

Title	微小重力環境における流体制御技術に関する研究
Author(s)	今井, 良二
Citation	
Issue Date	
Text Version	ETD
URL	https://doi.org/10.11501/3110131
DOI	10.11501/3110131
rights	
Note	

Osaka University Knowledge Archive : OUKA

<https://ir.library.osaka-u.ac.jp/>

Osaka University

氏 名	今 井 良 二
博士の専攻分野の名称	博 士 (工 学)
学 位 記 番 号	第 1 2 1 9 3 号
学 位 授 与 年 月 日	平 成 7 年 1 2 月 2 2 日
学 位 授 与 の 要 件	学 位 規 則 第 4 条 第 2 項 該 当
学 位 論 文 名	微 小 重 力 環 境 に お け る 流 体 制 御 技 術 に 関 す る 研 究
論 文 審 査 委 員	(主査) 教 授 辻 本 良 信 (副査) 教 授 角 谷 典 彦 教 授 吉 川 孝 雄

論 文 内 容 の 要 旨

将来の宇宙活動の活発化に伴い、微小重力環境下において容器内の液体の位置制御、気液界面の安定保持、液体中の気泡の除去といった流体制御技術の確立が重要である。本論文では上記の流体制御技術に表面張力、静電気力および遠心力を利用した技術を取り上げ、これの確立に先立って実施した基礎研究について述べた。

第2章ではベーン型表面張力タンクにおいて、液体の固体壁に対する接触角が、タンク内の液体位置におよぼす影響を微小重力実験で調べた。さらに解析によりタンクの加速度に関する適用範囲に接触角がおよぼす影響を明確にし、実験結果と比較して解析で予測された条件で液体位置の制御が可能であることを示した。ベーン型表面張力タンクは米国で実用化されたが、液体の種類が限定されているため、この種の研究例は少ない。

第3章ではベーン型表面張力に液体を流入させた場合の流体挙動について検討した。ベーン型表面張力は従来、液体の供給のみに適用されてきたため、液流入時の流体挙動を取り扱った研究例は少ない。タンクに液体を充填した際の液体挙動を観察し、気液界面を安定に保持するための限界流速が存在することを示した。

第4章では静止液体中の気泡除去技術の確立に向け実施した、勾配電界中の気泡挙動の観察結果および数値解析結果について述べた。交流勾配電場中で気泡が誘電泳動力により、弱電場の方向に直線的に移動することが分かった。数値解析結果との比較検討し、気泡と電極壁との相互作用の影響を無視できないことを示した。なお、交流電場を用い、微小重力環境下で誘電泳動力の作用で気泡を移動させた例は他に見られない。

第5章では流動液体中の気泡除去技術の確立に向け実施した、旋回流中の気泡挙動の観察結果について述べた。旋回流中に保持される気泡量には流量等の条件で限界値が存在し、その限界値は旋回流速が大きいくほど大きくなることが示された。ただし旋回流速が大きすぎると気泡が分裂して保持できる気泡量が減少するため、旋回流速に関して最適値が存在することが分かった。旋回流中に保持できる気泡挙動に関して検討したことが、他に研究例が無いところである。

論文審査の結果の要旨

宇宙開発を支える基盤技術として微小重力下における流体制御技術が重要な役割を果たす。たとえば人工衛星や宇宙往環機の燃料タンク、宇宙機の排熱移送用液体ループ、材料生成等においては微小重力環境下で気液を分離して保持する技術、気泡除去技術が必要とされる。通常の重力環境下では重力が利用できるが、微小重力環境下では重力以外の外力、たとえば表面張力、電磁気力、遠心力等を利用しなければならない。宇宙環境利用の多様化に伴い、制御すべき液体の種類や運用モードも多様化している。本研究はこれに対応する基礎技術を検討したものである。

ベーン型表面張力タンクは人工衛星の燃料タンクとして一部実用されているが、保持する液体の性質と適用し得る加速度範囲の関係は明確でなかった。本論文では先ず二次元タンクの無重力実験により液体の接触角及びベーン形状が液体の保持性能に及ぼす影響を調べ、理論解析により液体の駆動力、臨界ボンド数に及ぼす影響を系統的に明らかにしている。更に三次元タンクでは気相部の分裂の問題が生じる事を無重力実験により明らかにし、これが生じない為の条件を理論的に導いている。これらは適用液体の多様化に対する設計基礎資料となるものである。更に運用の多様化に対応し、微小重力下でタンクに液体を充てんする時の問題点を微小重力実験により検討し、気相の巻き込みや注入後の液体の保持形態から注入速度に限界がある事を示し、限界流速と表面張力、接触角、幾何形状の関係を明らかにしている。

次に誘電泳動力を利用した気泡移送を検討している。誘電泳動力は誘電分極により媒質界面に生じる誘電電荷分布と電場強度の分布により生じるものであり、電場強度勾配の2乗に比例する。一方、気泡表面が自由電荷を帯電した場合、電場強度に比例したクーロン力（電気泳動力）が作用する。予備実験の結果、直流勾配電場を用いた場合には電気泳動力による予定外の運動が観察された。そこで誘電泳動力と電気泳動力の電場依存性の違いに着目し、交流勾配電場を用い電気泳動力の効果を相殺する方法を提案し、その方法の有効性を微小動力実験、数値シミュレーションにより示している。

更に気泡回収法として、遠心力を利用する方法を検討している。この方法は地上用設備としてはサイクロンとして実用化されているがその運用上、バッチ処理を想定し、一サイクルにおける回収気泡量を最大にする方法を検討し、得られた実験結果を微小重力下の気泡除去装置の設計基礎データとしてまとめている。

以上のように微小重力下の流体制御技術に対する基礎資料を与える本論文は宇宙開発の基礎技術の整備に貢献するものであり、博士（工学）論文として価値あるものと認める。