

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 5 月 6 日現在

機関番号：13904

研究種目：基盤研究（B）

研究期間：2009～2011

課題番号：21360108

研究課題名（和文）

新駆動機構の提案による全方向移動ビークルの最適統合化制御に関する研究

研究課題名（英文）

Research on Optimal Integrated Control of Omni-directional Mobile Vehicle by Novel Differential Drive and Steering Mechanism

研究代表者

寺嶋 一彦（TERASHIMA KAZUHIKO）

豊橋技術科学大学・大学院工学研究科・教授

研究者番号：60159043

研究成果の概要（和文）：

本研究では、『平歯車を用いたオフセット駆動の新機構を考案し、安全・安心、快適で、かつ人に使いやすい全方向車椅子の開発』を行った。新開発の車椅子は、段差乗り越え能力が高く、搬送中の上下方向の振動を抑制し、通常のゴムタイヤを用いるためスリップも少なく操作性が良い等の利点を持つ。新提案の機構は、オフセット型車輪により瞬時に全方向に移動でき、さらに、平歯車の組み合わせ構造設計により、常時2つのモータを運転させて、併進、操舵の各動作を実現できるので、モータの容量を半減でき、車体の軽量化が行え、かつ、稼働状況の平準化が図れるためメンテナンスに都合がよく独創性がある。これに加えて、介護者のためのパワーアシストシステムの構築を行った。人間の操作力を力センサで計測し、それをパワーアシストした。本研究では、人間が機械に合わせるのではなく、機械が人間の癖に合わせる方式を提案した。また操作の熟練度を判定する方式を提案し、それに応じて、操作支援機能を変更していく、熟練度に応じた操作支援法を提案し、人に親和性のある車椅子を開発した。さらに、搭乗者と介護者の両方の立場から、快適で衝突回避できる安全なハプティックインターフェイスを開発した。これらの成果は、理論解析だけでなく、試作機を構築し、色々な場所で検証、および全国の展示会などで公表し、高い評価を得た。

研究成果の概要（英文）：

Holonomic omnidirectional mobile robots are useful because of their high level of mobility in narrow or crowded areas, and omnidirectional robots equipped with normal tires are desired for their ability to surmount difference in level as well as their vibration suppression and ride comfort. A caster drive mechanism using normal tires has been developed to realize a holonomic omnidirectional robot, but some problems have remained. In this research, we developed effective systems to control the caster-drive wheels of an omnidirectional mobile robot. We proposed a Differential-Drive Steering System (DDSS) using differential gearing to improve the operation ratio of motors. The DDSS generates driving and steering torque effectively from two motors. Simulation and experimental results show that the proposed system is effective for holonomic omnidirectional mobile robots. Furthermore, we developed both an intelligent power assist wheelchair for helper such that wheelchair robot adequately can adjust for the operator's habit, and a semi-autonomous wheelchair using a novel intelligent haptic interface such as its haptic interface can teach the operator on the degree of danger. These achievements have been validated by not only theoretical analysis but also by real experiments, and demonstrated by a lot of exhibition held in many places of Japan. Thus, high evaluation has been obtained by many people.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	8,800,000	2,640,000	11,440,000
2010年度	3,400,000	1,020,000	4,420,000
2011年度	2,200,000	660,000	2,860,000
年度			
年度			
総計	14,400,000	4,320,000	18,720,000

研究分野：ロボット、介護・福祉

科研費の分科・細目：機械工学、機械力学・制御

キーワード： 全方向移動型電動車椅子、差動駆動操舵機構、パワーアシスト制御、インテリジェントジョイスティック、人と機械のベストマッチング

1. 研究開始当初の背景

申請者は、今までに、パワーアシストやハプティックジョイスティックによる操作支援の研究を行ってきた。従来研究の全方向移動車椅子のうち、実際に実用化された方式のものもあるが、研究段階が多く一般的な普及にはまだ至っていない。その大きな要因としては、全方向移動車椅子は特殊な車輪を用いている場合が多く、この場合少しの段差でも乗り越えることが難しい。そして、車輪と地面との設置面積が小さいため、スリップを起し、操作性が悪くなる上に路面を傷つけてしまう恐れがある。また、全方向移動車椅子は通常 3~4 個の車輪を駆動させる必要があるが、走行時にこれらの車輪のどれかが動いていない状態が多く、モータの運用率が悪い。このため、高出力なモータを複数配置する必要があり、必然的に総重量が大きくなる。このように、従来の全方向車椅子は、人に優しい移動機器としての考慮が欠如しており、使用者の立場に立つイノベーションが今後の大きな課題である。

2. 研究の目的

本研究では、『平歯車を用いたオフセット駆動の新機構を考案し、安全・安心、快適で、かつ人に使いやすい全方向車椅子の開発』を行う。新開発の車椅子は、段差乗り越え能力が高く、搬送中の上下方向の振動を抑制し、通常のゴムタイヤを用いるためスリップも少なく操作性が良い等の利点を持つ。新提案の機構は、オフセット型車輪により瞬時に全方向に移動でき、さらに、平歯車の組み合わせ構造設計により、常時 2つのモータを運転させて、併進、操舵の各動作を実現できるので、モータの容量を

半減でき、車体の軽量化が行え、かつ、稼働状況の平準化が図れるためメンテナンスに都合がよく独創性があると思われる。この構想に基づき、理論解析とシミュレーションにより最適なデザインを行う。そして、それに基づき、試作機を構築し、実験により、検証、考察、改善を行い、研究目的を達成させる。

3. 研究の方法

理論、シミュレーション解析を行ない、全方向車椅子の設計、試作を行う。それをもとに、実験を行い、理論の検討などを行い、最適なシステムを構築する。

4. 研究成果

平歯車を用いたオフセット型の新しい駆動機構により、通常要求される 6 [cm] の段差超えができる強い走破性を有し、従来の全方向車輪の地面のこぼこに対する振動吸収性が悪い欠点を中空ゴムタイヤの利用で振動絶縁性のよいビークルを開発した。車輪の並進駆動、操舵駆動は、本研究において 6 個の平歯車の噛みあわせを工夫して配置することで、2 個のモータを常に 1 : 1 に稼働させることが実現でき、モータの容量を小型化ができ 1/2 の省エネを達成した。また、車椅子として、介護人の労働負担を軽減させるためのパワーアシストや介護人の手ぶれの車椅子走行への影響低減化する操作支援、さらに、熟練度の自動判定と、熟練度に応じてテラメイドで機械が人間に合わせてくれる機能や、衝突回避機能など、安心・安全、快適な人間機械協調の全方向ビークルの要素技術を確立した。プロトタイプとして全方向移動車椅子 (OMW) を開発した。APEC 会議の展示会、国際ロボット展など、20 件以上にわたる展示会などに招待されたりし、多くの場所で開発ビークルの実用的な有効性が実証

された。また一方、CLAWAL 国際会議で、ベスト論文賞をうけ理論的な優秀性も評価され、科学研究費で実施された本研究課題は成功したと言える。

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 3 件)

1. Kazuhiko Terashima, Kaoru Watanabe, Yuki Ueno, Youji Masui, "Auto-tuning Control of Power Assist System Based on the Estimation of Operator's Skill Level for Forward and Backward Driving of Omni-directional Wheelchair", International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS2010), pp. 6046-6051, Taipei, Taiwan, (October 2010)

2. Yuki Ueno, Kazuhiko Terashima, Hideo Kitagawa, Kiyooki Kakihara, Kazuhiro Funato, "Development and Experimental Evaluation of a Novel Omni-directional Wheel Mechanism, 13th International Conference on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Robot (CLAWAR2010), pp. 817-824, Nagoya, Japan, (September 2010) (ベスト論文賞)

3. Yuki Ueno, Takashi Ohno, Kazuhiko Terashima, Hideo Kitagawa, Kiyooki Kakihara and Kazuhiro Funato, "Novel Differential Drive Steering System with Energy Saving and Normal Tire Using Spur Gear for an Omni-directional Mobile Robot", International Conference on Robotics and Automation, pp. 3763-3768, Anchorage, Alaska, USA, (May 2010)

[学会発表] (計 10 件)

1. 上野祐樹, 北川秀夫, 柿原清章, 榊原利夫, 山本孝之, 寺嶋一彦, "障害物衝突防止を考慮した全方向移動式パワーアシストベッドの構築", 第 12 回 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 (SI2011), pp. 2027-2030, 京都大学吉田キャンパス, 京都府, (2011 年 12 月 23-25)

2. Yuki Ueno, Hideo Kitagawa, Kiyooki Kakihara and Kazuhiko Terashima, "Design and Control for Collision Avoidance of Power-assisted Omni-directional Mobile Wheelchair System", 2011 IEEE/SICE International Symposium on System

Integration (SII2011), pp. 902-907, Kyoto university, Kyoto, Japan, (December 20-22, 2011)

3. 上野祐樹, 北川秀夫, 柿原清章, 榊原利夫, 山本孝之, 寺嶋一彦, "全方向移動式パワーアシストベッドにおける狭路走行時の障害物衝突防止システムの構築", 第 54 回 自動制御連合講演会, pp. 1116-1120, 豊橋技術科学大学, 愛知県, (2011 年 11 月 19-20)

4. Yuki Ueno, Kazuhiko Terashima, Hideo Kitagawa, Kiyooki Kakihara, "Development of Collision Avoidance Supporting System for Power Assist System in Omni-directional Mobile Robot", SICE Annual Conference 2011, pp. 1447-1452 Tokyo university, Tokyo, Japan, (September 13-18, 2011)

5. 上野祐樹, 野田善之, 北川秀夫, 柿原清章, 寺嶋一彦 "障害物衝突回避を考慮した全方向移動車椅子のためのパワーアシストシステムの構築", 第 29 回日本ロボット学会学術講演会, RSJ2011AC1H2-3, 芝浦工業大学豊洲キャンパス, 東京都, (2011 年 9 月 7-9)

6. 上野祐樹, 寺嶋一彦, 北川秀夫, 柿原清章, "省エネルギー化が可能な差動駆動操舵機構による全方向移動ベッドのパワーアシスト制御", 第 55 回システム制御情報学会研究発表講演会 SCI'11, pp. 149-150, 大阪大学コンベンションセンター, 大阪府, (2011 年 5 月 17-19)

7. 上野祐樹, 寺嶋一彦, 北川秀夫, 柿原清章, "全方向移動パワーアシストベッドの開発", 日本機械学会 東海支部第 60 期総会・講演会, 豊橋技術科学大学, 愛知県, (2011 年 3 月 14-15)

8. 上野祐樹, Nguyen Manh Toi, 寺嶋一彦, 柿原清章, "熟練度に応じた人にやさしい操作支援運転システム", 日本機械学会 東海支部第 59 期総会・講演会, 名城大学天白キャンパス, 愛知県, (2010 年 3 月 9-10)

9. 上野祐樹, 寺嶋一彦, 三好孝典, 野田善之, 北川秀夫, 柿原清章, 船戸一弘, "全方向移動ビークルのための平歯車を用いた新型差動駆動操舵機構の開発", 第 10 回 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 (SI2009), pp. 346-249, 芝浦工業大学, 東京都, (2009 年 12 月 23-25 日)

10. Yuki Ueno, Takashi Ohno, Kazuhiko Terashima and Hideo Kitagawa, "The

Development of Driving System with Differential Drive Steering System for Omni-directional Mobile Robot", International Conference on Mechatronics and Automation(ICMA2009), pp.1089-1094, Shangri-La Hotel, Chang Chung, P. R. China, (August 23-25, 2009)

[産業財産権]

○出願状況 (計2件)

名称：操舵可能な駆動機構および全方向移動車

発明者：寺嶋一彦, 大野貴, 上野祐樹

権利者：豊橋技術科学大学

種類：特許出願

番号：PCT/JP2010/60078

出願年月日：2010年6月

国内外の別：国外（アメリカ、中国等）

名称：操舵可能な駆動機構および全方向移動車

発明者：寺嶋一彦, 大野貴, 上野祐樹

権利者：豊橋技術科学大学

種類：特許出願

番号：2009-146050

出願年月日：2009年6月19日

国内外の別：国内

○取得状況 (計3件)

名称：差動機構による全方向移動機構

発明者：寺嶋一彦, 大野貴

権利者：豊橋技術科学大学

種類：実用新案

番号：特開 2008-279848

出願年月日：2008年5月9日

国内外の別：国内

[その他]

ホームページ等

<http://www.syscon.pse.tut.ac.jp/>

6. 研究組織

(1)研究代表者

寺嶋 一彦 (Kazuhiko Terashima)

豊橋技術科学大学・機械工学系・教授

研究者番号：60159043

(2)研究分担者

鈴木 重行 (Sigeyuki Suzuki)

名古屋大学・医学部・教授

研究者番号：60179215

野田 善之 (Yoshiyuki Noda)

山梨大学・工学部機械システム工学科・准教授

研究者番号：60426492

(3)連携研究者

()

研究者番号：