

自励振動ヒートパイプ内熱流動現象の 可視化・計測に基づく性能評価

○谷口 智哉, 杉本 勝美, 村川 英樹, 浅野 等

神戸大学 大学院工学研究科 機械工学専攻
エネルギー変換工学研究分野

小型・高密度化する電子部品の発熱密度が上昇
従来の冷却システム：冷却能力不足，大規模
→ **高性能でコンパクト**な冷却技術が必要



ヒートパイプ

□ 作動流体の蒸発・凝縮に伴う潜熱を利用

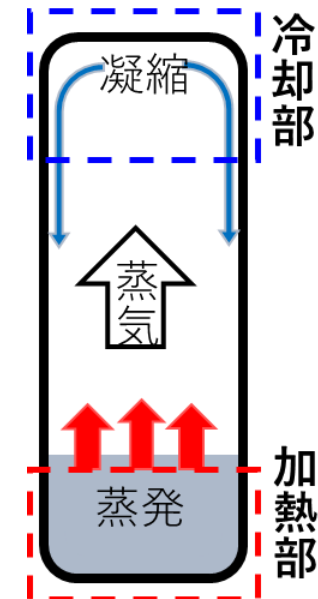
加熱部で発生した蒸気が冷却部へ移動・凝縮



凝縮した作動流体が加熱部へ移動

従来の還流の駆動源：毛細管力，重力

→ 加工が必要・設置姿勢に制限



サーマサイフォン式



自励振動ヒートパイプ

1本の**細い**流路が加熱部と冷却部を往復

流路に作動流体を封入

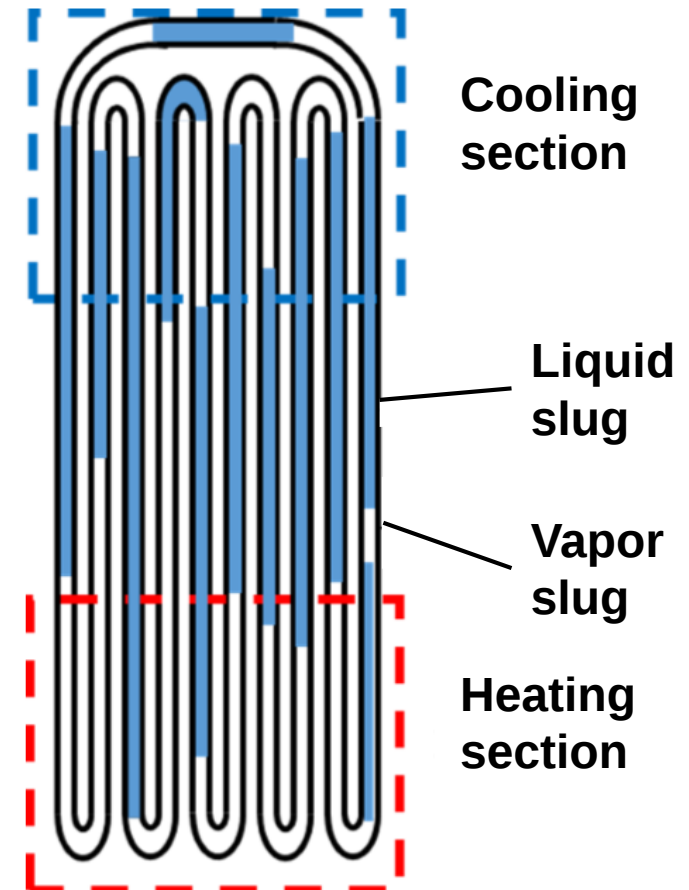
→ **表面張力**で形成された液柱が加熱部と冷却部の**圧力差**で自励振動^[1]

潜熱輸送と顕熱輸送を同時に行う

→ 高い熱輸送能力

潜熱輸送：作動流体が加熱部で蒸発，冷却部で凝縮の相変化

顕熱輸送：作動流体が流路内を往復し，流路壁と熱交換



[1] 宮崎 芳郎, "自励振動ヒートパイプ", 日本機械学会誌, Vol.106, No.1011, pp107-110, (2003).

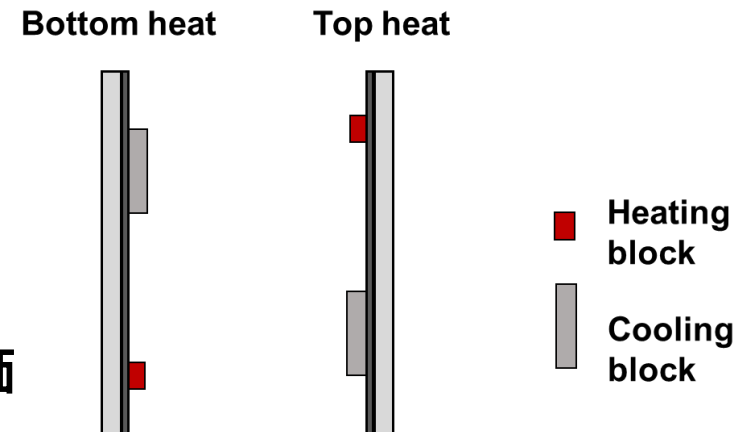
複雑な動作原理より動作限界や起動特性など理解が不十分

実際に使用される際は**設置姿勢**が変化

設置姿勢変化による内部流動，熱伝達特性の影響把握

研究内容

- 熱伝達特性を熱伝導率で評価
- 内部流動を液柱振動の周波数，振幅で評価



中性子ラジオグラフィを用いて内部流動を観察

物体を構成する元素の中性子線に対する減衰率の差を利用した撮像技術

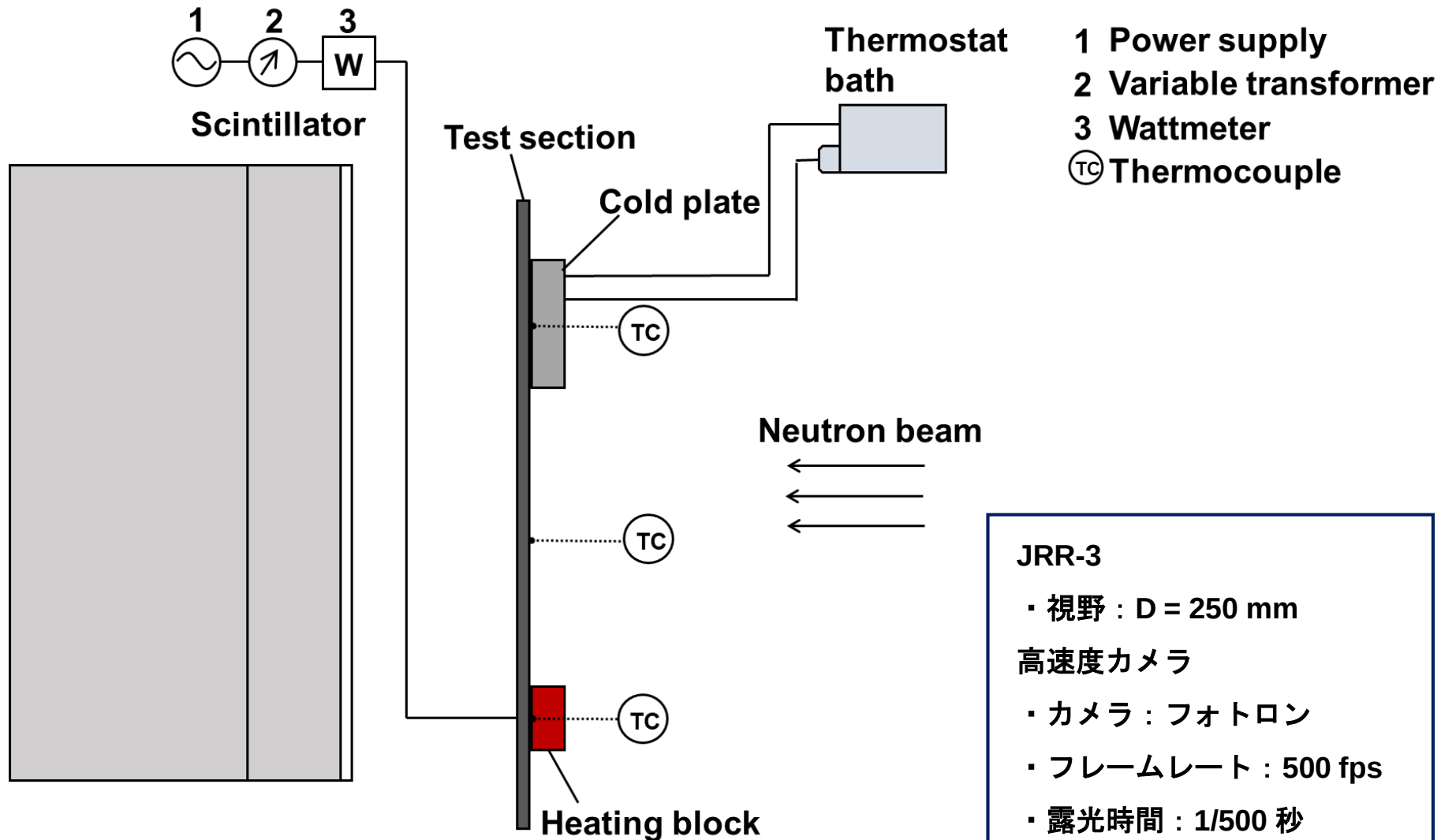
中性子線・・・金属を透過し，作動流体で減衰

➡ 金属内部の作動流体の計測に有効



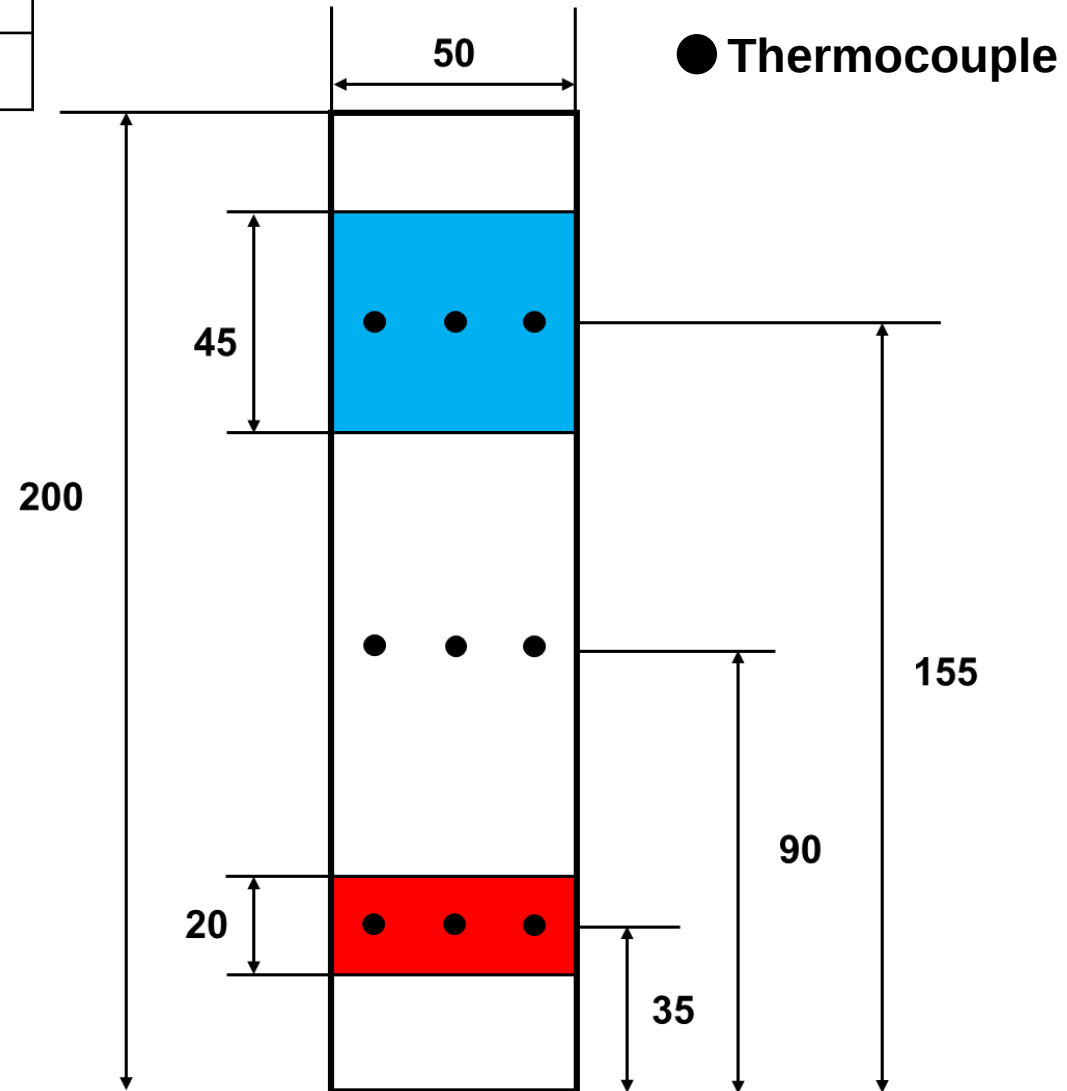
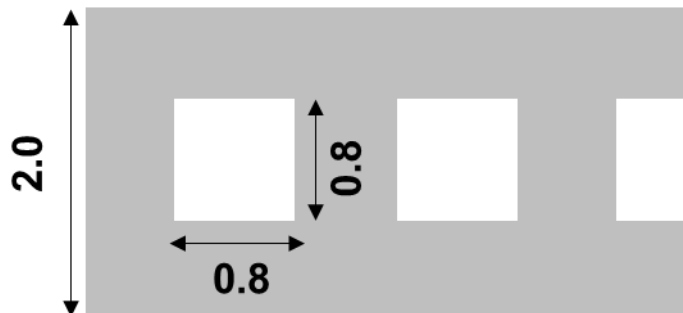
中性子線を試験部に透過

作動流体の分布，内部流動を把握



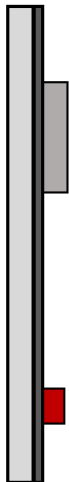
流路サイズ	0.8mm × 0.8mm
材質	アルミニウム
流路本数	41

試験部断面図

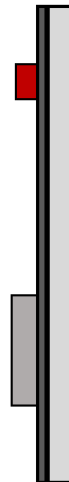


作動流体	イソブタン
封入率 [%]	22, 62
設置姿勢	ボトムヒート トップヒート
加熱量 [W]	20~140

Bottom heat

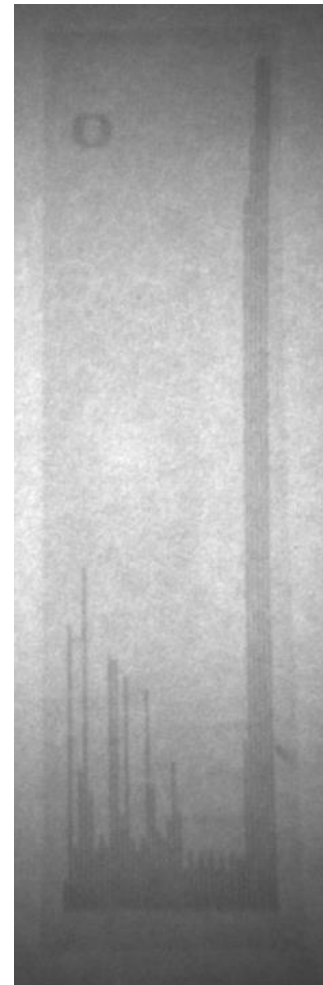


Top heat

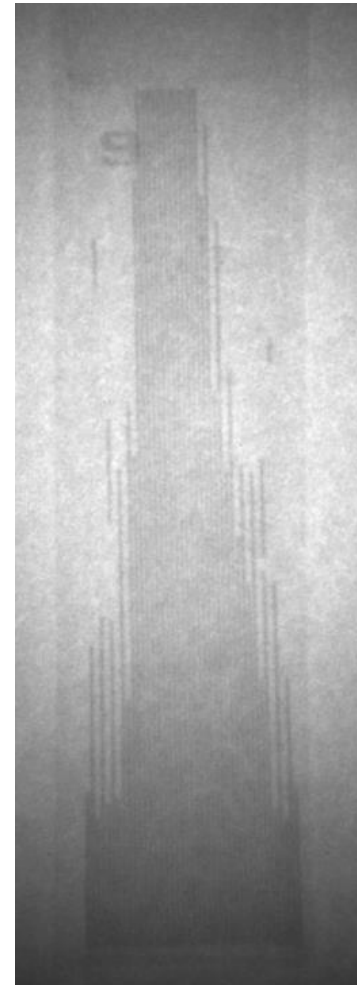


 Heating block
 Cooling block

22%



62%



■可視化結果

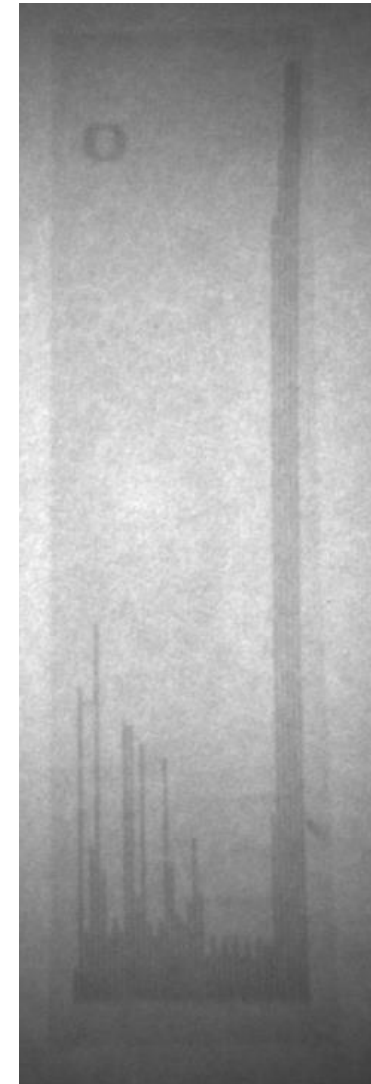
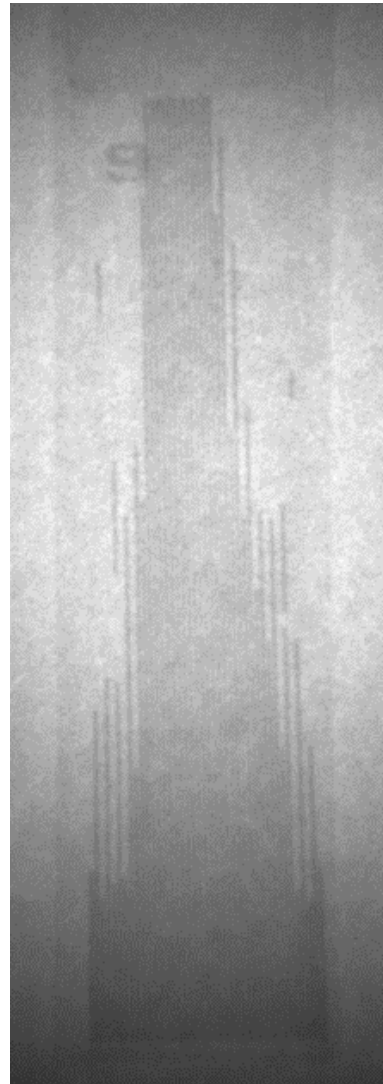
■熱伝導率評価

■内部流動評価



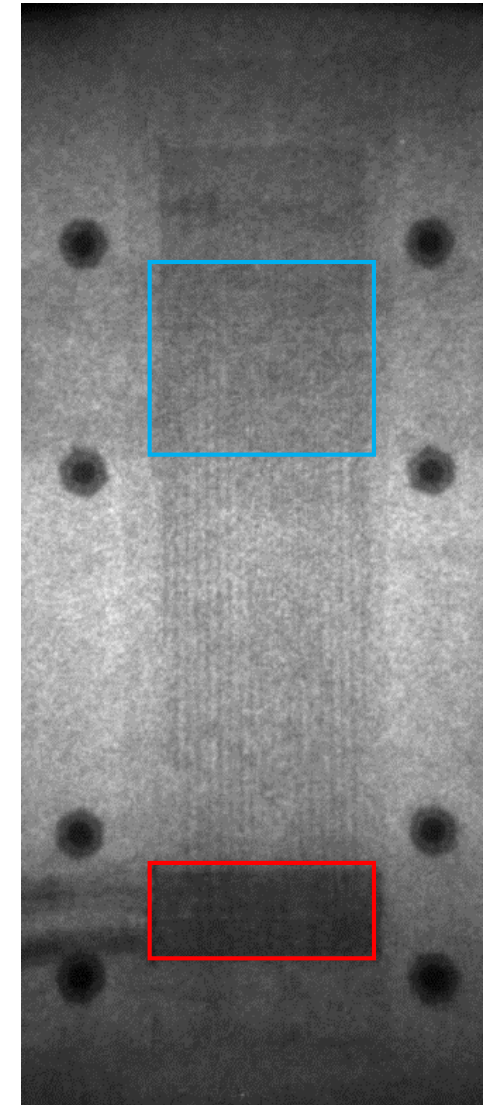
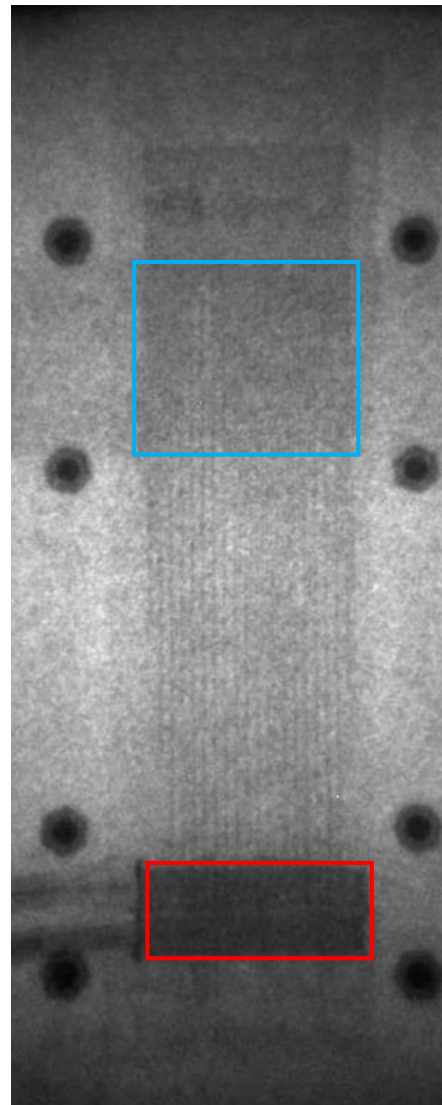
封入率

62%



22%

封入率：62%
設置姿勢：ボトムヒート
加熱量：120W
撮影レート：500fps



再生レート

500fps

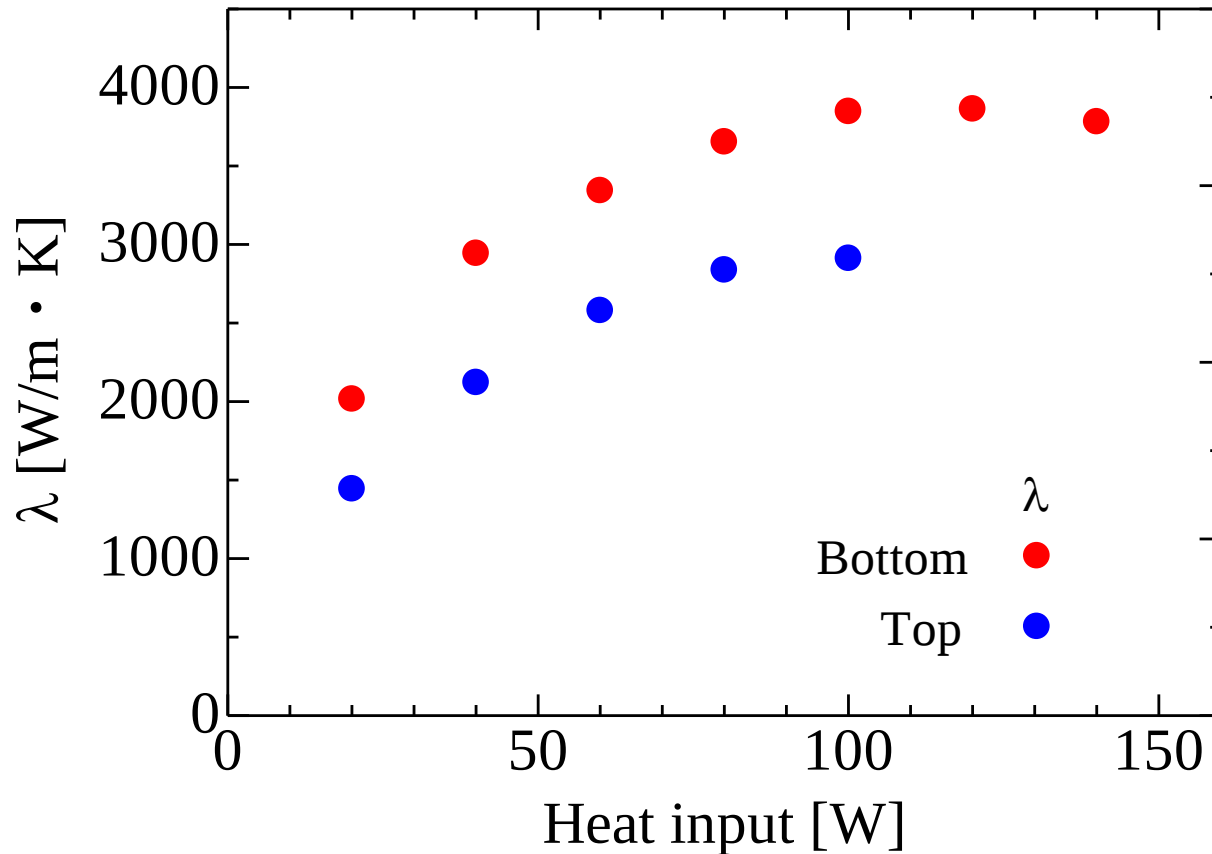
100fps

■可視化結果

■熱伝導率評価

■内部流動評価

62%での比較



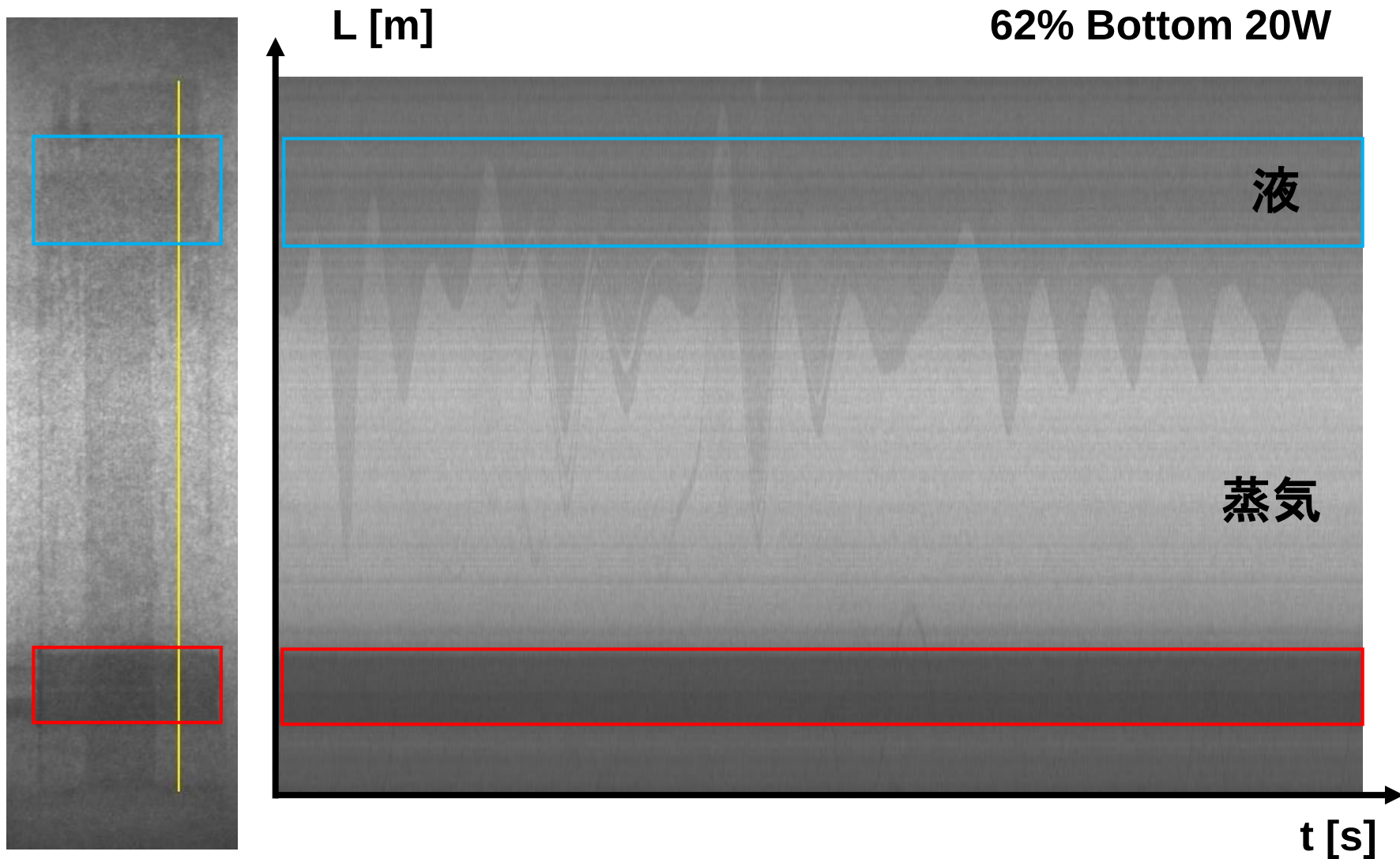
熱伝導率は全ての条件で
ボトムヒート>トップヒート

■可視化結果

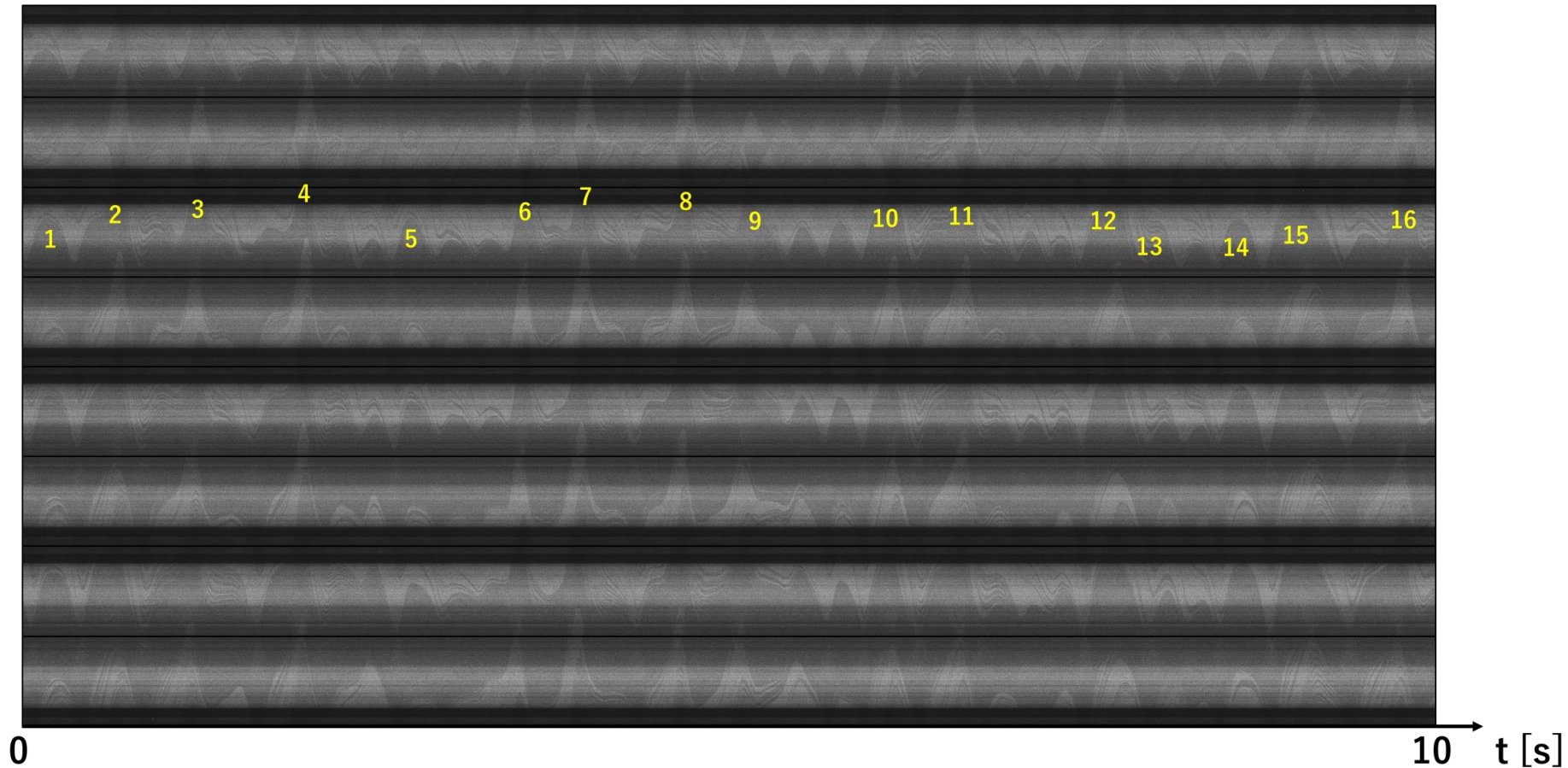
■熱伝導率評価

■内部流動評価

1本の流路の時間変化を示す画像



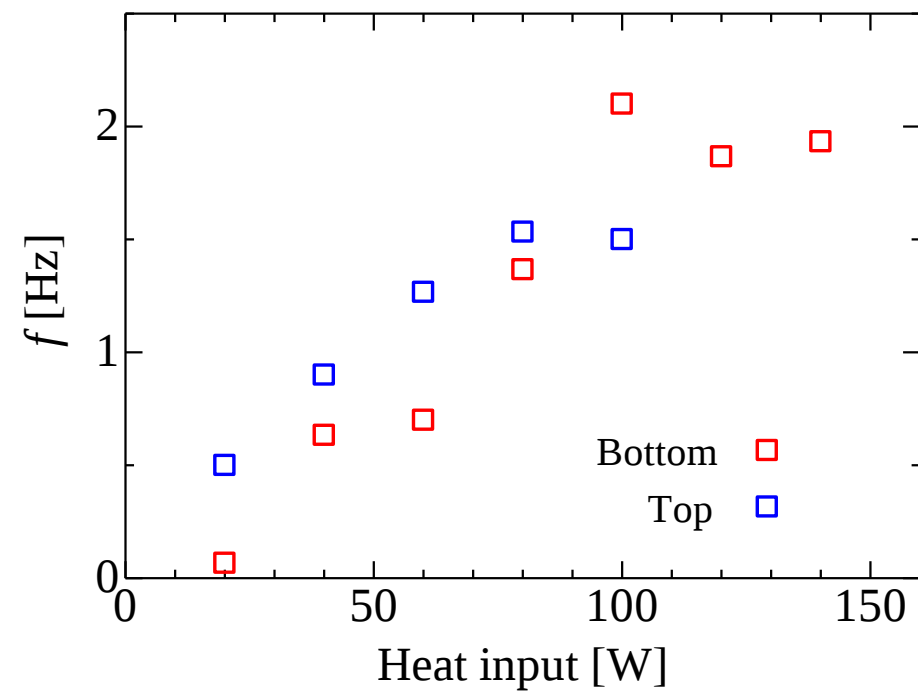
62% Bottom 120W



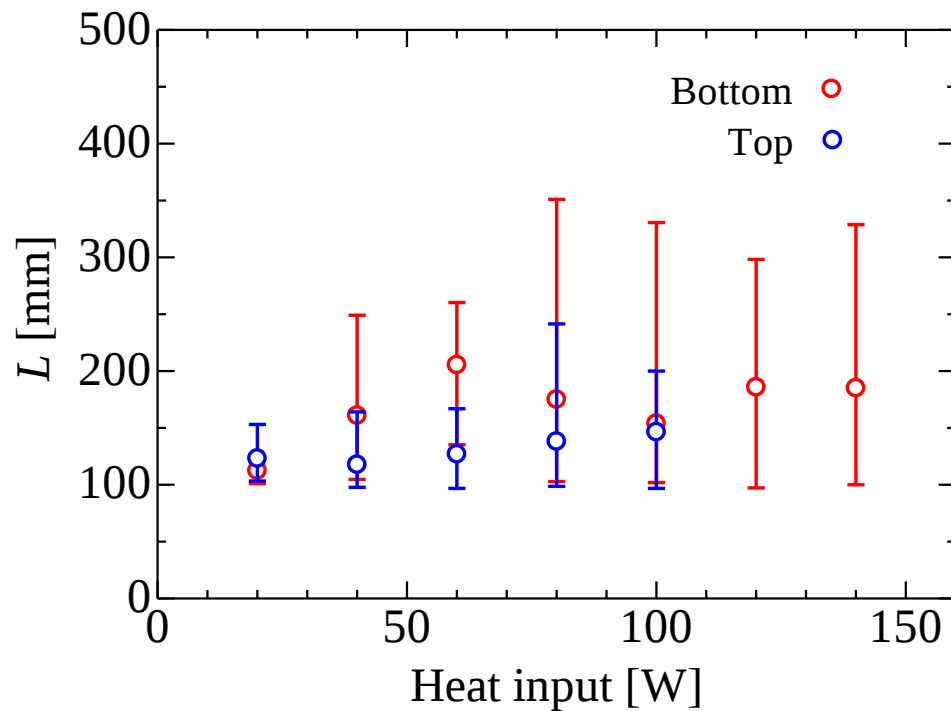
連結したTimeStrip画像から
振幅, 周波数, 液柱移動距離を算出

封入率62%の比較

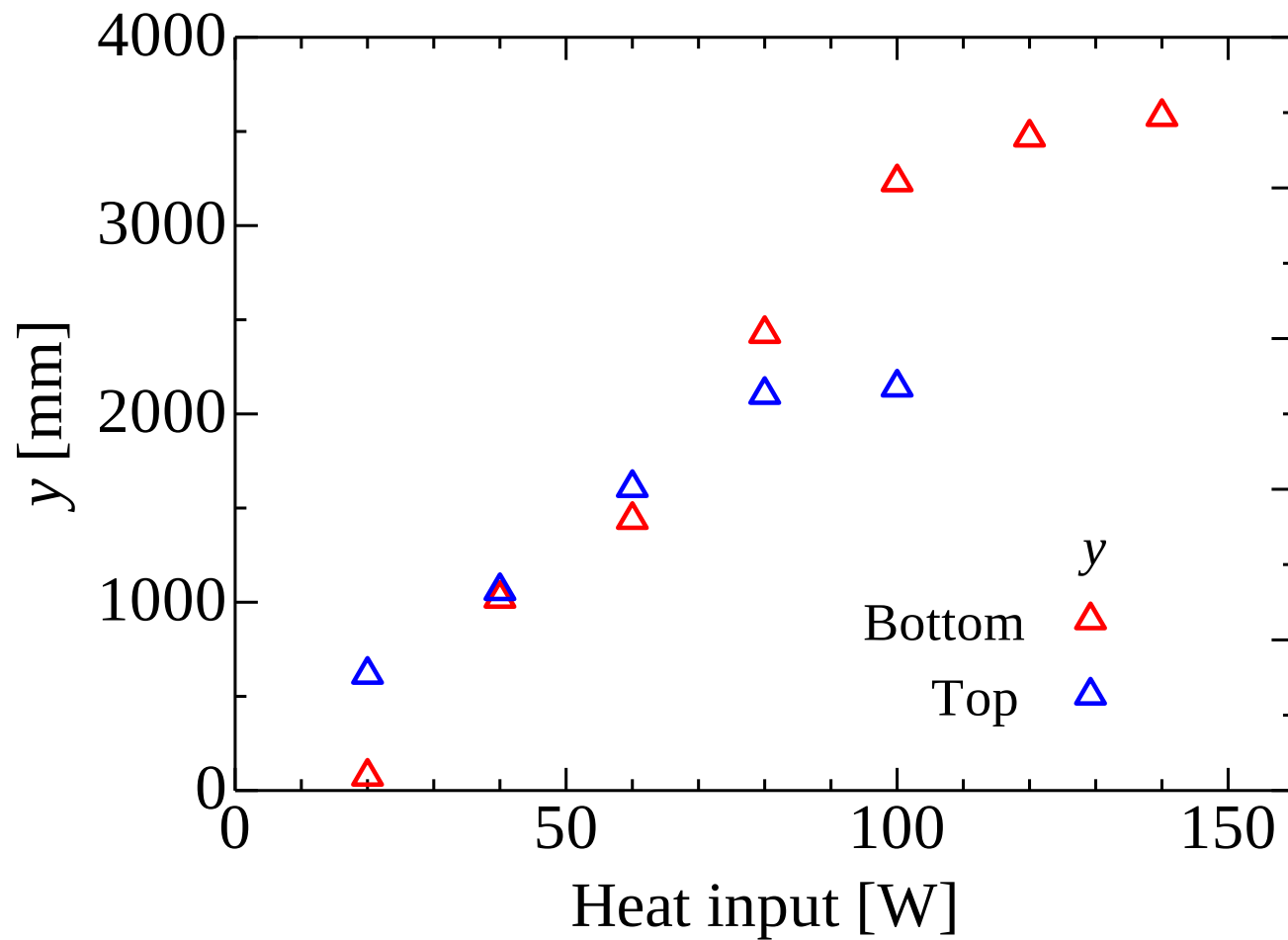
周波数

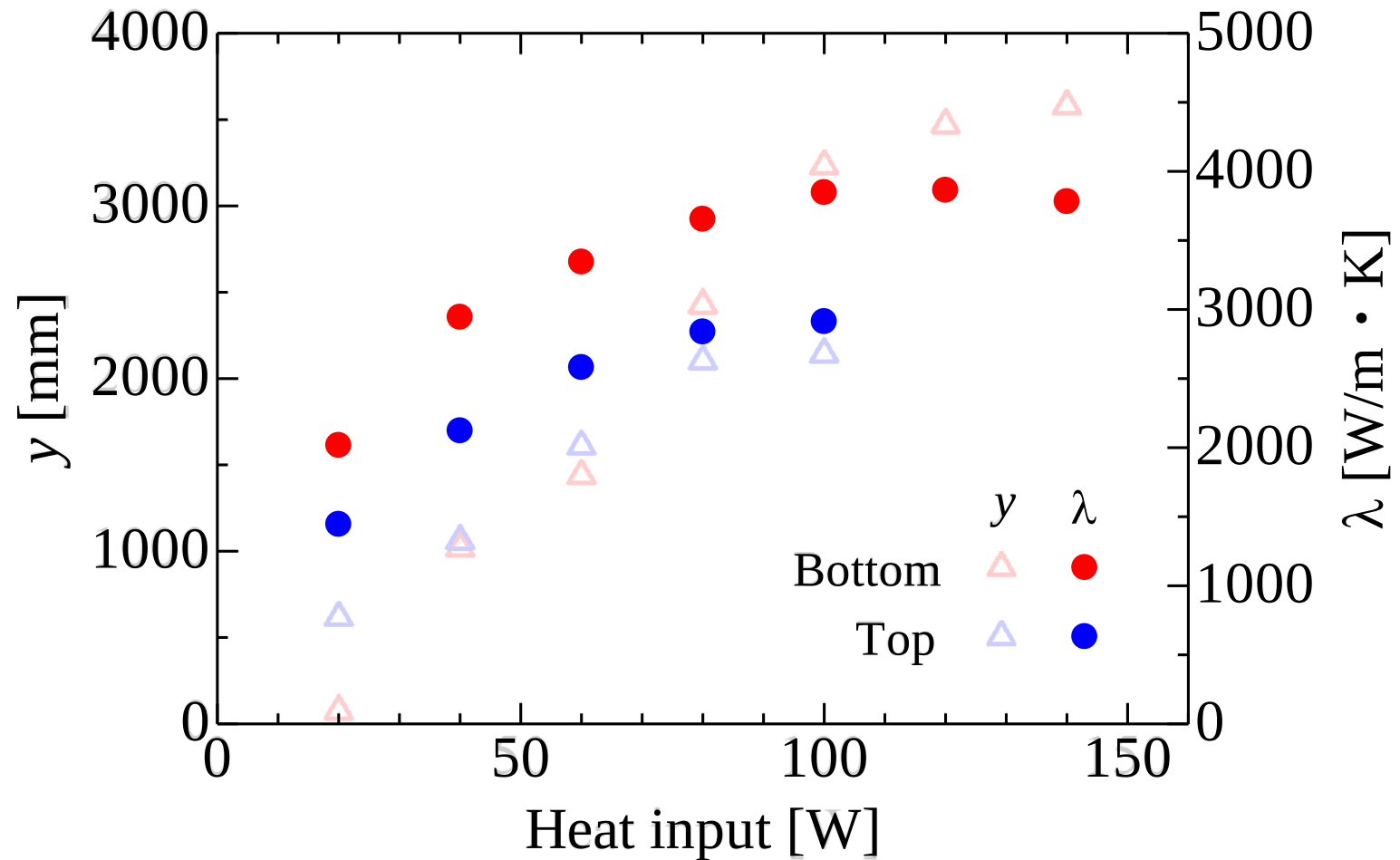


振幅



加熱量の増加に伴い
周波数増加





熱伝導率と液柱移動距離の相関あり

液柱移動距離大

→ 流路壁との熱交換による顕熱輸送量増加

自励振動ヒートパイプの設置姿勢変化による内部流動，熱伝達特性の影響把握を目的として，中性子ラジオグラフィを用いて内部流動を観察した．

- 中性子ラジオグラフィを用いることで，自励振動ヒートパイプの封入率が確認できた．
- ボトムヒートとトップヒートではボトムヒートのほうが熱伝導率が高い結果が得られた．
- 液柱移動距離と熱伝導率には相関が確認できた．
→ 液柱移動距離の変化が顕熱輸送量に影響を与える