

# 地衡風と地表風との対応について\*

## —多度津・岡山の場合—

森 征 洋\*\*

### 要 旨

地上気圧場から算出される地衡風と実測された地表風との対応関係について多度津および岡山の2地点を例にして調べた。両地点とも地衡風と地表風の風速比および風向のずれは地衡風の風向によって異なっていた。風速比は日中の方が夜間より大きくなり、またこの時刻による差は地衡風の風速が大きくなると小さくなる傾向がみられた。地衡風と地表風との対応関係が地衡風の風向に依存することは地形による熱的・力学的影響によるものと考えられる。地衡風を基準とすることで地表風に及ぼす地形の効果の側面が定量的に評価できる。

### 1. はじめに

気圧場から算出される風と地表風との関係については、これまで多くの研究が理論と観測の両面から行われてきた。気圧場から風を算出するにあたっては等圧線の間隔、方向の他に、等圧線の曲率や気圧系の移動に伴う効果等さまざまな問題がある (Boyden, 1963)。

Bijvoet (1957) は海面天気図から等圧線の曲率、気圧変化傾向、大気の安定度も考慮に入れて海上の風を推定する方法について提案している (三木, 1963 a, b)。同心円状の等圧線を持つ台風については等圧線の曲率や気圧系の移動を考慮した風の評価方法が提案されている (Yoshizumi, 1968; 光田他, 1980)。

しかしながら一般に等圧線の曲率や気圧系の移動を考慮することは簡単ではないので、気圧場から風を算出するにあたって、地衡風を用いることがしばしば行われる。また、気圧場から風を決定するのに、実際的には傾度風よりも地衡風の方が適しているという研究もある (Neiburger *et al.*, 1948)。

地上気圧分布より地衡風平衡を仮定して求められた風は地表地衡風 (Surface Geostrophic Wind) とよばれる。

ここではこれを単に地衡風とよぶことにする。地衡風と地表風との対応関係についてはこれまで風波の予測などとも関連して、主として海上における場合について調べられてきた (Roll, 1965; Aagaard, 1969; Hasse and Wagner, 1971; Hsueh and Romea, 1983)。

一方、陸上における場合についてはこれまでほとんど調べられていない。陸上の地表風は周辺の地形の影響を受けているので、地衡風と地表風との対応関係には地形の影響が反映する。したがって両者の関係を明らかにすることは、地表風に及ぼす地形の影響を評価することにもなる。

ここでは瀬戸内海地方の多度津・岡山の2地点の風を例にして地衡風と地表風との対応関係について調べた。

### 2. 資料および解析方法

#### 2.1. 資料

地衡風を算出するにあたっては、第1図に示した半径215 km の円内にある30地点の気象官署における5年間 (1975—1979年) の1日4回 (03時, 09時, 15時, 21時) の海面気圧データを用いた。

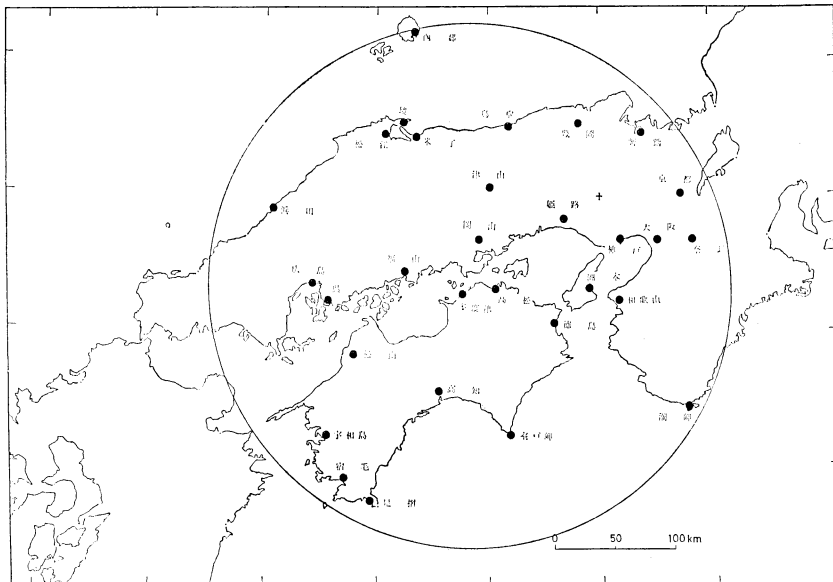
地表風のデータは多度津測候所および旧岡山地方気象台の地上13mの高度で観測された1日4回 (気圧データと同じ) の正時前10分間の平均風向・風速である。第2図に示すように多度津測候所は海岸のすぐ近くにあり、この付近の海岸線は北東-南西方向に直線的に延びている。旧岡山地方気象台 (34°41'N, 133°55'E) は岡山

\* On the relationships between surface geostrophic wind and surface wind at Tadotsu and Okayama.

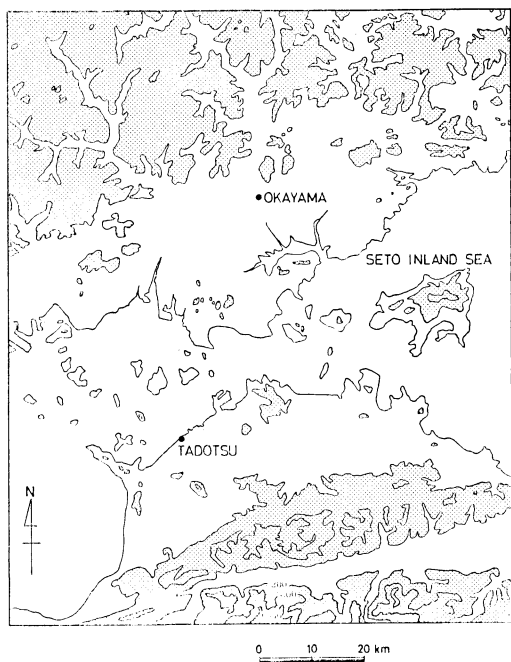
\*\* Yukihiro Mori 香川大学教育学部地学教室。

—1985年6月6日受領—

—1985年8月2日受理—



第1図 地衡風の計算に用いた気圧観測地点.



第2図 多度津・岡山周辺の地形図. 点域は海拔200m以上の部分.

平野のほぼ中央に位置している.

2.2 解析方法

地衡風を計算するために、まず気圧場を次式で表されるような2次曲面で近似することにする.

$$P(x, y) = B_1x + B_2y + B_3x^2 + B_4y^2 + B_5xy + B_6$$

ここで  $P$  は気圧,  $x, y$  は座標軸を表す. 係数  $B_1, B_2, \dots, B_6$  は全地点のデータを用いて最小2乗法で決定される. これらの係数が決定されれば, ある地点  $(x, y)$  における気圧傾度は次式によって決定される.

$$\frac{\partial P}{\partial x} = B_1 + 2 B_3x + B_5y$$

$$\frac{\partial P}{\partial y} = B_2 + 2 B_4y + B_5x$$

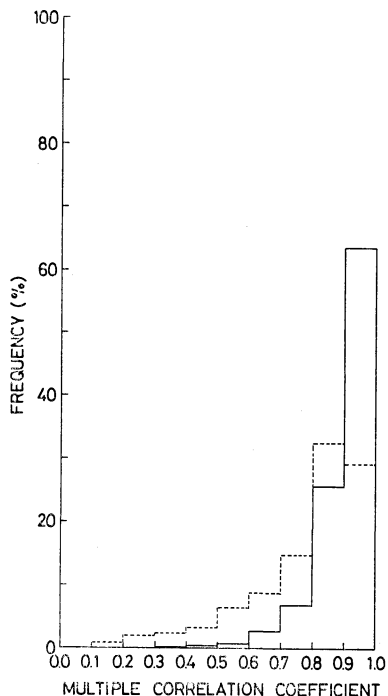
これよりその地点の地衡風が計算される. この際, 大気密度は地上における標準大気値を用いた.

このような2次曲面で現実の気圧場がどの程度近似されるか調べるために, 気圧場と曲面の式との間の相関係数を1976年の1年間の1日4回の解析結果について求めてみた. この結果を第3図に度数分布で示す. この図には比較のため気圧場を平面

$$P(x, y) = B_1x + B_2y + B_6$$

で近似した場合の結果も示した. 当然のことながら, 平面で近似するより曲面で近似する方が相関係数の値が大きい場合が多くなっている. 曲面で近似した場合, 相関係数0.8以上の場合が全体の90%を占めている.

以下では気圧場が2次曲面から大きくずれる場合を除



第3図 気圧場と曲面の式との間の相関係数の度数分布 (実線). 破線は平面の式の場合.

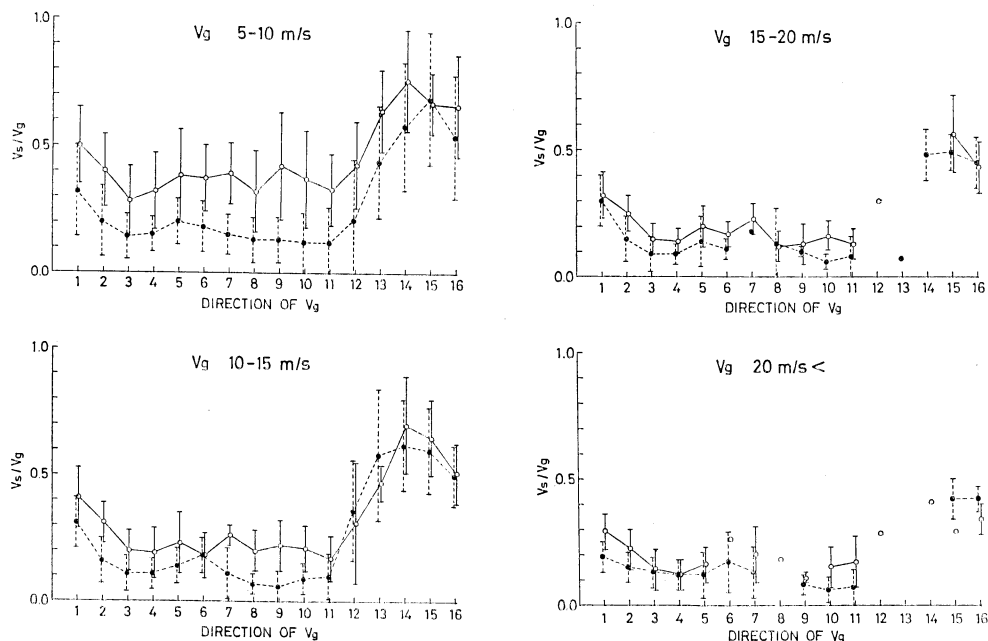
くため、この相関係数の値が0.8以上の場合に限って解析を行った。

### 3. 解析結果

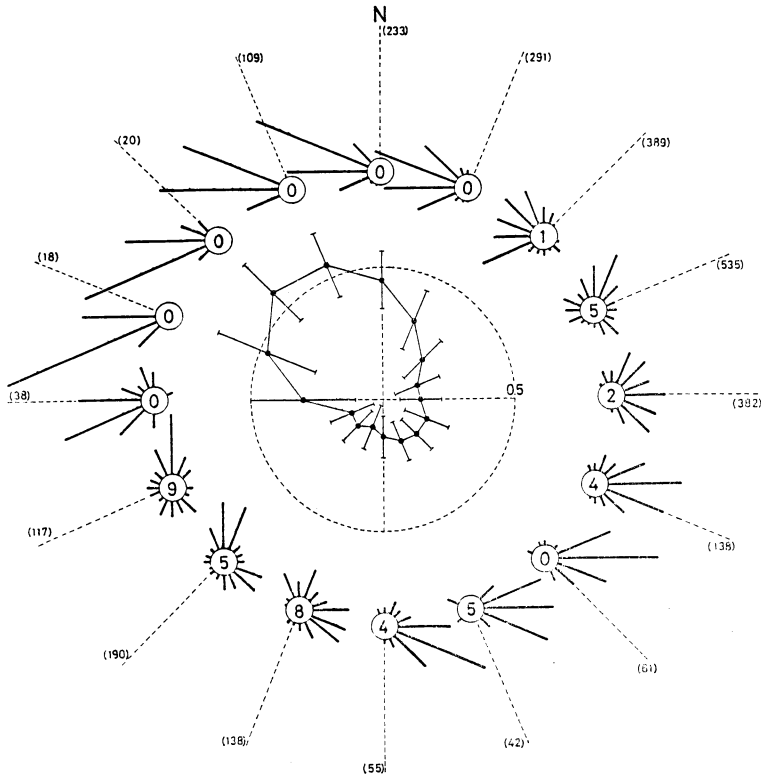
#### 3.1. 多度津の場合

地衡風 ( $V_g$ ) と地表風 ( $V_s$ ) との間の風速の対応関係を調べるために、両者の比  $V_s/V_g$  を求めた。第4図には、夜間の03時と昼間の15時の2つの時刻の風速比を地衡風の風速が5 m/s以上ある場合について5 m/s毎の風速範囲別にまた地衡風の風向別 (16方位) に示した。 $V_g$  が5~10 m/sの範囲にある場合についてみると、風速比は03時および15時も地衡風の風向によって大きく変化しており、地衡風が北西~北北西のとき最も大きく両時刻とも0.5以上となっている。風速比は全体として15時の方が03時より大きい。 $V_g$  が10~15 m/sの範囲の場合についても同様の傾向がみられる。ただし、風速比は全体的に少し小さくなる。これより大きい  $V_g$  の範囲では風速比はさらに小さくなり、また日中と夜間の風速比の差も小さくなる傾向がみられる。

このように風速比は日中と夜間とで異なり、また地衡風の風速によっても異なるが、特に注目されるのは地衡風の風向に大きく依存していることである。そこで、こ



第4図 多度津における地衡風 ( $V_g$ ) と地表風 ( $V_s$ ) の風速比 ( $V_s/V_g$ ). 縦軸は風速比、横軸は地衡風の風向 (16方位). 黒丸は03時, 白丸は15時の場合. 縦棒は風速比の標準偏差. 方位 4...E, 8...S, 12...W, 16...N.



第5図 多度津における地衡風 ( $V_g$ ) と地表風 ( $V_s$ ) の対応関係。  $V_g > 10\text{m/s}$  の場合。中央部が地衡風の風向別の風速比 ( $V_s/V_g$ )。棒線は標準偏差。周辺部が地衡風の各風向に対する地表風の風向度数分布。破線の方向が地衡風の風向、長さが度数 (50%)。円内の数値は静穏 ( $0.0 \sim 0.2\text{m/s}$ ) の度数 (%)。カッコ内はデータの個数。

の特徴を明らかにするため、地衡風の風速が  $10\text{m/s}$  以上の場合について、1日4回の各時刻の場合も全部あわせて風速比を求めた。この結果は第5図に示す通りである。地衡風の風向を原点からの方向で表し、その風向のときの風速比を原点からの距離で表した。風速比は地衡風の風向が海岸線に対して直角で海から陸に向かう場合に相当する北西の場合に最大となり、海岸線に平行に近い場合に最小となる。

次に地衡風の風向と地表風の風向との関係について調べた。両者の対応は1対1とはならず、ばらつきがあるので、地衡風の各風向に対する地表風の風向を度数分布で第5図に示した。地衡風の風向が西北西～北北東の場合、および南東～南の場合には地表風の風向は地衡風の風向に対して反時計まわりの方向に  $22.5^\circ \sim 90^\circ$  ずれて比較的良い対応を示している。一方、その他の風向の場合、地表風の風向のばらつきは大きい。

特にばらつきが大きかった南西および北東の地衡風の場合について03時と15時の2つの時刻における地衡風風速  $10 \sim 15\text{m/s}$  の場合の対応関係を第6図に示す。地衡風の風向が南西および北東の場合とも地表風の風向のばらつきは03時の場合に大きく、15時の場合に比較的小さくなっている。15時の場合、地衡風が南西のとき地表風は北北西～北北東、地衡風が北東のとき地表風は西南西～西北西となり、ずれの角度は  $90^\circ$  以上で反対方向に近い場合も多い。

このような大きなずれの角度が生ずる原因としてはいくつか考えられる。1つは地表風の決定自体に含まれる問題である。この場合地衡風は半径約  $200\text{km}$  の円内の気圧場に近似されたなめらかな2次曲面気圧場から算出されたものであり、小さなスケールの気圧場の局地性は考慮されていない。また温度風の効果も考慮されていない。もう1つは地表風は海陸風などの局地風や周辺の地

形の力学的影響を受けているという問題である。これらのうちどれが主要な原因であるかは明らかでないが、統計的な対応関係に地衡風の風向による特徴がみられることは地形の熱的・力学的影響が大きいことを示している。海陸風の発達に地衡風の風向・風速が影響することは知られているが、解析による検証の例は Yoshikado

(1981), Fujibe (1985) にみることができる。

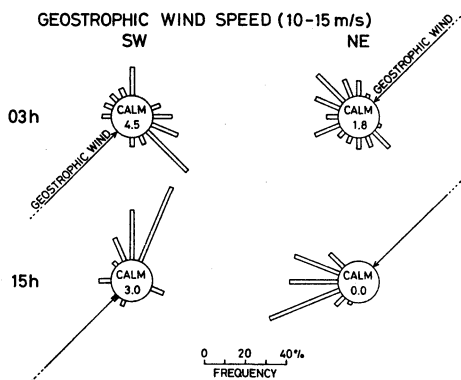
3.2. 岡山の場合

多度津の場合の第4図と第5図に相当する岡山の場合の図を第7図と第8図に示す。

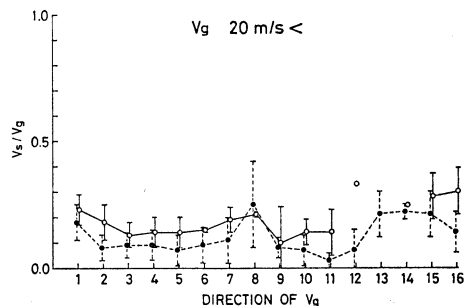
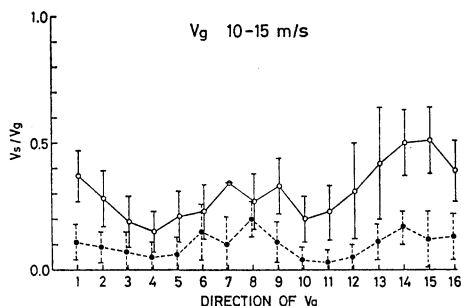
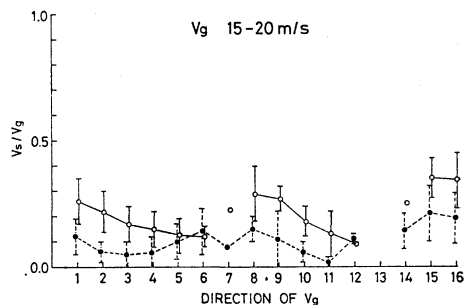
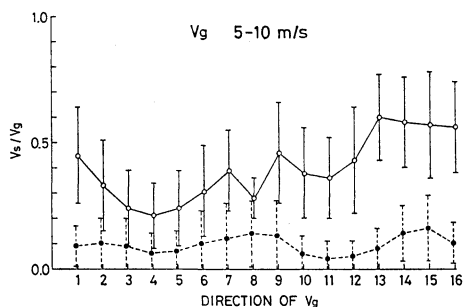
この地点の地衡風と地表風の風速比(第7図)は多度津の場合と同様な傾向がみられる。すなわち、風速比は地衡風の風速によって異なること、風速比は日中は大きく夜間は小さくなること、日中と夜間の風速比の差は地衡風の風速が大きくなると小さくなることなどは共通してみられる特徴である。

地衡風の風速が北西～北北西よりの場合で、風速が5～10 m/s, 10～15 m/s の範囲のとき、15時と03時の風速比の差が大きい。この場合について多度津と比較してみると、風速比は15時に岡山で0.5、多度津では0.6～0.7で大差ない。一方、03時には多度津では15時の場合とはほぼ同程度であるのに対して、岡山では0.1～0.2で15時に比べて著しく小さい。この地衡風の風向のときの地表風の風向(第5図, 第8図)をみると両地点とも西よりの風が多くなっている。岡山の場合は陸地上の風の性質を示し、多度津の場合は海上を渡ってきた風の性質を示しているものと考えられる。

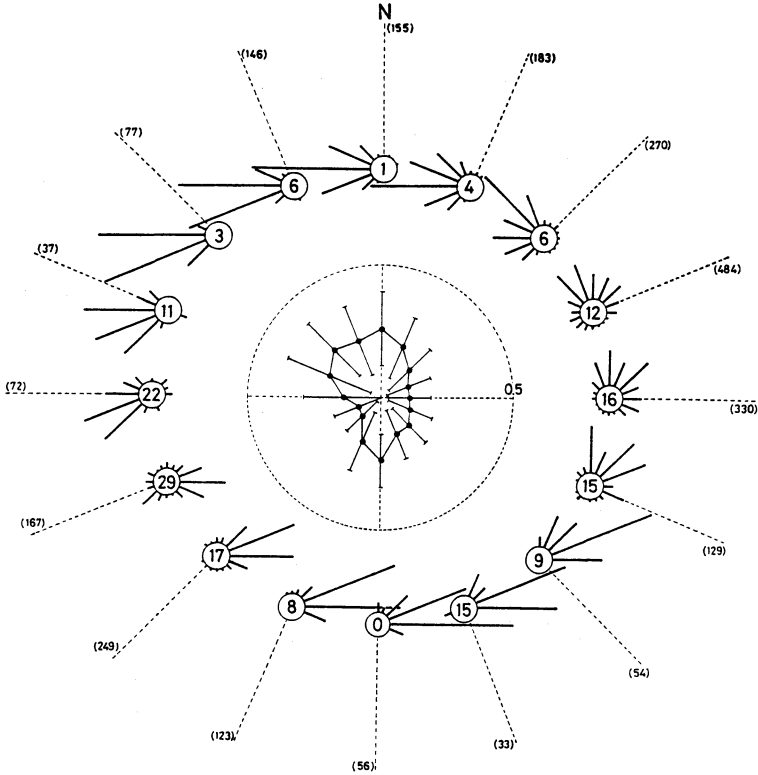
地衡風の風向に対する地表風の風向(第8図)はこの地点の場合も多度津と同様、必ずしも単純なエクマン・



第6図 多度津における地衡風と地表風の風向の対応。地衡風の風向が南西(SW), 北東(NE), 風速が10～15 m/s の範囲の場合。時刻別(03時, 15時)に示す。



第7図 岡山における地衡風 ( $V_g$ ) と地表風 ( $V_s$ ) の風速比 ( $V_s/V_g$ ) (第4図と同じ)。



第8図 岡山における地衡風 ( $V_g$ ) と地表風 ( $V_s$ ) の対応関係 (第5図と同じ)。

スパイラルから予測されるような  $45^\circ$  のずれの角度で対応することはなく、地衡風の風向が南～西南西の場合のように  $90^\circ$  またはそれ以上の角度になる場合もある。地衡風が西南西の場合を境にして、地衡風と地表風の風向の対応が大きく変化している。風速比の大きい地衡風風向（西北西～北および南）の場合に地表風の風向のばらつきは比較的少なく、風速比の小さい地衡風風向（南西～西南西、東北東～東南東）の場合に地表風の風向のばらつきが大きくなる傾向にある。このことも多度津の場合と同様である。

4. まとめ

地上気圧場から算出される地衡風と実測された地表風との対応関係を瀬戸内海地方の多度津および岡山の場合を例にして調べた。

両地点とも地衡風と地表風との対応関係は地衡風の風向に大きく依存する。両地点とも地衡風 ( $V_g$ ) と地表風 ( $V_s$ ) の風速比  $V_s/V_g$  は地衡風の特定の方向の場合に大きくなっていった。地衡風の各風向毎に風速比をみる

と、風速比は日中の方が夜間より大きくなる傾向がみられた。海岸より内陸部に入った岡山の場合にこの特徴が顕著にみられた。風速比の日中と夜間の差は地衡風の風速が大きくなると小さくなる傾向がみられた。風速比は地衡風風速が大きくなると小さくなるが、このことは海上における風について調べられたこれまでの結果(Hasse and Wagner, 1971) と一致している。

多度津・岡山の場合、地衡風の風向によって、地衡風と地表風との対応関係に特徴がみられることは、地形や局地風の影響等がこれに含まれていることを示唆している。したがって地衡風を基準とすることによって地表風に及ぼす地形の影響の側面が定量的に評価されたことになる。すなわち地衡風の風向の違いによって生じる風速比の値の差違によってその量的評価を行った。しかしながらこれだけでは地表風に及ぼす地形の影響を全面的に解明したことにならないのは言うまでもない。地表風に及ぼす地形の力学的・熱力学的効果を明らかにするためには、地形因子や日射量・大気安定度などとの関係をさらに詳しく解析することが必要である。

謝 辞

この研究を行うにあたって有益な御助言をいただいた京都大学防災研究所光田寧教授に感謝します。「地上気象観測日表 (SDP) ファイル」(磁気テープ) の利用の便宜をはかっていただいた気象庁統計室に感謝します。計算は香川大学計算センター (FACOM 230-45 S) および京都大学大型計算機センターで行いました。

文 献

Aagaard, K., 1969: Relationship between geostrophic and surface winds at weather ship M. J. Geophys. Res., **74**, 3440-3442.  
 Bijvoet, H.C., 1957: A new overlay for the determination of the surface wind over sea from surface weather charts, Koninkl. Ned. Meteor. Inst. Mededelingen en Verhandelingen, No. 71. 1-34.  
 Boyden, C.J., 1963: Relationships between sea-level isobars and the wind speed at 900 meters, Meteor. Mag., **92**, 101-112.  
 Fujibe, F., 1985: An effect of pressure gradient on the diurnal variation of wind in the atmospheric boundary layer, J. Met. Soc. Japan, **63**, 52-59.  
 Hasse, L. and V. Wagner, 1971: On the relationship between geostrophic and surface wind

at sea, Mon. Wea. Rev., **94**: 255-258.  
 Hsueh, Y. and R.D. Romea, 1983: A comparison of observed and geostrophically calculated wintertime surface winds over the East China Sea, J. Geophys. Res., **88**, 9588-9594.  
 三木桶彦, 1963a: 海面天気図から海上の風を算定するための Bijvoet の方法, 海と空, **39**, 118-126.  
 —, 1963b: 海面天気図から海上風を算定する Bijvoet の方法の日本付近への適用, 海と空, **39**, 144-151.  
 光田 寧, 藤井 健, 川平浩二, 1980: 移動する台風気圧場から求めた傾度風と実測風との比較, 京大防災研究所年報, 第23号, B-1, 271-279.  
 Neiburger, M., L. Sherman, W.W. Kellogg and A.F. Gustafson, 1948: On the computation of wind from pressure data, J. Meteor., **5**, 87-92.  
 Roll, H.U., 1965: Physics of the marine atmosphere, Academic Press, 213-219.  
 Yoshikado, H.: 1981: Statistical analyses of the sea breeze pattern in relation to general weather conditions, J. Meteor. Soc. Japan, **59**, 98-107.  
 Yoshizumi, S., 1968: On the asymmetry of wind distribution in the lower layer in typhoon, J. Meteor. Soc. Japan, **46**, 153-159.

日本気象学会および関連学会行事予定

行 事 名	開 催 年 月 日	主 催 団 体 等	場 所
月例会「南極圏の気象」 第4回	昭和60年10月28日		大阪管区気象台
日本気象学会秋季大会	昭和60年10月29日～31日	日本気象学会	大阪科学技術センター
第11回リモートセンシング シンポジウム	昭和60年10月30日・31日	計測自動制御学会	国立教育会館
極東域モンスーンに関する 国際研究集会	昭和60年11月5日～8日	組織委員会・日本気象学会	東京大学海洋研究所
第8回極域気水圏シンポ ジウム	昭和60年12月11日～13日	国立極地研究所	国立極地研究所
第32回風に関するシンポ ジウム	昭和61年1月24日	日本気象学会他	気象庁
短期・中期数値予報の国 際シンポジウム	昭和61年8月4日～8日	WMO (気象庁)・IUGG	東京, 気象庁
第3回アジア流体力学会議	昭和61年9月1日～5日	アジア流体力学会議委員会	日本都市センター