

ジャーナル軸受すきま内におけるマイクロバブル径と摩擦特性に関する研究  
(第1報 軸受すきま内および給油口付近におけるマイクロバブルの挙動観察)

Study of Microbubbles Diameter and Friction Characteristics in Journal Bearing Clearance  
(Report 1 Observation of the Behavior of Microbubbles Flowing in a  
Journal Bearing Clearance and near the Fuel Filler)

東海大・学(学) \*吉村 友輝 東海大・院(学) 山崎 佑人 東海大・院(学) 加々美 昌樹  
東海大・学(学) 山崎 浩作 東海大・工(正) 川本 裕樹 東海大・工(正) 畔津 昭彦  
東海大・工(正) 落合 成行

Yuki Yoshimura\*, Yuto Yamazaki\*, Masaki Kagami\*, Kosaku Yamazaki\*, Yuki Kawamoto\*, Akihiko Azetsu\*,  
Masayuki Ochiai\*  
\*Tokai University

## 1. 緒言

近年、多くの国や企業において地球温暖化の抑制に向けたカーボンニュートラルの実現が重要視されていることから、排出される温室効果ガス抑制のための自動車の燃費向上が強く求められている。燃費向上のためにエネルギー損失の低減が必要とされているが、自動車全体のエネルギー損失において、摺動部の多いエンジンの摩擦損失が約20%を占めている<sup>(1)</sup>。そのため、燃費向上の一環としてエンジンの滑り軸受に多く用いられるジャーナル軸受においても摩擦低減が求められる。

ジャーナル軸受では、軸の回転により潤滑油がくさび状の軸受すきま内に流れ込むことで発生する油膜圧力によって、軸を非接触で支持する。同軸受における従来の摩擦低減手法には、潤滑油の低粘度化や摩擦調整剤の添加といった手法が用いられているが、焼付きや環境悪化といった問題<sup>(2)</sup>もあるため、安全かつ低環境負荷な摩擦低減手法が求められる。そこで本研究では、新たな摩擦低減手法としてマイクロバブルに着目した。マイクロバブルとは、直径100μm以下の微細な気泡のことで流体抵抗低減効果を有し、発生に化学物質を用いないため、環境問題に配慮した摩擦低減手法になると考えられている。小谷らはマイクロバブルをジャーナル軸受へ応用し、ジャーナル軸受における摩擦トルクを計測することで、マイクロバブルによる摩擦低減の効果があることを実証した<sup>(3)</sup>。一方で、軸受すきま内におけるマイクロバブルの挙動がどのようなメカニズムで摩擦低減に影響しているかについては未解明な点も多い。

以上のことから、軸受すきま内の撮影によるマイクロバブルの挙動観察を実施している。本稿では、軸受すきま内を流れるマイクロバブルの軸方向からの撮影実験および給油溝内の撮影実験を実施し、取得した画像を用いて軸受すきま内を流れるマイクロバブルの傾向について観察した。

## 2. 実験装置

Figure 1に本研究で用いた軸受装置の概略図を、Fig.2に供試軸受の撮影箇所を示す。同装置では回転軸を転がり軸受と供試軸受の2点で支持し、モータと転がり軸受の間に設置したトルクメータにより伝達トルクを測定することができる。供試軸受は、軸受すきま内の撮影を目的に透明な石英ガラス製とした。軸受すきま内における軸方向からの撮影は、Fig.2の撮影箇所1に示した給油口から90°付近の位置で実施し、給油溝内の撮影は、撮影箇所2に示した給油溝の端部に焦点を当てて撮影した。潤滑油は軸受上部に設置したオイルタンクより滴下法で供給しており、本実験では消泡剤の影響を考慮し、潤滑油には添加剤の含まれていない基油(ISO VG32)を用いた。

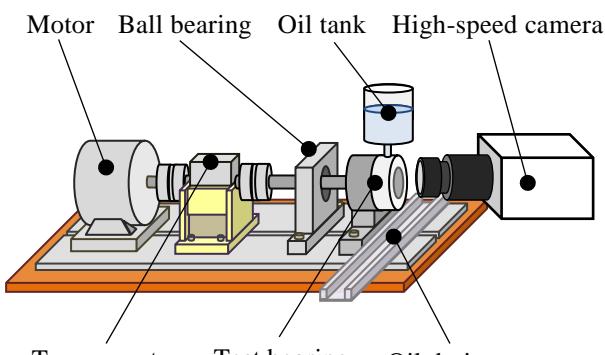


Fig. 1 Schematic diagram of test bearing system

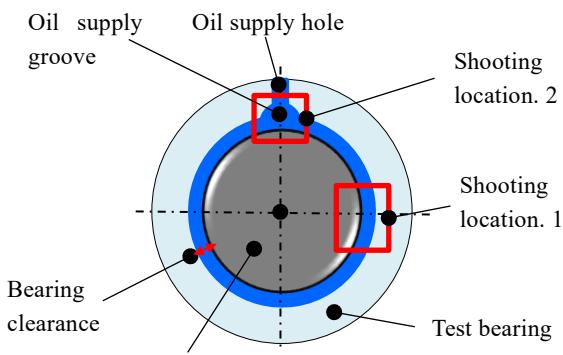


Fig. 2 Shooting location of test bearing

Table 1 Experimental conditions

Oil	VG32	Radius of fuel filler groove [mm]	2
Bearing Clearance [μm]	50	Number of rotations [rpm]	1,000
Frame rate [fps]	12,000		2,000
Shutter speed [μs]	3.0		3,000

### 3. 軸方向の撮影方法

Table 1 に実験条件を示す。軸受すきま内を流れるマイクロバブルの挙動観察を目的とし、高速度カメラを使用して軸方向からの撮影を実施した。軸受すきまからの排油が撮影の障害になることから、アクリル製の薄いカバーを軸受端部に設置した。撮影手法として、高速度カメラの反対側に LED 照明を設置して後方から光を照射するバックライト法を採用した。

### 4. 軸方向の実験結果

Figure 3 に撮影結果を示す。同図に示すように、軸受すきま内でマイクロバブルが細長く変形していることを確認した。取得した画像から、マイクロバブルは回転数の上昇に伴い、次第に変形が大きくなることがわかる。Figure 4 にバブルの粒径分布を示す。同図は横軸がバブル径、縦軸がバブル個数割合を示している。ここでは、変形したマイクロバブルの画像から長径と短径を計測し、測定結果から断面を真円と仮定したマイクロバブルの体積を算出した。同図に示したように、全ての回転数において軸受すきま内のマイクロバブルは 11~60 μm の間に収まった。この結果から、半径クリアランスである 50 μm 以上のマイクロバブルは、ほとんど軸受すきま内に入っていない可能性が示唆された。

### 5. 給油溝内流れの撮影方法

軸方向の撮影結果から、径の大きなマイクロバブルは軸受すきま内に入らない可能性が示唆されたため、原因解明を目的に Fig. 2 の Shooting Location. 2 に示した給油溝内を軸方向から撮影した。給油溝内の詳細な観察を実施するために、今回は給油溝半径 4 mm、半径クリアランス 200 μm に変更した。

### 6. 給油溝内流れの撮影結果

Figure 5 に給油溝内流れの撮影結果を示す。同図から給油溝内では、マイクロバブルが軸方向に彫られた給油溝の壁面に沿って上方に流れる様子を確認した。このような流れが生じた原因として、給油溝の形状が影響した可能性がある。径が大きいマイクロバブルは、この流れによって給油溝上部に流れたのちに外部に排出されたと考えられる。

### 7. 結言

本研究では、ジャーナル軸受におけるマイクロバブルを用いた摩擦低減メカニズムの解明を目的に軸受すきま内を流れるマイクロバブルと給油溝内におけるマイクロバブルに対し、軸方向からの撮影を実施した。結果として、軸受すきま内のマイクロバブルは回転数の上昇に伴い変形が大きくなることを確認した。また、変形したバブルの体積から逆算して求めた粒径分布の結果から、給油溝の形状によって半径クリアランスより径の大きいマイクロバブルは、軸受すきま内に入らないものと考えられる。

### 謝辞

本研究は自動車用内燃機関技術研究組合（AICE）の委託事業の成果であり、関係者各位に深く感謝いたします。

### 文献

- 中村隆, トライボロジー技術の進展による自動車の省エネ, トライボロジスト 第 61 卷 第 2 号(2016)
- 遠山護, 低摩擦ガソリンエンジン油-低粘度化と摩擦調整剤の効果, 豊田中央研究所 R&D, Vol.3, No.4, (1997)
- 小谷晋平, 田代裕樹, 川本裕樹, 高橋俊, 落合成行, ジャーナル軸受の摩擦特性に及ぼす潤滑油中のマイクロバブルの影響-第 1 報 実験的検討-, トライボロジーカンファレンス 秋 別府予稿集, G16 , (2020).

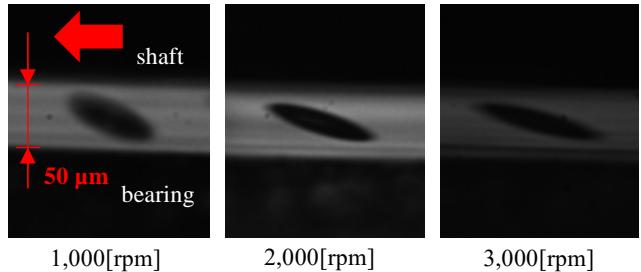


Fig 3. Photography result of axial direction

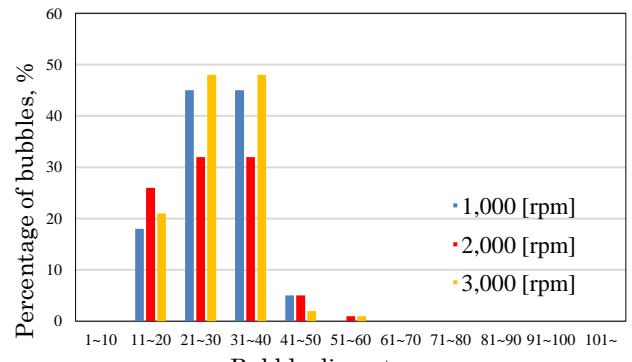


Fig 4. Particle size distribution of spherical bubbles

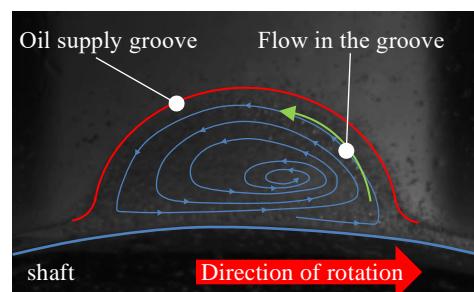


Fig 5. Shooting result of in the oil supply groove