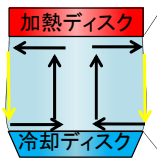


国際宇宙ステーションにおける液柱マランゴニ対流の時空間構造に関する研究

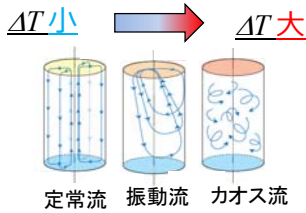
Experimental Study on Spatio-Temporal Structure of Marangoni Convection in Liquid Bridge on International Space Station
 ○清水隆弘(筑波大院), 松本聡(JAXA), 金子暁子, 阿部豊(筑波大)
 新開歩, 小宮敦樹(東北大), 依田眞一(JAXA)



研究背景



流動遷移



対流の強さを表すパラメータ

$$Ma = \frac{\sigma_T \Delta T L}{\rho \nu a}$$

表面張力
粘性力

σ_T : 表面張力温度係数
 ΔT : 温度差
 α : 熱拡散率
 ν : 液の動粘性係数
 L : 液柱高さ
 ρ : 密度

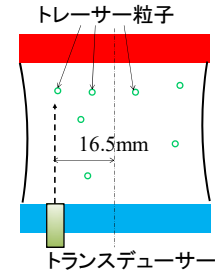
研究目的

Maを増加させ、振動流における内部流速を調査
アプローチ
 UVP(Ultra-sonic Velocity Profiler)計測を用い、マランゴニ対流内の流速分布を計測

解析

・パワースペクトル ・固有直交分解 ・Global entropy

実験装置



試験流体

5cSt silicone oil
 プラントル数 $Pr = 68$

サイズ条件

ディスク直径 $D = 50\text{mm}$
 液柱高さ $L = 25\text{mm}$

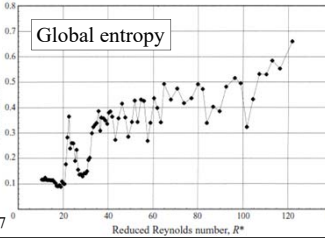
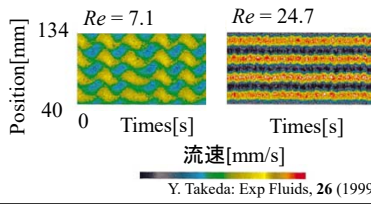
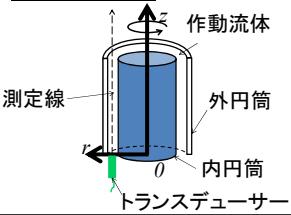
アスペクト比 $= \frac{L}{D} = 0.5$

温度条件

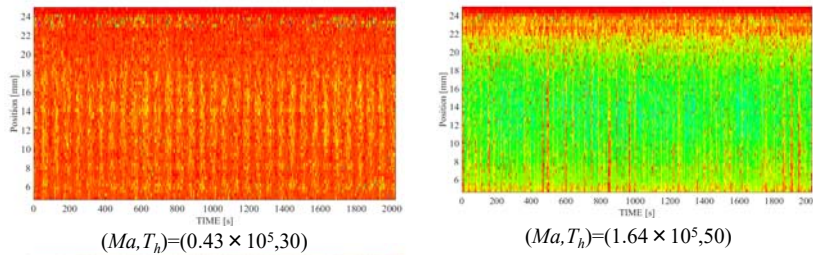
加熱ディスク温度 T_h
 30, 40, 50, 60, 70°C
 冷却ディスク温度 T_c
 20°C

既存研究

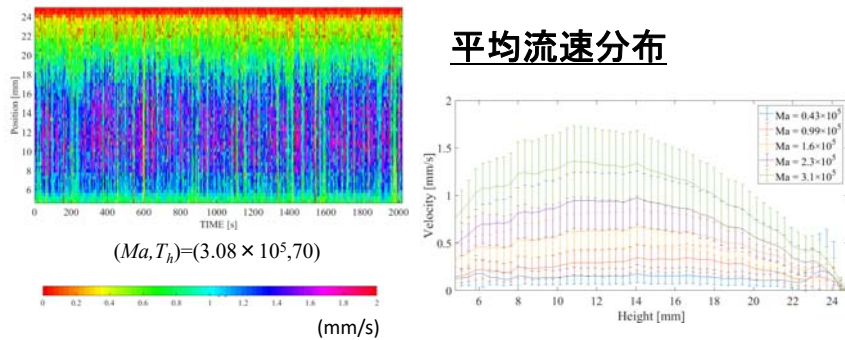
(UVP計測によるテ일러・クエット流れ)



時空間速度分布

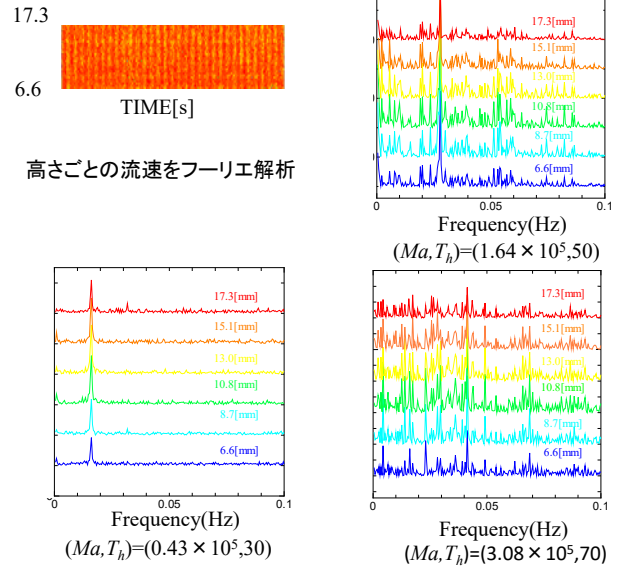


平均流速分布



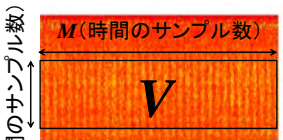
・ Ma, T_h の増加に伴い、平均流速、時間変動(標準偏差)の増加

パワースペクトル



・ Ma の増加に伴い、ピーク周波数高
 ・ $Ma = 0.43 \times 10^5$: 固有周波数と高調波のみ
 ・ $Ma > 0.43 \times 10^5$: 変調成分の発現

固有直交分解



$$V = M \times N = 11000 \times 31$$

解析

固有値 $\{e_j\}_{j=1 \dots N}$ と固有ベクトル $\{f_j\}_{j=1 \dots N}$

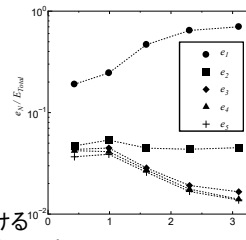
固有値 : モードのエネルギー
 固有ベクトル : モード、振動の構造

もっとも大きい固有値を5つ選定

$$(e_1 > e_2 > \dots > e_5)$$

$$E_{total} = \sum_{i=0}^N e_i$$

e_N / E_{total} : 全体エネルギーにおけるそれぞれの固有値が占める割合



・ e_1 : Ma の増加に伴い、 e_N / E_{total} の増加
 ・ e_3, e_4, e_5 : Ma の増加に伴い、 e_N / E_{total} の減少

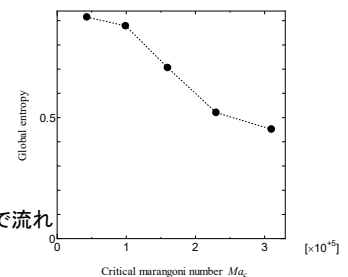
Global entropy

$$E_{total} = \sum_{i=0}^N e_i$$

$$p_i = \frac{e_i}{E_{total}}$$

$$H = -\frac{1}{\ln N} \sum_{i=0}^N p_i \ln p_i$$

H が小さいほど、少ない構造で流れが支配されている



・ Ma の増加に伴い、 H の減少
 ・ Ma が大きい: e_1 による振動の構造が支配的

結言

・ Ma, T_h の増加に伴い、平均流速、ばらつき(標準偏差)の増加
 ・ $Ma = 0.43 \times 10^5$: 固有周波数と高調波のみ
 ・ $Ma > 0.43 \times 10^5$: 変調成分の発現

Ma の増加に伴い

ひとつのモードの持つエネルギー大
 少ない構造で流れが支配的

高マランゴニ数において、 e_1 が流れを構成している

参考文献

- (1) H. Kawamura, K. Nishino, S. Matsumoto and I. Ueno: J. Heat Transfer, **134** (2012) 031005.
- (2) T. Matsugase, I. Ueno, K. Nishino, M. Ohnishi, M. Sakurai, S. Matsumoto and H. Kawamura: Int. J. Heat Mass Transfer, **89** (2015) 903.
- (3) T. Yano, K. Nishino, H. Kawamura, I. Ueno, S. Matsumoto, M. Ohnishi and M. Sakurai, Exp Fluids, **53** (2012) 9.
- (4) Y. Takeda: Exp Fluids, **26** (1999) 177.