

多数の分岐を有する開放型マイクロ流路上の自由表面流れ解析



Free surface flow analysis on open microfluidic channels

with a high degree of branching

東北大 AIMR ○(PC) 甲斐洋行

AIMR, Tohoku Univ. ○(PC) Hiroyuki Kai

E-mail: kai@tohoku.ac.jp

私達は以前、階層的に多数の分岐構造を有する開放型マイクロ流路である「フラクタル開放型流路」を設計した。^[1] 超疎水性基板の表面にフォトリソグラフィによって細長く幅に勾配のある超親水性領域を設けることで、水滴を捕捉して毛管力によって一方向に輸送する開放型マイクロ流路となる。作製したフラクタル開放型流路の表面に微小水滴を吹き付けると、階層的な分岐構造の流路に沿って水滴が段階的に輸送・融合することで、中央の焦点に水滴が高効率 (>70%)・高速 (<1s) に収集可能であることを実証した。少数のパラメータを変更することで構造の大きく異なる流路となり、任意の凸多角形を充填することが可能である。^[2] これにより、様々な形状の基板に対応して効率的な水滴収集が可能になると期待される。しかしながら、様々な流路構造のすべてについて流路を作製して水滴輸送・収集特性を実験的に測定するのは困難である。そこで本研究では、フラクタル開放型流路上での水滴の動的挙動を網羅的・系統的に理解して流路の設計指針を得ることを目指して、OpenFOAM ソフトウェアを用いた水の自由表面流れ解析を行った。

まず、複雑な流路構造を OpenFOAM の入力ファイルとして作成する方法を検討した。フラクタル開放型流路の親水部と疎水部についてそれぞれ STL ファイルを自作のスクリプトで出力し、その STL ファイルを元に cartesianMesh

プログラムを用いてメッシュを生成した。最小セルサイズを十分に小さく設定することで、精細な分岐を有するフラクタル開放型流路の親水部をほぼ忠実に表現できることが明らかとなった。生成したメッシュに対して、微小な水滴 3 個を流路の分岐末端付近に配置する初期条件を設定して、interFoam プログラムによる非圧縮性等温二相流の数値解析を行った。水滴が高速に (~10 ms) 周縁部の分岐点に集まった後、比較的ゆっくりと (~500 ms) 中央の焦点に輸送される様子が観察された (Figure 1)。これは、実デバイスにおける実験と同様の挙動であり、本研究で検討した数値解析手法の妥当性を示唆するものである。^[3]

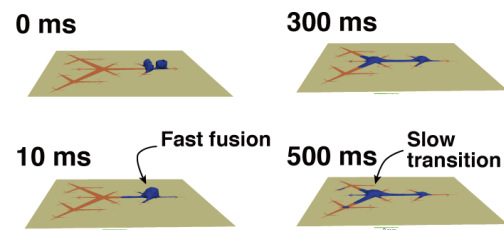


Figure 1. Fast fusion of droplets at the branching point followed by slow transition to the center.

【参考文献】

- [1] H. Kai, R. Toyosato, M. Nishizawa, *RSC Advances*, **2018**, 8, 15985.
- [2] H. Kai, *μTAS 2020*.
- [3] H. Kai, *submitted*.