

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 8 月 6 日現在

機関番号：32644

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2011～2013

課題番号：23540517

研究課題名(和文) 海上気象パラメータの日内変動

研究課題名(英文) diurnal variation of meteorological parameters at the sea surface

研究代表者

久保田 雅久 (Kubota, masahisa)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：90147124

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,900,000円、(間接経費) 1,170,000円

研究成果の概要(和文)：海上での海洋気象パラメータの日内変動について研究した。研究には海上ブイによる観測データと衛星観測データを使用した。ブイデータに対してDaily mean march dataの作成、調和解析、あるいはスペクトル解析を行い、各観測点におけるいろいろな海上気象パラメータに対して、その振幅の大きさや位相変化を明らかにした。さらには、複数の衛星データを利用して、高時間解像度の海上気象パラメータプロダクトの構築に関する研究を行った。

研究成果の概要(英文)：We investigated diurnal variation of ocean surface meteorological parameters such as wind speeds, sea surface temperature and so on. Buoy and satellite observation data are used in this study. We carried out construction of Daily Mean March data, harmonic analysis and spectrum analysis for buoy data. The amplitudes and phase of diurnal and semi-diurnal variations are clarified for various meteorological parameters. Moreover, we investigated possibility of construction of high-temporal resolution data by use of multi-satellites data.

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：地球惑星科学、気象・海洋物理・陸水学

キーワード：海上気象 日変動 海上ブイ

1. 研究開始当初の背景

大気海洋相互作用は気候変動のメカニズムの中心をなす重要な現象であるが、最近、注目される進歩があったと思われる。そのうちの1つは、大気海洋の相互作用は双方向で起きていることに対する認識である。従来、海洋は大気の奴隷と考えられていることが多かったが、最近では短い時間スケールでは大気が海洋の奴隷であることがわかってきた。この認識のもととなったのは、人工衛星による高時空間分解能データの取得である。それではなぜ高時空間分解能データが得られるようになったかということ、それは雲があっても観測できるマイクロ波センサーによって、いろいろな種類の海上パラメータが取得されるようになったからである。また、同じ種類のマイクロ波センサーが複数観測をするようになってきた点も時空間分解能の向上に大きな貢献をしている。

海洋上での日変動としてよく知られているのは海陸風である。陸面と海面の暖まりやすさによって、昼間は海洋から陸上に、夜間にはその逆に強い風が吹く現象である。しかしながら、この現象は陸と海のコントラストの結果として生じる現象なので、外洋域では存在しない。それでは、外洋域には日変動、あるいは日内変動は全く存在しないのだろうか？ 日内変動の解析には、非常に時間分解能の高いデータが必要となるが、そのようなデータは今まで非常に少なかった。そこで、海上での日内変動についての研究例も非常に少なく対象海域も限られていた。例えば、Desser and Smith(1998)では、熱帯太平洋のみを対象領域としている。また、Dai and Desser(1999)はデータ密度の非常に低い船舶データを利用しているために、解析方法に大きな問題点をかかえている。

2. 研究の目的

本研究では、海上バイデータと複数の人工

衛星データを併用することによって、全球海洋上での気象パラメータの日内変動について解析することを目的とする。また、逆に、複数の衛星データから日内変動を推定する方法も、本研究では検討する。

3. 研究の方法

(1) 海上バイデータの解析

高時間分解能の海上バイ観測データを利用して、日内変動の特性を調べた。具体的にはバイデータに対して、1年間を通しての Daily mean March を計算し、それから各観測点におけるいろいろなデータの極大、極小になる時間を推定した。次に、バイデータに対して、調和解析とスペクトル解析を月ごとに行うことにより、1日周期、あるいは半日周期の変動に関する詳細な情報を得た。

(2) 全球高時間解像度プロダクトの構築

観測点がまばらにしか存在しないバイデータだけで、日内変動の性質を全球的に調べることは難しい。そこで、このような研究に必要な、高時間解像度の海上気象データを、複数の衛星データを利用して作成する方法について検討した。具体的には ASCAT, OSCAT, AMSR2, Windsat の4種類の人工衛星による観測データを線形的に内挿して1時間ごとのデータを作成し、その精度を海上バイによる現場観測データと比較することによってその有用性を調べた。また、線形内挿だけではなく、客観解析の手法である最適内挿法を利用についても検討を行った。

4. 研究成果

(1) 海上バイデータの解析

海洋観測バイによって観測された海上風、海面水温、大気比湿データの解析を行い、日内変動について調べた。用いたバイは、NDBC, KEO, TAO, TRITON, PIRATA, RAMA のバイである。また、データの期間は欠測が少なかった2004年の1年間である。各バイデータに対す

る日内変動の大きさの指標として、標準偏差を用いた。また、Daily mean March を計算し、それから各データの極大、極小になる時間を推定した。その結果、ほとんどのブイデータに対して、日内変動は存在することがわかったが、その振幅や位相については、ブイごとに、また、物理量ごとに異なることが明らかになった。たとえば、海上風の日内変動の振幅が1番大きかったのはメキシコ湾でその大きさは0.23m/sであったが、最も小さかったのは東部熱帯太平洋に設置されているTRITONブイのデータで振幅は0.05m/sであった。また、TAOブイでは、極大が9時頃、極小が16時頃に見られ、その性質はブイによらず比較的安定していたが、他のブイでは、位相にはかなりのばらつきが見られた。海面水温に関しては、位相はかなり安定していて、ほとんどのブイで極大が14-16時、極小が6-8時に見られた。ただし、日内変動の大きさは海域によってかなり異なり。熱帯域、ベリング海、アメリカ西海岸付近に存在するブイに対しては比較的小さく、メキシコ湾やアメリカ東海岸付近に存在するブイに対しては比較的大きかった。海上大気比湿は、TAP,PIRATAブイでは極大が21-23時、極小が3-6時に見られた。しかしながら、TRITONブイでは、極大の時刻はTAO,PIRATAと同じであったが、極小が15-17時に見られた。日内変動の大きさを熱帯域内で比べると、南部では0.09g/kgと比較的大きく、北部では0.06g/kgと少し小さかった。

次に、同様なデータを利用して、調和解析とスペクトル解析を月ごとに行った。Daily mean Marchの解析ではわからなかったが、位相は季節的にも異なることが明らかになった。Dai and Deser(1999)では極大がどの場所でも12-14時に見られると述べているが、今回の結果はそれとは矛盾する結果である。この相違は、Dai and Deser(1999)では、船舶データを用いているために、同じ

点での連続データを解析している訳では無いことに起因していると思われる。気温の日周期変動の極大値は、ほとんどすべてのブイで、季節によらず15時前後に存在した。ただし、沿岸域の一部で極大値が12時頃に存在することがあった。振幅の大きさは0.05-0.5°Cで、一般に外洋域で小さく沿岸域では大きかった。半日周期変動についてであるが、外洋域では、極大値は海上風速と同じ、午前午後の5-7時にピークを示したが、ピーク時刻の季節変動は顕著では無かった。振幅は0.2°C以下と小さく、また、沿岸域の方が外洋域よりも小さかった。海面水温の日周期変動の極大値は、すべてのブイで12-15時に存在した。極大値の示す時刻の季節変化は非常に小さく、1年中全く変化が無いブイもあった。振幅は外洋域で0.02-0.2°C、沿岸域で0.0-0.8°Cで、沿岸域での変動が大きいことがわかる。これは気温とは対照的な特徴である。極大となる時刻であるが、本研究の結果では12-15時であったが、Dai and Deser(1999)では17時頃と報告している。彼らの結果は太平洋赤道域のみについての結果であるが、今回の結果では同じ海域に対しても、17時よりも前に極大になっていた。大気比湿の日周期変動に関して、極大値を示す時刻の範囲は他のパラメータに比べて広く、6-12時の範囲に多くは存在していた。特に沿岸域では、極大値の時刻の季節変化は大きかった。同じ海域に属するブイのデータでも、振幅の値がかなり異なっていることもあったので、大気比湿の変動に関しては空間変動が大きいことが示唆される。半日周期変動についてであるが、極大値となる時刻は外洋域で3-6(15-18)時であった。ただし、メキシコ湾などの沿岸域では極大値を示す時刻は、季節によってかなり異なっていた。また、振幅は外洋域と沿岸域でそれほど大きな差は無く、0.0-0.15g/kgであった。大気比湿に関する日周期、あるいは半日周期の変動につ

いての研究は今までにまれであったと思われる。

(2) 全球高時間解像度プロダクトの構築
本研究では複合データの作成に際し、次に示す2種類の方法を用いた。

(a) 時間方向 (1次元) のみの内挿 (補間): 線形内挿と3次スプライン補間

(b) 時空間 (緯度, 経度, 時間) 方向 (3次元) 同時に最適内挿法を使用する方法

本研究では、以後、(1) の方法及びその方法から得られた結果を「1D-LIN」(線形補間, linear), 「1D-SPL」(スプライン補間, spline)、(2) の方法を「3D-OI」(OI; Optimal Interpolation) と記述する。

単一センサーの精度検証結果及び時間内挿による複合データの精度検証

外洋域 (ATLAS ブイ及び NDBC の外洋域ブイ) と沿岸域 (NDBC の沿岸域ブイ) の両海域において、AMSR2 が4種類のセンサーの中で最も精度が悪いことがわかる。特に、沿岸域では、AMSR2の観測データ数は最も多いが、バイアスは +1.43 m/s, RMSE は 2.39 m/s ときわだって値が大きく、精度に問題があると言える。次に、時間内挿による複合データに注目すると、外洋域、沿岸域ともに 1D-SPL よりも 1D-LIN の方が精度の良い結果が得られることがわかる。これはスプライン補間で3次関数にフィッティングさせる方法に無理があり、人工的な変動を形成するという問題があるということがわかる。さらに 1D-LIN とブイデータの両方に対しスペクトル解析を行った。その結果、3地点における解析の特徴は互いにほぼ共通していた。12時間までの比較的長い周期 (低周波数領域) では複合データのスペクトルエネルギーはブイデータのそれとさほど差異はないように見えるが、短い周期 (高周波数領域) になると複合データとブイデータのスペクトルエネルギーが互いに乖離していた。さらにエネルギーの乖離が顕在化し始める周期は、約6時間であると判断でき

た。そこで、本研究で作成した1時間ごとのデータは、6時間以上の時間スケールを持つ現象に対しては、非常に再現性が高いと考えられる。

使用センサー数の増減に関する検討 (1D-LIN)

1D-LIN を作成する際に使用するセンサー数の増減に対する影響の有無を確認するための解析を実施した。この解析では以下の2パターンを実施する。

(1) SSM/I F15 version 6 の追加: 計5種類のセンサーを用いて1D-LINを作成

(2) AMSR2 を除外する: 計3種類のセンサーを用いて1D-LINを作成

はじめに用いた4種類のセンサーからセンサーを増やすことによる精度の改善はほとんどみられなかった。また、AMSR2を使わない場合でも精度はそれほど変わらなかった。そこで、以後の 1D-LIN の作成についても、ASCAT-A, OSCAT, AMSR2, WindSat (LF) の4種類のみを使用することとする。

時間平均値に関する解析使用センサー数の増減に関する検討 (1D-LIN)

1D-LIN とブイデータの両方に対し、3, 6, 12, 24時間といった様々な時間幅で移動平均を行い、ブイデータを比較することにより、各時間周期における精度検証を行った。日平均値に対応する24時間移動平均値のRMSE は、沿岸域を除き4種類すべての単一センサーのRMSEよりも小さいという結果となり、これは Tomita and Kubota (2011) で報告されたサンプリングエラーの劇的な減少と整合的な結果であった。

3D-OI による複合データの作成と精度検証

3D-OI は客観解析的手法の一つであり、この手法の根幹となる部分は、解析値の誤差を最小にする重み行列を計算することにある。この重み、すなわち第一推定値と観測値の重視の度合いを決定するのは、誤差共分散行列

と誤差標準偏差（または分散）の設定に大きく依存する。そこで、この2種類のチューニングによって、3D-01 の解析値の精度がどの程度変わってくるかについて、以下のような検討を行った。

Case01: 1D-LIN 作成の後、1D-LIN を 第1 推定値とし、3D-01 を使用、ただし、観測誤差分散の背景誤差分散に対する比は「アンサンブル平均」 / 「パターン平均」と設定

Case02: Case01 と同じ手順だが、観測誤差分散の背景誤差分散に対する比はアンサンブル平均」 / (1D-LIN (4種類) のRMSEの2乗)と設定

Case03: 3D-01 で作成した hourly data に対し時間方向のみの線形補間（内挿及び外挿）を実施

この結果から、いずれのケースの間にも統計的な精度にはほとんど差がないことがわかった。第一推定値と観測値のどちらを重視するかを設定することが重要で、第一推定値か観測値のどちらかに極端に重みをつけるか否かの設定だけでは 3D-01 の精度にはほとんど影響しないことがわかった。また、Case03 は比較対象として設定した方法であり、Case01, Case02 より単純な方法であるが、意外なことにこの方法でも良好なデータカバレッジを保持しつつ、併用法とほぼ同等の精度が得られたことは注目される。

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)

[学会発表](計7件)

日原勉(東海大海洋)・久保田雅久(東海大海洋) AMSR2 海洋観測プロダクトの評価、2014 年度日本海洋学会春季大会、東京海洋大学。2014 年 3 月 29 日
日原勉、大黒篤司、久保田雅久、GCOM-W1 Geophysical data の評価、2013 年度日本気象学会春季大会、東京、2013 年 5 月 15 日

Kubota, M., T. Hihara, and A. Okuro(2014): Evaluation and intercomparison of GCOM-W1 standard ocean products, 2014 Ocean Science meeting, America, Geophysical Union, 23-28 February 2014, Hawaii, U.S.A.

Kubota, M., T. Hihara, and A. Okuro(2013): Evaluation of GCOM-W1 Standard Products, 2013 EUMETSAT METEOROLOGICAL SATELLITE CONFERENCE , 19th AMERICAN METEOROLOGICAL SOCIETY SATELLITE METEOROLOGY, OCEANOGRAPHY AND CLIMATOLOGY CONFERENCE, 16-20 September, 2013, Vienna, Austria.

Okuro, A. and M. Kubota(2013): Inter-comparison of daily-mean sea surface wind speeds in various global high-resolution products, International Symposium on Remote Sensing, 15-17 May 2013, Makuhari, Japan.

Kubota, M., T. Hihara, A. Okuro, and H. Tomita(2013): Evaluation of GCOM W1 standard products, 6-8 May 2013, IOVWST Meeting 2013 , Kailua-Kona, Hawaii, U.S.A.

6 . 研究組織

(1) 研究代表者

久保田 雅久 (KUBOTA Masahisa)

東海大学・海洋学部・教授

研究者番号：90147124