

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6月8日現在

機関番号：11501

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21300040

研究課題名（和文）

個性を提示可能なミニチュアヒューマノイドによる高臨場コミュニケーション

研究課題名（英文）

A Miniature Humanoid Communication system which Displays Personality

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

研究成果の概要（和文）：本研究は、操作者の存在感と個性を提示するためのウェアラブルなテレプレゼンスシステムの開発が目的である。このため、20自由度を持つウェアラブル上半身ミニチュアヒューマノイドを新たに開発した。開発したミニチュアヒューマノイドは人間と同じようなプロポーションを持ち、人間とほぼ同等のスピードでジェスチャーを実現することができる。また、ワイヤ駆動型アームに対し、外部センサを用いることで比較的精度の高い制御手法も確立した。

研究成果の概要（英文）：The purpose of our study is development of a wearable telepresence system which can display personal properties and presence. To achieve the purpose, a novel 20-DOF miniature humanoid has been developed. Its shape resembles that of a human. In addition, its arm has ability to move at proper speed to reproduce human motions. Furthermore, a proper control method with external sensors is introduced to a wire driven arm.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	7,900,000	2,370,000	10,270,000
2010年度	4,200,000	1,260,000	5,460,000
2011年度	2,100,000	630,000	2,730,000
年度			
年度			
総計	14,200,000	4,260,000	18,460,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：メディア情報学・データベース

キーワード：ウェアラブルロボット、ミニチュアヒューマノイド、トレイグジスタンス、テレプレゼンス、コミュニケーションシステム

1. 研究開始当初の背景

近年、QBに代表されるように、ロボットを介して遠隔地間のコミュニケーションを実現するシステムが実用化されている。ロボットは操作者のアバターであり、遠隔地を動き回り、周りの人とコミュニケーションを図ることができる。一種のテレプレゼンスシステム

ムである。

一方、我々は、1998年にテレコミュニケーションと呼ぶシステムを提案してきた。遠隔操作型の移動ロボットやウェアラブルロボットを通してコミュニケーションを図るシステムである。なかでもウェアラブル型のロボットは特徴的なロボットであった。装着者

に行動が束縛されるものの経験を共有でき、共感を得ながらより密なコミュニケーションが期待できる。このようなシステムは、操作者にはその場に居るかのような臨場感を呈示し、装着者にはその場に操作者が居るかのような臨場感を呈示することが望ましい。そこで、片腕4自由度を持つミニチュアヒューマノイドMH-1の開発を行ってきた。しかし、MH-1は手首がないなど、自由度の少なさから臨場感のあるジェスチャーを示すことが困難であった。

2. 研究の目的

本研究の目的を以下に示す。

- (1) MH-1の欠点を補うため、手首3自由度を持つ7自由度冗長アームを開発する。
- (2) 上記アームを用いた全20自由度の上半身ミニチュアヒューマノイドMH-2を開発する。
- (3) ワイヤ駆動アームを精度良く制御する手法を確立する。
- (4) 操作者の感情や個性を提示可能なコミュニケーションシステムを開発する。

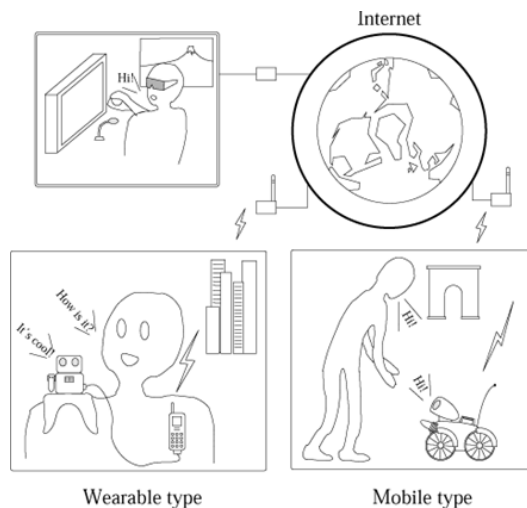


図1 テレコミュニケーター概念図

3. 研究の方法

図1にこれまで我々が提案してきたテレコミュニケーターの概念図を示す。左下に示すウェアラブルロボットを開発する。ただし、20自由度を持つミニチュアヒューマノイドである。具体的な研究方法を下記に示す。

- (1) 3自由度の手首機構を実現するため、平行ワイヤ機構を導入し、7自由度アームを実現する。
- (2) 片腕7自由度の双臂、頭部3自由度、胴体部3自由度を持たせることで20自由度を持つ上半身ミニチュアヒューマノイド

MH-2を実現する。

(3) 外部センサを用いることにより、精度の高い制御を実現する。

(4) 顔の表情や生体信号を用いることで操作者の感情を取得し、これをMH-2の動きに関連付けることで、操作者の感情や個性を提示可能なコミュニケーションシステムを実現する。

4. 研究成果

本研究により得られた成果を以下に示す。

(1) 7自由度冗長アームの開発

7自由度冗長アームを開発するために、最初にワイヤ4本から構成される3自由度手首機構を提案、開発した。図2に外観を示す。平行ワイヤ機構となっており、モータ4個で駆動する。冗長性を持つが、ワイヤの張力をコントロールすることが可能なため、手先の剛性を変化させることができる。作業領域は各軸30度程度と大きくはないが、ジェスチャーを実現するには、十分な動作範囲である。

並進部の冗長4自由度に関しては、オーソドックスな自由度配置とした。全軸ワイヤ駆動機構とし、モータは外部に設置する。これにより十分な小型化と軽量化を実現し、人並みの運動特性を実現した。また、全てのプーリには、ボールベアリングを導入し、摩擦の低減も図っている。

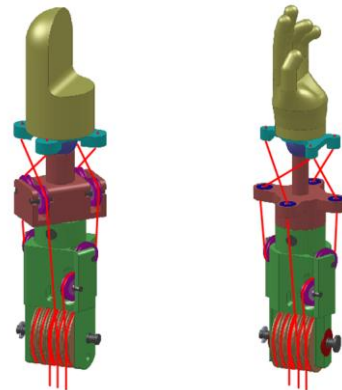


図2 平行ワイヤ機構

(2) 20自由度上半身ミニチュアヒューマノイドMH-2の開発

①ハードウェア開発

上記の7自由度アームを片腕とするミニチュアヒューマノイドを開発した。頭部3自由度、胴体部3自由度を持つ。胴体部はピッチ軸とヨー軸の2軸と、呼吸動作をまねする自由度を設けた。機構の関係からヨー軸は胴体部から後方にオフセットした軸回りに回転する。呼吸動作は、カム機構を利用し、胸部に上下するプレートを設計した。胴体部の3

自由度は、比較的空間の余裕があり、早い動作は求められないのでギアとモータの組み合わせで動かすこととした。外観を図3に示す。

全高 160 mm 程度あり、人間に近いプロポーションを実現した。また、頭部上部に、ステレオカメラまたはシングルカメラを設置できるようになっている。

制御システムは 32 軸のモータを同時に駆動させることができる。制御システムもウェアラブル化するために、全てのシステムがデイクックの中に納まるよう設計した。図4にMH-2を装着者が装着している写真を示す。全重量は約 8.5 kg とまだ重い、単純化するため全ての軸に同じモータを使用するなど、オーバースペックな設計となっているため、更なる軽量化は容易である。

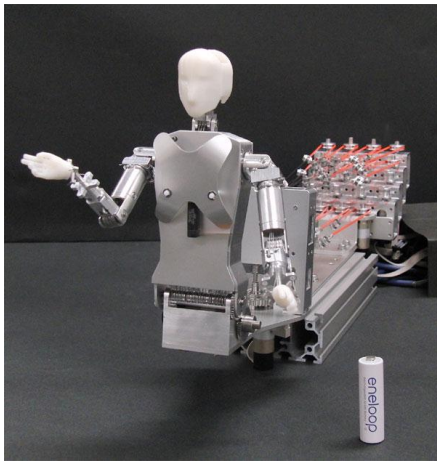


図3 MH-2



図4 MH-2と装着者

②実験による検証

開発したアームの性能を確かめるため、バイバイするジェスチャーを採用し、MH-2上に実装した。往復4回の動きを1.84秒で実現した。図5に連続写真を示す。写真では、1秒までの動きを示している。このように、

人間とほぼ同等の動きを実現することができた。小型であるため、元々の質量が小さい上、ワイヤ駆動により手先部の軽量化が行えたことが大きく貢献している。

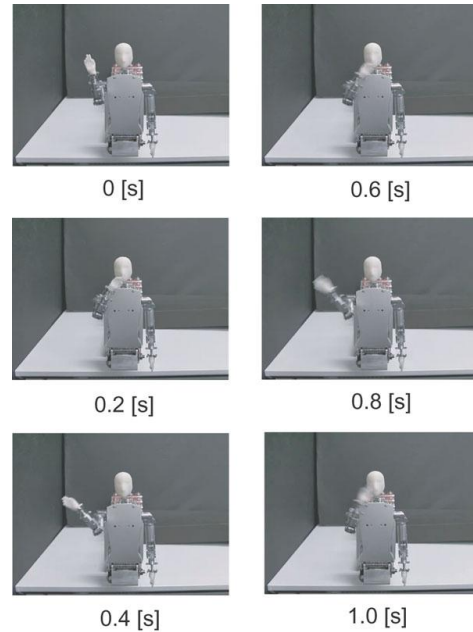


図5 実験

(3) 外部センサを用いた位置制御

人間のような形状の腕をワイヤ駆動で動かす場合、複数のねじり関節が存在するため、ワイヤ束がねじれてしまう。この時、ワイヤの経路長が変化し、大きな誤差が生じる原因となる。根本のねじり関節ほどこの影響は大きい。特に、ワイヤ駆動の場合、モータのエンコーダからは実際の手先の姿勢がわからないため正確な制御を実現することが困難となる。そこで、外部センサを用いた制御手法を提案、検証した。図6に示すように、光学式のモーションセンサを用いて、手先部の姿勢を計測し、これをフィードバックする手法である。この結果、大幅に精度を向上させることができた。現在、スイスレンジャーのような TOF 方式のモーションセンサの小型化が進んでおり、提案する方式の制御手法はワイヤ駆動型のアームに将来有望であると考えられる。

(4) 操作者の感情や個性を提示する手法の検討

呼吸などの生理運動をミニチュアヒューマノイド上で実現することで、操作者の存在感を高める手法をCGによるシミュレータ上で検証した。また、操作者の感情を取得するために、市販の簡易脳波計を導入したり、頬の物理的変位を計測するシステムの試作を行ったりといくつかの方法を検証した。いずれも感情を推定するまでには至っていない

が、センサの配置方法など有益な知見が得られた。

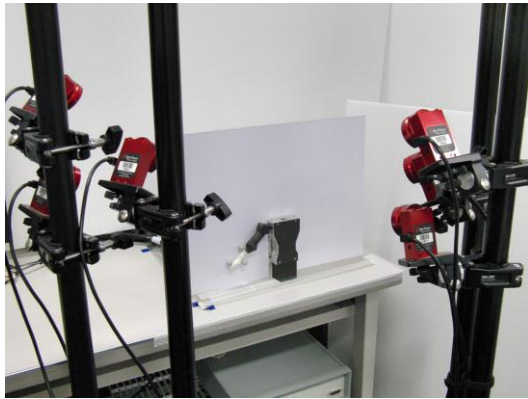


図6 外部センサとアーム

(5) 直観的な操作インタフェースの開発

直観的な操作インタフェースとして、虫眼鏡型インタフェースを提案、開発した。これは従来開発してきた能動ディスプレイから派生した方法で、虫眼鏡のように見たい方向にデバイスを向けることで直観的にカメラを操作することができるデバイスである。

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0件)

[学会発表] (計11件)

① 妻木勇一，小野史暁，佃泰輔，ミニチュアヒューマノイド MH-2 の開発，日本機械学会 [No. 12-3] ロボティクス・メカトロニクス講演会'12 講演論文集，2P1-C03，アクトシティ浜松 (浜松市)，2012年5月29日。

② Yuichi Tsumaki，Fumiaki Ono，Taisuke Tsukuda，The 20-DOF Miniature Humanoid MH-2 for a Wearable Communication System，Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation，St. Paul，Minnesota，pp. 3930-3935，2012年5月17日。

③ Yuichi Tsumaki，Nobuyuki Inoue，Yutaka Satoh and Riichiro Tadakuma，Miniature Humanoid MH-1 for Wearable Telecommunicator，Proc. of the IEEE Int. Conf. on Robotics and Biomimetics，ROBIO2011，Phuket，Thailand，pp. 223-228，2011年12月8日。

④ 小野史暁，妻木勇一，ミニチュアヒューマノイド用双腕7自由度アームの開発，日本機械学会東北支部第47回秋季講演会講演論文集，pp. 92-93，山形大学 (米沢市)，2011年9月22日。

⑤ 小野史暁，妻木勇一，20自由度ミニチュア

ヒューマノイド MH-2 の設計，第29回日本ロボット学会学術講演会講演集，RSJ2011AC302-3，芝浦工業大学 (東京)，2011年9月9日。

⑥ 小野史暁，妻木勇一，ミニチュアヒューマノイド用7自由度アームの開発，日本機械学会 [No. 11-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'11 講演論文集，2A1-F03，岡山コンベンションセンター (岡山市)，2011年5月28日。

⑦ 佐藤豊，多田隈理一郎，妻木勇一，ミニチュアヒューマノイドの高精度ワイヤ駆動制御，計測自動制御学会東北支部第262回研究集会，262-8，東北大学 (仙台市)，2010年12月23日。

⑧ Kazuyuki Shishido and Yuichi Tsumaki，A Hand Glass Interface to Explore 3D Virtual Space，Proceedings of the 2010 IEEE/SICE International Symposium on System Integration，SII2010，東北大学，Sendai，Japan，pp. 96-101，2010年12月22日。

⑨ 宍戸和孝，妻木勇一，虫メガネ型インタフェースを用いた3次元空間探索システム，日本バーチャリアリティ学会第15回大会論文集，pp. 492-495，金沢工業大学 (金沢市)，2010年9月17日。

⑩ 妻木勇一，小野史暁，ミニチュアヒューマノイドの手首用3自由度パラレルワイヤ機構，日本機械学会 [No. 10-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'10 講演論文集，2A1-C28，旭川大雪アリーナ (旭川市)，2010年6月16日。

⑪ 井上順博，妻木勇一，葛西昭治，福田眞，ウェアラブルミニチュアヒューマノイドロボットの運動制御，日本機械学会 [No. 09-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'09 講演論文集，1P1-F01，福岡国際会議場 (福岡市)，2009年5月25日。

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

山野 光裕 (Yamano Mitsuhiro)

山形大学・大学院理工学研究科・助教

研究者番号：70323178

(3) 連携研究者

なし