

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成24年4月25日現在

機関番号：11301

研究種目：挑戦的萌芽研究

研究期間：2009～2011

課題番号：21650147

研究課題名（和文） 異種支援形態による協調型歩行支援システムに関する研究

研究課題名（英文） Walking Support by Different Kinds of Walking Support System in Cooperation

研究代表者

平田 泰久 (HIRATA YASUHISA)

東北大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：20323040

研究成果の概要（和文）：

本研究では、装着型の歩行支援機と車輪型の歩行支援機を協調して用いる新しい歩行支援システムのコンセプトを提案した。本システムでは、二つの異なる支援形態を持つ歩行支援機を協調させることにより、一台では不十分な機能を補完し、使用者のバランス維持はもちろんのこと、使用者の意図を適切に装着型歩行支援機に伝える新しい歩行支援形態を実現した。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we proposed a new concept of walking support system based on cooperation between wearable-type and wheel-type walking support systems. This system kept the balance of the user and transmitted his/her intention to the wearable walking support system by operating the wheel-type one, so that the system realized the walking support of the elderly and handicapped persons appropriately.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,100,000	0	1,100,000
2010年度	700,000	0	700,000
2011年度	1,300,000	390,000	1,690,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	390,000	3,490,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：人間医工学・リハビリテーション科学・福祉工学

キーワード：装着型歩行支援機，車輪型歩行支援機，協調制御，歩行支援

1. 研究開始当初の背景

今後の高齢化社会において、高齢者が自立して生活を送ることが最も重要であると言

われており、その支援として、高齢者の脚部に直接装着して支援を行う装着型歩行支援システムに大きな期待が集まっている。確かにこのような装着型歩行支援システムが実

現できれば、足腰の弱った高齢者の活動範囲を大きく広げ、QOL(Quality Of Life)の向上につながる。しかし、現実の問題として、その安全性の確保は最も解決すべき問題である。

現在、多くの装着型支援システムが提案されているが、そのほとんどは、健常者のみによる試験が行われている程度である。特に装着型歩行支援システムでは、脚部の支援動作を適切に制御しないと、利用者の意図に反した運動を行うため、健常者ではほとんど問題ならない程度の誤動作であっても、高齢者にとってはバランスを崩す原因となり、結果的に転倒などの非常に危険な状態に陥る恐れがある。

単体の装着型歩行支援機での運動支援を実現するためには、特に人間の安定性を如何に確保するかといった問題や、人間の意図に完全に沿った運動支援ができるかといった問題を解決する必要がある。その実現は非常に困難である。例えば安定性の確保という観点においては、通常の装着型歩行支援システムでは矢状面での支援のみを考慮されている場合が多く、それ以外の方向へバランスを崩した場合に対応できない。また、それらを考慮した機構やアクチュエータを装備しようとする、機構の複雑さ、重量増、アクチュエータ高出力化、高コスト化の面から現実的ではない。また、支援運動生成手法に関しても、利用者の意図に沿った運動が生成できていない場合には、健常者では問題ない程度の支援誤差であっても、障害を持った高齢者にはバランスを崩す要因になってしまう。

2. 研究の目的

そこで、本研究では「支援」と「安全」の両立を目的として、装着型歩行支援システムと運動制御された車輪型歩行支援機との適切な連携に基づいた異種支援形態による協調型歩行支援システムの研究開発を行う。

本研究の提案する装着型歩行支援機と車輪型歩行支援機の協調運動制御を考えると、全体システムとしては大掛かりな歩行支援システムのような印象となるが、実際は二台のシステムで人間支援の役割を分担するため、各支援機の構造や機能は比較的簡易なもので構成することができ、従来から研究もしくは市販されている単体での歩行支援機を大きく改造することがなく（もしくは構造・機能を削減して）運動支援が実現できる。また、車輪型歩行支援機を適切に用いると、利用者のバランスの維持はもちろんであるが、車輪型歩行支援機に加えられる力の加減に基づき装着型歩行支援機をコントロールする制御系を設計することで、装着型歩行支援機のためのインタフェースとしての機能も

担うことができる。このような研究は、装着型歩行支援機を多くの高齢者や障害者に使用することを可能とするための大きな一歩につながると思う。

3. 研究の方法

本研究は3年間で行う。まず、平成21年度には従来申請者が開発を行ってきた装着型歩行支援機と車輪型歩行支援機の改造を行い、本研究で提案する協調制御が可能な構造とする。次に、改造された二つの支援機を用いて、人間の運動を計測し、人間の状態を推定する手法の構築を行う。また、各支援システムを協調的に運動制御するための基本運動制御手法を構築する。平成22年度以降では、基本運動協調制御系を拡張し、人間の重心や関節角度等の情報に基づき適切に歩行の支援を行う協調運動制御手法の確立を行う。また、前年度に実現する人間状態推定手法に基づき、各状態に適応した支援を行う実時間人間適応型協調運動制御系の構築を行う。その他、各システムのモジュール化を前提としたハードウェア改造を行うとともに、それらを協調的に制御する分散協調制御手法を構築し、協調支援システムの今後の発展性について検討を行う。

4. 研究成果

従来、研究代表者らは直動アクチュエータに基づく膝支援デバイスと回転アクチュエータを用いた股関節支援デバイスを開発し、床反力や関節角度情報などに基づき制御される装着型歩行支援機を開発してきた。また、車輪型歩行支援機においては、車輪部にブレーキを取り付け、それを適切に制御することによりシステムの運動を制御するパッシブ型歩行支援機を開発してきた。そこで平成21年度は、この既存のシステムに協調制御系を適用するための改造を行った。特に、システム間の相互作用を実現するために距離センサを車輪型歩行支援機に搭載し、システム間の通信を実現するためのハードウェア及びソフトウェアの改造を行った。

また、装着型歩行支援機を人間に装着することで、人間の脚部の関節角度を取得することができ、車輪型歩行支援機の距離センサを用いると、人間と車輪型歩行支援機との相対距離関係を知ることができる。これらの情報を用いて、人間をリンク構造で表した人体簡易モデルを構築した。そして、人体モデルから人間の支援に必要な関節トルクの導出法や人間の状態（歩行状態、座位状態、立位状態、転倒状態など）を推定する手法の構築を行った。

その他、人間の人体モデルに基づき適切な運動の支援を実現するために、歩行や離床をはじめとした様々な人間の運動を正確に計測し、その解析を行うセンサシステムを構築した。

平成22年度は、人体モデルより得られる利用者の関節負担トルクから、重力による人間の関節への負担を導出し、その重力分のトルクを装着型歩行支援機にて支援する重力補償型歩行支援制御を実現した。重力補償型歩行支援協調制御手法では、人間のバランスを保持しながら、人間の体に加わる重力による負担分のみを支援する。ある程度自分で脚部を動作させることができる利用者においてはこの制御で十分であるが、自ら脚部を動作させることが困難な利用者では、システムによる能動的な支援が必要である。そこで、本研究では、重力補償型歩行支援協調制御手法に加え、人間の足裏に加える床反力や車輪型歩行支援機との距離関係に基づき人間の意図する運動を推定し、能動的に装着型歩行支援機を動作させ、歩行の実現に足りない筋力の支援を行う協調制御手法を提案した。

平成23年度は、昨年度設計した重力補償型歩行支援協調制御手法や能動的歩行支援協調制御手法を拡張し、人間に適応した支援を実現するための協調運動制御手法を構築した。特に、重力補償型歩行支援協調制御手法や能動的歩行支援協調制御手法において、その制御パラメータや動作生成パターンの設定は、利用者の障害の程度や日々の状態、歩行や離床などの運動の違いによって変化させるべきである。そこで、本研究では利用者の状態に応じてシステムの運動特性を変化させることが可能な人間適応型協調運動制御系を構築した。

また、システムのモジュール化の検討を行い、例えば、装着型システムとしては、膝支援モジュール、股関節支援モジュールのハードウェア開発を行った。また、車輪型歩行支援器としては、杖型歩行支援器や両腕支持型歩行支援器を開発し、それらを協調制御することで適切な支援を行う複数支援モジュール協調型運動支援システムの発展性について検討を行った。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 4 件)

1. 初雁卓郎, 三宅徳久, 平田泰久, 小菅一弘, 人体モデルを用いた起立分類に基づ

く起立支援デバイスの選定手法, 日本機械学会論文集(C編), 査読有, 77巻, 2011年, 429-438

2. Yasuhisa Hirata, Tadashi Isoda, Kazuhiro Kosuge, Development of passive wearable walking helper controlled by servo brake, International Journal of Mechatronics and Manufacturing Systems, 査読有, 3巻, 2010年, 291-306
3. 初雁卓郎, 三宅徳久, 平田泰久, 小菅一弘, 介助技術に基づく移乗介助支援機具の提案, 日本機械学会論文集(C編), 査読有, 76巻, 2010年, 120-127
4. Yasuhisa Hirata, Takuya Iwano, Masaya Tajika, Kazuhiro Kosuge, Motion Control of Wearable Walking Support System with Accelerometer, Advances in Human-Robot Interaction Based on Human Model, 査読有, 2009年, 205-220

[学会発表] (計 7 件)

1. Mata Khalili, Eric Monacelli, Yasuhisa Hirata, Identification of Pedestrian Characteristics for Assistive Systems, 2011 IEEE/SICE International Symposium on System Integration, 2011年12月21日, 京都
2. Sajjad Taghvaei, Yasuhisa Hirata, Kazuhiro Kosuge, Control of a Passive Walker Using a Depth Sensor for User State Estimation, 2011 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2011年12月9日, プーケット, タイ
3. Shinji Suzuki, Yasuhisa Hirata, Kazuhiro Kosuge, Hiroshi Onodera, Walking Support based on Cooperation between Wearable-Type and Cane-Type Walking Support Systems, 2011 IEEE/ASME International Conference on Advanced Intelligent Mechatronics, 2011年7月4日, ブダペスト, ハンガリー
4. Masao Saida, Yasuhisa Hirata, Kazuhiro Kosuge, Motion Control of Passive Mobile Robot with Multiple Casters Based on Feasible Braking Force and Moment, IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2010年10月20日, 台湾, 台北
5. Hiroshi Onodera, Takeshi Yamaguchi, Hiroteru Yamanouchi, Kazumasa Nagamori, Masaru Yano, Yasuhisa Hirata, Kazuo Hokkirigawa, Analysis of the slip-related falls and fall

prevention with an intelligent shoe system, IEEE International Conference on Biomedical Robotics and Biomechatronics, 2010年9月29日, 東京

6. Yasuhisa Hirata, Human Support System Based on Passive Robotics, 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, Workshop on Robot-human synergies, 2009年9月28日, 富山
7. Shinji Suzuki, Yasuhisa Hirata, Kazuhiro Kosuge, Development of Intelligent Passive Cane Controlled by Servo Brakes, 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication, 2009年9月29日, 富山

[図書] (計0件)

[産業財産権]

○出願状況 (計0件)

○取得状況 (計0件)

[その他]

ホームページ等

6. 研究組織

(1) 研究代表者

平田 泰久 (HIRATA YASUHISA)
東北大学・大学院工学研究科・准教授
研究者番号：20323040

(2) 研究分担者

()
研究者番号

(3) 連携研究者

小野寺 宏 (ONODERA HIROSHI)
国立病院機構西多賀病院・臨床研究部
・副院長
研究者番号：20214207