

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 18 日現在

機関番号：34315

研究種目：基盤研究(B)

研究期間：2010～2013

課題番号：22300046

研究課題名(和文)可搬移動型複合現実感システムに適した幾何位置合わせ手法の研究

研究課題名(英文)Studies on Geometric Registration Method for Mobile Mixed Reality Systems

研究代表者

柴田 史久 (SHIBATA, FUMIHISA)

立命館大学・情報理工学部・教授

研究者番号：80314425

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 14,000,000円、(間接経費) 4,200,000円

研究成果の概要(和文)：可搬移動型複合現実感システムに適した幾何位置合わせ手法の研究開発を推進し、複数の幾何位置合わせ手法を状況に応じて切り替えて利用できるような機構を提案・実装した。また、可搬移動型機器を用いた複合現実感システムを構築するための機能分散型フレームワークを設計・実装した。これを利用することで、コンテンツの動きが同期したMR空間を同時に複数のモバイル機器で共有可能なMRシステムを構築できる。

研究成果の概要(英文)：We studied the development of a geometric registration method for mobile mixed reality systems. Our proposed system could perform localization in different area by dynamically switching the multiple localization methods. In addition, we have designed and implemented a distributed framework for creating mobile mixed reality systems. By using this framework, it is possible to build a MR system in which multiple mobile devices share the same MR space simultaneously.

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：複合現実感 幾何位置合わせ 可搬型機器 バーチャルリアリティ

## 1. 研究開始当初の背景

現実世界を電子的に増強する「拡張現実感 (Augmented Reality)」(以下 AR と略す)や現実世界と仮想世界を継ぎ目なく融合する「複合現実感 (Mixed Reality)」(以下 MR と略す)は、いずれも人工現実感 (Virtual Reality)の発展形であり、1990 年代後半から基礎研究が緒についたが、21 世紀に入り、世界的にも研究活動が活発化している。その理由の 1 つは、大手自動車産業のデザイン分野での活用や博覧会・展示会の大型アトラクションでの採用といったハイエンドの成功事例が生まれ、この魅力ある研究分野への若手研究者の参入が相次いだことである。技術体系の核は出来上がり、研究開発の最前線は、MR 空間の精度や表現力の向上、視覚的融合に加えて聴覚や触力覚を併用する技術へと向かっている。

上記の成功事例は、いずれも屋内利用の大規模な据置型システムで、高額な位置姿勢センサを導入した上に、頭部装着型ディスプレイによる体験を前提としたものであった。いわば、厳しい制約条件下での限界性能を迫ったものである。一方、AR/MR システムの理想形は、屋内外を問わず、可搬移動型で利用できる形態である。社会への広汎な普及を目指して、カメラやグラフィック表示機能を有する携帯電話、携帯情報端末(PDA)等での AR/MR 機能の実現の期待が増してきた。ここで障害となるのは、モバイル機器の性能向上は目覚ましいものの、仕様変更も頻繁であり、汎用 PC に比べてソフトウェア開発・実行環境も劣ることである。そこで我々は、機器に依存しないモバイル AR システムの共通基盤アーキテクチャを提案し、その技術体系整備を推進してきた。

モバイル型 AR/MR への関心が増す中で、携帯電話のアプリケーションの 1 つとして AR 機能をもたせる試みが、ブームとも言える社会現象を起こしている。その多くは、タウンガイドや歩行者ナビゲーション等を目的とした用途で、その地域の情報や店舗情報等をカメラで捉えた光景に単純に重畳表示にしているに過ぎず、被写体となった光景に正確な幾何位置合わせを行っている訳でも、利用者の移動に追従できる機能を有している訳でもない。ここから逆に、AR/MR 分野で最重要の要素技術であった現実空間と仮想空間の幾何位置合わせ技術への関心が高まり、モバイル機器での実用化を望む声が増している。当該技術の研究は、人工マーカを使った手法から、現実世界の自然特徴を使った手法へと大きな変化が進展しつつあり、学術的にも高度な手法が次々と提案されている。

## 2. 研究の目的

以上のような状況を鑑み、我々がこれまで

培ってきたモバイル AR の汎用フレームワークを本格的な MR 対応に進化させ、その上に最新の幾何位置合わせ技術を実用化可能なレベルで搭載しようとするのが、本研究の目的である。

具体的には、次にあげる 3 つの目標を設定している。

(1) モバイル型機器向けの位置合わせ手法の開発

現時点での有力な幾何位置合わせ/トラッキング手法の内、モバイル機器向けの手法を選択し、研究期間内に実用化可能なものに改良して実装する。

(2) モバイル MR システムのための汎用フレームワークの設計と実現

上記を可能にするためと、最新のモバイル情報機器の進化を反映するのに、従来の AR 用フレームワークを再設計し、これを購入可能な市販の機器上に実装する。

(3) 具体的応用事例による性能評価

上記の実装結果は、アルゴリズム開発、システム構築の興味に留めず、実際に屋内外で利用できる応用事例を通して性能評価実験を実施し、その結果を上記(1)(2)にフィードバックする。

## 3. 研究の方法

本研究が対象とするモバイル型機器は、その種類も豊富で性能面から見ても多様であるといえる。概して言えることは、据置型と比較して機能が制限されており、大きさなどの制約から今後も著しく性能が向上することは望めない、ということである。したがって、モバイル型機器を用いた幾何位置合わせ手法を検討する上では、以下の前提条件のもとに手法の検討を行う必要がある。

- CPU、主記憶装置、補助記憶装置などに制限
- カメラ、ジャイロ、GPS 等の小型のセンサが搭載されているが性能が低い
- 無線 LAN、WiMAX などによる通信が可能
- 機器ごとに搭載されるセンサやその性能に差異が存在
- 携帯性の良さから広範囲を移動することが可能

このような前提のもと、本研究では、下記の 3 つの研究項目を設定し考察を進める。

(1) モバイル型機器向けの幾何位置合わせ手法の検討

本研究の中核を為す研究であり、多様なモバイル型機器に対応可能な幾何位置合わせ手法の実現を目指す。前提条件に記したモバイル型の機器における種々の制限を考慮した高性能でロバストな幾何位置合わせ手法の実現を目指す。手法としては、画像ベースの方式を採用することとし、自然特徴点に基づくトラッキングの問題と初期位置合わせ

問題について考察する。また、ジャイロなどのセンサ情報を利用してその位置姿勢検出精度を高める機構について検討する。

#### (2) モバイル MR システムのための汎用フレームワークの設計と実現

研究項目(1)において検討した幾何位置合わせ手法を、以前に開発したモバイル AR 向けのシステム・アーキテクチャへと組み込み、屋内外を問わず様々な種類のモバイル型機器で利用可能な汎用フレームワークへと発展させる。

#### (3) 具体的な応用事例による性能評価

研究項目(2)により実現した汎用フレームワークを利用して、複数の応用事例を作成し、様々な環境における幾何位置合わせ性能を検証するとともに、実験結果から得られる知見を、提案する幾何位置合わせ手法そのもの(研究項目(1))や汎用フレームワーク(研究項目(2))へとフィードバックし、性能やロバスト性の向上を目指す。

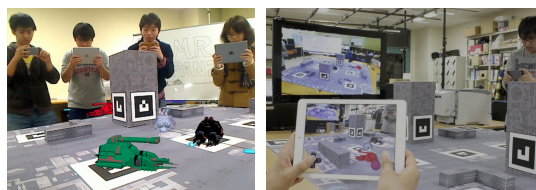
### 4. 研究成果

本研究によって得られた主な成果を列挙する。

研究の目的に記載した(1)に関しては、クライアントサーバモデルに基づく位置姿勢推定機構を設計・実装した。あらゆる場所において万能なモバイル機器向けの位置合わせ手法の実現は非常に困難であるとの立場から、複数の位置合わせ手法を状況に応じて切り替える機構を実現した(学会発表 1, 5, 7, 9, 13, 17, 18)。また、そこで利用する位置合わせ手法の一つとして、同系色のマーカを利用した位置合わせ手法(雑誌論文 2, 学会発表 22)やポストを利用した位置合わせ手法(学会発表 8, 11, 12, 23)を考案した。

研究の目的に記載した(2)については、モバイル機器を用いた MR システム構築のための機能分散型フレームワークを設計・実装した。設計したフレームワークを利用することで、コンテンツの動きが同期した MR 空間を同時に複数のモバイル機器で共有可能な MR システムを構築できる(雑誌論文 1, 学会発表 2, 14, 15, 16, 19, 20, 21)。また、提案フレームワークを設計する中で、モバイル機器による MR において疑似運動視差を表現する手法を考案した(学会発表 6, 10)。

研究の目的に記載した(3)については、設計したフレームワークの上で、複数のアプリケーションを作成し(図 1 参照)、その性能について評価した(雑誌論文 1)。また、フレームワークをベースに物流倉庫におけるピッキングおよびソーティングを支援するシステムを構築し、その評価を行った(学会発表 3, 4)。



(a) 実行画面 (b) 体験の様子

図 1 アプリケーションの実行例

### 5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計 2 件)

1. 著者名: 柴田史久, 松田祐樹, Le Van Nghia, 川端大輔, 山崎賢人, 木村朝子, 論文タイトル: モバイル MR システム構築のための機能分散型フレームワークの設計と実装, 雑誌名: 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読: 有, 巻: 19, 発行年: 2014 年, ページ: 印刷中
2. 著者名: 茂地顕一郎, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 論文タイトル: 複合現実感のための同系色ツートンカラーマーカにおける ID 符号体系と誤り検出・訂正, 雑誌名: 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, 査読: 有, 巻: 16, 発行年: 2011, ページ: 201-210

〔学会発表〕(計 23 件)

1. 発表者名: 宮城彩佳, 木村朝子, 柴田史久, 発表タイトル: クライアントサーバモデルに基づく携帯端末の位置姿勢推定機構(6)~平面拘束を利用した特徴点の 3 次元位置修正法~, 学会等名: 第 18 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2013 年 9 月 20 日, 発表場所: うめきた・グランフロント大阪(大阪府)
2. 発表者名: 川端大輔, 木村朝子, 柴田史久, 発表タイトル: モバイル MR システム構築のための機能分散型フレームワーク(8) - アニメーションの表現力向上 -, 学会等名: 第 18 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2013 年 9 月 20 日, 発表場所: うめきた・グランフロント大阪(大阪府)
3. 発表者名: 山崎賢人, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表タイトル: 商品物流における仕分け作業支援への複合現実感技術の応用, 学会等名: 第 18 回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2013 年 9 月 18 日, 発表場所: うめきた・グランフロント大阪(大阪府)
4. 発表者名: Kento Yamazaki, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, Hideyuki Tamura, 発表タイトル: Prototype development of a mixed reality order picking system for warehouse storage, 学会等名: Innovations in Information and Communication Science and Technology(IICST 2013), 発表年月日:

- 2013年9月5日, 発表場所: Tomsk(Russia)
5. 発表者名: Daiki Yoshihara, Yusuke Kaidu, Kyohei Nakanishi, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, Hideyuki Tamura, 発表標題: Switching multiple tracking methods for wide area mobile augmentation, 学会等名: 6th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality (KJMR 2013), 発表年月日: 2013年4月13日, 発表場所: OIST(Okinawa)
  6. 発表者名: Yuki Matsuda, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, Hideyuki Tamura, 発表標題: Creating a User-Specific Perspective View for Mobile Mixed Reality Systems on Smartphones, 学会等名: Proc. IEEE Symp. on 3D User Interfaces 2013 (3DUI 2013), 発表年月日: 2013年03月17日, 発表場所: Orlando(U.S.A.)
  7. 発表者名: 海津優介, 中西恭平, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: クライアントサーバモデルに基づく携帯端末の位置姿勢推定機構(5)~位置合わせ手法の動的切替機構の開発~, 学会等名: 電子情報通信学会 パターン認識・メディア理解研究会, 発表年月日: 2013年01月24日, 発表場所: 京都大学(京都府)
  8. 発表者名: Yukiko Kubo, Shinya Komurasaki, Fumihisa Shibata, Asako Kimura, Hideyuki Tamura, 発表標題: Trial evaluation of a marker-based geometric registration method using a TrakMark data set, 学会等名: Proc. The 3rd International Workshop on Benchmark Test Scheme for AR/MR Geometric Registration and Tracking Method (TrakMark2012), 発表年月日: 2012年11月11日, つくば国際会議場(茨城県)
  9. 発表者名: 吉原大貴, 楠井慧, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: クライアントサーバモデルに基づく携帯端末の位置姿勢推定機構(4)~自然特徴点ランドマークデータベースを用いた位置姿勢推定の性能向上~, 学会等名: 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2012年9月12日, 慶應義塾大学日吉キャンパス(神奈川県)
  10. 発表者名: 松田祐樹, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: モバイル型複合現実感システムにおける疑似運動視差の実現法, 学会等名: 第17回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2012年9月12日, 慶應義塾大学日吉キャンパス(神奈川県)
  11. 発表者名: 久保裕紀子, 吉田大地, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: 美観と頑健性を両立させた複合現実感用半人為的幾何位置合わせマーカの研究(第11報)~PM方式におけるデザインルール体系の再構築~, 学会等名: 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2011年9月20日, 発表場所: 公立ほこだて未来大学(北海道)
  12. 発表者名: 小紫慎哉, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: 美観と頑健性を両立させた複合現実感用半人為的幾何位置合わせマーカの研究(第12報)~SFINCS-PMシステムのスマートフォンでの実現~, 学会等名: 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2011年9月20日, 発表場所: 公立ほこだて未来大学(北海道)
  13. 発表者名: 海津優介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: クライアントサーバモデルに基づく携帯端末の位置姿勢推定機構(3)~位置合わせ手法切替機構の設計と実装~, 学会等名: 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2011年9月20日, 発表場所: 公立ほこだて未来大学(北海道)
  14. 発表者名: 前田貴裕, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: モバイルMRシステム構築のための機能分散型フレームワーク(5)-サウンド制御機構の設計と実装-, 学会等名: 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2011年9月20日, 発表場所: 公立ほこだて未来大学(北海道)
  15. 発表者名: 中満匠, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, モバイルMRシステム構築のための機能分散型フレームワーク(6)-物理演算エンジンによるコンテンツ制御機構の拡張-, 学会等名: 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2011年9月20日, 発表場所: 公立ほこだて未来大学(北海道)
  16. 発表者名: 小泉全弘, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: モバイルMRシステム構築のための機能分散型フレームワーク(7)-スマートフォンのためのインタラクション機構の拡張-, 学会等名: 第16回日本バーチャルリアリティ学会大会, 発表年月日: 2011年9月20日, 発表場所: 公立ほこだて未来大学(北海道)
  17. 発表者名: 海津優介, 中西恭平, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: クライアントサーバモデルに基づく携帯端末の位置姿勢推定機構(1)~ランドマークデータベースを用いた位置姿勢推定機構の設計と実装~, 学会等名: 2011年電子情報通信学会総合大会, 発表年月日: 東日本大震災により大会中止, 発表場所: 東日本大震災により大会中止
  18. 発表者名: 中西恭平, 海津優介, 柴田史久, 木村朝子, 田村秀行, 発表標題: クライアントサーバモデルに基づく携帯

端末の位置姿勢推定機構(2)～携帯端末における自然特徴点追跡手法～,学会等名:2011年電子情報通信学会総合大会,発表年月日:東日本大震災により大会中止,発表場所:東日本大震災により大会中止

19. 発表者名:縄谷侑司,山下智紀,柴田史久,木村朝子,田村秀行,発表標題:モバイル MR システム構築のための機能分散型フレームワーク(2) -コンテンツ制御機構の拡張-,学会等名:第15回日本バーチャルリアリティ学会大会,発表年月日:2010年9月16日,発表場所:金沢工業大学(石川県)
20. 発表者名:岩黒達也,柴田史久,木村朝子,田村秀行,発表標題:モバイル MR システム構築のための機能分散型フレームワーク(3) -コンテンツアニメーションの記録・再現手法の提案-,学会等名:第15回日本バーチャルリアリティ学会大会,発表年月日:2010年9月16日,発表場所:金沢工業大学(石川県)
21. 発表者名:辻愛二,柴田史久,木村朝子,田村秀行,発表標題:モバイル MR システム構築のための機能分散型フレームワーク(4) -アプリケーション開発のためのオーサリングツールの設計と実装-,学会等名:第15回日本バーチャルリアリティ学会大会,発表年月日:2010年9月16日,発表場所:金沢工業大学(石川県)
22. 発表者名:栗田真輔,柴田史久,木村朝子,田村秀行,発表標題:美観と頑健性を両立させた複合現実感用半人為的幾何位置合わせマーカの研究(第9報) -TT方式におけるトラッキングと位置姿勢推定の並列化-,学会等名:第15回日本バーチャルリアリティ学会大会,発表年月日:2010年9月15日,発表場所:金沢工業大学(石川県)
23. 発表者名:吉田大地,柴田史久,木村朝子,田村秀行,発表標題:美観と頑健性を両立させた複合現実感用半人為的幾何位置合わせマーカの研究(第10報) -PM方式におけるオーサリングツールの提案-,学会等名:第15回日本バーチャルリアリティ学会大会,発表年月日:2010年9月15日,発表場所:金沢工業大学(石川県)

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

取得状況(計0件)

〔その他〕

6. 研究組織

(1)研究代表者

柴田 史久 (SHIBATA FUMIHISA)  
立命館大学・情報理工学部・教授  
研究者番号:80314425

(2)研究分担者

田村 秀行 (TAMURA HIDEYUKI)  
立命館大学・総合科学技術研究機構・教授  
研究者番号:10367998

(3)連携研究者

木村 朝子 (KIMURA ASAKO)  
立命館大学・情報理工学部・教授  
研究者番号:20324832