

テクノフロンティア 2014・モーションエンジニアリング展



法政大学大学院 先端モーションシミュレータ技術研究所

Hosei University Research Institute for Advanced Motion Simulators

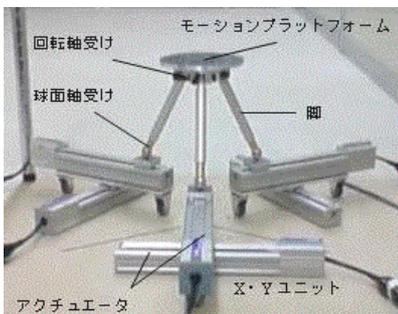


研究所のミッション

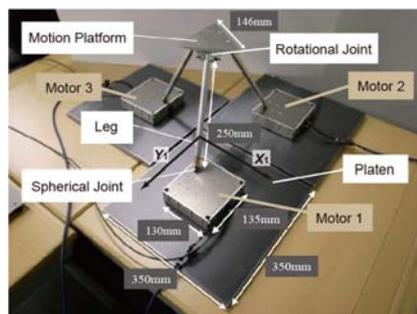
広範な技術の横断・複合・高度化が求められる先端モーションシミュレータと動力伝達システムの技術分野の研究開発の進展に貢献し、関連技術者や研究者の情報交換や交流と育成およびモーションシミュレータと動力伝達システムという総合学際分野の教育研究に資することを目的として、法政大学大学院 先端モーションシミュレータ技術研究所(HAMS)が設置されている。本研究所は、学内におけるモーションシミュレータと動力伝達システムやアクチュエータに関する最新の学際的共同研究活動を広く学外にもアピールするとともに、関連する国内外の企業・研究者や研究機関と積極的に連携し、モーションシミュレータと動力伝達システムに関する研究を強力に推進している。

三脚平行メカニズム

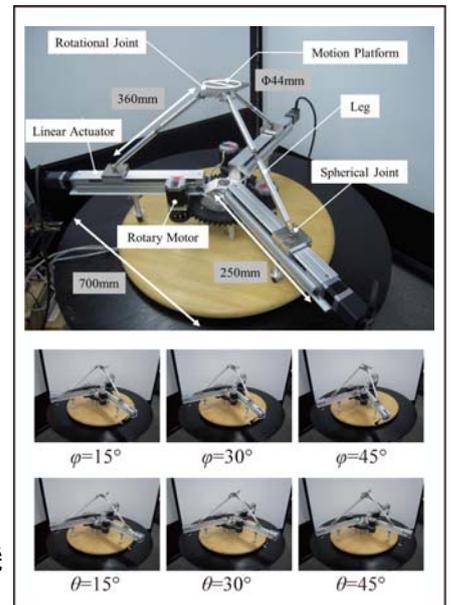
HAMSで開発された三脚平行メカニズム(特許第4942046号, 特許第5477737号)は、アクチュエータで支える従来のスチュアート形平行メカニズムに比べ、駆動用アクチュエータをすべて土台に配置するため、機敏な運動性能を実現できる。またこれをモーションシミュレータの運動機構に用いることにより、従来のスチュアートプラットフォーム形と比べ、広い可動範囲と大きな可動角度を実現できるため、各方面で関心を呼んでいる。今後はシミュレータ分野だけでなく、印刷や研磨などの曲面用可動ヘッド機構、パーソナルモビリティの運動機構などへの応用を考えている。



試作モデル1号機



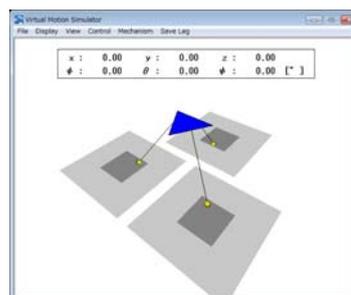
試作モデル2号機



試作モデル3号機

可動範囲・角度や設置面積の比較

| | | Planar type of tripod parallel mechanism | = | Stewart platform MB-EP-6DOF/36/8000KG |
|--------------|----------|------------------------------------------|---|---------------------------------------|
| Displacement | x | ±0.83m | = | ±0.83 |
| | y | ±0.85m | > | ±0.72 |
| | z | ±0.95m | > | ±0.59 |
| Angle | ϕ | ±89.9° | > | ±22.0° |
| | θ | -89.9 ~ +59.1° | > | -25.2 ~ +27.9° |
| | ψ | ±34.4° | > | ±24.0° |
| Area | | 5.6m × 5.6m = 30.25m ² | < | 5.8m × 5.8m = 33.64m ² |



姿勢運動解析のために開発したバーチャルフライトシミュレータ

平成23年度機械工業振興補助事業「ビークル用小形シミュレータ研究補助」(財団法人JKA 2011~2012年)
 ふくしま医療福祉機器開発事業「平行メカニズムにおける姿勢解析」(株式会社菊池製作所 2013~2014年)



パラレルメカニズムとその産業機械装置への応用



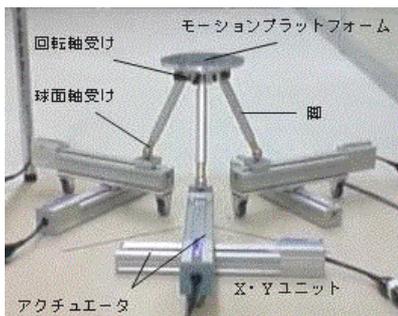
本研究プロジェクトでは、新たに提案したパラレルメカニズムの運動特性を様々な産業機械やシミュレータ、パーソナルモビリティに応用し、巧みな運動や姿勢変化をとともう高機能な次世代機械システムを実現する。



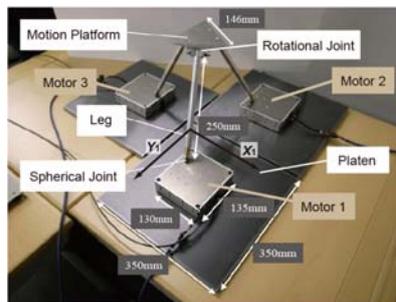
プロジェクトでは、パラレルメカニズムを曲げ加工機に用い、プラットフォーム上のダイス姿勢を自由自在に変化させ、パイプを自由に曲げられる加工機を開発した。

平面・回転運動形三脚パラレルメカニズム

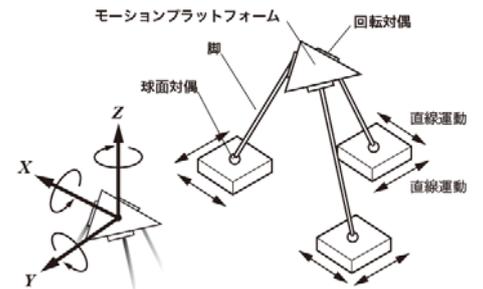
HAMSで開発された三脚パラレルメカニズム(特許第4942046号, 特許第5477737号)は、アクチュエータで支える従来のスチュアート形パラレルメカニズムに比べ、駆動用アクチュエータをすべて土台に配置するため、機敏な運動性能を実現できる。またこれを運動機構に用いることにより、従来のスチュアートプラットフォーム形と比べ、広い可動範囲と大きな可動角度を実現できるため、各方面で関心を呼んでいる。



試作モデル1号機



試作モデル2号機



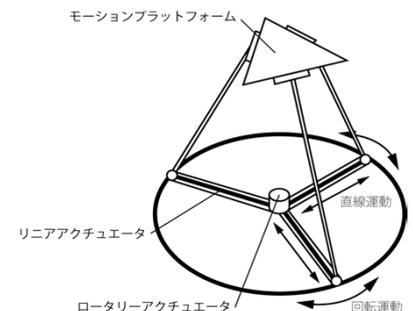
平面運動形三脚パラレルメカニズム

HAMSで開発された平面運動形三脚パラレルメカニズム(特許第4942046号)は、3本の足先に球面对偶を持つアクチュエータがそれぞれ独立にxy平面運動を行い、回転対偶で支えられたプラットフォーム姿勢が6自由度で変化する運動を行うメカニズムである。1号機は6本のリニアアクチュエータを2本ずつ組み合わせ、2号機はソーヤ型平面リニアモータを3つ組み合わせて独立した平面運動を実現している。

回転運動形三脚パラレルメカニズム(特許第5477737号)は、3本の足先がそれぞれ独立に半径方向に直線運動をしながら回転運動を行いプラットフォーム姿勢が6自由度で変化する。3号機と4号機は3本のリニアアクチュエータと3つのロータリーアクチュエータを組み合わせで独立した運動を実現している。



試作モデル4号機



平面運動形三脚パラレルメカニズム

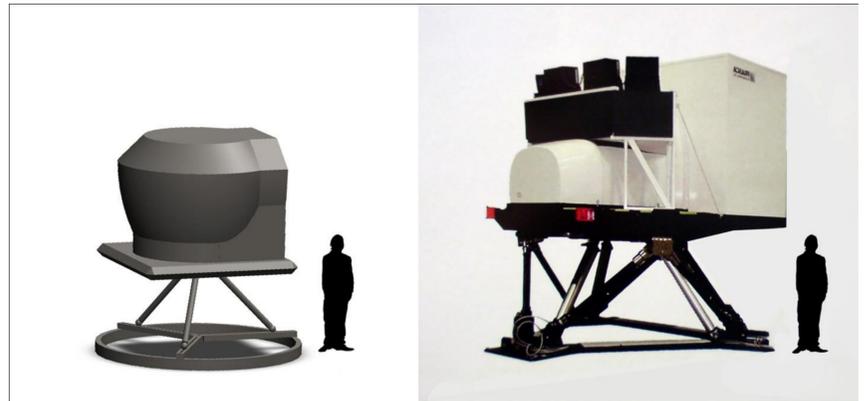
三脚平行メカニズムの特長と応用



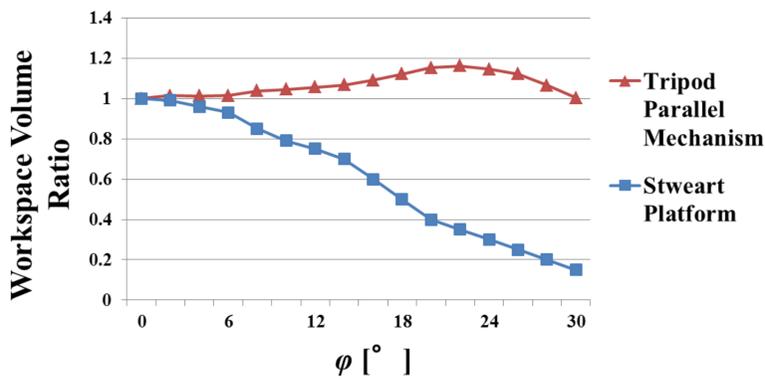
HAMSで開発された三脚平行メカニズム(特許第4942046号, 特許第5477737号)は, アクチュエータで支える従来のスチュアート形平行メカニズムに比べ, 駆動用アクチュエータをすべて土台に配置するため, 機敏な運動性能を実現できる. またこれを運動機構に用いることにより, 従来のスチュアートプラットフォーム形と比べ, 広い可動範囲と大きな可動角度を実現できるため, 各方面で関心を呼んでいる.

三脚平行メカニズムの応用

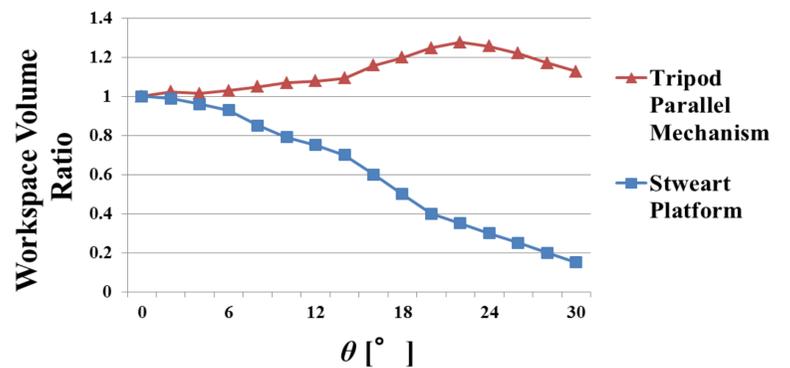
回転運動形三脚平行メカニズムをフライトシミュレータの運動機構に用いることで, 従来より狭い設置スペースで, より大きな可動角度(可動作業領域)と高速な運動性能を実現できる. また三脚平行メカニズムは, 従来のスチュアート形メカニズムに比べ, 広い角度領域で大きな可動作業領域を確保できる.



三脚モデルと従来モデルの大きさ比較(イメージ)

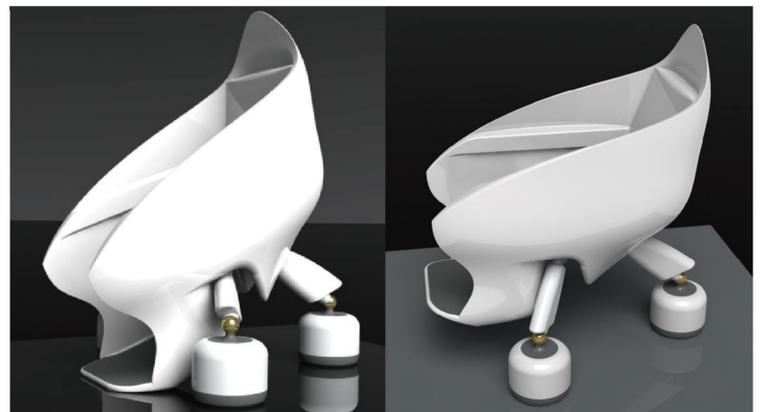
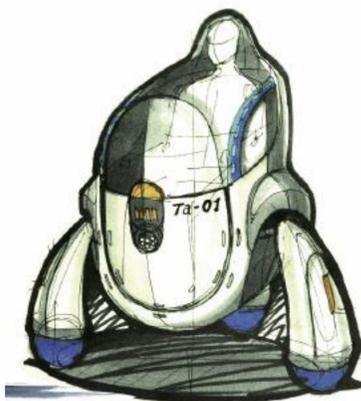


X軸まわりの可動作業領域



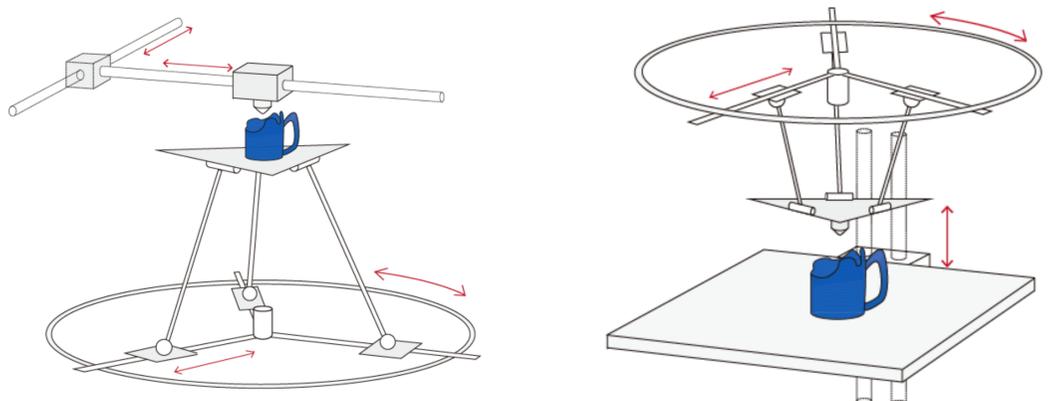
Y軸まわりの可動作業領域

三脚平行メカニズムの運動機構を3つの全方向車輪を持つパーソナルビークルに応用することで, 乗降時や路面傾斜に応じて姿勢が変えられる.



三脚平行メカニズムを用いたパーソナルモビリティのイメージ図

三脚平行メカニズムの運動機構を印刷や研磨加工用ヘッドに用いることで, 滑らかな曲面形状に対応できる.



3Dプリンタヘッド駆動イメージ図

平成23年度機械工業振興補助事業「ビークル用小形シミュレータ研究補助」(財団法人JKA 2011~2012年)
 ふくしま医療福祉機器開発事業「平行メカニズムにおける姿勢解析」(株式会社菊池製作所 2013~2014年)

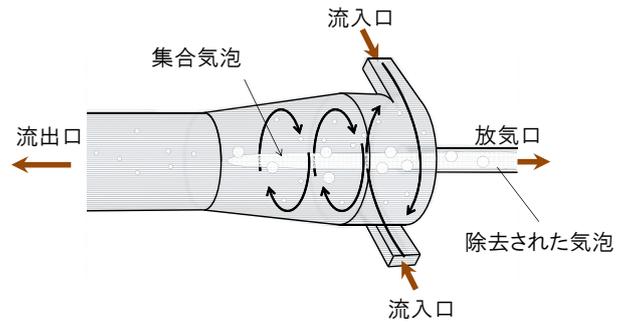


油中気泡の分離除去による 油圧動力伝達システムの高性能・高強度化

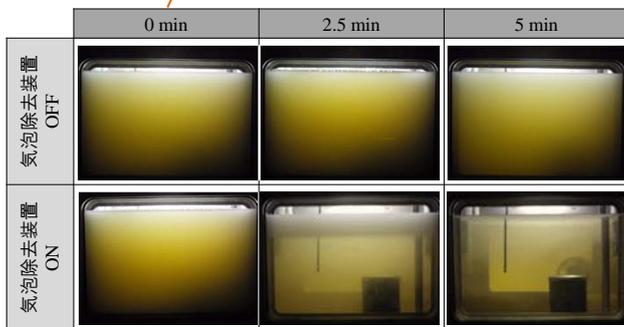
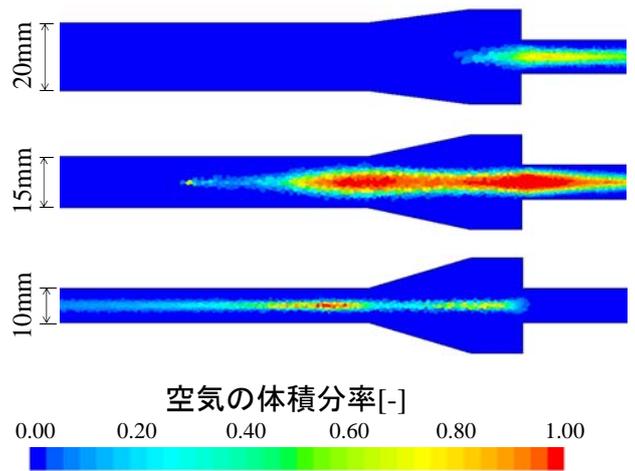
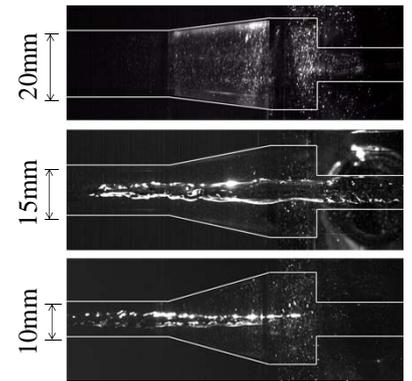
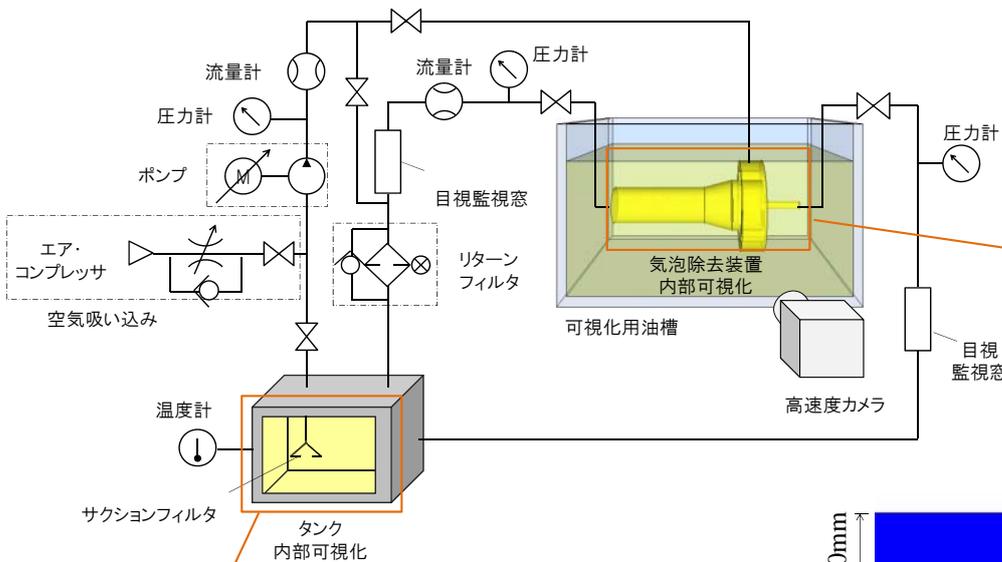
油圧動力伝達システムの作動油中の気泡はシステムで発生する様々な問題(作動油の酸化劣化, 剛性の低下, キャビテーションの発生, 作動油の温度上昇, 騒音や振動など)の原因となる. 本研究では, 作動油中の気泡を積極的に分離・除去する装置の開発とその効果を実験と数値解析の両面から検証している.

気泡除去装置の原理

流入口から気泡が混入した作動油が流入すると, 装置内部で旋回流が生じる. この旋回流により密度の小さな気泡が装置の中央に集合し, この気泡を放気口から排出させることで, 気泡を除去することができる.



流れの可視化実験と数値解析



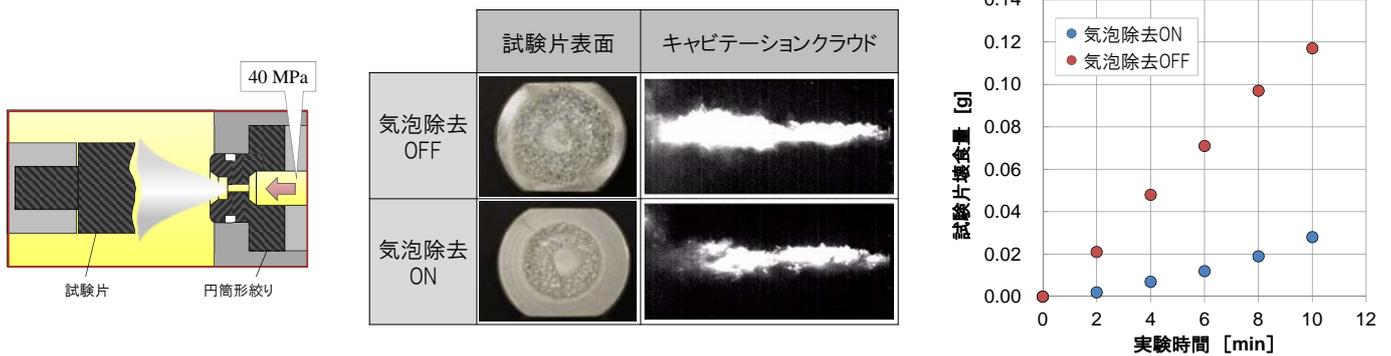
気泡除去装置を用いることで, タンク内の気泡を短時間で除去することができる.

気泡除去装置の形状パラメータを変更することで, 気泡の分離除去性能が大きく向上する.

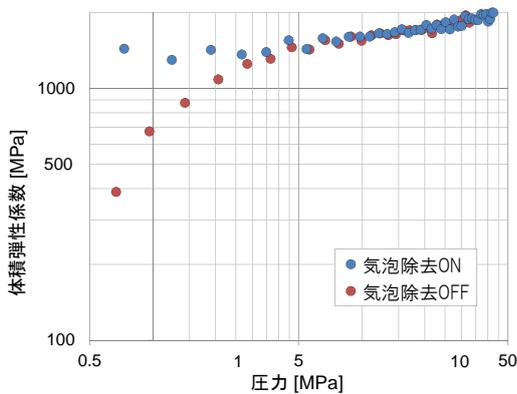
油圧動力伝達システムの高圧化と油中気泡の影響

高出力密度を有する油圧動力伝達システムのアクチュエータは、要素機器のさらなる小形化、高出力化が求められ、高圧化が進んでいる。高圧にともない、油中気泡によるキャビテーション壊食、体積弾性係数の低下、油温の上昇、油の酸化劣化の促進などの影響がより顕著に表れる。本研究では、作動油中の気泡を積極的に分離・除去する装置を用いることで、こうした影響を低減できることを実験的に明らかにしている。

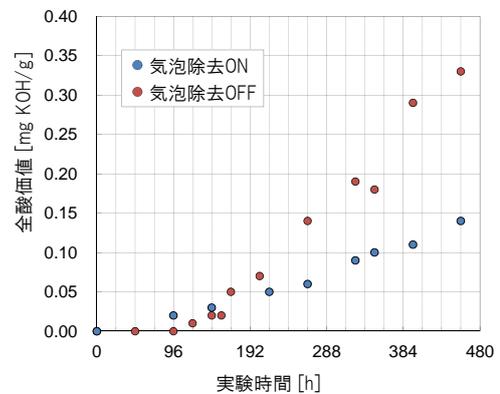
キャビテーション壊食の低減実験



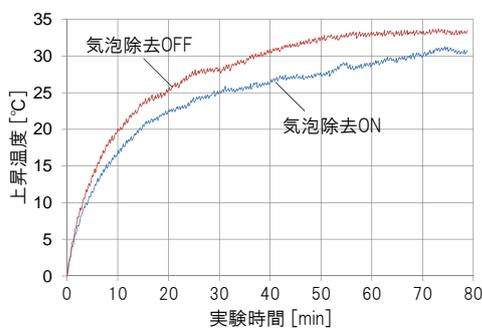
体積弾性係数の実験結果



油の酸化劣化の実験結果



油温上昇の実験結果 (フィールド試験)



油圧ショベルに搭載した気泡除去装置



作動油中の気泡を除去することで、キャビテーションの発生量が低減し、機器部材の壊食量が低減した。見かけの体積弾性係数が大きくなり、油の温度上昇や酸化劣化時間が抑制され、長寿命化が実現された。

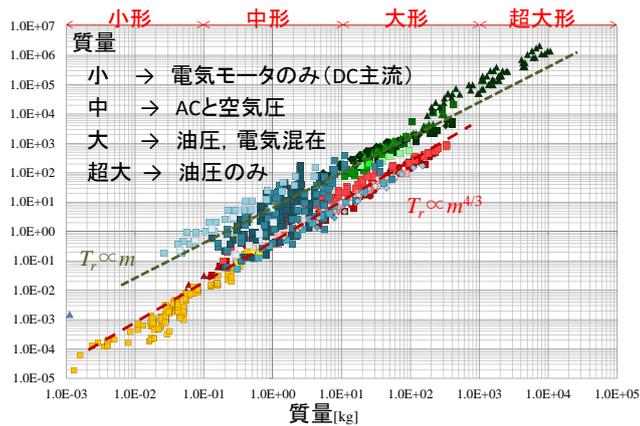
戦略的基盤技術高度化支援事業「油圧動力伝達システムに使用する油中気泡除去技術の開発」(経済産業省 2010~2013年)
 科学研究費 基盤研究(C) 26420086 (日本学術振興会 2014~2016年), 特別研究員奨励費 25・9669 (日本学術振興会 2013~2015年)
 私立大学戦略的研究基盤形成支援事業「グリーンテクノロジーを支える次世代エネルギー変換システム」(文部科学省 2013~2017年)

アクチュエータの性能と動向の比較

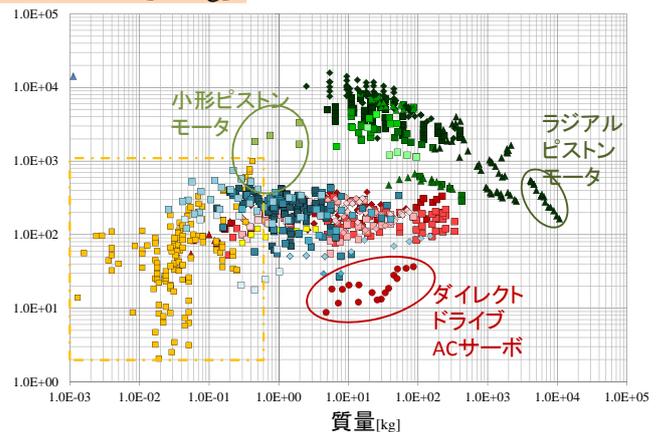
フルードパワーアクチュエータは油圧や空気圧などの流体仕事から機械仕事への変換器である。シリンダを利用した直線運動やモータを利用した回転運動など構造的に両者を容易に実現できる。一方、電気アクチュエータは電気エネルギーから機械的運動エネルギーへの変換器であり、電気モータによる回転運動の実現が電気アクチュエータの代表である。近年、直線運動を実現できるリニアモータも製品化されるようになったが、種類はまだ少ない。本研究では、最新の回転形の油圧、空気圧アクチュエータをパワー密度やパワーレートの観点から整理調査して最新の電気モータの性能と比較することにより、現状のアクチュエータの特長と今後の動向について検討している。

| | | | | | |
|---------|---------|----------------------|----------|---------------------|------------|
| 質量 | : m | [kg] | パワー密度 | : $P_d (= P_r/m)$ | [W/kg] |
| 定格出力 | : P_r | [W] | パワーレート | : $Q (= T_r^2/J_m)$ | [W/s] |
| 慣性モーメント | : J_m | [kg m ²] | パワーレート密度 | : $Q_d (= Q/m)$ | [W/(kg s)] |
| 定格トルク | : T_r | [N·m] | | | |

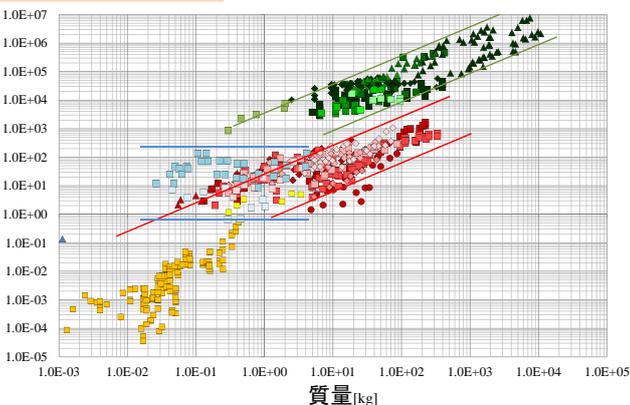
定格トルク[N·m]



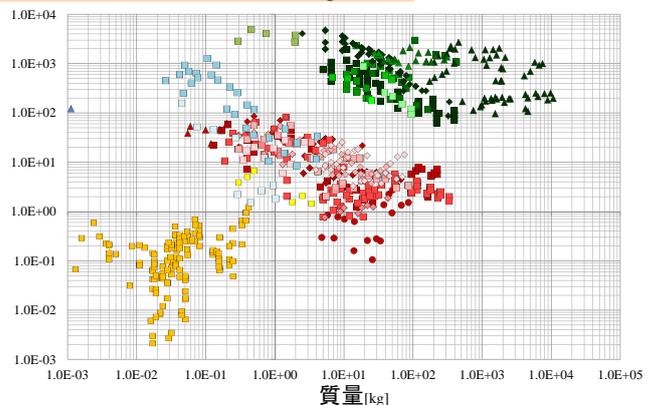
パワー密度[W/kg]



パワーレート[W/s]



パワーレート密度[W/(kg s)]



- | | | | | |
|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|
| ■ AC1-Σ-II | ◆ AC1Σ-V | ▲ AC1-Σ-mini | ● AC1-DirectDrive | ■ AC2-MR-J2 |
| ◆ AC2-MR-C | ■ AC3-MAMA | ◆ AC3-MHMA | ■ AC4-OMNUC-W | ◆ AC4-OMNUC-G |
| ■ AC5-R2 | ◆ AC5-Q1 | ■ DC1 | ■ DC2 | ■ Oil Swash plate piston-1 |
| ■ Oil Swash plate piston-2 | ■ Oil Swash plate piston-3 | ■ Oil Swash plate piston-4 | ■ Oil Swash plate piston-5 | ■ Oil Swash plate piston-6 |
| ■ Oil Swash plate piston-7 | ◆ Oil Bent axis piston-1 | ▲ Oil Bent axis piston-3 | ▲ Oil Radial piston-1 | ▲ Oil Radial piston-2 |
| ■ Air Vane-1 | ■ Air Vane-2 | ■ Air Vane-3 | ■ Air Vane-4 | ■ Air Vane-5 |
| ◆ Air Radial piston-2 | ◆ Air Radial piston-3 | ▲ Air Turbine-6 | | |