

分割キューブ状パズル構造により不整地での多方向移動を実現する多軸型球状車輪の基礎的検討

Basic study of multi-axis spherical wheels that realize multi-directional movement on rough terrain with a split cube-shaped puzzle structure

○佐野 峻輔*, 高橋 知也*, 多田隈 建二郎*

○Shunsuke Sano*, Tomoya Takahashi*, Kenjiro Tadakuma*

*東北大学

*Tohoku University.

キーワード： 球状車輪 (Spherical wheel), 多方向移動 (Multi-directional wheel), パズル構造 (Puzzle structure), 移動機構 (Moving mechanism)

連絡先： 〒 980-8579 宮城県仙台市青葉区荒巻字青葉 6-6-01 東北大学大学院 機械知能系共同棟 413 室
佐野峻輔, Tel.:022-795-7025, Fax.: 022-795-7023, E-mail: sano.shunsuke@rm.is.tohoku.ac.jp

1. はじめに

自動運転や電気自動車, 次世代の交通「MaaS」など移動方法を取り巻く環境が大きな転換を迎える中, 従来の車輪よりも動作の幅が広がることへの期待から, 図 1 のような全方向移動車輪の実現が望まれている. 本稿では, 図 2 に示す, 全ての進行方向へ同等の乗り越え性能を持つ球状車輪を創案し具現化したので紹介する.

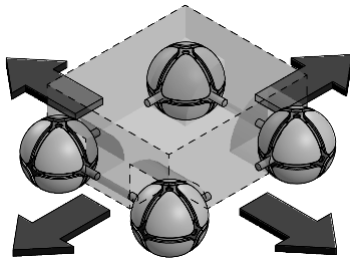


Fig. 1 能動全方向移動車輪を備えた移動体. Mobility mechanism with active omnidirectional wheels.

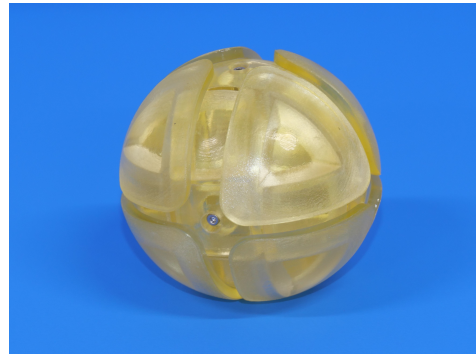


Fig. 2 多方向移動可能な球状車輪機構の外観. Appearance of spherical wheel mechanism that can move in multiple directions.

ここで, 全方向移動車輪は, オムニホイールなどのトーラス型と, ボールキャスターのような球型に大別され, さらにそれぞれ能動駆動と受動駆動がある. 車輪の段差乗り越え性能を向上させるためには, 車輪の半径を大きくすることと車輪を能動駆動することが有効である. よっ

て、能動駆動の球体車輪が全ての進行方向で高い段差乗り越え性能を持つため、数々の手法が提案されてきた¹⁾。しかし、以下で述べるような欠点を持つため、理想的な球状車輪の実現には至っていない。

理想的な球状車輪の条件とは次の3つである。

- 1) 走行路面環境に影響されない動力伝達であること
- 2) 全ての進行方向に対して同等の段差乗り越え性能を持つこと
- 3) 車輪の操舵角を変えずに進行方向を自在に変更可能であること

1) について、図 3(a) のように車輪への動力伝達に摩擦や磁力などを用いる手法²⁾は、路面の塵や水分、鉄分などを巻き込んでしまうことで走行性能が著しく低下する欠点があるため、機械的な構造による確実な動力伝達が望ましい。

2) について、半球状などの副車輪で主車輪の進行方向を拡張する機構(図 3(b))では、副車輪の車軸が路面に対して平行でなくなる場面では、乗り越え性能が低下してしまう課題が残っている。3) については、図 3(c) のように、車輪の進行方向を変えるために、接地面との摩擦に逆らいながら操舵角を変える必要があるため、路面、車輪ともに大きな損耗を招く。また、方向の切り替えに時間がかかる。

これまで数多くの手法が提案されてきたが、上述の3条件を同時に達成するには至っていない

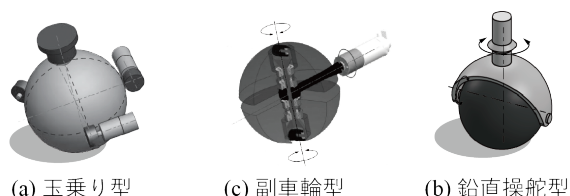


Fig. 3 既存の能動全方向移動球状車輪³⁾. previous studies of active omnidirectional spherical wheels.³⁾

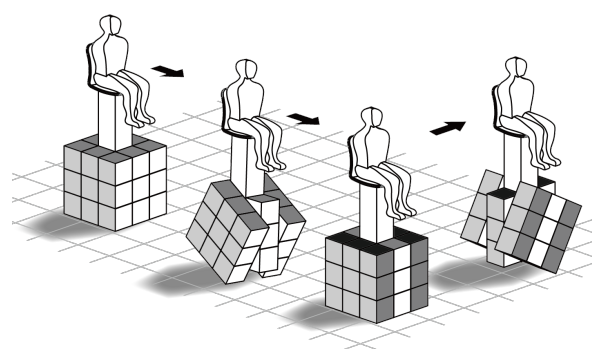


Fig. 4 分割キューブ状パズル構造による多方向移動概略図. Schematic diagram of multi-directional movement by split cube puzzle structure.

い。本稿では、この3条件の達成に近づく新手法の着想を得たので紹介する。

2. 機構原理

本稿で提案する機構は、一般にルービックキューブと呼ばれる分割キューブ状パズル構造から着想を得ている。概要を図 4 に示す。方向転換は操舵角の変更ではなく、回転する軸を切り替えるというものである。

本手法は、機械的に回転動力を伝達する構造であり、条件 1) を満たす。また、本機構は進行可能な方向において、すべて同様の駆動方法であるため、条件 2) を満たす。最後に、方向転換は回転軸の切り替えによって行うため、進行方向を「自在」に変更することはできないが、操舵角は変更しないため、条件 3) を部分的に達成する。この課題についての対策は後述する。

3. 実機試作

キューブ状パズル構造を球状車輪として使用するために、図 5 のように、構造全体を球状にするとともに、可動部が路面に接触するような変形を行う。この構造を元に直径 60 mm 程の実験機を試作し、構造の基本的な動作に問題がないことを確認した。

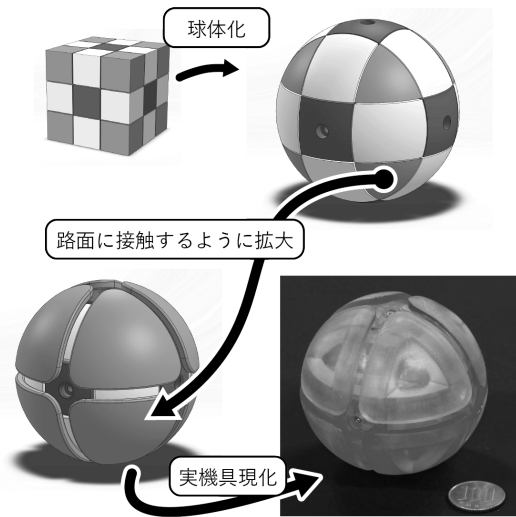


Fig. 5 分割キューブ状パズル構造に基づく球状車輪の構造. Spherical wheel structure based on split cube puzzle structure.

4. 進行方向切替え性能の向上

前述の通り，提案機構は自在な方向切替えができない．試作機の進行可能方向は直交2軸しかなく，また，1/4回転毎にしか進行方向を切り替えられないという欠点がある．この欠点の悪影響を小さくするためには，移動範囲に対する分解能という視点で考えると，車輪サイズに対して，移動範囲を十分に大きくするという運用で対応できる．もしくは，図6のように，移動方向と軸切替え位置それぞれの観点から高分解能化することも可能である．

5. 結論

本稿では，理想的な球状車輪となる以下の3つの条件について，一部未達成な部分もあるが，3条件を両立可能な手法を提案した．

- 1) 走行路面環境に影響されない動力伝達であること
- 2) 全ての進行方向に対して同等の段差乗り越え性能を持つこと
- 3) 車輪の操舵角を変えずに進行方向を自在に変更可能であること

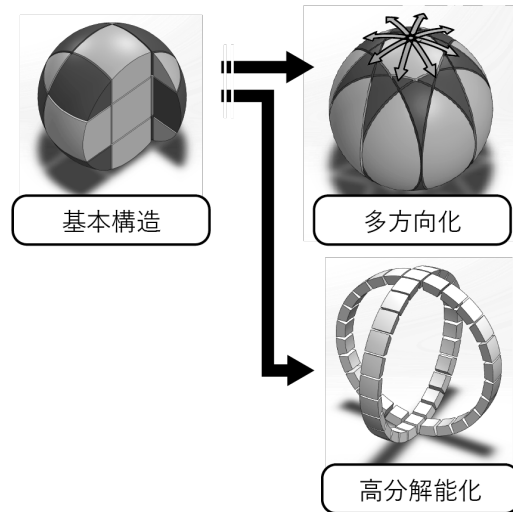


Fig. 6 構造上の欠点を補完する改良方法. Improvement way that complements the structural shortcoming.

さらに，試作によって，本手法が具現化可能であることを示し，構造の基礎的検討を行った．本機構は，条件3)のうち，自在な方向転換の実現には至っていないが，多方向化・高分解能化することで，使用用途を満足する構造とすることが可能である．

参考文献

- 1) Kenjiro Tadakuma, Riichiro Tadakuma, Jose Berengeres: Development of Holonomic Omnidirectional Vehicle with “Omni-Ball”: Spherical Wheels, Proceedings of the 2007 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems San Diego, CA, USA, Oct 29 - Nov 2, 2007
- 2) Masaaki Kumagai and Takaya Ochiai: Development of a Robot Balancing on a Ball, International Conference on Control, Automation and Systems 2008 Oct. 14-17, 2008 in COEX, Seoul, Korea, 2008
- 3) 多田隈建二郎，“全方向移動・駆動機構”，日本ロボット学会誌，Vol. 29, No. 6, pp. 516～519, 2011