

## 粒子・格子ハイブリッド解析手法の研究

報告書番号：R22JCWU03

利用分野：連携大学院

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20621/

### ● 責任者

溝渕泰寛, 航空技術部門航空機ライフサイクルイノベーションハブ

### ● 問い合わせ先

辻村光樹(早稲田大学)(hiroki-tsumimura@toki.waseda.jp)

### ● メンバ

辻村 光樹

### ● 事業概要

本事業は、液体燃料微粒化の新たな数値解析手法として、粒子・格子ハイブリッド解析手法を研究する事業である。粒子・格子ハイブリッド解析では、液体を粒子法(MPS法, JAXA ソフトウェア P-flow), 気体を格子法(有限体積法, JAXA ソフトウェア FaSTAR)で交互に計算し、両者をユーザーらの空気力モデルで双方向連成する。直交気流中における液体噴流分裂の計算をとおり、本解析手法の妥当性を評価する。

### ● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本年度の液体噴流計算では、MPS法の粒子数、有限体積法のセル数をそれぞれ約1,000万としており、今後は粒子数・セル数を増大する予定である。また、現状では、粒子の管理にはバケットと呼ばれる直交格子を、粒子法と格子法の情報交換には別な直交格子を使用しており、解析プログラムのメモリ使用量が大きい。さらに、粒子法と格子法の領域分割は別々に行っており一致しないため、粒子法・格子法間の情報交換におけるプロセス間通信量が大きい。そこで、メモリが大きく、ノード間通信が高速なスーパーコンピュータを利用することとした。

### ● 今年度の成果

今年度は2つの成果があった。1つめに、MPS法による自由表面流れ計算において、表面張力の効果を液体表面における圧力境界条件に与える surface tension as pressure (STP) モデルを考案した。静止液滴と楕円形振動液滴の挙動計算をとおりモデルを検証し、論文発表した(公表 [1])。2つめに、粒子・格子ハイブリッド解析手法により、直交気流中における液体噴流微粒化をさまざまな物理条件下で計算し、本解析手法の特性や適用範囲を調査した。液体噴流の流入速度に乱れを与えると、液柱分裂の進行が早まり、計算結果が実験に近づいた(図 1, 公表 [2])。ウェーバー数を変化させ

ると、液体噴流の分裂様式 bag, multimode, sheet-thinning がそれぞれ再現された。このとき、表面張力 STP モデルが結果の改善に貢献した。液気運動量比を変化させると、液柱軌道や噴霧の分布が実験に近い結果を得られた(図 2, 公表 [3])。

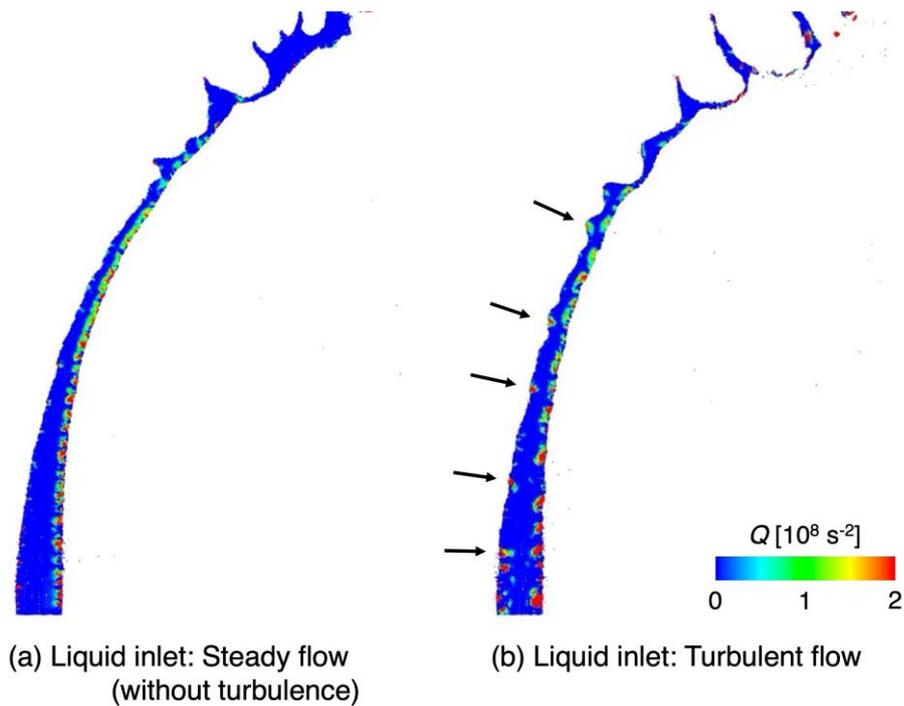


図 1: 液柱断面における速度勾配テンソルの第 2 不変量(Q 値)の分布. 流入速度に乱れを与えると (b), 図中矢印のように, 乱れに起因する渦が液柱表面の波立ち(レイリー・テイラー不安定)を促進した

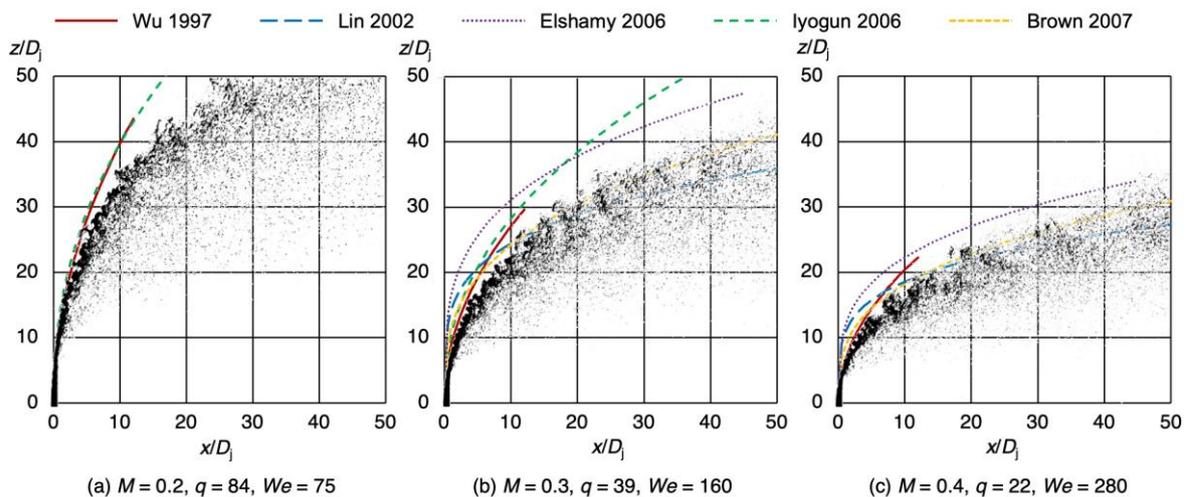


図 2: 異なる物理条件で計算した直交気流中における液体噴流分裂の全体像. 曲線は液体噴流軌道(気流上流側)の実験近似式

● **成果の公表**

-査読付き論文

[1] Tsujimura, H., Kubota, K., Sato, T., Applying surface tension as pressure boundary condition in free surface flow analysis by moving particle simulation method, Computational Particle Mechanics, Mar 2023. DOI: 10.1007/s40571-023-00575-0

-口頭発表

[2] 辻村光樹, 窪田健一, 佐藤哲也, 粒子・格子ハイブリッド法による乱流液体噴流の数値解析, 第27回計算工学講演会, A-05-04, 2022年6月.

[3] Tsujimura, H., Kubota, K., Sato, T., Particle-grid hybrid analysis of liquid jet primary breakup in gaseous crossflow, 11th Asia Joint Conference on Propulsion and Power, AJCPP2023-095, Mar 2023.

-その他

辻村光樹, 液体微粒化の粒子・格子ハイブリッド解析に向けた空気力と表面張力のモデル化, 早稲田大学博士学位論文, 2023年2月.

● **JSS 利用状況**

● **計算情報**

プロセス並列手法	MPI
スレッド並列手法	非該当
プロセス並列数	1 - 288
1 ケースあたりの経過時間	72 時間

## ● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.11

内訳

計算資源		
計算システム名	CPU 利用量(コア・時)	資源の利用割合※2 (%)
TOKI-SORA	0.00	0.00
TOKI-ST	875,059.99	0.87
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	3.71	0.00
TOKI-TST	0.00	0.00
TOKI-TGP	0.00	0.00
TOKI-TLM	0.00	0.00

ファイルシステム資源		
ファイルシステム名	ストレージ割当量(GiB)	資源の利用割合※2 (%)
/home	166.67	0.15
/data 及び/data2	2,666.67	0.02
/ssd	33.33	0.00

アーカイバ資源		
アーカイバシステム名	利用量(TiB)	資源の利用割合※2 (%)
J-SPACE	0.00	0.00

※1 総資源に占める利用割合：3つの資源(計算,ファイルシステム,アーカイバ)の利用割合の加重平均

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合

## ● ISV 利用量

ISV ソフトウェア資源		
	利用量(時)	資源の利用割合※2 (%)
ISV ソフトウェア(合計)	0.00	0.00

※2 資源の利用割合：対象資源一年間の総利用量に対する利用割合