

# 農業利用における小規模風エネルギーの

## メッシュデータによる評価方法の研究\*

### 第4報 海岸立地点における風エネルギーの評価方法

橋 口 渉 子\*\*

#### 要 旨

海岸立地点について、標高メッシュおよび土地利用メッシュデータにより風エネルギーの程度を評価する方法を示した。二つのメッシュデータから、カバーする領域やデータ単位区域が異なる5種類のデータを作成、更にこれらを変換して説明変数とした。予測モデルに使用したのは8変数である。季節、昼夜別の12変数からなる風エネルギー供給時間を目的変数とし、39観測地点のデータを用い、回帰主成分分析により予測モデルの係数行列を求めた。この係数行列は、未観測地点を予測する際の定数として使用される。予測モデル選択の基準は、観測地点を順次未観測地点として予測値を算出したときの、予測的中率とした。

#### 1. はじめに

すでに第1～3報で、AMeDAS 観測データからの風エネルギー表現法、各地点の風の特性などを述べた。本稿および次稿で具体的な予測方法と、予測される的中率などを示す。

*i* 地点の予測対象となる目的変数は、*j* 季節 *k* 時間帯において風速 2 m/s以上の風が生ずる頻度  $y_{ijk}$  とする。予測に用いる説明変数の内容および予測の手法は、海岸、内陸の両立地で大きく異なるので、本報では海岸立地点に限定して述べる。

#### 2. 標高および土地利用 メッシュデータ から作成した各データ

国土地理院において作成された国土数値情報のうち、本研究では標高、土地利用および地形分類の各メッシュデータを使用する。このうち地形分類メッシュデータの集録、取り扱い方法については第2報（橋口、1983）で

述べた。ここでは標高と土地利用の各メッシュの取り扱いについて述べる。以下、2.1. 節、2.2. 節については内陸立地点も共通する。

国土数値情報の概要（1980）によれば、本研究で使用するメッシュデータは、緯度間隔40分、経度間隔1度の各1/80の区間でかこまれた、約 1 km 四方の方形領域をデータ単位域とし、地図上の位置を確定できるメッシュコードが付されている。このメッシュを、以後ここでは基準メッシュ（あるいは単にメッシュ）と呼ぶ。基準メッシュは、そのメッシュコードにより、ある地点の緯・経度を与えれば、その地点をふくむメッシュを特定することができる。

##### 2.1. 標高メッシュデータの1次変換による各データ

標高メッシュデータは、基準メッシュ内での16地点の各標高が列記されている。これらからメッシュ内の最高、最低および平均標高を基本データとした。基本データの1次変換により、周辺地形の範囲、データ単位域の面積がそれぞれ異なる3種類のデータとした。

標高メッシュデータをこのように異なる3種に変換したのは、該当地点近傍の地形条件、広範囲の周辺地形条件のいずれも必要と考えたからであり、同時に標高データの加工が容易で扱いやすいためである。

\* Estimation of small scale wind energy for agriculture by using mesh data.

4. Estimation of wind energy at a seaside point.

\*\* Shoko Hashiguchi, 農林水産省畜産試験場。

—1984年2月24日受領—

—1984年6月4日受理—

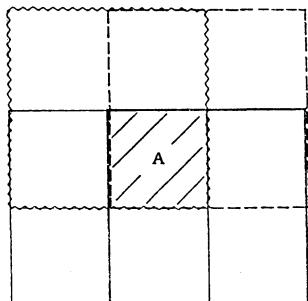
第1表 地点別倍メッシュ標高データの例(ヨコハマ)。

*** ヨコハマ バイメッシュ マトリックス (カントリーテンバー)													
カントリーテン コード = 46106 ホクイ = 35 ト" 26.2 フ"ン							カントリーテン メイ = トウケイ = 139 ト" 39.4 フ"ン						
10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	1	1	2	3
10	130	120	100	90	110	90	80	58	45	30	32	29	30
	60	44	40	30	37	45	25	17	12	8	7	7	7
9	130	115	80	70	80	80	50	48	12	20	24	20	
	50	48	25	23	22	30	20	11	7	7	5	5	4
8	109	100	100	90	60	60	48	48	40	30	6	5	5
	80	65	45	28	19	19	15	6	6	5	5	3	3
7	106	100	85	70	60	70	45	40	30	30	6	5	5
	85	58	28	23	19	16	12	6	4	3	3	3	2
6	101	95	90	80	60	70	60	45	40	40	40	5	5
	86	60	28	23	13	12	6	5	4	3	3	1	0
5	90	86	100	90	80	50	40	40	32	45	45	30	2
	69	60	50	38	13	8	6	4	4	8	3	1	0
4	78	79	79	85	83	85	82	53	40	40	40	30	6
	54	69	57	53	35	30	19	4	4	2	2	2	2
3	80	73	70	94	82	81	82	60	50	30	20	3	6
	38	50	48	57	41	27	12	16	3	2	2	2	2
2	70	65	65	82	90	84	82	56	50	2	2	--	--
	34	45	44	49	49	42	7	2	2	0	0	--	--
1	65	55	58	76	93	90	80	65	65	40	40	3	--
	23	35	34	40	34	35	12	2	2	2	1	1	--
1	55	54	55	70	80	78	80	91	65	50	40	3	--
	19	30	33	32	23	20	12	3	2	2	2	1	--
2	55	49	48	62	65	55	75	60	50	50	41	--	--
	5	15	23	26	16	14	22	3	2	2	2	--	--
3	45	43	40	45	64	65	70	80	70	2	3	--	--
	14	15	17	25	10	10	17	8	2	2	0	--	--

注1) 下方行番号、右の列番号とともに10まで収録したが本表では省略した。

2) 上段最高、下段最低標高(単位 m)を示す。

3) 表中矩形内が第1図に対応する。



第1図 倍メッシュ標高データ中央部において9個の基準メッシュから4個の倍メッシュを作る方法。

注) 波線、破線などで各倍メッシュを表す。図中のAが、該当地点をふくむ基準メッシュであり、いずれの倍メッシュにもふくまれる。

#### 2.1.1. 地点別メッシュ標高データ

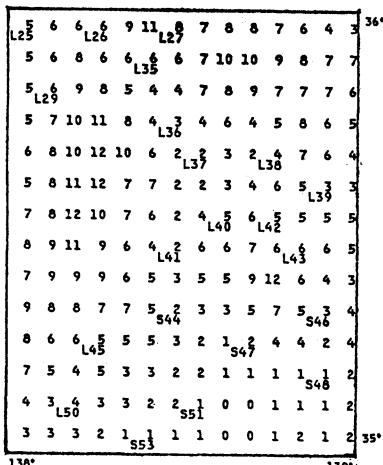
該当地点から約1.5 kmの範囲を対象に、基準メッシュをデータ単位とする。すなわち地点ごとに、その地点

をふくむメッシュを中心に、(3×3=) 9個の基準メッシュの各々がもつ最高、最低および平均の各標高をデータとし、地点別メッシュ標高データとよぶ。このデータおよびあとに述べる土地利用データが、狭い領域での地点近傍地形を反映する。

#### 2.1.2. 地点別倍メッシュ標高データ

該当地点からの距離約20 kmの範囲を対象とし、(2×2=) 4個の基準メッシュ単位での最高、最低標高を地点別倍メッシュ標高データと呼ぶ。ここでいう倍メッシュとは、基準メッシュ4個ずつを順次系統的に統合するものではない。該当地点を中心に編集するものであり、ひとつの基準メッシュのデータを、ふたつの倍メッシュデータに重複して用いることもある。以下にその編集手順を述べる。

該当地点をふくむメッシュを中心に、(3×3=) 9個の基準メッシュをとる。そして第1図のように、基準メッシュの重複使用により、9個のメッシュから4個の倍メッシュのデータを作る。4個の倍メッシュのいずれに



第2図 標高段階データの例示。

注) 基準メッシュの平均標高を、緯度、経度ともに4分30秒の単位で平均し、200mきざみで表した。L, Sのつく番号で、それぞれ内陸、海岸の地点位置を示す。

も、該当地点をふくむ基準メッシュが使われる。次にこの9個の基準メッシュ領域を、南北両方向に帯状に伸ばし、両方向ともに(18×3=)54個の基準メッシュを取り、それらの重複使用により、(9×2=)18個の倍メッシュデータを得る。東西の両方向についても同様に、それぞれ(3×18=)54個の基準メッシュから(2×9=)18個の倍メッシュのデータが作られる。以上により、(20×20=)400個の地点別倍メッシュのデータのうち、中央の十字形部分が作られたことになる。残る部分では、順次4個の基準メッシュを重複することなく使用する。

第1表に、横浜のデータ例を一部割愛して示す。表中の破線は海域を示すもので、4個の基準メッシュのうち2個以上が海域のとき、それらによる倍メッシュは海域にあるとした。表中、行(列)番号1をもち隣接している倍メッシュは、2個の基準メッシュを互いに重複して使用している。したがって地点別倍メッシュ標高データは、約39kmの方形を領域とする。

第1報で、88の観測地点を海岸、内陸の両立地に分類したが、詳細にはふれなかった。上の、地点別倍メッシュ標高データのうち、すくなくともひとつが海域であるとき、その地点を海岸立地とする。それ以外の地点は内陸立地である。

なお、このデータは主として中心部分(基準メッシュ

第2表 土地利用データの例(ヨコハマ)。

利 用 内 容	面 積 (km <sup>2</sup> )
タンボ	0.000
ハタケ	0.013
カジュエン	0.000
ジユモクバタケ	0.000
シンリン	0.148
アレチ	0.040
タテモノ(A)	3.174
タテモノ(B)	1.448
カンセンコウツウ	0.844
ソノタノヨウチ	1.493
コショウ	0.008
カセンチ(A)	0.138
カセンチ(B)	0.000
カイヒン	0.000
フメイ	0.124
ケイ	7.431

注1) ヨコハマをふくむメッシュを中心とする9メッシュの合計面積を示す。

注2) 海域の面積はふくまれていない。

9個) 外側の地形条件把握を狙いとする。

### 2.1.3. 標高段階データ

本研究で使用する88観測地点は、必要とする周辺区域もふくめ、北緯34~39度、東経137~140度の内部にある。この範囲で標高データをマクロに集約した。北緯34度、東経137度を起点として、緯、経度ともに4分30秒ごとに平均標高(H)を算出し、 $0 < H \leq 200$ mを1,  $200 < H \leq 400$ mを2, …と変換して標高段階データと呼ぶ。このデータ単位域は、基準メッシュ(9×6=)54個に相当する。そして、設定区域内では、基準メッシュの重複も空隙もなく系統的に順次54個ずつ使用する。したがって、ある地点(緯・経度)がどのデータ単位にふくまれるか、を特定できる。第2図に標高段階データの一部を示す。

### 2.2. 土地利用メッシュからのデータ

該当地点をふくむ基準メッシュを中心に、(3×3=)9個の各メッシュにおける土地利用項目別面積を合計する。この項目別面積合計を、地点別土地利用データとする。第2表に横浜のデータを例示した。

### 2.3. 地点別海陸マトリックス

海岸立地39地点についてだけ、地点別倍メッシュ標高データの中央(6×6=)36個について、海域であれば

0, 地陸は1におきかえ, 地点別海陸マトリックスと呼ぶ. このデータは, 海度の高い地点について, 海岸線の形状を把握するためのものである.

### 3. 予測モデルと予測手法

前章で述べた各データを更に変換して, 個々の説明変数を作り, 使用する変数を決定すれば, 予測モデルが確定する.

以下で先ず, 説明変数作成の考え方および予測モデル選択の判断基準について述べる.

#### 3.1. 説明変数作成の考え方

風速と地形との関係を定量的に調べるために, 地形因子解析がある(本間, 1979). この手法は, 計算のための統計手法は必ずしも固定せず, 気象要因に影響するであろう説明変数の作り方に特色がある. Spreen (1947) は, 共軸相関法にこれらの変数を使用したが, 近年は重回帰, 数量化 I 類手法などの適用もみられる. 小峯ら (1980) によるメッシュデータから重回帰式を作成する研究, 荒木 (1979) による数量化 I 類を適用して山地を対象とした研究, などがみられる.

本研究における目的変数は, 季節, 昼夜別の風エネルギー供給時間  $y_{ijk}$  とするが,

$$y_{ijk} = q_{jk} + p_{ijk} \quad (1)$$

なる  $p_{ijk}$  を説明変数から予測し,  $q_{jk}$  は定数と考える. 目的変数が 1 变数でないため, 回帰主成分手法を用いるが, 説明変数の作成にあたっては地形因子解析の考え方および小峯ら(前掲)の研究を参照した. 具体的には, たとえば遮蔽度を表す变数を作るとき, 遮蔽度の定義内容の異なる变数をいくつか作ってそれぞれ各地点の(測定)値を定め, それらの値が強・中および弱風の各群(第3報)で示す傾向を見て取捨を判断した. 個々の変数の具体的な内容は, この作業により確定したものが多い.

#### 3.2. 予測モデル選択の考え方

予測の成否は予測モデルに左右されるので, モデルの選択基準が重要となる. ここでは以下の考え方で予測モデルを選択した.

##### 3.2.1. 模擬予測による予測的中率の把握

観測地点を順次未観測地点のごとく扱って予測値を算出する. すなわち内陸, 海岸ともに地点数を  $L$  とすると, 順次 1 地点のデータを除外して  $(L-1)$  組のデータから係数行列を算出し, この係数と除外地点がもつ説明変数のデータとを用いて, 予測値を算出する. この操作

を  $L$  回繰り返せば, 全地点について予測値が算出される. 実際の未観測地点における予測と区別するため, 以後これを模擬予測およびこれによる予測値を模擬予測値と呼ぶ.

各模擬予測値に対し,  $\pm 20\%$  の許容幅をつけて上・下限値とし, 実測値がこの範囲にふくまれている地点数の比率を予測的中率とする. 予測的中率を重視して予測モデルを選択する.

なお, 上の許容幅は便宜的なものにすぎないが, 簡単であること, 模擬予測値が大きい場合は許容幅も広くなつて差し支えないであろうこと, から判断を容易にするため定めた.

##### 3.2.2. 算出された係数の妥当性について

各説明変数に対して与える係数が当を得たものか否か, も判断の材料としたので以下にその考え方についておく. 風と地形との関係についての既知の情報が, モデル作成にとって重要なものであることは第2報で述べた. しかし, 個々の説明変数の作成にあたり, 知見を反映させ得たとしても, モデルとして組み合わせて用いるとき, 算出された係数はしばしば既往の知見にそわないことがある. たとえば海度を示す説明変数に負の係数が算出され, 海度が高いほど予測値を弱風にしなければならないならば, 当を得た係数とは云い難いであろう. このようなモデルは, 原則として選択すべきでないと考える. また, 上述のように全地点について模擬予測を行うとき, 係数行列はその都度異なるので, 個々の係数の  $L$  回の繰り返しが, あまり大きく変化せず安定していることが望ましい.

#### 3.3. 回帰主成分分析による予測手法

海岸においては, 前章で述べた各データによる説明変数だけを使用し, 地形分類データを使用しないので, 第2報で述べた手法ではなく, 一般的な回帰主成分分析を適用する.

変形主成分分析のひとつとして Rao, C.R. (1964) により呈示された回帰主成分手法は, 目的変数である  $p \times L$  の行列  $\mathbf{Y}$ ,  $q \times L$  の説明変数行列  $\mathbf{Z}$  があるとき,

$$|\mathbf{Z}\mathbf{Y}'\mathbf{Y}\mathbf{Z}' - \eta^2 \mathbf{Z}\mathbf{Z}'| = 0 \quad (2)$$

を満たす固有ベクトルから,  $q \times q_1$  の行列  $\mathbf{H}$  を導出する. そして  $\mathbf{H}$  は,  $\mathbf{X} = \mathbf{H}'\mathbf{Z}$  上の  $\mathbf{Y}$  の回帰を最大にするよう求められる. このとき,  $\mathbf{Y}$  の推定値行列  $\hat{\mathbf{Y}}$  は,  $p \times q_1$  ( $q_1$  は主成分の数) 行列  $\mathbf{B}$  に対し

$$\begin{aligned} \hat{\mathbf{Y}}' &= \mathbf{X}'\mathbf{B}' \\ &= \mathbf{Z}'\mathbf{H}\mathbf{B}' \end{aligned} \quad (3)$$

と書ける。行列  $\mathbf{H}$  はもとの説明変数から主成分を求めるための“重み”であり、 $\mathbf{B}$  は回帰係数行列である。

式(2)で使用される行列  $\mathbf{Y}, \mathbf{Z}$  はいずれも平均値0をもつ  $k$  個の目的変数、 $q$  個の説明変数によるデータ行列である。式(1)の  $p_{ijk}$  を要素とする  $12 \times 39$  の行列は平均値0をもつのでこれを  $\mathbf{Y}$  とすれば、式(3)は  $p_{ijk}$  の推定値を与える。行列  $\mathbf{Z}$  を、平均からの偏差値によるデータ行列とし、ある予測地点のもつ  $q$  個の説明変数のデータ(ベクトル  $\mathbf{z}_0$  とする)も、同じ平均からの偏差値とする。季節、昼夜別の風エネルギー供給時間すなわち  $y_{ijk}$  に相当する値の予測値をベクトル  $\tilde{\mathbf{y}}_0$  で表すと

$$\tilde{\mathbf{y}}_0' = \mathbf{z}_0 \mathbf{H} \mathbf{B}' + \bar{\mathbf{y}}' \quad (4)$$

ここに  $\bar{\mathbf{y}}'$  は  $q_{jk}$  を要素とするベクトルである。

### 3.4. 予測モデルについて

#### 3.4.1. 各説明変数と予測に用いられる係数行列

標高、土地利用メッシュからの1次変換データを再び変換し、行下の8変数とした。

#### X<sub>1</sub>: 標高

該当地点の標高を  $H_0 m$  として

$$X_1 = \log(H_0 + 6)$$

#### X<sub>2</sub>: 森林度

9個の基準メッシュによる土地利用面積合計のうち、森林面積を  $X_2$  とする。

#### X<sub>3</sub>: 遮蔽度

地点別メッシュ標高データの9メッシュのうち

$$A = (\text{最高標高} - H_0 \geq 100 \text{ a のメッシュ数})$$

$$B = (\text{最低標高} > H_0 + 6 \text{ のメッシュ数})$$

を数える。ただし  $H_0 \leq 99$  のとき  $a=1$

$$99 > H_0 \geq 100 \text{ のとき } a=2$$

$$H_0 \geq 1,000 \text{ のとき } a=3.$$

$$X_3 = (A+B)/4 \quad \text{とする.}$$

#### X<sub>4</sub>: 近傍起伏特性

地点別メッシュ標高データのうち、海域でないすべてのメッシュが

$$((\text{最高標高} - \text{最低標高}) / (H_0 + 6)) < 2.0$$

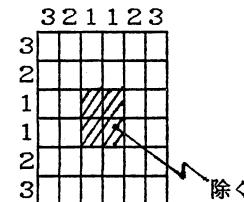
のとき、 $X_4=1$ 、他は  $X_4=0$  とする

#### X<sub>5</sub>: 低地平坦特性

標高段階データを用いる。該当地点をふくむ標高段階データを中心とした( $5 \times 5 = 25$ )個のすべてが0(海域もふくむ)か1であるとき、 $X_5=1$ 、他は  $X_5=0$  とする。

#### X<sub>6</sub>: 起伏特性

1984年8月



第3図 起伏特性作成に用いる地点別倍メッシュ標高データ。

地点別倍メッシュ標高データのうち、第3図のように中心部分を除く32個を用いる。各メッシュの最高、最低標高により

起伏率 = (最高標高 - 最低標高) / (最低標高 + 5) を、それぞれ計算する。

$$A_1 = (\text{起伏率} \geq 10.0 \text{ のメッシュ数})$$

$$A_2 = (\text{起伏率} \geq 20.0 \text{ のメッシュ数})$$

とし、 $A_1 + A_2 \geq 10$  のとき  $X_6=1$ 、それ以外のときは  $X_6=0$  とする。

#### X<sub>7</sub>: 遮蔽度 × 起伏特性

$$A = X_3 \cdot X_6 \text{ とし}$$

$$A \leq 1 \text{ のとき } X_7 = A$$

$$A > 1 \text{ のとき } X_7 = 1 \text{ とする}$$

#### X<sub>8</sub>: 岬特性

地点別海陸マトリックス、すなわち36個の0または1の2値データを用いる。これらを第4図のように、 $m_{ij}$  と書く。

	3	2	1	1	2	3	i
j	$m_{11}$	$m_{12}$	$m_{13}$	$m_{14}$	$m_{15}$	$m_{16}$	B 1
	$m_{21}$	$m_{22}$	$m_{23}$	$m_{24}$	$m_{25}$	$m_{26}$	B 2
	$m_{31}$	$m_{32}$	$m_{33}$	$m_{34}$	$m_{35}$	$m_{36}$	B 3
	$m_{41}$	$m_{42}$	$m_{43}$	$m_{44}$	$m_{45}$	$m_{46}$	B 4
	$m_{51}$	$m_{52}$	$m_{53}$	$m_{54}$	$m_{55}$	$m_{56}$	B 5
	$m_{61}$	$m_{62}$	$m_{63}$	$m_{64}$	$m_{65}$	$m_{66}$	B 6
	A 1	A 2	A 3	A 4	A 5	A 6	

第4図 地点別海陸マトリックス。

$A_1 \sim A_6, B_1 \sim B_6$  は、それぞれ各列、行の和であり、それらにおいてデータが1をとるもの数である。

$$\text{グループ } 1 : A_j - A_{j+1} = C_j, j=1, 2$$

第3表 各地点がもつ説明変数の値。

カントリーテン NO.	メイ	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1	アツキ"	1.362	0.18	0.0	1	0	0	0.0	0
2	ヨコハマ	1.654	0.15	0.0	1	1	0	0.0	1
3	オタワラ	1.532	0.46	0.5	0	0	0	0.0	0
4	エノシマ	1.820	0.11	0.0	1	1	0	0.0	0
5	ミウラ	1.682	1.93	0.0	1	1	0	0.0	1
44	ナンブ"	2.150	5.49	2.0	0	0	0	0.0	0
46	ゴテンバ"	2.676	0.52	0.2	1	0	0	0.0	0
47	ヨシワラ	1.820	1.61	1.5	1	0	0	0.0	0
48	ミシマ	1.415	1.13	0.2	0	0	0	0.0	0
51	シミズ"	0.955	0.12	1.0	0	0	1	1.0	0
52	アシ"ロ	1.664	1.72	0.5	0	0	1	0.5	0
53	シズ"オカ	1.302	0.24	0.0	0	0	1	0.0	0
55	ハママツ	1.580	0.60	0.0	1	1	0	0.0	0
56	マキノハラ	2.293	3.65	0.0	1	0	0	0.0	0
57	マツサ"キ	1.323	3.50	1.7	0	0	1	1.0	0
58	イナトリ	2.134	2.62	0.7	0	0	1	0.7	0
59	フクテ"	0.955	0.61	0.0	1	0	0	0.0	0
60	オマエサ"キ	1.708	0.73	0.0	1	1	0	0.0	1
61	イロウサ"キ	1.786	3.41	0.7	0	0	1	0.7	1
62	アワシマ	1.000	3.25	1.7	0	1	0	0.0	1
63	フタツカメ	1.663	2.65	1.0	0	0	1	1.0	1
64	ムラカミ	1.415	4.22	0.2	0	0	1	0.2	0
65	アイカワ	1.613	4.51	1.5	0	0	1	1.0	1
66	リヨウツ	0.846	0.28	0.0	0	0	1	0.0	0
67	ナカシ"ヨウ	1.362	0.44	0.0	1	0	0	0.0	0
68	シモセ"キ	1.624	2.73	0.5	0	0	0	0.0	0
69	ニイガ"タ	0.904	0.03	0.0	0	1	0	0.0	0
70	ハモチ	1.362	5.48	2.5	0	0	1	1.0	0
71	ニイツ	0.955	0.00	0.0	1	0	0	0.0	0
72	マキ	0.904	0.00	0.0	1	1	0	0.0	0
73	テラト"マリ	0.904	2.40	0.5	0	1	1	0.5	0
74	サンシ"ヨウ	1.205	0.00	0.0	1	0	0	0.0	0
76	ナカ"オカ	1.463	0.00	0.0	1	0	0	0.0	0
77	カシワサ"キ	1.114	1.63	0.2	0	0	1	0.2	0
79	オオカ"タ	1.415	1.74	0.0	1	0	0	0.0	0
81	タカタ"	1.279	0.20	0.0	1	0	0	0.0	0
82	ヤスツ"カ	2.150	3.87	1.5	1	0	0	0.0	0
84	イトイカ"ワ	1.114	0.54	0.2	0	0	1	0.2	0
85	ノウ	1.786	4.49	2.7	0	0	1	1.0	0
** ハイキン		1.4895	1.724	0.55	0.5	0.2	0.4	0.23	0.2

第4表 海岸立地点の風エネルギー供給時間予測に用いる係数行列。

## \*\*\* ケイスウ リスト \*\*\*

	JANUARY			APRIL			JULY			OCTOBER		
	1 - 8	9 - 16	17 - 24	1 - 8	9 - 16	17 - 24	1 - 8	9 - 16	17 - 24	1 - 8	9 - 16	17 - 24
X1	-0.4835	0.0735	-0.2134	1.0945	0.5263	1.2276	0.9093	0.5823	1.2201	1.0632	0.8951	1.0626
X2	-0.0912	-0.2223	-0.1722	-0.2359	-0.2798	-0.3956	-0.1868	-0.3805	-0.4968	-0.0684	-0.4068	-0.2817
X3	-0.4107	-0.2851	-0.4397	-0.7756	-0.2335	-0.5817	-0.5774	-0.0662	-0.4148	-0.8222	-0.3314	-0.7580
X4	1.8093	0.6458	1.4262	1.0163	0.0834	0.3973	0.4740	-0.2314	-0.0847	1.1979	0.0189	0.6443
X5	0.7971	0.0078	0.5564	0.6668	-0.2512	0.2313	0.6829	-0.1689	0.2196	1.0760	-0.1822	0.4251
X6	1.6541	0.6063	1.3627	1.3140	0.0731	0.6350	0.9142	-0.2136	0.2493	1.6162	0.1032	1.0396
X7	1.6036	1.0910	1.6427	1.4605	0.6524	1.0377	0.9822	0.1063	0.6326	1.3079	0.7195	1.6470
X8	0.8472	0.7519	1.0572	1.1630	0.3812	1.2171	1.6836	0.8925	1.9862	1.1624	0.8649	1.5899

第5表 季節別および昼夜別の平均供給時間予測のための係数行列。

説明変数	目的変数	季節別				昼夜別		
		1月	4月	7月	10月	アサ	ヒル	ヨル
標高	$X_1$	-0.23	0.95	0.89	1.02	0.61	0.48	0.89
森林度	$X_2$	-0.15	-0.30	-0.35	-0.26	-0.13	-0.30	-0.37
遮蔽度	$X_3$	-0.41	-0.54	-0.36	-0.62	-0.70	-0.29	-0.47
近傍起伏特性	$X_4$	1.27	0.47	0.06	0.64	1.13	0.14	0.56
低地平坦特性	$X_5$	0.48	0.24	0.22	0.43	0.77	-0.18	0.44
起伏特性	$X_6$	1.09	0.64	0.34	0.86	1.29	0.10	0.81
遮蔽度×起伏特性	$X_7$	1.58	1.09	0.51	1.30	1.43	0.67	1.27
岬特性	$X_8$	0.87	0.90	1.54	1.21	1.23	0.75	1.41

$$\text{グループ } 2 : A_{j+2} - A_{j+1} = C_j, \quad j=3, 4$$

において、グループ1およびグループ2のいずれにも、少なくともひとつ負の  $C_j$  があるとき  $X_8=1$  とし、それ以外は下記による。

$$\text{グループ } 3 : B_i - B_{i+1} = D_i, \quad i=1, 2$$

$$\text{グループ } 4 : B_{i+2} - B_{i+1} = D_i, \quad i=3, 4$$

において、グループ3および4のいずれにも、少なくともひとつ負の  $D_i$  があるとき、 $X_8=1$ 、他は  $X_8=0$  とする。

以上の8変数についての各地点の値を第3表に示す。第3表のそれぞれの値から、下段に記した平均値を引くと、この  $39 \times 8$  の行列が  $\mathbf{Z}'$  である。式(4)により実際に予測に使われる係数行列  $\mathbf{HB}'$  を第4表に示した。式(4)における  $\bar{\mathbf{y}}$  の各要素は、第1報第4表に示したので、予測値算出に必要なすべてのパラメータは確定されたことになる。海岸立地点における予測システムでは、これらのパラメータを所与のものとして保有し、予測地点のベクトル  $\mathbf{z}_0$  を作出すれば、式(4)により各供給時間の予測値を算出できる。

### 3.4.2. 係数行列の考察

考察を容易にするため、 $\bar{y}_{ij}$  および  $\bar{y}_{i+k}$  を目的変数とした場合の係数行列を第5表に示す。第5表は第4表の各平均値でもある。これらの係数の値には、変数相互の関係も反映されるから、以下で個々の係数について若干の考察を行うが、それらの考察を通じて、モデルの検討を意図するものである。

変数  $X_1$  の設定理由は次のとおりである。① 各地点のもつ  $H_0$  の差異からみて、 $H_0$  が大きいほど強く作用するような何らかの変換が必要と考える。② 地上高と風速との関係は対数尺度が成り立つが、山岳の風につい

ては山岳表面の摩擦のため、自由大気中の風速に比べて、山岳頂上の風速のほうが一般に小さく、米国の調査では、平均的に  $1/2$  くらいといわれている（本間、1979）。したがって、対数をとり更に  $1/2$  を乗ずる変換が考えられるが、変数変換としての定数の乗除は、係数に影響するだけであるから、結果的には対数変換と変わらない。③ 対数変換を前提とすると、 $H_0$  が  $1\text{ m}$  の地点があるため、若干の定数を加えてのちに変換することが望ましい。④ AMeDAS のデータは、風速計の地上高  $6\text{ m}$ （本間、前掲）、と一定であるから、便宜上この値を加える。この結果、 $X_1$  の係数はおおむね正值であり、標高が高いほど強風であることを示しているが、1月だけは負値となる。この負値が妥当なものかどうか明らかなのが、標高があまり高くなく且つ強風の地点では、特に1月の風が強い傾向（第3報）があり、この事実の反映と思われる。しかし一般化し得るかどうかの問題は残る。

吉野（1961）によれば、森林の内部では風速は森林の縁からの距離に応じて指數関数的に減少する。ここでの該当地点が森林内部にあるとは限らないので、周辺の森林が多いほど風を弱める、と単純な想定により森林面積のまま使用した。得られた係数もこの考えを裏づけており、森林が風速に及ぼす影響は、日中よりも夜間に大きい（吉野、前掲）傾向も若干ながら認められる。

$X_3$  は遮蔽度、 $X_4$  と  $X_6$  は起伏をあらわす。 $X_4$  は該当地点近傍の起伏量が観測点の高さに比べてすべて小さいとき1を与える、 $X_6$  はその（ $X_4$  で用いた区域）外側の起伏率が大きいメッシュが多いときに1を与えた。第5表の係数はどちらもすべて正值であるので、周辺の起伏が風に与える影響は、該当地点までの遠近により異なる

## 農業利用における小規模風エネルギーのメッシュデータによる評価方法の研究

第6表 回帰主成分を形成する各説明変数の重み。

説明変数 \ 主成分	1	2	3	
標高	$X_1$	0.12	-0.29	-0.25
森林度	$X_2$	-0.05	0.04	-0.02
遮蔽度	$X_3$	-0.09	0.00	0.12
近傍起伏特性	$X_4$	0.11	0.27	-0.08
低地平坦特性	$X_5$	0.06	0.06	-0.00
起伏特性	$X_6$	0.14	0.16	-0.10
遮蔽度×起伏特性	$X_7$	0.21	0.22	-0.21
岬特性	$X_8$	0.21	-0.12	0.29
固有値		116.25	10.11	1.75
対角和比率 <sup>1)</sup>		45.2%	3.9%	0.7%

1)  $\bar{p}_{ij}$  に基づく対角和は 257.07 である。

ものである。このことが妥当か否かを判断する知見は見出していない。 $X_6$  は、遮蔽度が高いにもかかわらず風が強い地点で、高い起伏率をもつメッシュが多いことがデータで観察されたため導入したものであり、遮蔽度との交互作用効果の変数を  $X_7$  とした。 $X_3$  の係数が負、 $X_7$  のそれが正であるから、一般に遮蔽が強いほど風を弱くするが、周辺の起伏が大きいときはむしろ遮

第7表 回帰主成分における目的変数への回帰係数。

目的変数 \ 主成分	1	2	3
1月	5.15	2.63	0.37
4月	5.17	-0.64	-0.66
7月	5.16	-1.65	0.93
10月	6.03	-0.29	-0.55

第8表 季節別平均供給時間の予測値範囲と実測値。

地点番号	地点名	1月		4月		7月		10月	
		予測値の範囲 最大値	実測値 最小値	予測値の範囲 最大値	実測値 最小値	予測値の範囲 最大値	実測値 最小値	予測値の範囲 最大値	実測値 最小値
1	厚木	6.3	4.2	3.6	6.2	4.1	5.5	5.0	3.3
2	横浜	7.9	5.3	5.9	7.9	5.3	6.8	7.5	5.0
3	小田原	4.7	3.1	2.5	5.8	3.9	3.7	5.1	3.4
4	江ノ島	7.5	5.0	3.2	7.8	5.2	4.0	6.5	4.3
5	三浦	7.7	5.1	5.1	7.2	4.8	6.4	6.7	4.5
44	南部	1.8	1.2	3.0	2.5	1.7	4.1	1.8	1.2
46	御殿場	5.1	3.4	5.4	7.4	5.0	6.2	5.6	3.7
47	吉原	4.7	3.1	4.8	5.1	3.4	4.8	4.3	2.9
48	三島	4.4	3.0	3.2	5.2	3.4	4.6	4.4	2.9
51	清水	7.6	5.1	6.0	6.4	4.3	6.1	4.9	3.2
52	網代	6.3	4.2	4.6	7.0	4.7	4.7	5.6	3.7
53	静岡	6.2	4.1	4.4	6.4	4.3	5.3	5.3	4.5
55	浜松	6.1	4.1	7.2	6.3	4.2	6.8	5.1	3.4
56	牧の原	5.5	3.7	3.9	6.0	4.0	5.1	4.3	2.9
57	松崎	6.5	4.4	4.5	5.4	3.6	4.4	3.7	2.5
58	相模	6.5	4.4	4.6	7.2	4.8	5.0	5.9	3.9
59	福田	6.1	4.0	5.6	5.5	3.7	5.2	4.3	2.8
60	御前崎	7.1	4.8	7.6	7.5	5.0	7.4	7.0	4.7
61	石巻崎	6.8	4.6	7.3	7.0	4.6	7.1	6.1	4.1
62	栗島	6.6	4.4	2.6	6.9	4.6	6.1	6.9	4.6
63	二ツ尾	8.0	5.3	6.3	7.9	5.3	5.8	6.9	4.6
64	村上	5.9	3.9	3.9	5.5	3.7	3.8	4.1	2.7
65	相川	7.0	4.7	6.7	6.4	4.2	6.0	5.6	3.7
66	湘南	6.3	4.2	4.6	5.8	3.8	5.0	4.0	2.7
67	中条	6.0	4.0	5.9	6.2	4.1	4.8	5.0	3.3
68	下関	3.7	2.4	3.7	4.6	3.1	4.3	4.2	2.8
69	新潟	4.5	3.0	5.9	4.8	3.2	5.8	3.9	2.6
70	羽茂	5.9	3.9	4.0	4.3	2.9	3.3	2.6	1.7
71	新津	6.1	4.1	6.0	5.6	3.7	6.0	5.0	3.0
72	巻	6.8	4.5	6.0	6.1	4.1	5.0	5.1	3.4
73	寺泊	6.6	4.4	6.4	5.6	3.7	5.1	4.0	2.7
74	三条	6.3	4.2	4.7	6.3	4.2	4.1	5.1	3.4
76	長岡	6.1	4.1	5.2	6.4	4.3	5.5	5.3	3.5
77	柏崎	6.1	4.0	5.2	5.9	3.9	4.6	4.7	3.1
79	大潟	5.9	3.9	4.5	6.1	4.1	2.7	4.9	3.2
81	高田	6.2	4.1	4.9	6.2	4.1	4.5	5.1	3.4
82	安塙	4.5	3.0	3.9	4.6	3.1	4.6	3.6	2.4
84	糸魚川	5.9	3.9	6.9	6.0	4.0	6.3	4.9	3.7
85	能	5.3	3.5	5.1	4.8	3.2	4.1	3.6	2.4

注) 実測値下線は、それが(模擬)予測値の範囲にふくまれていることを示す。

蔽が風を強くすることを示す。また  $X_4$ ,  $X_6$ ,  $X_7$  において、夏およびヒルの係数が小さく、第4表をみると、7月のヒルには  $X_4$ ,  $X_6$  ともに負の係数をもつ。このように、風に与える起伏の影響は、季節、昼夜によるちがいが大きいが、このことの妥当性も明らかでない。

$X_5$  は、マクロにみて低く平坦な広がりのなかに立地する地点に、強風傾向が観察されたので導入した。本間（前掲）によれば、平地では銚子や寿都のような（日中に風の強い）日変化が多い。しかし第5表の係数は、この記述とは逆の結果となっており、ここでも検討の余地が残されている。 $X_8$  は、該当地点が岬または島に位置するか否かを簡単な方式で表現したものであるが、岬などが強風であることは示されている。

以上のことから、必ずしもモデルの妥当性を主張するものではない。検討を要することは残されているが、今後の問題と考える。

### 3.4.3. 回帰主成分の考察

回帰主成分の考察のため、第6および7表に  $\bar{y}_{ij}$  に対する主成分の重み  $H$  と回帰係数  $B$  を示した。この場合の式(2)の  $Y$  の要素は、 $\bar{y}_{ij} - \bar{y}_{j\cdot} = l_i + u_{ij}$  である。

第1主成分の寄与（対角和比率）が特に大きく、これに対応する回帰係数の値はすべて正でほぼ同じ程度であるから、地点平均値  $l_i$  を説明する軸と考えられる。各説明変数を基準化していないため、 $H$  の各値は各変数がもつ分散の大きさに依存する。しかし  $l_i$  に対し、森林度と遮蔽度の大きさが風を弱め、他の変数の大きさが風を強くすることはいえる。第2主成分は、 $B$  の各値からみて、 $u_{ij}$  における1月と7月との対比を示すと思われる。このことは、各地点のもつ  $u_{ij}$  の動きは、1月と7月とで正負が逆転するふたつのパターンがもっとも一般的であるとした（第1報）ことを裏づける。また、前報で示した季節変動のパターン1は、1月に負値で7月は正であり、パターン2と3が、1月に正值で7月に負となる。第2主成分の1月の回帰係数は正であるから、主成分得点が高い地点は、季節変動のパターンは2または3であり、負の得点をもつ地点はパターン1であろうことが分かる。

各地点における主成分得点の表示は省略し、要点にふれておく。第1主成分では、前報で強（弱）風群に分類された地点の得点が高（低）く、最高得点は横浜、御前崎、最低得点は南部である。第2主成分の得点が高い地点は羽茂と寺泊であり、御殿場、小田原の得点が低い。

第9表 平均供給時間の予測値範囲と実測値および推定値。

地点番号	地点名	予測値の範囲		実測値	推定値
		最大値	最小値		
1	厚木	5.7	3.8	4.5	4.7
2	横浜	7.7	5.1	6.4	6.4
3	小田原	5.1	3.4	3.1	3.9
4	江ノ島	7.2	4.8	3.4	5.4
5	三浦	7.2	4.8	5.7	6.0
44	南部	1.8	1.2	3.7	2.3
46	御殿場	6.1	4.1	5.9	5.4
47	吉原	4.5	3.0	4.4	3.9
48	三島	4.6	3.0	3.8	3.8
51	清水	6.0	4.0	5.8	5.3
52	網代	6.3	4.2	4.2	5.1
53	静岡	5.9	3.9	4.6	4.8
55	浜松	5.8	3.9	6.4	5.1
56	牧の原	5.2	3.5	4.7	4.4
57	松崎	5.2	3.4	3.9	4.2
58	稲取	6.6	4.4	4.3	5.2
59	福田	5.1	3.4	4.9	4.4
60	御前崎	7.2	4.8	7.3	6.3
61	石巻崎	6.7	4.5	6.9	5.9
62	栗島	6.6	4.4	1.8	3.7
63	二ツ亀	7.6	5.1	5.7	6.2
64	村上	5.0	3.4	3.5	4.0
65	相川	6.3	4.2	5.9	5.4
66	両津	5.3	3.6	4.6	4.5
67	中条	5.6	3.7	4.7	4.7
68	下関	4.1	2.7	3.2	3.4
69	新潟	4.2	2.8	5.7	4.2
70	羽茂	4.2	2.8	3.1	3.4
71	新津	5.2	3.5	5.6	4.5
72	巻	5.9	3.9	4.6	4.8
73	寺泊	5.3	3.5	5.2	4.6
74	三条	5.7	3.8	4.0	4.7
76	長岡	5.8	3.9	4.7	4.9
77	柏崎	5.5	3.6	4.0	4.5
79	大鳥	5.5	3.7	2.9	4.4
81	高田	5.7	3.8	4.1	4.7
82	安塚	4.1	2.8	3.9	3.6
84	糸魚川	5.4	3.6	6.1	4.8
85	能	4.6	3.0	3.8	3.8

前報第2表に示したように、前者の季節変動のパターンは2と3、後者はどちらもパターン1である。

### 4. 観測地点の模擬予測値と予測的中率

予測モデルと手法が確定すれば、予測システムの作成は容易である。しかし予測システムにおいては、予測値の確度に関する情報が必要であろう。そして未観測地点の予測値を算出した際、その的中如何を見る直接の手がかりはない。39の観測地点について模擬予測を行ったのは、その的中率によってモデルを選択するためであるが、モデルが選択されたときの予測システムの確度把握のためである。

第8表に、実測値  $\bar{y}_{ij}$  およびその模擬予測値の上・下限値を、予測的中の  $\bar{y}_{ij}$  には下線を付して示した。予測的中とは、各数値を小数点以下1桁で表したとき、上・下限値による予測範囲に、実測値がふくまれること

をいう。2季節以上が的中している地点数は29, 74.4%である。

第9表には、 $\bar{y}_{i..}$ とそれに対する予測範囲を示した。この場合の予測の命中率は69.2%（27地点）となる。 $\bar{y}_{i..k}$ についての表は省略するが、2時間帯以上が的中した地点数は27である。

上で、 $\bar{y}_{ij..}$ を目的変数として算出された予測値の $j$ による平均値は、 $\bar{y}_{i..}$ を対象（重回帰手法と同じになる）に算出された予測値と一致する。第8表で的中、第9表では非的中となる地点は、たとえば御前崎のように、2季節的中したが、平均すると僅かな差で非的中、のケースである。

第9表には、比較のために式（3）による推定値に平均を加算して示した。当然、推定値は模擬予測値よりも実測値に近い値となっている。推定値がもつ精度については、明確な統計量で表すことができるが、この精度は必ずしも予測の当否を反映しない。この点については、内陸における予測法を示したのちに述べる。

## 文 献

- 荒木眞之, 1979: 地形要因による山地の風速推定法, 林業試験場研究報告, 303, 47-63.
- 橋口涉子, 1983: 農業利用における小規模風エネルギーのメッシュデータによる評価方法の研究, 第1報, 第2報, 天気, 30, 367-384.
- 本間琢也編, 1979: 風力エネルギー読本, オーム社, 東京, 143, 136, 116, 137.
- 建設省国土地理院, 1980: 国土数値情報の概要, 建設省国土地理院地理管理部.
- 小峯, 村上, 柴田, 松野, 1980: メッシュデータを用いた地形因子解析法による任意の地点の平均風速の推定方法に関する研究, 天気, 28, 849-861.
- Rao, C.R., 1964: The use and interpretation of principal component analysis in applied research, SANKHYA (A), 26, 329-358.
- Spreen, W.C., 1947: A determination of the effect of topography upon precipitation, Trans. Am. Geophys. Union, 28, 285-290.
- 吉野正敏, 1961: 小気候, 地人書館, 131.

## 気象研究ノート 149号「モンスーンをめぐる諸問題——モンスーンの変動に及ぼすチベット高原の影響について——」(1984年6月)

### 目 次

住 明正・村上多喜雄

第1章 はじめに

第2章 夏季モンスーンに及ぼすチベット高原の影響について

第3章 冬季モンスーンに及ぼすチベット高原の影響について

第4章 南半球の夏のモンスーンについて

第5章 あとがき

### 配布価格

通常会員 1,300円 定期購読会員 1,050円

団体会員 1,800円 会員外 1,950円