

## RobotPHONE による物体共有型コミュニケーション

稲見昌彦, 関口大陸, 川上直樹, 舘 暉

東京大学大学院情報理工学系研究科

(〒113-0033 東京都文京区本郷 7-3-1, info@robotphone.org)

従来ロボットは製造業等の現場において人の身代わりとして何らかの作業を行うという目的で研究が進められていた。これに対し我々は UI としてのロボット-Robotic User Interface の研究の一環として、遠隔地に置かれたロボットの動きを同期させることによりコミュニケーションをとることを目指した RobotPHONE の開発を行っている。RobotPHONE とは遠隔地に置かれた複数のロボットの形状、動作等を同期させることによりロボットを介してコミュニケーションを行うためのシステムである。本研究では RobotPHONE のコンセプトについて述べるとともに、新たに開発した全身で 11 自由度を持つ人形型の RobotPHONE に関する報告を行う。

## Object-oriented Tele-communication using RobotPHONE

Masahiko INAMI, Dairoku SEKIGUCHI, Naoki KAWAKAMI and Susumu TACHI

School of Information Science and Technology  
The University of Tokyo

### Abstract

For a long time, robots have chiefly been considered as machines that perform work in the place of human beings, such as industrial robots. However, considering the characteristic of their physical embodiment, robots can also be recognized as interfaces for human beings. The concept of using a robot as an interface between the real world and the information world can be referred to as a Robotic User Interface (RUI). An intelligent robot as a physical entity for an Artificial Intelligence agent or a haptic feedback robot arm used in VR systems are good examples of an RUI. In this paper, we propose RobotPHONE. RobotPHONE is a RUI system for interpersonal exchange that uses robots as interfaces for physical communication.

### 1. はじめに

我々人間は日常生活を行うにあたって生まれ持った身体だけでなく、箸や鉛筆のような様々な道具をあたかも自分の身体の一部であるかのように巧みに使いこなすことにより生得的な身体機能を越えた作業をこなしている。

コミュニケーションにおいても同様であり、母語による肉声、表情等を用いた方法以外に電話やチャットソフトといったいわばコミュニケーションのための道具を用いている。

本研究は臨場感通信のように遠距離に存在する相手があたかも現前するような高い臨場感により、に結びつける

こと。つまり装置の存在自体を「透明」にしてコミュニケーションを補助することを目的としない。

むしろ道具としての存在自体ははっきりと認識し、さらには適切なスキルを身につけることにより自分の手足同様に器用に利用しつつユーザ自体が新たなコミュニケーション形態を創成しうる道具の開発を目的とする。

本研究ではまず、UI としてのロボットについて述べた上で同期して動くよう制御された複数台のロボットを用いた新たなコミュニケーションツール RobotPHONE について述べる。

なお、ロボットという言葉自体定義が曖昧な言葉ではあ

るが本稿においては“生物の形、構造、機能のいずれか、もしくは全てを規範とした機械”と定義を借り置きして論を進める。

## 2. ロボティックユーザインタフェース

近年ペットロボットやヒューマノイド、美術館案内ロボット、介護ロボット等人間共存型のロボットが人気を博している。これらロボットはコンピュータの画面内を動き回るCGキャラクターと比べて圧倒的な存在感を有しており、それがまた人気の一因となっていると考えられる。

ロボットはまさに身体性を有するコンピュータであると考えられる。この身体性の物理存在自体が圧倒的な存在感の源泉となるとともに、身体を用いた物理的相互作用を通し、実世界に対し大きな影響力を発揮することができる。

この実世界と強力なインタラクションを可能とするロボットを実世界と情報世界とのユーザインタフェース-Robotic User Interface(RUI)-として用いることにより、実世界に対しての入力と出力を兼ね備えた実世界指向のユーザインタフェース環境を構築できると考えられる。

このロボットを用いたインタフェース-RUIは

- 物理世界と相互作用を行うことが可能であり実際にものを動かすといった作業が可能である
- ロボットの形状や動作により視覚的な情報の提示を行うことが可能である
- ロボットから人に力を加えることにより触覚的な情報の提示も可能
- 人の側が直接ロボットに触れ、その形状を変化させることにより、指示入力操作可能
- ロボットへの呼びかけ、ロボット自体の発話といった音声を経たインタラクションが可能

といった特徴を持つ。

換言すれば、言語やシンボル操作を主体とした象徴的表象を用いるのがGUIだとすると、人間が成長の過程においてより早期に獲得する身体図式や身体像を用いた動作的表象や映像的表象を主として用いるのがRUIであるといえる。したがって、RUIはGUIに置き換わって存在するものではなく、GUIを補完し、従来には無い新たなアプリケーションを生み出すことを可能とするインタフェースと位置づけることもできる。

アプリケーションに応じて各種RUIを用意する必要はあるものの、ロボットの汎用機械としての特性を生かすことにより、物理インタフェースを用いつつもある程度の汎用性は確保可能であると考えられる。

## 3. RobotPHONE

### 3.1 コンセプト

RobotPHONEとは離れた場所に置かれた複数のロボットの形・動き・位置等を同期させることにより人がコミュニケーションを図るためのRUIである。

通常我々が利用している電話は音声認識や自動発話等の機能は付いておらず、利用者の声をそのまま遠隔に届けることを目的としている。

RobotPHONEでは形状の同期をリアルタイムにおこなうことにより、オブジェクトの形の情報だけでなく、その動きも伝達可能となる。また通常のディスプレイに表示された電子的なアバタとは異なり実際に人に触れて力を伝えることや、物を動かして作業を行うといったことも可能となる。つまり視覚・触覚・聴覚を統合して提示可能な電話と換言できる。

なお、双方の利用者が同時にロボットに力を加えた場合はお互い相手の力を感じるようになる。

一般にロボットはセンサ等の情報に基づきロボット自身で判断を行い自動的に動作する自律型のものとは判断は操作する人間が行う他律型のロボットに分けることができるがこのRobotPHONEは後者の他律型のロボットにカテゴライズされる。図1にRobotPHONEの実現イメージを示す。

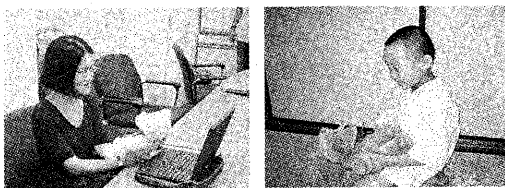


図1 ぬいぐるみ型のRobotPHONEによる子供との対話

### 3.2 Prototype-I

我々は形状共有システムの評価実験として、ヘビ型の節体幹型構造を有する形状共有システムを試作した。(図2) 試作したヘビ型ロボットは、動作可能な領域が2次元平

面内という拘束はあるものの、胴体そのものが形をあらわしており、なおかつ手で触ることにより自由に形状を構成することができる。

体幹部は7個の節で構成され、全長および重量はそれぞれ 35.5[cm]、133[gf] である。各デバイスにはアクチュエータとして、市販の RC 模型用小型サーボモータを6つ用いている。使用したサーボモータの減速比は319分の1である。

サーボモータの制御は、ワンボードマイコン上のソフトウェアですべて実現されている。モータの駆動は、ワンチップ・マイコンによる PWM 出力と DC モータ用フルブリッジドライバ IC で構成される PWM 駆動とし、PWM 出力の周波数は 0.8[kHz] である。バイラテラルサーボの制御法として対称型をとっており、対となるサーボモータの位置偏差を常に最小にするように制御を行っている。対称型のバイラテラル制御は、力センサを必要とせず、制御器を単純に構成することが可能である。制御サイクルは 1.6[kHz] となっている。

なお、バイラテラル制御時に関節部を手で曲げるときに必要なトルクは 0.45[kgf・cm] であった。これは、フリーの状態のときと比べると、若干、重さを感じるものの、片手で十分に操作可能なトルクである。

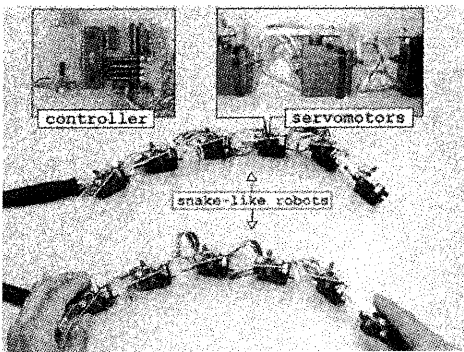


図 2 Prototype-I

### 3.3 Prototype-II

Prototype-II はヘビ型の Prototype-I での実験結果をふまえ、人に近い形状に RobotPHONE を構成することによりゼスチャを用いたコミュニケーションを可能とする RobotPHONE を目指したものである。アクチュエータ及び制御回路、制御アルゴリズムは Prototype-I と全く同様の

ものを用い、クマのぬいぐるみの右腕内部に2自由度、頭部に2自由度の合計4自由度のアクチュエータを装着することで構成されている。

本構成により首の動作による Yes/No のゼスチャや手を振るといった動作の伝達を実現できた。

### 3.4 Prototype-III

より人間に近い自由度を持たせ、かつより軽い力で動作を可能とさせるため、四肢にそれぞれ2自由度、頭部に3自由度の全身で11の自由度を持つ。(図3、図4)

各関節には 2.6W の小型 DC モーターに新たに製作した 1/60 の超小型遊星減速機、及びポテンショをモジュール化し用いている。骨格にはアルミとポリアセタールを用い、軽量化を図っている。

音声対話機能を付与するため胸部にスピーカー、頭部にマイクを装着しており、骨格とともにクマのぬいぐるみに組み込まれている。全長は約 30[cm] である。制御回路、制御アルゴリズムは Prototype-I と同様のものを用いている。

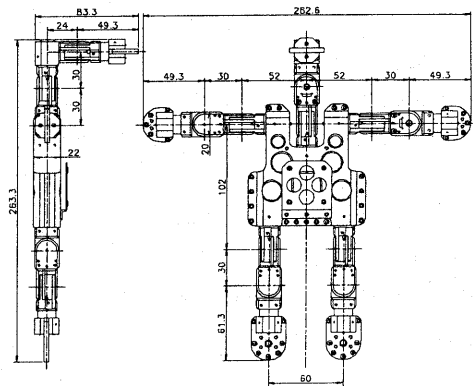


図 3 RobotPHONE Prototype-III 骨格部



図 4 RobotPHONE による動作の共有

#### 4. 関連研究

触覚の共有を通して遠隔地とのコミュニケーションを図った例としては石井らによる inTouch[2] や PsyBench[3]. Fogg らによる HandJive[4] 等がある. InTouch は三本の木製ローラーによる回転力のみでの伝達, PsyBench はチェスの駒状の物体. HandJive は手に握ったバルーンのふくらみと極めて提示情報が限定されているため, コミュニケーションを行う上ではアンビエントな情報低伝達手段に納まっている. それに対し本研究は人に近い自由度配置のロボットを共有させることにより自由度の高い触覚情報の共有のみならず視覚的にもジェスチャー情報を伝達可能となっている.

ぬいぐるみを用いた例として星野らは物理エージェントとしての利用を[5], 米澤らは音楽をインタラクティブに操作するための入力インタフェース[6]としての利用をおこなっている. その他にも数多くの例があるが物体共有型のコミュニケーションに用いている例は無い.

#### 5. まとめ

コミュニケーションのための物体共有型 RUI として RobotPHONE を提案し, 3種類のプロトタイプの試作を行った. RobotPHONE は同時に一つの物体を操作するため, 状態によって時に自分の分身として, 時に相手の分身として働くことになる. また, 相手の姿が見えない状況で相手によって操作された物体が動作することはユーザに混乱を招く可能性もある.

今後は今回試作した RobotPHONE を様々なユーザに利用してもらうことにより RobotPHONE の評価も行ってゆく予定である.

#### 謝辞

本研究の一部は, 通信・放送機構の補助を受けて実施されたものであるため記して深く感謝する.

本研究遂行に当たりご助言をいただいた科学技術振興事業団研究員 川淵一郎氏に深謝する.

#### 参考文献

- [1] 岡田美智雄, 三嶋博之, 佐々木正人編, bit 別冊: 身体性とコンピュータ, 共立出版, 2000
- [2] Brave, S., and Dahley, A. inTouch: A Medium for Haptic Interpersonal Communication, Extended Abstracts of CHI '97, pp. 363-364, ACM Press, 1997
- [3] Brave, S., Ishii, H., and Dahley, A. Tangible Interface for Remote Collaboration and Communication, Proceedings of CSCW '98, pp. 169-178, ACM Press, 1998
- [4] Fogg, B.J., Cutler, L., Arnold, P., and Eisback C. HandJive: a device for interpersonal haptic entertainment, Proceedings of CHI '98, pp. 57-64, ACM Press, 1998
- [5] 星野由紀子, 鈴木保匡, 山本英子, 廣川憲隆, 稲葉雅幸, 井上博允, 日常生活での視聴触覚対話行動研究のための卓上全身型ロボットの開発, 日本ロボット学会第16回学術講演会, pp.5-6, 1998
- [6] 米澤朋子, ブライアン クラークソン, 安村通晃, 間瀬健二, 文脈に応じた音楽表現を伴うセンサぬいぐるみ, インタラクシオン 2001 論文集, pp.19-20, 2001
- [7] 関口大陸, 稲見昌彦, 館 暉, オブジェクト指向型テレグジスタンスによるロボティックユーザインタフェース -形状共有システムの提案と試験的実装-, インタラクティブシステムとソフトウェア VIII: 日本ソフトウェア科学会 WISS 2000, 近代科学社, pp.51-56, 2000