

平成 21 年 6 月 12 日現在

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2007～2008

課題番号：19560410

研究課題名（和文） 全方位移動車輛の高性能化に関する研究

研究課題名（英文） Research on making of high efficiency for omni-directional vehicle

研究代表者

飯田 賢一（IIDA KENICHI）

奈良工業高等専門学校・電子制御工学科・准教授

研究者番号：70290773

研究成果の概要：

本研究では、移動車輛に対して、狭い場所がある環境における円滑な移動と高精度な位置決めを実現し、カメラなどの視覚システムによる画像処理技術を用いた自律移動により、高性能化を図ることを目的としている。これらを実現することにより、実際の環境における全方位移動可能な搬送車輛を開発することができ、さらには、このシステムを車椅子への応用し、狭い場所において人間を安全に自動誘導させるシステムへの拡張が期待できる。上記目的を達成するために、全方位移動車輛を、(1)全方位移動車輛の設計・製作、コントローラの設計、(2)位置・姿勢検出ユニットの設計・製作、(3)自動誘導ユニットの設計・開発の3つのサブシステムに分割している。(1)においては、ホロノミックな全方位移動車輛を製作し、位置・速度のみならず姿勢を制御するコントローラを設計し、実機を用いて単体テストを行った。単体テストの結果、全方位移動車輛の高精度な移動特性が得られることが明らかとなった。(2)においては、マイコンを利用した位置検出ユニットを製作し、単体テストを行った。その結果、移動車輛に取りつけた複数の検出ユニットによって、移動車輛の位置、速度および姿勢を測定できることを明らかとした。さらに、(1)と(2)の統合テストにより移動車輛の高度な移動特性を確かめた。(3)においては、画像処理による自動誘導ユニットを製作した。その結果、移動車輛の誘導や障害物回避に画像処理技術が利用できることを確かめた。これらの結果の一部は、学会発表や学術論文として投稿し、広く発信した。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2007年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2008年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,700,000	510,000	2,210,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：電気電子工学・システム工学

キーワード：全方位移動車輛，球状車輪機構，モーションコントロール，光学マウス，ファジィ制御，画像処理技術

1. 研究開始当初の背景

産業分野において、物資の運搬や災害時の人命救助、巡回警備といった様々な移動型ロボットが研究開発されている。その中で、室内等の比較的障害物の少なく平坦な環境で使用される移動型ロボットにおいては、多くの場合、制御の容易さ、移動速度等の点から数本の脚を用いて移動する歩行型よりも車輪を用いて移動する車輪型が採用されている。車輪型は、使用する車輪や車輪の配置方法により、その運動学的な性質がホロノミックなもの而非ホロノミックなものに大別される。前者は真横方向への移動の際に車輪を移動方向へ向ける補助動作を必要とせず、後者はその補助動作を必要とし、高度な移動性が妨げられている。そのため、室内等の狭い場所がある環境での移動には前者の特性を持った車輪のほうが優位であることが知られている。そのため、平成12年度より、移動車輪の研究を行っており、その一つとして、工場、学校、病院などの狭い場所がある環境において自由自在に移動可能な全方位移動車輪の研究・開発を行っている。平成12年度～平成13年度：文部科学省科研費奨励(A) (課題番号12750414) の補助のもと、「球状車輪型全方位移動ロボットの駆動軸協調制御に関する研究」を行い、車輪に球を用いた全方位移動車輪について、検討を行った。その結果、全方位移動車輪は任意の方向に移動が可能であることが明らかとなった。しかしながら、より円滑な移動と実環境における自律移動が必要であることが問題点として挙げられた。

2. 研究の目的

研究開始当初の背景をもとに、本研究では、移動車輪に対して、狭い場所がある環境においての円滑な移動と高精度な位置決めを実現する。さらには、カメラなどの視覚システムによる画像処理技術を用いた自律移動を実現する。これらを実現することにより、実際の環境における全方位移動可能な搬送車輪を研究・開発することが研究全体の目的である。また、このシステムを車椅子への応用を検討し、狭い場所において人間を安全に自動誘導させることに関して検討を行う。

より具体的な目的としては、背景にもあるようにホロノミック全方位移動ロボットでは、ホロノミックな移動を可能にするために、メカナムホイールなどの特殊車輪の使用や特殊な車輪レイアウトが必要となり、その結果、コストの増加や可搬重量の低下などを招いてしまう。本研究で提案する車輪には球を用いる。球状車輪は多方向から駆動することにより、任意の速度、任意の方向に回転させることが可能である。一例として、単一球の

移動車輪もあるが、旋回動作が実現できない。本研究課題においては、球状車輪を2個装備することにより、移動車輪は、平面2自由度の並進運動に加え、その場での旋回動作が可能となり、高度な移動特性を有することになる。しかしながら、全方位移動車輪の位置・速度および姿勢は、それぞれ独立に決定されるため、適切な制御信号を算出する必要がある。それゆえ、高精度な移動特性を獲得するためには、各駆動軸間の協調動作を実現するコントローラを設計・開発し、全方位移動車輪の高精度な機動性を獲得する。

また、工場や病院など搬送車輪の多くは、ライトレースやベルト上を移動するものであり、異なった経路上を移動させようとするればコストが増大する。故に、全方位移動車輪に画像処理技術による移動が実現されれば、経路が変更されても、柔軟に対応可能となる。自己位置推定技術および画像処理技術を提案する全方位移動車輪に応用し、移動車輪自体での位置・速度、姿勢検出をし、さらには、カメラからの画像により、移動車輪を自動誘導することを目的としている。

3. 研究の方法

研究の目的を達成するための全方位移動車輪を図1に示し、図2に全体構成図を示す。

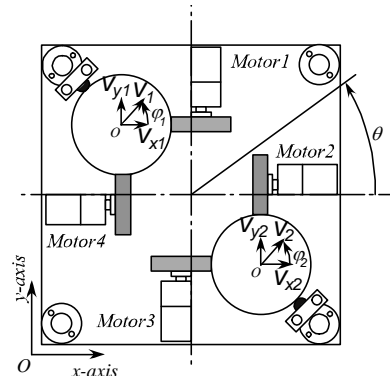


図1 全方位移動車輪

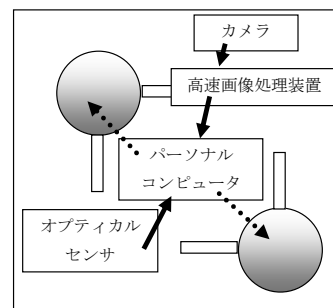


図2 システムの全体構成図

図2に示すシステム全体を図3に示すような3つのサブシステムに分割することが可能

である。ゆえに、それぞれのサブシステム①全方位移動車輻の高精度な機動性、②自律移動のための自己位置・姿勢検出、および、③画像処理技術の応用を単体システムとして捉え、最終的には、すべてが融合した総合的なシステムの有用性を検証する。

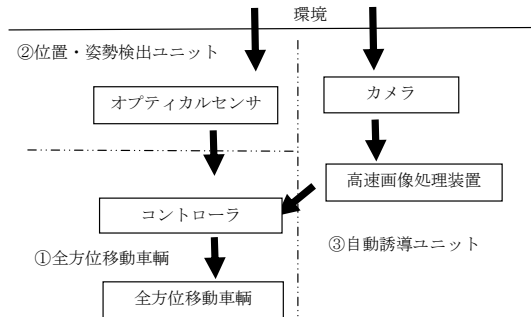


図3 サブシステム構成図

図3に基づいて、それぞれのサブシステムにおいて、以下のように単体システムの検証を行なう。

①全方位移動車輻の設計・製作、コントローラの設計、単体テスト

- a) ハードウェア設計・製作
- b) コントローラ設計・開発
- c) 単体機能テスト

ここでは、全方位移動車輻を設計・製作する。次に、全方位移動車輻のコントローラとして、ファジ理論を制御に応用し、コントローラを設計・開発する。単体テストでは、天井からの画像処理装置を利用し、外部からの車輻の位置・姿勢を検出する。設計・開発したコントローラはパーソナルコンピュータ上に実現し、全方位移動車輻を任意の位置や任意の姿勢に対して、高精度に制御可能であることを確認する。

②位置・姿勢検出ユニットの設計・開発、単体テスト

- a) ハードウェア設計・開発
- b) ソフトウェア設計・開発
- c) 単体機能テスト

ここでは、電子部品（AVR マイコン、光学マウスセンサなど）を利用し、位置・姿勢検出ユニットを製作する。次に、パーソナルコンピュータ上で、ユニットの精度、信頼性、取り付け位置などを検討し、問題点を改善する。単体テストでは、製作したユニットを①の全方位移動車輻に実装し、自己位置・姿勢検出が可能であることを確認する。

③自動誘導ユニットの設計・開発、単体テスト

- a) ソフトウェア設計・開発

b) 単体機能テスト

ここでは、高速画像処理装置一式を利用して、カメラからの画像入力を画像処理し、環境認識に用いることができるソフトウェアを設計・開発する。単体テストでは、パーソナルコンピュータ上で、カメラからの画像入力に対して、移動車輻を誘導できる判断信号が正しく出力されているかを確認する。

それぞれのサブシステムの単体テストを終了後、①全方位移動車輻と②位置・姿勢検出ユニットの結合テストを行う。実環境において、位置・姿勢ユニットによるフィードバックシステムを用いて全方位移動車輻の制御性能の結合テストを行い、改良点を洗い出し、問題点を改善する。さらに、①全方位移動車輻に③画像処理システムの結合テストを行う。実環境において、画像処理システムによる全方位移動車輻の制御性能について結合テストを実施し、改良点を洗い出し、問題点を改善する。

最後に、評価のフェーズとして、全方位移動車輻のプロトタイプの前送に関する総合テストを行い、評価を行う。実験環境においては、従来型の搬送車輻では困難な環境を設定し、デジタルビデオカメラで実験の様子をすべて撮影し、定量的な評価、定性的な評価から、その有用性を確認する。さらに、本研究課題での提案手法が他の分野（福祉・介護面から車椅子など）への応用についても検討を行う。

これらの評価実験終了後、公開デモンストレーションを実施し、学会発表、学会誌などに投稿し、本研究課題の意義、および、成果を広く一般に公開する。

4. 研究成果

研究成果として、図4、図5に示す全方位移動車輻を設計・製作した。さらに、図6に示すような制御システムを図4内のパーソナルコンピュータに導入した。

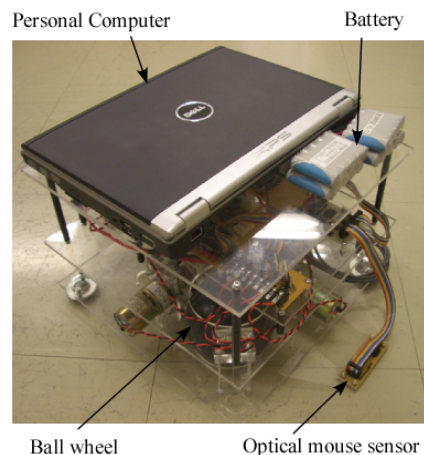


図4 全方位移動車輻制御システム

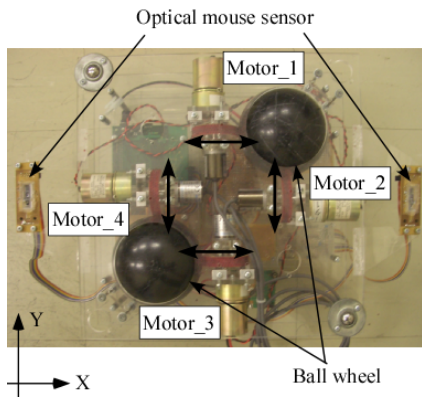


図5 全方位移動車輦（底面）

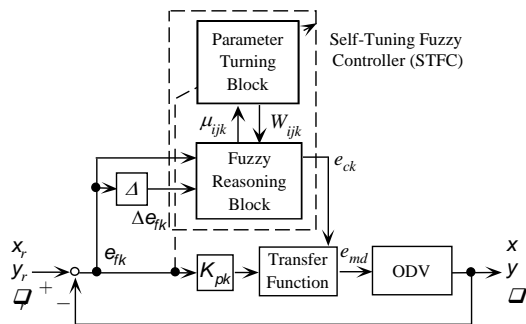
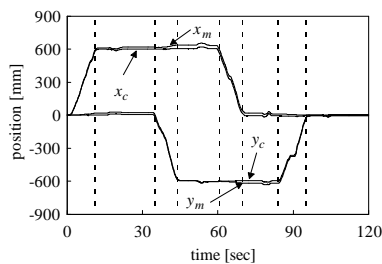


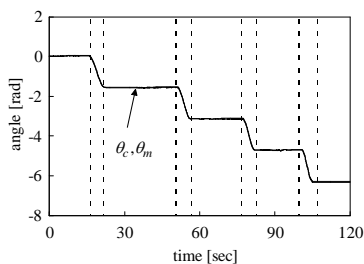
図6 制御システム

提案する制御システムにおいて任意の規範位置軌道，規範姿勢に良好に追従できることを明らかとした。これらは，研究の方法①-a), -b), -c)の研究成果として，学会発表①にて公開した。

さらに，研究の方法②-a), -b), -c)の研究成果の一例として，図7に示すような結果が得られた。



(a) 位置 (x, y)



(b) 姿勢角 θ

図7 光学マウスによる自己位置推定

この結果から，光学マウスセンサを用いて，全方位移動車輦の自己位置推定が良好に行なえることが明らかとなった。

さらに，研究方法の①と②の結合テストおよび評価を行なった研究成果は，学会発表②～④にて公開した。

また，研究の方法③-a), -b)の検証のために，複数の画像から特定の画像を抽出し，さらには，抽出された画像の特徴量を算出する実験を行った。その結果の一例を図8および表1に示す。



(a) 入力画像 (b) 出力画像

図8 対象物抽出実験

表1 角度算出実験

角度	出力	誤差	角度	出力	誤差
-100	-97.3	-2.7	20	19.0	-1.0
-20	-22.0	2.0	100	99.3	-0.7

図8において，切り欠きのある画像が抽出され，切り欠き部分の角度を算出することができることが明らかとなった。加えて，切り欠き部分の角度の変化に対し，サーボモータを追従制御できることが確かめられた。

これらの研究成果から，提案する制御システムは全方位移動車輦の移動特性の改善に有効であるといえる。また，提案する手法を適用した移動車輦は，従来型の四輪移動車輦では実現できなかった移動ができることから，種々の産業応用分野において幅広く適用可能であると思われる。また，今回試作した車輦は小型であるものの，大型の搬送車輦や電動車椅子などとしての応用が期待できることが明らかとなった。

今回の研究では，①と③の結合については，検討できなかったが，③の単体テストでは，画像処理技術の制御システムへの応用を期待でき，全方位移動車輦の自律行動獲得に有用であることが明らかとなった。

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）

〔学会発表〕（計 4 件）

① 飯田賢一，森太一，安野卓，球状車輦を用いた前方向移動車輦の応答特性，平成 20

年電気学会全国大会 4-189, 2008 年 3 月 15 日, 福岡工業大学

② 森太一, 飯田賢一, 安野卓, 光学マウスセンサを用いた全方向移動車輛制御, 平成 20 年電気学会産業応用部門大会, Y-71, 2008 年 8 月 27 日, カルポート高知

③ 飯田賢一, 森太一, 安野卓, 自己位置推定による全方向移動車輛制御, 平成 20 年電気関係学会関西支部連合大会, G3-11, 2008 年 11 月 8 日, 京都工芸繊維大学

④ 飯田賢一, 森太一, 安野卓, 走行環境を考慮した全方向移動車輛の制御システム, 平成 21 年電気学会全国大会, 4-250, 2009 年 3 月 19 日, 北海道大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

飯田 賢一 (IIDA KENICHI)

奈良工業高等専門学校・電子制御工学科・
准教授

研究者番号: 70290773

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし