

ISMAR2014 会議報告

小山田 雄仁^{*1} 五十川 麻理子^{*2} 森 尚平^{*3} 藤本 雄一郎^{*4} 武富 貴史^{*4}

Abstract - 複合現実感に関する国際会議である IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) が、2014 年 9 月 8 日から 12 日にドイツ・ミュンヘンのミュンヘン工科大学で開催された。本報告では、本会議の開催報告及び主要発表について紹介し、複合現実感に関する研究の動向を探る。

Keywords : 複合現実感, 拡張現実感, 会議報告, ISMAR

1 概要 (小山田)

複合現実感に関する国際会議である IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality (ISMAR) が、約 430 名の参加者を集めて 2014 年 9 月 8 日から 12 日にドイツ・ミュンヘンのミュンヘン工科大学 (TUM) で開催された。5 日間の内、最初の 2 日間 (9 月 8, 9 日) はワークショップ・チュートリアル、後半 3 日間 (9 月 10~12 日) はメイン会議に割り当てられた。メイン会議では、Science and Technology と MASH'D¹ という 2 つのトラックが並行して行われた。セッションは通常の間頭発表による Paper セッションとパネルディスカッションを行う Panel セッションに加えポスター・デモ発表セッションが常設されていた。ポスター・デモ発表はメイン会議初日の One Minute Madness と呼ばれるセッション (図 1 参照) で研究紹介を行い、会議中は各常設ブースで発表を行っていた。間頭発表 33 件のうち、Long paper は 14 件 (投稿件数 47)、Short paper は 19 件 (投稿件数 40 件、10/19 件は Long paper として投稿)、ポスター発表は 55 件の投稿中 40 件が採択された。日本からの発表は Long paper は 3 件、Short paper は 1 件だった。また、今回から Long, Short paper が Poster として採択されることが無くなった。

2 基調講演 (小山田&五十川)

基調講演はメイン会議の期間に毎日 1 件ずつ行われた。コンピュータビジョン、医療といった広範にわたる分野の講演を聞ける貴重な講演だった。

1 件目の基調講演は、Takeo Kanade (CMU) による Smart Headlight に関する講演であった。車のヘッド

^{*1}早稲田大学

^{*2}NTT メディアインテリジェンス研究所

^{*3}立命館大学

^{*4}奈良先端科学技術大学院大学

¹前回の ISMAR では AMH (Art, Media & Humanities) と呼ばれていた



図 1 Demo/Poster One Minute Madness

ライトを悪天候下でも有効に使うためのコンピュータビジョンの技術とプロジェクタによる可視化といった話を通して、実生活上で生じる問題を解くための AR を紹介した。

2 件目の基調講演は、Terry Peter (Robarts Research Institute) による VR による心臓外科手術のシミュレーションに関する講演であった。低侵襲性手術をする際に体内を観る方法 (例えば超音波画像) は映像の質が高くないが、AR 空間で手術のシミュレーションをして本番に臨む、手術中に体内臓器や手術器具を AR 表示するガイダンスを導入することで、無駄なメスの動きなく治療を施すことができ、患者の負担を軽減することが可能になる。

最終日の基調講演は、HIT lab の創設者である Tom Furness (Washington University) による講演だった。歯の治療等の、苦痛を伴う治療であっても HMD を装着しゲームを楽しむなどして仮想空間に意識を集中させることで苦痛を軽減可能である、という被験者実験を例に挙げ、AR 技術の可能性について講演した。

3 S&T セッション

以下、S&T セッションの内容を述べる。セッション毎の Long/Short paper の内訳は表 1 に示す。

表1 口頭発表の論文内訳. 括弧内数字は日本からの発表.

	App.	Rendering	UI	Recon.&Fus.	Tracking	OST	VST	Medical	Total
Long	1	3(1)	2(1)	2	2	2(1)	1	1	14(3)
Short	3(1)	2	2	2	3	2	3	2	19(1)
Total	4(1)	5(1)	4(1)	4	5	4(1)	4	3	33(4)

3.1 Applications (五十川)

本セッションでは、AR/MR技術のアプリケーションへの適用という観点で4件(内Long paper1件)の発表が行われた。本セッションに限ったものではないが今回のISMARを通してHMD環境での作業支援に高い注目が集まっていると感じた。その一つである奈良先端大のKrichenbauerらによるTowards Augmented Reality User Interfaces in 3D Media Productionを紹介する。

3Dモデリングは通常Maya等の複雑な編集ソフトを用いて行うものであるが、この作業をHMDなどを装着し両手を用いて仮想空間で行うことにより、自由度の高いアニメーションの製作や3Dオブジェクトの変形等をより直感的かつ素早く行うことが可能である。しかし、手の動作を用いた操作にはバリエーションの限界がある。そこでKrichenbauerらは世界54か国の3Dモデリング従事者へサーベイを実施し、このような操作に向けたユーザインタフェースの必要要件を調査した。提案インタフェースは2種類のインタフェースから構成される。1つ目は、回転・縮縮・平行移動操作のための両手の直観的な動作のみに基づくUIである。2つめは、従来のモデリングソフトに見られる2Dメニューを用いたものであるが、下位層のメニューを手前に浮かせて表示する等の工夫がされたものである。通常モデリングソフトが同時に2自由度のみを操作可能であるのに対し、仮想空間での操作では6自由度の操作が可能となる。本研究ではさらに両手で異なる操作を行うことにより、同時に9自由度の操作が可能になるとのことであった。

3.2 Rendering (森)

このセッションではBest Long Paper Awardを含む5件(内Long Paper 3件)の発表が行われた。現実と仮想の光学的不整合の解消や可視化の研究に加え、音像提示に関する研究を1件含む。

Rohmerらの発表はBest Long Paper Awardに選ばれた照明賦与に関する研究だった。直接光及び間接光の高精度な照明賦与を実現できるにも関わらず、タブレットPC上で動作するよう工夫されている。具体的には、サーバクライアントモデルの採用、通信量軽減のためのパラメタ化が取り入れられている。実空間の照明環境のセンシングには、High Dynamic Rangeビデオカメラを複数地点に設置し、得られた画像を直

接光と間接光の画像に分離する。それぞれでエリアライトと球面調和関数に関する記述に置き換えることでデータ量を削減し、Wi-Fi経由でモバイルPCに送信される仕組みだ。直接光に関してはクラスタリング処理を含むため、ビデオレートよりも遅く反映される。動作の様子はプロシーディングスの映像で確認できる。

Frankeは再照明賦与に関する取り組みで、レイトラッキング法の1形態であるVoxel Cone Tracing (VCT)をMR用に変更した“Delta VCT (DVCT)”の提案であった。手法名の由来ともなっているが、実環境のみのボクセルと仮想物体が合成されたボクセルとの差分を取ることで、合成される仮想物体が実空間に及ぼす1次反射と影の表現が可能になる。実時間で大域照明を実現するCG分野での手法をAR/MRにて動作するよう設計されている。

McCarthyとBarnesはシーンの構造把握を容易にする視覚障害者のための映像提示装置Visual Prosthesesに関する発表をした。この手の装置は、低解像度かつ低ダイナミックレンジであるため、重要な情報を重要度マップに基づいて強調して提示する。見え方のシミュレーション結果や他の手法との比較結果が示された。

Meshramらは、音像提示に関する研究である。著者らは、コンピュータビジョン技術を活用して頭部伝達関数(HRTF)を効率的に生成する方法を提案している。提案手法では、まず、HRTFを作成したい対象者の頭部を3次元メッシュ化及びボクセル化する。実物のダミーヘッドを使う代わりに、ボクセル化された仮想空間で音圧の伝播をシミュレートすることで、HRTFを推定するのだ。この方法で従来の数十時間かかることを数十分で完了する。

Fukiageらの発表は、日本勢からの発表で、半透明の仮想物体を実背景に重畳表示する際に、背景に依らず一貫した視認性を与える方法の提案である。実画像と仮想物体を重畳した実画像との差異から得られる視認性の指針が目標とする値に達するまで更新する。本フレームワークは光学シースルーシステムにも応用可能ということが示されているが、会場でも議論があったように、光学シースルーHMDへ応用するには別途撮影した実画像と視点位置との較正が必要である。

3.3 User interfaces (五十川)

本セッションでは、インタフェース2件に加え、仮想空間内での知覚に関する基礎検討2件の、計4件(内

Long paper2 件) の発表があった。なお、4 件中 2 件が New Zealand の HIT Lab. からの発表であり高いプレゼンスを示していた。インタフェースに関する研究では、動作入力に加えて、音声による操作を協調的に用いる研究および、一人称視点と俯瞰視点を併用することによる遠隔作業支援についての研究が紹介された。仮想空間内での知覚に関する研究では、テクスチャや影の効果による仮想空間内での深度知覚の難易度変化についての報告、また、仮想空間内でのオブジェクトの大きさ・移動速度に起因する位置の知覚に関する報告が行われた。

Piumsomboon らの発表は仮想空間におけるオブジェクト操作インタフェースに関する発表であった。画像ベースの動作認識のみによる操作と、音声も用いたマルチモーダル入力による操作を比較し、複数オブジェクトの一括りサイズや一括移動等は音声を導入した入力が、個々のオブジェクト操作には動作認識が有効であるなど、操作に合わせた有効な入力法の指針を示した。

Kim らの発表は仮想空間内操作のための遠隔支援インタフェースに関する発表であった。指示者側インタフェースには、作業者の一人称視点と作業空間を俯瞰的に撮影した静止画から構成されている。指示は音声および静止画にアノテーションを加えることで行われ、アノテーションは HMD を装着した作業者に共有される。

Berning らは仮想空間内での深度知覚に関する報告をした。仮想空間内では深度が知覚し難くなっているのではないかという仮定のもと、テクスチャや影が付いたもの等の様々な状態の仮想オブジェクトと、実オブジェクトとの相対距離を回答させる被験者実験を行い、深度の知覚し易さが仮想オブジェクトの状態により変化することを示した。

Hough らの発表は、仮想空間でインタラクションを行う際に知覚される仮想オブジェクトの視覚的ずれについて調査したものであった。著者らは所望した位置にユーザが手を配置できるか、ユーザの手の位置が安定するか、という 2 指標に基づいて、仮想空間でのインタラクションに適したオブジェクトの大きさや移動速度について調査を行った。

3.4 Reconstruction and Fusion (森)

このセッションでは 4 件 (内 Long Paper 2 件) の発表が行われた。AR/MR システムのデザインと実装、照明推定、デバイスの較正、透明物体の形状推定等、様々なトピックの発表が行われた。2 件目と 3 件目はデモ発表も行われ、実際に体験することができた。

Foxlin らは、航空機や車両における光学シースルー型 AR/MR システムの設計と開発に関する発表をし

た。著者らが所属する企業が開発する Hybrid Optical-based Inertial Tracker (HOBIT) に関する取り組みであり、そこでの実問題を解決するためのシステム構成等が示された。特定のシステムの実装に関してではあったが、実車両での実装例が示されるなど、一般の AR/MR にも十分応用可能とのことである。

Knorr と Kurz は、顔に当てられた照明の色と方向の推定及びその結果を仮想物体へ反映する手法について発表した。提案手法は 2 段階に分かれている。まず、事前に既知の光源下で撮影された顔画像を用いた学習を行う。次に、画像ベースの手法で追跡した顔の画像から現在の照明を推定し、仮想物体に付与する。仮想物体の影の付与や RGB 色の照明推定及び付与に成功しているのが特徴だ。

Eck らは、ハプティックデバイス (PHANTOM) の較正に関する取り組みを発表した。著者らの過去の研究では位置に関してのみの較正であったが、この研究では、追加で回転に関する較正可能となっている。光学式センサを用いてハプティックデバイスの位置姿勢を計測し、これを利用する。全 8 ステップあり、ビデオに示された例では 7 分弱かかっているが、基本的にデバイスの先端を把持して移動と回転をさせるだけであり、それに見合った高精度な結果が得られている。

Torres-Gomez と Mayol-Cuevas は、実空間中のガラス状の透明物体を複数視点で観測及び 3 次元復元し、AR/MR 空間に取り込む手法を発表した。一般に、透明物体を認識して復元することは困難であるが、提案手法では、画像に写る透明物体がシーンを歪めてみせるという特徴を利用して透明物体の領域を切り出している。透明物体の形状が得られているため、その後ろを通る仮想物体の姿が歪んで見えたり、影が投影されたりといった表現が可能であることが、ビデオにて示されている。

3.5 Tracking (小山田)

本セッションではカメラ及び物体のトラッキングに関する 5 件 (内 Long Paper 2 件) の発表があった。その内訳は、Video-based AR (1 件)、SLAM (2 件)、Projection-based AR 環境下でのトラッキング (1 件)、変形物体のトラッキング (1 件) だった。

Zheng らの発表は Video-based AR のための位置合わせ手法に関する発表だった。位置合わせのミスによって生じる AR 表示における違和感を解消する事を目的とし、大局的位置合わせと局所的位置合わせを組み合わせた位置合わせ手法を提案した。大局的位置合わせには、AR 表示の際に重要な領域を重要視したモデルベーストラッキングを採用し、局所的位置合わせには、仮想物体の位置をカメラで撮影した画像中で微調整する Forward-Warping Augmented Reality,

カメラで撮影した画像を仮想空間にテクスチャマッピングして微調整する Backward-Warping Augmented Virtuality という 2 つの位置合わせ手法を提案した。それぞれの位置合わせ手法が、どのような AR に適しているかといった議論もなされている。

Schöps らはスマートフォン上での Visual Odometry に関するをした。同著者らが ICCV2013 で発表した手法 [2] をスマートフォン上で実時間に動くように改良した研究だった。具体的には、SLAM や Visual Odometry では一般的な特徴点ベースでのトラッキングではなく、画像の輝度値を直接利用する画像ベースでのトラッキングに基づいた SLAM であり、SIMD/NEON による並列化によりスマートフォン上での実時間トラッキングを達成した。また、本発表は Best Short Paper Award を受賞した。

Resch らの発表は Projection-based AR (PAR) 環境下における物体のトラッキングに関する発表だった。本手法は 2007 年に Johnson と Fuchs らが提案したステレオカメラを使ったトラッキング手法 [5] を単眼カメラで行えるように拡張した手法といえる。前述の手法とは異なり、フレーム間での物体のトラッキングを 3 次元モデル上の点群とカメラで撮影した物体上で観測される点群のマッチング問題とみなして解いている。具体的には、撮影画像に対して特徴点検出・三角測量に基づく三次元形状復元を行い得られた疎な点群とモデル上の点群に対して点と平面の関係を評価値とする ICP アルゴリズムを適用した。

Salas-Moreno らの発表は平面を使った SLAM に関する発表だった。人工的なシーン (例えば屋内) では物体は平面で構成されるという仮定の下、平面に基づく dense SLAM を提案した。RGB-D カメラから得られた点群と既に構築している 3 次元マップを平面を評価値とする ICP アルゴリズムによって自己位置推定を行い、RGB-D カメラから得られた surfel (シーンを構成する平面の最小単位) を使った 3 次元マップ構築を行った。本発表はデモ発表も行っていた。

Leizea らの発表は変形物体のトラッキングに関する発表だった。対象物体の形状・テクスチャに対してロバストな物体の変形を実時間で推定する手法を提案した。具体的には、RGB-D カメラを使うことでテクスチャの無い物体に対するトラッキング、変形推定を可能にし、Mass-Spring Model を導入することで変形推定を可能にした。

3.6 Head Worn Displays OST (藤本)

このセッションでは光学シースルー (Optical See Thorough) タイプのヘッドマウントディスプレイ (Head Mounted Display, 以下 HMD) に関する 4 件 (内 Long paper 2 件) の発表がなされた。なお、この名を冠した

セッションは本年が初めての開催であり、google glass に代表される近年の光学シースルー HMD に関する研究の活発さを裏付けるものであると考えられる。

Kishishita らは 2 つの異なる課題 (眼前の固定位置に表示される数独パズルとユーザの周辺視野にランダムに表示される仮想物体の探索課題) を同時にこなす際に、HMD の異なる視野角が、各課題にどのような影響を与えるかを確かめた。また仮想物体の表示方法として、仮想物体がユーザの見るディスプレイ視野角の範囲外に存在する場合、その方向を指し示す情報を付加的に画面に表示させる方法 (in-view) とそれを表示させない方法 (in-situ) の二つの方法間の差異を評価している。実験の結果、HMD の周辺視野角がある広範囲角になるところで、二つの表示方法の結果が一致する可能性が示唆された。

Zheng らは光学シースルータイプの機器を使用した拡張現実感のための低遅延な画像表示手法に関する考察及び理論実証のための試作システム開発を行った。既存の HDMI 等のインタフェースを使用した場合、いわゆるラスタースキャン方式により、画像中の全画素を順番に毎フレーム更新するため、ある一定の処理時間がかかることは避けられない。そこで代わりに、計算機から直接各画素を制御出来る DMD (デジタルマイクロデバイス) イメージングチップを用いた DLP プロジェクタを使用し、理想的には各画素の内、更新の必要な領域のみにランダムアクセスする形で更新を行うことで、極めて高フレームな画像表示を行うことを目的としている。(現状、インタフェースの画像転送速度、更新方式の制約等により、完全なシステムを構築するのは困難であるものの) 試作システムによる検証実験により、非常に遅延が少なく、ユーザに自然な画像を知覚させることが可能であるとしている。

Itoh らは 3DUI2014 にて同著者らに提案された光学シースルー方式の HMD 用の幾何学的キャリブレーション手法 [4] を詳細に評価した。これはユーザの眼球をトラッキングし、その情報を利用することで、ユーザによる操作を最小限にキャリブレーションが行える手法である。本論文では、提案手法に加えその他の代表的既存手法が HMD のモデル化に使用する各パラメータが誤差にどの程度影響を与えるかを定量的に評価した。どのパラメータが誤差に影響を与えやすいかという情報は新たな光学シースルー HMD を作成する際のカメラ等の位置を決めるのに有益な情報であると結論づけている。

Hincapié-Ramos らは光学シースルー方式の HMD 用の色補正アルゴリズムを提案した。光学シースルー方式の HMD を用いて、テキスト等のある情報を表示させた場合、ディスプレイ越しの背景の影響により、

重畳表示された情報の視認性が大きく低下する。既存の色補正アルゴリズムは膨大なサンプル色から総当たりの探索により最適な補正色を決定するものが多く、ある程度の処理時間が必要であった。著者らはディスプレイ特性を考慮し、色解像度を低下させない程度に分割したサンプル色に対し、二分探索的な高速探索を行うことで、この処理を実時間で可能としている。今後の課題として画像や3Dコンテンツなど、複数の色が使用される対象への対応を挙げている。

3.7 Layout and HMD-VST (五十川)

本セッションでは仮想空間におけるオブジェクト配置問題や仮想オブジェクトに対する人の知覚の調査、HMD/VSTのためのインタフェースに関する発表4件(内 Long paper1件)がまとめられていた。

Lehmentらの発表は、異なる部屋にいるユーザが仮想空間で対話する際に相手ユーザを直観に合う位置に表示するための配置問題に関する研究であった。2つの部屋のマップを重ね合わせ、ユーザが直感に合う位置に配置されかつユーザが共有可能な領域やカメラから追跡可能な領域が最大化するような配置を決定する。

Galらの発表は、ARアプリケーションのためのオブジェクト配置に関するものであった。検出した平面の情報の特徴として最適化問題を解くことで、配置するオブジェクトの個数に応じて最適な位置を決定することが可能である。応用範囲はAR空間でのコース決定問題など非常に幅広い。

Steptoeらの発表は、HMDを装着したユーザが仮想空間の見え方によってどのように仮想オブジェクトを知覚するかを調査したものであった。仮想空間に呈示されるオブジェクトを普通に呈示した時と、エッジ強調などの加工を施し呈示した時とでは、後者の方が実オブジェクトと仮想オブジェクトとの見分けがつき難くなるという結果が報告され非常に興味深かった。

Haらの発表では、仮想空間でオブジェクトを操作する際、ユーザ自身の手が仮想オブジェクトにより遮蔽されてしまうことで操作性が悪化するという課題がある。それに対し著者らは、掴む動作をした際に半透明のバーチャルハンドおよび仮想オブジェクトの影を視覚フィードバックとして与えることで操作性を向上させた。

3.8 Medical AR (藤本)

このセッションでは、拡張現実感技術の医療応用研究、およびそのための基礎研究に関する3件の発表(内 Long paper1件)がなされた。なおこのセッションも本年が初めての試みである。

Collinsらは子宮内の筋腫手術の診断支援のために、MRIにより撮影した複数画像から3次元モデルをあらかじめ構築し、それを腹腔鏡画像に対してレジスト

レーションして表示するといった一連の手法を提案した。レジストレーションでは、対象物体である子宮の輪郭情報や、視認しやすいある特定部位の位置情報をあらかじめ手作業で与えておき、それを制約条件として用いている。さらに複数方向から撮影した複数枚の画像を用い、対象物の遮蔽領域を有効な情報として利用することで、高精度なレジストレーションを実現している。

WangらはCT画像などからあらかじめ作成された3次元モデルをX線画像に投影表示する際、既存の可視化手法では、人間の体内の複雑に絡み合う血管や内臓の距離が知覚しづらいことに着目し、距離の知覚が行いやすい表示手法を提案した。距離の値により色を変化させた3次元モデルをグレースケールのX線画像に直接重ね合わせて表示することで、医療関係者が慣れ親しんだX線画像による診断という一般性を失うことなく、距離の知覚のしやすさを向上させている。

Haouchineらは伸び縮みする柔軟物体の形状をリアルタイムでトラッキングおよび3次元再構築する手法を提案した。これは侵襲の少ない内臓手術の際、腹腔鏡カメラ映像に写る内臓に対し、仮想物体を表示することを目的としたものである。同著者らは今年のISMAR2013でも同目的に関する発表[3]を行っているが、前回使用していたのがステレオカメラであるのに対し、本発表の手法は現状の手術設備を考えた際により応用範囲の広い単眼カメラを使用したものであるとしている。対象物体の柔軟性をヤング率による力学モデルを使用したエネルギー関数として表現し、それをカメラから判断された輪郭情報を拘束条件として解くことで、完璧な精度ではないながらも、伸縮の度合いが大きな柔軟物体のもっともらしい3次元再構成結果が得られたと結論づけている。

3.9 TVCG presentation (五十川)

上記Paper以外にも、過去に会議で発表されておらずIEEE TVCGに掲載されたAR/MR分野の論文が口頭発表に招待された。これはテーブルトップ上にかざしたユーザの影に視覚情報を浮かび上がらせる技法の提案であった。視覚情報はプロジェクタ3台から投影され、偏光原理を利用することで認識処理を行うことなく影領域にのみ情報呈示を行うことが可能である。

4 S&T パネル

4.1 TrakMark (森)

本会議初日に、TrakMarkによるパネル“How to Benchmark AR/MR Geometric Registration and Tracking Methods”が開かれた。TrakMarkは本研究会所属のメンバで構成される、AR/MR用カメラ位置姿勢推定法の評価用データセット作成及び評価指針の策定を

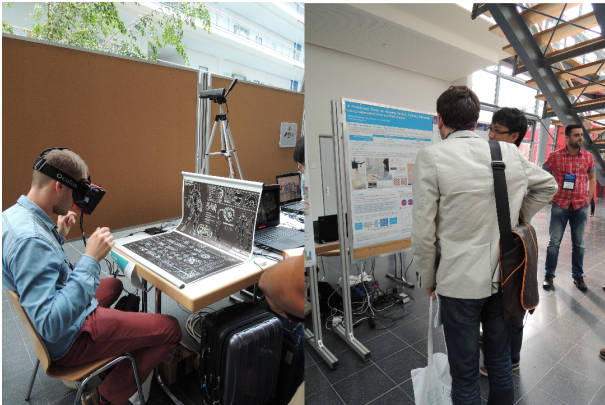


図2 Demo/Poster セッションの様子

目標に活動するワーキンググループである。パネルは大きく、これまでの取り組みを振り返る前半部とパネリストらによる取組みの紹介及び討論を行った後半部の2部構成であった。

前半では、柴田(立命館大学)によって、TrakMark 発足の経緯や AR/MR 用カメラ位置姿勢推定法のためのベンチマークの必要性が説明された。続いて、牧田(産総研)は、仮想グリッドの投影誤差を精度評価に利用する方法及びベンチマークにおける得点の与え方に関する発表を行った。亀田(筑波大)は、ハードウェア間で評価結果が異なることを防ぐために開発された、共通のソフトウェア実行環境である Casper Cartridge について説明と実演を行った。最後は、蔵田(産総研)による AR/MR に関する標準化と ISO/IEC JTC1/SC24/WG9 での活動報告だった。

後半の討論は、加藤(奈良先端大)の司会のもと行われた。Navab(TUM), Strum(Metaio)によるベンチマークに関わる活動の紹介が行われた後、柴田、蔵田、牧田らも交えた5名で、実問題を捉えたベンチマークの重要性、ベンチマークを構築することの難しさを中心に白熱した議論が行われた。尚、当日の発表スライド等は TrakMark の Web サイト²にまとめられている。

5 Demo/Poster セッション

ポスター・デモ共に人通りの多い1階吹き抜けスペースに展示され、コーヒブレイクがてら発表を聞くことも可能で大変盛り上がった。ここでは受賞した発表を中心に、いくつかの研究について紹介する。

5.1 Demo セッション(藤本)

デモセッションでは昨年に引き続き、モバイル端末向けの3次元復元、復元情報を用いたシーン認識、及びその後の3次元物体の選択を体験できるデモである Qualcomm Research の Wagner らの Mobile Aug-

mented Reality の発展版が Best Demo Award を受賞した。モバイル端末単独で高速かつ、安定して動作するデモに多くの人が魅了されていた。

口頭発表でもあった Itoh らの眼球検出を利用した光学シースルー方式のヘッドマウントディスプレイのキャリブレーションを体験できるデモにも常に人だかりができており、その人気印象的であった。

他に気になったデモとして、今年の CVPR にポスターとして採択されている Descriptor fields なる手法を使用した Crivellaro らのトラッキング [1] のデモが挙げられる。これはカメラから得られた情報と事前情報のマッチングの際に、単純な輝度値の代わりに、画像に複数のガウシアンをかけた出力値のベクトルを用いることで、環境光源の変化に対し、安定して動作させることを目的としている。鏡面反射成分が強く、尚且つテクスチャが少ない物体をうまくトラッキングできることを実演していた。

5.2 Poster セッション(五十川)

ポスターセッションでは、Pucihar らによる Utilizing Contact-view as an Augmented Reality Authoring Method for Printed Document Annotation [8] が Best Poster Award 受賞した。これはスマートフォンを机に置かれた書類にかざし、スマートフォンへの直接入力により書類へ書き込みなどの操作を行うシステムの提案であった。書類が置かれた平面の上部40cmにマーカーを設置し、それをスマートフォンのフロントカメラでトラッキングすることで、現実の書類とスマートフォン画面上の書類との幾何的整合性を保っている。

また、Best Poster Runner-up Award を Klemm らによる Non-Parametric Camera-Based Calibration of Optical See-Through Glasses for Augmented Reality Applications [7] が受賞した。これは光学シースルーグラスのキャリブレーションを行うものである。3台のカメラ(両目用および参照用)それぞれの座標関係を求めた後、ディスプレイにコサイン波パターンを出力し各カメラとディスプレイとのキャリブレーションを行い、それを基にディスプレイのポイントクラウドを生成している。ディスプレイ座標系からカメラ座標系への変換行列等をパラメトリックに求めるのではなく、ディスプレイの画素ごとにカメラ座標との対応を求めているので、任意の幾何歪みへの対応が可能な手法である。

この他に日本からの発表も多数あり、Ogawa らによる徐々に物体が変質するようなテクスチャをリアルタイムに付与するシステム、Okura らによる全天球映像の照明を変化させ異なる天気の影響を表示するシステム、Punpongsanon らの指で押下した面の柔らかさの感じ方と視覚フィードバックとの関連性調査、Morales

²<http://ypcex.naist.jp/trakmark/ismar14/index.html>

らによるリアルな仮想オブジェクトレンダリングのための空色の分布モデルから濁度を推定する手法などが発表された。

6 Tutorials/Workshops

今年の ISMAR では、最初の 2 日間 (9 月 8, 9 日) に 9 件のチュートリアルと 4 件のワークショップが開催された。本章では、2 件のチュートリアルと 1 件のワークショップについて報告する。

6.1 Tutorial: A ‘Look into’ Medical Augmented Reality (小山田)

Oyamada(早稲田大学)と Fallavollita(TUM)による医療用拡張現実感に関するチュートリアルは 2 日目に開催された。本チュートリアルは医療用拡張現実感に関する研究・開発に従事する工学者、医師間の相互理解を目的とし、学会会場での招待講演とミュンヘン市内にある病院でのデモツアーの二部構成にした。

前半の招待講演では、工学研究者 4 名、外科医 2 名による講演を行った。医療用拡張現実感を構築するためのデバイス、可視化法やシステムの評価方法に加え、既に実用化されている技術に関して、工学・医学的観点から話を聞くことができた。

デモツアーでは、Nassir Navab(TUM)の研究グループである NARVIS が研究活動を行っているミュンヘン市内の病院内オフィス (NARVIS Lab) 及び、同病院内のシミュレーションセンターを回った。NARVIS Lab では、NARVIS が近年行っている医療用拡張現実感に関するデモを行った。デモで紹介した研究の一部は過去の ISMAR で発表された研究が含まれていた。シミュレーションセンターでは、医学生や研修医の訓練施設を紹介した。

6.2 Tutorial: Diminished Reality (森)

本 Tutorial は、斎藤(慶應義塾大学)、田村(立命館大学)をオーガナイザとして開かれた、Diminished Reality (DR, 隠消現実感)に関する Tutorial である。DR とは、AR/MR の中でも、実物体を視覚的に隠蔽・消去・透過させる技術のことであり、昨年の ISMAR において Best Poster Runner Up Award に輝いた河合らの手法 [6] は記憶に新しい。本年の ISMAR では、Siltanen ら [11] がデモ展示を行っている。

参加者 25 名程度の本 Tutorial では、筆者による DR の歴史、上に例示した DR 手法と本 Tutorial で取り上げた背景観測ベースの DR 手法との違い、基本的な実現方法、評価方法、近年の手法の特徴等を解説するサーベイを中心とした発表と、斎藤による、より具体的な実現手法及び技術的課題についての発表が行われた。発表後の質疑応答では、DR における評価方法に関する踏み込んだ議論が行われた。

6.3 Workshop: Tracking Methods & Applications (武富)

Tracking Methods & Applications (TMA) は AR/MR におけるトラッキング技術に焦点を当てたワークショップであり、手法そのものの新規性だけでなく実問題を解決するためのシステムや手法の組み合わせ方などのエンジニアリングの視点からの研究も募集している。今年の TMA では、2 件のキーノートと 3 件の研究発表が行われた。また、Intel や Metaio での三次元トラッキング技術に関する紹介や Volkswagen Tracking Challenge 参加する各チームの発表なども行われた。

1 件目のキーノートは Burschka(TUM)で、画像に基づくトラッキングや三次元復元を行う際に用いられるコーナー検出器に関する研究紹介であった。Burschka からの研究グループでは、高速なコーナー検出器である Fast よりもさらに高速な AGAST (Adaptive and Generic Accelerated Segment Test) を提案している。AGAST については、C++ のソースコードが公開されている。

2 件目のキーノートは Cremers(TUM)で、“Beyond Features: Dense and Direct Methods for Visual SLAM and Geometric Reconstruction” というタイトルで行われた。講演タイトルにもあるように画像からコーナーなどの特徴を抽出し抽象化したものを入力とし疎な形状復元を行うのではなく、画像そのものを入力として密な三次元形状を復元する手法の紹介が行われた。その中で、いかに Convex な問題として三次元復元の問題を定式化することが重要かを解説した。

Technical Paper セッションでは、事前に構築した特徴点マップを用いたトラッキングをプラント環境で実行した事例の紹介、複数の RGB-D カメラから得られる情報に基づく人位置検出方法、プロジェクトカメラシステムを用いた自閉症児のための支援システムの発表が行われた。

7 Volkswagen Tracking Challenge (武富)

ISMAR2014 の Tracking Competition は、これまでと異なり Volkswagen Tracking Challenge として Volkswagen の協力の下執り行われた。Tracking Challenge として次の 4 種類のシナリオが準備され、それぞれのシナリオの優勝者には 2,000 ユーロから 4,000 ユーロの賞金が準備された。

- 車のミニチュアモデルのトラッキング精度を競うもの
- 実車のトラッキング精度を競うもの
- 三次元マップ作成の精度を競うもの

● 屋内環境でのトラッキング精度を競うもの

これらのシナリオでは、参加者は主催者から指示された三次元座標に何があるかを回答する、または、指定された三次元座標の場所を指し示すことが求められた。また、シナリオ1ではミニチュアモデルの三次元データは主催者側からも提供されるが、残りの競技では、参加者自身が事前準備段階でモデルを作成する必要がある。トラッキング結果の評価は、回答率とタスク完了までの時間を考慮し、主催者によって優勝者が決定された。しかし、シナリオ4については、タスクを完了したチームが無く、優勝者無しという結果になった。この原因として、トラッキング対象の環境では、同一の特徴点が長期間追跡しづらい環境となっていたことが考えられる。

8 Awards (五十川)

Awardは4日目のバンケットおよび最終日に発表され、Best Long/Short Paper各1件、Best Poster/Runner-up各1件、Best Demo1件、また過去10年間で最もインパクトを与えた研究として10 Year Last Impact Awardが1件、それぞれ選出された。

Best Long Paper Awardは、RohmerらによるInteractive Near-Field Illumination for Photorealistic Augmented Reality on Mobile Devices [9]が受賞した。これは室内環境で、タブレット上に表示させた複数の仮想物体に対し現実世界の照明環境をリアルタイムにレンダリング可能な手法であった。詳細は3.2章を参照されたい。

Best Short Paper Awardは、SchöpsらによるSemi-Dense Visual Odometry for AR on a Smartphoneであった[10]。これはスマートフォン上での実時間Visual Odometryに関する発表であった。詳細については3.5章に記す。

ポスター・デモセッションでは、それぞれBest AwardおよびBest Runner Up Awardが授与された。詳細は5章を参照されたい。

10 Year Last Impact Awardは、今回のISMARのGeneral ChairでもあるGudrun Klinkerらによる、AR空間で車のモデリングを行うシステムを提案したFata Morgana-A Presentation System for Product Design (ISMAR2002)および、AR空間を用いた作業中のユーザへの情報提示手法に関してこの分野の先駆けとなった、Augmented Maintenance of Powerplants: A Prototyping Case Study of a Mobile AR System (ISAR2001)が受賞した。

9 まとめ

本稿では、ISMAR2014の参加報告を行った。今回、本会議のプログラムではヘッドマウントディスプレイ関連のセッションとして“Layout and Head-Worn Displays - Video See-Through”と“Head-Worn Displays - Optical See-Through”があり、情報提示手法および提示デバイスに関する研究の増加が印象的であった。

次回ISMAR2015は日本・福岡県で9月29日から10月3日(本会議は9月30日~10月2日)の日程で開催される。投稿締め切りは3月15日となっており、この日程は今後のISMARでも継続されるようだ。また、Long paperとして採択された論文は全て自動的にIEEE Transactions on Visualization and Computer Graphicsより出版されることになっている。日本開催は8年ぶりであり、日本からの多数の投稿を期待したい。

参考文献

- [1] A. Crivellaro and V. Lepetit. Robust 3d tracking with descriptor fields. In *CVPR*, 2014.
- [2] J. Engel, J. Sturm, and D. Cremers. Semi-dense visual odometry for a monocular camera. In *ICCV*, 2013.
- [3] N. Haouchine, J. Dequidt, I. Peterlik, E. Kerrien, M.-O. Berger, and S. Cotin. Image-guided simulation of heterogeneous tissue deformation for augmented reality during hepatic surgery. In *ISMAR*, 2013.
- [4] Y. Itoh and G. Klinker. Interaction-free calibration for optical see-through head-mounted displays based on 3d eye localization. In *3DUI*, 2014.
- [5] T. Johnson and H. Fuchs. Real-time projector tracking on complex geometry using ordinary imagery. In *CVPR*, 2007.
- [6] N. Kawai, T. Sato, and N. Yokoya. Diminished reality considering background structures. In *ISMAR*, 2013.
- [7] M. Klemm, H. Hoppe, and F. Seebacher. Non-parametric camera-based calibration of optical see-through glasses for augmented reality applications. In *ISMAR*, 2014.
- [8] K. C. Pucihar and P. Coulton. Utilizing contact-view as an augmented reality authoring method for printed document annotation. In *ISMAR*, 2014.
- [9] K. Rohmer, W. Büschel, R. Dachselt, and T. Grosch. Interactive near-field illumination for photorealistic augmented reality on mobile devices. In *ISMAR*, 2014.
- [10] T. Schöps, J. Engel, and D. Cremers. Semi-dense visual odometry for ar on a smartphone. In *ISMAR*, 2014.
- [11] S. Siltanen, H. Saraspää, and J. Karvonen. A complete interior design solution with diminished reality. In *ISMAR*, 2014.