

第49巻2号  
通巻146号  
2015年（平成27年）  
6月

日本図学会



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

山口 泰	01	巻頭言
		研究論文
宮澤 正幸	03	同じ6面図を持つ異なる形状物体の導出
		研究論文
李 磊, 石川 知一, 三上 浩司 柿本 正憲, 近藤 邦雄	13	水墨画風CG画像生成のための多視点投影手法
		講座
竹之内 和樹, 園田 計二	21	機械にまつわる幾何学形状(4)
		報告
横山 弥生 他	25	中部支部2014年度冬季例会報告
	29	会告・事務局報告

## 日本図学会の現状と今後

山口 泰 Yasushi YAMAGUCHI



本年5月に日本図学会会長として再任されました。これまでの2年間は、あっという間に過ぎてしまったというのが正直なところです。いずれにしましても会員の皆さまのご協力があればこそ、どうにか2年間を大過なく過ごし果せたことは間違いありません。本当にありがとうございました。

今回、巻頭言を書くにあたって、2年前に書いた巻頭言を改めて読んでみました。そこでは本会における主な課題として会員数減少が挙げられており、その対策として図学会の学際性や国際性という特徴を生かすとともに、その特徴を広く訴求していくこと、並行して学会ウェブページの整備や、DOI(Digital Object Identifier)付与など学会誌の充実による会員サービス向上への試みが述べられていました。後者については、この2年のあいだ、学会ウェブページの整備が着実に進められるとともに学会誌論文や大会講演論文の投稿システムが導入されましたし、DOI付与も定常的に処理されるようになっております。ホームページ委員会や企画広報委員会、編集委員会のご努力に厚く感謝申し上げる次第です。

一方、学会の特徴を生かしていくという点については、2014年度の秋季大会において東京藝術大学を会場とし、作品展示という新たな試みを実施していただきました。作品展示の実現にあたっては大会実行委員会やプログラム委員会に大変なご負担をおかけしましたものの、図や形という図学の特徴を活かした発表形態として、非常に面白い試みであったと思っています。また、デジタルモデリング研究会も新たに発足され、同大会の併設イベントとして第1回の研究会が開催されました。この結果、記念大会などの例外を除けば、かつてなく多数の参加者を迎えることができました。さらに、今年度のAFGS 2015(Asian Forum on Graphic Science)は、従来の日本と中国という枠を超えて、タイのバンコクで開催の予定となっております。日中以外からの参加者も加わって多くの発表が予定されており、学会活動の活性化に寄与するものと期待されます。これもまたAFGSの実行委員会ならびにプログラム委員会の活躍によって支えられております。大会ならびにAFGSの実行委員やプログラム委員としてご尽力いただいている皆さまに心からの敬意を表させていただきます。(時間的な前後関係もありますので)これらの活動の直接の成果とは言えないものと思われませんが、この2年間、幸いにして会員数は増加に転じております。増え方はまだ弱々しいもので、会員数減少の傾向を押しとどめることに成功したとまでは言えませんが、この傾向を維持、できれば促進したいと願っております。

これに対して、会員の皆さまと共有しておかなくてはならない課題もあります。それは、学会予算にかかるものです。ウェブページやオンラインジャーナルの充実などの新サービスの導入にあたっては新たなコストが発生しております。結果として、この数年間は単年度での赤字予算をたてざるをえませんでした。幸いにして決算ではいずれも小幅の赤字に留まっており、今後、5年程度で学会が立ち行かなくなるという

恐れは低そうです。しかし、単年度での赤字は確たる傾向であり、今後、収入を増やすか支出を抑えるかしない限り、学会の資産が単調に減っていくことは避けられません。学会規模に見合った適切な会員サービスを模索する必要があるものと考えます。もちろん、学会活動に大幅な制約を課すような支出抑制は避けたいところです。その観点からも学会活動の活性化と、それによる会員数増加の定着を図りたいものです。学会が新しい知の創造と発信とを目的とする以上、年2回の大会、国際会議、会誌やウェブページなどを通じた活動の活性化によって、新たな会員の獲得を進めていくことが王道でしょう。そのために、これまでの試みを単発で終わらせず反復・継続していくこと、さらにまた新たな試みに挑戦していくことが肝要と考えます。新しい試みに伴う苦労は決して小さなものではありませんが、できれば、それを楽しみながら乗り越えていけないものかと感じています。

さて、今回改選された新しい理事会は第25期の理事会です。学会創立以来、1期2年を継続してきておりますので、第25期の終了時点がちょうど本会の50周年ということになります。第25期のミッションの1つとして、50周年に向けての各種事業の準備と実施があることは間違いありません。これまでのx0周年記念事業を振り返ってみると、図学研究の記念号発刊、記念出版物の発行、記念大会の開催や海外からの招待講演などが実施されています。財政難の折でもありますので、不用意に予算を要する事業を実施したいとは考えておりません。しかし、本会会員が力を合わせて新しい方向へと踏み出していききっかけにできるのではないのでしょうか。すなわち、単に記念のための事業ではなく、本会の今後に資するような事業を実施したいと考えております。すでに何人かの方々からはアイデアを頂戴しておりますが、是非とも、会員の皆さまのお知恵をいただきたいと考える所存です。理事会はもとより、AFGSや秋季大会、支部例会などもありますので、それらの機会に気楽にお声がけいただければ幸いです。もちろん、メールなどによる提案も歓迎いたします。実は2年前の巻頭言の結語も学会の将来に関する意見募集のお願いでした。我ながら代わり映えしない気がしますけれども、学会の活動とは会員の皆さまの活動に他なりません。会員1人1人が楽しみながら活動を充実させることでこそ、学会活動の活性化が図れるものと信じてやみません。図学会の今後、当面は50周年に向けて、さらなるご支援ならびにご協力のほどをお願い申し上げます。

やまぐち やすし

東京大学大学院総合文化研究科・情報学環  
教授（工学博士）

研究分野：画像処理、形状処理

情報処理学会、IEEE、ACM等の会員、日

本図学会会長、ISGG副会長

yama@graco.e.u-tokyo.ac.jp

# 同じ6面図を持つ異なる形状物体の導出

Study of Different Shape Objects Which Have the Same Six Views

宮澤 正幸 Masayuki MIYAZAWA

## 概要

投影法は二次元の表面でオブジェクトの形を説明するために有効である。一般に、6面図式と展開図、断面図等を用いることによりどのような複雑な形も説明出来るといわれている。しかし、展開図、断面図等を用いず、6面図式のみで表現できる範囲についての限界を定量的に示した記述が見当たらない。本稿では、特定の条件下ではあるが、対応する6面に表れる輪郭線が全く同じとなる形状の異なる物体が34組78体あることを示した。このような6面図表記が全く同じで且つ形状が異なる物体を本稿では同投影体と呼び、その形状の導出条件について明らかにする。

キーワード：空間幾何学、投影法、6面図式、同投影体

## Abstract

The orthographic projection is valid to describe object's shape in the two-dimensional surface. It is generally said that using the orthographic projection, even the most complex shape can be fully described. However, two pieces of objects which have the same borderline shapes on the six-views of each projection are invented. Furthermore, another object pairs with the same borderline shapes are confirmed too. In this paper, such objects are called Different Shape Objects which have the Same Six Views (DSO/SSV).

**Key words** :space geometry, third angle projection, six-views of projection, object's shape, Different Shape Objects which have the Same Six Views (DSO/SSV)

## 1. はじめに

立体を平面上に図形として表現する投影法を用いてボルト、ナット等の規格部品の簡単な説明図等を記述する場合、一般に主投影図だけの1面図式で表現できる。対称形、回転体等は2面図式で表現でき、多少複雑な立体についても、3面図式で表現できる。

4面図式、5面図式、6面図式等は複雑な外形をもつ品物を特に明瞭に表す必要がある場合にのみ用いられ、物体を完全に表すのに必要な投影図の数は、その物体の表さなければならない形の数と、それがどの位置にあるかによって決まるという<sup>[1]-[3]</sup>。

これは物体が投影法を用いることによりその形状を一意に表現出来るという前提のもとに、より合理性の高い表記法を生み出す基本理念と捉えることが出来る。例えば、形状説明に不要あるいは効果の薄い投影図を省略し、全部描くと分かり難くなる場合等では部分投影図または補助投影図等の簡略化手法を取り入れている。さらに、投影法には第一角法と第三角法とがありこれを区別しない場合に同じ図で異なる物体を表すことが説明されているが、これも投影法の区別を明確に表示することにより物体が一意に表現できるとの前提に基づいたものと捉えられる。

一方、意匠登録等の図面の作成要領によれば、立体を表す図面は、正投影図法により各図同一縮尺で作成した正面図、背面図、左側面図、右側面図、平面図及び下面図をもつて一組とし記載することとなっている。また、これらで意匠を十分表現することができないときは、展開図、断面図、切断部端面図、拡大図、斜視図その他の必要な図を加えることとしている。これらはかくれ線を用いない意匠においては大切なことと考えられるが、これらの措置も誤解のない物体の表現という視点からの対処である。

本稿はこのような立体を如何に分かり易く記述するかを論ずるものでない。形状の異なる複数の物体があり、これを投影法の6面図式により記述した場合に、これら複数の物体の対応する各投影図が全く同一であるとしたら、それはどのような形状であるのか、また、そのよう

な形状はどの程度存在するのかということを考えてみるというものである。本稿ではこれを同投影体と呼称し、その形状と導出条件とについて明らかにする。

対象とする同投影体は基線に平行に配置した直方体に加工を施した物体とした。それらは断面図、展開図等によりその差異は明確であり、投影法の有益性に何ら影響するものではない。このような物体を意識することは義務教育課程からの学習教材として有用であるに違いないし、今日のICT関連映像編集ソフト、三次元CAD等のツールを利用する様々な場面においても活用できる。その物体の面白さや表示方式を工夫して芸術面へ展開すること、ツール/ソフトの機能/性能評価へ適用すること、CAD学習等での教材として活用すること、ホームページ、会社のロゴ、展示会場のシンボルオブジェクト等の創作へのヒントとして役立つこと等が期待できる。

## 2. 背景

一般に投影図の学習では、球体及び立方体においては正面図、背面図、左側面図、右側面図、平面図及び下面図の6面図が同じであり、何れかの面の1面図式でその形状を表現出来ることを学ぶ。回転体、直方体等は2面図式で、その他の殆どの形状も3面図式で表現出来ることを学ぶ。また、特殊な加工が加えられている場合には更に図面を追加することを学ぶ。この過程で対向面上の輪郭線や穴あけ線等の表示法としてかくれ線を学び、観察視点の移動や透視などについて学ぶ。

本稿で紹介する同投影体はこのような一連の学習の中で扱われる直方体、あるいは立方体に後述(3.用語の定義)する「そぎ落し」及び「欠き取り」の加工を加えて形成する。「るつぼ」の中の形状を投影図で表現しようとするような特殊なものではない。また幾つかの類似研究調査<sup>[3]-[17]</sup>も試みた。

## 3. 用語の定義

本稿で用いる用語を次のように定義する。

- そぎ落し 直方体、あるいは立方体(これらを本体と呼ぶ)の任意の頂点と隣接する3つの頂点から形成される四面体を本体から切り離すこと。
- 欠き取り 本体の任意の頂点を含む面とその対頂点を含む面とが平行な場合に任意の頂点を含む面を底面とし対頂点を頂点とする四角錐、またはこの任意の頂点とその対辺とからなる三角面を底面とし対頂点を頂点とする三角錐を本体から切り離すこと。
- 6面図 第三角法、または第一角法を用いて6面図

式で記述された投影図であり、総ての外形線、及びかくれ線を表示させた正面図、背面図、平面図、下面図、右側面図、左側面図の6個の図面の集合

- 同投影体 二つ以上の形状が異なる物体があり、それぞれの物体の6面図を対応付けた場合に、対応付けられた図面のそれぞれが完全に一致するような物体または品物。

## 4. 同投影体

### 4.1. 前提条件

#### 4.1.1. 基本モデル

同投影体を作り出すために前提とした物体の形状を説明するための基本的要件について説明する。

頂点A, B, C, D, E, F, G, Hを持ち、3辺の長さがx, y, zの直方体(または立方体  $x = y = z$  の場合)の物体を(X, Y, Z)座標系に図1の様に設置する。この時物体の各頂点の座標は次となる。ここで $x > 0$ ,  $y > 0$ ,  $z > 0$  とする。

A(0, 0, 0), B(x, 0, 0), C(x, y, 0),  
D(0, y, 0), E(0, 0, z), F(x, 0, z),  
G(x, y, z), H(0, y, z).

この様に配置された直方体または立方体の物体を以後「基本モデル」と呼ぶ。

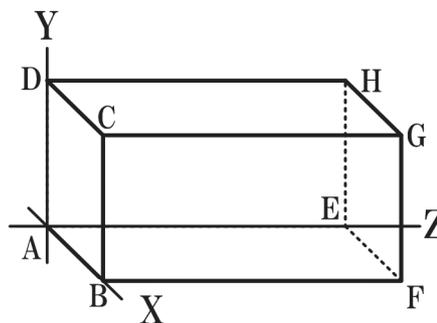


図1 基本モデル

基本モデルを投影法で表現する場合、本文では第三角法で描くこととする。配置は□ABCDを正面図、□BFGCを右側面図として、以下一般的な配置と呼称法とで表現する。

#### 4.1.2. 切断加工

基本モデルを加工して同投影体を形成するための切断加工方法について説明する。

##### 方式1. そぎ落し

図2にそぎ落しの概念を示す。基本モデルの任意の頂点(この場合C)とこの頂点を共用する3本の輪郭線のそれぞれの端点となる頂点(この場合B, D及び

G) とで形成される四面体を基本モデルから分離することをいい、この操作を「切断加工 C1」と呼ぶ。

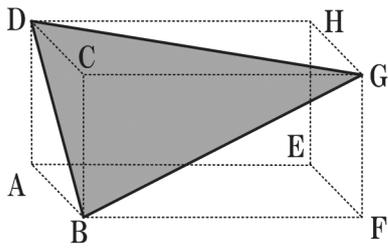


図2 切断加工C1

方式2 欠き取り

欠き取りには2種類の操作方法がある。

図3に第一の欠き取りの概念を示す。

基本モデルの任意の頂点(この場合A)を含む面(この場合□ABCD)を底面とし、頂点Aの対頂点(この場合G)を頂点とする四角錐を基本モデルから分離する操作である。この操作を「切断加工 C2」と呼ぶ。

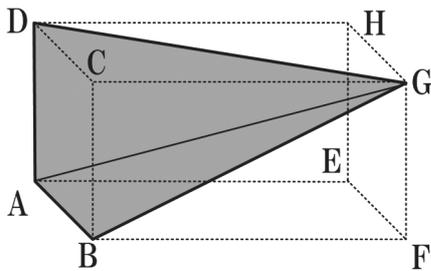


図3 切断加工C2

図4に第二の欠き取りの概念を示す。

基本モデルの任意の頂点(この場合A)とこの頂点の対辺にあたる輪郭線(この場合BC)から形成される面(この場合△ABC)を底面とし、頂点Aの対頂点Gを頂点とする三角錐を基本モデルから分離する操作である。この操作を「切断加工 C3」と呼ぶ。

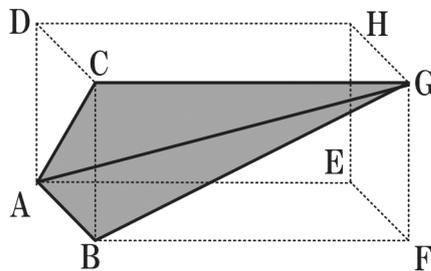


図4 切断加工C3

4.2. 基本的な考え方

4.2.1. そぎ落とし加工と投影図

図2の切断加工C1では頂点Cの四面体はそぎ落としさ

れているが、この物理的には存在しない輪郭線CB, CD, CG及び頂点Cも投影図にはあたかも存在するかのように表記される。すなわち、正面図では輪郭線CBが対角線GBの投影として、また輪郭線CDが対角線GDの投影として表記される。頂点Cはこれら投影された輪郭線CBと輪郭線CDの交点として表れる。右側面図及び平面図においても同様の様相で説明できる。

基本モデルに対して切断加工C1はこの頂点Cの他、頂点A, 頂点F及び頂点Hに対しても施すことができ、図5に示す頂点をBDGEとする四面体となる。図6にその成形物体を示す。

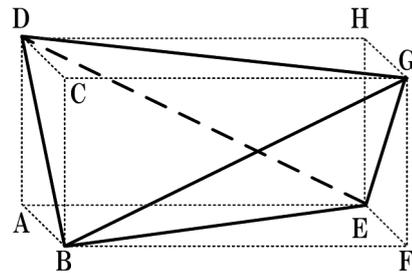


図5 四面体

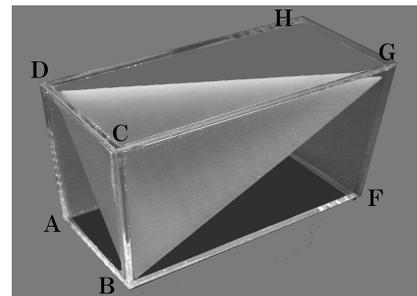


図6 四面体物体

この四面体物体を6面図で表記すると図7のとおりとなる。

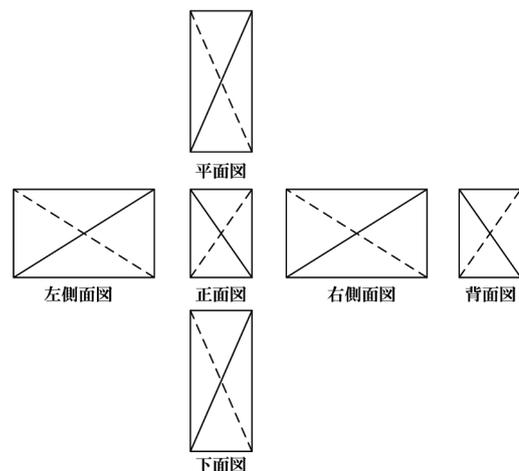


図7 四面体物体の6面図

#### 4.2.2. 同投影体の一例

基本モデルに対して切断加工 C1 を頂点Aを除く頂点C, 頂点F及び頂点Hの3頂点に対して施すと図8に示す頂点Aを含む双三角錐の六面体ABDGEが形成され, この物体の6面図は図7と全く同じである。

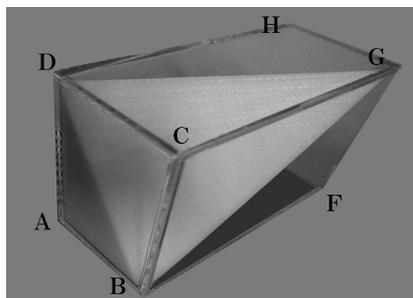


図8 六面体物体

これは JIS Z 8315-2 製図—投影法—第2部：正投影法 4.1 一般に記述されている「正投影図は, 平行な正投影線を用いて描かれ, 互いに対称的な位置を占める二次元の平面図形になる. 対象物を完全に図示するためには, 6方向の投影図が必要である。」との記述に当てはまらない. この二つの物体が本稿での同投影体の一例である。

図9にこの二つの物体を並べて示す. 同図のM1(1)は図6の四面体物体を, M1(2)は図8の六面体物体を示している. これら具体的な物体の識別番号の付与方法については 4.2.3. で説明する。

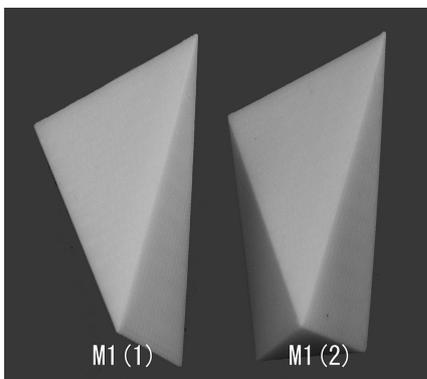


図9 同投影体の例

#### 4.2.3. 6面図の対比操作

前述と同様な特性を持つ物体が他にどの程度存在するかを明らかにするために基本モデルの座標系 (X, Y, Z) (参照 図1) に具体的な値を割付けて成形物体の形状比較を行う。

基本モデルの大きさに  $x = a$ ,  $y = b$  及び  $z = c$  を付与した上で次の手順により整理する. 本稿ではこれら一連の操作を対比操作と呼ぶ。

- 同投影体である物体を見出し, 切断加工手順を定式化する.
- $x, y, z$  に対して割付け可能な  $a, b, c$  の値を付与し全6種の配置モデルに定式化した切断加工を施す.
- 得られた6種類の成形物体の6面図を作成し, 同一の6面図の有無を検証する.
- 次に同投影体の鏡像体に対する6面図を作成し, 同一の6面図の有無を検証する.  
この操作により生じた鏡像体対を識別できるよう本稿では鏡像体の一方の物体のモデル名にL(左)を, 対応する物体のモデル名にR(右)を付すこととする.
- 最後に鏡像関係にある物体の6面図を比較し同一の6面図の有無を検証する.

具体的な対比操作内容を次に示す。

##### 手順1. 面の選択

基本モデルに切断加工を施す場合, 主投影図 (正面図) として選択出来る物体の面は6通りある. 図10にその種類の選択法を示す. 同図 (1) をX軸に平行な軸で90°回転し (2) が得られる. (2) をY軸に平行な軸で90°回転し (3) が得られる. 同様な回転手順を繰り返し (3) と (4) 及び (5) と (6) が得られる. この面の選択手順を次の全てについて実施する。

- $a \neq b \neq c$  の場合
- $a \neq b = c$  の場合
- $a = b = c$  の場合

面の選択により形成される物体を識別するために本稿ではモデル名の次に1, 2及び3の番号を付与する。

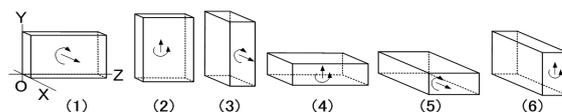


図10 主投影図に選択可能な物体面の種類

以上, 前述までの物体の識別方法を整理すると次の通りとなる。

- Mijs(k) i : 同投影体の形成識別番号  
j : 1  $a \neq b \neq c$  の場合,  
2  $a \neq b = c$  の場合,  
3  $a = b = c$  の場合  
s : 鏡像体の識別子 L 左側 R 右側  
k : 同投影体を構成する物体を区別するための識別子 (省略可)

ここで、 $i=1$ については4.2.2.で説明した。 $i=2$ 及び $i=3$ については5.2.1.で述べる方法により形成される物体に付与する。

### 手順2. 等値関係の確認

図10で示した6種の基本モデルに切断加工C1, C2, C3の一つ又は複数を組合せて形成した物体が、全く同じ形状を持つ場合がある。このような関係にある物体を抽出するために6面図のそれぞれに数値属性を付与する。物体の任意の6面図を初期6面図とし各面の属性値を得る。

この初期6面図を図10の手順により回転させ、正面図の異なる6種の6面図を作成する。6面図の回転による属性値の変化を図11に示す手順で得る。形成可能な全物体について同様の作業を行い、得られたすべての6面図の等値関係を調べる。これが一致すればその物体は同一形状物体である。この確認操作を等値比較と呼ぶ。

本稿では、数値属性として各投影面に表記された対角線を選択し、その勾配を属性値とした。対角線が表記されない面の属性値は0とした。次に等値比較の概要を示す。

図11に基本モデルの初期6面図の配置を示す。この物体をX軸に平行な軸で $90^\circ$ 回転させた時の各投影面の移動位置を→記号で示した。この回転により得られる各投影面の属性値の変化を次により得ることが出来る。

→は回転前の位置の投影図の属性値をそのまま矢印の示す位置の投影図の属性値となる。

◎は回転前後で投影図の配置位置はそのまま、属性値の分母と分子とを入れ替えたうえで、正負の符号を入れ替えた属性値となる。

本稿で対象とする切断加工では投影面は辺  $a$ ,  $b$  及び  $c$  の何れの2辺からなる長方形または正方形の輪郭線とその対角線で表記される。すなわち属性値は輪郭線の長さの比と対角線の傾きとで表記される。

例えば  $x = a$ ,  $y = b$  及び  $z = c$  の物体の頂点Aをそぎ落した図7の場合、正面図の対角線は  $-b/a$ 、右側面図の対角線は  $b/c$  と表記される。

この状態で物体をX軸に平行な軸で $90^\circ$ 回転すれば、正面図はそのまま  $-b/a$  と表記される平面図となる。右側面図  $b/c$  はその位置で回転するため  $-c/b$  の右側面図となる。

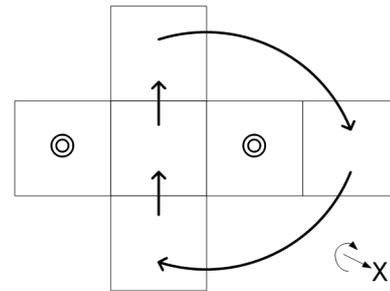


図11 物体の回転と6面図の変移

## 5. 同投影体の種類

### 5.1. そぎ落とし加工による同投影体

4.2.3.で、得られた物体に対して対比操作を施し同投影体の対数を明らかに出来ることを述べた。次に切断加工C1による同投影体の組数を検証する。

#### 5.1.1. 三辺が異なる基本モデル

4.2.1.及び4.2.2.では切断加工C1を基本モデルの頂点A, C, F及びHに対して施したが、この他に頂点B, D, G及びEに対しても行うことが出来る。この場合の成形物体の6面図は図7の6面図の実線と破線とを入れ替えた図面となる。これが鏡像体である。図7の物体をM11Lと表記し、その鏡像体をM11Rと表記する。M11Rは同投影体でありM11Lと同様に全形態が等しい投影図を持つ。次にM11LとM11Rとの対比操作により、これら物体は共通の投影図を持たないことが分かる。以上により三辺が異なる基本モデルにおいては1対の同投影体が2組存在する。

#### 5.1.2. 二辺が等しい基本モデル

$a \neq b = c$  の基本モデルに対して5.1.1.と同様の切断加工を施し同投影体M12Lを形成し対比操作を実施する。鏡像体関係にある物体M12RとM12Lとは共通の投影図を持つ。これにより二辺が等しい基本モデルにおいては1対の同投影体が1組存在する。

#### 5.1.3. 立方体の基本モデル

$a = b = c$  の基本モデルに対して5.1.1.と同様の切断加工を施し同投影体M13Lの対比操作及び鏡像体M13Rの対比操作を実施すると、全ての6面図が同一となり、1対の同投影体が1組存在する。

以上、切断加工C1により形成した同投影体M1には1対の同投影体が4組存在するを得た。

## 5.2. 欠き取り加工とそぎ落とし加工による同投影体

### 5.2.1. 同投影体の抽出

切断加工C2(図3)と切断加工C3(図4)とにより形成される物体についての投影図は正面図, 右側面図,

背面図，左側面図及び下面図が等しい．平面図のみに実線とかくれ線との違いがある．

この二つの物体に対し頂点Hの切断加工C1を施すことが出来る．この加工により両物体は平面図，背面図及び左側面図も実線の対角線となる．両下面図は変わらず両物体の6面図は一致し，これらは同投影体である．

この切断加工手順により得られる同投影体をM2とし，形成物体M21Lを一例として図12に示す．図13にM21Lの6面図を示す．

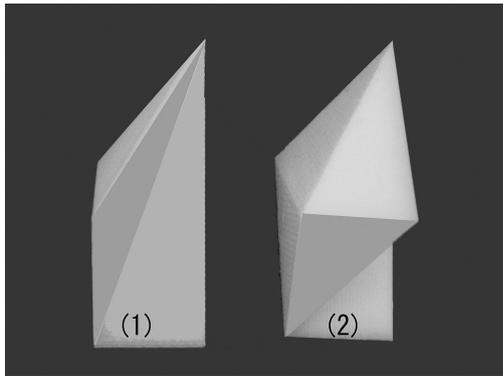


図12 同投影体 M21L

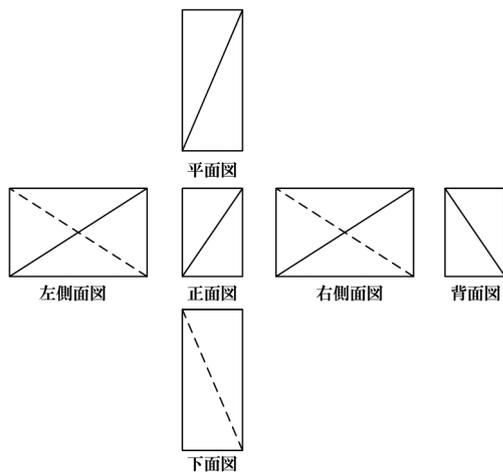


図13 同投影体 M21Lの6面図

物体M21Lに対して更に頂点Fの切断加工C1を施すことが出来る．この加工により下面図に実線の対角線が写像された新たな同投影体を得られる．この切断加工手順を持つ物体をM3とし，その形成物体M31Lを一例として図14に示す．M31Lの6面図を図15に示す．

### 5.2.2. 同投影体 M2に対する対比操作

#### a. 三辺が異なる基本モデルでの対比操作

M21Lは下面図に対する加工がないため6種の配置モデルの回転による6面図の一致はない．

また，鏡像体M21Rにおいても同様に6面図の一致はない．

以上により三辺が異なる基本モデルにおいては1

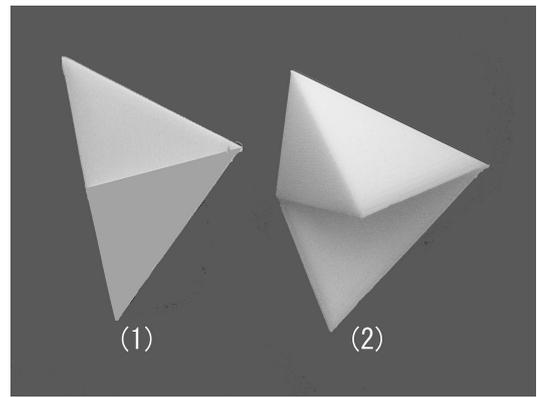


図14 同投影体 M31L

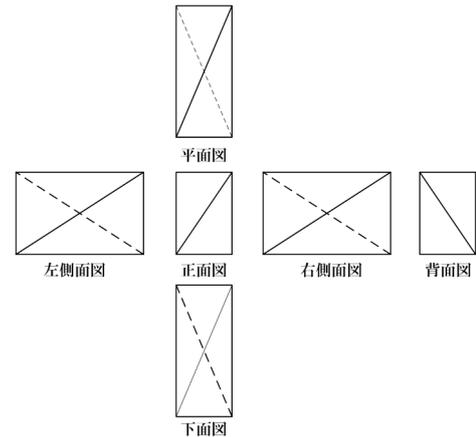


図15 同投影体 M31Lの6面図

対の同投影体が12組存在する．

#### b. 二辺が等しい基本モデル

$a \neq b = c$  の基本モデルに対してする切断加工において成形したM22Lの対比操作により3種の異なる6面図が得られる．

また，鏡像体M22Rに対する対比操作により同様の3種の異なる6面図が得られる．M22LとM22Rとの間には共通の投影図はない．

以上により二辺が等しい基本モデルにおいては1対の同投影体が6組存在する．

#### c. 立方体の基本モデル

三辺が等しい基本モデルに対してする切断加工において成形した物体M23Lとその鏡像体M23Rとの対比操作により共通の6面図は存在しないことが得られる．

以上により立方体の基本モデルにおいては1対の同投影体が2組存在する．

上述により，同投影体M2には1対の同投影体が20組存在することを得た．

### 5.2.3. 同投影体M3に対する対比操作

#### a. 三辺が異なる基本モデルでの対比操作

M31Lは6種の配置モデルの回転による6面図の一致はない。また、鏡像体M31Rについても6面図の一致はない。しかしながら、M31LとM31Rとの対比操作を行うと全ての6面図が一致する。

更に、形成物体の形状比較を行うことにより、物体M31L(1)とその鏡像体M31R(1)とは6種の形成物体全ての形状が完全に一致することを得た。また、M31L(2)とその鏡像体M31R(2)は対称性を確保した形成物体としてそのまま存在することが分かった。

すなわち三辺が異なる基本モデルでは、3種の物体から成る同投影体が6組存在することが得られた。

#### b. 二辺が等しい基本モデルでの対比操作

$a \neq b = c$ の基本モデルに対して成形した物体M32Lの対比操作により3種の異なる6面図が得られる。また、鏡像体M32Rに対する対比操作により同様の3種の異なる6面図が得られる。次に物体M32LとM32Rとの対比操作を行うとこれらの対応する6面図は全て一致する。

更にこれら物体の形状について比較するとM32L(1)とその鏡像体M32R(1)は対応する物体間で形状が一致し3種に集約される。また、M32L(2)と対応する鏡像体M32R(2)の形状においての一致は無い。

以上により、二辺が等しい基本モデルでは3種の物体から成る同投影体が3組存在することが得られた。

#### c. 立方体の基本モデル

三辺が等しい基本モデルに対しての切断加工において成形した物体M33Lとその鏡像体M33Rとの対比操作により全てが一つの6面図に集約されることが分かる。

また、M33L(1)とM33R(1)とは同一形状を持つ。以上により立方体の基本モデルにおいては3種の物体から成る同投影体が1組存在することが得られた。

上述の通り、同投影体M3については3種の物体から成る同投影体が10組存在することを明らかにした。

### 5.3. 同投影体の整理

三次元物体の形状を説明するために異なる形状を持ちながら投影法による6面図式が全く同じになるような物体を同投影体と呼称しその形状について検討した。その

結果を表1 同投影体の種類と物体数として整理した。同表の通り同投影体をなす物体の組数は34組あり、その内訳は2種類の物体で24組、3種類の物体で10組となった。そぎ落とし加工のみで8種の形状の物体が形成でき、そぎ落とし加工と欠き取り加工とにより70種の形状が形成できることが分かった。

## 6. 結論

直角三角形の隣辺を座標軸Xと座標軸Yとに平行に置き、XY面を正面とすれば正面図及び背面図は三本の実線で記述される。他の面では斜辺と隣辺の記述が重なり何れも一本の実線で記述される。斜辺一本が隣辺二本の表示、またはその逆に対応していることを示している。

そぎ落とし加工で形成した物体M11(1)、M12(1)及びM13(1)は六本の輪郭で形成されているが、投影図においては基本物体の原形線12本がそのまま投影される所以である。物体M11(2)、M12(2)及びM13(2)は、この原形線の一部に双三角錐の頂点Aを含む三本の実在の輪郭線が重なり同投影体を形成していることが分かる。

本稿は、この斜辺と隣辺との係わりを基本物体に適用し、5.2.1.同投影体の抽出の視点から導き出される全ての物体を形成して確認した。

同投影体の代表的形状として三辺が等しい基本モデルで形成した物体M33を本稿では完全同投影体と呼び、その形状と図面とを表2に示した。これら3種の物体形状は線分A-A'を含む正面に平行な面による断面図により区別出来る。図16に完全同投影体(M33)の制作用シートを示す。鏡像体を形成する物体の展開図は表裏の

表1 同投影体の種類と物体数

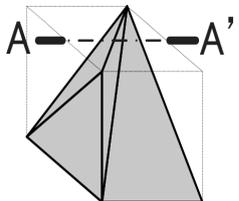
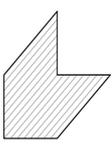
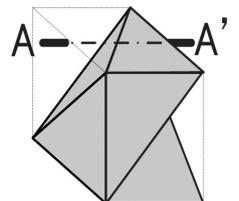
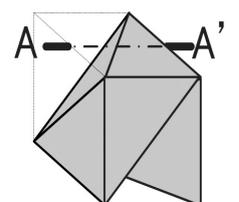
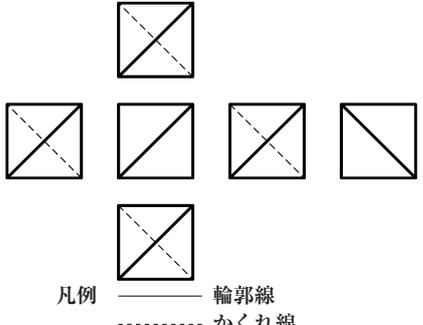
物体名	組	種類	
		対数/組	物体数
M11	2	2	4
M12	1	2	2
M13	1	2	2
小計	4		8
M21	12	2	24
M22	6	2	12
M23	2	2	4
小計	20		40
M31	6	3	18
M32	3	3	9
M33	1	3	3
小計	10		30
合計	34		78

関係にあることが分かる。

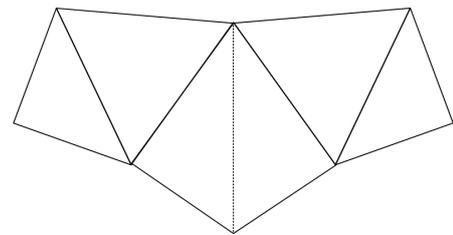
以上、得られた知見を整理すると次のようになる。

- (1) 物体の形状が異なる複数の物体があり、これら物体の投影図を描くと6面図が全く同じとなる同投影体と呼ばれる物体がある。
- (2) 直方体を基本モデルとする同投影体は34組存在する。その中で1組が2種類の物体から成るものが24組、1組が3種類の物体から成るものが10組存在する。
- (3) 同投影体を構成する78種の物体及びこれら物体の形状を構成部分に含む物体は投影図面に必ず断面図等を描き、投影図の一意性を確保することが必要である。

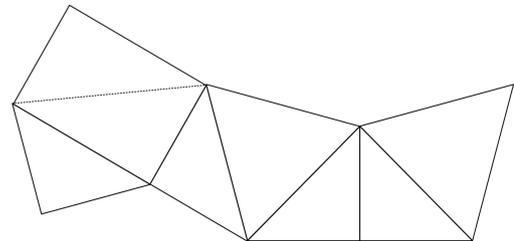
表2 完全同投影体 (M33) の形状と図面

項番	キャビネット図	断面図	成形実体
1	 <p>M33L(1)* &amp; M33R(1)*</p>		
2	 <p>M33L(2)**</p>		
3	 <p>M33R(2)***</p>		
4	 <p>凡例 ———— 輪郭線 ----- かくれ線</p>		

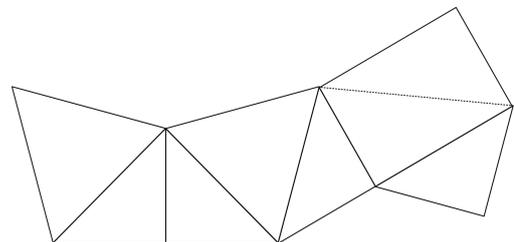
\* 意匠登録証登録1382180号  
 \*\* 意匠登録証登録1382181号  
 \*\*\* 意匠登録証登録1382179号



(a) 物体M33 (1) の制作用シート\*



(b) 物体M33L (2) の制作用シート\*\*



(c) 物体M33R (2) の制作用シート\*\*

\* 意匠登録証登録1352723号  
 \*\* 意匠登録証登録1362341号

図16 完全同投影体 (M33) の制作用シート

## 7. おわりに

以上、同投影体という物体の存在を認識してから、それはどのような形状であるのか、どのような背景から成り立つのか、そしてそのような物体／形状はどの程度存在するのかと等の視点から検討しこの物体の一特性を明らかにした。この分野での知見の一つに加えていただければ幸いである。

## 謝辞

本稿の執筆にあたり、(株) XrossVate 水本幸孝様には同投影体発見までの過程で三次元 CAD を通して様々な議論をして頂きました。(株) 飯塚鉄工所 飯塚肇様、(株) 品銀鉄工所 品田孝行様及び(株) 米谷製作所 大内雅様には同投影体の機械製作等でご協力頂きました。丸紅情報システムズ(株) 河本慎平様、アルテック(株) 立山豪様には三次元プリンタでの造形等で大変お世話になりました。(株) プラナー 栗山晃治様には三次元CAD技術の利用方法での支援を頂きました。これらの方々には衷心より御礼申し上げます。

本検討は新潟工科大学への三次元 CAD 教育導入の意思をもって取り組みました。温かく見守って頂いた布村

成具前学長に厚く感謝いたします。(株)テクノソリューションズ 渡邊睦様には本学の三次元CADソフトの導入や三次元CAD講習会等で大変お世話になりました。ありがとうございます。

#### 参考文献

- [1] 和田稲苗編著, 精説機械製図, 実数出版株式会社 (2002), 32-35.
- [2] Technical drawings – Projection methods– Part 1 : Synopsis, ISO 5456-1 : 1996
- [3] Technical drawings – Projection methods –Part 2 : Orthographic representations, ISO 5456- 2 :1996
- [4] 磯田浩, 鈴木賢次郎, 図学入門, 東京大学出版会 (1986)
- [5] 中村貞男, 図学, 裳華房 (1988).
- [6] 川北和明, 総合図学・製図, 朝倉書店 (2004).
- [7] 片岡徳昌, JISによる製図の基礎, 日本理工出版 (2007).
- [8] 中村貞男, 前田真正, 大村勝, 図学と製図, 裳華房 (1994).
- [9] 服部延春, 機械製図 (新訂版), 工学図書株式会社 (1994).
- [10] 大西清著, 製図学への招待, 理工学社 (1994.)
- [11] Muhammad A. Fahiem, Shaiq A. Haq, Farhat Saleemi, “A Review of 3D construction Techniques from 2D Orthographic Line Drawings”, GMAI’ 07 (2007), 60-66.
- [12] Masanori Idesawa, “A System to Generate a Solid Figure from Three View”, The Japan Society of Mechanical Engineers, Vol.16, No.92. Feb. (1973), 216-225.
- [13] 井上恵介, 嶋田憲司, “ワイヤーフレームモデルからの曲面モデルの構成法”, 情報処理学会論文誌, Vol.42, No.5 (2001), 1064-1075.
- [14] 内山幹雄, 増田健, 新谷裕之, 山口富士夫, “間違い指摘機能を含む立体復元処理”, 精密工学会誌, Vol.65, No.8 (1999), 1106-1110.
- [15] SIMON S. P. SHUM, W. S. LAU, MATTHEW M. F. YUEN and K. M. YU, “SOLID RECONSTRUCTION FROM ORTHOGRAPHIC OPAQUE VIEW USING INCREMENTAL EXTRUSION”, Comput. & Graphics, Vol.21, No.6 (1997), 787-800.
- [16] 堤江美子, “オーストラリアの図法幾何学教育と空間認識力”, 図学研究, 第38巻1号 (2004), 21-43.
- [17] 西原一嘉, 西原小百合, 安富雅典, 大西道一, “コンピュータを用いた図学教育”, 図学研究, 第37巻3号 (2003), 21-43.

●2014年9月17日受付

---

みやざわ まさゆき  
新潟工科大学 名誉教授 博士 (工学)  
連絡先: 〒382-0044 長野県須坂市八町 543- 5  
e-mail: ish@ebony.plala.or.jp

# 水墨画風CG画像生成のための多視点投影手法

Multi Projection Method for India-ink Painting by Computer Graphics

李 磊 *Lai Li*

石川 知一 *Tomokazu ISHIKAWA*

三上 浩司 *Koji MIKAMI*

柿本 正憲 *Masanori KAKIMOTO*

近藤 邦雄 *Kunio KONDO*

## 概要

アニメ、ゲーム等において絵画の効果を表現するNon-Photorealistic Rendering (NPR) が幅広く活用されている。NPRを利用する場合、絵画における重要な技法は画法と構図法の2つである。本研究では構図法を中心とする多数の投影法に注目した。多くの人は、絵を描くときに意図的あるいは無意識のうちに、複数の消失点がある透視図や平行投影による斜投影図などを描いたりする。本研究ではこのような多視点投影による投影図を扱う。このような多数の視点を持つ投影によりCG画像を生成するために、複数のカメラ設定とそれらによって生成された複数の画像を接続する必要がある。この課題を解決するために、本研究では、1つの画面の中に透視投影、平行投影、逆投影による投影図を描画する多視点投影手法を提案することを目的とする。このために本研究では、多視点投影を用いる絵画作品を分析し、多視点投影の特徴を明らかにする。そして、この分析に基づいて、複数のカメラを利用する投影手法を提案し、水墨画風CG画像を生成する。

キーワード：CG／水墨画風表現／多視点投影

## Abstract

Non-Photorealistic Rendering (NPR) has been widely used in CG animation, game, and other 3D object to express the effect of the painting. There are two important things in using NPR. First is how to paint, and second is how to compose a picture. Our interest is a projection method which focuses on how to compose India-ink paintings. There are two kinds of projections in painting. In this study, first, we study a multi projection method in order to support a realistic projection. Second, many people tend to use a special projection; perspective views with multiple vanishing points and parallel views with multiple oblique projections. To create such artistic rendering by CG, various images are connected to various cameras. In this paper, we propose a multi projection method with various viewpoints at single screen to render an India-ink painting.

Keywords : Computer Graphics / India-ink painting / Multi projection

## 1. はじめに

絵画は、画法と構図が大切な要素である。絵画の構図を決める投影法は、絵画の立体感と空間感を表現する重要な技法である<sup>[1, 2]</sup>。この投影法には、レオナルド・ダ・ヴィンチの「最後の晩餐」に代表される消失点がひとつである一点透視図法や、キリコによる「街の神秘と憂鬱」のような多視点投影法がある。本研究において多視点投影とは、1つの画面の中に画像を描くとき、透視投影・平行投影・逆投影による複数の投影法を利用する手法をいう。

3DCGでは通常、仮想空間内に物理的な空間をシミュレーションするため、写実的な透視投影のみが可能であり、現実的な空間を表現することに適している。多くの人は、絵を描くときに意図的あるいは無意識に技法としての多視点投影を用いる場合がある。これは画家が特殊な空間を表したり、物体の特徴を強調したりするために利用する投影図法である。

本研究では多視点投影を用いた絵画分析を行い、3DCGを用いて多視点投影図を描画するために、複数のカメラの設定とそれらによって生成された複数画像を接続するという2つの課題を明らかにする。これらの課題を解決するために、1つの画面の中に複数の投影法が使われている水墨画表現のためのCGによる多視点投影法の提案を目的とする。

## 2. 従来研究

CGを利用したさまざまな種類の絵画の再現や制作に関する研究がある<sup>[3-15]</sup>。長ら<sup>[3, 4]</sup>は、キリコの絵画の投影手法を明らかにして、カメラの位置とモデルの形状を調整して複数の消失点のある描画を行う手法を提案した。真塩ら<sup>[5, 6]</sup>は、疑似的に多視点の描画をするために、カメラの深度を考慮し、最適視点の位置と見え方を計算するアルゴリズムを提案した。カメラを動かさず

に、モデルを変形させることにより、多視点の描画を実現している。また、久保ら<sup>[8]</sup>は、浮世絵の透視図法を分析して、3次元モデルを変形することによって、浮世絵の3DCGアニメーションを生成する手法を提案した。これらの研究では形状モデルの変形が必要であり、周囲の別のモデルも意図に反して変形してしまうという課題がある。また、絵画表現を目的とした多視点描画を扱った研究がある<sup>[9-15]</sup>が、透視投影、平行投影、逆透視投影を同時に扱った研究はない。

本研究では、透視投影・平行投影・逆透視の画像合成を行うことができる多視点投影による水墨画風CG画像生成手法を提案する。

### 3. 多視点投影の絵画とCG画像生成による分析

#### 3.1. 多視点投影の分析

本節では、多視点投影法で描かれた水墨画を題材とし、多視点投影によるCG画像描画に必要な知見を得るための分析について述べる。

まず、ここでは図1に示す多視点投影を用いた水墨画『清明上河図』を例として分析する。図1は、時間を基準とすると、三つの段落ABCに等分割されており、それらは発端、展開、結末を表している<sup>[16]</sup>。以下ではこのなかから、『清明上河図』の展開部分で使われている投影法を分析する。このために原画内の対象物の奥行き方向の稜線を抽出し、それを延長して水平線との交点を求める。その交点は消失点であるので、消失点の数から複数の視点とその方向を推定することができる。図2に

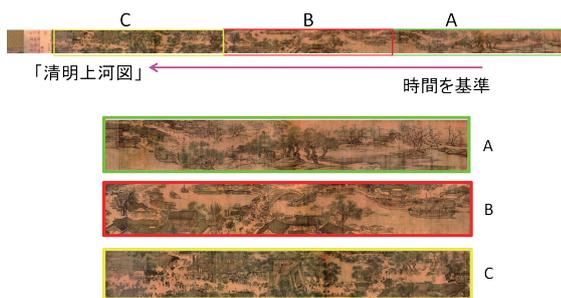


図1 「清明上河図」

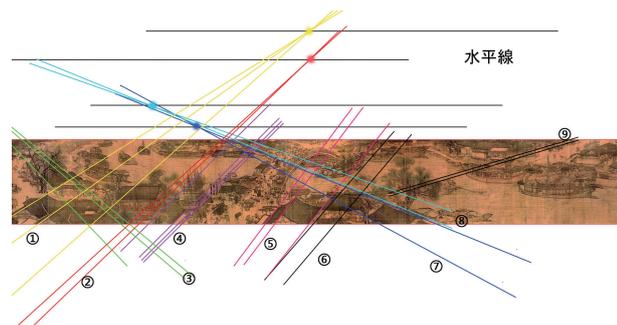


図2 絵画作品の投影法の分析結果の例

この分析結果を示す。画面内の消失点が複数ある投影図、消失点がない平行投影図と消失点が視点と同じ方向にある逆透視図もある。本分析では、透視投影は5つ(図中の番号1, 2, 3, 6, 8)、平行投影は3つ(番号4, 6, 9)、逆透視は1つ(番号5)であった。

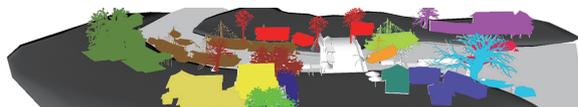
以上の分析により、次の特徴が明らかになった。(1) 投影線を分析すると、斜投影図のほかに、透視投影のような表現や逆透視のような表現が含まれている、(2) 絵画内で投影が異なる対象の集まりとなるグループがある。この対象物グループの投影図がカメラの位置に合わせてつなぎ合わされている。この分析結果は、多視点投影を用いる絵画にも該当する特徴といえる。

#### 3.2. 3DCGによる多視点投影図描画のための分析

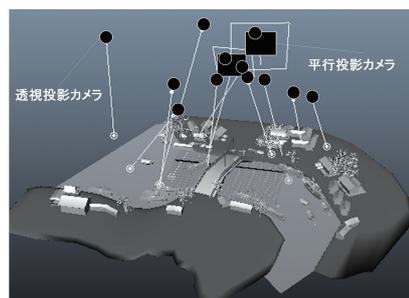
ここでは3DCGで多視点投影図を描画するとき必要な知見を得るために、前節の分析結果をもとに3DCGソフトウェアMayaを用いて多視点投影を描画し、必要な描画機能を提案する。

このために次の工程に従って制作実験を行った。

- (1) 水墨画『清明上河図』の原画をもとに、描かれている対象物の3次元モデルを作成する。
- (2) カメラ数や複数カメラパラメーター推定した結果(図3)をもとに、3次元モデルのグループ化作業および複数のカメラ設定を行う。
- (3) この複数のカメラを用いて、レンダリングを行う。



(a) 絵画分析におけるグループの構成図



(b) 透視分析結果に基づいて配置した各カメラの位置

図3 カメラ情報の分析作業

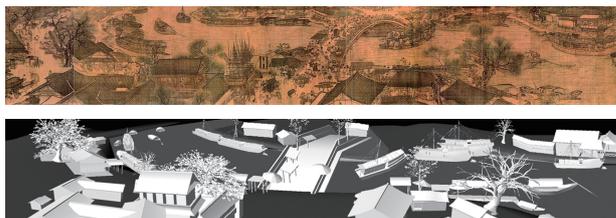


図4 原画(上)とCG画像(下)との比較

(4) この描画結果の構図と原画の多視点投影の構図の特徴を評価する (図4)。

この制作実験結果により、3DCG上で多視点投影を描画する場合、次の機能を満たす必要があることが分かった。

- (1) 描画対象の3次元モデルは、各カメラに対応するようにグループ化する必要がある。
- (2) 透視投影カメラ、平行投影カメラ、逆投影カメラの3種類を混在させる必要がある。
- (3) 描画のための設定値は、カメラ位置と視線方向のほか、透視投影カメラでは画角、平行投影カメラでは投影面の幅である。
- (4) 各カメラの投影面のアスペクト比は一定である。

次節では、以上の分析をもとに、描画対象の3次元モデルを用いて、多視点投影のためのパラメータを用いたCG画像描画手法を提案する。

## 4. 多視点投影のための描画手法

### 4.1. 描画手順の概要

3節で述べた分析結果をもとに、本節では3DCGにおける多視点投影の描画手法を提案する。描画手法の手順は次の5つである。

- (1) 最終的な構図を考慮し、全体を描画できるようなカメラの位置を確定する。これを「主視点」と呼ぶ。
- (2) 生成したい視点の数に基づいてモデルをグループに分ける。見え方を同じにしたいモデルは同じグループとし、一つの視点に対応づける。各グループを別々のレンダリングレイヤーに置く。
- (3) 各グループを描画する「部分視点」のカメラを次に述べるように設定する。
- (4) 主視点から描画した画像を基準画像とする。主視点と各物体バウンディングボックス中心との距離を基準に各物体の前後関係を確定する。
- (5) 各部分視点から対象グループの描画を行う。この時(4)で確定した各物体の前後関係の順番を元にback-to-frontの順に描画する。

手順(3)の部分視点について説明する。グループ*i*のバウンディングボックス中心点 $G_i$ の周りに半径 $s_i$ の球を想定する。ここで $s_i$ は $G_i$ から主視点までの距離に等しい。部分視点 $C_i$ はこの球の表面上に設定し、カメラの照準を $G_i$ に固定する。図5で示すように、まずはカメラと対象グループの距離を変えずに位置を調節する。もしその部分視点を平行投影カメラとしたい場合は、視野の幅を調節する。もし透視投影カメラとしたい

場合は、4.3で述べる処理を行う。

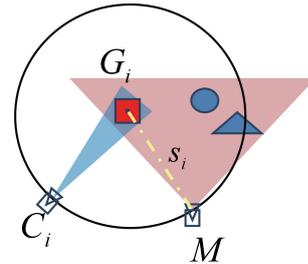


図5 部分視点カメラの作成方法 (Mは主視点の位置)

### 4.2. グループ化

視点を決めるための手順(2)の詳細を説明する。各モデルを手動でグループ化するほか、空間をある軸に沿って等分割してグループ化する方法がある。これは、多視点投影では絵を等分割して各領域の画角や想定時刻を変化させる技法が一般的であることを根拠とする。

まず、ユーザーは生成したい視点の数 $N_c$ を設定し、 $x$ 軸 $y$ 軸 $z$ 軸のうち一つを選択してこれを基準軸とする。全モデルのバウンディングボックスの基準軸上の最小値を $b_{min}$ 、長さを $h$ とする。

各モデルについて次の処理を行う。まずバウンディングボックスを求め、その中心点の基準軸成分を $P_x$ とする。ここでは基準軸を $x$ 軸と想定している。基準軸に沿って座標値の小さい方から各グループを1から $N_c$ まで番号づけする。このとき、現在のモデルが属するグループ番号 $i$ は次の式で求めることができる。

$$i = \left\lceil \frac{N_c (P_x - b_{min})}{h} \right\rceil + 1 \quad (1)$$

ここで、 $\lceil \cdot \rceil$ はガウス記号で、その値を超えない最大の整数を表す。

### 4.3. 透視投影カメラ (部分視点) の調節

部分視点からの対象グループ描画結果では、投影図を合成するために、各モデルのサイズが主視点からの描画結果画像と同一となることが望ましい。本節ではこれを実現するための調節方法を述べる。

4.1の手順(3)で述べたように、部分視点カメラは、対象グループ*i*のバウンディングボックス中心 $G_i$ から距離 $s_i$ の場所にある。

ユーザーはここで部分視点カメラの画角を設定する。この設定は多視点投影の作品を制作するための画像合成に必要となる。画角が設定されたら、システムは部分視点カメラ位置を求め、モデルの描画結果のサイズが変化しないように調整する。具体的にはカメラ位置の $G_i$ からの距離 $s_i$ を式(2)によって $r_i$ に変化させる(図6)。

$$r_i = s_i \frac{f_i}{f} \quad (2)$$

ここで、 $f$ はユーザーが変更する前の焦点距離で、主視点のそれと同一、 $f_i$ は変更後の焦点距離である。

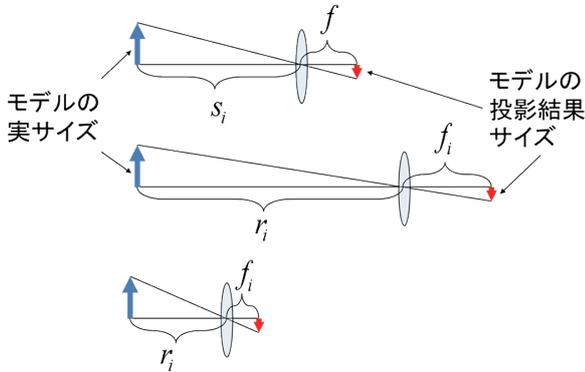


図6 部分視点カメラの位置変更処理

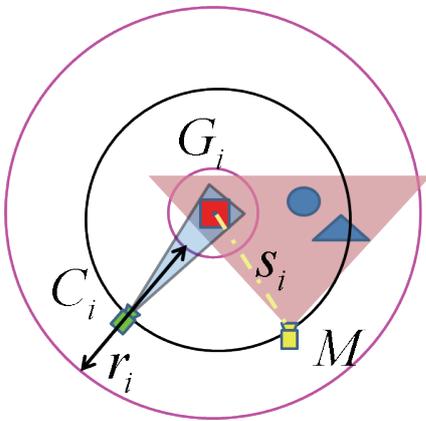


図7 部分視点カメラの位置変更範囲。グループ中心  $G_i$  からの距離  $r_i$  の点が動く範囲を矢印で示す

図6に部分視点カメラの位置変更処理を示す。この処理ではモデルの投影結果のサイズが変わらないことが分かる。図6(上)は主視点カメラと同一の初期状態、図6(中)は画角が小さく設定された場合の処理、図6(下)は画角が大きく設定された場合の処理である。

図7は、ユーザーが画角(焦点距離)を変化させた場合に、システムが部分視点カメラ位置を前後させてモデルの投影結果サイズが同一になるようにしている様子を示す。

カメラの画角と焦点距離はゼロにならないため、最大焦点距離  $f_{max}$  と最小焦点距離  $f_{min}$  を設定し、主視点カメラから対象グループまでの距離  $s_i$  と主視点カメラの焦点距離  $f$  に基づき、図7に示すような部分視点カメラの移動に、範囲の制限を与える。

$$s_i \frac{f_{min}}{f} < r_i < s_i \frac{f_{max}}{f} \quad (3)$$

次に、部分視点カメラが透視投影カメラである場合の

配置方法について述べる。

#### (1) カメラ向きの拘束条件の決定

対象グループ  $i$  のバウンディングボックス中心  $G_i$  を部分視点カメラの照準として固定する。

#### (2) カメラ向きの決定

上記(1)の拘束条件を保ったままカメラ向きを変更し決定する。このとき  $G_i$  からカメラまでの距離  $s_i$  も変化しないようにする。そのため、結果的にカメラは  $G_i$  を中心に回転することとなる。

#### (3) 焦点距離に応じたカメラ位置の変更

4.3で述べたカメラ位置の前後調節を行う。カメラ位置は式(4)によって計算する。

$$C'_i = (C_i - G_i) \frac{f_i}{f} + G_i \quad (4)$$

ここで、 $C_i$  は変更前のカメラ位置で、 $G_i$  からの距離を  $s_i$  に保っている状態の位置である。

#### 4.4. 平行投影カメラの利用

グループ  $i$  の部分視点カメラを平行投影カメラとしたい場合の設定について述べる。このために大切なことは、平行投影カメラに変更する前後で、グループ中心にある物体の投影後の大きさが変わらないように、平行投影面のサイズ  $S_r$  を決定することである。

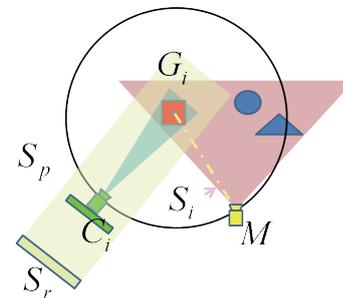


図8 平行投影カメラの設定

部分視点カメラの初期状態は透視投影カメラであり、焦点距離は  $f$  で、カメラからグループ中心までの距離は  $s_i$  である(図8)。このとき、変更後の平行投影面のサイズは式(5)によって求められる。

$$S_r = S_p \frac{s_i}{f} \quad (5)$$

ここで、 $S_p$  は初期状態の透視投影面のサイズである。

#### 4.5. 逆投影処理

逆投影をしたい複数のモデルのグループを作成し、独立で処理する。グループ  $i$  を逆投影としたい場合、グループ  $i$  をコピーして、そのバウンディングボックス内のモデルを変形する。逆投影処理は、図9に示すように

視点に近い部分が小さくなるように対象グループを変形する投影法である。

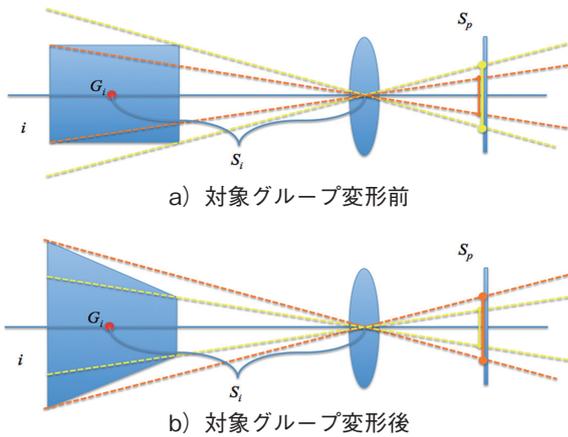


図9 逆投影モデルの変形

最遠面  $b$  と最近面  $d$  の変化比率は、対象グループ  $i$  のバウンディングボックスの中心  $G_i$  から透視投影カメラまでの距離  $s_i$  とバウンディングボックスの視線方向上の長さ  $h$  を用いて、式 (6) によって求める。

$$b' = b \frac{s_i}{s_i + \frac{h}{2}} \quad (6)$$

$$d' = d \frac{s_i - \frac{h}{2}}{s_i}$$

### 5. 多視点投影描画システムの実装と実験結果

多視点投影を用いる絵画効果を描画するため、Autodesk Maya 2011 およびプログラミング言語 MEL を使用して多視点投影描画システムを開発し、描画実験を行った。4.2 で説明した基準軸の距離に基づくグループ化は、Maya のレンダリングレイヤー機能を利用し、カメラ配置と同時に処理する。

実験データは、それぞれ特徴のある建物が配置され、一つの視点からでは個々の建物の特徴を表す描画が難しい例として、東京工科大学八王子キャンパスを取り上げ、多視点投影図を描画する。

実験手順とその結果は次の通りである。

1. モデルを作るための基準として図10のような全体図



図10 東京工科大学八王子キャンパス

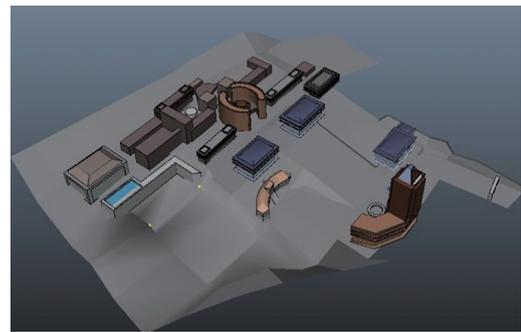


図11 3次元モデルの制作

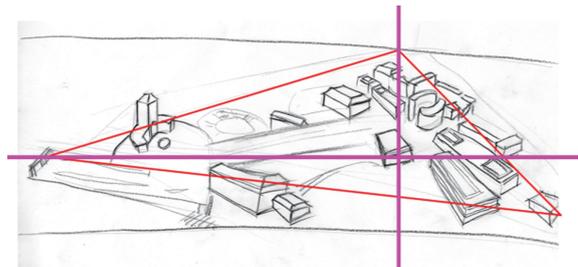


図12 表現のためのスケッチ

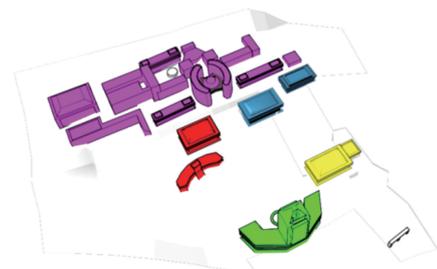


図13 3次元モデルのグループ化

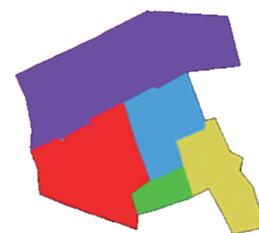


図14 地面の分割

- 平行投影カメラ
- 透視投影カメラ

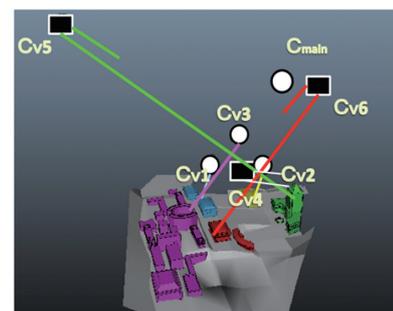


図15 描画のためのカメラ配置

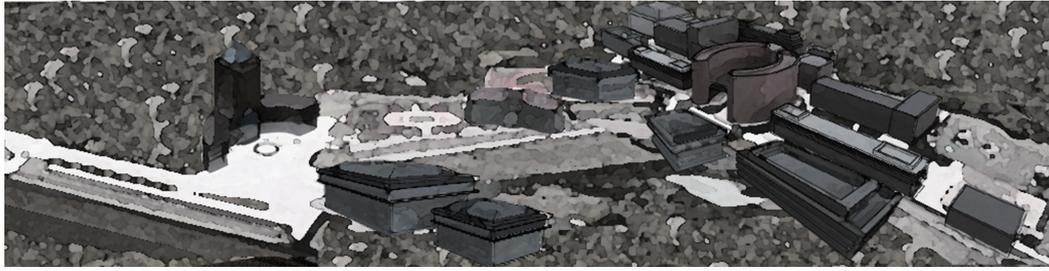


図16 キャンパスの描画例

を用意する。

2. Mayaにより建物の3次元モデリングを行う。3次元モデルは実物の写真を元に位置とサイズを確定する。図11にモデリングの結果を示す。
3. 多視点投影のためのスケッチ(図12)を元にモデルをグループ化する。本実験ではz軸を基準軸として3つのグループを分け、さらにその中の1番目と2番目のグループをx軸を基準軸として2つのグループに分けた。図13にそのグループの構成を示す。
4. 地面を各グループに対応させて分割して、各部分視点で描画する。図14に地面の分割結果を示す。
5. 多視点投影描画システムを用いて、カメラを配置する。図15にそのカメラの配置と3次元形状モデルのグループ構成を示す。
6. 図16に図15のカメラ配置を利用して描画した例を示す。

この手順により、各建物に関して、それぞれ特徴のわかりやすい方向から見た結果を一枚の画像に含めることができる。全体の構図の決定のために提案手法を利用しており、特定の物体を誇張することもできる。また、透視投影、平行投影、逆投影を用いた多視点投影表現ができる。

## 6. 描画実験

ここでは、提案手法を用いて水墨画表現を行った実験について述べる。描画実験は以下の手順で行った。

1. 描画するためのシーンを構成する3次元モデルを作成する。図17, 図18に実験で使用した城と山のシーンを示す。
2. モデルのレンダリングには、水墨テクスチャを使用



図17 描画実験で用いた城の形状モデリング



図18 描画実験で用いた山のシーン



図19 多視点投影による水墨画描画例

する。

3. 多視点投影描画システムを用いて、多視点投影用カメラを配置する。
4. それぞれの視点で生成した水墨画画像を合成する。

図19, 図20に主視点が異なる多視点投影による描画例を示す。これらは城と山を合成し、表現モデルを構築し、提案手法を用いて水墨画風画像生成を行った。主視点が異なるほか、部分視点で用いた透視投影, 平行投影, 逆投影を利用して作成した。主視点を変更しても多視点画

像として描画できることが分かる。

図21, 図22は、それぞれ同一主視点で透視表現のみと、提案手法を用いて描画した結果である。図22は、透視・平行・逆投影を用いた水墨画表現である。

図22の下部の建物は、平行投影の表現特徴が表れている。また中央の川は透視投影, 上部の山は平行投影を利用している。そして雲が山にかかるように表現している。このように投影手法を選択することにより、表現意図に合わせるができる。



図20 多視点投影による水墨画描画例（主視点変更例）

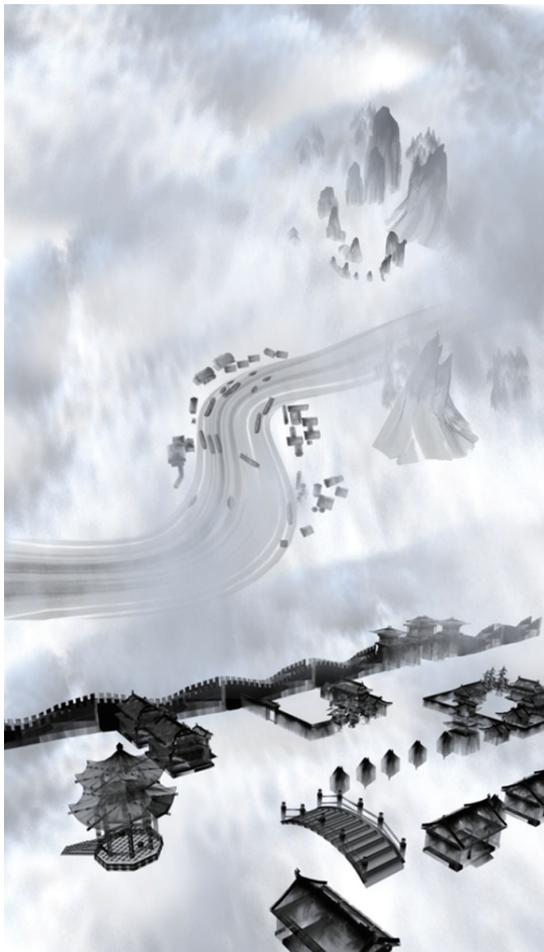


図21 透視投影のみによる水墨画描画例



図22 多視点投影による水墨画描画例

## 7. まとめ

本研究では、3 DCGを用いる多視点投影の特徴を明らかにした。その結果をもとにして、多視点投影の絵画効果を表現するために複数のカメラを利用する描画手法を提案した。そして、多視点投影に対応するカメラの設定をすることにより、平行投影、透視投影、逆投影に対応した投影法を3 DCGソフトウェアのプラグインとして制作した。このプラグインを用いた描画実験で示したように、多視点による透視投影、平行投影、逆投影を用いた水墨画表現ができるようになった。

## 参考文献

- [1] 辻茂, “遠近法の発見”, 現代企画室, (1996)
- [2] 王伯敏, 童忠寿, “中国山水画的透视”, 天津人民美术出版社, (1987)
- [3] 長篤志, 原田哲也, 木下武志, “視点が混在する3次元コンピュータグラフィックス生成手法”, 芸術科学論文誌, Vol.1, No.2, (2002), 85-88
- [4] 長篤志, 原田哲也, 木下武志, “投影法の混在を考慮した逆遠近法”, 情報処理学会論文誌, Vol.46, No.1, (2005), 255-266
- [5] 真塩海里, 吉田謙一, 高橋成雄, 岡田真人, “最適視点計算を用いた絵画における多視点描画の再現”, 情報処理学会研究報告, Vol. 2009-CG-137, No.3, (2009), 1-6
- [6] 真塩海里, 吉田謙一, 高橋成雄, 岡田真人, “最適視点計算を用いた非透視投影図の自動生成”, 画像電子学会誌, Vol.39, No.4, (2010), 359-368
- [7] K. Mashio, K. Yoshida, S. Takahashi, M. Okada, “Automatic Blending of Multiple Perspective Views for Aesthetic Composition”, Proceedings of the 10th International Symposium on Smart Graphics, (2010), 220-231
- [8] 久保友香, 濱野保樹, “透視図法による構図設計者中心の制作支援-浮世絵モデルと3 DCG アニメーションの可能性-”, エンターテインメントコンピューティング2006, (2006), 125-126
- [9] 米山孝史, 源田悦夫, 近藤邦雄, “視覚パラメータに基づく絵画風画像生成手法”, 日本図学会, 図学研究, Vol.43, No.4, (2009), 13-21
- [10] T. Yoneyama, E. Genda, K. Kondo, “Proposal of Image Generation Methods based on the Process of Visual Information Processing”, Asia Digital Art and Design International Forum, DVD, (2007)
- [11] T. Yoneyama, E. Genda, K. Kondo, “Painterly renderings using a synthesis of styles based on visual perception”, Proceedings of the 8th International Conference on Virtual Reality Continuum and its Applications in Industry (VRCAI2009), (2009), 59-64
- [12] M. Agrawala, D. Zorin, T. Munzner, “Artistic multiprojection rendering”, Eurographics Rendering Workshop 2000, (2000), 125-136
- [13] K. Singh, “A fresh perspective”, Proceedings of Graphics Interface 2002, (2002), 17-24
- [14] P. Coleman and K. Singh, “RYAN: Rendering your animation nonlinearly projected”, Proceedings of the 3rd International Symposium on Non-photorealistic Animation and Rendering, (2004), 129-156
- [15] P. Coleman, K. Singh, L. Barrett, N. Sudarsanam, C. Grimm, “3D scene-space widgets for non-linear projection”, Proceedings of GRAPHITE 2005, (2005), 221-228
- [16] 洪再新, “中国美術史”, 中国美术学院出版社, (2000)

●2014年12月29日受付

### りらい

2014年東京工科大学大学院メディアサイエンス専攻修了, 在学時はコンピュータグラフィックスの研究に従事。

### いしかわ ともかず

東京工科大学メディア学部助教  
2003年東京理科大学卒業。2012年東京大学大学院新領域創成科学研究科複雑理工学専攻博士課程修了。ビジュアルシミュレーションを含むCG全般の研究に従事。

### みかみ こうじ

東京工科大学メディア学部准教授  
1995年慶應義塾大学環境情報学部卒業, 博士(政策・メディア)。主に3 DCGを利用したアニメ、ゲームの制作技術と管理手法に関する研究開発に従事。

### かきもと まさのり

東京工科大学メディア学部教授  
1982年東京大学工学部電子工学科卒業。2005年東京大学大学院情報理工学系研究科博士課程修了。コンピュータグラフィックスの研究に従事。情報処理学会グラフィックスとCAD研究会主査。

### こんどう くにお

東京工科大学メディア学部教授  
名古屋工業大学卒業, 工学博士(東京大学)。主に、コンピュータグラフィックス、コンテンツ工学等の研究に従事, 日本図学会副会長, 芸術科学会会長, 画像電子学会会長など歴任。

## 機械にまつわる幾何学形状（4）

Geometric Profile of Machine Elements(4)

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

園田 計二 Keiji SONODA

## 1. はじめに

本講座も4回目となりました。機械は、その機能の多くが要素表面の形状や要素間の接触や連結により創成されています。本講座では、代表的な機械要素の幾何学形状の特徴およびその形状を具現化するための工夫について紹介しています。第1回と第2回では歯車を取り上げ、主に代表的な歯形曲線であるインボリュート曲線の特徴およびその加工方法など標準歯車の基礎について説明し、開発中の円弧歯すじ歯車を紹介しました。第3回は、これらの要素の幾何学的な正確さに関して、長さや表面の滑らかさの測定方法を説明したところです。最終回となる今回は、正しい形状の具現化の方法やその精度の指示についてお話したいと思います。

## 2. 基本形状の加工

著者が専門とする機械加工学分野においては、設計された部品を精度良く効率的に加工して具現化することが最も重要です。歯車の加工精度や測定方法・機器は少し特殊ですから、一般的な事例として、単純な形状の加工精度について説明します。

製品の部品を作る一般的な方法には、(1) 金属や樹脂等の丸棒あるいは板材・ブロックから不必要な部分を除去する、(2) 材料を塑性変形させる、(3) 個々に加工した部品を溶接や接合によって結合させる、の3つがあります。現在では3Dプリンターによる付加造形(Additive Manufacturing)も新たな方法として注目されています。

機械加工の精度については、冷厳な母性原理(principles of copying)が存在します。これは、加工された部品(子)の精度は、その加工に用いた工具と工作機械(親)の精度よりも良くはならないというものです。

実際の加工では、加工時に発生する力(切削力)によりワーク(被削物)が弾性変形をします。また加工中に発生する熱によってワークが図1(a)のように熱膨張するので、加工後に常温に戻ると、図1(b)のように中央がくぼんでしまいます。鉄の線膨張係数は特殊なものを除くと $(11\sim 12) \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$ です。機械工学を学んだ方は、「1 m

-1℃-1/100mm」という数字の並びを覚えておられるでしょう。1mの鉄の棒は1℃の温度変化で1/100mm伸び縮みするということを表したものです。切削加工中は数十℃の温度上昇が普通起こりますから、100mm程の棒の直径は、0.01mmのオーダーで変わってしまいます。現在市販されている多くの三次元測定器や粗さ測定器に石の定盤が使用されている理由のひとつは、熱変形が小さいからです。

これらの変形のために、機械加工では、機械の加工運動に補正を与えたり、機械加工された部品に手作業で仕上げを追加したりして精度を向上させる工夫が要ります。一口に機械で加工するといっても、要求される正確さによって、加工方法や加工状態の管理が違ってきます。

工作機械を製作する場合には、機械加工された部品を単に組み上げても、マザーマシン(mother machine)と言われる精度の高い機械はできません。人間の手業と智慧とを結集して、一つ一つの部品の形状精度を向上させなければなりません。

高精度で平面を加工する目的には、平面研削盤が用いられます。この機械は、高速回転する砥石を用い、ワークを取り付けたベッドを、直線運動を与えるガイドに沿って往復させながら研削を行います。ただし、機械の運動が正確でも、前述の原因により、仕上げた二つの平面(定盤)を重ね合わせれば、図2(a)のように外周部分だけが当たります。全面が当たるように、片方の面を相手に合うように手仕上げをすれば図2(b)のように2枚とも平面でない状態で全面が当たる状態が起こります。これに対して3枚の定盤を用意して、この中のどの2枚を組み合わせても全面が当たるようにすれば、手仕上げだけで優れた最高精度の平面が得られます。これは、母性の原理によらないで高精度の面を生成できる数

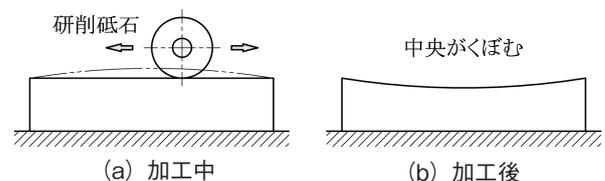
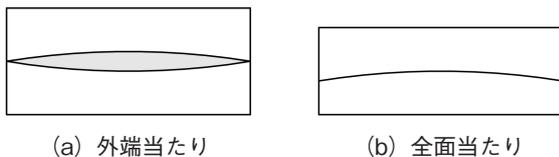


図1 広い平面の研削加工(熱膨張の影響)

少ない方法で「三面摺り合わせ」と呼ばれます。

この三面摺り合わせでは、図2(c)の「きさげ (scraper)」と呼ばれる工具を使った加工が行われます。非常に原始的で地道な方法ですが極めて重要な作業です。今でもほとんどの工作機械の案内面や滑り面は、このように定盤を基準にして当たりを取りながら「きさげ」作業によって仕上げます。

一般に、面と面とを擦り合せると表面の高い部分が強く擦れ、光沢に違いを生じます。この現象を利用して二面間の接触状態を調べることを「当たりを取る」と言います。まずは基準となる模範面(定盤)に朱色の光明丹(四酸化三鉛を主成分とする顔料で、薄く延びるのが特徴です。ホームセンター等で購入できます)を塗り、仕上げるワーク面を軽く擦りつけて当たりを見ます。ワーク面の高い部分に光明丹が付くので、これを「赤当たり」と言います。この赤く付いた高い部分だけをきさげで修正して、また当たりを調べます。これを繰り返して、全面が当たるようになります。次に、仕上げるワーク面に光明丹を塗り、模範面に擦り付け当たりを調べます。今度はワーク面の高い部分ほど光明丹の層が薄くなり、周辺よりも黒く見えるの



(c) きさげ作業の表面<sup>[1]</sup>

図2 手仕上げで高精度な平面を得る方法

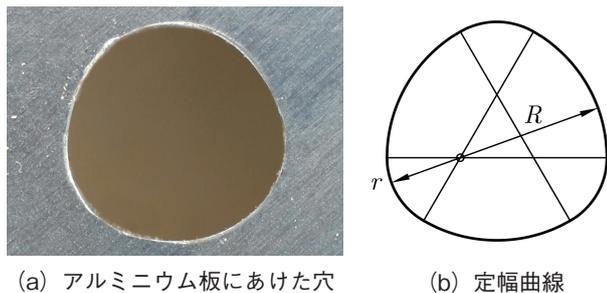


図3 穴の形状

で「黒当たり」といいます。黒当たりでは色の差で接触の強弱が分かります。強く当たっている部分をきさげで少しずつ削り取って、全体が一様な強さで当たるようになるまで作業を繰り返し続けます。このような加工を繰り返して仕上げた面は、図2(c)のように、鱗や市松模様のような規則的な模様がついているように見えます。工作機械メーカーの現場で、リズムカルに腰を動かしながらきさげ仕上げをしているのを見かけると、特に難しい作業には見えませんが、技能を要する作業です。機械工作実習などできさげ仕上げを経験した方はお分かりのように、素人が真似をしても、きさげで削ったあとが汚く傷つくだけで、ちっともきれいになりません。

基本的な機能形状として、もうひとつ、円を取り上げましょう。円ならば、刃物が回転したりワークが回転したりして、円周上のどの位置も同じ状態を経験して加工されるので、正しい形ができやすいように思われます。

ところが、ボール盤を使ってドリルであけた穴は、直径を測定すると、どの方向にもほぼ同じ値でありながら、ドリル先端の形状の精度や回転中の振れにより、図3(a)のようにわずかに歪んでいることがあります。

平行な2直線で挟んだ距離が方向にかかわらず一定でも、ルーロー (Rouleaux) の三角形<sup>[2]</sup>ならば円でないのは一目瞭然ですが、図3(b)で $R$ と $r$ の値が近くなるほどに、見ただけでは円かそうでないかを判別することが難しくなります。図3(a)の穴は、概ねこのような形になっています。そうすると、輪郭が円であることを要求した機能設計に対して、できあがった部品が目で見ても寸法を測定しても合格品なのに、機能上の不都合が生じて、腑に落ちないことになるわけです。正確に円形であることが要求される場合には、剛性が高いエンドミルを使用したり、リーマによる仕上げを行ったりします。要求される形の精度に応じて、加工や仕上げの方法を適切に選定しなくてはならない対象のひとつです。

### 3. 図面における幾何偏差規制の指示

モノを作るための、形や大きさを伝える情報伝達媒体は図面です。図面において、幾何形状の精度をどのように指示するのかを簡単に紹介します。

設計情報を伝達する媒体としての図は、一義性を確保しながら、可能な限り簡潔な表現になるように、形状は輪郭と稜線で描く、特に指定をしない場合、まっすぐに見える線は直線とみなす、長さ寸法は2点間の直線距離で指定する、などをはじめとした規則があります。ここでは、描かれた線が正確な平面や円などの輪郭の形状・姿勢・位置を表すもの

と解釈します。また、形状に付加して長さや角度の大きさを指定する寸法は、指示範囲を示す矢印を付した細い線の中央付近に数値で示します。これにより、図4に例を示すように、できあがり形状と寸法との組の情報が与えられます。

ただし、図に指定された真っ直ぐな線やきれいな円の輪郭を、一切の誤差なく実現することはできないので、想定している機能を実現できる範囲に誤差を規制する指定も必要です。そのために、先ず思い浮かぶのは、寸法による範囲の指定です。図4の寸法数値に上下2段の数値や正負の符号を付した数値で追記されているのは、指定した寸法に対して許容される誤差の範囲で、寸法公差と呼ばれます。この数値の絶対値を小さくするほどに、正しい大きさに近いものしか許容されない、厳しい規制が与えられたこととなります。しかし、できあがった製品や部品が想定した機能を与えられる形に仕上がっているかどうかは、円についてお話したように、寸法だけでは保証できません。幾何形状自身を規制する指定の方法が必要です。

このために、寸法における寸法公差に対応して、形状については幾何公差と呼ばれる指定を行い、必要な精度を確保します。図4に、四角の枠の中に  $\parallel$ ,  $\square$ ,  $\phi$  のような記号と数値とを記入して指定しているのが、この幾何公差です。いずれも、正確な形状や姿勢や位置から許容される偏差を数値で指定するものです。

工学的に機能創成に用いられる基本幾何要素には、直線や円、平面さらにはインポリュートといった特殊形状、指定された基準に対する平行や直角などの姿勢や距離によって指定される位置があります。幾何形状や状態には、

さまざまな要素がありますから、先ず幾何公差を「形状公差」、「姿勢公差」、「位置公差」、「振れ公差」の4つに大別し、さらにそれぞれについて複数の下位の特性が指定できるように要素が準備されています。図4の中の「真直度」、「平面度」および位置公差のひとつの「位置度」について、指定特性と指定の例を表1に示します。

この幾何公差の指定は、寸法の公差よりも後に行われるようになったものです。設計と製造の現場が隣り合わせであった時代には、設計対象物の要求や特性を設計者と加工・組立技術者が共有していて、図面に公差を記載しなくても、加工・組立において必要な精度が実装されていました。社内製作の試作品は問題なく動作したのに、外注部品を使用した大量生産で不具合が出たという失敗の多くは、このような状況のためです。しかし、グローバル化により、図面やCADデータだけで製作情報が与えられて加工や組み立てが行われる現在、幾何公差の指定は必須です。

製作された部品にどれだけの幾何偏差があるかは、それぞれの幾何公差に対応する検証原理に基づいた測定<sup>[4]</sup>を行って定量化します。マザーマシンや定盤上で、第3回で紹介した測定器・装置を用いて測定するのが一般的ですが、最近では接触式・非接触式の三次元測定機も活躍します。

なお、図4の二点鎖線の矩形枠や円で囲んだ公差は、公差が図示されていない場合に適用される普通公差<sup>[3]</sup>です。図に描いて指定された形状を具現化する際に、想定する機能を確保するための指定・規制が、至る所に明示的、暗黙的になされていることを知ってください。設計者は機能要件や加工費用に基づいて検討した定量的な情

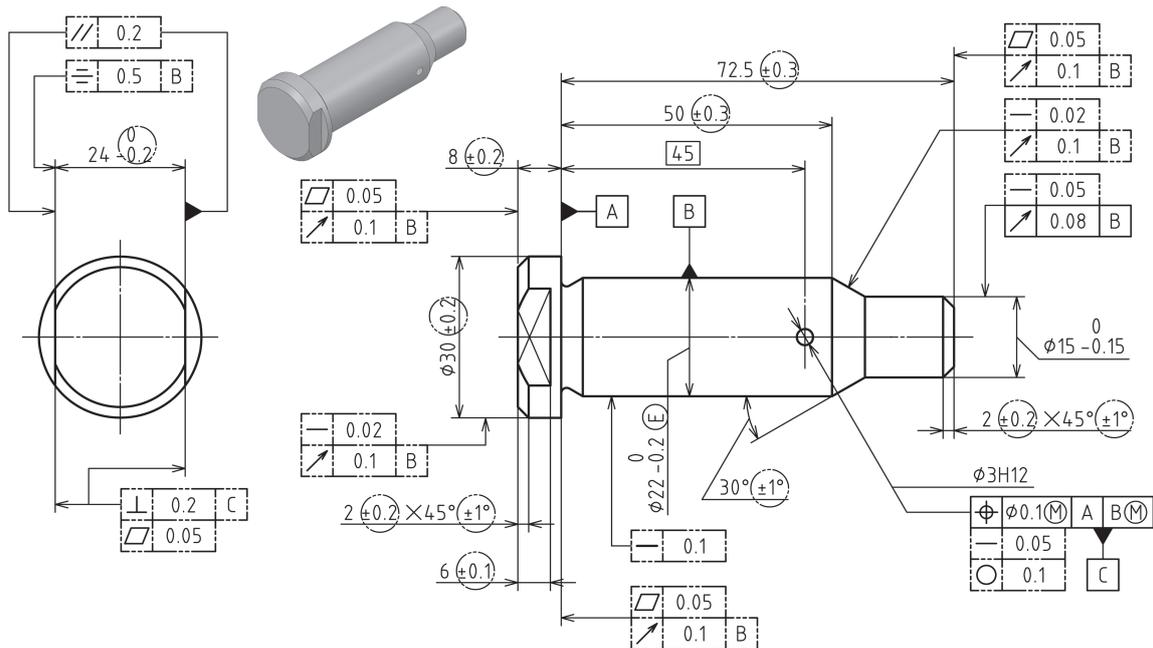
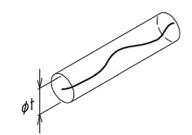
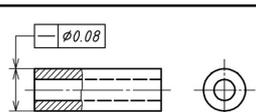
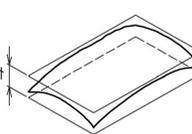
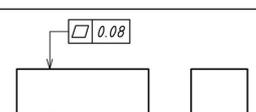
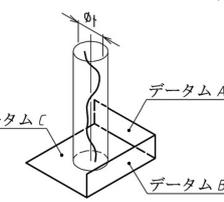
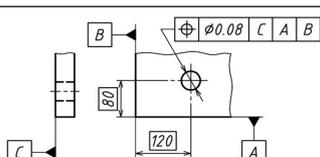
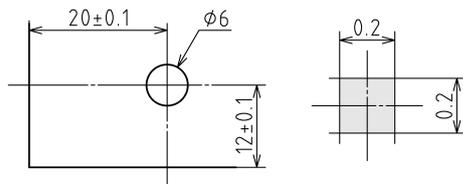


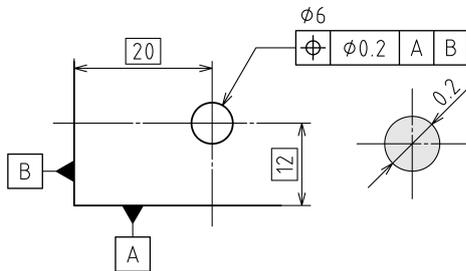
図4 公差を指定した図面の例<sup>[3]</sup>

表1 幾何公差の例と図面指示

公差の種類と公差域の定義	指示例と説明
<b>真直度公差</b> 種類記号 $\text{—}$ 	 公差を適用する円筒の実際の（再現した）軸線は、直径 0.08 の円筒公差域の中になければならない。
<b>平面度公差</b> 種類記号 $\square$ 	 実際の（再現した）表面は、0.08 だけ離れた平行二平面の間になければならない。
<b>位置度公差（線）</b> 種類記号 $\oplus$ 	 実際の（再現した）軸線は、その穴の軸線がデーラム平面 C、A および B に関して理論的に正確な位置にある直径 0.08 の円筒公差域の中になければならない。



(a) 寸法公差



(b) 幾何公差「位置度」

図5 位置の精度の指定

報を図に指定し、加工や組み立ての技術者はその情報を読み取って加工方法を選定し、組立・調整を行っています。

ところで、位置は寸法で指定できるのに、幾何公差に「位置」を含めていることに首をかしげるかもしれません。

図5は、板の左下角を基準にしたときの穴の位置の精度を、(a) 寸法公差と (b) 幾何公差（位置公差のひとつの「位置度」）のそれぞれで規制した例で、許容される偏差は $\pm 0.1\text{mm}$ で同じです。ただし、それぞれの方法で規定される位置の許容範囲は、寸法公差では寸法線で指定した2方向の寸法指定による網掛けをした矩形の内部、位置度公差では、「理論的に正確」な位置（寸法数値を四角の枠で囲んで示します）からの距離で規定す

る、公差値を直径とする、網掛けをした円の内部です。寸法公差と幾何公差で同じ公差値を指定すると、寸法公差の場合の矩形の四隅が幾何公差の場合の円からはみ出すので、寸法公差では、幾何公差よりも公差値を $1/\sqrt{2}$ だけ小さい値、つまり厳しい値に指定しなくてはなりません。位置指定において、寸法公差は2点測定の間隔によるのに対して、幾何公差は位置という幾何学的対象を直接規定できるので合理的です。

幾何公差には、さまざまな指定の要求に対応できるように、多数の特性が定められています。ただ、平面の精度は、「形状公差」の「平面度」として指定する他に、平面の輪郭に対する「輪郭度」でも指定できるように、いくらか重複した指定機能を持っています。実務での利用しやすさのために、今後、少し整理される方向にあるようです。設計や製造への要求の高度化に伴い、対象量ともに増える情報を適切に表現するために、製図規則は進化を続けています。

#### 4. おわりに

機械の機能は、理にかなった形を利用して計画され、図面に線や記号・数値として示された情報をもとに、必要な精度を確保して製作することにより実現されています。本稿により、ブラックボックスになりがちな機械装置の内部に興味を持って頂けたならば幸甚です。

さて、4回にわたった講座を、これで閉じさせて頂きます。約1年の間お付き合いいただき、ありがとうございました。

#### 参考文献

- [1] 安永暢男, 高木純一郎: 精密機械加工の原理, 工業調査会, (2003), p.6.
- [2] 例えば, John Bryant & Chris Sangwin: How Round Is Your Circle?: Where Engineering and Mathematics Meet, Princeton Univ. Press (2008).
- [3] 普通公差-第2部: 個々に公差の指示がない形体に対する幾何公差, JIS B 0419-1991, 日本規格協会.
- [4] 例えば, 小池忠男: 幾何公差, 日刊工業新聞社, (2013).

●2015年5月12日受付

たけのうち かずき

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

そのだ けいじ

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

●中部支部2014年度冬季例会報告

# 中部支部2014年度冬季例会 報告

横山 弥生 Yayoi YOKOYAMA

日本図学会中部支部2014年度冬季大会を2015年2月19日（木）15時より大同大学で開催しました。中部支部の例会は、毎年2回行われ、名古屋と北陸とを交互に開催しています。

本研究発表会には8名の参加者があり、5題の研究発表がありました。中部支部では、例会毎に若手研究者の模範となる優秀な研究を発表した学生に対して「日本図学会中部支部奨励賞」を贈呈しています。この度の受賞対象は二名でしたが、中部支部会員で審査した結果、二名の発表のレベルがたいへん高く甲乙付けがたいとのことで、「伝統工芸 有松・鳴海絞りロボットの外装デザイン」を発表した大同大学仲村準也さん（指導者：横山弥生）、「大学COC事業 ロマンティック・タテマチ」を発表した金沢工業大学浦口昂久さん（指導者：川崎寧史）を第11回日本図学会中部支部奨励賞に決定しました。

1. 開催日時：2015年2月19日（木）15時～
2. 会場：研究発表 大同大学滝春キャンパス  
S棟206教室
3. 研究発表プログラム  
挨拶：中部支部長 横山弥生  
研究発表（座長：横山弥生）

◎および○は発表者、

◎は「日本図学会中部支部奨励賞」対象者

- 1) MINDSTORSMS NXTとの取り組み10年  
○辻合 秀一（富山大学）
- 2) 伝統工芸 有松・鳴海絞りロボットの外装デザイン  
◎仲村 準也，横山 弥生（大同大学）
- 3) 大学COC事業 ロマンティック・タテマチ  
◎浦口 昂久，川崎 寧史（金沢工業大学）
- 4) 戦後復興期における越後妻有郷の織物産業と青年期教育  
○佐野 浩（新潟経営大学）
- 5) ものづくりにおける潜在的体系

…その日本的感性について…

佐野 浩（新潟経営大学）

○坂本 勇（大阪産業大学名誉教授）

## 4. 総会・表彰式

2014年度計画報告、2015年度の事業計画、支部役員承認を得、その後本例会の「日本図学会中部支部奨励賞」の授賞式を行いました。



## MINDSTORMS NXT との 取り組み10年

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

2005年10月にテクノロジー分野の専門家として富山大学に着任して10年を経過した。学生に、プログラム、回路、機構を教えるために、ロボットプログラミングを教育に組み入れることにした。当時は、MINDSTORMS NXTの前の機種であった。2006年4月に芸術文化学部が開学し、2007年4月の演習の準備を行っていたところ、2006年8月にMINDSTORMS NXTが発売されることがわかり導入を決意した。

2014年度のメディアアートプログラミングIは、受講者7名で最終課題提出者は3名であった。最終課題は、自由テーマとし、紙など付加材料も使ってよいこととした。成績は、プレゼンテーション、レジメ、プログラムで評価した。

本発表は、全体の経過と平成27年度の状況報告を行った。

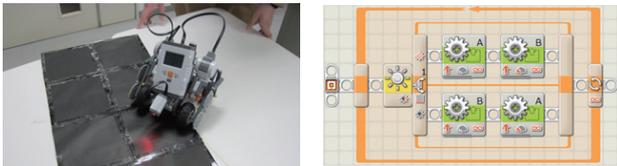


図1 自動で走る車（川原尚子作）とプログラム



図2 ぐるぐるミニフィグパズルゲーム（茂野奈央作）とプログラム

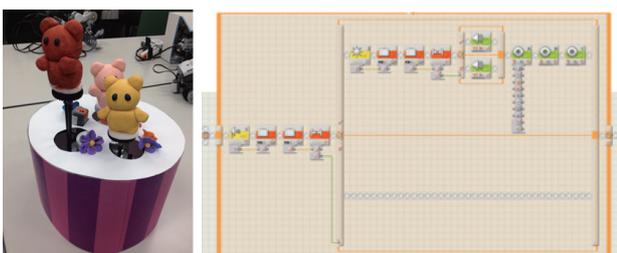


図3 まわるくまさん（田中麻惟香作）とプログラム

つじあい ひでかず  
富山大学 芸術

## 伝統工芸 有松・鳴海絞りロボットの 外装デザイン

仲村 準也 Junya Nakamura

横山 弥生 Yayoi Yokoyama

本学に隣接する有松・鳴海は、愛知県名古屋市緑区を中心に生産される絞り染めが有名である。江戸時代以降日本国内における絞り製品の大半を生産しており、国の伝統工芸品にも指定されている。木綿布を藍で染めたものが代表的で、模様については他の生産地に類を見ない多数の技法を有するが、後継者不足に悩まされ、その解決策として本学ロボティクス専攻が絞りロボットを開発し、多くのメディアにも取り上げられている。このロボットの構造は、これまで糸を用いる括り手作業を自動化・簡便化し、電力を用いない軸簡易型キャップ方式により、簡素な構造で誰でも簡単に絞りの括り作業ができ、仕上がった絞りの模様が従来の糸による括りのものと近似する結論に至った。（図1）

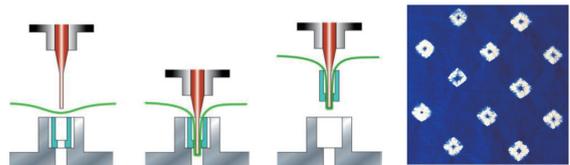


図1 キャップの装填原理と染色結果

しかし、外装が機械的、無骨であることから、親しみやすく可愛らしい外装のロボットを依頼され、誰もが絞りを体験できる「有松・鳴海絞りロボット」を制作した。コンセプトは絞りから「夏」「水」をイメージし、その発展からキャラクターを「かたつむり」にしぼった、誰からも愛される形状である球体を多用し、キャラクター名「しぼつむり」は、3Dプリンターにより完成した。全体の形状が正円の中に収まるようにデザインを施した（図2）



図2 完成したキャラクターロボット「しぼつむり」

なかむら じゅんや  
大同大学 情報学部

よこやま やよい  
大同大学 情報学部

## 大学COC事業 「ロマンティック・タテマチ」

浦口 昂久 Akihisa KURAGUCHI

川崎 寧史 Yasushi KAWASAKI

筆者らが担当している大学COC(Center of Community)事業の中で、若者の街タテマチストリートで実施されたクリスマス企画「ロマンティック・タテマチ」を報告した。堅町商店街では、北陸新幹線開業にともなう県外アウトレットへの若者流出などの懸念があり、クリスマス商戦に向けてのストリートの魅力創出が大きな課題としてある。この背景から、建築系学生の若い感性を活かし、魅力ある冬のストリートデザインを演出することが望まれた。「11月初旬より初雪が舞い降り、雪がどんどん降り積もるストリートはロマンティックな感性を高めていく」。この雪の物語にそって、街路樹やプランター、ショーウィンドウに雪のデザインが施されていく。12月に入るところにはタテマチ・ハーバーに樹氷のツリーが出現し、周辺の雪だまりには真っ赤なポインセチアが花を開く。毎週末には樹氷のツリーや建物の壁面に映像が映し出され、クリスマスへの期待がどんどん膨らんでいく。このような学生のデザイン演出に対して、堅町商店街ではワンドリンク・フードのサービスやコンサートなどの企画を重ね、さらなる賑わい創出を仕掛けた。堅町商店街では、まずは若者が集い楽しんでもらうストリートにしたいと考えている。その意味で、最も大切なクリスマスの期間に建築系の学生とコラボレーションし、ストリート全域のデザイン演出を試みたことはCOC事業として重要な意味を持つ。



樹氷のツリーとポインセチアの花畑



ツリーへのプロジェクション・マッピングと壁面動画

うらぐち あきひさ  
かわさき やすし  
金沢工業大学 環境・建築学部

## 戦後復興期における越後妻有郷の 織物産業と青年期教育

佐野 浩 Hiroshi SANŌ

越後妻有郷は雪深い新潟県の中でも、最も積雪の多い山間の地域である。繊細で美しい文様を特色とする十日町の織物は、一年の半分を雪に埋もれて暮らす農村の副業として始まり、中心部の十日町を核とした一大産業へと発展した。戦前期のこの地では、中等教育を受けられる青年は僅かであった。

終戦から間もない戦後復興期は、新制高校定時制課程や社会教育が立ち上がり、教育の機会に恵まれなかった妻有の青年達に大きな変化が訪れた転機であった。地域と青年達の置かれた状況や意識はどのように変わっていったのであろうか。ここでは、戦後十日町の織物産業復興に着目し、青年達が何をどのように学び、どう成長していったのか、ライフストーリー・インタビューを通して、越後妻有郷における青年期教育の展開について考察を行った。

その結果、織物産業はこの地域の青年達の学びと成長に極めて大きな影響を与えたこと、その発達の経過は中心部の十日町と妻有郷の農村とでは全く異なる道筋を辿ったことが分かって来た。この当時、青年達の学びの場となったのは、十日町においては青年学級であり、農村部では婦人学級であった。青年達の学びは、中心部の十日町では織物に根ざした文化教養事業の色彩を帯び、十日町の女工基盤である周辺の農村部では、直面する生活の改善に意識が向かった。それらは相互に影響し合い、妻有郷特有の青年期教育を形成したが、その過程で戦前期から蓄積されてきた織物産業の職工教育とその伝統が大きな影響を与えたことが明らかになった。



さの ひろし  
新潟経営大学経営情報学部

## ものづくりにおける潜在的体系 …その日本的感性について…

佐野 浩 *Hiroshi SANO*

坂本 勇 *Isamu SAKAMOTO*

日本では明治以来西洋は先進国、日本は遅れた国とした脱亜入欧が急務として西洋中心史観（薩長史観）が主流となった。第二次大戦後は自虐史観によって日本的価値観を否定し看過してきた。ここに、今日的課題の遠因がある。

一つは、学校はいわゆる定めた回路でしか想像力と言葉が繋がらないように馴らされてゆくところがある。いわゆる教える教育である。これに疑問を抱くことがない。二つは、外から見て、日本は何時までも経済中心の発想から抜け出せない。成長社会とは全く異なる論理で活動する社会を描く構想力も見受けられない。現行の経済体制を維持したままの一時凌ぎの政策…。

第三は、情報はネットから入るために自分では考えることをしない、確かめることもしない。オリジナルな一次情報、モノを創るために費やした先達の努力に対して尊敬する心は殆ど衰退している。視野狭窄、それは本来、反省すべき驚くべきことなのである。

原は「私は日本の集落の空間的な組み立てを捉えることが未だにできない……集落全体を形態的に捉える立場から日本の集落を説明しようとすると言葉が発見できない…身に付けているのが西欧の道具立てであるため日本的なものについて上手く記述できない、…日本的なもの、東洋的なものが本質的に対象化し記述することを拒否している……」、と、日本的なものを捉える言葉や論理がひどく欠落していること、日常の思考や感覚的な把握が何か客観化の手続きにのると、たちまち西欧的な構図にのってしまう。（原 広司、空間的想像力の境界/二つの涌点、建築文化、P.37, 1978年）

現代の技術教育では、系全体を総合して理解させる場はない。実機が機能することは、法則を含むそれ以上の、知の体系に還元できない多くの部分を有している。つまり学習結果から説明できるところと、そうでない領域がいわばある種の生態的関係の状況にある。これは「スーパーシステム」とでも呼べるものである。

---

さの ひろし

新潟経営大学経営情報学部

さかもと いさむ

大阪産業大学名誉教授

## 2015年度日本図学会秋季大会（大阪）のご案内

2015年度秋季大会は以下のように大阪大学吹田キャンパスで開催いたします。全国から多数の研究発表と参加をお待ちしております。ふるってご参加くださいますよう、お願い申し上げます。

1. 開催日：2015年11月28日（土）、29日（日）
2. 場所：大阪大学吹田キャンパス銀杏会館  
〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-2  
<http://www.osaka-u.ac.jp/ja/access/suita/suita.html>
3. 交通アクセス
  - 大阪モノレール利用
    - ・地下鉄御堂筋線千里中央駅発  
阪大病院前駅下車 徒歩約5分
  - 阪急バス利用
    - ・地下鉄御堂筋線千里中央駅発「阪大本部前行」, 「茨木美穂ヶ丘行」
    - ・北千里駅発「阪大病院線」
 ※千里中央発, 北千里経由もあります。
  - 近鉄バス利用
    - ・阪急京都線茨木市駅発「阪大本部前行」(JR茨木駅経由)  
阪大本部前下車 徒歩約3分
  - 阪急電車千里線 利用
    - ・北千里駅（終点）下車 東へ徒歩 約30分

### 4. 講演発表

#### 4.1 募集分野

研究発表の分野は以下の通りです。なお、最近の「図」に関する広がりには目覚ましいものがありますので、様々な分野の研究を期待します。

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

#### 4.2 講演論文投稿日程

講演発表申込締切：2015年8月31日（月曜日）正午必着

講演発表原稿締切：2015年10月5日（月曜日）正午必着

#### 4.3 発表申込方法

以下の内容を記述した電子メールをお送りください。

内容：

- (1) 表題
- (2) 著者（著者全員とその所属）
- (3) 概要（200字程度）
- (4) 分類（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）※←いずれかひとつを選ぶ。

(5) 発表者（講演者）

(6) 発表者が大会開催時1日目に35歳以下で（ある、ない）※←どちらかを消す。

(7) 連絡担当者の氏名、所属、住所、電話／FAX、電子メールアドレス

送付方法：

電子メールで [conf2015au@graphicscience.jp](mailto:conf2015au@graphicscience.jp) へ

件名を【2015年度秋季大会発表申込（発表者氏名）】としてお送りください。申込後、1週間以内に受領通知とともに執筆要領を電子メールにてお送りいたします。お申込みから1週間以内に受領通知が届かない場合は、郵便またはFAXにて日本図学会事務局までご連絡ください。

#### 4.4 講演発表時間と発表機器

例年通り発表時間は、質疑応答を含め約20分とします。

講演発表件数によって若干の増減があります。また、発表機器は液晶プロジェクタのみといたします。

#### 4.5 講演論文集

論文原稿を印刷・製本して「日本図学会学術講演論文集／2015年度秋季大会（大阪）」といたします。

講演論文はWebにより投稿をしていただきます。

詳細は、申し込みをしていただいた方にプログラム委員会よりお知らせをします。

なお、講演論文集の掲載料といたしまして5,000円を負担していただきます。

#### 4.6 優秀研究発表賞・研究奨励賞

発表者を対象に、優れた研究発表をされた方を選考し、

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

### 5. 参加費

一般：6,000円（講演論文集代を含みます）

学部生および修士課程大学院生（社会人含む）：無料

（講演論文集は別売り1,000円となります）

### 6. 懇親会

2015年11月28日（土）18：00～20：00

会費：6,000円（予定）

会場：銀杏会館2階レストランミネルバ

電話：06-6879-3605

### 7. 出張依頼書

必要な方は下記の連絡先までご相談ください。

### 8. 連絡先

2015年度日本図学会秋季大会実行委員会

[conf2015au@graphicscience.jp](mailto:conf2015au@graphicscience.jp)

### 9. 宿泊：宿泊施設は、各自でお手配ください。

## 第9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、デジタルモデリングコンテストを行います。受賞作品は、2015年11月28日、29日に行われる日本図学会秋季大会（大阪大学 吹田キャンパス）で、発表・表彰し、3Dプリンタにより3次元データを実体化して展示します。また、日本図学会ホームページ（<http://www.graphicscience.jp>）において作品を公開します。

募集期間：2015年6月1日～2015年9月30日（消印有効）

応募資格：個人および団体（会員及び一般参加も応募可）

応募作品：

ジャンル不問。テーマ自由。

造形デザイン／サイエンスアート（数理造形）／機構を有する造形／建築デザイン／工業デザイン／デジタルアート／ファッション等

### 1. 造形部門

3次元モデルデータ

### 2. アイデア部門

アイデアスケッチ及び投影図

審査基準：

コンテストは、機構を持つ立体構造の考察、立体的な発想を喚起することを目的し、以下の二部門それぞれに審査基準を設けます。

#### 1. 造形部門

発想やモデル製作を考慮した3次元データ構築及びデータの造形力を総合力で評価します。これまでの切削技術や一体成型では製作することが困難だった複雑な機構や幾何学的図形を実体化するなど、3Dプリンタを利用することによって実現が可能になった立体構造の新規性を評価します。

#### 2. アイデア部門

実体化が可能な形状をスケッチや投影図で表現されている且つ立体的な発想を喚起させる立体構造の新規性、構想力を評価します。したがって、実体化が十分に検証されているものであれば、手描きスケッチによるデザインであっても応募可能です。

各賞：

優秀作品には日本図学会から賞を贈呈

#### 1. 造形部門

・最優秀賞1点

（表彰楯、作品の造形モデルを贈呈）

・優秀賞数点

（表彰楯、作品の造形モデルを贈呈）

#### 2. アイデア部門

・最優秀賞1点

（表彰楯、作品の造形モデルを贈呈）

・優秀賞数点（表彰楯）

応募方法：

以下の内容を図学会事務局に郵送または宅配便にて提出ください（送付費用はすべて応募者でご負担ください）。

複数応募される場合は、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。

応募書類及び誓約書フォーム、作品データの仕様に関しては日本図学会ホームページ「日本図学会第9回デジタルモデリングコンテストのお知らせ」ページからダウンロードください。

### 1. 造形部門

#### A) 作品データ

資料「日本図学会第9回デジタルモデリングコンテスト作品仕様及びデータ作成時の注意点」に書かれている『仕様及びデータ作成時の注意点』参照ください。

※日本図学会サイトでの作品ギャラリー掲載の為に他のファイル形式での提出をお願いする場合があります。

#### B) 応募書類

wordファイルとプリントアウト

#### C) 作品画像

スクリーンショットまたはレンダリング（JPEGファイル）

#### D) 誓約書

作品が応募者のオリジナルであり、全責任を持つことを表明

### 2. アイデア部門

#### A) 作品画像

アイデアスケッチ及び投影図JPEGファイルとプリントアウト

#### B) 応募書類

wordファイルとプリントアウト

#### C) 誓約書

作品が応募者のオリジナルであり、全責任を持つことを表明

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

「2015（第9回）デジタルモデリングコンテスト」係

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：digicon2015@graphicscience.jp

協力：

- ・ 3Dプリンタでの実体モデル製作協力  
アルテック株式会社  
株式会社ストラタシス・ジャパン
- ・ 図面からのデジタルモデリング技術協力  
株式会社ニテコ図研 田中龍志
- ・ XVL技術での作品ギャラリー技術協力  
ラティス・テクノロジー株式会社

## 会告——3

### 第10回アジア図学会議 (AFGS2015) のご案内 The 10th Asian Forum on Graphic Science

日時：2015年8月4日（火）～7日（金）

場所：Chatrium Hotel Riverside (タイ・バンコク)

論文分野：

1. Computer Graphics
2. Graphics Education
3. Applied Geometry and Graphics
4. Theoretical Graphics and Geometry

参加登録費

370 USD (学生 270 USD)

ホームページ

<http://www.afgs2015.net/>

第10回アジア図学会議 (AFGS2015) は、前身の日中図学教育研究国際会議の時代を含めて、初の日中以外での開催となります。皆さまの多数のご参加をお待ちしております。

## 会告——4

### 日本図学会中部支部30周年記念講演会のご案内

日本図学会中部支部は1985年に設立され今年30周年を迎えました。30年の間、支部総会、研究会、講演会、見学会などを行っており、多くの方々のご協力により充実した内容で活動を続けております。

一つの節目といたしまして、下記の予定で講演会とささやかなパーティを開催いたします。30年の歴史を振り返ることで次の時代に繋げる会としたいと思いますので、お忙しいことと存じますが、ぜひご参加くださいますようお願い申し上げます。

1. 日時：2015年7月17日（金）15時より
2. 会場：名古屋大学東山キャンパス

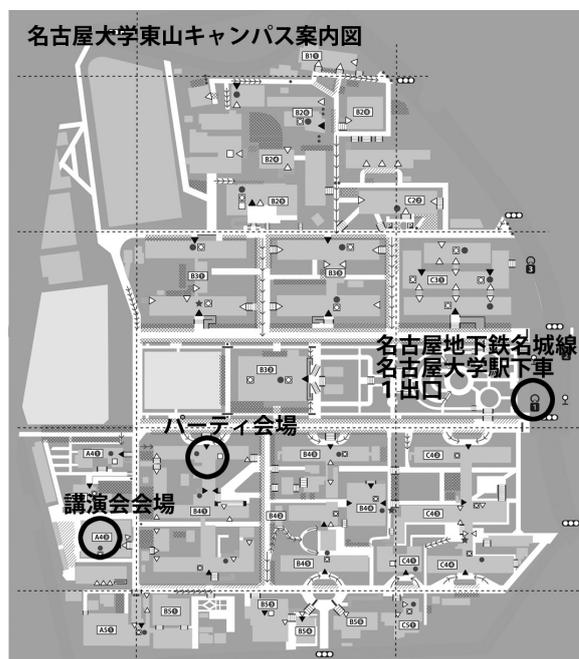
〒464-8601 名古屋市千種区不老町

(地下鉄名城線名古屋大学駅下車すぐ)

・ 講演会会場－大学院情報科学研究科棟 1階 第1講義室

・ パーティ会場－情報文化学部/全学教育棟 2F

PHONON CAFE



<http://www.nagoya-u.ac.jp/access-map/index.html>

### 3. 内容

- 15:00～15:30 日本図学会中部支部30年の歴史を振り返って
- 15:30～17:00 記念講演：「多角形よもやま話」  
宮崎興二先生（京都大学名誉教授）
- 17:00～19:00 パーティ（上記の通り場所を移して行います。会費3,000円）

### 4. 参加申し込み

講演会、パーティ共E-mailにて下記申込先に「氏名・所属・連絡先」をお書きいただき、7月10日（金）までにお知らせください。

大同大学 情報学部 情報デザイン学科 プロダクトデザイン専攻 横山弥生

E-mail：y-yayoi@daido-it.ac.jp

---

### 日本図学会第531回理事会議事録

日時：2015年1月19日（月）18：30～20：00

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：8名（議決権8名）+委任状10名

山口（会長）、安藤、辻合（以上副会長）、今間、  
金井、田中、種田、西井（以上理事）  
（辻合副会長はSkypeによる参加）

#### 1. 議事録確認

1. 第530回理事会議事録を確認した。

#### 2. 事務局報告

##### 1. 会員関係

##### a. 申し込み・届出

##### i. 当月入会申し込み

正会員 山田 修 氏（東京藝術大学）

山口 泰 氏 紹介

学生会員 加瀬 悠人 氏（筑波大学修士課程）

三谷 純 氏 紹介

##### ii. 当月退会届出

正会員 深野 暁雄 氏（神奈川工科大学）

紹介者なし

##### b. 会員現在数（1月19日現在）

名誉会員12名、正会員282名、学生会員22名、賛助  
会員16社18口

##### 2. その他

##### a. 他団体から

- 日本学術会議より「日本学術会議ニュースメール」No.479-480が届いた。
- JSTより「J-STAGE News e-mail」2015/01/06号が届いた。

#### 3. 第3四半期収支決算報告

- 金井事務局長より、2014年度第3四半期収支決算報告があった。

#### 4. 企画広報委員会報告

- 2015年度秋季大会について
  - 安藤企画広報委員長より次の通り報告があった。
  - 11月28日～29日、大阪大学吹田キャンパスで開催予定。
  - プログラム委員長：安福健祐氏（大阪大学）
  - 安藤企画広報委員長より、実行委員長を阿部浩和氏（大阪大学）にお願いしたいとの提案があり、

これを承認した。

- 2015年度春季大会について

- 安藤企画広報委員長より、秋季大会プログラム委員長予定者の安福健祐氏をプログラム委員に追加する旨の報告があった。

#### 5. 編集委員会報告と審議

- 今間理事より、面出委員長からの次の報告の代読があった。
  - 『図学研究』48巻4号（通巻144号）が、年末に発行された。
  - 論文賞の推薦を各編集委員に依頼し、3月の理事会で報告する予定。
  - 選定委員は次の通り。  
委員長 面出 和子  
委員 安藤 直見、三谷 純、堤 江美子
- 『図学研究』の発行回数見直しに関して、編集委員会に論文投稿数と掲載数の推移の報告、発行回数見直しの得失と論文の投稿促進策の検討を依頼することとした。

#### 6. 国際関連報告

- 山口会長より、鈴木国際担当副会長からの10th Asian Forum on Graphic Science (AFGS2015) 準備状況報告の代読があった。フライヤーの改訂版とクレジット（host, sponsor）がWebで公開中、EasyChair上にextended abstractの投稿・査読を作成済みとのこと。

#### 7. その他

- 会告の締切を確実に研究会委員長、支部長、大会実行委員長に周知するため、編集委員会とホームページ委員会に会告等原稿の投稿手順の確認と周知方法（年間スケジュール表の作成、リマインドの自動送信、大会会場での配布など）の検討を依頼することにした。
- 名誉会員候補者2名について、関係者に推薦書の作成等を依頼することにした。

- 議事録署名捺印理事

種田、西井両理事が選出された。

- 次回

日時：2015年2月13日（金）18：30～

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

---

### 日本図学会第532回理事会議事録

日時：2015年2月13日（金）18：30～20：30

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：7名（議決権7名）+委任状10名

山口（会長）、安藤、辻合（以上副会長）、今間、  
金井、田中、西井（以上理事）

(辻合副会長はSkypeによる参加)

## 1. 議事録確認

1. 第531回理事会議事録を確認した。

## 2. 事務局報告

### 1. 会員関係

#### a. 申し込み・届出

##### i. 当月入会申し込み

該当なし

##### ii. 当月退会届出

正会員 清水 一道 氏 (室蘭工業大学)

牧 博司 氏紹介

正会員 森 久紘 氏 (滋賀女子短期大学)

紹介者なし

正会員 胡 健雄 氏 (元筑波大学)

三谷 純 氏紹介

#### b. 会員現在数 (2月13日現在)

名誉会員12名, 正会員279名, 学生会員22名, 賛助  
会員16社18口

### 2. その他

#### a. 他団体から

- 独立行政法人日本学術振興会より「第12回 (平成27年度) 日本学術振興会賞受賞候補者の推薦について (通知)」が届いた。
- 公益財団法人画像情報教育振興協会より「2015年度検定実施に対する後援のお願い (後援名義使用について)」が届き, 例年通り承認する旨回答することにした。
- 公益社団法人日本工学教育協会より「平成27年度工学教育研究講演会協賛について (依頼) ならびに貴会誌への会告掲載と研究発表推奨について (依頼)」が届き, 協賛を承諾するとともに, 『図学研究』およびWebページに会告を掲載することにした。
- 国立国会図書館より「科学技術論文誌・会議録データベースに係る学協会アンケート御協力のお願ひ」が届き, 回答した。
- 一般財団法人学会誌刊行センターより「学会センターニュース」No. 432が届いた。
- 日本学術会議より「日本学術会議ニュースメール」No. 481-482が届いた。
- JSTより「J-STAGE News e-mail」2015/01/27号が届いた。

## 3. 編集委員会報告

- 今間理事より, 面出委員長からの次の報告の代読があった。
- 『図学研究』の発行回数については, 当面現状の

まま様子を見ることになった。

- 論文投稿促進策として, 大会の講演論文の中から質の高いものを編集委員会を選定し, 著者の了解を得て査読に回す試みを行う予定。
- 「作品紹介」を作品発表の場となっている現状を反映した「作品」とするなど, 執筆要領に記載された原稿種別の見直しを検討中。

## 4. 企画広報委員会報告と審議

- 安藤企画広報委員長より, 資料に基づき報告・提案があり, 次の通り承認・確認した。
- 次期委員構成
- 次期企画広報委員会委員構成案が示され, これを確認した。
- 大会案内への論文集別売りの金額明記について
- 『図学研究』およびWebページの会告に講演論文集の別売り価格 (1,000円) を明記する提案があり, これを承認した。
- 大会講演論文投稿システムの入力項目と閲覧機能の追加について
- プログラム委員会の作業効率化のため, 大会の講演論文投稿システムに入力項目と閲覧機能を追加する提案がありこれを承認した。
- 追加する入力項目は, 論文タイトル, 著者 (全員の氏名), メールアドレス, 概要。
- 改訂にかかる費用 (約65,000円) は通常予算から支出。

## 5. 図学教育研究会報告

- 山口会長より, 阿部委員長からの次回図学教育研究会開催に関する次の報告の代読があった。
- 開催日程および場所:  
2015年5月10日 (日) 13時~15時,  
北海道大学 (春季大会終了後)
- テーマ:  
(仮題) 図法幾何学教育の現状と将来  
— (国立) 総合大学のケース—
- 取りまとめと運営: 大月彩香氏 (九州大学)

## 6. デジタルモデリング研究会報告

- 西井委員長より, 次の報告があった。
- 次回デジタルモデリングコンテスト実行委員会の委員構成
- デジタルモデリングコンテストについて, 2/12に『日経ものづくり』の取材を受けた。

## 7. 国際関連報告

- 山口会長より, 鈴木国際担当副会長からの10th Asian Forum on Graphic Science (AFGS2015) 準備

状況報告の代読があった。延長後の締切（2/7）時点で中国からの申込が少ないので申込を呼びかけ中とのこと。中国以外のアブストラクトは2/13より日本側のプログラム委員が査読開始予定。不採択論文については、ポスターセッションを設けて参加を呼び掛ける予定とのこと。

8. その他—————

- 村上好生氏を名誉会員候補とすることが承認された。
- 4月の理事会開催日時を4月27日（月）17：30～に変更することになった。
- 議事録署名捺印理事  
今間，西井両理事が選出された。
- 次回  
日時：2015年3月12日（木）18：30～  
場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

## I. 目的

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

## II. 投稿資格

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

## III. 投稿原稿の種類

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

## IV. 投稿手続き

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

## V. 投稿から掲載まで

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

## VI. 掲載別刷料

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

## VII. 投稿要領

原稿執筆に当たっては、本規定ならびに本学会の執筆要領を参照すること。

## VIII. 著作権

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

(本投稿規定は2012年10月1日より施行する。)

## 賛助会員

### アルテック株式会社

〒104-0042

東京都中央区入船2-1-1 住友入船ビル2階

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

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

### オートデスク株式会社

〒104-6024

東京都中央区晴海1-8-10

晴海アイランドトリトンスクエアX24

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

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

### 株式会社アルトナー

〒222-0033

神奈川県横浜市港北区新横浜2-5-5

住友不動産新横浜ビル5F

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

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

### 株式会社島津製作所

〒101-8448

東京都千代田区神田錦町1-3

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

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

### 株式会社ストラタシス・ジャパン

〒104-0033

東京都中央区新川2-26-3

住友不動産茅場町ビル2号館8階

TEL : 03-5542-0042

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

### 株式会社ムトーエンジニアリング

〒154-8560

東京都世田谷区池尻3-1-3

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

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

### 株式会社森田製図器械製作所

〒537-0012

大阪府大阪市東成区大今里4-16-41

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

### 共立出版株式会社

〒112-8700

東京都文京区小日向4-6-19

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

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

### 公益財団法人画像情報教育振興協会

〒104-0061

東京都中央区銀座1-8-16

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

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

### ステッドラー日本株式会社

〒101-0032

東京都千代田区岩本町1丁目6番3号

秀和第3岩本町ビル

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

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

### ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022

東京都港区海岸3-18-1 ピアシティ芝浦ビル

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

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

### タケダコーポレーション株式会社

〒130-0003

東京都墨田区横川1-3-9

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

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

### 森北出版株式会社

〒102-0071

東京都千代田区富士見1-4-11 九段富士見ビル

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

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

### ユニインターネッラボ株式会社

〒104-0054

東京都中央区勝どき2-18-1-1339

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

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

### ラティス・テクノロジー株式会社

〒112-0004

東京都文京区後楽2-3-21 住友不動産飯田橋ビル10F

TEL : 03-3830-0333

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

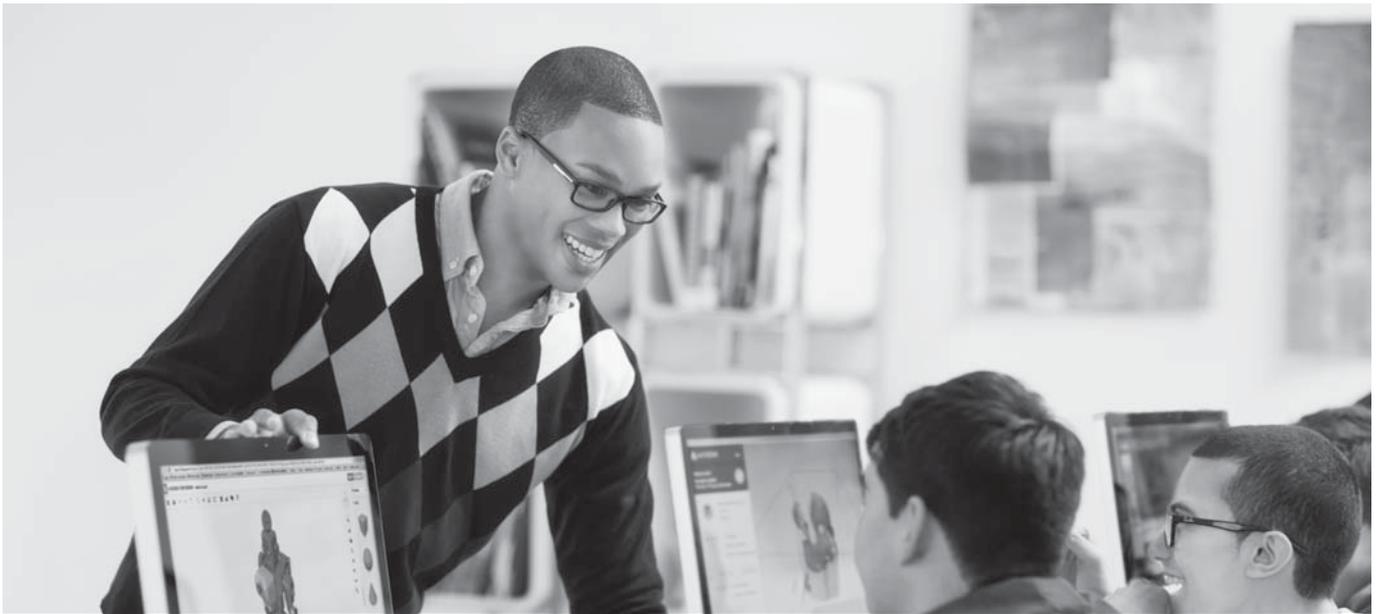
### REALLUSION INC.

〒160-0023

東京都新宿区西新宿8-3-1 西新宿GFビル4F 4C号室

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

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



**オートデスクの教育機関向け、教員、学生向け  
すべてのライセンスが無償にてダウンロードで  
ご利用いただけます。**

詳しくは : [www.autodesk.co.jp/eduportal3](http://www.autodesk.co.jp/eduportal3)



<b>製造</b>	<b>建築・建設</b>
Factory Design Suite Product Design Suite AutoCAD Mechanical Inventor	Building Design Suite AutoCAD Revit
<b>土木・インフラ</b>	<b>メディア・アンド エンターテインメント</b>
Infrastructure Design Suite AutoCAD Civil 3D Vault	Entertainment Creation Suite 3ds Max, Maya, Smoke

**オートデスクの製品群は、  
様々な業界の設計・制作をサポートしています。**

# JCARE

— 日本の学生・教育・研究を支援 —

**JCARE Program**

**オートデスクは日本の学生・教育・研究を支援しています。**

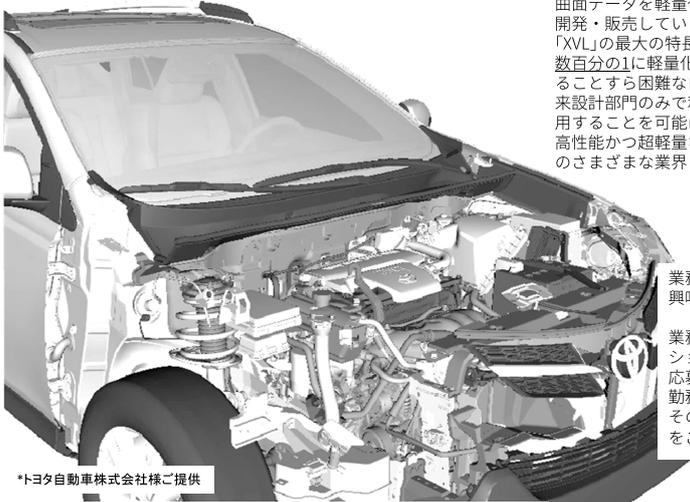
詳しくは : <http://www.myautodesk.jp/jcare/>

Autodesk, AutoCAD, AutoCAD LT, Inventor, Inventor LT, Civil 3D, LT Civil, Maya, Maya LT, mental ray, MotionBuilder, Mudbox, Navisworks, Revit, Revit LT, Showcase, Vault, および 3ds Max は, Autodesk, Inc. またはその子会社の米国およびその他の国における商標または登録商標です。その他のブランド名、製品名、または商標はそれぞれの所有者に帰属します。オートデスクは、販売する製品とサービス、および仕様や価格を予告なく変更する権利を有します。また、このドキュメントに記載されている情報で文章や画像上の間違いがあっても、オートデスクはその責任を負いません。 © 2014 Autodesk, Inc. All rights reserved.

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

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

# 世界最高水準の3D軽量化技術 XVL<sup>®</sup>の開発に携わってみませんか



\*トヨタ自動車株式会社様ご提供

ラティス・テクノロジー株式会社は創業以来、独自の格子表現により曲面データを軽量化する技術「XVL」を利用したアプリケーションを開発・販売しています。  
「XVL」の最大の特長は最高0.001の精度を保ちながら、3DCADデータを数百分の1に軽量化できる点。これにより一般的な3CAD等では表示することすら困難な自動車や船などの大容量データを軽快に操作し、従来設計部門のみで利用されていた3Dデータを様々なシーン・部門で活用することを可能にしました。  
高性能かつ超軽量の「XVL」は自動車、造船、農機、建築・・・と国内外のさまざまな業界・業種で認められ、活用されています。

## 開発エンジニア募集

業務増大に伴い、開発エンジニアを募集しています。  
興味のある方からのご連絡をお待ちしております。

業務内容：「XVL」を中心とした3Dデータ活用ソリューションの研究開発／「XVL」を用いたシステム受託開発  
応募資格：C++を用いたシステム開発経験者  
勤務地：本社（東京都文京区）  
その他詳細ならびにエントリー方法は弊社採用ページをご覧ください。 <http://recruit-lattice.jp>



**ラティス・テクノロジー株式会社**

東京都文京区後楽2-3-21 住友不動産飯田橋ビル10F  
03-3830-0333 recruit@lattice.co.jp(採用担当)

ラティス・テクノロジー(株)では新卒採用も行っています。興味のある方は採用Webページをご覧ください <http://recruit-lattice.jp>

5月の総会にて編集長を仰せつかりました。これから益々がんばらなくては、と心では思いつつ本号の入稿作業もM先生におんぶに抱っこ状態なのであります。

さて、今年の春季大会から、編集委員会では新しい試みを行う事になりました。みなさまご存知のように、最近の日本図学会では、大会の発表者が増加傾向にあり、それに伴い大会講演論文集（いわゆる Proceedings）は回を重ねる毎に充実し、その厚みは増すばかり。これは、大変に素晴らしい事です。ところが、大会で発表された研究を、Journalにまとめて投稿される会員数は、ここ数年間ずっと横這で増えていません。数年前に、大会講演論文と投稿論文のフォーマットを一致させる作業を行っており、現在、両者の違いは、英文のAbstractの有無だけとなっております。したがって、書き直す手間が面倒なので投稿が増えない、という状況は考えにくいのです。

そこで、大会において発表された内容を、編集委員が独自に判断し、著者に確認した後、OKがいただけたものから投稿作業無しに、査読プロセスに入らせていただく仕組みを始める事といたしました。残念ながら、この試みは、まだうまくは働いていません。2年前から稼働している、Web論文投稿・査読システムは、本来ならもっと多くの論文を処理出来る予定だったのですが、コンピュータ側の問題だけでは無く、システムは人間側のファクターも大きいことを実感しております。今後、毎号2本以上のJournalをコンスタントに掲載し、合併号で無くとも厚くて充実した図学研究をお送りしたいと思っております。

(T. K.)

jsgs2015  
BANGKOK

## 日本図学会編集委員会

●編集委員長 今間 俊博

●編集副委員長 面出 和子

●編集理事 飯田 尚紀

遠藤 潤一

大谷 智子

川原田 寛

齋藤 綾

櫻井 俊明

佐藤 尚

柴田 晃宏

白石 路雄

種田 元晴

橋寺 知子

向田 茂

●編集委員 加藤道夫

椎名 久美子

竹之内 和樹

館 知宏

堤 江美子

宮腰 直幸

村上 紀子

山畑 信博

デザイン 丸山 剛

Journal of Graphic Science  
of Japan

## 図学研究

第49巻2号（通巻146号）

平成27年6月印刷

平成27年6月発行

発行者：日本図学会

〒153-8902

東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部

総合文化研究科

広域システム科学系

情報・図形科学気付

Tel：03-5454-4334

Fax：03-5454-6990

E-mail：jsgs-office@graphicscience.jp

URL：http://www.graphicscience.jp/

印刷所：電算印刷株式会社

東京営業所

〒101-0051

千代田区神田神保町3-10-3

Tel：03-5226-0126

Fax：03-5226-3456

E-mail：s-takayama@d-web.co.jp

*Journal of* 図

*Graphic* 学

*Science* 研

*of Japan* 究

Vol.49  
No.2  
June  
2015

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



Yasushi YAMAGUCHI	01	<i>Message</i>
Masayuki MIYAZAWA	03	<i>Research Paper</i> Study of Different Shape Objects Which Have the Same Six Views
Lai LI, Tomokazu ISHIKAWA, Koji MIKAMI Masanori KAKIMOTO, Kunio KONDO	13	<i>Research Paper</i> Multi Projection Method for India-ink Painting
Kazuki TAKENOUCHI, Keiji SONODA	21	<i>Seminar</i> Geometric Profile of Machine Elements (4)
Yayoi YOKOYAMA et al.	25	<i>Report</i> Report on the Winter Meeting of the Chubu Area 2013
	29	Newsletter