

氏名	鈴木 亮太
博士の専攻分野の名称	博士（工学）
学位記号番号	博理工甲第 1018 号
学位授与年月日	平成 28 年 3 月 24 日
学位授与の条件	学位規則第 4 条第 1 項該当
学位論文題目	グループコミュニケーションの解明に基づく複数ロボット車椅子
論文審査委員	委員長 教授 久野 義徳 委員 准教授 小林 貴訓 委員 准教授 小室 孝 委員 教授 島村 徹也

論文の内容の要旨

車椅子の潜在的需要の増加にともない、多くのロボット車椅子が研究されている。それらの研究のほとんどは、手を使わない操作や障害物にぶつからないように支援するといった、搭乗者による車椅子操作を支援するためのものである。もちろん、車椅子利用者が独力でどこにでも移動できる社会の到来が望まれるが、実際には、車椅子を利用する際には介護士や家族といった同伴者と移動することが多いことから、同伴者も考慮した車椅子システムの需要があると考えられる。

高齢者介護施設では、「話しかけ」が心身の健康維持に重要であることから、施設利用者とのコミュニケーションを重要視している。一方で、高齢者介護施設では人手不足により一人の介護士が複数の車椅子を移動させざるを得ない状況がある。このような状況では、「話しかけ」が行いにくく、十分心配りのあるケアが行えないという。そこで、本稿では、複数のロボット車椅子と複数の同伴者がグループで移動する場合に着目して、同伴者に自動追従するロボット車椅子を拡張した、グループコミュニケーションに配慮した複数ロボット車椅子システムを提案する。

まず、コミュニケーションに適切なフォーメーションを導くため、社会学のエスノメソドロロジーの手法を用いて、同伴者と車椅子利用者の移動グループ内のコミュニケーションを観察・分析した。一人の同伴者が一台の車椅子を付近で遠隔操作しながら共に移動した場合、会話が必要な場合には、同伴者は操作負荷があったとしても車椅子の横の位置を維持して移動しようとする様子が見られた。同場面の社会的な分析では、視線を交わすことで会話を円滑に始める事ができる事を解明した。また、一人の同伴者が自動で動く一台の車椅子の前および後ろの位置で共に移動した場合、同伴者・車椅子利用者ともに相手が見える位置で動く位置関係を支持した。さらに、複数車椅子が自動で移動したとき、車椅子同士を進行方向に対して横・斜めに並べた場合は、同伴者がそれぞれグループ内での位置を適切に調整し、また身体をひねることで会話を発生させることができたのに対し、車椅子を縦に並べた場合、移動グループ全体での会話が発生しなかった。これらのことから、車椅子同士が縦一列に並ぶようなコミュニケーションを阻害するフォーメーションを避け、横や斜めのフォーメーションを維持して移動させるべきであることが判明した。

次に、社会的な分析の結果から、複数車椅子間のフォーメーションを維持しつつ同伴者と協調移動する複数ロボット車椅子システムを開発した。環境に設置したレーザ測域センサにより、複数の同伴者の身

体の位置と向きを実時間で追跡する。車載センサではなく複数の環境設置センサを利用することで、同伴者同士による遮蔽の少ない観測が得られる。さらに、実時間での複数同伴者の詳細な追跡を実現するため、GPGPU(General-Purpose computing on Graphics Processing Units)により処理を高速化し、追跡可能な人数の拡張に成功した。また、環境中の同伴者と歩行者を識別するため、グループ識別手法を導入し、同伴者の自動識別をする。速度や身体の向きの情報から5つの特徴量を計算し、SVM(Support Vector Machine)による識別器により車椅子と付近の人物が一緒に移動しているかどうかを判別する。さらに、あらかじめ作成した環境地図を用いて車載センサにより各車椅子の位置と姿勢の推定を行うシステムを導入する。得られた情報を地図上で統合・共有することにより、同伴者・車椅子の位置関係を把握できる。そして、任意のフォーメーションを維持するように各車椅子が協調移動する手法を開発した。

開発したシステムについて、大学内での実験により、フォーメーションを維持して移動できる事を確認した。また、実際の高齢者介護施設にて、介護士及び施設利用者に利用頂き、提案の介護現場における有効性を確認した。さらに、社会学的分析により、高齢者への適用にあたって有用な知見が得られた。

論文の審査結果の要旨

当論文審査委員会は、当該論文の発表会を平成28年2月3日に公開で開催し、詳細な質問を行い論文内容の審査を行った。その論文発表を含む学位論文の審査の結果、本提出論文を博士（工学）の学位論文として合格と判定した。以下に審査結果の要約を示す。

本提出論文は、車椅子を自動化したロボット車椅子に関するものである。高齢化社会の到来にともない、車椅子の需要が増加すると見込まれる。そこで、それを自動化するロボット車椅子の研究が多くのところでは進められている。それらの研究のほとんどは、手を使わない操作や障害物にぶつからないように支援するといった、搭乗者による車椅子操作を支援するためのものである。もちろん、車椅子利用者が独力でどこでも移動できる社会の到来が望まれるが、実際には、車椅子を利用するには介護士や家族といった同伴者と移動することが多い。そこで、申請者の研究室では、同伴者に自動で追従して動くロボット車椅子の研究を進めている。高齢者介護施設では、「話しかけ」が心身の健康維持に重要であることから、施設利用者とのコミュニケーションを重要視している。この車椅子では、車椅子と同伴者が横に並んで動けるので、両者のコミュニケーションが行いやすいという利点がある。ただし、これまでは、一台の車椅子に対して一人の同伴者を考えていた。しかし、高齢者介護施設では人手不足により一人の介護士が複数の車椅子を移動させざるを得ない状況がある。このような状況では、「話しかけ」が行いにくく、十分心配りのあるケアが行えないという。また、複数の車椅子と複数の介護士らが、一緒になって移動することも多い。このような場合は、そのグループ内のみんなでのコミュニケーションができることが望まれる。そこで、本研究では、複数のロボット車椅子と複数の同伴者がグループで移動する場合に着目して、同伴者に自動追従するロボット車椅子を拡張した、グループコミュニケーションに配慮した複数ロボット車椅子システムを提案している。

本論文は5章からなる。まず、第1章では、ロボット車椅子の関連研究を調査し、上述のような本研究の背景、目的、課題や位置づけを述べている。

第2章では、コミュニケーションに適切なフォーメーションを導くため、社会学のエスノメソドロジの手法を用いて、同伴者と車椅子利用者の移動グループ内のコミュニケーションを観察・分析している。一人の同伴者が一台の車椅子を付近で遠隔操作しながら共に移動した場合、会話が必要な場合には、同伴者は操作負荷があったとしても車椅子の横の位置を維持して移動しようとする様子が見られた。同場面の社会的な分析では、視線を交わすことで会話を円滑に始める事ができる事を明らかにした。また、一人の同伴者が自動で動く一台の車椅子の前および後ろの位置で共に移動した場合、同伴者・車椅子利用者ともに相手が見える位置で動く位置関係を支持した。さらに、複数車椅子が自動で移動したとき、車椅子同士を進行方向に対して横・斜めに並べた場合は、同伴者がそれぞれグループ内での位置を適切に調整し、また身体をひねることで会話を発生させることができたのに対し、車椅子を縦に並べた場合、移動グループ全体での会話が発生しなかった。これらのことから、車椅子同士が縦一列に並ぶようなコミュニケーションを阻害するフォーメーションを避け、横や斜めのフォーメーションを維持して移動させるべきであることを明らかにした。

第3章では、目的のロボット車椅子を実現するために必要な歩行者の行動計測法について述べている。一人の同伴者に付いていだけなら、その人だけを追跡すればよいが、グループに対応するためには、周囲のすべての人の動きを調べて、その中から一緒に行動しているグループの動きを求める必要がある。そのため、まず、レーザ測域センサのデータから一人の同伴者を追跡する方法を複数人に対応できるように拡張した。複数人への対応による処理量の増大に対してリアルタイム処理を実現するため、GPGPU (General-Purpose computing on Graphics Processing Units) による実装を行った。

次に、環境中の同伴者と歩行者を識別するため、グループ識別手法を検討した。速度や身体の向きの情報から5つの特徴量を計算し、SVM (Support Vector Machine) による識別器により、車椅子と付近の人物と一緒に移動しているかどうかを判別する。これにより、周囲にいる人の中から一般の歩行者ではなく、一緒に移動しているグループを認識し、それに追従するための情報が得られるようになった。

第4章では、第2章で述べた社会学的な分析の結果から、複数車椅子間のフォーメーションを維持しつつ同伴者と協調移動する複数ロボット車椅子システムを開発した。環境に設置したレーザ測域センサにより、第3章で述べた方法により、複数の同伴者の身体の位置と向きを実時間で追跡する。車載センサではなく複数の環境設置センサを利用することで、同伴者同士による遮蔽の少ない観測が得られる。さらに、あらかじめ作成した環境地図を用いて車載センサにより各車椅子の位置と姿勢の推定を行うシステムを導入した。得られた情報を地図上で統合・共有することにより、同伴者・車椅子の位置関係を把握できる。そして、任意のフォーメーションを維持するように各車椅子が協調移動する手法を開発した。

開発したシステムについて、大学内での実験により、フォーメーションを維持して移動できる事を確認した。また、実際の高齢者介護施設にて、介護士及び施設利用者に利用いただき、提案のシステムの介護現場における有効性を確認した。さらに、社会学的分析により、高齢者への適用にあたっての有用な知見を得ている。

最後に第5章で、全体を総括し、今後に残された課題を議論している。

以上のように、本論文の内容は、学術的に意義のある研究であると評価できる。よって、当学位論文審査委員会は、本論文を博士（工学）の学位論文として合格と判定した。