

第56巻1号
通巻167号
2022年（令和4年）
3月

日本図学会



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

山口 泰	01	巻頭言
片桐 悠自	03	研究論文 アルド・ロッシ「ファニャーノ・オローナの小学校」の設計プロセスと十字のシエマ
杉原 厚吉	13	研究論文 歩けることを目指した無限ループ階段の設計法
平野 重雄, 喜瀬 晋, 関口 相三 奥坂 一也, 荒木 勉	25	教育資料 サイズ公差がもたらす個別規格への影響に関する一考察
山畑 信博, 森岡 陽介 種田 元晴 他 西村 歩華 他 竹之内 和樹	31 35 40 47	報告 日本図学会2021年度大会報告 日本図学会2021年度大会講演プログラム・セッション報告 日本図学会2021年度大会研究発表要旨 第55回図学教育研究会 ―図に関する教育のオンライン授業
松田 浩一, 西井 美佐子, 近藤 邦雄	48	第13回デジタルモデリングコンテスト報告
川守田 礼子	53	リレーエッセイ 青森県の刺し子「南部菱刺し」の世界
前田 真正	56	寄書 近時所感
	58	会告・事務局報告

学会活動におけるコミュニケーションの変化

山口 泰 Yasushi YAMAGUCHI



Covid-19の感染が流行した2020年以降、我々の生活は大きく変わりました。日本図学会の活動にも大きな変化があったのは確かです。ここでは、特にコミュニケーションという観点から、この2年間の変化について振り返ってみたいと思います。

まずCovid-19に由来するわけではないものの、この間に進められた変更があります。その1つとして図学研究の年間発行回数の2号化が挙げられます。歴史を調べてみると、1992年度に年間3号から4号へと増やされて以来の変更のようです。当時は会告を中心とした会員への連絡手段の必要性から、年間4号の発行になったようです。その後、ウェブページやメーリングリストの充実などにより、速報性が求められる案内には計算機ネットワークベースの手段が用いられるようになり、図学研究の位置づけが変わったことが大きな要因になっていると思われます。

もう1つの変更として、年次大会の開催が2回から1回になりました。これも過去に遡ると、2008年度までは年次大会は毎年1回のみで、5月に総会とともに実施されていました。当時は秋に本部例会と呼ばれる研究発表会があったのですが、2009年度からは秋の研究発表会も大会と称するようになりました。以来、2019年度までは、図学国際会議を主催した2010年度を除いて年2回の大会が開催されてきました。2020年度からは春季に総会のみを開催し、年次大会は秋季に開催するようになりました。たまたまCovid-19の感染爆発もあり、年次大会がオンライン開催となったことも大きな変化です。2年以上に渡って対面での交流が途絶えていることは非常に残念です。

なお、年次大会の開催回数変更は偶然Covid-19と重なったものですが、大会のオンライン化などに対応するためには良かったようにも感じます。

Covid-19によって大きな影響を受けたものとして、国際会議があります。2020年にはサンパウロで図学国際会議が、2021年には香港でアジア図学会議が開催される予定でしたが、いずれもオンラインでの開催となってしまいました。今年、2022年8月にはサンパウロで図学国際会議をリベンジ開催する予定ですが、2022年2月現在での雲行きは怪しくなっています。世界中の図形科学研究者との貴重な交流の機会が狭められていることは誠に残念でなりません。

学会の活動において開催頻度が変わっていないものに理事会があります。多くの会員が参加しているわけではありませんが、毎回の議事録はウェブページや図学研究で公開されています。少し調べてみると10年前の2011年には13回開催されていましたが、2021年も11回開催されています。2011年当時は年次大会に併せて顔合わせの理事会を開催していましたので、実質的な回数は全く同じと考えて良いでしょう。特に特徴的なことは（大会開催時以外の）通常の理事会の出席者数で、2011年は平均8名でしたが、2021年は平均15名と増えています。これは理事会のオンライン化の効果が大きいと想像されます。2011年頃は対面での開催であったため、首都圏以外の理事の参加は困難であり、理事会成立のためには委任状が欠かせませんでした。これに対して最近では委任状なしでも成立するようになっています。さらに、この半年を見ると1回ごとの開催時間が短くなっているようです。竹之内会長を始めとする理事会メンバーの運営の手際が良くなっていることを伺わせます。

理事会が順調に運営されていることは、学会の新しい活動形態に示唆を与えているようにも感じます。大会のように正式の研究発表会でなくとも、もっと気軽な討論会やリレー形式の講演会のようなものを、オンライン会議やビデオ録画などを利用して多めに（たとえば理事会開催に合わせて）開催できないかと考えたりもします。個人的には対面での交流に勝るものはないと思いますが、新たなコミュニケーションの機会や手段を模索しても良いかもしれません。

やまぐち やすし

東京大学大学院総合文化研究科 教授（工学博士）。

視覚メディア、画像処理、形状処理などの研究に従事。

情報処理学会、IEEE、ACM等の会員、日本図学会元会長。

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

アルド・ロッシ「ファニャーノ・オローナの小学校」の設計プロセスと十字のシエマ

Design Process and Schéma of Cross on Elementary School in Fagnano Olona of Aldo Rossi

片桐 悠自 Yuji KATAGIRI

概要

本研究は、建築家アルド・ロッシの手記における内的な設計プロセスの醸成としての設計論的發展について分析を行う。たとえばロッシは、「モデナ墓地」を設計する際に「○△□」の図式を禅画から抽出し、建築意匠設計の形式の変化に伴う「シエマ」の変化を彼の手記『青のノート』に記していた。1972年に設計された「ファニャーノ・オローナの小学校」へと至る過程は手記でシエマの発展が段階的に記され、最初に『青のノート』11巻で初期案として現れる。この初期のスタディでは「モデナ墓地」から発展させられ、円形を頂点に置いた3本の十字をおいた配列が変容し、軸線を残して中庭が作られ、「宮殿形式」の配置が示される。その後、1972年5月-7月にかけて、ロッシが基本設計の決定案における設計シエマを確立し、初期案と決定案に「十字のシエマ」を、平面図式を変更させながらも、一貫して建築設計に適用したことが示された。

キーワード: 設計論/建築/アルド・ロッシ/「ファニャーノ・オローナの小学校」/シエマ/円形/十字

Abstract

This study discusses the continuity of design process of Aldo ROSSI (1931-1997) during May 1971 to 1972, from San Cataldo Cemetery in Modena (design competition in 1971) to Elementary School in Fagnano Olona (1972-76) in terms of design diagram as schéma. According to Seventh volume to tenth of Rossi's diaies titled "*I quaderni azzurri* (Blue Notebooks)", Rossi developed his design for the Cemetery in Modena during the summer and autumn in 1971 and applied axis with symmetrical composition in the plan of "○△□". The axis in the cemetery succeeds the first design of Elementary School in Fagnano Olona, and gradually became deformed in *I quaderni azzurri*. At first, the elementary school has linear plan with three crossbars, and then the courtyard emerged remaining the perspective of axis of linear plan. At the end of axis, the conical tower emphasized the perspective view with schema of cross. The crossbars of first plan disconnected with the courtyard remained as symmetrical volume in both sides. In this meaning, it is shown that the composition of "○△□" in Modena Cemetery was developed into design process of the schema of cross in the elementary school.

Keywords: Theory of design / Architecture / Aldo Rossi / Design Process / Elementary School in Fagnano Olona / Schéma / Cross

1. アルド・ロッシの建築設計におけるシエマ

本研究は、アルド・ロッシ (Aldo ROSSI, 1931-1997) の設計した「ファニャーノ・オローナの小学校 (Elementary School in Fagnano Olona, 1)」(図1)を扱い、設計プロセスにおいて、適用された「シエマ」を明らかにする。



図1 「ファニャーノ・オローナの小学校」の中庭 (発表者撮影, 2013)

発達心理学の用語であった「シエマ」は、J.ピアジェが児童の概念認識における心理的な過程として提示し(文献18)、岸田(2012)によって建築設計理論の説明に適用された。^{注1}設計プロセスにおける「シエマ」は発明されるものではなく、人間の集団のなかで醸成され、認知の基本的な枠組みとなる。図式や形式のなかで啓示されるシエマの概念は、建築設計のプロセスを考察する上で、理論的前提を重視する建築家の活動を解明する手がかりとなる。

本研究は、「シエマ」の概念を拡張し、空間の分節に加え、イコノロジー的意味を複合した新たな「建築的シエマ」として再定義する。建築設計の平面分節の原形(アーキタイプ)ともいえる岸田の「シエマ」概念を、本稿では、人体のアナロジーとしてのアントロポロモルフィズムを包含するような、広い意味での設計論的概念とみなす。^{注2}

ロッシは、20世紀の後半から世紀末にかけて、建築理論家・画家・建築家として多面的な活動を展開した。例

えば、1971年3月-11月の期間に設計した「パリのポーブル地区設計競技」^{注3}、その直後に手がけた「モデナ墓地」設計競技で、ロッシは仙厓義梵の禅画《○△□》に感銘を受け、円や三角形、方形の平面配列「○△□」を計画に適用しながら、建築設計を進めていた。^{注4}ロッシは時代・国籍・文化を超えた独立事象としてのシエマ、人間の集団における幾何学形式の認知の共有と類似、反復に関心を持っていた。

本研究は、1971-1972年前後のロッシの教育的背景を概観したあと、「ファニャーノ・オローナの小学校」の設計を考察する。「ファニャーノ・オローナの小学校」は『青のノート』にエスキースの詳細が書き残されており、ロッシのシエマ概念を再考するにふさわしい対象であると考えられる。設計のスタディの通時的な分析には、ロッシの手記『青のノート』(以下QA+巻号、全47巻)を用いる。『青のノート』はロッシの内的状態を彼自身が分析し、彼自身にとって重要な出来事を記した「日記」^{注5}であり、1968年のミラノ工科大学教授職時代から書き始め、ブランクを挟みながら死の5年前の1992年まで書かれ、設計の過程の途中のドローイングや原稿の下書きが載せられた。他にも『科学的自伝』(邦題:『アルド・ロッシ自伝』)の下書きや、設計競技のコンセプト説明の草稿、日記や講義内容、教育理念をリアルタイムで「内的」にロッシ自身が選定したものであった。^{注6}

具体的には、1971年から1972年のQA10-14の分析において、「モデナ墓地」と「ファニャーノ・オローナの小学校」に共通する部分を抽出し、ロッシの設計におけるシエマの通時的な段階を導き、設計プロセスの内的状態を踏査する。

2. 1971年前後のイデオロギーと宗教教育への内省

2.1. イタリア共産党入党と大学教育

ロッシの内的状態を明らかにする上で、小学校設計前後の彼の教育的背景を概観する必要がある。アウレーリ(2007)はロッシのイデオロギーの文脈および彼の指揮した建築運動「テンデンツァ [La Tendenza]」を考察する。共産党員であり、「社会主義都市 [città socialista]」へ向かう理想を度々言及するロッシは、イデオロギー的には「自律主義者 (アウトノミスト)」に近い社会主義者であったとみなされる。(文献1, 57-69)ロッシは、35歳になる年の1966年から、自身の出身校であるミラノ工科大学の教授として、教鞭をとっていた。28歳前後の1958-1959年にイタリア共産党 (PCI) に入党しており^{注7}、

1954年に共産党機関紙の文化面に投稿した小論が最も古い公刊資料となっている。(文献8, 5)

1950-60年代当時のPCIはインテリゲンチヤとしての建築家の互助的なプラットフォームとして強力な基盤となっていた。ロッシは1963年に、ムッソリーニの側近であった建築家マルチェロ・ピアチェンティーニの甥であり、カルロ・アイモニーノ (Carlo AYMONINO, 1926-2010) の助手として、1963年にヴェネツィア建築大学 (IUAV) に招聘される。^{注8}

1968年の「五月革命」に代表される国際的な運動 (イタリアでは1969年の「熱い秋」が有名である) の中、労働者バラックを大学に受け入れたことで、1971年11月に教授職を解任される。1972年以後は舞台女優であった妻のソーニャ・ゲスナー (Sonia GESSNER) の故郷であるチューリッヒで、スイス連邦工科大学に招聘され、客員教授として教鞭をとった。

一方で、弟子で「テンデンツァ」のアイコンとなったタブロー《類推的都市》(1973)を描いたアルデュイーノ・カンタフォーラによれば、党の中でロッシは「変人」とみなされていたと回顧する。(文献8, 88)ロッシは党の中心人物ではなく、むしろスターリン建築を評価し、ユーロコミュニズムの路線を取っていたPCIの党紀に逆らっていた。スターリン建築擁護の一途な頑固さは1981年の『自伝』においても見られる。(文献23, 91)

2.2. カトリック教育への内省

カンタフォーラによれば、ロッシはミサの従者として子どもの教会に慣れ親しんでいた。(文献7, 92)1981年に著された『科学的自伝 [A Scientific Autobiography]』(以下『自伝』と表記)においても、「S町のサクリ・モンティ」が自身の建築観に決定的であったことを回想する (文献23, 11)。

幼少のころからのカトリック教育的影響、とくに彼の父方の宗派に強く影響されている。ロンバルディア州の州都ミラノ出身であったロッシは、小学校・中学校・大学はミラノの学校に通っていたが、第二次大戦中はコモに疎開し、高校生の時はレッコのアレッサンドロ・ヴォルタ高校 (Liceo Alessandro Volta) に通い、少年時代の終わりを過ごしていた。1949年にミラノ工科大学に入学するが、レッコ近辺にある父方の祖父母の故郷ソマスカ (Somasca) で、度々夏を過ごし、絵を描いていた。分離集落 (フラッツォーネ) ソマスカは、「ソマスカのサクロ・モンテ」として、聖ジローラモ・エミリアーニを開祖とするカトリックの宗派「パードリ・ソマスキ [I Padri Somaschi]」の本山である。ロッシは幼少の頃より

この宗派の強い教育的影響を受けており、『自伝』で言及される「S町」はソマスカを指すと考えられる。

ミラノ工科大学罷免直後の1971年12月に記された「自己形成に関する自伝的覚書」では、ソマスカのサクロ・モンテにおける聖ジローラモ・エミリアーニ (San Girolamo Emiliani) の生涯の各シーンを描写した石膏彫刻を思い出し、聖人のまわりの修道士や老人といった人物に「なりきっていた [identificarsi]」少年時代を回想する。(文献10, 9-10)

2.3. 建築における降架のモチーフ

なお、『自伝』では、過去の画家が描いたキリストの磔刑図に強い興味を抱いており、画家たちにおいて、「降架」のモチーフが共有されていたことに言及する。

「絵画における降架 [La deposizione] は、ロツソ・フィオレンティーノやプラド美術館の所蔵のアントネッロ・ダ・メッシーナの作品のように、肉体の機械的な可能性のスタディであり、死体が運び去られる異常な姿勢を通してある種のパトスを伝えてきたと私は常々考えてきた。」(文献12, 34)

また、「自己形成に関する自伝的覚書」の同年の1971年4月の事故で入院した際には、「降架の建築 [l'architettura deposta]」を考えられないか言及している。

「降架 [La deposizione] は建築においては典型的な主題とは言えないが、スラヴォンスキーにいたとき、私は降架の形態 [una forma deposta] を表現しようと試みた。つまり、私にとって、降架の建築 [l'architettura deposta] とは部分的には、人体と同形でしかないのであった。」(文献12, 33-34)

そのため、ロツシの設計プロセスにおいて、建築のスキーマは、マルクス主義意味合いだけでなく、カトリックの意味合い、特にキリストの身体とのアントロポロモルフィズム的類推が付加される。このことを踏まえて、次節以降では、「ファニャーノ・オローナの小学校」の設計プロセスを、直前にデザインされた「モデナ墓地」に関する形態操作と合わせて、考察する。

3. 「モデナ墓地」の宮殿形式の変形

3.1. 「分析的建築」(1971年5-6月)の宮殿形式

「モデナ墓地」設計競技の直前、「ポンピドゥー・センター設計競技」エスキースの最中の日記であるQA07(1971年5月28日-1971年6月23日)は表紙に「分析的建築 [architettura analitica]」と題された。1971年5月30日から6月18日にかけて「分析的建築 [arch. analitica]の要素」と題されたスケッチが描かれ、描かれたものが

自身にとってどのような位置づけ・意味付けをもつか、AからGまでのアルファベット記号を付記し、過去の建築設計との関連と合わせて自問自答する。中でも6月18日に描かれた日記内の「FIG. 6」は、6つの長方体のヴォリュームが整体して2列に整列し、円錐台形へと向かう構成を想起させる。(図2)

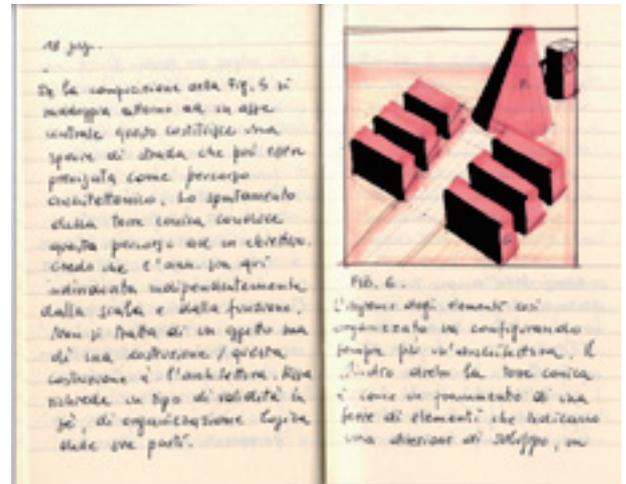


図2 QA07: 1971年6月18日(「分析的建築」のFIG. 6)

ヴォリュームは円錐台と赤のマーカで幾何学的形状を強調するように比較的均一に塗られており、構成は「モデナ墓地」に適用された構成と類似する。2列のヴォリュームの間の薄く惹かれた赤のマーカと細い線によって、軸線を描く意図が見られる。ここには、ヴォリュームの並列配置によって、パースペクティブを用いる「宮殿形式」のスキーマが提示される。建築理論家デュランが提示したような「宮殿形式」のスキーマの変形であるといえる。

3.2. 「モデナ墓地」(1971年8月)での宮殿形式

「分析的建築」は続くQA9において「モデナ墓地」へと発展させられたが、この建築の形式は「魚の骨型」として論じられる(文献6)。これは、ロツシが墓地の納骨堂を「骨」の形態のアナロジーをして説明していることを指すと同時に、「魚」という「キリスト」を意味するモチーフに関連づけられる。この「骨のスキーマ」は、「モデナ墓地」で三角形の補助線内に収まるように形式が調整された。

「モデナ墓地」において宮殿形式を変形したヴォリュームの配列は三角形の補助線に従って変形される。ここで円錐台の塔は残り、中央の道のパースペクティブが強調された。(図3)連続した量体がつくる中央街路は『自伝』において、ミラノ大聖堂の側面のパドレスおよび「ファニャーノ・オローナの小学校」の中央街路として「建物の側面のあの等しく分割された量体」として関連づけら

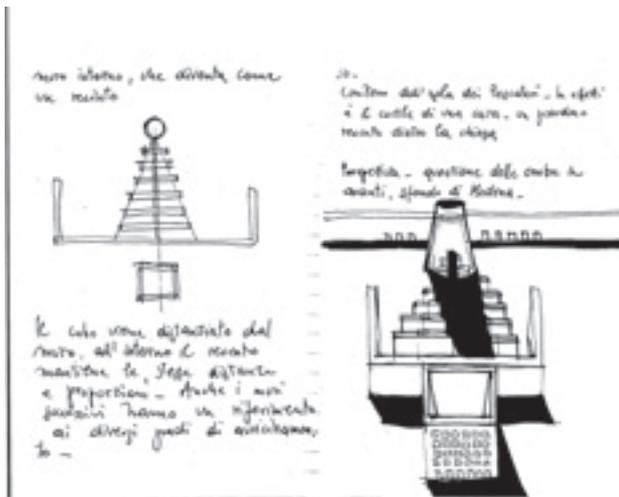


図3 QA09：1971年8月5日（モデナ墓地の計画）

れた。(文献22, 136)

このロッシの量体の配列への興味は岸田のいう「宮殿形式」と合致する。「宮殿形式」は軸線を作る中庭によって成立し、パースペクティブを伴う強い正面性を獲得する。岸田は、デュランの宮殿形式を用いた病院の構成においては、パースペクティブのアイストップがなくなること（「頭が失われてしまった」こと）で一神教の神の視点を失い、科学的な表象がなされたと長澤泰の論を引いて、分析している。(文献17, 126) ここでは、「頭」としての円錐台が描かれ、「神」の視点としてのパースペクティブが重要であったことを示唆する。ロッシが設計したこの墓地の場合、カトリック信者による葬礼儀式が多数を占める「墓地」においてパースペクティブをもつ中心は必要なものであったと考えられる。

4. パースペクティブとしての軸線

1972年4月8日にロッシは「モデナ墓地」の設計競技の一等を獲得した。「ファニャーノ・オローナの小学校」はこの直前に受注した実施案である。

1972年12月31日にロッシが思い出しながら描いた「タブロー 3：ファニャーノ・オローナの学校のためのスタディ」(図4)は、設計後に描かれたQA14の初期スケッチ案である。「モデナ墓地」の軸線と宮殿形式を組み合わせた構成を踏襲していることがわかる。自身の建築設計を再考する際に描かれたと考えられる。中央の軸線は内部廊下のようなものをイメージしていたことが示され、円筒形へと向かうパースペクティブが描かれた。

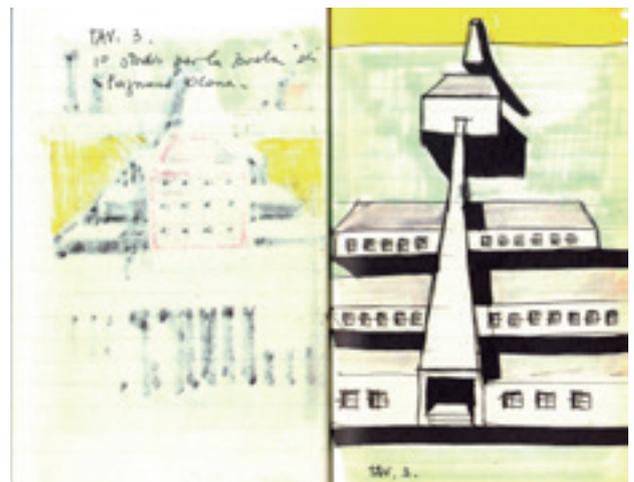


図4 QA14：1972年12月31日「タブロー 3：ファニャーノ・オローナの学校のためのスタディ」

5. 「ファニャーノ・オローナの小学校」平面シエマの起源

5.1. 宮殿形式と十字型の複合

QA11では1972年5月15日のチューリッヒで講義の日に書かれた「ファニャーノ・オローナの小学校」の初期エスキースが見られる(図4)。5月11日に描かれた初期案(図5)は、3本の十字架を組み合わせた図形のように解釈できる。「モデナ墓地」からこのスケッチに至る間の1971年12月に自身の少年時代のカトリック教育を回想しており(文献10, 9)、キリストの磔刑図から発想を得たものと推測される。ここで、体育館は磔刑図の銘板 [Titulus] を取り入れた図形と解釈できる。図5, 6で円形が下に配置されているのは、円筒ドラムないし円錐台を指し示すと考えられる。

「モデナ墓地」と同様、人間や軸線となる1本の線分に、3本の線分が組み合わせられている。これは1本の軸線に矩形の上部に配置され、円形が下部に置かれる。

5.2. 十字のシエマ

10日後の、1972年5月26日「ファニャーノ・オローナの小学校」では、モデナ墓地の初期案の変化が描かれる。この5月26日に描かれたスケッチでは、小学校の設計シエマの変容が図示される。

まず初期案のスケッチ(図6)が書かれ、その裏の見開きページの同じ位置に描かれる。躯体を示す屋根伏は赤いマーカーで塗られ、黒い影が塗られる。それ以外の薄い緑のマーカーで、緑地帯が塗られ、正方形内の躯体外部を黄土色のマーカーで塗っている。

図5では軸線が描かれ、正方形とその対角線が描かれ、図4とほぼ同じものを指すと考えられる。上部の軸線上の先端に位置する四角い部分は「体育館

「palestra」]として、教室とは別のヴォリュームとして描かれた。

図6の次のページに描かれた図7では、中庭は赤でも緑でもなく、薄い黄土色のマーカーで塗られている。「ファニャーノ・オローナの小学校」では「骨型」から「十字型」への形式が強くなり、中央部の幅が拡張される。

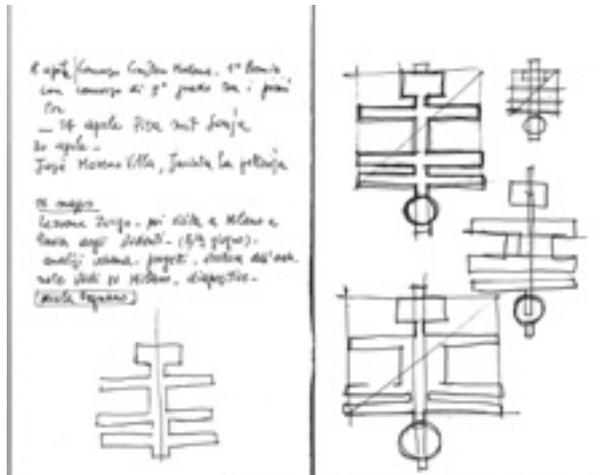


図5 QA11 : 5月15日

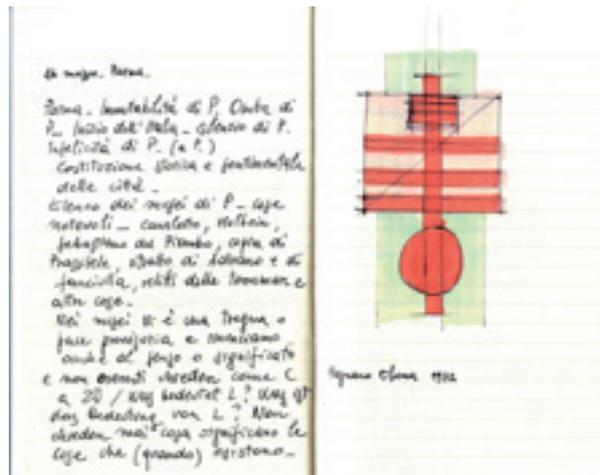


図6 QA11 : 5月26日

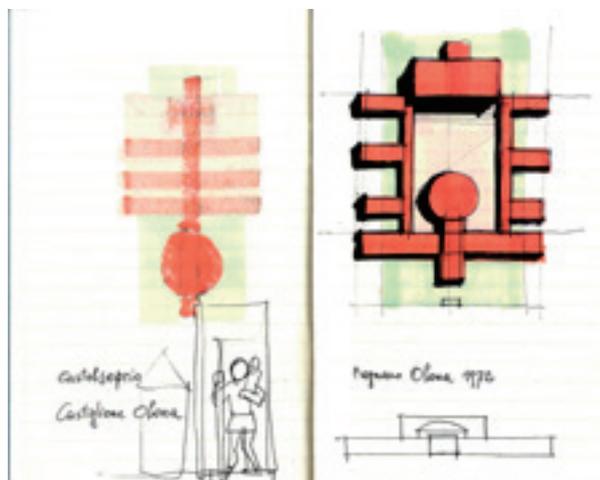


図7 QA11 : 5月26日

円形が内部に内包されたことによって、基本的な形式が決定された。前ページの図6でも薄い黄土色のマーカーで正方形を塗っており、5月26日時点では、中庭を「赤い空間」としては、イメージされていなかったといえる。

5.3. 「シンメトリーという不安」

「ファニャーノ・オローナの小学校」のスタディが載せられたQA11には、裏表紙に黒いマーカーで塗られた平面ダイアグラムが描かれる。ここでは、おおよその基本設計の形式シマが確定したことを示される。つまり、両翼の教室の楕形のヴォリュームは実施設計よりも細長く、左右それぞれに4本のヴォリュームがある。また、エントランス左側はより長いヴォリュームが付加され、実施図面のアウトラインがほぼ完全なシンメトリーであるが、この裏表紙はアシンメトリーな黒い影としてマーカーで描かれる。(図8)

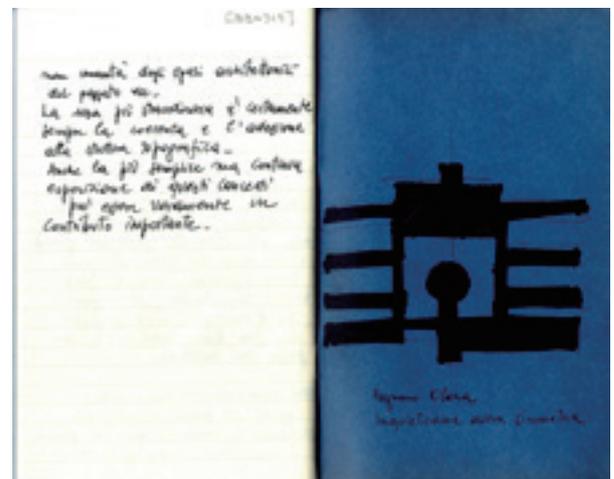


図8 QA11 : (裏表紙)

この黒い影の下には「ファニャーノ・オローナ シンメトリーという不安 [Inquietudine della simmetria]」という文字が書き添えられている。体育館に凸型の突起物が描かれたことから、十字架型が意識されていたことがわかる。軸線が添えられているが、ここには、一度ロッシがシンメトリーに疑義をいだき、左右対称を崩す意図をもって、このシマを描いたことが示される。

なお、「不安 [Inquietudine]」という単語はロッシにとって必ずしも否定的な意味を持つものではなく、むしろ、彼の建築の特徴として肯定的に論じられた。^{註9}

最終的には、両サイドのヴォリュームの数が4つから3つになることによって、構成がシンメトリーに戻された。ここには、1つのヴォリュームを他の2つと離し、若干伸ばすことで、十字型をより意識させる構成(図9)として、シンメトリーに戻されたと考えられる。



図9 「ファニャーノ・オローナの小学校」の実施図面
(図版出典：文献12)

6. 決定案における素材の選定

6.1. 十字のシエマと中庭

6月に書かれたQA12では、「私のいくつかのプロジェクト [Alcune mie architetture]」と題された小論のために、手記が一冊あてられている。ここでは完了したプロジェクトの考察にあてられており、「ファニャーノ・オローナの小学校」への言及はない。

続くQA13は7月2日から始まり、「ファニャーノ・オローナの学校の決定した平面形式」と題されたスケッチが描かれる(図10)。

QA13の図版は、QA11に描かれた図版と異なり、中庭に付属する4つのヴォリュームの長手方向が短縮され、体育館に接する2つのヴォリュームよりも短くなっている。また、前者の4つのヴォリュームと、後者の2つのヴォリュームの間隔も広げられており、実作の図面(図9)に近くなっている。下部には円形が書かれているが、これは実作の円錐台の煙突を示している。

中庭をもった小学校の構成は、修道院との関連が伺える。教え子のロサルド・ボニカルツィ(Rosaldo BONCAIZI)はシトー会建築の「ル・トロネ修道院」の平面図と「ファニャーノ・オローナの小学校」を関連づけているが(文献2, 18-19)、歴史の流れの中で拡張されてアシンメトリックに中庭が形成された「ル・トロネ修道院」に対し、ロッシの設計した小学校は、十字のシエマの維持しながら、シンメトリカルな構成を以って矩形の中庭が配置されている。

薄い線で中庭の円形の中心と、下部の円形の中心が結ばれるように、中心軸が引かれている。また、ページ下部の躯体外部に描かれた、正方形の上の円形は、円錐台の煙突を示し、図4の円錐台を継承している。

描かれた軸線は、小学校の階段上から、円筒形の図書館の窓を抜けて、赤いレンガの煙突(図11)が見えるよ

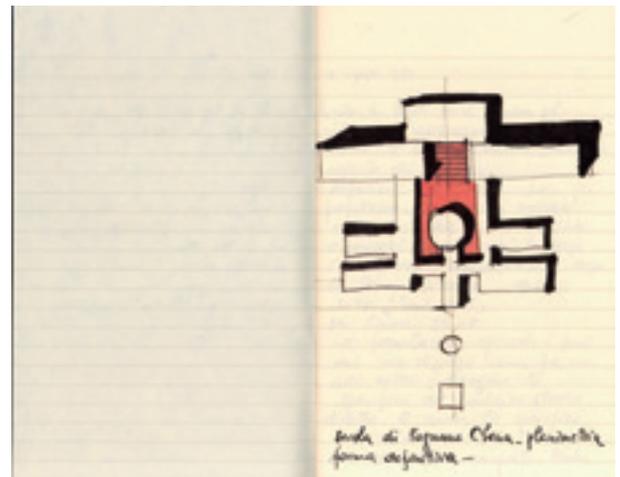


図10 QA13：7月2日



図11 実作の煙突のレンガとテラコッタ(発表者撮影, 2013)

うなパースペクティブを示唆している。

QA13の図10では、軸線が描かれ、ヴォリュームと合わせて、十字架型のシエマを描いている。すでに赤い空間として中庭がイメージされている(図10, 12)。裏表紙にも、ドローイングが描かれた。(図12) 文章は10月27日に書かれたものであるが、QA13のタイトルの最終の日付10月30日とあることから、このドローイングの書か

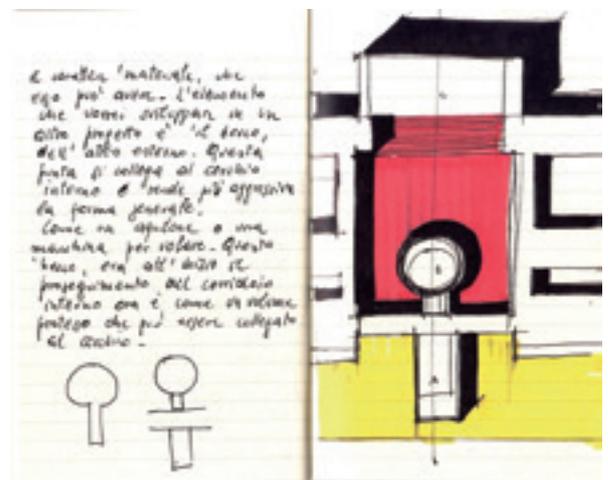


図12 QA13：10月19-22日



図13 QA13：裏表紙

れた日付であると推測される。

6.2. 赤いテラコッタと「ぶどう酒」

中央の中庭は階段が描かれ、橙色のマーカーで塗られた。「赤い空間をイメージ」（文献20, 82）したと後に語られる。赤いマーカーで躯体を塗ることは、竣工した中庭には赤いテラコッタが敷き詰められ、躯体を白いスタッコ仕上げにすることがきまったことで、図5, 6, 7のスケッチ上で躯体を描く赤いマーカーの表現が、中庭のペーパメントに転移したといえるだろう。

「セグラテの噴水」と同様の赤いテラコッタが実作には配置されたが、7月2日のドローイングでそのイメージがより明確に現れた。(図10) 10月10-22日には中庭は赤いマーカーで塗られ、入り口部分の黄色のマーカーと色彩的な対比をなす。(図12)

QA13の裏表紙に描かれたドローイング(図13)は、オレンジと緑のパステルで色付けられており、中央の中庭と玄関左側は赤く、それ以外の外部を示す部分は緑のパステルで塗られている。この色の複合は『青のノート』の地の色と相まって、暗い様相を呈しているこのドローイングでも、全体のシンメトリーを表すように中心軸が引かれる。ドローイング下部には以下のように記される。

「ファニャーノ・オローナの学校、ぶどう酒工場[Vincoli]と建築の自由。建築の構成システムとしての建築的かつ都市的類型の操作」

この「ぶどう酒」とは、赤いレンガが呼び起こす色および、緑色が、実施作品の色としてイメージされていたとみることができる。唐突な「ぶどう酒工場」という比喩は、レンガや煙突に工場のアナロジーと結びつき、労働者階級のための施設(社会主義のイデオロギー)とキリスト教のイメージが複合され、キリストの身体をイメージし、材料の内的な説明に至ったとみることができ

る。

6.3. 十字架と正方形田の字窓

なお、ニューヨークのIAUSにロッシを招聘したピーター・アイゼンマン(Peter EISENMAN)は、ロッシの3つの建築を論じた「生き残った都市の死者の家」(1976)で、小学校を「ピサの洗礼堂」と結びつける。(文献3, 13) また、「セグラテの噴水」(1965)、「モデナ墓地」(1971)、「ファニャーノ・オローナの小学校」(1972)の3つのロッシの建築を「死の家[House of the Deads]」として位置づけた。アイゼンマンは側面に反復された十字窓を通してみえる人影を「十字架の下で絞首刑になった人物」と表現し、キリスト教的なモチーフをも見出している。



図14 小学校の煙突(発表者撮影, 2013)

つまり、平面の正方形形式を変形させた「十字型」のシエマが、立面の十字型のマリオンを持つ正方形の田の字窓(図14)と呼応的に認識されるような意匠が建築設計に取り入れられたといえる。

7. 結

本研究では、ロッシが「ファニャーノ・オローナの小学校」の設計において、十字架の「シエマ」として図式化し、建築設計に適用した。ロッシのイデオロギー的信念は、宗教的理念・教育的背景と連合している。共産党や社会主義のイデオロギーだけでなく、ロッシの教育的背景を理解する上で、キリスト教的なバックグラウンドもまた、設計論的考察の対象として見直す必要がある。ロッシにおいては、「骨」や「魚」といったキリスト教的イメージが設計論的に重要なモチーフとなっており、それを建築形式に落とし込む際に設計シエマの意味内容の変化を意識しながら建築設計を行っていたといえる。

「ファニャーノ・オローナの小学校」におけるシエマ概念をダイアグラム化したものが図15である。左段はエ

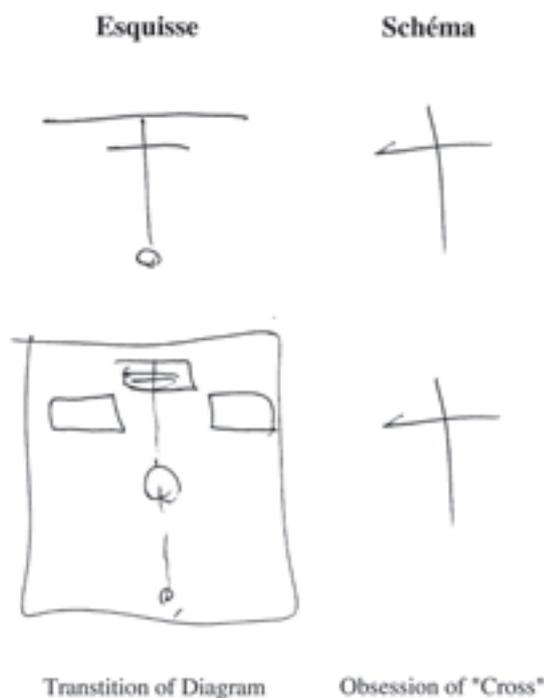


図15 「ファニャーノ・オローナの小学校」におけるシエマの変容（発表者作成）

スキースのダイアグラムの変遷を示し、宮殿形式と軸線の強調を「モデナ墓地」から踏襲した初期案が、中庭を有する最終案に至ったことを示している平面ダイアグラムである。ともに、人間が建築の内側に立ったときの視線の抜けを、平面对称の軸と一致させており、全体の構成から「十字のシエマ」が維持されたといえる。(図15, 右段)

「十字のシエマ」が一つの〈規則〉として存在することは、「ファニャーノ・オローナの小学校」におけるロッシの建築設計論の一つをなすということが見て取れる。5月15日から26日の間に別の紙でスタディを行い、設計が一段落したところで、QAに書き込んだと推測される。

ロッシは手書き文字とドローイングの融合に興味を抱き、スタンダーの『アンリ・ブリュールの生涯』の記憶の中の事物の手書き配置図が、『自伝』に重要な影響を与えたと回想する。(文献23, 20, 187-188)。これはロッシにとって、科学者や芸術家、学者、小説家が創作・執筆するときに、作品や論文が「自分自身に似ること」に関心をいただいていたことから、「手書き」が作者の状態それ自体を表す“科学的現象”であったと考えられる。これはロッシのジョルジュ・バタイユへの関心、およびレーモン・ルーセルの手法(プロセデ)への関心と結びつくことが予想される。

注

注1 シエマはもともと発達心理学の用語であるが、岸田は、建築設計における前認識的な、理念と形式の複合として、ア・プリオリな建築意匠の構想および認識の考察に適用している。岸田は「ナイングリッド(パラディアンシエマ)」, その発展形としての「宮殿形式」のシエマや「ダブルサークル」シエマを図示し、少ないシエマで建築意匠の構想が「型(タイポロジー)」や構想のイメージを、設計に落とし込まれた建築の事例を提示している。: 岸田(2012), 119-134.

注2 この概念は、V.シクロフスキーがいうところの「イメージ」に近いものとなる。「方法としての芸術」でシクロフスキーは以下のように書く。「イメージは《だれのものでもない》, 《神のもの》なのだ。時代を理解すればするほど、一人の詩人によって想像されていたと思われていたイメージが、実は他の詩人たちから受け継がれたもので、ほとんどもとのままのかたちでその詩人に使用されているにすぎないという事実を、より深く確信させられるにちがいない。」(シクロフスキー『散文の理論』水野忠夫訳, 8) なお、建築史家・建築理論家マンフレッド・タフーリは、ロッシの作品をシクロフスキーの言及に喩えている。またロッシはトロツキー『文学と革命』を読んでおり、トロツキーによるシクロフスキー論にも親しんでいたと考えられる。以下も参照。片桐(2021), 1770-1772.

注3 後に「ポンピドゥー・センター」としてレンツォ・ピアノ(Renzo PIANO) とリチャード・ロジャース(Richard ROGERS) によって実現された。

注4 例えば、発表者はロッシが代表作「モデナ墓地」の平面構成が丸、三角、四角の配列を組み合わせたものであったことを示し、日本の禅画からの影響を論じた。: Katagiri, JGG (2018)

注5 1999年に死後出版された手記『青のノート』は、彼の亡くなる約5年前までの1992年12月5日までの全47巻がゲティ・センターから出版されている。ロッシ自身は1985年にQA30巻(1981年3月14日-9月6日) から31巻1985年11月13日-1986年1月29日) における4年間の断絶について、巻の冒頭で「日記ではない」と弁明しているものの、細かな旅行・仕事を書き記している。1968年の1巻QA01(『青のノート』1巻, 1968年6月19日) は建築設計教育における「教理問答[catechismo]」を、丸一日かけて自問自答したものであり、自身にとって重要なキータムを四角で囲み、建築設計教育への適用が内省される。1971年については、QA06からQA10までの5冊が描かれ、彼にとって重要な精神状態が記述されている。Rossi(1999).

注6 実際の建築設計のプロセスにおいては、建築家自身の習慣とともに、内的な状態が重要であり、史的連続性による因果関係を十分に吟味したうえで、作家の実践を追体験する「過去に触れる」行為を伴う。その点

で、手書きの手記であり、比較的長期間で、規則的なスパンにおいて記述され、同じ会社から出されたノートブックという形式の連続をもった日記『青のノート』は、数少ない作家の内的状態を供する資料である。以下も参照。田中 (2016)

- 注7 アルド・ロッシ財団での共産党の党員証を調べたランパリエロ (2017) は、1958年と1959年の会員番号を記している。アウレリ (2007) は教授職を罷免された1971年にPCIを離党したと論じる。
- 注8 アイモニーノはPCIでも重要な位置を占めていた建築家であり、1967年に「ガララテーゼの集合住宅」の計画の一部をロッシに委任した。建築家としてのエリート教育を施した親族に逆らって共産党に入党したアイモニーノは、心の内部での「社会主義都市」への理想を語るロッシと晩年まで互いに「親友」と認め合う間柄であった。
- 注9 QA11ではETH-Zの学生であったブルーノ・ライシュリン (Bruno Reichlin) とファビオ・ラインハート (Faibo Reinhart) が *Werk* 誌の取材に来た際に、自身の建築の特徴として「不安 [Inquietudine]」が重要な概念として話題に挙がったと記している。

参考文献

- [1] AURELI, P. V., The difficult whole, *Log*, 9 (2007), 39-61.
- [2] BELLONI, F. and BONICALZI R. (Eds.), *Aldo Rossi. La scuola di Fagnano Olona e altre storie. Atti della Giornata di studi (Fagnano Olona, 28 novembre 2015)*, Accademia University Press. (2017)
- [3] EISENMAN, P., "The House of Dead as the City of Survival", *Aldo Rossi in America: 1976-1979*, MIT Press (1979), 4-16.
- [4] KATAGIRI, Y., "Circle, Triangle, and Square: Trinity of Geometry in the Architectures of Aldo Rossi", *Journal for Geometry and Graphics*, 22.1 (2018), 129-137.
- [5] KATAGIRI, Y., "Repetition of Triangle Fountain of Aldo Rossi: Geometrical Analogy of Architecture", *Proc. 18th ICGG* (2018), 809-819.
- [6] LAMPARIELLO, B., *Aldo Rossi e le forme del razionalismo esaltato: Dai progetti scolastici alla «città analoga», 1950-1973*, Quodlibet Habitat. (2017)
- [7] ONANER, C., *ALDO ROSSI, A.RCHITECTE DU SUSPENS: En quête du temps propre de l'architecture*, MētisPresses. (2016)
- [8] ORNAGHI, N., and ZORZI, F., "Conversation with Arduino Cantaforà", *Log*, 35 (2015), 85-96.
- [9] ROSSI, A., "La coscienza di poter "dirigere la natura": fonte di cultura e dell'educazione nell'URSS", *Voce comunista*, 31 (1954), 5.
- [10] ROSSI, A., "Note autobiografiche sulla mia formazione, 1971", *Aldo Rossi. Tutte le opere*, Mondadori Electa (1999), 8-21.
- [11] ROSSI, A., *Aldo Rossi, Progetti e disegni 1962-1979*, Centro Di. (1979)
- [12] ROSSI, A., *A Scientific Autobiography*, The MIT Press. (1981)
- [13] ROSSI, A. Arnell, P. and Bickford, T. (Eds.), *Aldo Rossi: Buildings and Project*, Rizzoli. (1985)
- [14] ROSSI, A., *Aldo Rossi Drawing and Paintings*, Adjami, M., Bertolotto, G. (eds.), Princeton Architectural Press. (1993)
- [15] ROSSI, A., *I quaderni azzurri*, copia anastatica a cura di F.Dal Co, Electa. (1999)
- [16] 片桐悠自, 「傾向建築をめざして」, 『日本建築学会計画系論文集』, 86. 784 (2021), 1764-1774.
- [17] 岸田省吾, 『建築意匠論』, 丸善. (2012)
- [18] 田中純, 『過去に触れる』, 羽鳥書店. (2016)
- [19] ジャン・ピアジェ 『思考の心理学』, 滝沢武久 (訳), みずず書房 (1968); PIAGET, J., *SIX ÉTUDES DE PSYCHOLOGIE*, Éditions Conthier. (1964)
- [20] M. A. ボーデン 『ピアジェ』, 波多野完治 (訳) 岩波書店. (1980); BODEN, M. A., *PIAGET, Branch Line*. (1979)
- [21] アルド・ロッシ, 「最近作に関する考察」, *au*, 65 (May 1976), 81-82.
- [22] アルド・ロッシ, 『au 臨時増刊号 アルド・ロッシ』, A. D. A. EDITA. (1982).
- [23] アルド・ロッシ, 『アルド・ロッシ自伝』, 三宅理一 (訳), 鹿島出版会. (1984)
- [24] アルド・ロッシ, 『都市の建築』, 大島哲蔵・福田晴虔 (訳), 大龍堂書店. (1991)

●2021年6月23日受付

かたぎり ゆうじ
東京都大学建築都市デザイン学部建築学科
〒158-0087 東京都世田谷区玉堤1丁目28-1
katagiri@tcu.ac.jp

歩けることを目指した無限ループ階段の設計法

Design toward Walkable Endless Loop of Stairs

杉原 厚吉 Kokichi SUGIHARA

概要

不可能図形の代表例の一つである無限ループ階段を取り上げ、2次元図形としてそれが描けるための条件を明らかにするとともに、人が実際に乗って歩くことのできる3次元構造物として作る方法を提案する。不可能図形を立体化するトリックでもっともよく知られているのは、奥行き方向に不連続な構造を設けるものであるが、その方法で作った構造物は無限に歩き続けることはできない。本論文で提案する手法では、絵の中でつながって見えるところはつながったまま立体化するもので、その上を歩き続けることができる。これは、見るだけでなく参加して楽しめる大型の錯視遊具を作るための一つの方法論を提供するものでもある。

キーワード: 空間幾何学 / 立体錯視 / 不可能図形 / だまし絵 立体 / 大型錯視遊具

Abstract

This paper presents a design principle for constructing a real 3D structure of an endless loop of stairs, one of typical impossible figures. Our structure is different from traditional ones in the sense that there is no discontinuous gaps and consequently we can walk along the stairs. This idea will give a general method for constructing large-scale 3D structures of impossible objects with which we can interact, instead of just seeing.

Keywords: Space geometry / 3D optical illusion / impossible figure / Anomalous picture / Large-scale illusion toy

1. はじめに

見る人に立体の知覚を生じさせると同時に、そんな立体は作れるはずがないという印象ももたらす図形は「不可能図形」とよばれる^[1]。20世紀の前半に、スウェーデンのグラフィックデザイナーのオスカー・ロイテルスバルドは多くの不可能図形を描き、「不可能図形の父」と呼ばれている^{[2][3]}。不可能図形は、心理学において視覚の仕組みを探る実験材料として研究されてきた^{[4][5]}が、その美しさ・不思議さからアートの素材としても使われてきた^{[6][7]}。

不可能図形の代表例の一つは、4本の直線状の階段を直角につないでループ状にした「無限ループ階段」である。イギリスの科学者ペンローズ父子が心理学の雑誌に提案した^[8]。その後、オランダの版画家エッシャーが作品「上昇と下降」(1960)の中で、素材として利用している^[9]。登っていくと無限に歩き続けなければならず終わりのない構造は知的刺激をもたらし、哲学を含めて多くの分野で注目されている^[10]。

不可能図形は、見る人に立体としては作れないという印象を与えるが、必ずしも作れないわけではない。不可能図形を立体化するトリックが少なくとも三つ知られている。

その第1は、絵の中で繋がっているところに奥行き方向の不連続構造を設ける方法である。視点を1点に固定して立体を眺めるときには、立体までの距離はわからないため、近くにある小さいものと遠くにある大きいものの区別がつかない。この性質を利用して、つながっているように見えるが実は奥行き方向に不連続なギャップがあるという構造を作ることができ、不可能図形を立体化できる。この方法は、不連続のトリックと呼ばれる。心理学者グレゴリー^[4]、科学者エルンスト^[2]、我が国のトリックアーティスト福田繁雄^{[2][11]}らによって使われている。

第2のトリックは、絵の中で平面に見えるところに曲面を使う方法である。曲面を使うと、立体を繋ったまま

の状態と奥行き方向に自由に変形できるために、非常に広い範囲の不可能図形を立体化することができる。この方法は曲面のトリックと呼ばれる。彫刻家ハマエカー^[2]、計算科学者エルバー^[12]などは、この方法を使って不可能図形を立体化している。

第3のトリックは、絵の中で直角に見えるところに直角以外の角度を使う方法である^{[13][14]}。人の脳は絵を解釈するとき直角の多い立体を思い浮かべる傾向がある^[15]。そのため、直角に見えるけれど直角以外の角度を使った構造によって、実立体としては存在しえないという印象を持つ立体を作ることができる。この方法は非直角のトリックと呼ばれる。この方法は、不連続のトリックも曲面のトリックも使わないで不可能図形を立体化できるので、適用できる範囲は少し狭いが、視点を少し動かしただけではトリックがわかりにくいという特徴がある。

これらのトリックは、無限ループ階段を立体化するためにも利用できる。錯覚の起こる視点位置から眺めるといふ目的なら、どのトリックを利用しても大差はないであろう。しかし本稿では、人が乗って階段を歩ける大きさに立体を作って、実際に人が無限に階段を上り続ける姿を錯視の起きる視点位置から眺めることができるものを作りたい。これは、階段を歩く人にとっては、通常の階段とは異なる特別な立体の上を歩かなければならないが、あたかも普通の階段を歩いているように見せかけるパフォーマンスを目指すという遊び方ができ、それを見る人は、ありえない階段なのに人が歩いているという不思議さを楽しむことができる。そのためには、不連続のトリックは不向きである。なぜなら、階段が不連続に離れてしまうため、そこを歩くことがむづかしくなるからである。したがって、曲面のトリックまたは非直角のトリックを利用するのがよい。曲面のトリックを使っても歩ける無限ループ階段を作れる見通しはあるが、曲面であることが陰影から分かりやすいため、本論文では非直角のトリックを使って実現することを考える。非直角のトリックを使った無限ループ階段の立体化の試み^[16]もあるが、これは机上のモデルを作ってみて楽しむという目的で作られており、作り方も発見的で、ステップの傾斜は50度以上あるためその上を歩くことはむづかしく、さらにその視線方向は垂直に近いので、大きく作って見下ろすには適していない。

なお、人が乗って遊べる無限ループ階段には、全く別の方針のものも提案されている^[17]。それは、階段を歩く本人が無限ループ階段を体験できるものである。すべ

ての階段のステップが斜めであるが、そのことに気づかないで水平なステップを登り続けるという感覚を生み出すもので、閉じた空間の中で階段の両側に様々な仕掛けを用意するアイデアである。

それに対して本稿で考える構造では、階段を歩く本人は本当の形がわかるが、それを特定の視点から眺めたとき無限ループ階段とその上を歩く人の動きを知覚できるものである。立体とそれを眺める視点位置だけ確保すれば使えるので、公園などに設置する遊具としての用途が期待できる。

本稿の構成は次のとおりである。まず第2章で、見下ろす角度を決めたとき、ある制約のもとで不可能図形を描けるための条件を明らかにする。すなわち、すべてのステップが同じ大きさのとき、4方向の階段の段数と1ステップの高さが満たすべき条件を求める。これにより、無限ループ階段には無限のバリエーションがあることもわかる。つぎに第3章で絵と立体とそれを見る視線方向の関係を整理したのち、第4章では、条件を満たす不可能図形から、それと同じに見え、かつその上を連続に歩くことのできる3次元構造の作り方を構成する。ここでは、非直角のトリックを利用する。第5章では立体の設計例を示し、第6章でまとめる。

なお、本稿では、不可能図形と一致する網膜像を立体で作るといふ設計的側面に焦点を合わせる。3次元立体が2次元図形にどのように投影されるかは幾何学の問題であり、したがって、数理的な考察が中心となる。この立体とその上を歩く人を眺めたときどのような視覚効果が生じるかについて客観的データを取って議論することは、本論文での設計結果を実装した後の課題として残されている。

2. 無限ループ階段図形の成立条件

無限ループ階段の不可能図形を描くためには、一回りした階段が連続につながらなければならない。まず、これが満たされる条件を明らかにする。以下では、図形は立体の垂直投影図であると仮定する。

図1に不可能図形「無限ループ階段」の一例を示す。この図では、直線的な階段が4方向に伸び、それらが角で接続されてループをなしている。階段の側面の壁の下側は描かれていないが、水平な地面の上に側面の壁が立っていると想定して描こうとすると矛盾が生じる。そのため、今の段階では壁の下がどうなっているかは不問に付す。3次元構造を作るときにこの矛盾をどう解消するかはのちに議論する。

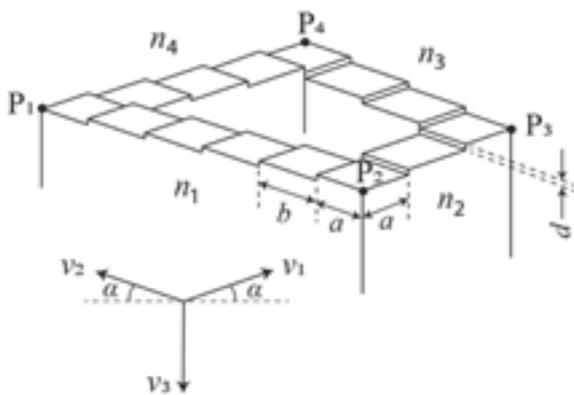


図1 無限ループ階段の不可能図形の例

この無限ループ階段図形では、次の性質が成り立つ。

- (A1) 階段は、上から見下ろしたとき反時計回りに上り続ける。
- (A2) 四隅の踊り場は同じ大きさの正方形である。
- (A3) 途中のステップは同じ大きさの長方形である。
- (A4) 隣り合うステップの高さはどこも同じである。
- (A5) 踊り場の正方形は、左右対称なひし形の姿勢で描かれている。

一つの踊り場だけに注目すると、正四角柱の上面が踊り場となっていると考えることができる。この正四角柱を、一つの側面が正面を向く姿勢で水平な面の上に立て、それを垂直な軸の周りで45度回転させた姿勢となっていることを、(A5)は表している。

本稿では、(A1)～(A5)の性質を満たす図形に限定して議論を進める。階段の向きは(A1)とは逆のものも考えられるが、それについては以下の議論を対称な状況に置き換えればよい。ちなみに、ベンローズのオリジナルな図形^[8]は(A1)を満たすが、エッシャーの版画作品「上昇と下降」^[9]は(A1)とは逆の向きが採用されている。

図1に示すように、階段構造の左端の点を P_1 、視点に最も近い点を P_2 、右端の点を P_3 、最も奥の点を P_4 とする。踊り場を含めないで P_1 と P_2 の間のステップ数を n_1 、 P_2 と P_3 の間のステップ数を n_2 、 P_3 と P_4 の間のステップ数を n_3 、 P_4 と P_1 の間のステップ数を n_4 とする。これら4つの数を並べたもの $[n_1, n_2, n_3, n_4]$ を階段のループパターンとよぶ。図1の階段のループパターンは $[4, 1, 2, 3]$ である。

(A5)の前提の下では、絵の中で左下から右上に伸びる階段と、右下から左上に伸びる階段の水平方向の幅が等しくなる。そのため、この条件を課すことは、解析を

簡単化できるというメリットがある。

図1の図形では、紙面上で3つの方向の線が使われている。図の下側に示すように、右上へ伸びる線と平行な単位ベクトルを v_1 、左上へ伸びる線と平行な単位ベクトルを v_2 、下向きの単位ベクトルを v_3 と置く。性質(A5)より、 v_1 と v_2 は、 x 成分は絶対値が等しく符号が異なり、 y 成分は値が等しい。 v_1 が水平方向となす角を α とすると、

$$v_1 = (\cos\alpha, \sin\alpha), \quad (1)$$

$$v_2 = (-\cos\alpha, \sin\alpha), \quad (2)$$

$$v_3 = (0, -1) \quad (3)$$

である。

絵の中の踊り場を表すひし形の1辺の長さを a とし、ステップを表す平行四辺形のもう一辺の長さを b とする。また、絵の中で隣り合うステップの高さを表す垂直な線分の長さを d とする。

このとき、 P_1 から P_2 へ向かうベクトルは

$$W_1 = -(2a + n_1b)v_2 - (n_1 + 1)dv_3 \quad (4)$$

P_2 から P_3 へ向かうベクトルは

$$W_2 = (2a + n_2b)v_1 - (n_2 + 1)dv_3 \quad (5)$$

P_3 から P_4 へ向かうベクトルは

$$W_3 = (2a + n_3b)v_2 - (n_3 + 1)dv_3 \quad (6)$$

P_4 から P_1 へ向かうベクトルは

$$W_4 = -(2a + n_4b)v_1 - (n_4 + 1)dv_3 \quad (7)$$

となる。これら4つのベクトルを合成したものは0でなければならないから、

$$W_1 + W_2 + W_3 + W_4 = 0 \quad (8)$$

である。これに式(4)～(7)を代入して整理すると次式となる。

$$(n_2 - n_4)b v_1 + (n_3 - n_1)b v_2 - (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + 4)d v_3 = 0. \quad (9)$$

この式の x 成分は

$$(n_1 + n_2 - n_3 - n_4)b \cos\alpha = 0 \quad (10)$$

となり、 y 成分は

$$(-n_1 + n_2 + n_3 - n_4)b \sin\alpha + (n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + 4)d = 0 \quad (11)$$

となる。すなわち

$$n_1 + n_2 = n_3 + n_4, \quad (12)$$

$$d = \frac{n_1 - n_2 - n_3 + n_4}{n_1 + n_2 + n_3 + n_4} b \sin\alpha \quad (13)$$

が得られる。特に、階段の段差は正でなければならないから、式(13)より次の条件も得られる。

$$n_1 + n_4 > n_2 + n_3 \quad (14)$$

この(12)、(14)が、前提(A1)～(A5)の下で無限ループ

ブ階段を描くことができるための条件である。式(12)は、右へ向かって登る階段のステップ数と、左へ向かって登る階段のステップ数が等しくなければならないことを表している。一方、不等式(14)は、反時計回りに登るための条件である。式(13)は、ステップを描く時の斜めの線の方向 α と長さ b を決めるとステップの段差が決まることを表している。

図1は、具体的に、見下ろし角 20° , $a=0.8$, $b=1.0$ という値を採用して描いたものである。

ペンローズのオリジナルの無限ループ階段図形^[8]のループパターンは [5, 1, 1, 5] で、式(12)の条件は満たされている。一方、エッシャーの版画「上昇と下降」^[9]に現れる無限ループ階段の(向きを逆にした)ループパターンは、[12, 6, 3, 12] で、式(12)の条件を満たしていない。実はエッシャーの無限ループ階段は、そもそも条件(A5)を満たしていない。すなわち、壁の一面が正面を向いた姿勢から垂直軸の周りに 45° 以外の角度で回転させた姿勢で描いてある。そのため、式(12)の条件は意味を持たず、実際に無限ループ階段を描くことができている。エッシャーは、あえて一般的な姿勢に挑戦し、直感と試行錯誤によって整合性のとれるステップ数と段差の組み合わせを見つけたことがうかがえる。

条件(12)は、ステップ数が満たすべき条件を表している。これを満たさないと、前提(A1)~(A5)の下では無限ループ階段は描けない。一方、条件(13)は、ステップの長さ b と、斜線の傾き α を与えると、段差 d がこの式で定まると解釈できる。すなわち、どのような b と α に対しても、この式で決まる d を使えば、無限ループ階段を描くことができる。以上で、前提(A1)~(A5)の下で無限ループ階段が描ける条件を明らかにできた。

3. 不可能図形と視線方向の関係

無限ループ階段の不可能図形を描く方法がわかったので、それを立体化するための準備のために、まず投影図と視線方向の関係を明らかにする。無限ループ階段を構成する4つの階段のそれぞれは、独立には通常の水平ステップと垂直な壁からなる階段として作ることができる。そこで、この通常の階段を投影したとき絵の中のそれぞれの階段となる状況を想定し、投影方向と水平方向のなす角を β で表し、これを見下ろし角と呼ぶ。そして、各ステップをなす長方形の幅を A 、長さを B とおく。 A , B は、それぞれ絵の中の辺の長さ a , b に対する実長である。

見下ろし角は、絵の中の斜線の向き α で決まる。この

ことは、逆に見下ろし角を決めると、角度 α が決まることを意味している。本稿では、実際に立体を作ることが目的なので、設置環境に応じて見下ろし角やステップの実長を決め、それがどのように見えるかを不可能図形で確かめるという手続きを取るのが便利である。そこで、見下ろし角を決めたとき、関連する情報がどのように決まるかを表1にまとめた。第1列が見下ろし角 β で、第2列はそれに対応する絵の中の斜線の角度 α である。第3列はステップの1辺の実長 B に対する絵の中の線の長さ b の比である。第4列は、逆に絵の中でのステップ段差を表す垂直辺の長さ d に対するステップ段差の実長 D の比を表す。これらの値を選んだのは、見下ろし角 β とステップの実長 B は任意に選択できるが、それらを決めると、絵の中での斜線の角度 α および式(13)の段差量 d が決まり、それに応じて立体の段差 D が決まるからである。

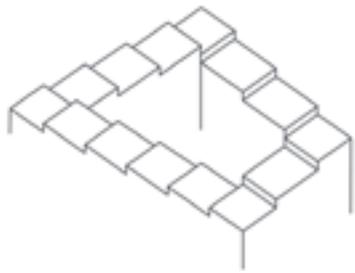
なお、表1の値は、立方体の3Dデータを回転させて2次元図形に投影する過程をシミュレーションして次のように求めた。 xyz 直交座標系の $(0, 0, 0)$, $(1, 1, -1)$ を対角線とする立方体を z 軸の周りで 45° 回転させ、次に x 軸の周りで見下ろし角 $\beta=10^\circ, 20^\circ, \dots$, だけ回転させたものを xz 平面へ垂直投影する。そのとき投影図上で原点に接続する斜めの辺と x 軸とのなす角が α である。また、投影図上での斜めの辺の長さが第3列の値、投影図上での垂直辺の長さの逆数が第4列の値である。

表1 視線方向と絵の中の線の関係

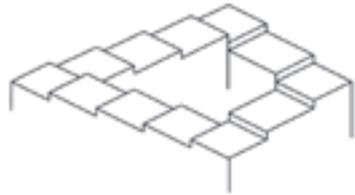
見下ろし角 β (度)	絵の中の斜線の 角度 α (度)	ステップの実長 B に対する絵の 中の長さ b の比	絵の中の段差 d に対する立体で の段差 D の比
10	9.85	0.718	1.02
20	18.88	0.747	1.06
30	26.57	0.791	1.15
40	32.74	0.840	1.31
50	37.46	0.891	1.55
60	40.91	0.935	2.00

図1の無限ループ階段は、見下ろし角 20° 、3次元空間におけるステップの長方形の辺の比が4対5(例えば踊り場の大きさが $0.8\text{m} \times 0.8\text{m}$ 、中間のステップの大きさが $0.8\text{m} \times 1.0\text{m}$)の場合に相当する不可能図形である。

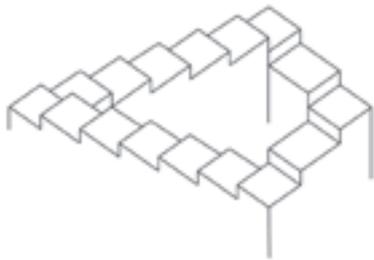
図2に、立体の設置環境を指定したときに決まる不可能図形の他の例を示す。これらはすべてステップの長方形の二つの辺の実長の比が、4対5である。



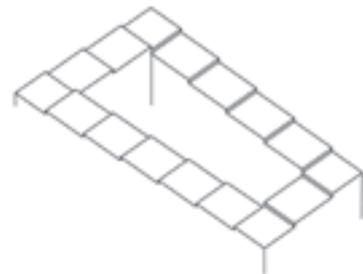
(a) ループパターン [4, 1, 2, 3], 見下ろし角45度



(b) ループパターン [3, 1, 1, 3], 見下ろし角30度



(c) ループパターン [5, 1, 1, 5], 見下ろし角45度



(d) ループパターン [5, 1, 4, 2], 見下ろし角45度

図2 いくつかのループパターンと見降ろし角に対する不可能図形の例.

この図の(a)は、ループパターンとステップサイズを図1と同じに選び、見下ろし角を45度に変更したものである。階段の段差が大きくなった印象を持つであろう。実際に、式(13)によって求まる d の値が大きくなることに加えて、2次元図形上での辺の長さを3次元空間での長さに変換する比(表1の第4列)も大きくなるため、この印象が生まれる。

図2の(b)は、よりステップ数の少ないループパターン [3, 1, 1, 3] を見下ろし角30度で描いたものである。

図2の(c)と(d)は、ステップの総数 $n_1+n_2+n_3+n_4$ (式(13)の分母の値) が同じく12となるループパターンの中で、左側のステップ数と右側のステップ数の差 $n_1-n_2-n_3+n_4$ (式(13)の分子の値) が最も大きいものと最も小さい

いものを比べたものである。(c)ではこの値が $5-1-1+5=8$ で最も大きい。(d)では $5-1-4+2=2$ で最も小さい。式(13)から分かるように、この差が大きいくほど、1段の段差も大きくなる。(c)も(d)も見下ろし角は45度であるが、(c)は段差が大きく、(d)は段差が小さくなっていることが図からも読み取れる。このように、式(13)は、ステップの段差の大きさを調整するための目安としても役立つ。

4. 無限ループ階段の立体化

ループパターン、階段ステップの実長、見降ろし角を決めたとき、無限ループ階段の不可能図形が一意に決まることがわかった。本章では、これを実際に立体化する方法を考える。以下では、図1の不可能図形を例に挙げて、その作り方を議論する。

4.1. 立体の分解

一般に不可能図形は、部分的には正しい立体の絵を組み合わせて描かれていることが多い。無限ループ階段も、直線に並ぶ4つの階段構造のそれぞれは、単独で考えると水平なステップと垂直な壁で構成される通常の階段として実際に作ることもできる。そこで、それら4つの部分に分解して考える。図1の不可能図形を分解した例を図3に示す。この図では裏側の見えない稜線も描いたが、これは立体全体の構造をできるだけ隠さず表現したためである。図3では踊り場は灰色で示した。右手前の階段に両端の踊り場を含め、残りの二つの踊り場は、左手前の階段と、右奥の階段に含めた。階段側面の壁の高さは、最も奥の踊り場(図1で点 P_4 が乗っている踊り場)の高さをまず決め、そこから時計回りに図1と一致するように決めた。一回りした結果、左奥の階段は最も低くなり、最初と最後は高さのつじつまが合わないが、この部分の調整は後程行う。

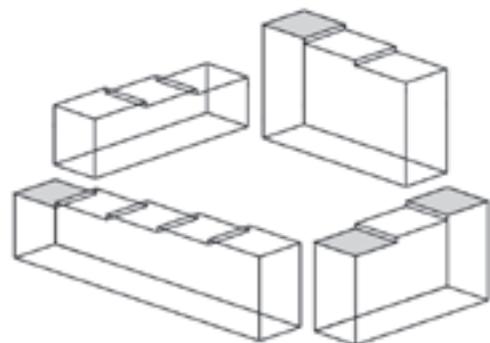


図3 無限ループ階段の4つの部分への分解.

図4には、これらの4つの階段部分をつなぎ合わせたところを示す。ここでは、図が複雑になりすぎるのを避けるために、見える稜線のみを実線で示した。また、この状況を上から見下ろした平面図は、図5に示すとおりである。一番奥の踊り場から時計回りに階段を接続したから、一回りしたところで不連続となっている。これにより一部が他に隠されている関係を、図4では破線で示してある。無限ループ階段を作るためには、この破線部分が隠されなくて見えていなければならない。

ところで、図4、図5に示した立体をそのまま使うと、不連続のトリックによる立体化ができる。そのためには、左奥の階段の破線部分が見えるように、右奥の階段を破線に沿って削り取ればよい。でも、それでは歩ける階段にはならない。たとえば、ステップを80cm×100cmの大きさで作ると、式(13)と表1から、ステップ段差は7.35cmとなる。したがって、一番奥の不連続に離れたステップの最も近い点同士の水平距離は122cmとなり、ステップの高さの差が102.9cmとなる。このステップの一方からもう一方へ歩こうとすると、水平方向に1メートル以上離れ、高低差も1メートル以上あるところを歩きながら、7.35cm降りる振りをしなければならない。これは普通の人には無理であろう。したがって、不連続の

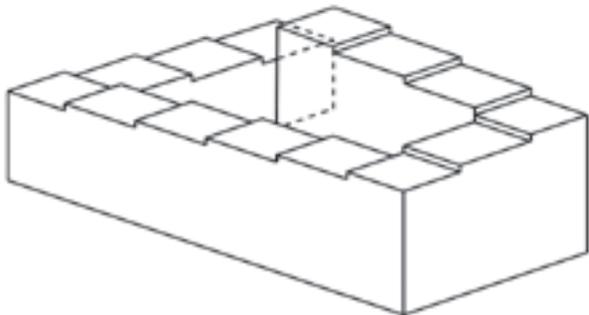


図4 図3の4つの階段を、右奥の階段から出発して時計回りに接続したところ。

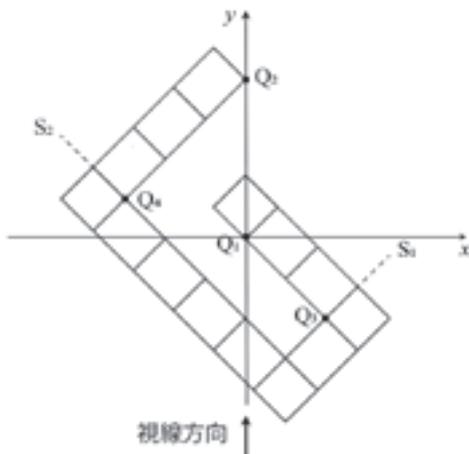


図5 図4の立体の平面図

トリックで歩ける無限ループ階段を作ることはむづかしい。

4.2. 奥行き自由度

1枚の投影図に描かれる立体の奥行きには自由度があり、同じ絵に見える立体の可能性には一般に無限のバリエーションがある^[13]。この性質を利用すると、無限ループ階段に見える立体を、ステップがつながった状態で作ることができる。

図3で分解したそれぞれの立体は、奥行き自由度が4である^[13]。すなわち、視点を固定してこの絵と同じに見える立体を探索するとき、4点の奥行きを（凹凸が逆転しない範囲で）任意に選ぶことができる。自由度が4あることは、1枚の面の上の3頂点の奥行きを指定するとその面の位置・姿勢が空間に定まり、その面に含まれないもう一つの頂点の奥行きを定めると、立体の厚みが定まることから直感的には理解できる。この自由度の一部は、目的に合わせて都合の良い立体を選ぶために利用できる。

たとえば、図3の4つの部品のうち、右奥、右手前、左手前の3つはそのまま固定し、左奥の部品だけを変形させることを考えよう。図5の平面図に示した S_2 は、左手前と左奥の階段部分が接触している垂直な面を表すとする。この接触面は変えないことにすると、左奥の部品が持っている自由度4のうち、3を固定することになる。すなわち、接触面 S_2 に載っている頂点のうちの3個の奥行きをそのままの値と決めると、左奥の部品は面 S_2 で左手前の部品と接触した状態を保つことができ、残る自由度は1となる。この自由度を使って、図5の点 Q_2 の奥行きを変更すると、左奥の階段は図6に示すように変形する。この図の破線は視線方向を表し、太い実線で示したのが元の形で、細い実線は変形後の形を表す。

この変形を上から見下ろすと、ステップの形は長方形から平行四辺形へ変わるが、同時に、水平なステップは傾斜を持ったものへ変わる。これは、視線方向が見下ろし角 β の斜めの方向だからである。

特に、点 Q_2 の奥行きを同図の点 Q_1 の奥行きに一致させると、図6の灰色で示した形となる。この時、左奥の階段は右奥の階段と平面図上で連続につながる。実際、両者の垂直な壁面も一致する。これにより、連続につながった無限ループ階段を構成できる。この方法で作ったのが、以前から提案されている非直角のトリックを使った立体設計法である^[14,16]。

ただし、この方法では、ステップの高さの不整合の解

消を左奥の階段のみで行うため、この階段のステップの傾斜は急になる。したがって、歩く階段には適さない。高さの不整合をより広い範囲の階段で解消する方がステップの傾斜は緩くできる。これを次に考える。

4.3. 不連続の解消

本稿では、視点を無限遠方に置いたことに相当する垂直投影図から無限ループ階段を作ろうとしているが、課題が二つある。その一つは歩けることを目指しているため、できるだけステップの傾斜を緩くしたいということである。もう一つは、立体を実際に見るときは有限の距離に視点を置くから遠近法的ひずみが生じるが、それをひずみの無い垂直投影図といかに折り合いをつけるかである。一つ目の課題に対しては、すべての階段を変形させて、高さの不整合を全体で分散して解消することが効果的である。一方、遠近法的ひずみは視点に近いほど大きく生じるので、二つ目の課題を考慮すると、少なくとも手前の二つの階段は正常な階段であることが望ましい。正常な階段なら視点がどこにあっても違和感なく階段として知覚できるからである。この二つの課題を総合的に考えるとき、手前の左右の階段は正常な階段として作り、高さの不整合は奥の左右の階段に分散させて解消するのがよい。本稿ではこの方針を採用する。

左奥の階段は、図6でみたとおり垂直面 S_2 で左手前の面と接続する状態を保ったまま、残りの1自由度を使って変形する。同様に、右奥の階段は、図5の S_1 に示す垂直面で右手前の階段と接触した状態を保ったまま、残りの1自由度を使って変形する。具体的には、左奥の階段は点 Q_2 を、右奥の階段は点 Q_1 を、それぞれ視線方向に動かして、平面図上で位置を一致させる。その

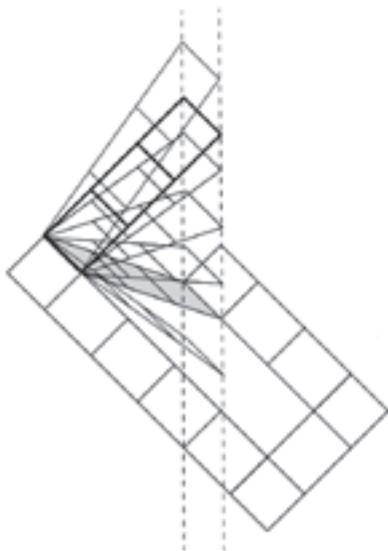


図6 奥行き自由度を利用した立体の変形

点を Q とおく。

図5に示すように、 Q_1 と Q_2 は、視線方向に平行な直線上に並ぶ。そこで、この直線上の Q_1 と Q_2 の中間の1点 Q を選び、 Q_1 と Q_2 がともに点 Q に一致するように、残っていた奥行き自由度を使って、立体の形状を定める。この変形で得られる立体の平面図は、図7のようになる。その計算法は、例えば文献^[13]などで確立されている。これによって、隣り合うすべてのステップと踊り場は、平面図の上では少なくとも1点で接続された構造として立体化できる。

このとき、右奥の階段は左奥の階段の裏側に回り込むから、二つの階段の遠近関係は、無限ループ階段図形と一致する。すなわち、図4に破線で示した前後関係の不整合は解消される。また、階段の壁面は、奥の二つの立体においても垂直なままである。これは、垂直面 S_1 あるいは S_2 を含む面がそのままの形に保たれているため、その境界の垂直な稜線も垂直のまま保たれ、それを含む他の壁面も垂直となるからである。

以上で、無限遠方から見たとき無限ループ階段の不可能図形に一致する立体を作ることができる。

4.4. 傾斜の最小化

以上の変形でステップが平面図上の少なくとも1点で連続する階段構造を作ることができるが、変形を施したあとの右奥と左奥の階段のステップは、水平ではない。斜めに傾斜した面となる。次に、この傾斜を最小化する方法を考える。

奥の二つの階段を接触させる位置（図7の点 Q ）が Q_1 の位置にあれば、右奥の階段のステップは水平になるが、左奥の階段の傾斜は大きくなる。逆に Q が Q_2 の位置にあれば、左奥の階段のステップは水平になるが、右奥の階段の傾斜は大きくなる。したがって、左右の階

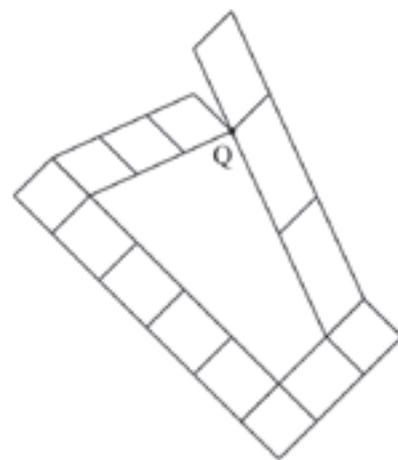


図7 最終形の平面図

段の傾斜が等しくなるQの位置が、 Q_1 と Q_2 の間にあるはずである。これを求めれば、傾斜を最小化できる。

図5に示すように、右奥の階段が右手前の階段と接する面の内側の点を Q_3 とし、左奥の階段が左手前の階段と接する面の内側の点を Q_4 とする。図5の平面図上に、点 Q_1 を原点とする xy 座標系を導入する。 $i=1, 2, 3, 4$ に対して、 $Q_i=(x_i, y_i)$ とする。このとき

$$Q_1 = (0, 0), \quad (15)$$

$$Q_2 = \left(0, \frac{(-n_3 - n_2 + n_1 + n_4)B}{\sqrt{2}} \right), \quad (16)$$

$$Q_3 = \left(\frac{n_3 B}{\sqrt{2}}, -\frac{n_3 B}{\sqrt{2}} \right), \quad (17)$$

$$Q_4 = \left(\frac{(n_3 - n_2 - n_1)B}{\sqrt{2}}, \frac{(-n_3 - n_2 + n_1)B}{\sqrt{2}} \right) \quad (18)$$

である。

Q_1 の高さを H_1 、 Q_2 の高さを H_2 とする。このとき

$$H_1 = H_2 + (n_1 + n_2 + n_3 + n_4)D \quad (19)$$

である。点Qは、 Q_1 と Q_2 を結ぶ線分上を動くから、その高さHは、線分 Q_1Q_2 を内分する比でさまる。したがって、

$$H = \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} (H_1 - H_2) + H_2 \quad (20)$$

である。

右奥の階段は、図5の面 S_1 を固定して変形するから、変形後に最も傾斜が急となる方向は、ベクトル $(-1, 1)$ の方向である。Qと Q_3 を結ぶ線分の長さをこのベクトルへ射影した長さ L_1 は、

$$L_1 = -\frac{x - x_3}{\sqrt{2}} + \frac{y - y_3}{\sqrt{2}} \quad (21)$$

となる。したがって、右奥の階段ステップの変形後の傾斜 $F_1(y)$ は

$$F_1(y) = \frac{H_1 - H}{L_1} = \frac{H_1 - H_2}{L_1} \left(1 - \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \right) = \frac{(n_1 + n_2 + n_3 + n_4)D}{L_1} \left(1 - \frac{y_2 - y}{y_2 - y_1} \right) \quad (22)$$

となる。

同様に、左奥の階段は、図5の面 S_2 を固定して変形するから、ステップの傾斜が最も急になる方向は $(1, 1)$ に平行である。Qと Q_4 を結ぶ線分をこの方向へ射影した長さ L_2 は、

$$L_2 = \frac{x - x_4}{\sqrt{2}} + \frac{y - y_4}{\sqrt{2}} \quad (23)$$

となる。したがって、左奥の階段のステップの変形後の傾斜 $F_2(y)$ は

$$F_2(y) = \frac{H - H_2}{L_2} = \frac{H_1 - H_2}{L_1} \frac{(y_2 - y)}{(y_2 - y_1)} = \frac{(n_1 + n_2 + n_3 + n_4 + 4)D(y_2 - y)}{L_2(y_2 - y_1)} \quad (24)$$

となる。

$y_1 \leq y \leq y_2$ において式(22)は単調増加、式(24)は単調減少であるから、途中で両者が等しくなるところがある。その y を二分探索によって求めることにより、傾斜の最も緩いQの位置を確定することができる。

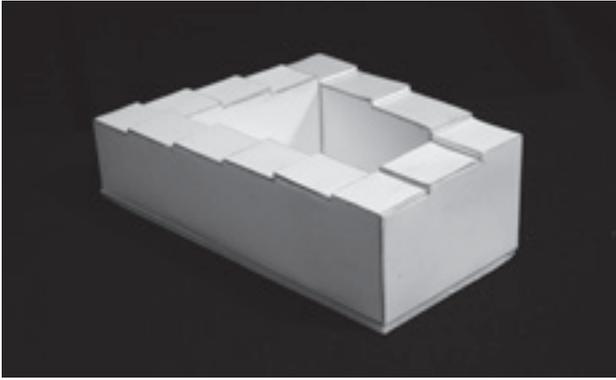
これで、無限ループ階段のステップと踊り場をつなごうとした構造として立体化できた。ただし、奥の両側の階段の垂直な壁面の下端は水平ではない。なぜなら斜めに見下ろす視線方向へ点 Q_1 、点 Q_2 を動かしたから、ステップが傾斜すると連動して底面も傾斜するからである。そこで最後に、すべての壁面を共通の水平な面で切断して、最終構造を作る。これにより水平な地面の上に安定に置ける立体となる。

図7に示すように、点Qの裏側には三角形の隙間ができるが、ここは立体に隠れて見えない場所なので、歩く人が踏み外す危険性をなくすために隙間を埋めるのがよい。ただし、そこには足は置かない。素直な階段を歩いているように見せるパフォーマンスでは、この隙間部分は跨いで通る必要がある。

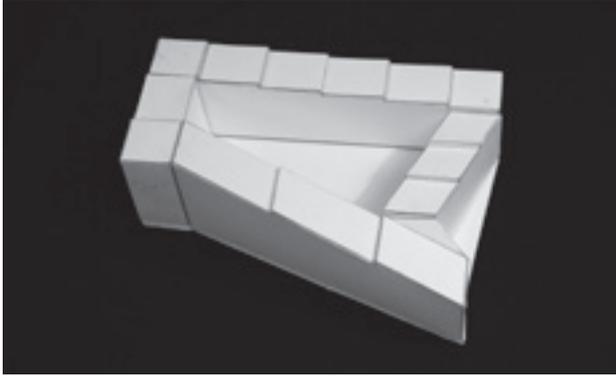
5. 立体設計例

図8に、図1の不可能図形から本稿の方法で設計した立体の紙製の小型模型の画像を示した。(a)は不可能図形に見える方向から撮影したもので、(b)は一般の方向から撮影したものである。(b)から分かるように、裏側の三角形の隙間は視点からは見えない床で埋めてある。水平ではない右奥と左奥のステップの傾斜は19% (10.8度)であった。これは、その上を歩くことのできる十分にゆるい傾斜である。ちなみに建築の分野では、屋根の勾配が30% (16.7度)以下は緩勾配、30% (16.7度)~50% (26.6度)は並勾配、50% (26.6度)以上は急勾配と分類されており、並勾配以下の屋根は足場なしで作業できる屋根とされている。本立体の傾斜は緩勾配に属し、困難なく歩けると評価できる。ただし、階段の位置は高いので、安全のために手すりを備える必要はあるであろう。

右奥と左奥の階段の間の三角形の隙間を埋めたところはもう少し急な傾斜になっているが、これは隙間に落ちるのを防ぐための安全策であって、歩く人はここは跨ぐことを想定している。したがって、ここに足を乗せるこ



(a) 無限ループ階段に見える方向から撮影したところ



(b) 一般の方向から撮影したところ

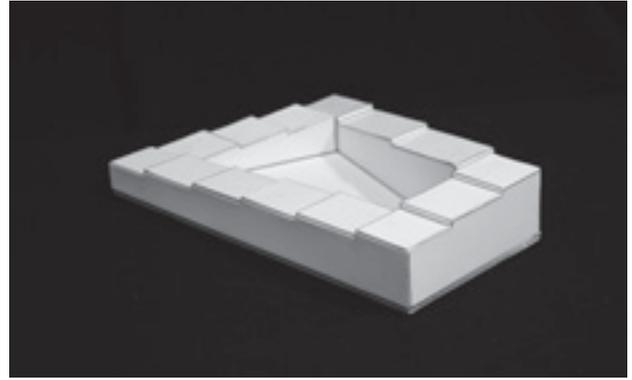
図8 図1の無限ループ階段を実現した立体紙模型

とはしないので、乗って遊ぶ遊具として使う場合の支障はない。

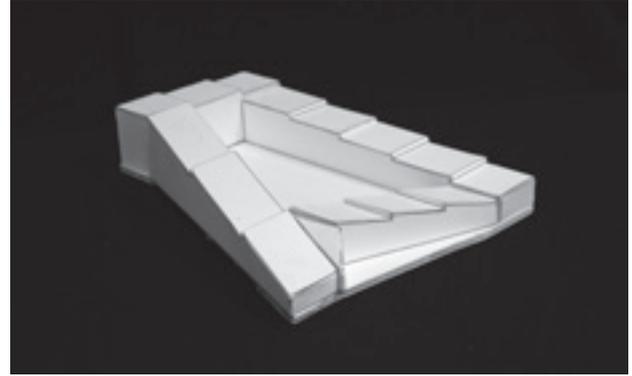
図8では、階段の側面をかなり高く作ってあるが、これは、内側の壁面が地面に接する線が手前の階段の後ろに隠れるように高さを選んだ結果である。これにより、下端の線の向きから生じる違和感を回避している。しかし、遊具としての安全面から考えると、階段全体がもっと低いことが望ましいであろう。

図9には、同じく図1の不可能図形をもっと低い壁面を使って立体化したものを示す。(a)は不可能図形に一致する方向から見たところで、(b)は一般の方向から見たところである。(a)では、奥の壁が地面に接する線が見えている。この線は階段のステップの両端の線と平行ではないから、ステップが水平であることに反する。これは錯覚を弱める要因になると推測される。これを回避するために、内側に不規則な詰め物をして壁面の下端の線を隠したものが同図の(c)である。壁を低くしても、このような便法である程度は錯視が弱まるのを防ぐことができるであろう。

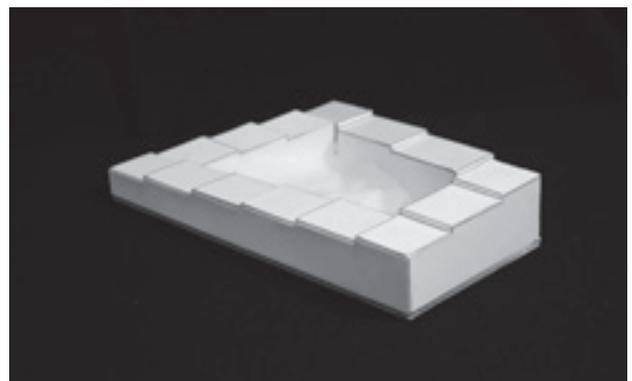
図10にもう一つの具体例を示す。これは、図2(b)の無限ループ階段を実現した紙模型である。(a)はこれを不可能図形に見える視点位置から撮影した画像、(b)は



(a) 無限ループ階段に見える視点から撮影したところ



(b) 一般の方向から撮影したところ

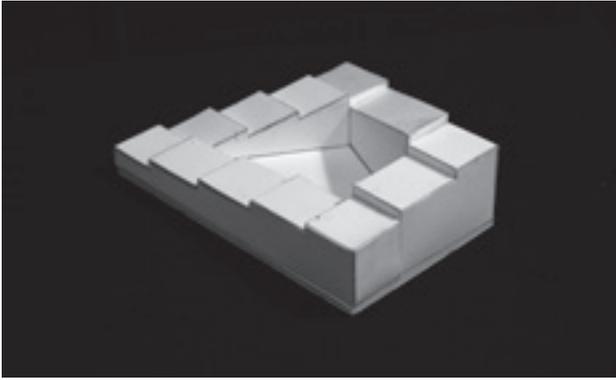


(c) 壁面の下端を隠したところ

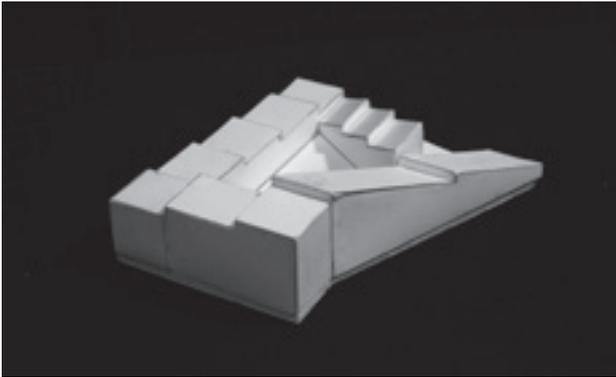
図9 図8の立体より壁を低くした場合の紙模型

同じ立体を一般の視点から撮影した画像である。(c)は、内側の壁面の下端を不規則な詰め物で隠した場合である。この立体の奥のステップの傾斜は41% (22.2度)であった。これは並勾配に属し、やはり足場なしで歩くことのできる傾斜である。

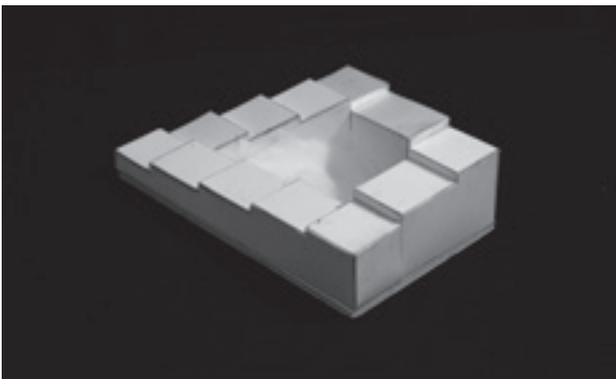
この場合は見下ろし角が30度であるから、隣り合うステップの段差も大きく取れるので、違和感の少ない階段の姿が実現できる。ただし、錯視を体験したかったら、かなり高い位置から見下ろさなければならない。展望台のある公園などに設置するのに適しているであろう。



(a) 不可能図形に見える視点から撮影した画像



(b) 一般の視点から撮影した画像



(c) 奥の壁面の下端を隠したところ

図10 図2 (b) の不可能図形の立体化

6. おわりに

本稿では、無限ループ階段の不可能図形を対象に、図形が描けるための条件を明らかにしたうえで、それを立体化する方法を提案した。この不可能図形は、ステップの形とループパターンと見降ろし角を定めると、大きさの任意性を除いて一意に定まる。立体化の方法は、非直角のトリックを用いているために、大きな不連続性のない階段構造を実装できる。その結果、ステップの傾斜が急でなければ、実際に大きく作ってその上を歩くことができる。ステップの傾斜を小さくするためには、見下ろし角をできるだけ小さくすること、および右奥と左奥の階段立体をつなげる点を最適な場所を選ぶことが有効で

あるが、実際には設置する環境に応じて適切な形を探さなければならない。

本稿の手法は、不可能図形を立体化できるだけでなく、その立体に参加して遊ぶことのできる遊具を提供するものである。今までも、絵の前でポーズをとって撮影するとシーンの中に入り込んでいるという錯覚の生じる写真が得られる商業施設は普及しているが、それは絵の中に参加するものであった。それに対して本稿の提案は絵ではなくて立体に入り込むものである。その意味で、参加できる大型錯視遊具という新しいエンターテインメントジャンルの開拓に貢献するものといえよう。

今後は、他の不可能図形の大型遊具化も考えていきたい。また、本手法の遊具は、それに参加して遊ぶ人と、それを見て錯視を鑑賞する人が別であるが、遊具に参加する本人が錯視を体験できるタイプの錯視遊具の可能性についても考えていきたい。

謝辞

株式会社フォーシーズンの中田亨氏には、本研究のきっかけとアドバイスをいただき、さらに人が歩ける大型立体の実装についても検討いただいている。本研究は、科研費基盤研究(B)課題番号21H03530、および挑戦的研究(萌芽)課題番号21K19801の支援を受けている。

参考文献

- [1] Timothy Unruh, J., *Impossible Objects*, Sterling Publishing, New York (2001).
- [2] Ernst, G., *The Eye Beguiled: Optical Illusions*, Taschen GmbH, Koln (1992).
- [3] ブラッド・ハニーカット (北川玲訳), 錯視幻術図鑑 2, 創元社, 大阪 (2015).
- [4] グレゴリー, R. (金子隆芳訳), インテリジェント・アイ, みすず書房, 東京 (1972).
- [5] シェパード, R. N. (鈴木光太郎・芳賀康郎訳), 視覚のトリック, 新曜社, 東京 (1993).
- [6] Ernst, G., *Impossible World*, Taschen GmbH, Koln (2006).
- [7] ブラッド・ハニーカット, テリー・スシケルズ (北川玲訳), 錯視芸術図鑑, 創元社, 大阪 (2014).
- [8] Penrose, L. S., and Penrose, R., "A special type of visual illusion", *British Journal of Psychology*, 49 (1958), 31-33.
- [9] Escher, M. C., *The Graphic Work*, Taschen GmbH, koln, 2004.
- [10] Hofstadter, D. R., *Gödel, Escher, Bach: An Eternal Golden Braid*, Random House, Inc., New York (1979).
- [11] 福田繁雄, 福田繁雄のトリックアート・トリップ, 毎日新聞社, 東京 (2000).
- [12] Elber, G., "Modeling (seemingly) impossible models",

Computers & Graphics, 35 (2011), 632–638.

- [13] Sugihara, K., *Machine Interpretation of Line Drawings*, MIT Press, Cambridge (1986).
- [14] Sugihara, K., “Three-dimensional realization of anomalous pictures—An application of picture interpretation theory to toy design”, *Pattern Recognition*, 30 (1997), 1061–1067.
- [15] Perkins, D. N., “Visual discrimination between rectangular and nonrectangular parallelepipeds”. *Perception and Psychophysics*, 12 (1972), 293–331.
- [16] Sugihara, K., “Spatial realization of Escher’s impossible world”, *Asia Pacific Mathematics Newsletter*, 1 (2011), 1–5.
- [17] 杉原厚吉, 特許, 【発明の名称】無限ループ階段を体感する錯覚発生装置および錯覚強化方法, 【公開番号】特開2005-253897, 2005.

●2021年8月20日受付

すぎはら こうきち

明治大学, 1948年6月29日生まれ. 数理工学の研究に従事. ロボットの目を開発する研究の中で, 不可能図形を立体化する方法を見つけ, 立体錯視にも興味を広げてきた. 立体錯視アーティストとしても活躍. 国際ベスト錯覚コンテスト優勝4回. 著書に『エッシャー・マジック』など.
〒164-8525 東京都中野区中野 4-21-1
kokichis@meiji.ac.jp

サイズ公差がもたらす個別規格への影響に関する一考察

Effects of Tolerances on Linear Sizes on Standards

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

概要

改正規格のJIS B 0401-1, 2 : 2016 製品の幾何特性仕様 (GPS)―長さに関わるサイズ公差のISOコード方式―第1部 : サイズ公差, サイズ差及びはめあいの基礎. 第2部 : 穴及び軸の許容差並びに基本サイズ公差クラスの表, 新規制定規格のJIS B 0420-1 : 2016 製品の幾何特性仕様 (GPS)―寸法の公差表示方式―第1部 : 長さに関わるサイズの技術的内容は, 両規格とも旧規格と同じであるが, 文章が難解であるうえ, 多くの用語が変更になり, 特に教育界で混乱している現状がある.

本報は, 両規格が他の個別規格に及ぼす影響に関して実例を挙げて検討するとともに, その不備と真っ当な用語への回帰を主目的として考察した.

キーワード : 設計・製図教育/寸法公差/サイズ公差/個別規格/国際規格との整合化

Abstract

The Japanese Industrial Standards (JIS) related to tolerances include (1) the revised JIS B 0401-1: 2016 Geometrical product specifications (GPS)-ISO code system for tolerances on linear sizes- Part 1: Basis of tolerances, deviations and fits, (2) the revised JIS B 0401-2 : 2016 GPS -ISO code system for tolerances on linear sizes-Part 2: Tables of standard tolerance classes and limit deviations for holes and shafts, and (3) the newly established JIS B 0420-1: 2016 GPS-Dimensional tolerancing- Part 1: Linear sizes. The technical contents of these standards are similar to those of the old standards. However, the sentences of the revised and newly established JIS standards are difficult to understand and many terminologies have been changed, causing confusion in educational circles. In this report, examples of the effects of the revised and newly established JIS standards on other individual standards are examined for the purpose of pointing out the defectiveness of these standards and proposing the use of conventional correct terminologies.

Keywords: design and drawing education, dimensional tolerance, tolerance, individual standards, consistency with international standards

1. はじめに

長年に亘り技術者ならびに教育界で使用されてきた寸法公差に関する規格, JIS B 0401 : 1988 寸法公差及びはめあいの方式が2016年に改正され, B 0401-1, -2 : 2016 製品の幾何特性仕様 (GPS)―長さに関わるサイズ公差のISOコード方式―第1部 : サイズ公差, サイズ差及びはめあいの基礎. 第2部 : 穴及び軸の許容差並びに基本サイズ公差クラスの表となった.

そして, 新たに制定された規格がB 0420-1 : 2016製品の幾何特性仕様 (GPS)―寸法の公差表示方式―第1部 : 長さに関わるサイズである. いずれもISO規格との整合が図られている. また, 技術的内容は, 旧規格と同じであるが, 文章が難解であるうえ, 多くの用語が変更になり, 特に教育界で混乱している現状がある.

本報は, 両規格が他の個別規格に及ぼす影響に関して実例を挙げて検討するとともに, その不備と真っ当な用語への回帰を主目的として考察した.

2. 寸法とサイズについて

2.1. 寸法

寸法とは, 基準となる長さ. 空間の二点を結ぶ線分の長さをいうと認識しているが, Z 8114-1999 製図―製図用語の2.3.5 寸法などに関する用語の寸法は, 次のように明確に定義されている.

3409 寸法

決められた方向での, 対象部分の長さ, 距離, 位置, 角度, 大きさを表す量. (dimension)

参考 : 寸法には, 長さ寸法, 大きさ寸法, 位置寸法, 角度寸法などがある. (dimension)

3411長さ寸法

長さを表す寸法. (linear dimension)

3412角度寸法

角度を表す寸法. (angular dimension)

3413位置寸法

形体の位置を表す寸法. (positional Dimension)

2.2. サイズ

同規格に、3410サイズ：決められた単位・方法で表した大きさ寸法、(size)とある。

改正規格では、サイズを部品あるいは部品を構成する「プリミティブ（基本的）な形体（三次元）」の大きさとしている。大きさは寸法の集合によって表現されるので、サイズ公差の概念は存在しないことになる。

日常的に使われるサイズは、サイズ、号、版など、モノの共通化された幾つかの寸法の集合による大きさをイメージする。集合の一つの要素、例えば、ワイシャツを購入するとき、色はピンク系でサイズはMといっても、情報は十分ではないが、日常会話では意図は通じる。同様に、サイズ寸法やサイズ形体は、多くの場合、寸法や形体といっても十分に通じる。このことから寸法をサイズとしてはいけないことになる。

また、先ごろ、2020年東京五輪・パラリンピックの聖火リレーで使うトーチが発表された。形や色は桜をモチーフとしたほか、素材には東日本大震災の仮設住宅で使われたアルミニウムが活用され、トーチは長さ71cm、重さ1.2kgの桜ゴールドである。サイズではなく寸法で表現されている。

3. 用語などの問題点

3.1. 用語は明確に

適用範囲の“相対する平行二平面”は適切ではない。工学の分野では、「相対する」は「対向する」になる。

3.2. 用語の誤訳と誤用

「ごく希」は規格にしてはならない原則がある。両規格は寸法に関するものであり、幾何公差を踏まえたはめあいに関する概念は持ち込むべきではない。ISOにあってもJISでは取り扱わないで注記にすればよい。

3.3. 技術用語の根拠軟弱な変更は認められない

サイズと結合した複合語、例えば、基準寸法を図示サイズ、寸法差をサイズ差、二点測定寸法を2点間サイズ、局部実寸法を当てはめサイズなどに変更することは認められない。

3.4. 表現を適切に

解説に書かれている「幾何公差の公差域になるから」、「域に関する原語がないから」として、公差域をサイズ許容区間に変更しているが、これは間違いである。

3.5. 間違った理解をしている

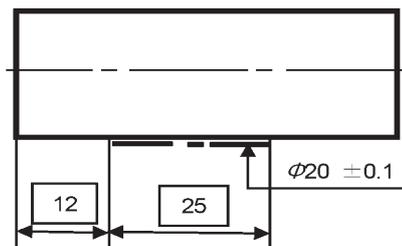
序文に、旧規格では、「形体のサイズについて標準的な当てはめ基準は、包絡の条件であった」と指摘しているが、これは間違いで、寸法は二点測定を原則とし、最

大実体状態では包絡の条件が適用できることを述べているだけで、包絡の条件を標準としていない。

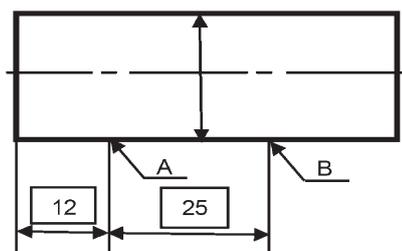
3.6. 解釈が間違っている

図1に示す新規格本文の図23の理論的に正確な寸法（TED）の表示法（使い方）は間違っている。TEDは、傾斜度、輪郭度、位置度で、幾何公差の公差域だけを許容する方式である。TEDだけ指示の部品加工や検証は不可能である。長方形の枠を省いて普通公差にする。

ISO/TC213が間違っているが、翻訳規格でも、理に反したものは使ってはならない。



a) 太い一点鎖線によって定義付けられた限定部分



b) 記号によって定義付けられた限定部分

注記 指示された指定演算子は、標準演算子である。サイズ形体の限定した部分の、任意の横断面における2点間サイズ（直径）は、上及び下の許容サイズの両方に適用する。

図1 サイズ形体の特定の限定した部分に対する指示例

4. 個別規格への影響

寸法公差をサイズ公差に改正したことによる個別規格への影響は、規格内容の見直しだけではなく生産側とユーザーに多大な影響を与える。ここでは、一般機械部門(B)とその他部門(Z)を検討する。

4.1. 製図関連規格への影響

代表的な影響度の高い規格の一部（分類記号順）を列挙する（発行年は省略）。

◇一般機械部門

- ・ JIS B 0001 機械製図
- ・ JIS B 0002 製図—ねじ及びねじ部品（第1部～第3部）
- ・ JIS B 0003 歯車製図
- ・ JIS B 0004 ばね製図
- ・ JIS B 0005 製図—転がり軸受（第1部～第2部）

- ・ JIS B 0024 製図—公差表示方式の基本原則
- ・ JIS B 0026 製図—寸法及び公差の表示方式—非剛性部品
- ・ JIS B 0028 製図—寸法及び公差の表示方式—円すい
- ・ JIS B 0051 製図—部品のエッジ—用語及び指示方法
- ・ JIS B 0125-1 油圧・空気圧システム及び機器—図記号及び回路図—第1部：図記号
- ・ JIS B 0125-2 油圧・空気圧システム及び機器—図記号及び回路図—第2部：回路図
- ・ JIS B 0209-1 一般用メートルねじ—公差—第1部：原則及び基礎データ
- ・ JIS B 0209-2 一般用メートルねじ—公差—第2部：一般用おねじ及びめねじの許容限界寸法—中（はめあい区分）
- ・ JIS B 0209-3 一般用メートルねじ—公差—第3部：構造体用ねじの寸法許容差
- ・ JIS B 0209-4 一般用メートルねじ—公差—第4部：めつき後に公差位置H又はGにねじ立てをしためねじと組み合わせる溶融亜鉛めつき付きおねじの許容限界寸法
- ・ JIS B 0209-5 一般用メートルねじ—公差—第5部：めつき前に公差位置hの最大寸法をもつ溶融亜鉛めつき付きおねじと組み合わせるめねじの許容限界寸法
- ・ JIS B 0210 ユニファイ並目ねじの許容限界寸法及び公差
- ・ JIS B 0212 ユニファイ細目ねじの許容限界寸法及び公差
- ・ JIS B 0217 メートル台形ねじ公差方式
- ・ JIS B 0218 メートル台形ねじの許容限界寸法及び公差
- ・ JIS B 0251 メートルねじ用限界ゲージ
- ・ JIS B 0255 ユニファイねじ用限界ゲージ
- ・ JIS B 0403 鋳造品—寸法公差方式及び削り代方式
- ・ JIS B 0405 普通公差—第1部：個々に公差の指示のない長さ寸法及び角度寸法に対する公差
- ・ JIS B 0408 金属プレス加工品の普通寸法公差
- ・ JIS B 0410 金属板せん断加工品の普通公差
- ・ JIS B 0411 金属焼結品の普通許容差
- ・ JIS B 0415 鋼の熱間型鍛造品公差（ハンマ及びプレス加工）
- ・ JIS B 0416 鋼の熱間型鍛造品公差（アプセッタ加工）
- ・ JIS B 0417 ガス切断加工鋼板普通許容差
- ・ JIS B 0613 中心距離の許容差
- ・ JIS B 0616 円すいはめあい方式

・ JIS B 1021 締結用部品の公差—第1部：ボルト，ねじ植込みボルト及びナット—部品等級A，B及びC

・ JIS B 1022 締結用部品の公差—第3部：ボルト，ねじ及びナット用の平座金—部品等級

・ JIS B 1566 転がり軸受の取付関係寸法及びはめあい

・ JIS B 1601 角形スプライン—小径合わせ—寸法，公差及び検証方法

（分類記号の工具及びジグ類，工作用機械，光学機械・精密機械，機械一般は省略）。

◇その他部門

・ JIS Z 8310 製図総則

・ JIS Z 8317-1 製図—寸法及び公差の記入方法—第1部：一般原則

・ JIS Z 8318 製図—長さ寸法及び角度寸法の許容限界記入方法

ここ数年（2018年12月前後）の間に，寸法公差の用語がサイズ公差と改正されて2年半経過したことにより，各規格の改正時期（改正は5年）を待たずに全ての関連規格の用語を改正する（機械的に）などの発言を聞く。しかしこの発言（真意は別として），これはJIS規格の信頼性に関わることであり，暴挙であるとしかたない。

一方で，その方策に賛成している教員も最近では増えているとの話である。勉強しない教員も一部には存するが，某機関の思惑に短絡的に賛同してはならない。

他分野の用語はそのまま使うのかと問われれば，「用語は，産業界で横断的に共有する」ことが，意志の疎通を図るうえでも重要であるので，各分野の用語はそのまま用いることが望ましい。例えば，JIS B 0420-1の3.11.2.2「順位サイズ（rank-order size）」は，品質管理などで使われる統計用語の「順序統計量」であるなどはその例である。

4.2. 製図用語

Z 8114 製図—製図用語はどのように取り扱うかは明確にされていない。JIS規格の利活用陰りにあるとの指摘や日本工業規格が日本産業規格に名称変更された現状（運用は2019年7月1日）などを勘案すると，各方面で厳しい時期を迎えたのではないかと考える次第である。

5. 産業界の対応と教育界の現状

産業界では，旧規格の寸法公差・はめあいは社内規格に同化されていることから，改正規格のように難解な用語であっても，また，おかしな日本語の用語であっても，それらによる影響はほとんどない状況である。

一部の部品メーカーがJIS規格の改正のお知らせとして、「JIS B 0401-1:2016とJIS B 0401-1:1988の用語対照表」をカタログなどに記載している。現時点では、このサイズ公差と寸法公差の用語の誤解を解消するためには、ある程度理解できる方策である。

一方、教育界の現状として、2019年3月に開催された2学会の研究発表講演会において、参加されたいずれも機械系の6大学の先生方に次の内容などの問いかけを行い回答を求めた（大学名は省略、一部分の回答）。

- Q1 寸法公差がサイズ公差になりました。
ご存知ですが。
- A1 改正年に知った：1名 翌年に知った：2名
最近知った：1名 知らなかった：2名
- Q2 授業で使われている教科書は改正規格ですか。
- A2 改正規格である：2名（内容は一部分のみ）
旧規格である：4名
- Q3 受講学生に明確に用語を伝えてありますか。
- A3 用語が寸法公差からサイズ公差になったことを話した：2名
設計製図授業では限られた精度の選定と指定なので用語の変更などは話していない：4名

教育界では、不可思議な用語を用いたJISであっても、これに従うことが必定となっている。学年度ごとに学修した同じ定義の用語と整合できなくなり、一つの意味に二つの呼び方が存在することになる。そして、難解な用語や文章は、理解できないだけで悪さはしない。困るのは、一般的に用語は一人歩きをする怖さである。

教科書類に関しては、次の内容の文章で対応すべきと考えている。

—JIS B 0401:1988（旧規格）寸法公差及びはめあいの方式で定義された寸法公差、公差域、公差域クラスなどの用語が、2016年度版では、同じ意味でサイズ公差、サイズ許容区間、公差クラスなどに変更された。しかし、変更理由の必然性が希薄なこと、同じ定義の用語が先輩たちと共有できなくなること、などから、本書では、当分の間、今まで広く使われ定着した旧規格の用語を用いる—

6. ISOとの整合化に対する各国の対応

アメリカではANSI、イギリスではBS、ドイツではDIN、中国ではGBなど、ISOの規格とは別に独自の規格を制定し、一種の二重規格になっている。特に整合化率については、ISOと自国の規格が70%前後になっているようである。詳細については、別の機会に報告したい。

7. JISとISOとの整合化について

対応の程度に関しては、一致（略号：IDT）、修正（略号：MOD）、同等でない（略号：NEQ）がある^[1]。

整合化については、JISがその対応するISOとの対応の程度が、IDT（一致）またはMOD（修正）に相当する場合を、「JISがISOに整合」しているものとし、これらのいずれかに対応の程度を該当させることにより整合化を実現するものとしている。ただし、区分MOD（修正）による整合の場合において、できる限りISOとの整合の度合を高めるとの観点から、ISOとの差異は、必要最小限とする。特別な場合を除いて、ISOの完全な形での採用を実現する。ISOの一部を取り込むのではなく、全体として取り込む配慮が必要であるとされている。

なお、区分がNEQ（同等でない）となるJISの制定・改正は、その技術的差異の理由がWTO/TBT協定（適正実施基準）のF項「ただし書き」において定められている例外事項に該当する場合を除き、原則として行わないものとされている。

以上のことを踏まえ、ここで、寸法公差かサイズ公差かを再度論じるために、JIS Z 8317-1:2008 製図一寸法及び公差の記入方法—第1部：一般原則を確認する（抜粋）。

①適用範囲：この規格は、すべての工業分野での製図に用いる寸法及び公差記入方法の一般原則について規定されている。

②引用規格：次に掲げる規格は、この規格に引用されることによって、この規格の規定の一部を構成する。これらの引用規格は、その最新版（追補を含む）を適用する。

◇JIS B 0401-1寸法公差及びはめあいの方式—第1部：公差、寸法差及びはめあいの基礎。

注記：対応国際規格：ISO 286-1:1988, (IDT)。

◇JIS B 0405 普通公差—第1部：個々に公差の指示がない長さ寸法及び角度寸法に対する公差。

注記：対応国際規格：ISO 2768-1:1989, (IDT)。

③用語及び定義

サイズ形体（feature of size）：長さ寸法又は角度寸法によって定められる形状。

注記1：サイズ形体は、円筒、球、二つの対向する平行平面、円すい、くさびなどである。

注記2：JIS B 0401-1及びISO/R 1938-1の単純な加工物（plain workpiece）及び単独形体（a single feature）の意味は、サイズ形体の意味に近い。

3.3 寸法 (dimension)

3.3.1 寸法 (dimension)

二つの形体間の距離又はサイズ形体の大きさ。

注記：寸法は、長さ寸法、位置寸法、角度寸法がある。

3.3.2 基準寸法、寸法数値 (basic dimension, basic size, dimensional value)

指示された単位で示し、線と適切な記号によって図面上に示された寸法数値。

注記1：公差が付いていない基準寸法は、寸法数値と呼ばれる。

注記2：寸法の単位は、長さではミリメートル、角度では度、分、秒又はラジアンである。

注記3：公差域クラス及び/又は寸法許容差は、基準寸法に適用される。

この規格のように、ISOと一致(略号：IDT)している。

JIS B 0401-1, 2：2016とJIS B 0420-1：2016の英断的な再考(例えば、正誤表の発行)を望むものである。

8. おわりに

本論における規格の場合には、寸法公差と幾何公差・独立の原則、テーラーの原理を特に遵守すべきであり、対象が国家規格であることから教育界への影響を危惧している。用語に関しても、なじみのない用語・表現・解釈が間違っている用語を正当にすべきである。

参考文献

- [1] 平野 重雄, 喜瀬 晋, 関口 相三, 奥坂 一也, 荒木 勉, 機械設計製図者に必要なJIS規格の動向, 2018年度日本図学会春季大会学術講演論文集 (2018).

●2020年11月2日受付

ひらの しげお

東京都市大学名誉教授 博士(学術)

株式会社アルトナー 技術顧問

〒261-0012 千葉県千葉市美浜区磯辺3-44-5

rs4775hirano@ybb.ne.jp

きせ すずむ

株式会社アルトナー HR事業本部能力開発部リーダー

東京都市大学理工学部原子力安全工学科非常勤講師基礎設計製図を担当

〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島3-2-18 住友中之島ビル2F

せきぐち そうぞう

株式会社アルトナー 代表取締役社長

〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島3-2-18 住友中之島ビル2F

おくさか かずや

株式会社アルトナー 取締役エンジニア事業本部長

〒530-0005 大阪府大阪市北区中之島3-2-18 住友中之島ビル2F

あらかき つとむ

筑波技術大学名誉教授

〒376-0011 群馬県桐生市相生町5丁目44-26

2021年度大会（オンライン）報告

本年度の大会は、2021年11月21日(日)に、昨年引き続きオンライン形式で開催された。コロナ禍も日本では夏を過ぎて感染者数が減少し落ち着いてきたが、海外では感染者数の増加や新たな変異株の出現などが報告されており、予断を許さない状況にある。

オンラインによる開催は2回目ということもあり、昨年のノウハウを共有できたことは幸いであった。東北支部が幹事となって実行委員会を組織し、支部長である私が実行委員長を務めたが、私は東工大文学部卒と言われるほどのアナログ人間のため、大会準備を進めるに当たってご助力いただいた多くの方々に、この場を借りてお礼を申し上げたい。

参加者の総数は97名（会員63名、非会員34名）となり、昨年より会員、非会員ともに増加した。昨年同様、非会員が3分の1を占めていることは、オンライン開催による強みであろうか。発表講演数は34件であった。デジタルモデリングコンテストでは4件の発表があり、運営スタッフを含めて58名の参加があった。また、懇親会もオンラインで行われ、用意された6会場（各ブレイクアウトルームには時節柄の花の名前が付けられた）には20名ほどが分散して歓談し、最後は1会場に集まっての散会となった。

昨年オンラインと対面のハイブリッドで行っていた他の学会では、今年はオンラインのみでの実施となっていた。また別の学会の委員会ではオンラインが基本となり、いままで参加しにくかった遠方の委員が気軽に参加できるようになり、活性化している。特に旅費を工面しにくい若手研究者の参加率が高くなった。このようにオンラインでの学会発表や委員会活動の実施は多いに利点があるが、隔靴搔痒の感があることは否めない。来年度の北海道阿寒湖温泉での大会実施が待たれる。コロナ禍が収束し、多くの方々が参集して旧交を温め、さらにより多くの新規入会者が集って盛会となることを期待している。

最後に本大会の準備・実施にあたり、竹之内和樹会長、森岡陽介プログラム委員長、福江良純氏、茂木龍太氏、実行委員会委員・プログラム委員会委員の皆様、アルバイトの岩手県立大の学生の皆様、昨

年度の開催に当たってオンラインのノウハウを構築された皆様、そして大会に参加いただいた多くの方々に心より感謝の意を表します。

(山畑 信博)

大会スケジュール

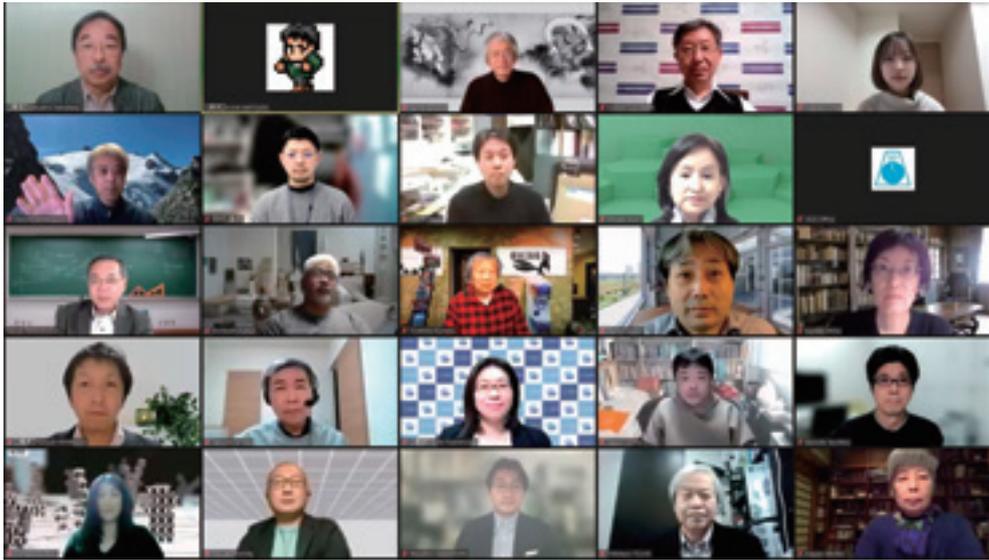
11月21日(日)	
9:30~9:50	開会の挨拶等
10:00~11:50	学術講演1 (6件)×2会場
11:50~13:00	昼食
13:00~14:30	学術講演2 (5件)×2会場
14:40~16:30	学術講演3 (6件)×2会場
16:40~17:30	デジタルモデリングコンテスト (4作品)
17:40~17:50	投票 諸連絡
17:50~18:10	記念撮影・閉会の挨拶
18:20~20:00	懇親会

実行委員会

委員長：山畑 信博
委員：川守田 礼子
松田 浩一
宮腰 直幸
西井 美佐子※

プログラム委員会

委員長：森岡 陽介
委員：竹之内 和樹
辻井 麻衣子
茂木 龍太
松田 浩一※



① 大会記念撮影



② 大会記念撮影



③ 懇親会的一幕

2021年度日本図学会大会（オンライン） プログラム委員会の取組み

森岡 陽介 Yosuke MORIOKA

1. プログラム委員会の立ち上げ

2021年7月にプログラム委員会が立ち上がった。昨年度に引き続きオンライン開催であり、デジタルモデリング研究会のデジタルモデリングコンテストと図学教育研究会のオーガナイズドセッションが企画され、これらを円滑に進めるため企画広報委員長茂木先生、次回大会プログラム委員長辻井先生、デジタルモデリングコンテスト担当松田先生、図学教育研究会オーガナイズドセッション担当竹之内先生の5名から構成された。大会は1日での開催であったため4セッション各5件の計20件の講演発表を想定した。

2. 講演発表募集

8月18日に大会ホームページ及び山畑大会実行委員長から会員メーリングリストで講演発表募集案内が周知された。9月6日の講演発表申込締め切りまで約3週間ということもありどれくらいの申込があるのか全く予測できず9月3日の時点で7件の申込であった。

今大会では毎月大会実行委員とプログラム委員の数名で情報共有及び作業確認のためZoomミーティングとSlackを活用し連携を図った。ミーティングでは申込が少ない場合の対応として9月3日の時点で判断し講演発表申込締め切りの延長案内をすることになっていた。9月3日時点の申込数が予定に満たなかったため約2週間延長し9月21日とした。

3. 講演発表申込～座長決定

9月21日の講演発表申込締め切りでは34件の申込があり、当初の目論見を遥かに上回る結果となり嬉しい悲鳴を上げた。すぐにセッション数を4から6に変更しプログラム及び全体スケジュールの作成を行なった。

9月22・30日にプログラム委員会議をZoomで行いプログラムの確認及び座長候補6名を決定した。併せて講演論文投稿時の書式確認担当を決定した。

座長をご依頼する際にプログラム及び講演概要をお送りし、10月に6セッションの座長が決定した。みなさまからご快諾いただき安堵すると共に協力的な図学会員のみなさまに感銘した。

講演発表申込では非会員から2件の申込がありプログラム委員会では会員のみが発表できると理解していたため竹之内会長より入会案内を行った。その後、大谷先生と山口先生よりこれまでは非会員でも発表を行っていた事をお知らせいただき2名の方にご報告した。結果として2名ともご入会くださった。本件については理事会で報告を行い今後のために共有された。

4. 講演論文原稿投稿～書式チェック

10月12日の原稿投稿締切までの投稿は34件中20件であった。連絡のない未投稿者には個別に状況確認し締め切りを延長した。

同時に随時、講演論文原稿の書式チェックを行い修正の必要がある場合は各プログラム委員が責任を持って執筆者とのやりとりを行った。この作業がプログラム委員の最も大きな仕事であり34件中修正なしで受領したのは7件、修正を依頼したのが27件であった。最終的に全ての原稿が揃ったのが11月8日であり、対面の大会であれば製本が間に合っていなかったかもしれない。

例年の状況が分からないため、修正原稿数が多いかどうかは判断できないが、執筆要領を読んでいないと思われる原稿が複数見られた。学会によって作法は異なるが図学会では講演発表においても書式チェックを行い美しい原稿に仕上げるのが伝統であると伺っている。この素晴らしい伝統が継続するよう、今後は是非とも要領を熟読し、締め切りを厳守して執筆していただきたい。

5. 大会当日準備

大会が間近に迫り当日配布するワンストップページの準備を大会実行委員会と協働した。優秀研究発表賞・研究奨励賞は昨年同様オンラインで行うためフォームの作成が必要であったが委員は不得手なため鶴田先生にご依頼し迅速にご対応いただいた。また、来年度も万が一オンライン開催になった時のた

めにフォーム作成手順をまとめていただいた。

講演発表論文集は電算印刷に入稿し初校が上がったがトンボがついており配布できない状態であったため、プログラム委員でページやフッターを入れるなどをし、配布用 PDF ファイルとしてまとめた。

ワンストップページからの概要集と講演論文集の閲覧では、パスワードや掲載期間を設定できるオンラインストレージを館先生にご提供いただいた。

この場をお借りして改めて鶴田先生と館先生に感謝申し上げます。

6. 最後に

40半ばになると新しい経験に出会う機会が減るなか貴重な体験をさせていただいた事、そして座長の皆様や竹之内会長始め大会を陰で支えた全ての方々に深く感謝申し上げます。

所属する九州支部は顔が見え活動しやすい雰囲気であるが、今大会を通して顔の輪が全国に広がった。これからの活動が更に楽しみである。

大会講演プログラム・セッション報告

【講演発表】

11月21日(日)

セッション1：造形論・形態構成

(第1会場/10:00~11:50)

座長：種田 元晴(文化学園大学)

- 1) 竹でくまを編む
西村 歩華(近畿大学大学院),
金子 哲大(近畿大学)
- 2) 「南部菱刺し」の模様に関する基礎研究(2)―小井川潤次郎と
伝統模様―
川守田 礼子(八戸工業大学)
- 3) 正四面体の測地線に基づく組紐の分岐と合流
西本 清里, 小野 富貴(東京大学),
道明 葵一郎(株式会社道明), 館 知宏(東京大学)
- 4) カタチの自動生成による歴史的なまちなみの「らしさ」
安藤 直見, 徐 項駿(法政大学)
- 5) 三国文化と歴史的街区の再生に関する研究
羊 沢華, 安藤 直見(法政大学)
- 6) 戸田市下前町における一戸建て空き家の出入口と道路垂直距
離の関係
劉 淇元, 安藤 直見(法政大学)

1) 福岡県那珂川市の伝統工芸である竹細工を用いて新しいキャラクター商品である竹くまを提案し、地域産業に貢献することを目標とした作品紹介である。実際には恐怖の対象でありながら愛着の湧くキャラクターにされがちな熊を題材に、愛着とデフォルメの関係に着目した三つの円で耳と顔を表現している点に着目し、これを付加することで様々なプロダクトを「擬くま化」することを試みた点が興味深い。発表ではスノーマット等を用いて形態実験を行った様子が報告されたため、これを実際に竹に変換した際にどのように変わるのか、目、鼻、口などの細かな造形は竹では難しいのではないかとといった質疑が行われた。

2) 青森県の伝統服飾工芸である「南部菱刺し」について、この工芸の復興に貢献した小井川潤次郎の著作物に着目して「南部菱刺し」の模様造形および伝統継承に対する小井川の見解を整理した研究である。南部菱刺しは見取り学によって継承されてきたため設計図がなく、そのため伝承の仕方が多様であるとの指摘は興味深い。現在はその模様が多様化しすぎていて、これは果たして南部菱刺しといえるのかと疑問なものもあるという。質疑では、柳宗悦らの民藝運動からどのような影響があったかなどが議論された。

3) 伝統的な組紐の構造を数理的に拡張し、これを実際に制作する際の設計過程に関する報告である。とくに、円環状の断面をなす唐打ちの組紐が四面体状の結節点を経て連結する曲面構造の提案について議論がなされた。質疑では、設計から施工への段階で実際につくるときの難しさが問われた。とくに、張力を掛けた場合に弛まずに形状を維持する条件の設定などに苦労が大きいと

のことであった。

4) 伝統的建造物が多く残る広島県の竹原の街並みと、伝統的建造物の多くが失われてしまった長野県の稲荷山の街並みを現地調査し、建築の配置と屋根などの形状の単純モデルを自動生成するアルゴリズムを開発して、重要伝統的建造物群保存地区の街並みの形態的な「らしさ」とはなにか、また、その似通った姿の中にどのような違いがあるかを検証した研究である。屋根勾配や切妻屋根の向きと入口の関係、近代化した割合などによって類型が見出せるとの点が興味深い。質疑では、階数など、今回の検証で示された指標に加えられるものがあるかどうかなどが議論された。

5) 『三国志』前段の名場面である赤壁の戦いの舞台に近い中国岳陽市の歴史的街区を敷地として、実測とモデリングによってその街並みの形態を調査し、この地に相応しい展示施設の姿を提案した建築設計案に関する報告である。歴史ある地域性を持ちながら、清、中華民国時代など300年前までの傷んだ建物しか残されていないことに着目し、これらを修復して三国時代の物語を展示し、三国時代の雰囲気を感じさせる街区に再生することを目論んだ。質疑では、展示館の巨大なガラスファサードが街並みとどのように調和するか、そもそも三国時代のカタチとはなにかなどが議論された。

6) 東京に最も近い郊外都市のひとつである埼玉県戸田市下前町を対象に、空き家の分布状態を現地調査により把握し、その出入口から道路までの距離が空き家となっていることと関係するのではないかと仮説のもと検証がなされた研究である。質疑では、実際の距離だけでなく垂直距離に注目している理由や、空き家を見分ける際になぜ外装材に注目するのかなどが問われ、空き家の分布調査には建築物の状況だけでなく、自治会長に話を聞いてみるなどの聞き取り調査も有効ではないかといったアドバイスもなされた。

(種田 元晴)

セッション2：空間幾何学・造形教育・空間認識

(第2会場/10:00~11:50)

座長：鈴木 広隆(神戸大学)

- 7) 東アジアの科学技術教育と空間能力の調査
岡田 大爾(広島国際大学), 松浦 拓也(広島大学),
竹野 英敏(広島工業大学), 橋本 清勇(広島国際大学)
- 8) 造形物の画像化とそのシームレスな提示による文字造形あそびの拡張
定國 伸吾(静岡理工科大学)
- 9) どんぶりをを用いた全天周作画についての一考察
辻合 秀一(富山大学)
- 10) 雪結晶の形状を教材とした数理造形の授業の試み(2)
西井 美佐子(オフィス・アール・イー, 女子美術大学)
- 11) 透視投影によるペンローズの階段のCGアニメーション
―90度回転毎に視点位置をリセットする方法―
間瀬実郎(呉工業高等専門学校)
- 12) 無限ループ階段の描画法と歩ける立体の設計法

杉原 厚吉 (明治大学)

7) 東アジア各地の空間能力の形成に深くかかわる小中学生の科学技術分野に関する意識、カリキュラムと教科書の相違、教科に関連した空間能力、脱文脈の汎用空間能力の調査に関し、教科関連空間能力、汎用空間能力と教科書や教科内容に関する学習者意識との関係を考察したものである。プレゼンで示された数字の意味や図の表現方法について議論が行われた。

8) 造形教育において造形物を画像化して提示する手法に関し、それらを利用したワークショップの報告と、そのワークショップで行われた新たな試みの評価が行われている。使用された文字の詳細や取り込み方法、ワークショップの趣旨等について議論が行われた。

9) どんぶりを用いて作画し容易に全天周映像を作成可能な方法について、複数のワークショップの結果を分析し、本手法を評価したものである。どんぶりの詳細や3D的な取り扱い、閾値の設定方法について議論が行われた。

10) 数理造形教育において、雪の結晶の形状を教材とし、そのための形状作成アルゴリズムを整備する試みに関する報告である。雪の定義、評価方法、再帰的なアルゴリズムの有無等について議論が行われた。

11) 不可能図形であるペンローズの階段について、3DCGアニメーションとして視点を変更しても成立するよう、90度回転することに視点位置をリセットする方法を提案するものである。大きさの修正方法、たこ形になる原因、活用方法について議論が行われた。

12) 不可能図形である無限ループ階段の描画と立体化の方法の提案である。直角ではない要素が用いられ、連続的な階段となっているが、階段の踏面は水平ではないため、その面の傾斜を小さくするよう工夫されている。活用方法、ひずみの吸収方法、感覚的な体験の可能性等について議論が行われた。

(鈴木 広隆)

セッション3：平面幾何学・設計論

(第1会場/13:00-14:30)

座長：安藤 直見 (法政大学)

- 13) 立方体の展開図・透視図間の遷移手法と実体化
大塚 崇史, 松浦 昭洋 (東京電機大学)
- 14) 建築家小嶋一浩の言説にみられる「アクティビティを喚起する空間」についての研究
岡崎 あかね, 阿部 浩和, 安福 健佑, 高橋 彰
(大阪大学大学院工学研究科)
- 15) ジャンウーゴ・ボレゼッロ「フェスタ・デ・ルニタの庭園計画」の建築的モチーフについて
片桐 悠自 (東京都市大学)
- 16) ヘルムート・ヤコビの建築透視図表現に関する研究
種田 元晴 (文化学園大学), 浅古 陽介 (東洋大学)
- 17) 木材を用いたHPシェル構造の製作の試みと性能検証

落合 陽, 大原 由己, 橋本 和樹 (東京都市大学)

13) 図形教育やパズルにおける利用を目的に、立方体の展開図を小多角形に分割して組み換え、面積の等しい透視図に遷移させる手法を検討している。一般的な多角形のカタチの組み換えに対して、立方体の展開図と透視図に着目し、展開図の内部の構成の組み換え、また、展開図から透視図への組み換えを検討している点が興味深かった。

14) 建築家・小嶋一浩の建築設計に関する言説をテキストマイニングを用いて分析している。小嶋のアクティビティ(人の行為)を意識した空間設計とその言説の対応と変遷が見事に整理されていた。言説のキーワードの抽出方法などについて活発な議論があった。

15) イタリアの建築家であるジャンウーゴ・ボレゼッロの建築作品「フェスタ・デ・ルニタの庭園計画」(1956年、イタリア、カステリオン・ディ・ストラダ)の分析を行っている。計画案の敷地との位置関係を検証するとともに、分析する初期のパートナーであったアルド・ロッシ、同時代の哲学者や建築家との関係を丁寧に考察している。

16) 建築透視図の作家であるヘルムート・ヤコビの透視図の構図をその言説を分析している。ヤコビの描く透視図は、建築の雰囲気や芸術的に魅せる絵ではなく、設計の意図を正確かつ精密に説明するための図であるとの考察がなされ、また、時として設計にも影響を与えるものであったとの話もあったと思う。建築の透視図の役割を再認識できる論考であった。

17) 枠組壁工法用製材を用いて簡易な加工とビス留めのみで構成する仮設パビリオンを設計し、また、その実物を製作している。大学等において、学生が主体となって建築の実物を建設することは容易なことではないが、工夫をすれば実物をつくることのできることの好例となっていると思う。学生が接合方法などのディテールや構造的な安定性を考慮しながら実物を製作することには教育的効果も高いであろう。

(安藤 直見)

セッション4：「図に関する教育のオンライン授業」

図学教育研究会 OS (第2会場/13:00-14:30)

座長：竹之内 和樹 (九州大学)

- 18) 手描きによる作図を伴う図法幾何学のオンライン授業
椎名久美子 (独立行政法人大学入試センター)
- 19) 東京大学工学部機械系二学科におけるハイブリッド方式に対応した設計製図教育の実施
及川 和広, 村上 存 (東京大学大学院工学系研究科)
- 20) UnityによるCG教育のオンライン化
檀 裕也 (松山大学)
- 21) 遠隔指導を活用した学生プロジェクト支援の実践
中村 翼, 渡辺 朋代 (オートデスク株式会社)
- 22) 視覚障害者を対象とした3Dモデル触察シンポジウムのオンライン開催の試み

南谷 和範 (大学入試センター),
渡辺 哲也 (新潟大学), 岩村 雅一 (大阪府立大学)

18) 大学前期課程の図形科学を、対面時と同様の内容でオンラインに完全に移行するための開講スケジュール調整から期末レポートまでの実施結果が、講義スライドや作成・使用したモデルとともに報告された。電子的に提出された作図課題については、添削の代替として、誤りを指摘するフィードバックシートを導入した対応がなされた。講演では、オンライン期末試験の事前配布の印刷原稿も提示され、講義全般にわたる情報が提供された。作図過程の動画のスクリーンショットに作図説明を追加した、手のかかった講義スライドが紹介されたこともあり、資料作成に要する時間に興味が集まった。

19) 教育のデジタル対応という観点から、ハイブリッド授業の教育手法を、対面と全く同じではなくオンラインであることを活用するとの姿勢で、対面実施が基本である工学部機械系2,3年時の設計・製図教育に対応させた例が報告された。PC内で完結するCAD演習では、対面時であればCAD端末室の巡回による学生の理解状況の把握を、CAD操作履歴を利用して分析していることが紹介された。演習内の講師の実演では、教室内の着席位置によらずPC画面で同じ視点の映像を提供できること、対面授業では一度きりとなる場合も繰り返し視聴が可能であったことの利点が述べられた。

20) 大学2年次を対象に開講したマルチメディア演習において、約30分のオンデマンド動画の事前視聴を授業の一部として反転授業とし、演習をZoomによる60分の同時双方向型オンラインで実施した実践結果が報告された。演習でつまづきやすい部分の説明で事前視聴動画の再生率が上がる傾向をもとにした分析により、学生に適切なフィードバックを与えられた、受講生からアクティブに学んだとのアンケート回答が得られたことが紹介された。前年度に比べて大幅に成績が上昇した理由についての質問に、事前の学習をはじめとして時間外学習の時間が増加したことによるとの回答がなされた。

21) 学生プロジェクトに対して、オンライン、クラウドを活用して遠隔指導・支援を行った事例が紹介された。支援には、プロジェクト参加者数や技術レベルを事前に把握して目標を確認し、シナリオを作成するという準備を手厚く行ったことと、クラウドを活用した指導、進捗確認およびチームでの情報共有を行ったことが有効であったと報告された。プロジェクトにCAMによる製作が含まれていたことから、学生が未経験の機械工作の操作相当の経験をどのように提供したかの質問がなされ、プロジェクト協力企業からの使用工作機械の操作教示や動作状態の映像が提供されたとの回答がなされた。

22) 触察用3Dモデルを会場で回覧するハンズオン形式のシンポジウムを、参加者にモデルを事前郵送してオンライン開催とした試みが紹介された。演者が話している間3Dモデルを継続的に触察でき、モデルでの予習・復習も可能であることにより、実開場でのシンポジウムよりハンズオン性が高かったと報告された。

また、イベント後も所有できる触察モデルの要望があることやモデルを媒介としたコミュニティが形成されうることに関及がなされた。講演後は、このような3Dモデル活用を進めるための印刷作業から提供までのサービスの必要性とそのエコシステムの課題について意見が交換された。

(竹之内 和樹)

セッション5：CG・形状処理・応用幾何学

(第1会場/14:40-16:30)

座長：杉原 厚吉 (明治大学)

23) CG実写合成におけるカラーマッピング

高橋 信雄 (名古屋大学),

金京柱 (スマートエンジニア株式会社),

浦田 真由, 遠藤 守, 安田 孝美 (名古屋大学)

24) 360度映像を用いたドラマコンテンツ制作の研究

茂木 龍太, 土屋 真, 今間 俊博 (東京都立大学)

25) リアルタイムレンダリングによる群集密度変化の可視化手法検討

安福 健祐 (大阪大学)

26) VRを用いた停車時の前車後車間の視点交換による車間距離の体験

寺分 元則, 定國 伸吾 (静岡理科大学)

27) スパッタエッチングにより形成した微細突起物のSEM画像を用いた突起物3Dモデルの生成

高 三徳 (明星大学), 中佐 啓治郎 (広島国際学院大学),

川島 希世子 (明星大学)

28) Albrecht Dürer 作「Melencolia I」に描かれた反重三角錐台と球に関する一解釈

鈴木 広隆 (神戸大学)

23) CG画像と実写画像を合成するとき色調の差から視覚的不整合が生じることがあるが、それを回避するために、実写の際にカラーチャートも撮影し、その色特性にCG画像の色特性を合わせる手法を提案し、その有効性を実験で確認している。実写の際に使う照明光については、ある波長だけに偏ってさえいなければ問題ないなどの質疑がなされた。

24) 360度映像の撮影技術は進歩したが、現状では主に環境を表現する背景映像として使われていることを反省し、ストーリーのあるコンテンツ作りに挑戦した報告である。絵コンテの描き方自身にも従来のものとは異なる工夫が必要であること、撮影の際に撮影者が映らない工夫が必要であること、出来上がった映像は見る人によって違うものが見えるため何度も見てもらえるメリットがあるなどの質疑が行われた。

25) 人が集まる場面の混雑具合を可視化する従来の手法では結果が必ずしも一意には決まらないことがあったのに対して、ポロノイ分割を利用することによって、群集の専有面積と群集密度を一致させることができ、さらに一人の専有面積を追跡することによって群集流動状況を把握したりできることを示している。ポロ

ノイ分割の計算の高速化が今後の課題であるなどの質疑が行われた。

26) 自分の車が前後の車のドライバーにどのように見えているかを体験できるシステムを、VR技術を利用して構成している。特に、停車時の車間距離を題材として、自分が前の車の後ろに停車するときより、自分の後ろに別の車が停車するときのほうが適切と感じる車間距離が大きいことなどを、今後実験で確かめる予定である。シミュレーション画像が、現場と同じ奥行き感を与えられるかなどの質疑がなされた。

27) 軟質で滑りやすい物体をグリップするために利用することを目的として、スパッタエッチングによって生じる表面の微細突起物の形状のモデルを走査型電子顕微鏡画像から三角測量の原理で生成する方法を提案している。2枚の画像の対応点が取れないところはマニュアルで操作しなければならないが、本目的のためには大きな突起だけを検出できれば良いのでその作業負担は大きくないなどの質疑が行われた。

28) デューラーの作品「メランコリアI」に描かれている反重三角錐台の作者の意図を、この立体に内包される斜交軸などを手掛かりに考察し、この立体によって4次元直交軸を3次元に投影した状況が表現されているという解釈が提案された。反重三角錐台に内包する立体は双対な形なのかなどの質疑がなされた。

(杉原 厚吉)

セッション6：図学教育・設計製図教育・教育評価

(第2会場/14:40-16:30)

座長：西井 美佐子

(オフィス・アール・イー，女子美術大学)

29) 建築系学生の性格特性五因子の傾向と設計課題の取り組み状況に関する考察

辻井 麻衣子 (西日本工業大学)

30) 小中学生を対象とした錯視を学ぶ体験型授業プログラムの提案

大谷 智子 (明治大学)，丸谷 和史 (NTT)

31) 東京大学教養学部における図学教育(3)

—グラフィックス・リテラシー教育の構築/図学教育の多様化(2006-2014)—

鈴木 賢次郎

(東京大学名誉教授/大学改革支援・学位授与機構)

32) 3D-CAD教育について—オンラインでの工夫—

亀井 延明，日高 潤，高 三徳 (明星大学)

33) ネットの中で完結するWebデザイン授業への一考察

山島 一浩 (筑波学院大学)

34) 社内規格における改正機械製図の取り扱いに関する一事例

平野 重雄 (東京都市大学名誉教授，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 (筑波技術大学名誉教授)

29) 学生の個性を鑑みた新たな建築教育の指導方法として、性格特性五因子(The Big Five)を踏まえた指導の可能性を検討す

ることを目的とし、学生が設計演習の課題に取り組む状況を観察して、性格特性五因子の因子の傾向と学生の五因子のスコアを照らし合わせて考察を行ったものである。発表では学生が課題に取り組む際の行動や、他学生との関わり方に性格特性五因子の因子の持つ傾向と符合する場面が多くあることが示された。得られた傾向を今後の授業でどのように活用する考えがあるのか質疑が行われた。

30) 錯視現象は観察という行為を体験できる良質なコンテンツであり、小学校高学年～高等学校の理科や数学教育の体験型教育での応用の可能性をもつ。心理学実験を教育現場で実施できるように再構成し、このプロトコルの詳細および実施例を提案したものである。その内容の検討では学生指導要領等の方針を踏まえたものであるのか質疑などが行われた。

31) 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。ここでは第三報として、2006-2014年度に実施され3D-CAD/CGソフトを導入した図(形科)学教育についての総括が報告された。その内容は、このカリキュラムでは、図形科学I(図法幾何学)、図形科学(3D-CAD/CGソフト)を中心に、アドバンストコースとして、図形科学演習I(手描製図+模型製作)、及び、図形科学演習II(CGプログラミング)を設けていること、そして教育目標・教育内容、教育組織、学生の履修動向、及び学生による授業評価結果の概略等について示されたものであった。その内容はメタバース時代の義務教育内容を整備するときの指針としても有益であり貴重な内容であると意見があった。

32) これまで対面の実技で行っていた機械製図やCATIA_V5を用いた3D-CAD教育が、昨年度からオンラインに切り替わった。教員間と既に履修している学生の意見も取り入れて、教育効果を上げるための取り組みが行われ、その内容が示されたものであった。CATIA_V5の操作の動画を作成し、理解するために関連する操作について選択問題として出題するという試みを行い、学習状況の調査結果が報告された。

33) これまで演習室で行っていたWebデザイン授業がコロナ禍の対応により学習がネット対応になり、BYOD環境での授業に転じた。その取り組み内容が示されたものであった。Webデザイン授業の到達目標は、HTML、CSSとJavaScriptによりWebページを実際につくれることである。これまで授業が演習室にあるソフトウェアが基盤となり、それが勉強になるとらえてきたが、学生が身近にあるものが勉強になることで、それが勉強になるということが、BYODで確認できたことが報告された。Webページ制作の学びでは、BYOD環境でどのようにコーディングの指導を行ったのかについて質疑が行われた。

34) JIS B 0001:機械製図は、利便性に優れかつ有用性の高い規格である。2019年5月20日に改正された。改正規格には、製図規則の不適切な使い方が散見される。例えば、用語の間違い、製図ルールの誤用と例外的事項などがある。社内規格の機械製図の改定を行うにあたり、製図規則から逸脱した規定を確認し、基本的な規定を明確にすることを目的に精査し、その結果を基に改定を行

うことにした。その検討事例と他社における改正規格の取り扱いに関する実状調査結果が示されたものであった。

3次元教育分野で、DXに向けて2次元図面の情報が3次元データに置き換わるときに、情報の読み間違いがおきないようにするために留意すべき点について質疑が行われた。

(西井 美佐子)

【デジタルモデリングコンテストプログラム】

11月21日 (日)

デジタルモデリングコンテストセッション

(第1会場 / 16:40-17:30)

座長：近藤邦雄 (東京工科大学)

D01) 超不可能立体「同心3円と交差3円」

杉原 厚吉 (明治大学)

D02) キッズフェイスシールド

—遊戯療法の感染対策の実例として—

田代 雄大, 加藤 大地,

光貞 遥, 山田 桜 (九州産業大学)

D03) 菱形三十面体を頂点とするハミルトン閉路が作る立体

大里 耕太郎 (東北大学)

D04) 四方継手

—ダイヤモンド格子型のジョイントシステム—

木島 風沙, 館 知宏 (東京大学)

日本図学会 2021年度大会 研究発表 要旨

【講演発表】

1) 竹でくまを編む

西村 歩華 *Ayuka NISHIMURA*
金子 哲大 *Tetsuo KANEKO*

自然界では人間にとって恐怖の対象である熊も、そのフォルムをデフォルメしたぬいぐるみは世界中の人々の愛着の対象になっている。本研究では、かわいくまのプロダクトを実際に制作しながら、形態デザインにおけるデフォルメと愛着の関係について考究していく。福岡県那珂川市の竹細工産業と関わる機会を生かし、かごや鞆、ザルといった、モノを入れるための商品しか展開されていない現状に対して、竹細工のくまを制作し地域産業に貢献することを目標とする。

キーワード：造形論／竹細工／くま

2) 「南部菱刺し」の模様に関する基礎研究(2) —小井川潤次郎と伝統模様—

川守田 礼子 *Reiko KAWAMORITA*

南部地方の南部菱刺しは、青森県の農村の衣生活を支えた伝統的手仕事である。明治以降の近代化に伴い消滅の危機に瀕するも、柳宗悦らの民藝運動の影響を受けた地元有志の尽力のもと復興を遂げた。本発表では、復興を牽引した中心の人物である小井川潤次郎の著作物、特に東奥日報連載の「みちのくの造形 菱刺し編」に着目し、南部菱刺しの模様造形および伝統継承に対する小井川の見解を整理するとともに、復興当時において南部地方の衣生活と南部菱刺しがどのように変化していたかについて探る。

キーワード：造形論／造形教育／刺し子／南部菱刺し／伝統模様
／小井川潤次郎

3) 正四面体の測地線に基づく組紐の分岐と合流

西本 清里 *Seri NISIMOTO*
小野 富貴 *Fuki ONO*
道明 葵一郎 *Kiichiro DOMYO*
館 知宏 *Tomohiro TACHI*

伝統的な組紐のうち、円環状の断面をなす唐打ちは、構成する糸が円柱の測地線に沿って螺旋を描きながら一端から一端へと辿る構造をなす。本発表では組紐構造から発想し、唐打ちの組紐が四面体状の結節点を経て連結する曲面構造を提案する。結節点の四面体においては、かごめ状に組まれた曲面が作られ、四面体の一頂点から入った糸がらせん状に四面体をたどって、別の頂点に抜ける。平組紐を糸とみなして、本提案の曲面構造を組み立て、インスタレーションを制作した。本構造の幾何学に加え、インスタレーションの設計および制作について報告する。

キーワード：形態構成／組紐／かごめ編み／測地線／正四面体／張力構造

4) カタチの自動生成による歴史的なまちなみの「らしさ」

安藤 直見 Naomi ANDO
徐 項駿 Xiangjun XU

重要伝統的建造物群保存地区における建築の配置と屋根などの形状を調査し、歴史的なまちなみの形態構成の特性を探る。そして、図としての基盤地図情報と形態構成の特性に基づき、まちなみの単純化モデルをアルゴリズムにより自動生成することを試み、単純化モデルが表現する形態構成のイメージの特質を検証する。

キーワード：形態構成／まちなみ／イメージ／自動生成／基盤地図情報／重要伝統的建造物群保存地区

5) 三国文化と歴史的街区の再生に関する研究 —中国岳陽市における歴史的街区の改造計画を通して—

羊 沢華 Zehua YANG
安藤 直見 Naomi ANDO

本研究では、中国岳陽市における歴史的街区を研究対象とし、建築及び計画などの専門知識を利用して改造計画を行い、文化古鎮のラベルを拾い上げ、地域の特色を際立たせ、活力を再生させることを目指している。また、この地域には三国文化の歴史要素がたくさんある。本研究に通じ、三国時代から現在に至る貴重な歴史文化特徴を洗練して再現させることも大切である。

キーワード：形態構成／歴史的街区／三国文化

6) 田市下前町における一戸建て空き家の出入口と道路垂直距離の関係について

劉 淇元 Qiyuan LIU
安藤 直見 Naomi ANDO

本研究では、埼玉県戸田市下前町を対象に、地区における空き家、空き店舗、空き地の分布状態を調査し、分布マップを作成した。研究の目的は空き家の分布状態から、空き家の位置と出入口から道路までの距離の関係を検討する。また、調査の過程で下前町の空き家、空き店舗の現状調査を行い、現時点で埼玉県戸田市下前町の空き家、空き店舗の現状情報を把握する。

キーワード：形態構成／空き家／分布特徴／距離

7) 東アジアの科学技術教育と空間能力の調査

岡田 大爾 Daiji OKADA
松浦 拓也 Takuya MATSUURA
竹野 英敏 Hidetoshi TAKENO
橋本 清勇 Seiyu HASHIMOTO

中国大陸では浙江省を除いて地学は地理で教え、教科書中に空間的に思考させる内容が少ない。台湾では科学と技術を最近まで小・中学校とも1科目で教え、日食等日本より詳しく説明している一方で、製図は日本より簡単である。現在、様々な科学技術カリキュラムのもとで学習した北京・上海・浙江・台湾と日本で、科学技術者を育成するために重要な要素である空間能力に焦点をあて、保護者を含めた科学的な体験や科学技術への意識、教科固有空間能力と汎用空間能力等の調査を進めている。

キーワード：空間認識／教育課程／教科書／教科能力／汎用能力／月の満ち欠け

8) 造形物の画像化とそのシームレスな提示による文字造形あそびの拡張

定國 伸吾 Shingo SADAKUNI

発達段階にあるこどもの造形教育において、造形あそびが重要視されており、幼稚園や小学校また児童館において、各種の実践がおこなわれている。本研究では、造形あそびにより得られる造形物の画像化とそのシームレスな提示によって、造形あそびを拡張することを目指している。本稿では、文字造形あそびの拡張として実装した「もじ・モジ・じっけん」システムとそのシステムを活用したワークショップの実施成果について報告する。

キーワード：造形教育／CG／画像処理／造形あそび

9) どんぶりをを用いた全天周作画についての一考察

辻合 秀一 Hidekazu TSUJIAI

近年、映像はTVやスクリーンの枠を外し様々な場所にプロジェクションマッピングが行われている。プラネタリウムでも、アナログからデジタル化が進みドームスクリーンとして上映できるようになってきている。プラネタリウムのような半球映像を全天周映像という。全天周映像を誰にでも作れるコンテンツとして半球に近い形のどんぶりをを用いて作画する「どんぶり de プラネタリウム」がある。この手法は、作成した画像をプラネタリウムのようなドームスクリーンやVR眼鏡で視聴できる。本研究では、複数のワークショップから、どんぶりをを用いた全天周作画についての考察を行う。

キーワード：空間認識／HMD／ドームスクリーン／発泡スチロール／どんぶり

10) 雪結晶の形状を教材とした数理造形の授業の試み(2) —数理造形プロセスとアルゴリズムの作成—

西井 美佐子 *Misako NISHII*

本研究の目的は、雪の結晶のかたちの数理造形プロセスを作成し、3次元形状を生成するアルゴリズムを作成することである。測上が考案した3種類の数理造形プロセスを調べて本研究用に最適化した。次にプロセスに沿って類似パターンと属性を抽出し、生成するアルゴリズムを整備した。アルゴリズムを元に、単純な処理の組み合わせで、星状、広幅、角板、扇形の印象の形状を生成する単体のプログラム例を示した。次に数理造形の観点からアルゴリズムを評価した。生成する3次元形状は、変数の値を変えることで、六角形や六方対称に広がる精緻なかたちが現れた。変数を合成して得られるパターンの多様性から、アルゴリズムは成立していると評価できる。

キーワード：造形教育／数理造形／雪結晶／STEAM／3D CAD
／3Dモデリング／プログラミング／造形思考プロセス

11) 透視投影によるペンローズの階段のCGアニメーション—90度回転毎に視点位置をリセットする方法—

間瀬 実郎 *Jitsuro MASE*

ペンローズの階段を透視投影で3DCGアニメーションとして表示する概要：手法を、90度回転毎に視点位置リセットする方法で提案する。発端踊り場と終端踊り場の整合、不連続変化に対応し、内壁の基礎線の処理などを行うことで実現している。また色塗り機能等により、オリジナルのペンローズの階段の作成ができる。

キーワード：空間認識／不可能立体／ペンローズの階段／3DCG／アニメーション

12) 無限ループ階段の描画法と歩ける立体の設計法

杉原 厚吉 *Kokichi SUGIHARA*

登り続けると元に戻る無限ループ階段の不可能図形を統一的に描く方法を提案する。これは、ペンローズやエッシャーが描いた階段図形を一般化するもので、試行錯誤のいらぬ数理的描画法である。次に、その不可能図形を立体化する方法を構成する。ここでは、直角に見えるところに直角以外の角度を用いるトリックを利用する。その結果、階段はつながったまま立体化することができる。ただし、ステップは水平ではなくなるが、ステップの傾斜をできるだけ小さくするという方針で、無理なく歩ける立体も

作ることができる。

キーワード：空間幾何学／不可能図形／不可能立体／立体錯視／錯視遊具

13) 立方体の展開図・透視図間の遷移手法と実体化

大塚 崇史 *Takafumi OTSUKA*
松浦 昭洋 *Akihiro MATSUURA*

本発表では、図形教育やパズルにおける利用を目的に、立方体の展開図を小多角形に分割して組み換え、面積の等しい透視図に遷移させる手法を検討・開発し、実体物を作成した結果を報告する。展開図の分割・組み換えには、制限のない自由な組み換え方法とヒンジを用いた回転による方法を用い、双方のタイプの分割・組み換え方法を得た。実体物の作成も行い、操作による展開図と透視図の間の遷移を確認した。

キーワード：平面幾何学／立方体／展開図／透視図／分割／遷移

14) 建築家小嶋一浩の言説にみられる「アクティビティを喚起する空間」についての研究

岡崎 あかね *Akane OKAZAKI*
阿部 浩和 *Hirokazu ABE*
安福 健佑 *Kensuke YASUHUKU*
高橋 彰 *Akira TAKAHASHI*

建築家小嶋一浩氏は設計集団C+Aのメンバーの一人であり、「スペースブロック」「黒と白」などの、独自の理論を用いて多くの作品を設計した建築家である。氏が手がける空間は、人の行為＝アクティビティに満ち溢れる空間であると評価を得ている。本論文では小嶋氏の設計思考をたどり、氏の建築作品にみられる「アクティビティを喚起する空間」の設計手法の変遷を明らかにすることを目的とし、小嶋氏が関わった117のプロジェクトのうち53件の建築作品についての本人の言説を、テキストマイニングを用いて整理・分析した。その結果、全年代を通じた壁の形状の検討、全年代を通じた地域・街の交流や敷地の周辺環境の考慮、2000～2003年での複数の使われ方が可能な「白の空間」の使用、2010～2015年での心地よい外部空間をヒントとした設計といった、設計の変遷があきらかになった。

キーワード：設計論／テキストマイニング／空間構成

15) ジャンウーゴ・ポレゼッロ「フェスタ・デルニタの庭園計画」の建築的モチーフについて

片桐 悠自 *Yuji KATAGIRI*

本研究は、ジャンウーゴ・ポレゼッロ (Gianugo POLESELLO 1930-2007) の大学卒業年の建築作品「フェスタ・デルニタの庭園計画」(1956, イタリア, カステリオンズ・ディ・ストラダ) の建築的モチーフを議論する。ヴェネチア建築大学からの提供資料をもとに、3Dモデルを作成し、同時代の設計的モチーフを考察する。建築的構成には、ミース・ファン・デル・ローエの「バルセロナ・パヴィリオン」の影響が、外構部分の幾何学的な植栽はデンマークの造園家 C. Th. ソーレンセンの影響が見られると推察される。

キーワード：設計論／建築／ジャンウーゴ・ポレゼッロ／フェスタ・デルニタ／庭園計画／モチーフ

16) ヘルムート・ヤコビイの建築透視図表現に関する研究

種田 元晴 *Motaharu TANEDA*
浅古 陽介 *Yosuke ASAKO*

ヘルムート・ヤコビイは、1950年代から70年代にかけて、その卓越した透視図表現によって数多くの欧米の建築家を設計競技の入賞へと導いたことで知られる建築作家である。ヤコビイは、観る者の感性に訴えて建築の雰囲気や芸術的に魅せる絵としてではなく、設計の意図を十分に引き出し、正確かつ精密に説明するための図としての透視図を描くことを信条とした。本研究では、ヤコビイの透視図作品集に掲載された全透視図の構図を分析し、その言説と照らし合わせることで、その独自の透視図表現の特質を明らかとする。

キーワード：設計論／透視図／立面／質感／水平線／ドラフトマン・シップ／ヒュー・フェリス

17) 木材を用いた HP シェル構造の製作の試みと性能検証

落合 陽 *Yo OCHIAI*
大原 由己 *Yuki OHARA*
橋本 和樹 *Kazuki HASHIMOTO*

枠組壁工法用製材の利用拡大のため、新たな使用方法を模索している。本研究では、枠組壁工法用製材を用いて簡易な加工とビス留めのみで構成することが出来る木質仮設パビリオンの提案を行った。この木質仮設パビリオンは桁方向の HP シェルによって構成されるアーチ構造である。そして、約1/2スケールでのモック

アップで構造的検証を行った。11月に実寸での製作を行い、屋外で2週間の展示を行う予定である。

キーワード：設計論／木造建築／枠組壁工法／HP シェル／アーチ

18) 手描きによる作図を伴う図法幾何学のオンライン授業

椎名 久美子 *Kumiko SHIINA*

著者が担当する授業は2019年度までは対面形式で実施されていた。手描き作図を伴う図法幾何学の授業として、投影の考え方を模型で説明したり、作図過程を板書で説明したりした後、学生に作図課題の提出を課して、添削して返却していた。2020年度に急遽オンライン形式で実施することになり、模型での説明や作図過程の提示は、静止画や動画による教材を作成して行った。電子的に提出された作図課題については、誤りを指摘するフィードバックシートを返却することで、添削の代替とした。2021年度もほぼ同様のやり方でオンライン授業を実施した。両年度共に、期末試験に相当する学期末レポートをオンライン形式で行った。

キーワード：図学教育／オンライン授業／作図課題

19) 東京大学工学部機械系二学科におけるハイブリッド方式に対応した設計製図教育の実施

及川 和広 *Kazuhiro OIKAWA*
村上 存 *Tamotsu MURAKAMI*

東京大学は、COVID-19 (新型コロナウイルス) 拡大防止のための入構制限下で 2020年度を通常の学事日程で授業を進める方針が早期に決定され、工学部機械系二学科 (機械工学科・機械情報工学科) においてもこれに対応するため、2020年2月からオンライン授業実施に向けた準備を進め、状況の変化に応じて完全オンライン、一部対面、ハイブリッド方式授業による実験・演習を実施している。本稿では、工学部機械系二学科 学部2・3年生を対象とした設計・製図教育 (手書き製図, 3D-CAD, プロダクトデザインのためのコンセプトスケッチ) の実施例を紹介し、得られた知見について述べる。

キーワード：設計・製図教育／CAD・CADD／COVID-19／オンライン授業／ハイブリッド授業

20) Unity による CG 教育のオンライン化

檀 裕也 *Yuya DAN*

2020年度後期に松山大学経営学部情報コースにおいて開講した「マルチメディア演習」の授業は、すべてオンラインの形式で実施された。ゲームエンジン Unity を用いてマルチメディアの表現

と技術について学ぶ情報コースの専門科目（教職課程必修科目）として、Unityによるオリジナル作品の制作を目標に、基本操作からC#によるプログラミングまで物理演算を含むCGアニメーションの知識と技能を身につける。Zoomによるり同時双方向型のオンライン授業は60分間に限定し、その代わり30分程度の予習動画を事前に視聴することを受講生に求めた結果として、動画視聴の態度や学習時間を中心に、学習の成果および教育の効果について述べる。

キーワード：CG／空間幾何学／教育評価／反転授業／予習動画
／マルチメディア／オンライン

21) 遠隔指導を活用した学生プロジェクト支援の実践

渡辺 朋代 *Tomoyo WATANABE*
中村 翼 *Tsubasa NAKAMURA*

COVID-19の感染拡大防止のため、ものづくり教育やCADの演習の集合型の演習授業や実証研究は、教育機関の方針に応じてハイブリッドやオンラインや人数制限等適切な方法を検討する必要に迫られた。また学生プロジェクトは大会が延期やキャンセルとなり、学生のものづくりやデザイン、設計への意欲を維持することに困難な状況がみられた。そのような状況下であっても、学生への継続したものづくり教育を実施するため3DCADを活用して遠隔からの設計教育や学生プロジェクト指導を行った事例をもとに、オンライン、クラウドを活用して学生プロジェクトを支援した内容を3DCAD指導した具体的な実践方法として紹介する。

キーワード：CAD・CADD／設計・製図教育／3DCAD／クラウド活用

22) 視覚障害者を対象とした3Dモデル触察シンポジウムのオンライン開催の試み

南谷 和範 *Kazunori MINATANI*
渡辺 哲也 *Tetsuya WATANABE*
岩村 雅一 *Masakazu IWAMURA*

我々は視覚障害者に対して任意の模型を3Dプリンタで出力し提供するサービスを実施しており、このサービスの周知や意義の掘り下げの目的で、先立つ2年間にシンポジウムを連続開催してきた。当初は実会場で3Dモデルを回覧するハンズオン形式で開始したこの試みは、コロナ禍でオンライン開催に移行を余儀なくされたが、その際事前に希望者に3Dモデルを郵送する形式を採用した。本報告では、この試みから分かったこと、特にその予想外の有効性や実施の負担について解説する。視覚障害参加者を対象として、オンラインシンポジウムに事前の3Dモデル郵送を組み合わせる形式には、実会場でシンポジウムよりハンズオン性

が高い側面が認められる。

キーワード：空間認識／視覚障害者／3Dプリンティング／オンラインシンポジウム／触察

23) CG実写合成におけるカラーマッピング

高橋 信雄 *Nobuo TAKAHASHI*
金 京柱 *Kyousyu KIN*
浦田 真由 *Mayu URATA*
遠藤 守 *Mamoru ENDO*
安田 孝美 *Takami YASUDA*

CG画像と実写画像をひとつの画像に合成すると、双方の画像領域間において、色特性の差異に起因する視覚的不整合が生じる。本研究では、実写の撮影時に色リファレンスとしてカラーチャートを撮影し、その画素値に基づいて、CG画像にカラーマッピングを施す手法を提案する。これにより、両画像の色は全色域において近似し、CG実写合成画像から色調の差異に起因する視覚的な不整合を充分に取り除くことが可能となる。

キーワード：CG／画像処理／カラーマッピング／リニアワークフロー

24) 360度映像を用いたドラマコンテンツ制作の研究

茂木 龍太 *Ryuta MOTEGI*
土屋 真 *Shin TSUCHIYA*
今間 俊博 *Toshihiro KOMMA*

360度映像はプラネタリウムなどで発展し、現在では360度映像を撮影可能なアクションカメラの登場で誰もが気軽に撮影することができるようになった。360度映像の多くは環境映像であり、ストーリーを持ったドラマコンテンツはまだ殆ど存在していない。それは既存のドラマ撮影手法が用いることができないためである。本論文では東京都立大学大学院の演習において、360度映像を用いたドラマコンテンツ制作について報告する。

キーワード：CG／360度映像／映像制作教育

25) リアルタイムレンダリングによる群集密度変化の可視化手法検討

安福 健祐 *Kensuke YASUFUKUI*

人が集まる場所の混雑度合いを可視化するため群集密度のヒートマップがよく用いられる。ただし、局所的な群集密度を可視化するとき、測定位置や計測方法が異なると、同じ群集の状態でも表示結果が異なる場合がある。本研究は、群集密度の算定手法を整理した上で、ヒートマップによる可視化手法を比較検討しながら、その結果が一意に定まるボロノイ分割による群集密度の算定

とリアルタイムレンダリングによるポロノイ領域のアニメーションを有効な可視化手法の一つとして提案することを目的とする。ポロノイ分割による群集密度の算定は、群集の専有面積と群集密度が一意に定まるメリットがあり、また、1人の人に着目して、その人の専有面積の変化を見ながら、群集流動性状を把握できる利点がある。

キーワード：CG／ヒートマップ／群集密度／リアルタイムレンダリング／ポロノイ分割

26) VRを用いた停車時の前車後車間の視点交換による車間距離の体験

寺分 元則 *Motonori TERAWAKE*
定國 伸吾 *Shingo SADAKUNI*

道路交通状況では多様な行動者が関係し合っており、他者から見た自身の印象を推察することは重要である。一方で、現実空間では、自身の行動が他者にどのような印象を与えるのかを実際に体験する事は不可能である。そこで本研究は、VR空間内に再現した道路交通状況とHMDを利用し、自身の行動を他者視点から振り返る事で、他者から見た自身の印象を確認する体験を提案してきた。今回は、停車時の車間距離を題材にシステムの構築を行った。

キーワード：CG／VR／視点交換

27) スパッタエッチングにより形成した微細突起物のSEM画像を用いた突起物3Dモデルの生成

高三徳 *Sande GAO*
中佐 啓治郎 *Keihiro NAKASA*
川島 希世子 *Kiyoko KAWASHIMA*

ステンレス鋼の表面をアルゴンイオンでスパッタエッチングすると、円錐状、柱状、粒状などの微細突起物が形成される。これらの微細突起物を利用すれば、軟質で滑りやすい各種の物体を確実にグリップできると思われる。しかし、変形特性の異なる各種の軟質物体を確実にグリップできる突起物の形状と寸法を、実験により決定するには、多大な時間とコストがかかる。本研究では、このような作業をコンピューター上で実行できる「グリップ・ソフトウェア」を開発するため、中心課題の一つである微細突起物の走査電子顕微鏡（SEM）画像から3次元突起物モデルを効率よく生成する手法を提案した。

キーワード：形状処理／スパッタエッチング／微細突起物／SEM画像／座標認識／3Dモデル

28) Albrecht Dürer 作「Melencolia I」に描かれた反重三角錐台と球に関する一解釈

鈴木 広隆 *Hiroataka SUZUKI*

Albrecht Dürer 作「Melencolia I」に描かれた正反重三角錐台はあまり用いられない多面体であり、この絵画の意図に加えて、この多面体の意味についても様々な解釈が行われてきた。しかしそれらは、多面体の寸法の構成や、投象との関係を分析するものであり、Dürerの直接的な意図との関係が希薄であった。本論文では、反重三角錐台に内包される斜交軸に注目し、周囲に描かれたものとの関係や時代背景との考察も行い、Dürerがこの多面体に隠した意図の解釈を試みるものである。描かれている球についてもその意図の延長線上に位置付けた。

キーワード：応用幾何学／形態構成／図学史

29) 建築系学生の性格特性五因子の傾向と設計課題の取り組み状況に関する考察

辻井 麻衣子 *Maiko K. TSUJII*

建築設計教育の現場において、設計演習の課題に取り組む際、指導者が一つのテーマに対する説明提示しても、学生がそれをどう解釈しどこに着目するかは個々の学生の建築の知識の習熟度や興味により多様化している。本研究は、学生の個性を鑑みた新たな建築教育の指導方法として、性格特性五因子（The Big Five）を踏まえた指導の可能性を検討することを目的とする。本報では、学生が設計演習の課題に取り組む状況を観察し、性格特性五因子の因子の傾向と学生の五因子のスコアを照らし合わせて考察する。この結果、学生が課題に取り組む際の行動や、他学生との関わり方に性格特性五因子の因子の持つ傾向と符合する場面が多くみられた。

キーワード：設計・製図教育／教育評価／性格特性五因子

30) 小中学生を対象とした錯視を学ぶ体験型授業プログラムの提案

大谷 智子 *Tomoko OHTANI*
丸谷 和史 *Kazushi MARUYA*

錯視現象は観察という行為を体験できる良質なコンテンツであり、小学校高学年～高等学校の理科や数学教育の体験型教育での応用の可能性をもつ。しかし、実際には授業時間の制限などから、錯視を理数系授業で取り上げることは一般的ではない。我々は、心理学実験を教育現場で実施できるように再構成し、実施した。この提案プログラムは約130分で学ぶことができる。本稿では、このプロトコルの詳細および実施例を報告する。

キーワード：図学教育／科学教育／体験型授業プログラム／小学校高学年／中学生／錯視

31) 東京大学教養学部における図学教育(3) —グラフィックス・リテラシー教育の構築／図学教育の多様化(2006-2014)—

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。第一報として、1949～1986年度に実施された「図学(講義)+図学製図」について、第二報として、1987～2005年度に実施されたCGプログラミングを導入した図学教育について報告した。ここでは第三報として、2006-2014年度に実施された3D-CAD/CGソフトを導入した図(形科)学教育について報告する。このカリキュラムでは、図形科学Ⅰ(図法幾何学)、図形科学Ⅱ(3D-CAD/CGソフト)を中心に、アドバンストコースとして、図形科学演習Ⅰ(手描製図+模型製作)、及び、図形科学演習Ⅱ(CGプログラミング)を設けている。教育目標・教育内容、教育組織、学生の履修動向、及び、学生による授業評価結果の概略等について報告する。

キーワード：図学教育／図学教育史

32) 3D-CAD 教育について —オンラインでの工夫—

亀井 延明 Nobuaki KAMEI
日高 潤 Jun HIDAKA
高三徳 Sande GAO

一昨年までは実技として機械製図や3D-CAD教育を行っていたが、昨年度からオンラインにて教育効果を上げるための工夫を教員間と既に履修している学生の意見も取り入れ試行錯誤した。明星大学では3D-CADはCATIA_V5を使用しているため、学生が自宅では当然操作できない。そこで、操作について動画を作成し、その操作を理解するために関連する操作について選択問題として出題するという試みを行った。それらの事例および本学でのCADシステム、カリキュラムなどを紹介する。

キーワード：設計・製図教育／3D-CAD教育

33) ネットの中で完結するWebデザイン授業 への一考察

山島 一浩 Kazuhiro YAMASHIMA

コロナ対応により、大学では、学習がネット対応になり、教員と学生間の付き合いも画面の中で行うという事態が生じた。従来から行ってきたWebデザインについて、この期間にやれたことをまとめておくことにした。Webデザインの授業の到達目標は、HTML、CSSとJavaScriptによりWebページを実際につくれることである。これまで演習室で使用してきたものが、BYODで、ネットにあるものに転じた。これまで、学生が使っていたのは、

演習室にあるソフトで、写真加工につかうPhotoshop、動画編集につかうネット上にあるYouTube、Webデザインに用いるDreamweaverである。これに対しBYODで使用したソフトは、写真加工につかうPhotoshop Spark、動画編集につかうネット上にあるYouTube、Webデザインには、Glitchを利用した。これまで、授業が、演習室にあるソフトが基盤となり、それが勉強になるとらえてきた。しかし、学生が身近にあるものが、勉強になることで、それが勉強になるということが、BYODで確認できた。

キーワード：教育評価／Webデザイン／ネット

34) 社内規格における改正機械製図の取り扱いに関する一事例

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

JIS B 0001:機械製図は、利便性に優れかつ有用性の高い規格である。2019年5月20日に改正された。改正規格には、製図則の不適合な使い方が散見される。例えば、用語の間違い、製図ルールの誤用と例外的事項などがある。社内規格の機械製図の改定を行うにあたり、製図則から逸脱した規定を確認し、基本的な規定を明確にすることを目的に精査し、その結果を基に、改定を行うことにした。その検討事例と他社における改正規格の取り扱いに関する実状調査結果を述べる。

キーワード：設計・製図教育／改正機械製図／製図則からの逸脱
／社内規格／企業の実状調査

第55回図学教育研究会 図に関する教育のオンライン授業

竹之内 和樹 Kazuki TAKENOUCHI

1. 概要

2021年度大会（オンライン）学術講演プログラム内のオーガナイズドセッションとして開催した。

日時：2021年11月21日（日）13：00－14：30

第4セッション [第2室]

参加人数：34名（会員，非会員）

2. 開催の背景と目的

新型コロナウイルスの感染拡大により、2020年度の春学期開始から、相当数の教育機関で授業をオンライン開講することを余儀なくされた。この1年半ほどの間に、従来、対面で行っていた講義／演習をオンラインで行ったことは、多くの会員に共通の経験であり話題である。そこで、第55回の研究会のテーマを「図に関する教育のオンライン授業」として、授業に利用している環境や機器・用具、それらの利用の要点や今後のさらなる活用のための情報を共有することとした。

3. 開催形態と話題提供募集

「図に関する教育のオンライン授業」は会員の進行中の取組であるため、話題として提供する内容が、図学研究会の報告の一部ではなく、学術講演論文集に掲載されて活動の記録となるように、研究会を学術講演会内のオーガナイズドセッションとして企画した。

大会の学術講演と発表申込みシステムを共有して行った話題提供募集に5件の申し込みがあった。大学の前期課程から専門教育、科目では機械設計とCG教育、開講方法では完全オンラインとハイブリッド、さらに対象が学内での講義／演習の他に学生の学外活動支援や3D触察モデル利用のイベントと多岐にわたり、本学会会員が関係する分野・対象がバランスよく網羅されていて、企画者には幸運なことであった。なお、学術講演プログラムをみれば、図学教育研究会のOS以外のセッションでもオンライン授業の工夫やデジタル環境内での教育に関する講演があり、会員がオンライン授業に関係していることが確認された。

4. セッションの構成と内容

2室並列の講演室編成において2室横断とした全員参加セッションを予定していたが、2019年に2日間で開催した鹿児島大会を上回る講演申込み数のため、研究会を並列セッションのひとつとせざるを得なかった。大会が年1回となる一方で複数の研究会が活動していることも影響しており、余裕のある日程で大会が開催できる日常への復帰が待たれる。

5件の話題提供は、以下の通り、大学低学年の共通教育から始めて設計製図教育、CG教育に進み、学生の設計・製作イベントにおけるベンダーの遠隔支援、触覚による情報提供を中心とする触察イベントの順に配列した。遠隔講義用のスライドや動画などのメディアの変更、オンライン環境や使用ツールの機能を活用した参加者への支援や学習・活動状況の把握、さらに参加者の手で利用できる3Dモデルの活用など、図に関する教育の新しい展開につながる事例が満載の研究会となった。

- ・手描きによる作図を伴う図法幾何学のオンライン授業
椎名久美子氏（大学入試センター）
 - ・東京大学工学部機械系二学科におけるハイブリッド方式に対応した設計製図教育の実施
及川和広氏（東京大学大学院）、
村上 存氏（東京大学大学院）
 - ・UnityによるCG教育のオンライン化
檀 裕也氏（松山大学）
 - ・遠隔指導を活用した学生プロジェクト支援の実践
中村 翼氏（オートデスク株式会社）、
渡辺朋代氏（オートデスク株式会社）
 - ・視覚障害者を対象とした3Dモデル触察シンポジウムのオンライン開催の試み
南谷和範氏（大学入試センター）、
渡辺哲也氏（新潟大学）、岩村雅一氏（大阪府立大学）
- 発表の内容や意見交換は学術講演論文集および大会報告セッション4：「図に関する教育のオンライン授業」をご覧ください。末筆になりましたが、話題提供ならびにご参加を頂いた皆様に、御礼を申し上げます。

●報告

第13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, 審査委員長

西井 美佐子 Misako NISHII

座長

近藤 邦雄 Kunio KONDO

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, 11月21日に開催された2021年度オンライン大会のビデオ会議の会場にて, 第13回デジタルモデリングコンテストエントリーショートプレゼンテーションを実施した。

本稿では, 開催目的, コンテスト概要, ショートプレゼンの様子, 審査結果を報告する。

1. 開催目的とコンテスト概要

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開催した。大会論文集に作品解説を掲載し, 作品制作の目的からモデル製作までの説明をきちんとすること, つまり必然性を指向し, プロセスを残すことをコンテストの目的のひとつとしている。そして, 「教育・資料用作品」として三次元造形で具現化でき活用できる内容の作品も, さらなる効果的三次元造形機の活用を図るとして重要で, 教育分野の優秀作品や効果的利用法も評価対象に含めた。これは, 個々のスキルアップとスキルの共有化を推進するという指針もコンテストの重要な目的のひとつである。

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, プレゼンテーションを2021年11月21日(日)にビデオ会議の環境で, オンラインで実施した。昨年度と同様にCOVID-19の感染拡大防止の観点から図学会大会がオンライン大会となったことから, その会場をお借りすることで計画した。

作品応募

募集期間は2021年8月16日から当初9月6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。その後応募期間を9月21日まで延長し, 最終的にエントリー数は4件であった。内訳は, 会員1件, 一般3件で, うち1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)

座長: 近藤 邦雄 (東京工科大学)

審査委員: デジタルモデリング研究会委員

荒木 勉 (筑波技術大学), 齋藤 綾 (女子美術大学), 佐藤 尚 (神奈川工科大学), 田中 龍志 (株式会社ニテコ図研), 堤 江美子 (大妻女子大学), 新津 靖 (東京電機大学), 村松 俊夫 (山梨大学), 面出 和子 (女子美術大学), 横山 弥生 (大同大学), 委員長, 副委員長, 座長

2. ショートプレゼン報告

近藤 邦雄 (東京工科大学)

ショートプレゼンは, ビデオ会議ソフトZoomを用いてオンライン会場で11月21日(日)16:40~17:30の日時で実施した(表1)。

表1 ショートプレゼン

エントリー	D01) 超不可能立体「同心3円と交差3円」 杉原 厚吉 (明治大学) D02) キッズフェイスシールド—遊戯療法の感染対策の実例として— 田代 雄大 (九州産業大学) 加藤 大地 (九州産業大学) 光貞 遥 (九州産業大学, 山田 桜 (九州産業大学) D03) 菱形三十面体を頂点とするハミルトン閉路が作る立体 大里 耕太郎 (東北大学) D04) 四方継手—ダイヤモンド格子型のジョイントシステム— 木島 風沙 (東京大学) 館 知宏 (東京大学)
ショートプレゼン	ショートプレゼン1~2分 (各エントリー) 残り時間が質疑の時間

D01) 超不可能立体「同心3円と交差3円」

本作品は, 杉原氏による一連の不可能立体の作品制作

に見つけられた。今までの作品は、視点が固定された状態でみると、実物とは異なった形状が鏡を通して見ることができるということであった。この作品は、3つの円柱が並んで構成されている。これを今までと同じように制作したところ、90度程度の視点移動でも不可能立体を観察することができることが分かったということである。視点が移動しても不可能立体をみるができることから、この作品を「超不可能立体」と名付けている。

D02) キッズフェイスシールド—遊戯療法の感染対策の事例として—

本作品は、数種類のキッズフェイスシールドを作成して、感染対策をしながら子供たちの遊びを支援するために制作している。子供たちが楽しんで遊ぶということが第一であるが、安全性への配慮も行われており、広く活用されることが期待される。子供ごとに頭の形状の計測による個別対応や今後子供が興味を持つようなキャラクターの種類を増やすためのアイデアなどについて質疑があった。

D03) 菱形三十面体を頂点とするハミルトン閉路が作る立体

本作品は菱形三十面体を対象にしており Mathematica の基本モデルを利用して、接続のための凹凸をデザインしている。菱形三十面体のモデルを頂点と考えて、接続することによって、正十二面体などをハミルトン閉路に従って、接続することを示している。同一のモデルを多数制作して、それをつなぎ合わせて、より複雑なモデルを制作するという考えは、実用しやすいことにつながる。また、組み立てるためには、製作モデルの精度も大切である。うまく接続するための精度を考えたモデリングをしているとのことであった。

D04) 四方継手—ダイヤモンド格子型のジョイントシステム—

菱形十二面体を一つのグリッドとしたブロックを3種類提案している。この3種類は接合の仕方が異なっており、それぞれに組み立てやすさや強度の違いなどに特徴がある。組み立てるときには組み立てやすさが重要であるが、実用的な応用を考えた場合には強度が大切になる。このモデルを建築分野のデザイン提案のモデルに使う場合は、組み立てやすさが求められるし、パズルなどに応用するなら、製作精度も大切と考える。

本セッションで発表された4つの作品は、とても興味深いものであり、図学会の研究分野の広がりを感じる。来年以降も多くの方が本コンテストに作品投稿して下さることを期待します。

3. 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)

審査基準と審査手順は第12回と同じである。手引書、審査用紙データ、作品解説PDFを、ショートプレゼン前に審査委員へメールで送り、審査結果をメールで受けて集計した。審査基準と審査手順は、次の通りである。

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とし、以下の審査基準を設けた。

- ・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
- ・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
- ・教育／資料用作品は、図学、造形、設計、製図・加工の機械工学など、教育分野で教材として効果的利用が見える3D立体モデルを評価

上記の基準を審査基準キーワードにして、各項目の段階評価も行うようにした。

- ・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

各賞

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る等)、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

審査手順

評価方法は、持ち点10点、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。また、キーワードの評価方法は、積極的に評価できると思われる場合は「◎」、評価できると思われる場合は「○」をマークする。そして点数を入れなかった作品も含めて、評価した理由を記述する。

諸事情により当日オンラインショートプレゼンを視聴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。

審査用紙をメールで返却後集計し、コメントを取りまとめた結果を審査委員へメールで送り、最終審査をメールで行った。総合点やコメント内容、各賞の条件を踏まえて、最優秀賞、優秀賞、特別審査員賞を判定した。

審査結果と受賞者

順位の内訳は、1位と2位以下の得点差が大きく約15点あった。2位と3位の得点の差は1点であった。3位は2作品で同点であった。1位の作品は、全員が評点をつけており、5点評価の数が最も多かった。5項目の評価基準では、全てにおいて◎もしくは○の評価であった。

2位と3位の各作品については、審査員特別賞の積極的に評価できるポイントの有無を審議した。全てに「◎評価」が含まれていた。このうち点数評価では、最高点の5点を獲得していない作品があった。以上から受賞作品3件を次のとおり決定した。また1位と2位以下が大差であることから、今回は優秀賞の該当作品無し、と判定した。

■最優秀賞

四方継手—ダイヤモンド格子型のジョイントシステム—
木島 風沙 (東京大学), 舘 知宏 (東京大学)



図1 ブロックBを組み上げた様子, 222mm×196mm×181mm (各ブロックの寸法は26×30×32mm), クリアレジン, 2021年

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	○

審査員コメント

- ・一つの基本構造から、三つの異なる継手が考案されているのは興味深い。
- ・3種類のブロックの組み方を提示することで教材の発展形としても利用価値が高いのでは。3つの違いがもっとはっきりするとさらに良くなる。
- ・先端の三次元造形による日本の伝統的木造建築に用いられる・継手・仕口の仕組みの現代版のダイヤモンド格子型ジョイントシステムには興味をそそられる。ただし、考案したジョイントシステムがテーマであると思われるが、特筆点を動的に詳細に示されていなかったのが残念である。
- ・提案されたブロックを用いた具体的・効果的な作品を期待したい。

■審査員特別賞

超不可能立体「同心3円と交差3円」

杉原 厚吉 (明治大学)

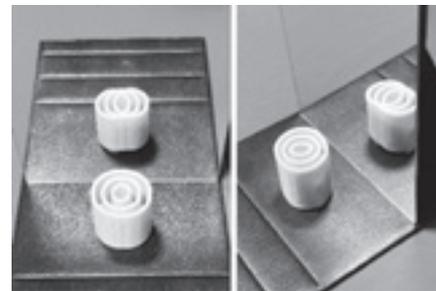


図2 広い視点範囲で錯視が起きる「超不可能立体: 正面から見たとき同心円が鏡の中で交差円に変身する(左)が、それとほぼ同じ変身が、右50度から見ても起こる(右)。3Dプリントにより制作, 45×50×60mm, アクリル樹脂, 2019.

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	

審査員コメント

- ・立体考察を重ねて制作されており、発想・新規性とともにも優れている。
- ・従来の不可能立体と異なり視点位置が変わっても同じような形状が観察できるという、非常に画期的な作品

である。

- ・理論的に設計できた不可能立体ではなく、観察により発見できた点で、偶然の発見の内容が大変興味深いとその理を今後説明できると、大きな発展が期待できる。
- ・提出作品を実際に制作した作品としてはっきりとした形で見られなかったのが残念である。

■審査員特別賞

キッズフェイスシールド—遊戯療法の感染対策の実例として—

田代 雄大, 加藤 大地, 光貞 遥, 山田 桜
(九州産業大学)



図3 キッズフェイスシールド(7種), Sサイズ約145mm×185mm×285mm, ABS樹脂, ポリ板, ゴムバンド, 2020年

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	○

審査員コメント

- ・コロナ禍に見合う面白い課題であり、教育的効果も得られていると思う。
- ・学内の臨床心理センターで行われる2歳児から小学生の子供に利用させるキッズフェイスシールドを喜ぶ子供達に着用させ遊戯療法に用いる協調体制とその用具の製作は素晴らしい取り組みであるとともに作品としても評価のできる物である。
- ・3次元データ構築や設計部分のプロセスが今回知ることができなかつたのが残念である。
- ・社会的にも有意義な作品だと思われる。

4. プログラム委員報告

松田 浩一 (岩手県立大学)

第12回に引き続き、大会の中にセッションを設けてコンテストを実施した。なお、本年度は、昨年度同様、大会がオンライン開催となったため、コンテストもオンラ

インで実施した。

広報活動

図学会、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、昨年度と同等の4件の応募をして頂いた。大会の申込締切の延長に合わせて、コンテストの締切りも延長したことで2件増加した。なお、コンテストMLの送信可能者設定が、登録者のみに限定されているミスがあった。次年度はML設置の際に留意したい。

窓口対応

オンラインでも流れは現地開催と同様とした。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無かった。作品解説のフォーマットは、大会予稿のフォーマットに準拠しつつ、独自形式としている。大会論文集に含めている関係で、大会予稿フォーマットとの小さな表記揺れについての指摘があったため、今後調整したい。

プログラム編成

オンライン開催が一日となった中で、最後のセッションとして配置し、50分を確保して頂いた。一人ずつ順番に発表・質疑応答を行う形式とし、ショートプレゼンテーション(1~2分)と質疑応答を合わせて持ち時間10分とした。各発表者ともに、質疑応答が活発で、時間がまだ足りない様子であった。

作品設置

オンライン開催のため、作品プレゼンに置き換えた。そのため、作品を手にとって十分に評価できない点が審査員から検討事項として挙げられた。次年度オンライン開催となった場合には、作品プレゼンの仕方について、応募者や審査員の負荷を考慮しつつ再検討したい。

まとめ

昨年度に引き続き、大会のオンライン開催に合わせて、オンラインによる開催形式で実施した。作品を手にとることはできないものの、昨年度よりもオンラインによる質疑応答が活発に行われた。応募者・審査委員がオンライン開催という形に慣れてきた一方で、現地開催に比べて足りない部分が改善要望として挙がってきている。

コンテスト開催に関わった大会実行委員の皆様やスタッフの皆様、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。

まつだ こういち (岩手県立大学)
にしい みさこ (オフィス・アール・イー／女子美術大学)
こんどう くにお (東京工科大学)

青森県の刺し子「南部菱刺し」の世界

World of Sashiko handwork of Aomori prefecture “Nambu Diamond Embroidery”

川守田 礼子 Reiko KAWAMORITA

本号でリレーエッセイを担当いたします。八戸工業大学感性デザイン学部の川守田と申します。同大の宮腰直幸教授からご紹介いただき、昨年度入会させていただきました。もともとは日本文学（近世文学）が専門ですが、現学部配属となってから地域の伝統文化、特に染織文化に関する教育研究を行っております。最近、青森県南部地方に伝わる刺し子「南部菱刺し」の研究を進めています。刺し子は、布の補強保温の技術として全国的に展開しています。日本三大刺し子と呼ばれるこぎん刺し（図1）、南部菱刺し（図2）、庄内刺し子のほか、会津刺し子、飛騨刺し子などが各地に継承されており、技法や模様展開は地域ごとに異なります。刺し子の模様に関する考察は図学研究につながるのではと宮腰教授からご助言いただき、2020、2021年度大会で発表させていただきました。本稿では、南部菱刺しと青森県の文化について少しご紹介したいと思います。

青森県は、中央に位置する八甲田山系を含む奥羽山脈により、東側の南部地方と西部の津軽地方に二分されています。これは江戸時代の南部藩領と津軽藩領に相当します。青森県ではこの旧藩領に基づいた相違が言語、風習、気質などあらゆる方面に表れ、いわゆる津軽と南部の対立構図として現代も生き続けています。方言の津軽弁・南部弁の違いは顕著で、言語があまりにも異なるため、同じ青森県民でも意思疎通が難しいほどです。気質の違いとしてよく取りざたされるのは、津軽人は派手好きで社交的、でしゃばりの発散型が多いのに対し、南部人は口下手で引っ込み思案が多く内向型だということです。古くから伝わる言葉に「津軽の盗人、南部の人殺し」という物騒な例えがあるほどです。「南部の人は言いたいこともいわずに我慢を重ねた挙句に思い余って人を殺してしまう」という意味だそうです。

こうした相違の背景には地理的な条件があります。そもそも、中央の八甲田山系により津軽地方と南部地方では気候がかなり違います。夏季にオホーツク海気団から吹く北東風は、寒流の親潮の影響を受けた冷涼湿潤な風で、太平洋側の南部地方に気温低下や日照不足をもたらします。これを「ヤマセ」と呼びます。最高気温が夏でも20℃程度を越えない日が続き、これが農作物の生育にダメージを与えました。ヤマセによる冷害です。しかし、八甲田山系によるフェーン現象は、津軽地方には日照時間の増大と気温上昇をもたらします。これは農業生産にも影響し、津軽の稲作文化、南部の畑作文化を生みました。津軽地方は夏の暖かな気候と肥沃な土壤に



図1 こぎん刺し長着（あおもり北のまほろば歴史館所蔵）



図2 南部菱刺し長着（あおもり北のまほろば歴史館所蔵）



図3 ひつつみ



図4 タツツケ（あおり北のまほろば歴史館所蔵）



図5 三巾前垂れ（つがる工芸店所蔵）



図6 三巾前垂れ（五戸町所蔵）

恵まれ、稲作が発達しました。これに対し、ヤマセの影響により水稲に向かなかった南部地方では、アワ・ヒエ・ソバなどの雑穀や、ながいも・にんにく・ごぼうなどの根菜を主体とした畑作が主流でした。南部煎餅やせんべい汁、ひつつみ（図3）、かけ、串餅といった郷土食は、近年「南部の粉もん文化」とも称されますが、もともとは米の代用食、ヤマセが吹く土地だからこそ生まれた守りの食文化といえます。

津軽と南部の相違は服飾文化にも表れます。その一つが刺し子で、南部藩領の南部菱刺し、津軽藩領のこぎん刺しです。いずれもおおよそ江戸時代に始まったとされています。当時の農民たちは、享保9年（1724）「農家儉約分限令」により、大麻や苧麻の衣服しか着用を許されていませんでした。西日本では、早くから綿花栽培が始まり、戦国時代から江戸初期にかけて、木綿が爆発的に普及したのに対し、寒冷地の青森県では綿花栽培が難しく、依然麻中心の衣生活でした。麻の粗い布目を塞ぎ、衣服の保温性・強度を高める目的で刺し子を施しました。前述した稲作・畑作の違いは、刺し子の作業着の違いを生んでいます。古作を見ると、こぎん刺しの中心は着物です。津軽地方では水田作業で終始濡れる下半身に刺し子を施すことはなく、上半身の冷えを防ぐため着物の身頃全面に刺し子が施されました。南部地方では、畑作業や山仕事で冷える下半身を覆う衣類としてタツツケ（山袴）（図4）や前垂れ（図5）に刺し子が施されました。特にタツツケ（山袴）に刺し子を施す例は全国的に珍しく、青森県南部地方だけといわれています。タツツケは蛇除けとも言われている縞模様が特徴です。また、こぎん刺しは1枚の布に刺し子がなされているのが一般的なのに対し、南部菱刺しには、麻布に古手木綿の裏をつけ2枚重ねて刺し綴った衣類が多く残っています。やはり夏でも寒冷なヤマセから身体を守る工夫でしょうか。ちなみに、古作を見ますと、こぎん刺しには苧麻の布に刺したものが残っているのに対し、南部菱刺しには見られません。南部菱刺しは大麻の布に刺されています。

こぎん刺しと南部菱刺しは、布の目数を数えて規則的に刺す目塞ぎ刺しであるという点、菱模様を形成するという点が同じです。ただ、南部菱刺しでは偶数目を拾うのに対し、こぎん刺しでは奇数目を拾って刺すという経糸の目数の拾い方に違いがあります。刺し子の技法的にほぼ同じですが、奇数・偶数といったほんの少しの差異にこだわる、ここに津軽・南部の矜持が宿っているように思います。なぜなら、奇数偶数の違いが模様展開に

変化をもたらし、服飾としての美的な主張につながるからです。一目ずつ拾う奇数率のこぎん刺しが「囲み」「流れ」といった接続模様を活用した自由度の高い模様編成が可能なのに対し、二目ずつ拾う偶数率の南部菱刺しは型コという横長の単位模様を規則的に積み上げて大きな菱模様を構築する「総刺し」が伝統とされ、落ち着いていて端正な印象だがやや単調に転ぶきらいがあります。こぎん刺しは遠心的で、南部菱刺しは求心的といえます。その証拠に、南部菱刺しは、模様構成は単調ですが、菱の単位模様のバリエーションは非常に多く、約400種を数えます。ここにもそれぞれの地域の気質が反映されています。津軽人は外へ外へ拡大していくダイナミックな模様で個性を表すとするならば、南部人は一つ一つの菱の内なる宇宙にこだわってその精密さで勝負する、といったところでしょうか。

南部菱刺しの模様構成の単調さを救うのは色彩です。こぎん刺しは津軽藩の厳しい衣服統制令により、濃紺に染めた麻布に白糸で刺すという規制がありました。その結果、シンプルながら非常にコントラストの効いた強い色調が生まれました。これに対し、南部菱刺しの麻布は浅葱色（薄いブルー）に染めて白黒の木綿糸で刺しました。津軽に比べて貧しかったために紺屋で濃紺に染めることができなかった、紺屋が津軽に比べて少なかったため自家で染色を行ったなど、浅葱色になった理由には諸説あります。民俗研究家で刺し子着収集家の田中忠三郎は、ヤマセが吹く厳しい自然環境にあって人々は、濃紺よりむしろ浅葱色の優しい色合いに心を寄せたのではないかと述べており、なるほどと思いました。南部菱刺しの最盛期は明治時代といわれています。明治24年（1891）東北本線全線が開通し、青森県南部地方に木綿糸が大量に出回ったのがきっかけです。やがて大正時代になると、木綿糸のほかに毛糸・混紡糸の色糸を用いるようになり、多彩な南部菱刺しへと変わっていきました。カラフルな三巾前垂れ（図6.7.8）は南部菱刺しの華と呼ばれています。

以上のように、同じ県内にありながら、津軽と南部という異なる文化、地域性の中に存在した青森県の刺し子について述べました。ではなぜ青森県の刺し子は「菱形」なのか、原点に立ちかえると図学的な疑問が湧いてきます。しかし本日はここまでとします。お付き合いくださいましてありがとうございました。

※画像はすべて筆者が撮影したものです。



図7 三巾前垂れ（青森市教育委員会所蔵）

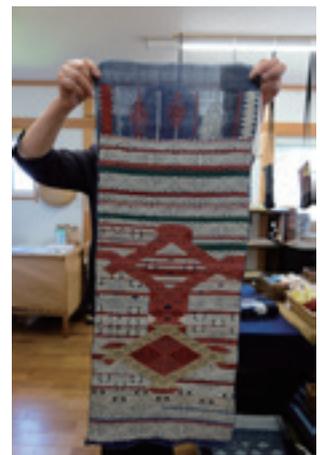


図8 三巾前垂れ（つがる工芸店所蔵）

かわもりた れいこ
八戸工業大学感性デザイン学部
創生デザイン学科
〒031-8501 青森県八戸市妙字大開88-1
reiko@hi-tech.ac.jp

前田 眞正 *Michimasa MAEDA*

筆者は、光陰矢の如し、年月のたつのは早いもので、かなりいい年齢になってきたので、近時の所感を述べてみたい。

大阪産業大学に専任33年、客員1年、非常勤1年、通算35年、70歳まで勤務して、現在名誉教授である。大阪産業大学を任期満了に当たって、筆者は3冊の本をまとめて、その上製本を大阪産業大学の図書館に寄贈した。すなわち、①30周年記念誌 A4、45ページ、②31周年記念誌 著作集 A4、250ページ、③32周年記念誌 論文集 A4、518ページである。もちろん、日本図学会へも寄贈した。一度まとめて、前進することは良い事である。

今頃になって、ちょっと人生が面白くなってきたかなとも思っているが、定年後は何かと不便である。まず、自分で日程を決めねばならないことである。現役の場合、次から次と日程がやってくるのであるが、定年後は大変である。俗に教育と教養が大切と言われる。つまり、今日行く所と今日用があることが大切とされている。これを自分で作らねばならない。いろんな会など行く所がいろいろある方が過ごしやすいとと言える。

次に、これは現役も同じであるが、たえず可能と不可能を良く判断して行動せねばならないことである。経済的にはかなり制限されているので、身の程をたえずわきまえねばならない。

一説では、人間の一生は、心臓の鼓動40億回ほど、猿は4分の1の10億回ほどと言われるから、これを正常に靈活せねばならない。それなりの人生を楽しみ、有意義に前進せねばならない。そのような中で、自分を生かす道はないかと、たえず模索せねばならない。

さて、これまで大学や学会などで、いろいろ講演などを聞いた中で、2、3印象に残ったものを取り上げてみる。まず、かつて、ポーランドのワルシャワ工科大学の教授が来て、講演した時、次のような事を言っていた。ポーランドにおいては地震がないので、家などを建てる時、地震のファクター（要因）を入れなくてよい。日本においては、地震があるので、家を建てる時に地震のファ

クターを入れなければならない。これは、重要な観点である。地球上でも、場所によって条件に相違があることを示している。

次に、ある時、ワシタカ研究所の所長が来て、講演した時、次のような話があった。ある動物園のワシの足がはれて困っている。どういう病気になったのか、わからない。いたいたしいので、一度見てほしいと言われて、行って診察したところ、原因がわかった。自然界であれば、ワシは大木の上から糞（フン）をするので、遠くへ飛んでいってしまうから、フンはそのワシとは関係がない所へ行ってしまふ。動物園の場合、ワシは止まり木にとまってフンをする。それが下に落ちる。下はコンクリートであり、ワシは歩くと足の裏に、細かいキズができる。その足で、フンを踏むと、ばい菌がそこからはいる。それで、足がはれるということがわかった。これは、自然界に住むものを人間の判断でした場合、判断に相違があるのでを表している。

さらに、これは良く知られた話であるが、ノルウェーの北方の方で、鱈をとる舟があり、ある老人のいわしだけ岸についた時、生きており、他の舟の鱈は死んでしまっている。それはなぜか、その老人が死んでから、その舟を見て調べてみると、舟には一匹のナマズが放たれていた。ナマズは川魚だから、荒れて泳ぐ。この時、いわしはギョッとおどろき、緊張して、生きていたことであつた。他の舟の鱈は、ポーとして緊張感がなく、口を開けて、死んでしまっているのである。このことは、若干の緊張感を与えることが、活性化し、生き延びることに繋がるということである。これは、人にも組織にもいえることである。これら先人の有意義な教えに学んでいかねばならない。

さて、中国の古典淮南子（えなんじ、BCの時代）に、定規とコンパスを持った女神と男神が記されており、図学が万物創生の根幹であることを表している。これは図学にとって大切なことである。中国の4大思想家は、老子、莊子、孔子、孟子であるが、なかでも老子と孔子は傑出している。最近、筆者が知ったことであるが、孔子

の論語は、修養や人間関係をいかにするかなど素晴らしいことが書いてあるが、これは社会の中から社会をみており、社会が一定の場合、特に有効である。これに対して、老子は社会の外から、社会を見ている。つまり、宇宙的視点で社会を見て、客観的に論じている。現代社会は、大変革の時代と言われており、変革と転換が常に行われている。老子は、想像力、柔軟性、吸収力を重んじており、自然と技術は調和すべきであると言っている。また、地位、名誉より健康を重んじている。老子は、2500年来読み継がれてきたものである。現代のような変革の時代では、特に大切な考え方が示されている。論語で「これを如何（いかん）せん、これを如何せんと言わざるものは、我これを如何ともするなし」、「知者は水を楽しみ、仁者は山を楽しむ」など味わうべき言葉である。人も組織もたえず努力するものが発展していくこと、水のように動く物、山のように動かない物のどちらがいいというのではなく、各人にも組織にもどちらの性格も含まれているから、両方とも楽しんでいけばいいのである。

物の考え方に、根幹を見る、総合的に見る、長期的に見るという3つの視点があるが、これは東洋学の視点であるが、すなわち設計および図学の視点でもある。図学会でも将来計画や構想などという言葉をよく聞かれるが、結論として、

①継続は力である。一旦入った学会などは容易にやめないこと。そのものの値打ちが出るまで頑張ることが大切である。長期的に見れば、必ず役立つことがある。そのものの特長をよくつかむことが大切である。長く、ゆっくりやることは大切である。

②古いものをよく探求し、基本をよく把握することが大切である。古典をよく読むこと。真の哲理が含まれている。

③AI、IOT、ロボットなど新しい技術に興味を持ち、好奇心を持って、対応していく。これを明るい未来を作る方向に、使うことが大切である。

ともあれ、現代はいろいろなものが出てきて、大変な時代となったが、ゆっくり、ゆったり、のんびりの精神で対応せねばならない。ちょっと面白がって、ゆとりをもって対応することが大切である。人も組織も良くなったり、悪くなったり変化するから、長期的に見ていかねばならない。図学会もいよいよこれからであり、今後益々の展開と発展を祈ります。

●2019年11月4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

2022年度総会 参加のご案内

下記の要領で開催する予定です。

日時：2022年6月4日(土)

形式：オンライン形式

内容(予定)：2022年度総会

昨今の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)変異種の感染状況を踏まえ、本年度総会も物理的に集まって行うことは見合わせるようになりました。議決の具体的な方法はwebで告知します。

会告——2

2022年度分野協働のための図学研究会 参加のご案内

下記の要領で開催する予定です。

日時：2022年6月4日(土)

形式：オンライン形式

内容(予定)：2022年度 分野協働のための図学研究会

昨今の新型コロナウイルス(SARS-CoV-2)変異種の感染状況を踏まえ、総会後にオンラインで開催することを予定しております。具体的な方法はwebで告知します。

会告——3

第20回国学国際会議(ICGG2022サンパウロ)のご案内

2022年8月にブラジル・サンパウロで第20回国学国際会議が開催される予定です。図学の最先端の研究成果を発表する場としてぜひご活用下さい。

日時：2022年8月15日(月)～19日(金)

場所：ブラジル・サンパウロ

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

投稿・参加登録の日程：

フルペーパー提出メ切：2022年2月28日(月)

講演論文採択採択通知：2022年3月21日(月)

カメラ・レディ原稿提出メ切：2022年4月18日(月)

事前参加登録メ切：2022年5月15日(日)

通常参加登録メ切：2022年6月15日(水)

COVID-19の感染状況を注視しながら、ハイブリッドまたはオンライン開催の準備も行われています。最新情報および投稿、参加登録については、下記ICGG2022ホームページをご参照ください。

<http://icgg2022.pcc.usp.br>

会告——4

2022年度会費、納入のお願い

2022年度の会費納入をお願いいたします。すでにお手元に郵便振替払込用紙が届いていると思いますが、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 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) または、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

第607回理事会議事録

日時：2021年5月28日(金) 17:30~20:00

場所：Zoomによるオンライン開催

出席者：16名(議決権15名)+委任状4名

竹之内(会長), 椎名, 田中(一), 安福(以上副会長), 片桐, 金井, 河村, 今間, 鈴木, 館, 西井, 羽太, 福江, 宮永, 茂木(以上理事), 山口(顧問)

1. 議事録確認

- ・第605回の議事録の修正箇所を確認した。
- ・第606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. 当月入会申込

正会員 劉 璠 氏(所属なし) 安藤 直見 氏紹介
正会員 加藤 弥生 氏(貝印株式会社)
紹介者なし

ii. 当月退会届出

正会員 河本 順子 氏(所属なし)
吉田 勝行 氏 紹介
※2020年度末での退会
正会員 萬行 扶美 氏(所属なし)
鈴木 広隆 氏紹介

b. 会員現在数(5月28日現在)

名誉会員13名, 正会員281名, 学生会員29名,
賛助会員9社9口

2. その他

a. 他団体から

- ・日本学術会議より「日本学術会議総会に関するご報告」, 及び「日本学術会議ニュース・メール」No. 748-751が届いた。
- ・JSTより「2020年度ジャーナルコンサルティング報告書公開のお知らせ」, 及び「ジャパン・オープンサイエンス・サミット2021(JPSS2021)セッションのご案内」が届いた。
- ・一般財団法人学会誌刊行センターより「学会セ

3. 議決権行使書提出状況の確認
議決権行使書の提出状況を確認した。

4. 総会次第確認, 議長候補, 説明担当者
各担当者を選出した。

5. 編集委員会報告

- ・椎名委員より第55巻2号(通巻166号)の状況について報告があった。
 - 研究論文:採録1件, 査読中1件
 - 作品紹介:採録2件
 - 教育資料:採録1件
 - 図学ノート:採録1件
 - 総会報告, 学会賞報告, 論文賞報告, 名誉会員紹介を掲載予定

6. 企画広報委員会報告

- ・田中(一)委員長より, 2021年度大会の準備状況について報告があった。

7. 国際関係

- ・安福副会長よりAFGS2021のスケジュールについて下記の報告があった。
 - 公式Webページの投稿スケジュールでアプストラクトの締切が7/15に延長された。
<https://afgs2021.com/>

8. デジタルモデリング研究会報告

- ・西井副委員長から, エントリー取り下げの処理が承認されたことが報告された。

その他

- ・遠隔情報交換会 [鈴木理事]
 - 総会と分野協働のための図学の後に, オンラインでの懇談会を開くこととした。
- ・図学研究での作品紹介の扱いについて [金子理事]
 - 次回理事会の議題とすることとした。
- ・議事署名捺印理事
河村・羽太両理事が選出された。

・次回

日時：2021年6月29日(火) 17:30~

場所：Zoomによるオンライン開催

第608回理事会議事録

日時：2021年6月29日(火) 17:30~18:51

場所：Zoomによるオンライン開催

出席者：17名(議決権16名)+委任状7名

竹之内(会長), 西井, 福江, 森(以上副会長)
遠藤, 大谷, 片桐(悠), 金井, 河村, 高, 今間,
スリーピアン, 富永, 向田, 森岡, 吉田(晴)(以
上理事), 山口(顧問), 金子(編集委員)

1. 議事録確認

- ・第606回の議事録の修正箇所を確認した。
- ・第607回の議事録を確認した。

2. 事務局報告

竹之内会長から片桐理事が推薦され, 承認された。

3. 顧問

竹之内会長から堤江美子氏, 山口泰氏, 阿部浩和氏
が推薦され, 承認された。

4. 事務局報告

1. 会員関係

a. 申し込み・届出

下記1件の入会申込が認められた。

i. 当月入会申込

正会員 中村 将大 氏(帝京平成大学)

面出 和子 氏紹介

b. 会員現在数(6月29日現在)

名誉会員13名, 正会員282名, 学生会員29名,

賛助会員9社9口

2. その他

a. 他団体から

- ・Celestino Soddu氏(Politecnico Milano)より「the 24th Generative Art International Conference/Exhibition/Performances」の案内が届いた。
- ・日本学術会議より「日本学術会議の活動と運営に関するご連絡」(5/31, 6/25), 及び「日本学術会議ニュース・メール」No. 752-755が届いた。
- ・文部科学省研究振興局より「令和4年度科学技術分野の文部科学大臣表彰科学技術賞, 若手科

学者賞及び研究支援賞受賞候補者の推薦について(依頼)」が届いた。

- ・JSTより「2021年度第1回J-STAGEセミナー開催(7/28)」の案内が届いた。

b. 寄贈図書

- ・蛭子井博孝氏より「蛭子井博孝の幾何数学ベクトリザルト」が届いた。

5. 編集委員会報告

- ・166号(2021年9月発行)の入稿準備が進行中である。
- ・研究論文2編, 作品紹介3編, 教育資料1編, 図学ノート1編
- ・2020年度デジタルモデリングコンテスト(第12回)開催報告も掲載予定である。
- ・166号に掲載予定の第602~605回理事会議事録の修正内容を確認した。
- ・特集として, 第19回図学国際会議(ICGG2020サンパウロ)の報告記事および総会報告を掲載予定である。
- ・その他, 新名誉会員の紹介, 図学会賞受賞者の紹介を掲載予定である。
- ・「会告」に2021年度大会案内を掲載予定である。
 - 2021年度デジタルモデリングコンテスト(第13回)開催案内を掲載予定である。
- ・編集委員会の改変期の混乱のため, 2019年度春季大会講演論文からの代理投稿がなされていなかったため, 著者各位へお詫びの上, 急ぎ査読プロセスを進行中である。

6. 企画広報委員会報告

特になし

その他

図学研究の投稿種別「作品紹介」に関する業績(例:賞など)設立に関する提案があり, 内容を確認した。編集委員会内での審議と判断した。

・議事署名捺印理事

森岡・河村両理事が選出された。

・次回

日時：2021年7月27日(火) 17:30~

場所：Zoomによるオンライン開催

第609回理事会議事録

日時：2021年7月27日 17：30～18：25

場所：Zoomによるオンライン開催

出席者：17名（議決権16名）+委任状7名
15名（議決権13名）+委任状7名
竹之内（会長）、西井、福江（以上副会長）、
片桐（悠）、金井、高、今間、種田、鶴田、富永、
中野、森岡、吉田（晴）（以上理事）、
茂木（企画広報委員会）、宮腰（大会実行委員）

1. 議事録確認

- ・第607回の議事録の修正箇所を確認した。
- ・第608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
該当なし
- b. 会員現在数（7月27日現在）
名誉会員13名、正会員282名、学生会員29名、
賛助会員9社9口

2. その他

- a. 他団体から
 - ・日本学術会議より「シンポジウム等の登壇者等における性別の偏りについて」、及び「日本学術会議ニュース・メール」No. 756-759が届いた。
 - ・JSTより「The World Journal Clout Index (WJCI) Report (2020 STM) のお知らせ」が届いた。
 - ・中国図学学会から創立40周年へのCongratulatory Speechの執筆依頼があった。竹之内会長から手書きメッセージのデジタルファイルを送付した。

3. 2021年度第1四半期収支決算報告

- ・竹之内会長・西井副会長より正常に執行されている旨の報告があった。

4. 編集委員会報告

- 種田理事（編集副委員長）より下記の通り報告がなされた。
- ・7月10日に編集委員会を開催し、『図学研究』166号の準備を行った。
 - ・『図学研究』166号を7月29日に入稿予定である。

発行は9月の予定である。

- ・『図学研究』166号の掲載原稿の詳細は第608回理事会議事録の通りである。

5. 企画広報委員会報告

- ・茂木委員長より、11/21にオンラインで大会が行われる旨の報告が行われた。
 - 発表申込のシステム構築を検討中である。
- ・実行委員、プログラム委員が確定した。

6. 国際関係

- ・AFGS2021をオンライン開催に移行することが報告された。関係者には7月26日に案内済。これに伴い、full paperおよびfinal submissionが1か月ほど延長された。

その他

- ・種田理事、竹之内会長より図学会ウェブページの修正について報告があった。
- ・議事署名捺印理事
富永・中野両理事が選出された。
- ・次回
日時：2021年8月31日(火) 17：30～
場所：Zoomによるオンライン開催

第610回理事会議事録

日時：2021年9月28日 17：30～18：20

場所：Zoomによるオンライン開催

出席者：19名（議決権17名）+委任状6名
竹之内（会長）、西井、福江、森（以上副会長）
大谷、片桐（悠）、河村、高、今間、スリーピアン、種田、鶴田、富永、中野、松田、森岡、吉田（晴）（以上理事）、椎名（監事）、山口（顧問）

1. 議事録確認

- ・第608回の議事録の修正箇所を確認した。
- ・第609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

下記3名の入会が認められた。

i. 当月入会申込

正会員 成願 義夫 氏 (株式会社京都デザイン
インファクトリー) 中山 雅紀 氏紹介

正会員 檀 裕也 氏 (松山大学) 紹介者なし

正会員 落合 陽 氏 (東京都市大学)

片桐 悠自 氏紹介

ii. 逝去

正会員 中島 紀高 氏 (明星大学)

高 三徳 氏紹介

b. 会員現在数 (9月28日現在)

名誉会員13名, 正会員284名, 学生会員29名,

賛助会員9社9口

2. その他

a. 他団体から

・日本学術会議より「日本学術会議ニュース・メール」No. 760-767, 「日本学術会議の活動と運営に関するご連絡」(7/31, 8/30), 及び「日本学術会議ウェブサイトの常時暗号化について」が届いた。

・JSTより「2021年度J-STAGEジャーナルコンサルティングミニセミナー開催のご案内」, 「2021年度第1回J-STAGEセミナー講演資料公開のお知らせ」, 「J-STAGE Data説明会開催のご案内」, 「J-STAGE ニュース No. 46」, 「J-STAGE 新機能のリリース (9/25)」, 及び「第2回J-STAGEセミナー (JST-STM ジョイントセミナー) 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. 458」が届いた。

・Celestino Soddu 氏 (Politecnico Milano) より「XXIV Generative Art International Conference / Exhibition / Performances」締め切り延長のお知らせが届いた。

・ADADAより「ADADA+Cumulus 2021 (オンライン) の研究発表募集」が届いた。

b. 寄贈図書

・蛭子井博孝氏より「幾何数学直論」が寄贈された。

・辻合秀一氏より「ふゆをかこむ展」図録が寄贈された。

3. 編集委員会報告

- ・種田理事より, 以下の報告があった。
 - 『図学研究』第166号が発行・発送済みである。

○次号167号は2022年3月発行の予定である。

○HPの論文賞に関する記述について, 以下の2点を修正済みである。

①「日本図学会論文賞」のページ

<https://www.graphicscience.jp/award2/list.html>

[修正前]

「図学研究」に掲載された論文から, 優れたものの1件に対して日本図学会論文賞を授与しています。1年おきに「研究論文賞」と「教育論文賞」を交互に選定しています。

[修正後]

「図学研究」に掲載された論文から, 優れたものの原則1件に対して日本図学会論文賞を授与しています。

第14回 (2019年) までは, 旧規定にもとづき, 1年おきに「研究論文賞」と「教育論文賞」を交互に選定しました。

第15回 (2020年) は, 旧規定からの移行措置として, 第52巻1~3号 (2018年刊行) に掲載された論文のうち, 旧規定の「教育論文賞」の選考対象に相当する論文も選考対象に加えて選考を行いました。

②「規定一覧」のページ

<https://www.graphicscience.jp/kitei/>

[修正前]

・論文賞表彰規定

[修正後]

・論文賞表彰規定 (第15回以降)

・論文賞表彰規定 (第14回以前)

4. 企画広報委員会報告

- ・森岡プログラム委員長より, 以下の報告があった。
 - 大会講演発表申込34件, デジコン4件。
 - 6セッションにて大会スケジュール及びプログラム案作成中, 決定後に座長依頼を進める。
 - 大会講演発表は非会員のみでも申込を受け付けることが再確認された。

5. デジタルモデリング研究会報告

- ・西井副委員長より, 以下の報告があった。
 - 第13回デジタルモデリングコンテストの応募数は4件。
 - プレゼンテーションはオンラインで行う。(11月

21日時間帯は調整中)

- 第13回デジタルモデリングコンテストのコンテスト参加費は無料である。
- 作品に関するプレゼンテーションを行う図学会学術講演会にかかる費用については、参加申込み費および講演論文集掲載料(2021年学術講演会は論文集掲載料無料のため)を、無料とすることが認められた。

6. 図学教育研究会報告

- 竹之内委員長より、以下の報告があった。
 - 大会オーガナイズドセッション「図に関する教育のオンライン授業」に5件の講演申込みがあった。

その他

- 次回以降の理事会開催日程について。
 - 2021年度10月～1月の理事会日程について確認した。
開催日は2021年10月27日(水)、11月24日(水)、12月22日(水)、2022年1月26日(水)を予定している。
- 尚、10月以降の理事会は、18時開始とする。

・議事署名捺印理事

吉田(晴)・中野両理事が選出された。

・次回

日時：2021年10月27日(水) 18:00～

場所：Zoomによるオンライン開催

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/>

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/>

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/>

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/>

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/>

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/>

図学会の魅力の1つは、図学を幹とし、多分野の人々が集っているところです。しかも、学術機関に所属している研究者や学生だけでなく、実務家の方々も会員であったり、公開行事に参加されたりしています。市井の探究者（ある分野では、野生の研究者と呼ぶようです）も図学研究を読んでいると聞いています。

学会誌や論文誌は、研究者、実務家、市井の探求者らが交流する場の1つです。分野が異なる者同士が、議論を深め、新たな知を獲得していく過程を支える務めに、編集委員の一員として携われるのは大変光栄です。他方、この業務の大変さも感じ、諸先輩方から学ぶことも多いです。

新型コロナウイルス（SARS-CoV-2）が流行し、あっという間に2年が経ちました。さまざまな活動のオンライン化や電子化が進みました。研究交流については（勿論まだ手探りであるところもありますが）、時間や空間を越えた交流の敷居は低くなったように感じます。運営業務はどうでしょうか。図学会も、Zoomを使った会議や、DropboxやSlackを使った情報共有をするようになりました。図学研究発刊に関する業務も、2年前よりもさらにオンライン化・電子化されてきました。それにより、運営業務での会議や情報共有は、便利になりました。その他の細かな業務については、まだ難しいところがあります。しかし、段々と課題が見えてきましたので、新型コロナウイルス流行前の良いところ、流行下で獲得した良いところを掛け合わせることができているのではないのでしょうか。

数年後の図学研究が、さらにバージョンアップした交流の場となるよう、一委員として尽力したいと思っております。

(T. O)

jsgs2022
SAOPAULO

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 加藤 道夫
齋藤 綾
佐藤 紀子
椎名 久美子
竹之内 和樹
堤 江美子
森 真幸
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56巻1号（通巻167号）

令和4年3月印刷

令和4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：iwabuchi@d-web.co.jp

Journal of 図

Graphic 学

Science 研

of Japan 究

Vol.56
No.1
March
2022

JAPAN SOCIETY FOR GRAPHIC SCIENCE



Yasushi YAMAGUCHI	01	<i>Message</i>
Yuji KATAGIRI	03	<i>Research Paper</i> <i>Design Process and Schéma Cross on Elementary School in Fagnano Olona of Aldo Rossi</i>
Kokichi SUGIHARA	13	<i>Research Paper</i> <i>Design toward Walkable Endless Loop of Stairs</i>
Shigeo HIRANO, Susumu KISE, Sozo SEKIGUCHI Kazuya OKUSAKA, Tsutomu ARAKI	25	<i>Research Paper</i> <i>Effects of Tolerances on Linear Sizes on Standards</i>
Nobuhiro YAMAHATA, Yosuke MORIOKA Motoharu TANEDA et al.	31 35	<i>Report</i> <i>Report on the Autumn Meeting of 2021</i> <i>Programs of Papers and Session Reports in the Autumn Meeting of 2021</i>
Ayuka NISHIMURA et al.	40	<i>Summaries of Papers in the Autumn Meeting of 2021</i>
Kazuki TAKENOUCI	47	<i>Report on the 55th Graphic Education Forum – Online Teaching for the Graphic Education</i>
Koich MATSUDA, Misako NISHII, Kunio KONDO	48	<i>Report on the 13th Digital Modeling Contest</i>
Reiko KAWAMORITA	53	<i>Relay Essay</i> <i>World of Sashiko Handwork of Aomori Prefecture "Nambu Diamond Embroidery"</i>
Michimasa MAEDA	56	<i>Impressions</i> <i>The Impressions of Recently</i>
	58	<i>Newsletter</i>