

第43巻3号  
通巻125号  
2009年（平成21年）  
9月

日本図学会



図 *Journal of*

学 *Graphic*

研 *Science*

究 *of Japan*

荒木 勉	01	巻頭言
村松 俊夫	03	研究論文 等高重心立体の構造を用いた動く造形のヴァリエーション —円を楕円に代えた「Two Ellipse Roller」ならびに「A study of tangible-K」—
渡辺 崇・江間 珠恵	11	研究論文 世界座標平面と画像座標平面の射影関係を用いた複数カメラの 外部パラメータ校正
	19	会告・事務局報告

## 聴覚障害を持つ学生が学ぶ大学で

荒木 勉 Tsutomu ARAKI



日本図学会2009年度大会を筑波技術大学において5月9日、10日に開催して早数ヶ月が経ちました。今、思い出しても会場の設営に関してはヒヤ汗が出ます。大学の特殊性で教室等の施設が小さく、会場校を引き受けたまでは良かったのですがどうやって大勢入れる発表会場を設営するかが悩みでした。私どもの大学は障害者のための大学で、機械系の教室は1学年が10人の授業のための部屋ですから大きい筈はありません。聴覚障害を持つ学生のための少人数制教育の教室なのです。産業技術学部の電子、情報、機械、建築、デザイン系の全ての学生数も1学年で50人、今年が4年制大学になって4年目で全学年を合わせた学生数がやっと200人になったところです。会場の小ささも然る事ながら人手の無さも心配しました。しかし開催が本学に決まると筑波大学の三谷先生や筑波学院大学の山島先生、つくば市にご自宅のある中澤先生等つくば地区の先生方のお手伝いがあり、本部の方々や事務局の福田さんを初めとする多くの皆さん方のご協力のお陰で無事に開催することができました。人手が無く教室も狭い中での厳しい開催かと思っておりました。以前、本部例会を本学で開催したときと比べるとつくば新線が開通しましたが駅から本学までの交通の便は悪く、それにもかかわらず大勢の先生方の参加をいただき、3教室での研究発表のセッションが持てました。本学での開催を通して図学会の結束力の強さと頼りになる仲間のありがたさを真に感じ取ることができました。

本学の聴覚に障害を持って機械工学を学ぶ学生にとって機械設計製図は重要な科目となります。これまでの3年制短期大学機械工学科の多くの卒業生は設計やCAD等、製図に関わる職場で図面がコミュニケーションの手段という仕事に就いております。今年度は4年制の大学に移行して最初の1期生が卒業を迎えることとなります。機械系学生はやはり同様な職種の職場に内定しています。自ら高度な社会自立を目指し、技術者として社会で活躍できる人材として成長することを期待しております。

このような環境の中で3次元モデル造形機が導入され、RPによるモデル作りができるようになりました。機械設計製図演習では学生に分かりやすく説明ができるよう製図教科書の作図例の図面から立体モデルを製作し、提示用モデルとして活用しています。これまでなかなか作れなかったモデルも簡単に製作でき、カットモデルも自由に作れ、本学の学生が体感できる教材作りが容易に出来るようになりました。近年、本学に於ては明らかに製図の教育法が進歩しております。製図教科書の作図例の図面に描かれた加工法を用いれば本物を作る事も出来るでしょうが容易ではありません。3次元CADで図面を描き3次元モデル造形機でそのまま立体モデルを作る、製作は至って簡単です。

教科書に一つの立体で三角法と一角法の描き方の違いを説明する図が載っています。この立体のモデルを学生数だけ作りました。この立体は機械加工でもできますが、切削加工で作る事を考えると単純な作業ではありますが手間ひまがかかりま

す。3次元モデル造形機では単にコンピュータ画面のトレー上の3次元CADデータのコピー&ペーストで量産出来てしまいます。3次元CADデータを読み込み、モニタ画面上のスタートボタンをクリックするだけで造形が始まる3次元モデル造形機の存在は、いろいろな形状モデルを作りたい気にさせます。

製図教科書の図面から形状モデルを順次製作して製図室に展示しておいても学生はそれらを見ていないことが分かり、教科書で学ぶ際にその都度はっきりとその形状モデルの着眼点を示す必要があると考えます。学生が自らの設計による図面を確認し評価できるよう、3次元モデリングによる形状モデルとして形をはっきり捉え、手に取って評価が出来る環境が必要だと思えます。自由に表現させたときに学生の考えが形で見え、互いのコミュニケーションが容易と成り、より深く意思の疎通ができて個々の図面に対して進歩が見られるようになりました。これまでの、教師に言われて意味も分からず言われた通りに訂正するだけであった学生が自らの結果を見て思考課程の的確さ、正しく理解しているかどうかの判断評価が自らできるように徐々になってきています。3次元でネジを切ったらネジの形状の細部にまで関心が高まってきています。作れるかどうかを検討しながら作図をしたり、材料の形状にも気を使うようになりました。

これからの教育には学会に参加する大学間の連携や企業との協調が必要です。本学の教育には最も必要で、井の中の蛙にならないためにも情報量の少ない学生達に広い社会での協力校との教材の交換や大作のデータを学生に見せたいと思えます。本学では大会終了後デジタルモデリングコンテストの入賞者のポスターや作品をお借りして展示しました。発表のときだけではなく役立つ学会とする必要があると思えます。専門分野の中で手を取り合って学ぶことのできる学会。私にとって図学会の魅力は研究・教育者との交流です。素晴らしい先生方にお会いできた事です。国際会議は1993年の中国・無錫の日中図学教育国際会議以来ほとんど毎回参加し本学の設計製図教育を中心とした研究を発表しておりますが、昨年度のドレスデンへの参加で13回目となりました。その都度ビデオカメラを回して会議の様子や学会ツアーの行程を撮りためています。図学会大会のコーナーでDVDビデオを上映したこともありました。図学会主催の国際会議の素晴らしいところは家族同伴でもツアーに参加ができること、いつかは家族をという明るい雰囲気ツアーであることです。2007年には念願叶い中国蘇州での会議に娘を連れて行く事ができました。いろいろな国での国際会議の場でお世話になった先生方やご家族が映っているビデオを見ると懐かしく、大げさなようですが自分の活力の原点がここにあったかのような気がするのです。家族にも応援され、会員同士や大学・企業の協調の中で互いに学び支えあう学会であってほしいと思えます。日本図学会が魅力ある学会として今後の更なる発展を遂げることを期待しております。

---

あらき つとむ

筑波技術大学産業技術学部 教授

研究領域：機械設計製図，教育工学

所属学会：日本図学会，日本設計工学会，  
日本機械学会，ヒューマンサポートサイエ  
ンス学会，ISGG

araki@a.tsukuba-tech.ac.jp

# 等高重心立体の構造を用いた動く造形のヴァリエーション

## —円を楕円に代えた「Two Ellipse Roller」ならびに「A study of tangible-K」—

Variations of solid geometric objects that maintain a constant height when moved

—Elliptical arcs that replace circular arcs in “Two Ellipse Roller” and “A study of tangible-K”—

村松 俊夫 Toshio MURAMATSU

### 概要

いままで「平面上をなめらかに転がる立体オブジェ」をテーマとして、造形芸術的な観点からステンレススチールのパイプを素材とした大型の動く造形を継続的に制作してきた。これらは、鑑賞者が手で直接触りながら動きそのものや形態の変化を知覚できる作品群である。

それらの中で、もととなっている「Two-Circle-Roller」は正円、「Sphericon」は半円によって構成されている。近年、この2つの構造の「円弧」の部分「楕円」に代えた場合でも平面上をなめらかに転がる事が示唆された。

以上の知見をもとに、「楕円弧」による等高重心立体の新しい形態の可能性を追求し、実際の制作を通してそれが実現可能であることを証明した。

キーワード：造形論／形態構成／キネティックアート

### Abstract

For some time I have created a number of large three-dimensional objects that can be rolled on a flat surface. These objects are made out of stainless steel pipes and designed from the point of view of the plastic arts. Viewers can touch and move the objects while appreciating changes in visual appearance.

One of these objects, entitled “Two-Circle-Roller” is contains two connected disks ; another is a half-disk entitled “Sphericon.” In recent years I have altered the shape of such objects by changing circular arcs to elliptical ones. These objects still move smoothly across a flat surface.

I am exploring the possibilities of changing centers of gravity of objects of a constant height resulting from elliptical arcs. By creating these objects I have also succeeded in demonstrating that their actual production is possible.

Keywords : Theory of plastic art / Composition forms / Kinetic art

### 1. はじめに

3次元空間において、一定の方向性をもって水平面上を立体が輪転することに着目した例は、いくつか知られている。たとえば同じ大きさの正円を直交させた「Oloid (オロイド)」(Paul Schatz 1898-1979)の中心間距離を半径の $\sqrt{2}$ 倍であるようにする「Two-Circle-Roller」(図1)や、1970年に Colin Roberts によって発明された「Sphericon (スフェリコン)」(図2)などである<sup>[1]-[3]</sup>。

これら2つの立体は「等高重心立体」と呼ばれ、移動中の重心の高さが等しい上下動のない立体である。

### 2. 研究の背景と目的

筆者は先行研究<sup>[4]</sup>において、これらの構造をもとに、手で直接触りながら動きそのものや形態の変化を知覚できる大型の作品2点を、ステンレススチールのパイプを素材として開発した(次頁図3)。

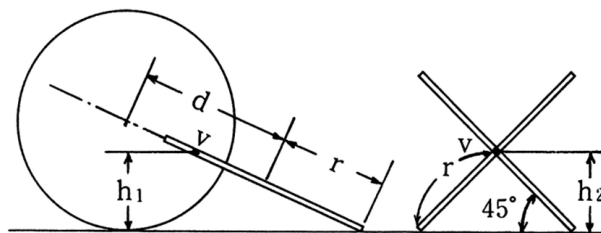


図1 「Two-Circle-Roller」の構造

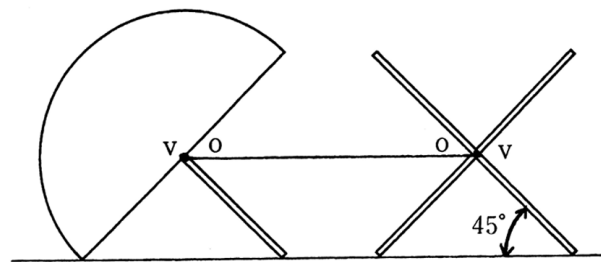


図2 「Sphericon」の構造

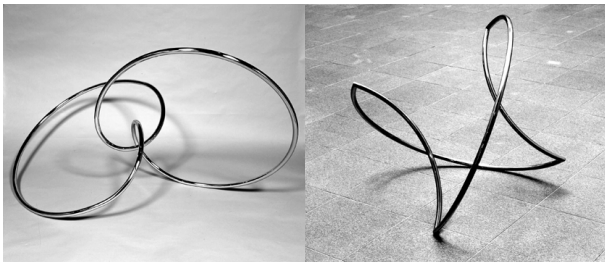


図3 「A study of tangible」シリーズ 左「∞」右「G」

図3左の作品「A study of tangible-∞」の原型である「Two-Circle-Roller」(図1)は、近年「正円」の代わりに「楕円」においても、成り立つことが示唆された<sup>[5]</sup>。

また、筆者は“仮想接地線”を想定すれば「部分楕円」を用いても「Sphericon (スフェリコン)」(図2)の構造を成り立たせることを確認した<sup>[4]</sup>。

これら2つの知見をもとに「楕円弧」による新しい造形の可能性を追求し、実際の制作を通してそれが実現可能であることを証明することが本研究の目的である。

### 3. 「Two Ellipse Roller」の開発

#### 3.1. 「Two-Circle-Roller」と「A study of tangible-∞」

2つの正円を直交させた、最も構造が簡単な回転するオブジェである(図1)。以前アメリカで、同様のものが子供の玩具として販売されていた<sup>[1]</sup>。前述のように、円板の半径  $r$  と中心距離が  $\sqrt{2}r$  の関係にあれば、立体がどのような位置になっても重心の高さ  $V$  は変わらない。したがって、もし摩擦や空気の抵抗がなければ、どこまでも転っていくことになる。

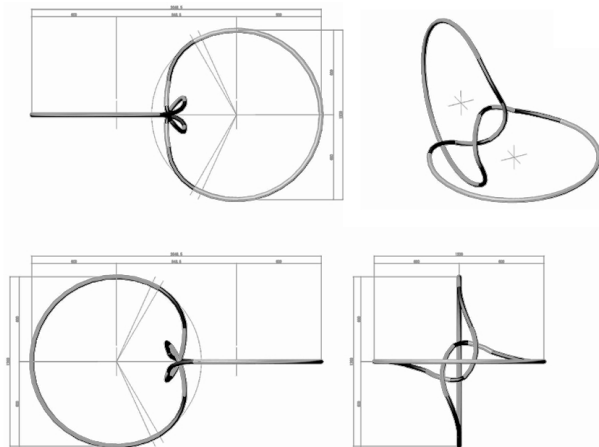


図4 「A study of tangible-∞」の制作図

前頁図1左でわかるように、円周上の接地点から接地点までの間は、転がりとは直接関係がない。そこで筆者は、転がりとは無関係な直交する空間の部分を一筆書きで結び、複雑な無限大記号「∞」のような形状の大型作品を、直径32mmのステンレススチールパイプを用いて制作した(図4)。

#### 3.2. 「Two Ellipse Roller」の構造

##### 3.2.1. 楕円形状の割り出し

文献<sup>[5]</sup>によれば、「Two-Circle-Roller」の軌跡ならびに構造解析において導きだされた特定の数式<sup>[6]</sup>に任意の数値を代入すると、自動的に「楕円の中心間距離」が割り出される。理論上はどのような扁平率の楕円でも、重心の上下移動が無くなめらかな回転が得られる。

そこで、長軸を一定にした25°、30°、35°、45°、60°の5種類の扁平率の楕円を組み合わせた模型をスチレンボードで作成し、作品に適した扁平率を決定するため、導き出されたおおよその中心距離とその転がり具合を検証した。

すると、

- 1) 組み合わせる楕円の扁平率が高くなるにしたがって(すなわち、一定の長軸に対して短軸を短くしていくと、当然のことであるが)、回転する速度が速まっていく。
- 2) 扁平率が高い楕円の組み合わせでは、地平面上を這うように、かつより直線的にころがり、左右に揺らぐ視覚的効果が薄れる。

以上の2点が確認できた。

反対に、扁平率を緩やかにしていくと、正円の場合の前作「A study of tangible-∞」と大差ない形状となり、造形的ヴァリエーションとしての顕著な変化が感じられなかった。

##### 3.2.2. 楕円形状と中心距離の決定

そこで筆者は、「扁平率55°の楕円」基本形態として採用した。これは、左右に揺らぐ視覚的効果がありながら、正円とは明らかに形状が異なって見えるという理由による。すでに制作した「A study of tangible-∞」との極端な大きさの違いが出ない数値で、楕円の長軸と短軸、ならびに中心間距離を検討した。

様々な数値を検討した結果、最終的に長軸1240mm・短軸1000mmの楕円を組み合わせることにした。すると、理論上は「楕円のかみ合わせ距離」が221.38mmとなる。この数値は、2200mmを超える全体の大きさから考えて、小数点以下を切り捨てた220mmで制作しても全く問題ない。

### 3.3. 「Two Ellipse Roller」の設計

#### 3.3.1. 弧成楕円の採用

「Two Ellipse Roller」を実際に制作するには、大掛かりなステンレスパイプの機械曲げ加工が必要になる。今回も前作までと同様、外部の工場に発注した。

発注するにあたっては、依頼する工場のCADおよびCAMシステムに適切な基本構造が必要である。この作品では正確な楕円形状が理想であるが、すべての位置で曲率の異なる楕円を曲げるには、かなりの労力と時間を要する。そこで今回は、作品のスケールが大きいことを勘案し、機械曲げ加工に適した円弧の接続による「弧成楕円」で制作することとした。

作図法は、図5のような任意の長軸と短軸を与えられた場合、2種類の半径で近似楕円を描く慣用的作図法を採用した。

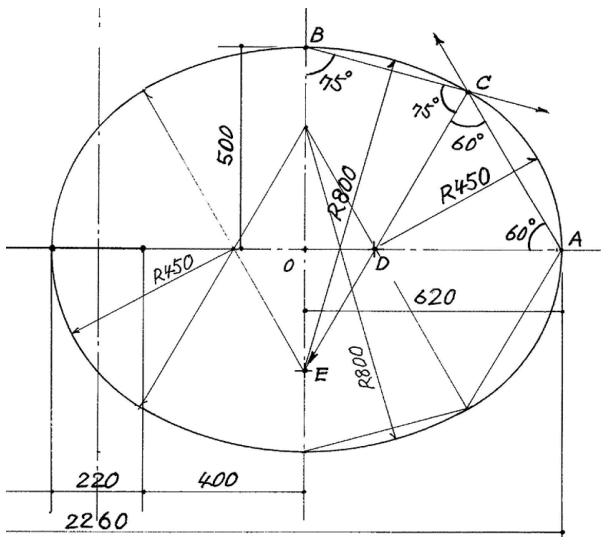


図5 弧成楕円による「Two Ellipse Roller」の元図

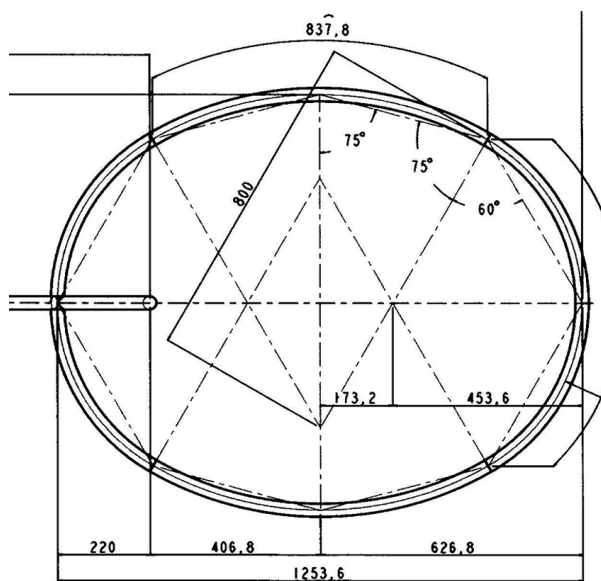


図6 CADによる「Two Ellipse Roller」の製図

#### 3.3.2. CADシステムによる製図

実際の機械曲げに必要な数値決定はCADに落とし込んで整理しなければならない。図5をもとにCADで清書しなおしたものが図6である。

CADの製図において基準としたのは、「短軸の長さ(500mm)」と「角度(75°・60°)」そして「大円弧の半径(800mm)」である。素材のステンレスパイプの直径は同じく32mmとした。

パイプの芯で計算すると、長軸の半径の長さは元図(図5)より6.8mm長くなり、小円弧の半径も3.6mm長くなった。いずれの差も全体の1%なので、転がりのスムーズさ(重心の上下動)にはほとんど影響ない。

楕円の組み合わせ間隔は、直交する2つの楕円の距離を決定するだけであり、元図のとおり長軸のかみ合った頂点同士の間隔を220mmとした。

#### 3.4. 完成した「Two Ellipse Roller」とその動き

図6に基づき制作した大型オブジェが図7である。ステンレス表面の処理は、前作までの完全な磨き上げ(鏡面)と異なり、微妙に変化する陰影のやわらかさを考慮してヘアライン仕上げとした。楕円の接合部分はシンプルに直線にしてある。扁平した楕円が直交し、直線により結合されている状態がよくわかる。

このオブジェを転がして、1/8回転ごとに正面から撮影した連続写真が次頁の図8である。写真①から⑨までで同じ位置に戻っている。「Two-Circle-Roller」に見られる左右の揺れは幾分弱く、より滑らかに地平面上を転がるのが見て取れる。

文献<sup>[5]</sup>によると、同じ偏平率の楕円を長軸と短軸で直交させても滑らかに転がる可能性が指摘されている。今後の研究課題であろう。



図7 完成した「Two Ellipse Roller」

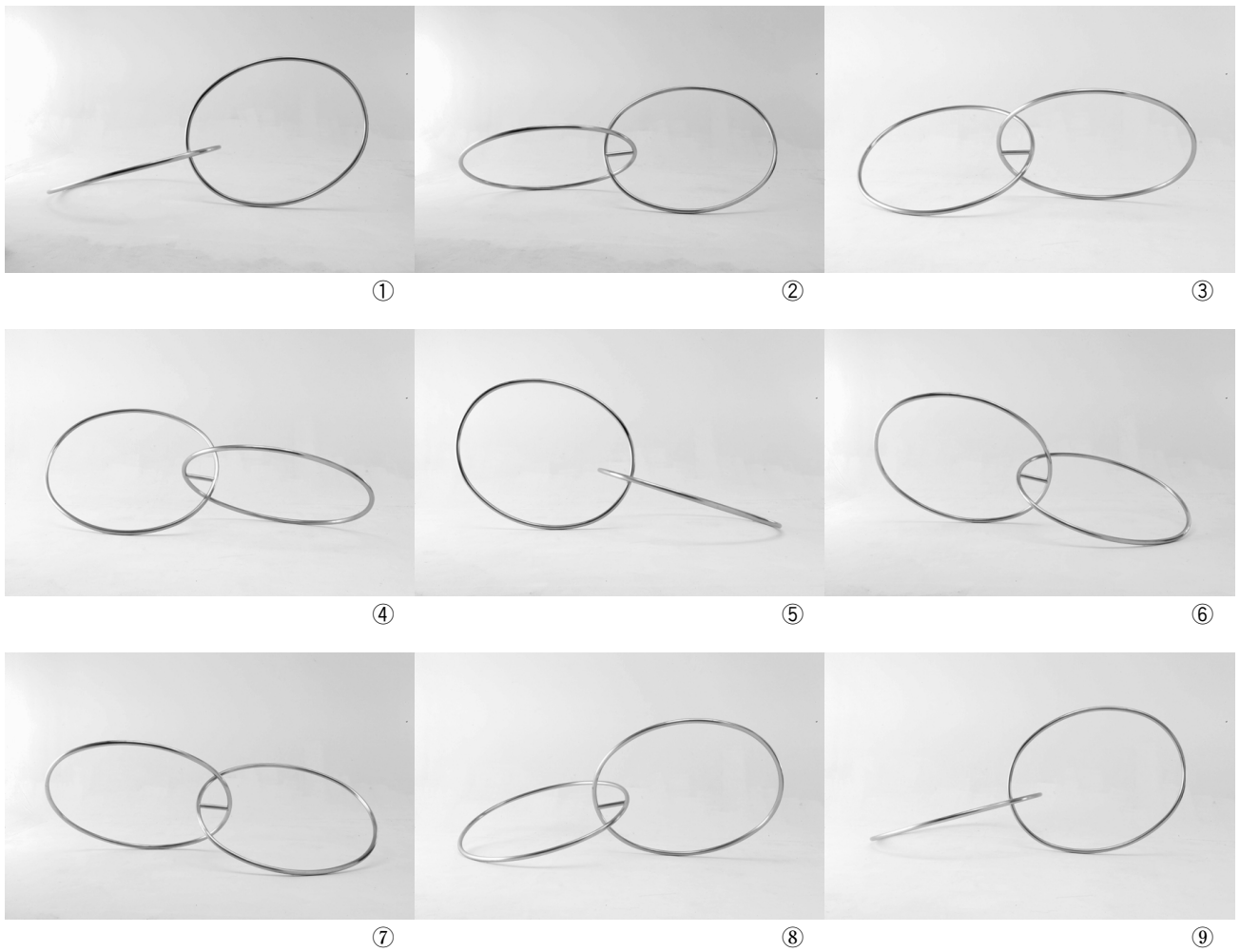


図8 「Two Ellipse Roller」の動き (①~⑨)

#### 4. 「A study of tangible-K」の開発

##### 4.1. 「Sphericon」と「A study of tangible-G」

「Sphericon」は、正方形の対角線を軸にした回転体、すなわち頂角 $90^\circ$ の直円錐2つを上下に底面で合わせた形態(図9左)を、軸を含む平面で2等分し、 $90^\circ$ 回転させた構造である(図9右)。もっともシンプルな構造としては、半円2枚を図2のように中心で直交させたものとしてとらえることもできる。

「Two-Circle-Roller」と同様に、立体がどのような位置になっても重心の高さVは変わらない。したがっ

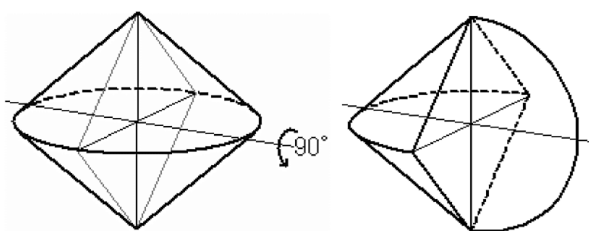


図9 円錐による「Sphericon」

て、もし摩擦や空気の抵抗がなければ、どこまでも転っていくことになる。

大型作品「-G」(図3右)では、ステンレススチールパイプの強度を生かし、半円2つが1/4の円弧で直交するように一筆描きで繋いだ(図10)。作品「-∞」と同様直径は1200mmである。

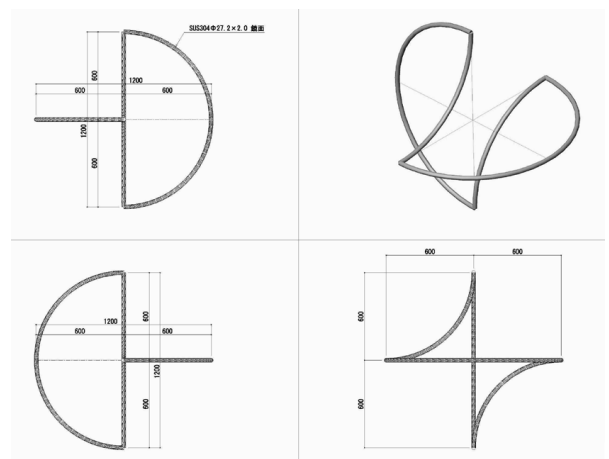


図10 「A study of tangible-G」制作図

## 4.2. 「A study of tangible-K」の構造

### 4.2.1. “仮想接地線”による「Sphericon」

図9右の構造において、接地線が対向する回転の支点から支点に至る場合、円錐の側面上での位置においても重心の移動はない。たとえば、図11のように上下2つの円錐上に接地線を分離させても重心の上下動は生じない。配慮しなければならないポイントは、回転中にその接地している位置が重心の真下の位置を越えないことである。

新たな作品では、基本構造の半円の“仮想接地線(A)”から上下30°の角度で円錐側面を通る2本の楕円弧を実際の接地線(B)とした。

図でわかるように、頂角90°の円錐を底面角30°(C)の平面で切断すると、ちょうど45°の楕円(D)となる。そこで、この作品における実際の接地線は、45°の楕円の部分弧を4本部材として用いた。これらを組み上げた全体の形状は、“橈形”に切ったレモンを、重心を通る軸(E)で直角に組み合わせたようなフォルムになる(図13右上)。

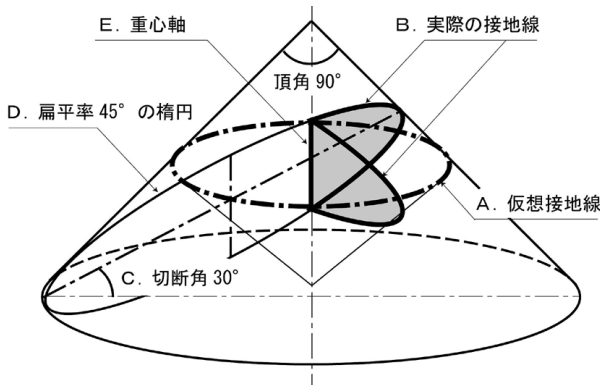


図11 仮想接地線 見取り図

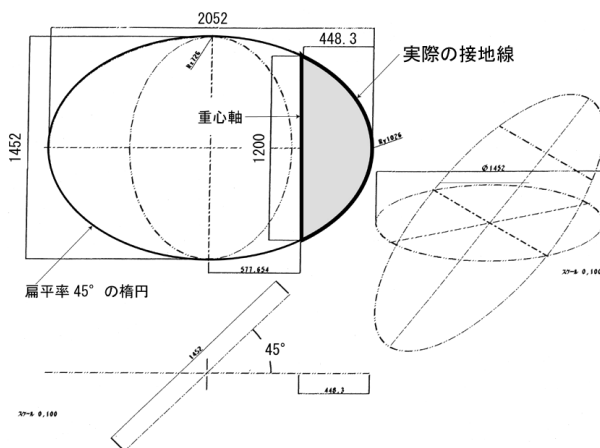


図12 実際の接地線

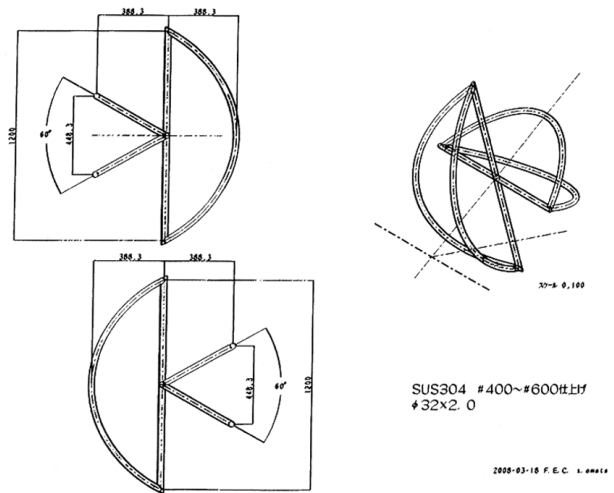


図13 CADによる「A study of tangible-K」の製図

### 4.2.2. 接地線の楕円形状と重心軸からの距離

CAD上で、図12のように円柱を45°の傾斜平面で切断した楕円を想定し、そこから作品全体のスケールと重心軸の長さ、ならびに楕円弧と重心軸までの距離を割り出した。

重心軸の長さを、これまでのステンレス作品の基本寸法1200mmに設定すると、長軸径2052mm (1026×2)、ならびに短軸径1452mm (726×2)が得られる。そこで、重心軸から楕円弧の長軸端までの距離は、448.3mmとなった。

### 4.2.3. CADシステムによる製図

「A study of tangible-K」を制作するにあたっては、やはりステンレスパイプの大規模な曲げ加工が必要になる。実際の機械曲げに必要な数値決定はCADに落とし込んで整理しなければならない。そこで、依頼する工場のCADおよびCAMシステムを用いて描き出した図が図13である。

CADの製図において基準としたのは、直交する「重心軸の長さ(1200mm)」と「2組の楕円部材が構成する角度(60°)」そして「重心軸と楕円部材との直線距離(388.3mm)」である。パイプの直径は今までの作品同様32mmとした。

パイプの芯で計算すると、「重心軸の長さ」と「楕円部材4本の太さ」は滑らかに転がる理論上の値よりわずかに大きくなる。しかしながら、スケールを勘案した相対的な比で考えると理想的な構造との差は問題にならず、転がりのスムーズさ(重心の上下動)にはまったく影響がない。



### 4.3. 完成した「A study of tangible-K」とその動き

図13に基づき制作した大型オブジェが図14である。ステンレスの表面処理は、「Two Ellipse Roller」のヘアライン処理とは異なり、周囲の環境の映りこみと反射される光の効果を考慮して完全な鏡面仕上げとした。

2本の楕円弧両端部分は斜めにカットし、“櫛型”の形状に組み合わせたうえで互いの重心軸で直交させるようにした。4本の楕円曲線が、これまでにはない彫刻的ボリューム感を生み出し、シンプルにクロスした直線と好対照を見せる作品である。

このオブジェを転がして、およそ1/4回転ごとに側面から撮影した連続写真が図15である。写真②から⑧までで約1/4回転している。このオブジェを転がしてみると、先行研究による「Gとの邂逅」や「A study of tangible-G」と同様、地平面上を千鳥足を描くように左右に迂回しながら滑らかに転がっていく。

この動きを詳細に見ると、ひと続きの曲線による前作「G」(図3右)に比べ、2重構造になった曲線が前後



図14 完成した「A study of tangible-K」

で複雑に絡み合い、より造形的な面白みにあふれる作品となっている。またこの作品は、2重の楕円弧部分を床に置いて手で揺らすと、「ゆりかご」や「ロッキングチェア」のような動きも見せてくれる。

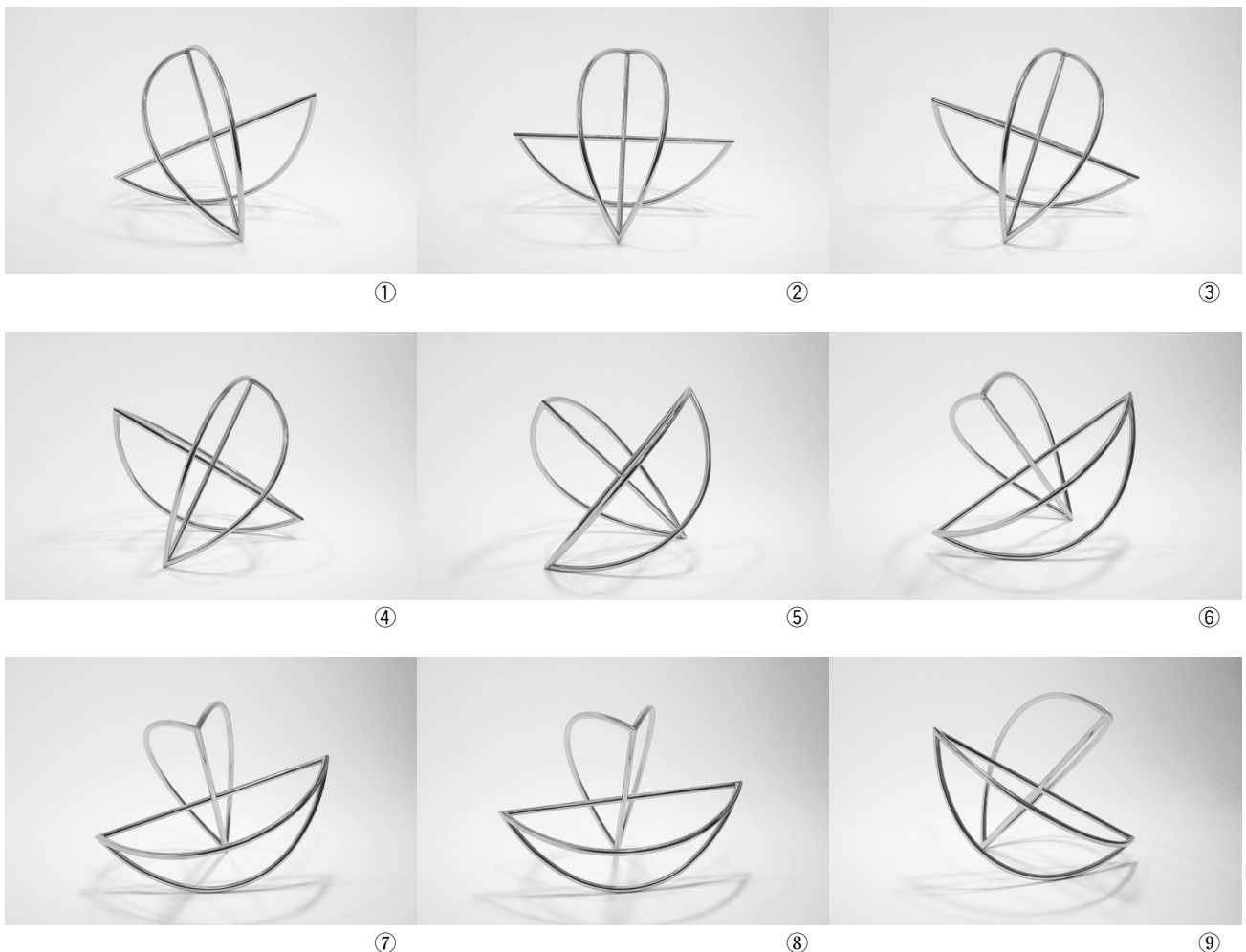


図15 「A study of tangible-K」の動き (①～⑨)

## 5. 結論

本研究において、等高重心立体に関する次の2点が実制作を通して証明された。

- 1) 「Oloid」ならびに「Two-Circle-Roller」の構造は、「正円」の替りに「楕円」を用いても成り立つ。(作品「Two Ellipse Roller」において、偏平率55°の弧成楕円を用いて制作し、滑らかに転がることが確認できた。)
- 2) 「Sphericon」の構造は、“仮想接地線”を想定すれば「部分楕円弧」を用いても成り立つ。(作品「A study of tangible-K」において、45°の偏平率を持つ楕円弧4本を用いて制作し、滑らかに転がることが確認できた。)

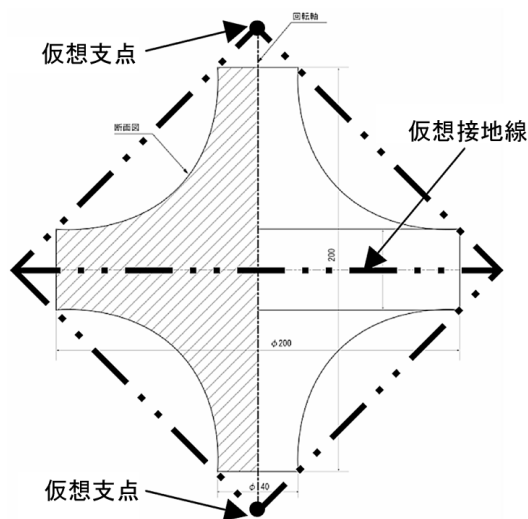


図16 仮想接地線と仮想支点

## 6. おわりに

これまで述べてきたように、既知の「等高重心立体」においても、基本とする形態の置換によってさまざまな作品を考案できることが明らかになった。

課題としてまだ詳細に検証してはいないが、たとえば結論1)について、同じ偏平率の楕円を長軸と短軸で直交させても滑らかに転がる可能性が示されている<sup>[5]</sup>。

また最近の研究では、結論2)における回転の支点も“仮想支点”にできることが判明し(図16)、「Sphericon」の構造を作り出すひねりの操作も組み込んだ試作モデルを完成させている(図17)<sup>[8]</sup>。

今後もこれらの知見をもとに、新たな構造によるヴァリエーションの可能性を探求し、一連の“回転するオブジェ”を開発していくとともに、さらなる大型化も試みていくつもりである。

### 参考文献・URL ならびに注

- [1] A. T. Stewart, “Two-Circle-Roller”, American Journal of Physics, Vol. 34 (1966), 166.
- [2] URL [http://www1.tten.ne.jp/~a-nishi/g\\_toy.html](http://www1.tten.ne.jp/~a-nishi/g_toy.html)
- [3] 村松俊夫, “平面上を回転する立体造形”, 図学研究 (1992.12), 15-20.
- [4] 村松俊夫, “等高重心立体の構造を用いた動く造形”, 図学研究 (2006.12), 11-16.
- [5] 斉藤基彦, “おもちゃの科学—2円ローラーの軌跡”, バリテイ, 丸善, (2005.2), 60-63.
- [6] 用いる楕円の2つの半径を  $a$ ,  $b$  としたとき, 中心間の距離を  $2\Delta = 2\sqrt{a^2 - (b^2)}$  となるように  $a$  軸方向にかみ合わせると, 重心の高さはつねに一定で  $h = b/\sqrt{2}$  となる。

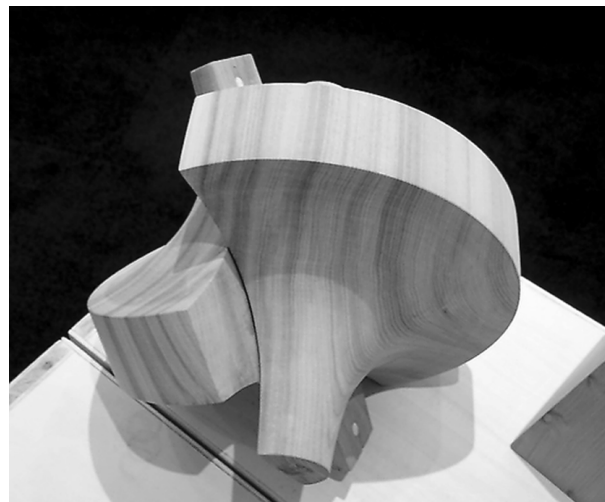


図17 仮想支点による「Sphericon」の試作

- [7] 村松俊夫, “「Two Circle Roller」の構造を用いた動く立体造形のヴァリエーション”, 2007年度日本図学会(東京)大会学術論文集 (2007.5), 37-40.
- [8] 村松俊夫, “「Sphericon」の構造を用いた動く立体造形のヴァリエーション”, 2008年度日本図学会本部例会(東京)学術論文集 (2008.11), 53-56.

●2009年2月23日受付

むらまつ としお

山梨大学教育人間科学部生涯学習講座 教授  
 専門領域：図学教育・デザイン教育・立体造形・構成  
 1982年 東京芸術大学大学院美術研究科修了  
 連絡先：m-toshi@yamanashi.ac.jp

# 世界座標平面と画像座標平面の射影関係を用いた 複数カメラの外部パラメータ校正

Projections among the World-coordinate Plane and Image Planes and the Calibration of Extrinsic Parameters of Multi-camera System

渡辺 崇 Takashi WATANABE

江間 珠恵 Tamae EMA

## 概要

本研究では、観測空間の1平面上を移動する物体を、複数のカメラが同時に追跡することにより、各カメラの位置、姿勢を表す外部パラメータを実時間で動的に校正する方法を示す。この手法は、ステレオ視や、広領域を効率的に観測するためのビジョンシステムなどで有用となる。前提として、世界座標系に対して、1台のカメラの位置、姿勢は校正済みであるとし、また、各カメラの内部パラメータは既知とする。2つのアプローチを導入した。1つは、カメラの画像平面間の直接的な投影関係を利用して、外部パラメータを推定する。他では、物理平面上の実対象物体の位置を介し、2台のカメラ画像平面への射影を関連付けて、推定する。これらの2つの方法による結果と、市松模様の校正板を用いる従来の方法による校正結果と比較し、導入手法の有用性を調べた。

キーワード：画像処理／複数台カメラ／校正／ホモグラフィ

## Abstract

In this paper, we present a method which uses the trajectories of an object moving on a physical plane and simultaneously calibrates multiple cameras. This method can be useful for stereo visions and an intelligent multi-camera monitoring system. It is assumed that the extrinsic parameters of one camera are calibrated and the intrinsic parameters of each camera are known. Two approaches are introduced. One uses the projection among the image coordinates of the cameras, and the other handles the relation among cameras' image coordinates and the world coordinate. The results obtained by these two approaches are compared with the result presented by the standard method and their utility is examined.

**Keywords :** Image Processing / Multiple Cameras / Calibration / Homography

## 1. 緒言

広い領域の効率的な監視や、立体的な動作対象物体の形状認識などにおいて、複数台のカメラにより協調的に環境を撮影する機能が求められている<sup>[1]</sup>。このとき、カメラ画像から実空間を認識する際に、通常、内部パラメータと外部パラメータが求められる。近年、このカメラパラメータを決定することなく環境監視を行う方法<sup>[2]</sup>も提案されているが、正確、かつ、汎用的なカメラの利用を考えると、カメラパラメータの校正が必要である。

カメラパラメータのうち、内部パラメータは、カメラの焦点距離、レンズ歪に依存した、カメラ固有のものである。また、外部パラメータは、世界座標系（標準座標系）に対する、カメラの位置と姿勢を示すものである。前者は、カメラの光学的性質を変更しない限り、経常的に大きく変化するものではないのに対し、後者は、カメラの配置を変更するたびに、改めて決定する必要がある。いくつかの校正法では、形状が既知の物体を観測することで、パラメータを求める。例えば、Zhangらが提案した静的カメラ校正法<sup>[3]</sup>は、市松模様の校正板を観測することにより、カメラの位置、姿勢、内部パラメータを、精度よく推定する方法である。しかし、その校正作業においては、世界座標系における点と、観測された画像座標上での点を対応付ける、点对応の作業などが必要となる。複数台のカメラを用いる場合、この作業を各カメラで繰り返すことになる。また、複数のカメラの位置、姿勢を決定するためには、各カメラで観測される3次元空間中の点は、1つの共通した世界座標系で表されていなければならないという制約がある。

このような作業や制約を考慮して、本研究では、複数台のカメラ間での位置、姿勢関係を推定するための、2つの手法を導入する。1つは、2台のカメラの画像座標系を対応付ける Homography 行列<sup>[4]</sup>に基づき校正を行う手法である。以後、これを手法 A と呼ぶことにする。もう1つは、世界座標系の2次元平面とカメラ画像座標系との Homography 行列を介して、2台のカメラ画像

座標系の関係を決定し、校正を行うものであり、これを手法 B と呼ぶことにする。両手法において、世界座標系の 2 次元平面上を移動する物体を、各カメラで同時刻に動的に撮影することで、点对応の作業をなくす。また、1 台のカメラが、少なくとも他のもう 1 台のカメラと共通の撮影領域を持ち、その領域で移動物体を観測することができれば、校正が可能である。このため、観測点を世界座標系で表現するという制約が排除できる。以後、導入した手法の基本的考え方と、その手法による校正を、従来の方法による校正を比較した結果について述べる。

## 2. システム構成

### 2.1. ハードウェア構成

利用したカメラは、キヤノン株の VC-C4 である。このカメラの、パン・チルト・ズーム機能は固定して、校正を行う。各カメラに Linux ベースのパソコンを設け、映像信号を取得する。画像取得時のカメラの同期処理や、画像データの共有を行うために、パソコンを、ネットワークを介して接続する。1 台のパソコンは、システムの統括機能を持ち、画像取得の開始、終了や、各カメラの画像を用いた校正処理を行う。

### 2.2. 前提

校正を行う上での前提として、以下の条件を導入する。

1. 各カメラの内部パラメータは既知とする。
2. 基準となるカメラを 1 台設定し、その外部パラメータは既知とする。このカメラを基準カメラとする。
3. 各カメラは、少なくとも、他の 1 台のカメラと、重複する撮影領域を持つ。
4. 各カメラで観測する対象は、世界座標系の一定の平面上を移動する物体とする。

各カメラの内部パラメータおよび、基準カメラの外部パラメータは、Zhang の静的校正手法を用いて校正した。

### 2.3. 手順

本手法によるカメラの校正を行う手順の概要は、以下に示すとおりである。

1. 各カメラで、同時刻に画像を取得し、画像内での移動物体を抽出する。移動物体抽出には、背景差分法を用いる。
2. 各カメラで同時刻に抽出された移動物体の中心座標の組を点对応とし、時系列データとしての複数の点对応から、平面射影の Homography 行列を推定する。

3. 推定した Homography 行列を分解し、基準カメラに対する校正対象カメラの位置、姿勢を推定する。

## 3. カメラモデル

### 3.1. 内部パラメータと外部パラメータ

ピンホールカメラを仮定した場合、3 次元カメラ座標系における点  $[x, y, z]^T$  は、撮像素子上の 2 次元画像座標系における点  $[u, v]^T$  に次のように射影される。

$$\begin{aligned} u &= k_x f \frac{x}{z} + C_x, \\ v &= k_y f \frac{y}{z} + C_y \end{aligned} \quad (1)$$

ここで、 $k_x, k_y$  は、 $x, y$  軸の mm 単位系を、 $u, v$  軸のピクセル単位系に変換するスケールファクタ、 $f$  は焦点距離、 $C_x, C_y$  は、光学中心を投影した画像座標である。

カメラ座標系、画像座標系に対して、斉次座標  $\tilde{x}, \tilde{m}$  を導入し、次式のように定式化する。

$$\lambda \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} k_x f & 0 & C_x & 0 \\ 0 & k_y f & C_y & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (2)$$

$$\lambda \tilde{m} = A \tilde{x} \quad (3)$$

ここで、 $\lambda$  は定数倍の不定性を考慮したスケールファクタであり、 $A$  は内部パラメータ行列である。

外部パラメータは、世界座標系とカメラ座標系の射影関係を表し、世界座標系上の点  $\tilde{X}$  は、カメラ座標系上の点  $\tilde{x}$  へ、次のように射影される。

$$\tilde{x} = D \tilde{X}, \quad D = \begin{bmatrix} R & T \\ 0_3^T & 1 \end{bmatrix} \quad (4)$$

ここで、 $R$  は、カメラ座標系に対する世界座標系 3 軸の回転行列、 $T$  は、カメラ座標系における世界座標系原点への並進ベクトルであり、行列  $D$  は、外部パラメータ行列である。

### 3.2. 世界座標系と画像座標系

世界座標系上の点  $\tilde{X}$  を、画像座標系上の点  $\tilde{m}$  に射影する関係は、式(3)と式(4)より得られる。

$$\lambda \tilde{m} = A D \tilde{X} \quad (5)$$

さて、一般性を失わない範囲で、世界座標系における平面として、 $z=0$  を考える。すると、 $\tilde{X}$  の画像座標に射影(5)は、次式となる。

$$\lambda \tilde{m} = A \begin{bmatrix} [r_1 & r_2 & r_3] & T \\ 0_3^T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 0 \\ 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

ここで、回転行列  $R$  を、3本の列ベクトルを用いて、 $R = [r_1, r_2, r_3]$  と表した。式(6)は、次のように簡単化できる。

$$\lambda \tilde{m} = A \begin{bmatrix} [r_1 & r_2] & T \\ 0_2^T & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

さらに、内部パラメータ行列  $A$  の第4列が全て0であることより、次式を得る。

$$\begin{aligned} \lambda \tilde{m} &= A \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & T \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} \\ &= A_{3 \times 3} [r_1 \ r_2 \ T] \begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix}, \end{aligned} \quad (8)$$

ここで、

$$A_{3 \times 3} = \begin{bmatrix} k_{yf} & 0 & C_x \\ 0 & k_{yf} & C_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (9)$$

である。これより、画像座標系上の点  $\tilde{m}$  は、世界座標系において  $z=0$  となる平面上の点へ、次の式によって射影される。

$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ 1 \end{bmatrix} = \lambda (A_{3 \times 3} [r_1 \ r_2 \ T])^{-1} \tilde{m} \quad (10)$$

## 4. 画像平面間の射影関係に基づく構成

### 4.1. Homography 行列の推定

本章では、手法Aについて述べる。カメラ  $i$  とカメラ  $j$  の、2台のカメラを考える。カメラ  $i$  のカメラ座標系を世界座標系として、その1点を  $\tilde{x}_i$  と表す。また、カメラ  $j$  のカメラ座標系で  $\tilde{x}_i$  を射影した点を、 $\tilde{x}_j$  とする。すると、式(4)より、次式を得る。

$$\tilde{x}_j = D \tilde{x}_i \quad (11)$$

各カメラでの画像座標系への射影を  $\tilde{m}_i$ 、 $\tilde{m}_j$  とすると、式(3)より、

$$\lambda \tilde{m}_j = A_j D \bar{A}_i \tilde{m}_i \quad (12)$$

となる。ここで、 $A_i$  は、カメラ  $i$  の内部パラメータであり、 $\bar{A}_i$  は、その一般化逆行列<sup>[5]</sup>である。

カメラ  $i$  の画像平面の法線ベクトルを  $\tilde{n}$  とすると、そのカメラの画像平面と  $\tilde{x}_i$  の距離  $g$  は、

$$g = \tilde{n}^T \tilde{x}_i \quad (13)$$

である。式(11)、式(12)より、2台のカメラ画像座標平面の

射影関係を表す Homography 行列  $H$  が、

$$\begin{aligned} \lambda \tilde{m}_j &= H \tilde{m}_i, \\ H &= A_j D \bar{A}_i, \\ D &= \begin{bmatrix} R + \frac{T n^T}{g} & 0_3 \\ 0_3^T & 1 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (14)$$

と得られる<sup>[4]</sup>。

1点  $\tilde{x}_i$  に対して、2次元画像座標の対応で表される式(14)は、2本に式を与える。一方、射影における定数倍の不定性を考慮すると、行列  $H$  の自由度は8である。このため、4点の点对応により、行列  $H$  の各要素の値を与える線形方程式が得られる。実際には、多数の点对応からの最尤推定により、各要素の値を決定する。

### 4.2. カメラ間の位置・姿勢の決定

カメラの内部パラメータ行列を既知とすると、行列  $H$  を分解することにより、カメラ間の位置、姿勢、平面の法線ベクトルをそれぞれ推定することができる<sup>[6]</sup>。しかし、4.1節で、カメラ  $i$  に設定した法線ベクトルの正負の方向により、分解した際に2組の解が得られる。これらの解から、妥当な一意の解を定めるために、3台目のカメラを導入する。そして、カメラ  $i$  とカメラ  $j$  の結果、および、カメラ  $i$  と3台目のカメラの結果で、一致した法線ベクトルを、妥当な解を与える法線ベクトルとして決定する。

Homography 行列  $H$  は定数倍の不定性を持つため、行列  $H$  を分解して得られるカメラ間の位置を示す並進ベクトル  $T$  のスケールは不定である。この不定性を除去するために、2.2節で述べた前提に従い、世界座標系に対する位置、姿勢が既知の、基準カメラを利用する。

図1において、基準カメラ  $i$  のカメラ座標系における、世界座標系の原点  $O$  への並進ベクトルが、 $T_{iO_i}$  であるとする。基準カメラ  $i$  の画像座標から、カメラ  $j$  の画像座標への射影を表す Homography 行列  $H_{i,j}$  が決定され、カメラ  $j$  のカメラ座標系からみた、カメラ  $j$  のカメラ座標系からカメラ  $i$  のカメラ座標系への回転行列

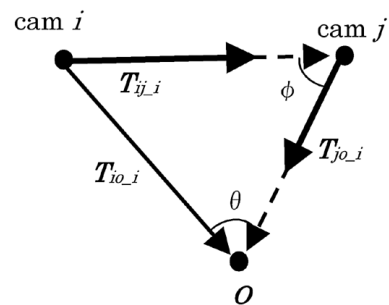


図1 基準カメラによる位置の不定性の除去

$R_{i,j}$ , 齊次座標系並進ベクトル $\tilde{T}_{j,i}$ が推定されたとしよう. すると, 基準カメラ*i*のカメラ座標系からみた, カメラ*i*からカメラ*j*に対する位置ベクトルは, 次式で与えられる.

$$\tilde{T}_{j,i} = -R' \tilde{T}_{i,j}, \quad R' = \begin{bmatrix} R_{i,j}^T & 0_3 \\ 0_3^T & 1 \end{bmatrix} \quad (15)$$

一方, カメラ*i*から見た世界座標の原点の画像座標を $\tilde{m}_{o,i}$ , Homography 行列 $H_{i,j}$ を用いて, カメラ*j*で見た世界座標系の原点 $\tilde{m}_{o,j}$ は次のように求められる.

$$\lambda \tilde{m}_{o,j} = H_{i,j} \tilde{m}_{o,i} \quad (16)$$

カメラ*j*の内部パラメータ行列を $A_j$ とすると, カメラ*j*座標系での世界座標の原点へのベクトル $\tilde{T}_{j0,j}$ は,

$$\lambda \tilde{T}_{j0,j} = \tilde{A}_j \tilde{m}_{o,i} \quad (17)$$

となる. さらに,  $R'$ により,  $\tilde{T}_{j0,i}$ は, カメラ*i*座標系へ射影される.

$$\tilde{T}_{j0,i} = R' \tilde{T}_{j0,j} \quad (18)$$

$T_{i0,i}$ ,  $\tilde{T}_{i,j}$ ,  $\tilde{T}_{j0,i}$ の3ベクトルの方向から, 図1中の角度 $\theta$ ,  $\phi$ が決定できる. すると, 正弦定理に基づき,  $\tilde{T}_{i,j}$ のスケールは,

$$\|\tilde{T}_{i,j}\| = \|\tilde{T}_{j0,i}\| \frac{\sin \theta}{\sin \phi} \quad (19)$$

となり, カメラ*j*の並進ベクトルが決定できる.

ある基準カメラを用いて, 並進ベクトルの不定性を解消したカメラは, 新たな基準カメラとして, 他の不定性を持つカメラの校正に利用することができる.

## 5. 世界座標平面と画像平面の射影関係に基づく校正

### 5.1. Homography 行列の推定

本章では, 手法Bについて述べる. 2台のカメラ, カメラ*i*とカメラ*j*が, 世界座標の同一平面上の同一点を観測するとする. 世界座標系の平面 $z=0$ 上の座標点を $\tilde{P} = [X, Y, 1]^T$ とし, この点を, カメラ*i*, *j*で観測した画像座標上で点 $\tilde{m}_i$ ,  $\tilde{m}_j$ と表す. 各カメラの内部パラメータは校正済みとする. また, カメラ*i*は基準カメラとして, 世界座標系に対する位置, 姿勢およびスケールファクタ $\lambda_i$ は既知とする.

基準カメラ*i*の画像座標上で観測した点 $\tilde{m}_i$ から, 式(10)により, 平面 $z=0$ 上の点 $\tilde{P}$ が取得できる.

$$\tilde{P} = \lambda_i (A_{3 \times 3} [r_{1,i} \ r_{2,i} \ r_{3,i}])^{-1} \tilde{m}_i \quad (20)$$

カメラ*j*については, 点 $\tilde{P}$ は点 $\tilde{m}_j$ として観測され, この2点は, 式(8)により, 次式で関連付けられる.

$$\lambda_j \tilde{m}_j = H_j \tilde{P} \quad (21)$$

ここで,

$$H_j = A_{3 \times 3,j} [r_{1,j} \ r_{2,j} \ T_j] \quad (22)$$

は, 世界座標の平面 $z=0$ とカメラ*j*の画像座標の間の Homography 行列である. 行列 $H_j$ , および, スケールファクタ $\lambda_j$ で正規化した Homography 行列 $H_j / \lambda_j$ の自由度は8であり, 4点以上の $\tilde{P}$ と $\tilde{m}_j$ の点对応により, 行列 $H_j / \lambda_j$ の各要素を, 最尤推定により決定する.

### 5.2. カメラ間の位置・姿勢の決定

前節の Homography 行列 $H_j / \lambda_j$ を分解することで, カメラ*j*の回転行列 $R_j$ , 並進ベクトル $T_j$ の推定を行う. 行列 $H_j / \lambda_j$ を, 列ベクトルを成分として表しなおす.

$$\begin{aligned} H_j / \lambda_j &= [h_{1,j} \ h_{2,j} \ h_{3,j}] \\ &= \lambda_j^{-1} A_{3 \times 3,j} [r_{1,j} \ r_{2,j} \ T_j] \end{aligned} \quad (21)$$

これを,  $r_{1,j}$ ,  $r_{2,j}$ ,  $t_j$ について解くと次式が得られる.

$$\begin{aligned} r_{1,j} &= \lambda_j A_{3 \times 3,j}^{-1} h_{1,j}, \\ r_{2,j} &= \lambda_j A_{3 \times 3,j}^{-1} h_{2,j}, \\ t_j &= \lambda_j A_{3 \times 3,j}^{-1} h_{3,j} \end{aligned} \quad (22)$$

回転行列の成分 $r_{1,j}$ ,  $r_{2,j}$ は単位ベクトルであるため, 式(5.6)を満たす $\lambda_j$ は, 次式で唯一に決定される.

$$\lambda_j = \frac{1}{|A_{3 \times 3,j}^{-1} h_{1,j}|} = \frac{1}{|A_{3 \times 3,j}^{-1} h_{2,j}|} \quad (23)$$

回転行列の各列ベクトルは, 互いに直交することから, 第3列ベクトル $r_{3,j}$ は,

$$r_{3,j} = r_{1,j} \times r_{2,j} \quad (24)$$

により与えられる.

## 6. はずれ値除去のパラメータ決定

カメラで対象を撮影する動画像処理においては, 背景の変化やノイズなどが生じる. これらは, 点对応における, はずれ値をもたらし, Homography 行列の推定結果を劣化させる原因となる. このため, はずれ値除去の方法として, ロバスト推定の1つである, LMedS (Least Median of Squares) 法<sup>[7]</sup>を用いる.

カメラ間で取得した $n$ 個の点对応から $q$ 個を選び,

最尤推定により Homography 行列を推定し、この推定された行列を用いて、式(4)、式(21)の自乗残差の、 $q$  個の点対応に対する Median 値を求める。この過程を  $k$  回繰り返し、最も小さい Median 値を与える Homography 行列、 $H$  を得る。そして、 $n$  個の点対応から、行列  $H$  を用いた射影の誤差が、正規分布に入る範囲の点対応<sup>[7]</sup>を選び、この選ばれた点対応を用いて、最終的な Homography 行列を最尤推定する。

本研究では、予備的な実験を行い、点対応の個数  $n$  を400、選択点数  $q$  を12、繰り返し回数  $k$  を2000と決定した。

## 7. 校正結果

本手法を評価するために、手法Aと手法B、そして Zhang らの静的校正手法の、3手法によりカメラ校正を行う。手法Aでは、カメラ cam 0 を基準カメラとして、他の2台のカメラ cam 1, cam 2 のパラメータの推定を行う。手法Bでは、カメラ cam 0 を基準カメラとして、連鎖的に、未校正カメラを校正する。つまり、共通の撮影領域を持つ、基準カメラ cam  $k-1$  と未校正カメラ cam  $k$  の点対応から、カメラ cam  $k$  のパラメータを推定する。Zhang の手法は、カメラ1台ごとに、実空間上の点と対応した画像座標上の点を、手で指定しカメラの校正を行う。

手法Aと手法Bの結果を評価する方法として、Zhang の校正手法を基準とした比較評価を行う。式(4)で導入した回転行列、並進ベクトルにおいて、Zhang の校正手法によって推定したものを、 $R_{Zh}$ 、 $T_{Zh}$  とする。また、手法A、Bによって推定した回転行列を  $R$ 、並進ベクトルを  $T$  とする。位置の校正については、図2の左に示すように、2ベクトル間のベクトルの差の絶対値を、Zhang の校正結果で正規化した、

$$d = \frac{|T_{Zh} - T|}{|T_{Zh}|} \quad (25)$$

を評価尺度とする。姿勢に関しては、まず、光学中心からの光軸上への単位ベクトル  $\tilde{v}_u$  を、各回転行列で回転させる。

$$\tilde{v}_u = [0 \ 0 \ 1 \ 1]^T, \quad \tilde{u}_{Zh} = \begin{bmatrix} R_{Zh} & 0_3 \\ 0_3^T & 1 \end{bmatrix} \tilde{v}_u, \quad \tilde{u} = \begin{bmatrix} R & 0_3 \\ 0_3^T & 1 \end{bmatrix} \tilde{v}_u \quad (26)$$

そして、図2の右に示すように、各回転行列で回転させた後の単位ベクトルである、 $\tilde{u}_{Zh}$  と  $\tilde{u}$  のなす角

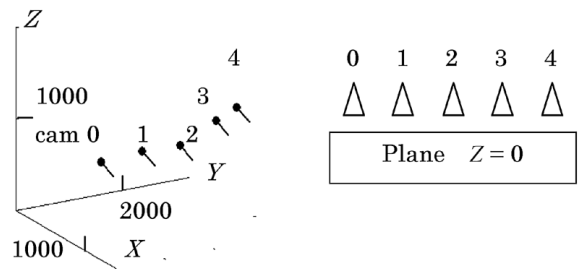
$$\theta = \cos^{-1}(\tilde{u}_{Zh}, \tilde{u}) \quad (27)$$

を、回転行列に対する評価尺度とする。

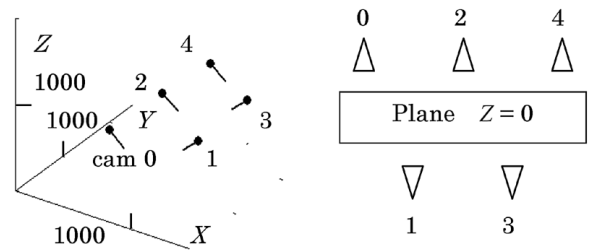
実験は、実験室の床平面を  $Z = 0$  とした世界座標系で行う。図3に、本論文で述べる校正結果における、3種類のカメラ配置を示す。各カメラ配置図において、左図が世界座標系における3次元配置であり、黒丸がカメラの光学中心、実線が光軸方向を示し、座標の単位は mm である。また、右図は、 $(X, Y)$  平面に投影した配置を示す。



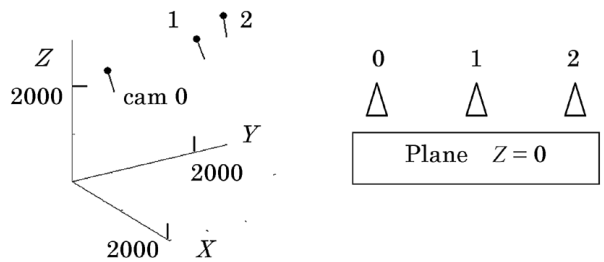
図2 基準カメラによる位置の不定性の除去  
左：位置の誤差評価，右：姿勢の誤差評価



カメラ配置 1



カメラ配置 2



カメラ配置 3

図3 実験で用いたカメラ配置

カメラ配置1では、5台のカメラを、ほぼ1列に、横並びに設置する。隣接するカメラ間では、平面 $Z=0$ の撮影領域に、およそ50%の重複領域がある。カメラ配置2は、3台のカメラと2台のカメラが向かい合う形態であり、撮影領域の重複率は50%程度である。カメラ配置3では、重複率をおよそ20%として、3台カメラを1列に並べる。

平面 $Z=0$ 上を移動する物体としては、手で動かしたレーザポイントの照射点の時系列位置を用いる。

表1から表3に、それぞれ、カメラ配置1, 2, 3における評価尺度を示す。これらは、5回の実験を行った結果の平均である。

各カメラ配置における校正とともに、手法Bによる推定は、手法Aによる推定よりも、良い結果を与えている。位置の校正については、その評価尺度 $d$ の値が、手法Bでは、手法Aに比べて、1から2オーダーほど小さい。

表1 カメラ配置1における評価

手法A

	$d$	$\theta$ [rad]
cam 1	3.43E-01	1.87E-01
cam 2	3.28E-01	5.07E-01

手法B

	$d$	$\theta$ [rad]
cam 1	2.75E-03	2.77E-03
cam 2	6.08E-02	4.56E-02
cam 3	6.23E-02	5.42E-02
cam 4	8.02E-02	6.91E-02

表2 カメラ配置2における評価

手法A

	$d$	$\theta$ [rad]
cam 1	2.41E-01	2.87E-02
cam 2	7.77E-01	6.89E-02

手法B

	$d$	$\theta$ [rad]
cam 1	3.14E-03	3.11E-02
cam 2	6.38E-03	6.92E-02
cam 3	2.64E-02	5.01E-02
cam 4	5.23E-02	6.47E-02

表3 カメラ配置3における評価

手法A

	$d$	$\theta$ [rad]
cam 1	4.94E-01	3.73E-02
cam 2	4.85E-01	6.44E-02

手法B

	$d$	$\theta$ [rad]
cam 1	6.85E-03	6.76E-02
cam 2	2.30E-02	5.07E-02

姿勢については、カメラが1列に並び、重複率が大きな、カメラ配置1の場合には、手法Bは、1オーダー小さい評価尺度に留まっている。一方で、カメラが相対する位置にある場合や、重複率が小さい場合には、姿勢の評価尺度は、手法Aの場合と同等になっている。

手法Bでは、初めに、cam 0を基準カメラとしてcam 1を校正し、次に、このcam 1を新たな基準カメラとしてcam 2を校正する、という手順を繰り返す。このため、カメラ台数が増えるに従い、誤差が累積される懸念がある。しかし、実験結果では、このような累積はみられず、各カメラともに、ほぼ同定の評価尺度で校正ができています。

## 8. 結言

本研究では、カメラの外部パラメータに対して、1台の校正済みカメラから、複数台のカメラを校正する手法として、画像平面間の投影関係を用いる手法Aと、世界座標の平面と画像平面間の投影関係を用いる手法Bを構築し、それらの推定結果の比較を行った。各カメラは、移動する物体を同時刻に追跡する。そして、画像平面間の点対応から、各カメラ間の、位置、姿勢を決定する。これは、従来用いられていたような、校正板などを用いて、カメラ1台ごとの位置、姿勢を決定する静的な方法と比べて、複数のカメラを同時に、かつ、リアルタイムで校正することができる、動的な方法である。このため、3次元対象を複数のカメラで長時間にわたり観測する場合の校正作業にも活用できると考えられる。

隣接するカメラの撮影領域の重複率が50%で、カメラが、ほぼ横一列に並ぶ場合は、手法Bによる校正は、手法Aによる校正と比べ、位置、姿勢とも、良い結果を与えた。また、カメラが対向する形態で配置された場合でも、重複率が50%あれば、手法Bは、位置について、良い結果を与えた。一方、姿勢の精度については、カメラが対向する形態で配置されている場合や、重複率が小さな場合には、両手法で同程度に留まった。

## 謝辞

本研究を遂行するにあたり、名古屋大学大学院情報科学研究科の元学生である、伊達大介氏、大野雅氏に、ご協力頂いたことを記し、ここに謝意を表する。

## 参考文献

- [1] 白井良明, 三浦純, “複雑背景における人の追跡”, 情報処理学会論文誌, CVIM, Vol. 43, No. SIG 4 (2002),



pp. 33-42.

- [2] 川端聡, 日浦慎作, 佐藤宏介, “複数の未校正カメラを用いた三次元侵入検知システム”, 電子情報通信学会論文誌 D, Vol. J91-D, No. 1 (2008), pp. 110-119.
- [3] Z. Zhang, R. Deriche, O. Faugeras, „A Robust Technique for Matching Two Uncalibrated Image through the Recovery of the Unknown Epipolar Geometry“, Artificial Intelligence, Vol. 78 (1995), pp. 87-119.
- [4] Y. Ma, S. Soatto, J. Kosecka, S. S. Sastry, An Introduction to 3-D Vision, Springer-Verlag, 2004, New York.
- [5] 半谷裕彦, 川口健一, “形態解析”, 計算力学と CAE シリーズ 5, 培風館, 1991.
- [6] J. Weng, N. Ahuja, T. S. Huang, “Motion and Structure from Point Correspondences with Error Estimation: Planar Surfaces”, IEEE Trans. Signal Processing, Vol. 39, No. 12 (1991), pp. 2691-2717.
- [7] 高木幹雄, 下田陽久 (監修), “新編画像解析ハンドブック”, 東京大学出版会, 2004.

●2008年5月8日受付

---

わたなべ たかし

名古屋大学大学院情報科学研究科複雑系科専攻

e-mail: watanabe@media.nagoya-u.ac.jp

えま たまえ

名古屋大学情報文化学部 (現在: 日本電気株)

2009年度日本図学会秋季大会（東京）のご案内

2009年度秋季大会は東京都市大学を会場として、以下のよう  
に開催します。全国からの多数の参加をお待ちしま  
す。参加を予定する方は実行委員会 (taikai2009@jsjgs.jp)  
に名前をお送りください。



日本図学会  
The Society for Graphics Science

- 開催日  
2009年11月28日(土), 11月29日(日)
- 場所  
東京都市大学世田谷キャンパス (旧 武蔵工業大学)
- 大会参加費  
一般: 5,000円 (講演論文集代を含む)  
学生: 無料 (講演論文集は別売)
- 大会プログラム  
11月28日(土)  
10:00~ 受付  
10:10~11:30 講演発表 (セッション1, 2/各4件)  
11:30~13:00 昼食休憩  
13:00~14:20 講演発表 (セッション3, 4/各4件)  
14:30~15:50 講演発表 (セッション5, 6/各4件)  
16:00~17:20 講演発表 (セッション7, 8/各4件)  
17:30~19:30 懇親会

- 11月29日(日)  
8:50~ 開場  
9:00~11:40 モノづくりと三次元CADに関する  
フォーラム  
11:40~13:00 昼食休憩  
(12:00~13:00 第14回国学国際会議京都大会組織委員  
会実行委員会合同委員会  
13:00~15:00 第44回国学教育研究会

●学術講演プログラム

- 11月28日(土)  
セッション1: 形と意味 (第1会場 10:10~11:30)  
座長: 高 三徳

- 1) 設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) 落雁のかたち 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)

- セッション2: 空間表現の変容 (第2会場 10:10~11:30)  
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)
- 6) シモン・ステヴィンの透視図法  
奈尾 信英 (東京大)
- 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)

- 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)

- セッション3: デジタルツール (第1会場 13:00~14:20)  
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)

セッション4: 造形 (第2会場 13:00~14:20)

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) 積層による中空表現モデルの制作について

奥村 和則 (岐阜市立女子短大)

雨宮 勇 (椋山女学園大)

砂田 治弥 (愛知文教女子短大)

- 15) 彫刻における立体感

福江 良純 (京都八幡高等学校)

- 16) 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)

セッション5: 計測 (第1会場 14:30~15:50)

座長: 定国 伸吾

- 17) 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)

- 18) 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)

- 19) 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)

- 20) 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)

セッション6: 設計・製図教育

(第2会場 14:30~15:50)

座長: 大月 彩香

- 21) JIS B0001機械製図規格の変遷

平野 重雄 (東京都市大)

- 22) 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)

- 23) LEGOブロックを使ったCAD教育

辻合 秀一 (富山大)

- 24) 「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)

セッション7: 応用 (第1会場 16:00~17:20)

座長: 安福 健祐

- 25) 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)

- 26) 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)

- 27) 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)

長 聖, 佐藤 尚 (神奈川工科大)

近藤 邦雄 (東京工科大)

- 28) 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)

セッション8: 教育評価 (第2会場 16:00~17:20)

座長: 阿部 浩和

- 29) 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)

- 30) 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)

- 31) 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)

- 32) 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)

●懇親会

2009年11月28日(土) 17:30~19:30

会費: 5,000円

会場: 東京都市大学 カフェ SORA

●モノづくりと3次元CADに関するフォーラム

座長: 平野 重雄

- 1) 3次元CADの効果的活用法の一事例

平野 重雄 (東京都市大)

- 2) 3次元CAD(2種類のソフト)の操作修得の事例  
報告

喜瀬 晋 (株アルトナー)

- 3) 3次元CADの現状と基礎知識

高橋 伸幸 (東芝テック株)

- 4) 3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) 3次元CADとCAEの動向

松永 大典 (サイバネットシステム株)

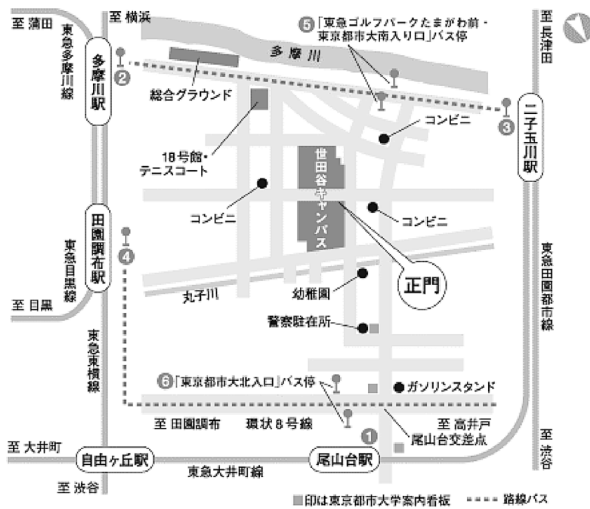
- 6) 総合討論

●交通

東急大井町線尾山台駅下車徒歩12分

その他のアクセス方法, 詳細は下記のURLをご覧ください,

<http://www.tcu.ac.jp/access/>



- ① 東急大井町線 尾山台駅 下車 徒歩12分
- ② 東急東横線 東急多摩川線 多摩川駅 東急バス[玉11系統] 二子玉川駅行(6分) 東急ゴルフパークたまがわ前・東京都市大南入り口バス停 下車 徒歩3分
- ③ 東急田園都市線 二子玉川駅 東急バス[玉11系統] 多摩川駅行(7分)
- ④ 東急東横線 田園調布駅 東急バス[園01系統] 千歳船橋駅行(5分) 東京都市大北入口 下車 徒歩5分

● 宿泊

宿泊施設は各自で手配ください。

● 出張依頼書

必要な方は下記の連絡先までにご相談ください。

● 連絡先

日本図学会2009年度秋季大会実行委員会

Email: taikai 2009@jsgs.jp

実行委員長：平野 重雄

実行委員：森光 康隆，岩田 亮，荒木 勉

プログラム委員長：辻合 秀一

プログラム委員：長坂 今夫，松田 浩一，倉田 和夫

森田 克己，高 三徳，阿部 浩和

大月 彩香

ポスター原画：中山 智博

会告—— 2

日本図学会第44回国学教育研究会のご案内

—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」

第44回国学教育研究会を2009年度図学会秋季大会（関東）にて開催いたします。

これまで当図学教育研究会では3回にわたって3D-CAD/CG ツールを用いた図（形科）学教育の実習を体験していただくプログラムを実施してまいりました。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います。しかしながら時間的制約もあり，研究会に限られた時間では，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そこでの問題点，今後の展開などについて，十分な議論ができてこなかったかと思

います。そこで，今回はこれまでにご講演，ご指導をいただきました先生方に再度ご登壇いただき『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行いたいと思います。

ご多忙のこととは存じますが，多数の御参加をお願い申し上げます。

記

1. 日時：2009年11月29日(日) 13時～15時
2. 場所：東京都市大学
3. 内容：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」

司会 阿部 浩和（大阪大学）

パネラー

第41回：POVRAY

鈴木 広隆先生（大阪市立大学）

第42回：AUTODESK・INVENTER

鈴木 賢次郎先生（獨大学評価・学位授与機構）

第43回：SKETCHUP 大月 彩香先生（九州大学）

・13時 概観

日本図学会会長（堤 江美子先生）

・13時～14時 話題提供：各パネラーからのコメント

・14時～15時 出席者・会場との討論，意見交換

4. 会費：無料

5. 参加申し込み：当日受付

会告—— 3

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.jsgs.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](mailto:digicon2010@jsjgs.jp)

## 会告——4

### 日本図学会中部支部秋季例会・研究会のお知らせ

中部支部長 長坂 今夫

日本図学会中部支部秋季例会・研究会を下記の要領で開催いたします。お忙しい時期とは存じますが, 多数の研究発表の申し込みをお待ちしております。

記

日時: 平成21年10月30日(金) 15:00~

会場: 大同大学

内容: 1) 研究発表

2) 懇親会 (18時ころから場所を移して行います)

研究発表の申込: e-mail または FAX で, 下記申込先に (発表題目・氏名・所属・連絡先) を10月23日(金)までにお知らせ下さい。

申込先: 中部大学工学部機械工学科

中部支部長 長坂 今夫

TEL: 0568-51-9416

FAX: 0568-51-1194

e-meil: [nagasaka@isc.chubu.ac.jp](mailto:nagasaka@isc.chubu.ac.jp)

## 会告——5

### 2009年度日本図学会賞候補者の推薦について

学会賞候補者として適当と思われる方を, 2009年12月25日(金)までに選考委員会に推薦していただきますようお願いいたします。推薦にあたっては, 候補者のご氏名, 業績リストおよび推薦理由を記して日本図学会事務局まで送付してください。なお, 封筒の表に「学会賞推薦」と朱書きしてください。

## 会告——6

### 第14回国学国際会議京都大会開催について

メール等でもお知らせしておりますが, 2010年8月に第14回国学国際会議が京都で開催されます。今回は, 東京で開催された1994年の第6回会議に続き, 2回目の日本国内での開催となりますので, 奮ってご参加・ご発表いただきますようよろしくお願いいたします。

これに伴い, 2010年度春季大会は当該会議と合同で行い (発表は英語使用), 総会は大会前日に行う予定です。

なお, 最新情報は当会議のウェブサイトでアナウンスしていきますので, こちらもご覧ください。

第14回国学国際会議京都大会サイト:

<http://www.icgg2010.org>

記

会議名称: 第14回国学国際会議

期間: 平成22年8月5日(木)~9日(月)

8月5日(木)は日本図学会総会が, 開催されます。

場所: 京都大学百周年時計台記念館

〒606-8501 京都市左京区吉田本町

内容: 1. Theoretical Graphics and Geometry

2. Applied Geometry and Graphics

3. Engineering Computer Graphics

4. Graphics Education

5. その他, 図や形にかかわる研究・教育テーマ

上記テーマによるセッションと基調講演などを予定しています。

重要日程: 平成21年11月30日 予備登録

平成21年12月15日 アブストラクト提出

平成22年1月30日 アブストラクト採択通知

平成22年4月30日 ブルペーパー提出

参加費：45,000円程度を予定していますが、早期割引、ISGG 会員割引などを考えています。

## 会告——7



### 第14回国学国際会議 京都大会開催へ向けてご協力のご案内

日本図学会は、国際図学会 (International Society for Geometry and Graphics) と共催で、2010年8月5日から9日までの予定で、第14回国学国際会議 (14th International Conference on Geometry and Graphics) を京都で開催することになりました。

図学国際会議は、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す。図学にかかわる研究は、ヨーロッパでは幾何学理論、アメリカではエンジニアリンググラフィクスが中心であり、日本では、工学だけでなく、芸術、教育、認知科学なども深く結びついています。近年は、計算機の発展により、それらの特徴ある研究が相互に関連し合うことでいっそうの展開が見られるようになりました。また、先行して開催された2007年度の日本図学会40周年記念大会では、ヨーロッパ、アメリカ、中国から研究者を1名ずつ招いて教育研究のシンポジウムを行っており、その際に、地域を世界規模に拡大したシンポジウムを行う必要性が確認されています。

このような時期に第14回国学国際会議を京都で開催することは、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することにもつながり、非常に意義が深いものであると確信します。

国際会議の開催に際しては、学術論文集の発行、会場確保、会議運営、各種の連絡等、多額の経費が必要となります。会議の内容や品位を落とすことなく低廉かつ充実した国際会議となるよう、会場は大学を利用する、組織・実行委員会委員の労働奉仕によって人件費は極力低く抑え

る、などの努力を払う覚悟は致しておりますが、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。

図学国際会議京都大会が意義深い充実した会議となりますよう、ご理解あるご支援をお願い申し上げます。

平成21年7月

日本図学会

会長 堤 江美子

第14回国学国際会議

京都大会組織委員会

委員長 加藤 道夫

### 第14回国学国際会議京都大会 開催協力

日本図学会内部募金要綱

内部募金目標額 300万円

注) 第14回国学国際会議開催所要額：1,100万円

募集期間 平成21年7月～平成22年7月

1口金額 1口 5千円

(ガイドライン)

以下を目安にご協力賜りますれば幸いです。

会長・副会長・監事経験者 10口以上

理事・支部長経験者 5口以上

組織委員会委員 10口以上

実行委員会委員 2口以上

正会員 1口以上

申込・払込方法

(1)もしくは(2)の振込方法で、下記のみずほ銀行口座にお振込下さい。

みずほ銀行 北沢支店 (店番号213)

口座 普通1165709

口座名 図学国際会議 (ズガクコクサイカイギ)

(1)会員宛郵送済の振込用紙を用いる。

備考欄に、会員番号、氏名、振込金額をご記入下さい。

(2)ATM・インターネットを用いる。

振込後に、会員番号、氏名、振込金額、振込日を、[info@icgg2010.org](mailto:info@icgg2010.org) にご連絡下さい。

連絡先 第14回国学国際会議京都大会組織委員会

[info@icgg2010.org](mailto:info@icgg2010.org)

## 「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1号（3月号）：2009年10月末メ切り

第44巻2号（6月号）：2010年1月末メ切り

第44巻3号（9月号）：2010年4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460回理事会議事録

日時：2009年4月17日(金) 17:30~20:00

場所：東京大学駒場キャンパス15号館106室

出席者：11名(議決権10名) + 委任状7名

加藤(会長), 近藤, 堤(以上副会長), 倉田(監事), 金井, 齋藤(綾), 斉藤(孝), 椎名, 鈴木(広), 町田, 山口(以上理事)

### 1. 事務局報告及び審議

#### A. 会員関係

##### a. 申し込み・届出

###### i. 当月入会申し込み

- 正会員 間瀬実郎氏(呉工業高等専門学校)  
紹介者なし(DMを見て)
- 正会員 佐野彰氏(九州産業大学)  
福田幸一氏紹介
- 正会員 田中一郎氏(東京電機大学)  
山口泰氏紹介
- 賛助会員 アルテック株式会社  
町田芳明氏紹介 1口

###### ii. 当月退会届出

- 正会員 柳田武氏(日本大学) 紹介者なし
- 正会員 江崎丈巳氏(福岡大学)  
大久保正夫氏紹介
- 正会員 宮崎文成氏(所属なし) 紹介者なし
- 正会員 田中真一郎氏(成安造形大学)  
小山清男氏紹介
- 正会員 金義鎮氏(東北学院大学)  
井野智氏紹介
- 正会員 黒澤和隆氏(室蘭工業大学)  
杉野目章氏紹介
- 正会員 山本隆司氏(東京農工大学)  
紹介者なし
- 正会員 山田由紀子氏(元明治大学)  
幸田彰氏紹介

##### b. 承認・受理及び確認

###### i. 入会承認

- 上記正会員3名, 上記賛助会員1社1口

###### ii. 退会承認

- 上記正会員8名

##### c. 会員現在数(4月17日現在)

- 名誉会員16名, 正会員290名, 学生会員14名, 賛助会員16社18口

#### B. その他

##### a. 他団体から

- 独立行政法人科学技術振興機構より「J-STAGE NEWS」No. 19が届いた。
- 有限責任中間法人学術著作権協会より「受託刊行物2008年度複写使用料分配のお知らせ」が届いた。
- 日本学術会議よりアンケート調査への協力の御礼と中間報告が届いた。
- 財団法人大川情報通信基金より「2009年度大川賞・大川出版賞候補ご推薦のお願いについて」と「2009年度研究助成応募のご案内」が届いた。
- 独立行政法人日本学術振興会より「第6回(平成21年度)日本学術振興会賞受賞候補者の推薦募集」が届いた。
- 金沢工業大学川崎寧史氏より, 建築アーカイブ研究所の紹介とJIA-KIT建築アーカイブス開設記念会の案内資料が届いた。

##### b. 寄贈図書

- 神戸大学表現文化研究会より「表現文化研究」第8巻第2号2008年度(神戸大学表現文化研究会)が寄贈された。

### 2. 2008年度第4四半期決算報告及び審議

- 山口理事より, 2008年度第4四半期決算が報告された。会誌印刷発送費が予算額を下回った点について審議した結果, 論文の掲載数が一定でないため, やむを得ない範囲の変動であるという結論に至った。以上の審議を経て, 承認された。

### 3. 編集委員会報告

- 倉田委員より, 図学研究43巻2号(通巻124号)の準備を進めているとの報告があった。大会報告やセッション報告の原稿依頼についても準備中である。また, 論文3編が投稿されたところである。

### 4. 企画委員会報告及び審議

- 大会の年2回開催について
  - 加藤会長より, 年2回の大会の名称を, それぞれ, 春季大会と秋季大会にすることが提案され, 審議の結果, 承認された。2009年度から適用して, 2009年度春季大会, 2009年度秋季大会(旧称本部例会)として開催することになった。
- 大会の研究発表賞及び研究奨励賞の選考について
  - 近藤副会長より, 「優秀研究発表賞」と「研究奨励



賞」の選定方法及び投票用紙の変更案が提案された。変更案について審議した結果、以下のように変更することを決定した。

1. 選定委員会のメンバーは、会長（選定委員長）と、副会長、理事、編集委員とする。なお、春季大会については、副会長、理事、編集委員は前年度のメンバーをあてる。
2. 研究奨励賞を同一者が複数回受賞するのを制限する。
3. 選定委員会の構成人数を弾力化して、10名程度とする。

- 奨励賞の対象者が明確になるように、春季大会の配布プログラムに印をつけることにした。
- 参加者からの投票については、2009年度春季大会で試行して、投票結果の扱い方を検討する際の参考資料とすることにした。
- 第3回デジタルモデリングコンテストについて
  - 町田理事より、35点の応募があり、実行委員7名で審査中との報告があった。1次審査で入選作10点を決めて、2次審査で、最優秀賞1点と、優秀賞3点を選ぶ予定である。
- 用語集について
  - 加藤用語委員会委員長より、初校が出て刊行の準備が進んでいること、および、刊行案内パンフレットを春季大会で配布する準備を進めていることが、報告された。

#### 5. 2009年度大会に関する審議

- 2009年度春季大会開催校へのアクセス方法について近藤副会長より、図学研究43巻1号（通巻123号）に掲載されたアクセス方法に誤りがあり、Web上で正しいアクセス方法を告知していることが報告された。
- 2008年度日本図学会賞の選考について学会賞選考委員会三谷委員長より学会賞候補者の選考結果が報告された（加藤会長が代読）。2008年度学会賞には、鈴木賢次郎氏（大学評価・学位授与機構教授／東京大学名誉教授）が推薦されることになった。
- 2009年度学会賞選考委員について三谷委員長の任期満了に伴い、長島氏を推薦することを決定した。
- 2009年度秋季大会の開催校について東京都市大学が、開催校の候補として提案された。
- 総会について2008年度会務報告、2008年度収支決算書、2009年度事業計画、2009年度予算書について検討した。

#### 6. 国際関係報告及び審議

- 山口理事より、以下の報告があった。
  - 第14回国学国際会議の組織委員会と実行委員会の委員就任内諾者に、委嘱状を発送した。
  - 第14回国学国際会議のフライヤーやWebページ開設の準備、および、日本学術振興会の国際研究集会の助成金申請の準備を進めている。
- 特別会計から組織委員会に対して、第14回国学国際会議の開催費用の一部として200万円を貸すことを審議して、承認した。

#### 7. 名誉会員の推薦について

- 加藤名誉会員候補者選考委員会委員長より、佐藤仁一朗氏の審査結果の報告があった。内規に沿って審査した結果、名誉会員として適切と判断したことが報告された。報告を受けて、佐藤氏を名誉会員として推薦することが承認された。

#### 8. その他

- 役員の変更について町田選挙管理委員より、開票作業を終了したことが報告された。結果は総会で報告される。
- 議事録署名捺印理事  
齋藤（綾）、齊藤（孝）両理事が選出された。
- 次回  
日時：2009年5月8日（金） 17：30～  
場所：筑波技術大学天久保キャンパス大会議室

---

#### 日本図学会第461回理事会議事録

日 時：2009年5月8日（金） 17：30～18：30  
場 所：筑波技術大学天久保キャンパス大会議室  
出席者：10名（議決権7名）+委任状8名  
加藤（会長）、近藤、堤、小高（以上副会長）、吉田（顧問）、倉田（監事）、金井、長坂、長島（以上理事）、面出（編集委員長）

#### 1. 2009年度春季大会プログラムの確認

- 2009年度春季大会プログラムの進行の確認、および、総会時の役割分担の確認を行った。

- 議事録署名捺印理事  
長坂、長島両理事が選出された。
- 次回  
日時：2009年5月9日（土） 12：15～13：15

場所：筑波技術大学天久保キャンパス大会議室

- 10月16日(金) 17:30～
- 11月28日(土) 12:00頃～ (東京都市大学)
- 12月14日(月) 17:30～

**日本図学会第462回理事会議事録**

日時：2009年5月9日(土) 12:15～13:15

場所：筑波技術大学天久保キャンパス大会議室

出席者：30名(議決権：15名) + 委任状2名

堤(会長), 荒木, 知花, 山口, 横山(弥)(以上副会長), 小高, 近藤(以上監事), 安藤, 金井, 倉田, 齋藤(綾), 高山, 長島, 西原(一), 西原(小), 面出, 森田(以上理事), 加藤, 鈴木(賢)(以上顧問), 橋場(北海道支部長), 長坂(中部支部長), 桜井(東北支部長), 福田(九州支部長), 梶山(旧副会長), 飯田, 長坂, 町田, 三谷(以上旧理事), 吉田(旧顧問), 平野(秋季大会開催校)

- 2010年
  - 1月8日(金) 17:30～
  - 2月15日(月) 17:30～
  - 3月15日(月) 17:30～
  - 4月16日(金) 17:30～
  - 5月21日(金) 17:30～
  - 6月14日(月) 17:30～
  - 7月16日(金) 17:30～
  - 8月4日(水) 17:30～ (場所未定)
  - 8月5日(木) 12:00～ (場所未定)

- 2009年度理事会の活動(開催時期)は次期総会(2010年8月開催予定)までとすることとした。
- 会計報告については理事会で3月末～4月に確認し、総会で諮ることとした。

1. 会長挨拶

- 堤会長より、会長就任にあたっての挨拶があった。

2. 理事の紹介と役割分担

- 金井理事より、新理事の紹介があった。また、役割分担に関する原案が示され、原案の通り承認された。

3. 2009年度秋季大会開催校紹介

- 堤会長より、2009年11月28日～29日に開催される秋季大会の会場である東京都市大学(旧武蔵工業大学)の紹介があった。
- 堤会長より、「本部例会」を「秋季大会」に名称変更した旨の説明があった。

4. 2010年度春季大会について

- ICGG2010(図学国際会議)と合同として開催することとした。
- 総会は、ICGG2010に合わせて、8月5日(木)午後に行うこととした。
- その後の開催計画に関する質疑があった。それに対して、「秋季は関東2：関西1の割合で開催。春季は全国を巡回」の予定であったが柔軟に開催することとした。

5. 2009年度理事会の開催日程案について(金井理事)

- 以下の日程を了承した。
  - 2009年
    - 6月19日(金) 17:30～
    - 7月17日(金) 17:30～
    - 9月14日(月) 17:30～

6. その他

- 編集委員会より
  - 面出委員(旧委員長)より、「図学研究」への投稿協力の要請があった。堤会長からも各支部編集委員への協力の要請があった。
- 企画委員会より
  - 近藤委員(旧委員長)より会員増加活動に関する協力の要請があった

- 議事録署名捺印理事  
安藤, 長島両理事が選出された。

- 次回  
日時：2009年6月19日(金) 17:30～  
場所：東京大学教養学部15号館

**事務局より**

図学研究第43巻2号におきまして、別掲2の特別会計収支決算書の欄が空欄になっておりました。ここに謹んでお詫びいたしますとともに、以下に掲載させていただきます。

別掲2

**特別会計(Ⅰ)2008年度収支決算書**

自 2008年4月1日  
至 2009年3月31日

収入	繰越金	6,319,963
	マルチメディア・コミュニケーション印税	157,510
	利子	6,012
	収入計	6,483,485
支出	取り扱いなし	0
	支出計	0
	差 引	6,483,485

特別会計（Ⅱ）2008年度収支決算書

自 2008年4月1日  
至 2009年3月31日

収入	繰越金	94,020
	利子	18
	収入計	94,038
支出	取り扱いなし	0
	支出計	0
	差 引	94,038

## I. 目的

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

## II. 投稿資格

日本図学会会誌「図学研究」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

本誌は図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

### アルテック株式会社

〒160-0007  
東京都新宿区荒木町13-4  
住友不動産四谷ビル3F  
TEL: 03-5363-3004  
FAX: 03-5363-0944  
<http://www.altech.co.jp>

### 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/>

### 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、また特許商標は、それぞれの所有者に帰属します。平成21年9月  
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.

久しぶりで編集委員会に復帰して、現在リハビリ中です。論文がいくつも寄せられ、ひとつひとつについて編集委員数人で慎重に査読者を選定し、手作業で丁寧に論文を送り出し、そこから多くのやりとりが始まるころは、以前と変わりありません。やりとりの筋道は論文によってさまざまですが、こうして皆さまのご協力をいただいて、良い論文が完成し、掲載されていくのを見るのはなかなか嬉しいことであるのを、思い出しているところです。

さて、今月号には会告も多く寄せられました。現在日本図学会は、大会、図学教育研究会、支部活動、国際会議、デジタルモデリングコンテストなど、活動が盛況であることがうかがわれます。そのような中であっても、リハビリ中の編集担当が取り乱すようなこともなく粛々と編集作業を進められることは、奇跡のような気がします。これも、分をわきまえないようにも思われる矢の催促や、着実ではあっても特段に迅速とは言えないかもしれない編集業務をひたすら辛抱してください、成果を暖かく見守ってくださる皆さまのおかげです。今後ともどうぞよろしくお願いたします。

9月10日に小山清男先生（東京芸術大学名誉教授）が、逝去されました。

図学会の発足時からの会員であり、1979～81年に会長を務められ、1989年から名誉会員でいらっしゃいました。造形分野を含めた図学会は世界でもまれですが、日本図学会にその礎を築かれたのが、小山清男先生でした。

ここで、先生のご生前をよくご存知の面出和子前副会長によるお話を皆さまにご紹介したいと思います。

先生のご研究は造形論に集約されます。造形作品を図学的視点で捉え、その考察は いずれも柔軟で新鮮な発想の作品研究で、他の追随を許すものではありません。『図学研究』紙上では、講座シリーズとしてではありますが、《漢字の形(1)～(8)》(図学研究83号～91号)、《図学的仏画考(1)～(8)》(図学研究93号～101号)

《ひと筆描き試論 ((1)～(3))》(図学研究122号～124号)が、一つのまとまった研究でしょう。お読みになった方も多いと思います。今年7月にお目にかかった折には、《ひと筆描き試論》に追補を加えたいとおっしゃって、原稿の締切も打ち合わせし、12月号に掲載されるはずでした。また、ほぼ毎回の大会発表には、マイクなしでもよく通る声で、講演されていた姿が思い出されます。生涯現役として、最後まで意欲的に研究されていた先生には、見習うべきものがあまりにも多くあります。

皆さまとともに、ここに慎んでご冥福を、お祈りいたします。

(Y.Y.)

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43巻3号（通巻125号）

平成21年9月印刷

平成21年9月発行

発行者：日本図学会

〒153-8902

東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部

総合文化研究科

広域システム科学系

情報・図形科学気付

Tel : 03-5454-4334

Fax : 03-5454-6990

E-mail : 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.43  
No.3  
September  
2009

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



<i>Tsutomu ARAKI</i>	01	<i>Message</i>
<i>Toshio MURAMATSU</i>	03	<i>Research Paper</i> Variations of Solid Geometric Objects that Maintain a Constant Height When Moved — Elliptical arcs that replace circular arcs in “Two Ellipse Roller” and “A study of tangible-K” —
<i>Takashi WATANABE, Tamae EMA</i>	11	<i>Research Paper</i> Projections among the World-coordinate Plane and Image Planes and the Calibration of Extrinsic Parameters of Multi-camera System
	19	<i>Newsletter</i>