

直進運動と回転運動が可能な 高推力・高トルク2自由度モータ

横浜国立大学 大学院工学研究院
知的構造の創生部門
教授 藤本康孝

2021年6月10日

従来技術とその問題点

スカラロボットのアクチュエータは、推力を発生させるために必要となるボールねじに加え、回転機構を取り付ける必要があることから装置全体が大きくなるという課題があった

メーカー	名称	最大推力	最大トルク	サイズ(縦・横・幅)			ストローク
K社	複合機能Vzθアクチュエータ(ダイレクトドライブ型)	5N	(8mN.m)	164mm	37mm	30mm	50mm
T社	リニアモータシリーズCCR	5.1N	8.0mN.m	直動部(ストローク25mm)			25mm
				164mm	21.8mm	14mm	
				回転部			
				81mm	25mm	14mm	

新技術の概要

本技術は、

- 回転機構・直動機構を有する2自由度モータ
- 回転と直動の両動作を行うスカラロボット手先のアクチュエータ等に利用可能
- 直動機構及び回転機構を一体で構成し、モータ内の空間を効率的に利用することで、従来技術と比較して、体積当たり、約7倍の推力、約3.5倍のトルクを発生可能
⇒ 小型化・軽量化が可能

新技術の特徴・従来技術との比較

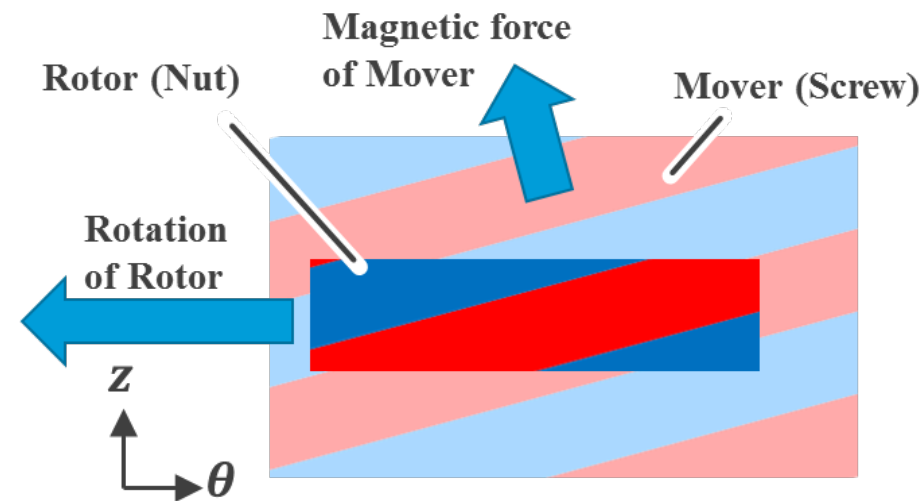
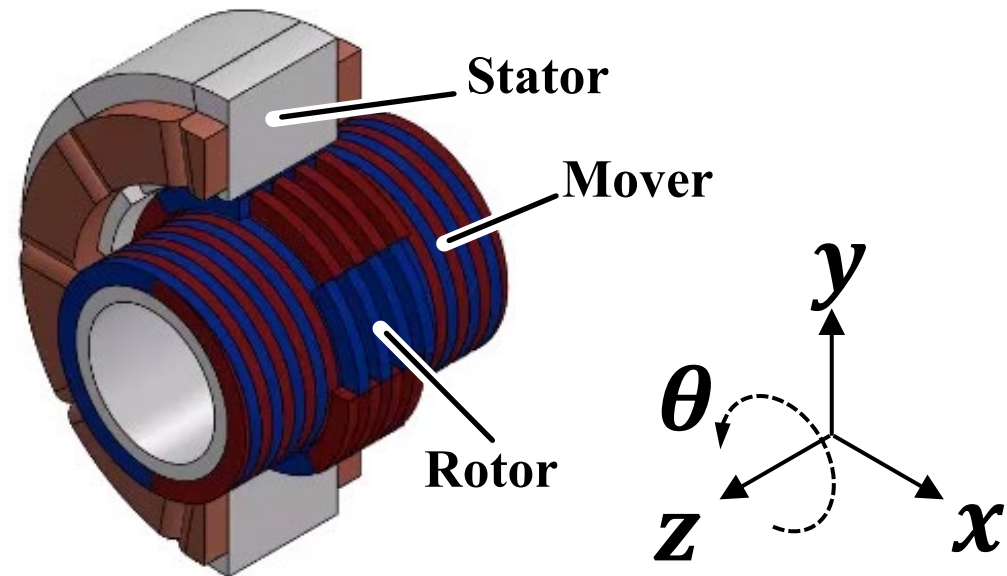
	本技術	K社 VZθアクチュエータ ダイレクトドライブ型	T社 CCR
構成	2組のステータ、ロータ、および1つの駆動軸から構成され、2つロータの回転方向を変えることにより、回転、直動運動を実現	ボールねじスプラインとステッピングモータを組み合わせたアクチュエータ	直動と回転が独立制御可能なマルチモーションアクチュエータ
得られる特性	最大推力: 36N 最大トルク: 28mN.m	最大推力: 5N 最大トルク: (8mN.m)	最大推力: 5.1N 最大トルク: 8mN.m
ストローク 外形 = 縦(軸方向) × 横 × 幅 (mm)	ストローク: 60mm 外形: 140x30x30	ストローク: 50mm 外形: 164x37x30	ストローク: 25mm 外形: (直動部) 164x21.8x14 (回転部) 81x25x14

新技術の内容

基盤となる技術

磁気ギアモータ

- 磁気ねじを用いて
回転運動を直動運動
に変換する直動モータ
- 運動変換を磁気ねじの
磁気結合により実現
⇒ 非接触のため摩擦が
ない(保守性がよい)
- 高推力を発生可能



磁気ねじモータの駆動原理(展開図)

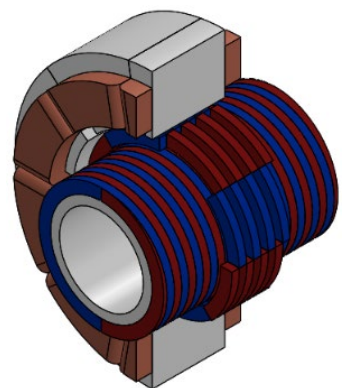
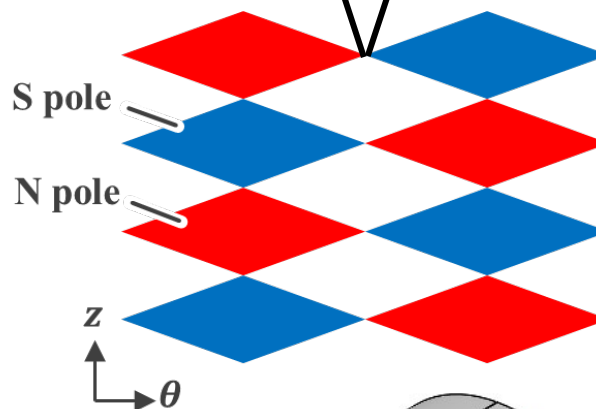
新技術の内容

提案技術

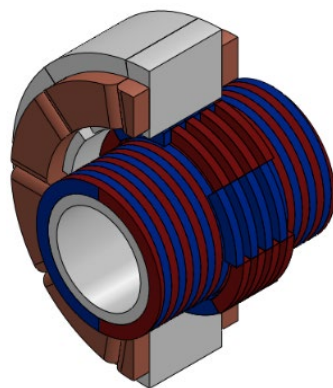
右ねじと左ねじの
磁気ねじモータを重畳

右ねじの力 左ねじの力

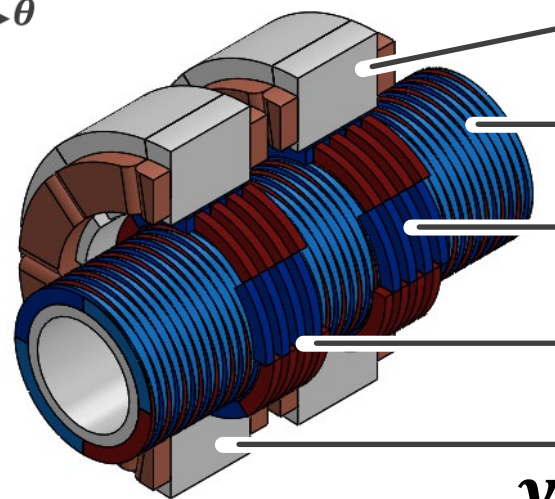
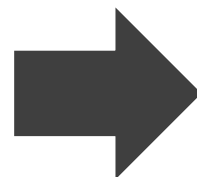
合成することで
トルクも発生可



磁気ねじモータ
(右ねじ)

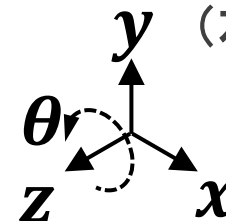


磁気ねじモータ
(左ねじ)



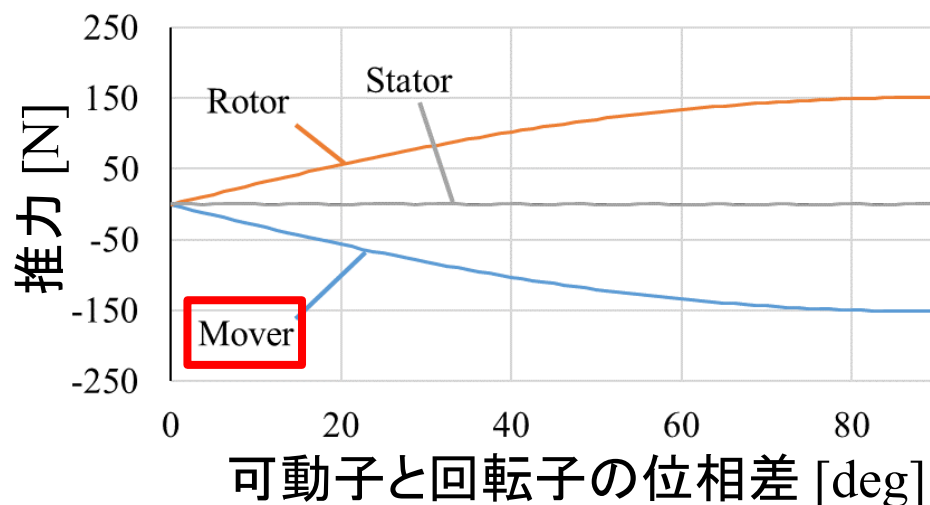
提案モデル

- 固定子1 (右ねじ用)
- 可動子
- 回転子1 (右ねじ用)
- 回転子2 (左ねじ用)
- 固定子2 (左ねじ用)

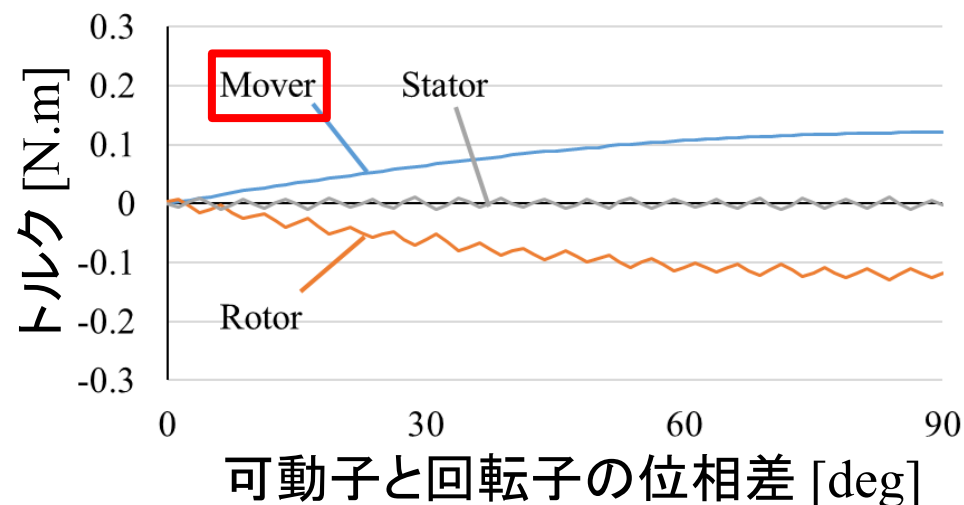


新技術の内容

有限要素解析による検証



推力発生モード
(右ねじ回転子と左ねじ
回転子を逆方向に回転)

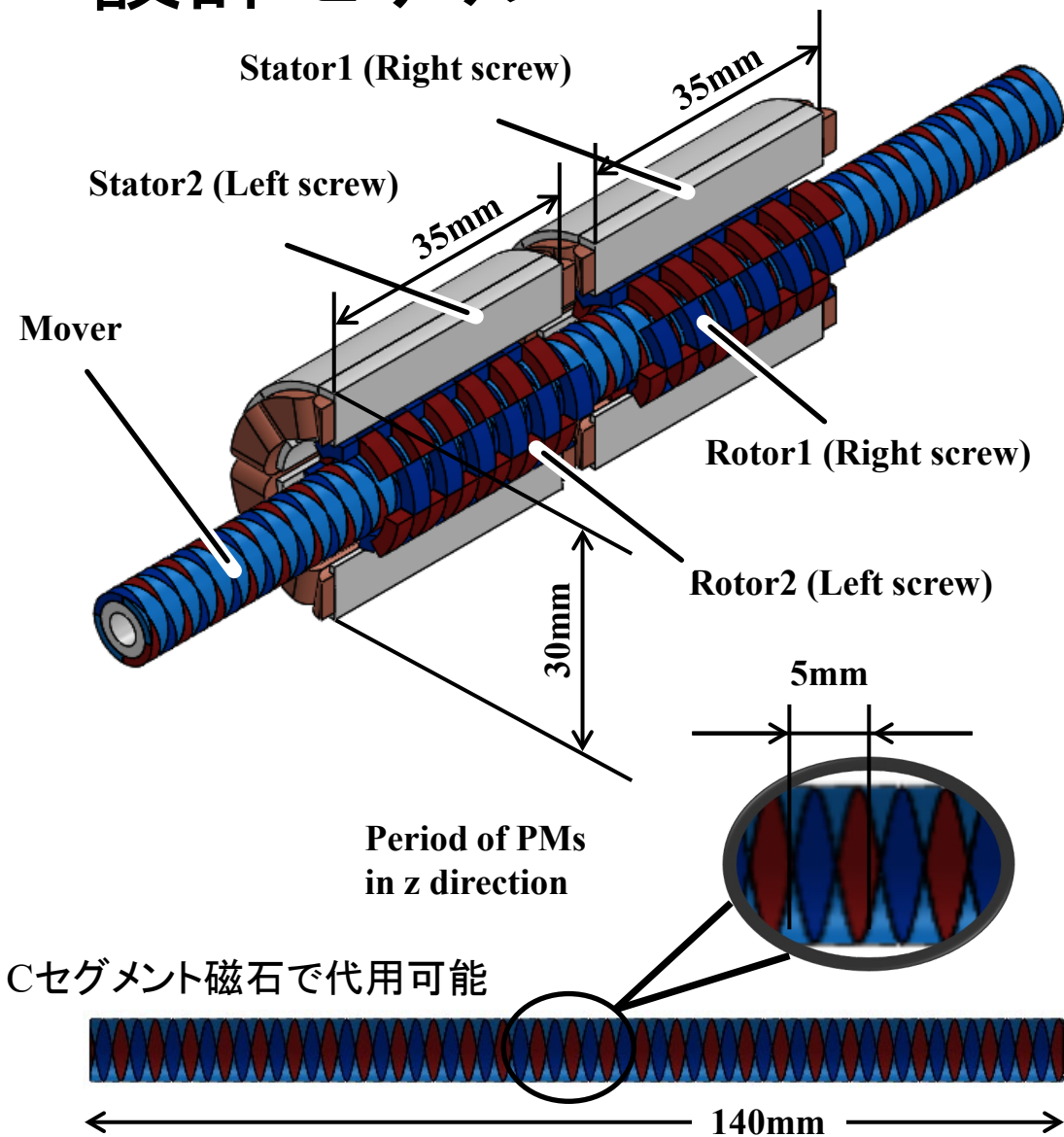


トルク発生モード
(右ねじ回転子と左ねじ
回転子を同一方向に回転)

- 推力・トルクを独立にシームレスに発生可能

新技術の内容

設計モデル



Mover

Length in z direction	140 mm
Inner diameter	4 mm
Outer diameter	6.8 mm
Radial thickness of the shaft	1.4 mm
Radial thickness of PMs	1 mm
Period of PMs in z direction	5 mm
Air gap between the mover and the rotor	0.8 mm

Rotors of the right screw and the left screw

Inner diameter	8.4 mm
Outer diameter	12.4 mm
Air gap between the rotor and stator	0.8 mm

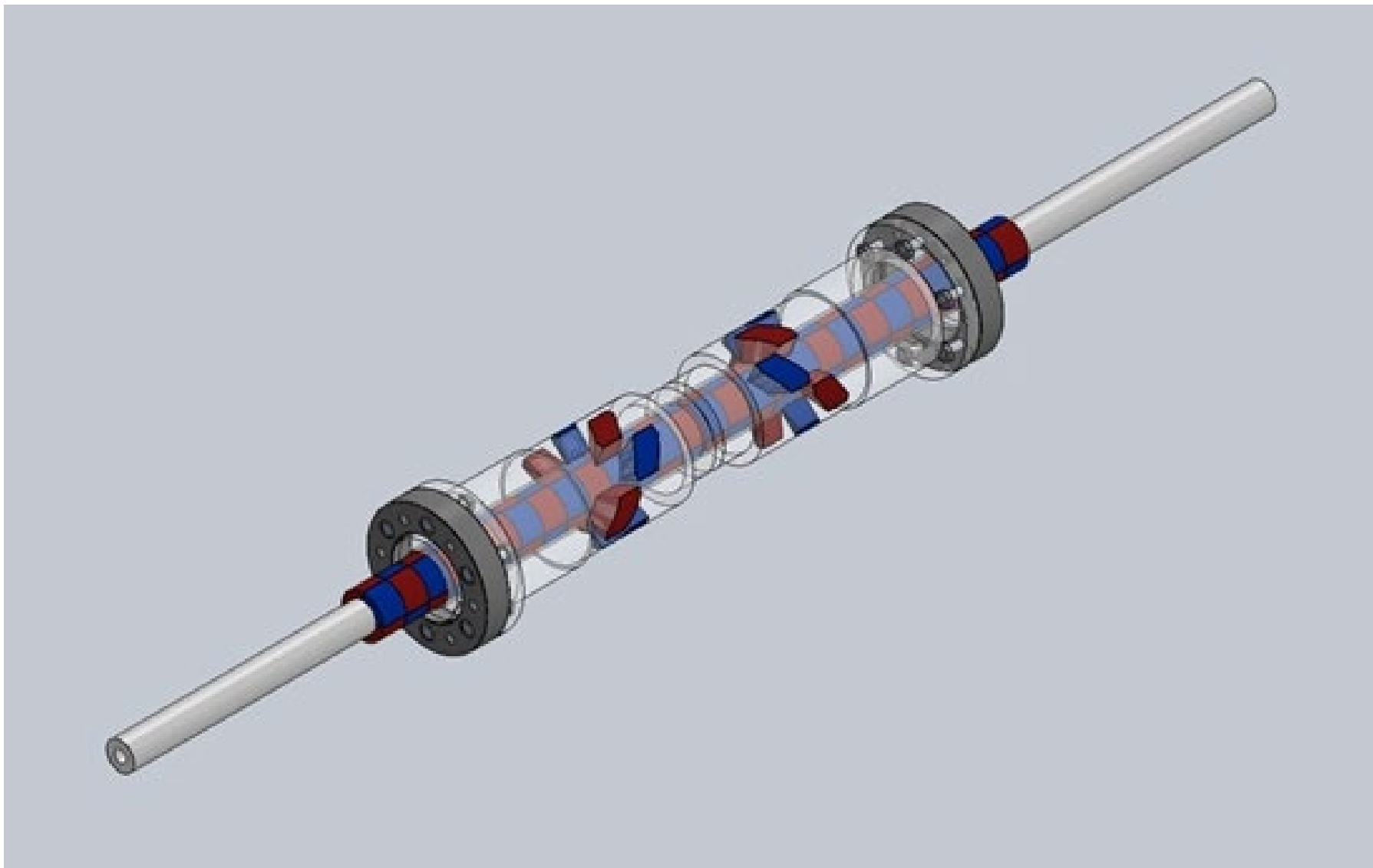
Stators of the right screw and the left screw

Inner diameter	14 mm
Outer diameter	30 mm
Turns of windings	53
Stack length of the yoke	35 mm

Stroke	60 mm
--------	-------

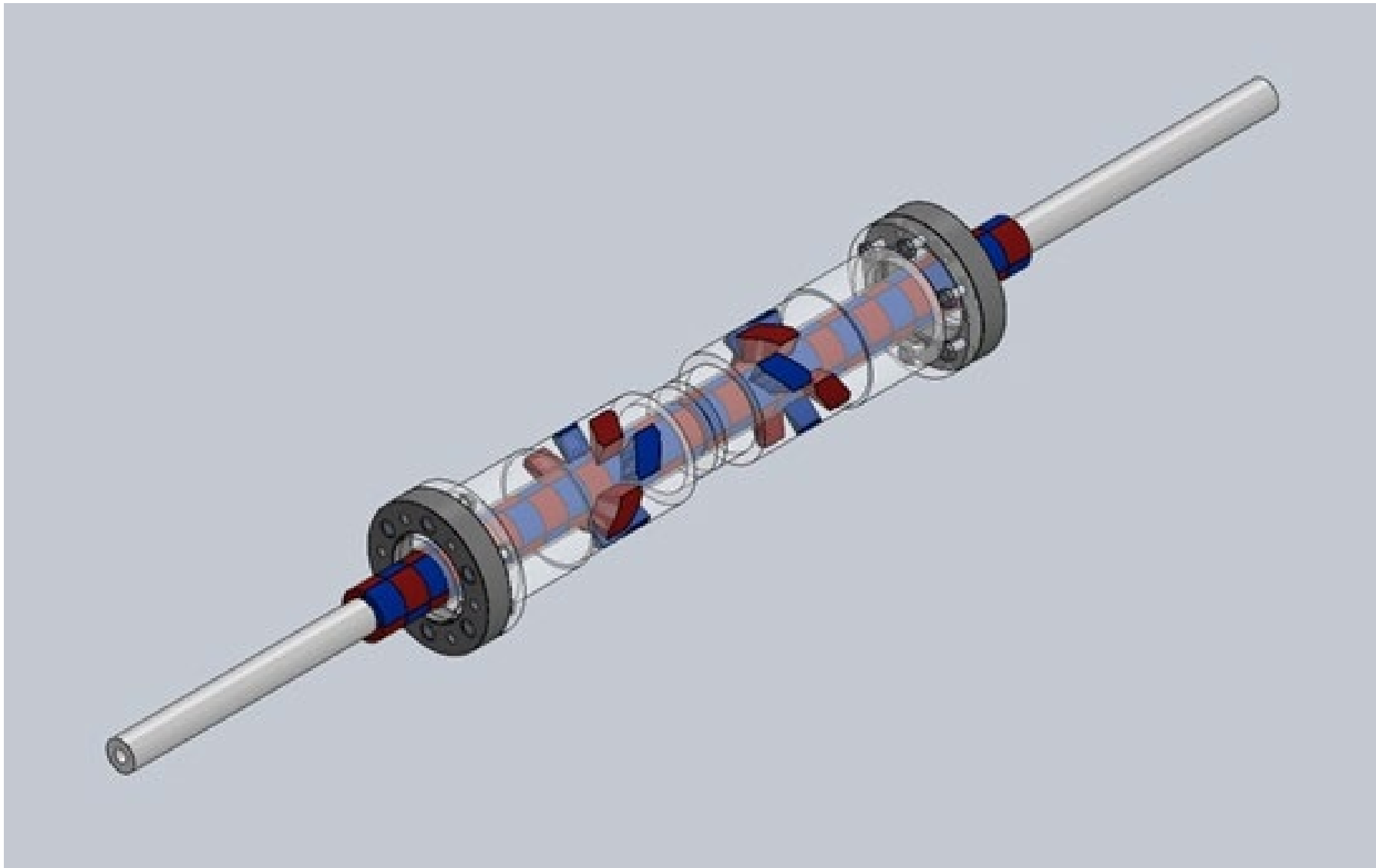
新技術の内容

動作の様子(回転)



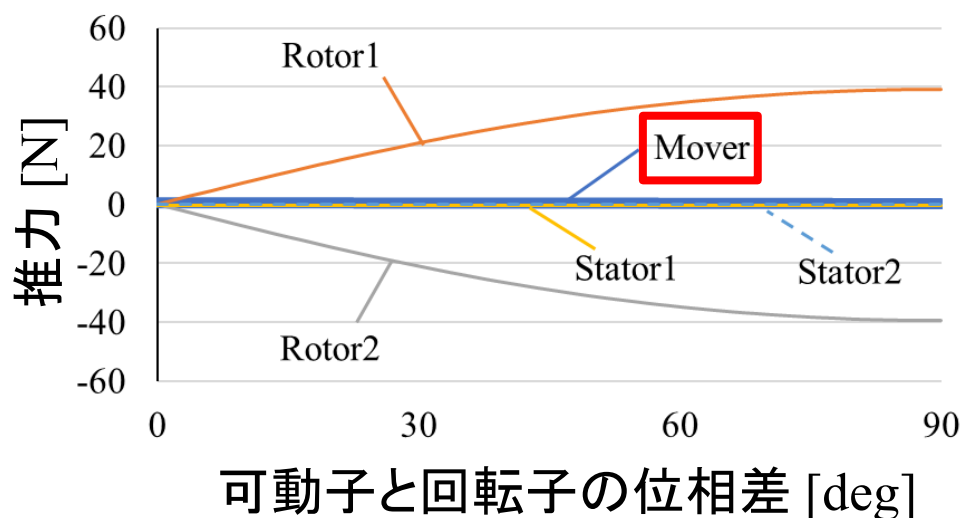
新技術の内容

動作の様子(直動)

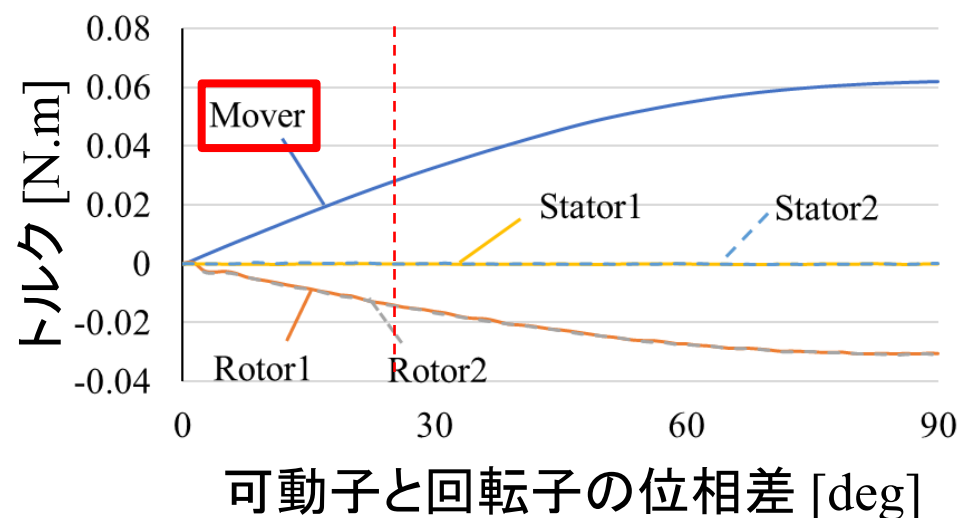


新技術の内容

両回転子を正方向に回転させた場合



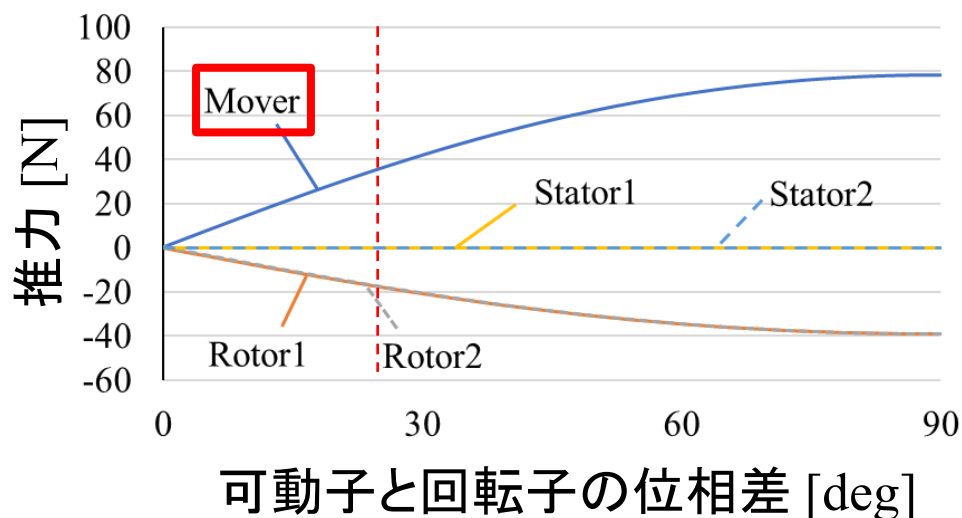
発生推力 0N



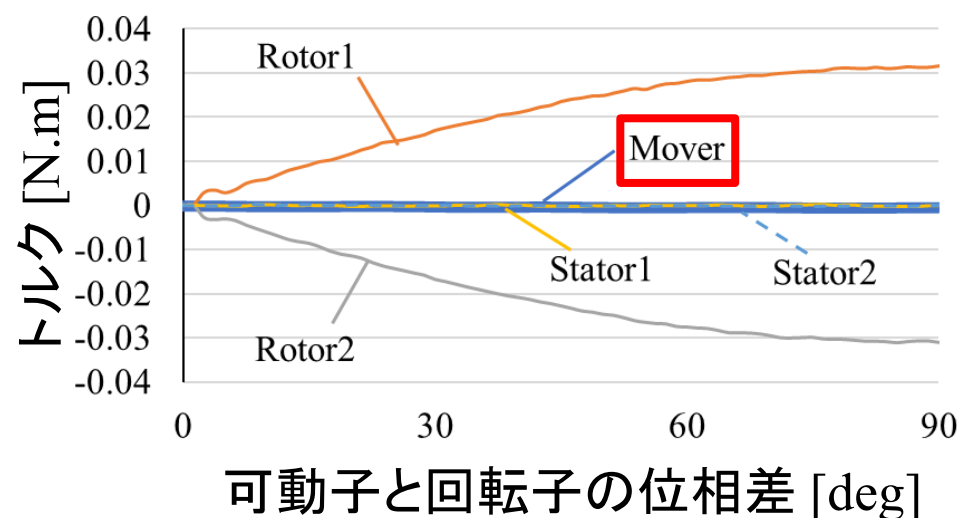
発生トルク 28mN.m
(位相差25deg、
固定子巻線に
10A/mm²の電流)

新技術の内容

両回転子を逆方向に回転させた場合



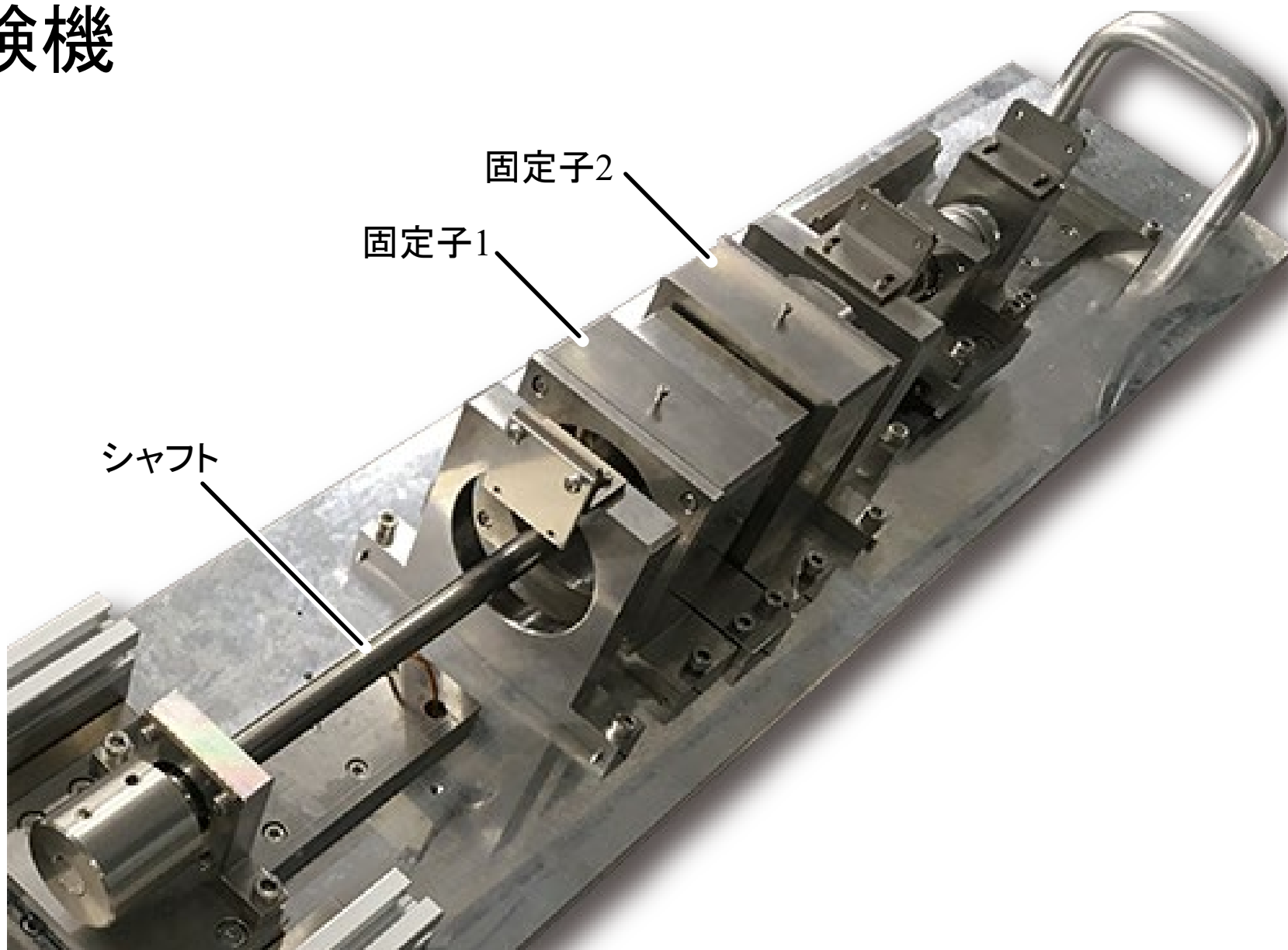
発生推力 **36N**
(位相差25deg、
固定子巻線に
10A/mm²の電流)



発生トルク **0N.m**

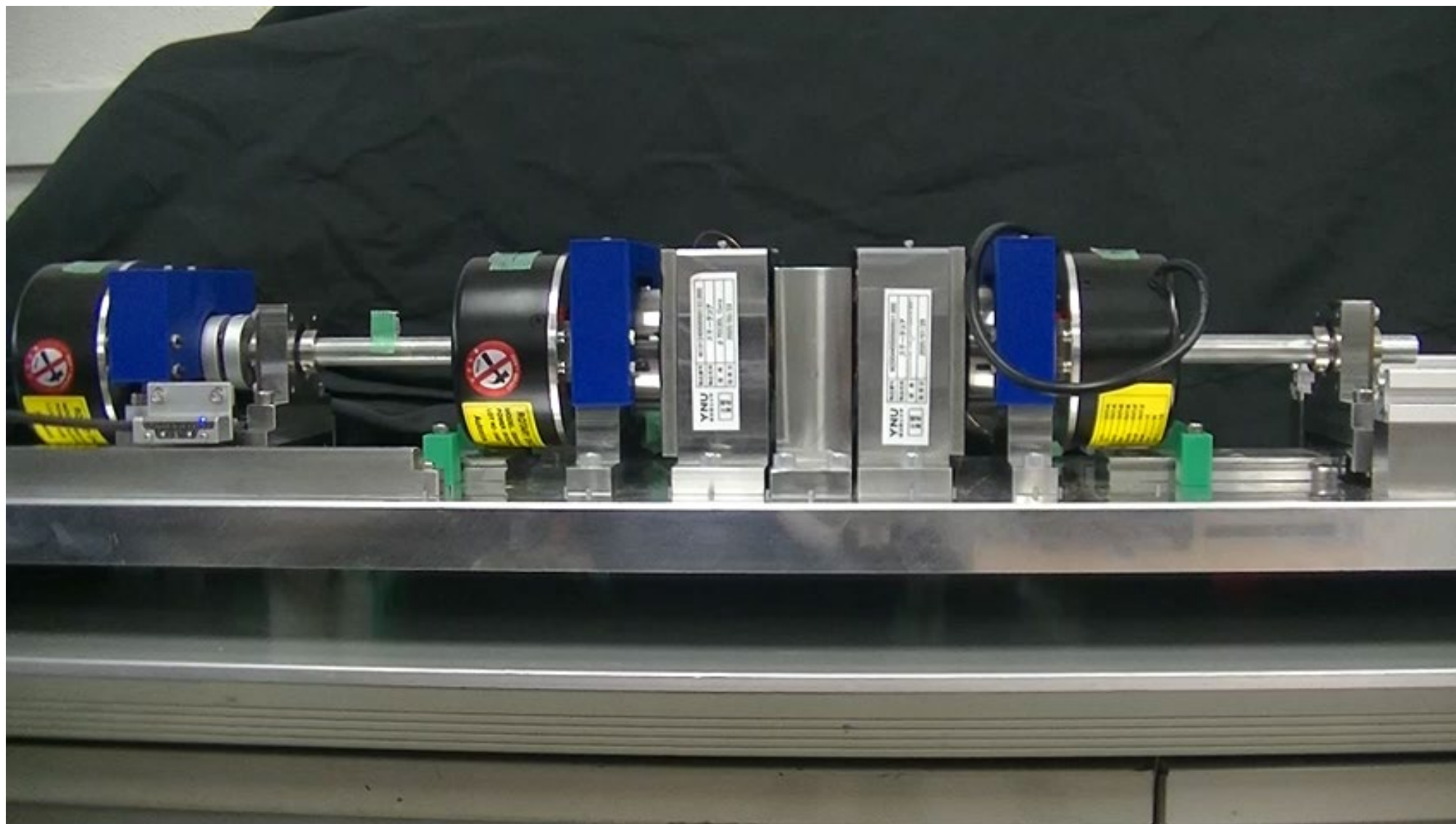
新技術の内容

実験機



新技術の内容

実験の様子



新技術の優位性

競合技術を大幅に超える性能を実現

(ほぼ同一サイズで**推力が7倍、トルクが3.5倍**)

メーカー	名称	最大 推力	最大 トルク	サイズ(縦・横・幅)			ストローク
K社	複合機能Vzθアクチュエータ(ダイレクトドライブ型)	5N	(8mN.m)	164mm	37mm	30mm	50mm
T社	リニアモータシリーズCCR	5.1N	8.0mN.m	直動部(ストローク25mm)			25mm
				164mm	21.8mm	14mm	
				回転部			
				81mm	25mm	14mm	
本技術	2自由度モータ	36N	28mN.m	140mm	30mm	30mm	60mm

想定される用途

- スカラロボットの手先アクチュエータに適用することで、ロボットの小型化・軽量化ができ、省エネ化、低コスト化に寄与できる
- そのほか、チップマウンタ、工作機械（スピンドル）に展開できる可能性がある

実用化に向けた課題

これまでに、

- 電磁界解析(有限要素法)により、性能を評価
 - 実験機により、基本動作の確認
- までを行っている。

今後、

- 実験機により、性能を詳細に評価すること
 - アプリケーションに応じた最適化設計
- が課題である。

企業への期待

- スカラロボット向けアクチュエータとして展開する場合の最適化設計における課題共有
- 従来、推力やトルク不足のため多自由度モータの適用ができなかった分野への展開
- モータやアクチュエータを開発中の企業、スカラロボットや工作機械分野への展開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 : 2自由度電動機
- 出願番号 : 特願2020-008623
- 出願人 : 横浜国立大学
- 発明者 : 藤本康孝、八田禎之

お問い合わせ先

- 横浜国立大学 研究推進機構
産学官連携推進部門 横尾 泰
- TEL: 045-339-4450
- FAX: 045-339-3057
- E-mail: sangaku-cd@ynu.ac.jp