

## 【論文】

# 西高東低冬型気圧配置下における 地形による風向偏倚に関する研究 ——九州島北部および南部の地上風の場合を中心として——

寶 月 拓 三

## A Study on the Directional Displacement of Winter Monsoonal Surface Wind Caused by Land Topography ; in the Case of Northern and Southern Regions of Kyushu Island, Japan

Takuzo HOHGETSU

## 要旨

Upper-level and surface winds generally blow in different directions each other. This directional displacement is thought to be caused by land topography, and at the same time to cause surface air stream system peculiar to region. Therefore information of the displacement of wind direction at the surface is important to climatological researches on orographic precipitation, for example. The author explained the displacement of winter monsoonal surface wind in northern and southern regions of Kyushu Island, Japan. In this investigation, it developed that main areal distribution of the displacement was divided into five patterns for the northern region, and six patterns for the southern region. These patterns for each region were discriminated one another according to distributions of AMeDAS stations where directional displacements were little or none between surface and upper-level winds.

キーワード：九州 西高東低冬型気圧配置 地上風 風向偏倚パターン 地形条件

### 1. はじめに

地上風は地形の影響で風向を偏倚させながら吹送している。そして偏倚された風向と地形条件によって、雲や降水の発生域が相当程度に規定される場合があることも当然であろう。もともと広汎な地域へ吹き込んでくる気塊の性質と地域内の各所の地形条件の組合せが、風の吹送状態は無論のこと、降水、日照などの気候要素の分布特性を規定する。地上風の場合、地形条件によって局所的に風向が偏倚していき、風向の空間的な代表性は乏しい。このような局所的に異なる風向を示す地上風の構造を気候学的に解明することは、さまざまな気候要素の空間的分布状態の解明のために欠くことができない。いわゆる総観気候学の方法論として既に成立しているものであるが、地上風が地形条件によりど

のように風向を偏倚させているかを明らかにするためには、空間的代表性が豊かな分類基準を設定し、その下で地上風向の偏倚を分析することは妥当であり、その基準のひとつとして上空の一般風向が考えられる。

このような意義を持つ地上風系を、かつて存在した甲種区内観測所での午前9時の風向、風力の目視観測資料に依拠して明らかにした研究があるが（草野, 1960；河村, 1963, 1966, 1970, 1975, 1977；Kawamura, 1965）、解析資料が目視観測に依るところから、改めてより高い精度を持つ観測資料での検討が望まれる。

ところで、同じ一般風向であっても必ずしも気塊の性質まで同じであることを意味していない。そして気塊の持つ特性は、局所的な地形条件のさまざまな効果とともに、気候要素の空間分布特性を規定する。それゆえ、気塊の特性を強く規定すると考えられる分類基準を設定することは妥当であろう。筆者はすでに、九州島を総観気候学的に分析する際のカテゴリ基準として西高東低冬型気圧配置が妥当であることを示しており（寶月, 2006）、本研究でもこのカテゴリ基準のもとで、九州島における地上風向が地形条件によってどの様に偏倚しているかを解明することにする。

ここでいう風向偏倚とは一般風向に対する地上風向の偏倚を意味するが、一般風向が九州島全域で同一であるとは限らない。実際、西高東低冬型気圧配置の条件のもとで、福岡ならびに鹿児島での一般風向の状態をみると、両地点の上空での風向が異なることも希ではない。そこで九州島に複数の小地域を設定して、それらの地域ごとに一般風向からの風向偏倚の実態を明らかにすることが妥当である。そして一般風向を直接観測している地点が近傍にあるような地域の設定が望ましい。この考え方にに基づき、標高1,143mにあるアメダス観測点・阿蘇山における風向を一般風の風向とみなして、阿蘇山を取り囲む九州島中部での地上風向が、一般風向からどのように偏倚しているかを分析した（寶月, 2007）。本研究では九州島の残りの地域である北部および南部で同様の解析をおこなうことにする。

なお、甲種区内観測所での目視観測資料に依った諸研究では、地上風系の図的解明が研究目的のひとつに設定されていた。しかし、これら区内観測所の空間分布密度は特に山地では疎らであるため、山地における風系の精度は著しく低くならざるを得ない。このような山地を中心として観測地点分布が粗くなる特徴は、現在、最も密に設定されているアメダス観測点ネットワークにおいても当てはまる。この特徴に加えて、風向を偏倚させる地形条件の空間的規模がアメダス観測点間の距離よりも小規模なものもあり得る。それ故、観測地点での情報からのみでは地点間の空間での風系を、従来の研究でなされたように風系図の形で描いても、山地を中心としてその精度は決して高いものではないと考えられる。従って、本研究では敢えて風系図を描くのではなく、一般風の風向からの偏倚を観測地点毎に求めることに留めることとする。

## 2. 資料と風向偏倚パターン

### 2-1 資料

九州島北部の地上風向は図1の黒丸で示す41ヶ所のアメダス観測地点での観測値を対象として、南部についてはやはり図1の白丸で示す32ヶ所のアメダス観測地点での観測値を対象として把握することにした。具体的には、1995年から1997年の3年間の1、2、12月、合わせて9ヶ月間の内から、午前9時における東アジア域での地上気圧配置が西高東低冬型気圧配置に分類された日（気候影響・利

用研究会、2002) のやはり午前9時に観測されたアメダス観測地点での風向を分析対象とした。この気圧配置の出現日数は合計84日であった。これらの日の午前9時における福岡管区气象台ならびに鹿児島地方气象台(図1での★印)における850hPaでの風向を本研究ではそれぞれの地域での一般風向とみなすが、84日間での一般風向の出現風向頻度を16方位系でみると、福岡では北西風向の出現頻度が最多であり、隣接風向の北から西北西までを含めると全体の83%以上の頻度となる。一方、鹿児島の場合は北北西から西までのやはり4風向で85%以上となるが、北西風向への集中が特に著しい(表1)。

このような出現状況にある一般風向に対するアメダス観測地点での地上風向の偏倚の程度に基づいて以下のように偏倚の型を定義し、それらの型の空間分布を明らかにすることによって、一般風向からの地上風向の偏倚の特徴を把握することとする。

一般風向からの地上風向の偏倚角度によって定義した偏倚の型は以下のとおりである。すなわち図2において黒丸印(●)が付されている風向が一般風向とすると、その風向を含む合計9つ(図中のAの範囲)の風向を「類似型」とし、残りの7つ(図中のBの範囲)の風向を「非類似型」とした。なお、地上風が無風の場合は「非類似型」に含めることとする。

表1 西高東低冬型気圧配置での福岡および鹿児島における午前9時での風向出現頻度(1995-1997)

福岡			鹿児島		
風向	出現度数	割合(%)	風向	出現度数	割合(%)
W	4	4.8	W	6	7.1
WNW	23	27.4	WNW	22	26.2
NW	24	28.6	NW	36	42.9
NNW	14	16.7	NNW	8	9.5
N	9	10.7	N	3	3.6
NNE	3	3.6	NNE	1	1.2
NE	3	3.6	E	1	1.2
ENE	1	1.2	SSE	1	1.2
SSE	3	3.6	S	1	1.2
総計	84	100	SSW	2	2.4
			SW	1	1.2
			WSW	2	2.4
			総計	84	100

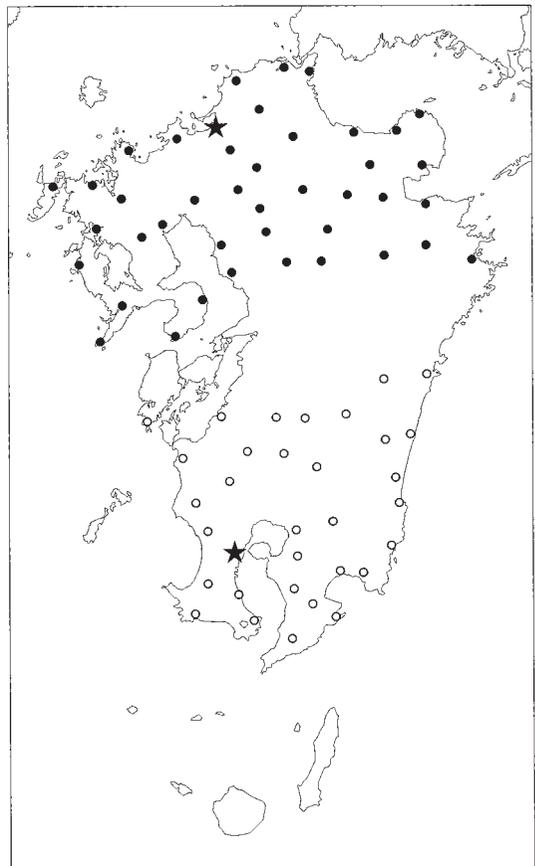


図1 解析対象のアメダス観測地点分布  
●は北部地域の地点、○は南部地域の地点  
★は福岡および鹿児島

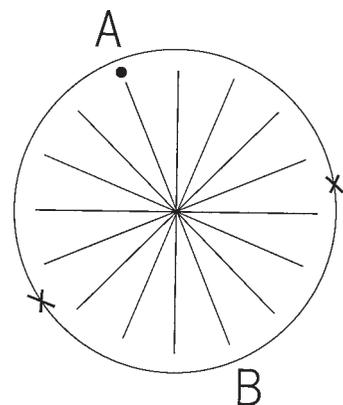


図2 一般風向からの偏倚に基づく型の模式図

図中の●が付いている風向を一般風向とする。Aの範囲の9つの地上風向を「類似型」の風向とし、Bの範囲の7つの地上風向を「非類似型」の風向とする。

## 2-2 風向偏倚パターン

西高東低冬型気圧配置となった84日それぞれについて、一般風向に対する地上風向の偏倚角度から定義される類似型および非類似型のいずれであるかを各地点毎に判断し、それぞれの日毎にこれらの型の空間分布を検討し、以下のように、各地域毎の風向偏倚パターンを設定した。

### 2-2-1 北部地域

福岡における850hPaでの風向を基準にして求めた風向偏倚パターンは表2の通りである。NAパターンは北部地域全域で類似型風向となる場合である。NBパターンは、

表2 北部地域における風向偏倚パターン

NAパターン；全域類似型風向
NBパターン；海岸部類似型風向+内陸非類似型風向
NCパターン；西岸・東岸類似型風向(北部沿岸 非類似型風向)
NDパターン；西岸類似型風向
NEパターン；東岸類似型風向

図3の例のように、海岸沿いに類似型が、内陸には非類似型が出現する場合である。NCパターンは、NBパターンとは異なり、北部沿岸に非類似型が現れ、東西両岸に類似型がみられる場合である(図4)。NDパターンは、NBパターンと異なり、類似型が西海岸沿いだけに現れる場合であり、NEパターンは反対に東海岸沿いに類似型が出現する場合である(図5)。

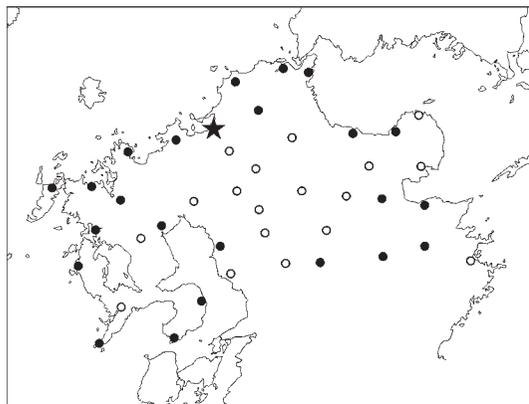


図3 NBパターン(の例(1995年1月17日))  
●；類似型 ○；非類似型

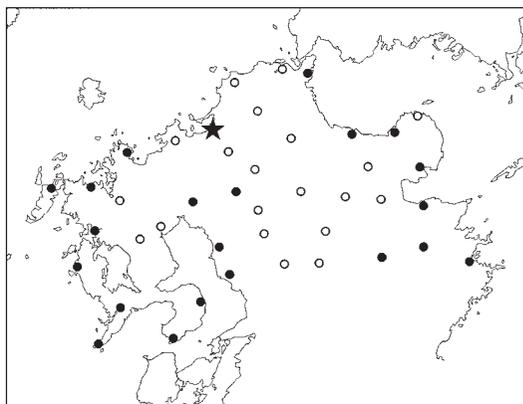


図4 NCパターン(の例(1995年1月1日))  
●；類似型 ○；非類似型

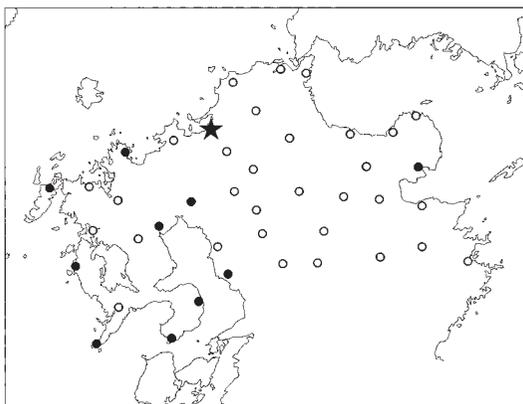


図5 NDパターン(の例(1996年1月11日))  
●；類似型 ○；非類似型

## 2-2-2 南部地域

鹿児島における850hPaでの風向を基準にして求めた風向偏倚パターンは表3の通りである。SAパターンは南部地域全域で類似型が出現する場合である。SBパターンは、内陸部分に非類似型が出現し、沿岸部に類似型が出現する場合である。SCパターンはSBパターンに比べて非類似型の出現域がより北部に限定的に出現する場合である。SDパターンはSCパターンと似ているが、北部の内陸からさらに九州山地の東部山麓から大隅半島にかけての帯状の地帯にも非類似型が出現する場合である(図6)。SEパターンの場合は、北部の内陸、西海岸沿い、そして大隅半島に非類似型が分散して出現する(図7)。

表3 南部地域における風向偏倚パターン

SAパターン；全域類似型風向
SBパターン；沿岸部類似型風向（内陸部非類似型風向）
SCパターン；北部内陸非類似型風向
SDパターン；北部内陸九州山地東部山麓から大隅半島非類似型風向
SEパターン；北部内陸十西海岸十大隅半島非類似型風向
SFパターン；全域非類似型風向

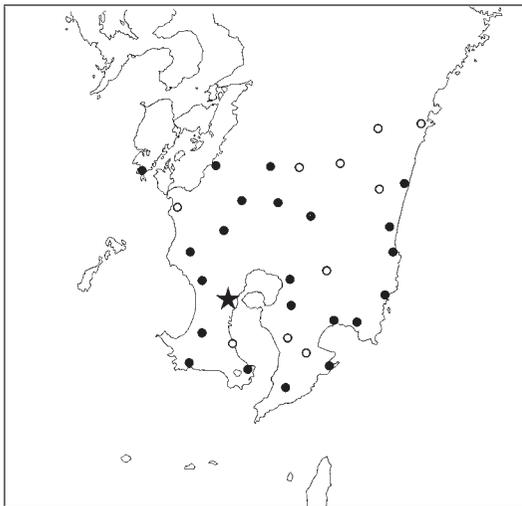


図6 SDパターンの例(1996年1月10日)  
●；類似型 ○；非類似型

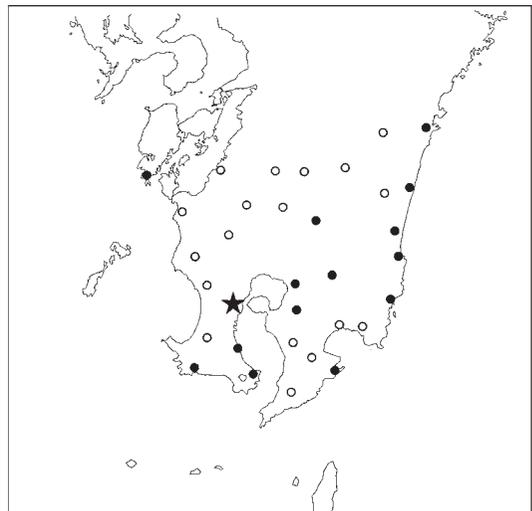


図7 SEパターンの例(1996年12月8日)  
●；類似型 ○；非類似型

## 3 結果

### 3-1 風向偏倚パターンと一般風向との関係

北部および南部のそれぞれの地域における風向偏倚パターンは、表4のような頻度で出現する。北部地域ではNBパターンの出現頻度が最多であり、次いでNDパターン、NAパターン、NCパターンと続き、NEパターンは希にしか出現しない。南部地域ではSDパターンの出現頻度が最多であり、次いでSEパターン、SAパターンが続くが、その他のパターンの頻度は少ない。なお、いずれの風

向偏倚パターンにも判別できない場合は除外しているので、総計は84日に満たない。以下では各パターンと一般風向との対応関係についてみることにする。

### 3-1-1 北部地域

北部地域での風向偏倚パターンと福岡上空850hPaでの一般風向との対応関係をみると(表5)、NAからNEまでのそれぞれのパターンでの出現頻度は、最多出現風向であるWNWあるいはNWのいずれかに対応して最多となる。しかし同じ偏倚パターンであっても、NAパターンのように隣接する4風向のみに集中して対応する場合もあれば、NDパターンのように隣接するとは言え7風向にわたって分散して対応する場合もあって、偏倚パターンと一般風向との対応関係は様ではない。

### 3-1-2 南部地域

南部地域での風向偏倚パターンと鹿児島上空850hPaでの一般風向との対応関係をみると(表6)、SFパターンを除く他の5パターンでの最多出現頻度は、風向の出現頻度第1位のNWあるいは第2位のWNWのいずれかに対応している。そして、これらのパターンは断続する3風向から隣接する4ないし5風向の限られた風向と集中的に対応している。

### 3-2 九州島各地域毎の出現パターン間の関係

隣接する地域を吹き抜ける一般風のもとでの地上風向の偏倚は、隣接地域間で強い対応関係があることが予想される。九州島の場合も同様で、北部地域および南部地域での風向偏倚パターンの出現状態に何らかの対応関係が想定される。ここでは北部地域および南部地域に加えて、その間に位置する中部地域での風向偏倚パターン(寶月, 2007)も含めて、各地域での出現パターンの対応状態を確認することとした。なお、中部地域でのパターンの特徴は表7の通りである。

表4 北部地域および南部地域における風向偏倚パターンの出現状況

北部地域			南部地域		
偏倚パターン	出現度数	割合(%)	偏倚パターン	出現度数	割合(%)
NA	17	22.7	SA	17	22.1
NB	26	34.7	SB	5	6.5
NC	11	14.7	SC	8	10.4
ND	19	25.3	SD	24	31.2
NE	2	2.7	SE	19	24.7
総計	75	100	SF	4	5.2
			総計	77	100

表5 北部地域における一般風向と風向偏倚パターンの組合せ別出現頻度

		偏倚パターン					計
		NA	NB	NC	ND	NE	
一般風向	W		2	2			4
	WNW	7	7	5	1	2	22
	NW	5	11	1	5		22
	NNW	2	4	2	3		11
	N	3	1	1	4		9
	NNE		1		2		3
	NE				3		3
	ENE				1		1
計		17	26	11	19	2	75

表6 南部地域における一般風向と風向偏倚パターンの組合せ別出現頻度

		偏倚パターン						計
		SA	SB	SC	SD	SE	SF	
一般風向	W				1	4		5
	WNW	6		3	5	7		21
	NW	10	3	1	15	5		34
	NNW		1	2	3	2		8
	N	1		1				2
	NNE			1				1
	E		1					1
	SSE						1	1
	S						1	1
	SSW						1	1
	WSW					1	1	2
計		17	5	8	24	19	4	77

表7 中部地域における風向偏倚パターン（寶月、2007）

Aパターン；全域類似型風向
Bパターン；北部と南部に非類似型風向＋中部東西帯状に類似型風向
Cパターン；熊本平野から阿蘇に類似型風向（東海岸非類似型風向）
Dパターン；東西両岸に類似型風向（内陸に非類似型風向）

3地域でのパターンの対応関係をみると（表8）、特定の組み合わせのみで相対的に高い出現頻度が認められる。すなわち、3地域でのパターンが北から南へNA・A・SAおよびNB・B・SDの組み合わせの場合がそれに該当するが、それでも全組み合わせ数65の15%程度に過ぎない。その他の組み合わせの出現頻度はさらに低く、また、組み合わせは35通りと多い。全体としては、特定の組み合わせへの集中は見られず、3地域でのパターンの対応関係は希薄であるといえる。

表8 3地域における風向偏倚パターンの組合せの出現頻度

北部地域		NA				NB				NC				ND				NE				
中部地域		A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D	
南部地域	SA	10	1				2		2						1							
	SB							1			1	1										1
	SC			1			1	1	1		1	1			1		1					
	SD	1	1				10	1	3		1	2			1	1						
	SE	1					1				1				3	5					1	
	SF														1	2						

## 4 考察

### 4-1 風向偏倚パターンの分類について

本研究では、寶月（2007）と同様の方法によって風向偏倚パターンを分類している。具体的には一般風向からの偏倚量によって類似型あるいは非類似型を判断し、それらの型の空間分布パターンを目視による検討によって判別するという主観性を排除できない方法である。可能性のある客観的な分類手法として、風向の偏倚量に対してベクトルの余弦を類似度とするクラスター分析があり得よう。しかし、寶月（2007）の九州島中部地域の場合と同様に、北部および南部地域の観測値にも「無風」が多数含まれているため、クラスター分析を適用することは困難であり、結果として客観性を十分に備えた分類とはなり得なかった。クラスター分析を援用するとすれば、「無風」をも含めたかたちで風向に関わる類似度を設定することが先ず課題となる。

### 4-2 風向偏倚パターンと一般風の対応関係について

本研究では風向偏倚パターンを求めるために九州島を3地域に区分したが、これら地域のうち北部地域には、その西側と北側が海域であるという水陸分布と、一般風のおもな風向（表3）からも分かるように、風上側で地形条件による風向偏倚が生じ難い気流が高い頻度で海岸地域に流入することとなり、その海岸地域では類似型が現れるが、その後、地上風が内陸へ吹き込んでいく過程で地形により風向偏倚が生じることになると考えられる。ところで、風向に西成分が含まれる一般風の頻度が77

%余りにもなるが(表1)、同時に、西側海岸地域に類似型が集中するNDパターンが2番目に多く出現するパターンである(表4)。この事実は、一見すると上述した考えと整合しているように見える。

一方で、この考え方では明らかに理解が困難なパターンがある。例えば、類似型が海岸地域に限定されるNBパターンの出現頻度が最多であるが、このパターンでは風上、風下に限らず海岸地域に類似型が集中し、上記のNDパターンの場合のような考えでは解釈できない。さらに、全域で類似型が現れるNAパターンや北側の海岸地域を除く東西両側の海岸地域で類似型が現れるCパターンも同様に理解困難である。

既に各偏倚パターンと一般風向の対応関係を示しているが(表5)、西側海岸地域に類似型が集中するNDパターンの場合であっても、東成分を持つ一般風向が吹送している場合が含まれており、先に述べた風上海岸地域に類似型が集中するという考えは必ずしも成り立たない場合があることが分かる。既に表5で示しているように、例えば同じ一般風向WNWである場合に、NAからNEまでの全てのパターンが出現している。この事実は、一般風向が地上風の吹送状態を一義的に規定しておらず、上述の考えが常に成立しているわけではないことを示している。

次に南部地域での偏倚パターンと一般風の対応関係を考察することにする。この地域の場合も表6に示すように、同一の一般風向に対して複数のパターンが発生していることから、やはり、一般風向が一義的にパターンを規定しているわけではないことが分かる。しかし、一般風向がまったく無意味と言うわけではないこともわかる。北部内陸域と九州山地東部山麓から大隅半島にかけての南北に延びる帯状の地帯で非類似型が出現するSDパターンに対応する一般風向は西成分を持つ。山地地域とともに山地に沿って風下の帯状地域に非類似型が現れることから、一般風向と九州山地という地形条件の両者が、この非類似型の出現に深く関わっていると考えることは合理的であると考えられる。

#### 4-3 風向偏倚パターンに及ぼす一般風の風速の影響について

一般風向と偏倚パターンが強い対応関係を示さないことから、一般風向がパターン発生を一義的に規定しているわけではないことが確認できた。そこで、パターンの発生に影響を及ぼす可能性がある他の要因について考察することとする。

同じ風向を持つ一般風であっても、その風速の強弱によって、地形による地上風向の偏倚の程度に違いが生まれる可能性があると考えられることは合理的であろう。そこで、同じ一般風向のもとでのパターンが異なる場合に一般風の風速が異なるのかを、標本数が相対的に多く統計的検定に耐えられると考えられた次の3例で検討した。具体的には、北部地域では一般風向WNWでのNAパターンとNBパターンの組合せの場合、同じく北部地域においてNWでのNAパターンとNBパターンの組合せの場合、さらに南部地域において一般風向がNWでのSAパターンとSDパターンの組合せの場合の3例である。

それぞれの場合でのパターンごとの一般風の風速の平均値間に統計的な有意差があるか否かを検定したところ、いずれの場合も有意差は認められなかった。一般風の風速の強弱が偏倚パターンの出現に対して規定要因となっているとは言えない、と考えられる。

## 5 おわりに

本研究では、西高東低冬型気圧配置のもとで、九州島の北部および南部地域について、一般風向に対する地上風向の偏倚量から、類似型および非類似型を求め、それらの型の空間分布パターンを北部地域については5パターン、南部地域については6パターン設定し、各パターンの出現状況を明らかにした。

本研究では地上風系を解明するのではなく、あくまでも解析対象日の風向偏倚パターンを求めることに留めている。ところで、山地内での地上風系を詳細に解明することは、アメダス観測地点の空間分布密度の粗さから、現時点では一般に困難であろう。低層雲の動きをレーダー等で追尾するなどの方法により気流の状態を解明できるとしても、雲が常に、そして至る所で発生しているわけではないし、まして低層雲とは言え地上風そのものの動きを表現しているとは言い難い。各地点での観測値から内挿的に地点と地点の間の地上風の状態を求めることができれば地上風系を求めることができよう。しかし山地内では地点と地点の間の地形条件などが風系を描けるほどには単純ではない場合がある。気候学的に地上風系を解明することは、現時点でもなお容易ではないと考える。

それゆえ、本研究ではアメダス観測地点における実際の観測値に依って地上風の吹送状態を追求しているが、地上風系を求めず、各観測地点での風向の特性を明らかにすることを目的とした。実際には西高東低冬型気圧配置という条件での分析であり、近傍に顕著な低気圧や前線が存在しないことから、一般風向の空間的代表性も比較的大きく、九州島を北部、中部、南部の3地域に区分したことは妥当と考えられる。換言すれば、移動していく低気圧や前線の影響で上層風の風向が急速に回転移していくような条件では、本研究での地域分割が全く意味を失う場合も十分に考えられる。一般風向の設定とも密接に関連する地域の設定をどうするかは、今後、他の気圧配置型のもとで解析する際の課題のひとつであろう。

## 文 献

- 河村 武 (1963)；北海道における冬の地上風の分布. 気象庁研究時報、15、p.533-537.
- 河村 武 (1966)；中部日本における冬の地上風系——とくに冬の季節風に関連して——. 地理評、39、p.538-554.
- 河村 武 (1970)；南西気流に伴う中部日本の地上風系. 地理評、43、p.203-210.
- 河村 武 (1975)；近畿地方および中国・四国地方東部における地上風系. 地理評、48、p.387-394.
- 河村 武 (1977)；全国地上風分布図, 気象庁技術報告、99、76pp.
- 草野和夫 (1960)；宮城県の気流について. 気象庁研究時報、12、p.709-718.
- 寶月拓三 (2006)；地形性降水の総観気候学的研究における分類基準に関する検討——西高東低冬型気圧配置下の九州島の場合——. 熊本大学社会文化研究 4、p.91-97.
- 寶月拓三 (2007)；西高東低冬型気圧配置下における地形による風向偏倚に関する研究——九州島中部の地上風の場合——. 熊本大学社会文化研究 5、p.15-22.
- Kawamura, T. (1965)；The distribution of surface wind over Hokkaido in winter. Jap. Jour. Geol. Geogr., 36, p.135-141.

**資 料**

気象庁：アメダス観測年報 各年分CD-ROM. 気象業務支援センター発行  
気候影響・利用研究会（2002）；付録B 気圧配置ごよみ（1981～2000年），『日本の気候Ⅰ』，二宮書店，  
275pp. 所収.