

日本バーチャルリアリティ学会研究報告

The 3rd Workshop on Telexistence

第3回テレイグジスタンス研究会

2013年12月20日

日本バーチャルリアリティ学会

日本バーチャルリアリティ学会研究報告目次

CONTENTS

[テレイグジスタンス研究委員会]
[Special Interest Group on Telexistence]

12月20日(金)

- | | | |
|--------|--|----|
| TX02-1 | REMOCOP を用いた遠隔協調作業アプリケーションの開発
持田康弘 (NTT 未来ねっと研究所), Marc Carroll (Georgia
Institute of Technology), 北村匡彦, 白井大介, 藤井竜也 (NTT
未来ねっと研究所)..... | 1 |
| TX02-2 | 身体部位を模したヒューマンインタフェース作品群
高橋宣裕 (電気通信大学)..... | 5 |
| TX02-3 | ヒューマノイド・ロボットのための操縦ソフト V-Sido
吉崎 航 (株式会社 V-Sido)..... | 7 |
| TX02-4 | 実空間走行式等身大 CG アバタに関する研究報告
徳田 雄嵩, 檜山 敦, 三浦 貴大, 廣瀬 通孝 (東京大学)..... | 9 |
| TX02-5 | 肩乗りアバタのインタラクションデザイン
尾形正泰, 大西樹 (慶應義塾大学), 篠沢一彦 (ATR 知能ロボテ
ィクス研究所), 今井倫太 (慶應義塾大学)..... | 11 |
| TX02-6 | 手がかり情報のやり取りでつながり感を醸成するアニマル
コンピュータインタラクションの研究
小林博樹 (東京大学)..... | 13 |
| TX02-7 | テレイグジスタンスのための温冷覚提示技術
佐藤克成 (奈良女子大学)..... | 15 |

REMOCOP を用いた遠隔協調作業アプリケーションの開発

Application Development of Remote Collaboration Systems Using REMOCOP

持田康弘¹⁾, Marc Carroll²⁾, 北村匡彦¹⁾, 白井大介¹⁾, 藤井竜也¹⁾
Yasuhiro Mochida, Marc Carroll, Masahiko Kitamura, Shirai Daisuke and Tatsuya Fujii

1) NTT 未来ねっと研究所 〒239-0847 神奈川県横須賀市光の丘 1-1

{mochida.yasuhiro, masahiko.kitamura, shirai.daisuke, fujii.tatsuya}@lab.ntt.co.jp

2) Georgia Institute of Technology, School of Interactive Computing,
Atlanta, Georgia, 30332 United States, marc.carroll@gatech.edu

Abstract: We propose the REMote Collaboration Open Platform (REMOCOP), which is built on three concepts; 1) the temporal synchronization of multimodal information, 2) accelerated work by unrestricted information sharing and 3) application framework associated with transmission systems. In order to explain how to develop applications using REMOCOP and its benefit, we developed a support application for remote video editing, “Rapid Annotation.” We show the requirements for implementation of Rapid Annotation can be easily satisfied by using REMOCOP.

Key Words: REMOCOP, remote collaboration, temporal synchronization, video overlay

1 はじめに

急速に発展する経済活動のグローバル化に伴い、テレビ会議システムに代表される映像コミュニケーション市場は飛躍的に拡大すると予想されている。今後の映像コミュニケーションシステムには、従来の会議システムがサポートしてきた意志決定のみならず、新たに編集やデザインといった知的生産活動をサポートすることが強く望まれるようになると筆者らは考えている。

知的生産活動のための映像コミュニケーションには映像音声のみならず作業対象という新たな構成要素が加わり、全参加者がその能力を十二分に発揮する生産性の高い作業を実現するために、作業状況、作業対象への操作、作業内容に関する指示といった作業に関連する情報を取得・伝送・提示できることが新たに要求されるようになる。このような展望のもとで筆者らは、超高速ネットワークによる高品質大容量性を活用した次世代の遠隔協調作業のコンセプトである Network Supported Collaborative Work (NSCW)の研究開発を進めている。NSCWの実現を目指して、誤り訂正符号による高信頼 IP 網伝送、ネットワーク仮想化によるフレキシブルなビジネスパートナー拠点間接続、クラウド資源を活用したリアルタイムの大容量データ共有等の技術研究を進めてきた。現在、筆者らは、高機能な遠隔協調作業のためのアプリケーションを容易に作成可能な基盤システムとして REMote Collaboration Open Platform (REMOCOP) を提案している[1]。

本稿では、REMOCOP を用いた遠隔協調作業アプリケーション開発について説明する。まず、本稿の第2章でこれま

で筆者らが実施してきた遠隔協調作業実験の考察から導出した REMOCOP のコンセプトを述べる。続いて第3章で映像制作支援のためのアプリケーションである「Rapid Annotation」の開発を例として、REMOCOP の具体的な利用方法とその効果を述べ、第4章で本稿を総括する。

2 REMOCOP

2.1 遠隔協調作業実験による既存技術の課題抽出

従来の遠隔協調作業では、会議システムによるコミュニケーションと画面共有による作業状況の共有が最も一般的と言えるが、NSCW ではより効率的な作業環境の実現を目指している。そのため筆者らは、既存のテレビ会議システムをベースに構築した遠隔協調作業環境における課題を抽出するための基礎実験を実施した。実験では、一般的な知的生産活動の例としてプレゼンスライド作成というタスクを取り上げ、映像伝送とは独立に遠隔操作ソフトによって作業用端末の画面が伝送されることによって生じる完成度の劣化の問題を中心に分析した。実験の様子を図1に示す。以下で実験から抽出した代表的な二つの問題について述べる。

第一の問題は情報提示の時刻同期に関する問題である。画像検索画面を表示した状態でマウスポインタによって画像をポインティングしながらどの画像を使用するか相談する場面で、音声とポインタの動きが一致しないためにコミュニケーションに支障をきたす場面が見られた。実験では作業用のアプリケーションとコミュニケーションのための映像音声伝送システムが独立に動作していたが、こ



図 1: プレゼンスライド作成実験の様子. 写真手前のスクリーンは相手のライブ映像, 奥側のスクリーンはスライド作成ソフトの共有画面.

これらの間で時間的な関係を一致させる仕組みが無いことが問題の原因である.

第二の問題は, アプリケーションの操作者が一人に限定されることによる作業の非効率性である. 一つのデスクトップ画面を複数人で共有した場合, アプリケーションを操作して作業を進められるのは一人だけであり, 他の参加者は画面上をポインティングして指示することさえできないという問題がある.

2.2 REMOCOP のコンセプト

前節の基礎実験の分析に基づき, REMOCOP のコンセプトとして次の3つを提唱している.

2.2.1 マルチモーダルな情報間の時刻同期

近年のセンサ技術の発達と, それらのセンサを搭載したデバイスの普及により, 遠隔協調作業環境内の様々な情報を取得することが可能になった. 筆者らは, 映像・音声・作業情報・各種センサ情報などの協調作業を媒介するマルチモーダルな情報を「協調作業メディア」と呼んでいる. 多様な協調作業メディアを活用することでこれまで以上に有用なアプリケーションの作成が可能になる一方で, 第一の問題から複数の協調作業メディアの時刻同期が課題であることがわかった. 提示だけでなく, 複数の協調作業メディア (例えば, ライブ映像と赤外線センサの出力) を連携して処理をする場合にも, 時間的な関係を正しく合わせなければ期待した効果を得ることができない. しかし, 非同期網である IP 網を介した時点で情報間の時間軸の対応は失われるため, IP 伝送後に時間的な関係を復元する仕組みが必要となる.

筆者らは映像信号のタイムコードを基準として, 複数のデバイスによって取得された複数の協調作業メディアを遠隔地に伝送した後に, 時間的な関係を復元する協調作業メディア間の時刻同期手法を提案している. 本手法は WAN での遅延・ジッタの影響を受けないため, 地球規模で分散した拠点間の協調作業への適用, ネットワーク上の計算資源を利用した処理が可能となる. また, 安定した映像信号を基準として利用することで, 低頻度の通信で十分な精度が得られるという特徴がある. プロトタイプを用いた検証実験により, 60fps の映像 1 フレームに相当する $\pm 17\text{ms}$ の範

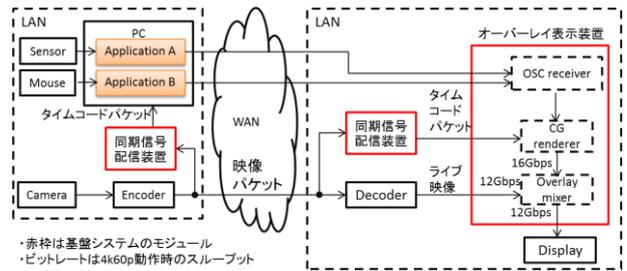


図 2: 映像オーバーレイを用いたアプリケーションフレームワークの模式図.

囲で同期が可能であることを確認している.

2.2.2 自在な情報発信による作業の加速

NSCW では協調作業の参加者が作業の状況に応じて必要な情報を必要なタイミングで発信しながら, 効率的に作業を進められる環境を目指しており, 第二の問題の解決は必須課題である. これに対して筆者らは IP 網経由で複数の協調作業メディアを受信し, CG レイヤ上に描画して HD 以上の非圧縮ライブ映像上にオーバーレイ表示する方式を提案している. 図 2 に提案方式の模式図を示す. 協調作業メディア情報は Open Sound Control プロトコル[2]によって参加者の端末からオーバーレイ表示装置に送信され, 全ロケーションに共通の CG レイヤ上に描画される. OSC には多種のライブライブラリ実装が存在し, 定めたフォーマットに従うだけで, あらゆるデバイス, OS, 開発環境で相互接続性を実現できる. OSC のメッセージには OSC アドレスが含まれ, OSC アドレスからペイロードがどのようなデータなのかを判別し, それに応じた処理をすることができる. 前節の時刻同期手法を適用するため, OSC メッセージにはタイムコードが含まれている. オーバーレイ表示装置が同期信号配信装置からライブ映像のタイムコードを受け取り, ライブ映像とタイムコードが一致する協調作業メディアを CG 描画部で描画する. この仕組みにより, ライブ映像とその他の協調作業の時間軸を一致させた提示が可能なアプリケーションフレームワークを実現している.

2.2.3 映像ストリーミングシステムと連携するアプリケーションフレームワーク

REMOCOP は, 2.2.1 節と 2.2.2 節で述べたような映像音声伝送システムの機能を利用したアプリケーションフレームワークを API の形で提供するために, 映像音声伝送システムレイヤとデバイス・アプリケーションレイヤの間に位置する. 映像音声伝送システムレイヤは最も下位に位置し, 遠隔地の空間を再現するための映像・音声を伝送する基盤的なレイヤである. ここには, 映像コーデックやエコーキャンセラ等, 汎用的に必要とされるシステムが含まれる. デバイス・アプリケーションレイヤは最も上位に位置し, ユーザの利用端末とその上で動作するアプリケーションが含まれる. アプリケーション開発者は, REMOCOP の API を活用して作業の内容に特化したアプリケーション開発が可能となる. 現在筆者らは, REMOCOP の機能の利用を容易にするための, API のデザインを進めている.



図 3: 編集者に提示された実際の画面. 左上は監督からの指示画面, 右上は相手のライブ映像, 下二面は映像制作の作業状況.

3 REMOCOP による遠隔協調作業アプリケーション Rapid Annotation の開発

本章では, 遠隔映像制作支援アプリケーション開発について, REMOCOP を利用した具体的な実装方法とその効果を述べる. 映像制作分野では, 作品に対する決定権を持つ監督が複数の作品に同時並行で関与することが頻繁にあるため, 遠隔での映像制作実現を望む声は大きい. まず, 3.1 節では筆者らが過去に実施した遠隔映像制作実験の考察から導いた遠隔映像制作支援アプリケーションの設計指針と実装に関する要求条件を述べる. 続いて 3.2 節では, REMOCOP を用いた具体的な実装方法とその効果を述べる.

3.1 設計指針と要求条件

遠隔映像制作実験では, テレビ会議システムをベースとして構築したシステムを用いて遠隔映像制作を行ってもらい, その様子を観察した[3]. 実験で用いた実際の作業画面を図 3 に示す. この実験の考察から以下の 3 つの設計指針を導いた.

- ・高精細な素材映像の共有
- ・直感的な思考の伝達
- ・高速なアノテーション付与

このような指針に従って構築した遠隔映像制作支援アプリケーションを「Rapid Annotation」と名付けた. 以降でそれぞれの指針の詳細と, 実装に関する要求条件を述べる.

高精細な素材映像の共有

映像そのものが成果物となる映像制作においては, 素材映像共有に対する品質要求が非常に厳しく, 実用的なアプリケーションとなるためには高精細な映像共有は必須要件である. 前回の実験においては, 素材映像の伝送に NTT 研究所で開発したリアルタイム JPEG2000 コーデック装置[4]を用いたが, その映像品質に関しては高評価が得られていた. そこで, Rapid Annotation でも高精細な素材映像共有のためにハードウェアコーデック装置を用いるものとする. そのため, コーデック装置とアプリケーションを連携させる仕組みが必要となる.

直感的な思考の伝達

前回の実験においては, 監督の構想を伝達するために監

表 1 OSC メッセージの例.

用途	OSC アドレス	引数
ポインタ	/mouse/position	int timecode, float x, float y
線	/figure/line	int timecode, float startX, float startY, float endX, float endY
テキスト	/text	int timecode, float x, float y, string str

督が映像上にポインティングや指示を書き込むための画面を用意したところ, 大きさや動きといった言葉では伝えにくい指示を伝える際に有効活用された. Rapid Annotation でも, 参加者の自端末から映像上へのポインティングや書き込みを可能にする. さらに, 操作のインタフェースとして, マウスだけでなく赤外線センサ LEAP MOTION を採用し, 画面への指差しによる直感的で自然なポインティング動作を可能にする. Rapid Annotation ではこれらの仕組みによって, 議論の加速を図る. そのためには, 参加者の自端末から共有の作業画面へ情報を伝送して提示するデバイス連携の仕組みが必要である.

高速なアノテーション付与

遠隔映像制作実験では, 監督と編集者が離れた環境で同時に作業しており, 監督が指示を出して編集者が編集するというワークフローを想定していた. しかし, 映像編集ではひとつの指示内容を実行するのに長い時間がかかるため, 監督に待ち時間が生じてしまう. そのため, 監督と編集者が映像を共有して議論し, 時間のかかる作業は後程編集者が単独で進めるという形式が現実的である. そこで Rapid Annotation では, 作業の流れを妨げることなく高速にアノテーションを付与し, 重要な場面の作業記録を見返すことが可能なリプレイ機能を搭載する.

3.2 REMOCOP による Rapid Annotation の実装

REMOCOP を用いて, アプリケーション全体の表示解像度が 4k/60p, 素材映像を 1080/60p 解像度で遠隔地とリアルタイムに共有する Rapid Annotation を実装した. システムの模式図と実際の作業画面を図 4 に示す.

まず, ハードウェアコーデック装置とアプリケーションの連携は, REMOCOP のオーバーレイ表示機能によって実現可能であった. ハードウェアコーデックによって伝送された高精細映像をベース映像として使用することにより, 高精細な素材映像を遠隔地と共有するアプリケーションを容易に構築することができた.

参加者の自端末から共有画面への情報提示には OSC を用いた. 映像上へのポインティングや書き込みは, 表 1 に示す OSC メッセージフォーマットに従って送信するだけで, 4k 映像上にオーバーレイ表示される. さらに, REMOCOP から配信されるベース映像のタイムコードを OSC メッセージに含めることにより, 提示のタイミングをベース映像と同期させることが可能である. これにより, LEAP を用いて指先で操作するポインタの動きとベース映像中の操作者の指先の動きのタイミングを連動させ, 違和感無く提示することができた.

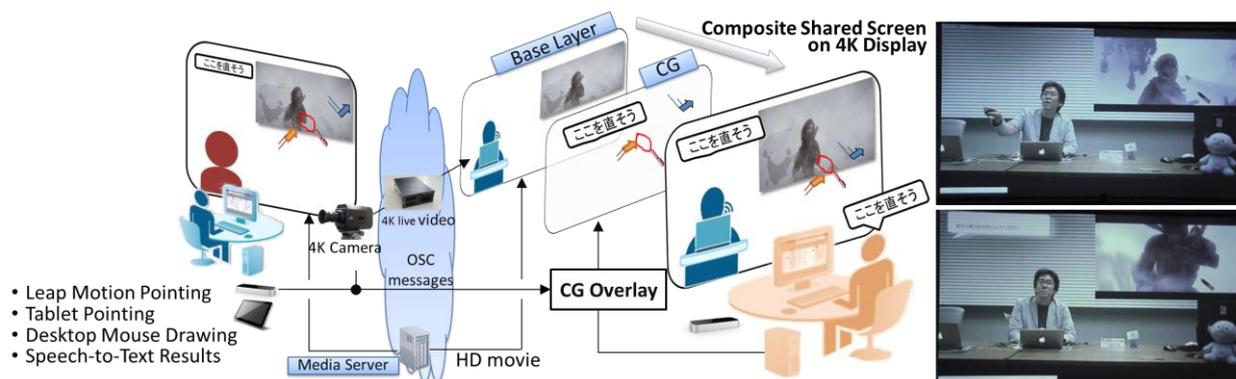


図4: Rapid Annotation の模式図との表示画面。上側の写真は LEAP を用いて指差して編集内容の提案をする場面。下側の写真は音声認識によりアノテーションを付与する場面で、左上に認識結果が表示されている。

また、高速なアノテーション付与のために NTT 研究所で開発した音声認識エンジン [5] を利用した。現時点では Android 端末用 API のみが実装されているため、音声認識機能を Android 以外のアプリケーションに直接組み込むことはできない。そこで、開始・終了、結果の送受信を OSC メッセージによって制御する簡易な Android アプリケーションを作成し、音声認識を REMOCOP の機能として利用できるようにした。これによって、参加者の端末のプラットフォームに依存せず、OSC メッセージの送受信によって音声認識機能を利用することが可能になった。また、認識結果の送信に表 1 のテキスト用フォーマットを用いたことにより、新たな表示機能を実装することなく認識結果を共有画面に表示することができた。このように、REMOCOP のフレームワークを利用することにより、プラットフォームに依存しない情報の取得・処理・提示のデバイス間連携を簡易な実装で実現することができた。

4. おわりに

本稿では、遠隔映像制作アプリケーションである Rapid Annotation の開発を例として、筆者らが提案している将来の遠隔協調作業プラットフォームである REMOCOP における

遠隔協調作業アプリケーション開発について述べた。まず、過去に実施してきた遠隔協調作業実験の分析から導いた REMOCOP のコンセプトについて説明した。続いて、遠隔映像制作実験の考察から導いた Rapid Annotation の設計指針と実装に関する要求条件を述べ、REMOCOP を利用することで簡易な実装によって要求条件を満足することが可能であることを示した。今後は API のデザインを進める予定であるが、アプリケーション開発者と連携し、API デザインを洗練したい。

参考文献

- [1] 持田他, REMOCOP: 遠隔協調作業のための基盤システム, 信学技報, CS2013-60, pp.1-6, 2013
- [2] W. Matthew, et al., "Open Sound Control: State of the Art 2003," *International Conference on New Interfaces for Musical Expression*, Montreal, 153-159, 2003
- [3] 持田他, 高精細マルチ映像伝送を利用した遠隔協調作業環境と映像制作への応用, 信学技報, CQ2013-2, pp.7-12, 2013
- [4] T. Fujii, et al., "Digital Cinema and Super-High-Definition Content Distribution on Optical High-Speed Networks," *Proceedings of the IEEE*, 101-1, 140-153, Jan. 2013
- [5] 政瀧他, 顧客との自然な会話を聞き取る自由発話音声認識技術「VoiceRex」, NTT 技術ジャーナル, 18(11), pp.15-18, 2006

身体部位を模したヒューマンインタフェース作品群

Artificial Bodies for Visual-haptic Interfaces

高橋宣裕¹⁾

Nobuhiro Takahashi

1) 電気通信大学 大学院情報システム学研究科

(〒182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1, nov@vogue.is.uec.ac.jp)

Abstract : In this paper, we introduces our projects that present a novel communication design, focusing on body contact between humans and robots using artificial bodies. In this research, we have designed three products: a kissing input/output device "Kiss Interface" for lovers, a hugging input/output system "Sense-Roid" for oneself, and a buttocks humanoid robot "SHIRI" for human-robot interaction. This paper reviews the implementations of these systems and refer to the efficacy of this system and other application possibilities towards communication design.

Key Words: artificial muscle, human interface, visual-haptic, communication design.

1. はじめに

我々は身体部位を模したヒューマンインタフェース作品群の製作を通じて新たなコミュニケーション手法の提案を行っている。現在情報通信端末の普及によって主にテキスト、音声、映像を介したコミュニケーションが離れた場所であつても容易に行えるようになった。また触覚、嗅覚、味覚を用いた感覚の再現を行うための情報提示を試みた研究も多数あり、今後媒体を介したコミュニケーションはより多様性に満ちたものとなると考えられる。本研究では人間同士のコミュニケーションにおいて身体接触が重要な行為の一つであると考え、身体部位を模したヒューマンインタフェース開発によって媒体に人間のようなりアリティを持たせることを試みている。本稿では遠隔コミュニケーション支援を目的とした Kiss Interface, 自己との身体接触の擬似的な再現を試みた Sense-Roid, そしてヒューマノイドロボットとの身体接触にリアリティを持たせる試みの一つとして開発された SHIRI に関してそれぞれ述べ、今後の応用可能性について述べる。

2. Kiss Interface: 親密な人間同士を対象とした接吻インタフェース

Kiss Interface[1] の概観を図 1(a) に示す。Kiss Interface は親密な人間同士を対象とした離れた場所においても接吻が行える装置としてプロトタイプが製作された。図 1(b), (c) のように、舌部の感触、動作を模倣した屈曲形状を持つ口腔刺激子を 2 台の装置間でバイラテラル制御系を用い回転動作を同期させることで双方向の触力覚提示を可能とした。本システムではエンコーダ付 DC モータに装着した口腔刺

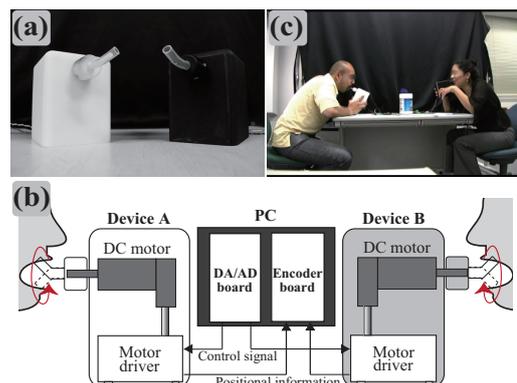


図 1: Kiss Interface[1] の (a) 概観, (b) システム構成, 及び (c) 体験の様子

激子に口唇部を直接触れさせる機構を取ることで、十分に知覚可能な力と変位の入出力を実現し、さらに触力覚の低周波成分から高周波成分までの広範な伝達を可能としている。また相手の状態をイメージする阻害要因となると考えられる唇、歯といった要素による伝達を排除する設計を採っている。この限定によりデバイスの小型化に加え、口腔全体ではなく舌部同士が押し合う状況を明瞭化させた。本デバイスを用いた心理物理実験から、ユーザ同士の親密度を評価する尺度としてのアイコンタクトの頻度が有意に向上することが確認されている。

3. Sense-Roid: 自己を対象とした抱擁インタフェース

Sense-Roid[2] の概観を図 2(a) に示す。Sense-Roid は、コミュニケーションの対象を自己 (= 体験者自身) に設

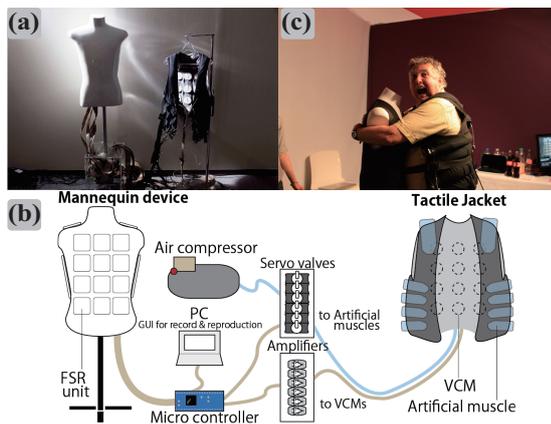


図 2: Sense-Roid[2] の (a) 概観, (b) システム構成, 及び (c) 体験の様子

定し、自己との抱擁を再現するプロトタイプを製作し、新たなコミュニケーション形態の提案を図ったシステムである。図 2(b) のようにユーザの抱擁を検出するマネキン型センシングデバイスとユーザに抱擁の感覚を提示する触覚提示ウェアで構成されている。センシングデバイスのセンサ及びウェアのアクチュエータは一対一対応となっている。マイクロプロセッサはセンシングデバイスに配置された力センサによって両側面への圧迫と背面への接触を検出してリアルタイムでウェアの各種アクチュエータを駆動させる。体験は図 2(c) のように行われ、両側面の力センサから圧迫を検出するとサーボ弁の開閉角を制御し空圧式人工筋肉へ圧縮空気を送り、背面接触時に検出される位置と大きさに連動して振動子を駆動させることで、自己が抱擁した際の圧迫と撫でる感覚を自己にフィードバックする。

4. SHIRI: 人間とロボット間を対象とした皮膚・筋インタフェース

図 3(a) に示す SHIRI[3] において人間の皮膚及び筋の視覚的特徴を模したヒューマンインタフェースのヒューマノイドロボットへの付与を試みた。SHIRI は人間の殿部を模した見た目、軟らかさを有した等身大のロボットである。図 3(b) に示すように筐体内部に組み込まれた大殿筋アクチュエータはポリエチレン粒子で充填した伸縮性・気密性のあるバルーンと、左右のバルーンを結合する空気圧駆動の人工筋肉の 2 系統で構成される。バルーンは真空ポンプによる減圧を電磁弁によって制御することで、柔らかい状態から硬直した状態まで動的に変化させることができる。また空圧式人工筋肉はバルーンに張力を与え、大殿筋全体の形状を変化させることができる。主な動作パターンは 3 つに分けられ、大殿筋アクチュエータを制御することによって緊張や弛緩、痙攣、突き出しといった表現を行うことができる。またユーザによる打撃、ストロークといった入力を判別するシステムを構築し、ユーザの入力に応じた動作を出力するユーザインタラクションの実装を行った。入力を受けたロボットの筋は打撃やストロークといった行為に応じて緊張状態や弛緩状態に動的に遷移する (図 3(c))。この状態変

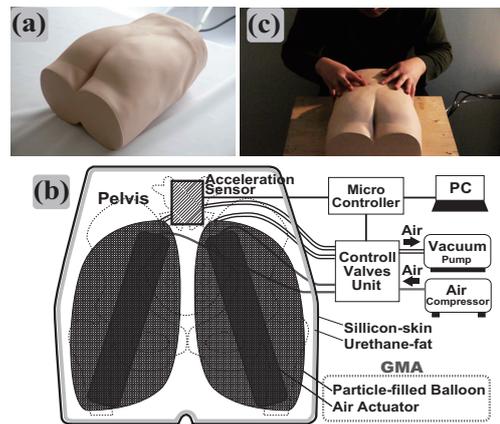


図 3: SHIRI[3] の (a) 概観, (b) システム構成, 及び (c) 体験の様子

化は実際の人間の身体と同様、皮膚上の形状だけでなく軟らかさも変化するため、ユーザとのインタラクションは姿形変化による視覚情報のみならず、触って変化を感じることのできる触覚情報を用いて行うことを可能としている。

5. おわりに

本稿では身体部位を模したヒューマンインタフェースとしてコミュニケーション形態別に実装したシステムについて紹介した。Kiss Interface では「自己-他者」間、Sense-Roid では「自己-自己」間、そして SHIRI では「自己-ロボット」間のコミュニケーション形態に即した設計を行い、体験型のプロトタイプとして実装を行った。再現性や設置環境の大きさ等をはじめとして課題は山積するが、人間関係の改善作用やセラピーなどの応用先を見込んでいる。今後はそれら課題点の改善を行うとともに、身体接触や人間のリアリティをキーワードとして新たなコミュニケーション手法の確立を目指す。

参考文献

- [1] 高橋, 國安, 佐藤, 福嶋, 古川, 橋本, 梶本: 口腔内動作を入出力とする触覚コミュニケーションデバイス, ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.13, No.4, pp.53-62, 2011
- [2] Nobuhiro TAKAHASHI, Ryuta OKAZAKI, Hiroyuki OKABE, Hiromi YOSHIKAWA, Kanako AOU, Shumpei YAMAKAWA, Maki YOKOYAMA and Hiroyuki KAJIMOTO, Sense-Roid: Emotional Haptic Communication with Yourself, Proc. of Virtual Reality International Conference 2011, 2011
- [3] TAKAHASHI, N., MATOBA, Y., SATO, T., KOIKE, H., SHIRI: Buttocks Humanoid that Represents Emotions with Visual and Tactual Transformation of the Muscles, Proc. of International working conference on Advanced Visual Interfaces 2012 (AVI2012), ACM Press, pp.792-793, 2012

ヒューマノイドロボットのための操縦ソフト V-Sido

Real time control system for humanoid robot “V-Sido”

吉崎航¹⁾

Wataru Yoshizaki

1) 株式会社 V-Sido

(〒130-0002 東京都墨田区業平 1-14-7, ikaziso@gmail.com)

Abstract: We developed a software that can control the humanoid robot with intuitive interface like the touch panel or the Kinect. The system includes real-time simulator and for stabilization of the posture of robot.

Key Words: Robot, interface, Simulation (3~4個の英文キーワード)

1. はじめに

マウスやタッチパネルなどの直感的なデバイスを用いて、複雑な形状のロボットを安定に制御するための統合操縦ソフト“V-Sido(ブシドー)”を開発した。物理シミュレータと実機のロボットを高速に同期させる独自の手法により、転倒しない動作をリアルタイムに生成する。本稿では、V-Sido の概要と実機ロボットへの適用について簡単に説明する。

2. 背景

近年、にわかにヒューマノイドロボットの開発が活発になってきている。従来、ホビーロボットの例をのぞけば、ヒューマノイドロボットは研究用途で使われるのが一般的であった。しかし、富士ソフトのバルロ[1]はホビーロボットと同様のサイズ、部品を用いながらも介護予防ロボットとして施設へ導入された。また Darpa Robotics Challenge の開催[2]のようなヒューマノイドを含む人間サイズのロボットを利用した過酷な環境での競技大会も開かれるなど、実用化に向けた本格的な展開が始まっている。大型ロボットに関しては、アミューズメント用途として水道橋重工のクラタス[3]などが実際に販売されている。

今後も、様々な用途・サイズのヒューマノイドロボットが登場すると予想されるが、ヒューマノイドロボットは従来の家電など違い、複雑な関節を同時に動かし、かつバランスをとるためのノウハウが必要となる。本稿であつかうシステム V-Sido(ブシドー)は、ハードの形状やサイズに依存しないアプリケーションの開発環境の提供を目指す。

3. V-Sido (ブシドー)

3.1 概要

V-Sido は、独自シミュレータとロボットとをリアルタイ

ムに同期させることで、曖昧な動作指示をロボット用に変換することを主眼に開発されている。そのため、特定のコントローラに依存しない。マウスによるドラッグ、スマートフォンによるマルチタッチ、Kinect による全身動作など、ロボットの動きを関節の位置姿勢で指示できるものであれば、どんなシステムでも V-Sido を利用することができる。本システムは 30cm クラスの小型ロボットから 4m クラスの油圧駆動ロボットまで、様々な市販ロボットに対応している。

3.2 システム構成

接続の構成は図1のようになっている。

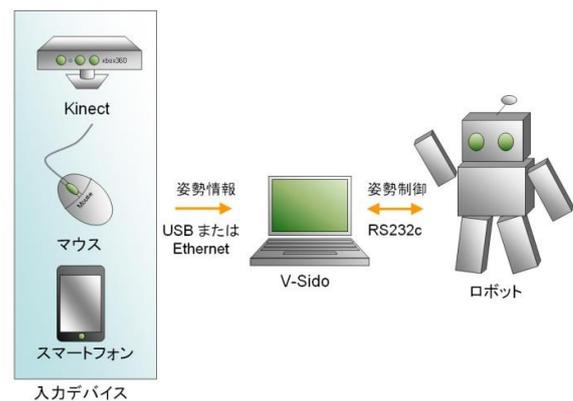


図1. システム構成

コントロールデバイスとコンピュータの間は USB や Ethernet で接続されている。また、コンピュータとロボットの間は RS232c ケーブルで接続されている。RS232c ケーブルの代わりに Bluetooth シリアル変換器を利用してロボット⇄コンピュータ間を無線化することも可能である。

3.3 対応インターフェイス

3.3.1 マウス・タッチパネル

ポインティングデバイスによる直観的なロボットの操作を実現する。シミュレータのCGをマウスや指でドラッグすることで、ロボットを自由に動かすことができる。このとき、ロボットはドラッグされている関節以外の姿勢を適切に動かすことで、バランスを保つ。ドラッグできる関節は現在“両手首”、“両肘”、“両肩”、“頭部”、“腰”、“両足先”、“両足付け根”に限られている。

各関節の角度を直接スライダなどで設定することもできるが、この場合はロボットのバランスは保証されない。

3.3.2 モーションキャプチャ

一般的なモーションキャプチャから得られるBVHなどのファイルを読み込んで再生できる。Kinect や Xtion Pro から得られた人体の関節トラッキングデータを利用して、ロボットと人間の動きをリアルタイムに同期させることも可能である。受け取る情報はマウス・タッチパネルと同様、関節の位置姿勢データと関節角度のどちらかを選択できる。

3.3.3 パペットコントローラ

1台のロボットをコントローラとし、もう一台のロボットを動かす。2台は基本的にはマスタースレーブの関係にある。コントローラ側となるロボットは出力側ロボットからの接触フィードバックや可動範囲のフィードバックなどが行われる。

3.3.4 スマートフォン

V-Sido のソフトウェアはHttp のサーバとして動作しており、スマートフォンなどからLAN 接続を行い、ブラウザからタッチパネルで操作可能となっている。また、複数人で同時に動かすことも可能となっている。

3.4 利用例

小型ロボット向けには、GR-001 (HPI ジャパン) や RIC30 (株式会社アールティ) 向けのソフトがすでに公開されている。Kinect を販売している Microsoft 社のプレゼンで紹介されたり、関連動画の再生数が累計で 100 万回を超えるなど、注目度も高い。また、等身大ロボットとしては RIC90 (株式会社アールティ) をベースとしたネコ店長などがあり、実際に Perfume のダンスをコピーしたり、Google IO などのイベントで人間と格闘型のゲームを実施するなどのデモを行っている。また、大型のものでは 4m クラスの油圧駆動ロボット、クラタスなどの利用例がある。こちらも様々なイベントで数万人規模の展示やデモを行っている。最近の成果としては、2万人規模のイベントで、一般の人間を登場席に乗せたままの動作デモを行った。動作は上半身の動きや立ち上がり、足裏タイヤによる移動などで、2日間にわたり6セットのデモを成功させた。そのほか、

株式会社ココロのアクトロイドや川田工業のNEXTAGEにも対応可能となっている。



図2. 等身大ロボットの例 (アールティ製 RIC90 ベース)



図2. クラタス (水道橋重工)

4. おわりに

マウスやタッチパネルなどの直感的なデバイスを用いて、複雑な形状のロボットを安定に制御するための統合操縦ソフト V-Sido について概要の解説と利用例を紹介した。今後の展開として、複数のメーカーとコラボした新型ロボットの販売や、V-Sido の機能を一枚の基板に収めた評価ボードの開発などを準備している。

謝辞

V-Sido の開発、および今後の展開について数多くの支援をいただきました藤井彰人様 (株式会社 KDDI)、未踏人材発掘事業 関係者の皆様。V-Sido を利用した関連実験、研究を行うにあたり、多大なご支援をいただいた産業技術総合研究所デジタルヒューマン工学研究センターの皆様、JST ERATO 五十嵐デザインインターフェースプロジェクトの皆様にご感謝いたします。

参考文献

- [1] パルロ <http://palro.jp/>
- [2] Darpa Robotics Challenge <http://www.theroboticschallenge.org/>
- [3] 水道橋重工 <http://suidobashijuko.jp>

実空間走行式等身大CGアバタに関する研究報告

Introduction to Design and Manipulation of Remote-controlled Full-body CG Avatar in Real Space

徳田 雄嵩¹⁾, 檜山 敦²⁾, 三浦 貴大²⁾, 廣瀬 通孝²⁾

Yutaka Tokuda, Hiyama Atsushi, Takahiro Miura and Michitaka Hirose

1) 東京大学 工学系研究科 先端科学技術研究センター

(〒153-8904 東京都目黒区駒場4-6-1, ytokuda@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

2) 東京大学 情報理工学系研究科

(〒113-8656 東京都文京区本郷7-3-1, atsushi@cyber.t.u-tokyo.ac.jp, miu@cyber.t.u-tokyo.ac.jp, hirose@cyber.t.u-tokyo.ac.jp)

Abstract: In this paper, we introduce computer graphics based full body mobile avatar system to embody remote operator's presence and enforce natural communication with people in a public space. This research is a part of "Senior Cloud Project," which aims an ICT platform for hype-aged society, so we introduce potential application of our avatar system for senior working force to remotely work.

Key Words: Avatar, Robot, Tele-existence, Senior Working Force

1. はじめに

近年、遠隔ビデオ会議システムが設置された特殊な場所に限らず、オフィスの好きな場所を行き来しながら実世界の人と遠隔でコミュニケーションが可能な媒体として、テレプレゼンスロボットが実用化され始めている。それらのデザインの多くは、従来のビデオ会議システムのスタイルと同様、顔や表情を提示するディスプレイを搭載した走行式ロボットとなっており、遠隔操作者の存在感の喪失および実空間における位置、姿勢を考慮したソーシャルコミュニケーションの難しさが問題とされている[1]。

これまでに、遠隔操作者の存在感や姿勢を再現する方法として、操作者の全身の実写映像が投影された再帰性スクリーンによる視点依存型3Dテレプレゼンスシステム[2]や回転式ディスプレイを用いた360度ビデオアバタ[3]等の研究が報告されている。また一方、等身大実写映像を自走式スクリーンに投影する事で、実際にダンスを一緒に踊っている存在感と位置感覚が向上されたとの研究報告もある[4]。しかしながら、これまでの従来研究の多くは、プロジェクタの投影範囲や固定されたディスプレイの周囲に人が集まるような、アバタを中心とした環境に限られていた。

そこで本研究では、公共空間や屋外など任意の人と物が交わり合う環境においても適応可能な実空間型アバタを目指し、走行型の等身大アバタシステムを検討した。次項では、本アバタシステムの試作機および遠隔操作方法についての詳細を説明し、最後に高齢者の就労支援としての

アバタの応用例を今後の展開として紹介する。

2. 遠隔操作型走行式等身大アバタ

2.1 システム構成

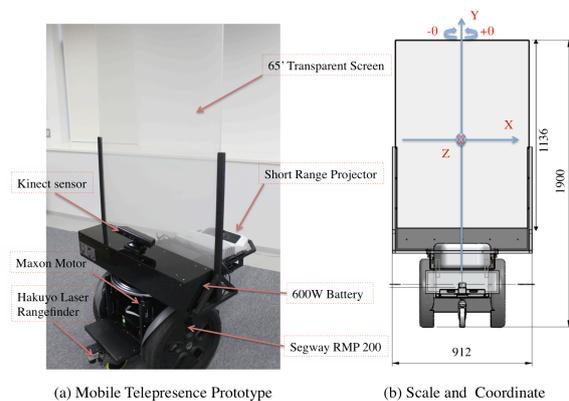


図 1 等身大アバタシステム試作機

本アバタシステム試作機の構成を図1に示す。台車ロボットには、前後/回転移動可能で積載重量が45kgであるSegway RMP200を用いた。等身大アバタ投影に、65インチの半透明スクリーンおよび超短焦点プロジェクター(Epson EB485W)をSegwayに搭載している。映像投影システムはDCモータ回転台に固定され、アバタの移動方向と向きを独立に制御可能である。台車の障害物回避にレーザーレンジファインダー(Hokuyo URG-04LX)を台車の前後に設置し、遠隔映像のストリーミングおよび空間センシング用途

にKinectを1台搭載した。Segwayのバッテリーに加え、プロジェクト、Kinect用に600Wのリチウムを搭載する事で、本システムは約2時間独立して屋外でも駆動可能である。

2.2 アバタ映像とロボットの遠隔同期制御

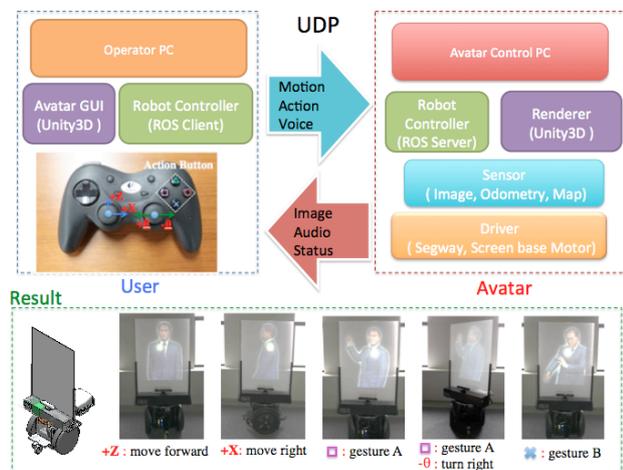


図 2 等身大アバタ遠隔制御構図

本アバタシステムにおける遠隔からのアバタの映像および台車ロボットの同期制御の構図を図2に示す。遠隔操作者は主にゲームパッドを用いて、左ジョイスティックでロボットの前後の移動、回転、右ジョイスティックでスクリーンの回転制御を行う。またそれらのジョイスティックの方向とボタン操作を組み合わせる事によってあらかじめ決められたCGアニメーション映像を台車ロボットの動きや姿勢と同期しながら等身大スクリーンに投影する。これにより、遠隔操作者は従来慣れ親しんだリモート・コントロール操作によって、アバタの位置、姿勢制御とアバタのCG映像を容易に同期制御する事が可能である。

本システムでは、操作者側のアバタCG映像プレビュー画面およびアバタ側のCGアニメーションの生成/描画/操作をUnity3D ゲームエンジンを用いて実装した。また、Segway台車ロボットやスクリーン回転台モータの制御、およびKinectと測域センサーによる環境情報の取得に、ロボットアプリケーションの開発環境として一般的なROS(Robot Operating System)を用いた。具体的には、遠隔操作者のジョイスティックによるコマンド入力、操作者側のROSクライアントからUDP通信によってアバタ側のROSサーバーに送信され、Segwayおよび回転台モータの実行ノードに命令が下る。また、同時にアバタ側のUnity3Dサーバーアプリにも、コマンドが配信され、各CGアニメーションがそれらの入力に応じて選択/実行される。アバタ側のセンサー情報やストリーミング映像は、UDP通信によって操作者側のUnity3Dに送信され、操作者はGUI画面でアバタの状態および視点を確認しながら操作を行う。また、相互の音声通信に関しては、OpenTokが提供するWebRTCを

用いたリアルタイム通信により実装を行った。

3. まとめと今後の展開

公共空間や屋外に適応可能な実空間型アバタを目指し、ゲームパッドを用いた遠隔リモコン操作による走行型等身大CGアバタシステムの試作機を開発した。本アバタシステムは、超高齢化社会において、これまで支えられる側として、蔑ろにされてきた元気高齢者の労働力を見直し、ICT基盤技術によってシニアの社会貢献意欲を支援する「高齢者クラウドプロジェクト」[5]の一環として、シニアをターゲットにした応用を考えている。現在、アバタを用いた遠隔授業システム(図3)を課題に、シニアがアバタと一体となって遠隔での作業に没入できる直感的操作インタフェースの開発、およびアバタが周囲の人や環境との相対的位置関係を考慮した上で自律移動しながらインタラクション可能なシステムの開発を検討している。

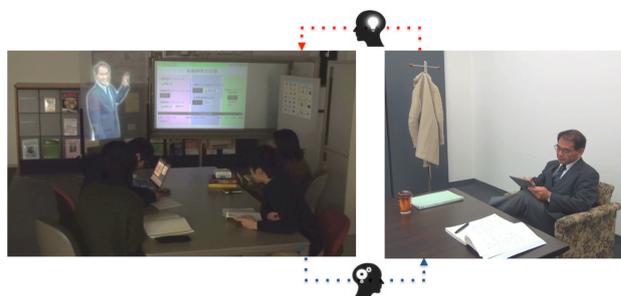


図 3 等身大アバタによる遠隔授業

謝辞

本研究(の一部)は(独)科学技術振興機構(JST)の研究成果展開事業【戦略的イノベーション創出推進プログラム】(S-イノベ)の支援によって行われた。

参考文献

- [1] Nguyen, D. T. and Canny, J. More than Face-to-Face: Empathy Effects of Video Framing. In: Proc. ACM CHI 2009, pp. 423-432 (2009)
- [2] 舘暲, 渡邊孝一, 竹下佳佑, 南澤孝太, 吉田匠, 佐藤克成: 再帰性投影技術と全周囲裸眼3Dディスプレイを用いて存在感と臨場感を実現する相互テレプレゼンスシステム: TELESAR4, 日本バーチャルリアリティ学会論文誌, Vol. 17, No. 1, pp. 11-21, (2012.3)
- [3] 廣瀬通孝 広田光一: 実空間アバタと人との新しいインタラクションに関する研究報告, 東京大学21世紀COE 情報科学技術戦略コア 平成18年度 報告書
- [4] Tsuchida, S., Terada, T., and Tsukamoto, M., "A System for Practicing Formations in Dance Performance Supported by Self-Propelled Screen," Proc. of Augmented Human Conference 2013 (AH 2013), pp. 40 (2013)
- [5] 高齢者クラウド <http://sc.cyber.t.u-tokyo.ac.jp>

肩乗リアバタのインタラクシオンデザイン

Interaction design on shoulder avatar robot

尾形正泰, 大西樹¹⁾, 篠沢一彦²⁾, 今井倫太¹⁾

Masa OGATA, Tatsuki OHNISHI, Kazuhiko SHINOZAWA and Michita IMAI

1) 慶應義塾大学 理工学研究科

(〒223-8522 神奈川県横浜市港北区日吉 3-14-1, {ogata, ohnishi, michita}@ayu.ics.keio.ac.jp)

2) ATR 知能ロボティクス研究所

(〒619-0288 京都府相楽郡精華町光台二丁目 2 番地 2, shino@atr.jp)

Abstract: We discuss about interaction design on a shoulder robot as wearable avatar. In this paper, design policy from first prototype is described with case study and its result. Second prototype takes small display to show remote user with face expression for supporting wearer's understanding. In addition, we developed and tested another implementation which broadcasts avatar's live view on video streaming service. Multiple views can see the avatar view and avatar robot moves a head by averaging user's control via web interface.

Key Words: Avatar robot, Teleexistence, Multicasting

1. はじめに

注視が一致するテレコミュニケーションと、他人の肩の上に乗ることで移動を含む身体動作を委任できるテレプレゼンスシステムを実現する「肩乗リアバタロボット」について、現在までのインタラクシオンデザインの変遷について報告を行う。遠隔者は肩乗リアバタロボットを装着することで、肩に誰かを乗せるかのように振る舞うことができる。本稿ではアバタを装着する「装着者」、アバタを使用する「遠隔者」、アバタの前にいる「対話者」を想定する。また、ロボットのビューは Skype で転送されているが、Skype からニコニコ生放送に切り替えたバージョンでは、放送を見ている「視聴者」がある。肩乗リアバタはこれまで国内外で発表され[1, 2]、その後も改良されてきた。図1に現在までの筐体を示す。図1(a)に初期のバージョン[1]、(b)に顔の部分を液晶画面に置き換えたバージョン[3]、(c)にニコニコ生放送[7]で放送した時[4]の画面である。

2. 基本設計と効果

肩乗リアバタは人に張り付いているタイプのテレプレゼンスであり、人に運んでもらうアバタロボットである。このデザインは2つの点でアバタコミュニケーションの課題を解決する目的がある。ひとつはロボットの移動の簡素化である。自律移動型のロボットでは人についていくだけで精一杯であり、ロボットの隣のユーザも遠隔のユーザもそれだけで注意が取られてしまう。ロボットをコンパクトにして連れて歩くユーザの手間を省くアイデアは、肩乗リアバタとして発表されている。[5] 2つ目は社会

的に対話できる対象としてロボットを演出したことであり、テレプレゼンスシステムではロボットの筐体や機能によって遠隔者に没入感を、ロボットの対話者に存在感を提示するが、肩乗リアバタでは装着者が社会的に振る舞う人間という存在にロボットを上乗せした状態になる。対話者からの対話を装着者が仲介することで、アバタの社会性が保証されるようにデザインした。

2.1 外観と振る舞い

ロボットの見た目であることで、対話者からの応答に対して声とジェスチャーで反応することができ、対話者もロボットに向かって対話を開始することができる。テレプレゼンスシステムを操作する遠隔者が注視している情報を伝える方法を示したものに GestureMan[6]がある。肩乗リアバタの視線の先には人がいることを想定しておりレーザーで視線方向を表現できないため、頭の向きを視線の向きとして表現している。頭を動かすことで、装着者がロボットの顔を覗き込めないという欠点を補い、対話者がロボット操作者の注視方向を推定しやすくなった。

2.2 ウェアラブル・アバタ

秋葉原での実験[1, 2]を通して、肩乗リアバタはアバタロボットからウェアラブル・アバタとして認識されるようになった。先に説明した社会性の保証が行えるのは人の身体にくっついて移動できるためであり、アバタロボットと装着者がお互いに同じものを見ながら会話できる関係を構築していることも重要である。店舗での実験中に店員がロボットからの音声に回答することができるのも、ロボットの身体を通してコミュニケーション可能なことが、社会

的に保証されている状態を認識しているためである。

2.3 ハードウェアの改良

顔の部分に液晶画面を取り付けることで、遠隔者の表情を認識しやすくするシステム[3]を開発している。また、ロボットに取り付けたカメラの視野が狭いため、魚眼カメラなどで広範囲の映像を撮影できるようにするなどの操作側の体験を向上させる工夫を続けている。



図 1 肩乗りロボットの変遷

3. 肩乗りアバタの集合知的设计

アバタロボットに接する側の装着者と対話者は、アバタロボットを操作する側が人ではなくボットだとしても、会話の文脈に整合性があれば買い物や道案内のタスクを行うことはできる。アバタに複数の人間が接続できる状態を作り出すことで、集合知的にアバタの中身の知能を拡張することができると考えた。ロボットからの視点は放送され、それを見た複数の視聴者がコメントを投げることで視聴者は装着者の肩に乗って放送に参加する。アバタロボットの中身を一人の人間の操作ではなく、ニコニコ生放送に接続し、視聴者からのコメントでロボットをコントロールする。装着者と対話者はロボットのスピーカーからコメントが音声合成で読み上げられるのを聞き取る。

3.1 フィールド実験

ニコニコ生放送でロボットのビューを放送しながら、(1)慶應義塾大学の商店、(2)横浜中華街の通りを歩く2つの実験を行った。(1)の実験では肩に装着されたアバタロボットは視聴者からのコメント「上、下、左、右」で顔の

向きを変える。(2)の実験では動画配信画面とは別にウェブページを用意し、視聴者からのマウスカーソル位置を受け付け、視聴者が赤い丸のアイコンでポインティングしている状態を配信画面上に表示し(図3)、またポインティングの重心をアバタの顔の向きとして動作させる。図3には2人の視聴者のアイコンが見えており、その重心の方向にアバタロボットの顔が向いている。

3.2 通信遅延

動画配信は4秒以上の遅延があり、視聴者が映像を見てから(1)のコメントか(2)のマウスカーソルでアバタロボットの方向を変えるときに、装着者が言及していた瞬間から最大で10秒程度の遅延が起こる。配信者が移動中にはアバタロボットから発せられる音声はすでに通り過ぎた地点であり、お店での買い物にしても店員とのコミュニケーションは不可能なほどであった。

3.3 集合知的インタラクション

フィールド実験は視聴者を10名以下で行っており、100名以上の規模の視聴者を想定していないが、人数が増えた場合でも視聴者の興味をマウスカーソルやコメントとして配信者・対話者に伝えることができる設計を模索している。現在は頭の方によってユーザの興味の興味方向の重心を表現しているが、直接対象にアイコンをプロジェクションするか、配信者が注視対象を推定しやすいようなアバタのデザインを検討している。視聴者それぞれが異なることをコメントし、異なる場所に分散しているアバタロボットを動かして配信者の行動を変えることはできないが、集合的な視聴者の振り舞いを伝達できる設計することで社会的なアバタロボットを設計できると期待している。

参考文献

- [1]Kashiwabara, T., Osawa, H., Shinozawa, K., and Imai, M. TEROOS: a wearable avatar to enhance joint activities. In Proc. CHI '12, pp. 2001-2004. (2012)
- [2]柏原忠和, 大澤博隆, 篠沢一彦, 今井倫太: ウェアラブル・アバタ TEROOS を用いたフィールドテストとその分析, 情報処理学会インタラクション 2012 論文集, pp. 65-72 (2012)
- [3]高澤宏一, 大西樹, 篠沢一彦, 今井倫太: 小型モニターを用いて操作者の顔を投影する肩乗りアバタ FaST の提案, 第27回人工知能学会全国大会 (2013)
- [4]大西樹, 高澤宏一, 尾形正泰, 篠沢一彦, 今井倫太: 肩乗りアバタを用いたライブストリーミングにおけるテレプレゼンスの提示, 第27回人工知能学会全国大会 (2013)
- [5]Noda, M., Osumi, T., Fujimoto, K., Osawa, H., Imai, M., Shinozawa, K., "Blog Robot: A new style for accessing location-based contents" In Proc. HRI '09. pp. 203. (2009)
- [6]Kuzuoka, H., Oyama, S., Yamazaki, K., Suzuki, K., and Mitsuishi, M. GestureMan: a mobile robot that embodies a remote instructor's actions. In Proc. CSCW '00 (2000)
- [7]ニコニコ生放送 <http://live.nicovideo.jp/>

手がかり情報のやり取りでつながり感を醸成するアニマル コンピュータインタラクションの研究

Research in Human-Computer-Biosphere Interaction

小林博樹¹⁾²⁾

Hill Hiroki Kobayashi

1) 東京大学 空間情報科学研究センター

(〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, kobayashi@csis.u-tokyo.ac.jp)

2) 東京大学 大気海洋研究所

(〒277-8568 千葉県柏市柏の葉 5-1-5, kobayashi@csis.u-tokyo.ac.jp)

Abstract: Human-Computer Interaction (HCI) is primarily focused on human-centric interactions; however, people experience many nonhuman-centric interactions during the course of a day. Interactions with nature, such as experiencing the sounds of birds or trickling water, can imprint the beauty of nature in our memories. In this context, this paper presents a concept of such nonhuman interactions to observe people's and wild animal's reaction to the interactions through an imaginable interaction with a remote presence.

Key Words: Human-Compute-Biosphere Interaction, Sustainable Design, Nonverbal Interactions

1. はじめに

ヒューマンインタフェース（以下「HI」）を生態学に応用する研究領域のひとつに“アニマルコンピュータインタラクション（以下「ACI」）[1]”がある。ここ分野ではHIを介して遠隔地の野生動物の生態情報（位置情報・餌動物情報・気象情報）などが収集される。例えば、ドイツのアルフレッド・ワグナー研究所による南極の海のリアルタイムなライブ音[2]配信システムや、石田による福島原発周辺の動物の鳴き声[3]調査である。これらの結果から野生動物の個体数の推定[4]や、都市・除染計画[5]の見直しなどが実施される。

ユーザーは自然環境で動物の鳴き声といった明示的に呈示される情報のほかにも、季節感や野生動物の存在感など、無意識的にも数多くの情報を感じ取っている。例えば、茂みのざわめき、動物の気配等がそれに相当する。この“手がかり情報：明示的には呈示されないが用いられている情報の全て”の取得と、それによって刺激される想像力や感覚は現地調査において重要な意味を持つ。これは生態学研究のみならず、人と自然環境の関係性の維持・構築に影響を及ぼすことは、認知心理学の分野でも指摘[6][7]されている。しかし、遠隔からの調査ではユーザーが得られる情報は限られる。従来のACIで得られる情報は、主に野生動物の鳴き声等で表現される明示的なメッセージのみに限られている。更に受信するタイミングも野生動物が能動的に行動を起こした時（鳴き声が聞こえる）のみに限定される。つまり、従来のACIでは現地での調査では常になんとなく体験していた“手がかり情報”がやり取りできない。さらに野生動物の生息地には電源・情報インフラが存

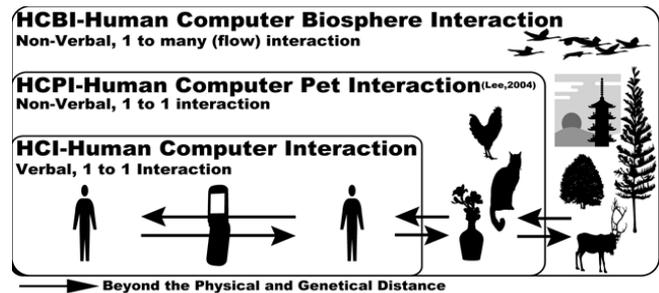


図1 Human-computer-biosphere interaction (HCBI) concept, an extended concept from HCI (Human Computer Interaction) and HCPI (Human Computer Pet Interaction) [8]

在せず、従来システムの高度化による解決は困難である。

そこで、本研究では手がかり情報のやり取りから醸成されるつながり感に着目した。筆者は電源・情報インフラの制限からシステムの高度化は困難であっても、ユーザーと野生動物がお互いの手がかり情報（存在・接近情報）程度の処理は可能と考えACMSIGCHI2009で報告した[8]。この研究では手がかり情報をHIからさりげなく提示してつながり感を醸成すれば、互いの存在感が生じ、ユーザーや野生動物の想像力を刺激できることを明らかにした。この理論を基に野外のイリオモテヤマネコとの手がかり情報（鳴き声情報）のやり取りに成功した[8]。そして、両者間に醸成されたつながり感からヤマネコがHIの存在を意識しはじめた。本論文では、手がかり情報のやり取りでつながり感を醸成するシステムの概要、議論と結論を述べる。

2. システムの概要

まず、電源・情報インフラの存在しない野生動物の生息地に電源・情報インフラ機材や野生動物調査機器を準備した。ここでは東京大学秩父演習林で行われているサイバー



図 2 サイバーフォレストプロジェクトサイトの電源・情報インフラ機材



図 3 静電容量センサによって存在情報が検知された有害鳥獣（シカ）



図 4 遠隔地自然環境とのリアルタイムインタラクションシステム[10]

フォレストプロジェクトサイトで、24 時間 365 日運用可能な電源・情報インフラ機材と野生動物の生態情報（鳴き声）のリアルタイム配信システムを構築した。そして本著者が事前研究で確立した、静電容量センサを用いた野生動物の存在検知システム[9]を統合実装した。こうしたシステムを、遠隔やまびこ装置：テレヤッホーシステム[10]として実装し、ACMMultimedia2013 で報告・入選展示を行った。

3. 議論

従来の HI の研究は、人間が活動する地理空間を対象とした研究が中心であったが、本研究は人間が参与していない HI の応用が困難な自然環境を対象にしている。音楽家坂本龍一は「HCBI(図 1)の研究は、抽象的な自然保護とは違う次元で、もっとリアルな森とのつながりをデザインしていける可能性がある[11]」と述べている。英エセックス大学の言語学者 Giannachi は「HCBI(図 1)の研究の成果は、情報空間と物理世界の空間的な一体化が実現した証拠であり、ヒトと生態系の新しいコミュニケーションモデルである[12]」と述べている。

ACI 研究領域[1]は今後 5 年、10 年と発展が期待される分野である。例えば、米コーネル大学 Cornell Lab of Ornithology<<http://www.birds.cornell.edu/>>では、行動生態学研究者を中心とした学際的な体制によりインタフェースの開発・研究公募・ワークショップが行われている。対応する日本の研究体制は生物学領域でも一切存在せず、HI 学会誌においては本著者の論文 1 件[9]にとどまる。当該領域の世界の HI 研究の現状は、1. で述べたように、明示的なメッセージのやり取りのみに留まる。

本著者はリアルタイムシステムによる野生動物調査インタフェースの高度化を研究してきた。現在の野生動物調査はすべての現場において、同様の問題（手がかり情報の欠如）に直面している。本研究を通して手がかり感情情報を用いた野生動物の遠隔調査手法が確立されれば、このような国内外拠点における野生動物の調査支援が可能になる。

4. 結論

本論文では「手がかり情報のやり取りでつながり感を醸成するアニマルコンピュータインタラクション」のシステムの概要、議論を述べた。従来のアニマルコンピュータインタラクションでは、ユーザーが実際の自然環境で感じる茂みのざわめきや動物の気配といった“手がかり情報”のやり取りが困難であった。そこで本研究では、実際に生息する野生動物の生態・手がかり情報をリアルタイムに取

得するシステムや、ユーザーと野生動物の間の手がかり情報のリアルタイムなやり取りからつながり感を醸成するインタフェース、醸成されたつながり感によるアニマルコンピュータインタラクションの可能性について述べた。

謝辞

東京大学サイバーフォレスト研究グループに感謝します。本研究は JST 研究成果最適展開支援プログラム AS242Z03455K の支援を受けたものです。

参考文献

- [1] Clara Mancini : Animal-computer interaction: a manifesto, *Interactions*, Vol18, 4, pp.69-73. 2011.
- [2] Lars Kindermann : SONG of THE SHELF, *Science*, Vol327. pp.1307. 2010.
- [3] 石田健：高線量地帯周辺における野生動物の生態・被曝モニタリング, *生物と科学*, Vol50,11,pp.998-1002.
- [4] Carl DiSalvo et al., : Mapping the Landscape of Sustainable HCI, In *Proc. of CHI 2010*. pp.1975-1984. 2010.
- [5] Alexakhin, R et al., : Environmental consequences of the Chernobyl accident and their remediation: Twenty years of experience. Vienna, International Atomic Energy Agency, 2006.
- [6] 渡邊琢美ら：温かいコミュニケーションー「つながり感通信」の誕生ー, 共立出版, 2003
- [7] Kathryn Williams et al., : Transcendent Experience in Forest Environments, *Journal of Environmental Psychology*, vol20. Pp.249-260. 2001.
- [8] Hiroki Kobayashi et al., : Human computer biosphere interaction: towards a sustainable society, In *Proc. of CHI 2009*. pp.2509-2518. 2009.
- [9] 小林博樹ら：野生テルミン：環境音+ 静電容量センサによる生体検知. *ヒューマンインタフェース学会論文誌*, vol. 12, pp. 15-21.2010.
- [10] Hiroki Kobayashi et al., : Tele Echo Tube: Beyond Cultural and Imaginable Boundaries. In *Proc. of the 21th international conference ACM International Conference on Multimedia (MM '13)*, Spain, Oct,pp.173-182. 2013.
- [11] 坂本龍一ら：地球を聴く—3・11 後をめぐる対話, 日本経済新聞出版社, 2012.
- [12] Gabriella Giannachi et al., : *Archaeologies of Presence*. Routledge. 2012.

レイグジスタンスのための温冷覚提示技術

Presentation of Thermal Sense for Telexistence

佐藤克成¹⁾

Katsunari SATO

1) 奈良女子大学 研究院 衣環境学領域
(〒630-8506 奈良市北魚屋西町, katsu-sato@cc.nara-wu.ac.jp)

Abstract: Thermal sense is important for Telexistence technologies since it improves sense of presence and immersion to remote environment. The user perceives realistic material and climate senses from touched object and remote environment, respectively. This paper describes two studies about presentation technology of thermal sense: one is the thermal stimulation method that employs characteristics of thermal perception to present the sense of rapid change in skin temperature; and the other is the headphone-type interface that presents the thermal sense to the ear to improve sense of immersion to the music.

Key Words: Thermal display, Interface, Telexistence.

1. はじめに

温冷覚は、皮膚温度を検出して体温を一定に保つ、物体の材質や状態を判別するなど、人が生活するうえで重要な役割を果たしている。この温冷覚は、レイグジスタンスにおいても、高い臨場感や没入感を実現するために重要な要素である。遠隔地の空気の温かさや冷たさを肌で感じることで、その場に存在するという感覚がより確かなものとなる。また、金属の冷たさや毛皮の温もりなど、触れた物体の材質感が感じられるため、よりリアルに物体の存在を認識できる。

本稿では、レイグジスタンスにおける温冷覚提示技術に関連した研究を紹介する。まず、主に物体の材質感の再現を目指した、温冷覚提示技術の研究について述べる。さらに、高い臨場感や没入感の実現に関連する、温冷覚提示技術のインタフェース応用について述べる。

2. 触感再現のための温冷覚提示

2.1 触感再現における温冷覚提示の問題点

温冷覚提示技術を用いて触感を再現する場合、時間応答性が問題となる。人が物体に触れた場合、皮膚表面温度が急激に変化する。温冷覚提示技術としては、この温度変化を再現することが求められる。ここで、多くの触感提示技術は、装置を身体に装着し、装置と皮膚が常に接した状態において触感を提示する。このような状態では、急激な温度変化を再現することが難しい。そのため、提示される温冷覚が不自然なものになってしまう。

2.2 知覚特性を利用した温冷覚提示手法

時間応答性の問題に対し、人の温度知覚特性を利用して

温度変化を高速に提示する、温・冷空間分割刺激手法[1]を提案している。この手法では、人の温度知覚特性の中でも特に、空間加重と順応温度の効果に着目する。人が知覚する温度は、空間加重[2]の影響を受けやすく、隣接した温度刺激がある場合、それらの中間の温度を知覚する傾向が報告されている。また、人の温度変化に対する感度は、温度刺激前の皮膚の温度、順応温度の影響を受ける[2]。順応温度が高いほど温刺激の閾値が減少し、冷刺激に対する閾値が増加する。同様に、順応温度が低いほど冷刺激に対する閾値が減少し、温刺激に対する閾値が増加する。

温・冷空間分割刺激手法では、図1に示す通り、温刺激用と冷刺激用のペルチェ素子を空間的に分割して人に提示する。空間加重の影響により、ユーザは温刺激と冷刺激の空間分布を知覚できず、一様な温度刺激として知覚する。この場合、ペルチェ素子の半分は順応温度を高い温度に、もう半分は低い温度に、ユーザに気づかれずに調整できる。これにより、温・冷刺激両方に対して閾値が小さい、敏感

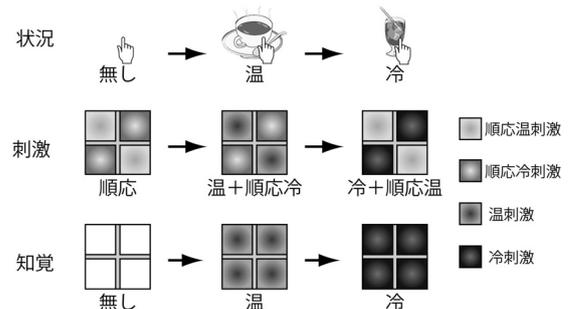


図1 温・冷空間分割提示手法[1]

な状態（順応状態）を作りだすことができる。ここから例えば、温かい感覚を提示したい場合は、温刺激用のペルチェ素子の温度のみを上げ、冷刺激用のペルチェ素子は順応時の温度を保つ。このとき、温かい刺激と冷たい刺激両方に同時に触れた状態になるが、より温度変化の大きい温かい刺激が全体的に提示されているように知覚される。さらに、ユーザは小さな温度変化で直ぐに温刺激を知覚でき、バーチャルに高い時間応答を実現したこととなる。

実験[1]から、温・冷空間分割刺激手法を用いることで、時間応答性が平均で36%向上することを確認した。その際の応答時間は、同等の強度と面積の刺激に対する知覚時間と同程度である。そのため、提案手法を用いることで、実際と同等の時間で温度変化を知覚させられると考える。今後は、圧や振動といった触覚再現技術と組み合わせ、触感の再現に取り組んでいく。

3. 温冷覚による臨場感・没入感の向上

3.1 温冷覚による臨場感・没入感の提示

遠隔地の環境から得られる温冷覚を再現することで、臨場感や没入感の向上が期待できる。空気の温度や湿度を変化させる手法として、空調機等の利用が考えられるが、実装コストが大きい。衣服を着用していることを考えると、顔や手などの皮膚が露出している特定の部分に対する温冷覚提示でも、十分な効果が得られると考える。特に顔は皮膚が薄く、全身の中でも温冷覚が敏感な部位であり[2]、温冷覚の提示部位として適していると考えられる。

以下では、顔に対する温冷覚刺激を利用した研究の一例として、音楽鑑賞インタフェースを紹介する。

3.2 音楽鑑賞インタフェース

温冷覚は、感情との関連性が指摘されている。例えばWilliams らの実験[3]では、温かいコーヒーを持った被験者は、冷たいコーヒーを持った被験者より、他者の評価が良くなり利他的に行動する、という結果を示している。

著者らは、このような温冷覚と感情との結びつきに着目し、映画や音楽といった既存のコンテンツの情動性を拡張できるのではないかと考えた。例えば音楽鑑賞の際に、静かな曲調の場面ではユーザに冷たい刺激を提示することで、落ち着いた印象を強調する。また、サビなど曲が盛り上がる場面では、徐々に温かい刺激を提示していくことで、興奮感を増幅する（図2）。このような考えに基づき、音楽の曲調に合わせて耳周辺の温度を変化させる、ヘッドフォン型のインタフェース[4]を開発した。

温冷覚刺激の効果を検証するために、曲を鑑賞する際の印象の変化を評価した[4]。実験では、温冷感刺激無し、サビに合わせて温める、曲に関係なく周期的に温める、サビに合わせて冷やす、という4条件を比較した。その結果、サビに合わせて温めることで、音楽鑑賞が楽しくなるなど嗜好性が向上し、曲の高揚感や柔らかさが向上するなどの変化が確認された。さらにこれらの変化は、周期的に温めると高揚感の変化が無くなる、サビで冷やすと固い印象に

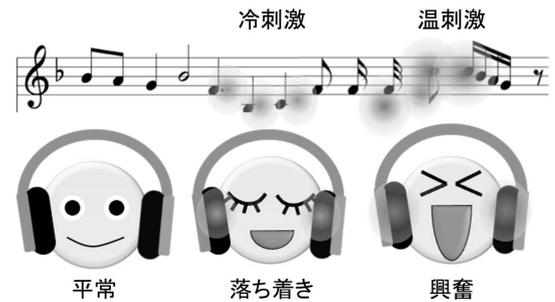


図2 音楽鑑賞インタフェースの概要 [4]

なるなど、温冷覚刺激の手法により変化することが確認された。

3.3 テレイグジスタンスへの発展

音楽鑑賞インタフェースにおいて、曲の印象が変化したことへの解釈の1つとして、曲に対する没入感の変化した、と考える。同様に、顔の一部に対する温冷覚刺激で、テレイグジスタンスにおける遠隔地への臨場感や没入感が向上すれば、簡易なデバイスで実装できる。そこで今後は、音楽のような聴覚のみのコンテンツに限定せず、視覚情報を含んだコンテンツを鑑賞する際の、臨場感・没入感向上について検証していく。

4. おわりに

本稿では、テレイグジスタンスにおける臨場感や没入感を向上させる、温冷覚の提示技術を紹介した。錯覚を用いた提示技術では、物体接触時の急激な温度変化を再現し、物体の材質感をリアルに提示できる。また、音楽鑑賞インタフェースでは、顔への温冷覚刺激で曲への没入感変化することが示唆された。今後は、簡易なデバイスで遠隔地の環境への臨場感・没入感向上の可能性を検証していく。

謝辞 本研究の一部は、JSPS 科研費 25880014 の助成を受けたものです。

参考文献

- [1]K. Sato and T. Maeno: Presentation of Rapid Temperature Change using Spatially Divided Hot and Cold Stimuli, Journal of Robotics and Mechatronics, pp. 497-505, 2013
- [2]L. A. Jones and H-N. Ho: Warm or Cool, Large or Small? The Challenge of Thermal Displays, IEEE Transaction on Haptics, Vol. 1, No. 1, pp. 53-70, 2008
- [3]L.E. Williams and J.A. Bargh: Experiencing Physical warmth promotes interpersonal warmth, SCIENCE, 322, pp. 606-607, 2008
- [4]S. Akiyama, et al.: ThermOn - Thermo-musical Interface for an Enhanced Emotional Experience, Proceedings of ISWC 2013, pp. 45-52, 2013

日本バーチャルリアリティ学会研究報告

VR 学研報 Vol.18, No. TX02

第 3 回テレイグジスタンス研究会

©2013 by the Virtual Reality Society of Japan (VRSJ)

発行者 日本バーチャルリアリティ学会
〒113-0033 東京都文京区本郷 2-28-3 山越ビル 301
TEL 03-5840-8777 / FAX 03-5840-8766
e-mail office@vrsj.org

The Virtual Reality Society of Japan
Yamakoshi Bld. #301, 2-28-3 Hongo, Bunkyo-ku,
Tokyo, 113-0033 Japan

禁無断転写・転載