

令和元年6月21日現在

機関番号：14301

研究種目：基盤研究(B) (一般)

研究期間：2016～2018

課題番号：16H04257

研究課題名(和文) 歩行者と同じ感覚で同じように移動でき、思い通りに運転可能な全方向移動乗り物の開発

研究課題名(英文) Development of an omnidirectional mobile vehicle that can move in the same way as a pedestrian and can be driven as expected

研究代表者

小森 雅晴 (KOMORI, Masaharu)

京都大学・工学研究科・教授

研究者番号：90335191

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 13,100,000円

研究成果の概要(和文)：本研究では、歩行者と同じ感覚で同じように移動でき、思い通りに運転可能な全方向移動乗り物を実現することを目的とした。小型全方向駆動車輪の構想設計、詳細設計、車輪メカニズムの運動に関する理論の構築を行った。小型全方向移動装置の仕様検討、設計を行った。小型全方向駆動車輪を製作し、それを用いて実験を行った。また、全方向移動装置を試作し、それを用いて、前後、左右、斜めの移動、旋回の動作について実験を行い、それらの動作が可能であることを確認した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

近距離の移動を便利にするため、これに適した移動装置が求められている。特に、任意方向に移動できる移動装置であれば便利であり、望ましいと考えられる。しかしながら、従来の移動装置は前後に移動することや移動する方向を変えることはできるが、真横への移動や向きを変えずに斜めに移動することはできないという課題があった。そこで、本研究では新しい車輪メカニズムを用いた全方向移動可能な移動装置を開発することを目的とした。この研究成果は移動をより便利にするという点で社会に貢献するものである。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this study is to realize an omnidirectional mobile vehicle that can move in the same way as a pedestrian and can be driven as expected. The concept design and detailed design of the small active omni wheel were carried out, and the theory about the motion of the wheel mechanism was constructed. The specifications of the compact omnidirectional mobile device were studied and it was designed. A small active omni wheel was made and experiments were performed using it. In addition, an omnidirectional mobile device was made, and experiments were conducted on back and forth, left and right, and diagonal movement, and turning using it, and it was confirmed that those movements are possible.

研究分野：機構学

キーワード：乗り物

## 様式 C-19、F-19-1、Z-19、CK-19（共通）

### 1. 研究開始当初の背景

近距離の移動を便利にするため、これに適した移動装置が求められている。特に、任意方向に移動できる移動装置であれば便利であり、望ましいと考えられる。しかしながら、従来の移動装置は前後に移動することや移動する方向を変えることはできるが、真横への移動や向きを変えずに斜めに移動することはできないという課題があった。

オムニホイールを用いることで任意方向に移動できる移動装置に関する研究がなされている。オムニホイールは車輪本体の周囲に自由に回転できるローラが配置されている。モータが車輪本体を回転させることで前後に移動することができ、左右方向には自由にローラが回転することで受動的に移動することが可能である。移動装置が複数のオムニホイールを用いることで任意方向に移動することが可能になる。しかしながら、オムニホイールのローラには回転抵抗があるという問題や、1つの車輪だけでは任意方向に能動的には移動できないという課題があった。

### 2. 研究の目的

本研究では新しい車輪メカニズムを用いた全方向移動可能な移動装置を開発することを目的とする。これにより、歩行者と同じ感覚で同じように移動でき、思い通りに運転可能な全方向移動乗り物を実現する。

### 3. 研究の方法

次の順に研究を行う。

- (1) 小型全方向駆動車輪の構想設計、詳細設計を行う。車輪メカニズムの運動に関する理論を構築する。
- (2) 小型全方向移動装置の基本構造の検討、仕様検討を行う。構想設計を行い、全体構造や機構について検討し、その後、詳細設計を行う。
- (3) 小型全方向駆動車輪を製作する。
- (4) 製作した小型全方向駆動車輪を用いて実験を行う。
- (5) 全方向移動装置を試作する。製作や組み立てに関する問題点の調査を行う。
- (6) 製作した移動装置の動作について実験を行う。

### 4. 研究成果

(1) 小型全方向駆動車輪の検討を行った。全方向駆動車輪は車輪本体、外周ローラ、差動歯車機構、外周ローラ駆動機構から構成されている。2つの入力かさ歯車と1つの出力かさ歯車から構成される差動歯車機構を用いる。出力かさ歯車は2つの入力かさ歯車と噛みあっている。2つの入力かさ歯車はそれぞれがモータによって回転させられるため、回転速度をコントロールすることができる。2つの入力かさ歯車が同じ方向に同じ速度で回転すると出力かさ歯車は入力かさ歯車軸の周りを公転する。出力かさ

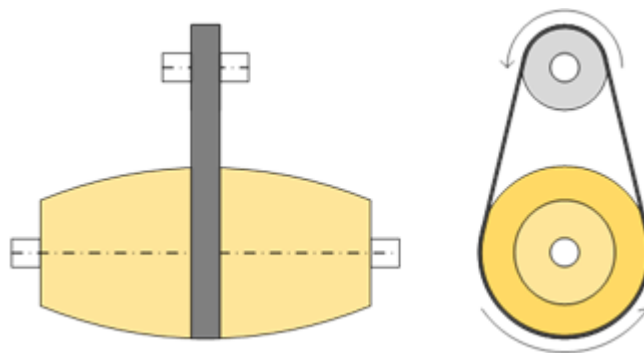


図1 ベルトを用いる外周ローラ駆動機構

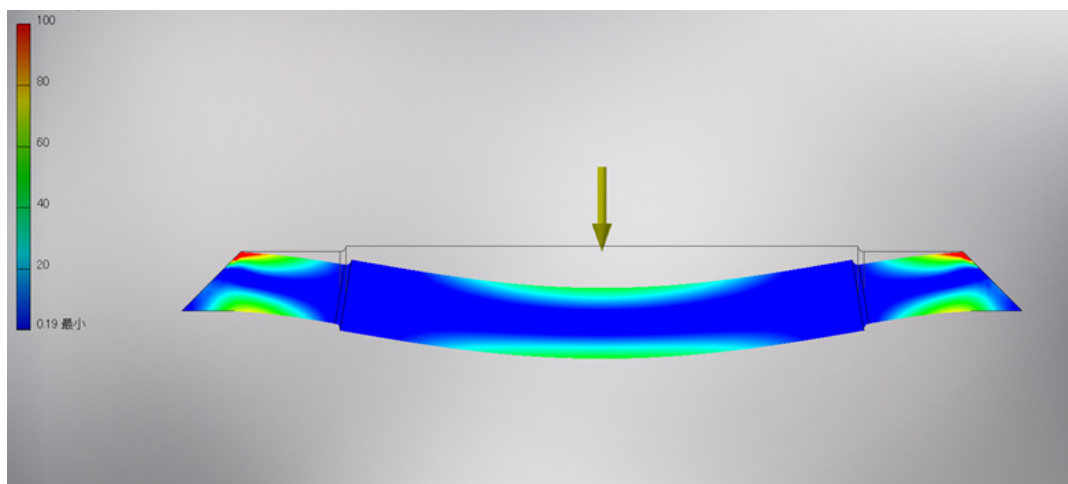


図2 外周ローラ軸のフォンミーゼス応力 (MPa)

歯車軸は軸受を介して車輪本体に支持されているため、出力かさ歯車が公転するとその回転は車輪本体に伝わる。その結果、車輪本体が回転し、全方向駆動車輪は前後方向に移動する。2つの入力かさ歯車が異なる方向に同じ速度で回転すると出力かさ歯車はその軸の周りを自転する。出力かさ歯車の自転は外周ローラ駆動機構を介して外周ローラに伝わり、外周ローラが回転する。これにより、全方向駆動車輪は左右方向に移動する。2つの入力かさ歯車が異なる速度で回転すると出力かさ歯車は公転と自転を行う。この場合、車輪本体と外周ローラの両方が回転するため、全方向駆動車輪は斜め方向に移動する。このように、2つの入力かさ歯車の回転速度をモータでコントロールすることで全方向駆動車輪は1つの車輪だけで能動的に任意の方向に移動することが可能である。

小型全方向駆動車輪の開発にあたり重要となったのは外周ローラ駆動機構であり、特に最終的に外周ローラに回転を伝達する箇所が課題となった。従来の全方向駆動車輪（引用文献(1)）では外周ローラの間にはすきまを設けて、そこに歯車を配置して回転を伝えていた。しかしながら、この方法では小型化しにくいという問題や、外周ローラの間にはすきまが生じて車輪本体が回転して移動する際に振動が生じるという問題があった。

そこで、本研究では図1に示すように外周ローラの駆動機構にベルトを用いることを検討した。外周ローラはその軸に対して自由に回転できるように支持されている。その外周ローラの中央部にベルト用のプーリを組み込み、ベルトとかみ合うようにする。外周ローラの直径を調整することでベルトの背面が外周ローラの表面と同じ高さになる。これによりすきまが発生しないようにできる。全方向駆動車輪が前後方向に移動する際には外周ローラ表面とベルトが地面と接するため、振動を抑制することができる。

次に外周ローラを支える支持部品の強度の検討を行った。全方向駆動車輪においては、地面から外周ローラにかかる荷重を外周ローラの中心に存在する外周ローラ軸が受け、その軸から外周ローラの両脇にある支持部品へとその荷重が伝達される構造となっている。車輪が地面に接すると、外周ローラに大きな力が加わるため、この部分の強度には注意を払う必要がある。そこで、外周ローラ軸、外周ローラ軸支持部品について有限要素法による解析を行った。

まず、外周ローラ軸の強度検討を行った。軸は両端段付軸とし、両端は支持部品への固定のために45°にカットされている形状とした。また、材料はSCM415とした。次の2種類の寸法について強度解析を行った。軸1は全長143mm、中央部直径12mm、両端直径10mm、軸2は全長141mm、中央部直径10mm、両端直径8mmである。これらの軸について、軸の中央に鉛直方向に1000Nの荷重が作用した際のフォンミーゼス応力を求めた。解析においては、軸の両端(45°にカットされている面)が固定支持されているものとして扱った。軸1についての解析の結果を図2に示す。

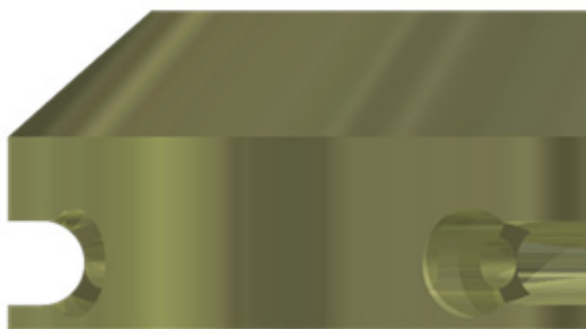


図3 下面が平面状の軸支持部品1

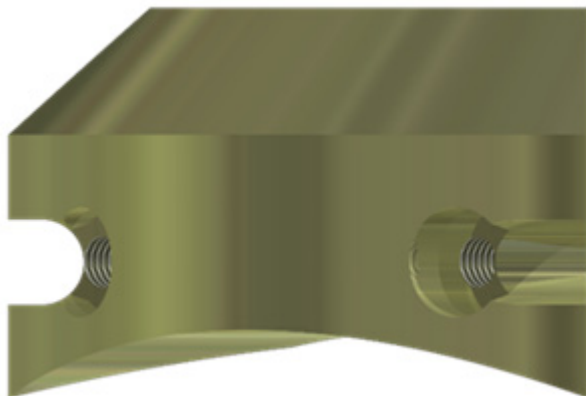


図4 下面が曲面状の軸支持部品2

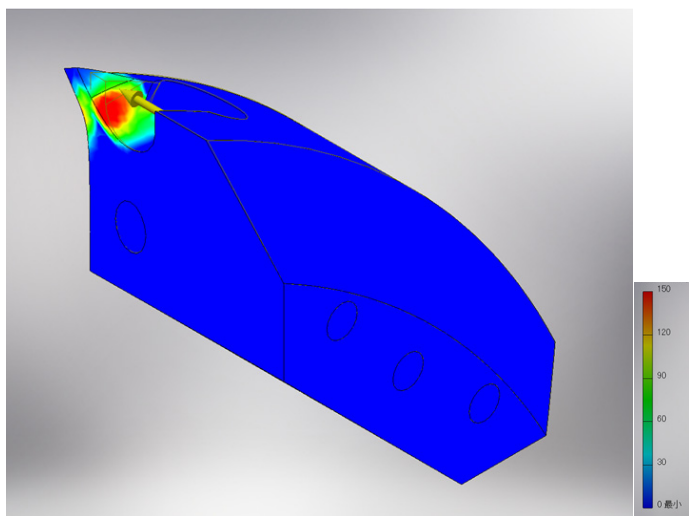


図5 軸支持部品1のフォンミーゼス応力 (MPa)

これらの軸について、軸の中央に鉛直方向に1000Nの荷重が作用した際のフォンミーゼス応力を求めた。解析においては、軸の両端(45°にカットされている面)が固定支持されているものとして扱った。軸1についての解析の結果を図2に示す。

軸 2 では中央部の応力が 100 MPa を超えたが、軸 1 では 50 MPa 程度となることが分かった。移動装置が走行する際には軸に作用する荷重は衝撃荷重となりうるため、より強度面で優れていることが望ましいと考えられる。これらを考慮した結果、本研究の車輪では軸 1 を採用することとした。

次に外周ローラ軸支持部品の強度計算を行った。図 3 に例を示す。図 3 の左右にある円筒状の溝に外周ローラ軸の端部を接触させて、外周ローラ軸を固定する。外周ローラ軸からの大きな荷重がこの溝部分にかかる。本研究の解析では、図 3、4 に示す 2 種類の形状について解析を行った。図の下側の形状が異なっており、図 3 の軸支持部品 1 では平面状で、図 4 の軸支持部品 2 では曲面状になっている。図の下側には外周ローラが配置される。図 3 は形状が単純であるため、製作の容易さの点では優れている。図 4 の軸支持部品は、隣接する外周ローラとの干渉を避けつつ、軸端と接する溝部の肉厚を厚くできるため、図 3 の軸支持部品よりも強度の面で優れていると考えられる。なお、材質はいずれも S45C とした。

これらの外周ローラ軸支持部品について、溝部に 500 N の荷重が加えられた際のフォンミーゼス応力を有限要素法により求めた。ここではそれぞれの部品は、図 3、4 の正面の円筒状の面が固定支持されているものとした。解析の結果を図 5、6 に示す。軸支持部品 1 の場合は応力が 150 MPa を上回る部分があるが、軸支持部品 2 の場合は応力が 40 MPa 程度となることが分かった。外周ローラ軸における議論と同様に強度面で優れた形状とすることを重要視して、本研究では軸支持部品 2 を採用することとした。

これらの結果を踏まえて、ベルト駆動式外周ローラを有する全方向駆動車輪の詳細設計を行った。図 7 に設計した車輪の 3 次元 CAD を示す。車輪本体の半径は 150mm、外周ローラの個数は 8、外周ローラの最大半径は 25mm、差動歯車機構の速比は 1/2、出力軸から外周ローラまでの速比は 30/26 である。車輪本体の回転に伴う振動を低減できるように外周ローラの形状を樽型とし、2 列に分けて外周ローラを配置している。

(2) 次に、小型全方向移動装置の基本構造の検討を行った。近距離の移動に対して適していると考えられる構造について複数個の検討を行い、基本構造を決定した。移動装置の仕様検討を行い、開発する移動装置が実現すべき機能を明確化した。次に、仕様を基にして小型全方向移動装置の構想設計を行い、全体構造や使用する機構について検討した。そして、詳細設計を行い、機能を実現するために必要となる各部の構造や材料を決定した。

(3) 小型全方向駆動車輪の製作を行い、部品製作時や組み立て時の課題、今後改善すべき点などを調査した。また、改善活動を行った。

(4) 製作した小型全方向駆動車輪を用いて調査を行い、本車輪が前後、左右、斜めの方向の移動が可能であることを確認した。

(5) 製作した小型全方向駆動車輪を用いた全方向移動装置の試作を行った。人が乗ることができる移動装置の本体構造の組み立て、大きな負荷がかかる全方向駆動車輪を支持する構造の構築、車輪を駆動する動力伝達機構の配置、モータ駆動機器の動作確認と人が乗る際に問題にならない場所への設置などを行い、小型全方向移動装置を構築した。この際には、製作や組み立てに関する問題点の調査を行った。

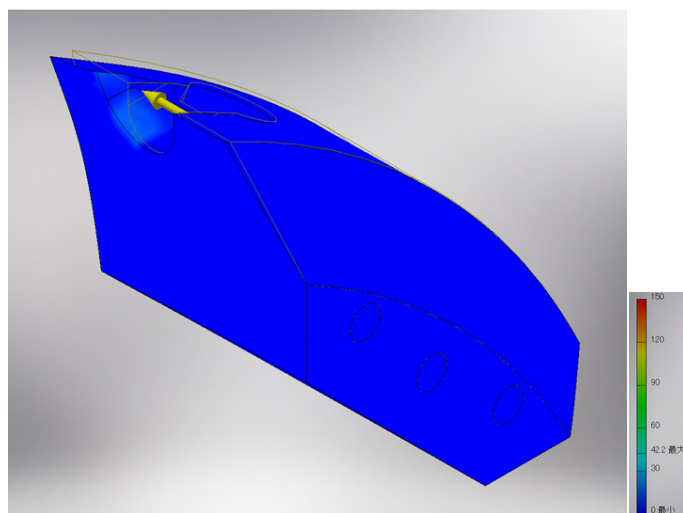


図 6 軸支持部品 2 のフォンミーゼス応力 (MPa)

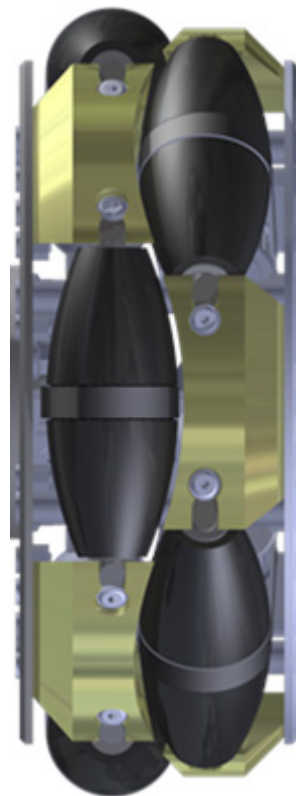


図 7 設計した全方向駆動車輪

(6) 次に、製作した移動装置を用いて、前後、左右、斜めの移動、旋回の動作について実験を行った。この際の動作を確認し、問題点を明確化した。また、製作した移動装置に人が乗った条件下で動作実験を行った。

#### 引用文献

- (1) Masaharu KOMORI, Kippeï MATSUDA, Tatsuro TERAOKA, 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  
該当なし。

#### 6. 研究組織

(1) 研究分担者  
なし。

(2) 研究協力者  
なし。

※科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属されます。