

琉球大学学術リポジトリ

琉球諸島周辺海域の波浪特性

メタデータ	言語: 出版者: 琉球大学理学部 公開日: 2008-03-25 キーワード (Ja): キーワード (En): 作成者: 水谷, 学, 小賀, 百樹, Mizutani, Manabu, Koga, Momoki メールアドレス: 所属:
URL	http://hdl.handle.net/20.500.12000/5371

琉球諸島周辺海域の波浪特性

水谷 学・小賀百樹

琉球大学理学部物質地球科学科

Manabu Mizutani, Momoki Koga

Windwave characteristics around Ryukyu Islands

Department of Physics and Earth Sciences, Faculty of Science, University of the Ryukyus

Abstract

This study investigates windwave characteristics around the Ryukyu Islands (20°N~35°N, 120°E~140°E), using three different databases of wind velocity and windwave height; climatological dataset, ocean surface buoy dataset and satellite altimetry dataset. The yearly and monthly mean of windwave fields show the following characteristics. In winter the heigher wave height is observed due to strong winter northly monsoon. It brings that wave height in the west cost side of the Ryukyu Islands (East China Sea) is heigher than in the east cost side (Pacific Ocean). In summer the wave height of Pacific Ocean side is heigher than in the East China Sea side due to a long fetch from south along with sea swells. Along the satellite orbit (30°N, 126°E ~ 24°N, 129°E) crossing the Okinawa Main Island we can examine more detailed wave height distribution changing with seasons. Wind and windwave fields derived from three databases are basically consistent with each other. Climatological wind velocities from spring to autumn, however, show slightly heigher value than the others. Climatological wave heights from autumn to winter show slightly smaller value than those of satellite. These facts will be caused by the difference of observational methods and data sampling conditions.

1. はじめに

琉球諸島周辺海域の波浪特性を知ることは、波力発電などの自然エネルギーの利用、防災面からの内海・外海の状態把握、また船舶の航行において重要である。

本海域の波浪特性については以下の研究例がある。浜里・金城 (1992) は、沖縄本島東岸にある残波岬沖 (北西方向約30 km, (東シナ海側)) の波高は、冬期 (12月~2月) に高く、夏期 (5月

～7月)に低くなっていることを示した。森田ら(1997)は、沖縄本島西南部の那覇港、太平洋に面する喜屋武岬の月別平均波高を比較した。その結果、那覇港は喜屋武岬に比べ1月～2月では0.3 m前後高く、4月～11月では逆に0.2～0.8 m低い。また8月～10月の波高は、うねり等の影響が顕著であった。また、松岡ら(1998)は、喜屋武岬と中城湾の波高は波浪にうねりが加わって高くなっていることを指摘した。

本海域におけるこれまでの波浪解析は、定点の波浪解析が中心で、面的分布が十分整理されているわけではない。一方、近年多くの観測衛星が打ち上げられ、現在10年以上の統計的処理も可能な衛星による波浪データがそろいはじめてきた。本研究では、(1)気候値データを利用し波浪の面的分布を整理すること、(2)衛星データを使用し、本海域の波浪特性を調べ、その有用性をみること、(3)気候値データ、ブイデータ、衛星データの整合性を吟味することを試みた。

2. 使用データ

本研究で使用するデータは次の3種類である。すなわち、気象庁『北太平洋海洋気候データ』、NASA『米仏共同衛星TOPEX/Poseidonの観測データ』、気象庁『海洋気象ブイロボット観測資料』である。3種類のデータからそれぞれ風速と波高のデータを使用した。風速の(knot)から(m/s)への変換は、 $1 \text{ knot} = 0.514 \text{ m/s}$ とした。

3種類のデータの特性を簡単に述べておく。気候値、ブイデータ、衛星データの特性の比較を図1に示す。気候値データは、月別および年の平均値の1度格子データで波浪特性を面的に捉えることができるが、各年のデータはない。ブイデータは、波浪特性を時系列的に捉えるのに適しているが、定点でのデータである。衛星データは、気候値データとブイデータの両方の特性をもち、ある領域で1度格子データをつくり波浪特性を面的に捉えることができ、また軌道上では密なデータも得られ波浪特性を時系列的に捉えることもでき、各年のデータがある。

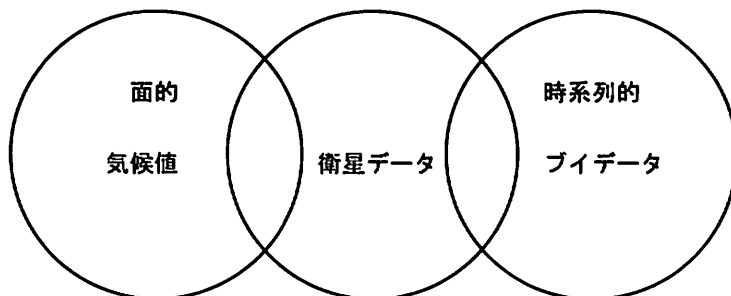


図1 気候値、ブイデータ、衛星データの特性の比較。気候値データは、月別・年の平均値の1度格子データで波浪特性を面的に捉えることができるが、各年のデータはない。ブイデータは、波浪特性を時系列的に捉えるのに適しているが、定点でのデータである。衛星データは、気候値データとブイデータの両方の特性をもち、ある領域で1度格子データをつくり波浪特性を面的に捉えることができ、また軌道上では密なデータも得られ波浪特性を時系列的に捉えることもでき、各年のデータがある。

図2に解析海域 (20°N~35°N, 120°E~140°E) の衛星TOPEX/Poseidonの軌道, 及び気象庁の海洋気象ブイロボットの位置を示す. さらに3種類のデータの詳細を表1に示す.

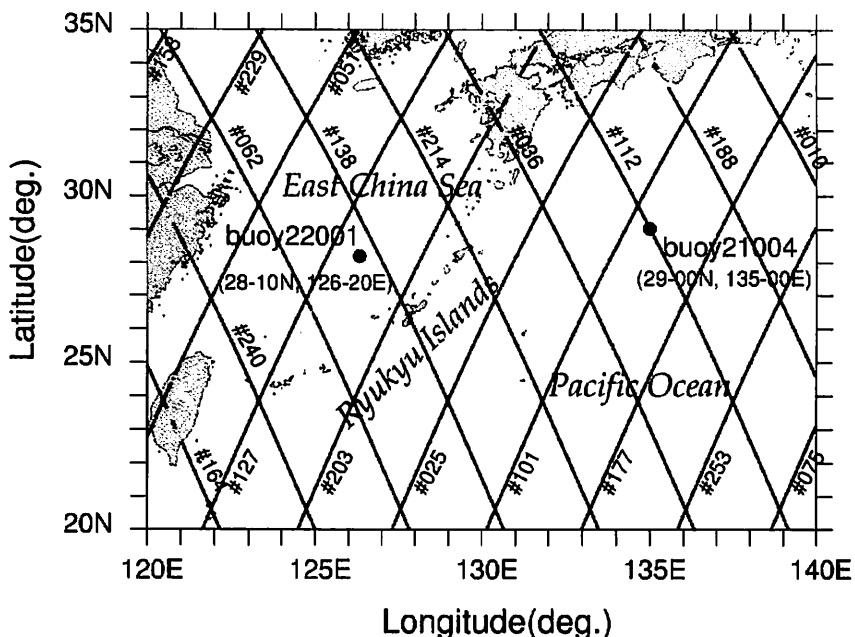


図2 琉球諸島周辺海域 (20°N~35°N, 120°E~140°E) のTOPEX/Poseidon衛星の軌道, 及び気象庁の海洋気象ブイロボットの位置. 軌道 (斜め実線) につけた#付きの番号は軌道番号である. 衛星は10日サイクルで同じ軌道上を通過する.

表1 使用データ

データ名	提供元	観測期間	
北太平洋海洋気候データ (月別) 気候値	気象庁	1961年~1990年 (1°×1°) 主に船舶による観測	
TOPEX/Poseidon観測データ (衛星データ)	NASA	1992年10月~2004年5月 (サイクル10日) 軌道上をマイクロ波により観測	
海洋気象ブイロボット 観測資料 (ブイデータ)	気象庁	No.22001 (28°10'N, 126°20'E) (東シナ海)	1978年10月~2000年10月 (サイクル3時間)
		No.21004 (29°00'N, 135°00'E) (太平洋四国沖)	1995年1月~2000年7月 (サイクル3時間)

2.1 気象庁『北太平洋海洋気候データ』

気象庁が提供する『北太平洋海洋気候データ』は、北太平洋における海洋気候データである。データには、日本の船舶から船舶気象観測表で報告された海上気象観測データおよび世界の気象機関が収集したデータを使用している。データは、月別および年の平均値が緯度・経度1度ごとに、統計期間は1961年から1990年までの30年間で、対象海域は $0^{\circ}\sim 70^{\circ}\text{N}$ 、 $100^{\circ}\text{E}\sim 70^{\circ}\text{W}$ で収録されている。一般に、船舶で通報されている波高は、機械で計測した値ではなく目で見えて観測した値（有義波高）である。本研究ではデータ項目中の有義波高 (m) ・風速 (スカラー) (knot) を使用する。

2.2 NASA『米仏共同衛星TOPEX/Poseidonの観測データ』

米国・フランス共同の衛星TOPEX/Poseidonは、マイクロ波高度計を搭載し、海面高度（誤差5 cm）を主とし、加えて波高と海上風速を観測するため1992年8月10日に打ち上げられた。解析に使用した観測期間は1992年10月3日から2004年5月16日までの約12年間である。衛星の観測サイクルは10日であり、周回軌道の間隔が比較的に広いいため空間分解能は低くなる。しかし軌道上のデータは密に観測されている。波高は有義波高、風速は海上10 mのデータである。本研究ではマイクロ波を使用し、軌道上で同時計測されている有義波高 (m) と風速 (m/s) のデータを使用する。

2.3 気象庁『海洋気象パイロロボット観測資料』

気象庁が提供する『海洋気象パイロロボット観測資料』は、気象庁が太平洋、東シナ海、日本海の数箇所にパイロを定置して観測を行ってきたものを運用期間ごとにまとめたものである。風速は海拔7.5 mのマスト上で、波高はパイロ本体内の鉛直加速度計により観測された。観測サイクルは3時間ごとである。本研究では沖縄本島を挟んだ東シナ海側と太平洋側で、かつ衛星TOPEX/Poseidonの軌道にできるだけ近い地点に定置されているパイロという条件のもとに、東シナ海に定置されたパイロNo.22001と太平洋四国沖に定置されたパイロNo.21004のデータを使用する。パイロNo.22001 ($28^{\circ}10'\text{N}$, $126^{\circ}20'\text{E}$) とNo.21004 ($29^{\circ}00'\text{N}$, $135^{\circ}00'\text{E}$) の使用データ期間は、それぞれ1978年10月～2000年10月（パイロ運用終了）、および1995年1月～2000年7月（パイロ運用終了）である。波高は20波平均、風速は10分間平均である。本研究では波高 (m) ・風速 (knot) のデータを使用する。なお20波平均波高は有義波高に、風速値は中立成層の対数風速分布を仮定し、Kondo (1975) の式により、10 m 高度の値にして換算し使用した。

これ以降この論文では、北太平洋海洋気候データを「気候値」、衛星TOPEX/Poseidonの観測データを「衛星データ」、海洋気象パイロロボット観測資料のデータを「パイロデータ」と呼ぶことにする。

3. 解析方法

琉球諸島周辺海域の波浪特性をみるため、解析海域（図2）は緯度範囲 $20^{\circ}\text{N}\sim 35^{\circ}\text{N}$ 、経度範囲 $120^{\circ}\text{E}\sim 140^{\circ}\text{E}$ とした。

3.1 気候値を使用した年・月別の平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布

気候値を使用し、解析海域の年および月別の平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布図を作成し、波浪特性を面的に捉える。最初に年平均風速と波高、次に冬季の代表月として1月、夏季

の代表月として7月の月別の分布図より、波浪特性を比較・検討する。

3.2 衛星データを使用した年・月別の平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布

衛星データを使用し3.1と同様の面的分布図を作成し、気候値で作成した面的分布図と比較・検討する。衛星データは、解析海域内の軌道上の観測全データを緯度・経度1度格子点の年および月別のデータに変換した。例えば30°N, 130°Eのデータは、その点を中心に±0.5°, つまり29.5°N~30.5°N, 129.5°E~130.5°Eの格子内に入るデータの平均値をその点の値とした。

3.3 衛星の軌道番号#138上のx-t図

沖縄本島を挟んで、東シナ海側と太平洋側の波浪特性をみる事ができる衛星の軌道番号#138を選び、領域((30°N, 126°E) ~ (24°N, 129°E))内で(図3)、衛星データ及び気候値からそれぞれx-t図を作成する。x-t図は、縦軸に位置、横軸に時間をとり、その位置での変化を時間変化でみる図である。軌道上の衛星データは、0.25°N間隔で平均値を取り、その値をその点のデータとした。例えば、24.5°Nの値は、その点を中心に±0.125°, つまり24.375°N~24.625°Nのデータの平均値をその点の値としている。気候値は1°N間隔で値をとる。

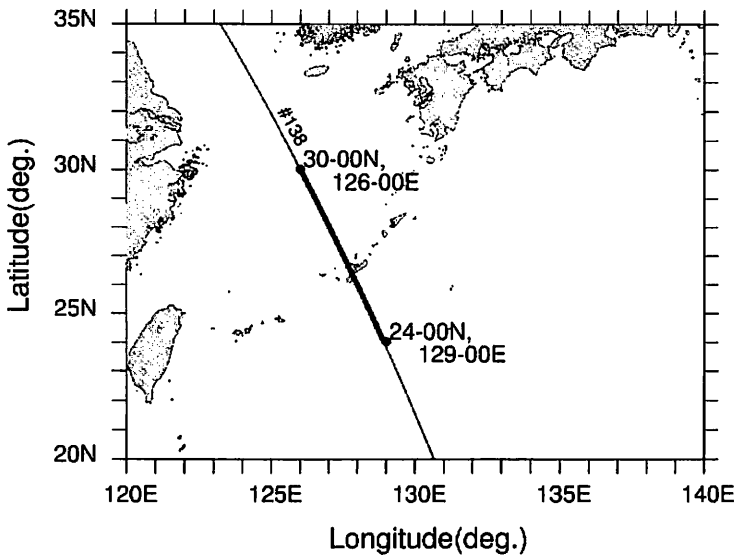


図3 TOPEX/Poseidonの軌道#138上のx-t図の領域。軌道#138上の太線の部分がx-t図の解析領域である。示されている緯度・経度は解析領域の始点(30°N, 126°E)と終点(24°N, 129°E)である。

3.4 気候値, プイデータ (No.21004), 衛星データの整合性

プイNo.21004(太平洋四国沖)の定置地点(29°N, 135°E)での気候値, プイデータ, 衛星データの整合性を検討する。衛星データは、プイの定置地点を中心に1度格子内に入る軌道上の全データの平均値をその地点の値とした。プイの定置地点における3種類のデータについての平均風速および波高の月別平均値の相互比較図を作成し、検討する。

4. 結果・考察

4.1 気候値を使用した年・月別の平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布

気候値から作成した年平均風速および波高の分布を図4 (a), (b) に示す。さらに、1月の分布を図4 (c), (d)、7月の分布を図4 (e), (f) に示す。図4 (a) より、年平均風速は東シナ海側と太平洋側では、それほど大きな違いは見られない。しかし、(b) より、東シナ海側の年平均波高は1.75 m以下であり、太平洋側は1.75 m以上で東シナ海側より大きな値をとる。図4 (c)~(f) より、平均風速および波高とも夏季よりも冬季に高いこと、また夏季に東シナ海側よりも太平洋側で波高が高いことがわかる。冬季は両側で大きな差はない。

平均風速および波高ともに夏季よりも冬季に高いのは、琉球諸島周辺海域の強い北からの季節風による。また、夏季に東シナ海側よりも太平洋側で波高が高いのは、夏季に南ないし南東風が卓越し太平洋側で吹送距離が長くとれることが一因であろう。太平洋側では台風の影響によるうねりも波高値に反映しているためと考えられる。

4.2 衛星データを使用した年・月別の平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布

衛星データから作成した年平均風速および波高の分布を図5 (a), (b) に示す。また、1月の分布を図5 (c), (d)、7月の分布を図5 (e), (f) に示す。衛星データと気候値から作成した分布を比較すると、似た特徴が確認できる。平均風速は、衛星データから作成した分布 (図5) より、気候値から作成した分布 (図4) の方が全体的に1 m/s程高い値で分布している。平均波高は、図4および図5でほぼ同じ値で分布の特徴がでている。1月の平均風速の分布 (図4・5 (c)) では、太平洋側でみられる風速8.00 m/s未満の分布や、東シナ海側でみられる風速9.00 m/s以上の分布が特徴的に両分布図にみられる。1月の平均波高の分布では、35°N、140°E付近にみられる波高2.25 m以上の分布や、25°N、130°E付近でみられる波高2.00 m未満の分布が特徴的に両分布図にみられる。7月の平均波高の分布 (図4・5 (f)) では、琉球諸島を挟んで見られる波高1.50 m未満と以上の分布が特徴的に両分布図にみられる。

衛星データによる分布図を気候値から作成された分布図と比較すると、主要な分布パターンに矛盾はない。こまかい分布の違いは少しあるが、これは衛星データの空間分解能が気候値よりも粗いためであると考えられる。

4.3 衛星の軌道番号#138上のx-t図

衛星の軌道#138上で作成した月別平均風速と波高のx-t図を図6 ((a)~(d)) に示す。(a), (b) に衛星データから作成したx-t図、(c), (d) に気候値から作成したx-t図を示す。

両データのx-t図を比較するとおおまかな特徴は似ている。その特徴は、平均風速と波高の対応関係がよいこと、東シナ海側と太平洋側で平均風速および波高は冬季に高く、夏季に低い傾向があること、平均風速および波高は、冬季に東シナ海側で値が太平洋側より高く、夏季に太平洋側で東シナ海側より高いことである。

x-t図からも「平均風速および波高は冬季に高く、夏季に低いこと」、また「東シナ海側は冬季に太平洋側より値が高くなり、太平洋側は夏季に波高が高くなること」が確認できる。気候値から作成したx-t図((c), (d))に比べて、衛星データから作成したx-t図((a), (b))では、空間分解能が細か

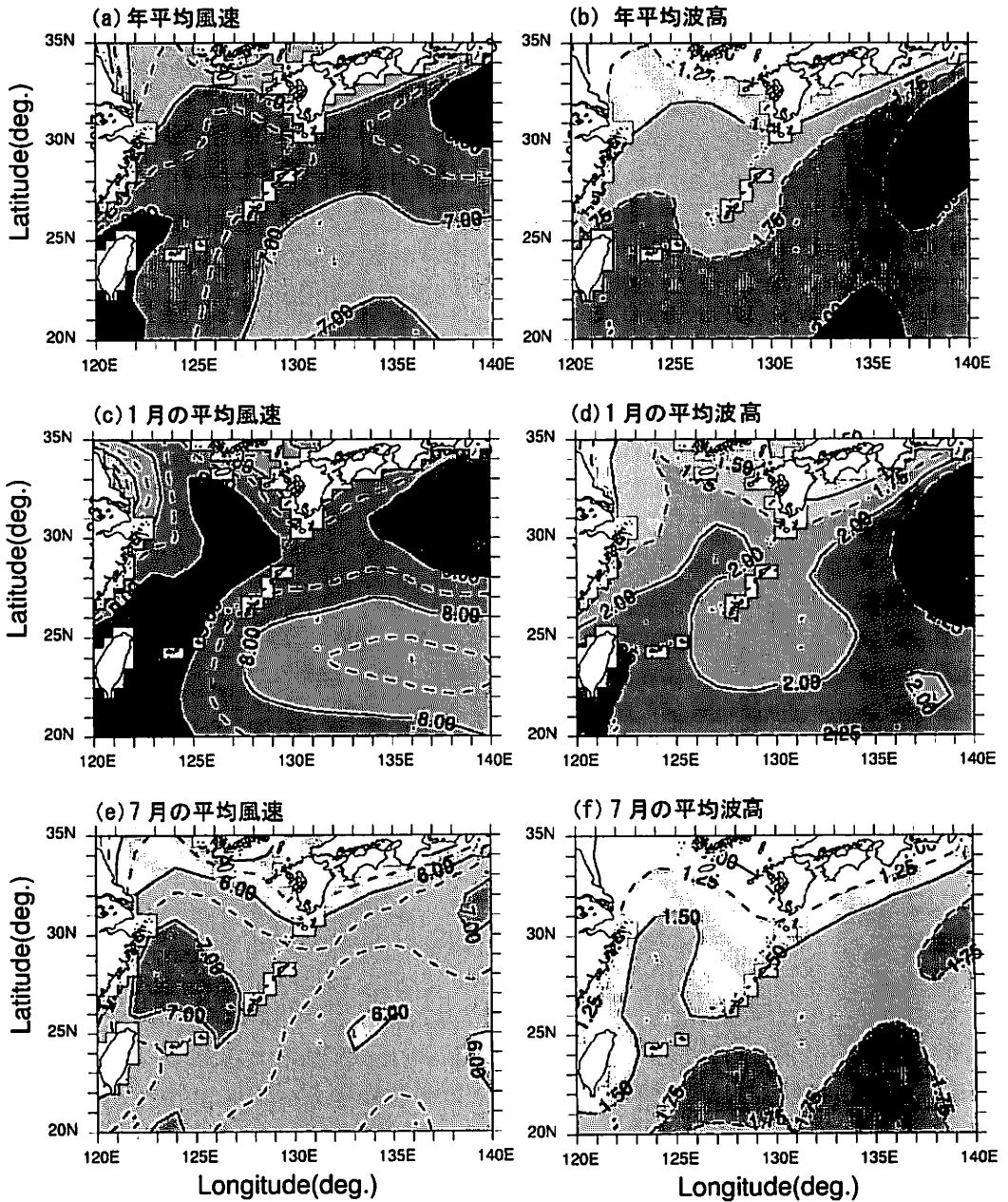


図4 気候値から作成した平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布. (a) (b) に年平均値, (c) (d) に冬季の代表月として1月の平均値, (e) (f) に夏季の代表月として7月の平均値の面的分布図を示す. 平均風速の面的分布図の破線は0.5 m/s間隔である.

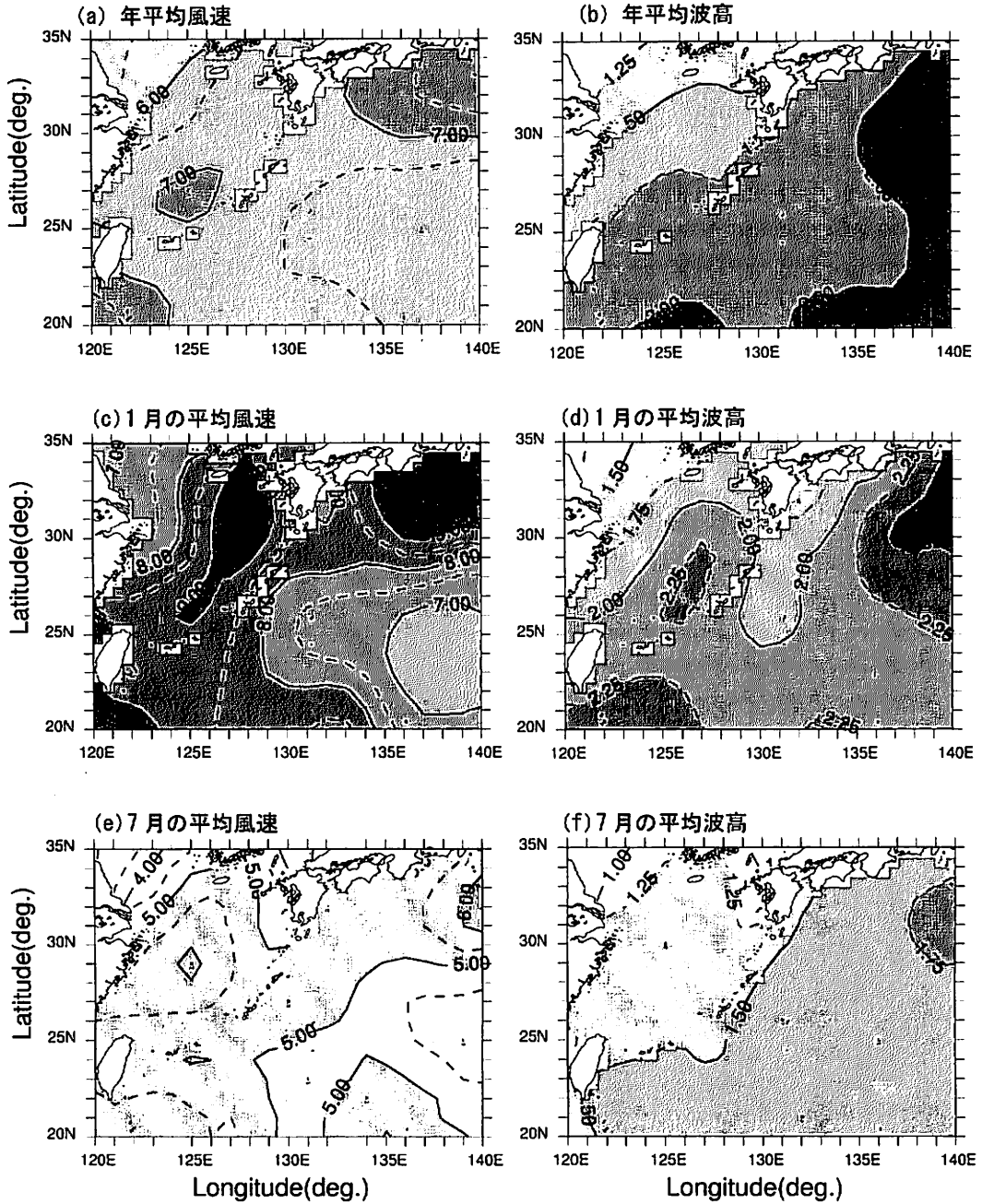


図5 衛星データから作成した平均風速 (m/s) と平均波高 (m) の面的分布. (a) (b) に年平均値, (c) (d) に冬季の代表月として1月の平均値, (e) (f) に夏季の代表月として7月の平均値の面的分布図を示す. 平均風速の面的分布図の破線は0.5 m/s間隔である.

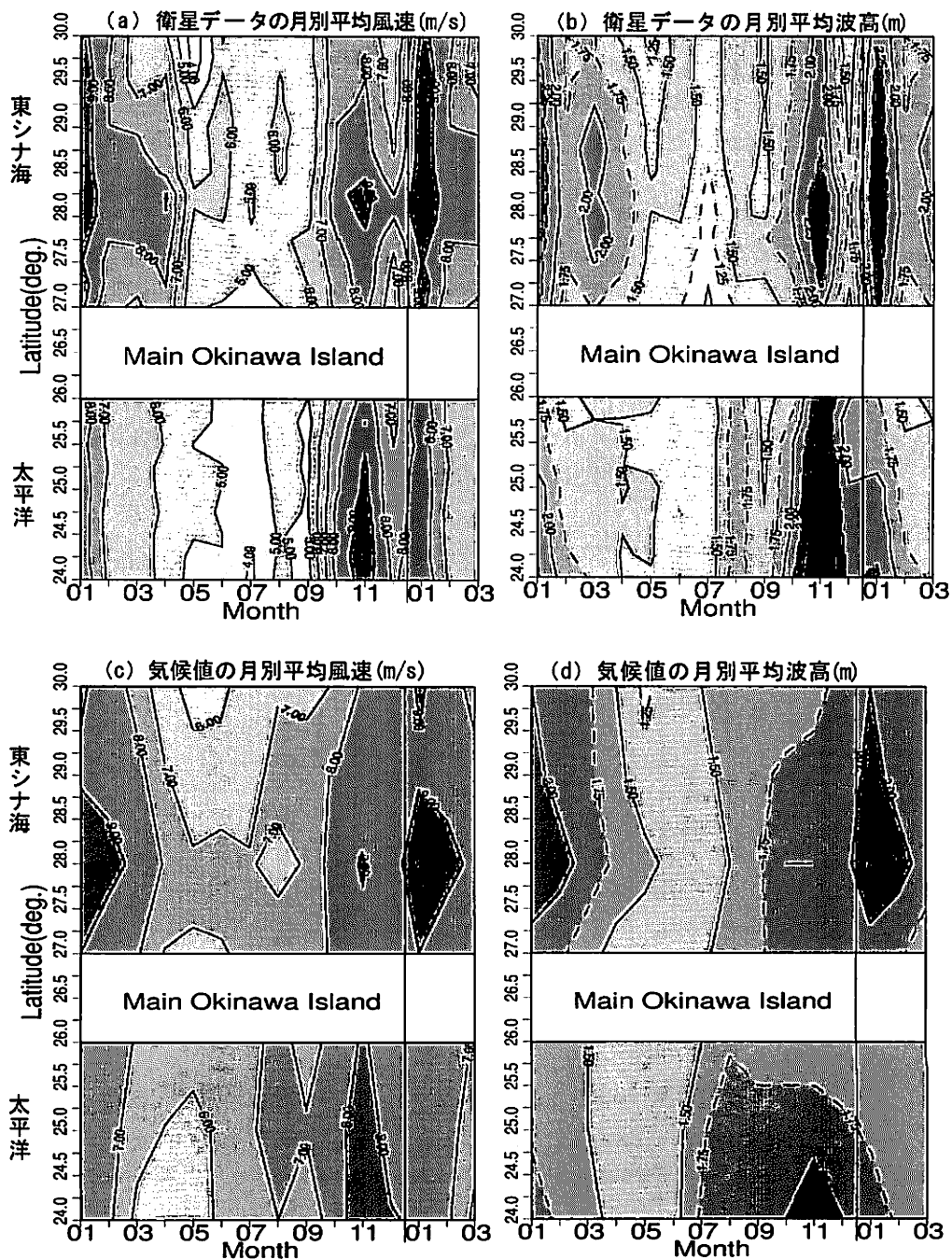


図6 衛星の軌道#138上 (30°N,126°E ~ 24°N,129°E) の2種類のデータから作成した月別の平均風速と平均波高のx-t図。縦軸は緯度 (24°N~30°N)、横軸は月である。12月と1月のつながりを見るため、12月のつぎに1月から3月までを加えた。衛星データから作成した図を (a) (b) に、気候値から作成した図を (c) (d) に示す。

いため波浪特性をより詳しくみることができる。

4.4 気候値, ブイデータ (No.21004), 衛星データの整合性

気候値, ブイデータ, 衛星データで作成した月別の平均波高および平均風速の相互比較を図7に示す。図7より, 平均風速および波高はともに冬季に高く, 夏季に低い。この傾向は3種類のデータでほぼ一致している。また, 平均波高の値も3種類のデータでほぼ一致している。しかし詳しくみると, 平均風速の値は, 気候値の方が他のデータに比べ少し高くでている。

さらに, 気候値の風速と波高の特徴をみるために, 気候値と衛星データの相関関係を調べる。二つのデータを比較するため, 解析海域内で二つのデータがある1度格子点を選択し(図8)相関図を作成した。平均風速における衛星データと気候値の奇数月(1, 3, 5, 7, 9, 11月)の相関図を図9, 平均波高における衛星データと気候値の奇数月の相関図を図10に示す。図9・10から, 比較的風速が低い月(5, 7, 9月)に, とくに衛星データより気候値の風速は高い傾向がある。そのときの波高には大きな違いはみられない。一方, 比較的風速が高く, 高い波高がみられる月(11, 1月)に, 衛星データに比べて気候値の波高は低くなる傾向にある。

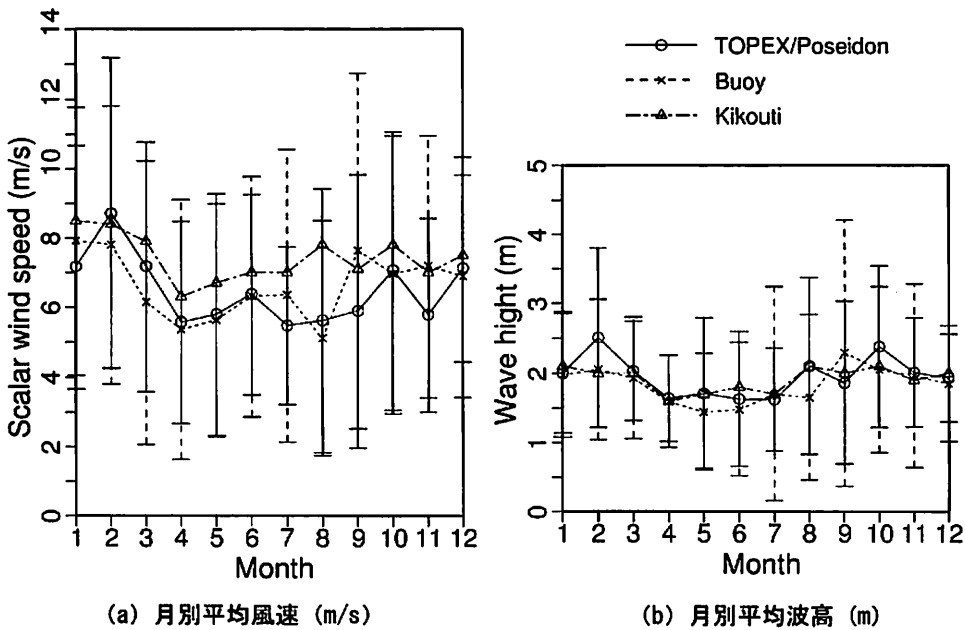


図7 平均風速と平均波高の月別平均値の相互比較。比較には, ブイNo.21004の定置地点での3種類のデータを用いた。各点の上下の線は標準偏差を示す。横軸は1月~12月, 縦軸は (a) 平均風速 (m/s), (b) 平均波高 (m) である。

気候値の平均風速の値が衛星データやブイデータに比べて少し高い値を示している理由として, おおよそ二つ考えられる。まず風速の観測高度の違いである。観測高度はブイデータは海上7.5 m, 衛星データは海上10 mである。気候値は主に大型船舶から報告されたデータを利用しているので, 他のデータよりも観測高度が高い可能性がある。詳細は確認されていないが, 気候値の風速値は観測値そのまま高度補正はされていないと推察される。次に, 観測期間の違いである。気候値の観

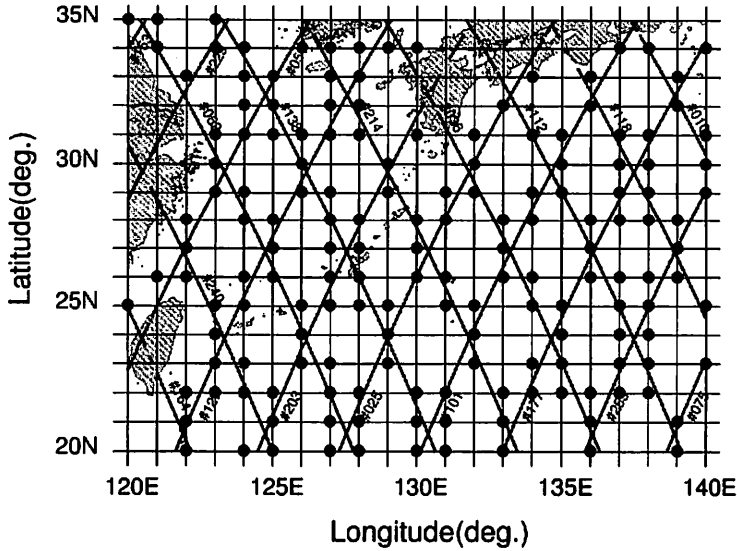


図8 衛星データと気候値の相関関係をみるための格子点の位置。交差する実線は衛星の軌道、黒丸印は選択した格子点を表す。選択した格子点数は162点である。

測期間は1961年～1990年であるが、ブイデータの観測期間は1995年1月～2000年7月、衛星データの観測期間は1992年10月～2004年5月と気候値の観測期間とズレている。なお、この傾向の説明に反するが後に述べるように、観測機会の違い（船舶は強風域を避けて航行する傾向がある）で、その意味ではより低い風速値を観測する可能性も考えられる。しかし、あえてこのことを考慮しても、先の傾向がでるということは、先の二つの理由がより強く働いているともいえる。

次に平均風速が高い月に衛星・ブイデータに比べ、気候値の波高が小さくでる理由として、気候値の観測手段と観測場所の問題が考えられる。気候値は主に船舶によるデータを使用しており、船舶は強風域を避けて航行する。つまり、波高の低いところを航行する。そのため気候値の波高は他のデータに比べ、小さくでると考えられる。この月に平均風速で顕著な偏りがみられないのは、強風域という条件で船舶と衛星で観測されたデータがちょうど観測高度の問題を打ち消したという可能性がある。以上から、風速や波高に影響されずに観測できる衛星データは、強風域での波高の観測に有用であろう。

気候値とブイデータの比較がされていないが、これはブイデータを気候値のデータに合わせて比較するとき、データの個数が少なく比較するのが難しいため、ここではとくに触れていない。

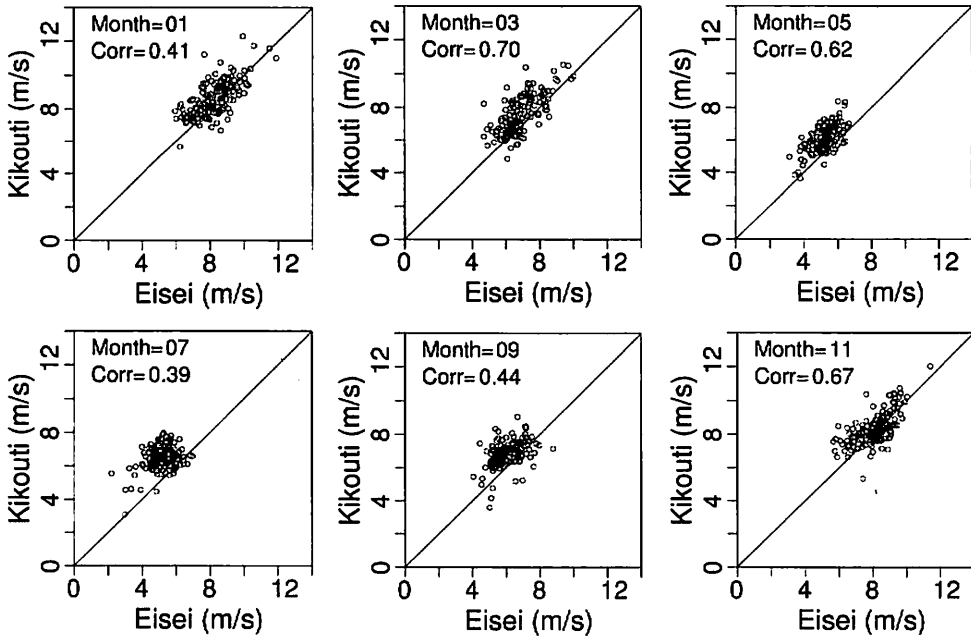


図9 1月～12月における月別平均風速 (m/s) における衛星データと気候値の相関図。横軸は衛星データ、縦軸は気候値である。Corrは相関係数である。

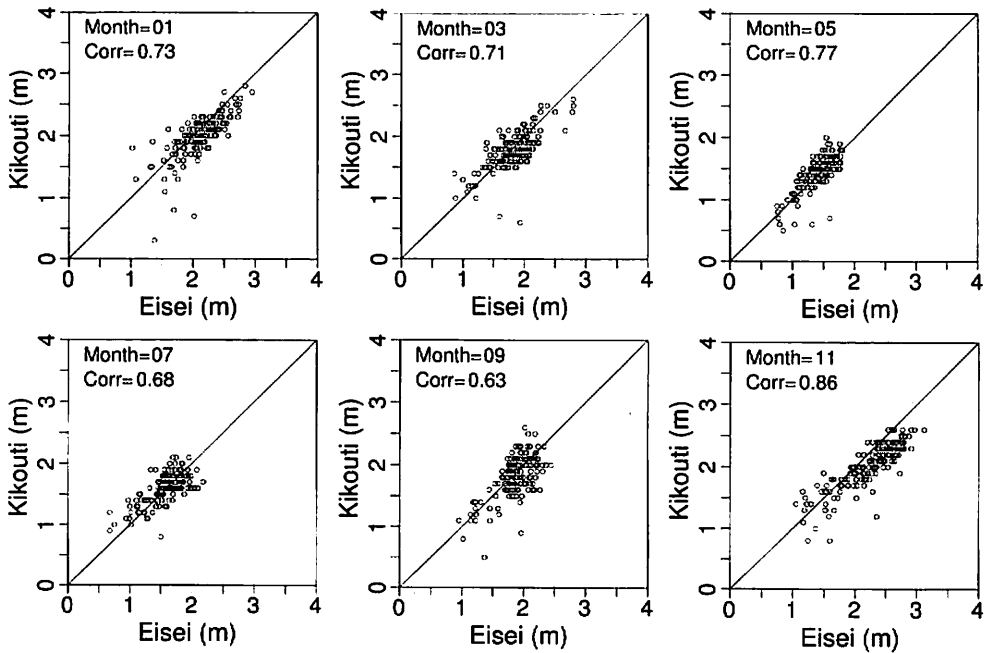


図10 1月～12月における月別平均波高 (m) における衛星データと気候値の相関図。横軸は衛星データ、縦軸は気候値である。Corrは相関係数である。

5. まとめ

本研究では、気候値、ブイ、および衛星のデータを使用し、琉球諸島周辺海域の波浪特性を年および月別で面的・時系列的に調べた。冬季は、夏季よりも波高が高く、これは強い北からの季節風による。その結果、琉球諸島の西岸（東シナ海側）では、東岸（太平洋側）よりも波高が高い傾向にある。夏季は、太平洋側の方が東シナ海側よりも波高が高い。これは吹送距離が長く、うねりの効果も入りやすいためである。衛星軌道上の波高分布を時間を追ってみることで、これらの特徴をより詳細に見ることができた。

気候値・ブイ・衛星のデータには、基本的に整合性がある。しかし、風速については、春から秋にかけて気候値データは、衛星・ブイデータよりも少し高い値となっている。波高については、秋から冬にかけて、気候値データは衛星データよりも少し低い値となっている。これらには、観測手法や観測条件の違いが影響していると考えられる。平均風速で3種類のデータに少しのズレはあるが、季節変化の傾向、波高の平均値に関して3種類ともほぼ一致しているので、3種類のデータに整合性があるといえる。

謝 辞

『北太平洋海洋気候データ』および『海洋気象ブイロボット観測資料』は気象庁から提供していただいた。『米仏共同衛星TOPEX/Poseidonの観測データ』はNASAより提供していただいた。記してお礼申し上げる。

本原稿を読み意見を下さった久木幸治先生に、合わせてお礼申し上げます。

参考文献

- Kondo, J., 1975: Air - sea bulk transfer coefficients in diabatic conditions. *Boundary - Layer Meteor.*, 9, 91 - 112.
- 浜里和男・金城盛男, 1992. 沖縄本島沿岸の波浪の気候学的特性について, 日本気象学会沖縄支部例会予稿集, 50pp.
- 新屋盛進・神谷晃, 1993. 台風9119号による喜屋武岬における沿岸波浪の特異な変化, 日本気象学会沖縄支部例会予稿集, pp.29-30.
- 森田穰, 1994. 喜屋武岬波浪計の指向性とその補正, 日本気象学会沖縄支部例会予稿集, pp.26-27.
- 屋良善福・小山克人・比嘉良守・仲村隆行, 1995. 沖縄本島沿岸の波浪予報の検証, 日本気象学会沖縄支部例会予稿集, pp.45-46.
- NASA, 1997: Generation B (MGDR-B) User's Handbook Version 2.0. Physical Oceanography Distributed Active Archive Center PO.DAAC Merged GDR (TOPEX/Poseidon)
- 森田穰・玉城貞人・上原修, 1997. 沖縄本島沿岸の波浪概要, 日本気象学会沖縄支部例会予稿集, pp.62-63.
- 松岡定征・玉城貞人・上原政博・上原修, 1998. 沖縄本島沿岸の波浪概要, 日本気象学会沖縄支部例会予稿集, pp.41-42.