

審査の結果の要旨

論文提出者氏名： 畠 直輝

本論文は、「制御工学応用による移動用福祉機器の高機能化に関する研究」と題し、障害者や高齢者が失う移動機能への工学的支援基盤の確立を目標とし、特に計測と制御による支援の可能性を追求したもので、序論を含む13章よりなる。具体的には、自己の身体能力を維持し、健常者の日常的な生活と同等な活動水準を達成させる福祉機器として、近年利用者数が増えているパワーアシスト機器に着目し、安全性・使いやすさ・快適性の向上を行ったものである。

第一章（序論）では高齢化社会の現状と問題点を示し、福祉における工学的支援の必要性を述べている。

第一部・歩行補助福祉機器では、歩行困難者の歩行機能補助を目的とした福祉機器に対し、制御工学の果たす役割に関する研究を述べている。第2章（はじめに）では関連研究である力補助装具（パワースーツ）を総括して紹介し、従来の力補助装具研究では取り上げられていなかった歩行安定性の必要性について指摘し、本研究の目指す歩行安定化の対象を明確化している。

第3章（歩行原理についての考察）ではヒトの歩行の基本的な要素として歩幅の働きと足首の働きについて述べ、現在のヒューマノイドロボットで採用され盛んに用いられている足首主体の歩行安定化制御では実用にならないことを示している。

第4章（歩幅推定による歩行安定化）では歩行中の脚切り替えにおける歩幅に着目し、歩行安定化を実現する手法を提案している。従来のロボット応用における歩行安定化手法と異なり、健常脚の情報を用いてもう一方の脚の振り出し量を推定する手法を提案している。また、目標歩容への収束特性をシミュレーションにより確認している。

第5章（歩行の解析）では実際のヒトの歩行を解析し、ヒトの歩行システムについて調査し、第4章で提案した歩行安定化アルゴリズムが正しいことを示している。調査は平坦面・下り坂・のぼり坂・階段について行われ、日常の環境下で適用可能であることを示している。また、被験者評価を行い、提案する歩行安定化アルゴリズムが熟練を要しない手法であることを確認している。

第6章（二関節駆動機構における特性の考察）では従来ロボットの単関節制御法での剛性制御（コンプライアンス制御）に対し、生体機構に見られる二関節駆動機構を考慮した剛性制御法や2関節駆動機構の実現法をまとめ、シミュレーションにより人間親和性向上の可能性を示している。

第7章（歩行補助装具の製作）では試作機として製作した歩行補助装具の構成を示しながら、実用化に向けた改良点をまとめ、歩行補助装具が実現すべき汎用性や多様性の指針を

示している。

第8章（歩行補助福祉機器のまとめ）では第一部で提案した歩行安定化アルゴリズムの今後の課題と展望をまとめている。

第二部・車椅子福祉機器では、現在福祉機器において最も汎用性のある自走車椅子の、機能向上に対する制御技術の応用を述べている。

第9章（後方転倒防止支援機能）では力補助機能を有する車椅子における安全性と機動性を両立させるために、まず従来の固定アシスト比制御の問題点を指摘し、可変アシスト比制御の提案を行い、その設計法を理論的に示している。また、実験により提案手法の効果を示し、被験者による評価実験から高い安全性を有していることを確認している。

第10章（重力外乱補償機能）では車椅子の傾斜路面での危険性を指摘し、重力ベクトルに着目した重力外乱補償機能として、走行中の外乱環境下において精度の高い重力ベクトル検出法を提案している。また、実験により重力ベクトル検出の精度向上を確認している。

第11章（介助者アシスト機能）では、従来のメカニカルな力センサ主体であった介助者アシスト機能を、計測と制御によるソフトウェアからの機能として提案している。コストや構造面での優位性について述べ、実験により実用性を示している。

第12章（片手漕ぎ操作機能）では、片手漕ぎ操作の利便性について述べ、関連研究を調査するとともに具体的な実現方法について考察と提案を行っている。

第13章（結言）では本論文を総括し、今後の福祉への制御工学を含めた工学的支援の課題と展望が示されている。

以上これを要するに、本論文は、これからの深刻な高齢化社会において必須となる移動用福祉機器において、制御技術が果たし得る役割を述べ、歩行補助と車椅子の開発を行ったものであり、歩行補助においてはヒトの歩行を表現し得る単純で斬新な制御手法、車椅子においては後方転倒防止や介助者アシストなどによる高機能化を提案し実機によって有効性を示したもので、電気工学、制御工学、福祉工学上貢献するところが少なくない。よって、本論文は、博士（工学）の学位請求論文として合格と認められる。