

## ヒューマノイドロボットアバターシステムの提案

野上 大輔<sup>†</sup> 中西 英之<sup>†</sup> 石黒 浩<sup>†</sup>

<sup>†</sup>大阪大学大学院工学研究科 〒565-0871 大阪府吹田市山田丘 2-1

E-mail: <sup>†</sup>{daisuke.nogami,nakanishi,ishiguro}@ams.eng.osaka-u.ac.jp

あらまし ロボットを用いた既存の遠隔コミュニケーションシステムはロボットから得られる一人称視点の映像を基に現地の人間と遠隔コミュニケーションを行うものが多い。しかし、一人称視点の映像による遠隔操作よりも、現地に設置したネットワークカメラの映像のような三人称視点の映像を基にした方が現地の人間と遠隔操作しているロボットとの間の対人距離を調節し易く、さらに現地の環境を把握し易いので遠隔操作に適していると考えられる。そこで、我々は三人称視点の映像で現地の環境を把握しつつ、その映像を基に現地の人間のいる場所までロボットを移動させ、移動後はロボットの首に掛けたビデオ会議端末で目的の人物に話しかけるというシステムを提案する。そして、今後はこのシステムを異なる4箇所に設置し、各々の場所からシステムを利用して遠隔地にいながらにして現地の人間とインフォーマルコミュニケーションを行うという運用実験を長期間行う予定である。

キーワード ヒューマノイドロボット、アバター、ネットワークカメラ、遠隔操作、ビデオ会議

## Proposing a humanoid robot avatar system

Daisuke NOGAMI<sup>†</sup> Hideyuki NAKANISHI<sup>†</sup> and Hiroshi ISHIGURO<sup>†</sup>

<sup>†</sup>Department of Adaptive Machine Systems, Osaka University 2-1 Yamadaoka, Suita-city, Osaka, 565-0871 Japan

E-mail: <sup>†</sup>{daisuke.nogami,nakanishi,ishiguro}@ams.eng.osaka-u.ac.jp

**Abstract** We propose the Humanoid Robot Avatar System. This system consists of three parts. The first part is network camera. We see local state using network camera from remote place. The second part is robotic avatar. We operate the robotic avatar from remote place using web browser. And the third part is video meeting terminal. We talk to a local person with video meeting terminal. Using Web interface, everyone can use this system.

**Keyword** Humanoid robot, Avatar, Network camera, Remote control, Video meeting

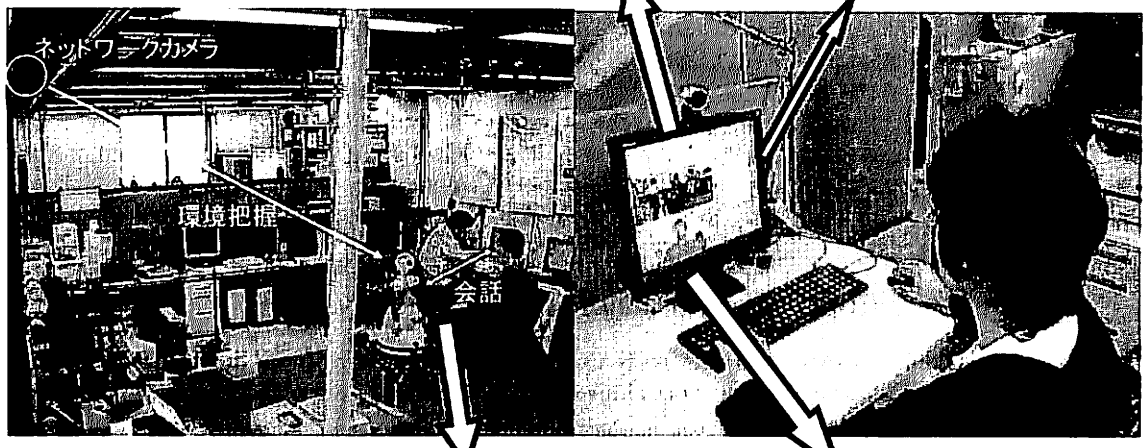
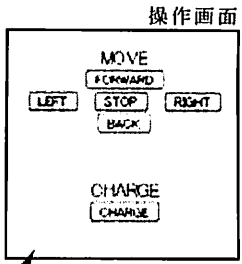
### 1. はじめに

指定された場所、時間で開かれる会議のようなフォーマルなコミュニケーションを行う場合、音声と映像の入出力ストリームを備えているビデオ会議端末が指定された場所、時間に用意されていれば遠隔地にいながらにして現地のフォーマルなコミュニケーションに参加可能である。しかし、インフォーマルコミュニケーションは場所、時間が指定されずに行われるものである。その方法で遠隔地にいながらにして現地のインフォーマルコミュニケーションに気軽に参加することは難しい。インフォーマルコミュニケーションはふと何かを思い付いたときや、相手の顔を見て用件を思い出したりしたときに行われるものである。遠隔地にいながらにして現地で行われるインフォーマルコミュニケーションに参加するためには、現地の様子を簡単に把握可能な状況にいななければならない。そこで、現地と遠隔地が音声と映像の入出力ストリームで繋がれた環境、つまりメディアスペースを構築する方法が考えられる。ところが、単に現地と遠隔地を音声

と映像の入出力ストリームで繋げるだけでは現地にいる人間のプライバシーの侵害[Neustaedter 2003]や遠隔地のユーザの現地における身体性の欠如[Mantei 1991; Gaver 1992]という問題が残る。また、メディアスペースを構築する方法とは別の方法として、遠隔地のユーザの分身が代わりに現地を移動しつつ現地の環境の必要十分な情報を遠隔地のユーザに伝達し、遠隔地のユーザは分身から送られてくるその情報を基に現地の人間とインフォーマルコミュニケーションを行うという方法が挙げられる。この方法を採用する場合、何を遠隔地のユーザの分身として用いるかが問題となるが、人間の分身として使用するのが目的であるためヒューマノイドロボットアバターを使用することが自然だと考えられる。しかしながら、実際に人型に似せたロボットを遠隔地のユーザの分身として用いることで音声情報だけでは伝達不可能な非言語情報を遠隔地のユーザの代わりに現地の人間に伝達できる一方で[Kuzuoka 2004]、遠隔地のユーザが現地のヒューマノイドロボッ



ネットワークカメラ映像  
(三人称視点)

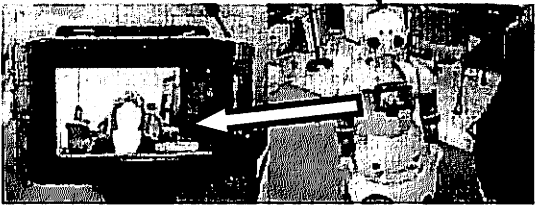


ネットワークカメラ

環境把握

会議

現地側



遠隔地側



ビデオ会議  
端末映像  
(一人称視点)

Fig.1 ヒューマノイドロボットアバターシステム

トアバタから遠隔地のユーザに送られる情報を基に現地の環境を把握しつつヒューマノイドロボットアバタを遠隔操作するためには、例えばヒューマノイドロボットアバタに前方、右方、左方等の映像を見るための複数のカメラを設置する必要が生じ、そのカメラからの映像を遠隔地のユーザの前方、右方、左方に表示するために遠隔地のユーザ側にディスプレイが複数個必要となる[Jouppi 2002] [Furusawa 2006]. このように、遠隔地のユーザがヒューマノイドロボットアバタを遠隔操作するために様々な装置を必要とするようでは遠隔地から現地のインフォーマルコミュニケーションに参加するという目的のためだけには気軽に使用できない。

そこで、遠隔地から現地の環境を把握することに長けているがプライバシーの侵害や現地での身体性の欠如という問題を抱えているメディアスペースによる方法と、現地における身体性をもっていてさらに非言語情報を伝達できるが遠隔地から現地の様子を把握するには遠隔地側ユーザに様々な装置を必要とってしまうヒューマノイドロボットアバタを用いる方法の両方を組み合わせれば、それぞれの方法の長所を生かしつつ欠点を補い合うシステムを構築可能になると我々は考え、そのシステムをヒューマノイドロボットアバタシステムと呼んで提案する。

## 2. 提案システム

我々が提案するヒューマノイドロボットアバターシステムはネットワーク環境が整っていれば誰でも遠隔地にいながらにして気軽に現地で行われているインフォーマルコミュニケーションに参加することを可能とするシステムである。以下に、我々が提案するヒューマノイドロボットアバターシステム(Fig.1)の内容を述べる。

### 2.1. 環境認識支援

遠隔地にいながらにして現地の様子を簡単に把握するための方法として、我々は現地の天井に取り付けたネットワークカメラを用いる(Fig.1 現地側)。ネットワークカメラの映像はウェブインタフェースで見ることができる(Fig.1 遠隔地側)。これにより、遠隔地のユーザは手軽に現地の環境を把握可能である。また、天井からの映像つまり三人称視点の映像を用いることはヒューマノイドロボットアバターから送られてくる一人称視点の映像を用いることよりも遠隔操作に適しており、遠隔地のユーザの分身であるヒューマノイドロボットアバターの現在位置や壁や障害物との位置関係そしてコミュニケーション相手との対人距離等が容易に調節可能となる。さらに、ネットワークカメラの映像は複数人同時に眺めることができるので、異なる場所から映像を眺めている遠隔地側ユーザ同士で共同体験が可能である。

### 2.2. ヒューマノイドロボットアバター

ネットワークカメラの映像を眺めながら現地の環境を把握している遠隔地側のユーザの現地における分身として、三菱重工のヒューマノイドロボット **wakamaru** (<http://wakamaru.net/>) を使用する。遠隔地側のユーザがネットワークカメラで現地の環境を眺めた際に、相手の顔を見て用件を思い出したり、現地のユーザ同士で行われているインフォーマルコミュニケーションに加わりたと思った場合に、ヒューマノイドロボットアバターの相手のいる場所まで移動させて話しかける。これにより、遠隔地のユーザが現地のユーザにどの何に注目しているのかをヒューマノイドロボットアバターの現在位置や体の方向から伝達可能になる。したがって、現地の同一場所に複数人がいる状況においても遠隔地のユーザが現地の誰に興味をもっているかといったような非言語情報を遠隔地のユーザから現地のユーザに伝達可能となる(Fig.1 遠隔地側)。また、現地のユーザは遠隔地のユーザに話しかけたり返事したりする際の対象物としてヒューマノイドロボットアバターを使用できる(Fig.1 現地側)。これは、ヒューマノイドロボットアバターが現地において身体性を持つ

ことから得られる利点だと考えられる。

さらに、現地に設置されたヒューマノイドロボットアバターの遠隔地から手軽に操作可能とするためにインタフェースをウェブブラウザとした。そして、遠隔地のユーザはネットワークカメラの映像(Fig.1 遠隔地側)を眺めてヒューマノイドロボットアバターの現在位置を確認しながらクリックのみでヒューマノイドロボットアバターの遠隔操作する。

### 2.3. ビデオ会議端末

遠隔地側のユーザがネットワークカメラの映像を眺めて現地側の様子を把握し、話しかけたい人のいる場所までヒューマノイドロボットアバターの移動させた後、会話の手段としてヒューマノイドロボットアバターの首に掛けたビデオ会議端末を利用する。このビデオ会議端末により、遠隔地側のユーザは現地のヒューマノイドロボットアバターの向いている方向の映像つまり一人称視点の映像を得る(Fig.1 遠隔地側)。

また、現地側のユーザはビデオ会議端末に表示される映像から誰が遠隔地側ユーザとしてヒューマノイドロボットアバターシステムを利用しているのかが分かるように、遠隔地側のユーザの顔を見て会話を行うことが可能となる(Fig.1)。これにより、擬似的な対面コミュニケーションを行える。

## 3. 実験計画

我々の所属している研究室は Fig.2 の概形で表されるキャンパス内の研究スペース1で示される建物内に位置するのだが、研究室のメンバ全員が研究スペース1で研究をしているわけではなく、研究スペース2,3,4の場所で研究を行っている者もいる。なお、研究スペース2は研究スペース1と同一の建物内の異なる階にあるのだが、用事がある度にその2箇所を行き来することは面倒であり、研究スペース3,4で研究を行っている者にとっては研究スペース1との間を行き来することは非常に手間である。そこで、度々2箇所の間を往復する手間を減らすために、我々が提案するヒューマノイドロボットアバターシステムを実際に研究スペース1から4の4箇所に設置する。これにより、それぞれの場所に所属している人間が他の研究スペースに設置されているヒューマノイドロボットアバターシステムを使用して遠隔地にいながらにして用件を済ませることができるようにする。

### 3.1. 実験環境

ヒューマノイドロボットアバターシステムを設置している4箇所のうち、2箇所の実験環境について記述する。一つ目の設置箇所は、Fig.2の研究スペース1

である。研究スペース1の見取り図と様子を表す図をFig.3からFig.7に示す。

また、Fig.3からわかる通り、ネットワークカメラは研究室のほぼ中央に設置しており、遠隔地のユーザはこのネットワークカメラを用いることで現地の研究スペース1の様子を把握可能となっている。そして、遠隔地のユーザが現地の環境を眺めた時に現地で行われている事柄に興味をもてば、ネットワークカメラのほぼ真下に設置しているヒューマノイドロボットアバタをウェブインタフェース(Fig.1)によるクリックのみの遠隔操作でFig.4からFig.7のような場所を通過させて目的の地点まで移動させた後に、ビデオ会議端末を通して現地のインフォーマルコミュニケーションに参加する。また、現地の人が移動しているヒューマノイドロボットアバタを見て遠隔地のユーザへの用件を思い出して話しかけるという使用方法も考えられる。なお、ウェブインタフェースのボタンをクリックしたときの動作内容をTable1に示す。ウェブインタフェースは誰でも操作できるように表記は英語にしている。そして、現段階ではヒューマノイドロボットアバタを目的の人間のところまで移動させることができれば十分であるので、移動と充電場所に戻るという動作しかないが、今後はヒューマノイドロボットならではの動作をするボタンを作成するなどしてウェブインタフェースを改良していく予定である。

Table1 ウェブインタフェース動作内容

ボタン	動作内容
FORWARD	前進
LEFT	左回転
RIGHT	右回転
BACK	後退
STOP	上の4動作の停止
CHARGE	充電場所に戻る

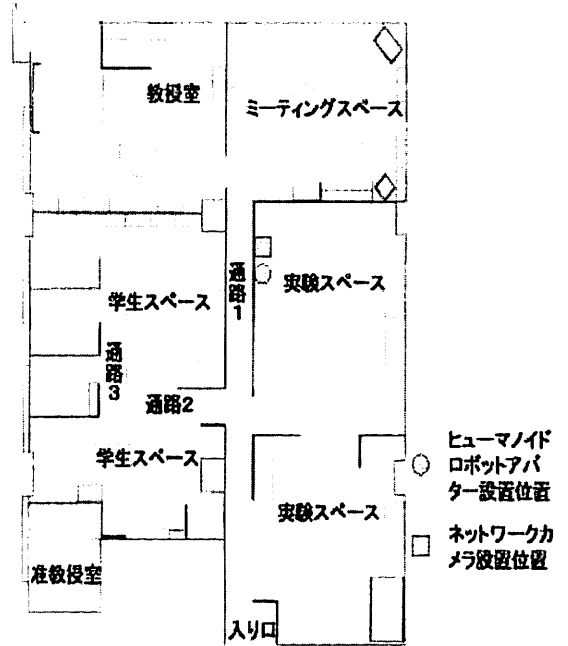


Fig.3 研究スペース1見取り図

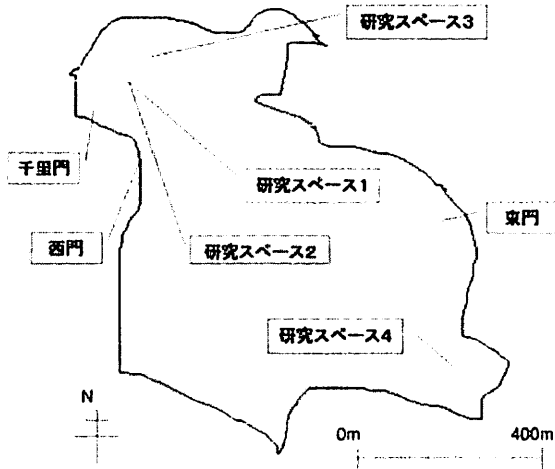


Fig.2 キャンパス

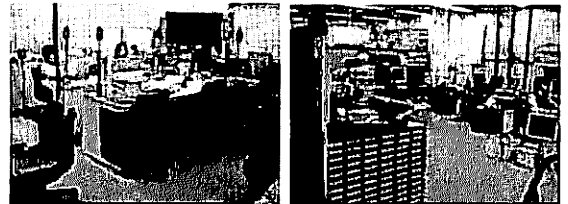


Fig.4 ミーティングスペース Fig.5 実験スペース



Fig.6 学生スペース

Fig.7 通路1

次に、二つ目のヒューマノイドロボットアバターシステムの設置箇所は Fig.2 の研究スペース 3 で示される位置である。研究スペース 3 の見取り図と様子を表す図を Fig.8 から Fig.10 に示す。ネットワークカメラの設置位置は Fig.8 の中央部からやや右下の位置であり、遠隔地側のユーザがネットワークカメラで眺めることができる範囲は図の右下の四角の枠内の部分である。また、ヒューマノイドロボットアバタの設置位置はネットワークカメラで見ることができる範囲の手前の方にしている。

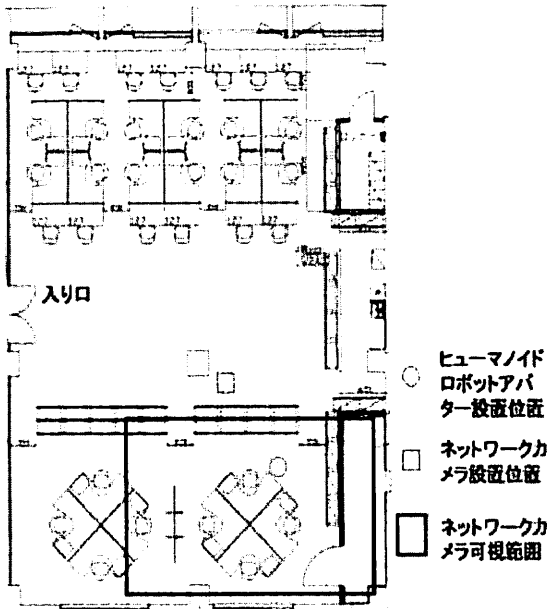


Fig.8 研究スペース 3



Fig.9 設置環境 Fig.10 ネットワークカメラ映像

また、これら 2 箇所他にさらに 2 箇所にもヒューマノイドロボットアバターシステムを設置するので、合計 4 箇所相互にユーザが遠隔地側ユーザや現地側ユーザになってヒューマノイドロボットアバターシステムを利用することになる。

### 3.2. 実験内容

各場所に設置したヒューマノイドロボットアバターシステムを 1 日の内で限定した時間だけ利用可能にするという運用実験を短期間だけ行うのであれば、指定された時間に行われる会議のようなコミュニケーションを行うことが多くなると考えられるので、それを避けるため本実験はいつでも遠隔地から現地の会話に参加できるように 4 箇所同時 24 時間連続で長期間運用実験する予定である。また、我々が提案するヒューマノイドロボットアバターシステムはインフォーマルコミュニケーション支援システムとして提案しているため、気軽に使用できるように実験中はいつどのように使用しなければならないというような利用条件は特に設けない。つまり、ユーザは好きなときに遠隔地側のユーザとしてネットワークカメラに興味のある研究スペースの環境を把握した後、ヒューマノイドロボットアバタとビデオ会議端末を用いて現地側で行われている会話に途中参加したり、遠隔地から誰かがヒューマノイドロボットアバタを遠隔操作しているのを見かけた際に現地側ユーザとして遠隔地側ユーザに話かけたりすることになると思われる。

また、ヒューマノイドロボットアバターシステムを利用するユーザがどのようにシステムを使用するのかを記録するために遠隔地側ユーザが見たネットワークカメラ映像を保存したり定期的に現地での使用状況をビデオカメラで録った後、その映像をシステム全体やウェブインタフェースの改良の方向性の決定材料として用いたり、我々が予想する通りに遠隔地側のユーザはヒューマノイドロボットアバタと現地側の人間との間の対人距離を調節したりヒューマノイドロボットアバタの体の向き等から非言語情報を伝達するのかどうか、そして現地側の人間の顔を見て用件を思い出した際にその場でインフォーマルコミュニケーションを行うのかどうかを確認する。さらに、ヒューマノイドロボットアバターシステムの使用目的であるインフォーマルコミュニケーションについてはその内容を記録するとプライバシーの侵害になると思われるので、音声情報は記録しない。もし会話内容についての情報が必要になるような場合は後日使用したユーザ本人に直接尋ねて会話内容を記録する。そして、ヒューマノイドロボットアバターシステムを導入した結果、研究スペース間をわざわざ往復する手間を省くことができたのかも確認する。

### 4. おわりに

ロボットを用いた遠隔コミュニケーションシステムとして、我々はメディアスペースとヒューマノイドロボットアバタを組み合わせたヒューマノイドロボッ

トアバターシステムを提案し、このシステムを4箇所の異なる場所に設置した。今後はこのシステムの運用実験を長期間にわたって行い、設置場所に所属するメンバーが互いの場所に設置されたシステムを使用して遠隔コミュニケーションをすることになる予定である。そして、このシステムを利用することによりユーザは遠隔地にいながらにして用件を済ますことができるようになるので、わざわざ現地に足を運ぶ手間を省けるようになると思う。

### 謝辞

本研究の一部は、文部科学省科学技術振興調整費「先端融合領域イノベーション創出拠点の形成：ゆらぎプロジェクト」の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。また、運用実験の準備のため提案したヒューマノイドロボットアバターシステムを複数箇所に設置するにあたり、多大なご協力を頂いた方々に対する謝意をここに記して表す。

### 参考文献

- [Neustaedter 2003] C. Neustaedter and S. Greenberg. The Design of a Context-Aware Home Media Space for Balancing Privacy and Awareness. UbiComp2003, pp. 297-314, 2003.
- [Mantei 1991] M.M. Mantei, R.M. Baecker, A.J. Sellen, W.A.S. Buxton, T. Milligan and B. Wellman. Experiences in the Use of a Media Space. CHI91, pp. 203-208, 1991.
- [Gaver 1992] W.W. Gaver. The Affordances of Media Spaces for Collaboration. The Affordances of Media Spaces for Collaboration. CSCW92, pp. 17-24, 1992.
- [Kuzuoka 2004] H. Kuzuoka, K. Yamazaki, A. Yamazaki, J. Kosaka, Y. Suga and C. Heath. Dual Ecologies of Robot as Communication Media: Thoughts on Coordinating Orientations and Projectability. CHI2004, pp. 183-190, 2004.
- [Jouppi 2002] N.P. Jouppi. First Steps Towards Mutually-immersive Mobile Telepresence. CSCW2002, pp. 354-363, 2002.
- [Furusawa 2006] Y. Furusawa, T. Tomono, H. Kuzuoka and J. Yamashita. Study on Effect of Human Face Display on a Surrogate Robot. Human Interface 2006, pp.395-398, 2006.