

超立方体型構造に基づく多方向トーラス移動体用伸縮メカニズム

○藤本 敏彰, 鉄井 光, 西村 礼貴, 藤田政宏, 野村 陽人, 高根 英里, 小松 洋音,
多田隈 建二郎, 昆陽 雅司, 田所 諭 (東北大学)

Linear Mechanism for Multidirectional Torus Mobility Based on Hyper Cube Configuration

○Toshiaki FUJIMOTO, Hikaru TETSUI, Ayaki NISHIMURA,

Masahiro FUJITA, Akito NOMURA Eri TAKANE, Hirone KOMATSU

Kenjiro TADAKUMA, Masashi KONYO, and Satoshi TADOKORO (Tohoku Univ.)

Abstract: This paper discusses about linear mechanism for multidirectional torus mobility. This multidirectional torus mobility is based on the configuration of hyper cube. In order to realizes the multidirectional torus mobility, the joint mechanism connected with 4 linkage, and extendable linkage mechanism with compact configuration. The prototype of this joint mechanism and linear mechanism have been designed and developed. Basic performance of these two mechanical configurations have been done with the real prototype models though basic experiment.

Keyword: Mechanism, Omnidirectional Torus, Hyper Cube, Dual Linear Actuator

1. はじめに

1. 1 : トーラス型移動体

内側から外側に循環的に外部接触部を循環させることにより, 瓦礫内の内部に進入していくことができるなどの利点を有する. 構造である. 我々は, 移動体または把持構造として, このトーラス駆動構造を有する機構を研究開発しつつけている.

1. 2 多面体型移動体

惑星探査ロボット用に研究開発されているものや, 鈴森らにより入力用のインターフェースとして用いられた例がある. 惑星探査ロボット用に研究開発されているものは, 基本的に正四面体型の構造を有するものであり, 転がり推進による移動体に関しては実機開発および実際に動作させた例があるが, 内部・外部の 2 層構造を有する正四面体に関しては, イメージが示しているのみであり, 実機の研究開発例は見当たらない.

また, リンクの一部が柔軟体で構成されるテンセグリティ構造を用いて回転しながら推進するものについても平井らや NASA で研究開発がなされている.

2. 超立方体 Hyper Cube 式多方向トーラス移動体

2次元の正方形、3次元の立方体、4次元の正八胞体を各次元に一般化した正多胞体のことを超立方体という. この構造において, 32本のリンクを伸縮可能とし, その連結関節において, 4本ずつのリンクを連結して, 各リンクがその関節周りに稼働できるようにすると,

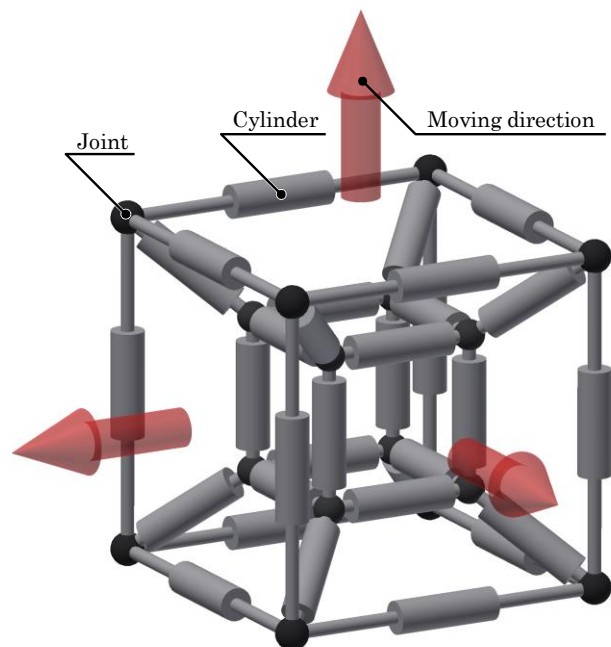


図 1 : 多方向トーラスとしての機能具現化案

1 ストロークごとに切り替えた様式ではあるが, 前後・左右・上下にトーラス移動をすることが可能となる. その概念図を図 1 示す. この多方向トーラス移動体としての超立方体機構が実現できれば, 前後のみならず, 左右・上下に移動範囲を拡大できるため, 瓦礫などの隙間に進入したり, また岩の割れ目などに突っ張りながら全方向への移動が可能となるため, 非常に有用な構造であると考えられる.

図 1 の移動体の実現にあたり, 本報では, 頂点の関節機構および伸縮リンクの具現化として第一段の設計・試作を行ったので報告する.

3. 実機具現化（関節構造・伸縮リンク）

3. 1 頂点関節機構

設計・試作した頂点関節機構を図2に示す。複数L字型リンクと、磁石式の2種類があり、それぞれ閉状態と開状態の様子を示している。現在のところ、可動範囲の観点からは、磁石式の方が有用であると考えられるが、屋外実環境における砂鉄などの付着などを防止する全方向ジャバラなどの構造の付与が今後の課題となる。

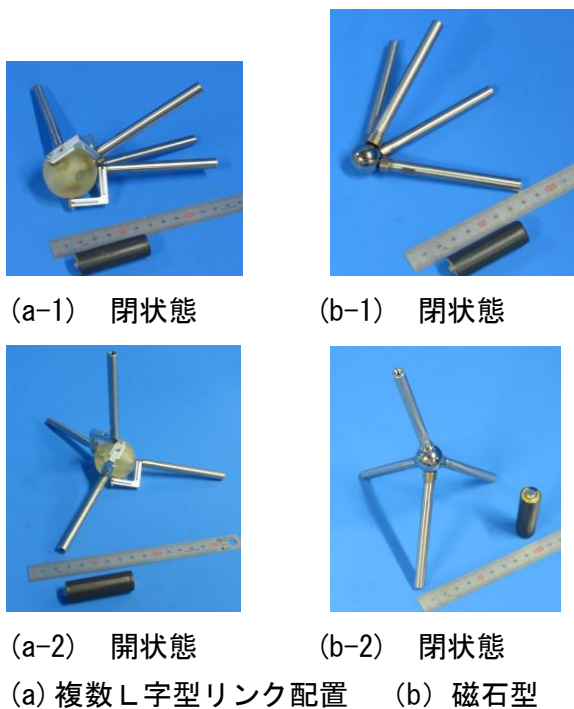


図2： 頂点部関節機構

3. 2 伸縮リンク機構

図1に示す多方向トーラス移動体を構成するリンクは、伸縮可能である必要がある。このリンクのストロークを可能な限り大きくする方法として、両端部に入れ子型の構造を有する直動機構を用いることとする。

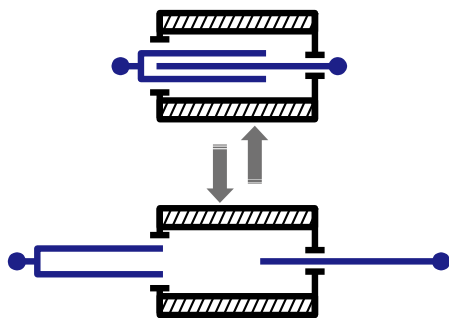


図3： 入れ子型直動メカニズムの原理

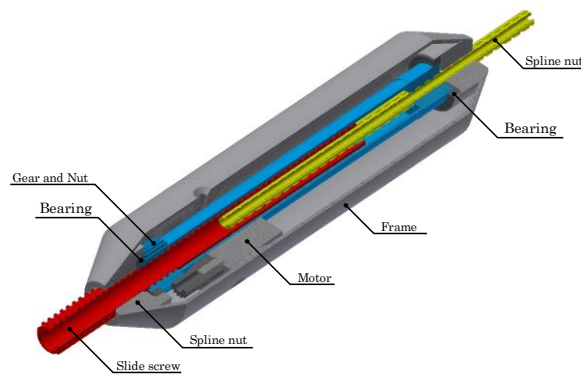


図4 入れ子型直動メカニズムの具現化（具体的設計）

この両端に入れ子構造を有する直動機構においては、最も径が大きくなる箇所が、従来のテレスコピック式のものでは、片側の端部にくるため、前述の頂点関節機構の可動範囲を狭めてしまうという問題があった。提案する本構造においては、最大径部分が機構の中央にくるため、両端は比較的小さい径の部分で構成でき頂点関節機構の可動範囲を大きくとることが可能となるという利点を有する。

図4に、入れ子型直動メカニズムの具体的設計を示す。モータも中に封入した構造としており、将来的にはバッテリーや制御機器もすべて込みで1ユニット化し、リンク間・頂点間ではワイヤが存在せず稼働域を限定しない構成とするよう設計を進めている。

図4に示す構造を試作した実機の内部構造を示す外観を図5に、ケースと取り付けてユニット化した実機の外観を図6にそれぞれ示す。



図5 入れ子型直動メカニズムの試作機の内部構造

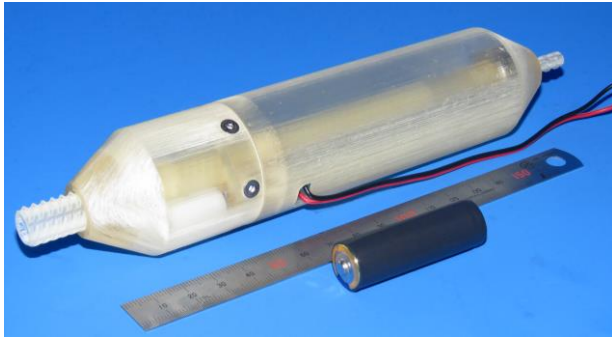


図6 入れ子型直動メカニズムの試作機の外観

4. 実機実験

図6に示す実機を用いて実験を行った。内部のモータに電圧を付加し、モータを回転させて、最終出力としての直線運動の挙動・具合をみる。

実験の様子を図7に示す。図7からもわかるように、左右両方向から直動ロッドが伸縮し、全体として、その2倍のストロークを有する伸縮動作が実現できているのがみてとれる。今後は耐モーメント性・効率などの観点から詳細な特性実験は今後の取り組みである。

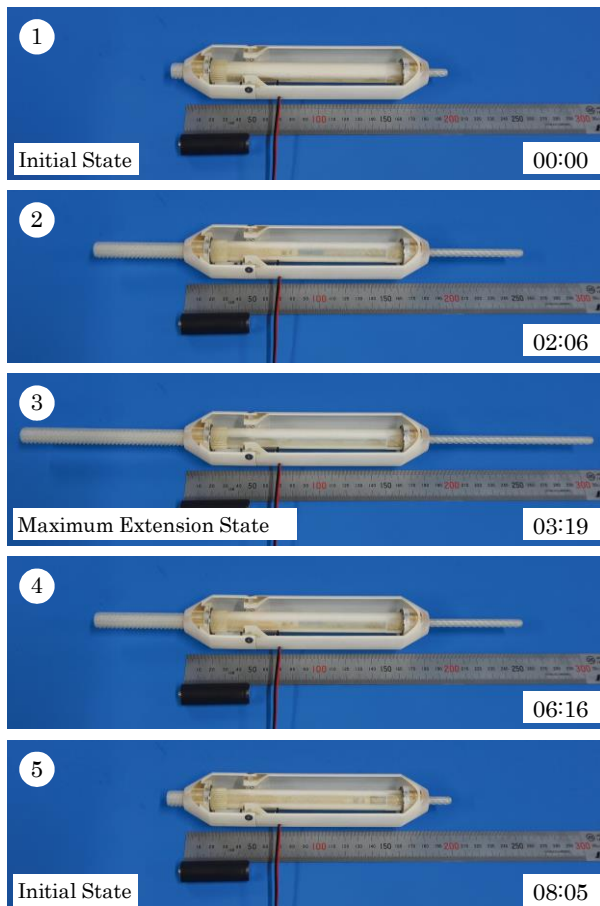


図7 入れ子型直動メカニズムの試作機の基本伸縮駆動動作

従来のテレスコピック型とくらべて、高速駆動する際の重心のずれが少なくなる可能性もあり、この十芯ずれ量の比較実験なども含めて実施していく。

5. まとめ

本稿では、超立方体構造に基づく多方向トラス移動体について提案し、その具現化にあたり、頂点関節および伸縮リンク機構について説明した。実機を設計・試作し、その基本的な特性に関して実験により知見を得た。

今後はこれらユニットを複数連結させて、全体を構成し、超立方体式多方向トラス機構を実現していく予定である。

謝辞

本研究は、総合科学技術・イノベーション会議により制度設計された革新的研究開発プログラム

(ImPACT)により、科学技術振興機構を通して委託されたものです。

参考文献

[1] Shigeo Hirose et al: Development of a Pneumatically Controlled Expandable Arm for Rescue Searches in Tight Spaces. I. J. Robotics Res. 25(1): 103-110 (2006)

[2] Shigeo Hirose et al: Development of Pneumatically Controlled Expandable Arm for Search in the Environment with Tight Access. FSR 2003: 509-518

[3]“Torus Omnidirectional Driving Unit Mechanism Realized by Curved Crawler Belts”, Kenjiro Tadakuma, Hirohiko Ogata, Riichiro Tadakuma and Jose Berengueres IEEE Int. Conf. on 2014 IEEE International Conference on Robotics & Automation (ICRA), Hong Kong Convention and Exhibition Center, May 31 - June 7, 2014. Hong Kong, China

[4]James C. McKenna, David J. Anhalt, Frederick M. Bronson, H. Ben Brown, Michael Schwerin, Elie Shammas, and Howie Choset: “Toroidal Skin Drive for Snake Robot Locomotion,” IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 1150 - 1155, (2008).