



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	体幹・骨盤回旋補助による歩行支援および走行拡張 [論文内容及び審査の要旨]
Author(s)	橋本, 光太郎
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(情報科学)
Dissertation Number	甲第14141号
Issue Date	2020-03-25
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/78422
Rights(URL)	https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/
Type	doctoral thesis
File Information	Kotaro_Hashimoto_review.pdf, 審査の要旨



学位論文審査の要旨

博士の専攻分野の名称 博士 (情報科学) 氏名 橋本 光太郎

審査担当者 主 査 准教授 田中 孝之
 副 査 教 授 金子 俊一
 副 査 教 授 近野 敦

学位論文題名

体幹・骨盤回旋補助による歩行支援および走行拡張
(Trunk and Pelvic Rotation Assist for Walking Assist and Running Augmentation)

本論文では、要介護となる要因の一つである運動器障害に着目し、人間が行う基本的な動作である歩行や走行を対象として、体幹と骨盤の回旋運動から全身運動を支援する回旋運動補助システムを開発し、日常的な運動を促し運動機会を増加させることで運動器障害の予防を目指している。体幹と骨盤の間に相対的な回旋運動を与えることで、歩行・走行時の運動を効率の良い動作へ改善するために、人間の歩行・走行動作に調和した回旋運動補助を与えられる支援システムを構築している。Spinal engine 理論に基づいて歩行・走行運動中の上半身と下半身のエネルギーフローに着目し、装置による運動への介入によってエネルギーロスの一部補填することで、人の負担を軽減できるとの考えに基づいている。

人間の体幹と骨盤の間に回旋運動を与え、その動作を補助するために回旋運動補助装置の設計・開発を行っている。歩行中に人間の体幹と骨盤の間で発生している運動を計測した結果、回旋運動の他に前後屈、側屈動作が行われており、これらの運動が制限された際には歩行の運動規模は縮小され、負担が大きくなることを明らかにした。その結果、これらの運動が制限されないように考慮したフレキシブルな構造を持つ、回旋運動補助装置を設計し、開発した。制御系には拡張型周期入力制御を導入することで、人間の動作周期に合わせた補助を実現し、運動周期の変化に追従して適切な補助力を与えることを可能にしている。また、制御パラメータの変更により、装置補助力を人の運動に対して先行もしくは遅延する形で与えるように調整でき、運動の促進や抑制を実現している。

開発した回旋運動補助装置の歩行・走行支援における有効性を実験的に検証している。実際に装置を装着し、歩行または走行動作中に回旋補助力を与え、その際の運動の変化および表面筋電位を計測している。歩行運動の実験結果では、大腿筋、大臀筋の負担低減効果に加えて、エネルギー的に損失が少ない動作に変化したことを確認し、有効性を示している。力学モデルによる解析によると、回旋運動補助を加えることで全身のエネルギー損失が 14% 軽減できることを示し、開発した装置による歩行運動の改善を実証している。

また、走行拡張実験と解析においては、2 つの慣性ロータとバネ要素による簡易な力学モデル、拡張 SLIP モデルを開発して、上半身と下半身のエネルギーフローの改善度合いを検証している。走行中に発生したエネルギーフロー中の損失による上半身と下半身の間における角運動量の差が、回旋補助により 6.1% 低減されていたことが確認された。また、拡張 SLIP モデルを用いて走行中のエネルギーフローから理想的な走行状態を維持する必要トルクを算出し、設計した制御系の出力する補助トルクと比較したところ、その補助率は 5.6% となり、角運動量誤差で低減されていた量と同程度であるこ

とを示した。これより、開発したシステムにより走行運動の改善が行えることが示唆されたほか、拡張 SLIP モデルを用いたエネルギーフロー改善のための制御系設計手法の構築可能性を示している。

以上を要するに、筆者は従来では脚部の支援に留められていた歩行・走行運動支援の革新的な手法として体幹回旋運動補助を提案し、補助装置実機と制御系を設計、開発すると共に、実験およびシミュレーションにより運動改善の効果を実証している。本研究の成果は、人間工学、ロボット工学、情報科学の発展に寄与するところが大きく、よって著者は北海道大学博士(情報科学)の学位を授与される資格があるものと認める。