

# 干渉回避スリット構造によるポロイダル方向への動力伝達機構

## — 能動全方向車輪としての活用 —

Power Transmission Mechanism in the Poloidal Direction with Slit Structure to Avoid Interference  
- Utilization as an Active Omnidirectional Wheel -

○正 佐野 峻輔 (北海道立総合研究機構) 正 阿部 一樹 (東北大)  
正 渡辺 将広 (東北大) 正 多田隈 建二郎 (東北大)

Shunsuke SANO, Hokkaido Research Organization, hayashi-shunsuke@hro.or.jp

Kazuki ABE, Tohoku University

Masahiro WATANABE, Tohoku University

Kenjiro TADAKUMA, Tohoku University

This paper introduces the mechanism that transmits power in the poloidal direction by meshing. The proposed mechanism consists of three elements: a circular rail whose cross-sectional shape rotates in a poloidal direction all the way around, a slider that slides along the circular cross-sectional shape, and a slit on the slider to avoid interference with the spokes for fixing the rail. An active omnidirectional wheel was developed using the proposed mechanism, and its performance was evaluated.

**Key Words:** Mechanism, Poloidal drive, Active Omnidirectional Wheel, Power transmission mechanism

### 1 緒言

狭所で移動が容易なことから、全方向移動体の研究が進められている。[1, 2] しかし、全方向移動車輪として代表的なオムニホイールは、3 輪以上の車輪すべてが地面と同一の接触状態であることが望ましく、ほこりや水分、路面の凹凸などでその均衡が崩れると、直進性や操舵性が著しく低下してしまう欠点がある。これはオムニホイール上の従動輪の制御が困難であることが原因であるため、ホイールの円周方向および回転軸方向へ能動的に駆動可能な全方向移動車輪が多数提案されている [3]。代表的な例として、「U3-X」 [4] や、「KUISVHE (クイスビー)」 [5, 6]、「OmBURo」 [7]、「スクリュウ式差動回転機構」 [8] などがある。オムニホイールの従動輪に相当する小径車輪への動力伝達方法に着目すると、それぞれ摩擦駆動や傘歯車、ねじ歯車、ウォームギアを利用している。しかしこれらの動力伝達方法にはそれぞれ課題がある。摩擦駆動は接触面の摩耗が大きく、路面の砂や水などを巻き込むと動力伝達が困難になる。傘歯車やねじ歯車、ウォームギアによる動力伝達は、小径車輪まで動力を伝達するために回転軸の変換を複数回行う必要があるため、車輪全体の構造が複雑になり、重量が増加する。

そこで、摩擦を利用しない機械的な構造で、かつ、一回の回転軸変換で小径車輪へポロイダル方向に動力を伝達する手法を考察・具現化した。本稿では、提案した動力伝達機構が、能動全方向車輪として利用可能であることを実機実験にて確認した。

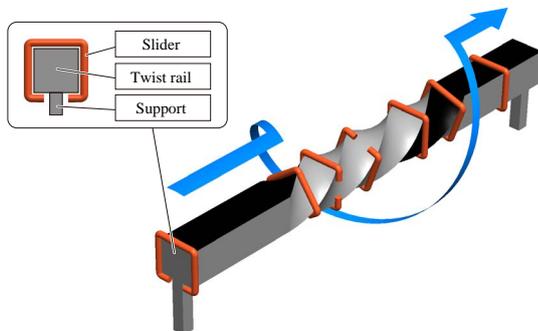


Fig.1 A simplified principle of the proposed mechanism



Fig.2 Slit structure to avoid interference with spokes

### 2 動作原理

図 1 に提案機構の動作原理を示す。提案機構の原理は、断面が長軸周りにねじれるように回転するレールと、レールのねじれに沿ってレール上を長軸方向に移動しながら、錐揉み回転するスライダから構成されている。レールには支柱が取り付けられており、スライダには支柱との干渉を回避するためにスリットが設けられている。ここで、スライダを小径車輪に見立てて、レールを円環状に一巡させることで、スライダが円環レール上を円周方向に滑動したとき、円環レールの回転軸に対してポロイダル方向に回転する。試作した機構を図 2 に、機構の動作原理を図 3 に示す。動力伝達機構として利用するためには、円環状のレールとスライダに円周方向への回転力をそれぞれに与える必要があるが、提案機構の原理を適用することで、円環レールはホイールハブにスポークを介して接続できるため、車軸の回転を円環レールに伝達できる。また、スライダへは、図 3 の右図のような外殻を車軸と同軸に回転させることで動力を伝達できる。

また、提案機構の応用例として、図 1 では、正方形の断面の一面にある支柱はすべて下方向を向いているが、同一の面であれば上方向や横方向などにも支柱の設置は可能であり、外部や側方、さらには可動式の支柱によりレールを保持できる。

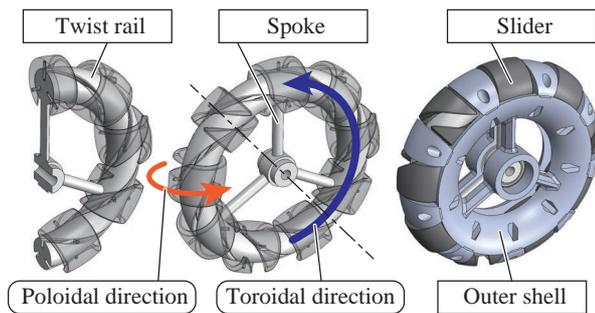


Fig.3 Structure of the proposed mechanism

### 3 実機実験

提案機構を全方向車輪として活用したときに、車輪の円周方向と軸方向に能動的に移動可能であることを確認する。

#### 3.1 実機具現化

考案した動作原理に基づいて、全方向車輪を試作した。試作した機構を図4に示す。主要な構成部品は光造形3Dプリンターで造形し、円環レールの断面は直径18mmの溝のある円形とし、断面の中心と車軸間の距離は50mmとした。車輪は車軸と同軸にある2系統の回転動力の入力量の差で、ホイールの円周方向移動と車軸方向移動を切り替える。円環レールとスライダを一体で回転させることでホイールの円周方向へ移動し、スライダの位置を変えないように円環レールのみを回転させることで車軸方向へ移動する。二軸への動力伝達には、10WのDCモーター2基を使用した。ホイールやモーターを取り付けたフレームの四隅にはボールキャスターを取付けた。

#### 3.2 実験結果

試作したホイールは前後・左右に移動可能であることを確認した。図5は開発したホイールが車軸方向に移動している様子を示す。また、干渉回避のためのスリットは、走行にほとんど影響を与えないことを確認した。これは、ホイールの円周方向、車軸方向に対して斜めになっているため、連続的に分断箇所を踏み越えるためである。

欠点や改良点は次の通りである。タイヤの役割を担うスライダについて、外側は走行路面に接地するため高い摩擦力が必要であるが、内側は円環レール上を滑動するため摩擦は小さい方が望ましい。しかし、今回の試作では光造形3Dプリンターによる一体造形であり、表裏ともに同一素材であるため、路面との摩擦が小さく、摩擦力の高いマット上でのみ移動可能だった。また、能動全方向車輪全般に言えるが、入力される動力を多数の小径車輪に配分するため、エネルギーの損失が大きいことを確認した。

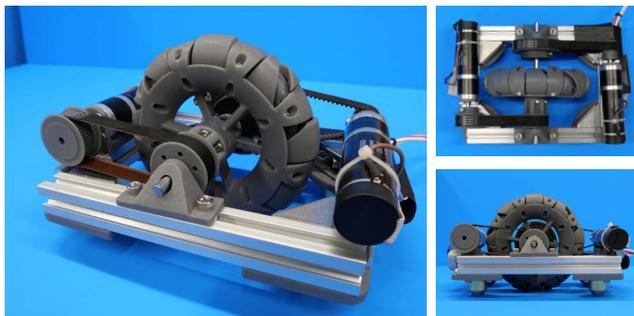


Fig.4 Mechanism for experiment

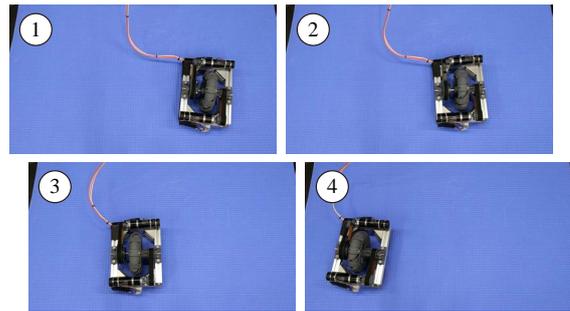


Fig.5 Behavior of the actual mechanism

## 4 結言

本稿では、ポロイダル方向へ噛み合いにより動力を伝達する機構を提案・具現化した。提案機構は、断面形状がポロイダル方向に回転しながら一周する円環状のレール、円環レールの断面形状に沿って滑るスライダ、円環レールを固定するためのスポークとの干渉を避けるためのスライダ上のスリットの3要素から構成されており、レール軸に与えた回転力をポロイダル方向に変換することができる。提案機構を用いて開発した能動全方向移動車輪が動作可能であることを確認し、その性能を評価した。

### 参考文献

- [1] 浅間一, 佐藤雅俊, 嘉悦早人, 尾崎功一, 松元明弘, 遠藤勲: "3 自由度独立駆動型全方向移動ロボットの開発", 日本ロボット学会誌 Vol. 14 No. 2, pp. 249-254., 1996
- [2] Tadakuma, K.: "Tetrahedral Mobile Robot with Novel Ball Shape Wheel", The First IEEE/RAS-EMBS International Conference on Biomedical Robotics and Biomechanics, pp.946 - 952, 2006.
- [3] HamidTaheri, Chun XiaZhao: "Omnidirectional mobile robots, mechanisms and navigation approaches", Mechanism and Machine Theory Volume 153, November 2020, 103958, 2020
- [4] 本田技研工業株式会社: "車輪及びそれを用いた摩擦式駆動装置及び全方向移動車", 特開 2010-247640, 2010
- [5] 小森 雅晴: "移動搬送機構", 特開 2009-179110, 2009
- [6] Tatsuro Terakawa, Masaharu Komori, Mitsuru Sakamoto, Yuji Kawato, Yuya Morita, and Yugo Nishida: "Two-wheel-drive Vehicle That Is Movable in the Longitudinal and Lateral Directions with a Small Number of Motors", Journal of Japan Society for Design Engineering, Vol.54, No. 2, pp. 145-160, 2019
- [7] Junjie Shen, Dennis Hong: "OmBURo: A Novel Unicycle Robot with Active Omnidirectional Wheel", 2020 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA) 31 May - 31 August, 2020. Paris, France, 2020
- [8] 野村 陽人, 藤田 政広, 高根 英里, 小松 洋音, 多田 隈 理一郎, 多田 隈建二郎, 昆陽 雅司, 田所 諭: "スクリュウ式差動回転機構 - 前後方向踏破性 向上のための全方向駆動車輪を直列配置した車両の具現化", No. 17-2 Proceedings of the 2017 JSME Conference on Robotics and Mechatronics, Fukushima, Japan, May 10-13, 2017, 2017