

令和元年6月18日現在

機関番号：52301

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2018

課題番号：15K00503

研究課題名(和文) ハンドジェスチャ操作によるロケーションベース方式のAR協調作業支援システムの開発

研究課題名(英文) Development of Collaborative Workspace System Using Hand Gesture

研究代表者

崔 雄 (Choi, Woong)

群馬工業高等専門学校・電子情報工学科・准教授

研究者番号：30411242

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,500,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、ARマーカーを必要とせず、複数人が同時に作業空間の共有を可能とさせるために、ロケーションベースAR方式を採用し、ユーザ同士がハンズフリーの状態でもVRオブジェクトを操作しあえる空間の設計と実装を行った。深度センサーとモーションキャプチャーシステムを組み合わせることにより、ユーザの手の位置をグローバル座標系に変換することで、ユーザが操作しようとするオブジェクトを適切に判断し、オブジェクトの操作を可能にした。また、評価実験として、システムの取得する手の座標の誤差とハンドジェスチャによるオブジェクト操作の成功率を調べた。

研究成果の学術的意義や社会的意義

複数人がAR協調作業環境を利用するとき、表示内容の同期や位置関係を正確に維持するシステムはあまりない。本研究ではARマーカーを使わず、ロケーションベース方式によりユーザ同士が生成・操作したVRオブジェクトとGUIの情報が共有されることであり、ハンドジェスチャ認識を用いたユーザの直観的操作によりAR空間の作業を行うことができた。ハンドジェスチャインタラクションによる効果的なAR協調作業にとどまらず、ハンドジェスチャにより情報コントロールする将来のAR協調システムの方向性を示すことに結果と意義がある。

研究成果の概要(英文)：We have developed a collaborative system for location-based AR that enables users to handle virtual object by simple hand gestures. Through a combination of depth sensor and motion capture system, it makes possible to calculate global coordinates of hands and recognize hand gestures without pattern images or hand mounted instruments. We believe that this system would be useful for inter-user communication. In this research, we carried out design and implementation of the system which provided a collaborative workspace for users. In addition, to evaluate the performance of the proposed system, we implemented application to share virtual objects. We carried out the tasks of moving, generating, and eliminating of virtual objects. The recognition rates for all tasks are above 90%.

研究分野：ヒューマンインターフェース

キーワード：Human Interaction Collaborative System

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19、CK - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

仮想空間内に AR 技術を用いた人同士のコミュニケーション及び作業支援を行うシステムは物理的制約からの解放や空間の克服などの利点により多数の研究が行なわれている。リアルタイムにHMDにより実世界と重畳表示や3DCGオブジェクト操作用のデバイスの位置を測定し、複数人での AR 空間の共有が可能になってきた。AR インタフェースを用いた場合のコミュニケーションの振舞いが計算機支援のない通常の対面作業環境とよく似ているという結果も報告されている。一般的に、AR 作業環境内の VR オブジェクトは AR マーカーによりユーザ同士に提示され、AR マーカーが見える範囲での協調作業のみ可能である。さらに VR オブジェクトを表示するために現実の環境に存在している物体や、その環境自体を空間的に認識することで、付加情報の提示位置を特定する AR マーカーレス方式も開発されている。しかし、計算量・安定性・精度の面で AR マーカー方式に比較し、デメリットがある。ロケーションベース方式を用いた AR 協調作業システムでは光学式モーションキャプチャ用の反射マーカーを利用し、ユーザ同士の位置関係の認識と VR オブジェクトとのインタラクションを行っている。VR オブジェクトとのインタラクションを行うために、手にロケーションベース方式の入力デバイスを握り、操作することが必要である。ハンドのような直観的操作には限られている。

既存の研究やシステムの問題点を踏まえ、ハンドジェスチャの直観的な操作により VR オブジェクトの生成・操作を行い、ロケーションベース方式によるユーザ同士の位置関係を計算する AR 協調作業支援手法を提案する。AR マーカーの代わりに HMD の頭部に装着したジェスチャ認識カメラからハンドジェスチャを計測し、VR オブジェクトの生成・操作を行う。作業空間内のユーザ同士の位置関係は HMD の頭部に装着した反射マーカーにより計測し、各ユーザ同士が作業空間内の VR オブジェクトや生成された情報を共有する。提案手法により、ユーザ同士は AR マーカーの制約から自由になり、より AR 協調作業の効率を高められることを期待する。

2. 研究の目的

仮想空間内に AR 技術を用いたユーザ同士のコミュニケーション及び作業支援を行うシステムは AR マーカーに依存し、VR オブジェクトを提示するため、ユーザ同士の情報共有や操作に制限が生じる。本研究では、AR マーカーに依存しない、ハンドジェスチャの直観的操作によるロケーションベース方式の AR 協調作業支援システムを提案する。複数人が AR 協調作業を行うときを想定し 3m x 4m 程度の作業範囲で、支援ができるハンドジェスチャ認識を行う。ユーザ同士の位置関係の計測にはロケーションベース方式を利用し、各ユーザが生成・操作した VR オブジェクト及び GUI の情報を仮想空間内に共有できるシステムを構築する。ハンドジェスチャにより情報を伝える AR 協調作業システムの作業効率を評価実験により向上させる。

3. 研究の方法

本研究プロジェクトの期間を通じての研究内容およびその役割分担体制は図 1 に示すとおりである。研究分担者以外に、本学および分担者の所属する大学の、学生・大学院学生が研究協力者として研究および実験補助・コンテンツ制作などの作業にあたる。

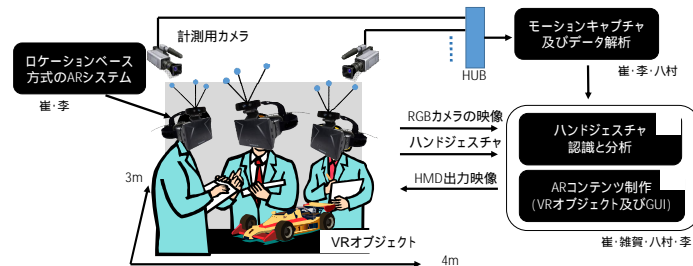


図 1. 本研究の対象と分担体制

本研究ではハンドジェスチャ操作を用いたロケーションベース方式の AR 協調作業支援システムを開発するために立命館大学の研究グループとの協業により実施する。HMD の頭部にハンドジェスチャカメラと反射マーカーを装着した試作品を製作し、ジェスチャ認識における協調作業の制約を検討する。HMD の頭部の反射マーカーを本研究グループで保有する光学式モーションキャプチャ装置を用いて 3m x 4m 程度の作業範囲で 3 次元計測し、作業空間内のユーザ同士の位置関係を分析する。タッチパネルの操作方式を応用した基本操作におけるジェスチャと特定の協調作業に使うジェスチャを分析し、VR オブジェクトと GUI をユーザが効率よく協調作業ができるハンドジェスチャを検討する。AR マーカー方式の協調作業システムとの評価実験を行い、本研究の成果を確認する。

4. 研究成果

以下で、これらの研究経過と成果について簡単に述べる。それぞれの成果の詳細は、研究業績リストにあげた論文を参考できる。

(1) ハンドジェスチャによる作業支援システム

本研究では、ロケーションベース AR 方式と深度センサーを組み合わせたオブジェクト操作手法の提案、およびそれを用いた協調作業支援空間を実装した(図2)。

オブジェクトの表示において、AR マーカーが見えていなければならないという制約が発生するビジョンベース型 AR は実装に向いていない。そこで、ユーザの位置と視線からオブジェクトの表示が可能なロケーションベース型 AR を採用した。ユーザの位置と視線を取得する方法として、光学式モーションキャプチャーシステムを使用した。これは、計測範囲内(横 3m×奥行 4m×高さ 2m)に存在する専用の反射マーカの位置を誤差 1mm 程度で取得することが可能である。この反射マーカをユーザの頭部に装着することで、ユーザの位置と視線を取得することができる。取得されたマーカの座標は TCP/IP 通信によって、サーバに送られる。システムは、サーバに送られた座標から、ユーザの位置と視線を計算し、それらを適切なユーザのウェアラブルデバイスに Wi-Fi 通信で送られる。図2に提案システムの構成を示す。

ユーザはミニコンピュータ(Intel NUC)を腰に装着した。装着したコンピュータは、サーバからユーザの位置と視線を取得し、適切な位置にオブジェクトを表示させる。ユーザはコンピュータに接続された HMD (Oculus DK2) を装着することで、作業空間を体験することができる。また、HMD の正面にジェスチャカメラ (Intel Realsense SDK カメラ F200) を装着した。これにより、作業空間の実空間映像とユーザの手の位置・状態を取得することができる。システムは、ジェスチャカメラからの実空間映像にオブジェクトを重畳表示させることで、ユーザに作業空間内の映像を提供した。ユーザは作業空間内に存在するオブジェクトに対し、ハンドジェスチャ操作を加えることで、移動操作を行うことができる。また、システムから提供される GUI とハンドジェスチャを組み合わせることで、オブジェクトの生成と削除を行うことができる。オブジェクトに対してユーザが行った操作は、Wi-Fi 通信によってサーバに送られる。サーバは作業空間内にいるユーザから送られてくる操作情報を集め、作業空間内のオブジェクトの変化を記録する。その後、システムはすべてのユーザのコンピュータに、オブジェクトの変化を送信する。これによって、常にすべてのユーザが作業空間内のオブジェクトを共有し、操作しあえるシステムを構築した。

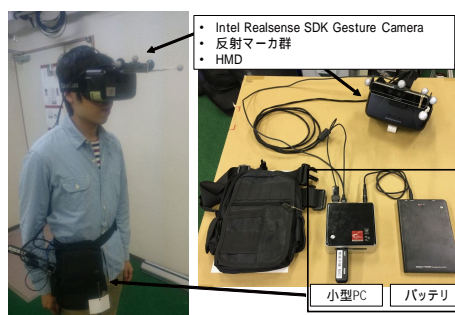


図2. 提案システムの構成

(2) 作業支援システムの評価

提案手法の評価実験として、深度センサーとモーションキャプチャーシステムを組み合わせた手の座標取得における誤差とハンドジェスチャと GUI を組み合わせたオブジェクト操作の成功率について行った。その結果から、提案システムが取得しているユーザの手の位置は、平均で 4 cm の誤差が生じていることがわかった。また、この結果から、10 cm 程度の大きさのオブジェクトでの操作の認識率を調べたところ、90 %以上の認識率を出すことができた(図3)。この結果から、今回実装したシステムは、10 cm 程度の大きさのオブジェクトの操作に関しては、有用であることがわかった。提案手法に関する評価実験の結果から、システムが取得する座標の誤差と操作性の向上を行う必要があることがわかった。そこで、カメラを基準にした手の座標の位置の取得性能と手のジェスチャ認識率の向上を目指すために、Leap Motion のようなハンドジェスチャによって操作ができる入力機器を検討している。デバイス自体が小型であるため、現在の実装方法よりも目に近い位置での座標の取得ができ、カメラの位置と実際の目の位置の相違を減らすことができる可能性がある。また、実世界の映像の取得方法もステレオカメラの導入も検討している。

次に、提案システムをベースとした、モデリングシステムを作成することで、提案手法の協調作業支援への有用性の検証も行った。アンケートの結果、以下のことが分かった。まず、上下左右の方向に対するブロックの移動よりも、正面方向への移動が難しいと

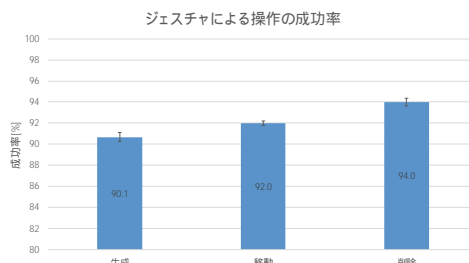


図3. ジェスチャによる操作の成功率

いうものであった。これは、ブロックの変化の見え方が上下左右方向の移動と比べ少ないというものが原因であった。また、GUI を用いた操作方法に関しては、ほとんどの被験者が直観的な方法だと言った。しかし、被験者によっては、GUI の表示位置がブロックの移動を邪魔してしまうことが分かった。そこで、ユーザによって GUI の表示方法などをカスタマイズできるようにすることで、ユーザビリティの向上を目指していく。

5 . 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計1件)

W. Choi, J. Lee, N. Yanagihara, L. Li and J. Kim, Development of a quantitative evaluation system for visuo-motor control in three-dimensional virtual reality space, Nature, Scientific Reports, 査読有、volume 8, 2018, Article number: 13439

〔学会発表〕(計11件)

W.P. Hong, J.H. Lee, W. Choi and J.H Kim, Virtual Reality Upper Limb Motor and Proprioception Assessment System for Stroke Patients, IEEE 6th Global Conference on Consumer Electronics2017, 査読有、pp.272-273

T. Ichimura, W. Choi, Influence of wheel-terrain contact point information errors on the accuracy of three-dimensional space odometry using tactile wheels and gyros, 17th International Conference on Control, Automation and Systems (ICCAS) 7, 査読有、2017, pp.985-988

J. Minagawa, W. Choi, L. Li, S. Tsurumi, N. Hiraokoso and K. Hachimura, Development of Collaborative Workspace System Using Hand Gesture, IEEE 5th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) 、 査読有、2016、 pp. 203-204

T. Midorikawa, K. Ogusu, Y. Shigematsu, W. Choi and N. Hiraokoso, Experimental Study on Following Navigation of Chaser Robot for Swarm Formation Control System, SICE2016 Proceeding of SICE Annual Conference, 査読有、Th3H.4, 2016, pp. 1212-1215

J. Minagawa, W. Choi, L. Li, S. Tsurumi, N. Hiraokoso, N. Sasaki and K. Hachimura, Supporting System with Hand Gesture for Location-based Augmented Reality, IEEE 4th Global Conference on Consumer Electronics (GCCE) 、 査読有、2015, pp. 499-500

K. Ogusu, W. Choi, N. Hiraokoso, T. Yokoyama, Experimental Study on Optimal Navigation Control System for Autonomous Swarm Robot System, The first International Symposium on Swarm Behavior and Bio-Inspired Robotics 2015, 査読有、 2015、 pp.467-472

井田恭輔、平澤達也、鶴見 智、市村智康、崔 雄、3次元点群データに基づく平面抽出による実時間ARシミュレーションの開発、電子情報通信学会総合大会、一般社団法人電子情報通信学会、2017、pp. ISS-P-66

柳原直貴、山田千尋、鶴見 智、八村広三郎、L. Li, W. Choi、インタラクティブなVR遠隔作業支援システムの開発、電子情報通信学会総合大会、一般社団法人電子情報通信学会、2017、pp. ISS-P-67

柳澤昂輝、皆川 純、平社信人、柳原直貴、崔 雄、BLEを用いたデータシェアリング可能な屋内ARナビゲーションシステムの開発、電子情報通信学会総合大会、一般社団法人電子情報通信学会、2017、pp. ISS-P-68

皆川 純、崔 雄、李 亮、平社 信人、鶴見 智、八村 広三郎、ハンドジェスチャ操作による協調作業支援システムの開発、電子情報通信学会総合大会講演論文集、一般社団法人電子情報通信学会、2016、pp.300

長谷川 正樹、岩田 秀、崔 雄、李 亮、八村 広三郎、ハンドジェスチャを用いたVR空間におけるモデリング協調作業システムの開発、電子情報通信学会総合大会講演論文集、一般社団法人電子情報通信学会、2016、pp.299

6 . 研究組織

(1)研究分担者

研究分担者氏名：八村 広三郎

ローマ字氏名：HACHIMURA, kozaburo

所属研究機関名：立命館大学

部局名：情報理工学部

職名：授業担当講師

研究者番号 (8 桁): 70124229

研究分担者氏名 : 鶴見 智

ローマ字氏名 : TSURUMI, satoshi

所属研究機関名 : 群馬工業高等専門学校

部局名 : 電子情報工学科

職名 : 教授

研究者番号 (8 桁): 50217395

研究分担者氏名 : 雑賀 洋平

ローマ字氏名 : SAIKA, yohei

所属研究機関名 : 群馬工業高等専門学校

部局名 : 電子情報工学科

職名 : 教授

研究者番号 (8 桁): 40280432

研究分担者氏名 : 李 亮

ローマ字氏名 : LI, liang

所属研究機関名 : 立命館大学

部局名 : 情報理工学部

職名 : 准教授

研究者番号 (8 桁): 00609836