



コミュニケーションロボティクス —生活工学のためのつかむ・つたえる・つなぐ技術—



神奈川工科大学 創造工学部ホームエレクトロニクス開発学科
やまざき よういち
山崎 洋一

1. はじめに

AI、IoTの普及により住まいをはじめとする生活環境が日々高度化している中で、政府は今後、日本が目指す社会をSociety5.0と位置付けている。Society5.0は、2016年の第5期科学技術基本計画において「サイバー空間（仮想空間）とフィジカル空間（現実空間）を高度に融合させたシステムにより、経済発展と社会的課題の解決を両立する人間中心の社会」として提唱された^[1]。続く2021年の第6期科学技術・イノベーション基本計画では、国内外の急激な情勢変化や一人ひとりの多様な幸せを追求することの重要性を強調し、Society5.0が目指す社会像を「直面する脅威や先の見えない不確実な状況に対し、持続可能性と強靱性を備え、国民の安全と安心を確保するとともに、一人ひとりが多様な幸せ（wellbeing）を実現できる社会」と、まとめている^[2]。

これを実現するには、社会のあらゆる場所で、その場面、人に応じたきめ細やかなサービスを受けられることが求められる。そのために必要になるのは、社会において人とシステム、人と場所、人と人を結びつけ生活を豊かにするための技術であり、ICT、AI、IoT、バーチャルリアリティ（VR）に加え、ヒューマンインタフェースの技術が中心的な役割を果たすことになる。筆者が所属する神奈川工科大学ホームエレクトロニクス開発学科では、暮らし、社会環境、教育の三要素を根幹とし、人の営みにかかわる諸問題を工学と結びつける生活工学（Life Tech）分野の研究開発に取り組んでいる。本稿では、それらの中からコミュニケーション

ロボティクス研究室で取り組んでいる、人の豊かな生活を実現するための研究事例として、人を理解する「つかむ」技術、人に感情を含む意図を示す「つたえる」技術、ロボットを通して人と人とを結びつける「つなぐ」技術の三要素を含む技術について、企業との連携事例を含めて示していく。図1につかむ・つたえる・つなぐの三要素の各応用例を示す。

2. 生活工学のためのコミュニケーションロボティクス

ICT、AI、IoTシステムが高度化し普及したことにより、ロボットがシステムのインタフェースとして活躍することが期待されている。このようなロボットが生活空間で人と共存するには、発話などの明示的なコミュニケーションに加え、親しみやすさなどを含む非言語的な振る舞いが重要になり、またそれらには一般の通信規格に類するような共通のルールが必要になる^[3]。コミュニケーションロボティクスとは、人と接する、人に情報を伝えるロボットのための振る舞いや表現の共通様式を研究する分野である。コミュニケーションロボティクス研究室では、感情表出をはじめとする非言語表出技術に着目したロボットシステムの開発を通して、人に伝わるロボットの動き、表現技術、システムのためのさりげない情報伝達技術を開発している。

その中で、人の豊かな生活を実現するための要素技術として次の三つの技術課題を見出した。第一に、人という感情をはじめとするあいまいさを含む対象をシステムに取り入れるため情報技術が課題となる。既に個人の感情認識技術は汎用化されており、今後は複数人の対象の情報から状況を判断する枠組み、技術が必要になる。第二に、人への情報の提示の仕方が課題となる。スマートハウスを例に挙げると、システムが人に合わせて自動的に家電制御すると同時に、スマートハウスが計画している行動を、煩わしさを感じさせない形で人にさりげなく提示することが求められる。第三に、ネットワークを介して人と人、人と空間をつなぐ技術が課題となる。生活環境全体がネットワーク全体につながるようになり、ビデオ通話やメール以上の通信体験が得られる環境が整う中、インターネットを介した新しい体験やライフスタイルを提供できる可能性がある。



■ 図1. 人の豊かな生活を実現するためのつかむ・つたえる・つなぐ技術とその応用例

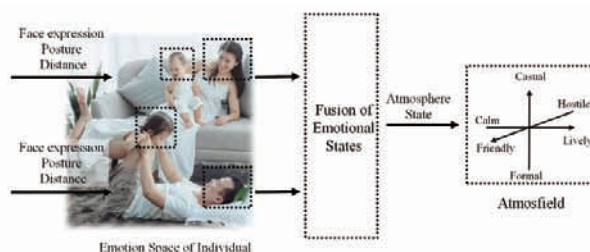
以上の課題を解決する技術として、本稿では、人を理解する「つかむ」技術、人に感情を含む意図を示す「つたえる」技術及びロボットを通して人と人をつなぐ「つなぐ」技術の三要素を含む技術開発について、次章以降で示していく。また近年のAI技術の急速な普及によりこれまで基礎的な技術の積み重ねが実生活空間への実装につながり、企業との実証研究事例が増えている。これらについても併せて紹介する。

3. 人を把握する「つかむ」技術

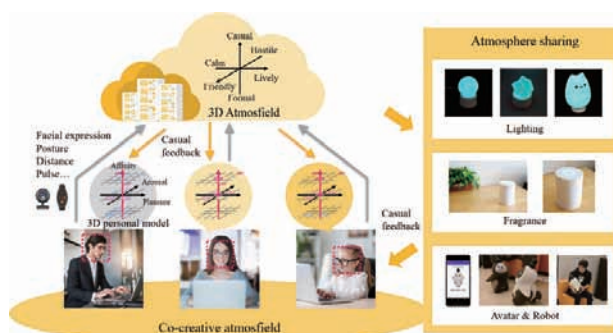
IoTが普及する中で住宅のスマートハウス化が急速に進み、住空間のセンサや家電製品がネットワークにつながり、相互に利用可能になってきている。このような環境では、各家電製品は住環境を制御するためのアクチュエータとみなすことができ、温度、湿度といった物理量に起因する表面的な快適性のみならず、その場にいる人の雰囲気といった心理的な特徴量に対しても働きかけることができるようになる。そのためには、人というあいまいさを含む対象をシステムに取り入れるための情報技術と、環境に応じた実応用のためのノウハウが不可欠になる。本章では、住宅の中で人を把握し、状況を把握する技術として、雰囲気認識技術を紹介する。

個人の感情を認識する技術は既に一般化しており、言語によるものだけでなく、音声韻律情報、画像情報、生体情報など、様々なアプローチが実用化されている。一方で、複数人の感情がつくるその場の雰囲気を定量的に把握するためには、別の理論的枠組みが必要になる。本稿で示す雰囲気の定量化手法では、既に汎用化されている感情認識技術を利用し、複数人の感情情報からその場の雰囲気を計算するボトムアップ型アプローチをとる。個人の感情モデルには親和型快—覚醒空間を用い^[4]、複数人の感情情報を大西ら^[5]の手法を用いて友好、活発、気楽の3軸を持つ雰囲気場に変換する。リビングにおける雰囲気認識システムの概略を図2に示す。なお汎用的な感情情報を感情モデルに落とし込む際には、環境状況に応じた定式化が必要になり、これが独自のノウハウとなり得る。

これまでに本技術を応用し、ゲーム機器をセンサとし家電と連携して子どもを見守るスマートリビング^[6]、TV番組視聴時に雰囲気を和ませるスマート家電、スマートロボット等を開発している^[7] ^[8]。また、本技術は遠隔地で人をつなぐ技術にも応用可能であり、テレワークやオンライン授業で人をつなぐ雰囲気共有システムを開発している (図3)。



■ 図2. 個人の感情認識を用いたリビングにおける雰囲気認識システムの概要



■ 図3. テレワーク・オンライン学習における共創的雰囲気場と遠隔雰囲気共有

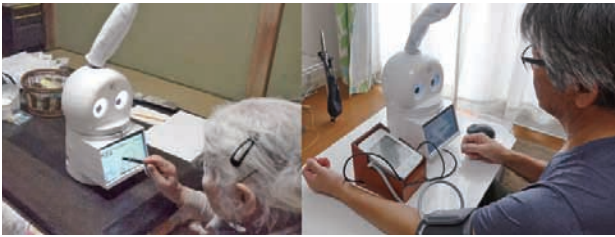
4. 人に「つたえる」ためのさりげない非言語表出技術

Society 5.0で求められるような状況や人に応じたサービスを実現するには、きめ細やかな情報提示が必要になる。一方で、過度な情報伝達は人に煩わしさを感じさせてしまう。この問題を解決するためには、人に提示する情報を精査し必要最低限にすることとともに、人に情報提示する際に煩わしさを感じさせないような親しみやすさ、さりげなさが必要になる。本章では、非言語表出技術に着目した親しみやすい情報提示、さりげない情報提示について事例を紹介する。

4.1 親しみやすい情報提示

人に情報を提示するシステムにおいて、親しみやすさは重要な要素である。情報を簡潔に示すだけでなく、親しみやすさを付与することにより人の情報の理解度や記憶力に影響を与えることができる^[9]。親しみやすさには特に感情的な要素が重要になる。本節では、高齢者の日常生活における継続的なフレイルケアを支援する、在宅高齢者向けフレイルケアロボットAHOBOを紹介する (図4)^[10]。

フレイルとは加齢による様々な機能変化や能力低下であ



■ 図4. AHOBOによる認知トレーニング (左) と健康サポート (右) の風景

り、フレイルを防ぐこと、すなわちフレイルケアが高齢者の病気や家庭内の事故を防ぐことにつながる。フレイルケアには、日常生活の中での継続的なサポートが必要であり、そのためのロボットとしてAHOBOを開発した。AHOBOは、触角と目により感情を表す卓上型のコミュニケーションロボットで、身体的健康と認知予防の両面から高齢者の生活をサポートするための2種類の支援システムが実装されている。身体的なフレイルケアについては、AHOBOによる血圧測定の支援システムを、心理的なフレイルケアとしては、認知トレーニングに効果があるレクリエーション機能を実装している。

4.2 さりげない情報提示

人に情報を提示する際、過度な情報提示は人に煩わしさを感じさせてしまう。そのため、最小限の情報をさりげない形で提示する必要がある。特に、歩行や運転などの移動行動中は、過度な情報提示には危険が伴うため、安全に配慮した情報伝達手法が必要になる。本節では、メガネ型デバイス「雰囲気メガネ」を用いた移動行動時のさりげない情報提示手法について紹介する。

雰囲気メガネは、株式会社なまめがねによって開発されたフルカラーLEDと小型スピーカを搭載したメガネ型情報端末であり、スマートフォンと連動した情報を、LEDの点灯・点滅と音を用いて直観的な形で提示することができる^[11]。雰囲気メガネの発光例を図5に示す。メガネのフレームに内蔵されたフルカラーLEDが点灯することにより、レンズ全体が発光し、情報を通知することができる。

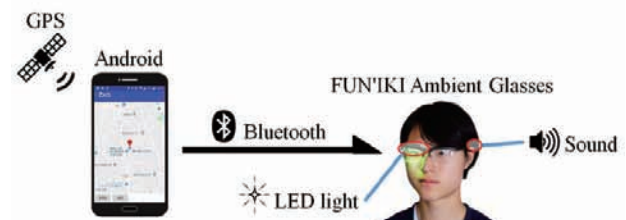
雰囲気メガネのメリットとして、(1) 作業中に視線を動か



■ 図5. 雰囲気メガネ



■ 図6. 雰囲気メガネによる自転車運転状況の提示



■ 図7. 雰囲気メガネによるナビゲーションシステム

すことなく情報を確認でき、(2) 提示情報が視界を遮ることなく、(3) 色と音という認知負荷が低い直観的な情報提示が実現でき、(4) 装着者への情報通知と同時に、周囲へも情報提示が可能になることが挙げられる。これは、外界に対して一定の注意が必要な歩行や運転などの移動行動の際には、文字が表示されるタイプのスマートグラスよりも認知負荷が低く、適しているといえる。これまでに雰囲気メガネを用い、自転車運転における状況の可視化^[12]や、歩行、ランニング時の地図案内等を実装している^[13]。

5. 人と人を「つなぐ」技術

生活環境全体がネットワーク全体につながるようになり、ビデオ通話やメール以上の通信体験が得られる環境が整う中、インターネットを介した新しい体験やライフスタイルを提供できる可能性がある。日本発の破壊的イノベーションの創出を目指し推進されているムーンショット型研究開発制度では、目標1「2050年までに、人が身体、脳、空間、時間の制約から解放された社会を実現」の中で、誰もが多様な社会活動に参画できるサイバネティック・アバター基盤の実現をターゲットとしている^[14]。具体的には、ロボットやバーチャルのアバターといったサイバネティック・アバターを「自分のもう一つの身体」として遠隔操作することにより、社会活動の機会や可能性を押し広げることを目指してい

る。これには、2章で示したような人と人、人と空間をつなぐ技術が必要であり、その一例として3章でテレワークやオンライン授業で雰囲気共有する技術について紹介した。本章では、つなぐ技術の別の事例として筆者らと連携してオリイ研究所が進めている分身ロボット (Avatar robot) による遠隔就労、Avatar workと分身ロボットカフェにおける実証実験について示す。

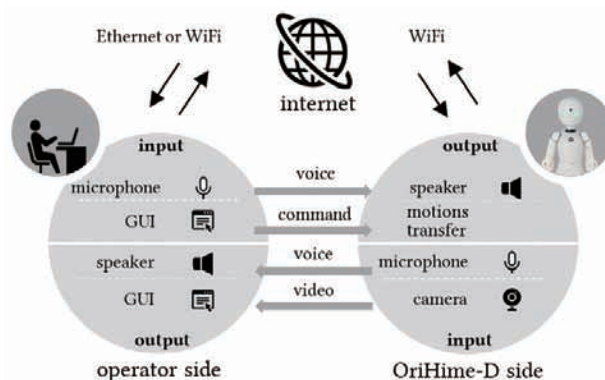
人の代わりとしてインターネット経由で遠隔地から操作するロボットは、テレプレゼンスロボットと呼ばれている。テレプレゼンスロボットには、例えばnewme (avatarin株式会社)^[15]のようなディスプレイと移動ロボットを組み合わせたコミュニケーション重視型や、人に近い形で存在感を重視したものなど、様々なタイプが開発されている。

テレプレゼンスロボットは、人が空間を越えて瞬時に移動するというライフスタイルを可能にするだけでなく、人の身体能力を拡張してくれる可能性を持っている。これは、特に障害者にとっては非常に大きな意味を持つ。オリイ研究所では、テクノロジーで孤独を解消することをミッションとし、障害によりコミュニケーションを諦めていた人がインターネットを通して外出し、人とコミュニケーションをとることができる分身ロボットを開発している^[16]。分身ロボットには卓上型のOriHime (図8) と、自走可能なOriHime-D (図9) の2種類がある。どちらのタイプのOriHimeにもカメラ、マイク、スピーカが搭載されており、PCやタブレット、スマートフォン上のアプリケーションからインターネット経由で操作することができる (図10)。マウスやタブレットでの入力に加え、視線入力による意思伝達装置 (OriHime eye+Switch) による入力も用意している。学校や会社にOriHimeを用意すれば、外出が困難な障害者でも家や病院に居ながら就学や就業等の社会参加が可能となる。

オリイ研究所では、外出困難者が家や病院からOriHime



■ 図9. OriHime-D



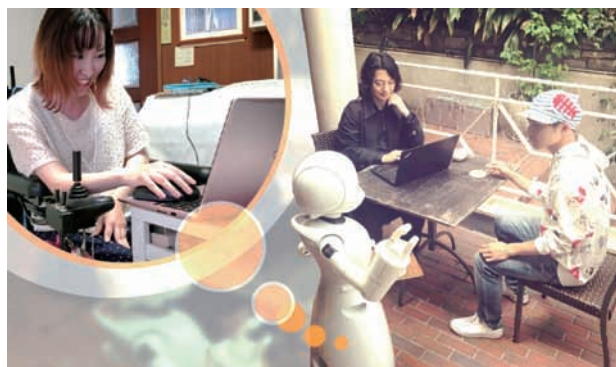
■ 図10. OriHime-Dの操作システム

により遠隔就労できるシステムをアバターワーク (Avatar work) として提案し、その社会実装実験としてアバターワークのためのカフェ空間である分身ロボットカフェ DAWN ver.βを運営している^[17]。分身ロボットカフェ DAWN ver.βのコンセプト図を図11に示す。分身ロボットカフェ DAWN ver.βは、2018年11月に期間限定の実験店舗として開始し、各地での実証実験を経て、2021年6月より東京日本橋にて常設実験店として営業している。

分身ロボットカフェにおける就労では、外出困難者である従業員 (パイロット) がOriHime及びOriHime-Dを遠隔



■ 図8. OriHime



■ 図11. 分身ロボットカフェのコンセプト図



操作しサービスを提供している。OriHimeではオーダーを取るなどの席での接客を、OriHime-Dでは飲み物の配膳などの物理的な移動を伴う接客業務を担当している。

分身ロボットの重要なメリットの一つは、物理的なロボットを用いることによりその場の体験を他の人と共有することにある。分身ロボットを通してロボットの前にいる人と体験を共有することにより、遠隔地からでもリアルに、まるでその場にいるかのように感じることができる。これまでの研究では、分身ロボットカフェでの就労がパイロットの精神的充実につながり、社会参加を求める多様な障害者に適したものであることを確認している^[18]。分身ロボットカフェのように、障害者の身体能力を拡張する分身ロボットと、分身ロボットが遍在する社会を創ることにより、たとえ寝たきりになっても様々な活動に参加できる社会が実現できると考えている。

6. おわりに

本稿では、人の豊かな生活を実現するためのコミュニケーションロボティクスの研究事例として、人を理解する「つかむ」技術、人に意図を親しみやすく、さりげない形で示す「つたえる」技術、ロボットを通して人と人とを結びつける「つなぐ」技術の三要素について、企業との連携事例を含めて紹介した。これらの技術は、我が国が目指す一人ひとりが多様な幸せ (wellbeing) を実現できる社会の実現に資するものである。

参考文献

- [1] 内閣府, “第5期科学技術基本計画”, 2016.
- [2] 内閣府, “第6期科学技術・イノベーション基本計画”, 2021.
- [3] 山崎洋一, 畠山豊, 延原肇, 廣田薫, “マスコットロボットシステムにおける眼球ロボットの提案”, 信学技報IEICE Technical Report SIS 2005-70 (2006-03), pp.61-64, 2006.
- [4] Yoichi Yamazaki, Yutaka Hatakeyama, et al., “Fuzzy Inference based Mentality Expression for Eye Robot in Affinity Pleasure-Arousal Space,” *Journal of Advanced Computational Intelligence and Intelligent Informatics (JACIII)*, Vol.12 No.3, pp.304-313, 2008
- [5] 大西 一貫, 安達 洋次郎, 山崎 洋一, 董 芳艶, 廣田 薫, “親和型快一覚醒空間から雰囲気場への変換関数の提案”, 第28回ファジィシステムシンポジウム講演論文集, pp.904-909 (TL2-1), 2012.9
- [6] Yoichi Yamazaki, Takuya Hayama, Masanobu Nakamura, Wataru Kutsuzawa, Kazuaki Takeuchi and Masao Isshiki, “Home Atmosphere Visualization Based on Motion Sensing in Smart Living Room”, *Proc. of 2020 IEEE 2nd Global Conference on Life Sciences and Technologies (LifeTech)*, pp.280-281, Mar. 2020
- [7] 佐藤直希, 武内一晃, 一色正男, 山崎洋一, “雰囲気推定を用いたロボットによる自発的行動を促す目配せ表出,” *情報処理学会第79回全国大会論文集*, pp.3-509-510 (7V-06), 2017.3
- [8] Yoichi Yamazaki, Takuya Shinkai, and Masao Isshiki, “Smart Robot based on Web Resource with Friendly Communication and Its Application to Library Guide,” *Proc. of International Workshop on Informatics 2017 (IWIN2017)*, pp.249-253, Sept. 2017.
- [9] Yoichi Yamazaki, Yasutaka Yoshida, Makoto Motoki, Takuya Hashimoto, Yutaka Hatakeyama, Fangyan Dong, and Kaoru Hirota, “Qualitative Expression using AHOGE for Smart Meter and Appliances in Home Energy Management System,” *Proc. of the 2011 IFSA World Congress and the 2011 AFSS (IFSA-AFSS 2011)*, RW-101, Jun.2011.
- [10] Yoichi Yamazaki, Masayuki Ishii, Takahiro Ito, and Takuya Hashimoto, “Frailty Care Robot for Elderly and its Application for Physical and Psychological Support,” *J. Adv. Comput. Intell. Intell. Inform.*, Vol.25, No.6, pp. 944-952, 2021. DOI : 10.20965/jaciii.2021.p0944
- [11] 雰囲気メガネ (株式会社なまえめがね) <http://fun-iki.com/>
- [12] 杵澤渉, 山崎洋一, 白鳥啓, 多根周作, 河村和典, “メガネ型情報端末「雰囲気メガネ」のLED光色を用いた自転車運転状況の可視化,” *HCGシンポジウム2017論文集*, HCG2017-B-4-3, 2017.12
- [13] Takumi Ishikawa and Yoichi Yamazaki, “Distracted Walking Accident Prevention by LED Color and Sound of Glasses-type Wearable Devices,” *2020 IEEE International Conference on Consumer Electronics (ICCE)*, Las Vegas, NV, USA, 2020, pp. 1-2, doi: 10.1109/ICCE46568.2020.9043080.
- [14] 内閣府, “ムーンショット型研究開発制度”, <https://www8.cao.go.jp/cstp/moonshot/>
- [15] newme (avatarin株式会社), <https://about.avatarin.com/>
- [16] OriHime (株式会社オリイ研究所), <https://orihime.orylab.com/>
- [17] 分身ロボットカフェ「DAWN」Ver.β (株式会社オリイ研究所), <https://dawn2021.orylab.com/>
- [18] Kazuaki Takeuchi, Yoichi Yamazaki and Kentaro Yoshifuji, “Avatar Work : Telework for Disabled People Unable to Go Outside by Using Avatar Robots “OriHime-D” and Its Verification”. In *Proceedings of the 2020 ACM/IEEE International Conference on Human Robot Interaction (HRI'20)*, March 23 26, 2020, Cambridge, UK. ACM, New York, NY, USA 8 pages. <https://doi.org/10.1145/3371382.3380737>