

遊星運動するゴムローラを偏心入力とした小型で静かな揺動減速機構の提案

Prototype Design of a Small and Quiet Cyclo Reducer with Eccentric Input by Planetary Gear Mechanism Using Rubber Roller

○佐藤 大貴(東京工業大学) 長谷川 晶一(東京工業大学)

abstract: We propose a novel cycloidal speed reduction system. The system is consist of internal gear, cycloidal disk and rubber roller planetary gear inside the cycloidal disk. A motor shaft drives rubber roller directly by friction, and the roller turns around inside the cycloidal disk, pressing the disk to the internal gear. This turning roller is the eccentric input of cycloidal speed reducer. The feature of this reducer is quiet, high reduction ratio, small-size and low-cost. These features will help decreasing noise of actuators inside entertainment robots and toy robots, which will improve pleasure of experience and quality of speech recognition. The prototype of this speed reducer worked successfully, and noise was less than ordinal hobby servo motor.

背景

AIBOやPAROといった、家庭や公共機関で人と共生し、インタラクションを通じて利用者を楽しみや癒しを与えるエンタテインメントロボットの実用化がされている

静粛性

- 動物やぬいぐるみを模擬したロボットから駆動音が発生すると違和感
- アクチュエータの駆動音がインタラクションのための音声認識を阻害

小型・高減速比・低コスト

- ロボットの小型化や複雑な動きのために小さなアクチュエータが必要
- 低トルク、高速回転な小型DCモータを用いるには高い減速比が必要

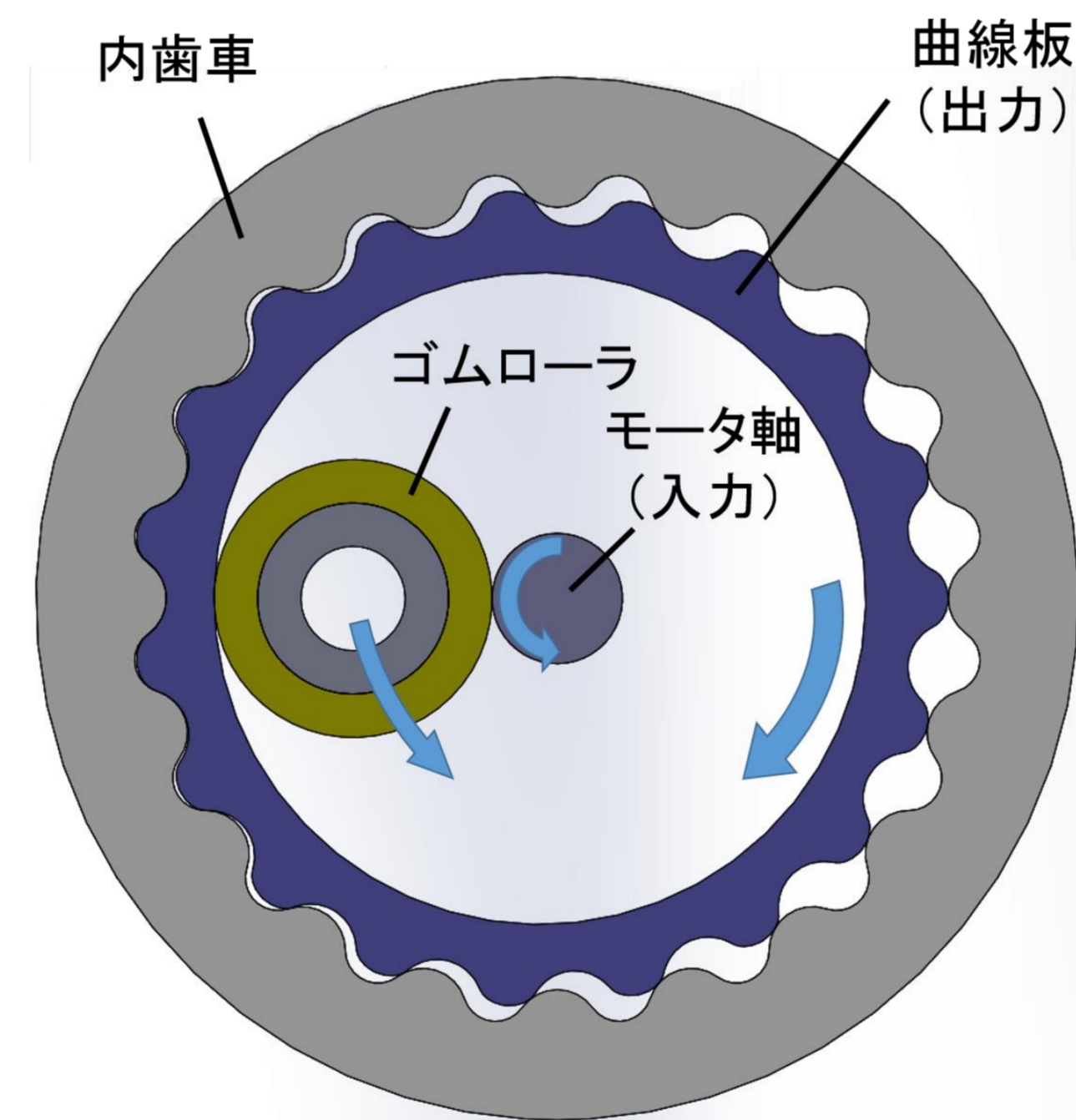


→ ゴムローラを用いた遊星減速機構と揺動減速機構を組み合わせた減速機構を提案

提案機構

原理

- 固定された内歯車と曲線板からなる揺動減速機構と、曲線板内を遊星運動する遊星歯車減速機構から構成される
 - モータの入力軸が摩擦力によりゴムローラを回転させ、ゴムローラは曲線板を内歯車に押し付けながら公転する。
 - この押し付けが揺動減速機の偏心回転入力の役割を果たし、曲線板の自転から出力を取り出すことで高い減速比を得る。
 - 曲線板と内歯車の接触により発生するモータ軸向きの力が、ゴムローラとモータ軸が滑らず運動を伝達するための押し付け機構として働く。
- 材料としてウレタンゴムとポリアセタール樹脂(POM)を主に用いることで低コスト化、静粛化を図る。



減速比

モータ軸の半径を r_a 、モータ軸の半径+ゴムローラの直径を r_c とする。ゴムローラと曲線板は接触位置では滑らず運動するので、ゴムローラの運動は半径 r_c の定円に内接しながら回転する運動と同様。ゆえに、ゴムローラの公転の減速比は遊星歯車減速機の減速比と同様に

$$\frac{r_c}{r_a} + 1$$

で表される。

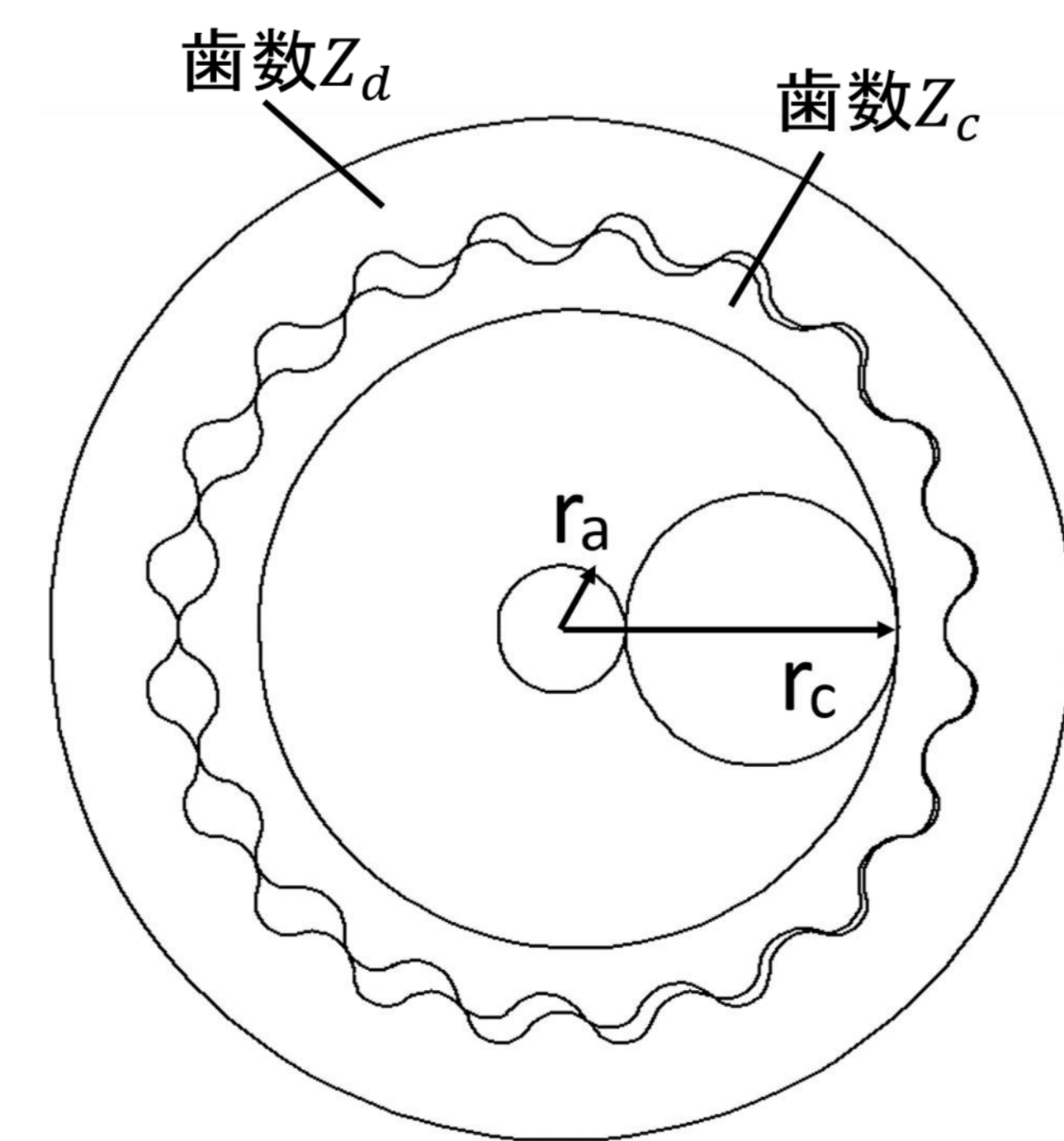
曲線板の歯数を Z_c 、内歯車の歯数を Z_d とする。曲線板が内歯車と噛みあいながら一周公転すると、もとの位置では $Z_c - Z_d$ だけずれた歯がかむ。従って、曲線板の減速比は

$$\frac{Z_c}{Z_c - Z_d}$$

以上より、提案機構の減速比は

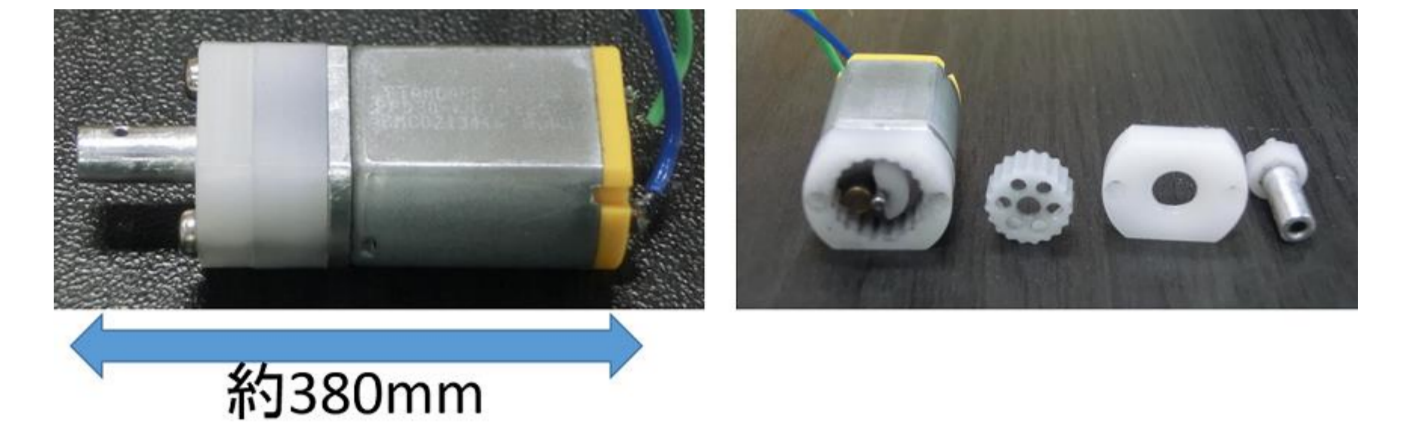
$$\left(\frac{r_c}{r_a} + 1\right) \times \frac{Z_c}{Z_c - Z_d}$$

となる。



実験

- モータ直径1.5mm, ゴムローラ直径3.2mm, 曲線板の歯数19, 内歯車の歯数20として試作, このとき減速比は約119.
- 小型モータに試作減速機を取り付け, 音の大きさの計測とトルクの測定を行った. モータはTAMIYA社のFP030-KNを使用. (適正電圧, 負荷時に0.59mNm(6gfc), 8250r/min)



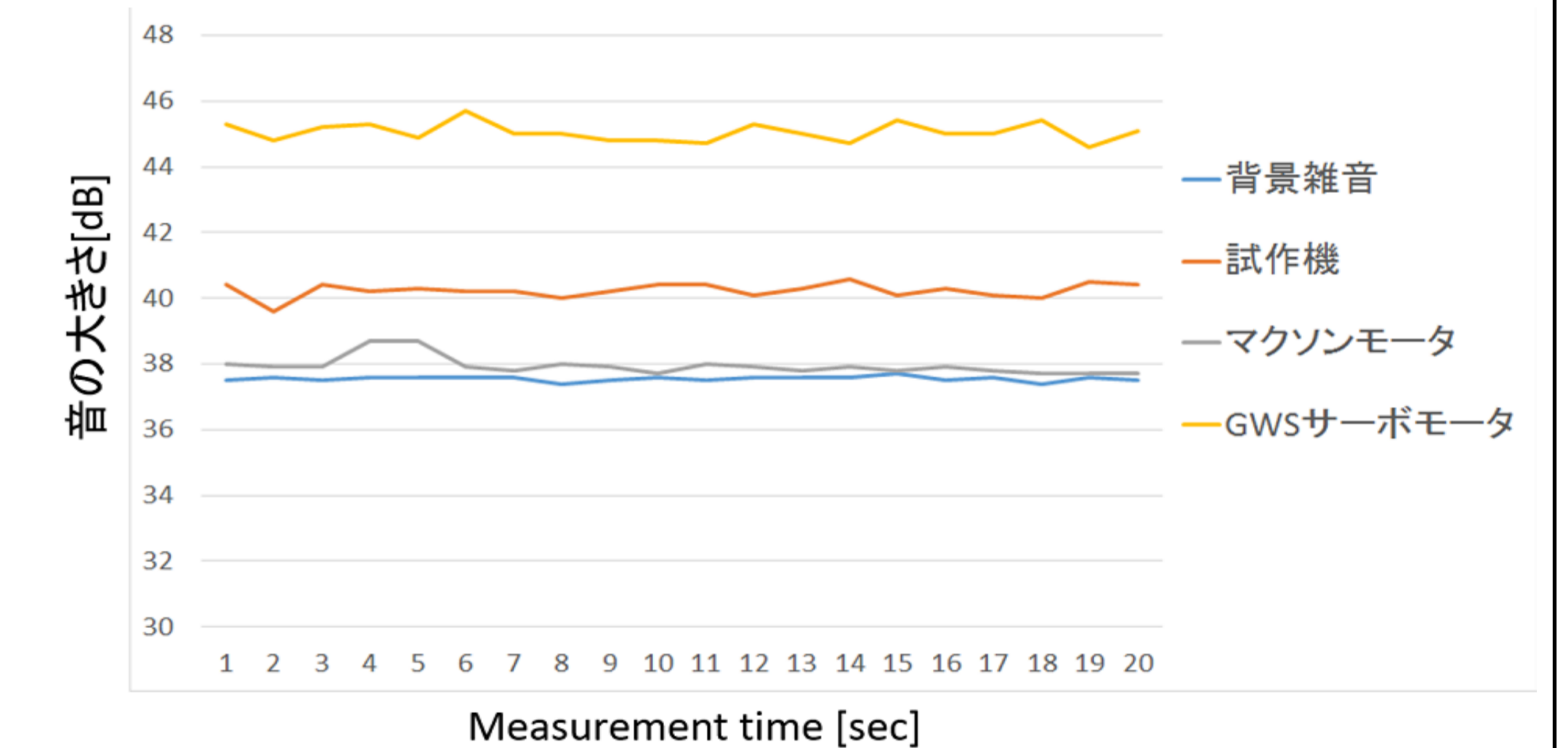
騒音計測

実験方法

簡易的な無響箱を作成し, その中で試作減速機付きモータ, MAXON社のギヤヘッド付き小型DCモータ(334266), GWS社の小型サーボモータ(Micro 2BBMG)を駆動し, 騒音計を用いて音を計測. 駆動電圧はすべて5Vとした.



二重構造ダンボール箱の内壁にグラスファイバーを貼り付け作成



結果

試作減速機はMAXON製のギヤ付きモータには劣るものの, 市販のサーボモータよりは静かに駆動することが確認できた. 出力軸の回転時のブレの防止, 歯車の形の設計, 減速機の各 부품の加工精度の向上, モータの選定を適切に行うことでより静粛化が可能であると考えられる.

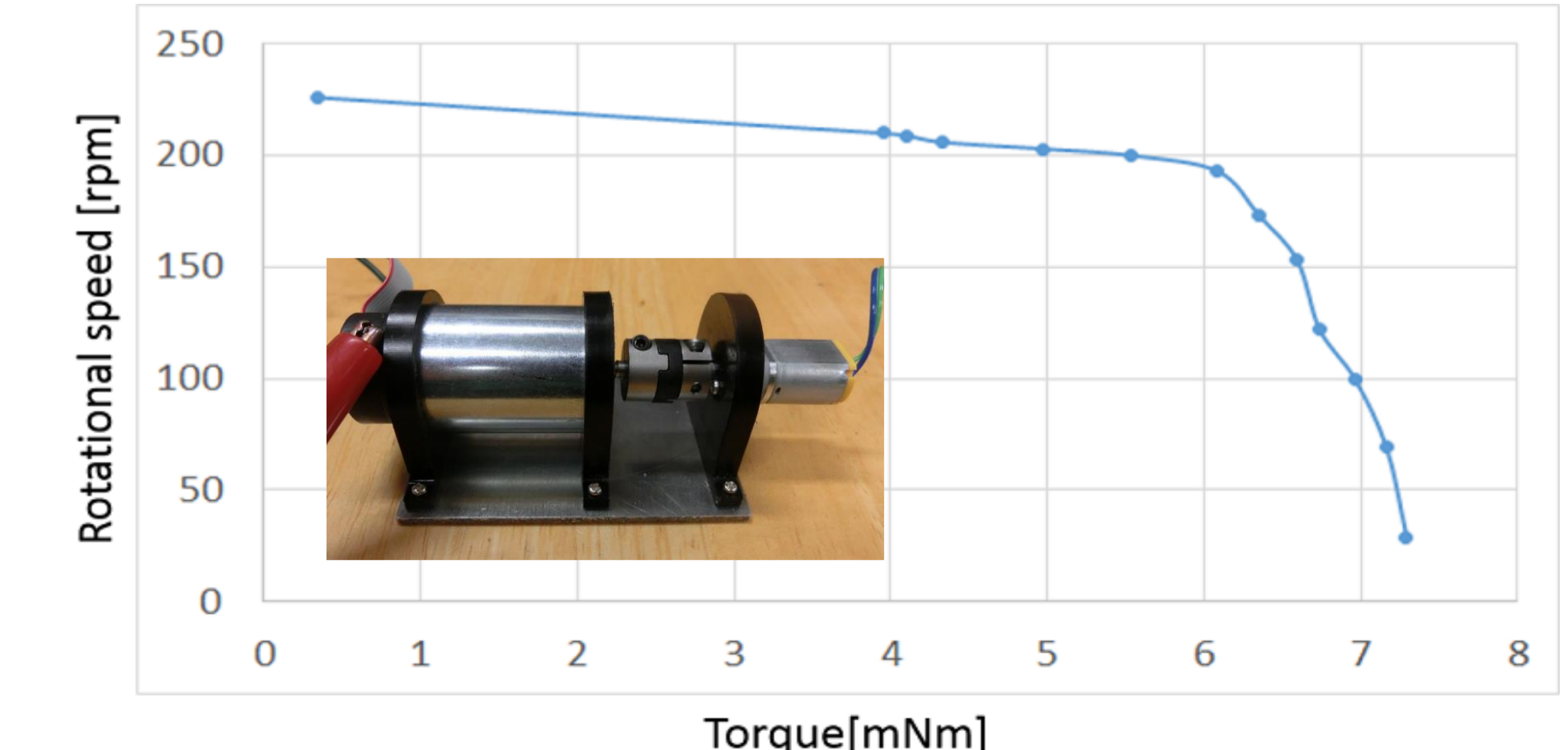
トルク計測

実験方法

試作減速機付きモータとMAXON社のエンコーダ付きDCモータ(380328)をつなげ, マクソンモータで一定負荷をかけながら試作減速機を回転させ, マクソンモータの回転数と流れている電流を測定し発生トルクを算出.

結果

モータの性能を踏まえると効率が大きく落ちている. ゴムローラ部を始めとした各 부품の加工精度の問題, ゴムローラがモータ軸に適切に押さえつけられず, 滑りが発生している, ゴムローラが変形している等が損失の原因として考えられる.



まとめ

本研究では, ゴムローラを用いた遊星減速機構と揺動減速機構の複合型減速機構を提案した. また, 試作機を製作して提案減速機が実際に駆動することを確認し, 静粛化, 高減速比, 安価での製作が実現できる可能性を示した.

今後の課題として, 歯車の形の設計, モータの選定, 各 부품の加工精度の向上を適切に行うことで, より静粛, 高効率, 高出力な減速機を作成していくことが挙げられる.