

大学院教育支援機構 企業寄附奨学制度（DDD） 報告書

氏名	朴 鎔基
研究科・専攻	工学研究科 機械理工学専攻
修士/博士・学年	修士 2 年
支援企業名	兵神装備株式会社

奨学金を得て行った研究の成果

本奨学金を得て行った研究は、「せん断が存在する二層流体中の非線形波動と弱非線形理論」という研究である。大気や海洋における流体の多くは、温度や塩分濃度の影響により、鉛直方向に密度勾配を有する。このような流体は成層流体と呼ばれ、大気や海洋での流れや運動を考える上で重要である。成層流体中では、密度差による浮力が流体粒子に働くため、内部重力波と呼ばれる波が発生する。この内部重力波は、例えば海底にある構造物（石油プラットフォーム・パイプ）や水面上の船の航行に大きな影響を与えるため、成層流体中で発生する内部重力波の挙動に関して、理論的・実験的研究が盛んに行われている。

本研究では、成層流体を、異なる密度を有する 2 つの層からなる二層流体（図 1）でモデル化し、その密度界面に発生する界面波を内部重力波とみなして研究を行った。二層流体中の界面波は Euler 方程式によって厳密に運動が記述されるが、計算コストが高いため、forced Korteweg-de Vries (fKdV) 方程式、forced Extended Korteweg-de Vries (fEKdV) 方程式、forced full-Extended Korteweg-de Vries (ffEKdV) 方程式などの弱非線形方程式が提案されている。そこで本研究では、上下層の速度がそれぞれ異なる場合に、底面物体によって二層流体の界面に励起される界面波の挙動を Euler 方程式および 3 種類の弱非線形方程式で解析を行い、結果を比較するとともに弱非線形理論の適用性の検証を行った。

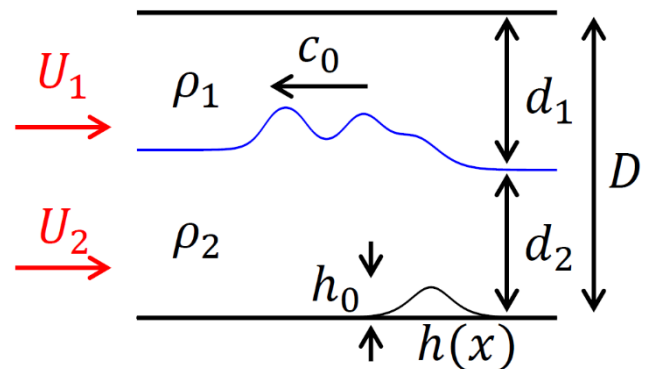


図 1 二層流体の模式図

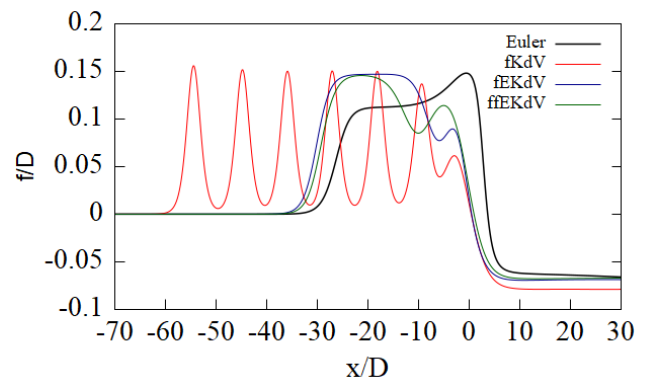


図 3 界面波の比較（速度比 $U_1/U_2 = 0.9$ ）

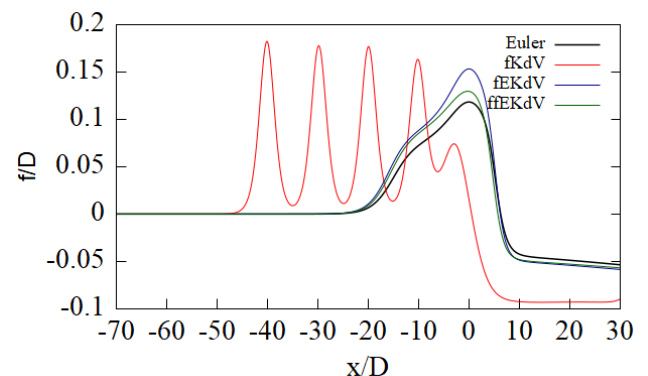


図 2 界面波の比較（速度比 $U_1/U_2 = 1.1$ ）

以下、一部の研究成果を報告する。10 種類の上下層の速度比 U_1/U_2 について解析を行い、ここでは特徴的であった $U_1/U_2 = 0.9$ と $U_1/U_2 = 1.1$ の場合について報告する。 $U_1/U_2 = 0.9$ の場合（図 2）、Euler 方程式では台形波が発生したが、fKdV 方程式では孤立波列が、fEKdV 方程式および ffEKdV 方程式ではくぼんだ台形波が発生した。一方、 $U_1/U_2 = 1.1$ の場合（図 3）、Euler 方程式では台形波が発生し、fEKdV 方程式および ffEKdV 方程式では Euler 方程式を良く近似することができたが、fKdV 方程式では孤立波列が発生した。以上のことから、ffEKdV 方程式が Euler 方程式を最も良く近似できること、また、fKdV 方程式は Euler 方程式を上手く近似できず、弱非線形理論が適用できる場合とそうでない場合が存在することが明らかとなった。

産学協同の取組における成果

支援企業の社員の方や他の奨学生との交流会を通じて、京都大学を卒業した OB の社員の方などと話す機会を得られたことは、とても貴重であった。現在行っている流体力学の研究を会社でどのように業務に活用できるか、会社が学生に何を期待しているのかといったことを学ぶことができた。また、社員の方々の前で研究発表を行うという貴重な経験をさせて頂き、発表のスキルを養うことができた。大学教員からは質問されないような新たな視点からの質疑を頂いたことで、今後新たな視点で研究を進めていくことにつながった。

さらに、製品ショールームであるプロダクトスクエアを見学させて頂いたこともとても有意義であった。様々な種類のモノポンプやモノディスペンサーを実際に見て、触って性能を確かめ、また、ポンプの歴史を確認することで、技術の進歩を再確認することができた。今回の産学協同の取組を踏まえ、今後の研究に尽力していきたい。

今後の展望

今後は博士後期課程に進学し、現在とは異なる研究を行う予定である。「マルチスケール擾乱による乱流境界層の変調機構の解明」に関する研究を行う。乱流は熱や運動量の拡散を引き起こし、流体の運動エネルギーを散逸させる性質があることから、工学的に様々な面で重要である。特に、乱流境界層は摩擦抗力や熱・物質移動などと深い関係があることから、乱流境界層の特性の解明やその制御は重要であると考えられている。そこで、乱流境界層に現れる様々なスケールのせん断層の不安定性をマルチスケール擾乱により操作することで、異なるスケールのせん断層の不安定性を利用した乱流境界層制御の有効性を検証する研究を行う。マルチスケール乱流構造を適切に変調させることで、スケールごとの擾乱に対する乱流境界層の応答を解明し、効果的な乱流境界層の制御を実現することが期待される。乱流境界層の変調に関する知見を深めることができれば、ドローンなどの亜音速航空機における摩擦抗力を抑制するなど、より高精度な技術の開発に向けて大きな進歩となる。