

## 主論文の要旨

### 論文題目

# 複合ジェット流の形成と崩壊に関する理論的ならびに実験的研究

著者: ぶー ばん ちゅーん  
VU VAN TRUONG

### 主論文の要旨

本論文は、中空のシリコン球を製造する技術を開発することを目指して、複数の媒質から構成される複合ジェット流の安定性に関する一連の数値解析ならびに実験による検証結果についてまとめたものである。特に、液体のジェット流の中心が空洞である、中空ジェット流 (hollow jet) の不安定性について、数値シミュレーションを詳細に実施し、この手法を用いれば、中空の材料の製造が可能であることを証明し、その実験上の条件を、構成物質の物性値から詳細に予測し、これに基づいた一連の実験を実施した。数値解析は、3つの不混合非圧縮流体の軸対称の流れを対象とし、差分法により運動量方程式 (Navier-Stokes 方程式) を時間的に積分する。流体同士の界面を追跡するため、また界面張力を評価するため、界面と共に動く目印粒子を追跡する Front-tracking 法を用いた。まず、周辺流体が静止状態において、中空ジェット流についての数値解析を行った。供給される2つの液体が同心円2重ノズルを通過し、界面張力により、液滴に変化していくことを数値シミュレーションで明らかにした。次に、周辺流体も速度を持つ場合について解析を行った結果、それぞれの流体の物性値ならびに相対速度の違いにより、内の相界面や外の相界面が破壊し、液滴を形成する位置が異なっている3つのモードが現れることが解り、その結果、単純液滴、1つの空洞を持つ複合液滴、複数の空洞を含む複合液滴、が現れることを数値シミュレーションで解明した。

これらの解析結果を検証するため、中心部が気体であり、これを液体が包み込んでいる中空ジェット流について、一連の実験を実施した。まず、直径が1mm程度の同心円2重ノズルを作製し、気体としてアルゴンガス、液体として水を用いて、中空ジェット流が安定に実現できる装置を作製し、中空ジェット流が液滴に変化する様子を、高速度カメラを用いて詳細に分析した。その結果、理論的に解析した結果とよく一致することを示した。

次に、鉛錫共晶合金 (融点、183°C) を用いて同様の実験を行い、直径約3mm、厚さ約0.15mmの中空金属球を製造することに成功した。また、水やシリコンのように固化する際に体積膨張を伴う材料を、液滴状態から固化させた時の形状についての理論的解析も行い、中空シリコン球作製のための基本的な技術情報と、その製造装置の開発に必要な基礎データを導出した。