

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 15 日現在

機関番号：11501

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2012～2015

課題番号：24686030

研究課題名(和文)全方向駆動歯車による超適応性を備えた動力伝達システムの創成

研究課題名(英文)Creation of the power transmission system with a hyper adaptability by applying omnidirectional driving gears

研究代表者

多田 隈 理一郎 (Tadakuma, Riichiro)

山形大学・理工学研究科・准教授

研究者番号：50520813

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 20,400,000円

研究成果の概要(和文)：生活空間の様々な物体に動力伝達機能を持たせ、荷物の搬送や要介護者の移動などにおいて人を補助することを目標として、直交する2方向に歯車構造を持つ全方向駆動歯車を中核とする様々な機械要素技術を創成し、その機構の小型化・高効率化を進め、従来技術では動力を付加できなかった小さい物体や狭い空間にも駆動機能を持たせた。

具体的には、自動車のドアミラーに収納可能な、正およびゼロの曲率を有する「J型」の全方向駆動歯車を製作し、サイドミラーを収納形態から開いた通常の状態まで、滑らかに駆動した。また、全方向に物体を搬送できるロボット型のテーブルを、ゼロの曲率を有する平面型の全方向駆動歯車を用いて2種類製作した。

研究成果の概要(英文)：The purpose of this research is to develop a small and light power transmission mechanism that can be used to assist people for various tasks like transporting luggage and movement of elderly people by applying omnidirectional driving gears with arbitrary curvatures. The omnidirectional driving gear has two gear columns that are perpendicular to each other.

“J-type” omnidirectional driving gear with zero and positive curvature that activates the side mirror inside of a door mirror of an automobile and the robotic omnidirectional transporting table with planar omnidirectional driving gear were developed. The robotic omnidirectional transporting table has two types by deploying the planar omnidirectional driving gears in different ways with their teeth aiming upward and downward.

These prototypes were exhibited and demonstrated in large expositions successfully.

研究分野：ロボット工学

キーワード：全方向駆動歯車 軽量アクチュエータ 複合自由度アクチュエータ

1. 研究開始当初の背景

人間の生活環境で様々な作業を行うロボットシステムを開発し、医療・介護・福祉・教育という、従来ロボット技術が用いられてこなかった分野でも、人間の作業を安全に、効率的に補助することを可能にする自動化技術が望まれていた。また、人間の入っていけない危険な極限環境において、人間の代わりに作業を行える高機能ロボットの開発も望まれていた。

2. 研究の目的

人間の生活環境や、危険な極限環境において、従来のロボットよりも安全かつ効率的に作業できるロボットを実現するため、小型・軽量のアクチュエータを開発することを目的とし、自由曲面に対応した全方向駆動歯車を開発する。

3. 研究の方法

直交する2方向に歯車構造を有する全方向駆動歯車を製作し、直交する2方向に回転軸を有する平歯車をそれに噛み合わせて駆動することで、一方の平歯車が回転して動力を全方向駆動歯車に伝達しているときには、もう一方の平歯車が全方向駆動歯車の歯と歯の間を滑らかにスライドし、動力伝達を妨げないという原理を用いている。さらに、平歯車どうしの回転とスライドの組み合わせも可能であるという構成にすることにより、従来の技術では図1のように直動アクチュエータの上下2段構造にせざるを得なかったXYステージを、図2のように一段構造とし、かつ図3のように正の曲率に対応した凸円弧版全方向駆動歯車、および図4のように負の曲率に対応した凹円弧版全方向駆動歯車が可能であることを、実際に試作機を作成しつつ理論的・実験的に確認した。

さらに、全方向駆動歯車を駆動するための平歯車についても、外殻の形状がインポリュート曲線に一致するように製作された円錐型・円盤型の受動ローラを複数個用いてそれぞれ構成したモデルを製作し、それを用いた滑らかで動力伝達効率の高い全方向駆動歯車の駆動が可能であることを確認した。これらの受動ローラ式平歯車は、ウォームギアと噛み合うためのウォームホイールとしても使用可能であることを確認し、その運動時の動力伝達効率が、従来型のウォームホイールよりも高く、かつ出力軸側のウォームホイールから、入力軸側のウォームギアを回転させるという、バックドライブも可能であることを確認した。円盤型の受動ローラを用いた場合の見取り図を図5に、実際に試作した機構の写真を図6にそれぞれ示す。

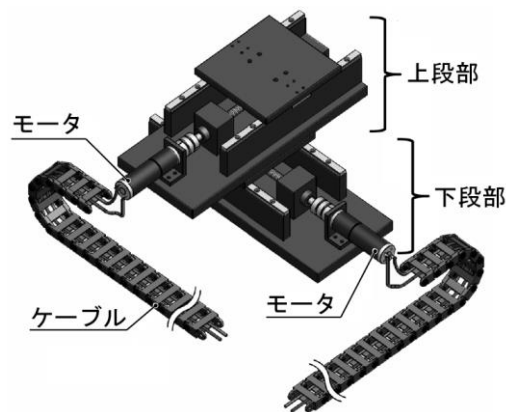


図1 従来型のXYステージ

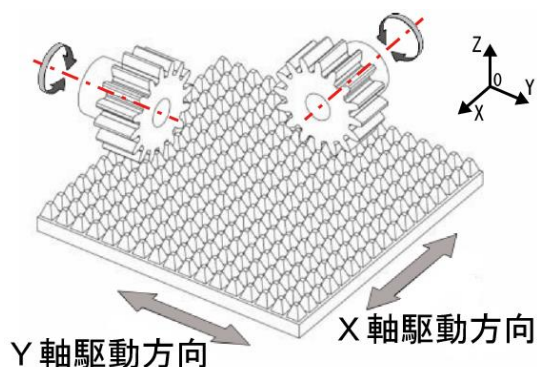


図2 平面版全方向駆動歯車

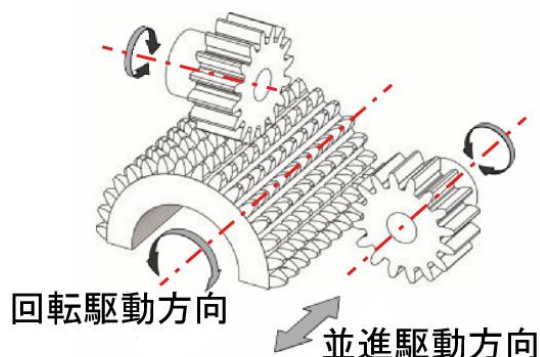


図3 凸円弧版全方向駆動歯車

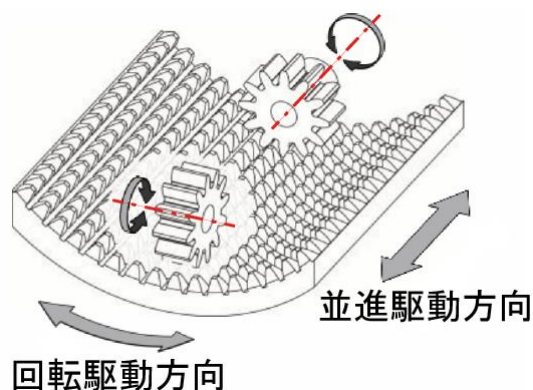


図4 凹円弧版全方向駆動歯車

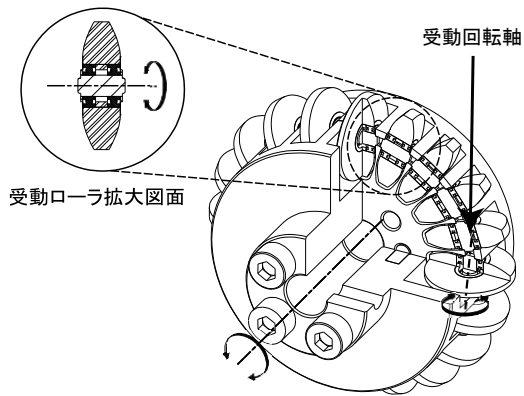


図5 受動ローラ式歯車の見取り図

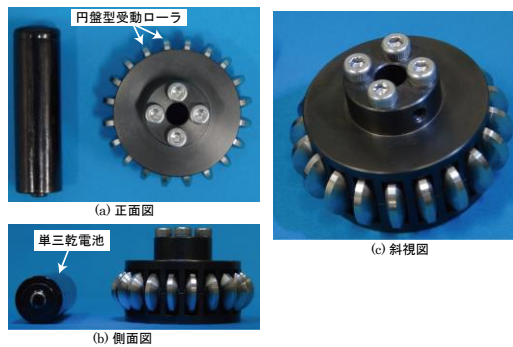


図6 受動ローラ式歯車の外観の写真

4. 研究成果

これまでに、ゼロ・正・負の曲率を有する全方向駆動歯車をそれぞれ試作し、歯の大きさもモジュール0.1からモジュール3までの様々な値で制作した。全方向駆動歯車の材質は、ステンレス鋼やA7075（超々ジュラルミン）および超高分子量ポリエチレンなどを用いた。モジュール0.5の、A7075（超々ジュラルミン）製の平面版全方向駆動歯車を用いたXYステージの例を、図7に示す。さらに、ゼロの曲率を有する平面版全方向駆動歯車と、正の曲率を有する凸円弧版全方向駆動歯車とを接合して、「J」の形にし、前後左右の並進運動だけでなく、鉛直軸周りの回転運動も含めた複合的な自由度を有するアクチュエータとして構成した。そのような、ゼロと正の曲率を有する自由曲面型の全方向駆動歯車の例を図8に示す。

超高分子量ポリエチレンを材料として用いたモジュール3の平面版全方向駆動歯車を用いた搬送装置は、図9に見取り図を、図10に全景の写真をそれぞれ示すような、永久磁石の磁力により、天井板を介して、複数個の搬送用のトレイを全方向へと動かすような全方向搬送テーブルとして構成し、東京ビッグサイトで開催された、2015 国際ロボット展において、展示およびデモンストレーションを行った。

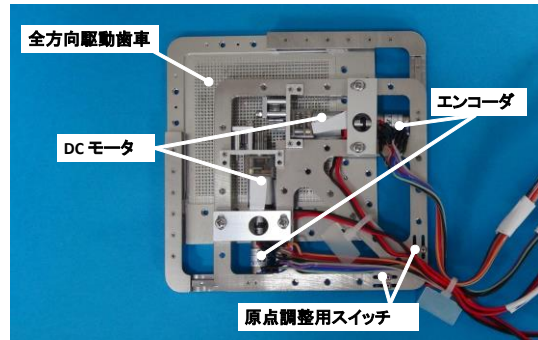


図7 モジュール0.5の平面版全方向駆動歯車ユニット

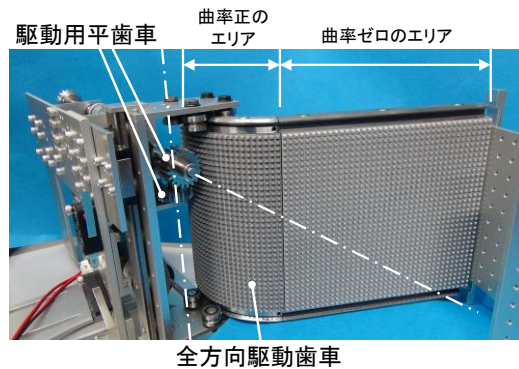


図8 ゼロと正の曲率を有する自由曲面型の全方向駆動歯車

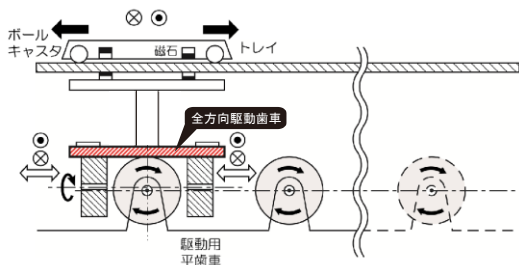


図9 全方向搬送テーブル側面見取り図

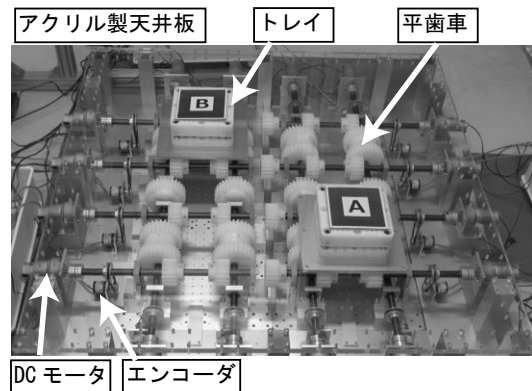


図10 全方向搬送テーブル全景

本研究は、NEC エンベデッドプロダクツ株式会社との受託研究に発展しており、様々な機器に全方向駆動歯車を応用することを目指して研究を続けている。

この受託研究の研究成果は、パシフィコ横浜で開催された、エンベデッドテクノロジー2014(ET2014)、エンベデッドテクノロジー2015(ET2015)という展示会で展示およびデモンストラーションを行った。

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)

[雑誌論文] (計 2件)

- ① Kenjiro Tadakuma, Riichiro Tadakuma, Shotaro Onishi & Yuichi Tsumaki, “Worm wheel mechanism with passive rollers,” *Advanced Robotics*, Volume 28, Issue 21, The Robotics Society of Japan, Volume 28, Issue 24, pp. 1617-1635, 2014. 12 (査読有り)
DOI:10.1080/01691864.2014.967294
- ② 多田隈建二郎, 多田隈理一郎, 井岡恭平, 妻木勇一, 「全方向駆動歯車機構の研究」, *日本ロボット学会誌*, Vol. 30, No. 6, pp. 611-620, 2012
DOI:http://doi.org/10.7210/jrsj.30.611 (査読有り)

[学会発表] (計 9件)

- ① 大石高輝、熊谷充彦、阿部一樹、奥山貴晶、中野芳樹、多田隈建二郎、多田隈理一郎、「平面型全方向駆動歯車に基づく全方向物体搬送テーブルの研究」、計測自動制御学会東北支部 第 297 回研究集会、山形大学工学部、2015 年 10 月 23 日
- ② 星野翼、多田隈建二郎、多田隈理一郎、「積層造形に基づく受動ローラ型ウォームホイールの研究」、計測自動制御学会東北支部 第 297 回研究集会、山形大学工学部、2015 年 10 月 23 日
- ③ 松本直、加藤寛昭、福島悠也、高橋健太、瀬口昌俊、多田隈建二郎、多田隈理一郎、「小型全方向駆動歯車の研究」、計測自動制御学会東北支部 第 297 回研究集会、山形大学工学部、2015 年 10 月 23 日
- ④ 小村謙一、多田隈理一郎、多田隈建二郎、「全方向駆動歯車を利用した力覚提示装置の開発」、日本機械学会東北支部 第 50 期秋季講演会、東北学院大学工学部、平成 26 年 9 月 5 日、pp. 33-34.
- ⑤ 松井岳、多田隈理一郎、多田隈建二郎、「全方向駆動歯車による物体搬送テーブルの研究」、日本機械学会東北支部 第 50 期秋季講演会、東北学院大学工学部、平成 26 年 9 月 5 日、pp. 35-36.
- ⑥ モヤ エリック、多田隈理一郎、多田隈建二郎、「全方向物体搬送テーブルと共に物

理的に人間を補助するための軽量ワイヤ駆動ロボットアームの研究」、日本機械学会東北支部 第 50 期秋季講演会、東北学院大学工学部、平成 26 年 9 月 5 日、pp. 37-38.

- ⑦ 大西洋太郎、多田隈理一郎、多田隈建二郎、高木稔、妻木勇一、「受動ローラ式歯車を用いたウォームギア機構の研究」、日本機械学会東北支部第 49 期秋季講演会、平成 25 年 9 月 20 日、盛岡市 岩手大学工学部、pp. 83-84.
- ⑧ R. Tadakuma, K. Tadakuma, M. Takagi, S. Onishi, G. Matsui, K. Ioka, Y. Tsumaki, M. Higashimori, M. Kaneko, “The Gear Mechanism with Passive Rollers: The Input Mechanism to Drive the Omnidirectional Gear and Worm Gearing,” 2013 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), pp. 1512-1519, Germany, (2013. 5. 7)
- ⑨ Kenjiro TADAKUMA, Riichiro TADAKUMA, Kyohei IOKA, Takeshi KUDO, Minoru TAKAGI, Yuichi TSUMAKI, Mitsuru HIGASHIMORI, and Makoto KANEKO, “Omnidirectional Driving Gears and Their Input Mechanism with Passive Rollers,” *Proceedings of the 2012 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, IROS2012*, pp. 2881-2888, Vila Moura, Algarve, Portugal, (2012. 10. 9)

[図書] (計 0 件)

[産業財産権]

○出願状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

○取得状況 (計 0 件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
取得年月日：
国内外の別：

[その他]

ホームページ等

<http://www.necp.co.jp/company/randd/md>

d.html

6. 研究組織

(1) 研究代表者

多田 隈 理一郎 (TADAKUMA, Riichiro)
山形大学・大学院理工学研究科・准教授
研究者番号：50520813