

メソ領域における流れの可視化による新たな技術の創出

岩森 暁 総合科学技術研究所・所長、産官学連携センター・所長 教授

想定される用途：

- ・機械内部における薄膜状物質の可視化による内燃機関の高効率化
- ・シミュレーションによる界面での現象の解明
- ・騒音・エネルギー損失・環境負荷の低減を実現する熱機関の開発

キーワード： クリーンテクノロジー、トライボロジー（摩擦制御）、機械工学

発表概要：

物質の表面界面を直接可視化することは非常に困難でありながら、ものづくりや開発現場でのニーズが高い技術です。当研究所では、ものづくりのネクストステージを切り拓くため、あらゆる「流れ」の可視化に特化した産学連携型コンソーシアム・研究拠点を立ち上げることを計画しております。基盤技術として、物質の表面界面近傍の流れをメソ領域で可視化・シミュレーションする技術確立し、参加企業様と共有させていただきます。これにトライボロジー技術を掛け合わせ、企業様と共に、トラクションドライブの改良、微細加工を施した排ガス浄化装置、進行波のエネルギー伝達・変換機序の解明等、新規・独創的な製品開発・研究の実施を目指します。

背景：

これまでの『ものづくり』は、(マクロの視点)従来、経験則に基づく、ものづくり現場(ミクロの視点)原子・分子レベルでの材料表面分析

『ものづくり』を更に深化させるためには、マクロの視点、ミクロの視点の他に、『メソ領域での解析』が必須だが、これまで取り入れられていない。



『メソ領域』とは、マクロ・ミクロの境界領域。

メソ領域を見る技術：

エネルギーの生成・変換・散逸といった現象を直接観察・把握できる。

摩擦・摩耗・潤滑の解明：

自動車、鉄道、産業機械、船舶、航空機、産業機械、医療機器、食品機械、発電(火力・原子力、水力、風力)、人工衛星・ロケットなど応用範囲は広い。

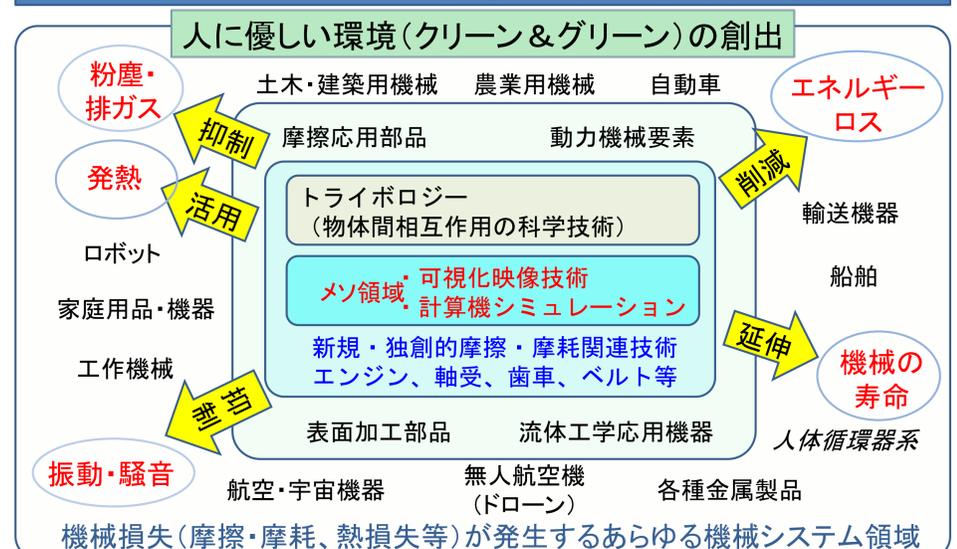
ところが、従来、「検査・分析機器」や「シミュレーション技術」の世界市場において、日本の占有率は低く、世界の技術に依存(2016年では0.5~16%程度)



本学の提案

フォトクロミズムによる可視化手法は世界のものづくりのプラットフォームになり得る。

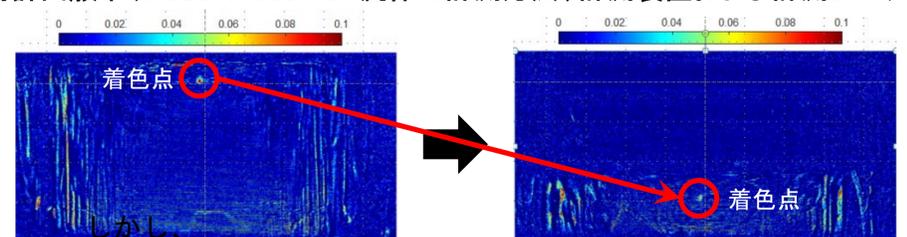
メソ領域における「流れ」の見える化による革新的エネルギー変換・伝達技術の創出



フォトクロミズムによる可視化手法



特許出願中(WO2019/003715 流体の計測方法、計測装置および計測システム)



メソ領域の測定例

ピストン間のマイクロオーダーの潤滑油は、ピストンの動きと共に流れていると考えられており、これを前提に動力部は設計されている。

しかし、実際には、

ピストン上の潤滑油を着色し、着色点の動きを観察したところ、ピストンが一巡して戻ってきても、着色点が維持されており、潤滑油がピストンの動きと共にすぐに流れていないことを世界で初めて証明。



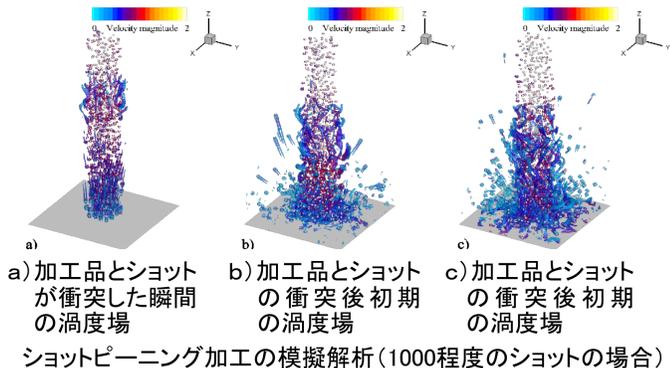
混相流・熱-流体-構造連成シミュレーション技術

混相流と熱輸送や物体変形が連成する現象に関する技術開発や工学応用は、これまで主に実験的に行われてきた。

➤独自のシミュレーション技術手法を駆使して流体可視化技術の解析を行う。

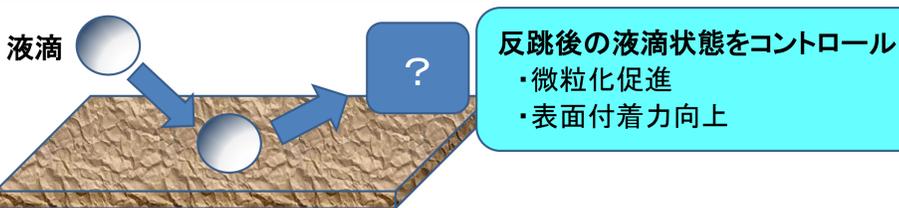
混相流と熱輸送や物体変形が連成する現象の例

- a. ショットピーニング加工の微粒子と気流、加工物との干涉
- b. ロケットエンジンの燃料に混入される金属微粒子周りの乱流と粒子との熱授受
- c. ダイカストの湯流れにおける気液二相熱流体現象
- d. デポジットを含むオイルやグリース など



ショットピーニング加工の模擬解析(1000程度のショットの場合)

衝突微小液滴と表面状態の相互作用



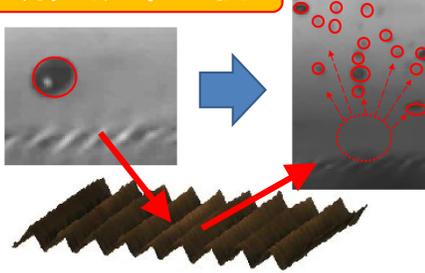
材料表面テクスチャ

現状の課題例: ライデンフロスト現象による不具合

表面蒸気層の形成により、微粒化又は液滴付着を阻害

- ・ディーゼルエンジンの排出ガス浄化のための尿素SCRシステム (微粒化によるNox浄化反応促進)
- ・アルミ、マグネ等ダイカストの壁面潤滑 (液滴付着効率の向上)

研究成果の例

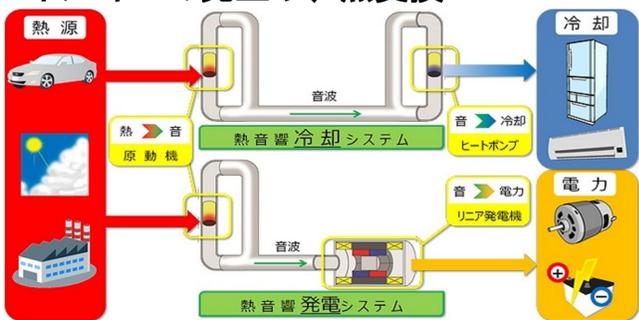


表面テクスチャの例

高温壁面衝突での微粒化を実験により確認

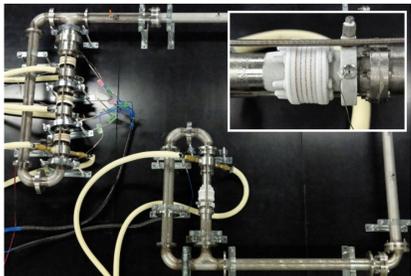
振動流によるエネルギー変換技術

温度差による管内での気体の振動現象を利用した動的エネルギーの発生や、熱変換



数値計算をベースに熱音響機関を設計

低温動作多段熱音響冷凍機の実現



E. M. Sharify, S. Hasegawa, "Traveling-wave thermoacoustic refrigerator driven by a multistage traveling-wave thermoacoustic engine", Applied Thermal Engineering, 113, 791-795, (2017)

蓄熱器高温端270°Cで-107°Cと、低い高温端温度で低い冷凍機温度を実現

摩擦制御による伝達技術

動力を伝える機械要素

- ・変速機
- ・クラッチ など

動力伝達の方法

- ① 摩擦伝達
- ② かみ合い伝達

摩擦伝達要素の現状

メリット

- ・歯車等のようなかみ合い振動がないため静粛性に優れる。
- ・ガタがないため制御性に優れる。

デメリット

- 伝達部の摩擦係数は0.05~0.1と小さく、伝達力に対して10~20倍の押付け力が必要。

高摩擦係数と接触面の強度を両立できれば、歯車やかみ合いクラッチに代わる、電動化の時代に適した革新的な動力伝達要素を実現できる。

摩擦をいかに制御するか

➡ 摩擦伝達面に形成される油膜は極めて薄く、まさに、メソ領域の流体の現象解明が必要。

メソ領域における「流れ」の見える化による革新的エネルギー変換・伝達技術の創出

東海大学 総合科学技術研究所では、『可視化技術』は、“ものづくり”の領域において非常に重要な技術と位置付け、あらゆる『流れ』の可視化に特化し、アカデミアとしての基盤技術構築・確立への貢献、参画企業様での現場応用・開発を一体的に推進可能な研究拠点の構築を進めております。

コア技術として『可視化技術』『シミュレーション技術』研究や技術指導等を実施し、計測・分析技術を広く企業様と共有させて頂きます。そして、このコア技術を基盤として、新規・独創的な前述の動力機械技術の研究・開発の推進体制を設けることとしております。

企業様と共に、この研究拠点を構築し、実施することで、ものづくりをネクストステージに押し上げることに貢献できますと幸いです。

《イメージ図》

Key Technology

【エネルギー変換・伝達】

- 可視化技術 (畔津昭彦教授)
- シミュレーション技術 (高橋俊准教授)
- 摩擦制御 (山本建准教授)
- 流体潤滑技術 (落合成行教授)
- 熱音響技術 (長谷川真也准教授)

●技術指導

●リアルとバーチャル両面からの可視化を用いた研究開発

リアル空間 (試験・実験方法など)

バーチャル空間 (シミュレーション)

人材育成・交流

- 博士課程所属者の参加 (大学院生・社会人大学院生)
- 若手・専門人材の育成
- クロスアポイントメント制度の活用

●企業ニーズに基づいた研究開発

- 熱音響技術
- 摩擦制御による伝達技術
- 流体潤滑技術 など

