

## 平成23年度北海道大学情報基盤センター共同研究成果報告書

1. 研究領域番号 A 1 大規模計算機シミュレーション

2. 研究課題名 内部重力波の散乱とそれによる鉛直混合、およびそのオホーツク圏  
海洋循環への影響

3. 研究期間 平成23年4月27日 ～ 平成24年3月31日

## 4. 研究代表者

| 氏 名   | 所属機関・部局名      | 職 名 | 備 考 |
|-------|---------------|-----|-----|
| 中村 知裕 | 北海道大学・低温科学研究所 | 講師  |     |

## 5. 研究分担者

| 氏 名   | 所属機関・部局名       | 職 名 | 備 考 |
|-------|----------------|-----|-----|
| 大宮 学  | 北海道大学・情報基盤センター | 教授  |     |
| 西垣 肇  | 大分大学・教育福祉科学部   | 准教授 |     |
| 三寺 史夫 | 北海道大学・低温科学研究所  | 教授  |     |
| 阿部 祥子 | 北海道大学・大学院環境科学院 | DC2 |     |
| 松田 淳二 | 北海道大学・大学院環境科学院 | DC2 |     |

## 6. 共同研究の成果

回転成層流体中の内部重力波は、地形（下側固体境界）で反射される際に地形の凹凸により波数が変わる「散乱」が生じ、散乱による波数空間でのエネルギー輸送により混合が促進される。研究代表者が導出した準線形支配方程式とその理論解によると、地形の波数( $k$ )が内部波による振動流の行程の逆数( $\omega/U$ )に比べて同程度か小さいとき、散乱の際に振動数が変化する、すなわち従来理論の仮定していた振動数保存が成立しないパラメータ・レンジがある（ $\omega$ と  $U$  は入射波の振動数と流速振幅）。内部重力波の鉛直波数と水平波数の比は振動数に依存するため、振動数が変わると波数空間でのエネルギー輸送が変わり、生じる混合の大きさに影響する。

本研究では数値実験により、（１）理論的予測の通り、比  $kU/\omega$  に応じて振動数が変化し、それに伴い伝播の特徴が変わることを定量的に確認した。すなわち、比  $kU/\omega$  が  $kU/\omega \ll 1$  のときは散乱波の振動数は入射波の振動数に漸近し波の伝播は内部潮汐の特徴を持ち、 $kU/\omega \gg 1$  のときは振動数は  $kU$  に漸近し伝播は風下波の特徴を持ち、 $kU/\omega \sim 1$  のときは振動数は  $kU + \omega$  で近似され、伝播は内部潮汐と風下波を合わせた特徴を持つ。加えて、振動数変化に伴う鉛直波数の変化、及び上記の伝播の違いにより、散乱が引き起こす混合は地形の波数に依存した。（２）入射波と散乱波の相互作用を調べた所、入射波（と反射波）による流れの場が、散乱波に対して臨界層を形成し、臨界層で散乱波が強い混合を引き起こすことが示された。（３）また、観測データの解析から、散乱時の振動数変化と同じメカニズムで生じる、海底地形上を振動する潮流による内部重力波（風下波）の生成を示し、こうした波の励起や散乱が生じる可能性のある地点の全球分布を求めた。

海洋において、内部重力波が引き起こす鉛直混合は海水流動・水塊構造・物質循環・生態系に大きな影響を与えており、上記の散乱過程も混合を引き起こすのに有意に寄与している。とりわけ、オホーツク圏（オホーツク海とその周辺地域）の場合、千島列島域の強い潮流により生成された

(研究成果のつづき)

環内部重力波が生成域での砕波および伝播中の散乱により激しい混合を引き起こし、周辺海域のみならずオホーツク海・北太平洋に影響している。そこで、今回の成果に基づき、JHPCN 拠点共同研究の計画にある環オホーツク海洋モデルに組み込むためのパラメタリゼーションを今後検討する。

関連する成果発表

中村知裕, 磯田豊, 三寺史夫, 高木省吾, 長澤真樹 : 2011  
アムチトカ海峡で観測された大振幅内部波の砕波とグローバル評価.  
月刊海洋, 通巻 494 号, Vol.43, No.12, 699-704.

Abe, S. and T. Nakamura.  
Transition process from breaking large-amplitude internal waves to turbulence.  
2012 Ocean Sciences Meeting, Feb 20 - 24, 2012, Salt Lake City, USA.

内本圭亮, 中村知裕, 西岡純, 三寺史夫, 川合美千代, 三角和宏, 津旨大輔 : 2011  
オホーツク海物質循環モデリング.  
月刊海洋, 通巻 493 号, Vol.43, No.11, 682-687.  
(平成 21 年度共同研究、JHPCN 拠点共同研究に関連)

Koseki, S., T. Nakamura, H. Mitsudera, Y. Wang (2012)  
Modeling low-level clouds over the Okhotsk Sea in summer: Cloud formation and its effects on the Okhotsk high.  
J. Geophys. Res., 117, D05208, doi:10.1029/2011JD016462.  
(平成 21 年度共同研究、JHPCN 拠点共同研究に関連)