

平成 29 年 6 月 14 日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B)（一般）

研究期間：2013～2016

課題番号：25289023

研究課題名（和文）人の居る場で走行可能な搭乗型前後左右全方向移動体の開発と人・移動体共存条件の解明

研究課題名（英文）Development of a boarding-type omnidirectional mobile body capable of traveling around people and analysis of conditions on coexistence of people and a mobile body

研究代表者

小森 雅晴（KOMORI, Masaharu）

京都大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号：90335191

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 14,200,000 円

研究成果の概要（和文）：快適な移動を実現するため、前後、左右、斜め方向に移動できる搭乗型全方向移動体が求められており、この開発を目的として本研究を行った。全方向駆動車輪の構造の検討を行い、最適と考えられる全体構造を明らかにした。この車輪を試作し、実験を行い、その有効性を確認した。また、この車輪を用いた全方向移動体の全体構造の設計を行い、試作した。試作した移動体の実験を行い、前後、左右、斜めの方向に移動できることを確認した。

研究成果の概要（英文）：In order to realize a comfortable travel, a boarding-type omnidirectional mobile body capable of moving in the front, back, left, right, and diagonal directions is required. This research was conducted for the purpose of this development. The structure of an active omni wheel was investigated and the overall structure which is considered optimal was clarified. This wheel was manufactured, experimented, and its effectiveness was confirmed. The whole structure of an omnidirectional mobile body using this wheel was designed and manufactured. Experiments were conducted on the manufactured mobile body and it was confirmed that it can move in the front, back, left, right, and diagonal directions.

研究分野：機構学

キーワード：移動体

1. 研究開始当初の背景

快適な移動を実現するため、搭乗型移動体が求められている。しかしながら、従来の移動体は、前後方向に移動することや向きを変えながら斜め方向に移動することは可能であったが、左右方向に移動することはできなかった。また、向きを変えずに斜め方向に移動することもできなかった。そのため、真横に移動するためには移動体の向きを変えるなどの動作が必要であった。

この問題を解決するため、全方向に移動可能な機構に関する研究がなされている。例えば、オムニホイールと呼ばれる車輪がある。オムニホイールは受動的に回転可能なフリーローラを有している。車輪本体をモータで駆動することにより、オムニホイールは1方向には能動的に移動することができる。また、その垂直な方向にはフリーローラの受動回転によって受動的に移動することができる。このため、オムニホイールを2つ用いると全方向に移動することができる。

オムニホイールを用いて移動する場合、フリーローラが抵抗無く回転できることが前提となる。しかしながら、実際には回転抵抗が存在する。また、回転抵抗は状況によって変化する。この回転抵抗の影響のため、オムニホイールの動作を精密に制御することは難しい。また、オムニホイールが単体で能動的に移動できる方向は限られている。このため、任意の方向に移動するためには2つのオムニホイールが必要となる。このことも1つの問題であった。

2. 研究の目的

これからの搭乗型移動体には、前後方向に移動することができるだけでなく、左右方向にも移動でき、また、向きを変えずに斜め方向にも移動できることが要求される。そこで、本研究では搭乗型前後左右全方向移動体を開発することを目的とする。全方向移動体に用いる全方向駆動車輪の設計、試作、実験を行う。また、全方向移動体の設計、試作、実験、問題点の調査を行う。これにより目的とする搭乗型前後左右全方向移動体を実現する。

3. 研究の方法

次の方法で研究を行う。

- (1) 搭乗型前後左右全方向移動体に用いる全方向駆動車輪を設計し、理論に基づく検証を行う。
- (2) 移動体用全方向駆動車輪を試作する。
- (3) 試作品を用いた実験を行う。
- (4) 全方向駆動車輪を用いた搭乗型前後左右全方向移動体の全体構造、駆動系の設計を行う。
- (5) 全方向移動体を試作する。
- (6) 全方向移動体を用いて実験を行う。
- (7) 全方向移動体の問題点の調査を行う。

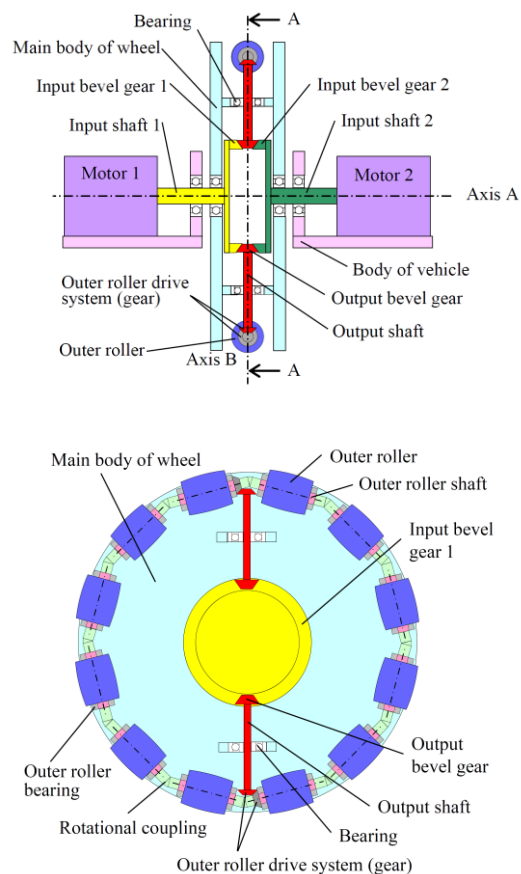


図1 全方向駆動車輪の構造の模式図 (引用文献①)

4. 研究成果

(1) 全方向駆動車輪の設計を行った。まず、従来の全方向駆動車輪の構造について説明する。全方向駆動車輪の中心軸を含む断面と、中心軸に垂直な断面を図1に示す。全方向駆動車輪は外周ローラが外側に並べられており、外周ローラの列で大きな1つの円を構成している。図1に示すように、全方向駆動車輪の内部には、対向する1組のかさ歯車と他のかさ歯車がかみあう差動歯車機構がある。モータとつながるかさ歯車を入力かさ歯車1、2とし、それらとかみあうかさ歯車を出力かさ歯車とする。入力かさ歯車1、2はそれぞれ別のモータによって駆動される。入力かさ歯車が回転すると、出力かさ歯車も回転する。入力かさ歯車1、2が互いに逆方向に回転する場合、出力かさ歯車は図1に示す軸Bの周りを自転する。出力かさ歯車の自転はその先の外周ローラに伝わり、外周ローラが回転する。また、外周ローラの間には軸継手があり、それによって他の外周ローラにも回転が伝達される。この外周ローラの回転により、全方向駆動車輪は横方向に移動する。一方、入力かさ歯車1、2が同方向に回転する場合、出力かさ歯車は図1の軸Aの周りを公転する。出力軸は車輪本体に支えられているため、出力かさ歯車が公転すると、車輪本体が回転することとなる。この場合、全方向駆動車輪は前後方向に移動する。入力かさ歯車1、2が

これら以外の回転をすると、全方向駆動車輪の車輪本体と外周ローラの両方が回転する。この場合、全方向駆動車輪は斜めに移動する。入力かさ歯車 1、2 の回転の状態により任意の斜め方向に移動することができる。このように、全方向駆動車輪は、モータの回転を制御することで前後、左右、斜めの任意の方向へ移動することが可能である。

以前に全方向駆動車輪が製作されており、前後、左右、斜めの任意の方向に移動可能であることが実験により確かめられている。しかし、この車輪には解決すべき問題点がある。1 つは外周ローラ間に隙間があるため、走行時に振動が発生することである。この車輪では、外周ローラが重ならないように円周上に並べる必要があり、その結果、外周ローラ間に隙間が生じる。また、外周ローラを駆動するための隙間もある。差動歯車機構からの回転は最終的に外周ローラへと伝えられるが、そのために外周ローラ間に隙間が必要となる。このような隙間が存在するため、全方向駆動車輪の外側の形状はおおよそは円形状をしているが、詳細に見ると円形状とは異なる。このため、走行時に振動が発生する。移動体ではこのような振動を低減することが望ましい。また、他の問題として、部品数の多さがある。部品数が多いと、重量の増加、コストの増加、信頼性の低下を招くため、これを避けることが望ましい。

そこで本研究ではこれらの問題を解決する新たな全方向駆動車輪の開発を行った。

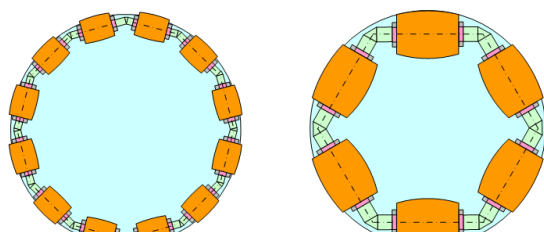


図 2 外周ローラの数に隙間の大きさに与える影響

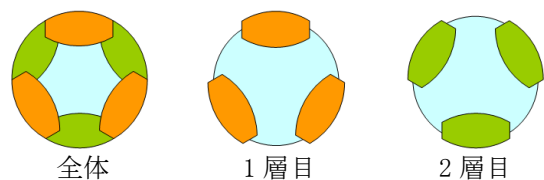


図 3 2 層の外周ローラから構成された全方向駆動車輪

① 振動を低減する方法の検討

振動を低減するためには外周ローラ間の隙間を小さくすることが望ましい。図 2 に外周ローラが 12 個の場合と 6 個の場合の隙間の大きさを示す。この図のように、外周ローラの数が多いほど外周ローラ間の隙間は小さくなる。しかし、外周ローラを増やしても隙間は存在しており、振動の問題は残る。また、外周ローラの数が増えると、部

品数が多くなる。それに伴って外周ローラに取り付ける軸受、外周ローラを支持する部品、外周ローラ間をつなぐ軸継手なども多くなる。そのため、外周ローラの数を増やす方法は問題が多い。

そこで、車輪を 1 層の外周ローラ列ではなく、2 層の外周ローラ列から構成し、それらを合わせて 1 つの車輪として見たときに隙間が無くなるようにする全方向駆動車輪を検討した。図 3 はこの構造の全方向駆動車輪の外周ローラの例である。6 つの外周ローラから車輪を構成している。1 層目の 3 つの外周ローラは手前側、2 層目の 3 つの外周ローラは奥側にあり、1 層目と 2 層目は外周ローラが干渉しないように離れている。このようにすると、車輪を軸方向に見た場合、外周ローラ間に隙間は無く、1 つの完全な円形状の車輪となる。これにより、外周ローラ間の隙間に起因する振動の発生を防ぐことが可能となる。

次に外周ローラに回転を伝えるための隙間を必要としない構造について検討した。従来の全方向駆動車輪では外周ローラに歯車で回転を伝えるために、外周ローラ間に隙間を作り、その部分に歯車を通す構造を採用していた。しかし、この方法では隙間をなくすることはできない。そこで摩擦によって駆動する方法を検討した。これは、外周ローラに回転を伝える際に歯車などの回転伝達機構を使用するのではなく、駆動用のローラ(以後、駆動輪と呼ぶ)を外周ローラに接触させ、駆動輪の回転を外周ローラへと伝える方法である。この構造を図 4 に示す。この駆動方法を用いると、外周ローラ間の隙間は必要でなくなる。

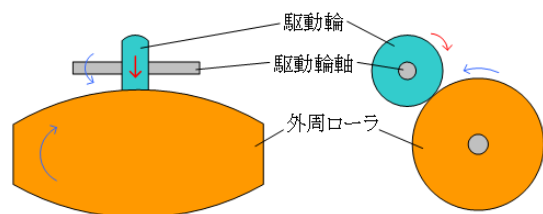


図 4 駆動輪によって外周ローラに回転を伝える方法

② 部品数を減らす方法の検討

従来の全方向駆動車輪の部品数が多い原因は外周ローラの数が多いことである。図 2 に示すように、従来の全方向駆動車輪構造で振動を低減するためには、外周ローラ数を増やし、隙間を小さくする必要があった。このため、従来の構造では振動の低減と部品数の低減の両方を同時に実現することは困難であった。

一方、2 層の外周ローラ列で全方向駆動車輪を構成すると、振動の発生を防止しつつ部品数を減らすことが可能である。これは、図 3 に示すように、2 層にすることで少ない外周ローラでも隙間ができないようにするこ

とが可能となるためである。

③ 外周ローラの幾何学的条件の検討

次に外周ローラを設計する際に満たす必要のある幾何学的条件について検討した。外周ローラは車輪本体の径や外周ローラの数が決まるとある程度は寸法が決まるが、外周ローラの径は任意に決めることができる。しかしながら、幾何学的な制約条件が存在するため、これを満たす必要がある。まず、外周ローラの径が最小となるのは外周ローラの端が閉じた形状になる場合である。一方、外周ローラの径が最大となるのは隣の外周ローラの端とちょうど干渉する場合である。外周ローラの径はこれらの条件が成立する範囲で選定する必要がある。

④ 外周ローラの支持構造の検討

外周ローラの支持構造が幾何学的に成立する条件について考察した。支持構造の形状は図5のように外周ローラ軸方向と全方向駆動車輪径方向に平行な面を有する直方体である。外周ローラの左端から支持構造の左端までの外周ローラ軸方向の距離を l とする。

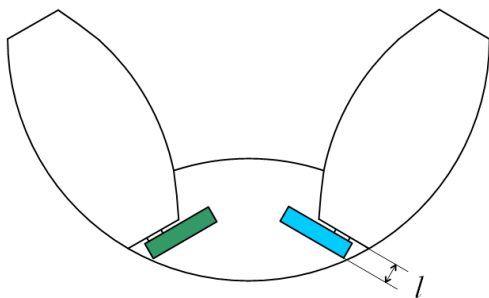


図5 外周ローラ支持構造

l が取りうる最大値を求める。 l を制限する条件は2つある。1つは隣の外周ローラにも同じ大きさの支持構造が存在するため、2つの支持構造が干渉する場合である。この場合、 l は2つの外周ローラの間の中位置までしか伸ばすことができない。もう1つの条件は支持構造が車輪本体の円からはみ出す場合である。この場合、 l は支持構造が車輪本体の円内となるように設定されなければならない。

⑤ 全方向駆動車輪の設計のまとめ

移動体用全方向駆動車輪について、強度などの面からも検討を行い、最適と考えられる全体構造を明らかにした。また、駆動系の設計を行った。駆動系の全体的な構造を検討し、各部に必要なとされる強度を満足するための理論を明らかにした。これらの検討を基にして、全方向駆動車輪の全体構造と駆動系について詳細設計を行った。また、全方向駆動車輪構造の一部については基礎実験による検証を行ない、有効性を確認した。設計した全

方向駆動車輪の全体図を図6に示す。

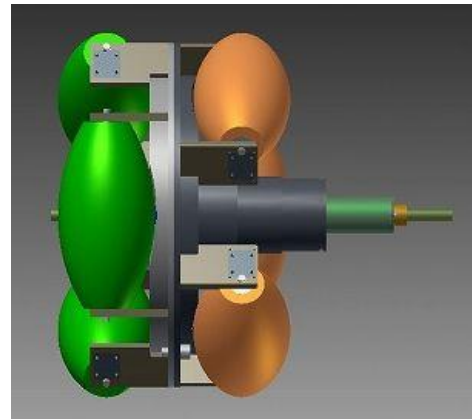


図6 設計された全方向駆動車輪

(2) 全方向駆動車輪の試作を行った。

(3) 試作品を用いた実験を行い、全方向駆動車輪の全体構造、駆動系の検証をした。この結果、試作した全方向駆動車輪の有効性を確認した。

(4) 試作した全方向駆動車輪を用いた搭乗型前後左右全方向移動体の全体構造、駆動系の構想設計を行った。全方向移動体の全体構造について複数の可能性を検討し、適していると考えられる構造を選定した。駆動系の設計では、搭乗型前後左右全方向移動体に必要とされる力を検討し、それに適したモータを調査し、選定した。また、全方向移動体の各部の詳細な検討を行った。

(5) 設計結果を基にして、全方向移動体を試作した。

(6) 試作した搭乗型前後左右全方向移動体を実際に移動させて基本性能を確認する実験を行った。この結果、前後方向、左右方向に移動できることや、向きを変えずに斜め方向に移動できることを確認した。また、搭乗時の実験を行い、その場合でも前後、左右、斜めの方向に移動できることを確認した。

(7) 試作した全方向移動体の性能を改善するために問題点の調査を行った。この調査により明らかになった問題点を解決する方法を検討し、それを基にして全方向移動体の調整と改造を行った。

<引用文献>

- ① Masaharu KOMORI, Kippei MATSUDA, Tatsuro TERAKAWA, Fumi TAKEOKA, Hideaki NISHIHARA, Hiroo OHASHI, Active omni wheel capable of active motion in arbitrary direction and omnidirectional vehicle, Journal of Advanced Mechanical Design, Systems, and Manufacturing, No.6 Vol.10, 2016

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)

[産業財産権]

○出願状況 (計 1 件)

名称：移動搬送機構

発明者：小森雅晴

権利者：京都大学

種類：特許

番号：特願 2014-81457

出願年月日：平成 26 年 4 月 10 日

国内外の別：国内

6. 研究組織

(1) 研究代表者

小森 雅晴 (KOMORI, Masaharu)

京都大学・大学院工学研究科・准教授

研究者番号： 90335191