

機械・構造システム工学専攻		紹介教員氏名	蒔田 秀治 教授
申請者氏名	大庭 勝久		

論 文 要 旨(博士)

論文題目	強安定成層流中における内部重力波の遷移過程と 輸送現象に関する実験的研究
------	---

(要旨 1,200字程度)

鉛直方向に密度分布を伴う密度成層流は、熱機器を始めとする工学装置から大気・海洋に至るまで、様々な規模・形態の流れ場中に存在する普遍的流れである。そこでは、密度差による浮力が内部重力波を発生し、輸送現象や乱流生成に重要な役割を担うことである。

近年における工学機器の設計期間の短縮化および装置の高効率化による環境負荷の軽減には、熱流体现象の高精度な予測が不可欠となる。特に、浮力が強く作用する強安定成層流中では、密度勾配と速度せん断が密接に干渉するだけでなく、平均勾配に逆らった輸送現象である逆勾配拡散が発生するなど、熱流体的特性は十分には解明されていない。

本研究では、強安定温度成層流中で浮力を駆動力として発達する内部重力波の遷移過程を解明し、その熱輸送現象や乱流生成への影響を明らかにすることを目的とする。

まず初めに、測定胴の全長を4000mmから8000mmに延長した。また、側壁に真空ガラスを採用し、天板の温度制御方法を改善することで、測定胴から外部への熱放出に起因する二次流れの発生を抑制し、良質な温度混合層の形成を可能にした。気相内で初めて内部重力波の発生から崩壊に至るまでの全遷移過程の定量計測を行い、Wavelet解析等により、発達過程における内部重力波の構造が時間的に強い非定常性を有することやその崩壊過程で逆勾配熱拡散が発生することを示した。

内部重力波の構造が持つ非定常性を低減することを目的として、微小な周期的温度擾乱を与え遷移過程の制御を試みた。その結果、金属細線を用いることで平均場の構造を歪めることなく微小温度擾乱を与えることが可能となった。そして、鉛直方向速度変動と温度変動間の初期位相差が固定されることで、平均温度場から擾乱の構成周波数に対応する温度変動成分へのエネルギー輸送が効率的になる結果、非定常性が改善されると共に内部重力波の発達が促進され、非励起時よりもエネルギーを有する波動へと発達し、本手法が内部重力波の制御に有効であることを示した。また、励起により発達した内部重力波が崩壊するときに逆勾配熱拡散が明確に観察されたことから、波動に蓄積されたポテンシャルエネルギーをエネルギー源として、逆勾配熱拡散が発生することを示した。

成層流中でのエネルギー輸送や乱流生成の詳細を明らかにするため、温度流速計の多チャンネル化し、温度場の空間計測を行った。等温線により温度場の空間情報を視覚化することで、内部重力波が鉛直方向に強い相関を持つ横波であることを示した。ポテンシャルエネルギーと運動エネルギーの時系列変化を定量的に評価し、平均場から輸送されたポテンシャルエネルギーを駆動源として内部重力波が発達すること、その際、両エネルギー間で可逆的なエネルギー輸送機構が形成されることを明らかにした。さらに、内部重力波の崩壊は非線形干渉を通して波頭付近から始まることに加え、逆勾配熱拡散は局所的な乱流生成領域において、ポテンシャルエネルギーから運動エネルギーへの不可逆的なエネルギー輸送を伴って発達することを示した。

本研究により、強安定成層流中に発達する内部重力波の構造が解明され、その遷移過程が逆勾配熱拡散の発生に本質的役割を果たすことが示された。