「海－自然と文化」東海大学紀要海洋学部　第１巻第１号　79-92頁（2003）
Journal of The School of Marine Science and Technology, Vol.1 No.1 pp. 79-92, 2003

衛星散乱計データを用いた全球洋上における海上風／海面応力格子プロダクトの作成及び精度検証

笠原　実*1・轡田邦夫*2・青木邦弘*1・武田　諭*3

Construction and Validation of Gridded Surface Wind/wind-stress Product over the World Ocean Using Satellite Scatterometer Data

Minoru KASAHARA, Kunio KUTSUWADA, Kunihiro AOKI and Satoshi TAKEDA

Abstract

Data set of gridded surface wind and wind-stress vectors over the world ocean is constructed by satellite scatterometer with high time and spatial resolutions. Use of the ERS-1/2 in 1992-2000 and the Qscat/SeaWinds since August 1999 permits us to construct wind/wind-stress products covering twelve years. To establish a long-term product, we make validation for our ERS and Qscat products together with other ones by intercomparison with in-situ data obtained by moored buoys in the open ocean, using the data in 2000 in which there are both the ERS and Qscat data. Result reveals that our Qscat product has the highest reliability in all the products and our ERS's has a systematic bias in wind speed. We attempt to correct our ERS gridded data using regressional relation between the ERS and Qscat products in 2000 and reconstruct our ERS product in the previous years (1992-1999). The corrected ERS product in each year is validated by intercomparison with the moored buoys, which shows that the resulting product has been obviously improved in reliability, especially in the tropical region.

１．はじめに

黒潮を始めとする表層海流は，大気から海面に与えられる運動量により駆動されており，海上風による海面応力は，風成海洋大循環理論において本質的な物理量である（e. g. Sverdrup, 1947）．一般に，海面応力は10m 高度の風速・風向の観測データを用いてバルク式から評価されるが，近年船舶の大型化などに伴い10m を大きく上回る高度で観測されることによる誤差が指摘されている（Cardone *et al.,* 1990；轡田，1997）．また，現実の海洋現象には様々な時空間スケールの現象が存在し，それらを理解するためには，高い時空間解像度のデータが必要であるが，航路に依存し空間的に不均一な分布にならざるを得ない船舶観測データや，定点でのみ観測可能なブイ観測データでは，こうした現象の解析には不十分である．海上風を入力とした数値的研究でしばしば用いられる数値気象予報モデルデータは，欠測値がほぼ補充されており利便性は高いが，観測値との整合性がモデルの特性に支配されている可能性があるなど，必ずしも現実の海上風を再現しているとはいえない．一方，人工衛星搭載のマイクロ波散乱計が1990年代初頭から実用化されたことで，高解像度での海上風観測データの取得が可能となった．

散乱計搭載衛星には，欧州宇宙機構（European Space Agency : ESA）により打ち上げられたERS-1（Europe Remote Sensing Satelite-1），及びその後継機ERS-2（以下，総称してERS）が存在し，両衛星により1991年から2000年を網羅する長期間のデータの提供が実現した．また，1996年８月に日米共同で打ち上げられたADEOS（Advanced Earth Observing Satellite）/NSCAT（National Aeronautics and Space Administration : NASA Scatterometer）は９ヶ月間の短命に終わったものの，その代替機として1999年７月に米国NASAにより緊急に打ち上げられた衛星Qscat（Quik Scatterometer）に搭載された散乱計SeaWindsは，過去にない高解像度のデータを供給し続け現在も稼動中である．また，2002年12月に宇宙開発事業団（National Space Development Agency of Japan : NASDA）が打ち上げたADEOS-IIにもSeaWindsが搭載され2003年４月よりデータ取得が開始された．

2003年10月１日受理
＊1　東海大学大学院海洋学研究科海洋科学専攻
＊2　東海大学海洋学部海洋科学科
＊3　東海大学海洋学部海洋科学科卒業

散乱計データは，海面における波浪の状態に依存するマイクロ波の散乱強度を測定し，間接的に海上風速・風向を導出しているため（竹田，1980），現場観測データとの比較を行うことでその観測精度を検証する必要がある．過去に，係留ブイ・船舶データによるERS及びADEOS/NSCAT散乱計データの検証（Ebuchi *et al.,* 1996 ; Freilich and Dunbar, 1999; Masuko *et al.,* 2000）や，船舶データによるQscat/SeaWinds散乱計データの検証が行われている（Bourassa *et al.,* 2003）ほか，ADEOS/NSCAT散乱計データを基に作成された格子データの精度検証も行われている（Kutsuwada, 1998）．また，これら複数の散乱計データの存在期間は異なるが，それらの併用で長期間の海上風或いは海面応力場の解析が可能となる．しかし，搭載された散乱計のセンサー特性が同一ではなく，風速・風向の観測精度は必ずしも一致しない．その為，異なる散乱計から得た観測データを時系列的に連続して扱う際，それらの整合性の検証が必要と考えられる．

我々はこれまで散乱計データを基に荷重平均法（Kutsuwada, 1998）を用いて，数値モデルに依存しない散乱計データのみで構築される海上風/海面応力格子データセットの作成と整備を行ってきた（Kubota *et al.,* 2002, 2003）．ERSとQscatの格子データを連続して扱うと約12年分のデータとなり，数日から数年の様々な時空間スケールの変動解析が可能となる．そこで本研究では，長期間の時系列を構成する格子データセットの整備を目標とし，ERSとQscat搭載の各散乱計データを基に作成した海上風/海面応力格子データの整合性を検証した．また，熱帯域に展開するTAO（Tropical Atmosphere Ocean）/TRITON（Triangle Trans-Ocean Buoy Network）ブイ，北米大陸沿岸に点在するNDBC（National Data Buoy Center）ブイを用いて，ERS, Qscat，再解析データのNCEP（National Center for Environmental Prediction）の海上風/海面応力格子データの精度検証を行った．更に，それらの結果を基に，我々の作成したQscatによる海上風/海面応力格子データを基準として，ERSによる海上風/海面応力格子データに対する補正を試みた．

2．データ

⑴ ERS-1/2

欧州宇宙機構により，1991年7月に1号機，1995年4月に2号機が，いずれもギアナ宇宙センターから打ち上げられ，2000年12月まで約10年間に渡る長期間のデータを提供した散乱計搭載衛星である．ERS-1/2は，合成開口レーダ（Active microwave Instrument : AMI）等が搭載される多重ミッション型衛星である．フランス海洋調査研究所（Institute Francais de Recherche pour I'Explotion de Ia Mer : IFREMER）は観測された風向・風速値を用いて，現場観測データ，欧州中期気象予報センター（European Center Medium-Range Weather Forecast : ECMWF）による客観解析データとの比較を行い，その結果から信頼度の高い順にランク付けを付記したデータセットを提供している．本研究では，その中から最も信頼度の高いfirstランクの風向・風速値を使用した．

⑵ Qscat/SeaWinds

NASAにより1999年6月にカルフォルニアで打ち上げられ，2003年現在も稼動中であり，過去にない高い時空間解像度データを提供する散乱計搭載衛星である．Qscatは，SeaWindsと呼ばれるマイクロ波散乱計を搭載しており，1日の観測で海氷以外の海面の90%以上を観測可能である．観測されたデータは，米国カリフォルニア工科大学ジェット推進研究所（Jet Propulsion Laboratory : JPL）にあるPO-DAAC（Physical Oceanography Distribute Active Archive Center）により処理・提供される．本研究では，PO-DAACが提供するLebel2bデータを格子データ作成の際に使用した．

⑶ 再解析データ

本研究で使用した再解析データは，NCEP/NCAR（National Center for Atmospheric Research）の作成によるものである．NCEP/NCAR再解析データ（以下，NCEP）は，地球規模で過去40年間分の大気場の解析データを提供するプロジェクトであり，船舶，レーウィンゾンデ，航空観測，人工衛星などの観測データを，数値気象予報モデルにデータ同化することで作成される．本研究では，空間解像度が2.5°格子，時間解像度が6時間毎の海上風データセットをWeb上より取得し，ベクトル平均により日平均値を作成した後10日平均値を作成した．

⑷ 現場観測（ブイ）データ

現場観測データとしてTAO/TRITONブイデータ，及びNDBCブイデータを使用した．TAO/TRITONブイは，米国海洋大気庁（National Oceanic and Atmospheric Administration : NOAA）の太平洋海洋環境研究所（Pacific Marine Environmental Laborataory : PMEL）が熱帯太平洋域に展開しており，エルニーニョ現象に関わる海洋・大気の様々な変動をリアルタイムでモニターする事を目的としている．2000年1月にはPMELと海洋科学技術センター（Japan Marine Science and Technology Center : JAMSTEC）によるTRITON（Triangle Trans-Ocean Buoy Network）との共同研究と認知され，TAO/TRITON arrayと改名された．データは毎日更新され，予報団体や研究団体に自由に利用できるようになっている（黒田・網谷，2001）．2003年現在，63基が東西方向に147°E-95°W，南北方向に9°N-8°Sの海域で稼動している．海上風データのサンプリングは，毎正時3分前から3分後にかけて測定され，6分間のベクトル平均値が毎時或いは10分値のデータとなる．観測データはPMELからWebで配信されている．TAOブイの風速は海上4mでの観測値であるが，本研究では大気安定度を考慮した10m高度の風速値への補正を行った（Kutsuwada, 1998）．

NDBC ブイは，東太平洋，ベーリング海，ハワイ周辺及び西大西洋に展開しているブイであり，2003年現在70基の係留ブイと C-MAN（Coastal-Marine Automated Network）Station から構成されている．観測されたデータは米国データブイセンター（NDBC）によって配信されている．本研究では比較的，沖合いに係留されたブイデータを用いた．これは衛星散乱計の特性上，沿岸域における観測精度が低下する事を考慮したためである．NDBC ブイの風速は海上 5 m 或いは10m での観測値であるが，TAO/TRITON ブイと同様な手法により10m 高度の風速値への補正を行った．

3．データ処理方法

⑴ 荷重平均法による海上風/海面応力格子データの作成

散乱計データは衛星直下付近の1000km 前後の海域での海上風データを提供するが，衛星軌道に依存するデータ密度の不均一が不可避であるため，二次元格子データ作成の際，空間的な平均操作によって得られる格子データの精度は空間依存性を持つことになる．この問題を回避するため，客観解析データと同化した格子データの作成も行われている（NCAR, Blended Product ; Liu, 2003）．本研究では，時空間で変化する荷重関数（Kutsuwada, 1998 ; Kubota *et al.*, 2002）を用いることで上記の問題を軽減し，衛星データのみで構成される海上風及び海面応力格子データを作成した．これらは，衛星データによる海面熱フラックスの各成分と共に J-OFURO（Japanese Ocean Flux Data Sets with Use of Remote Sensing Observations）と名付けられ（以下，ERS（OF），Qscat（OF）），Web 上で公開されている（http://dtsv.scc.u-tokai.ac.jp/j-ofuro/j-ofuromf.html）．

⑵ 単純平均法による海上風/海面応力格子データの作成

JPL の PO-DAAC が作成している単純平均法による海上風/海面応力格子データである（以下，Qscat(J)）．Web 上で配信されるデータは空間解像度0.25° 格子，時間解像度は衛星が赤道を通過する Ascending pass（6AM LST）と Descending pass（6PM LST）で作成されている．そこで本研究では任意の格子値において Ascending pass と Descending pass を単純平均し日平均化した後，東西・南北方向の各方向に対して 4 格子分の格子データを用いて単純平均を施し，新たに 1° 格子データとして再格子化した日平均値を用いて10日平均値を作成した．JPL による Qscat 海面応力格子データには，異なる抵抗係数に基づく 2 種類存在するが，本研究では手法の同一性を重視する観点から Large and Pond（1981）に基づく海面応力格子データを使用した．

⑶ 海面応力の導出

衛星散乱計データ，NCEP の風速・風向データよりバルク法を用いて海面応力を計算した．バルク法では，海面応力の値は高度10m における風速を用いて以下の式で与えられる．

$$\tau=\rho C_D W^2,\quad \tau_x=\rho C_D W u,\quad \tau_y=\rho C_D W v$$

ここで，u，v は海上風ベクトルの東西・南北成分を示す．ρ は大気の密度であり，ここでは太平洋での平均気圧・気温より算出した緯度と月に依存する値（1.166〜1.304kgm^{-3}）を用いた．また，抵抗係数 C_D は大気安定度が中立安定と仮定した場合の Large and Pond（1981）による以下の式を用いた．

$C_D=0.0014$ のとき $0<W<10$(m/s)，
$(0.49+0.065W)\times0.001$ のとき $10<W<26$(m/s)
0.00218 のとき $W>26$(m/s)

尚，上記関係式の u，v には，散乱計データの場合は観測した瞬間値，NCEP の場合は 6 時間値を入力し，ベクトル平均し日平均値を作成した後10日平均値を作成した．一方，ブイデータによる海面応力の算出には，海上風と共に観測した気温データを基に，気圧を一定値と仮定して，大気安定度を考慮した抵抗係数 C_D を用いた（Kutsuwada, 1998）．

⑷ 統計値の算出

衛星散乱計による格子データ，及び客観解析データとブイデータの比較の指標として，平均差，RMS（Root Mean Square）差，平均差を除いた RMS 差，及び相関係数の各統計値を求めた．ここで，平均差はそれぞれのデータの比較期間における平均値の差である．また，RMS 差は正・負を問わず差の絶対値を比べる指標となり，平均差を除いた RMS 差は系統的な誤差を除いた際の各データ間における誤差の大きさの指標となる．

$$B=\frac{\sum_i^N(a_i-b_i)}{N},\quad R=\sqrt{\frac{\sum_i^N(a_i-b_i)^2}{N}},\quad R'=\sqrt{\frac{\sum_i^N(a_i-b_i-B)^2}{N}}$$

上記関係式において，B は平均差，R は RMS 差，R' は平均差を除いた RMS 差（以下 RMS（−MD））a_i は衛星散乱計，或いは再解析データの格子データ，b_i はブイデータ，N はデータ数である．本研究では現場観測データを Table 1 に示した任意の海域に分類した．各ブイ測点の衛星散乱計格子データ，或いは客観解析データとブイデータの間の統計値を，上記関係式より算出した．その後，各測点で得た統計値を対象海域で平均した値を，対象海域の代表値として比較の指標に用いた．尚，現場観測データ，及び衛星散乱計格子データ，客観解析データは2000年の 1 年間を期間とした10日平均値を使用し，半年以上（$N>18$）の観測データを有する測点に限定をした．

4．現場観測データとの比較

海上風/海面応力格子データの精度を検証するため，現場観測データ（TAO，NDBC）との比較例を紹介する．なお，併行した ERS(OF) と Qscat(OF) の整合性の検証を考慮

Table 1. Latitudinal and longitudinal ranges and number of buoy stations which are used in the inter-comparison with satellite wind data. TAO/TRITON(a) and NDBC(b) buoys are classified into three and five regions, respectively. Buoys in which missing data exceed half a year and located in near-shore regions are excluded from our calculation.

(a)

	TAO/TRITON buoy		
Region	latitude	longitude	Number of buoy stations
Western tropical Pacific	8S-9N	165E	5
Central tropical Pacific	8S-9N	180W-140W	9
Eastern tropical Pacific	8S-9N	125W-95W	10

(b)

	NDBC		
Pacific		Atlantic	
Region	Number of buoy stations	Region	Number of buoy stations
40N-60N	3	40N-60N	2
20N-40N	1	20N-60N	9
0-20N	3		

し，精度検証の期間は，ERS と Qscat が重複観測を行った2000年１年間を対象とした．

海上風において，熱帯域に展開する TAO，及び北米沿岸の NDBC との比較によると（Tables 2 and 3），何れの散乱計海上風格子データも平均差，RMS 差共に公称測定精度内（ERS : ±2.0m/s，Qscat : ±1.0m/s）であった．中部熱帯太平洋域で Qscat(OF）と TAO ブイの平均差は無く，熱帯太平洋全域で RMS 差（－MD）が約0.5m/s 以下，相関係数が0.93以上を示す等，比較に用いたデータセット内で最良の結果を得た．但し，西部熱帯太平洋域での平均差は0.37 m/s であり中部・東部に比してやや高い傾向が見られた．これは 5°N165°E，8°N165°E での平均差が0.8m/s とやや高いことが原因だと考えられる（Fig. 1(a)）．Qscat（J)の結果（図は省略）にも同様な傾向が見られたが，Qscat の精度検証の結果を踏まえると，前述した２測点で TAO ブイの観測誤差が示唆される．また，Fig. 1(a)によると，熱帯太平洋全域において平均差が Qscat(OF) ＞TAO となる傾向が見られた．一方，ERS(OF）及び NCEP の平均差，RMS 差は，中部及び東部熱帯太平洋域で高くなる傾向があり，RMS 差は1.0m/s を越える結果となった．Fig. 1(b)によると，NCEP と TAO ブイの平均差は熱帯太平洋全域で NCEP＜TAO の傾向が見られた．北大西洋では，Qscat(OF）の平均差が約0.2m/s 以下であるのに対し，他のデータセットは幾分高い傾向が見られた．北太平洋20°N-40°N，40°N-60°N では，Qscat による海上風格子データは ERS(OF）に対して平均差がやや高い傾向を示すものの，RMS 差，RMS 差（－MD）は低く，相関が高い結果となった．また NCEP は北太平洋40°N-60°N で平均差，RMS 差が1.0m/s 以上と高い傾向を示したが，北太平洋 0°-20°N では他のデータセットよりも統計値は低く，相関も0.9と高い結果となった．

海面応力に対する同様な比較によると（Tables 4 and 5），熱帯太平洋全域では，比較に用いた全てのデータセットと TAO ブイの平均差は無いが，東部熱帯太平洋域の NCEP の平均差は他の海域に比してやや高い傾向が見られた．但し，Figs. 1(c) and (d)によると，Qscat(OF）と TAO ブイの平均差は，ほぼ全測点で無いものの，前述した西部熱帯太平洋の２測点では約1.0×10^{-2}N/m² とやや高く，NCEP と TAO ブイの平均差は，熱帯太平洋全域で NCEP＜TAO の傾向が見られ，東部熱帯太平洋でその傾向が顕著であり，海上風の精度検証の結果を反映している．また，Qscat(OF）の RMS 差，RMS 差（－MD）は熱帯太平洋全域でほぼ無く，相関も0.9以上で最良であった．一方，NDBC ブイとの比較においても，比較に用いた全てのデータセットと NDBC ブイの平均差は海域に依らずほぼ無いが，北太平洋40°N-60°N で NCEP の平均差が0.04N/m² とやや高くなる傾向が見られた．また，海域に依らず ERS(OF）の平均差は Qscat (OF）よりも低いが，RMS 差，RMS 差（－MD）は高い傾向が見られ，相関も北太平洋・大西洋20°N-40°N 帯で0.64，0.58となり，他のデータセットに比して低い結果となった．

5．異なる格子データ間の相互比較

衛星散乱計による海上風/海面応力格子データの精度を検証するためには，前述した現場観測データとの比較が望ましい．しかし，散乱計データの精度を評価することが可能なデータ量を有する現場観測データは，本研究で用いた TAO/TRITON ブイおよび NDBC ブイが主であり海域が必然的に限定される．そこで，代替策として客観解析データや他の散乱計格子データとの相互比較を行った．ここでは，ERS (OF）と Qscat(OF）の格子データを時系列的に連続して扱うために必要な整合性の検証における相互比較を紹介する．

ERS と Qscat が重複観測を行った2000年の１年間における ERS(OF）と Qscat(OF）の海上風速格子データ間の平均差の平面分布によると（Fig. 2(a)），北太平洋30°N-60°N を除くほぼ全海域で，Qscat(OF) ＞ERS(OF)（≒ ＋1.0m/s）の傾向が見られ，20°N-20°S 帯に沿って最大で＋1.4m/s に

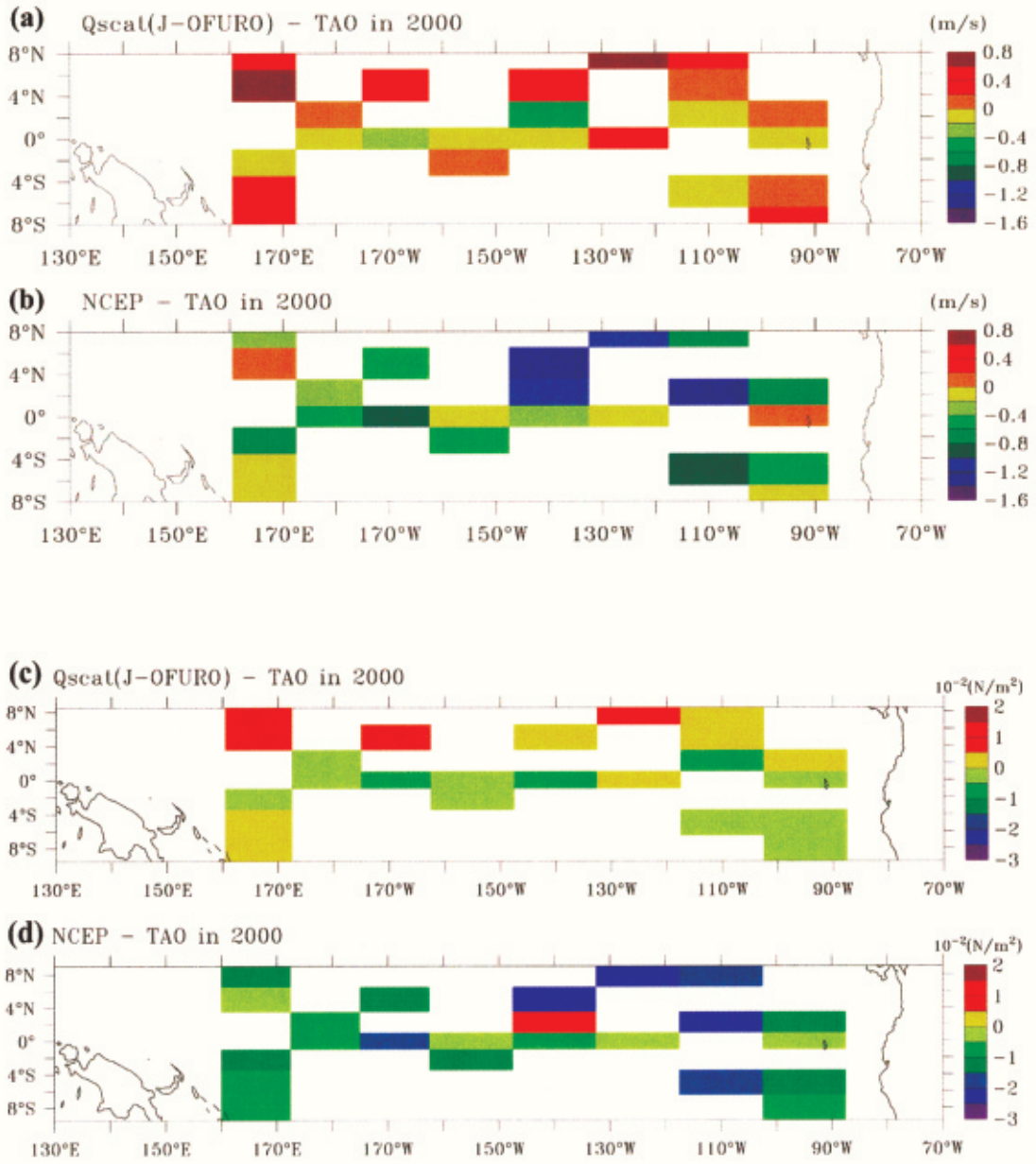

Fig. 1 Mean differences in wind speed (a and b) and wind-stress magnitude (c and d). (a and c: Qscat vs TAO, b and d: NCEP vs TAO)

達した．一方，北太平洋30°N-60°NではERS(OF)＞Qscat(OF)（≒－0.4m/s）の傾向が見られた．また，ERS(OF)とQscat（OF）の海上風東西成分に対する平均差の平面分布（図は省略）では，平均的には東風域である30°S-30°Nにおいて ERS(OF)＜Qscat(OF)（≒－1.2m/s），平均的には西風域である30°S(N)以南（以北）において ERS(OF)＜Qscat(OF)（≒＋1.2m/s）の傾向を示した．これらの相互比較と現場観測データを用いた精度検証の結果を踏まえると，ERS(OF) はQscat(OF) に対し，風速を過小評価する傾向が示唆される．また，Qscat(OF) と ERS(OF) の風速差のQscat(OF) 風速に対する依存性を示したFig. 3によると，風速の絶対値の増加に伴い風速差も増加する傾向が見られ，これは30°N(S)以北（以南）の中・高緯度帯で顕著であった．また，Figs. 4(a) and (b)は東部熱帯太平洋域における ERS(OF) 或いはQscat(OF) と TAOの風速差の TAO風速への依存性を示しているが，Fig. 4(b)によると，Qscat(OF)はTAO風速に依存せずに風速差が±1.0m/s以内であるのに対し，Fig. 4(a)によると，ERS(OF) は5.0m/s以上の高風速域で風速を過小評価する傾向が顕著であった．ERS(OF) とQscat(OF) のこの様な傾向は，西部・中部熱帯太平洋域においても同様に見られた．

海面応力においても同様な相互比較を行った．ERS(OF)とQscat(OF) の海面応力における平均差の平面分布によると（Fig. 2(b)），分布の傾向は海上風とほぼ同様であるが，日本の北東方海域（170°E，45°N付近），北大西洋高緯度域(30°W55°N付近）及びオーストラリア南西方海域（90°E55°S付近）において，ERS(OF)＜Qscat(OF)(≒＋5×10^{-2}N/m^2以上）を示す等，海域による相違が顕著であった．また，海面応力の東西成分における平均差の平面分布（図は省略）では，平均的な東風域である30°S-30°Nにおいて ERS(OF)

Table 2. Mean difference, Root-Mean-Square difference (RMSD), RMSD (minus Mean difference) and correlation coefficient in wind speed between each product and TAO buoy wind in some regions in the tropical Pacific. Values indicate regional averages of statistical values between each product and TAO buoy wind in each region. Units are m/s.

Western tropical Pacific (Number of buoy stations = 5)				
vs TAO	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.37	0.62	0.45	0.95
Qscat (JPL/level3)	0.76	1.23	0.90	0.84
ERS-2 (J-OFURO)	−0.02	0.75	0.73	0.87
NCEP	−0.26	0.82	0.73	0.88

Central tropical Pacific (Number of buoy stations = 9)				
vs TAO	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.01	0.54	0.46	0.93
Qscat (JPL/level3)	0.13	0.67	0.58	0.89
ERS-2 (J-OFURO)	−0.72	0.96	0.62	0.89
NCEP	−0.61	0.91	0.64	0.86

Eastern tropical Pacific (Number of buoy stations = 10)				
vs TAO	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.18	0.55	0.49	0.95
Qscat (JPL/level3)	0.36	0.86	0.72	0.89
ERS-2 (J-OFURO)	−0.42	1.08	0.89	0.85
NCEP	−0.77	1.23	0.84	0.80

Table 3. The same as Table 2 except statistical values calculated by comparisons with NDBC buoy winds. Units are m/s.

North Pacific 40-60N (Number of buoy stations = 3)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.30	0.59	0.49	0.97
Qscat (JPL/level3)	0.28	0.75	0.64	0.94
ERS-2 (J-OFURO)	0.62	1.94	1.84	0.59
NCEP	1.14	1.45	0.89	0.91

North Pacific 20-40N (Number of buoy stations = 1)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.51	0.82	0.64	0.96
Qscat (JPL/level3)	0.50	0.81	0.64	0.96
ERS-2 (J-OFURO)	0.40	1.52	1.46	0.76
NCEP	0.37	0.63	0.51	0.97

North Pacific 0-20N (Number of buoy stations = 3)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.41	0.91	0.76	0.81
Qscat (JPL/level3)	0.69	1.11	0.84	0.77
ERS-2 (J-OFURO)	−0.28	0.95	0.86	0.75
NCEP	−0.37	0.75	0.58	0.90

North Atlantic 40-60N (Number of buoy staitons = 2)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.09	0.60	0.58	0.97
Qscat (JPL/level3)	0.35	0.77	0.68	0.96
ERS-2 (J-OFURO)	0.63	1.72	1.60	0.70
NCEP	0.17	0.63	0.59	0.96

North Atlantic 20-40N (Number of buoy stations = 9)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.16	0.80	0.78	0.89
Qscat (JPL/level3)	0.39	1.06	0.98	0.82
ERS-2 (J-OFURO)	0.31	1.55	1.49	0.57
NCEP	0.34	0.93	0.82	0.88

Table 4. The same as Table2 except statistical values in wind-stress magnitude. Units are N/m².

Western tropical Pacific (Number of buoy stations = 5)				
vs TAO	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.003	0.007	0.006	0.95
Qscat (JPL/level3)	0.007	0.018	0.015	0.71
ERS-2 (J-OFURO)	−0.006	0.011	0.009	0.86
NCEP	−0.007	0.012	0.009	0.86

Central tropical Pacific (Number of buoy stations = 9)				
vs TAO	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.003	0.012	0.009	0.89
Qscat (JPL/level3)	−0.007	0.017	0.012	0.84
ERS-2 (J-OFURO)	−0.011	0.019	0.011	0.85
NCEP	−0.010	0.018	0.012	0.79

Eastern tropical Pacific (Number of buoy stations = 10)				
vs TAO	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.000	0.007	0.006	0.95
Qscat (JPL/level3)	−0.006	0.016	0.012	0.82
ERS-2 (J-OFURO)	−0.011	0.017	0.011	0.86
NCEP	−0.015	0.020	0.011	0.80

Table 5. The same as Table 3 except statistical values in wind-stress magnitude. Units are N/m².

North Pacific 40-60N (Number of buoy stations = 3)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.013	0.023	0.019	0.96
Qscat (JPL/level3)	−0.004	0.020	0.019	0.92
ERS-2 (J-OFURO)	0.010	0.041	0.039	0.64
NCEP	0.040	0.053	0.035	0.89

North Pacific 20-40N (Number of buoy stations = 1)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.014	0.021	0.016	0.96
Qscat (JPL/level3)	−0.007	0.013	0.011	0.95
ERS-2 (J-OFURO)	0.002	0.035	0.035	0.64
NCEP	0.005	0.011	0.010	0.97

North Pacific 0-20N (Number of buoy stations = 3)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.005	0.015	0.013	0.88
Qscat (JPL/level3)	−0.006	0.016	0.015	0.84
ERS-2 (J-OFURO)	−0.012	0.019	0.014	0.84
NCEP	−0.013	0.017	0.010	0.93

North Atlantic 40-60N (Number of buoy staitons = 2)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.007	0.021	0.019	0.97
Qscat (JPL/level3)	−0.002	0.018	0.017	0.95
ERS-2 (J-OFURO)	0.000	0.035	0.035	0.78
NCEP	0.003	0.021	0.020	0.93

North Atlantic 20-40N (Number of buoy stations = 9)				
vs NDBC	Mean Diff.	RMSD	RMSD(−MD)	Corr. Coeff.
Qscat (J-OFURO)	0.002	0.014	0.014	0.88
Qscat (JPL/level3)	0.001	0.019	0.018	0.75
ERS-2 (J-OFURO)	−0.002	0.025	0.024	0.58
NCEP	0.006	0.020	0.016	0.86

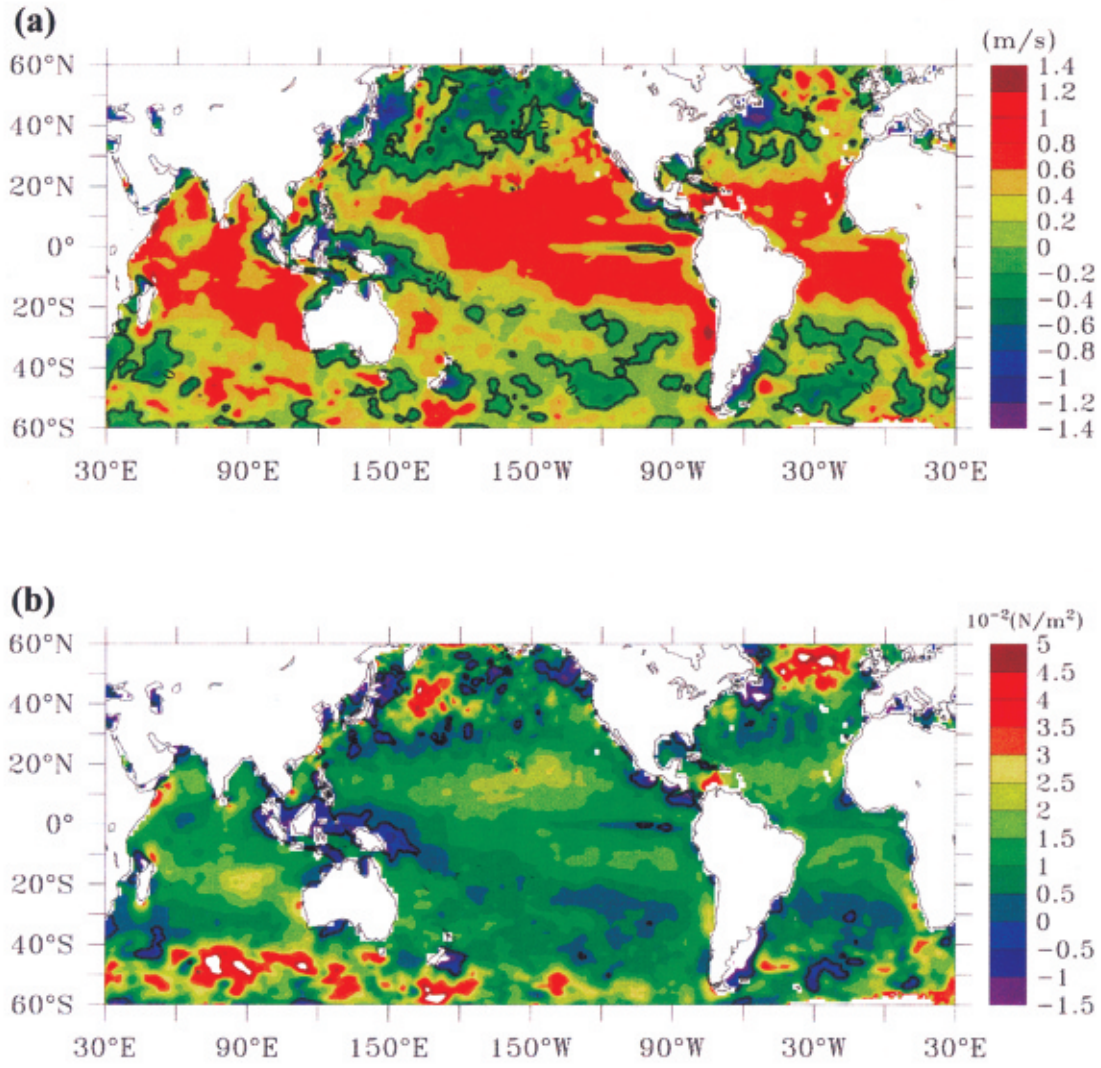

Fig. 2　Distribution of mean differences in wind speed (a) and wind-stress magnitude (b) between the Qscat and ERS winds. Positive values mean that the Qscat wind speed (stress magnitude) is higher than the ERS's.

＜Qscat(OF)（≒ −1.5×10⁻²N/m²），平均的な西風域である30°S（N）以南（以北）においてERS(OF)＜Qscat(OF)（≒ +1.5×10⁻²N/m²）の傾向を示した．これらの相互比較と現場観測データを用いた精度検証の結果を踏まえると，ERS(OF) はQscat(OF) に対し，海面応力を過小評価する傾向が示唆される．また，Qscat(OF) とERS(OF) の海面応力差におけるQscat(OF) 海面応力への依存性を示したFig. 5によると，海面応力の絶対値の増加に伴い応力差も増加する傾向が見られた．Figs. 6 (a) and (b)は東部熱帯太平洋域におけるERS(OF) 或いはQscat(OF) とTAOの海面応力差のTAO海面応力への依存性を示しており，Qscat(OF) はTAO海面応力に依存せずに応力差が±0.015N/m²以内であるのに対し（Fig. 6 (b)），ERS(OF) は0.05N/m²以上の強海面応力域で海面応力を過小評価する傾向が顕著であった（Fig. 6 (a)）．ERS(OF) とQscat(OF) のこの様な傾向は，西部・中部熱帯太平洋域においても同様に見られた．

6．補正データの作成方法

ERS(OF) とQscat(OF) の間の海上風（海面応力）を比較した結果，両衛星の格子データ間には系統的な差が存在し，連続した時系列として扱うためにはそれらの差が無視出来ないと考えられた．また，現場観測データを用いた精度検証の結果，ERS(OF) の風速及び海面応力に系統的な誤差の存在が示唆される一方，Qscat(OF) の高い信頼性が明らかになった．これらの結果に基づき，Qscat(OF) を真値とみなしてERS(OF) データの風速値に対する補正データの作成を試みた．

補正データ作成の手順は以下に従った．なお，補正操作(i)-(iii)は両衛星が重複観測を行った2000年の1年間を対象とし，操作(iv)-(v)はERSの全観測期間（1992-2000）を対象とした．

(i)　ERS(OF) とQscat(OF) の風速差（応力差）に対し3σ検定を行った．これは，両衛星格子データを相互に比較した結果，風速差（応力差）は風速（応力）にほぼ比例関係を示したが，風速差（応力差）が極端に大きくなる場合の出現頻度が低いこと，またその様な場合，系統的な差よりもむしろランダムな差として捉えた方が妥当であるという概念に基づいている．3σ検定には以下の式を用いた．B，R'は前述した関係式と同様である．

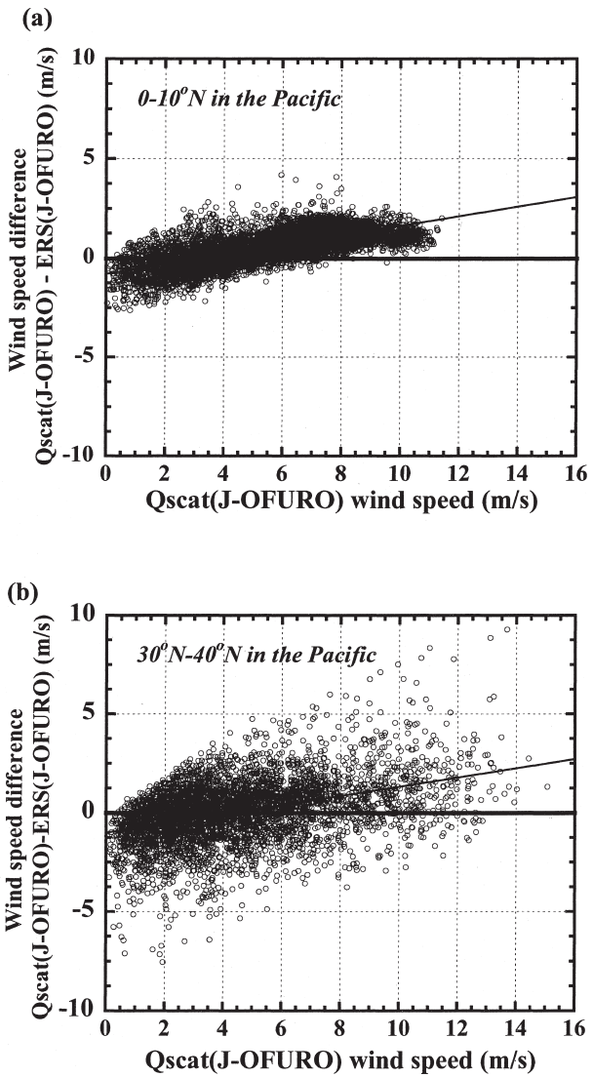

Fig. 3 Scatter diagram of the Qscat-minus-ERS wind speed for the Qscat wind speed. The solid line depicts a regressional fit. (a: 0-10°N and b: 30°-40°N in the North Pacific)

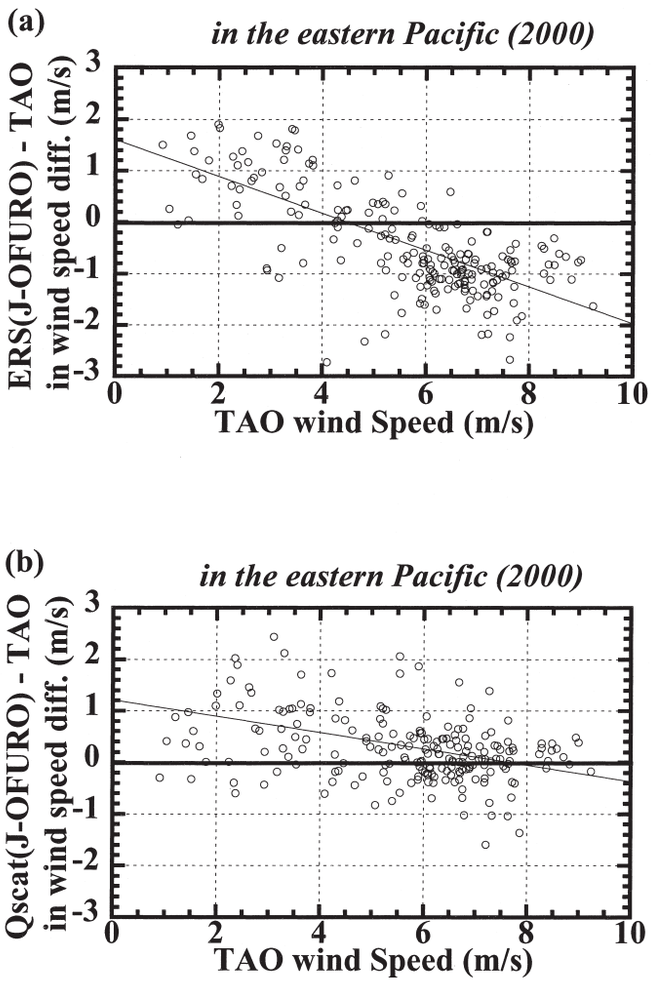

Fig. 4 Scatter diagram of the ERS-minus-TAO (a) and Qscat-minus-TAO (b) wind speeds for the TAO wind speed in the eastern Pacific. The solid line depicts a regressional fit. (a: ERS (J-OFURO) vs TAO, b: Qscat (J-OFURO) vs TAO)

$$B-3R' \leq WD. \leq B+3R'$$

ここで，WD はQscat(OF) とERS(OF) の海上風（海面応力）格子データの差，B，R' における a_i はQscat(OF) 風速（海面応力），b_i はERS(OF) 風速（海面応力），N はデータ数を示している．

(ii) 3σ 検定の結果，異常値と見なされた風速差（海面応力差）を算出した際の両衛星の海上風（海面応力）格子データを除去し，欠測データとして扱った．

(iii) 操作(i)，(ii)を施した海上風（海面応力）格子データに関するERS(OF) とQscat(OF) の間の回帰関係を格子点毎に算出した．回帰関係は以下の式を用いた．

$$a=k_0 b+k_1$$

$$k_0=\frac{N\sum_i^N b_i a_i-\sum_i^N b_i\cdot\sum_i^N a_i}{N\sum_i^N b_i^2-\left(\sum_i^N b_i\right)^2},\quad k_1=\frac{\sum_i^N b_i^2\cdot\sum_i^N a_i-\sum_i^N b_i a_i\cdot\sum_i^N b_i}{N\sum_i^N b_i^2-\left(\sum_i^N b_i\right)^2}$$

(iv) 回帰関係を利用しERS(OF) の補正データを作成した．なお，ERSのみが観測を行った1999年以前に対しては，2000年の回帰関係を適用した．

但し，前述した海上風あるいは海面応力の絶対値の回帰関係を用いた場合，低風速域における補正値が負の値で算出される可能性がある．風速（海面応力）間の回帰関係を用いた場合，この問題は不可避である．しかし，海上風（海面応力）を東西・南北成分の各成分に分けて回帰関係を適用すると，補正の結果，風向の反転・変化が生じる可能性が存在する．本研究では風向の補正が可能なまでの検証が行われていないため，風速（海面応力）の絶対値の回帰関係を適用し，

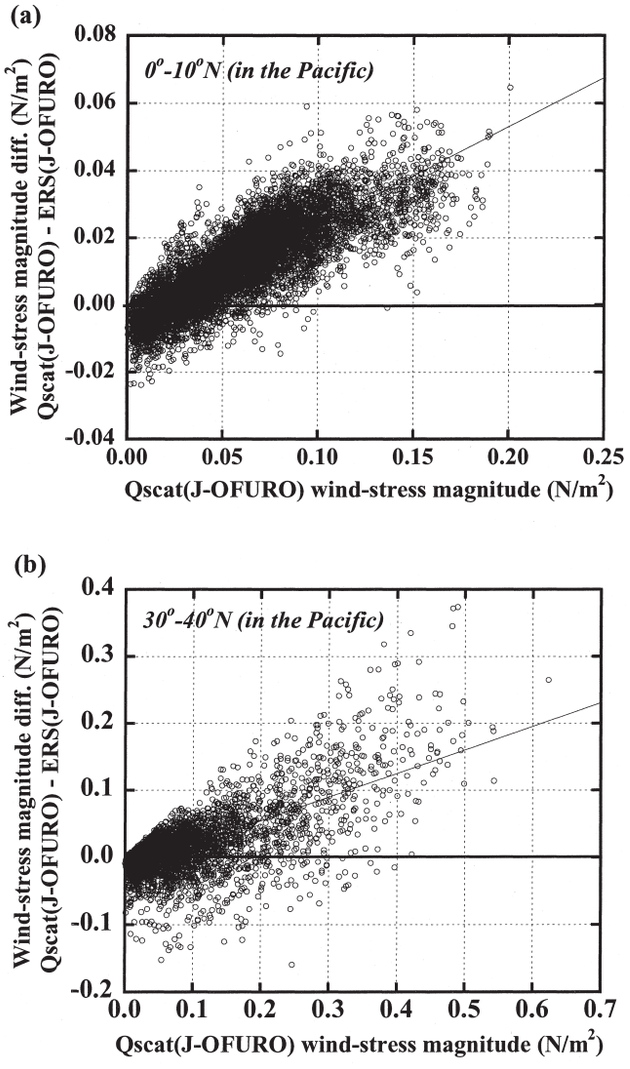

Fig. 5　Scatter diagram of the Qscat-minus-ERS wind-stress magnitude difference for the Qscat wind-stress magnitude. The solid line depicts a regressional fit. (a: 0-10°N and b: 30°-40°N in the North Pacific)

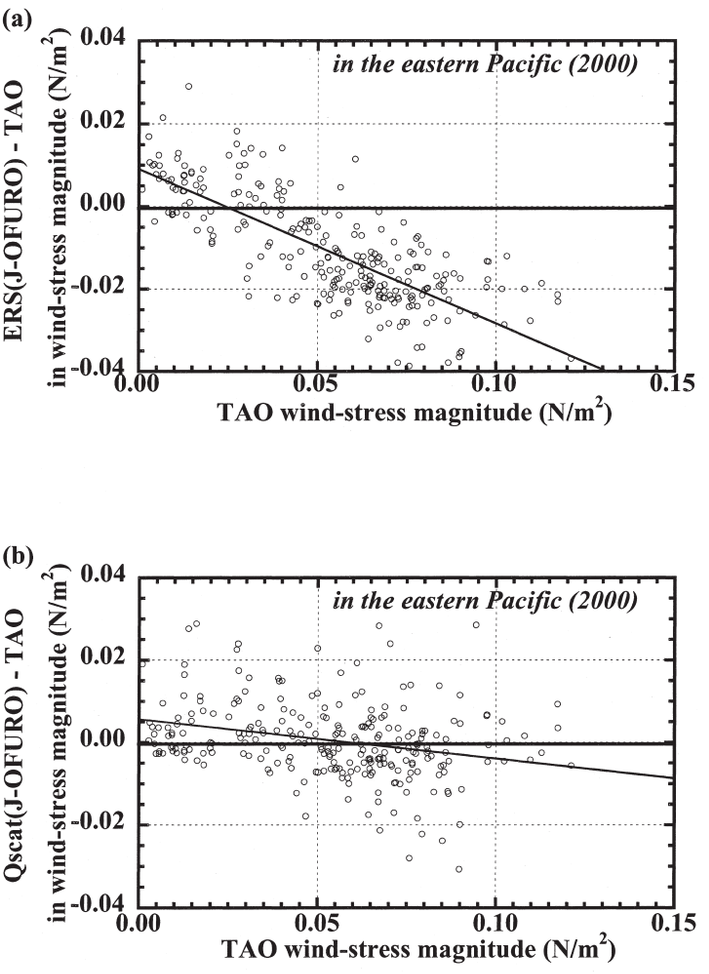

Fig. 6　Scatter diagram of the ERS-minus-TAO (a) and Qscat-minus-TAO (b) wind-stress magnitude differences for the TAO wind-stress magnitude in the eastern Pacific. The solid line depicts a regressional fit. (a: ERS (J-OFURO) vs TAO, b: Qscat (J-OFURO) vs TAO)

前述した問題には以下に記した措置を施した．

(v)　補正値が負の値で算出された場合，風速（海面応力）の絶対値を0.0m/s（N/m²）として扱った．これは，算出された負の補正値が物理的な意味を持たないこと，これまでの研究より，衛星散乱計データの観測精度が低風速域で低いと指摘されていること（Ebuchi *et al.,* 1996），および算出された海上風の負の補正値が最大でも-0.5m/s程度であったことに基づいている．

7．補正データセットの検証

前述した回帰関係を用いてERS(OF）の海上風及び海面応力格子データの補正を行った（以下，補正前をERS(OF)，補正後をERS(OFC)）．Fig. 7はERS(OF）とQscat(OF）の海上風格子データ間の回帰係数 k_0 の平面分布である．回帰係数 k_0 は30°S-20°N帯で約1.0であり，インド洋西部，西部・東部熱帯太平洋，大西洋東部で1.2以上，30°N(S）以北（以南）で1.0未満という分布となった．また，海面応力格子データ間の回帰係数 k_0 も同様な分布となった（図は省略）．ブイデータを用いた精度検証及びERS(OF）とQscat(OF）の相互比較の結果を踏まえると，西部・東部熱帯太平洋で回帰係数 k_0 が1.2以上を示し，最大で1.6に達したのは，ERS(OF）の風速（海面応力）がTAOの風速（海面応力）に対して，高風速域（強海面応力域）を過小評価するという系統的な誤差をもつことや，Qscat(OF）に対して風速(海面応力）を過小評価する傾向に起因すると考えられる．また，ERS(OFC）とQscat(OF）の海上風及び海面応力格子データを用いて回帰係数 k_0 を算出すると，海域に依らず回帰係数 k_0 は1.0となり（図は省略），補正の結果，ERS(OFC）とQscat(OF）の風速（海面応力）の間の誤差が軽減されたと考えられた．2000年の1年間におけるERS(OF）とERS(OFC）の海上風平均場とQscat(OF）の海上風平均

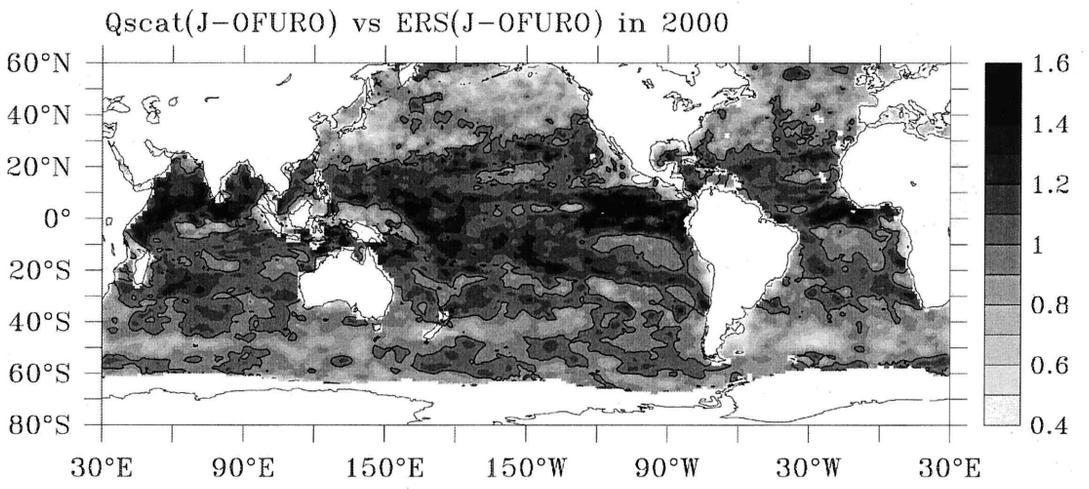

Fig. 7 Distribution of regression coefficient calculated by the ERS (J-OFURO) and Qscat (J-OFURO) wind speeds in each grid. (See text for calculation procedure.)

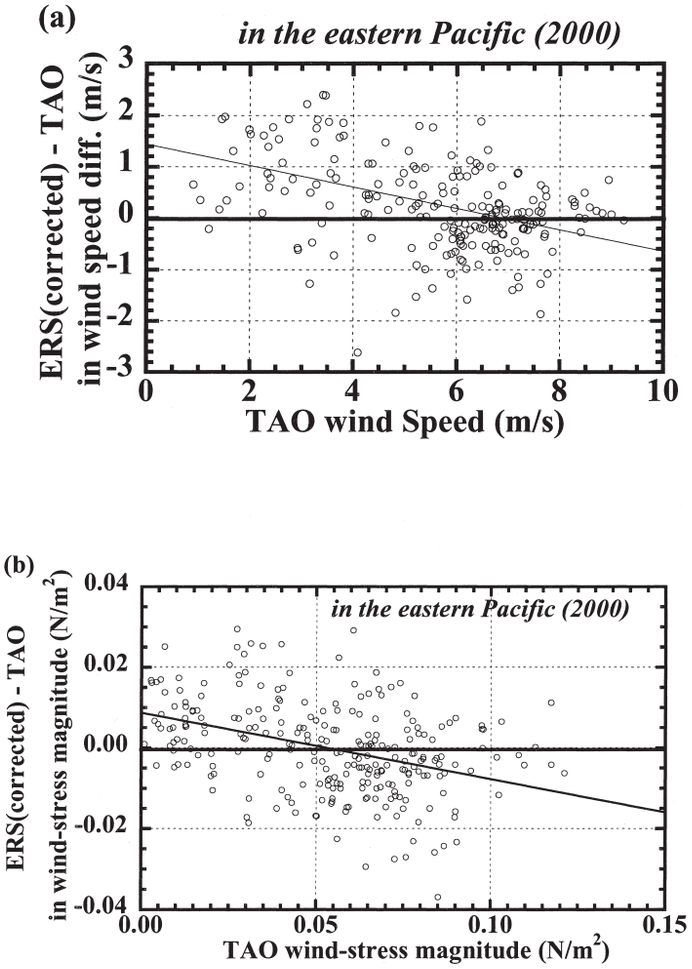

Fig. 8 Scatter diagram of the ERS(corrected)-minus-TAO wind speed(a) and wind-stress magnitude(b) for the TAO wind speed(a) and wind-stress magnitude(b) in the eastern Pacific. The solid line depicts a regressional fit.

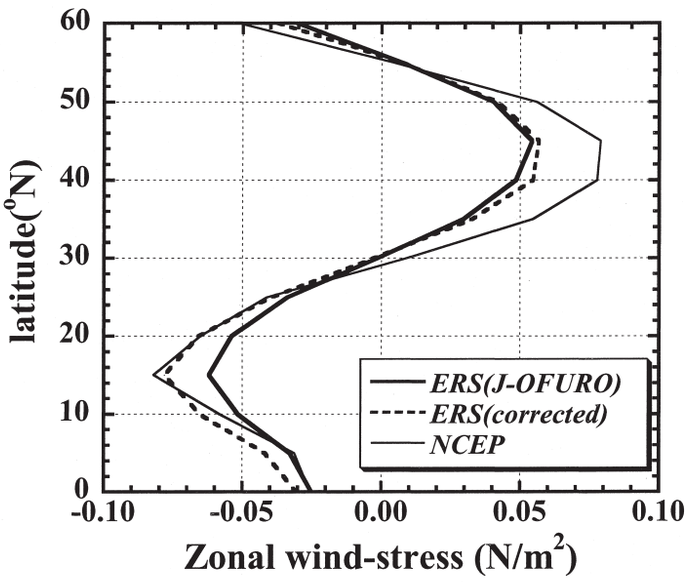

Fig. 9 Meridional profiles of zonal-averages from 130°E to 120°W of the zonal wind-stress during 1992-2000. (thick solid: ERS (uncorrected), thick broken: ERS (corrected), thin solid: NCEP)

Table 6. Mean difference in wind speed between each product and TAO buoy winds (a) and NDBC buoy ones (b) in some regions during 1992–2000. Values indicate regional averages of statistical values calculated between each product and TAO (a) and NDBC (b) buoy winds, respectively. Units are m/s.

(a)

	Mean difference in wind speed/ERS-TAO									
	vs. TAO	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
West	ERS (J-OFURO)	0.05	0.22	0.15	0.04	0.00	−0.39	−0.41	−0.20	−0.02
	ERS (corrected)	0.26	0.47	0.30	0.36	0.22	−0.24	0.12	0.15	0.37
Central	ERS (J-OFURO)	−0.10	−0.18	−0.39	−0.56	−0.73	−0.47	−0.80	−0.61	−0.72
	ERS (corrected)	0.49	0.37	0.24	0.12	−0.01	0.07	−0.08	0.13	0.03
East	ERS (J-OFURO)	−0.38	−0.18	−0.38	−0.29	−0.42	−0.61	−0.25	−0.58	−0.42
	ERS (corrected)	0.41	0.27	0.28	0.25	0.14	0.08	0.02	−0.07	0.21

(b)

	Mean difference in wind speed/ERS-NDBC									
Pacific	vs. NDBC	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
40-60N	ERS (J-OFURO)	0.93	0.61	0.49	0.42	0.56	−0.02	0.81	0.67	0.62
	ERS (corrected)	0.55	0.26	0.23	0.29	0.37	−0.06	0.39	0.42	0.39
20-40N	ERS (J-OFURO)	—	—	1.90	0.59	1.92	—	—	−0.44	0.40
	ERS (corrected)	—	—	1.02	0.73	1.16	—	—	−0.27	0.51
0-20N	ERS (J-OFURO)	0.02	−0.14	−0.36	−0.16	−0.35	−0.29	−0.42	−0.32	−0.28
	ERS (corrected)	0.71	0.62	0.36	0.60	0.34	0.39	0.31	0.41	0.44

(c)

	Mean difference in wind speed/ERS-NDBC									
Atlantic	vs. NDBC	1992	1993	1994	1995	1996	1997	1998	1999	2000
40-60N	ERS (J-OFURO)	1.70	1.20	0.98	1.48	1.30	0.99	1.21	1.12	0.63
	ERS (corrected)	1.13	0.71	0.44	0.49	0.66	0.59	0.58	0.47	0.04
20-40N	ERS (J-OFURO)	1.08	0.60	0.74	1.01	1.17	0.71	0.72	0.41	0.31
	ERS (corrected)	0.92	0.66	0.66	0.81	0.82	0.61	0.60	0.34	0.21

場と比較すると（図は省略），ERS(OFC）とQscat(OF）の分布は非常に似ており，Fig. 2 (a)で平均差が最大で＋1.4 m/s に達した20°N–20°S帯に沿った海域での補正が顕著であり，ERS(OFC）とQscat(OF）の相互比較を行った結果，平均差は海域に依らずほぼ0.0m/s であった．海面応力の平均場も同様な結果となった（図は省略）．Fig. 8 は東部熱帯太平洋におけるERS(OFC）とTAOの風速差（海面応力差）のTAO風速（海面応力）　への依存性を示しており，ERS(OF）　に見られた高風速域（強海面応力域）での風速（海面応力）の過小評価の傾向が軽減されたことが分る．また，Fig. 9 は各データセットの海面応力の東西成分に対する南北プロファイルを示している．過去の研究（轡田・風間，1999）においてERS(OF）あるいはQscat(OF）＜NCEPの関係が示され，NCEPが過大評価の傾向が指摘されているが，Fig. 9 にも同様なERS(OF）＜ERS(OFC）＜NCEPの傾向があり，東風が最大となる10°–20°N付近において補正の前後で顕著な相違が認められた．

また，ブイデータを用いて1992年から2000年の各年を対象とし，ERS(OF）とERS(OFC）の海上風及び海面応力格子データの精度を検証した．海上風格子データでは補正前後でRMS差（－MD）に顕著な変化が見られなかったものの（表は省略），平均差はTAOの西部熱帯太平洋域とNDBCの北太平洋0–20°N域を除いて減少する結果となった（Table 6）．この両海域で精度が向上しなかった理由として，前述したTAOの2測点とNDBCの17°N，152°W；19°N，161°W；23°N，162°Wの3測点が挙げられる．これらのブイ観測点とQscat(OF）の統計値は，他の測点に比して高いため，Qscat(OF）を基準として作成したERS(OFC）にも同様な傾向が現れたと考えられる．一方，海面応力格子データは，NDBCに対しては補正前後で平均差に変化が見られないものの，RMS差（－MD）は減少した．TAOに対してはRMS差（－MD）に変化が見られないものの，平均差は減少する結果となった（表は省略）．

8．まとめと今後の課題

衛星散乱計データを基に荷重平均法を用いて作成したERS(OF）とQscat(OF）の海上風及び海面応力格子データの精度検証と，両格子データ間の整合性の検証を行うと共に，ERS(OF）の補正データ作成を行った結果，以下の事項が結論付けられた．

(i)　ERS(OF），Qscat(OF），Qscat(J）及び再解析データ（NCEP）の海上風及び海面応力格子データの精度を，現場観測データ（TAO，NDBC）を用いて検証した．研究の目的上，2000年の1年間という制限があったものの，現場観測データとQscat(OF）間の統計的対応は，他の平均操作によ

って作成された散乱計格子データ（Qscat(J)），あるいは再解析データ（NCEP）よりも良く，風速に系統的な誤差も認められなかった．一方，ERS(OF）と現場観測データの統計的対応は，海域に依らず公称測定精度内（±2.0m/s）であったものの，相関係数が他のデータセットに比べて低い結果となった．また，現場観測データに対して5.0m/s以上の風速，及び0.05N/m² 以上の海面応力を過小評価する系統的な誤差の存在が明らかになった．

(ii) ERS(OF）及びQscat(OF）によって作成された海上風／海面応力格子データを，連続した時系列として扱う事を想定し，両散乱計格子データの整合性を検証した．両衛星データによる海上風／海面応力格子データの相互比較の結果，海域に依らずERS(OF）はQscat(OF）に対し海上風，及び海面応力を過小評価する傾向が示唆された．加えて，両衛星の海上風（海面応力）の差は，海上風（海面応力）の増大と共に顕著になる傾向が見られ，風速に依存した系統的な誤差の存在が明らかになった．併行して，両衛星の精度は前述した現場観測データを用いた検証結果より，Qscat(OF）が優位という結果を得た．また，高解像度の散乱計データに対する精度検証が可能な現場観測データがほとんど存在しない中・高緯度海域では，Qscat(OF）のみならず，他のデータセットの精度検証は困難である．しかしながら，他の散乱計格子データ，及び客観解析データとの相互比較の結果に加え（笠原，準備中），精度検証の結果を踏まえると，Qscat(OF）を真値と仮定したERS(OF）に対する補正操作の必要性が明確になった．

(iii) ERS(OF）とQscat(OF）の海上風／海面応力格子データ間の回帰関係を利用し，Qscat(OF）を基準としたERS(OF）の補正データの作成を試みた．両衛星が重複観測を行った2000年におけるERS(OFC）とQscat(OF）の海上風（海面応力）格子データの相互比較の結果，海域に依らず平均差は0.0m/s (N/m²) となった．加えて，風速（海面応力）に依存した系統的な誤差も解消された．また，2000年における回帰関係を利用し，ERSが観測を行った1992年から1999年へと期間を遡り補正データを作成した．現場観測データを用いてERS(OF）とERS(OFC）の9年間分の精度を検証し，各々の精度を比較した結果，一部の海域を除いて，海上風ではTAO，NDBCに対する平均差の減少が見られ，海面応力ではTAOに対しては平均差の減少，NDBCに対してはRMS差（−MD）の減少が見られた．

衛星散乱計データを用いた海上風/海面応力格子データの精度を検証するためには，現場観測データとの比較が必要であるが，現場観測データが存在しない中・高緯度外洋海域では，代替策として客観解析データ等との相互比較に頼らざるを得ない．本研究では，これらを併行することで作成した海上風/海面応力格子データ（J-OFURO）の信頼性の検証，及び整備を行った．その一例である再解析データ（NCEP）とQscat(OF）の相互比較では（Fig. 10），東部熱帯太平洋域における2000年1年間における両海上風データセット間の平均差は，最大で+3.0m/s[Qscat(OF)−NCEP]に達した．なお，前述した様に，現場観測データを用いた精度検証の結果，同海域における信頼性はQscat(OF）が優位であった．一方，中・高緯度における両海上風データセット間の関係は，高緯度に向かうに連れてNCEP＞Qscat(OF）の傾向が見られた．また，NCEPはQscat(OF）以外の海上風データセットに対しても，高緯度で過大評価の傾向を示した．再解析データはその利便性から理論的・数値的な研究等に用いられることが多いが，本研究結果からも明らかな様に，近年における衛星散乱計の精度向上を踏まえれば，散乱計格子データの方が現実の海上風（海面応力）場を再現している可能性が高い．現状では，散乱計格子データの存在期間が最大で10数年と再解析データに比して短いが，衛星散乱計による長期間格子データの継続的な作成と整備による長期間のデータセットの確立が期待される．

謝　辞

本研究の使用データは，宇宙開発事業団（NASDA），仏国立海洋研究所（IFREMER），米国カリフォルニア工科大

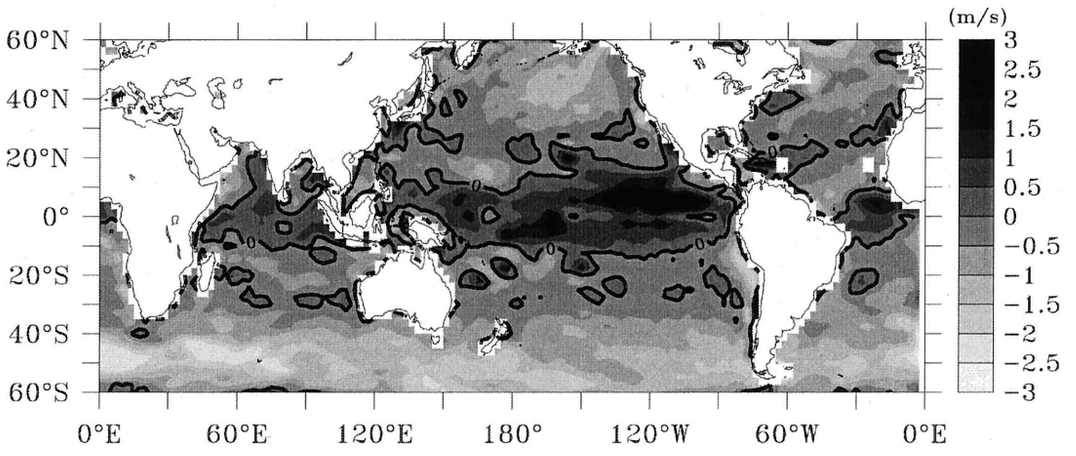

Fig. 10 Distribution of mean differences in wind speed between the Qscat and NCEP winds. Positive values mean that the Qscat wind speed is larger than the NCEP's.

学ジェット推進研究所（NASA/JPL），米国立環境予報センター（NCEP），欧州中期気象予報センター（ECMWF），米国海洋大気庁の太平洋海洋環境研究所（NOAA/PMEL），並びに米国立データブイセンター（NDBC）により提供されたものです．データの入手並びにデータセット作成に御尽力を頂いた方々に厚く御礼申し上げます．本研究は，宇宙開発事業団委託研究「北太平洋・インド洋上における海上風・海面応力の時空間変動とその海洋学への応用」および文部科学省地球共生プロジェクト「先端的四次元大気海洋陸域結合データ同化システムの開発と高精度気候変動予測に必要な初期値化・再解析統合データセットの構築（代表者：淡路敏之京都大学教授）の援助を受けて実施されました．また，本研究の作業を進めるにあたり，数々の支援をして頂きました東海大学大学院の富田裕之氏，深田大輔氏，並びにデータ処理の支援をして頂きました東海大学の秋元香甫璃氏にも同様に厚く御礼を申し上げます．

引用文献

Bourassa, M. A., D. M. Legler, J. J. O'Brien, and S. R. Smith (2003): SeaWinds validation with research vessels, *J. Geophys. Res.,* **108**(**C2**), 3019, doi: 10. 1029/2001 JC001028.

Cardone, V. J., J. A.Greenwood and M. A.Cane (1990): On trends in historical marine wind data. *J. Climate,* 3, 113-127.

Ebuchi, N., H. C. Graver and R. Vakkayil (1996): Evaluation of ERS-1 scatterometer winds with wind and wave ocean buoy observations. *Tech. Rep., CAOS, Tohoku Univ., CAOS96-1,* Sendai, 69pp.

Freilich, M. H. and R. S. Dunbar (1999): The accuracy of the NSCAT 1 vector winds: Comparisons with National Data Buoy Center buoys, *J. Geophys. Res.,* **104**, 231-246.

Kubota, M., N. Iwasaka, S. Kizu, M. Konda and K. Kutsuwada (2002): Japanese Ocean Flux Data Sets with Use of Remote Sensing Observations (J-OFURO), *J. Oceanogr.,* **58**(**1**), 213-225.

Kubota, M., K. Kutsuwada, M. Akiyama and H. Tomita (2003): An Atlas of Monthly Mean Distribution of J-OFURO Latent Heat Flux and ERS2 Vector Wind During 1996 and 2000, *School of Mar. Sci. and Tech., Tokai Univ.,* 70pp.

黒田芳史・網谷泰孝，(2001)：トライトン：ENSO現象を目指す新しい海洋・気象観測ブイネットワーク，海の研究，**10**-**2**，157-172．

Kutsuwada, K. (1998): Impact of wind/wind-stress field in the North Pacific constructed by ADEOS/NSCAT data, *J. Oceanogr.,* **54**, 443-456.

轡田　邦夫（1997）：北太平洋における海上風の長期変動－船舶資料の有効性－，月刊海洋, **29**(**11**)，659-665．

轡田　邦夫・風間　隆弘（1999）：衛星散乱計データによる海面運動量フラックスの評価，月刊海洋，**31**(**9**)，560-556．

Large, W. G and S. Pond (1981): Open Ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds, *J. Phys. Oceanogr.,* **11**, 324-336.

Liu, T. W. (2003): Scientific Opportunities Provided by SeaWinds in Tandem, Jet Propulision Laboratory Pasadena California, JPL Publication 3-12.

Masuko, H., K. Arai, N. Ebuchi, M. Konda, M. Kubota, K. Kutsuwada, T. Manabe, A. Mukaida, T. Nakazawa, A. Nomura, A. Shibata and Y. Tahara (2000): Evaluation of vector winds observed by NSCAT in the seas around Japan, *J. Oceanogr.,* **56**, 495-505.

Sverdrup, H. U. (1947): Wind-driven currents in a baroclinic ocean, with application to the equatorial currents of the eastern Pacific, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA,* **33**, 318-326.

竹田　厚（1980）：衛星による海上風のリモートセンシング―SEASAT-A-散乱計システムの技術とその基礎―，天気，**27**(**2**)，87-102．

要　旨

人工衛星搭載の散乱計が実用化すると共に，時間的空間的に高頻度での海上風データ取得が可能となった．散乱計搭載衛星には1992-2000年の長期間継続観測がなされたERSと1999年から現在に至るQscat/SeaWindsがあり，我々はこれらのデータを用いて海上風および海面応力に対する高解像度の格子データ作成を行って来た．両衛星の格子データを統合することによって約12年分のデータセットが得られ，数日から数年周期の変動解析が可能となるが，センサー特性等の相異に基づく両衛星の格子データ間の整合性を検証する必要がある．本研究では両衛星データが重複する2000年を対象として，我々の作成した海上風/海面応力格子データ及び数値予報モデル再解析データを含めて現場観測としてのブイデータとの比較による精度検証を行った．その結果，我々のQscatデータの高い信頼性が明らかになると共に，ERS風速（海面応力）に系統的な誤差が認められた．Qscat風速（海面応力）との間の回帰関係を通してERSの補正データを作成した結果，両衛星間の系統的な誤差は解消された．また，ブイデータを用いて補正後のERSの精度を評価した結果，熱帯域における精度の向上が認められた．