

氏 名	尾 添 紘 之 お ぞえ ひろ ゆき
学位の種類	工 学 博 士
学位記番号	論 工 博 第 929 号
学位授与の日付	昭 和 51 年 11 月 24 日
学位授与の要件	学 位 規 則 第 5 条 第 2 項 該 当
学位論文題目	Natural convection in a confined regime (密閉領域内の自然対流)

	(主 査)
論文調査委員	教 授 水 科 篤 郎 教 授 佐 藤 俊 教 授 岐 美 格

論 文 内 容 の 要 旨

流体が重力場において、加熱・冷却などを受けると密度差を生じ、自然対流が発生するが、この現象には、流体中の熱移動と運動量移動が共存するため、一般的特性を解析的に求めることが困難であり、また流体を囲む容器の幾何学的形状や温度条件によって複雑多岐な流動形態を呈することはよく知られているところである。本論文は細長い直方形容器内という密閉領域内の流体を一方の壁より加熱し、他方の壁より冷却し、かつ容器の短辺を水平より傾けた場合に生じる複雑な自然対流について、実験的ならびに理論的に取り扱い、その挙動を明らかにし、自然対流の流動機構の解明に資せんとしたものであり、9章から成っている。

第1章は自然対流の関与する様々な現象と本研究の端緒となった実験観察ならびに研究目的について述べてある。

第2章は本問題に関連した既往の研究について述べ、本研究の占める位置を明らかにしている。

第3章は自然対流の二次元解析について述べてある。即ち、傾いた細長い直方形容器内の自然対流を、二次元の熱、物質、運動量の保存則によってモデル化し、この非線形連立偏微分方程式を解くために、差分近似し、数値計算している。本現象を支配する変数である、いわゆるレイリー数を 2000, 4000, 8000, 容器断面の縦横比を 1, 2, 3, 4, 容器傾き角度を 0° から 180° まで8種類とり、これらの組み合わせ、約 100 種の条件に対して数値計算を行い、温度分布、速度分布、平均伝熱速度などを詳細に求めた。この結果レイリー数の値に拘らず、傾き角度 50° から 90° において平均伝熱速度は極大値をとり、この角度は容器断面の縦横比に大きく依存することが明らかにされた。

第4章においては、これを実験的に検討するため、傾斜容器内の自然対流伝熱速度の測定結果について述べてある。その結果、容器断面縦横比、レイリー数によって平均伝熱速度は大きく変化するが、一般に容器を少し傾けると、伝熱速度はまず減少し、 3° から 10° における極小値を経た後増加し、傾きが 50° から 90° において極大値をとり、ついで傾き 180° における伝導伝熱速度へと減少していった。極小伝

熱速度以上の傾き角度においては流れは二次元流であることが観察され、第3章の二次元モデルと伝熱速度も良好な一致をみたが、水平状態と極小伝熱速度の間の傾き角度では、傾斜面上方に沿う斜め渦が形成され、伝熱速度特性も二次元モデルでは説明できないことが明らかとなった。

第5章においては、従来、物理的に意味のある解が得られたことのなかったとされる自然対流の三次元解析を試みた結果について述べてある。即ち自然対流を、熱、物質ならびに三方向の運動量の各保存則でモデル化し、これを三次元の渦度の式に変換し、数値解析し、安定な解を得た。立方体容器、無限平板間、および正方形断面をもつ細長い容器の中の水平流体層を下から加熱し、上から冷却した場合を例として計算したが、どの場合においても、従来実験的に知られている伝熱特性と一致した結果を得、ここで開発した三次元解析法が有効であることが確かめられた。

第6章においては、正方形断面をもつ細長い容器内の自然対流を三次元解析した結果について述べてある。即ち容器短辺の傾き角度 3.2° で極小伝熱速度が存在し、それ以上では完全な二次元流となることがわかった。

極小伝熱速度に至る角度では、自然対流は一对の共軸二重らせん渦から成ることが見い出され、傾き角度の増加と共にその軸の方向が大きく変化し、二次元流に遷移する角度において極小伝熱速度が現われ、実験結果を全くよく説明できることが明らかとされた。

第7章では容器断面の縦横比が2の場合を取り上げ、第6章と同様に解析し、縦横比の増加と共に流動形態の遷移する角度が増加することを見い出し、この点でも実験結果と良好な一致をみた。

第8章では、流体中に粉末を混入し、三次元の各方向より写真撮影し、先の解析結果と比較してある。その結果、傾き角度の増加に対応した流動形態の変化が解析的に得られたものと非常によく対応することがみいだされ、本研究で開発された三次元解析法が優れたものであることが確認された。

第9章においては、以上の結果をまとめて結論とし、さらに将来に対する展望を述べてある。

論文審査の結果の要旨

自然対流は境界条件の変化を受けやすく、その特性は未知な点が多く、その解明が待たれている現状である。著者は密閉領域内の流体について、容器傾斜角度、容器断面縦横比、レイリー数などの自然対流に対する影響について、実験的ならびに解析的に研究した。

主な成果は次のごとくである。

1) 細長い傾斜容器の短辺を傾けると、平均伝熱速度はまず減少し、 3° ないし 10° の傾き角度で極小値をとり、ついで増大し 50° ないし 90° の角度で極大値を経過し、 180° における伝導伝熱の値に減少することが実験的に明らかにされた。

2) 極小伝熱速度以上の傾き角度では、二次元モデルで自然対流を良好に表わすことができることが明らかになった。

3) 自然対流の三次元解析法を開発し、水平流体層の場合について、立方体、無限平板間ならびに正方形断面容器を例とし、解析を行い従来の実験結果と一致する伝熱速度特性を得、本解析法の有効性を裏付けた。

4) 細長い容器の短辺を傾斜した場合の自然対流を三次元モデルで表わし、解析した結果、極小伝熱速度は、流動形態が一对の共軸二重らせん渦から二次元流に遷移する傾き角度において発生することが明らかにされた。さらに容器断面縦横比の増加と共に、流動形態の遷移角度が増加することも認められ、これらの結果より実験結果を良く説明できた。

5) 容器内の自然対流を三次元の各方向より撮影する方法を工夫した結果、先の三次元解析結果と非常によく対応する写真が三方向共得られた。

以上要するに本論文は主として、密閉領域内の自然対流の流動形態と平均伝熱速度特性について、新しく開発した三次元解析法を使って解析し、実験結果と比較検討し、多くの新しい知見を加えたもので、学術上、工業上寄与するところが少なくない。

よって、本論文は工学博士の学位論文として価値あるものと認める。