



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	A Study on the Development of an Electrically Assisted Smart Walker [an abstract of dissertation and a summary of dissertation review]
Author(s)	森, 雄斗
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第16504号
Issue Date	2025-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/95021
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Yuto_Mori_abstract.pdf, 論文内容の要旨



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士（情報科学） 氏名 森 雄斗

学 位 論 文 題 名

A Study on the Development of an Electrically Assisted Smart Walker (電動アシストを有するスマート歩行器の開発に関する研究)

日本における高齢化の進展は年々加速しており、従来の医療・介護制度では対応が困難な諸問題が顕在化している。近年、平均寿命と介護期間の差分である健康寿命への関心が高まり、生活の質(QOL)の向上が重要視されている。QOLの維持・向上において、歩行機能は重要な要素であり、これは要介護状態の主要因として運動器障害が高い割合を占めていることから明らかである。歩行機能の低下は日常的な活動量の減少を招き、それに伴う運動不足と筋力低下という負の連鎖(ロコモスパイラル)に陥る可能性が高い。このような状況を予防するため、歩行支援があれば自立歩行が可能な被介護者に対する適切な歩行支援が重要な課題となっている。

軽度な歩行支援が必要な被介護者が屋内環境を歩行する際、自分の体重の一部を支持するために歩行補助具が必要となる。本論文においては、屋内環境での歩行時の高い安定性から前腕支持型歩行器を対象とする。歩行器の使用は、使用者の重心が歩行器の支持基底面内に維持されることにより、歩行の安定性を向上させる一方で、複数の課題が存在する。使用者の手元に歩行器がない場合、使用者のいる場所まで歩行器を準備する必要があるため、介護者に運搬してもらうことが負担となりうる。さらに、歩行器自体の重量増加により歩行に必要な推進力が不足し、使用者の身体的負担が増加する問題や、衝突による転倒リスクなどが指摘されている。

本論文では、適切な介入により健康状態の回復が期待できる軽度な歩行支援が必要な被介護者を対象とし、重度な要介護状態への進行予防および完全自立への回復を支援することを研究目的とする。取り扱う環境については、入居者全員が使用可能な共同スペースと居室を持つ有料老人ホームなどの介護施設を対象とする。屋内環境における歩行器の使用に着目し、使用時に生じる課題の解決策として、電動アシスト機能を備えたスマート歩行器システムを開発した。さらに、想定される使用環境を模した実験を通じて、開発したシステムの各機能の有効性を検証した。

第1章では、本論文の研究背景と研究目的、学位論文の構成について示した。

第2章では、歩行支援やスマート歩行器に関する関連研究について示した。

第3章では、スマート歩行器のシステム開発と自律走行機能の実現についての研究成果を示した。想定環境における歩行器が解決すべき課題と要件を明らかにし、既存の前腕支持型歩行器の基本構造を踏襲した、課題解決のためのスマート歩行器のシステムを提案した。想定としている介護施設における自律走行と衝突防止を実現するための環境認識センサとして、高空間分解能と省電力性を持つステレオカメラを採用した。システムの汎用性と拡張性を考慮し、ロボットOSである Robot Operating System (ROS) および自律走行の ROS パッケージである Navigation Stack を採用した。複数の走行経路で実験を行い、自己位置推定の結果から目標地点への到達性能を評価し、目標経路と実際の走行経路におけるクロストラックエラーから目標経路への追従精度を評価した。実験の結果から介護施設内で想定される一般的な経路に対する自律走行機能の有効性を示した。

第4章では、スマート歩行器に搭載する推進力補助のための支援機能の実現についての研究成果

を示した。推進力補助機能は、利用者の自発的な歩行による推進力が目標速度の達成に不十分である場合に必要とされる。本研究では、介護施設内を安全に歩行できる目標速度への追従性を実現するために速度型 PID 制御を基盤とした推進力補助機能を提案した。前腕支持型歩行器におけるモータのトルクによる推進力補助が歩行負荷の軽減に寄与するか、被験者による評価実験を実施した。評価手法として、主観的指標となるアンケート調査と客観的指標として表面筋電図による最大随意筋力の計測を採用し、下肢の筋活動の変化を定量的に分析した。実験の結果から前腕支持型歩行器におけるモータのトルクを用いた推進力補助は、短期的な歩行時の歩行負荷の軽減に効果があり、下肢の筋活動量の変化に寄与することが示された。その後、提案する動的な推進力補助機能の性能評価として、重さを用いた疑似環境での実験および被験者実験を通じて目標速度に対する速度追従性と推進力補助によって歩行に対する障害がないことを確認した。一方で、他者との並列歩行や減速などの目標速度が歩行中に変化する場合において、利用者の行動意図をどのように取得するかについては今後の課題である。

第 5 章では、深度画像を用いた衝突防止機能の実現についての研究成果を示した。歩行器利用者にとって衝突などによる転倒事故は外傷を引き起こし、要介護状態に至る主要な要因の一つとして認識されている。歩行器利用時における衝突防止には、前方環境の状況や歩行器の移動速度に応じて、最適な衝突回避の方向および制御強度を動的に調整する必要がある。本研究では、ステレオカメラによって推定された深度画像と歩行器の速度情報を統合したモータ制御による衝突防止機能を提案した。実験では、壁面とベッドを想定とした障害物を衝突回避対象に設定し、障害物方向の推定と衝突防止機能の評価を実施した。実験結果より、正面および左右 45 度方向からの接近に対する歩行器の回避軌跡と歩行器の速度変化を確認することで、特定のシナリオにおける壁面と障害物に対する衝突防止機能の有効性を示した。

第 6 章では、本論文のまとめと今後の展望について示した。