

映像表現&コンピュータグラフィックスの 研究開発動向

名手久貴^{†1}, 森谷友昭^{†2}, 向井信彦^{†3}, 山口 健^{†4}

1. まえがき

映像表現&コンピュータグラフィックスに関する研究動向について、①映像制作、②CGと画像処理、③医療応用、④ホログラフィの視点から報告する。「映像制作」、「CGと画像処理」ではポストコロナ禍における映像制作、ACM SIGGRAPH 2022を中心とした技術開発動向について報告する。また、「医療応用」、「ホログラフィ」ではCMBE2022を中心に医療分野における映像情報研究の動向、計算機合成ホログラムの最近の動向について報告する。(名手)

2. 映像制作

当初、新型コロナウイルス蔓延防止の観点からリモートプロダクションや省人員化が求められたが、徐々に映像制作の効率化や演出の観点からさらにそれらが推し進められた期間であった。それにはAIとVRを利用した技術開発に依るところが大きかった。

映像制作においてAIの利用が効率化をもたらした作業に文字起こしやモザイク処理などが挙げられる。従来、映像中の発話の文字化作業では文字起こしを行う映像の長さの6倍の時間¹⁾、モザイク処理作業では1分の映像の処理に60分以上の作業時間を要することもある²⁾というぐらい人手と時間を要する作業であった。

人手と時間を要する文字起こし作業の効率化を図るべく、複数の放送局で音声認識AIを利用した文字起こしアプリケーションが開発された¹⁾³⁾。その中の一つであるTBSが開発した「もじこ」では、「作業時間が半分以下になった」とユーザからの作業効率化の報告があった¹⁾。また、TBSが開発した音声認識AIを利用した「もじば」⁴⁾は、

従来、複数の速記者が行ってきた生放送字幕の付与作業を数週間のトレーニングを受けた人が1人でオペレーションすることが可能になった。これらの成果は、AIの利用が文字起こし作業の効率化に寄与していることを示していた。また、NHKも日英AI翻訳システムを利用し、生放送中の映像に字幕を付与するシステムを開発した⁵⁾。そのシステムを用いて英語字幕の特設ニュースをライブ配信するサービスが開始されている。将来、翻訳精度が上がり、多くの映像にリアルタイムに英語字幕が付与されることが期待される。

モザイク処理も文字起こしとともに人手と時間を要する作業である。近年、個人情報の保護などのために、モザイク処理を要する映像が増加し、それに要する負担が増している。そのモザイク処理を自動的に行うソフトもAIを利用することにより精度が高まった。日本テレビとNTT DATAが開発したモザイク処理ソフト「BlurOn」²⁾では、従来の半分の時間でモザイク処理を行うことができたとのユーザ報告があり、着実な成果を残している。また、NHKはAIを利用して映像の要約を目的とした編集作業を自動化するシステムを開発し⁶⁾⁷⁾、2022年10月に15分から30分のニュース番組を2分程度に要約した映像が配信された。今後は、ニュース番組以外のカテゴリーの映像にも自動編集の可能性が広がることが期待される。

省人員化以外の目的でAIを利用した例としてAIを利用したモノクロ画像のカラー化があげられる。NHKは、以前からAIを利用したモノクロ画像のカラー化の研究を進めてきたが、この研究の成果を応用し、2023年2月5日に放送された番組「カラー化で甦る! 大河ドラマ第1作「花の生涯」」で、大河ドラマ第1作「花の生涯」をカラー化した⁵⁾。今後、過去の多くの映像がカラー化されることでモノクロ映像が撮影された時代の考証がより深まることが期待される。

AIとならびコロナ禍の期間に用いられた技術としてVRがあった。VRを使用した映像制作手法の一つにVRスタジオで制作されるヴァーチャルプロダクションがある。VRスタジオでは、リアルタイムレンダリングされた背景CG映像とトラッキングシステムを持つスタジオカメラの映像をCGエンジンで連携させ、違和感なく合成することによ

†1 東京工芸大学 芸術学部

†2 東京電機大学 未来科学部

†3 東京都市大学 情報工学部

†4 日本大学 理工学部

"Annual Report on Artistic Image Technology and Computer Graphics" by Hisaki Nate (Faculty of Arts, Tokyo Polytechnic University, Tokyo), Tomoaki Moriya (School of Science and Technology for Future Life, Tokyo Denki University, Tokyo), Nobuhiko Mukai (Faculty of Information Technology, Tokyo City University, Tokyo), Takeshi Yamaguchi (College of Science and Technology, Nihon University, Chiba)

り、スタジオカメラで撮影されている空間とは別の空間から撮影されているような演出を可能にした。

VRスタジオによる番組が制作された例は多数あり、テレビ東京では「テレ東音楽祭2022春」, 「TXN 選挙SP 池上彰の参院選ライブ」などで大型LEDディスプレイやグリーンバックの映像とスタジオカメラを連動させることにより番組を制作した⁸⁾。TBSでは、2022年2月に行われた北京オリンピックにおいて、大型LEDディスプレイに表示した360度映像とスタジオカメラの映像を連携させた番組を制作した⁹⁾。

VRスタジオの利用が広がるにつれて、背景CG映像と出演者の連携を図る技術開発も進んだ。NHKは出演者の指し棒の位置を推定し、背景CG映像内の解説資料に手書きした線やアイコンを書き込むことができるシステムを開発した⁹⁾。従来は実物の大型モニタと赤外線センサを用いて手書きで線を描いたりアイコンを置いたりしていたが、大型モニタ上の資料映像自体もバーチャル映像に置き換えることが可能になった。VRスタジオでの映像制作が進むにつれて、実物をバーチャルに置き換えた場合に発生する諸問題を解決する技術が増えていくであろう。

その他の映像制作手法として、日本テレビとキャノンが東京ドームという大規模空間でポリュメトリックビデオを制作し、放送した事例があげられる¹⁰⁾。東京ドームという大規模空間において自由視点映像が制作されたという実績は、今後ポリュメトリックビデオが研究段階から映像制作の手法の一つとして定着する可能性を示すものであった。

音に関してもVRを利用したコンテンツがKDDIから提案された。「新音楽視聴体験 音のVR」というプロジェクトで合唱や楽器の音が視聴者の位置の移動に応じて変化するコンテンツであった¹¹⁾。音楽だけではなく浮世絵中に描かれた人の声や海の波音など浮世絵の世界に入り込んだ感覚が得られるコンテンツも制作された。映像だけではなく音のVR技術も進化することにより、さらなる没入感が得られるコンテンツが制作されることが期待される。

コロナ禍による活動の制限が低減しつつある中、映像制作も活気を取り戻しつつある。コロナ禍の時代に培った省人化やリモートプロダクションの手法が、AIやVRなどの技術を取り入れながら発展し、新たな表現手法が開発されることが期待される。

(名手)

3. CGと画像処理

CGと画像処理については、世界最大規模であり、学術的にも最高峰となっているACM SIGGRAPH 2022 Technical Papersの発表を基に技術動向を紹介する(表1)。ただし筆者は本会議に参加しておらず、プログラム¹²⁾から得た情報で執筆していることに注意されたい。

まずSIGGRAPH 2022 Technical Papersでは、論文の投稿方法に大きな変更があり、2種類の投稿方法が設けられ

表1 SIGGRAPH 2022 Technical Papers各セッションの発表件数
(括弧内はConference Papers)

Computational Photography	8 (1)
Shape Analysis and Approximation	8 (2)
Volumes and Materials	8 (2)
An Ode to Solvers	8 (1)
Neural Objects, Materials and Illumination	8 (3)
Meshing and Mapping	8 (1)
New Wrinkles in Cloth and Shells	8 (1)
Contact and Fracture	8 (0)
Image/Video Editing and Generation	8 (5)
Ray Tracing and Monte Carlo Methods	7 (1)
Sampling, Reconstruction and Appearance	8 (1)
Sketches, Strokes, and Ropes	8 (2)
Design, Direct, Plan and Program	8 (1)
Physics-Based Character Control	8 (4)
Large Scenes and Fast Neural Rendering	8 (2)
Neural Geometry Processing	8 (2)
Convolutions and Neural Fields	8 (2)
Display, Write, and Unwrap	8 (3)
Fluid Simulation	8 (1)
Benchmarks, Datasets and Learning	8 (2)
Differentiable Rendering and Neural Fields	8 (3)
Reconstruction	8 (1)
Reflectance, Shading Models and Shaders	8 (2)
Character Animation	8 (3)
Learning "In Style"	8 (3)
Perception	8 (1)
Computational Design and Fabrication	8 (1)
Phenomenological Animation	8 (2)
Cloth & Patterns	8 (0)
Neural Pets, People and Avatars	8 (3)
Faces and Facial Animation	8 (4)
計	247 (60)

た。従来の投稿方法であるJournal Papersでは採択後、その論文は論文誌ACM Transactions on Graphics (TOG) に掲載される。加えて、2022では、「洗練されていないがインパクトのある論文」の募集を目的として投稿方法にConference Papersが追加された。Conference Papersでは採択されてもConference Proceedingsのみ掲載となる。このConference Papersの追加により、会期中のTechnical Papersの発表件数は247件と、従来から大幅に増加している。2020年は163件、2021年は177件である。そのため発表方法にも変更があった。会期前にオンラインで各投稿論文のプレゼンテーションビデオが事前に公開される。会期中はいずれのセッションも、1件あたり5分から8分の発表時間が設けられ、すべての発表が終わったのち、約30分のInteractive Discussionsの時間が設けられるという方法に変更されている。この変更が好評であったかどうかは気になるところである。

すべての論文を追うことは難しいため、セッション名や、セッション内の論文タイトルからその動向を紹介する。や

はり、セッション名に「Neural」や「Learning」など、機械学習、とりわけ深層学習を用いたものが目立つ。またセッション名に深層学習に関連した語句がなくとも、画像や映像に関連したセッションの論文においてはタイトルから深層学習を用いているものが多く見られ、この傾向は今後も続くものと考えられる。

(森谷)

4. 医療応用

現代の医療分野では非常に多くの映像情報が手術などに活用されている。例えば、超音波 (Ultrasonics)、X線CT (Computerized Tomography)、MRI (Magnetic Resonance Imaging)、血管造影 (Angiography) などがあり、これらの映像は用途や使用方法に応じて選択される。超音波は非常に身近で簡易かつ安全な方法であり、妊婦の胎児を可視化したり、心臓の動きや血流を可視化したりするために用いられる。しかしながら、映像にはノイズが多く含まれる。一方、X線CTは非常にクリアな映像を得ることはできるが、被爆の問題もあり、頻繁に使用することはできない。MRIであれば被爆の問題は生じないが、装置が大型であり、撮像には時間を要する。また、X線CTとMRIとは撮像対象が異なる。血管造影はカテーテルという細い管を用いた低侵襲手術で利用される方法であり、血管や腫瘍などを詳しく検査することはできるが、造影剤の注入が必要であり、また、X線を用いることで被爆の問題が生じる。

医学と工学が融合した学会として、国内では日本超音波医学会、日本コンピュータ外科学会、日本生体医工学会などがあり、海外のConferenceとしてはCARS (Computer Assisted Radiology and Surgery)、iSMIT (The International Society for Medical Innovation and Technology) などがあるが、今回は著者が2022年に初めて参加した国際会議であるCMBE (International Conference on Computational & Mathematical Biomedical Engineering) のProceedingsを基に研究動向を紹介する。CMBE22の発表論文についてProceedingsを基に分類すると表2のとおりとなる^{13) 14)}。なお、表2の分類には著者の主観が含まれていることをご承頂きたい。また、2022年にイタリアのミラノで開催されたCMBE 22はコロナ禍での開催であり、欧米ではほぼコロナが収束したとして現地開催にシフトしていたが、日本では未だ感染は収まっていないため、海外から帰国する際は

PCR検査の陰性証明が必要とされている時期であった。

表2より、依然としてモデリングやシミュレーションに関する発表は多いが、近年における人工知能ブームの影響を受けて機械学習の研究も増えていることが判る。例えば、脳動脈瘤壁の厚みを撮影画像の壁部分における色で分類しようとする研究がある¹⁵⁾。また、さまざまな解剖学的血管構造 (大動脈、冠動脈、肺動脈、脳動脈など) から病状 (大動脈縮窄症、肺動脈高血圧症、先天性心疾患など) を自動判別するためにLASSO (Least Absolute Shrinkage and Selection Operator)、SVR (Support Vector Regression)、及びFully Connected DNNs (Deep Neural Networks) の推定精度を比較検討している研究もある¹⁶⁾。さらには、左心房、左心室、右心房、および右心室という4部屋を持つ心臓のフル3Dモデルを作成し、EulerとLagrangeのハイブリッドシミュレーションを実行する際、フル3Dモデルを用いたシミュレーションには多大な実行時間を要するため、機械学習により計算学的に同値の低次元エミュレータを推測することでリアルタイムシミュレーションを実現する研究もある¹⁷⁾。

このように、医療応用分野でも多くの映像情報が使用されているだけでなく、機械学習を取り入れた多くの研究がなされてきている。さらには、機械学習は画像認識、あるいは領域分割のような単なる静止画や動画における物体の推定だけでなく、計算学的に効率的なエミュレータの推定にも利用されるようになってきている。

(向井)

5. ホログラフィ

近年のディスプレイホログラフィでは、出力可能な計算機合成ホログラム (CGH) の画素数が1,000億を超えるようになってきており、再生像の質感表現がより注目されている。CGHの計算方法には、仮想物体を点の集まりとして考える点光源法、仮想物体にポリゴン形状の面光源を貼り付け光源ごとに計算を行うポリゴン法などがある。点光源法においては、CGの技術を利用して透過、屈折、反射などが含まれるシーンを再生する手法¹⁸⁾やUnityのレンダリングエンジンを用いて写実的な点群を生成する手法¹⁹⁾などが提案されている。一方、ポリゴン法においては、関西大学の西らによって透明物体のレンダリング手法が報告されている²⁰⁾。また、関西大学の桂らは、光線サンプリング面とポリゴン法を組み合わせた手法により、CGの高度なレンダリング技術を用いた奥行き深い像再生を実現している²¹⁾。また、海外のディスプレイホログラフィとしては、Philippe Gentetらによって、120°の視域を持つフルカラーのホログラフィックステレオグラムが出力可能なシステム「CHIMERA」の第3世代が報告されている²²⁾。

デジタルホログラフィの分野においては、インコヒーレントデジタルホログラフィ (IDH) の研究が盛んになってきている。IDHは、インコヒーレント光の自己干渉を利

表2 CMBE 2022の発表論文の内訳

領 域	発表件数
モデリング	62
シミュレーション	27
数値解析	30
粒子法	4
生物流体と生物力学	14
機械学習	18
その他	39

用することで干渉縞を取得する方法で、自然光や蛍光灯、LEDなどの光からも3次元イメージングを行うことが可能となる。NHK放送技術研究所の信川らは、IDHを用いた高精細な動画撮影の技術課題に対する解決策を提案している²³⁾。情報通信研究機構の田原らは、自然光から明瞭な干渉縞が得られ、再生像も得られることを報告した²⁴⁾。ホログラフィディスプレイにおいてはこれまで、実世界の3次元情報を取得することが未来の3次元テレビを実現する上で課題となっていた。今回紹介した技術を発展させることで、実用的な実世界の3次元情報を取得につながることで期待される。

また、ホログラフィの分野においても深層学習を取り入れた研究成果が報告されている。千葉大学の下馬場らはホログラム計算のポストプロセッシングに深層学習を用いた事例を報告している²⁵⁾。埼玉大学の吉川らは、ガボールホログラムを用いた全方位三次元計測において、深層学習を用いた高速な輪郭再生法を報告している²⁶⁾。このように、これまで計算に時間を要したホログラフィの計算において、深層学習を効果的に取り入れる手法が検討されている。

最後に、ホログラフィアートの分野においてトピックスがあったので報告する。2022年の7月16日から9月4日にかけて北九州市立美術館において石井勢津子氏の展示会が開催された²⁷⁾。開催当時はまだコロナ禍にも関わらず、現代アートの展示会としては類を見ない入場者数であったと美術館からの報告があったとご本人から聞くことができた。（山口）

6. むすび

映像表現&コンピュータグラフィックスに関する研究動向について、映像制作、CGと画像処理、医療応用、ホログラフィの視点から報告した。映像表現&コンピュータグラフィックスに関連する研究が深層学習や機械学習などのAI技術を取り入れながら着実に進化していることが確認されており、今後も注目する必要がある。（名手）

（2023年7月27日受付）

〔文 献〕

- 1) 小林祥子：“「もじこ」～文字起こし地獄を救うWEBアプリテレビ局ならではの音声認識AIによる文字起こしエディタの開発”，映情学誌，75，4，pp.556-571（2021）
- 2) 放送技術，76，2（2023）
- 3) 放送技術，74，11（2021）
- 4) 松本隆矢：“地上波ニュース番組へ“ひとり”で“正確な”生放送字幕を付与『もじば』”，映情学誌，76，2，pp.287-289（2022）
- 5) NHK дайり，2022年11月号
- 6) NHK 技研 дайり，2023年3月号
- 7) 望月貴裕，河合吉彦，藤森真綱，前桃子，遠藤怜，浅見雄一郎：“ニュース要約映像作成支援システムの試作”，映情学誌，77，2，pp.262-271（2023）
- 8) 放送技術，76，5（2023）
- 9) 放送技術，75，10（2022）
- 10) 放送技術，75，12（2022）
- 11) <https://time-space.kddi.com/otonovr/>

12) <https://s2022.siggraph.org/program/technical-papers/>

13) Proceedings of CMBE22, Volume-1 (2022)

14) Proceedings of CMBE22, Volume-2 (2022)

15) N. Dupuy, N. Juchler, S. Morel, B.R. Kwak, S. Hirsh and P. Bijlenga: "Exploring Intracranial Aneurysm Instability Markers to Improve Disease Modeling", Proceedings of CMBE22, pp.14-17 (2022)

16) N.L. Rubio, L. Pegolotti, M.R. Pfaller, J. Pham, E.F. Darve and A.L. Marsden: "Machine Learning Models of Junction Pressure Losses for Reduced-order Cardiovascular Modelling", Proceedings of CMBE 22, pp.112-115 (2022)

17) L. Dede, P. Africa, M. Bucelli, M. Fedele, R. Piersanti, A. Quarteroni, F. Regazzoni, M. Salvador and A. Zingaro: "Multiphysics and Multiscale Models for the Numerical Simulation of the Cardiac Function", Proceedings of CMBE 22, pp.366-367 (2022)

18) 奥山，山口，吉川：“計算機合成ホログラムのための写実的な点光源データの高速生成”，3次元画像コンファレンス2018，2-2（2018）

19) 湯浅，山口，吉川：“写実的なアニメータッドホログラムのための点群データ生成手法の提案”，3次元画像コンファレンス2020，8-3（2020）

20) 西，松島：“ポリゴン法CGHにおける透明物体のレンダリング手法”，HODIC Circular，43，2，pp.18-21（2023）

21) 桂，松島：“ポリゴン法と光線サンプリング面を用いたハイブリッド計算法による全方向視差高解像度CGH”，3次元画像コンファレンス2023，10-2（2023）

22) P. Gentet, Y. Gentet, S. Lee: "An in-house-designed scanner for CHIMERA holograms", Proceedings, 12445, Practical Holography XXXVII, 124450E (2023)

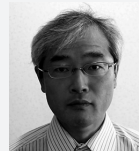
23) 信川，方野ほか：“高精細3次元撮像技術の実現に向けたインコヒーレントデジタルホログラフィの研究”，HODIC Circular，43，1，pp.20-25（2023）

24) 田原，小澤ほか：“自然光多次元デジタルホログラフィ”，HODIC Circular，43，1，pp.15-25（2023）

25) 下馬場，塩見ほか：“深層学習を用いたホログラム計算のポストプロセッシング”，HODIC Circular，42，4，pp.2-7（2022）

26) 吉川，三宅：“ガボールホログラムと深層学習を用いた全方位三次元計測”，HODIC Circular，42，1，pp.13-16（2022）

27) 石井勢津子，河村朱音：“ホログラフィ・アートの先駆者（パイオニア）：石井勢津子”，石井勢津子展実行委員会（2022）



名手 久貴 2001年，大阪大学大学院人間科学研究科博士後期課程修了。2001年，通信・放送機構高度3次元動画画像遠隔表示プロジェクト国内招聘研究員。2003年，東京農工大学産官学連携研究員。同年，東京工芸大学助手。2006年，同大学専任講師。2011年，同大学准教授を経て，2016年より，同大学教授。立体視知覚の研究に従事。博士（人間科学）。正会員。



森谷 友昭 2007年，東京電機大学大学院先端科学技術研究科情報通信メディア工学専攻博士課程入学。2010年，同大学博士課程修了。同年，同大学助教。2018年，同大学准教授となり，現在に至る。コンピュータグラフィックスの研究に従事。博士（工学）。正会員。



向井 信彦 1985年，大阪大学大学院基礎工学研究科博士前期課程修了。同年，三菱電機（株）入社。1997年，米国コーネル大学大学院エンジニアリング分野修士課程修了。2001年，大阪大学大学院基礎工学研究科博士後期課程修了。2002年，武蔵工業大学（現，東京都市大学）助教授。2007年，同大学教授。主としてコンピュータグラフィックスと画像認識に関する研究に従事。博士（工学）。正会員。



山口 健 2004年，日本大学理工学部電子工学科卒業。2006年，同大学院理工学研究科博士前期課程電子工学専攻修了。同年，同大学副手。2007年，同大学助手。2012年，同大学助教を経て，2019年より，同大学准教授。計算機合成ホログラムの研究に従事。博士（工学）。正会員。