

平成 30 年 6 月 28 日現在

機関番号：14603

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15K00270

研究課題名(和文) 拡張身体表現による遠隔協調作業

研究課題名(英文) Remote collaboration with extending body expression

研究代表者

酒田 信親 (Sakata, Nobuchika)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号：40452411

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,600,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、身振りや手振り自体の身体表現を拡張する基本概念を導入することで、通常の人間以上の表現力を持つ遠隔協調作業の提案と実現を目指す。まず、プロジェクタと深度センサや光学トラッカで構成された身体表現を抽出し拡張する指示者側システムを構築する。そして、この全身の身体表現を抽出し拡大縮小表現・各種VFXによって表現を拡張するシステムと、HMD+HMCで構成された現場の作業者が用いるシステムを接続し、ユーザビリティテストによる効果測定を実施する。次に、身体表現を抽出し拡張する指示者側システムを、センサルームの導入と高解像度HMDを用いて没入型へと発展させる。

研究成果の概要(英文)：In this research, we aim at proposing and realizing remote collaboration work which has more than usual by introducing the basic concept of extending the body expression. First, we develop an instructor side system that extracts and expands body expressions composed of projectors, depth sensors and optical trackers. The developed system which expands expression by scaling expression / various VFX, and the system used by workers, composed of HMD + HMC are connected. After that we conduct user studies. Next, the instructor side system which extracts and expands the body expression is developed into the immersive type using the introduction of the sensor room and the high resolution HMD.

研究分野：遠隔協調作業、拡張現実感

キーワード：遠隔協調作業 拡張現実感 拡張身体表現 人間拡張

1. 研究開始当初の背景

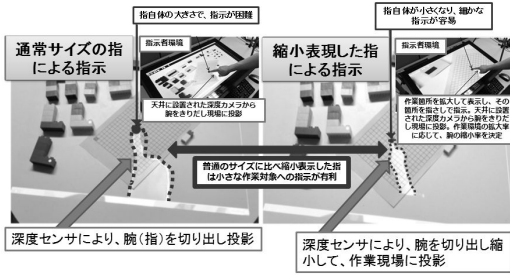


図1:手振り画像の拡大縮小表現を導入した遠隔協調作業

物理的にお互いの声や視界が及ばない離れた二地点間で通信により音声や映像をやり取りし、遠隔地の指示者が現場の作業者に何らかの作業を行わせることを遠隔協調作業という。遠隔協調作業は、熟練の指示者が遠隔の初心者に対して作業指示を行う場合が多く、遠隔からの機器修理や医療などに応用されており、例えば、東日本大震災発生時では、遠隔地から被災現場に対する指示を行っていたことが記憶に新しい。このように稀に起こりうる事象において、非常に簡単な作業であっても、的確な指示を与えられなければ重篤な結果を招くこともあり、これを防ぐためにその事象に精通した数少ない熟達者が遠隔よりの確に解決を試みることを支援可能な遠隔協調作業の研究は、災害大国日本において非常に大きな意味を持つ。

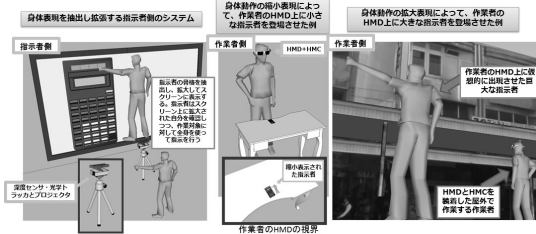


図2:拡張身体表現の協調作業への導入

近年、これらの遠隔協調作業の研究では、作業対象の指定を映像や音声によって伝達し、作業物体への指示を円滑に行う研究が行われていた。これらの研究から、機器の修理などを行う遠隔協調作業では、指示者が遠隔地にいる作業者に対して指示を行う時に、指示者の手振りやジェスチャを伝達することで、遠隔協調作業を正確かつ円滑に行えることが報告されている[1]。そして、これらを発展させる形で、指示者の身体性やジェスチャを的確に伝達するために、作業者の視界に直接指示者の身振りを表示する研究[1]や身体動作や身体性を出来る限り一致させる研究[2]が行われてきた。これら過去の研究では、指示者の身体表現を可能な限り遠隔地で再現する基本概念に基づいているため、生身の人間以上の表現力を提供することは難しかった。しかし、申請者らは[3]の研究で、図1の様に深度カメラを用いて撮影映像から手振

りのみを切り出し、手振り画像の縮小表現を用いた遠隔協調作業を提案した。その結果、細かな箇所を指定する作業や、2~4cmの小さな対象に対する指示に対して作業時間が短縮されることや、指示者が指示をしやすと感じることが分かった。このように、手振り画像をそのまま再現するのではなく、手振りを縮小して提示するといった身体動作の表現自体の拡張で正確かつ円滑に作業場所を指定する効果が得られた。

2. 研究の目的

そこで、本研究では、遠隔協調作業において指示者の身体表現を遠隔地で高い再現性で出現させるだけでなく、身振りや手振り自体の表現を拡張する基本概念を導入することで、通常の間人以上の表現力を持った遠隔協調作業を模索し提案し実現する。尚、この身振りや手振り自体の身体表現を拡張する基本概念を本研究では拡張身体表現と呼ぶ。

3. 研究の方法

過去の研究では手振りのみを拡張の対象としたが、本研究では全身を拡張身体表現の対象とする。この実現のため、全身の動作を抽出し拡張する指示者側システムの開発を予定している。具体的には、深度カメラや光学トラッカによって、指示者の全身の動きのみを身体表現として抽出し、抽出した身体の動きを拡張表現した状態で遠隔地に送信し、作業者に提供する。図2中央は、作業者のHMDを通して指示者が作業現場に縮小表示された状態を示している。また、図2右の様に抽出した身体動作に拡大表現を適用することで、遠隔地のHMD上に通常の間人のサイズに比べ著しく巨大な人間を仮想的に登場させられる。これは、建築現場での資材の移動指示であったり、巨大構造物を建築する重機の操縦者への作業指示などに有効であると想定している。このように全身の動きに対して様々な拡張表現を施すと応用範囲は、既存の遠隔協調作業の研究が対象としている「屋内での把持可能サイズな物体への作業指示」だけでなく、「屋外での巨大物体への作業指示」へと拡張可能であり、この可能性の提示までを研究期間内で遂行する予定である。

さらに、上記の拡大縮小だけでなく、タスクや状況に合わせた新たな拡張身体表現として、高速再現・低速再現・各種VFX(Visual Effects)の導入を計画している。具体的には、深度センサや光学トラッカによって得た指示者の身体表現の三次元動作データをVFXによって強調したり、低速再現によって作業対象を慎重に説明できたり、指示者の動作を遠隔地で高速再現することで生身の人間では不可能な作業や拡張身体表現を実現する予定である。

4. 研究成果

Maintaining appropriate interpersonal distance using virtual body size

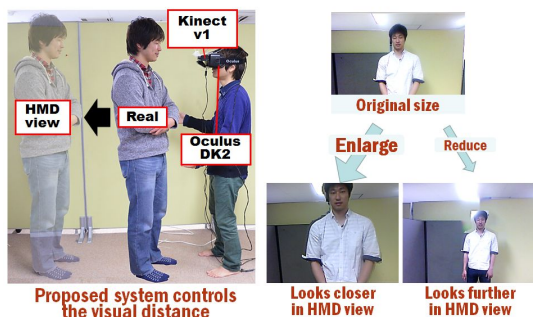


図3: 拡張身体表現を用いた対人距離の視覚的拡張

平成27年度に、各種文献サーベイなどの調査研究を行い、これに基づいて身体表現を抽出し、拡張する指示者側システムを構築した。簡易に構築可能で、かつ効果測定が簡単に可能であるシステムを目指すため、ユーザの全身の身振り手振りを深度カメラによって抽出し、この抽出した身振り手振りを、拡大拡張表現または縮小拡張表現可能なシステムを構築した。このシステムによって仮想身体サイズによる対人距離の視覚的拡張を目指した実験を行った。具体的には、不適切な対人距離によって不快感が発生したとき、不快感が軽減するように距離感を操作し、対象人物からの距離感を見かけ上変更する手法を提案し実装した。この手法の有効性を確認するために、ヘッドマウントディスプレイ(Head Mounted Display:HMD)と深度センサとRGBカメラからなる没入型のビデオシールスシステムを構築した。このシステムは深度センサで人物領域を検出し、人物のみを拡大縮小してHMDに提示することで人物サイズを視野上で仮想的に調整できる。実験の結果、システムは見かけ上の対人距離を調節することで、視覚情報をあまり損なわずに不適切な対人距離から発生する不快感を削減できることが分かった。このように身体の拡大表現もHMD内で実現可能で将来的には巨大な指示者や小さな指示者を作業者のHMD視界中に出現させられる確信をえた。引き続き平成28年度にかけても改良を行い、部分的な拡張身体表現を取り入れたシステムを構築し、ユーザビリティテストによる効果測定を実施した。

平成28年度は、前年度で構築した「仮想身体サイズによる対人距離の視覚的拡張」を実現したシステムに対し機能追加による改良を施し、効果測定を行った。具体的には、いままでは単眼映像の提供であったが、ステレオ映像を提供し、両眼立体視を実現したシステムとなった。予定では、拡大縮小表現に加え、VFXによる拡張表現などでHMD内の人間の身体表現を強調したり、身体運動低速再現によって、HMD内の人間が慎重に行動するような拡張表現の実装を予定していたが、予定外にステレオ視の実装が困難であったため、平成29年度での実装になることとなっ

た。しかしながら両眼立体視の機能の提供により、複雑な形状の物体に対しても立体的な指示者による三次元的な支持の提供の可能性を実現した。

平成29年度の研究実績として、前年度までに実装されていた「仮想身体サイズによる対人距離の視覚的拡張」を実現したシステムに対して、両眼立体視が可能な機能を実装し、これを評価した。これにより、より現実世界に近い形でHMD内に写っている人間の拡大縮小表示が可能となった。さらにシステム全体として、現実世界と仮想世界のスケールの違いを考慮し、違和感を無くすのを目標とするのではなく、より作業をスムーズに行えるような効果音または音声の再生方法を目指した。そして、拡張身体表現を有する遠隔協調作業システムの利点と限界を明らかにした。また、これまでの成果を整理し、前年度までと比べ対外的な発表を多く行った。

<引用文献>

- [1] H. Kuzuoka. Spatial workspace collaboration: A shared view video support system for remote collaboration capability. In Proc. CHI 1992, pp. 533-540, 1992.
- [2] 米村 朋子, 橋本 悠希, 近藤 大祐, 丹羽 真隆, 飯塚 博幸, 安藤 英由樹, 前田 太郎: 視野共有システムを用いた心肺蘇生法の訓練効果, 日本バーチャルリアリティ学会 論文誌 Vol.16, No.4 pp.623-632, 2011.
- [3] 上村 敬志, 酒田 信親, 西田 正吾: "身体動作画像の拡大縮小表現を利用したテーブルトップ遠隔指示システム", 日本VR学会論文誌, Vol.17, No.3, pp.171-179 (2012)

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5件)

酒田信親, 佐藤文宏, 富永登夢, 土方嘉徳: "ウェアラブル手足入力インタフェースの有用性の調査", システム制御情報学会論文誌, Vol.31, No.3, pp.26-34, 2018. DOI: <https://doi.org/10.5687/iscie.31.112>

Nobuchika Sakata, Masaki Maeda, Tomu Tominaga, and Yoshinori Hijikata: "Controlling the interpersonal distance using the virtual body size", Transactions of the Virtual Reality Society of Japan Vol.22, No.2, pp.209-216, 2017. DOI: https://doi.org/10.18974/tvrsj.22.2_209

犬飼和真, 富永登夢, 土方嘉徳, 酒田

信親:" 顎下三次元点群データからの頭部姿勢推定手法",日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.21, No.4, pp.605-612, 2016. DOI: https://doi.org/10.18974/tvrsj.21.4_605

佐藤文宏, 富永登夢, 土方嘉徳, 酒田信親, 西田正吾:"ウェアラブルフロアインタラクショナルシステムにおける足モデル導入による足検出の向上の研究",システム制御情報学会論文誌, Vol.29, No. 8, pp.355-361(2016) DOI: <https://doi.org/10.5687/iscie.29.355>

佐藤文宏, 松田大輝, 酒田信親, 西田正吾:"フロアインタラクショナルに向けたウェアラブル手足入力インタフェース",日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol.20, No.2, pp.163-171(2015) DOI:https://doi.org/10.18974/tvrsj.20.2_163

〔学会発表〕(計7件)

Nobuchika Sakata, Masahiro Tada and Kensuke Harada:"Removing fear of robot movement with AR awareness", The First International Workshop on Mixed and Augmented Reality Innovations (MARI) 2016, Tasmania in Australia, November 2016.

Fumihiro Sato, Tomu Tominaga, Yoshinori Hijikata and Nobuchika Sakata:"Floor interaction with wearable projection interface using hand and toe", In Proc of Collabtech2016, pp.105-116, Kanazawa in Japan, September 2016.

Masaki Maeda, Tomu Tominaga, Yoshinori Hijikata and Nobuchika Sakata:"Controlling Virtual Body Size to Reduce Discomfort Caused by Inappropriate Interpersonal Distance", In Proc of International Symposium on Wearable Computers 2016 (ISWC2016), pp.192-195, Heidelberg in German, September 2016.

前田将希, 酒田信親:"仮想身体サイズによる対人距離の視覚的拡張の基礎的検討", インタラクショナル 2016, pp.47-53, 東京, 2016

犬飼和真, 富永登夢, 土方嘉徳, 酒田信親:" 頭部非装着型ウェアラブルデバイスによる頭部姿勢推定手法の提案 ", ヒューマンインタフェース学会 SIG-DeMO, 東京, 2016

Fumihiro Sato, Nobuchika Sakata:"Toe detection with leg model for wearable input/output interface", In Proc of SA '15 SIGGRAPH Asia 2015 Mobile Graphics and Interactive

Applications, November 2015. Maeda Masaki, Nobuchika Sakata:" [POSTER]Maintaining appropriate interpersonal distance using virtual body size", In proc of ISMAR2015, pp186-187, Fukuoka in Japan, October 2015.

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称:
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 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
https://sites.google.com/view/nobuchika_sakata

6. 研究組織

(1)研究代表者

酒田信親 (SAKATA, Nobuchika)

奈良先端科学技術大学院大学・情報科学研究科・助教

研究者番号: 40452411