

「きぼう」のgジッターが液柱マランゴニ対流に及ぼす影響について

横浜国立大学 清水裕貴, 西野耕一, 諏訪東京理科大学 河村 洋, 東京理科大学 上野一郎
宇宙航空研究開発機構 松本 聡, 大西 充, 依田真一, 田中哲夫

The Effects of G-jitter in “KIBO” on Marangoni Convection in a Liquid Bridge

*Yuki Shimizu, Koichi Nishino, Yokohama National University**

Hiroshi Kawamura, Tokyo University of Science, Suwa

Ichiro Ueno, Tokyo University of Science

Satoshi Matsumoto, Mitsuru Ohnishi, Shinichi Yoda, Tetsuo Tanaka, Japan Aerospace Exploration Agency

*Yokohama National University, 79-5 Tokiwadai, Hodogaya-ku, Yokohama 340-8501

E-mail: b0641077@ynu.ac.jp

Abstract

Fluid physics experiment started on 2008 as the first science experiment on “KIBO”. In MEIS experiment, a liquid bridge has been large oscillation. Relationships between oscillation of the liquid bridge at $Ar=0.5, 2.0$ and g-jitter in “KIBO” are clarified, and Methods of scaling g-jitter to reproduce liquid bridge behavior obtained in space experiment on the ground similarity was investigated. The results of experiment under reproduced liquid bridge behavior on the ground using by g-jitter simulator showed liquid bridge resonance have little effect on critical temperature and oscillation mode on Marangoni convection.

1. はじめに

2008年度より、実際に国際宇宙ステーション (ISS)の日本実験棟である「きぼう」において、液柱マランゴニ対流実験をはじめとする様々な実験が行われ始め、世界で初めて地上では作成できなかった大きな液柱でのマランゴニ対流現象の観測が可能となり多くの結果が得られた。しかし ISS では実験を行う上で g ジッターと呼ばれるクルーの活動や計器類の振動から生じるランダムな加速度振動の存在が問題となっており、実際に実験中において液柱が持続的に大きく振動する場面が多々観測された。これより液柱自身の振動による液柱マランゴニ対流の振動流遷移点及び振動モードへの影響を把握する必要があると考えられる。

そこで本研究では 2008,2009 年度に「きぼう」で行われた実験で観測された液柱の挙動を解析することで g ジッターと液柱挙動の関係を明らかにし、また地上の実験装置である g ジッターシミュレータを用いて「きぼう」の液柱と同様の挙動を地上で再現させ、振動の有無により内部振動流の特性に変化が生じるかどうかを明らかにすることを目的とした。

2. 実験方法及び実験装置

実験装置の概略図 Fig.1 に示す。直径 5mm の上下部ディスクの間にシリコンオイルを注入し液柱を形成する。上部ディスクをリボンヒータで加熱、下部ディスクをペルチェ素子で冷却することによりマランゴニ対流を発生させ、上下ディスク温度差を増大させる。実験は温度差が層流から振動流への臨界温度差まで十分な温度差を与える。トレーサ粒子はおよそ粒径 $5\mu\text{m}$ のナイロン 12 を用いた。

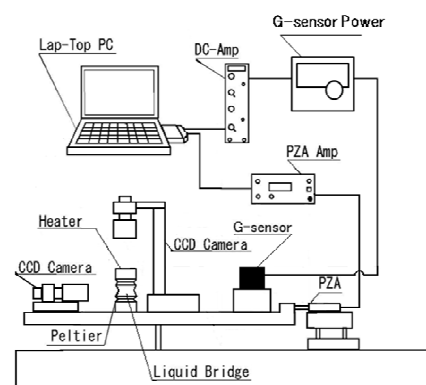


Fig.1 Experimental apparatus

液柱の端面可視化はコールドライトを液柱周方向より照射し振動モード撮影用の上部端面、及び液柱の振動挙動撮影用の側面の2点から CCD カメラで撮影する。CCD カメラ画像データは上部は 30[fps]、側面部は 150[fps]にてサンプリングされる。

g ジッター再現部はピエゾアクチュエータを用いて加速度振動を与え、3 軸加速度センサーで得られた加速度データを PC でリアルタイムフィードバックさせ出力を調整し任意の g ジッターを再現できるようになっている。

3. 液柱挙動及び g ジッターの解析

まず 2009 年度に観測された液柱の振動挙動を解析を行った。Fig. 2 には液柱の共振周波数の理論値と宇宙実験で得られた $Ar=0.5, 2.0$ の液柱の振動周波数を示している。液柱が共振周波数とほぼ同じ周波数で振動していることより液柱が共振を起こしていることが判明した。また「きぼう」の g ジッター環境の解析を行った。Fig.3 には 2009 年 8 月 5 日 0 時 7 分から 10 分間の MEIS 実験中の g ジッターの解析を行った結果を示した。図からわかるように ISS のクルーが活動している可能性がある時間帯において、「きぼう」で生じる g ジッターのピーク値がこれらの条件の液柱の共振周波数と一致しやすいことが判明した。

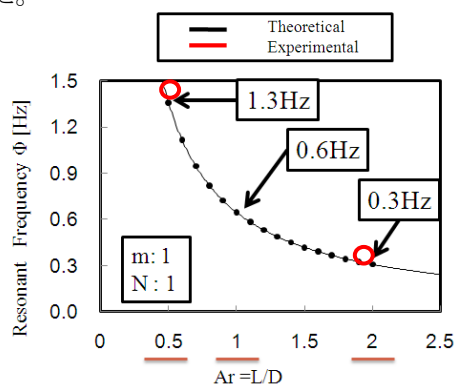


Fig.2 Resonance frequency at each Ar

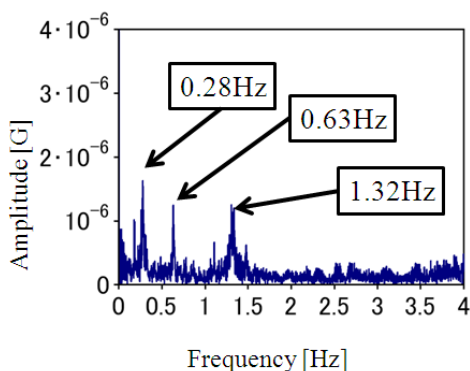


Fig.3 Spectrum analysis of g-jitter (2009/08/05_00:07~00:17)

これらの結果をふまえ、地上で実験をする際地上でも液柱が g ジッターにより共振するように地上の液柱のスケールに合わせ、印加する g ジッターに対して適切なスケールを施した。作動流体に対しても宇宙実験が $5cSt$ を用いたのに対し、地上では $2cSt$ を用いた。

4. 実験結果

スケールを施した g ジッターを印加した結果地上の液柱は、宇宙実験と相似な液柱挙動を示した。この状態のもとで地上において液柱マランゴニ対流実験を行った。 $Ar=0.5$, 体積比 0.95, 作動流体 $2cSt$ で振動流への臨界温度差をプロットしたものを Fig.4 に示す。図からわかるように、g ジッターの有無による振動流への遷移点の変化は見られなかった。また振動モードに関しても観察した結果、同様に明確な変化は見られなかった。



Fig.4 Critical temperature of liquid bridge with and without g-jitter

5. 結論

「きぼう」において、液柱マランゴニ対流実験において、g ジッターの存在により共振を起こしやすい条件の液柱があることが判明した。ただし液柱の共振現象は液柱マランゴニ対流の振動流遷移点及び振動モードに影響を及ぼさないが明らかとなった。

参考文献

- [1] 田辺 真一, “g-ジッターシミュレータにおける内部流動の可視化観測”, 平成20年度横浜国立大学大学院修士論文(2008)pp.56-65
- [2] Naoki ICHIKAWA, Masahiro KAWAJI, “Resonance behavior of liquid bridge caused by Horizontal vibrations”, *Microgravity Appl*, 20,4, (2003), pp.292-300.
- [3] A. SANZ and J.LOPEZ DIEZ., “Non-axisymmetric oscillations of liquid bridge”, *J. Fluid Mech*, 205,(1985),pp. 503-521.