

令和 2 年 8 月 19 日現在

機関番号： 11301
研究種目： 国際共同研究加速基金（国際共同研究強化）
研究期間： 2016～2019
課題番号： 15KK0194
研究課題名（和文）安全かつ低消費電力な高機能福祉システムを実現するハイブリッド型運動制御手法の構築（国際共同研究強化）
研究課題名（英文）Motion Control for Safe and Low-Power Consumption Assistive Systems (Fostering Joint International Research)
研究代表者
平田 泰久（Hirata, Yasuhisa）
東北大学・工学研究科・教授
研究者番号：20323040
交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 11,200,000円
渡航期間： 4ヶ月

研究成果の概要（和文）：本研究では、日本とフランスの国際共同研究にて、車いすや歩行器といった福祉システムをより効果的に社会に組み込むために必要となる機能を検討し、高齢者や障がい者の意欲的な社会参加を促すシステムの研究開発を行った。さらに、歩行器や車いすの研究にとどまらず、障がい者支援という観点から、障害を持つダンサーの支援や、障がい者ゴルファーのための支援など、芸術やスポーツの面において支援するシステムの研究開発を行った。

研究成果の学術的意義や社会的意義
福祉・介護システムの研究開発では、先進技術単体の研究だけではなく、それらを社会へ統合することを前提として研究開発を行うべきである。本共同研究では特に日本とフランスで研究開発された技術やシステムを適切に統合することでより高機能なシステムを開発することができるが、それらをお互いの福祉・介護施設などで検証実験を行うことで、より実用的な観点からのシステム構築につながった。また、日仏での研究開発の成果は、全世界の国々で利用できるシステム構築の足掛かりとなると信じる。

研究成果の概要（英文）：In this project, we investigated the functions necessary for more effective integration of assistive systems such as wheelchairs and walkers into society in international joint research between Japan and France and conducted research and development of a system that encourages the active participation of the elderly and disabled. In addition, we have developed a system that supports not only walking but also arts and sports, such as supporting dancers with disabilities and supporting golfers with disabilities.

研究分野： ロボット工学

キーワード： 高齢者・障がい者支援 歩行支援 移動支援 スポーツ支援

1. 研究開始当初の背景

高齢者や障がい者が積極的に福祉システムを使って外出するためには、屋外での安全な移動支援機能の実現だけでなく、外出に伴う不安（目的地までの経路はどのような環境か、無事に帰宅できるか、福祉システムは問題なく操作できるか等）を取り除くことが必要である。また、使用者自身が活動的になることは非常に素晴らしいことであるが、家族や医療・福祉関係者などは事故などの不安から、高齢者や障がい者の一人での外出を許可したくないという側面もある。すなわち、家族や医療・福祉関係者らが安心して高齢者や障がい者の外出を認めることができるような遠隔見守りシステムが必要であり、このような見守りシステムが実現できれば、結果的には高齢者・障がい者にとっても安心した移動が可能となる。

2. 研究の目的

本研究では、これまで研究開発してきた歩行支援機や車いすといった福祉システムを基盤として、特に、外出不安を除去する屋内訓練システムの研究開発、利用者の運動状態推定に基づく健康管理システムの研究開発および移動・運動情報共有に基づく遠隔見守りシステムの研究開発を行う。また、歩行や移動の支援のみに限定せず、高齢者や障がい者の意欲的な社会参加を促すシステムの研究開発を行う。

3. 研究の方法

(1) 外出不安を除去する屋内訓練システムの研究開発

移動支援デバイスを屋外で使用する前に、屋外使用における危険因子や走行環境などを予め確認する仮想環境の構築を行う。申請者らが開発する仮想環境を用いて、Monacelli 教授と協調し、システムの有効性を評価する実験を行う。

(2) 利用者の運動状態推定に基づく健康管理システムの研究開発

本研究では開発した移動支援デバイスに搭載されたセンサ情報を収集・解析することで、歩数計のような一般の活動量計以上の情報を収集することを目指す。本システムの研究開発においては、Monacelli 教授とともに情報解析技術を構築する。

(3) 移動・運動情報の共有に基づく遠隔見守りシステムの研究開発

健康管理システムによって取得された屋内外での使用・運動データをインターネットを介してサーバに蓄積するとともに、異常時には予め登録していた連絡先に通知を送るなど、医療機関、福祉・介護施設、家族、使用者間での情報共有・見守りが実現できるシステムのプロトタイプを構築する。

(4) 歩行や移動に限定しない支援システムの検討

これまで互いの期間で研究開発してきた技術やシステムを発展させ、歩行支援や移動支援に限定せず、より利用者がアクティブに活動できるシステムの検討を行う。

4. 研究成果

はじめに、外出不安を除去する屋内訓練システムの研究開発を行った。移動支援デバイスを屋外で使用する前に、屋外使用における危険因子や走行環境などを予め確認できれば、外出に対する不安を払拭できる効果が期待できる。現在インターネットでは道路の精細な画像データ情報などが公開されており、これらのデータから構成される仮想環境と車いすロボットを接続するインタフェースを開発した。そして、右図に示すように屋内での運動と連携して仮想環境を動かすことにより、目的地までの道筋を予習することが可能なシステムを開発した。



次に、利用者の状態を推定する手法の開発を行い、例えば歩行器に搭載されたセンサを用いて使用者が、立ち上がりたのか、歩行をしたいのか、もしくは転倒等の危険な状態にあるのかといった状態を推定する手法の検討を行った。これにより、人間の状態に応じてシステムの支援機能を変更することが可能となる。また、人間の状態推定は、歩数計のような一般的な活動量計以上の情報であり、このような情報をクラウドサーバに蓄積し、遠隔地から見守りを行

うことができるシステムに応用することが可能となった。さらには、情報を様々な福祉機器間で共有することで、それぞれの福祉機器が近くに存在する場合に、より安全で効率的な移動支援を行うことができるシステムの開発に取り組んだ。

そのほか、歩行器や車いすの研究にとどまらず、障がい者支援という観点から様々共同研究の検討を行った。例えば、障害を持つダンサーの支援や、障がい者ゴルファーのための支援など、障がい者がより積極的に社会参加することを支援する技術の研究開発を行った。特に、障がい者ダンサー支援を目的とした芸術と技術の融合研究が始まり、当初の最大の目的である高齢者や障がい者の社会参加を促す一つの形を示すことができる取り組みを行うことができた。研究期間最終年度には当学研究室学生がパリサクレ大学に約1年滞在し、共同研究を推進した。また定期的に申請者もパリサクレ大学に滞在し、より効果的に議論を進めることができた。共同研究による成果の一つとして、障がい者の静的な動作（体重の支持等）をサポートすることができるウェアラブルなスカート形状を持つ体重支持システムを開発した。また、動的な動作を支援するために、右図に示すような体重移動で移動ができる一輪車システムを改造し、車いす型ダンス支援システムを開発した。実際に障がい者ダンサーによる動作テストを行い、今後の発展への道筋をつけた。



当該研究の申請段階の計画では、パリサクレ大学に長期間滞在し、日本とフランスでの文化、法律等の違いを考慮したシステムの開発を行う予定であったが、その後の調整で、日本およびフランスの研究室で個別に開発されているシステムをそれぞれの国で実験・評価するために、短期間の滞在を複数行うことがより効果的に研究を進められるという結論に至った。複数の滞在期間を利用して、パリサクレ大学とのより強固な研究体制を構築することができ、さらに関連する研究を行っている他国の研究者との議論を行う機会を得たことで、国際連携の幅を広げることができた。本来、研究終盤にパリサクレ大学および東北大学にて、研究ワークショップを開催する予定であったが、新型コロナウイルスの影響で開催を断念することとなった。しかし、科学研究費補助金によるプロジェクト終了後もパリサクレ大学をはじめ、関連研究者と継続して共同研究を行うこととなっており、教員と学生の更なる交流により、当該分野の発展に貢献できると考える。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計4件（うち査読付論文 4件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Takeda Mizuki, Hirata Yasuhisa, Katayama Takahiro, Mizuta Yasuhide, Koujina Atsushi	4. 巻 3
2. 論文標題 State Estimation Using the CoG Candidates for Sit-to-Stand Support System User	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 3011 ~ 3018
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2018.2849551	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Hirata Yasuhisa, Tanaka Yuto	4. 巻 3
2. 論文標題 Motion Control of Cycling Wheelchair With Continuously Variable Transmission and Clutch	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 IEEE Robotics and Automation Letters	6. 最初と最後の頁 148 ~ 154
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1109/LRA.2017.2735489	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -
1. 著者名 Takeda Mizuki, Hirata Yasuhisa, Weng Yueh-Hsuan, Katayama Takahiro, Mizuta Yasuhide, Koujina Atsushi	4. 巻 7
2. 論文標題 Verbal guidance for sit-to-stand support system	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 ROBOMECH Journal	6. 最初と最後の頁 1-10
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1186/s40648-020-00156-3	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -
1. 著者名 Takeda Mizuki, Hirata Yasuhisa, Weng Yueh-Hsuan, Katayama Takahiro, Mizuta Yasuhide, Koujina Atsushi	4. 巻 33
2. 論文標題 Accountable system design architecture for embodied AI: a focus on physical human support robots	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Advanced Robotics	6. 最初と最後の頁 1248 ~ 1263
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1080/01691864.2019.1689168	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

〔学会発表〕 計12件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 4件）

1. 発表者名 Songyot Piriyaikulkit, Yasuhisa Hirata, Hiroshi Ozawa
2. 発表標題 Lumbar Assistive Orthosis with Torsion Spring-based Joint for Lumbar Degenerative Kyphosis Patient
3. 学会等名 2018 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Yueh-Hsuan Weng, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Ethically Aligned Design for Assistive Robotics
3. 学会等名 IEEE International Conference on Intelligence and Safety for Robotics (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 佐藤陸人, 平田泰久
2. 発表標題 スウィング機構を有する三輪自転車の姿勢制御
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 武田洸晶, 平田泰久, 片山貴寛, 水田康秀, 神品淳
2. 発表標題 起立支援システム使用者のための重心候補を用いた状態推定
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 大崎謙悟, 平田泰久
2. 発表標題 SVMを用いた体重免荷歩行者使用者の状態推定
3. 学会等名 日本ロボット学会学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Mizuki Takeda, Yasuhisa Hirata, Kazuhiro Kosuge, Takahiro Katayama, Yasuhide Mizuta, Atsushi Koujina
2. 発表標題 Human CoG estimation for assistive robots using a small number of sensors
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Songyot Piriyaikulkit, Yasuhisa Hirata, Hiroshi Ozawa
2. 発表標題 Real-time gait event recognition for wearable assistive device using an IMU on thigh
3. 学会等名 2017 IEEE International Conference on Cyborg and Bionic Systems
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 武田 洸晶, 平田 泰久, 片山 貴寛, 水田 康秀, 神品 淳
2. 発表標題 起立・着座支援システム使用者の重心候補推定
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中優斗, 平田 泰久
2. 発表標題 無段変速機とクラッチを用いた足こぎ車いすの走行制御
3. 学会等名 日本機械学会ロボティクス・メカトロニクス部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 高橋康文, 平田 泰久
2. 発表標題 操舵制御が可能なキャストを用いた歩行支援システムの開発
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 田中優斗, 平田 泰久
2. 発表標題 無段変速機とクラッチを用いた足こぎ車いすの踏力評価
3. 学会等名 計測自動制御学会システムインテグレーション部門講演会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 Jose Victorio Salazar Luces, Kengkij Promsutipong, Yasuhisa Hirata
2. 発表標題 Indoor Wayfinding for an Electric Wheelchair Based on Wi-Fi Fingerprinting Localization
3. 学会等名 2020 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII) (国際学会)
4. 発表年 2020年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
主たる渡航先の主たる海外共同研究者	モナセリ エリック (Monacelli Eric)	パリサクレ大学・Engineering Systems Laboratory・教授	