

機関番号：82706

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2009-2010

課題番号：21840066

研究課題名（和文） インドネシア多島海における海面水温の変動メカニズム

研究課題名（英文） Sea Surface Temperature variability in the Indonesian Seas

研究代表者

木田 新一郎 (KIDA SHINICHIRO)

独立行政法人海洋研究開発機構・地球シミュレータセンター・研究員

研究者番号：50543229

研究成果の概要(和文):

インドネシア多島海における海面水温の季節変動メカニズムを、海洋領域モデルを用いて解明した。モンスーン風が主な駆動力となり、海面冷却、表層混合を通して季節変動を起こしていることが明らかになった。インドネシア通過流の影響は夏季(南半球)、そしてインドネシア海南岸(Nusa Tenggara)沿いに限られていた。また局所的に起こる潮汐混合が海面水温を冷却する効果は、夏季に風成循環によって海域全体に広がることが示唆された。

研究成果の概要(英文):

The underlying mechanism for the seasonal Sea Surface Temperature (SST) variability in the Indonesian Seas is investigated using a regional numerical model. We find the monsoonal winds, the main driving force of the variability. The impact of the Indonesian Throughflow is limited to summer (southern hemisphere) and along the Nusa Tenggara. The impact of localized tidal mixing is found to spread basin wide during summer because of the wind-driven circulation.

交付決定額

(金額単位:円)

	直接経費	間接経費	合計
2009年度	800,000	240,000	1,040,000
2010年度	630,000	189,000	819,000
年度			
年度			
年度			
総計	1,430,000	429,000	1,859,000

研究分野:海洋物理学

科研費の分科・細目:気象・海洋物理・陸水学

キーワード:海洋物理学・気候変動

## 1. 研究開始当初の背景

インドネシア多島海で起こる海面水温の変動は、その真上に在る大気の深い対流を通じて海盆スケールの大気循環・気候の変動と繋がって

いる。しかし、これまでこのインドネシア多島海の海面水温がどのようなメカニズムで変動しているのか解明されてこなかった。

## 2. 研究の目的

インドネシア多島海の海面水温を季節変動させる主要メカニズムを解明したい。インドネシア多島海はモンスーン風、インドネシア通過流、潮汐混合、そして太平洋・インド洋から伝搬する海盆スケールの波によって変動すると考えられる。そこで、これらの物理過程が、それぞれの程度、そしてどのような特徴を持って海面水温に影響を与えているのかを数値モデルを用いて検証する。

## 3. 研究の方法

海洋研究開発機構で開発された大気海洋結合モデル、MSSG (Multi-Scale Simulation for the Geoenvironment)、の海洋モデル部分を用いてインドネシア多島海の理想的・現実的領域モデルをまず構築する。大気条件には CORE (Common Ocean-Ice Reference Experiments, Large and Yeager, 2004) と Climatological QuikSCAT winds (Risien and Chelton, 2008) を用いる。外洋の影響を取り組み、さらにインドネシア通過流を再現するため、側面境界条件には SODA (Simple Ocean Data Analysis, Carton and Giese, 2008) を用いる。潮汐混合は、観測から示唆されている海域と大陸棚上で鉛直混合を理想的に強くすることで再現する。海底地形には ETOPO1 を用いる。インドネシア多島海は地形が複雑なため、パーシャルセルを MSSG に導入し、地形による効果を忠実に再現できるようにする。

モデル構築後、以下の検証を行う:

- (1) インドネシア通過流がある・ない場合による海面水温の違いを検証する。
- (2) 潮汐混合がある・ない場合による海面水温の違いを検証する。
- (3) インド洋・太平洋から到達する季節変動にともなう波がある・ない場合による海面水温の違いを検証する。

モデル検証には、海面水温の違いを比較するとともに、海洋混合層での熱バランスを解析する。

また、研究を進める中で、インドネシア多島海の研究者が多いハワイ大学ハワイ大学国際太平洋研究センター (IPRC)、オーストラリア CSIRO を訪問する。セミナー等での議論を通して、研究成果に対するフィードバックを得る。

## 4. 研究成果

(1) 一年目は、理想的・現実的モデルの構築を行った。まず過去の研究で用いた理想的な閉境界インドネシア多島海モデルを用いて以下のモデルコンポーネントを新たに導入した。

- ① オフラインで用いる側面開境界条件をモデルに導入した。これにより領域モデルでおこる海面水温の変動が外洋起因(側面境界)のものと、局地的(モデル内部)に起因するものとを別々に検証することが可能になった。
- ② 浅い海域での潮汐混合パラメタリゼーションを導入した。潮汐混合による海底摩擦層の厚さ分だけ、鉛直拡散、粘性係数を高めるようにした。これにより、深い海域のみではなく浅い海域で起こる潮汐による効果の検証が可能になった。
- ③ パーシャルセルを Adcroft et al. (2000) を参考に導入した。これにより地形性ベータの効果、インドネシア多島海内部にある大陸棚を堺に起きる水交換のプロセスがより忠実に再現できるようになった。
- ④ さらに、鉛直混合スキームに Mellor-Yamada 2.5 スキームを導入した。潮汐混合とは別の力学メカニズムで生成される海面混合層と海底混合層両方をパラメタリゼーションをで再現出来るようになった。

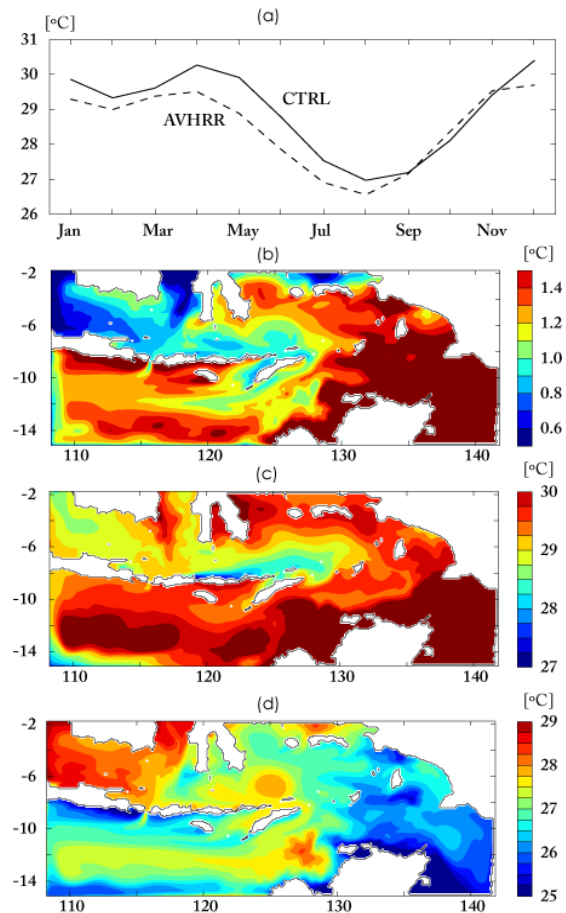
以上の結果、インドネシア通過流の流量、鉛

直構造、季節変動などに対するインドネシア多島海の海面水温の感度実験を行える領域モデルを構築できた。しかし理想的・現実的モデルを用いて数多く実験した結果、インドネシア通過流がインドネシア多島海内部を流れる流路は、現実的地形の詳細な配置に敏感であることがわかった。そのため理想モデルでは、十分にインドネシア通過流の流路を再現できなかった。よって、理想実験による感度実験ではなく、現実的モデルを用いた感度実験を行うこととした。

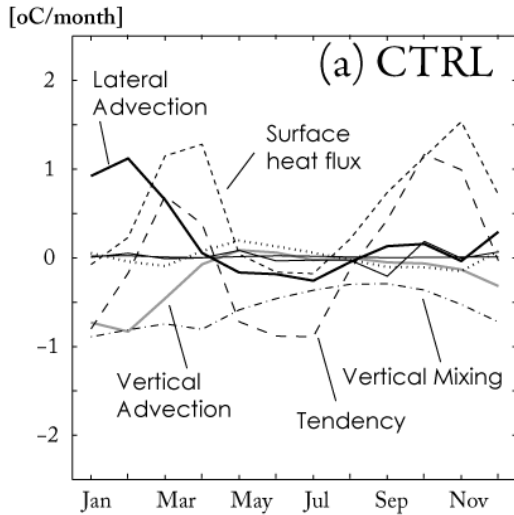
(2) 二年目は、現実的モデルを用いて再現されたインドネシア多島海における海面水温がインドネシア通過流・潮汐混合・外洋の季節変動から受ける影響をそれぞれ見積もった。

- ① インドネシア多島海における海面水温の季節変動は、ほぼモンスーン風の季節変動によって説明できる。ただし、夏季のインドネシア多島海の西側における海面水温、そして海面水温が観測に比べ年中暖かめに再現されてしまう点が説明できない。インドネシア通過流と潮汐混合がこれらの箇所、時期に重要な役目をもつことが明らかになった。
- ② インドネシア通過流は、夏季の海面水温に影響を持つ。そして特に Nusa Tenggara 北側の海面水温に、インドネシア通過流の影響を強く与えている。本来ならこの海域では北西モンスーン風が沿岸湧昇を引き起こし、海面水温を低下させることが予想される。しかしインドネシア通過流が温暖な太平洋の表層水を移流し、海面水温の低下を緩和している。その結果、Nusa Tenggara 沖は海面水温の季節変動の振幅が小さく維持されている(図1&2)。
- ③ 夏季に Nusa Tenggara 沖で起きる沿岸湧昇は、インドネシア通過流によって海面水温の低下をとまなわれない。このような海面水

温の低下をとまなわれない沿岸湧昇は、衛星観測からは確認することは困難であるが、オーストラリア政府機関による長期観測データ(Wijffels et al. 2008) を入手し、Monthly Hydrography からも沿岸湧昇の存在を確認することができた。

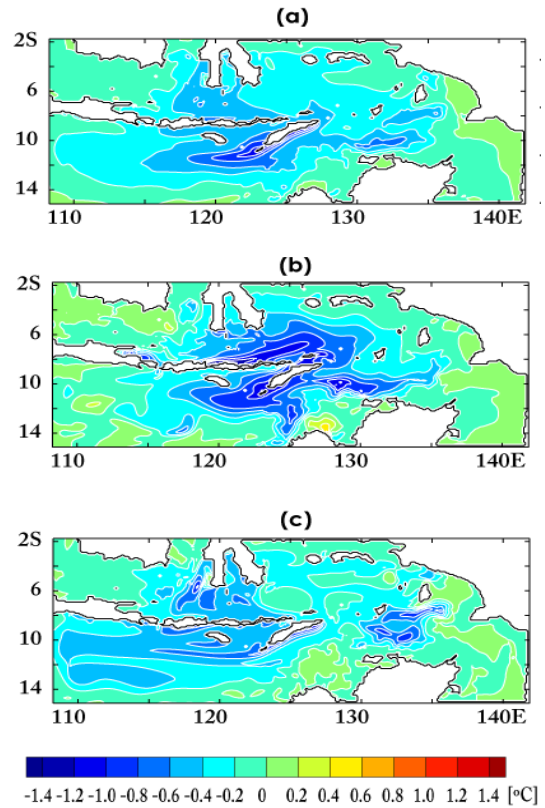


(図1:再現されたインドネシア多島海の海面水温(a)Monthly SST (b) Seasonal variability (c) Summer SST (d) Winter SST)



(図2:海面混合層の温度バランス)

- ④ 浅い大陸棚上の潮汐混合は大陸棚縁でのみ海面水温を冷却する効果を持つ。これは大陸棚上ではそもそも風によって十分に混合が起きているためであり、また下層にも冷たい水もないためである。大陸棚縁では、潮汐混合によって冷たい下層水が浅いところへ侵入するため、海面水温の低下へとつながっている(図3)。
- ⑤ 海嶺上の潮汐混合は海面水温を強く低下させ、その影響は季節によっては局所的にとどまらないことが明らかになった。これは潮汐混合によって冷やされた温度躍層水が湧昇によって表層へもたらされることがあるためである。特に夏季は沿岸湧昇にともないエクマン輸送によって、インドネシア多島海の内部領域へと水温低下の影響が広がっていることが確認された(図3)。



(図3:(a) Annual SST difference between with and without tidal parameterization (b) Summer (c) Winter)

- ⑥ 側面境界の季節変動成分に対して海面水温が大きな感度を持たなかった。よってインド洋、太平洋からインドネシア多島海へもたらされる成層構造、流量の季節変動は、インドネシア多島海の海面水温の季節変動には大きな影響を持っていないことが示唆された。

ハワイ大学 IPRC、オーストラリア CSIRO を訪問し、Dr. Annamalai や Dr. Wijffels をはじめインドネシア多島海、インドネシア通過流の専門家と議論をすることができた。またセミナー発表を行い、より多くのフィードバックを得ることができた。アメリカ Ocean Sciences Meeting でもポスター発表を行い、研究結果を発表することができた。

#### 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2件)

- ① D.J. Halkides, T. Lee, and S. Kida (2011),  
The mechanism controlling seasonal mixed  
layer temperature of the Indonesian Seas in  
an ECCO assimilation product, *Ocean  
Dynamics*, Volume 61, Issue 4, 481,  
doi:10.1007/s10236-010-0374-3. 査読あり
- ② Annamalai, H., S. Kida, J. Hafner (2010),  
Potential Impact of the Tropical Indian  
Ocean-Indonesian Seas on El Niño  
Characteristics. *J. Climate*, 23, 3933-3952.  
doi:10.1175/2010JCLI3396.1. 査読あり

[学会発表] (計2件)

- ① 木田新一郎、インドネシア海における海面  
水温の季節変動メカニズム, 2010 年度日  
本海洋学会春季大会, 東京大学, 2011 年  
3 月 23 日、(地震により誌面発表)
- ② 木田新一郎、Seasonal Sea Surface  
Temperature Variability in the Indonesian  
Seas, Ocean Sciences Meeting 2010, 2010  
年 2 月 23 日, Oregon Convention Center,  
ポートランド、アメリカ

6. 研究組織

(1)研究代表者

木田 新一郎 (KIDA SHINICHIRO)  
独立行政法人海洋研究開発機構・地球シミュ  
レータセンター・研究員  
研究者番号:50543229

(2)研究分担者

なし

(3)連携研究者

なし