

極超音速流の境界層における乱流遷移の物理とモデリングに関する研究

報告書番号：R22JACA53

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20600/

● 責任者

大西直文, 東北大学

● 問い合わせ先

坂本広樹(東北大学大学院)(hiroki.sakamoto.s1@dc.tohoku.ac.jp)

● メンバ

大西 直文, 岡野 泰人, 坂本 広樹

● 事業概要

極超音速流を生成する地上実験施設である膨張波管は、超軌道再突入時の流れを地上で再現可能な衝撃風洞として注目されている。膨張波管では乱流遷移による試験気流への悪影響が懸念されているが、実際に乱流遷移が発生し得るのかは明らかでない。本研究では、膨張波管における乱流遷移の可能性を調査するために数値シミュレーションを実施した。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

乱流遷移の可能性を調査するためには微小な擾乱の伝播を捉えることが重要であり、数値的な擾乱および散逸を抑制した高解像度の数値シミュレーションが必要となる。このためには多くの計算コストを要するため、宇宙航空研究開発機構の所有するスーパーコンピュータの利用が不可欠である。

● 今年度の成果

膨張波管内を伝播する衝撃波の背後の境界層に人工的な擾乱を付加し、その擾乱の発展の様子を調査した。具体的には、膨張波管内を伝播する衝撃波背後の流れ場を、衝撃波が静止して見えるような慣性系（衝撃波静止系）に衝撃波速度を用いてガリレイ変換することで、準定常な流れ場とした。すなわち、衝撃波静止系で数値シミュレーションを実施した。さらにランダムな Blowing / Suction 擾乱を衝撃波背後の境界層の壁面に付加した。擾乱を付加した位置の後流における壁面圧力の変動によると、特定の波長の擾乱が成長することがわかった (Fig. 1)。これは付加した擾乱が流体力学的な不安定性により成長したことを示唆している。したがって、膨張波管ではこの不安定性により乱流遷移が発生する可能性があることがわかった。

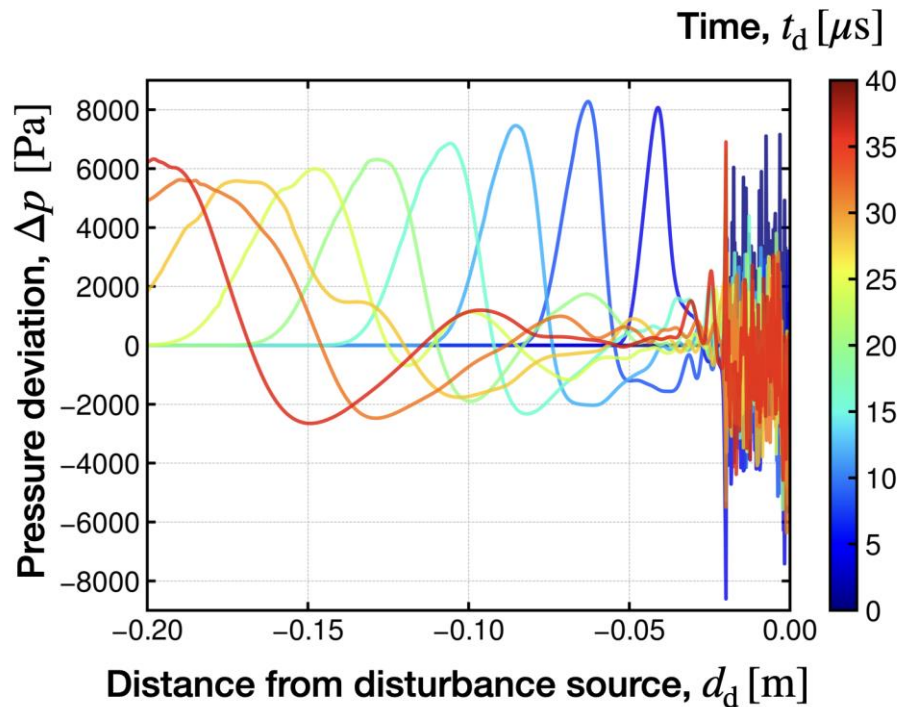


図 1: 擾乱を付加した位置の背後における壁面圧力の変動. 線の色は擾乱を付加してからの経過時間を表す.

● 成果の公表

-査読なし論文

1) Hiroki Sakamoto, Shintaro Sato, and Naofumi Ohnishi, "Computation of Hypersonic Boundary Layer Transition behind Propagating Shock Wave", AIAA Paper 2023-1233.

2) Yasuhito Okano, Shintaro Sato, Naofumi Ohnishi, and Hiroki Nagai, "Numerical Study on Suppression of Reentry Capsule Dynamic Instability in Transonic Flow", AIAA Paper 2023-0811.

-口頭発表

1) 岡野泰人, 佐藤慎太郎, 大西直文, 永井大樹, "再突入カプセルの遷音速動的不安定性抑制に関する数値的研究", 第 66 回宇宙科学技術連合講演会, 熊本市, 2022 年 11 月.

2) Hiroki Sakamoto, Shintaro Sato, and Naofumi Ohnishi, "Computation of Hypersonic Boundary Layer Transition behind Propagating Shock Wave", AIAA SciTech 2023 Forum, Washington D.C., January 2023.

3) Yasuhito Okano, Shintaro Sato, Naofumi Ohnishi, and Hiroki Nagai, "Numerical Study on Suppression of Reentry Capsule Dynamic Instability in Transonic Flow", AIAA SciTech 2023 Forum, Washington D.C., January 2023.

4) 坂本広樹, 佐藤慎太郎, 大西直文, "伝播する衝撃波背後の極超音速境界層の安定性に関する数値解析", 2022 年度衝撃波シンポジウム, つくば市, 2023 年 3 月.

5) 岡野泰人, 佐藤慎太郎, 大西直文, 永井大樹, "揚力型再突入カプセルの遷音速動的不安定性抑制に関する一自由度運動数値解析", 日本航空宇宙学会北部支部 2023 年講演会ならびに第 4 回再使用型宇宙輸送系シンポジウム, 角田市, 2023 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	非該当
プロセス並列数	12 - 2160
1 ケースあたりの経過時間	120 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.42

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	2,227,770.99	0.10
TOKI-ST	2,584,039.87	2.58
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	1,289.16	0.81
TOKI-LM	9,802.54	0.66
TOKI-TST	90,148.96	2.38
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	23.33	0.02
/data 及び/data2	30,820.00	0.24
/ssd	233.33	0.03

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