

卒業論文要旨

平面スラスト軸受面での気泡挙動に及ぼす親水/撥水の影響

システム工学群

医工先進検査システム研究室 1241002 坂田 佳景

1. 諸言

摺動面の摩擦低減の傾向は、自動車エンジンに限らず、情報機器等の小型軸受でも同じである。そのような軸受で支持する荷重は小さく、一般的な軸受面に必須の先ずばまり領域を必要としない簡易な軸受でも機能すると期待できる。

本研究では、例えば、図1の(a)に示すように、凹部気泡でのスリップを利用して流入するせん断流量を増やし、スリップの無い出口側でのせん断流量との差で圧力を発生する軸受や、(b)に示すように、穴部から吐出した気泡により、出口側の凹状テクスチャ領域でのせん断流量を減少させ、発生圧力を得る簡易な軸受構造を考える。この場合、内圧を有し壁面と摩擦が低い気泡による荷重の支持も期待できる。

いずれの軸受においても、気泡の安定した保持が問題となる。ここでは、直径 $100\mu\text{m}$ 深さ $15\mu\text{m}$ の微小凹みを持つ凹状テクスチャ面を対象に、凹部や棚部への撥水・親水処理と、そこでの微小気泡の観測を通して、すべり面での気泡挙動や、気泡保持にとって好ましい潤滑面の検討を行った。本報では、図1(b)を想定した薄膜下での気泡挙動について述べる。

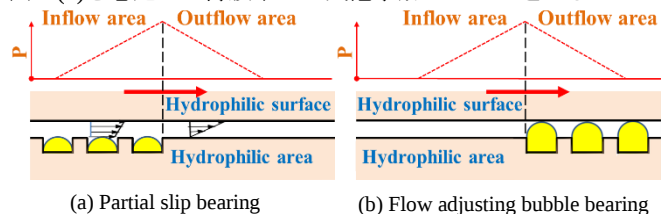


Fig.1 Schematic view of simple bearing structure.

2. 実験装置ならびに試験片

気泡挙動観測装置の概略を図2に示す。マイクロメータヘッドにより固定試験片との間の平行膜厚を調整した回転試験片（直径 20mm ）を、観測位置での速度が V となるよう摺動させた際の気泡の様子を、図中の光学系（同軸落射型テレセントリックレンズ）を用いて定点観測した。固定・回転試験片共にホウケイ酸ガラス製であり、固定試験片表面には、直径 $100\mu\text{m}$ 、深さ $15\mu\text{m}$ の凹部が $200\mu\text{m}$ ピッチで配置してある。なお、回転試験片には全面親水処理を施し、潤滑剤にはグリセリン水溶液（グリセリン 67%）を使用している。

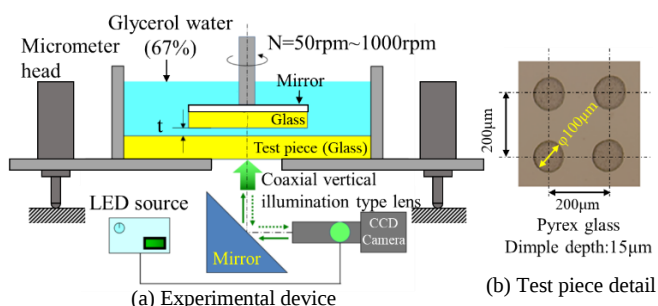


Fig.2 Schematic view of experimental device and test piece.

3. 気泡挙動の光学観測例と気泡の伸展状態の指標

図3には、部分的な固体接触が発生する極薄膜での気泡挙動の観測例を示してある。下段に示した全面撥水固定試験片の場合、起動直後に気泡の伸展と合体が生じ、広領域で潤滑膜の破断が発生している。これに対し、上段の凹部撥水（棚部親水）試験片では、線状の気泡の伸展は認められるものの、まだ流体潤滑が保たれる状況であると評価できる。

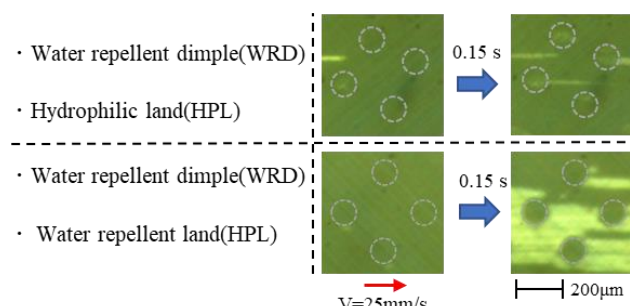


Fig.3 For extremely thin lubrication film (partial solid contact).

軽荷重（実験では 0.2N ）支持軸受での膜厚は、より厚いと考えられる。推定膜厚が $t \approx 15\mu\text{m}$ の場合の凹部気泡の挙動は図4のようになる。固体接触が発生しない程度の薄膜では、全面撥水（下段図）であっても、大きな潤滑膜破断は発生しないが、特に、高速（例えば、 $V=500\text{mm/s}$ ）での気泡の伸展は、上段の凹部撥水面の場合より顕著である。

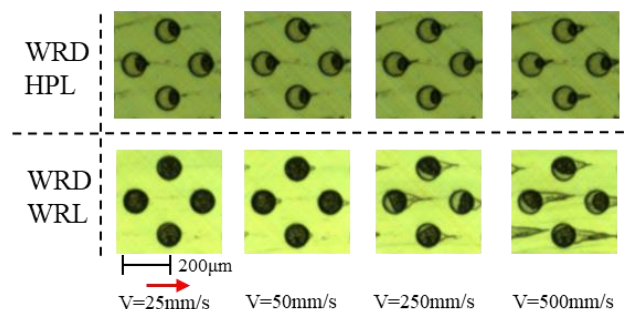


Fig.4 In case of thin lubrication film ($t \approx 15\mu\text{m}$).

ここでは、この伸展状態を、伸展部長さ L 、伸展部幅 B 、そして三角伸展部の面積 A で評価する。

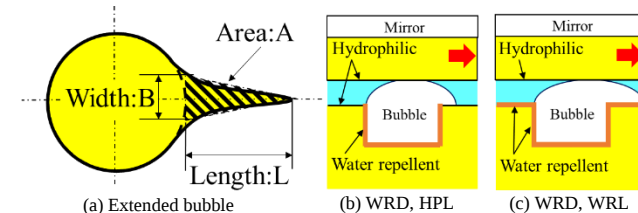


Fig.5 Schematic view of bubbles extended from dimple.

凹部撥水（棚部親水）面での、増速後の定常状態における気泡の伸展状態を表す各指標を、図 6～8 に示す。図中の丸印の大きさは、各伸展量が観測された頻度を表しており、黒塗りの丸は平均的な伸展量に相当する。極低速の場合には気泡は凹部に停留するものの、 $V=50\text{mm/s}$ より大きくなると伸展され、その長さ L は図 6 に示すように、速度にほぼ比例して大きくなる。伸展部の幅 B の傾向も類似しているが、伸展開始後の B に対する速度の影響は小さい。伸展部面積 A についても、各気泡でばらつきはあるものの、速度に比例した増加傾向が認められる。

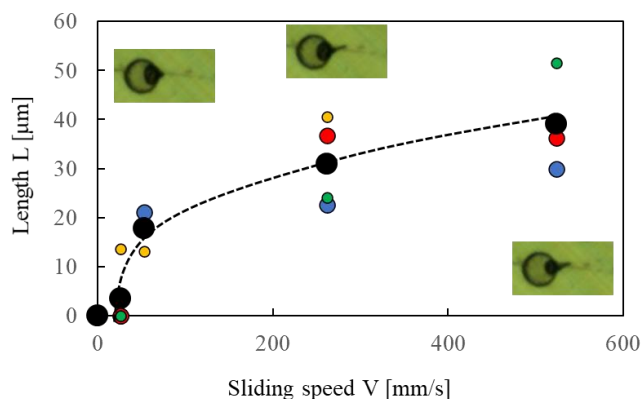


Fig.6 Relationship between length L and speed V (WRD, HPL).

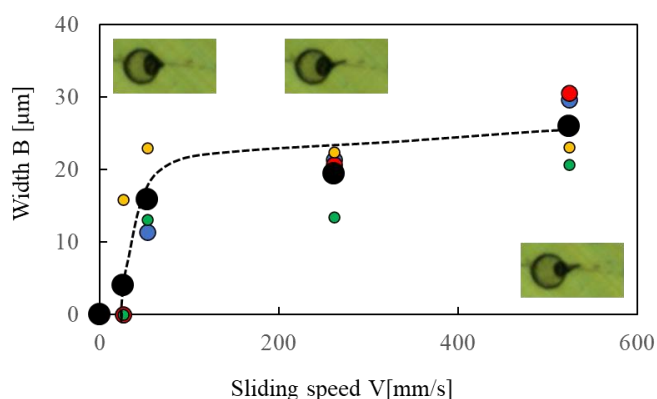


Fig.7 Relationship between width B and speed V (WRD, HPL).

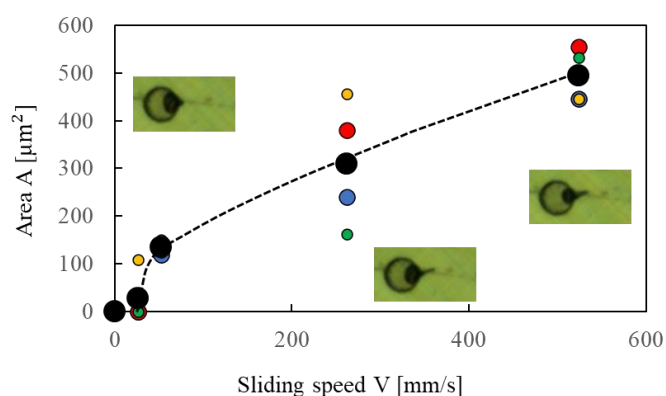


Fig.8 Relationship between Area A and speed V (WRD, HPL).

一方、図 9～11 には、全面撥水面での結果を示してある。全体的な傾向は、上記の凹部撥水面での結果に似ているが、気泡との親和性が高い撥水棚部での、伸展長さ L 、伸展部幅 B はともに倍増している。しかし、本膜厚下では、図 3 で認められた広領域での潤滑膜破断に至ることは無かった。

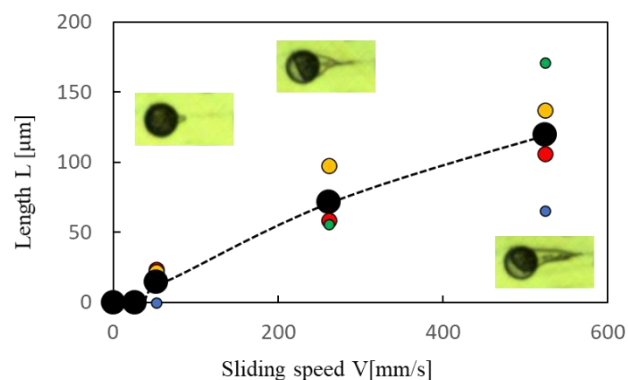


Fig.9 Relationship between length L and speed V (WRD, WRL).

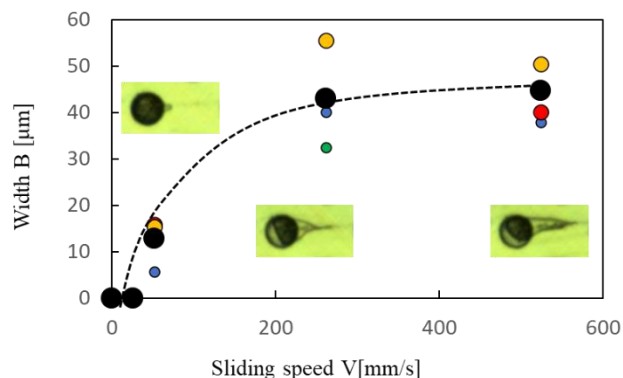


Fig.10 Relationship between width B and speed V (WRD, WRL).

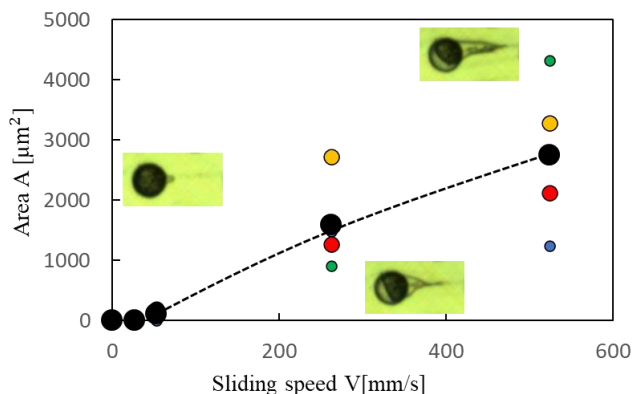


Fig.11 Relationship between Area A and speed V (WRD, WRL).

4. 結言

流量調整型気泡軸受への適用を想定して、微小な凹みを持つ凹状テクスチャ面での凹部気泡の挙動を光学観測し、気泡保持にとって好ましい潤滑面の検討を行った。

- 1) 全面が撥水処理された潤滑面にある凹部気泡に比べ、凹部撥水面（棚部は親水）の方が、気泡は伸展され難く、伸展部幅や面積も小さい。
- 2) 凹部撥水面では、部分的な固体接触が発生するほどの極薄膜下であっても、流体潤滑が保たれる状況にある。

参考文献

- 1) 京極啓史，染谷常雄，“潤滑油膜における気泡発生・成長機構”，日本機械学会論文集(B編)，51巻461号(昭60-1)，pp.66-73

- 2) 園山希, 井口学, 佐々木康, 石井邦宜, “濡れ性の悪い平面壁に衝突する単一気泡の挙動”, 鉄と鋼 Vol.86(2000)No.4, pp.203-209
- 3) 佐野理, “低レイノルズ数流れの中の粒子に働く力”, エアロゾル研究 11 (4) (1996), pp.290-294