

第44巻1号  
通巻127号  
2010年（平成22年）  
3月

日本図学会



図 *Journal of*

学 *Graphic*

研 *Science*

究 *of Japan*

長坂 今夫	01	巻頭言
福江 良純	03	研究論文 彫刻における立体概念の形成
藤田 眞一、加賀江 孝信、城 仁士	13	研究論文 3次元CADによる製図・設計教育が視点変換行為の形成に及ぼす効果
高 三徳、中佐 啓治郎	23	研究資料 ワイヤ式ポータブル三次元形状測定機の幾何計算およびCG描画ソフトの開発
松岡 龍介	31	作品紹介 ユニット折紙で作る星形の立体造形
川崎 寧史	33	作品紹介 線織面と映像による空間インスタレーション —Global Contrast—
	35	報告 2009年度秋季大会研究発表要旨
	42	2009年度秋季大会報告
	48	第3回 モノづくりと三次元CADに関するフォーラム
	49	第44回国学教育研究会報告
	55	会告・事務局報告

## 技術者への図学教育について

長坂 今夫 Imao NAGASAKA



機械工学科に所属し、非線形振動、特に回転体の非線形振動を研究しています。機械力学や機械設計などの専門の科目以外に、本学の機械工学科の学生およびある国立大学の機械系の学生に図学を教えています。以前は、機構学や機械設計製図も教えていました。非常勤講師として図学を教えている国立大学の先輩でもある先生のお誘いを受け、東海地区の図学関係の教官・教員で組織している図学教育ワークショップに2005年に入り、『可視化の図学』（ダイテック発行）の一章を執筆するとともに、2004年に日本図学会にも入会しました。幸運であったのは、長年日本図学会の懸案であった『図学用語辞典』を、そのときの図学会会長の加藤道夫教授の強いリーダーシップのもとで、纏め上げる作業に参画させていただいたことです。東京大学と神戸大学で交互に開かれる会議に参加し、幾何学や投影法を専門とされる先生方の口角泡を飛ばす激論を間近で見ることができました。図学という学問を、機械製図の基礎としてしか捕らえていなかった筆者にとっては、図学という学問の奥深さを味わいました。また、図学という学問のカバーする領域の広さにも驚かされました。天文、建築、CG、被服、美術、デザインなどがすべて図学の関連分野に入ってしまいます。常日頃、工学のしかも機械工学を専門とする研究者としか付き合いがない筆者にとって、そんなバラエティに富んだ分野の研究者とお話できたことだけでも幸せでした。

新参者ながら、今期から中部支部長という大役をおおせつかりました。まだ、「日本図学会中部支部秋季例会・研究会」を開催しただけですが、中部支部所属会員の皆様のご協力を得て、中部支部をより発展させていきたいと思っております。3月には富山県高岡市で冬季例会を開催しますが、その際、富山大学の辻合委員の骨折りで井波の彫刻や五箇山の合掌造りの見学会も企画しております。また、この例会での研究発表会では、若手研究者の入会促進と育成のために、学部学生と大学院生の優れた研究発表を表彰しようという企画も出ています。この企画は、今後も続けていきたいと思っております。

ここで、技術者、とくに機械系技術者への図学教育について述べたいと思います。前号で、国立大学における教養部の図学教室の解体を神戸大学の小高直樹教授が嘆いておられました。しかし、より深刻なのは、工学系の教育から、図学がなくなってしまう傾向があることです。専門教育として、機械製図や建築製図のある学科でも、製図の基礎としての図学が軽視される傾向にあります。コンピュータおよびソフトウェアの発達のため、3次元CADが一般化しつつある現在、手書きの製図が軽視され、さらに、その基礎である図学は言うに及びません。CADの優れた面は、ことさら述べるまでもありませんが、さりとて、図学や手書きの製図をなごりにしてよいのでしょうか。確かに、2次元あるいは3次元のデータがあるものを3次元の立体形状として表すとき、あるいはある断面で切断したとき、どのようになるかなどは、3次元CADがあれば容易に得ることができます。例えば、金型

の設計において、金型をどこで抜くのかという厄介な問題が、3次元CADを用いれば、比較的容易に解決できるので、金型技術者の養成期間が短くなったと聞いております。しかし、3次元の立体形状を新しく創造しようとするときには、簡単にはいきません。これからの技術者が要求されるのは、この創造性です。したがって、頭の中に立体形状を構築できるようにする、図学教育や図学的訓練の重要性が認識されなければなりません。このことは、こと製図を扱う機械系技術者や建築系技術者ととどまりません。例えば、金属の結晶構造を扱う金属系の技術者、あるいは有機化合物を扱う化学系の技術者にも求められます。金属の結晶構造が頭の中に描かれれば、どの面が滑りやすいかがわかりますし、有機化合物の立体構造が頭の中に描ければ、どの元素が離れ易く、どの位置なら新しい元素を付け易いかがわかるようになります。このように、図学的思考は、技術者には必須のものであると思います。しかし、これまでの筆者の経験から得られたことは、図学的な訓練をしても、必ずしもすべての人が頭の中に空間図形を描けるようになるとは限らないということです。頭の中に空間図形を描けない人にとって、有用な手段が等測図であると思います。はじめは、アイソメ斜眼紙を用いて描くことを訓練し、ついで白紙に描くようにしてゆけば、かなり有効な手段となります。このことは、機械系技術者あるいは建築系技術者が、3面図の読めない人に、3次元の立体形状をプレゼンテーションするときにも有用です。技術者に等測図を教えることを推奨します。

今年8月に京都において、第14回国学国際会議が開催されます。日本図学会中部支部長として、お手伝いできることを光栄に存じます。国際会議の成功をお祈りします。

---

ながさか いまお  
中部大学工学部機械工学科  
准教授  
研究領域：非線形振動，回転体の振動  
所属学会：日本機械学会，日本図学会，鉄鋼協会，化学工学会

## 彫刻における立体概念の形成

The Formation of the Concept of a Solid in Sculpture

福江 良純 Yoshizumi FUKUE

### 概要

彫刻とは、材料の素材が持つ3次元の立体性を本質的な形式とする芸術である。しかし、彫刻が3次元であるという自明の事実と、彫刻を立体として捉えるということは同一ではない。そこには、平面において奥行き概念を獲得する絵画空間にも似た、立体認識の特異な仕組みがある。ただし、立体概念とは単なる知覚以上の内容を意味し、感性上の現象であるという点で主観的な認識と言える。だが、それは2次元の平面に投影された線の認識を必要とし、それを手掛かりにすることで技術的に検証が可能である。ただし、彫刻における線の意味は、所与の実体である材料に対する操作を直接導く理念の現れでもあり、そこに彫刻の独自性がある。つまり、彫刻の立体概念には、単なる形状とは別種の、制作過程、素材の物性といった複合的要因が密接に関係しているのである。

キーワード：造形論／彫刻／立体感／直彫り法／正面性

### Abstract

Sculpture is a solid, three-dimensional form of art which is essentially identified with the material of the work. The accepted fact that the sculpture is three-dimensional does not equate to recognition of the sculpture as solid. There is a peculiar mechanism in recognizing the third dimension, which corresponds to space concept acquired on a two-dimensional plane of picture. This shows that the concept of a solid is more than the mere perception of form, and in a sense it is subjective recognition of this point. However, the concept of solidness requires the effect created by a line projected on the two-dimensional plane, which makes the technical verification of form possible. But the sense of line in a sculpture directly leads the manipulation to the material, or existent substance. This process gives the sculpture its own nature. In other words, the concept of a solid in sculpture is closely related to other factors, such as the production process and the nature of the material, which differ from the mere outer form.

**Keywords :** The theory of plastic art / Sculpture /Sense of solidity / Direct carving /Frontality

### 1. はじめに

彫刻は絵画に対置される限りにおいては、3次元の立体芸術と定義される。だが、3次元の立体物一般の中から彫刻が何に基づいて峻別されるかは決して自明ではなく、特に彫刻の概念自体が多義的になった今日、それは容易なことではない。このような現状を蓋然的なまま表現の多様性として包括するために、今日では「立体造形」という概念が一般化している。

それでもなお、彫刻というものに独自性を認め、「彫刻性」という意識のもとで、制作を追求する傾向があることも事実である。マッサ (mass)、ボリューム (volume)、ムーヴメント (mouvement) など、旧来、彫刻形状の特質を評価してきたこれらの言葉は、未だ彫刻を語る重要なキーワードであり続けている。このように、彫刻には一定のある傾向を帯びた評価が向けられており、そこに3次元の立体物における彫刻の特質を想定することができる。それは、パースペクティブが平面の中に空間を生み出し、いわゆる「奥行き手がかり」が疑似的な立体を表すように、3次元の立体に対して一層強い立体性を与える要因となる。

本研究は、知覚の問題に尽くされない、彫刻に典型的なこのような立体の現象を「彫刻における立体概念」として総括し、それが形成される過程を技法に即して検証するものである。また、扱う彫刻の領域を、カーヴィング (carving) による石彫および木彫に焦点を合わせた。これは、図的構想と彫刻材料が最も単純な形式で関係を持ち、立体化に伴う条件が現れやすいからである。「正面性」と呼ばれる彫刻の表現形式は、この時の最も基本的なモデルである。これは彫刻の立体概念が形成される基礎的な仕組みを示すもので、本研究はこれをもとに、ムーヴメントなどのより高次元立体概念が形成される仕組みを考究した。

彫刻の立体概念は、彫刻家自身の言説に即すなら「立体感」(Sense of solidity) と言われるところのものである。これは、彫刻家自身が彫刻の独自性を語る上での説

明原理でもある。また、同様に、彼らにとっての図的構想は設計図ではなく、「素描」と呼ばれる造形対象の認識を線に帰着させた、ある種の理念である（以下「線の感覚」と略す）。素描に示された造形の理念は立体感を伴って形になることで彫刻を生み出す。したがって、彫刻の立体概念は、材料への操作が線の感覚によって導かれた結果と言えるのである。本論の後半では、線の感覚をもとに彫刻の立体概念の考察を行い、作品の制作過程を記録したユニークな事例として、石井鶴三（1887-1973）の制作を取り上げ、考究の手掛かりとする。

## 2. 彫刻の正面性について

### 2.1. 彫刻と図的構想

彫刻の本質を何に求めるかという問いは、時間的には起源を遡及させ、原理的には方法の初発性を特化させることになる。多くの場合、それらは同時に現象しており、古代彫刻の技術は、その意味で有用な考察材料を提供する。これは、制作方法を純化すると、アルカイックな様相が自ずと醸されるという現象からも確かめられるところで、20世紀初頭のブランクーシ（Constantin Brancusi, 1876-1957）の作品などがその代表的な例であろう（図1）。

何がしかの構想をなす際、スケッチなどをもとに平面において検討することは特別なことではなく、図的構想はものづくり一般にとってまず取り組まれる作業である。特に構想を立体化する際、「線」は形の基本的条件を示し、制作の工程に直接関係するものとして重要である。

この仕組みは、3次元の立体芸術である彫刻の制作においても同様で、およそ歴史的に彫刻は何がしかの線の要素が用いられているとみてよい。古代のエジプトやギリシャの彫刻などには、立体に対する図的構想の基本的性質を例証するいくつかの特徴が残されている。また、今日の我々に残されている夥しい数に上る彫刻家の手による素描は、彫刻の歴史を図的構想の変遷としても記述を可能にする。だが、そこに線で現れるものは、長さや形状という形の条件だけではない。それというのも、線はそれ自体が示す内容以上に、材料に対する操作を導く働きがあるため、以下に見るように彫刻材料の物質性と結びつくことで、立体概念の基礎を形成していくからである。

では、線と物質がどのように関係すれば、3次元の立体が彫刻へと転位するのか。次に、制作の初発において図が立体概念に関与する過程を見ていこう。



図1 ブランクーシ《接吻》 1908

### 2.2. 彫刻の正面

我々は立体物を把握する際、天地、左右、前後など相対的な方向を定める（図2）。これは、独立した立体物の各点を、空間座標に還元する考え方である。だが、その中でも「正面」(front)という概念は、空間の特定方向に、ある種の特異性を認めるものとして重要である。

製図上の定義では、「正面」とは物体の特性が最もよく示されている方面を指す<sup>注1)</sup>。しかし、製図上の正面と、対象自体が持つ正面とは必ずしも一致していない。例えば、馬や魚などの場合、その形態の特性を最もよく示している側は、一般に側面であって、正面ではない。この場合の側面は、体軸に沿って左右対称を構成する生体の片側である。これに対し正面には、対象の主観が向く方向（この場合顔あるいは目の向き）という条件が関

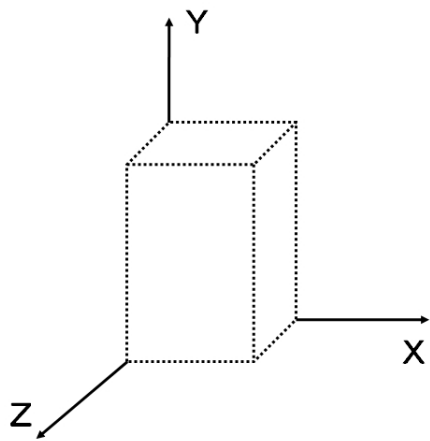


図2 直方体と座標軸

与している。同様に、人の手が生み出す形である彫刻においても、正面には他よりも優位な側となる何らかの条件が想定されねばならず、ここには、ある種の世界観が表明されることもある<sup>注2)</sup>。

例えば、橋本平八(1897-1935)の彫刻作品《石に就いて》(図3-①、②)を取り上げてみよう。この作品は、拾い上げた天然の原石を木材で忠実に再現した特異な作品として有名である。この作品には、本来没方向的な天然の石に感知した、明確な方向性が示されている。それは、作品のモデルとなった原石のある側に、「南無阿弥陀仏」と墨書きしてあることから推定されるものである<sup>注3)</sup>。ただし、重要なのは、その方向性の定位が技法的になされていることであり、ここで注目すべきはこの作品の台座の状態にある。台座は後から据えられたものではなく、作品と一体となっており、また、四角い状態で作品本体より一回り大きく残されている。このことは、作品本体が方形の台座を含む直方体の材料から彫りだされたことを意味し、作品の方向性が四角い台座の周囲4側面をもとに定位されたことは明らかである(図4)。つまり、彫刻の正面とは出来上がった形に向けられた評価ではなく、作品が手掛けられる際の材料の状態から導かれてくるのである。したがって、正面の優位性は制作手順として現れる。そのような直方体の面に設けられた、イメージの優先順位のもっとも基本的な現れを「正面性」(frontality)という。

正面性とは、もともとユリウス・ランゲ(Julius Henrik Lange, 1838-1896)が、古代エジプトやギリシャアルカイック期の彫刻(図5)の表現上の特徴を、正面性の法則(law of frontality)として提示したものである<sup>[1]</sup>。それは、人体彫刻の特徴として、垂直な正中線、左右対称性などを挙げて、総じて彫刻が観者に対し真っ直ぐに向き合うように作られていることを指摘した



図3-① 橋本平八《石に就いて》 1928



図3-② 正面

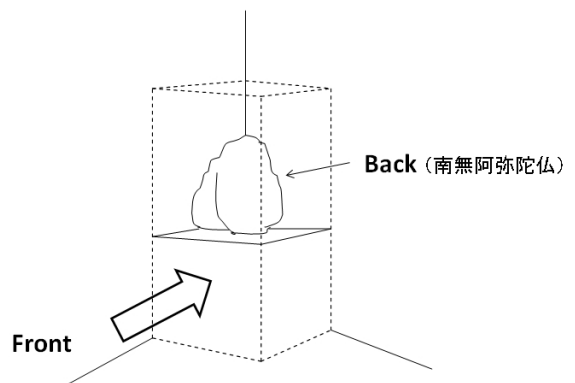


図4 方形の材料と作品

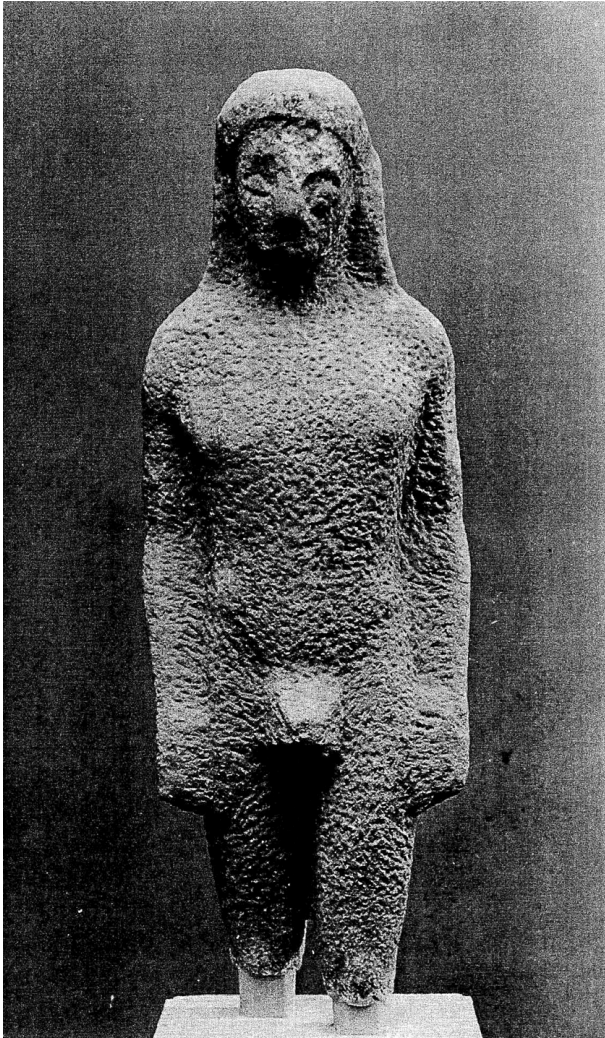


図5 未完成の彫像 B.C. 6世紀

ものである。しかしながら、このことは、実際には多くの彫刻が左右非対称であることや、群像のような作品にも明らかな正面が設定されている事実を説明するものではない。ただし、ランゲが示した正面性の条件は作品評価に関しては不十分であるが、図的構想の立体化と結びつけて考察することで、造形性についての有効な方法論を導き出すことができる。それというのも、作品の方向性が面によって決定される限り、面に投影されたイメージが形に定着するための仕組みがあるはずだからである。

### 2.3. 正面性と立体化

古代彫刻に多く認められる正面性は、彫刻の基本的な技術段階を示すものと言える。イメージを正面に投影する際の初発の操作は次のとおりである。まず、材料となる石材あるいは木材は、直方体のブロックに加工される。次いで、それぞれの面に対応する彫像の立面図が描かれる。その際、各面には事前に一定幅のグリッドラインが引かれることもあるが、これは、各面の立面図の正

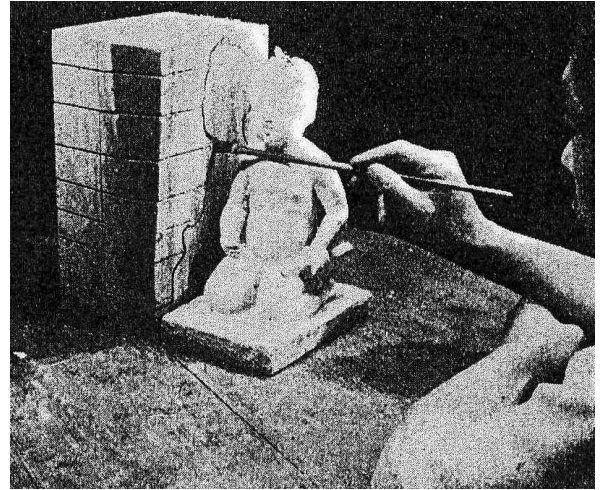


図6 石膏モデルの立面図化

モデルが小さい場合などは、直接的な方法で容易に立面図が得られる。基本的にはこれが各面に施される。

確さを期すための処置である。立面図そのものは、奥行概念を反映できず、したがって、彫像の立体性は捨象される(図6)。

これは一見、立体化に逆行するようであるが、これが所与の立体から彫り進める場合の基本的な手順である。正面性が重要なのは、古代彫刻に多く現れているという事実からも、そこに立体としての基本的性格が集約されているところにある。

図面の立体化に際し、カーヴィングの場合、所与の材料は付け足されることがない以上、各面に加えられる操作は必然的に奥行き方向に進められる。こうした立面図から形成される古典的な彫刻の制作過程について、新古典主義彫刻の代表格の一人であるヒルデブランド(Adolf von Hildebrand, 1847-1921)は、主著『造型芸術における形の問題』で次のように言明している。

彫塑が素描から生まれたということに疑問の余地はない。彫塑は、素描が奥行きをもち、浮き彫りに変化したものなのだ<sup>[2]</sup>。

ヒルデブランドは、このように彫刻を奥行き概念で説明している。ただし、この場合の素描には絵画の線遠近法に必須とされる視点は設定されていないことには注意が必要である。図7の方法のように、立面図は平行投影による2次元の平面であり、収斂する特定の消失点を要さない。これは、各面のシルエットがアウトラインにそって真っ直ぐ彫り下げられる手順を導くためであって(図7)、各面の素描を透視投象的に描いてそれに沿って彫り進めると、アウトラインは互いに整合性を失い単

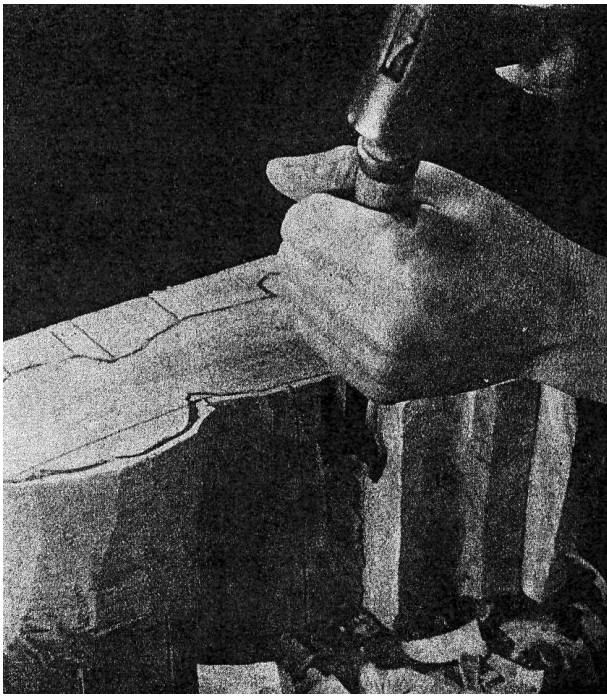


図7 シルエットからの彫り込み

一の立体形状を構成できなくなるからである。したがって、立体化の第一段階とは、描かれた立面図のシルエットの内側を残し、周囲を掘り下げることと言える。このことは、古代ギリシャの彫刻が、もともとはレリーフを空間的に深めることで形成されたという事実によっても、方法論としての基本が検証されよう(図8)。

形が最初のシルエットから奥行き方向に作られることは、立体を奥行き視として認識する視知覚の働きと似ている(図9)。シルエットは形に対する基準であり、これは知覚の上で投影面の位置に等しい。彫刻の正面性は、彫像が観者に向き合うような感覚を生むが、これは

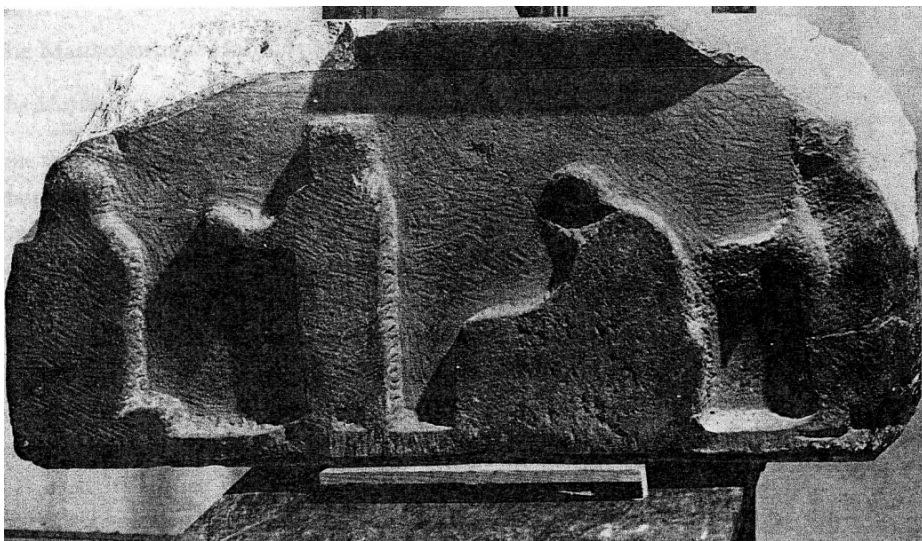


図8 制作過程のレリーフ

彫像の正面が観者の視点に合うよう作られたからではなく、形が投影面上に像を結ぶような位置に観者が立つことで感知されるのである。つまり、観者の視点が形成する奥行き視と異なり、正面性は物体の側が人その正面にまで動かすという意味で対象の側に主体がある。古代彫刻や礼拝対象の多くが正面性でもって威厳を表現しているのは<sup>註4)</sup>、この観る側と観られる側の主客の関係が関与しているのではないだろうか。正面性が立体で現される必要はここにある。

正面性と彫刻の威厳については、本研究の論旨ではないので、これ以上の言及はしない。ただし、ここに働く知覚の作用は、彫刻の造形性を説明する貴重な手掛かりとして重要である。つまり、制作過程で失われた面が形の印象に影響を残すのであれば、単なる外形に還元されない彫刻独自の印象が、制作の過程から生じることが推察されるからである。

#### 2.4. 正面性と図的規制

前述のように、正面性とは、鑑賞上の視点にではなく、制作を導く初発の操作に根拠がある。つまり観者が向き合う正面とは、単純化するなら彫像の正面ではなく、初発の平面のことである。なぜなら、この場合の正面はシルエットが規制しており、そこから立ち上げられた形は、ある程度以上の距離から眺められることで、アウトラインが知覚的に最初の平面に帰着するからである。

ランゲが提示した、垂直の正中線とシンメトリーという彫刻の正面性の特徴は、互いに直交する方向からのシルエットが同時に形を規制する最も基本的な形状であり、この場合、知覚的に立体が平面に帰着するパターンは正面と両側面に限られる(図10)。つまり、正面性と

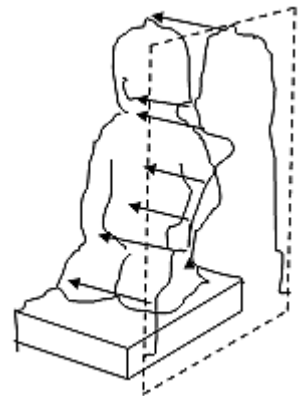


図9 シルエットと形態



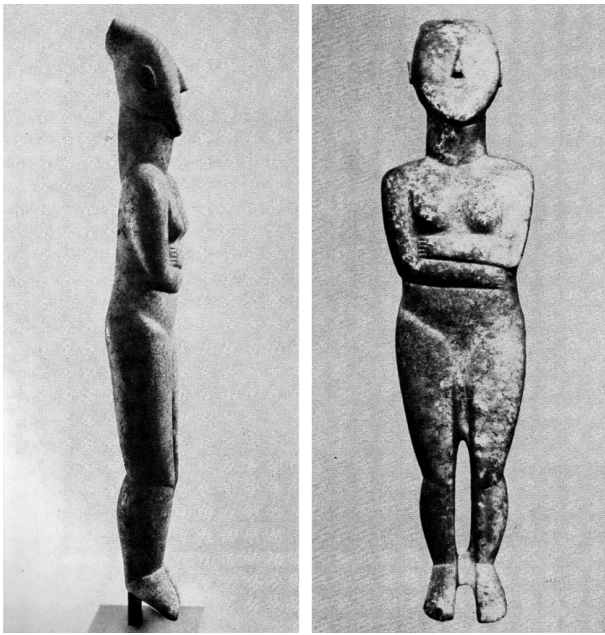


図10 キクラデスの女性石偶

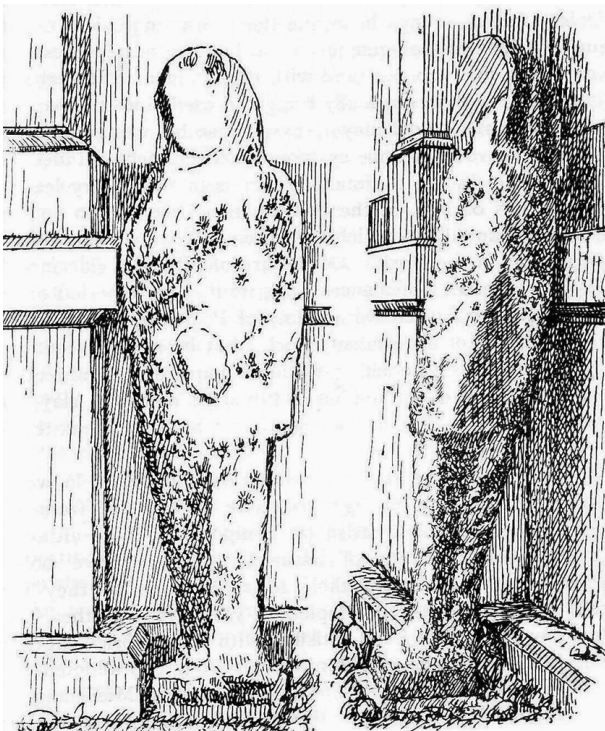


図11 制作過程の古代ギリシャ彫像 (Giorgio Vasari, VASARI ON TECHNIQUE, p. 193, fig. II)

は各側面が90°の角度を持つ直方体の材料の性格を残しつつ造形されたもので、彫刻的立体の最小条件を構成するものと言えよう。このことは、制作途上の古代彫刻の遺品でも確かめられるところで、それらは形態の角が落とされ丸く仕上げられる前に、まず大理石ブロックから2方向のシルエットが削りぬかれていることを示す<sup>[3]</sup>(図11)。

以上のことは、カービングにおける最初の形が直方

体であることを想定させる。ここに、彫刻独自の立体概念が形成されていく過程を読み取ることができる。つまり、彫刻は直方体を最小原型とすることで制作に一定の方向性が定まる。そして、そのことが、制作過程を視覚的に蓄積する仕組みを機能させ、物理的な外形に帰着しない彫刻の独自の印象を形成すると思われるのである。

このように、立体感とは所与の物体に人の手がかえられることで新しい形を得るところから始まる。つまり、彫刻は「立体である」のではなく、「立体となる」のであって、この仕組みが彫刻表現の原理となって働き、オリジナル作品としてのより高度な立体概念を構築していくのである。

### 3. 立体概念の形成

#### 3.1. 素描と立体化への操作

人が立体形態を認識する際、視覚の特性からその認識は図的になされる。彫刻家が制作に際して残すスケッチは、その事実を証拠立てるものと言える。この時、対象の立体性はどのように2次元から立ち上げられるのであろうか。作品の立体性は、物理的に材料の体積が確保するものであれば、彫刻の立体概念とは造形に伴う諸条件が関係することは確かである。彫刻は、所与の実体に対する操作によって生み出されるのであり、要するに立体概念とは能動的に形成される。ただし、能動的な操作は、場当たり的になされるのではない。なぜなら、その過程の随所に彫刻家の線を扱う感覚の働きを認めることができるからである。

正面性とは、図的構想が立体化の制約から展開するときに見える。そこに描かれる立面図は、2次元の並行投影が描き出した均質のラインが構成する純粋な平面であった。これが、直交2方向から材料の外形を規制することで、垂直な正中線とシンメトリーという最も基本的な彫刻形態が形成されるのである。

シルエットのアウトラインが、このように単純な立体を構成するのであれば、形を規制する線の間関係を複雑化させることでより高度な立体形状が得られる。したがって、マッス、ヴォリュームなど彫刻の立体感に関する評価や、ムーヴメントと言われる動きの印象(動勢)には、より複雑な線の間関係とそれに導かれる操作の視覚的な蓄積が想定される。

とりわけムーヴメントとは、マッス、ヴォリュームなどが連動する様を統合的に捉えた全体像に発生する、作品の重要な表現内容である。ムーヴメントの看取と創出のために、彫刻家は多くの予備的な習作を残すが、この

場合も構想は線的になされる。この段階になると、線は単純なアウトラインではなく、線に量や質的な変化を帯びたものとして扱われる（図12-①，②）。つまり、立面図は放棄され、彫刻家の直接的かつ感覚的な立体認識が線に反映されるのである。

この種の、感性を反映した、図的な構想を手掛かりに制作する手法をダイレクトカービング(direct carving)という。これは、複製技術である星取り法(pointing technique)に対する反省から、特に近代以降に再度重要視されるようになった手法である。ただし、ダイレクトカービング自体は決して近代的手法ではなく、人と素材の関係においては最も原始的な手法である。ここに重視したいことは、カービングによって人と素材の関係に個性が生まれ、そのことで形状が単なる図案の立体化ではなく、近代のオリジナル性の必要に応えることである。

この場合の線の感覚は、シルエットを構成せず、その時々々の形状認識を反映しながら直接材料に描きつけられる。そのことで、操作は漸次的に変化の可能性を孕みながら立体的に展開していく。つまりは、シルエットの場合と異なり、任意の視点が複数関与し、そのことで単一の面に還元されない立体が導かれるのである。

この時、初発の操作が潜在的な影響を残すという前述の立体化の仕組みが働き、多角的な印象を統合することで立体形状が彫刻作品として現象するのである。ダイレクトカービングは、彫刻の立体概念をオリジナル性との関係で形態の統合過程として視覚化する有効な考察材料である。次に、一つの事例を取り上げよう。

### 3.2. ダイレクトカービングと視点移動

前述のように、古代の造形は技術的に視点が制限されることでシンプルな正面性が形成されるが、逆に彫刻がダイナミックな立体性を構成するためには、更に複数の視点が設定されねばならない。つまり、彫刻が単一の形を現すために、制作は多方向からの印象を統合していく必要がある。そして、その際、重要な働きをするのが造形の理念を反映した線の感覚である。この意味では、立体感は平面よりむしろ線に帰着するとも言えるかも知れない。

描写を通して、対象の主観的な印象を捉えていくタイプの素描は、近代以降の芸術の主流をなす方法論の一つでもある。ダイレクトカービングは、その特性を具体化する即興性の高い手法として、オリジナル性を重視する多くの彫刻家が回帰するところである<sup>注5)</sup>。

もとより、立体感は主観的なものであり、立体性が彫

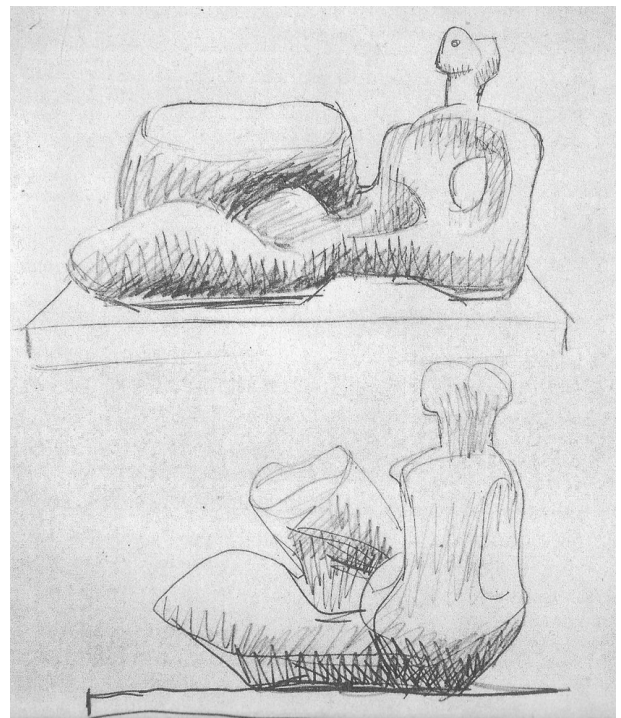


図12-① Henry Moore, Sketches for Unesco Reclining Figure 1956

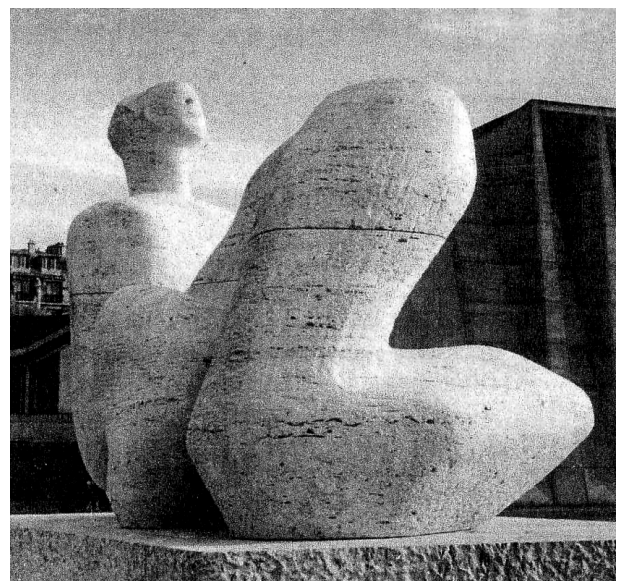


図12-② Moore, Unesco Reclining Figure 1957-8. W. J. STRACHAN, "TOWARDS SCULPTURE", (1976), THAMES AND HUDSON, LONDON, p. 64.

刻の問題意識に上ること自体、近代の意識性の台頭が想定されねばならない。このような主観に重きを置く造形感覚が、素描にアウトライン以外の印象を反映させることになる。アウトラインに収斂されないこの種の素描は、その意味で形状的には正確さに欠ける。しかしながら、そのことで素描を彫刻へ適用する過程にダイナミックな影響を与え、立体概念の形成に重要な働きをする。操作のダイナミズムと作品のオリジナル性の結びつき

は、所与の材料に描きつけられた線が明らかに示す。なぜならこの場合の線は立面図と異なり、材料の切削を個別的で不可逆的な操作として立体的に展開させるからである(図13~図16)。

図11から図14は、石井鶴三の木彫の制作過程である<sup>注6)</sup>。この場合、当初の操作はブロック状に加工された木材の各面に施した素描をもとに、感覚的に任意の判断で面を切り取っている。その操作は、ラインに沿って形を削り貫くものではなく、新しい面の創出となっている。そして新しい面には、さらに線描が加えられている。これは次に切り取る面を見出す手掛かりとなるもので、切り出された各面は、それぞれ異なる新しい視点を設定させることになる。つまり形はこの操作ごとに視点を移動させ、それぞれの印象を蓄積していくことになる。したがって、この場合の立体化は、形を単純に当初の直方体の面に帰着させない。むしろ、単一方向からの形状把握に不十分さを感じさせ、観者の視点を正面ではなく周囲を巡らせるよう動きを誘発することになる。これは、積極的な立体感を感知させると同時に「動勢」と呼ばれる、芸術特有の動きの印象を生む。

### 3.3. 技法と立体感

視知覚の理論の上では、立体視は奥行き視の下位概念として扱われている。この考えのもとでは、最初の面が最後まで印象として残るといふ上述の現象は、立体が面に対して奥行きとして認識されているということに他ならない。この場合、立体感も、知覚の上では多視点からの奥行き視を統合したもの、と言うこともできるだろう。ただし、この見方は、実際の彫刻から感じられる力強い立体性の説明には不十分であると思われる。なぜなら、彫刻は形態の認識と形成過程が織りなす表象活動の

産物であって、そこには制作に伴う実際的な条件が関与しているからである。

確かに形は視覚の問題である。しかし、彫刻材料の物質的特性は、形態が導き出される過程に影響しているのであって、彫刻の形に現れるものは単なる視覚情報に尽くされない。要するに、彫刻には、物理的外形だけでなく、物理的要因が形の見え方に作用している。したがって、立体感の現象を実際に即して理解するためには、材料に対する操作に言及しなくてはならない。この時、物理的な要因を「技法」という現実的な操作方法として捉えることが有効である。

彫刻の技法とは、言わば物理的要因を形に統合するために系統立てられた技術のことである。ただし、創意を反映するために各作業の段階には、ある種の心構えを反映する固有の名称が付けられることもある。例えば、本研究で取り上げた木彫の場合、材料に描きつけられた素描をもとに、最初の切削を施す操作は特に「木取り」と呼ばれている。木彫の立体概念はこの「木取り」が特質づけており、このことについて石井は次のように語っている。

木彫の場合で見ると、最初の仕事は、与えられたる木材に鋸、手斧、鑿などを用いて面を作ることであり、かくして幾つかの面をつくり、作らんとする彫刻の外郭を決定します。この最初の仕事を単に木材の荒ごなしと考えては間違いです。彫刻の外郭を決定する重要な仕事と考えなくては嘘です。この最初に決定された外郭のもつ面と動勢がその彫刻を最後まで支配するのであります<sup>[4]</sup>。

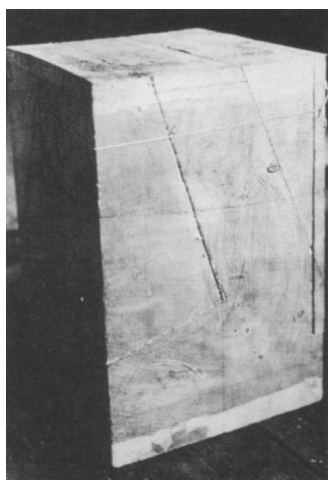


図13



図14

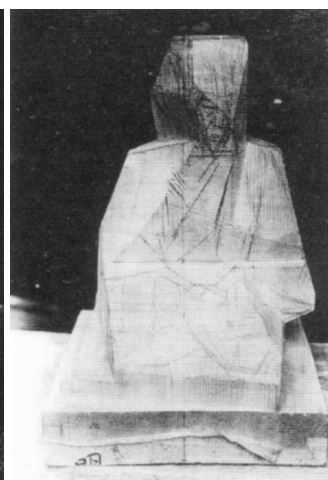


図15



図16

図13~図16 石井鶴三《島崎藤村先生像》制作過程 1951

ここに語られている、「外郭のもつ面と動勢がその彫刻を最後まで支配する」ことに関して、本研究では操作の過程が印象として蓄積される現象として扱った。彫刻は素材ごとに用具や工程が異なり、したがって技法が立体感を形成する仕組みには、素材ごとの方法論が存在する。その意味で、木取りは鋸で挽くことのできる木材が誘発した形へのアプローチ法である。ただし、彫刻に立体感という共通の要因を認めていく限り、各技法には立体感を生み出す同一の原理が想定されねばならない。要するに、重要なことは、各技法を個別の方法論としてではなく、「彫刻」という一つの現象を描き出す説明原理の文脈に置くことである。そこで、彫刻の素材を物理的実体として一元のもとに捉え、技法を力学的様相に還元すると、彫刻を共通の原理で概念化することができる。

### 3.4. 物質性の問題

物理的量に対する操作は、増加と削減の2方向に還元される。彫刻の技法も、この原則に従って二元論的な構造を持っている。モデリングとカーヴィングはこの構造の両極に対応する制作技術である。モデリングは古来、カーヴィングのための立体的構想としての性格が強かったが、技術的な構造はカーヴィングと対称的な関係にある。それというのも、材料を削る方向のカーヴィングに対し、モデリングは心棒という内部の構造に粘土を集積することで造形するからである。これを、素材に対する操作の方向に置き換えると、カーヴィングは外から内、モデリングは内から外へ向うことになり、互いに逆の仕組みを持っていることが分かる。したがって、カーヴィングにおいて印象を蓄積する仕組みが、外郭から奥行き方向になされるのであれば、モデリングでは中心から外側に向かう逆の方向として現象する<sup>注7)</sup>。

このように、互いに逆の仕組みにある技法がともに同一の立体感を現し、彫刻を構成していくなら、両者は同一の作用として解釈されねばならない。たとえ形は視覚の問題であったとしても、それは、打たれ、削られ、切り取られ、圧縮されるなどの操作に対する、材料の物性が現れたものである。要するに、人の手による彫刻の形は、力学的な様相を帯びたものとして立ち現れる。

力学的に見るなら作用の向きが逆であるカーヴィングとモデリングは、作用反作用の関係にあると言える。彫刻技法が形の形成の方向を示すならば、形自体は力学的な作用の均衡を示すことになる。カーヴィング、モデリングの両技法は、それぞれ反作用を内在させており、この力学的な均衡は、制作の実質的な手掛かりとして彫刻家に感知される。例えば、制作時の「素材の抵抗感」は、

制作の障害ではなく、人の手を制御する形状操作の有効な制約として働くのである<sup>[5]</sup>。

確かに、人間の意識を離れると彫刻も単なる3次元の物体の一つに過ぎない。しかしながら、単なる物体に対し、作用を及ぼすものが人の手であるなら、その作用を彫刻へ向けて導くものが想定されねばならない。それが、本研究の出発点である線の感覚である。つきつめれば、彫刻制作は線の感覚を素材に適用する際の物理現象に還元される。線には、力学的な作用の方向や強弱などを導く、時間、空間の感覚が内在しており、作られる立体の情報が集約されて描き出されている。そして、線が制作行為を誘発することで、操作の手は素材に制作時の意識を形として刻み込む。

制作の過程において、物質的な痕跡が形に蓄積される様子は素材ごとに異なり、それが表現上の特質となる。そのことで、作品の主題は多様に展開される可能性が開かれる。その時、知覚と行為をつなぐ線の感覚は、カーヴィング、モデリングの両技法に共通する彫刻の理念でもある。こうした線の持つ制作上の重要性は、彫刻家自身の自覚するところでもあり、素描を重視する態度を醸成する。最後に、立体性に特化した制作を追求した石井鶴三の言葉を引こう。

彫刻は線の芸術です。ものの形に線の美を見る事、ものの形をかりてその中に線の美を立体的に構成する事、そこに彫刻の全部があります<sup>[6]</sup>。

## 4. まとめ

本研究は彫刻が成立する重要な要因として、立体感という感性上の現象に注目した。そこで、制作上の技術的な手掛かりをもとに、形態形成の原理を遡及することで、彫刻における立体の概念の形成過程を描き出してみたものである。そこで見出したことは、線の感覚と素材が織りなす当初の操作が、最後まで影響を残すことになるという造形の仕組みである。彫刻の正面性は、その最も単純なモデルであり、それゆえに古代彫刻の中心的形式でもあった。

表現形式の複雑化は高度な形態再現の技術を要求することになるが、歴史的に見ても形態の複雑さが必ずしも立体感を強めていたわけではなかった。近代の意識性の高まりの中で芸術が自律性に目覚めると、彫刻も形成原理が遡及され、原初的な手法へ回帰する制作の傾向を生んだ。その彫刻の基本的性格に立った彫刻技法がダイレクトカーヴィングであり、近代のオリジナル性の要求に

応えと同時に、彫刻の立体性そのものを主題として特化させることになる。

彫刻の立体概念とは、形態形成の過程が密接に関わっており、彫刻の現象を統合的に検証するためには、制作技術と素材の関りに踏みこまなくてはならない。従来、彫刻技法はモデリングとカーヴィングとの二元論として考察されているが、本研究は図的な性格の強いカーヴィングのみを扱った。

ただし、物理的実体である彫刻を扱う上で、カーヴィングのみで語ることは十分とは言えない。なぜなら、カーヴィングは物理諸量を削減するマイナスの作用であり、これは作用の均衡の片側、つまり立体認識を奥行き方向として説明するものだからである。したがって、奥行き視が積極的な立体感に転じる仕組みについては、制作技術のプラスの作用を勘案し、立体感を形における作用の均衡として総合的に論じなくてはならない。彫刻技法のプラスの作用に相当するのが、モデリングであり、これら対照的な両技法の対置において、彫刻技法は力学的要因として扱われることが可能になる。

したがって、彫刻の立体概念の形成に関する力学的要因について、今回は未検討の課題として残されている。だが、両技法ともに形を統合するものであれば、そこに働く造形の原理に、線の感覚という共通項が導かれてくるのである。

## 注

- 1) 主投影図の見解では、ものには代表的な面が存在し、立体の形状・機能を最も明瞭に表わす面を正面と定め、これをもとに直交3方向の座標軸をとる。それが品物である場合、加工量多い工程を基準に、その加工の際に置かれる状態が正面とみなされる。(日本図学会、『図形科学ハンドブック』、森北出版(1980)、p. 520、磯田浩、鈴木賢次郎、『図学入門』、東京大学出版会(1986)、p. 60)
- 2) 彫刻には、特別に優れた造形性を示す視点(point of view)が存在する。彫刻の周辺空間に無数に存在する視点(all round view)の内より、特定の視点を見出す際、動勢(mouvement)など、造形性を評価する手掛かりが用いられる。また、人体彫刻であれば、体軀や特に顔面の向きは重要である。宮永美知代、彫刻の表現と断面図形との関係、日本図学会編、『美の図学』、森北出版社(1998)、pp. 154-157を参照した。
- 3) 原石の窪んだ箇所、その意図は明確ではないが「南無阿弥陀仏」と墨で書かれている。この作品は図版などでは常に、原石のそれとは反対の側を正面として紹介されており、形状の複雑さからしても、その側を正面とみなして差し支えないと思われる。
- 4) 威厳に関して、アイコン(icon)と呼ばれる肖像画は、立体における正面性の形式を2次元で表わし、肖像画の図

像に偶像的威厳を与えたものである。

- 5) ダイレクトカーヴィングは、19世紀に流行した複製技法の星取り法(pointing technique)に対する反省的自觉から、19世紀以降、再度重視されるようになった。これはルネサンス以来の復活とも言えるが、近代のオリジナル性重視の中で採用されたところに、近代彫刻の特質がある。星取り法の技術的特性とダイレクトカーヴィングの性格については、拙稿、彫刻技法「星取り法」の造形的特性—オリジナルと複製を跨ぐもの—、図学研究、第42巻1号(2008)、pp.11-20を参照されたい。
- 6) 石井鶴三は、2体の《島崎藤村像》を制作する際、『島崎藤村先生刻木制作日記』と題して、制作に関する日記を手書きの図と制作過程の写真ともに日記して残している。日記と木取りの端材は現在、長野県木曾福島・木曾教育会郷土資料館に収められている。
- 7) 近代の芸術現象の一つの特徴として、「未完成」や「断片様式」に特徴付けられる「形態の現れ」が挙げられる。これは、対象の有機的な様相を、未完成や不完全な断片で再現することで、形態形成の過程を視覚化したものである。彫刻の未完成の問題については、J. A. シュモル、「トルソ=モチーフの生成とロダンにおける断片様式の意味」、J. A. シュモル編、『芸術における未完成』、岩崎美術社(1971)を、彫刻における形態の現れについては、拙稿、彫刻技法「星取り法」と形態の生成—ロダンにおける模倣について—、美術解剖学雑誌、第12巻第1号(2008)、pp.48-57を参照されたい。

## 参考文献

- [1] 『新潮世界美術事典』、新潮出版(1985)、p. 716
- [2] A・ヒルデブランド、加藤哲弘訳、『造形芸術における形の問題』、中央公論出版(1993)、p. 103  
原文：“Die Plastik ist unzweifelhaft aus der Zeichnung entstanden, indem diese durch Vertiefung zum Relief fuhrete.” (Adolf von Hildebrand, Das Problem der Form in der Bildenden Kunst, J. H. ED. HEITZ (HEITZ & MONDEL) (1918), p. 99)
- [3] Giorgio Vasari, VASARI ON TECHNIQUE, Dover Publications, Inc. (1960), pp. 192-193
- [4] 石井鶴三, 「彫刻」, 『石井鶴三全集5』, 形象社(1987), p. 261
- [5] 福江良純, 「彫刻としての造形」, 加藤茂, 『造形の構造』, 晃洋書房(2006), pp. 195-206  
Alec Miller, “Stone & Marble carving”, University of California press (1948), p. 38
- [6] 石井鶴三, 「線」, 『石井鶴三全集2』(1986), p. 393

●2009年1月15日受付

ふくえ よしずみ

京都府立京都八幡高等学校 教諭

博士(学術)

京都府八幡市男山吉井7番地

TEL 075-981-3508

E-mail: y-fukue@kyoto-be.ne.jp

## 3次元CADによる製図・設計教育が視点変換行為の形成に及ぼす効果

An Effect of the Drafting and the Design Education Using 3D-CAD on the Formation of Visual Point Transformation Ability

藤田 眞一 Shinichi FUJITA

加賀江 孝信 Takanobu KAGAE

城 仁士 Hitoshi JOH

### 概要

本研究では、中学生を対象に2次元製図（従来の手描きによる製図）と3次元CAD（Pro/DESKTOP）による製図を一体とした設計教育と視点変換行為形成プログラムを、中学校技術・家庭科の技術分野の授業で実施し、視点変換行為の形成を内含した3次元CADを用いた製図・設計教育の効果を形成実験的手法により検証した。その結果、視点変換行為形成プログラムを含む2次元製図と3次元CADを一体とした設計教育が、視点変換行為の形成に有効であり、3次元CADが生徒の学習活動を十分に支援することが明らかとなった。

**キーワード：**設計・製図教育／3次元CAD／視点変換行為／視点変換行為形成プログラム

### Abstract

This study is to investigate an effect of the design education using 3D-CAD (Pro/DESKTOP) and 2D-Drafting (traditional drafting) and the program for development of visual point transformation ability for the junior high students through the formation experiment method of visual point transformation ability. The results of the investigation have indicated that the design education using 3D-CAD & 2D-Drafting and the program for development of visual point transformation ability are effective for the formation of the visual point transformation ability and clarifies that 3D-CAD supports the learning activity of the students enough.

**Keywords :** Design education / 3D-CAD / Visual point transformation ability / Program for development of visual point transformation ability

### 1. 問題と目的

本研究の目的は、中学生を対象に従来の手描きによる製図（以下、2次元製図と表記）と、3次元CADによる製図（以下、3次元CADと表記）を一体とした教育を中学校技術・家庭科の技術分野（以下、技術科と略記）で実施し、視点変換行為の形成を内含した3次元CADを用いた製図・設計教育の効果を検討することにある。

先行研究<sup>[1]</sup>では、中学生を対象にした2次元製図と3次元CADによる製図を一体とした設計教育は、投影・構成行為を十分形成する上で非常に有効であり、特に3次元CADは生徒の学習活動を「分かりやすさ」の点で支援していることが示唆された。しかし、「視点変換行為」については、先行研究の投影・構成行為の形成を中心とした形成プログラム（4時間）では、十分な形成効果が認められなかったことから、本研究では「視点変換行為」に焦点をあて、新たに、「視点変換行為形成プログラム」を開発し、視点変換行為の形成に中心をおいて、3次元CADの活用の可能性を検討する。

本研究では、視点変換行為を「2次元平面上に等角図で示された立体から、立体イメージを表象し、表象した立体イメージを表象レベルで回転させ、回転後の立体イメージを2次元平面上に等角図で描画する行為」<sup>[2]</sup>と定義する。また、3次元CADとして「Pro/DESKTOP」を用いる。

「視点変換行為形成プログラム」を開発するに当たって、「視点変換行為」と関連がある「空間認識力」に関する研究を概観してみる。その中で、図学教育における研究<sup>[3],[4]</sup>では、MCT（切断面実現視テスト）<sup>[5]-[9]</sup>やMRT（Mental Rotations Test）<sup>[10]</sup>、他のテスト<sup>[11],[12]</sup>を実施して空間認識力を測定した研究がある。また、技術教育ではPro/DESKTOPでの設計教育をPVRT（Purdue Visualization of Rotation Test）で測定した研究や、数学教育などでも空間認識力の形成に関する研究<sup>[13]-[20]</sup>がある。しかし、研究の多くは大学生を対象

にしたもので、その測定も MCT や MRT の問題例のように「選択問題」が中心であり、空間認識力を「描画」面も含めて分析した研究はみられない。

これらのことから、中学生を対象にした「従来の手描きによる製図と、3次元 CAD による製図」を一体とした設計教育の中で、開発した「視点変換行為形成プログラム」を実施し、3次元 CAD を用いた製図・設計教育の効果を視点変換行為の形成から検討していく。本研究は、研究Ⅰ、研究Ⅱ、研究Ⅲの3つからなる。

研究Ⅰでは、「視点変換行為の困難さの理由」を明らかにし、研究Ⅱでは、「視点変換行為形成プログラムとその効果」を検討し、研究Ⅲでは、プロトコル分析によって「視点変換行為の困難さの詳細」を分析していく。これらの研究Ⅰ～Ⅲと技術科の研究授業全体の流れ（2008年4月より2009年3月まで、技術科の年間35授業時間で実施した、1～16授業時間の材料加工の学習）との関係を表1に示す。

表1 研究授業全体の流れと研究Ⅰ～Ⅲの関係

年月	時間(50分)	CAD→製作グループ	製作→CADグループ	研究
2008年3月		前テスト(30分) アンケート(10分)		研究Ⅰ
4月	1	選択テスト(5分) 材料加工(金風加工)の学習		
	2	CAD1 デザインの構想	金属材料について	研究Ⅱ
	3	CAD2 フリーハンドで描く	金風の加工方法について	
5月	4	CAD3 CADで設計	閉テスト(10分) CAD1 デザインの構想	
	5	CAD4 CADで鑄型を設計	CAD2 フリーハンドで描く	
	6	閉テスト(10分) 金属材料について	CAD3 CADで設計	
6月	7	金風の加工方法について	CAD4 CADで鑄型を設計	
	8	鑄型の製作	後テスト(10分) 鑄型の製作	
	9			研究Ⅲ
	10	後テスト(10分) 空気抜き作り	空気抜き作り	
7月	11			
	12	鑄込み		
	13			
9月	14	鑄造製品の研磨		
	15			
	16	製作品(鑄造製品)の評価・反省		
10月～3月	17～35	エネルギー変換の学習(動くおもちゃの製作)		
2009年3月		遅延テスト(30分)		

## 2. 研究Ⅰ 視点変換の困難さの同定調査

### 2.1. 目的

研究Ⅰは、「視点変換行為形成プログラム」の開発にあたって、先行研究<sup>[1]</sup>で明らかになった「視点変換描画課題の困難さの理由」の「描画方略的な難しさだけでなく、回転、動かす、中心(軸)を移す、視点を変えるなど、等角図で示された表象立体から、立体イメージを表象し、表象した立体イメージを表象レベルで回転させることが難しいと捉えていたこと」を踏まえた上で次のように問題設定した。すなわち、生徒は「描画方略的な難しさ」=「描くこと」を難しいと捉えているのか、それとも「等角図で示された表象立体から、立体イメージを表象し、表象した立体イメージを表象レベルで回転させ

ることが難しい」=「イメージを回転させること」を難しいと捉えているのかを同定することを目的とする。

### 2.2. 方法

「視点変換行為形成プログラム」の開発にあたって、「描くこと」を難しいと捉えているのか、「イメージを回転させること」を難しいと捉えているのかを同定するため、神戸市内A中学校2年生189名(13才～14才:男子生徒113名,女子生徒76名)の協力を得て、図1に示した「視点変換描画課題」を課した(2008年3月の前テスト)。さらに、前テストで実施した視点変換描画課題の5問の等角図を「水平面を時計方向に90°、180°、270°に回転させた等角図」の中から「90°に回転させた等角図」を選択させる図2のような「視点変換選択課題」を作成し、2008年4月にテストを実施した(n=138)<sup>注1)</sup>。

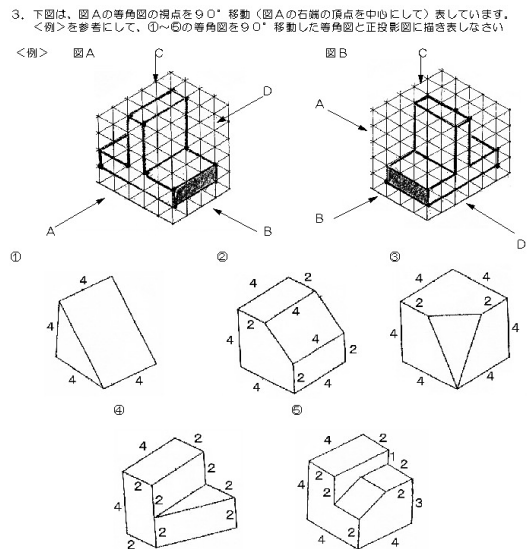


図1 視点変換描画課題

### 2.3. 結果と考察

視点変換選択課題は正答を「1」とした。生徒(n=138)の視点変換選択課題5問の平均正答数が0.82であり、全問正解者は66.7%(92人)であったことから、視点変換選択課題のように回転させた立体を提示された場合であれば、生徒は概ね正しい立体を選択することができたことがわかった。また、前テストの視点変換描画課題5問の平均正答数が0.51(正答を「1」)であったことから、選択課題に比べて描画課題を苦手としていることがわかった。また、前テストでのアンケート内容も参考にすることとした。アンケートの設問は、視点変換描画課題に関するもので、「1年生に入学後、2次元製図と3次元CADの学習をしましたが、視点変換描画課題

製図テスト問題

3. 図Bは、図Aの等角図の視点を90°右へ回転(図Aの右端の頂点を中心にして)したものです。<例>を参考に、①~⑤の等角図を90°回転した等角図を右のA~Cより1つ選び解答欄に記入しなさい。

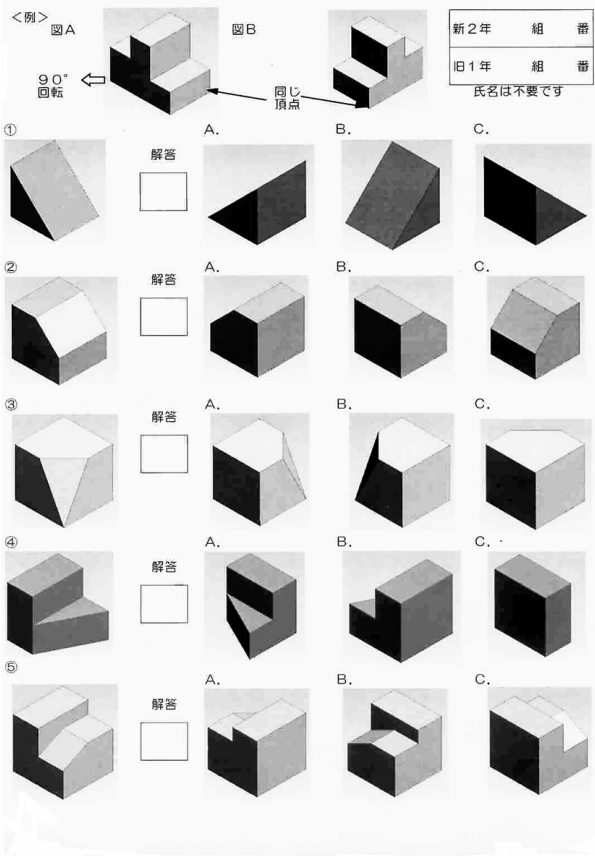


図2 視点変換選択課題

のような立体を視点変換する力が身につきましたか」というものである。その結果、「身についた」を選択した生徒は138人のうち86人で、「身についていない」を選択した生徒は38人、両方とも選択していた生徒は3人、未回答は11人であった。「身についた理由」として、「3次元CADで立体を回転させたから」、「描く練習をしたから」、「先生の説明が分かりやすかったから」、「友達に教えてもらったから」などの理由が挙げられた。また、「身についていない理由」は、先行研究<sup>[1]</sup>の「視点変換課題の困難さの理由」と同じ意味の記述であった。

これらの結果から、視点変換行為形成プログラムは「イメージを回転」させた等角図を「描くこと」に重点を置くことにした。

### 3. 研究Ⅱ 視点変換行為形成プログラムとその効果

#### 3.1. 目的

研究Ⅱは、視点変換行為形成プログラムで視点変換行為がどのように形成されるかを明らかにすることを目的とした。研究Ⅰの結果から視点変換行為形成プログラム

は「イメージを回転」させた等角図を「描くこと」に重点を置くこととした。そこで「3次元CADで立体を回転させ、その過程を可視化し、その結果を描く」という学習方略に着目し、自分の描画と実際に3次元CADで回転させた立体を比較させながら、その形状の正確さを確認させる方法を考案した。

#### 3.2. 方法

研究Ⅱは、研究Ⅰと同じ神戸市内A中学校2年生189名(13才~14才:男子生徒113名,女子生徒76名)の協力を得て、表1に示したCAD1~4の設計授業(4授業時間)で「視点変換行為形成プログラム」を、それぞれの授業の前半に実施した。調査協力者の2年生の生徒は、1年生時に、技術科の教科書<sup>[2]</sup>に基づいて「キャビネット図」、「等角図」の描き方と、「第三角法による正投影図」の製図について学習しており、木工製品の構想を等角図に表し、製作を行っている。また、指導者は技術科専任教師で35年の経験を有している。

その効果を分析するため、生徒を2グループ(学年5クラスを3クラスと2クラス)に分け、前テスト(2008年3月)と問テスト(2008年5月)を実施して「プログラムを受けた生徒(以下、CAD→製作グループと表記:n=55)」と「プログラムを受けなかった生徒(以下、製作→CADグループと表記:n=83)」のグループ間の比較と、学習前後での効果を測定した。教育的配慮から2グループ間の授業時間をずらしてはいるが同じ内容を学習している。後テスト(2008年6月)を実施した後、学習の定着を調査するため、約8ヶ月の期間を空けて遅延テスト(2009年3月)を実施した。

視点変換行為形成プログラムは、図3に示すように、指導者が事前に準備した「コンピュータの3種類の立体ファイル」と、立体ファイルと同じ立体が印刷されたA4サイズの「視点変換描画練習課題(図4~7)」を用いながら行われた。生徒は一人一台のコンピュータを使用し、練習課題と同じ立体ファイルをコンピュータのディスプレイに表示した後、立体を水平面で時計方向に90°回転させたあとの形状を予測させ、その立体を等角図で描画させた。その後、ディスプレイの立体を実際に90°回転させて表示し、先に描画した立体とディスプレイ上の立体を比較して「正しく描画できたか」どうかを確認させた。正しく描画できた場合は、90°と同じ手順で、180°、270°に回転させて等角図を描画する練習を行った。正しく描画できなかった場合は、回転後のディスプレイの立体を正しく描画させた後、180°、270°に回転させて等角図を描画する練習を行った。CAD1では



図4の視点変換描画練習課題No. 1をプログラムの手順で練習していった。CAD2では図5の視点変換描画練習課題No. 2を、CAD3では図6の視点変換描画練習課題No. 3を、CAD4では図7の視点変換描画練習課題No. 4を練習した。

### 3.3. 結果と考察

#### 3.3.1. 視点変換描画課題における正答数の変化

前テスト、間テスト、後テスト、遅延テストの視点変換描画課題5問(図1)の平均正答数の変化を分析した。視点変換描画課題の正答数の分析では、正しく視点変換された等角図のものを「正答で1」とし、視点変換された3面の抽出面が正しいが共辺関係もしくは寸法が違い、未だ不十分なものを「0.5」として計算した。

分析にあたって、テストの正答数の採点は、筆者らが定めた採点基準によって第1採点者が採点した後、第2採点者が確認し、判断が異なる場合は第3採点者を含めた3者で協議することとしたが、3者で協議する解答はなかった。

視点変換描画課題において、生徒138人のうち「製作→3次元CAD (n=83)」と「3次元CAD→製作 (n=

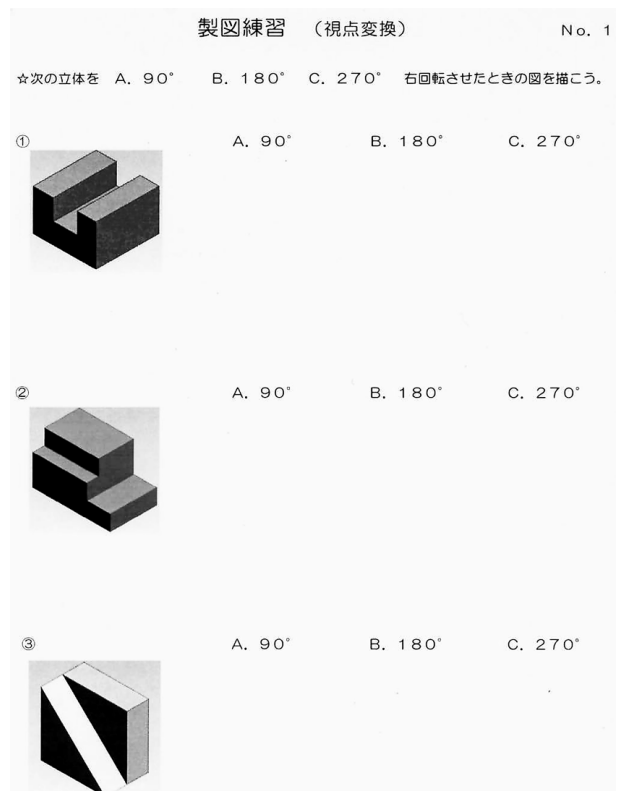


図4 視点変換描画練習課題No. 1

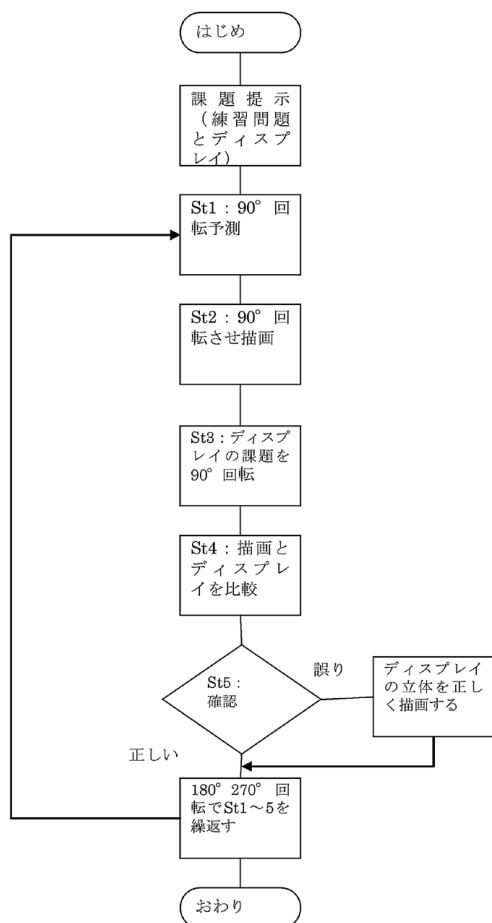


図3 視点変換行為形成プログラムの概要

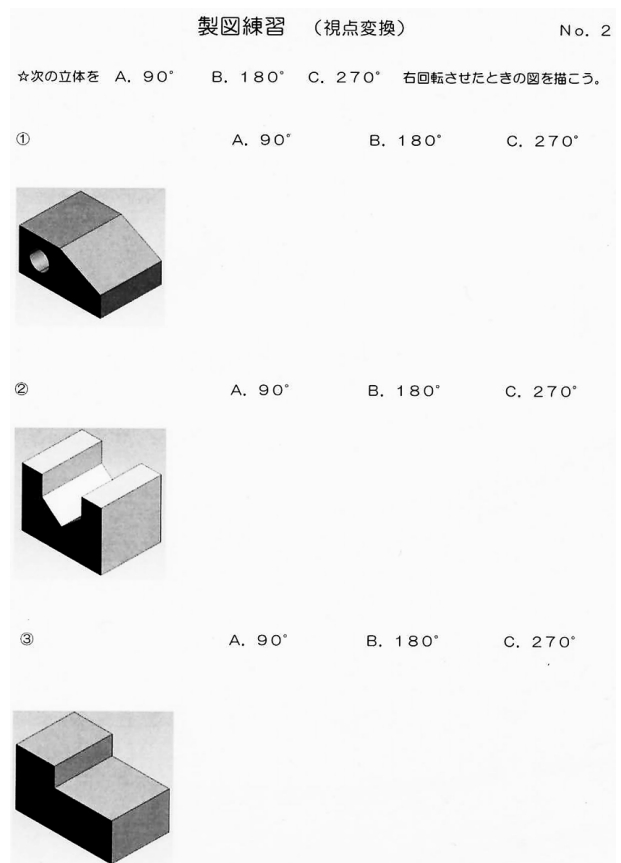
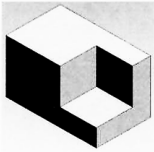


図5 視点変換描画練習課題No. 2

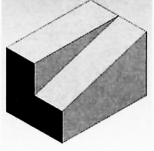
製図練習 (視点変換) No. 3

☆次の立体を A. 90° B. 180° C. 270° 右回転させたときの図を描こう。

① A. 90° B. 180° C. 270°



② A. 90° B. 180° C. 270°



③ A. 90° B. 180° C. 270°

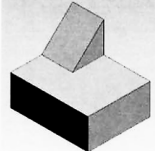
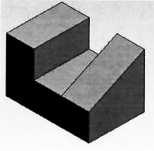


図6 視点変換描画練習課題 No. 3

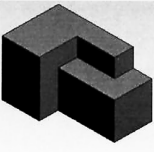
製図練習 (視点変換) No. 4

☆次の立体を A. 90° B. 180° C. 270° 右回転させたときの図を描こう。

① A. 90° B. 180° C. 270°



② A. 90° B. 180° C. 270°



③ A. 90° B. 180° C. 270°

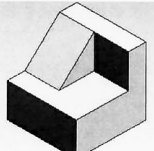


図7 視点変換描画練習課題 No. 4

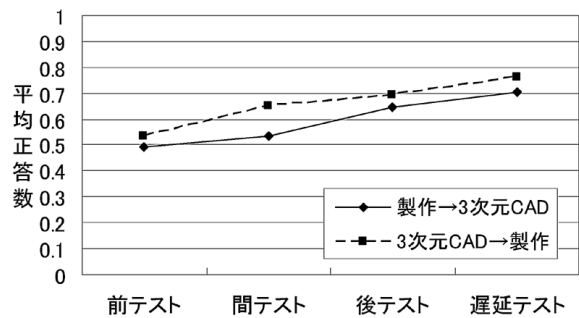


図8 視点変換描画課題の平均正答数の変化

55)」のグループ両群の授業進行に伴うテストの平均正答数の結果(視点変換描画課題の5問平均)を図8に示す。「製作→3次元CAD」と「3次元CAD→製作」の指導法を被験者間要因、「前テスト、間テスト、後テスト、遅延テスト」を被験者内要因とする2要因分散分析を行った。指導法の違いには有意差が認められなかったが、授業進行に伴うテスト間には0.1%水準の有意差が認められた( $F(3, 408) = 25.514, p < .001$ )。また、ライオン法により多重比較を行ったところ、後テストと遅延テスト間で5%水準、それ以外の全てのテスト間で1%水準の有意差が認められた。また、交互作用は有意差が認められなかった。

一般に、テスト・再テストを行った際には、再テストの点数は上昇すること(練習効果)が報告されている<sup>[22]</sup>。先行研究<sup>[1]</sup>において、視点変換描画課題においては練習効果が大きくないことが示されており、本稿においても大きくないものと考えた。

以上のことから、「製作→3次元CAD」と「3次元CAD→製作」による指導法の違い(前テストと間テストの間)による正答数の差異はみられず、授業進行に伴って視点変換行為が形成され定着することが明らかになった。また、8ヶ月後の遅延テストでも平均正答数は下降せず学習の保持効果が認められた。

### 3.3.2. 視点変換描画課題における描画水準の変化

次に、前テスト、間テスト、後テスト、遅延テストの視点変換描画課題5問(図1)を詳細に分析するため、視点変換描画課題の描画水準を分析した。視点変換描画課題の描画水準の分析は、3.3.1の視点変換描画課題における正答数の変化では2グループ間に差異はみられなかったことから、全生徒( $n=138$ )を対象とした。

視点変換課題の描画水準を、「レベル0:視点変換して描画できない(面になっていない)」、「レベル1:正しく指示された角度(時計方向に90°)に視点変換して描画された面が単数のもの。あるいは、複数であって

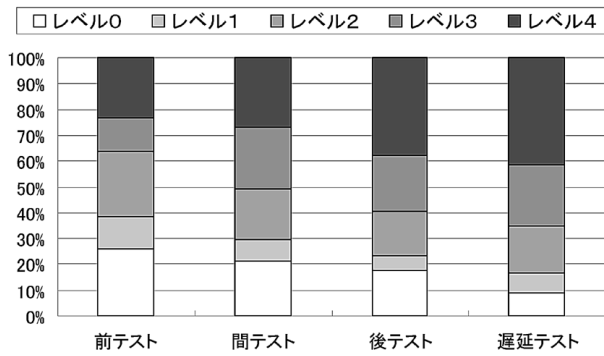


図9 視点変換描画課題における描画水準の変化

も、相互につながり（接合）がなくバラバラな（立体になっていない）もの、抽出面の形状は問わない」、「レベル2：視点変換された抽出面が複雑で、かつ相互につながりがある（接合している、立体になっている）もの。ただし、面の形状と面の共辺関係（正面、側面、平面の配置）が正しくない」、「レベル3：視点変換された抽出面が三面で、それらが共辺関係にあるが、未だ不十分なもの（寸法など）」、「レベル4：視点変換された三面の抽出面、共辺関係、寸法が正しく描画された等角図」の5段階に設定して分析した。描画水準の分析も、5段階に設定した描画水準を第1分析者が分析した後、第2分析者が確認し、判断が異なる場合は第3分析者を含めた3者で協議することとしたが、3者で協議することはなかった。その結果を図9に示す。

授業進行に伴って、間テスト、後テストと高次の描画レベルに移行し、遅延テストでも描画水準は維持されていることが確認された。また、「視点変換行為形成プログラム」実施前の前テストで、レベル3とレベル4の生徒の割合が36.2%であったものが、実施後の間テストでは、レベル4とレベル3の割合が50.7%に増えており、高次のレベルに移行していることから、「正答数の変化」という量的な分析では明らかにできなかった、視点変換行為形成プログラムの効果を、描画水準という質的な分析でさらに次節で詳細に分析する。

### 3.3.3. プログラム実施後の描画水準の詳細分析

「正答数の変化」という量的な分析では、「製作→3次元CAD」と「3次元CAD→製作」による指導法の違い（前テストと間テストの間）による差異はみられず、視点変換行為形成プログラムの効果を明らかにできなかった。しかし、図10に示すように、両グループを描画水準で質的に分析したところ、プログラムを実施した「3次元CAD→製作」のグループ（プログラム有）は、前テストでのレベル4とレベル3の割合が34.5%であったも

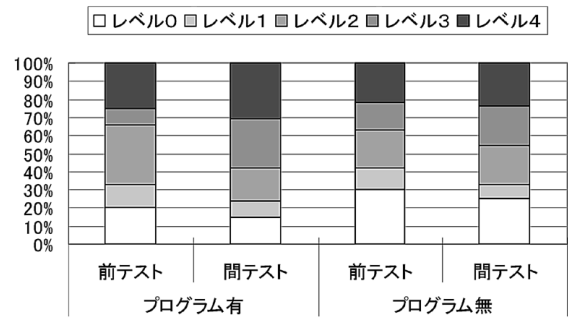


図10 プログラム実施後の描画水準の詳細分析

のが、間テストでは58.2%に大きく増加している（伸び率168%）。一方、プログラムを実施していない「製作→3次元CAD」のグループ（プログラム無）は、前テストでのレベル4とレベル3の割合が37.3%であったものが、間テストでは45.8%であった（伸び率122%）。このことから、前テストと間テストの伸び率を比較すると、「3次元CAD→製作（プログラム有）」は、「製作→3次元CAD（プログラム無）」に比べ描画水準の伸び率が高いことから、視点変換行為形成プログラムは描画水準の促進という点において効果があることが明らかになった。

## 4. 研究Ⅲ 視点変換行為の回顧プロトコル分析

### 4.1. 目的

視点変換描画課題における描画水準の分析の結果、レベル4とレベル3の生徒の割合が前テストの36.2%から遅延テストの65.2%に増えている半面、依然、遅延テストでレベル0～3の生徒が34.8%いる。このことから、視点変換描画プロセスを回顧プロトコル法で分析することにより、視点変換描画の困難さを詳細に検討することを目的とする。

### 4.2. 方法

視点変換行為形成プログラム実施後（後テスト実施後）、視点変換描画の困難さを詳細に調査するため、「全ての調査を受けている生徒（138人）で、視点変換選択課題を全問正解で、後テストの視点変換描画課題を全問正解した生徒37人」を対象に、視点変換描画プロセスについての調査を行った。調査対象者を「視点変換選択課題を全問正解で、後テストの視点変換描画課題を全問正解した生徒」としたのは、回顧プロトコル分析で、被験者の視点変換描画プロセスを詳細に解析するためである。ビデオで描画過程を撮影するとともに、その後の質問で被験者に視点変換して描画するプロセスを語っても

らった。分析課題は視点変換描画課題①～⑤（図1）のうち課題⑤で行った。後テストの視点変換描画課題の平均正答数は、課題①が0.78，②が0.83，③が0.60，④が0.54，⑤が0.58である。

調査は中学校の談話室で実施し、生徒が椅子に座って机の上に準備された視点変換描画課題を視点変換し描画する過程を撮影するため机の反対側にビデオを設置した。生徒は一人ずつ順番に入室して課題を視点変換して描画した。

実験者は一人で、自己紹介の後、「視点変換描画課題⑤をどのように描くのか。描く順番をビデオに記録してください。クラス全員のみなさんの記録をしたいのですが、時間が限られていますのでランダムに選びました。手元だけを撮影しますので、安心してください。また、時間は関係ありません」と説明した後、実際に描いてもらい、撮影を行った。

描き終わった後、「描くとき、何かを基準にして描いたのか」また、「課題の立体をどのような方法で描いていったのか」を質問し、その過程を語ってもらった。

### 4.3. 結果と考察

ビデオ撮影と回顧プロトコル分析は、図11に示した視点変換描画課題の解答例のように、立体の6面をA～Fとし、18の線を1～18、頂点をaと定めて分析した。被験者37人のうち、解答で線18を描いていない生徒が5人、等角図を時計方向に0°回転させた生徒が1人、180°回転させた生徒が1人、寸法を間違えた生徒が1人、解答は正しいが途中で修正したため過程が分析できない生徒が3人いた。これらの生徒11人を除いた26人の描画過程と、「描くとき、何かを基準にして描いたのか」の「基準」と、「課題の立体をどのような方法で描いていったのか」の「発話（問題を解く過程）」を表2に示す。

描画過程は「完全に一面が描画できた段階」で「A～F」で、同時に2面ができた場合は「・」でつないで示している。「線の描画」は面にならない限りその都度「1

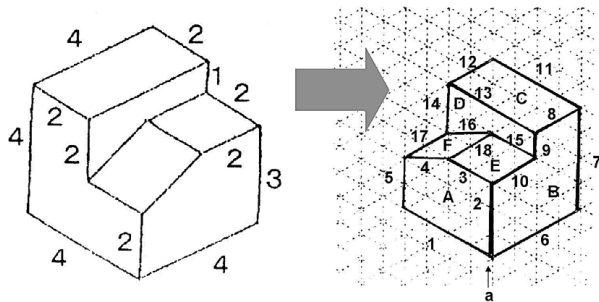


図11 視点変換描画課題の解答例

表2 描画過程と基準

被験者	描画過程	基準
	発話	
1	A→B→C→E→D→F	なし
	図（課題）と対比させ、一面一面考えて	
2	A→10→9→C→B→17→D→E・F	2
	頭の中で絵を描いて回転	
3	1→B→C→14→E→A→E・D	a
	頭の中で立体を回転させて	
4	A→B→E→C→F→D	1
	図（課題）を見ながら	
5	1→2→6→7→C→9→15→3→B→E→A→D→F	なし
	全体を見て描く	
6	6→A→E→F→B→C→D	なし
	頭で回転させて	
7	1→6→2→3→B→C→A→14→15→E→F・D	a
	思い浮かべて回転	
8	1→B→C→15→14→E→A→F・D	2
	図（課題）を対比させて	
9	1→2→6→7→C→B→E→14→A→D→F	なし
	頭の中で回して	
10	A→B→C→18→17→14→F→E・D	なし
	図（課題）を参考にして	
11	1→6→A→B→13→15→17→D→C→E・F	A
	なし	
12	A→10→9→C→14→F→B→F・D	2
	なし	
13	A→6→7→C→14→17→10→F→E→D・B	A
	見えない所を想像して	
14	A→B→C→17→D→E・F	2
	形を思い浮かべて	
15	A→B→15→C→16→17→D→E・F	2
	図（課題）を見ながら	
16	A→B→C→E→D→F	2
	回転させたものをイメージして	
17	1→6→A→10→8→B→C→14→F→E・D	B
	なし	
18	1→B→E→A→C→F→D	1・6
	図（課題）を見ながら	
19	A→B→C→E→F→D	7・6・11
	なし	
20	A→6→7→C→14→17→D→B→E・F	なし
	なし	
21	A→B→E→F→C→D	B
	回転させた時のイメージと数を合わせて	
22	1→6→A→B→15→C→17→D→E・F	6
	頭で考えながら	
23	C→B→E→A→14→D・F	C
	1か所を決めて、描いていった	
24	6→A→10→9→C→B→14→17→E・F	a
	図（課題）を見ながら	
25	A→B→C→15→17→D→E・F	1・2
	大体のイメージをして	
26	2→6→1→B→C→14→5→E→A→D→F	a
	図（課題）と対比して	

～18」で示し、それらの過程を矢印「→」で時系列につないでいる。基準は、「A～F」,「1～18」,「a」で、複数ある場合は「・」でつないで示している。そして、被験者の発話は、簡潔にまとめて示している。

まず、描画過程については、被験者1～26の描画過程と発話より、被験者1のように「一面ずつ仕上げる」過程で、「図（課題）と対比させ、一面一面考えて」の発話より、「立体全体を捉えながらも一面ずつ思考するタイプ」があることがわかる。また、被験者5のように、一面ずつ仕上げて描画せず、視点変換した立体の「アウトラインから描画していく」過程で、「全体を見て描く」の発話より、「立体全体で思考するタイプ」があることがわかった。

次に、視点変換する基準を「面（5人）」にした被験者（11, 13, 17, 21, 23）は、基準にした一面を仕上げてから次の描画に移る傾向があることがわかった。また、基準を「線（11人）」にした被験者（2, 4, 8, 12, 14, 15, 16, 18, 19, 22, 25）は、基準線のある面を仕上げてから次の描画に移る傾向があることがわかった。そして、基準を「頂点（4人）」にした被験者（3, 7, 24, 26）は、基準点のある線から描画していく傾向があることがわかる。このことから、基準「なし（6人）」とした被験者（1, 5, 6, 9, 10, 20）であっても、その描画過程から、例えば被験者1は、面を基準にしていると推定され、被験者5, 6, 9は、頂点を基準にしていると推定され、面や点という基準を手がかりに描画していることが推察される。

さらに、被験者の多くが、「見えていない面（視点変換後のB面）」の描画を早い時期に仕上げていることや、被験者3の「頭の中で立体を回転させて」の発話から、視点変換行為形成プログラムの「3次元CADで立体を回転させ、その過程を可視化し、その結果を描く」という学習プログラムの系列が有効に作用していることを示していると言えよう。

## 5. 結論

本論文では、中学生を対象に「2次元製図と3次元CADを一体とした設計教育と開発した視点変換行為形成プログラム」を中学校技術科で実施し、3次元CADを用いた製図・設計教育と視点変換行為形成プログラムの効果を視点変換行為の形成から探った。

その結果、視点変換描画課題の平均正答数の変化から、授業進行に伴って視点変換行為が形成され定着することが明らかになった。また、8ヶ月後の遅延テストで

も平均正答数は下降せず学習の保持効果が認められた。また、分散分析では、視点変換行為形成プログラムを実施したグループと受けなかったグループの2グループの指導法の違い（前テストと間テストの間）による差異はみられなかった。しかし、視点変換描画課題の描画水準の分析からみると、プログラムを受けたグループは、前テストでのレベル4とレベル3の割合が34.5%であったものが、間テストでは58.2%に増えており（伸び率168%）、プログラムを受けていないグループは、前テストでのレベル4とレベル3の割合が37.3%であったものが、間テストでは45.8%であった（伸び率122%）ことから、視点変換行為形成プログラムは視点変換による描画水準を高める効果があることが示された。

さらに、視点変換描画の困難さを詳細に調査するため、視点変換描画プロセスを回顧プロトコルで分析した。その結果、視点変換して描画する過程は、「立体全体を捉えながらも一面ずつ思考するタイプ」と「立体全体で思考するタイプ」があることが明確になった。視点変換して描画する際は、面や線や頂点など、何らかの基準を手がかりに描画していることが推察される。そして、被験者の多くが、「見えていない面」の描画を早い時期に仕上げている点と、被験者の「頭の中で立体を回転させて」などの発話から、視点変換行為形成プログラムの「3次元CADで立体を回転させ、その過程を可視化し、その結果を描く」という学習プログラムが、視点変換行為の形成に効果があると推察される。これらのことから、中学生を対象にした2次元製図と3次元CADを一体とした設計教育と視点変換行為形成プログラムは、視点変換行為の形成に十分有効であることが明らかになった。

今後の研究では、今回、明らかになった「視点変換行為の形成に、2次元製図と3次元CADを一体とした製図・設計教育と視点変換行為形成プログラムが有効である」ということを基に、先行研究<sup>[1]</sup>の「投影・構成行為形成プログラム」と合わせた、新しいプログラムを開発したい。それにより、先行研究<sup>[23]</sup>で示された調査国（地域）の中で、日本の製図・設計教育の授業時数が少なく、内容も浅い現状であっても、限られた授業時数で内容の深い製図・設計教育が可能になると考えられる。そして、教育的な観点から2008年3月に公示された中学校の新学習指導要領（技術科）に対応した「3次元CADを使った製図・設計教育プログラム」を提案したい。

注1) 実験結果の分析は、全ての視点変換選択テスト、視点変換描画テストを受けた生徒138人とする。これらの課題の結果や解答例は、テスト・再テストの影響をできる限り除去するために、生徒にはフィードバックしていない。

#### 参考文献

- [1] 藤田眞一, 加賀江孝信, 城仁士, “投影・構成行為の形成に及ぼす3次元CADによる設計教育の効果”, 図学研究, 42. 3 (2008), 3-10
- [2] 城仁士, “立体の投影・構成行為の発達と形成”, 風間書房 (1990)
- [3] 斉藤孝明, “空間認識の研究”, 日本図学会創立40周年 図学研究の広がり, (2007), 115-116
- [4] 鈴木賢次郎, “認知図学事始め”, 図学研究, 32. 2 (1998), 17-25
- [5] 斉藤孝明, 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
- [6] 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
- [7] Brigitta Nemeth, Miklos Hoffmann, “Gender differences in spatial visualization among engineering students”, *Annales Mathematicae et Informaticae*, 33 (2006), 169-174
- [8] Brigitta Nemeth, “Measurement of the development of spatial ability by Mental Cutting Test”, *Annales Mathematicae et Informaticae*, 34 (2007), 123-128
- [9] Emiko Tsutsumi, et. al, “A Mental Cutting Test on Female Students Using a Stereographic System”, *Journal for Geometry and Graphics*, 3. 1 (1999), 111-119
- [10] 椎名久美子, 鈴木賢次郎, “メンタル・ローテーション・テストの問題解決過程に関する考察”, 図学研究, 31. 4(1997), 3-10
- [11] Kazuhiko Takeyama, et. al, “Evaluation of Objective Test Using a Pair of Orthographic Projections for Descriptive Geometry Education”, *Journal for Geometry and Graphics*, 3. 1 (1999), 99-109
- [12] Renata A. Gorska, Zuzana Juscakova, “A Pilot Study of a New Testing Method for Spatial Abilities Evaluation”, *Journal for Geometry and Graphics*, 7. 2 (2003), 237-246
- [13] Mark Sanders, “Student Cognitive Styles in Postsecondary Technology Programs”, *Journal of Technology Education*, 6. 2 (1995), 19-33
- [14] James LaPorte, “The Relationships of Spatial Experience, Previous Mathematics Achievement, and Gender with Perceived Ability in Learning Engineering Drawing”, *Journal of Technology Education*, 18. 2 (2007), 53-67

- [15] K. Lynn Basham, Joe W. Kotrlik, “The Effects of 3-Dimensional CADD Modeling on the Development of the Spatial Ability of Technology Education Students”, *Journal of Technology Education*, 20. 1 (2008), 32-47
- [16] Dean Isham, “Developing a Computerized Interactive Visualization Assessment”, *Journal of Computer-Aided Environmental Design and Education*, 3.1 (1997)
- [17] Priscilla N. Gitimu, Jane E. Workman, Marcia A. Anderson, “Influences of Training and Strategical Information Processing Style on Spatial Performance in Apparel Design”, *Career and Technical Education Research*, 30. 3 (2005), 147-168
- [18] Shauna A. Scribner, Marcia A. Anderson, “Novice Drafters’ Spatial Visualization Development : Influence of Instructional Methods and Individual Learning Styles”, *Journal of Industrial Teacher Education*, 42. 2 (2005), 38-60
- [19] James L. Mohler, “An Instructional Strategy for Pictorial Drawing”, *Journal of Industrial Teacher Education*, 44. 3 (2007), 5-26
- [20] Sinan Olkun, “Making Connections: Improving Spatial Abilities with Engineering Drawing Activities”, *Journal of Mathematics Teaching and Learning*, April (2003), 1-10
- [21] 加藤幸一他, “新編新しい技術・家庭科技術分野”, 東京書籍 (2006), 40-43
- [22] 鈴木賢次郎, “認知図学事始め(2)”, 図学研究, 33. 3 (1999), 5-12
- [23] 藤田眞一, “中学校技術科における3次元CADを使った設計教育の可能性”, 図学研究, 42. 2(2008), 3-8

●2009年9月3日受付

ふじた しんいち  
株式会社イスベツ代表取締役  
神戸大学大学院人間発達環境学研究所 博士後期課程在学

かがえ たかのぶ  
神戸市立上野中学校 技術科教諭

じょう ひとし  
神戸大学大学院人間発達環境学研究所 教授

# ワイヤ式ポータブル三次元形状測定機の幾何計算およびCG描画ソフトの開発

Development of Geometric Calculation and CG Software for a Wire Style Portable 3D Shape-Measuring Machine

高三徳 Sande GAO

中佐 啓治郎 Keijiro NAKASA

## 概要

市販の三次元形状測定機は主に精密加工部品を対象としているため非常に高価であり、操作も複雑である。本研究では、中小企業向けの大型・低価格で使いやすい3次元形状測定機を企業と共同で開発した。本稿では、まず、開発したワイヤポータブル三次元形状測定機の概要を紹介する。次に、測定座標の計算式を導き、測定データのフォーマットを述べる。また、計測三角形（距離、角度）と自由曲線の情報、空間における任意の平面、円、円筒面、球面を精度よく描くための最小二乗法とアルゴリズム、Visual C++およびOpenGLを用いて開発した計測形状描画ソフトの描画結果について説明する。最後に、結論および今後の課題をまとめる。

**キーワード：**CG／三次元形状測定機／最小二乗法／形状描画／ソフト開発

## Abstract

Because 3D shape-measuring machines on the market are mainly developed for measuring precise objects, they are very expensive and difficult to operate for medium-sized and small enterprises. So we developed a new type of 3D shape-measuring machine in cooperation with some companies, which is large in size, low in cost and easy to operate. In this paper, firstly, outline of the 3D shape-measuring machine is introduced. Next, coordinate equations of the measured point are derived, and format of the measured data is described. Then, information of a measured triangle (side length and angle) or of a free-form curve, least-square methods and algorithms for rendering any spatial plane, circle, cylinder and sphere are expressed with higher precision, as well as their rendering results obtained by using the software developed in this research with Visual C++ and OpenGL are illustrated. Finally, some conclusions and discussions are summarized.

**Keywords :** CG / 3D Shape-Measuring Machine / Least-Square Method / Geometric Calculation / Rendering / Software Development

## 1. 研究の背景・目的

市販の三次元形状測定機は一般的に高価な機械であり、中小企業にとって導入が難しい。このため、大型構造物の計測にはノグスや巻き尺を用いるが、平面度や角度などの幾何形状の測定については治具を作って間接的に測定するなどの工夫が必要で、実際の測定手法には多くの問題点がある<sup>[1]</sup>。そこで、今までに無い新しい市場を開拓していくことを目的として、企業と共同で図1に示すワイヤ式ポータブル三次元座標測定機を開発した<sup>[2]</sup>。

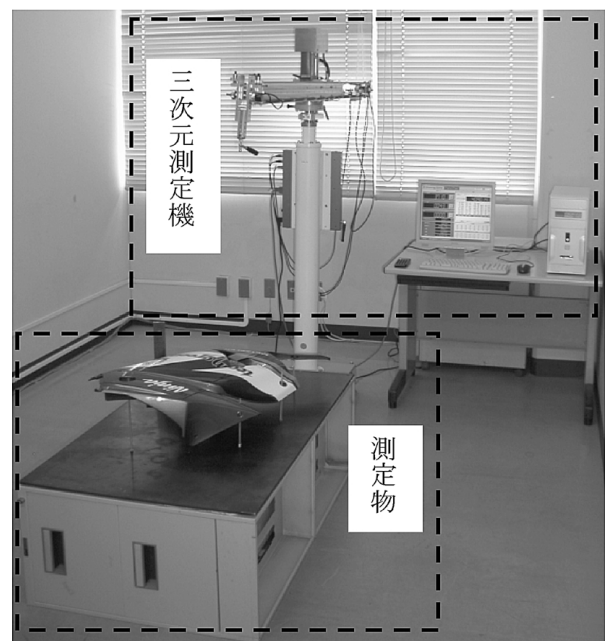


図1 三次元形状測定機の写真

図2に、開発したワイヤ式ポータブル三次元座標測定機の構成を示す。垂直の柱に水平アームを取り付け、アーム内にワイヤを通し、先端にロータリーエンコーダIとIIを備えた首振りヘッドを通して、ワイヤをあらゆる方向に引き出すことができるようになっている。水平アームの内部には磁気リニアスケールIを内蔵し、ワイヤの引き出し量に応じて位置を検出する機構とし、これらのロータリーエンコーダとリニアスケールの値を用い

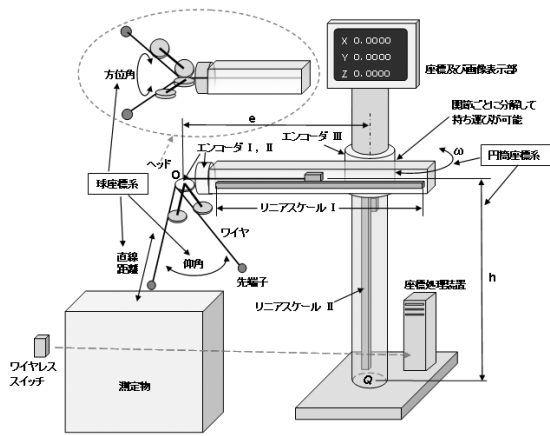


図2 三次元形状測定機の構成

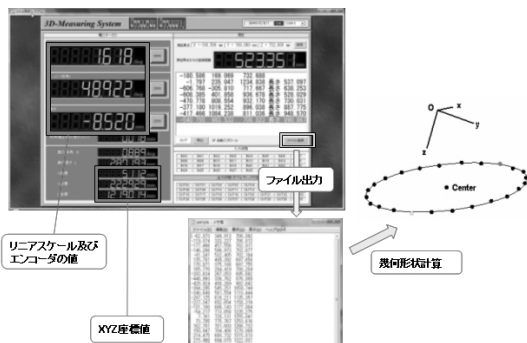


図3 データ表示と形状描画

てワイヤ先端の空間座標を算出する機構とした。このような機構にすることでスタイラスを伸ばしたり縮めたりする感覚に近くなり、現場の作業者がイメージしやすい測定機になる。また、水平アームは上下移動および垂直の柱に対する回転ができるので、この円筒座標系と首振りヘッドの球座標系の組み合わせにより、測定できる領域が広がる。なお、垂直の柱から水平アームを分離させることにより、測定物の現場への運搬とセッティングが便利に行える。傾斜形状でもそのまま位置と傾きが直接測定できる。さらに、図3のように、測定機とつながっているコンピュータのスクリーン上で測定座標値や幾何形状が表示され、データファイルの出力ができる。

ワイヤ式ポータブル三次元座標測定機は構成が簡単であり、使用が便利であるが、幾何計算および測定精度を向上するためのデータ処理が複雑である。本稿では、ワイヤ式ポータブル三次元座標測定機の座標計算式、測定データのフォーマット、三角形と自由曲線の情報、空間内の任意平面、円、円筒面、球面を精度よく描くための最小二乗法の数式とアルゴリズム、Visual C++<sup>[3],[4]</sup>およびOpenGL<sup>[5],[6]</sup>を用いて開発した計測形状のCG描画ソフトについて説明する。

## 2. 測定座標の計算方法とデータフォーマット

一般に、球座標系の中で、空間座標  $(x, y, z)$  は、動径  $R$  および経度  $\phi$  と緯度  $\theta$  から式(1)により計算できる。

$$\begin{aligned} x &= R \cos \phi \sin \theta \\ y &= R \sin \phi \\ z &= R \cos \phi \cos \theta \end{aligned} \quad (1)$$

測定機の首振り構造からみると、図4に示すように、O点(測定座標系原点)を通るワイヤを半径  $r$  の滑車に巻きつけて空間方向へ引っ張っていく時、ワイヤの仰角  $\angle ACD$  と図5に示す滑車の傾斜角  $\angle POG$  が変化する。

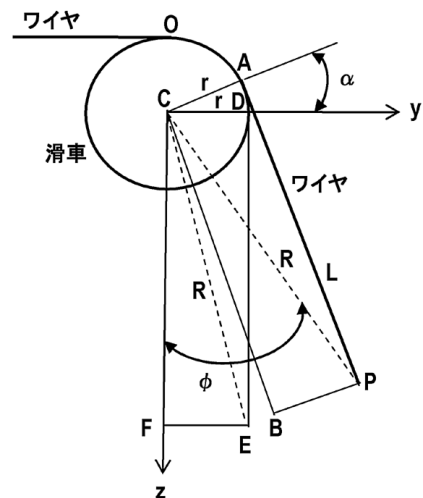


図4 測定機のヘッド(滑車の傾斜角  $\beta=0$ , y-z面)

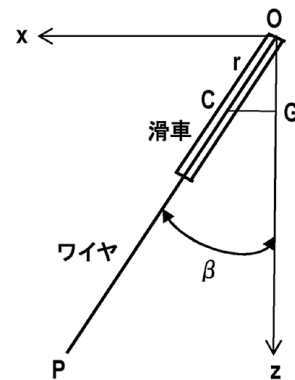


図5 測定機のヘッド ( $\beta \neq 0$ , x-z面)

これらの角度をロータリーエンコーダ I と II で計測してそれぞれ  $a (= \angle ACD)$  および  $\beta (= \angle POG)$  で表す。ワイヤの引き出し量  $L$  は初期引き出し量  $L_0$ 、リニアスケール I の値  $L_S$  および仰角による変化量  $r\alpha$  から次式で求めて動径  $R$  の計算に使う。

$$L = L_0 + L_S + r\alpha \quad (2)$$

ワイヤは先端  $P$  から  $O$  点まで直線でないので、先端



の座標は式(1)で直接計算できない。このため、まず、滑車の中心 C を相対座標系の原点とする。滑車の傾斜角度  $\beta = 0$ 、即ち、緯度  $\theta = 0$  の場合、図 4 のように C 点を中心に矩形 CAPB を  $-a$  回転して矩形 CDEF の位置にすると、両矩形の対角線のなす角  $\angle PCE = a$  となり、動径 R (対角線 CP または CE の長さ) は、直角三角形 CDE の辺 CD の長さ  $r$  および辺 DE の長さ  $L$  から次式で計算できる。

$$R = \sqrt{r^2 + L^2} \quad (3)$$

また、 $\angle PCF = \angle ECF + \angle PCE$  であるので、測定点 P での経度  $\phi (= \angle PCF)$  は式(4)で計算する。

$$\phi = \tan^{-1}\left(\frac{r}{L}\right) + \alpha \quad (4)$$

したがって、式(1)は次式になる。

$$\begin{aligned} x &= 0 \\ y &= R \sin \phi \\ z &= R \cos \phi \end{aligned} \quad (5)$$

一般に、 $\theta = \beta \neq 0$ 、また図 5 のように座標原点を C 点から O 点へ移動した場合、測定点 P の座標  $(x, y, z)$  は式(6)で表される。

$$\begin{aligned} x &= R \cos \phi \sin \theta + r \sin \theta \\ y &= R \sin \phi \\ z &= R \cos \phi \cos \theta + r \cos \theta \end{aligned} \quad (6)$$

さらに、測定座標系原点を O 点から図 2 に示す円筒座標系原点 Q へ移動した場合、測定点座標  $P(x, y, z)$  は次式になる。

$$\begin{aligned} x &= (R \cos \phi \sin \theta + r \sin \theta + e) \cos \omega - R \sin \phi \sin \omega \\ y &= (R \sin \phi \sin \theta + r \sin \theta + e) \sin \omega + R \sin \phi \cos \omega \\ z &= R \cos \phi \cos \theta + r \cos \theta + h \end{aligned} \quad (7)$$

ここで、 $e$  は O 点から垂直の柱の中心線までの水平距離、 $\omega$  は垂直の柱に対する水平アームの回転角度、 $h$  はアームの上下移動量である。 $\omega$  と  $h$  の値はロータリーエンコーダ III と垂直の柱に内蔵した磁気リニアスケール II を用いて計測する。

上式で計算した各計測点の座標を表 1 のような pt (ポイント) ファイルで出力し、これに基づいて幾何形状の計算および描画を行う。pt ファイルは空間座標  $x, y, z$  だけの並びで、多くの CG や CAD ソフトに直接入力できる。本研究でも pt ファイルデータを幾何形状の計算および描画ソフトに入力する。

表 1 測定座標データの pt ファイル

x	y	z
12.184	119.947	97.350
-2.153	102.907	100.384
-17.205	85.868	103.418
-33.970	68.829	106.452
-48.734	51.789	110.486
45.604	84.552	64.302
29.839	67.512	67.336
14.074	50.473	70.370
-1.691	33.434	74.404
-16.456	16.394	77.438
77.884	49.157	31.253
62.119	32.118	34.287
46.354	15.078	38.321

### 3. 幾何計算と形状描画

測定形状ごとに幾何計算および描画ができるように、Visual C++ を用いて図 6 に示す幾何形状計算・描画ソフトのインターフェースおよび結果表示のプログラムを作成した。また、OpenGL を用いて、CG ウィンドウと座標系軸を作成し、平面、三角形、円、円筒面、球面、自由曲線などの測定形状の描画および幾何変換 (形状の移動、回転、拡大縮小) の機能を開発した。測定形状の誤差を小さくするために、多くの測定点の座標から最小二乗法で結果を求めた。最小二乗法は、測定点群の座標値を特定のモデル関数を用いて近似する時に、想定する関数が測定値に対して良い近似となるように、残差の二乗和を最小とするように係数を決定する方法である。本研究での主な幾何計算のアルゴリズム、最小二乗法および計算と描画の結果は次の通りである。

#### 3.1. 平面

空間平面向きの単位法線ベクトル  $(a, b, c)$  で定義し、原点から平面までの符号付きの距離を  $d$  とすれば、平面を表す代数式は次式で表される<sup>[7]</sup>。

$$ax + by + cz + d = 0 \quad (8)$$

係数  $a, b, c, d$  の値は、測定点群の座標から最小二乗法により、つぎのようにして求まる。

もし  $d \neq 0$ 、即ち、平面が原点を通らない場合には、式(8)を式(9)のように変形する。

$$\frac{a}{b}x + \frac{c}{d}z + 1 = 0 \quad (9)$$

即ち、

$$ux + vz + 1 = 0 \quad (10)$$

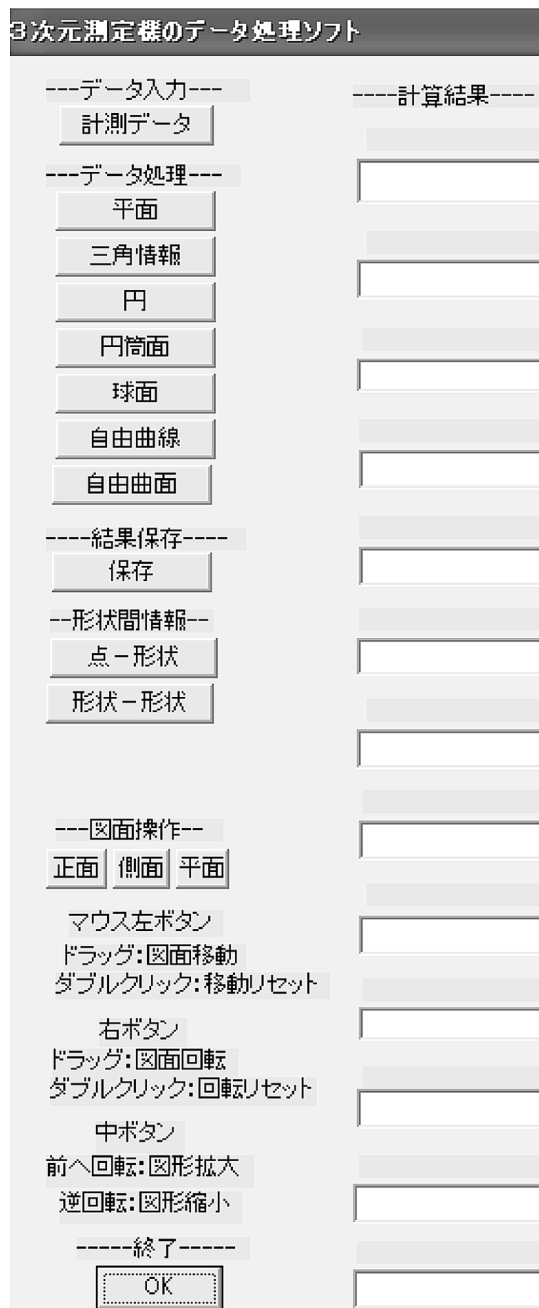


図6 幾何形状計算・描画ソフトのインターフェース

ここで、 $u = a/d$ ,  $v = b/d$ ,  $w = c/d$  とした。

$N$  個の測定点  $(x_i, y_i, z_i)$  ( $i=1, 2, 3, \dots, N-1, N$ ,  $N \geq 3$ ) から平面までの偏差  $e_i$  は、それぞれ式(11)となる。

$$e_i = ux_i + vy_i + wz_i + 1 \quad (11)$$

$N$  個の測定点の偏差の二乗和は次式になる。

$$M = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (ux_i + vy_i + wz_i + 1)^2 \quad (12)$$

$M$  が最小になる条件  $\partial M / \partial u = 0$ ,  $\partial M / \partial v = 0$ ,  $\partial M / \partial w = 0$  に式(12)を代入すると、未知数  $u$ ,  $v$ ,  $w$  の連立方程式が得られる。これらを解いて  $u$ ,  $v$ ,  $w$  を求めると、

次式により  $a$ ,  $b$ ,  $c$ ,  $d$  の値、即ち、平面の単位法線ベクトルの成分および原点から平面までの距離が求まる。

$$\begin{aligned} a &= \frac{u}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}} \\ b &= \frac{v}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}} \\ c &= \frac{w}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}} \\ d &= \frac{1}{\sqrt{u^2+v^2+w^2}} \end{aligned} \quad (13)$$

上述の連立方程式の解が存在しない場合、即ち、 $d=0$  (平面が原点を通る) 場合には、式(8)は式(14)になる。

$$ax + by + cz = 0 \quad (14)$$

もし  $c=0$  であれば、この平面は  $z$  軸に垂直な  $x$ - $y$  面となる。平面の単位法線ベクトルは  $(0, 0, 1)$  または  $(0, 0, -1)$  である。

$c \neq 0$  の場合、式(14)を式(15)に変形することができる。

$$\frac{a}{c}x + \frac{b}{c}y + z = 0 \quad (15)$$

即ち、 $ux + uy + z = 0 \quad (16)$

ここで、 $u = a/c$ ,  $v = b/c$  とした。

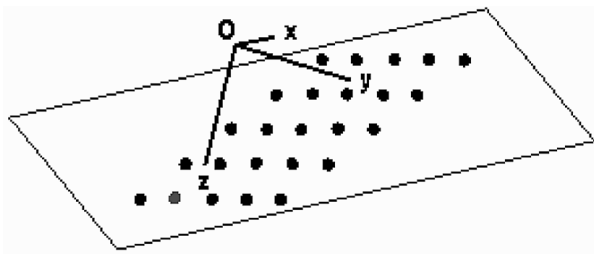
各測定点  $(x_i, y_i, z_i)$  から平面までの偏差の二乗和は次式になる。

$$M = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (ux_i + vy_i + z_i)^2 \quad (17)$$

$M$  が最小になる条件  $\partial M / \partial u = 0$ ,  $\partial M / \partial v = 0$  に式(17)を代入すると、未知数  $u$ ,  $v$  の連立方程式が得られる。これらを解いて  $u$ ,  $v$  を求めると、式(18)により  $a$ ,  $b$ ,  $c$  の値、即ち、単位法線ベクトルの成分が求まる。

$$\begin{aligned} a &= \frac{u}{\sqrt{u^2+v^2+1}} \\ b &= \frac{v}{\sqrt{u^2+v^2+1}} \\ c &= \frac{1}{\sqrt{u^2+v^2+1}} \end{aligned} \quad (18)$$

式(13)および式(18)に基づいて開発した平面処理プログラムに、測定点群の pt ファイルを読み込ませると、平面 (四角形) が図 7 (a) に示すように描画されると同時に、計算した最小二乗平面の単位法線ベクトル、原点までの距離および平面度 (最大偏差) が図 (b) のように表示される。また、これらのデータを txt (テキスト) ファイルで保存し、計測結果レポートとする。なお、この装置を操作するときの測定誤差は、図 8 に示すよう



(a) 描画

単位法線座標x,y,z	-0.500 0.296 -0.814
平面-原点距離	49.855
平面度(最大誤差)	0.579994 (4番目計測点:赤点)

(b) 計算結果の表示

図7 平面測定例

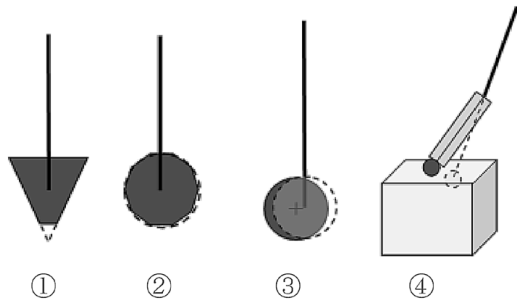


図8 測定誤差発生的主要原因

に、①円錐先端子または②球先端子の形状誤差、③ワイヤと先端子のアセンブリ誤差（芯ずれ）、④先端子の接触位置ずれによる誤差、などである。特に、④の誤差は、測定機操作者の違いによって測定精度に大きな影響を与える。本稿では、計算プログラムの結果を観察しやすくするため、測定誤差を多めに与えた。

### 3.2. 三角形

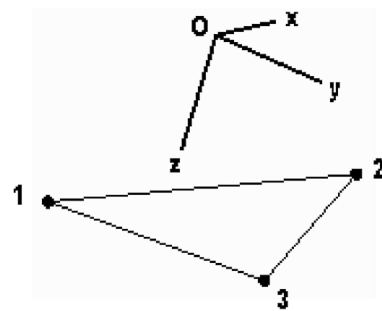
余弦定理と2点間の距離を求める公式に基づいて開発した三角形処理プログラムに、三つの測定点のptファイルを読込ませると、計算した二点間の距離、二辺のなす角、各点から辺までの距離が図9(a)のように表示されると同時に、三角形形状は同図(b)に示すように描画される。図9(a)には3.1節で説明したプログラムで計算した三角形平面の単位法線ベクトルの成分および原点までの距離も表示されている。

### 3.3. 円

まず、x-y面上の円を考える。この場合、円の方程式は次式で与えられる。

点1-2の距離	113.907
点2-3の距離	85.704
点3-1の距離	112.432
点1での角度	44.495
点2での角度	66.840
点3での角度	68.665
点1-線23の垂直距離	104.727
点2-線13の垂直距離	79.831
点3-線12の垂直距離	78.797
三角面単位法線x,y,z	-0.499 0.303 -0.812
三角面-原点の垂直距離	49.509

(a) 計算結果の表示



(b) 描画

図9 三角形測定例

$$x^2 + y^2 + ax + by + c = 0 \quad (19)$$

平面の場合と同様、次のようにして最小二乗法により測定点群の座標値から係数 a, b, c の値を求める。

N個の測定点  $(x_i, y_i, z_i)$  ( $i=1, 2, 3, \dots, N-1, N, N \geq 3$ ) から円までの偏差  $e_i$  はそれぞれ式(20)となる。

$$e_i = x_i^2 + y_i^2 + ax_i + by_i + c \quad (20)$$

N 個の測定点の偏差の二乗和は次式になる。

$$M = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2 + ax_i + by_i + c)^2 \quad (21)$$

M が最小になる条件  $\partial M / \partial a = 0$ ,  $\partial M / \partial b = 0$ ,  $\partial M / \partial c = 0$  に式(21)を代入すると、未知数 a, b, c の連立方程式が得られ、これらから a, b, c を求めると、円の中心座標  $(x_c, y_c)$  および半径 R が次式のように求まる。

$$\begin{aligned} x_c &= -a/2 \\ y_c &= -b/2 \\ R &= \sqrt{\frac{1}{4}(a^2 + b^2) - c} \end{aligned} \quad (22)$$

次に、空間上に任意の位置と方向をもつ円を考え、以下のプロセスで円の向き、半径、中心を求める。

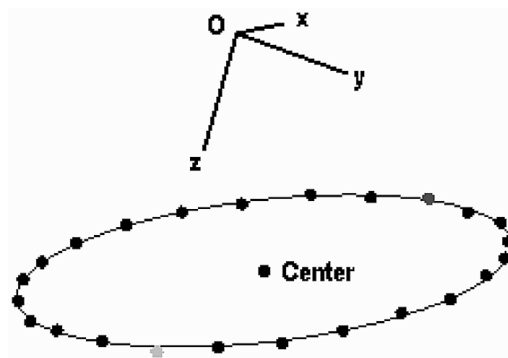
- (1) 3.1節で記述した方法で、全ての測定点の最小二乗平面の法線ベクトル及び原点までの距離を計算する。
- (2) 面の法線ベクトルを z 軸に合わせる変換マトリックスを求め、全ての測定点にこの変換を行い、x-y 面に投影する。
- (3) x-y 面で式(22)を用いて最小二乗円の中心座標と半径を計算する。
- (4) 手順(2)の逆マトリックスを求め、逆変換で円の中心の空間座標を計算する。

上述のアルゴリズムに基づいて開発した円処理プログラムに、測定点群の pt ファイルを読込ませると、円の形状と中心が図10(a)に示すように描画されると同時に、計算した最小二乗円の中心座標、半径、真円度 (円最大偏差)、円平面の単位法線ベクトル、原点までの距離、平面度 (平面最大偏差) が同図(b)のように表示される。

### 3.4. 円筒面

空間内の任意の円筒はその軸方向の投影形状が円であるので、円筒面は3.3節の円の二次元最小二乗法を利用して、四つ以上の測定点からつぎのようにして計算することができる。

- (1) 円筒の軸方向を探すために、仮に軸ベクトルの経度  $\phi$  と緯度  $\theta$  の初期値を  $\phi=0$ ,  $\theta=0$  に指定する。
- (2)  $\phi$  と  $\theta$  より軸ベクトルを計算し、このベクトルを z 軸に合わせる変換マトリックスを求め、全ての測定点にこの変換を行い、x-y 面に投影する。
- (3) x-y 面で最小二乗円の係数を求め、式(21)で偏差の二乗和を計算する。
- (4)  $\phi$  を  $360^\circ$  まで、 $\theta$  を  $180^\circ$  までに適当な刻みで増加させながら、手順(2)から(3)を繰り返して偏差の二乗和が最小となる  $\phi$  と  $\theta$  を探して、このときの x-y 面での最



(a) 描画

円中心座標x,y,z	25.043 -14.835 40.710
円半径R	50.055
円度(最大誤差)	0.784276 (21番目計測点:赤点)
円平面単位法線座標x,y,z	-0.500 0.297 -0.814
円平面-原点距離	50.046
円平面度(最大誤差)	1.060510 (10番目計測点:緑点)

(b) 計算結果の表示

図10 円測定例

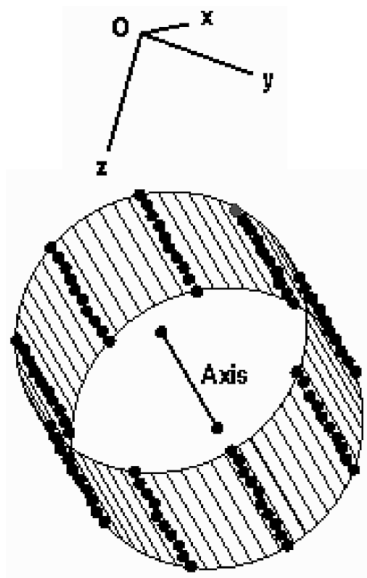
小二乗円の中心座標  $(x_c, y_c)$  と半径 R (即ち、円筒面の半径) を式 (22) で計算する。また、軸ベクトルを z 軸に合わせたときの全ての点の z 座標から最小値  $z_{min}$  と最大値  $z_{max}$  を求めて、円筒面の測定長さを  $(z_{max} - z_{min})$  として算出する。また、このときの円筒面軸の起点  $(x_c, y_c, z_{min})$  と終点  $(x_c, y_c, z_{max})$  に手順(2)の逆マトリックスの変換を行って円筒面軸の起点と終点の空間座標を求める。

上述のアルゴリズムに基づいて開発した円筒面処理プログラムに、測定点群の pt ファイルを読込ませると、円筒の形状と軸が図11(a)に示すように描画されると同時に、計算した円筒面の半径、長さ、軸の起点と終点の座標、円度 (最大偏差) が同図(b)のように表示される。

### 3.5. 球面

3.3節の円の式を三次元に拡張し、式(19)に座標 z の項を追加すると、球面の方程式は次のようになる。

$$x^2 + y^2 + z^2 + ax + by + cz + d = 0 \quad (23)$$



(a) 描画

円筒半径	50.039
円筒計測長さ	101.661
円筒軸起点座標x,y,z	-72.394 -175.218 -116.516
円筒軸終点座標x,y,z	25.162 -167.537 -144.062
円度(最大誤差)	0.971198 (60番目計測点:赤点)

(b) 計算結果の表示

図11 円筒面測定例

円の場合と同様にして、最小二乗法により測定点群の座標値から係数 a, b, c, d の値を求める。

N 個の測定点  $(x_i, y_i, z_i)$  ( $i=1, 2, 3, \dots, N-1, N, N \geq 4$ ) から球面までの偏差  $e_i$  はそれぞれ式 (24) となる。

$$e_i = x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 + ax_i + by_i + cz_i + d \quad (24)$$

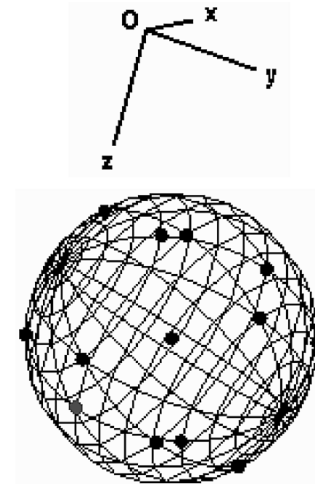
N 個の測定点の偏差の二乗和は次式のようにになる。

$$M = \sum_{i=1}^N e_i^2 = \sum_{i=1}^N (x_i^2 + y_i^2 + z_i^2 + ax_i + by_i + cz_i + d)^2 \quad (25)$$

M が最小になる条件  $\frac{\partial M}{\partial a} = 0, \frac{\partial M}{\partial b} = 0, \frac{\partial M}{\partial c} = 0, \frac{\partial M}{\partial d} = 0$  に式 (25) を代入すると、未知数 a, b, c, d の連立方程式が得られ、これらから a, b, c, d を求めると、球の中心座標  $(x_c, y_c, z_c)$  および半径 R

球心座標x, y, z	19.982 30.000 40.000
球半径R	50.364
球面度(最大誤差)	0.382547 (8番目計測点:赤点)

(a) 計算結果の表示



(b) 描画

図12 球面測定例

が次式のように得られる。

$$\begin{aligned} x_c &= -a/2 \\ y_c &= -b/2 \\ z_c &= -c/2 \\ R &= \sqrt{\frac{1}{4}(a^2 + b^2 + c^2) - d} \end{aligned} \quad (26)$$

上述のアルゴリズムに基づいて開発した球面処理プログラムに、測定点群の pt ファイルを読みませると、計算した球の中心座標、半径および球面度 (最大偏差) が図12(a)のように表示されると同時に、球面の形状と中心点が同図(b)に示すように描画される。

### 3.6. 自由曲線

3次Bスプラインの定義式<sup>[8], [9]</sup>に基づいて、自由曲線の描画プログラムを開発した。測定点群の pt ファイルを読みませると、図13のような自由曲線が描画される。また、その長さの値が表示される。

### 3.7. 点と平面の距離

任意の点から平面までの距離を求める公式<sup>[10]</sup>に基づいて開発したプログラムに、測定点群の pt ファイルおよび既に計算したある平面の txt ファイルを読みませると、各点と平面の最短距離および垂線の足の座標が表示

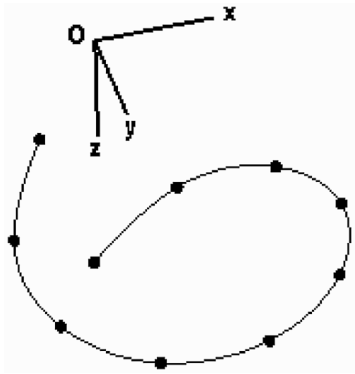


図13 自由曲線描画の例

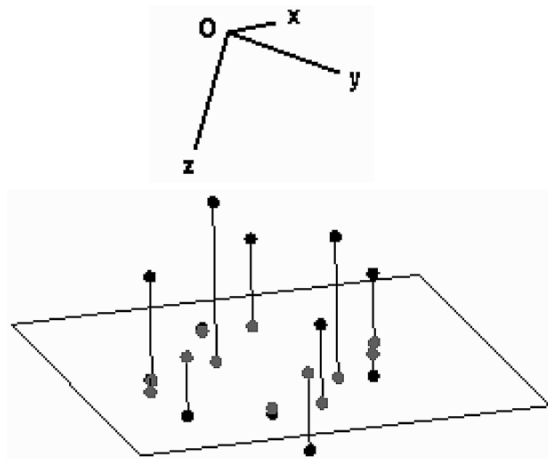


図14 点と平面の距離描画の例

され、図14に示すように描画される。

#### 4. まとめ

幾何計算および形状描画は三次元形状測定機の重要な機能である。本研究で導いた、ワイヤ式三次元座標測定機の首振り機構の測定座標計算式は、計測テストで正しいことが検証された。平面の最小二乗法、三次元回転・投影の幾何変換および二次元円の最小二乗法を組合せて使用することにより、空間内の任意の円や円筒面の最小二乗計算方法を提案した。二次元円の最小二乗法を三次元に拡張して球面の最小二乗法を導いた。本稿で述べた数式やアルゴリズムに基づいて開発したソフトの有効性は、計測試験で検証された。最小二乗法の使用により、測定形状の誤差が小さくなり、計測精度が高くなった。

今後の課題として、自由曲面、自由曲線・曲面の接線・法線・曲率半径などの計算・描画機能、点と各形状および形状要素間の関係の計算・描画機能、平面・円筒面・球面・自由曲面のシェーディングなどのレンダリング処理、三次元形状測定機の商品化に伴う計測ソフトとCG描画ソフトの統合およびインターフェースの改良などが期待される。

本研究は、いわき産学官ネットワーク協会および日本経済産業省中小企業庁の補助金支援を受けて行った。ワイヤ式ポータブル三次元座標測定機の製作およびソフトのテストには、株式会社ヨコハマ吉倉の佐藤優氏、有限会社品川通信計装サービスの松崎辰夫氏と鈴木孝典氏、福島県ハイテクプラザいわき技術支援センターの富田大輔氏と藤井正沸氏のご協力をいただいた。本稿をまとめるにあたり、感謝の意を表する。

#### 参考文献

- [1] 富田大輔, 佐藤優, 松崎辰夫, 高三徳, “大型三次元座標測定機の開発”, 福島県ハイテクプラザ研究報告書, 2008年12月
- [2] 佐藤優, 松崎辰夫, 富田大輔, 高三徳, “ワイヤ式ポータブル三次元座標測定機の開発”, 平成19年度いわき市産学官連携プロジェクト創出モデル事業成果発表会, 2008年2月
- [3] 林晴比古, “新 VisualC++6.0入門 ビギナー編”, ソフトバンク (1999)
- [4] 林晴比古, “新 VisualC++6.0入門 シニア編”, ソフトバンク (1999)
- [5] Manson Woo, Jackie Neider, Tom Davis, “OpenGL プログラミングガイド”, OpenGL Architecture Review Board, 株式会社アクロス訳 (1997)
- [6] クレイトン・ウォルナム, “Win32 OpenGL プログラム”, ピアソン・エデュケーション (1999)
- [7] 島田静雄著, 戸川隼人, 中嶋正之, 杉原厚吉, 野寺隆志編, “CAD・CGのための基礎数学”, 共立出版株式会社 (2001)
- [8] James D. Foley, Andries van Dam, Steven K. Feiner, John F. Hughes 共著, 佐藤義雄監訳, “コンピュータグラフィックス理論と実践”, オーム社 (2001)
- [9] Alan W., “3D Computer Graphics (Third edition)”, Addison Wesley Publishing Company (2000)
- [10] 金谷健一著, “形状CADと図形の数学”, 共立出版株式会社 (1999)

●2009年9月11日受付

こう さんとく

いわき明星大学科学技術学部システムデザイン工学科, 准教授  
970-8551 福島県いわき市中央台飯野5-5-1  
E-mail: sande@iwakimu.ac.jp

なかさ けいじろう

広島国際学院大学工学部総合工学科機械システム専攻, 教授  
〒739-0321 広島市安芸区中野6-20-1  
E-mail: nakasa@hkg.ac.jp

●作品紹介

[ペーパーワーク]

## ユニット折紙で作る星形の立体造形

Interconnected Modular Stellated Polyhedron Constructed from Paper folding Technique

松岡 龍介 Ryusuke MATSUOKA

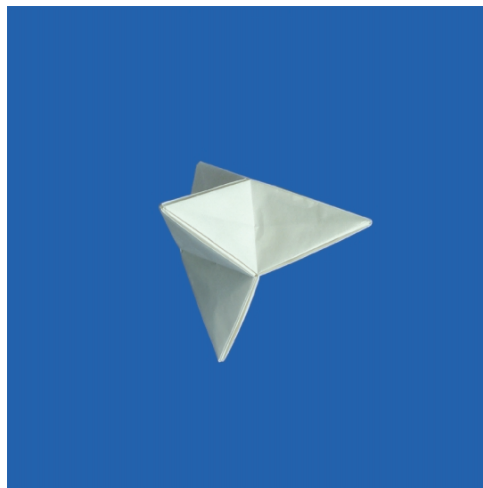
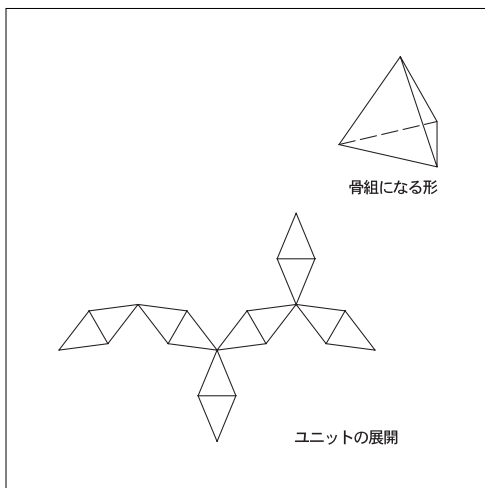


図1 2008年/約125×140×120mm 折紙

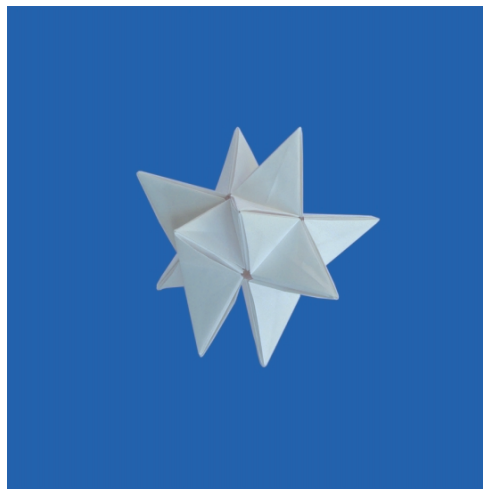
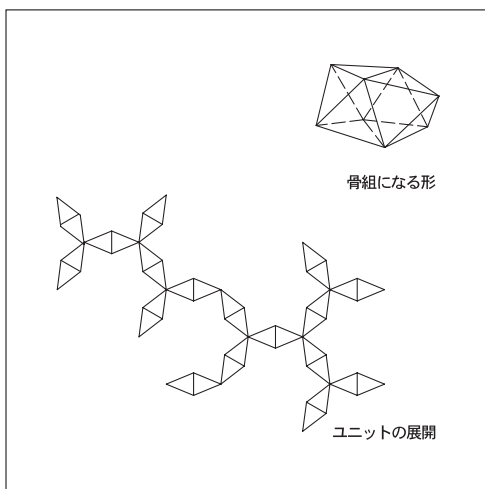


図2 2008年/約165×210×170mm 折紙

ユニット折紙の手法による星形の立体造形を制作した。これらの立体は、等辺の2辺がつくる内角が45度の点を頂点とする二等辺三角形によって構成されている。

基本としたユニットは、立体の面となる二等辺三角形の底辺を合わせた菱形のものである。その底辺を骨組みになる形の辺に配置して、一枚が15cm×15cmの大きさの折紙を使用し制作した。

図1は、正四面体を骨組みとした基本的な形態である<sup>[1]</sup>。ユニット折紙による立体は、くす玉<sup>[2]</sup>のような球、

ないしは、正多面体や準正多面体を骨組みとしたもの<sup>[3]</sup>の印象を強く感じさせる。図2は、それらとは異なるようなデルタ十二面体を骨組みにした立体を筆者が基調として制作した。図3は、正四面体の面同士をランダムに繋げた形態を骨組みとした作品。図4は、正二十面体、正十二面と2個の正四面体を結合し猫を象った造形<sup>[4]</sup>を骨組みとした作品。

これらの星形の立体造形は、鉱物の結晶、突起のあるホシズナのような有孔虫、顕微鏡で見た胞子や花粉のイ

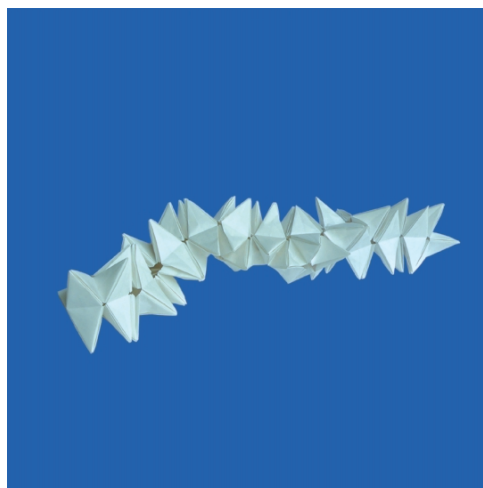
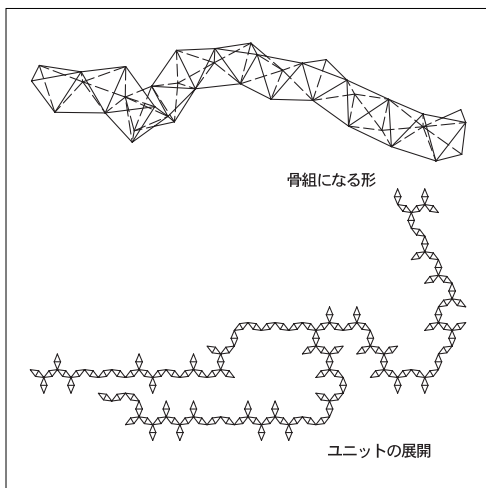


図3 2008年/約250×900×300mm 折紙

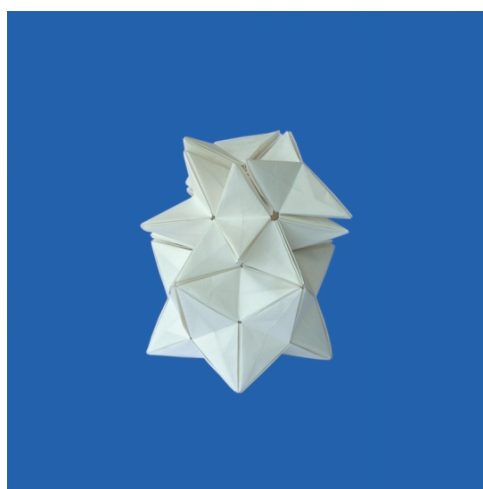
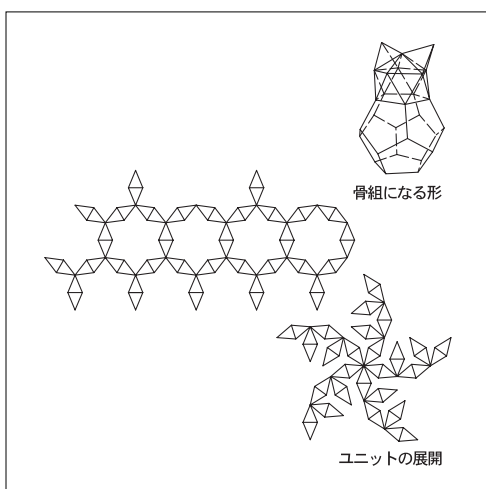


図4 2008年/約260×230×250mm 折紙

メージ、あるいは、植物プランクトンなどがつくる群体を想起させる。図3の作品は、高木勝太（3年生）、図4の作品は、篠原祐樹（3年生）が制作した。

#### 参考文献

- [1] 布施知子, 立体をつくろうーユニットおりがみー, 誠文堂新光社 (2000).
- [2] 田坂節子, 伝承のくす玉, パッチワーク通信社(2008).
- [3] 川村みゆき, はじめての多面体おりがみ, 日本ポアグ

社 (2001).

- [4] 鈴木悦郎, おもしろ空間への招待, 理工学社 (1987).

●2009年11月12日受付

まつおか りゅうすけ  
道都大学美術学部デザイン学科 准教授



● 作品紹介

# 線織面と映像による空間インスタレーション—Global Contrast—

The Space Installation Using Ruled Surface and Images –Global Contrast–

川崎 寧史 Yasushi KAWASAKI

キーワード：形態構成／造形教育

## 1. 制作背景

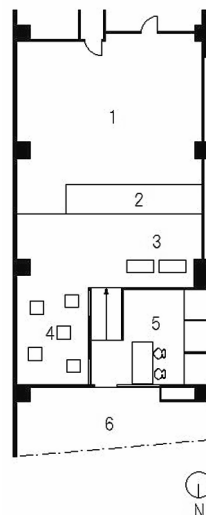
2009年9月23日から10月4日までの12日間、金沢中心部・広坂地区の空きフロア（旧香林坊郵便局）を利用して、線織面と映像を利用した空間企画展—Global Contrast—を開催した。これには金沢中心部の活性化という社会背景があり、広坂シンボルロード創出事業・西地区準備室や虎ノ門住宅販売株式会社などの協力を得ている。この企画展は盛況のうちに会期を終え、マスコミ取材なども含めて800名を超える来場者を数えた。



図1 線織面によるファサードのデザイン

## 2. Global Contrast

自然や動物、都市空間、祭りといった22種類の環境の断片を映像化し、幾重にも展開する線織面のスクリーンに反射させる空間を創出した。「この世界」を「この空間」で見たい、「この空間」で「この世界」がどうかたちで見えるだろうか、そんなコンセプトで空間デザインを行った。



- 1 メインスペース
- 2 中央テーブル
- 3 滞留スペース
- 4 展示スペース
- 5 エントランス
- 6 ファサード

図2 展示プラン（左）と22種の環境映像（右）

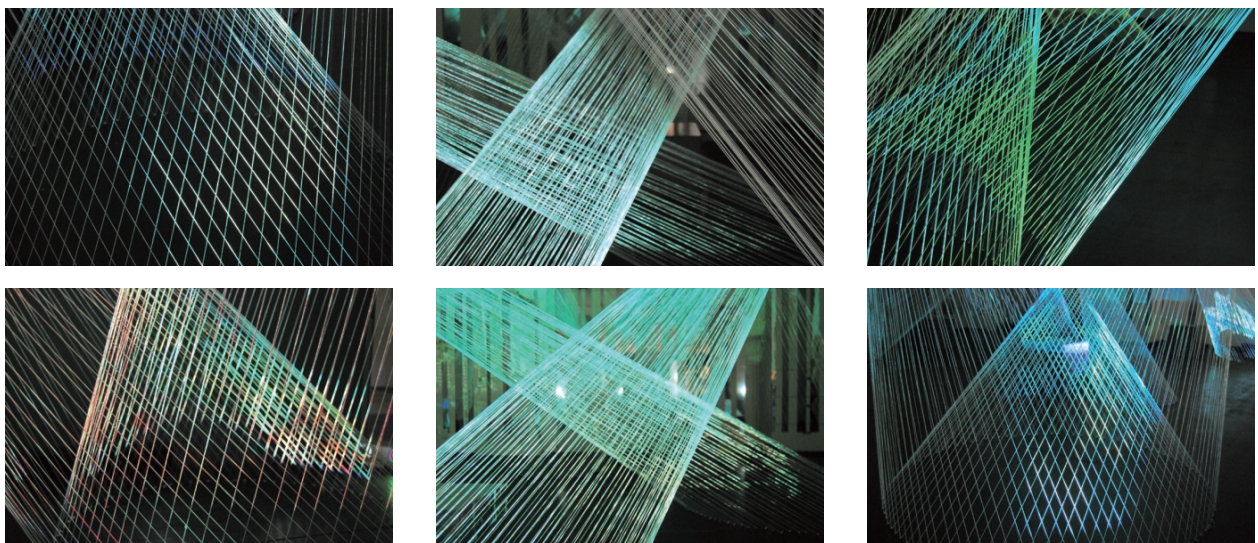


図3 メインスペースにある線織面の様々な表情



図4 ファサードからエントランス



図5 展示スペース



図6 展示スペースのオブジェ：メインスペースの映像を透明にチップ化し、ライトボードの上で浮かび上げる

## 謝辞

本作品は金沢工業大学環境・建築学部川崎研究室の制作である。デザイン制作と展示に参加した学生諸子、および展示フロアをご提供いただいた広坂シンボルロード創出事業・西地区準備室、虎ノ門住宅販売株式会社、広坂振興会の皆様にはこの場をかりて謝意を表します。

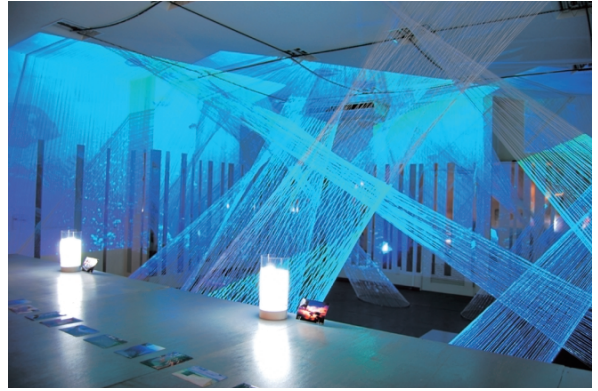


図7 メインスペース：様々な環境風景を線織面や壁面に反射させ、「この世界」を空間的に体感させる

●2009年12月18日受付

かわさき やすし  
金沢工業大学 環境・建築学部建築系  
E-mail : kawasaki@neptune.kanazawa-it.ac.jp

# 日本図学会 2009年度秋季大会 研究発表 要旨

## 設計論における感性の概念

岩田 亮 Ryo IWATA

平野 重雄 Shigeo HIRANO

近年、人間の感性をはじめ認知、感情、感覚、嗜好など、人間らしさを表現する事物の全てに個人差がある対象の評価に対して、工学的あるいは科学的な方法論が求められてきた。他方、工学設計をとりまく諸要素の中でも、特に感性は、未知の人工物を創造する上で、必然的な概念である。しかし、感性には法則性がないため、規格に則した次元によって表現しなければならない。着想から得たアイデアあるいはイメージを概念化し、伝達するために定式化することで、はじめて他者とのインタラクティブを得ることが可能となる。本報では、感性がもたらす主観的な判断力が、設計に及ぼす影響が過大であることから、人間に本来備わっている定性的な概念、すなわち感性が設計にもたらす効果について考究する。

キーワード：設計論／感性／アイデア／定性・定量

## 立体図の理解と隠れた座標系の利用

梶山 喜一郎 Kiichiro KAJIYAMA

立体図には作成するときに使用した座標系が隠されている。図から立体の性質を理解するには、この隠れた座標系を利用する。斜交座標で表した立体図の頂点を直交座標に座標変換し元の形状を復元するのが立体図の読図の手続きであり、読図者に座標系の知識を要求する。座標測定スキルに欠けた者の支援として斜眼紙に描いた立体図の課題を用いると、正答率は増加した。斜眼紙イメージを用いた図では、斜眼紙の升目に描かれた頂点の位置を、方眼紙の升目の同じ位置に移動することにより座標変換の作図は完成する。斜眼紙での座標測定操作は、升目上の位置のパターン認識の操作に変わり、座標変換の手続きが理解できれば、座標測定の手続きが誤りが入り込みにくい。

斜眼紙上に表現した立体図は、座標についての深い知識がない学習者にとって有効である。しかし、斜眼紙でトレーニングを受けた学習者は、斜眼紙がなくても解けるようにはならなかった。

キーワード：図学教育／読図／立体図の理解／斜交座標

## 家紋のかたち

—梅と桜に見る日本の意匠—

齋藤 綾 Aya SAITO

本研究は日本においてしばしば議論されている「梅」と「桜」の花の形態の相違について、家紋のかたちから、共通点や相違点を比較し、その特徴について述べるものである。なぜそれを「梅」だと思うのか、あるいは「桜」だと思うのか、日本人の感

覚についてデザイン面から考察する。

キーワード：造形論／平面幾何学／形態構成／家紋

## 文章作成時における周辺視野への関連情報の提示

定国 伸吾 *Shingo SADAKUNI*

茂登山 清文 *Kiyofumi MOTOYAMA*

実空間において、人が情報と関わる時、注視対象だけでなく、その周辺からも情報を受け取っている。これは、人の視覚に備わった、対象の詳細を知覚するのに優れた部位である中心視、対象のちらつきや動きを知覚するのに優れた部位である周辺視が相互に連携することによって行われている。私たちは、このような視覚特性を生かしたコンピュータディスプレイ上での情報提供手法について研究し、情報をすべて中心視のみで処理せずに、周辺視によってフィルタリングしながら情報を取得する環境を提案してきた。本稿では、その研究をベースに、新しい文章作成のためのアプリケーションを提案する。このアプリケーションは、ユーザが作成している入力文章に応じて、関連情報を効果的に提示することで、より創造的、効率的な文章作成を支援する。

キーワード：画像処理／CG／周辺視／情報提示／支援システム

## 遠近法を振り返る

—古典古代から近代への知の変容—

加藤 道夫 *Michio KATO*

本研究は、ミッシェル・フーコーの『言葉と物』に示された西欧の知の変容に準拠しつつ、西欧における遠近法の変容のプロセスを定位し直す試みである。対象時期はフーコーより拡大し、遠近法の起源である古典古代まで遡り、必要に応じて20世紀以降のモダニズムにも触れる。

その結果、遠近法の変容は以下のように要約できる。1) 遠近法には、古典古代から二つの様態「あるもの」の表現と「見かけ」の表現という二つの流れの起源にあたるものがあること。2) ルネサンスにおける遠近法の考案は、「見るもの」の表現である。3) 16世紀半ばから18世紀末までの時期は「遠近法」という言語システムの応用という枠組みの中で説明できる。4) 19世紀以降には、超越的主体の不在により遠近法の客観性が無効化し、モダニズムの思想的背景が確立する。

キーワード：図学史／遠近法／空間認識／造形論

## シモン・ステヴィンの透視図法

奈尾 信英 *Nobuhide NAO*

16世紀から17世紀のアルプス以北における透視図法の展開を考える上で留意すべき人物は、自然科学者で数学者のシモン・ステヴィン Simon Stevin (1548年-1620年)である。彼はライデン工芸学校の設立にかかわり、幾何学や透視図法に関する『幾何学の問題』*Problemata geometrica* や『透視図法』*De Deursichtighe* などの書物を著している。ステヴィンの透視図法を、イタリア人の数学者ガイドバルド・デル・モンテの透視図法と比較しつつ考察した。その結果、ステヴィンの透視図法は、画面(裁断面)に視高を移動させ、投影面上の眼の位置から基線まで斜めに延びる収束線を設定することで透視図を描くものであった。レオナルド・ダ・ヴィンチのようなルネサンスの才人と同じく、ステヴィンもまた、城塞建築や都市計画などの工学技術の展開に貢献し、さらには測量術や光学、透視図法理論の展開にも寄与したのである。

キーワード：図学史／17世紀前半／透視図法／オランダ

## 日本の住宅作品における様態の変遷に関する考察 —建築の図面情報に関する研究—

種田 元晴 *Motoharu TANEDA*

安藤 直見 *Naomi ANDO*

昭和期以降に竣工した日本の代表的な住宅を46作品取り上げ、その様態の変遷を概観する。ここでいう様態とは、住宅の空間的特徴を、その構成を中心に、住宅内部の主室・個室と住宅外部の三つの空間による構成形式を指す。本論においては、住宅建築の外部空間が内部にどのように取り込まれ、住宅内部の空間構成とどのように関係するかに着目し、外部環境が内部空間にとって重要な要素となっている住宅の存在を指摘する。

キーワード：設計論／住宅作品／図面情報／空間構成／類型

## 描かれる空間の歪みについて

—吉田初三郎の鳥瞰図表現から—

面出 和子 *Kazuko MENDE*

大正から昭和初期にかけて活躍した吉田初三郎による絵地図は、一般的な地図や地形図では得られない3次元情報を得ることができるから、わかりやすい。本研究では、初三郎の自身によって語られた制作過程からの絵地図の特徴を見だし、日本文化における視覚のリアリティを考察する。「初三郎式鳥瞰図」と呼ばれる表現の特徴は、その地域の中心を描き、それ以外の場所は空間を繋ぐように描かれるから、実際の地形図に比較すると大きく歪曲していることがあげられる。初三郎の絵地図は、「新中間

層」の台頭にもなって「旅行」が目されるようになった時代の中で、豊かさとコマースリズムを反映した表象であると言える。

キーワード：造形論／鳥瞰図／吉田初三郎

## 教室における座席の位置と複数の提示装置に対する注視傾向

—聴覚障害者の視覚情報収集に関する研究—

知花 弘吉 *Kokichi CHIBANA*

翁長 博 *Onaga HIROSI*

亀谷 義浩 *Yoshihiro KAMETANI*

都市・建築の分野においては高齢者や車椅子生活者、視覚障害者に関する研究の蓄積がなされているが、聴覚障害者に関する研究はそれほど多くはない。そこで、本研究では室内空間における聴覚障害者の情報源の配置について検討する。まず、同一情報を複数の提示装置に提示する場合の複数の情報源の活用状況を検討するために、5箇所に提示装置のある大教室においてアイカメラを装着した被験者（健聴者7名、聴覚障害者5名）の12座席における提示装置の選択、提示映像内の注視要素などについて分析した。その結果、座席によっては健聴者と聴覚障害者に違いが見られることもあるが、全体的な傾向として、主な情報源は教室の前面に設置されたスクリーンであるが、吊り下げられたモニターからも補助的に情報を得ていることが明らかになった。

キーワード：空間認識／視覚情報／聴覚障害者

## 視線情報を用いたデジタルサイネージのデザイン評価

遠藤 潤一 *Junichi ENDO*

茂登山 清文 *Kiyofumi MOTOYAMA*

近年、大型の液晶ディスプレイなどを用いて電子的に情報を提供するシステムが普及してきている。こうした情報提供システムは、デジタルサイネージと呼ばれており、近年急速に普及が進んでいる。しかしながら、新しいメディアであることから、公共施設や教育機関、病院など公共性の高い特定施設での利用を考えた場合、その画面デザインは十分に検討と評価がなされていない場合が多い。

本研究では、大学におけるイベント情報の提供をサンプルとして、リスト状画面デザインの評価を行った。評価においては、視線情報測定装置（アイカメラ）を用いて、被験者の視線移動方向や速度、注視点、注視時間などの情報を取得した。この結果、注視点の数と最初の注視点位置に差が認められた。

キーワード：CG／デジタルサイネージ

## イメージとアクションによる、デジタル・ツールを使った美術鑑賞

兼田 貴子 *Takako KANEDA*

馬場 暁子 *Akiko BABA*

茂登山 清文 *Kiyofumi MOTOYAMA*

近年、美術館では様々な情報技術を用いての作品体験の試みが増えてきている。それらは、「言葉」を中心としたものが多い。

美術作品の鑑賞という行為において、「言葉」ではない要素、すなわち「イメージ」が重要な役割を果たしていると考える。そこで鑑賞者が作品をたのしんだり、身近に感じたりすることを目的とし、イメージを通じ、アクションを用いて、作品と鑑賞者との間に関係を作るものとして機能するデジタル・ツールの開発に取り組んだ。

キーワード：CG／デジタル・ツール／美術館教育

## 絵画のライティングの分析と3次元CG制作支援手法の提案

沢村 和也 *Kazuya SAWAMURA*

兼松 祥央 *Yoshihisa KANEMATSU*

三上 浩司 *Koji MIKAMI*

近藤 邦雄 *Kunio KONDO*

金子 満 *Mitsuru KANEKO*

映像制作においてライティング（照明）は作品の印象や、作品そのものの出来を大きく左右する重要な要素である。本研究では、絵画のシーンに使われているライトの分析をするために、絵画の中の明るさや暗さの陰影情報からライティング情報を抽出する。そして三灯照明を表わすことができるデジタルライトセットによりライト情報をまとめる。これらの情報をデジタルライティングスクラップブックとして構築し、3次元CGによるシーンの再現、演出への適用方法を提案する。

キーワード：CG／ライティング／絵画／デジタルライティングスクラップブック

## “Hexasphericon”の構造をもとにした立体造形作品

—「A study of tangible - H」の動きについて—

村松 俊夫 *Toshio MURAMATSU*

これまでステンレススチールのパイプを素材とした大型の動く作品を制作してきた。これらは、鑑賞者が手で直接触りながら全身を使って動きそのものや形態の変化を知覚できるシリーズである。

今回、Hexasphericonの構造をもとにして、とくにその動き

の視覚的効果に着目しながら動く造形作品として開発した。  
キーワード：造形論／形態構成／キネティックアート

## 彫刻における立体感 —現れ出る形—

福江 良純 *Yoshizumi FUKUE*

彫刻とは、素材が持つ3次元の立体性を本質的な形式とする芸術である。しかし、彫刻が3次元であるという自明の事実と、彫刻を立体として捉えるということは同一ではない。そこには、「立体感」という感覚の関与が極めて重要な機能を果たしている。これまで、それは感性上の現象であるという点で主体的に扱われることはなかったが、本発表では立体感と制作技術に一定の相関関係があることを明らかにする。そして、それを明らかにすることは彫刻を他の類似する周辺領域と峻別するだけでなく、「オリジナル」という芸術の本質的概念を記述する方法論を導き出す可能性があることにも言及する。

キーワード：造形論／立体感／正面性／プロセス／オリジナル

## 平坦に折りたためない折紙展開図の最適化手法を用いた自動修正

三谷 純 *Jun MITANI*

様々な構造物において、それらが平坦に折りたたむことが可能であれば、可搬性の向上など有益なことが多い。本稿では、与えられた展開図を局所平坦条件を満たす展開図に自動修正する手法を提案する。提案手法では、対象を拘束条件下での頂点位置の最適化問題に置き換え、ラグランジェ未定乗数法を用いた数値解析を行う。

キーワード：平面幾何学／折紙／展開図。

## 羽根板曲げ成形金型の調整機構の幾何学的解析

高 三徳 *Sande GAO*

中佐 啓治郎 *Keijiro NAKANA*

高 ゆ *Yu GAO*

羽根板曲げ成形機で各種の羽根に対応できる金型の調整機構を開発するために、まず、プレス試験およびFEM解析を行い、スパイラルピッチおよびスプリングバックとパンチおよびダイの傾斜角度、板厚、板材特性との関係を求めた。次に、羽根板の内径、外形とスパイラルピッチの関係、これらと金型台の開き角度、金型刃の位置・傾斜角度、羽根素材の取付け位置との関係を幾何学的に解析し、その結果に基づいて計算ソフトを開発した。

キーワード：応用幾何学／羽根板／曲げ成形金型／調整機構

## 避難行動フレームワークの開発と群集流動の可視化

安福 健祐 *Kensuke YASUFUKU*

本研究は、コンピュータを利用して人間の避難行動を分析する手法を提案するものであり、複数の避難行動モデルを一つのシステム上で扱うことができる避難行動フレームワークを開発し、建築物からの避難シミュレーションに適用するとともに、群集流動を3D-CGにより可視化することで、数値データでは認識しづらい避難状況を把握することを目的としている。避難行動モデルとして、数理学分野で研究されているSocial ForceモデルおよびCG分野で群集シミュレーションに利用されているRVOモデルを避難行動フレームワークに組み込み、それらを比較した結果、Social ForceモデルよりもRVOモデルのほうが、他のエージェントや障害物との衝突回避に最適化されていることから、開口部での群集流動係数が大きくなり、その結果、居室避難時間、階避難時間ともに短くなることを明らかにした。また、その群集流動を3D-CGを用いて可視化することで、カメラ視点を自由に変更でき、群集密度や人間の動きの不自然さを確認できるシステムとした。

キーワード：CG／避難／シミュレーション／可視化

## タイムテーブル法を用いた映像空間サーベイ

安藤 直見 *Naomi ANDO*

種田 元晴 *Motoharu TANEDA*

映画をはじめとする映像作品には、作品としての表現の一部として、あるいは背景として、建築や都市などの空間が描かれる。本論では、映画に描かれた空間を分析する手法として、タイムテーブル法（映像を時系列にしたがって分解する手法）を提示する。そして、タイムテーブル法を用いた映像空間サーベイの事例として、世界遺産などの歴史性や場所性が特徴的な空間の抽出を試みる。

キーワード：設計・製図教育／映画／世界遺産

## 3D実測データと位置・方位データの合成による都市の自動立体マップ作成方法

中山 智博 *Tomohiro NAKAYAMA*

辻合 秀一 *Hidekazu TSUJIAI*

本研究は3D地図および3D地形図の作成技術を利用して、安価なレーザセンサ、加速度センサ、GPSを使用し、それらの機器より取得したスキャン形状、移動情報、位置、方位データに基づく三次元の都市空間を、より手軽に仮想空間上に作成する試みである。主にCG映像やバーチャルリアリティ分野へ向け、視

覚的な効果を重視した三次元形状作成の手法を安価で簡易に確立することを目的とする。

キーワード：CG/GPS／三次元計測

### JIS B0001機械製図規格の変遷

平野 重雄 *Shigeo HIRANO*

岩田 亮 *Ryo IWATA*

梶 良平 *Ryohei KAJI*

図面を描く・読むときには、設計者と製作者の間に統一した規格が必要であり、機械工業の分野ではJIS B0001機械製図である。機械製図の規格は、1958年に制定されてから、複雑な形状をより簡易に表して、国際規格と整合させるなど、今までに4回の改正が行われており、5回目の改正規格も2009年X月に公布される予定である。そこで、製図規格の変遷について考察した。

キーワード：製図教育／機械製図規格／ものづくり

### 3次元CADによる空間認識力育成教育の可能性

田中 一郎 *Ichiro TANAKA*

鈴木 賢次郎 *Kenjiro SUZUKI*

三井 和幸 *Kazuyuki MITSUI*

五味 健二 *Kenji GOMI*

近年、機械製図教育においても3D-CADの導入が進み、学生の評価は高い半面、3D-CADによる教育に空間認識力育成効果があるという客観的な調査結果はなく、手描きによる製図教育が必要だとされてきた。そこで、機械製図の入門教育において、従来の手描き製図のコースと空間認識力育成をめざす3D-CADのコースとで切断面実形視テストを実施し、空間認識力育成の効果を評価した。その結果、両コース同程度の空間認識力育成効果を確認した。

キーワード：空間認識／設計・製図教育／3D-CAD／切断面実形視テスト

### LEGOブロックを使ったCAD教育

辻合 秀一 *Hidekazu TSUJIAI*

LEGO社のMINDSTORMS NXTを用いたインタラクティブアートプログラミング教育も3年目になった。授業では、LEGOブロック専用CADであるLDrawを用いて作品の形を保存するように指導を行っている。1、2年目は、CADを補助的な提出物とした。3年目は、CADを積極的に取り入れることで、全員にCADデータを最終課題に添付させることができた。半期の教育でLEGOブロックを使ったCAD教育の効果を報告する。

キーワード：図学教育／CAD/LEGO

### 「三次元CADから三次元造形まで」の体験ミニ授業の試行 —ミニはんこの製作を通して—

荒木 勉 *Tsutomu ARAKI*

ミニはんこの製作を通して三次元CADを体験し、そのデータによる三次元モデルの製作、評価までを行い、三次元CADの利用について自らモノづくりの中で学ぶ体験ミニ授業を実施し成果を得た。短い時間で完結する専門に特化しない教材を用いての体験的展開は、一般の生徒や学生に教養としての作るためのCADの初歩的センスを学ばせる有効な手段となった。作り上げた成果物を自ら評価する体験を通してCADを考えることができる。本学における三次元造形を取り入れた最近の教育法のミニチュア版の実践をここに紹介する。

キーワード：設計・製図教育／三次元CAD／三次元造形／モデリング／ミニはんこ／体験ミニ授業

### ラインカメラによるスキャン画像の図学的特性

吉田 勝行 *Katsuyuki YOSHIDA*

撮像素子を1列有するのみのラインカメラは、撮像素子が多列であるため1度の読み出しで通常の透視図相当の画像が得られるエリアカメラよりも高解像の画像が得られるため、種々のスキャナーに組み込まれているが、そうしたスキャナーを用いてスキャン面に垂直な方向に凹凸のあるいわゆる3Dの対象を読み取ると、得られる画像は独特の歪みを有した中心投影でも平行投影でもないスキャナー投影（半中心投影）とでも呼ぶべき画像になっている。本稿では、歪みを図学的に解明するとともに、その画像を眺めた時に奥行きがラインカメラの移動方向に広がるよう感じられる現象について考察を加える。

キーワード：画像処理／ラインカメラ／半中心投影／スキャナー投影／立体感

### 位置把握を体験する地図学習活動における学習者の行動と意識

山島 一浩 *Kazuhiro YAMASHIMA*

GPSを使った位置把握の授業実践について報告する。この科目は、情報システム系の学部生向けの専門基礎科目として、地図の情報表現やその活用法についての基礎知識を学び、GISや地図情報サービスシステムの開発に携わる人材育成を目標に掲げている。報告する授業は、GPSを用いた位置情報で地図上と実空間との照合を目的とした体験型の学習である。導入に至るヒン

ト、教材開発の過程、授業実践の内容について説明し、受講後、学生に提出させた報告課題より得られた内容について述べ、学生の行動と意識についての考察を述べる。

キーワード：教育評価／位置把握／地図情報／GPS

### アニメにおけるモーショ解析手法

今間 俊博 *Toshihiro Komma*

長 聖 *Satoshi Cho*

佐藤 尚 *Sato Hisashi*

近藤 邦雄 *Kunio Kondo*

セルアニメ制作手法の中で一番ポピュラーな手法はキーフレーム法である。アニメーションの動きは、制作手法によって動きの質感が異なった物になる。近年、モーショキャプチャーを用いたセルアニメ調の作品が制作されるようになってきた。モーショキャプチャーデータには、キーとなるフレームが存在しない。そのため、モーショキャプチャーを用いて制作したアニメーションは、セルアニメとは異なった動きの質感を持つ。本論文は、モーショキャプチャーデータを元にして、セルアニメに似たキーフレームを作り出すためのデータ解析手法について考察する。

キーワード：CG／アニメーション／モーショキャプチャー／キメポーズ

### 入隅に投影された輝度分布の印象評価

鈴木 広隆 *Hirota SUZUKI*

空間における3次元の知覚は奥行き知覚情報と呼ばれ、眼球調整、輻輳、重なり合い、線の遠近法、空気遠近法、きめの勾配、両眼視差、運動視差などが知られているが、明暗のコントラストも重要な要因である。本研究では、入隅に映像を投影させることによって様々な輝度分布を呈示し、その輝度分布の変化により空間の認識がどのように変化するか検討を行った。

キーワード：空間認識／入隅／輝度分布

### 図学基本用語を用いた理解度自己判定による授業評価の試み

大月 彩香 *Ayaka OHTSUKI*

他の授業で行われていた学生自身に授業の基本的な用語の理解程度を判断させるアンケートにより授業を評価する方法を図学の授業で試みた。その結果、授業の進行に従い理解度が上昇するなど評価として信頼できるデータを得ることができた。そのデータを元に期末テスト結果との関係を含めて考察したので報告すると

共に、比較的簡単に実施できる一つの授業評価法として紹介する。

キーワード：図学教育／授業評価／自己評価／基本用語

### 機械設計技術者を対象としたCAD関連のアンケート調査及びMCTの実施

西原 小百合 *Sayuri NISHIHARA*

西原 一嘉 *Kazuyoshi NISHIHARA*

職業集団に属する技術者の設計やCADの経験と空間把握力との関係を知るために、社団法人日本機械設計工業会所属企業の技術者に対するアンケート調査及び仮想切断面実形視テスト(Mental Cutting Test, 以降MCT)を実施した。その結果、経験と共にMCTの平均値が伸びていく傾向が認められた。また男性技術者に比べ女性技術者のMCTの平均値が大幅に低いことを明らかにした。

キーワード：空間認識／仮想切断面実形視テスト／日本機械設計工業会へのアンケート／多変量解析

### CAD利用技術者試験とMCTとの関連

西原 小百合 *Sayuri NISHIHARA*

西原 一嘉 *Kazuyoshi NISHIHARA*

CAD利用技術者試験の受験生にMCTを実施し、空間把握の観点から両者の成績の関連を分析し、2級CAD技術者試験の総合点及びCADシステム分野の得点ないし製図分野の得点のそれぞれとMCTの得点との間の相関関係はあまりないこと、並びにMCTの各問の誤答率については、CAD利用技術者試験の合格者と不合格者の間で2番、4番、16番の問題で大きな差が認められること等を示した。

キーワード：空間認識／仮想切断面実形視テスト／CAD利用技術者試験

### 教科・科目フリー型の総合試験における問題解答方略と資質との関係

椎名 久美子 *Kumiko SHIINA*

伊藤 圭 *Kei ITO*

教科・科目フリー型の総合試験の中から、平面上における方向把握を扱った問題に着目して、課題遂行や問題解決に必要なとされる能力・資質に関する因子と解答に用いた方略との関係を検討した。能力・資質の習得度に関する自己評価のデータから、因子分析によって7つの因子を抽出した。複雑な条件を吟味する必要のある設問では、いくつかの因子得点について、「リスト作成」方略や「矢印図吟味」方略の使用有無との間に強い関連が認められ



た。「数理的素養・図の取り扱い」因子は、「リスト作成」方略の使用に影響を及ぼしており、それは正答を得ることに繋がっていると考えられる。「読解力・表現力」「創造力・多元的判断・論理的思考」「对人的親和性・献身性」「自然・社会・人間への関心」「情報処理・機器操作」の因子は、「矢印図吟味」方略の使用に影響を及ぼすものの、この方略を用いて正答を得ることには結びついていないと考えられる。

キーワード：空間認識／解答方略／資質

## 日本図学会2009年度秋季大会報告



2009年度日本図学会秋季大会は、11月28日(土)、29日(日)の両日にわたり、東京都市大学世田谷キャンパス(旧武蔵工業大学)を会場として盛大に行われた。28日夕刻には東京都市大学カフェSORAにて懇親会が和やかに開催された。また29日には、モノづくりと三次元CADに関するフォーラム、第44回国学教育研究会が行われた。

### 大会プログラム

11月28日(土)

- 10:00 開場 第1会場(311教室)  
第2会場(312教室)
- 10:10~11:30 講演発表 8件(2セッション)
- 11:40~11:50 写真撮影 (3号館前)
- 11:50~12:50 理事会 (1号館3階第1会議室)
- 13:00~14:20 講演発表 7件(2セッション)
- 14:30~15:50 講演発表 8件(2セッション)
- 16:00~17:20 講演発表 8件(2セッション)
- 17:30~19:30 懇親会 (14号館2階カフェSORA)

11月29日(日)

- 8:50 開場 (2号館1階21A教室)
- 9:00~11:40 モノづくりと三次元CADに関するフォーラム(座長:平野重雄)
1. 三次元CADの効果的活用法の一事例  
平野重雄(東京都市大)
  2. 三次元CAD(2種類のソフト)の操作

習得の事例報告

- 喜瀬 晋(株アルトナー)
3. 三次元CADの現状と基礎知識  
高橋 伸幸(東芝テック株)
  4. 三次元CAD教育の支援と今後の展開  
新井 淳子(ソリッドワークス・ジャパン株)
  5. 三次元CADとCAEの動向  
松永 大典(サイバネットシステム株)
  6. 総合討論

- 13:00~15:00 第44回国学教育研究会(2号館1階21A教室)
- パネルディスカッション—  
「CG/CADを図(形科)学で教えることの意義」

### 大会講演プログラム セッション報告

10:10~11:30

セッション1:形と意味(座長:高三徳)

- 1) 計論における感性の概念  
岩田 亮・平野 重雄(東京都市大)
- 2) 立体図の理解と隠れた座標系の利用  
梶山 喜一郎(福岡大)
- 3) 家紋のかたち—梅と桜に見る日本の意匠—  
齋藤 綾(女子美術短大)
- 4) 文章作成時における周辺視野への関連情報の提示

定国 伸吾 (大同大), 茂登山 清文 (名古屋大)

1) は日本固有の概念である感性とアイデア・設計・工学との関係, 設計をとりまく概念, 感性の伝達の内容に関する発表である。この発表に対し, 感性工学の具体的な内容, 大学教育やCG/CADソフト開発への導入についての討論が行われた。

2) は斜交座標系学習前後学生の座標系の知識についての調査の目的, 方法, 内容, 結果とその考察, 問題点および改善策に関する発表である。この発表に対し, 斜交座標使用の理由, z座標の処理, 受講学生の座標系知識の背景についての意見交換が行われた。

3) は家紋の歴史, 梅紋と桜紋の比較, 輪郭線の特徴, かれらに関するアンケート結果による日本人の感覚についてのデザイン面から考察した発表である。この発表に対し, 桜紋と桜の種類, 梅紋と桜紋の輪郭線の形状や家紋の年代についての討論が行われた。

4) は文章作成支援システム, その評価実験とアンケート項目および回答結果, それに基づいたシステム改善の内容に関する発表である。この発表に対し, 周辺視野への関連情報の提示時間とそのコントロール, 若者の国語力と文章作成力への影響についての意見交換が行われた。

このセッションでは多くの出席者が集まり, 感性・設計の概念から, 座標系, 形, 情報にわたっての研究発表および活発で有意義な意見交換ができ, 形と意味の理解および利用については, 研究面だけでなく, 図学教育への活用の立場からも積極的に議論された。

(報告: 高 三徳)

10:10~11:30

セッション2: 空間表現の変容 (座長: 村松 俊夫)

5) 遠近法を振り返る —古典古代から近代への知の変容—

加藤 道夫 (東京大学)

6) シモン・ステヴィンの透視図法 奈尾 信英 (東京大学)

7) 日本の住宅作品における様態の変遷に関する考察

—建築の図面情報に関する研究—

種田 元晴・安藤 直見 (法政大学)

8) 描かれる空間の歪みについて

—吉田初三郎の鳥瞰図表現から—

面出 和子 (女子美術大学)

5) は, 西欧における知 (哲学) の変貌に照らし合わせて, 遠近法の変容プロセスを捕らえ直す大胆な試みである。対象の時期は, 遠近法の起源である古典古代から20世紀以降のモダニズムにまで及んでいる。その結果, 遠近法には, 古代から「あるもの」の表現と「見かけ」の表現という二つの流れがあること。19世紀以降には「遠近法」が世界を客観的に認識する手段

ではなく, そのためモダニズムの思想的背景が確立したこと。しかし「遠近法」は, 対象の生産手段としていまだ有効でありつづけていることなどを論証した。

6) は, 16世紀から17世紀にかけて北ネーデルランドで活躍したシモン・ステヴィンの透視図法を, もととなったとされている同時期のイタリア人数学者, グイドバルド・デル・モンテの透視図法と比較して詳細に考察したものである。その結果, 視高の描き方に共通点が見られるものの, その用い方には明らかな差異が見られることを立証した。そして, ステヴィンが透視図法の実践にではなく理論に関心を抱いたのは, 彼がルネサンス以降の技術者の伝統を継承していたからであろうと結んだ。

7) は, 昭和初期から今日にいたる戸建住宅の様態変化を, 建築家の図面情報をもとに検証したものである。ここでは, 主室・個室・外部の3つの空間の關係に着目することで, 住宅の構成形式の一端を明らかとすることを試みている。その結果, 内部空間と自然環境とを仲立ちする外部空間のあり方として, 6つの類型があることを明らかにした。とくに介入型外部空間を持つ住宅においては, 外部空間が内部の住環境を補完するものとしてではなく, 内部空間と対等な住宅の構成要素として位置づけられることを指摘した。

8) は, 大正から昭和初期にかけて活躍した吉田初三郎による絵地図をもとに, 日本文化における視覚のリアリティーを考察したものである。表現の特徴として, それぞれの地域の中心を描き, ほかの場所は空間を繋ぐように描かれていることに言及している。また, 見る人を局部に惹きつけられながらも, 視点を移動して全体を眺めさせる工夫の存在を明らかにした。その結果, これはまさに《洛中洛外図》をながめる方法と同じであり, 吉田初三郎の鳥瞰図がきわめて“日本的な視点”を取り入れていると結論づけた。

このセッションでは, 主として過去の図による空間表現の変化について, 現代の視点からの史的な研究発表がなされた。初めての秋季大会にふさわしい, 充実した質疑応答・議論が重ねられた。

(報告: 村松 俊夫)

13:00~14:20

セッション3: デジタルツール (座長: 齋藤 綾)

9) 教室における座席の位置と複数の提示装置に対する注視傾向 —聴覚障害者の視覚情報収集に関する研究—

知花 弘吉・翁長 博・亀谷 義浩 (近畿大)

10) 視線情報を用いたデジタルサイネージのデザイン評価

遠藤 潤一 (広島国際学院大)

茂登山 清文 (名古屋大)

11) イメージとアクションによる, デジタル・ツールを使った美術鑑賞

兼田 貴子 (広島国際学院大)

馬場 暁子・茂登山 清文 (名古屋大)

- 12) 絵画のライティングの分析と3次元CG制作支援手法の提案  
 沢村 和也・兼松 祥央・三上 浩司  
 近藤 邦雄・金子 満 (東京工科大)

9) 聴覚障害者の環境改善を目的とした実験が行われ、その結果についての発表があった。実験は聴覚障害者と健聴者にアイマークレコーダーを装着し、モニタに対する被験者の注視回数に着目するものである。実験は大学の教室内で、座席から正面のスクリーンと複数のモニタに対する注視回数について比較され、詳細な分析結果が導かれた。

10) 近年普及しつつある、大型の液晶ディスプレイなどを用いて情報提供するデジタルサイネージのデザイン評価についての発表であった。実験は、デザインパターンをテキストのみ・写真・ビクトグラムによる情報提示に分け、アイカメラによって被験者の視線を分析するという方法であった。アイカメラを使用することによって、被験者の主観に頼らずに判断できる。デジタルサイネージの検討と評価はまだ十分になされていないため、今後ますます必要とされる研究分野である。

11) これまで美術館などで行われてきたテキストや音声などによる作品紹介ではなく、視覚的にアクションを通じて作品を体験できるツールの開発が作成され、その効果が報告された。実験には iPod touch が用いられ、たのえぼのような位置から対象の絵画が描かれたのかということがインタラクティブに体験できる。鑑賞者がより身近に美術作品を鑑賞・体験できるツールとして、今後の展開が期待される。

12) 絵画の中のライティングをデジタル映像(3DCG)によって再現し、結果を保管することによって映像制作支援システムを構築するという研究内容であった。ライティング情報はスクラップブックとして保存され、あとで呼び出すことが可能である。ライティングを学ぶことは難しく、これまで制作者の経験や勘によって設定されてきた。このシステムが完成することによって、学生や制作者の映像制作に役立てることができると考えられる。

(報告：齋藤 綾)

13:00~14:00

セッション4：造形 (座長：長坂 今夫)

- 13) “Hexasphericon”の構造をもとにした立体造形作品

— 「A study of tangible - H」の動きについて—

村松 俊夫 (山梨大)

- 14) 彫刻における立体感 —現れる形—

福江 良純 (京都八幡高等学校)

- 15) 平坦に折りたためない折紙展開図の最適化手法を用いた自動修正  
 三谷 純 (筑波大)

13) は、筆者が長年テーマとしてきた「平面上をなめらかに転がる立体作品」の一つとして、Hexasphericonの構造をも

とにし、その動きの視覚的効果に着目した、ステンレススチールパイプ製の直径1メートルを超える動く造形作品を制作した。

14) は、筆者が彫刻家としての立場から、彫刻における立体感と制作技術に一定の相関関係があることを明らかにし、「オリジナル」という芸術の本質的概念を記述する方法論を導き出す可能性について言及している。

15) は、与えられた展開図を局所平坦条件を満たす展開図に自動修正する手法を提案した。提案手法では、対象を拘束条件化での頂点位置の最適化問題に置き換え、ラグランジェ未定乗数法を用いた数値解析を行った。

3件の発表に対して、それぞれ活発な討論がなされた。13) に対しては、「どのくらいの時間転がるか。製作図面は、サイズによる動きの差は。仮想接地線とか仮想支点とは」などの質問があった。14) に対しては、「立体感に制作者側と観察者側で違いがあるのか」という質問と、「側面性がもたなくなって正面性が生まれるという考え方は、制作者でなければ思いつかない考えかも」などのコメントがあった。15) に対しては、「どのようになったときを正解とするのか。紙の厚みは考慮しているか」などの質問があった。それぞれの質問に対して、適切な説明がなされた。

(報告：長坂 今夫)

14:30~15:50

セッション5：計測 (座長：定国 伸吾)

- 16) 羽根板曲げ成形金型の調整機構の幾何学的解析

高 三徳 (いわき明星大)

中佐 啓治郎 (広島国際学院大)

高 ゆ (いわき明星大)

- 17) 避難行動フレームワークの開発と群集流動の可視化

安福 健祐 (大阪大)

- 18) タイムテーブル法を用いた映像空間サーベイ

安藤 直見・種田 元晴 (法政大)

- 19) 3D実測データと位置・方位データの合成による都市の自動立体マップ作成方法

中山 智博 (デザインオフィスアートラボ,  
 京都嵯峨芸術大)

辻合 秀一 (富山大)

16) は、羽根板曲げ成形機で各種の羽根に対応出来る金型調整機能を開発することを目的とする研究であった。この研究発表では、プレス試験およびFEM解析から明らかとなった特性から、計算ソフトが提案された。また、質疑においては、曲げによる螺旋構造形成の誤差について議論がなされた。

17) は、人間の避難行動解析の手法として、群集流動を3D-CGにより視覚化することを背景としている。この研究発表では、Social Force モデル、RVO モデルを避難行動フレーム

ワークに取り込み、その比較を論じた。このフレームワークを採用したシステムによるシュミレーションを通し、Social Force モデルに比べ、RVO モデルの方が居室避難時間、階避難時間ともに短くなることが示された。

18) は、映像作品中で描かれる建築や都市のサーベいを、建築の講義に応用する試みについて紹介する発表であった。なお、サーベいの手法には、タイムテーブル法が採用された。このサーベいを通して、多様な映画に特徴的な世界遺産等が描かれていること、タイムテーブル法が映画のタイプの検証と特徴的な建築の抽出を同時に行うことに適していること、映画において建築が引用、変形されていることが示唆された。

19) は、安価なレーザセンサ、加速度センサ、GPS センサを利用し、簡易な3D スキャナを提案し、そのスキャナを用いて取得したデータを用いて仮想空間に三次元とし空間を再現しようとする試みであった。この発表では、現状のシステムは定点撮影を前提としているが、その前提においては提案手法が一定の精度を保っていることが示された。今後は、定点撮影を前提とすることで問題となる影の検出を見据えたシステムの改良を試みる事が述べられた。

(報告：定国 伸吾)

14:30~15:50

セッション6：設計・製図教育 (座長：大月 彩香)

20) JIS B0001機械製図規格の変遷

平野 重雄・岩田 亮・梶 良平 (東京都市大)

21) 3次元CADによる空間認識力育成教育の可能性

田中 一郎 (東京電機大)

鈴木 賢次郎 (大学評価・学位授与機構)

三井 和幸・五味 健二 (東京電機大)

22) LEGOブロックを使ったCAD教育 辻合 秀一 (富山大)

23) 「3次元CADから3次元造形まで」の体験ミニ授業の試行 —ミニはんこの製作を通して—

荒木 勉 (筑波技術大)

20) 機械製図規格は1958年にJIS B0001として制定された後、国際規格に整合させるためなど今日までに4回の改正が行われてきた経緯が紹介されるとともに、次の5回目の改正作業に携わった著者の意見が発表された。

21) 近年では製図教育において手描きからCADへ移行する傾向が強まっておりその影響が懸念されているが、東京電機大学における手描きコースとCADコースを具体例に空間認識能力に関する育成効果についてMCTを通して考察している。

22) LEGO社のMINDSTORMS NXTを利用した富山大学芸術文化学部のメディア教育において、過去2年間の教育経過を経て新たにCADデータの提出求めた3年目の教育方法とその効果について報告している。

23) オープンキャンパスでの大学紹介として、3次元CAD

と造形装置を使用したミニはんこ製作を考案し実践したが、その方法と効果について体験とアンケートを通して具体的に詳細に紹介している。

本セッションは設計・製図教育の分野ということで製図規格から教育効果そして具体的な授業の紹介にいたる話題であったが、全体としてコンピュータの普及が影響しているのか、どの演題にもCAD特に3次元CADが含まれていた。新たな規格の改正が行われ、空間認識能力への教育効果が認められ、教育素材として提供され、設計から造形というミニ体験授業に直接利用されるなど、いよいよ3次元CAD時代に突入した感を受けた。

(報告：大月 彩香)

16:00~17:20

セッション7：応用 (座長：安福 健祐)

24) ラインカメラによるスキャン画像の図学的特性

吉田 勝行 (大阪大学名誉教授)

25) 位置把握を体験する地図学習活動における学習者の行動と意識

山島 一浩 (筑波学院大学)

26) アニメにおけるモーション解析手法

今間 俊博 (尚美学園大学)

27) 入隅に投影された輝度分布の印象評価

鈴木 広隆 (大阪市立大学)

24) は、撮像素子が1列のラインカメラを有するスキャナを用いて、スキャン面に垂直な方向に凹凸のある物体を読み取って得られる画像に着目し、その歪みを図学的に解明した報告である。

25) は、GPS端末を利用して位置把握を行うことで、地図情報の表現や活用法についての基礎知識を学ぶための授業において、教材にジオキャッシングと呼ばれるGPS端末を用いた宝探しゲームを取り入れた事例の報告である。

26) は、CGキャラクターのアニメーション作成の効率化のために、モーションキャプチャデータを元にセルアニメに似たキーフレームを作り出すためのデータ解析手法として、多変量解析を利用した報告である。

27) は、輝度分布の変化によって空間の認識がどのように変化するかを検討するために、入隅に輝度分布をコントロールした画像を投影して、その立体感を評価させる実験を行った結果の報告である。

本セッションは、図学の応用として、立体物をスキャナで読み込んだ画像を対象とした研究から、GPS端末を利用した教育事例の研究、キャラクターアニメーションの解析手法の開発、輝度分布による立体感の評価実験と、内容が非常に多岐にわたっており、図学の応用範囲の広さを改めて実感できるセッションとなった。また各発表に対する他分野からの質問の中

で、研究の新たな着想が生まれる等、有意義な質疑応答が行われた。  
(報告：安福 健祐)

16:00~17:20

セッション8：教育評価 (座長：阿部 浩和)

28) 図学基本用語を用いた理解度自己判定による授業評価の試み  
大月 彩香 (九州大)

29) 機械設計技術者を対象とした CAD 関連のアンケート調査及び MCT の実施

西原 小百合・西原 一嘉 (大阪電気通信大)

30) CAD 利用技術者試験と MCT との関連

西原 小百合・西原 一嘉 (大阪電気通信大)

31) 教科・科目フリー型の総合試験における問題解答方略と資質との関係 椎名 久美子・伊藤 圭 (大学入試センター)

28) はテキストから抽出した図学基本用語46の理解度を学生に自己診断させることで、授業の理解度の目安にしようという試みである。ここでは期間中6回の調査結果が示されており次第に理解度が高まってきていること、直前の理解度の申告内容と期末試験の成績に相関関係があることなどが報告された。また会場からは用語の抽出方法や調査時期などの質疑があった。

29) は企業に在籍する機械設計技術者に対して MCT を実施し、設計技術者の設計経験と空間把握力との関係を分析することで、経験と共に MCT の平均値が伸びていく傾向があることなどが報告された。会場からは社会人に対する当該試験の結果は希少であり、同時に実施した CAD 関連のアンケートとの関連についての分析も期待する意見が示された。

30) は CAD 利用技術者試験の受験生に MCT を実施した結果、当該技術者試験の成績と MCT の成績との間には相関関係はあまりないこと、しかしながら技術者試験の合格者と不合格者の間において、MCT の2番、4番、16番の問題の誤答率で大きな差が認められたことなどの報告があった。会場からは相関関係がないことについて CAD 利用技術者試験がどちらかといえば知識や技法を計る試験が多いことなどにも起因するのではといったコメントがあった。

31) は入試センターが実施した教科・科目フリー型の総合試験の中で文章によって記述された空間の方向把握を扱うテストを取り上げ、被験者が当該設問の解答に用いた方略と問題解決に必要とされる被験者の能力・資質に関する因子との関係を統計的に分析することで、複雑な条件を吟味する必要のある設問では、いくつかの因子について、「リスト作成」方略や「矢印図吟味」方略の使用有無との間に強い関連が認められたことなどが報告された。また会場からは空間把握能力を探る貴重な研究であるとのコメントがあり、7つの因子を抽出理由や固有値に関する質疑などがあった。

この他にも各講演に対して会場から多くの意見が交わされた。  
(報告：阿部 浩和)

## 第4回日本図学会賞選考結果報告

### 日本図学会賞選考委員会

選考委員会は、2007年から2008年に発行された図学研究（通巻115号～122号）に掲載された研究論文から教育分野以外の研究論文8件を対象として候補論文リストを作成し、編集委員会委員18名に配布し、最大3件までの研究論文の推薦をお願いした。推薦は選定委員会宛てにメール投票していただいた。その結果、研究論文として7件の論文が推薦された。選定委員会では、第1候補3点、第2候補2点、第3候補1点で加点した集計結果を基に慎重に審議し、研究論文賞1件を候補者に決定し、理事会に報告し承認された。

#### 2009年度第4回日本図学会論文賞（研究論文賞）

受賞者：正会員 三谷 純（筑波大学）

受賞論文：「平坦折り折紙の展開図から再現される形態数の数え上げ手法」

（図学研究 第41巻1号（通巻115号））

論文概要：

対象を平坦に折りたたまれる折紙に限定することで、山折、谷折および輪郭線から構成される展開図から、その折紙が折りたたまれた状態の外形を決定できる。しかし、折紙の構成面素（折り線に囲まれた多角形）がどのような重なり順になるかを推定することは、構成面素同士の干渉を考慮しなければならないため難しい問題である。本稿では、計算機内に構成面素を重なり順に格納するスタックを用意し、実現可能な重なり順を総当たりで調べ上げる手法を提案する。さらに、実現可能な面の重なり順から、折紙作品として見たときに、同一な解を除き、異なる作品となる場合の数だけを数え上げる手法を提案する。

推薦者の意見から：

展開図の面の重なり順を決めるために提案したオリジナルな手法によって、膨大な重なり方の候補から短時間で実際の解にまでたどりつけている。複雑な展開図に関する今後の展望も述べられており、さらなる発展が期待される。

本論文は、折紙の展開図を考えるための基本的な研究であり、問題がよく整理され、解決に向かう手法が明快である点を評価します。図学会としてふさわしく意味のある研究であると思われま

## 第3回モノづくりと三次元CADに関するフォーラム

日本図学会で始めて開催された秋季大会の一環として、下記の5件の発表と総合討論が行われた。

### (1) 三次元CADの効果的活用法の一事例

平野 重雄 (東京都市大学)

均一な製品の生産をサポートする偏心カム利用ジグの三次元設計を行い、三次元設計の特徴と問題点を明らかにし、それに対する解決策と属性情報の表示、三次元CADとRPの活用範囲の検討を行い、設計効率の向上を図るための種々の提案事例である。

### (2) 三次元CAD(2種類のソフト)の操作習得の事例報告

喜瀬 晋, 関口 相三, 奥坂 一也 (株アルトナー)

平野 重雄 (東京都市大学)

設計者は大量な情報の洪水にさらされているので、多様な設計選択肢から最適なものを選択すること、およびそこに新たな創案を導入することが、この情報の多さによって困難になってきていると述べた。ここでは、研修の事例として三次元CADの操作習得の現状を①基礎研修の内容、②専門研修の一事例に分け、また、研修成果として、アンケート調査の結果を基に③設計の基礎知識が必要であること、④設計技術の水準すなわちスキルアップの向上を図る方策について事例を基に報告された。

### (3) 三次元CADの現状と基礎知識

高橋 伸幸 (東芝テック株式会社)

三次元CADが導入されるようになり、設計の仕方、開発設計の仕方が変わった。製品開発の中で、三次元CADデータは各部門で、様々な形で活用されている。三次元CADによってもたらされたものは多くあるが、反面、三次元CADの操作の難しさ、複雑さゆえに、置き去りになってしまっていることも多々あると論じた。三次元CADは、設計を行うためのツールのひとつであり、したがって、良い設計を行うには、三次元CADを使いこなすことではなく、設計者自身が設計の基本をしっかりと学び、自身のスキルを上げることと共に、設計者としての明確な設計意識を持つことであると述べた。

### (4) 三次元CAD教育の支援と今後の展開

新井 淳子 (ソリッドワークス・ジャパン株式会社)

国内でのSolidWorksの教育機関向けスポンサーシップの実例、特に各種コンテストへの協力、協賛の内容について述べられた。例えば、高専ロボコン、全日本学生フォーミュラ大会、三次元CADプロダクト・デザインコンテスト、精密工学会主催のレオナルド・ダ・ヴィンチの機械などである。また、

諸外国で実施されている教育プログラムについても、その内容を懇切丁寧に報告された。

### (5) 三次元CADとCAEの動向

松永 大典 (サイバネットシステム株式会社)

設計者が容易に解析ソフトウェアを使える環境になっている現状と解析分野は細分化され、多くの特徴あるCAEが開発されていると述べた。そして、コンピュータ性能向上、操作環境の改良、開発手法の発達により、CAEは技術者にとって身近な存在となった。高品質維持、開発期間短縮、試作削減に軸をおいた従来のCAE利用に加え、今後は、熟練した技術者が持つ経験則を数値化、可視化による次世代への技術伝承促進ツールとしての利用が重視され、ユーザー層の拡大が見込まれると述べている。

### (6) 総合討論

- ①企業では、三次元CADの導入後に自社内のスキルレベルは把握できていない現状と会社全体の底力を上げる効果的な取り組みの問題などが紹介された。
- ②欧米諸国のCAD教育の紹介があり、特にヨーロッパでは低学年からCAD教育が行われているとのことであった。
- ③大学では、CADの体験と操作に視点が置かれ、設計支援とは程遠い現状であるとの話もあった。
- ④設計のプロセスの中で、デザイナーと基本設計者の連携、ポンチ絵をCADで描く、構想を練る習慣、加えて、材料力学などの基礎知識が重要であることなどが確認された。このように、的が絞られた討論にならなかったが、総体的には活発な意見交換がなされた。

\*お知らせ：フォーラム資料の残部があります。ご連絡ください。送付いたします。

(報告者：平野 重雄)



●報告

## 第44回図学教育研究会報告

テーマ：「CG/CADを図（形科）学で教えることの意義」—パネルディスカッション—

Report on the 44th Graphic Science Education Forum

阿部 浩和 Hirokazu ABE

### 1. 概要

日時：2009年11月29日 13:00～15:00

会場：東京都市大学

#### プログラム

概観（13:00～13:30）

堤 江美子（日本図学会会長）

講演（13:30～14:30）

鈴木 広隆（大阪市立大学）

POVRAYについて（第41回）

鈴木 賢次郎（（独）大学評価・学位授与機構）

AUTODESK・INVENTER（第42回）

大月 彩香（九州大学）

SKETCHUP（第43回）

討論、意見交換（14:00～15:00）

阿部浩和（大阪大学）

### 2. 概要報告

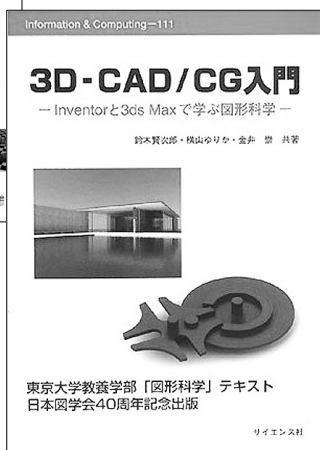
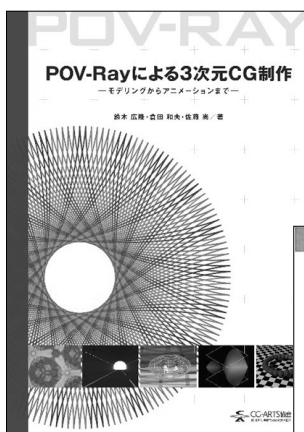
図学教育研究会は今回で44回を数え20年の長きに渡り継続してきた。当初は図学会の学術講演に「図学（図形科学）教育」に関するものが少なかったこともあったのと思うが、最近では「図学（図形科学）教育」のセッションもあるため、当研究会で同様の内容の講演会をするよりは、そこでは実現できなかったことを実施するべく検討してきた。

また最近の図学会が取り扱う守備範囲もかなり広範になってきており、これは大変好ましい状況であると同時に、その中心というかアイデンティティが希薄になってきていることも懸念される。大学では既に「図学」という授業が急激に減少してきており、図学会の向かう方向としてはそれを反映した形になるのが自然だと思われる。また同時に図法幾何学からグラフィックリテラシー・情報図学の方へシフトしていくようにも思える。

この議論はこれまでの何度と無く繰り返されてきたことだが、大学で「図学」を教える教員が減少してしまった今、この図学教育研究会についても、原初的な意味での「図学教育」を考えなおす時期に来ているように思う。

そのため、図学教育研究会では2008年度から約2年間にわたり、3回にわたって3D-CAD/CG ツールを用いた図学（図形科学）教育の実習を実際に体験する講習会プログラムを実施してきた。そこでは初めて使うツールの長所・短所もある程度は実感できたものと思われる。しかしながら時間的制約もあり、研究会の限られた時間では、それぞれのソフトのイントロに触れるだけでCAD ツールを利用する意義や問題点、今後の展開などについて、十分な議論ができなかったのも事実である。

そこで、今回は3D-CAD/CGを如何に「図学教育」に利用できるか、その時にどのような障害があるのか、その意義は何かなどを情報共有するべく、これまで講習会形式で3回に渡って実施してきたことの「まとめ」という位置づけで、これまでにご指導をいただいた先生方に再度ご講演いただき『CG/CADを図（形科）学で教えることの意義』と題してパネルディスカッションを開催し、これからの図学教育について活発な議論が行われた。



3D・CAD/CGと図形科学に関するテキスト  
（日本図学会40周年記念出版）

### 3. 6つの大学による図形科学教育例の概観

堤 江美子 (大妻女子大学)

「CG/CADを図(形科)学で教えることの意義」をテーマとするパネルディスカッションに向けて、題材となる過去3回の研究会の内容を以下に概観する。

第41回から第43回までの図学教育研究会で実施されてきた「参加者に対する3D-CAD/CGツールを用いた実習を伴う図(形科)学教育の紹介」は、以下の通りである。

第41回：POV-Rayを用いた図形科学教育の特徴<sup>[1]</sup>

大阪市立大学・鈴木広隆先生

東海大学・倉田和夫先生

神奈川工科大学・佐藤尚先生

第42回：3D-CAD/CGによる図(形科)学教育<sup>[2]</sup>

—Autodesk Inventor / 3ds-Maxを例に

東京大学・鈴木賢次郎先生、横山ゆりか先生

第43回：SketchUpを用いた図学教育とその実践<sup>[3]</sup>

九州大学・大月彩香先生

大阪大学・安福健祐先生

#### 1. POV-Rayを用いた図形科学教育

POV-Rayは、視覚的・直観的ツールであると同時に、パラメータ記述型モデラーであることから、作業の中身が作り手によって意識されるという特徴を持っている。授業紹介を行った3つの大学においては、それぞれ独自の視点で教育が実施されていた。

1) 大阪市立大学では、図形科学はデザイン言語であると定義し、優れた図の目利きの養成を目指して、生涯使えるコミュニケーションスキル(図に表現する。図から理解する)を身につけることを目標にしていた。

2) 東海大学では、デザイン系学生へのCG技術者教育という目標のもと、パラメータを記述するというPOV-Rayの特徴を、論理的思考法、つまり、プログラミング思考法の教育に応用していた。

3) 神奈川工科大学では、POV-Rayを情報メディアリテラシー教育のツールとして使用していた。

#### 2. 3D-CAD/CGによる図形科学教育

東京大学では、設計技術者など一部の専門家の間で用いられてきた図的表現が、3D-CAD/CGの普及によってさまざまな分野で用いられるようになってきた今日、万人のための図学入門教育、つまり、グラフィックス・リテラシー(あるいはビジュアル・リテラシー)教育が必要であるという観点で、2006年度にカリキュラムを大改訂した。その趣旨は、図法幾何学教育の後、3Dアプリ

ケーション体験教育を通して「投影」と「ものづくり」の幾何学を教えるというものである。

3D-CAD/CG教育におけるポイントは大きくは2点あり、一つは、さまざまな分野の応用幾何学的内容を課題に用意して、図学的知識や手法を組み込むことであり、もう一つは、シェーディングや立体の回転が容易であるため、立体のイメージが得やすいという点を利用して、立体のイメージ操作を助けるということである。

#### 3. SketchUpを用いた図学教育

SketchUpは、3次元CGアプリケーションと3次元CADアプリケーションの中間に位置するフリーソフトウェアで設計における上流の概念設計やそのプレゼンを行うツールと位置づけられる。また、インターフェース上の特徴から、スケッチ感覚でモデリングが行えるとされている。

九州大学では、図学を「ものづくり」のための学問であると定義し、図学教育のツールとして3Dアプリケーションを使用している。その結果、学生は「平面への投影」や「投影面での操作」などから解放され、立体を直接的に操作することができるようになったとしている。

以上、3回の研究会で、それぞれの発表者が講演あるいは実習の中で力点を置いた内容を挙げてみたが、総じて、

- ・正しい幾何学的知識を教育し、
- ・抽象的な線図では得にくい視覚的効果と操作性を通して、
- ・生来の空間認識力を強化する。
- ・その際に、それぞれの専門分野の要求に適合するような課題を考える。

ということが、3Dアプリケーションを用いて図(形科)学教育を行う際の利点であり、また、注意点であるという点で一致していたと考えられる。

#### 参考文献

- [1] 阿部浩和, “第41回国学教育研究会報告”, 図学研究, 42: 2 (2008), 38-49
- [2] 阿部浩和, 鈴木賢次郎, 横山ゆりか, “第42回国学教育研究会報告: 3D-CAD/CGによる図(形科)学教育~Autodesk Inventor / 3ds-Maxを例に”, 図学研究, 43:1 (2009), 35-39
- [3] 阿部浩和, 大月彩香, 安福健祐, “第43回国学教育研究会報告: SketchUpを用いた図学教育とその実践”, 図学研究, 43: 2 (2009), 62-65

## 4. CG/CAD を図(形科)学で教えることの意義

～POV-Ray の場合～

鈴木 広隆 (大阪市立大学)

大阪市立大学では、図形科学教育を「図を介してコミュニケーションを円滑にするためのスキル (=デザイン言語) を身につける場」であると位置付け、優れた図の使い手、優れた図の目利きを養成することを目的としている<sup>[1]</sup>。図形科学教育の内容は、投影法の知識と手書きによる図の描画技術を学ぶ図形科学Ⅰと、CGアプリケーション POV-Ray を用いて CG の知識と技術を学ぶ図形科学Ⅱより構成されており、図形科学Ⅰ/Ⅱともに全学基礎教育科目に分類されている。以下、図形科学Ⅱの内容、及び大学院を含むそれ以降の(広義の)図形科学教育を紹介しながら、CG/CAD を図形科学で教えることの意義についての考えを述べる。

GUI 型モデラーではなく、モデリングがパラメータ記述型となる POV-Ray を用いているのは、GUI 型モデラーが直感的なモデリングに優れているのに対して、パラメータ記述型は繰り返しを使った複雑な表現や数理的な表現に優れ、どんな形状であってもモデリングできる点を評価してのことである。このため、授業の際は図1のような様々な図のサンプルを見せ、常に POV-Ray を用いた図作成の可能性を意識させている。

図は、形状だけでなく色・明暗・動き(アニメーションまで図に含めれば)といった要素も重要であるので、2004年度からは図形科学Ⅱの提出課題の一部を照明器具に変更し、明るさや光の流れを考慮して課題に取り組みさせており<sup>[4]</sup>、2006年度からはアニメーション作品を必須提出課題に追加するとともに、トロコイドやつるまき線などの数理的な表現についても説明を行っている<sup>[5]</sup>。様々な取り組みを行っているが、一貫して意識しているのは、パラメータ記述型モデラーの持つポテンシャルの高さを活かすことである。履修の中には、別の設計科目において自身が設計した作品を POV-Ray で表現しているケースや、研究活動の一環として数値計算結果を POV-Ray で可視化しているケース(図2参照)があり、数多くはないが、デザイン言語としての教育目標に合致する例も見られる。

図形科学Ⅱは全学基礎教育科目であり、建築、土木、居住環境、情報、物理といった様々な専門分野の学生に対して開講しているため、図の利用の目的がものづくりに結びつかなくてもよいと筆者は考えている。数理的な表現を教えたり、数値計算結果の可視化のサンプルを提

示したりしているのもこのためである。

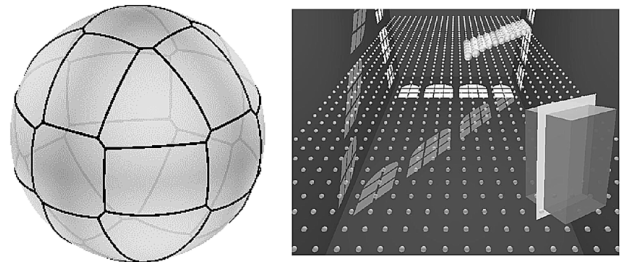


図1 図形科学教育の中で学生に提示している図のサンプル(左は等立体角に分割された球面(文献[2]より)、右は空間照度の説明(文献[3]より))

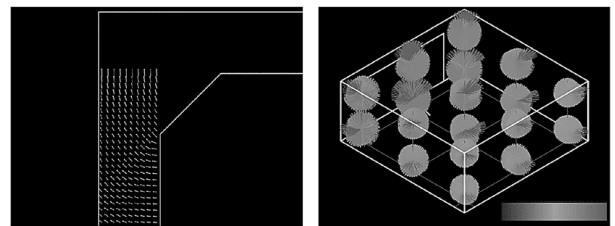


図2 学生による POV-Ray による可視化のサンプル(左は折れ曲がり空間における可視量変化の可視化(文献[6]より)、右は方向別の光の流れの可視化(文献[7]より))

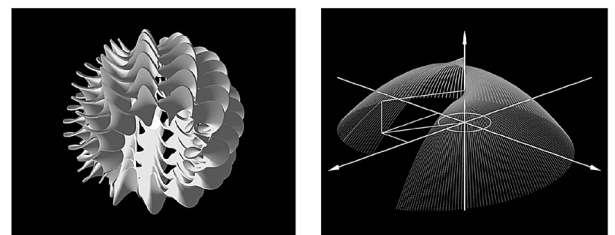


図3 ものづくりに結びつく図のサンプル(左は Refracting Mobius Loop, 右は Reflecting Paraboloid Shell. とともに筆者による図学会デジタルモデリングコンテスト提出作品)

筆者は、学部教育においては全学基礎教育科目のみを担当しており、専門教育はオムニバス科目を一部担当するのみであるが、大学院では演習と講義を担当しており、2007年度から、大学院工学研究科都市系専攻の修士課程学生を対象とした環境情報処理特論という科目の中の2コマを利用し、数理的な表現による作品制作の演習を行っている。本科目は、光の数値計算手法、光の認識の過程、可視性、形の分析手法などを学ぶ科目であり、本演習は曲面により光を操る手法を学ぶ趣旨で行っている。図形科学Ⅱの中で数理的な表現を行った際は、授業評価などで「学ぶ目的が分からない」などといった否定的な記述も見られたが、より専門に特化した環境における目的を明確にした演習は、肯定的な評価を得ている。

また、ものづくりに結びつかなくても良い、と書いた

が、パラメーター記述型モデラーのアドバンテージは、ものづくりの場でも活かされるべきであり、特に建築都市系の分野ではそのアドバンテージを有効に活用することができると思われる。そこで、筆者が担当する建築都市系のオムニバスの講義（学部性対象）の中では、図3のようなものづくりに関わる図を積極的に提示してパラメーター記述型モデラーの利点を強くアピールし、図形科学Ⅱで学んだ技術を計画デザインの中で活用するよう訴えている。

このように、全学基礎教育科目としては、図の利用そのものを目的とする図形科学教育を、学部専門レベルと大学院レベルでは、それに加えてものづくりを意識した図形科学教育を行っているが、両者共にパラメーター記述型の POV-Ray を用いている。パラメーター記述型は、習得の最初のハードルは高いものの、一度身につけてしまえばどんな図でも描くことができる。また、GUI型を先に習得することはパラメーター記述型習得のハードルを下げることにはつながらないが、逆のケースはハードルが下がると考えられ、このような観点からも、特に全学基礎教育科目としては、パラメーター記述型を採用したほうがよい、と筆者は考えている。

以上、大阪市立大学で行っている図形科学教育の内容と、その背景について説明を行った。図形科学Ⅱを履修した後に POV-Ray を使い続ける学生はまだ少数であり、いかに継続的な利用を促すかが今後の課題であると考えられる。

#### 参考文献

- [1] Hirotaka SUZUKI, Nobuhiro MIKI, “A Graphic Science Education as a Training of Communication”, *Journal for Geometry and Graphics*, Vol. 7, Number 2 (2003), Heldermann Verlag, pp. 253-262
- [2] 鈴木広隆, “光場ポテンシャルの表現手法～光のふるまい・状態を如何に直観的に捉えるか～”, 日本建築学会光環境デザインワーキングシンポジウム「光と建築デザイン」第1回「小嶋一浩の光の世界を考える」(2001), pp.11-18
- [3] 鈴木広隆, 平手小太郎, 安岡正人, “軸対称等立体角26面体を用いた全方位の離散化—方向別に定義された物理量の可視化のための一提案—”, *図学研究*第36巻1号 (2002), pp.3-9
- [4] 鈴木広隆, “照明器具デザイン課題の導入による図形科学教育へのインパクト”, *日本建築学会技術報告集*第13巻第25号 (2007), pp. 321-326
- [5] Hirotaka SUZUKI, “A Report on Animation Assignment in Graphic Science Education”, *Proceedings of the 8th Japan-China Joint Conference on*

*Graphics Education* (2007), pp. 238-243

- [6] 開亮文, 鈴木広隆, “折れ曲がり空間の形態による歩行の誘導性遮蔽縁からの可視量とその微分を用いた考察”, *日本建築学会大会学術講演梗概集 D1* (2006), pp. 275-p276
- [7] 鈴木広隆, 今井翔太郎, “離散指向光束ベクトルによる光の流れの可視化に関する研究 その2 光環境のフェーズフラックス解析への利用”, *日本建築学会大会学術講演梗概集 D1* (2006), pp. 319-p320

## 5. 3D-CAD/CG (Autodesk Inventor/3ds Max) による図形科学教育<sup>[1]</sup>

鈴木 賢次郎 (東京大学)

東京大学においては、図(形科)学は教養科目の一つとして、理科・文科系を問わず、すべての学生を対象に開講されており、その教育目的を「立体図形の図的表現(投影)、及び、解析・構成についての理論と技術を教え、その教育を通して立体図形に関する把握・構想・伝達能力を養う」こととしている(東京大学教養学部・図形科学シラバスより)。キーワードは3つ、すなわち、立体図形の図的表現、及び、解析・構成の「理論」、その「技術」、及び、立体図形に関する「把握・構想・伝達能力の育成」である。

コンピュータの出現以前は、立体図形の図的表現、及び、解析・構成の唯一の実用的な技術は手描き作図に基づいた図法幾何学であり、それゆえ、図学教育では図法幾何学が教えられていた。しかし、現在では、立体図形の図的表現、及び、解析・構成にとってコンピュータによる図形処理技術は不可欠なものとなっており、従って、上述の教育目的の第二のキーワードに照らせば、これらについての教育が必要となってきた。そこで、東京大学においては2006年度よりCG/CADを導入した教育を開始した(科目名:「図形科学Ⅱ」)<sup>[2],[3]</sup>。今回の図学教育研究会のテーマに即して言えば、CG/CADを図形科学で教えることの意義の一つは、CG/CADによる図形処理技術、より噛み砕いて言えば、その操作法を習得させることにあると言ってよからう。なお、東京大学では、伝統的な図法幾何学教育は依然として重要である<sup>[4]-[6]</sup>と考えており、図形科学Ⅱに先立って、図法幾何学を教えている(科目名:「図形科学Ⅰ」)。

図形科学Ⅱにおいては、3D-CADソフトであるInventor (Autodesk社)を中心に、3D-CGソフトである3ds Max (Autodesk社)を追加する形で教えている。3D-CADを中心とした理由は、その形状生成法が図法幾何学の自然な発展であり、図形科学Ⅰと整合性がよいこと、また、図形科学はすべての学生を対象に開講されているものの、工学部における設計製図の基礎教育としての側面を有しており、3D-CADの教育は直ちに工学部における設計製図教育に結びつけることができること等である。Inventorを採用した理由は、現在の(機械系)3D-CADの主流であるパラメトリック・フィーチャモデリングCADの一種であり、同じ操作法を習得するならば大学における設計製図教育や実社会でも広く

使用されているものがよいこと、また、大学教育で用いるには機能的に十分であり、価格も手頃なことにある。なお、3D-CAD (Inventor)におけるビジュアライゼーション機能—とりわけ、透視図の作成やウォークスルー機能—は必ずしも十分とは言えず、これらの機能を補うために3ds Maxを追加的に使用している。

始めに述べたように、東京大学における図(形科)学教育の目的は、立体図形の図的表現、及び、解析構成について、その「技術」のみでなく、背景にある「理論」を教えることにある。ここで言う理論とは、「幾何学」、とりわけ、「投影とものづくりの幾何学」である。そこで、図形科学ⅡではInventorと3ds Maxをツールとして用いながら、これらについて教えることを目指している。今回の図学教育研究会のテーマに即して言えば、CG/CADを教えることの最も重要な意義はここにあるものと考えている。Inventorなどの3D-CADソフトは設計製図科目で、また、3ds MaxなどのCGソフトはメディア関連科目でも教えられているが、前者では設計のためのツールとして、また、後者ではコンテンツを表現するためのツールとして教えられている。図形科学で教えるにしろ、これらの科目で教えるにしろ、初めて教える場合には操作法の初歩から教える必要があり、その点に違いは無い。違いは、それぞれの科目の教育目的にあり、具体的には、授業で用いる説明用の例題や課題にある。図形科学Ⅱでは(応用)幾何学的問題を採用するようにしている<sup>[1]-[3],[7]-[9]</sup>。これらの課題としては、伝統的な図法幾何学で扱ってきた課題の他に、機械・建築設計、化学、物理、生物分野などから選んでいる。これは、様々な分野での形状(モデリング)とビジュアライゼーションの重要性を学生に実感してもらうためである。

第三のキーワード「把握・構想・伝達能力の育成」との関連で言えば、「能力」を「技能」を含めた広義のものと考えれば、CG/CADの習得によって、その能力の一部—とりわけ、伝達技能—が向上するのは言うまでもない。なお、上述した諸能力の根源にあるものと考えられる「空間認識力」の育成についてはCG/CADよりも手描きの図法幾何学教育のほうが効果的と考えられている<sup>[10],[11]</sup>。

今後の課題としては様々なものがあるが、その一つが、曲面の取り扱いを如何に授業に取り込んでいくかである。

\*名誉教授/現在、大学評価・学位授与機構に勤務

## 参考文献

- [1] 阿部浩和, 鈴木賢次郎, 横山ゆりか, “第42回図学研究會報告:3D-CAD/CGによる図形科学教育～Autodesk Inventor/3ds Maxを例に”, 図学研究, 43-1 (2009), 35-39
- [2] 鈴木賢次郎他, “ビジュアル・リテラシー・カリキュラムの開発(4)—3D-CAD/CGを導入した図形科学本格教育初年度(2007年度)の結果—”, 日本図学会2008年度大会学術講演論文集(2008), 55-60
- [3] 鈴木賢次郎, 横山ゆりか, 金井崇, “3D-CAD/CG入門—Inventorと3ds Maxで学ぶ図形科学—”, サイエンス社, 2008
- [4] 鈴木賢次郎, “新指導要領下における図(形科)学教育”, 日本図学会2005年度大会学術講演論文集(2005), 45-50
- [5] 鈴木賢次郎, “3D-CAD/CG時代における図法幾何学教育”, 図学研究, 40-4 (2006), 3-5
- [6] 鈴木賢次郎, “3D-CAD/CG時代における図法幾何学教育(1)—解析技法中心の教育からものづくりの幾何学教育へ—”, 日本図学会2007年度本部例会学術講演論文集(2007), 135-140
- [7] SCHROECKER, H-P., 鈴木賢次郎, “図法幾何学と3D-CADによる形状設計課題の解法比較”, 日本図学会2006年度本部例会学術講演論文集(2007), 11-16
- [8] 鈴木賢次郎, “3D-CAD/CG時代における図法幾何学教育(2)—3D-CADにおける図法幾何学的手法の応用—”, 日本図学会2007年度本部例会学術講演論文集(2007), 113-116
- [9] 鈴木賢次郎, “3D-CAD/CGにおける単面投影法の指導—透視投影法を中心に—”, 日本図学会第36回国学教育研究会, 2005
- [10] 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
- [11] 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, 33-3 (1999), 5-12

## 会告——1

### 2010年大会及び ICGG 2010についてご案内

皆様すでにご存じのように、今年夏に、第14回図学国際会議が開催されます。そのため、2010年度春季大会は開催いたしません。皆様には国際会議で日頃の研究・教育の成果を発表していただきたく、ぜひ、参加をご検討いただけますようお願い申し上げます。会議で発表された優秀論文は、JGG (Journal for Geometry and Graphics) に査読を経て掲載されます。

なお、通常総会は、国際会議初日の8月5日(木)13:30に、同開催場所で開催予定でございます。

#### ○第14回国学国際会議 (ICGG 2010 Kyoto)

開催場所：京都大学百周年時計台記念館

京都大学吉田キャンパス本部構内：

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

開催日時：2010年8月5日(木)～9日(月)

詳細は <http://www.icgg2010.org/> (図学国際会議ホームページ) をご覧ください。

国際図学会が主催する図学/幾何学/CG/設計製図/CAD/空間認識/機械/建築/造形/被服等に関わる研究者、教育者及び芸術家の国際会議で、日本図学会は本会議を共催し、この分野における日本の学術芸術活動の先進性を強くアピールしたいと考えております。

参加方法：

- ・上記、図学国際会議ホームページのTopページでPre-registration is now open. をクリックして、お名前とe-mailアドレスをご登録ください。登録は5月31日(月)まで可能です。
- ・ポスターセッションの申し込み期限は2010年3月31日(水)で、Web投稿です。
- ・採用論文のカメラレディ原稿の投稿期限は2010年4月30日(金)です。

また、日本図学会会員以外の皆様にも参加・発表をお勧めいただきたく、広く宣伝していただけますようお願い申し上げます。

#### ○ICGG 2010を成功に導くためのご支援のお願い

国際会議開催にあたりましては、学術論文集の発行、会場確保、会議運営など多額の経費が必要となります。経費を極力低く抑える努力をいたしておりますが、海外からも含めて多くの参加者を得て会議を成功させるためには、参加登録料を抑える必要があります。必要経費を賄うには、日本図学会会員の皆様の格別のご理解あるご支援をいただ

かねばならないのが実情であります。すでに、趣意書を送りして皆様のご協力を仰いでおりますが(すでにご寄付をいただきました皆様には厚くお礼を申し上げます)、どうぞよろしく願いいたします。

スポンサーの皆様には各種媒体へのお名前の掲載、広告掲載、会議会場での展示スペースの提供などをご用意してあります。ご協力をお願いいただける企業等をご存じの場合、[info@icgg2010.org](mailto:info@icgg2010.org) までご一報いただけますと助かります。

## 会告——2

### 2010年度秋季大会について

日本図学会2010年度秋季大会は、法政大学市ヶ谷キャンパスで開催されることが決まりました。詳細は6月号に掲載されます。

## 会告——3

### 事務局より

#### 「図学研究」バックナンバー寄贈のお願い

日本図学会では、「図学研究」のバックナンバーを創刊号より保管しておりますが、号によっては冊子数が大変少ないものがございます。特に以下の号が不足しております。

- ・20号 (1977年3月)
- ・21号 (1977年9月)
- ・22号 (1978年3月)
- ・23号 (1978年9月)
- ・44号 (1988年3月)
- ・56号 (1992年6月)

※通巻号表記。括弧の中は発行年月

つきましては、会員様の中で上記のバックナンバーを処分する予定の方がおられましたら、是非とも寄贈していただきたく、日本図学会事務局 ([office@jsgs.jp](mailto:office@jsgs.jp)) までご連絡ければ幸いです。どうかよろしく願い申し上げます。

## 第4回デジタルモデリングコンテストのお知らせ

日本図学会では、コンピュータを用いたデジタルモデリングコンテストを行います。ラピッドプロトタイピングを用いて制作できる複雑な動きを持つ機構、建築デザイン、工業デザイン、デジタルアート作品など幅広いジャンルの3次元モデルを募集します。

優秀な応募作品は、積層造形装置を利用して3次元モデルを実体化し、第14回国学国際会議京都大会、日本図学会大会等で展示します。また、日本図学会ホームページ (<http://www.jsjgs.jp/>) において公開します。

- 募集期間 2010年1月10日～2010年4月15日
- 応募資格 個人および団体
- 応募方法

下記の内容を厳封の上、事務局にお送りください。

- ・ 作品のデータ (CD-R, STL フォーマット, 80MB 未満)
- ・ 作品の画像 (作品の特徴が良くわかるもの, 3枚程度)
- ・ 作品の説明 (作品の意図, 特徴など)
- ・ 応募書類 (Word 版)

複数の作品に応募される場合は、それぞれの作品ごとに応募書類と誓約書をご用意ください。CD-R 等応募書類はコンテスト終了後に返却致しませんので御了承下さい。

応募書類や応募に関する詳しい情報は、日本図学会ホームページで公開します。 (<http://www.jsjgs.jp/>)

- 表彰 (最優秀賞1点, 優秀賞数点)

最優秀賞および優秀賞には図学会より賞状を贈り表彰します。また、作品の造形モデルを贈呈します。

- 応募先

〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学大学院総合文化研究科広域システム科学系  
情報図形科学気付日本図学会 事務局

TEL: 03-5454-4334 FAX: 03-5454-6990

- 問合せ先

日本図学会 デジタルモデリングコンテスト実行委員会  
Email: digicon2010@jsjgs.jp

## 日本工学教育協会からのお知らせ

第58回年次大会 (平成22年度) 工学・工業教育研究講演会  
ならびに国際セッション講演募集

メインテーマ: 「工学教育の国際化対応」

主催: 社団法人日本工学教育協会・東北工学教育協会

日時: 平成22年8月20日(金)～22日(日)

会場: 東北大学川内北キャンパス (全学教育)

仙台市青葉区川内41

一般講演: 昨年同様下記のすべての一般講演テーマで口頭発表かポスター発表のどちらかを選択できるようにします。また、ポスター発表の開催時間帯には、その他の口頭発表や行事等は並行して行われず予定でず。

## 一般講演募集テーマ:

## I. 大学・高専における教育

1. 基礎科目の講義・演習
2. 専門科目の講義・演習
3. コミュニケーションスキル教育
4. 技術者倫理教育
5. 実験・実技
6. 工学教育の個性化・活性化
7. 教材の開発
8. 工学教育に関する Good Practice (文部科学省 GP 採択案件)
9. 高大院連携
10. リメディアル教育 (補習教育)・導入教育

## II. 創成教育

11. ものつくり教育
12. エンジニアリングデザイン

## III. コンピュータ援用教育

13. e-ラーニング
14. 教育ソフトウェア

## IV. 教育システム

15. 体系的教育課程の構成
16. 教育評価・自己点検・評価システム
17. ファカルティ・デベロップメント
18. 工学教育システムの個性化・活性化
19. 国際化時代における工学教育

## V. 社会連携

20. 産学連携教育
21. MOT 教育
22. インターンシップ
23. 地域貢献・地場産業との連携



## VI. 企業・社会人教育

24. 企業における技術者教育
25. 高度専門技術者教育, 社会人のための大学院工学教育
26. 生涯学習支援
27. 企業倫理・技術者倫理教育
28. 新入社員導入教育

### オーガナイズドセッション:

- a. コミュニケーションスキル教育
- b. 技術者倫理教育
- c. エンジニアリングデザイン
- d. 企業における技術者継続教育
- e. 大学全入時代の工学教育のあり方
- f. イノベーションを支える工学教育
- g. オープンコースウェアとその活用
- h. 工学教育の国際化対応

オーガナイズドセッションへの直接講演申し込みは受け付けませんが、一般講演として申し込まれたものの中から、オーガナイザーの判断によってオーガナイズドセッションへの移行をお願いすることがあります。また、各オーガナイズドセッションにおいてワークショップを開催します。詳しくは「工学教育」58巻3号掲載予定の講演会プログラムをご覧ください。

### 国際セッション:

テーマ「工学教育における国際連携」

国際セッションへの積極的な申し込みをお願いします。国際セッションは英文投稿・発表となります。なお、一般講演として申し込まれたものの中から、国際セッションへの移行をお願いする場合があります。

講演者の資格:(1)日本工学教育協会、各地区工学教育協会の個人正会員および団体会員(学校・企業等)に所属するもの。(2)協賛学協会の個人会員。なお学生の発表の場合は、共著者に指導教員を加えてください。発表には、その教員が同席することを原則とします。

講演時間: 1 題目につき講演10分, 討議5分

口頭発表, ポスター発表申込:

- (1)当協会 HP にて平成22年1月21日(木)より受付を開始します。不明な点は事務局までお問い合わせください。
- (2)申込締切: 3月5日(金)
- (3)申込者には、4月8日(木)までに採否をご通知します。

### 国際セッション申込:

- (1)当協会 HP 掲載の Call for Paper を参照してお申し込みください。
- (2)申込締切: 3月5日(金)
- (3)申込者には、4月8日(木)までに採否をご通知します。

### 講演論文集:

(1)講演者(口頭, ポスター, オーガナイズド)は、5月21日(金)必着で講演論文集の版下となるオリジナル原稿1部とコピー2部をご提出ください。

(2)原稿は、採択通知とともに執筆要領を郵送いたしますのでご参照の上作成してください。なお原稿枚数は2枚とします。明瞭なオリジナル原稿およびコピーを提出ください。

### 国際セッション論文集:

(1)講演者は、採択通知とともに執筆要領をメールで送りますのでご参照の上作成してください。なお原稿枚数は4もしくは6枚とし、担当までPDF文書にてメール送付ください。

### 講演発表方式:

ポスター発表以外の講演発表は、原則としてパワーポイントデータによるプロジェクト投影発表といたします。詳細は採択通知とともにお知らせします。

### その他:

- (1)発表者・参加者は大会参加登録ならびに参加費(資料代を含む)が必要です(参加登録は5月に開始予定)。
- (2)優れた論文発表には、JSEE 研究講演会発表賞、ポスター発表賞を授与いたします。
- (3)講演発表後、「工学教育」誌に掲載を希望される方は、「工学教育」投稿規定・執筆要領に準じて改めてご投稿いただき、編集・出版委員会の校閲を経て掲載します。

問い合わせ先: (株)日本工学教育協会 事務局 川上

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20

建築会館4階

Tel. 03-5442-1021 Fax. 03-5442-0241

E-mail: kawakami@jsee.or.jp

## 会告 6

### 「図学研究」への論文・資料投稿のおすすめ

日本図学会では、図にかかわる研究を会誌「図学研究」を通して広く紹介しております。皆様の日頃の研究を是非ご投稿ください。特にこれまでの全国大会、本部例会、支部例会などで発表されたものをもとに論文として整えていただくのはいかがでしょうか。

現在、大会の学術講演論文集の体裁が図学研究の論文と同じ形式となっています。英文アブストラクト等を付添するだけで投稿が可能ですので、多くの投稿をお待ちしております。

#### ●基本分類キーワード

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

●投稿時期と掲載号（予定）

第44巻3号（9月号）：2010年4月末メ切り

第44巻4号（12月号）：2010年7月末メ切り

第45巻1号（3月号）：2011年1月末メ切り

\*上記は最短の場合です。査読経過によって遅くなる場合があります。

投稿についての詳細は毎号の「図学研究」投稿規程または学会ホームページをご覧ください。

## 日本図学会 事務局報告

### 日本図学会第466回理事会議事録

日時：2009年10月16日(金) 17:30~19:50

場所：東京大学駒場キャンパス15号館106室

出席者：9名(議決権7名)+委任状8名

堤(会長), 山口, 横山(弥)(以上副会長), 近藤(監事), 椎名, 奈尾, 長島, 面出(以上理事), 斉藤(孝)(電子化委員会委員長)

#### 1. 事務局報告

都合により、次回理事会に延期。

#### 2. 編集委員会報告および審議

- 長島編集委員長より、第4回研究論文賞の審査結果が報告された。2007年から2008年の図学研究に掲載された対象論文について、編集委員会からの意見をもとに選定委員会で審議した結果、三谷純氏の「平坦折り紙の展開図から再現される形態数の数え上げ手法」(図学研究41巻1号掲載)を選出したことが報告され、承認された。
- 長島編集委員長より、図学研究43巻4号(通巻126号)を準備中であることが報告された。論文の他に、作品紹介、総目次が掲載される予定である
- 投稿数を増やすために、秋季大会の発表者に対して、図学研究への論文投稿を呼びかけることにした。

#### 3. 企画委員会報告および審議

##### a. 秋季大会について

- 横山(弥)企画委員長より、秋季大会の準備状況について、以下の報告があった。
  - 秋季大会と第44回国学教育研究会のプログラムを図学会のWebページに掲載した。
  - プログラム委員会が、予稿集の提出状況をもとに確認作業を行っているところである。
  - 参加予定者に対して、事前登録の必要があることをWebページに掲載した。会員MLにも、その旨を告知するメールを送った。11月初旬に、再度案内を出す予定である。

##### b. 2010年度秋季大会の開催校について

- 横山(弥)企画委員長より、2009年度秋季大会の際に次回の秋季大会の開催校を告知するという提案があり、検討を行った。

- 東京近郊の候補校をいくつか挙げて検討を行い、秋季大会での告知を目標に、さらに詰めることにした。

##### c. 秋季大会における研究発表賞及び研究奨励賞の選考について

- 審議の結果、2009年度秋季大会では、従来の春季大会の方式で選考を行うことにした(理事と編集委員が選定委員)。投票用紙は、春季大会で使用したものをベースに改良することにした。傾向をみるため、一般からの投票も実施することになり、企画委員会で文面を詰めることになった。

##### d. 広報委員会の設置について

- 横山(弥)企画委員長より、各委員会と連携して広報委員会的な仕事をするグループの設置の提案について、説明があった。(電子化委員会との合同提案)。斉藤電子化委員長からも、組織の構成や役割の案について、説明があった。
- 提案をもとに、設置の必要性についての検討を行った。以下のような意見が出た。
  - 会員へのサービスとして、必要な情報の提供を充実させるべきである。
  - コンテンツの作成とサーバ管理とに作業を分けて、負担を減らせないか。
  - 広報委員会的なものを設置する場合は、企画委員会や編集委員会にまたがる仕事を行うことになる。
  - 現存する委員会の業務を整理して、どの部分と連動させるのか、検討が必要である。
- どのような組織として設置するかについては、今後、さらに検討を行うことにした。

#### 4. 電子化委員会報告および審議

- 斉藤電子化委員長より、9月下旬以降スパムの数が減少しているとの報告があった。
- 斉藤電子化委員長より、jsgs.jpドメインが2010年1月末で更新期限を迎えることが報告された。審議の結果、2年契約で更新することになった。
- 斉藤電子化委員長より、外部から事務局への問い合わせ対応のために、留守番電話の導入が提案された。審議の結果、導入する方向で検討することになった。
- 斉藤電子化委員長より、事務局用のパソコンが故障しているため、購入することが提案され、承認された。購入予算や機種については、事務局と協議することになった。

## 5. 国際関係報告および審議

- 山口国際担当副会長より、9月30日に開催された第2回実行委員会およびその後の状況について、以下の報告があった。
  - 担当分野や地域を決めて広報活動を進めている。学協会に対する協賛についても分担を決めて依頼を進めている。
  - 9月11日付で Pre-Registration をスタートし、関係者に事前登録を呼びかけた。同時に、Web のデザインも最新のバージョンにした。
  - 11月上旬に投稿システムを稼働させることを目標に、リハーサルを開始した。次回実行委員会（10月29日開催）までに投稿システムの問題点を洗い出して稼働のめどをつけたい。
  - フライヤーを増刷すると共に、ロゴ入りの封筒やシールも作成中である。
  - プレナリーセッションのテーマを” The Edge of Geometry and Graphics”に仮決めして、講演者の候補を選んでいる。
  - 秋季大会の2日目の昼休みに、組織委員会と実行委員会の合同委員会を開催予定である。
- 国際図学会（ISGG）の Branoff 会長から ISGG 会員に対してスレービー賞の推薦の呼びかけがあったことが、山口国際担当副会長より報告された。

## 6. その他

- a. JST について
  - 科学技術振興機構（JST）Journal@rchive に関して、10月20日に JST の担当者と打ち合わせをし、今後の作業についての協議をすることとなった（金井理事からの報告を、奈尾理事が代読）。

- 議事録署名捺印理事  
長島、面出両理事が選出された。

- 次回  
日時：2009年11月28日（土） 11：50～  
場所：東京都市大学世田谷キャンパス

---

### 日本図学会第467回理事会議事録

日 時：2009年11月28日（土） 12：00～13：00

場 所：東京都市大学1号館第1会議室

出席者：21名（議決権：14名）+ 委任状6名

堤（会長）、荒木、知花、山口、横山（弥）（以上副会長）、近藤（以上監事）、安藤、金井、齋藤（綾）、椎名、奈尾、長島、西原（一）、西原（小）、

面出（以上理事）、長坂（中部支部長）、阿部（関西支部長）、大月（彩）（九州支部長）、飯田（旧理事）、齊藤（孝）（電子化委員長）、鈴木（広）（ICGG 2010実行委員長）

## 1. 事務局報告および審議

### A. 会員関係

#### a. 申し込み・届出

##### i. 当月入会申し込み

- 正会員 劉賢国氏（筑波技術大学）

荒木勉氏紹介

- 正会員 廣戸絵美氏（広島市立大学大学院博士課程）

紹介者なし

- 正会員 田中龍志氏（有限会社ニテコ図研）

紹介者なし

##### ii. 当月退会届出

- 正会員 下川雄一氏（金沢工業大学）

川崎寧史氏紹介

#### b. 会員現在数（11月28日現在）

- 名誉会員15名、正会員294名、学生会員14名、賛助会員15社17口

### B. その他

#### a. 事務局から

- 従来、大会時に『図学研究』バックナンバーを全巻持参していたが、web 上で見られるようになったので、今後は持参しないこととする。

- 森北出版株式会社より『図学用語辞典』の著者献本16冊分の支払明細が届いた。これについては印税から差し引かれる。

- 科学技術振興機構 Journal@rchive 電子化事業に関して、電子化のための承認事項として、巻号の表記、冊子の裁断処理、e-mail の非掲載、リンクの4件について理事会メーリングリストで諮り承認された。

- 科学技術振興機構 Journal@rchive 電子化事業に関して、著作権委譲依頼文（別紙）を『図学研究』、および web に掲載する予定である。

- 科学技術振興機構「平成21年度電子アーカイブ対象候補誌」に選定されたことに伴い、オンラインジャーナル用の ISSN 番号を取得する必要が生じたため ISSN 登録申請を行い、登録予定番号が発行された（ISSN 登録にかかる費用は無料であることを確認した）。

#### b. 他団体から

- 科学技術振興機構より「平成21年度電子アーカイブ対象候補誌の選定」について『図学研究』が選

定された、との正式通知が届いた。

- 科学技術振興機構より、日本図学会春季大会学術講演論文集について「抄録利用許諾のご確認のお願い」が届いた。
- 科学技術振興機構より「J-STAGE ニュース」No. 21が届いた。
- 出版者著作権管理機構より「出版物からの複写に係る著作権使用料の分配」に関する文書が届き、分配金を受け取る旨の回答をした。
- 学術著作権協会より「受託著作物複写使用料分配について（お知らせ）」と「第11回図書館総合展関係資料」が届いた。
- 日本学術会議大学教育の分野別質保証の在り方検討委員会より「『大学教育の分野別質保証に向けて—日本学術会議からの報告』公開シンポジウムのご案内」が届いた。
- 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. 412, 413が届いた。

#### c. 寄贈図書

- 日本図学会編『図学用語辞典』（森北出版株式会社）が著者より寄贈された。
- 三谷純氏より『ふしぎな球体・立体折り紙』（二見書房）が寄贈された。

#### C. 審議事項

- a. 上記「事務局から」で報告された「科学技術振興機構 Journal@rchive 電子化事業に関して、電子化のための承認事項として、巻号の表記、冊子の裁断処理、e-mail の非掲載、リンクの4件について」が本理事会で追認された。
- b. 電子アーカイブ化に伴う著作権処理として、資料として配布された『「図学研究」全巻全号電子アーカイブ化に伴う著作権委譲に関する告知（お願い）』を図学会 Web サイトおよび図学研究に掲載して告知することで対応することが承認された。なお、金井事務局長より、同資料の内容は図学会 Web サイト等における著作権処理への対応を含むものであることが説明された。

#### 2. 2009年度第2四半期決算報告および審議

- 金井事務局長より、決算書および春季大会収支に基づく報告があり、審議の結果承認された。

#### 3. 編集委員会報告

- 長島編集委員長より、図学研究第43巻4号（通巻126号）を校正中であることが報告された。論文3編が掲載される予定。

#### 4. 電子化委員会報告および審議

- 齊藤(孝)電子化委員長より、配付資料に基づき、以下の報告があった。
  - 日本図学会用ドメイン jsgs.jp の契約の2年間更新処理を実施。費用13,524円。
  - 前回理事会以降のスパムメールは約120通。うち2通が誤判定。
  - 現在、図学会 Web トップには秋季大会、図学教育研究会、東北支部秋季講演会、関西支部例会、図学国際会議、デジタルモデリングコンテストの案内が掲載されている。用語集の案内を掲載予定。掲載情報は随時募集中。
  - 会員より、図学会 Web から会員個人のブログへのリンク要請があった。リンクの可否については引き続き検討していくことになった。
- 事務局用新パソコンを購入することが承認された。費用は11.5万円。

#### 5. 企画委員会報告

- 横山(弥)企画委員長より、第4回デジタルモデリングコンテストの募集を開始しているとの報告があった。
- 横山(弥)企画委員長より、2010年度秋季大会の開催校について検討中であるとの報告があった。

#### 6. 国際会議（ICGG2010）関係報告および審議

- 本会より US \$ 2000 を ICGG2010 に寄付することとした。
- 鈴木実行委員長より、参加者への呼びかけと予備登録の要請があった。

#### ● 議事録署名捺印理事

西原(一)、西原(小)両理事が選出された。

#### ● 次回

日時：2009年12月14日(月) 18:00～

場所：東京大学駒場キャンパス15号館

## 日本図学会第468回理事会議事録

日時：2009年12月14日(月) 18:00~19:30

場所：東京大学駒場キャンパス15号館106

出席者：4名(議決権：4名) + 委任状11名

堤(会長), 安藤, 金井, 奈尾(以上理事)

### 1. 事務局報告および審議

#### 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(12月14日現在)

- 名誉会員15名, 正会員294名, 学生会員14名, 賛助会員15社17口

#### B. その他

##### a. 事務局から

- 森北出版株式会社より『図学用語辞典』の発行証明書が届いた。
- 科学技術振興機構 Journal@rchive 電子化事業による電子アーカイブ化に伴う著作権処理について、『図学研究』および図学会 Web サイトを通じて告知した。『図学研究』には会告として掲載した他, はさみ込みを同封した。

##### b. 他団体から

- 学術著作権協会より「著作権法施行令の一部を改正する政令案について(著作権の権利制限情報のご提供)」、「著作物への複写権等委託済表示例について(お願い)」、「学術著作権協会英文ホームページへの情報および著作物のご登録のお願い」及び「著作権講演会のお知らせ」が届いた。
- 学会誌刊行センターより「学会センターニュース」No. 414が届いた。
- 日本工学教育協会より「平成22年度工学・工業教育研究講演会協賛について(依頼)ならびに貴会誌への会告掲載と研究発表推奨について(依頼)」が届いた。

### 2. 編集委員会報告

- 金井事務局長より横山(ゆ)編集委員からの以下の報告が代読された。
  - 『図学研究』43巻4号(通巻126号)は, 校正をほぼ終え, 校了に入っている。
  - 『図学研究』44巻1号(通巻127号)には, 論文数編, 作品紹介の他, 秋季大会, CAD フォーラム,

図学教育研究会の報告記事が掲載される予定。

### 3. 電子化委員会報告

- 金井事務局長より斉藤(孝)電子化委員長からの以下の報告が代読された。
  - 前回理事会より12月13日までのスパム誤判定は0件。
  - 全会員用メーリングリストから植田先生のアドレスを削除。
  - 理事会用・会員用メーリングリストの九州支部長分を大月(彩)先生に変更。
  - 事務局用ノートパソコンはDELL Studio17とし, 12月9日に発注。

### 4. 企画委員会報告および審議

#### ●審議事項

- 来年度秋季大会の開催校について, 金井事務局長より, 横山(弥)企画委員長からの「開催校を法政大学としたい」という提案が代読された。審議の結果, 提案を承認し, 来年度秋季大会の開催校を法政大学(東京都, 最寄り駅は市ヶ谷)とすることとした。
- 金井事務局長より横山(弥)企画委員長からの以下の報告が代読された。
  - 秋季大会がとどこおりなく終了。反省点は以下の通り。
  - 論文集に関して, 提出論文を偶数ページで作成する指示がなかったため, 白く抜けたページができてしまった。偶数ページに統一するべき。
  - 図学会 Web サイトに大会の詳細情報(開催校の地図, 懇親会費など)を載せる必要がある。
  - 論文集に掲載されるものとは別に, プログラムをプリントして配布する必要がある。35才以下の研究奨励賞対象者に印を付ける必要がある。

### 5. 国際会議(ICGG2010)関係報告

- 堤会長より, 配付資料に基づき, 鈴木(広)ICGG2010実行委員長からの以下の報告が代読された。
  - a. スケジュール関連
    - より多くの論文を投稿して頂くため, SIGGRAPH ASIA が12月中旬に開催されることなども考慮し, 締め切りスケジュールを下記のように変更した。
    - 予備登録締め切り: 2009/12/31
    - アブストラクト投稿締め切り: 2010/1/5
    - 論文採択通知: 2010/2/15

- フルペーパー締め切り：2010/4/30（変更なし）

b. 財務関連

- 予算計画と2009/12/13までの実績及び今後の見通しについて資料（配布資料2）にまとめた。
- 寄付団体に関しては一覧を資料（配布資料3）にまとめた。
- 12/13までの助成金の状況
- 栢森情報科学振興財団フォーラム・シンポジウム等開催助成金の申請が採択（20万円）された。
- 大林都市研究振興財団国際会議助成に応募している（申請額100万円）。
- 12/13までの寄付の状況（ただし、確定している寄付予定を一部含む）2,890,000円（60件）
- 正会員・名誉会員：47件 2,025,000円
- 賛助会員：1件 日本通運株式会社 15,000円
- 上記以外の寄付：12件 850,000円（内訳省略）
- 寄付団体には、フライヤー第2版が完成次第、礼状と受領証を順次送付する予定。
- 参加費は以下のように設定している。

	Delegates	Member of ISGG	Full-time Students	Accompanying Persons
Early registration until 15 th May 2010	40,000 JPY	35,000 JPY	15,000 JPY	20,000 JPY
Late registration after 16 th May 2010	45,000 JPY	40,000 JPY	15,000 JPY	20,000 JPY
Printed Abstracts, Proceedings and Full Proceedings DVD	Included	Included	Included	Not Included
Coffee-Breaks	Included	Included	Included	Included
Lunches	Included	Included	Not Included	Included
Excursion	Included	Included	Not Included	Included
Banquet	Included	Included	Not Included	Included
Accommodation	Not Included	Not Included	Not Included	Not Included

c. Web 関連

- ホームページ (URL <http://www.icgg2010.org/>)にて、会議に関する情報提供を行っている。
- 9月10日より予備登録のシステムがスタートしている。
  - 2009/12/13の時点で、168人（論文投稿予定者128名、未定30名、投稿せず7名、不明3名）が予備登録を完了している。
  - 予備登録は2009/12/31まで。
  - 予備登録を行った方の情報を資料（配布資料4）にまとめた。
- 11月10日より論文の電子投稿システムがスタートしている。
  - 本システムは、アブストラクトの投稿と査読、フルペーパー論文の投稿と査読を一元的に管理するものである。
  - アブストラクト投稿は2010/1/5まで。

- Webの内容は、定期的にバックアップが行われている。

- 宿泊と参加費支払いのWebシステムは、2010年3月を目処にスタート予定。

d. 広報関連

- 協賛を得ることができた学協会を資料（配布資料5）にまとめた。

e. 総務関連

- フライヤーは第1版がすでに2000部印刷され、各所に配布されている。第1版におけるスケジュールの変更は、シールで対応することとしている。
- 寄付団体と協賛団体の組織名称（一部の寄付団体はロゴも）が掲載されたフライヤー第2版は12月16日頃に印刷される予定。
- 封筒とシールについては、それぞれ1000部ずつ印刷を行った。

f. プレナリーセッション関連

- 下記のプログラムを予定している。
  - 2010年8月5日(木)
    - 午後レジストレーション及びウェルカムパーティ
  - 2010年8月6日(金)
    - 午前開会式、プレナリーセッション「○○○の最先端」+パラレルセッション
    - 午後プレナリーセッション「○○○の最先端」+パラレルセッション
  - 2010年8月7日(土)
    - 午前プレナリーセッション「○○○の最先端」+パラレルセッション
    - 午後プレナリーセッション「○○○の最先端」+パラレルセッション
  - 2010年8月8日(日)
    - 午前プレナリーセッション「○○○の最先端」+パラレルセッション
    - 午後エクスカージョン（清水寺とその周辺、大江能楽堂）及び公式バンケット
  - 2010年8月9日(月)
    - 午前パネルディスカッション+パラレルセッション
    - 午後 ISGG 総会、閉会式
- 上記の○○○部分は、「幾何学理論」、「図学の芸術への応用」、「図学のVRへの応用」、「図学の建築都市デザインへの応用」、「高次元図学」などを予定している。
- 日本人講演者については、下記の3名の方々の内諾を得て、情報をWebで紹介している。

- Prof. Koji MIYAZAKI Professor emeritus,  
Kyoto University
- Prof. Satoshi YABUUCHI Department of  
Conservation, Graduate School of Fine Arts,  
Tokyo University of the Arts
- Prof. Toshio YAMASHITA Division of  
Industrial Art, Faculty of System Design,  
Tokyo Metropolitan University

g. 関西 TG

- 会場の各室の利用スケジュール詳細を検討している。
- 半日のエクスカージョンは、清水寺と大江能楽堂とした。
- 同伴者ツアーの内容は現在検討を行っている。
- パンケットの場所については、日通側の候補に独自の候補を加えて検討を行っている。
- 参加登録と参加費徴収、宿泊手配の Web システムを2010年3月にスタートできるよう日通側と交渉している。
- VENUE ページに掲載するための京都観光や交通アクセスなどのリンクを現在収集している。
- 上記の報告に対して、以下の意見があった。
- 参加費に ISGG の会員割引があるため、ISGG の会費を明記すべき。
- 宿泊と参加費支払いの Web システムのスタート時期は予告する必要がある

● 議事録署名捺印理事

金井, 奈尾両理事が選出された。

● 次回

日時：2009年1月8日(金) 17:30～

場所：東京大学駒場キャンパス15号館



## 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、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

本学会が指定する執筆要領に従った原稿により原稿正1部、コピー2部、および投稿申込書正1部、コピー3部を提出する。なお、郵送の場合には本学会編集委員会宛に送る。

## 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。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. 論文等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、本学会はこれに異義申立て、もしくは妨げることをしない。

(本投稿規程は、2002年1月1日より施行する。)

## 賛助会員

### 株式会社アルトナー

〒105-0012  
東京都港区芝大門 2-5-5  
住友不動産芝大門ビル10F  
TEL: 03-5472-7003  
FAX: 03-5472-6009

### 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  
オフィスタワー X24  
TEL: 0570-064-787  
<http://www.autodesk.co.jp/>

### 共立出版株式会社

〒112-0006  
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/>

### 斉藤システムサービス

〒168-0063  
東京都杉並区和泉 2-42-20  
TEL: 03-3324-3679  
FAX: 03-3324-3679  
<http://www.nekodasuke.jp/>

### 産業図書株式会社

〒102-0072  
東京都千代田区飯田橋 2-11-3  
TEL: 03-3261-7821  
FAX: 03-3239-2178  
<http://www.san-to.co.jp/>

### ステッドラー日本株式会社

〒103-0027  
東京都中央区日本橋 4-1-11  
TEL: 03-3663-2851  
<http://www.staedtler.co.jp/>

### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0074  
東京都港区高輪 3-13-1 高輪コート 5F  
TEL: 03-5447-8084  
FAX: 03-5447-8088  
<http://www.solid.co.jp/>

### 株式会社武田製図機械製作所

〒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/>

### 株式会社西田商店

〒556-0002  
大阪市浪速区恵美須町 1-1  
TEL: 06-6644-0788

### 日本通運株式会社首都圏旅行支店

〒105-8322  
東京都港区東新橋 1-9-3 日通本社ビル18F  
TEL: 03-6251-6359  
FAX: 03-6251-6369  
<http://www.nittsu-ryoko.com/>

### ネプラス株式会社

〒101-0021  
東京都千代田区外神田 1-18-13  
秋葉原ダイビル12階1202  
TEL: 03-3253-0002  
<http://www.n-plus.co.jp/>

### 武藤工業株式会社

〒141-8683  
東京都品川区西五反田 7-2-1 第5 TOC ビル  
TEL: 03-5740-7000  
FAX: 03-5740-7123  
<http://www.mutoh.co.jp/>

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

### 株式会社養賢堂

〒113-0033  
東京都文京区本郷 5-30-15  
TEL: 03-3814-0911  
FAX: 03-3812-2615  
<http://www.yokendo.com/>

### CG-Arts 協会

(財団法人画像情報教育振興協会)  
〒104-0031  
東京都中央区京橋 1-11-2  
TEL: 03-3535-3501  
FAX: 03-3562-4840  
<http://www.cgarts.or.jp/>

“ひらめき”を素早くカタチに。  
デザインツールで差をつけよう。



Image courtesy of Medi-Mation

オートデスクの教育機関限定製品  
<http://www.autodesk.co.jp/edu>

Autodesk®

オートデスク株式会社 オートデスク インフォメーション センター TEL:0570-064-787

※ Autodeskは、米国および/またはその他の国々における、Autodesk, Inc.、その子会社、関連会社の登録商標または商標です。その他のすべてのブランド名、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、通知を行うことなくいつでも該当製品の提供および機能を変更する権利を留保し、本書中の誤植または図表の誤りについて責任を負いません。©2009 Autodesk, Inc. All right reserved.

## 編集後記

この時期は授業も終わり余裕をもって編集作業ができるかと思いましたが、卒研発表、修士論文審査、入学試験、大学院入試と立て続けに行事が続き、予定よりやや遅れ気味で入稿作業をしています。

2008年の9月に起こったリーマンショックによる経済不況から回復しないまま1年半がたちました。購買意欲や設備投資はやや回復したものの、不況から企業の新規採用が減り、大学生の就職状況はさらに悪化する事態に陥りました。4年生はもうすぐ卒業でも就職先の決まらない学生も多くいると聞きます。早く経済が回復して活気のある大学生たちと一緒に研究・教育に励みたいと思います。

図学会では今年度から本部例会が秋季大会となり、年1回から年2回の大会開催と発展を続けています。ただし会員数の増加はとどまっており、今後も多くの努力が必要ではないかと思えます。前号の小高監事の巻頭言にもあるように、多くの会員が質の高い研究発表をたくさん行って、よりよい学会へまい進していければいいと思います。その絶好の場でもある国際会議 ICGG2010 が今年の8月に京都で開かれます。また秋季大会は法政大学で開催されることが決まりました。ともに多くの方々の参加を願っております。

(S.N.)

## 日本図学会編集委員会

- 編集委員長 長島 忍
- 編集担当副会長 荒木 勉
- 編集理事 川崎 寧史  
倉田 和夫  
齋藤 綾  
椎名 久美子  
高山 文雄  
長友 謙二  
新関 雅俊  
西垣 安比古  
西原 一嘉  
面出 和子  
森田 克己  
横山 ゆりか
- 編集委員 斉藤 孝明  
鈴木 賢次郎  
堤 江美子  
三谷 純

デザイン 丸山 剛

Journal of Graphic Science  
of Japan

## 図学研究

第44巻1号(通巻127号)

平成22年3月印刷

平成22年3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 : office@jsgs.jp

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

印刷所：電算印刷株式会社

東京(営)

〒101-0054

千代田区神田錦町1-14

Tel : 03-3294-8094

Fax : 03-3294-6234

E-mail : s-takayama@d-web.co.jp

*Journal of* 図

*Graphic* 学

*Science* 研

*of Japan* 究

Vol.44  
No.1  
March  
2010

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



<i>Imao NAGASAKA</i>	01	<i>Message</i>
<i>Yoshizumi FUKUE</i>	03	<i>Research Paper</i> The Formation of the Concept of a Solid in Sculpture
<i>Shin-ichi FUJITA, Takanobu KAGAE, Hitoshi JO</i>	13	<i>Research Paper</i> An Effect of the Design Education Using 3D-CAD on the Formation of Visual Point Transformation Abilities
<i>Sande GAO, Keijiro NAKASA</i>	23	<i>Notes</i> Development of Geometric Calculation and CG Software for a Wire Style Portable 3D Shape-Measuring Machine
<i>Ryusuke MATSUOKA</i>	31	<i>Art Review</i> Interconnected Modular Stellation Constructed from Paper Folding Technique
<i>Yasushi KAWASAKI</i>	33	<i>Art Review</i> The Space Installation Using Ruled Surface and Images –Global Contrast–
	35	<i>Report</i> Summaries of Papers in the Autumn Meeting of 2009
	42	Report on the Autumn Meeting of 2009
	48	Design Production Process and 3-Dimensional CAD
	49	Report on the 44th Graphic Education Forum
	55	<i>Newsletter</i>