

高速流中の微粒子間の流体力学的干渉に関する研究

報告書番号：R24JACA55

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2024/27468/

● 責任者

永田貴之，名古屋大学

● 問い合わせ先

永田貴之（名古屋大学，助教）(takayuki.nagata@mae.nagoya-u.ac.jp)

● メンバ

野々村 拓，永田 貴之

● 事業概要

流れ場に配置した粒子周りの圧縮性流れを Reynolds 数 $O(10^2)$ において Navier-Stokes 方程式の直接数値解析により調べる．これにより，亜音速から超音速流れ中の微粒子間の流体力学的干渉効果に関する基礎的知見を得る．粒子の揚力や抗力，モーメント係数に対する干渉の影響を明らかにするとともに，流れ場の速度分布や圧力分布など詳細な情報からその流体现象を調べる．本研究で対象とする流れ場は高速流れ中の微粒子が移流，衝撃波や乱流，剪断層を通過する際の条件を想定している．申請者のこれまでの研究で得られた単体粒子周りの高速流れの知見に加えて粒子間の流体力学的干渉を明らかにすることで圧縮性固気混相流の高精度モデリングに向けた基礎的知見を獲得する．

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

本研究では Navier-Stokes 方程式の直接数値シミュレーションによるパラメトリックスタディを行うため，大規模並列計算が必要となる．

● 今年度の成果

衝撃波粒子相互作用過程における粒子温度とマッハ数が抗力係数に与える影響を 3 次元圧縮性ナビエ・ストークス方程式の直接数値シミュレーションおよび軸対称シミュレーションにより調べた．3 次元シミュレーションと軸対称シミュレーションを実施した．粒子レイノルズ数は 300 に設定し，粒子マッハ数と粒子温度を変化させた．粒子表面には等温条件または断熱条件を課した．3 次元シミュレーションの結果，流れ場の軸対称性は衝撃波の伝播速度で正規化した時刻で少なくとも $t=7t_s$ まで維持されると分かった．また，軸対称シミュレーションと 3 次元シミュレーションで得られた抗力係数は，少なくとも $t=7t_s$ までほぼ等しかった．粒子温度と粒子マッハ数が抗力係数に与える影響がさまざまな条件下での軸対称シミュレーションによって明らかにされた．

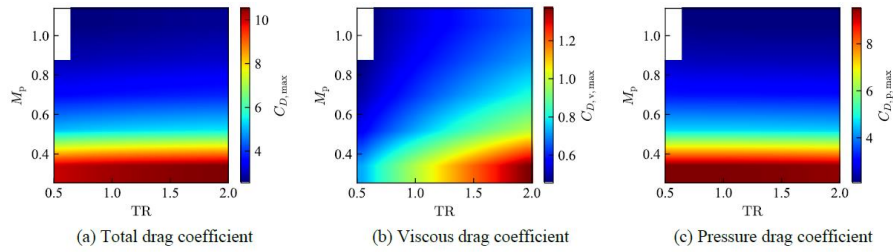


図 1: Peak value of drag coefficient.

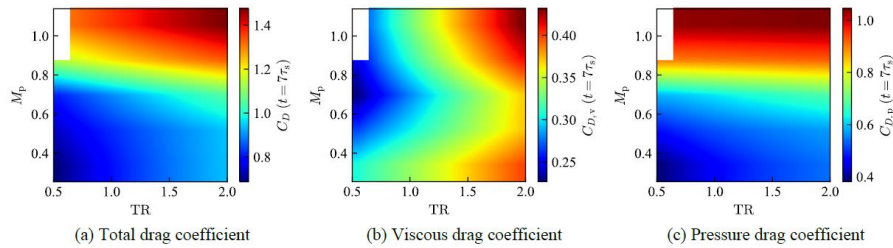


図 2: Drag coefficient at $t=7t_s$.

● 成果の公表

-口頭発表

高橋駿太, 永田貴之, 野々村拓, 「垂直衝撃波と干渉した粒子周りの流れに対する粒子表面温度および粒子マッハ数の影響」, 第 61 回 日本航空宇宙学会中部・関西支部合同秋期大会, 2024 年 11 月.

高橋駿太, 永田貴之, 野々村拓, 「DNS に基づく粒子温度および粒子マッハ数が衝撃波-粒子干渉流れに与える影響の解析」, 第 38 回数値流体力学シンポジウム, 2024 年 12 月.

高橋駿太, 永田貴之, 野々村拓, 「衝撃波-粒子干渉流れにおける抵抗係数に対する粒子温度およびマッハ数効果の解析」, 2024 年度衝撃波シンポジウム, 2025 年 3 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	OpenMP
プロセス並列数	1 - 324
1 ケースあたりの経過時間	20 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.04

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	1,018,753.07	0.05
TOKI-ST	0.00	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	0.00	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	54.45	0.04
/data 及び/data2	9,526.22	0.05
/ssd	0.00	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	17.95	0.06

※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