

ISS・きぼう利用ミッション
「マランゴニ対流におけるカオス・乱流とその遷移過程 (Marangoni Exp)」
研究成果概要書
代表研究者；西野耕一 (横浜国立大学)
平成 29 年 3 月

1. 概要

本報告書は、2008年8月から2013年2月までに実施された計5シリーズの宇宙実験（通称 Marangoni Experiment in Space : MEIS）の科学成果を報告するものである。最終シリーズの MEIS-5 が終了してから4年間が経過しており、ジャーナル論文としての公表とは別に、既にこれまでに複数の学会誌の特集号が生まれ、本宇宙実験の学術的成果等に関する総括的な報告と解説がなされている。具体的には次の通りである。

- ・特集1：マランゴニ/MEIS, 日本マイクロ重力応用学会誌, **26(3)**, 150-190(2009)【計41頁】
- ・特集：国際宇宙ステーション日本実験棟「きぼう」における流体実験, 日本流体力学会誌「ながれ」, **30(1)**, 3-24(2011)【計22頁】
- ・特集：MEIS 実験 (Marangoni Experiment in Space) , Int. J. Microgravity Science and Application, **31(Supplement)**, S2-S79(2014)【計78頁】

本報告書は、ジャーナル論文での公表内容（計31編）から、主たる科学成果を抜粋して記述したものである。

2. 研究目標

本研究は、以下の優先順位を付した3点を研究目標とする。

- (1) 振動流遷移：液柱マランゴニ対流の不安定性現象として、定常流から振動流へと遷移する条件（臨界値）と振動モードを明らかにする。過去の微小重力実験（小型ロケット実験およびスペースシャトル実験）から報告されている「臨界マランゴニ数の液柱寸法依存性」の有無を検証する。地上では実現不可能な長い液柱に対する臨界値を明らかにし、無限長液柱に対する理論値と比較する。短い液柱では実験の難しい高プラントル数流体について臨界値を定める。臨界値に与える加熱速度の影響と液柱体積比の影響を明らかにする。
- (2) カオス化過程：長時間微小重力環境を必要とする大型液柱を用いて、高マランゴニ数条件で発生すると考えられるカオス化過程を観察する。その特性を、流れ場の3次元計測、表面温度分布計測、表面流速計測で定量化する。
- (3) PAS (particle accumulation structure)：高マランゴニ数条件において発生すると考えられる粒子集合現象 PAS の3次元構造を観察する。そのために、地上実験では不可能な高マランゴニ数条件を実現する。液柱寸法と粒子サイズを変えて PAS 発生への影響を調べる。

3. 科学的サクセスクライテリアの達成状況

次表の通りである。

表1 MEISの科学的サクセスクライテリアの達成状況

サクセスレベル	クライテリア	達成度	判定の根拠
Minimum Success	<ul style="list-style-type: none"> 振動流遷移の臨界温度差を幅広い液柱アスペクト比で決定すること 	◎	<ul style="list-style-type: none"> 広範なアスペクト比(0.1~2.0)において臨界温度差を10%以内の確度で決定することに成功した。 アスペクト比0.5を超える範囲の臨界点決定は、「きぼう」宇宙実験で初めて取得に成功したものである。
Full Success	<ul style="list-style-type: none"> 振動流の周方向モード数およびモード構造を明らかにし、高アスペクト比における振動流モードの遷移の有無を確認すること 臨界点から数倍大きい高マランゴニ数条件までの対流の遷移過程の観察、およびカオス流・乱流への移行の確認と定量的観察を行うこと 大径液柱でのPAS (Particle Accumulation Structure) 発生有無を確認し、その構造の観察を行うこと 	◎	<ul style="list-style-type: none"> アスペクト比と周方向モード数の関係を明らかにし、高アスペクト比での軸方向の渦構造を三次元粒子追跡法および表面温度伝搬の解析により明らかにした。 臨界点から12倍までのマランゴニ数範囲において、遷移過程の観察を行い、リアプノフ指数や並進誤差などカオス解析の手法を取り入れ特徴を初めて明らかにした。 地上で発生する条件と異なる範囲での大径液柱でのPASの観察に成功し、その構造を解析した。
Extra Success	<ul style="list-style-type: none"> 高アスペクト比の条件で周方向モード数=0が出現するか否かを決定すること 液滴におけるマランゴニ対流およびPASを観察すること 	○	<ul style="list-style-type: none"> 周方向モード数ゼロについては、出現しなかった。 半球液滴の形成や、液柱の再形成に成功し、液滴に発生するマランゴニ対流やPASの観察を行った。

4. 成果の公表状況

	直接的内容	関連内容
原著論文	31件 (内、IF付き24件)	26件 (内、IF付き15件)
学会発表	68件	35件
解説記事・著作など	20件・1件	3件
特許出願	2件	—
報道	18件	—

(以上)