

補助事業番号 2021M-133

補助事業名 2021年度 気泡断熱圧縮抑制による油圧機器の摩擦抵抗低減 補助事業

補助事業者名 山梨大学工学部准教授 船谷 俊平

## 1 研究の概要

油圧機器のエネルギー損失の主要因の一つが、キャビテーションにおける気泡断熱圧縮による作動油の酸化劣化とラッカー（酸化縮合物）生成である。このキャビテーションならびに気泡断熱圧縮においては、気泡が崩壊する瞬間に微小な高温高圧領域が生じることが指摘されている。この高温高圧状態は作動油の酸化劣化とラッカー生成に大きく寄与していると推定されているが実測されていない。この超高温高圧現象の発生機構を評価することは、当現象の解明ならびに数値解析の妥当性検証において必要な技術であるが、微小領域の非接触温度計測技術が無いことから実現していない。そこで、作動油の気泡近傍の微小領域の温度分布を計測したい。しかし、①温度分布の可視化計測手法として一般的な2色LIF法で用いることのできる感温蛍光体は、水溶性の蛍光染料あるいは微粒子状の蛍光粒子しか知られておらず、油（疎水性液体）を計測できない。②気泡が多数存在する気液2相流に対する2色LIF法の実施例が無い。③ $\mu\text{m}$ 未満の微小領域を計測対象とする2色LIF法の実施例が無い。以上3点から、技術的難易度の高い可視化計測手法であることが予想されるのが、これを実現するにはどうするか、という課題がある。

そこで本研究では、作動油の気泡近傍の微小領域の温度分布を計測できる可視化計測システムを構築し、気泡崩壊現象を計測評価する。

気泡断熱圧縮現象の数値解析は、既報と同一条件にて行い、液相部の気泡径、界面位置（界面形状）の時間変化、温度分布、速度分布を実験結果と比較することで妥当性を検証するとともに、必要に応じて解析条件を実験に合わせ修正する。この数値解析条件をもとに、実験では評価困難な気泡内の温度分布、ラッカー一部、酸化膜の形成、ホットスポット内の加熱について評価し、酸化機構の抑制機構について検討する。

## 2 研究の目的と背景

本研究では、作動油の気泡近傍の微小領域の温度分布を計測できる可視化計測システムを構築し、気泡崩壊現象を計測評価する。

気泡断熱圧縮現象の数値解析は、既報と同一条件にて行い、液相部の気泡径、界面位置（界面形状）の時間変化、温度分布、速度分布を実験結果と比較することで妥当性を検証するとともに、必要に応じて解析条件を実験に合わせ修正する。この数値解析条件をもとに、実験では評価困難な気泡内の温度分布、ラッカー一部、酸化膜の形成、ホットスポット内の加熱について評価し、酸化機構の抑制機構について検討する。

### 3 研究内容

(1) 気泡断熱圧縮抑制による油圧機器の摩擦抵抗低減に関する研究(URL)

([http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/funatani/jka\\_vis](http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/funatani/jka_vis))

Coumarin153の蛍光強度比と温度の依存性を調査した。オイルを加熱し25～80[°C]で5[°C]おきに蛍光画像を取得した。取得した蛍光画像における計測領域の蛍光強度を、570[nm]のバンドパスフィルタを通したGreen画像(G画像)と、610[nm]のバンドパスフィルタを通したRed画像(R画像)のそれぞれで、画像解析により求めた。求めたR、G画像の蛍光強度をG/Rの蛍光強度比に変換し、温度との依存性を示す検定曲線を算出した。

実験の結果、以下の結論を得た。

(1) Coumarin153を混入させたミッションオイルにおいて、蛍光強度比(G/R)と温度との間に依存性があることが分かった。

(2) Coumarin153を混入させたオイル中にてレーザー光(励起光)の減衰が起きており、蛍光の分布に差が発生しているため、使用するレーザー及び蛍光体の見直しまたは取得データの補正法を再検討する必要がある。

(3) 温度分布の可視化については、G、R画像上での輝度の減衰及び蛍光強度比の変動による影響を強く受けているため、理想とは異なる結果となったが温度差の傾向や、温度ごとの蛍光強度比の違いによる計測領域の輪郭を取得することができた。

(4) 励起光の減衰及び取得画像におけるG、R画像の輝度の変動の課題を克服し、測定領域の蛍光強度比の変動を解析画像のデータのみで補正できるようになった場合、あらかじめ温度と蛍光強度比の依存性を示す検定曲線を取得することで、任意の領域の温度分布を一度の撮影で取得することが可能となると期待できる。

### 4 本研究が実社会にどう活かされるか—展望

我が国におけるエネルギー消費量の70%超が産業、運輸部門における商品である。これらの部門では、建設機械を筆頭に、種々の油圧制御機構(油圧シリンダ、変速機など)が用いられており、これらサブシステムによるエネルギー損失は、機械駆動時のエネルギー損失の約70%に達することから、エネルギー損失の削減は省エネルギーならびにCO2削減の観点から急務である。そのため、これら運送機器を製造するメーカーならびにユーザーが一次的受益者となるが、地球環境保護の観点から、全世界国民が受益者と言うことができる。

## 5 教歴・研究歴の流れにおける今回研究の位置づけ

可視化計測の中でも、産業界からの要請が多いにも関わらず、最も技術的難易度が高いのが、本研究課題である気泡断熱圧縮現象の可視化計測である。当事業者はこの可視化計測に関する研究業績を有しており、本研究課題において掲げた目標を達成することで、産業界、研究機関に対する技術的貢献は多大であることが見込まれる。

## 6 本研究にかかわる知財・発表論文等

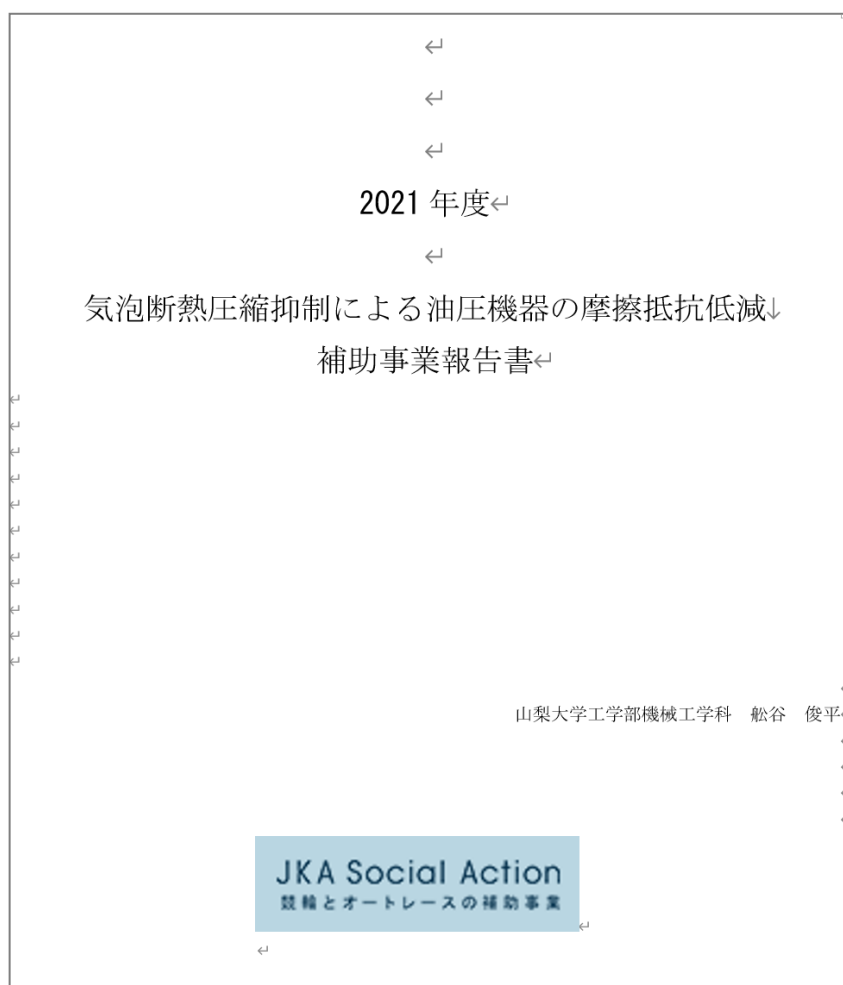
知的財産については該当なし。論文については、翌年度中に発表予定である。

## 7 補助事業に係る成果物

### (1) 補助事業により作成したもの

研究報告書: 気泡断熱圧縮抑制による油圧機器の摩擦抵抗低減補助事業報告書

([http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/funatani/jka\\_vis/report2021.pdf](http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/funatani/jka_vis/report2021.pdf))



(2)(1)以外で当事業において作成したもの  
該当なし

#### 8 事業内容についての問い合わせ先

所属機関名： 山梨大学 工学部 機械工学科 船谷研究室  
(ヤマナシダイガクコウガクブキカイコウガクカフナタニケンキュウシツ)

住 所： 〒400-8511  
山梨県甲府市武田4丁目3-11

担 当 者： 准教授 船谷 俊平 (フナタニシュンペイ)

担 当 部 署： 山梨大学工学部 (ヤマナシダイガクコウガクブ)

U R L： [http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/funatani/jka\\_vis](http://www.me.yamanashi.ac.jp/lab/funatani/jka_vis)