

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 5 月 31 日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究(C) (一般)

研究期間：2020～2022

課題番号：20K04076

研究課題名(和文) 降下式ドップラー流速計データが明らかにする近慣性周期海洋内部波の全球分布

研究課題名(英文) Global distribution of near-inertial oceanic internal waves found in Lowered Acoustic Doppler Current Profiler data

研究代表者

勝又 勝郎 (Katsuro, Katsumata)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環境部門(海洋観測研究センター)・グループリーダー

研究者番号：80450774

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,500,000円

研究成果の概要(和文)：海洋の混合を支配する要因の一つに洋上の風が挙げられる。風は地球回転と同期した近慣性波として海中を伝播する。近慣性波は温度・塩分より観測が難しい水平流速として観測されるのでデータが不足している。近年普及してきた降下式ドップラー流速計のデータを用いて、この近慣性波が観測できるかどうか検討した。標準的な海洋の流速場を数値シミュレーションしてその中で疑似観測を多数行うことにより、観測の信号ノイズ比を推定した。その結果、好条件であっても観測誤差は100%近く、定量的な観測には用いえないことが分かった。一観測点で数回観測機器を降下させるいわゆるヨーヨー観測を行えば近慣性波が分解できることも分かった。

研究成果の学術的意義や社会的意義

海洋の鉛直混合はいわゆる大循環の力学に重要なだけでなく、人為起源二酸化炭素の海洋による吸収や海洋の熱吸収にもかかわる物理量である。そのエネルギー源として潮汐と風が挙げられるが、後者は突発的で観測が難しくデータが不足している。近年標準的な海洋観測に組み込まれてきた降下式ドップラー流速計をもちいて風によって生じた近慣性海洋波を観測できるかどうか定量的に検討した。その結果、降下式ドップラー流速計一度の観測では誤差が大きすぎるということが分かった。一点で数回観測する方式を用いれば近慣性海洋波を分解できることも分かった。

研究成果の概要(英文)：Surface wind is one of the power sources for mixing in ocean. Most of the wind energy propagates downward as gravity waves with frequencies near the local inertial frequency. These near-inertial waves are difficult to observe as the movement of the water parcel at these frequencies is almost horizontal and thus not "visible" in temperature and salinity. These days, use of Lowered Acoustic Doppler Current Profiler (LADCP) has become routine in hydrographic observations. In this project, it is examined whether it is feasible to observe near-inertial internal gravity waves using LADCP. We simulated a typical ocean internal gravity wave field, the Garrett-Munk spectrum, and performed virtual observations therein. It was found even in favourable conditions, the relative error is almost 100% and this method proves to be inapplicable in realistic situations. Instead, consecutive casts in one station, so-called Yo-Yo casts, are capable of resolving the near-inertial waves.

研究分野：海洋物理学

キーワード：降下式ドップラー流速計 近慣性海洋内部波 ヨーヨー観測

様式 C - 19、F - 19 - 1、Z - 19 (共通)

1. 研究開始当初の背景

海洋循環をつかさどる海洋混合のエネルギー源は主に潮汐と風である。後者は表層に与えられ、慣性周期に近い周波数をもつ近慣性重力波として下方に伝搬する。重力波の特徴から、この波にともなう海水の運動はほとんど水平で、鉛直方向に成層した海洋において温度や塩分ではなく水平流速としてしか観測できない。

伝統的に用いられていた CTD (電気伝導度・温度・深度プロファイラ) による観測では、水平流速の観測は困難であったが、1990 年位から CTD フレームに取り付けて用いる LADCP (降下型ドップラー流速計) が広く用いられるようになってきた。いままでデータはまとめられてなく、各航海の研究者から個人的に入手する必要があったが 2020 年くらいから米国が環境情報センター NCEI にデータを取りまとめるようになった。

2. 研究の目的

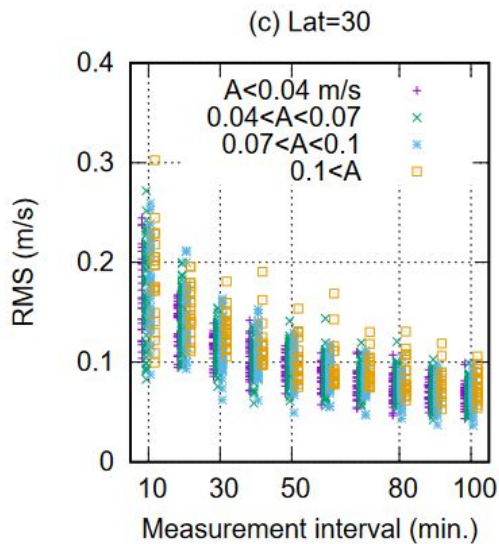
近年入手性が格段に向上した LADCP データを用いて、現在まであまり観測されていない近慣性周期の重力波を観測できるか検討すること。

3. 研究の方法

LADCP は CTD に取り付けられてウィンチで船舶から海中に降ろされる。降下・上昇速度は約 1 m/s であり、典型的な 4000 m 深の観測では中層で 4000 秒程度の観測である深さを二度観測する。周波数を慣性周期に固定すれば、二回の観測で南北・東西成分すなわち四つの流速成分が観測される。これは慣性周期の波の振幅と位相を決定するのに必要十分 just-determined なデータである。

ただし、これは観測される流速が慣性周期波だけによるものであるという仮定を措いている。現実の海洋では他の周波数の内部波や地衡流が存在する。これらの影響を定量的に評価するために、モンテカルロ法によるシミュレーションを行った。すなわち、典型的な海洋内部波パワースペクトルである Garrett-Munk スペクトルを用いて内部波場をシミュレートしそのなかで仮想 LADCP を降下・上昇させて水平流速を観測した。内部波の位相は乱数で与えた。内部波場は東西・南北それぞれ 200 km 深さ 4000 m の四角い海洋で水平モード 1 から 100 を与えた。全体で一様に変動するいわゆる零モードは考えていない。鉛直モードは 1 から 100 を与えた。鉛直には局所近似 (Wentzel-Kramers-Brillouin-Jefferys 近似) を 1300 m の典型的鉛直スケールを用いて行った。振動数は線形内部波の分散関係を満足し、半数は上向きエネルギー半数は下向きエネルギーを持つように与えた。この内部波場に人為的に近慣性周期 (周波数 $1.05 f$ 以下。 f はその場の慣性周期) を付け加え、仮想観測がその近慣性周期波を分解できるかどうか調べた。内部波場は 10 セット作成し、それぞれの中で 24 回の仮想観測を行って、「観測」された流速場から内部波場の三角関数表示の係数を推定した。それをもとの内部波場と比較することにより、手法の耐ノイズ特性を評価した。

4. 研究成果



そうすれば振幅の誤差は 50 % 程度と大きい位相の誤差が 15 度程度になり、位相の分布を記述できる。すなわち近慣性内部波の伝播を調べることができる。

台風などの後に生じる大振幅近慣性内部波は台風通過後一週間程度は観測できることが知られている。船舶観測で空き時間が生じたときなどに上記のような同一点観測を行えばシップタイムを無駄にすることなく近慣性周期波を観測できる好機となろう。

緯度 30 度におけるシミュレーションの結果を一例として示す。A は与えた近慣性周期内部波の振幅。それに対する平均自乗誤差を縦軸にある深さにおける LADCP 下降時と上昇時の時刻の差(分)をプロットした。誤差が A と同程度あるいは大きく相対誤差が 100 % を超えていることがわかる。ここで推定した量は三角関数の係数でこれを近慣性内部波の振幅に換算してもやはり相対誤差は 100 % 程度で位相の誤差が 30 度程度となる。この相対誤差では近慣性周期波の分布の定量的な記述は困難である。

一方で同じステーションで観測を繰り返せばその誤差は観測回数の平方根で減少するから、慣性周期 24 時間の緯度 30 度で 24 時間に 4 回の同一点観測を行えば誤差は半分になる。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計1件（うち査読付論文 0件 / うち国際共著 0件 / うちオープンアクセス 1件）

1. 著者名 Katsumata Katsuro	4. 巻 -
2. 論文標題 Can we observe near-inertial waves by using lowered Acoustic Doppler Current Profiler?	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 ESS Open Archive	6. 最初と最後の頁 -
掲載論文のDOI（デジタルオブジェクト識別子） 10.1002/essoar.10512991.1	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている（また、その予定である）	国際共著 -

〔学会発表〕 計2件（うち招待講演 0件 / うち国際学会 0件）

1. 発表者名 勝又勝郎
2. 発表標題 降下式ドップラー流速計（LADCP）で観測されたインド洋の近慣性周期海洋内部波動
3. 学会等名 日本地球惑星科学連合 2021 年大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 勝又勝郎
2. 発表標題 降下型ドップラー音響流速計による近慣性周期内部波の観測
3. 学会等名 日本海洋学会 2022 年秋季大会
4. 発表年 2022年

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

-

6. 研究組織

氏名 （ローマ字氏名） （研究者番号）	所属研究機関・部局・職 （機関番号）	備考
---------------------------	-----------------------	----

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8 . 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関
---------	---------