

第54巻1号  
通巻163号  
2020年（令和2年）  
3月

日本図学会



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

|                      |    |                                                             |
|----------------------|----|-------------------------------------------------------------|
| 館 知宏                 | 01 | 巻頭言                                                         |
| 山村 美紀, 石垣 理子, 猪又 美栄子 | 03 | 研究論文<br>窮屈に見えるけれど日常動作の可能な服<br>——動作による人体の変形に対応するデザイン——       |
| 丸谷 和史, 大谷 智子         | 13 | 研究論文<br>カフェウォール錯視の三次元的解釈と錯視パターンのバリエーション                     |
| 萩 達也, 細川 陽一          | 27 | 作品紹介<br>視覚障害者が手で触って分かる立体的ハザードマップの開発<br>——その1 道路が分かる触地図の製作—— |
| 柴田 晃宏                | 31 | 報告<br>日本図学会2019年度秋季大会報告                                     |
| 河村 彰星 他              | 33 | 日本図学会2019年度秋季大会講演プログラム・セッション報告                              |
| 伏見 清香 他              | 37 | 日本図学会2019年度秋季大会研究発表要旨                                       |
| 松田 浩一, 西井 美佐子        | 42 | 日本図学会2019年度春季大会優秀研究発表賞・研究奨励賞                                |
|                      | 43 | 第11回デジタルモデリングコンテスト                                          |
| 辻合 秀一, 川崎 寧史 他       | 49 | 報告<br>中部支部2019年度秋季例会報告                                      |
| 天内 大樹                | 55 | リレーエッセイ<br>図のために                                            |
| 前田 真正                | 58 | 寄書<br>図学会の効用（その2）                                           |
|                      | 60 | 会告・事務局報告                                                    |

## 分野協働のための図学

舘 知宏 Tomohiro TACHI



2019年より美術家の野老朝雄さんと一緒に、東京大学教養学部での集中講義「個と群—紋様デザイン」というアート・サイエンス協働の科目を教えています。文理を含む全科類の学部1，2年生，20名前後が受講し，制作とその講評を通して幾何学的原理から各自のアート表現へと展開することを模索しました。まず，野老さんが東京2020オリンピック・パラリンピックエンブレム「組市松紋」を題材として，アートワークの元となる図形とそれらをつなげていく幾何学的操作「個と群と律」についてレクチャーを行った後，このレクチャーを受けて学生が描く，積む，敷き詰める，動かす，折る，曲げる，編む，縫う，といった具体的な手作業の行為を通して制作し，さらに学生の作品に対して私と野老さんが高次元の幾何学，曲面幾何学，準結晶，機械的メタマテリアル，日常の科学現象，生体力学，生物の模様，折紙，伝統工芸，紋・紋様，CG技術，デジタル・ファブリケーション，3Dプリント，建築工法といった様々な分野のレファレンスをしながらコメントをして次の発想を促し，それを受けて学生がまた制作に取り組む，といったサイクルで授業を進めました。また授業の途中には教員のコラボレーターによるゲスト・レクチャーとディスカッションを挟みました。

この授業の始まったきっかけは2019年に発足した「東京芸術創造連携研究機構」の構想です。機構が開講する授業では，芸術の実技・制作・発表に取り組むことで，これまで学生が東京大学で触れてきた科目とは大幅に異なる多様な思考や創造のプロセスを獲得し，知性を拡張することを目指しています。本講義では，そのような取り組みに加えて，さらに教室が芸術家と科学者が協働する最先端研究の場になりうることを実証しようと試みました。

実際，授業とその後のフォローアップにより学生，教員，研究者との新しい表現や研究のコラボレーションが継続し，いくつかは国際会議での発表にもつながっています。教養課程の学生，美術家の野老さん，工学者の私は，既存の枠組みで見れば背景が全く異なるように見えます。しかし，専門分野を超えて理解できる幾何学や図的表現が共通言語として存在していたことによって，コミュニケーションは円滑にすすみました。一方，分野協働のディスカッションである以上，互いに専門外のことについて基本に立ち返った解説をする場面もしばしば起きますが，それはまた教育効果を生みます。学生は単に一方的に教わるだけではなく，研究のプレイヤーとして最先端の問題に取り組むための足掛かりとして知識を得られていたと考えます。

さて，日本図学会では，2020年より「分野協働のための図学研究会」を計画しております（COVID-19の影響で開催時期は未定です）。図形や幾何学に深いつながりを持った新規の学術領域で活躍されている専門家の方による講演会を公開で行い，多くのかたに図学への関心を持っていただくこと，そして諸分野の最先端で果たす図学の役割について，ビジョンを互いに共有することを期待しております。

「分野協働のための図学研究会」という名称には，数学・物理学・化学・生物学・工学・情報学・デザイン・芸術など諸分野を横断してコラボレーションをするときの橋渡しを図学が担うという考えが反映されています。現実社会から要求される課題が

複合的であり社会実装や応用研究において諸領域の連携が欠かせないのは言うまでもありません。また基礎研究においても学術領域を変革する新規の発想は分野を横断する柔軟な視点から生まれます。それゆえ基礎・応用を問わず現代の研究の最先端では、異なる背景を持つ専門家が共通の強い興味をもって協働することが要です。このような分野協働を成功させるためには、互いの領域の本質的な問題や面白さを直観的に理解し共有するためのフレームワークが重要です。

私は、図学がこのような協働のフレームワークとなりうると考えています。冒頭に述べた授業では実際に手を動かすことで「かたち」を用いた思考が行われ、言語や数式を用いたものとは本質的に異なるプロセスで理解や創造を手助けしました。その思考プロセスは直線的に問題を解決するというよりは、幅広い分野の事象を参照しながら寄り道を繰り返して、問題を新しく作りだしたり、ある問題と別の問題との関連を見出したりすることに特色があります。また、図による情報伝達は特に設計・製造分野において共同作業を支えてきた実績もあり、分野を超えて概念を直観的に伝える共通言語となります。図を通して考え、伝達することで様々なターゲットでの分野協働をクリエイティブに推し進めることができると考えます。

さらに近年では、3Dプリンタをはじめとするデジタル・ファブリケーションのツール、3Dスキャナやセンシングデバイス、VRなどの技術によって、物理世界とコンピュータ上の世界がより自由に往来できるようになってきています。そのため、ここで「図」と呼んでいるものは、これまでの図法幾何やCG/CADで想定されているものから大幅に拡張してきています。そこに普遍的な図学の概念や理論を見出すことはできるでしょうか？ そのとき必要とされる図学教育とはどのようなものなのでしょうか？ このようなことも皆様と議論できたらと思っています。

---

たちともひろ

東京大学大学院総合文化研究科准教授 博士（工学）

専門：計算折紙、建築幾何学、構造工学  
日本図学会理事

tachi@idea.e.u-tokyo.ac.jp

# 窮屈に見えるけれど日常動作の可能な服 ——動作による人体の変形に対応するデザイン——

Clothes that seem Tight but can Perform Daily Behavior

—— Design to Cope with Human Body Deformation due to Movement ——

山村 美紀 Miki YAMAMURA 石垣 理子 Michiko ISHIGAKI 猪又 美栄子 Mieko INOMATA

## 概要

「窮屈に見えるけれど日常動作が可能な服」をコンセプトとして、外観の斬新さを優先したシャツの設計を試み、動作による上半身の寸法・形態の変化に対応できる衣服の構造について検討した。体幹に対して身頃が振れて皺が生じるデザインで、胸囲のゆとり量は少なく、袖幅は上腕に十分なゆとりを加えた。着用すると前後中心線が15度傾く構造である。

着用実験の要因は胸囲のゆとり量が3水準(2・4・7cm)を設定した。着用者は女子大学生10名である。官能評価(着心地、動きやすさ、外観)および腕付け根周辺の衣服圧の測定を行い、分散分析等の解析をした。

その結果、着用時の振れによる皺は「見かけのきつさ」を強調しているが、上肢動作によって皺が開いて体表の変化に追従した。袖幅の十分なゆとりが動作による袖と上肢のずれを可能にした。3着の実験服は上肢動作、日常動作が可能であった。また、人体の動きにより変化する外観の評価も高かった。

**キーワード:** 設計論/衣服デザイン/ゆとり/官能評価/衣服圧

## Abstract

In this study, we designed a shirt that prioritized the novelty of the appearance, with the idea of “Clothes that looks tight but can be daily movement.” And, we considered the structure of clothes that can adapt to changes in the size and shape of the upper body due to movement. The shirt has a small amount of space around the chest, and the body part is twisted against the trunk to create wrinkles. The sleeve width added enough space to the upper arm. The front and back centerlines tilt 15 degrees when worn.

A factor of wearing experiments is the amount of space around bust (2・4・7cm). The wearer is 10 female university students. Sensory evaluation (wear comfort, mobility, appearance) and clothes pressure were measured and analyzed.

As a result, although the wrinkles by the twist at the time of wearing emphasizes “apparent tightness”, motion of the upper limbs, daily motion are possible, and the appearance was also high evaluated. Three shirts were able to wear and move.

**Keywords:** Theory of design / Garment design / Ease / Sensory evaluation / Clothing pressure

## 1. はじめに

ファッションは常に「新しさ」が求められており、ファッション意識の高い元気な若い消費者にとっては、衣服を選択する条件として身体的・生理的心地よさよりもデザインの新規性や自己表現を最優先する場合がある。現在では、そのような多様化した消費者のニーズに対応したさまざまなデザインの衣服が市場に流通している。身体寸法・形態に合わせた日常服だけではなく、身体形態という縛りから離れた衣服、ゆとり量が極端に少ない、または多い衣服などがある。例えば、川久保玲はコム・デ・ギャルソン1997年春夏コレクションにおいて「服の身体性への隷属からの脱出を試み」<sup>[1][2]</sup>、身体形を変形させた衣服を示した。服に内蔵されたダウン・パッドにより身体のある所不定形な突起を作り、服により歪曲された身体シルエットを示したのである。マルタン・マルジェラは「袖付けを前方に移動させることによりハンガーに吊るした状態では平らだが、着装すると立体的な肩線が現れる」ジャケットを発表している<sup>[1][3]</sup>。また、森永邦彦はアンリアルレイジ2009年春夏コレクション<sup>[4]</sup>において、人ではなく球・三角錐・立方体に衣服を着せて発表している。実際に球形の服を人が着用すると、衣服と人体の間のゆとりが十分あることから着て動くことができる衣服として成り立っている。これらの斬新なデザインのいわば非日常の衣服は高級既製服(プレタポルテ)としてファッションに関心の高い層を中心に受け入れられている。

非日常的デザインの提案であっても既製服として市場に供給する場合には、一般的な衣服と同様に日常の動作による人体形態の変化に対応できる衣服パターンを設計する必要がある。どんなに魅力的な、面白い外観であっても、着用者が動けない、食事ができないようであれば、それは衣服とは呼べないであろう。消費者が服を選ぶことおよび着ることを楽しいと感じるためには、作り手であるデザイナーとパタンナーは表現したい服の外観のコンセプトに着心地を考慮して設計を進めなければならない。

い。パタンナーはデザイナーの提案したコンセプトを形にし、さらに既製服として成立するパターン設計を行う。特に、非日常的な衣服デザインをデザイナーの意図を汲み取り形にするパタンナーはクリエイティブパタンナーとも呼ばれている。デザイナーは外観を、パタンナーは着心地をデザインしていると言えよう。しかし、人体の動きに対応するゆとりの配置と量は、パタンナー個人の経験と技量に基づいているのが現状であろう。

一般的な衣服の着心地を左右するゆとり量などについては多くの先行研究の蓄積があるが、非日常的なデザインの衣服については動きやすさに関わるゆとりや衣服の構造についての研究は見当たらない。ファッション性を優先した衣服についても、既製服として成立させるためには、さまざまな角度から研究を蓄積していくことが必要である。

そこで、本論文では非日常的なデザインの衣服を取り上げ、検討することにした。これまでの一般的な衣服パターン設計におけるゆとりの配置の考え方は、人体の上下方向をたて方向、胸囲の位置での水平方向をよこ方向とすると、動作による人体の体表のたて方向とよこ方向の増加量をパターンのよこ方向にゆとりとして入れることで、人体が衣服の中でずれて動けるようにしていたと考えられる。研究の第一歩として、動作による人体の変形に対応した衣服のゆとりの配置を考慮して、日常着用している衣服よりもゆとり量が少ないが、食べる・腕を上げるなどの日常動作が可能な衣服の設計について検討することにした。すなわち、「窮屈に見えるけれど日常動作が可能な衣服」をコンセプトとした、日常的な衣服と異なる外観の面白さを優先した形のシャツの設計を試みた。さらに、このシャツの動作適応の確認と既製服として成り立つかどうかの検証のために、胸囲のゆとり量を要因として着用実験を行った。着用者からは着心地および人体の動きにより変化する外観について一定の評価を得た。現在のアパレル業界では着心地を追求した衣服から斬新なデザインの衣服までさまざまな衣服が販売されている。本論文の結果および考え方をアパレル業界および衣服設計の専門教育の場において生かしていきたいと考えている。

本研究の実施については、昭和女子大学研究倫理委員会の審査を受け、承認された（承認番号：16-45）。研究協力者である着用者を大学内で募集した。応募者に対して「人を対象とする研究に関する倫理規定」に基づいて研究の内容および情報の取扱いについて書面と口頭で説明を行い、同意を得た。

## 2. 上半身の寸法・形態の動作による変化と衣服のゆとり量についての先行研究

衣服を設計する場合、日常動作による人体の寸法・形態の変化を捉えて、それに対応する衣服の構造を考える必要がある。上半身の寸法・形態の動作による変化や衣服のゆとり量についての先行研究は1970～1980年代に活発に行われている。柳沢（1976）は動作による13か所の身体各部位について体表の変化量を測定した<sup>[5]</sup>。体表の変化量は基本姿勢（立位正常姿勢）から14種の動的姿勢に移る際の寸法変化を巻き尺で測定したものである。最も変化が大きかったのは、両上肢180度上挙時の腋窩からウエストラインまでの脇丈で、平均50.1%（10cm）増加している。背面では左右の後腕付根点の間の長さが平均30.3%（10.6cm）増加し、次いで、背幅（右の肩先点から後腕付根点までの体表に沿った長さの midpoint の高さで測定）が平均17.7%（6.6cm）増加している。田村ら（1979）は、上肢運動に伴う胴上部体表面の変化について石膏包帯法を用いて採取・測定し、展開図の形態・面積変化について検討した<sup>[6]</sup>。上肢の垂直動作に対しては前後面ともに伸展するが、その伸長率は体幹の外側が正中線よりも常に大きいことが示されている。藤村ら（1981）は、皮膚の伸びに追従して変化するパンティストッキングを実験用全身衣服として用い、これに未延伸糸を縫い込んで皮膚と密着させ、動作時の体表面の最大変化量を測定した<sup>[7]</sup>。体表面の変化量はよこ方向よりたて方向に多くあらわれるとしている。具体的なゆとり量に言及した研究として、増田（1975）は被験者の身体寸法（採寸寸法）と各自のパターンの寸法（実際寸法）を比較し、バストラインのゆとり寸法は乳頭位胸囲寸法に8～10cmのゆとりが適当のようであるとしている<sup>[8]</sup>。小池ら（1979）は包帯石膏法（ギプス法）等から皮膚面積の計測を試みてゆとり量の数量的裏付けを求め、袖幅のゆとり量は6cm前後が最小限必要とみられるとしている<sup>[9]</sup>。

動作適応と衣服のゆとり、構造については多くの研究者が着用実験などによる検討を行っている。猪又ら（1982）は被験者の体型・胸囲のゆとり・袖ぐりの深さ・袖幅の4因子それぞれ3水準を直行表L18にわりつけて着用実験を行い、静止状態における適合性と上肢6動作を行った場合の動作適合性について分散分析している<sup>[10]</sup>。その結果、静止時・動作時いずれの場合も上半身の「きつい・ゆるい」の感覚に袖幅が大きな影響を与えていた。動的機能を満たす上半身用衣服の最適条件は、胸囲のゆとり量が10～12cm、袖幅は「上腕最大囲

+ 7 cm」であった。下坂ら（2008）は袖幅のゆとり量を要因とした着用実験を行い、着用者による官能評価、衣服圧、筋電図の3手法を用いて評価した<sup>[11]</sup>。どの手法においても袖幅のゆとり量は有意となり、官能評価と最大衣服圧との間に相関が認められた。

### 3. 研究方法

「窮屈に見えるけれど日常動作の可能な衣服」をコンセプトとし、アイテムはシャツとした。窮屈に見えるような外観とするために、胸囲のゆとり量を少なくすることを試みた。さらに、この服を着用して日常の動作を行うことができることおよび既製服として成立できることを検証するために着用実験を行った。

#### 3.1. 実験服の設計

##### 3.1.1 日常着用するシャツの胸囲のゆとり量

市場で販売されている一般的な形の婦人用シャツ（9号サイズ）の胸囲のゆとり量は12cmであったが、ゆとり量を漸減させて着用実験を行ったところ、日常着用できる最小のゆとり量は7cmであった（図1）。7cmよりも少ないゆとり量の場合には胸囲のゆとり量不足による当たり皺が観察されて、身体に適合しているとは言えなかった。この結果は先行研究<sup>[8][10]</sup>と矛盾していない。



図1 一般的なシャツのパターン（胸囲ゆとり量7cmの例）

しかし、7cmよりも少ないゆとり量の場合においてもシルエットの崩れは見られるものの、上肢を上げる動作は可能であることが分かった。

##### 3.1.2 見かけのゆとり量が少なくても上肢動作を可能にする工夫

3.1.1の結果から、布のシワ加工やプリーツ加工のように意図的に皺をデザインに取り入れ、人体の動きによってその皺が開くようにすることで、極端に胸囲ゆとり量の少ないシャツを設計することができるのではないかと考えた。シャツに皺を加える手法を検討し、シャツが振

れることでできる皺の外観を採用した。身頃を前後中心線と脇、袖下縫い目で上下方向に7cmずらし（図2）、肩から袖口までを左右方向に7cmずらして（図3）縫製することにより、シャツが体幹に対して振れる。さらに両脇のバストライン付近から裾までのゆとりをステッチで摘むことで、シャツの胸囲および胴囲のゆとり量を少なくした。これにより着用した時に身頃がウエスト辺りに留まり皺ができる構造である。

シャツ自体に皺はないが、人が着用するとシャツは歪み、身頃に皺ができ、身頃脇の摘んだゆとりは立体的に立ち上がり装飾的な効果が表れた（図4）。この皺は「見かけの窮屈さ」を強調しているが、上肢動作によってプリーツやギャザーのように開く構造で、腋窩からウエストラインまでの脇丈の増加に対応する。また、バストラインとヨークおよび袖の腕付け根周辺の布目はバイアス（斜め）となるので、背中心線に布地のたて方向を合わせる一般的なシャツに比較して布が変形しやすくなるので上肢動作による背幅の増加等に対応する。なお、実験服のバストラインの布目とヨークおよび袖の腕付け根周辺の布目を測定したところ、よこ方向に対して15度バイアスであった。

身頃と袖を上下方向、肩から袖口まで左右方向にそれぞれ7cmずらしたことにより、衿先と袖口（カフス）端は揃わず段差が生じている（図5）が、一般的なシャツとは異なる変わったシャツであるという外観を強調するために意図的に整えないことにした。

袖幅には胸囲ゆとり量を極端に少なくすることを考慮し、上肢動作が充分行なえるゆとり量を加えることとした。先行研究<sup>[9][10][11]</sup>を参考にして、袖幅は上腕最大囲に7.5cmを加えた。実験服の袖付けは、左右方向に7cmずれていることによって、袖の一部（左前袖、右後袖）が肩部に入り込んでいる（図5）。さらに、構造上左右異なる向きに振れる（左：後ろ方向、右：前方向）が、着用者に確認したところ、試着時に袖の左右差を感じていなかった。

パターンは9号サイズを基にして作図を行ない、着用者の胸囲・胴囲等の寸法に合わせて修正したものを用いた。

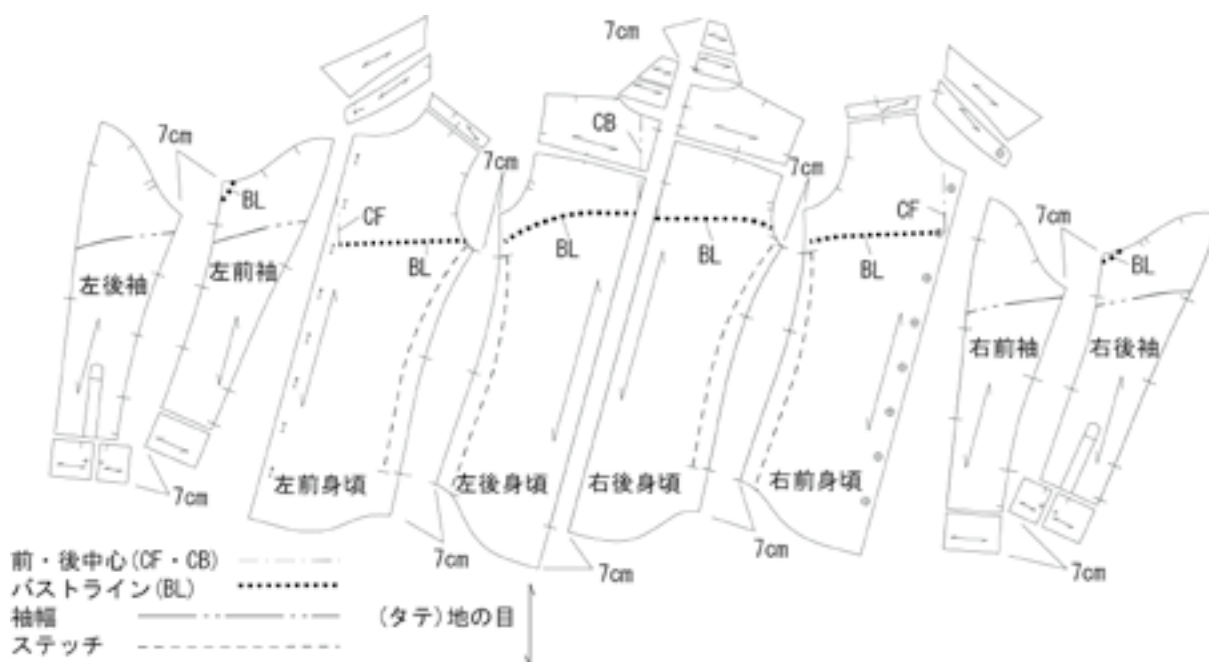


図2 実験服のパターン

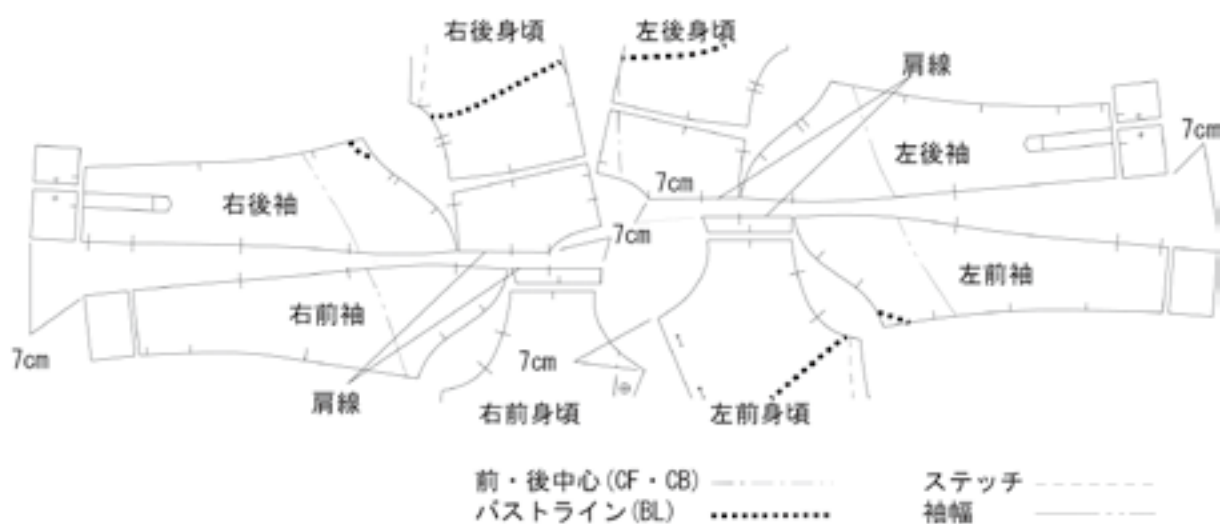


図3 実験服の身頃（前後肩）と袖の配置



図4 実験服





図5 実験服 衿先～肩線

### 3.2. 実験の要因および実験服

本実験では、図2のパターンを用いて、胸囲のゆとり量を要因とした着用実験を行った。胸囲のゆとり量0 cm から量を漸増して検討したところ、ゆとり量が2 cm の場合に上肢動作が可能になった。また、前述のように一般的な形のシャツの最小のゆとり量は7 cm であった。ここで、胸囲のゆとり量の違いを人体とシャツとの空隙で比較するために、胸囲の位置での人体の横断面を円と仮定して人体と胸囲にゆとり量を加えたシャツの半径の差を算出した。その結果、ゆとり量が2 cm の場合の空隙はわずか0.3cm、ゆとり量4 cm の場合は0.7cm、ゆとり量7 cm の場合は1.1cm であった。そこで、胸囲のゆとり量を2、4、7 cm の3水準とした(表1)。なお、一般的に販売されているゆとり量が12cm の場合の空隙は1.9cm であるので、実験服の胸囲のゆとり量は非常に少ないことが分かる。袖幅については、実験服A、B、Cともに上腕最大囲に7.5cm のゆとりを加えた。

表1 実験の要因(胸囲ゆとり量)と水準

| 実験服 | 胸囲ゆとり量 | 人体と実験服との空隙 | 袖幅ゆとり量 |
|-----|--------|------------|--------|
| A   | 2.0    | 0.3        |        |
| B   | 4.0    | 0.7        | 7.5    |
| C   | 7.0    | 1.1        |        |

実験服の素材は、平織りでシルケット加工が施された2/100綿ブロードを用いた。これは一般的なシャツに用いられている素材である。平織りの布を用いることにより身頃に意図的な皺が生じる。表2に実験服の素材特性を示した。布を15度バイアスに扱うことで、伸び率が大きくなっていることがわかる。

表2 実験服の素材特性

| 布地名                                  | 2/100 ブロード |       |
|--------------------------------------|------------|-------|
| 素材 (%)                               | 綿 (100)    |       |
| 厚さ (mm)                              | 0.19       |       |
| 質量 (g/cm)                            | 106.94     |       |
| 密度 (本/cm)                            | タテ         | 29.00 |
|                                      | ヨコ         | 29.00 |
| 伸び率 (%) <sup>*1</sup>                | タテ         | 4.08  |
|                                      | ヨコ         | 3.97  |
| 初期ヤング率 (kgf/md) <sup>*1</sup>        | タテ         | 4.08  |
|                                      | ヨコ         | 3.97  |
| 剛軟度 (mm) <sup>*2</sup>               | タテ         | 57.50 |
|                                      | ヨコ         | 79.70 |
| 15度バイアス伸び率 (%) <sup>*1</sup>         | タテ         | 26.98 |
|                                      | ヨコ         | 13.30 |
| 15度バイアス初期ヤング率 (kgf/md) <sup>*1</sup> | タテ         | 1.30  |
|                                      | ヨコ         | 1.30  |

<sup>\*1</sup> テンシロンによるストリップ法：試験片 幅25mm、つかみ間隔100mm、引っ張り速度300/min

<sup>\*2</sup> ハートループ法

### 3.3. 着用者・実験環境

募集に応じた着用者は19～25歳の健康な若年女子大学生10名(平均：身長161.2±3.34cm、胸囲80.5±1.63cm、胴囲63.6±2.71cm、背肩幅37.5±2.12cm、背丈37.1±1.76cm、腕付根囲38.2±2.82cm)である。

着用実験は、2017年6～8月に大学で行った。室内環境が25℃、相対湿度が50%前後になるように設定した。

### 3.4. 実験動作

実験服の着用の仕方と実験動作について、事前に実験者が動作を行い説明した。実験動作は、実験服の着脱動作、実験服着用時の両上肢・右上肢5動作(90度前挙、180度前挙、90度側挙、180度側挙、最大後挙)と日常の5動作(飲食を行なう、床の物を拾う、椅子に座る、立つ・座る、電車などの吊り手に掴まる)である。なお、吊り手の高さは163cmとした。これはJR東日本と都内の私鉄の吊り手の高さを調査して決定した。

官能評価では、着用者の判定をしやすくするためにいずれの動作も日常行う自由な速度で行わせた。衣服圧の測定においては、動作後の圧の変化を観察するために上肢動作の時間を設定した。90度前挙、90度側挙、最大後挙では、約5秒、180度前挙、180度側挙では約8秒かけて、立位正常姿勢から上肢の挙上動作を行なわせ、上肢を上げた後にその姿勢を約7秒間維持させた。着用者が動作時の上肢位置を確認できるよう正面に鏡を配置し、



実験者1名は着用者の前でカウントと共に同じ動作を行い動作時間のばらつきが生じないように配慮した。実験者2名は正面と側面から上肢動作が正確に行われているかを確認した。

### 3.5. 官能評価

実験服の着用順序はランダムとした。

着用者の評価は、実験服の着脱のしやすさ(着やすさ、脱ぎやすさ)、着心地について5項目(フィット感、きついかどうか、胸部前方の圧迫感、胸部の圧迫感、1日着用できるか)、右上肢・両上肢5動作および日常動作5項目(飲食をする、吊り手に掴まる、床のものを拾う、椅子に座る、座る・立つ)、外観7項目(バランスが取れている、着用の抵抗感、面白い、似合う、スタイルが良く見える、洗練されている、すっきりしている)の合計29項目である。評価は5段階評価とした。着脱動作と外観の評価については、着用者が実験者に気を使わないように配慮し、着用者が更衣スペースで評価する方法を取った。

### 3.6. 衣服圧

胸囲ゆとりが異なる3着の実験服を着用した時の腕付け根周辺の衣服圧を比較するために、エアパック式接触圧測定器AMI3037-2および2B、データコレクタAM8051(エイエムアイ・テクノ製)を用いて1秒毎に記録した。エアパックは、直径20mm、厚さ1mmである。測定位置は、解剖学的な計測点ではないが上肢動作時に衣服圧が加わることが観察された3か所とした(図6)。上腕最大囲付近前面(a)、体表面の変形の大きい肩甲骨上部(b)、背面の腕付け根に近い胸囲線上部(c)である。両上肢5動作について測定した。

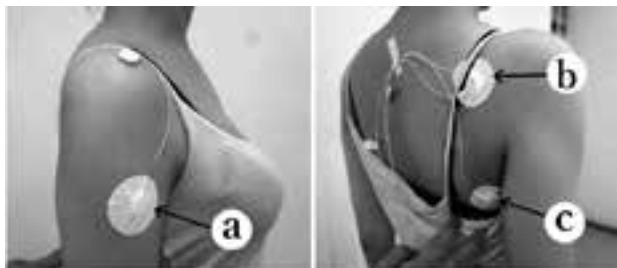


図6 エアパックの貼付位置

### 3.7. 解析方法

官能評価は判定項目ごとに、「胸囲のゆとり量」を要因とした反復測定(対応のある因子)による1元配置の分散分析と多重比較を行った。

衣服圧の解析については、動作時の平均衣服圧よりも最大衣服圧の方が身体への負担感に影響を与えること<sup>[11]</sup>から、最大衣服圧について分散分析と多重比較を行った。

統計処理には、SPSS 24.0Jを用いた。

## 4. 結果および考察

### 4.1. 実験服の構造と動作適応

図7に実験服Aを着用して右上肢を上げた様子を示した。両上肢を下げている時に現れている脇の皺が伸びて、右上肢が真っ直ぐに上げられていることが分かる。



図7 右上肢180度前挙による脇の皺の変化(実験服A)  
(Subject: Y1)

図8には両上肢の動作を示した。両上肢を上げる動作では上体を少し反らして動作に対応しているが、胸囲のゆとり量2cmの実験服Aの場合においても両上肢を上げることができることを示している。身頃の脇の皺が開くこと、袖と腕がずれて動作に対応していることが分かる。

また、身頃が振れた構造であることから、バストラインとヨークおよび袖の腕付け根周辺の布目はバイアスとなるので、上肢動作による背幅の増加に対応して伸びることも重なり、胸囲のゆとり量が2cmであっても両上肢を上げることができたと考えられる。

なお、一般的な衣服において上肢動作を行なう場合は、衣服の裾は上肢の動きに追従し上方に移動するが、実験服は、ウエスト辺りの皺が開くことにより、裾の位置の変化は少ない(図7, 8)。

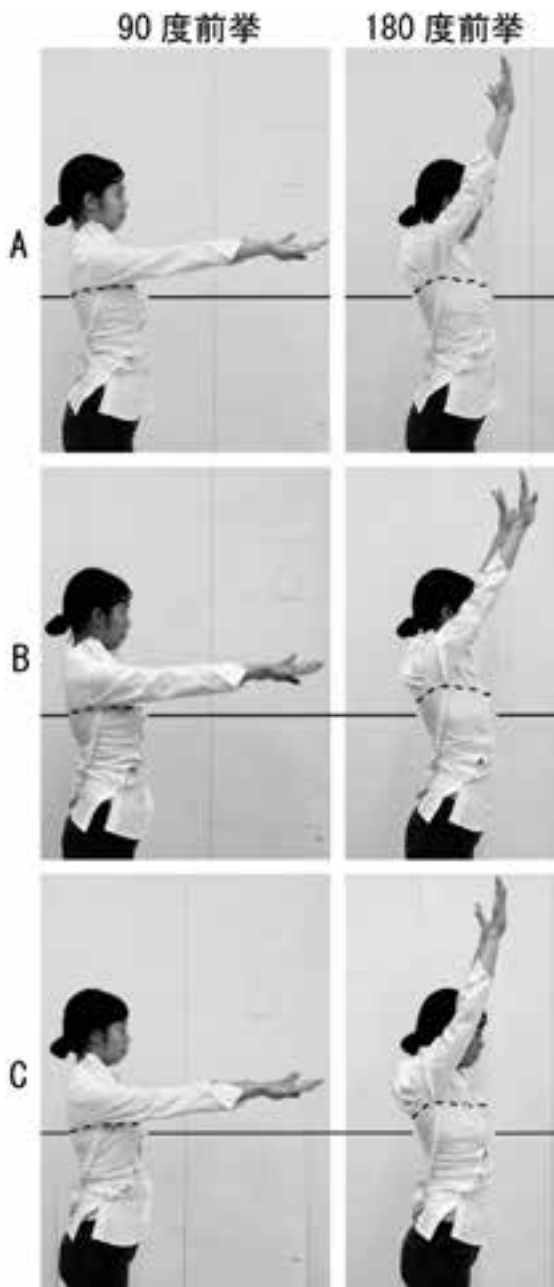


図8 実験服A, B, C着用時の両上肢90度・180度動作 (Subject: Y2)

## 4.2. 着用者の官能評価

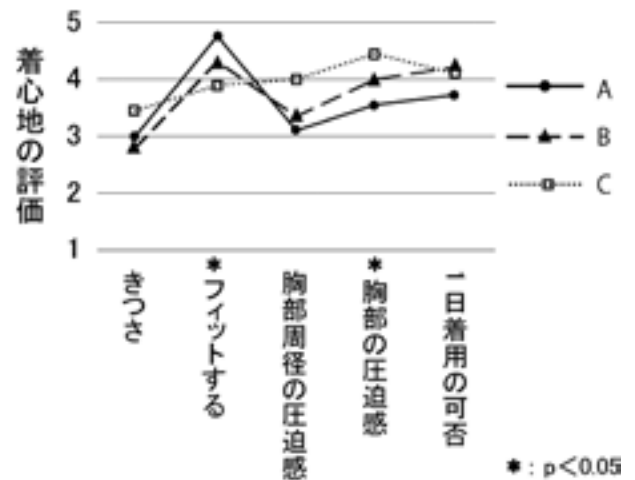
### 4.2.1. 実験服の着脱のしやすさの評価

着る動作の平均値は3水準ともに5段階で3弱の評価であったが、脱ぐ動作については3以上の評価であった。着る動作の評価が低いのは、実験服は左右非対称であることからボタンを留める際にボタンホルの位置を確認する必要があることが原因と考えられる。なお、衣服を着る動作および脱ぐ動作については実験服間の有意差は認められなかった。

### 4.2.2. 着心地の評価

図9に着心地の評価の平均値と分散分析の結果を示す。どの評価項目においても、実験服A, B, Cの評価

の平均値は5段階評価のほぼ3以上であった。分散分析の結果、「フィットする」と「胸部の圧迫感」については、5%水準で有意となり、多重比較では実験服AとCで有意差が認められた。「1日着用の可否」については有意ではなく、統計的に3着の実験服に差があるとは言えない。Aの平均値は5段階で3.7、Bは4.2、Cは4.1の評価であり、どの実験服の評価も平均値が4（半日程度可能）に近いことから半日程度の着用は可能と判断されたといえる。



フィットする: 1しない, 2ややしない, 3どちらとも言えない, 4ややする, 5する  
 1日着用の可否: 1不可能, 22時間程度可能, 3どちらとも言えない, 4半日程度可能, 5可能  
 きつさ, 圧迫感: 1感じる, 2やや感じる, 3どちらとも言えない, 4やや感じない, 5感じない

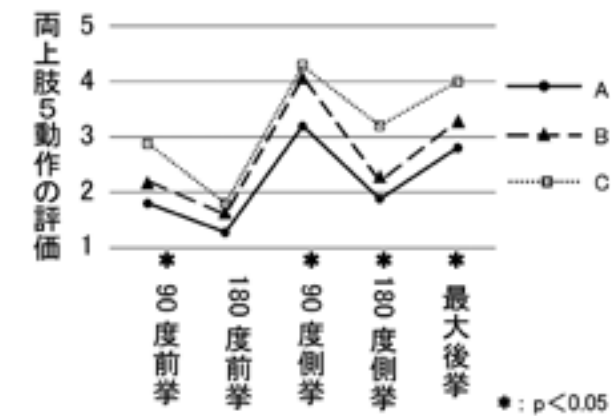
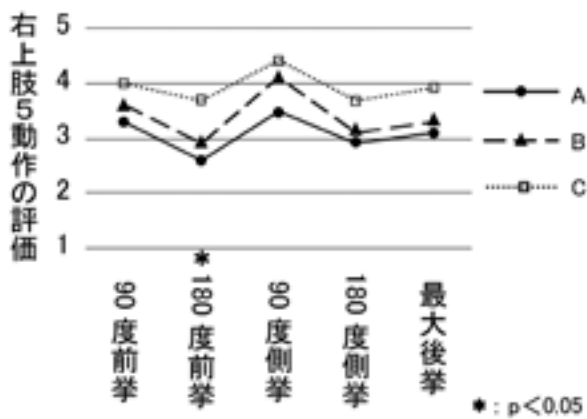
図9 着心地についての官能評価の平均値

### 4.2.3. 動きやすさの評価

#### a. 右上肢動作・両上肢動作

図10に右上肢と両上肢5動作の動きやすさの評価の平均値と分散分析結果を示す。右上肢動作では180度前拳が5%水準で有意となり、多重比較によりAとCに有意差が認められた。両上肢動作では90度前拳, 90度側拳, 180度側拳, 最大後拳の4動作が5%水準で有意となった。4動作にAとCに有意差が認められ、両上肢90度側拳ではAとBにも有意差が認められた。

右上肢動作の場合は胸囲のゆとり量が少ないシャツとしては比較的评价が高く、実験服Aについても上肢を180度上げる動作以外は平均値が3以上であった。両上肢動作では右上肢動作と比較すると上肢を前に上げる動作の評価が非常に低いが、90度側拳では評価の差が大きいとは言えない。



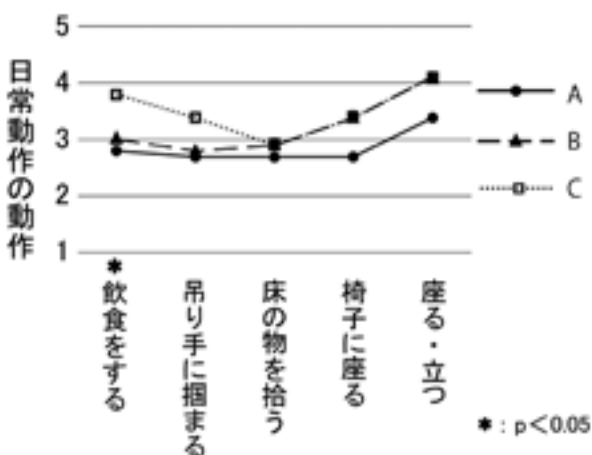
上肢動作: 1動きにくい, 2やや動きにくい, 3どちらとも言えない, 4やや動きやすい, 5動きやすい

図10 上肢動作についての官能評価の平均値

#### b. 日常動作

図11に日常の5動作の官能評価の平均値と分散分析の結果を示した。飲食をする動作のみが5%水準で有意であり, 多重比較によりAとCに有意差が認められた。

複合的な動作である日常5動作では実験服Aの評価



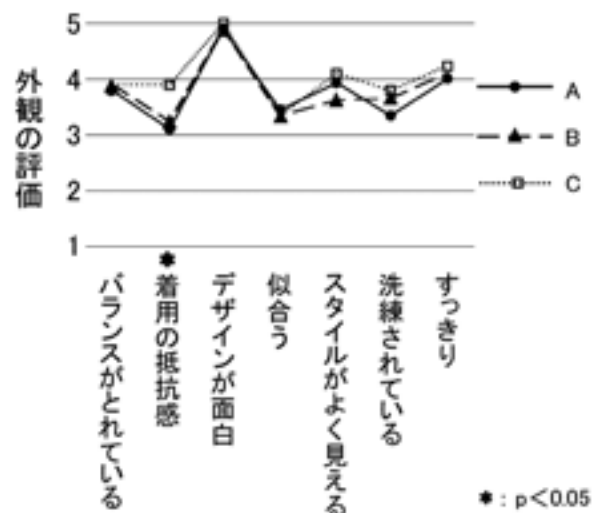
日常動作動作: 1動きにくい, 2やや動きにくい, 3どちらとも言えない, 4やや動きやすい, 5動きやすい

図11 日常動作についての官能評価の平均値

が低いように見えるが, 座る・立つ動作は平均3.4であり, 特に苦しいといった評価はなかった。それ以外の日常動作 (床の物を拾う, 吊り手に掴まる, 椅子に座る) の評価も平均3に近い評価を得ている。胸囲のゆとり量2 cmの実験服Aにおいても, 今回設定した日常の5動作は可能であったといえよう。

#### 4.2.4. 実験服の外観について

図12に実験服の外観の評価の平均値と分散分析結果を示す。「着用の抵抗感」が有意であったが, 多重比較では実験服間の有意差は認められなかった。



バランス: 1とれていない, 2ややとれていない, 3どちらとも言えない, 4ややとれている, 5とれている  
 着用の抵抗感: 1感じる, 2やや感じる, 3どちらとも言えない, 4やや感じない, 5感じない  
 デザインが面白い: 1面白くない, 2やや面白くない, 3どちらとも言えない, 4やや面白い, 5面白い  
 似合う: 1似合わない, 2やや似合わない, 3どちらとも言えない, 4やや似合う, 5似合う  
 スタイル, 洗練, すっきり: 1見えない, 2やや見えない, 3どちらとも言えない, 4やや見える, 5見える

図12 実験服の外観についての官能評価の平均値

外観についての7項目の評価は高く, 特に「デザインが面白い」については, ほぼ5の評価を得ている。

このシャツがハンガーに掛かっている状態と着用した時の形状は異なり, 着用すると身頃がウエスト辺りに留まり皺ができる (図4) こと, 動作によって皺が開くことで実験服の表情が変わる面白さが評価されたのではないだろうか。

#### 4.3. 衣服圧

両上肢動作時の上腕最大囲付近前面各動作7秒間の衣服圧の変化の一例を図13に示した。胸囲ゆとり量の少ない実験服Aの衣服圧は高く, BとCは同程度である。

90度側挙以外の4動作では、動作を行った時に最大に達した後、減少する傾向が見られる。なお、90度側挙では、A、B、Cの3着とも同程度の低い衣服圧を示した。

衣服圧は、各上肢動作時の平均衣服圧より最大衣服圧の方が身体への負担感に影響を与えること<sup>[11]</sup>から、動作ごとに着用者の最大衣服圧の平均値について分析した。しかし、測定した3か所の最大衣服圧の大きさの順序は着用者の体つきおよび動作により異なったことから、3か所の最大衣服圧の合計値が腕付け根周辺に加わる衣服圧の実態を表していると考えられた。そこで、着用者ごとに3か所の最大衣服圧の合計を求め、合計した値の10名の平均値を分析した。

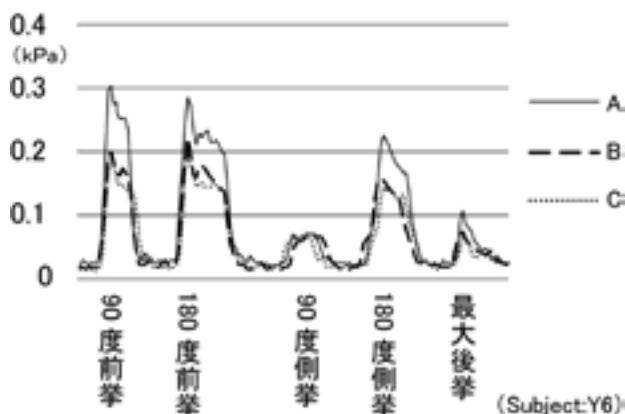


図13 両上肢動作時の上腕最大囲付近前面 (a) の衣服圧の推移 (各動作7秒間)

図14に腕付け根周辺3か所の合計最大衣服圧の平均値と分散分析の結果を示した。両上肢90度側挙および180度側挙が5%水準で有意となり、多重比較によりAとCに有意差が認められた。両上肢90度側挙ではAとBにも有意差が認められた。両上肢を180度上げる動作において、前方から上げる180度前挙と側方から上げる180度側挙では最大衣服圧が異なることが分かる。両上肢180度前挙の方が衣服圧は高く、180度側挙との差は実験服Aでは0.24kPa、Bでは0.44kPa、Cでは0.44kPaであった。これは、両上肢を前方に上げる前挙と比較すると、横から上げる側挙の方が背面の体表変化が少なく<sup>[5]</sup>、さらに実験服側面の皺の開きがあることによると考えられる。また、両上肢90度および180度前挙の平均値では、実験服AとBの衣服圧が胸囲のゆとり量と逆の結果を示している。これは、両上肢前挙では背面の体表の伸びが大きいために、胸囲のゆとり量の少ない実験服Aの場合では、背面を反らして両上肢を上げる着用者もいたことが原因と考えられる。

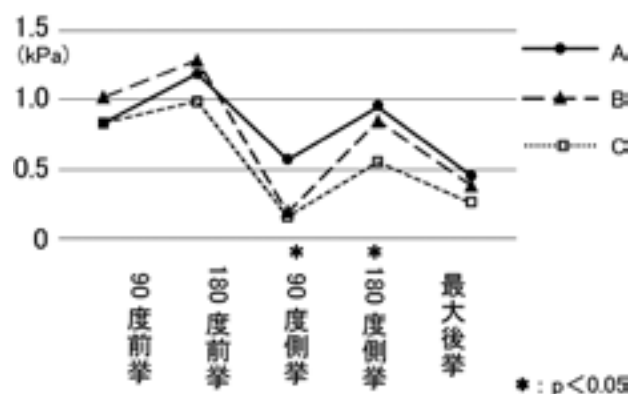


図14 両上肢動作時の腕付け根周辺3か所 (a, b, c) の合計最大衣服圧

#### 4.4. 既製服としての可能性

今回の実験の範囲では、着用者の官能評価と衣服圧測定の結果から、胸囲のゆとり量が2～7cmの範囲の実験服が着用できるという一定の評価を得られた。しかし、既製服として多様な体型の消費者を対象にする場合には、カバーできるサイズの許容範囲をある程度広く設定することを考慮しなければならないため、既製服として成立させるには、この実験服の場合、胸囲のゆとり量4～7cmが適当であろう。

#### 5. まとめ

「窮屈に見えるけれど日常動作が可能な衣服」をコンセプトとして、動作による人体の変形に対応するデザインのシャツの設計を試みた。一般的な衣服パターンは人体のよこ方向にゆとりを入れて、人体が衣服の中でずれて動けるようにしている。本研究では意図的に皺をデザインに取り入れて、人体の動きに追従して皺が開くことで動けるようにした。着用することで、シャツが体幹に対して振れて皺ができるデザインである。この皺は「窮屈な見かけ」を強調しているが、実は身体の動きやすさを助ける役目を果たしている。そして、シャツが体幹に対して振れたことで、バストラインとヨークおよび袖の腕付け根周辺の布目がバイアスとなり、体表の変形に対応して伸びやすくなった。さらに、袖幅には袖の中で上肢がずれることができる十分なゆとりを入れたので、胸囲のゆとり量を極端に少なくしても日常動作が可能になった。

次いで、このシャツの動作適応の確認と日常動作に対応できる既製服として成り立つかどうかの確認のために、胸囲のゆとり量を要因(3水準: 2・4・7cm)として着用実験を行なった。用布は木綿の平織りである。19～25歳の若年女子10名の着用者に対して、着心地、

動きやすさ、外観についての官能評価と衣服圧の測定を行い、分散分析等の解析を行った。

その結果、着用者の官能評価では、着心地5項目・外観7項目については比較的评价が高かった。右上肢5動作・日常5動作の動きやすさについては胸囲のゆとり量が2cmの実験服Aにおいても5段階で3に近い評価を得られている。しかし、両上肢前挙と両上肢180度側挙動作では評価が低い。衣服圧測定の結果からは、上肢および体幹の動きによる衣服圧の変化が観察された。今回の実験範囲では、胸囲のゆとり量が2～7cmの範囲の実験服が着用できるという一定の評価を得られた。しかし、多様な体型の消費者を対象とする既製服の場合には、カバーできるサイズの許容範囲を考慮すると、この実験服が既製服として成立する胸囲のゆとり量は4～7cmが適当であろう。

今回試みた実験的研究において、動作による衣服の変形の面白さを優先した一般的な衣服のデザインと異なる外観の非日常的デザインの衣服においても、人体の動作適応を考慮したパターン設計により既製服として成立することを示すことができた。

2cmというわずかな胸囲のゆとり量で日常動作が可能であったことは大きな驚きであった。衣服のゆとりを人体のよこ方向に配置するというこれまでの考え方に捉われずにゆとりを配置することで、デザインの創造性が広がっていくのではないだろうか。この実験服は、その第一歩である。さらに人間の動きや姿勢を考慮した従来の衣服設計の概念に縛られないデザインとパターン設計の実験的研究を行いたい。

## 参考文献

- [1] 河本信治, 深井晃子, 他. 監修. 身体の夢 ファッションOR見えないコルセット. 京都服飾文化研究財団, 1999
- [2] 川久保玲/コム・デ・ギャルソン (1997年春夏コレクション)
- [3] マルタン・マルジェラ (1998年春夏パリ・コレクションで川久保玲とのジョイント・ショーの形式で発表)
- [4] 森永邦彦/アンリアレイジ (2009年春夏コレクション) <http://www.anrealage.com/collection/100001> (閲覧日: 2019.07.12)
- [5] 柳沢澄子. “衣服原型”. 被服体型学. 光生館, 1976, 107-113
- [6] 田村照子, 林珣, 渡辺ミチ. 上肢運動に伴う胴上部体表面の変化 (第1報) 測定方法および体表面の形態・面積変化. 家政誌, 1979, Vol. 30, 45-51
- [7] 藤村淑子, 大野静枝. ゆとり量設定に関する基礎的研究 (第1報). 測定法と動作時面積変化量について. 家政誌, 1981, Vol. 32, 210-215

- [8] 増田茅子. 婦人服ベイシック形ドレスにおけるゆとりに関する研究 (第6報). 家政誌, 1975, Vol. 26, 515-519
- [9] 小池美枝子, 引地智賀子, 津島由里子. 袖原型の基準ゆとり量設定のためのギプス法について. 家政誌, 1979, Vol. 30, 171-177
- [10] 猪又美栄子, 堤江美子, 西野美智子. 衣服のゆとりと動作適合性に関する一考察. 家政誌, 1982, Vol. 33, 129-135
- [11] 下坂知加, 中田いずみ, 石垣理子, 猪又美栄子. 袖幅のゆとりと動きやすさ—官能, 衣服圧, 筋電図による評価—. 家政誌, 2008, Vol. 29-35

●2019年8月9日受付

やまむら みき

女子美術大学美術研究科デザイン専攻ファッションテキスタイル研究領域 准教授. 修士 (学術). 衣服設計, 構成を中心に研究を行う. 主な共同研究は「Op Artの手法と透過型液晶フィルムを応用したテキスタイル表現の提案および衣服への拡張」「Fashion and Textile for Augmented Human in Space」など  
yamamura09014@venus.joshibi.jp

いしがき みちこ

昭和女子大学生活機構研究科環境デザイン研究専攻 教授. 博士 (学術). 専門は被服構成学. 動作適応性を中心に衣服設計の研究を行う. 主な論文は「筋電図による着脱時の動作適応性評価—重ね着における素材間摩擦を要因として—」「体表近似展開図をデザインソースとした布表現の試み」など

michiko@swu.ac.jp

いのまた みえこ

昭和女子大学名誉教授. 学術博士  
inomatam0312@gmail.com

## カフェウォール錯視の三次元的解釈と錯視パターンのバリエーション

Interpretations of the Cafe-wall Illusion on the Basis of 3D Scene Perception and Production of Variations

丸谷 和史 Kazushi MARUYA 大谷 智子 Tomoko OHTANI

## 概要

本研究では、階段状の立体表面に投影された直柱群の影を斜めから観察すると、著名な幾何学的錯視であるカフェウォール錯視様の網膜像が生じ、網膜上でのパースペクティブによる歪みを打ち消す方向に、錯視が生じることを示す。このことは、カフェウォール錯視が、他の幾何学的錯視と同様に、二次元の網膜像から適切な三次元状況の解釈を導く脳内プロセスの誤作用と解釈できることを示す。さらに、これらの事実と、三次元光景をモデリングした二次元コンピュータグラフィックスの観察に基づいて、階段状の立体表面に様々な物体が影を落としている三次元光景のモデリングによってカフェウォール錯視のバリエーションを作成できることを示した。

**キーワード：**空間認識／錯覚／カフェウォール錯視／パースペクティブ

## Abstract

When we observe shadows cast by multiple cuboids on a 3D surface of varying depths (a “staircase object”) from a diagonal angle, the retinal image can contain patterns that cause a famous illusion, called Café-wall illusion. In this study, we show that the illusion occurs in the direction opposite the distortions of shape caused by perspective projection. This suggests that the Café-wall illusion, as well as other geometric illusions, can be interpreted as a malfunction in the estimation of three-dimensional (3D) scene geometry from information given by the images projected on the retina. In addition, based on these facts and additional observations using 3D computer graphics, we created two-dimensional computer graphics that can cause variations of Café-wall illusion from models of 3D scenes consisting of a staircase object and various objects that cast shadows on it.

**Keywords:** Spatial cognition / Visual illusion / Cafe-wall illusion / Perspective distortion

## 1. はじめに

本研究では、三次元的な光景によって生じた網膜像に、著名な幾何学的錯視であるカフェウォール錯視（図1）の基本パターン（カフェウォールパターン）が出現することを示す。カフェウォール錯視は著名な幾何学的錯視の一つである<sup>[1, 2]</sup>。幾何学的錯視は、幾何学図形によって構成されたパターンの知覚が、物理的に計測できる状態と食い違う現象である。カフェウォール錯視の基本図形は、白と黒の長方形が交互に並べられた「タイル列」と呼ばれる図形要素と、タイル列に挟まれる灰色の平行な線分群「モルタル」から構成される（図1a）。物理的には平行であるモルタル線分群が、互いに傾いて知覚され、タイル列の構成要素である長方形（タイル）が楔形に知覚される現象がカフェウォール錯視である。

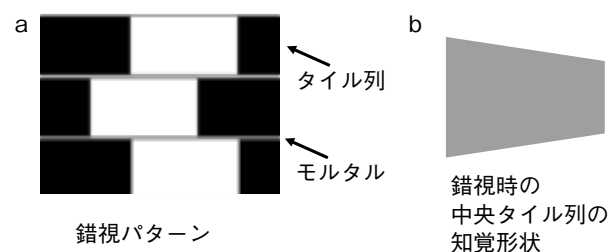


図1 カフェウォール錯視

幾何学的錯視は一種類ではなく、多くのものがある<sup>[3, 4]</sup>。それぞれの現象が生じるメカニズムについては視覚の計算理論、脳科学などの分野で広く検討が続けられ、その結果として、そのメカニズムについては、かなり理解が進んでいる現象もある。しかし、錯視が生じるメカニズムの検討が、必ずしもその錯視の機能的な意味を明らかにするわけではない。生起メカニズムがよくわかっている錯視について、錯視図形を、実世界にある光パターンあるいは図形の構造を典型化、単純化したものと考えられれば、既知の錯視の生起メカニズムを視覚系の機能と対応させ、そのメカニズムの新しい機能的な意義を論じられる可能性がある。例えば、幾何学的錯視



の中で初期的な視覚系のメカニズムで説明できるものの機能的な意義を、三次元処理のような一般には中次から高次と考えられることの多い機能と関連付けられる可能性がある。

本論文では、比較的その生起メカニズムの解明が進んでいる錯視としてカフェウォール錯視を取り上げる。カフェウォール錯視は従来では二次元的な図形パターンが起す現象として示されており、それが三次元的な解釈と明示的に結び付けられる必然性はない。また、一般には視覚系のエラーと考えられることが多く、その機能的な意味について考えられることは少なかった。しかし、本研究では、カフェウォール錯視の図形パターンが、奥行きが不連続に変化する表面を持つ物体に他物体の影が落ちているという、特定の三次元光景の網膜像に含まれる図形構造を単純化した図形パターンとしてとらえられる可能性を示す。さらに、このような一見恣意的とも見える関連付けに基づいて、錯視の方向を説明できることを示す。このことは、カフェウォール錯視が視覚系の三次元処理の機能と関連付けられること、さらに三次元形状の脳内処理において、投影された影が手がかりとして利用され、その初期視覚的な情報表現が三次元光景の理解に寄与している可能性を示している。

## 2. 視覚系における三次元形状処理と幾何学的錯視

私たちは二次元の図、絵画、写真などを見たとき、それが三次元の状況を写し取っていることを認識することができる。二次元平面上に投影像として表現される三次元世界では、それを直接見たときに利用できる手掛かりが多く失われている。例えば、奥行きの強い手がかりである両眼視差、運動視差は図や絵画では利用できない。

私たちの脳は、二次元の情報表現中に残された肌理の勾配や陰影による輝度変化などの視覚情報から、三次元状況を推定する<sup>[5, 6]</sup>。三次元形状をその二次元投影像から推定するための手掛かりとして、影がある。私たちの視覚系は、他物体に投影された影（キャストシャドウ）の情報から、元の物体の三次元形状を推定できる<sup>[7-10]</sup>。この推定は、投影される面、すなわちスクリーンとなる物体表面（以下「スクリーン」と呼ぶ）が球面でも可能であるが、その推定は完全ではなく、特にスクリーンが負の曲率を持っているときには、復元が難しい<sup>[10]</sup>。

非平面スクリーン上のキャストシャドウから、投影元の物体形状が推定可能であることは、投影元の推定時に投影先の形状も同時に推定されていることを意味している。投影元の物体形状が既知であれば、キャストシャド

ウの形状からスクリーンの形状が推定できることは、三次元スキャナなどで広く使われてきた<sup>[11, 12]</sup>。さらに、物体表面のテクスチャがもつ方位情報の分布（Orientation field, 方位マップ）は、物体の三次元形状についての制約条件をあたえ、特に鏡面物体では、視覚系が物体形状を推定する有力な情報源となる<sup>[13]</sup>。また、視覚系は鏡面反射成分の二次元形状から三次元物体の形状を推定できる<sup>[14]</sup>。これらの研究は、物体表面の輝度パターンが、三次元形状の推定において重要な役割を果たすことを示している。ただし、キャストシャドウと三次元形状の推定の関係については、筆者らの知る限り、明確ではない。

視覚系における三次元状況・形状の推定プロセスは、物理的な状況と知覚される状況が食い違う錯視現象と関連付けて議論されることもある。例えば Gregory (1997) は、Ponzo 錯視（図 2 a）を起す図形を、異なる奥行きに 2 つの物体が配置されている場面（図 2 b）と対応付けた<sup>[15]</sup>。同じ長さの 2 つの物体が違う奥行きに配置されているとき、手前のものの網膜像は、図 2 b における黒色の太線のように大きく、奥のものの網膜像は白色の太線のように小さくなる。一方で、図 2 b の 2 つの白い太線が示すように、網膜像で同じ大きさの 2 物体の物理的な長さは異なる。ここで示したパースペクティブによる歪みが視覚系によって補正された結果、上側の物体が下側の物体よりも長く見える Ponzo 錯視が起こると考えられている。このように、錯視の中には、それを引き起こす図形が、一見、三次元処理と関係しないように思えても、その基本図形が持つ特徴を考えることで、視覚系が無意識的に奥行構造を結び付ける図形、および複数図形の配置についての手掛かりを得られるものもある。

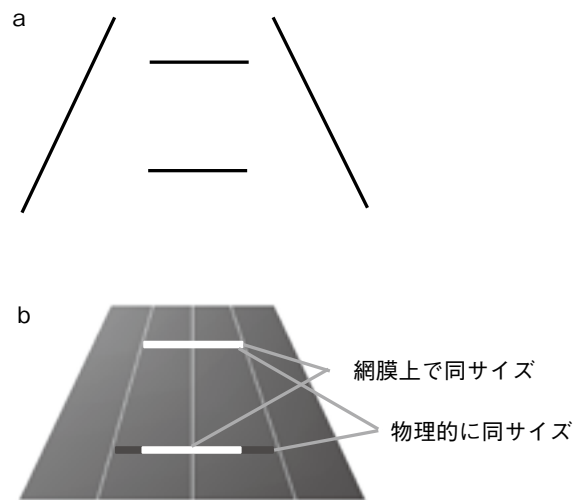


図 2 パースペクティブによるPonzo錯視の理解



### 3. カフェウォール錯視と三次元状況の結び付け

#### 3.1. カフェウォール錯視について

カフェウォール錯視には、様々なバリエーションがある。タイル列を、矩形縞とみなし、これを正弦縞に置き換えた図形や、モルタルの輝度を変化させた図形があり、それぞれ基本図形とは強度や傾きの方向が異なる錯視が起こる<sup>[16]</sup>。以下では、基本図形とこれらのバリエーションの図形を合わせて、カフェウォールパターンと呼ぶ。

カフェウォール錯視が起こる仕組みについては、多くの研究がある。錯視を引き起こす図形条件について、錯視の強度（モルタルに対する知覚上の傾き量）は、モルタルを挟むタイル列の間のずれの量とモルタルの色、幅によって変化する。ずれの量が大きくなるほど、モルタルの幅が小さくなるほど、錯視の強度は大きくなる。モルタルの色がタイル列の中間輝度である場合に、錯視は強くなる<sup>[2]</sup>。タイルとその右上方にある線分の極性が一致するとき、タイルの上辺と線分を結ぶ領域内の傾きが、反時計回りに回転して知覚される。極性、位置の関係が反転すると、錯視の方向も反転する<sup>[17]</sup>。

図形的な法則の検討に加えて、錯視を引き起こす図形成分についての解析も進められている。錯視図形を適当な周波数範囲を持ったバンドパスフィルタを用いてフィルタリングすると、モルタル上に特定の斜め方向の傾きを持った成分（“Fraser twisted cord”）が現れる<sup>[18]</sup>。この成分のもつ傾きで、カフェウォール錯視の方向を説明できる。また、この成分の方向や強さは、モルタルの幅やタイル列のずれ量によって錯視と同様に変化する。これらのことから、カフェウォール錯視は初期視覚系におけるフィルタリング処理の過程で生じていると考えられる。実際に初期視覚系を模したいくつかの単純な空間フィルタを多階層に構成した計算モデルで、カフェウォール錯視が生じる<sup>[19-21]</sup>。

カフェウォール錯視の機能的な意味は明らかでない。図形的な法則の検討では、二次元媒体上に描かれた図形、あるいは二次元網膜像を対象として、錯視が起こる法則性を考えたものが多く、三次元の構造を持つ実世界、実光景との関連性は、ほとんど議論されていない。バンドパスフィルタリングは視覚系の最初期で一般的に行われる処理であり、多くの視知覚がこの処理を経て成立する。したがって、カフェウォール錯視がバンドパスフィルタリング処理の中で起こることを示しただけでは、その機能を論じることはできない。

#### 3.2. カフェウォールパターンを生じる三次元状況

階段状の三次元立体と、その正面方向に配置された直

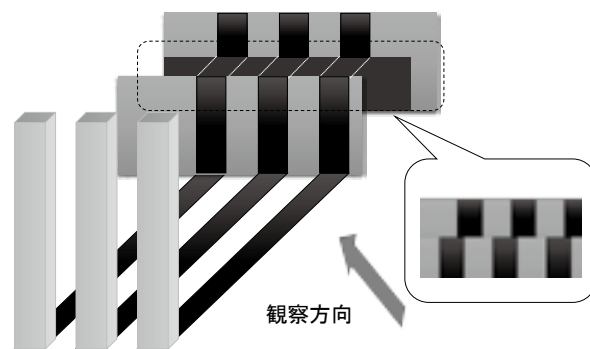


図3 カフェウォールパターンを生じる三次元状況

柱群を考える（図3）。直柱群に対して階段とは逆側に光源があるとき、直柱群によって光線がさえぎられてできる影が、三次元立体の表面に投射される。この影を斜め方向から観察すると、階段の垂直面に投影された影が複数の長方形の影に分断され、それぞれの影は水平方向にずれ、カフェウォールパターンに類似した像が生じる。

### 4. カフェウォールパターンを生じる三次元状況の解析

次に、図3で示した三次元状況での、投影による形状歪みと、カフェウォール錯視との関係を考える。これにより、三次元形状推定の文脈でカフェウォール錯視の機能的な意味を議論する。

#### 4.1. パースペクティブによって生じる図形形状の歪み

物体を斜めから見たときの、パースペクティブによる図形形状の歪みを考える（図4）。立体の網膜像における二点間の距離は、観察距離に反比例する。視点が斜めであるときは、物理的には平行である二辺は互いに傾いている二線分として、長方形は台形として、結像する（図4上段）。逆に、網膜像上で平行な二線分は物理的には互いに傾いており、網膜像上で長方形の像を結ぶ物理形

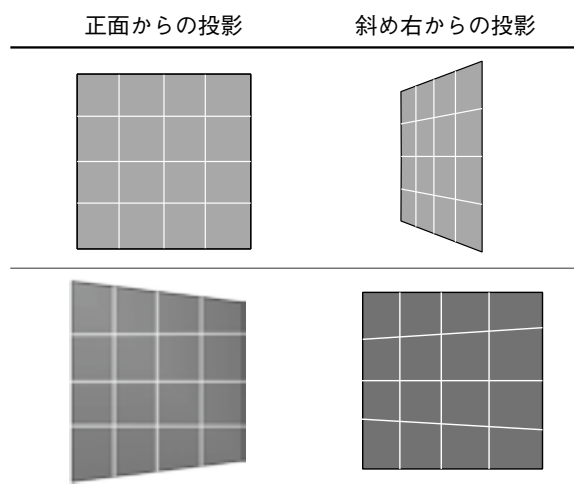


図4 パースペクティブと図形形状の歪み

状は前額平行面（観察方向すなわち観察者がいる方向を，法線方向とする面）上では，台形である．観察方向が法線に対して右側の時は，物理形状としては左辺よりも右辺が長い台形が投影されている（図4下段）．

#### 4.2. 奥行差によって生じる投影位置のずれ

次に，階段状の立体に投影された直柱の影がずれる方向とその量について考える．照明は立体の垂直面の法線（以下単に法線と書く）方向にある平行光源によって与えられると仮定する．座標系の方向は，水平軸が観察方向への変位を正，鉛直軸が上方への変位を正，奥行軸は奥方向への変位を正となるように定める（図5上）．

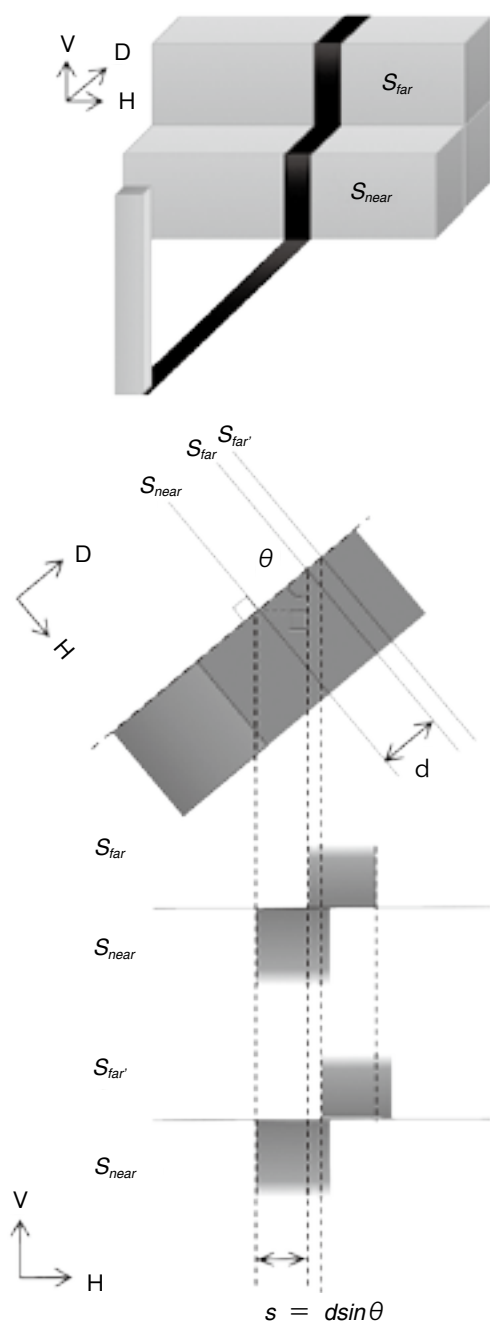


図5 照明方向が法線と一致するときの影の水平ずれ

観察方向と法線のなす角度を  $\theta$ ，垂直面の奥行方向のずれを  $d$  とする．この時，2つの面に投影された影のずれの量  $s$  は，式（1）で与えられる（図5中）．

$$s = d \sin \theta \quad (1)$$

$\theta$  の定義域は  $[0, \pi/2]$  なので， $\sin \theta$  は0より大きい．したがって，垂直面の奥行きが大きい（奥にある）ほど，影は水平軸にそって正方向にずれる（図5下）．

#### 4.3. 3段のカフェウォールパターンとパースペクティブによっておこる投影ずれの方向比較

図6左上のような3段のカフェウォールパターンで，カフェウォール錯視と奥行差による投影ずれの方向を比較する．このパターンの中央タイル列は，錯視によって，左側が長く，右側が短く見える（図6右上）．

このパターンを網膜像とする，中央のタイル列の物理形状を考える（図6下）．視点が右方向なら，タイル列の右側の辺は左側の辺よりも観察地点に近いので，中央列の物理的な形状は上辺が負，下辺が正の傾きを持つ台形である．したがって，錯視は物理形状と一貫性を持つ方向に生起していることがわかる．一方で，視点を逆方向，法線に対して左側にあると考えると，右側は物理的には長く，左側は物理的には短いことになる．この時，カフェウォール図形は，パースペクティブによる歪みを強調する方向へ錯視を生じる．

| 錯視図形 |             |             |
|------|-------------|-------------|
|      |             |             |
| 視点位置 | 中央タイル列の物理形状 | 錯視と物理形状の一貫性 |
| 右    |             | ○<br>(同方向)  |
| 左    |             | ×<br>(逆方向)  |

図6 カフェウォールパターンに対する物理状態と錯視

#### 4.4. 視覚系がおく無意識的な仮定を考慮したカフェウォール錯視の解釈

もともとの図形の中では視線・照明方向に対する手掛かりは存在しないので，視覚系は無意識的な仮定をおい

て、状況を解釈する必要がある。二次元投影像の情報が高不十分な場合でも、視覚系は無意識的な仮定において三次元解釈を行う<sup>[22-25]</sup>。たとえば、照明方向が不明な時、上方を仮定した奥行構造の推定が選好され<sup>[22, 23]</sup>、物体の奥行構造が全体として凸となるような解釈が選好される<sup>[24, 25]</sup>。カフェウォールパターンが奥行構造を含んでいると視覚系が判断し、三次元物体の奥行構造についての無意識的な仮定において、物体の奥行構造が凸となるような三次元状況の解釈、および、その状況と整合するように物理形状の推定を行っているとする、パターンから生じる錯視の方向を以下のように説明できる(図7)。右側の視点位置を仮定したとき、落ちる影が左にずれている中央のタイル列は、手前にずれている。一方で、左側に視点があると仮定したときは、中央列は奥にずれている。奥行構造において、全体として立体の表面が凸になる構成が選好されるので、右側の視点が無意識的に仮定される。この説明は、カフェウォール錯視がパースペクティブによる網膜像の歪み(傾き)を補正して、形状の恒常性を保とうとする視覚系の機能の誤作動である可能性を示している。

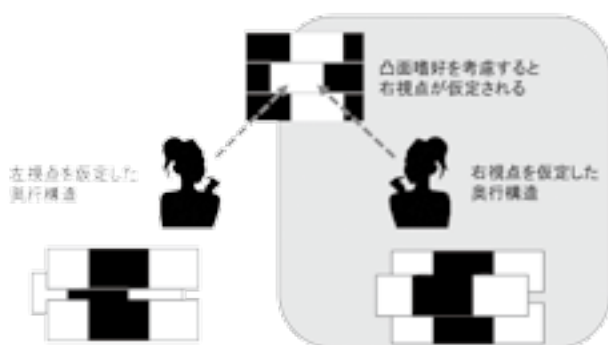


図7 凸面嗜好を仮定したときの、カフェウォールパターンの三次元的解釈

## 5. カフェウォール錯視の三次元的解釈が成立する範囲

本論文の主目的は、少なくとも一つの、典型的なカフェウォールパターンに対して、三次元的な解釈が可能であり、その機能的な意味がキャストシャドウの情報に基づいた三次元形状推定にある可能性を示すことである。したがって、すべてのカフェウォールパターンが、ここまでの議論に当てはまるかどうかを検討することは論旨からは外れている。しかし、解釈の一般性の程度を知るために、より多くの状況で同様の議論の妥当性を検討することは重要である。

上で行った、3段のカフェウォール錯視についての議

論中では、中央段が手前に飛び出ている凸面状の構成を考えることができた。しかし、例えば、2段、あるいは偶数段の場合については、そのような構成を考えることはできず、この説明をそのまま当てはめることはできない。

錯視が起こる最小構成である2段のタイル列を持ったカフェウォールパターンでは、その間の線分(モルタル)がどちらのタイル列に属しているかを最初に仮定する(選択自体はどちらでもよい)ことで、タイルの奥行き関係が定められれば、錯視の方向を三次元的な解釈から導くことができる。

たとえば、図8aに示した2段のカフェウォールパターンで、中央のモルタルがどちらに傾くかを考える。はじめにモルタルが属しているタイル列を決める(図8b)。遮蔽関係を考慮すると、モルタルが属しているタイル列は、もう一方のタイル列よりも近い奥行きに位置することになる。図ではモルタルが下段に属していると仮定して、そのタイルが上段よりも近い奥行きにあると考えている。次に影のずれの方向からターゲット列が手前にあるときの観察方向を決める。図の場合は、下段の影が上段よりも左側にずれているので、4節で考えたルールに基づくと、仮定される視点は図形に対して右側になる。このような視点では、タイル右側は左側よりも視点に近いが、網膜上では同じサイズなので、本来の物理形状は右側が細く、左側が太い台形であるはずである。モルタルに当たる部分はこの台形の上辺なので、補正を行った後に知覚される傾きは水平方向から時計回りに回転すると考えられる。これは、図8aで知覚されるカフェウォール錯視の方向と整合している。なお、図8bでの選択の段階で上辺に属すると仮定したときは、奥行き関係とともに、視点位置の推定、図形中でモルタルが属している位置の上下反転が起こり、同様の予測がえられる。

この説明は4節のものよりも広い範囲の図形に対応で

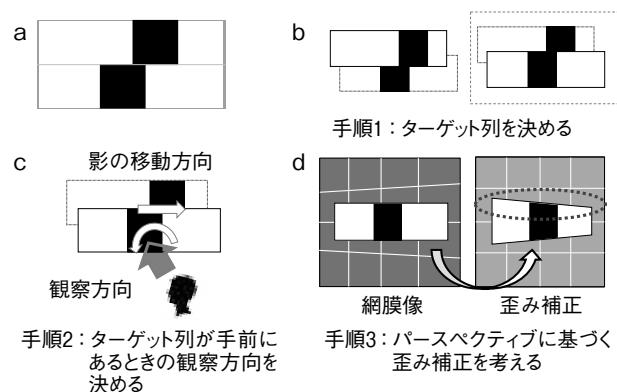


図8 2段のカフェウォール錯視の方向予測

きる。視覚的注意をはじめとしたトップダウンの情報  
が、輪郭線統合に影響を及ぼすことは、あいまい図形  
の状況を含めて広く議論されており<sup>[26-29]</sup>、ここで述べたよ  
うな処理が脳内で行われていると考えることには妥当性  
がある。ターゲット列の選択が恣意的であり、選択され  
る列によって風景の奥行き解釈そのものも揺らぐことか  
ら、説明の妥当性に疑問が残るとする考えもありうる。  
ただし、どちらを選択しても同じ結果が導かれること、  
実際に、パターンによってはカフェウォール錯視が動い  
て（揺らいで）見えること<sup>[5]</sup>から、ここで述べた説明  
には一定の妥当性はある。また、4段以上のカフェ  
ウォール錯視についても、3段、あるいは2段での説明  
をそれぞれのモルタルに適応できる。

ここで、図形全体に対しての奥行き解釈が凸面嗜好な  
どの選好性を満たす必要はあるだろうか。カフェウォ  
ール錯視は比較的局所的な空間処理に依存している現象で  
ある。錯視が起こるための白黒のタイル列の空間周波数  
には条件がある。たとえば、横  $8 \text{ arcdeg} \times$  縦  $8.5 \text{ arcdeg}$   
( $1 \text{ arcdeg}$  は視角  $1$  度) のカフェウォールパターンを用い  
たときには、およそ  $0.5 \text{ cycle/arcdeg}$  から  $2 \text{ cycle/arcdeg}$   
の範囲で錯視が観測され、この範囲外の空間周波数のタ  
イル列を用いたときには、錯視はほとんど生じない<sup>[18,30]</sup>。  
また、この範囲の中でもおよそ  $0.5$  から  $1 \text{ cycle/arcdeg}$   
の中程度の範囲にわたって錯視が観測され、それ  
以上の空間周波数になると白黒のタイルが分離して、モ  
ルタルがジグザグに知覚される。また、錯視を引き起こ  
す図形成分と考えられている“Fraser twisted code”は局  
所的な成分であり、画像をフィルタリングするときの  
フィルタが大きすぎると出現しない<sup>[18,20,21]</sup>。これらの結  
果は、いずれもカフェウォール錯視がモルタル近傍、お  
よそ  $1 \text{ arcdeg}$  ほどの領域内部の方位処理の中で生じてい  
ることを示している。通常のカフェウォールパターンの  
タイル列2列分の高さは  $1 \text{ arcdeg}$  よりも大きいことがほ  
とんどであり、2段、あるいは3段分の領域を考えれば、  
それよりも大きい領域でのカフェウォール錯視への影響  
はほとんどないと考えられる。

## 6. 三次元構造によって生み出されるカフェ ウォール錯視パターンとそのバリエーション

次に、実物体、およびコンピュータグラフィックス（以  
下CG）を用いて、図3に示したような三次元状況によっ  
て生じるカフェウォールパターン様の投影像に対して、  
実際に錯視が生じるか、生じるとすれば、どのような  
知覚がもたらされるかを検討する。

### 6.1. 実物体とその影による錯視パターンの作成

初めに、実物体で図3の状況を作成し（図9）、カフェ  
ウォールパターン生起の確認と、そこで起こる錯視が知  
覚に及ぼす影響を検討した。

#### 6.1.1. 方法

スクリーンとなる物体は、表面に白色の紙が貼付され  
たスチレンボードを用いて作成した。高さ  $182 \text{ mm}$ 、幅  
 $257 \text{ mm}$ 、厚み  $5 \text{ mm}$  の長方形のボード表面に、左辺が  
 $53 \text{ mm}$ 、右辺が  $67 \text{ mm}$ 、幅  $7 \text{ mm}$  の楔形のボード（図9b）  
を固定した。影を落とす物体として、18個の底面  
 $15.8 \text{ mm}$  四方、高さ  $9.6 \text{ mm}$  の白色のレゴ<sup>®</sup> ブロックを高  
さ方向に積み上げて作成した角柱2本を準備し、これら  
をスクリーン物体の前面から  $200 \text{ mm}$  の位置に、 $100 \text{ mm}$  の  
幅をあけて、底面の対角線がスクリーン物体とほぼ平行  
となるように配置した（図9c）。円柱列に対して約  $1.4 \text{ m}$   
の距離から強い照明を当てて、スクリーン物体に角柱の  
影を投影した。カメラ（Apple 社製 iPhoneX）をスクリー  
ン物体中心から約  $1.1 \text{ m}$ 、向かって左側に約  $65$  度の位置に  
設置し、画面上で楔形ボードの上下辺がほぼ平行となる  
ようにカメラを回転させて撮影した。また、比較のため、  
角柱を取り除いた状態でも撮影を行った。

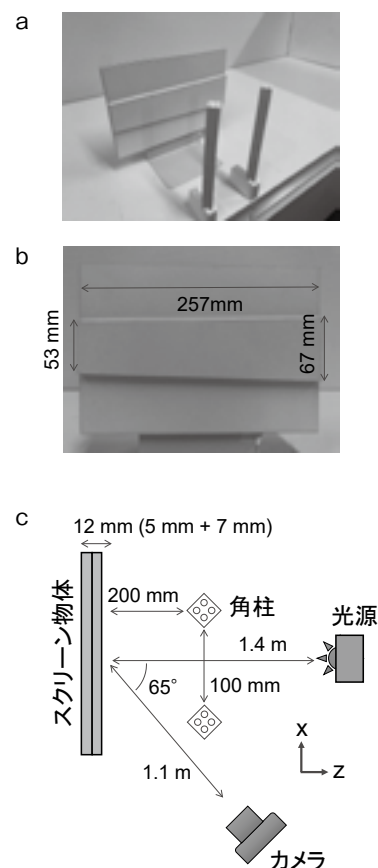


図9 実物体での実験装置の概要



### 6.1.2. 結果

図10, 11に撮影の結果を示した。撮影された2枚の写真で(図10), 楔形ボードの上下辺はほぼ平行となった(図11a, b)。影が落ちている写真(図10b, 11b)において, 2つの角柱による影は, 楔形ボード上で, 長方形ボード上に比べて右側にずれた。2本の影の間の距離を基準長さ $L$ とした時, 影の幅は約 $0.4L$ , 影のずれは約 $0.17L$ となった(図11c)。

(いずれもモルタル部分はほぼ平行であることがわかる(a, b)。影が落ちている写真(b)では, 2本の境界が斜めに傾いて, 左が細く, 右が太く見える。)

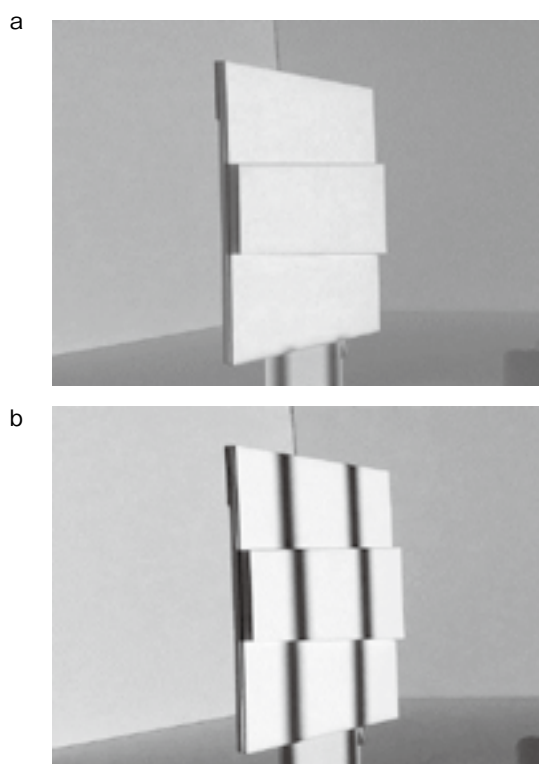


図10 実物体でのカフェウォール錯視

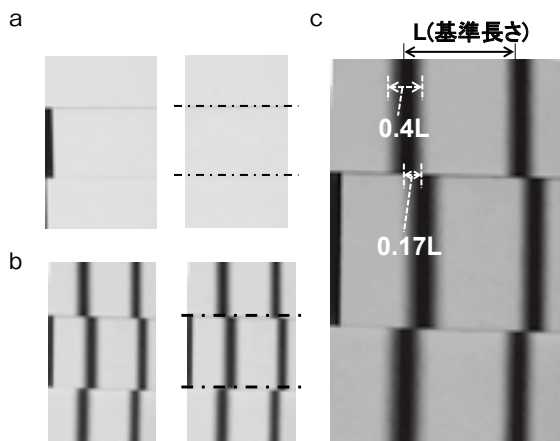


図11 図10中央部の拡大図

Kitaoka ら (2004) の研究により, これらの影のずれにより起こる錯視は左が細く, 右が太くなる方向である<sup>[17]</sup>。実際の写真でもそのような錯視が観察できる。この錯視の方向は, 楔形ボードの物理形状と一致する。すなわち, パースペクティブによる歪みを補正し, スクリーンオブジェクトの物理形状に沿った方向に錯視を起こすようなパターンが生じることが確かめられた。

### 6.1.3. 実物体における“モルタル”の出現

カフェウォール錯視のモルタル群は錯視の生起要件である。実際に階段状の立体を撮影すると, 奥行きの変化する部分で, モルタルの役割を果たす線状の領域が出現する(図11, 図12a)。投影像中の奥行きが変化する部分には, 手前にある面と接続している水平, あるいはそれに近い傾きを持つ上下面が投影されている。上下面が視線と完全に平行な場合, モルタルはほとんど現れない。実物体の場合には, 上下面と垂直面が曲面, あるいは平行に近い面で接続されていることもあり, この場合はモルタルが強く現れる(図12c)。

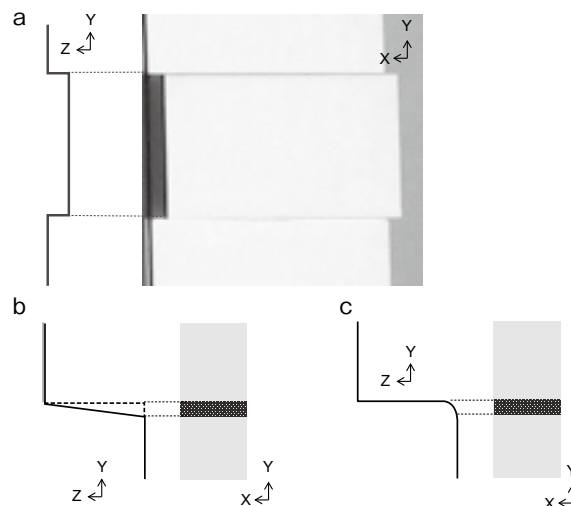


図12 実物体でのモルタル  
(a: 図11aの写真を拡大)

## 6.2. 基本的な錯視をもたらす三次元状況のモデリング

実物体での状況作成に続いて, CG で状況をより厳密に作成し, 錯視パターンの生起と知覚への影響を検討した。図6で示したような台形のオブジェクトを斜め視点から見ることで, 長方形が知覚される三次元状況で, 影によるカフェウォール錯視を生起させ, もとのオブジェクト形状が知覚されるかを検討した。

### 6.2.1. 方法

CG 作成ソフトウェア Blender を用いて, 三次元 CG のモデリングを行った(図13)。以降, Blender での大き

さ設定での単位長さを unit (ソフトウェア上では単位なし, 図中では u と短縮表記) と表記する. 投影先となるスクリーンオブジェクトを大きさ 40unit (H) × 40unit (V) × 2 unit (D) の直方体ポリゴンの前面に接するように楔形のポリゴンを配置して作成した. 原点から, 右 (X 方向), 上 (Y 方向), 奥 (Z 方向) をそれぞれ正方向として位置を記述する. 楔形のポリゴンは大きさ 10unit (H) × 1 unit (V) × 1 unit (D) の直方体ポリゴンを変形

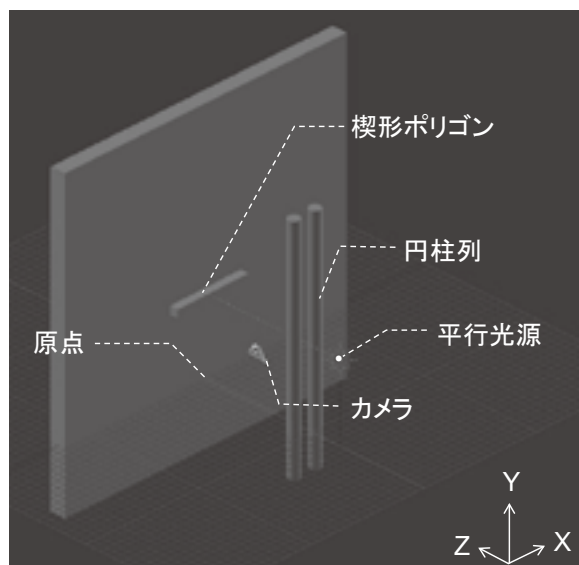


図13 基本錯視パターンを生成する三次元モデル

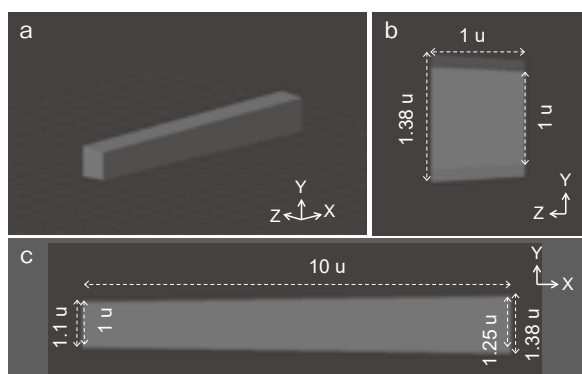


図14 楔形ポリゴンの外形

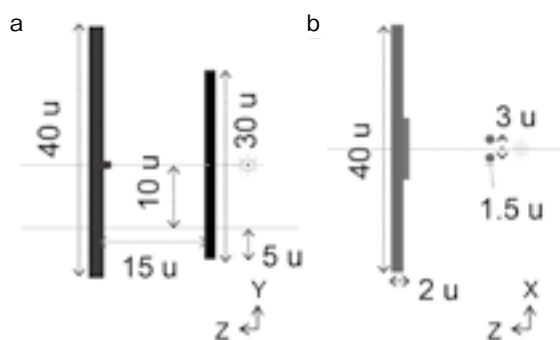


図15 柱列の配置

して作成した. 右辺を左辺よりも25% 拡大し, さらに, 背面の高さを幅は維持したまま, 10% 拡大した (図14). 影を落とす物体として, 底面の半径が0.75unit, 高さ 30unit の円柱を 2 個, 原点から -15unit の奥行位置に, 水平方向に 3 unit ずつの距離をあげ, 点 (0, 0, -25) に対して対称に配置した (図15). エネルギー0.5unit とした減衰のない平行光源を (0, 10, -30) の位置に配置した. カメラを (-5.5, 10, -15) の位置に配置し, 水平方向に19.5度時計回り (スクリーンオブジェクトの中心方向に向けた方向) に回転させた. レンズは透視投影モードとし, 視野角は22度とした. センサーサイズはソフトウェア上で32mm, 被写界深度は  $F=20.0$  とした. 比較のため, 円柱群を取り除いたレンダリングも行った.

## 6.2.2. 結果と考察

結果を図16に示した. 楔形立体の上下面につけられた緩い傾きによって, モルタル様の線分が灰色で描画された. 円柱群が影を落とさない状況では, 上下辺は平行に描画された. 一方で, 円柱群が影を落とす状況では, 影のずれが起こり, 楔形立体の物理形状と一致する右側が太く, 左側が細くなる方向に錯視が起こるパターンが生じた. すなわち, パースペクティブによる歪みを補正し, スクリーンオブジェクトの物理形状に沿った方向に錯視を起こすパターンが生じることが確かめられた.

図16b において, 影のずれは左側よりも右側のほうが大きい. このずれの変化は, スクリーンオブジェクト上で影が落ちる部分によって, 透視図法でレンダリングを

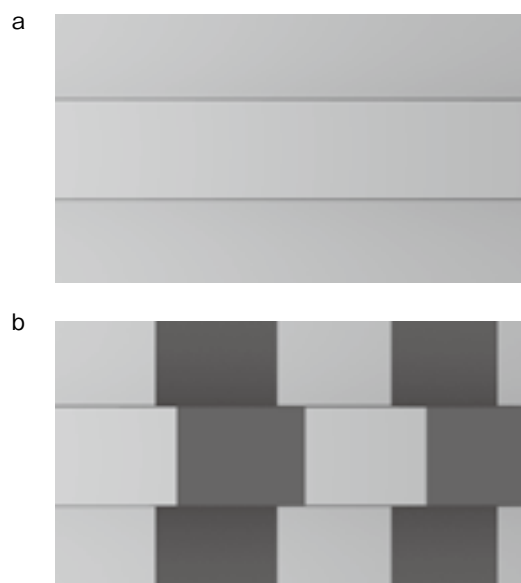


図16 三次元モデリングによるカフェウォールパターン

行う設定のカメラに入る光線の方向とオブジェクトの各地点までの奥行き距離、および光源方向の間の角度が変化したことによって生じたと考えられる。

ここでは、このずれは小さかったが、カメラの視野角をより大きくするとずれの範囲が大きくなり、錯視に顕著な影響が現れると考えられる。そこで次節では、カメラの視野角をより大きくした時に生起するパターンについて検討した。

### 6.3. 広角でレンダリングした場合の錯視

本節では、より広角のカメラ設定を用いてCGを作成し、その投影パターンを検討する。

#### 6.3.1. 方法

以下の点を除いて、前節と同様の方法で3Dシーンを作成した(図17)。楔形立体は大きさ20unit (H) × 4 unit (V) × 1 unit (D) の直方体ポリゴンを変形して作成した。右辺を左辺よりも20%拡大し、さらに、背面の高さを幅は維持したまま、10%拡大した(図17b, c)。この手続きにより、手前面、奥側の面の左辺の長さをそれぞれ4 unit, 4.4unit, 右辺をそれぞれ4.8unit, 5.3unitとした。影を落とす物体として、底面の半径が2 unit, 高さ30unitの円柱を5個、原点から-20unitの奥行き位置に、水平方向に4 unit ずつの距離をあけて配置した。カメラを楔形立体の左前方、立体の中心から左に5.5unit, 手前に20unitの位置に配置し、水平方向に時計回り(スクリーンオブジェクトの中心に向かう方向)に13度回転させた。視野角は100度とした。

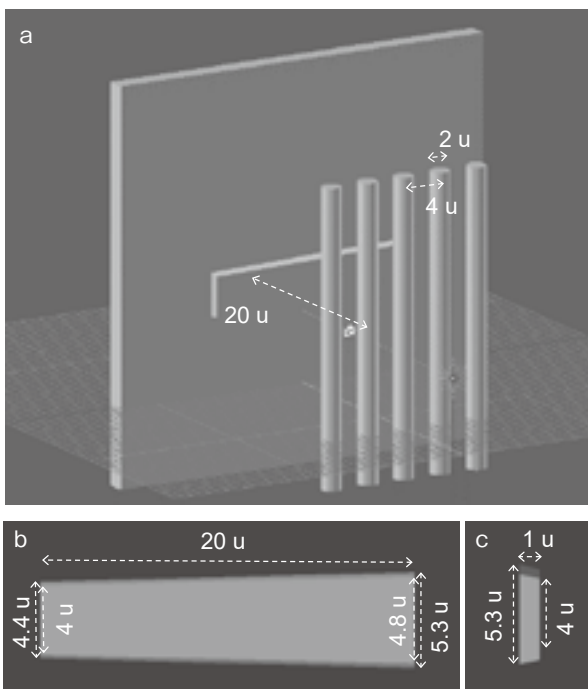


図17 広角カメラを用いたシーン設定

#### 6.3.2. 結果と考察

レンダリングの結果を図18に示した。6.2節の場合と同様に、カフェウォールパターンが描画された。錯視はパースペクティブによる歪みを補正し、スクリーンオブジェクトの物理形状に沿った方向に生起した。

ただし、その補正は完全ではなかった。図18bに示した画像左側ではほとんどずれが生じず、モルタルがほぼ平行、あるいは画像右側とは逆方向への弱い錯覚が生じた。ずれの大きさが画像中で変化した理由は、カメラの位置が楔形立体の左側前面にあり、その視野角が100度と比較的大きかったことによる。

典型的なカフェウォール錯視では、タイル列のずれの大きさやモルタルの傾きはほぼ一定である。この状態では局所的な方位信号とモルタルが持つ大域的な方位成分が相互作用していると考えられている。本実験の結果では、局所的な方位信号と大域的な方位成分の相互作用が不完全であった可能性がある。Taniら(2010)は、タイル列の空間周波数によっては、錯視パターンによって現れる局所的な方位成分が統合されず、モルタルがジグザグに知覚されうること示している<sup>[30]</sup>。

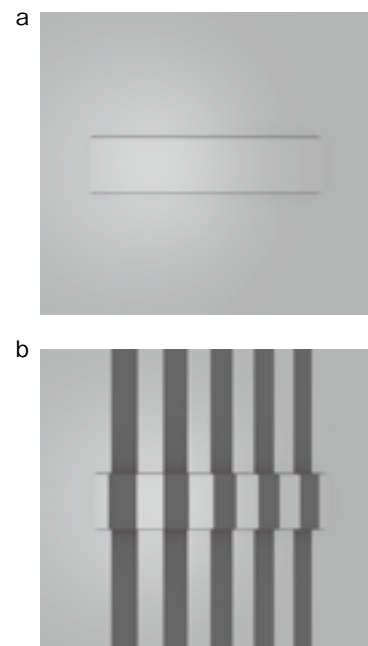


図18 CGモデルで作成したカフェウォールパターン

Taniら(2010)が示した状況とは差があるが、本実験においても、モルタル全体に渡る方位の統合が起こらず、空間的に非一様な錯視効果が得られたと考えられる。これらの結果は、これまでの研究によって示されてきたカフェウォール錯視が比較的局所的な現象であるこ



とと整合的であり、小さな領域の三次元形状を補正する視覚機能との関連を示している。

#### 6.4. 複雑な構造を用いた錯視のバリエーション

タイル列の幅や形状を決定する影を作り出す遮蔽物の構造によらず、視点と光源が適切であれば傾きの錯視を生じるパターンが作成でき、かつその時の錯視は元の三次元状況でのパースペクティブを補正する方向へ起こるはずである。この仮説を検討するために、前節で用いたモデリングの直柱群を入れ替えて（図19）CGを作成し、より複雑な状況を用いたカフェウォール錯視のバリエーション作成を試みた。

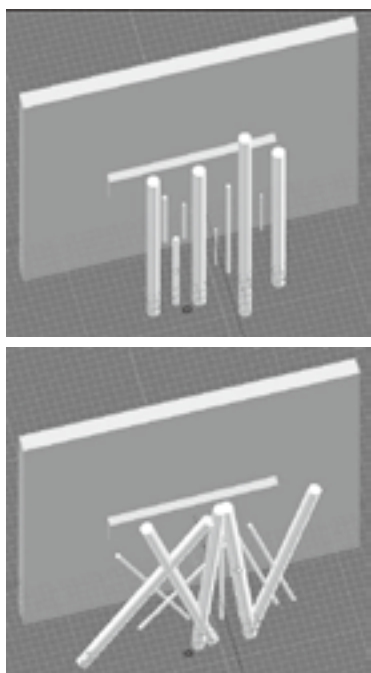


図19 カフェウォールパターンのバリエーションを作成する際に使用したシーン設定

このようにして作成されたパターンでは、オリジナルのカフェウォール錯視よりは弱い、同様の傾きの錯視が起こり、右が太く、左が細く見える（図20）。このことを確かめるために、図18に示した2つのパターンの図とともに、図20のパターンが起こす錯視の方向について、簡単な実験を行った。

#### 6.5. 三次元モデリングによって作成されたカフェウォール錯視のバリエーション図形の見え方の検討

##### 6.5.1. 方法

実験は13.3インチの液晶ディスプレイを備えたノートパソコン（VAIO 社 Z1311）を用いて行った。ディスプレイの解像度は2560（横）×1440（縦）ピクセルとし、観察距離54cmの時に1ピクセルが視角にして約1 arcmin となるようにした。刺激として、図18と図20に

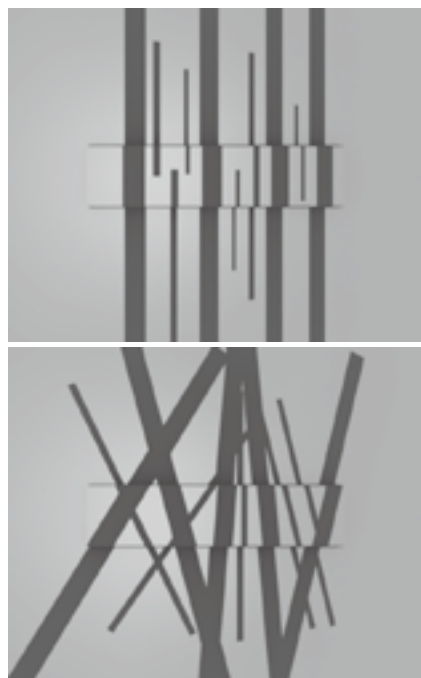


図20 カフェウォール錯視のバリエーション

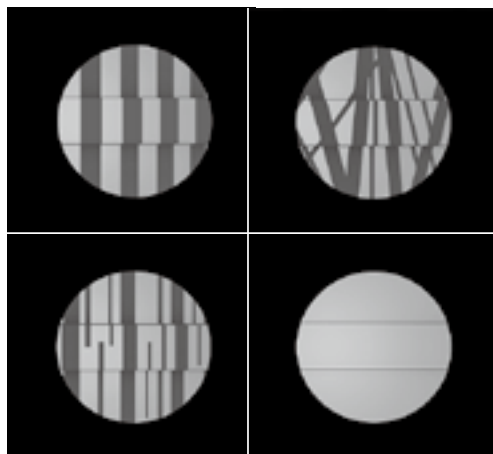


図21 実験で用いた4種（左右反転のものを除く）の刺激

示した4種類のCG画像を用いた。画像の縁が錯視効果に及ぼす影響を減弱するために、半径100ピクセルの円形のウィンドウで画像を切り抜き、その中心部だけを黒色の一様背景の上に提示した。具体的な刺激を図21に示す。この4種類に加え、それぞれの刺激で左右を反転させたものの4種類を加えて8種の画像を刺激として使用した。

実験参加者は筆者1名を含む6名であった。筆者を除いて実験の目的は知らされていなかった。実験は1セッションで行われた。各試行では、はじめ円形のウィンドウの内部には灰色の一様背景が表示されており、観察者がキーを押すと500ms 刺激画像が表示されたのちに、再び灰色の一様背景が表示された。観察者の課題は表示された刺激中心にある帯状の図形の右側と左側のどちらが

太く見えるかを2肢強制選択によって回答することであった。セッションは、80試行で構成され、8種類の画像がランダム順に10回ずつ表示された。

### 6.5.2. 結果と考察

左右を反転させた2種の刺激をセットとし、各セットについて、一参加者当たり20試行のデータを合わせて、錯視が生起すると考えられる方向への反応率を算出した(図22, 23)。

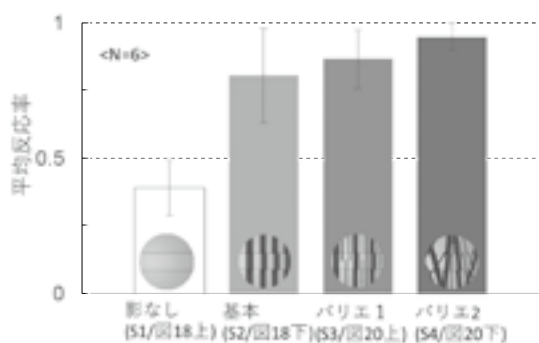


図22 全参加者の平均反応率  
(エラーバーは95%信頼区間を示す。)

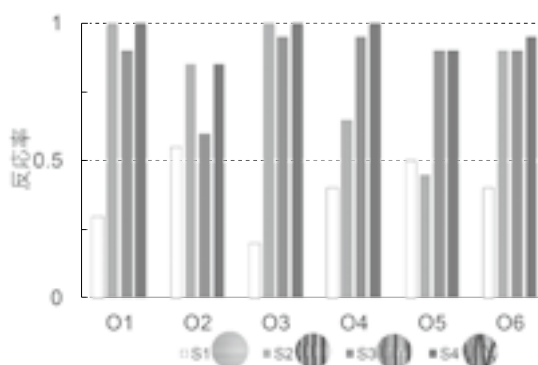


図23 各参加者の反応率

影がない図形パターンを除いて80%以上の確率で錯視が生起すると想定される方向(図21では右側が太くなる方向)に帯が太くなるとする反応が得られた。

一要因分散分析の結果、図形の種類の要因が有意であり ( $F(3,15) = 14.43$ ,  $\eta^2 = .72$ ,  $p < .01$ ), LSD法を用いた下位検定の結果、影なしのパターンに対する反応率と他の3種のパターンに対する反応率にのみ有意な差が見られた ( $MSe = .0257$ )。これらの結果は、図18, 20に示したカフェウォール錯視の基本パターン、およびそのバリエーションで予想される方向に錯視が生じていること、その強度には有意な差は見られないことを示している。

## 7. 総合考察

### 7.1. 結果のまとめと他のカフェウォール錯視の研究群との関係性

本論文では、以下の点を示した。

- (1) 階段状の立体表面に投影された直柱群の影を斜めから観察すると、カフェウォール錯視様の網膜像が生じる。
- (2) 実物体とCGで、錯視の基本パターンおよびそれに類似する投影像を生じさせることができる。
- (3) これらの状況で、錯視の方向は、網膜上でのパースペクティブによる歪みを打ち消す方向に生じる。

これらのことは、パースペクティブによって歪んだ網膜像が与えられた時、キャストシャドウの情報を基に三次元物体の形状推定を補正する機能を視覚系が持ち、この働きがエラーを起こした結果、カフェウォール錯視が生起する解釈を与えうる。

この解釈は、カフェウォール錯視の原因を比較的低次の自動的な視覚処理に求める説明や、二次元図形上で示されてきた錯視の法則性と相反しない。錯視が生起するときの脳内処理、図形ルールについての知見は、所与の網膜像に対して錯視が生じるプロセスを明らかにする。一方で、本研究で明らかにした錯視パターンと他物体によって落とされた影を含む三次元状況の対応は、自然界で所与の網膜像が成立する条件を明らかにする。後者は錯視パターンが含むことのできる三次元的な情報の種類についての検討であり、前者はその情報がどのように脳内で処理されているかを示している。すなわちこれら2つは視覚系の処理の異なる段階に焦点をおいた説明、解釈である。この2つがどちらも正しいとすると、初期的・自動的なプロセスで得られた副次的な処理結果が、高次の解釈の中で有効に利用されていることになる。

### 7.2. 本研究で用いた三次元状況の一般性について

「階段状の立体表面に投影された直柱群の影を斜めから観察する」という状況は、日常生活において多く遭遇する光景であるとは考えにくい。したがって、本研究で提示した状況から生じる網膜像が、錯視図形と関連付けられたとしても、一般的な機能まで議論を拡張することには慎重であるべきかもしれない。

一方で、カフェウォール錯視の直接的な原因となる“Fraser twisted cord”が、初期視覚系の大きな特徴である周波数選択的、方位選択的バンドパスフィルタリング機構の中で生じることを考慮すると、本研究で取り上げた状況そのものの特殊性が、その機能の一般性に致命的ではないとも考えられる。

影を落とす物体が曲面で構成されていたり、地面、あるいはスクリーンとなる物体に対して斜めに傾いていたとしても、方位に対するフィルタリングの結果、直柱によって落とされる影によって作られる網膜像と同じような成分が含まれる。高い周波数帯では、位相差にしたときのずれの方向が180度を超え、実効的なずれの方向が反転する可能性もある。しかし、一般に自然画像のスペクトルは低空間周波数であるほど振幅が大きい構造を持つので<sup>[31, 32]</sup>、錯視が減弱することはあっても、方向が反転するような状況が頻繁に起こるとは考えにくい。したがって、特に自然環境では、影を落とす物体の構造が本実験で挙げたものと異なっても、錯視に対する影響はそれほど大きくないと考えられる。6.5節で、影を落とす物体を変化させても比較的頑健に予測される方向への錯視が生じたことも、このことを支持する。スクリーン物体についても同様に、モルタルに相当する領域（モルタル領域）は影に対して斜めであったり、局所的に歪みがあったりしても良いと考えられる。また、モルタルに相当する領域が平行になる観察位置やモルタル領域の状況は限られるが、その条件が満たされなくても、白黒のパターンの間に中間輝度の領域があれば“Fraser twisted cord”は生じうる。この時、実際の線分方位と錯視による歪みは、基本的には統合されるので、網膜像上のモルタルが完全に平行でない条件でも、錯視のメカニズムがパースペクティブの歪みを補正する方向に作用し、全体として整合的な三次元知覚世界の成立に寄与していると思われる。

なお、物体が最もよく見えると思う方向として大抵の物体で前斜め方向が選択され、また実際に物体の同定課題の成績も斜めのほうが正面や横よりも良い<sup>[33, 34]</sup>。このことは、真正面から観察する状況よりも、本論文で提示した観察状況のように斜めから観察することが視覚系にとって典型的であることを示している。

光源方向については、上方の光源位置が視覚系の奥行き推定プロセスの中で、特に光源方向の手がかりに乏しい状況や初期視覚的な粗い推定のなかでは、無意識的な仮定としてよく用いられることが知られている<sup>[23, 35]</sup>。

これらのことから、本論文で取り上げた状況における、立体配置の特殊性は、機能的な議論の一般性を大きくは損なわないと考えられる。ただし、特に光源方向やモルタル領域の輝度や方位などについては定量的な議論を通したさらなる検討が必要である。

### 7.3. キャストシャドウからのスクリーン物体の形状推定の特性とその限界

本論文で示した、三次元状況における影が方位の錯視を引き起こし、網膜像のパースペクティブの歪みを補正するための手掛かりとなることは、物体表面のテクスチャ（方位マップ）や鏡面反射に含まれる方位情報から投影元の物体形状が推定できることと整合している。

方位マップや鏡面反射が物体形状の情報をよく伝えるためには、物体表面が滑らかで、環境光を強く反射する特性を持つ必要がある<sup>[13]</sup>。これに対して、キャストシャドウは、粗い表面を持つ物体でも安定して生じる、したがって、キャストシャドウによって与えられる情報は、物体の表面特性変化に対して頑健であるという利点がある。

観察地点や、光源方向などの変化が起こるときには、キャストシャドウのずれ量が変化する。したがって、キャストシャドウによる物体形状の推定は、視点変化や光源位置の変化に影響を受ける。ここで示したキャストシャドウからのスクリーン物体の形状推定は、方位マップや鏡面反射成分から推定される定量的で精緻な形状情報<sup>[13, 14]</sup>ではなく、局所的ではあっても、傾きの極性のみを示すような粗いものであるかもしれない。この点は、7.4節でもう少し詳しく論じる。

これらを考慮すると、ここで存在の可能性を示した機能は、多くの物体に対して有効であるが、一方で限定的な役割しか持たず、他の三次元手掛かりによる形状推定と合わせて安定した三次元光景の知覚が実現されていると考えられる。

### 7.4. 実世界におけるカフェウォール錯視の生起

実世界では錯視図形のように強い周期性を持つ単純な構造をもつ影が生じる可能性は低い。複雑な形状をした物体のキャストシャドウがカフェウォールパターンを生じうることは、カフェウォール錯視に類似する方位の錯視が、実世界でも多く生じている可能性を示している。ただしそこで起こる錯視は基本的なパターンによって生じる錯視よりも弱く、日常生活の中では気づくことが難しいであろう。7.3節でも述べたように、このことは、三次元形状推定における役割が副次的かつ限定的であることを示唆する。

7.2節で述べたように、実世界では、輝度変化の周期性が弱く、一般に自然画像のスペクトルは低空間周波数であるほど振幅が大きい<sup>[31, 32]</sup>。奥行き差によって生じるキャストシャドウのずれは、錯視の方向を決める低い空間周波数<sup>[36]</sup>に対しては小さく、実世界におけるカフェ

ウォール錯視の傾きの方向は比較的安定であると考えられる。

まとめると、形状推定のためのキャストシャドウに基づく情報は、(1) 様々な形状や素材の投影物体およびスクリーン物体でも高頻度で生じる。(2) カフェウォール錯視のような頑健な錯視を起こしうる。これらのことは、網膜像から生じる神経活動とその網膜像を生じさせる三次元的解釈が、経験的に結び付けられるという経験論的な見方<sup>[37]</sup>を支持する。さらに、視覚系による網膜像処理で自動的に生じたノイズが、実世界の様々な状況で、弱い強度ではあっても高い頻度で生じれば、物体の三次元形状の推定という高次の表現段階で利用される可能性を示している。

## 8. 結論

本論文では、カフェウォール錯視について、そのパターンが、特定の三次元状況の投影像として生じることを示し、錯視現象をパースペクティブの歪みを補正する視覚機能と関連付けて考えることでその方向を説明できる可能性を示した。また、この考え方に基づいて、いくつかのパリエーションを作成した。

## 謝辞

本論文の議論の構築に当たっては静岡文化芸術大学の天内大樹氏、NTTコミュニケーション科学基礎研究所の河邊隆寛氏から多くのご指摘、コメントをいただいた。また、6.1節の実物体での検討に当たっては、中村美恵子氏・藤田佑樹氏をはじめとした東京藝術大学芸術情報センターの皆様、デザイナーのヒガキユウコ氏の多大なご協力をいただいた。感謝申し上げます。

## 参考文献

- [1] Fraser, J., "A new visual illusion of direction." *British Journal of Psychology*, 2 (1908), 307-320.
- [2] Gregory, L. R., Heard, P., "Border locking and the Café Wall illusion." *Perception*, 8 (1979), 365-380.
- [3] 北岡明佳, "北岡明佳の錯視のページ" [オンライン]. Available: <http://www.ritsumeai.ac.jp/~akitaoka/>. [アクセス日: 9.2.2019].
- [4] Shapiro, A. G., Dejan, T., (eds.) "The Oxford Compendium of Visual Illusions." New York, NY: Oxford University Press, (2017).
- [5] Gibson, J. J., "The Perception of Visual World." Houghton Mifflin, (1950).
- [6] Ramachandran, V. S., "Perception of shape from shading."

Nature, 331 (1988), 163-166.

- [7] Tjan, B. S., Braje, W. L., Legge, G. E., Kersten, D., "Human efficiency for recognizing 3-D objects in luminance noise." *Vision Research*, 35 (1995), 3053-3069.
- [8] Hayward, W. G., Tarr, M. J., Corderoy, A. K., "Recognizing silhouettes and shaded images across depth rotation." *Perception*, 28 (1999), 1197-1215.
- [9] Norman, J. F., Dawson, T. E., Raines, S. R., "The perception and recognition of natural object shape from deforming and static shadows." *Perception*, 29 (2000), 135-148.
- [10] Norman, J. F., Lee, Y., Phillips, F., Norman, H. F., Jennings, L. R., McBride, T. R., "The perception of 3-D shape from shadows cast onto curved surfaces." *Acta Psychologica*, 131 (2009), 1-11.
- [11] Chen, F., "Overview of three-dimensional shape measurement using optical methods." *Optical Engineering*, 39 (2000), 10-22.
- [12] Xiaobo, C., Jun, X., Tao, J., Ye, J., "Research and development of an inaccurate 3D shape measurement system based on fringe projection: Model analysis and performance evaluation." *Precision Engineering*, 32 (2008), 215-221.
- [13] Fleming, R. W., Torralba, A., Adelson, E. H., "Specular reflections and the perception of shape." *Journal of Vision*, 4 (2004), 798-820.
- [14] Norman, J. F., Phillips, F., Cheeseman, J. R., Thomason, K. E., Ronning, C., Behari, K., Kleinman, K., Calloway, A. B., Lamirande, D., "Perceiving Object Shape from Specular Highlight Deformation, Boundary Contour Deformation, and Active Haptic Manipulation." *Plos One*, 11: e0149058 (2016).
- [15] Gregory, R. L., "Knowledge in perception and illusion." *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 352 (1997), 1121-1128.
- [16] Kitaoka, A., "Tilt illusions after Oyama (1960): A review." *Japanese Psychological Research*, 49 (2007), 7-19.
- [17] Kitaoka, A., Pinna, B., Brelstaff, G., "Contrast polarities determine the direction of Café Wall tilts." *Perception*, 33 (2004), 11-20.
- [18] Morgan, M. J., Moulden, B., "The Münsterberg figure and twisted cords." *Vision Research*, 26 (1986), 1793-1800.
- [19] McCourt, M. E., "Brightness induction and the Café Wall illusion." *Perception*, 12 (1983), 131-142.
- [20] Nematzadeh, N., Powers, D. M. W., "The Café Wall Illusion: Local and Global Perception from Multiple Scales to Multiscale" *Applied Computational Intelligence and Soft Computing*, 8179579 (2017), 1-22.
- [21] 新井仁之, 新井しのぶ, "ウェーブレット分解で見る, ある種の傾き錯視における類似性" *VISION (The Journal of the Vision Society of Japan)*, 17 (2005),

259-265.

- [22] Mamassian, P., Goutcher, R., "Prior knowledge on the illumination position." *Cognition*, 81 (2001), B1-9.
- [23] Sun, J., Perona, P., "Where is the sun?" *Nature Neuroscience*, 1 (1998), 183-184.
- [24] Langer, M. S., Bülthoff, H. H., "A prior for global convexity in local shape-from-shading." *Perception*, 30 (2001), 403-410.
- [25] Gregory, R. L., "The intelligent Eye" London: Weidenfield and Nicolson, (1970).
- [26] Kawabata, N., Yamagami, K., Noaki, M., "Visual Fixation Points and Depth Perception." *Vision Research*, 18 (1978), 853-854.
- [27] Mary, P., Gibson, B., "Directing spatial attention within an object: Altering the functional equivalence of shape Ddscriptions." *Journal of experimental psychology. Human perception and performance*, 17 (1991), 170-182.
- [28] Qiu, F. T., Sugihara, T., von der Heydt, R., "Figure-ground mechanisms provide structure for selective attention." *Nature Neuroscience*, 10 (2007), 1492-1499.
- [29] Harrison, W. J., Ayeni, A. J., Bex, P. J., "Attentional selection and illusory surface." *Scientific Reports*, 9 (2019), Article 2227.
- [30] Tani, Y., Sato, T., "The spatial frequency characteristics of the Cafe wall illusion." *Journal of Vision*, 2 (2010), 192.
- [31] Field, D. J., "Relations between the statistics of natural images and the response properties of cortical cells." *Journal of the Optical Society of America A*, 4 (1987), 2379-2394.
- [32] Ruderman, D. L., Bialek, W., "Statistics of natural images: scaling in the woods." *Physical Review Letters*, 73 (1994), 814-817.
- [33] Blanz, V., Tarr, M. J., Bülthoff, H. H., "What object attributes determine canonical views?" *Perception*, 28 (1999), 575-599.
- [34] Humphrey, G. K., Jolicoeur, P., "An examination of the effects of axis foreshortening, monocular depth cues, and visual field on object identification." *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 46A (1993), 137-159.
- [35] Adams, W. J., Graf, E. W., Ernst, M. O., "Experience can change the 'light-from-above' prior." *Nature Neuroscience*, 7 (2004), 1057-1058.
- [36] Tani, Y., Maruya, K., Sato, T., "Reversed Cafe Wall illusion with missing fundamental gratings." *Vision Research*, 46 (2006), 3782-3785.
- [37] Purves, D., Amita, S., Lotto, R., "An Empirical Explanation of the Cornsweet Effect." *The Journal of neuroscience*, 19 (1999), 8542-8551.

●2019年10月25日受付

まるや かずし

NTT コミュニケーション科学基礎研究所  
〒243-0198 神奈川県厚木市森の里若宮3-1

kazushi.maruya.zb@hco.ntt.co.jp

おおたに ともこ

東京藝術大学芸術情報センター

〒110-8714 東京都台東区上野公園12-8



## ●作品紹介

# 視覚障害者が手で触って分かる立体的ハザードマップの開発 ——その1 道路が分かる触地図の製作——

Development of a Three-Dimensional Hazard Map that Visually Impaired People can Touch by Hand

—Part 1: Making a Tactile Map that Shows the Road—

萩 達也 Tatsuya HAGI 細川 陽一 Yoichi HOSOKAWA

### 概要

萩、細川は名古屋工業大学社会工学科の橋本研究室において触図の研究に関わり、現在は視覚障害者が手で触って分かる立体的ハザードマップを開発している。日本地図から対象となる場所を切り取って画像処理を行い、STLデータに変換した後、機械加工を行う。その第一報として、指でつまめる程度に道路を膨らませて避難経路が分かるようにした触地図を紹介する。

**キーワード：**画像処理／STLデータ／機械加工／避難経路／触地図

### Abstract

Hagi and Hosokawa have been involved in the research of tactile maps in the Hashimoto laboratory of the Department of Social Engineering at Nagoya Institute of Technology, and are currently developing three-dimensional hazard maps that visually impaired people can touch. Cut out the target location from the Japan map, perform image processing, convert it to STL data, and perform machining. As the first report, we introduce a tactile map that expands the road enough to pinch it with a finger so that the evacuation route can be identified.

**Keywords:** Image processing / STL data / Machining / Evacuation route / Tactile map

## 1. はじめに

2014年に触地図は国土地理院<sup>[1]</sup>はホームページで電子地図の3D画像データを無償公開し、全国の地形を見られるようにした。STL形式の地形データを取り込み、3Dプリンターを使って誰でも立体地図を作ることができる。防災対策に役立てたり、学校教材として利用されている。筆者らは当初から工作機械を利用して触地図を開発している。地形データは互換性があり、3DCAD/CAMを使えば工作機械で扱うことも可能である。地形図では3Dプリンターが得意とする切削工具の届かないアンダーカット部分や、模型の中身（内部）がくりぬかれたような部分は存在しないため、必ずしも3Dプリンターを使う必要は少ない。工作機械の利点は、①ミクロンオーダーの高速精密加工が可能である。②樹脂から金属まで多様な素材を大型サイズで製作できる。③量産が可能である。④完成後の追加・修正加工が容易、などが

挙げられる。本研究では図1のマシニングセンター（MC）を使用した。MCは複数の切削工具を交互に交換して、穴あけ・ネジ切りから立体形状加工まで行い、最近では3Dプリンター技術を採用した二刀流工作機械も登場した<sup>[2]</sup>。



図1 マシニングセンター（マザック FJV200）

MCは加工プログラムに沿って切削するため、STLデータとは別に加工プログラムを作成する必要がある。作成ではC&G社のCAMTOOLを用いた。既に機械加工した触地図を紹介する。図2は25000分の1の筑波山の模型である<sup>[3]</sup>。3Dプリンター製<sup>注1)</sup>と比較してリアルで精緻な作りである。

3Dプリンターは材料が機種毎に限定されるが機械加工は材料が多様である。これと同じSTLデータで等高線に沿って削った模型を図3に示す。左は標高50mごとに、右は高さ方向を3倍に強調して細かいピッチで表現した。切削工具を使い分けると、同じSTLデータから形状の異なる模型を製作できる。図4に切削工具を示す。刃先が球状のボールエンドミルを使えばリアルな曲面、刃先が平らなスクウェアエンドミルを使えば等高線を表現できる。等高線の判読は難しいが、理解し易くなった。視覚障害者のワークショップで弱視の視覚障害者からは等高線版、全盲の視覚障害者からはリアル版が良い、との意見があった。そこで両者の意見をくみ取り、筑波山の模型は標高が高く急峻な山肌は等高線版で表し、標高の低い平坦な地域はリアル版で表すことが良いと考える。

工作機械製  
仕様：縦横150mm  
材料：ケミウッド  
CAD図と模型の寸法差  
±0.2mm 以内

3D プリンター製  
仕様：縦横150mm  
材料：ABS 樹脂  
熱で溶かした樹脂を積層  
し造形する。

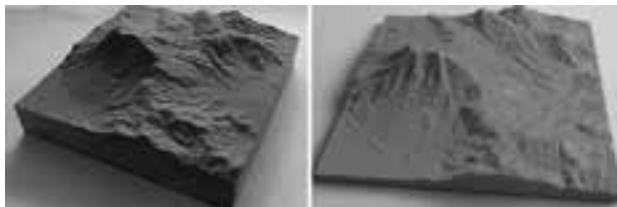


図2 筑波山模型 左：工作機械製 右：3Dプリンター製

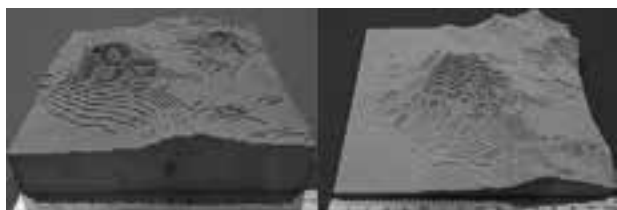


図3 等高線で表した触地図 (右：高さ方向を強調)



図4 切削工具の種類 (直径 8 mm ～16mm)

これ以外に機械加工した触地図例として、県別立体地図模型を等高線版 (上) とリアル版 (下) に分けて図5に示す。

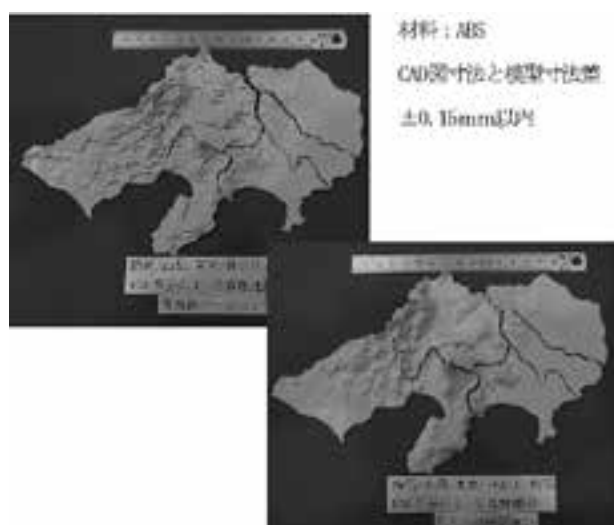


図5 等高線版とリアル版の県別模型 (108万分の1)

これは縮尺108万分の1で高さを約5倍に強調した富士山周辺5県の立体模型で、全都道府県別に製作した日

本列島模型の一部である。これらの教材は名古屋盲学校の文化祭等で展示したところ、県の形がはっきりしていて分かり易く、県の位置関係が理解できるという意見が大半であった。視覚障害者18名 (小学生から60歳代) から以下のような意見が寄せられた<sup>[4]</sup>。

大きさと位置に関する意見：大都市圏は人口密度が高いことは理解していたが、他の県と比較すると思いのほか小さいことに驚いた (全盲大学生)。地図帳でははっきりした形が分からなかったが、立体物を触るとその形が明瞭となった (弱視20歳代)。

高さに関する意見：掌で広い地域を触り、日本は山が多く、平地が少ないことを実感した (全盲中学生)。関東平野は広く、江戸幕府が置かれたことが納得できた (全盲50歳代)。本触地図は視覚障害者の地図学習の理解を深め、未習得な高さの関係についても学習できる教材であることが明らかとなった。地理に興味を持ち、学習支援に役立つことが分かった。

3Dプリンターと比較すると、工作機械は設備費が高額で操作が煩雑であり、熟練を要する。使用する3DCAD/CAMも高額な費用を投入しなければならず、操作方法を習得するには長時間を要する。それぞれ専属のオペレータ要員が必要となる。

## 2. 道路が分かる触地図の製作

今回、ハザードマップで重要な道路を明確に表した触地図を製作した。地図データの入手、データ編集・変換、加工プログラムによる機械加工までのプロセスを以下の項目順に詳しく説明する。

- (1) 地図データの編集と STL データ変換
- (2) 3DCAD/CAM による NC プログラム作成
- (3) 機械加工

### 2.1. 地図データの編集と STL データ変換

国土地理院のダウンロードサービスからユーザー登録の後、基盤地図情報を入手する。その「基本項目」の行政区画の中から、欲しい地図の地域別メッシュ番号を選択して取り出す。基盤地図情報はダウンロードしただけでは xml ファイルの集まりなのでそのまま利用できない。基盤地図情報ビューアという無償の変換ソフトウェアを用いて、ダウンロードした基盤地図データをハザードマップサイズに縮小する。続いて、地図記号や敷地、建物などを削除して、図6のように避難場所と道路だけの画像データに編集する。さらに、画像処理ソフトとして身近なマイクロソフト社の「ペイント」を用いて画像の道路は黒、避難場所は黒以外の赤や青、背景は白など

と色分けする。触感の違いを演出するため、各色は指定した高さに盛り上げて STL データに変換する。

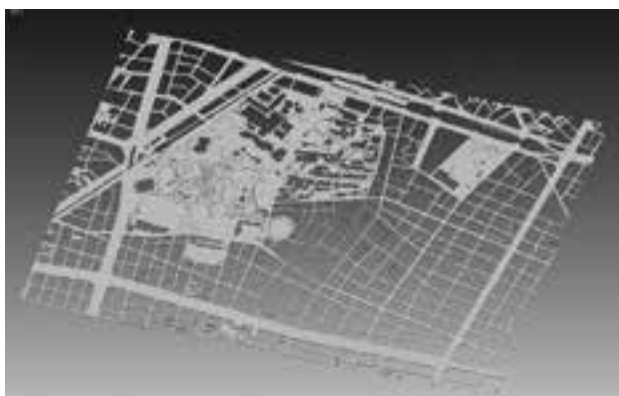


図6 名古屋工業大学周辺道路地図（6000分の1）

この変換プログラム（blind\_map.exe）は国土地理院 HP からダウンロードできる。これを利用して道路は高さが指でつまめる程度の 3 mm に設定し、縦270mm、横500mm サイズの STL データを作成した。結果を図7に示す。

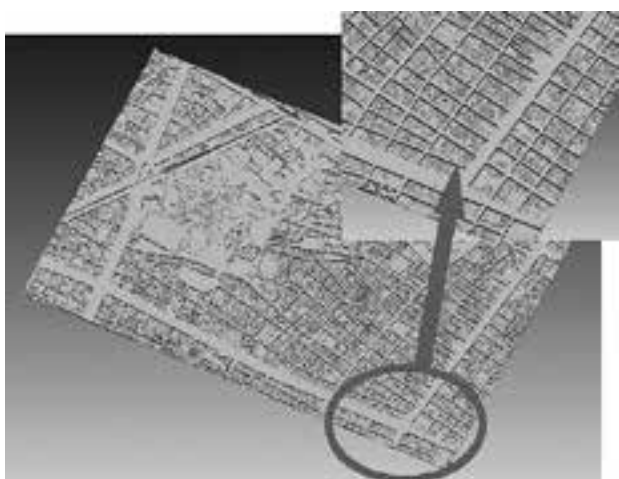


図7 名古屋工業大学周辺道路地図のSTLデータ

STL データ編集ソフトウェアは日本ユニシス・エクセリレーションズ社のポリゴナルマイスターを用い、余分なサーフェスは削除し、STL データの容量を減らした。また、機械加工の必要の無い箇所や細かいノイズを削除し、サーフェイスで穴の開いた部分は塞いで修正した。

## 2.2. 3 DCAD/CAM による NC プログラム作成

完成した STL データは 3 DCAD/CAM で読み取り、工具登録や加工範囲を定義し、各種加工条件を入力して加工用の NC プログラムを作成した。この作業では入力項目が多い。本研究では切削パターンを登録した加工モードの中から、回転する切削工具が渦を巻くように動かして、避難場所と道路以外の部分を彫り下げ、道路を浮き上がらせる。始めに直径の太い工具でおおまかな形状に荒加工する。削り残った部分は細い工具で削り落と

して仕上げる。工作機械や 3 DCAD/CAM の進化に伴い、プログラム作成は簡単になっている。プログラム作成に要する時間はわずか数分で、プログラム容量も 10MB 以下であった。プログラム作成では徹底的な「標準化」を行い、入力ミスを無くして作業時間を短縮する。シミュレーションを活用してプログラムエラーを減らす。工具メーカー推奨の切削加工条件をデータベース化し、加工スケジュールを管理して機械稼働率を上げている。

## 2.3. 機械加工

被削材料をテーブルに置き、位置決めした。材料は ABS を使用した。加工条件は、荒加工が直径 10mm、半径 5 mm のボールエンドミルを使用した。回転数 2000rpm、工具送り速度 1300mm/分で深さ方向切込み量 1 mm のダウンカットで行った。仕上げ加工は直径 6 mm、半径 3 mm のボールエンドミルで回転数 4000rpm、工具送り速度 1400mm/分、深さ方向切込み量 0.3mm、送りピッチ 0.25mm のダウンカットで行った。機械加工は大量の切削屑が発生する荒加工を日中に済ませ、夜間無人運転させる。

## 3. 結果と考察

図8に完成した触地図を示す。地図どおりに道路が忠実に再現され、道路以外の建物の配置跡が分かるほどの分解能であった。日本全国のどの場所でも地図データがあれば同様の作業手順で触地図を作製できる。今後、この触地図に避難場所や指標となる主要な建造物を付け加える。

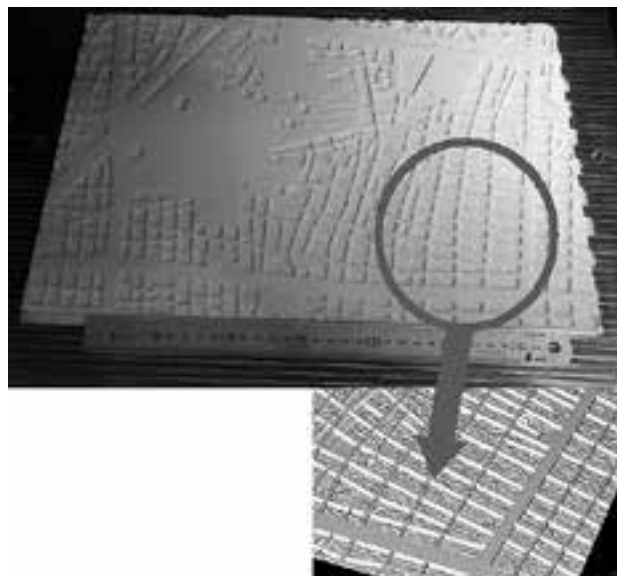


図8 完成した道路の触地図（6000分の1）

図9は 3 DCAD/CAM のシミュレーション結果である。図8の触地図と、よく一致していることが分かる。

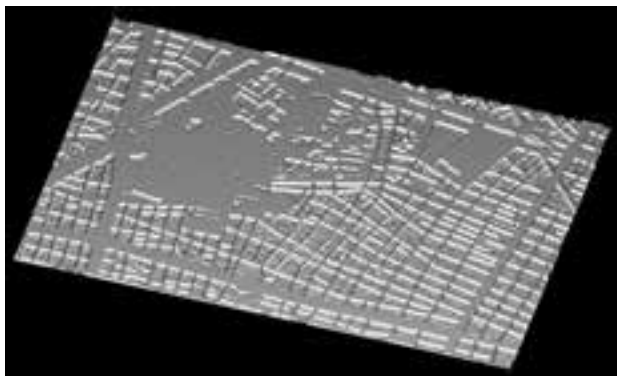


図9 3DCAD/CAMシミュレーション結果

視覚障害者向けの立体ハザードマップを開発する第一報として、道路が分かる触地図を製作した。道路は国土地理院の正確な地図を反映しており、地図上の位置、距離が正しく分かる。避難場所や目的地までの歩行の一助となる。視覚障害者にとって分かりやすい道路の幅、高さを検証する必要がある。

#### 4. まとめ

今回の触地図では道路は平坦で高低差が不明である。津波や集中豪雨で高台に避難する場合、氾濫危険河川から離れたい時、安全な場所が分からないので道路のアップダウンが分かる、3D触地図を開発したい。3Dプリンターでそのような触地図を製作する場合、その姿・形どおりのアップダウンした道路のSTLデータの存在が前提である。残念ながらそのようなデータは存在しないので3Dプリンターでは製作できない。工作機械であれば図10のように3D地形図データの上に、道路データを投影して道路以外の場所を切削工具で彫り下げればアップダウンの分かる3D触地図が完成する。

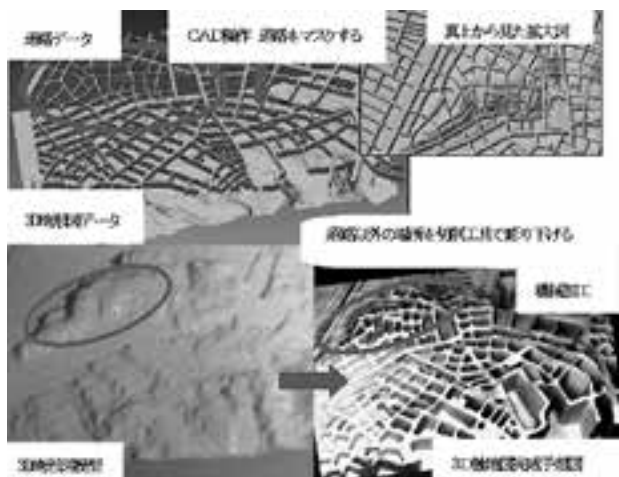


図10 アップダウンのある3D触地図 名古屋大学、南山大学周辺 6000分の1

触地図に自ら能動的に触れることで、普段生活する街の様子を窺うことができ、対象場所について興味や関心を抱く。道路の触地図は災害時の避難経路を探る手がかりとなる。今後は道路にアップダウンを付けて、浸水区域など危険地区を触察しやすいテクスチャーで表現した立体的なハザードマップを開発する。視覚障害者から意見・要望を聞き取り、改良を加える。完成の暁には公共の場に展示し、視覚障害者だけでなく、晴眼者にも触って頂いて災害対策の一助となれば幸いである。

この研究は科研費奨励研究の助成を受けたものである。

JSPS KAKENHI 科研番号17H00222

JSPS KAKENHI 科研番号18H00192

本研究を遂行するにあたり、STL編集ソフトを導入して頂き、また視覚障害者を学習支援する教材開発に関する貴重なご助言を頂いた本学、社会工学科経営システム専攻の橋本芳宏教授に深く感謝申し上げます。

#### 注

- 1) 3Dプリンター作品は国土地理院ホームページ記載のXYZプリンティングジャパン社製のものである。

#### 参考文献

- [1] 国土地理院HP 地理院地図3D  
<http://cyberjapandata.gsi.go.jp/3d/>
- [2] 日本経済新聞 電子版 2014年10月30日 7:00
- [3] 萩 達也, “工作機械による地形図模型の製作—3Dプリンターと比較”平成26年度北海道大学総合技術研究会報告集 (DVD-ROM) 1 Page, 2014/09
- [4] 細川陽一, 萩 達也, “山地や県の形がリアルな立体県別日本地図の製作とその有効性の検討”視覚障害リハビリテーション研究発表会IN神戸 抄録集, p 68

●2019年7月4日受付

はぎ たつや

名古屋工業大学 技術部 技術専門職員  
ものづくりテクノセンターにて機械工作に従事  
〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町  
hagi.tatsuya@nitech.ac.jp

ほそかわ よういち

名古屋工業大学大学院 工学研究科博士後期課程  
〒466-8555 名古屋市昭和区御器所町  
県立名古屋盲学校専攻科 (鍼灸マッサージ師養成)  
担当教諭



## 2019年度秋季大会（鹿児島）の報告

2019年度秋季大会は、2019年11月23日（土）～24日（日）の2日間、鹿児島大学工学部の郡元キャンパス建築学科棟を会場に、一般49名、学生6名、合計55名の参加者を得て開催された。会場は1階のレクチャールームと2階の01教室を講演発表用の第1、2会場に、2階の01教室前を受付に、1階のギャラリースペースをデジタルモデリングコンテストの展示及び発表会場に、2階の会議室を休憩室に設定した。

1日目は、午前は会場のである鹿児島大学郡元キャンパスの施設見学として、稲盛会館、博物館、奄美の高倉の見学を参加者10名で行った。午後からは10件の講演発表が行われた後、会場側のシマトネリコの木の前の記念撮影を行った。続くデジタルモデリングコンテストの発表では多くの方々にご参加いただき、6件のプレゼンテーションで、それぞれで活発な討議が行われた。その後、鹿児島出身の田中達也氏（ミニチュア写真家・見立て作家）による特別講演を稲盛会館にて開催した。特別講演会には一般参加の70名を合わせ122名が参加し、日常の物事を多視点から捉えて芸術的な表現へと変換する非常に楽しい講演であった。特別公演後は会場をホテルマイステイズ鹿児島天文館の宴会場に移し、45名の参加で懇親会が行われた。当学会九州支部長で近畿大学の井原 徹先生より懇親会開会の御挨拶の後、研究奨励賞の表彰と優秀研究発表賞の表彰及び受賞者からのスピーチがあり、大変盛況な会と

なった。

2日目は午前中に18件の講演発表が行われ、終会となった。

最後に、本大会の準備と運営にご尽力いただいた実行委員やプログラム委員、アルバイト学生の皆様、並びに参加者の皆様に感謝の意を表します。

## 大会スケジュール

11月23日（土）-----

- 10：00～11：30 キャンパス内建築物・資料見学会
- 12：30～17：00 受付
- 12：40～13：10 理事会
- 13：20～13：30 開会式
- 13：40～15：10 学術講演1（5件×2）
- 15：10～15：40 集合写真撮影＋休憩
- 15：40～16：40 デジタルモデリングコンテスト
- 17：00～18：00 田中達也氏特別講演会
- 18：00～19：30 移動
- 19：00～21：00 懇親会

11月24日（日）-----

- 08：30～11：00 受付
- 09：00～11：55 学術講演（5件×2，4件×2）

## 実行委員会

- 委員長：柴田 晃宏
- 委員：井原 徹
- 金子 哲大



河村 彰星  
竹之内和樹  
羽太 広海  
森岡 陽介  
西井美佐子

### プログラム委員会

委員長：鶴田 直也  
委員：高 三徳  
茂木 龍太  
田中 一郎  
松田 浩一



郡元キャンパス見学会



デジタルモデリングコンテスト会場



田中達也氏による特別講演



学術講演の様子 1



懇親会にて



学術講演の様子 2



懇親会での大会実行委員長あいさつ

## 大会講演プログラム・セッション報告

## 【講演発表】

11月23日（土）

## セッション1：平面幾何・図形教育・教育評価

（第1会場／13：40～15：10）

座長：河村 彰星（九州大学）

- 1) 情報を図で伝えるデザインの教育  
伏見 清香（放送大学）
- 2) アファンタジアに関する基本調査  
新関 雅俊（大阪電気通信大学工学部）  
新関 三希代（同志社大学経済学部）
- 3) WebのUIにおける誘目性の評価  
水谷 竜斗
- 4) 平織りによる単色幾何学模様の表現手法  
山本 陽平，金森 由博，三谷 純（筑波大学）
- 5) Social Strings Project  
今関 俊博（首都大学東京）

1)「情報デザイン」は近年、広く人々の生活に浸透し、科研費の分科・細目表にも現れるなど学術分野として広がりを増している。発表では、情報デザインの定義の試みや、各大学の教育課程での扱い、研究センターの活動など、国内外の事例が紹介された。質疑応答では、情報系と美術系での取組み方の違いなどについて議論が交わされた。

2) 心の中に感覚的イメージを思い浮かべる能力には個人差が大きいとされ、それが欠乏した状態をアファンタジアという。その度合を測ることは難しいが、この発表では、質問による推定の方法と、それをういて機械系と経済系の学生を対象に調査した結果が報告された。アファンタジアの研究は比較的新しく、今後も評価尺度の有効性や他の指標との相関について議論が深まることが期待される。

3) スマートフォンで利用しやすいウェブページの視覚表現に関する発表である。縦長の画面を指で操作するスマートフォンの特徴を踏まえて、ユーザによるボタン押下の所要時間や操作誤差が、ボタンの色彩や位置にどう依存するか調べた実験結果が報告された。発表者によると、今回は色彩や位置という単純な要素のみに着目したが、より現実的な状況での評価が今後の課題であり、会場でもその可能性について議論が行われた。

4) 一枚の紙を平坦に折り畳んで、最前面に浮き出た部分が所望の図形になっているようにする「二層折り」が題材である。与えられた多角形を二層折りで得るための手法とその実装・作例が報告された。ボロノイ図の領域の形を実現できることが既に知られており、提案手法ではこれを利用して目的の多角形を作る方法を与えた。

5) いわゆる引きこもり者の支援として、在宅のままデジタルコンテンツ制作に従事する環境を整えるという標題のプロジェクトの紹介である。社会的背景・目的から具体的な実施体制・方法まで総合的な視点で説明がなされた。数年にわたって進める計画

として提案されており、今後の経過に注目したい。

（河村 彰星）

## セッション2：造形論・図学史（第2会場／13：40～15：10）

座長：面出 和子（女子美術大学）

- 6) 基本形の虚と実—芸術の実相—  
福江 良純（北海道教育大学）
- 7) フェルメールの描いたタイル  
佐藤 紀子（女子美術大学）
- 8) Monge「図法幾何学」出版より前に書籍などで表現されていた複面投影図  
福田 幸一（元久留米工業高等専門学校）  
大月 彩香（元 九州大学）、竹之内 和樹（九州大学）
- 9) 情報を伝える図の歴史を考える  
茂登山 清文（名古屋芸術大学）、伏見 清佳（放送大学）
- 10) 絵巻物における人物表現の構図に与える効果について  
宮永 美知代（東京藝術大学）

6) 彫刻家石井鶴三の提唱する「基本形」は、立面図など形状計測によらず、モデルから感受したものを構築したソリッドであり、それは木取り法によって制作されるが、オブジェから感じられる空間が重要であるとの造形論であった。「基本形」が重要であることは理解できるが、それが不完全であるとのような結果になってしまうのかわかると良いのではないだろうか。ただ木取りによって得られるソリッドには美しさを感じられる。

7) フェルメールが描いた部屋のタイルに注目した絵画空間の分析であった。フェルメールは異なるサイズのキャンバスであってもいくつかの同じような場所を設定して描いていることがわかった。しかし、背景として描かれたそれぞれの部屋は、透視図法の知識と鋭い観察眼から、見えたように再現されているが、必ずしもそれを実証する資料が得られなかったことも報告された。今後に期待したい。

8) Mongeが図法幾何学を創造するまでの経緯と当時の科学技術などに関する状況の調査の報告である。複面投影図については、1500年代には現在に近い図の例もあることが確認された。これらの丹念に調査された図学に関わる歴史を残していくことは、たいへん重要なことであろう。

9)「情報」という視点から、情報を伝える図は、デザイナーが職能として確立する以前には多様な職業の人たちによって必要に応じた図が制作されていた多くの事例が紹介された。それらのことから、これまでの「デザイン史」の読み直しを提唱している。図による情報伝達リテラシーとして、これからの展開を期待したい。

10) 国宝『伴大納言絵巻』前巻の導入部分の応天門炎上場面に描かれた特徴的な群衆表現に焦点を当て、それらの個々の人物の顔の向きや人物配置が画面全体のダイナミズムを与えているという考察を試みたものであった。確かに人物の表現が構図に与える影響はあると思われるが、他の作品についてもどうなっているの

かを検証してみていただきたいと思います。

(面出 和子)

11月24日 (日)

セッション3：空間認識 (第1会場／9：00～10：30)

座長：福江 良純 (北海道教育大学)

- 11) 場の作り方が、錯視立体の作成に与える影響—2種の錯視ブロックワークショップを通した検討

丸谷 智子 (東京藝術大学)

丸谷 和史 (NTTコミュニケーション科学基礎研究所)

- 12) カフェウォール錯視におけるモルタルの輝度条件の3次元的解釈

丸谷 和史 (NTTコミュニケーション科学基礎研究所)

丸谷 智子 (東京藝術大学)

- 13) 三方向変身立体の設計原理

杉原 厚吉 (明治大学)

- 14) 最近の学生の広角レンズ画像への慣れ計測の試み

田中 一郎 (東京電機大学)

- 15) 「どんぶりdeプラネタリウム」のカメラ部分の改良

山島 一浩 (筑波学院大学), 辻合 秀一 (富山大学)

11) において、錯視ブロックを構成した錯視立体が撮影された場合、実寸よりも大きく認識される過大視現象が生起する可能性のあることが確認された。また、錯視立体をツールとして導入された地図に布置し「街を作る」というテーマで実施されたワークショップの報告において、錯視立体に縮尺上のスケール感を与えた場合の過大視現象が制作行為に与える影響についての考察も示された。

12) は、代表的幾何学的錯視の一つであるカフェウォール錯視に関し、階段状の立体表面に投影された直柱群の影を斜めから観察した場合に生じるカフェウォールパターンの3次元状況を詳しく解析し、錯視の強度変化を起こす図形要素であるモルタル幅とその輝度の相関関係と照合した。その結果、錯視が生じる望ましい条件として、奥行き変化が起こる面およびその影がモルタルを形成すること、影が落ちる面の奥行き差は観察距離の約1から2%程度の範囲であることが明らかになった。このように、光源と視点の位置を3次元状況と関連付けた図形条件の観点より、錯視の強度変化についての説明がなされた。

13) においては、錯視多義図形の内でも例の少ない、三方向から見たとき異なる立体に見える錯視図形の設計法が示された。これは偶然の発見に頼ることなく、系統立った設計法に基づくものであるが、そのユニークな点は、投影図に働く視知覚の傾向を立体視に応用している点である。つまり、2次元を3次元に「見せる」ことで錯視の視覚体験を誘発しているのである。なお、この錯視立体の1例は、2018年ベスト錯覚コンテストで優勝している。

14) 従来、広角レンズで撮影した写真には外周部に生じる歪みに違和感が指摘されてきた。しかしながら、近年の広角で起動するデジタルカメラやスマートフォンの普及によって、若者は広角

画像に慣れてきている可能性もある。そこで発表者は、ある学生のグループに対し、様々な焦点距離のCG画像についての印象、普段よく見る画像の種別、普段使用するカメラの種類等を選択回答するアンケート実施した。その結果、若者が従来に比べ広角に慣れているという確証は得られなかったが、広角画像より望遠画像に違和感をもつ傾向がみられた。

15) 「どんぶりdeプラネタリウム」は、どんぶり型の器に描かれた画像をプラネタリウムに映す、発表者が開発したワークショッププログラムである。これはプラネタリウムの投影システムのデジタル化によって可能となったが、内部に据えられるカメラ部分の基台などのハード面に改良の必要があった。発表においては、①形状を半円として、それを支える台を設計、②中心に撮影の機械を設置できる、③どんぶりの代わりの半球をつくるの3項目について、CADによる設計案が示された。

(福江良純)

セッション4：CAD・形状処理・形態構成

(第2会場／9：00～10：30)

座長：山本 陽平 (筑波大学)

- 16) カーボディ模型の3DスキャナーデータからCADモデル作成における問題点とその解決方法

高 三徳, 亀井 延明, 中島 紀高, 葛馬 侑太郎,

馬 曉成, 柴崎 大雅, 中島 海流 (明星大学)

- 17) 3D CADによる解析結果の応力可視化アプリケーションの開発

神田 俊明, 新関 雅俊 (大阪電気通信大学)

- 18) 部品分離のためのアセンブリモデルの分割線設計手法

道川 隆士 (理化学研究所)

久保山 淳平, 福重 真一, 小林 英樹 (大阪大学)

- 19) 嘉麻市古処連山水源空間の修景その2—椅子の製作—

辻 恭一, 金子 哲大 (近畿大学)

- 20) 市街地再編成における統合評価システムの構築

永野 康行 (兵庫県立大学)

山田 克之 (山田克幸建築設計事務所)

安枝 英俊 (兵庫県立大学), 木多 道宏 (大阪大学)

16) CAD等の教育を目的とした、リバースエンジニアリング法の実験の報告である。3Dスキャンした自動車のカーボン模型から、滑らかさと接続性を持つ3D-CADデータを3D-CADソフトウェアであるCATIAのパワーフィット機能を用いて作成することを通して考察された。これらのデータ作成を通して、学生のコンピュータ支援計測／設計／製造への理解を深めることに成功した。今後は、より誤差が少なくなるリバースエンジニアリングを教材として、引き続き教育を進められる。

17) 3DCADにおける有限要素法の解析結果の可視化を目的とした研究である。コンロッド (自動車エンジンのパーツ) の円柱状の領域にかかる応力の可視化の成果が報告された。報告では、円柱にかかる圧力の大きさ・解析結果を、あたかもレーダー



チャートのように可視化した結果を示された。今後は、別のモデルに対する可視化の結果を期待したい。

18) 使用済み製品から再利用する部品を取り出すことを目的とした、製品を分割する手法の研究報告である。対象の製品をボックスで近似し、グラフカット問題を応用することで、手順の少ない分割を示された。結果として、人の直感では思いつきづらい分割が得られた。また、メーカーが必要な部品の取り出し方を公開すれば、製品のCADデータが無くとも分割ができると、実際の活用の流れも具体的に考えられていた。

19) 福岡県嘉麻市の古処連山にて地域活性化に取り組むカフェの支援を目的とした活動である。自然を楽しむコンセプトを持つカフェで使用する椅子の設計を報告された。設計した椅子は、合板を円柱状に丸め、円状の補強材を接着したシンプルな作りであり、それゆえ、乗る・転がす・叩くなどの多様な行為が発生する。使用する合板の種類や、耐久性の計測方法など、活発な意見交換が行われた。

20) 未来の都市・地域構造を構想するために「統合評価システム」の構築を目的とし、兵庫県朝来市の街道沿い型の集落における住まい方の将来像の提案を例示された。報告では、「おもて通り」と「うら通り」に接道する空間構造の「おもて通り」の街並みを継承するために、駐車場を「うら通り」側に用意する街づくりを提案された。意見交換では、類似した街づくりを発見できればその有用性を評価できるため、今後の調査が期待される。

(山本 陽平)

#### セッション5：設計論（第1会場／10：40～11：55）

座長：鶴田 直也（東京工科大学）

##### 21) 福岡市の屋台の研究

松枝 勇希，金子 哲大（近畿大学）

##### 22) 賃貸共同住宅のリノベーションにおける空間構成手法に関する基礎的研究—写真における戸内特徴の表出—

森岡 陽介（近畿大学）

##### 23) 坂本鹿名夫の円形建築の形態構成に関する研究

種田 元晴（文化学園大学）

##### 24) 地方における長寿命建築の提案—古民家ファサードの用途と形の変遷—

平見康弘，金子哲大（近畿大学）

21) 屋台の実測調査についての報告であり、福岡市屋台基本条例で定められた事項と現状の形状や屋根の展開パターンの紹介がされた。屋台一台の重量が200-300kgあり車で移動する必要があること、また、それが交通渋滞に影響していることに関して、どの程度軽量化してどう運ぶかについての質疑応答が行われた。

22) は賃貸共同住宅のリノベーションされた部屋の写真の構成要素を抽出し、写真に写る床や壁、天井部分の面積比率を分析した研究である。質疑では、比較対象とした未リノベーション部屋と写真の撮影方法が異なる点についての質問と建具の割合に着目すると興味深いデータが出ているとのコメントがあった。

23) は坂本鹿名夫の円形建築に着目し、その設計理念をまとめ直し、形態構成を調査した研究である。坂本鹿名夫作品集に記載の延床面積や階数から各建築物の概算直径を計算し、直径と年代や用途の関係を考察している。病院建築や宗教施設と比較した場合の円形校舎の機能やコンセプトについて活発な議論があった。

24) は福岡県朝倉市の建物の実測調査と聞き取りを元にして、古民家ファサードの変遷について考察している。発表では年代ごとに増築によって変化していく建物の立面図が示され、当時の用途や隣接する建物、周辺の様子について説明があった。質疑では、増築の背景や周辺環境の変遷に関する質問があった。

(鶴田 直也)

#### セッション6：図学教育（第2会場／10：40～11：55）

座長：高 三徳（明星大学）

##### 25) 東京大学教養学部における図学教育（1）—「図学（講義）+図学製図」（1949～1986）—

鈴木 賢次郎（東京大学）

##### 26) 美術と図学教育（3）—東京芸術大学における図学関連講義の試験問題考—

佐藤 紀子，齋藤 綾，面出 和子（女子美術大学）

村松 俊夫（山梨大学）

##### 27) 科目「メディアデザイン基礎」におけるTinkercadの導入

山島 一浩（筑波学院大学）

##### 28) 設計・製図教育に及ぼす改正JIS B 0001:2019を俯瞰する

平野 重雄（東京都市大学，株式会社アルトナー）

喜瀬 晋，関口 相三，奥坂 一也（株式会社アルトナー）

荒木 勉（筑波技術大学）

25) 東京大学新制教養学部においては、図法幾何学を中心とした図学教育が行われてきた。本発表では、1949～1986年に実施された「図学（講義）+図学製図」について、教育目的・理念、教科内容、授業方法・成績評価、教員組織、履修状況、学生作品等を報告した。教科内容に陰影の取入れ、授業方法にCGの導入、手描きとCGの実施順番、受講者数等について質疑応答が行われた。

26) 芸大で長年に渡り図学教育に従事した小山清男先生の作成した図学関連講義の試験問題の内容から学生の立体および空間把握能力がどのように培われてきたのかを調査してきた。本発表では、「ラバットメント」に関する6つの作図問題の傾向と解答事例を取り上げ、第一角法と第三角法について比較した。小山清男先生により作成された試験問題の利用現状および学生の正解率等について質疑応答が行われた。

27) CAD教育を念頭に置いて設計されているWebベースのソフトウェアTinkercadを「メディアデザイン基礎」科目の実習への導入を試みた。本発表では、科目と授業の概要、授業内容、授業計画、Google ClassroomおよびTinkercadの資料の利用、受講者からの感想を報告した。Tinkercadのデータ構造、チュートリアル、学生の理解度等について質疑応答が行われた。

28) JIS B 0001は日本の製図総則に基づき、主として機械工業の分野で使用する部品図および組立図に関する規格である。これに該当するISO規格はない。本発表では、設計・製図教育に及ぼす改正JIS B 0001:2019を説明し、特に理論的に正確な寸法 (TED) 指示の意味、使い方について多数の図示例をあげ、学び方の基礎的な項目を明確にすることを目的に考察し、一つの教育方法を提示した。TEDの概念および応用等について質疑応答が行われた。

(高 三徳)

## 【デジタルモデリングコンテストプログラム】

11月23日 (土曜日)

デジタルモデリングコンテストセッション

(コンテスト展示室／15:40～16:40)

座長：田中 龍志 (株式会社ニテコ図研)

d01) 彫刻造型教材「セミ：高村高太郎オマージュ」の3Dデジタルモデリングモデル—木彫木取り法の学習の意義—

福江 良純 (北海道教育大学), 山田 修 (東京藝術大学)

d02) 6方向変身立体

杉原 厚吉 (明治大学)

d03) 3Dプリンタを用いたスマートロックの製作

佐野 亮太, 楠 みゆう, 田村 華実,

富永 哲貴 (産業技術短期大学)

d04) Automatic Generation of a Cityscape: Shibuya, Tokyo

安藤 直見 (法政大学)

d05) 和菓子の型—アルゴリズムを利用した和菓子の多様なデザイン提案—

江口 淑子 (京都女子大学)

d06) Barnacle shape vase—フジツボの形状を用いたフラワーアレンジメントを容易にする花器—

羽太 広海 (近畿大学)



# 日本図学会 2019年度秋季大会 研究発表 要旨

## 【講演発表】

### 1) 情報を図で伝えるデザインの教育

伏見 清香 Kiyoka FUSHIMI

情報を図で伝える方法にピクトグラムに代表される情報デザインがある。科研に情報デザインが登場したのは2013年である。現代デザイン事典では「人間にとって意味や価値のあるモノやコトのパターンをデザインする営みであり、情報環境の造形を通して人々のよりよいコミュニケーションを可能にする行為を意味する。」とする一方「・・・人間や文化の観点からの概念整理が必要になってきている。」とし、過渡期であることがわかる。ここでは、情報デザイン教育の視点から事例を挙げ、考察を試みる。

キーワード：造形論／デザイン／情報／教育

### 2) アファンタジアに関する基本調査

新関 雅俊 Masatoshi NIIZEKI

新関 三希代 Mikiyo NIIZEKI

心的イメージを思い浮かべる能力を持たない状態をアファンタジアと呼ぶ。人によって異なる度合いでアファンタジアの状態を持っている。この研究ではアファンタジアの度合いを調査する方法について述べる。また、いくつかの異なるグループに関して実際に調査を行い、結果を得た。その結果、日本人の特質にあった調査方法を検討する必要があることがわかった。

キーワード：図学教育／空間認識／設計・製図教育

### 3) WebのUIにおける誘目性の評価

水谷 竜斗 Ryuto MIZUTANI

WebのUI(ユーザインターフェイス)は数十種のパーツの組合わせで構成されるが、技術的制約の減少に伴い今日ではあらゆる視覚表現が可能となった。故に、現代のWebにおいてUIが視覚表現の観点から評価されることは一般的である。一方、視覚に係る法則の多くはWebの誕生以前からの概念であり、UIに対して同法則の適用が妥当であるかは研究の余地がある。本稿では、UIのデザインと操作を行う被験者の観察により誘目性の評価を行った。

キーワード：平面幾何学／Web／UI／誘目性

### 4) 平織りによる単色幾何学模様の表現手法

山本 陽平 Yohei YAMAMOTO

金森 由博 Yoshihiro KANAMORI

三谷 純 Jun MITANI

平織り(Origami Tessellation)と呼ばれる折り紙の技法は、平坦に折りたたまれた紙の重なりで幾何学的な模様を作成する。本研究では、平織りの手法を用いた単色の模様の表現を目指す。ボロノイ図を用いて平織りの展開図を設計できることに着目し、目的の模様を、ボロノイ図の各タイルに図あるいは地を割り当てた

幾何学図形で表現する。目的の模様をボロノイ図に分割する手法、ならびに、紙の重なりでその模様を表現できる平織りの設計手法を提案する。

キーワード：平面幾何学／ボロノイ図／折り紙／平織り

## 5) Social Strings Project

今間 俊博 Toshihiro KOMMA

日本全国の引きこもり者は数十万名を超え、社会的な問題となっている。Social String Projectは、引きこもり者に、ネットワークを活用した遠隔作業にて、CGアニメーション制作に携わってもらい、在宅にて、彼らの社会との関係を構築する事を目標としている。先般、アニメーション制作は、コンピュータ化されてきている。彼らのJobトレーニングとしての、CG講義の内容は、インターネット経由で実施する予定である。

キーワード：教育評価／ひきこもり支援／アニメーション

## 6) 基本形の虚と実—芸術の実相—

福江 良純 Yoshizumi FUKUE

彫刻家石井鶴三の提唱する「基本形」は、芸術学および造形論上の定着が望まれる有用な構造概念である。基本形は立面図など形状計測の手法に拠らず、モデルに感受したものを直接技法に適用することで構築されたソリッドである。そこに得られたものは、視知覚的なサーフェイスではなく、ソリッドに付与された内と外の有機的関係性が発現する非知覚的内容である。ここに、見えるものと感じられるものが交錯して成る芸術の実相があり、この虚と実の狭間において、基本形は所与のソリッドによるオブジェの原型として機能する。

キーワード：造形論／形態構成／形状処理／造形教育／空間認識

## 7) フェルメールの描いたタイル

佐藤 紀子 Noriko SATO

17世紀のオランダ絵画の黄金期を代表する画家、ヨハネス・フェルメールの作品には、正確な透視図法が用いられている。それは、描かれた室内画の市松模様のタイルにはっきりと表れている。しかし、これらの大理石に見えるタイルは、当時一般の家屋の床材としては値段が高価であり、庶民の居住空間に利用されることはなかったという見方もある。フェルメールのアトリエの床は、市松模様の大理石のタイルで敷き詰められていたのだろうか。それとも想像によって描かれたのだろうか。本稿では、イタリアの数学者、建築家、そして画家でもあったPietro Accoltiの透視図法を取り上げ、その理論を基にタイルの描写方法について考察した。

キーワード：造形論／17世紀オランダ絵画／透視図法／カメラ・オブスクラ

## 8) Monge「図法幾何学」出版より前に書籍などで表現されていた複面投影図

福田 幸一 Koichi FUKUDA  
大月 彩香 Ayaka OHTSUKI  
竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

Mongeの「図法幾何学」(1798年初刊)における複面投影表現は、時代をさかのぼればMongeより前にもグーテンベルクの印刷術による書籍などでも表現されていた。これらの分野は美術・建築・土木・造船・要塞などである。今回は、図学および製図に関する図例を先行研究と共に紹介し、Mongeが果たした役割を再認識することにした。

キーワード：図学史／複面投影／石切／Monge

## 9) 情報を伝える図の歴史を考える

茂登山 清文 Kiyofumi MOTOYAMA  
伏見 清香 Kiyoka FUSHIMI

デザインの歴史は、19世紀半ばのウィリアム・モリスらによる「アーツ・アンド・クラフツ運動」をもって始まるとされる。しかし「情報」という視点からみると、それにはとどまらぬ流れが見えてくる。中世におけるイラストレーション、18世紀終盤のグラフ表現、そして19世紀のナイチンゲールやミナールのインフォメーショングラフィクスである。本発表では、それら情報を伝える図の歴史の「前史」と「初期」について考察を試みる。

キーワード：造形論／情報デザイン／インフォメーショングラフィクス／ヴィジュアルリテラシー

## 10) 絵巻物の人物表現の構図に与える効果について—人物の姿勢と配置のリズム—

宮永 美知代 Michiyo MIYANAGA

絵巻物は日本独特の絵画形式で平安末から鎌倉時代に数多く造られた。中でも国宝『伴大納言絵巻』(12世紀後半)前巻の導入部分に描かれる応天門炎上場面は、ドラマ性が高い名場面の1つとされる。本研究ではこの場面に描かれた総勢177人の特徴的な群衆表現に焦点を当て、個々の人物の顔の向きや人物配置がどのような造形効果を与えているのかについて考察する。右から左へとスクロールして鑑賞する絵巻のなかに、鑑賞者を引き込む造形効果の仕組みを人物表現から考察する。

キーワード：造形論／絵巻／人物／横顔／構図

## 11) 場の作り方が、錯視立体の作成に与える影響—2種の錯視ブロックワークショップを通じた検討

大谷 智子 Tomoko OHTANI  
丸谷 和史 Kazushi MARUYA

本研究では、錯視ブロックを使ったワークショップで撮影された錯視立体の大きさを、実寸よりも大きく認識する過大視現象が生起する可能性について検討した。また、この過大視現象を考慮して、制作物のスケール感を明示的に与えるワークショップを立案した。このワークショップの実施例も報告する。

キーワード：造形教育／空間認識

## 12) カフェウォール錯視におけるモルタルの輝度・図形条件の3次元的解釈

丸谷 和史 Kazushi MARUYA  
大谷 智子 Tomoko OHTANI

階段状の立体表面に投影された直柱群の影を斜めから観察したとき、著名な幾何学的錯視であるカフェウォール錯視様の網膜像が生じる。本研究では、カフェウォール錯視の強度変化をもたらしモルタルの幅と明るさを3次元状況に当てはめて考えたときに、どのような制約条件としてとらえられるかを検討した。結果、奥行き変化が起こる面、およびその影がモルタルを形成すること、および、錯視が生じるためには観察距離の約1から2%程度の奥行き差がある面に影が落ちている状況が望ましいことが明らかになった。これらの結果は、大きな観察距離に対して、比較的奥行き差が少ない物体表面の形状推定を行うときに物体に落ちる影の情報が有効な手がかりとなることを示している。

キーワード：空間認識／錯覚／カフェウォール錯視／パースペクティブ

## 13) 三方向変身立体の設計原理

杉原 厚吉 Kokichi SUGIHARA

三つの方向から見たとき異なる立体に見える錯視図形の設計法を示す。面と面が直角に接続されて作られる直角立体の垂直投影図には、3組の平行線群が含まれる。その図を水平に置き、一組の平行線が網膜上で垂直となる姿勢で斜めに見下ろすと、垂直方向へ圧縮された立体が知覚される。本当に垂直に立った小物を追加して重力方向を示すと、錯視は強化される。この立体の1例は、2018年ベスト錯覚コンテストで優勝を獲得している。

キーワード：空間認識／不可能立体／立体錯視／多義図形

## 14) 最近の学生の広角レンズ画像への慣れ測定の試み

田中 一郎 Ichiro TANAKA

従来、広角レンズで撮影した写真では外周部にはゆがみが生じて違和感を覚える映像となるといわれてきた。広角で起動するデジタルカメラやスマートフォンの普及に伴い最近の若者は広角画像に慣れてきている可能性がある。学生に様々な焦点距離のCG画像からもっとも自然と感じるものを選んでもらいデジタル画像の影響を探った。従来より広角に慣れているという確証は得られなかったが、広角画像より望遠画像に違和感をもつ傾向がみられた。

キーワード：空間認識／広角レンズ／デジタルカメラ

## 15) 「どんぶり de プラネタリウム」のカメラ部分の改良

山島 一浩 Kazuhiro YAMASHIMA  
辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

「どんぶり de プラネタリウム」のカメラ部分の改良を行った。CADで、設計を行い3Dプリンタで出力を行った。どんぶりと形状の異なるプラネタリウムのこともあり、出力した構造で、調査することにした。設計では、中心に撮影機材を置く。それとどんぶりの代わりを設計した。

キーワード：CAD・CADD／形状処理／Autodesk Fusion 360

## 16) カーボディ模型の3DスキャナーデータからCADモデル作成における問題点とその解決方法

高 三徳 Sande GAO  
亀井 延明 Nobeaki KAMEI  
中島 紀高 Noritaka NAKAJIMA  
葛馬 佑太郎 Yutaro KUZUMA  
馬 曉成 Xiaocheng MA  
柴崎 大雅 Taiga SIBASAKI  
中島 海流 Kairu NAKASHIMA

リパースエンジニアリング手法をCAT/CAD/CAMの教育に活用するため、ドイツGOM社製のATOSという3Dスキャナー形状測定システムを購入した。このシステムを用いてカーボディ模型の形状を測定した。測定データはstl形式であり、欠陥もあるので、カーボディの金型のCNC精密加工に使えなかった。本研究では、3D-CADソフトウェアCATIAを通してstlデータから自由曲面のCADモデルを作成した。その際、作業量、モデルの精度および滑らかさ等に問題が生じた。本稿ではそれらの問題を考察し、解決方法を提案した。

キーワード：形状処理／カーボディ／CAT／CAD／CAM／リパースエンジニアリング

### 17) 3DCADによる解析結果の応力可視化アプリケーションの開発

神田 俊明 Toshiaki KANDA  
新関 雅俊 Masatoshi NIIZEKI

3 昨今, CADは設計者の設計補助ツールとしてモデルの作製や評価に役買っている。しかし, CADでの操作は複雑であり, 初心者が扱うには困難が生じる。また, 設計した部品等の評価において有限要素法で解析を行った場合, 設計者は条件や結果を踏まえて評価しないといけないことから第三者への評価伝達が難しい。これらにより, CAD操作にたけた作業者であってもモデルの作製から評価までにかかる作業の量は膨大である。以上のことから, 作業者の操作による負担を限りなく軽減し, 評価を端的でわかりやすく伝えることができるようにすることを目標とし, 本稿にて成果を述べる。有限要素解析の自動的に行い, 有限要素解析で扱った条件を図示することにより条件や結果を含む評価を円滑に伝達できると考える。

キーワード: CAD・CADD/有限要素解析 (FEM) /コンソリッド

### 18) リユース対象部品分離のためのアセンブリモデルの分割線設計手法

道川 隆士 Takashi MICHIKAWA  
久保山 淳平 Junpei KUBOYAMA  
福重 真一 Shinichi FUKUSHIGE  
小林 英樹 Hideki KOBAYASHI

本稿では, 使用済み製品から部品を分離するための製品アセンブリモデルの分割線の設計手法を提案する。提案手法は, ボクセル化したアセンブリモデルに対する2クラス領域わけ問題と捉え, 2領域の境界部分を分割線とする。提案手法では, ボクセル化したアセンブリモデルに対してグラフカット法による領域わけを適用する。提案手法では, 様々な拘束条件を与えて領域わけを計算し, その分割コストを評価, 最小のものを分割線とする。本稿では, 幾つかの例題に対して提案手法を適用し, 部分的破壊を伴うリユースプロセスにおいて有効であることを示す。

キーワード: CAD・CADD/リユース/リマニファクチャリンググラフカット法

### 19) 嘉麻市古処連山水源空間の修景その2 —椅子の制作—

辻 恭一 Kyoichi TSUJI  
金子 哲大 Tetsuo KANEKO

福岡県嘉麻市の古処連山にある, 地域活性化に取り組む「sleepy cafe nico」に設置する子供用椅子を制作した。容易に曲げられる共芯2mm(1820mm×910mm)のシナ合板と木工用ボンドを用いた円形の椅子は, 子供にとって遊びの道具になりうるため, 設置するだけで「乗る・転がす・叩く」などの行為が生まれる。今後, この椅子のようにシンプルであるが故に多様な行為が

発生するデザインにより, nicoの地域活性化のための取り組みの一助となることを期待している。

キーワード: 設計論/修景/椅子/シナ合板

### 20) 市街地再編成における統合評価システムの構築

永野 康行 Yasuyuki NAGANO  
山田 克幸 Katsuyuki YAMADA  
安枝 英俊 Hidetoshi YASUEDA  
木多 道宏 Michihiro KITA

地殻, 地盤, 地質, 地形, 生態系, インフラ, 建築物, 社会組織, 制度の情報を整備・分析し, 未来の都市・地域構造を構想するための「統合評価システム」構築を目指している。本稿では, そのケーススタディとして, 兵庫県朝来市における立地適正化計画を取り上げ, 自然・生態・地殻にわたる観点から再評価を踏まえて, 居住誘導区域外の集落において居住を継続する可能性について検討する。

キーワード: 形態構成/市街地再編成/統合評価/立地適正化計画

### 21) 福岡市の屋台の研究

松枝 勇希 Yuki MATSUEDA  
金子 哲大 Tetsuo KANEKO

福岡市は, 日本で唯一屋台に関する条例が整備され, 屋台を観光資源として積極的に活かす自治体である。現在約110軒が営業しているが, 屋台を製作する大工職人, 屋台の移動を請け負う曳屋の高齢化が顕在化してきた。本研究は, 新規参入者のための安価で軽量の屋台のデザインをすることを目的とし, 現在60軒の屋台の実測調査を実施している。典型的な平面図, 立面図を示し, 屋台の組み立てにおける展開方法について報告する。

キーワード: 設計論/屋台/仮設/組立解体

### 22) 賃貸共同住宅のリノベーションにおける空間構成手法に関する基礎的研究—写真における戸内特徴の表出—

森岡 陽介 Yosuke MORIOKA

賃貸共同住宅戸内空間の表現方法として間取り図が用いられるが, 平面情報のみの表現であるため一般には写真を併用することで空間の特徴を視覚的に捉えられることができる。リノベーションでは機能構成の変更を行うため空間特徴の視覚的表出が重要となる。そこで本報告では, リノベーションされた戸内とされていない戸内の写真を比較し差異を見いだすことで, 戸内印象の統一を目指すリノベーションの設計上の指針を得ようとするものである。

キーワード: 設計論/リノベーション/RC造/共同住宅



## 23) 坂本鹿名夫の円形建築の形態構成に関する研究

種田 元晴 Motaharu TANEDA

建築家・坂本鹿名夫は、1954～1959年頃にかけて、日本全国に数多くの円形校舎建築を設計し、一世を風靡したことで知られている。本稿では、坂本の円形建築に関する既往の研究を整理するとともに、坂本の著作『円形建築』に掲載された代表的な建築作品の基本情報および形態要素の分析を通じて、坂本が円形建築に馳せた想いに迫ってみたい。

キーワード：設計論／形態構成／円形校舎／坂本鹿名夫／建築平面

## 24) 地方における長寿命建築の提案—古民家ファサードの用途と形の変遷—

平見 康弘 Yasuhiro HIRAMI  
金子 哲大 Tetsuo KANEKO

本研究は福岡県朝倉市杷木にある古民家を対象とし、地域に根ざした素材の使用や構法により長寿命の建築として改修することを目的とする。古民家は、旅館従業員の下宿、赤線、八百屋、弁当屋、焼き鳥屋、不動産屋そして住宅と長い年月の中で用途と形を変えてきた。現在実測調査を終え、持ち主や近隣順民からの聞き取りにより、用途の変化に従い建築ファサードが削除、付加、重ね合わせのデザインにより変化してきた姿が浮かび上がった。

キーワード：設計論／古民家／改修

## 25) 東京大学教養学部における図学教育（1）—「図学（講義）＋図学製図」（1949～1986）—

鈴木 賢次郎 Kenjiro SUZUKI

東京大学教養学部においては、前身である旧制第一高等学校以来、図法幾何学を中心とした図学教育が行われてきた。旧制高等学校における図学教育については、既に原正敏氏により詳細な報告がなされているので、ここでは新制教養学部における図学教育について報告する。第一報として、1949～1986年に実施された「図学（講義）＋図学製図」について、教育目的・教育内容等、その背景を含めて報告する。

キーワード：図学教育／図学教育史

## 26) 美術と図学教育（3）—東京芸術大学における図学関連講義の試験問題考—

佐藤 紀子 Noriko SATO  
齋藤 綾 Aya SAITO  
面出 和子 Kazuko MENDE  
村松 俊夫 Toshio MURAMATSU

本研究は、東京芸術大学で1960年頃から30年ほどの間に行われてきた図学関連講義における試験問題を考察し、学生の立体およ

び空間把握能力がどのように培われてきたのかを明らかにしようとするものである。今回は、2つ目のテーマとなる「ラバットメント」に関する問題を取り上げた。投影画面と平面との関係を考えていくこのテーマでは、作図対象となる平面が、具体的な形状に限定されないだけに、とりわけ2次元上での作図過程に想像力を必要とする。また、「ラバットメント」は、第一角法でのみ作図が可能となるが、初学者には難しい箇所でもある。小山は、第一角法よりも初学者の理解しやすい第三角法へと、図学教育が切り替わっていった時代に、あえて第一角法による教育を続けた。今回取り上げた試験問題を考察することによって、美術学生に対する小山の図学教育への考え方がここに見えてきた。

キーワード：図学教育／美術／造形思考

## 27) 科目「メディアデザイン基礎」におけるTinkercadの導入

山島 一浩 Kazuhiro YAMASHIMA

科目「メディアデザイン基礎」は、1年次の選択科目で、学生にPCを使いデザインの実習を学習する前段階として用意されている。その最初の時間に、Tinkercadの導入を試みた。Tinkercadは、小学生からのCAD教育を念頭に置いて設計されているWebベースのソフトウェアである。学生には、概ね使用した。

キーワード：図学教育／CAD・CADD／Tinkercad

## 28) 設計・製図教育に及ぼす改正JIS B 0001：2019を俯瞰する

平野 重雄 Shigeo HIRANO  
喜瀬 晋 Susumu KISE  
関口 相三 Sozo SEKIGUCHI  
奥坂 一也 Kazuya OKUSAKA  
荒木 勉 Tsutomu ARAKI

機械製図が2019年5月20日に改正された。改正前の規格に関しても多くの修正を施したにも拘わらず、用語の間違い・製図ルール誤用の誤用・解説を熟読しないと真意が不明であるなどが見られる。新たに機械製図を学ぶ学生・技術者は、日本産業規格には間違いはないと信頼し白紙から勉強する。本報は、学び方の基礎的な項目を明確にすることを目的に考察し、改正規格の一部であるが、ひとつの教育方法を提示した。

キーワード：設計・製図教育／機械製図規格／製図用語／理論的に正確な寸法／製図規格制定の原則



## 2019年度春季大会優秀研究発表賞・研究奨励賞選考結果報告

2019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：杉原 厚吉（明治大学）  
論文題目：変身立体の設計原理とバリエーション

### 研究奨励賞

発表者：大島 和輝（筑波大学）  
論文題目：Origami Checkerboard パズルの折り手順の  
可視化システム

発表者：小澤 悠人（神戸大学）  
論文題目：採光部の形状と採光性能の関係に関する研究

## ●報告

# 第11回デジタルモデリングコンテスト 実施報告

実行委員長、プログラム委員

松田 浩一 Koichi MATSUDA

実行副委員長、大会実行委員

西井 美佐子 Misako NISHII

## 1. 概要

本コンテストは事前エントリーの上、作品解説を提出してもらい、2019年11月23日・24日に開催された2019年度日本図学会秋季大会（鹿児島大学郡元キャンパス）の会場にて、第11回デジタルモデリングコンテストエントリー作品の展示とファストフォワード（ショートプレゼンテーション）およびフリートークを実施した。

本稿では、コンテストの概要、展示・ショートプレゼン・フリートークの様子そして審査結果を報告する。

## 2. コンテスト概要と開催の目的

コンテストの目的は、個々のスキルアップとスキルの共有化である。それには、必然性を指向し、プロセスを残すことが重要である。そこで、デジタルモデリング（広義にはデジタルコンテンツ）制作を学術活動として意味づけし、コンテストという形式を維持しながら、秋季大会の会場をお借りして、会期中に発表を行う形式で実施した。また、大会論文集に制作過程を記載した作品解説を掲載することとした。そして、さらに三次元造形機の活用の展開を促進するため、他のコンテストでは評価の対象になりにくい、教育分野における教材・資料用作品およびその効果的利用法も評価対象に含めている。

### 作品応募

募集期間は、当初2019年7月1日から9月30日正午までとし、日本図学会ウェブサイトと図学会会員用メーリングリスト、Facebookで、応募条件や提出内容、評価基準を広報した。その後期間を10月7日まで延長し、最終的にエントリー数は6件であった。内訳は、会員4件、一般1件、学生1件で、会員4件のうち2件は応募経験者であった。

### 実行委員構成

委員長：松田 浩一（岩手県立大学）

副委員長：西井 美佐子（オフィス・アール・イー／女子美術大学）

審査委員：デジタルモデリング研究会委員

## 3. 展示・ショートプレゼン・フリートーク

展示（図1）およびファストフォワード（図2）、フリートーク（図3）は、以下のスケジュールで行った（表1）。

表1 エントリー作品、展示・ショートプレゼン・フリートークスケジュール

|                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| エントリー作品           | <p>d01) 彫刻造型教材「セミ：高村高太郎オマージュ」の3Dデジタルモデリングモデル—木彫木取り法の学習の意義—<br/>福江 良純（北海道教育大学）<br/>山田 修（東京藝術大学）</p> <p>d02) 6方向変身立体<br/>杉原 厚吉（明治大学）</p> <p>d03) 3Dプリンタを用いたスマートロックの製作<br/>佐野 亮太、楠 みゆう、田村 華実、<br/>富永 哲貴（産業技術短期大学）</p> <p>d04) Automatic Generation of a Cityscape: Shibuya, Tokyo<br/>安藤 直見（法政大学）</p> <p>d05) 和菓子の型—アルゴリズムを利用した和菓子の多様なデザイン提案—<br/>江口 淑子（京都女子大学）</p> <p>d06) Barnacle shape vase—フジツボの形状を用いたフラワーアレンジメントを容易にする花器—<br/>羽太 広海（近畿大学）</p> |
| 展示                | <p>会場：建築学科2号棟<br/>ギャラリースペース①</p> <p>搬入：11月23日 10：00～受付開始<br/>応募者各自作品搬入・展示作業</p> <p>搬出：11月24日 12：00～<br/>応募者各自作品搬出</p> <p>展示1日目：11月23日 12：30～16：40<br/>展示2日目：24日 9：00～12：00</p>                                                                                                                                                                                                                                                                   |
| ショートプレゼンおよびフリートーク | <p>会場：建築学科2号棟<br/>ギャラリースペース①</p> <p>23日 15：40～15：50<br/>作品紹介ファストフォワード（ショートプレゼン）：プレゼン用の作品解説を展示会場前方に設置したスクリーンにプロジェクションしてエントリー順で発表、持ち時間各1分</p> <p>23日 15：55～16：40<br/>フリートーク：コアタイムとして作品の前にて説明・議論</p>                                                                                                                                                                                                                                                |

ショートプレゼンの司会・進行は、田中龍志審査委員（株式会社ニテコ図研）が担当した。プレゼンでは一人あたりの持ち時間が1分ということもあり、時間内にまとめることが難しい応募者もみられた。今回はプレゼンと展示が同じ会場であった為、プレゼン後直ちに各作品展示場所へ会員が移動し、応募者の詳しい解説を聴くことができた。会場の広さにも左右されるが、今後展示会場内を使ったショートプレゼン実施の可否も検討事項になると思われる。（田中龍志実行委員のコメント）



図1 作品展示の様子



図2 ショートプレゼンの様子



図3 フリートークの様子

#### 4. 審査委員会報告

西井 美佐子（オフィス・アール・イー／  
女子美術大学）

審査結果と授賞作品について報告する。事前に審査基準を設けていたが、応募点数が6件と少なかったこともあり、表彰対象数の判断が分かれた。厳しく判断すると3件の授賞が妥当であるという委員と、一方、得点は次点より少ないが審査の結果が高い評価であり、そちらも入賞に含めるのが妥当との意見があった。そこで、第10回までのコンテストおよび2017年度アジアデジタルモデリングコンテストの審査を踏まえるとともに、審査委員からの意見を整理して基準を新たに設けて、審査結果をまとめた。

##### （1）審査基準（事前に公開されている審査基準）

「コンテストは、機構を持つ立体構造の考察、立体的な発想を喚起することを目的し、以下のような審査基準を設けます。」

（日本図学会第11回デジタルモデリングコンテストのお知らせページ「審査基準」

[https://www.graphicscience.jp/contest/17\\_list\\_detail.html](https://www.graphicscience.jp/contest/17_list_detail.html)）

- ・発想やモデル製作を考慮した3次元データ構築及びデータの造形力を総合力で評価します。
- ・これまでの切削技術や一体成型では製作することが困難だった複雑な機構や幾何学的図形を実体化するなど3Dプリンタを利用することによって実現が可能になった立体構造の新規性を評価します。
- ・教育・資料用作品は、図学、造形、設計といった教育分野で、教材として効果的利用法が見える3D立体モデルを評価します。

そして、審査基準キーワードは、以下の通りである。

- ・発想
- ・3次元データ構築
- ・造形デザイン
- ・新規性
- ・教材としての効果的利用法

得票数によって表彰対象数に対して判断が分かれたため、審査委員の意見をもとに、以下の基準を今回新たに設けた。

最優秀賞：原則1件

- ・最も評点が高い
- ・目安として、過半数の委員が点数を入れている

優秀賞：原則1件

- ・次点
- ・目安として、過半数の委員が点数を入れている

審査員特別賞：若干数

- ・次点より得点は少ないが評価すべき点がある
- ・優秀賞と点数が大きく離れていないこと
- ・複数の審査員が評点を付けていること
- ・積極的に評価できるポイントがあり（最高点を付けている審査員が居り）、コンテストの趣旨に沿った説得性のある理由があること

##### （2）審査方法

審査用紙を審査委員へ配布して評価した。評価方法は、持ち点10点で、審査基準を踏まえて、最優秀賞にあたいすると思われる作品には5点、優秀賞にあたいすると思われる作品には3点、審査委員特別賞にあたいする

と思われる作品には1点を投票するとともに、その理由も記述することとした。また点数を入れなかったエントリー作品についてもその理由の記述をお願いした。都合により当日会場で評価できない審査委員は作品解説を見て評価する方法で審査をお願いした。

最優秀賞，優秀賞，特別審査員賞の決定は，総合点やコメント内容を踏まえて，最終審査をメーリングリストで行った。

### (3) 受賞者と審査結果コメントのまとめ

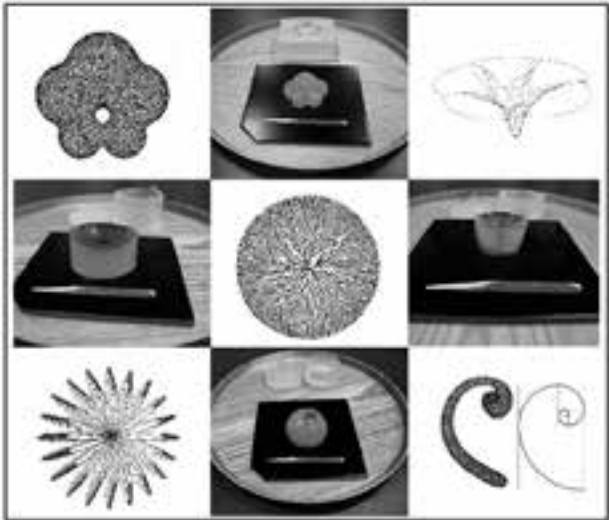
上位3件は，評価基準に該当する内容が十分に高い評価であると判定し，過半数の審査員が得点を付けている。そして次点より得点は少ないが評価すべき点がある作品を含めた。今回受賞作品4件を次のとおり決定した。

#### 最優秀賞

和菓子の型 ―アルゴリズムを利用した和菓子の多様なデザイン提案―

江口 淑子（京都女子大学）

作品概要：物をテーマに，数式によるアルゴリズムを使って和菓子をデザイン，モデリングし，3Dプリンタでその型を制作する。デジタルファブリケーションによる，和菓子のデザインを提案し，デジタルと自然の関係，多様性とこれからのデザインについて考察する。



和菓子の素材は寒天，型の素材は樹脂，  
型のサイズ55×55×45，60×60×40，60×60×30，  
80×80×30，2019 年制作

#### 審査結果

| 審査基準 | 評 価 |                      |
|------|-----|----------------------|
| 発想   | ◎   | 数式により展開して和菓子に転写させる発想 |

|              |   |                                 |
|--------------|---|---------------------------------|
| 3次元データ構築     | ◎ | 日本の伝統的な意匠を，アルゴリズムを用いてデータ構築している点 |
| 造形デザイン       | ○ | 作品までの工程を示す美しくまとまりが感じられる         |
| 新規性          | ◎ | 新たな和菓子づくりの可能性                   |
| 教材としての効果的利用法 | △ |                                 |

#### 審査委員コメント

- ・植物をテーマにした和菓子はよくあるが，さらに数式により展開しての奥行きを深さを増した新たな和菓子づくりの可能性が見えてくる。三次元造形により自ら型を試作することにより和菓子の世界の豊かな広がり期待できる。
- ・デジタル技術の融合や3Dプリンタを使用することが，伝統文化や伝統工芸に対して有効・有益であると思わせる作品であった。
- ・日本の伝統的な意匠を，アルゴリズムを用いてデータ構築している点が優れている。また，その形状を伝統的な和菓子に転写させる発想が新しい。
- ・美しくまとまりが感じられる。実物を制作することにより多くの時間が費やされているが，もう少し簡単な方法があるということを提案した。
- ・洋菓子における Dinara Kasko 氏のように計算によりデザインすることで，新しい和菓子の世界が広がることを期待させます。
- ・作ってみた，というだけで心を感じられなかった。

#### 優秀賞

Automatic Generation of a Cityscape: Shibuya, Tokyo

安藤 直見（法政大学）

作品概要：建築物が集積する都市中心部の立体構成にはそれぞれに固有の特徴がある。この作品は，建築物の平面形態と高さの分布を分析することによって得た立体構成の特性に基づき，ある都市中心部（東京・渋谷）の形態を自動生成（アルゴリズムによる生成）した3Dモデルである。



出力サイズ：W300mm×H300mm×H50mm，  
素材：エポキシ樹脂，制作：2019年

#### 審査結果

| 審査基準             | 評 価 |                                                      |
|------------------|-----|------------------------------------------------------|
| 発想               | ◎   | コンパクトにその街の気配を感じさせる点<br>造形されたモデルが，都市の分析にも利用できる点が優れている |
| 3次元データ構築         | ◎   | 計算による作る街並み                                           |
| 造形デザイン           | △   |                                                      |
| 新規性              | ○   | 統計結果と3Dデータを連携させてデータ構築をする発想                           |
| 教材としての効果的<br>利用法 | ○   |                                                      |

#### 審査委員コメント

- ・コンパクトにその街の気配を感じさせる点が興味深かった。
- ・都市の中心部の立体構成の三次元モデルの製作はその用途の幅が広く有用性が高いと考え推薦する。
- ・統計結果と3Dデータを連携させてデータ構築をする発想が新しい。
- ・また，造形されたモデルが，都市の分析にも利用できる点が優れている。
- ・立体構成としての面白さがある。
- ・計算による作る街並みという視点が面白い。
- ・3D造形モデルによって都市中心部の立体構成を見える化することができ，立体構成の特徴が理解できる。
- ・単なる立体地図ではなく，インフォグラフィック的な作品であるところに新規性を感じる。

#### 優秀賞

Barnacle shape vase —フジツボの形状を用いたフラワーアレンジメントを容易する花器—

羽太 広海（近畿大学）

作品概要：フジツボの形状から着想を得た花器の造形。複数の放射状の開口部を設け，草花を生ける際の選択肢を増やした。生花の動きに変化を持たせ，容易にフラワーアレンジメントを施せる花器のデザイン提案。



花器左 W140×D140×H145mm，  
花器右 W100×D100×H50 mm，PLA樹脂，2019年

#### 審査結果

| 審査基準             | 評 価 |                                           |
|------------------|-----|-------------------------------------------|
| 発想               | ◎   | フジツボをモチーフとするユニークな作品である                    |
| 3次元データ構築         | ○   | 3D CADを活用して作成した造形デザインを，実用的な花器として落とし込んでいる点 |
| 造形デザイン           | △   | プロトタイプ制作                                  |
| 新規性              | ○   | 花器としての新しい提案となっている                         |
| 教材としての効果的<br>利用法 | ○   | デザイン検討で3Dプリンタを活用する具体的事例作品で教材の有用性も感じられる    |



## 審査委員コメント

- ・当初設計したものを花器（＝花と一緒に）としての最適性を求めて変形しているところがよい。
- ・プロトタイプ制作花器のデザインの提案としては良いと思う。
- ・3D CADを活用して作成した造形デザインを、実用的な花器として落とし込んでいる点が優れている。
- ・造形的に興味深い形の非常にユニークな作品である。形状操作の方法もわかりやすく、花器としての新しい提案となっている。
- ・着眼点が面白い。
- ・フジツボをモチーフとするユニークな作品である。
- ・花器という身近なアイテムを採用している点、デザイン検討で3Dプリンタを活用する具体的事例作品として、評価できる作品である。年齢問わず扱える教材の有用性も感じられる。

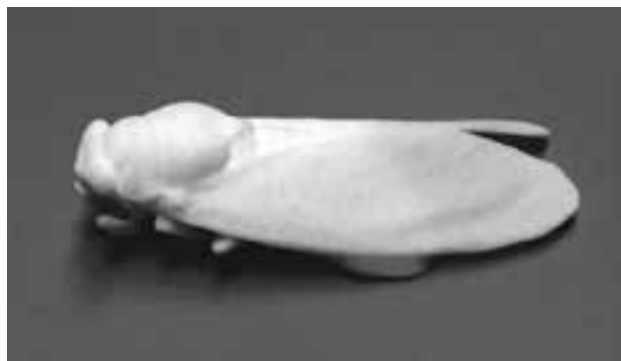
## 審査員特別賞

彫刻造型教材「セミ：高村高太郎オマージュ」の3Dデジタルモデリングモデル—木彫木取り法の学習の意義—

福江 良純（北海道教育大学）

山田 修（東京藝術大学）

作品概要：自然界には芸術的取材に適う多くの自然物が存在する。本作品「セミ」は、セミの亡骸から得られた3D形状デジタルデータを基にした彫刻造型用教材（モデル）である。自然形態から形状だけを抽出したこの樹脂モデルには、教材としての有効性と芸術表現上の問題点も交錯する。



サイズ：52×23×12mm（蟬原寸大）

## 審査結果

| 審査基準 | 評価                             |
|------|--------------------------------|
| 発想   | ○ 数が必要な教育用教材に3Dプリンタを用いるという取り組み |

|              |   |                                                         |
|--------------|---|---------------------------------------------------------|
| 3次元データ構築     | ○ |                                                         |
| 造形デザイン       | △ |                                                         |
| 新規性          | ○ | 高村氏の《セミ》を同様にスキャンして本物と比較することにより、新たな知見が得られるのではないか         |
| 教材としての効果的利用法 | ◎ | 三次元デジタルデータを基にした彫刻造型用教材としての活用、実践結果の評価を踏まえての応募であることが素晴らしい |

## 審査委員コメント

- ・数が必要な教育用教材に3Dプリンタを用いるという取り組みがよい。
- ・三次元デジタルデータを基にした彫刻造型用教材としての活用に共感した。デジタルモデリングコンテストセッションの際の説明を聞くことによって教材としての素晴らしさが見え、教材としての有効性にあわせ芸術表現上の問題点もこの中で指導できることをモデルを通して実感し、ここで作られたセミの彫刻造型教材としての教育用三次元モデルとして選ばせてもらった。これを用いてどのように指導するかがポイントでここが見えてはじめてこのモデルの価値が評価できる。この実践結果の評価を踏まえての応募であることが素晴らしい。
- ・高村氏の《セミ》を同様にスキャンして本物と比較することにより、新たな知見が得られるのではないか。

## （3）審査方法の一部見直しの必要性について

次の3件について、今後協議が必要として、委員から意見が上がった。1つ目は、現在の審査方法は、一般と学生は同じ土俵としているが、学生の枠として「学生奨励賞」のようなものを作ることにについて、そして、2つ目は、賞の性質からして、若い研究者を鼓舞する目的もあるなら既受賞者に対する、何等かの対応策について、3つ目は、現在の審査スケジュールでは、図学研究の入稿締切まで期間が短いことから、審査スケジュールを見直すことについてである。

## 5. プログラム実行委員報告

松田 浩一（岩手県立大学）

第10回に引き続き、コンテストを大会の中でセッションを設けて実施した。なお、第10回の表彰式は春季大会の懇親会にて行った。

## 広報活動

エントリー数の確保が近年の課題である。デジタルモ

デリング研究会委員の関係学会のML, 知人への通知を通じ, 昨年度より多い6件の応募をして頂いた。募集要項を詰める作業に時間がかかり, 予定よりも遅い公表となったため, 次年度は, 早期の要項の公開を目指したい。

#### 窓口対応

発表までの流れが, (1) エントリー, (2) 作品解説原稿提出, (3) 発表(審査)である。(1), (2)について, 担当窓口として対応を行った。

#### 作品解説の書式

第10回より使用している書式を利用した。応募者の原稿チェックも担務したが, 体裁上大きな問題はなかった。

#### プログラム編成

審査員の参加率, 大会参加者の多さの2点を考慮し, 第10回同様に一日目の開催として頂いた。議論の場としての位置づけを考慮し, ショートプレゼンテーションと合わせて60分の時間を確保した。

#### 作品設置

1名が前日搬入となったが, 他は全員当日持ち込みであった。前日搬入は, 会場担当者の保管の手間がかかる。会場の都合もあることから, 原則は当日持ち込みとし, 会場担当者と協議して前日搬入を可とするかを決めていくこととしたい。

#### まとめ

昨年度は, 実施形態の変更のため, 事前の決めごとに漏れが多く問い合わせも多かった。本年度は, 事前の詰めの作業に時間を要したものの, 運営自体はスムーズに対応することができた。次年度以降へ, しっかりと引き継ぎたい。

コンテスト開催に関わって頂いた大会実行委員の皆様やデジタルモデリング研究会の担当委員のご協力によって, 今年度もトラブルなく実施することができた。この場を借りて御礼申し上げます。

●報告

## 中部支部 2019年度秋季例会報告

辻合 秀一 Hidekazu TUJIAI

川崎 寧史 Yasushi KAWASAKI

日本図学会中部支部2019年度秋季例会を金沢で12月15日（日）に行いました。研究発表会には13名の参加者がありました。研究発表は9題あり、若手研究者を対象とした日本図学会中部支部奨励賞は2名が受賞しました。それぞれの研究発表に対して熱心な意見交換が行われ、相互の知識・理解を高める研究・教育の場となりました。

### プログラム

令和元年12月15日（日）

場所：金沢工業大学扇が丘キャンパス23号館105室

### 研究発表会

座長：中部支部2019年度秋季例会幹事 川崎寧史

挨拶：辻合秀一 中部支部長

#### （1）医療用インプラントの形状生成に関する研究

暢 婉君（静岡文化芸術大学大学院）

望月 達也（静岡文化芸術大学）

#### （2）美術教育における漫画の指導法の一提案

岡本 美玖（富山大学）

辻合 秀一（富山大学）

#### （3）円形デザインによる空間づくり

松本 麗園（金沢工業大学大学院）

川崎 寧史（金沢工業大学）

#### （4）三井アウトレットパーク北陸小矢部でのプロジェクト クションマッピング

辻合 秀一（富山大学）

#### （5）理論的に正確な寸法に関する一考察

平野 重雄（東京都市大学名誉教授）

喜瀬 晋・関口 相三・奥坂 一也（㈱アルトナー）

荒木 勉（筑波技術大学名誉教授）

#### （6）図で伝える情報の収集と整理

伏見 清香（放送大学）

#### （7）小児医療病棟のためのプロジェクション制作の報告

遠藤 潤一（金城学院大学）

#### （8）九州支部研究会「Mongeの図法幾何学を読み解く」 をまとめて

竹之内 和樹（九州大学）

福田 幸一（元 久留米工業高等専門学校）

大月 彩香（元 九州大学）

#### （9）柔らかな空間の骨格

川崎 寧史（金沢工業大学）

### 奨励賞表彰式

岡本美玖さんと松本麗園さんの2名の学生発表に対して奨励賞の表彰があった。

### 懇親会

懇親会は「駅の蔵 金沢駅店」で行われ4名の参加者があった。学会運営や図学教育などについて情報交換を行い、より一層の懇親を深めた。



図1 研究発表の風景



図2 奨励賞の表彰風景

つじあい ひでかず 富山大学 芸術文化学部  
かわさき やすし 金沢工業大学 建築学部

# 医療用インプラントの形状生成に関する研究

暢 婉君 Enkun CHO  
望月 達也 Tatsuya MOCHIZUKI

## 研究の概要

個々の患者にベストフィットする医療デバイスの制作法として3Dプリンタに高い期待が寄せられている。特に整形外科や、歯科・口腔外科では、骨・骨関節、歯といった荷重支持を担う生体硬組織への適用が期待され、手術支援器具、欠損修復・補填物、インプラントなどの医療デバイスの制作に金属3Dプリンタの適用が行われている。欠損修復・補填物、人工関節を含む様々な金属製インプラントは患者の臓器や生体組織と隣接、融合化し、機能することから、患者個々の骨格形状に合わせた高い造形精度が要求される。そこで、本研究では、はじめに、実物モデルのインプラントを非接触三次元測定で計測し、その点群データをリバースエンジニアリングの手法でNパッチのNURBS曲面でモデル化した。そのモデルを規範に、複数の自由曲面で定義する3DCADデータでインプラントの形状を定義した。3DCADによるモデルは、パラメトリックな編集が可能なので、人骨に挿入するボルトの直径・位置・方向などを自由に定義することができ、さらに図1に示す設計テーブルを活用することで形状モデルに再構築エラーを起こさずに修正や変更を施すことができた。この形状モデルを骨のサーフェースでカットすれば、骨の表面にフィットするインプラントのモデルができあがる。また、歯科用インプラントでは自由曲面に螺旋をモデリングし、形状編集が実行されると図2に示すように螺旋も自動的に変更されるモデルを構築することができた。

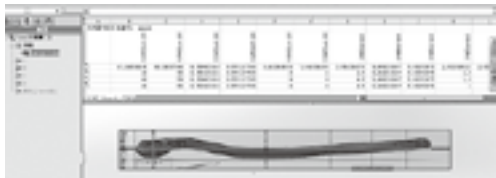


図1 設計テーブルによるインプラントの形状編集

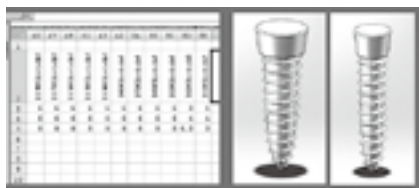


図2 自由曲面による歯科用のインプラント

ちょう えんくん 静岡文化芸術大学大学院 デザイン研究科  
もちつき たつや 静岡文化芸術大学 デザイン学部デザイン学科

# 美術教育における漫画の指導法の一提案

岡本 美玖 Miku OKAMOTO  
辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

## 1. 研究の背景

美術の授業を生徒により親しんでもらえるために、美術の授業に漫画を取り入れてはどうかと考えた。漫画は美術館に行かなくとも触れることもできる芸術表現である。自分たちが今まで見てきた、漫画がどのような表現技法で作られているのか、漫画の画材はどのように使われているのかを学び、漫画表現に対する理解を深めてもらいたいと考えて、学習指導案および副教材・ワークシートを作成した。

## 2. 指導方法・学習指導案

漫画に関する、ストーリーや構成などは指導せず、マンガ表現の技法のみを、本授業では取り扱う。使用教材は主に教科書と資料集を用いて指導する。しかし、先にも述べたとおり、それだけでは十分な理解が及ばないため、自作のマンガ教材を、副教材として用いる。また、指導計画としては、マンガ表現に関する技能と知識を顔のパーツごとに分けて習得させ、顔のバリエーションを、マンガ表現によって描かせることを目標としている。

## 3. おわりに

私は漫画を子供達に教えることで、現在、自分たちが当たり前のように読んでいるものが、どのように描かれているのかを知り、漫画表現についての理解を深めることで、現代日本の文化について興味関心を持ってもらいたいという思いであり、実際に自分が教育現場に立った時、この指導案をもとに、漫画を生徒たちに教えていきたいと考えている。

## 参考文献

- [1] 文部科学省『中学校学習指導要領（平成29年告示）』
- [2] 日本文教出版社発行『中学校 美術2・3上』
- [3] 武蔵野美術大学出版局『美術教育の動向』
- [4] 秀学社発行『美術資料』

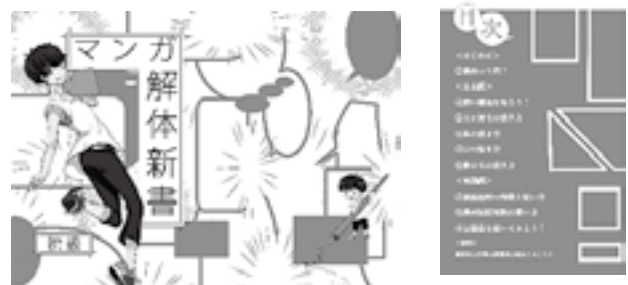


図1 自作の漫画教材『マンガ解体新書』  
(左：表紙、右：目次)

おかもと みく  
つじあい ひでかず  
富山大学 芸術文化学部



# 円形デザインによる空間づくり

松本 麗園 Reon Matsumoto  
川崎 寧史 Yasushi KAWASAKI

## 1. はじめに

この発表内容は、円形を構成する立体ユニットを立体的に組み合わせ、必要とされる空間を作り出すデザイン方法を実施作品に基づき解説したものである。

## 2. 外部空間の演出

円形を構成する箱型の部分ユニットを立体的に組み合わせ、金沢21世紀美術館の芝生広場に柔らかな空間領域を生み出した。空間の構成は平面・断面的な流れを作りながら、芝生広場にある樹木や園路を取り込み、空間性の異なる小領域を創出させた。



図1 金沢21世紀美術館の風景

## 3. 内部空間の演出

JR金沢駅観光案内所内に設置した情報ブースである。このブースも円形を構成する部分ユニットを組み合わせることで空間構成した。部分ユニットは自在に展開できる立体棚の機能を内包させ、パネルやパンフレット、模型などの展示物をフリーにレイアウトできる機能を持たせている。



図2 JR金沢駅観光案内所の円形ブース（部分）

まつもと れおん 金沢工業大学大学院 建築学専攻  
かわさき やすし 金沢工業大学 建築学部

# 三井アウトレットパーク北陸小矢部でのプロジェクションマッピング

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIIAI

## 1. はじめに

この研究は、三井不動産と共同研究であり活動領域が三井アウトレットパーク小矢部である。プロジェクションマッピングを中心とした研究であり、アート系学生の育成として学生参加型で、活動名を「プロジェクションマッピング探偵団」した。単年度契約で2年目である。

## 2. 1年目

学生と共に、どの場所でどのようなことができるかをまとめた。観覧車内と天井が、有力となった。

## 3. 2年目

実際にプロジェクションすることになり、12月6日～25日に、ハイブリッドイメージ・プロジェクションと観覧車内プロジェクションを行った。

ハイブリッドイメージ・プロジェクションは、近くと遠くで違う内容の絵が見えるハイブリッドイメージのプロジェクションである。場所は、他のイベントに重ならない保安上の問題のない所となった。10作品を8分31秒の動画として上映した。

観覧車内プロジェクションは、ゴンドラの天井へのプロジェクションである（図1）。ハンディタイプのプロジェクタを床面に固定した。観覧車が一周10分で、作品4本の8分25分をループ上映した。

## 4. おわりに

実施にあたり、研究室でハイブリッドイメージ・プロジェクションを1/2スケール、観覧車内プロジェクションを実寸大でテストを繰り返した。学生は、実践を通して経験と自信がついたように思われた。



図1 観覧車内プロジェクション

つじあい ひでかず 富山大学 芸術文化学系



# 理論的に正確な寸法に関する一考察

平野 重雄 Shigeo HIRANO  
喜瀬 晋 Susumu KISE  
関口 相三 Sozo SEKIGUCHI  
奥坂 一也 Kazuya OKUSAKA  
荒木 勉 Tsutomu ARAKI

## 1. はじめに

ここ数年の間に国際規格との整合化を促進するため、JIS規格、B：機械部門の規格改正と制定が活発化している。規格に関心を持つことと同時に規格の不備・規定の誤りについても検討する必要がある。ここでは、理論的に正確な寸法に関わる事柄を纏めるとともに、規格の誤りを正して教育することを述べる。

## 2. 理論的に正確な寸法の使い方

理論的に正確な寸法は、理論値なので寸法値とは異なる。幾何公差でしか使用できない。扱いも異なり、その値に対して幾何公差があり、はじめて寸法として成立することになる。またその幾何公差は複数ある場合があり、一般寸法とは無関係である（独立の原則）。

## 3. 規格の誤りを正して教育する

B 0060-4：2017 デジタル製品技術文書情報—第4部の本文の図における2D指示例ならびに3D指示例による理論的に正確な寸法（TED）の表示法（使い方）は誤りである（一例を示す、図1）。

## 4. むすび

規格は、例外的事項を規格化するためのものであってはならない。種々な事情で統一が不可能な場合でも、相互理解に役立つように、規格を正確に制定する必要がある。

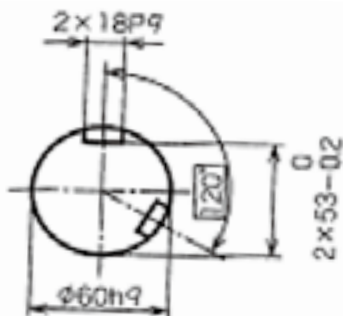


図1 複数の同一寸法のキー溝の寸法指示例

ひらの しげお 東京都市大学名誉教授、株式会社アルトナー  
きせ すすむ 株式会社アルトナー  
せきぐち そうぞう 株式会社アルトナー  
おくさか かずや 株式会社アルトナー  
あらき つとむ 筑波技術大学 名誉教授

# 図で伝える情報の収集と整理

伏見 清香 Kiyoka FUSHIMI

## 1. 情報を組織化する方法

膨大な情報から必要な情報内容（contents）を取集し、わかりやすい文脈（context）としてデザインすることによってかたちづくる。それは単なる整理整頓ではなく、人に伝えるという目的に向かって、わかりやすく使いやすい情報に変換する情報のデザインである。Richard Saul Wurman（以下Wurman）は、自身の著書の中で情報の組織化の5つの方法（カテゴリー、時間、位置、アルファベットや五十音順、連続量）を述べている。

## 2. 具体的な事例

カテゴリーによる分類では、図書館が利用者にとってわかりやすく情報を集め、使いやすく整理された情報デザインのお手本である。時間による分類では、カレンダーや博物館の歴史年表があり、古い木造建築の外壁のこすり出しも時間の経過が豊かな表情を出している（図1上段）。位置による分類では、Barrett LyonのOpte Projectがインターネットのマップとしてあげられる（図1左下）。アルファベットの分類ではWurmanのSmart Yellow Pagesなどの電話帳があげられる（図1右下）。それまでアルファベット順で分散していた関連項目を大まかに組織化し、コンテキストを新たにデザインすることによって、今までとは別の基準の分類を実現した。電話帳をわかりやすく使いやすい新たなかたちにまとめあげた。連続量の分類は、基準が定められていない場合、主観が入るため注意が必要である。

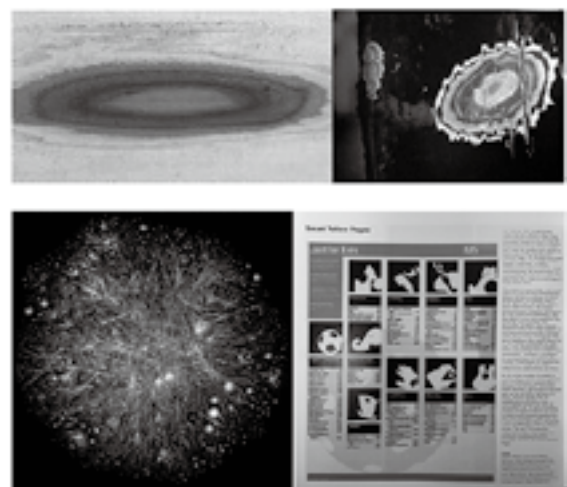


図1 情報を組織化する方法の事例  
木造建築の外壁のこすり出し（上段）  
インターネットマップ（左下） 電話帳（右下）

ふしみ きよか 放送大学 教養学部文化科学研究科

# 小児医療病棟のためのプロジェクト制作の報告

遠藤 潤一 Junichi ENDO

## 1. 背景と目的

あいち小児保健医療総合センターとの共同研究を行い、プロジェクタを用いた映像投影（プロジェクション）によるディストラクションの仕組みを開発した。これまでに手術室やイベントなどで映像を投影してきたが、今回は脳神経外科・神経科病棟の処置室を対象としている。処置室では、採血、点滴などの処置が行われ、処置の時間は10分から長くて1時間程度かかる。処置中の子どもたちの気を紛らわせるツールのひとつとして開発を行い、その内容と課題を報告する。

## 2. 映像のコンセプトと投影方法

映像の内容はセンターと協議しながら検討し、子ども対象であることからさまざまな制約を考慮した。子どもが恐怖感を感じる内容や興奮させるような刺激の強い表現は避け、視覚的な動きで一時的に気を紛らわせられる内容とした（図1）。

制作した映像はタブレット端末（iPad mini）に保存し、HDMIケーブルで接続したバッテリー内蔵型のモバイルプロジェクタ（LG PH30JG）から出力した（図2）。サウンドもプロジェクタのスピーカーから出力している。モバイルプロジェクタを用いることで、処置室の天井や壁面、床面など投影する対象の自由度を大きくすることができた。

## 3. 課題

2019年5月から運用を開始したところ、タブレット端末での映像再生の手間やプロジェクタの輝度不足などの課題が明らかになった。今後、これらの課題を解決していく予定である。



図1 映像の例



図2 処置室での投影

えんどう じゅんいち 金城学院大学 国際情報学部

# 九州支部研究会「Mongeの図法幾何学を読み解く」をまとめて

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

福田 幸一 Koichi FUKUDA

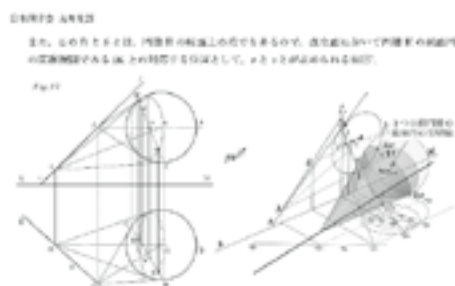
大月 彩香 Ayaka OHTSUKI

## 1. 研究会「Mongeの図法幾何学を読み解く」

山内一次氏の翻訳によるMongeの「図法幾何学」を2011年12月から2012年12月まで、7回の勉強会を開催して輪講し、Mongeが幾何学を強く意識していたことやMonge以前から複面投影が利用されていたことなどを参加者で共有した。研究会後、解説担当者で説明のための3Dモデルや解説内容・方法についての意見交換を続け、資料の追加を行っていた。

## 2. 報告書の刊行および配布について

報告書は、研究会で読み解いた、最近の図学・図形科学の講義・演習で中心となる複面投影使用の要点から接触および相貫体の問題、測量関係を扱った第1章から第4章について作成した。研究会で使用した求解の段階的な作図過程の補助図および3Dモデルを用いた解説で下図のように構成し、研究会後に調査を追加してまとめたMonge以前に使用されていた複面投影に関する資料や図学に関連した技術や出版の年表を追加している。



この報告書は、2020年1月に少数部をカラー印刷・製本して、本部および各支部に配布する予定である。また、Mongeの図法幾何学に示された問題を自ら解くために求解過程の作図を削除した問題図pdfファイルと3Dで閲覧できるモデルファイル（SolidWorksまたはRhino）をDVDで添付して、報告書を読み進める際に利用できるように計画している。

今回の刊行を第0版とし、皆さまの意見を伺って、正式版（第1版）にしたいと考えています。その際には、ご助言をいただければ幸いです。

たけのうち かずき 九州大学芸術工学研究院  
ふくだ こういち 元久留米工業高等専門学校  
おおつき あやか 元九州大学工学研究院

# 柔らかな空間の骨格

川崎 寧史 Yasushi KAWASAKI

## 1. はじめに

金沢工業大学で実施してきた課外プロジェクトで実施したデザイン制作について、線織面、立体格子、平板構造、展開型構造などのキーワードで柔らかな空間を作るデザイン演出の方法とその効果を解説した。

## 2. 線織面

三角錐や星型フレーム、室内空間などに規則的に糸を張り合わせ制作した空間オブジェを紹介した。

## 3. 立体格子（図1）

45cm立法の立方体を1ユニットとして、これを自由に組み合わせた立体オブジェを紹介した。

## 4. 平板構造（図2）

30cm角の平板の4辺にホゾを設け、これをかみ合わせる方法で空間ブースや家具などを制作した事例を紹介した。

## 5. 展開構造（図3）

ボックスユニットを展開することで、屋根庇や棚、カウンター机などが引き出せるモバイル屋台を紹介した。

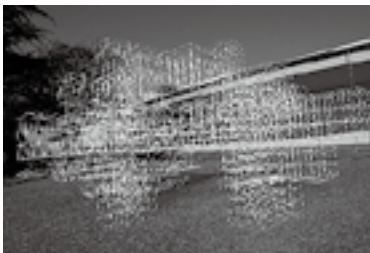


図1 立体格子の空間オブジェ



図2 平板構造の店舗ブース

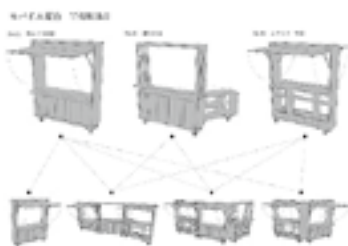


図3 モバイル屋台の組み合わせ図

---

かわさき やすし 金沢工業大学 建築学部

## 図のために

For the Diagram

天内 大樹 Daiki AMANAI

錯視ブロック [図1] に出会ってしばらく経って、筆者が日本図学会の存在を知ったとき思い出したことは、駒場での教養課程での経験だった。その後理科大のポスドク研究員になってA科（工学部建築学科）で再会した、建築史の伊藤裕久先生に切断・貫入・投影といった作図法を学んでいたこと、また山口泰先生にJavaを学んで、任意の画像を貼ったサイコロをマウスでくるくる回したことである。1998～1999年のことだった。筆者はその後文学部に進み、図学に触れる機会はなかった。日本図学会で錯視ブロックの研究グループから初めて発表があったのは2012年のようで、筆者が実際に図学会の場に飛び込んだのは2015年の大阪大学（といっても学振PD研究員時代に文学部の美学棟でお世話になった豊中ではなく）吹田キャンパスでのことだった。その間に筆者が取り組んでいた、戦間期の建築運動である分離派建築会 [図2] は、本年＝2020年に結成100周年を迎える。関連して、論集の刊行、展覧会とシンポジウムが予定されている。

その間、図学や図学会の様相も変貌したと思われる。そもそも筆者が受講した授業でも、題目は「図形科学（文系）」で、伝統的な図学教育に比べ、CGが加わった一方烏口に触れない点は新しかっただろう。いや、文系向けに開講されたこと自体、新しかったのかも知れない。それもこれも、図学を、機械・建築製図など個別工学の基礎技術として以上に、2次元空間を通して3次元空間を表現・理解する過程、つまり普遍的なリテラシーを基礎付ける学問とする再定義ゆえではないか。この再定義によって図学は、教養部改革を乗り越えたのではないか——以上は外部からの推測に過ぎないが、こう換言してみたい。例えば建築教育で、学生が図面を読まずに映像ばかり見たり作ったりしたがるという話題が近年浮上しているように、映像は現代の表現の主流を占めつつある。しかしその映像すら、各瞬間において2次元の画像でしかない。視点の移動に応じて、つまり時間軸に沿って短期記憶に残された空間像を整理することで、3次元空間と立体の認識が成立する。ことはCAD、BIMにおいても同様である。この認識過程（また、その逆にあたる表現過程）が、図学の特権的な対象となったのではないかと。そういえば、錯視ブロックの話題もこの延長上にあると考えて図学会に発表しているのだった。

筆者自身、2014年から奉職する大学で建築史だけでなくデザイン史全般を扱うことになった。立体や空間の認識が弱い（2次元のイラストとしてグラフィックや映像を捉える）、都市レベルでの空間把握能力（と地理的



図1 錯視ブロックの一例。©錯視ブロックプロジェクト、宮城県仙台第一高等学校にて、2013.10.



図2 分離派百年研究会による連続シンポジウム。第6回、2019.5.25（旧京都中央電話局西陣分局）。





図3 出原栄一，吉田武夫，渥美浩章『図の体系——図的思考とその表現』日科技連出版，1986。

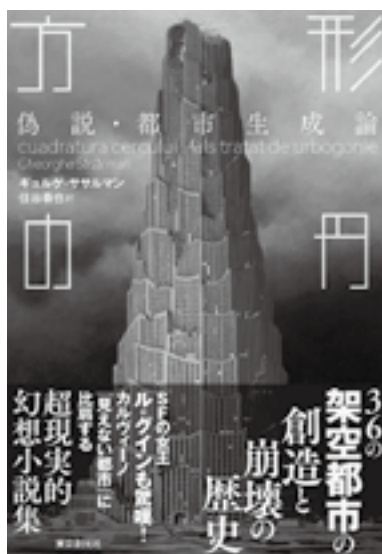


図4 ギョルゲ・ササルマン，住谷春也訳『方形の円——偽説・都市生成論』東京創元社，2019〔原著1975〕。

な把握)が弱い，また豊かな空間体験に乏しいデザイン学部生の存在に気づき，複雑な視覚情報をいかに整理して空間を認識させるか，単に見る以上に観察させるかという問いに直面した。この問いは文学部でトレーニングを受け，建築家の親類や友人がいたわけでもなかった筆者自身，どうして空間の良し悪しの判断に胸を張れるのか，という問いに繋がる。歴史，ましてや美学に言及する際，事例の選択と解説が不可欠であり，すなわち歴史においても単なる知識の羅列ではなく，それを語る行為のうちにつねにすでに価値判断が介在するのだから，この問いはクリティカルである。さらに，専門学校でなく大学で4年かけてデザインの実技を教える学部の存在意義は何か，商売のスキームや就職活動，加入する保険の選択にまで使われ始めたデザインという言葉（何しろ人文系でインパクトファクターを伸ばしている学術雑誌のほとんどが，デザインという言葉掲げているのだ）とデザイン学部の教育との関係はどうあるべきか。就任6年目を終えながら，筆者はこれらの問いに仮説しかもっていない。

その仮説とは，デザインもまた，個別の技術という以上に，ものの構想と制作に関わる知識を表現し理解する過程を基礎付ける「学」であり，複雑なn次元の現実を2次元に整理することをその必須要素とすることである。近年定着しつつあるインフォグラフィックスやグラフィックレコーディングといった，知識や情報の整理と可視化に関わるジャンルからの着想であるが，平立断面の図面や各視点からのCAD画面を駆使しながら建築や製品を設計することも，イラストや漫画や映像で虚実問わず世界の意味を捉え表現することも，ゲームやウェブ画面の並行的な展開を構造化することも含まれよう。テキストをデザインの対象と考えれば，論文や小説の執筆，企画書や冊子の編集も含まれるかもしれない。この仮説は一つの思いつきにすぎないが，個別ジャンルを超えてデザイン全般に適用できる認識こそ，大学教育の利点の一つであり，その認識の下で明快な表現への到達を価値判断の基準とすることができ，その表現がどのように成立しているか個別ジャンルの具体例を通して検討させることが，人を単なる消費者から観察者にする，とまず言えようか。

筆者が日本デザイン学会，意匠学会，芸術工学会などに入会していれば別な見解に達したのかもしれないが，図という対象をキーワードにまで持ち上げて，デザイン論を以上のように考察してみた。この考察に関連して，まだ咀嚼し切れていない書物を二系列紹介することで本稿を終えたい



(いや、錯視ブロックだってまだ咀嚼し切れていないのだが)。一つは出原栄一らの『図の体系』(1986)〔図3〕で、世界の総体を視覚による認識で包括しようという意図を示した大胆な書物と言える。特に後半を占める古今東西の図表現を5つの系に整理した終章は壮観である。モノグラフの書物が多く刊行され、出版点数が増える割に発行部数が伸びないという学術出版の現状から見ると、ジョージ・ケベッシュ(ケベシュ・ジェルジ)が1965～6年に携わったアンソロジー群“Vision + Value”とも併せて、領域に捕らわれない往年の壮大かつ闊達な思考が窺える(というより、ケベッシュへの応答だったのだろうか?)。

もう一つは昨年邦訳が出版されたが、元はギョルゲ・ササルマンが1975年のルーマニアで書いていた小説『方形の円——偽説・都市生成論』〔図4〕である。これを咀嚼し切れていないのはまだ読み終えていないからだが、都市こそどのような切片をもってしても全体像の認識に到達し得ぬ、 $n$ 次元の深遠な考察対象＝世界であるならば、36の虚構都市の生成と崩壊を、その都市を図化したアイコンを掲げてから描写する試みは、まさに世界を図として把握しようとする大きな構想の一端と言える。かつてウラジーミル・マヤコフスキーの詩集『声のために』に図形によるインデックスを付した〔図5〕エル・リシツキーを想起させる。同著は、タイトル通り黙読ではなく音読を推奨し、筆記言語を超えた身体性と視覚による瞬時の把握とを重ねる試みであった。ピクトグラムによる論理言語の表現とは対照的な方法と言えよう。

今筆者が考えている世界の図化は、複雑化が加速している(と言われるが、本当だろうか?)世界を極力容易に理解する意図の下にあり、その鍵が言語による論証よりも直感的な把握にあるとすれば、出原、ケベッシュらとササルマン、リシツキーら両者の試みは、その把握を支える論理を虚実両面から探究したものだと言えよう。

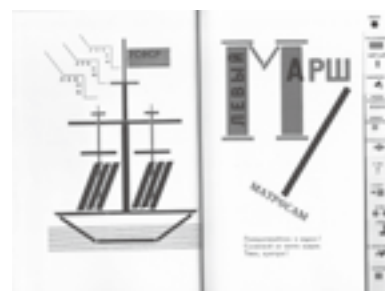


図5 ウラジーミル・マヤコフスキー、エル・リシツキー構成『声のために』土曜社、2018〔原著1923〕。

あまな い だ い き  
美学芸術学／建築思想史、静岡文化芸術  
大学准教授(デザイン論・デザイン史)  
d-amanai@suac.ac.jp  
〒430-8533 浜松市中区中央2-1-1

## 図学会の効用（その2）

The Usefulness of Japan Society for Graphic Science No. 2

前田 眞正 Michimasa MAEDA

日本図学会の特徴は、図学の研究はもちろんだが、国際会議が多く、世界的な視野を養えることである。その意味から筆者は、図学関連国際会議である、図学国際会議12回（論文発表22報）、日中国学教育研究国際会議7回（論文発表6報）、CADDM 国際会議3回（論文発表6報）の計22回出席（論文発表34報）しているので、前報<sup>1)</sup>で表せなかったことをいくつか記し、あわせて最近の所感を述べてみたい。

まず、オーストラリアメルボルンの時は、8月に学会が王立メルボルン工業大学であった。到着した夜、外出して、日本の参加者で食事をした帰りに、日本と同じような服装をしていたので、かなりの寒さでふるえがきたのを覚えている。日本は夏であるが、オーストラリアは、地球の反対側であり、冬で寒かったわけである。オーストラリアは、都市も広くゆったりしており、車道や歩道も日本よりぐっと広がった。

メルボルンの郊外を散策の時、古本屋を物色していたら、偶然初代会長スレビー先生の書かれた Descriptive Geometry という本に出くわし、興味深いので、購入した。オーストラリアは、英語圏であり、言葉が英語で通じるので、売られているようである。三角法図学で、同じようなことが教えられているなと感じた。内容は万国共通であるようだ。スレビー先生は、初代会長であり、国際図学会を創設された方と聞いている。第8回国際図学会アメリカテキサスオースチンの時は、筆者の発表の時、座長もされており、筆者らは一緒に写真も撮っていただいた思い出がある。

公園などには、リスがいたりしてのどかであった。ここでは、カンガルーやコアラなど有袋類の動物を見物する機会がしばしばあり、またペンギンが海から帰ってくる所を夜中に観察したこともある。オーストラリアの鳥の中では、飛べない鳥キウイがよく知られており、長い歴史の中で、害物がいなくて、飛ぶ能力が退化して、飛べなくなったのである。そこへ、人間が犬などを連れてやってきて、かなり被害を受けたわけである。生物はたえず努力していないとその能力が退化するのである。ち

なみに、オーストラリアの一つの国旗には、カンガルーとエミューが描かれている。カンガルーも、大きな鳥で飛べない鳥であるエミューもともに前進しかしないからである。前進しかないということを表している。

最近の情報として、オーストラリアでは選挙に理由なく棄権すると、罰金をはらわねばならないとのことで、そのため、選挙は90パーセントが出席であるとテレビで報じていた。これは、興味深いことである。

オーストラリアシドニーでは、貝殻状の独特の形をしたオペラハウスを見学した。有名な奇抜な形態である。

オブションとして、ニュージーランドへ行った。オークランドはかなりの都市であるが、平原の牧草地帯が多く、そこをバスで行き、ある洞窟に住む奇妙な生物を観察した。洞窟の中を舟で行き、物音を立てないように、息を殺しての観察であった。

次に、ポーランドクラカウの時は、ワルシャワ市内を見学し、さらにショパンの記念館へも行った。美しいバラ園の中に、その記念館はあった。ピアノも立型のピアノが展示されていた。初期のものは、グランドピアノのように場所を取るものでなく、立型の場所を取らないものであったようである。クラカウは、中世の古城のある古い町で、風景も古風であった。

オブションとして、いろいろある中で、筆者らは、バスツアーとして、アウシュビッツの収容所を見学した。第2次大戦の時に、多くのユダヤ人が収容された所である。鉄条網で囲まれた、厳しい所であった。

ドイツドレスデンの時は、筆者は大学もすでに終わりに近づいていたので、奥様同伴で、ツアーに参加して、ベルリンから入り、ポツダム、マイセン、ドレスデンをへて、チェコプラハ、ハンガリーブタペストまで行った。その合間に、ドレスデンでの学会に立ち寄ったのである。陶器で有名なマイセンでは、オーストリアのスタッヘル先生夫人とも、偶然に出会い感激した思い出がある。ドイツベルリンなどでは、東西の壁のあとなども見学した。世界史の厳しい現実を見せられた心境であった。

アメリカのマリアミの学会の時は、5報発表するとい

う精力的な活動であった。若かったので、出来たのであった。見学会では、バスツアーとして、アメリカ最南端の地キーウエストを訪れた。キーウエストは、半島の先端に属するところである。また、マイアミでは、ノーベル賞作家のヘミングウェイの旧宅へも立ち寄った。ヘミングウェイの記念物がいろいろ展示されていた。生存中は、猫が何匹かいたようである。ここで書いた、「老人と海」は有名である。老人が、大きな魚に挑む姿が描かれている。「誰がために鐘が鳴る」などの大作もある。いずれも映画化されている。

アメリカマイアミの学会の時は、オプションとして、ナイアガラの瀧へも行った。カナダ側から入り、カッパを着て、広大な滝のしぶきを受けながら、観察した。さらに、ボストンへ行き、ハーバード大学やMIT（マサチューセッツ工科大学）へも立ち寄った。世界一流の大学である。その学問的雰囲気に触れたのである。

さらに、アメリカテキサスオースチンの時は、大学の学舎は広大であった。テキサスは、開拓時代はかなり先住民との闘いがあった。騎兵隊で先住民をかなり減少させている。騎兵隊もかなり犠牲になっている。数が減少してくるとおとなしくならざるをえないわけである。ある書物によると、ヒットラーの発想の原点は、アメリカにあるということである。オプションとして、メキシコのカンクンへ行った。海ぎわのホテルの窓から、海岸に大きな白い鳥が来て悠々としているのを見たり、自動車移動中、その前をイグアナが横切ったこともある。インカ帝国マヤ文明の遺跡へも行った。栄枯盛衰のあとをみたわけである。

中国広州の第11回図学国際会議の時は、かなり南のほうであり、香港の近くであった。広州では、革命家孫文の中山記念堂を訪れた。入り口には、「天下為公」（世界はみんなのためにある）の孫文の書額がかかっていた。さらに、広州では、広東省博物館の中にある魯迅記念館、蘇軾ゆかりの六榕寺、広州博物館、陳氏書院、西漢南越王博物館などを見学した。いずれも興味深いものであった。オプションで行った厦門（あもい）やコロンス島もよかった。

東京の時は、第6回国学国際会議で、大妻女子大学で行われた。筆者は4報の論文を発表した。

京都の時は、第13回国学国際会議で、京都大学で行われた。オーストラリアメルボルンの時、活躍したサントス先生とも再会して、感激した。中国広州浙江大学の時、青年だった上海の先生とも再会した。

その他いろいろあるが、紙面の都合で割愛する。

さて、ここで、物の形状などについて、ふれてみたい。

フランスパリでは、道路の交差点も放射状になっているし、ドゴール空港も搭乗口が放射状に配置されている。奇抜な建物もよく見られる。これに対して、日本の関西空港などは長方形でオーソドックスな形状である。奇抜な形状と基本形状との問題がある。奇抜なものは、人目を惹くが、増やそうとする時、むづかしいが、基本形状は、増やすのに容易であると言える。よこへすぐ広げられるからである。奇抜な形状は、応用が利きにくく、基本的な形状は、応用がききやすいといえる。次に、ある時ポーランドのワルシャワ工科大学の教授が来て、講演したとき、ポーランドでは地震がないので、家を建てる時、地震のファクター（要因）を入れなくてもよいが、日本では、地震があるから、家を建てる時、地震のファクターを入れなくてはならないと言っていた。これは、地球の成り立ちからして、国や場所によって、条件が違うことである。

また、考え方として、筆者はかつて、西安の碑林博物館を2回訪れたが、論語など貴重な文書を石に刻みつけている。さすがに、歴史が古く、王朝が変化し、治乱興亡をくりかえしてきた、中国の遺物である。紙であれば、戦火で焼失してしまうからである。

まとめとして、いろいろと、国際会議などで見聞したことを述べてきたが、現在は変革の時代であり、いろいろな転換が行なわれている。柔軟な発想が大切である。創造性、柔軟性、吸収力が大切であり、自然と技術は調和すべきであると言われている。

筆者は最近、日本機械学会関西支部シニア会に入っているが、情報交流サロン、見学会などいろいろ交流している。経済的にも、シニアに配慮している会である。人生100年時代、生涯現役が言われている時代である。

若い時に、よく海外へも行っておくことが大切である。異文化と接することにより、視野が広くなり、研究の発想もわいてくることになる。

学会誌の中にも、柔軟な、やさしい読み物もあってもよいのではと考えられる。

このような、変革の時代には、図形科学がますます重要になる。日本図学会の今後ますますのご発展を祈ります。

## 参考文献

- 1) 前田眞正 図学会の効用, 日本図学会誌図学研究53巻4号(通巻162号)(2019.12)

●2020年1月5日受付

まえだ みちまさ

大阪産業大学名誉教授

日本図学会名誉会員, 日本設計工学会名誉会員, 日本機械学会永年会員, 日本機械学会関西支部シニア会会員・フィロソフィ懇話会会員, 工博

## 会告—— 1

### 総会及び講演会の開催変更

2020年5月30日(土曜日)に総会及び講演会を予定しておりましたが、COVID-19の影響で開催を下記の通り変更いたします。

総会は物理的に集まって行うことは見合わせ、議決は従来とは異なる方法で採ることを計画しています。具体的な方法はwebで告知します。

講演会(分野協働のための図学研究会)につきましては延期し、日にちを改めて行う予定です。

## 会告—— 2

### 第19回国学国際会議(ICGG2020サンパウロ)のご案内

※COVID-19の影響で、開催時期や開催形態について検討中です。4月末までにアナウンスされる見込みです。

2020年8月にブラジルのサンパウロ大学で第19回国学国際会議(ICGG2020)が開催されます。すでに論文発表申し込みは締め切られていますが、会議への参加は可能です。次のICGG2022は日本開催を誘致する方針になっており、ICGG2020で日本が名乗りをあげるためにも、多数のご参加をお待ちしております。

日時: 2020年8月9日(日)~13日(木)

場所: ブラジル・サンパウロ大学

(The University of São Paulo)

#### 論文分野:

1. Theoretical Graphics and Geometry
2. Applied Geometry and Graphics
3. Engineering Computer Graphics
4. Graphics Education
5. Geometry and Graphics in History

#### 参加登録の日程:

事前参加登録〆切: 2020年5月31日(日)

通常参加登録〆切: 2020年6月30日(火)

参加登録については、下記ICGG2020ホームページをご参照ください。

<http://icgg2020.pcc.usp.br/index.html>

#### 参加登録費:

事前参加登録: 一般 USD430/ISGG 会員 USD380

学生 USD170 同伴者 USD210)

通常参加登録: 一般 USD480/ISGG 会員 USD430

学生 USD170 同伴者 USD210)

7/1以降の参加登録: 一般 USD530/ISGG 会員 USD480

学生 USD170 同伴者 USD210)

(注) 7/1以降の参加費支払いの場合、会議への参加は可能ですが論文発表はできません。

## 会告—— 3

### 工学教育研究講演会ならびに国際セッション 講演募集要項

#### 大会メインテーマ:

「人をつくる・未来をつくる—Society 5.0にむけた人材育成」

主催: 日本工学教育協会、北海道工学教育協会

日時: 2020年9月9日(水)~11日(金)

会場: 北海道大学大学院工学研究院

〒060-8628 札幌市北区北13条西8丁目

Tel. 011-706-6115

#### 講演募集テーマ

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

- (01) 基礎科目の講義・演習
- (02) 専門科目の講義・演習
- (03) 実験・実技
- (04) 教材の開発
- (05) 高大院連携
- (06) リメディアル教育・初年次教育
- (07) ものづくり教育
- (08) 大学全入時代の工学教育
- (09) エンジニアリング・デザイン教育

##### II. 教育力・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) AI・データサイエンス・e-ラーニング
- (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
- (15) グローバル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) 社会との連携および貢献
- (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. 学生の教育・学修活動(学生の登壇に限る)

- (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

### 発表の申し込み

論文とアブストラクトの同時申込とします。申し込む際には、HPの応募要領を参照してください。

- (1) HPにて2020年4月6日(月)より受付を開始します。
- (2) 申込締め切り:5月7日(木)

詳細の問い合わせ先: 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: <https://www.jsee.or.jp/event/conference/>

日本図学会は、本講演会を協賛します。

## 会告——4

### 2020年度会費納入のお願い

2019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)又は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。

## 会告——5

### 日本図学会入会のおすすめ

本学会では、機械工学、情報工学、建築、美術、デザイン、認知科学など、幅広い分野の専門家が図形に関わる多様な研究成果を交換しています。年4回発行(季刊)の学会誌「図学研究」、年2回開催(春秋)の大会、メーリングリストやFacebook、各支部の活動などを通じて、日々多くの情報が交換されています。特に、隔年に開催される図学国際会議(International Conference on Geometry and Graphics)では第1回のバンクーバー会議(1978年)から中心的なメンバーとして会議開催に参画しています。1993年からは中国図学学会(2010年に中国工程図学会から改称)と緊密な関係を維持し、隔年開催のアジア図学会議(Asian Forum on Graphic Science)を共同運営しております。

「図」にかかわる研究、創作のフィールドは、近年ますます目覚ましく発展しております。会員外の方にも広報活動を展開し、「図」をキーワードに広く交流を図りたいと考えております。お近くに入会をご希望の方がおられましたら是非ともご紹介ください。

#### 年会費等

| 会員種別 | 資 格                               | 年会費              | 入会金    |
|------|-----------------------------------|------------------|--------|
| 正会員  | 本会の目的・事業に賛同される個人                  | 10,000円          | 1,000円 |
| 学生会員 | 大学学部及び大学院修士課程の在学学生又はこれに準ずる学校の在学学生 | 5,000円           | 500円   |
| 賛助会員 | 本会の事業を援助していただく個人又は法人              | 1口15,000円(何口でも可) | なし     |

※日本図学会ホームページの入会申し込みフォームから申し込まれた場合は入会金が不要となります。

#### 権利

正会員は、総会における議決権、役員の選挙権・被選挙権をもつ。会員は、会誌・会報の配布を受ける。会員は、本会が開催する事業に参加することができる。

#### 照会先

##### 日本図学会事務局

〒153-8902 東京都目黒区駒場3-8-1

東京大学大学院 総合文化研究科

広域システム科学系 情報・図形科学気付

TEL: 03-5454-4334

FAX: 03-5454-6990

E-mail: jsgs-office@graphicscience.jp

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



## 日本図学会第590回理事会議事録

日 時：2019年12月20日（金）17：30～18：40

場 所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

出席者：14名（議決権10名）＋委任状11名（Skype 出席者は○）

竹之内（会長）、田中（一）（副会長）、片桐、○金井、○河村、今間、館、種田、西井、茂木（以上理事）、田中（龍）（監事）、山口（顧問）、面出（編集委員長）、近藤（会員）

### 1. 議事録確認

第587回の議事録の修正箇所を確認した。

第588、589回の議事録を確認した。

### 2. 事務局報告

#### 1. 会員関係

##### a. 申し込み・届出

##### i. 当月退会届出

賛助会員 株式会社デンソー 紹介者なし

担当者：牧直氏

※第589回理事会提出・保留分

賛助会員 ステッドラー日本株式会社

故 岩井 実氏

担当者：営業部 新藤 和之氏

##### ii. 年度末退会予定者

正会員 望月 達也氏（静岡文化芸術大学）

鈴木 賢次郎氏 紹介

※第587回理事会で承認済

正会員 和田 智秀氏（東北大学）紹介者なし

※第587回理事会で承認済

##### b. 会員現在数（12月20日現在）

名誉会員14名、正会員277名、学生会員30名、

賛助会員10社11口

#### 2. その他

##### a. 他団体から

・東京工科大学メディア学部コンテンツプロダクションテクノロジー研究室より「メディア学フロンティアシンポジウム」への後援依頼が届いた。→後援し、依頼通りウェブページのニュース欄に掲載することとした。

・公益財団法人画像情報教育振興協会より「CG-ARTS 検定実施に対する後援のお願い」が届いた。→後援することとした。

・日本学術会議より「協力学術研究団体対象アンケート」「活動調査（連絡担当者対象）」「会長意識調査（学協会長対象）」「研究に関する男女共同参画・ダイバーシティの推進状況に関するアンケート調査（研究者対象）」が届いた。→HPに掲載することとした。

・日本学術会議より「日本学術会議ニュース・メール」No. 693～694、696～698が届いた。

・JST より「J-STAGE ニュース20周年特別号発行のお知らせ」「J-STAGE20周年記念シンポジウム開催のご案内」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. 451」が届いた。

・DNP 文化振興財団より「2019年度グラフィック文化に関する学術研究助成成果報告会兼交流会のご案内」「バウハウス100周年記念講演会アフター・ザ・バウハウス ニュー・バウハウスとブラック・マウンテン・カレッジの案内」が届いた。

・学術著作権協会より「一般社団法人学術著作権協会・公益社団法人日本工学会共催シンポジウム『オープンサイエンス時代の学会誌出版の在り方を模索する』」の案内が届いた。

・学術著作権協会より「2019年度 複製使用料分配金明細」が届いた。

##### b. 寄贈図書

・DNP 文化振興財団より「DNP 文化振興財団 学術研究助成紀要 Vol. 2」が寄贈された。

### 3. 2019年秋季大会報告

・竹之内会長より、柴田実行委員長・金子実行委員に代わって、2019年秋季大会（鹿児島）の開催報告がされた。

・参加者55名（会員49名（正・名誉43名、学生3名、賛助2社3名）、非会員6名（一般3名、学生3名）

### 4. 編集委員会報告

・種田理事より、椎名副会長に代わって、2020年以降の『図学研究』の発行回数に関する変更がHP上でなされている旨が報告された。

・面出編集委員長より、1月8日か9日に『図学研究』162号の送付の旨が報告された。

・面出編集委員長より、論文賞の選定委員会の立ち上げが早急に必要であると要請がなされた。

### 5. 企画・広報委員会報告

・2020年大会（秋季実施）について北海道支部での開催検討を依頼した。

- ・議事録署名捺印理事

茂木・河村両理事が選ばれた。

- ・次回

日時：2020年1月24日（金）17：30～

場所：東京大学駒場キャンパス15号館710室

## I. 目的

本誌は日本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

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。原稿種別を次に示す。

1. 論文：図学に関連した理論的または実証的な研究に基づくもので、独創性、学術的有用性、信頼性、発展性、完成度を有するもの。以下の2種類に分類される。
  - (1)研究論文：高い完成度を有するもの
  - (2)研究速報：特に内容上、速報性が求められるもの
2. 資料：図学に関連した内容をもち、学術的有用性、信頼性、発展性、完成度を有するもの。以下の4種類に分類される。
  - (1)研究資料：研究に有用と考えられるもの
  - (2)教育資料：教育に有用と考えられるもの
  - (3)作品紹介：芸術、デザイン、建築などの作品を紹介したもの
  - (4)図学ノート：研究・教育に関するもの
3. 記事：論文および資料の他に、以下の種別を設ける。
  - (1)解説：研究・教育レビューや研究トピックスの紹介など
  - (2)講座：研究・教育に有用な事例・手段・方法に関する講座
  - (3)文献紹介：海外文献や国際会議などにおける講演論文の翻訳紹介またはその書評
  - (4)新刊紹介：会員が執筆した著書や会員の研究・教育に役立つ書籍の紹介
  - (5)寄書：図学および図学会に関する所感や小論
  - (6)大会要旨：大会における研究発表の要旨
  - (7)研究会・研究会議・支部研究会報告：研究会や研究会議などの報告

なお、投稿原稿の他に、巻頭言、リレーエッセイ、会告、事務局報告などを掲載するものとする。

## IV. 投稿手続き

投稿原稿のうち、論文と資料については、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、執筆要領に従って作成した原稿を、投稿申し込み票と共に投稿する。

記事については編集委員会の指示に従って投稿する。

## 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. 論文は、2人ないしは3人の査読者の査読結果にもとづき、編集委員会が審議して採録の可否を判定する。資料は、1人ないしは2人の査読者の査読結果にもとづき、編集委員会が審議して採録の可否を判定する。その他の投稿原稿の掲載の可否については、編集委員会の判断に委ねる。査読の結果、修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、原稿が再投稿された日を新たな原稿受付日とする。
3. 査読開始後の修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. 掲載料

論文、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の代金を、別に定める掲載料の規定にしたがって納める。掲載料には別刷50部の代金が含まれるが、51部以上の別刷を必要とするときには、別途実費購入する。

## VII. 執筆要領

投稿原稿の執筆に当たっては、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・転載・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。

## IX. 論文賞

研究論文、研究資料、教育資料については、別途定める論文賞表彰規定により、論文賞の選考対象となる。

（本投稿規定は2019年12月25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/>

### 株式会社ストラタシス・ジャパン

〒104-0033

東京都中央区新川2-26-3

住友不動産茅場町ビル2号館8階

TEL: 03-5542-0042

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

### 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/>

### 武藤工業株式会社

〒154-8560

東京都世田谷区池尻3-1-3

TEL: 03-6758-7002 FAX: 03-6758-7011

<https://www.mutoh.co.jp/>

### 森北出版株式会社

〒102-0071

東京都千代田区富士見1-4-11 九段富士見ビル

TEL: 03-3265-8341 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/>

桜が満開を迎えています。本号の発刊は、2020年度総会が開催できるかをどうかの理事会での協議を待っての発行になり、3月中にお手元にお届けできなくなりました。新型コロナウイルス感染拡大で、国内のみならず世界各地でのイベントも中止や延期されたりで閉塞感を感じます。これからどうなるのか不安ですが、どうぞ皆様もお気をつけください。

2020年度は、日本図学会は変革期にあるのではないのでしょうか。まず、これまで春と秋に開催されていた大会が一本化され、春は総会と講演会が開催されます。『図学研究』の発行は、これまで年4冊でしたが、3月と9月の年2冊になります。創刊時には年2冊の発刊でしたが、1987年から年3冊、1992年から年4冊になりました。これまで何回かにわたり、この編集後記でも、論文数の減少や編集作業の大変さについて述べておりますが、会員の努力によって支えられてきた発行数を縮小せざるを得ないのは、心許ない限りです。

図学会が50年を経ての会員の入れ替わりがあります。しかし『図学研究』は、会員の活発に議論の場を提供できるようにと思います。みなさまの積極的な投稿をお待ちしております。

(K, M.)

## 日本図学会編集委員会

- 編集委員長 面出 和子
- 編集副委員長 種田 元晴
- 編集幹事 齋藤 綾
- 佐藤 紀子
- 加藤 道夫
- 椎名 久美子
- 竹之内 和樹
- 堤 江美子
- 山口 泰
- 編集委員 阿部 浩和
- 飯田 尚紀
- 遠藤 潤一
- 大谷 智子
- 金子 哲大
- 榊 愛
- 佐藤 尚
- 白石 路雄
- 鈴木 広隆
- 羽太 広海
- 隼田 尚彦
- 廣瀬 健一
- 宮腰 直幸
- 宮永 美知代
- 向田 茂
- 村松 俊夫
- 山畑 信博

デザイン 丸山 剛

Journal of Graphic Science  
of Japan

## 図学研究

第54巻1号（通巻163号）

令和2年3月印刷

令和2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・

大学院総合文化研究科

広域システム科学系

情報・図形科学気付

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

jsgs2019  
KUNMING



# Journal of 図 Graphic 学 Science 研 of Japan 究

Vol.54  
No.1  
March  
2020

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



|                                                |    |                                                                                                                                                                         |
|------------------------------------------------|----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Tomohiro TACHI                                 | 01 | <i>Message</i>                                                                                                                                                          |
| Miki YAMAMURA, Michiko ISHIGAKI, Mieko INOMATA | 03 | <i>Research Paper</i><br>Clothes that seem Tight but can Perform Daily Behavior<br>—Design to Cope with Human Body Deformation due to Movement—                         |
| Kazushi MARUYA, Tomoko OHTANI                  | 13 | <i>Research Paper</i><br>Interpretations of the Cafe-wall Illusion on the Basis of 3D Scene Perception and Production of Variations                                     |
| Tatsuya HAGI, Yoichi HOSOKAWA                  | 27 | <i>Art Review</i><br>Development of a Three-Dimensional Hazard Map that Visually Impaired People can Touch by Hand — Part 1: Making a Tactile Map that Shows the Road — |
| Akihiro SHIBATA                                | 31 | <i>Report</i><br>Report on the Autumn Meeting of 2019                                                                                                                   |
| Akitoshi KAWAMURA et al.                       | 33 | Programs of Papers and Session Reports in the Autumn Meeting of 2019                                                                                                    |
| Kiyoka FUSHIMI et al.                          | 37 | Summaries of Papers in the Autumn Meeting of 2019                                                                                                                       |
| Koichi MATSUDA, Misako NISHII                  | 42 | Best Presentation Award in the Spring Meeting of 2019                                                                                                                   |
|                                                | 43 | Report on the 11th Digital Modeling Contest                                                                                                                             |
| Hidekazu TUJIAI, Yasushi KAWASAKI et al.       | 49 | <i>Report</i><br>Report on the Autumn Meeting of the Chubu Area 2019                                                                                                    |
| Daiki AMANAI                                   | 55 | <i>Relay Essay</i><br>For the Diagram                                                                                                                                   |
| Michimasa MAEDA                                | 58 | <i>Impressions</i><br>The Usefulness of Japan Society for Graphic Science No.2                                                                                          |
|                                                | 60 | <i>Newsletter</i>                                                                                                                                                       |