



The 6th International Symposium

Technology 2025 Art

by the International Research Center
for Color Science and Art

Expanding Field of Integrating Technology and Art
Color Science and Art

[PROCEEDINGS]

第6回 国際シンポジウム 2025

The 6th International Symposium 2025 by the International Research Center for Color Science and Art

拡がりをみせる工芸融合／カラーサイエンス&アート

Expanding Field of Integrating Technology and Art/ Color Science and Art

東京工芸大学色の国際科学芸術研究センターは、2025年2月22日(土)に「第6回国際シンポジウム2025」を開催いたします。当日は「拡がりをみせる工芸融合／カラーサイエンス&アート」をテーマとし、4件の基調講演の他本学教員による工芸融合の研究成果を報告いたします。会場とZoomを利用したオンラインの同時開催となります。

The International Research Center for Color Science and Art of the Tokyo Polytechnic University (TPU) will hold the 6th International Symposium 2025 on February 22, 2025. Under the theme of "Expanding Field of Integrating Technology and Art/ Color Science and Art", the symposium will feature 4 keynote speeches and announcements by the faculty members on research findings for integrating technology and art. The symposium will be held onsite and online over Zoom.

※[注意事項]本シンポジウムは会場とオンラインで開催予定です。最新情報は必ず公式ホームページでご確認ください。
[Notes] The symposium is scheduled to be held both onsite and online. Please check the official website for the most up-to-date information.

基調講演者 Keynote Speakers

Maria Boto Ordonez ... Dr, Royal Academy of Fine Arts, KASK, HOGENT, Ghent, Belgium
theme: From Science to Art: exploring melanin-inspired structural colors in art and design applications

佐藤 丈樹 ... (株)技術評論社 書籍編集部
SATO Takeki ... Gijutsu-Hyoron Co., Ltd.

古藤 祐介 ... (株)シュガーソニック「ずかんシリーズ」編集者
KOTO Yusuke ... Sugarsonic, Inc.
テーマ: (株)技術評論社「ずかん 色」(仮称)について
theme: About "Color Guidebook (tentative title)" by Gijutsu Hyoron Co., Ltd.

三宅 洋一 ... 東京工芸大学 理事/客員教授、千葉大学 名誉教授
MIYAKE Yoichi ... Director/Visiting Professor, Tokyo Polytechnic University, Professor Emeritus, Chiba University
テーマ: 工・芸融合のための色彩画像解析
theme: Color Image Analysis for Integrating Technologies and Arts

小林 範久 ... 日本写真学会、千葉大学 教授
KOBAYASHI Norihisa ... The Society of Photography and Imaging of Japan, Professor, Chiba University
テーマ: 電気化学反応を用いた反射・発光型カラーディスプレイ
theme: Reflective・Emissive Color Display with Electrochemistry

日時 Date and Time

2025 2/22 (土) 10:00-17:15 (懇談会 17:30-19:00)
10:00-17:15, Saturday, February 22, 2025 (Social gathering will be 17:30-19:00)

会場 Venue

東京工芸大学中野キャンパス6号館1階6101教室
東京都中野区弥生町1-10
Nakano Campus of Tokyo Polytechnic University #6101, No.6 Building 1F
1-10 Yayoicho, Nakano City, Tokyo

公式ホームページ Official Website

<https://collab.t-kougei.ac.jp/symposium2025/>

オンライン参加 Online Participation

会場開催と同時にオンラインでもシンポジウムの映像を配信します。Zoomを使用しますので、専用サイトからご登録いただき、事前にZoomのURLを受け取ってください。

The program will be broadcast online over Zoom. Please register in advance to receive the Zoom URL.

お問い合わせ Contact Us

mail: office@collab.t-kougei.ac.jp phone: 046-242-4111

使用言語 Language

日本語および英語 Japanese and English
日本語・英語の同時通訳があります。
Simultaneous interpretation in Japanese and English is available.

参加費 Entry Fee

無料 Free

登録 Registration

公式ホームページから2月20日(木)までに事前登録をお願いいたします。また、会場のみ当日参加も可能です。

Please register by Thursday, February 20 from the official website. In addition, it is also possible to participate on the day of the symposium only at the venue.

事前登録フォーム Registration Form

<https://forms.gle/uMHciVjNaizsE8Gr8>

展示 Exhibition

当日は、色の国際科学芸術研究センターの研究成果をポスター展示などでご紹介します。

Projects from research findings of the International Research Center for Color Science and Art will be on display on the day of the event.

展示会場: 6号館地下1階ギャラリー6B01 Venue: Gallery 6B01, No.6 Building B1

懇談会 Social Gathering

発表者や参加者が意見交換できる場として懇談会を予定しています。We will hold a social gathering where presenters and participants can exchange opinions.

会場: 6号館地下1階ギャラリー6B01 時間: 17:30-19:00 参加費: 無料
Venue: Gallery 6B01, No.6 Building B1 Time: 17:30-19:00 Fee: Free

主催 Organizer

東京工芸大学 色の国際科学芸術研究センター
The International Research Center for Color Science and Art, Tokyo Polytechnic University

後援学会 Academic Supporting Organizations

日本写真学会 The Society of Photography and Imaging of Japan
画像電子学会 The Institute of Image Electronics Engineers of Japan
日本印刷学会 The Japanese Society of Printing Science and Technology
日本画像学会 The Imaging Society of Japan
日本色彩学会 The Color Science Association of Japan
日本写真芸術学会 The Japan Society for Arts and History of Photography



第6回 国際シンポジウム 2025 のスケジュール
Schedule for the 6th International Symposium 2025

	10:00	Opening Address 開会挨拶 吉野弘章 (学長) YOSHINO Hiroaki (University President)
	10:05	
I-01		Keynote Speech 1 基調講演 1 From Science to Art: exploring melanin-inspired structural colors in art and design applications
		Maria Boto Ordonez, Heleen Sintobin Royal Academy of Fine Arts, KASK, HOGENT, Ghent, Belgium
	10:45	
O-01		Presentation 1 事業研究者講演 1 フルカラー観察と高精度位相計測兼用の透過型干渉顕微鏡の開発 Development of a transmission interference microscope capable of both full-color observation and high-precision phase measurement
		陳 軍、豊田 光紀 CHEN Jun , TOYODA Mitsunori
	11:00	
O-02		Presentation 2 事業研究者講演 2 スマートアクアポニックスにおける音刺激及び色光照明の影響 Influence of acoustic environment and color illumination on smart aquaponics
		森山剛、野口有里紗、福井貴大、Pinnara Ket MORIYAMA Tsuyoshi, NOGUCHI Arisa, FUKUI Takahiro , Pinnara KET
	11:15	
O-03		Presentation 3 事業研究者講演 3 ミリ波帯に対応する外観デザインと調和するカラー透明アンテナへの挑戦 Colored Transparent Antenna Matching with Surrounding Appearance and Design for Millimeter Wave Bands
		越地福朗、安田洋司、山田勝実、内田孝幸 KOSHIJI Fukuro, YASUDA Yoji, YAMADA Katsumi, UCHIDA Takayuki
	11:30	
O-04		Presentation 4 事業研究者講演 4 導電性高分子の金属様光沢を利用した調光ミラーの実現 Realization of switchable mirror using metallic luster of conductive polymer
		山田勝実 YAMADA Katsumi
	11:45	
O-05		Presentation 5 事業研究者講演 5 音源内蔵ボタンによる視覚障害者向けゲームの開発 Development of a Game for Visually Impaired Individuals Using Sound-Integrated Buttons
		中村隆之、原寛徳 NAKAMURA Takashi , HARA Hironori
	12:00	
		Lunch Break 昼休み & Exhibition Tour 展示の見学
	13:00	
I-02		Keynote Speech 2 基調講演 2 ㈱技術評論社『ずかん 色』(仮称)について About "Color Guidebook (tentative title) " by Gijutsu Hyoron Co., Ltd.
		佐藤丈樹 ((株)技術評論社 書籍編集部), 古藤祐介 ((株)シュガーソニック「ずかんシリーズ」編集者) SATO Takeki (Gijutsu-Hyoron Co., Ltd.) , KOTO Yusuke (Sugarsonic, Inc.)
	13:40	
I-03		Keynote Speech 3 基調講演 3 工・芸融合のための色彩画像解析 Color Image Analysis for Integrating Technologies and Arts
		三宅洋一(東京工芸大学 理事/客員教授 千葉大学 名誉教授) MIYAKE Yoichi (Director/Visiting Professor, Tokyo Polytechnic University, Professor Emeritus, Chiba University)
	14:20	

	14:20	
		Break 休憩
	14:30	
O-06		Presentation 6 事業研究者講演 6 事前積分計算によるストライプサンプルフィルタリング Stripe sample filtering by pre-integral calculation
		今給黎 隆 IMAGIRE Takashi
	14:45	
O-07		Presentation 7 事業研究者講演 7 透明物体の 3D スキャンと蛍光材料を取り入れた透明 3D 造形 3D scanning of transparent objects and transparent 3D modeling with embedded fluorescent materials
		内田孝幸 UCHIDA Takayuki
	15:00	
O-08		Presentation 8 事業研究者講演 8 ミドリボ 2023-2024 厚木緑ヶ丘団地の活性化に向けた場・環境・メディアの制作と研究 MIDOLABO 2023-2024: Production and Study of Place, Environment and Media for Revitalization of Atsugi Midorigaoka Housing Estate
		森田 芳朗、田村 裕希、高城 光、海老澤 模奈人、内田 孝幸、香月 歩、鍛 佳代子、久原 泰雄、細萱 敦、森山 剛、八尾 廣、山本 佳嗣 MORITA Yoshiro, TAMURA Yuki, TAKASHIRO Hikari, EBISAWA Monado, UCHIDA Takayuki, KATSUKI Ayumi, KITAI Kayoko, KUHARA Atsushi, HOSOGAYA Yasuo, MORIYAMA Tsuyoshi, YATSUO Hiroshi, YAMAMOTO Yoshihide
		茶屋道 京佑 (神奈川県住宅供給公社) CHAYAMICHI Yousuke (Kanagawa Prefectural Housing Supply Corporation)
	15:15	
O-09		Presentation 9 事業研究者講演 9 人工知能を利用した民族誌映像のラベリングシステムの開発とアーカイブアート作品への応用 Development of an AI-based Labeling System for Ethnographic Films with Application to Archive Artworks
		大海 悠太、野口 靖 OGAI Yuta, NOGUCHI Yasushi
	15:30	
O-10		Presentation 10 事業研究者講演 10 六櫻社式天然色印画法の改良に関する研究 Research on Improving The Rokuoh-sha Style Natural Color Printing Method
		矢島 仁 (元、東京工芸大学)、岩崎 仁 (元、京都工芸繊維大学) YAJIMA Hitoshi (Former associate professor at Tokyo Polytechnic University), IWASAKI Masashi (Former associate professor at Tokyo Polytechnic University)
		行谷時男、山田勝実 YUKIYA Tokio, YAMADA Katsumi
	15:45	
O-11		Presentation 11 事業研究者講演 11 生成系 AI の進化とメディア文化変容に関する領域横断的研究 Cross-disciplinary research on the evolution of generative AI and media culture transformation
		小川 真人 OGAWA Masato
	16:00	
O-12		Presentation 12 事業研究者講演 12 「工藝風土」プロジェクト ~東京銀器~ Kougei Fuudo Project -Tokyo Silverware-
		景山 貴史 KAGEYAMA Takafumi
	16:15	
		Break 休憩
	16:25	
I-04		Keynote Speech 4 基調講演 4 電気化学反応を用いた反射・発光型カラーディスプレイ Reflective・Emissive Color Display with Electrochemistry
		小林範久 (日本写真学会、千葉大学 教授) KOBAYASHI Norihisa (The Society of Photography and Imaging of Japan, Professor, Chiba University)
	17:05	
		Closing Address 閉会挨拶 内田孝幸、色の国際科学芸術研究センター 長 UCHIDA Takayuki (Director of the International Research Center for Color Science and Art)
	17:15	
		移動、バッファー
	17:30	
		Poster Display and Exhibit and Roundtable Discussion ポスター展示・展示 と懇談会
	19:00	

色の国際科学芸術研究センター 第6回国際シンポジウム2025

The 6th International Symposium 2025 by the International Research Center for Color Science and Art

拡がりをもせる工芸融合／カラーサイエンス&アート

Expanding Field of Integrating Technology and Art/ Color Science and Art

学長からのご挨拶

吉野 弘章



東京工芸大学は、1923年に日本初の写真専門の高等教育機関として創立した小西写真専門学校を前身とし、2023年には創立100周年を迎えています。本学は、最先端のテクノロジーとアートが融合したメディアである写真の教育と研究を原点として、現在では工学部と芸術学部という二つの学部からなる極めて特色ある大学へと発展してきました。

2016年度に、文部科学省の私立大学研究ブランディング事業に採択されたことを契機として、色の国際科学芸術研究センターが設立されました。本センターは、本学のルーツである写真・印刷・光学といった学問分野に根差し、今日の工学部と芸術学部の二つの学部に通ずる全学的な研究テーマとして「色」を取り上げる、国内の大学で唯一の「色」の国際的な研究拠点です。

色の国際科学芸術研究センターでは、厚木キャンパスに「色」について楽しく学ぶことができるカラボギャラリー (col.lab Gallery) を設置しています。カラボギャラリーは、写真・映像・拡張現実・プロジェクションマッピング・CGなど、最新のメディアアートの手法によって「色」の研究成果を発信する、本学ならではの公開施設と言えるでしょう。

今回で6回目となる色の国際科学芸術研究センター主催の国際シンポジウムでは、テーマにありますように、「色」から直接連想する研究からさらに発展させて、学際的な「彩り」もシンポジウムの範疇と捉え、本学の特色を体現するテクノロジーとアートが融合する研究も合わせて発表いたします。

東京工芸大学では、このような色の国際科学芸術研究センターの活動などを通して、未来を創造する工学と芸術の発展に資することを目指してまいりますので、どうぞこれからの取り組みにご期待ください。

センター長からのご挨拶

内田 孝幸



東京工芸大学 色の国際科学芸術研究センターは、おかげさまで、この度「第6回国際シンポジウム 2025」を開催する運びとなりました。今回のシンポジウムは、「拡がりをもせる工芸融合／カラーサイエンス&アート」をテーマとし、4件の基調講演の他、本学教員による12件の本学における研究成果の報告を予定しております。

本センターは、2016年度の文部科学省による「私立大学研究ブランディング事業」の選定事業の一環として発足して以来、「色」に関する工芸融合プロジェクトを積極的に推し進めて参りました。さらに、令和3・4年度は文化庁の「大学における文化芸術推進事業」にも採択され新たな展開もありました。これまでに本センターの助成を受けた研究課題も数多く、これら、各方面での継続的かつ特色のある研究の取り組みによって最近では、社会に認知されたセンターに育ちつつあります。さらに、附属の展示施設であるカラボギャラリーでは、現在、第11回目となる企画展「色を聴く、色に触れる-知覚の多様性」が開催中です。

このような活動のもと本シンポジウムは昨年度に引き続き、会場とオンラインでの開催を同時に行います。また、工学研究科及び芸術科学研究科にまたがる本センターの工芸融合機関としての特性を活かし「口頭発表と展示会」という形式で研究制作活動の成果を公開いたします。会場でご参加の方は、展示会場にもぜひ足をお運びください。

東京工芸大学色の国際科学芸術研究センターは、国内の大学で唯一の「色の国際科学芸術研究拠点」としての使命を果たすべく、色をKeyとし多彩な文化の拡がりを伴った活動を続けて参ります。

From Science to Art: exploring melanin-inspired structural colors in art and design applications

María Boto-Ordóñez, Heleen Sintobin

Royal Academy of Fine Arts Ghent, KASK, HOGENT, Ghent Belgium

ABSTRACT

Melanin-inspired structural colors are suggested as a sustainable and innovative alternative to traditional coloring methods in art and design. These structural colors mimic nature's nanostructures responsible for the colors of butterflies, beetles, and birds. In this research, a wide range of colors were achieved by manipulating the synthesis and deposition material of polydopamine (PDA), a melanin analog. Applications include coating and painting, showing properties like iridescence and color change. Despite challenges in the scalability and stability of melanin-based structural colors, this research proves the potential of this material as a sustainable alternative in art and design.

1. INTRODUCTION

The world of art and design has always looked to nature for inspiration, with color being one of the most fascinating aspects. In this time of increased awareness of the ecological impact of the color industry and a growing demand for sustainable alternatives, inspiration goes further than pictorial representation. Looking into nature can give us innovative solutions that address economic as well as ecological features.

The colors we see can be divided into pigmentary coloration and structural coloration. Structural colors are those that we see by the light interaction with a nanostructure. The latter is responsible for the blue of the Morpho butterfly, the metallic hues of hummingbirds, or the iridescence of jeweled beetles. These nanostructures are often built from simple biological building blocks, such as cellulose, chitin, keratin, and melanin, biomaterials highly abundant in nature, biodegradable, and non-toxic. Although these colors have always fascinated humans, knowledge of their formation and structure is relatively recent, as is their study within the field of biomimicry.

In this project, we focus on the use of melanin-inspired structures based on polydopamine (PDA) to create colors that can be applied as coatings or paint for artistic and design purposes.

2. METHODOLOGY

2.1 Polydopamine film and particles

Polydopamine (PDA) has been synthesized from dopamine following the method previously described in the literature, with the goal of mimicking the optical properties of melanin for the creation of structural colors

[1]. In this process, a thin film is formed in contact with the air under static conditions. By modifying the concentration of the reagents and the time of reaction, the thickness and, thus, the color of the film is modified (Fig. 1).



Fig. 1 A) PDA film on a deposit of PDA particles. Color is dependent on the initial concentration of the reagents; B) Cross-section of PDA film and PDA particles on glass.

PDA particles are also formed during the oxidation of dopamine, and they can be used to recreate structural colors by simple deposition in a mold following the method developed by Kohri *et al.* In this case, the formation of PDA occurred while stirring the solution and the concentration of the reagents will define the size of the particle and final color [2,3].

2.2 Silica PDA coated particles

Silica particles were synthesized following the methodology described by Rao *et al.* [4]. The concentration of TEOS determined the size of the particle. Once the particles were obtained and measured, they were coated with PDA to facilitate the visualization of colors. An increased concentration of PDA showed a more intense hue (Fig. 2).



Fig. 2 A) Silica particles before coating; B) Silica particles after coating with PDA; C) Visualization of the silica-PDA particles under TEM microscope (≈ 180 nm).

3. APPLICATION

3.1 Application of the PDA film and particles

The thin film formed in the interface between the water and air was isolated and used as a coating material to

reproduce structural colors by the phenomenon of thin film interference. The film, colored brown, only shows the structural coloration when applied on a dark surface or finding the right angle of light (Fig. 3).

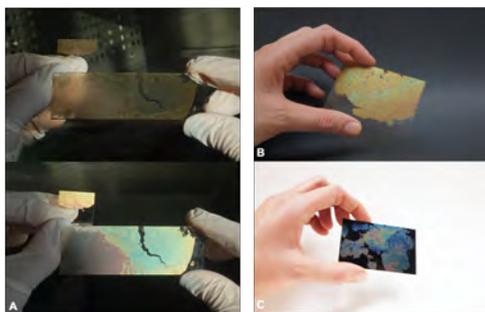


Fig. 3 A) Different color perception of a PDA film on transparent glass with different observation angles. B) PDA film on transparent glass with a black background. C) PDA film on black glass with a white background.

The thin film was applied to several substrates to measure its adhesion and manipulation. In this process, it was observed that depending on the sample where the thin film was applied, the colors showed a shiny or matt finish and iridescence or non-iridescence (Fig. 4). We also observed some modification of the color over time due to the modification of the thin film.

The thin film was not resistant to manipulation. All the top coatings modified the light interference and, thus, the colors. We observed some resistance when an adhesive was applied between the film and the substrate; however, it was not enough to make it resistant to rubbing.

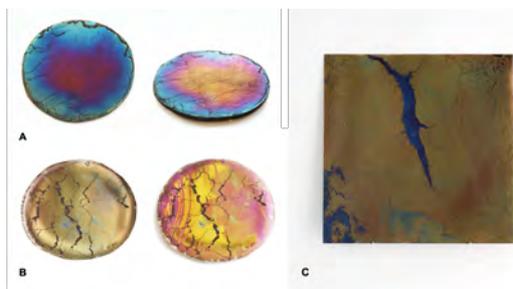


Fig. 4 A) Different color perception of a PDA film on unglazed clay with a deposit of PDA particles ; B) Color change on glazed clay with a film of PDA and a deposit of PDA particles; C) PDA film on estriado glass. 09.03.22, 2022 by Ann Veronica Janssens, photo by Blaise Adilon.

Adapting this method to a bigger scale, we tested the aesthetical potential of this material in creating several artworks in collaboration with artists such as Ann Veronica Janssens or Tiina Pyykkinen.

3.2 Application of the silica PDA-coated particles

After recovering the silica PDA-coated particles, they were dissolved in water to have a fluid brown material to

use as paint. The particles were applied on paper, and once dried, they showed a different color depending on the concentration of the size of the particle and the PDA concentration (Fig.5). Although they were resistant to manipulation, if the layer of particles was too thick, it showed some cracking.

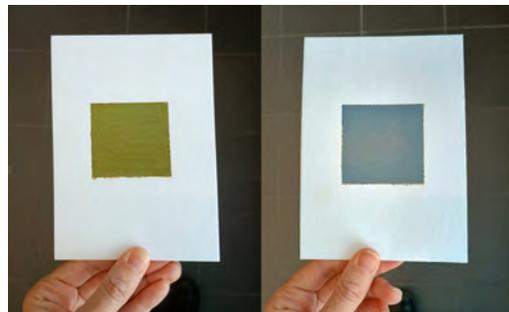


Fig. 5 Silica PDA-coated particles on paper.

4. CONCLUSION

Melanin-inspired structural colors show great potential as an alternative to traditional coloring techniques. A wide range of colors can be obtained by manipulating the film's thickness or the particles' diameter. However, there are still some challenges regarding the stability and scalability of the process. Structural colors are more resistant to fading than pigmentary colors if the nanostructure is preserved. This phenomenon that we can see in nature, presents many difficulties when trying to be done in the laboratory.

5. ACKNOWLEDGMENTS

The research presented has been funded by the Arts Research Fund of University College Ghent, within the research project "Ecology of Color". Some experiments have been conducted in collaboration with the research group EON, Evolution and Optics of Nanostructure, University of Ghent.

6. REFERENCES

- [1] Wu TF, Hong JD. Dopamine-melanin nanofilms for biomimetic structural coloration. *Biomacromolecules*. 2015 Feb 9;16(2):660-6.
- [2] Ming X., Li Y., Allen M.C., Dehey D.D., Yue X., Zhao J., Gianneschi N.C., Shawkey M.D. and Dhinojwala A. (2015). Bio-Inspired Structural Colors Produced via Self-Assembly of Synthetic Melanin Nanoparticles. *ACS Nano* 9 (5): 5454–60.
- [3] M. Kohri, Y. Nannichi, T. Taniguchi and K. Kishikawa, Biomimetic non-iridescent structural color materials from polydopamine black particles that mimic melanin granules *J. Mater. Chem. C*, 2015, 3, 720-24.
- [4] Rao KS, El-Hami K, Kodaki T, Matsushige K, Makino K. A novel method for synthesis of silica nanoparticles. *J Colloid Interface Sci*. 2005 Sep 1;289(1):125-31.

株式会社技術評論社『ずかん 色』（仮称）について About "Color Guidebook (tentative title) " by Gijutsu Hyoron Co., Ltd.

佐藤丈樹、古藤祐介

SATO Takeki*, KOTO Yusuke **,
(株)技術評論社*, (株)シュガーソニック代表 (編集者)**
Gijutsu-Hyoron Co., Ltd* Sugarsonic, Inc **

技術評論社「ずかんシリーズ」について

この度、株式会社技術評論社発行『ずかん 色』（仮称）を、色の国際科学芸術研究センターの教授陣の執筆により制作することになった。この『ずかん』シリーズは対象年齢が小学校中～高年向けのビジュアル系書籍として好評を博している。

ずかんシリーズは、2011年の第1冊以来、33冊を刊行中のシリーズで、主に図書館を対象に販売されている。

1冊ごとに一つのテーマを取り上げる「図鑑」であるが、そのテーマの多くは「宝石」「根っこ」「ウイルス」など、いわゆる子供向け図鑑では紹介しきれない、または扱いきれないテーマや内容を取り上げる、ユニークなシリーズとなっている。

どの本も、より深く踏み込んで知りたい、知識欲旺盛な子供の要望に応えられるものを目指している。また、子供だけでなく親御さんも一緒になって楽しめる「親子で鑑賞できる知的興味にあふれた1冊」となっているのが持ち味といえよう。

これまでのずかんシリーズ

(株)シュガーソニックでは、これまでずかんシリーズの2冊の編集を担当している。1冊は『ずかん 世界のくつ・はきもの』(Fig.1)である。代表の古藤が趣味で5年ほど通っていた靴を自作する、ワークショップの経験から着想を得たもので、世界中の靴の写真で毎ページを飾れば、見るだけで単純に楽しい絵本ができるのではないか、というものである。幸いにして企画の発想直後に、広島県福山市にある「松永はきもの資料館」の紹介を得ることができた。「松永はきもの資料館」はかつて下駄を地場産業として隆盛を誇った松永で財をなしたマルヤマ商店の後継者であり、広島県立博物館館長もつとめた丸山茂樹氏が、一万点以上の自身の靴・履物・玩具コレクションを元に設立した「日本はきもの博物館」が市に移譲されたもので、現在は福山市立の資料館



Fig.1 「ずかん 世界のくつ・はきもの」

として開業している。こちらの収藏品百数十点を選び、2泊3日の強行日程で撮影した写真を中心に構成されている。

2冊目は『ずかん 自転車』(Fig.2)。こちらも当時、古藤が自ら手組するなどしていた自転車への関心を元に企画したものである。執筆・監修には一般財団法人自転車普及協会が運営する自転車文化センターに依頼した。自転車文化センターも古今東西の歴史的自転車をコレクションしているという日本では稀有な団体で、こちらは競輪の売上により経営されている。

非常に身近な存在でありながら、一般的にはほんざいに扱われていると言ってよい自転車だが、自分で手入れや改良をほどこせるなど、「理科離れ」が進むと言われている子どもたちにも優れた学びの材料であると考えた。



Fig.2 「ずかん 自転車」

制作後の懸念としては、思った以上のスピードで電動アシスト化が進んでいることで、人力のみで進む自転車が過去の遺物となりつつあることだが、“ものづくり”の基本としての価値は変わらないであろう。子どもたちのメカニックへの興味をかき立てる1冊であることを願っている。

今回「色」をテーマにした経緯

色に関する知識や技術は、色に関する資格試験の受験者の増加に見られるように、デザインやコミュニケーションなど、さまざまな分野で重要性が高まっている。「色」をテクニカルなものとして理解したいという機運が高まっているとも言える。

そういった発想から技術評論社の佐藤から古藤へ「ずかん」シリーズとして提示されたテーマが「色」であった。「色」と一口に言っても、アプローチは多様である。まずこの広い範疇に及ぶテーマを誰にどう監修・執筆依頼するかが問題であった。

しかし“色の国際科学芸術研究センター(Col.lab)”と銘打った研究機関が東京工芸大学に存在すると知ること、比較的話は明快になった。「ずかん」シリーズとして「色」という茫洋とした対象に取り

組む上で、おそらく幅広い人材を備えているであろう Col.labは最適な場所であろうと感じた。

さっそく連絡すると内田センター長に“快諾、”と言ってもよいお返事をいただき、そこで骨子は定まったと言えよう。

「ずかん色」の構成

厚木の Col.labにおうかがいした際、Col.labで発行した冊子をいただき、それをベースとして1冊を構成する上で2つの大枠を考えた。

ひとつは「人間が色を感じるしくみ」として、そもそも色とは何なのか、赤や青とは言うものの、それらの違いは何か、どうやって人間は認識するのか、ということである。もうひとつは「どうやって人間は色を再現してきたか」ということである。

はじめから懸念していたことだが、一編集者として「色」は大きすぎるテーマで、自分の力ではとても正解に導けないと考えていた。しかしセンター長様の差配により執筆陣の先生方の輪郭がうっすらと見えてくると、1冊の本としての姿が見えてきた。

それは色彩学の論理や技法を紹介すると言うより、絵の具や染め物、印刷や写真、モニター表現など、各先生が研究してきたことや経験を短いページではあるが思いのままに表現していただければ、「色」とは何かイメージを持って読者に受け止められるのではないかということである。色についての物語をそれぞれの角度から語っていただくことにより、より具体性を持って「色」の実態のようなものが伝わってくるのではないか。

また、かつての色についての技術を知りたい人たちへの入門書としても有意義なものになるであろう。

現在はそんなことを考えながら、この1冊に取り組んでいる。

工・芸融合のための色彩画像解析
Color Image Analysis for Integrating Technologies and Arts

三宅 洋一
Yoichi MIYAKE

東京工芸大学 客員教授、理事
〒243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1
5-45-1, Iiyamaminami, Atsugi, 243-0297, Japan
〒260-0111 千葉県稲毛区弥生町1-33
千葉大学名誉教授
.1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba, 260-0111, Japan

概要

多様な画像システムの開発、ネットワーク環境の整備、PCの性能向上により「何時でも、何処でも、誰とでも」画像情報の送受信が可能となった。しかし、美術品、絵画、CG、VR、医用などの分野では色彩画像情報を工学的な記録再現だけでなく人間の感性、情緒など高度な脳機能を考慮した画像設計が求められている。色彩を最初に科学的に解析を行ったのは万有引力の発見者ニュートンである。その後100年ほどして、著名な哲学者、文学者であるゲーテは、ニュートンとは別の立場、人間の感性、感情などから色彩の体系化を試みた。ニュートンが基礎を築いた色彩学は、写真、映画、印刷、テレビ、スマホ、アニメ、内視鏡等多様な画像システムへと発展した。一方、ゲーテの色彩論は、美、印象、感性など色に対する心理的側面の基礎を与えている。これら色彩学の工学と芸術二つの立場は現在に至るまでその乖離が及んでいる。本講演では、工学、芸術の距離を近づけることを目指す本学の工芸・融合について色彩画像解析の面から概説する。

1. はじめに

1960年初頭までは、テレビや写真もモノクロの時代であった。わが国では、1964年東京オリンピックの開催を契機としてカラーテレビやカラー写真、カラー雑誌などが一般の家庭にも普及し以後多様な画像は大部分がカラー画像となった。その後、PCの発展、ネットワーク環境の整備、LCD、有機ELなどの多様な画像表示システムの開発、銀塩写真に代わるCCD、CMOS等を用いるデジタルカメラの普及により誰でも簡単にカラー画像の送受信が可能となった。しかし、カラー画像をより高度な記録再現に应用する場合には、物理的な色再現記録だけでなく感性を考慮した画像設計が要求されている。

2. 画像の色再現

図1は、画像の記録再現、観測システムを示したものである。図に示されるように画像の再現記録評

価は、物体の特性、照明環境、センサー、記録、

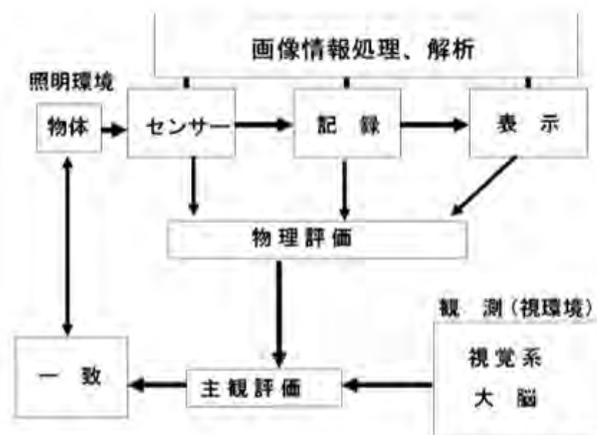


図1 画像の記録再現システム

表示システム特性、画像の観測環境、観測する人間の視覚、認識などにより決定される。すなわち、

2-1 物体、照明環境

照明光の分光放射特性、輝度、物体の形状、分光反射率、偏角分光、テクスチャ等

2-2 センサー、光学系

CCD、CMOS、銀塩 CG、光学系、フィルター、ダイナミックレンジ、画素数、OTF、暗電流等

2-3 記録

サンプリング数、量子化レベル、センサーサイズ、JPEG、MPEG等

2-4 表示

LCD、PDP、CRT、有機EL、インクジェットプリンタ、銀塩プリンタ、レーザプリンタ、サーマルプリンタ、ドットゲイン、紙質等

以上物体の特性、照明環境、センサー、光学系、サンプリング数、量子化レベル、圧縮法、インク、顔料、蛍光など分光特性、捜査線数等

2-5 観測

視環境、観測距離、観測照度、分光放射率、視

感度、視力、視野角、順応、記憶色、認識、認知、など画像を観測する人間に関わる特性等。
 このような人間の視覚特性、大脳中枢での処理までを考慮した画像設計が行われればこの画像システムは完全である。

3. 工・芸融合

物体の記録再現、表示に関する工学的アプローチは、PC の驚異的な進歩により誰でも容易に画像記録、伝送が容易に可能となった。しかし遠隔医療、ネットワーク販売、美術品の記録再現、高精細CG等より高度な画像記録再現を要求される分野では、単に工学的なアプローチのみでは解決できない。
 例えば、表1は写真家が画像の評価に用いる用語、表2は、肌色に対する評価用語の例である。

表1 画像の評価に用いる用語の例

固い	⇔	柔らかい	細かい	⇔	粗い
大きい	⇔	小さい	淡い	⇔	げげげしい
印象の薄い	⇔	印象的な	具体的な	⇔	抽象的な
輝きが鋭い	⇔	輝きが鈍い	つるつるした	⇔	ざらざら
新しい	⇔	古い	重い	⇔	軽い
自然な	⇔	不自然	乾いた	⇔	湿った
金属的な	⇔	非金属的な	透明な	⇔	不透明な
弾力のある	⇔	弾力のない	現実感がある	⇔	現実感がない
厚い	⇔	薄い	明るい	⇔	暗い
水彩的	⇔	油彩的	派手な	⇔	地味な
光沢のある	⇔	光沢のない	さらさら	⇔	ねばねば
好ましくない	⇔	好ましい	奥行きのない	⇔	奥行きのある

表2 肌色に対する評価用語の例

清潔な	不潔な
美しい	きたない
健康そう	不健康そう
みずみずしい	乾いた
派手な	地味な
上品な	下品な
明るい	暗い
好ましい	好ましくない
情熱的な	冷静な
やわらかい	かたい
澄んだ	濁った
女性的な	男性的な
活気のある	活気のない
自然な	不自然な
しっとりした	さらっとした
きめの粗い	きめの細かい
年寄いた	若々しい
生気のない	生き生きした
艶のない	艶のある
不透明な	透き通った
色白な	色黒な
赤味が強い	黄味が強い
青白い	黄黒い
素肌の感じ	化粧肌の感じ
ハリのある	ハリのない

このような評価に対応するため、色再現についての処理について述べる。

3-1 色再現

元の物体と再現画像の色再現が同一となるような設計を行うためには、物体の分光情報の記録が必要である。現在の入力画像システムでは、RGB の出力 $V_i(i=R, G, B)$ は、物体の分光反射率を $O(\lambda)$ 、照明光源の分光放射率 $E(\lambda)$ 、光学系の分光透過率 $O(\lambda)$ 、センサーの分光感度 $S(\lambda)$ 、3色分解フィルターの分光透過率 $f_i(\lambda)(i=R, G, B)$ と表わせれば、(1)式のように表せる。

$$V_i = \int_{400}^{700} O(\lambda)L(\lambda)f_i(\lambda)S(\lambda)E(\lambda)d\lambda$$

$$i = R, G, B \quad (1)$$

従って、物体の分光情報 $O(\lambda)$ は、記録されない。また、印刷、プリンタでは RGB の補色である CMY を基本として再現を行っている。すなわち、現在の色再現は、再現画像と物体との色度値を同一とする測色的色再現であるため、物体の分光情報は失われる。そこで筆者らは、1998 年世界で初めて美術品の高精細記録を行うための分光カメラを三菱電機と開発した。このカメラは、5 バンドフィルターと CCD センサーをあおり撮影も可能な大判カメラに装着して主成分分析、Wiener 推定に基づいて物体の分光情報を記録、推定を行った。このような手法は米国、フランス、フィンランドなどの大学とボストン、ルーブル美術館等が協力して開発が進められている。
 物体の分光情報が記録されていれば、(1)式に示される光源、センサー、フィルター、光学系の分光特性を任意に選択し画像の色再現を推定できる。例えば、図2は物体の分光情報画像から A 光源、D65 光源で物体を照明した画像再現をコンピュータでシミュレーションした例である。



図2 照明光源の差異による色再現の変化

3-2 物体の偏角分光特性の記録システム

凹凸のない平面物体の色再現は、(1)式のように解析できるが一般の3次元物体では照明の角度により分光反射率は異なる。従って、3次元物体の分光情報の記録を行うためには照明の角度を変え多数の画像を記録する必要がある。図3は、ゴニオフォトメーターにより照明光の角度を変えて測定したグリーン油絵具(a)と水彩絵の具(b)の分光反射率の例である。0-45°による通常分光反射率観測では水彩絵の具、油絵具の分光反射率の差異はないが、偏角特性の測定では、図3に示すように分光反射率は大きく異なる。この差異が油絵と水彩画の印象の差異である。

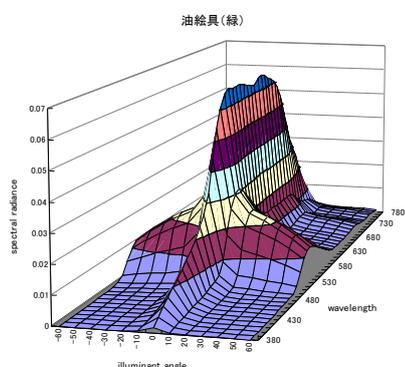


図3(a)グリーン油絵具の偏角分光特性

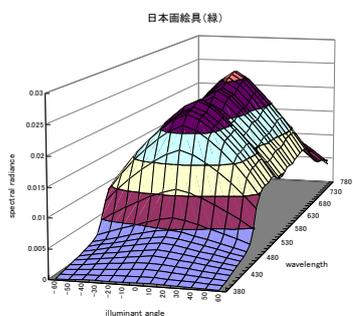


図3(b)グリーン水彩絵の具の偏角分光特性

筆者らは、当初ロボットアームに光源を付け、また物体を回転可能な台座に置いて撮影するなどを行ったが静止物体の撮影に限定されるなどの問題があった。そこで、図4に示すような円形ドームを作成し、CCDカメラを10数か所に置き、フィルターに代わって例えば、図5に示すような異なる分光放射率を持つLED光源を点滅することで全方向の物体分光反射画像の記録が可能となった。(同様のシステムは東京工芸大学にも設

置されている)



図4 三宅研で開発された偏角分光画像撮影システム

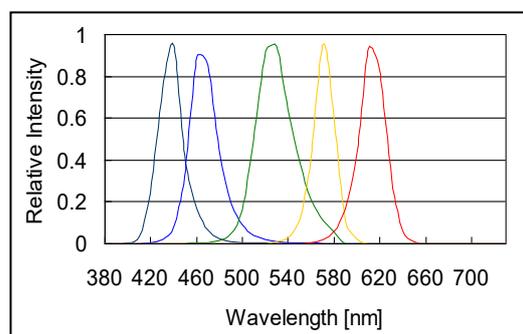


図5 異なる分光放射率を持つLEDの例

3-3 3次元物体の偏角分光画像の記録

3次元物体の分光画像を記録するためには、分光情報だけでなく形状情報の記録も必要である。物体の形状は、表面反射光に依存する。一方、物体の色は、内部散乱光に依存する。従って、表面反射成分と内部散乱光を分離し、形状はワイアフレームとして記録し、表面反射光、分光反射情報と合成することで物体の正確な情報が記録できる。図6(c)は、壺の形状を表すワイアフレーム画像(a)と表面反射成分(b)の対応する分光反射情報を合成した画像である。

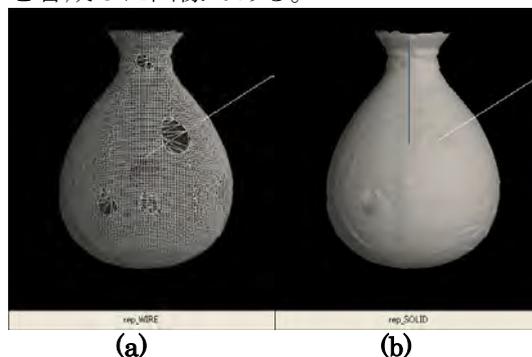


図6 3次元物体のワイアフレームと表面反射画像



図 6(c) 分光反射率を合成した画像

4. 視覚情報

4-1 眼球運動

物体の形状、偏角分光反射率の記録により被写体のほぼ完全に近い情報記録ができる。これらに画像を観測する視覚の特性、例えば、視力、順応、注視や大脳中枢で行われる認識、認知、理解等より高次機能を画像解析に導入することが将来の課題である。

図 7 は、眼球運動を測定中の写真である。我々は物を見るとき眼球を動かし興味のある部分を注視する。眼球運動の測定には赤外線眼球に照射し白眼、黒眼の反射率を測定する手法、眼球の動きをアイカメラで追い画像処理で動きを測定するなどの手法がある。



図 7 アイカメラによるで眼球運動の測定

注視領域は画像観測者にとってその画像中で最も重要な箇所である。その領域を好ましい色、鮮鋭度、階調などに変換することはアニメやCGの分野でも重要である。図 8(b)は、図 8(a)の注視領域を表したものである。このように画面中に顔画像が含まれる場合には、一般にその領域が、また、この例のように画面中で明るい領域は注視されることが多い。注視領域の色補正や鮮鋭度、階調

変換などで好ましい画像を作成することも可能である。



図 8(a) アイカメラの解析画像

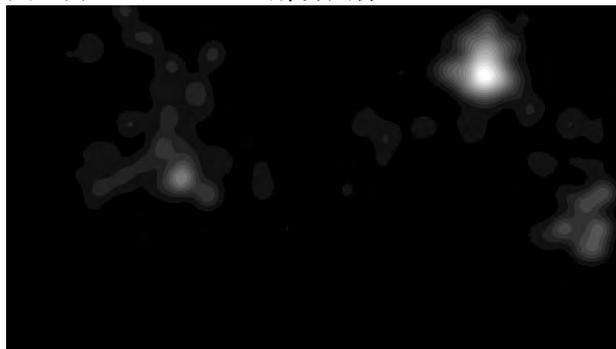


図 8(b) 図(a)のアイカメラによる解析、注視の多い部分を明るく表示

4-2 視覚特性の異方性

デジタル画像のPSF(Point Spread Function)は写真フィルムのように等方的ではない。また、視力も方向依存性があることが筆者らにより明らかにされている。従って、画像評価や解析、画像設計ではこれらを考慮することも必要である。

5. まとめ

工・芸融合について色再現を中心に記述したがレチネックス、順応、錯視などについては触れなかった。多様な画像システムが開発され、またCG、アニメなど色彩画像が溢れているが、工学系研究者は感性を、芸術系研究者は画像設計の基本を学ぶことにより新たな映像、画像の世界が広がることを期待したい。

参考文献

- (1) 三宅洋一：デジタルカラー画像の解析評価, 第2版, 東京大学出版会, 2002)
- (2) 三宅洋一編：分光画像処理入門 (東京大学出版会, 2006)
- (3) Martin Kemp: THE SCIENCE OF ART (YALE UNIVERSITY PRESS, 1990)

電気化学反応を用いた反射・発光型カラーディスプレイ Reflective · Emissive Color Display with Electrochemistry

小林 範久*
Nori-hisa Kobayashi*

千葉大学、263-8522 千葉県千葉市稲毛区弥生町1-33

* Chiba Univ., 1-33 Yayoi-cho, Inage-ku, Chiba-shi, Chiba 263-8522, Japan

概要

省エネ等の観点から反射型ディスプレイである電子ペーパー(e-Paper)の開発が期待されている。エレクトロクロミズム(EC)は電気化学反応による可逆的な色変化であり、広視野角、メモリ性など優れた特徴からカラーe-Paperの有力候補とされる。

カラーe-Paper実現には透明からRGBやCMYなど3原色への色変化を示すEC材料が必要で、本発表ではまず、3原色(CMY)有機EC系や、有機物を使用せず多色を発現できる局在表面プラズモン(LSPR)活用銀電解析出EC系について述べる。さらには単一素子から発光型と反射型の選択が可能なデュアルモードディスプレイ(DMD)についても紹介する。

はじめに

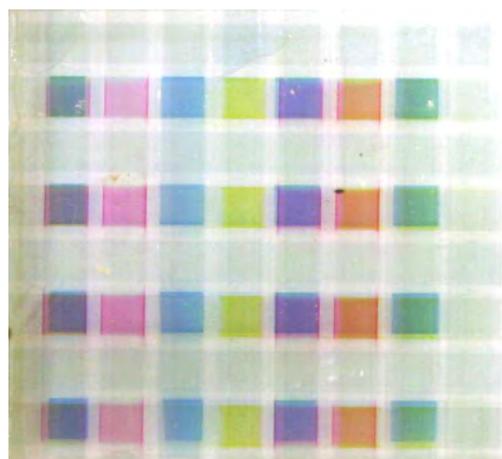
省エネや太陽光下での視認性に優れたメモリー性を有する非発光反射型ディスプレイの開発が、電子ペーパーの名の下、近年注目を浴びている。Amazon.comのKindleやSONY Readerおよび楽天Koboなどのいわゆる電子書籍は反射型ディスプレイの代表格であり、日本でも2010年12月には日本語対応のSONY Readerが発売になった。さらにはAppleのiPad、SharpのGALAPAGOSなども含め本の代替物を指向した電子媒体が爆発的に普及し始めている。しかしながら、反射型ディスプレイに限って(iPadやGALAPAGOSは反射型には分類しない)細かく眺めてみると、低コントラストやカラー化も不十分であるなどまだ問題が多い。

エレクトロクロミズム(EC)は電気化学反応により誘起される可逆的な発消色現象と定義できる。特に、有機物のEC材料は多様な分子設計により様々な色の可逆的な発消色が可能であるため、画像等の情報表示に対しても有効である。また、受光型の素子であり、一般的にメモリー性を有することから、近年、特に電子ペーパーのカラー化技術として注目を集めている。本講演では、減法混色系3原色を示すECの特徴と電子ペーパーへの展開、特にカラー化ならびにフレキシブル化への展開とともに、ECを用いた次世代型の表示素子である発光・発消色選択発現型デュアルモード素子についても紹介する。

2. カラーECディスプレイの設計とその特徴

ECは、無機材料を中心に調光ガラスや車載防眩ミラ

ー等で既に実用化されているものの、色彩のバリエーションに関しては前述のとおり有機物が優れている。したがってECでカラー電子ペーパーを構築するためには有機物の選択が重要となる。電子ペーパーは省エネルギーの観点から情報保持にエネルギーを消費しないことが望まれるため、発光型よりむしろ反射型のディスプレイとして位置付けられる。したがって、カラー表示における三原色は赤、青、緑ではなく、写真や印刷と同様、シアン、マゼンタ、イエローが望まれる。我々は反射型ディスプレイの観点から種々の有機物に関して検討を加え、フタル酸エステル誘導体や類似化合物が色度座標的にもシアン、マゼンタ、イエローの明瞭なECを示すことを明らかにした[1]。これら3つのセルを三層積層し、ECセルの階調制御と積層化によるマルチカラー実現EC表示それぞれ独立に発消色させることで青、赤、緑ならびに黒の表示が可能であることを始めて示し(図1)[2]、さらに駆動方式を工夫することで各色の階調制御を実現(図2)、フルカラー表示の可能性を示唆した[3]。ECは電池と同じ基本構成を持つためフレキシブル電極基板と高分子イオン伝導体(ゲル電解質)を用いることでフレキシブル化も可能である[4]。



K M C Y B R G W

Fig. 1 Color EC cell by stacking CMY three EC layers.

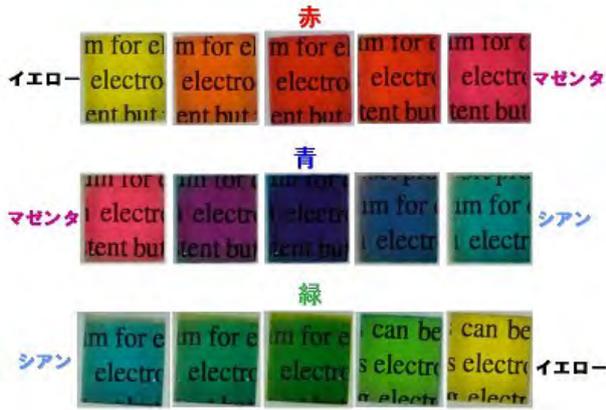


Fig. 2 Control of gradation of color in CMY EC cell and multicolor representation by stacking each EC layer.

3. 局在表面プラズモン(LSPR)型銀電解析出EC素子

銀イオンの電解析出は支持電解質のアニオンの影響を大きく受け、たとえば過塩素酸塩等を用いて行くと黒状態が得られるが、ハロゲン化物イオンのもとでは明瞭な鏡状態となる。銀イオンはハロゲン化物イオンと錯形成するため、電解液中での銀イオン錯形成状態が電着金属の光学状態に影響を与える。これらの知見とEC素子としての繰返し安定性向上への方策、ならびに電解析出形状が電着銀の光学状態に影響を及ぼすことを有機的に結び付け、透明・鏡・黒状態を可逆的に発現できる銀電着型EC素子を開発した(図3)[5]。銀の電着溶解のみを利用しているため良好な繰返し安定性を示す。

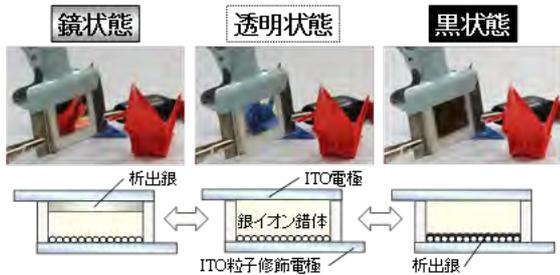


Fig. 3 Silver-electrodeposition based EC cell showing transparent, mirror and black state.

銀粒子は形状や粒径に特徴的なLSPR帯を可視域に持つ。電着による銀粒子の粒径制御技術が確立できれば、LSPR帯の可逆な制御に繋がり、さらには電着のみでEC素子の多色発色が実現可能となる。そこで、ステップ電圧の印加により電着銀粒子のLSPR帯制御を試みた。その結果、電極上に均一な粒径で析出した銀粒子のLSPR帯が長波長シフトし、電極表面形状、電圧印加方法を検討することで、銀電着のみを利用した単一素子でありながら透明状態から、鏡、黒のみならず、シア

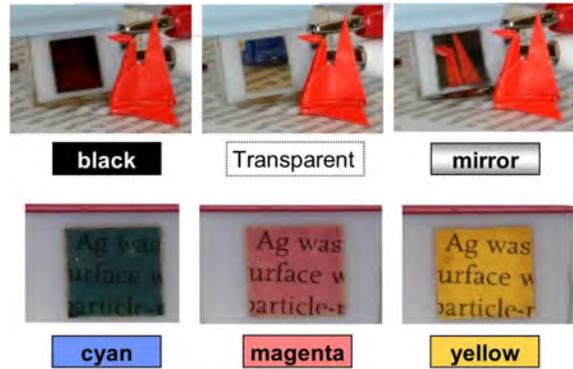


Fig. 4 LSPR band tunable silver electro-deposition-based color EC cell.

ン、マゼンタ、イエローの減法混色系3原色を含むマルチカラー発現可能なEC素子の構築に成功した[6-9]。

4. 発光・発消色選択発現型デュアルモード表示素子

新規展開として発光型の表示とECを使った反射型表示を単一セルから発現できるデュアルモードディスプレイ(DMD)が挙げられる。ディスプレイは発光型と非発光型(反射型)に分類されるがそれぞれ長所とともに短所も有している。すなわち、発光型は動画対応の応答性や暗所での視認性に優れるものの、省エネルギーや太陽光下での視認性においては現状で十分とはいえない。一方、非発光反射型の長所短所は前述したとおりである。単一の素子において発光・反射型両方式を可能とするDMDは、これらの問題を解決しうる表示素子として興味深い。夜間は発光型表示、昼間は反射型表示を使い分けられるため、省エネルギーや視認性の観点からも有利と思える。その一例として、素子駆動方式として交流と直流を使い分け、単一のセルでありながらも、発光と発消色を選択的に発現できるDMDを報告した。この系においては反射型である発消色表示は前述したECにより発現されており、直流駆動により発消色を制御できる。一方、発光挙動は電気化学発光を用いている。電気化学発光に交流駆動を用いることで発光応答性、発光輝度が飛躍的に改善される[10]。そこで、直流駆

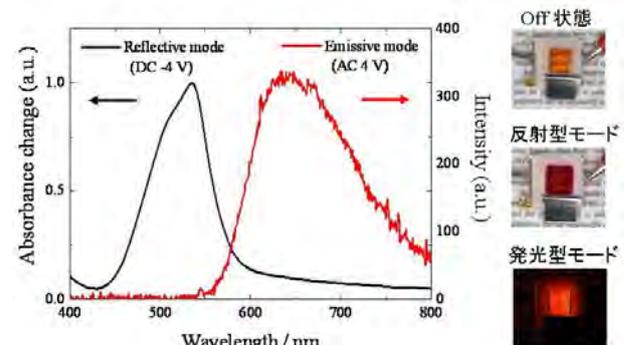


Fig. 5 Dual mode display exhibiting both emissive and reflective mode from a single cell

動と交流駆動を使い分けることで発消色，発光を任意に発現することができ，設計通り素子が機能することが実証されている(図5)[11, 12]。まだ研究は緒にたったばかりであり，例えば発光性分子の吸収のためオフ状態にて無色透明が出ないことや発行モードの寿命などの改善点はあるが，分子設計の観点からクリアできる問題と思える。今後改善と周囲の興味が有機的・相乗的に組み合わせれば新しいディスプレイの方向ともなりえると思える。

6. 参考文献

- [1] H.Urano et al.: J. Mater. Chem. 14, 2366(2004).
- [2] N. Kobayashi et al.: Sol. Mater. Sol. Cells 92, 136 (2008).
- [3] Y. Watanabe et al.: Sol. Mater. Sol. Cells 104, 140 (2012).
- [4] N. Kobayashi et al: Electrochim. Acta, 53, 1643 (2008).
- [5] S. Araki et al.: Adv. Mater. 24, OP122(2012).
- [6] A. Tsuboi et al.: Adv. Mater. 25, 3197(2013).
- [7] A. Tsuboi et al.: Chem. Mater. 26, 6477(2014).
- [8] S. Kimura et al.: Nanoscale. 12, 23975(2020).
- [9] S. Uji et al.: Phys. Chem. Chem. Phys. 26, 16466 (2024).
- [10] T. Nobeshima et al.: J. Mater. Chem. 20, 10630 (2010).
- [11] Y. Watanabe et al.: Chem. Lett. 39, 1309(2010).
- [12] S. Tsuneyasu et al.: Adv. Mater. Tech. 6, 200081 (2021).

フルカラー観察と高精度位相計測兼用の透過型干渉顕微鏡の開発 Development of a transmission interference microscope capable of both full-color observation and high-precision phase measurement

陳 軍, 豊田 光紀
Jun Chen, Mitsunori Toyoda

東京工芸大学、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1

概要

干渉顕微鏡は光学デバイスや生物細胞などの高精度計測の有力な手段である [1]。我々は共通光路位相シフト干渉顕微鏡の研究に取り組んできた[2~4]。開発したシステムは振動や空気揺らぎに影響されないなど大変ユニークな特徴を有している。しかし、光源に単色のレーザ光を用いているため、フルカラー観察が難しくなった。そこで、水銀ランプを光源に用いる干渉顕微鏡システムを構築し、照明光学系などの工夫で従来不可能だった高いコントラストの干渉縞の形成に成功し、フルカラー観察と高精度計測をあわせて可能にした。

1. はじめに

我々が開発した共通位相シフト干渉顕微鏡では干渉する2光波がほぼ同じ光路を通過するため、振動や空気揺らぎなどの影響をほとんど受けない。また、必要な位相シフトはプリズムの横移動で精密に導入できるためサブナノメートルの精度での定量計測が可能となった。しかし、単色のレーザ光を用いているため、白色光による顕微観察ができなくなった。そこで、水銀ランプを光源に用いる干渉顕微鏡を構成し、実験でその有効性を確かめたので報告する。

2. 光学系と原理

本研究で用いた透過型位相シフト干渉顕微鏡の構成をFig. 1に示す。これは透過型光学顕微鏡の結像系に複プリズムを導入したもので、光源には大出力の水銀ランプUSHIO USH-102D（ウシオ社製、パワー：100W）を用いた。光源からの光を直径400 μ mの光ファイバーに結合し、その出射光をファイバークリメーターで平行光にしたのち、被検試料を照射する。このとき、被検試料を入射光の片側に位置するように設置し、残りの片側は参照光として用いる。試料は対物レンズ(20X, NA 0.40)及び拡大レンズによって拡大し、検出面に結像される。検出面と拡大レンズの間に鋭角2°の複プリズム (BK7) を挿入した。これにより、物体光と参照光は互いに重なり合うように屈折され、検出面で干渉する。位相シフト干渉法を適用して高精度計測を実現するため、複プリズムをピエゾ素子に取り付け、横方向で移動させて位相シフトを導入する。

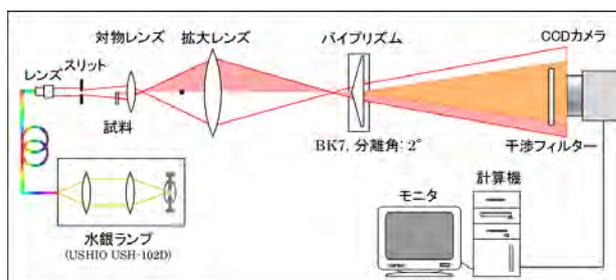


Fig. 1 Experimental setup

位相シフトを与えた干渉縞の強度分布は、CCDカメラで検出し、画像ボードを介して計算機に取り込む。干渉縞の強度分布は

$$I(x, y; \delta_j) = a(x, y) + b(x, y) \cos[2\pi fx + \varphi(x, y) + \delta_j], \quad (1)$$

と表すことができる。ここで $a(x, y)$ と $b(x, y)$ は干渉縞のバイアスと振幅で、 $2\pi fx$ は干渉する2光束の波面の傾きで、 $\varphi(x, y)$ は被検の位相分布である。 δ_j は複プリズムの横移動による位相シフトである。 $j=(j-1)\pi/2$, ($j=1\sim 4$)のように位相シフトを導入して撮像した4つの干渉縞画像 $I_1\sim I_4$ から4-Step法の位相導出アルゴリズム

$$2\pi fx + \varphi(x, y) = \frac{I_4(x, y) - I_2(x, y)}{I_1(x, y) - I_3(x, y)} \text{ mod } 2\pi, \quad (2)$$

を用いて被検位相を求める。位相分布から波面の傾き成分を除去したのち被検の屈折率分布を算出する。

3. 実験と実験結果

開発した干渉顕微鏡の性能を確かめるためいくつかの実験を行った。

3.1 照明光学系の最適化

水銀ランプからの光は自然放出の光で可干渉性が低く、誘導放出光であるレーザ光と異なり、そのまま干渉計に入射しても干渉縞が観察されない。[5~6]光源の時間的と空間的干渉性を高める特別の工夫が必要となる。そこで、Fig. 2のような照明光学系を考案した。光源からの光をコア径400 μ mの光ファイバーに結合し、クリメータしたのちスリットを通して照明光として用いた。スリット幅や、距離を変えて実験した結果、幅100 μ m、距離130cmが最適であることが分かった。干渉フィルターを通して撮像することで、可視度0.9の高いコントラストの干渉縞画像が得られた。白色光とRGB3色の干渉フィルターで得られた実験結果をFig. 3に示す。

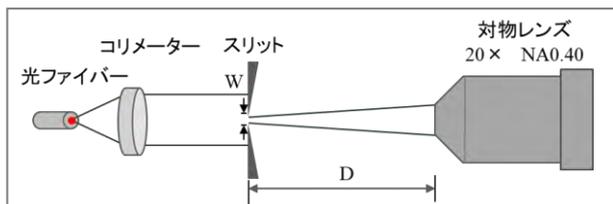


Fig. 2 Optical setup of illumination system

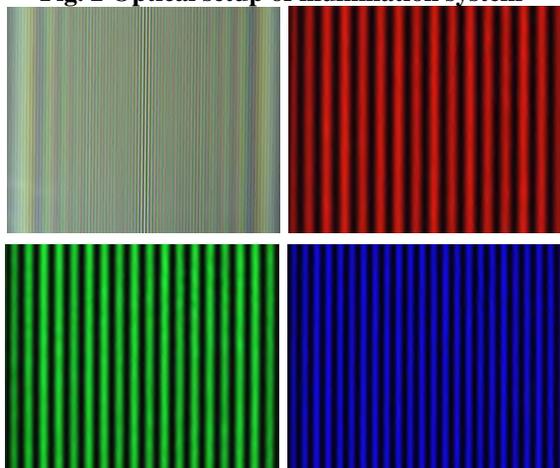


Fig. 3 Interference fringe patterns of different colors

3.2 位相計測の線形性とシステム誤差

位相計測の線形性とシステム誤差を評価するため、被検試料を入れずに、傾き波面の計測を行った。バイプリズムを $3.87\mu\text{m}$ ずつ移動させて位相シフトを導入し、4つの干渉画像をコンピュータに取り込み、(2)式の位相導出アルゴリズムで被検位相を計算した。干渉画像の一つと位相分布をFig. 4に示す。

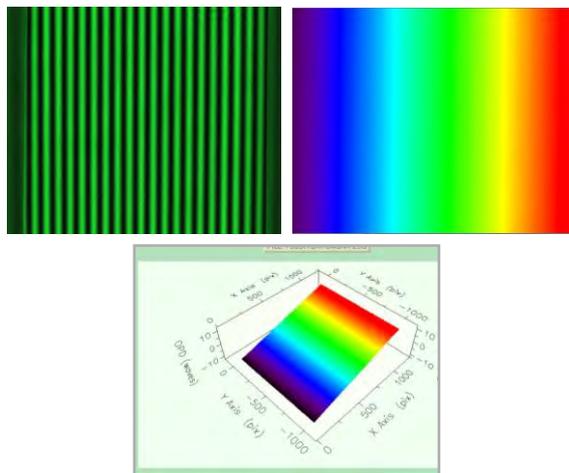


Fig. 4 Experimental results for measuring the tilt wavefront between the object and reference waves.

3.3 偏光保持光ファイバーの計測

位相計測の有効性を示すため、Bow-tie型偏光保持光ファイバーの測定を行った。計測サンプルは、外径 $125\mu\text{m}$ の偏光保持光ファイバーを厚さ $31\mu\text{m}$ にスライス

し、研磨したものを用いた。実験結果をFig. 5に示す。Fig. 5(a)~(d)は位相シフトした干渉画像で、(e)と(d)は計測で得られた位相分布(屈折率分布に比例)の擬似カラー表示と位相分布の3Dプロットである。中心部のコア部の屈折率や応力付与部の屈折率が高精度計測できた。この結果から、従来困難な微小領域の屈折率分布を高い精度と安定性で計測可能であることを確かめられた。

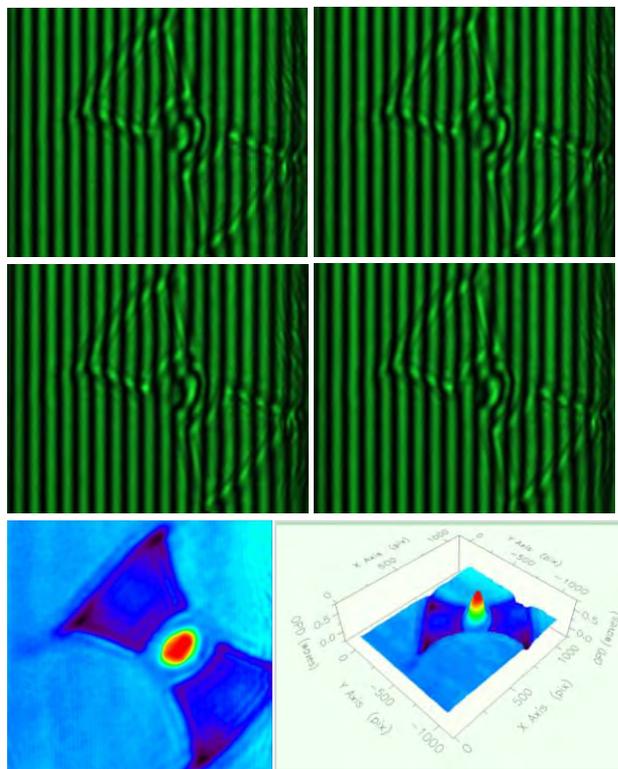


Fig. 5 Experimental results for measuring polarization-remaining optical fiber.

4. まとめ

光学顕微鏡のフルカラー観察の特長を維持しながら、微小な位相物体の高精度計測を可能にするため、水銀ランプを光源に用いた干渉顕微鏡システムを構成し、実験でその有効性を確かめた。本研究で考案した照明光学系は、ハロゲンランプや環境にやさしいLED光源にも適用できる。

5. 参考文献

- [1] M. K. Kim, "Digital Holographic Microscopy", Springer, (2011).
- [2] J. Endo, J. Chen, D. Kobayashi, Y. Wada, and H. Fujita, Appl. Opt. 41, 1308(2002).
- [3] 陳軍, 東京工芸大学工学部紀要 Vol.43, No.1, 258(2020).
- [4] 陳軍, 菱山大吾, 豊田光紀, 第71回応用物理学会春季学術講演会 24a-P05-5 (2024).
- [5] 山崎正之, 若木守明, 陳軍, 「波動光学入門」, 実教出版社 (2004).
- [6] 陳軍, 山本將史: 「光とレーザー」, オーム社(2006).

スマートアクアポニックスにおける音刺激及び色光照明の影響

Influence of acoustic environment and color illumination on smart aquaponics

森山剛, 野口有里紗*, 福井貴大, Pinnara Ket**
Tsuyoshi Moriyama, Arisa Noguchi*, Takahiro Fukui, and Pinnara Ket**

東京工芸大学, 243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1

* 東京農業大学, 243-0034 神奈川県厚木市船子1737

** Institute of Technology of Cambodia, Russian Conf Norodom Boulevard, Phnom Penh 120404, Cambodia

概要

水産養殖と水耕野菜を循環させるアクアポニックスは、今後の食料工場の基本原理として注目されている。本研究では、カンボジア王国の研究者と我が国のメカトロニクス分野の研究者とで進行中のスマートアクアポニックスプロジェクトの全貌を紹介すると共に、当該プロジェクトにおいて行っている音処理及び画像処理を応用した諸研究テーマの進捗状況を報告する。

はじめに

国連の人口予測では2050年に97億人と急速に増加する傾向にあり、タンパク質危機が近い将来の社会課題になると予測されている[1]。一方、世界では栽培または生産された食料の40%に当たる25億トン(我が国では472万トン)のフードロスを生じている[2]。こういった食料需給のアンバランスに対応するために、気候変動や経済状況に左右されない効率的な食料管理を確立するこ

とが急務である。

我が国では、急速な少子化に伴う農業人口の減少に対抗して農業の生産性向上を図るため、2014年から内閣府アグリイノベーション創出研究の下で公的農業データ連携基盤WAGRIを開発し、2024年10月にはスマート農業技術活用促進法を施行してデータ及びプログラムの利用促進を図っている。農研機構はWAGRIを利用した生育・収量予測ツールを公開している[3]。一方で、こういったデータは気象及び農地に関してセンサー等で収集したものであるが、それを農業へ生かす側は未だに農業従事者が生データを目で見て判断するか、特定の条件下での自動収量予測が行われるかであり、農地に応じてデータ処理をカスタマイズしたり、農業スキル向上に生かしたりといった応用には至っていない。そもそも高額な設備投資を必要とする施設園芸を前提としており、多くの農業従事者には手が出ない状況である。

本研究では、メカトロニクス技術を応用し、零細な農



Fig. 1 Collaboration partners in Cambodia

業従事者でも低コストで導入できるスマートアクアポニックスを実現することを目的としている。ここでは活動の紹介とその中で行っている音処理・画像処理技術を応用した諸研究の進捗状況を報告する。

2. データ駆動型開放型スマートアクアポニックス

我が国をはじめオランダなどスマート農業先進国では、閉鎖型の大規模な施設園芸を想定しているが、今後急速に食料需要の高まるアジア・アフリカ地域では経済的に導入が難しい。むしろ、小規模な露地栽培に導入できる開放型が現実的である。本研究でパートナーであるカンボジア王国では、農家が畑の脇に穴を掘ってそこで魚を養殖して家庭で消費することが行われており、そういった環境に導入可能なスマートアクアポニックスが望ましい。

農業分野からは国立バタンバン大学(環境センサーシステムを導入する試験農場)、東京農業大学が参加し、メカトロニクス分野からはカンボジア工科大学、本学をはじめ国内の工学系大学が参加している(図1)。現在申請中の地球規模課題対応国際科学技術協力プログラム(SATREPS)に加え、ラオスさらにはミャンマーを加えて日本学術振興会研究拠点形成事業Core-to-Coreへも申請予定である。

データ駆動型農業のための公的データベース利用例として、WAGRI API[4]を用いて実装したプログラムにより可視化した本学厚木キャンパス付近の土壤地図を図2に示す。マウスホバーにより土地の利用方法(例: 田)と土壤成分が表示される。

3. 音処理及び画像処理を応用した研究テーマ例

3.1 死魚の検出

図3に水面の泡と区別しつつ生魚並びに死魚を認識した例を示す。腐敗した魚体が放置されることによる集団感染は水産養殖の大きな損害要因となっている。魚種から検出すべき異常行動のパターンを決定する。

3.2 植物を共振させる音刺激の生成

農業において収量を増やすため、施肥に加えて照明や音刺激を用いることが考えられる。図4では後方の金定規に背面のスピーカーから音刺激が照射され、手前のレーザー変位計LK-G15により金定規の振動状態が検出される。

6. 参考文献

- [1] 農林水産省, 世界の食料需給見通し, https://www.maff.go.jp/j/zyukyu/jki/j_zyukyu_mitosi/ (2025.2現在).
- [2] 世界自然保護基金(WWF), Driven to Waste: Global Food Loss on Farms (2021).
- [3] 東出忠桐, 生育・収量予測ツールによる施設園芸の生産性向上, Journal of the Agricultural Society of Japan, 図巻頭1p,45-53 (2020).
- [4] WAGRI, <https://wagri.naro.go.jp/>

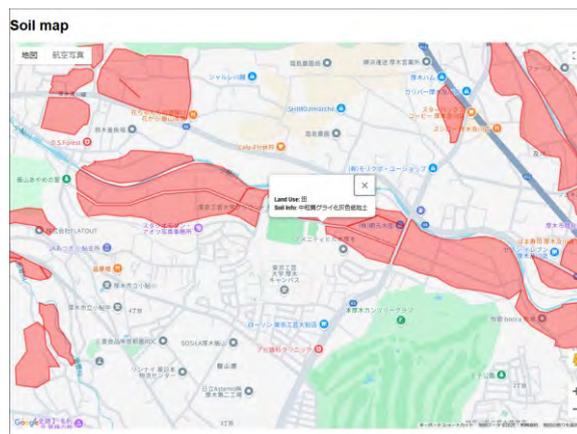


Fig. 2 An example of soil map generated by our software that uses the WAGRI API.



Fig. 3 An example result of detection of dead fish (red rectangles).



Fig. 4 Setup for detecting the resonance of objects (a rule made of metal here).

ミリ波帯に対応する外観デザインと調和する カラー透明アンテナへの挑戦

Colored Transparent Antenna Matching with Surrounding Appearance and Design for Millimeter Wave Bands

越地 福朗, 安田 洋司, 山田 勝実, 内田 孝幸
Fukuro Koshiji, Yoji Yasuda, Katsumi Yamada and Takayuki Uchida

東京工芸大学、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1
*5-45-1 Iiyama-minami, Atsugi, Kanagawa 243-0297, Japan

概要

近年, Internet of Things(IoT)や, 第5, 第6世代移動通信システム(5G, 6G)に関する研究開発が進められており, 機器やシステムのデザイン性を損なわないように実装可能な光学的に透明なアンテナが望まれている. 著者らは, Indium Tin Oxide (ITO)透明導電膜によって形成し, 可視光透過率とアンテナ放射効率を両立するモノポールアンテナを実現している. 本研究では, ミリ波帯に対応する広帯域半円台形不平衡ダイポールアンテナを提案・検討した. その結果, わずか8 mm角という小型サイズで, ミリ波帯を含む, 12 GHz~60 GHzで動作する透明アンテナを得た.

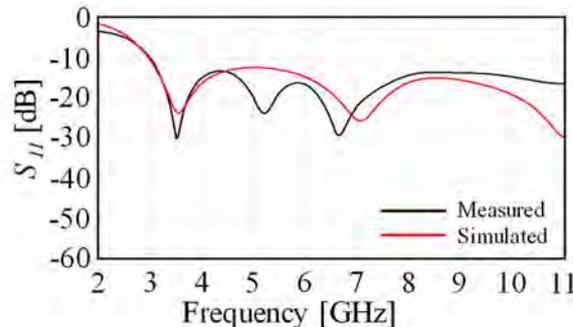
1. はじめに

近年, スマートシティの実現に向けて, Internet of Things(IoT)や, 第5, 第6世代移動通信システム(5G, 6G)に関する研究開発が進められている. これらの通信システムにおいては, 通信特性向上のために, アレーアンテナが利用されている. また, アンテナの放射特性を確保する観点から, アンテナ設置場所は機器筐体内部よりも筐体表面が望まれている. こうした背景から, 機器やシステムのデザイン性を損なわないように, 光学的に透明なアンテナが望まれている.

著者らは, これまでにガラス基板上に膜厚300 nmのIndium Tin Oxide (ITO)透明導電膜を形成し, 81%以上の可視光透過率と68%以上のアンテナ放射効率を有するモノポールアンテナを実現している[1]. また, Ultra-wideband (UWB)通信システムで利用する3.1~10.6 GHzの帯域をカバーする広帯域アンテナとして半円形と台形の放射素子を組み合わせ, 半円台形不平衡ダイポールアンテナを実現している[2]. さらに, これらの知見を組み合わせ, 図1(a)に示すような, UWB用の透明な広帯域アンテナを実現している. しかしながら, IoTや5G, 6Gで利用することを考えると, ミリ波帯で動作する透明アンテナが望まれるが, これまでにミリ波帯で動作する透明アンテナの報



(a) A picture of prototyped antenna



(b) S_{11} Characteristics

Fig. 1 Ultra-wideband transparent antenna

告はほとんどない.

本研究では, アンテナ放射素子をITO透明導電膜によって形成する, ミリ波帯対応の透明な半円台形不平衡ダイポールアンテナについて提案・検討を行う.

2. アンテナの構造

図2は, 本稿で検討する半円台形不平衡ダイポールアンテナの構成を示したものである. 同図に示すように, 厚さ0.7 mmのガラス基板 (比誘電率

$\epsilon_r = 5.5$) 上に半円形, および台形の放射素子を形成する. アンテナの各寸法は, 表1に示すとおりである. 放射素子に用いる透明導電膜は, 光学的透過率80%以上を有するITO薄膜を想定しており, 膜厚300 nm, 導電率 5.6×10^5 S/mの放射素子を形成したアンテナをモデル化し, それらの放射素子間(給電点)を50 Ω の内部インピーダンスを有する励振源にて給電する. 電磁界解析には有限要素法を示す.

3. アンテナ特性

図3は, 図2に示すアンテナの反射特性 S_{11} を示したものである. 図3からわかるとおり, ITO薄膜で形成したミリ波帯対応アンテナの反射特性 S_{11} は, 12~60 GHzにおいて, $S_{11} < -10$ dBであり, ミリ波帯を含む極めて広帯域な特性が得られることがわかる. 図4は試作したアンテナの写真である.

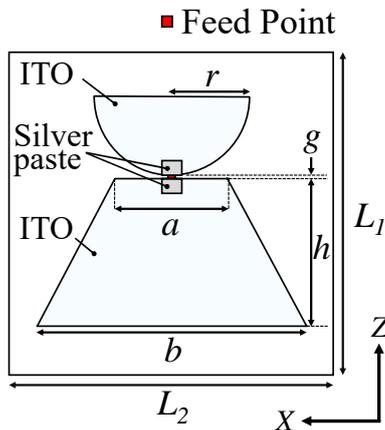


Fig. 2 Antenna configurations

Table 1 Dimensions of antenna

Parameters	Values [mm]
a	3.2
b	7.6
h	4.2
r	2.2
g	0.2
L_1	8.0
L_2	8.0

4. まとめ

本研究では, アンテナ放射素子をITO透明導電膜によって形成する, ミリ波帯対応の半円台形不平衡ダイポールアンテナについて, 提案・検討を行った. その結果, 反射特性 S_{11} は, 12~60 GHzにおいて $S_{11} < -10$ dBであり, ミリ波帯域を含む極めて広帯域な特性が得られることが確認された.

参考文献

- [1] F. Koshiji, et al., "Transparent antenna with high radiation efficiency and high optical transmittance using dielectric-metal-dielectric composite materials based on ITO/Ag/ITO multilayer film", Transactions of The Japan Institute of Electronics Packaging, Vol.15, pp. E22-001-1-7, July 2022.
- [2] 齋藤優花, 山田友里, 越地福朗, 鈴木美里, 安田洋司, 山田勝実, 内田孝幸, "ITO 透明導電膜で形成する広帯域アンテナの検討", 第37回エレクトロニクス実装学会春季講演大会講演論文集, pp.90-91, March 2023.

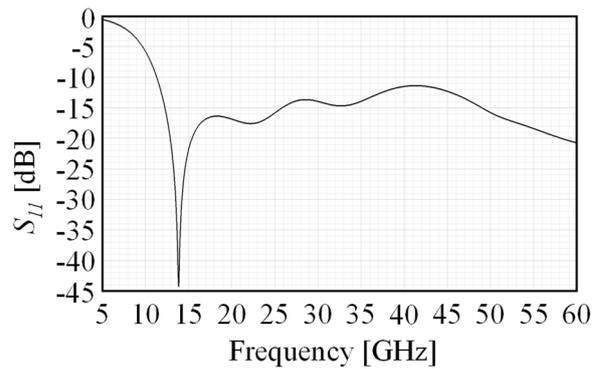


Fig. 3 S_{11} characteristics

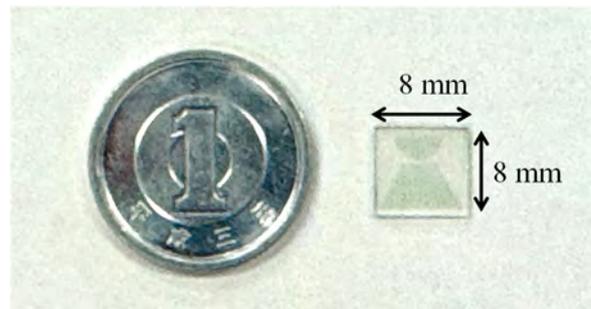


Fig. 4 A prototyped antenna made on an experimental basis

導電性高分子の金属様光沢を利用した調光ミラーの実現 Realization of Switchable Mirror using Metallic Luster of Conductive Polymers

山田勝実*
Katsumi Yamada*

東京工芸大学、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1
* 5-45-1 Iiyama-minami, Atsugi, Kanagawa 243-0297, Japan

概要

3-メトキシチオフェンを従来とは異なる方法により電解重合を行った。電極上に得られた高分子膜は、還元状態で緑色、酸化状態で赤色の金属様光沢を有していた。これは反射色のエレクトロクロミズムとして注目されるものである。また、重合条件によって金色の金属様光沢が得られることも明らかとなった。

1.はじめに

私たちは、金属元素を用いなくて金属様光沢を得るために、いくつかの有機色素膜の反射特性を評価してきた。その中で、ベニバナ色素であるカルサミンの固体膜から観察される緑色の金属様光沢が見る角度で変色する玉虫色ではないことを証明した。[1]また、緑色の金属様光沢の反射偏光度は余り高くないことから、本物の金属の光沢に近い反射特性を有していることが明らかとなった。さらに、円盤状の分子であるクルスタルバイオレットを高分子膜内に取り込み、膜を延伸することで金属様光沢の反射偏光度を低下させることに成功した。[2]これらの研究成果は、本物の金属の光沢に近い反射特性を金属元素を含まない物質から得るために有用な知見をもたらした。

ポリアセチレンなどの一部の導電性高分子膜から金属様光沢が得られることが知られていた。その中で、3-メトキシチオフェン高分子(PMOT)膜から金色の金属様光沢が得られることも明らかになっていたが、電解重合により高い反射率を有する膜を得るためには非常にゆっくりとした速度で印加電位を掃引する必要があるとされていた。[3]本研究では、3-メトキシチオフェンの多ステップ定電位電解(MS-PS)重合により、短時間で高い反射率の高分子膜を得ることができた。ここでは、MS-PS重合で得られた高分子膜を用いて反射エレクトロクロミズムによる調光ミラーを実現するための研究を行った。

2. 方法

2.1 MS-PS重合と光学計測

PMOTを電極上に得るために、重合溶液として3-メトキシチオフェン、過塩素酸リチウム、ドデシルベンゼンスルホン酸ナトリウムを超純水とブタノールの混合溶媒に溶解させたものを用いた。作用電極、参照電極、対向

電極には、ITO透明導電膜固定ガラス、銀・塩化銀ワイヤー、白金ワイヤーをそれぞれ用いた。モノマー酸化のための印加電位1を+1.4 Vで15秒印加し、続けて高分子還元のための印加電位2を-1 Vで15秒印加する。これらを1サイクルとして10サイクルで重合を行った。電気化学測定にはバイオロジックSP50eを、反射光の測定にはコニカミノルタCM26Dgの分光測色計を用いた。

3. 結果と考察

3.1 MS-PS重合

図1は、MS-PS重合中の印加電位と電流の時間変化を初回目サイクルから7サイクル目までを示した。酸化電流も還元電流もサイクル数の増加とともに増大している。これは、電極上に析出した高分子の量がサイクル数とともに増加していることを示している。10サイクルのMS-PS重合により、得られたPMOTの膜厚は約2 μmであった。星野らの方法では、10 mV/sの走査速度で-0.5 Vから+1.3 Vまでの電位範囲を21回往復走査することで約2 μmの膜厚のPMOT膜を得ている。これにかかる時間は7560秒であり、私たちのMS-PS重合では、10回のサイクルで300秒の重合時間を要した。MS-PS重合の採用により確かに重合時間は約1/20と節約できた。

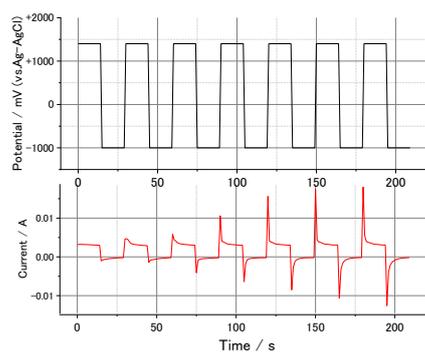


Fig. 1 Time dependence of applied potential (a) and reaction current (b) during MS-PS polymerization of 3-methoxythiophene.

3.2 PMOT膜の金属様光沢

図2は10サイクルのMS-PS重合で得られたPMOT膜

の酸化状態と還元状態の色調を示す写真である。還元状態で緑色、酸化状態で赤色の金属様光沢が認められた。撮影時には黒色下地を用いており、PMOT膜を白色光が透過して下地で反射することを防いでいるので、ここで観察される色調は反射色と言ってよい。[4]

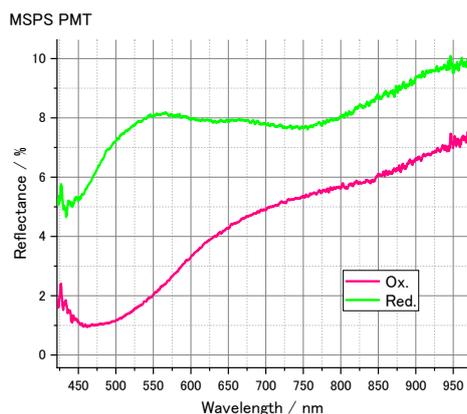


Fig. 2 Photographs of the obtained PMOT film (film thickness: 2 μm) in the reduced state (left) and the oxidative state (right), and reflectance spectra of the PMOT film.

3.3 MS-PS重合の条件と光沢の色調の関係

MS-PS重合は、モノマー酸化の印加電位1や高分子還元印加電位2を任意に設定でき、電位1および2の印加時間や繰り返し回数(サイクル数)など、様々な条件で重合を行うことができる。電位1を+1.2Vとし、モノマー濃度を半分にした状態で20サイクルのMS-PS重合を行った場合と、電位1および2をそれぞれ20回分1度に印加する(通常定電位電解と同じ:sPS)場合で、得られる高分子膜の色調を重合の電解モードで比較した。その結果、図3に示されているように、MS-PS重合では金色、sPS重合では緑色の金属様光沢が得られた。よって、重合の電解モードにより、金属様光沢の色調を制御できることが明らかとなった。また、MS-PS重合の重合サイクル数を少なくすると金色、多くすると緑色と光沢の色調を変えられることが明らかとなった。図4のそれぞれの全反射(正反射+拡散反射)および拡散反射スペクトルから、金色(MS-PS)の試料の全反射スペクトルは波長約450nmに吸収が存在し、緑色(sPS)の試料では420nmと吸収の位置が異なることが明らかとなった。金色試料では、正反射成分と

拡散反射成分の吸収波長が数十nm異なっているのに対して、緑色の試料には吸収波長のずれはない。

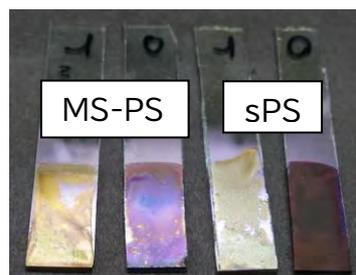


Fig. 3 Photographs of the obtained PMOT film in the reduced state (r) and the oxidative state (o) prepared by MS-PS polymerization and sPS polymerization.

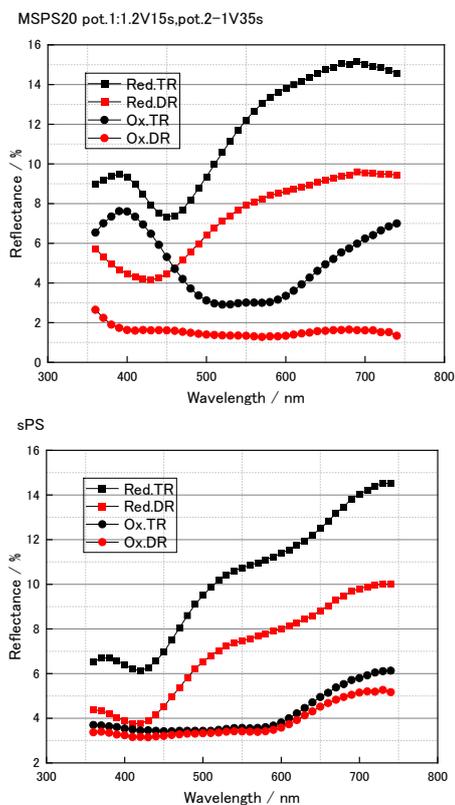


Fig. 4 Total reflectance spectra of the PMOT film prepared by MS-PS polymerization and sPS polymerization.

4. 参考文献

- [1] 矢島ら:日写誌, 81,65 (2018).
- [2] T. Kaki, K. Yamada: Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan,31,5 (2021).
- [3] T. Tokuda, K.Hoshino: Polymer Journal, 48, 1141 (2016).
- [4] K. Yamada: Bull. Soc. Photogr. Imag. Japan, 34, 20 (2024).

音源内蔵ボタンによる視覚障害者向けゲームの開発

Development of a Game for the Visually Impaired Using Buttons with Built-in Sound Sources

中村 隆之, 原 寛徳
Takashi Nakamura, Hironori Hara*

東京工芸大学、164-8678 東京都中野区本町2-9-5

概要

物理的なボタンインタフェースは様々な機械とのインタフェースとして利用されている。しかしボタンによるインタフェースは、視覚障害者にとってはユーザビリティに問題がある。特にボタンを触る前にボタンの場所やボタンの機能を伝えるという点においていくつかの改善すべき問題点がある。本研究では、ボタンを押す前に音声によりボタンの位置や機能を提示できるボタン型インタフェースを開発する。同時にそのボタン型インタフェースを用いた視覚障害者と健常者が同様にプレイできる新たなコンピュータゲームを試作する。

1. はじめに

押す事によって通電する物理的なボタンはコンピュータとのインタフェースに限らず様々な機械とのユーザーインタフェースとして利用されている。スマートフォン等に用いられるタッチパネルによるインタフェースも一般的になっているが、物理的フィードバックがある点でボタンインタフェースは現在も重要である。

しかしボタンによるインタフェースは、視覚障害者の視点で見るとまだユーザビリティに問題がある。視覚障害者にとっては、色分けやボタンへの文字表記では、そのボタンがそもそもどこにあるのか、あるいはそれらのボタンに何の機能が割り当てられているのかは簡単に判別できない。公共の場所にあるボタンには点字等が説明として添えられている事も多い。しかし点字を読もうとし触覚によってボタンの種別を知ろうとする事は、ボタンそのものの誤操作を誘発してしまう可能性もある。そのため、触覚に頼らずボタンの位置とその機能について提示する事ができる新たなボタン型インタフェースの開発が望まれる。

本研究の目的は、特にユーザーが触る前に聴覚情報によりボタンの場所と種類を提示する新たなボタン型のインタフェースについて提案する事である。具体的には、ボタンそのものに音声を発する機能を埋め込む事でそれを実現する。また、そのボタン型インタフェースを用いた応用例として視覚障害者か健常者かに関わらず、同様にプレイして楽しめる新たなコンピュータゲームを開発する。ボタン型インタフェースから発せられる音声を元にプレイするコンピュータゲームで、健常者はアイ

マスクを着用する事で視覚障害者と同様にプレイできる。インクルーシブなコンピュータゲームを開発する事で本研究における技術の応用可能性を示す。

1.1 先行研究

Gratz-Kelly と Moretti は、ボタンそのものから音声および触覚によるフィードバックを得る目的で、誘電エラストマーアクチュエータ(DEA)を利用したスマートボタンを開発した[1]。

Lang と Machulla は、視覚障害者がタッチスクリーンインタフェースにおける触覚フィードバックがなく操作が困難になる問題を、拡張現実(Augmented Reality)技術を利用し補助する技術を提案した[2]。

DEA を利用したスマートボタンはまだコスト的な問題があると考えられる。また拡張現実技術を利用した操作補助は、全盲の視覚障害者等には適用が難しく課題があると考えられる。

2. プロトタイプデバイス

2.1 概要

試作したデバイスの外観を図1に、内部の様子を図2に示す。

手が触れる部分の直径は約10cmで、アミューズメント施設にある大型筐体の音楽ゲームで使われるボタンとおよそ同じサイズである。

高さは約13cmであり、手で持って使うことは想定していない。机の上に置くと手を浮かせてプレイすることになるため、長時間の使用には疲労を軽減する工夫が必要になる。このデバイスを使用するゲームは、現時点では短時間でプレイ可能なカジュアルゲームを考えている。



図1 デバイス外観



図2 押す部分を分離

2.2 構造

筐体は3Dプリンターで作成した。材料はPLAである。押す部分の中に空間を設け、ここに後述するマイコン等を格納する。中心には直径18mmの市販のABSパイプ

を接着してある。パイプや棒状のものは3Dプリンタが苦手とする形状であり、市販の材料と組み合わせることも有効である。

押す部分を保持する土台には図3に示すようにマイクロスイッチとスピーカーを設置した。土台中心には樹脂製のベアリングがあり、このベアリングがパイプを支える。パイプは市販のばね2本で土台に接続されたアーム付きの部品に乗っており、ボタンを押すとパイプがアーム付き部品を押し込み、アームがマイクロスイッチを押す。

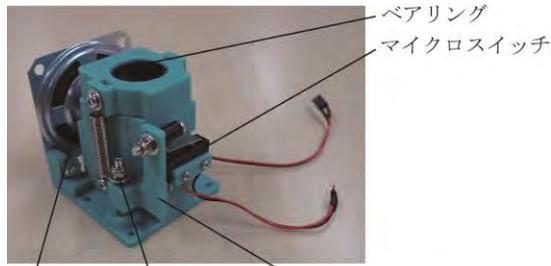


図3 内部構造

2.3 マイコンと無線通信方式の選択

デバイスを自由に配置できればゲームデザインの自由度は高まるが、そのためにはゲームとの通信が無線化されていることが必須である。

本稿で採用した無線通信方式は ESP-NOW[3]である。ESP-NOW は Espressif 社が開発した無線通信方式で、機器の MAC アドレスを直接指定して通信する方式のため、アクセスポイントが不要である。

ESP-NOW は規格上 20 台までのデバイスで通信することができ、台数の制約も問題ない。

採用したマイコンは M5Stack である。ESP-NOW が使える点に加え、カラー液晶ディスプレイを内蔵しているため、デバイスに情報を表示することでプレイを見ている人も楽しめる可能性がある。

2.4 その他のマイコン周辺機器

デバイスから音を発するために、MP3 再生モジュールの DFPlayer mini を使用した。日本国内の多くの代理店から 1000 円程度で購入が可能である。アンプを内蔵している上に、再生品質も十分である。

これらを図4に示すようにデバイスの押す部分に収納し、パイプの中に配線を通し、土台のスピーカー等と接続する。

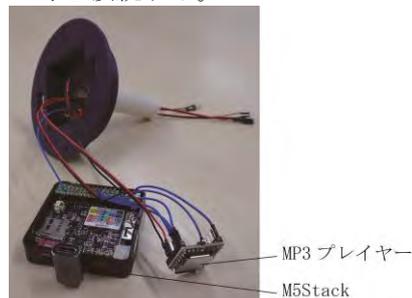


図4 マイコンと音声再生モジュール

2.5 PCとの接続

ESP-Nowは一对多の通信が可能である。PCと1台のM5StackをUSBケーブルで接続し、このM5Stackをコントローラと呼ぶ。各デバイスが1つのコントローラと無線通信を行い、全デバイスの情報が集約されたコントローラがCOMポートを用いてゲームとシリアル通信を行う。

3. 試作したゲーム

ゲームプレイの様子を図5に示す。

ゲームを実行すると画面上に2つの箱が現れ、出題のたびに、例えば赤と青のようにランダムに色が変わる。箱が現れると左のデバイスから対応する色

(図5ではRed)が発せられ、次に右のデバイスから対応する色(図5ではBlue)が発せられる。プレイヤーは聞こえた音で「左のデバイスは赤、右のデバイスは青」というのを記憶する。次にPCのスピーカーから音が発せられ、対応するボタンを押す。例えばRedであれば左のボタンを押し、Blueであれば右のボタンを押す。Purpleであれば両方を押し、Greenであればどちらも押さない。これを繰り返す。

画面やボタンに表示されている色はプレイには必要ないが、プレイを見ている人が楽しむためのものである。プロトタイプは2台で実行しているが、台数の拡張は容易である。

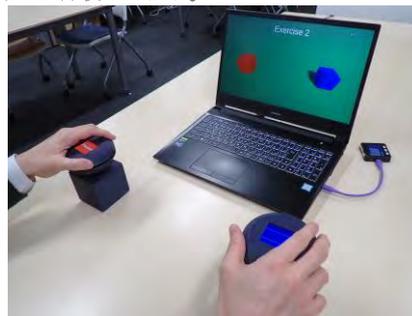


図5 ゲームプレイの様子

4. まとめ

ボタン型デバイスを制作し、ゲームのプロトタイプを制作した。まずは試作したデバイスでどのようなことができるのか検証し、ゲーム開発の方向性を探求していきたい。

5. 参考文献

- [1] Gratz-Kelly, S., Krüger, T., Rizzello, G., Seelecke, S., & Moretti, G. (2023). An audio-tactile interface based on dielectric elastomer actuators. *Smart Materials and Structures*, 32.
- [2] Lang, F., & Machulla, T. (2021). Pressing a Button You Cannot See: Evaluating Visual Designs to Assist Persons with Low Vision through Augmented Reality. *Proceedings of the 27th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*.
- [3] <https://www.espressif.com/en/solutions/low-power-solutions/esp-now>

事前積分計算によるストライプサンプルフィルタリング

Stripe sample filtering by pre-integral calculation

今給黎 隆
Takashi IMAGIRE

東京工芸大学、164-8678 東京都中野区本町2-9-5
2-9-5 Hon-cho, Nakano-ku, Tokyo 164-8678, Japan

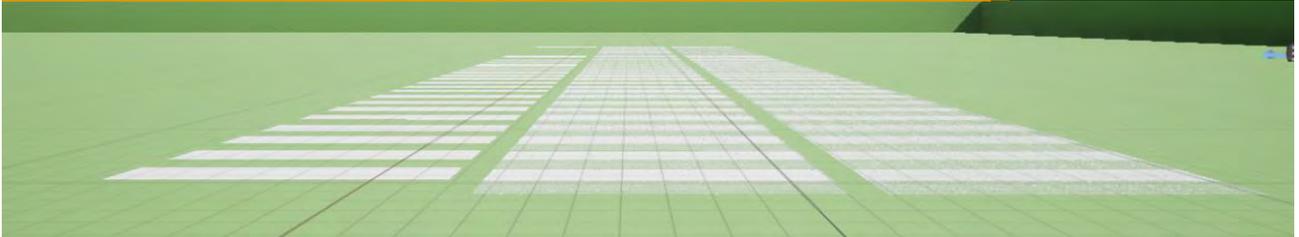


Fig. 1 縞模様を並べた場合の提案法と他の手法の結果の比較。中央は提案法。右は通常画像による描画。左は単色のポリゴン等を等間隔に並べた場合。

概要

エイリアシングはゲームなどのリアルタイムグラフィックスにおいて、現代でも完全に解決されてはいない。様々なアンチエイリアシング手法が提案され、多くの場合にエイリアシングは目立たなくなってきた。しかし、さらに細かな構造においてエイリアシングが発生する。今回は、エイリアシングが目立ちやすい縞模様を対象として、画像の空間での画素の領域の縞の量を評価することでエイリアシングを低減する手法を提案する。本手法は、他のアンチエイリアシング手法との併用が可能である。

1. はじめに

エイリアシングとは、コンピュータグラフィックスにおいて、画像をデジタル化する際に発生する視覚的なモアレ模様等を指す。これは、標本化が不十分なために発生する。エイリアシングを除去するための技術であるアンチエイリアシングは古くから研究されてきた。しかし解像度が高くなるほどより詳細なレベルにおいてエイリアシングは生じる。ゲームではカメラ等の移動に伴い画面が変化するとエイリアシングが目立つちらつきとなる。エイリアシングは、サンプリング間の変化が取り込まれないため、変化が大きいと少しの動きで大きく色が変わることが要因の一つである。本研究ではこの問題に対応するため、まずは非常に単純な形ではあるが、仮想世界に頻繁に出てきてエイリアシングの素となる縞模様に対して、点ではなく面で色の評価を行う手法を提案する。

2. 提案手法

提案法は、縞模様に限定することにはなるが、画素が描画の際に使用する画像の領域を積分計算で評価し、縞の濃度から出力する色の制御を行うことで、エイリアシングの軽減を図る。

2.1 画素に表示される縞模様の平均値の導出

提案法では、画素ごとの画像の読み込みにおいて、画像における画素の領域を考慮することで使用する色を補正する。レンダリングにおいて、画素が画像を読み込む位置は画像の x, y 座標を正規化したテクスチャ空間での位置(テクスチャ座標)で指定される。

また、GPU によるリアルタイムレンダリングでは、勾配命令で各種の隣接した画素での値の差分を取得することができる。提案法では、この隣接する画素への変位をテクスチャ座標に用いて画素のテクスチャ空間での領域を近似する。右の画素及び下の画素への変位を 2 辺とする平行四辺形を考える。画素の中心のテクスチャ座標を平行四辺形の重心とする領域をテクスチャ空間における画素が占める領域と考える。なお、勾配命令は 2×2 の 4 つの画素で同じ値が使われる。したがって、厳密な右や下の画素への差分ではなく、右や下方向への片方向の変化率が正しい。ただし、この計算は GPU での計算で標準的に用いられる手法であり、ハードウェア的に高速に処理できるため、この近似を採用した。Fig. 2 は提案法におけるテクスチャ空間での画素の領域である。黄色いベクトルが各空間での隣の画素との差分であり、画素の中心を、テクスチャ空間では両ベクトルの合成合成ベクトルの中点に配置する。

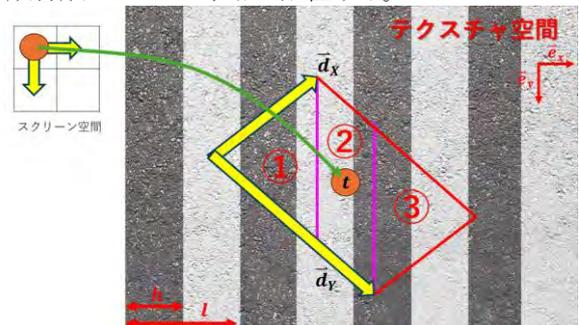


Fig. 2 スクリーン空間とテクスチャ空間での画素。

画素の平行四辺形の領域内で縞模様を積分する。画像には細かな模様が見られるが、提案法では、模様を黒い領域は 0、明るい領域は 1 の縞模様と捉えて積分を行う。実際に必要なのは明るい領域の割合 $r(\vec{t})$ で、以下の式となる。

$$r(\vec{t}) = \frac{1}{A} \int_{x_{--}}^{x_{++}} L(x) \theta(x \% l - h) dx \quad (1),$$

$$\mathbf{x}_{\pm\pm} = \left(\vec{t} \pm \frac{\vec{d}_x}{2} \pm \frac{\vec{d}_y}{2} \right) \cdot \vec{e}_x, \quad (2)$$

ここで、 \vec{t} は画素中心のテクスチャ座標、 \vec{d}_x と \vec{d}_y は上や右の画素への変位の短いベクトルと長いベクトルである。 $\mathbf{x}_{\pm\pm}$ の符号は前が \vec{d}_x の符号、後ろが \vec{d}_y の符号となる。ただし、 x 方向の成分が負の場合には向きを反転する。 \vec{e}_x は、 x 方向の単位ベクトルである。また A は画素のテクスチャ空間での面積であり、 $L(x)$ は x での平行四辺形の縦の長さ、 l と h は、縞模様の周期と黒い縞の幅で、 $\%$ は剰余の計算、 $\theta(x)$ は Heaviside のステップ関数である。画像は x 方向の原点 (左端) が暗い部分から始まる。

$r(\vec{t})$ を計算するのに、 $L(x)$ を求める必要がある。 $L(x)$ を求めるために平行四辺形を縞模様と平行な線分で分割する。すると、画素の領域は、三角形が 2 つ (Fig. 2 の①と③) と、一つの平行四辺形 (Fig. 2 の②) に分けられる。三角形の領域では、 $L(x)$ は線形に増加もしくは減少し、②の平行四辺形の領域では、 $L(x)$ の値は変化しない。この特性を用いて計算すると $r(\vec{t})$ は以下となる。

$$r(\vec{t}) = \frac{1}{(\vec{d}_x \cdot \vec{e}_x)(\vec{d}_y \cdot \vec{e}_x)} \left[\frac{l-h}{2} \left\{ - \left[\frac{x_{--}}{l} \right] (x_{--} + w_{--}) + \left[\frac{x_{--}}{l} \right] (x_{--} + w_{--}) + \left[\frac{x_{++}}{l} \right] (x_{++} + w_{++}) - \left[\frac{x_{+-}}{l} \right] (x_{+-} + w_{+-}) \right\} + (w_{--})_+^2 - (w_{--})_+^2 + (w_{++})_+^2 - (w_{+-})_+^2 \right]. \quad (3)$$

ここで、 $w_{\pm\pm} = \mathbf{x}_{\pm\pm} \% l - h$ 、 $[\cdot]$ はガウス記号であり、 $(\cdot)_+$ は括弧内が負の際に 0 の値を取る処理である。

2.2 画像の読み込み

前節で求めた $r(\vec{t})$ は、画素が全て暗い領域にある時に 0、全てが明るい領域にある時に 1 となる関数である。エイリアシングは明るい領域と暗い領域が混ざっている場所で発生する。完全に明るい領域や完全に暗い領域はアンチエイリアシング処理を施さないようにしたい。逆に、最も混ざっている場所は明るい領域と暗い領域の比率がそれぞれの幅の比率となっているはずであり、その際の $r(\vec{t})$ は、 $\alpha = (l - h)/l$ となる。我々は、 $r(\vec{t})$ が 0 もしくは 1 の場合に画素の中心の画像の色を出力し、 $r(\vec{t})$ が α の際に画像の平均的な色 (単色の場合には α) を出力する処理を提案する。このような条件を満たす線形の式は以下のようになる。

$$S(\vec{t}) = p\alpha + (1 - p)T(\vec{t}), \quad (5)$$

$$p = \frac{r(\vec{t}) - \alpha}{\theta(r(\vec{t}) - \alpha) - \alpha}. \quad (6)$$

$T(\vec{t})$ はテクスチャ座標 \vec{t} での画像の色である。

3. 結果と将来の課題

提案法は、近代的なプログラマブルシェーダで実現可能である。Unreal Engine 5 ではカスタムノードとして実装できる。本研究では Unreal Engine 5.2 で実装した。提案法のコードのシェーダ命令数は 238 命令であった。一方、画像を貼っただけの出力では、190 命令であった。したがって、提案手法によるシェーダの命令数の増加は 48 命令となる。陰影計算で複数の画像を用いる場合は、画素のテクスチャ空間での面積等は使い回すことができるため、画像ごとにテクスチャ読み込みと内挿命令だけが追加される。

提案法の実行結果が Fig.1 および Fig.4 である。Fig. 4 は Fig. 1 よりもカメラを遠方に置いている。また、Fig. 4 は、他の良く知られたアンチエイリアシング手法を併用している。追加のアンチエイリアシング手法がない場合と MSAA と FXAA の結果はほぼ同じ結果となった。よく見ると、FXAA では、とがったポリゴンの端の部分において、他の手法よりもぼやけて描画されている。TAA や TSR を併用した場合には、ポリゴンの描画は大きな欠けが生じたままであるが、品質はより高くなっている。ただし、TAA を使用した場合には提案法でない手法においてちらつきが生じる。また、TSR を併用した場合には、提案法以外のケースでは、カメラやオブジェクトが移動した直後にちらつきが発生した。提案法で TAA や TSR を併用した場合には、遠方の結果はほぼ一様で時間的なちらつきは生じなかった。

今後は、縞以外のパターンにも本手法を拡張し、より一般的な定式化を実現したい。

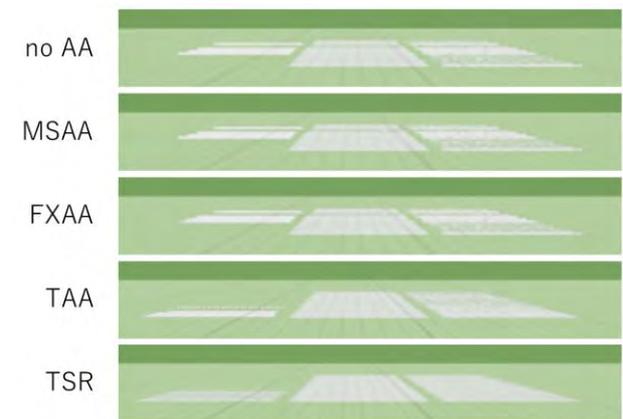


Fig. 4 他のアンチエイリアシング手法を併用した場合。

4. 謝辞

本研究は 2024 年度東京工芸大学工芸融合研究助成費の助成を受けたものです。

透明物体の3Dスキャンと蛍光材料を取り入れた透明3D造形 Transparent 3D modeling incorporating 3D scanning of transparent objects and fluorescent materials

内田 孝幸
Takayuki Uchida

東京工芸大学 243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1

概要

近年、3Dのスキャニングとその構造の構築技術の進展が目覚ましく、特に、多視点画像からの3D構築技術であるフォトグラメトリ、ならびに(レーザ)光による詳細に3DスキャンであるLiDAR技術によって、高速で詳細な構造の3Dモデルが構築可能になっている。さらに、RTK-GNSSを伴った、高精度位置測位技術の進展も取り入れながら、フォトグラメトリとLiDARの長所を適切に組み合わせることで、外部構造だけでなく、内部構造を内包した3Dが構築できるようになってきた。本研究では、①これらの技術の一例として、透明な江の島の外形に蛍光ファイラメントで構築した洞窟の3Dモデルを示す。②また、数年前までフォトグラメトリでは、構築出来なかった、特徴点を抽出しにくい、水、ガラスさらには流水の3Dモデルの構築技術の進展の実例について述べる。

はじめに

フォトグラメトリは古くは、「写真測量」という意味であったが、最近の撮影やモデリング技術の進展に伴って「多視点画像からの3D構築」という意味に変わっている。これらを支える技術は、単に、撮影カメラの高高性能化(高画質、小型、軽量)だけでなく、撮影カメラの高性能化(高画質、小型、軽量)だけでなく、UAV(無人航空機、通称ドローン)などで、くまなく多視点(数百枚〜)からの画像、映像を得る進展による。さらに、これらによって得られた、画像を、3D空間上に矛盾なく構築する位置合わせ技術であるフォトグラメトリ用のソフトウェア(SfM/MVS)の進展、PC、グラフィック処理性能の格段の進展を伴って、デジタル3D空間でのテクチャーを含む3D構築が可能となっている。通常3D画像にはRTK-GNSSなどの高精度位置測位による、EXIF情報によって3Dモデルの収束・構築も伴っている。さらに光の測距(LiDAR)技術の進展によって、最近では、車の自動運転技術によるLiDAR-SLAM((レーザ)光測距スキャンを用いた同時地図作成と自己位置推定)の後術を伴って、精細でかつ精度の高い3D構築を作成できるようになってきた。本研究では、さらなる検討として、この通常空撮とSfMによって地形や建物への、汎用の3D構築の技術だけでは適用が難しい、閉鎖空間、例えば、洞窟や地下の構造の3Dモデル化を、ハンディLiDARを用いて検討した。

また、ここで得られる、洞窟や鍾乳洞、地下の構造は、その名の通り、地下や地中に存在するので、その構造や位置関係を直感的に把握することが難しい。そこで、透明な外形の構造を構築し、その内部の構造を明確にする構造の例を示す。

これまでのフォトグラメトリ(SfM)では、ガラスや水、単色の壁、ウェディングドレスなどは3Dモデルの構築が難しい対象物で、いわゆる破綻した部分が残存する場合があった。本研究

では、最近の新しい技術である3DGS(Gaussian Splatting)の透明な材料への適用例についても紹介する。

2. 地下・地中構造を有する地形の3Dモデル化とその可視化

3Dプリント・造形技術は最近格段の技術の進展を遂げ、工業製品の観点では、金型レスでの強度の高い造形や、大型のものでは、コンクリートを吐出・プリントした建築物さらには、医療に目をむけると、オーダーメイドの手術用の模型や臓器の一部までも作製が発展しつつある。

しかし、カラー化の点では未だにフルカラーでの3Dプリントはあまり普及しておらず、UVのフルカラーインクジェット方式か、白い粉体を着色、固化させながら3D造形する作製する方法に限られており、作製費用も他のFDMのもの比べると格段に高いものになっている。

2.1 江の島の洞窟を埋め込んだ透明な江の島の3Dモデルの造形

述のように、UVカラーインクジェット方式での造形は多彩な色表示の造形には適しているが^{1,2)}、高価なUVインクを用いるためコストが高い。公共での3D造形の展示物を考えたとき、大型のものが望ましい、そこで我々は、安価で最も普及しているFDMプリントとそれを元型にして、透明レジンを用いた造形によってFig.1に示すような300mm×470mmの3Dモデルの造形を行った。ここでは内部(地中)にある3D構造である洞窟をLiDARによってスキャンし、そのデジタル3Dデータを元に3D化しFDMプリンタによって別途造形し、それを、島の外形である透明レジン適切な位置に埋め込んだ。

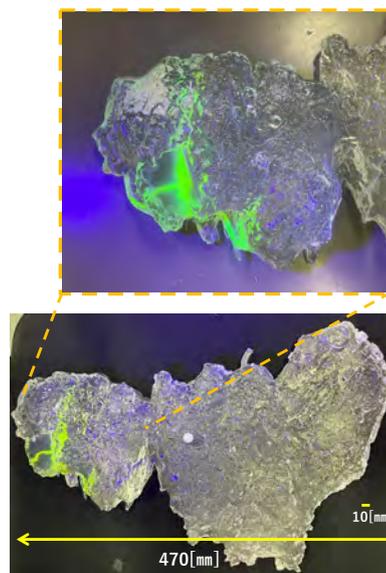


Fig.1 透明レジンで作製した島の外形と、蛍光ファイラメントで作製した洞窟の構造埋め込んだ、江の島のスケルトン3Dモデル

洞窟の3DはLiDAR スキャンデータからFDMによって、3Dプリントするが、その存在を目立たせる目的で、黄色の蛍光フィラメントを用いて造形した。島の外形の3Dと洞窟の3Dは別に造形したが、洞窟を出た歩道橋の部分を共通のCPの(コントロールポイント)として、位置合わせをしたのち、内部に組み込んだ。

2.2 地下構造を含むサムエル・コッキング温室遺構の3Dモデルの造形

江の島の灯台付近にある、サムエル・コッキング温室遺構は1888年に造られ、煉瓦造りの温室遺構として唯一現存するものである。ここには、温室、ボイラー室、貯炭庫は地下通路により繋がった構造を有し、現在でも歴史的文化的財の位置づけとして見学することが可能である。^{3,4)}

しかしながら、この場所もその重要性にも関わらずその位置関係を2Dのガイドマップで示すことは難しい。そこで、これらを明確にする3Dモデルのスキャンならびに造形を行った。結果をFig.2に示す。上述の江の島のモデルと同様に蛍光の黄色フィラメントを用いて位置関係を明確にした。この場合も地下に配置されて見えづらい部分を明確にすることができた。

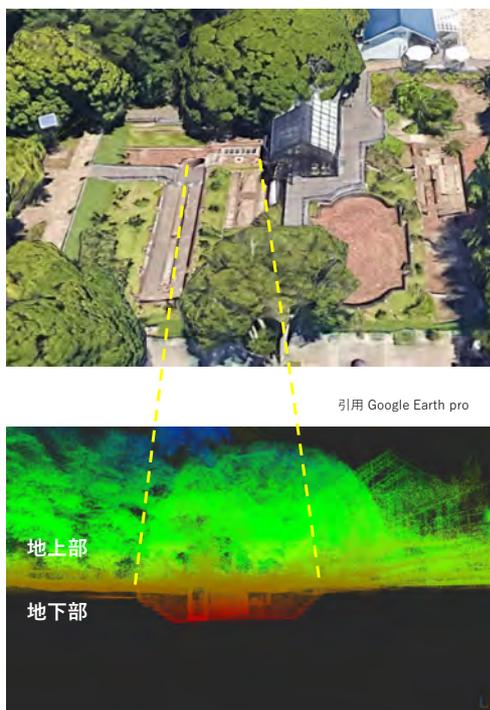


Fig.2 サムエル・コッキング温室以降の地図と、LiDAR スキャンによるその断面構造図

3. 透明な物体の3Dスキャン

これまでのフォトグラメトリ、SfM/MVSは多視点からの画像をもとに、その中の特徴点(形状や色の特徴的な変化点)を抽出し、それらを繋ぎ合わせることを基本原理にしていた。この原理に基づいた場合、特徴点を抽出できないような、例えば、モノトーンな壁、水、ガラスさらには流水などは3Dを構築する事が難しかった。また、3D構築は点群とそれらを適切な面で覆った、いわゆるボクセル、ポリゴンモデルであるが、多くの曲面を有するものは、メッシュの数が多くなり、データ量、何よりそれを処理する時間がかかっていた。

3.1 透明な物体の3D構築

従来の3Dモデリングでは、前述の問題・欠点を抱えていたが、最近になって3D Gaussian Splatting (3DGS)⁴⁾の技術が広まってきた。この方法はその名の通り、ガウス関数(正規分布)を基にしており、3Dの楕円形(外側に向かいだんだん薄くなった形=ガウシアン)の適切なパーツを基本として、それらを重ねて3Dモデルを作る方法である。この方法によれば、これまで難しいとされてきた、透明な(ガラスや水など)をきれいに3D化でき、リアルな質感すなわち、透明な物体を表現する上で重要なファクターである、光の反射や物体の透明度をリアルに再現できる。さらに、これまで多視点画像をすべて平等に扱ってきたが、3DGSの場合、3DGSもボリュームによる形状表弁を採用しているが、ある大きさを有する「ぼんやりとした点」で表現する。この「ぼんやりとした点」にガウシアン(Gaussian)関数を用いるためその名がある。

この場合、描画で処理すべきデータは、対象とするガウシアンがあるところのボリューム(この場合はぼやっとした点)とそのボリューム内の密度だけであり、前述したように、境界にはあいまいさを残すこと、すなわち境界の正確性を犠牲にする代わりに、これらの計算を軽量化することが出来る。



Fig.3 (a) 3DGSによるコップの水 と (b)箱根神社、九頭竜からの流水

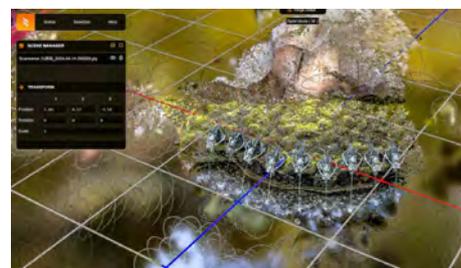


Fig.4 3DGSによる九頭龍とガウシアン

この結果、非力なPCやスマホでも高速に処理・描画が可能になっている。この3DGSで得られた、事例をFig.3とFig.4に示す。静止画で

は伝えにくいですが、光の反射や光源の位置も推定したクオリティでの表示すなわち写真画質の3Dが表現できている。

4. 参考文献

- 1) 内田 孝幸ら、「ドローンによる地形情報の取得と紙積層型プリンタによる3D形状の出力」、日本印刷学会誌 **59**, 192-197, (2022)
- 2) 内田 孝幸ら、「マルチスペクトルカメラを搭載したドローンによるインデックスマッピングとフルカラー3D造形」日本写真学会誌, **86**, 50-55(2023)
- 3) 内田 孝幸, 「江の島国際芸術祭 2023:サムエル・コッキングと杉浦六右衛門の深い関わりー「日本における写真と印刷のルーツ」の展示についてー」, 日本写真学会誌, **86**, 375-382 (2024)
- 4) 東京工芸大学:「江の島国際芸術祭関連プロジェクト 2024Cave3D(洞窟3D)」
- 5) Bernhard Kerbl *et al.*, “3D Gaussian Splatting for Real-Time Radiance Field Rendering” ACM Transactions on Graphics, **42**, July(2023)

ミドラボ2023-2024

厚木市緑ヶ丘団地の活性化に向けた場・環境・メディアの制作と研究

MIDOLABO 2023-2024

Production and Study of Place, Environment and Media for Revitalization of Atsugi Midorigaoka Housing Estate

森田芳朗, 田村裕希, 高城光, 森山剛, 山本佳嗣, 内田孝幸, 海老澤模奈人,
香月歩, 鍛佳代子, 久原泰雄, 細萱敦, 八尾廣, 茶屋道 京佑*

**Yoshiro Morita, Yuki Tamura, Hikari Takashiro, Tsuyoshi Moriyama, Yoshihide Yamamoto,
Takayuki Uchida, Monado Ebisawa, Ayumi Katsuki, Kayoko Kitai, Yasuo Kuhara,
Atsushi Hosogaya, Hiroshi Yatsuo, Kyousuke Chayamichi***

東京工芸大学、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1
神奈川県住宅供給公社、231-0021 神奈川県横浜市中区日本大通33

概要

ミドラボは、東京工芸大学と神奈川県住宅供給公社による厚木市緑ヶ丘エリアの活性化プロジェクトである。①団地のオープンスペースを少しずつ繋ぎながら新しい道空間をデザインしていく「オープンストリート」構想、②断熱性能に課題のある団地の住戸を健康で快適な「ウェルネス住宅」に簡易に改修するための実証実験、③地域の魅力や活動の意義を伝えるマンガやプロモーションビデオなどのメディア制作、などを通じて、「地域のお荷物」とみなされがちな高経年集合住宅団地の「地域の資産」としての価値を探り、それを地域と共有していくための活動を続けている。

1. はじめに

2018年、東京工芸大学と神奈川県住宅供給公社の連携協定のもと、本学厚木キャンパス近傍の緑ヶ丘団地(1963年入居開始)とその周辺エリアの活性化プロジェクト「ミドラボ」が始まった。高度経済成長期に建てられた団地を舞台に、工学部と芸術学部の教員や学生が協働しながら、さまざまな研究・制作活動を進めている。

高齢化や空き家といった社会問題がフォーカスされる団地だが、ゆとりあるオープンスペースや時間をかけて蓄積された暮らしの歴史など、一般の住宅地にはない資産を有している。それらの価値を再発見し、高めていくことがプロジェクトの目的である。

2. オープンストリート構想

2.1 新しい道のデザイン

緑ヶ丘団地のオープンスペースは安全対策のフェンスで覆われているが、逆にこの囲いが歩行者を危ない車道に追いやっている現状がある。そこで、過剰なフェンスを少しずつ間引き、オープンスペース同士をつないでいくことで、新しい道空間を生み出す「オープンストリート」のプロジェクトを構想している(図1)。

この構想を進めていく上でのキーワードは「多義性」である。ゴミ捨て場の囲いが「ゴ(コ)ミュニケーション」ベンチに、滑り台は道のゲートになる。そこにあるもの意

味を読み替えた小さなしかけが、いまは殺風景なオープンスペースを親しみの持てるストリートへと変えていくはずである。高齢化が進んだ団地だが、隣接する戸建て街区には若い子育て世帯の入居が進んでいる。この新しい道空間が、団地内外のコミュニティをつなぐ場となることを期待している。



図1. 子どもたちと地面に新しい道を描き、みんなで歩いてみるワークショップ(2024年5月26日、撮影:高橋菜生)

2.2 集会所のリノベーション

構想中のオープンストリートの終着点に、団地の集会所がある。現在ほとんど使われていないこの建物を「みんなの居場所」として開き、新しい道と連動させるための改修計画を行った。どこからでも気軽に入れる構えとし、子どもたちの作品や誰かのお勧め本が並ぶディスプレイウォールが建物のなかを貫く。その向こうに見えるコミュニティキッチンでは、みんなが料理づくりを楽しんでいる。そんな新しい日常の風景をつくらうとしている(図2、3)。

集会所を開き、オープンスペースを開き、団地を開いていくことで、団地内外の多世代コミュニティの交流が生まれる。この計画を進めていくためには、地域の関係づくり、小さな担い手の組織化、小さく

稼げるしくみづくりにも取り組んでいく必要がある。今後の課題である。



図2. 集会所の改修イメージ。既存の間仕切り壁を撤去してひとつながりの空間とし、人々がゆるやかに居合すことのできる場をつくる（田村裕希研究室）



図3. ミドラボの活動を市民に知ってもらうため、改修後の集会所の原寸大プランを地面に描くワークショップと子ども向けイベントを本厚木の駅ビルで行った（2024年2月23日、撮影：高橋菜生）

3. ウェルネス住宅の実証実験

建築環境分野の研究としては、高経年の団地の住戸を快適で健康に暮らせる「ウェルネス住宅」として簡易に整えていくための各種の実証実験を進めている。具体的には、窓の形状を工夫することによる通風・換気効果、漆喰や無垢材の調湿効果、バルコニーの物干し竿に吊り下げた緑化ルーバーの日射抑制効果、DIYで設置したエアフローウィンドウ（2重のガラスの間に空気を流す窓）の断熱効果、膜材を天井に使うことによる室内環境改善効果などの検証に取り組んでいる（図4）。



図4. ウェルネス住宅の実証実験とモデル住戸（左：水谷国男研究室、右：山本佳嗣研究室）

4. メディア制作

工学部と芸術学部のコラボレーション企画として、緑ヶ丘団地やミドラボの活動をプロモートするビデオとマンガの制作を続けている。



図5. 「団地活性サポーター」（地域活動をサポートしながら団地で生活する学生）の暮らしや活動を作品にしたマンガ（電柱治）



図6. 集会所で行った「マンガ似顔絵隊」によるイベント（2024年5月26日、撮影：高橋菜生）

5. まとめ

高経年の団地は、「変わらなければ」という思いと「変わらない」現実の板挟みにある。この状況を打開するには、小さな実験や空間の暫定利用を繰り返し、参画者や賛同者を増やしながら、地域の明るい未来を探る漸進的なアプローチが有効である。

ミドラボの目標は、「学ぶ」「つくる」「暮らす」「つながる」が一体となったもうひとつのキャンパスづくりである。この目標を通じた学内外のコラボレーションを楽しみながら、今後も活動を続けていきたい。



図7. 東京工芸大学 創立100周年記念展「写真から100年」のミドラボブースにて（撮影：高橋菜生）

人工知能を利用した民族誌映像のラベリングシステムの開発と アーカイブアート作品への応用

Development of an AI-based Labeling System for Ethnographic Films with Application to Archive Artworks

大海悠太, 野口靖*
Yuta Ogai, Yasushi Noguchi*

東京工芸大学工学部、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1

*東京工芸大学芸術学部、164-8678 東京都中野区本町2-9-5

概要

民族誌映像アーカイブの膨大な映像データに対し、物体検出、行動認識、キャプション生成を組み合わせた深層学習AIを用いた自動ラベル付けを行うシステムを開発した。その結果を用いて、体験型映像インスタレーション作品を制作し、東京都写真美術館とSIGGRAPH Asia 2024 Art Galleryで展示を行った。本研究は、AIによる映像アーカイブ資料の再解釈と利活用の新たな可能性を示し、教育や他分野への応用可能性ももたらすものであると考えている。

1. 背景

情報通信技術 (ICT) の急速な進歩は、膨大なビデオデータの保存と分析処理に革命をもたらし、また特定の分析タスクに合わせたAI技術の開発を促進した。特に深層学習AIの技術の進展は著しく、例えば自動運転、監視カメラ、無人レジなどの多岐にわたる分野での応用が進められている。本研究では、民族誌映像をAI技術で再解釈し、映像インスタレーション作品の制作や、ラベリングシステムの開発を行った[1,2]。

本研究で対象としたエンサイクロペディア・シネマトグラフィカ (Encyclopedia Cinematographica, 以下EC) は、映像の百科事典を作成するプロジェクトとして、ドイツの国立科学映画研究所で1952年から40年近くかけて制作された。このプロジェクトが目指したのは、地球上の生物の行動様式、及び自然界における運動の比較研究であり、民族学、生物学、技術科学に関連する3,000タイトル強の短編映像が収められた。そして、ECは製作後に各国の機関に収蔵され、日本では1970年以来、下中記念財団がアジアで唯一の完全な映像セットとして管理および運用している。

2019年の展示の際は各動画のラベル付けを全て手動で行ったが、本研究では、人工知能 (以下AI) による深層学習技術を作品に応用する試みを行っており、AIによる自動ラベル付けと手動によるラベル付けを共存させたハイブリッド・システムを構築した。

2. 制作した作品

制作した体験型映像インスタレーション”Diverse and

Universal Camera”では、AI技術を用いて映像中の人や物の行動に自動的にラベルを付け、民族誌映像アーカイブ展示のために効率的な映像検索を可能にするシステムを開発した。また、ラベルは人間が手動で付けたものもあり、ハイブリッドシステムとなっている。体験者はラベルに紐付けられたカードを入力装置に用いることで映像を検索し、鑑賞することができる。表示されるシーンはラベルの付いている部分のみであり、ループ再生される仕様となっている。

2023年11月11日から12月10日にかけて、東京写真美術館で開催された東京工芸大学100周年記念展「写真から100年」の中で、作品展示を行った[3]。

またラベルの追加修正などの後に、2024年12月4日から12月6日にかけて、東京国際フォーラムで開催されたSIGGRAPH Asia 2024のArt Gallery部門にて作品展示を行った (Fig.1)[4]。



Fig. 1 SIGGRAPH Asia 2024での展示の様子。

3. 開発したAIラベリングシステム

本研究では物体検出、行動認識、キャプション生成アルゴリズムの深層学習AIによる、アーカイブ映像への自動ラベル付けを行った。動画は1207個で、トータルの時間は225時間以上となった。

物体検出にはYOLOv8を使用している。このアルゴリズムは、画像中の物体の種類や位置を検出することが

できる。ここでは事前処理として各動画をFFmpegにより0.5秒ごとに静止画像に切り出し、各静止画像に対して物体検出を行った。そして、検出された物体の種類をラベルとして用いている。ここで用いているECフィルムの民族誌映像は、低解像度であることが多く、また白黒動画のものもあり、検出精度が低いことがある。そこで、信頼度以上のラベルが出力された場合、その0.5秒前の画像にもラベルが付いているものとみなした上で、連続してある秒数以上ラベルが付いているものだけを残すようにした。このように、映像のAIによる処理に対して、鑑賞方法に合わせて時系列方向の後処理を加えることで、鑑賞しやすいシステムを構築することができる。出力されたラベルのうち、民族誌に関連するものだけを残し、日本語化して作品で利用できるようにした。

行動認識にはSlowFastを使用している。このアルゴリズムは、動画中の数秒ごとの人物の行動と位置を認識することができる。公開されているプログラムを改良し、必要な情報を出力できるようになどしている。ここでは、人物の行動の種類をラベルとして利用している。ラベルが連続して出現する場合は接続して長い場面と見なしている。

キャプション生成にはBLIPを使用している。物体検出と同様な処理により静止画像からキャプションを生成し、キャプション内に含まれている単語をラベルとして用いている(Fig.2)。BLIPによるラベルはSIGGRAPH Asia 2024の展示から導入した。



Fig. 2 映像から切り出したこの画像をBLIPでキャプション生成をしたところ、“a group of men working in a field”と出力された。

YOLOv8とSlowFastは認識結果に対して信頼度を同時に出力しており、結果を参照しながら信頼度の閾値を決定した。深層学習AIは高速計算機を必要とするが、本プロジェクトではさらに多数の動画と静止画の処理が求められるため、Google Colabや高速計算機を用いて数日間計算を行った(Fig.3)。その後、生成されたラベルとその発生時間をJSONファイルに変換して、作品を操作しているTouchDesignerプログラムに入力している。

```

def slowFast2json(input_file, duration):
    print(input_file)
    file_num = (os.path.basename(input_file)).split(".")[0]
    #output file = input file + ".json"
    output_file = os.path.join(os.path.dirname(input_file), file_num + ".AI.json")
    print(output_file)

    data = []
    flag = False
    count = 0
    with open(input_file) as fin:

```

Fig. 3 Google Colab上で開発している、SlowFastの認識結果からJSONを出力させるプログラム。

4. 考察・まとめ

本研究は、AI技術と民族誌映像を融合させることで、新たな映像分析と表現手法を提案した。今後は、さらに精度の高いラベル付けアルゴリズムの開発や、観客の反応データを活用した展示の改善が期待される。また、このシステムは他の映像アーカイブや教育用途にも応用可能であり、さらなる研究の可能性を秘めている。

このプロジェクトの最大の意義は、AIを駆使した映像アーカイブ利活用の一つの形としての可能性を提示したということだと言える。日本や世界にはまだまだ多くの貴重な映像資料がある。東日本大震災アーカイブを代表とする、震災・戦災関連映像もその一つである。

本プロジェクトを通して構築したシステムは、数多の映像資料を新たな視点から再解釈し、よりアクティブに機能するアーカイブメディアとして進化する可能性を持っていると考えている。

5. 参考文献

- [1] Y. Ogai, Y. Ono, Y. Noguchi, S. Tohyama, H. Kondo, M. Yamada: Developing AI Video Analysis Systems to Explore Human Behavior in Infant and Ethnographic Footage, In: Shuichi Fukuda (eds) Affective and Pleasurable Design. AHFE (2024) International Conference. AHFE Open Access, vol 123. AHFE International, <http://doi.org/10.54941/ahfe1004694> (2024).
- [2] 大海 悠太, 野口 靖: 体験型映像インスタレーション「民族誌アーカイブ展示のためのAI活用」“Diverse and Universal Camera, 電波技術協会報 FORN 2024年7月号<359号>, pp.24-27 (2024).
- [3] 吉野 弘章: 東京工芸大学創立100周年記念 写真から100年, クレヴィス, pp.186-189 (2023).
- [4] Y. Noguchi, Y. Ogai: Diverse and Universal Camera, In SIGGRAPH Asia 2024 Art Gallery (SA Art Gallery '24). Association for Computing Machinery, Article 5, 1. <https://doi.org/10.1145/3680529.3688962>, (2024).

六櫻社式天然色印画法の改良に関する研究

Research on Improving The Rokuoh-sha Style Natural Color Printing Method

矢島 仁*, 行谷時男, 山田勝実**, 岩崎 仁***
Hitoshi YAJIMA, Tokio YUKIYA, Katsumi YAMADA, Masashi IWASAKI

* 元、東京工芸大学芸術学部 映像学科、
**東京工芸大学工学部、243-0297 神奈川県厚木市飯山南5-45-1
***元、京都工芸繊維大学 材料化学系、

概要

1940年に発表された六櫻社式天然色印画は「さくら三色用フキフィルム」と、「さくら発色転写現像紙」を使用するカラープリント方式であるが、「さくら三色用フキフィルム」はトライバック方式であるために3枚重ね合わせ撮影による鮮鋭度の低下という問題を抱えていた。しかしながら、従来のカメラがそのまま使用可能なことと処理薬品が発売されていたため、暗室処理の経験者ならば比較的容易に自家処理でカラープリントの作成が可能であった。

本稿は、東京工芸大学に残されていた研究開発時の現物資料から「さくら三色用フキフィルム」の改良の足跡をたどる試みである。

1 はじめに

六櫻社式天然色印画の実物、およびその開発者である江頭春樹に関しての資料は、本学厚木キャンパスのカラボギャラリーに展示をしているので、ぜひご覧ください。

さて、本稿を書くにあたって調査した現物資料は「江頭先生標本二千点」と題する江頭教授の遺品であるが、残されているものが写真資料に偏り、さらに日付の記載がないものも多く、文書資料による裏付けが乏しいなかで、フィルムベースの厚みと撮影時の乳剤膜面方向に着目して研究を進めた。

そもそもさくら三色用フキフィルムに採用されたトライバック方式の三色分解撮影法は、感色性の異なる3枚のフィルムを重ね合わせた状態で露光する。それぞれの乳剤層がベースの厚みだけ離れているので、下層の画像にボケを生じるという根本的な欠点があり、先行して発売していた欧米のメーカーはすでに早期に撤退していた。しかし簡易な白黒ネガ現像で済むことと、撮影がそれまでの一般的な暗箱カメラで済むことなどから、最も手軽な三色分解撮影法でもあった。

また江頭は、天然色写真も撮影者自らが処理できなければならない例として医学写真を挙げている。現像・プリントの時間はかかるにしろ、診断と施術のために即時に天然色写真が必要ということであろう。残された資料の中にも、実際の患部や臓器の

天然色写真が複数残されている。

ちなみに六櫻社からは1940年に「さくら天然色フキフィルム」として外式カラーリバーサルフィルムも同時期に発表されているが、こちらの自家処理は極めて困難である。

2 三色分解ネガの分類要素

2.1 材質

遺されていた資料の三色分解ネガは、ベース素材にガラスとフィルムのもので存在しているが、さくら三色用フキフィルムは全てフィルムベースである。また、製造年代からそれらは全て硝酸セルロースであると考えられるが、一組ずつ紙製のネガ袋に入れられ簡素な木箱に収められ、図書館収蔵庫という比較的冷暗な環境にあったために状態は良好である。

なおガラスベースの三色分解ネガの一部は、ミクートカメラによるものであることが確認できたが、多くのネガの撮影機に関しては不明である。

2.2 コードノッチ

商品としての「さくら三色用フキフィルム」には三角形のノッチがあり、青感フィルムはノッチ1つ、緑感フィルムはノッチ2つ、赤感フィルムはノッチ3つとなっている。これによりユーザーは暗室の全暗黒下でもフィルムと乳剤面を識別できる。

しかし慣れた技術者ならば、ノッチに頼らなくとも指先の感覚で乳剤面の識別は可能であり、開発段階では必ずしも必要では無い。

この資料群のフィルムには、製品と同様のノッチのあるものと、ノッチが全く無いか、違う形式のノッチのあるものに大別できる。この資料中の製品と同様のノッチを有する前者は製品である可能性が高く、ノッチの無い後者が製品である可能性は考えにくい。

2.3 フィルムの厚さ

トライバックフィルムの欠点は3枚重ね撮影による画像のボケである、これを軽減するためには3つの乳剤層をお互いに近接させることが有効で、そのためにはフィルムベースを薄くすることが効果的である。

しかしフィルムベースだけの厚み測定は困難で

あり、非破壊的にはフィルム全体の厚みをはかることしかできない。

測定には、最小目盛 1/100 mm のダイヤルゲージ式チックネスゲージ、ミットヨ社製 7321 型を用い、3 枚のネガフィルムそれぞれの厚さを測定し目盛の 1/10 までを読み取った。

2.4 撮影時の乳剤膜面方向

フィルム表面の光沢と銀の析出を参考に乳剤の塗布面を確認した。

3 サンプルの分類と膜厚測定結果 (Fig. 1)

ノッチと青感フィルムの乳剤膜面方向から、サンプル56組をA~Gの7つに分類した、なお背面露光と記入していないものは、青感フィルムも他の版と同様に乳剤面から露光される向きで撮影されているものである。

右側にBGRの表示は、それぞれ青感フィルム、緑感フィルム、赤感フィルムで、横方向の矢印の範囲に測定値があったことを示し、平均値を黒丸で示す。

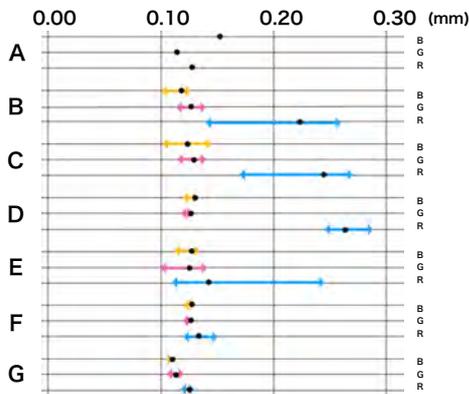


Fig.1 Thickness of Tripack-film

- A 初期と思われる手札サイズ
江頭春樹がラゴリオ氏色票を手にして
いるカブリのあるネガ。(標本数、1組)
- B ノッチの全く無いもの
ノッチの全くないもの。(標本数、11組)
- C 異形式のノッチなどの混在するもの
異形式のノッチ(既製品のフィルム?)が混在
しているもの。(標本数、15組)
(Fig. 2「娘」はこの分類に属する)
- D 三角ノッチ
製品と同様の三角形のノッチがあるもの。
製品であれば、1941年6月からのものに相当する。
(標本数、5組)
- E 三角ノッチで背面露光
製品と同様の三角形のノッチがあり、青感フィルム
が背面露光になっているもの。製品であれば、
1942年6月からのものに相当する(標本数、15組)
- F 異形式ノッチで背面露光

異形式ノッチの混在であるが、青感フィルムが
背面露光になっているもの。(標本数、3組)

G ノッチなし手札サイズ

19.3.5のメモのある手札サイズ、及びそのフ
ィルム近傍にあった同様のフィルム(標本数、6組)



Fig. 2 初期の六櫻社式天然色印画 画題「娘」
(雑誌は、1939年12月発行のものである)

4 考察

今回の調査の目的は、江頭教授の残した膨大な資料を解析する上での手がかりを掴むことである。明確な日付のない資料でも、膜厚と乳剤面方向でおおよその製作年を知ることが可能になったと思われるが、さらに検討が必要である。

製品としての「さくら三色用フキフィルム」は1943年頃には撤退したとされているが、1944年の日付と思われるメモのあるネガが発見された。それは最も薄く画像も良好でありながら、小さく切られての撮影であることから、資材の窮乏を窺わせている。

トライパック撮影のためのフィルム仕様としては、ベースフィルムの薄さのみならず、感度と乳剤の透明性という相い反する条件での開発を必要とする中で努力しつつも、しかし戦争による物資不足と混乱で製品を維持できなかったのは残念である。

5 参考文献

矢島 仁、山田勝実、日写誌、vol.86 p135 (2023)

生成系AIの進化とメディア文化変容に関する領域横断的研究

Cross-disciplinary research on the evolution of generative AI and media culture transformation

小川真人
Masato Ogawa

東京工芸大学、164-8678 東京都中野区本町2-9-5
2-9-5 Hon-cho, Nakano-ku, Tokyo 164-8678, Japan

概要

本研究は、所謂「生成系AI」(generative AI)(以下では「生成AI」と略記)のもたらした社会的反響の諸相をメディア文化変容の観点から考察しつつ、工芸融合論の今日的发展方向性を示す動向として注視するものである。以下、生成AIと芸術学研究をめぐる直近の状況とAIと美学に関する思考実験、その考察について述べる。

はじめに

生成AIの普及の社会的インパクトは大きく、その影響は日常生活から大学の教育研究活動まで及およびつつある。その規模と速度と影響力は想定を超えたスケールであり、いま人々は次々にもたらされる生成AI報道に一喜一憂の日々を過ごしている。本研究の力点は、現状での生成AI論議を論点整理しつつ検討することで、美学および芸術学に出発点をおいた生成AIの進展に関する工芸融合論的研究の方向性を定め、工芸融合というテーマのアクチュアリティを明示することにある。具体的には学内外の工学／芸術学研究者の所見をうかがう研究会を開催し、AI研究と芸術学研究の領域横断的交流にとりくんだ。

2. 生成AIの普及と芸術学

生成AIの反響が渦巻くなか、芸術学が否応なくもこの動向を無視できない位置に立たされたことは、この一年間、芸術学に関連する諸学会の学会開催プログラムに生成AI関連の研究発表やシンポジウムなどがいくつもあがっていることにも如実に示唆される。たとえば2024年6月1日、日本学術会議・協力学術研究団体「芸術学関連学会連合」は、第18回公開シンポジウム「生成AI時代の芸術

Art in the Age of Generative AI」(Fig.1 参照)を開催した[1]。日本デザイン学会、舞踊学会、衣装学会、比較舞踊学会、美術史学会、美学会、美術科教育学会から登壇者が生成AIをめぐって発表をおこなったことにより、現時点での芸術学と生成AIとの関係性を考えるきっかけが得られた。そのさいの美学会からの登壇者であった吉岡洋(京都芸術大学)は2023年10月に美学会第74回全国大会でAIと美学についての研究発表をおこなっていた[2]。また、日本倫理学会では第75回大会ワークショップに「超人間中心主義と芸術」が設定され、「AIやバイオテクノロジーによって作り直される「人間性」をいかに芸術は映すのか」が問題設定された[3]。これに「人工知能美学芸術研究会」[4]などの各種研究組織を含めれば、相当な量の学術的公式見解があらわれたことになる。提題要旨や論文も公開されており、その検討は本研究プロジェクトの進捗に大きな意義があった。

また、本研究独自のアプローチとして生成AIと芸術学との関連性を考察する三つの論点を設定した。これは芸術学のクラシックな主題から「自然らしさ」「人間らしさ」「創造性」の三論点とした。各論点の暫定的結果としては以下の通り。第一論点「自然らしさ」については、生成AIのデータ処理によって齎される「尤度」との関連に注目しつつ、統計学的な「尤度関数likelihood function」について考察した。第二論点の「人間らしさ」は、生成AIと「擬人化」に関する研究を参照した[5]。第三論点の「創造性」は、そもそも「創造性」とは何かという哲学的な問いに関わらざるをえず、さらには、工学的な自然科学研究の創造性と芸術的な創造性はそれ

ぞれ問いの立て方が異なる。前者に関しては所謂「AIベース科学」の研究に関する論考を検討し[6]、後者についてはマーガレット・ボーデンの著作に学んだ[7]。



Fig.1 日本学術会議・芸術学関連学会連合

3. 思考実験

AIに美学が実装されるか—「汎用人工知能」(AGI)も到達困難と言われるなか多くの人がこの問いを無意味とみてきた状況がある。「人工知能美学芸術研究会」のマニフェストはその流れに逆らう希なアクションといえる[8]。他方で、倫理学研究では、道徳意識や倫理をロボットやAIについて議論する研究が現れている。この動向を捉えたのが2018年の日本哲学会シンポジウム「人工知能・ロボットの哲学」であった[9]。そのなかで浅田稔は「構成的発達科学」(constructive development science)の見地から、「人工情動設計論」を提起し「道徳原型創発」の構想を与えた。浅田はここで、「痛み」の感覚を埋め込みとして自己の身体の気づき、所有感覚からエージェンシーや自他認知、共感を通じたモラルや倫理などの社会的認知機能の出現への道筋」を具体的に提示する[10]。この発達段階を美意識に適応することは考えられないだろうか。それを試みたものが図示したものである(Fig.2「構成的発達科学による美意識原型創出仮説」参照)。これは、浅田理論で「痛み」とあったものを「快不快感情」におきかえて、美意識原型創発までの発展段階を試作したものである

4. 考察

AIに意識自体がありうるか否かが大問題ないまの状況で、美意識などというおよそ高度且つ高級な次元の意識など、到底不可能ではないかという見方が多いであろう。示されたものも図式でしかなく、AIに美意識の実装が成立するにはさらに多くの困難があろう。しかしこのような試論さえ従来の芸術学では充分行われてこなかったのだから、意味ある試みに相違ない。

他方、そもそも倫理学方面でロボットやAIの道徳意識や倫理が論議される背景には何があるのだろうか。示唆的な研究書にクーケルバーグ著『ロボット倫理学』がある[11]。ここでクーケルバーグは、AI搭載のソーシャル・ロボットから軍事ドローンまで、AIやロボットが道徳意識や倫理的判断を迫られる具体的局面を考察している[12]。クーケルバーグだけでなく、直近のAI論には感情や思いやりなどのテーマがよく取り上げられる。それらの論議は、美意識や美的判断に適用可能なものも含まれる。AIと美意識の考察を始める素材は出現しつつあるのだ。

5. まとめ

生成AIの今日的進展に触発された工芸融合論的考察を美学芸術学の視点で試みた本研究は、想定以上の広く深い問題に多く直面することになった。しかしそれらは芸術学の中核をなす根本問題といってよいものばかりである。これらの考察により、本研究は生成AIの

普及という状況下での工芸融合の理念の問題に取り組んだものである。

注

- [1] 「藝術学関連学会連合」第18回公開シンポジウム
テーマ：「生成AI時代の芸術 Art in the Age of Generative AI」2024年6月1日(土) 13:00~17:00、
於：東洋大学赤羽台キャンパスWELLB-HUB2/
HELSP0 HUB-3 HELSP0ホール
- [2] 吉岡洋「機械の身体 — 美学は人工知能をどう語るのか」(美学会第74回全国大会研究発表、2023年10月15日、於：慶應義塾大学三田キャンパス)
- [3] 日本倫理学会第75回大会ワークショップ「超人間中心主義と芸術 AIやバイオテクノロジーによって作り直される「人間性」をいかに芸術は映すのか」(日本倫理学会第75回大会、2024年9月28日・29日、於：京都大学・吉田キャンパス)
- [4] 2016年に美術家の中ザワヒデキらを発起人として発足。「人工知能美学芸術展」なども開催。
- [5] Murray Shanahan, Kyle McDonell, Laria Reynolds “Role play with large language models” [in: Nature . 2023 Nov;623(7987):493-498.]
- [6] 呉羽真・久木田水生「AIと科学研究」(稲葉振一郎編『人工知能と人間・社会』勁草書房2020年刊、pp.122-169)
- [7] Margaret A. Boden “Creativity” [in:M.A.Boden “AI Its Nature and Furure” Oxford Uni. Press 2016, pp.66-72
- [8] 『人工知能美学芸術宣言』(<https://www.aibigeiken.com/manifesto.html>)
- [9] 日本哲学会編『哲学』第70号(2019年4月刊)
- [10] 日本哲学会編『哲学』第70号、p.24およびp.25。
- [11] マーク・クーケルバーグ『ロボット倫理学』田端暁生訳青土社2024年刊
- [12] クーケルバーグ(Mark Cuckellbergh)は現在ウィーン大学教授(メディア・テクノロジー哲学)。

Fig. 2 構成的発達科学による美意識原型創出仮説



「工藝風土」プロジェクト～東京銀器～ Kougei Fuudo Project -Tokyo Silverware-

景山 貴史
Takafumi KAGEYAMA

東京工芸大学、164-8678 東京都中野区本町2-9-5
2-9-5 Hon-cho, Nakano-ku, Tokyo 164-8678, Japan

概要

本研究では、東京銀器の伝統工芸師である上川宗達氏を対象としたドキュメンタリー映像制作を通して、「ものづくり」を撮影した映像についての分析を実践的に行う。

近年、情報技術等の発達にもなって様々な映像がSNSを中心に氾濫しており、「ものづくり」の工程を記録した映像も多数製作されている。料理や美術品から工芸品に至るまで多様ではあるものの、その多くがステレオタイプ化されているとも言える。撮影方法においても形式化が進み、映像自体も消費品としての性質を帯びている一面がある。本研究では、こうした大量生産・大量消費される時代にあって、見直されるべき人とモノとの関係を問い直し、そこに見出される映像表現について検討を行う。

1. はじめに

本研究の目的は、ステレオタイプ化したものづくりを取材した映像に対して、映像製作者の一人として一石を投じることにある。ドキュメンタリー映像を制作する上で、積極的にものづくりの「作り手の眼差し」を表現することに努め、工芸を生み出す「風土」の存在を描くことで、ものづくり映像における、映像表現の実践的研究を試みる。

2. 東京銀器

2.1 東京銀器とは

東京銀器は主に東京都で作られている金属工芸品で、1979年に国の伝統的工芸品に指定されている。伝統的に用いられてきた原材料は銀で、地金の銀には純度92.5%以上のものが用いられる。

歴史的には江戸中期にまで遡ることができ、銀師とよばれる銀器職人や、櫛、簪などを作る金工師と飾り職人が登場し、町人の間でも銀器や銀道具が広く親しまれていた。

東京銀器の技術技法は鍛金師、彫金師、仕上師とよばれる職人たちによって受け継がれており、製造工程のほとんどは手作業で行われ、鍛金、彫金、切嵌、鑑付けの技法を駆使して様々な製品を

製造している。

2.2 上川宗達氏

本研究の撮影対象である上川宗達氏は、東京銀器の伝統工芸士で、江戸末期から続く銀師としてのワザを受け継いでいる。父である上川宗照に師事し、その後、人間国宝である奥山峰石に師事し研鑽を積んだ。上川氏は日々の仕事において、伝統的技法を独自の発想で捉え直して、銀器の現代的な可能性を追求する試みを続けている気鋭の若手作家である。

本研究では、上川氏が作る銀器の「情報量の多さ」を映像においていかに再現しうるかを探り、この情報量の多さをもたらす作家の審美眼と周縁の風土をドキュメンタリー作品に織り込むことで、工芸品に対する理解の一助となることを目指す。

2.3 作風

上川氏の得意とする銀器における「莫莖目」の技法を尽くした作品などは、極細の槌目を市松模様に見えるように一定間隔で縦横に打ちつける気の遠くなるような作業を繰り返したもので、写真や映像によっては、細工が凝らされた印象はあるものの、どこかくすんだ印象ともなってしまう。しかし、実際に肉眼で現物を目にすると、その槌目の一つ一つが整然としながらも微妙に不揃いで、角度を変える度にあらゆる方向に冷たい火花を散らすような眩い印象を受ける。上川氏のいう、こうした「情報量の多さ」に代表されるような「作り手の眼差し」を、映像として表現することを狙う。

上川氏の制作する銀器は、主に99.99%の純銀からなるもので、一般的なシルバー925(スターリングシルバー)に比べて、反射率が高く、眩い光沢を帯びている。純銀は造形に高度な技術を要するため機械的な量産には不向きであり、意匠を尽くした薬缶状の湯沸(ゆわかし)などは完成までに数ヶ月を要する。大量生産・大量消費の時代に、「人の手で作る意味」を模索する上川氏が、敢えて困難な純銀で銀器を制作し続けるのは、優れた熱伝導率を誇る性質や、唯一無二の光を放つ素材に魅了されたことに加え、純銀という素材が表現する「情報量の多さ」にあるという。

こうした人とモノとの関係性を問い直すような映像表現を検討する。

3. 製作

3.1 準備

まずは東京銀器、上川宗達氏に関する資料データの収集、過去の個展の調査などを実施した。撮影に入る前に、上川氏の工房へ赴き取材すべき対象を選定し、また近年の銀器需要の動向についての調査も進め、今後の取材および撮影計画を作成した。

特に今回の作品制作においては「作家の眼差し」という取材対象者の視点、思考をテーマの一つとして掲げているため、撮影前の取材を複数回実施し、それと並行して工藝風土プロジェクトにおける「工藝」としての上川氏の作品群、「風土」としての東京都台東区を拠点としたロケーションに関する調査を行った。

3.2 撮影

撮影は2024年9月～12月にかけて複数回行った。上川宗達氏の工房である宗達アートクラフトでの撮影はもちろんのこと、上川氏の生まれ育った地である台東区の様々なロケーションも積極的に記録した。

また、上川氏の作品が実際に愛用されている様子や、工房にショップも併設する上川氏が接客を行う様子なども映像として収めることができた。



Fig. 1 工房内で制作する上川宗達氏。

今回の撮影においては、取材時に上川氏の口からも度々聞かれた「情報量の多さ」をいかに映像として表現するかが大きな課題の一つであった。そのため、映像は基本的に4Kサイズで撮影し、要所所でハイスピード撮影や、ズームレンズによる接写、もしくはその両者の組み合わせを行うなど、試行錯誤を繰り返した。

使用した主な機材は以下の通り。

カメラ

SONY ILME-FX3、

レンズ

SONY FE 16-35mm F2.8 GM II、
SONY FE 24-70mm F2.8 GM II、
SONY FE 70-200mm F2.8 GM OSS II、
SIGMA 150mm F2.8 APO MACRO DG HSM。



Fig. 2 銀器作品のクローズアップ。

3.3 仕上げ

編集作業は11月頃から撮影と並行して行ってきた。「作家の眼差し」というテーマをベースに、「工藝」としての上川宗達氏の作品制作工程や、氏が銀作品の魅力として挙げる汎用性の高さと、「風土」としての台東区の様々な風景を、いかに効果的に組み合わせた映像作品として提示できるかを模索してきた。

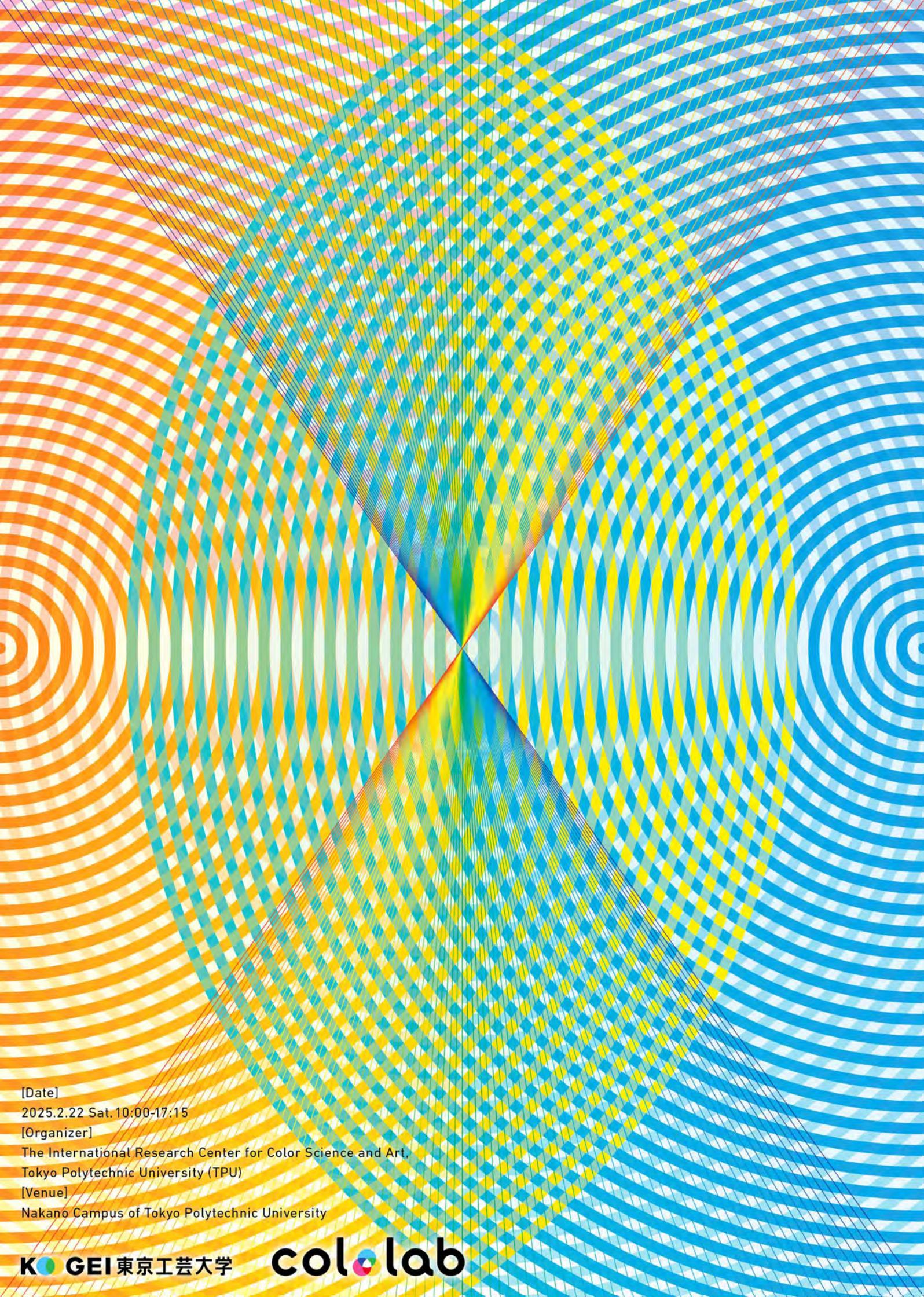
4. 今後の課題

今回、上川宗達氏に取材を重ねる中で、「風土」についての非常に興味深い考察として、江戸時代に徳川幕府によって継続的に発令された「奢侈禁止令」の影響というものがあった。上川氏が手掛ける東京銀器の作品はもちろんのこと、他の分野の作品にも同じような影響の跡を見つけることができ、江戸文化としての共通項に大いに刺激を受けているとのことで、具体的な職人の氏名やその作品についても挙げていただいたが、残念ながら予算とスケジュールの兼ね合いから、そちらの取材撮影までは実現できなかった。

実現すれば工藝風土をテーマとする本プロジェクトにおいて、より多層的な効果をもたらすことが期待されるため、今後も実現の機会を探り続けていきたい。

5. まとめ

本研究における成果はまず第一に映像作品としてまとめられている。今後、作品を公開する機会を設けながら、こちらが意図した通りの効果が得られているか、その検証等も行っていきたい。



[Date]

2025.2.22 Sat. 10:00-17:15

[Organizer]

The International Research Center for Color Science and Art,
Tokyo Polytechnic University (TPU)

[Venue]

Nakano Campus of Tokyo Polytechnic University

KOGEI 東京工芸大学

cololab