

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年 5月20日現在

機関番号：32689

研究種目：若手研究（B）

研究期間：2010～2011

課題番号：22700221

研究課題名（和文） 共振感覚に着目した身体的コミュニケーションの遠隔支援メディアに関する研究

研究課題名（英文） Support Media for Embodied Telecommunication Focused on Sympathetic Body Awareness

研究代表者

渡辺 貴文（WATANABE TAKABUMI）

早稲田大学・理工学術院・助手

研究者番号：20449341

研究成果の概要（和文）：

身体表現の共創におけるつながりの感覚（共振感覚）の発現を遠隔地間で実現することを目指した。そのために、他者と手と手を触れ合わせて即興に創る手合わせ表現に着目し、これを遠隔で行うシステムの設計・開発を行った。具体的には、手のひらの動作に加え、それに先立つ身体の潜在的な動作の情報を双方に伝達する手法を考案し、システムの開発を行なった。さらに小型の力触覚デバイスによって遠隔地間で手合わせ表現を実現するためのハードウェアの開発も合わせて行なった。

研究成果の概要（英文）：

The goal of this study is to develop the technical method for supporting for co-creative embodied interaction between remote places. Therefore, we focused on hand contact improvisation, and designed the system which enables it between remote places. Specifically, the system which communicates the information of hand's motion and implicit body motion was proposed and developed. Additionally, we also designed the hardware of the mobile system.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	2,500,000	750,000	3,250,000
2011年度	600,000	180,000	780,000
年度			
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・感性情報学・ソフトコンピューティング

キーワード：感性インタフェース、身体的インタラクション、身体性

1. 研究開始当初の背景

年齢、性別、障碍の有無など多様な人々が集う表現活動の現場では、手と手を直接触れ合わせて、相手の重さや動き、さらには気持ちを相手の身体から読み取りながら、即興的に表現を創り出してゆく「手合わせ表現」と呼ばれる身体表現手法が取り入れられてい

る。この手合わせ表現を介して他者との関係が深まる際に、自身と他者の身体の境界が開かれ、身心の深いレベルでの同調感覚を伴う一体感である「共振感覚」が生じることが報告されている（西，2003）。

一方、メールや Web など、身体が希薄化されたコミュニケーションメディアの普及

によって、コミュニケーションの行き違いや双方の意見が極端な方向へエスカレートしていく現象などが社会問題として挙げられるようになり、身体を介したコミュニケーションの重要性が改めて見直されつつある (H. Dreyfus, “On the Internet: Thinking in Action”, 2002 など)。そこで、申請者らは、上述の「手合わせ表現」のメカニズムを工学的に捉えることで、身体的なつながり感を生み出すことが可能な、新たなコミュニケーションメディアを構築することができないかと考えた。このような中、2009 年度からの科研費課題 (挑戦的萌芽研究 (2009~2010)), 「身体的コミュニケーションにおける共振感覚の発現メカニズムに関する研究」、代表：三輪敬之 (早稲田大学), 課題番号：21650048) においては手合わせ表現を単純化したコミュニケーション活動を題材に、共振感覚の発現プロセスを身体運動や生理情報の計測を通じて捉えることを試みた研究がスタートした。

本研究課題では先行の萌芽研究で得られた知見を踏まえながら、手合わせ表現における共振感覚の発現を遠隔地間で実現するためのコミュニケーションメディアの設計手法の指針を得ることを目指す。

2. 研究の目的

手合わせ表現における身体動作の計測・解析の結果を踏まえ、手合わせ表現を遠隔地間で行うことを目指したシステムの開発を行った。この開発のプロセスを通じて、共振感覚の発現を遠隔地間で実現するためのコミュニケーションメディアの設計手法の指針を得ることを目的とした。

3. 研究の方法

先行の萌芽研究では、手合わせ表現において、表現を共に創り合う二者の関係性を捉えることを目的に、顕在的に行われる手のひらの動作と、身体の潜在的な働きが表出すると考えられる各人の身体全体の動作を計測し、このような各人の身体における二重的なプロセスが、双方の間でどのように関係するのかが調べた。その結果、共振が発現したと報告した試行においては、双方の被験者の身体全体が手の動きに対し、共に先行する時間帯が多く見られた。このことは、身体の潜在的な働きが手のひらで動作を創る顕在的な働きに先立って存在し、これら二つのプロセスが二者の間で同調的に表出することで共振が発現することを示唆している。

以上を踏まえると、手合わせ表現における共振感覚の発現を遠隔において実現するには、上述のような身体の潜在-顕在の二重的なプロセスが自身と遠隔に居る相手との間

において同調することを支援する必要があると考えられる。そこで本申請課題では、手の動きだけではなく、それに先立って表出する潜在的な身体動作の情報を、双方に伝達するという設計指針を立てた。そして、この設計指針に基づいて、潜在的な身体動作の情報を他者に伝達するためのデバイスを開発した。具体的には、仮想的に連結された遠隔地間の2台の前後移動可能なグリップを双方で動かし合うことを想定し、手に生じる力や位置を共有する対称型のバイラテラル制御を実装した力触覚デバイスを開発した。そして、身体の先行的動作 (身体全体の動作やグリップの把持力の変化) の情報をグリップ風船型装置で手に触覚呈示する装置を実装した (図 1)。

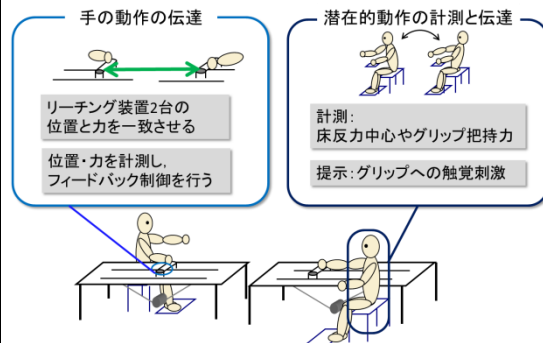


図 1 提案する手合わせ表現の遠隔支援手法

さらに小型の力触覚デバイスによって遠隔地間で手合わせ表現を実現するためのハードウェアの開発にも取り組んだ。小型の装置で共振感覚を支援するためには、手のひらを介して双方の身体全体の働きを伝えることが重要であると考えられる。このためには少なくとも、小型デバイスによる身体的な拘束によって潜在的な身体全体のはたらきを抑制しないこと、また、手のひらにおいて出来るだけ多様な表現を創ることができると等が必要となる。このような要件を踏まえ、手のひらの回転動作に着目し、ロール・ピッチの2自由度の回転角度やトルクを双方で伝え合うデバイスを開発した。さらに身体全体の働きが手を介して他者に伝わるためには、手のひらとデバイスの間の接面の形状のデザインが重要ではないかと考え、いくつかのモックアップを用いて検討した。

4. 研究成果

(1) 身体全体の動作情報の伝達メディアの開発

まず、仮想的に連結された遠隔地間の2台の前後移動可能なグリップを双方で動かし合うことを想定し、手に生じる力や位置を共有する対称型のバイラテラル制御を実装した力提示デバイスを開発した (図 2)。



図2 力提示デバイス

次に、潜在的な身体動作として、本研究では、身体全体の動作とグリップの把持力の二つに着目した。身体全体の動作については、座面と足面に設置した荷重計(任天堂製、バランス Wii ボード)を用いて床反力中心を求めた。把持力については、グリップ表面の前後上下4面に貼付した薄型圧力センサ(Interlink Electronics, 許容荷重 20[N])における抵抗値の変化をオペアンプによる反転増幅回路を介して電圧値として取り出すことで実現した。以上の計測データの集録はPXIシステム(National Instruments社)により、最大1[kHz]で行った。

そして、この床反力中心や把持力の変化を、グリップを把持した相手の手に触覚として呈示する装置を開発した。具体的には、手のひらにバンドで装着した長方形のポリエチレン風船(25×100[mm]) (図3)を、コンプレッサ(シンセイ, 最大圧力 0.78[MPa])からの圧縮空気で、相手の床反力中心や把持力に比例した圧力で膨らませた。風船内の圧力は、電空レギュレータを用いて、精度±7%、応答性 0.13[s]で制御することを実現した。以上本システムの構成を図4に示す。

潜在的な動作情報を伝達することの効果を検証するため、本装置をもちいて手合わせ表現を行った際、潜在的な動作情報の有無による比較をコメント調査により行った。その結果、把持力の変化を把持力の変化として相手に伝えた場合では、「相手の力や動きを気にしつつ動き合っていた気がする。」「相手の表現の強弱や動きが読みやすくなり、表現を創りやすくなった。」といったコメントが聞かれ、他者とのつながりが生まれ表現が合致しやすくなる可能性が示唆された。一方、「把持力の変化を意識しすぎてしまった。」といったコメントも聞かれた。

床反力中心の変化を把持力の変化として相手に伝えた場合は、「伸びやかに大きな動きをしたくなった。」「相手の位置が伝わってきているような気がして色々動きたくなった。」といったコメントが聞かれ、身体全体の潜在的な働きが活性化したり、他者の身体を位置づけながら表現を創りことができた

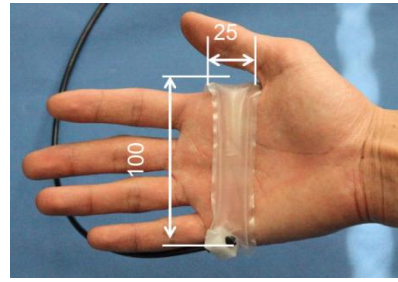


図3 風船型触覚提示装置

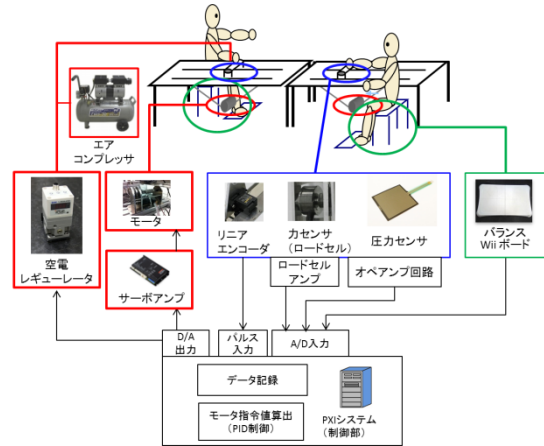


図4 システム構成の全体図

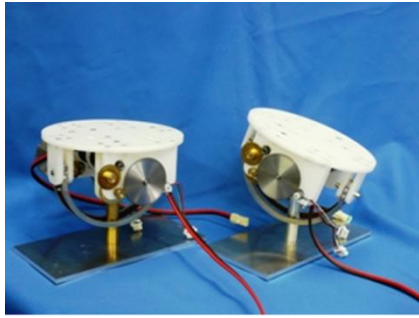
りする可能性が示唆された。

以上により、本装置によりつながり感を支援できる可能性が示唆された。今後は、手の動作情報や、潜在的な身体動作に着目し、提案手法による共振の発現支援の効果について定量的な評価を行う予定である。

(2) 小型ハードウェアによる手合わせ表現の遠隔支援システムの開発

開発するデバイスを使用して手合わせ表現を行う際に、上半身全体の動きが自然に表出するような自由度、稼動範囲を持つ必要がある。これを小型のハードウェアで満足させるために、手のひらの回転動作に着目し、ロール・ピッチの2自由度の回転角度やトルクを双方で伝え合うデバイスを開発した。

開発したデバイスを図5に示す。卓上に垂直に固定した真鍮の軸に、ポリアセタールの円盤がジンバル機構を介して取り付けられた半球型(重量 1200[g], 最大高さ 180[mm])である(可動範囲は共に±49.8 [deg])。そして、双方のデバイスの回転角度やトルクを一致させる対称型のバイラテラル制御を実装した。制御に用いる回転角度は、それぞれの回転軸に取り付けたエンコーダ(300[パルス/回転])により計測し、トルクは、モータの電流量を電圧に変換して推定する。これらの計測情報は、マイコンに入力され、2台のデバイス間を有線で双方向通信し、相手の位



装置外観

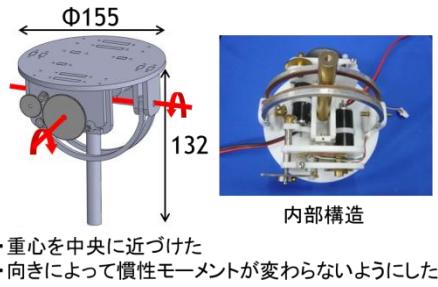


図 5 開発したハードウェア

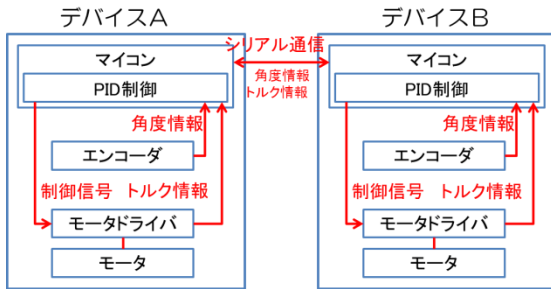


図 6 システム図

置やトルクから算出した目標値を元にPID制御を行う。本システムの構成を図6に示す。

本装置を用いて身体表現の熟練者と初心者のペアに手合わせ表現を行ってもらったところ、「相手の手のひらの動きを感じることができた」、「双方で表現を行うことができる」などの感想が得られた。一方で、「間やタメが創り難い」「身体全体の動きをこめ難い」などのコメントが聞かれた。

以上を踏まえ、身体全体を手のひらで表現するために、回転という動作だけでなく、手とデバイス間のデザインに着目し、この問題の解決を図った。具体的には、図7に示すように、デバイスと手のひらの接面の形状を変えて、表現を行う際の身体感覚がどのように変化するかを調べた。実験の様子を図8に示す。その結果、図7(a)や図7(b)など接面が手のひらと密着するような形状においては、手のひらを自由に動かせる幅が少なく表現が創り難いことがわかった。

一方、図7(c)や図7(d)のようにデバイス間に空間ができるデザインでは、手のひらを自由に動かせる幅があり、表現が創りやす

いというコメントが得られた。

しかしながら、接面のデザインを変えても、軸の中心の一点から動作が伝わる感じがし、間やタメといったものが創りにくいという指摘が得られた。これは、回転中心が固定であることが原因ではないかと考えられ、今後の改善点である。

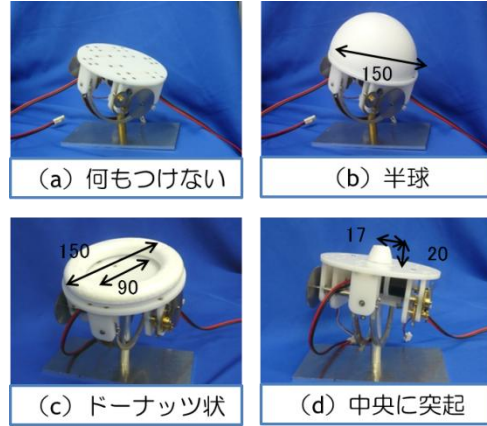


図 7 手のひらとの接面の形状条件



図 8 実験の様子

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) T. Watanabe, N. Matsushima, H. Nishi, Y. Miwa, "Electromyography Focused on Activeness and Passiveness in Embodied Interaction: Toward a Novel Interface for Co-creating Expressive Body Movement", *Journal of Advanced Mechanical Design, System, and Manufacturing*, Vol.5 No.1, pp.35--44 (2011), 査読有

〔学会発表〕(計9件)

- 1) 三輪敬之, 渡辺貴文, 板井志郎, 西 洋子, "身体表現の共振ダイナミクス - 手合わせ表現の共創における場の働き

- について－”，2012年3月ヒューマンコミュニケーション基礎研究会ワークショップ・研究会，2012年03月05日，ホテルウエルシーズン浜名湖
- (2) T. Watanabe, Y. Miwa, "Co-creative Expression -Duality of Embodied Interaction Focused on Generation of Sympathetic Awareness-", SICE Annual Conference 2011, 2011年09月17日，早稲田大学，査読有
- (3) 辻吉竜，渡辺貴文，三輪敬之，“手合わせ表現における共振感覚創出過程のウェアラブル計測”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2011，2011年09月16日，仙台国際センター
- (4) 辻吉竜，渡辺貴文，三輪敬之，“共振感覚に着目したウェアラブル型身体表現計測システムの開発”，日本機械学会2011年度年次大会講演会，2011年09月12日，東京工業大学
- (5) T. Watanabe, Y. Miwa, G. Naito, N. Matsushima, H. Nishi, "Support for Generation of Sympathetic Embodied Awareness: Measurement of Hand Contact Improvisation under Load Fluctuation Stress", HCI International 2011, 2011年7月14日，フロリダ，アメリカ合衆国，査読有
- (6) 大平翼，松島典司，内藤剛，渡辺貴文，三輪敬之，西洋子，“手合わせ表現における共創的インタラクションの計測”，第11回計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会（SI2010），2010年12月24日，東北大学
- (7) 内藤剛，大平翼，渡辺貴文，三輪敬之，西洋子，“共振感覚ジェネレーター力覚呈示装置を用いた手合わせ表現過程の計測－”，ヒューマンインタフェースシンポジウム2010，立命館大学，2010年9月10日
- (8) 内藤剛，渡辺貴文，三輪敬之，“共振感覚ジェネレーター手合わせ表現に着目した力覚呈示装置の開発－”，日本機械学会2010年度年次大会，名古屋工業大学，2010年9月6日
- (9) 渡辺貴文，瀬戸隆太郎，三輪敬之，“タメに着目した Virtual Tool の設計手法に関する研究”，ヒューマンインタフェース学会研究報告集，沖縄産業支援センター，2010年5月14日
- [その他]
ホームページ等
<http://www.miwa.mech.waseda.ac.jp/>
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
渡辺 貴文 (WATANABE TAKABUMI)
早稲田大学・理工学術院・助手
研究者番号：20449341