

平成22年4月20日現在

研究種目：若手研究（A）
 研究期間：2007～2009
 課題番号：19686028
 研究課題名（和文） 安全かつ高度な人間支援を実現するパッシブモバイルロボティクスに関する研究
 研究課題名（英文） Passive Mobile Robotics Realizing Human Support with Safety and High Performance
 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、パッシブモバイルロボティクスという新しいコンセプトを提案し、安全かつ高度に人間を支援する移動ロボットハードウェアおよびその運動制御系を構築した。提案するコンセプトでは、移動ロボットの駆動力を主に人間の操作力として考え、その操作力をサーボブレーキを用いて制御することで移動ロボットの運動特性を変化させる。これにより、安全な機能を維持しながら多くの人間支援機能を実現することが可能となった。

研究成果の概要（英文）：

In this research, we proposed a new concept called Passive Mobile Robotics and designed mobile robots and their motion control algorithms for supporting humans effectively with keeping the safety. In this concept, the mobile robots move based on the external force/moment applied by a human, and brake systems attached to the wheels control their motions appropriately. Based on this brake control, we realized several functions for supporting humans.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	7,700,000	2,310,000	10,010,000
2008年度	5,200,000	1,560,000	6,760,000
2009年度	4,900,000	1,470,000	6,370,000
年度			
年度			
総計	17,800,000	5,340,000	23,140,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学，制御工学

キーワード：パッシブモバイルロボティクス，移動ベース，ブレーキ制御，人間適応型制御，
 環境適応型制御，人間の運動計測・解析，人間の動作推定，環境認識

1. 研究開始当初の背景

我が国では少子高齢化が急速に進んでおり、高齢者支援や労働力不足に対応するため、物体搬送システムや歩行支援機等に代表される人間支援システムの研究が数多く行われている。このようなシステムは人間との直接的な接触を前提とした力学的な相互作用に基づく人間支援システムであり、力覚センサを用いて人間の操作力を検出し、その操作力に基づいてサーボモータを積極的に制御してシステムの運動を生成させるパワーアシスト型移動ベースを用いている場合が多い。しかし、通常、物体の搬送作業においては、物体にキャスタのような受動車輪が取り付けられていれば、1人の操作力で400kgf程度の物体まで動かすことが可能であると言われている。すなわち、物体搬送や歩行支援のような移動を伴う人間支援動作においては、パワーアシストを必要とするような状況はそれほど多くないことが分かる。

実際に、このようなパワーアシスト型移動ベースを構築しようとする時、人間の操作力を検出する力覚センサや複数のサーボモータ、サーボアンプ、減速機、バッテリー、コントローラ等が搭載され、システムが複雑化、重量増、高コスト化となる傾向があり、またサーボモータの高い消費電力のために稼働時間が少なくなるといった問題もある。また、最も大きな問題点として、サーボモータを用いた移動ベースシステムでは、誤動作時に人間の意図に反して動作をすることから危険性を伴い、それらを一般環境で使用するための法整備が必要となる場合がある。このような理由より、実際にパワーアシスト型移動ベースを利用したシステムが実用化されている例は非常に少ない。

そこで、本研究では、従来サーボモータを用いて実現された移動ベースの駆動力を、人間の操作力で代用することを考え、その操作力をサーボブレーキを用いて適切に制限することにより、結果的に人間や環境に適応し安全かつ高度な人間の支援を実現するパッシブモバイルロボティクスという新しい概念を提案する。また、パッシブシステムの持つ拘束条件を考慮した運動制御系の設計を行う。

2. 研究の目的

本研究では、移動ベースにサーボモータを使うことを最小限に抑え、主に人間の操作力をシステムの駆動力として考え、その操作力

によって動かされたシステムの運動を車輪に取り付けられたトルク制御が可能なサーボブレーキを利用して制御することにより、結果的にシステムの運動特性を制御し、人間支援を実現することを目指す。このような移動ベースが実現できれば、力覚センサやサーボモータ等が必要なく、簡易構造、軽量、低消費電力かつ高い安全性を有し、多機能な人間支援システムが構築でき、物体の搬送システムや歩行支援機をはじめ、その応用範囲は非常に広い。また、移動ベースを用いた人間支援システムに注目することにより、人間の状態や意図に基づく運動制御技術の構築や、時々刻々変化する環境に対応した運動制御技術の研究開発を行う。

3. 研究の方法

本研究は3年間で行う。まず、平成19年度にはパッシブ型移動ベースの開発を行うとともに、その運動制御基盤技術を構築する。平成20年度以降は、その研究成果を発展させ、ハイブリッド型移動ベースの検討および、人間の意図やそれに伴う運動、環境変化等を予測して効果的な人間支援を行う高度人間協調メカニズムの構築を行う。また、開発された技術を社会に還元するために、実用的な観点から提案したシステムの有効性を検討する。

4. 研究成果

平成19年度でははじめに、サーボブレーキを利用したパッシブ型移動ベースのプロトタイプシステムを開発した。本システムは移動ベースの車輪にサーボブレーキを搭載し、その車輪のブレーキ力を制御することにより、結果として移動ベースの運動を制御するシステムである。また、利用者にとって安全で操作性のよい移動ベースシステムを研究開発するため、サーボブレーキを利用した人間適応型基盤運動制御技術を構築した。

本研究で開発するシステムをはじめ、人間支援システムには、様々な支援機能が実現されることが期待される。しかしロボットに対して十分な知識のない一般のユーザが使用することを考慮すると、実現された多くの機能は、人間の状態や作業に応じて適切かつ自動的に切り替えることが必要となる。そこで、人間やシステムの状態・運動および環境の変化等を計測するセンサシステムを構築し、それらの情報に基づき、人間の状態や運動、環境の変化、移動ベースシステムの運動状態を

解析する手法を検討した。また、実際に移動ベースシステムを運用するためには、大掛かりな計測システムを用いることはできない。そこで、上記システムを用いた解析結果からいくつかの特徴量を抽出し、それらの情報を主に計測可能な、移動ベース搭載型簡易計測システムを構築した。

平成 20 年度は、ロボットに搭載された複数のセンサの情報に基づき、人間の運動の状態を計測し、ロボット内に人間のモデルを構築した。そして、その人間モデルに基づき、人間の時々刻々変化する状態の推定を行うとともに、それらの情報から人間に適応した運動支援を行う制御系の構築を行った。また、移動ベースシステムに搭載された複数のセンサ情報に基づき、環境の計測を行うシステムを開発した。

また、人間や環境の状態推定システムを拡張し、状況によって変化する人間の運動状態から人間が次に行うであろう運動を予測する手法を構築するとともに、動的な環境変化も予測し、人間や環境に適応した移動ベースの運動制御手法を構築した。その他、平成 19 年度までに研究開発してきたパッシブ型移動ベースでは、ブレーキのみを利用していることから、ある状況においては機能が限定される場合があると考えられる。そこで、平成 20 年度は、そのような問題点を考慮し、サーボモータ等を補助的に使用することによって、パッシブ型移動ベースシステムの問題点を解決するハイブリット型移動ベースシステムの実現性について検討を行った。

平成 21 年度は、特に、パッシブ型移動ベースの適用範囲の検討及び実機による検証を行った。現在、歩行支援システムや離床支援システムの研究開発を進めるにあたり介護機器メーカーの研究者と議論を行う機会を得ている。また、脳卒中の患者を主に治療している病院やフランスの大学の福祉機器研究開発チームと議論を行う機会を得ている。本研究でも、これらの研究機関との議論に基づき、人間支援を行うための機能の検討を行うとともに、実際に研究開発を行ってきたパッシブロボットに適用し、その有効性の確認を行った。

また、安全に高機能を実現できるパッシブロボットは非常に多くの応用範囲を考慮することができる。そこで、パッシブシステムをより実用的な形で使用するために、実世界でよく使われる移動体の車輪（キャスタ）に注目し、キャスタにブレーキを取り付けることでその移動体の運動を制御するシステムの開発を行った。これにより、様々な移動体の

高機能化が実現できる見込みがあった。その他、移動体の運動制御をおこなうために、従来のパウダーブレーキやMRブレーキに変わるブレーキシステムを検討し、非常に低消費電力でかつ高速応答を実現できる回生ブレーキシステムの開発に取り組んだ。

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 6 件)

1. 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, 2010 年, 291-306
2. 平田泰久, 小松田慎二, 小菅一弘, 人間モデルに基づく歩行支援機使用者の動作判別, 計測自動制御学会論文集, 査読有, 45(5), 2009 年, 276-282
3. Yasuhisa Hirata, Zhidong Wang, Kenta Fukaya, Kazuhiro Kosuge, Transporting an Object by a Passive Mobile Robot with Servo Brakes in Cooperation with a Human, Advanced Robotics, 査読有, 23(4), 2009 年, 387-404
4. Yasuhisa Hirata, Asami Muraki, Kazuhiro Kosuge, Passive-type Intelligent Walker Controlled Based on Caster-like Dynamics, Rehabilitation Robotics, Advanced Robotic Systems, 査読有, 2007 年, 187-202
5. Yasuhisa Hirata, Asami Hara, Kazuhiro Kosuge, Motion Control of Passive Intelligent Walker Using Servo Brakes, IEEE Transactions on Robotics, 査読有, 23(5), 2007 年, 981-990
6. Oscar Ylaya Chuy, Jr., Yasuhisa Hirata, Zhidong Wang, Kazuhiro Kosuge, A Control Approach Based on Passive Behavior to Enhance User Interaction, IEEE Transactions on Robotics, 査読有, 23(5), 2007 年, 899-908

〔学会発表〕(計 12 件)

1. Yasuhisa Hirata, Yoshinori Koike, Kazuhiro Kosuge, Motion Control of Passive Dance Partner Robot by Using Servo Brakes, 2009 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2009年12月20日, 桂林, 中国
2. Masao Saida, Yasuhisa Hirata,

- Kazuhiro Kosuge, Motion Control of Passive Mobile Robot Consisting of Casters with Servo Brakes, 2009 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2009年10月12日, セントルイス, 米国
3. 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
 4. 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
 5. Yasuhisa Hirata, Yosuke Ojima, Kazuhiro Kosuge, Coordinated Motion Control of Multiple Passive Object Handling Robots Based on Environment Information, 2009 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2009年5月15日, 神戸
 6. Yasuhisa Hirata, Yoshinori Koike, Zhao Liu, Kazuhiro Kosuge, Development of Omini-directional Mobile Base with Servo Brakes for Passive Dance Partner Robot, 2008 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2009年2月24日, バンコク, タイ
 7. Yasuhisa Hirata, Development of Intelligent Walking Assist Robot Based on Passive Robotics, First France-Japan Research Workshop on Human-Robot Interaction, 2008年10月29日, 仙台
 8. Yasuhisa Hirata, Shinji Komatsuda, Kazuhiro Kosuge, Fall Prevention Control of Passive Intelligent Walker Based on Human Model, 2008 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2008年9月23日, ニース, フランス
 9. Yasuhisa Hirata, Shinji Komatsuda, Kazuhiro Kosuge, Human Modeling Method for Estimating User States Using Intelligent Walker, 17th CISM-IFTOMM Symposium on Robot Design, Dynamics, And Control, 2008年7月7日, 東京

10. Yasuhisa Hirata, Yosuke Ojima, Kazuhiro Kosuge, Variable Motion Characteristics Control of an Object by Multiple, Passive Mobile Robots in Cooperation with a Human, 2008 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 2008年5月21日, パサデナ, 米国
11. Yasuhisa Hirata, Hamin Song, Kazuhiro Kosuge, Motion Control of Passive Robot Porter with Variable Motion Characteristics for Handling a Single Object, 2007 IEEE International Conference on Robotics and Biomimetics, 2007年12月17日, 三亜, 中国
12. Yasuhisa Hirata, Hamin Song, Zhidong Wang, Kazuhiro Kosuge, Control of Passive Object Handling Robot with Free Joint for Reducing Human Assistive Force, 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2007年11月1日, サンディエゴ, 米国

〔図書〕 (計0件)

〔産業財産権〕

○出願状況 (計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 種類：
 番号：
 出願年月日：
 国内外の別：

○取得状況 (計0件)

名称：
 発明者：
 権利者：
 番号：
 取得年月日：
 国内外の別：

〔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 ()

研究者番号：