

圧縮性境界層における層流—乱流遷移後期過程の非線形渦動力学の解明

報告書番号：R22JACA13

利用分野：JSS 大学共同利用

URL：<https://www.jss.jaxa.jp/ar/j2022/20583/>

● 責任者

松浦一雄, 愛媛大学

● 問い合わせ先

松浦一雄(matsuura.kazuo.mm@ehime-u.ac.jp)

● メンバ

松浦 一雄

● 事業概要

音速の5倍以上の速さを有する極超音速流れが物体回りに形成する粘性境界層流れにおける層流から乱流への遷移過程は、我々が普段経験する低速流れの遷移と比較して、境界層の内部で音速より遅い領域と音速以上の領域が混在するなど密度変動や温度変動といった複雑因子が多く、それらの相互作用も多彩となるため、その渦動力学に関する詳細解明の発展が期待されている。本研究では、極超音速流れで見られる圧縮性境界層における層流—乱流遷移の直接シミュレーションを実施し、後期過程における非線形渦動力学を解明することが目的である。同時に、後期過程を担う渦を直接的に誘起する方法論の開発およびその数値計算法の開発を行っている。

● JAXA スーパーコンピュータを使用する理由と利点

極超音速流れにおける境界層遷移は、風洞自体による擾乱環境が存在し実験計測が困難であるため遷移現象の解明のためには数値シミュレーションが中心的な研究手段となる。一方で、境界層遷移は擾乱に敏感であり、また極超音速流れの強い圧縮性によって遷移が起こりにくくなるため、高精度な大規模計算を短時間で可能にする最新鋭のスパコンが研究のフロンティアを牽引する役割を担っている。

● 今年度の成果

乱流流れの中の、殆どすべての主要な渦領域(ある変数による局所的連結構造)を自動的(機械的)に抽出・タグ付け・追跡し、それら相互間の階層性を求めることができ、尚且つ局所的な動力学に関わる数式項も分析可能な画期的新技术「階層的渦クラスタリング」の開発に世界で初めて成功した。また、これまで詳細が未解明だったリングトーン流れに関して流れと音の相互作用を解明できた。

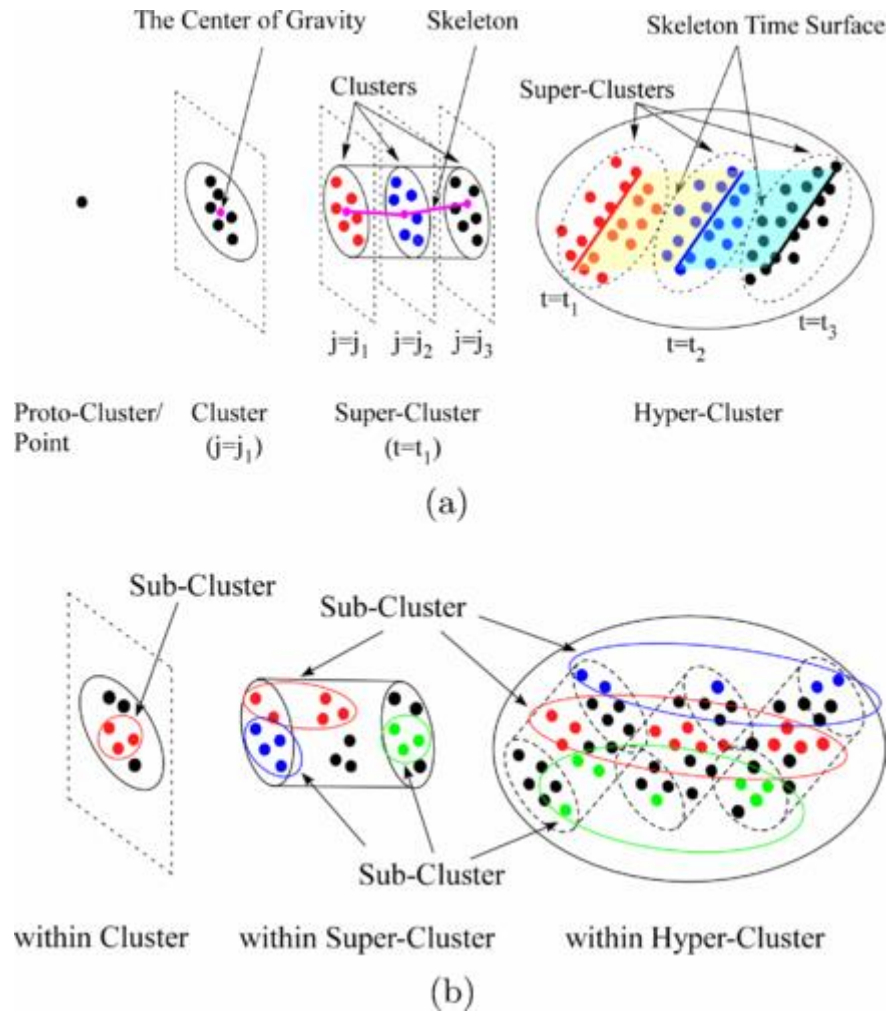


図1: 提案した階層的クラスタとその部分集合. これらのクラスタは p クラスタとして統一的に表現され, p はプロト, サブ, スーパ, ハイパに置き換えられる(単純なクラスタは接頭辞を持たない). (a) 様々なレベルの基本的なクラスタ. クラスタは左から右へと構築され, それに応じてクラスタのレベルも下から上へと上がっていく. (b) 基本クラスタ内のサブクラスタリング

● 成果の公表

-査読付き論文

(1) Kazuo Matsuura, Yasuhide Fukumoto,

Hierarchical Clustering Method of Volumetric Vortical Regions with Application to the Late-Stage of Laminar-Turbulent Transition, *Physical Review Fluids*, 7 054703, pp. 1-46 (2022).

(2) Kazuo Matsuura, Koh Mukai, Mikael Andersen Langthjem,

Computational and experimental study on the mechanism of ring tone, *International Journal of Computational Methods and Experimental Measurements*, WIT Press, pp. 1-14 (2022) (accepted).

● 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	自動並列
プロセス並列数	16 - 64
1 ケースあたりの経過時間	168 時間

● JSS3 利用量

総資源に占める利用割合※1 (%) : 0.02

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	525,398.64	0.02
TOKI-ST	0.00	0.00
TOKI-GP	0.00	0.00
TOKI-XM	0.00	0.00
TOKI-LM	194.02	0.01
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	10.00	0.01
/data 及び/data2	100.00	0.00
/ssd	100.00	0.01

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