

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 29 日現在

機関番号：12601

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2012～2014

課題番号：24540468

研究課題名(和文) 海洋深層における数ヶ月～数年周期の変動流の実態把握と原因の解明

研究課題名(英文) Study on the variability with periods from months to years in the deep ocean

研究代表者

藤尾 伸三 (Fujio, Shinzou)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：00242173

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,200,000円

研究成果の概要(和文)：東北地方東方で実施した2000日間の長期測流のデータを解析し、深さ4000m付近の流速の変動の特性を明らかにした。変動は、3～6か月の間の広い周期で卓越し、年変動やそれよりも長周期の変動は顕著でない。このため、1年程度の平均値はほぼ変化しない。海溝に沿って明瞭な位相の伝播があり、また、大洋底上では西向き位相の伝播がみられる。海面風応力のみで駆動した2層モデルのシミュレーションによって得られた流速のエネルギースペクトルは、観測と同様となったことから、変動が主に風応力によると推定できる。

研究成果の概要(英文)：Data analysis was performed on 2000-day-long time series of the deep current velocity to the east of Tohoku, Japan. Variability is dominant widely at the periods from three to six months, and weak at the annual and longer periods. As a result, year-long mean velocities are rather constant. Near the Japan Trench, the phase propagation is clearly identified along it, and above the abyssal plain, it seems westward. A good agreement of energy spectra with a two-layer model simulation driven only by surface wind suggests the variability is caused mainly by wind.

研究分野：海洋物理学

キーワード：深層循環 係留流速計 流速変動

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化をはじめとする環境問題において、海洋は熱や物質の巨大なリザーバーとして変動を緩和させる役割を担う。5kmを超える深海平原が広がる一方、主に観測・研究がなされているのは表層1kmにすぎず、海水の大部分を有する海洋深層の知識はいまだに十分でない。一般に、深層は流れが弱いと考えられがちであるが、研究代表者らを含め、既存の測流観測では、数 cm/s 以上の定常的な流れが得られている。これは表層の十分の一程度だが、輸送される体積で考えると同程度である。

さらに、測流は、深層に大きな流速変動があることも示した。その大きさは定常流の数倍で、十数 cm/s 以上に達する。大きな変動は深海の水をかき混ぜる(混合させる)ことで、熱や物質の輸送に寄与する。定常流が全球的熱塩循環の一部として定式化された一方、このような変動流の実態や原因、影響について未解明である。変動は深海の物質輸送等の評価において残された課題であり、ひいては地球環境における海洋の位置づけに不可欠である。

2. 研究の目的

(1) 長期に計測した流速の時系列を解析することにより、変動流の実態を明らかにする。具体的には、既存の1年程度の時系列では明らかにできない、数か月を超える周期の変動を対象とする。また、空間的な相関を調べることで、変動の伝播を明らかにする。

(2) 変動の原因を探るため、海面風応力によってのみ駆動するヒンドキャストの数値シミュレーションを行い、得られる流速を観測と比較をする。また、人工衛星による海面高度変位、気候インデックスと実測の流速時系列との相関を調べる。

3. 研究の方法

(1) 図1のN1~N3に示す東北地方東方の3か所において2005年末から2011年にかけて取得した約2000日の時系列を解析する。特に、既存の1年程度の時系列では明らかにできない、数か月から数年の周期に着目する。測流は、係留系に取り付けた流速計により行い、3000mより下を500m間隔で計測した。途中、4回の再設置を行っている。

(2) 海面風応力との関連を調べる。風のみで駆動する高解像度数値シミュレーションを行いモデルの流速と実測を比較する。北太平洋中緯度を領域とする2層モデルで、水平解像度は22kmである。NCEP2の再解析データの日別風応力を海面に与える。上層は500mとし、下層は実際の水深とする。

上記の単純な2層モデルに加えて、海洋研究開発機構が運用しているデータ同化シミュレーションの結果との比較も行う。

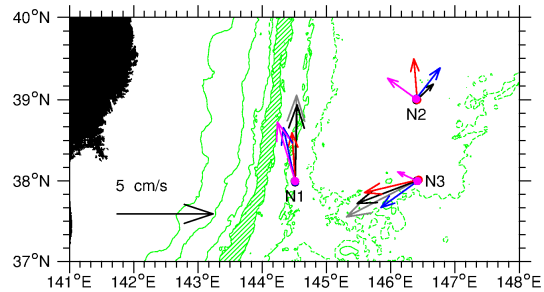


図1: 観測点の位置と各係留期間における4000m深の平均流速ベクトル。矢印の色は期間を表す(灰色は1996年)。緑色の線は等深線で、斜線部は7000m以深(日本海溝)。

4. 研究成果

(1) 図1は、3か所での平均流を表す。斜面上にあるN1とN3は各計測期間(1年~1年半)での平均値の差は小さい。この2点は1996年末から9か月間の計測を行っているが、それとの差も小さく、10年程度はこの流れが続いていると考えられる。一方、比較的平坦なN2では流向は90度程度、時期の違いがある。

しかし、安定に見えるN1でも図2に示すように変動は大きい。平均流は北向き3cm/s程度であるが、0cm/sからその2倍程度で振れている。また、時期によってはかなり強く逆きとなっている。図3は、N1の4000m深の北向き流速のスペクトルを表す。赤線が実測で、100~200日にピークを持つ。特定の周期が卓越するというよりは、幅広く分布する。また、年変動は図2の時系列からも、スペクトル解析からもほとんど見られない。ウェーブレット解析でもほぼ同様であるが、2009年初めの逆流時期で特に強いが、100~200日の周期帯に散発的なシグナルがみられた。

図2が示すように、深さ方向には、変動は極めて一致している。計測は3000mより下であるため、海面まで変動が続いているかどうかは判断できないが、順圧あるいは第一傾圧モードが卓越すると判断される。N1では深いほどやや強く、地形性の波が寄与すると思われる。

N1~N3の間で相互相関を取ると、東西に並んだN1とN3では、N3の西向き流速とN1の北向き流速に約50日の遅れで相関係数0.18を取る(95%信頼区間は0.04以上)。伝播速度は4cm/sであり、流速と同程度である。北緯40度線上に2007年5月から翌年10月まで同時に測流を行ったので、それらとの相関も調べた。同じ日本海溝東斜面にあるデータは、38度のN1と相関が高い。N1が約10日、先行し、相関係数0.47(同上0.09以上)である。位相の北上速度は25cm/sとなり、平均流が3cm/s、最大値でも10cm/sであるので、斜面に沿った波の伝播と考えられる。

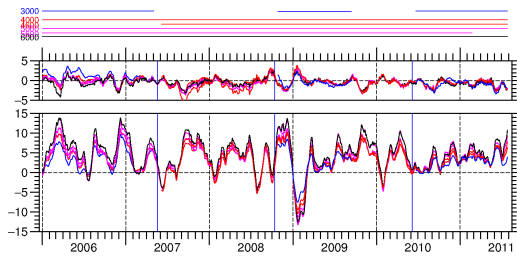


図 2 : N1 の流速時系列 (30 日移動平均)。上段は東向き、下段は西向きの流速成分。色は計測深度を表し、最上段の値に対応。

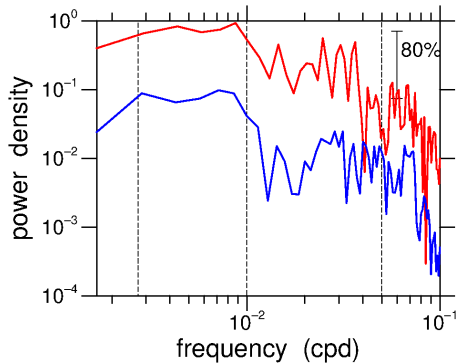


図 3 : N1 の北向き流速のスペクトル。赤線が観測、青線が 2 層モデルの結果。縦の破線は左から 1 年周期、100 日周期、50 日周期を表す。

(2) 風のみによって駆動される 2 層モデルで得られる下層の圧力分布の瞬間値の一例は図 4 のようである。海面および層境界面の変位が作る高圧部、低圧部に対応して、深層にそれぞれ時計回り、反時計回りの渦が生じている。これらの渦は transient であり、長期的な平均を取ると下層には定常流はほとんど生じていない。上層についても必ずしも黒潮の離岸など、現実的な海洋大循環を再現できてはいない。

図 3 に示すように、2 層モデルで得られたスペクトルは非常によい一致を示す。ただし、変動の振幅は、観測の十分の一しかなく、また、位相も合わない。スペクトルがよい一致を示すことから、変動は海面の風によってもたらされていると考えられる。振幅が弱いことは、500m 以深を厚い一層としていたためと考えられる。一方、位相が合わないのは、風が励起する渦は西方に伝播し、観測点に達するが、ロスビー波の西方伝播の位相速度が正しく再現されていないためと考えられる。

同化モデルとの比較では、周期に加えて振幅も同程度であった。しかし、位相は合わない。

海面高度との関連を調べたが、海面高度から計算される海面の地衡流と深層の流速との間には相関がなかった。

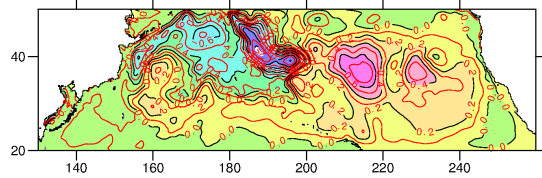


図 4 : 2 層モデルの下層の圧力分布の瞬間値。暖色が高圧、寒色が低圧を表す。白い部分は海底下の領域。

5 . 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 3 件)

- Ando K., Kawabe M., Yanagimoto D., and Fujio S.: Pathway and variability of deep circulation around 40 °N in the northwest Pacific Ocean. *Journal of Oceanography*, 69, 159-174, 2013. 査読有. 10.1007/s10872-012-0164-2
- 藤尾伸三・柳本大吾・安藤広二郎: 深層循環 アルゴの下を測る, 月刊海洋, 45, 50-56, 海洋出版株式会社, 査読無
- Turnewitsch, R., Falahat S., Stehlikova, J., Oguri K., Glud, R. N., Middelboe, M., Kitazato H., Wenzhofer F., Ando K., Fujio S., and Yanagimoto D.: Recent sediment dynamics in hadal trenches: Evidence for the influence of higher-frequency (tidal, near-inertial) fluid dynamics. *Deep-Sea Research I*, 90, 2014, 125-138, 2014. 査読有. 10.1016/j.dsr.2014.05.005

[学会発表] (計 5 件)

- 安藤広二郎・藤尾伸三・柳本大吾: 日本東方北緯 40 度を流れる深層循環流の鉛直構造と輸送量変動. 日本海洋学会, 東京都品川区, 2013 年 3 月 21 ~ 25 日
- 中野知香・藤尾伸三・吉田次郎: 西部北太平洋における鉛直渦拡散係数のパラメタリゼーション. 日本海洋学会, 北海道大学, 2013 年 9 月 17 ~ 21 日
- Nakano H., Kurono Y., Fujio S., and Yoshida J.: Latitudinal Variation of the eddy diffusivity at the surface layer in the North Pacific Ocean. Ocean Sciences Meeting, Hawaii Convention Center, Honolulu, Hawaii, 2014/2/23-28
- 西垣肇・加賀田雅士・藤尾伸三・柳本大吾・鍛冶胡桃: 深層平均流についての観測と FRA-JCOPE2 再解析データとの比較. 日本海洋学会, 東京都品川区, 2014 年 3 月 26 ~ 30 日
- Miyamoto, M., Oka, E., Yanagimoto, D., Fujio, S., and Hasumi H.: Mesoscale variability of deep currents in the

Northwest Pacific Basin. American
Geophysical Union, Fall Meeting, San
Francisco, U.S.A., 2014/12/15-19

〔図書〕(計0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
国内外の別：

取得状況(計0件)

名称：
発明者：
権利者：
種類：
番号：
出願年月日：
取得年月日：
国内外の別：

〔その他〕

ホームページ

<http://ovd.aori.u-tokyo.ac.jp/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

藤尾 伸三 (FUJIO, Shinzou)

東京大学・大気海洋研究所・准教授

研究者番号：00242173

(2) 研究分担者

なし

(3) 連携研究者

なし