

第49巻1号
通巻145号
2015年（平成27年）
3月

日本図学会



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

森田 克己	01	巻頭言
萩原 義裕, 萩原 由香里, アデルジャン イミティ, 三好 扶, 高木 基樹, 西川 尚宏	03	研究論文 3次元ポリゴンモデルの関節変形に適したThin-plate Spline
林 桃子, 張 冠文, 茂登山 清文	13	研究論文 写真を見る際の注視行動の特性について
園田 計二, 竹之内 和樹	23	講座 機械にまつわる幾何学形状 (3)
宮永 美知代	27	報告 日本図学会2014年度秋季大会報告
坂田 裕樹 他	33	日本図学会2014年度秋季大会研究発表要旨
	43	2014年度春季大会優秀研究発表賞・研究奨励賞
西井 美佐子	44	第8回デジタルモデリングコンテスト実施報告
西井 美佐子 他	47	第1回デジタルモデリング研究会報告
	57	会告・事務局報告

図的表現とメディア

森田 克己 Katsumi MORITA



2015年5月には7年ぶりの図学会春季大会を北海道大学で開催することとなりました。第1回目が1990年度大会、第2回目が1998年度大会、第3回目が2008年度大会、第4回目が2015年度大会になりますが、全て北海道大学での開催になります。ちなみに、私が図学会会員になってからは、北海道での開催は2008年度大会からで3回目になります。40代前半、50代、今年が60代での大会となり、その間、図学会を通じた会員のみなさまとの交流によって得難い経験ができましたことに感謝いたします。所属している札幌大谷大学で担当している専門のデザイン教育と図学教育との関連において模索し続けてきたことが、図学会を通じて精査され、自分自身の財産になっていることを実感します。

ところで、私の所属している大学は、平成18年に短期大学部から四大に改組し、札幌大谷大学音楽学部を開設、さらに平成24年には芸術学部名称変更し芸術学部美術学科の開設の運びとなりました。同時にカリキュラムの大幅な改革に伴い、芸術学部は音楽学科及び美術学科の2学科から編成される新カリキュラムがスタートしました。私の担当していた「造形の図学」は短期大学部美術科における実績を継承し、美術学科では科目名称を変更し「図学」として開講しています。かつて、図学会の図学教育研究会では、短期大学部における図学教育の事例報告をさせて頂いた経緯があります。また他大学における図学教育の事例報告並びに研究会では、現行の図学教育の課題と将来の図学教育について度々審議されてきたことが記憶に刻み込まれています。その後、他の芸術系美術系大学のカリキュラムと図学教育との関連を鑑み、検討を重ね、現在に至っています。「図学」(前期、講義、2単位、選択)は美術学科の造形表現コースと立体コースの必修。他のコースの選択科目になっています。現在、開設後3年目ですが、学科の完成年度後は、さらに図学の発展的な改組も予定しています。このような状況にあり、現在の図学教育から今後の図学教育の将来を考える何回目かの転換期を迎えています。その間、美術表現、デザイン表現と図的表現との関連について考えることが多々ありました。

根本的には、美術表現における画材と支持体との関係があげられます。ここで、表現されたものを画材の主たる色材とメディアに置き換えて考えてみたいと思います。根源的な意味で、先史美術を取り上げれば、人類最古といわれるフランス南部のショーヴェ洞窟に始まり、同じくフランス南部のラスコー、スペイン北部のアルタミラの洞窟壁画では、赤土、木炭、動物の血、樹液等を混合した顔料を木の枝、動物の毛を用い岩盤に表現されたとが明らかになっています。いわば、顔料とメディアの原点といえます。メディアの歴史を辿れば、その後、古代メソポタミアの粘土板、古代エジプトのパピルス、中国の紙、西アジア・ヨーロッパの羊皮紙、インドの貝多羅葉、世界最古として知られる中国の紙、中国及び日本の木簡・竹簡等があげられます。以上の経緯を踏まえ、現在は、紙をメディアとする表現と電子をメディアとする表現

に区分できます。

ところで、私の所属している大学の開設に伴い、美術表現、デザイン表現と大学が関与した図的表現に関わる魅力的なイベントについて紹介します。

1. まあるくシャガール展への協力

大学の開設時の2012年に、北海道近代美術館からの依頼を受け、ロシアを代表する画家マルク・シャガールの展覧会を記念したイベントの運営を担当しました。代表作である天井画のイメージをテーマに、札幌市内の幼稚園6園の協力により、園児たち300名の手によるワークショップを実施しました。色料はクレヨン、メディアは北見市にある農業用資材会社による特注の長尺の不織布、園児たちの自由奔放な絵は幅約1m、長さ約10mの不織布10本に完成。そのうち8本は美術館の展示室の天状から放射状に展示、2本は別室にて展示。「まあるくシャガール展」として近代美術館で多くの方々に観覧して頂きました。ここでは、色料がクレヨン、メディアが不織布という関係で完結しました。

2. 路上アートへの参画

札幌市は「創造都市さっぽろ」の取り組みを推進し、その一環としてユネスコ創造都市ネットワークのメディアアーツ分野での加盟を目指してきましたが、2014年11月、世界で2都市目、アジアで初めて「メディアアーツ都市」として同ネットワークへの加盟が認定されました。同年に、北海道庁赤レンガ前の再開発を前提としたイベントが企画され、その一つとして路上アートのワークショップを本学が担当しました。このときは、当時、注目のプロジェクションマッピングの手法を用い、インターロッキングの路面に北海道産のホタテ貝の絵を3Dとして投影し、美唄市に位置する民間会社が製造・販売している北海道産のホタテの貝殻のパウダーから製造したホタテチョークを色材として、路上アートの作品を完成。作品は幅約4m、長さ約15mの大作として市民に一般公開されました。ここでは、色料がホタテチョーク、メディアが路面という関係で完結しました。

そして、2014年に国際芸術祭2014が開催され、国内外からの多くのアーティスト及び市民の参加により大盛況に終わりました。奇しくも、同時期に美術学科においてメディアアートコースの開設に伴い札幌市のメディアアーツラボとの相互交流が始まったといえます。図的表現がアナログの歴史を踏まえ、テクニカルな映像表現にも関連した内容も増え、図的表現の多様性が拡張されてきている今日、学科設置と札幌市の創造都市構想がシンクロし、同時に今後の図的表現を大いに有効活用できる時期にきている感があります。

参考文献

- [1] ja.m.wikipedia.org/wiki/
- [2] www.city.sapporo.jp

もりた かつみ

札幌大谷大学芸術学部 教授
研究領域：図学、デザイン、数理造形
katsumi_morita@sapporo-otani.ac.jp

3次元ポリゴンモデルの関節変形に適したThin-plate Spline

Thin-plate Spline for Morphing the Joints of 3D Polygon Models

萩原 義裕 *Yoshihiro HAGIHARA*萩原 由香里 *Yukari HAGIHARA*アデルジャン イミティ *Adiljan YIMIT*三好 扶 *Tasuku MIYOSHI*高木 基樹 *Motoki TAKAGI*西川 尚宏 *Naohiro NISHIKAWA*

概要

Thin-plate splineは3次元モデルの変形に適したモーフィング手法であるが処理速度が遅いという欠点がある。本論文は、3次元ポリゴンモデルの関節変形にThin-plate Splineを適用する際のスキームについて検討し、距離に基づく局所処理を行うことによって高速かつ適切な変形が可能であることを示す。3次元ポリゴンモデルの関節変形では、極めて多くの点が既知の制御点となり、算出対象となる頂点の数は相対的に少ない。また、変形のための係数に関与する制御点は局所的である。従って距離に基づく局所的な制御点を算出対象となる頂点ごとに選び、これに基づき係数を算出することが可能である。この方法では算出対象となる頂点それぞれについて変形のための係数を求める必要があるが、3次元ポリゴンモデルの関節変形のようなスキームでは対象となる頂点数が少ないため、一般的な方法より処理速度が速いことを実験に基づいて示す。

キーワード：形状処理 / 3Dアニメーション / モデリング / Thin-plate spline / morphing / ポリゴンモデル

Abstract

Although Thin-plate spline is a suitable method for morphing a 3D model, the processing time is longer than other methods. In this paper, a scheme using Thin-plate spline to morph the joints of a 3D polygon model is studied. By performing local processing based on the distance, it is shown that high speed and adequate morphing can be carried out. When morphing the joints of a 3D polygon model, an enormous number of control points exist. The number of targets is relatively small. The position of the control point involved with the morphing coefficient is local. Distance-based local control points are selected for each target. The coefficient can be calculated based on this local control points. In this method, the respective morphing coefficient needs to be determined for each target. However, in the scheme for morphing the joints of a 3D polygon model, the number of target vertices is small. Therefore, this method has a higher processing speed than conventional methods. This fact is showed empirically in this paper. Compared to the results with conventional method, this method results in almost the same position of vertices.

Keywords : Geometric processing / 3D animation / modeling / skinning / Thin-plate spline / morphing / polygon model

1. はじめに

3次元アニメーションでは、モデルの表面形状であるスキンとそれを制御するための骨格情報であるボーンを持つ3次元モデルを利用し、ユーザはボーンの姿勢の更新を通して表面形状を間接的に制御するスキンアニメーションが主流である。

スキンが剛体である場合は、ボーンが持つアフィン変換行列によってボーン回転等に伴うスキンの回転や移動を計算することができる。人体の関節部分のような剛体とみなせない場所も、いくつかのボーンの変換行列を適切にブレンドして、対象となる頂点の変換行列を計算することにより剛体と同様に表面形状の変形を表現することができる。

最も代表的かつシンプルなのは、線形ブレンドイング (LBS : Linear Blend Skinning) と呼ばれる方法^[1]で、各ボーンの変換行列の重み付き加算を用いる。これを改良し不正な変形を防ぐ球面ブレンドイング (SBS : Spherical Blend Skinning)^{[2],[3]}、ログマトリクスブレンドイング (LMB : Log-Matrix Blend skinning)^[4]や双対四元数ブレンドイング (DLB : Dual quaternion Linear Blend skinning)^{[5],[6]}など、様々なアプローチがある。比較的新しくは物体同士の衝突を後処理として組み込み、肉体同士の交差しないようにする方法^[7]も現実味を帯びてきている。

スキンアニメーションはユーザによる制御が簡単で高速であるという特徴があるが、ボーン的设计および頂点ごとのブレンド比の設定を完全に自動化することは困難であり、適切なモデルを作るには大きな労力を要するという大きな欠点がある。

特に、ボーンやブレンド比を設定する以前の段階で3次元モデルを作成・修正する際には、表面形状の変形はスキンアニメーション以外の手法が必要となる。

その代表であるSculpt(彫刻)と総称される複数の変形手法は、3次元グラフィックスソフトウェアに多用される手法である。マウスなどで指定された位置と各頂点の距離に基底関数に基づく重みづけした値に従って頂点を移動する手法と、その派生—たとえば法線ベクトルや近傍頂点の平均を用いるもの—がある。処理が単純で高速なためリアルタイムな処理が可能である。しかし、これらを自在に操り、目的の形状を得るには高いスキルが必要である。

リメッシュまたはシュリンクラップと呼ばれる方法もよく用いられる変形手法である。この方法は、フィルムの熱可塑性や内部応力を利用して縮退させる作業を模した変形方法である。シュリンクラップは、メッシュの再構成^[8]やボリウムデータからメッシュを構成^[9]する手段をはじめ、衣類等の変形手段としての有用性が示されている有用な手法^{[10]~[11]}である。しかし、シュリンクラップには、縮退を停止させるために何らかの被包装対象が必要であるという欠点がある。

Free-Form Deformation(FFD), Thin-plate Spline(TPS)は比較的技能も必要とせず、基準となるボーンや被包装対象などが必要でないという点で自由度が高い手法である。FFD法は、格子点により形成される直方体の頂点である制御点を移動させることにより形状データを滑らかに変形させる手法^{[13],[14]}である。FFD法は、手軽に用いることができるが、制御点は格子状に並べる必要がある、それが困難な場合は利用できないという欠点がある。TPS法は、曲げエネルギーを最小化することで定義される変形手法で制御点は格子状に並べる必要もないためFFD法よりさらに自由度が高い^{[15]~[17]}。ただしFFD法に比べて計算時間がかかるという問題が指摘されている。

Mean Value Coordinates^[18], Green Coordinates^[19]は閉じた多面体上、例えば四面体などにも適用可能な方法であり格子状に制御点を並べる必要がないという点でFFD法と比べ自由度は高い。しかし、制御するための制御点と制御の対象となる頂点(注目点)の位相幾何学的な位置関係が特定のルールに従う必要があるという点ではFFD法と同じ拘束がある。そのため、制御点は変形対象となる物体を包むような位置に設定せざるを得ない場合が多い。

移動最小二乗近似(MLS: Moving Least Squares)による方法^{[20],[21]}は、制御点から注目点への距離を規範とした重み係数を変形に用いるという意味でSculptのひとつとすることができる。この方法はFFD法などのような

位相幾何学的な拘束条件がなく、かつ、処理速度が速い方法である。位相幾何学的な拘束条件がないゆえに、例えば円筒モデルのポリゴンの頂点のうち上下の頂点群を制御点として中間部分の頂点群の変形を行うといったことが可能である。ボーン・関節・頂点以外の制御点といった付加情報を用いることなく、頂点群のみを用いた変形が可能になるのである。

しかしながら、これらの手法による変形は、重みづけに用いる基底関数に依存したものであり、ボーンを用いたスキニングのようにアフィン変換を規範としたものではない。そのため、前述のような円筒モデルの変形では折り曲げた内側がたるむような不正な変形になってしまうという欠点がある。「異なる重み関数を利用する」^[20]ことでその結果は様々に変わるが、内側がたるむような不正な変形になってしまうという欠点が解消されるわけではない。確かに、これらの手法は、人間の顔を種が異なる動物に変身させる・人物の表情を変化させる・口を開く・お辞儀をするといった様々な応用例がある。しかし、これらには数学的・物理的な定義が困難な不定形な変形であったり、変化が少ない変形であるため、人間が不自然に感じにくいという共通点がある。例えば、種が異なる動物に変身させる処理は、想像上の変形であり全く定義できない。一方、お辞儀をするという変形処理は、衣類を身に着けた胴体のように多少形状が不正に変わっても目立たない場所への適用である。しかし、これらの共通点から逸脱しているもの、すなわち人間にとって比較的変形結果の予想が簡単な、例えば関節折り曲げ変形に用いるのは難しい。適切な変形ためには、関節部分にポリゴンの頂点以外の付加的な制御点を配置する^[21]といった工夫がどうしても必要である。

くわえて、ねじりなどの変形を実現するためには、回転を「いくつかの微小角度のねじりに分けて適用する」^[19]必要がある。あらかじめ連続的なモーションが与えられている場合にはもちろん有効である。しかし、操作者が試行錯誤する場合には適切な変形にはならず、実際の粘土細工でねじりを戻しても同じものに復帰しないと同様の現象が発生し、試行錯誤の分だけひずみが増えていく。

TPSは古くからの手法であるが、アフィン変換を規範とする変形を推定するため、これらの問題は生じない。前述のように計算速度が大きく劣るのが最大の欠点である。TPSにおける処理速度の問題を解決するために、高速化の視点からTPS法におけるランダムに間引きされた制御点を用いる方法や、放射基底関数(RBF: Radial

basis function) を用いたエネルギー最小化に基づいて間引きされた制御点を不都合なく補間する方法などが提案されている^{[22],[23]}。この方法は、ある程度の高速化が見込めるが、グローバルな変形を想定しているため、局所的に変形する度合いが大きい3次元ポリゴンモデルの関節変形に適しているとは言えない。

本論文は、柔軟なモデルの関節部分など、単純なアフィン変換では表現しきれない部分に対し、関節部分以外の単純なアフィン変換で表現できる部分をもとに推定するというスキームに対して有用な手法を提案する。3次元位置データ群における一般的なTPS法について述べたのち、3次元ポリゴンモデルの関節変形のスキームについて検討し、一般的なTPS法の欠点を克服してこのスキームに適したTPS法について論じる。また、いくつかのモデルに対して実験を行い、この方法の有用性について検討する。提案手法は極めて単純であるが、高い有用性があることが示される。

2.3 次元TPSによるモーフィング

n 個の制御点について、変形前の位置 p と変換後の位置 p' が既知であるとする。ある頂点が n 個の制御点から影響を受けるとき、頂点の変形前の位置ベクトルを v とするとTPS法による位置変形後の頂点の位置ベクトル v' は、次式で与えられる。

$$\begin{aligned} v'_x &= a_{1x} + a_{xx}v_x + a_{yx}v_y + a_{zx}v_z + \sum_{i=1}^n w_{ix}U(\|p_i - v\|) \\ v'_y &= a_{1y} + a_{xy}v_x + a_{yy}v_y + a_{zy}v_z + \sum_{i=1}^n w_{iy}U(\|p_i - v\|) \\ v'_z &= a_{1z} + a_{xz}v_x + a_{yz}v_y + a_{zz}v_z + \sum_{i=1}^n w_{iz}U(\|p_i - v\|) \end{aligned} \quad (1)$$

a 、 w は重み係数で、 a はアフィン変換係数と等価、 w は次式の条件を満たす非線形変換の重みである。

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^n w_{ix} &= 0 \\ \sum_{i=1}^n w_{iy} &= 0 \\ \sum_{i=1}^n w_{iz} &= 0 \end{aligned} \quad (2)$$

$U(r)$ は影響度を定める基底関数である。

$$U_1(r) = r \quad (3)$$

$$U_2(r) = r^2 \log r^2 \quad (4)$$

一般には3次元の場合が $U_1(r)$ 用いられるが^[15]、2次元で用いられるのと同じ $U_2(r)$ を用いた場合でも適切な変形に成功したという報告もある^{[24],[25]}ように、ある程度の自由度がある。

さて、変形のためのパラメータとなる未知数 a 、 w を求めるには次式を解けばよい。

$$\begin{bmatrix} K + \lambda I & P \\ P^T & O \end{bmatrix} \begin{bmatrix} w \\ a \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} V' \\ o \end{bmatrix} \quad (5)$$

ここで、 K は制御点同士の距離、 P は移動前の制御点の位置、 P^T は P の転置で、 V' は移動後の制御点の位置であり、それぞれ次式で定義される。

$$K = \begin{bmatrix} U(\|p_1 - p_1\|) & \cdots & U(\|p_n - p_1\|) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ U(\|p_1 - p_n\|) & \cdots & U(\|p_n - p_n\|) \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$P = \begin{bmatrix} 1 & p_{1x} & p_{1y} & p_{1z} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 1 & p_{nx} & p_{ny} & p_{nz} \end{bmatrix} \quad (7)$$

$$V' = \begin{bmatrix} p'_{1x} & \cdots & p'_{nx} \\ p'_{1y} & \cdots & p'_{ny} \\ p'_{1z} & \cdots & p'_{nz} \end{bmatrix} \quad (8)$$

O および o はそれぞれ 4×4 および 3×1 の零行列である。

ここで行列 L を次式のように定義する。

$$L = \begin{bmatrix} K & P \\ P^T & O \end{bmatrix} \quad (9)$$

a 、 w を求めるには L の逆行列 L^{-1} を求め、 V' を乗じればよいことになる。

$$\begin{bmatrix} w \\ a \end{bmatrix} = L^{-1} \begin{bmatrix} V' \\ o \end{bmatrix} \quad (10)$$

制御点が極めて多い場合、TPS法の処理速度は計算オーダーが大きい逆行列の算出速度に律速されることになる。LU分解法・Gauss-Jordan法など逆行列算出アルゴリズムによる相違はあるものの、計算オーダーは $O(n^3)$ と考える必要がある。

3. 局所処理の導入

3.1 本論文で想定するスキーム

アニメーションに用いることを想定していない、ポーズが固定した既存のデータを利用する場合や、異なるソフトウェア同士のデータ変換を行う場合、ボーンの情報が得られない場合も多い。その場合はスキニングの手法は利用できないため、Sculptやシュリンクといった少なからず手作業を伴い、かつ習熟を要する方法を用いるか、または、TPS法やFFD法を利用することになる。ここでは、最も手軽で比較的自然な変形を実現できるTPS法を用いることにする。前述のケースでは、すべての頂点が、頂点ごとに異なる変換係数を持つのではなく、関節周辺以外の多くの頂点は、スキニングにおけるボーンを単位として一つの単純なアフィン変換で表される。言い換えれば、定義こそされていないもののボーンの数だけのアフィン変換と、関節周辺の相対的にわずかな頂点における非線形変換に分けることができる。そして前者すなわち単純なひとつのアフィン変換で表せる、関節部分でない頂点グループは、グループごとに手動で変換係数を求めることは困難ではない。したがって前述のようにポーズが固定した既存のデータ

を利用するスキームは、グループごとに手動で求めて算出した頂点を既知の制御点として、残りの関節周辺の頂点の変形を求めるといった問題に帰着する。極めて多くの点が既知の制御点となり、算出対象となる頂点の数は相対的に少ない。

一例として人物モデルの肩関節とひじ関節のみ曲げる動作を考える。両関節の周辺は非線形で複雑な変形となるが、それ以外の上腕（肩から肘）と前腕（肘から手首）および手首から先の多くの部分は単純なアフィン変換で表すことができる。前腕（肘から手首）および手首から先の頂点群がひとつのアフィン変換で表される頂点グループであり、上腕の頂点群が別のアフィン変換で表される頂点グループとなる。加えて、動かない頂点群すなわち対象となる腕以外のボディ全体の頂点グループがひとつのアフィン変換で表される頂点グループであり、これら3つの頂点グループを既知の制御点として、未知の頂点群すなわち両関節の周辺の頂点群の変形を求めるといったのが本論文で検討する基本スキームである。

くわえて、既知の頂点群の変換は試行錯誤で生成されるとして、変形中の適切な変換過程（ブラッシュアップされたモーションデータ）は得られないものという前提条件を置く。すなわち、変形前と変形後の既知頂点の座標のみしか得られないということになる。

こういったケースにおいてTPS法を利用する場合、最も問題となるのは計算時間が大きいというTPS法の欠点である。特に、計算オーダーは $O(n^3)$ であるために、制御点数が大きい場合には、現実的でないほどの時間がかかる可能性がある。近年の3次元モデルは数万点の頂点を持つことも多い。これをTPS法で制御することは巨大な逆行列算出すなわち莫大な処理時間がかかることが容易に類推できる。

3.2. 頂点間の距離による制限

制御点が数万点もある場合、注目点から遠く離れた制御点が注目点に関与する度合いは殆どないことが容易に想像できる。まして、前述のようなスキームでは、高々4つ以下、多くの場合は2つのスキニング行列の（場合によっては非線形な）合成で表されるため、近傍の情報だけを用いれば注目点の変形は算出できることが予想される。そこで、注目点と制御点の距離が近く、しきい値 d 未満のものだけを算出対象とすることにより、計算量を削減することを考える。

$$U_3(r) = \begin{cases} r & \text{if } \|p_i - v\| < d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (10)$$

$$w'_i = \begin{cases} w_i & \text{if } \|p_i - v\| < d \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (11)$$

この式から分かるように、変換行列は計算対象の頂点の変形前の位置ベクトル v に依存するため、計算対象の頂点ごとに求める必要がある。ただし、注目点の近傍にあり、しきい値 d 未満の既知の制御点の数が個であるなら、行列 $\begin{bmatrix} W \\ a \end{bmatrix}$ そのものが小さくなるため、逆行列の計算量は小さくなる。具体的には、一般的なTPS法における $\begin{bmatrix} W \\ a \end{bmatrix}$ の行列のサイズが $(n+4) \times 3$ で数万 $\times 3$ にも及ぶに対し、近傍にある既知の制御点の数 n_1 は数点から高々数百点であり、行列のサイズ $(n_1+4) \times 3$ は相対的に極めて小さいもので良いことになる。このように小さな行列の逆行列なら、逆行列を計算対象となる頂点ごとに求めるとしても高速に処理が行われる可能性がある。

3.3. 計算量

頂点の近傍にある既知の制御点の数を n_1 、計算対象となる頂点の数を n_2 とすれば、計算対象となる頂点の数だけ逆行列の算出を行わなければならないため、計算オーダーは $O(n_2 n_1^3)$ である。したがって $n_2 n_1^3 < n^3$ のときは本手法の方が高速である。前述のように近年の3次元モデルは数万点の頂点を持つことも多く、 n の値が極めて大きいのに対し、たとえば変形が単純なアフィン変換であれば、 n_1 は4点で良い。関節周辺など、より複雑な変形であってもそれほど多くないことを仮定し、前述のスキームのように計算対象となる頂点の数 n_2 も数百点程度と考えると、本手法の有用性も現実味を帯びる。

4. 実験

4.1. 実験方法と資料

ボーンがなく、ポーズが固定した既存のデータを利用する場合や、異なるソフトウェア同士のデータ変換を行う場合を想定して3種類のモデルに対して従来手法と提案手法を用いて変形を行い、変形形状の比較と処理速度の比較を行った。一般的なTPS法によって変形させたときの結果をリファレンスとし、従来手法としてランダムに間引きされた制御点を用いる方法、RBFにより適切な補間を行う方法と提案手法を比較した。比較の手順は以下である。まず提案手法により変形を行う際の処理時間と誤差平均を計測する。次に、同等またはそれより長い処理時間になるように従来手法で利用する制御点数の削減率をトライアンドエラーで調整する。そのときの誤差を提案手法と比較する。なお、誤差の定義は後述する。

前述のように、本論文で扱うスキームではMLSを用いる手法は原理的に不向きであるが、このスキームに適用できないFFD, Mean Value Coordinates, Green Coordinatesと異なり比較対象にすることは可能である。敢えてこのスキームに適用した結果を実験的に確認するため

にMLSを用いた手法でも変形を行い比較対象とした。

実験に用いた計算機のCPUはIntel® Core™ i7-3930K (Sandy Bridge-E, 6コア12スレッド) でクロックは3.20GHz, 実装メモリは16.0GBである。実験用のプログラムはC#言語であり, 最適化オプションをつけてコンパイルした。このプログラムはマルチスレッド化されておらず, シングルスレッドで実行される。

図1～図3に実験に用いたモデルを示す。メッシュを構成するポリゴンの四隅が頂点の位置である。図1(a), 図2(a) および図3(a) は変形前の制御点, 図1(b), 図2(b) および図3(b) は対象となる頂点群の変形前, 図1(c), 図2(c) および図3(c) は変形後の制御点である。制御点はモデルのボディを構成する頂点のうち, 関節周辺以外の (=単純な回転・移動変換で表せ, かつ変換パラメータを手動で容易に与えることが可能な) すべての頂点である。モデル1, 3は頭髪・頭部・手首から先・衣類・右半身は制御点から除外した。なお, モデル1はミラーリングしてあるため変形対象となる頂点も右半身には含まれていない。モデル1の制御点は2321頂点, 変形対象となる頂点は243点である。

モデル2は必ずしもリアルタイムアニメーションを想定したモデルではないため, モデル1と比べて格段に緻密であり, 制御点が13790頂点, 変形対象となる頂点数は471頂点である。制御点数はモデル1に対して約5.94倍, 対象となる頂点数は約1.94倍である。

モデル3はモデル1とよく似ているが, モデル1をより詳細化したモデルである。モデル3の制御点は5088頂点, 変形対象となる頂点は912点でありモデル1と比べ大きな変形が加えられたものである。提案手法は, ボーンがなく, ポーズが固定した既存のデータを利用する場合などを想定しているが, モデル3はボーンを持つ。ボーンによるスキニングの結果を変形後の「正解

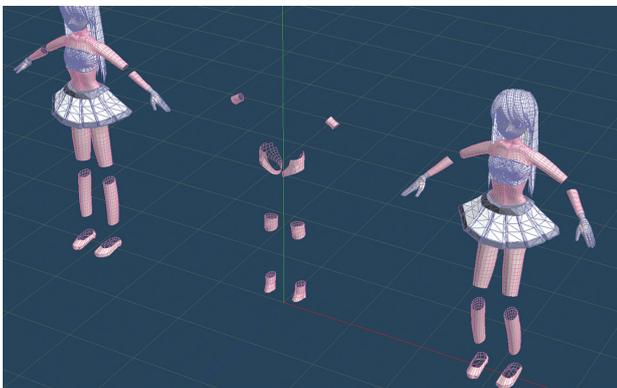


図1 モデル1 (a) 制御点 (変形前) (b) 対象頂点 (変形前) (c) 制御点 (変形後)

(基準)」として各手法の結果との比較を行う。

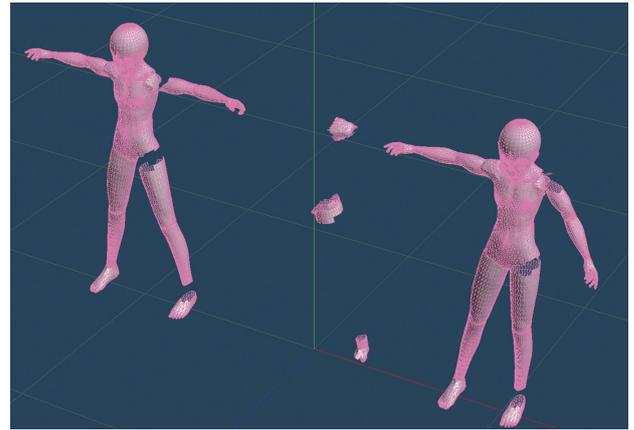


図2 モデル2 (a) 制御点 (変形前) (b) 対象頂点 (変形前) (c) 制御点 (変形後)

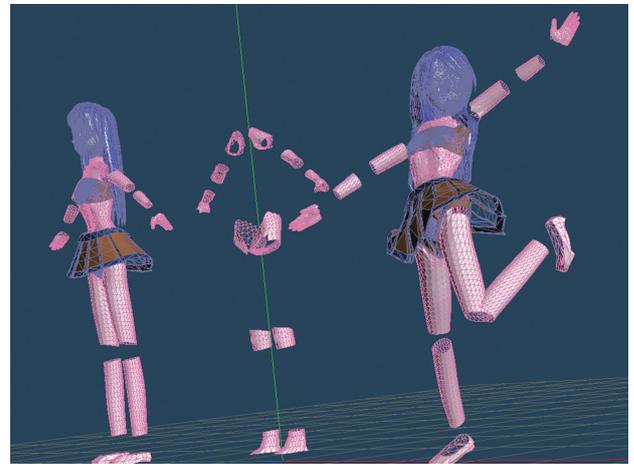


図3 モデル3 (a) 制御点 (変形前) (b) 対象頂点 (変形前) (c) 制御点 (変形後)

変形後の制御点は, 変形前の制御点群に対して手動で回転変換を与えることにより作成した。ただし, モデル3はボーンを持つモデルなのでボーンの変形を手動で与えた。なお提案手法において, 近傍とする距離に関するしきい値 d は, 関節部分のサイズに目視で合わせた。モデル1および3の“身長”(高さ)193.8に対して用いたしきい値 d は10.0, モデル2の“身長”75.3に対して用いたしきい値 d は4.0である。

なお, このしきい値 d は事前実験を通して不自然な変形がない範囲で設定したが, おおむね, 最大の関節である股関節の重心を中心として股関節付近の対象頂点をすべて含む範囲内と等しい値であった。

モデル1およびモデル2を用いた実験は, 基準として一般的なTPS法によって変形させた対象頂点の位置を用いた。その位置と比較対象の結果の対象頂点の位置との差の2乗和を求め, 対象頂点数とモデルの身長で正規化

した2乗平均平方根誤差 (RMSE: Root Mean Squared Error) を誤差と定義した。モデル3に関しては、一般的なTPS法によって変形させた結果にも一部不具合が生じたため、基準として一般的なTPS法だけでなくボーンスキニングの結果も利用した。ボーンスキニングに用いたスキニング手法はLBS法である。

4.2. 結果と考察

モデル1～3の実験結果をそれぞれ表1～3に示す。表1および2のRMSEは、TPSを基準としたものである。表3は、LBS法によるボーンスキニングの結果を基準としたものを基準1 (reference 1)、TPSを基準としたものを基準2 (reference 2) として記載されている。

提案手法の処理速度は一般的なTPSの処理速度と比較し30～330倍であった。同等の処理速度のとき、ランダムに間引きされた制御点を用いる方法やRBFにより適切な補間を行う方法と比べ、提案手法の誤差は最も少ないことが表から確認できる。MLSを用いる場合は処理速度を調整することはできないため単純に比較することはできないがMLSによる誤差は提案手法より10倍以上大きいことが確認できる。

モデル3の実験において、LBS法を基準とした基準1と提案手法との誤差は、一般的なTPSを含む他の手法による誤差と比べて最も小さいことが確認できる。

表1 モデル1の結果

Method	Time(sec)	RMSE(%)
TPS	20.2	-
Random	0.776	0.083
RBF	0.791	0.12
MLS	0.254	0.91
Proposed	0.661	0.030

表2 モデル2の結果

Method	Time(sec)	RMSE(%)
TPS	3685	-
Random	13.4	0.36
RBF	13.4	0.37
MLS	2.64	1.83
Proposed	11.2	0.10

表3 モデル3の結果

Method	Time(sec)	RMSE(%) with reference 1	RMSE(%) with reference 2
TPS	203	0.56	-
Random	7.36	0.64	0.42
RBF	7.34	0.64	0.43
MLS	2.24	4.02	3.84
Proposed	7.23	0.34	0.38

モデル1～3を変形させた結果のうち、特徴的な部分をそれぞれ図4～6に示す。図4(a)は基準として用いたTPSの結果で図4(b)～(d)は従来手法、図4(e)は提案手法の結果である。図4(b)は肘が明らかにゆがんでおり、MLSがこのスキームに適していないことがわかる。図4(c)、(d)はごくわずかではあるが、矢印で示した二の腕のひじ関節付近が細くなってしまっている。TPSおよび提案手法の結果は、その度合いが小さく、かつ提案手法の結果は基準として用いたTPSの結果とよく似ており、相違を見出すのは困難である。

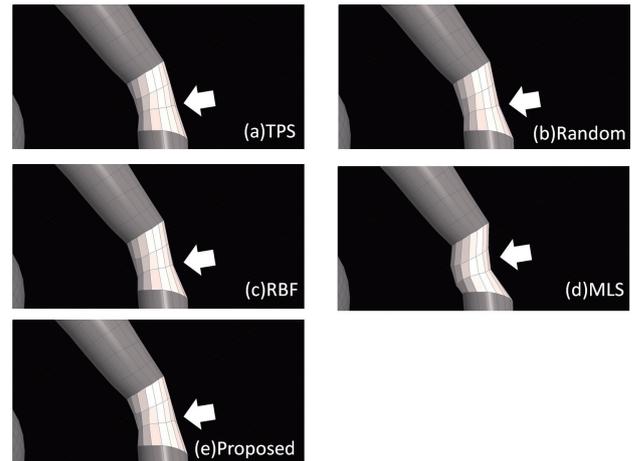


図4 モデル1の結果

図5(a)は基準として用いたTPSの結果で図5(b)～(d)は従来手法、図5(e)は提案手法の結果である。図5(b)は足の付け根が大きく欠損しており、MLSがこのスキームに適していないことがわかる。図5(c)、(d)は、矢印で示した部分が顕著に突出してしまっている。その周辺にも不正な凹凸がある。TPSおよび提案手法の結果は、そういった問題は観測できない、かつ提案手法の結果は基準として用いたTPSの結果とよく似ている、注意深く見れば相違を見出すことはできるが他の手法と比べその度合いははるかに小さい。

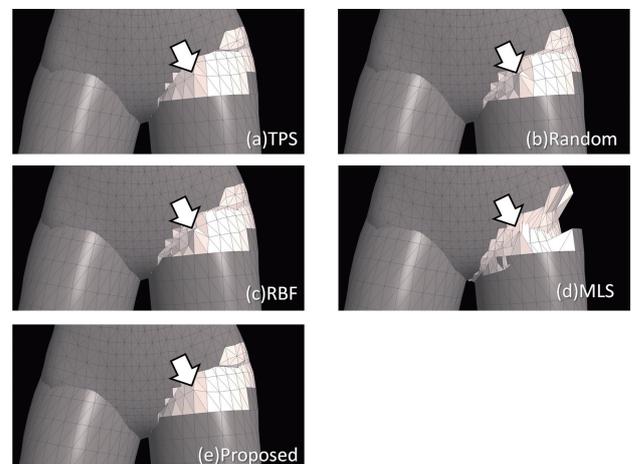


図5 モデル2の結果

図6 (a) は基準1として用いたLBS法によるボーンスキニングの結果、図6 (b) は基準2として用いたTPSの結果で図6 (c) ~ (e) は従来手法、図6 (f) は提案手法の結果である。図6 (e) は両膝や足首が大きく欠損しており、MLSがこのスキームに適していないことがわかる。右向き矢印で示す左ひざは、LBS法によるボーンスキニングの結果と比べると、MLSは極めて不自然である。それ以外の手法では相互に顕著な相違がないが、LBS法によるボーンスキニングの結果と比べると膝のふくらみが小さいことが確認できる。大きなローカル変形があるケースでもこれらの手法は、ある程度追従できる可能性があるものの注意が必要であることが確認できる。

一方、左向き矢印で示す右ひざは、ローカルな変形がほとんどないにも関わらず、図6 (b), (d), (e) は不自然なふくらみがわずかに生じている。図6 (g) は図6 (b) の右ひざを異なる視点から拡大して見たものであり、不自然なふくらみが明瞭に確認できる。図6 (f) の提案手法ではこれが生じていない。図6 (h) は図6 (f) の右ひざを異なる視点から拡大して見たものである。従来手法で発生した不自然なふくらみがないことが図6 (h) から明瞭に確認できる。

左足首にも同様な現象がより顕著に発生している。図6 (i),(j) は図6 (b), (f) の左足首付近をそれぞれ拡大

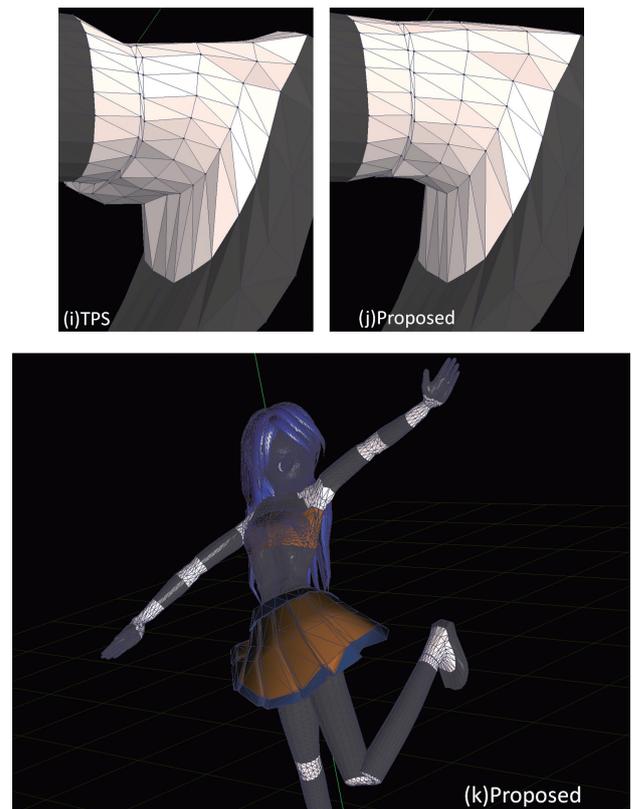
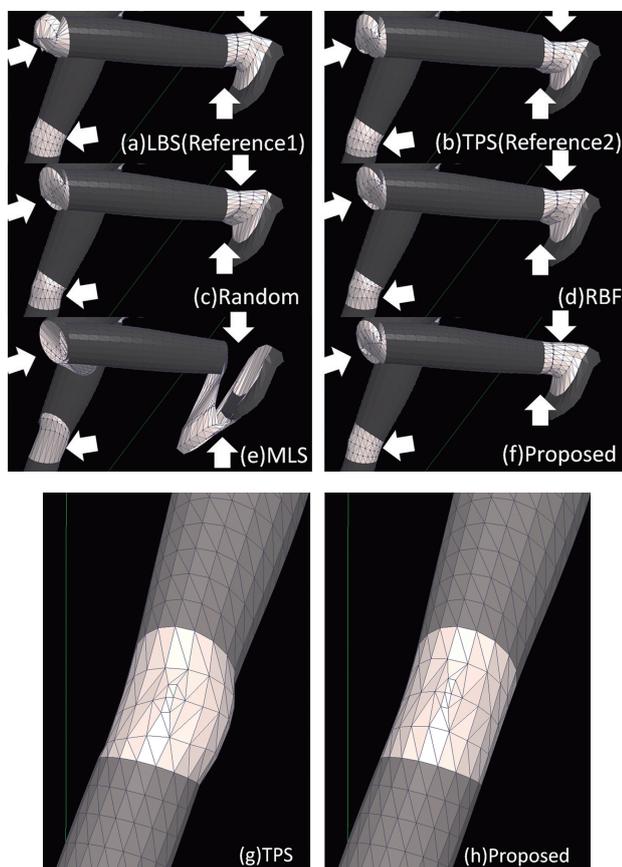


図6 モデル3の結果

したものである。図中上向き矢印付近では、基準2として用いた一般的なTPSも含め、従来手法では左足首に不自然なふくらみが発生している。対して提案手法では完全にシームレスであるとは言えないものの、不自然な変形の度合いは極めて小さい。図6 (f) の下向き矢印で示す部分は逆に不正なへこみが生じている。程度の多寡はあるが図6 (c), (d) にも同様の現象が生じている。TPSは複雑な変形を表現できる有用性が高い手法である。しかし、必ずしも万能の手法ではない。すべての変形をひとつの巨大な行列を用いて表現するため、極端に複雑な変形や局所的な矛盾がある場合には、歪みや裏返りなどが発生し、変形は失敗する。モデル3は局所的な変形が大きいため、すべての制御点を用いてもTPSでは表現しきれない複雑な変形関数であったと考えればこのような現象が発生した理由を説明づけることができる。

モデル3で、基準2に基づく実験では、一般的なTPS自体の限界（不自然な歪みが生じない変形が可能な、いわば追従できる変形の度合い）を超えた部分の結果が提案手法の評価値に混入したと考えられる。図6 (k) は変形後のモデル全体であるが、他の関節にも問題点は確認できない。

表4は、モデル3の姿勢を図3 (a) から図3 (c) までの変化を3段階に分け、順次変化させたときの基準1と

の誤差である。Pose A, Pose B, Pose Cの順に図3 (a) からの変化の度合いが大きくなり、Pose Cは図3 (c) の姿勢である。表5および図7は、同様の操作を、左足首以外の部分に加えた結果である。すなわち、左足首は関節角度を図3 (a) の姿勢のまま固定し、他のすべての関節を順次変化させたものである。もちろん、左足首付近の頂点は変形対象頂点にしたままであり、計算結果は図および表にそのまま反映されている。一般的なTPSとRBFは左足首の関節角度が固定されていても他の関節の変化が大きくなるにしたがって図6 同様に左足首付近に変形が生じている。対してLBS法におけるボーンスキニングと同様、提案手法は左足首に限っては、全く変化が生じていない。ボーンスキニングと提案手法は本質的に局所処理であるため、局所的な変化がなければ原理的にも変形は生じないが、一般的なTPSをはじめ従来手法はグローバルな処理であるため、親関節の変形の影響を受け、誤差が発生するのである。

ただし、表5からは提案手法の問題点も読み取ることができる。ひざ等の関節角度が大きくなるにしたがって提案手法の誤差も約0.1%づつ増大している。また、表4の提案手法の結果から表5の提案手法の結果を引き去れば提案手法の「左足首のみの誤差」がある程度確認できる。この値は左足首の関節角度が大きくなるにしたがって約0.01%づつ増大している。TPSには、スキンの勾配の変化が大きいと正しく変形できなくなるという問題も指摘されている^[26]。提案手法もその束縛から完全に逃れることはできず、関節角度が大きくなるにしたがってすなわちスキンの勾配の変化が大きくなるにしたがって誤差が大きくなるといえる。

表4 姿勢の変化と誤差 (左足首の角度も変化させる場合)

Method	Pose A	Pose B	Pose C
TPS	0.38	0.47	0.56
RBF	0.22	0.45	0.64
Proposed	0.12	0.24	0.34

表5 姿勢の変化と誤差 (左足首の角度は固定した場合)

Method	Pose A	Pose B	Pose C
TPS	0.37	0.45	0.54
RBF	0.22	0.45	0.65
Proposed	0.11	0.22	0.31

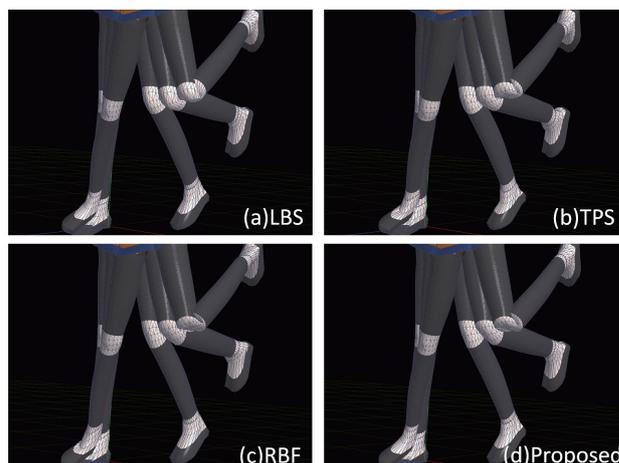


図7 姿勢の変化の過程 (足首の角度は固定)

以上、提案手法は、極めて単純な方法であるが、処理速度に関する高い有用性に加え、グローバルにはTPS自体の限界 (追従できる変形の度合い) を超える図6 (g), (h) のような変形であっても不自然な変形が発生するのを防ぐことができる有用性が高い手法であることがこれらの結果から示された。

5. おわりに

本論文は、3次元ポリゴンモデルの関節変形にTPS法を適用する際のスキームについて検討し、距離に基づく局所処理を行うことによって高速かつ適切な変形が可能であることを示した。3次元ポリゴンモデルの関節変形では、極めて多くの点が既知の制御点となり、算出対象となる頂点の数は相対的に少なく、かつ、変形のための係数に関与する制御点は局所的である。そこで、距離に基づく局所的な制御点を算出対象となる頂点ごとに選び、これに基づき係数を算出する方法について検討した。この方法では算出対象となる頂点それぞれについて変形のための係数を求める必要があるが、3次元ポリゴンモデルの関節変形のようなスキームでは、より処理速度が速いことを実験に基づいて示した。3種類のモデルに適用したとき、一般的なTPSと比べ処理速度は30~330倍であり、かつ、同等の速度における従来手法より適切な変形が実現できることを明らかにした。これらを通して、提案手法は極めて単純でありながら有用性が高いことが示された。本論文で用いたプログラムのソースコードの主要な部分は我々のサイトから入手可能である^{[27],[28]}。今後の課題は、距離のしきい値設定の自動化である。

参考文献

- [1] Magnenat-Thalmann, N., Laperrière and D. Thalmann, R., "Joint-dependent local deformations for hand animation and object grasping", *Graphics Interface'88*, (1988), 26-33.
- [2] Kavan, L. and Z'ara, J., "Spherical blend skinning: a real-time deformation of articulated models", *2005 ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, ACM Press, (2005) 9-16.
- [3] 萩原 義裕, 萩原 由香里, アデルジャン イミティ, 三好 扶, 高木 基樹, 西川 尚宏, "SBS+法の定式化と改良", 電子情報通信学会論文誌D, Vol.J97-D No.8, (2014) 1318-1335.
- [4] Cordier, F. and Magnenat-Thalmann, N., "A datadriven approach for real-time clothes simulation", *Computer Graphics Forum*, 24, 2, (2005), 173-184.
- [5] Kavan, L., Collins, S., Z'ara, J. and Sullivan, C. O., "Skinning with dual quaternions", *2007 ACM SIGGRAPH Symposium on Interactive 3D Graphics and Games*, ACM Press, (2007), 39-46.
- [6] 栗原 恒弥, 西田 友是, "拡大・縮小を考慮した双対四元数によるスキニング方法", 電子情報通信学会論文誌D, J92-D (9), (2009), 1613-1620.
- [7] Rodolphe Vaillant, Loic Barthe, et al, Implicit Skinning: Real-Time Skin Deformation With Contact Modeling, SIGGRAPH 2013 Conference Proceedings Volume 32 Issue 4, 2013.
- [8] L. Kobbelt, J. Vorsatz, U. Labsik, and H. Seidel, "A Shrink Wrapping Approach to Remeshing Polygonal Surfaces," *Proc. Eurographics '99*, vol.18, no.3, (1999), 119-129.
- [9] B.K. Koo, Y.K. Choi, C.W. Chu, J.C. Kim, and B.T. Choi, "Shrink-Wrapped Boundary Face Algorithm for Mesh Reconstruction from Unorganized Points," *ETRI Journal*, vol.27, no.2, (2005), 235-238.
- [10] Jaguarandi, "Shrinkwrap Modifier", wiki.blender.org, <http://wiki.blender.org/index.php/User:Jaguarandi/SummerOfCode2008/ShrinkwrapModifier>. (参照Sept, 2013).
- [11] 萩原義裕, 萩原由香里, アデルジャン・イミティ, 三好 扶, 西川尚宏, "スケルトンを利用したシュリンクラップとそれに適したモフォロジカルスケルトン", 電子情報通信学会論文誌 (D), J96-D, no.1, (2013), 46-60.
- [12] 萩原 義裕, 萩原 由香里, アデルジャン イミティ, 三好 扶, 高木 基樹, 西川 尚宏, "ボーン位置合わせとスケルトンを利用したシュリンクラップ", 電子情報通信学会論文誌D, Volume J96-D No.9, (2013), 2059-2069.
- [13] Sederberg, T., "Free-form deformation of solid geometric models," *Proc. of ACM SIGGRAPH*, Vol.20, No.4, (1986), 151-160.
- [14] 藤原研人, 高松淳, 池内克史, "非剛体位置合わせ手法による古鏡の解析", 情処学研報. CVIM, 2008 (3), (2008), 309-316.
- [15] Bookstein, F. L., "Principal warps: thin-plate splines and the decomposition of deformations", *IEEE Trans. PAMI*, Vol.11, No.6, (1989) 567-585.
- [16] Zelditch, M. L., Swiderski, D. L., Sheets, H. D., and Fink, W. L., "Geometric Morphometrics for Biologists", *A Primer*, Elsevier Academic Press, ISBN: 0-12-778460-8, (2004), 385-407.
- [17] Chui, H. and Rangarajan, A., "A new point matching algorithm for non-rigid registration", *Proc. of CVIU*, Vol.89, No. 2-3, (2003), 114-141.
- [18] Ju, T., Schaefer, S., Warren, J., "Mean value coordinates for closed triangular meshes", *Proc. of SIGGRAPH 2005*, Vol.24, Issue 3, (2005), 561-566.
- [19] Lipman, Y., Levin, D., Cohen-Or, D., "Green Coordinates", *Proc. of SIGGRAPH 2008*, Vol.27, Issue 3, Article No. 78, (2008), 1-10.
- [20] Cuno, A., Esperan, C., Oliveira, A., Cavalcanti, P.R., "3D As-Rigid-As-Possible Deformations Using MLS", *Proc. of SIGGRAPH 2005*, Vol.24, Issue 3, (2005), 1134-1141.
- [21] Zhu, Y., Gortler, S.J., "3D Deformation Using Moving Least Squares", *Proc. of SIGGRAPH 2006*, Vol.25, Issue 3, (2006), 533-540.
- [22] Donato, G., Belongie, S., "Approximate Thin Plate Spline Mappings", *Proc. of ECCV 2002*, Vol. 2352, Part III, (2002), 21-31.
- [23] Gianluca Donato, Serge Belongie, "Approximation Methods for Thin Plate Spline Mappings and Principal Warps", <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.87.7906&rep=rep1&type=pdf>, (参照Sept, 2013).
- [24] 垂水信二, 岩下友美, 倉爪亮, "モデルベースドモーシオンキャプチャのための個体適応人体モデルの構築", *Proc. of ROBOMECH 2010*, 2A1-A24, (2010), 1-4.
- [25] 垂水信二, 岩下友美, 倉爪亮, "統計的人体モデルを用いた個体適応型モデルベースド・モーシオンキャプチャの開発", *Proc. of MIRU2011*, (2011), 1193-1200.
- [26] Jiang Tao, Xin Liu, "Adaptive Meshfree Method Based on Local Thin Plate Spline Radial Basis Interpolation for the Solution of High Gradient Problems", *Natural Computation*, 2009. ICNC '09. Fifth Int. Conf., pp. 410-414, 2009.
- [27] 萩原 義裕, 萩原 由香里, アデルジャン イミティ, 三好 扶, 西川 尚宏: "教育用に適した3次元ゲームライブラリの評価・検証", *工業教育 (J.of JSEE)*, Vol.60, No.6, (2012), 66-71.
- [28] 盛岡虹のまち 地味技術部 White paper of Morioka

Rainbow Town, (暫定アドレス. 校正時修正予定)
http://catfight.mech.iwate-u.ac.jp/zipfolder/tmpThinPlate.
zip

●2014年 8月21日受付

はぎはら よしひろ

岩手大学工学部 教授

1990東京農工大大学院修士了. 1996同大学院博士後期了. 博士(工学). 1993~1997(株)日立製作所システム開発研究所. 1997~2002東京農工大助手. 2002~岩手大学工学部講師・助教授・准教授をへて教授. 電子情報通信学会等各会員.

〒020-0066 岩手県盛岡市上田4丁目3-5

はぎはら ゆかり

岩手大学技術部 技術職員

1993東京農工大学工学部卒. 1995電気通信大学大学院情報通信学研究科博士前期過程了. 同年東京農工大工学部電子情報工学科(現在電気電子工学科)技官. 2002~岩手大学技官. 神経回路網, パターン認識, ロボティクスの研究に従事.

あでるじゃん いみてい

岩手大学三陸復興推進機構 特任研究員

2004中国新疆大学情報科学・エンジニアリング学院卒. ~2007同大科学技術学院指導員. 2010岩手大学大学院機械工学専攻博士前期過程了. 現在, 同大院機械・社会環境システム工学専攻博士後期課程在学中. 画像処理, パターン認識の研究に従事.

みよし たすく

岩手大学工学部 准教授

2002芝浦工業大学大学院工学研究科単位取得の上退学. 博士(学術). 2002国立身体障害者リハビリテーションセンター研究所流動研究員. 長寿科学振興財団リサーチレジデント. 芝浦工業大学大学院ポスドク研究員を経て, 2008~岩手大学工学部准教授. リハビリテーション工学等の研究に従事.

たかぎ もとき

岩手大学三陸復興推進機構 特任研究員

2002 芝浦工業大学大学院修士了. 2007 同大学院工学研究科 博士(工学). 2007-2009 芝浦工業大学大学院ポスドク研究員. 2010-2011 名古屋工業大特任研究員. 2012年~岩手大学三陸復興推進機構特任研究員. 水中ロボット, 医療工学等の研究に従事.

にしかわ なおひろ

岩手大学工学部 助教

2001岡山大・工卒. 2003同大学院修士了. 2006同大学院博士後期了. 博士(工学, 岡山大学) 2006岩手大学工学部機械工学科助手. 2007同助教(2008~機械システム工学科). 機械加工(切削・研削および工作機械, 環境調和型加工)の研究に従事.

写真を見る際の注視行動の特性について

Characteristics of Fixation Behaviour While Seeing Photographs

林 桃子 Momoko HAYASHI

張 冠文 Guanwen ZHANG

茂登山 清文 Kiyofumi MOTOYAMA

概要

イメージを言語を通して理解するのではなく、イメージを直接見ることによって受け止め、解釈すること（イメージリテラシー）が重要だと考えている。本稿では、イメージを理解するためのより効果的な方法への手がかりとして、人が写真を見る際の注視行動の特性を分析することを目的とする。写真の被写界深度と注視行動の関係についての実験と、注視率、注視範囲などから注視行動の特性を測るための実験を実施した。分析では、注視点のクラスタ間の距離、クラスタの範囲、タイムスパン、クラスタ数を特徴ベクトルとし、k-means++法を用いてクラスタ分けを行った。結果として、注視行動の特性に共通性を見いだすことができた。

キーワード：画像処理／アイカメラ／注視行動／イメージリテラシー

Abstract

We believe perceiving and interpreting images (image literacy) by looking at them directly rather than through language, is important. This paper intends to analyze the property of the fixations when a person looks at photographs as a clue to a more effective manner to interpret an images. The analysis of the fixation behaviour was performed with two experiments: first, by using the concept of Depth of Field to measure the fixation points in photographs; and second, by clustering fixation points. In the second experiment, we analyzed the cluster distance, range, time span and quantity through feature vectors and clustering using k-means++. As a result, the emergence of common fixation properties were observed.

Keywords : Image Processing / Eye-camera / Fixation / Image literacy

1. はじめに

電子ネットワーク社会において、写真に限らず日常生活の至る所に様々な種類のイメージが溢れ、それらを理解することが以前にも増して重要なものとなってきている^{注1)}。その際に、イメージを言語を通して理解するのではなく、イメージを直接見ることによって受け止め、解釈すること（イメージリテラシー）が重要だと考えている。研究のアプローチとして、イメージ自体から得られる特徴量を利用して類似画像を検索できる画像内容検索（Content-Based Image Retrieval : CBIR）を用い、イメージを視覚的に提供する方法について考察し、イメージリテラシー・ツールの開発を行っている。本稿では、イメージを理解するためのより効果的な方法への手がかりとして、人が写真を見る際の注視行動の特性を分析することを目的とする^{注2)}。この分野において同じ目的を持つ先行研究は見当たらない。関連研究は、それぞれの章で取り上げる。

2章では、写真への注視行動を測る際に、写真の被写界深度（DoF : Depth of Field）と注視行動の関係に着目し^{注3)}、写真の撮影者からの視線とそれを見る人の関係を探る。

3章では、写真を見る際の注視行動を分析し、その特性を明確にするために、はじめに、写真の被写界深度の範囲と注視行動の関係について実験を行い、次に、注視率、注視範囲などから注視行動の特性を測るための実験を実施した。

2. 写真の被写界深度と注視行動の関係についての実験

写真を見る際の注視行動の特性について分析するために、写真の撮影者からの視線とそれを見る人の関係を、焦点の範囲をきっかけとして探ることを目的とする。実験には、被験者の認識や記憶からくる主観的な情報を得るために調査用紙を用いた。

関連研究として、写真の被写界深度を見る人の興味の範

困と捉え実験を行っている研究が既にある。例えば、Grafらの研究では、被写界深度の範囲の狭い写真（Low DoF）を、イメージの中のOOI(object of interest)を強調するために重要な技術であると仮定し、類似検索時にOOIを考慮にいれた特徴抽出を行っている^[1]。

2.1. 実験の手順

実験で被験者は、調査用紙に印刷された12枚の写真を見て、注視の範囲を記入する。調査用紙は、図1のように写真とそれに対する設問と解答欄からなる。



図1 調査用紙

設問1では、写真の範囲「a」「b」「c」「全体」の中から被験者が見た範囲に一番近いものを選択する。設問2は、具体的に写真のどの部分を注視していたのか直接写真に書き込む。写真の範囲は、撮影時の焦点を基準として同心円上に「a」「b」を取り、「c」は、画面上の焦点

位置と、写真に写っている物との関係を考慮して決定し、それ以外の範囲を「全体」とし四段階に分けた。7名の被験者に対して実験を行った。

表1は、調査に使った写真12枚の被写界深度に関する情報である。被写界深度は、焦点が合う奥行きのもので、絞り値、焦点距離、撮影距離から決まる^[2]。写真において被写界深度の値が低い程、その範囲は狭く、高い程、範囲が広いことを意味している。

2.2. 実験結果と考察

設問1の結果を図2のグラフのように集計した。横軸は、それぞれの写真の番号、縦軸は、カウント数を、灰色の濃度は、四段階の範囲を表わしている。

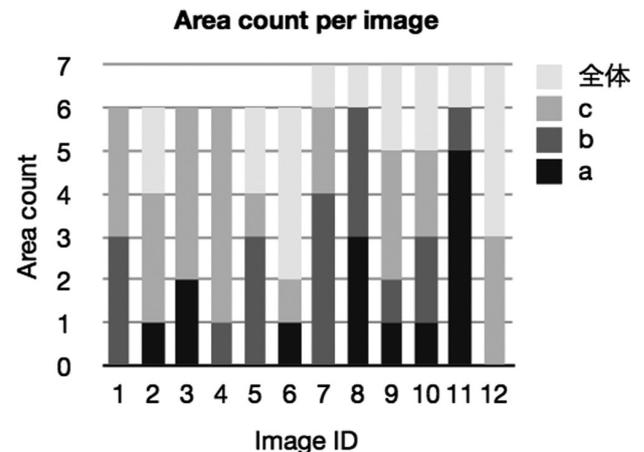


図2 設問1の結果、範囲の選択数

11番の写真に対し、一番狭い範囲の「a」を選択した被験者が7人中5人いた。その反対に、6番と12番に対し、より広い「c」と「全体」と選択した被験者が、6番については、6人中5人、12番においては、7人中全員が「c」と「全体」を選んでいる。また、「a」「b」「c」「全体」のすべてに対し選択があった写真は、9番、10番であった。

「a」と解答した人が最も多かった11番の写真は、中心からやや左の範囲に焦点があたっており、周辺にいくにつれてぼけている。また、対象物も周辺とは異なる材質や色、形をしている。これらの特徴から、注視が集中しやすい写真といえる。(図3の11番を参照)

それとは反対に、「c」と「全体」と解答した人が多

表1 被写界深度

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
絞り値 (f)	5.6	4	5	5.6	5.6	5.6	2.8	3.2	2.8	4	4	4
焦点距離 (mm)	42	14	29	42	14	21	60	60	60	60	60	60
撮影距離 (m)	5	1	10	10	5	5	5	1	10	1	5	5
被写界深度 (DoF)	2.53	0.66	91.1	12.4	∞	116.5	0.78	0.03	∞	0.04	1.11	1.11

かった6番と12番の写真は、全体的に焦点があっ
て、写真の要素も似ているため注意が分散しやすく、全
体的な見方につながっていると考えられる。12番では、
前景に焦点があたっていて、後景はぼけている。この場
合においては、手前のフェンスに焦点があるが、後ろの
木や建物の形に影響を受けやすく、全体的な見方につな
がったのではないかと推定される。(図3の6番と12番を参照)

「a」「b」「c」「全体」のすべての範囲が選ばれた9番と
10番の写真は、焦点があたっているところ以外にも興味
を引かれる要素がある分散的な写真であると特徴付ける
ことができる。具体的には、9番では、ほぼ中心に焦点
があるが、その周辺に人や車、建物などのいくつかの要
素があること、10番では、手前のドアノブに焦点がある
が、左上後方の建物内に置かれた物にも興味に移り、結
果として幅の広い解答につながったと推定できる。(図
3の9番と10番を参照)

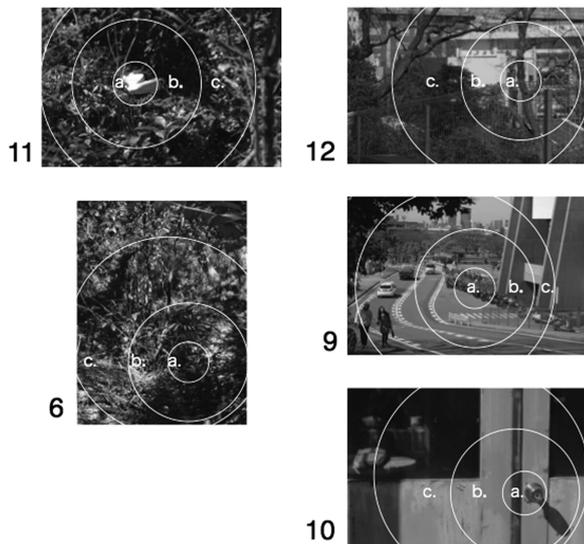


図3 設問1の写真

設問2は、具体的にどの範囲を注視していたのか、写
真に直接書き込んで示してもらった。以下、特徴的な11
番、1番、5番の写真について考察を加える。

11番は、設問1で「a」を選択した被験者が最も多かつ
た写真であるが、実際には中心に置かれた物体だけでな
く、その周辺にも注視の範囲が広がっていることが分か
る。それは、焦点のあっている部分だけでなく、むしろ
焦点があっていない部分を注視していたこと、対象物で
はない部分を注視していた被験者がいたことが分かる。
(図4の11番を参照)

1番の写真では、光があたっている部分を中心に、注
視の範囲は分散している。興味深い点は、共通している
点が少なく、ある特定の対象や光りと影、ぼけている部

分など、興味の対象が分かれていることである。(図4
の1番を参照)

5番においては、おおよそ焦点の範囲と被験者の注視
が一致しているが、それとは別に、陰影が混在している
範囲への注視が特徴的である。(図4の5番を参照)

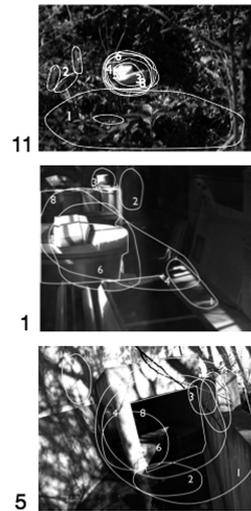


図4 設問2の写真

2.3. まとめ

設問1の結果を比較的に見て、被写界深度の範囲の狭
い写真に対し、集中型の注視傾向、被写界深度の範囲の
広い写真に対し、全体型の注視傾向、被写界深度の範囲
の狭い広いに関係なく要素の多い写真に対し、分散型の
注視傾向があると推定した。

設問2の結果から、人の注視についていくつかの特徴
を見つけ出すことができた。一つ目には、対象物ではな
い(焦点の合っていない)範囲への注視、二つ目は、光
が当たっている範囲、三つ目は、陰影が混在している
範囲への注視があるのではないかと推定した。

3. 注視行動の分析実験

前章の調査用紙によっては分析できない、被験者が無
意識に見ている範囲や、注視の順序、注視時間などから
注視行動の特性を探ることを目的として、被験者の注視
点データをアイカメラから取得し分析を行う。アイカメ
ラを使用することによって、眼球運動の早い動きも測定
でき、被験者の注視範囲や順序、注視率なども把握でき
るため、より客観的な情報が得られると考える。

関連研究として、アイカメラを用いて絵画(風景画)
の表現方法と注視行動の関係についての研究や、写真
(風景)と注視行動の関係についての研究が報告されて
きたが、どちらも本研究のテーマとするイメージを直接
見ることによって受け止め、解釈する(イメージリテラ

シー) という視点に立った研究ではない [3],[4]。

はじめに、調査用紙の結果から分かった被写界深度の範囲や光の範囲と注視行動との関係を検証する。次に、注視点のデータをクラスタ分析手法を用いて注視行動の特性を分析する。

3.1. 実験の手順

実験の環境は、37inchのモニターに写真を表示し、約1.7mの距離に椅子を設置した。アイカメラ（ナックイメージテクノロジー、EMR-9）は、スポーツグラスの形状で、検出方式には、瞳孔/角膜反射法式が使用されている。被験者はアイカメラを装着し、60枚の写真を各10秒間ずつ見る。アイカメラに、被験者の視野に相当する映像と、60回/秒（60Hz）の注視点の位置情報が記録される。12人の被験者に対して実験を行った。

被写界深度の範囲や光の範囲と注視行動との関係を検証する。はじめに、アイトラッキング実験で得られた被験者の注視点から、被写界深度の範囲への注視率と、光の範囲（Light Region）への注視率を測定した。測定にあたって、写真から被写界深度の範囲と光の範囲を抽出し、分析対象となる写真の選別と種類分けを行った。被写界深度の範囲の抽出には、Mei Jら [5] の方法を使い、光の範囲は、人手によって選択した。（図5を参照）

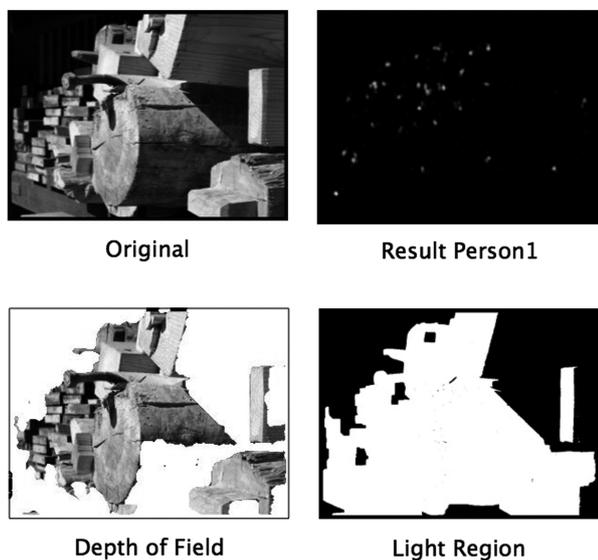


図5 被写界深度の範囲、光の範囲

抽出結果から、範囲外を抽出している写真や、範囲が明確でない写真を除き、被写界深度の範囲25枚、光の範囲21枚を分析対象とした。次に、被写界深度の範囲の写真について、被写界深度の範囲が狭い写真（Low DoF）9枚、被写界深度の範囲が広い写真（High DoF）9枚、平面的な写真（Flat）7枚の三種類に分けた。図6が、写真の種類ごとの例である。



図6 写真の種類分け
（上：Low DoF, 中：High DoF, 下：Flat）

3.2. 被写界深度、光の範囲と注視行動の分析

注視率の算出には、写真全体の注視点の面積の合計を、被写界深度の範囲や光の範囲の注視点の面積の合計で割って算出した。図7は、被写界深度の範囲への注視率グラフである。被験者全員分の注視率のデータから平均値を出している。

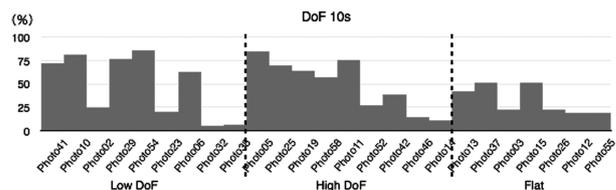


図7 被写界深度の範囲注視率

縦軸は、注視率を表わし、横軸は、写真の種類ごとに左から被写界深度の抽出範囲が広い順に並んでいる。Low DoFは、抽出範囲の広さに関わらず注視率が変動している。原因としては、抽出の精度によるものと考えられる。例えば、図8のPhoto06は、抽出範囲が狭くても的確に抽出されている写真であるため、注視率が高くなっている。



図8 Photo06

High DoFは、抽出範囲の広さに対応して注視率も変化しているようである。Flatは、注視率が全体的に低い。全体としては、注視率70%以上の写真は、25枚中5枚となった。図9の光の範囲への注視率は、全体的に低く、範囲の大きさによって注視率が変化しているようである。

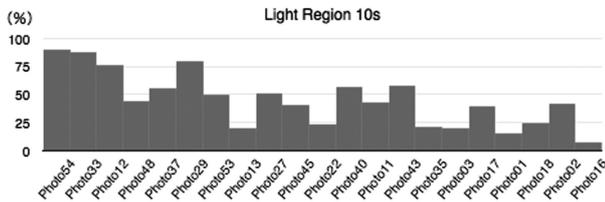


図9 光の範囲注視率

結果として、今回の実験では、被写界深度の範囲や光の範囲と注視行動の関係を明確に示すデータは出なかった。多様な種類の写真に対して被写界深度の範囲は、効果的な要因にならないのではないかと考えられる。また、写真を見るいくつかの要素がある中で、光の範囲は、注視行動への大きな要因ではない可能性が出てきた。

3.3. 注視点データのクラスタ分析

3.3.1. 注視点のクラスタ表現

被写界深度の範囲と光の範囲への注視率の関係を調査したが、人が写真を見る際の注視行動の特性を分析することができなかった。そのためには、注視点のデータだけでは十分ではなく、ある注視点と別の注視点との距離や、注視点の集まる範囲、注視の順序などが持つ意味を、人の行動と関連させて考えていく必要がある。例えば、注視点同士の距離が全体的に長い場合、全体的な見方を表わしていると考えられる。また、注視点が多く集まっている場合、その範囲を注意深く見ていたことを示唆している。さらに、注視の範囲が広い場合であっても、注視時間が短く、それとは反対に、範囲は狭くても、長時間注視している場合もあり、範囲と時間とは必ずしも一致しない。

ここでは、実験から得た注視点のデータから、クラスタ分析手法を用いて、注視行動の特性について検討する。はじめに、被験者の注視点データを最短距離法を用いクラスタに分ける。最短距離法は、対象間の距離を求め、最も近いものを新しいクラスタとする方法である。図10は、注視点のクラスタ表現の例で、距離と範囲について図説している。

クラスタ間の距離 (Cluster Distance) は、あるクラスタの中心から次のクラスタの中心との距離を表わす。クラスタの範囲 (Cluster Range) は、クラスタの中心から、それと最も離れている注視点までの距離を半径とした円

の範囲をさす。それぞれのクラスタに付いている番号は注視の順序を示している。

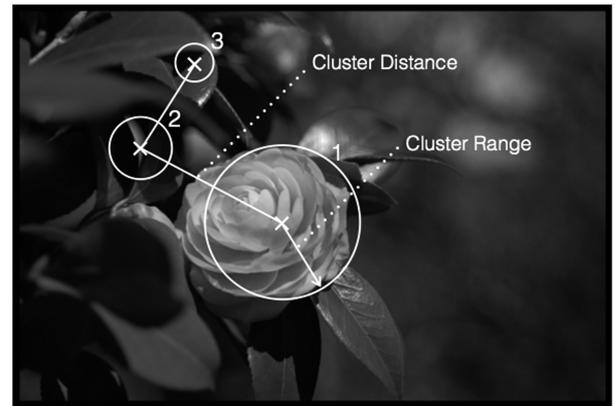


図10 注視点のクラスタ表現

例として、実験で使われた25枚の写真から1枚選び、被験者全員分のクラスタを図11のように比較する。左上がオリジナルの写真である。1～12までの結果を見ると、被験者「6」は手前にある人や建物よりも、奥にある風景を注視している。「9」は、始めの注視点から渦をかくように移動している。「8」は、道路の上を走る車2台を広い範囲で見ていることがわかる。一方、「2」と「7」、「12」は、共通した範囲を注視しているようであるが、よく見ると注視の順序や注視の範囲が異なっている。このように、一例を見ただけでも被験者によって注視行動が異なっていることが見て取れる。しかし、これらクラスタデータには、目で見るできない注視時間などの情報も含まれ、さらに注視の距離、範囲、順序など複雑に絡み合っているため、ここから行動特性を判断することは困難である。この複雑な情報から、被験者の注視行動の共通点と相違点を測るために、注視の距離、範囲、タイムスパン、クラスタ数の4つの特徴からk-means++法によるクラスタ分析を行う。

k-means++法は、k-means法を改良した非階層型のクラスタリングで、大規模なデータの解析に適している。初

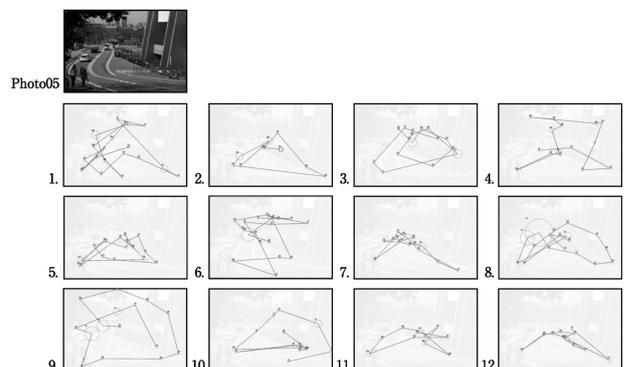


図11 注視点のクラスタ 比較例

期のk個のクラスタ中心はなるべく離れている方がいいという考えに基づき、はじめにデータ点をランダムに選び、1つ目のクラスタを中心としk個のクラスタに分け、全てのデータ点とその最近傍のクラスタ中心の距離を求めていく方法である。ここから、k-means++法によるクラスタのことをkクラスタと呼ぶ。この場合、被験者の注視点のクラスタから距離、範囲、タイムスパン、クラスタ数のデータを取り出し、特徴ベクトルを作成し、ランダムに選ばれた3つのkクラスタとの距離を計り、近傍の3つのkクラスタを作る。つまり、このkクラスタは、注視の距離、範囲、タイムスパン、クラスタ数において共通した特徴を持つことになる。kクラスタ分析は3つのステップからなり、図12は、その流れを図説したものである。

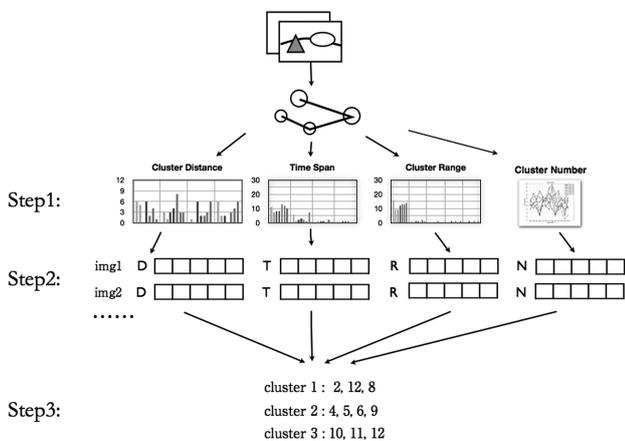


図12 kクラスタ分析の流れ

ステップ1では、注視点のクラスタから、距離、範囲、タイムスパン、クラスタ数のヒストグラムを作成する。ステップ2では、クラスタ間の距離、クラスタの範囲、タイムスパン、クラスタ数のヒストグラムから、被験者ごとに特徴ベクトルを作成する。ステップ3では、写真の種類 (Low DoF 9枚, High DoF 9枚, Flat 7枚) に応じて、それぞれの特徴ベクトルを使い、k-means++法を用いて3つのkクラスタに分ける。ここから、注視点の各クラスタ表現の意味とヒストグラムの階級間隔について個別に説明する。

クラスタ間の距離 (Cluster Distance) : クラスタ間の距離は、写真の注視の手がかりとなるものである。クラスタ間の距離が大きい場合、その先により興味のある箇所があったことを意味する。また、全体的な見方をしていたと考えられる。逆に、近い距離にクラスタが連続してある場合、局所的な範囲を詳細に見ていたと考えられる^[6]。ヒストグラムの階級間隔は、距離の最大値を七分割した。

クラスタの範囲 (Cluster Range) : クラスタの範囲は、その箇所を注意深く探索していたことや、注視の対象となる物の大きさを反映していると考えられる^[7]。また、その範囲に対応した写真の範囲を注視していたことを意味する。ヒストグラムの階級間隔は、範囲の最大値を五分分割した。

クラスタのタイムスパン (Cluster Time Span) : クラスタ内にある注視点の数。数が多い程、その箇所を長時間注視していたことを意味する。タイムスパンの継続時間は、写真の解釈の困難さを表わしている^[8]。被験者にとってタイムスパンの短い範囲は、タイムスパンの長い範囲よりも重要度が高い^[9]。階級間隔は、注視点の数の最大値を七分分割した。

クラスタ数 (Cluster Number) : クラスタの数の合計。クラスタの数は、探索パターンと関連している。数の多さは、探索の程度を表わす^[10]。

3.3.2. 結果と考察

表2は、kクラスタ分けの結果である。数値は、被験者を表わしている。

表2 kクラスタ分け結果

	Low DoF					
kCluster 1	3	5				
kCluster 2	1	4	6	8	9	10
kCluster 3	2	7	11	12		

	High DoF				
kCluster 1'	1	3	5	7	10
kCluster 2'	4	6	9	11	
kCluster 3'	2	8	12		

	Flat	
kCluster 1''	3	5
kCluster 2''	1	6 8 9 10
kCluster 3''	2	4 7 11 12

上の分布から分かるように、Low DoFのkクラスタ1と、Flatのkクラスタ1''を除いては、kクラスタの分布は分散している。しかし、個別に見ていくと、被験者「3」と「5」、「1」と「10」、「6」と「9」、「2」と「12」が、三種類の写真どれにおいても同じkクラスタにはいることが分かる。同じkクラスタに属しているということは、注視の距離、範囲、タイムスパン、クラスタ数において共通した特徴を持つはずである。しか

し、kクラスタの結果のみでは、その相違点や共通点までは分からない。そこで、確立・統計で使われる「分散」から、kクラスタ内やkクラスタ間、そして、グループ内の相違点と共通点を分析する。「分散」は、確率変数の値が期待値のまわりにどの程度ばらつくかを測るための指標のことで、期待値は、確率変数を取り得る値の中心という意味を持つ。この場合、分散が大きい程、期待値との相違が大きい、分散が小さい程、期待値と共通しているということになる。

はじめにすべての特徴ベクトルから中心値からのばらつきを示す値（分散値）を求める。次に、各特徴量 [クラスタ間の距離 (D)、クラスタの範囲 (R)、タイムスパン (T)、クラスタ数 (N)] ごとに分散値を求める。最後に、各特徴量の分散値とすべての特徴ベクトルの分散値との差を求める。もし、その特徴量がすべての特徴ベクトルからの分散値よりも下回れば共通 (COM : Common) となり、上回れば相違 (DIV : Divergence)

ということになる。

表3は、kクラスタ内における分散の表である。左からLow DoF, High DoF, Flatの順になっている。共通点はCOM欄で、相違点はDIV欄より確認することができる。SOR (Sorted) 欄は、左から特徴量の分散値が低い順に並んでいる。例えば、Low DoFのSOR欄を上からみると、kクラスタ1は、クラスタ数 (N)、タイムスパン (T)、範囲 (R)、距離 (D) の順に並んでいる。kクラスタ2では、クラスタ数 (N)、距離 (D)、タイムスパン (T)、範囲 (R) の順に並んでいる。kクラスタ3では、クラスタ数 (N)、距離 (D)、範囲 (R)、タイムスパン (T) の順に並び、三種類のどのkクラスタのSOR欄を見ても同じ並び順でないことが分かる。kクラスタ分析の結果から、Low DoFのクラスタ1と、Flatのクラスタ1"以外は、すべて異なる被験者による組み合わせになっていることを合わせ見れば、多様な注視行動があることが分かる。

表4は、kクラスタ間の分散の表である。kクラスタ間

表3 kクラスタ内の分散

	Low DoF		
	COM	DIV	SOR
kCluster 1	N, T	D, R	N, T, R, D
kCluster 2	N, D	R, T	N, D, T, R
kCluster 3	N, D	R, T	N, D, R, T

	High DoF		
	COM	DIV	SOR
kCluster 1'	N, T	D, R	N, T, R, D
kCluster 2'	N, D	R, T	D, N, R, T
kCluster 3'	N, D, R	T	N, D, R, T

	Flat		
	COM	DIV	SOR
kCluster 1"	N, D, T	R	N, T, D, R
kCluster 2"	N, T	D, R	N, T, R, D
kCluster 3"	N, D, R	T	N, R, D, T

表4 kクラスタ間の分散

	Low DoF		
	kCluster 1	kCluster 2	kCluster 3
kCluster 1	—	N, D	D, R
kCluster 2	R, T	—	D, R
kCluster 3	N, T	N, T	—

	High DoF		
	kCluster 1'	kCluster 2'	kCluster 3'
kCluster 1'	—	N, D, T	D
kCluster 2'	R	—	N, D, R
kCluster 3'	N, R, T	T	—

	Flat		
	kCluster 1"	kCluster 2"	kCluster 3"
kCluster 1"	—	N, D, T	D, T
kCluster 2"	N, R	—	D, R
kCluster 3"	N, R	N, T	—

表5 グループ内の分散

	Low DoF			High DoF			Flat		
	COM	DIV	SOR	COM	DIV	SOR	COM	DIV	SOR
Group 1	N, T	D, R	N, T, R, D	N, T	D, R	N, T, R, D	N, D, T	R	N, T, D, R
Group 2	N, T	D, R	N, T, D, R	N, D	R, T	N, D, R, T	N, T	D, R	N, T, R, D
Group 3	N, R	D, T	R, N, T, D	N, D, R	T	N, R, D, T	N, D, R	T	N, R, D, T
Group 4	N, D	R, T	N, D, T, R	D, T	N, R	T, D, R, N	N, T	D, R	N, T, D, R

で、どの特徴が共通（表4, 右上の斜線の範囲）で、相違しているのかを示している。例えば、Low DoFで、kクラスタ1とkクラスタ2の相違は、距離（R）とタイムスパン（T）である。kクラスタ1とkクラスタ3では、クラスタ数（N）とタイムスパン（T）が相違している。kクラスタ1とkクラスタ3では、同じくクラスタ数（N）とタイムスパン（T）が相違している。

表5は、グループ内の分散の表である。グループは、Group 1 (3, 5), Group 2 (1, 10), Group 3 (2, 12) Group 4 (6, 9) である。それぞれのグループにおいて共通、相違している特徴を示している。ここではどの特徴において共通しているのか見ていく。COM欄を見ると、High DoFのGroup 4 以外は、どのグループでもクラスタ数（N）は共通する特徴となっている。仮に、クラスタ数（N）を除き、その他の特徴を見ていくと、Group 1とGroup 2では、その共通点は、タイムスパン（T）である。Group 3の共通点は、範囲（R）と距離（D）で、Group 4は、タイムスパン（T）と距離（D）である。

これらの実験結果について考察を加える。Group 1とGroup 2は、タイムスパン（T）に注視行動の特性がある。注視時間の長さは写真の解釈の困難さを表わしている。Group 3は、範囲（R）と距離（D）に注視行動の特性がある。範囲は、その対象の大きさに関係し、クラスタ間の距離が長い場合、写真への全体的な注視、近い場合、局所的な範囲への注視の両方の注視がみられる。Group 4は、タイムスパン（T）と距離（D）に注視行動の特性がある。注視の時間の特徴と、注視の距離などの両方の特徴を持つグループといえる。

3.4. まとめ

被写界深度の範囲と光の範囲への注視行動の分析では、それらの関係を明確に示すデータは出なかった。注視点データのクラスタ分析では、kクラスタ内における分散の表から、三種類のどのkクラスタのSOR欄を見ても、共通点、相違点が同じ並び順ではないこと、つまり多様な注視行動があることが分かった。また、グループ内の分散の表から、Group 1 (3, 5), Group 2 (1, 10) に、タイムスパン（T）に注視行動の特性があること、Group 3 (2, 12) に、範囲（R）と距離（D）に注視行動の特性があること、Group 4 (6, 9) において、タイムスパン（T）と距離（D）に注視行動の特性があるなどの共通する注視行動があることが分かった。

4. まとめ

写真を見る際の注視行動を分析し、その特性を明確に

することを目的として、写真の被写界深度と注視行動の関係についての実験と、注視率、注視範囲などから注視行動の特性を測るための実験を実施した。

結果として、被写界深度の範囲と光の範囲と被験者の注視行動との関係は低いことが分かった。その後、注視点のクラスタから距離、範囲、タイムスパン、クラスタ数の特徴ベクトルを基に、kクラスタに分け、分散を用いた分析を行った。全体としては、kクラスタ内の分散において、三種類の写真のすべてのkクラスタで異なる共通点、相違点を持つ、多様な注視行動があることが分かった。個別には（グループ内の分散）タイムスパン（T）に注視行動の特性があるグループ、範囲（R）と距離（D）に注視行動の特性があるグループ、タイムスパン（T）と距離（D）に注視行動の特性があるグループがあることが分かった。写真を見る際の注視行動として、多様性を持ち合わせつつも、共通の特性を見いだすことができた。

本研究の一部はJSPS科研費（課題番号:26284031）の助成を受けたものです。

注

- 1) 注視行動とは、身体的な行動のうち目の動き (eye movement) によって、視覚情報を得るための動きという意味である。
- 2) イメージという言葉の意味について、心に浮かぶイメージという意味で捉えることも多いが、ここでは、絵画、イラスト、写真、インターネット上の画像など、広い意味で二次元的な画像のことを指すこととする。本稿ではそのなかの写真に焦点を充てるが、イメージという言葉を用いる際には写真だけでなくイメージ全般のことを意味する。
- 3) 写真の被写界深度 (Depth of Field) は、焦点のあっている奥行きのこと、絞り値、焦点距離、撮影距離から決まる。写真において被写界深度の範囲とは、二次元上で焦点のあっている範囲のことである。被写界深度の値が低い（浅い）程、その範囲は狭く、高い（深い）程、範囲が広がる。ここでは、被写界深度の狭いことをLow Depth of Field、被写界深度の広いことをHigh Depth of Fieldと表記する。

参考文献

- [1] Graf F., Kriegel H. P., and Weiler M., "Robust segmentation of relevant regions in low depth of field

- images”, IEEE Conference ICIP (2011), 2861–2864.
- [2] Greenleaf, Allen R., *Photographic Optics*, New York: The MacMillan Company (1950).
- [3] 杉浦徳利, 守山敦子, 岡崎甚幸, “ILP を用いた風景画の鑑賞時における注視行動パターンの発見”, 電子情報通信学会技術研究報告. HIP, ヒューマン情報処理, 102.44 (2002), 1 –5.
- [4] Dupont L., Antrop M., and Eetvelde V., “Eye-tracking Analysis in Landscape Perception Research: Influence of Photograph Properties and Landscape Characteristics”, *Landscape Research*, 39.4 (2014), 417–432.
- [5] Mei J., Si Y., and Gao H., “A Curve Evolution Approach for Unsupervised Segmentation of Images With Low Depth of Field”, *IEEE Trans. Image Processing*, 22.10 (2013), 4086–4095.
- [6] Goldberg H. J., Stimson M. J., Lewenstein M., Scott N., and Wichansky A. M., “Eye tracking in web search tasks: Design implications”, *Proc. ETRA Symposium (2002)*, 51–58.
- [7] Camilli, M., Terenzi, M., and Nocera, F. D. “Effects of temporal and spatial demands on the distribution of eye fixations”. *Proc. 52nd Annual Meeting HFES (2008)*, 1248–1251.
- [8] Duchowski A., *Eye Tracking Methodology: Theory and Practice*, London: Springer (2007).
- [9] Just M. A., and Carpenter P. A., “Eye fixations and cognitive processes”, *Cognitive Psychology*, 8 (1976), 441–480.
- [10] Goldberg H. J., and Kotval X. P., “Computer interface evaluation using eye movements: Methods and constructs”, *Int. J. Industrial Ergonomics*, 24 (1999), 631–645.

●2014年10月28日受付

はやし ももこ

名古屋芸術大学デザイン学部
〒481-8535 北名古屋市徳重西沼
hayashimomoko@nagoya-u.jp

ちょう かんぶん

名古屋大学大学院情報科学研究科
〒464-8601 名古屋市千種区不老町
zhang@mv.ss.is.nagoya-u.ac.jp

もとやま きよふみ

名古屋大学大学院情報科学研究科
〒464-8601 名古屋市千種区不老町
motoyama@is.nagoya-u.ac.jp

機械にまつわる幾何学形状（3）

Geometric Profile of Machine Elements(3)

園田 計二 Keiji SONODA

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

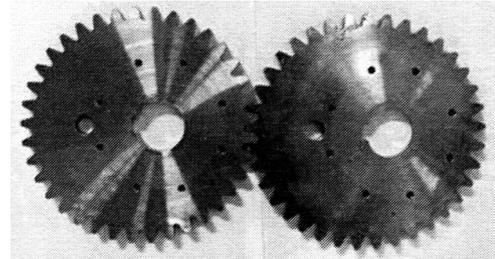
1. はじめに

本講座も3回目となりました。機械はからくりの集合体であり、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、とかくブラックボックスになりがちな機械装置の内部について、代表的な機械要素の幾何学形状の特徴およびその形状を具現化するに当たっての注意点や工夫点などを紹介し、幾何公差の考え方や取り扱いについても言及したいと考えています。第1回では、代表的な機械要素である歯車を取り上げ、歯車幾何学、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を中心に概説しました。第2回は歯すじが円弧状になった特殊な歯車について述べました。第3回は、前回積み残したかみ合いピッチ曲線が非円形になった特殊な歯車について紹介し、その後、基本的な加工の原理や精度および精度測定へと話を進めたいと思います。

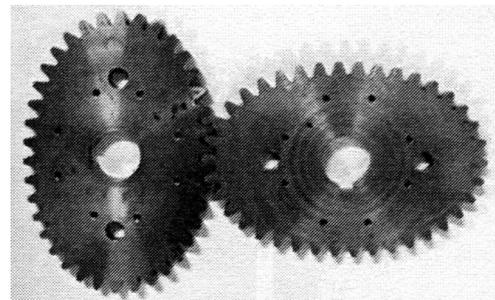
2. 非円形歯車

これまで紹介してきた歯車は、駆動軸から被動軸へ動力と回転（一定の回転比を保ちながら）を確実に伝達するものでした。ここで紹介する歯車は、図に示すように中心を偏芯させたものや非円形になった歯車で不等速運動を作り出します。一对の非円形歯車は、カムに代表される不等速運動と歯車の回転伝達の2つの働きを同時に持つ、機構学的に優れた特性を有する回転伝達機構です。図1(a)に示す歯車対は、標準平歯車の取り付け穴を偏芯させることで不等速運動を作り出す最も基本的な歯車機構です。図1(b)は楕円歯車を用いて不等速運動を作り出す歯車機構として、古くから使用されていたものです。どちらも歯形としてはインボリュート曲線を基本としたものが一般的です。図2には駆動歯車も被動歯車も自由なピッチ曲線を持った非円形歯車の例を示しています。

これまで基準ピッチ円に楕円形状を用いた楕円歯車など比較的単純なものが多かったのですが、最近では3D-CAD/CAMの進歩と工作機械の性能向上によって



(a) 偏芯させた歯車対



(b) 楕円歯車を用いた歯車対

図1 不等速運動を作り出す歯車^[1]

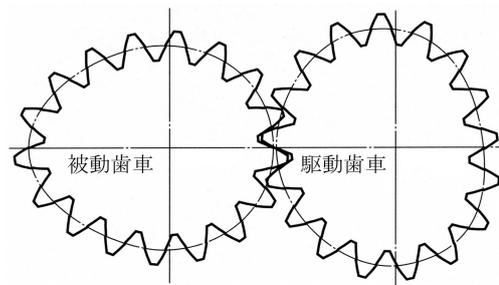


図2 非円形歯車の例^[2]

様々な非円形歯車が製作されるようになってきました。しかし、設計や加工のことを考慮すれば、歯形としては円弧やインボリュート曲線を利用したものが多くようです。モータ制御によって不等速運動を作り出すことも比較的簡単だとは思いますが、繰り返し同じような不等速運動を行わせるときには非円形歯車を用いることが有効だと思われます。既に、農機具や食品加工機などで大きな成果を上げていて、新聞やTVなどでも報道されています。これから更に利用が増えるものと期待されます。

3. 歯車の加工精度

歯車の加工精度（幾何学形状の誤差を規定する意味で用いていると考えて良い）は、使用用途や運転条件によって異なりますが、一般にかなり厳しい要件が設定されています。例えば、モジュール（第1回で説明した歯の大きさを表す標準） $m3$ 、歯数24枚程度の自動車用歯車であれば、歯形、歯すじ、ピッチのそれぞれの許容誤差は $5\mu\text{m}$ 程度です。このような精度を要求され、その上に納品の歯車が100万個に数個でも許容誤差オーバーや欠陥品があると厳しい指導があるように聞いています。

円弧歯すじ歯車や非円形歯車は、普通の歯車測定器（一般の三次元測定器よりも格段に精度が高いが、自由度は限定されている）では測定できないことが多いので、加工精度を測定する方法を検討する必要があります。現在、三次元のレーザスキャナや三次元測定器による精度測定が試みられています。自由度が高い歯車になる程、測定器にも自由度が必要になり、如何にして高精度に測定するかが重要な課題になっています。

4. 機械部品の幾何学形状測定と加工精度

著者ら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能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および測定機器は少し特殊ですから、ここでは一般的で分かり易い事例を取り上げ、基本的な加工と測定に関する原理や重要ポイントについて説明します。

4.1 精度測定に関わる基本要件

機械加工学の精度に関わる基本的評価項目には、①寸法精度、②角度精度、③形状精度、④表面粗さ、⑤運動精度、その他、表面の変質や経年変化などがあります。ここでは①から④について述べることにします。

まずは、測定方法について考えます。機械工学において、「加工精度の限界は測定できる精度で決まる」と言われます。測定出来ないような超精密加工を行ったとしても、それを何らかの方法で定量的に測定し精度保証しない限り、その精度を基にした精密機械や機構を構築することはできません。従って、保証できる加工精度の限界は、測定できる精度の限界で決まると言うことです。

測定では、以下の基本要件の考慮が重要です。

- (1) 寸法測定を行う場合、測定対象物の温度を知らなければならぬ（例えば、機械加工直後は温度が上がり膨張しているの、寸法値は大きい）。
- (2) 被測定物になるべく力を加えない測定方法である（非接触式測定法が良いが、ほとんどが接触式）。



図3 技能検定・機械検査1級の実技課題

- (3) 測定機器の精度は測定対象の精度の5~10倍の高精度でなければならない（現実的には守れていない場合も多い）。
- (4) 測定機器の特性（くせ）を良く理解してから使用しなければならない。
- (5) アッペの原理を理解しておかねばならない（カール・ツァイス社の E. Abbe が示した、測定誤差を小さくするためには被測定物と目盛尺を同一線上に置かなければならないという基本的な原理）。

図3(a)~(c)は国家資格である技能検定・機械検査1級の課題の一部です。測定対象の形状はあまり複雑ではありませんが、検定委員の前で直径、高さ、深さ、長さなど25項目を、決められた時間内に μm 単位で測定します。その他に、ねじの有効径の三針法による測定（図3(d)）やマイクロメータの器差修正等に筆記試験もあります。測定器具はアナログ式のノギス（図4）、マイクロメータ、ハイトゲージですが、これらうち、ノギスとハイトゲージはアッペの原理に則っていないので、接触部の押付力の加減によって読み取り数値が少し変化します。相当の技能の熟練を要する超難関の試験です。

図5に示すブロックゲージは、寸法測定に使用するノギス、マイクロメータなどの測定器具の精度検証に使用される他に、基準となるゲージ長さとして用いられます。1.005mmから100mmまでの様々な寸法のブロックが

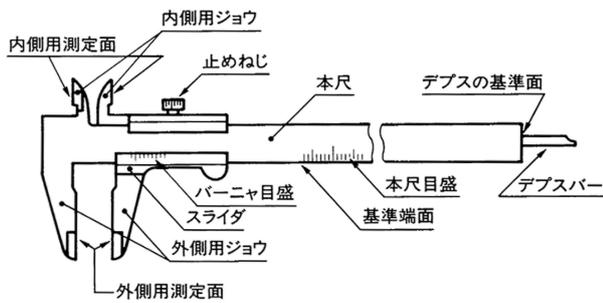


図4 M形標準ノギス^[3]

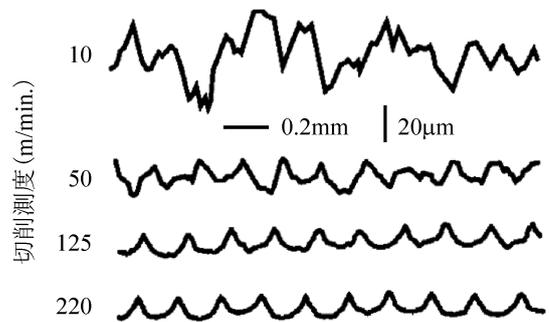


図7 鋼を切削仕上げした場合の表面粗さ^[4]
(粗さ曲線に及ぼす切削速度の影響)



図5 金属製のブロックゲージ (103個組)

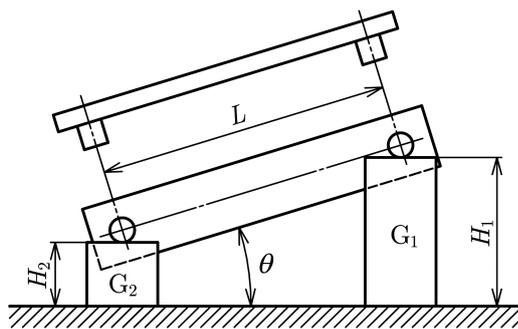


図6 サインバーによる角度の測定例
(G_1 と G_2 はブロックゲージ)

103個入っていて、単独または数個のブロックを密着(wrining)させることで、300mm位まで0.005mmおきの各種の長さ寸法(約2万種類)のブロックを作ることが可能です。使用する面は鏡面に仕上げられおり、平面度や寸法精度も超精密に加工されています。頻繁に使用されるものではありませんので、生産現場では非常に気を遣って取り扱います。現在では、耐摩耗性があり錆の心配もなく、熱による変化も少ないセラミックス製のものが主流になっています。

2番目の角度精度は、歯車のピッチ精度にも関係が深く、度分秒で表示されます。例えば、精度の高い歯車では1.5秒のピッチ誤差があるなどと表現されます。角度1秒というのは、直径413mmの円板において、円周上の円弧長が1µmになるときの中心角に相当しますから、相当な精度です。角度を精度良く測定する器具は、

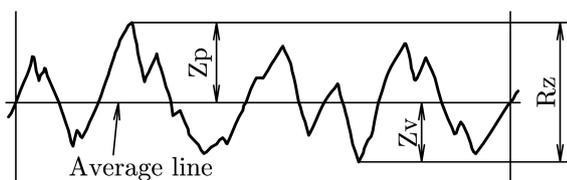
ロータリーエンコーダ、ロータリーテーブル、ポリゴン鏡、経緯儀(theodolite, transit)、サインバー(sine bar)、角度ゲージ、三次元測定器など数多くありますが、長さ寸法の精度測定に比べると特殊で取り扱いも難しくなります。図6に示すサインバーによる角度測定は、 $\sin \theta = (H_1 - H_2) / L$ の関係から角度を算出するもので、長さを精度良く設定することで所定の角度を得ることができるため、良く用いられていました。現在では、三次元測定器で測定されることが多くなってきているようです。

3番目の形状精度も、三次元測定器による測定が主流になっていますが、現場によっては万能投影機も日常的に使用されています。あまり大きくない物の真円度は真円度測定器で非常に精度良く測定でき、使い勝手も良好です。このほか形状精度の項目として、真直度、平面度、平行度、直角度など様々なものがあり幾何公差とも大いに関係があるのでもっと紹介したいところですが、紙面の都合で割愛します。

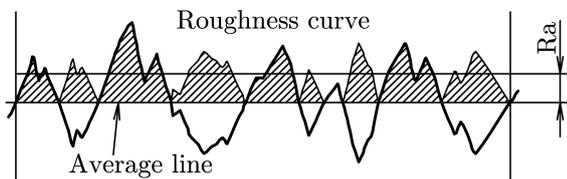
4番目の表面粗さは、三次元的な表示法が検討されていますが、現在のところ、ある断面における粗さ曲線から粗さの値を算出する方法が一般的で、触針式の粗さ測定器が最も良く使用されています。鋼を切削加工した場合の表面の例を図7に示しています。

図8にはこのような微細な凹凸を数値化する、2種類の粗さの算出法を示しています。最大高さ粗さRzは、基準の長さ範囲において粗さ曲線の一番高い山から一番低い谷までの高低差で表されます。もう一方の算術平均粗さRaは、平均線からの偏差の絶対値の平均で表されます。Rzは直感的に分かりやすく、Raは粗さの数理的な取扱いになじむ特性があります。詳細は他に譲るとして、粗さの形状が三角波だとすればRaの値はRzの4分の1となることを覚えておいてください。

前述のように最大高さ粗さRzは直感的で人に分かりやすいのですが、20年程前からは生産現場でも算術平均



(a) 最大高さ粗さRzの求め方



(b) 算術平均粗さRaの求め方

図8 表面の粗さの数値化

粗さRaが使用されるようになりました。粗さ表記が最大高さから算術平均粗さへと移行する時には、製造の現場で混乱があったと聞いています。指定粗さ $4\mu\text{m}$ の表記を $Ra = 4\mu\text{m}$ だと思って旋削仕上げしたら、正しい指定は $Rz = 4\mu\text{m}$ 、つまり $Ra = 1\mu\text{m}$ だったとなれば、旋削では足りず、研削での仕上げが必要になります。このとき既に仕上代（しあげしろ）が残っていなければ調整ができず、「オシャカ（不良品）」となってしまいます。

4.2 精度を測定する機器類の測定精度

良く利用される測定機器の分解能や測定限界などを紹介します。測定機器の技術は日々進歩していますから、数値は参考と思って頂ければと思います^{[3]-[6]}。

市販のノギスの最小目盛は 0.05mm です。マイクロメータの最小目盛は 0.01mm ですが、技術者であれば 0.002mm ($= 2\mu\text{m}$) までの読み取りは可能です。デジタル式マイクロメータは、名前の通り $1\mu\text{m}$ 単位の表示が可能で、電気式マイクロメータは最小目盛が $0.01\mu\text{m}$ です。レーザ干渉を利用したレーザ変位計は $0.001\mu\text{m}$ の違いが読み取れるものが市販されているようです。また、接触式の表面粗さ計の測定分解能は約 $0.1\mu\text{m}$ と言われていますが、研究レベルでは非接触式表面粗さ計の分解能が約 0.3nm と記入されているものがあります。また、角度の測定分解能は 0.1 秒程度です。いずれも、なんとも想像を絶する数値で、それだけに使用環境の調整や設定・取付を含めて慎重に取扱わねばなりません。正確な測定値を得るためには、正しい知識と技術・技能が必要であることは、忘れてはならないことです。

ブロックゲージは、長さ、平行度、平面度ともに $0.1\mu\text{m}$ が保証されています（メーカーや等級により違いがあります）。ブロックゲージの製造の現場で、母材の加工および熱処理、温度・湿度が徹底的に管理された部屋での

ラッピング作業と精度チェックが入念に繰り返し行われているのを見たことがあります。製造時の寸法精度はもちろんのこと、長期間にわたって高精度を保証するために、経年変化を極力抑制する熱処理と仕上げ加工も日々探求し続けているとのことでした。

5. おわりに

本講では、非円形歯車の幾何学および一般的な機械部品の幾何学形状に関わる精度と測定に関連してお話をしました。1774年に J. Wilkinson が発明した中繰り盤は、直径 $1,300\text{mm}$ の内周面を切削して約 1mm の加工精度だったといわれています。その当時 J. Watt が蒸気機関の性能を飛躍的に向上させ得たのは、蒸気機関部品の加工精度を高めることに成功したのが大きな要因だと思います。その産業革命が始まる頃と比べて、現在の加工精度および測定機器の技術水準は驚異的と言えます。これまで科学技術の進展のために想像を絶するような努力を続けてこられた方々に、心から敬意を表します。

今回は最終回となりますので、幾何学形状を具現化するための加工と精度に関してもう少し話を進め、幾何公差の考え方や取り扱いも紹介したいと考えています。

参考文献

- [1] Kazuteru NAGAMURA, Kiyotaka IKEJO : Analysis of Torsional Vibration in Elliptical Gears, Proc. of the 3rd ICDES2014, Vol. 3 (2014) , 38.
- [2] 香取英男：非円形歯車の設計製作と応用，日刊工業新聞社（2001）。
- [3] 製品カタログ，例えば Mitutoyo Catalog No.13, (2012)。
- [4] 安永暢男，高木純一郎：精密機械加工の原理，工業調査会（2003）。
- [5] 中沢 弘：やさしい精密工学（高精度化のための公理・原理），工業調査会（1991）。
- [6] 安永暢男・他：精密加工の最先端技術（「超」への道のりとその手法），工業調査会（1996）。

●2014年2月17日受付

そのだけいじ

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

たけのうち かずき

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



大会の様子など

2014年度秋季大会は、2014年11月29日・30日、銀杏の黄葉する上野公園の中にある東京藝術大学美術学部で開催された。以前、故小山清男先生が会長でおられた頃に東京藝大で開催されてから、約30年ぶりのことであった。

本大会の大きな特徴は、「講演発表」に加え、初めて「作品展示」も同時開催されたことであった。「作品展示」は、『図学研究』誌上で見ている会員作品の実物を目の前にすることや、図学的形態がどのように3次元化されているのかを目前に見たい、手に取れるものは手に取りたいという目的で企画された。

講演発表40件、作品展示22件と予想を超える方々の発表があり、参加者も130名を超えた。2つの教室とロビー空間を使用している作品展示は、デザイン建築模型、錯視図形の立体化、折り紙による空間の構築、幾何曲線が巨大なステンレス管で再現される有機的に動くオブジェ、折り紙によるランプシェード、機能的で優雅な革張りソファ、幾何形体が用いられた磁器の茶碗やオブジェ、楽譜を数学的記号で表記する試みのあるカラーズの絵画、幾何形体を用いた彫刻的オブジェなどなど、大きさも素材もジャンルも実に多様性に富み、大変見応えのあるものであった。展示空間は机と椅子を運び出した教室で、台座は机をシンプルに使用したが、美術館や一般のギャラリー展示に比べてもひと味もふた味も異なる、見応えのあるものを感じられた。これらはひとえに展示された会員の方々による優れて多様な作品の集結によるものと思われた。元会長の堤浪夫先生も、鉄に金を象眼されたおおらかな花器を特別出品いただき、作品展示にさらに華がもたらされた。作品展示は、図学研究が思考や誌上だけでなく、そこにある具体的な形の表出として体感できる機会であり、意義あるものであった。僅か1日半の展示であることがとても残念にも思われてきた。

初日は昼頃より雨模様となったが、多くの参加者があり、午

前の講演発表の後、普段は非公開の大石石膏室見学が、東京藝大美術教育研究室の本郷寛教授による解説により行われた。ギリシア彫刻やミケランジェロ、ドナテルロ、ロダンらの錚々たる彫刻の石膏像を見学した後、引き続き本郷先生の『彫刻をつくることと図学』の特別講演が行われた。19世紀末、フランスやイタリア彫刻からの影響を受けた日本人彫刻家たちの作品の紹介から始まり、塑像における心棒が、持つ深い意味について、様々な例示があった。またご自身の制作されている作品についての説明があった。中に《立つこと》と題された晩年の小山清男先生をモデルにされた像があり、その制作秘話が語られた。緩く背が曲がりつつも力が抜けた老木のような自然な立ち姿の美しさのある作品である。今日の彫刻の美を追求されている本郷先生から、「図学は何を求めるのでしょうか？」という最後の問いは、私自身の専門「美術解剖学は何を求めるのか？」とも重なり、この問いへの解をもって研究に取り組むこと大切さを感じた。

第1日目、「講演発表」は2部屋に分かれて行われ、順々に活発な質疑応答が行われた。同日夕刻の「作品展示」で制作者が作品の前で自作について述べる作品解説でも多くの参加者で





作品展示会場

賑わった。

懇親会は、学内の大浦食堂で、若手の参加者も多く、盛況であった。デジタルモデリングコンテスト、春季大会優秀研究発表賞・研究奨励賞の表彰式もあり、それぞれに喜びを語っていただいた。

2日目は初日ほどではなかったものの、多くの参加者があり、午前中の講演発表、午後には第1回デジタルモデリング研究会が開かれ、熱心な質疑応答が行われた。また、十分な冊数と見込まれていた『大会学術講演論文集』が足りないかも?! ...という嬉しくかつスリリングな気持ちも味わった。

講演発表に加えて作品展示が行われることの魅力は大きいと思われ、今後とも開催されることを期待したいと思う。作品展



本郷 寛先生よる特別講演



大浦食堂での懇親会

示は、教室の空間と作品展示台の代わりとなる机があれば可能であり、すなわちこの大学でも可能である。ポイントは、事前に作品展示者から、大きさや重さ、材質などの作品の概要や写真をももらうことと、それが集まったところで、教室内外の空間での設置プランを大筋で練ることである。この他には、前日・当日搬入は会員本人で行ってもらうため、主催側の負担は受付と監督程度で比較的少ないし、梱包材の格納や、作品監視アルバイト1~2名程度が必要なことであろう。

私は、小山先生のお誘いを受けて、図学会会員となり30年近くになっていたが、これまで本学会にあまり貢献できてはいるとはいえなかった。今回、東京藝術大学に大役をいただき、多くの皆様のご助力を得て終えられたことをとても喜ばしく思っている。

(宮永 美知代)

大会プログラム

11月29日 (土)

09:30 - 10:00 受付

10:00 - 12:00 学術講演

13:00 - 13:40 写真撮影・大石膏室見学

13:40 - 14:40 特別講演『彫刻をつくることと図学』
本郷 寛 (東京藝術大学教授)

14:50 - 16:30 学術講演

16:40 - 18:00 作品解説

- 18:00-20:00 懇親会 (大浦食堂)
 11月30日 (日)
 09:00-10:40 学術講演
 10:50-12:30 学術講演
 13:30-16:00 第1回デジタルモデリング研究会

実施体制

実行委員会

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

プログラム委員会

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

セッション報告

11月29日 (土) (第3講義室 10:00-12:00)

セッション1：都市・建築・芸術 座長：安福 健祐

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

1) 大阪府寝屋川市を対象に不審者発生状況と地域特性についてデータベースを構築し、その関連性について分析を行っている。相関の調べ方や人口密度と発生件数の関連性、不審者の属性などについての質疑が行われた。

2) 大阪府寝屋川市を対象に公共トイレの設置箇所と管理体

制の現状を調査し、半径500m圏内にトイレがない地域を明らかにし、今後のトイレ整備計画の提案を行ったものである。トイレの種類、都市による違いなどについての質疑が行われた。

3) パルテノン神殿をはじめとする古典主義建築を対象に、立面構成と黄金比との関連を調査し、恣意性の指摘や寸法相互間に黄金比を包含させる手法について言及を行っている。分析手順や設計者が意図するゆらぎについての質疑が行われた。

4) 新しい音楽譜面の表記方法として、従来の五線譜、音符を使用しない時計図式および英数字による平均律ピアノ音階形式を提案したものである。時計表記の発展性について、創作手法としての有用性についてなどの質疑が行われた。

5) 江戸期、明治期の名所記の挿図を比較することで建造物の視覚的表象の変化を分析し、国家との結びつきによる建造物自体の認識変化の仮説を提示している。調査件数、名所記の目的、対象者を明快にして比較することについて質疑が行われた。

6) 仏像の中で定朝様諸像、慶派、善派作とされる像の3Dデータから法量などを相互比較し、その特徴を定量的に明らかにしている。異なるスケールの仏像の比較方法についてなどの質疑が行われた。

(安福 健祐)

11月29日 (土) (第6講義室 10:00-12:00)

セッション2：教育 座長：山島一浩

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

7) 明治期、当時の最新気鋭の技術者であり、高等教育に携わったモンデーについて、彼の教科書の解法を紹介すると共に、現在のいくつかの他の方法による解法と比較して、教育的な側面からの検討についての発表があった。

8) 専門教育は、普遍的なものを包含して意味が有る。それが看過されていることを、回帰の基軸にすべき時であると主張された。会場では、最近の教育現場における現状を考えさせられ、大きな反響があった。

9) 日本の高校数学の教育内容は、戦後さまざまな改革が行われてきた。発表では、高校の学習指導要録を時代と共に振り返った。会場では、自分の時代はこうだったと学習内容と学習

指導要録とを合わせた議題になった。

10) 3D-CADは、建物の形態表現のみならず多くのメニューやアイコンが配置され、見やすい場所に表示させているとは言い難い。そこで、学生向けに図学教育から設計教育までの利用に、3D-CADを導入したとに報告があった。3D-CADによっては、平面を3Dで描く際に厚さを0に設定できない、斜円錐が3Dで描けない等の制約を前提にする必要があることを明らかにした。

11) 機会設計の分野は、3D-CAD技術の進展、普及により変貌している。そこで若手設計技術者の教育に、ポンチ絵を書かせる教材を導入した事例を述べた。今後の教育の場にヒントがある発表であった。

(山島 一浩)

11月29日(土) (第3講義室 14:50~16:30)

セッション3: 視覚・表現 座長: 鈴木 広隆

12) 錯視立体デザインとその表面の錯視パターン種別の関係
大谷 智子 (東北大学)

丸谷和史 (NTTコミュニケーション科学基礎研究所)

13) 富士山の立体写真—新幹線・航空機からの撮影—
大西 道一 (元神戸大学)

14) Texture Projection Control for Hand-Drawn Gradient Shading
Muhammad Arief (Tokyo University of Technology)
Hideki Todo, Yasushi Yamaguchi (The University of Tokyo / JST CREST), Koji Mikami, Kunio Kondo (Tokyo University of Technology)

15) プロジェクションを用いた機器操作ガイドの提案
遠藤潤一 (金城学院大学)

16) ボロノイ図と陰影計算を用いたホロウマスク錯視型立体の設計
友枝 明保 (武蔵野大学/JST CREST)
小野 隼 (明治大学卒業生)
杉原 厚吉 (明治大学/JST CREST)

12) 錯視パターンを付したブロック型玩具を用いた小学生向けワークショップと、ワークショップで収集したデータの第三者による印象評価の結果の報告が行われた。ブロックの大きさの根拠や、ワークショップの人数と結果の関係について議論が行われた。

13) 高速で移動する新幹線と航空機から撮影された写真による富士山の立体写真について、立体写真作成の過程とその結果が紹介された。立体写真に用いた2枚の写真の撮影位置の距離や、富士山との距離と速度との関係等について議論が行われた。

14) 2Dアート作品における誇張されたノンフォトリアリスティックなグラデーションを3Dシェーディングにおいて可能にするためのテクスチャ投影技術の改善手法の説明が行われ

た。改善されたとする根拠や、建築や都市などの周辺環境への適用可能性について質問が行われた。

15) インクジェットプリンターの操作方法を説明することを目的とした、プロジェクターによるインタラクティブな情報提供システムの紹介が行われた。プロジェクター設置の負荷やプロジェクターで提供する情報の種類、フィードバックの有無について質問が行われた。

16) ホロウマスク錯視をサイン計画に応用することを目的とした、ボロノイ図と陰影計算を用いて形状と明度を定める手法が提案された。反転遠近法の量的考察についても説明が行われた。錯視に関わる様々な要因毎の効果の大きさについて質問が行われた。

(鈴木 広隆)

11月29日(土) (第6講義室 14:50~16:30)

セッション4: 立体造形 座長: 加藤 道夫

17) ダンボールの力学的特性と構造体への利用
屋良 朝哉, 中川 一人, 星野 和義 (日本大学)

18) 「江戸名所図会」から模型を作る
山島 一浩 (筑波学院大学)

19) 市民参加型フラワーアートにおける図案表現
高嶋 啓, 佐野 司 (筑波学院大学)

20) 木工人形ウッドピース—形態と認識の狭間—
福江 良純 (北海道教育大学釧路校)

21) 楕円をモチーフとした幾何学模様生成
森田 克己 (札幌大谷大学)

17) は、段ボールの断面形状とライナーの強度に着目し、柱の圧縮試験とライナー・ハニカムボードの圧縮試験を行ない、段ボールの力学的特性を検証する研究である。座屈の理論値と実験値との比較における理論値の導出法と実験との対応関係に関してコメントがあった。

18) は、江戸名所図会から3Dプリンターにより立体を作る試みである。2次元の鳥瞰図を立体化するには、情報が不十分で、その欠損をカバーする仮説と形状生成アルゴリズムの確立が必要となることが確認された。

19) は、2011年から2014年に開催された「つくばフェスティバル」において展示された「花で描こうフラワーアート」を題材にした発表である。2011年から2013年までの経験を整理した上で、2014年の展示に関するSD法を用いた印象評価を行っている。

20) は、木工人形ウッドピースの制作を題材に、側面図のシルエットによるスイープ立体への、対角線の付加により正面図と側面図のシルエット統合を行う技法を提案し、その造形作品への応用可能性を示した。

21) は、楕円を基礎図形としてそれを3次元曲線化し、パラメータを調整することで、アートデザイン(文様)制作へとつながる一連の試みの報告である。幾何学とアートの境界領域に

において、計算機利用による形状生成の可能性が示された。

(加藤道夫)

11月30日(日)(第3講義室 9:00-10:40)

セッション5: CAD・CG 座長: 新津 靖

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

織田 翔, 三谷 純, 金森 由博 (筑波大学)

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

—平行移動と拡大縮小を許容した記述方法の導入—

鈴木 広隆 (神戸大学), 榎 愛 (摂南大学)

安福 健佑 (大阪大学), 松本 崇 (みささぎ)

24) 工業デザイナーが3D CAD上で描く意図した形状の定性的調査(2)

西井 美佐子, 斎藤 隆文 (東京農工大学)

25) 歴史題材の3Dモデルおよび3Dゲームの試作

周 欣欣, 泉 雅人, 芝田 理菜, 小橋 一秀 (名古屋文理大学)

杉原 健一 (岐阜経済大学)

26) 3D-CADによる複曲面の生成について

—円弧歯すじを持つインポリュート歯車の3Dモデル—

竹之内 和樹 (九州大学), 園田 計二 (崇城大学)

22) 立体形状をポリゴンメッシュとして展開図にすると複雑で製作が難しい展開図が作られる。その上、専門家が手作業でデザインしたものに較べると形状や表現力で見劣りする。本研究はポリゴンメッシュを融合しながら専門家のデザインに近い展開図に近づけるソフトウェア技術を開発している。

23) 可展開を組み合わせた形状でランプシェードをデザインさせる大学院の演習授業を行っている。第1報に続き、本第2報では、回転操作に加えて平行移動と拡大縮小を許容した導入した授業内容と提出作品を報告している。

24) 工業デザイナーが3D CADを操作するにあたり、曲線の生成では編集作業を繰り返している。本報告では、曲線生成で行われる「再構築」について調査し、再構築作業の必要性について考察している。

25) 「古代建物の3Dモデルを自動生成する考古学と歴史教育支援システム」を開発し、提供している。そして、学生が参加して歴史事件のゲームを作成できる環境を目指して実験を行っている。あらかじめ制作した建物群に対してキャラクターを動かさせる手法でゲームを展開させている。

26) 円弧歯すじを持つインポリュート歯車を例に、機械的機能面を3D-CADを用いて生成する場合の生成法による精度の違いを調べている。パスやガイドカーブが3次元的な曲面の生成においては、途中の形状の精度は3次元化の方法により異なり、精度の良い3Dモデルを生成するにはモデリングに工夫が必要であることを示している。(新津 靖)

11月30日(日)(第6講義室 9:00-10:40)

セッション6: 絵画

座長: 森田 克己

27) ピーテル・デ・ホーホの絵画空間

—描かれた室内と透視図法—

佐藤 紀子 (女子美術大学)

28) ル・コルビジェにおける(女性イメージ)による統合

—媒介する(牡牛のイメージ)—

加藤 道夫 (東京大学)

29) 洛中洛外図に描かれた空間

面出 和子 (女子美術大学)

30) リズムとハーモニー、そして、顔

—Paul Kleeの絵の中に探る—

下条 美穂, 大屋 美咲, 田中 さや花 (女子美術大学)

宮永 美知代 (東京藝術大学)

31) タイ王宮ワット・ブラケーオ回廊壁画の肌理の勾配の表現分析

辻合 秀一 (富山大学)

27) は、ピーテル・デ・ホーホの絵画空間について、彼の作品を初期、中期、後期に分類し、透視図法の用いられ方について着目して分析した報告であった。多くの作品の分析を通して、作品における消失点のズレとカメラオブスクラとの関係について興味深い考察が示された。

28) は、建築家ル・コルビジェが画家の立場から制作した絵画作品に関する一連の研究の続報として報告された。絵画対象を日用品や楽器に限定する〈オブジェ・タイプ〉の誕生、そして〈女性イメージ〉の誕生、さらに〈牡牛のイメージ〉の誕生に関して段階的な分析を踏まえ、〈女性イメージ〉と〈牡牛のイメージ〉の関係について独自の考察が展開された。

29) は、2013年に東京国立博物館で開催された「京都—洛中洛外図と障壁画の美」における7点の洛中洛外図屏風に基づいて、複数点を具体的に比較した研究である。各図の特徴を抽出し、さらに図法として、右上がり斜投影と左上がり斜投影による絵画空間の比較分析は、絵画表現の魅力を探索し拡充するものであった。

30) は、画家Paul Kleeの描いた作品において、顔とリズム、後半に描かれた〈子供の顔〉と表情を鍵にした報告であった。Klee独自のグリッドや幾何形体のリズミカルで構成的な画面と〈顔〉の関係、晩年の〈子供の顔〉との関係を制作年代に基づき考察をした。

31) は、タイ王宮ワット・ブラケーオ回廊壁画の遠近法に対して、どのような部分に肌理の勾配が使用されているかを調査し、肌理の勾配の表現について分析した報告である。結果として、ブラケーオ壁画には、波の表現に最も多く肌理の勾配が使われていることが示された。

(森田 克己)

11月30日 (日) (第3 講義室 10:50-12:10)

セッション7:空間 座長:辻合 秀一

- 32) 日中路地空間の比較研究 日中路地空間の比較研究
—東京下町路地と江浙沪里弄における図面の分析から—
李 晋琦, 加藤 道夫 (東京大学)
- 33) 平板による仮設構造体の制作
吉田 麻以, 小田 啓一郎, 川崎 寧史 (金沢工業大学)
- 34) 高精細タイルディスプレイを用いた大規模地下街避難の
3次元可視化
安福 健祐 (大阪大学)
瀧澤 重志, 高木 尚哉, 谷口 与史也 (大阪市立大学)
- 35) 映画に描かれた古代ギリシャ —配列の美学—
安藤 直見 (法政大学)

32) は、日本と中国の路地の歴史的な流れから路地空間の紹介と共に比較が行われた。評価方法は違うが、日本と香港の比較研究が既にあることがコメントされた。

33) は、発泡スチロールの平板で校正した構造物についての事例報告である。室内、屋外の両方の構造物として考えられている。平板の単価が300円ということでコスト的にも、平板としての収納性能としてもよく考えられていた。

34) は、大阪大学に導入された高精細タイルディスプレイの説明とこれまでの避難シミュレーションを地下街データベースに移植した話であった。来年の秋季大会では、現物を見せることができるかもしれないとのことであった。

35) は、映画のシーンと建物の柱や人の構図の共通点が提示された。また数々の映画に使われた遺跡についての説明も行われた。

(辻合 秀一)

11月30日 (日) (第6 講義室 10:50-12:10)

セッション8:開発 座長:竹之内 和樹

- 36) 設計図面の分類・検索・閲覧ソフトの開発
高 三徳 (いわき明星大学),
能條 健二, 大和田 雄, 相良 慎 (花見台自動車)
- 37) 切開辺を含み一方に折畳み可能な立体形状の設計
加瀬 悠人, 三谷 純, 金森 由博 (筑波大学)
- 38) 異なる複数の正答を持つ単位正方形の組み合わせパズルの
デザイン支援
山本 陽平・金森 由博・三谷 純 (筑波大学)
- 39) 拡張メンタルローテーション問題の作成・表示ソフトウェアの開発
新津 靖 (東京電機大学)
- 40) 方位角制御型正反射ブラインドの性能評価に関する研究
富永 朗裕, 鈴木 広隆 (神戸大学)

36) は、既存設計情報活用のための図面検索システムの紹介である。設計対象の構造・部材を検索項目に設定し、図面のサ

ムネイルも示すことで、2種の設計対象での試用において良好な運用結果を得ている。登録データを増やし、他種の設計対象も含めた本運用が期待される。

37) は、上下方向に折りたたみ・展開が可能な多面体モデルの設計支援手法の研究である。非軸対称形状も対象に含め、設計自由度を高めようとする意欲的な取り組みがなされている。平面形状が凹部を含む場合の折りたたみの重なり回避を中心とした議論がなされた。

38) は、指定された3つ以上の色模様を構成できるピース集合の存在の有無の判定とその表裏の色の決定、および適切な色のピースが不足する場合の色模様の調整に関する研究である。色模様の調整において印象の変化を小さくするための代替色の選定指針について、闊達な意見交換がなされた。

39) は、メンタルローテーションの問題を難易度や表示の方法を指定して生成できるシステムの開発で、問題作成にかかる労力を低減できることが報告された。問題の難易度や測定しようとする能力と問題作成における設定項目との関係についてのコメントがあった。

40) は、太陽方位角の変化を考慮したブラインドの採光性の研究である。2種類のブラインドの採光性をシミュレーションにより調べ、それらの結果をもとにV字形のスラット断面や蛇腹型ブラインドの提案に進んでいる。提案形状のブラインドの視覚的効果や可動機構についての意見があった。

(竹之内 和樹)

日本図学会 2014年度秋季大会 研究発表 要旨

寝屋川市における不審者発生と地域特性に関する分析

坂田 裕樹 Yuki SAKATA
榊 愛 Ai SAKAKI
本多 友常 Tomotsune HONDA

内閣府の治安に対する世論調査によると、高齢者や子供などの弱者を狙った犯罪が増えている。また、通学路上の犯罪不安となる場所として狭隘道路や池および公園などの周辺が指摘されている。そこで本研究では、道路空間を対象として防犯に着目し、安心して子供達が通学できる環境にするために、大阪府寝屋川市内の不審者発生情報をもとに、不審者発生状況と地域特性について調査し考察する。

キーワード：形態構成／都市空間／地域特性

寝屋川市における公共トイレの配置に関する研究

榊 愛 Ai SAKAKI
伴野 嘉彦 Yoshiniko BANNO

本研究では、公共トイレが一定距離内に存在しない地域を「トイレ空白地帯」と定義し、大阪府寝屋川市を対象として、現地調査による公衆トイレの質的評価を行った後、GISを用いて公共トイレ空白地帯の面積割合を算出した。さらに質的評価を考慮して、公共トイレの配置に関する問題点を考察し、新たなトイレの整備提案を行った。寝屋川市内で公衆トイレの現地調査を行った結果、設備・機能面で評価の低いトイレが多いことが明らかになった。またGISを用いて公衆トイレと公共トイレの補完関係を調べたところ、公衆トイレの空白地帯を民営管理のトイレが補っているということが明らかになった。最後に、これらの考察より明らかとなった、寝屋川市の公共トイレの改善すべき課題を基に、新たなトイレの最適な配置・整備案の提案を試みた。

キーワード：形態構成／公共トイレ／空白地帯／質的評価

パルテノン神殿の黄金比による立面構成に関する考察

—古典主義建築との比較を通して—

石井 翔大 Shota ISHII
安藤 直見 Naomi ANDO

「パルテノン神殿の立面は黄金比に基づいて設計されている」という言説について、インターネット上には一律ではない矛盾した情報が見られる。また科学的な論文であっても、必ずしも一律とはいえない言説が見られる。本論では、正確な立面図を用い、パルテノン神殿の立面構成について考察を行う。またパルテノン神殿の立面構成を相対的に把握する上で有用と思われる古典主義建築を数点取り上げ、これらの立面との比較検証を行う。

キーワード：形態構成／パルテノン神殿／黄金比／立面構成

時計図式とピアノ音階形式による五線譜音符を使わない楽譜の記述法について

宗田 光一 Koichi MUNETA

音楽表記としての従来の五線譜形式は、今日の新しい音楽を表記するための完成された楽譜とは言い難く、実際に耳で聞く音との相違が分かりにくい。特に変調においては、著しい合理性を欠いた表記法である。そこで、音楽を学び、楽器などを演奏し、さらには作曲をするために適した平均律ピアノ音階形式というものを考え、従来の五線譜、音符を一切使用しない楽譜の在り方を提案する。

キーワード：形態構成／時計図式／ピアノ音階／固有音の数表記

19世紀名所記における建造物表象の変化

伊良部 頌 Sho IRABU

加藤 道夫 Michio KATO

日本における「建築」概念に基づいた経験を可能にした「超越論的条件」を明らかにするという大きな目的達成のための一端として、人々の建造物に対するまなざしの変動・建造物を語る言葉の変化を分析する。その具体例として、江戸期から明治期にかけて出版された、「名所」を主題とした書物（名所記）の比較を行った。名所記はさまざまな「名所」という諸部分から構成されるものとして対象である都市を表象するが、江戸期から明治期への移行過程においてその構成成分が変化（＝成分の排除と組み込み）する。この変化と建造物へのまなざしの変化は連動している。明治期になり建造物が主題として名所が描かれるようになるが、これには都市内における政治体制の変換による行政機構の表出の性質の変化、「新しさ」への価値付けの変化、社会における建造物の機能の変化等の諸要因と関連していることを仮説として提示する。

キーワード：図学史／建築／都市／表象／権力

彫刻文化財にみられる図学的解釈

山田 修 Osamu YAMADA

仏像を中心とする彫刻文化財の中には、時代、様式といった括りの中で、意図的な寸法、比率が確認され、図学的な解釈が認められるものも多くみられる。またそのような基準に従って造像をおこないながらも、アレンジを加えることで、必要に応じた新たな表現を生み出してきたと考えられる。東京藝術大学美術研究科文化財保存学専攻保存修復彫刻研究室では、主に奈良時代、平安時代、鎌倉時代の仏像の3D計測を行っている。これによって模刻研究や修復に活用するだけでなく、像造に関する比例・寸法の研究も行なっている。本稿では、実際に彫刻文化財から取得した3Dデータから得られた図や数値を解析することによって、造像に関連する図学的な解釈について報告する。

キーワード：設計論／仏像／彫刻文化財／美術史

モンデーによる図法幾何学問題の解法に学ぶ

大月 彩香 Ayaka OHTSUKI

明治期の高等教育において図学を担当したモンデーの役割は大きかったと推測される。現在、その教科書が残っており、そこに記された図法幾何学の問題の解法は、現代とは異なる面が散見される。本報告では、代表的な問題を取り上げて、当時の解法を紹介するとともに、現在のいくつかの他の方法による解法と比較して、教育的な側面より検討を加えた。

キーワード：図学教育／モンデー／図法幾何学

技術教育における「知」の受容と展開

坂本 勇 Isamu SAKAMOTO

佐野 浩 Hiroshi SANO

専門教育は、普遍的なものを包含して意味がある。それが看過されていることを、回帰の基軸にすべき時である。

キーワード：図学論／日本の哲学的思想／日本らしさ／超俗性／知の公共性

高校数学における図法幾何学的内容の変遷

長島 忍 Shinobu NAGASHIMA

日本の高校数学の教育内容は、戦後さまざまな改革が行われ、その基本的内容は文部科学省が作成した指導要領を調べることによっておおむね知ることができる。数十年前には中学または高校において図法幾何学の正投影や点・直線・平面・多面体などの内容が取り扱われていたが、時代と共に内容が修正され、そして減少し、消滅していった。数学では実際に作図によって解を求めることはしないが、空間図形を扱う考え方は大変重要であり、今一度これらの内容を再度考察する必要があると考えた。そのため高校数学における図法幾何学的内容の変遷について調べた。

キーワード：図学教育／図法幾何学／高校数学

BIMオリエンテッドな3D-CAD上での図学教育用立体の表現性

吉田 勝行 Katsuyuki YOSHIDA

BIMオリエンテッドな3D-CADは、建築物の形態表現のみならず材料のボリュームやコストの把握等をも扱うため、図を描く機能だけでなくそれ以外の機能にもメニューやアイコンが割り振られることになり、図を描く機能に関わるメニューやアイコンがディスプレイ画面の見易い箇所に分かり易く表示されているとは言い難い。本稿では、建築を学ぶ学生に対し、そうした操作性についての学習時間を最小におさえるために、単一の3D-CADで図学教育から設計教育までシームレスに通ずる課程を構成したいとの観点から、図学教育の段階で導入するについての留意点を探る

ためにBIMオリエンテッドな3D-CADとして代表的なAutodesk Revit 2015とArchiCAD 17とにより図学教育用のオブジェクトの作図を試み、前者の導入には平面を3Dで描く際に厚さを0に設定出来ない、斜円錐が3Dで描けない等の制約を前提にする必要があることを明らかにした。

キーワード：CAD・CADD／図学教育／設計・製図教育

機械設計・製図におけるポンチ絵・手描き製図の有用性について

平野 重雄 *Shigeo HIRANO*

喜瀬 晋 *Susumu KISE*

関口 相三 *Sozo SEKIGUTI*

奥坂 一也 *Kazuya OKUSAKA*

機械設計の分野は、三次元CAD技術の進展・普及により変貌している。中でも若手設計者の機械設計能力の低下が企業を中心として問題視されている。本報では、若手設計者の評価対象になる設計構想が不明確である。機械要素部品の認識不足が著しい。図面の理解力が不足しているなどの問題点を解決するために、弊社で開発したポンチ絵の活用法ならびに生産に直接結びつく手描き製図法を用いて設計技術力の向上を図る教育を実践している。その内容と成果について述べる。

キーワード：設計・製図教育／ポンチ絵／手描き製図

錯視立体デザインとその表面の錯視パターン種別の関係

大谷 智子 *Tomoko OHTANI*

丸谷 和史 *Kazushi MARUYA*

本研究の目的は、幾何学的な錯視が利用される立体物のデザインを体系化することである。これまで、主に高校生以上を対象に、錯視パターンを表面に付したブロック（錯視ブロック）を用いたワークショップ型実験を実施し、作成された立体物の構造と錯視模様との関係性について検討してきた。本発表では、小学生を主な対象としたデータについて分析を行った結果を報告する。

キーワード：図学教育／空間認識／形態構成

富士山の立体写真 —新幹線・航空機からの撮影—

大西 道一 *Michikazu OHNISHI*

立体写真には、赤色・青色フィルターを用いる方法、左右の偏光を90°違えて設定した偏光レンズを用いる方法、長さが画面の上端から下端まで達する微小な細い蒲鉾型レンズを通して、撮影・印刷した画像を両眼で見える方法など種々の方式がある。筆者は基本的な方式である、2箇所から撮影し、2枚の凸レンズで見る立体写真を1950年代に作成していた。この時の立体写真と最近作成した富士山の立体写真について報告する。新幹線（新大阪—東

京）及び航空機（神戸—羽田）の窓からデジカメを用い、手持ちで撮影した富士山の画像を約120枚収集していたのでこの中から、基線長が600m程度に相当する対の画像を選んで、15セットの立体写真を作成した。2枚の写真の配置角度、上下左右のトリミング、基線長の設定などを調整して完成させた。これらの調整方法、注意点について述べる。

キーワード：空間認識／富士山／新幹線／航空機／立体写真／レンズ式実体鏡／反射式実体鏡

テクスチャ投影制御による3次元モデルの手描き風陰影グラデーション表現

ムハンマド アリエフ *Muhammad ARIEF*

藤堂 英樹 *Hideki TODO*

山口 泰 *Yasushi YAMAGUCHI*

三上 浩司 *Koji MIKAMI*

近藤 邦雄 *Kunio KONDO*

Abstract: Shading in 2D artwork is commonly drawn with expressive irregular gradations but it is challenging to design them in 3D because most 3D shading techniques are not flexible for non-photorealistic irregular reflections.

Texture projection methods tackle the constraints using an irregular gradation designed as a 2D texture, but on the other hand their controllability is not still enough for artistic requirements. Therefore, we aim to improve the approach for providing practical lighting controls preserving the original high quality shading.

In this study, we extended the capability of light-space normal [3] so that we can add more the number of lights and developed a paint interface for creating various shape shading in arbitrary areas. The new features are generated by adjusting the z component of the light-space normal.

We demonstrate how our approach can provide the artist with the effective shading design for animating high quality shading.

Keywords: CG / Projective Texture / Non-photorealistic rendering / Paint Interface

プロジェクションを用いた機器操作ガイドの提案

遠藤 潤一 *Junichi ENDO*

プロジェクタを用いて情報を投影（プロジェクション）することが一般的になっている。そこでプロジェクタを一つの情報提供機器と捉え、機器の表面に直接操作ガイドを表示するために用いることとした。操作ガイドに必要な文字情報とビジュアル情報が必要である。本研究では主にビジュアル情報について、試作を通して検討を行った。文字情報については、先行研究によって明らかになったが、ビジュアル情報の表示内容については、まだ十分な検証が出来ていないからである。試作を通じて明らかになったビジュアル情報の可能性と課題を報告する。

キーワード：CG／プロジェクション／インタフェース

ポロノイ図と陰影計算を用いたホロウマスク 錯視型立体の設計

友枝 明保 *Akiyasu TOMOEDA*小野 隼 *Jun ONO*杉原 厚吉 *Kokichi SUGIHARA*

「矢印の幻惑」(友枝・杉原, 2012) や「はぐれ矢印」(友枝・小野・杉原, 2013) は, 計算によって得られた, 矢印形状をした新しい錯視立体であり, 照明がもたらす陰影によって立体の凹凸が反転するクレーター錯視と同様の錯視現象や, 観察者の視点位置の変化に伴って立体が回転して見えるホロウマスク錯視と同様の錯視現象が観察される。本講演では, ポロノイ図および陰影計算を用いたこれらの錯視立体の設計法について紹介する。

キーワード: 応用幾何学/計算錯覚学/ホロウマスク錯視/クレーター錯視/ポロノイ図/陰影計算

ダンボールの力学的特性と構造体への利用

屋良 朝哉 *Tomochika YARA*中川 一人 *Kazuto NAKAGAWA*星野 和義 *Kazuyoshi HOSHINO*

本研究はダンボールを構造体として利用することを目的として, その力学的特性について述べたものである。主として, 異なる種類の試験片を用いそれぞれ圧縮試験を行い実験値と理論値との比較を行った。その結果, 全ての試験片において実験値は理論値を大きく下回った。その理由として, 紙が不連続に結合する繊維材料であるため荷重を加えた側から座屈が伝播していき応力集中が生じたためと考えられる。このことから, ダンボールの力学的特性は, 従来の計算式が適用できないことが分かった。

キーワード: 設計論/材料強度/構造解析

「江戸名所図会」から模型を作る

山島 一浩 *Kazuhiro YAMASHIMA*

「江戸名所図会」は, 江戸及びその近郊の景観・寺社・名所旧跡・風俗等を内容とする絵入り地誌である。そこから模型を作ろうと思い取り組んだ。2Dの図から, 3Dの模型への座標変換を行って, 3次元の図におとし, そこに配置する成果物の3Dプリンタでの出力までを報告する。

キーワード: 応用幾何学/CAD・CADD/鳥瞰図/江戸

市民参加型フラワーアートにおける図案表現

高嶋 啓 *Kei TAKASHIMA*佐野 司 *Tsukasa SANO*

近年, 市民参加型のイベントが増加傾向にある。地域と大学や行政などが, イベントを通して繋がりを持つ活動は, 増加の傾向にある。本プロジェクトの「花で描こうフラワーアート」は, つ

くばフェスティバの中で, 2011年より, デザイン図案をフラワーアート作品によって表現し, 花苗2,600株~4000株を並べ, 15メートル四方の作品を仕上げるものである。デザインの提案と, 図案化を筆者が行い, 学生と一般市民の手によって, 完成するプロジェクトである。本研究では, 紙面上の図案を15平方メートルに及ぶフラワーアートに置き換える方法を提案した。花苗で図案を表現するには, 図案をドットに置き換える必要があった。また, 2014年より, 閲覧者にどのような印象を与えるかの調査も行った。本プロジェクトにより, 学生と一般参加者との共同制作の過程で, コミュニケーション教育の場となった。

キーワード: 図学論/グラフィックデザイン/環境デザイン/コミュニケーションデザイン/感性工学/SD法

木工人形ウッドピース 一形態と認識の狭間一

福江 良純 *Yoshizumi FUKUE*

立体形状の正面と側面は形態的な対照性が最大であり, 立体形状の再現はこの両立面図を必要とする。しかしながら人は, 必ずしも対象を物理的形状通りに認識していない。それゆえ, 美術・工芸においては, 人の立体認識の狭間を突く様々な造形法が編み出されている。本発表は, 発表者らが新規に開発した木工人形(ウッドピース人形)を紹介する。これは, 片面の立面図のみを使用したカラーリングによるユニークな立体造形法である。

キーワード: 造形論/立体理論/カービング/木彫/空間認識

楕円をモチーフとした幾何学模様生成

森田 克己 *katsumi MORITA*

円錐曲線の一つである楕円は代表的な二次曲線である。本稿では, 楕円を三次曲線として活用することを考え, t を媒介変数として周期関数を適用し, $x=f(t)$, $y=g(t)$, $z=h(t)$ で表し, 汎用楕円と定義する。本稿の目的は, 汎用楕円を用い, 三次元上で幾何学模様を数理造形的に生成することにより, アート及びデザイン等の領域において活用できる基本的な方法論を提供しようとするものである。

キーワード: 形態構成/幾何学模様/楕円

非多様体構造を許容した可展面パッチ集合による紙模型用形状モデルの構築

細田 翔 *Sho HOSODA*三谷 純 *Jun MITANI*金森 由博 *Yoshihiro KANAMORI*

立体形状をポリゴンメッシュまたは可展面パッチの集合で近似し, それらを平面にマッピングすることで紙模型用の展開図を生成できる。しかしながら, 計算機で自動生成される紙模型は, 専門家が手作業でデザインしたものと比べると作りやすさや形状の表現力の点で見劣りする。本研究では, この違いはポリゴンメ

シュ固有の凹凸感と非多様体構造の有無に由来するものであると仮定し、この差異を解決するための新しい紙模型用形状モデル構築手法を提案する。

キーワード：CAD・CADD／紙模型／可展面／非多様体

可展面によるランプシェード製作を提出課題としたCAD/CG教育について その2 —平行移動と拡大縮小を許容した記述方法の導入—

鈴木 広隆 Hiroataka SUZUKI
榎 愛 Ai SAKAKI
安福 健祐 Kensuke YASUFUKU
松本 崇 Takashi MATSUMOTO

筆者らは、可展面を組み合わせた形状でランプシェードをデザインさせ、それぞれの可展面の展開図を自動的に描画することで、短時間でCAD/CGによるデザインと模型製作を行うことを可能にした教育を行ってきた。本稿ではその第2報として、平行移動と拡大縮小を許容した記述方法を導入した授業の内容と提出作品について報告を行う。

キーワード：図学教育／空間幾何学／CG

工業デザイナーが3D CAD上で描く意図した形状の定性的調査（2）

西井 美佐子 Misako NISHII
斎藤 隆文 Takafumi SAITO

本研究では、工業デザイナーが3D CADを操作するにあたり、熟練度合や3D CADの特性による造形への影響を最小限にするような、新たな3D CAD機能の追究を目的とする。デザイナーは意図した曲線形状を3D CAD上で得るために、新規に曲線を作成した後、制御点の移動や曲線の一部分の変形や、ほぼ完成した曲線の再構築により、最適な形状になるまで編集作業を繰り返すことが、我々のこれまでの調査からわかった。今回は調査の中で「再構築」に着目する。再構築の作業は、曲線をより編集し易くすることが主な目的ではあるが、理由は様々であった。意図した形状を完成させるために、デザイナーにとって有用な操作工程である再構築作業の必要性について、再考察した。

キーワード：CAD／3D CAD／モデリング

歴史題材の3Dモデルおよび3Dゲームの試作

周 欣欣 Xinxin ZHOU
泉 雅人 Masato IZUMI
芝田 理菜 Rina SIBATA
小橋 一秀 Kazuhide KOBASHI
杉原 健一 Kenichi SUGIHARA

著者らは「古代建物の3Dモデルを自動生成する考古学と歴史教育支援システム」を開発した。本システムは、インターネットとCG、AR、3Dプリンターなどの手段を利用し、歴史教育用コ

ンテンツを提供できる。本文では、学生が自ら参加して歴史事件のゲームを作成できる環境の構築を目指して実験を行ったので報告する。

キーワード：CG／歴史題材の3Dモデル／仮想現実

3D-CADによる複曲面の生成について —円弧歯すじを持つインボリュート歯車の3Dモデル—

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI
園田 計二 Keiji SONODA

対偶の相対運動により機能を生成する機械要素では、形状の精度がその性能の良否を決定する。3D-CADを用いて、歯面が複曲面になる円弧歯すじを持つ歯車をモデリングする場合、3次元化の方法により形状精度が異なる。この違いを、歯形を微小厚さで積層して作成した形状データと3D-CADにより生成したそれとを定量的に比較して、最少の断面、ガイドカーブに対してはロフトが有利であり、精度良いモデリングには工夫が必要であることを確認した。

キーワード：CAD・CADD／形状処理／3Dモデリング／複曲面／機械要素

ピーテル・デ・ホーホの絵画空間 —描かれた室内と透視図法—

佐藤 紀子 Noriko SATO

本研究は、17世紀オランダ絵画の黄金期に活躍した画家、ピーテル・デ・ホーホの絵画空間を考察したものである。デ・ホーホの作品を初期、中期、後期に分類し、さらにテーマごとに描かれた場面における透視図法の用いられ方に着目して分析した。デ・ホーホは、年を追うごとに透視図法を駆使して画面構成しているが、描かれた室内の床や壁、天井などの部分ごとに消失点があり、さらに、同じ平面上に描かれている床のタイルは、高さの異なる消失点が設定されていた。この結果から、デ・ホーホがカメラオブスクラを使用していた可能性を示唆した。

キーワード：造形論／17世紀／オランダ／風俗画／透視図法

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

加藤 道夫 Michio KATO

本研究は「Geometry と Geology の共存—画家ル・コルビュジェの展開」（日本図学会2013年度秋季大会学術講演論文）を発展させたものである。前研究では、1）彼の言説を踏まえて、異なるジャンルのイメージの統合を可能にするのは、デフォルメと連想作用であることを明らかにし、2）〈オブジェ・タイプ〉と呼

ばれる日用品が変容し、〈人体イメージ〉へと転移する一連の作品の存在を例証した。本研究では、第2次世界大戦後に生み出された〈牡牛のイメージ〉に着目し、1) 〈牡牛のイメージ〉が誕生する二つのプロセスを明らかにし、2) 〈牡牛のイメージ〉が〈女性イメージ〉と輪郭線を共有することで、一体化することを示した。3) それは、デフォルメによる直接的な女性イメージへの転移ではない。対極にある〈牡牛のイメージ〉を媒介にした、新たな〈女性イメージ〉による統合といえる。

キーワード：造形論／絵画／ル・コルビュジエ／牡牛のイメージ

洛中洛外図に描かれた空間

面出 和子 Kazuko MENDE

2013年に、東京国立博物館で開催された「京都—洛中洛外図と障壁画の美」では、7点の洛中洛外図屏風が一同に展覧された。洛中洛外図屏風は、洛中と洛外を鳥瞰図的に一望のもとに描きだし、その図様は時代を反映している。本研究では、それらの洛中洛外図を比較し、描かれた時代によって、どのように表現が移り変わったかを具体的に検証する試みである。分析の結果、図法的には斜投象的に描かれている。初期の表現は、広い範囲を描きながら、天下人による支配願望を表象しているようである。また江戸期になると、狭い範囲を描くようになり、幕藩体制の管理と抑圧の中での人々のエネルギーを表象しているかようになってきたことが確認できた。

キーワード：造形論／洛中洛外図／描かれた空間

リズムとハーモニー、そして、顔 —Paul Klee の絵の中に探る—

下條 美緒 Mio SHIMOJO

大屋 美咲 Misaki OOYA

田中 さや花 Sayaka TANAKA

宮永 美知代 Michiyo MIYANAGA

Paul Klee(1879-1940)の絵には、かたちと色が織りなす音楽的な構成に加えて、種々の形象がある。なかでも〈顔〉は、正面から描かれたり、おぼろげに描かれたり多様なイメージで現れる。時に〈顔〉は、風景の中などにダブルイメージの構造をもって現れるが、不完全な〈顔〉であるところが特徴的である。本論では、クレール作品にある顔とリズム、後半に描かれた〈子供の顔〉と表情を鍵に考察した。

キーワード：造形論／Paul Klee／顔／リズム／曖昧性／子供／表情

タイ王宮ワット・プラケーオ回廊壁画から肌 理の勾配の表現分析

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

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

調査し、肌理の勾配の表現を分析した。この壁画は、波は52室中38室の73%に、空の表現は177室中21室の12%に、山は176室中6室の3%に、木は178室中4室の2%に肌理の勾配が表れた。尚、この回廊の壁画は、室という単位で管理されている。

キーワード：空間幾何学／タイ画／遠近法／肌理の勾配

日中路地空間の比較研究 —東京下町路地と江 浙汭里弄における図面の分析から—

李 晋琦 Jinqi LI

加藤 道夫 Michio KATO

本稿は、都市空間の調査方法とデザイン手法の提案を目的とする研究の端緒である。本研究は、各々の都市の従来の原風景や雰囲気感をどう守り、どう発展していくかについて、比較研究を行うものである。比較対象として、東京の下町路地と中国江蘇南部地域の里弄を取り上げ、各時代の地図・建物連続立面輪郭画像・溢れだしの配列図を切り口とし、路地空間が懐かしくて親しみやすく感じられる原因を解明する。その基礎研究として、対象地域に関する先行研究の概要の確認と比較対象地域の特性、ならびに関連する図面の収集・作成・分析・比較を行った。本論はその計画及び関連文献と調査方法のまとめである。

キーワード：設計論／路地／里弄／都市空間／オープンスペース

平板による仮設構造体の制作

吉田 麻以 Mai YOSHIDA

小田 啓太郎 Keitaro ODA

川崎 寧史 Yashushi KAWASAKI

近年、建築デザインにおいて柔らかな構造体に関心を集めている。柔らかな構造とは、多くの小部材の結合により力をより多様に分散させる構造を意味し、力の流れの合理性を求める一般構造とは逆の考え方となる。ただし、簡易構築物や仮設構築物においては、構築の簡易性や自由度、また部材の収納性などから、このような構法が有効な場合も多い。そこで、本項では平板の小ピースを組み合わせた簡易構築物を制作し、様々な地域活性の企画に利用した事例について説明する。

キーワード：形態構成／柔軟構造体／平板

高精細タイルディスプレイを用いた大規模 地下街避難の3次元可視化

安福 健祐 Kensuke YASUFUKU

瀧澤 重志 Atsushi TAKIZAWA

高木 尚哉 Naoya TAKAGI

谷口 与史也 Yoshiya TANIGUCHI

概要：大型かつ高精細なディスプレイを用いた可視化は、人の空間認識力を駆使してデータを的確に理解させる手法として注目されている。本研究は、24面タイルディスプレイを用いて、大

規模地下街における避難シミュレーション結果と3Dモデルを重ねあわせ、俯瞰視点および一人称視点により、避難安全対策の立案・検討や、防災教育を多人数で議論できるような環境を構築することを目的としており、そのグラフィックス表現について考察した。その結果、12Kの高解像度で可視化することで、大規模地下街の平面図全体を表示しても、各部の避難状況の詳細が認識できるとともに、一人称視点に切り替えて、高い臨場感で避難状況を複数人で体験できるシステムを構築した。

キーワード：CG／可視化／避難シミュレーション

映画に描かれた古代ギリシャ —配列の美学—

安藤 直見 Naomi ANDO

映画には、作品としての表現の一部として、あるいは背景として、建築や都市などの空間が描かれる。本論では、古代エジプト建築について考察した前大会（2014年度春季大会）の論考に続いて、映画に描かれた古代ギリシャ、および、古代ギリシャの上に重なる現代ギリシャの建築と都市について考察し、映画を通して、建築と都市の場所性と歴史性について学ぶための教育資料を提示する。

キーワード：形態構成／映画／古代ギリシャ／世界遺産

設計図面の分類・検索・閲覧ソフトの開発

高三徳 Sande GAO

能條 健二 Kenji NOJO

大和田 雄 Takeshi OOWADA

相良 慎 Shin SAGARA

複雑な機械の設計現場では、数多くの過去設計図面やCADデータから最も参考になるものを探し出すことは大変な手間がかかる。このような問題を解決し、過去CADデータを十分に効率よく生かすため、本研究では、独自に設計図面の分類・検索・閲覧ソフトを開発した。本稿では、このソフトの機能、構成、仕組、データ構造および試運行について報告する。

キーワード：設計論／自動車／CAD図面／ソフト開発／サムネイル／データ構造

切開辺を含み一方向に折りたたみ可能な立体形状の設計

加瀬 悠人 Yuto KASE

三谷 純 Jun MITANI

金森 由博 Yoshihiro KANAMORI

本稿では、上下方向に折りたたみと展開が可能な多面体モデルの設計を支援する手法を提案する。対象とする多面体モデルは、天頂面と底面が水平であり、側面は水平な辺と垂直面上に位置する辺から構成される。水平な辺はヒンジ構造を持ち開閉角度を変化させることができる。折りたたむ前には完全に閉じた状態であ

るが、平坦に折りたたんだ状態および折りたたみ過程の状態では垂直面上の辺が分離する。提案する設計支援システムでは、多面体モデルの天頂面と底面および断面を構成する折れ線を入力とし、上記の条件を満たす立体を自動生成する。

キーワード：CG／多面体／折りたたみ／設計

異なる複数の正答を持つ単位正方形の組み合わせパズルのデザイン支援

山本 陽平 Youhei YAMAMOTO

金森 由博 Yoshihiro KANAMORI

三谷 純 Jun MITANI

本論文では、両面に色の付いた単位正方形をピースとする組み合わせパズルについて議論する。ピースは両面に色を付けることができ、全てのピースを過不足なく使用して予め指定された色模様（「正答」と呼ぶ）を復元することを目的とする。正答が2つ以下であれば、ピースの各面に色を割り当てることで、必ず全ての正答を再構成できる。正答が3つ以上ある場合には、正答間で共通する色をうまく再利用する必要がある。場合によっては全ての正答を実現するピースが存在しないこともある。そこで、複数の正答が入力として与えられたときに、その正答を実現できるピースの集合が存在するか否かを判定するための条件式と、存在する場合にはピースの生成を行う手法を提案する。そうでない場合には、正答の色合いを調整して、ピースを生成可能にする手法の提案も行う。いくつかの例題に対して提案手法を試し、実際にパズルを試作したので報告する。

キーワード：CAD・CADD／ゲーム・パズルの数理的基礎／創作支援

拡張メンタルローテーション問題の作成・表示ソフトウェアの開発

新津 靖 Yasushi NIITSU

メンタルローテーションは、脳の思考過程を研究するテスト問題として使われている。この問題は2つあるいは複数の2次元図形または3次元立体図形を回転させて表示し、それらが同一立体かあるいは鏡像立体かを判断させる問題である。本研究では、著者が開発しているソリッドモデラーのコードを応用して、この問題を作成および表示するアプリケーションを開発した。作成できる問題は、別立体の選択ができるように拡張した。

キーワード：空間認識／メンタルローテーション／ソリッドモデラー／立体図形

方位角制御型正反射ブラインドの性能評価に関する研究

富永 朗裕 Akihiro TOMINAGA
鈴木 広隆 Hirotaka SUZUKI

近年、ブラインドは日射遮蔽装置としてだけでなく採光装置としての役割担うようになってきている。しかし従来のブラインドでは太陽方位角による影響が考慮されていないため昼光利用の効率が低下している可能性がある。そのため本研究では太陽方位角による影響を考慮した法角制御型正反射ブラインドとして、平行四辺形型ブラインドと二重型ブラインドの2種類を提案する。提案する二つのブラインドに対し、方位角制御、日射遮蔽制御、グレア抑制の三つの観点から、スラット角を算出し、正方向光線追跡法シミュレーションソフトを用いて採光性能評価を行い、方位角制御による採光性能の向上を量的に評価した。

キーワード：設計論／ブラインド／昼光利用／太陽方位角／太陽高度／正反射

【作品展示】

東京立正高校数学研究部の活動の軌跡 —階段状放物線回転面によるリフレクター—

天野 秀子 Hideko AMANO
島田 和毅 Kazuki SHIMADA
熊谷 鴻 Koh KUMAGAI
馬淵 貴弘 Takahiro MABUCHI
目黒 崇平 Shuhei MEGURO
岡田 彪吾 Hyogo OKADA
鈴木 広隆 Hirotaka SUZUKI

東京立正高校数学研究部では、2007年度より幾何学をベースにした形状を持つ作品作りに取り組んでいる。日本図学会2014年度秋季大会の作品展示では、これらの作品の中から「階段状放物線回転面によるリフレクター」を紹介するが、本稿ではこれまでの活動の軌跡として、2007年度からの一連の作品の一部を紹介する。

キーワード：空間幾何学／造形教育／図学教育

デュアルコアハウス／二子新地の家 —ゆるやかに分裂する家族のための住宅—

安藤 直見 Naomi ANDO

2013年3月に完成した鉄骨造（一部鉄筋コンクリート造）3階建ての住宅の概要を紹介する。この住宅では、子供室を含むすべての部屋を分散して配置し、各部屋に外部から直接にアプローチできるようにしている。敷地は狭小に建つ住宅であるが、テラス（外部空間）の挿入と高さの活用により内部に一定の距離感をつくりだすとともに、ガラスやグレーチングなどの透明感をもった素材を多用することで閉鎖的な形態の内部に開放感をつくりだすことを試みている。

キーワード：形態構成／建築／住宅

移る

磯崎 えり奈 Erina ISOZAKI

鉄の線材を用いて空間の中に幾何形態を構成した作品を制作した。幾何形態での表現はどのような制作過程の中で生まれてきたのか、またその意味を自作について考察する。

キーワード：造形論／幾何形態／鉄

三次元の中の錯視体験

大谷 智子 Tomoko OHTANI
丸谷 和史 Kazushi MARUYA
中村 美恵子 Mieko NAKAMURA
天内 大樹 Daiki AMANAI
ヒガキ ユウコ Yūko HIGAKI

本展示では、錯視模様を印刷したシールを表面に貼付した玩具ブロック（錯視ブロック）と、それを用いて作成した立体例、およびその写真を展示する。使用者は錯視立体を様々な視点から観察することで、2次元的な錯視図形が3次元の実世界に2次元投影を通じてこれを体験していることに気づく。

キーワード：図学教育／空間認識／形態構成

ソファ「ホットドッグ」

金子 哲大 Tetsuo KANEKO

ソファの上にテレビのリモコンや子供の玩具、読みかけの雑誌などが散らかっている光景は、ソファがゆったりと座る以外の様々な生活行為の受け皿であることを示す。ホットドッグは座と背の間に溝があるソファである（図1）。様々な生活道具の格納庫として機能する溝と背もたれ上部の奥行300mmの平面は、日常生活において新しいアクティビティを誘起する。パンをイメージさせるソファの形態になんでも挟み込んで、「散らかし」生活を楽しんでもらうことを想定した。

キーワード：造形論／デザイン過程

オブジェ：「Rotation and rising R450-A」 「Rotation and rising R450-B」

城井 光広 Mitsuhiro KII

円盤状のアクリルの空間に流動パラフィンの液体が入っており、幾何形態の隙間を気泡が上っていくオブジェである。円盤はモーターにより回転し、LEDによりライトアップされながら約90秒前後で1回転する。

キーワード：形態構成／動態構成／オブジェ／キネティックアート

幾何学パズル 2 - Honeycomb -

齋藤 綾 Aya SAITO

連続模様を作って楽しむことができる木製パズルである。2作品のうちの1つは正方形、もう片方は正六角形を基本としている。並進・回転・鏡映操作を組み合わせて、さまざまなパターンを作成することができる。

キーワード：平面幾何学／造形教育／パターン

Crystallize

茂田 真史 Masafumi SHIGETA

陶芸作品には粘土の特性を活かした成形技法による有機的な曲面をもつ形態が多く見られる。しかし、無機質で直線的な形態構成により、陶磁器表面の肌合いの美しさを曲面とは異なる形で、より純粋な印象をもって見せることができなかつたかと考え、鉱物の結晶をモチーフに直線で構成した形態による陶芸作品を制作した。

キーワード：形態構成／陶芸／直線／成形技法／結晶

奈良時代木心乾漆造における心木構造の計画性について

白澤 陽治 Yoji SHIRASAWA

本論の主な研究対象である東京国立博物館日光菩薩像（以下、東博像）及び東京藝術大学月光菩薩像（以下、藝大像）は、奈良時代の木心乾漆造で制作された、数少ない貴重な作例である。本研究では、東博像及び藝大像の模刻制作を通して、その心木工程に着目し、両像における造形理論と木心乾漆造の意義について考察することを目的とした。

キーワード：造形論／木心乾漆像／脱活乾漆像／心木／奈良時代／聖林寺

不可能立体「止まり木と錯覚知恵の輪」

杉原 厚吉 Kokichi SUGIHARA

不可能立体の絵とよばれるだまし絵を立体化する方法で古くから知られたものには、つながっているように見えるところを不連続な構造で作る方法や、平面に見えるところに曲面を使う方法などがあるが、それらとは異なる方法を見つけ、作品を創作しつつある。その一例である「止まり木と錯覚知恵の輪」を取り上げ、そのトリックと作り方を紹介する。

キーワード：空間幾何学／立体錯視／不可能立体／だまし絵

玲雅灯 - Legato -

鈴木 広隆 Hirotaka SUZUKI

本作品は、円柱形吉村パターンをベースに、円柱の軸に垂直な方向となる谷折り線を排し、平面上にない4点からなる1ユニッ

トを3角形2枚ではなく柱面状の形状とし、それぞれのユニット内の輝度分布が連続的に変化する行灯としたものである。本稿では、本作品制作の経緯、本形状の特徴について説明を行う。

キーワード：空間幾何学／可展面／輝度分布

ツリーハウス～○△□～

砂庭 陽子 Youko SUNABA

山畑 信博 Nobuhiro YAMAHATA

ツリーハウス○△□の3作品（模型）である。三角形で構成された四面体の△型、四角形で構成され地上5メートルの高さに吊るされた六面体の□型、竹材による球体の○型は、それぞれ吊す樹木の樹種（強度）や枝振りにより異なる姿となった。

キーワード：造形教育／ツリーハウス／設計・施工

Chewed gum is while thinking about the universe, or thinking about something else

武内 優記 Yuki TAKEUCHI

本作では、美術におけるデッサン＝形態の捉え方について、従来とは異なるアプローチをすることで、デッサンの可能性を多角的に拡げることを目指した。

キーワード：造形論／デッサン／再現的行為

剛体折り曲線折紙複合アーチ

舘 知宏 Tomohiro TACHI

可展面に曲線状の折りを加えて作られた曲線折りを組み合わせることで、不織布を縫い合わせて自重を支えることのできる折り畳みアーチを作成した。与えた空間曲線から逐次的プロセスにより曲線折り群を生成し一自由度の折り畳み機構を構成する。

キーワード：応用幾何学／折紙／展開構造物

矢印の幻惑

友枝 明保 Akiyasu TOMOEDA

杉原 厚吉 Kokichi SUGIHARA

「矢印の幻惑」(友枝・杉原, 2012) は、計算によって得られた、矢印形状をした新しい錯視立体であり、照明がもたらす陰影によって立体の凹凸が反転する錯視現象や、観察者の視点位置の変化に伴って立体が回転して見える錯視現象が観察される。

キーワード：応用幾何学／計算錯覚学／ホロウマスク錯視／クレーター錯視／ボロノイ図／陰影計算

「図」と制作 —鶴のネックレス—

中里 周子 *Noriko NAKAZATO*

ジュエリーは本来身体を装飾すると同時に、新たな身体フォルムを提案するものだ。本作品の制作過程を通じて、身体とジュエリーデザインのあり方を制作時における図学的な見地から考察する。

キーワード：造形論／ぬけ感／ファッション／ジュエリー／フォルム

火が遺す造形 —陰をモデリングする—

西山 大基 *Daiki NISHIYAMA*

火という形の定まらないものを道具にして彫刻素材の形を変化させていくことは、彫刻材料の周りの空間の形、すなわち陰の形を実態に刻み込むことに他ならない。本稿では火を道具として扱うことと造形物が持つ陰と陽の関係をもとに、造形論を展開する。

キーワード：造形論／道具／陰陽／形態／造形物

視線方向に応じた視覚情報を内包する点群立体の応用としての影絵アニメーションの試作

藤木 淳 *Jun FUJIKI*

視線方向に応じて異なる像が現れるように配置された立体点群を回転台に設置し照明をあてることで、その影がアニメーションのような効果を生むかどうかの検証を行っている。この試作を展示する。

キーワード：空間幾何学／応用幾何学／形状処理

タイリング折紙 —ポロノイタイルからの派生と組み合わせ可能な曲線折りユニット—

三谷 純 *Jun MITANI*

これまでに折紙の幾何に関する研究を行い、設計を支援するソフトウェア群の開発を行ってきた。それらの成果によって設計された折紙作品の中から2つの作品を紹介する。まず、ポロノイタイルに基づくタイリング折紙の理論に基づいて、新しい折り線パターンの生成を行い、一部を曲線にすることで立体的な構造を持つ折紙の制作を行った。また、鏡映反転操作の繰り返しによって設計された立体的な折り構造を持つ形状をユニットとした、組み合わせの構成を行った。本稿では、これらの設計手法と、それぞれを作るうえで用いた展開図を紹介する。

キーワード：応用幾何学／タイリング／折紙

モーツァルトとショパンの幾何化

宗田 光一 *Koichi MUNETA*

モーツァルトとショパンの2曲に対して、五線譜形式から平均律ピアノ音階表記への置き換え法について先の論文(*)で提示した。さらに音楽を美術作品として展示するため、平面への位置ベクトルとしてとらえ直した音楽の幾何化を試みる。

キーワード：形態構成／時計図式／ピアノ音階／固有音の数表記／固有音の幾何化

*(詳細は、『時計図式とピアノ音階形式による五線譜を使わない楽譜の記述法について』参照)

Geometric Dharma Doll

—奇数スフェリコンの構造を用いた往復運動するオブジェ—

村松 俊夫 *Toshio MURAMATSU*

たとえば「スフェリコン (Sphericon)」のような偶数正多角形による「等高重心立体」は、平面上をよどみなく転がる。しかし、奇数正多角形の場合には、軌跡の両端に半円の底面(平面)が生じるためその位置で停止してしまう。

そこで底面(平面)を曲面化することにより、往復運動が可能となる大型オブジェを制作した。

キーワード：造形論／形態構成／キネティックアート

拡張視覚復号型暗号の画質改善

山口 泰 *Yasushi YAMAGUCHI*

復号にあたって計算機を必要とせず、視覚のみ秘密画像を観察できる拡張視覚復号型暗号は元々シート上に観察されるシェア画像と秘密画像との間の相互作用によって画質が低下してしまう。ここでは画質の低下を抑えるための最適階調変換の効果を実物で示したい。

キーワード：画像処理／視覚復号型暗号／連続階調画像

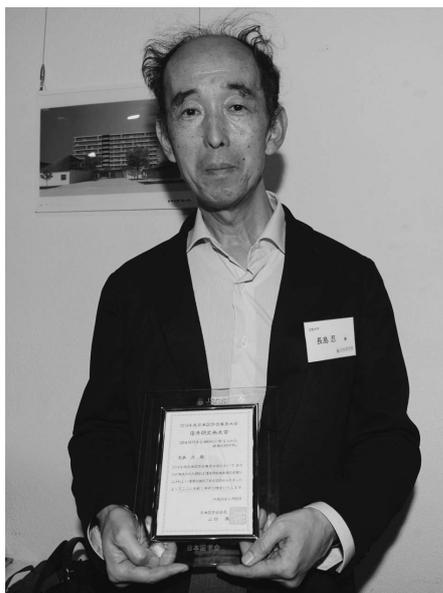
2014年度春季大会 優秀研究発表賞, 研究奨励賞選考結果報告

2014年度春季大会における研究発表から, 大会参加者による投票の結果, 以下の発表が優秀研究発表賞, 研究奨励賞として選考されました。

優秀研究発表賞

発表者: 長島 忍 (立教大学)

論文題目: 図法幾何学を補助的に取り入れた授業の試行例



研究奨励賞

発表者: 星 卓哉 (名古屋大学)

論文題目: ビジュアルプログラミング言語による情報視覚化の
支援

第8回デジタルモデリングコンテスト実施報告

第8回デジタルモデリングコンテスト実行委員長

西井 美佐子 Misako NISHII

2014年11月29日、30日に開催された「日本図学会秋季大会」の開催に合わせ、日本図学会第8回デジタルモデリングコンテストを実施した経緯、結果を報告する。



開催の目的

コンテストの目的は、機構を持つ立体的構造の考察や立体的な発想による立体形状の製作について付加製造装置を用いた製作支援、作品発表の場を提供、コンピュータを用いたデジタルモデリング技術の普及である。コンピュータを用いたデジタルモデリング技術や設計技術、造形技術の振興と普及を図る取組みとして、付加製造装置（3Dプリンタ）を利用して3次元データを実体化し、大会にて展示する。

また、日本図学会ホームページに作品の意図やモデリング工程の概要を含め作品を閲覧できるように公開する。

募集資格及び対象

個人および団体（会員及び一般参加も応募可）が応募資格である。

応募作品の対象は、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

審査基準

造形部門とアイデア部門の審査基準を設け作品の審査を行った。

「造形部門」は、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する。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た。

「アイデア部門」は、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、構想力を評価した。

作品の応募期間

2014年6月1日～2014年10月14日

造形部門で9件、アイデア部門で2件の応募があった。

審査結果

今年度の造形部門及びアイデア部門受賞者と作品を以下に示す。

造形部門は、最優秀賞1件、優秀賞2件、入選該当なし。アイデア部門は、最優秀賞該当なし、優秀賞1件、入選該当なしであった。以下に受賞作品リストと審査員コメントを掲載する。

造形部門 入賞・入選一覧表

最優秀賞	多層球 2014	スナダ セイジ
優秀賞	変身する柱体「満月と星」	杉原 厚吉
優秀賞	ひょうたんブロック	松浦 昭洋 白根 弘士 近藤 悠馬

アイデア部門 入賞・入選一覧表

優秀賞	傾きマトリョーシカ	藤井 健太
-----	-----------	-------

■ 多層球 2014

スナダ セイジ Seiji SUNADA

■ 作品解説

台北の故宮博物院に収蔵されている「多層球」を、3Dプリンターで出力することを前提にリ・デザインした。花や龍などの中国的な文様を排し、幾何学的な美しさに置き換えた。また、1層目においては、大穴の周りに歯車形状の装飾を施し、近代工業化以降にデザインされたものであることを明示的に表現した。



8th (2014) Digital Modeling Contest
Japan Society for Graphic Science
cosponsor Altech co.,Ltd., NITECO ZUKEN, Inc., Lattice Technology, Inc.



造形部門 最優秀賞
「多層球 2014」 スナダ セイジ

審査員のコメント

- ・ 中国の模様をそのまま再現するのではなく、幾何学模様になっていることにオリジナル性が感じられる。
- ・ 複雑な多層球をCGで再現したことに感心します。
- ・ まさに3Dプリンタのみ造形できるかたちであり、非常に美しい。
- ・ 一層目の細かさが如何にも3Dプリンタによって作成したという印象を与えます。
- ・ 多層球の特性が3Dプリンタに向く（が、素材選択の良さのみの評価）。
- ・ 既存のものリデザインではあるが、細部の作りこみが評価できる。
- ・ 幾何学的要素を含んだ力作であると思います。最優秀賞に推薦します。

■ 変身する柱体「満月と星」

杉原 厚吉 Kokiichi SUGIHARA

■ 作品解説

第1の特別な視点から眺めると満月の断面を持ち、第2の特別な視点から眺めると星型の断面を持つ柱体に見える立体を創作した。これは、同じ投影図を持つ立体は無数に存在するという数学的事実と、多義図形に対して人の脳は直角を含む解釈を優先するという心理学的観察を組み合わせて生まれた新しい錯視立体である。

実際の立体は、一本の線分が向きを保ったまま空間を移動したとき掃き出す曲面に厚みをつけたものである。直角の大好きな私たちの脳は、これを見ると、柱体を軸に垂直な平面で切断してできた立体だと解釈する。

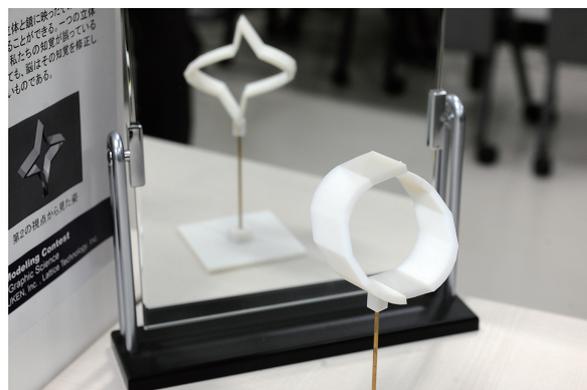
視点をうまく選んで片方の目だけで立体と鏡に映ったその像を眺めると、2種類の柱体を同時に知覚することができる。一つの立体が二つの異なる形に見えるのだから、私たちの知覚が誤っているはずだが、そのことを理性で理解できても、脳はその知覚を修正しない。その意味で、この錯視は大変強いものである。



第1の視点から見た姿

第2の視点から見た姿

8th (2014) Digital Modeling Contest
Japan Society for Graphic Science
cosponsor Altech co.,Ltd., NITECO ZUKEN, Inc., Lattice Technology, Inc.



造形部門 優秀賞
「変身する柱体「満月と星」」 杉原 厚吉

審査員のコメント

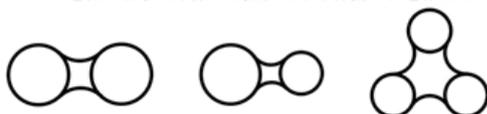
- ・ 他の作品と比較して、突出してユニーク。
- ・ 完成作品を見てみたいという思いを起こさせる。
- ・ 何よりも実現された形を見てみたい気にさせます。
- ・ 仕掛けは面白い（が、3Dプリンタの特性は生かされていない）。
- ・ 平面ではわかりにくい造形の制作に意味があるでしょう。
- ・ 驚きがあるが、3Dプリンタの特徴は生かしていない。

■ ひょうたんブロック

松浦 昭洋 Akihiro MATSUURA, 白根 弘士 Hiroshi SHIRANE, 近藤 悠馬 Yuma KONDO

■ 作品解説

円をベースにした組立玩具用ブロックを考案した。基本となるのは左最上部の平面図形である。本図形は同径の円弧のみで構成されており、図形同士の様々な接触・連結方法を持つ。本図形とその他のいくつかの拡張図形を三次元のブロックとして実現した。本ブロックを組み合わせ、様々な幾何形状、有機形状を作成できる。



円弧で構成された平面図形三種



ひょうたんブロック五種



ブロックの出力・組み立て例

謝辞:本研究はJSPS科研費25330437の助成を受けて行われた。

8th (2014) Digital Modeling Contest

Japan Society for Graphic Science
cosponsor Altech co.,Ltd., NITECO ZUKEN, Inc., Lattice Technology, Inc.



造形部門 優秀賞

「ひょうたんブロック」

松浦 昭洋, 白根 弘士, 近藤 悠馬

審査員のコメント

- ・様々な立体が作れるので、玩具として実現できたら面白い。
- ・単純なかたちの組み合わせで想像を越えるかたちを生み出すブロックは、こどもから大人迄楽しめるものであるが、新たなかたちのパーツでぜひ世界を魅了して欲しい。
- ・ブロックの構造が面白い (が、3Dプリンタの特性は弱い)
- ・組み合わせの汎用性がよく考えられており、実用性も高い。

■ 傾きマトリョーシカ

藤井 健太 Kenta FUJII

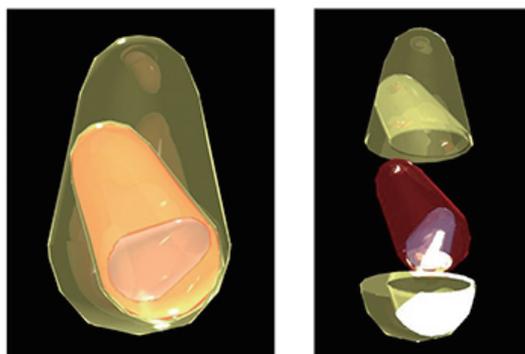
■ 作品解説

一般的に知られている入れ子状の玩具である「マトリョーシカ」を3Dプリンターだからこそ出来るモノにしてみようと思いました。

外側のマトリョーシカの内壁の形状と内側のマトリョーシカの外形が一致することで収まる、マトリョーシカを考案します。

このマトリョーシカは、既にある卵の殻のような薄い外殻の物ではなく、マウスとしてのマトリョーシカから小さいマトリョーシカが3次元的にくり抜かれて出来るものです。

外側のマトリョーシカと内側のマトリョーシカの接触面の形状を一致させて作るのは、3Dプリンターだからこそできることだと思います。



8th (2014) Digital Modeling Contest

Japan Society for Graphic Science
cosponsor Altech co.,Ltd., NITECO ZUKEN, Inc., Lattice Technology, Inc.

アイデア部門 優秀賞

「傾きマトリョーシカ」 藤井 健太

審査員のコメント

- ・アイデアとしては面白いが、もう少し切断の位置が工夫されるとよかった。
- ・実際に作ってみたい入れ子の形態のアイデアが面白い。形もシンプルでよい。
- ・3Dプリンタで再現出来ると思われるが、造形的に何か一つアイデアを越えるものが欲しい。
- ・内部の形状の設置の仕方によっては面白いかもしれない。

まとめ

造形部門の応募作品では、部品ごとのクリアランスやモデルの肉厚処理など、付加製造装置の仕様を考慮したフォローアップが必要な場面があった。応募条件でモデル実体化の検証を謳っており、現状でも検証項目である仕様を資料で提供しているが、活動の目的の一つである「コンピュータを用いたデジタルモデリング技術の普及」の促進を図るために、より充実した資料の整備や情報提供が必要と認識した。

謝辞

本デジタルモデリングコンテストの3Dプリンタ出力に関して多大なる協賛をいただいた株式会社アルテック、株式会社ストラタシス・ジャパンに深く感謝する。

●報告

第1回デジタルモデリング研究会 報告

テーマ：デジタルデータ

源田 悦夫 *Etsuo GENDA*

井一 義人 *Yoshito INOICHI*

猪原 紘太 *Kota INOHARA*

町田 芳明 *Yoshiaki MACHIDA*

西井 美佐子 *Misako NISHII*

1. 概要

日時：2014年11月30日（日） 13：30～16：00

会場：東京藝術大学上野キャンパス

司会：西井 美佐子（デジタルモデリング研究会委員長）

日常で必要不可欠な要素となっているデジタルデータはインフォメーションの枠を超え、感性に訴えるための構成要素としての役割を担い始めている。それらに着目し長年に渡り研究開発に取り組んでいる3件の報告を発表した。また、今年度よりデジタルモデリング研究会の部会となったデジタルモデリングコンテストのこれまでの活動報告と作者による作品解説を行った。

秋季大会会場では、コンテストに協力頂いた企業の技術展示を行い、モデリングソフト、3DプリンタとAM技術紹介、Web 3D技術（XVL）を紹介した。こちらをあわせて当日の様子を報告する。

プログラム

デジタルデータによる芸術的感性の表現について

源田 悦夫（九州大学大学院芸術工学研究院）

コミュニケーションツールとしてのデジタルデータ
-XVL技術について-

井一 義人（ラティス・テクノロジー株式会社）
三次元地形データを利活用するための様々な研究開発への積極的な取組み

猪原 紘太（東京カートグラフィック株式会社）
デジタルモデリングコンテスト活動紹介及び受賞作品鑑賞
町田 芳明（埼玉県産業技術総合センター）

2. デジタルデータによる芸術的感性の表現 について

源田 悦夫

九州大学のコンテンツ関連人材育成体制を整備するにあたり、これまで取り組んできたプロジェクトを報告す

るとともに、またこれからのコンテンツクリエイターが具備すべき能力についてまとめたものを報告する。

● 人材育成の基盤となった考え方

旧通産省工業技術院製品科学研究所は、産業におけるコンピュータグラフィックスの有用性について1970年代より研究しており、当時研究員だった大平智弘教授（故人 前武蔵野美術大学）のもと、私が、東京芸術大学大学院生当時、同所の研究生として、コンピュータグラフィックス研究に携わったことが教育方法の基礎になっている。

ここで学んだことは、コンピュータプログラムは設計のコンセプトを具体的な手続きとして表すものであるということとともに、このプロセスは思考の再現が可能であるということであった。その後、1982年より東海大学（東京）短期大学部コンピュータイメージデザインコースの設立とカリキュラムの実施に大平氏、瀧上季代絵（故人 元東京工科大学）とともに携わり現在の教育理念の基盤となった。ここでは教育に多数のコンピュータが導入されておりCOBOLやFORTRANなどの言語教育が事務計算や科学計算に用いる演習がなされていた。我々は、コンピュータ イメージ デザインコースを設立しコンピュータを芸術的な表現やコミュニケーションデザインに用いるための演習の開発を行った。

現在のWebにあたる、VIDEOTEXなど画像情報システムの構造構築やページデザイン演習をはじめ、「数理造形」なども当時から用いた演習名であり、先見性を持った組織的な教育であった。

● 芸術融合型の人材育成

現在、私の所属する、九州大学大学院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では、論理的な思考力と、美的な感性を共に発揮しながら、表現活動、教育・研究活動に携わることのできる人材を育成するための教育を行っている。

これは、2005年度より6年間、文部科学省のプロジェクトで採択された新興分野人材育成「先導的デジタルコンテンツ創成支援ユニット」での成功の成果（外部評価S）がその後の高次コンテンツクリエイター育成教育に継承され現在の九州大学芸術工学研究院のコンテンツ教育のポリシーやカリキュラムに反映されている。

プロジェクト内容は、文理芸術融合型のプログラムで「プログラミング、数学、物理学等の論理的思考能力を基盤として、日本文化やアジアを背景とした高度な芸術

の表現」に関する実験的な取組を行った。現在、芸術工学部のAOによる入学試験では、文理芸術融合型の才能を持つ人材発掘のために、一般の理科系科目に加えて描画の試験を課し受験生にとってかなりハードな試験内容になっている。

● テクノロジーの進展による恩恵

テクノロジーの進展による恩恵の1つは「人間の感覚や知覚能力が拡大され、そして表現能力も拡大した」ことである。各種センサーによって、入力装置としての人間の聴覚や視覚あるいは触覚が能力拡大するとともに、その表現にあたるアウトプット能力が映像・サウンド・体感などととも拡大していった。とりわけインタフェースやエンターテインメントの発展においてその恩恵は大きい。

もう1つは、人間の「コミュニケーション能力の拡大」である。具体的には伝達者と受信者相互間で記号化とその解釈を通して相互の意味の共有を迅速におこなうことであり、デジタル化によって大量の情報を使った情報通信やネットワークによって時間と距離を超えた高度な情報の共有が可能となった点である。

また一方で我国の価値ある情報を積極的にコンテンツ産業として整備していくことが必要であるとして、2002年に「知的財産基本法」が定められ、2004年度に「コンテンツの創造、保護及び活用の促進に関する法律」が公布されコンテンツの範囲やその目的をさだめるとともに、コンテンツは創意工夫によるものであって教育や娯楽に資するものであることを明確にし、これらにかかわる人材の育成を支援すると述べている。近年では、クールジャパンや地方創成、大学の知のイノベーションに貢献する重要な分野としてとらえられている。

● クリエータの必要な能力

これらを踏まえて「コンテンツ創成科学」というジャンルを考案した。

コンテンツ創成において求められる人材像としては、数理的知識やプログラミング能力などの論理的思考能力を基盤に、高度な芸術的表現能力、とともに我が国やアジアの独自文化理解力を備えたコンテンツ創作者及び研究者であると思う。

また具体的にクリエイータの具備すべき能力として

- ・対象に興味と好奇心を持って観察し、その構造や成り立ちを分析・把握する能力
- ・目標の実現のための方法についてアルゴリズム化・手

順化する能力

- ・対象を表現するための技能や構成力など美的感性能力。
- ・グローバルな視点でのコンテンツを評価する能力
- ・知的財産に関する権利や保護に関する知識があげられる。

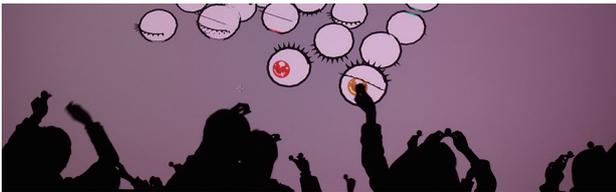
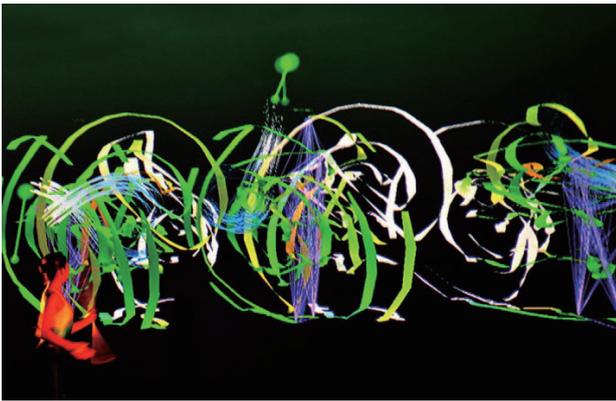
● 創成能力を実践で鍛錬する場：イメージラマ

デジタルデータに基づく五感に訴えるエンターテインメント型情報提供システム「イメージラマ（先端メディア芸術実験道場）」は、創成能力を実践で鍛錬する場である。3Dデジタルによる形状データ、光学式モーションキャプチャによる運動データ、足圧分布や筋電測定データなどの有形・無形文化財のデータ収集とその体系的収集を用い、4Kの超高精細映像スクリーン、7.1chのサラウンド音響システム、コンピュータコントロールの照明設備、レーザーグラフィック装置、各種生体センサー、業務用大型冷蔵庫、製氷機が整備され、エンターテインメント実現のスペースとして多次元実験設備が整っている。

イメージラマの取り組みは、Oskar Schlemmerがバウハウスで取組んでいた「形態と色と光によって構成される新しい舞台空間の創出、身体運動に脳を使いながら表現する」この作品理論が土台となっている。デジタルデータの世界の中に環境を換えて、演者と映像のリアルタイムな連携を可能としたライブパフォーマンスの上演など、多角的なコンテンツの開発を実験的な取組として行っている。

「イメージラマ」は私が最終的に得たコンテンツ教育方法の一つの結論であると思っており、学生自らがサイバー空間を企画・演出し、そこに作動する仕掛け（プログラム）を自ら作り出し評価を受ける空間であるとともに、ひとつの目標に向かって共調した能力を示す場であるととらえている。





げんだ えつお
九州大学 大学院 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 教授
genda@design.kyushu-u.ac.jp

3. コミュニケーションツールとしてのデジタルデータ –XVL技術について–

井一 義人

3.1 XVL技術について

「XVL(eXtensible Virtual world description Language)」は自社が開発した3Dデータ圧縮技術である。3D CADで作成された3Dデータは、形状データの他にヒストリーやその他属性データも付加されデータは重くなる。軽量の3D表現を実現するために、XVLは3Dデータを数学的部分で形状を少し間引き、モデルのヒストリー情報はそぎ落とし、約100分の1程度まで軽量化して表現することが可能である。

3.2 コミュニケーションツールとしてのXVL活用

現在XVL技術は設計部門での利用にとどまらず、製造性検証を始め、生産指示、サービス、営業といったグローバルな企業活動で利活用されており、紙メディアや設計データを活用していたコミュニケーションの時代から積極的に3Dデータを活用していこうという動きがある。

3.2.1 積極的な3Dデータ活用へ

試作モデルで検証していた某自動車メーカーでは、3DCADの部品データをXVLに変換し、バーチャル上のアセンブリモデルを利用した設計検証でこの技術を取り入れている。製造部門の場合は、形状データだけでなく

様々なモノづくりの情報をXVLの中に付加して、どのように造っていくかの生産技術の製造性の検証は組立現場での工程マニュアルとして活用している。電気製品の例では、電気回路の静電気侵入経路をアニメーションで可視化して設計検証で活用している。

その他に、大容量の電子カタログや仕入れ先からの部品が納入されたときの納入検査帳票(データ)で利用されている。ExcelのセルにXVLモデルを貼り付けてExcel上や3D PDFで3D形状も閲覧可能な資料として製造現場で活用されている。



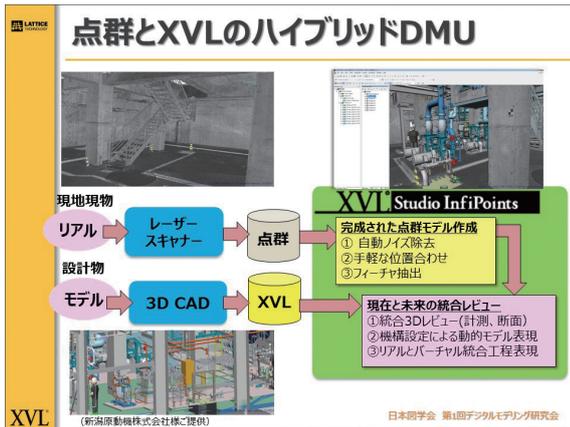
資料に3D形状を用いるメリットは、同じ説明を2次元のイラストと文章で紹介するよりも理解し易い点にある。様々な方向から形状を確認でき、手順はアニメーションを付けることで、分かりやすく解説することができる。例えば、XVLを用いた手順書の場合、操作手順の中で、該当の部品だけハイライトする、または、他の部品を透過させるなどの手法を使い、正確な操作把握の支援が可能となる。イラストでも表現だけあれば可能かもしれないが、グローバルに展開されている製品の場合、公用語は様々なので、言葉を使わずとも自由な視点で見ることができ、そこに動きも付加され、言語を介さずに操作手順の理解が可能となる。



3.2.1 点群データとXVLデータの連立

構造をスキャニングした点群データとXVLデータを重ね合わせて検証する技術を開発し、工場施行や造船業などの機器の入れ替え検証等で活用されている。

工場は、増改築等で施工当初から内部構造が変わり施工図面と一致しないケースがあり、そういった場合に、工場内部をスキャニングして点群データに起こし、そこに設置する機材のXVLデータを挿入して、構造物との干渉検証や搬入経路の確認、配管ルートの設計等の作業が可能となる。



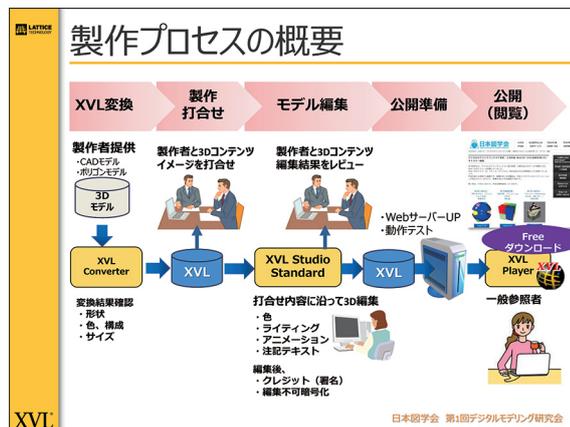
3.3 デジタルモデリングコンテスト 受賞・入賞作品

Web 3Dギャラリー開設までの製作プロセス

デジタルモデリングコンテスト受賞作品の3Dデータを使い、XVL技術を利用した製作を行った。その作業プロセスでの特筆事項を述べる。

3.3.1 製作プロセス

XVL技術を使ってどのような演出をしたら、作者の作品意図を反映できるか、また公開後第三者にデータを流用されないように対策を講じる、この2点を主に考慮し製作を行った。



3.3.2 XVL製作上の留意点 (3Dモデル)

製作で使用する3Dデータの種類はCAD形式(曲面モデル)が望ましい。

- ・CAD形式はXVLに変換すると非常に軽くなり、表示も高速。
- ・ポリゴンモデルはデータサイズが大きく、また構造を持っていない形式もあり、3D編集が難しい場合がある。
- ・ポリゴン形式でもパーツごとにファイル分割した3DデータであればXVL上でパーツごとに編集可能。(色、アニメーション等)
- ・iPad等はメモリも小さいのでWeb 3D化するモデルファイルサイズのリミットを設定する。

3.3.3 XVL製作上の留意点 (3D編集)

作者に作品意図を伺い、そこから「モデルの色」「動き」「ライティング」「投影法」「キャプション」を検討しXVLに反映した。作品意図が表現されているかどうか作者と入念に打合せを行った上で、完成版にクレジットを入れ、XVLデータを第三者が加工できないように暗号化した。

- ・製作者の意図に沿ったコンテンツとなるようなXVLモデル編集が必要(以下に要素を示す)
- ・モデルの色及び質感
- ・ライティング
- ・投影方法(平行、透視)
- ・アニメーション(モデルやカメラ視点の移動、回転/スピード。但し、アニメーションの演出が必要と判断したモデルのみ)

3.3.4 製作プロセス事例

作業上の特筆事項を以下に述べる。今回扱った作品は「原子モデル」新里浩司、「エッシャーのDrawing Hands」

「描く手」町田芳明,「継手箱」熊谷直の3作品である。

原子モデルは, SolidWorksでモデリングされていたので, ネイティブデータを用いることでXVLデータでは45kbyteまで軽量化できた。

エッシャーのDrawing Hands「描く手」は, 透過方法とスポットライトの配置で凹形状の見え方を工夫した。

継手箱は, 「日本の伝統的な継手を紹介したい」その思いが元で作品が創られているので, 組立手順や継手の名称を分かりやすく紹介されることが求められていた。各パーツのアニメーションやカメラアングル, キャプションの位置と表示するタイミングを考慮してXVLを製作し, 作品意図が伝わる演出になっているかどうか作者に検証してもらい, 継手手順毎に表示されるキャプションやタイミングどの視点から組み立てを見せるのか, 動きを見ながら念入りな打ち合わせをおこなった。また投影方法については, 人によって見やすい方法が違うため, どちらが良いか判断に悩んだが, 今回は自然に見える透視投影を採用した。

いのいち よしと

ラティス・テクノロジー株式会社
技術コンサルティング本部 本部長
東京都文京区後楽 2-3-21 住友不動産飯田橋ビル10階
inoichi@lattice.co.jp

4. 三次元地形データを利活用するための様々な研究開発への積極的な取り組み

猪原 紘太

4.1 三次元データの利活用に至った経緯

自社は今年で設立55周年を迎えた「地図製作(地図調製)」会社である。社名のカートグラフィックは「地図製作」という意味であり, 海外では地図を作る人のことをcartographerとよぶ。現在の業務内容は, 空間情報処理(GIS), 地図調製(Cartographic), 測量・調査(Survey & Research), 衛星画像処理及びプロダクト販売, 製品及び商品販売(自社GISソフトウェア『地図太郎』/ ArcGIS, 地図グッズの企画・製作・販売)であり, 本日は, 自社の三次元地形データへの取り組みについて述べる。

4.2 研究開発への積極的な取り組み

もともと地図は「地表の形状を一定の約束に従って, 一定の面上に図形等で表示した画像」とされているが, 地図作成や表現の方法は55年の間に変貌した。作成方法は, アナログからデジタル手法に変わり, 表現方法も地

形の高さを「等高線」という方法を用いて二次元の紙の平面上に表示していたものから, コンピュータによる三次元表現により, より解りやすく伝えることが可能となった。

4.3 三次元地形データを利用した取り組み

2002年	中小企業総合事業団の新技术開発調査事業として「積層造形3D地図模型」に関する調査研究を行う(図1)
2004年	「南を上にした世界地図(触地図バージョン)」が点字毎日展に展示され, 話題になる
2005年	テクノエイド助成金プロジェクト「視覚障害者の地図教材開発」の提案が採択される(図2)
	原色日本立体地図図鑑(ユージン社)がカプセルトイ(ガチャ玉)として発売(図3)
	3次元デジタル撮影・測定・モデル構築を「井草八幡宮」で試作(図4)
2006年	テクノエイド助成金プロジェクト第二期「視覚障害者の地図教材開発」開始
2007年	日本図学会主催「第1回デジタルモデリングコンテスト」で最優秀賞と優秀賞を受賞(図5)
2008年	「タッチマップ」で当社初の特許を取得
	第93回二科展の『触って観る』『触って聞く』, 新しい領域の鑑賞コーナーにタッチマップが採用される
2009年	「タッチマップ」を「ゆびトーク」に命名し, 商標登録

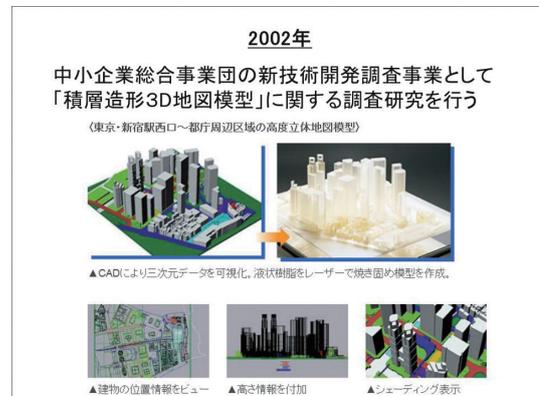


図1 積層造形3D地図模型(新宿の一部地域)



図2 視覚障害者の地図教材開発



図3 原色日本立体地図図鑑(ユージン社)



図4 3次元デジタル撮影・測定・モデル構築



図5 日本図学会第1回デジタルモデリングコンテスト最優秀賞と優秀賞

4.4 三次元地形データ測量や活用の動向

地理空間情報とは、地形データに土地利用、環境、都市施設、行政、マーケティング、配送計画等の業務支援に必要な、空間上の特定の地点又は区域の位置を示す当該情報に係る情報が付加されたものをいう。

地形データの取得方法の1つである「全地球測位システム(GNSS: Global Navigation Satellite System)」は、人工衛星を使用して地上の現在位置を計測する「衛星測位システム」のうち、全地球を測位対象とすることができるシステムである。日本ではGPSと連動して国内の高精度測位を実現する「準天頂衛星システム」(みちびき)

の運用を推進している。さらに航空レーザ測量や移動計測車両による測量システム(MMS: Mobile Mapping System)は、道路空間情報を正確に捉えて、大縮尺地形図を作成する高精度三次元図化システムであるが、これらシステムを利用することにより、正確な三次元データを取得することが可能となった(図6, 7, 8, 9)。

国土交通省国土地理院の「地理院地図3D」は、日本全国の地理院地図を3次元形状閲覧や3Dプリンターで印刷可能なデータを提供している。3次元地形図は、地形や地表の状況を直感的に理解しやすく、防災業務をはじめ、学校教育等様々な場面で活用されることが期待されている。

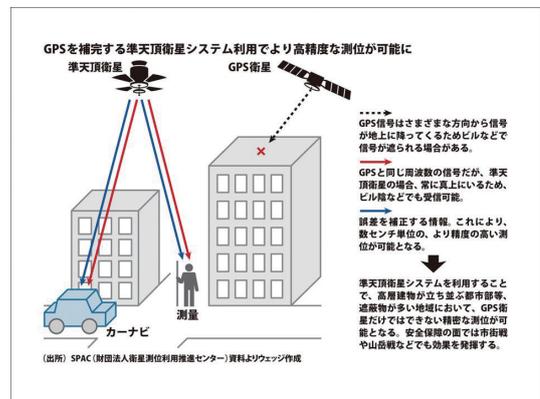


図6 全地球測位システム(GNSS)

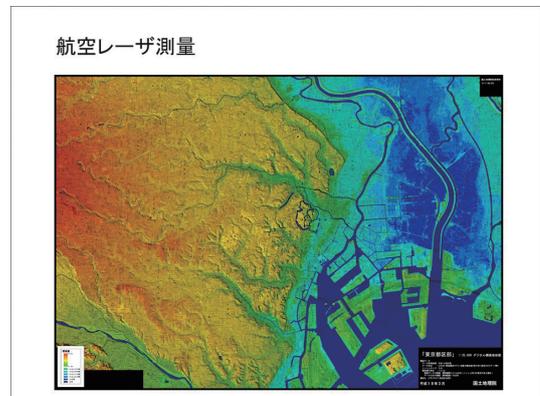


図7 航空レーザー測量



図8 移動計測車両による測量システム(MMS)

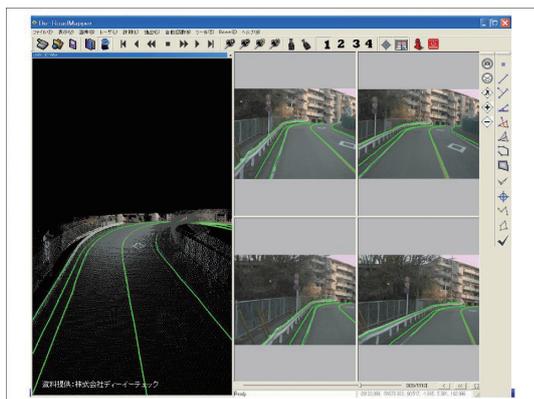


図9 移動計測車両による測量システム (MMS)

参考文献

国土交通省国土地理院, 地理院地図3D,
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp/3d/> (2015/01/12アクセス)

いのほら こうた

東京カートグラフィック株式会社 取締役 会長
 東京都杉並区天沼2-4-4 荻窪SYビル
webmaster@tcg.co.jp

5. デジタルモデリングコンテスト活動紹介 及び受賞作品鑑賞

町田 芳明

デジタルモデリングコンテスト発足当時から活動の軌跡を報告した。また今年度及び歴代のコンテスト受賞者が作品意図とモデリングプロセスについて発表した。以下に当日の様子を報告する。



5.1 デジタルモデリングコンテスト活動紹介

デジタルモデリングコンテストの発案は10年前になる。その当時は製造業に3DCADが普及し、製品試作では光造形装置を中心としたラピッドプロトotypingが盛になってきた頃であった。デジタルデータからの実体モデル作成は、利用できる分野はまだ限られてはいたが、3Dデータを用いた実体モデル化の流れが本格的に

始まった時期であった。

同時期、CTスキャナで取り込んだ断層画像データから3Dデータをおこして生体のモデルを作る研究や3次元地図データからの立体地図模型作成など、3Dデータからの実体モデル化の研究開発プロジェクトに参画する機会を得た。そして、医療から工業生産品の開発まで、あらゆるところで3Dデータの活用が始まっていることを実感し、3Dに関する知識を蓄積し共有するための支援体制を構築することが必要と考えた。

そこで「実体モデル化を前提として、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」としたデジタルモデリングコンテストを発案し、近藤邦雄（東京工科大学）と体制を整備し、2006年度より本活動を始動した。

作品制作者に3Dプリンタで出力可能な適切なデータで応募してもらうためには、運営側から情報提供やサポートすることが不可欠である。コンテスト発足当時は光造形装置、そしてその後インクジェット式付加製造（3Dプリンタ）に出力装置が変わっていったが、適切なデータの条件は造形機によって異なる。作品データの制作者は、出力装置の特性を理解した上でデータを準備してもらうことが望ましいが、現実では難しい。そのため、3Dプリンタのメーカーにサポート頂きながら、また自身でも作品を制作して知識を蓄積しながら、出力可能なデータの作成方法や留意点を公開するなどして体制を整備していった。

会員の作品では、データの可視化及び数理造形分野等のプログラムで自動生成された3Dデータや3D CGデータをSTLに変換したデータで応募することがあるが、肉厚や部品ごとのクリアランスといった造形に関する知識を提供することで出力可能なデータを提出してもらっている。また、個別に連絡をとってデータの修正をお願いすることもある。

継続してコンテストを運営するためには、データが不完全であるという回答だけで返却するのではなく、出力可能なデータになるまでやり取りを重ね、そこから得た多くの有用な情報を公開することが必要である。このような取り組みを続けて現在に至る。

現在のデジタルモデリング実行委員は以下のメンバーである。

荒木 勉（筑波技術大学）
 加藤 道夫（東京大学）

近藤 邦雄 (東京工科大学)
 齋藤 綾 (女子美術大学)
 佐藤 尚 (神奈川工科大学)
 堤 江美子 (大妻女子大学)
 西井 美佐子 (フリーランス/東京農工大学)
 松田 浩一 (岩手県立大学)
 町田 芳明 (埼玉県産業技術総合センター)
 村松 俊夫 (山梨大学)
 面出 和子 (女子美術大学)
 横山 弥生 (大同大学)

実行委員長は、第1回から第3回が町田芳明、第4回、5回が近藤邦雄、第6回から第8回までが西井美佐子が務めた。

5.2 デジタルモデリングコンテスト受賞作品鑑賞

デジタルモデリング研究会講演につづいて、今年度及び歴代受賞者に登場頂き、発想の想起やモデリング工程、そして3Dプリンタで出力するためのモデル編集について発表し、参加者にとって作品を深く鑑賞できる良い機会となった。

まちだ よしあき
 埼玉県産業技術総合センター
 ym070122@nifty.com



第4回入選作品「原子モデル」新里浩司
 複数の球体を使って、原子モデルを模式的に表現。モデルはSolidWorksを用いて作成



第8回最優秀賞作品「多層球」スナダセイジ
 中国の伝統的な龍や花等の文様ではなく、幾何学的な美しさで文様を配した。モデルはShade 3Dを用いて作成



第8回優秀賞作品「ひょうたんブロック」松浦昭洋

6. 技術協力企業や研究室の技術展示報告

西井 美佐子

第8回デジタルモデリングコンテスト受賞作品展示に併せて、技術協力企業や研究室がコンテストに提供頂いた技術を紹介した。以下に内容を述べる。

6.1 オートデスク株式会社

アカデミック向けの2つの支援プロジェクトを紹介した。1つは「Autodesk Resource Center」(<http://www.autodesk.co.jp/eduportal>)である。オートデスクはAutoCADをはじめとした設計ソフトやアニメーション製作など、商用で広く使われている80種類の製品を教育機関、教員や学生向けに無償でライセンス提供を開始している。ライセンス費用を気にすることなく最新の図学環境を整えることができるようになったといえる。また世界の学生や教員が登録するサイトExpert Communityのアカウントを取得することで、全世界の最新の動向や知識を共有・発信ができる。デジタルモデリングコンテスト

のモデル制作支援環境として有用な情報を提供頂いた。もう1つは、日本の教員の研究や教育カリキュラム支援プログラム「JCARE(ジェイケア)」(Japan Community of Autodesk Research & Education) (<http://www.myaautodesk.jp/jcare/index.html>)であった。オートデスク製品を使用した授業や研究を実施するための活動資金が教員や学生リーダーに提供する企画や発表会などの紹介を行っている。今後、機会をみながらデジタルモデリング研究会から図学会会員へ応募情報を提供するのようにしたいと思う。



6.2 株式会社ストラタシス・ジャパン

会場では、3Dプリンタ製品「Objet30 Pro」そして「MakerBot Replicator」, 「MakerBot Replicator 2X」と3Dスキャナ「Makerbot Digitizer」の展示デモンストレーションが行われた。

そして、デジタルファブリケーションをベースとし、プランニング、環境セットアップ、導入後のトレーニングまでをトータルにサポートする、次世代のデザイナー育成プログラム「イノベーションセンター」の紹介やアカデミック限定のMakerBot 3Dプリンタ製品の期間限定レンタルサービスの紹介があった。

展示デモンストレーションでは、第8回デジタルモデリングコンテスト受賞作品の中から1点を選び、期間中にMakerBot Replicator 2Xで実際にプリントアウトするデモンストレーションを行い、参加者にSTLデータを元に作品がプリントアウトされていく工程を実際に見てもらえるように展示を行った。

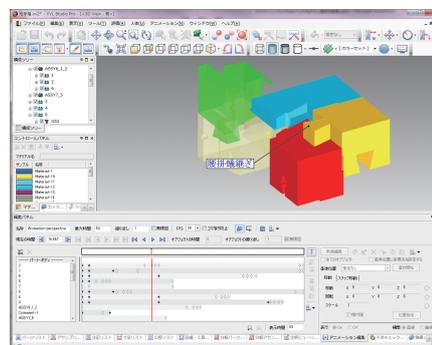
産業展示会等の会場に訪れる機会も限られていることから、参加者の中には、テレビやネット等のメディアで3Dプリンタを目にすることはあっても、形状が出来上がっていく様子を実際に見たことが無い。そういった方々にも実演を見て頂き、デジタルファブリケーションを知ることができる良い機会だったと感じている。また

PolyJet™方式(ストラタシス社のインクジェット方式の名称)とFDM®(Fused Deposition Modeling, 熱溶融積層法)方式の2種類の3Dプリンタを併設して展示デモンストレーションしたことで、それぞれの特徴をより深く理解できたのではないかと感じている。

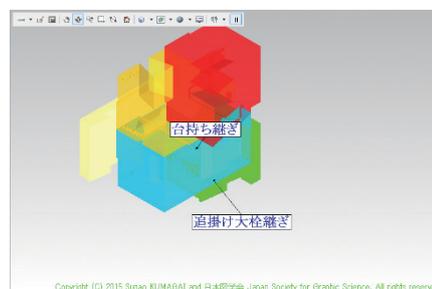


6.3 ラティス・テクノロジー株式会社

展示では、XVL技術の紹介とExcelやiPadを用いた3D活用ソフトウェア「XVL」が紹介されていた。XVL技術の紹介では、デジタルモデリングコンテスト第4回受賞作品「原子モデル」と第7回受賞作品「継手箱」のXVLデータを使って、オーサリングソフトでの操作やWebブラウザ上で画面操作できるように展示されていた。



オーサリングソフト「XVL Studio Pro」での、XVLデータ(継手箱)を用いたアニメーション設定



XVL表示用Webブラウザプラグイン「XVL Player」でアニメーション実行

XVL技術紹介については、当報告書の「4. コミュニケーションツールとしてのデジタルデータ -XVL

技術について-」で述べているので、そちらを閱讀ください。

6.4 東京電機大学 新津靖研究室

「コンテストの造形部門で参加したいがソリッドモデラーを持っていないのでモデル制作ができない、フリーソフトを紹介してほしい」とコンテスト参加希望者から以前より要望が寄せられており、モデリング手段の1つとして、新津靖研究室開発したモデラーを紹介した。会場では、展示デモを行うと共にアプリケーションCDを無料配布した。また、こちらのモデラーを活用したメンタルローテーションのアプリケーションが紹介された。こちらの開発内容については、大会学術講演論文集2014年度秋季大会（東京）「拡張メンタルローテーション問題の作成・表示ソフトウェアの開発」167-172を閱讀ください。

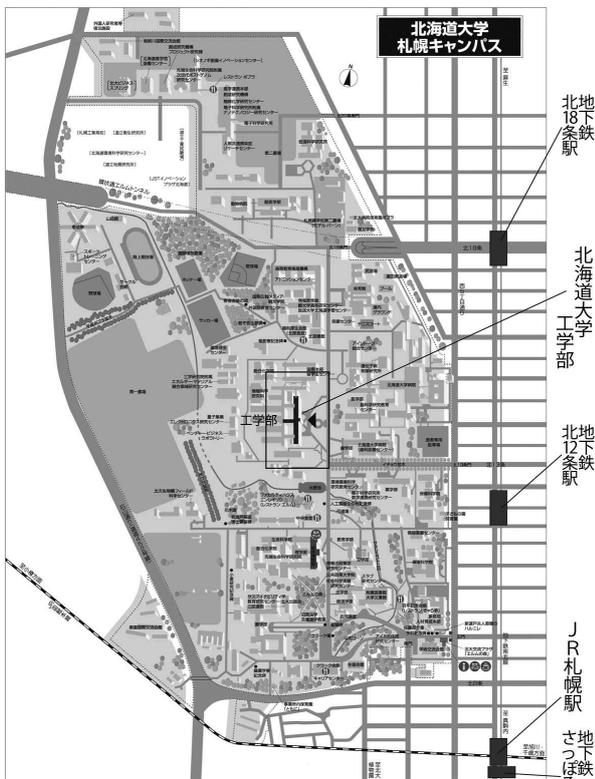
最後に、デジタルモデリング研究会に多大なる協賛を頂き、技術情報を提供頂いたオートデスク株式会社、株式会社ストラタシス・ジャパン、ラティス・テクノロジー株式会社に深く感謝する。

にしい みさこ
フリーランス
女子美術大学非常勤講師
神奈川工科大学非常勤講師
東京農工大学 大学院生物システム応用科学府 生物システム応用科学専攻
攻博士後期課程

2015年度日本図学会春季大会（札幌）のご案内

2015年度春季大会は以下のように北海道大学で開催いたします。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5月9日（土）、10日（日）
2. 場所：北海道大学工学部
（北海道札幌市北区北13条西8丁目）
<http://www.eng.hokudai.ac.jp/>



キャンパス案内図 (<http://www.eng.hokudai.ac.jp/access/>)

3. 交通アクセス：

新千歳空港からJR札幌駅まで

快速エアポート号をご利用の場合：所用時間40分

高速バス（中央バス・北都交通）をご利用の場合：
所要時間1時間～1時間10分

JR札幌駅下車：徒歩10分～20分

JR札幌駅から地下鉄利用（JR札幌駅から通じる地下鉄コンコース経由 地下鉄南北線 さっぽろ駅から乗車）：北12条駅下車 徒歩5分～15分，北18条駅下車 徒歩10分～15分

4. 大会プログラム（予定）

5月9日（土）

- 10：00～ 受付（北海道大学工学部）
- 10：30～11：30 総会（講義室 B11）
- 11：30～11：45 集合写真撮影
- 11：45～13：50 昼食，理事会
（社工系第1会議室 A1-01）
- 13：50～15：30 学術講演会（5題×2室）
（講義室 B11, 講義室 B12）
- 15：30～15：50 休憩
- 15：50～17：50 学術講演会（6題×2室）
（講義室 B11, 講義室 B12）
- 19：00～21：30 懇親会

5月10日（日）

- 9：00～ 受付（北海道大学工学部）
- 9：30～11：10 学術講演会（5題×2室）
（講義室 B11, 講義室 B12）
- 11：10～13：10 昼食
- 13：00～15：00 第52回国学教育研究会
（講義室 B11）

5. 講演発表

研究発表の分野は以下の通りです。なお、最近の「図」に関する広がりや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

5.1. 講演発表時間と発表機器

それぞれの講演発表の時間は、質疑応答と入れ替えにかかる時間を合わせて20分とします。発表時間は10～15分（最大15分、10分程度が望ましい）、質疑応答は5分以内とさせていただきます。また、使用できる発表機器は液晶プロジェクタのみです。

5.2. 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。

6. 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以下（社会人を含む）

無料（講演論文集は別売1,000円となります）

7. 懇親会

2015年5月9日（土）19：00～21：00

会費：一般 6,000円，学生 3,000円を予定

会場：札幌アспенホテル 宴会場「アспенB」

（札幌市北8条西4丁目南向き）

電話：011-702-2111

<http://www.aspen-hotel.co.jp/space/>

会場アクセス 大会会場から徒歩20分程

8. 参加登録

講演発表の方、参加予定の方は、いずれの場合も、必ず、参加登録をお願いいたします。

参加登録方法：本会ホームページよりご登録ください。

http://www.graphicscience.jp/spring_form_2015/index.php

期限：2015年4月24日（金）正午

・上記参加申し込みは、参加される方1名ずつ必要となります。会員以外の講演発表予定の方、聴講のみの予定の方も参加登録をお願いいたします。

・論文発表を予定されている方も、参加登録をお願いいたします。

・昼食のご案内

北大構内、周辺に食べる場所は多いですが、会場との往復に約30分程度を考慮してください。

9. 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。

10. 連絡先：

2015年度日本図学会春季大会実行委員会

conf2015sp@graphicscience.jp

11. 宿泊：宿泊施設は各自でお手配ください。

12. 連絡先

2015年度日本図学会春季大会実行委員会

conf2015sp@graphicscience.jp

□実行委員会

実行委員長：森田 克己（札幌大谷大学）

委員： 早坂 洋史（北海道大学）

向田 茂（北海道情報大学）

藤原 孝幸（北海道情報大学）

□プログラム委員会

委員長： 松岡 龍介（道都大学）

委員： 隼田 尚彦（北海道情報大学）

種田 元晴（東洋大学）

福江 良純（北海道教育大学釧路校）

安福 健祐（大阪大学）

学術講演プログラム

5月9日（土）

セッション1：形態構成・空間認識

（講義室 B11 13：50～15：30）

1) 幾何学模様生成システムの構築

森田 克己（札幌大谷大学）

2) 安全性に着目した歩行空間評価指標の作成

嶋岡 亮成，榊 愛（摂南大学）

3) 広場としての駅空間

彭 亜雲，安藤 直見（法政大学）

4) 映画に描かれた古代ローマ — 形象から空間へ —

安藤 直見（法政大学）

5) 歌川広重『日本橋朝之景』における遠近法と望遠表現について

田中 一郎（東京電機大学）

セッション2：設計論・形状処理

（講義室 B12 13：50～15：30）

6) 開かれたイメージル・コルビュジェの鏡

— アテネのアクロポリスの旅行スケッチをめぐる —

加藤 道夫（東京大学）

7) 一点光源による陰影を図学的に考慮した屋外照明器具の設計と庭園照明計画

— 福岡県指定文化財「魚楽園」の場合 —

下田 和也（近畿大学）

8) アラスカにおける激しい火災予報のための気象分析

早坂 洋史（北海道大学院工学研究院）

9) 平面的構造をもつ不可能立体の作成システム

赤平 かなえ，松田 浩一（岩手県立大学）

10) ランダムな折り畳み形状生成による簡単な折り紙作品の発見支援

鶴田 直也，三谷 純，金森 由博（筑波大学）

セッション3：図学教育・製図教育

（講義室 B11 15：50～17：50）

11) Pov-Rayによる3D映像制作演習

辻合 秀一（富山大学）

12) 顧客からの依頼に沿ったWebデザインの学習形態

山島 一浩（筑波学院大学），荒木 勉（筑波技術大学）

13) リガ工科大学と神戸大学の図学分野における学術交流

鈴木 広隆，小高 直樹，富永 朗裕（神戸大学）

14) 製図の時の流れ・手描きの文化

平野 重雄（東京都市大学・㈱アルトナー）

喜瀬 晋，関口 相三，奥坂 一也（㈱アルトナー）

荒木 勉（筑波技術大学）

15) ブロック玩具を活用した第三角法による製図が困難な学生への指導法の開発

桑原 一哲，石村 翼（北海道高等聾学校）

16) ものづくりの潜在的体系

坂本 勇（大阪産業大学），佐野 浩（新潟経営大学）

セッション4：平面幾何学・立体幾何学・応用幾何学

（講義室 B12 15：50～17：50）

17) カメラオブスキュラの復元

大西 道一（神戸大学）

18) セルオートマトン法を用いた雪の結晶形状の生成

松永 康佑（札幌市立大学）

19) 干渉縞を用いた人の動きに反応する映像表現

小川 祥平，松永 康佑（札幌市立大学）

20) 1点に集まる光の流れを正反射して平行光とする曲線の研究 — 微分方程式と数値的解法の組み合わせに

よる曲線の導出—

鈴木 広隆 (神戸大学)

菅野 普 (旭化成ホームズ株式会社)

富永 朗裕 (神戸大学)

- 21) 射影幾何学の基本定理のレビューと、私の見つけた射影幾何学の定理

蛭子井 博孝 (卵形線ADE研究所)

- 22) 変形吉村パターンによる平面上にない四辺形を曲面ユニットとする形状に関する研究

鈴木 広隆 (神戸大学)

5月10日 (日)

セッション5 : CG・CAD

(講義室 B11 9 : 30 ~ 11 : 10)

- 23) 工業デザイナーが描く曲線の制御点の配置と曲率の関係

西井 美佐子, 多喜 大祐, 斎藤 隆文 (東京農工大学)

- 24) 個別学習のための図的表現を用いたWEB学習教材の開発に関する一考察

富永 哲貴, 飯田 尚紀, 廣瀬 健一 (産業技術短期大学)

森 真幸 (大阪大学)

- 25) 切開辺を含み一方向に折たたみ可能な立体形状の設計 (続報)

加瀬 悠人, 金森 由博, 三谷 純 (筑波大学)

- 26) Research and creation about making animation movement design of historical picture

Banung Grahita, 今間 俊博 (首都大学東京)

- 27) 集団キャラクターメイキングのためのデジタルスクラップブックの開発

茂木 龍太 (首都大学東京)

坂内 泰子 (東京工科大学)

兼松 祥央 (首都大学東京)

三上 浩司, 近藤 邦雄 (東京工科大学)

セッション6 : 造形論 (講義室 B12 9 : 30 ~ 11 : 10)

- 28) 都市における森をイメージさせた建築設計における樹木イメージの図的形象化について

神出 顕徳, 金子 哲大, 井原 徹 (近畿大学)

- 29) 折りによる掴む・握るの行為を図的に形状化するための事例研究 —料理用鍋掴みの場合—

白水 亮佑 (近畿大学)

- 30) はじめが肝腎, 塑造の心棒, 木彫りの木取り

—石井鶴三「彫刻いろはがるた」より—

福江 良純 (北海道教育大学釧路校)

- 31) ポスト・インターネットアートにおける画像のエッジ処理のノンリニア性

茂登山 清文 (名古屋大学)

阿部 拳士郎 (名古屋大学大学院)

- 32) 絵巻物に描かれた車輪の輪郭の形状について

—スーパー楕円へのあてはめ精度の向上—

竹之内 和樹 (九州大学芸術工学研究院)

会告— 2

第52回 図学教育研究会のご案内

『図法幾何学教育の現状と将来 —総合大学のケース—』

フランスのモンジュによりはじめられた図法幾何学教育は、ものつくりの基礎として広まって行く。日本においては、明治期に工部大学のモンデーにはじまり旧制高等学校時代の大正から昭和初期にピークを迎えたが、戦後、第3角法の導入と教養教育の立場からしだいに変化して行く。このような時代の流れの中で、現在の図法幾何学教育が大学の中でどのようになっているのか、そして、これからどうなっていくのかを出席の皆さんで考えてみたい。

日時 : 2015年5月10日 (日) 13時~15時

場所 : 北海道大学工学部

北海道札幌市北区北13条西8丁目

題目 : 図法幾何学教育の現状と将来 —総合大学のケース—

概要説明 : 大月彩香

話題提供者 : 井野 智 (北海道大学)

向田 茂 (北海道情報大学)

松永康佑 (札幌市立大学)

金井 崇 (東京大学)

安福健佑 (大阪大学)

大月彩香 (九州大学)

質疑と討議 : 大月彩香

会費 : 無料

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

投稿・参加登録の日程 :

■フルペーパーセッション

講演論文抄録メ切 : 2015年1月31日 (土) 終了

講演論文採択通知：2015年3月23日（月）

講演論文最終メ切：2015年6月15日（月）

■ポスターセッション

講演論文抄録メ切：2015年4月15日（水）

講演論文採択通知：2015年5月10日（日）

講演論文最終メ切：2015年6月15日（月）

■早期参加登録

早期参加登録メ切：2015年6月15日（月）

参加登録費

320 USD を予定（学生 220 USD を予定）

ホームページ：http://www.afgs2015.net/

AFGSのフルペーパーセッションの抄録提出はすでに締め切っておりますが、会場のキャパシティ等を考慮し、ポスターセッションを開催することと致しました。ポスターセッションは、ポスターの掲示とショートプレゼンテーションを予定しています。参加を希望される場合は、上記ホームページのSubmissionのページから抄録のフォーマットファイルをダウンロード頂き、2015年4月15日までに下記アドレスに抄録のpdfファイルをお送り下さい。

poster@afgs2015.net

多数のご参加をお待ちしております。

会告——4

工学教育協会 第63回年次大会

工学教育研究講演会ならびに国際セッション講演募集要領

大会メインテーマ：

「イノベーションを牽引する工学教育の国際化」
テーマ趣旨：21世紀初頭の日本は、たとえば原発事故の収束、再生可能エネルギーの開発、介護用ロボットの開発、温室効果ガスの削減など、工学による多くの問題解決を迫られている。また、国際的にはアジアの中の先進国として新興国が抱える諸問題の解決を支援する役割が期待されている。ところが、問題解決のためのイノベーションを牽引できる、また国際的に活躍できる人材の育成をどう行うかは、我国の若者の理科離れや内向き志向の傾向もあって、工学教育にかかわる大学・高専の重要な関心事である。イノベーションの創出には、その世界的中心地であるシリコンバレーに見られるように、アントレプレナーシップ（起業家精神）の涵養、そして社会的にはベンチャー企業を育成する仕組み（エコシステム）の構築が必要である。またPBLを通して日本人学生と外国人留学生が切磋琢磨することが望ましい。本大会では、このようなイノベーションを牽引する工学教育の国際化に資する試みやアイデアを集め議論する。

主催：公益社団法人日本工業教育協会

九州工学教育協会

日時：平成27年9月2日（水）～4日（金）

会場：九州大学工学部（伊都キャンパス）

〒819-0395 福岡市西区元岡744番地

Tel：092-802-2728

一般講演：講演テーマについて、昨年より再検討を行い、発表件数および聴講者数などの推移を基にテーマを整理・統合し、また時代の趨勢を鑑み、6つの大テーマと24の小テーマとしました。すべての一般講演テーマで、口頭発表またはポスター発表のどちらかを選択できます。

I. 大学・高専等における教育

1. 基礎科目の講義・演習
2. 専門科目の講義・演習
3. 実験・実技
4. 教材の開発
5. 高大院連携
6. リメディアル教育・初年度教育
7. ものづくり教育
8. 大学全入時代の工学教育
9. エンジニアリング・デザイン教育

II. 教育システム

10. 工学教育システムの個性化・活性化
11. プロジェクトマネジメントとPBL
12. e-ラーニング・教育ソフトウェア
13. 教育評価・自己点検・評価システム
14. 工学教育に関するグッドプラクティス
(文部科学省支援事業案件)
15. グローバル化時代における工学教育

III. 社会連携および企業・社会人教育

16. インターンシップ
17. 産学連携教育
18. 地域貢献・地場産業との連携
19. 企業における技術者教育
20. 社会人のための大学院教育

IV. 学生の学習・教育活動（学生による発表に限ります）

21. 学生の教育活動事例
22. 学生の学修活動事例

V. 多様化時代のダイバーシティ推進

23. 女性エンジニア育成支援
24. 多様な学生への学修支援

オーガナイズドセッション：オーガナイズドセッションのテーマは、公募します。オーガナイズドセッションを提案する方は、事務局まで、2月20日（金）までにテーマ名、テーマ内容、予定発表論文数（6件以上を目途）をご連絡ください。なお発表形式は、口頭発表のみとなります。また、オーガナイズドセッションでは、ワークショップの時

間も設定できます。開催するオーガナイズドセッションは、3月末に発表され、一般からの申し込みも受け付けます。

国際セッション

テーマ：工学教育における国際連携

優れた発表には、今回から海外への論文投稿支援を行う予定です。国際セッションへの積極的な申し込みをお願いします。英文投稿・発表となります。

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

口頭発表、ポスター発表、オーガナイズドセッション申込：昨年度と同様にアブストラクトのみの先行申込を廃止し、論文とアブストラクトの同時申込とします。申し込み際には、HPの応募要領を参照してください。

ポスターセッションは、より多くの参加者に見てもらえるように、交流会の直前に発表する形にしますので、ぜひ応募ください。

- (1) 講演会HPにて平成26年4月7日(火)より受付を開始します。
- (2) 申込締切：5月7日(木)
- (3) 申込者には、6月初旬に採否を通知します。
- (4) 申込件数：口頭発表は、1テーマ内では登壇者1名につき1件とします。ポスター発表は、登壇者1名につき1件とします。

国際セッション申込：

- (1) 当協会HP掲載のCall for Papersを参照してお申し込みください。
- (2) 申込締切：5月7日(木)
- (3) 申込者には、6月初旬に採否を通知します。

講演論文：

- (1) 原稿は、HPに掲載の「工学教育研究講演論文集原稿の作成における注意事項」に従い作成してください。書式、内容などに問題がある場合は、不採択となることがあります。なお、原稿枚数は2ページとします。
- (2) 発表者(共著者・連名者)の人数は6名以内とします。
- (3) 国内論文集は電子メディア(CD-R)で発刊します。事前払込参加登録者には、8月7日(金)を目途に名札、論文集他資料を送ります。開催期間中は、大会参加者を対象に日工教HPで論文を閲覧できる予定です。なお、会場にはプリントアウト用設備などはありませんので、なるべく事前参加登録を利用ください。

国際セッション論文：原稿は、Call for Papersをご参照の上作成してください。なお、原稿は4もしくは6ページと

し、担当までPDF文書にてメール送付してください。

口頭発表講演時間：1題目につき講演10分、討議5分。国際セッションは合計20分の予定。

講演発表方式：ポスター発表以外の講演発表は、原則として各自のパソコン等によるパワーポイントデータ等のプロジェクタ投影発表といたします。詳細は今後公開されるHPの「発表における注意事項」を参照ください。

その他：

- (1) 登壇者・参加者は大会参加登録ならびに参加費(資料代を含む)が必要です(事前払込参加登録は、4月7日(火)より7月17日(金)まで)。登壇者には参加費の他に、別に定める登壇量をお支払い頂きます。
- (2) 優れた発表には、JSEE研究講演会発表賞、ポスター発表賞を授与いたします。
- (3) 講演発表後、「工学教育」誌に掲載を希望される方は、「工学教育」投稿規定・執筆要領に準じて改めてご投稿いただき、編集・出版委員会の査読を経て掲載します。

問い合わせ先：日本工学教育協会 事務局 川上

〒108-0014 東京都港区芝5-26-20

建築会館4階

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

E-mail : kawakami@jsee.or.jp

URL : <http://www.jsee.or/taikai/kenkyu/>

平成27年度協賛学協会(依頼予定、五十音順)

IEEE Education Society Japan Chapter, 応用物理学会, 化学工学会, 教育システム情報学会, 空気調和・衛生工学会, 計測自動制御学会, 資源・素材学会, システム制御情報学会, 地盤工学会, 情報処理学会, 照明学会, 初年次教育学会, 精密工学会, 繊維学会, ターボ機械協会, 電気学会, 電子情報通信学会, 土木学会, 日本液体微粒化学会, 日本応用数理学会, 日本音響学会, 日本感性工学会, 日本機械学会, 日本技術史教育学会, 日本教育工学会, 日本金属学会, 日本経営学会, 日本原子力学会, 日本建築学会, 日本工学アカデミー, 日本工学会, 日本工業英語協会, 日本数学会, 日本数式処理学会, 日本図学会, 日本生体医工学会, 日本設計工学会, 日本セラミックス協会, 日本塑性加工学会, 日本デザイン学会, 日本鉄鋼協会, 日本トライボロジー学会, 日本人間工学会, 日本防錆技術協会, 日本ロボット学会, PMI日本支部, 表面技術協会, プロジェクトマネジメント学会

2015(平成27) 年度会費納入のお願い

2015(平成27) 年度の会費納入をお願いいたします。会費は前納制になっております。

皆様のご理解とご協力をよろしくお願い申し上げます。

記

1. 会 費 正会員 10,000円
 学生会員 5,000円
 2. 納入方法 1月末に個別に郵送した郵便振替払込用紙(郵便振替口座00100-5-67992)をご利用ください。
 3. その他 公費等でのお支払いで書類を必要とされる場合は、下記の事項を記載の上、E-mail(jsgs-office@graphicscience.jp)かFAX(03-5454-6990)で事務局にご連絡ください。
- 必要記載事項
- ・書類の種類および部数(例:請求書一部など)
 - ・宛名(例:〇〇大学 など)
 - ・書類送付先
 - ・その他ご要望がありましたらお知らせください。

ユーザー名とパスワードの変更

日本図学会ホームページにおける、会員サービスのための会誌バックナンバーに閲覧に必要なユーザー名とパスワードが、6月1日から変更されます。新たなユーザー名とパスワードは、号の奥付けページの下段にあります。

日本図学会第527回理事会議事録

日時：2014年9月12日（金）17：30～20：00

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：12名（議決権9名）+委任状12名

山口（会長）、安藤、辻合（以上副会長）、金井、今間、椎名、田中、西井、山島（以上理事）、堤（顧問）、面出（編集委員長）（辻合副会長はSkypeによる参加）

1. 議事録確認

1. 第526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 浅古 陽介 氏

（有限会社NAU建築デザインスタジオ）

種田 元晴 氏紹介

正会員 萩原 義裕 氏（岩手大学）

紹介者なし

正会員 宮澤 正幸 氏（新潟工科大学）

紹介者なし

正会員 高嶋 啓 氏（筑波学院大学）

山島 一浩 氏紹介

学生会員 砂庭 陽子 氏

（東北芸術工科大学学部3年）

山畑 信博 氏紹介

賛助会員 株式会社ストラタシス・ジャパン（一口）

町田 芳明 氏紹介

（担当者：片山浩晶氏）

ii. 当月退会届出

学生会員 中島 健次郎 氏（筑波大学大学院）

三谷 純 氏紹介

正会員 藤本 尚久 氏（元西日本工業大学）

山内 一次 氏紹介

b.

c. 会員現在数（9月12日現在）

名誉会員13名，正会員279名，学生会員21名，賛助会員16社18口

2. その他

a. 他団体から

- ・シーグラフアジア事務局より「シーグラフアジア2015：開催地決定のご案内」が届いた。

- ・独立行政法人科学技術振興機構より「J-STAGEにおけるGoogle等検索エンジンとの連携強化について（ご案内）」、及び「J-STAGE Lite(仮称) システム・サービス開発方針報告説明会・SIST(科学技術情報流通基準) 説明会」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.456-460, 462-463, 及び「防災・減災に関する国際研究のための東京会議 ポスター発表の抽象ト募集について（ご案内）」が届いた。

- ・一般財団法人学会誌刊行センターより「学会センターニュース」No.430が届いた。

- ・学術著作権協会より「電子著作物の複製ならびに著作物の電子化等に関する権利委託」についての説明資料が届いた。

- ・日本工学教育協会より「工学教育研究講演会協賛について（御礼）」と論文集（CD-R）が届いた。

b. 寄贈図書

- ・佐藤仁一郎氏より「活字は知の天使」（創栄出版）が寄贈された。

- ・堤江美子氏より，ヨーロッパの図学教科書3種類が寄贈された。

3. 第1四半期決算報告と承認

- 金井事務局長より，2014年度第1四半期収支決算表に基づき決算報告があり，会費の納入状況などを確認の上，これを承認した。

4. 2014年度秋季大会について

- 面出実行副委員長より，資料「秋季大会プログラム案」に基づき進捗状況の説明があった。

- ・学術講演41件，本郷寛先生による特別講演に加えて，今回は作品展示22件（作品解説付）を行う。

- 安藤企画広報委員長より，すべてのセッションの座長が確定したことと，学術講演は質疑応答込みで1件20分で行うがスケジュールに余裕がないことが，補足説明された。

- 大会プログラムをWebに掲載する際に，今回の特色である作品展示や特別講演，大石膏室の見学について説明することにした。

- 今回の作品展示は，会場が東京芸術大学であるという前提で実現可能になったもので，実施にあたっては，展示スペースや作品の搬入・輸送など，考慮せねばならない問題があることが指摘された。作品展示を2015年度春季大会以降も実施するかどうかは，2014年度秋季大会での実施経験を踏まえて，継続の可否や方法を検討することにした。

5. 2015年度春季大会について

- 安藤企画広報委員長より、開催日程を2015年5月9日、10日、会場を北海道大学と決定したこと、および、松岡2015年度春季大会プログラム委員長から会場の予約が完了した旨の連絡があったことが報告された。

6. 編集委員会報告

- 面出編集委員長より、『図学研究』143号が校正中であることが報告された。
- 面出編集委員長より、143号から掲載する講座（竹之内先生）をシリーズで4、5回続ける予定であることが報告された。
- 今間副編集委員長より、『図学研究』144号に作品紹介1編の掲載が決定していること、および、論文2編、研究資料1編を査読中であることが報告された。

7. 企画広報委員会報告

- 安藤企画広報委員長より、以下の報告があった。
 - ・2014年度春季大会の大会開催費の収支報告があった。
 - ・2015年度秋季大会については、関西支部に開催校の検討を打診中である。

8. デジタルモデリング研究会報告

- 西井デジタルモデリング研究会委員長より、以下の報告があった。
 - ・11月30日午後第1回デジタルモデリング研究会を開催予定である。「デジタルデータ」をキーワードとする3件の講演のうち、2件は確定し、残り1件を調整中である。また、講演後には「デジタルモデリングコンテスト展示作品鑑賞」と「機器展示見学」を予定している。
 - ・モデリングコンテストの作品の応募は、9月末日をメ切として受付中である。
- 第1回デジタルモデリング研究会についてWebで告知することにした。

9. 国際関連報告と審議

- 鈴木副会長（国際担当）からの報告が代読され、ICGG2014期間中にBALTGRAF現会長のDaiva Makutėnienė教授（Vilnius Gediminas Technical University, Lithuania）とBALTGRAF前会長Modris Dobelis教授（Riga Technical University, Latvia）とミーティングを行い、第526回理事会に基づく交流内容について意見交換を行ったこと、学術交流の覚え書きを結ぶにあたっての法律的な問題点について、BALTGRAF側が弁護士と相談することが、報告された。

- 山口会長より、ICGG2014期間中にAsian Fofum on Graphic Science (AFGS) の開催について中国図学会とミーティングを行った結果、2015年のAFGSを当初の候補地の西安で開催するのが難しい状況であることが報告された。国際担当理事で、10月末をめどに他の開催候補地を検討中であることが報告された。

10. 次回（第528回）理事会の日程について

- 金井事務局より、当初、10月20日18時30分～に開催予定であったが、10月24日18時～に変更することが提案され、承認した。

11. その他

- 個人会員からの情報をWebに掲載する際のガイドラインの作成を、ホームページ委員会に依頼することにした。
- 非会員からの教員公募をWebに載せる依頼があり、会員にとってプラスになる情報であると三谷ホームページ委員長が判断して掲載したことが報告された。今後の対応について検討した結果、教員公募については非会員からの掲載依頼も受け付ける方向で、料金などの詳細を詰めることにした。
- 今間理事より、ADADA (Asia Digital Art and Design Association) 2014 in Akihabaraの開催案内があった。
 - ・議事録署名捺印理事
西井理事、山島理事が選出された。
 - ・次回
日時：2014年10月24日（金）18：00～
場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

日本図学会第528回理事会議事録

日 時：2014年10月24日（金）18：00～20：00

場 所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：9名（議決権8名）+委任状14名

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

（辻合副会長はSkypeによる参加）

1. 議事録確認

1. 第527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 渡部 大志 氏（埼玉工業大学）

紹介者なし

正会員 吉田 孝文 氏
(株式会社日本住宅保証検査機構)
紹介者なし

ii. 逝去

名誉会員 太田 英一 氏 (元千葉工業大学)
※2014年 8月逝去

b.

c. 会員現在数 (10月24日現在)

名誉会員12名, 正会員281名, 学生会員21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.464-472が届いた。
- JSTより「J-STAGE News e-mail」2014/09/22号, 10/15号, 10/17号, 10/19号が届いた。
- SIGGRAPH ASIAより「第8回SIGGRAPH ASIA: アジアにおけるコンピュータグラフィックスとインタラクティブ技術に関する国際会議」の案内が届いた。
- 一般財団法人学会誌刊行センターより「学会センターニュース」No.431が届いた。

3. 第2四半期決算報告と承認

- 金井事務局長より, 2014年度第2四半期収支決算表に基づき決算報告があり, 会費の納入状況などを確認の上, これを承認した。

4. 2014年度秋季大会について

- 面出実行副委員長より, 参加申込者数が50名を超えており, 今後も増える見込みであることが報告された。
- 種田プログラム委員長より, 学術講演論文集に付けるISSN(逐次刊行物番号)の取得が完了して正式通知書が送られてきたことが報告された。春季および秋季の大会学術講演論文集のISSNは21890072, 以前の本部例会学術講演論文集のISSNは21890188である。「2014年度秋季(東京)」の部分が巻号に相当する。今後は, 発送人を図学会事務局として, 国会図書館のISSN担当部署に電算印刷から1冊を送付して献本することにした。
- 学術講演論文集の体裁について, プログラム委員会からの案をもとに検討し, 決定した。また, これまで奥付がなかったが, 『図学研究』にならって付ける方向でプログラム委員会で検討してもらうことにした。
- 種田プログラム委員長より, 学術講演論文集の原稿の受理状況, 入稿と納品のスケジュールの説明があった。また, 学会Webページに掲載されている

プログラムを最新版に改訂する予定である旨, 報告があった。

- 村松実行委員より, 作品展示の一覧と配置案の説明があった。

5. 編集委員会報告と審議

- 面出編集委員長より, 『図学研究』143号が発行されたことが報告された。
- 面出編集委員長より, 『図学研究』144号にはICGG2014の報告を掲載予定であることが, 報告された
- 会費の長期滞納者への対応について審議し, 11年以上会費を滞納している会員に告知をしても12月までに返事がない場合, 『図学研究』の送付をやめることにした。

6. デジタルモデリング研究会報告

- 西井デジタルモデリング研究会委員長から, 以下の報告があった(代読)。
 - 第8回デジタルモデリングコンテストの応募数が確定し, 審査および作品展示の準備が順調に進んでいる。
 - 秋季大会と第1回デジタルモデリング研究会において3社の企業展示を予定しており, 今後, 機材の搬入方法や展示スペースについて確認してもらう予定である。
 - 第1回デジタルモデリング研究会の3件の講演がすべて決定した。
 - デジタルモデリング研究会を開催する際に, 会場謝金としてデジタルモデリング研究会の予算から1万円を大会実行委員会に支払うことを研究会で審議して, 決定した。

7. 国際関連報告と審議

- 山口会長より, Asian Fofum on Graphic Science (AFGS) の1st サーキュラーの案が示された。11月に1st サーキュラーを流して, 年明けまでに会場と参加費を確定してアナウンスする予定である。バンコクが会場を提供し, 日本がプログラム委員会相当の作業を行う。鈴木副会長が中心になって日本側の組織委員会を立ち上げるので, 組織委員の打診があった際には協力して欲しい旨, 依頼があった。
- 日本図学会としてICGGと同様のサポートを行うかどうか, 次回理事会で検討することにした。

8. 第530回理事会の日程について

- 山口会長より, 当初, 12月12日17時30分~に開催予定であったが, 12月15日18時30分~に変更すること

が提案され、承認した。

9. その他

- 金井理事より、『図学研究』143号の春季大会報告で一般会計収支報告の掲載漏れがあり、144号に掲載する予定である旨、報告があった。再発防止のため、一般会計と特別会計の決算書を一つのシートにまとめて記載した上で、電算印刷に提出することにした。
- 議事録署名捺印理事
種田理事、村松理事が選出された。
- 次回
日時：2014年11月29日（土）12：00～
場所：東京藝術大学

日本図学会第529回理事会議事録

日 時：2014年11月29日（月）12：00～13：00

場 所：東京藝術大学美術学部中央棟第2会議室

出席者：24名（議決権20名）+委任状4名

山口（会長）、安藤、鈴木、辻合（以上副会長）、高、今間、金井、榊、佐藤、館、竹之内、田中、種田、西井、三谷、宮永、村松、安福、山島、山畑（以上理事）、面出（編集委員長）大月（彩）（九州支部長）、加藤、堤（以上顧問）

1. 企画広報委員会報告

- 2015年度春季大会について
 - 2015年5月9日、10日、北海道大学で開催することが確認された。
- 2015年度秋季大会について
 - 関西支部より、2015年11月28日～29日、大阪大学吹田キャンパスで会場手配済みとの報告があった。

2. 国際関連報告

- AFGS 2015について
 - 2015年8月4日～7日バンコクで開催の10th Asian Forum on Graphic Scienceについて、次の通り案内があった。

Submission of Extended Abstract： 2015年 1月31日

Notification of Acceptance： 2015年 3月23日

Submission of Camera-Ready Manuscript： 2015年 6月15日

Early Registration： 2015年 6月15日

- 山口会長より、AFGS 2015は日本開催の代行という性格もあるため、共催費または寄付という形でICGGと同額程度の援助を行いたいとの提案があり、これを了承した。

3. 編集委員会報告と審議

- 『図学研究』1月号について
 - 面出編集委員長より、『図学研究』144号は、現在入稿済みで初校待ちとの報告があった。
 - 『図学研究』の年間発行回数の変更について
 - 面出編集委員長より、『図学研究』の年間発行回数を減らす提案があり、引き続き検討することとした。

4. デジタルモデリング研究会報告

- 西井デジタルモデリング研究会委員長より、開催中の秋季大会におけるデジタルモデリングコンテスト受賞作品展示および企業展示の案内があった。

5. ホームページ委員会報告と審議

- 三谷ホームページ委員長より、次回大会より大会参加申込用ページが利用可能になる旨の報告があった。
- 山口会長より、ホームページ委員会への連絡と業者への作業依頼の簡略化のため、ホームページ委員会メーリングリストへの投稿制限について質問があり、運用を変更することにした。

6. 支部報告

- 各支部から最近の活動報告があった。

7. その他

- 堤顧問より、賛助会員の勧誘・確保のため、賛助会員のメリットを明確化し公表すべきとの指摘があり、事務局で検討することになった。
- 西井デジタルモデリング研究会委員長より、企業展示の準備にあたり内容や場所の調整にかなりの労力がかかったとの報告があった。
- 企業展示は賛助会員のメリットの一つとも考えられるため、次回以降の大会では実行委員会に企業展示担当を置いてはどうかという意見が出された。

- 議事録署名捺印理事
榊、安福両理事が選出された。

- 議次回
日時：2014年12月15日（月）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530回理事会議事録

日 時：2014年12月15日（月）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：11名（議決権9名）+委任状13名

山口（会長）、安藤、辻合（以上副会長）、椎名、金井、田中、種田、西井、山島（以上理事）、面

出(編集委員長),加藤(顧問)(辻合副会長は Skypeによる参加)

1. 議事録確認

- 1. 第528回および第529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 平野 侑加理氏(DMG森精機株式会社)
本間巖氏紹介

ii. 当月退会届出

該当なし

b. 会員現在数(12月15日現在)

名誉会員12名,正会員282名,学生会員21名,賛助
会員16社18口

2. その他

a. 他団体から

- 独立行政法人大学評価・学位授与機構より「国立
大学教育研究評価委員会 専門委員会及び機関別
認証評価委員会専門委員の候補者推薦について
(依頼)」が届き,回答した。

- 一般社団法人学術著作権協会より「受託著作物
2014年度複写使用料分配について(お知らせ)」
が届いた。

- 一般社団法人出版者著作権管理機構より複写使用
料分配に関する案内が届いた。

- 日本学術会議より「日本学術会議ニュース・メー
ル」No.473-478が届いた。

- JSTより「J-STAGE News e-mail」2014/11/12号,
11/28号が届いた。

b. 寄贈図書

- 蛭子井博孝氏より「64歳後半の自作定理総集編」
(卵形線ADE研究所)が届いた。

3. 企画広報委員会報告

◦2014年度秋季大会会計報告

- 面出実行委員会副委員長より,秋季大会の会計報
告があった。

◦2015年度春季大会について

- 安藤企画広報委員長より,春季大会の組織につい
て,次の通り報告があった。

• 大会実行委員会

委員長:森田克己(札幌大谷大学)

委員:早坂洋史(北海道大学),向田茂(北海道
情報大学),藤原孝幸(北海道情報大学)

• プログラム委員会

委員長:松岡龍介(道都大学)

委員:隼田尚彦(北海道情報大学),福江良純(北
海道教育大学),種田元晴(東洋大学),(2015年
度秋季大会委員長予定者)

- 大会開催案内(案)に基づき,講演発表募集スケ
ジュールの報告があった。

- 大会学術講演論文執筆要領の改訂について

- 種田プログラム委員より,大会学術講演論文執筆
要領改訂の報告があった。作品展示に関する記
述の見直しとチェックリストの修正が主な改訂内
容。

4. 2014年度秋季大会発表表彰について

- 山口大会発表表彰委員長より,秋季大会発表表彰の
選考結果報告があり,次の通り確認した。

優秀研究発表賞

「彫刻文化財にみられる図学的解釈」(山田 修)

研究奨励賞

「切開刃を含み一方向に折りたたみ可能な立体形状
の設計」(加瀬 悠人)

5. デジタルモデリング研究会報告

- 西井デジタルモデリング研究会委員長より,11月30
日開催のデジタルモデリング研究会のアンケート集
計結果報告があった。

6. 国際関連報告

- 山口会長より,10th Asian Forum on Graphic Science
(AFGS2015)の準備状況について報告があった。
組織委員会およびプログラム委員会メンバーが決ま
り,AFGS2015のWebページにて公開済とのこと。

7. その他

- 『図学研究』への投稿促進策の一環として,大会学
術講演の座長推薦の取扱いについて議論があった。

- 議事録署名捺印理事

西井,椎名両理事が選出された。

- 次回

日時:2015年1月19日(月)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、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.stratasy.co.jp/>

株式会社ムトーエンジニアリング

〒154-8560

東京都世田谷区池尻3-1-3

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

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

株式会社森田製図器械製作所

〒537-0012

大阪府大阪市東成区大今里4-16-41

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

共立出版株式会社

〒112-8700

東京都文京区小日向4-6-19

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

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

公益財団法人画像情報教育振興協会

〒104-0061

東京都中央区銀座1-8-16

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

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

ステッドラー日本株式会社

〒101-0032

東京都千代田区岩本町1丁目6番3号

秀和第3岩本町ビル

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

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

ソリッドワークス・ジャパン株式会社

〒108-0022

東京都港区海岸3-18-1 ピアシティ芝浦ビル

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

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

タケダコーポレーション株式会社

〒130-0003

東京都墨田区横川1-3-9

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

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

森北出版株式会社

〒102-0071

東京都千代田区富士見1-4-11 九段富士見ビル

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

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

ユニインターネットラボ株式会社

〒104-0054

東京都中央区勝どき2-18-1-1339

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

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

ラティス・テクノロジー株式会社

〒112-0004

東京都文京区後楽2-3-21 住友不動産飯田橋ビル10F

TEL: 03-3830-0333

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

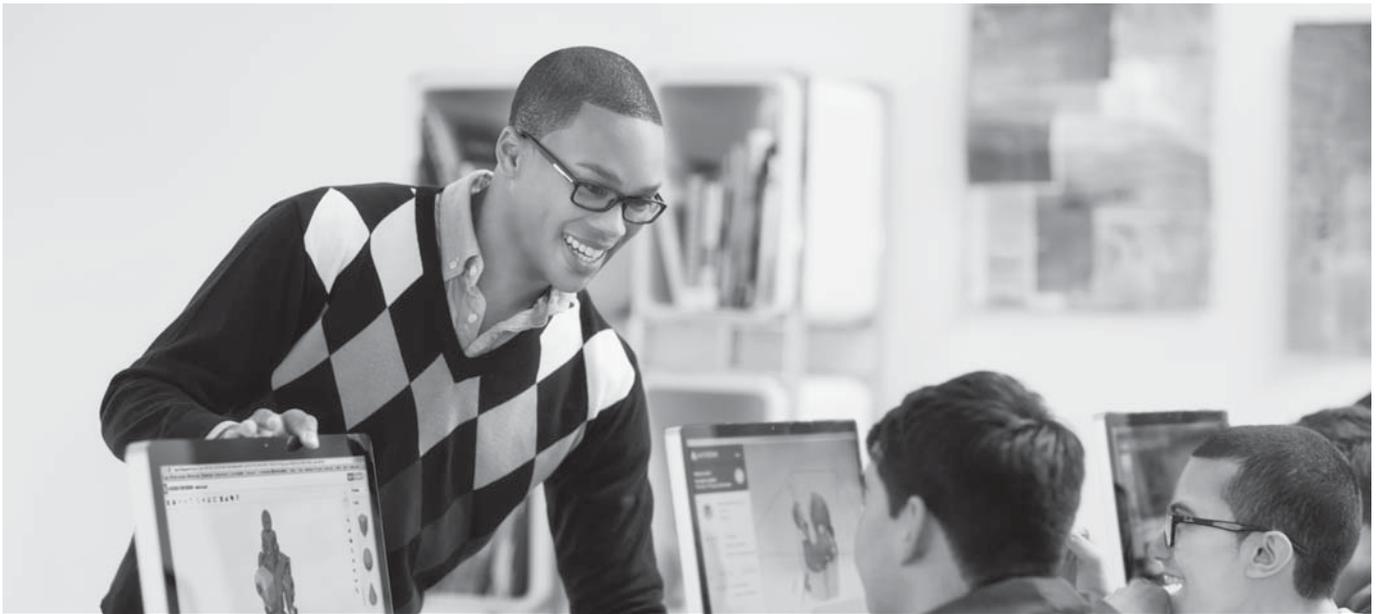
REALLUSION INC.

〒160-0023

東京都新宿区西新宿8-3-1 西新宿GFビル4F 4C号室

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

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



**オートデスクの教育機関向け、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



製造	建築・建設
Factory Design Suite Product Design Suite AutoCAD Mechanical Inventor	Building Design Suite AutoCAD Revit
土木・インフラ	メディア・アンド エンターテインメント
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

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

世界最高水準の3D軽量化技術 XVL[®]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>

昨年11月の秋季大会にて、「大会学術講演論文集」の編纂に携わりました。前号の編集後記でも触れられておりましたが、秋季大会では、作品展示の実施と、論文集へのISSN番号付与という2つの新しい試みが行われました。

作品展示に際しては、開催校が東京藝術大学であったことから、展示にふさわしい会場をご用意いただき、予想を大きく超える22件もの応募がありました。実行委員会の先生方には、これらの展示計画を何度も検討頂き、ご苦勞も大きかったと存じますが、まさに作品展示の効果があって、120名を超える参加者が会した盛況となりました。講演発表を含む全62件にも及んだ研究発表の要旨が、本誌に掲載されています。是非ご覧ください。

もう一点、『大会学術講演論文集』へのISSN番号の付与と、国会図書館への納本とが、この度新しく行われました。ISSNは、逐次刊行物を識別するための国際的なコード番号で、国会図書館が付与に相応しいかどうかを審査します。付与されるためには、毎号同じタイトルで発行されること、巻号や年月等、順序付けを示す表示があること、終わりを定めずに継続して発行されること、現物を国会図書館に継続して納本すること、などが条件付けられています。これに則して、論文集の表紙の表記が若干変わっております。更に、外部への納本を意識して、巻末に奥付を入れることと致しました。

日本図学会は、小規模ながらも研究発表の大変盛んな学会と存じます。ISSNの付与および国会図書館への納本によって、国会図書館に論文の索引データが採録され、CiNii等でも題目が検索できるようになります。つまり、より多くの人々の検索に図学会での研究成果が引っかけ、学会の存在を広く周知出来るようになります。公開される情報は、題目や著者等の情報のみで、本文は相変わらず見ることが出来ませんが、それでも、こんな研究が行われているんだ、という事実を知ってもらえるだけでも価値があるかと存じます。一方で、本文が公開される『図学研究』への投稿を促すひとつの契機となれば…とも願っております。

(M. T.)

jsgs2015
BANGKOK

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

デザイン 丸山 剛

Journal of Graphic Science
of Japan

図学研究

第49巻1号(通巻145号)

平成27年3月印刷

平成27年3月発行

発行者：日本図学会

〒153-8902

東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学教養学部

総合文化研究科

広域システム科学系

情報・図形科学気付

Tel : 03-5454-4334

Fax : 03-5454-6990

E-mail : 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.1
March
2015

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



Katsumi MORITA	01	<i>Message</i>
Yoshihiro HAGIHARA, Yukari HAGIHARA, Adiljan YIMIT, Tasuku MIYOSHI, Motoki TAKAGI, Naohiro NISHIKAWA	03	<i>Research Paper</i> Thin-plate Spline for Morphing the Joints of 3D Polygon Models
Momoko HAYASHI, Guanwen ZHANG, Kiyofumi MOTOYAMA	13	<i>Research Paper</i> Characteristics of Fixation Behaviour While Seeing Photographs
Keiji SONODA, Kazuki TAKENOUCI	23	<i>Seminar</i> Geometric Profile of Machine Elements (3)
Michiyo MIYANAGA Yuki SAKATA et al.	27 33	<i>Report</i> Report on the Autumn Meeting of 2014 Summaries of Papers in the Autumn Meeting of 2014
Misako NISHII Misako NISHII et al.	43 44 47	Best Presentation Award of in the Spring Meeting of 2014 Report on the 8th Digital Modeling Contest Report on the 1st Digital Modeling Forum
	57	Newsletter