

審査の結果の要旨

氏名 金 佳英

本論文は、「Motion Control of a Power-Assisted Wheelchair and Implementation – Human-friendly Control System to Improve Safety, Mobility and Ease of Use – (パワーアシスト車椅子のモーションコントロールとその実用化 – 安全性・移動性・便宜性向上のための人間親和型制御システム –)」と題し、福祉機器として普遍的に使用されている車椅子を、より安全かつ便宜に利用可能にするために、新たな制御システムを提案し、それを実用的なパワーアシスト車椅子に適用した結果をまとめたものである。

車椅子は足の不自由な人に必要不可欠なものであり、これまでも車椅子の操作性や安全性を向上する研究がなされてきた。傾斜面での安全な走行のための研究がその一つであり、上り坂や下り坂に関する研究も数多くなされてきた。しかし、横方向傾斜面が日常生活に数多く存在する。歩道や道路も雨水がたまらないようにするため、横方向に坂になっている場所は大変多い。そこで、本論文ではヨー運動制御システムを提案している。ヨー運動制御を用いることで横方向傾斜面でも平地と同様な操作が可能になり、その効果は実機実験によって検証されている。

さらに、車椅子ユーザのQoL (Quality of Life) 向上にも着目している。現在の手動車椅子は両手で漕がないと操作が困難である。しかし、片手でものを持って移動する場合やドアを開けて中に入る場合など、日常生活の中では片手で他のことをしながら移動することが多い。そこで、本論文では片手漕ぎ制御を提案している。片手漕ぎ制御を適用することで非操作手を自由に使うことが可能となり、車椅子ユーザのQoL向上に繋がる。

以下に章ごとに分けて、その内容を説明する。

第1章「Introduction (序論)」では、福祉工学、とくに「人間親和型モーション制御」の重要性について述べ、これまでの車椅子に関する研究を紹介している。

第2章「Power-Assisted Wheelchair (パワーアシスト車椅子)」では、パワーアシスト車椅子について紹介している。本論文で使用する実験機器であるパワーアシスト車椅子は手で漕ぐタイプの車椅子であり、ユーザの力をアシストするためにモータとバッテリーが装着されている。本論文ではこのモータを使用して制御を行うことで、安全性・移動性・便宜性を向上させる。

第3章「Two-dimensional Assistive Control considering Straight and Rotational Motion Decomposition (直進と旋回を考慮した二次元アシスト制御)」では、新たなアシスト制御法を提案している。これまでのパワーアシスト車椅子は直進方向しか考慮していなかった。しかし、直進方向のみを考慮した車椅子では旋回方向は考慮しておらず、旋回時の移動性が悪い。従来は直進方向と旋回方向が独立ではなかったため、旋回方向のアシスト制御をよくすると直進方向のアシストが悪くなってしまう問題があった。そこで直進方向と旋回方向を独立に制御可能なアシスト制御システムを提案している。アシスト制御はパワーアシスト車椅子の基本となっている制御であるため、提案したアシスト制御は様々な制御システムに適用可能である。後述のヨー運動制御や片手漕ぎ制御でもこの制御システムを使用している。

第4章「Yaw Motion Control for Improvement of Handling on Slopes (傾斜面での操作性向上のためのヨー運動制御)」では、ヨー運動制御を提案している。雨水がたまらないようにするため、歩道や道路および駅のホームなど横方向が傾斜面になっている場所が多い。従来の

手動の車椅子は横方向の傾斜には対応していなかったため、車椅子のユーザが自分で工夫して操作をしていた。目では判断できない場所で片流れしてしまう問題や、横方向傾斜面になっている歩道を長距離走行する場合は片方の腕のみが疲労してしまう問題もあった。本論文では新たなヨー運動制御システムを提案し、車椅子がヨー方向の外乱に影響されないようにしている。本論文で提案した制御システムを利用することで横方向の傾斜面のみならず、路面がでこぼこになっている芝生のような場所でも車椅子ユーザの思い通りの操作が可能であることを、実験で示している。

第5章「One-handed Propulsion Control with Straight, Pure Rotation and Advanced Turning Mode (直進・純回転・旋回モードを実現する片手漕ぎ制御)」では、新しい片手漕ぎ制御を提案している。手動の車椅子は両手で漕がないと直進性が保証されないため、移動中に手を使うことが困難である。本論文では片手でも直進や純回転および旋回の可能な制御システムを提案している。片手での操作が可能であり、かつきわめて有効であることが実験によって検証している。

第6章「Practical Application of Human-friendly Motion Control of Power-Assisted Wheelchair (パワーアシスト車椅子における人間親和型モーションコントロールの実用化)」では、本論文で提案したヨー運動制御および片手漕ぎ制御の実用化に向けた研究を示している。実用化に向けて提案した制御システムを実機に実装し、時間をかけた粘り強い試乗会を通して、その評価を行っており、本研究の重要な成果となっている。

第7章「Conclusions and Open Issues (結論と課題)」では、本論文の成果を述べ、今後の課題を示している。

以上これを要するに、本論文は、「人間親和型モーション制御」の一環として、パワーアシスト車椅子の新たな制御法、とくに、直進と旋回を考慮した二次元アシスト制御、傾斜面での安全な走行のためのヨー運動制御、直進・純回転・旋回モードを実現する片手漕ぎ制御などを提案し、その有効性を実機実験や被験者評価によって検証したもので、福祉工学、電気電子工学、制御工学などの分野への貢献が少なくない。

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。