

小型液冷システム用磁気駆動マイクロポンプの開発

山田 大生、本田 崇
(九州工業大学)

1 はじめに

著者らは、ノート PC 等に搭載する小型液冷システムへの応用を目指し、弾性板の揺動を利用した磁気駆動マイクロポンプの開発を進めている。本報告では、外径 6mm のポンプを複数個直列配置した場合の基礎特性を調べるとともに、自作の液冷システムに適用し、冷却性能を評価したので報告する。

2 素子構成と動作原理

図1にマイクロポンプの構成を示す。可動子は、厚さ方向に着磁された2個の円盤状 NdFeB 磁石 ($\phi 4\text{mm} \times 1\text{mm}$) の間に、円柱状 NdFeB 磁石 ($\phi 1\text{mm} \times 0.5\text{mm}$) を2個重ねたものを両端の2ヶ所に配置し、その一方の磁石間に弾性板である厚さ $50\mu\text{m}$ の PI フィルムを挟んで構成する。PI フィルムは長方形で、幅 2.8mm、磁石から先端までの距離 6mm である。この可動子を ABS パイプ (内径 4mm、外径 6mm) の固定子内に挿入し、可動子中央部の隙間に差し込んだ回転軸 (PI チューブ、 $\phi 0.8\text{mm}$) を介して、固定子内に取り付けポンプを構成した。磁石周囲の固定子内壁は薄肉になっており、磁石の回転を妨げないようにした。

図2に動作原理を示す。長手方向に交流磁界を印加すると、磁石は磁気トルクによって回転軸を中心に回転振動する。それに伴い弾性板が揺動し液体を送り出すことで、ポンプとして機能する。

3 実験方法と実験結果

ポンプの駆動はソレノイドコイルによって行い、液冷システムを負荷とした場合の流量と吐出圧力の周波数特性を測定した。ポンプは単体、および複数個直列接続した場合においても評価を行った。作動流体には不凍液として 60%に希釈したナイブラインを使用した。

図3に 50Oe (4kA/m) 印加時における負荷流量の周波数特性を示す。ポンプ単体、連結時のいずれにおいても 110Hz 付近で最大値を示した。単体の流量は 33ml/min であるが、連結することで増加し、7 連結時において 83ml/min まで増加した。ただし、連結数に対し流量は頭打ち傾向となった。一方、吐出圧力の最大値は、単体で 0.7kPa に対し、7 連結時には 3.9kPa と大幅に増加した。本実験で得られた結果と液冷システムに要求される目標値 (100ml/min 、 7kPa) を比較すると、流量・圧力共に目標値を下回る結果となった。

4 液冷システムへの応用

ポンプの特性が目標値を満たさなかったが、冷却性能を確認するために、図4に示す7連結のマイクロポンプを使用した液冷システムを試作し、冷却性能の評価を行った。液冷システムは、CPU を模したヒーターに液冷ジャケットを固定し、冷却液をポンプで循環させることで、その熱をモニターの背面 ($30\text{cm} \times 40\text{cm}$) で放出する構成になっている。室温 25°C の環境下で、50W クラスの CPU を想定した状態で冷却を行った結果、ヒーターの温度は 52°C で収束した。 55°C 以下を目標値としていたため十分な冷却性能を確認した。ポンプ性能が目標値を満足しないのに冷却性能が優れていたのは、不凍液の温度が上昇し粘度が大きくなり低下したためと考えられる。

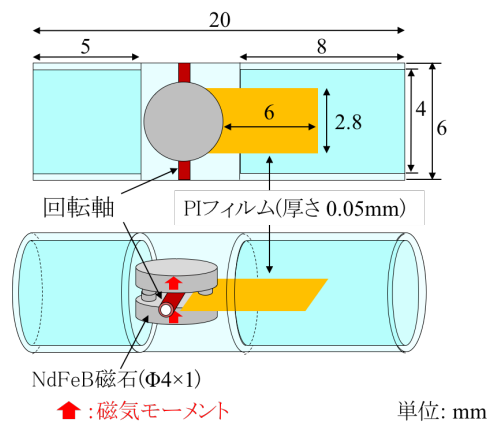


図1 マイクロポンプの素子構成

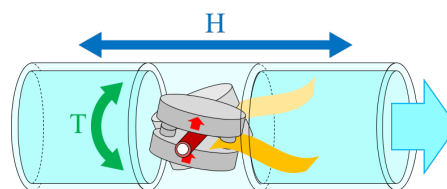


図2 動作原理

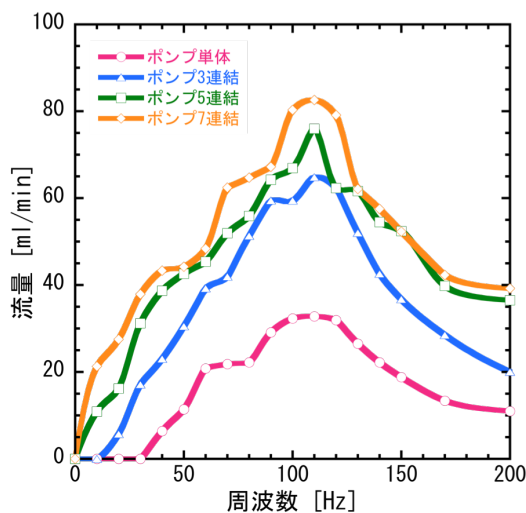


図3 50Oe 印加時における負荷流量の周波数特性

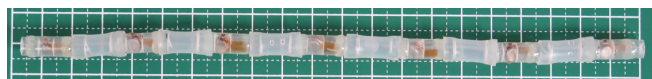


図4 ポンプ7個の直列連結素子