

平成21年6月6日現在

研究種目：基盤研究（B）  
 研究期間：2006～2008  
 課題番号：18300038  
 研究課題名（和文） 人型アバターを用いた高臨場ウェアラブルコミュニケーションシステム  
 研究課題名（英文） A Wearable Communication System with Realistic Presentation Using a Humanoid Avatar  
 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：

ウェアラブル双方向トレイグジスタンスシステムを実現するため、上体ミニチュアヒューマノイドを開発した。ミニチュアヒューマノイドは片腕4自由度の冗長自由度を有し、頭部も3自由度の自由度を持つ合計11自由度のシステムとした。頭部にはステレオ視が可能なカメラを搭載した。また、ワイヤ駆動を導入することにより、たばこ大の大きさを実現している。一方、操作システムも開発し、これらを結ぶことで双方向のトレイグジスタンスシステムの基本システムを構築し、基礎的検証を行った。

## 交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	8,200,000	2,460,000	10,660,000
2007年度	4,100,000	1,230,000	5,330,000
2008年度	2,000,000	600,000	2,600,000
年度			
年度			
総計	14,300,000	4,290,000	18,590,000

## 研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・メディア情報学・データベース

キーワード：バーチャルリアリティ、ウェアラブルロボット、トレイグジスタンス、モーシオンメディア、コミュニケーション

## 1. 研究開始当初の背景

これまで研究代表者は、テレコミュニケーターと呼ぶウェアラブル型テレロボットシステムを提案、開発してきた。テレコミュニケーターは、ロボットを通して遠隔地間の人間同士のコミュニケーションを実現するシステムである。ロボットを遠隔操作することで、遠隔地の操作者は見たいところを自由に見られるだけでなく、ロボットを操作者のアバター（化身）として利用することができる。すなわち、ジェスチャーを提示するなど、高

い臨場感を伴うコミュニケーションが可能となる。一種のトレイグジスタンスシステムでもあり、遠隔地の経験を共有することが可能となる。このようなシステムはバーチャルな世界と実空間を繋ぐ新しいメディアと捉えることができる。

本研究開始以前に、テレコミュニケーターの第一世代として、主に操作者への高い臨場感を提示するための技術を確立してきた。しかし、開発してきたテレコミュニケーターT1、T2、T3は、典型的なロボットの形状をしてお

り、自由度も少なかった。このため、操作者には現地に居るような感覚を与えることができて、ロボットの周りの人には、その場に操作者がいるかのような感覚を提示することは困難であった。このように、コミュニケーションは一方向ではなく、双方向の情報の流れが重要となる。円滑なコミュニケーションを実現するためには、操作者に対してだけではなく、ロボット周囲の人間に操作者の存在感を高い臨場感とともに提示できる双方向のレイグジスタンス技術を確立しなければならない。これを実現するシステムを我々は第二世代のテレコミュニケーターと捉え、本研究により開発を進める。

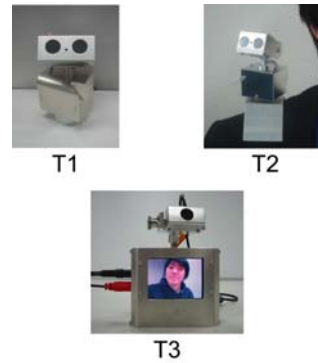


図1 従来のテレコミュニケーター

## 2. 研究の目的

本研究課題においては、『人型アバターを用いた高い臨場感を提示可能なウェアラブル型双方向レイグジスタンスシステムの実現』を目的とする。このため、以下に示す具体的な研究課題に取り組んだ。

(1) ロボットをより人間らしくリアルに提示できる人型アバターのプロトタイプモデルを開発する。

(2) ウェアラブル型モーションメディアを通じたヒューマンコミュニケーションの特徴を明らかにする。

(3) 得られた知見をベースにモーションメディアである人型アバターの操作方法、動作生成方法を確立する。

(4) 高い臨場感を提示可能なウェアラブル型双方向レイグジスタンスシステムの実現を目指す。

## 3. 研究の方法

これらの目的を実現するため、独自にミニチュアヒューマノイドを設計・開発する。また、モーションキャプチャをベースとした操作システムを開発し、これらを繋げることで、高い臨場感を提示可能な双方向のレイグジスタンスシステムを構築する。さらに、従来開発してきたテレコミュニケーターも利用し、ウェアラブルロボットに必要な操作支援を明らかにし、支援システムを開発する。

## 4. 研究成果

### (1) プロトタイプモデルの開発

図1に示す従来のテレコミュニケーターでは実現できない操作者の存在感を提示するために、ミニチュアヒューマノイドのプロトタイプモデルを開発した。

ウェアラブルミニチュアヒューマノイドロボットは、操作者のジェスチャを高い臨場感と共に遠隔地に居る人間へ伝えるため、人

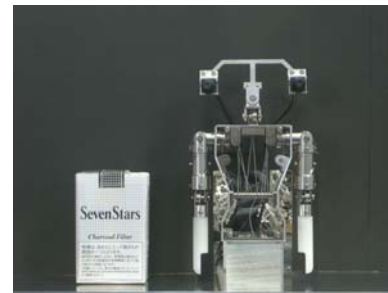


図2 プロトタイプモデル外観

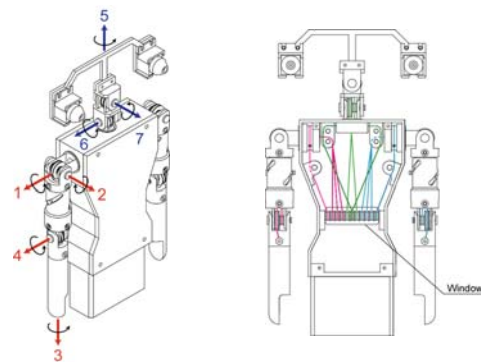


図3 自由度配置

間に準じた自由度が必要となる。しかし、小型化を図るためには、実現できる自由度数は限られる。人間のジェスチャを考えると、手先の動きだけでなく肘の動きも重要となるため、冗長性を持たせる必要がある。頭部においては、その姿勢を再現すると共に、操作者へ提示する現地の映像を取得することが求められる。これらの要求から、片腕4自由度の双腕と小型カメラを2台搭載した3自由度の頭部から構成するプロトタイプモデルを開発した。開発したプロトタイプモデルの外観図を図2に、自由度の配置図を図3に示す。プロトタイプモデルは、小型化を実現するため、各関節にワイヤ駆動を採用し、比

較的速い動きが要求される腕部については、超音波モータを使用することにした。また、頭部については、通常の DC サーボモータを使用することにした。なお、超音波モータのコントロールボックスは現状大型であるため、システム全体のウェアラブル化は困難である。そこで、プロトタイプモデルでは、ロボット本体の小型化に焦点を当てて開発を行った。プロトタイプモデルの全高は 176 mm、肩幅は 99 mm、奥行きは 26 mm である。材質は、主にステンレス鋼を用いているが、腕部先端の部品には軽量化のために樹脂を用いている。さらに、正面と背面の保護カバーには、透明なアクリル板を用いており、胴体内部の状態を容易に観察することができるようにした。テレコミュニケーションシステムとして使用するときには、人型の外装を取り付けることとした。外装は軽量のエポキシ系パテを用いて製作した。

なお、この大きさで 11 自由度を持つヒューマノイド型ロボットを実現しているのは、世界的に見ても現時点では我々のグループだけである。

## (2) 操作インタフェース

操作者のジェスチャをプロトタイプモデルに反映させるためには、操作者のジェスチャを測定するモーションキャプチャシステムが必要となる。そこで、ポヒマスセンサと 3D モーションセンサを用いた操作インタフェースを構築した。両腕の先端にポヒマスセンサを 1 つずつ取り付け、頭部に 3D モーションセンサを 1 台取り付ける。ポヒマスセンサは、位置・姿勢の 6 自由度を検出することができるので、前腕の位置と姿勢を測定することができる。あらかじめ操作者の前腕リンク長と肩関節位置を決定しておくことで、操作者とプロトタイプモデルの幾何学的関係から、腕部の各関節角度を算出することができる。

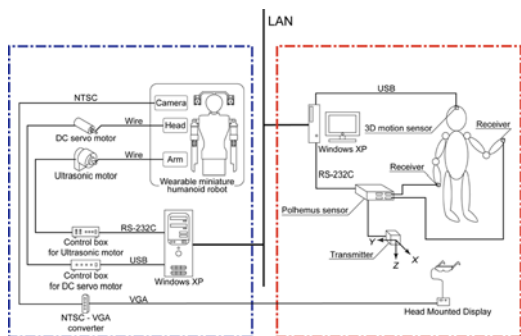


図4 全体システム

一方、3D モーションセンサは 3 自由度の

姿勢を検出することができるので、頭部の関節角度としてそのまま反映させることができる。計測・算出した各関節角度は、LAN を介してプロトタイプモデルの制御システムへ送信する。全体のシステムを図4に示す。

## (3) ワイヤ駆動のキャリブレーション

開発したプロトタイプモデルは、各関節にワイヤ駆動を採用している。各ワイヤは、各関節軸において、プーリを介して経路する機構であるため、関節・モータ間をループするワイヤの長さに変化が生じにくい機構となっている。しかし、現状の機構では、一部の関節の駆動が他の関節の駆動に干渉してしまう問題が発生する。各関節の干渉を考慮に入れて駆動制御を行うためには、モータ角度に対する関節角度の関係を把握することが必要となる。そこで、姿勢位置決め治具を設計・製作し、キャリブレーションを行った。姿勢位置決め治具は、プロトタイプモデルの腕部を初期姿勢と 4 つの姿勢で固定することができるため、各姿勢におけるモータ角度をエンコーダで測定することで、モータ角度に対する関節角度の関係を導出することができる。この関係を用いてプロトタイプモデルを制御することで、干渉を考慮に入れた運動制御が可能となる。

## (4) 検証実験

ワイヤ駆動のキャリブレーションを行ったプロトタイプモデルの制御システムを用いて、操作実験を行った。腕部操作と頭部操作時の様子を図6に示す。図より、プロトタイプモデルが操作者の動きをほぼ反映していることがわかる。しかし、ワイヤにおける摩擦の影響のため、滑らかに駆動しないこともあり、動作精度の向上が今後求められる。また、開発したプロトタイプモデルと従来のテレコミュニケーションとの比較実験を行ったところ、プロトタイプモデルの方が好まれるというアンケート結果が得られた。ただし、被験者の数が少ないこと、操作精度が悪いことなどから、今後さらに詳細な検討を行う予定である。

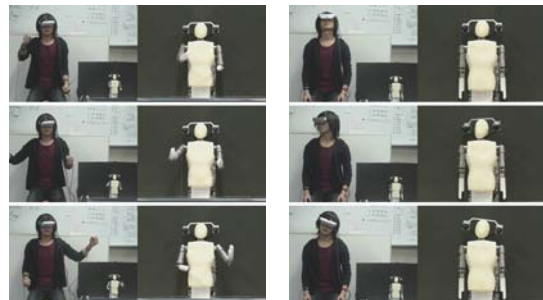


図6 操作実験

(5) 操作支援システム

T1 を用いて、ウェアラブルロボットのコミュニケーション時における操作性の問題をらかにし、これを解決する操作支援システムを導入した。これは、ポインティングを含むコミュニケーションを違和感なく実現するためのシステムであり、操作者の感じる身体性の矛盾を解決するシステムでもある。また、操作支援システムとしてこれまで開発してきた能動ウィンドウを移動ロボットに活用し、姿勢認識を高める効果があることを検証した。

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 葛西昭治, 妻木勇一, ウェアラブルロボットのためのタイムシェアリングモータ制御, 日本機械学会論文集 (C 編), Vol. 73, No. 736, pp. 3234-3240, 2007. 査読有。

[学会発表] (計 10 件)

① 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, 2009 年 5 月 25 日。

② 吉田統, 妻木勇一, 移動ロボットへの直感操作インタフェースの実装, 第 51 回自動制御連合講演会, 2008 年 11 月 22 日。

③ 妻木勇一, 井上順博, 工藤晃輔, ウェアラブルミニチュアヒューマノイドの操作インタフェース, 日本バーチャリアリティ学会第 13 回大会論文集, pp. 156-158, 2008 年 9 月 24 日。

④ 井上順博, 妻木勇一, ウェアラブルミニチュアヒューマノイドロボットの開発, 日本機械学会[No. 08-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'08 講演論文集, 2A1-B21, 2008 年 6 月 7 日。

⑤ Yuichi Tsumaki, Satoshi Kawai and Takuya Sato, Development of an Active Display, Proceedings of the 17th International Conference on Artificial Reality and Telexistence, ICAT2007, Esbjerg, Denmark, pp. 71-78, 2007 年 11 月 29 日。

⑥ 吉田統, 妻木勇一, UAV 用直感操作インタフェース, 計測自動制御学会東北支部第 238 回研究集会, 資料番号 238-20, 2007 年 10 月 18 日。

⑦ 井上順博, 妻木勇一, ウェアラブルミニチュアヒューマノイドロボットの設計, 計測自動制御学会東北支部第 238 回研究集会, 資料番号 238-13, 2007 年 10 月 18 日。(SICE 東北支部優秀発表奨励賞)

⑧ 井上順博, 妻木勇一, テレコミュニケーションター用

ミニチュアヒューマノイドロボットの設計, 日本機械学会東北学生会第 37 回卒業研究発表講演会講演論文集, pp. 19-20, 2007 年 3 月 5 日。

⑨ 妻木勇一, 河合聡志, Pierre Blazevic, Vincent Hugel, Patrick Bonnin, アクティブウィンドウを用いたレスキューロボット用操作インタフェース, 第 7 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 SI2006, 1G1-6, 2006 年 12 月 14 日。(SI2006 優秀講演賞)

⑩ 妻木勇一, 田村哲也, 葛西昭治, 歩行時におけるウェアラブルロボットの視線安定制御, 日本機械学会[No. 06-4] ロボティクス・メカトロニクス講演会'06 講演論文集, 2P2-A27, 2006 年 5 月 28 日。

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称: 可動表示システムおよび表示装置駆動機

発明者: 妻木勇一

権利者: 国立大学法人弘前大学

種類: 特許

番号: 特許出願 2007-270726

出願年月日: 2007 年 10 月 17 日

国内外の別: 国内

○取得状況 (計 0 件)

[その他]

① SI2006 優秀講演賞受賞 (学会発表②参照)

② SICE 東北支部優秀発表奨励賞受賞 (井上順博, 学会発表④参照)

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

佐川 貢一 (SAGAWA KOICHI)

弘前大学・大学院理工学研究科・准教授

研究者番号: 30272016

関口 暁宣 (SEKIGUCHI AKINORI)

東京工科大学・コンピュータサイエンス学部・講師

研究者番号: 80344612

(3) 連携研究者