

双ベルト式円状断面クローラ機構 — ユニットの鎖状配置および動力伝達経路設計 —

Twin Belt Crawler Mechanism with Circular Cross Section - Chain Arrangement of Units and Power Transmission Path Design -

○学 栢分 峻汰郎 (東北大) 正 佐野 峻輔 (東北大) 学 清水 翔也 (東北大)
正 正 阿部 一樹 (東北大) 正 渡辺 将広 (東北大)
正 多田 建二郎 (東北大) 正 田所 諭 (東北大)
○Ryotaro KAYAWAKE, Shunsuke SANÔ, Shoya SHIMIZU,
Kazuki ABE, Masahiro WATANABE,
Kenjiro TADAKUMA, Satoshi TADOKORO

Omnidirectional crawler mechanisms have been proposed to improve the mobility of conventional crawler mechanism, but they have problems with twist of crawler belt and travelling ability. In this paper, a twin belt crawler mechanism with circular cross section is presented to improve twist of crawler belt and travelling ability.
Key Words: Mechanism, Omnidirectional robot, Crawler, Continuous track, Extended Ring Structure

1. はじめに

重機などに用いられているクローラ車両は、狭い場所への出入りの際に複数回の旋回動作が必要であり、機動性が良くないという問題があった。この問題の解決案として、前後方向だけではなく左右方向にも能動的に移動可能な図 1 に示す円形断面クローラ機構 [1][2] が提案されたが、接地面が青線で示した部分に近づくにつれて、履帯が大きくねじれやすくなるという課題があった。本稿では上記の課題を改善する新規構造を有するクローラ機構として、双ベルト式円状断面クローラ機構を創案し、実機の具現化および動作検証を行う。

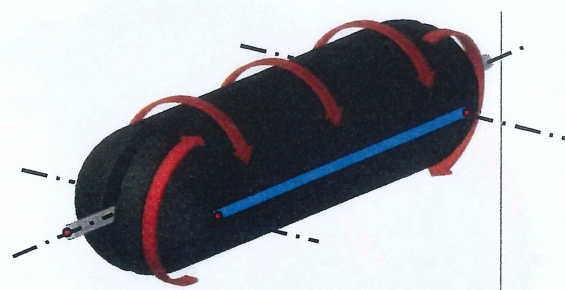


Fig.1 Basic Schema of Omni-Crawler

2. 双ベルト式円状断面クローラ機構の基本概念

創案した双ベルト式円状断面クローラ機構の概要を図 2 に示す。これは同等な大きさ・形状を有する 2 つの履帯が位相を 90 度ずらして配置された構造を有するものである。提案機構の断面は円状となっており、その中央にクローラ機構全体の回転軸を有する。履帯の回転で前後方向、機構全体の回転で左右方向への能動的な移動を実現する。2 つの履帯が位相を 90 度ずらして配置されているため、従来の円形断面クローラ機構に存在した履帯のねじれの改善が期待できる。

クローラ機構内部にはスプロケット駆動機構が搭載されており、外側に伸びた 2 本の軸に独立した 2 つの回転入力を与えることで、それらの差が前後方向、和が左右方向への移動として出力される。

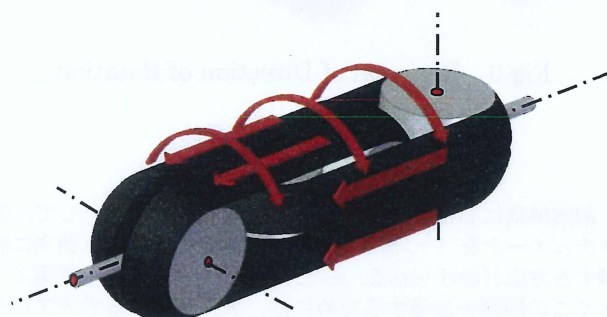


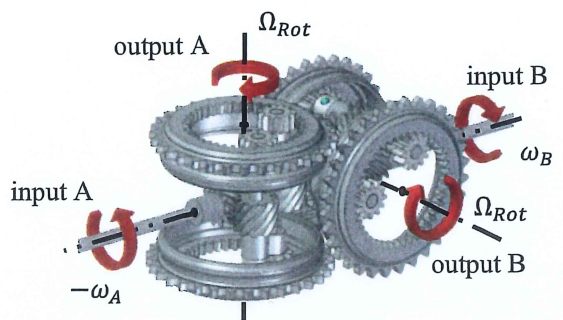
Fig.2 Basic Concept of Twin Belt Crawler

3. スプロケット駆動機構の動作原理

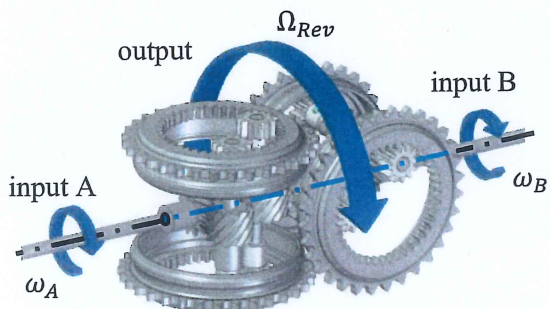
創案機構は図 3 の赤色で示した部分に位置するスプロケット駆動機構を用いて動作する。スプロケット駆動機構の構造を図 4 に示す。まず端部の歯車どうしの歯数比が 1 となるように偶数個の平歯車を直列に組み合わせた歯車列を考える。端部に位置する 2 つの歯車に速度が同じで方向のみが異なる回転入力を与えた場合、歯車列にあるすべての歯車が回転する。これを自転と定義する。端部に位置する 2 つの歯車に速度も方向も同一の回転入力を与えた場合、全ての歯車が回転しない。しかし、歯車列を 3 次元的に配置して端部に位置する 2 つの歯車を同軸上に配置することで、歯車列が固定されているフレームの回転として出力を取り出すことができる。これを公転と定義する。本機構は内歯車とはずば歯車を上記原理に基づき配置することで、直交した履帯を回転させる自転と、機構全体を回転させる公転を出力する。



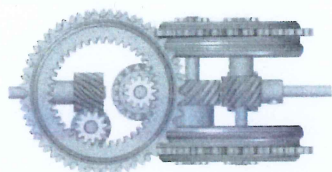
Fig.3 Overview of Twin Belt Crawler



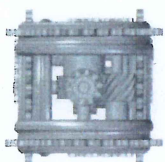
(a) Rotation



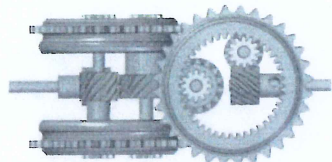
(b) Revolution



(c-1) Top View



(c-2) Front View



(c-3) Side View

Fig.4 Mechanism to drive Sprockets

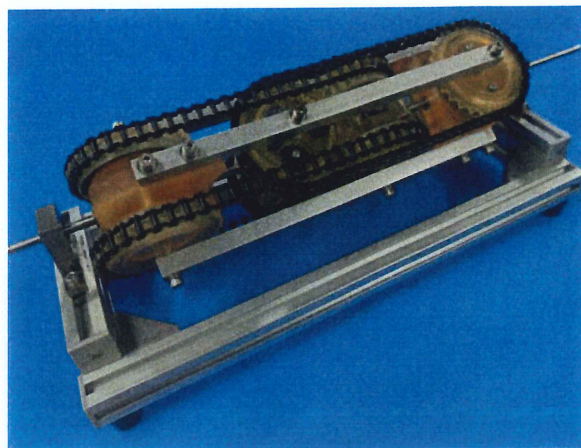
4. 実機具現化

創案した構造に基づき、原理の有効性を確認するために簡易機械モデルを実機具現化した。製作した実機の外観を図5に、その仕様について表1にそれぞれ示す。使用したはすば歯車の歯数比はすべて1である。

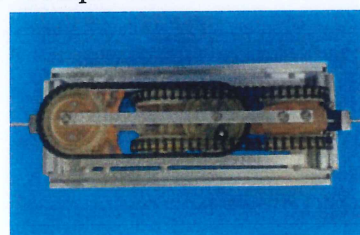
図4に示すように、入力角速度を ω_A 、 ω_B 、自転角速度を Ω_{Rot} 、公転角速度を Ω_{Rev} 、内歯車の歯数比を α とすると、本機構の順運動学および逆運動学は以下の式で表される。

$$\begin{pmatrix} \Omega_{Rot} \\ \Omega_{Rev} \end{pmatrix} = \frac{1}{2\alpha} \begin{pmatrix} -1 & 1 \\ \alpha & \alpha \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \omega_A \\ \omega_B \end{pmatrix} \quad (1)$$

$$\begin{pmatrix} \omega_A \\ \omega_B \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & 1 \\ -\alpha & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Omega_{Rot} \\ \Omega_{Rev} \end{pmatrix} \quad (2)$$



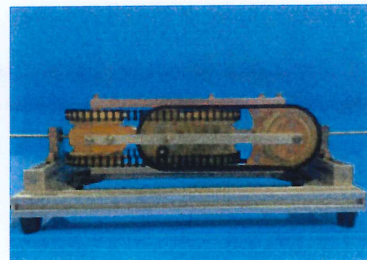
(a) Oblique view



(b-1) Top View



(b-2) Fron View



(b-3) Side View

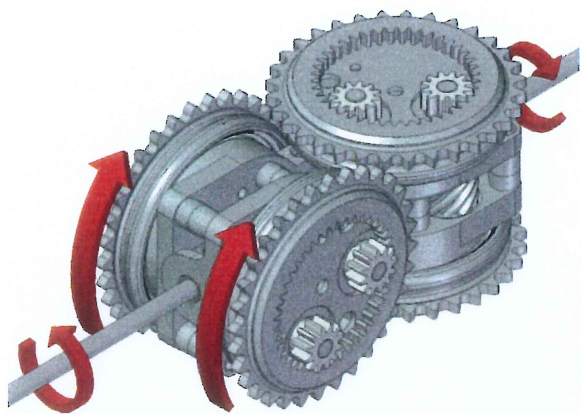
Fig.5 Overview of the Prototype Model

Table.1 Specification of the Prototype Model

Diameter of the Sprockets	65[mm]
Diameter between Sprockets	218.8[mm]
Length of Unit	330[mm]
Width of Unit	98[mm]
Weight	1989.3[g]

5. 実証実験

具現化した実機を用いて動作原理の有効性の確認を目的とする実証実験を行った。実証実験では、具現化した実機の2つの入力軸をそれぞれ回転させ、(1)式および(2)式に対応した出力が得られることを確認した。しかし、2組の履帯が対抗して回転する部分が接地する際に、前後移動困難姿勢を取ることが明らかとなった。前後移動困難姿勢を取る要因として、図6に示すように公転量に応じてsprocketの自転方向が反転することが挙げられる。



revolve 180 degrees

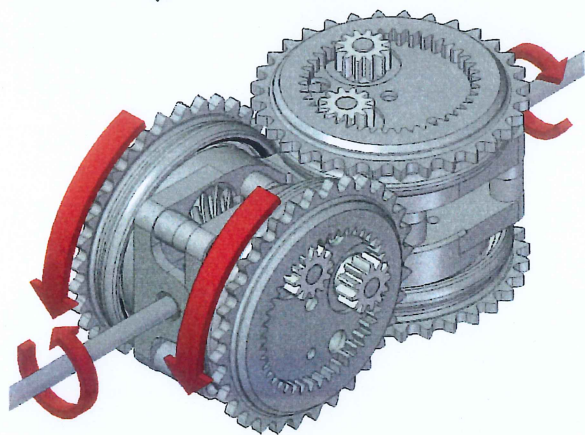


Fig.6 Reversal of Direction of Rotation

6. 偏心遊星歯車機構

創案機構に存在する前後移動困難姿勢の改善案として、アクチュエータを1つ追加し、2組の履帯をそれぞれ独立に制御する方法が挙げられる。また冗長性を回避しつつ、機構によってこの問題を改善するためには、公転量によらずスプロケットの自転方向を一定にする構造を組み込む必要がある。したがって、機構を用いた前後移動困難姿勢の改善のために図7に示す偏心型遊星歯車機構を新たに創案した。偏心遊星歯車機構は従来の遊星歯車機構とは異なり、太陽歯車と遊星キャリアの回転軸の位置がずれるように歯車が配置されている。回転軸の位置をずらすことにより、複数ある遊星歯車のうち1つのみが太陽歯車とかみ合うことになる。

次に上記の機構をねじれ歯車を用いて3次元方向に拡張し、内歯車にスプロケットを付与したものを考える。図8に3次元方向に拡張した偏心遊星歯車機構の動作原理を示す。図8に示すとおり、太陽歯車と遊星キャリアの回転軸の位置をずらすことで2つある遊星歯車のうち、片方のみがかみ合うようになるため公転量によらずスプロケットの自転方向が一定となる。したがって2つの偏心遊星歯車機構が位相を90度ずらして配置された構造は、双ベルト式円状断面クローラ機構の前後移動困難姿勢の改善に有効であると考えられる。

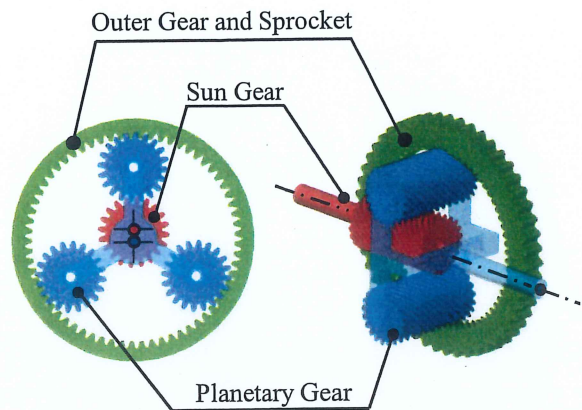


Fig.7 Basic Concept of Eccentric Planetary Gear Mechanism

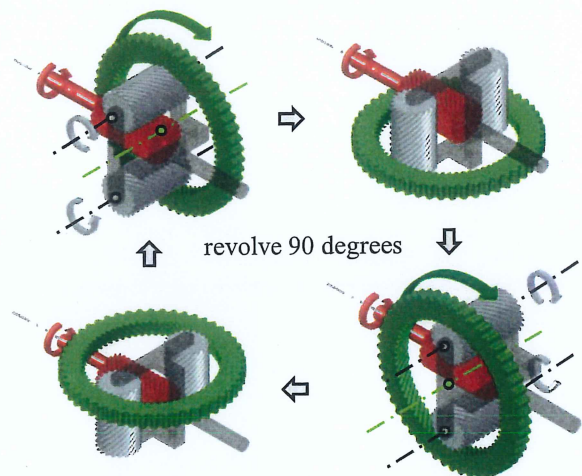


Fig.8 Principle of the Eccentric Planetary Gear Mechanism

7. まとめ

本稿では新規構造を有するクローラ機構として、双ベルト式円状断面クローラ機構の原理を創案し、実機の具現化および動作検証を行った。その結果、創案原理の有効性が動作検証により明らかとなった。さらに双ベルト式円状断面クローラ機構の前後移動困難姿勢を機械的に改善する偏心遊星歯車機構を新たに創案した。今後は偏心遊星歯車機構を内蔵した双ベルト式円状断面クローラ機構の具現化を行い、その動作原理の検証を行う。また双ベルト式円状断面クローラ機構の車両化を行い、履帯のねじれや走行性能に関する動作確認を行う予定である。

謝辞

本研究は JKA 補助事業の支援を得て行われました。ここに謝意を表します。

参考文献

- [1] 野村 陽人, 藤本 敏彰, 林 聡輔, 清水 杜織, 渡辺 将広, 多田隈 理一郎, 多田隈 建二郎, 昆陽 雅司, 田所 諭, ``スクリーン式差動回転機構 (全方向サスペンション・クローラ化による不整地踏破性の向上)`, ロボティクス・メカトロニクス講演会, 2018.
- [2] 多田隈 建二郎, 多田隈 理一郎, 木下 宏晃, 永谷 圭司, 吉田 和哉, Karl Iagnemma, ``横方向移動を可能にする円形断面クローラ (基本概念の提案と第一次試作機の設計・開発)`, 日本機械学会, No08-4, 2008.
- [3] 多田隈 建二郎, 高根 英里, 多田隈 理一郎, 昆陽 雅司, 田所 諭, ``双リング式全方向車輪機構`, 日本機械学会, No16-2, 2016.
- [4] 和田正義, 森俊二, ``ホロミック全方向移動ロボットの開発`, 日本ロボット学会, Vol.15, No08, pp1139-1146, 1997.
- [5] 広瀬茂男, 天野信一, ``大荷重高効率全方向車両の開発`, 日本機械学会 ロボティクス・メカトロニクス講演会, 講演会論文集, pp350-355, 1993