

# 卒業論文要旨

## 凹部撥水平行摺動面での気泡挙動

システム工学群

医工先進検査システム研究室 1200014 安藤 匡平

### 1. 諸言

近年の軸受摺動面では、微細な凹部を持つテクスチャリングによる低摩擦化が盛んに行われている。また、これまでの研究により、摺動面に付着させた気泡での低摩擦化の原理として、気泡-潤滑剤壁面間のスリップによるせん断応力の低下や、気泡保持領域と非保持領域でのせん断流量の不連続性を補うために発生する圧力の影響が確認されている。

このような原理での低摩擦化の実現には摺動面への気泡の定常的な保持が重要となる。ここでは図1に示すように、気泡との親和性の良い微小な撥水凹部と、逆に気泡を付着させ難い親水棚部の組み合わせにより凹部だけに気泡を強固に保持させる構造につき、その可能性を検討した。

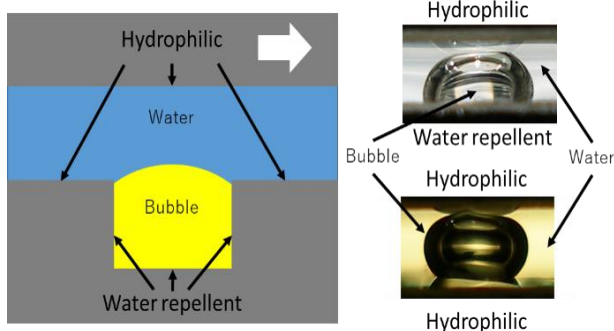


Fig. 1 Adhesion mechanism of bubble.

### 2. 摺動面での気泡挙動観測用実験装置

用いた実験装置は、図2に示すように、水を入れた水槽底面に下部試験片を固定し、上部試験片(親水处理を施した鏡)を平行摺動させるものである。

下部試験片には幅 35mm, 長さ 50mm, 厚さ 3mm のパイレックスガラスにマイクロブラスト処理により直径 100 $\mu$ m, 深さ約 5 $\mu$ m のディンプルを 200 $\mu$ m ピッチで配置したものを用いた。実験ではその表面に、全面親水、全面撥水、凹部撥水(棚部親水)処理を施した3種類の試験片を用いた。なお、気泡は精製水 150mL に炭酸水(GV が 5 程度のもの) 20mL を溶かした混合液に前記処理を施した下試験片を浸漬させることにより付着させた。

水槽底面中央の下部試験片の下には摺動面観察用の穴が開いており、ミラーを介して同軸落射テレセントリックレンズを装着した CCD カメラで撮影できる。

実験では、2 面間の膜厚 L を 10 $\mu$ m に保った状態で、摺動速度を  $V_U=10\text{mm/s} \sim 100\text{mm/s}$  まで、10mm/s きざみで増加させた。なお摺動は上部試験片が常に観察領域内にある範囲で行った。

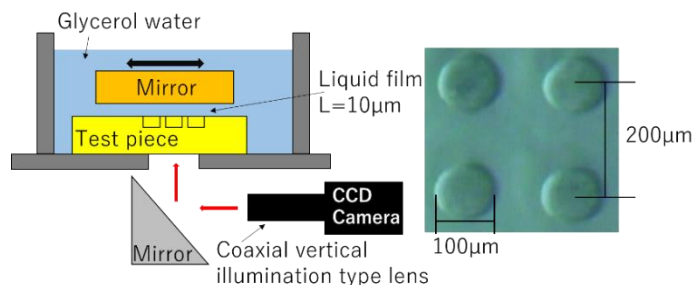


Fig. 2 Schematic view of equipment and of test piece.

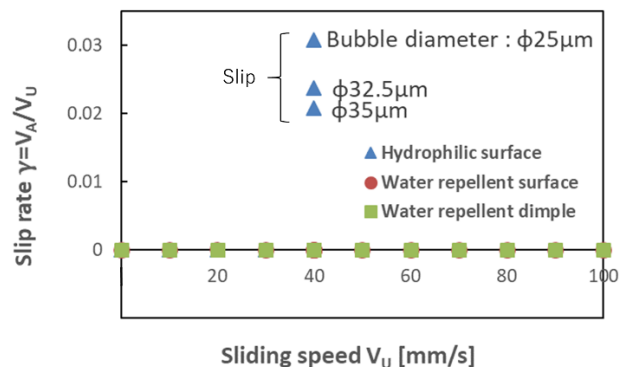


Fig.3 Slip of bubble separated from dimple.

図3は凹部に付着した気泡が剥離して移動する際の速度  $V_A$  と上面の摺動速度  $V_U$  との比で決まる、スリップ比  $\gamma = V_A/V_U$  と  $V_U$  との関係である。気泡との親和性の悪い全面親水面では  $V_U=40\text{mm/s}$  のとき凹部に付着した気泡は剥離して移動した(例えば図5(a))。移動速度は気泡径が小さいほど速い傾向にある。これに対し全面撥水、凹部撥水共に凹部に付着した気泡は  $V_U=100\text{mm/s}$  で摺動を行っても付着したままであった。

図4には、同実験で、棚部に付着していた気泡が剥離して移動する際のスリップ比を示す。全面親水の場合、棚部の気泡は  $V_U=10\text{mm/s}$  で移動する(例えば図5(b))が、全面が気泡との親和性が高い撥水处理面の場合、せん断速度の高い棚部であっても、実験の速度範囲での気泡の移動は認められなかった。これに対し凹部撥水試験片(棚部親水)の場合、どの摺動速度においても気泡は凹部から離脱することなく保持され続けた(例えば図6(気泡1~4))が、棚部にあった気泡は  $V_U=90\text{mm/s}$  で移動を始める(例えば図6のBubble)。このことは凹部のテクスチャを施した潤滑面での挙動としては好ましい。

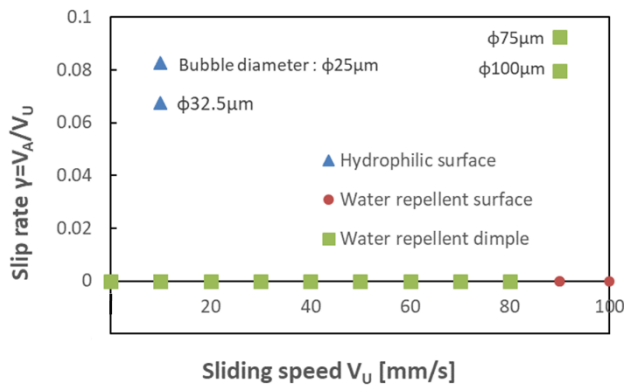


Fig. 4 Slip of bubble on Land for each test piece.

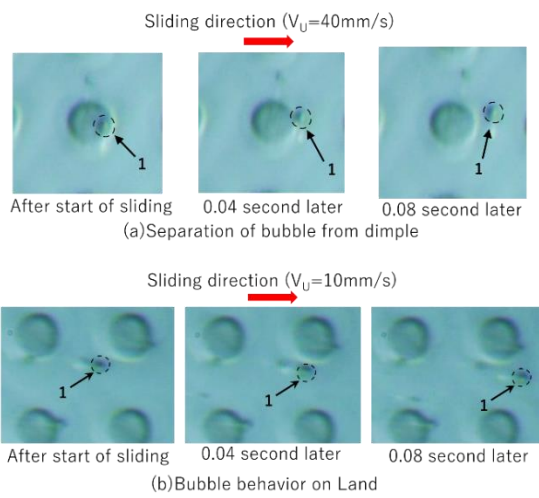


Fig. 5 Bubble behavior for hydrophilic test piece.

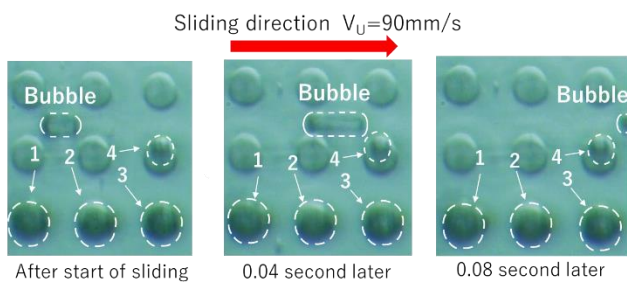


Fig. 6 Bubble behavior for water repellent dimple test piece.

### 3.凹部での気泡保持に及ぼす軸受端の影響

実際の軸受では、テクスチャ部が相手面の移動範囲外に開放され、凹部気泡上部に相手面がないこともあり、そのような場合の気泡挙動の観測も重要となる。図7のように膜厚  $L=10\mu\text{m}$ 、 $V_U=30\text{mm/s}$  で、上部試験片端部が観察気泡上を通過し再び同じ気泡上に戻った時の気泡挙動を、全面撥水と凹部撥水試験片を用いて観察した。

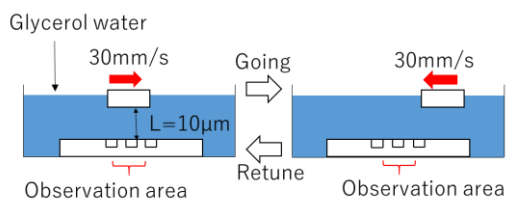


Fig. 7 Schematic view of sliding range.

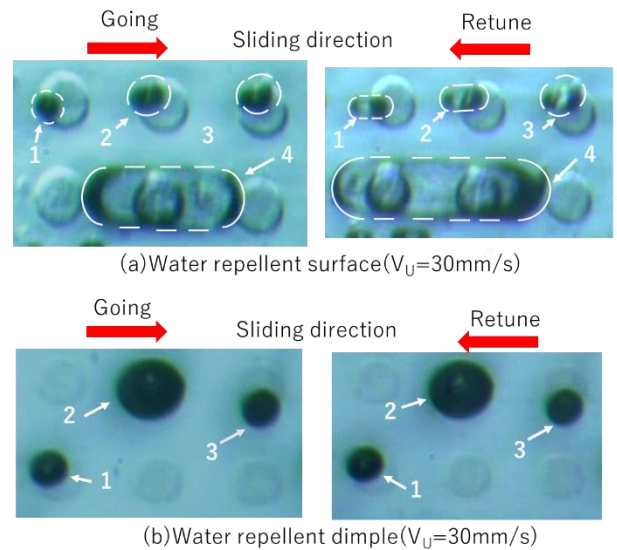


Fig. 8 Due to the effect of bearing edge for bubble behavior.

全面撥水面(a)では、上部試験片(親水)の復路において、凹部の気泡が棚部に引き出されている。これに対し穴部撥水面(b)ではそういった挙動は見られず、上部試験片端部が凹部気泡に再突入する場合でも、気泡は穴部に強固に付着したままであった。

### 4. 結言

軸受摺動面では微細凹部にのみ気泡を付着させることが好ましい。本研究により、棚部を親水化し、穴部を撥水化することで穴部にのみ気泡を付着させることが出来ると判明した。

本研究では、 $100\text{mm/s}$ の極低速な摺動速度でしか実験が行えていない。今後実用化に向けて、高速摺動及び実際の壁面(ピストンスカートなど)での実験も行っていかなければならない。

### 参考文献

- (1) 小方聡, 清水圭吾, "撥水性微細構造による抵抗減少効果に関する研究", 日本機械学会論文集(B編), 75巻 758号(2009), pp. 72-79.