ローラも単純な円筒形ではなく、逆クラウニング(crowning)を施した鼓状のものもあります。

### 3. おわりに

今回は、主に歯車の歯形形状とインボリュート歯形の創成法について述べましたが、基準ピッチ円を非円形にしたり、歯すじを曲線にしたりすることで、歯車に有用な機能を付加することができます。次回は、非円形歯車や円弧歯すじ歯車を中心にお話ししたいと考えています。

#### 参考文献

- [1] 中田・松山・和栗・ほか：歯車便覧，日刊工業新聞社(1962).
- [2] 上野拓・ほか：歯車工学，共立出版，(1993).
- [3] 有浦・吉野・黒河・ほか：歯車基礎（九州大学製造中核人材育成講座実践講座テキスト），九州大学院ものづくり工学教育研究センター，(2008).
- [4] 中田孝著：歯車とその検査，オーム社，(1976), p.18.
- [5] 株式会社不二越 精密工具カタログGear cutting Tools & Broaches, p.16.

● 2014年7月31日受付

---

#### そのだ けいじ

崇城大学工学部機械工学科  
〒860-0082 熊本県熊本市西区池田 4-22-1  
k2sonoda@mec.sojo-u.ac.jp

#### たけのうち かずき

九州大学 芸術工学研究院 コンテンツ・クリエイティブデザイン部門  
〒815-8540 福岡市南区塩原 4-9-1  
takenouchi.kazuki.477@m.kyushu-u.ac.jp



## 大会会場の様子など

2014年度春季大会は、2014年5月10日（土）～11日（日）の2日間、九州大学西新プラザ（福岡市早良区西新2-16-23）を会場として、北は北海道、南は鹿児島からの延べ約120名を越える参加者を得て開催された。福岡市の玄関口である福岡空港やJR博多駅から市営地下鉄で約20分の西新駅にて下車し徒歩約10分という立地は、参加者にとっての便が工学部のある伊都キャンパスに比べ良かったと思われる。この会場は、九州大学における国際学術研究の推進及び社会連携の促進を目的として、平成13年10月に九州大学創立80周年記念事業の一環として旧制福岡高等学校時の外国人教師宿舍跡地に設立された。研究発表、図学教育研究会、および総会は2つの大会議室、休憩場所は交流ラウンジを使用し、受付は交流ラウンジの一角でおこない、すべて2階にまとめ、移動距離を少なくした。研究発表34件・図学教育研究会参加者40名と盛会であった。

1日目は、午前中に総会、午後に研究発表講演会がおこなわれた。夜には、西新プラザから徒歩15分の博多湾に面したヒルトン福岡シーホークホテルにおいて、約60名の参加で懇親会がおこなわれた。その中で、宮永美知代実行委員長より東京藝術大学でおこなわれる2014年度秋季大会の告知ならびに貴重な史料を含む学内案内、2013年秋季大会優秀研究発表賞、研究奨励賞の表彰や新名誉会員大西道一先生、西原一嘉先生のスピーチ、さらに、西井美佐子

実行委員長よりデジタルモデリングコンテストの紹介、森田克己北海道支部長より来年度春季大会開催あいさつなどがおこなわれ、大変盛り上がった会となった。

2日目は、午前中に研究発表講演会が実施され、午後には「図学関連教育と空間認識力」のテーマで第51回国学教育研究会がおこなわれた。

参加者の皆様のご協力により、無事に大会を実施することができた。九州には北九州市などの多くの工業都市がある。そして九州大学を含め多くの教育機関では「ものづくり」に関する「図」の教育が受け継がれ現場で活用されている。これらの教育・研究を通じた日本図学会の今後の発展を願うばかりである。

実行委員長 大月 彩香

## 大会プログラム

5月10日(土)-----

- 10:00 ~ 受付  
 10:30 ~ 11:30 総会  
 11:30 ~ 11:45 集合写真撮影  
 11:45 ~ 13:30 昼食  
 13:30 ~ 15:30 学術講演 6 件 × 2 セッション  
 15:30 ~ 15:50 休憩  
 15:50 ~ 17:30 学術講演 5 件 × 2 セッション  
 18:30 ~ 20:30 懇親会 (ヒルトン福岡シーホーク)

5月11日(日)-----

- 9:00 ~ 受付  
 9:30 ~ 11:30 学術講演 6 件 × 2 セッション  
 11:30 ~ 13:00 昼食  
 13:00 ~ 15:00 第51回図学教育研究会  
 「図学関連教育と空間認識力」

## 2014年度総会報告

参加者40名 (委任状76名)

1. 開会の辞 (大月実行委員長)
2. 会長挨拶 (山口会長)
3. 議長選出  
近藤邦雄氏が選出された。
4. 総会議事
  - (1) 2013年度会務報告 (椎名理事)  
[別掲1] のとおり承認された。
  - (2) 各種委員会等報告
    - ①編集委員会 (面出委員長)
    - ②企画広報委員会 (安藤委員長)
    - ③ホームページ委員会 (今間委員)
    - ④図学教育研究会 (阿部委員長)
    - ⑤国際関係 (鈴木副会長)
  - (3) 2013年度収支決算報告 (辻合副会長)  
[別掲2] のとおり承認された。
  - (4) 2013年度会計監査報告 (阿部監事)  
会計検査報告があり, 承認された。
  - (5) デジタルモデリング研究会発足についての報告 (西井委員長)

デジタルモデリング研究会を発足したことが報告された。

- (6) 論文の著作権管理に関する審議 (面出編集委員長)  
『図学研究』に掲載される論文等について, 「著作権委譲確認書」の提出を求めるという提案があり, 承認された。
  - (7) 2014年度事業計画案審議 (椎名理事)  
[別掲3] のとおり承認された。
  - (8) 2014年予算案審議 (辻合副会長)  
[別掲4] のとおり承認された。
  - (9) 2013年度学会賞選考委員会報告 (面出学会賞選考委員長)  
該当者なしであることが報告された。
  - (10) 2014年度学会賞選考委員の選出 (山口会長)
  - (11) 名誉会員の推薦 (山口会長)  
大西道一氏, 西原一嘉氏が推薦され, 承認された。
  - (12) 第9回論文賞「教育論文賞」報告 (面出論文賞選考委員長)  
該当論文なしであることが報告された。
5. 閉会の辞 (椎名理事)
  6. 名誉会員証授与式 (山口会長)  
大西氏, 西原氏に名誉会員証が授与された。

## 大会講演プログラム セッション報告

5月10日(土)(第1会場13:30-15:30)

### セッション1: 建築・空間

座長: 新津 靖 (東京電機大学)

- 1) VRウォークスルーシステムによる建築空間移動時の視覚的シーケンスの分析  
安福 健祐 (大阪大学)
- 2) 建築設計競技入選案のプレゼンテーション構成に関する研究  
種田 元晴 (東洋大学)
- 3) 映画に描かれた古代エジプトの建築  
—建築の量塊的イメージ—  
安藤 直見 (法政大学)
- 4) 建築物のファサードデザインと形態の表象化に関する研究  
和田 一馬, 阿部 浩和 (大阪大学)
- 5) 自己駆動粒子による建築物の通過性能評価システムの開発  
松本 拓弥, 安福 健祐, 阿部 浩和 (大阪大学)
- 6) 1枚の写真からの街並みの再構成  
西原 一嘉, 西原 小百合 (大阪電気通信大学)

1) は, VRウォークスルーシステムを用いて, 人が建築空間内を移動するときの視覚的シーケンスを分析している. HMDを用いて人の頭部の動きを計測し, 視覚的シーケンス(目を移す順序)を求めている.

2) は, 種々の住空間アイデアコンペの過去2年間の入選作品を分析している. それらの表現手法や色彩, 図の構成について分類し, 近年の入選作品の傾向について調査した. 現代のアイデアコンペでは, フォトリアリスティックな表現よりも, フリーハンド調の表現の作品が入選する傾向にあると述べている.

3) は, プラミッドに代表される古代エジプトの建築物の映画やアニメーションにおける表現について論述している. 巨大な神殿や巨像を描写することで, その量塊的イメージを古代エジプトと関連付けていると分析している.

4) は, 建築物のデザインをファサードデザインと形態デザインに分けて, 分類化を検討している. ファサードデザインの表象化モデル例として30パターンを, 形態デザインの表象化モデル例として30パターンを取り上げて分類化している. 過去5年間に施工された建物の外観デザインを分析した結果, 用途により使われる頻度の高い「ファサードデザイン」と「形態デザイン」があることがわかった.

5) は, さまざまな建物配置に対して, 透過性能, 特に視線の透過性を評価するために, 自己駆動粒子を考え, 透過性能のシミュレーションを行った. 円, ひし形, 四角形, 三角形をさまざまに配置した17パターンの2次元空間に対して, 自己駆動粒子の透過性を評価し, パターンによる相違を調べた.

6) は, 1枚の写真から被写体(街並み)の3次元的位置関係を再構成する方法を論じている. 基準線と三消点透視図法を

用いて模型で, その高さや位置を計測する実験を行い, 大学内の建物について1枚の写真から奥行, 幅, 高さの情報を計測した.

(新津 靖)

5月10日(土)(第2会場 13:30-15:30)

### セッション2: 図形科学教育

座長: 對梨成一 (立命館大学)

- 7) 機械製図教育における比喩の効用  
平野 重雄 (東京都市大学・(株)アルトナー)  
喜瀬 晋, 関口 相三, 奥坂 一也 ((株)アルトナー)
- 8) プリント・オン・デマンド(POD)を使った作品紹介について—「可視化の図学」での事例報告—  
辻合 秀一 (富山大学)
- 9) 聴覚障害学生へのスタイルシートを利用した図形作成の効率的な指導法  
桑原 一哲 (北海道高等聾学校)
- 10) 惑星の満ち欠け学習における平面・立体一体型モデルの教育効果—空間的な思考の深まりと転移を中心として—  
岡田 大爾 (広島国際学院大学)  
松浦 拓也 (広島大学大学院), 松永 武 (柳井市教育委員会)
- 11) 影絵を用いた立体図形の空間認識に関する考察  
阿部 浩和 (大阪大学)  
高橋 彰 (京都市景観・まちづくりセンター)
- 12) 空間認識における脳賦活域の研究  
西原 小百合, 西原 一嘉 (大阪電気通信大学)

7) は, 図面の基本的機能である描く側の意図を正確かつ十分に伝達するために, 図面を描く側は製図規格にとらわれすぎないこと, あいまいな製図規格ではどのようなときにすべきかあるいはしないかを理解することの重要性を提言している. また, 無味乾燥になりがちな製図教育に比喩の有効性を説いている.

8) は, 少量部数の改訂作業と印刷が容易にできるプリント・オン・デマンドの有用性をテキスト「可視化の図学」を用いて示し, そのテキストに収録された作品を紹介している. 紹介された作品は, Legoブロックあるいはそれに紙材を加えたものであった. 紙材を加えた作品はその寸法が大きくなるために, 全体を写真撮影すると機械装置部の詳細が見えづらくなったことを報告している.

9) は, 聴覚障害者のWeb製作授業を例として, 効率的指導法の根本的問題を明らかにし, 解決しようとした報告である. その一つは彼らの学習言語による思考の深度が浅いことで, 一見しただけではわからないが, 観察による情報や考えを言語で思考する訓練が必要である. 聴覚障害者が閉じ括弧を忘れやすいことは興味深かった.

10) は, 惑星の満ち欠け学習において, ホワイトボードと立体モデルを用いた学習法によって, 従来の観察・記録中心の学

習よりも空間的思考解決が多くなり、また、空間認識能力も向上した。天体の見えは光源に対する位置によるので、空間認識的な学習例とその効用を実証した研究である。

11) は、空間認識能力テスト（回転視影絵認識テスト、MST）の開発の報告である。これは平行投影された立体図形を回転させて得られるシルエットを用いて、5 選択肢から不適切なもの一つ選択させるものである。これを従来の切断面実形視テスト（MCT）と比べたところ、MSTはMCTよりも難問であり、MCTと約60%の相関があった。両テストの比較から、空間認識能力特性の手がかりの可能性がある図形が見出された。また、図学授業の学期末テスト結果から、図学の論理的思考問題とMSTの相関は低かった。

12) は、脳前頭前野の賦活域について、特に積み木操作と内田クレベリントテストに注目した研究である。その結果、積み木操作では容易な課題のとき脳はリラックスの賦活パターンを示し、難しい課題のとき脳は思考の賦活パターンを示した。そして、積み木が知育に有効であることを示した。また、内田クレベリントテストは単純作業時の賦活パターンを示した。

（對梨 成一）

5月10日（土）（第1会場 15:50-17:30）

セッション3：CAD・3Dプリンター

座長：安福 健祐（大阪大学）

13) CAD/CG, 3Dプリンターを用いた造形教育の一事例

—オリジナルフィギュア制作—

中安 翌（金沢美術工芸大学）

14) 工業デザイナーが3D CAD上で描く意図した形状の定性的調査

西井 美甫（東京農工大学）

15) 複数立体の3Dプリンタ出力を可能にするための集合演算の応用

新津 靖（東京電機大学）

16) Kinectと3Dプリンタを利用したデフォルメ人物フィギュア製作手法の提案

長 聖, 吉井 豪紀, 佐藤 尚（神奈川工科大学）

17) 家具のアルゴリズムデザイン

袁 芳, 島田 康平, 安藤 直見（法政大学）

13) は、金沢美術工芸大学工芸科1年生を対象にした造形演習に、CADアプリケーション、デジタルスカルプトツール、3Dプリンターを用いたオリジナルフィギュア制作を取り入れた授業内容、作品紹介、授業評価とその考察について報告である。作品がソフトに制約されないかという質問に対し、芸術系の学生は制約からいろんなものを発想しており、教育効果は十分にあるなどの議論が行われた。

14) は、工業デザイナーが、意匠形状を造形する過程の3D CADを使ったモデリングで、意図した形状を構成するための基礎となる曲線が完成するまでのモデリング工程を詳細に観察

した調査結果の報告である。今回の調査は2次元のカーブを対象に行われていたが、そこから立体化を行う工程についての質問や、ソフトの性能の影響について議論がなされた。

15) は、著者が開発している教育用3次元ソリッドモデラーにおいて、3Dプリンタでエラーの発生しないSTLファイルを出力するための、面の三角形分割機能について報告であった。三角形分割の手法の違いが3Dプリンタで出力する結果にどのような影響を及ぼすかについての議論や、3Dプリンタに出力する際のモデルの体積計算の重要性に関する意見があった。

16) では、深度センサーが搭載されたカメラKinectを利用して、人体形状をスキャンし、生成されたポリゴン情報と人体部位の推計データを元に頭身比率をデフォルメした人物フィギュアを3Dプリンタにより製作する手法についての報告がなされた。フィギュア製作にあたり研磨や彩色についての質問や、使用ソフトウェア、デフォルメ化の際のスキャンの精度の影響などについて議論がなされた。

17) では、家具デザインにおいて、その使われ方を誘発しながら異なったサイズの物品を収納するため、3Dモデラー上でボロノイ分割を制御するアルゴリズムデザイン手法を提案し、実際にレーザーカッターを使って家具を製作するまでの過程が報告された。ボロノイ分割の母点の調整方法や、アルゴリズムデザインのメリット、強度の問題、斜めの棚の扱い方などについて議論がなされた。

（安福 健祐）

5月10日（土）（第2会場 15:50-17:30）

セッション4：芸術・図法

座長：岡田 大爾（広島国際学院大学）

18) ル・コルビュジェにおける時空間のデザイン

—遠隔化と近接化—

加藤 道夫（東京大学）

19) 双眼鏡によって水平な矩形面が先拡がりに見える現象について

對梨 成一（立命館）

20) 錯視効果を利用した立体デザインの類型化

大谷 智子（東北大学）

丸谷 和史（NTTコミュニケーション科学基礎研究所）

21) 写真におけるイメージの領域とイメージリテラシーツールの提案

林 桃子（名古屋芸術大学）、茂登山 清文（名古屋大学）

22) 作品鑑賞支援アプリケーションのインターフェースデザインの改善

成 知根, 山田 雅子, 茂登山 清文（名古屋大学）

18) は、ル・コルビュジェの時空間デザインを再考し、「ピュリスム」の差異化（遠隔化）に対して、「ピュリスム」以後は差異化から回帰（近接化）への緩やかな移行過程を経由して、最終的に、個々の差異化を包含する循環的過程へと至ると考察した。

19) は、双眼鏡で水平に置かれた矩形面を見た時に、先拡がりに見える現象の原因を考察した。双眼鏡による像の拡大を透視図では視覚の拡大としてその拡大透視図の投影斜角が特に近距離の時、通常透視図よりも大きくなることが検証された。

20) は、錯視が利用される立体物のデザインを体系化することを目的として、錯視パターンを表面に付したブロック（錯視ブロック）を用いたワークショップ型実験を通じて、作成された立体物の構造と錯視模様との関係性について検討した。

21) は、イメージの中のどの部分の特徴量を抽出し類似度を測る必要があるのか知るため、写真の注視点を分析した。その結果からイメージのリネージを理解することによってイメージリテラシーを向上させることを目的としたツールを提案した。

22) は、鑑賞行為を測定し、その情報を共有することで鑑賞を支援するシステムの開発を目指し、多数の鑑賞者の鑑賞位置、時間、プロフィールを提供するアプリケーションを開発した。システム評価のためのアンケートを行い、さらに改善を行った。

本セッションは、各発表に対して質疑の打ち切りが難しいほど大変活発な議論がなされ、発表者、質問者、フロアの各者ともに研究の発展につながる有意義な時間が共有された。

(岡田 大爾)

5月11日(日)(第1会場 9:30-11:30)

セッション5:プログラミング・CG

座長:佐藤 尚(神奈川工科大学)

23) MotionVRコンテンツの制作手法

今間 俊博(首都大学東京)

24) WebGLを利用した地形情報の表示について

山島 一浩(筑波学院大学)

25) CG実写合成における階調特性の整合

高橋 信雄(名古屋大学)

26) ビジュアルプログラミング言語による情報視覚化の支援

星 卓哉(名古屋大学)

27) キャラクター設定情報を用いた配色デザイン支援手法

茂木 龍太(首都大学東京)

28) 映像分析に基づくカメラワーク情報のデジタル化と構図設計支援手法

兼松 祥央(東京工科大学)

23) は、4台のビデオカメラで同時に異なる方向を撮影し、得られた動画をオフラインで合成することにより、全方向に撮影された動画を作り出すというシステムに関する発表であった。システムの構造は単純ではあるが、得られた動画は興味深いものであり、システムの構成方法やこのシステムを用いて得られた動画の利用方法等の多くの質疑が行われた。

24) は、最近再び注目を集めるようになってきた、Web上で3次元表示に関する発表であった。発表されたものは、地図情報からwebブラウザ上で、地形の3次元表示を行うシステム

である。システムの実装方法など、システム寄りの質疑が活発に行われた。

25) は、CG画像と実写画像をシームレスにつなげるために必要となる階調変換に関する発表であった。撮像系の応答関数をCG画像の階調変換に応用する手法が提案され、その有効性が定量的な評価実験により評価が行われた。提案手法は特別な機器を必要としないものとなっており、有効性が高いように思われた。

26) は、近年注目を集めているvuvというプログラミングシステムを利用して、プログラマではないような個人でも情報可視化を容易に行うことを可能にすることを旨としたシステムの開発に関する発表であった。vuvの特徴である図示プログラム記述を活かしたシステムとなっている。このシステムが目指す方向やシステム寄りの質疑が活発に行われた。

27) は、精力的にキャラクターデザイン手法などを研究しているグループからの発表である。この研究では、キャラクターの配色や性格付けなどの情報をデータベース化し、それに基づき、キャラクターの配色デザイン支援手法につなげようとするものである。システムの適用範囲や制限などに関して質疑が行われた。

28) は、既存の映像作品のカメラワークを分析・数値化し、データベースを作成、データベースから検索された情報を3DCGソフトウェアに取り込むようなシステムを開発した。このシステムの有効性を、ユーザーにシーンを作成させることで評価を行った。このシステムが想定している利用者層や有効性等に関して質疑が行われた。

(佐藤 尚)

5月11日(日)(第2会場 9:30-11:30)

セッション6:図形・幾何学

座長:種田 元晴(東洋大学)

29) フリーハンドで描いた楕円の形状について

竹之内 和樹(九州大学)

30) 幾何曲線をベースにした連続曲線による構成

森田 克己(札幌大谷大学)

31) 図法幾何学を補助的に取り入れた授業の試行例

長島 忍(立教大学)

32) 曲線の操作による可展面接続デザイン手法のアフィン変換と軌跡による表現

鈴木 広隆(神戸大学)

33) 彫刻の幾何学—直線と曲線による構成—

福江 良純(北海道教育大学釧路校)

34) 6という数と関わる図形定理について

—6垂線の定理を中心に—

蛭子井 博孝(卵形線研究センター)

29) は、平治物語の牛車の描かれ方に着想を得て、フリーハンドで学生が描いた楕円と、正確な楕円との膨らみの誤差につ

いて解析した図学教育に関する発表である。牛車をモチーフとする場合には、楕円の長軸方向が鉛直であるべきかなど、関連な議論が行われた。

30) は、発表者がこれまでに取り組まれてきた、複数の幾何曲線を用いた形態構成に関する研究の続報である。本報告では、外転・内転サイクロイドをベースに、それらの方程式の数値を様々に設定して出来上がる平面造形表現について示された。今後、空間図形としてどのように展開されるかについても興味深い。

31) は、図法幾何学の現代性を問う報告であった。モンジュにはじまる図法幾何学が設計製図の基礎学としての役割を薄めた現代において、計算では求めることが困難な形状の把握や、冬至・夏至における根室、東京、那覇の日の出・日没時刻の差の把握など、新しい図法幾何学の活用法が示された。

32) は、発表者がこれまでに取り組まれてきた曲線の操作による可展面接続デザイン手法の続報である。本報告では、フリー 3 DCG ツールである POV-Ray で記述した上記手法による立体形状について、その操作の過程をアフィン変換と軌跡によって表現する方法が示された。照明器具として造形される際の陰影の処理などについて質問が行われた。

33) は、高村光太郎の彫刻作品「蟬」と、石井鶴三の「島崎藤村先生像」、法隆寺百済観音像等とそれらについての言説に着目し、直線と曲線の扱いについての考察が報告された。彫刻の美についての主観・客観などについて討議が行われた。

34) は、平面図形の定理に関する報告である。パップスの定理、パスカルの定理などの射影幾何学の古典的定理をはじめとして、平面上の直線による構図定理には 6 という数が深く関わっているものが多いことについて、様々な実例を図示して報告された。

(種田 元晴)

[別掲 1]

**2013年度会務報告 (2013.4~2014.3)**

## 1. 会員の状況 (2014年3月末現在, [ ] 内は2013年3月末)

- a) 名誉会員13名 [13]
- b) 正会員273名 [266]
- c) 学生会員13名 [10]
- d) 賛助会員15社17口 [13社14口]

## 2. 会務の状況

- a) 理事会の開催12回
  - 510回2013. 4.26 511回2013. 5.10
  - 512回2013. 5.11 513回2013. 6. 3
  - 514回2013. 7.12 515回2013. 9. 5
  - 516回2013.10.17 517回2013.11.16
  - 518回2013.12.20 519回2014. 1. 9
  - 520回2014. 2.18 521回2014. 3.10
- b) 「図学研究」の発行
  - 第47巻 2・3号 (通巻第140号2013. 9)
  - 第47巻 4号 (通巻第141号2013.12)
  - 第48巻 1号 (通巻第142号2014. 3)

## 3. 2013年度総会の開催 (詳細は会誌第47巻 2・3号を参照)

- a) 期日・場所
  - 2013年 5月11日 産業技術短期大学
- b) 総会議事
  - ◇ 2012年度会務報告
  - ◇ 各種委員会等報告
  - ◇ 2012年度収支決算報告
  - ◇ 2012年度会計監査報告
  - ◇ 第24期役員および理事選挙結果報告・審議
  - ◇ 2013年度事業計画案審議
  - ◇ 2013年度予算案審議
  - ◇ 2012年度学会賞選考結果報告
  - ◇ 2013年度学会賞選考委員選出
  - ◇ 名誉会員の推薦
  - ◇ 第8回論文賞「研究論文賞」報告
- c) 学会賞授与式
- d) 名誉会員証授与式
- e) 第8回論文賞「研究論文賞」授与式

## 4. 2013年度春季大会の開催 (詳細は会誌第47巻 2・3号を参照)

- a) 期日・場所
  - 2013年 5月11日~12日 産業技術短期大学
- b) 実行委員会
  - [委員長] 飯田 尚紀
  - [委員] 安福 健祐 榊 愛 伏見 清香  
木多 彩子 廣瀬 健一 田中 龍志

## c) プログラム委員会

- [委員長] 鈴木 広隆
- [委員] 森田 克己 宮腰 直幸 田中 一郎  
藤原 史江 安福 健祐 遠藤 潤一  
竹之内和樹

## d) 学術講演30編

## e) 懇親会

## 5. 2013年度秋季大会の開催 (詳細は会誌第48巻 1号を参照)

- a) 期日・場所
  - 2013年11月16日~17日 ホテル大観 (岩手県盛岡市, つなぎ温泉)
- b) 実行委員会
  - [委員長] 松田 浩一
  - [委員] 櫻井 俊明 山畑 信博 宮腰 直幸
- c) プログラム委員会
  - [委員長] 田中 一郎
  - [委員] 椎名久美子 柴田 晃宏 辻合 秀一  
福江 良純 三谷 純
- d) 学術講演24編
- e) 懇親会

## 6. 各種委員会 (省略)

## 7. 研究会

- a) 図学教育研究会
  - 1) 第50回研究会
    - 日時: 2013年 5月11日
    - 場所: 産業技術短期大学
    - タイトル: デジタルモデリングに関する研究の必要性
    - 内容: 講演 4 題 質疑および討論

## 8. 第7回デジタルモデリングコンテスト

- a) 募集期間: 2013年 7月 1日~10月 9日
- b) 応募作品: 11件 (造形部門: 8件, アイデア部門 3件)
- c) 審査の結果, 以下を選出
  - 造形部門: 最優秀賞 1件, 優秀賞 1件, 入選 2件
  - アイデア部門: 優秀賞 1件
- d) 作品展示: 2013年11月16日~17日 (ホテル大観 (岩手県盛岡市, つなぎ温泉))

## 9. 第9回アジア図学国際会議 (AFGS2013) 共催 (詳細は会誌第47巻 4号を参照)

- a) 期日・場所
  - 2013年 8月 9日~11日・仲夏花園酒店 (中華人民共和国, 大連市)
- b) 収録論文数: 25編

c) 参加者数：200名以上

## 10. 各支部活動

### a) 北海道支部

#### 1) 第25回支部総会・講演会

- 2013年7月5日 内田洋行「ユーカラ」
- 支部総会
- 講演：田城 徹雄（北海道情報大学）

「表計算ソフトウェアによるCG図学—図法幾何学図学からベクトル空間幾何学CG図学への再構成—」

#### 2) 支部例会・講演会

- 2013年12月6日 内田洋行「ユーカラ」
- 支部例会
- 講演：福江 良純（北海道教育大学）

「挿絵鑑賞の愉しみ—彫刻家石井鶴三、新聞小説における空間表現—」

### b) 東北支部

#### 1) 支部総会

- 2013年6月15日 八戸工業大学

#### 2) 支部講演会

- 2013年6月15日 八戸工業大学
- 講演3件

### c) 中部支部

#### 1) 支部総会

- 2014年2月26日 北陸職業能力開発大学校

#### 2) 秋季例会

- 2013年9月13日 大同大学
- 研究発表5件, 懇親会
- 「第9回日本図学会中部支部奨励賞」1編表彰

#### 3) 冬季例会

- 2014年2月26日 北陸職業能力開発大学校
- 研究発表11件, 懇親会
- 「第10回日本図学会中部支部奨励賞」2編表彰

### d) 関西支部

#### 1) 第94回支部例会

- 2013年10月26日～27日 e-とびあ・かがわ（香川県高松市）/小豆島・豊島
- 講演1：木原 一郎（広島国際学院大学）  
「建築とインテリア 2013」
- 講演2：山中 英生（徳島大学）  
「自転車の利用環境向上とサインデザインについて」
- 話題提供：鈴木 広隆（神戸大学）  
「研究の最新動向／The 2013 Asian Forum on Graphic Scienceでの様子」
- 「瀬戸内芸術祭」（小豆島・豊島）見学
- 参加者8名

#### 2) 第95回支部例会

- 2014年2月26日 摂南大学 寝屋川キャンパス
- 講演13件
- 参加者33名

#### 3) 関西支部総会

- 2014年2月26日 摂南大学 寝屋川キャンパス
- 参加者33名

### e) 九州支部

#### 1) 第39回支部総会・特別講演会・研究発表会・意見交換会

- 2013年8月30日 九州大学 伊都キャンパス
- 講演：知足 美加子（九州大学）
- 「彫刻の美とは何か」
- 研究発表会 講演2件
- 意見交換会

## 11. 寄贈図書

- 『計算幾何学』（杉原厚吉氏寄贈）
- 『建築雑誌（第128集・1647号）』（横山ゆりか氏寄贈）
- 『数幾何学創書 初秋—初乙女』（蛭子井博孝氏寄贈）
- 『数幾何学創書 geoMatics』（蛭子井博孝氏寄贈）
- 『造形の図学—改訂版』（面出和子氏寄贈）

[別掲 2]

## 特別会計2013年度収支決算書

自 2013年 4月 1日  
至 2014年 3月31日

収 入	繰越金	10,075,705
	利子	1,998
	収入計	10,077,703
支 出	中国図学会への記念品	29,820
	ICGG2014開催費用補助 (2,000USD)	199,080
	支出計	228,900
	差引	9,848,803

[別掲 3]

## 2014年度事業計画

1. 会誌の発行会誌「図学研究」
  - 年 4 回発行（第48巻 2 号～第49巻 1 号）
2. 2014年度春季大会の開催
  - 2014年 5 月10日～11日 九州大学 西新プラザ
3. 2014年度秋季大会の開催
  - 2014年11月29日～30日 東京藝術大学
4. 理事会の開催
  - 原則として毎月 1 回定例理事会を開催
5. 各種委員会の活動
  - a) 編集委員会
  - b) 企画広報委員会
  - c) ホームページ委員会
  - d) 学会賞選考委員会
  - e) 将来構想委員会
6. 研究会活動
  - a) 図学教育研究会
    - ①第51回研究会 2014年 5 月11日 九州大学 西新プラザ  
『図学関連教育と空間認識力一切断面実形視テスト (MCT) による調査結果を中心に』  
内容：講演 3 題，質疑応答 討論
    - b) デジタルモデリング研究会（2014年度より設置）
      - ①第 1 回デジタルモデリング研究会  
2014年秋 東京藝術大学にて開催予定
      - ②第 8 回デジタルモデリングコンテスト開催
      - ③日本図学会公式サイト内に過去のデジタルモデリング  
コンテストの受賞・入選ギャラリー設置（XVL技術  
を活用した 3D Web化）
7. 16th International Conference on Geometry and Graphics共催  
2014年 8 月 4 日～ 8 日 University Innsbruck（オーストリア・インスブルック市）
8. 各支部活動（総会、例会、見学会等の予定）
  - a) 北海道支部
    - ①支部総会・講演会（2014年 7 月予定）
    - ②支部例会・講演会（2014年11月予定）
  - b) 東北支部
    - ①支部総会，支部講演会，懇談会（2014年 6 月 福島）
    - ②支部総会，支部講演会，懇談会（2014年11月 山形）
    - ③CG・CAD・CAE 応用懇談会
  - c) 中部支部
    - ①支部総会 2015年 2 月または 3 月
    - ②支部例会  
秋季例会 2014年11月 北陸地区（金沢予定）  
冬季例会 2015年 2 月または 3 月 名古屋地区
  - d) 関西支部
    - ①第96回支部例会（講演見学会）2014年 8～9 月を予定

場所未定

②第97回支部例会（研究発表会）2015年 2 月上旬を予定  
場所未定

e) 九州支部

①第40 回支部総会，研究発表会，見学会（2014年 8 月  
近畿大学産業理工学部 予定）

## 各支部役員（2014年 5 月10日現在）

北海道支部

[支部長] 森田 克己 [幹事] 松岡 龍介  
[会計監査] 橋場 幸宗

東北支部

[支部長] 櫻井 俊明 [幹事] 松田 浩一

中部支部

[支部長] 横山 弥生 [監事] 長坂 今夫  
[委員] 辻合 秀一（庶務） 奥村 和則（会計）  
川崎 寧史 北 栄輔 清本 達也

関西支部

[支部長] 飯田 尚紀 [副支部長] 伏見 清香  
[支部理事] 西垣 安比古 西原 小百合 木多 彩子  
新関 雅彦 遠藤 潤一 廣瀬 健一  
田中 龍志 瀧澤 重志 中嶋 節子

九州支部

[支部長] 大月 彩香 [副支部長] 井原 徹  
[委員] 大月 美佳（会計） 福田幸一 中山 伸介  
[会計監査] 梅野 高司

## 各種委員会・研究会（2014年度）

編集委員会

[委員長] 面出 和子  
[副委員長] 今間 俊博  
[委員] 安藤 直見 加藤 道夫 齋藤 綾  
佐藤 尚 定国 伸吾 椎名 久美子  
竹之内 和樹 館 知宏 種田 元晴  
堤 江美子 橋寺 知子 三谷 純  
宮腰 直幸 宮永 美知代 向田 茂  
村上 紀子 山畑 信博 吉田 晴行

企画広報委員会

[委員長] 安藤 直見  
[副委員長] 西井 美佐子  
[委員] 大月 彩香 大月 美佳 金井 崇

高 三徳	近藤 邦雄	今間 俊博
定国 伸吾	椎名 久美子	柴田 晃弘
鈴木 広隆	種田 元晴	辻合 秀一
堤 江美子	長坂 今夫	町田 芳明
松田 浩一	松岡 龍介	宮腰 直幸
宮永 美知代	宮本 昌彦	村松 俊夫
面出 和子	森田 克己	安福 健祐
山口 泰		

ホームページ委員会

[委員長] 三谷 純

[委員] 安藤 直見 金井 崇 今間 俊博  
 椎名 久美子 館 知宏 田中 一郎  
 道川 隆士 面出 和子 横山 ゆりか

学会賞選考委員会

[委員] 阿部 浩和 堤 江美子 村松 俊夫

将来構想委員会

[委員長] 山口 泰

[副委員長] 鈴木 広隆

[顧問] 鈴木 賢次郎

[委員] 阿部 浩和 荒木 勉 安藤 直見  
 大月 彩香 小高 直樹 加藤 道夫  
 近藤 邦雄 櫻井 俊明 椎名 久美子  
 竹之内 和樹 辻合 秀一 堤 江美子  
 長坂 今夫 西井 美佐子 橋場 幸宗  
 三谷 純 面出 和子

図学教育研究会

[委員長] 阿部 浩和

[委員] 石松 丈佳 大月 彩香 小高 直樹  
 近藤 邦雄 椎名 久美子 鈴木 賢次郎  
 鈴木 広隆 辻合 秀一 堤 江美子  
 平野 重雄 三谷 純 村松 俊夫  
 森田 克己

デジタルモデリング研究会

[委員長] 西井 美佐子

[副委員長] 近藤 邦雄

[委員] 荒木 勉 加藤 道夫 齋藤 綾  
 佐藤 尚 田中 龍志 堤 江美子  
 新津 靖 松田 浩一 町田 芳明  
 村松 俊夫 面出 和子 望月 達也  
 横山 弥生



## 日本図学会 2014年度春季大会 研究発表 要旨

### VRウォークスルーシステムによる建築空間移動時の視覚的シーケンスの分析

安福 健祐 *Kensuke YASUFUKU*

建築空間は人が移動することで体験されるものであり、その中で起こる連続的な空間的特徴の変化はシーケンスと呼ばれる。本研究は、VR技術を用いたウォークスルーシステムにより、人間が建築空間内を移動するときの視覚的シーケンスを分析することを目的としている。ディスプレイ装置には、ヘッドトラッキングセンサーが付属したヘッドマウントディスプレイを利用することで、ユーザの頭の動きとその視野空間の関連性について分析を行った。また、ケーススタディとして実在の住宅建築を取り上げ、視覚的シーケンスを定量的に記述する指標を用いて建築空間の分析を行った。その結果、ある歩行経路に沿った視野空間をコンピュータシミュレーションで分析することが可能となり、視野空間の開放性やその方向性など空間のシーケンスを定量的に評価し得た。

キーワード：空間認識／建築空間／シーケンス／VR

### 建築設計競技入選案のプレゼンテーション構成に関する研究

種田 元晴 *Motaharu TANEDA*

建築設計競技では、一枚の紙面にてその設計趣旨や建物イメージを端的に示すことが求められることが多い。そのため、どのような図・図面をどのような表現で描き、どの大きさでどこに配置するかといった、レイアウトや表現手法の取捨選択が、建築設計の構想を示す上で重要となる。特に、近年、プレゼンテーションの主要な構成要素を、CGや模型写真ではなく手描き表現とする事例が多く見受けられる点は興味深い。本研究では、近年の建築設計競技入選案のプレゼンテーション構成について、特に、最も大きく描かれた主要図の表現に着目することで、建築表現の現代性を考察する。

キーワード：設計論／建築設計競技／図面表現

### 映画に描かれた古代エジプトの建築 — 建築の量塊的イメージ —

安藤 直見 *Naomi ANDO*

古代エジプトの建築は、大ピラミッドに限らず、アブシンベル神殿の巨像、ルクソール神殿の大列柱など、石造の量塊的な巨大さを特徴とする。本論は、古代エジプト建築を描いた映画を取り上げ、そこから読み取ることのできる古代エジプト建築のイメージの特質を検証する。また、映画から建築のイメージを読み取るための方法について論じる。

キーワード：図学教育／映画／建築／古代エジプト

## 建築物のファサードデザインと形態の表象化に関する研究

和田 一馬 Kazuma WADA  
阿部 浩和 Hirokazu ABE  
安福 健祐 Kensuke YASUFUKU

本論は、今後の建築デザインの可能性を探求することを目的として、建築物のファサードデザインと形態デザインの印象を模式的な記号として表象化することによって、建築物の外観デザインの断片的特徴を再解釈し、その建築物本来の属性との関連性を分析した。結果、建物の「ファサードデザイン」「形態デザイン」と建物の主要用途との間にいくつかの関連性があること、使われる頻度の高い「ファサードデザイン」と「形態デザイン」が存在することなどの知見を得た。

キーワード：設計論／ファサードデザイン／形態デザイン／表象化／主要用途

## 自己駆動粒子による建築物の通過性能評価システムの開発

松本 拓弥 Takuya MATSUMOTO  
安福 健祐 Kensuke YASUFUKU  
阿部 浩和 Hirokazu ABE

建築・都市計画では、空間を通過する様々なものが考慮されている。アリス・コールマンは、都市の街路における歩行者の選択性や、視線の通りやすさなどをパーミアビリティ（透過性）という言葉を用いて評価しており、空間の通過性能を評価することは、快適で安全な空間を計画するために必要である。本研究は、相互作用する移動体を自己駆動粒子としてモデル化し、空間の通過性を評価する指標の提案と、それを測定し可視化するシステムを開発する。特に、空間の通過性能の評価指標として「抵抗値」という値を定義し、様々な空間形態について自己駆動粒子と視線の抵抗値を測定する実験を行った。抵抗値の測定結果を自己駆動粒子と視線での抵抗値の大きさの組み合わせによって四つのグループに分類し、それぞれのグループの特徴を明らかにした。

キーワード：設計論／通過性能／パーミアビリティ／自己駆動粒子／Processing

## 1枚の写真からの街並みの再構成

西原 一嘉 Kazuyoshi NISHIHARA  
西原 小百合 Sayuri NISHIHARA

現存している建物の形状を測定する方法として、近年ではグーグルマップを使用する方法などが考えられるが、一般的には、空中写真測量と地上写真測量さらにコンピュータビジョン等の3次元画像計測が行なわれている。しかし、1枚の写真しか残っていない過去の建物の再現ではこれらの方法を適用することはできない。著者らはこれまでに、透視図逆変換による建物の再構成の原

理について、次に実際の建物の写真と地図を用いて町並の再構成の原理について検討を行ってきたが、解析方法は間接式で、かなり複雑な作図を要するものであった。そこで本研究では、一枚の写真からの街並みの再構成について、解析方法をより直接的なものとし、作図の手間をより単純なものとすることができたので、報告する。

キーワード：画像処理／一枚の写真／建物形状再現

## 機械製図教育における比喩の効用

平野 重雄 Shigeo HIRANO  
喜瀬 晋 Susumu KISE  
関口 相三 Sozo SEKIGUTI  
奥坂 一也 Kazuya OKUSAKA

わが国の製図教育が、余りにも製図規格中心になり過ぎていて、ものづくりに大切な「こころ」のない図面、「おもしろい」のない図面がつくられていることに対して、これを何とか打破していくことを願っている。本報では、製図規格の捉え方、特に製図教育は規格に準拠しなければならないとする教員に、製図教育の本来の在り方を明示する意味において、製図規格の正論と常識論、製図教育の比喩の効用について論じる。

キーワード：設計・製図教育／製図規格／図面

## プリント・オン・デマンド（POD）を使った作品紹介について —「可視化の図学」での事例報告—

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

「可視化の図学」は、日本図学会中部支部のメンバーを中心として執筆するテキストである。この本は、必要部数を印刷するプリント・オン・デマンド（POD）を利用するため改訂作業が容易である。「可視化の図学」は、年1回の改訂を行うことができることを利用して学生作品を毎年入れ替える試みを行った。本報告では、MindstormsNXTを用いた演習で作成した作品のタイトル、概要、作品の写真とプログラムを紹介する例をまとめる。

キーワード：造形教育／本／POD／プログラミング

## 聴覚障害学生へのスタイルシートを利用した図形作成の効率的な指導法

桑原 一哲 Kazunori KUWABARA

筆者はこれまで聾学校高等部専攻科でHTMLやCSSをつかったWeb制作の授業を担当してきたが、聴覚障害を持つ生徒は、DTPなど目に見えて図形を操作できるものに比べ、Webにおけるコーディングにおいては明らかに理解が進まない者が多い状況だった。そこで本研究ではその原因とともに、アドビシステムズ社のAdobeIllustratorCCのCSSプロパティ機能を利用し、トップダウンアプローチによる生徒のコーディングする力を高める指導の手立

てについて考察する。

キーワード：図学教育 / HTML / スタイルシート / コーディング / トップダウンアプローチ

## 惑星の満ち欠け学習における平面・立体一体型モデルの教育効果

—空間的な思考の深まりと転移を中心として—

岡田 大爾 *Daiji OKADA*  
松浦 拓也 *Takuya MATSUURA*  
松永 武 *Takeshi MATSUNAGA*

従来の惑星の満ち欠けの学習では、観察や記録が中心となるため、高度な空間認識能力の向上に結びつきにくかった。そこで、平面・立体一体型モデルを用いた探究学習の空間的な思考の深まりと転移に関する教育効果を調べた。一体型モデルを用いたクラスでは、平面型モデルを用いたクラスよりも空間的思考による解決が多く見られると共に、一般的な空間認識能力（心的回転）への転移にも効果があったと考えられる。

キーワード：空間認識 / 惑星の満ち欠け / 平面・立体一体型モデル / 探究学習 / 空間的な思考の深まり / MRT

## 立体図形の影絵による空間認識能力の考察— 回転視影絵認識テスト (MST) の開発—

阿部 浩和 *Hirokazu ABE*  
高橋 彰 *Akira TAKAHASHI*

MCTで用いられるいくつかの立体図形を等測図（平行投影）で作画し、その図形を回転させて得られるシルエット（影絵）に関して、5つの選択肢の中で、当該立体図形からは得られないシルエット1つを選択させる客観テスト（MST）を開発し、大学の1年生120人に実施した。その結果、正答率は約57%で、MCTとの相関係数が0.59と高いことを示した。またMCTとMSTの各設問に対する回答傾向について項目反応理論を用いて分析した結果、両テストでSLOPE（識別力）の値が高い設問に共通する図形が含まれていること、この図形は両テストの空間認識能力の特性を考える手がかりになる可能性があること、MSTはMCTに比較して難しいテストであるものの、その能力の識別力に関しては低い傾向があることなどを明らかにした。

キーワード：空間認識 / MCT / 項目反応理論

## 図形認識時の脳賦活域の研究

西原 小百合 *Sayuri NISHIHARA*  
西原 一嘉 *Kazuyoshi NISHIHARA*

これまでに、鳥津製作所製の機能的近赤外分光分析装置（fNIRS）を用いて、MCT（Mental Cutting Test、仮想切断面実形視テスト）実施時に加えて、立体からの3面図作成時、3面図からの立体図作成時、2D-CAD操作時、3D-CAD操作時、MRT実

施時等の各種の図形認識時における脳前頭前野の賦活域パターンの特徴抽出を試みてきた。その結果3D-CAD操作時には酸素化ヘモグロビン濃度が賦活せず、脱酸素化ヘモグロビン濃度が賦活するという興味ある結果が得られた。本研究では脱酸素化ヘモグロビン濃度が賦活する積木操作時を中心に、クレペリンテストを取り上げ、計算時を含む脳前頭前野の賦活域について検討した。

キーワード：空間認識 / fNIRS / 脳前頭前野 / 賦活域

## CAD / CG、3Dプリンターを用いた造形教育 の一事例—オリジナルフィギュア制作—

中安 翌 *Akira NAKAYA*

金沢美術工芸大学の工芸科1学年を対象に、CADアプリケーション、デジタルスカルプトツール、3Dプリンターを用いてオリジナルフィギュアを制作する造形演習を行った。美術大学の中でも特にファインアートや工芸を専攻する学生は、コンピュータ演習に対する苦手意識が強い。そこで本演習では、直感的なモデリングが行えるデジタルスカルプトツールを使用し、3Dプリンターで出力することを最終的なゴールとすることで、学生のモチベーションを高める演習計画を立てた。本論では、この演習計画および学生が作成した3Dモデルと3Dプリンターで出力した作品を紹介し、アンケート結果を含めて、その教育成果について報告する。

キーワード：造形教育 / CAD / コンピュータグラフィックス / 3Dプリンター / Tinkercad / Sculptis

## 工業デザイナーが3D CAD上で描く意図した 形状の定性的調査

西井 美甫 *Yoshiho NISHII*

研究の最終目的は、工業デザイナー（以下デザイナー）が3DCADを操作する熟練度合、さらに3DCADが持つ形状特性に造形が偏ることなく、的確に意図を反映した形状を完成させるために必要な機能を見極めることである。工業デザイナーが、意匠形状を造形する過程の3DCADを使ったモデリングで、意図した形状を構成するための基礎となる曲線が完成するまでのモデリング工程を観察するという定性的調査を行った。調査対象は、意匠かつモデリングの根拠を抽出しやすいとの見解から、3DCADを使った造形に長けたデザイナーとした。デザインの対象は、パブリックスペースに設置する水道の蛇口とした。調査の結果、曲線を構成するポイントの数や位置、次数は、デザイナーがこれまで習得してきた学習方法に依存し、曲線の性質を幾何学的に理解しているとは限らず、経験則で形状を構築していることは無いとはいえないことが解かった。

キーワード：CAD / 3D CAD / モデリング

## 複数立体の3Dプリンタ出力を可能にするための集合演算の応用

新津 靖 Yasushi NIITSU

通常の3DプリンタはSTLフォーマットのファイルを入力ソースとして使用する。STLフォーマットは1シェルである必要があり、複数の立体を同時にプリント出力するには、プリンタ制御ソフトで2つ以上のSTLファイルを読み込んで、適切な位置に各立体を配置し出力する必要がある。本研究では複数の立体モデルを細い棒状立体でつなぐことで1シェル構造の立体としてファイル出力し1ファイルとしてプリントする手法を示す。

キーワード：CAD／形状処理／図学教育／造形教育

## Kinectと3Dプリンタを利用したデフォルメ人物フィギュア製作手法の提案

長 聖 Satoshi CHO  
吉井 豪紀 Hideki YOSHII  
佐藤 尚 Hisashi SATO

Kinectを利用して取得した奥行き情報から、そのシーン内にいる人物のポリゴン形状を取得し、そのポリゴン情報からその人物のデフォルメ形状を生成する手法を述べる。Kinectから得られる人物の骨格情報をもとに、取得されたポリゴンが含まれている人体部位を推計し、その推計をもとに自由形状変形のための格子を設定する。その変形データを3Dプリンタで出力することで、その自分のデフォルメ人物フィギュアを製作する方法について述べる。

キーワード：形状処理／デフォルメフィギュア／Kinect／3Dプリンタ

## 家具のアルゴリズムミックデザイン

袁 芳 Fang YUAN  
島田 康平 Kohei SHIMADA  
安藤 直見 Naomi ANDO

一般的な家具は、棚板を用いて一定の幅と高さに領域を分割して収納部をつくるものが多い。しかし、居間などに設置される多目的用途の家具では、大中小の多様な幅と高さをもつ様々な物品を収納することがある。本論では、平面を多様な領域に分割するアルゴリズムを使って、使われ方を誘発しながら異なったサイズの物品を収納する家具のデザインを試行する。また、NC (NumericControl) 機器の一つであるレーザーカッターを使って、実際に家具を製作し、そのデザインの有効性を検証する。

キーワード：CG／造形論／家具／アルゴリズムミックデザイン

## ル・コルビュジェにおける時空間のデザイン—遠隔化と近接化—

加藤 道夫 Michio KATO

本研究では、20世紀を代表する建築家として知られるル・コルビュジェにおける時空間のデザインを、絵画活動と関連させつつ、遠隔化と近接化という観点から再考した。その結果は、以下の通りである。すなわち、「ピュリスム」が差異化（遠隔化）と特徴づけられるのに対して、「ピュリスム」以後の活動は、差異化（遠隔化）から回帰（近接化）への緩やかな移行過程を経由して、最終的に、個々の差異化を包含する循環的過程へと至ることになった。

キーワード：設計論／ル・コルビュジェ／時空間デザイン

## 双眼鏡によって水平な矩形面が先拡がりに見える現象について

對梨 成一 Seiichi TSUINASHI

水平に置かれた矩形面を双眼（望遠）鏡で観察すると、例えば、その両側面は先拡がりに見える。この現象を逆遠近とよぶ。本研究では、特に側面の先拡がりについて、網膜像を透視図と同等と仮定して、網膜の矩形面の側面が水平からなす内角（投影斜角）によって説明した。双眼鏡による像の拡大を透視図では視角の拡大として、その拡大透視図と通常透視図における矩形面の投影斜角を比較した。その結果、拡大透視図の投影斜角は、特に近距離のとき通常透視図よりも大きくなった。

キーワード：空間認識／双眼（望遠）鏡／逆遠近／投影斜角

## 錯視効果を利用した立体デザインの類型化

大谷 智子 Tomoko OHTANI  
丸谷 和史 Kazushi MARUYA

三次元の立体物のデザインに、錯視模様がよく利用されている。本研究の目的は、この錯視が利用される立体物のデザインを体系化することである。本稿では、錯視パターンを表面に付したブロック（錯視ブロック）を用いたワークショップ型実験を通じて、作成された立体物の構造と錯視模様との関係性について検討する。

キーワード：図学教育／空間認識／形態構成

## 写真におけるイメージの領域とイメージリテラシーツールの提案

林 桃子 Momoko HAYASHI  
茂登山 清文 Kiyofumi MOTOYAMA

イメージを見ることを通じた人の想像性について内容に基づくイメージリトリバルを使って研究を進めてきた。今回は、イメージの中でもどの部分の特徴量を抽出し類似度を測る必要があ

るのか知るために、写真を見る人がどのような領域に注目しているのか実験を行った。そこでは、アイトラッカーを用いた眼球画像を解析しユーザの眼球運動・向き（視線）を検出し、写真のどこを見ているか（注視点）イメージの領域を分析した。その結果からイメージのリネージを理解することによってイメージリテラシーを向上させることを目的としたツールの提案をする。

キーワード：画像処理／アイトラッカー／写真／イメージリテラシー

## 作品鑑賞支援アプリケーションのインタフェースデザインの改善

成知根 Jieun SEONG

山田 雅子 Masako YAMADA

茂登山 清文 Kiyofumi MOTOYAMA

鑑賞行為を測定し、その情報を共有することで鑑賞を支援するシステムの開発を目指している。平面作品について、多数の鑑賞者の鑑賞位置、時間、プロフィールを提供するアプリケーションを開発した。端末機を通して使用者に情報を提供し、システム評価のためのアンケートをおこなった。そこからえられた課題を整理し、インタフェースデザインを改善した。それを使用してもらいフィードバックをとった。その結果を報告する。

キーワード：造形教育／鑑賞支援／鑑賞行為／インタフェースデザイン

## MotionVRコンテンツの制作手法

今間 俊博 Toshihiro KOMMA

関屋 俊祐 Shunsuke SEKIYA

MotionVRとは、Motion(動画)とVR(バーチャルリアリティ)を組み合わせた用語であり、360度全方位のパノラマ映像に対し視点を操作できる、インタラクティブなパノラマ映像コンテンツである。現在、Googleストリートビューを初めとした、パノラマ静止画像は広く見かけるが、動画像のパノラマコンテンツは未だ数が少ない。今回紹介するMotionVRは、視聴者が視点方向をマウスなどでコントロールしながら視聴できる、インタラクティブなパノラマ映像コンテンツであり、その動画像は大変興味深い。しかし、コンテンツの制作手法が一般的では無い事もあって、YouTubeなどの動画サイトにおいても広がっていない。本論文では、この興味深いインタラクティブなパノラマ映像コンテンツを広めるために、MotionVRコンテンツの制作方法についての調査を行い、最良の効率的な制作手法について報告する。

キーワード：画像処理／Motion VR／パノラマ

## WebGLを利用した地形情報の表現について

山島 一浩 Kazuhiro YAMASHIMA

HTML、CSSやJavaScriptの進展により、多様なコンテンツが、Webブラウザで表示されるようになってきた。こうした中、地形情報を配信するために、Webブラウザ上で表現することを考えた。WebGLは、Webブラウザで3次元コンピュータグラフィックスを表示させるための仕様である。地形データは、国土地理院が出している基盤地図情報のメッシュ標高データという数値標高モデルを利用している。

キーワード：CG／WebGL／数値標高モデル

## CG実写合成における階調特性の整合

高橋 信雄 Nobuo TAKAHASHI

茂登山 清文 Kiyofumi MOTOYAMA

安田 孝美 Takami YASUDA

CG画像と実写画像を合成する際、両者をシームレスにつなぎ合わせるには、CG画像の階調変換が不可欠となる。通常、この階調変換はガンマ補正のみで処理されるため、CGと実写の階調特性は正確に一致せず、合成のクオリティー低下を招くひとつの要因となっている。本研究では、撮像系の応答関数をCG画像の階調変換に応用する手法を検証し、実写画像との整合性について定量的に評価する。

キーワード：CG／画像処理／画像合成／階調変換／トーンマッピング／リニアワークフロー

## ビジュアルプログラミング言語による情報視覚化の支援

星 卓哉 Takuya HOSHI

茂登山 清文 Kiyofumi MOTOYAMA

ProcessingやD3.jsに代表されるテキストベースのプログラミング言語による情報視覚化手法は、表現の自由度を担保する一方で、高度な実装力が要求される。本研究では、情報視覚化の過程で必要とされる、データ収集、解析、フィルタリング、マイニング、表現、インタラクションといった技術要素に関わる汎用的な処理を、ビジュアルプログラミング言語を用いてモジュール化し、プログラミングに関わる技術的障壁を下げ開発を支援することを提案する。

キーワード：CG／データビジュアライゼーション／ビジュアルプログラミング

## キャラクター設定情報を用いた配色デザイン 支援手法

茂木 龍太 Ryuta MOTEGI  
兼松 祥央 Yoshihisa KANEMATSU  
土田 隆裕 Takahiro TSUCHIDA  
三上 浩司 Koji MIKAMI  
近藤 邦雄 Kunio KONDO

キャラクターデザインを行う際、配色はデザイナーの技術に依存するものであり、それを体系化することは難しい。本研究では、既存のキャラクターの配色及び性格、配役といった設定情報をデータベース化し、キャラクターの設定情報を登録するシステムを開発した。それらを利用し新たに作成するキャラクターの配色のシミュレーションを行うことで、キャラクター配色デザイン支援手法の提案を行う。

キーワード：CG／配色／キャラクター／シミュレーション

## 映像分析に基づくカメラワーク情報のデジタル化と構図設計支援手法

兼松 祥央 Yoshihisa KANEMATSU  
王 晨 Shin OH  
茂木 龍太 Ryuta MOTEGI  
三上 浩司 Koji MIKAMI  
近藤 邦雄 Kunio KONDO

CGアニメーション作品制作における演出意図に沿った構図の設計を支援するため、既存作品で用いられているカメラワークを分析した。カメラの動きや角度などを数値データとして抽出し、3DCGソフトウェアに読み込むことが出来るテンプレートを開発した。また、分析したデータをライブラリ化し、検索システムとして実装した。これにより、任意の3Dモデルに様々なカメラワークを手軽に適用してシミュレーションすることが可能となった。

キーワード：CG／カメラワーク／3DCG／シミュレーション

## フリーハンドで描いた楕円の形状について

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

学生が用具を使用しないで描いた楕円の形状を調べた。軸測図象の講義後に、直交軸に等角楕円の長軸／短軸の比を示した作図用紙を2枚配布し、まず1枚に下描きききさせて調査の意図を理解させた上で、もう1枚の用紙に清書をさせた。正確な楕円からのずれの定量化には、スーパー楕円近似の指数や断面特性値を用いた。学生が描いた楕円は、古典資料の円形形状の描画よりも正確な形状に近く、スーパー楕円の冪指数は2.0よりもわずかに小さい傾向が読み取れた。

キーワード：造形論／楕円／手描き／スーパー楕円／冪指数／断面特性値

## 幾何曲線をベースにした連続曲線による構成

森田 克己 Katsum MORITA

単純な幾何曲線を用い、一定の法則を適用することにより複雑な形態を構成する手法は、造形表現における有効な手法として位置づけることができる。その手法を用いた例は、美術・デザイン・工芸・建築等の専門分野の作品において多数認めることができる。本研究では、幾何曲線をベースに、独自の法則を適用し、連続曲線に変換することにより、様々なバリエーションを生成し、形態構成の観点から、連続曲線による構成について検討する。

キーワード：形態構成／幾何曲線／連続曲線

## 図法幾何学を補助的に取り入れた授業の試行例

長島 忍 Shinobu NAGASHIMA

図法幾何学は、近代の科学技術の発展とともに、設計・製図の基礎学問として重要視され、工学系の大学などで盛んに取り扱われたが、CADの普及とともに減少・衰退している。従来の図学教育ではなく、様々な教育現場で使える図法幾何学の例を紹介した。ここでは図法幾何学は3次元的な図形処理を容易に理解するための理論と手法と考え、今後いろいろな授業などで可能性を追求していきたいと考えている。

キーワード：図学論／図法幾何学／図学教育／CG

## 曲線の操作による可展面接続デザイン手法の アフィン変換と軌跡による表現

鈴木 広隆 Hirohisa SUZUKI

筆者はこれまで、曲線の操作（平行移動、拡大縮小、回転）による可展面接続デザイン手法を提案してきた。しかし本手法は、操作を何回も続けたり、複数の軸による回転を組み合わせたると、生成する形状の特徴を把握しにくくなるという問題があった。本研究では、アフィン変換と軌跡を用いて操作をシンプルに表現し、生成する形状の特徴を容易に理解できるようにすることを試みた。併せて、そのアフィン変換に対応した記述方法をCGソフトウェアに実装し、アフィン変換と関連付けながら実際にデザインされた形状を確認できるようにした。

キーワード：図学教育／空間幾何学／可展面／アフィン変換／軌跡

## 彫刻の幾何学—直線と曲線による構成—

福江 良純 Yoshizumi FUKUE

絵画、彫刻等、美術の領域である何かを描写する場合、それは単に対象の外形を再現するのではなく、対象に感知した魅力ないしは発見がそこに再現されなくてはならない。美術が「美しさ」という感動に始まる時、制作は幾何学的な直線構造を構築することになる。直線で構築された構造物が美しさの核心であれば、作

品上の曲線要素は外形的な再現性に対応する。美術の描写における直線と曲線の構造的な関係が作品を成り立たせている。そして、それが作品上で成立するところには逆説性という原理が機能する。

キーワード：造形論／彫刻／直線／曲線／幾何学

## 6 という数と関わる図形定理について— 6 垂線の定理を中心に—

蛭子井 博孝 *Hirotaaka EBISUI*

ヘキサゴンの定理をICGG2010京大大会PosterSessionで発表し以来、6 という数に関わる定理に、興味を持った。その次に、6 垂線の定理を発見した。それは、6 本の直線が1点で交わる定理である。その付随定理も、いくつか見つかっている。その報告と、さら、支部会で発表した、6 点円の定理、そして、2円偶数円6円の定理、正6角形の定理を合わせ報告し、数6に関わる定理が、図形のなかに、様々な形で、現れることを示す。

キーワード：平面幾何学／パスカルの定理／ヘキサゴンの定理／6 垂線の定理／6 点円の定理／正6角形の定理

## 2013年度秋季大会優秀研究発表賞，研究奨励賞選考結果報告

2013年度秋季大会における研究発表から，大会参加者による投票の結果，以下の発表が優秀研究発表賞，研究奨励賞として選考されました。

### 優秀研究発表賞（1名）



発表者：山口 泰（東京大学）

論文題目：複数の秘密画像を埋め込める連続階調の拡張視覚復  
号型暗号

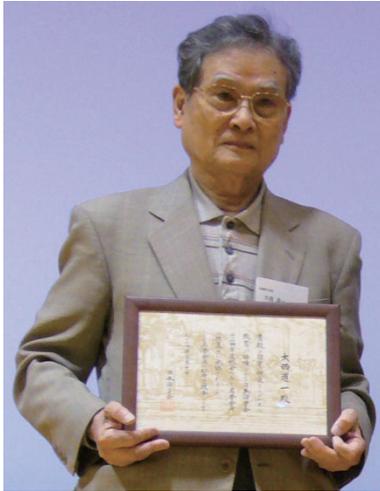
### 研究奨励賞

発表者：牧 真太郎（大阪大学）

論文題目：ウォークスルー時の空間の遮断構造変化の定量化  
—コーリン・ロウの虚の透明性についての考察—

## 2014年度日本図学会新名誉会員

新名誉会員：大西 道一氏



大西 道一先生は、昭和28年に兵庫県立高砂高等学校を卒業後、神戸大学工学部機械工学科に進学され、昭和32年3月に卒業されました。その後、鐘淵化学工業株式会社に入社され、プラントの設計、工場建設、医療器の開発等に従事されました。在職中から、神戸大学教養学部非常勤講師として図学教育に携われ、平成5年に同社を退職された後も、関西大学、大阪電気通信大学、大阪芸術大学、京都国際大学にて非常勤講師をされています。また、平成9年に「つなぎ写真および俯瞰写真変換に関する研究」によって、大阪電気通信大学より博士（工学）を授与されました。

同氏は、長年にわたり図学に関わる研究をされ、多くの論文を執筆されるとともに、図学をパノラマ写真に応用した技術を含む40点以上の特許を取得されています。さらに写真展への出品や実測による伊能忠敬の測量精度の検証など、学術活動以外の多岐にわたる活動にも精力的に携わっておられます。同氏の活動は、新聞や雑誌でもたびたび取り上げられ、「神戸のダ・ビンチ」と称されています。それは、天文学、測量学、考古学、楽器演奏、絵画にわたる幅広い分野への強い好奇心に基づくところからくるものでしょう。これらの成果や活動は他分野からも高く評価されており、幅広い分野をカバーしている日本図学会にとって重要な意味を持つ業績といえるでしょう。そして教育面においては、前述のように神戸大学をはじめとする多数の大学で長年「図学」を担当し、多くの学生に図学の知識と技術を教授されました。

研究・教育活動に励まれる一方で、関西支部役員（2期4年）など日本図学会の重要な役職を歴任され、つねに学会の運営と発展に尽力されました。

以上のように、大西 道一氏の長年の図学にかかわる研究および教育に対する功績は、日本図学会への貢献が多岐であり、日本図学会名誉会員に選ばれました。

新名誉会員：西原 一嘉氏



西原 一嘉先生は、昭和43年大阪大学工学部機械工学科を卒業後、大阪大学大学院工学研究科機械工学専攻にて学位（工学博士）を取得されました。昭和50年に大阪電気通信大学に講師として赴任され、昭和52年同大学工学部助教授を経て、昭和61年同大学工学部教授に就任され、平成23年3月停年により同大学を退職されましたが、平成23年より2年間の特任教授を務められ、平成24年4月には同大学名誉教授にられました。

この間、同氏は、長年にわたり図学および機械工学に関する研究に従事され、多くの優れた研究成果を挙げられるとともに、図学および機械工学の教育を通じて、多数の学生を指導育成され、幾多の人材を社会に送り出されました。

とりわけ、MCTによる空間認識力の評価、さらに立体メガネを用いた立体視化MCTの導入、MCTの測定対象を中高生から一般の設計技術者にまで拡張する等、空間認識力の体系的評価に心血を注がれました。とくに、機械設計技術者試験およびCAD利用技術者試験の合格者とMCTの成績との相関についての研究は興味深いものです。また、図学教育の効用を可視化する趣旨により、光脳機能イメージング装置を用いた脳の賦活域の解明へ研究を展開されています。これらは、日本図学会にとっても重要な意味を持つ研究成果です。

研究・教育活動の一方で、平成11年～12年度日本図学会関西支部支部長、平成13年～14年度日本図学会副会長などを務められ、学会の運営と発展に尽力されました。とりわけ第5回日中図学教育研究国際会議および第14回国学国際会議京都大会では実行委員会メンバーとして組織運営の中心的な役割を果たされました。

以上のように、西原 一嘉氏の長年の図学教育と時代に先駆けた研究の功績、および日本図学会運営への貢献は多大であり、日本図学会名誉会員に選ばれました。

●報告

# 第51回 図学教育研究会報告

テーマ：図学関連教育と空間認識力

— 切断面実形視テスト (MCT) を中心に —

鈴木 賢次郎 Kenjiro SUZUKI

堤 江美子 Emiko TSUTSUMI

椎名 久美子 Kumiko SHIINA

## 1. 概要

日時：2014年5月11日（日）13時～15時

会場：九州大学西新プラザ

これまで図学関連教育における空間認識力の重要性から、国内外の研究者によって、切断面実形視テスト (MCT) 等を評価指標として、空間認識力に関する多くの調査・研究が行われてきた。近年の3D-CAD/CGの普及によって、3次元形状の図的表現が身近になったにもかかわらず、作成した図形が空間的に把握できない、切断、回転などの空間的イメージ操作ができないなどの問題点が指摘されている。このような形状認識や空間把握に伴う能力を育成するために基礎的な空間幾何学の教育や空間認識力育成の重要性が再び認識されてきている。今回の図学教育研究会では、これまで実施されてきた空間認識力に関する研究を振り返り、今後の課題について議論した。

### プログラム

- 13:00- : 図学関連教育とMCT得点  
鈴木 賢次郎 (大学評価・学位授与機構)
- 13:30- : MCT得点によって評価される空間認識力  
堤 江美子 (大妻女子大学)
- 14:00- : 知能の構造と空間認識力  
椎名 久美子 (大学入試センター)
- 14:30- : ディスカッション  
司会 阿部 浩和 (大阪大学)

## 2. 図学関連教育とMCT得点

鈴木 賢次郎

### 2.1 切断面実形視テスト (MCT)

切断面実形視テストは、米国のCEEB (College Entrance Examination Board) によって1939年に大学入学試験用に開発されたSpecial Aptitude Test — Space Relations — の一部である。1990年に鈴木らによって出典不明のまま空間認識力の評価指標として用いられ、切断面実形視テスト

(Mental Cutting Test, 以下, MCT) と名付けられ、その後、国内外の多くの大学においてMCTを用いた調査が行われるとともに、上記の名称が定着するようになった<sup>[1-3]</sup>。

MCTは透視図で立体と切断面を示し、切り口の実形を5個の選択肢から選んで解答させるものである (図2.1)。2題の例題で題意を説明する教示部分と、25題の問題からなるテスト部分から構成されており、満点は25点である。テスト解答時間は20分である。

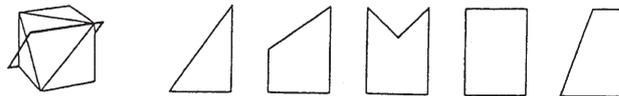


図2.1 切断面実形視テストの問題例

### 2.2 大学における図学関連教育

#### 2.2.1 図学関連教育によるMCT得点の上昇

図2.2に国内外の大学における図学関連教育の前後において実施されたMCTの得点差 (得点上昇) を示す<sup>[2-5]</sup>。なお、この図には対照調査 (図学関連教育と無関係の授業における前後テスト) における得点変化も示す。

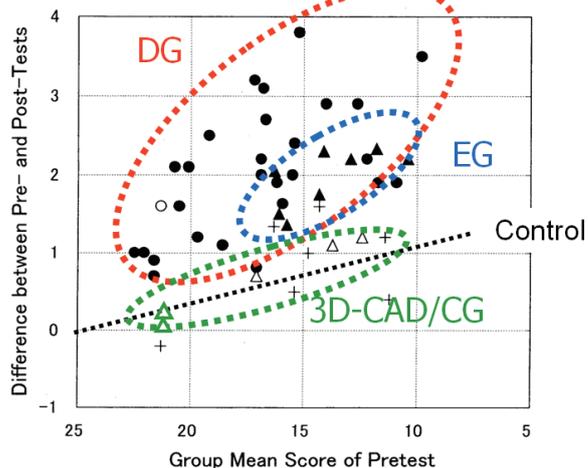


図2.2 図学関連教育によるMCT得点の上昇 (●: 図法幾何学, ▲: 機械製図・EG (手描き), △: 3D-CAD/CG, +: 対照調査)<sup>[2-5]</sup>

対照調査においても、得点は前後テスト間でわずかに上昇しており、これは主として練習効果 (一度テストを

実施すると、二度目では得点が上昇する)によるものと考えられている。図法幾何学授業の後では、報告されているすべての調査において得点は上昇しており、対照調査における得点上昇よりも大きく、図法幾何学教育によってMCT得点は上昇することが示されている。

同図には機械製図(含:EG)教育における前後MCT間の得点上昇を示す。この図から、機械製図教育によって、ある程度MCT得点は上昇するものの、その値は図法幾何学教育より小さいという傾向が認められる。なお、3D-CAD/CG教育における得点上昇は対照調査における上昇値(～練習効果)と同程度で、ほとんど上昇しないといってよい。

これらから、空間認識力の育成効果について、

図法幾何学>機械製図(含:EG/手描き)>3D-CAD/CG

という傾向がみられる。このことは、教育内容の違い—“幾何学か製図か”については“幾何学”が、また、教育手法の違い—“手描きか3D-CAD/CGか”については“手描き”が、空間認識力の育成にとってより有効であることを示唆している。

3D-CAD/CGにおいては、シェーディングや回転によって“立体感の得やすい表示”が得られる。しかし、このことは、3D-CAD/CG教育が学生の空間認識力の育成に役立つことを意味しないことに留意すべきであろう。

### 2.2.2 MCT得点と図学関連教育の成績

学習開始時におけるMCT得点と図法幾何学/機械製図の成績との関係についての調査によれば、それぞれの授業の成績とMCT得点の相関係数は、図法幾何学:～0.37、機械製図:～0.23である<sup>[2, 3, 8]</sup>。

図法幾何学の成績とMCT得点の間には、ある程度の正の相関があり、空間認識力の低い学生は図法幾何学の学習に困難を感じる可能性が高いことを示している。図法幾何学の学習には、ある程度図から立体をイメージ出来ることが必要であり、これが上述の相関を生み出している原因と思われる。なお、機械製図とMCT得点との相関はさほど高くない。

授業に先立って空間テストを実施し、低得点者には、通常の授業を履修する前に、空間認識力の訓練を目的に特別に用意されたコースを受講させるカリキュラムを実施している大学もある。

## 2.3 大学入学時のMCT得点

### 2.3.1 大学入試偏差値との相関

図2.3に日本の大学における授業前MCT得点をいわゆ

る大学入試偏差値についてプロットして示す。この図に示すように、両者の関係は右上がりの傾向(相関係数:～+)を示すものの、かなりばらついており、MCTの得点が偏差値のみでは説明できないことを示している。しかし、多数の調査が行われている理工系男子の結果(●印)をみると、MCT得点と偏差値との間にはかなり高い正の相関があることがわかる(MCT平均得点と偏差値の相関係数:～0.92)。

MCTによって評価される空間認識力は、一般知能(一因子説、又は、多因子説におけるg因子、第3, 4章参照)と高い相関があることが示されている。大学入試偏差値がどのような能力を反映しているかは明らかでないが、一般知能とある程度の相関があるものと考えてよからう。これが、偏差値とMCTによって評価される空間認識力の高い相関の一因と考えられる。

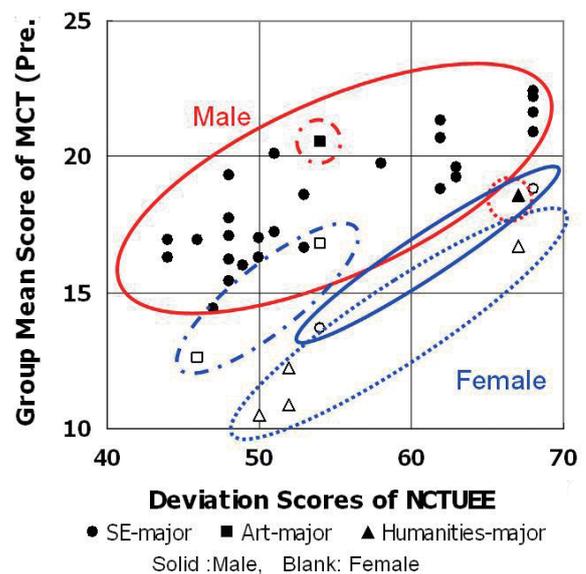


図2.3 大学入学時のMCT得点<sup>[3]</sup>

### 2.3.2 性差

図2.3に示すように、男子学生のMCT得点は女子学生に比べて高い。MCT得点の性差については、諸外国における調査においても、同様の結果が示されている(男子>女子(～15%), 図2.5参照)。

### 2.3.3 専門(理系/文系)

同じく図2.3に示すように、理工系の学生(丸印)は文系の学生(三角印)に比べ、MCT得点が高い傾向がうかがえる。造形芸術系の学生(四角印)は、理工系学生とほぼ同程度の値を示している。

## 2.4 小～高校におけるMCT得点

呉らは、日本、および中国において小～高校生を対象にMCT調査を行った<sup>[6]</sup>(図2.4)。立体幾何学教育が重点的に行われる学年(図2.4:丸印マーク部)において比

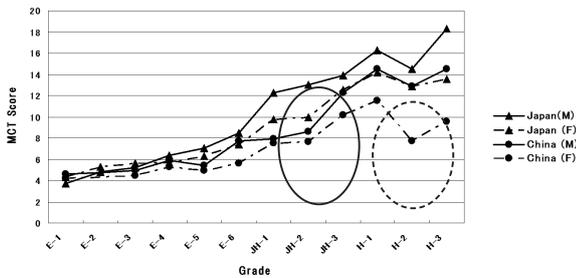


図2.4 小～高校におけるMCT得点変化 [6]

較的大きな得点上昇がみられたとして、空間認識力の育成に高校までの立体幾何学教育が大きく寄与していると述べている。堤らにより日本の様々な小～高校において調査が続行されている [7]。

図2.5に、諸外国における大学入学時におけるMCT調査結果を示す [2, 3, 8]。調査の実施された大学は、いずれの国においても平均的（あるいは、平均以上の）大学と思われる。エジプト、ラオスにおいて、他国における調査結果よりやや低い傾向が認められ、高校までの立体幾何学教育の違いによるものと考えられている。

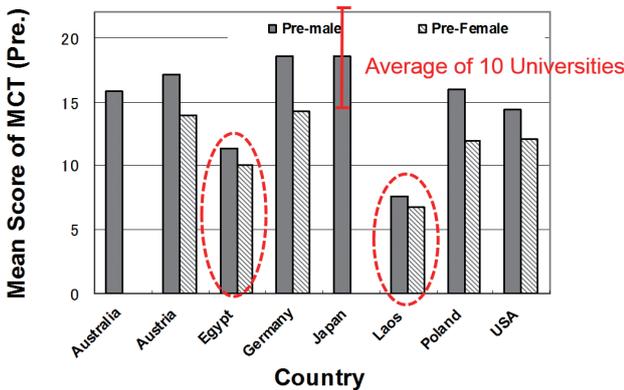


図2.5 世界各国における大学入学時のMCT得点 [2, 3, 8]

### 2.5 大学卒業後のMCT得点の変化

大学卒業後のMCT得点の年齢変化についての調査結果を図2.6に示す [9-11]。機械設計技術者（男子）においては、設計経験によりMCT得点は上昇し、維持されることを示す報告がされている [9]。60歳代以上においては、男女ともにMCT得点は大幅に減少する [10]。

### 参考文献

[1] 鈴木賢次郎, “認知図学事始め—一切断面実形視テストによって評価される空間認識力—”, 図学研究, 32-2 (1998), 17-25.  
 [2] 鈴木賢次郎, “認知図学事始め (2) —一切断面実形視テストによる学生の空間認識力評価—”, 図学研究,

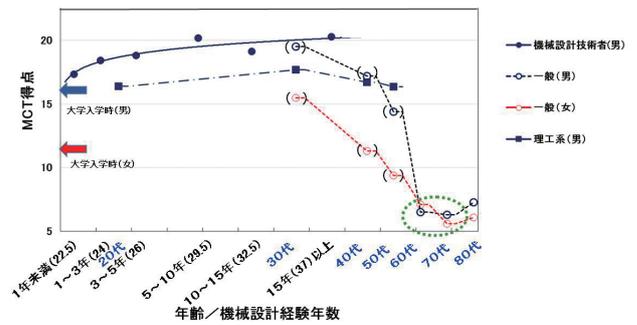


図2.6 MCT得点の年齢変化 (大学卒業後) [9-11]

33-3 (1999), 5-12.

[3] Suzuki, K., “Evaluation of Students' Spatial Abilities by a Mental Cutting Test - Review on the Surveys in the Past Decade”, Proc. 11th Int. Conf. Geometry and Graphics (2004), 15-21.  
 [4] Suzuki, K. et al., “Development of Graphics Literacy Education (2) - Full Implementation at The University of Tokyo in 2007”, Proc. 13th ICGG (2008), K. Suzuki\_I, 1-8.  
 [5] 田中一郎他, “3次元CADによる空間認識力育成教育の可能性”, 日本図学会秋季大会 (東京) 学術講演論文集 (2009), 93-98.  
 [6] Wu, H., Suzuki K., “Development of Spatial Ability during Elementary-, Junior High-, and Senior-High Schools”, Proc. of 15th ICGG (2012), No.34, 1-9.  
 [7] Tsutsumi, E. et al., “A Survey on the Spatial Abilities of Pre-University Students - On Scores of Mental Cutting Test”, Proc. of AFGS 2013 (2013), 129-132.  
 [8] Khattab, A., “Evaluation of Spatial Ability of Engineering Students in Egypt Using Mental Cutting Test”, Proc. 14th ICGG (2010), No.161, 1-7.  
 [9] 西原小百合, 西原一嘉, “機械設計技術者を対象とした設計経験とMCTとの関連”, 図学研究, 44-3 (2011), 3-8.  
 [10] 岡田幸乃他, “高齢者を対象とした空間認識力調査—MCTの結果について”, 日本図学会2010年度秋季大会学術講演論文集 (2010), 57-62.  
 [11] 佐久田博司他, “MCTの結果に及ぼす年齢の効果”, 日本図学会2006年度大会学術講演論文集 (2006), 5-8.

すずき けんじろう

東京大学名誉教授, 大学評価・学位授与機構教授  
 1945年生まれ, 1973年東京大学大学院工学系研究科航空学専攻博士課程満期退学, 工学博士, 図学, 日本図学会会員, ISGG会員  
 suzuki-k@niad.ac.jp

### 3. MCT 得点によって評価される空間認識力

堤 江美子

#### 3.1. 空間認識力とは

鈴木<sup>[1]</sup>は、空間認識力について、心理学分野で得られた知見から『人の知的能力の一つであり、言語能力や数を扱う能力とはある程度独立した能力であって、空間的あるいは視覚的な課題を解く際に機能する。つまり、問題解決過程において視空間的な方略が用いられるときに関与する能力といえることができる。』と述べている。そして、空間認識力と図学教育の関係において、『図学教育の目的の一つは学生の空間認識力の育成にある』と述べている。さらに、空間幾何学に関する知識を適切に運用できる能力、機械や建築等の実際の設計作業において適切な空間配置が実現できる能力など、空間問題に関する幅広い解決能力を指していることが多いとし、これら空間問題の解決にあたって、“図、とくに正投影図”を介してこれを行うことを前提としていることが多いとも述べている。

#### 3.2. MCTによって評価される空間認識力

##### 3.2.1. 心理測定的アプローチ

###### a. MCT得点が反映している知能因子

サーストン<sup>[2]</sup>が抽出した知能に関する9つの因子の中で、空間因子 (Spatial Factor) に関係した能力が空間認識力とされた。この空間因子には、一般的に空間定位因子と空間視覚化因子の2つの因子があるとされ、後者からは空間関係因子を独立した因子として扱う説も多い。菅井らはMCTを含む複数の空間テストの結果を因子分析し、MCT得点は、2次元・3次元の対象についての心的表象への変換操作に関連する能力である空間視覚化因子を反映していると述べている<sup>[3]</sup>。

###### b. MCT得点の因子分析

菅井らはコンピュータ上で実施したMCTの得点と解答時間を因子分析し、MCTには「イメージ解答過程」と「分析的考察過程」が存在することを示した。また、重回帰分析の結果から、高得点者は単純なパターン判別問題を短時間でイメージを生成して解答する一方で、量判別問題や高難度のパターン判別問題の一部では分析的考察に時間をかけて解答することを示した。これらの結果は、後で述べる注視点分析などで少人数の被験者に見られた傾向が、広範な被験者によるMCTの問題全般にみられる傾向であることを確認する結果となった<sup>[4]</sup>。

###### c. 一般知能との関係

一般知能とMCTによって評価される空間認識力との関係を調べるために、菅井らは一般知能の中心的機能を

果たすとされている帰納的推論能力の評価基準として広く用いられているAPM(漸進行列) テストをMCTと同時に行った。その結果、両テストの得点間には比較的高い相関がみられたことから、MCTによって評価される空間認識力と一般知能との間に高い相関があると述べている。また、MCTの中でも、分析的考察能力を要する問題ばかりでなく、イメージにより解答される問題でもAPMとの間に得点間で高い相関がみられ、図から立体のイメージを生成する能力は、一般知能ないし帰納的推論能力と高い相関があることが示された<sup>[5]</sup>。

##### 3.2.2. 情報处理的アプローチ

問題の解答過程を観測することによって、どのような情報処理が行われているか解析して空間認識力に関する理解を深める研究も行われてきた。

齊藤らはアイカメラを用いた注視点分析および発話プロトコル分析の結果から、パターン判別問題では、立体および切断面の3次元的なイメージ、つまり、視覚的な心的表象を生成し、さらに、(図には示されていない) 切り口のイメージを生成して解答していると述べ、全体的な、無意識的な「イメージ解答過程」があるとした。一方、量判別問題では、イメージ解答過程に加えて辺の長さなどの特徴量を抽出し、これに対して意識的な考察して解答していると述べ、「分析的解答過程」があるとした<sup>[6]</sup>。これより、MCTを解くための情報処理過程は以下のような3段階として捉えられた<sup>[6], [7]</sup>

- i) 透視図から立体、および、切断面を認識する。この時、見えない部分は推測する。
- ii) 立体の切断面による切り口形状を求め、(切断面を回転して) 実形を認識する。
- iii) (必要とあれば) 量判断を行う。

これらMCTを解くための3つの段階について、情報処理アプローチにおける空間認識の過程を心的表象の「生成」、「記憶」、「変換」とした場合、齊藤らの解答過程分析、誤答原因分析の結果を総合すると、MCTは主として図から3次元的なイメージを生成する能力を評価しているもの、つまり心的表象の生成過程に関連する能力を評価しているものと考えられた。

これに次いで齊藤らは工学部の学生1359名を対象に試筆MCTを行った。この中で、低得点者ではイメージが不正確で、量判別問題でも上記 i, ii の段階での誤答が多いこと、高得点者では量判別問題を分析的考察による量判断で解答しており、この段階 (iii) で誤答を生じていることが多いことが示された<sup>[8]</sup>。これにより、アイカメラによる注視点分析や発話プロトコル分析におい

て、少人数の被験者に見られた傾向が多く、多くの被験者を対象にした場合についても成立することが確認され、また紙筆テストの誤答分析を通じて被験者の誤答原因が推定できることが示唆された。

### 3.2.3. 奥行き手がかりの制御

通常の透視図MCTにおける奥行知覚は、対象の重なりと（わずかな）遠近法で、奥行き手がかりが非常に少ない。もし、MCTの問題図に何らかの更なる奥行き手がかりを付与したら解答傾向はどのように変わるのだろうか。そこでMCTが何を評価しているのかを知るよすがとして、以下のような様々な変形MCTが実施された。

表3.1 変形MCT

問題に与えた変形	加えられた奥行き手掛り
1) 線画立体視	両眼視差
2) 実物模型	両眼視差, 陰, 明暗
3) 実写映像立体視	両眼視差, 陰, 明暗
4) 回転表示 (鉛直軸回り)	(回転による遮蔽の解除)
5) 実物模型/手に持って観察	両眼視差, 陰, 明暗, (自由観察による遮蔽の解除)

#### a. 問題を線画立体視した場合<sup>[9], [10], [11], [12]</sup>

両眼視差（奥行き手がかり）を付与した線画立体視MCTでは、一部のパターン判別問題では得点が上昇したものの、量判別問題では正解率に上昇が見られなかった。このことより、量判別問題に必要な分析的考察過程は、両眼立体視によっても影響をうけないと考えられる。

#### b. 問題を実物模型、あるいは実写映像立体視で与えた場合<sup>[13], [14]</sup>

実写映像立体視MCTでは、両眼視差に加えて陰や明暗という奥行き手掛りがあり、視覚的には実物提示とほぼ同様の奥行き感が得られる。一部の問題では正解率が向上したが、多くの問題では正解率の向上は見られなかったことから、多くの誤答は「切り口形状の生成」、「見えない部分の処理」、「量判別」などの過程で生じていたことが確認された。

図から立体の3次元イメージを生成する能力が低い被験者では、両眼視差、陰、明暗など十分な奥行き手がかりを得ても、3次元のイメージを生成することが困難であった。つまり、「切り口形状の生成」、「見えない部分の処理」、「量判別」などの過程における推測、考察過程の重要性が確認されたともいえる。鈴木は、『3次元イメージの生成には、視覚レベルに近い機能のみでなく、さらに高次の機能が大きく寄与している』と述べている<sup>[1]</sup>。

#### c. 問題立体を回転表示させた場合<sup>[15]</sup>

それでは、問題図の遮蔽された部分が見えるようになれば、正解できるのだろうか。堤らはMCTの問題9間について佐久田らが作成したコンピュータ上で操作する動的MCT（問題立体を鉛直軸周りに左右180度回転させることができる）を実施した。その結果、回転視することで平均得点は有意に上昇したが、切断面を直線視に近い方向に回転しても、立体中の問題視している部分と切断面が明確に分離される場合以外は正解率の向上に寄与しなかった。これよりMCTの中・低得点者では、立体の形状を直感的に正しくイメージできず、主として問題図上の輪郭や平行性というような、2次的に把握できる要素を手がかりとして解答しており、投影図の読み取りはあまり理解されていないこと、あるいは、投影図から立体のイメージを生成するという操作ができていないことが確認できた。

また、回転表示により正解率が上がった問題の特徴から、「図の見方」あるいは「適切な方向から見ること」が重要と理解された。

#### d. 問題を実物模型で与え自由に観察させた場合<sup>[16]</sup>

問題立体をコンピュータ上で鉛直軸周りに回転させて遮蔽部分を解除しても、MCTの中・低得点者では立体のイメージ生成の助けには成りづかったことから、MCTの問題の実物模型を使用して、紙筆MCTと同様の視線方向（定方向MCT）、あるいは、手に持たせて自由な方向（自由方向MCT）から観察させた。

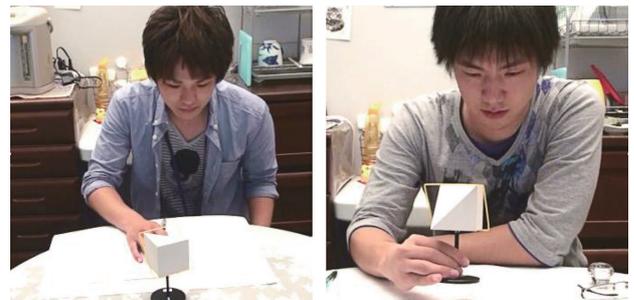


図3.1 定方向MCT (左) と自由方向MCT (右)

その結果、定方向MCTでは透視図MCTに比べて平均得点は約2点上昇した。定方向MCTでは、“重なり”、“わずかな線遠近法”に加えて“両眼視差”および“陰や明暗”などの奥行き手がかりを与えた齊藤らの実写映像立体視MCTの結果と類似の結果となり、同研究の結果を確認することができた。また、定方向MCTでは、切断面の相対位置や立体の凹凸が正しく認識できるようになった。これは透視図MCTの誤答の一部が立体の認識、あるいは立体と切断面の相対位置の認識過程で生じていた

ことを確認するものであろう。

その一方で、自由方向MCTでは透視図MCTに比べて平均得点の上昇が見られなかった。これは模型を机から離して任意方向から観察したために却って水平／垂直の手掛かりが無くなり問題形状の認識が困難になったからとも考えられ、模型観察に特有の解答方略などに関して知見を得ることができた。

### 3.2.4. 脳機能の解析

#### a. 動的教材の脳波に及ぼす影響

佐久田らは、図形認知学習に対する動的教材を用いた短期事前学習の効果を、MCTを検証評価基準として確認してきた<sup>[17], [18], [19]</sup>。これに引き続き、動的／静的教材による脳波への影響から各教材の空間認識力に対する効果を検討した。その結果、動的教材で事前学習した被験者では、精神集中時に見られる $\theta$ 波帯域のパワーが論理的思考が中心的な機能とされる左脳で特に高かったこと、また、各教材使用後のMCTにおいては、動的教材を使用した被験者では解答時間が長く正解率が高い傾向にあったことから、集中して心的図形操作を行っていたと考えられると述べている<sup>[20], [21]</sup>。

#### b. MCT実施時の脳の賦活域－1

西原らは、MCT実施時の脳の賦活域についての実験を行っている<sup>[22], [23], [24], [26]</sup>。この一連の研究の中でMCT実施時の前頭前野の賦活域は、純粋に空間認知をしている時のみを抜粋して特定し得たものではないとしながらも、前頭前野の左上隅周辺と前頭前野右前であることが明らかにできたと述べている。前頭前野は運動・思考・意欲・情報を司る部位だと知られており、その中の前頭連合野は思考・推理・決断・選択など最も高度な情報を司る部位であることが知られている。

また、西原らはMCT、MRTをはじめ様々な作図課題やCAD操作時における図形認識時の脳前頭前野の賦活域に関しても調査を行っている<sup>[25]</sup>。

#### c. MCT実施時の脳の賦活域－2

牛山は、MCT(選択肢を4つに変形)を使用し、MCTの高得点者と低得点者においてみられる脳血流活性部位や血流変化の違いについて検討を行った。ほとんどの被験者において、右側頭部前方あたり(右下頭回)のチャンネルで活性が認められた。この位置は、視覚的な非言語情報の一時的な保持や操作を行うと考えられており、具体的には映像や画像を頭の中で思い浮かべている感覚に当たる。高得点者ほど、この位置の脳血流が上昇していることから脳内でイメージが形成されて高得点に至ったとも考えられると述べている。その一方、この位置の

活性が低かった高得点者1名では、後頭部の第一次視覚野で活性が高く、この部位での視覚イメージも予測された<sup>[27]</sup>。

また、牛山は、金松<sup>[28]</sup>が存在を示唆した視覚の脳内ネットワーク(視神経—第一次視覚野—頭頂領域(処理)—前頭前野(保存))の考え方をベースに、被験者を増やして脳血流量を時系列で解析した。

その結果、高得点者では頭頂部に最も顕著に活性が見られ、空間認識の視覚化プロセスに関与していると考えられた。脳内活性を時系列的にみると、脳内ネットワーク(空間情報認知および処理の過程)が確立されている可能性も示唆された。

一方、低得点者では両側頭部に活性がみられた。また、実験後のアンケートから図形の線や長さなど、対象の形態の特徴をとらえて解答していた。これより、大脳皮質の視覚情報経路の一つで対象の色や形の知覚と密接に関係する腹側視覚経路による情報処理も考えられる。また、頭頂部を含む処理プロセスはみられなかったことから、空間認識における脳内のネットワークは確立されていない可能性が考えられると述べている<sup>[29]</sup>。

上記研究中の低得点者の結果は、従来の誤答分析結果などと一致していると考えてよいだろう。標準的な解析法が確立されていないなど、fNIRSにはまだまだ問題点はあるが、脳循環動態の時間的、空間的変動をリアルタイムで観察できたり、運動負荷中に計測できるなど多くの利点があるので、今後の進展に期待したい。

### 参考文献

- [1] 鈴木賢次郎, “認知図学事始め-切断面実形視テストによる学生の空間認識力評価-”, 図学研究, 32.2 (1998), 17-25.
- [2] Thurstone, L.L., “Primary Mental Abilities”, Chicago, University of Chicago Press. (1938).
- [3] 菅井祐之, 鈴木賢次郎, “因子分析法によるMCTと他の空間テストの比較”, 日本図学会1997年度本部例会 (1997).
- [4] 菅井祐之, 鈴木賢次郎, “切断面実形視テスト結果の多変量解析”, 図学研究, 33-3 (1999), 27-32.
- [5] 菅井祐之, 鈴木賢次郎, “MCTによって評価される空間認識力と一般知能との関係”, 日本図学会2000年度大会学術講演論文集 (2000).
- [6] 斉藤孝明, 椎名久美子, 鈴木賢次郎, 神宮敬, “切断面実形視テストの解答過程と誤答原因”, 日本図学会1996年度大会学術講演論文集 (1996), 116-121.
- [7] Saito, T., K. Suzuki, T. Jingu, “Spatial Ability Evaluated by a Mental Cutting Test”, Proc.7th ICECGDG(1996), 569-

- 573.
- [8] 齊藤孝明, 他, “切断面実形視テストの誤答分析”, 日本図学会1998年度大会学術講演論文集 (1998), 121-126.
- [9] 姚幼武, 齊藤孝明, 鈴木賢次郎, “立体視MCTとの比較によるMCT誤答原因の考察”, 日本図学会1996年度大会学術講演論文集 (1996), 122-127.
- [10] 西原一嘉, 西原小百合, 知花弘吉, 大村勝, 吉田勝行, “切断面実形視テストに対する隠線消去を施した立体視の効果”, 日本図学会1995年度大会学術講演論文集 (1995), 122-127.
- [11] 堤江美子, 椎名華奈子, 山内恭子, 須崎彩子, 齊藤孝明, 鈴木賢次郎, “液晶式立体視システムを用いた中・低得点者への切断面実形視テスト-透視図MCTとの比較を中心に”, 日本図学会学術講演論文集 (1998), 127-132.
- [12] 堤江美子, 山内恭子, 鈴木賢次郎, “液晶式立体視システムを用いた中・低得点者への切断面実形視テスト-解析時間の分析”, 図学研究, 34.4 (2000), 17-22.
- [13] Saito T. et al., “Error Analysis on a Mental Cutting Test by the Comparison with a Real Solid Model Mental Cutting Test”, Proc. 4th China-Japan Joint Conference on Graphics Education (1999), 111-116.
- [14] 齊藤孝明, 鈴木賢次郎, “実写映像立体視MCTとの比較によるMCT誤答原因の考察”, 図学研究, 33.4 (1999), 3-10.
- [15] 堤江美子, 石川若菜, 佐久田博司, 鈴木賢次郎, “切断面実形視テストにおける解答過程の分析-問題立体に対する視線変更による効果”, 日本図学会2005年度大会学術講演論文集 (2005), 35-40.
- [16] 堤江美子, 石村彩, 梶谷真由, 鈴木祐衣菜, 鈴木賢次郎, “MCTを用いた空間認識力調査-問題立体を実物模型で提示した場合”, 日本図学会2011年度春季大会学術講演論文集 (2011), 61-66.
- [17] 佐久田 博司, 迫田 時秀, 武士俣 貞助, “対話的教材のMCTへの効果”, 日本図学会2001年度大会学術講演論文集 (2001), 59-62.
- [18] 佐久田 博司, 谷本 哲郎, 武士俣 貞助, 二宮 理恵, “動的コンテンツのMRT, MCT試験への効果”, 日本図学会2002年度大会学術講演論文集 (2002), 125-128.
- [19] 佐久田博司, 蔦野雄介, 武士俣貞助, “動的コンテンツのMCT試験結果に及ぼす効果の層別評価”, 図学研究37.4 (2003), 3-8.
- [20] 佐久田 博司, 廣實 崇, 伊東 由佳, 二宮 理恵, “動的/静的図形の脳波に及ぼす効果”, 日本図学会2004年度大会学術講演論文集 (2004), 29-32.
- [21] 岡田啓介, 清水亮平, 佐久田博司, 矢吹太郎, 二宮理恵, 伊藤由佳, “図形認知用動的教材の脳波に及ぼす効果-立体視図形による実験”, 日本図学会2004年度大会 (2004), 29-32.
- [22] 西原小百合, 吉田春行, 知花幸吉, 西原一嘉, “空間認識における脳の活動部位の特定”, 日本図学会2007年度本部例会 (2007), 47-52.
- [23] 西原小百合, 西原一嘉, “MCT実施時のfNIRSによる脳前頭前野の賦活域”, 図学研究 43.2 (2009), 3-10.
- [24] 西原小百合, 西原一嘉, “仮想切断面実形視テスト実施時の脳の賦活域”, 日本図学会2012年度春季大会学術講演論文集 (2012), 57-60.
- [25] 西原小百合, 西原一嘉, “図形認識時における脳前頭前野の賦活域”, 日本図学会2012年度秋季大会学術講演論文集 (2012), 43-48.
- [26] 西原小百合, 西原一嘉, “空間認識における脳賦活域の研究”, 日本図学会2014年度春季大会学術講演論文集 (2012) .
- [27] 牛山裕梨, “切断面実形視テストによる空間認識時の脳血流変化の検討”, 同志社大学生命医科学部医療情報システム研究室第14回月例発表会資料 (Vol.1, No.14 (2012)), 7-9.
- [28] 金松慶, “平面的および空間的位置関係の知覚の相互変換に関するfMRI研究”, 早稲田大学人間科学学術院修士論文 (2007).
- [29] 牛山裕梨, “切断面実形視テストを用いた空間認識力測定時におけるfNIRS研究”, 同志社大学生命医科学部医療情報システム研究室第21回月例発表会資料 (Vol.2, No.11 (2013)), 27-29.

---

つつみ えみこ

大妻女子大学社会学部情報デザイン専攻教授  
お茶の水女子大学大学院家政学研究科修士, 工学博士  
日本図学会会員, ISGG会員  
Tsutsumi@otsuma.ac.jp

## 4. 知能の構造と空間認識力

椎名 久美子

空間認識力は、図学関連教育においては、2次元に表現された図と3次元の物体を対応させて考える能力を指す用語として用いられている。心理測定分野においては、知能に関する理論の研究がはじまった比較的早い段階から、図や画像の理解、方向の把握などに関する能力が、知能の構造に関するモデルに組み入れられてきた。本節では、知能における空間認識力の位置づけや空間認識力の因子について、知能の構造に関する理論の変遷を振り返って整理することで、MCT得点に反映される能力を再考する。

### 4.1. 知能に関する2つの古典的理論

人間の知能に関する理論をはじめて提唱したのは英国のスピアマンである。知能に関する様々なテスト間の相関は十分大きく、すべてのテストに共通する一般的能力（g因子）と各テストを解くのに特有の能力（s因子）に依存しており、中でもg因子への依存が非常に大きいとする理論である<sup>[1]-[3]</sup>。現在では、スピアマンの理論は一因子説と呼ばれている。

一方、米国のサーストンは、様々なテスト間の相関は低く、相互に独立な多数の因子で説明されるという多因子説を唱えた。サーストンは、60の知能検査を240名の男子大学生に実施したデータから12の因子を抽出し、そのうち解釈可能な9つの因子を基本的知能（Primary Mental Abilities：PMA）と呼んだ<sup>[4]</sup>。サーストンのPMA—空間、知覚、数量、言語、記憶、単語、帰納、推理、演繹—のうち、空間因子は、図形の心的回転を行ったり、隠れたブロックを数えたりするような視覚的な空間能力として説明されており、サーストンによる初期の研究において、空間認識力に該当する因子が抽出されていることがわかる。また、知覚因子は、ページの中の特定の文字を探したり、数字の桁を比較したりするような視覚的な知覚の速さとして説明されている。

### 4.2. 知能の階層モデルと空間認識力

知能因子の「1対多」の折衷的なモデルとして提唱されたのが、多くの別々の能力が存在することを認めた上でそれらの階層構造を想定するモデルである。

キャッテルは、g因子を2つに分解し、Gf-Gc理論を提唱した<sup>[5]-[6]</sup>。流動性知能（general fluid intelligence：Gf）は、問題解決のための知能で、記憶、計算、図形、推理に関する問題群によって測定される。文化や教育の影響を比較的受けにくく、個人の能力のピークは10代前半から20代前半で、老化に伴って衰退するという特徴を

持つ。結晶性知能（general crystallized intelligence：Gc）は、教育や経験を通じて学習（獲得）したものの総体であり、一般的知識や単語理解に関する問題群によって測定される。文化や教育の影響が大きく、個人の能力のピークが比較的遅い時期にあり、老化による衰退は緩やかであるという特徴を持つ。GfとGcがさらにいくつかの成分に分かれると想定されていることから、階層モデルの1つと見なされている。のちに、キャッテルの共同研究者であったホーンは、Gf-Gc理論を拡張して、8つの能力因子を加えた。

キャロルは、知能構造に関する多数の調査データを因子分析によって再分析することで、知能が3つの階層構造に分かれているという3層理論を提唱した<sup>[7]</sup>。最上位の第Ⅲ層には、スピアマンのg因子に対応する一般知能が置かれている。第Ⅱ層には、キャッテルの流動性知能（Gf）と結晶性知能（Gc）の2つの因子に、記憶・学習、視覚、聴覚、検索、認知速度、処理速度の6つの因子を加えた8つの広義の知能因子が置かれており、ここに列挙された順に第Ⅲ層のg因子との関連が強いとされている。

第Ⅱ層の8つの各因子の下には、それぞれ、より特殊な狭義の能力因子が置かれて、最下層である第Ⅰ層を形成している。狭義の能力因子は、合計すると約70項目にもなる。例えば、第Ⅱ層に置かれた因子の1つである「視覚」の下に第Ⅰ層には、視覚化（Visualization）、空間関係（Spatial Relations）、空間走査（Spatial Scanning）、知覚速度（Perceptual Speed）など11個の狭義の能力因子が置かれている。

以上のように、空間認識力は、知能に関する理論が研究され始めてから比較的早い時期（1920～30年代）に、知能を構成する因子の1つとして認識されるようになり、様々な知能モデルに組み入れられてきた。

### 4.3. 空間認識力の因子構造

空間テストの得点データの因子分析に基づく研究のレビューでは、空間認識力が2つまたは3つの下位因子で構成されるとする見方が主流である。

マギーによるレビューでは、空間認識力の下位因子として、少なくとも以下の2つが存在するとされた<sup>[8]</sup>。

- ・ Visualization：絵で示された物体を心的に操作、回転、ねじる、反転する能力。
- ・ Orientation：視覚的な刺激パターン内の要素の配置を理解する能力。図形の配置方向が変わっても理解できる能力。

マギーは、上記の2つの能力の特徴として、Visualization

については心的操作, Orientationについては方向が変わっても要素の配置が変わらない点を強調した。

ローマンとカイローネンのレビューでは, すべての下位因子に心的変換が含まれるとした上で, 以下の3つの下位因子が提唱された<sup>[9]</sup>。

- Spatial Relations: 心的回転が含まれる問題を速く解く能力。ただし, 心的回転の速度で特徴づけられるのではなく, 問題を速く解く能力という点で特徴づけられている。
- Spatial Orientation: 異なる方向からの見え方を想像する能力。その際, 物体を動かすのではなく, 解答者の位置が変わるという点が強調されている。
- Visualization: 速度を要求されない状況のもとで, 図を用いた複雑なテストで測られる能力。スピアマンのg因子やキャッテルのGfとの関係が強いとされる。

上記の3つのうち2つは, マギーが挙げた因子と名称が一致しているものの, ローマンらは, Spatial Orientationに関して, 解答者自身の位置が変わる点を強調すると共に, 比較的単純な空間テストを速く解く能力をSpatial Relationsとして, Visualizationから分離させている。

ジュエルのレビューでも, 下位因子として以下の3つが挙げられている<sup>[10]</sup>。

- Spatial orientation (SO): 異なる位置から見たらどのようなになるかを想像することを要求するテストと関連が強い。
- Spatial visualization (VZ): 複雑な図形を心的に操作したり変換したりすることを要求するテストで測定される。
- Speeded rotation (SR): 単純な形状や物体を心的に回転する速さを要求するテストで測定される。

ジュエルは, 3つのうちSOは因子分析によって明確に分離される傾向が強いが, VZとSRの分離は必ずしも明確ではなく, 課題の複雑さに左右されるとしている。

#### 4.4. 近年の知能理論における空間認識力

近年では, キャッテルとホーンのGf-Gc理論とキャロルの3層理論を統合したCattell-Horn-Carroll (CHC) 理論<sup>[11]</sup>が妥当性の高さで多くの研究者に支持されており, CHC理論に基づく知能検査も作成されている<sup>[12]</sup>。

CHC理論でも, キャロル<sup>[7]</sup>と同様に階層構造を仮定しており, 最下位の第I層には70以上の狭義の能力因子が置かれ, 第II層には10の広義の能力因子(キャッテルのGfやGcの他, ホーンが加えた能力因子が含まれる)が置かれている。最上位の第III層としてg因子を置くか

どうかについては, まだ合意が得られていない。

第II層に置かれた広義の能力因子のうち, 視空間能力 (Visual-spatial abilities: Gv) は, 視覚イメージの生成, 保持, 検索, 変換(回転や反転)に含まれる様々な能力の集成として定義されている<sup>[11]</sup>。図学関連教育で育成しようとする空間認識力の要素の多くが, Gv因子に組み入れられているとみなしてよいだろう。具体的には, 形状やイメージの把握や変換を要する課題や, 方向変換後も物体の空間配置を保持する必要のある課題で測定されるとしている。

Gvの下位には, 11個の狭義因子 (Visualization (Vz), Spatial relations (SR), Closure speed, Flexibility of closure, Visual memory, Spatial scanning, Serial perceptual integration, Length estimation, Perceptual illusions, Perceptual alternation, Imagery) が置かれている<sup>[11]</sup>。Vzについては「空間的な形状や物体を理解して, 2次元あるいは3次元での回転が必要な他の形状や物体と一致させる能力」であり, 「物体や視覚的パターンを心的に想像, 操作, 変換して, 状況が変わった際の見え方を予測する能力」が要求されるとしている。SRについては, 視覚的パターンを素早く把握して操作(心的回転, 変換, 反転など)したり, 空間の中で方向を保ったりする能力とされている。CHC理論におけるVzとSRの説明は似ているが, Vzでは速度は要求されていない。VzやSRは, 4.3節で挙げた空間認識力の下位因子が取り入れられたものと思われるが, Vzの説明は, 4.3節のSpatial OrientationとSpatial Visualizationの両方を含むものとなっている。

#### 4.5. MCT得点に反映される能力

3.2節で考察されたように, MCTで測られる空間認識力については, 2次元の図から立体のイメージを生成したり変換したりする側面が強く反映されたものであることが, 因子分析によるアプローチ<sup>[13]-[15]</sup>や情報処理的アプローチ<sup>[16]</sup>によって示されている。4.4節で示したCHC理論の枠組みで言えば, 視空間能力因子Gvの下位因子であるVisualization (Vz) の能力が, 最も強くMCT得点に反映されていると考えられる。

心的回転速度が強く反映されるMental Rotations Test (MRT) との相関係数として0.48が報告されているが<sup>[17]</sup>, これは, MRTの図形が複雑なためにVz因子が影響している可能性も考えられる。その他, 提示された写真がどの場所からどの方向を撮影したものかを選ぶPlan Interpretation Testとは, 0.3台の相関係数が報告されている<sup>[18]</sup>。

学習開始時のMCT得点と図学関連教育(図法幾何学,

機械製図)の成績の関連については、多くの調査結果が報告されており、MCT得点と図法幾何学の成績の相関係数が比較的高い傾向が示されている<sup>[19]</sup>(2.2.2節参照)。図法幾何学の期末試験問題の中では、手書きの作図を要する相貫問題とMCT得点との相関係数が0.3台半ばで、それ以外の問題との相関係数より高い傾向が報告されている<sup>[20]</sup>。

また、帰納的推論能力の測定に用いられるAPM(漸進行列)テスト得点とMCT得点の間に比較的高い相関がみられること<sup>[15]</sup>(3.2.1節参照)や、大学入学時のMCT得点の平均値と大学入学偏差値との間に相関がみられること<sup>[19]</sup>(2.3.1節参照)を考えると、MCT得点にはg因子に相当する能力もある程度反映されていると思われる。

#### 参考文献

- [1] Spearman, C., "General Intelligence," Objectively Determined and Measured". The American Journal of Psychology 15(2) (1904), 201-292.
- [2] Spearman, C., The abilities of man : Their nature and measurement, New York : Macmillan (1927).
- [3] Spearman, C., The nature of "intelligence" and the principles of cognition (2nd ed.), London : Macmillan (1927).
- [4] Thurstone, L. L., Primary mental abilities, Chicago : University of Chicago Press (1938).
- [5] Cattell, R. B., "Theory of fluid and crystallized intelligence : A critical experiment". Journal of Educational Psychology 43 (1963), 1-22.
- [6] Horn, J. L., and Cattell, R. B., "Refinement and test of the theory of fluid and crystallized intelligence". Journal of Educational Psychology 57 (1966), 253-270.
- [7] Carroll, J. B., Human cognitive abilities : A survey of factor-analytic studies, New York : Cambridge University Press (1993).
- [8] McGee, M. G., "Human spatial abilities : Psychometric and environmental, genetic, hormonal, and Neurological influences". Psychological Bulletin 86 (1979), 889-918.
- [9] Lohman, D. F., and Kyllonen, P. C., "Individual differences in solution strategy on spatial tasks" , Dillon R. F. and Schmeck R. R. (eds.), Individual differences in cognition. (Vol. 1), Academic Press (1983), 105-135.
- [10] Juhel, J., "Spatial abilities and individual differences in visual information processing". Intelligence 15 (1991), 117-137.
- [11] McGrew, K. S., "The Cattell-Horn-Carroll theory of cognitive abilities", Flanagan D. P. and Harrison P. L. (eds.), Contemporary intellectual assessment : theories, test, and issues. 2nd ed., New York : The Guilford Press (2005), 136-181.
- [12] 三好一英・服部環, "海外における知能研究とCHC理論", Tsukuba Psychological Research 40 (2010), 1-7.
- [13] 菅井祐之・鈴木賢次郎, "因子分析法によるMCTと他の空間テストとの比較", 日本図学会1997年度本部例会 (1997) .
- [14] 菅井祐之・鈴木賢次郎, "切断面実形氏テスト結果の多変量解析", 図学研究 33 (3) (1999), 27-32.
- [15] 菅井祐之・鈴木賢次郎, "MCTによって評価される空間認識力と一般知能との関係", 日本図学会2000年度大会学術講演論文集 (2000), 5-10.
- [16] 斉藤孝明・椎名久美子・鈴木賢次郎・神宮敬, "切断面実形視テストの解答過程と誤答原因", 日本図学会1996年度大会学術講演論文集 (1996), 116-121.
- [17] 椎名久美子・鈴木賢次郎, "図学教育における前後MCTの結果", 日本図学会1991年度大会学術講演論文集 (1991), 83-88.
- [18] Abe, H. and Yoshida, K., "Measurement of Visualization Ability of Architectural Space", Journal for Geometry and Graphics 3 (2) (1999), 193-200.
- [19] Suzuki, K., "Evaluation of students' spatial abilities by a Mental Cutting Test -Review on the surveys in the past decade", Proc. 11th ICGG (2004), 15-21.
- [20] Shiina, K., "Relationship between strategies used to solve spatial orientation problems and examination scores in descriptive geometry", Journal for Geometry and Graphics 16(2) (2012), 247-256.

---

#### しいな くみこ

独立行政法人大学入試センター研究開発部 教授  
1995年東京大学大学院総合文化研究科広域科学専攻博士課程修了。博士(学術)。  
日本図学会会員, ISGG会員, 日本テスト学会会員, 日本行動計量学会会員。  
shiina@rd.dnc.ac.jp

●中部支部2013年度冬季例会報告

# 中部支部2013年度冬季例会 報告

横山 弥生 Yayoi YOKOYAMA

日本図学会中部支部2013年度冬季大会を2014年2月26日(水)13時より北陸職業能力開発大学校で開催いたしました。中部支部の例会は、毎年2回行われ、名古屋と北陸を交互に開催しています。

本研究発表会には11題の研究発表がありました。今期は大会では何うことができないアート分野の発表が多々あり、非常に興味深い内容でした。(図1)

また、中部支部では、例会毎に若手研究者の模範となる優秀な研究を発表した学生に対して「日本図学会中部支部奨励賞」を贈呈しています。この度の受賞対象は三名(うち二名は一グループ)で、中部支部会員で審査した結果、「vvvvによるグラフィカルプログラミングツールの研究」を発表した富山大学の金子颯介さん(指導者:辻合秀一)と「かおりをかたちにする研究と製品への展開」を発表した大同大学の小島莉加さん、山下幸大さん(指導者:横山弥生)に、第10回日本図学会中部支部奨励賞を決定しました。

また、発表終了後の懇親会は、美味しい海の幸をいただき、和気藹々とした雰囲気でした。

1. 開催日時:2014年2月26日(水)13時~
  2. 会場:北陸職業能力開発大学校A107教室(生産技術科CAD室)
  3. 研究発表プログラム
- 挨拶:北陸職業能力開発大学校池野進校長

◎および○は発表者

◎は「日本図学会中部支部奨励賞」対象者

- (1)「タイ王宮ワット・プラケーオ回廊における肌理の勾配の適応について」  
○辻合秀一(富山大学)
- (2)「数式般若心経の数学的絵画表現について—マセマティカルアートの可能性と新しい試み—」  
○宗田光一
- (3)「幾何学をアートに」  
○横山弥生(大同大学)

- (4)「vvvvによるグラフィカルプログラミングツールの研究」  
◎金子颯介 辻合秀一(富山大学)
- (5)「ビジュアルプログラミング言語による情報視覚化手法の提案」  
星卓哉(名古屋大学大学院)
- (6)「かおりをかたちにする研究と製品への展開」  
小島莉加 山下幸大 ◎横山弥生(大同大学)
- (7)「工業デザイナーが3DCAD上で描く意図した形状の定性的調査」  
西井美佐子(東京農工大学)
- (8)「CAD操作向上のための指導法」  
清本達也(北陸職業能力開発大学校)
- (9)「産業構造転換と青年期教育の展開—戦後復興期における新潟県中魚沼郡の事例を中心として—」  
佐野 浩(新潟経営大学)
- (10)「技術と日本的形而上学」  
坂本 勇(大阪産業大学)  
佐野 浩(新潟経営大学)  
平野 重雄(東京都市大学)
- (11)「かさぼんこ誕生」  
山下泰文



図1 発表の様子

2014年度の秋季例会は2014年10月25日(土)に金沢での開催を予定いたしております。多数のご参加をお待ちしております。

# タイ王宮ワット・プラケーオ回廊における肌理の勾配の適応について

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

1800年頃制作されたタイ王宮ワット・プラケーオ回廊壁画の遠近法に対して、どのような部分に肌理の勾配が使われているかを調査した。

波は52室中38室で73%に、空の表現には177室中21室で12%に、山には176室中6室で3%に、木には178室中4室で2%に肌理の勾配が表れた。

この結果から波が、最も効果的に肌理の勾配が使われていることがわかった。

物語がある壁画のため、上下で違う内容を表現するためか、上下遠近法と同様に肌理の勾配を効果的に使うことができない。そのため、肌理の勾配が目立つことは少ない。

木は、遠近で大きさの変化があるがテクスチャの変化は見られない。これは、木々が話題の境界線に使われているからかもしれない。また、木のテクスチャを描くとき、タイ画の手法としてガダンガー（樹皮）やラムチアック（木の根）などの先端を潰した筆<sup>[1]</sup>を使用する影響から同じテクスチャに留まっている可能性がある。

### 参考文献

- [1] 丹羽洋介, 洞谷亜里佐, 辻合秀一, タイ王宮寺院回廊壁画の研究 (2009) .



図1 47室(波に肌理の勾配が確認できる)

つじあい ひでかず  
富山大学 芸術文化学部

# 数式般若心経の数学的絵画表現について

(マセマティカルアートの可能性と新しい試み)

宗田 光一 Koichi MUNETA

智慧の経典として知られる『般若心経』について平易な言葉の意識を試みた後に、数学論理の数式に置き換え、それをさらに絵画として表現し直すという試みを行う。般若心経を作品制作のモデルとし、数学の手法による定義化と経典そのものの概念翻訳によって、アートとしての新素材を作成するという考え方である。

まず経典の中の名詞、固有の表現を記号定義するところから始まり、数学の持つ論理記号や概念をそのまま使う。そのことで、経典の教えそのものと言葉の関係性をより鮮明に知ることができ、さらには新しいコンセプトによる美術作品として、絵画表現を試みる事が成されていることを自ずと理解することができるようになる。

こうして制作された作品を鑑賞することは、理解が難しい経典そのものの意味を知る助けとなり、さらには仏教の持つ無常という観念とそこに存在する美を鑑賞でき、これまでにない神秘的な解釈を見出すことのできる作品となる。

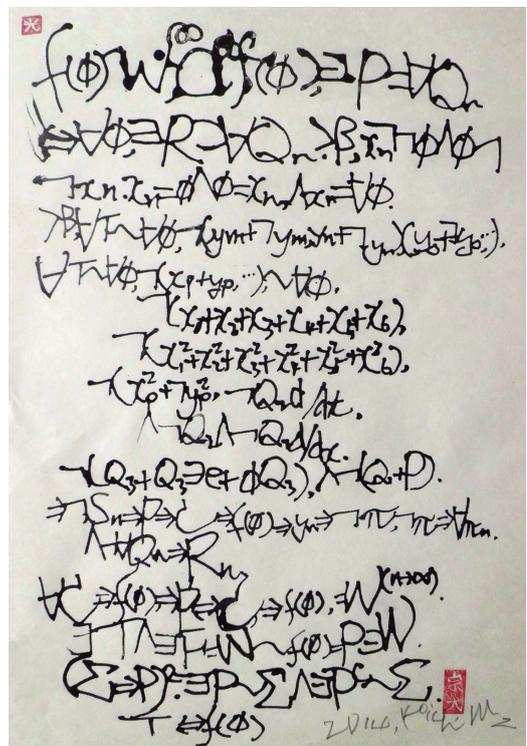


図1 絵画化を試みた『数式般若心経』の一例 (A)

むねた こういち

# 幾何学をアートに

横山 弥生 Yayoï YOKOYAMA

幾何学がアートであると思う根底には、不得意な数学の何かを知りたいと思う欲求があるからかもしれない。CGに関わってから30年が経つが、フォトリアルさばかりが評価されるCGにはあまり魅力を感じる事がなく、コンピュータが計算機であるがゆえにコンピュータならではの造形に興味を持ち続けて来た。

2000年を境に、シンメトリー（主に回転対称）、多面体からの派生、数理造形、パラメータによる変形、アフィン変換などを用いて本格的に幾何学をベースとした制作を始め、SIGGRAPHのART GALLERYでの入選による展示だけでなく、ここ5年の間にはNYのギャラリーで4回の作品展示を行った。(図1)

近年の制作手法の試みとしては、3Dモデルのポリゴン操作やフレーム化を行った後、コンピュータというバーチャル空間の中であらゆる方向から形体を眺め、その一瞬の美しさを切り取るような作業を繰り返している。まるでフォトグラファーになったような感覚でその一瞬の美を探しあててのを楽しみながら何度も行っている。気に入った形状は、3Dプリンターで出力し、そのおもしろさを手にとって見ることで、バーチャルでは味わうことのできないリアルな形体に直接触れるという異なった感覚を味わっている。

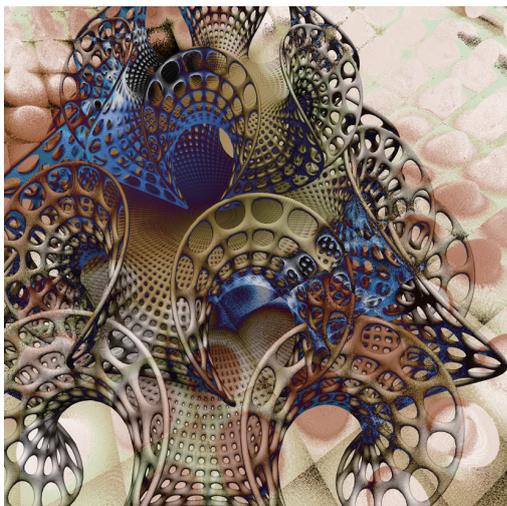


図1 作品「Barcelona」

よこやま やよい  
大同大学 情報学部情報デザイン学科 プロダクトデザイン専攻

# vvvvによるグラフィカルプログラミングツールの研究

金子 颯介 Sosuke KANEKO  
辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

メディアアートの分野で使用されはじめているグラフィカルプログラミングソフト「vvvv」のマニュアルを作成した。アーティスト等プログラミングに馴染みのない人でも興味を持ってもらえるようわかりやすい入門書のようなかたちを目指した。

またマニュアル内で紹介した基本的なプログラムを用いてマウスの動きやクリックで反応するオリジナルのプログラムを作成した。



図1 「vvvv」マニュアル(全10ページ)



図2 オリジナルプログラム表示画面

かねこ そうすけ  
つじあい ひでかず  
富山大学 芸術文化学部

# ビジュアルプログラミング言語による 情報視覚化手法の提案

星 卓哉 Takuya HOSHI

オープンデータの推進，報道機関によるデータジャーナリズムの広がり，市民によるデータジャーナリズムの始まりは，情報視覚化能力の必要性を高めている。特にデータビジュアライゼーションによる動的な情報視覚化は，今後，より大量のデータを処理する必要性と継続的な評価の可能性から求められ，個人においても情報視覚化により社会を構成する行動主体の活動形態や内容を知り理解する能力として需要は高まると予測される。

本研究は，非プログラマが，データビジュアライゼーションを行う際の技術的障壁を下げ，この分野への参入促進を目的としている。これに対する一つのアプローチとして，ビジュアルプログラミング言語（VPL）による情報視覚化手法の可能性を提案する。

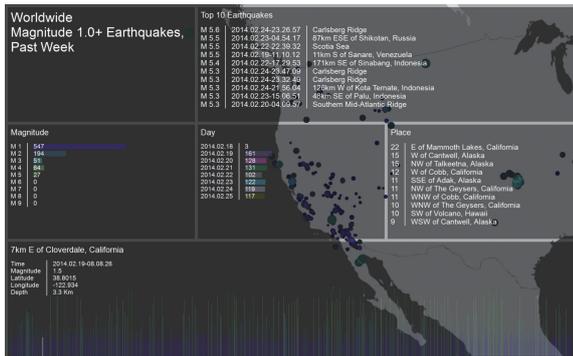


図1 VPLによる情報視覚化と表現力

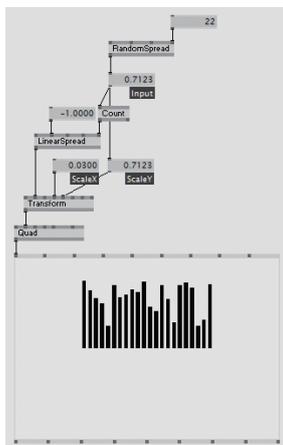


図2 VPLによるグラフの実装例

ほし たくや  
名古屋大学

# かおりをかたちにする研究と製品への 展開

小島 莉加 Rika KOJIMA

山下 幸大 Yukihiko YAMASHITA

横山 弥生 Yayoi YOKOYAMA

本研究は，本学総合情報学科かおりデザイン専攻との共同研究により，「かおり」を「かたち」にする研究の機会を得たことから，従来の研究の対象となってきた「色とかおり」「音とかおり」などを越える新たな領域の研究を行うことにある。

かおりをかたちにする方法として，平面形状の意味を用いて立体形状へと変換する方法を用いた。さらにその研究を基に，かおりからのイメージを製品へ展開する試みとして，練り香水の容器とパッケージのデザイン制作を行なった。また，プロダクトデザインとして「収納」という用途も持てるようなデザインを考え，「リフレッシュするためのグレープフルーツ系」，「集中力，記憶力をアップさせるためのブラックペッパー系」，「意識をはっきりとさせるペパーミント系」，「心地よく和むラベンダー系」の4種類のかおりをイメージするものとした。最終形体は，CADソフトによって作成し，3Dプリンタを利用して製品にした。（図1）

従来研究されていなかったかおりをかたちにすることを目標とした試みであるがゆえに事例が無く，試行錯誤の繰り返しであったが，展開の方法によって斬新なイメージに仕上がった。



図1 完成作品

こじま りか  
やました ゆきひろ  
よこやま やよい  
大同大学 情報学部情報デザイン学科 プロダクトデザイン専攻



# 産業構造転換と青年期教育の展開 一戦後復興期における新潟県中魚 沼郡の事例を中心として一

佐野 浩 Hiroshi SANO

我が国が近代化の歩みを始めた19世紀末には、世界の列強諸国では、既にその資本主義が帝国主義の様相を呈し始めていた。独立を守り、列強諸国に伍して成長していくためには、中央集権的な国家体制を樹立し、資本の蓄積と工業化を急ぐ必要があった。西欧諸国では、産業が芽生え、経済活動の自然な進展過程を経て都市が成立し、市民社会が形成され、教育制度も産業と社会の発展に応じて整備された。こうした内発的な成長・発展の上に立つ国々と異なり、上からの指導で資本主義を成立しなければならなかった我が国は、その後進性故に、近代化の進展に伴う様々な矛盾に直面することになった。

外国から導入された生産技術や生産管理技法は、官営工場を経て民間に移植されたが、こうした大規模で近代的な経営は一部に限られた。歴史的に西欧諸国から遅れて出発した我が国の産業は、一握りの近代的な大企業経営と、在来技術を基盤とする非近代的な多数の中小規模の家族共同体的経営が共存する二重構造の上に展開した。明治新政府の殖産興業政策は、その財源の多くを半封建的な地租収入に頼っており、農村の非近代的・半封建的な地主支配の再生産によって支えられていた。すなわち、地主が借地経営によって蓄積した資本を新しい産業に投資するという、地主支配に依拠した成長の図式である。

我が国の資本主義は、こうした封建的な農業形態と結合する形で発展したため、産業の形成・発展は常に農村の低位と、各産業内部に「遅れている部分」を必要とするという、暗く重い宿命を背負っていたのである。

こうした産業の内部や、工業と農業、都市と農村との間に横たわる矛盾は、産業の発展そのものによって次第に阻害要因として自覚され、長い時間をかけて跛行的に解決に向かった。こうした課題をいち早くとらえ、真摯に改善に取り組んだのが農村の青年達であり、それを支えたのが定時制高校や青年団、婦人会、青年学級などの社会教育・青年期教育であった。

本稿では、織物産業の集積地である新潟県中魚沼郡の事例を中心に、産業構造転換と青年期教育の展開について考察を行った。

キーワード：近代化 / 農村 / 青年 / 産業構造 / 青年期教育

さの ひろし  
新潟経営大学 経営情報学部

# 技術と日本的形而上学

坂本 勇 Isamu SAKAMOTO

佐野 浩 Hiroshi SANO

平野 重雄 Shigeo HIRANO

歴史そして文明も危機に遭遇して自覚されると言える。永い時間をかけて育み発展させてきた文明が、突発した自然災害とか同時多発テロのような分別無き人的被害に遭遇して、不連続もしくは一時的に断絶となることがある。寺田寅彦は既に80年前の1934年（昭和9年）に『天災と国防』において「文明が進むに従って人間は次第に自然を征服しようとする野心を生じた。（中略）そうしてあつた自然の暴威を封じ込めたつもりになっている」、「付け焼き刃の文明に陶醉した人間はもうすっかり天然の支配に成功したと思いがあって…」として、工学のみに頼った教科書学問の限界を指摘している。

それらは『知の公共性』に行き着くこと、今日の教育に最も求められていることでもある。

家永三郎は明治維新期の状況を、「前近代的状況に停滞している諸民族・諸国家は、〈強国〉の植民地あるいは半植民地に凋落する運命に晒されていた。幕末の幕府と明治政府が〈富国強兵〉のために遮二無二に上からの近代化を短期間に強行しようとしたのは、そうした世界史的情勢を認識していたからにはほかならない」と分析している。新政府はその正統性を確立するために「江戸時代は暗黒の酷い時代」と言う徹底した「薩長史観」の教育を行ったが、これが施策に歪みを生じさせているきらいがある。

日本在留25周年の祝典挨拶で、ベルツは「西洋の科学の世界は決して機械ではなく、一つの有機体でありまして、その成長には他のすべての有機体と同様に一定の大気が必要なのであります（中略）日本では今の科学の〈成果〉のみを彼等から受け取ろうとしたのであります。この最新の成果を彼等か引き継ぐだけで満足し、この成果をもたらした精神を学ぼうとはしないのです」と述べた。それは、本居宣長が『古事記伝』で「今日見聞事物の、尋常の理になづみて、其ノ外に測りがたき妙理のあることを知らぬを」と指摘し、真の理解、深さ、つながりを示唆しているのに通じる。

われわれは、人間、政治、経済、思想、価値観そして、自然までも市場システムに適合するように鋳直してきた。それに似せて〈それが近代化だと思い込み〉遅れまいと近道の努力をしてきた。だが、明治維新とは、様々な改革とは何であったのか。今立ち止まり、新しい座標軸で振り返る時がある。それは即ち、現代の課題でもある。

キーワード：超俗 / 見えざる手 / 幽玄 / 離見 / 人間の手

さかもと いさむ  
大阪産業大学名誉教授  
さの ひろし  
新潟経営大学 経営情報学部  
ひらの しげお  
東京都市大学

# かさぼんこの誕生

山下 やすふみ Yasufumi YAMASHITA

菅笠普及のためにPRキャラクター「かさぼんこ」が制作された。様々な商品化を受け、ラッピングバスなどこれからも更なる展開が予定される。

かさぼんこの完成は、ひとえに高岡市福岡庁舎や菅笠保存会を始めとする大勢のスタッフの尽力によるものであり、キャラクター制作に最も重要な要素であると考えられる。



図1 かさぼんこキャラクター



図2 菅笠の制作風景



図3 かさぼんこバス

やました やすふみ

## 2014年度日本図学会秋季大会のご案内

2014年度日本図学会秋季大会を、東京藝術大学美術学部で開催いたします。上野の杜の晩秋をお楽しみ下さい。

今大会での特色あるプログラムとして、講演発表に加えて、作品展示を実施します。『図学研究』誌の作品紹介でご覧いただいているような、図学的視点から解説される作品の実物を展示いたします。

また初日には、特別講演として東京芸大美術教育の本郷寛教授にお話しいただきます。本郷先生は、1976年東京芸術大学大学院彫刻科を修了後、美術教育を専門とされ、彫刻家としても国画会を中心に活躍されています。故小山清男先生をモデルにして制作された《立つということ》の制作秘話をはじめ、彫刻とその制作についてお話いただきます。

同日、大学内の大石膏室の見学ツアーも予定されています。ここには、昭和10年にボストン美術館から寄贈されたミケランジェロ、ドナテルロ、ヴェロッキオなどのルネサンスの巨匠の石膏像34点と、日本における西洋彫刻の基盤を築いたラグーザの遺品16点があり、また、ミロのヴィーナス、サモトラケのニケ、ロダンの《バルザック像》、《青銅時代》の石膏像が置かれ、藝大生にとっては大切な空間です。普段は閉ざされた場所ですが、今回特別にご覧いただけます。

多くの方々のご参加をお待ちしています。

1. 開催日：2014年11月29日（土）、30日（日）
2. 場所：東京藝術大学 美術学部中央棟  
（東京都台東区上野公園12-8）  
<http://www.geidai.ac.jp/access/ueno>
3. 交通アクセス：  
JR：上野駅、鶯谷駅から徒歩10分  
地下鉄：銀座線；日比谷線上野駅から徒歩15分  
千代田線；根津駅から徒歩10分  
京成電鉄：京成上野駅から徒歩15分

### 4. 研究発表

学術講演分野は、以下の通りです。

図学論／設計論／造形論／平面幾何学／空間幾何学／  
応用幾何学／形態構成／CG／形状処理／画像処理／  
CAD・CADD／図学教育／設計・製図教育／造形教育／  
教育評価／空間認識／図学史

#### 4.1. 講演発表時間と発表機器

例年通り講演発表時間は、質疑応答を含め約20分とします。講演発表件数によって若干の増減があります。また、発表機器は液晶プロジェクタのみといたします。

#### 4.2. 作品解説の時間

制作者が作品の前で、ポスターセッションと同様に、随時解説します。解説は、前半後半に分けて行なう予定です。（前半40分／後半40分）

### 4.3. 優秀研究発表賞・研究奨励賞

講演者を対象に、優れた講演発表をされた方を選考し、優秀研究発表賞として後日表彰します。また、35歳以下の若手研究者を対象に（過去に受賞された方を除く）、優れた講演発表をされた方を選考し、研究奨励賞として後日表彰します。

### 5. 参加費

一般6,000円（講演論文集代を含みます）  
学生無料（講演論文集は別売となります）

### 6. 懇親会

2014年11月29日（土）18：00～20：00  
（社会人4,000円、学生2,000円）  
東京藝術大学内 大浦食堂

### 7. 参加登録

秋季大会で講演発表及び参加予定の方は、特に弁当を必要とされる方は、必ず参加登録をお願いいたします（週末のため、昼食を食べられる場所はかなり離れています）。

参加登録方法：

参加登録情報を下記フォーマットにより、電子メールにて送信。

期限：2014年11月14日（金）正午

宛先：conf2014au@graphicscience.jp

【件名】：秋季大会参加申込（参加者のお名前）

- ・氏名：
  - ・勤務先（所属）：
  - ・電話番号：
  - ・電子メールアドレス：
  - ・研究発表講演会（11月29日）に  
参加／不参加 ←どちらかをお選びください
  - ・研究発表講演会（11月30日）に  
参加／不参加 ←どちらかをお選びください
  - ・デジタルモデリング研究会（11月30日）に  
参加／不参加 ←どちらかをお選びください
  - ・懇親会に  
参加／不参加 ←必ずどちらかをお選びください  
参加の場合、社会人／学生 ←どちらかをお選びください
  - ・11月29日の弁当（お茶付き1,000円）  
必要／不要 ←どちらかをお選びください
  - ・11月30日の弁当（お茶付き1,000円）  
必要／不要 ←どちらかをお選びください
- ※会員以外の講演発表予定の方、聴講のみの予定の方も参加登録をお願いいたします。  
※論文発表を予定されている方も、参加登録をお願いいたします。

### 8. 出張依頼書

必要な方は下記の連絡先までご相談ください。

## 9. 連絡先:

2014年度日本図学会秋季大会実行委員会  
conf2014au@graphicscience.jp

## 10. 宿泊: 宿泊施設は、各自で手配ください。

## 11. 大会プログラム

11月29日(土)

- 09:30-10:00 受付
- 10:00-12:00 学術講演(6件×2)  
(第3講義室, 第6講義室)
- 12:00-13:00 昼食(理事会)
- 13:00-13:40 写真撮影・大石膏室見学
- 13:40-14:40 特別講演(本郷寛先生)(第3講義室)
- 14:40-14:50 休憩
- 14:50-16:30 学術講演(5件×2)  
(第3講義室, 第6講義室)
- 16:30-14:40 休憩
- 16:40-18:00 作品解説(22件)  
(第5講義室, 第8講義室)
- 18:00-20:00 懇親会(大浦食堂)

11月30日(日)

- 09:00-10:40 学術講演(5件×2)  
(第3講義室, 第6講義室)
- 10:40-10:50 休憩
- 10:50-12:30 学術講演(4件/5件)  
(第3講義室, 第6講義室)
- 12:30-13:30 昼食
- 13:30-16:00 第1回デジタルモデリング研究会  
(第3講義室)

### □実行委員会

委員長: 宮永美知代(東京藝術大学)  
実行副委員長: 面出 和子(女子美術大学)  
委員: 佐藤 紀子(女子美術大学)  
西井美佐子(東京農工大学)  
村松 俊夫(山梨大学)  
山口 泰(東京大学)

### □プログラム委員会

委員長: 種田 元晴(東洋大学)  
委員: 安藤 直見(法政大学)  
齋藤 綾(女子美術大学)  
堤 江美子(大妻女子大学)  
松岡 龍介(道都大学)  
面出 和子(女子美術大学)  
山口 泰(東京大学)

## 学術講演プログラム

### 【講演発表】

11月29日(土)

セッション1: 都市・建築・芸術

(10:00-12:00) 第3講義室

座長: 安福 健祐

- 1) 寝屋川市における不審者発生と地域特性に関する分析  
坂田 裕樹, 榊 愛, 本多 友常(摂南大学)
- 2) 寝屋川市における公共トイレの配置に関する研究  
榊 愛(摂南大学), 伴野 嘉彦(株式会社ノリツ)
- 3) パルテノン神殿の黄金比による立面構成に関する考察  
—古典主義建築との比較を通して—  
石井 翔大(法政大学), 安藤 直見(法政大学)
- 4) 時計図式とピアノ音階形式による五線譜音符を使わない楽譜の記述法について  
宗田 光一(画家・美術家)
- 5) 19世紀名所記における建造物表象の変化  
伊良 部頌, 加藤 道夫(東京大学)
- 6) 彫刻文化財にみられる図学的解釈  
山田 修(東京藝術大学大学院)

セッション2: 教育(10:00-12:00) 第6講義室

座長: 山島 一浩

- 7) モンデーによる図法幾何学問題の解法に学ぶ  
大月 彩香(九州大学工学研究院)
- 8) 技術における「知」の受容と展開  
坂本 勇(大阪産業大学), 佐野 浩(新潟経営大学)
- 9) 高校数学における図法幾何学的内容の変遷  
長島 忍(立教大学)
- 10) BIMオリエンテッドな3D-CAD上での図学教育用立  
体の表現性  
吉田 勝行(大阪大学名誉教授)
- 11) 機械設計・製図におけるポンチ絵・手描き製図の有  
用性について  
平野重雄(東京都市大学/株アルトナー)  
喜瀬 晋, 関口 相三, 奥坂 一也(株アルトナー)
- 12) 小住宅を題材としたデザイン演習とCAD・3D教育  
の連携  
浅古 陽介(東洋大学)

セッション3: 視覚・表現

(第3講義室/14:50-16:30)

座長: 鈴木 広隆

- 13) 錯視立体デザインとその表面の錯視パターン種別の関係  
大谷 智子(東北大学)  
丸谷和史(NTTコミュニケーション科学基礎研究所)
- 14) 富士山の立体写真  
—新幹線・航空機からの撮影—  
大西 道一(元神戸大学)

15) Texture Projection Control for Hand-Drawn Gradient Shading

Muhammad ARIEF (Tokyo University of Technology)  
Hideki TODO, Yasushi YAMAGUCHI

(The University of Tokyo/JST CREST)

Koji MIKAMI, Kunio KONDO

(Tokyo University of Technology)

16) プロジェクションを用いた機器操作ガイドの提案

遠藤 潤一 (金城学院大学)

17) ボロノイ図と陰影計算を用いたホロウマスク錯視型立体の設計

友枝 明保 (武蔵野大学/JST CREST)

小野 隼 (明治大学卒業生)

杉原 厚吉 (明治大学/JST CREST)

セッション4：立体・造形 (14:50-16:30) 第6講義室

座長：加藤 道夫

18) ダンボールの力学的特性と構造体への利用

屋良 朝哉, 星野 和義, 中川 一人 (日本大学)

19) 「江戸名所図会」から模型を作る

山島 一浩 (筑波学院大学)

20) 市民参加型フラワーアートにおける図案表現

高嶋 啓 (筑波学院大学)

21) 木工人形ウッドピース -形態と認識の狭間-

福江 良純 (北海道教育大学釧路校)

22) 楕円をモチーフとした幾何学模様生成

森田 克己 (札幌大谷大学)

11月30日 (日)

セッション5：CAD・CG (09:00-10:40) 第3講義室

座長：新津 靖

23) 非多様体構造を許容した可展面パッチ集合による紙模型用形状モデルの構築

細田 翔, 金森 由博, 三谷 純 (筑波大学)

24) 可展面によるランプシェード製作を提出課題としたCAD/CG教育について その2

—平行移動と拡大縮小を許容した記述方法の導入—

鈴木 広隆 (神戸大学), 榎 愛 (摂南大学)

安福 健祐 (大阪大学), 松本 崇 (みささぎ)

25) 工業デザイナーが3D CAD上で描く意図した形状の定性的調査 (2)

西井 美佐子, 斎藤 隆文 (東京農工大学)

26) 歴史題材の3Dモデルおよび3Dゲームの試作

周 欣欣, 泉 雅人, 芝田 理菜 (名古屋文理大学)

小橋 一秀 (名古屋文理大学)

杉原 健一 (岐阜経済大学)

27) 3D-CADによる複曲面の生成について

—円弧歯すじを持つインボリュート歯車の3Dモデル—

竹之内 和樹 (九州大学), 園田 計二 (崇城大学)

セッション6：絵画 (09:00-10:40) 第6講義室

座長：森田 克己

28) ビーテル・デ・ホーホの絵画空間

—描かれた室内と透視図法—

佐藤 紀子 (女子美術大学)

29) ル・コルビュジエにおける〈女性イメージ〉による統合—媒介する〈牡牛のイメージ〉—

加藤 道夫 (東京大学)

30) 洛中洛外図に描かれた空間

面出 和子 (女子美術大学)

31) リズムとハーモニー, そして, 顔

—Paul Kleeの絵の中に探る—

下條 美緒, 大屋 美咲 (女子美術大学大学院)

田中 さや花 (女子美術大学大学院)

宮永 美知代 (東京藝術大学)

32) タイ王宮ワット・プラケーオ回廊壁画から肌理の勾配の表現分析

辻合 秀一 (富山大学)

セッション7：空間 (10:50-12:10) 第3講義室

座長：辻合 秀一

33) 日中路地空間の比較研究

—東京下町路地と江浙沪里弄における図面の分析から—

李 晋琦, 加藤 道夫 (東京大学)

34) 平板による仮設構造体の制作

吉田 麻以, 小田 啓一郎, 川崎 寧史 (金沢工業大学)

35) 高精細タイルディスプレイを用いた大規模地下街避難の3次元可視化

安福 健祐 (大阪大学)

瀧澤 重志, 高木 尚哉, 谷口 与史也 (大阪市立大学)

36) 映画に描かれた古代ギリシャ彫刻の美学—

安藤 直見 (法政大学)

セッション8：開発 (10:50-12:30) 第6講義室

座長：竹之内 和樹

37) 設計図面の分類・検索・閲覧ソフトの開発

高 三徳 (いわき明星大学)

能條 健二, 相良 慎, 大和田 雄 (株式会社花見台自動車)

38) 切開辺を含み一方向に折畳み可能な立体形状の設計

加瀬 悠人, 三谷 純, 金森 由博 (筑波大学)

39) 異なる複数の正答を持つ単位正方形の組み合わせパズルのデザイン支援

山本 陽平, 三谷 純, 金森 由博 (筑波大学)

40) 拡張メンタルローテーション問題の作成・表示ソフトウェアの開発

新津 靖 (東京電機大学)

41) 方位角制御型正反射ブラインドの性能評価に関する研究

富永 朗裕, 鈴木 広隆 (神戸大学)

## 【作品展示（五十音順）】

### 作品解説

11月29日（土）（16：40-18：00）第5講義室・第8講義室

- 1) 東京立正高校数学研究部の活動の軌跡  
—階段状放物線回転面によるリフレクター—  
天野 秀子（東京立正中学高等学校）  
島田 和毅,熊谷 鴻（東京立正高等学校）  
馬淵 貴弘,目黒 崇平（東京立正高等学校）  
鈴木 広隆（神戸大学）
- 2) デュアルコア・ハウス／二子新地の家  
—ゆるやかに分裂する家族のための住宅—  
安藤 直見（法政大学）
- 3) 移る  
磯崎 えり奈（東京藝術大学）
- 4) 三次元の中の錯視体験  
大谷 智子（東北大学）  
丸谷和史（NTTコミュニケーション科学基礎研究所）  
中村 美恵子（東京藝術大学）  
天内 大樹（静岡文化芸術大学）,ヒガキ ユウコ
- 5) ソファ：「ホットドッグ」  
金子 哲大（近畿大学）
- 6) Rotation and rising R450-A / Rotation and rising R450-B  
城井 光広（駿河台大学）
- 7) 幾何学パズル1 / 幾何学パズル2 Honeycomb  
齋藤 綾（女子美術大学）
- 8) 1, Crystallize / 2, Crystallize / 3, Luminous  
茂田 真史（東京藝術大学）
- 9) 東京国立博物館日光菩薩像及び東京藝術大学月光菩薩像模刻  
白澤 陽治（東京藝術大学）
- 10) 不可能立体「止まり木と知恵の輪」  
杉原 厚吉（明治大学）
- 11) 玲雅灯—Legato—  
鈴木 広隆（神戸大学）
- 12) ツリーハウス～○△□～  
砂庭 陽子（東北芸術工科大学）
- 13) Chewed gum is while thinking about the some universe,  
or thinking about something else  
武内 優記（東京藝術大学）
- 14) 剛体折り曲線折紙複合アーチ  
館 知宏（東京大学）
- 15) 矢印の幻惑  
友枝 明保（武蔵野大学）,杉原 厚吉（明治大学）
- 16) ジュエリーと身体の形・鶴のネックレス  
中里 周子（東京藝術大学）
- 17) すがた—響—  
西山 大基（東京藝術大学）
- 18) 視線方向に応じた視覚情報を内包する点群立体の応用  
としての影絵アニメーションの試作

藤木 淳（科学技術振興機構／東京藝術大学）

- 19) タイリング折紙—ボロノイタイルからの派生と組み合わせ可能な曲線折りユニット—  
三谷 純（筑波大学）
- 20) モーツァルトとショパンの幾何化  
宗田 光一（画家・美術家）
- 21) Geometric Darma Doll（幾何学のおきあがりこぼし）  
村松 俊夫（山梨大学）
- 22) 拡張視覚復号型暗号の画質改善  
山口 泰（東京大学 / JST CREST）

## 会告——2

### 第1回デジタルモデリング研究会開催のお知らせ

第1回デジタルモデリング研究会を2014年度日本図学会秋季大会にて開催いたします。今回は、『デジタルデータ』をキーワードに開催いたします。日常で必要不可欠な要素となっているデジタルデータはインフォメーションの枠を超え、感性に訴えるための構成要素としての役割を担い始めています。今回は、それらに着目し長年に渡り研究開発を続けてこられた様々な分野の方々にご講演いただきます。また、講演後には「デジタルモデリングコンテスト展示作品鑑賞」と「機器展示見学」を予定しております。ご多忙中のことは存じますが、多数のご参加をお願い申し上げます。

（デジタルモデリング研究会委員長 西井 美佐子）

1. 日時：2014年11月30日（日）13：30～16：00
2. 場所：東京藝術大学上野キャンパス  
美術学部中央棟2F（第3講義室）
3. 内容：

- 講演1 デジタルデータによる芸術的感性の表現について  
源田悦夫 九州大学大学院芸術工学研究院
- 講演2 コミュニケーションツールとしての  
デジタルデータ—XVL技術について—  
ラティス・テクノロジー株式会社
- 講演3 調整中

## 会告——3

### 中部支部2014年度秋季例会開催のお知らせ

日本図学会中部支部2014年度秋季例会を、下記の要領で開催いたします。お忙しい時期とは存じますが、多数の研究発表の申込ならびに、ご参加をお待ちしております。

なお、中部支部では若手研究者の模範となる優秀な研究を発表した学生に対して「日本図学会中部支部奨励賞」を

贈呈しております。受賞対象となる学生は、日本図学会会員が指導する学部学生および大学院生としています。この趣旨から、より多くの学生の発表を期待しております。

1. 日時：平成26年10月25日（土）14：00～17：00
2. 会場：金沢工業大学扇が丘キャンパス23号館  
1Fパフォーミングスタジオ  
921-8501 石川県野々市市扇が丘7-1  
<http://www.kanazawa-it.ac.jp>
3. 内容：1) 研究発表（参加費無料）  
2) 懇親会（18時頃から場所を移して行います。参加費3,000円程度）
4. 研究発表の申込：  
e-mailまたはFAXで、下記申込先に（発表題目・氏名・所属・連絡先）を10月14日（火）までにお知らせ下さい。  
なお、奨励賞対象者の場合は指導者を明記して下さい。
5. 懇親会の参加申込：  
e-mailまたはFAXで、下記申込先に（氏名・所属・連絡先）を10月17日（金）までにお知らせ下さい。
6. 申込先：  
金沢工業大学 環境・建築学部 建築デザイン学科  
教授 川崎 寧史  
TEL：076-248-9085  
FAX：076-294-6707  
e-mail：kawasaki@neptune.kanazawa-it.ac.jp

## 会告——4

### 第7回シーグラフアジア2014開催のお知らせ

世界最大規模のコンピューターグラフィックスとインタラクティブ技術を中心としたデジタルメディア、デジタルコンテンツに関する国際的な祭典「SIGGRAPH ASIA」、今年は中国・深圳で開催！

日時：2014年12月3～6日（カンファレンス）

2014年12月4～6日（展示会）

場所：中国・深圳

コンベンション&エキシビジョンセンター

公式HP：SA2014.SIGGRAPHASIA.ORG

#### ■カンファレンス

研究者、開発者、アニメーター、アーティスト、プロユーザー、業界関係者などが新しいアイデアの探求や教育機関との産学連携を積極的に推進するためにシーグラフアジアに集結します。

今年のシーグラフアジアのカンファレンスプログラムでは、コンピュータアニメーションフェスティバル、コース、エマージングテクノロジー、ポスター、Symposium on Mobile Graphics and Interactive

Applications、テクニカルペーパー、テクニカルブリーフ、ワークショップという8つのプログラムにて最新の学術研究や芸術分野での才能溢れる作品が紹介されます。

#### ■プログラム

- ・ビジネスシンポジウム
- ・コンピュータアニメーションフェスティバル
- ・コース
- ・エマージングテクノロジー
- ・展示会
- ・エキシビタートーク&セッション
- ・フューチャードセッション
- ・インダストリーマスタークラス
- ・キーノートスピーカー
- ・ポスター
- ・Symposium on Mobile Graphics and Interactive Applications
- ・テクニカルブリーフ
- ・テクニカルフォーカス
- ・テクニカルペーパー
- ・テクニカルペーパーファーストフォワードセッション

#### ■出展者・スポンサー募集

シーグラフアジアでは、デジタルメディアの未来を築くコンピューターグラフィックスとインタラクティブ技術分野におけるハード・ソフトウェアのベンダー、VFX・ゲームスタジオやプロダクションハウス関係者、業界をリードする企業や教育機関が一堂に会し、業界最新動向や最新製品・サービスを紹介するビジネスプラットフォームを提供します。

出展ブースのスペースを確保や出展効果を最大限に生かしていただくためのスポンサーシップ・パッケージで出展をお考えの際はお気軽にお問い合わせ下さい。

#### ■事前登録受付中

業界の有力者との交流やネットワーク作りに威力を発揮するシーグラフアジアに、ぜひご参加下さい。参加形態に応じて、多様なプログラムやイベントに参加できるパス（有料）をご用意しております。

20%割引の事前登録期間は、オンラインにて2014年10月15日15：00（中国・深圳）までの受付となります。

シーグラフアジアに関するお問合せは：

シーグラフアジア2014 日本事務局/

ケルンメッセ株式会社

〒150-0013

東京都渋谷区恵比寿1-13-6 恵比寿ISビル5F

Tel：03-5793-7770 Fax：03-5793-7771

Email：kmjpn@koelnmesse.jp

### ユーザー名とパスワードの変更

日本図学会ホームページにおける、会員サービスのための会誌バックナンバーに閲覧に必要なユーザー名とパスワードが、10月から変更されます。新たなユーザー名とパスワードは、本号の奥付けページの下段にあります。

## 日本図学会第520回理事会議事録

日 時：2014年2月18日（木）17：30～19：50

場 所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：8名（議決権8名）+委任状11名

山口（会長），安藤，辻合（副会長），今間，田中，西井，道川，山島（以上理事）

## 1. 議事録確認

- 第519回理事会議事録を確認した。

## 2. 事務局報告と審議

## A. 会員関係

## a. 申し込み・届出

## i. 当月入会申し込み

- 学生会員  
高橋 優輔 氏（東京大学大学院修士課程）  
横山 ゆりか 氏紹介 ※2014年度からの入会
- 正会員  
星野 和義 氏（日本大学）  
中川 一人 氏紹介 ※2014年度からの入会
- 正会員  
木原 一郎 氏（広島国際学院大学）  
鈴木 広隆 氏，伏見 清香 氏紹介 ※2014年度からの入会
- 正会員  
川原田 寛 氏（中央大学）  
山口 泰 氏紹介 ※2014年度からの入会
- 正会員  
牧 真太郎 氏（大阪大学大学院）  
阿部 浩和 氏紹介 ※2014年度からの入会

## ii. 当月退会届出

- 正会員 土肥 渉 氏（オートデスク株式会社）  
近藤 慎二 氏紹介
- 正会員 須賀 崇江 氏（元横浜美術短期大学）  
小山 清男 氏紹介
- 正会員 砂長谷 由香 氏（文化学園大学）  
三吉 満智子 氏紹介
- 正会員 武田 昌一 氏（東京都市大学）  
長江 貞彦 氏紹介
- 正会員 羅 羽哲 氏（元大阪大学）  
阿部 浩和 氏紹介

## iii. 逝去

- 名誉会員 永野 三郎 氏（東京大学名誉教授，

元埼玉工業大学学長）

## b. 会員現在数（2月18日現在）

- 名誉会員13名，正会員275名，学生会員13名，賛助会員15社17口

## B. その他

## a. 他団体から

- 公益財団法人画像情報教育振興協会より「2014年度検定実施に対する後援のお願い（後援名義使用について）」が届き，後援名義使用を承認する旨回答した。
- 日本学術会議より「日本学術会議ニュース・メール」No.435-437，及び「第14回アジア学術会議マレーシア会合国際シンポジウム論文募集（Callfor Papers）」について（ご案内）が届いた。
- 一般財団法人学会誌刊行センターより「学会センターニュースNo.428」が届いた。
- JSTよりCrossRef Metadata Services新規機関追加のご案内が届いた。
- 独立行政法人日本学術振興会より「第11回（平成26年度）日本学術振興会賞受賞候補者の推薦について（通知）」が届いた。
- 公益社団法人日本工学教育協会より「『平成26年度工学教育研究講演会』協賛について（依頼）ならびに貴会誌への広告掲載と研究発表推奨について（依頼）」が届き，例年通り対応することにした。
- 日本学術会議より「日本学術会議会員及び連携会員の候補者に関する情報提供について（依頼）」が届き，情報提供要領に従って情報提供を行った。

## 3. 第3四半期決算報告

- 道川事務局長より，資料に基づいて第3四半期決算報告があり，審議の結果これを承認した。

## 4. 「デジタルモデリング研究会」設置について

- 西井デジタルモデリングコンテスト実行委員長より，「デジタルモデリング研究会」設置の趣旨，活動計画，委員構成等の提案があった。審議の結果，2014年4月に同研究会を設置することを承認した。なお，同研究会の設置に伴い，デジタルモデリングコンテスト実行委員会は発展的に解消の予定。

## 5. 編集委員会報告

- 今間理事より，現在検討中の投稿要領改訂について報告があった。5月開催の総会での告知できるように改訂を行う予定とのこと。主な改訂内容は次の通り。
  - 著作権関連手続の追加
  - 作品紹介に概要を追加
  - 図版のカラー原稿（J-STAGE用）取扱の追加

## 6. 企画広報委員会報告と審議

- 春季大会報告
    - 安藤企画広報委員長より、2014年度春季大会について次の通り報告があった。
    - プログラム委員に安藤直見氏（法政大学）を追加した（現在3名）
  - 秋季大会について
    - 安藤企画広報委員長より、2014年度秋季大会（東京藝術大学で開催予定）の委員構成について次の提案があり、これを承認した。
    - 実行委員長を宮永美知代氏（東京藝術大学）、実行副委員長を面出和子（女子美術大学）氏、プログラム委員長を種田元晴氏（東洋大学）にお願いする
  - 大会開催予定の確認
    - 今後の大会開催予定地について次の通り確認した。

2014春	九州（福岡）	ICGG（欧）
秋	関東（東京）	
2015春	北海道	
秋	関西	
2016春	東北	ICGG
秋	関東	
2017春	関東（東大駒場）※50周年	
秋	関西	
2018春	中部	ICGG
秋	関東	
2019春	関西	
秋	関東	
2020春	九州	ICGG
秋	関西	
  - デジタルモデリングコンテスト実行委員会報告
    - 西井デジタルモデリングコンテスト実行委員長より第7回デジタルモデリングコンテスト（2013年度開催）の収支報告と第8回デジタルモデリングコンテスト（2014年度開催）の概算予算報告があった。
- ## 7. 国際関係報告
- 山口会長より、次の通り報告があった。
    - ICGG2014には、約200編のextended abstractの投稿があり、3月5日の採否通知に向けて査読中
- ## 8. 支部報告
- 辻合副会長より、中部支部冬季例会（2月26日北陸職業能力開発大学校で開催）の案内があった。
- ## 9. その他
- 事務局PCの更新
    - 道川事務局長より事務局PCの更新について報告があった。PC本体とソフトウェアで16万円弱（予算は18万円）。
  - 名誉会員について
    - 各支部に依頼中の推薦作業の進捗報告があった。
    - 推薦辞退者に感謝状を贈れるように名誉会員内規を

見直すことになった。

- 各賞の英文表記について
  - 山口会長より、各賞の英文表記について提案があり、次の通り決定した。

日本図学会賞：Japan Society for Graphic Science Award
日本図学会論文賞：Best Paper Award
・研究論文賞：Best Paper Award (Technical Paper)
・教育論文賞：Best Paper Award (Educational Paper)

大会表彰
    - ・優秀研究発表賞：Best Presentation Award
    - ・研究奨励賞：Young Researchers Award大会表彰については、“Best Presentation Award (2014 Spring Meeting)”のように大会名を付記する
- 議事録署名捺印理事
  - 今間、山島両理事が選出された。
- 次回
  - 日時：2014年3月10日（火）17：30～
  - 場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

---

## 日本図学会第521回理事会議事録

日 時：2014年3月10日（月）17：30～19：50

場 所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：11名（議決権10名）+委任状9名

山口（会長）、安藤、辻合（以上副会長）、金井、今間、田中、西井、道川、宮永、山島（以上理事）、面出（編集委員長）

## 1. 議事録確認

- 第520回理事会議事録を確認した。

## 2. 事務局報告と審議

### A. 会員関係

#### a. 申し込み・届出

- i. 当月入会申し込み  
該当なし

- ii. 当月退会届出

- 正会員 源田 悦夫氏（九州大学）  
堤 浪夫氏紹介
- 正会員 野口 英雄氏（UNESCOパリ本部）  
前川 道郎氏紹介

#### b. 会員現在数（3月10日現在）

- 名誉会員13名、正会員273名、学生会員13名、賛助会員15社17口

### B. その他

#### a. 他団体から

- 日本学術会議より「日本学術会議ニュース・メール」No.438,439が届いた。
- JSTより「J-STAGE利用学協会意見交換会/セミナーのご案内」、及びCrossRef Metadata Services

新規機関追加のご案内が届いた。

b. 寄贈図書

- ・面出和子氏より「造形の図学--改訂版」(日本出版サービス)が寄贈された。

3. 名誉会員推薦内規改訂について

- ・道川事務局長より、名誉会員推薦内規の改訂案が提示され、審議の結果これを承認した。

4. 総会資料確認

- ・道川事務局長より、次の総会用資料が提示され、これを確認した。
  - 2013年度会務報告
  - 2014年度事業計画

5. 2014年度春季大会報告

- ・安藤企画広報委員長より、大月2014年度春季大会実行委員長作成の準備状況報告に基づき、次の報告があった。
  - 作業進捗
  - 大会スケジュール
  - 学術講演プログラム

- ・大会および懇親会の参加申し込みは実行委員会が、総会の出欠確認および理事会の出欠と理事会用昼食の希望の確認は事務局が担当する方向で、実行委員会と事務局で調整することになった。

6. 編集委員会報告

- ・面出編集委員長より、次の通り報告があった。
  - 『図学研究』第142号は、初校中。
  - 『図学研究』第143号は、作品紹介2編が掲載予定。また、論文2編と資料2編が査読中。

7. 企画広報委員会報告と審議

- ・秋季大会について
  - 宮永2014年度秋季大会実行委員長より、準備状況の報告があった。
- ・デジタルモデリングコンテスト作品の3D Web化について
  - 西井デジタルモデリングコンテスト実行委員長より、作品のXVL化の進捗状況報告があった。

8. 国際関係報告

- ・山口会長より、ICGG2014の査読がほぼ完了した旨の報告があった。

9. 論文賞選考委員会報告

- ・面出論文賞選考委員長より、第9回教育論文賞は該当なしと決定したとの報告があった。

10. その他

- ・名誉会員推薦作業進捗報告
  - 山口会長より、名誉会員推薦作業の進捗報告があった。
- ・関連出版物の印税の分配について
  - 山口会長より、今回新たに発行される『POV-Rayによる3次元CG制作』第1版第4刷以降の改版・増

刷分の印税分配について、著者からの申し出に基づいて著者と図学会との折半としたいとの提案があり、審議の結果これを承認した。

- ・議事録署名捺印理事  
金井、宮永両理事が選出された。

・次回

日時：2014年4月15日(火) 18:30～

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

---

## 日本図学会第522回理事会議事録

日時：2014年4月15日(火) 18:30～21:30

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：11名(議決権10名)+委任状9名

山口(会長)、辻合(以上副会長)、金井、今間、椎名、田中、西井、宮永、村松、山島(以上理事)、面出(編集委員長)

1. 議事録確認

- ・第521回理事会議事録を確認した。

2. 事務局報告

A. 会員関係

a. 申し込み・届出

i. 当月入会申し込み

- ・学生会員  
中根 優太 氏(名古屋工業大学2年)  
紹介者なし

ii. 当月退会届出

- ・正会員 安達 裕之 氏(元東京大学)  
磯田 浩 氏紹介 ※2013年度末で退会
- ・正会員 西澤 敏雄 氏(宇宙航空研究開発機構)  
永野 三郎 氏紹介 ※2013年度末で退会
- ・正会員 石井 真人 氏(相模女子大学)  
近藤 邦雄 氏紹介 ※2013年度末で退会

b. 会員現在数(4月15日現在)

- ・名誉会員13名、正会員270名、学生会員14名、賛助会員15社17口

B. その他

a. 他団体から

- ・CG-ARTS協会より「『POV-Rayによる3次元CG制作—モデリングからアニメーションまで—』原稿執筆料に関するお支払のご案内」が届いた。
- ・日本学術会議より「日本学術会議ニュース・メール」No.440-443が届いた。
- ・JSTより「CrossRef Metadata Services新規機関追加のご案内」が届いた。
- ・独立行政法人日本学術振興会より「第5回(平成26年度)日本学術振興会育志賞受賞候補者の推薦

- について（通知）」が届いた。
- ・独立行政法人科学技術振興機構より「消費税率改定に伴う著者抄録使用料の変更について」が届いた。
- b. 寄贈図書
- ・蛭子井博孝氏より「幾何数学妙書」（卵形線研究センター）が寄贈された。
3. 第4四半期収支決算報告
- ・金井事務局長より、2014年度第4四半期収支決算報告があり、これを承認した。
4. 2013年度収支決算報告
- ・金井事務局長より、2013年度収支決算報告があり、これを承認した。なお、山口会長より、大会参加者数が少ないと全体の収支が赤字になる構造のため、大会運営予算運用方法の見直しを検討したいとのコメントがあった。
5. 2014年度予算案審議
- ・金井事務局長より、2014年度予算書（案）の提案があり、若干の修正の後これを承認した。
6. 総会資料確認
- ・金井事務局長より、次の総会用資料が提示され、これを確認した。
    - 2013年度会務報告
    - 日本図学会2013年度収支決算書
    - 特別会計2013年度収支決算書
    - 2014年度事業計画
    - 日本図学会2014年度予算書（案）
  - ・総会議事次第については、メールで確認することにした。
7. 2014年度春季大会報告
- ・西井理事より、大月2014年度春季大会実行委員長作成の準備状況報告に基づき、次の報告があった。
    - 作業進捗
    - 大会スケジュール
    - 会場（九州大学西新プラザ）間取り図
  - ・当日配布物（プログラム等）の作成分担、理事会と将来構想委員会の会場等の確認を行った。
8. 編集委員会報告と審議
- ・面出編集委員長より、掲載記事数の関係で『図学研究』第143号の6月発行は見送り、9月号と合併したいとの提案があり、これを了承した。
  - ・面出編集委員長より、「日本図学会論文等著作権委譲確認書」の提案があった。
9. 企画広報委員会報告と審議
- ・西井企画広報副委員長より、次の通り提案があり、これを承認した。
    - 2015年度春季大会の開催校と実行委員長
      - ・開催校：北海道大学（会場候補 北海道大学、札幌エルプラザ、かでの2・7）

- ・実行委員長：森田克己氏（北海道支部長）
  - 企画広報委員の追加：森田克己氏（2014年度～2015年度）
- ・西井企画広報副委員長より、次の通り決定した旨報告があった。
    - 2015年度春季大会プログラム委員長：松岡龍介氏（道都大学）
  - ・宮永理事より、2014年度秋季大会の準備状況について報告があった。
10. デジタルモデリング研究会報告
- ・西井デジタルモデリング研究会委員長より、次の報告があった。
    - 2013年度デジタルモデリングモデリングコンテスト収支報告
    - 2014年度デジタルモデリングモデリングコンテストについて
      - ・スケジュール案
      - ・応募要領の見直しについて（進捗報告）
    - 歴代作品のXVL化進捗報告
  - ・西井デジタルモデリング研究会委員長より、デジタルモデリングコンテストを実質上金銭的にサポートしている協賛企業の広告を『図学研究』に無料で掲載したいとの提案があった。これについては、有料掲載の広告との公平性確保などの観点から継続審議することにした。
11. その他
- ・山口会長より、「画像関連学会連合会」の発足会（4/25開催）に会長が招待されたとの報告があった。
  - ・議事録署名捺印理事  
椎名、村松両理事が選出された。
  - ・次回  
日時：2014年5月9日（金）18：00～  
場所：（未定）

---

### 日本図学会第523回理事会議事録

日 時：2014年5月9日（金）18：00～20：30

場 所：山尾

出席者：11名（議決権6名）+委任状14名

山口（会長）、鈴木、辻合（以上副会長）、今間、西井、宮永（以上理事）、面出（編集委員長）、福田（春季大会実行委員）、加藤、堤（以上顧問）、福田（ゆ）（事務局）

#### 1. 議事録確認

- ・第522回理事会議事録を確認した。

#### 2. 事務局報告と審議

##### A. 会員関係

- a. 申し込み・届出

i. 当月入会申し込み

該当なし

ii. 当月退会届出

該当なし

b. 会員現在数（5月9日現在）

- ・名誉会員13名，正会員270名，学生会員14名，賛助会員15社17口

B. その他

a. 他団体から

- ・SIGGRAPH ASIA 2014の後援依頼が届き，例年通り後援することとした。

3. 総会議事次第等確認

- ・山口会長より，次の総会用資料が提示され，内容と担当者を確認した。
  - 2014年度総会議事次第
  - 2013年度会務報告
  - 日本図学会2013年度収支決算書
  - 特別会計2013年度収支決算書
  - 2014年度事業計画
  - 日本図学会2014年度予算書（案）

4. 2014年度春季大会運営についての確認

- ・福田大会実行委員より，大月大会実行委員長作成の説明事項に基づき，次の報告があった。
  - 大会スケジュール
  - 会場（九州大学西新プラザ）間取り図
  - 懇親会手順

5. 編集委員会報告と審議

- ・面出編集委員長より「日本図学会論文等著作権委譲確認書」について，文面を再検討中との報告があった。これを受け，総会では同確認書の導入のみをはかることとし，文面は編集委員会の結論を待って次回以降の理事会にはかることにした。

6. デジタルモデリング研究会報告

- ・西井デジタルモデリング研究会委員長より，次の報告があった。
  - デジタルモデリングコンテスト実行委員会での以下の審議承認事項と審議中の事項，及び進捗報告があった。
    - ・承認事項：デジタルモデリングコンテスト応募要項
    - ・審議中の事項：デジタルモデリングコンテスト誓約書
    - ・進捗報告  
XVL技術を用いたデジタルモデリングコンテスト作品掲載  
デジタルモデリングコンテスト  
デジタルモデリング研究会

7. 名誉会員の推薦について

- ・山口会長より2名の名誉会員推薦の説明があり，これ

を確認して総会に提案することにした。

・議事録署名捺印理事

鈴木，辻合両副会長が選出された。

・次回

日時：2014年5月10日（土）11：45～

場所：九州大学西新プラザ和室

---

日本図学会第524回理事会議事録

日時：2014年5月10日（土）11：45～13：00

場所：九州大学西新プラザ和室

出席者：23名（議決権17名）＋委任状4名

山口（会長），安藤，鈴木，辻合（以上副会長），大月（美），今間，佐藤，椎名，竹之内，田中，種田，西井，宮永，向田，安福，山島，山畑（以上理事），阿部（監事），面出（編集委員長），飯田（関西支部長），大月（彩）（九州支部長），加藤，堤（以上顧問），

1. 会長所信表明

- ・山口会長より，図学会の財政状況と今後の事業展開方針の説明があった。

2. 企画広報委員会報告

- ・2014年度秋季大会について
  - 宮永大会実行委員長より，大会の案内（11/29-30東京藝術大学）と準備状況報告があった。
- ・2015年度春季大会について
  - 安藤企画広報委員長より，大会開催地の案内（北海道大学）および実行委員長（森田克己氏（北海道支部長）），プログラム委員長（松岡龍介氏（道都大学））の紹介があった。開催日程は例年通りの5/9-10を予定しているが，北海道の気候を考慮して，設計工学会との重複を避けたうえで後ろ倒しにすることも検討中とのこと。

3. 国際関係報告

- ・鈴木国際担当副会長より，The Asian Forum on Graphic Science（アジア図学会議）の実施報告があった。また，Prof. Qiang Zhang（大連大学）から，WSAS Transactions on Computers Special Issue on “Advances in Computer Aided Design and Graphics”（6/1投稿締切）の案内があったとの報告があった。

4. その他

- ・山口会長より，次の通り理事会開催日程（案）が示された。

第525回6月9日（月）17：30～

第526回7月9日（水）17：30～

第527回9月12日（金）17：30～

第528回10月20日（月）18：30～

第529回11月29日（土）（昼食時）（秋季大会会場）

第530回12月12日（金） 17：30～

第531回 1月13日（火） 18：30～

第532回 2月13日（金） 18：30～

第533回 3月12日（木） 8：30～

第534回 4月14日（火） 18：30～

第535回（春季大会前日）（札幌）

第536回（春季大会1日目）（昼食時）（春季大会会場）

- 秋季・春季大会開催中はそれぞれの開催場所，それ以外は東京大学駒場キャンパス15号館710室で開催予定。

- 議事録署名捺印理事

大月（美），竹之内両理事が選出された。

- 次回

日時：2014年6月9日（月）17：30～

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

**I. 目的**

本誌は日本国学会の会誌として国学に関する論文、資料などを掲載・発表することにより国学の発展に寄与するものである。

**II. 投稿資格**

日本国学会会誌「国学研究」に原稿を執筆し投稿することができるものは、原則として本学会会員とする。

**III. 投稿原稿の種類**

本誌は国学に関する研究論文、研究資料、作品紹介、解説などを掲載する。投稿原稿は原則として未発表のものとする。ただし、本学会が主催・共催する大会や国際会議での口頭発表はこの限りではない。なお、原稿種別とそれらの原稿ページ数は別途定めた投稿原稿種別に従うこと。

**IV. 投稿手続き**

投稿手続きは、原則として、本学会のホームページからの投稿とする。投稿ページに必要事項を入力し、執筆要領に従い、投稿申し込み票と原稿を送付する。

**V. 投稿から掲載まで**

1. 原稿受付日は原則として本学会に原稿の到着した日とする。
2. 投稿論文は、複数の査読者の査読結果にもとづき、編集委員会が審議し決定する。資料および作品紹介は、一人以上の査読者の判定とし、その他の原稿の掲載については、編集委員会の判断に委ねる。査読の結果、訂正の必要が生じた場合は、期限をつけて著者に修正を依頼する。期限を越えた場合は、再提出された日を新たな原稿受付日とする。
3. 査読後の訂正は原則として認めない。
4. 著者校正において、印刷上の誤り以外の訂正は原則として認めない。ただし、著者から編集委員会への申し出があり、これを編集委員会が認めた場合に限り訂正することができる。

**VI. 掲載別刷料**

研究論文、研究資料に関しては、会誌に掲載するために要する費用の著者負担分と別刷50部の代金を、別に定める掲載別刷料の規定にしたがって納める。51部以上の別刷を必要とするときには、投稿申込書に記入した冊数に従って別途実費購入する。

**VII. 投稿要領**

原稿執筆に当たっては、本規定ならびに本学会の執筆要領を参照すること。

**VIII. 著作権**

1. 論文、資料などに関する一切の著作権（日本国著作権法第21条から第28条までに規定するすべての権利を含む。）は本学会に帰属するが、著作者人格権は著者に帰属する。
2. 特別な事情により前項の原則が適用できない場合は著者と本学会との間で協議のうえ措置する。
3. 著者が著者自身の論文等を複写・翻訳の形で利用することに対し、本学会はこれに異議申立て、もしくは妨げることをしない。

(本投稿規定は2012年10月1日より施行する。)

## 賛助会員

### アルテック株式会社

〒104-0042

東京都中央区入船2-1-1 住友入船ビル2階

TEL : 03-5542-6756 FAX : 03-5542-6766

<http://www.3d-printer.jp/>

### オートデスク株式会社

〒104-6024

東京都中央区晴海1-8-10

晴海アイランドトリトンスクエアX24

TEL : 03-6221-1681 FAX : 03-6221-1784

<http://www.autodesk.co.jp/>

### 株式会社アルトナー

〒222-0033

神奈川県横浜市港北区新横浜2-5-5

住友不動産新横浜ビル5F

TEL : 045-273-1854 FAX : 045-274-1428

<http://www.artner.co.jp/>

### 株式会社島津製作所

〒101-8448

東京都千代田区神田錦町1-3

TEL : 03-3219-5791 FAX : 03-3219-5520

<http://www.shimadzu.co.jp/>

### 株式会社ストラタシス・ジャパン

〒104-0033

東京都中央区新川2-26-3

住友不動産茅場町ビル2号館8階

TEL : 03-5542-0042

<http://www.stratasys.co.jp/>

### 株式会社ムトーエンジニアリング

〒154-8560

東京都世田谷区池尻3-1-3

TEL : 03-6758-7130 FAX : 03-6758-7139

<http://www.mutoheng.com/>

### 株式会社森田製図器械製作所

〒537-0012

大阪府大阪市東成区大今里4-16-41

TEL : 06-6971-2240 FAX : 06-6971-4625

### 共立出版株式会社

〒112-8700

東京都文京区小日向4-6-19

TEL : 03-3947-2511 FAX : 03-3947-2539

<http://www.kyoritsu-pub.co.jp/>

### 公益財団法人画像情報教育振興協会

〒104-0061

東京都中央区銀座1-8-16

TEL : 03-3535-3501 FAX : 03-3562-4840

<http://www.cgarts.or.jp/>

### ステッドラー日本株式会社

〒101-0032

東京都千代田区岩本町1丁目6番3号

秀和第3岩本町ビル

TEL : 03-5835-2811 FAX : 03-5835-2923

<http://www.staedtler.jp/>

### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022

東京都港区海岸3-18-1 ピアシティ芝浦ビル

TEL : 03-5442-4001 FAX : 03-5442-6256

<http://www.solidworks.co.jp/>

### タケダコーポレーション株式会社

〒130-0003

東京都墨田区横川1-3-9

TEL : 03-3626-7821 FAX : 03-3626-7822

<http://www.takeda-ee.com/>

### 森北出版株式会社

〒102-0071

東京都千代田区富士見1-4-11 九段富士見ビル

TEL : 03-3265-8341 FAX : 03-3261-1349

<http://www.morikita.co.jp/>

### ユニインターネットラボ株式会社

〒104-0054

東京都中央区勝どき2-18-1-1339

TEL : 03-6219-8036 FAX : 03-6219-8037

<http://www.unilab.co.jp/>

### ラティス・テクノロジー株式会社

〒112-0004

東京都文京区後楽2-3-21 住友不動産飯田橋ビル10F

TEL : 03-3830-0333

<http://www.lattice.co.jp/>

### REALLUSION INC.

〒160-0023

東京都新宿区西新宿8-3-1 西新宿GFビル4F 4C号室

TEL : 03-6869-6976 FAX : 03-5321-9120

<http://www.reallusion.com/>



オートデスクでは、  
次世代の技術者、クリエイターを育成するために  
さまざまな支援施策をご用意しています。

産業界で普及している最新の技術や製品を導入していただくだけでなく、グローバルに教育機関で展開されているカリキュラムの公開をはじめ、日本人で、またはグローバルに交流できるコミュニティサイトもご用意しています。多彩な施策を活用いただき、国際的に活躍できる知識やスキルを身に付けることができます。

#### 商用ソフトウェアの教育機関向け配布サイト Academic Resource Center (ARC)

オートデスクは教育機関向けにご提供していたエデュケーションライセンスを無償化しました。ご利用いただけるソフトウェアは、Education Master Suite製品に含まれている製品と Entertainment Creation Suiteに含まれる製品になります。

これらソフトウェアは学内の施設をはじめとして、学内で分散されたキャンパスでもご利用いただけます。次世代の学生のキャリア生成やスキルアップ支援に役立つ、最新技術が搭載された最新

バージョンをこの機会にぜひご利用ください。ARCを用いて学校内でご利用いただけるほか、教員や学生が個人でご利用される際にも無償でソフトウェアをご利用いただけるプログラムもご用意しています。

また、学生以外の家族や友人同士でダウンロードして趣味で楽しむことができる123 Dソフトウェアツールも無償でご用意しています。ぜひご利用ください。

- ライセンス認証(アクティベーション)後、3年間ご利用いただける教育機関向けライセンスです
- 最新バージョンとその3バージョン前までご利用いただけます(2015:最新、2014、2013、2012)
- ネットワーク、スタンドアロン型ライセンスの2種類をご用意しています
- 1シリアル番号に対して125シートが発行されます



#### ■ 提供ソフトウェア (下記は一部)

AutoCAD®  
AutoCAD® Architecture  
AutoCAD® Civil 3D®  
AutoCAD® Electrical  
AutoCAD® Map 3D  
AutoCAD® Mechanical  
Autodesk® Alias® Design  
Autodesk® InfraWorks  
Autodesk® Inventor® Professional  
Autodesk® Navisworks® Manage  
Autodesk® Revit®  
Autodesk® Robot™ Structural Analysis Professional\*  
Autodesk® CFD  
Autodesk® Simulation Mechanical  
Autodesk® Simulation Moldflow Adviser Ultimate  
Autodesk® Vault Basic  
Autodesk® 3ds Max® Design  
Autodesk® Maya®  
Autodesk® Softimage®

※一部の製品は英語版のみの提供となります。

プログラムの詳細や登録方法については  
▶ [www.autodesk.co.jp/eduportal](http://www.autodesk.co.jp/eduportal)

Autodesk, AutoCAD, AutoCAD LT, Inventor, Inventor LT, Civil 3D, LT Civil, Maya, Maya LT, mental ray, MotionBuilder, Mudbox, Navisworks, Revit, Revit LT, Showcase, Vault, および 3ds Max は、Autodesk, Inc. またはその子会社の米国およびその他の国における商標または登録商標です。その他のブランド名、製品名、または商標はそれぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、販売する製品とサービス、および仕様や価格を予告なく変更する権利を有します。また、このドキュメントに記載されている情報で文章や画像上の間違いがあっても、オートデスクはその責任を負いません。

© 2014 Autodesk, Inc. All rights reserved.

オートデスク株式会社 [www.autodesk.co.jp](http://www.autodesk.co.jp)

〒104-6024 東京都中央区晴海1-8-10 晴海アイランドトリトンスクエア オフィスタワーX 24F  
〒532-0003 大阪府大阪市淀川区宮原3-5-36 新大阪トラストタワー 3F



## 編集後記

この夏も、各地で豪雨災害があり、被害に遭われた方もいらっしゃるのではないかと心配しております。つくづく地球に何か異変が起こってしまっていると感じます。

昨年度に続き今号も、2号と3号の合併号になってしまいました。最近では、会員からの投稿論文は受け付けているものの、査読によって掲載にまで至らないことがあることも確かです。編集委員会としては、日本図学会としての論文の質を維持すべきであることをご理解ください。

8月には、図学国際会議がオーストリアのインスブルックで開催されました。山々に囲まれた谷間に位置する、歴史を感じさせる、大きくもないけれど、気持ちのよい街でした。日本人による発表も多く、日本からの参加者は開催国をも上回るほどでした。私自身も前は参加できなかったのですが、この会議で会うことができる友人たちとの再会を楽しみました。この報告は、次号に掲載いたします。

秋季大会が東京藝術大学で11月に開催されます。講演発表の件数も多いのですが、今回は藝大ならではのプログラムとして、作品展示を行います。「会告1」に作品展示リストが発表されております。会員以外の作品もあり、これを機会に会員になっていたいただければと思います。

(K. M.)

jsgs2014  
ICGGINN

## 日本図学会編集委員会

- 編集委員長 面出 和子
- 編集副委員長 今間 俊博
- 編集理事 安藤 直見  
佐藤 尚  
定国 伸吾  
椎名 久美子  
竹之内 和樹  
館 知宏  
種田 元晴  
橋寺 知子  
三谷 純  
宮腰 直幸  
宮永 美知代  
向田 茂  
山畑 信博  
吉田 晴行
- 編集委員 加藤 道夫  
斎藤 綾  
堤 江美子  
村上 紀子

デザイン 丸山 剛

Journal of Graphic Science  
of Japan

## 図学研究

第48巻2・3号(通巻143号)  
平成26年9月印刷  
平成26年9月発行

発行者：日本図学会

〒153-8902  
東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部

総合文化研究科

広域システム科学系

情報・図形科学気付

Tel : 03-5454-4334

Fax : 03-5454-6990

E-mail : [jsgs-office@graphicscience.jp](mailto:jsgs-office@graphicscience.jp)

URL : <http://www.graphicscience.jp/>

印刷所：電算印刷株式会社

東京営業所

〒101-0051

千代田区神田神保町3-10-3

Tel : 03-5226-0126

Fax : 03-5226-3456

E-mail : [s-takayama@d-web.co.jp](mailto:s-takayama@d-web.co.jp)

*Journal of* 図

*Graphic* 学

*Science* 研

*of Japan* 究

Vol.48  
No.2・3  
September  
2014

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



<i>Shinobu NAGASHIMA</i>	01	<i>Message</i>
<i>Daiji OKADA, Takuya MATSUURA</i>	03	<i>Research Paper</i> A Comparative Study on the Spatial Cognition of Students in Astronomy
<i>Sosuke KANEKO, Hidekazu TSUJIAI</i>	11	<i>Notes</i> A Study of the Present Condition and the Efficiency Using Graphical Programming Tool with vvvv
<i>Tetsuo KANEKO</i>	23	<i>Art Review</i> Sofa "hotdog"
<i>Tetsuo KANEKO</i>	25	<i>Art Review</i> Bookshelf "Sneo"
<i>Keiji SONODA, Kazuki TAKENOUCI</i>	27	<i>Seminar</i> Geometric Profile of Machine Elements (1)
<i>Ayaka Otsuki</i>	33	<i>Report</i> Report on the Spring Meeting of 2014
<i>Kensuke YASUFUKU et al.</i>	45	Summaries of Papers in the Spring Meeting of 2014
	52	Best Presentation Award in the Autumn Meeting of 2013
	53	Introduction of New Honorary Members
<i>Kenjiro SUZUKI, Emiko TSUTSUMI, Kumiko SHIINA</i>	54	Report on the 51th Graphic Education Forum
<i>Yayoi YOKOYAMA et al.</i>	64	Report on the Winter Meeting of the Chubu Area 2013
	71	Newsletter