

風の日変化ホドグラフにおける回転方向の季節変化について*

伊藤久徳**・野田明***

要旨

近畿中南部と四国東部の海岸域における AMeDAS の風データを用いて、風の日変化ホドグラフにおける回転方向の季節変化について調べた。その結果、南に海を持つ湾奥の地点と岬の突端の地点では一年を通じて時計回り回転を示すが、その他の地点では季節によってホドグラフの回転方向が変化する例の多いことが分かった。すなわち、紀伊半島西岸や淡路島西岸・高知県東部といった西に湾・水道等を持つ地点では、暖候期に反時計回り回転、寒候期には時計回り回転または不定となる傾向がある。一方、東に湾・水道等を持つ徳島県・淡路島東岸や、南東に大洋の広がっている紀伊半島南東部の地点では、暖候期に時計回り回転、寒候期には反時計回り回転または不定となる傾向を持っているようである。

ホドグラフの回転方向に影響を与えるものとして、海陸風のほかに、「大洋風」と運動量の鉛直輸送の日変化がある。ここで「大洋風」とは、紀伊水道沖から近畿地方内陸部へ向かう風のことで、暖候期に強く、寒候期に弱い。一方、運動量の鉛直輸送の日変化は、寒候期に顕著で、午後には北西風を強化する。このように、季節によって卓越する風の異なることが、回転方向の季節変化をもたらしているようである。

1. はじめに

伊藤・川添(1983, 以下 IK と略記する)は、暖候期の AMeDAS (地域気象観測網) データを用いて、白浜以北の和歌山県における海陸風ホドグラフは反時計回り回転 (ACR と略記する) を示すこと、これは局地的な海風の形成後により大きなスケール (紀伊水道沖—近畿地方内陸部) の風系の影響を受けて出現したものであることを明らかにした。一方、北西の一般風が適度に卓越している場合、ホドグラフは時計回り回転 (CR と略記する) であることも示した。北西の一般風は寒候期に卓越するので、これらの結果は、季節によってホドグラフの回転方向が違って来るであろうことを示唆している。この例に見られるような風の日変化ホドグラフにおける回転方向の季節による反転が、どのような機構によって生じるかは興味ある問題である。しかしながら IK で解析された季節は暖候期のみであったので、この問いに

は答えられなかった。さらに解析範囲も和歌山県のみに限られていたが、後に示されるように寒候期のホドグラフの回転方向は暖候期よりかなり微妙なので、そのような狭い範囲だけの解析では一般性を持った結論を得ることは出来ない。

本論文の目的は、風の日変化ホドグラフにおける回転方向の季節変化を明らかにし、その変化の原因を解明することにある。そのためには、解析の期間および地域を IK におけるより広げることが必要である。解析期間は1年に延ばされ、一年間の風のホドグラフの移り変わりが明らかにされる。解析の領域は、近畿中南部と四国東部の海岸域に広げられる。これらのうち、紀伊半島西部と高知県東部・淡路島西岸では、西に湾・水道等が存在し、さらに南に大洋が存在するという共通性を持っている。一方、徳島県・淡路島東岸では、東に湾・水道等が、南に大洋が存在する共通性を持っている。また紀伊半島南東部では南東へ直接に大洋が広がっている。従って、共通性のあるところを対照させながら結果を見ていけば、ごく局地的な原因による違いを無視でき、風系の一般的な特性が明らかにできるはずである。これより領域を広く取ることも可能であるが、そうすると場所によって日々の総観状態が異なってくるので、この目的のためには適当でない。

* Seasonal changes in the rotational direction indicated in hodographs of diurnal wind variation.

** Hisanori Itoh, 和歌山大学教育学部地学教室。

*** Akira Noda, 和歌山県美浜町立松洋中学校。

—1988年6月27日受領—

—1989年2月17日受理—

季節別（月別）の風の日変化の気候学的特性に関する研究はすでに行われている（例えば、森, 1983）。しかしながらいづれも、季節によってホドグラフの回転方向に違いのある場所があることを報告しているだけで、その共通性や一般性については言及していない。本論文はまさにそのことを目的とするものである。

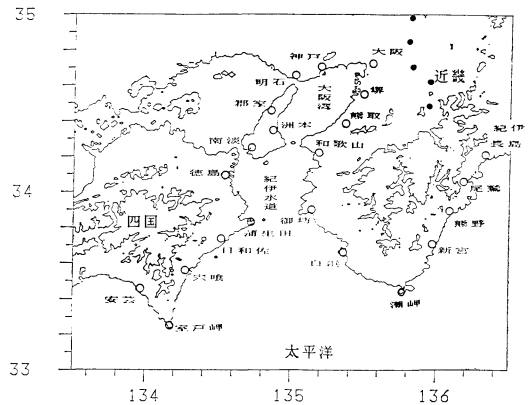
2. データおよび解析方法

解析の基礎となる風向・風速のデータは AMeDAS の磁気テープからとった。また他に和歌山および潮岬の9時と15時における海面更正気圧と、潮岬の全天日射量の日積算値、9時の900 mb における風向・風速も用いた。これらの気象要素は地表風の日変化に大きな影響を与えることが知られている（例えば、近藤, 1983）。データの出所は和歌山地方気象台および潮岬測候所の日原簿および Aerological Data である。原データの測定単位は、AMeDAS の風向・風速がそれぞれ16方位・1 m/sec, 900 mb 面の風向・風速がそれぞれ 1°・1 m/sec, 気圧が 0.1 mb 日射量が 0.1 MJ/m² である。

解析範囲は近畿中南部と四国東部の海岸域である。解析地点は全部で22地点で、第1図に示されている。第1章で述べたように、これらはその地理的特性によっていくつかのグループに分けられる。まず、大阪・神戸・明石・潮岬・室戸岬の5地点をまとめて第1群とする。これらは、湾奥の北または岬の先端にあり、どちらも南に海、北に陸を持つという共通性を持っている。第2群は、紀伊半島西部（堺・熊取・和歌山・御坊・白浜）と高知県東部（安芸）・淡路島西岸（郡家・南淡）の8地点である。これらは、西に湾・水道等が存在し、さらに南に大洋が存在するという共通性を持っている。一方、徳島県（徳島・蒲生田・日和佐・宍喰）・淡路島東岸（洲本）では、東に湾・水道等が、南に大洋が存在する共通性を持っている。これらは第3群と総称される。また、紀伊半島南東部（紀伊長島・尾鷲・熊野・新宮）では南東に直接、大洋が広がっている。以下、第4群と呼ぶことに

しよう。但しこれらのうち、大阪や堺・南淡は位置が微妙なところなので、典型的な結果はそもそも期待できないかもしれない。さらに蒲生田も後に示されるように例外的な位置にある。

解析期間は1985年の1年間で、全ての日を解析の対象日とする。これは、本論文の目的が、局地風の特徴を明らかにすることにあるのではなく、総観場の影響も含めた風の日変化を見ることにあるからである。まず季節毎の特徴を見るために、便宜的に3・4・5月を春、6・7・8月を夏、9・10・11月を秋、1・2・12月を冬として、AMeDAS データを用いて、各地点・各季節平均の日変化ホドグラフを計算する。これらから、春と夏、秋と冬はそれぞれよく似た傾向を持つことが分かる。次に、春・夏および秋・冬の特徴の原因を探るため、暖候期として5・6・7・8月、寒候期として1・2・11・12月のデータから、他の気象要素（気圧・日射量・900 mb 風）との関係を調べることにする。暖候期および寒候期における各気象要素の平均値は第1表に示されている。



第1図 解析地点。●は補助的な解析のための内陸の5地点（第3、3節参照）。北から京都・田辺・奈良・針・大宇陀を表わす。等高線は600 mを示している。

第1表 各気象要素の暖候期および寒候期における平均値。気圧差とは、和歌山と潮岬の気圧差。N成分とは北向き、E成分とは東向きを正にとった風速成分のことである。

	日射量 MJ/m ²	9時の気圧差 mb	15時の気圧差 mb	900 mb での風速 (m/sec)	
				N成分	E成分
暖候期	17.81	0.00	-0.52	0.86	-0.09
寒候期	9.82	1.26	1.47	-1.75	6.17

風の解析において、欠測が1日のうち1ないし数時間
のみの場合でも、その日全体を除いて計算が行われた。
欠測の多い地点でも各季節で数回なので解析結果を乱す
ものではない。また、尾鷲では5月28日に観測場所の移
動がなされているが、そのまま単純に平均をとった。

最後に、以下において多用される2つの言葉、湾風と
「大洋風」を定義しておこう。第1章で、紀伊水道域に
は2種類の海風（局地的な海風とより大きなスケールの
海風）が存在することを述べた。これらは、Abbs(1986)
が名付けた湾風と大洋風に対応していると考えられるの
で、表記を簡単にするため今後このように呼ぶことにす
る。但し、後者は十分に実態・成因が明らかにされてい
ない面があるので、「大洋風」として「」付きで引用
する。

3. 結果

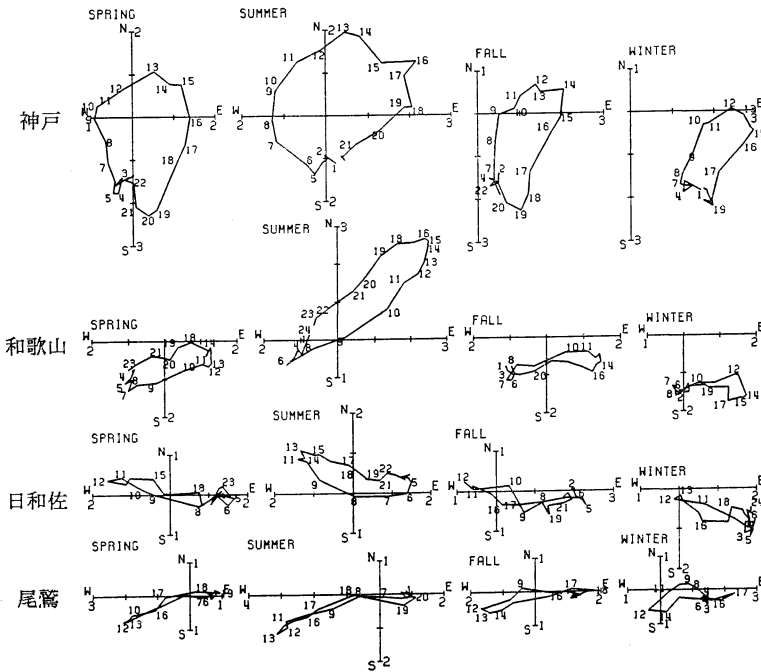
3.1 季節別の平均日変化ホドグラフ

まず、各地点・各季節平均の日変化ホドグラフを見て
みよう。第1～4群の代表的地点として、神戸・和歌山
・日和佐・尾鷲を選んで、その各季節平均の日変化ホド

グラフが第2図に示されている。夏のホドグラフは、和
歌山で ACR を示しているが、神戸・日和佐では CR
となっている。春も夏と同様である。尾鷲においては、
夏はどちらとも言えないが、春には CR を示す。とこ
ろが各地点とも秋と冬、特に冬は、春・夏とはかなり異
なった様相を示す。まず、冬から見てみると、平均ホド
グラフの中心は原点からかなりずれ、北西風が卓越して
いることを示している。さらにホドグラフの回転方向
も、大局的には、和歌山で CR、日和佐・尾鷲で ACR
と、春・夏と異なっている。神戸のみは春・夏と同じく
CR となっている。秋も、冬よりはっきりしないところ
があるが、基本的には冬と同傾向である。

第2表には、神戸・和歌山・日和佐・尾鷲を含めて各
地点の平均ホドグラフの回転方向がまとめて示されてい
る。この判定は主観的なものなので、人によって異な
った判定を与えるかもしれない。しかし全体の傾向はこ
こから客観的につかむことが出来ると考えられる。第2表
の特徴は次のようにまとめられる。

(a) 第1群の地点では、どの季節も日変化ホドグラフは CR である。



第2図 神戸・和歌山・日和佐および尾鷲における各季節平均の日変化ホド
グラフ。縦軸・横軸の数字は風速（単位：m/sec）、ホドグラフに付
随した数字は時刻を示す。

第2表 季節別の各地点におけるホドグラフの回転方向. Cは時計回り回転, Aは反時計回り回転, Uはどちらとも言えないことを示す.

群	地点	春	夏	秋	冬	群	地点	春	夏	秋	冬	群	地点	春	夏	秋	冬
1	大阪	C	C	C	C	2	堺	U	A	U	U	3	洲本	C	C	A	A
	明石	C	C	C	C		熊取	A	A	A	U		徳島	C	C	C	U
	神戸	C	C	C	C		郡家	A	A	U	U		蒲生田	U	U	U	U
	潮岬	C	C	C	C		南淡	A	A	U	U		日和佐	C	C	U	A
	室戸岬	C	C	C	C		和歌山	A	A	C	C		宍喰	C	C	C	C
4							御坊	A	A	A	A	4	紀伊長島	C	C	U	U
							白浜	A	A	A	U		尾鷲	C	U	A	A
							安芸	A	A	U	C		熊野	U	U	A	U
													新宮	C	C	U	C

(b) 第2群の地点では、春・夏に ACR, 秋・冬に CR または不定となる傾向がある。一年を通して ACRなのは御坊のみである。

(c) 第3群の地点では、逆に、春・夏に CR, 秋・冬に ACR または不定となる傾向があるようである。但し、宍喰は一年を通して CR を示す。また、蒲生田の傾向は全く他と異なっているが、これはこの場所が東西に細長く延びた岬の先端にあり、そこで卓越する南北風のせいと思われる。それゆえ、以下においてはこの地点は第3群としては解析の対象としないことにする。

(d) 第4群でも、春・夏の CR はそれほど明確ではないが、第3群とよく似た傾向がある。

これらの結果のうち、春・夏の性質は、海陸風が卓越していると考え、Haurwitz (1947), Kusuda・Alpert (1983) の理論や IK の解析を援用すれば、容易に理解できる。第1群と第4群の CR は北半球における海陸風の一般的特徴として理解できるであろう。第4群のいくつかの地点で回転方向がきれいに見えないのは、局地的な地形のためと考えられる。例えば、尾鷲は大洋との間に尾鷲湾が存在する等。また山地が海岸に迫っていること(第1図)も一因になっているかもしれない。第3群の CR は、以上に加えて、湾風形成後の「大洋風」の影響が重なっていると解釈される。第2群の ACR は、湾風形成後の「大洋風」の影響によってもたらされたものと理解できる。

そこで問題になるのは、第2~4群の秋と冬、特に冬である。まずホドグラフの中心が原点からずれているこ

とであるが、これは、和歌山・日和佐・尾鷲だけでなくその他の地点に共通して見られる特徴である。この原因が北西季節風にあることは自明であろう。さらに昼は海からの、夜は陸からの風が季節風に重なっていることも分かる。これは夏に比べると弱い、明らかに湾風(第2・3群)または海風(第4群)および陸風の影響と考えられる。一方、北風成分が午後にも強くなることも全体として各群に共通して見られる。この北風成分の位相が東西風成分の位相より遅れることによって、第2群の CR と第3・4群の ACR が生じている。従って、なぜ午前中比較的弱い北風成分が午後にも強くなるのかということが、残された中心的な問題である。

以下においてこの様な問題意識のもとに解析を進めていくわけであるが、結果の有意性を高めるには多くのデータのある方が都合がよい。このためには秋・冬の6カ月全てをまとめた方がよさそうである。しかし、9月は夏によく似た様子を示すので、かえって結果を乱すことが容易に予想される。10月も、いくつかの予備的な解析結果を総合すると、上述の特徴を見るためには省いた方がよいことが分かった。従って、以下の解析は1・2・11・12月の4カ月のデータに基づいて行われる。この4カ月を寒候期と呼ぶことにする。また結果を対照させるため、5・6・7・8月の4カ月のデータを用いた解析も行った。これらの4カ月を暖候期と呼ぶことにしよう。暖候期の解析結果は付録に示されている。

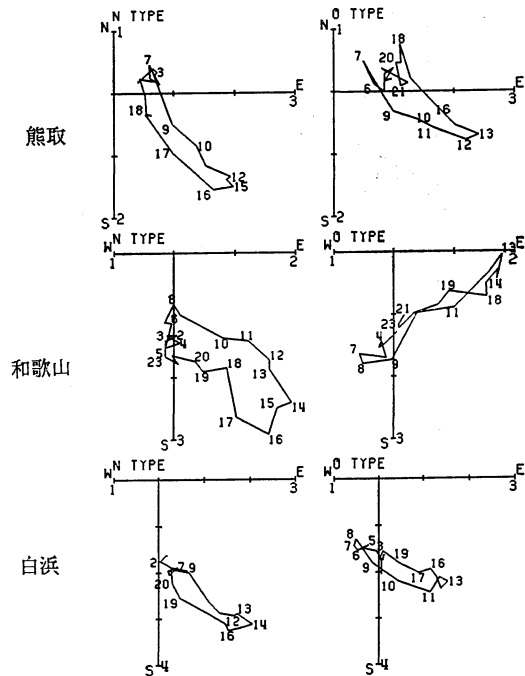
3.2 寒候期における CR または ACR の明確な日とそうでない日との対照

ここでは、各日のホドグラフから、CR（第2群）またはACR（第3・4群）の明確な日とそうでない日に二分し、それらの間の差異を探っていくことにする。この様な操作をする理由は2つある。1つはCR（またはACR）の原因をつきとめるのに都合が良いからである。第2の理由は、寒候期平均のホドグラフそのものが強い局地的影響を受けていたとしても、2つのグループの差は局地的影響が弱くなっていると考えられるからである。各群の代表点でのデータに基づいてCR（ACR）の明確な日とそうでない日に区分けする。CR（ACR）の明確さを表す指標としては、非常に単純なものを採用した。それは午後のある時刻（T1）と午前のある時刻（T2）における南北風成分の差（北風を正にとる）を計算して、差の平均値よりその日の差が大きい場合、CR（ACR）が明確であるとするのである。代表点である和歌山や日和佐・尾鷲では東西方向の風が卓越しているので、南北風成分の差はCR（ACR）の明確さとよく対応している。

まず第2群から調べていこう。代表点は和歌山である。T1とT2のとり方に任意性があるが、試行錯誤的にやってみた結果、16・17時（T1）の平均と8・9時（T2）の平均との差をとることにした。以下、差が大きい場合をN型、そうでない場合をO型と呼ぶことにする。

N型とO型のホドグラフがいくつかの地点に対して第3図に示されている。N型において、和歌山でCRが明確になるのは当然であるが、熊取・白浜でも同様である。以下、図は省略するが、堺・郡家・南淡でも同じ結果が得られる。御坊においてももはやACRではなくなる。安芸でも、あまり大きな差ではないが、やはり明確になっているようである。和歌山でのデータに基づいて区分けされたにもかかわらず、他の全ての地点でも和歌山と類似の結果となった。ここから、CRの原因は局地的なものではないことが分かる。

しかしながら、和歌山以外の場所では、T1とT2での差が大きいためCRが明確になったとは限らない。そこでN型とO型のそれぞれでT1+ τ とT2+ τ における南北風成分の差を計算し、さらにN型とO型の差をとって、時刻のずれがどのくらいかときに差が最も顕著になるかを求めた。以下、これを τ 偏差と呼ぶことにする。 τ として、-5時間から、+5時間までの範囲で計算を行った。一般的にいうと、午前の方は少々時刻が変わるが、N型とO型の間でそれほど大きな違いはな



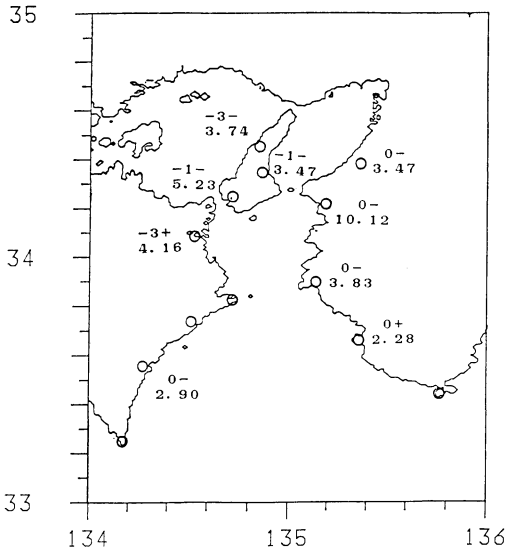
第3図 熊取・和歌山および白浜でのN型とO型（和歌山基準）における平均日変化ホドグラフ。その他は第2図と同じ。

い。従ってこれは、主に午後における風の違いを表している（第3図参照）。

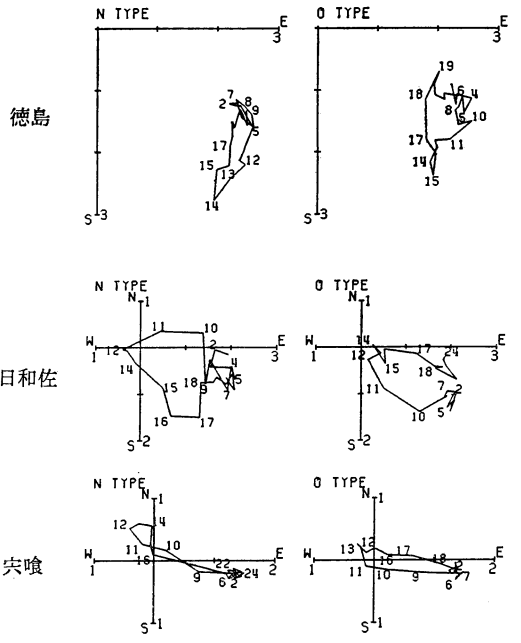
紀伊水道の兩岸および淡路島における計算結果が第4図に描かれている。有意性を分かりやすく表すため、図には τ 偏差そのものでなく、t検定におけるT値が示されている。徳島・郡家を除いて、有意な差が現れるのはほぼ同時と言える。暖候期には南から北へ移動している（付録参照）のに対し、明らかに異なった現れ方を示している。

次に他の気象要素との関係を見ていこう。第3表に、N型とO型における各気象要素の平均値とその95%有意での区間が示されている。平均値を見れば、N型は、日射量が大きく、気圧差（和歌山-潮岬）の時間変化が大きく、900 mbでの西風成分が弱く、さらに北風成分が強いときに生じると言えそうである。しかしながらこれらの間の差異はいずれも有意ではない。暖候期には、ACRが明確なとき、気圧差（潮岬-和歌山）の変化が大きく、日射量が多いという有意な関係がある（付録参照）のと比べ、これもまた大きな違いである。

再び第3図に戻って、N型およびO型のホドグラフに



第4図 和歌山基準のN型とO型の間における北風成分の τ 偏差。基準の時刻は16・17時(T1)と8・9時(T2)で、紀伊水道两岸・淡路島の地点に対してのみ t 検定を行った。上段は最大のT値が現れる時間、下段はその時間でのT値を示す。時間における例えば-1+という意味を説明すると、まず-1とは15・16時(T1-1)と7・8時(T2-1)の差のT値に最大が現れたことを示し、後ろの+とは時間-2と0を比べると時間0の方がT値が大きかったことを表す。それ故、もし時間-2の方がT値が高かったら、表示は-1-となる。値はT値が95%有意の場所に対してのみ示されている。T値における自由度は118(120-2)なので、95%有意は1.98, 99%有意は2.62となる。



第5図 徳島・日和佐および穴喰でのN型とO型(日和佐基準)における平均日変化ホドグラフ。その他は第2図と同じ。

において、1時と24時がほぼ同じ風向・風速を持っていることを指摘しておこう。これは、総観場の変動がCRの主要な原因でないことを示唆している。何故なら、もし総観場の変動がCRの明確さを決める主要な原因であれば、1時と24時の風に大きな差が出るはずであるから。従って、総観場の変動の影響はランダムであり、お互いに相殺していると考えられる。このことは、付録において示されるように、暖候期においてはいっそう明白である。

次に第3群について考えていく。第2群におけるN型の日は第3群のACRにも好都合のようであるが、必ずしもはっきりとはそうになっていない。そこで今度は日

和佐を代表点として、第2群におけるのと同様な解析を行った。T1として16・17時、T2として10・11時が選ばれた。結果が第5図に描かれている。日和佐では、N型において当然ACRが明確になっており、O型では逆にCRとなっている。穴喰でも、N型で不定、O型でCRとなっているが、徳島では関係ははっきりしない。洲本でもN型とO型の間で顕著な差は見られない。次に紀伊水道の兩岸および淡路島の地点で τ 偏差をとってみた。徳島・洲本を除いてはほぼ同時に偏差が最大を示す点では、和歌山を基準とした場合と似ているが、T値は全体としてかなり小さい。第4表には他の気象要素との関係がまとめられている。やはりどの要素も、N型とO型の間で有意な差を示さない。また第3表と比較して、日射量や北風成分に対する結果は似ているが、西風成分に対する結果は逆になっており、その強い方がACRの発現に有利である。さらに気圧差の変化ともあまり関係がない。

第4群も同様な手続きで解析を進める。代表点として尾鷲、T1として14・15時、T2として9・10時が選ばれた。ただこの場合は、紀伊長島・新宮とも2つの型の

第3表 寒候期の和歌山基準でのN型およびO型における各気象要素の平均値と95%有意範囲。気圧差の変化とは、和歌山と潮岬の気圧差の9時から15時への変化。N成分、E成分は第1表と同じ。

型	日射量 MJ/m ²	気圧差の変化 mb	900 mb での風速 (m/sec)	
			N成分	E成分
N	10.34±0.98	0.37±0.23	-2.16±1.46	5.43±1.79
O	9.22±1.09	0.02±0.23	-1.27±1.37	7.04±1.60

第4表 寒候期の日和佐基準でのN型およびO型における各気象要素の平均値と95%有意範囲。その他は第3表と同じ。

型	日射量 MJ/m ²	気圧差の変化 mb	900 mb での風速 (m/sec)	
			N成分	E成分
N	10.26±0.89	0.21±0.28	-2.20±1.50	7.06±1.59
O	9.43±1.13	0.20±0.19	-1.39±1.36	5.47±1.77

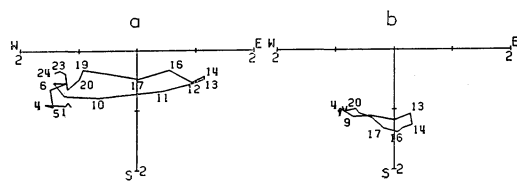
第5表 寒候期の尾鷲基準でのN型およびO型における各気象要素の平均値と95%有意範囲。その他は第3表と同じ。

型	日射量 MJ/m ²	気圧差の変化 mb	900 mb での風速 (m/sec)	
			N成分	E成分
N	10.91±0.84	0.28±0.24	-3.02±1.15	7.45±1.54
O	8.80±1.13	0.14±0.23	-0.58±1.56	5.00±1.82

間で大きな差は出てこず、熊野で若干 ACR が明確になる程度である(図省略)。他の気象要素との関係は第5表にまとめられているが、全体として第4表とよく似ている。ただ日射量においては、N型とO型との間で有意な差があるのが注目される。

3.3 寒候期における「大洋風」と運動量の鉛直輸送の日変化による風の日変化

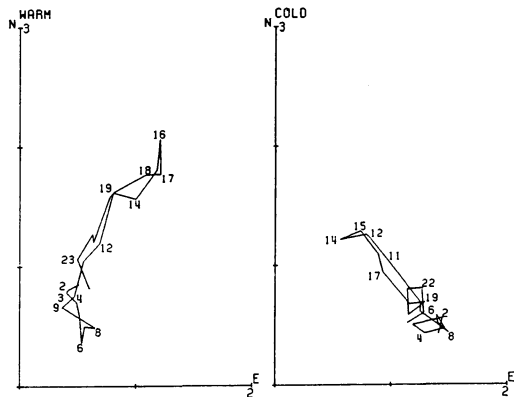
ここでは寒候期のホドグラフの回転方向に影響を与えるものを明らかにする。まず第一に湾風(第2・3群)または海風(第4群)がある。これらは一般的に風の日変化に最も大きな影響を及ぼす。後の考察のためには、これらを純粋な形で取り出せれば都合がよい。そこで各平均値を基準として、9時の地表気圧傾度と900 mb 風速が弱く、日射量が多い日を選び出した。これによって抜き出されたのは全部でわずか10日で、この10日の平均値は、日射量が 12.40 MJ/m²、900 mb 風速が 5.70 m/sec (スカラー平均)、地表気圧差が 0.72 mb であっ



第6図 (a) 大きい日射量、小さい9時の気圧差と弱い900 mb 風速の日(10日)平均と、(b) その他の日(110日)平均の日変化ホドグラフ。和歌山・御坊・白浜・徳島・日和佐・実喰の6点の平均。ただし徳島側の3点では東西成分を逆にして平均している。その他は第2図と同じ。

た。900 mb 風速と地表気圧差はなおそれほど小さくない。

第6図(a)に和歌山・御坊・白浜・徳島・日和佐・実喰の6点で平均した日変化ホドグラフが示されている。

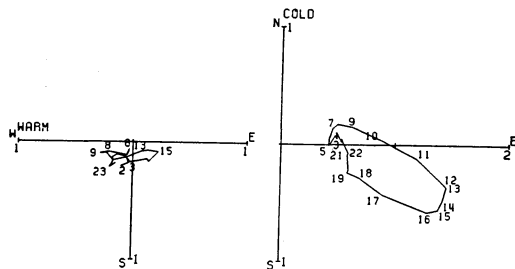


第7図 蒲生田での暖候期（左）と寒候期（右）における平均日変化ホドグラフ。その他は第2図と同じ。

る。但し徳島側の3点では東西成分を逆にして平均している。単純に平均すれば東西方向の振幅はほぼゼロとなるので、どちらかの影響が強調されているということはない。これらの6点で平均をとった理由をあげると、第1に、ここで見たいものは、個々の地点の風ではなく、この領域の平均的な風であるからである。第2に、これらの6点は紀伊水道をはさんでほぼ対称な位置にあり、地理的な影響が相殺されやすいと考えたためである。

残り110日平均の(b)図と比較して、次の2つのことが指摘されるべきである。まず(a)図の方が全体に北に寄っている(北風成分が弱い)ことである。これは、地表気圧差が小さいことを反映していると思われる。第2に、(a)図がACR、(b)図がCRとホドグラフの回転方向が異なっていることである。後者は、全体として和歌山側でCR、徳島側でACRとなっていることを反映している。前者については後に触れる。さらに両者とも湾風最大の時刻は13~14時となっている。これは、14時くらいに湾風が最大になるという大阪管区気象台(1971)の解析とほぼ対応するものである。

次に、夏には重要であった「大洋風」はどうであろうか。北風成分が昼間卓越しているの、一見吹いていないように見えるが、弱いながらも存在していることが次の3つの事実から推察される。まず、東西に延びた細長い岬の突端にあるので「大洋風」が現れやすいと考えられる蒲生田の風を見ると、冬でも南風が存在している(第7図)。但し南風の最大は、夏には16時であったのが、12~15時とかなり早くなっている。第2に、この南

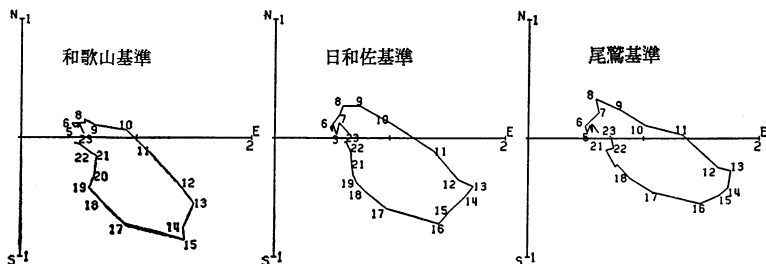


第8図 京都・田辺・奈良・針・大宇陀の5地点で平均した暖候期(左)および寒候期(右)の平均日変化ホドグラフ。その他は第2図と同じ。

風は日射量の多いときに強く吹くという「大洋風」と同じ性質を持っている。具体的にいうと、13時の南風成分の平均を基準にして、南風成分の強いグループと弱いグループに分けると、前者の平均日射量は $10.94 \pm 0.90 \text{ MJ/m}^2$ 、後者のそれは $8.57 \pm 1.09 \text{ MJ/m}^2$ となっている。ここで±以下の数値は95%で有意な範囲を表しており、両者は有意に異なっている。第3の事実第6図(a)に見られるACRである。ACRのためには、東西風成分に遅れて南風成分が強くなる(正確には北風成分が弱くなる)ことが必要であり、これも「大洋風」の存在を示唆している。蒲生田でのこの10日平均の風も、南風最大の時刻が13~16時と少し遅くしており(図省略)、これも傍証となるであろう。

寒候期のホドグラフの回転方向を決める最も重要なものは午後に強くなる北風成分であった。「大洋風」が吹いているにもかかわらず、北風成分が見えるということは、本来的な北風成分はかなり強いものと考えられる。これをもたらす可能性のあるものは、風向を考えると運動量の鉛直輸送の日変化である。しかしながらこの実態を海岸沿いの地点で調べることは、海陸風や「大洋風」との分離が困難なので容易でない。そこで海陸風・山谷風などの局地風がごく弱いと考えられる地点を選んで、その場所での風の日変化を調べることにする。局地風が弱いと考えられる地点は、①近畿の内陸部に存在すること、②暖候期に顕著な風の日変化を示さないこと、③寒候期にはよく似た日変化をすることを基準に選択された。このうち3番目の基準はおろしなどが吹く地点を排除する目的で設定された。結局、京都府の京都・田辺、奈良県の奈良・針・大宇陀が選択された(第1図)。

第8図にこれらの地点すべてで平均した日変化ホドグ



第9図 第8図と同じ5地点で平均した和歌山(左)・日和佐(中)・尾鷲(右)基準のN型の日における平均日変化ホドグラフ. その他は第2図と同じ.

ラフが示されている。寒候期には、午後に風が強くなり、その風向はほぼ 900 mb での風向と一致している。さらに風の日変化の大きさは日射量と強い相関を持っていることや、風向が 900 mb の風向と関係していることも示すことができる(図省略)。また、午後に北高南低の気圧場が弱くなっても、日射量さえ多ければ、同様な風の日変化を示す(図省略)ので、これは気圧場の変化に対する単純な応答ではない。以上より、この日変化は、第1表に示されるような平均場における運動量の鉛直輸送の日変化によってもたらされたものと解釈される。

もう1つ強調されるべきことは、寒候期のホドグラフが、15時くらいに風速の最大を持ち、時計回り回転をしていることである。15時という時刻は、この季節における湾風最大の時刻の13~14時より遅めである。CRになる理由はコリオリ力のためと言えるかもしれないが、今後の課題である。

当然、海岸沿いの地点の風に対しても、このような性質を持つ運動量の鉛直輸送の日変化が影響を与えているはずである。例えば、第2・3・5図を見てみると、第3・4群の地点における東風成分の最大は、第2群の地点の西風成分の最大に比べて、比較的早い時刻に起こっている。これは、湾風または海風成分とみなされる東風または西風成分に、それより位相の遅れた西風成分が重なっていると解釈できる。この位相遅れの西風成分は運動量の鉛直輸送の日変化によってもたらされたと考えるのが自然である。従って、午後の北風成分の強化も運動量の鉛直輸送の日変化によって生じていると言えるであろう。さらにどの地点でもほぼ同時に北風成分が最大になるという解析もこれを支持するものである。

最後に後の議論のために、第2・3・4群のN型の日

に、京都・田辺・奈良・針・大宇陀の5地点で平均された日変化ホドグラフがどうなっているかを調べてみよう。第9図に結果が示されている。どれも午後に強い北風成分を伴っており、CRが明瞭である。とりわけ第2・3群における北風成分は顕著である。西風成分の強さは第3・4群に対するものが、第2群に対するものより強い。これは900 mbでの西風成分の違い(第3~5表)を反映していると解釈できる。

4. 議論

前章3節において、湾風または海風、「大洋風」および運動量の鉛直輸送の日変化が、風の日変化ホドグラフの回転方向に影響を与えていることが分かった。ここではまず、各群のホドグラフの回転方向がこれらの影響のもとにどのように理解されるかについて、Kusuda・Alpertの理論を用いて議論を進めていく。ただ、運動量の鉛直輸送の日変化による風の日変化という記述は長過ぎるので、以下これを「午後の北西風」と呼ぶことにする。また、その西風および北風成分をそれぞれ「午後の西風」および「午後の北風」と名付けよう。

第1群のホドグラフの回転方向の解釈は容易である。これらの場所ではその風向から考えて「大洋風」の影響は無視できる。このとき湾風または海風に対して位相の遅れた「午後の北西風」が吹くので、コリオリ力も含めて、これらはCRを作る。

次に第2・3・4群について考えていく。議論の前提は、純粋な海風はコリオリ力のもとでCRになるということである。第4群では、海風のほかに「午後の北西風」が関係する。「午後の北西風」は海風に対して位相が遅れているので、ホドグラフの回転方向をACRにする可能性を持つ。第2群では、「午後の北風」はCR

を引き起こすように働き「大洋風」は ACR 向きに働く。次に第 3 群では、「午後の北風」は ACR を引き起こすように働くが、「大洋風」は CR 向きに働く。このようにどの群においても、一般的にどちらの回転方向をとるかは論理的には断定できない。個々の地点の個別的な地理的特性に加え、このような事情が各群の回転方向を一定にしていなくてもよい。

一方また、寒候期の一般的な状況は、「午後の北西風」が強く、「大洋風」が弱く、「午後の北西風」は湾風または海風に対して位相が遅れているということであった。このとき、第 2 群では CR、第 3・4 群では ACR になりやすいと言える。従ってこれらの回転方向は、運動量の鉛直輸送における日変化の影響によって出現しているということができる。

第 2 の議論は、どのような条件のときに、第 2 群の CR、第 3・4 群の ACR が明瞭になるかを論理的に追求し、第 3～5 表の結果と対照することである。第 2・3・4 群の地点では、いくつかの地点を除くと、東西方向の風が南北方向の風より卓越している。これを前提にすると、次のような条件は、第 2 群の CR、第 3・4 群の ACR を明確にする。①西風成分(第 2 群)または東風成分(第 3・4 群)が強くない。②北風成分が強い。③北風成分の位相の遅れが大きい。但し正確に言うと、以上における各方向の風はホドグラフの中心を基準にした相対的な風である。海風の発達を前提にしているため、条件①は、第 2 群では弱い「午後の西風」、第 3・4 群では強い「午後の西風」を意味すると考えてよい。また条件②は、「午後の北風」が強く、第 2・3 群ではこれに加えて「大洋風」が弱いということと同値である。条件③は、「大洋風」が弱くと仮定すると、「午後の北風」の位相が東西成分に比べて遅れることである。

ここから、さらに日射量等の気象要素との関係について解釈を進めてみよう。但し、どの様な場合に「午後の北風」の位相が遅れるかは今のところよく分からない。白木(1984)と Fujibe(1985)は一般風または気圧傾度の大きさによっても位相が変わってくることを指摘している。しかしながら、この解析の第 8 図と第 9 図を比べても、違いは明らかでない。従ってここでは、その位相が一般的な湾風または海風の位相より遅れるという第 3.3 節での解析結果をそのまま踏まえて、議論を進めていくことにする。まず、海風と「午後の北風」の発達に日射量は不可欠である。さらに「午後の北風」は、900 mb の北風成分が強くと気圧場がいわゆる北高南低へ変化する

とき、より発達すると考えられる(少なくとも内陸の地点では事実である)。またこのような条件がないと「大洋風」も同時に発達してしまうであろう。ここから一般的に、日射量が多く、900 mb の北風成分が強く、気圧場が北高南低に変化するとき、第 2 群の CR または第 3・4 群の ACR の発現にとって有利であることが分かる。特に第 4 群では「大洋風」は関係しないので、最も重要なものは日射量となるであろう。この群の日射量においてのみ N 型と O 型の間で有意な差が出たのはこのような理由かもしれない。次に「午後の西風」は 900 mb の西風成分と関係すると考えられる(これも第 9 図から分かるように内陸の地点では事実である)。従って、900 mb の西風成分が弱いとき第 2 群の CR が発現しやすく、逆にその強いときが、第 3・4 群の ACR の発現にとって有利である。以上のことはすべて第 3～5 表の示すところと一致する。さらにこれらの気象要素間の相関を計算してみると、900 mb の北風成分と日射量の関係以外はほぼ無相関なので、第 4 群の日射量を除いて、どの群のどの要素も有意にならなかったのも自然である。

一方、東西方向の風がそれほど卓越していない地点では、少し異なった条件をとるであろう。日和佐基準の N 型においても、徳島や洲本では ACR が明確にならなかったのはこの反映とも考えられる。また卓越風向が北西—南東をとる新宮などの地点も違ったアプローチが必要かもしれない。これらはともに今後の課題である。さらに、もう 1 つの今後の課題は地表気圧場の時間変化の問題である。この解析では午後にいっそう北高南低となったが、その理由は明らかでない。2 点間の気圧差というのはそもそも気圧場全体を表現していないので、さらに広くデータをとって解析を進めることが必要である。

5. 結論

近畿中南部と四国東部の海岸域 22 地点における地表風の日変化の季節別特性について調べた。なかでも関心は、風の日変化ホドグラフにおける回転方向の季節変化に向けられる。用いたデータは 1985 年の AMeDAS 風データである。

その結果、南に海を持つ湾奥の地点と岬の突端の地点(第 1 群)では一年を通じて CR を示すが、その他の地点では季節によってホドグラフの回転方向が変化する例の多いことが分かった。すなわち、紀伊半島西岸や淡路島西岸・高知県東部といった西に湾・水道等を持つ地点(第 2 群)では、暖候期に ACR、寒候期には CR また

は不定となる傾向がある。一方、東に湾・水道等を持つ徳島県・淡路島東岸（第3群）や、南東に大洋の広がっている紀伊半島南東部（第4群）においては、暖候期にCR、寒候期にはACRまたは不定となる傾向を持っているようである。

季節平均の風の日変化は、まず第1に海陸風によって生じるが、その他に、暖候期には「大洋風」、寒候期には「大洋風」と運動量の鉛直輸送の日変化による影響が加わる。ここで「大洋風」とは、紀伊水道沖から近畿地方内陸部へ向かう風のことで、その最大は時間とともに北へ進む。また運動量の鉛直輸送の日変化による風の変化は、海風より位相が遅れて各地ほぼ同時に進行し、午後には北西風が強くなるという性質を持っている（「午後の北西風」）。

第1群の地点は南に海を持つので、「大洋風」はホドグラフの回転方向にほとんど影響を与えない。それゆえ、コリオリ力の働きと、寒候期には加えて「午後の北西風」の影響で、回転方向はどの季節もCRになると考えられる。ところが第2・3群では「大洋風」と「午後の北西風」という風向が大きく異なる2つが関係するので、どちらが卓越するかによって回転方向に差が出てくることになる。すなわち、暖候期には「大洋風」、寒候期には「午後の北西風」が主に効いて、それぞれの回転方向を決めているようである。第4群の寒候期のACRも「午後の北西風」が大きな影響を与えている。

謝 辞

水間満郎氏、森征洋氏には原稿に対して貴重なコメントをいただきました。レフェリーの方からも再三にわたりていねいなコメントをいただきました。また広岡俊彦氏にはAMeDASのデータ入手に際してお世話になりました。これらの方々から心から感謝の意を表します。さらに地表気圧や日射量のデータの提供に対して便宜をは

かっていたいた和歌山地方気象台・潮岬測候所の方々にも深く感謝します。

付 録

ここでは暖候期の解析結果を報告する。解析の方法は第3.2節と同様である。すなわち、代表点を和歌山とし、各日のホドグラフからACRの明確な日とそうでない日に二分し、それらの間の差異を探っていく。T1とT2はそれぞれ17・18時と9・10時で、以下、南風成分の差が大きい場合をS型、そうでない場合をO型と呼ぶことにする。

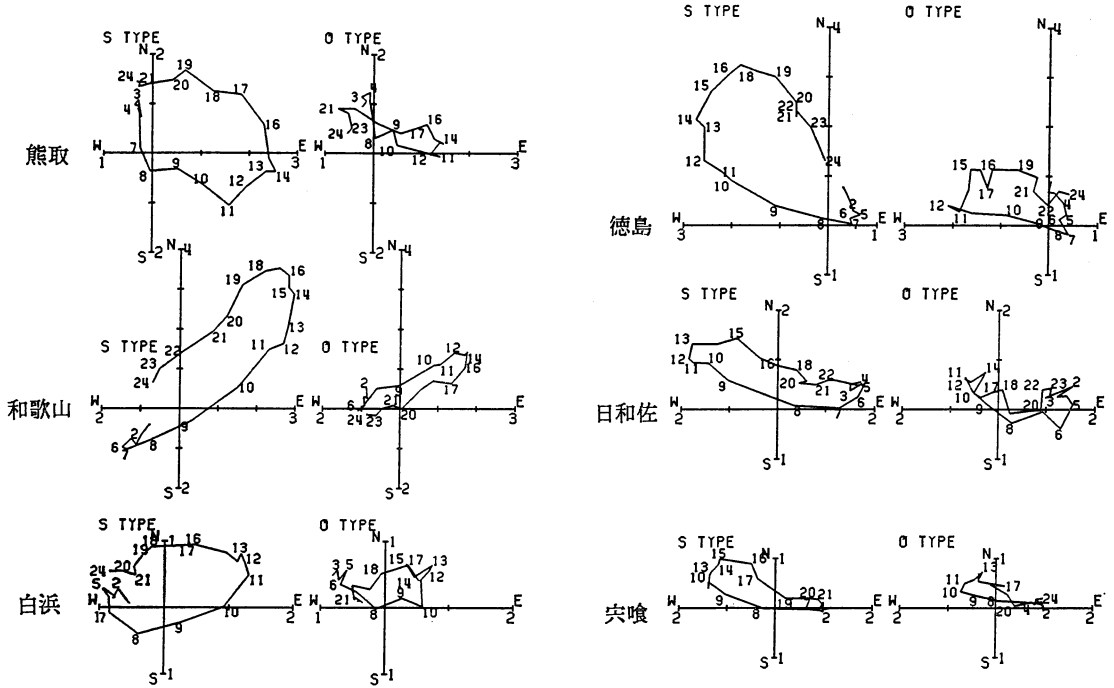
両者のホドグラフがいくつかの地点に対して第A1図に示されている。S型においては、和歌山は当然のこと、図に示されている熊取や白浜を含めて第2群の全ての地点でACRが明確になっている。また第3群でも図に示されている徳島・日和佐・安喰を含めて全ての地点でCRが明確になっている。次に σ 偏差を求めた。ここでもこれは、主に午後における風の違いを表している。結果が第A2図に描かれている。全ての場所でT値は高い。また最大のT値が現れる時刻は、室戸岬・蒲生田・郡家を除いて、ほぼ系統的に南から北へと遅くなっている。最後に他の気象要素との関係も明らかである。すなわち第A表より、S型は、日射量が多く、気圧差（潮岬-和歌山）の変化が大きいと生じていることが分かる。これらの間の差異は完全に有意である。また900mb面での風に関しては、両者の間で有意な差はない。

以上の結果はIKの結果と非常によく一致している。すなわち、湾風形成後の「大洋風」の影響によって、第2群の地点ではACR、第3群の地点ではCRになっていると言える。もちろん第3群のCRにはコリオリ力も効いているであろうことは言うまでもない。

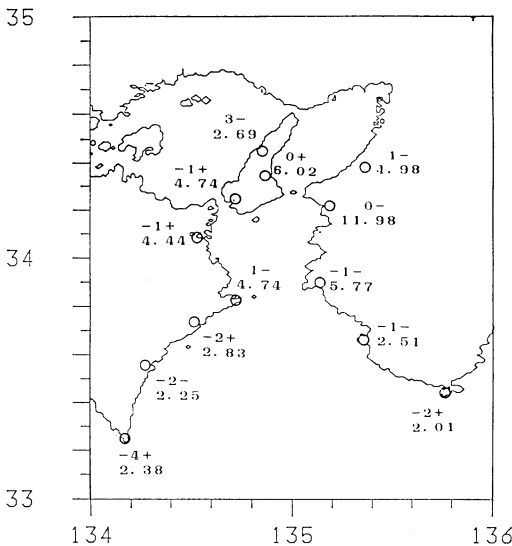
この解析は総観場の変動の影響も含んでいるものであ

第A表 暖候期のS型およびO型における各気象要素の平均値と95%有意範囲。気圧差の変化とは、和歌山と潮岬の気圧差の9時から15時への変化。N成分とは北向き、E成分とは東向きを正にとった風速成分のことである。

型	日 射 量 MJ/m ²	気 圧 差 の 変 化 mb	900 mb での風速 (m/sec)	
			N成分	E成分
S	19.66±1.27	-0.75±0.14	-0.05±1.04	-1.82±2.02
O	15.60±1.90	-0.23±0.24	1.94±1.43	1.97±2.51



第A1図 熊取・和歌山・白浜・徳島・日和佐および宍喰でのS型とO型における平均日変化ホドグラフ。その他は第2図と同じ。



第A2図 和歌山基準のS型とO型の間における南風成分の τ 偏差。基準の時刻が17・18時と9・10時で、また南風を正にとることを除いて、その他は第4図と同じ。

る。それゆえ、S型とO型の区分けにも当然その影響が入っているであろう。それにもかかわらず結果は、海陸風日みの解析であるIKとよく一致していた。従ってここから、総観場の変動の影響は、各型の内部で相殺されており、結果には何ら影響を与えていないと言うことができる。

参考文献

Abbs, D. J., 1986: Sea-breeze interactions along a concave coastline in southern Australia: Observations and numerical modeling study. *Mon. Wea. Rev.*, 114, 831-848.
 Fujibe, F., 1985: An effect of pressure gradient on diurnal variation of wind in the atmospheric boundary layer. *J. Meteor. Soc. Japan*, 63, 52-59.
 Haurwitz, B., 1947: Comments on the sea-breeze circulation. *J. Meteor.*, 4, 1-8.
 伊藤久徳, 川添俊弘, 1983: 和歌山県における海陸風, *天気*, 30, 151-159.
 近藤純正, 1983: 東北地方多地点一斉大規模山林火災を誘発した1983年4月27日の異常乾燥強風(I),

天気, 30, 545-552.

Kusuda, M. and P. Alpert, 1983: Anti-clockwise rotation of the wind hodograph. Part I: Theoretical study. *J. Atmos. Sci.*, 40, 487-499.

森 征洋, 1983: 瀬戸内海沿岸における風の日変化の気候学的特性——月別変動について——, 天

気, 30, 19-23.

大阪管区気象台, 1971: 近畿の風, 大阪管区気象台, 168 pp.

白木正規, 1984: 大気境界層の風の日変化と日平均風 (I)——釧路の解析例——, 天気, 31, 243-250.

平成元年度日本気象学会奨励金受領候補者の募集

昭和45年度より, 日本気象学会は, 研究費・研究環境に恵まれない会員の研究を奨励するために, 「日本気象学会奨励金」制度を設け, 年間に総額10万円を2件の受領者に贈与し, 昭和47年度からは, 件数・総額ともに拡大して3件, 総額15万円を贈与することにしました。さらに, 昭和54年度からは3件, 総額21万円を贈与することにしました。

周知のように昭和51年度からは, 小・中・高校の地学教育に従事されている先生で, 特に実践的な気象教育の研究をおしすすめられている個人またはグループ (少なくとも代表者は学会員) を, 3件のなかの1件として, 特に奨励金贈与の対象とし, 気象教育の振興を図る一助とすることにしました。

本年度の受領を希望する会員, あるいは, 他の会員を受領者に推薦しようとする会員は, 申請についての要綱に基づき, 下記の形式で応募あるいは推薦をして下さい。

平成元年5月

日本気象学会理事長

記

締切: 平成元年8月10日必着

送付先: 〒100 東京都千代田区大手町 1-3-4

気象庁内 日本気象学会事務局気付
奨励金選考委員会

用紙: B5版 横書き

記入要領

1. 受領候補者氏名 (ふりがな付), 印, 生年月日, 勤務先および地位, 連絡先 (郵便番号, 郵便宛名)。
2. 研究項目
3. 研究経過と今後の研究計画 (あわせて400字詰原

稿用紙4枚以内)。

印刷報告, 学会発表のあるものは, 題目, 雑誌名, 巻号頁数, あるいは, 題目, 学会名, 年月を記入し, また, 別刷, 図表, 写真等の参考資料があれば添付する。資料は原則として返却しない。

4. 受領候補者略歴。
5. 推薦の場合は, 推薦者氏名, 印, 勤務先および地位, 連絡先 (郵便番号, 郵便宛名および電話番号), この場合は候補者の印は不要。

注) 共同研究の場合は, 1件として候補者を連名で記すこと。

奨励金申請についての要綱

1. 気象学, 気象技術, および気象教育の進歩に貢献し得る将来性, 発展性のある研究はすべて本奨励金の対象となる。完成度の高い研究であることは必要条件ではない。
2. 大学あるいは研究機関に勤務し, 経常あるいは特別研究費の配分を受けて気象学の研究に従事する会員は, 原則として, 対象から除外される。また, 応募あるいは推薦研究題目について他機関から既に研究助成金を受けているものについても, 原則として対象から除外される。
3. 受領者の選定は, 奨励金受領者選定規定に従って, 理事長の委嘱する5名の選考委員によって行われ, 今年度の贈呈は11月7~9日, 那覇で開催される秋季大会において行われる予定 (受領者または代理者が出席可能な場合)。
4. 受領者は, 奨励金受領後1カ年以内に簡潔な研究報告を理事長に提出する。