

2019年6月6日

材料×機構の融合デザイン： 逆可動性を有する磁気粘性流体 アクチュエータユニット

早稲田大学 理工学術院総合研究所

主任研究員 亀崎 允啓

(さきがけ研究者)

新産業のためのアクチュエータ

- 従来作業の「強化」および適用範囲の「拡張」
- 当該ロボット用途に見合った「作業性」と「柔軟性」の両立

屋外作業アプリケーション

- 建設機械
- 土木機械
- 建築作業機

高出力と柔軟性の両立

- 操縦の簡易化/自動制御
- 重作業の機械化・ロボット化の促進

屋内作業アプリケーション

- 人間協働
- 組み立て支援
- 非製造向け

作業速度/人間追従性の両立

- 人と機械の効率的分業/協働化
- プロセスの省力・低コスト化

生活支援アプリケーション

- 介助支援
- 生活支援
- 移動支援



[早大]

力作業/巧緻性/安全性の両立

- ロボットに対する安全・安心の保証
- より人に近いサービスの提供

高出力密度・高バックドラバビリティ・高応答性・低速円滑制御性・
本質的安全性等を備えた、**これまでになかったロボット駆動システム**

従来技術とその課題

産業用ロボット

生産性・競争力を高めることが目的

- 産業用ロボット (FUNUC, 2000-)
- 大重量マテハンロボット (川崎重工)
- 高出力電気・油圧ロボット (TOSHIBA, 2017)
- 3Dビジョンを使ったキッティング (DENSO, 2018)

例)アームの高剛性化・低慣性化

- 出力性や剛性は魅力的
- 逆可動性に乏しく、接触に対して本質的に危険

ソフトロボット

環境調和性を高めることが目的

- Soft Pneumatic Glove (Harvard Univ., 2013)
- Soft Inflatable Robot Arm (CMU., 2014)
- Interactive Air-Powered Robot Arm (Disney Research, 2014)
- Chemical Reactive Robot (Harvard Univ., 2016)

例)化学反応を用いた画期的構造, 生物模倣

- ソフトマターによる柔軟性は魅力
- 出力や応答性は低く、実際的な作業ができない

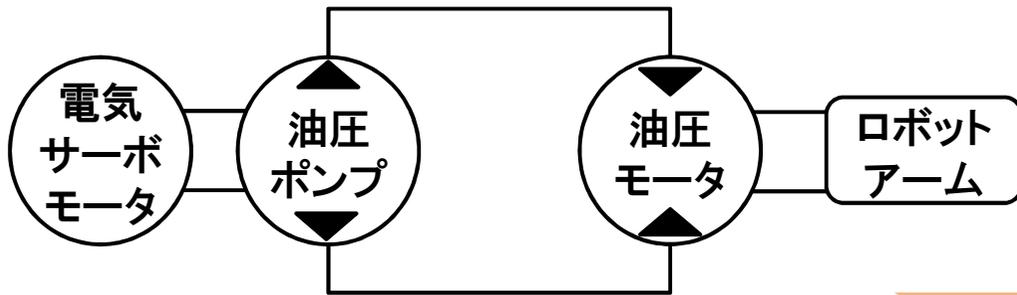
高い出力密度を有しつつ、機構的な柔らかさを併せ持つ
ロボット駆動システムはこれまでにない

新技術：材料・機構の融合デザイン

産業用ロボット

電気静油圧アクチュエータ (Electro-Hydrostatic Actuator: EHA) を用いた油圧駆動システム

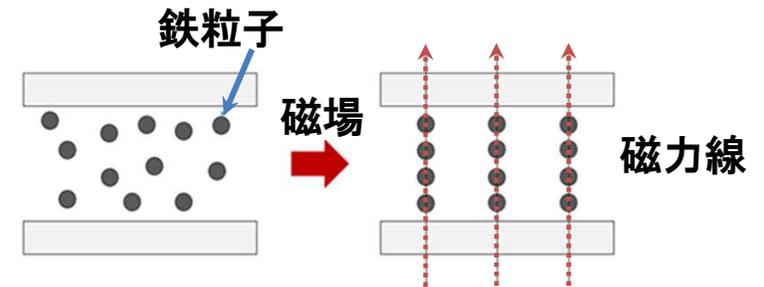
- 高いエネルギー効率、低速度域を含めた高い制御性能、**良好な逆可動性**を有する



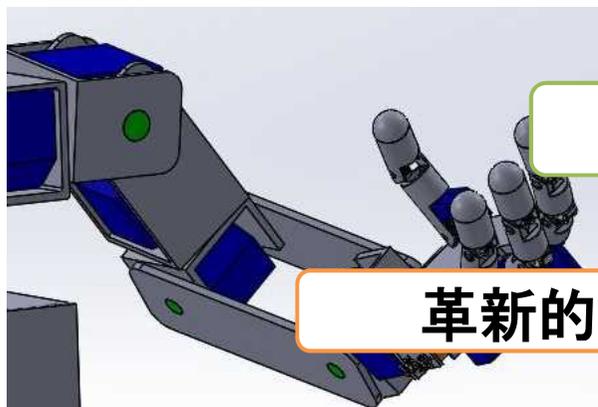
ソフトロボット

磁場応答性材料 (MRF) を用いた環境調和性 (逆可動性) の高いロボット構成要素

- 鉄粒子 (1-10 μm) を潤滑油に分散させた**非コロイド液**
- 外部からの磁場強度に応じて、**見かけ上の粘性が、急速・連続的・可逆的に変化**



粘弾性を高速・任意に調整できる MRF と高い出力密度と制御性を有する EHA の組み合わせ (融合) は、次世代ソフトロボットの実現に大きな潜在性がある



産業用次世代ソフトロボット

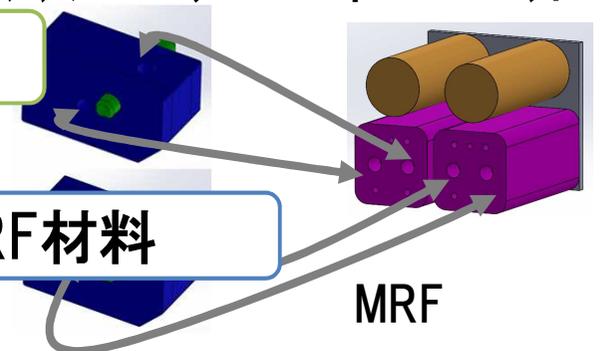
革新的EHA設計



高機能MRF材料

アクチュエータ

ポンプユニット

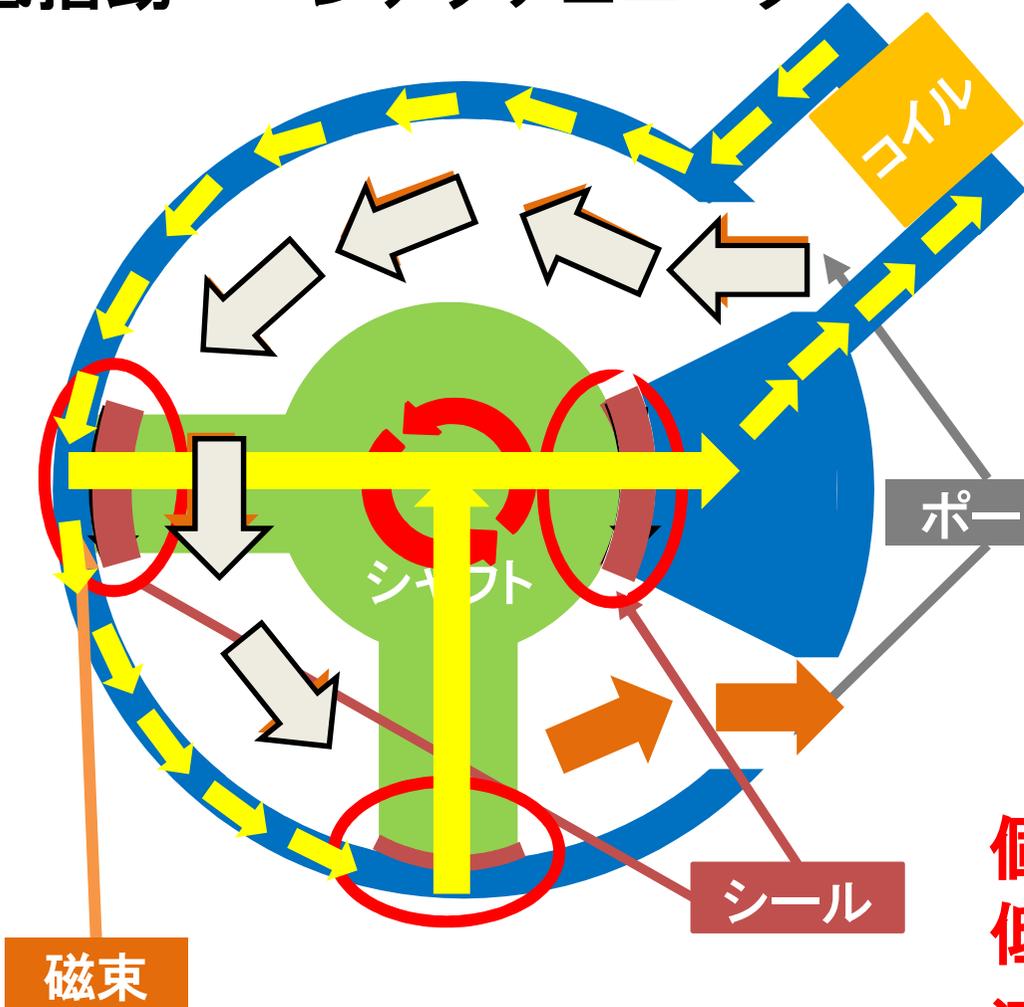


MRF

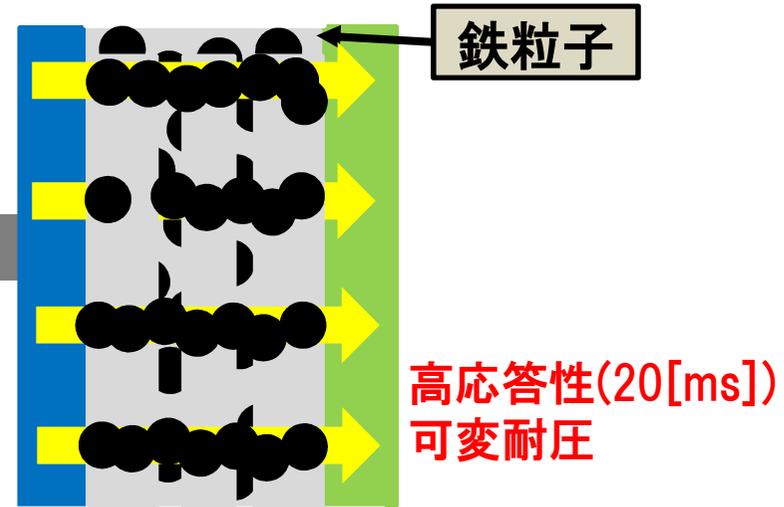
BMSアクチュエータの動作原理

磁気粘性流体シールを有する
低摺動ベーンアクチュエータ

- 高出力密度
- 高パワーレート(高応答性)
- 頑強性



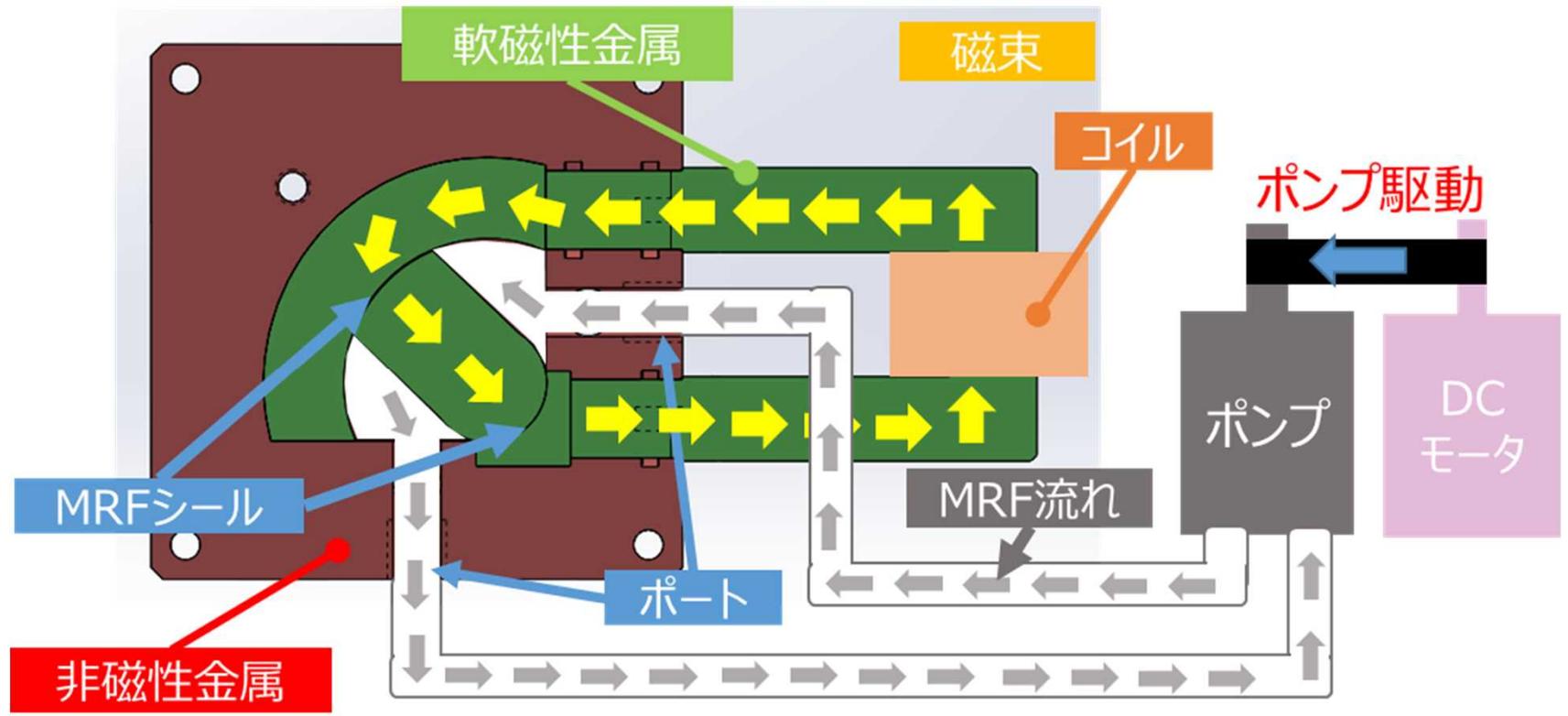
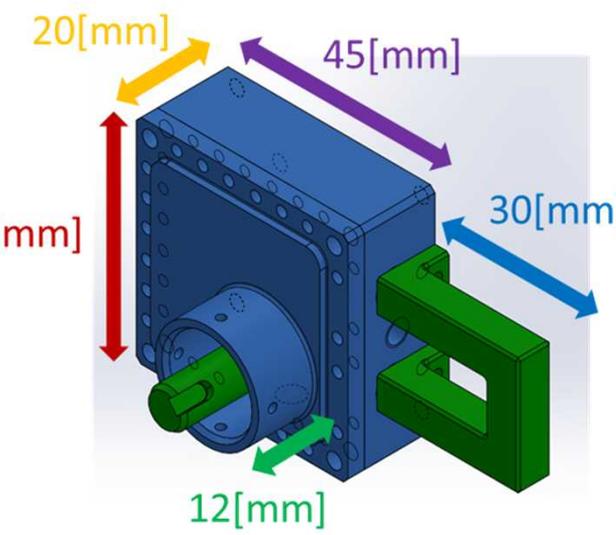
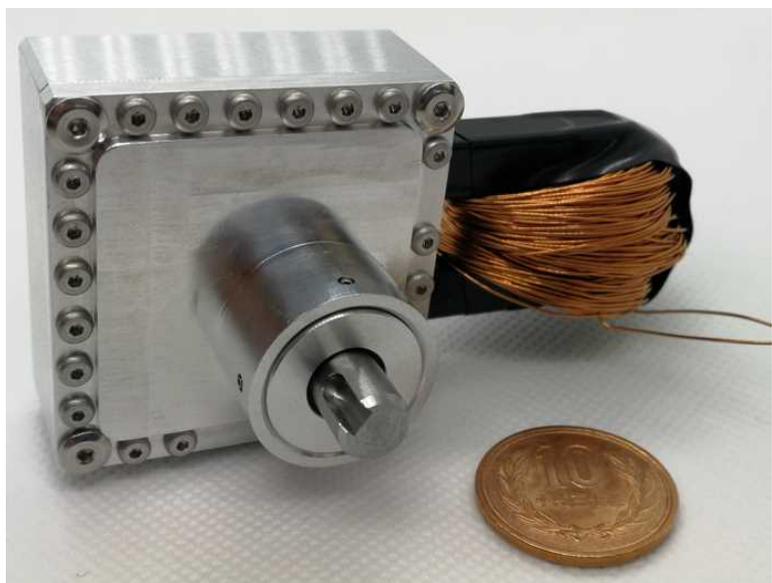
MRF
低摩擦シール



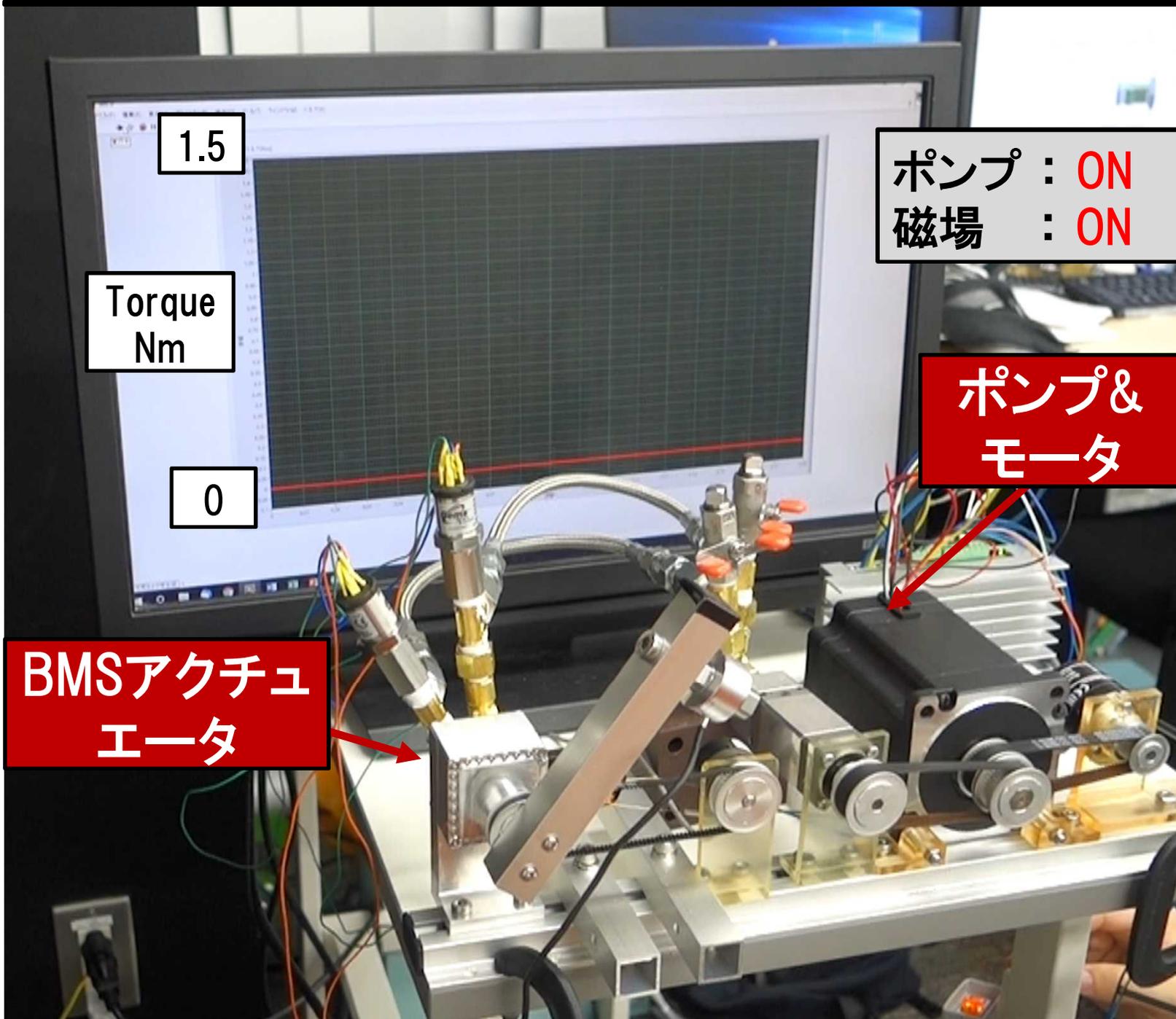
個体シールの高摩擦による
低バックドライバリティ・低制御性
流体漏れによる低出力・低応答性

Backdrivable MRF-Sealed Rotary Actuator

BMSアクチュエータ(ハンドサイズ)



基本性能(現在値)



■ 摩擦トルク

極めて小さいことを確認

■ トルク — 流量特性

MRFシールにより耐圧性が向上

■ 回転速度 — 流量特性

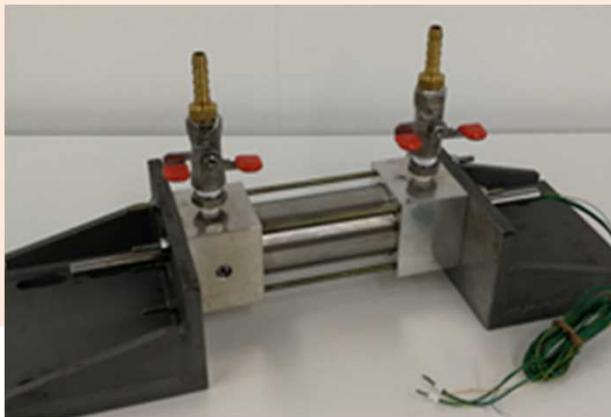
MRFシールを制御することで高逆可動性を実現

想定される用途・展開

機械要素部品

- アクチュエータ
- クラッチ
- ブレーキ
- ダンパー

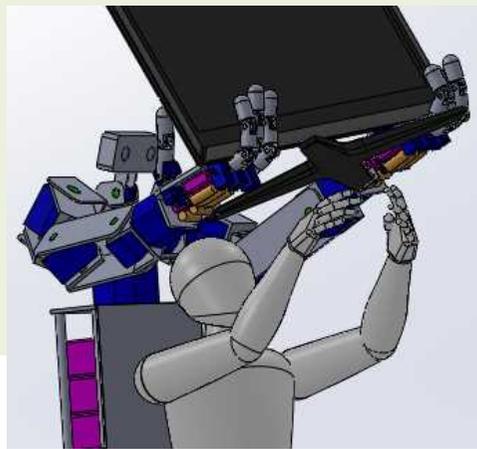
などの高機能化。
高出力密度、高パワーレート密度が最大の特長



新産業向けロボット

- 建築作業
- 建設・土木作業
- 機械の大型化・大出力化

などの新たな分野でのロボット化。ここでも、大出力密度と可変逆可動性がポイント



応用製品

- ハプティックデバイス(感覚伝送)
- 遠隔操作インタフェース(重機、外科手術、診断)などについては、ゲルやエラストマなどを構成して実現



実用化に向けた課題

■アセンブリ化

- 関連のコンポーネントを含めたアセンブリ化が必要

■ラインナップ化

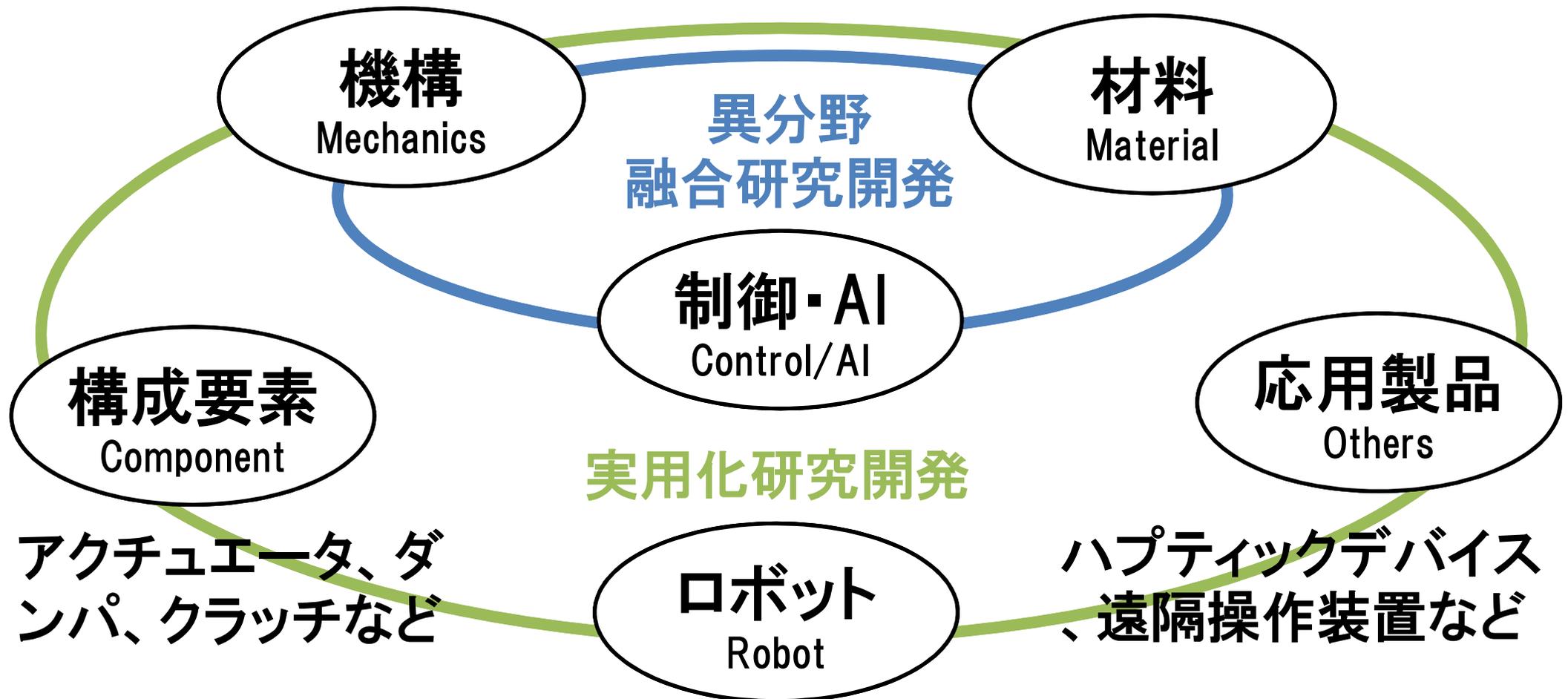
- トルクや体格などに応じた構成法の検討が必要

■システム化

- ロボットアームなど、システムとして組み上げることが必要。制御についても整備が必要

企業への期待

「材料×機構×制御・AI」の融合に基づく、
新たなものづくりの形を提案し、製品化に繋げたい



製造業向けロボット、建設・建築ロボット
機械、インフラ点検・修繕ロボットなど

本技術に関する知的財産権

- ① ■ 発明の名称 : コンプライアントアクチュエータ
- 出願番号 : 特願2015-018069
- 登録番号 : 特許第6493962号
- 出願人 : 早稲田大学
- 発明者 : 菅野重樹、亀崎允啓、他

- ② ■ 発明の名称 : 回転型コンプライアント駆動装置
- 出願番号 : 特願2016-216808
- 出願人 : 早稲田大学
- 発明者 : 亀崎允啓、他

- 2004年ー現在 これまでに、約13社と共同研究を実施(現在、3社と継続中)
- 2017年ー JSTさきがけ事業に採択

早稲田大学

リサーチイノベーションセンター

知財・研究連携支援部門

TEL 03-5286-9867

FAX 03-5286-8374

e-mail contact-tlo@list.waseda.jp