

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24日現在

機関番号：53701

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2009～2011

課題番号：21560282

研究課題名（和文） 小さな力で思いのままに操れる安全性を考慮に入れた全方向移動車椅子の開発

研究課題名（英文） Development of Omnidirectional Wheelchair considering Safety and Manipulability.

研究代表者

北川 秀夫 (KITAGAWA HIDEO)

岐阜工業高等専門学校・電子制御工学科・教授

研究者番号：80224955

研究成果の概要（和文）：全方向移動車椅子は狭い場所、混雑した環境で高い機動性を持っている。そして、通常のタイヤを使用できる全方向移動車椅子が段差乗り越え、振動抑制、乗り心地向上のために求められている。本研究では、通常のタイヤを使用したキャスター式の全方向移動車椅子システムを開発した。この車椅子では、搭乗者の安全のための半自律衝突回避システムおよび、搭乗者の快適性と介助者の操作性を考慮したパワーアシストシステムが開発されている。

研究成果の概要（英文）：Omnidirectional wheelchair is useful with its high mobility in narrow or crowded area, and omnidirectional wheelchair equipped with normal tires is desired for difference excess, vibration suppression and ride comfort. Caster-drive mechanism using normal tire has been developed to realize an omnidirectional motion, however, there remains some problems. We developed an effective system to control the caster-drive wheels of omnidirectional wheelchair. In this wheelchair, a semi-autonomous obstacle avoidance system using laser range data for rider's safety and a power assist system for omnidirectional transport wheelchairs considering attendant's manipulability and rider's comfort have been developed.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	1,300,000	390,000	1,690,000
2010年度	1,200,000	360,000	1,560,000
2011年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	1,020,000	4,420,000

研究分野：工学

科研費の分科・細目：知能機械学・機械システム

キーワード：人間機械システム、車椅子、全方向移動、機構、福祉、ロボット

1. 研究開始当初の背景

超高齢社会においては、日常生活で介護を必要とする高齢者及び加齢による障害者の一層の増加が不可避である。我々のグループでは、狭い屋内環境での移動、ベッドへの幅寄せ、作業を行いながらの横移動等

に有効な全方向移動車椅子の開発を行っているが、研究開始当初には以下の課題があった。

(1) これまでに開発していた全方向移動車椅子は、全方向移動のためにオムニホイールを

使用していたため、段差乗り越え能力、振動発生、乗り心地の点で問題があった。

(2) 安全性の確保を目的として、障害物の自動認識・回避を行う機能を持たせることが望ましいが、車椅子が自律的に障害物回避を行うことによって、逆に搭乗者の意に反した動きとなり、違和感、危険度の増加が考えられる。また、完全自動運転は重度の障害者には適しているものの、それ以外の人には自立生活の支援に反することになる。

(3) 高齢者が（配偶者等の）別の高齢者を介護する老々介護の問題に対処するため、介助者（介助式車椅子を押して動かす人）にとっても快適な車椅子を開発する必要がある。特に全方向移動によって自由度が増加すると、それをいかに小さな力で思いのままに操れるかが重要課題となる。また、この場合も高齢の介助者に配慮した安全性の確保が不可欠である。

2. 研究の目的

本研究では1に示した課題を解決し、搭乗者にとっても介助者にとっても操作性がよく、かつ安全な全方向移動車椅子の開発を目的とする。具体的には、1の(1)~(3)の課題に対して以下の内容を目的とした。

(1) 差動駆動操舵全方向移動機構の開発

能動的にキャスタ輪を駆動させることにより、通常のタイヤが使用できる全方向移動機構を開発する。これにより、段差の乗り越え、移動中の振動の抑制、搭乗者の乗り心地の向上が見込まれる。

各車輪の駆動と操舵の二自由度を二つのモータで実現するが、その際、各自由度に一つずつのモータを固定してしまうと、例えば前進している時には操舵用のモータが全く動いていない状態になってしまう。本研究では、二つのモータの出力を干渉させることにより効率的に駆動力を発生させ、その結果搭載するモータの出力（重量）を低減できる機構を開発する。

(2) 半自律走行機能の開発

240[deg]の範囲で 0.36[deg]ごとに障害物までの距離を測定可能なレーザレンジファインダ（測域センサ）2台を車椅子に搭載して、全方向の障害物検出実験を行う。このセンサを回転させることにより、三次元の障害物認識を行い、ベッド、机等の一般形状物体の正確な認識と回避を可能とする。また、車椅子にとって重大な事故である階段落下の防止にも適用できるようにする。

その後、安全な方向を搭乗者に知らせる誘導制御を導入することにより、車椅子をより

安全な方向へ誘導するとともに、狭いドアの通り抜けやエレベータへの搭乗を支援する技術を開発する。

(3) パワーアシストシステムの開発

介助者の操作意思を推定するニューロファジィシステムによって、介助者が代わっても短時間のティーチングで、その人の癖を学習させるようにする。頻繁に行う動作を介助者にしてもらっただけで完了するティーチングシステムを構築し、車椅子での実験によりその有効性を検証する。

さらに、高齢介助者の誤操作による事故を防止するため、測域センサからの障害物情報によってパワーアシストゲインを可変として、危険な方向へ車椅子が動かないようにするとともに、誘導制御によってドア、エレベータ入口等の狭所の通り抜けも可能とする。

3. 研究の方法

(1) 差動駆動操舵全方向移動機構の開発

① 従来の車椅子（図1）の問題点を解消するため、平歯車機構を用いたアクティブキャスタ式全方向移動ユニットを製作する。

② 機構解析ソフトウェアを用いたシミュレーションを併用することにより、新たな全方向移動車椅子の設計を行う。

③ 全方向移動車椅子の製作を行う。

④ 平地、不整地での走行実験を行う。



図1 従来の全方向移動車椅子

(2) 半自律走行機能の開発

① 360度の距離情報を取得する。

② 計測した距離情報に基づいて、速度指令ジョイスティックのインピーダンスを変化させる。

③ 測域センサの回転機構を製作し、センサを車椅子の前後方向の軸周りに回転させることにより、三次元の距離情報を得る。

④ 階段の認識実験を行う。

(3) パワーアシストシステムの開発

① 介助者の操作入力を車椅子のハンドグリップに設置した6軸力覚センサで計測する。

② ニューロファジィシステムにより介助者が意図する動作を求め、その運動を実現するように、車椅子の駆動モータ入力を生成する。

③ 障害物回避アルゴリズムを介助モードにも適用する。障害物までの距離と車椅子の移動速度を考慮してパワーアシストゲインを可変とすることにより、危険な方向へは車椅子を移動させられないようにする。

4. 研究成果

(1) 差動駆動操舵全方向移動機構の開発

簡単な構造で乗り心地向上、段差対応が可能な通常のタイヤを用いた機構を開発した。図2に差動駆動操舵機能を実現する平歯車の構成を、図3にそれを組み込んで設計・製作したアクティブキャスタを示す。



図2 差動駆動操舵機構

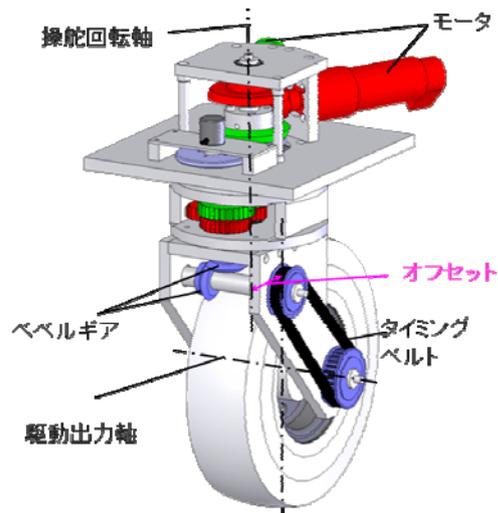


図3 アクティブキャスタ

次に、このアクティブキャスタを四輪装着した全方向移動車椅子(図4)の走行試験を行い、平地のみならず不整地においても一般的な市販の電動車椅子以上の走破性能を持っていることを確認した。従来の全方向移動

車椅子は、狭所移動能力は高いものの平地でないと移動が困難になるという問題点があったが、提案した全方向移動車椅子はこの点でも優位性が示された。



図4 全方向移動車椅子

(2) 半自律走行機能の開発

360度全方向の距離計測を可能とした。これにより、死角のない障害物認識が可能となり、この情報を用いたジョイスティックのインピーダンス調整が可能となった。

さらに、多様な障害物の回避を可能とするため、測域センサに回転機構をつけた三次元障害物認識システムを実現した。図5は開発システムによって得られた廊下環境の三次元地図で、図6は階段の地図である。

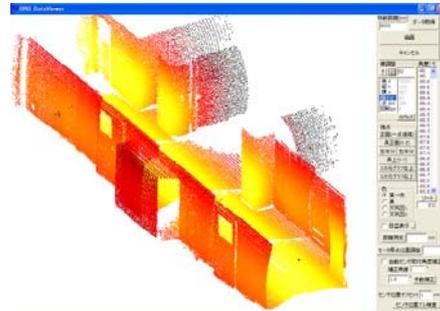


図5 三次元地図

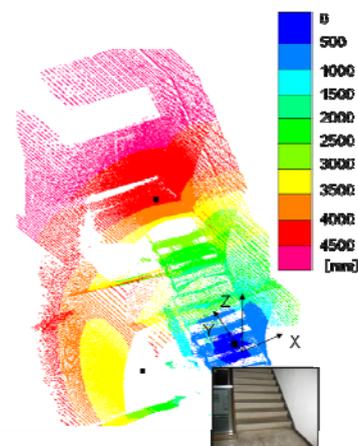


図6 階段地図

(3) パワーアシストシステムの開発

前項 (2) では搭乗者が自身でジョイスティックを操作して車椅子を操縦する自走式車椅子が前提であったが、ここでは介助者が車椅子を押して移動させる介助式車椅子のパワーアシストシステムを対象とする。

介助者の入力を図7の6軸力覚センサで計測し、図8のパワーアシストコントローラで車椅子の移動指令速度に変換する。この際、横移動指令と回転指令を判別するためにファジィ推論を行っているが、介助者の癖の個人差が大きいため、そのパラメータをニューラルネットワークにより調整するシステムを開発した。

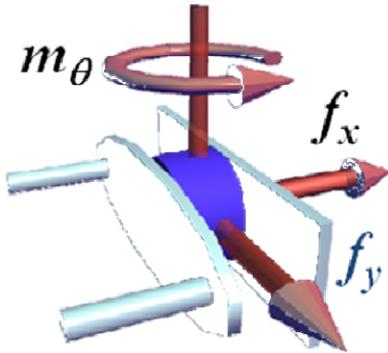


図7 6軸力覚センサ

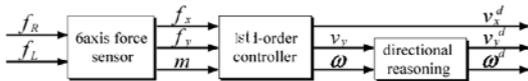


図8 パワーアシストコントローラ

さらに、前項 (2) で説明した衝突回避システムを組み込むことで、図9に示す衝突回避パワーアシストコントローラの構成が可能となる。自走時にはジョイスティックのインピーダンス調整を行っていたが、介助走行時にはパワーアシストゲインを調整することによって衝突回避を実現する。本方式は、今後ますます必要性が高くなる老老介護で問題になる介護者のためのアシスト技術として有効である。

ただし、現時点ではゲインの調整方法が十分ではないため、今後研究を発展させて、より効果的なパワーアシストおよび衝突回避システムを構築していく予定である。

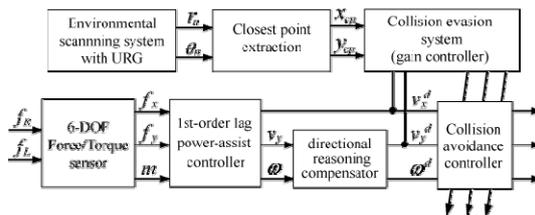


図9 衝突回避コントローラ

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8件)

① Y. Ueno, H. Kitagawa, K. Kakihara, K. Terashima, “Design and Control for Collision Avoidance of Power-assisted Omni-directional Mobile Wheelchair System”, Proc. 2011 IEEE/SICE Int. Symp. on System Integration, 査読有, 2011, E1-1.

② Y. Ueno, H. Kitagawa, K. Kakihara, K. Terashima, “Development of Collision Avoidance Supporting System for Power Assist System in Omni-directional Mobile Robot”, Proc. SICE Annual Conference, 査読有, 2011, ThA14-04.

③ Y. Ueno, K. Terashima, H. Kitagawa, K. Kakihara, K. Funato, “Development and experimental evaluation of a novel omni-directional wheel mechanism”, Proc. 13th Int. Conf. on Climbing and Walking Robots and the Support Technologies for Mobile Machine, 査読有, 2010, pp. 817-824.

④ Y. Ueno, T. Ohno, K. Terashima, H. Kitagawa, K. Funato, K. Kakihara, “Novel Differential Drive Steering System with Energy Saving and Normal Tire Using Spur Gear for an Omni-directional Mobile Robot”, Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, 査読有, 2010, ThB2.3.

⑤ Y. Ueno, T. Ohno, K. Terashima, H. Kitagawa, “The Development of Driving System with Differential Drive Steering System for Omni-directional Mobile Robot”, Proc. IEEE Int. Conf. on Mechatronics and Automation, 査読有, 2009, pp. 1089-1094.

⑥ H. Kitagawa, T. Ohno, Y. Ueno, K. Terashima, “Differential-Drive Steering System using Planetary Gearing for Omnidirectional Mobile Robot”, Proc. 6th Int. Conf. on Informatics in Control, Automation and Robotics, 査読有, 2009, 138.

⑦ K. Terashima, H. Kitagawa, T. Miyoshi, S. Kitamura, J. Urbano, “Neuro-Fuzzy Control of Power-Assist Omnidirectional Wheelchair Using Human-Friendly Touch Panel”, Journal of Robotics and Mechatronics, 査読有, Vol. 21, No. 3, 2009, pp. 427-434.

⑧ 北川秀夫, 大野貴, 三好孝典, 寺嶋一彦: 全方向移動ロボットのための差動駆動操舵機構の開発, 日本ロボット学会誌, 査読有,

〔学会発表〕(計6件)

- ① 上野祐樹他：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，2011年9月7日，芝浦工業大学
- ② 上野祐樹他：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，SICE SI2009，2009年12月24日，芝浦工業大学

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北川 秀夫 (KITAGAWA HIDEO)
岐阜工業高等専門学校・電子制御工学科・教授
研究者番号：80224955

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

寺嶋 一彦 (TERASHIMA KAZUHIKO)
豊橋技術科学大学・工学部・教授
研究者番号：60159043