

映像表現およびコンピュータグラフィックスの研究動向

向井 信彦^{†1}, 名手 久貴^{†2}, 杉本 志織^{†3}, 山口 健^{†4}

1. まえがき

本稿では、映像表現およびコンピュータグラフィックスに関する研究動向を、①映像制作、②没入型映像の国際標準化動向、③CGと画像処理、および、④3D立体映像、という4つの視点から捉えて報告する。①では、4K8K映像に関わる制作技術を中心に、②では、イマーシブメディアという高没入感を体験できるメディアを中心に、③では、ACM SIGGRAPH2018で発表された論文を基に、さらに、④では、ホログラフィを用いた3D立体映像を中心として最新の話題について報告する。

(向井)

2. 映像制作

2018年は、12月1日に4K8Kの本格放送が開始され、HDを超える高精細映像の商用利用が本格的に始まった年になった。また、2020年の5G商用サービス開始に向けてさまざまな映像配信の実証実験が行われた年でもあった。本節では、2018年に行われた4K8K映像に関わる映像制作技術・技法と2年後に商用サービス開始される5Gを見据えた映像配信の実証実験を中心に記述する。

2018年12月1日にNHKと民放の衛星放送チャンネルで4K8Kの本放送が始まった。NHKは、南極やヨーロッパからの中継を行い¹⁾、新たな4K8K時代への幕開けを象徴する映像を放送した。機材開発および映像制作現場では、4K8K放送が始まるずっと以前から、4K8Kの高精細映像に対応する機材開発や制作方法についての検討および実験が行われてきた。このためInterBee2018で展示されている4K機材は普及段階に達しており²⁾、今後は、放送はHD画質でも、制作時は4K8Kという機会も増加するであろう。

当面、4K8K高精細映像とHD映像が混在することになるため、放送局や映像制作会社では、4K8K映像とHD映像の両方を扱い、相互に変換する場面が増加する。4K8K映像とHD映像の変換には、ダウンおよびアップコンバートだけでなく、HDRからSDRへの変換、またはその逆の変換という色の変換が必要である。このため、各社は独自の変換アプリケーションの開発を行ったり³⁾、コンバータを導入したりと工夫をし、HD、4Kの同時放送や変換のノウハウを蓄積していた⁴⁾。

4K8K対応のカメラは普及期に入ったため、ハイスピードカメラ等の特殊カメラも高精細化を目指し、NHKは8K240Hz単板カメラを用いた4倍速スローモーションシステムを発表した⁵⁾。また、ドローン搭載の4Kカメラから送られた映像のリアルタイム送信を行ったとKDDIが発表した⁶⁾。今後は、ハイスピードカメラ、ドローン付属のカメラ等の特殊カメラも4K8Kに対応していくであろう。

2018年は、4K8Kが普及機を迎えた一方、5Gは本格普及を見据えた映像配信の実証実験が多数行われた。KDDIとATRは、沖縄セルラースタジアム那覇でタブレット端末50台に4K映像の同時配信実験を行った⁷⁾。また、KDDIは、札幌ドームでプロ野球観戦の観客にスマートグラスを配り、対戦成績、球種等の情報や中継映像の配信を行った⁸⁾。ソフトバンクとリコーは360度4KのVR映像の配信実験を行った⁹⁾。読売テレビ放送、NTTドコモも4K映像配信、多視点視聴サービス、360度視聴サービスの実験を行った¹⁰⁾。KDDIは、伊藤園レディスゴルフトーナメントにおいて、5Gを用い4Kハイスピードカメラ映像(4Kスーパースロー映像120fps)のリアルタイム中継をした¹¹⁾。

そのほかのトピックとして、平昌・オリンピック開催中、NHKはロボット実況付きの動画配信を行った¹²⁾。また、NHKスペシャル「ノモンハン 責任なき戦い」では白黒映像をカラー化した映像が用いられた。白黒映像のカラー化にAIを用いることで従来手法に比べ、大幅に時間短縮とコスト削減なされた¹³⁾。

(名手)

^{†1} 東京都市大学^{†2} 東京工芸大学^{†3} NTTメディアインテリジェンス研究所^{†4} 日本大学

"Artistic Image Technology and Computer Graphics" by Nobuhiko Mukai (Tokyo City University, Tokyo), Hisaki Nate (Tokyo Polytechnic University, Tokyo), Shiori Sugimoto (NTT Media Intelligence Laboratories, Kanagawa) and Takeshi Yamaguchi (Nihon University, Chiba)

3. 没入型映像の国際標準化動向

次世代の新しいメディアとして、イマーシブメディアという言葉を聞く機会が増えてきた。イマーシブメディアとは、VRなどに代表される没入感の高い体験を実現するための映像・音声などのメディアを指す。よく知られているものに、360度映像、3Dオーディオ、ポイントクラウド、ライトフィールドなどがある。これらは視点の自由度に応じて3DoF (3 Degrees of Freedom, 回転のみ可能=360度映像)、3DoF+ (360度映像+微小な平行移動)、6DoF (任意の回転・平行移動可能) という呼び方もされる。

これらのメディアによる没入体験を実現する各種技術について、フォーマット・コーデック、システム・API、品質評価など、それぞれの分野で同時並行的に国際標準化活動が行われ、また異なる分野にまたがって仕様のすり合わせも行われている。今後はこれら標準規格によってデバイスやサービスの相互接続が容易となり、この分野の市場成長が加速していくと期待されている。本節では、これら国際標準化活動の動向について解説する。

フォーマット・コーデックについては、JPEG, MPEGとIEEEがそれぞれ標準化を行っている。JPEGは3DoF画像のフォーマットであるJPEG360、さらにライトフィールドのフォーマットであるPlenoを規格化完了している¹⁴⁾¹⁵⁾。これらフォーマットは従来のJPEG系コーデックをコーデックとして利用する。Plenoについては、さらにポイントクラウドとホログラフィへの拡張に向けて検討継続中である。

一方、MPEGはイマーシブメディア全般を取り扱うMPEG-Iを規格化中である¹⁶⁾。MPEG-Iは11のパートからなり、3DoF映像フォーマット、3DoF+映像フォーマット、ポイントクラウドのフォーマットおよびコーデック、6DoFオーディオなどが含まれる。これらは2019年から2020年にかけて順次規格化完了予定となっている。また、スケジュールは未定だがライトフィールド、6DoFビデオなど他のメディアについても検討を進めている。上記のうちフォーマットとしてのみ定義されるものは対象メディアを2D映像の形に変換して符号化し、視聴時にレンダリングするものであり、変換された映像用の符号化には従来の映像コーデックを利用できる。またMPEG-IではさらにポストH.265/HEVCとされるVVCを2020年に規格化予定であり、これ自体はイマーシブメディアに特化しない映像コーデックであるが、各フォーマットと組み合わせることで高効率な配信が可能となる。これらイマーシブメディアは、単体での利用の他にMPEG-DASHやMMTなどの方式で配信することが想定されている。

IEEEはVRとARを取り扱うP2048について検討中である¹⁷⁾。P2048はイマーシブビデオ/オーディオの分類と品

質評価、ファイルとストリームフォーマット、個人識別、安全性評価、ユーザインタフェース、仮想物体と現実空間との相互運用機能、自動車用ARのフレームワークなど12のパートからなる。

システムやAPIについては3GPP, VR-IF, Khronosなどが検討を行っている。3GPPは2017年に5G向け3DoF VRの制作・配信・視聴システムの仕様を3GPP TR 26.918として、2018年にストリーミングサービスの仕様を3GPP TS 26.118としてまとめた¹⁸⁾。この仕様では、MPEG等のコーデック・配信方式に基づいた配信システム全体の仕様や追加のメタデータ、およびシステムとデバイス・アプリケーションとの間のAPIなどを定義している。これらはさらにXR (VR/AR/MR) への拡張および3DoF+, 6DoFへの拡張について検討継続中である。また、品質評価やリアルタイム通話用のオーディオコーデックとシステムなどの仕様も別途検討されている。

VR-IFでは、2018年に3DoF VR関連のガイドラインをまとめた¹⁹⁾。これは3DoF VR視聴システムに関するコンテンツ製作者・配信事業者・アプリケーション開発者向けのガイドラインになっており、フォーマット、コーデック、配信方式、レンダリング方式、API、セキュリティに関する仕様がまとめられている。レンダリングをエッジで行う場合・クライアントで行う場合や、エッジで品質を落として伝送する場合など、複数のケースを想定した仕様が用意されている。1.0版では3DoF映像のダウンロードまたは非リアルタイム配信、2.0版ではライブ配信への対応、テキスト情報への対応や電子透かしなどのセキュリティ機能の追加が完了しており、以降の版ではXRや6DoFへの拡張が予定されている。

Khronosでは、2019年にXR用のプラットフォーム・デバイス・アプリケーション間APIをOpen XRとしてまとめた²⁰⁾。これはHMDなどのXRデバイスとSteamVRやOculusなどのプラットフォームを繋ぐAPI、およびプラットフォームとUnityやWebXRなどのアプリケーションエンジンを繋ぐAPIの2種類からなる。これにより、いずれのプラットフォーム・デバイス・アプリケーションの開発においても接続先を意識する必要がなくなると期待されている。

品質評価についてはQUALINET, VQEG, ITU-Tなどが検討を行っている。QUALINETはImmersive Media Experiences (IMEX) タスクフォースおよびVQEGとの合同チームJQVIMを設立し、評価フレームワーク・方式について検討している。VQEGとITU-Tは2019年中にG.QoE-VRとしてVR一般の品質評価、また別途P.360-VRとして3DoFのHMD視聴に関する主観評価、G. QoE-ARとしてARに関する品質評価をそれぞれ規格化する予定になっている²¹⁾。

(杉本)

4. CGと画像処理

CGと画像処理については、世界最大にして最高峰であるACM SIGGRAPH 2018で発表されたTechnical paperを基に技術動向を紹介する。まず、SIGGRAPH 2018におけるTechnical paper分類をProceedings²²⁾にしたがってセッション毎に示すと、以下のとおりとなる。

- (1) A Race to the Bottom (of the Geometric Energy Plot) 5件
 - (2) An Immersion in Computational Geometry 5件
 - (3) Computational Photography 5件
 - (4) Cloth Encounters of the Shirt Kind 4件
 - (5) Smart Integration for Real-Time Rendering 4件
 - (6) Virtually Human 4件
 - (7) Cleaning Up the Mesh We Made 4件
 - (8) Computational Photos and Videos 4件
 - (9) Interaction/VR 4件
 - (10) Image & Shape Analysis with CNNs 5件
 - (11) Layers, Glints and Surface Microstructure 5件
 - (12) Cutting, Zipping and Folding Surfaces 4件
 - (13) That's Elastic! 4件
 - (14) Volume Rendering and Global Illumination 4件
 - (15) Fluids I: Raiders of the Lost Volume 5件
 - (16) Taking Flight 5件
 - (17) Fields and Remeshing 4件
 - (18) Fluids 2: Vortex Boogaloo 4件
 - (19) Sketching 4件
 - (20) 3D Capture 5件
 - (21) Flatting, Unflattening and Sampling 5件
 - (22) Sounds Good! 5件
 - (23) Computational Cameras 4件
 - (24) Decision & Style 4件
 - (25) Deep Thoughts on How Things Move 4件
 - (26) Perception & Haptics 4件
 - (27) Learning for Rendering and Material Acquisition 5件
 - (28) Textiles & Microstructures 5件
 - (29) Design 4件
 - (30) New Additions (and Subtractions) to Fabrication 4件
 - (31) Pipelines and Languages for the GPU 4件
 - (32) Animation Control 5件
 - (33) Disorder Matter: from Shells to Rods and Grains 4件
 - (34) Shape Analysis 5件
 - (35) An Atlas for the World and Other Surfaces 4件
 - (36) Fabrication for Color and Motion 4件
 - (37) Portraits & Speech 4件
 - (38) Bodies in Motion Human Performance Capture 4件
- SIGGRAPH 2018のTechnical Papersは上記のとおり総計で166件であり、上記について類似セッションをまとめ

ると以下のとおりとなる。

- (a) CG Geometry 32件 [内訳: (1), (2), (7), (12), (17), (21), (34)]
- (b) CG Rendering 13件 [内訳: (5), (11), (14)]
- (c) CG Animation 9件 [内訳: (6), (32)]
- (d) Physical simulation 17件 [内訳: (4), (13), (15), (18)]
- (e) Image processing 37件 [内訳: (3), (8), (10), (16), (19), (20), (23), (28)]
- (f) VR/AR 8件 [内訳: (9), (26)]
- (g) Others (Complex Area) 50件 [内訳: (22), (24), (25), (27), (29), (30), (31), (33), (35), (36), (37), (38)]

上記においてOthersとは複数の領域に跨っている論文であるため当然数は多くなるが、これを除くとImage Processingの領域が最も多い。これはCGの領域を複数に分割していることもあるが、最近のDeep Learningに関する論文が多いことも影響しているようである。したがって、今回は最近注目を集めているDeep Learningに関する論文を幾つか紹介する。

まず、Deep Context-Aware Descreening and Rescreening of Halftone Image²³⁾は、点列の集合でグレースケール像を表現するHalftone Imageから点列をなくしてグレースケール画像にするDescreeningと、グレースケール画像を再び点列の集合としてグレースケール表現を行うRescreeningのために、Deep Learningを用いた研究である。なお、Rescreeningする際に画像を編集することも可能であり、人間の顔を別人に入れ替えてHalftone画像を出力することができる。Deep Learningには条件付きGANs (Conditional Generative Adversarial Networks) を用いている。

次に、Deep Exemplar-based Colorization²⁴⁾は、Deep Learningを用いてグレースケール画像のカラー化を行う研究であり、LearningにはCNN (Convolutional Neural Network) をベースとしたVGG-19を用いている。Networkは画像間の類似性を調べるSimilarity sub-netとカラー化を行うColorization sub-netから成り、色空間はCIE Labを採用している。Target画像をカラー化するためにはReference画像が必要で、色はTarget画像とReference画像におけるaとbの成分のみを用いて推測し、Lの成分はTarget画像のLの成分をそのまま用いる。また、Reference画像はユーザが与えることもできるが、システムがカラー化に最適な画像を推奨することもできる。

最後にもう一つDeep Learning関係の論文を紹介する。Neural Best-Buddies: Sparse Cross-Domain Correspondence²⁵⁾は二つの画像から共通する特徴点をDeep Learningにより求める手法の研究であり、CNNをベースとしたVGG-19を用いている。二つの画像に共通するBest Buddies Pairs (BBPs) を探索する考えはすでに存在するが、本論文では

さらにNeural Networkを用いてBBPを探索するという意味で、Neural Best Buddies (NBBSs) としている。画像のGaussian Pyramidを作成し、VGG-19によって特徴点を学習するが、学習では意味的matchingとエッジやコーナーなどの幾何的matchingの両方を行うことで精度を向上させている。なお、本手法を応用すると画像合成やモーフィングも行うことができる。

(向井)

5. 3D立体映像

近年のホログラフィを用いた3次元ディスプレイの研究は、性能の向上した出力装置を利用した再生像の画質の改善が盛んである。レーザプロッタを改良したシステム²⁶⁾や感光材料に計算した干渉縞を光学的に縮小して転写するシステム²⁷⁾を用いた、高解像度な計算機合成ホログラムの研究結果が多く報告されている。特に関西大学のデジタルホロスタジオでは、自前の研究だけでなく外部機関との共同研究を多数報告している。文献²⁸⁾では、105 mm × 105 mmのホログラムの奥100 mm立方の空間に部屋の立体像を鮮明に再生することに成功している。文献²⁹⁾では、半透明物体の再生に取り組んでいる。2Dディスプレイで半透明物体を表示する場合は最終的な色を計算するだけだが、計算機合成ホログラムでは半透明物体後方の光波が必要となる。そこで、関西大学の柳谷らはこれまで光波の遮蔽に利用していたシルエット法にアルファ値を反映させた不透明度を適用することで、後方の光波に重みをつけて計算することができるようになった。CGの分野に対して計算機合成ホログラムで再生可能な像の質感は現在遅れている。そこで、日本大学の湯浅らはUnityを用いた計算機合成ホログラム用の点群データの生成手法を提案した³⁰⁾。点群データ生成のためには、3DCGシーンのレンダリング画像とデプスマップが必要となる、レンダリング画像にUnityのゲームエンジンを利用することでフォトリアリスティックな像の再生に成功している。

電子ホログラフィックディスプレイが実用化されない要因の一つに、計算機合成ホログラムを表示するためのディスプレイサイズと再生像全体を観察するために必要な視野角を独立に設計できないことがあげられる。この解決手法として、天野らはホログラフィック光学素子(HOE)スクリーンを用いて3次元像の形成をするディスプレイの提案をしている³¹⁾。HOEスクリーンは入射光を任意の1点に集光させるために軸外し凹面鏡の位相分布が記録されており、空間光変調器に表示した干渉縞からの再生像を投影レンズを用いて、HOEスクリーンに投影することで像を観察する。これまでの研究では奥行き深い像の歪みが大きくなる問題があったが、干渉縞生成時に補正をかけることで歪みのない像の観察に成功している。

産業界では、Ultimate-Holographyが高精細なホログラムプリンタから出力されるCHIMERAを発表した³²⁾。ホログ

ラムプリンタは、多数の視差画像から構成された光線画像を物体光とし、参照光と干渉されることで反射型のホログラムが記録できるものである。この際、一度に記録される要素は数mmからサブmm程度であるため、ステージなどを用いてタイル状に露光することで大型のホログラムを実現している。今回のCHIMERAは1要素の大きさが0.25 mmと高精細な記録を可能としており、視域も120度を実現している。ホログラムプリンタとしては、丸山らが2008年に1要素0.05 mmの高精細な結果を報告している³³⁾が、製品として安定的に出力されるCHIMERAは非常に魅力的である。(山口)

6. むすび

本稿では、映像表現およびコンピュータグラフィックスの研究動向を①映像制作、②没入型映像の国際標準化動向、③CGと画像処理、および、④3D立体映像、という4つの視点から捉えて報告した。映像技術はコンピュータの発展に伴ってますます高精度化しており、またさまざまなメディアとして活躍している。このため、今後における映像技術の動向は常にウォッチしておかなければならない。

(向井)

(2019年8月4日受付)

【文 献】

- 1) 放送技術, 72, 4 (2019)
- 2) 放送技術, 72, 1 (2019)
- 3) 放送技術, 71, 12 (2018)
- 4) 放送技術, 72, 2 (2019)
- 5) NHK 技研だより, 157 (2018)
- 6) <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2018/06/14/3202.html>
- 7) 日経 xTECH, 2018年3月26日掲載
- 8) 日経新聞電子版, 2018年10月3日掲載
- 9) 日経新聞電子版, 2018年11月9日掲載
- 10) 日経新聞電子版, 2018年10月4日掲載
- 11) <https://news.kddi.com/kddi/corporate/newsrelease/2018/11/12/3480.html>
- 12) NHK 技研だより No. 156 (2018)
- 13) 谷卓夫: “人工知能で白黒フィルムの映像を自動でカラー化 ～4K・AIでふくらむフィルム番組・映像の可能性2～” 放送と調査, 8, pp.82-85 (2018)
- 14) <https://jpeg.org/jpegsystems/index.html>
- 15) <https://jpeg.org/jpegpleno/>
- 16) <https://mpeg.chiariglione.org/standards/mpeg-i>
- 17) https://standards.ieee.org/project/2048_1.html
- 18) https://www.3gpp.org/news-events/1981-vr_ws2
- 19) <https://www.vr-if.org/>
- 20) <https://www.khronos.org/openxr>
- 21) <https://www.its.bldrdoc.gov/vqeg/projects/immersive-media-group.aspx>
- 22) SIGGRAPH 2018 Proceedings, Technical Papers (2018)
- 23) T.H. Kim: "Deep Context-Aware Descreening and Rescreening of Halftone Image", ACM Transactions on Graphics, 37, 4, Article 48 (2018)
- 24) M. He, D. Chen, J. Liao, P.V. Sander and L. Yuan: "Deep Exemplar-based Colorization", 37, 4, Article 47 (2018)
- 25) K. Aberman, J. Liao, M. Shi, D. Lischinski, B. Chen and D. Cohen-Or: "Neural Best-Buddies: Sparse Cross-Domain Correspondence", 37, 4, Article 69 (2018)
- 26) 関大デジタルホロスタジオ, <http://holography.ordist.kansai-u.ac.jp/digitalholostudio/>

- 27) 岩本拓己, 山口健, 吉川浩: “新フリンジブリタを用いた種々の計算機合成ホログラムの出力”, 映情学技報, AIT2018-133 (2018)
- 28) 五十嵐俊亮, 柿沼建太郎, 中村友哉: “室内空間再生型ホログラフィック3Dディスプレイの計算法”, 3次元画像コンファレンス2019, p.10 (2019)
- 29) 柳谷太一, 松島恭治: “ポリゴン法CGHにおけるアルファブレンディングを用いた半透明モデルのレンダリング”, 3次元画像コンファレンス2019, p.4 (2019)
- 30) 湯浅尚樹, 吉川浩, 山口健: “Unityを用いたCGHレンダリングソフトウェアの開発”, 3次元画像コンファレンス2019, 1-1 (2019)
- 31) 天野洋, 市橋保之, 角江崇, 涌波光喜, 橋本大志, 下馬場朋禄, 伊藤智義: “HOEスクリーンを用いたホログラフィック投影型ディスプレイにおける点群像の歪み補正と光学再生”, 3次元画像コンファレンス2019, 2-2 (2019)
- 32) CHIMERA, <https://www.ultimate-holography.com/chimera>
- 33) S. Maruyama, Y. Ono, M. Yamaguchi: "High-density recording of full-color full-parallax holographic stereogram", Practical Holography XXII: Materials and Applications, Proc. SPIE, 6912, 69120N-1-10 (2008)



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)工学部助教授。2007年, 同大学知識工学部教授。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。



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, 東京工芸大学芸術学部助手。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。立体知覚の研究に従事。博士(人間科学)。正会員。



杉本 志織 2010年, 早稲田大学先進理工学研究科物理および応用物理学専攻修士課程修了。同年, NTTサイバースペース研究所入社。現在, NTTメディアインテリジェンス研究所にて, 映像符号化の研究開発および国際標準化活動に従事。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。



イラストで学ぶ ヒューマンインタフェース 改訂第2版

北原義典 著

本書は, 2011年に同著者により執筆, 発行された同名の書が8年の歳月を経て改訂第2版として発行されたものである。初版が好評ゆえ, 何刷りもされた結果の改訂版の発行と思う。私も, 自身の講義「ヒューマンコンピュータインタラクション」の参考書の一つとして学生に本書を紹介してきた。

改訂第2版は, 初版に比べ, ページ数が32ページ増え, 図も全面的にカラー化されている。にもかかわらず, 価格(税別)は据え置きである。GUI(グラフィカルユーザインタフェース)関係の章が独立して, さらに充実したこと, CSCW関係の章がなくなった点が, 構成上の大きな変更である。

本書は, ヒューマンコンピュータインタラクションを系統だって学ぶには良い本だと思う。人間の知覚・認知特性, インタフェースの設計原則, インタフェースデバイスについて, 説明したうえで, 広く普及しているユーザインタフェースである

GUIについて, 詳しく具体的に説明している。また, インタフェースの評価法についても, 述べている。ヒューマンエラーやユニバーサルデザインについて, それぞれ, 章を割いて詳説しているのも本書の特徴である。

改訂第2版では, 最近のインタフェースデバイスの進展, 情報環境の変化を踏まえた改訂や, ヒューマンコンピュータインタラクション分野への人工知能の導入の活発化を踏まえた記述を増やしているものも, GUIを主軸にした解説を行っていることは変わらない。評者としては, 対話インタフェースやジェスチャインタフェースなどのナチュラルユーザインタフェース, ロボット, アンドロイドなどの擬人化インタフェース, VR/AR/MRなど実社会での適用例が大幅に増えたヒューマンコンピュータインタラクションを, 著者が, どう体系的に説明するのかは興味深かったのであるが, もっとも, これらをまともに取り込むと, 内容が広がりすぎてページ数が大幅に増えることになるので, 現在も主流のGUIを, あえてメインにしたのではないかと思う。

改訂第2版も, ヒューマンコンピュータインタラクションの入門教科書として良書であるので, この関係を勉強したい人にじっくり読んでいただきたいと思う。

紹介 八木伸行(東京都市大学)

講談社刊(2019年6月20日発行), A5版, 256頁, 定価: 2,600円+税