

# 世代をつなぐ知的インタフェースとしてのロボット活用

## Robot as an Intelligent Interface that Connects Generations

田中 文英  
Fumihide Tanaka

筑波大学 システム情報系  
Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba  
fumihide.tanaka@gmail.com, <http://fumihide-tanaka.org/lab/>

檜山 敦  
Atsushi Hiyama

東京大学 大学院 情報理工学系研究科  
Graduate School of Information Science and Technology, The University of Tokyo  
atsushi@cyber.t.u-tokyo.ac.jp, <http://sc.cyber.t.u-tokyo.ac.jp/>

**keywords:** work support for elderly people, senior cloud, intelligent interface, generation gap, telepresence robot

### Summary

In an aging society, work support for elderly people is gaining importance. In such a society, the opportunities of communication between generations would increase and it would become important to bridge the possible gap between them. This article introduces the latest researches about senior cloud and a robotic intelligent interface that assists communication between elderly people and children. Senior cloud is an ICT platform that supports mosaic-style working for elderly people. Through collaborating with the senior cloud, we started a new research project for the robotic intelligent interface connecting elderly people and children.

## 1. はじめに

高齢社会においてシニア層の労働力活用は重要である。これまで主要な労働力の源となってきた中年層は人口減少していくため、これまで以上にシニア層の活躍が求められていく。また、適度な労働はシニア層に対して生きがいをもたらす側面も大事である。今後このような背景下でシニア層の社会参加が実質的に増していったとすると、世代間にまたがるコミュニケーション機会が社会のあらゆる場面において増えていくことが予想される。そうした社会では、いわゆるジェネレーションギャップなど世代間のコミュニケーションを阻害しかねない場面の適切なサポートが重要であり、そこに情報技術：知的インタフェースの貢献領域が広がっている。本稿では、こうした「世代をつなぐ」知的インタフェースの最新研究について紹介する。

最初に2章において、高齢者のモザイク型就労支援に関する取り組みについて紹介する。「高齢者クラウド」と名付けられたこの取り組みは、情報技術を用いて様々な高齢者のスキルをモザイク的に組み合わせて活用しようとするものであり、シニア層の新しい形の就労基盤を提供するものである。続く3章では、この高齢者クラウドとの新しい共同研究プロジェクトとして学校教育との関わりについて述べる。ここでは、高齢者クラウドにおいても重要な基盤技術と位置づけられているテレプレゼン

スロボットを活用し、シニアの自宅と遠隔地の小学校を接続し、シニアに遠隔模擬授業を行っていただいた。この設定の中で、シニアと子どものコミュニケーションを円滑化する知的インタフェースの要件調査や開発を行う。

本稿で紹介する研究は現在進行中の内容を含むが、世代をつなぐ知的インタフェースについて、活動の中から見えてきている要件や今後の展望について説明する。

## 2. 高齢者クラウド

高齢者クラウドの研究開発では、65歳以上の80%以上を占める自立した生活を営んでいるアクティブシニアの社会参加・就労支援を目的として、ICTやロボット技術の研究開発を展開している。アクティブシニアの労働力の特徴としては、フルタイムでの就労や固定された職場への勤務に対する難しさがある反面、経験や知識を活かして現役世代を助けることができるという強みがある。高齢者クラウドの研究開発では、モザイク型就労という概念を提案し、一人一人のシニアが現役世代と同じように就労するのではなく、複数人が得意な知識や経験を活かして時間や場所にとらわれずに就労できる働き方の実現を目指している [Hiyama 14]。モザイク型就労には三種類の形態がある。一つ目は「時間モザイク」で、空いている時間を組み合わせて多人数で一人分の作業をこなすクラウドソーシングに関するもの。二つ目は「空間モ

ザイク」で、インターネットとロボットを活用して遠隔講義や現場指導を行うテレプレゼンスに関するもの。そして三つ目は「スキルモザイク」で、一人一人のスキルを分析し最適な労働力を合成するジョブマッチングに関するものである。以下、本稿の内容と密接に関わってくる「空間モザイク」に関する取り組みを紹介する。

「空間モザイク」による就労として、テレプレゼンスロボットを活用した遠隔講義や遠隔指導はシニアが活躍することができる領域である。ここで課題となるのは、シニア層が今までに経験したことのないロボットという新しいメディアをいかにして操作することができるか、ということである。遠隔コミュニケーションに専念するとロボットの操作ができなくなる。ロボットの操作を行うとコミュニケーションが取れなくなる。この問題を解決することが求められる。バーチャルリアリティ技術を駆使して、自動的にセンシングされる身体の動きを逐一遠隔地のロボットに反映させることは可能である。しかし、遠隔講義の現場で講義を行うシニアに HMD を掛けてもらいモーションキャプチャのシステムを設置して、というのは利用負荷も高く講師の顔を直接観察できなくなるため、現実的な風景ではない。そこで、遠隔操作側に置いて簡便な仕組みで遠隔コミュニケーションとロボット操作とを両立するインタフェース技術が求められる。

高齢者クラウドでは、専門的知識を有する高齢者がテレプレゼンスロボットを通じて遠隔講義を行うシステムの教育現場や生涯学習現場への応用展開を実施している。過去には、ミュージアムにおいてテレプレゼンスロボットをガイド役としたシステムを構築した [田中 09]。この研究では、展示解説に専念できるように遠隔解説者がタブレット端末上でガイドを行いたい展示物を指定するだけでロボットは周囲の鑑賞者らとの間合いと展示物との位置関係を認識し、鑑賞者にとって心理的負担をかけないように自律移動により位置取りを行った。

また、インターネットを介した高齢者コミュニティ間の助け合いの形としての遠隔講義実験も行っている [小杉 15]。仙台市でシニア向け IT 教室を運営している仙台シニアネットクラブの講師が、兵庫県西宮市清瀬台のシニアコミュニティに対してタブレット端末の使い方教室を開催した。この遠隔講義実験では、初年度は Skype によるビデオ通話と操作をしているタブレット端末の画面を共有するシステムを用いて遠隔 IT 教室を実施した。講義の形式は、仙台側に 1 名の講師と 2 名のサポーターがおり、まず講師はタブレット端末の使い方を解説し、続いて清瀬台側の受講者が実践をするという流れになっている。Skype によるビデオ通話で遠隔講義を行った結果、特に仙台側のサポーターからコミュニケーションを始めるタイミングがつかみにくく受講者と会話をしにくいという問題が提起された。そこで翌年度にテレプレゼンスロボットを導入することで、受講者に対して遠隔地の講師やサポーターの意図をロボットの動きによって伝えることで受

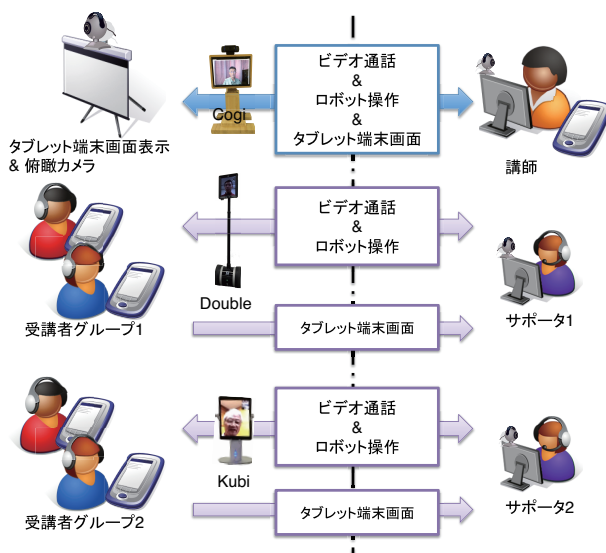


図1 遠隔 IT 教室におけるシステム図。



図2 受講者側（清瀬台）の様子（上）と講師側（仙台）の様子（下）。

講者の注意を向けやすくすることを狙った。図1にシステムの構成を示す。仙台側の講師は Cogi と呼ばれる自作の卓上型ロボットにより講義を行った。2名のサポーターはそれぞれ市販の移動型ロボット Double と卓上型ロボットの Kubi を用いて受講者のサポートを行った。講師、サポーターとも専念しなくてはならない仕事は講義であり、受講生とのコミュニケーションである。特に講師はタブレット端末の使い方を実演しないといけないので、ロボット操作に手を使うことはできない。そこで、この遠隔 IT 教室でのテレプレゼンスロボットの操作に「窓」をメタファとしたインタフェースを導入した。ロボットの頭部に搭載されたカメラからの映像を表示するディスプレイを窓と見立て、窓を左右から覗き込むと窓の向こう側の風景を広く見渡せるように、講師やサポーターがディスプレイを覗き込む動きをディスプレイ上部のカメラによる顔追跡により検出し、それに対応する形でロボット

の頭部を動かし仙台側のディスプレイに見たい方向の映像を提示するインタフェースを提案した。講師やサポートが見たいと思っている方向とそれに対応するロボットの動き、そしてロボットの動きから受講者が読み取る講師やサポートの意図を一致させることが可能となる。テレプレゼンスロボットを用いた遠隔 IT 教室は 29 名の受講生を対象に全 22 回実施した。実際の教室の様子を図 2 に示す。一連の教室を通じて、講師にとってのロボットの操作性の評判も良く、受講者にとっても講師やサポートの意図が分かり親近感を持てたという評価を得ることができた。教室の中にロボットが入り込むことで、教室内部での遠隔地間のコミュニケーションが増えただけでなく、雑談や記念撮影などの風景も見られるようになり、二つのシニアコミュニティ間のコミュニケーションを活性化させ、心理的距離感を縮めることに成功したといえる。

### 3. 双方向型テレプレゼンスロボットを用いた事例

著者らは、高齢者就労支援のテストケースとして、双方向型のテレプレゼンスロボットを活用したフィールド実験を行っている [Okamura 16]。ここでは、神奈川県川崎市に居住のシニア夫婦の自宅と、茨城県つくば市の小学校をインターネット接続し、シニアに自宅から遠隔模擬授業を行っていただいた。図 3 に示すように、双方サイドに相互接続されたテレプレゼンスロボットが配備され、このロボットを通じてお互いがコミュニケーションを行った。通常のテレプレゼンスロボットでは、片側が操作者となり遠隔地に配備されたアバターロボットを遠隔操作する非対称構成をとるが、ここでは対象構成をとり、ロボットは基本的に自律動作させた。ロボット胸部のモニターには Skype ソフトウェアが起動しており、お互いの様子がみてとれるが、これとは別にロボット自身の頭部もあるため、このロボットは遠隔アバターというよりは双方の間に立つ仲介者に近い存在となる。この設定下でシニアに遠隔模擬授業を行っていただいた。これまで試してきた授業題材は折り紙など紙工作と、昔の道具についての社会科学習である。現状ひとりのシニアがひとりの児童に対して授業を行う個別指導形態（図 4 参照）にて行っているが、総合学習時間への用途を見据えて、複数児童グループに対してロボットが回覧しながら授業を行う形態も計画中である。

本研究では、この設定下で知的インタフェースとしてのロボットが有すべき諸機能の検討を行っている。たとえば、1 章にて述べたようにジェネレーションギャップのサポートは重要な要件のひとつである。シニアと子どものコミュニケーションは、用いられる語彙から話し方まで様々な違いがある。そして時としてこれらの違いがスムーズなコミュニケーションを阻害する要因になっている。そこで本研究では、仲介者であるロボットにそう

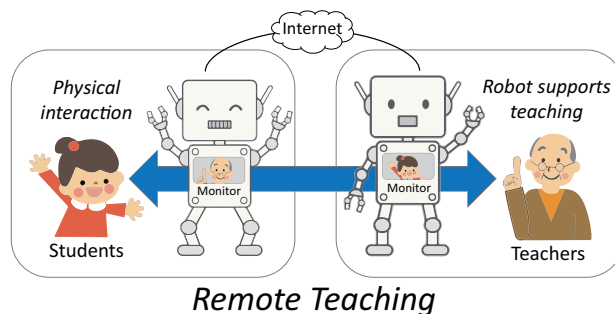


図3 双方向型テレプレゼンスロボットを用いた、世代をつなぐ知的インタフェースの一例。インターネットに常時接続されているロボットは、子どもとシニアのコミュニケーションでジェネレーションギャップの要因となりそうな発話内容を検出し、適宜補足情報付与を行いながらコミュニケーションの円滑化をサポートする。また、ロボットの身体的特徴を活かした物理的相互作用をとることによって、より質の高い遠隔コミュニケーションを支援する。本研究ではシニアによる遠隔模擬授業の設定下でこうした知的インタフェースの要件調査・開発を進めている。

したギャップを検出・緩和させる機能を開発中である。たとえば、片方にとって聞き慣れない語彙の使用が検出されると、ロボットはインターネットからその語彙理解の助けとなる情報（画像やテキスト）を抽出し、聞き手側のモニターに補足情報として提示する。

また、とくに若年児童の場合、モニター画面に向かって座って聞いているだけの授業形態は好ましくない場合が多い。テレビ会議による英会話授業においても、生徒がしばしば硬直化して無口になってしまうことが報告されている [Tanaka 14]。そして一方的な授業配信は、生徒が飽きやすいことも予想される。近年、こうした遠隔コミュニケーションにおいて、物理的相互作用の導入が効果的であることが報告されている [Yamazaki 13, Tanaka 14, Nakanishi 14]。物理的相互作用の代表例としては、物の受け渡しやハイタッチ、握手などがあり、物理エージェントであるロボットの特徴が活かしやすい。そこで本研究では、こうした物理的相互作用のきっかけを自動認識し、ハイタッチなどを行う機能を開発中である。

その他、フィールド実験で課題として挙っているものにロボットカメラの自動制御がある。前述のようにロボットが教室内部を回覧するようなユースケースにおいては、シニア側に遠隔制御の権限をもたせることが期待できる。しかし、ロボットが自律動作すべき場面においては、ロボットカメラの自動視点制御が必要であり、研究すべき課題が多い。折り紙など紙工作のユースケースにおいては、双方の発話や手の動きに応じてカメラ視点を自動的にスイッチングする機能を開発中である。

## 4. ま と め

2 章にて説明した高齢者クラウドプロジェクトを起点として、全国各地のアクティブなシニアのコミュニティ





図 4 川崎市の自宅（上写真）とつくば市の学校（下写真）をつないだフィールド実験の様子。ここでは川崎サイドのシニアに折り紙の遠隔模擬授業を行っていただいた。双方はロボットを通じてコミュニケーションを行う。この設定において、双方のコミュニケーションを円滑化させる知的インタフェースとしてのロボットの諸機能を研究している。

と研究者のつながりが産まれている。3 章にて紹介した遠隔模擬授業の試みもその一例であり、「新老人の会」[新老人の会 URL] のコミュニティであるスマートシニアアソシエーション (SSA) の御協力によって実現された活動である。このようにアクティブなシニアの活動は今後社会の様々な場面において増えていくことであろう。世代をつなぐ知的インタフェースの研究は、そうした具体的なユースケースと共に行われていくべきである。

遠隔授業のユースケースについては、じつはすでに小中学校の総合学習の時間などにおいてニーズが存在する。3 章のフィールド実験で御協力いただいている学校でも、地元のシニアを招いて行う授業が行われているが、ここでテレプレゼンス等の技術によって移動負担を軽減することができれば大きなメリットとなる。現在、こうした遠隔授業を一回きりで終わらず継続的に行うことを目指した再設計が始まっている。

本稿のトピックと関連して、人工知能学会全国大会において 2015 年からオーガナイズドセッションを開催している。2016 年の開催においては SSA の牧壮代表にも登壇いただく予定であり、大学や企業など各方面・異分野からの研究者を交えた議論が行われ、各プロジェクトの最新成果報告も行われる予定である。

## 謝 辞

本研究の一部は JSPS 科研費・基盤研究 (A) 「子どもと高齢者の教育的コミュニケーションを支援するロボットインタフェース (課題番号 15H01708)」および (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) の助成を受けて行われたものです。

## ◇ 参 考 文 献 ◇

- [Hiyama 14] Atsushi Hiyama, Masatomo Kobayashi, Hironobu Takagi, and Michitaka Hirose.: Mosaic: Collaborative Ways for Older Adults to Use Their Expertise through Information Technologies, *ACM SIGACCESS Newsletter*, Issue 110, pp.26–33, (2014).
- [田中 09] 田中 千晶, 檜山 敦, 岸 啓補, 安藤 真, 谷川 智洋, 廣瀬 通孝.: 展示鑑賞における空間利用を考慮した半自律遠隔ギャラリートークシステム, *日本バーチャルリアリティ学会論文誌*, Vol.14(3), pp.295–304, (2009).
- [小杉 15] 小杉 晋央.: テレプレゼンスロボットを活用した高齢者間の遠隔 ICT 講習, 第 29 回人工知能学会全国大会, 公立はこだて未来大学, (2015).
- [Okamura 16] Erina Okamura and Fumihide Tanaka.: A Pilot Study about Remote Teaching by Elderly People to Children over a Two-way Telepresence Robot System, *Proceedings of the 2016 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts*, in press, (2016).
- [Tanaka 14] Fumihide Tanaka, Toshimitsu Takahashi, Shizuko Matsuzoe, Nao Tazawa, and Masahiko Morita.: Telepresence Robot Helps Children in Communicating with Teachers Who Speak a Different Language, *Proceedings of the 2014 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, pp.399–406, (2014).
- [Yamazaki 13] Ryuji Yamazaki, Shuichi Nishio, Kohei Ogawa, Kohei Matsumura, Takashi Minato, Hiroshi Ishiguro, Tsutomu Fujinami, and Masaru Nishikawa.: Promoting Socialization of Schoolchildren Using a Teleoperated Android: An Interaction Study, *International Journal of Humanoid Robotics*, Vol.10(1), pp.1350007(1-25), (2013).
- [Nakanishi 14] Hideyuki Nakanishi, Kazuaki Tanaka, and Yuya Wada.: Remote Handshaking: Touch Enhances Video-mediated Social Telepresence, *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pp.2143–2152, (2014).
- [新老人の会 URL] <http://www.shinrojin.com/>

[担当委員: ××○○]

19YY 年 MM 月 DD 日 受理

## —— 著 者 紹 介 ——

### 田中 文英(正会員)

2003 年 東工大 博士課程修了。博士 (工学)。ソニー (株) 及びソニー・インテリジェンス・ダイナミクス研究所 (株), University of California, San Diego, 東京大学を経て, 現在, 筑波大学 システム情報系 准教授。ソーシャルロボティクス, HRI, 発達学習などの研究に従事。2001 年 人工知能学会全国大会優秀賞, 2005 年 IEEE 国際会議 RO-MAN Best Paper Award など受賞。

### 檜山 敦

2006 年 東京大学 博士課程修了。博士 (工学)。東京大学 先端科学技術研究センター 特任助手, 同大学院情報理工学系研究科 IRT 研究機構 特任助教を経て, 現在, 東京大学 大学院 情報理工学系研究科 特任講師。ヒューマンインタフェースに関する研究に従事。2005 年 Laval Virtual Trophy など受賞。