

# TrakMark WG 中間報告

## ～AR/MR 位置合わせ & トラッキング手法の評価方法策定

### TrakMark WG Intermediate Report

Establishing Benchmark Test Schemes for AR/MR Geometric Registration and Tracking Methods

柴田史久<sup>1)</sup>, 池田聖<sup>2)</sup>, 蔵田武志<sup>3)</sup>, TrakMark WG  
Fumihisa SHIBATA, Sei IKEDA, Takeshi KURATA and TrakMark WG

- 1) 立命館大学 情報理工学部
- 2) 奈良先端科学技術大学院大学
- 3) 産業技術総合研究所

**Abstract:** In the research fields of Augmented Reality (AR) and Mixed Reality (MR), tracking and registration methods are still one of the most important topics. The tracking research field is highly active, and numerous methods are proposed every year. Based on this background, the TrakMark WG aims to create a benchmark test schemes, called TrakMark, that comprehensively evaluate a variety of existing and future tracking methods. In this paper, we will make an intermediate report of TrakMark, which includes a draft of image sequences published for international reviewers.

**Key Words:** Augmented Reality, Mixed Reality, Geometric Registration, Tracking, Benchmark

## 1. はじめに

現実世界を電子的に増強する拡張現実感(Augmented Reality; AR)や現実世界と仮想世界を融合する複合現実感(Mixed Reality; MR)を実現する上で、「幾何学的整合性(位置合わせ)」と「光学的整合性(画質合わせ)」は、中心となる研究課題である。とりわけ、前者は毎年の国際研究集会 ISMAR (International Symposium on Mixed and Augmented Reality)において「Tracking」と称するセッションが複数組まれるように、世界の研究グループが様々な手法を毎年提案する研究の最前線となっている[1-3]。

SIG-MR では、今後の AR/MR の発展のためには、数多く提案されるこれらの位置合わせ手法を正しく客観的に評価する方法が必要となると考え、昨年の本大会で報告したように「AR/MR トラッキング手法の評価方法&テストベッド策定に関するワーキンググループ」(TrakMark WG)を設置した[4,5]。本稿では、TrakMark WG のこれまでの活動経過を報告する。

## 2. WG の目標とこれまでの活動経過

TrakMark WG は、2009 年 5 月 23 日に開催された第 33 回複合現実感研究委員会(於、公立はこだて未来大学)にて、設立に向けた提案を行い、正式に SIG-MR の下部組織として設置が承認された。

WG の設置後、1~2 ヶ月に 1 回のペースで WG 会合を

開き、適宜役割分担を行って、評価方法の策定を目指してきた。これまでの WG 会合の議題を表 1 にまとめる。学会における活動報告としては、昨年の本大会でのオーガナイズドセッション[4]に加えて、ISMAR 2009 での特別セッション[6]、及び KJMR 2010 (The 3rd Korea-Japan Workshop on Mixed Reality)にて報告している。既に評価用の映像シーケンス第 1 弾の公開を開始しており[7]、いくつかの位置合わせ手法を対象に試験的な評価を始めている。今後の予定としては、ISMAR 2010 (2010 年 10 月 13 日~16 日於韓国)において、第 1 次案 (TrakMark 1.0) を公表し、国内外からフィードバックを得る。さらに、ISMAR 2011 までに一定レベルの評価方法を策定した上で第 2 次案 (TrakMark 2.0) を公表し、そこで得られたフィードバックを元に改訂を行い、当面の活動を終える。

以降では、これまでの WG 会合での議論も踏まえて、TrakMark 1.0 策定に向けての方針について述べる。

## 3. TrakMark 1.0 策定に向けて

### 3.1 対象とする位置合わせ手法

AR/MR のための位置合わせ手法としては、大きく

- ・物理センサを利用するもの
- ・カメラで取得した画像を用いる手法
- ・それらのハイブリッド的利用法

に分類できる。近年では、ビデオシースルー型のシステム

表1 TrakMark WG の活動経過

開催日	議題
2009/07/30	WG の目標の確認 VR 学会大会 OS 企画について ISMAR 2009 特別セッション提案について 評価方法策定の基本方針
2009/09/30	ISMAR 2009 特別セッションの内容について 評価用映像シーケンス案 今後 1 年間の活動計画
2009/11/10	ISMAR 2009 特別セッションの報告 映像シーケンスのバリエーションについて TrakMark の広報について
2009/12/15	映像シーケンスのシナリオ案について 評価対象のアルゴリズムについて 海外の研究者への呼びかけについて
2010/01/23	海外の研究者への呼びかけ結果報告 映像シーケンスの公開方法について 映像シーケンス第 1 弾の作成について Workshop 開催にむけて
2010/03/09	映像シーケンス第 1 弾の確認 映像シーケンス公開用ホームページ案 KJMR 2010 での活動報告について
2010/05/21	映像シーケンス公開用ホームページについて 今後の広報活動方針について VR 学会 SIG-MR OS について
2010/06/24	Workshop 開催について 海外に向けた広報活動について 映像シーケンスの評価試行結果について

との親和性や計算能力の飛躍的な向上を背景に、2 番目の画像を用いた手法が主流となりつつある。

そこで、TrakMark では、カメラからの画像を用いた位置合わせ手法・トラッキング手法を対象とする。具体的には、カメラの内部パラメタが既知であることを前提に、カメラ画像中に存在する何らかの指標を用いてカメラの外部パラメタ（位置・姿勢）を推定する手法を対象とする。現在は、単眼のカメラ画像を用いる手法を中心に検討を進めている。

他の物理センサの利用については、ISMAR 2009 の特別セッションにおいて、Klinker 先生（ドイツ）よりジャイロの使用についての質問が出た。この点については、今後、評価用の映像シーケンスを撮影する際に、計測可能であればこの種の物理センサのデータも同時に収録することを検討する。しかしながら、物理センサの出力は気温や内部状態など様々な条件によって変化するため、あくまでも参考データであり、使い方のガイドラインを作成する必要があると考えている。

また、人工マーカを用いた手法については、後述する映像シーケンスの準備方法の問題などから、実用上の参考評価とすべく、ARToolKit などの代表的な手法についてのみ評価結果を公開することを検討している。

### 3.2 評価項目

これまで提案されてきた位置合わせ手法やトラッキング手法では、様々な角度から評価や関連研究との比較がなされているが、TrakMark では、共通となる定量的な評価項目のみを設定し、すべてを網羅することは目指さない。具体的な評価項目としては、「精度」「実行速度」「正答

率」のみを設定し、手法ごとの特徴については、備考欄を活用して公表する。これは例えば、暗いシーンでも安定して位置姿勢を検出可能な手法の場合、その旨を備考欄に記載することを意味する。これによって評価項目が煩雑化することを防いでいる。

その一方、様々な実応用への適応度を測るために、後に評価手順の項で述べる映像シーケンスは多数のバリエーションを準備する。例えば、映像シーケンスの中に前述の暗いシーンを含めておくことによって、結果的に暗いシーンで安定した手法が確認できることになる。

精度について計測する場合、

- ・ 世界座標系とカメラ座標系の変換行列について真値との差を評価する（3次元座標系での評価）
- ・ 重畳描画する CG イメージの画面上でのズレを評価する（2次元座標系での評価）

という 2 通りが考えられる。AR/MR の実現を主目的と考えた場合は、CG の位置ズレについての評価が重要で、3次元座標系におけるカメラの位置・姿勢についてはそこまで重要ではないが、それだけで評価項目から排除する理由とはならない。どのような状況で位置合わせ手法を利用するかに依存するため、両方の評価方法を採用する。

3次元座標系における評価については、真値（カメラの実際の位置・姿勢）を如何にして計測するかについても検討が必要である。どのような物理センサを用いたとしても、何らかの計測誤差が含まれるため、現時点では、この種の計測結果を参考値として扱い、あわせて計測したセンサの仕様に関する情報として公開することとする。また、WG 会合においては、映画などで実写と CG を合成する際に用いるマッシュアップソフトウェアを利用する案など出たが、これについてはまだ結論は出ていない。

真値に関する別の解決策として、フル CG による映像シーケンスを作成するという案があり、この案は評価用の映像シーケンス第 1 弾の中に採用されている。

実行速度については、共通の計算機環境における、レイテンシとスループットの両方を評価項目とする。また、正答率とは、フレーム毎に位置・姿勢の検出が成功したか失敗したかをシステムが判断した結果とする。

これらの評価項目についての結果は、簡便な提示方法としては、平均や分散、最大値、最小値などを採用する。一方、詳細な結果を示す場合は、評価の対象とした映像シーケンスごとに、時系列の結果を提示することとする。これにより、どのような映像シーケンスのどのようなシーンにおいて、その手法が頑健であるかといった情報を得ることができる。

### 3.3 評価手順

図1はTrakMarkのワークフローを図示したものである。図に示すとおり、TrakMarkでは最初に、AR/MR技術の利用形態（シナリオ）をいくつか想定し、シナリオ毎にそれを表現した映像シーケンスとその際のカメラの位置・姿勢の真値（もしくは参考値）などを準備する。以降では、

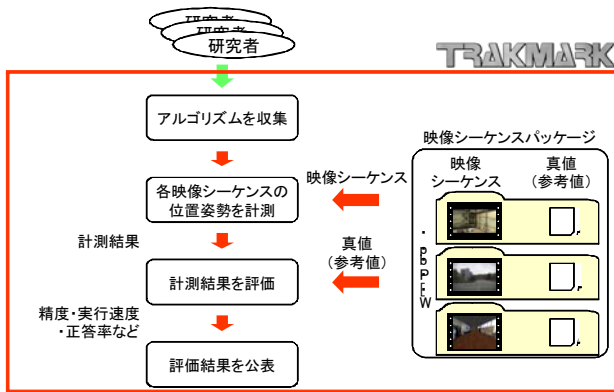


図1 TrakMark のワークフロー

これを映像シーケンスパッケージと呼ぶ。並行して、国内外の AR/MR 研究者から、評価対象の位置合わせ手法を収集する。その後、収集した位置合わせ手法を使って各映像シーケンスの位置姿勢を検出する。その上で、検出結果と真値（もしくは参考値）を比較し、結果を整理した上で公表する予定である。

様々な位置合わせ手法の長所・短所を明らかにするためには、AR/MR 技術が使用されるシーンを想定した良いシナリオが必須である。すなわち、評価のための映像ではなく、実際に AR/MR が利用されるようなシーンを多数準備することにより、個々の位置合わせ手法の得意とするシーン、不得意シーンを明らかにするとともに、AR/MR 技術の活用を考える人々に向けての位置合わせ手法選択の指針となることを目指す。

映像シーケンスパッケージに含めるべき具体的なバリエーションとしては、カメラの動き（直線移動、回転、複雑さ）、移動物体、オクルージョン、照明変化、レンズ歪み、フォーカス、画質、ホワイトバランス、シャッタースピード、解像度、視野角、シーンの複雑さ／単純さ／規則性、など多岐にわたる。想定シナリオに沿ってこれらのバリエーションを組み合わせたパッケージを準備する。

第4回のWG会合では、AR/MR 技術の利用を想定した約30のビデオを持ち寄り、作成するシナリオについて検討した。雑誌や本、広告などを対象として何らかの情報を重畳描画するシナリオ、建築中の家屋を対象とした建築支援のシナリオ、自転車のメンテナンス支援、屋内外でのナビゲーションなど様々な案が出され、第1弾の映像シーケンスパッケージとしては4章で紹介する3つのパッケージを準備することとした。

### 3.4 パッケージの内容

映像シーケンスパッケージには、以下に示す内容を含めることとした。

- 映像シーケンス  
静止画による時系列画像のアーカイブ。画像のフォーマットは、Jpeg, PNG, Raw などを想定し、次の命名規則に沿ったファイル名をつける。  
[ファイル名の命名規則]

シーケンス名. 時. 分. 秒. ミリ秒. 拡張子  
参考のために、動画ファイルを含むこともあるが、評価の際は静止画を用いることとする。

- 真値（参考値）  
上記の各ファイル（フレーム）に対応した位置・姿勢の真値（参考値）を表形式で記述したもの。
- パッケージの情報  
画像サイズなどの画像情報、カメラの仕様、シーンの概略図、参考値を計測したセンサ等の仕様、などを記述したテキストファイル。
- キャリブレーション用画像  
カメラキャリブレーションを行うための静止画のアーカイブ。

## 4. 映像シーケンスパッケージ

現在、評価用映像シーケンスパッケージの第1弾として、以下の3つのパッケージを TrakMark のホームページ[7]にて公開している。各パッケージの概要を表2にまとめる。

### ●時代劇セットパッケージ

屋内の決められた範囲において、動き回りながらシーンを観測する事例として、時代劇のセットを対象とした映像撮影をシナリオとして選択した（図2参照）。当該環境には、カメラの位置・姿勢を計測可能な物理センサ（位置計測センサ：InterSense社 IS-900 SCT, ロータリーエンコーダ：SHOTOKU社 TU-03VR）が存在するため、参考値はこれらを使用して計測した。

### ●キャンパスパッケージ

屋外を移動する事例として、大学のキャンパスを対象とした歩行者ナビゲーション／ガイドをシナリオとして取り上げた（図3参照）。パッケージには、通常カメラによ

表2 各パッケージの概要。

項目	時代劇	キャンパス	学会会場
フレームレート	24 [fps]	15 [fps]	30 [fps]
解像度	1920×1080	720×480 / 768×1024	640×480
フォーマット	JPEG	JPEG	JPEG
シーケンス数	7	1/6	3
その他	参考値あり	参考値あり	真値あり

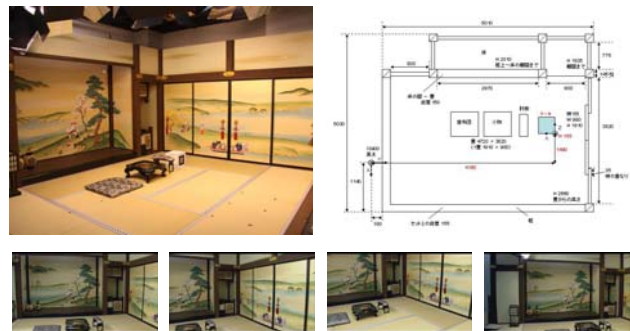


図2 時代劇セットパッケージの内容。左上図は時代劇セットの外観。右上図はセットの見取図。下は映像シーケンスの一部。



図3 キャンパスパッケージの内容. 上は評価用映像シーケンスの一部. 下は, 全方位型マルチカメラのカメラ毎の映像シーケンスの一部.



図4 学会会場パッケージの内容. 右図は3Dモデルデータ. 残りは映像シーケンスの一部.

る映像シーケンスが1つと, 学習用に全方位型マルチカメラ (Point Grey Research 社 Ladybug) による映像シーケンスが含まれている. カメラの正確な位置姿勢を計測することが難しいため, 各フレームの画像上でトータルステーションを用いて計測した自然特徴点の3次元位置を手動で対応付け, PnP問題を解くことで算出している. この参考値は, 10フレーム毎に作成している.

#### ●学会会場パッケージ

3つ目のシナリオとして, ホテルで開催された学会会場内を歩き回る歩行者ナビゲーション/ガイドを選択した (図4参照). このパッケージの特徴は, すべての映像をCGによって描いている点にある. 産総研の研究成果[8]を利用して, 昨年度開催された ISMAR 2009 の会場内 (Marriott Orlando Downtown) を3Dモデルとして再現し, このCGデータを元にして歩行者視点の映像シーケンスを作成している. したがって, このためパッケージには, カメラの位置姿勢の参考値ではなく真値が含まれることになる.

現在, 学会会場パッケージには, 3つの映像シーケンスが含まれているが, 当然ながらカメラパスや解像度など様々なパラメータを変更した映像シーケンスを生成可能であり, 今後, TrakMarkに協力してくれる研究者らの意見を取り入れて拡充を図る. なお, CGモデルはCOLLADAフォーマット (daeファイル) として公開している.

## 5. むすび

原稿執筆時点でWGの発足から1年余りが過ぎ, TrakMark 1.0策定に向けて作業を進めている段階である.

ISMAR 2009の特別セッションでは, ISMARで行われているTracking Competitionとの連携を提案する意見が出るなど, 好意的に受け入れられるとともに, 多数の研究者が議論に加わった. 現在, TrakMark WGでは, 第1弾の評価用映像シーケンスに対して, PTAM[9]などのアルゴリズムを試験的に適用し, 評価用データの不備や評価手順などについて検討している.

こうした労力と客観性を要する作業は, 1研究グループの努力で解決できるものではなく, 学会内の有識者と有力グループのボランティア精神によって初めて達成できるものである. この活動はまた, これまで世界のAR/MR分野を先導してきた我が国の次なる国際貢献であり, 研究レベルを常に世界の第一線に保つため活動と位置づけている. 本稿をお読みの学会員の中で, TrakMark WGの活動にご興味のある研究者がおられれば, 随時, info@trakmark.netまでご連絡いただきたい.

## 参考文献

- [1] 佐藤, 内山, 田村: 複合現実感における位置合わせ手法, 日本VR学会論文誌, Vol. 8, No. 2, pp.171-180, 2003.
- [2] 加藤: AR/MRにおける幾何位置合わせ手法の現状—人工マーカを使った手法の研究動向と課題, 日本VR学会第14回大会論文集, 3C2-1, 2009.
- [3] 佐藤, 横矢: AR/MRにおける幾何位置合わせ手法の現状—自然特徴を使った手法の研究動向と課題, 同上, 3C2-2, 2009.
- [4] 田村, 柴田: WG活動報告 AR/MR位置合わせ&トラッキング手法の評価方法策定, 同上, 3C2-3, 2009.
- [5] 柴田, 池田, 蔵田: TrakMark WG活動報告~AR/MR位置合わせ&トラッキング手法の評価方法策定, 日本VR学会誌, Vol. 15, No. 2, pp. 37-41, 2010.
- [6] H. Tamura, H. Kato, and the TrakMark Working Group: Proposal of International Voluntary Activities on Establishing Benchmark Test Schemes for AR/MR Geometric Registration and Tracking Methods, In Proc. 8th Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality 2009, pp. 233-236, 2009.
- [7] TrakMark, <http://www.trakmark.net/>
- [8] T. Ishikawa, T. Kalaivani, M. Kourogi, A. P. Gee, W. Mayol, K. Jung, and T. Kurata: In-Situ 3D Indoor Modeler with a Camera and Self-Contained Sensors, In Proc. 13th Int'l Conf. on Human-Computer Interaction (HCI2009), LNCS 5622, pp. 454-464, 2009.
- [9] G. Klein, and D. Murray: Parallel Tracking and Mapping for Small AR Workspaces, In Proc. 6th Int'l Symp. on Mixed and Augmented Reality, pp.225-234, 2007.