



## AR 丸分かり教室～基礎から最新動向まで～

池田聖<sup>1)</sup>, 酒田信親<sup>2)</sup>, 山本豪志朗<sup>3)</sup>

- 1) 立命館大学情報理工学部 (〒525-8577 滋賀県草津市野路東 1-1-1, ikeda.sei.jp@ieee.org)  
 2) 奈良先端科学技術大学院大学先端科学技術研究科 (〒630-0192 奈良県生駒市高山町 8916-5, sakata@is.naist.jp)  
 3) 京都大学医学部附属病院 (〒606-8501 京都府京都市左京区聖護院川原町 54, goshiro@kuhp.kyoto-u.ac.jp)

**概要:** 本オーガナイズドセッションでは、拡張現実感に関する学術体系を網羅的に取り上げ、それらを整理し解説する。具体的には、ディスプレイ、トラッキング、コンピュータビジョン技術、コンピュータグラフィクス技術、幾何的・時間的・光学的整合性、インタラクション、分散システムに関して広範囲を概説する。その後、その中でもディスプレイ、コンピュータビジョン技術、インタラクションを取り上げ、最新動向を付け加えて発表する。

**キーワード:** ARの教科書, 拡張現実感, 複合現実感

### 1. OS 開催動機

拡張現実感 (augmented reality) は、我々が普段から目にする風景に対して、あたかも実物のように計算機内の様々な情報を配置する技術である。また、近年、Oculus Rift や HTC Vive, PlayStation VR などの拡張現実感にも応用可能な商用ヘッドマウントディスプレイ (HMD Head Mounted Display) が次々に発売されている。この動向からも世間一般の拡張現実感の盛り上がりが伺い知れる。また、拡張現実感技術も手がける世界最大の IT 企業の一つである Google の 2018 年第一四半期の売上約 86% が広告収入であり、その広告の多くが現在スマートフォンのアプリケーションやデスクトップパソコンのブラウザ上に掲載されている。拡張現実感技術により、将来こうした広告の掲載場所が、日常目にするすべての物や空間に拡大されるかもしれない。こうした単純な想像をするだけで、現段階では技術が成熟していないにせよ、拡張現実感技術に秘められた能力が十分に垣間見られ、恐ろしく将来性のある技術だということが分かるだろう。

拡張現実感では、ある一つの技術を研究し、それが技術的臨界点を突破した時にブレークスルーがおこり一挙に世の中に普及するタイプの技術分野ではない。元来、様々な分野の技術の組み合わせで構成される拡張現実感では、個々の構成要素が、ある一定の技術的な性能や安定性を満たし、それらが連携することで最終的に情報サービスとして提供される。例えば、机の上の基準マーカに CG (computer graphics) を重畳表示する場合、カメラからの入力をデジタルデータとして計算機に取り込み、画像データを二値化し、

エッジ検出後に直線を抽出、Homography 行列の推定、そして、その行列によって CG を射影変換し重畳表示する。拡張現実感では、比較的簡単な部類であるマーカベースのものを実現するだけでも、これだけの処理が必要となる。ここに、マーカを用いない場合では、自然特徴点の抽出とそれらの対応からオプティカルフローを検出し、その結果よりカメラの位置姿勢や移動量を決定し、それに応じて重畳する CG オブジェクトを画像上で移動しなければならない。また、手が遮蔽物として入力画像に映り込む場合は追跡処理のロバスト (頑健) 化が必要であるし、CG と実物体の奥行き関係などの三次元の幾何学的整合性を保ちたい場合は、周辺環境の三次元再構築が必要となる。その処理を RGB カメラで行うのか、また深度カメラで行うのか、組み合わせたもので行うのかといった決定もある。しかし、これらの課題を解決しながらもコンピュータ内部で CG が生成されただけである。さらに、実環境で移動しながらこれらの CG を閲覧するには、HMD などの表示デバイスが必要とする。当然のことながら拡張現実感で多用される HMD も多くの要素技術で組み上げられており、上述の処理に求められるのと同様に性能や安定性を要求される。むしろ、電池・発熱・重量・装着具・個人対応など、現実世界の物理法則への対処や人間工学の考えを取り入れなければならない点で実装には手間がかかるとも言える。もし、ここまでの課題を解決し、要素技術の組み合わせがうまく動いたとしても、いままでの保守的なコンピューティングと違い拡張現実感の実世界とのすり合わせが必要となる。例えば、デスクトップ PC 上で動くコンピュータゲームでは、人間とコンピュータのインタラクション空間はコンピュータ内である。コンピュータの画面内に生成された CG オブジェクトに対して、コンピュータ上で選択し、その結

Sei IKEDA, Nobuchika SAKATA, and Goshiro YAMAMOTO

果はコンピュータの画面内で表示される。ところが、拡張現実感では人間とコンピュータのインタラクション空間は基本的に実世界である。実世界の空間に基づいて表示されたCGオブジェクトに対して、使用者自身の身体や実世界の道具を使って選択し、その結果は実世界に基づいて表示される。しかし、我々が定義しなければ存在しないコンピュータ内の空間と違って、実世界は我々が定義する前から存在しているため、我々の思い通りに実世界を統制することは極めて難しい。実世界の環境の変化に応じて実時間で拡張現実感による情報サービスを提供することは、実世界と人間とコンピュータの関係を素早く深く把握し続けることが必要とされている。

この意味するところは、重畳するCG生成や位置姿勢追跡のためのコンピュータグラフィクスやコンピュータビジョン技術はもちろんのこと、HMD作成や運用に必要なディスプレイ技術、拡張現実感システムの入出力を定義し快適なインタラクションを実現するためのデザインパターンやインタフェース工学への理解、身体性を考慮した入出力や機器の快適な装着位置や方法に関連する人間工学の知識、最後にそれらをシステムとして組み上げた場合に実時間性や頑健性を担保するためのソフトウェアアーキテクチャやネットワークの知識も必要となる。これら「コンピュータグラフィクス」「コンピュータビジョン」「ディスプレイ技術」「デザインパターン」「インタフェース工学」「人間工学」「ソフトウェアアーキテクチャ」「ネットワーク工学」の用語一つ一つが、それぞれ体系化された一つの研究分野となっている。これは拡張現実感自体が確立された技術の集積であることや拡張現実感を実現するには広範囲の専門知識が要求されることの証左であるといえる。

ここで問題となってくるのは、要求される技術の一つ一つは体系化され分野として確立されているが、拡張現実感の分野そのものを俯瞰し整理し体系化することは余り行われていなかった。この現状を自動車で例えると、エンジン・パワートレイン・ホイール・タイヤ・ステアリング・電装系の詳しい書籍はあるが、快適で安全な運転を実現する自動車を組み上げる指南書は無い状態と言える。現代の自動車製作では共通部品化が進んだことで、各自動車メーカーはコンセプトに基づき自社生産したパーツだけに頼らずにそれを組み上げる。これら組み上げられるパーツに相当するのが、拡張現実感では各分野の技術であり、これらが成熟してきたことが近年の大きな変化である。1990年代や2000年初頭の拡張現実感システムでは、パーツ一つ一つを削り出すように、必要な要素を開発し統合していたが、近年では他分野である程度完成された技術を組み合わせ、拡張現実感システムを構成することが多くなった。この組み合わせを行うために、一つ一つの分野を深く理解することは理想的で目指すべきではあるが、その分野は成熟したものなので非常に時間がかかり、万人に求めるものではない。また、各要素技術を容易に利用可能とはなってい

るが、多様な選択肢が存在し、拡張現実感の初学者にとっては、どこから手を付けていけばいいのかわからず、やはり敷居と困惑の度合いが高くなっているとも考えた。

そこで、世界的にも同じ悩みを抱える教育者や研究者は多いはずと考え、早速あるものに辿り着いた。“Augmented Reality-Principles and Practice, Addison-Wesley, 2016”という書籍である。これはDieter Schmalstieg氏とTobias Höllerer氏が中心となって執筆されており、拡張現実感に関する研究論文への参照数が最も多く、近年の拡張現実感の学術体系を網羅する唯一の教科書である。そこで我々は、本OSでこの書籍を参考としながら、拡張現実感を網羅的に把握し、体系化し、それを発表する。具体的には、ディスプレイ、トラッキング、コンピュータビジョン技術、コンピュータグラフィクス技術、幾何的・時間的・光学的整合性、インタラクション、分散システムに関して広く浅く解説する。

## 2. 登壇者紹介

### 池田聖

2006年 奈良先端科学技術大学院大学情報科学研究科博士後期課程修了。同研究科および大阪大学大学院基礎工学研究科の助教を経て、現在 立命館大学情報理工学部講師。複合現実感、コンピュータビジョンの研究に従事。博士(工学)。

拡張現実感の実現に必須となっている位置姿勢追跡のためのコンピュータビジョン技術に関して、旧来の技術をはじめ最新の動向を含みつつ発表する予定である。

### 酒田信親

2007年 筑波大学大学院システム情報工学研究科博士課程修了。大阪大学大学院基礎工学研究科助教を経て、現在 奈良先端科学技術大学院大学先端科学研究科准教授。拡張現実感、遠隔協調作業での実世界指向インタフェース研究に従事。博士(工学)。

拡張現実感システムの入出力を定義し快適なインタラクションを実現するためのデザインパターン、旧来の技術から最新の動向を含めつつ発表する予定である。

### 山本豪志朗

2009年 大阪大学大学院基礎工学研究科博士課程修了。岡山大学大学院自然科学研究科および奈良先端科学技術大学院大学助教を経て、現在、京都大学医学部附属病院特定講師。ヒューマンコンピュータインタラクション、拡張現実感、医療情報学等の研究に従事。博士(工学)。

身体性を考慮した入出力や機器の快適な装着位置や方法に関連する人間工学の知識に関して、旧来の技術から最新の動向を絡めつつ発表する予定である。