

科学研究費助成事業（学術研究助成基金助成金）研究成果報告書

平成 25 年 5 月 30 日現在

機関番号：14401
 研究種目：若手研究(B)
 研究期間：2011～2012
 課題番号：23700147
 研究課題名（和文）
 複数AR端末の協調三次元センシングに基づくコミュニケーション支援情報の提示
 研究課題名（英文）
 Communication support on based on collaborative sensing using multiple AR devices
 研究代表者
 池田 聖（IKEDA SEI）
 大阪大学・基礎工学研究科・助教
 研究者番号：40432596

研究成果の概要（和文）：本研究では、複数の利用者が複数のビデオシースルー型の拡張現実感（AR）端末を用いた場合を想定し、特定の物、位置の情報が与えられないという特殊な状況を想定し、コミュニケーションを支援する情報を直感的に入力および提示できる拡張現実感（AR）技術の確立である。具体的成果は、センシングを主眼においた技術として、衣類の色および模様認識法、赤外線画像のカラー画像化法、SLAMにおけるスケール推定法を開発した。提示に主眼を置いたものとしては、台所での遠隔作業支援法、紙面上のレイアウト支援法、実画像の幾何補正法を開発した。

研究成果の概要（英文）：In this research, I have demonstrated several concrete and new AR systems and methods under the assumption that there are multiple people using AR devices which do not have any information about specific objects or positions. Our contribution concretely includes development of a presentation system of pattern on clothes, a remote assistance system in kitchen and a layout assistance system for paper work as applications, and development of a colorization method of near infrared images and a scale estimation for SLAM as methods.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
交付決定額	2,700,000	810,000	3,510,000

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：バーチャルリアリティ、複合現実感

1. 研究開始当初の背景

拡張現実感における最も重要な幾何学的整合性問題は、ライブ映像に対してCGで描かれた物をあたかもその場に存在するかのように正確な位置および姿勢で重畳表示する幾何学的整合性問題、すなわち環境とカメラの姿勢関係を求める tracking であるとされてきた。しかし、Oxford 大学が、センサやマーカ、事前知識を必要としない SLAM 方式の安定した tracking 手法を発表した2007年頃から、ある種の区切りを迎えている。例えば、2008年のISAMRから「Tracking

Competition」が開催されるようになり、さらには申請者も参加する TrakMark と称する tracking 手法の評価基準を定めるプロジェクトも2009年に発足している。つまり、それまでは tracking の研究では実用可能性を示すに留まっていたのに対して、今は、実用化に向けて tracking 手法の精度を評価すべきという段階になった。以上の学術的背景を踏まえ、本研究は、整合性問題が解決されたことを前提に新たな問題を提起する立場にある。

しかしながら、SLAM方式の tracking 手

法の特徴を逆に述べれば、センサやマーカ、事前知識を用いなければ映像に写る対象が何であるか特定されないという事でもある。それにも関わらず、CGで描かれた何らかの（対象と無関係かもしれない）物を、その場にあるかのように重畳表示することに、ゲームやアート以外の有益な支援が出来るかという議論がある。従来の拡張現実感の研究の多くが、人手による情報が十分与えられている環境のみを対象としていたためこのような議論が起こると考え、本研究では、その正反対の極端な状況として、対象を特定するための情報が全く与えられていない状況下において、実時間の環境センシングに基づいた拡張現実感技術により人の行動を支援することができるということを実証しようとしている。

従来の拡張現実感の研究の多くが、特定の位置、特定の物体に関する情報が予め与えられ、カメラの位置や物体を特定することで、その情報を提示するという枠組みのものが多かった。しかし、SLAM法はこのような特定の座標や物体を識別する必要がない。研究代表者は、拡張現実感技術の可能性を広げるためには、特定の座標や物体を識別せずに利用できる拡張現実感の応用と基礎技術を具体的に検討する必要があると考えた。

2. 研究の目的

本研究の目的は、自由に移動する複数のカメラ映像から実時間で環境の形状を推定し、得られるテクスチャ付き三次元環境モデルを意味のある単位に分割することで、人手によりモデルや物体に関する情報が与えられていない環境において、コミュニケーションを支援する情報を直感的に入力および提示できる拡張現実感(AR)技術の確立である。具体的には、予めモデルや物体に関する情報を与えることの出来ない災害現場を想定し、レスキュー隊など現場の複数の作業者が持つAR情報端末の協調的な映像解析を基幹技術として、災害現場の状況に応じて注目物体の強調表示や目的箇所への接近経路などの支援情報を提示するシステムを開発する。本研究の目的は、こうした基幹技術を開発し、座標や対象を特定するための情報が全く与えられていない状況下において、実時間の環境センシングに基づいた拡張現実感技術により人の行動を支援することができるということを、具体的システムとアプリケーションにより実証することである。

具体的には、コミュニケーション支援情報を提示するために必要な環境の三次元センシングと情報の提示法を本研究の主要課題とし、システムの試作により得られた次の3つの問題を当初、設定した。

(1) 復元形状の高精細化復元される表面形状を高精細化するためには、三次元復元される

点の密度を高める必要がある。SLAM方式のtrackingで使用されるstructure-from-motion法により得られる特徴点は、実時間性を重視するため極めて信頼性の高い点のみが選ばれ、復元されるのは物体表面上に粗に分布する特徴点のみである。密な三次元復元で行われるように、multi-baseline stereo法により特徴点以外の表面上の点の三次元位置を算出する手法は、計算コストが高く拡張現実感に必須の実時間性を満たさない。本研究では、対象全体を密に復元するのではなく、コミュニケーションに必要な部分の優先度を高め適用的に密な復元をすることで、このトレードオフを解決できることを示す。

(2) 領域分割の高精度化環境中の特定の物を指さして会話の主題を明確にする動作は、人と人とのコミュニケーション法の重要な要素である。このようなコミュニケーション法を、離れた人どうして実現するためには、計算機が仲介し、環境をセンシングし、対象を意味のある単位に分割しておく必要がある。三次元的な表面形状を分割する従来研究は、一般性を重視したものが多く、必ずしもユーザの視点位置、指差し動作に合うような分割結果にならない。本研究では、上記のようなコミュニケーションに特化して、利用者の視点に相当する情報端末カメラの位置、指差し動作に対応するタッチパネルの入力軌跡情報など様々な補助情報がコミュニケーションの円滑化に有効に作用することを示す。

(3) 初期化問題現在の試作システムはカメラ1台で構成されており、対象の表面形状を得るために、利用者が予め意図的に対象を様々な角度から見回す初期化の動作が必要である。これは、structure-from-motionに関する知識があることが前提であり、このような動作が出来ない場合もある。実際の現場では、2人以上の利用者がコミュニケーションを取るため、それぞれが同様の情報端末を持っている。本研究では、独立かつ自由に移動するAR端末カメラが複数あるという前提でシステムと復元手法を構成し、上記の初期化を無くすことができることを示す。

3. 研究の方法

実際の研究の方法は、特定の座標や物体を識別せずに利用でき、複数の利用者が同時に利用できる拡張現実感アプリケーションを多数開発する方針をとった。三次元対象の領域分割による注目箇所の共有用途に固執せず、研究目的の達成を目指した。研究方法は、センシングに主眼を置いた技術と提示に主眼を置いた技術を開発した。座標や対象を特定しないことを前提として設計し、実際に動作する試作システムの構築も可能な限り行うこととした。具体的には、この概念により以下のアプリケーションを構築し発表した。

【センシングに主眼を置いたもの】

・衣類の色および模様認識法：このアプリケーションでは、色覚異常の利用者が拡張現実感端末のカメラを通して目的の物を見ると対象物の色と模様をテキストや音声により通知することができる。

・赤外線画像のカラー画像化法：近赤外線カメラで取得したグレースケール画像に色差成分の手がかりを異なる視点の画像から与えてカラー化することで拡張現実感端末の利用者によるシーンの認識を支援することができる。近赤外線を利用することで、霧や霽に影響されにくくクリーンな映像を提示することができる。

・SLAMにおけるスケール推定法：拡張現実感に欠かせないカメラの位置、姿勢と環境の三次元復元が同時にリアルタイムで可能なSLAM法は、スケールが求まらないという問題がある。座標や対象を一意に特定することなくこのスケールを算出することができる。

【提示に主眼を置いたもの】

・台所での遠隔作業支援法：拡張現実感端末を用いた遠隔協調作業に置いて、台所に存在するような光沢もしくは透明な物を指示対象とする場合に、利用者にとって見やすい形・動きのマーカを提示する。

・紙面上のレイアウト支援法：紙面に関する情報を殆ど与えずに作業者を支援する補助線を紙面上に提示することが出来る。

・実画像の幾何補正法：拡張現実感端末のディスプレイに表示される実画像とディスプレイの外の実シーンとが幾何学的に位置ずれするため、両者の対応がつけづらいという問題があり、リアルタイムでの画像の幾何補正によりこれを解決することができる。

4. 研究成果

研究目的で掲げた問題(2)と(3)を解決する成果が得られた。具体的成果は、まずセンシングを主眼においた衣類の色および模様認識法、赤外線画像のカラー画像化法、SLAMにおけるスケール推定法を開発した。提示に主眼を置いたものとしては、台所での遠隔作業支援法、紙面上のレイアウト支援法、実画像の幾何補正法を開発した。試作システムを用いた実験により、作業効率の向上、センシングの精度等を確認することにより、基幹技術の有効性を実証した。以下に、各アプリケーションにおける成果をまとめる。

【センシングに主眼を置いたもの】

・衣類の色および模様認識法：カメラより取

得した衣類の接写画像から代表色を抽出しPCCS表色系へとマッピングすることにより、色の判別および簡単な模様の分類が可能になった。38点の衣類、20名の被験者による実験を通して有効性を確認した。この成果は日本色彩学会論文誌に掲載された。

・赤外線画像のカラー画像化法：近赤外線カメラの画像の大域的なテクスチャを保存したまま、異なる視点の可視光カラー画像の局所的なテクスチャをコピーすることができ、近赤外線カメラ視点での可視光カラー画像を生成することが出来た。この成果は、電子情報通信学会2013年総合大会にて発表した。

・SLAMにおけるスケール推定法：画像中の周期構造を持つ箇所を手がかりに物体のスケールを算出し、複数回の試行においても分散が小さくスケールが算出できることを確認した。この成果は、国内会議第56回システム制御情報学会研究発表講演会およびビジョン技術の実利用ワークショップ ViEW2012にて発表し、前者の会議にて第一著者は「システム制御情報学会奨励賞」を受賞した。また、国際会議 The 6th Korea-Japan Workshop on Mixed Realityでも発表した。

【提示に主眼を置いたもの】

・台所での遠隔作業支援法：高齢者の一人暮らしを想定し、一人暮らしする弱い認知症患者に対して、食事の準備を遠隔から支援するシステムを構築し、実証実験を行った。国際会議 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and Communication Technologiesにて発表した。

・紙面上のレイアウト支援法：紙面の状態をカメラで認識し、その状態に応じた補助線を提示することにより、文章や図形作成時のレイアウト整形を支援するシステムを構築した。このシステムの特長は、紙面に投影する付加情報を補助線に限定したことにより、計算機による支援を受ける場合と受けない場合で、視認性および操作性が殆ど変わらない事、対象が何のための紙面であるか、紙面に何を書こう/描こうとしているのか、という情報を与えることなく幅広い作業を支援できることを示した。試作システムを用いた簡単な実験により、レイアウト整形支援ができることを示した。この成果は、国際会議 Joint VR Conference of euroVR and EGVE (JVRC2011)でポスター発表した。

・実画像の幾何補正法：ビデオシーンスルー型の拡張現実感において、前面および背面カメラが搭載されたタブレット端末を用いて、それぞれのカメラから実環境の三次元形状およびユーザ視点の三次元位置を取得し、homography変換により端末の画面部分があ

たかも透けているかのように実画像を提示することで視認性が向上することを確認した。これによりユーザの視点位置とカメラのレンズ中心の不一致による提示画像と実シーンとの間の幾何学的不整合を低減した。実験では準平面環境、非平面環境、CGを重畳表示した環境において幾何補正がある場合は補正がない場合に比べて被験者の視認性が向上したことを確認した。この成果はこれまで、日本バーチャリアリティ学会第39回複合現実感研究会で口頭発表した。また、第一著者の卒業論文として第2回サイエンス・インカレ研究発表会でも口頭発表し、サイエンス・インカレ奨励表彰を受賞した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計1件)

[1] 三宅正夫, 眞鍋佳嗣, 浦西友樹, 池田聖, 千原國宏: 視覚障がい者支援のための衣類の色および模様提示システム, 日本色彩学会論文誌, Vol. 36, No. 1, pp. 3-14, 2012年03月.

[学会発表] (計7件)

[1] SASAKI Takayuki, IKEDA Sei, Iwai Daisuke, and SATO Kosuke: "Rough Scale Estimation in SLAM for Desktop Environments", The 6th Korea-Japan Workshop on Mixed Reality, 2013年05月.

[2] 若林悠, 池田聖, 佐藤宏介: "テクスチャ生成による赤外線画像のカラー画像化", 電子情報通信学会 2013年総合大会講演論文集, 2013年03月.

[3] 富岡誠, 池田聖, 佐藤宏介: "カメラ内蔵タブレット型拡張現実感における実画像幾何補正", 電子情報通信学会技術研究報告, Vol. 112, No. 385 (MVE2012-90), 347-352, 2013年01月.

[4] 佐々木貴之, 池田聖, 岩井大輔, 佐藤宏介: "シーン中の周期構造を用いた多視点3次元復元のためのスケール推定", ビジョン技術の実利用ワークショップ ViEW2012 講演論文集, IS2-C8, 2012年11月.

[5] 佐々木貴之, 池田聖, 岩井大輔, 佐藤宏介: "周期構造を手がかりにした3次元計測のための拡張現実感システム", 第56回システム制御情報学会研究発表講演会講演論文集, 2012年05月.

[6] Sei Ikeda, Jaakko Hyry, Antti Pitkanen, Zeeshan Asghar, Petri Pulli and Hirokazu Kato: "Remote Assistance Using Visual Prompts for Demented Elderly in Cooking," Proc. 4th International Symposium on Applied Sciences in Biomedical and

Communication Technologies (ISABEL2011), pp. 1-5, 2011年10月.

[7] Sei Ikeda, Hiroki Tanaka, Yoshitsugu Manabe, Kunihiro Chihara and Hirokazu Kato: "Ruled Line Projection System for Paper Layout Assistance," Proc. Joint VR Conference of euroVR and EGVE (JVRC2011), pp. 102-104, 2011年09月.

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

名称: (出願中)

発明者:

権利者:

種類:

番号:

出願年月日:

国内外の別:

○取得状況 (計0件)

名称:

発明者:

権利者:

種類:

番号:

取得年月日:

国内外の別:

[その他]

ホームページ等

日本語ページ

<http://www-sens.sys.es.osaka-u.ac.jp/users/ikeda/research/index-j.html>

英語ページ

<http://www-sens.sys.es.osaka-u.ac.jp/users/ikeda/research/index.html>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

池田 聖 (IKEDA SEI)

大阪大学・基礎工学研究科・助教

研究者番号: 40432596