

無制限の可動範囲を有する 回転3自由度の球状歯車機構の 開発

山形大学

学術研究院（大学院理工学研究科主担当）

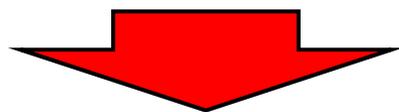
機械システム工学科・機械システム工学専攻

准教授 多田隈 理一郎

令和2年10月6日

研究開発の背景

- コロナ禍により、ソーシャルディスタンスを保ったまま、人間が効率良く安全に作業するのを補助できる協働ロボットアームの需要が高まっている。
- 撮影用ドローンの普及により、カメラの首振り機構を、従来のジンバル機構より小型・軽量に構成する機構の需要が高まっている。

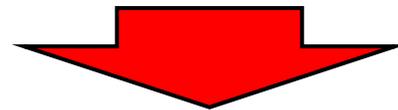


動力伝達効率の高い球面モータの開発の必要性

従来技術とその問題点

従来の球面モータには、以下のものがある。

- 摩擦車としての球面モータ
- 摩擦車を全方向車輪に置換した球面モータ
- 圧電素子または磁歪素子からの高周波振動を利用した球面モータ

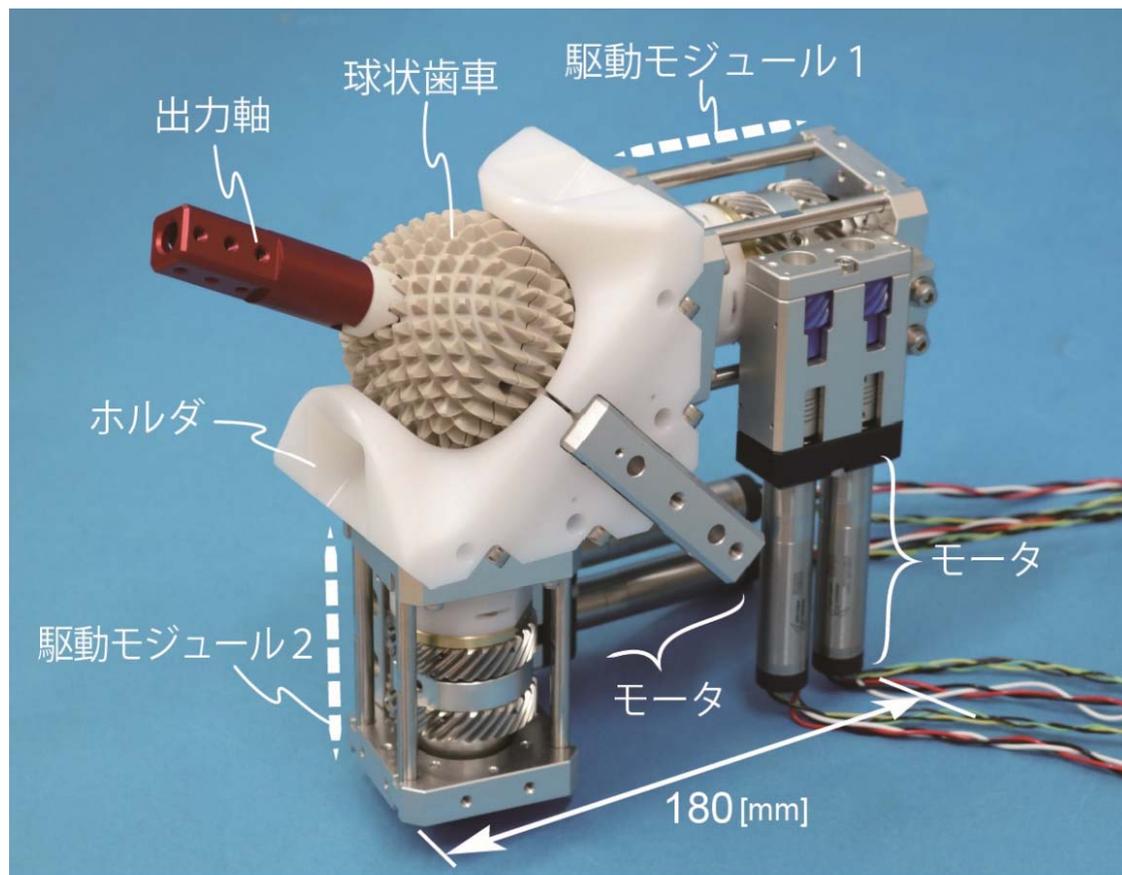
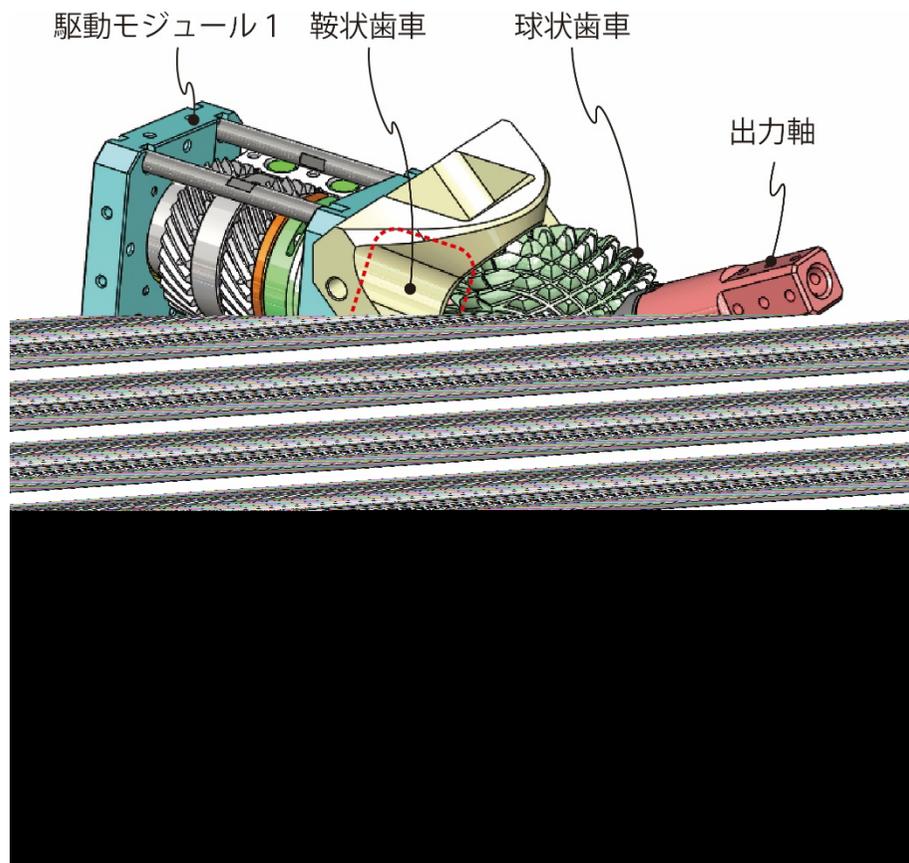


これらの技術には、滑りのために動力が伝達しにくいという問題があり、広く利用されるまでには至っていない。

新技術の特徴・従来技術との比較

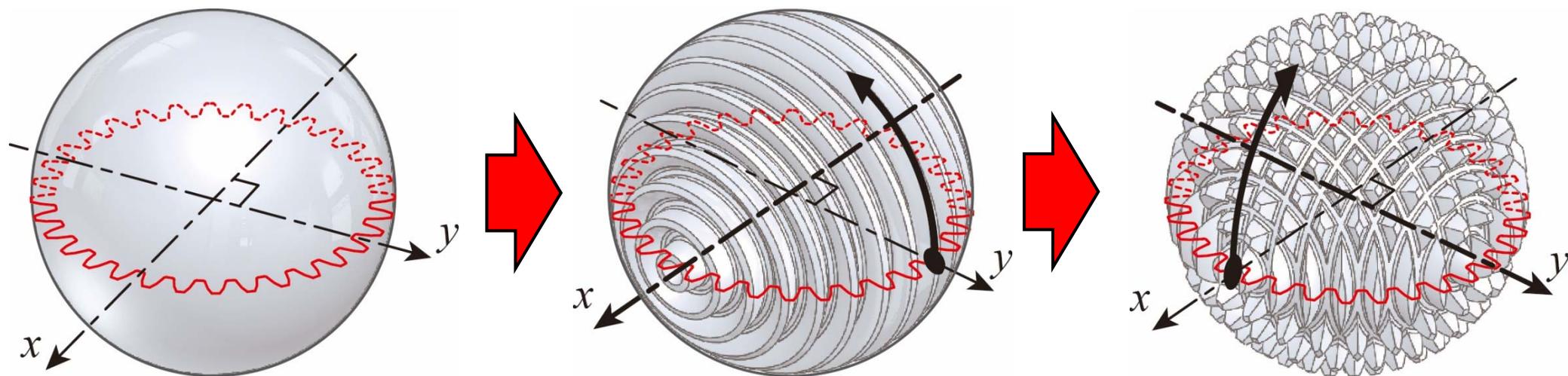
- 歯車構造を用いることにより、従来の球面モータ技術の問題点であった、「滑り」を除去し、確実に動力を伝達することに成功した。
- 3つの回転自由度の回転軸を1点で直交させることが可能となり、ロボットアームの関節をコンパクトに構成することが可能となった。

開発した歯車型3自由度球面モータ



合計4個のモータで、一点で直交する
回転3自由度を実現している。

球状歯車の構造の原理

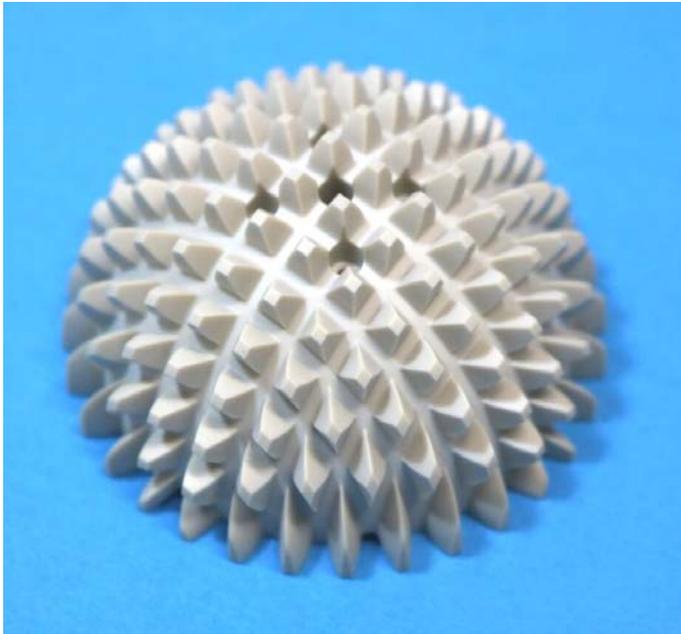


球状歯車の中の
xy平面上にz軸周りに
インボリュート曲線
を描く。

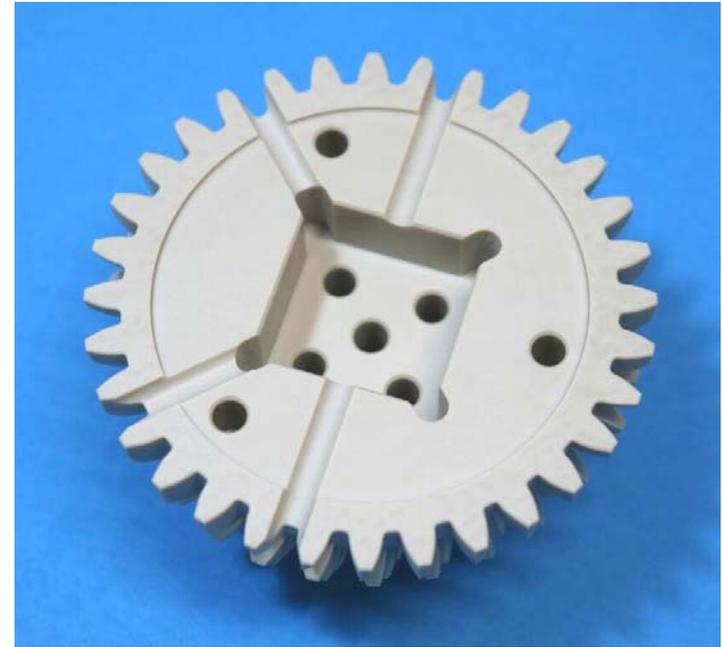
インボリュート曲線
をx軸周りに回転
させる。

インボリュート曲線
をy軸周りに回転
させ、互いに直交
する歯車列を球核
の表面に構成する。

球状歯車の内部構造



球状歯車の半球構造



球状歯車の半球構造の裏面

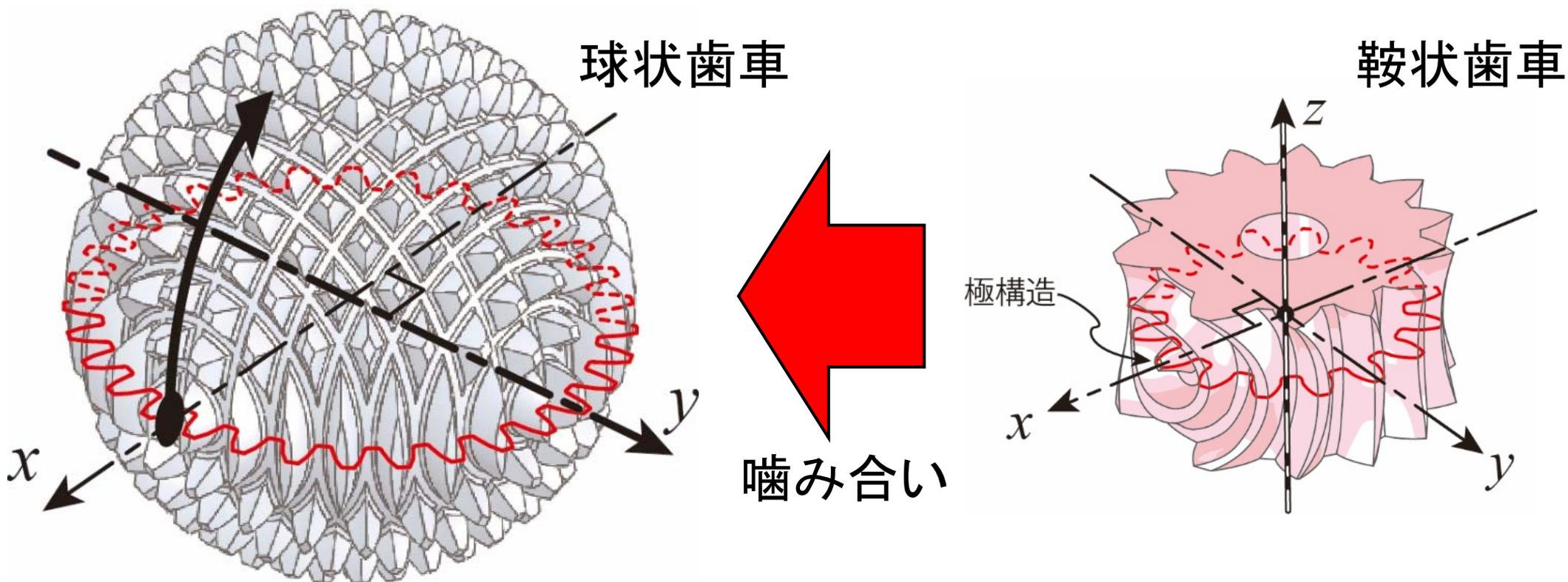
球状歯車は、半球構造を有する部品2個を、お互いにネジ留めすることで構成している。

出力軸を取り付けた球状歯車



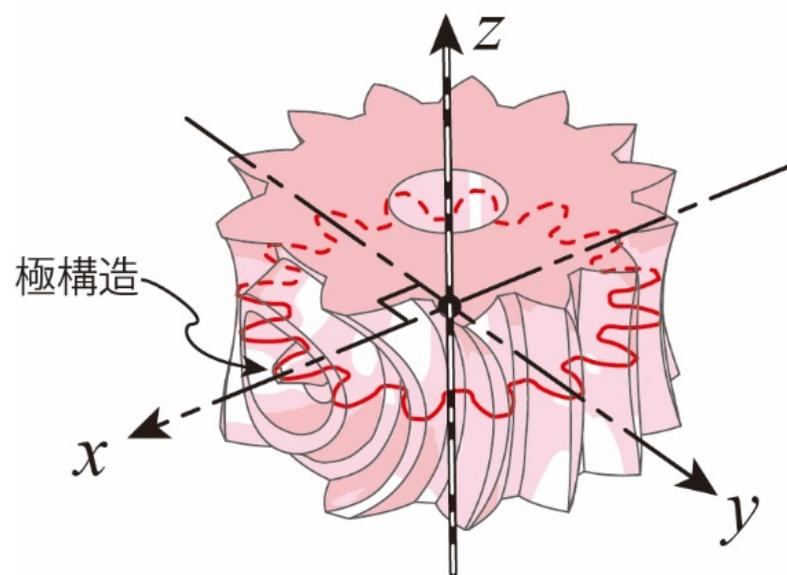
半球構造の部品2個を組み合わせた上で、
出力軸を取り付けた球状歯車

球状歯車と鞍状歯車を噛み合わせる



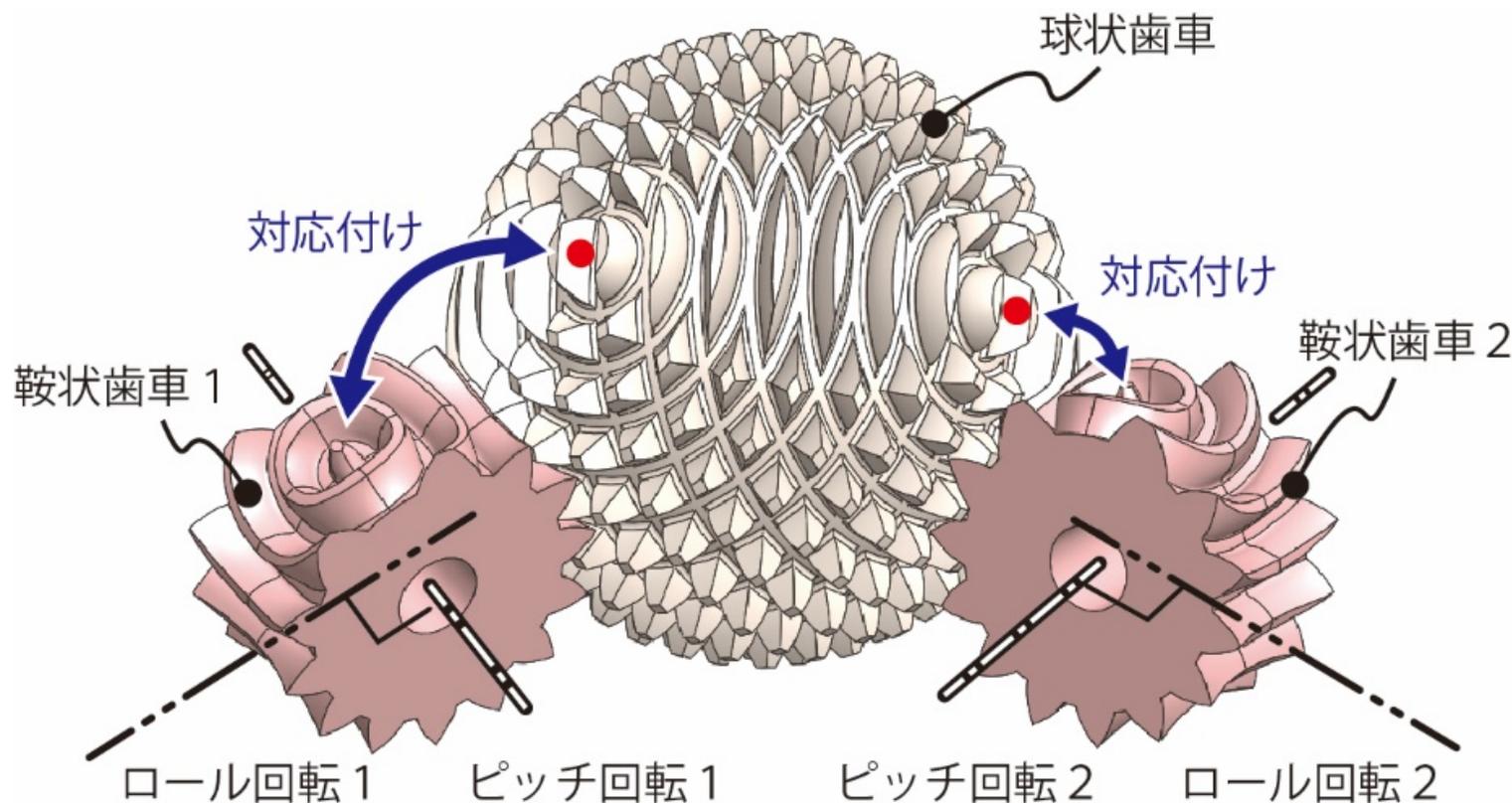
球状歯車と噛み合う入力用の鞍状歯車は、特殊な極構造を有し、差動機構を介して内部球核に動力を伝達する。

鞍状歯車の構造



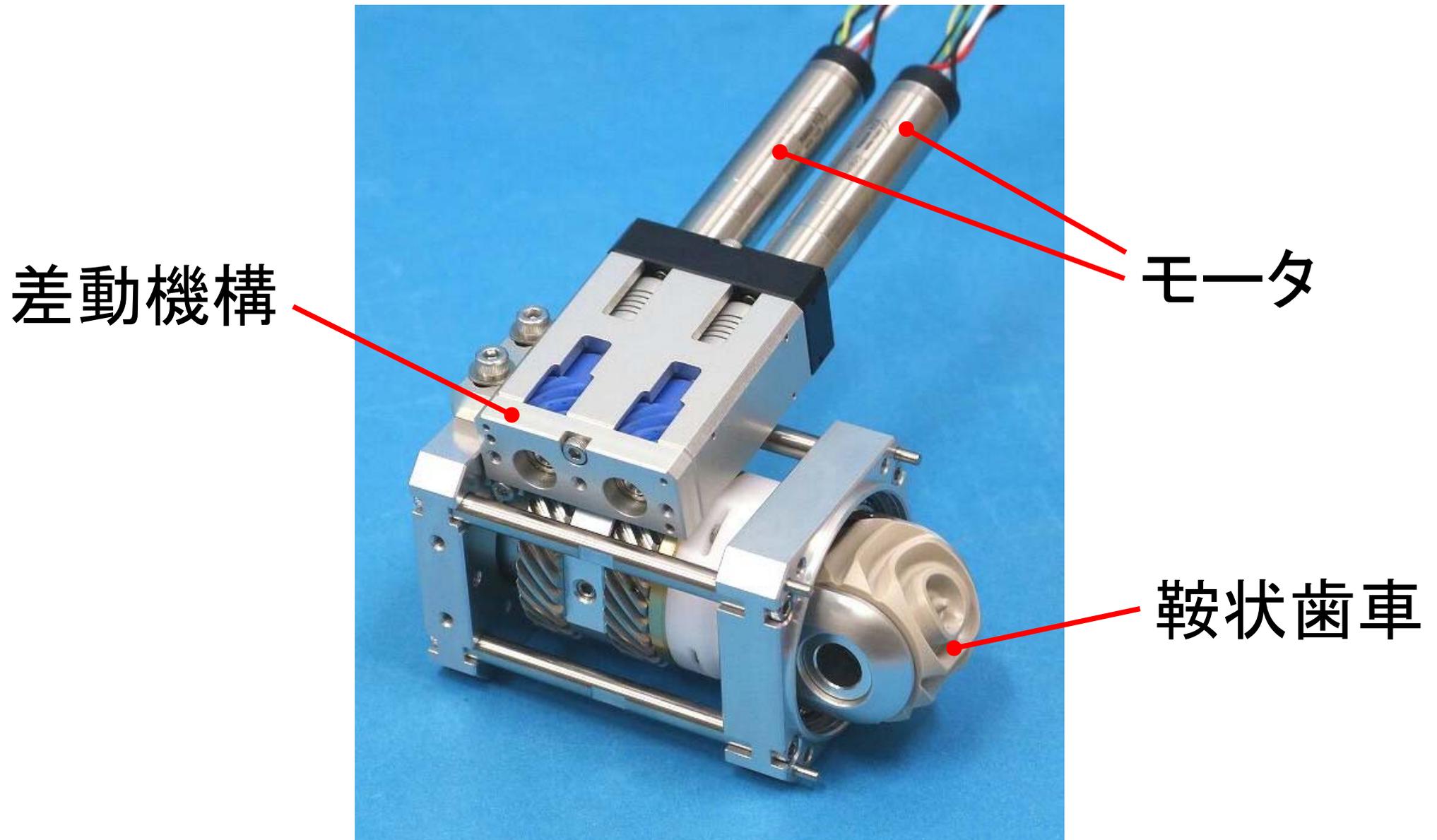
鞍状歯車は、差動機構を介して球状歯車と噛み合う。
また、鞍状歯車と球状歯車との噛み合う歯面には、
対応関係がある。

球状歯車と鞍状歯車の組合せ



入力用の鞍状歯車は、差動機構を介して球状歯車に直交する2軸周りの動力を伝達する。このため、球状歯車は3自由度を有する。動力を伝えない方向には、鞍状歯車は球状歯車の歯と歯の間を滑らかにスライドする。

鞍状歯車を有する駆動モジュール



駆動モジュールと球状歯車の組合せ



(×2)

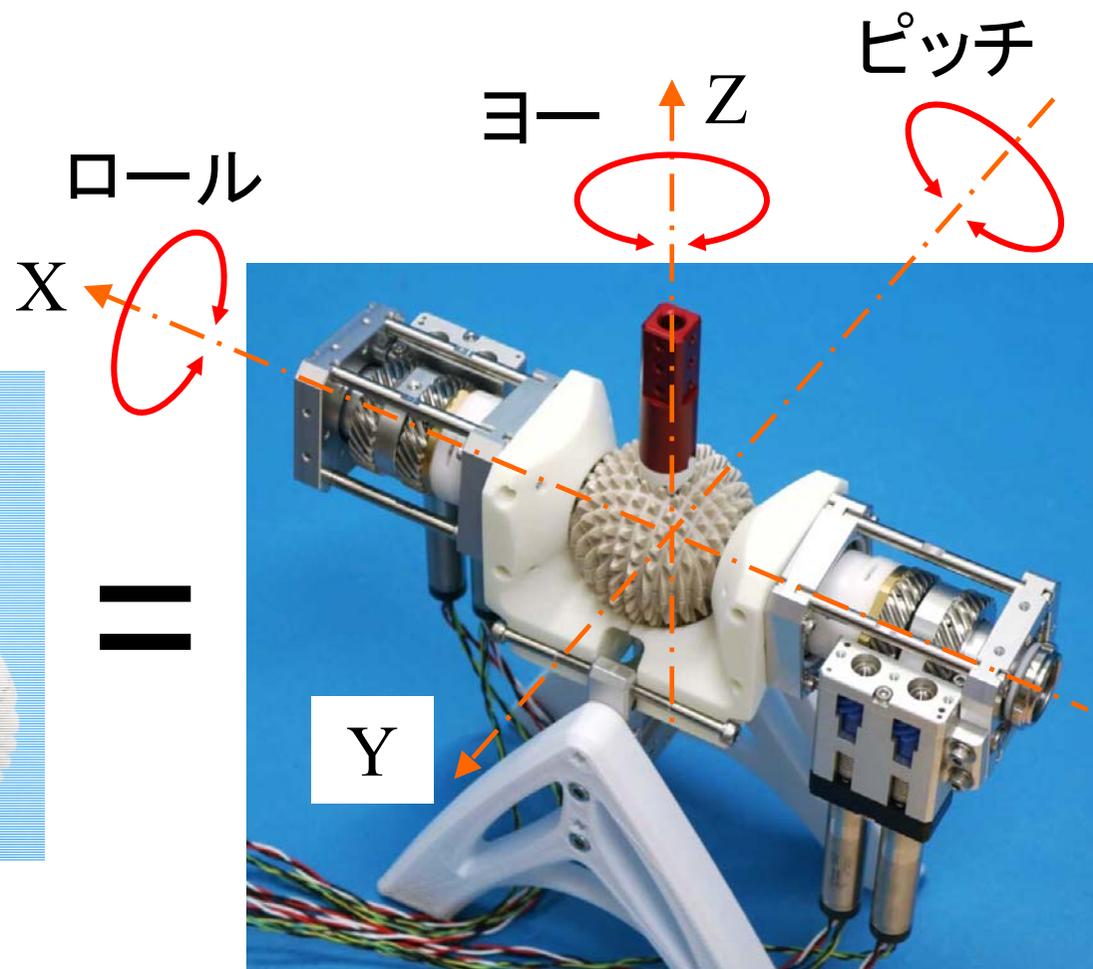
駆動モジュール

+



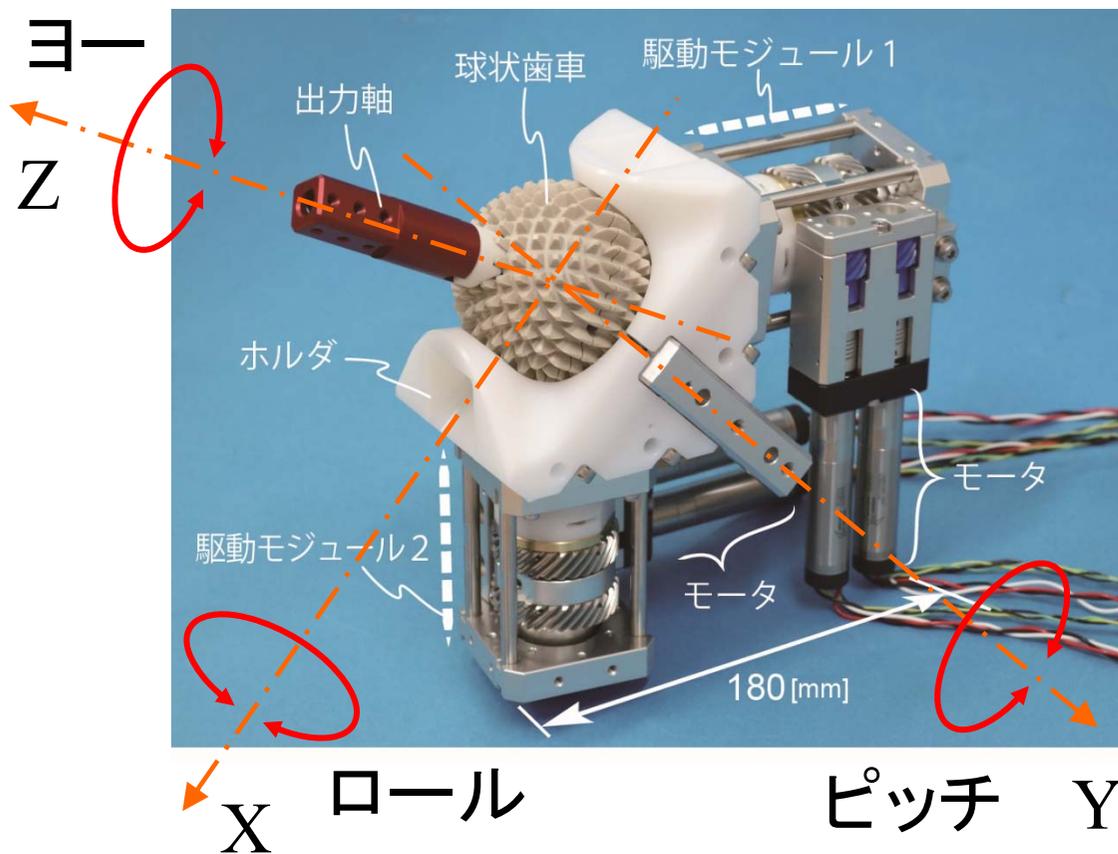
球状歯車

=



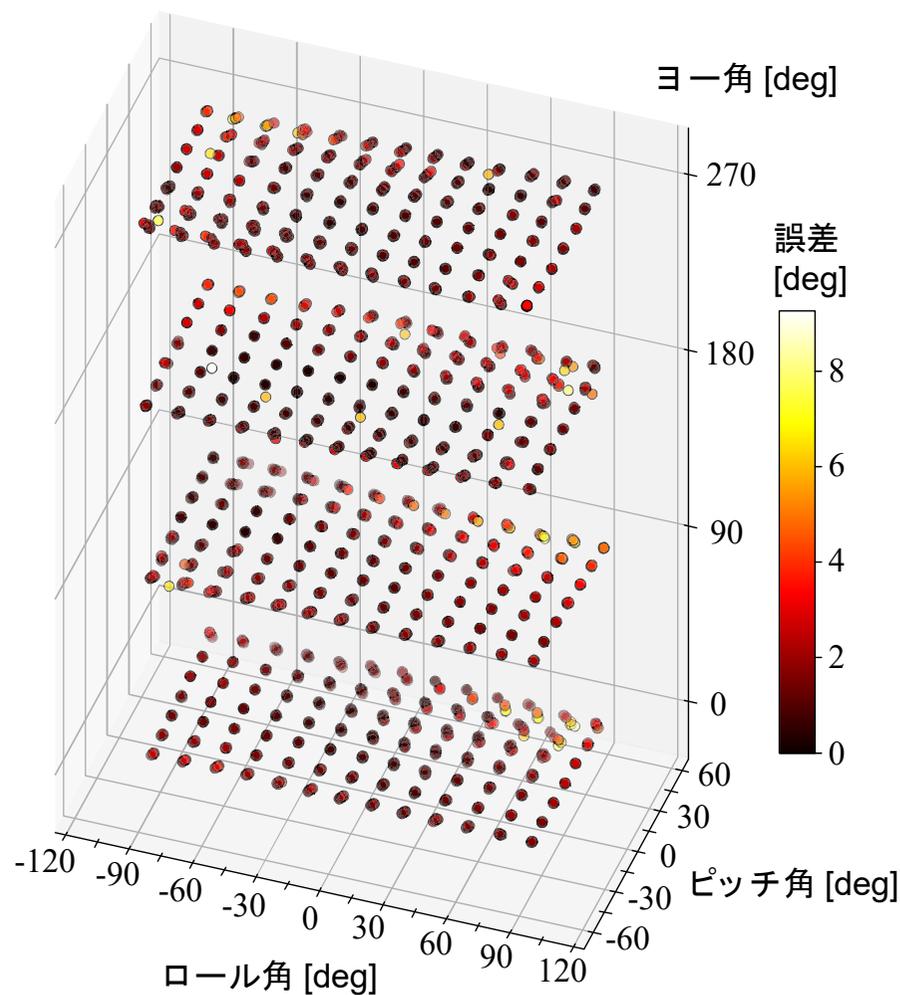
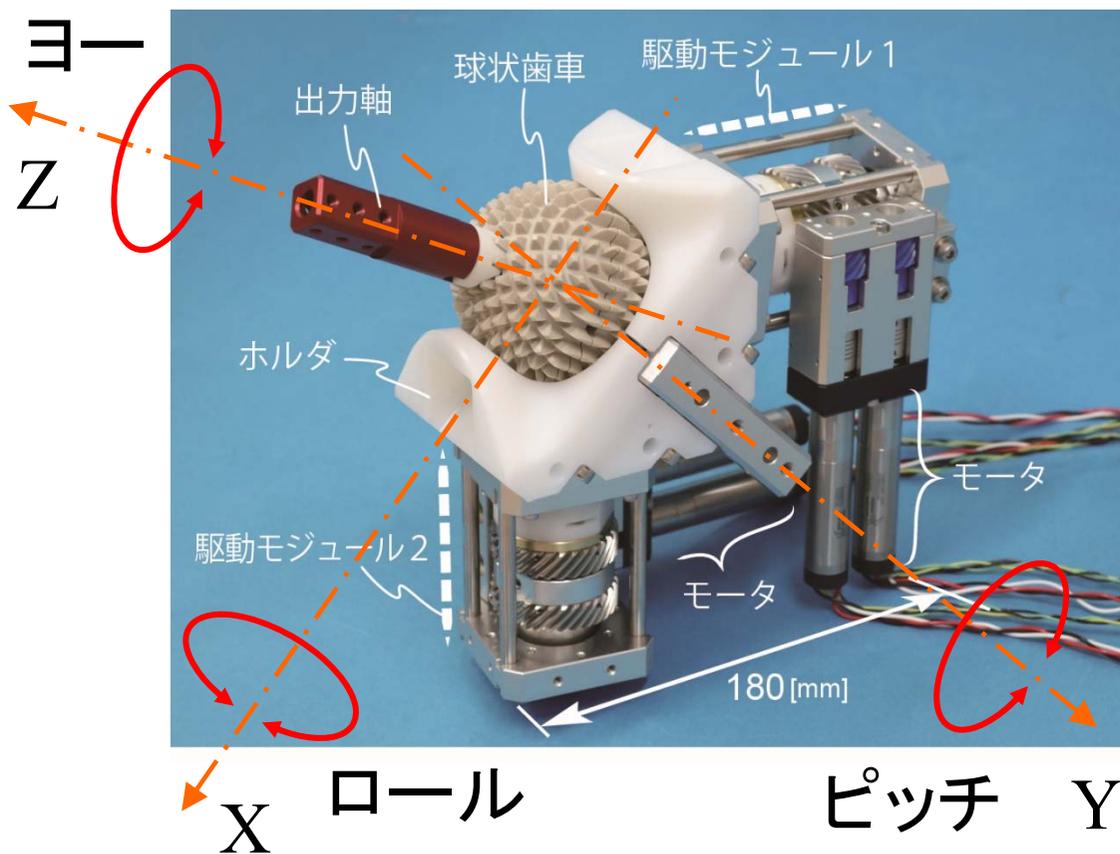
無制限の可動範囲を
有する3自由度球面モータ

球状歯車の角度制御の精度を測定した



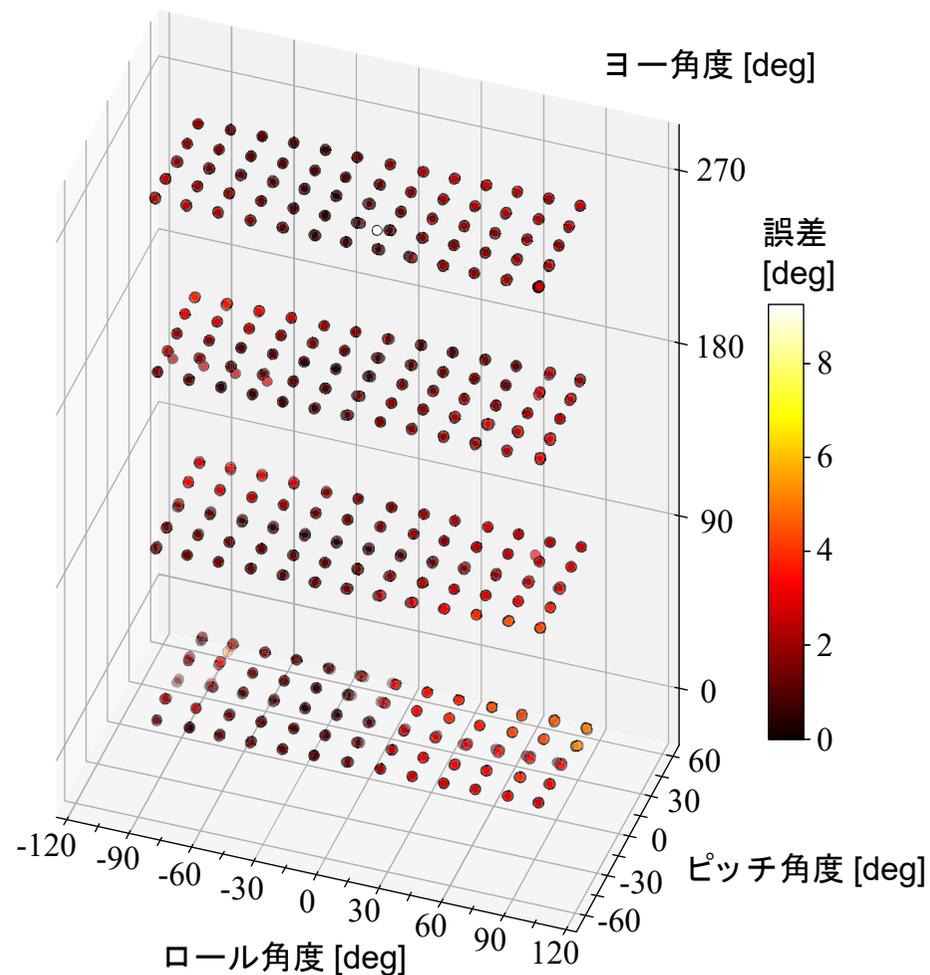
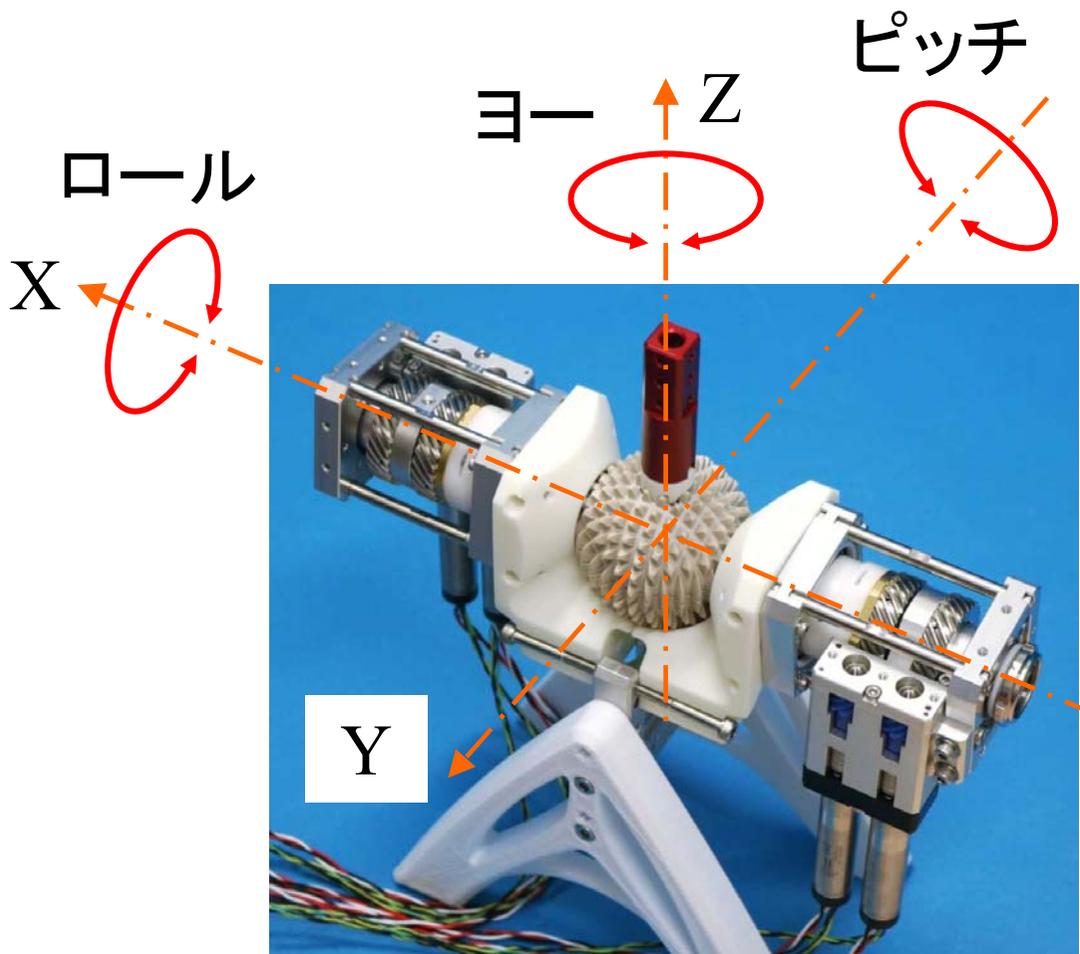
球状歯車の姿勢角制御の精度を計測する実験を、モーションキャプチャを用いて、2個の駆動モジュールが直交する場合と水平な場合の2通りについて行った。

球状歯車の姿勢角制御の精度(その1)



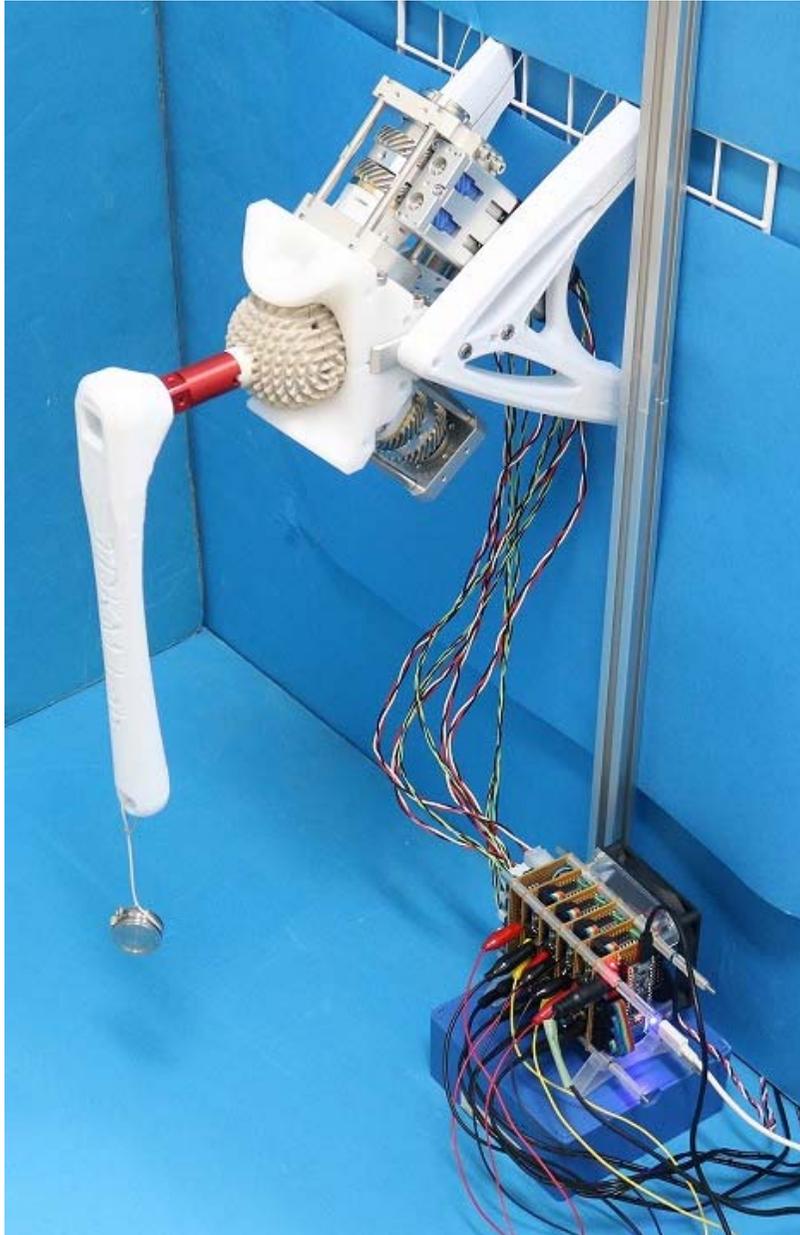
鞍状歯車を有する2個の駆動モジュールが、左の写真のように直交している場合の球状歯車の姿勢角制御の精度を示すグラフ

球状歯車の姿勢角制御の精度(その2)



鞍状歯車を有する2個の駆動モジュールが、左の写真のように水平の場合の球状歯車の姿勢角制御の精度を示すグラフ

歯車型3自由度球面モータの駆動実験



ロボットアームの
手首や肩に使用する
ことを想定した駆動実験

想定される用途

- 3つの回転自由度を1点で直交させることが可能になることから、ロボットアームの肩や手首に応用することが想定される。
- カメラの首振り機構を、より小型・軽量に構成するために利用することが想定される。

実用化に向けた課題

- 歯車機構に存在するバックラッシュを、サーボ制御の高精度化と、カメラなどによる視覚フィードバック制御により、抑制することが課題である。
- 特殊な歯車構造を、3Dプリンタなどで安価に製作できるようにすることが課題である。

企業への期待

- 鋳造技術などにより、特殊な形状を有する歯車部品を、低コストで量産できるような方法を開発する共同研究を希望する。
- 小型・軽量のロボットアーム関節機構や、カメラの首振り機構の開発を考えている企業には、本技術の導入が有効と思われる。

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称 : 関節装置及び歯車セット
- 出願番号 : 特願2020-099681
- 出願人 : 国立大学法人山形大学
- 発明者 : 多田隈理一郎、阿部一樹

産学連携の経歴

- 2011年-2012年 JST A-STEP FS 探索タイプに採択
- 2013年-2014年 JST A-STEP
FS シーズ顕在化タイプに採択
- 2013年-2014年 昌和製作所株式会社と共同研究実施
- 2014年-2016年 NECエンベデッドプロダクツ株式会社
からの受託研究実施
- 2017年- 弘栄設備工業株式会社と
共同研究実施

お問い合わせ先

**山形大学
知的財産本部**

TEL 0238-26-3024

FAX 0238-26-3633

e-mail yu-chizai@jm.kj.yamagata-u.ac.jp