

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 風エネルギーの表現法とその基礎的解析*

橋口 渉子**

要旨

農業における風エネルギー利用に資するため、先ず AMeDAS のデータの集約法をどうするかを論議した。風エネルギー利用の意義、具体的用途と実例について需要面の考察および強い風の生起の時刻的偏りなど供給面の考察を行った結果、観測地点別に、4季節、3時間帯の12変数について、風速2 m/s以上の平均頻度を算出して基礎データとした。

基礎データの各値について、全地点共通の平均値と各地点特有の値から成る構造模型をたて、若干のデータ解析を行った。全地点の平均値から、内陸、海岸の立地別、季節および時間帯別の風の強弱が把握された。次に各地点特有の値による分散、変数間相関などから、季節や時間帯の各要因の変動の大きさ、要因相互関係などの知見を得た。

1. はじめに

石油供給への不安と公害問題の深刻化から自然エネルギー利用に目がむけられている。農業研究においても「農業における自然エネルギーの効率的利用」が課題のひとつとなっている。この場合、効率とは何か、はまだ論議されていない。

自然エネルギー利用には、エネルギー変換設備を要する。この点も考慮した上で国の規模での効率的省石油の見地に立てば、電源開発に絞っての利用が、よい選択肢となるかもしれない。大規模な集中供給の方が効率的であり、電力とするならば、需要者側では特別の設備を要しないためである。

現在の日本農業が石油に強く依存していることは公知の事実である。しかし我が国における石油の総使用量の

うち、農業で直接使われている割合は、高々1%(宇田川, 1980)でしかない。農業部門において石油使用量の増減があっても、国全体からみれば誤差にもならぬ程度の増減でしかない。しかし一方、食糧供給は石油事情に左右されるべきではないから、農業は石油依存から脱しなければならない。したがって、農業における自然エネルギー利用の意義は、省石油よりむしろ農業の安定的永続性のためと考える。ここに、安定的永続性とは、ある量以上の生産を永続させることであるが、もちろん、エネルギー源の確保だけでそれが達成される、といっているのではない。

農業の安定的永続性を重視するならば、石油依存から脱するだけでなく、エネルギー源に関する他産業との競争や輸送のリスクは、避けることが望ましい。したがって、小規模単位でのエネルギー自給をめざすことを前提とする。

すでに木谷(1979)、牛山(1979)による、小規模分散的な自然エネルギーの使用が農業に馴染み易いとの指摘があるので、農業利用即小規模分散型であり殊更に前提の必要はないかもしれない。しかし日本農業に対し多くの論議がある今日、馴染み易さよりも効率が重視され

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

1. Representation of wind energy and its basic analysis.

** Shoko Hashiguchi, 農林水産省畜産試験場.

——1982年11月22日受領——

——1983年6月23日受理——

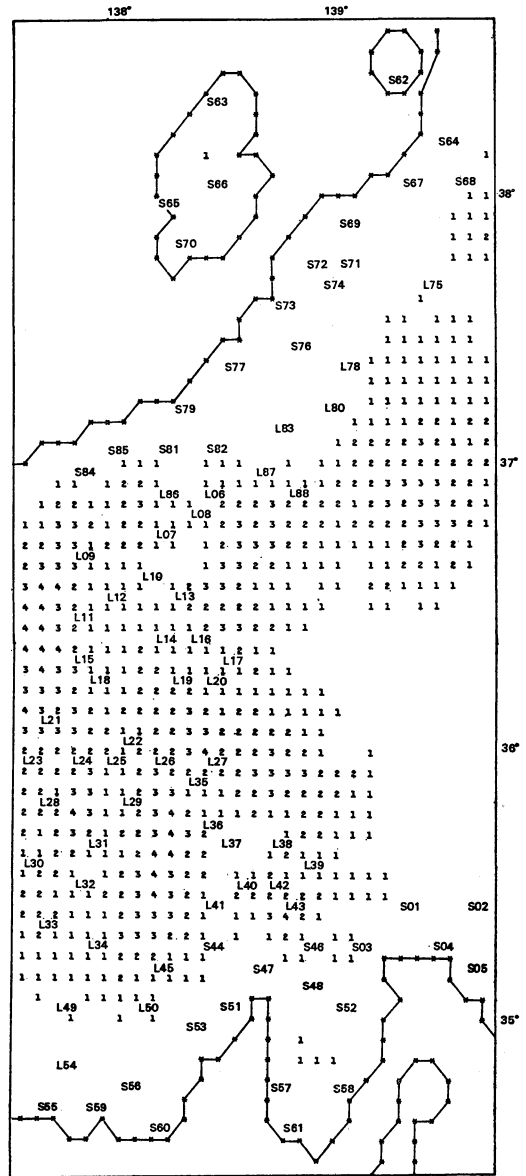
がちである。効率追求が必要な場面もあるが、少なくとも農業において、安定的永続性に反する効率を求めるべきではない。

自然エネルギー利用に際し、供給量やその季節変動などの把握を欠くことはできない。本研究では風エネルギー利用について考える。すでに国内各地の風エネルギーについて、ワイブル分布から風のパワーの評価を行った光田ら(1979)の研究、平均風速から全国分布図を作成した村上ら(1980)の研究がある。もし大型供給を前提とすれば、地点選定を目標とし得るから、上の知見を基に対象地域を限定できるであろうが、小規模利用ではその限りではない。更に、自給をめざす場合、年間供給量の多少が利益を左右するわけではなく、需要の充足度が問題となろう。これらのことが風のデータの取り扱いに関わりをもつので、それもふくめてひとつの試論を意図する。本稿は、農業における風エネルギー利用のための自然立地条件評価方法の研究の第1段階で、研究の最終目標として、風速未観測地点における風エネルギーの供給特性を、国土数値情報(メッシュデータ)を利用して評価するシステムの開発をめざす。本稿ではメッシュデータにはふれず、風のデータの扱いに限定する。

2. 使用する風のデータとその範囲

風の原因データとして、AMeDASのデータを利用する。周知のように、AMeDASによる風のデータは、毎時の風向・風速の記録として気象庁統計課により1978~1980年(1981年10月現在)について、磁気テープに収録されている。この3年間の各1, 4, 7, 10月; 対象地点として神奈川、長野、静岡、山梨および新潟の5県内88の観測地点のものを、本研究における原データとする。このうち1978年には、53地点が、風速計設置未了であり、僅かながら他の年次にも欠測があるので、各地点の総データ数は一定ではない。また対象とした各月は、季節を代表すると仮定する。

海岸に近い立地点で風が強いことが知られているので、88地点を海岸、内陸の各立地により2群に分けて扱う。該当地点を中心として、一辺が約40kmの方形内に海岸線をふくむか否かにより分類を行ったが、詳細はのちの稿で述べる。88地点に1~88の番号を付してそれらの位置を第1図に示すが、個々の地点名は本稿では省略する。図中Sが付されている番号の地点が海岸立地で39地点、Lの番号のもの49地点が内陸である。



第1図 地点番号による各地点の位置および地形概略図。

(L, Sのつく番号1, ..., 88で、それぞれ内陸、海岸の地点を示す。標高メッシュデータをもとに経、緯ともに4分30秒ごとに海岸線か否かの判定および平均標高の算出を行った。平均標高 h として $h \leq 500$ はブランク、 $500 < h \leq 1,000$ を1、以下同じく500mきざみで記してある。)

3. 風の前データ集約法に関する考察

具体的な需要および供給の両面を考察して原データの集約法を考える。

3.1. 風エネルギーの具体的用途と稼動風速例

牛山 (1979, 前掲) によれば, 農業における風エネルギーの具体的用途として, 誘蛾燈, 農牧地灌漑, 養漁池などのエアレーション, 水産物乾燥, 穀物の粉碎, 温室や畜舎の冷暖房, … (以下略) などがあげられる。

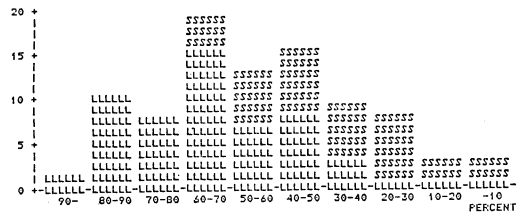
上の諸用途のうち, エアレーションや暖房など, ある季節の時間帯内ではエネルギーの持続供給を要する用途 (持続利用と仮称) および灌漑や穀物粉碎など, ある期間内に一定量の仕事を完了すべき用途に大別できる。Hughes (1981) が述べるように, 風は間欠的で不安定のため, 畜舎の暖房などには適切でない。しかし, 蓄熱あるいは他のエネルギー源との併用も考えられるので, ここでは持続利用をも念頭におく。したがって時間帯別のデータも必要であろう。

次に, 上の諸用途に必要な風速が問題となる。長町 (1981) は, 排水用風力ポンプについての試験結果から, 風速 2 m/s あれば運転可能であり瞬間最大風速 15 m/s に達した台風の際にも異常はなかったこと, 日平均風速 2 m/s で 200 l/h の排水が期待できること, を述べている。この試験は香川県中央平坦部で行われ, 8月11~19日の期間, 風速および排水量が測定された。この測定データ (長町, 前掲) をみると, 日平均風速 1.5 m/s が例外的に大きく排水量も 3,807 l/D であった。他の8日間の日平均風速は 0.3~0.7 m/s で, この期間の平均排水量は 342 l/D となる。また, 9日間のうちで風速記録ゼロの延べ時間が約48%に及ぶ。これらの風速測定は, 地上高 2.5 m で風杯型風程式による。気象庁設置の風速計に比べ, 風杯型では約10%大きめにでる (本間, 1979) が, 他方 AMeDAS では地上高 6 m の測定である。経過は省略するが, 高度 2.5 m での風速 1.0 に対し, 同 6 m で約 1.16~1.25 を得る。したがって上記試験データは本稿で用いる原データと比べ, 約10% (弱) 小さめということになる。厳密な比較を要するものではないので, 言及するにとどめる。

3.2. 原データの観察

一般に, データの要約, 加工を行う前に観察が必要である。簡単な集計に基づく観察結果を以下に述べる。

1980年の各月について, 風速 0 m/s 記録の比率 (無風率と仮称) を地点ごとに算出した。40%以上の無風率をもつ地点数は, 1月がもっとも多く16地点, もっともす



第2図 風速 0.1 m/s の比率に対する地点数 (1980年1月のデータから, 横軸に示した比率をもっている地点数を縦軸に示した。L字で内陸, S字で海岸の各地点数を示す)。

くない4月が6地点で, すべて内陸地点である。先述の香川県中央平坦部は, その無風率からみて, 49地点の内陸のなかでもかなり弱風の地点と同一視できる。次に風速 0 および 1 m/s の比率 (無微風率と仮称) を算出すると, 50%以上の無微風率をもつ地点は, 10月が最多数で62地点, 4月が最少で32地点となる。風速 2 m/s 以上の風が起きるのは, 総じて多い比率ではないことが分かる。10%きざみの各無微風率をもつ地点数を, 1月を例として第2図に示した。

上で求めた無風率と無微風率について, 比率の大きさにより, 月別に各地点を順位づけてみると, 季節および比率の種類により, 順位が大きく変わる地点と, そうでない地点とがある。各月における無風率, 1月と10月における無微風率が全地点中最大となるのが (シンシュウ) シンマチである。このシンマチ (第1図の L12) および1月の無風率が内陸立地点中最小であるイイジマ (L31) について, 日平均風速などを1月を例として第1表に示す。イイジマにおいても日平均風速が 2 m/s に達しない日が 1/3 はあること, 最大風速の風は早朝にはあまり起こっていないので, 時間帯により風の強弱が異なるであろうことが分る。

3.3. 原データの集約法

以上の検討から, 1日24個のデータを, 1~8時 (アサ), 9~16時 (ヒル), 17~24時 (ヨル) の8時間ずつ3時間帯に分け, 各月の各時間帯ごとに, 風速 2 m/s 以上の風が生じた平均頻度を算出して基礎データとする。したがって基礎データは12変数であり, 0.0~8.0の数値で構成される。この頻度は (たとえば風力ポンプの) 稼動時間にそのままおきかえ得ると考える。

上のデータ集約により, 稼動に風速 3 m/s を要する変換装置の利用を, 焦点外におくことになる。風速 3 m/s 以上の頻度を用いれば, 内陸では 0.0 のデータが多く含

第1表 内陸における弱風, 強風各地点のデータ例.

1980年1月

シンマチ

イイジマ

ニチ	ヘイキン フウツク	サイダイ			ヘイキン フウツク	サイダイ		
		フウツク	フウコウ	ジコク		フウツク	フウコウ	ジコク
1	0.5	2.0	E	(14)	3.6	5.0	NNE	(11)
2	0.2	1.0	SSE	(24)	0.8	2.0	NNE	(22)
3	0.3	2.0	NWW	(14)	0.6	2.0	NWW	(19)
4	0.0	1.0	NWW	(3)	2.4	5.0	N	(24)
5	0.6	2.0	N	(16)	3.2	5.0	NNE	(10)
6	0.2	1.0	NWW	(15)	2.5	7.0	S	(12)
7	0.2	1.0	SEE	(12)	2.8	7.0	SSE	(5)
8	0.4	1.0	N	(19)	1.1	2.0	NW	(21)
9	0.1	1.0	SE	(11)	1.4	4.0	SSW	(16)
10	0.4	2.0	NW	(14)	2.9	6.0	S	(24)
11	0.4	1.0	NEE	(17)	2.5	6.0	S	(13)
12	0.1	1.0	N	(16)	2.6	7.0	SSW	(17)
13	0.0	0.0	(0)	(0)	2.1	5.0	SSW	(2)
14	0.4	3.0	NWW	(19)	3.8	7.0	SW	(22)
15	0.1	1.0	NEE	(14)	4.4	6.0	SW	(16)
16	0.0	0.0	(0)	(0)	4.8	6.0	SSW	(17)
17	0.3	2.0	NWW	(19)	4.8	7.0	SW	(19)
18	0.3	2.0	SEE	(6)	1.2	3.0	S	(11)
19	0.1	1.0	E	(14)	1.3	4.0	SSW	(22)
20	0.3	2.0	NW	(14)	3.4	6.0	S	(13)
21	0.1	1.0	NEE	(15)	3.7	6.0	SSW	(15)
22	0.3	1.0	NEE	(16)	1.4	2.0	NWW	(23)
23	0.2	1.0	E	(15)	2.2	5.0	S	(15)
24	0.4	2.0	N	(14)	2.5	6.0	SSW	(4)
25	0.4	2.0	NEE	(15)	1.7	3.0	NNW	(22)
26	0.5	2.0	NEE	(14)	1.6	3.0	N	(19)
27	0.2	2.0	NWW	(15)	1.5	4.0	S	(13)
28	0.3	2.0	E	(14)	1.0	2.0	NNW	(24)
29	0.3	2.0	E	(12)	2.2	5.0	N	(10)
30	0.2	1.0	NW	(22)	1.7	5.0	SSW	(24)
31	1.1	3.0	NWW	(18)	3.8	7.0	SSE	(13)
**	0.3	3.0	NWW	(19)	2.4	7.0	S	(12)

まれることになろうが, 本研究で用いる以後の諸手法は適用可能であろう. この点も含め, 集約法に関する問題は今後の論議とする.

3.4. 欠測および年次差について

上で定めたように, 8時間のうちに風速2m/s以上が生じた平均頻度 y を, 各地点の12変数について

$$y = \frac{2\text{m/s 以上の測定値数}}{\text{有効測定値数}} \times 8$$

により求めるが, まず年次別に算出する. 地点あたりの総データ数は, 最大で $8 \times (\text{その月の日数}) / \text{年}$ であり, 欠測値数を減じて有効測定値数となる. 以下, 欠測値数, 年次のちがいに若干ふれておく.

3.4.1. 1979年と1980年の各欠測値数

1978年のデータについては, その測定状況からいって, 欠測値数に言及しない.

全地点が測定されている1979年と1980年について, 各

第2表 各月、時間帯別の欠測値数.

		アサ	ヒル	ヨル
1979	1月	1	3	0
	4月	20	17	24
	7月	40	43	46
	10月	73	46	50
1980	1月	2	3	0
	4月	60	6	0
	7月	1	13	0
	10月	1	11	0

第3表 風速 2 m/s 以上の頻度の年次別平均値.
(ナイリク)

	1978	1979	1980	平均
1月	3.31	2.61	2.75	2.89
4月	3.92	3.81	3.79	3.84
7月	3.00	2.65	2.69	2.78
10月	2.54	2.49	2.71	2.58
アサ	1.67	1.81	1.92	1.80
ヒル	4.85	4.26	4.38	4.50
ヨル	3.06	2.60	2.65	2.77

(カイガン)

	1978	1979	1980	平均
1月	5.10	4.82	5.17	5.03
4月	5.49	5.11	4.97	5.19
7月	4.82	4.28	3.99	4.36
10月	4.86	4.41	4.49	4.59
アサ	4.22	4.04	3.98	4.08
ヒル	6.32	5.68	5.63	5.88
ヨル	4.67	4.25	4.35	4.42

変数のもつ欠測値数を第2表に示した。1979年においては、特定の地点に連続して欠測が認められるものがある。しかし第2表に示した欠測値数は、少なくとも数地点のものを含んでおり、1地点の連続欠測値数は、データ数からみて多い数ではない。1980年は、特定日時で多地点の欠測があり、4月27日の1時と2時に、主として日本海に近い30地点のデータが欠測となっている。その他はごく散発的なものであるが、兩年とも、その欠測数は平均頻度 y の算出に不都合なほどのものではない。

3.4.2. 年次のちがいについて

年次別に算出した y の値について、内陸、海岸の両立地ごとに全地点のデータを平均した値が第3表である。78年の平均値が総じて大きいことが分かる。早期に観測が開始された35地点は、88地点に比べ、平均的に風の強い地点であったと考えられる。

年次差の大小は、地点特性として把握することが望ましいが、そのためにはより多くの年次のデータが必要であるから、本研究では個々の年次差の大小にはふれない。ここで1、2の傾向を指摘するにとどめる。

第3表によると、1979年では春から夏に、1980年では冬と秋に平均値がやや高く、年次のちがいは季節と関連することが伺える。しかし平均値でみる限り、大きな差ではない。

地点ごとに兩年の各月平均値を求め、この差をみると、たとえば1.0以上の平均差は1月にもっとも多く、15地点に生じている。しかしこの地点は、内陸、海岸のいずれにも集中していない。

3.5. 年次をこみにした基礎データ

年次差については上の検討にとどめ、年次をこみにして、総測定数をもとに y を算出する。 y を算出するための測定数をもっとも少ない場合(1979年から測定された地点における4月の変数で且欠測がある)は478、逆にもっとも多い場合は744が用いられた。しかしこのような測定数のちがいは、本研究では以後問題にしない。本稿では12種類の y についての内陸49地点および海岸39地点の各データ行列から出発して、解析および地点特性の把握を行う。以後、基礎データとは、年次をこみにしての y の値をさす。

4. 風の頻度のもつ一般的性質

y は、各地点の風エネルギー供給特性を把握するための基礎データである。したがって解析の最初の目標は、地点の特性とは何かを知ることである。そのためにはまず、地点に共通する風の一般的性質をみる必要がある。本稿では、以後の解析の前提となる構造模型をたて、全地点の共通性としての風の一般的性質に限定して述べる。

4.1. 基礎データの構造模型

内陸、海岸の各立地別に、 j 月、 k 時間帯、 i 地点のデータを y_{ijk} として次の構造模型をおく。

$$\left. \begin{aligned} y_{ijk} &= q_{jk} + p_{ijk} \\ q_{jk} &= \mu + s_j + t_k + I_{jk} \\ p_{ijk} &= l_i + u_{ij} + v_{ik} + w_{ijk} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

第4表 年次をこみにした風速 2 m/s 以上の頻度の平均値.

(ナイリク)

	アサ	ヒル	ヨル	$\mu + s_j$	s_j
1月	1.89	3.83	2.49	2.74	-0.20
4月	2.38	5.42	3.55	3.79	0.85
7月	1.34	4.26	2.40	2.67	-0.27
10月	1.79	3.90	2.08	2.59	-0.35
$\mu + t_k$	1.85	4.34	2.62	2.94	
t_k	-1.09	1.40	-0.32		

(カイガン)

	アサ	ヒル	ヨル	$\mu + s_j$	s_j
1月	4.50	5.62	4.88	5.00	0.35
4月	4.18	6.23	4.66	5.02	0.37
7月	3.13	5.57	3.71	4.14	-0.51
10月	4.14	5.30	3.85	4.43	-0.22
$\mu + t_k$	3.99	5.68	4.27	4.65	
t_k	-0.66	1.03	-0.38		

ここに s_j, t_k は各 j 月, k 時間帯の値; l_i は i 地点の値; $I_{jk}, u_{ij}, v_{ik}, w_{ijk}$ は各添字の示す要因の交互作用である. s_j 以下交互作用項もふくめ, いずれの添字で加えてもゼロとなり, μ は総平均である.

q_{jk} は, 特定の j, k について全地点のデータを平均した値で, いわば地点共通の値であり, p_{ijk} は i 地点特有の値である. 式 (1) から

$$\bar{y}_{\cdot jk} = q_{jk} \quad (2)$$

$$y_{ijk} - \bar{y}_{\cdot jk} = p_{ijk} \quad (3)$$

を得る. y_{ijk} から各要因の算出法は, 上に述べたことから自明であるので省略する.

4.2. 季節別, 時間帯別の平均値

第4表に, 各 q_{jk} および s_j, t_k などの値を示した. q_{jk} は, 地点に関わりなく, j 季節 k 時間帯に期待できる風の頻度であり, s_j および t_k は偏差値である. 次のことが分る.

(1) 両立地に対応する二つの q_{jk} の値は, いずれも海岸の方が大きい. また両立地とも, 4月ヒルの q_{jk} がもっとも大きく, 7月アサがもっとも小さい.

(2) s_j と t_k について, 両立地ともに4月の s_j とヒルの t_k の値が大きい. しかし海岸では, 1月の s_j が4月のそれとほぼ同じである.

(3) s_j, t_k ともに, 内陸の方が数値の変動が大きい.

(4) 交互作用 I_{jk} の値の呈示は省略するが, 両立地ともに4月と7月の各ヒルで正值をとる. したがって, 4月のヒルにおける q_{jk} は, s_j と t_k の各値が大きいだけでなく, 若干の交互作用も加算されることになる. 逆に7月のアサにおいては, 両立地とも負の交互作用をもつ.

上でみたように, 内陸の方が月, 時間帯による風の強弱の変動が大きい. 内陸における「風の弱さ」は, 冬およびアサにおいて顕著であり, 春およびヒルでは, 「風の弱さ」が軽減される. 特に春のヒルにおいては, 海岸におけるヒルの平均値 ($\mu + t_k$) にはほぼ匹敵する.

海岸の特色のひとつは, 冬に風が強いことであるが, y_{ijk} の値をみると, 1月の値が大きいのは主として日本海側であり, 太平洋岸では4月または7月の値が大きい. これらの事実は, q_{jk} からの偏差である p_{ijk} の値に反映されよう.

4.3. p_{ijk} による変数間共分散と相関

地点の数を L としよう. すなわち L は, 内陸で49, 海岸で39である. y_{ijk} についての12変数相互の積和行列は, $12 \times L$ の行列

$$\mathbf{Y} = (y_{ijk} - \bar{y}_{\cdot jk})', \quad \bar{y}_{\cdot jk} = \frac{1}{L} \sum_i y_{ijk} \quad (4)$$

から, 通常 $\mathbf{Y}\mathbf{Y}'$ で計算される. また, この12変数は同じ尺度をもつ測定値であるから

$$\bar{y}_{i\cdot\cdot} = \frac{1}{12} \sum_j \sum_k y_{ijk}$$

を考慮することができる. そして

$$\mathbf{Y}_i = (y_{ijk} - \bar{y}_{\cdot jk} - \bar{y}_{i\cdot\cdot})' \quad (5)$$

による $\mathbf{Y}_i \mathbf{Y}_i'$ は, 地点平均値を除いた各値による変数間積和行列である.

構造模型でいうと, $\mathbf{Y}\mathbf{Y}'$ は $p_{ijk}, \mathbf{Y}_i \mathbf{Y}_i'$ は

$$p_{ijk} - l_i = u_{ij} + v_{ik} + w_{ijk} \quad (6)$$

の, それぞれ積和行列に相当し, $(L-1)$ で割るとこれらの共分散行列を得る. $\mathbf{Y}_i \mathbf{Y}_i' / (L-1)$ を, 第5表の対角線をふくむ右上に示す. 左下はこれによる相関行列である. $\mathbf{Y}\mathbf{Y}' / (L-1)$ の呈示は省略するが, 各要素はいずれも正值であり, 下に示す第1主成分により主要な傾向をみる事ができる.

4.3.1 p_{ijk} の共分散行列がもつ第1主成分

第6表に, 行列 $\mathbf{Y}\mathbf{Y}' / (L-1)$ がもつ最大固有値とその固有ベクトルを記した. 固有ベクトルの各要素が正で且同程度の大きさであるから, このベクトルが表す主成分はほぼ平均値 l_i に相当すると考えられる. 第1固有ベクトルの各要素の大きさは, 該当する変数と他変数と

第5表 ($p_{ijk}-l_i$) による, 共分散, 相関行列.

(ナイリク)

	1 月			4 月			7 月			10 月			
	アサ	ヒル	ヨル	アサ	ヒル	ヨル	アサ	ヒル	ヨル	アサ	ヒル	ヨル	
1月	アサ	0.46	-0.03	0.24	0.06	-0.18	-0.23	0.13	-0.32	-0.27	0.26	-0.15	0.04
	ヒル	-0.06	0.61	-0.02	-0.08	0.25	-0.18	-0.15	0.02	-0.31	-0.10	0.21	-0.23
	ヨル	0.56	-0.03	0.38	-0.02	-0.20	0.02	-0.06	-0.20	-0.08	0.03	-0.19	0.10
4月	アサ	0.23	-0.25	-0.10	0.16	-0.09	-0.04	0.07	-0.14	-0.07	0.14	-0.01	0.01
	ヒル	-0.37	0.43	-0.44	-0.30	0.54	-0.03	-0.15	0.24	-0.13	-0.22	0.24	-0.25
	ヨル	-0.55	-0.36	0.04	-0.17	-0.08	0.39	-0.15	0.12	0.35	-0.24	-0.09	0.09
7月	アサ	0.36	-0.35	-0.18	0.35	-0.38	-0.44	0.29	-0.17	-0.03	0.22	-0.08	0.07
	ヒル	-0.63	0.04	-0.44	-0.45	0.44	0.26	-0.42	0.56	0.20	-0.32	0.19	-0.19
	ヨル	-0.50	-0.49	-0.16	-0.23	-0.23	0.70	-0.07	0.34	0.64	-0.27	-0.14	0.11
10月	アサ	0.56	-0.18	0.07	0.52	-0.44	-0.57	0.60	-0.63	-0.49	0.47	-0.12	0.15
	ヒル	-0.38	0.45	-0.53	-0.05	0.55	-0.24	-0.27	0.45	-0.30	-0.30	0.34	-0.19
	ヨル	0.10	-0.55	0.31	0.06	-0.64	0.28	0.25	-0.47	0.26	0.40	-0.61	0.29

(カイガン)

	1 月			4 月			7 月			10 月			
	アサ	ヒル	ヨル	アサ	ヒル	ヨル	アサ	ヒル	ヨル	アサ	ヒル	ヨル	
1月	アサ	1.03	0.16	0.68	0.14	-0.33	-0.32	-0.05	-0.59	-0.57	0.23	-0.42	0.04
	ヒル	0.32	0.24	0.13	-0.12	0.13	-0.10	-0.08	0.07	-0.12	-0.19	0.05	-0.16
	ヨル	0.80	0.32	0.69	0.04	-0.21	-0.15	0.00	-0.41	-0.32	-0.11	-0.35	0.00
4月	アサ	0.27	-0.49	0.10	0.27	-0.25	0.03	0.10	-0.36	-0.08	0.29	-0.20	0.13
	ヒル	-0.40	0.34	-0.31	-0.59	0.65	0.08	-0.29	0.62	-0.01	-0.47	0.34	-0.28
	ヨル	-0.65	-0.44	-0.39	0.12	0.22	0.23	-0.01	0.10	0.22	-0.14	0.08	-0.02
7月	アサ	-0.09	-0.28	0.00	0.34	-0.62	-0.05	0.33	-0.25	0.13	0.18	-0.17	0.11
	ヒル	-0.61	0.15	-0.52	-0.72	0.81	0.22	-0.45	0.91	0.23	-0.51	0.47	-0.30
	ヨル	-0.77	-0.34	-0.53	-0.21	-0.02	0.62	0.31	0.34	0.53	-0.17	0.15	0.00
10月	アサ	0.25	-0.44	-0.15	0.61	-0.65	-0.32	0.34	-0.59	-0.25	0.80	-0.23	0.31
	ヒル	-0.65	0.16	-0.65	-0.59	0.67	0.28	-0.47	0.77	0.32	-0.39	0.41	-0.15
	ヨル	0.08	-0.61	0.00	0.47	-0.64	-0.07	0.35	-0.56	0.01	0.63	-0.42	0.30

注) 斜線右上は共分散行列, 左下は相関行列を示す。

の, いわば総合的な相関関係を反映するから, 第1主成分が l_i に相当することは, 相関行列の各要素の大きさが, 比較的均一である事実を反映するものである(第6表は共分散行列を対象としたので, 各変数のもつ分散の大きさも, 各要素の値に反映される)。そして寄与率は, 海岸立地でやや少ないものの, 両立地ともに約75%である。したがって p_{ijk} の全変動のうち75%は, l_i の大きさに依存し, u_{ij} , v_{ik} などの値の動きは大きなものではない。事実, 第5表の対角要素の和は第6表の固有和と比べてかなり小さく, 内陸で5.1, 海岸で6.4となる。

4.3.2. ($p_{ijk}-l_i$) 値の各分散と相関行列の主たる構造

海岸立地地点で風の強い季節として, 日本海側は1月, 太平洋側は4または7月であることを, 4.2.節で述べた。この事実が式(6)の値による, 各変数の分散に現れており, 1月アサと7月ヒルにおいて分散が大きい。地点による風の強弱が, 冬にはアサ, 夏にはヒルに顕著であることが分る。

各変数の分散の大きさを一定にした上で, ($p_{ijk}-l_i$) 値の変数間相互関係をみるため, 第5表の相関係数行列がもつ, 第1, 第2の固有値に対応する各固有ベクトルを, 第3図と第4図に示す。図中の z_1 , z_2 は, それぞれ第1, 第2のベクトルの要素に対応し, 散布点に代わ

第6表 d_{ijk} の共分散行列がもつ第1固有ベクトル.

		内陸	海岸
1月	アサ	.24	.30
	ヒル	.28	.23
	ヨル	.30	.28
4月	アサ	.30	.32
	ヒル	.27	.21
	ヨル	.34	.29
7月	アサ	.24	.29
	ヒル	.32	.24
	ヨル	.30	.31
10月	アサ	.25	.34
	ヒル	.32	.28
	ヨル	.31	.34
固有値		16.38	17.86
固有和比率		76.9%	74.5%
固有和		21.31	23.97

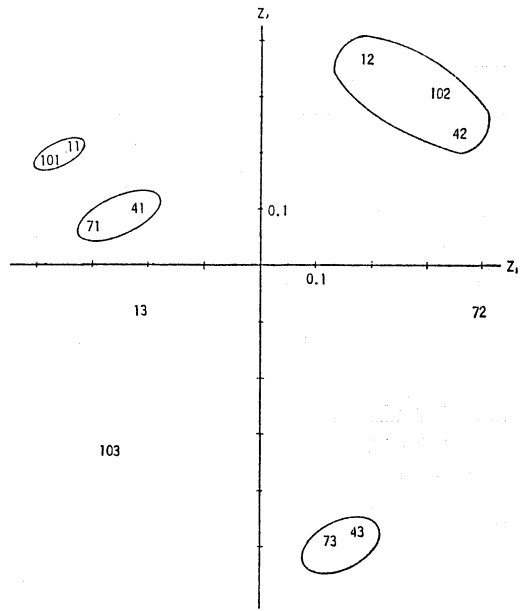
第7表 u_{ij} の共分散, 相関行列.

(ナイリク)

	1月	4月	7月	10月
1月	0.20	-0.06	-0.14	0.00
4月	-0.49	0.08	0.02	-0.04
7月	-0.74	0.14	0.17	-0.05
10月	-0.03	-0.43	-0.38	0.09

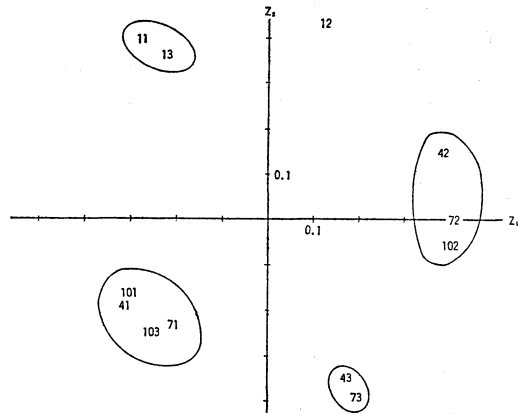
(カイガン)

	1月	4月	7月	10月
1月	0.43	-0.10	-0.23	-0.10
4月	-0.49	0.10	0.03	-0.03
7月	-0.74	0.21	0.22	-0.03
10月	-0.39	-0.23	-0.13	0.15



第3図 内陸の $(d_{ijk}-l_i)$ の相関行列主成分による変数の分類.

(図中数字で変数を表す. 1桁目はアサ(1), ヒル(2), ヨル(3)の各時間帯, その上の桁は月を示す.)



第4図 海岸の $(d_{ijk}-l_i)$ の相関行列主成分による変数の分類.

(図中数字で, 第2図と同じ変数を表す).

関係がうすい.

4.3.3. u_{ij}, v_{ik} の各共分散, 相関行列

第3, 4図で対象とした変数は, 式(6)の値である.

る数字の1桁目はアサ(1), ヒル(2), ヨル(3)を, その上の桁で月を表す. これらの図上で変数を分類すると, いずれも同じ時間帯の変数がまとまりやすく, 時間帯の同異による変数間の関係が明確であることが分かる. 第5表の共分散行列は, 行(列)で加えるとゼロとなるから, 相関行列も, 行ごとに必ず正・負両方の要素をもつ. 第3, 4図は, 同じ時間帯の変数の間では正の相関をもつことが多いことを示す. 海岸(第4図)の1月は特異的であり, 時間帯の如何にかかわらず, 他の月とは

第8表 v_{ik} の共分散, 相関行列.

(ナイリク)			
	アサ	ヒル	ヨル
アサ	0.20	-0.14	-0.05
ヒル	-0.62	0.27	-0.13
ヨル	-0.28	-0.58	0.18

(カイガン)			
	アサ	ヒル	ヨル
アサ	0.26	-0.27	0.01
ヒル	-0.89	0.35	-0.08
ヨル	0.04	-0.50	0.08

u_{ij} だけについての共分散, 相関行列が第7表, v_{ik} についてのそれが第8表である. 第7表では, 1月と7月との間で両立地ともに顕著な負の相関が認められ, 同時にこの両月で分散が大きい. 第8表では, ヒルの分散が大きく, 特に海岸でアサとヒルとの間で負の相関が強い. u_{ij}, v_{ik} ともに, j, k で加えると (i で加えても) ゼロとなるので, どちらの共分散行列も, 行 (列) で加えるとゼロとなる. この制約下で, 各地点のもつ u_{ij} のパターンは, 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いえる. v_{ik} のパターンは, 変数の数からいっても単純であるが, アサとヒルとの間で正負の逆転が生じやすい. なお, w_{ijk} についての共分散行列の呈示は省略するが, 両立地ともにその対角和はほぼ0.9である.

4.4. 各地点の特性表現へ向けて

本稿では予備的な解析を行ったので, 各地点のもつ個別の特性にはふれなかった. i 地点特有の値 p_{ijk} に基づく地点特性の表し方は, 上の解析結果をもとに, いくつか考えることができる.

12変数の p_{ijk} は, 当然そのままの形で利用できる. また, 平均値 l_i は p_{ijk} を一次元化した値として集約度が高く, もっとも簡単な地点特性と考えられる.

l_i の値に次いで重要な地点特性として, $(p_{ijk} - l_i)$ なる値の変動の大きさがあげられよう. この値の変動は平均的にみて小さなものであるが, 地点ごとにみると, 大きな変動をもつ地点もあろう.

u_{ij} の値について, 1月と7月の正負が相互に逆転するふたつのパターンがあることも述べた. いずれのパターンをもつかにより, 各地点を分類し, 自然立地条件のちがいをみる必要もあろう. v_{ik} についても同じことがいえる.

本研究では, 地点の特性と国土数値情報との関連をみる必要があるから, 地点特性は目的変数として使用される. 目的変数が量・質のいずれであるか, 1変数か多変数か, などにより, 適用する統計的手法は異なるものとなる. 同時にその統計手法は, 説明変数の種類にも関係する.

次稿以下で, ここで用いるメッシュデータにつき述べるとともに, 説明変数の表現法および統計的手法について考察をすすめる (GEP 57-I-3-4).

文 献

Hughes, H.A., 1981: Alternative energy sources for brooding poultry, Poultry Sci., 60, 907-910.
 本間琢也 編, 1979: 風力エネルギー読本, オーム社, 東京, 116.
 木谷 収, 1979: 農業におけるエネルギー利用, エネルギー問題と農業技術, 農林水産技術情報協会, 7.
 光田 寧, 林 泰一, 1979: 日本における風のエネルギーの評価, 天気, 26, 583-594.
 村上周三, 1981: 日本列島における風エネルギーの地理的分布と季節変化に関する研究(その3), グリーンエナジー計画委託事業報告書, 123-132.
 長町 均, 1981: 風力ポンプ, 用水と営農, 97, 21-41.
 宇田川武俊, 1981: 農業とエネルギー, 農政ジャーナリストの会 編, エネルギー危機と農業, 農林統計協会, 90.91.
 牛山 泉, 1979: 風エネルギーの変換・利用, エネルギー問題と農業技術, 農林水産技術情報協会, 143, 143.144.