京都工芸繊維大学

氏　　名	たかはし　ともみ **髙橋　ともみ**
学位(専攻分野)	博　士（工学）
学位記番号	博甲第 1046 号
学位授与の日付	令和 4 年 3 月 25 日
学位授与の要件	学位規則第 4 条第 1 項該当
研究科・専攻	工芸科学研究科　設計工学専攻
学位論文題目	**人とのパートナー関係構築のためのエージェントへの社会性付与**
審査委員	(主査)教授　岡　夏樹 教授　寶珍輝尚 教授　澁谷　雄

論文内容の要旨

エージェントは現状では人に使われる道具のような存在であるが，人と対等で親密な存在となることが望ましい．そのような存在であればユーザが自然に積極的にエージェントに話しかけるようになり，ユーザ固有の情報を収集しやすくより個人に適したサービスを提供出来たり，一人暮らしの孤独感の効果的な低減といった感情面でのサポートをしやすくなったりといった利点が考えられる．また，内閣府のムーンショット目標においても“人生に寄り添って一緒に成長する AI ロボットを開発する”ことが目指されている．本論文では「人と同等に社会的な存在として見做され，人と共生する親密な相手となり得るエージェント」をパートナーエージェントと呼ぶこととし，その実現に有効な要素技術を提案・検証した結果について述べる．

本研究ではパートナーエージェントの実現のための重要な課題として，エージェントの社会的存在感の低さに注目した．社会的存在感とは人がエージェントから人間のような性質を感じ取る度合いのことである．エージェントは社会的に接されにくいことが知られており，エージェントへ話しかけることに抵抗感を覚えたり，街中で販売員ロボットが話しかけていても無視されてしまったりすることから，エージェントは未だ「モノ」としての側面が強いことが伺える．

社会的存在感を向上させるため，本研究ではエージェントに人間の持つ社会性を付与することを目指した．具体的には，研究 1：場面に応じた適切な感情表現，研究 2：対話における主導権の交代，研究 3：協働時の気遣い―の 3 つの要素を対象に研究を行った．既存研究の中にはエージェントを提示する際に CG エージェントではなく物理的な体を持つロボットを用いたり，ロボットの外見を人間に酷似させたりといった取り組みも存在するが，本研究ではエージェントの提示方法や外見を変更することなく対象のエージェントに機能付与できる手法を狙った．また，人間の忠実な再現だけでなく人間とは異なる表現方法の導入も図った．

研究 1 では，まず，平坦な合成音声に表情を加えることによる効果を検証する実験を行った．その結果，エージェントの発話内容が肯定的／否定的の 2 通りに解釈され得る場合に平坦な合成音声では伝達される感情が一意に定まらないのに対し，表情を付与することで平坦な合成音声であってもエージェントの感情を適切に伝えられることを明らかにした．また，表情が付与されるこ

とでエージェントの人間らしさが向上する傾向も見られた．しかしながら，スマートスピーカや車に搭載された音声アシスタント等，視覚情報が使用できない場面も存在する．そこで次に，そのような場面でも利用可能な聴覚情報のみ用いた感情表現として，感情を表す音楽を合成音声に付与するという音楽的感情表現を提案し，有効性を検証する実験を行った．その結果，提案手法は合成音声が平坦／感情的のいずれであっても，感情伝達，人間らしさ，話しかけやすさを向上させることを明らかにした．また，音楽的感情表現の自動生成にも取り組んだ．
研究 2 では，対話中の主導権の偏りに着目した．主導権の偏りが大きいと，一方的な印象を与えてしまったり，対話を機械的に感じて対話意欲を失ってしまったりすることが懸念される．そこで，主導権を相手に応じて適応的に切り替える適応混合主導対話を提案した．対話破綻を防ぐため選択肢式の対話とし，選択肢に割り振った主導権に関する属性と対話中のユーザからの評価を元に強化学習を行うことでユーザに適応させた．対話実験の結果，提案手法は一方的な印象を緩和し，対話意欲を維持できることを示した．
研究 3 では，人がロボットを操作する場面における操作者とロボット間のパートナー関係の構築に着目した．人が遠隔操作ロボットを介して接客を行う場面を想定し，ロボットが操作者への気遣いを示すことで操作者が操作対象のロボットを社会的な他者として見做すことが可能かを検証するための実証実験を行った．その結果，提案手法はロボットが意思や共感能力を持っているような印象や生き物らしい印象を強化するとともに，心強さも向上させる傾向が見られ，協働感覚についても高いスコアが得られたことから，社会的な他者として見做され得ることが示された．
これらの効果はいずれもエージェントを社会的に接してもらえる存在へと近づけるものであり，本研究を通してエージェントの社会的存在感を向上させパートナーエージェントを実現するための基本的な要素技術を構築できた．

論文審査の結果の要旨

申請者は，人とパートナー関係を構築できるエージェントの実現を目指す上で不可欠となる「エージェントへの社会性付与」に着目し、3 つの基本技術の開発を行った．社会性とは集団をつくって生活しようとする人の根本性質であり，エージェントが日常生活の中で受容され人に寄り添って成長していく世界を実現するためには，社会性付与は避けて通れない課題である．したがって，申請者が本研究で提案した基本技術の意義や効果は極めて大きい．

申請者は，まず，感情を表す音楽を合成音声に重畳するという斬新な感情表現を提案した．これは，人に似せることで社会的に受け入れられるようにしようという通常の考え方と一線を画すもので，申請者の豊かな発想に基づく極めて独自性が高い研究成果として高く評価できる．緻密な評価実験により，提案手法が感情伝達，人間らしさ，話しかけやすさを向上させることを明らかにした．

次に申請者は，対話の主導権を相手に合わせて適応的に切り替えることができるエージェントを開発した．主導権を適切にとれるとはどういうことでそれをいかに実現するかは，現在の人工知能研究の最大の課題の一つであり，未解決の問題であるが，申請者はそこに果敢に切り込み，極めて限定された設定の中ではあるが一つの解を示した．対話実験を実施し，提案手法により一

方的な印象が緩和され，対話意欲が維持されることを示した．

申請者はさらに，遠隔操作ロボットにおける操作者とロボットの関係構築に新しい視点を持ち込んだ．ロボットを介しての接客場面を想定しており，ロボットが操作者に対する気遣いを示すことで，接客ストレスが緩和される世界が将来実現することを期待できる成果となっている．

以上の結果から，本論文は，開発した 3 つの技術を用いてエージェントに社会性を付与できることを多角的に示している．将来のエージェントの本格的な普及に必要な基礎技術を提案し，その有効性を実験的に検証したという点で，本研究内容は高く評価できる．

なお，本論文の内容は，レフェリーによる審査を経た 2 編の学術雑誌論文[1,2]，3 編の国際会議論文[3,4,5]を基に構成されており，これらの論文はいずれも申請者が筆頭著者である．

[1] 髙橋ともみ，田中一晶，岡夏樹，プレイヤ適応型混合主導による NPC との対話意欲の維持，人工知能学会論文誌, Vol.35, No.1, pp.DSI-A_1-10, 2020.

[2] 髙橋ともみ，田中一晶，小林賢一郎，岡夏樹，対話エージェントの合成音声への視覚的／音楽的感情表現付与による人間らしさの強化，ヒューマンインタフェース学会論文誌，Vol.22，No.3，pp.305-316, 2020.

[3] Tomomi Takahashi, Kazuaki Tanaka, and Natsuki Oka. Adaptive Mixed-Initiative Dialog Motivates a Game Player to Talk with an NPC. Proceedings of the 6th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI '18). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp.153-160, 2018.

[4] Tomomi Takahashi, Kazuaki Tanaka, Kenichiro Kobayashi, and Natsuki Oka. Melodic Emotional Expression Increases Ease of Talking to Spoken Dialog Agents. Proceedings of the 9th International Conference on Human-Agent Interaction (HAI '21). Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, pp.84-92, 2021.

[5] Tomomi Takahashi, Sichao Song, Jun Baba, Junya Nakanishi, Yuichiro Yoshikawa, Hiroshi Ishiguro. Can an Empathetic Teleoperated Robot Be a Working Mate that Supports Operator's Mentality? Proceedings of the 2022 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI '22). (to appear).