

平成 30 年 6 月 13 日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2015～2017

課題番号：15H02732

研究課題名(和文)ミニチュアヒューマノイドによる人にやさしいインタフェース

研究課題名(英文)Human Friendly Interface with Miniature Humanoid

研究代表者

妻木 勇一 (Tsumaki, Yuichi)

山形大学・大学院理工学研究科・教授

研究者番号：50270814

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 12,600,000円

研究成果の概要(和文)：人型のインタフェースは直感的で人にやさしいインタフェースとして大きな可能性を持っている。ミラーニューロンシステムの存在もこのことを陰に示唆している。そこで、これまで我々はウェアラブルミニチュアヒューマノイドMH-2を開発してきた。本研究の目的は、人の「存在感」と「意図」を提示可能なミニチュアヒューマノイド技術を確立することである。このため本研究では表情呈示と指先動作を実現する新しいミニチュアヒューマノイドMH-3を開発した。また、人と同じようなプロポーションを持つ小型人型ロボットのコミュニケーション能力について評価した。

研究成果の概要(英文)：A human shaped robot has great possibility to be an intuitive and human friendly interface. Existence of the mirror neuron system shows the possibility. In our previous work, we have developed a wearable miniature humanoid MH-2. The purpose of this study is to establish a miniature humanoid technology to achieve presenting the "presence" and "intention" of a person. To attain the purpose, we developed a new miniature humanoid MH-3 that achieves facial expression and fingertip motion. In addition, we evaluated the communication capability of a small-sized humanoid robot that has human-like proportions.

研究分野：テレロボティクス

キーワード：ヒューマンインタフェース テレプレゼンス ヒューマノイド ウェアラブルロボット VR

1. 研究開始当初の背景

人型のインタフェースは直感的で人にやさしいインタフェースとして大きな可能性を持っている。自分の行為で発火するニューロンが他者の行為を見ただけで反応するというミラーニューロンシステムの存在も、このことを陰に示唆している。すなわち、本能的に人間は、『人型』から他者の『意図』を読み取ることに長けており、これを利用することで、究極のインタフェースを実現することが期待される。

一方、我々はこれまでウェアラブルテレレグジスタンスシステムのアバターの実現を目指し、20自由度ウェアラブルミニチュアヒューマノイドMH-2を開発してきた。15cm程度の大きさながら、ワイヤ駆動により、人と同じスピードのジェスチャやほぼ同じプロポーションを実現してきた。このような人型ロボットは、様々なシステムのインタフェースとして応用できると考えられる。特に、ミニチュアヒューマノイドロボットは、等身大の人型ロボットに比べ、スペースの点で効率的であり、数分の一の価格と小型であるための本質的安全性という大きなアドバンテージを持っている。

人型ロボットを用いたインタフェースの研究例として、石黒らが開発したジェミノイドが知られている。また、HRP-4Cを始めとする等身大のヒューマノイドも開発例が多い。一方、RoBoHonに代表される小型人型ロボットを用いたインタラクションに関する研究もいくつか行われている。しかし、いずれもMH-2よりサイズが大きく、小さいものでもプロポーションが人とは異なったキャラクター型のロボットを使用している。すなわち、製作上の困難さから、このサイズの人型ロボットによるインタフェースの研究は行われていない。

2. 研究の目的

本研究の目的は、人の「存在感」と「意図」を提示可能なミニチュアヒューマノイド技術を確認し、テレレグジスタンス技術をベースに、直観的で誰にでも理解しやすい、人にやさしいインタフェースを実現することである。

3. 研究の方法

研究目的を実現するため、表情呈示と指先動作を実現する新しいミニチュアヒューマノイドMH-3を開発する。また、滑らかで自然な動作を実現できるよう、首部と腕部を改良する。さらに、人型の小型ロボットがコミュニケーションに与える影響を評価する。

4. 研究成果

(1) 多段1自由度ハンドの開発

コミュニケーションにおいて指が果たす役割は大きい。そこで、表現力を持つ1自由度の多段階ハンドを開発した。開発したハンド



図1 多段1自由度ハンド

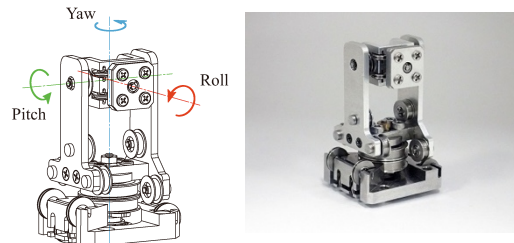


図2 3自由度ジンバル機構

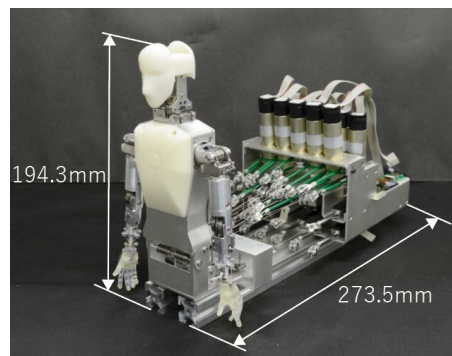


図3 MH-3

を図1に示す。「親指立て」、「指差し」、「パー」の3種類の形状を提示できる。1自由度でこれを実現するため、人差し指、中指、薬指、小指の各指には紐が通され、引っ張ると曲がるように設計されている。中指、薬指、小指の3本には、ゴム紐を採用し、最終的に1本となるように結ばれている。人差し指の紐は他の指と比べるとたわみが持たせてある。親指は固定である。紐を引っ張ると最初に中指、薬指、小指が同時に曲がり始める。3本の指が曲がり終わると、人差し指の紐のたわみがちょうどなくなり、人差し指が曲がりだす。このとき、3本の指の紐も引っ張られるが、ゴム紐を用いているため、問題なく紐を引き続けることができる。

(2) 首部用3自由度ジンバル機構の開発

首部の自由度配置は、球状リストと同様の自由度配置となっている。このため根本の1自由度はねじり関節となる。このねじり関節があるため、矛盾なくワイヤ経路を配置することが困難となる。そこで、図2に示す、ねじり関節でも矛盾なくワイヤを通せる独自のジンバル機構を開発した。これにより、頭部動作の精度が向上した。

(3) 冗長腕部の改良

滑らかな動作を実現し、ロボット周囲の人に豊かなジェスチャを提示できるよう、従来

の MH-2 の腕部を改良した。さらにハンドのワイヤを手先まで1本通せるようにした。開発した MH-3 を図3に示す。

(4) Spatial AR技術を用いた表情提示システムの開発

感情提示には、表情が最も重要な要素である。そこで、研究分担者である天野の独自技術である Shading Illusion と見かけの制御を応用し、顔面上に表情を表出させる表情提示システムを開発した。通常のプロジェクションマッピングでは、映像と整合性をとるため頭部の高精度な位置決めが必要となる。しかし、本手法はプロジェクタとカメラにより色味を制御することで表情を選択的に浮か出たせられるため、頭部の位置・姿勢が未知でも対応可能である。開発したシステムは、小型プロジェクタにより頭部に映像を提示する(図4)。投影した表情を図5に示す。ただし、現在は平面への投影に留まっており、立体的な曲面に矛盾なく投影する方法を開発することが今後必要となる。

(5) ウェアラブル化

開発した MH-3 はシステム全体を、ウェアラブルな形状に設計・開発した。図6に全体の外観を示す。

(6) テレイグジスタンスシステムの開発

実用化を考慮し、テレイグジスタンスシステムを低価格で構築した。頭部及び腕部のモーションキャプチャとしてキネクトを使用した。また指のモーションキャプチャとしてリープモーションを採用した。また、顔の表情取得にはキネクトを採用した。しかし、リープモーションを手から離して配置するための器具が必要となるため、独自センサの開発を行った。ただし、検出率は今後改良する余地がある。

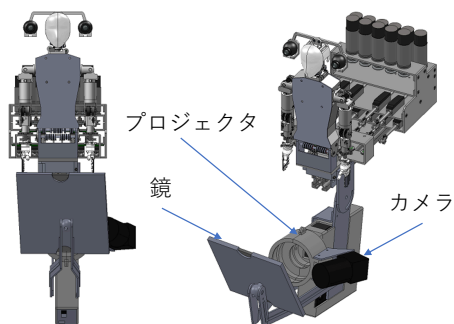
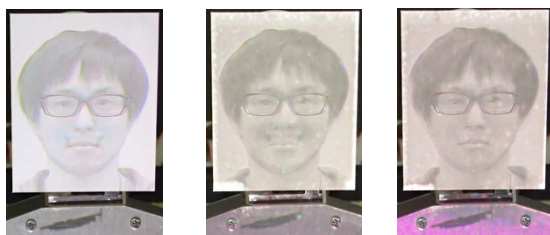


図4 表情提示システム



Neutral

Smile

Angry

図5 表情提示

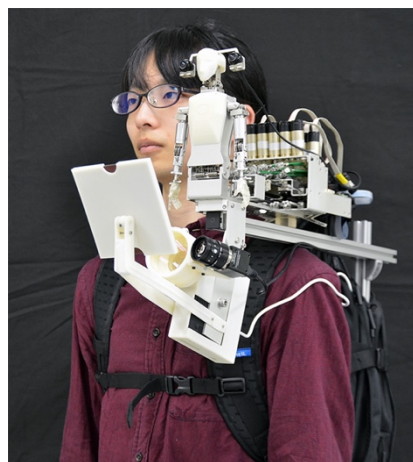


図6 ウェアラブル化の実現

(7) 臨場感の向上

操作者とアバターの機構パラメータが異なることから臨場感を損なう矛盾が発生する。相互テレイグジスタンスの場合、操作者に与える影響とロボット周囲の人へ与える影響両方を考慮しなくてはならない。例えば、関節角度を一致させるとジェスチャーはほぼ正しく表現できるが、手先位置が一致しなくなるため、操作者は自分の手とは認識しにくくなる。一方、手先位置を一致させると、関節角度が一致しなくなり、ロボット周囲の人には異なるジェスチャーと認識されてしまう。高い臨場感を提示しつつ、正しいジェスチャーを提示する手法が必要である。しかし、両方を同時に満足させることは不可能である。そこで、操作者が認識しにくい、手先までの奥行き距離を犠牲にし、手先方向だけを自分のそれと一致させる手法を提案、開発した。これを DCA, Directional Consistent Approach と呼ぶ。これにより、機構パラメータが異なっても矛盾を感じにくくなる。更に、ロボットアームの姿勢は操作者のそれと近い場合、似たジェスチャーを周囲の人間に提示することが可能となる。図7に例を示す。(a)が操作者、(b)が関節角度を一致させた場合、(c)が手先位置を一致させた場合で、(d)が DCA を示している。

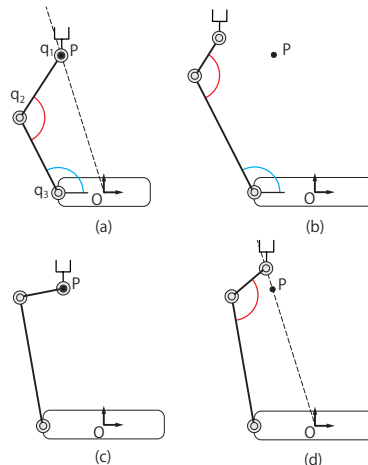


図7 Directional Consistent Approach

(8) インタフェースとしての評価
人と同等のプロポーシオンを持つ小型人型ロボットがコミュニケーションにおいて果たす効果を MH-2 を用いて検証した。等身大の人型ロボットやプロポーシオンが大きく異なる小型人型ロボットでは様々な評価が行われているが、MH-2 のようなロボットでの検証はこれまで行われていない。実験では、高度な騙し合いを必要とするインディアンポーカゲームを採用し、比較対象として Skype によるディスプレイを選んだ。ディスプレイは操作者の表情を提示できるため、このようなゲームでは有利と考えられる。実験から、「感情と個性」については、表情を提示できるディスプレイが優位であったが、「視線」と「ゲームのやりやすさ」では、MH-2 が優位であることが示された。顔に表情がない MH-2 でも視線を感じさせたことは、頭部の動作が大きな役割を果たしていると考えられる。冗長な腕の動作が自然なコミュニケーションを実現すると同時にゲームをやりやすくしていたことも強調したい。

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 Hyun-Tae Han, Yoshimune Nonomura, Yuichi Tsumaki, Communication capability of telepresence system with the miniature humanoid MH-2, *Artificial Life and Robotics*, 査読有, Vol. 23, Issue3, 2018. (To be printed) (DOI: <https://doi.org/10.1007/s10015-018-0428-z>)

[学会発表] (計 10 件)

- ① 篠原勇人, 佐藤聖瑠, 韓現泰, 妻木勇二, 多段 1 自由度ハンドを装着したミニチュアヒューマノイドの腕部動作試験, 日本機械学会 [No. 18-3] ロボティクス・メカトロニクス講演会'18 講演論文集, 1P2-D17, 2018.
- ② Sho Owada, Yuichi Tsumaki, Direction Consistent Approach for Telepresence System with Miniature Humanoid Robot, *Proceedings of the 2017 IEEE International Conference on Mechatronics and Automation*, pp. 1602-1607, Takamatsu, Japan, 2017. (DOI: 10.1109/ICMA.2017.8016056)
- ③ 古瀬世那, 及川俊亮, 韓現泰, 大和田翔, 妻木勇二, ミニチュアヒューマノイド用 7 自由度アームと多段 1 自由度ハンドの開発, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3W1-04, 2016.
- ④ 會田貴哉, 石川貴史, 水戸部和久, 妻木勇二, ミニチュアヒューマノイドの操作インタフェースへのハンド動作およ

び表情判別法の組み込み, 第 34 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 3W1-03, 2016.

- ⑤ 古瀬世那, 妻木勇二, ミニチュアヒューマノイド用 3 自由度ワイヤ駆動式ジナル機構の設計, 日本機械学会 [No. 16-3] ロボティクス・メカトロニクス講演会'16 講演論文集, 1P1-14A3, 2016.
- ⑥ Toshiyuki Amano, Coded Facial Expression, *SIGGRAPH ASIA 2016 Emergency Technology*, 2016
- ⑦ 玉置恭介, 山崎尠史, 天野敏之, 符号化印刷とプロジェクトカメラ系を用いた顔写真の表情操作, 日本色彩学会視覚情報基礎研究会 第 27 回研究発表会, 2016.
- ⑧ 天野敏之, プロジェクションによる適応的な質感操作から意図の拡張へ, 画像センシングシンポジウム SSII2016, 2016
- ⑨ 大和田翔, 坂本浩樹, 妻木勇二, RHI を用いたミニチュアヒューマノイドロボット用遠隔操作システムの試作, 第 16 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論文集, 3G1-6, 2015.
- ⑩ 石川貴史, 水戸部和久, 妻木勇二, Leap Motion を用いたコミュニケーションロボットのハンド操作システムの導入, 第 33 回日本ロボット学会学術講演会予稿集, 2J2-03, 2015.

[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]

なし

6. 研究組織

(1) 研究代表者

妻木 勇一 (TSUMAKI, Yuichi)
山形大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 50270814

(2) 研究分担者

水戸部 和久 (MITOBE, Kazuhisa)
山形大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号: 50229754

天野 敏之 (AMANO, Toshiyuki)
和歌山大学・システム工学部・教授
研究者番号: 60324472

(3) 連携研究者

井上 雅史 (INOUE, Masashi)
東北工業大学・工学部・准教授
研究者番号: 50390597