

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 28 年 6 月 21 日現在

機関番号：14301

研究種目：研究活動スタート支援

研究期間：2014～2015

課題番号：26887023

研究課題名(和文) 20世紀全球海上風データセットの作成と気候変化研究への応用

研究課題名(英文) Reconstruction of the global marine surface wind data set over the twentieth century and its application for climate change research

研究代表者

時長 宏樹 (Tokinaga, Hiroki)

京都大学・白眉センター・准教授

研究者番号：80421890

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 1,900,000円

研究成果の概要(和文)：1900年から2015年までの116年間を対象期間とし、系統誤差補正された全球海上風データセットを作成した。作成された海上風データセットはエルニーニョ・南方振動、インド洋ダイポール、Pacific Decadal Oscillation、North Atlantic Oscillation など主要な経年から数十年規模の気候変動モードに伴う大気下層循環変動を良く捉えており、気候変動研究に有用なデータセットになると考えられる。これまで明らかにすることが難しかった20世紀前半の太平洋気候シフトについても海面水温や海面気圧の変化と物理的に整合していることが分かった。

研究成果の概要(英文)：A global marine surface wind data set is reconstructed for 1900-2015 applying bias corrections. The reconstructed wind data set captures fluctuations of the lower atmospheric circulation associated with major climate variability such as the El Nino/Southern Oscillation, Indian Ocean Dipole, Pacific Decadal Oscillation, and North Atlantic Oscillation, ensuring the performance for researches of climate variability. This wind data set also succeeds at capturing physically consistent patterns of marine surface wind change associated with the Pacific climate shift in the 1920s, which has never been possible to illustrate before.

研究分野：気候力学

キーワード：海上風データ 太平洋数十年規模振動 気候変動 気候変化

1. 研究開始当初の背景

地球温暖化に伴う海面水位上昇が懸念される中、それらは全球一様に起こっている訳ではない。その地域的な非一様性に重要な役割を果たしているのが海上風の長期変化である。そのため、海上風の長期変化のメカニズムを解明することは地域的な海面水位変化を理解・予測する上で重要な研究課題である。しかし、船舶観測による歴史的な海上風データは、人為的な要因によって見かけ上の長期変化傾向を持っており、数十年規模の海上風変動を20世紀初頭に遡って解明することは困難だった。1950年以降に関しては、誤差補正された海上風データセットが存在していたのに対し、20世紀全体を通して気候変動・気候変化研究に応用できる全球海上風データセットは存在していなかった。

2. 研究の目的

本研究では1900年から2015年までの116年間を対象期間として、時間変化する観測系統誤差を補正した全球海上風データセットを作成することを目的とする。さらに作成した海上風データセットが経年から数十年規模の気候変動と物理的に整合するかを検証するために、様々な気候変動モードと1920年代の太平洋気候シフトを具体例として、海上風、海面水温、海面気圧の変化パターンの整合性を検証する。

3. 研究の方法

(1) 使用データ

海上風速および海上風向データはICOADS (International Comprehensive Ocean-Atmosphere Data Set) release 2.5.1に含まれているものを使用し、平均値からの偏差が標準偏差の4.5倍以下となるデータのみを解析した。

(2) 時間変化する系統誤差の補正

船舶観測による海上風速の見かけ上の長期変化傾向は大きく分けて2つの要因によって引き起こされる。1つ目は、船舶大型化に伴う風速計設置高度上昇によるもので、風速計による観測数が増加した1970年代以降に顕著な風速増加傾向となっている。2つ目は19世紀後半から20世紀前半にかけて見られる風速の減少傾向である。これは船舶が帆船から汽船へ変遷したことにより、弱風域での観測が徐々に可能になったためと考えられている。

海上風の観測は目視観測と測器観測に分けられ、後者は風速計設置高度から対数則によって補正が可能だが、測器観測データでも風速計設置高度が記録されていない観測データや、目視観測であっても実際には測器観測で得られたデータが多数存在し、高度補正を適用できない観測データが全観測の約60%以上占めている。そのため、全球の個々の観測データに対して正確な補正を適用す

るのは極めて困難である。一方、これらの時間変化する系統誤差はいずれも船舶タイプの変遷や船舶の大型化に起因するため、第一近似的には全球的に同様な時間的特徴を持つと仮定することが可能であり、その誤差の大きさが実際の変動の大きさと比較しても非常に大きい。

そこで本研究では補正していない全球海上風データから格子データセットをまず作成し、その月平均偏差に対するEOFモードの特徴を調べた。その結果、EOF第1モードには海上風速が全球的に同符号で変動するパターンが現れ、その時係数が前述した系統誤差の時間変化の特徴とよく似ていることが分かった(図1)。さらにEOF第1モードよりも高次モードではそのような特徴が見られなかったことから、EOF第1モードで定義される変動を時間変化する系統誤差と見なし、実際の観測値からその成分を取り除いて補正した。

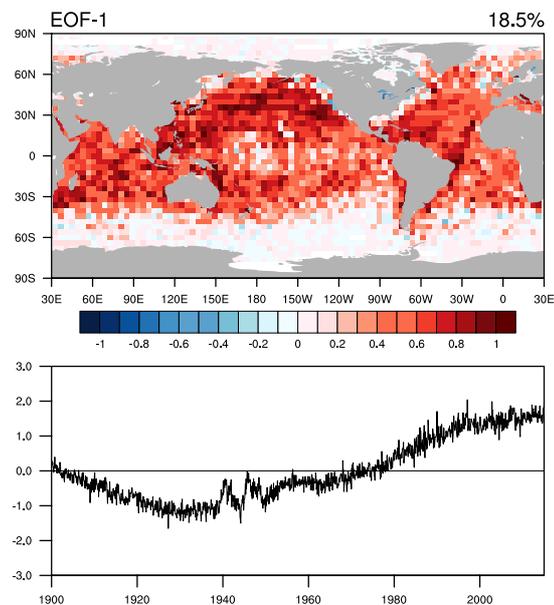


図1 未補正の月平均海上風速偏差に対するEOF第1モードの空間分布(上; $m s^{-1}$)と規格化した時係数(下)。寄与率は18.5%。

(3) 気候平均値に含まれる系統誤差の補正 (1)の方法は変動成分に対する系統誤差補正であり、時間平均成分に対しても系統誤差補正が不可欠である。そこで本研究では、時間平均成分に対して風速観測高度の気候平均値を用いて高度補正を適用した。ここで1970年以前の目視観測値は高度10mでの風速値と仮定し、1970年以降は目視観測であっても測器観測と同様な系統誤差の特徴を示すため、すべて測器観測によるものと仮定した。1970年以降の風速計高度は利用可能なメタデータから年平均値を算出した。現時点では2008年以降の風速計高度情報が公開されていな

いため、2003年から2007年までの5年平均値を各年の年平均値とし、最終的に1900年から2015年までの平均的な風速観測高度を算出した。

(4) EOF 投影による月平均海上風偏差の再構築
データ欠損域を補間するために、EOF 投影によるデータの再構築を行った。具体的にはまず系統誤差補正された海上風速の月平均偏差に対する EOF モードを算出した。次に全分散の95%を説明する EOF モード数を算出し、それらの固有ベクトルと時係数を使用して補間された月平均偏差を再構築した。

4. 研究成果

(1) 全球海上風データセットの作成

3.の方法によって系統誤差補正された月平均海上風偏差と月平均気候値から、緯度経度4度格子の全球海上風データセット(10m スカラー風、10m 東西風、10m 南北風、風応力の東西および南北成分)を116年間分(1900年から2015年まで)作成した。

(2) 全球海上風データセットの検証

作成された全球海上風データセットの品質を評価するために、主要な気候変動モードとの物理的な整合性を検証した。代表的なものとして経年変動スケールでは熱帯太平洋のエルニーニョ・南方振動(ENSO)、熱帯インド洋のダイポール現象(IOD)、十年規模変動としては太平洋の Pacific Decadal Oscillation (PDO)、北大西洋の North Atlantic Oscillation (NAO)を例として検証した。

(2-1) 経年変動

経年変動との整合性については図2に11-2月平均 Niño3.4 インデックスに対する海面水温、海面気圧、海上風ベクトル偏差の回帰係数を示す。海上風は150°Wよりも西側において赤道域では西風偏差、その南北で赤道に向かう風が卓越している。この海上風の分布は海面水温と海面気圧の水平分布と整合しており、ENSO 時の特徴を良く捉えていることが分かる。また図3には、9-11月平均 IOD インデックスに対する回帰係数を示す。海上風は正のインド洋ダイポール現象時に現れる赤道域の東風偏差やスマトラ島沖の南東風偏差を捉えており、海面気圧や海面水温の水平勾配と整合している。

(2-2) 十年規模変動

十年規模変動との整合性については図4に PDO インデックスと NAO インデックスに対する海面水温、海面気圧、海上風ベクトル偏差の回帰係数を示す。季節はそれぞれ11-3月と12-2月の平均とし、双方とも5年の移動平均をかけた季節平均偏差から計算した。PDO、NAO 共に海上風は海面気圧から推定される大気下層の循環を良く捉えており、

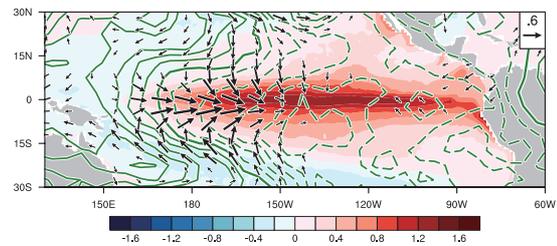


図2 規格化された11-2月平均 Niño3.4 インデックスに対する海面水温(°C; カラー)、海面気圧(hPa;0.15hPa 間隔)、海上風ベクトル($m s^{-1}$)偏差の回帰係数。

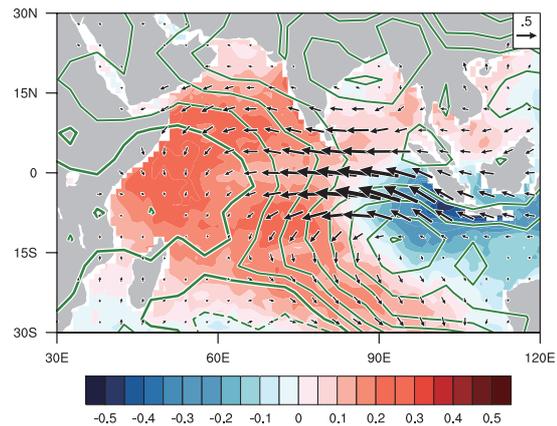


図3 規格化された9-11月平均ダイポールモードインデックスに対する海面水温(°C; カラー)、海面気圧(hPa;0.1hPa 間隔)、海上風ベクトル($m s^{-1}$)偏差の回帰係数。

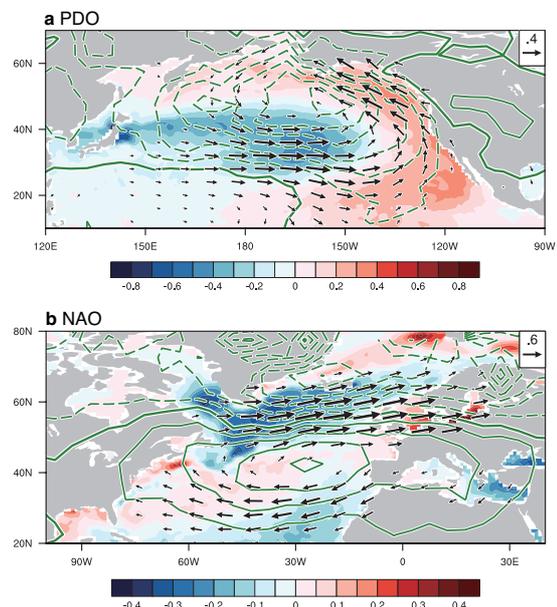


図4 規格化された (a) PDO および (b) NAO インデックスに対する海面水温(°C; カラー)、海面気圧(hPa; PDOは0.3hPa 間隔, NAOは0.5hPa 間隔)、海上風ベクトル($m s^{-1}$)偏差の回帰係数。

北太平洋、北大西洋ともに気候学的な西風を強化する海域では海面水温を低下させると

いう中高緯度で特徴的な海洋に対する大気の強制効果を示している。つまり作成された海上風データセットは十年規模変動に関しても物理的な整合性を示すことが分かる。

(3) 1920年代における太平洋気候シフト

北太平洋では1920年代にも気候シフトが起こったと指摘されているが、それが北太平洋域だけなのかそれとも熱帯太平洋でも起きていたのかこれまで明らかにされていなかった。そこで補正前と補正後の海上風データおよび最新の海面水温データセットであるHadISST2.1を解析して、熱帯における気候シフトについて検証した。

海面水温は正のPDOの時に特徴的な北太平洋中央部の水温低下や北アメリカ西岸の水温上昇を示している。さらにその特徴に加えて、赤道太平洋東部の昇温傾向が顕著であることが分かった。補正前の海上風は熱帯太平洋にて様々な方向に吹いているように見えるのに対し、補正後の海上風は熱帯太平洋でほぼ一様に西風傾向となっており、赤道太平洋東部の昇温傾向と物理的に整合している。また補正後の海上風は気候シフト時に特徴的なアリューシャン低気圧の強化とも整合的である。さらに強い昇温を示す熱帯インド洋西部と熱帯太平洋東部に挟まれるように、熱帯太平洋西部では昇温が小さいが、その空間分布の特徴と整合して海洋大陸付近では海上風が発散していることが分かる。このように補正後の海上風データセットではこれまで捉えることができなかった20世紀前半の気候シフトについても応用できることが分かった。

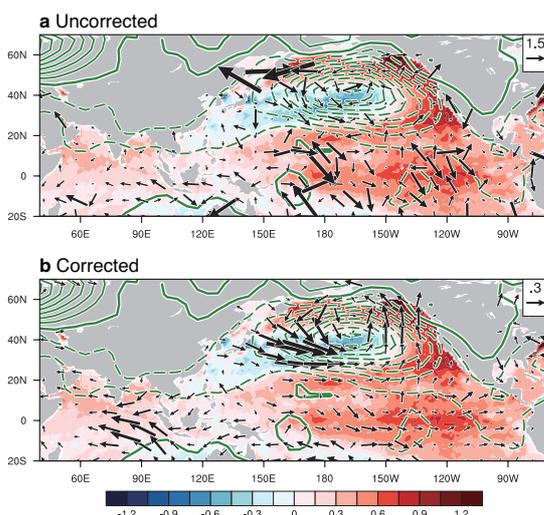


図5 1920年代の気候シフト前後で平均した海面水温(°C; カラー)、海面気圧(hPa; 0.1hPa間隔)、海上風ベクトル($m s^{-1}$)偏差の年代差。気候シフト前の期間は1908–1923年、後の期間は1925–42年とし、後者から前者の平均を引いた差を示す。(a)のベクトルは補正前、(b)は補正後の海上風偏差の差を示す。

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)

① Wang, H., S.-P. Xie, H. Tokinaga, Q. Liu and Y. Kosaka, 2016: Detecting cross-equatorial wind change as a fingerprint of climate response to anthropogenic aerosol forcing. *Geophys. Res. Lett.*, 査読有, 43, 3444–3450, DOI:10.1002/2016GL068521.

② Chikamoto, M. O., A. Timmermann, Y. Chikamoto, H. Tokinaga, and N. Harada, 2015: Mechanisms and predictability of multiyear ecosystem variability in the North Pacific, *Global Biogeochem. Cycles*, 査読有, 29, 2001–2019, DOI:10.1002/2015GB005096.

③ Yang, Y., S.-P. Xie, Y. Du, H. Tokinaga, 2015: Interdecadal difference of interannual variability characteristics of South China Sea SSTs associated with ENSO, *J. Climate*, 査読有, 28, 7145–7160, DOI:10.1175/JCLI-D-15-0057.1.

[学会発表] (計 4件)

① Hiroki Tokinaga, AGCM Simulation of the North Pacific Climate Shift in the 1920s, 2016 AMS Annual Meeting, 2016年1月14日, New Orleans Ernest N. Morial Convention Center, ニューオーリンズ, アメリカ合衆国.

② Hiroki Tokinaga, Tropical forcing of the North Pacific climate shift in the 1920s, AGU Fall Meeting 2015, 2015年12月18日, Moscone Center, サンフランシスコ, アメリカ合衆国.

③ 時長 宏樹, 熱帯太平洋における1920年代の気候シフト再考, Japan Geoscience Union Meeting 2015, 2015年5月27日, 幕張メッセ国際会議場, 千葉.

④ 時長 宏樹, 熱帯太平洋における1920年代の気候シフト再考, 2015年度日本気象学会春季大会, 2015年5月21日, つくば国際会議場, つくば.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

時長 宏樹 (TOKINAGA, Hiroki)
京都大学・白眉センター・特定准教授
研究者番号: 80421890