

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 29 年 6 月 19 日現在

機関番号：82706

研究種目：若手研究(A)

研究期間：2014～2016

課題番号：26707025

研究課題名(和文) 爆弾低気圧は海洋を変えるか? : 高解像度海洋モデルと高頻度自動観測網による実態解明

研究課題名(英文) Can explosive cyclones modify ocean? - Assembling a picture using high-resolution ocean model and high-frequency auto observation network

研究代表者

吉田 聡 (KUWANO-YOSHIDA, Akira)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリケーションラボ・研究員

研究者番号：90392969

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 16,800,000円

研究成果の概要(和文)：北西太平洋域の爆弾低気圧が海洋深層の循環にまで影響を与えることを水平解像度10km準全球海洋モデルの長期シミュレーションから発見した。爆弾低気圧下では海面から60m深までの海洋混合層内に水平発散域、その下から2000m深までの湧昇流とそこから海底までの低気圧性の循環が励起されていた。湧昇流は海洋内部波として慣性振動しながら一週間程度持続すること、爆弾低気圧活動の年々変動に応じて海洋深層の日スケールの鉛直流と水温変化の振幅が変動することを明らかにした。2冬季に渡って延べ6台のアルゴフロートと4台の漂流ブイによる爆弾低気圧下高頻度観測で爆弾低気圧下の水温・塩分プロファイル観測データを取得した。

研究成果の概要(英文)：By using eddy-resolving 34-year hindcast simulation of a quasi-global ocean, we have discovered the deep ocean response to explosive cyclones developing over the Northwestern Pacific Ocean. Under explosive cyclones, a horizontal divergence appears in ocean mixed layer above 60 m depth, upward flow that reaches 2000 m depth and cyclonic circulation that reaches ocean floor of 6000 m depth are induced. The upward flow continues for about one week as an internal wave with near-inertial oscillation. In addition, according to interannual variability of explosive cyclone activity, the amplitude of the vertical motion and the day-scale temperature variations are modified in the deep ocean. To explore the oceanic response to explosive cyclones in the real world, high-frequency temperature and salinity profiles under explosive cyclones in winters in 2015/16 and 2016/17 have been observed using six ARGO floats and four surface drifters.

研究分野：気象学

キーワード：爆弾低気圧 大気海洋相互作用 アルゴフロート

1. 研究開始当初の背景

爆弾低気圧は冬季海上で急激に発達する温帯低気圧で、急速な気圧低下と広範囲に渡る強風を伴う。夏季に発達する台風では、海面水温の低下によって海洋に対する影響が知られていた。しかし、冬季に発達する爆弾低気圧は厚い海洋混合層のため海面水温では海洋への影響を捉えることができない。数少ない係留ブイによる定点観測で数百 m 深まで湧昇流が励起されることが知られていたが、海洋全層に渡る 4 次元的影响は未解明であった。また、多くの海洋モデルのシミュレーションでは時空間解像度が粗く、爆弾低気圧を解像していない大気データが強制力として利用されており、爆弾低気圧の影響を解析するには不十分であった。

2. 研究の目的

そこで本研究では、爆弾低気圧が海洋に及ぼす物理的強制の海洋内部伝搬の実態、爆弾低気圧の強さや発生数が海洋循環の長期変動に及ぼす影響を明らかにすることを目的とした。特に、爆弾低気圧が頻繁に発達する海域の中で最も水深の深い北西太平洋域に焦点を当て、海洋深層に対する影響を明らかにしようとした。

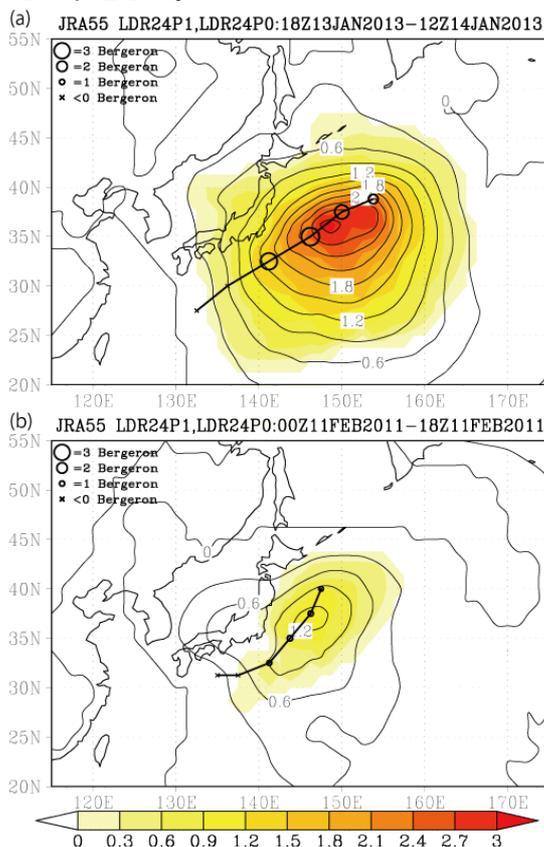


図 1. 気象庁大気再解析データ JRA-55 の地表気圧を用いた LDR24 (色) と通常の低気圧追跡による 6 時間毎の爆弾低気圧中心位置 (○: 大きさは発達率), (a) 2013 年 1 月の爆弾低気圧事例と (b) 2011 年 2 月の低気圧事例 (Kuwano-Yoshida 2014).

3. 研究の方法

本研究は、高解像度海洋数値シミュレーションの解析と高頻度海洋観測の実施によって行った。

海洋数値シミュレーションは地球シミュレータ用海洋大循環モデル OFES を用いた水平解像度 0.1 度の渦解像準全球過去再現実験のデータを用いた。この実験は NCEP-NCAR 大気再解析データの一日平均風応力及び海面フラックスを強制として、1950 年から現在まで連続して積分した長期シミュレーションである。本研究では 1980 年 1 月から 2013 年 12 月までの 3 日毎の瞬間値データを解析した。

海洋観測には、自動昇降型中層フロート (アルゴフロート) 6 台と漂流ブイ 4 台を用いた。アルゴフロートは、通常時は 1000m 深を漂流し、指定した時刻になると、浮上しながら水圧 (深度)、水温、塩分を自動観測する。海面浮上時に衛星通信によって、その時の緯度経度と観測データを地上に送信する。今回利用したフロートは衛星通信を介して、浮上間隔と観測水深を地上から任意に指定でき、300 回の観測が可能なバッテリーを内蔵しているタイプである。漂流ブイは海面を漂流しながら、6 時間毎に緯度経度、海面水温、海面気圧を衛星通信で地上に送信する。

本研究では、北西太平洋域で爆弾低気圧活動が活発な 11 月 ~ 3 月を集中観測期間とし、爆弾低気圧発達時には 6 時間毎に海面から 650m 深までの高頻度観測、通常時には 1 日毎に 2000m 深までの低頻度観測を実施した。アルゴフロートの観測頻度設定には、事前に爆弾低気圧が発達するかどうかを判断する必要があるため、京都大学生存圏研究所がアーカイブしている気象庁週間アンサンブル予報を利用した。

集中観測は 2015/16 年、2016/17 年の 2 冬季に実施した。気象庁と海上自衛隊の協力の下、2015/16 年はアルゴフロート 4 台と漂流ブイ 4 台を投入、2016/17 年はアルゴフロート 2 台を投入した。

4. 研究成果

(1) 簡便な低気圧抽出手法の開発

長期の大気データからの効率的な爆弾低気圧の抽出手法として、地表気圧の 24 時間局所時間変化率を指標とした局所発達率 (Local Deepening rate, LDR24) を開発した (Kuwano-Yoshida 2014)。この指標は従来の低気圧中心気圧の時間変化率に比べて、低気圧の追跡が不要で簡便かつ面的な解析が可能である (図 1)。この開発により、OFES の長期シミュレーションの強制として用いられた大気再解析データから爆弾低気圧を効率的に抽出することを可能にした。

(2) 爆弾低気圧の海洋深層への影響

NCEP-NCAR 大気再解析データの 1 日平均地表気圧から LDR24 を算出し、OFES の長期シミュレーション期間中、最も爆弾低気圧活動が

活発だった北緯 42.5 度、東経 165 度の地点で発達した爆弾低気圧 76 事例を抽出し、急発達時と 3 日前の合成図解析を行った。

爆弾低気圧の発達に伴い、低気圧性回転の風応力が形成され、その直下の海洋には水平発散流が励起されていた。この発散流は海面から 60m 深までに留まり、海洋混合層で捕捉されていることがわかった (図 2)。

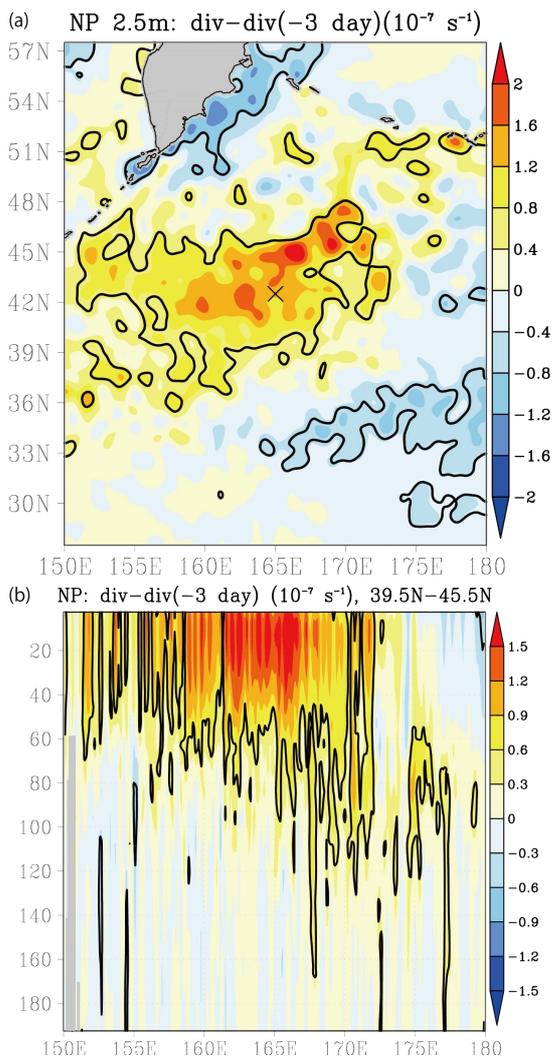


図 2 . 水平発散の爆弾低気圧発達時と 3 日前からの差 (色) (a) 2.5m 深の水平分布、(b) 北緯 39.5 度から 45.5 度で南北平均した東西鉛直断面 (Kuwano-Yoshida et al. 2017)。

この水平発散の下では、湧昇流が励起されていた。1000m 深までは爆弾低気圧の水平スケールに相当する広がりを持っていたが、それより深い所では海山に捕捉された局所的な湧昇流が形成されていた (図 3)。また、海洋中層から深層にかけては低気圧性の水平循環が形成されており、爆弾低気圧が海洋全層に渡って物理的影響をもたらすことを明らかにした。

さらに爆弾低気圧の年々変動が海洋深層にもたらす変動を明らかにするため、1 月の北西太平洋域で年々変動が活発な領域の活発年と不活発年で合成図解析を行った。その

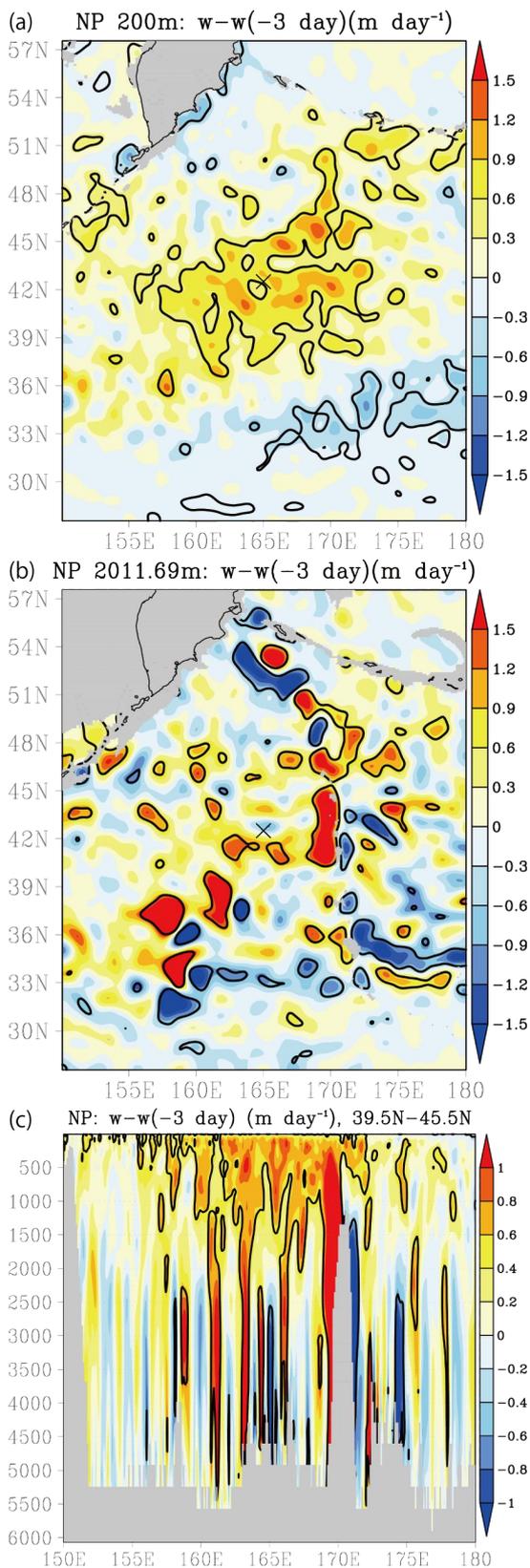


図 3 . 鉛直流の爆弾低気圧発達時と 3 日前との差 (色)。(a) 200m 深、(b) 2000m 深、(c) 北緯 39.5 度から 45.5 度で南北平均した東西鉛直断面 (Kuwano-Yoshida et al. 2017)。

結果、爆弾低気圧活動が活発な年には、海洋深層の鉛直流と日スケールの水温変動の振幅が増大することがわかった。これは海洋深層の循環場形成に爆弾低気圧活動が影響していることを示唆する重要な結果である。

(3) 爆弾低気圧下の海洋集中観測

爆弾低気圧が海洋に与える影響の実態を解明するため、アルゴフロートによる集中観測を実施した。ほとんどの観測点が2冬季で10回以上爆弾低気圧が通過する海域を漂流した。週間アンサンブル予報でLDR24 1hPa/hになる確率を元にアルゴフロートの観測頻度を1日~6時間毎に切り替えながら運用し、2冬季間で延べ1148本の水温・塩分プロファイルが得られ、そのうち73本が爆弾低気圧下の海洋を捉えることができた。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕(計2件)

Kuwano-Yoshida, A, H. Sasaki, and Y. Sasai, Impact of explosive cyclones on the deep ocean in the North Pacific using an eddy resolving ocean general circulation model, *Geophysical Research Letters*, 査読有, 44, 2017, 320-329, DOI: 10.1002/2016GL071367

Kuwano-Yoshida, A, Using the Local Deepening Rate to Indicate Extratropical Cyclone Activity, *SOLA*, 査読有, 10, 2014, 199-203, DOI: 10.2151/sola.2014-042

〔学会発表〕(計17件)

Akira Kuwano-Yoshida, Hideharu Sasaki, Yoshikazu Sasai, Shigeki Hosoda, Impact of explosive cyclones on the deep ocean in the North Pacific, Meeting of Perspectives in Computational Atmosphere and Ocean Science and 8th OFES International Workshop, 2017年3月14日、名古屋大学東山キャンパス(愛知県名古屋市)

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、細田 滋毅、爆弾低気圧に対する海洋応答、低気圧と暴風雨に係るワークショップ2017、2017年2月3日、九州大学伊都キャンパス(福岡県福岡市)

Akira Kuwano-Yoshida, Shishiro Minobe, Hideharu Sasaki, Yoshikazu Sasai, Hidenori Aiki, Atmosphere-ocean interaction mediated by explosive cyclones in the North Pacific, Workshop on "Application of Ocean and Climate Predictions", 2017年1月25日、海洋研究開発機構横浜研究所(神奈川県横浜市)

吉田 聡、宮澤 泰正、西川 はつみ、海洋・大気変動予測とバイオリギング、CREST「サイバーオーシャン：次世代型海上ナビ」キックオフミーティング、2016年12月22日、東京大学大気海洋研究所(千葉県柏市)

吉田 聡、西川 はつみ、海洋・大気変動予測とバイオリギング、東京大学大気海洋研究所共同利用研究集会「バイオリギングと海洋・大気変動予測の未来 Sustainability Initiative in the Marginal Seas of South and East Asia (SIMSEA)の推進に向けて」、2016年11月4日、東京大学大気海洋研究所(千葉県柏市)

吉田 聡、中村 尚、北太平洋低気圧活動の長期変動、激甚化する台風・爆弾低気圧起源の災害ハザード予測研究ワークショップ2016、2016年10月6日、九州大学伊都キャンパス(福岡県福岡市)

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、相木 秀則、平田 英隆、川村 隆一、爆弾低気圧に対する海洋応答 2011年1月、2013年1月の事例解析、日本海洋学会2016年度秋季大会、2016年9月13日、鹿児島大学(鹿児島県鹿児島市)

吉田 聡、気候と爆弾低気圧と私、第28回日本気象学会夏季特別セミナー、2016年8月6日、八王子セミナーハウス(東京都八王子市)

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、爆弾低気圧の年々変動に対する海洋応答、日本海洋学会2015年度秋季大会、2015年9月27日、愛媛大学(愛媛県松山市)

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、中村 尚、北太平洋爆弾低気圧活動の長期変動と海洋への影響、東京大学大気海洋研究所国際沿岸海洋研究センター共同利用研究集会「グローバルな大気海洋相互作用：海と空をつなぐもの」、2015年9月10日、大槌町公民館(岩手県大槌町)

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、相木 秀則、細田 滋毅、平田 英隆、川村 隆一、爆弾低気圧の海洋への影響、2015夏のGFDセミナー、2015年8月17日、休暇村支笏湖(北海道千歳市)

Akira Kuwano-Yoshida, Hideharu Sasaki, Yoshikazu Sasai, Influence of explosive cyclones on ocean in OGCMs, The 26th General Assembly of the International Union of Geodesy and Geophysics, 2015年6月27日、プラハ(チェコ)

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、

渦解像海洋シミュレーションにおける爆弾
低気圧の海洋への影響、日本気象学会 2015
年度春季大会、2015年5月24日、つくば国
際会議場（茨城県つくば市）

Akira Kuwano-Yoshida, Hideharu Sasaki,
Yoshikazu Sasai, Influence of explosive
cyclones on ocean in OGCMs, 7th OFES
workshop, 2014年10月2日、会津大学（福
島県会津若松市）

吉田 聡、佐々木 英治、笹井 義一、
渦解像海洋シミュレーションにおける爆弾
低気圧の海洋への影響、日本海洋学会 2014
年度秋季大会、2014年9月16日、長崎大学
（長崎県長崎市）

吉田 聡、局所発達率を用いた低気圧活
動解析、日本気象学会 2014年度春季大会、
2014年5月22日、横浜情報文化センター（神
奈川県横浜市）

〔その他〕

ホームページ等

American Geophysical Union 広報誌 Eos の
Research spotlight 掲載記事

<https://eos.org/research-spotlights/impacts-of-bomb-cyclones-reach-the-ocean-floor>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

吉田 聡 (KUWANO-YOSHIDA, Akira)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリ
ケーションラボ・研究員

研究者番号：90392969

(2) 研究協力者

細田 滋毅 (HOSODA, Shigeki)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・地球環
境観測研究開発センター・グループリーダー
代理

宮澤 泰正 (MIYAZAWA, Yasumasa)

国立研究開発法人海洋研究開発機構・アプリ
ケーションラボ・グループリーダー