

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

Worm Wheel with Flat Passive Rollers by Additive Manufacturing

○星野翼*, 多田隈建二郎**, 多田隈理一郎*

○ Tsubasa Hoshino*, Kenjiro Tadakuma**, Riichiro Tadakuma*

*山形大学, **東北大学

*Yamagata University, **Tohoku University

キーワード： ウォームギア機構 (worm gearing), 受動ローラ式歯車 (passive roller gear),
動力伝達効率 (power transmission efficiency), 3D プリンタ (3D printer),
積層造形法 (additive manufacturing)

連絡先： 〒 992-8510 山形県米沢市城南 4 丁目 3-16

山形大学大学院 理工学研究科 機械システム工学専攻 多田隈研究室

星野翼, Tel.: 0238-26-3893, Fax.: 0238-26-3205, E-mail: tnh00952@st.yamagata-u.ac.jp

1. 緒言

動力を伝達するにあたり, 幅広く使用されている機構としてウォームギア機構 (Fig.1) がある. ウォームギア機構の特徴には, 歯車 1 段で高い減速比を得ることが出来る点, バックラッシュが小さく位置決め精度が良い点, 出力軸から入力軸に力を伝達させないというセルフロックを持つ点が挙げられる. しかし, ウォームギア機構はインボリュート歯車と異なり, 歯車間の動力伝達がすべり摩擦となっているため, 動力伝達効率は著しく低い. 本研究室で製作された受動ローラ式歯車をウォームギア機構におけるウォームホイールとして使用することで歯車間のすべり摩擦を転がり摩擦に変換することにより, ウォームギア機構において欠点である動力伝達効率を向上させることが出来る. 現在の受動ローラ式歯車での問題点を解消することによ

り, さらに動力伝達効率を向上させることが可能と考え, 受動ローラ式歯車に代わる受動ローラ型ウォームホイールの製作を行った. 製作には 3D プリンタによる積層造形を利用することで, ウォームホイールの歯の傾きを再現した複雑な形状を一体成型により造形した. 1) 2)

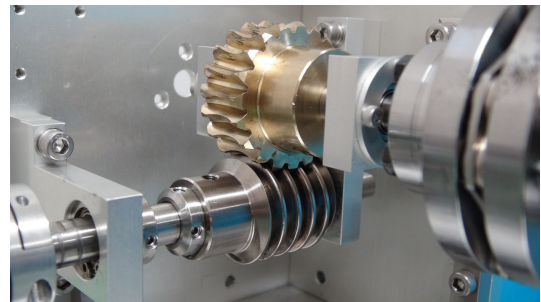


Fig. 1 Worm gearing

2. 受動ローラ式歯車

2.1 受動ローラ式歯車の概要

現在，研究室で製作された受動ローラ式歯車は円錐型受動ローラ式歯車と円盤型受動ローラ式歯車の2種類である．円錐型受動ローラ式歯車の外観図を Fig.2，円盤型受動ローラ式歯車の外観図を Fig.3 に示す．円錐型受動ローラ式歯車は，歯車の歯にインボリュート曲線を用いた円錐形状の部品を使用しており，歯車の半径方向の軸周りにその歯が回転するようになっている．円盤型受動ローラ式歯車は，歯車の歯にインボリュート曲線を用いた円盤形状の部品を使用しており，歯車の接戦方向の軸周りにその歯が回転するようになっている．どちらの受動ローラ式歯車もインボリュート平歯車と同様のパラメータをとっているため，使用されているインボリュート平歯車と取替が可能である．

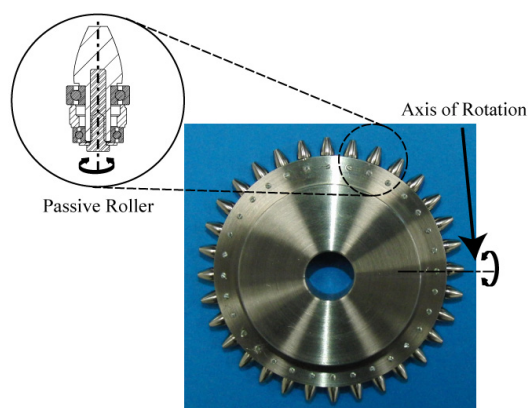


Fig. 2 Gear with conical passive rollers and sectional view of the roller unit

2.2 受動ローラ式歯車の動力伝達効率

通常の鼓型ウォームホイールを使用した場合の動力伝達効率は約 30 % となる．これに対して，この2種類の受動ローラ式歯車をウォームホイールとして利用した場合の動力伝達効率は約 60～70 % となる．出力軸に加える負荷の量

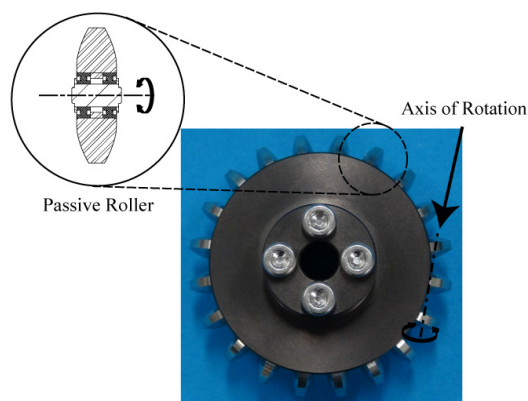


Fig. 3 Gear with flat passive rollers and sectional view of the roller unit

によって動力伝達効率の測定値は変化するものの，約2倍の動力伝達効率を得ることが可能である．

2.3 問題点

ウォームギア機構のウォームホイールはウォームと噛み合わせるため，ウォーム歯の進み角に合わせてウォームホイールの歯に角度が付けられている．しかし，受動ローラ式歯車はインボリュート平歯車と同様の形状になるように製作されたものとなっている．そのため，受動ローラ式歯車をウォームホイールとして使用する場合には，受動ローラ式歯車の歯は斜めに取り付けていなければウォームと正しい噛み合いを取ることが出来ない．特に，円盤型受動ローラ式歯車は，ウォームの進み角に対して噛み合わずに動力を伝達しており，受動ローラの軸に負荷が加わっている状態である．

3. 受動ローラ型ウォームホイール

3.1 受動ローラ型ウォームホイールの概要

通常のウォームギア機構と比較して，現在の受動ローラ式歯車は動力伝達効率を約2倍向上させることが出来ている．しかし，円錐型受動ロー

ラ式歯車よりも啮合時の接触面積が広く、円盤型受動ローラ式歯車よりも正確な啮合を持つ受動ローラ式歯車の製作により、さらに動力伝達効率を向上出来ると考えられる。そこで、円盤型受動ローラ式歯車の円盤歯をウォームの進み角に合わせて配置している受動ローラ型ウォームホイールを製作した。

3.2 積層造形による製作

受動ローラ式歯車と同様、金属部品の組み合わせにより受動ローラ型ウォームホイールの製作を考えていたが、ウォームの進み角(モジュールが2の場合 3.7°)に合わせた金属部品の加工や歯数毎にローラ部品(円盤歯や軸、ミニチュアベアリング)が必要になることから、コストの増大が見込まれた。そこで、部品全体を一体型で成型が可能な積層造形による製作を考えた。積層造形では、切削加工では不可能な複雑な形状や閉じられた筐体の中に部品を入れ込むような入れ子構造が可能である。また、どのような複雑な形状でも、造形の質量分のコストで成型可能である。

3.3 受動ローラ型ウォームホイール

積層造形により製作した受動ローラ型ウォームホイールを Fig.4, 断面図を Fig.5 に示す。また、諸元表を Table.1 に示す。モジュールは3、歯数は20により設計を行った。³⁾ 使用した3Dプリンタはストラタシス社製の ObjetPro30、材料には透明マテリアルの Vero Clear を使用した。受動ローラ式歯車と同様に、設計には市販のウォームホイールと同様のパラメータをとっているため取替が可能である。円盤歯はウォームの進み角(3.92°)に合わせて傾けられて配置されており、啮合が正確なものとなる。Fig.5より軸と円盤歯の間に隙間を開けて造形させることで軸と受動ローラはすべり摩擦により回転する。また、積層造形の利点を活かし、受動ロー

ラの軸をウォームホイール本体に取り込み、軸の強度を増加させた。



Fig. 4 Worm wheel with flat passive rollers

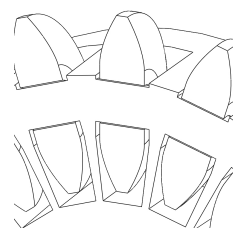


Fig. 5 Sectional view of the worm wheel with flat passive rollers

Table 1 Specification of the worm wheel with flat passive rollers

Module	3
Number of teeth	20
Material	Vero Clear
Diameter of the pitch circle	66 (mm)
Center Distance	52 (mm)
Weight	54.2 (g)

3.4 ロボットアームでの動作確認

積層造形による受動ローラ型ウォームホイールの動作確認を行うため二自由度ロボットアームを製作した。ロボットアームの外観図を Fig.6, 関節部拡大図を Fig.7 に示す。このロボットアームはモータとエンコーダ, 固定具以外はすべて 3D プリンタにより製作を行ったものとなっており, 製作した受動ローラ型ウォームホイールは二関節どちらにも使用している。ロボットアームが動作したことからウォームギア機構による動力伝達を確認出来た。また, ウォームとの接触により受動ローラの円盤歯が回転していることも確認出来たため, すべり摩擦が転がり摩擦となり動力伝達効率が向上していると考えられた。

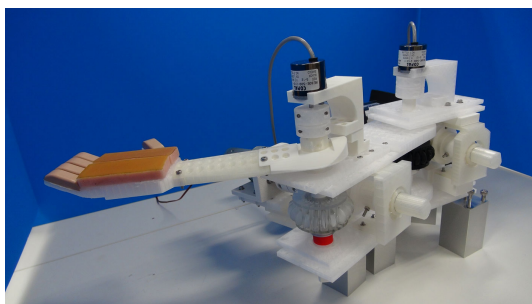


Fig. 6 Robot arm by additive manufacturing

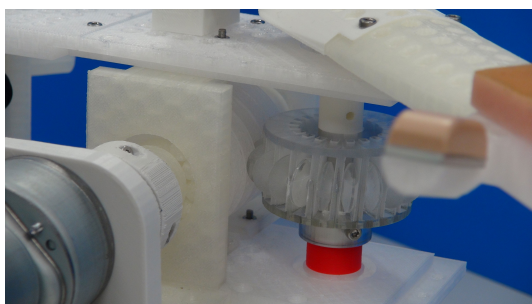


Fig. 7 Enlarged view of the robot arm's joint mechanism

3.5 積層造形による利点

3D プリンタの利用には, 部品形状の確認や部品間のアセンブリ確認等の製品を作り上げる前の試作用として用いられていたが, 現在では, 医療用分野において人工骨としての利用等完成品としての利用が始められている。今回, ロボットアームの作成に 3D プリンタを利用したが, 積層造形によるロボットアームの製作には, 部品内部を中空にすることで部品の軽量化をし, モータ必要トルクの低減や接触時の安全性の向上がある。また, 部品の損傷時にも 3D プリンタとその材料があれば, 発注をせずにその場で修復をすることが出来る。さらに, これまで金属加工において困難, もしくは不可能であった複雑な形状の製作が可能である。例えば, 現在の受動ローラ型ウォームホイールの受動ローラ部は円盤歯と軸のすべり摩擦になっているが, Fig.8 のようにボールベアリング構造を軸と円盤歯に取り込むことで転がり摩擦に変換することも可能である。

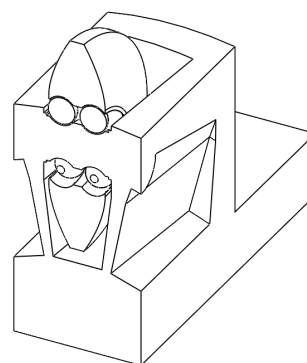


Fig. 8 Passive roller with bearing structure

4. 結言

受動ローラ式歯車をウォームギア機構の動力伝達効率を向上させるため、ウォームに合わせた角度を持った受動ローラ型ウォームホイールの製作を3Dプリンタによる積層造形により行った。今後は、実際に受動ローラ型ウォームホイールの動力伝達効率の測定を行う。また、積層造形の特徴を活かし、金属加工では行えないような構造の挿入や金属材料による積層造形など様々な方向から受動ローラ型ウォームホイールの改良を行う。

参考文献

- 1) 大西 祥太郎, 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期秋季講演会講演論文集, 307, 2013.
- 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ー各曲率の駆動ユニット構造と基本動作特性についてー", 日本ロボット学会誌, 30巻6号, 51, 2012.
- 3) 和栗 明: "歯車の設計と製作", 日本機械学会, 1956.