

山口大学工学部 正員 菊地政文
九州大学応用力学研究所 正員 本地弘文

1. 緒言

密度が連続成層した流体中では、内部波は、鉛直方向にも伝播する（例えば文献¹⁾）。この波をここでは内部体波(internal body wave)と呼ぶ。この内部体波が、流れの存在する領域に伝播するとき

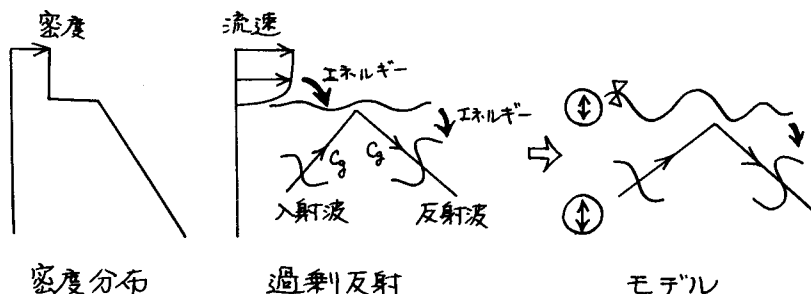


図1 概念図

の流れとの相互作用、過剰反射については、いくつかの研究がなされている（例えば文献²⁾）。過剰反射は、海洋中の混合層過程、大気中の乱流発生に関連して研究されている。従来の研究は、内部体波の鉛直方向への放射と不安定を理論的に取り扱ってきている（例えば文献³⁾）。しかしながら、入射波を含んだ反射としての問題ではなく、実験的な研究は未だ行われていない。過剰反射の物理的機構をさらに明確にするためにも、基本的な過程を実験的に調べる必要がある。従来の理論的研究では、流れからの内部体波の発生を不安定と考慮して、主流であるせん断流と内部体波との関連のみ扱っている。しかしながら、それらの解析では明示されていないが、内部体波の発生および過剰反射は、二つの過程（すなわち(1)せん断流から内部界面波にエネルギーが移り、(2)その内部界面波が内部体波にエネルギーを与える）を通して起ると考えられる。従来の研究は、実際には、上述の二つの過程の一番目（せん断流からのエネルギー移動）を発生にのみ用いている。そのため、過剰反射に対して、第二の過程（内部界面波と内部体波とのエネルギー授受）を調べる必要がある（図1参照⁴⁾）。せん断流からエネルギーを得て発生した内部界面波と、内部体波との相互作用を調べることによって、過剰反射の基本的な過程をさらに明確になると思われる。本研究では、上述の観点から、水平方向に伝播する内部界面波と、鉛直伝播する内部体波との相互作用の実験を行う。そこで、その結果について報告する。

2. 実験装置と実験方法

実験は、幅 25 cm、深さ 45 cm、長さ 128 cm のアクリル製水槽と、それに連結した、密度の連続成層を作るためのタンクとを用いて行った。図2に装置のセットアップを示す。水槽の一端には、内部界面波と内部体波をつくるための造波機

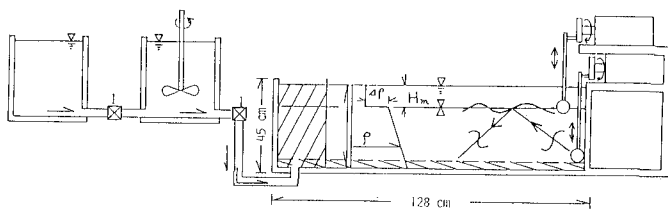


図2 実験装置

機（振動水平円柱）、フランク機構による加振器、モーターがそれぞれ二組ずつ設置されている。造波機の振動数と振幅は自由に変えられる。密度成層は塩分濃度を変化させることによって作った。密度成層の型としては、一様流体の上層と、その下に、密度変化の急な内部界面を以てして、連続成層流体と共存する型を用いた。密度分布は、実験の前後に電気伝導度計を用いて深さごとの塩分濃度を測定し、それと密度に換算して求めた。

内部界面の高さを軸と水平にして設置した円柱を振動させて内部界面波、下層連続成層流体中の円柱を振動させて内部体波を、それぞれ発生させ、界面付近でのそれぞれの波の振幅を、電気伝導度計を用いて測定した。ま

た、流れの可視化により、内部体波の射線方向、反射点の位置等を調べた。可視化にはアルミ粉末、吸水して純水よりわずかに重い鉛くず、およびポリスチレン・ビーズとトレーサーとして用いた。1kW のスライド・プロジェクターのスリットを通過した光線で、テスト・セクションの流体の鉛直面を照射して、前述のトレーサーの動きを35mmカメラで撮影した。

3. 実験結果

内部体波の入射波と反射波の振幅の比(反射係数)を R とおく。反射点上流側の内部界面波の振幅と、下流側のそれとの比(透過係数)を T とおく。この R, T の値を調べることににより、二つの波の間のエネルギー授受が明らかになる。 R, T の角振動数比依存性を図3, 4に示す。図中、 ω_e は内部界面波の角振動数、 ω_i は内部体波の角振動数であり、波長は同一の波について実験を行った。図3から、 $\omega_e/\omega_i \doteq 1/2, 1, 2$ のときに内部体波の反射係数が1より大きいことがわかる。このことから、内部体波と内部界面波との共鳴相互作用により、反射波の振幅が増大することがわかる。また、図4から、 $\omega_e/\omega_i \doteq 1/2, 1, 2$ のときに、内部界面波の振幅は減少していることがわかる。これは、内部体波の反射に伴う振幅増加のエネルギー源が内部界面波であることを示している。この共鳴相互作用によるエネルギーの授受は、角振動数だけでなく、波の空間依存性(すなわち、波長または位相)にも依存していると考えられる。そこで、内部体波の水平波長、角振動数と内部界面波のそれらとをそれぞれ一致させ、位相は二つの波でずらして反射係数を調べた。その結果が図5に示してある。図から、反射時の振幅は、位相が一致しているときに最大、位相差が π のときに最小であることがわかる。すなわち、位相が一致したときに内部界面波から内部体波に、位相差が π のときに内部体波から内部界面波にエネルギーが移っていることがわかる。

4. 結論

明らかとなった事実は次の通りである。(1)過剰反射は、主流のシアからエネルギーを得て発生した内部界面波と、入射する内部体波の共鳴相互作用によって起る。(2)角振動数比が1/2, 1, 2のときに過剰反射は起る。(3)同一の振動数のときには、両波の位相が一致したときに過剰反射は起る。

参考文献

1) Lighthill, M.J. (1978) : Waves in Fluids, Cambridge. 2) Grimshaw, R.H.J. (1984) : Ann. Rev. Fluid Mech., 16, 11-43. 3) Kamachi, M. & Grimshaw, R.H.J. (1984) : J. Fluid Mech., 141, 179-196. 4) Kamachi, M. & Honji, H. (1984) : Exps. Fluids (in preparation).

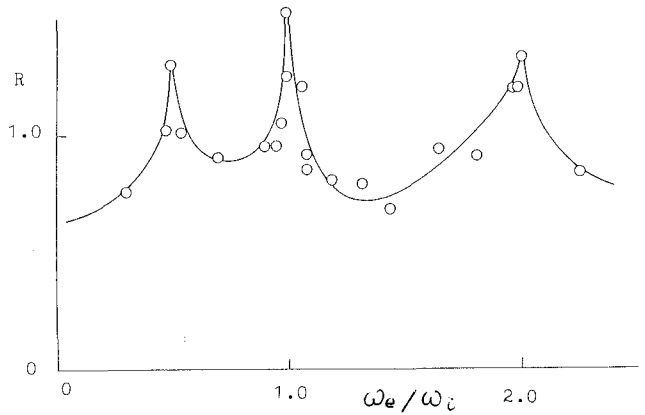


図3 反射係数の角振動数依存性

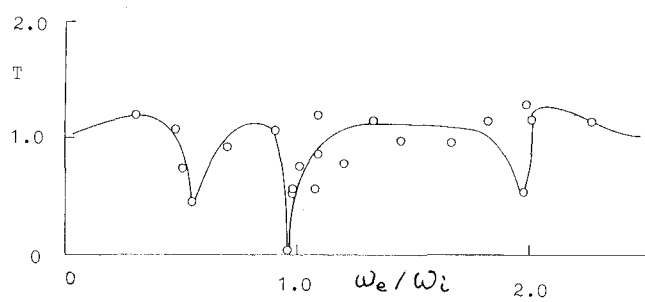


図4 透過係数の角振動数依存性

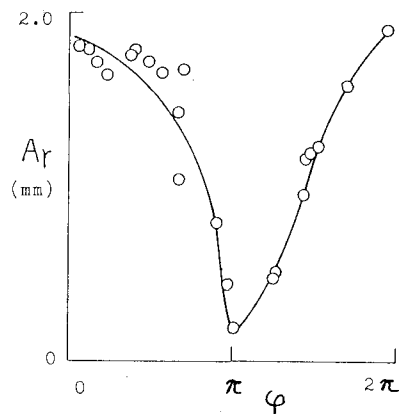


図5 反射波の振幅 A_r の位相差 ϕ への依存性