

科学研究費助成事業（科学研究費補助金）研究成果報告書

平成25年6月28日現在

機関番号：82706

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2010～2012

課題番号：22510023

研究課題名（和文） 全球塩分変動メカニズムの解明と地球規模の水循環変動との関連

研究課題名（英文） Observational investigation of surface layer salinity change and the intensification of hydrological cycle in the global ocean

研究代表者

細田 滋毅 (HOSODA SHIGEKI)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー代理

研究者番号：60399582

研究成果の概要（和文）：全球規模の水循環変動と強い関連がある表層塩分変動過程を明らかにするために、観測的データに基づき熱帯域の表層塩分変動過程および、北太平洋域における混合層変動過程、特に暖候期における熱輸送過程について調べた。その結果、熱帯域で検出されていた塩分トレンドに含まれる準10年変動成分を定量化し、また夏季の浅い混合層から下層に浸透する熱が、大気海洋間の熱交換に大きな影響を与えることを示した。

研究成果の概要（英文）：Heat penetration process in the North Pacific Ocean and Quasi-decadal (QD) surface salinity variability in the tropical Pacific Ocean were quantitatively investigated using observational data. The signal of QD variability is significantly included in the surface salinity trend. The downward heat penetration from the mixed layer to the subsurface ocean is crucial role for the surface temperature even during summer season, indicating that the properties in the shallow mixed layer are influenced by exchanges from that in the lower layer. Those results are important parts of the research for mechanisms of the global surface salinity change, improving the previous knowledge of the global climate and environment changes.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2010年度	1,700,000	510,000	2,210,000
2011年度	700,000	210,000	910,000
2012年度	700,000	210,000	910,000
年度			
年度			
総計	3,100,000	930,000	4,030,000

研究分野：海洋物理学

科研費の分科・細目：環境学・環境動態解析

キーワード：海洋物理，陸水学，環境変動，気候変動，水循環，混合層，熱帯表層塩分，Argo

1. 研究開始当初の背景

地球表面の大気・陸面・海洋圏で起こっている水循環の仕組みやその変動を捉えることは、気候変動や地球温暖化メカニズムを解明する上で重要であり、その地球全体の水循環の変動は、IPCC（2007）でも重要な研究課題に挙げられている。このうち海洋圏は、

地球表面の70%の面積を占め、全球水循環の主要な駆動源を担っている。従って、海洋の淡水輸送を詳細かつ定量的に解析することが、水循環変動を捉える上で必要不可欠である。水循環のキーとなる海洋・大気・陸面間の淡水交換は、主に海洋表層の塩分変動として現れているが、このような問題を扱うには、

数値モデルでは技術的問題から困難であり、近年蓄積されてきた観測データを用いることが有効である。

これまで、観測データに基づく海洋表層の塩分変動を扱った研究は、Hosoda et al. (2009)をはじめとして、全球的に塩分変動にトレンドが存在し、亜熱帯域（亜寒帯域）で高塩分化（低塩分化）のパターンが顕著に現れ、全球水循環が近年強化されていることを示していたように、全体像の把握をターゲットとしたものが主体であった。

しかし、これまでの解析は長期トレンドと経年変動とを必ずしも明確に分離しておらず、観測データを用いた解析により、そのトレンドに関して海域毎の特性や、表層変動過程の詳細について調べる必要がある。さらに、そのような表層塩分変動が何故起こっているのか、メカニズムについても十分に明らかにはなっていない。

2. 研究の目的

本研究は、Argo や衛星データ等の最新のデータおよびデータ同化の結果を用いて、特に以下の2つを目的として解析を進めた。(1) 表層塩分変動を、海域特性を把握しつつ、長期トレンドと経年変動とを分離し、長期変動シグナルに含まれるそれぞれ成分の重要性を議論すること。(2) 海洋表層における水温・塩分変動過程と混合層の役割について明らかにすること。特にこれまであまり問題にされなかった夏季の薄い混合層の存在と、海洋表層水温・塩分との関連性を評価することである。

本研究の特色は、全球海洋の熱・塩分変動を観測できる Argo フロート、衛星による熱・淡水フラックスデータ等の観測データを用いつつ、力学的整合性がある4次元変分法海洋データ同化システムや大気・海洋再解析データ等によるデータも、物理過程を明確にするために使用することにある。これらのデータセットを利用することにより、海洋表層や内部の塩分変動の詳細な把握、および大気を含めた全球水循環変動との関連性についても明らかにできることが期待できる。今回特に、熱帯域の表層塩分変動に着目し、過去に見積もられた塩分トレンドの中ほどの程度周期的な経年変動成分が含まれているのかを調べ、また表層混合層の季節変化に伴う熱・淡水輸送の変動特性を調べることを目的とする。

3. 研究の方法

本研究は、連携研究者等の協力を得つつ、全球での海洋表層塩分輸送の変動特性・メカニズムを明らかにするために、Argo フロートデータ（全球10日毎、2001年～）、Argo フロートデータに基づく月平均格子化データ

(MOAA GPV (Hosoda et al., 2008) ; 全球1ヶ月毎、2001年～)、衛星による運動量・熱・淡水フラックス格子化データセット (JOFURO-2 (Kubota et al., 2002) ; 全球1日毎、1990～2006年)、4次元変分法海洋データ同化システムによる海洋データ (Masuda et al., 2003 ; 全球10日毎、1990～2009年)、以上のデータセットを用意した。これらのデータセットは、本研究を実施する上で十分な精度を持っており、これらを統合的に扱うことによって、物理的な過程を反映して定量的に見積もることが可能となる。

課題(1)について、衛星データおよび Argo 格子化データセットを用い、熱帯域の表層塩分変動の特性を把握し、空間分布に対する変動周期成分の解析を行って、その変動パターンと周期性について調べる。その解析結果に基づき、熱帯域における表層塩分変動のメカニズムを考察する。

課題(2)について、Argo 格子化データセットおよび衛星データセットを用いて、表層混合層形成過程と熱フラックスの季節変動性について調査する。特に夏季の海洋に対する強い加熱が鉛直一次的に考えてどの深度まで到達するのか、混合層深度との関係、海域特性について調べ、そのメカニズムについて考察する。さらに、データ同化システムの海洋データを用いて、海洋表層における熱・淡水に関する季節・経年的な収支および物理的変動過程について考察する。

4. 研究成果

(1)の課題に対して、Argo フロート、衛星データを用いて、熱帯太平洋域の表層塩分変動に関する空間パターンおよびその周期性について解析をすすめ、表層塩分が準10年周期で変動することを明らかにした。この周期は近年太平洋熱帯域における ENSO を含む大気変動で顕著な周期成分として着目されており、表層塩分にも同様の変動が現れることが明らかとなった。この変動成分の振幅は、Hosoda et al. (2009)で明らかになった約30年間の熱帯太平洋域の低塩分化トレンドのシグナルの大きさに対して半分以上を示していた。このことは、塩分長期変動トレンドに対し準10年周期変動成分の寄与が無視できない可能性を示唆する。以上の結果から、気候変動・全球水循環変動の解析では、それぞれの海域に特有な周期成分と空間パターンの抽出が重要であり、より詳細な解析を行い長期的な変動成分を定量化する必要があることを示した。なお、この成果について国内外の学会等で発表するとともに、国際専門誌 (J. Climate) に受理された。

(2)の課題に対して、Argo フロート、衛星データ等を用いて、春夏季に海洋表層・亜表層が気候変動に果たす役割について解析

を進めた。表層塩分変動と深く関連する表層の熱交換過程について、夏季の強い海面加熱の効果は、季節躍層上に形成される浅い混合層だけでなく、その下層にも貯熱されることを示した。また定量的な解析により、夏季の海面加熱が影響する深度を定義し、その深度変化が混合層深度変化と異なることを示した。夏季の海面加熱の浸透は、大気擾乱により下層にももたらされ、海面水温を緩和する効果があることを示した。広域の季節変動パターンとそのメカニズムについて、データ同化システムの海洋表層・亜表層の水温・塩分変動と海面熱・淡水フラックスデータを用いて調査したが、海面フラックスの処理方法などの課題があり、十分な成果が得られなかった。しかし、データ同化システムを用いる手法は、観測データが限定的であるため本解析に対し有効であると考えられ、改善策について今後の課題として検討する予定である。なお、前半部分の成果について、国内外の学会で発表するとともに、国際専門誌 (J. Climate) に投稿し、現在査読を受け修正中である。

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 7 件)

- ① Hasegawa, T., K. Ando, I. Ueki, K. Mizuno, S. Hosoda, Upper-ocean salinity variability in the tropical Pacific: Case study for quasidecadal shift during 2000s using TRITON buoys and Argo floats, J. Climate (査読有), 2013, 印刷中, <http://ams.allenpress.com/>.
- ② 細田滋毅, 平野瑞恵, 佐藤佳奈子, 須賀利雄, 小林大洋, 荻田尚子, 河野健, 「民間船によるアルゴフロート投入 ～国際科学プロジェクト「アルゴ計画」への貢献～」, JOS News Letter (査読無), 2(1), 2012, 6-7, <http://kaiyo-gakkai.jp/jos/publications/newsletter>.
- ③ Kouketsu, S., H. Tomita, E. Oka, S. Hosoda, T. Kobayashi, K. Sato, The role of meso-scale eddies in mixed layer deepening and mode water formation in the western North Pacific, J. Oceanogr. (査読有), 68, 2011, 63-77, doi: 10.1007/s10872-011-0049-9, <http://www.springer.com/earth+science+s+and+geography/oceanography/journal/10872>.
- ④ Oka, E., S. Kouketsu, K. Toyama, K. Uehara, T. Kobayashi, S. Hosoda, and T. Suga, Formation and subduction

of Central Mode Water based on profiling float data 2003-2008, J. Phys. Oceanogr. (査読有), 41, 2011, 113-129, <http://www.springer.com/earth+science+s+and+geography/oceanography/journal/10872>.

- ⑤ 細田滋毅, 須賀利雄, 解説記事: Argo計画: 気候監視のために全球海洋の変動をリアルタイムで捉える観測システム, 日本海水学会誌特集号「地球環境問題への対策」, Bull. Soc. Sea Water Sci. (査読無), 65, 2011, 29-34, <https://www.jstage.jst.go.jp/browse/swsj-char/ja>.
- ⑥ Hosoda, S., T. Ohira, K. Sato, and T. Suga, Improved description of global mixed-layer depth using Argo profiling floats, J. Oceanogr. (査読有), 66, 2010, 773-787, <http://www.springer.com/earth+science+s+and+geography/oceanography/journal/10872>.
- ⑦ 細田滋毅, 全球表層塩分変動 -Argoによって得られた水循環変動の可能性-, 月刊海洋 (査読無), 42(11), 2010, 621-627, <http://www.kaiyo-chikyu.com/>.

[学会発表] (計 14 件)

- ① Hosoda, S., Argo float - Innovation for autonomous observations of global oceans -, 9th Japanese German Frontiers of Science Symposium (Invited), Abstract book 37-40, 2012年10月27日, Potsdam Germany .
- ② Hosoda, S., M. Nonaka, T. Tomita, B. Taguchi, H. Tomita, N. Iwasaka, T. Suga, Heat penetration of downward net heat flux below shallow seasonal thermocline during spring- summer season in the North Pacific Ocean, 4th Argo Science Workshop, 2012年9月27日, Venice, Italy.
- ③ Nishikawa S., Y. Ishikawa, S. Masuda, T. Wakamatsu, T. Mochizuki, H. Igarashi, Y. Hiyoshi, Y. Sasaki, H. Nishikawa, S. Hosoda, K. Sato, T. Awaji, Experiments of ocean state estimation and forecast in 2010-2011 using K7 global 4D-VAR coupled data assimilation system and effects of Argo data, 4th Argo Science Workshop, 2012年9月28日, Venice, Italy
- ④ 西川史郎, 石川洋一, 増田修平, 若松剛, 望月崇, 五十嵐弘道, 日吉善久, 佐々木祐二, 西川悠, 細田滋毅, 佐藤佳奈子,

- 淡路敏之, 「4次元変分法大気海洋結合データ同化システムを用いた2010-2011年同化・予測実験とArgoデータの利用(II)」, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 2012年09月15日, 静岡.
- ⑤ Nishikawa, S., Y. Ishikawa, S. Masuda, T. Wakamatsu, T. Mochizuki, H. Igarashi, Y. Hiyoshi, Y. Sasaki, H. Nishikawa, S. Hosoda, K. Sato, T. Awaji, Development of a global 4D-VAR data assimilation and forecast system focusing on climate variability in the North Pacific and use of Argo profiling data: Experiment of 2010-2011, 2nd International Symposium: Effects of Climate Change on the World's Oceans, 2012年05月27日, 麗水・韓国.
- ⑥ Hasegawa T., I. Ueki, K. Mizuno, S. Hosoda, Quasi-decadal variability of upper ocean salinity in the western equatorial Pacific and mid-latitude of South Pacific, The 10th International Conference on Southern Hemisphere Meteorology and Oceanography, 2012年04月26日, ヌメア・ニューカレドニア.
- ⑦ 西川史朗, 石川洋一, 増田周平, 五十嵐弘道, 日吉善久, 佐々木祐二, 西川悠, 望月崇, 若松剛, 細田滋毅, 佐藤佳奈子, 淡路敏之, 「4次元変分法大気海洋結合データ同化システムを用いた2010-2011年同化・予測実験とArgoデータの利用(II)」, 2012年度日本海洋学会秋季大会, 2012年3月27日, 静岡.
- ⑧ Hosoda, S., T. Suga, K. Mizuno, Recent global changes in surface layer salinity depicted by Argo: Footprint of the global hydrological cycle enhancement, Joint Argo and Altimeter workshop, 2011年10月18日, San Diego, CA.
- ⑨ 長谷川拓也・植木巖・安藤健太郎・水野恵介・細田滋毅, 「南太平洋熱帯域における塩分の準10年スケール変動」, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月27日, 福岡.
- ⑩ 細田滋毅・野中正見・富田智彦・田口文明, 「北太平洋での貯熱量変動及び海面加熱の浸透深度の時空間特性」, 2011年度日本海洋学会秋季大会, 2011年9月27日, 福岡.
- ⑪ 細田滋毅, 「Argo 観測による海洋混合層および貯熱量の海盆規模分布と季節変動, 新学術領域研究総会」, 2011年8月2日, 札幌.
- ⑫ Hosoda, S., Characteristics of summer shallow mixed layer development in the North Western Pacific Ocean -Gridded Argo Mixed layer Depth Dataset (MILA GPV) -, 2011年7月2日, 2011 IUGG, Melbourne, Australia.
- ⑬ 細田滋毅・野中正見・富田智彦・田口文明・富田裕之・岩坂直人, 「北太平洋の浅い混合層に伴う貯熱量の時空間特性」, 2011年度日本海洋学会春季大会, 2011年3月25日, 柏.
- ⑭ 細田滋毅・野中正見・富田智彦・田口文明・富田裕之・岩坂直人, 「春夏季における季節躍層の発達過程」, 2010年度日本海洋学会秋季大会, 2010年9月17日, 福岡.
- [その他]
- ① ホームページ
Argo JAMSTEC Web page:
<http://www.jamstec.go.jp/ARGO/>
- ② アウトリーチの一環として, Argo 計画の活動を広く一般に紹介するために, パンフレットを作成.
6. 研究組織
- (1) 研究代表者
細田 滋毅 (HOSODA SHIGEKI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー代理
研究者番号: 60399582
- (2) 研究分担者
なし
- (3) 連携研究者
増田 周平 (MASUDA SHUHEI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー
研究者番号: 30358767
- 川合 義美 (KAWAI YOSHIMI)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・チームリーダー
研究者番号: 40374897
- 富田 裕之 (TOMITA HIROYUKI)
名古屋大学・地球水循環研究センター・拠点研究員
研究者番号: 10435844
- 須賀 利雄 (SUGA TOSHIO)
東北大学・理学研究科・教授
研究者番号: 70211977
- (4) 研究協力者
長谷川 拓也 (HASEGAWA TAKUYA)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境変動領域・研究員

佐藤 佳奈子 (SATO KANAKO)
独立行政法人海洋研究開発機構・地球環境
変動領域・技術主任
