

# 世界の子ども達をつなぐ遠隔操作ロボットシステム（インフラ構築）

Linking Children across the World through Telerobotics (Building Infrastructure)

田中 文英

Fumihide Tanaka

筑波大学 大学院システム情報工学研究科 / 科学技術振興機構 さきがけ  
Graduate School of Systems and Information Engineering, University of Tsukuba / JST PRESTO

The goal of this project is to connect classrooms across the world through the teleoperation of robots. Children will be able to interact with their remote peers in real-time by teleoperating a robot set up in the remote classroom. Here we will explain our first trial trying to connect two laboratories between Japan and US based on the internet-based infrastructure. We will also touch the discussion of virtual agents vs. physical robots in the HAI community.

## 1. はじめに

我々は、ロボット技術による早期教育支援を二つの方向性から検討している。一つ目のアプローチは、教室や家庭など教育活動実践の場において教師や両親などの活動をサポートするロボットを開発しようとするものである。2004年からカリフォルニア大学サンディエゴ校（UCSD）付属保育所で始めた子どもたちとロボットの実証実験 [Tanaka 07, Movellan 05, Tanaka 06] で得られた知見を元に、子どもの早期発達やロボットとの間の社会的インタラクションなどの基礎研究と並行して、早期教育支援のためのロボット開発を続けている。

二つ目のアプローチは、ロボット技術を用いた保育環境の拡張 [田中 10] である。我々は、2009年秋より JST さきがけ「情報環境と人」研究領域 [JST 10] における一課題として、日本とアメリカの教室をインターネット接続し、日本の子どもたちがアメリカに置いた分身ロボットを遠隔操作することによって現地の教室活動にリアルタイム参加可能なサービスの提供を目指す試みを開始した。

一方、HAI (Human-Agent Interaction) 研究コミュニティにおいて、擬人化エージェントなどのソフトウェアエージェントと物理的身体を有するロボットのインタラクションデザインにおける本質的な違いについての議論が近年活発化している [JSAI 09]。これを踏まえて本研究で構築するシステムを考えると、単一のシステムでありながら仮想エージェントと実ロボットの両側面を有するテストベッドであることに気が付く。つまり、上述のように日本サイドの子どもたちはスクリーンモニタ上でロボットや現地の様子を見るという点において仮想エージェントをインタフェースとしているケースに近く、逆にアメリカサイドの子どもたちは実ロボットと直接インタラクションするデザインになっている。日米間で共通の学習タスクを設定した上で両サイドの子どもたちの行動比較分析を行うことによって、議論に新たな貢献ができるかもしれない。

## 2. インフラ全体像

まず、本システムで接続を試みる日米拠点について説明する。日本サイドの拠点としては筑波大学およびつくば市にある大型ショッピングセンター iias つくばを検討中である。iias つくばは北関東最大級のショッピングセンターであり、この内部に来場者

が買い物で立ち寄りことのできる教室空間を整備することを計画している。ここでは、家族で買い物に訪れる夕方以降の時間帯が丁度アメリカサイドでは朝の保育所が活発になる時間帯に相当するという時差上のメリットも期待できる。一方、アメリカサイドの拠点としては UCSD Machine Perception Laboratory (Head: Dr. Javier R. Movellan) および Early Childhood Education Center (Director: Ms. Kathryn Owen) がある。

日本サイドの子どもにはアクティブマーカの付いたジャケッを着てもらい、身体動作をモーションキャプチャによって抽出する。この動作データは即座にアメリカサイドへインターネット上で転送され、現地のロボットへ制御信号として入力される (図 1 参照)。現地の様子は、教室内の鳥瞰カメラおよびロボット頭部に配置したカメラからの映像 (+ マイク入力音声) が LifeSize 社の Room200 システムによって圧縮転送され、日本サイドの大型スクリーン上にて再生される。

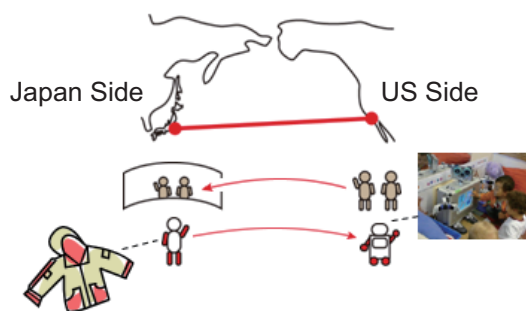


図 1: 日米教室間の遠隔操作ロボットシステム全体像

2010年4月現在、すでに筑波大学と UCSD Machine Perception Laboratory 間においてネットワークの基本インフラを構築し、日本からのシンプルな制御信号を元にアメリカサイドのロボットを遠隔操作する実験を行っている。特に、ネットワークトラフィックの変動があるインターネット上において、データ送信時に発生する遅延およびその分散がどの程度であるのか等に着目し調査を行なっている。図 2 は、日本サイドのノート PC からアメリカサイドに配置した試作ロボットヘッドを遠隔操作で回転させている場面であり、背景映像は日本サイドに配置された大型スクリーン上の現地 (アメリカサイド) 映像である。この設定下で計測される遅延 (制御コマンド送信 ~ ロボットヘッドの回転知覚) はおよそ 0.2 ~ 0.4 秒であった。

連絡先: 田中 文英, 筑波大学 大学院システム情報工学研究科,  
〒 305-8573 茨城県つくば市天王台 1-1-1



図 2: 日米間 (インターネット) の遅延計測実験の様子。筑波大学の研究室において手前のノート PC から制御コマンドを送信し、UCSD に配置した試作ロボットヘッド (背景左側) を動かす。背景映像は現地 UCSD のカメラから LifeSize Room200 システムを用いてインターネット上を転送された後、筑波大学に配置された大画面モニタ上に映し出されたものである。

### 3. 研究トピック

遠隔操作ロボットや遠隔存在感の研究は、1980 年代の館らによる先駆的な研究 (サーベイ例として [Tachi 03]) を始めとして以来多くの試みがなされてきている。映画や SF においても様々な発想が産み出されてきており、本研究で目指す子どもの教室参加という応用例も、すでに近年の映画「HINOKIO (監督: 秋山貴彦, 配給: 松竹, 2005 年)」において取り上げられている。これらの状況を踏まえて現在、社会から研究者に求められているものは、技術開発に留まらずサービス化へ向けた橋渡し (あるいはテストケースの提示) を示す行動であると考えられる。そのため、本研究では実社会 (例えば前述の iias つくば) における実証実験を行い、様々なフィードバックや知見を集結することを重要な課題としている。

同時に、学術性の高い研究課題も存在する。近年、ロボット技術が幼児の早期言語獲得を促進できる可能性を示す報告がなされ始めている [Movellan 09]。本研究においても、ロボットインタフェースの利用と遠隔教室参加 (留学体験) が如何なる学習効果 (例: 英語彙獲得) をもたらし得るか、既存のテレビ会議ベースの教材と比較して如何なる特色があるのか等を調査していく予定である。

本研究で構築するシステムにおいては、ユーザである子どもたちが容易にインタフェースを使いこなし、遠隔地にあるロボットを自らの身体の延長として直感的に操作できることが重要である。ここには伝送遅延時間や空間マッピング方法などのパラメータが存在し得るが、この視点は発達心理学における social contingency detection [Watson 79] とも深く関わりがあり、遅延時間の変化が随伴性獲得に及ぼす影響 [Miyazaki 06] や、適切な情報提示法 (子どもが随伴性を自発的に獲得しやすいデザイン法) などを本システム上でも調査していく。

### 4. おわりに

本稿では、2009 年秋より始った日米の教室を遠隔操作ロボットでつなぐ試みを紹介した。ここでは、日本の子どもたちは大画面スクリーン上に映し出された現地映像および遠隔操作するロボットをインタフェースとしてアメリカの子どもたちや教師たちとコミュニケーションし、同時にアメリカの子どもたちや教師たちは目の前のロボットを通して日本の子どもたちとコミュニケーションを試みる。本システムは、同一のタスクに対して仮想

エージェントと実ロボットの双方インタフェースからアプローチ可能な例題と見ることができ、両者の差異が議論されている HAI コミュニティに有用な知見を提供できる可能性がある。

### 謝辞

本研究は、文部科学省グローバル COE プログラム「サイバニクス: 人・機械・情報系の融合複合」および JST 戦略的創造研究推進事業さきがけの支援を受けて行われている。

### 参考文献

- [Tanaka 07] Tanaka, F., Cicourel, A., and Movellan, J. R.: "Socialization between toddlers and robots at an early childhood education center," *Proceedings of the National Academy of Sciences of the U.S.A. (PNAS)*, Vol.104 No.46 p.17954-17958, (2007).
- [Movellan 05] Movellan, J. R., Tanaka, F., Fortenberry, B., and Aisaka, K.: "The RUBI/QRIO project: origins, principles, and first steps," *In Proceedings of 4th IEEE International Conference on Development and Learning*, p.80-86, Osaka Japan, (2005).
- [Tanaka 06] Tanaka, F., Movellan, J. R., Fortenberry, B., and Aisaka, K.: "Daily HRI evaluation at a classroom environment: reports from dance interaction experiments," *In Proceedings of the 1st Annual Conference on Human-Robot Interaction*, p.3-9, Salt Lake City U.S.A., (2006).
- [田中 10] 田中 文英: "ロボット技術を活かした保育環境," 日本赤ちゃん学会学会誌 ベビーサイエンス, Vol.9, *in press*, (2010).
- [JST 10] <http://www.human.jst.go.jp/index.html>
- [JSAI 09] 第 23 回人工知能学会全国大会 オーガナイズドセッション OS-03 "HAI にとってエージェントとは何か", (2009).
- [Movellan 09] Movellan, J. R., Eckhardt, M., Virnes, M., and Rodriguez, A.: "Sociable robot improves toddler vocabulary skills," *In Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, p.307-308, La Jolla U.S.A., (2009).
- [Watson 79] Watson, J. S.: "The perception of contingency as a determinant of social responsiveness," *In E.B. Thoman (eds), Origins of the Infant's Social Responsiveness*, p.33-64, (1979).
- [Tachi 03] Tachi, S.: "Telecommunication, Teleimmersion and Telexistence," IOS Press, (2003).
- [Miyazaki 06] Miyazaki, M., and Hiraki, K.: "Delayed intermodal contingency affects young children's recognition their current self," *Child Development*, Vol.77 No.3 p.736-750, (2006).