

臨界マランゴニ数の解明

Analysis of Critical Marangoni Number

宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所, ○依田真一, 松本聡

Institute of Space and Astronautical Science/Japan Aerospace Exploration

Agency: Shinichi Yoda, Satoshi Matsumoto

E-mail: Yoda.Shinichi@Jaxa.Jp

マランゴニ対流は液体の自由表面における温度差或いは濃度差に起因した表面張力差で流れが起こる現象である。温度差を大きくしていくに従い表面張力さも大きくなり早い流速と成る。温度差を大きくするとある温度差で、軸対象の流れから非軸対象の振動的流れに遷移する。これまで宇宙実験も含めて多くの実験が円柱形液柱で行われてきた。図 1 にこれらの内、ほぼ同一のアスペクト比 (液柱長さ/液柱直径の比)、プラントル数 Pr の定常流から振動流に遷移するマランゴニ数 Ma の関係を示す。 Ma 数は無次元数であり、いわば表面張力流の強さを示す指標である。流体力学では、多くの無次元数が存在するがその根拠は相似則が成立することにある。図 1 では、ほぼ同じアスペクト比であるにも関わらず相似則が成立していない事が解る。なお、この図中で直径 5 mm までは、地上実験結果で、5 mm 以上はロケット実験の結果である。5 mm がシリコンオイルの場合地上で液柱形成出来る最大径であり、これ以上では、微少重力が必要となる。

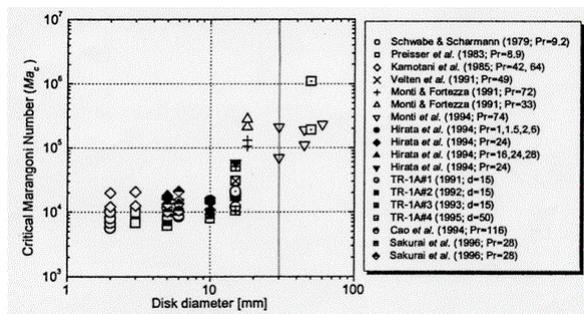


図 1 : 臨界マランゴニ数と直径の関係

この様にマランゴニ対流の遷移課程においては相似則が成立しないことがこれまで長年の流体科学における長年の課題であった。JAXA では、2008 年から直径 30 mm の実験 (代表研究者: 河村洋(東京理科大)、西野 (横浜国大)) を行い、2011 年には直径 50 mm (代表研究者: 依田真一) の実験を実施してきた。図 2 に、液柱直径 30mm、50 mm の結果を示す。ここでは、アスペクト比を変えた実験結果を示している。図中赤は 50 mm 直径、黒が 30 mm 直径の結果であるが、赤い点が黒い点よりも大きな臨界値と成っていることが解る。

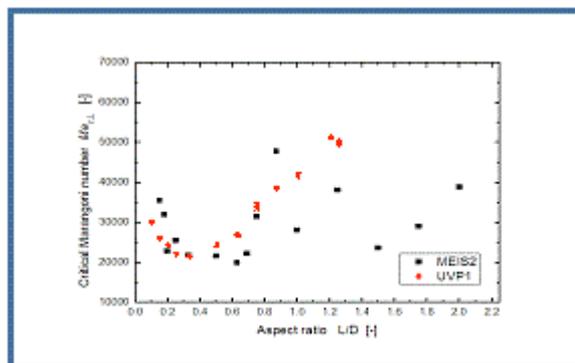


図 2 : 臨界マランゴニ数とアスペクト比

この結果は一見直径依存性を有していると思われるが、高温及び低温ディスク近傍に出来る温度境界層を考慮したモデルによってこれらの結果は、説明可能である事を報告する。

以上