

# 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

Prediction of Surface Wind Velocity at Any Point, Using Regression Analysis of  
Topographic Effects on Wind Velocity

村上 周三\*・小 峯 裕 己\*

Shuzo MURAKAMI and Hiromi KOMINE

気象観測が行われていない任意の地点の年平均風速, 月平均風速等の平常時における風速を, 周辺の地形の特徴を表す地形因子により推定する方法について述べる. 地形因子の計測は, 磁気テープに収録されている国土庁の1 kmメッシュごとの地形に関する数値情報を用いており, この点が同種の既往の研究と大きく異なる. また, 解析で得た推定式を用いて作成した青森・秋田・山形の東北3県における詳細な平均風速分布図について述べる.

## 1. 序

本研究は, 観測の行われていない任意の地点の年平均風速・月平均風速等の平常時における風速を, 地形因子解析法で得た多重回帰式により1 kmメッシュごとに推定し, 日本全国にわたる詳細な風速分布図を作成することを目的に行ったものである.

国土庁が整備した1 kmメッシュごとの地形に関する数値情報(第3次メッシュデータ)と気象庁地域気象観測システム(AMeDAS)による多くの地点の観測データが磁気テープに収録されるようになったことにより, 今回の研究が可能となった.

地形因子解析法は, いくつかの気象要素が地形の影響を強く受けるという性質を利用したもので, 地形の特徴をいくつかの因子で表現し, 気象要素との関係を数量的に明らかにし, 地図上で計測される地形因子を用いて未観測地点における気象要素を推定する解析法である.

地形因子解析は, Linley (1949)<sup>1)</sup>の教科書に Spreen (1947)<sup>2)</sup>が紹介されて以来, 気象庁統計課(1954, 1965)<sup>3)</sup>, 斎藤・菊地原他 (1957)<sup>4)</sup>, 斎藤他 (1959, 1963)<sup>5)</sup>, 北岡他 (1971)<sup>6)</sup>, 荒木 (1979)<sup>7)</sup>, 草野・柴田 (1979)<sup>8)</sup> 等により, 気象要素に関して数多くの研究が行われている.

ごく最近, 柴田・田中 (1980)<sup>9)</sup>は, 新潟県の積雪量の予測に関して同じメッシュデータを用いた研究を発表した. また, 建築学の分野では, 羽倉ら (1979)<sup>10)</sup>が局所地形の台風災害に及ぼす影響について研究を行った. これら既往の研究は, 地形因子の判読を地図から手作業により行っており多大の労力を要したが, 本研究では磁気テープに収録されている地形に関する数値情報を電子計算機により処理し, 1 kmメッシュごとに地形因子を算出した. このような地形因子の計測法の飛躍的な進歩は, 地形因子解析法の有効性を増大したと言える.

## 2. 地形因子算出のためのメッシュデータ

本研究では, 地形因子の算出のために総理府国土庁計画・調整局で整備している国土数値情報のうちの第3次メッシュデータを利用した.

これは, 1 km × 1 kmの大きさのメッシュ(第3次メッシュ)内の各種の地形情報を数値化して磁気テープに収録しているものである. 表1に第3次メッシュデータの地形に関連した情報の内容を示す. このうち, 標高データは1メッシュ(1 km × 1 km)当たり, 16地点の標高が収録されており, 250 m間隔の標高を知ることができる. 16地点の標高から, メッシュの平均標高, 最高最低標高, 傾斜量, 起伏量などが計算されてデータとして収録されている<sup>13)</sup>.

## 3. 解析で利用したプログラム

東京大学大型計算機センターが所有している標準プログラムのうち, ステップワイズ回帰分析と主成分上の回帰の2つの分析方法を利用した. 本研究では, 11種類の解析を行ったが, このうち, ケース5の解析は主成分上の回帰分析を用い, 他の10ケースはすべてステップワイズ回帰分析を利用した.

## 4. 本研究で設定した地形因子

地表風に影響を及ぼすと考えられる遠距離から近距離に至るまでの周辺の地形の特徴を表す地形因子を出来るだけ多く設定した. 地形因子は第3次メッシュデータから算出するが, 母資料とするデータにより2種類に大別される. 1つは1 kmメッシュデータから算出するもので, もう1つは250 mピッチ標高データから算出するものである. 後者の導入により, 回帰の精度はかなり向上した. 本研究では11種類の解析を行ったが, 解析ごとに設定した地形因子が異なる. その違いを表2に示す.

### 4.1 地形因子の算出方法・表現方法

風速予測対象地点の地形因子を算出する場合, その地

\*東京大学生産技術研究所 付属計測技術開発センター

表1 第3次メッシュ(1kmメッシュ)データの内容  
(地形に関する数値情報のみ抜粋)

項目	内容	
地	標高	各3次メッシュの縦横4等分する方眼の16個の格子点での標高値.
	山岳標高	山頂の標高値.
	平均標高	各3次メッシュの平均標高値(各3次メッシュ内の標高計測点の標高値の平均値.)
	最高標高	各3次メッシュの最高標高値(各3次メッシュ内の標高計測点及び山頂の標高値の最大のもの.)
	最低標高	各3次メッシュの最低標高値(各3次メッシュ内の標高計測点の最小のもの.)
	起伏量	各3次メッシュの起伏量(各3次メッシュの最高標高と最低標高の差.)
形	傾斜量	各メッシュの最大・最小傾斜方向(8方向表示)と傾斜度.(各3次メッシュ内の16点の傾斜量を,各点とその周囲の標高値から計算し,最大・最小のものを選ぶ.)
	谷密度	各3次メッシュの谷密度.(2倍統合メッシュの区画線切る各線の個数.)
	表層地質等	各3次メッシュの岩石区分(40分類),硬さ,地質時代,断層有無.
水	標準高	各3次メッシュの地形分類(24分類)
	土壌	各3次メッシュの土壌分類(49分類)
湖沼海岸線	湖沼	国及び地方公共水準点の位置,座標及び地盤高.地盤高は,国の方は最近1回分,地方公共の方は,最近5回分.
	湖沼面積	短辺100m以上の湖沼(貯水池を含む)水涯線の位置座標.
	海岸線	各3次メッシュ内の各湖沼の面積.
	海岸線延長	海岸線の位置座標.(市区町村別,管理者別,海岸区分別.)
		各3次メッシュ内の海岸線の市区町村別,管理者別,海岸区分別延長.

点を含むメッシュを中心核とし,その周りに東西南北にRkm(1kmメッシュの時)またはrm(250mメッシュの時)拡大した正方形を設定し,その正方形内の各メッシュの地形に関する数値情報を計算機により磁気テープから読み取り,各地形因子の定義に従って地形因子を計算する.

なお,正方形の大きさ(2R+1)kmは,Rを1~40kmまで1km間隔に変化させて算出した各地形因子と推定対象である年平均風速との単相関を求め,相関係数が最大となる時のRをいくつか採用している.同様に,遮蔽度は2つのメッシュ間の標高差Hを用いて定義されているが,Hを10m~500mまで,各種変化させて,平均風速との相関が最も大きくなる時のHをいくつか採用した.設定した正方形の大きさの変化による地形因子の違いを表すために,略号の次にその大きさを示す数字を付けて地形因子を表現した.たとえば,陸度は正方形の大きさ(2R+1)kmのRとして,R=5,10,12,15,20の5つを設定したので,L5・L10・L12・L15・L20で設定した5つの陸度を表した.

4.2 1kmメッシュデータから算出した地形因子

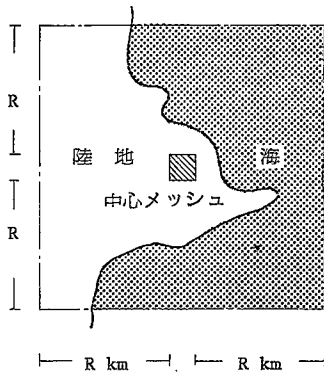
- (1) 陸度(略号L)・海度(略号S) 図1参照.
- (2) 起伏度(RI) 標高(Z) 標高の2乗平均(RMS)

表2 11種類の解析で設定した地形因子の違い

解析の番号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1キロメッシュデータから算出した地形因子	陸度	L5	*	*									
		L10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
		L12		*	*								
		L15	*	*									
		L20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	海度	S5	*										
		S10	*	*									
		S15	*						*	*	*	*	*
		S20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	起伏度	RI0	*	*	*	*							
		RI6	*	*		*	*						
		RI12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		RI20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
	標高	Z	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
		標高差 2乗平均	RMS4	*	*		*						
			RMS13	*	*	*	*						
			RMS20	*	*	*	*	*					
	最低点標高差	D1	*	*	*	*	*						
	開放度	Exp. A5	*	*	*	*	*	*					
	緯度	N						*					
遮蔽度	Shelt. E1	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Shelt. E3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Shelt. E5	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Shelt. E6	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Shelt. E10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	Shelt. E16 Shelt. E20	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
収束度	COV1-16	*											
	COV2-16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	COV4-16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	COV5-16	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
障害距離	OBSD	*	*	*	*								
海岸距離	SEAD	*	*	*	*	*							
流通・海岸方向差	SE1	*											
	SE3	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	SE7	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	SE10	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	SE12	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
	陸度のべき乗	L**2 L**3			*								
遮蔽度のべき乗	E(R)**2 E(R)**3			*									
流通・海岸方向差のべき乗	SE**2 SE**3			*									
250メートルピッチ算出された地形因子から	遮蔽度	Shelt. E250				*	*	*	*	*	*	*	
		Shelt. E1000				*	*	*	*	*	*	*	
		Shelt. E2000				*	*	*	*	*	*	*	
	収束度	C250-1000				*	*	*	*	*	*	*	
		C750-1000				*	*	*	*	*	*	*	
		C1000-2000				*	*	*	*	*	*	*	
位置係数	EI500							*	*				
	EI1000							*	*	*	*		
	EI2000							*	*	*	*		
遮蔽度のべき乗	E(r)**2							*	*				
	E(r)**3							*	*				
	E(r)**1/2							*	*				
	E(r)**1/3							*	*				

注) L\*\*2; SE\*\*2等は, 次式に示すように各地形因子の平均値を引いたものをべき乗して作った新しい地形因子である.  
 $L^{**2}; (L12 - L12)^2$  SE\*\*2;  $(SE10 - SE10)^2$   
 今回のケースでは, — は青森・秋田・山形3県におけるAMeD AS有線ロボット気象計設置地点を含むメッシュ(合計63)における各地形因子の平均値を示す.

$$L12 = \frac{1}{63} \left[ \sum_{i=1}^{63} (L12)_i \right] (L12), \text{各メッシュのL12の値等である}$$



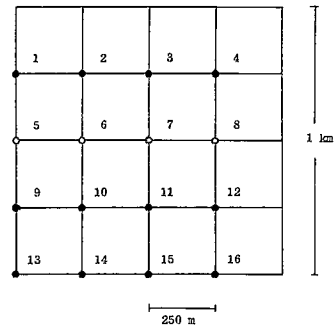
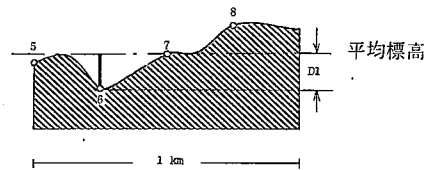
設定した正方形内の陸地、または海の面積の正方形全面積に対する割合

$$\text{陸度} = \frac{\text{陸地の面積}}{\text{正方形の面積}}$$

$$\text{海度} = \frac{\text{海の面積}}{\text{正方形の面積}}$$

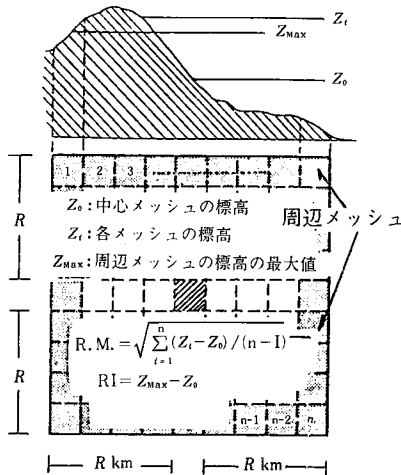
R=5, 10, 12, 15, 20

図1 陸度L・海度Sの定義



最低点標高差=平均標高-最低標高

図3 最低点標高差D1の定義

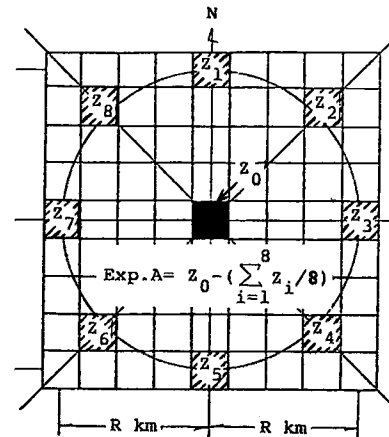


起伏度：正方形の周辺メッシュの標高の最大値と中心メッシュの標高との差

R=0, 6, 12, 20

標高差2乗平均：正方形内の全1kmメッシュの標高と中心メッシュの標高の差の2乗平均値 R=4, 13, 20

図2 起伏度RI・標高差2乗平均RMSの定義



半径Rkmの円周上の8方位の/kmメッシュの標高の平均値( $\sum Zi/8$ )と中心メッシュの標高 $Z_0$ との差R=5

図4 開放度 Exp. A の定義

図2参照. 標高は対象地点を含む1kmメッシュの平均標高を用いた.

(3) 緯度(N) 対象地点の北緯.

(4) 最低点標高差(D1) 図3参照. 最低点標高は1kmメッシュデータに記録されている.

(5) 開放度(ExpA) 図4参照.

(6) 遮蔽度(Shelt. E) 図5参照.

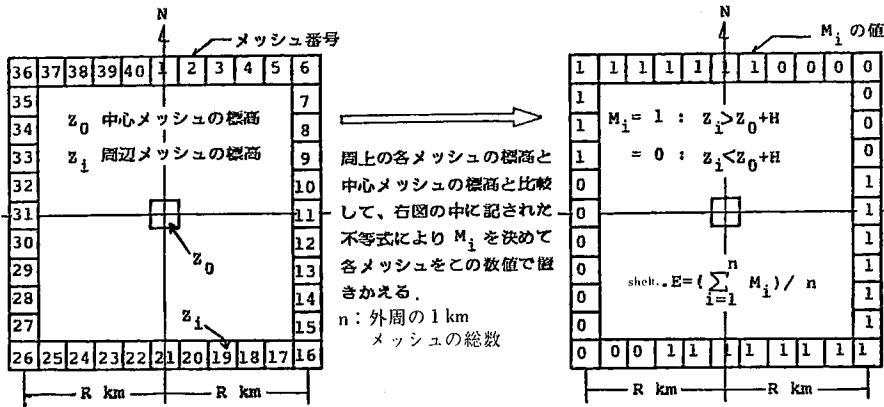
(7) 収束度(COV) 図6参照.

(8) 障害距離(OBSD) 中心メッシュの平均標高より200m高い標高を有するメッシュまでの距離のうち、最短距離のもの.

(9) 海岸距離(SEAD) 平均標高が0のメッシュを海と見なし、それらのメッシュまでの距離のうち、最短のもの.

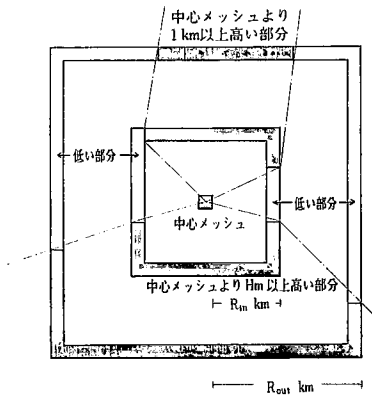
(10) 流通・海岸方向差(SE) 図7, 図8参照. 海岸距離を求めたメッシュの方向を海岸方向とし、これと流通方向との角度差の絶対値を流通・海岸方向差と定義する.

(11) べき乗して求めた地形因子 表2の脚注参照. いくつかの地形因子をべき乗して、新たな地形因子を作った. 回帰式にこの因子が採用されれば、元の因子のべき乗のものが含まれるので、非線型回帰を行ったのと同じことになる. 元の因子とは、平均値を引いてべき乗しているもので、線型的に独立である.



設定した正方形の外周1kmメッシュn個の標高 $Z_i$ と中心メッシュの標高 $Z_0$ を比較し、開放していないメッシュ数 ( $Z_i > Z_0 + H$ のもの) の全外周メッシュ数に対する割合。  $H$ は種々変化させる。  $R=1, 3, 5, 6, 10, 16, 20$ ;  $r=250, 1000, 2000$

図5 遮蔽度 Shelt. Eの定義



大きさの異なる2つの正方形に関する遮蔽度を求め、次式に従って地形による風の縮流の程度を示す収束度を求める  
 $COV = \frac{E2 - E1}{E1}$

$E1$ : 内側の正方形で求めた遮蔽度  
 $E2$ : 外側の正方形で求めた遮蔽度

$R_{in}$	$R_{out}$	$H_{in}/H_{out}$	$r_{in}$	$r_{out}$	$H_{in}/H_{out}$
1	16	250/500	250	1000	20/20
2	14	250/500	750	1000	20/20
4	16	500/500	1000	2000	20/20
5	16	100/500			
5	20	100/500			

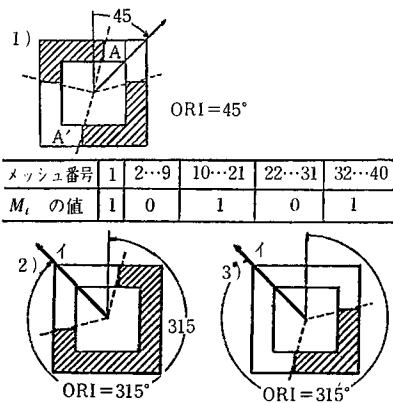
図6 収束度 COV および C の定義

### 4.3 250 m ピッチ標高データから算出した地形因子

以下に述べる地形因子のうち、名称が前節のものと同じものは、その算出方法が全く同じで、用いる標高データを 1 km メッシュの平均標高のかわりに、1 km メッシュ内 16 地点の 250 m ピッチ標高データとしたものである。

地形因子算出地点の標高は、1 km メッシュ内の標高計測 16 地点中で最も近い地点の標高を用いる。また設定した正方形の大きさの表現は km 単位のものとは区別するため、 $r$  m を用いた。

(1) 遮蔽度 (Shelt. E) 図5参照。



外周メッシュの標高 $Z_i$ が中心メッシュの標高 $Z_0$ より  $H$  m 以上は高くない外周メッシュを求め、その部分は風の流通が良いとして流通のある部分の中央の、北から時計方向に測った角度を流通方向とする。

流通がある部分が2カ所以上ある場合、北から角度を測って、最初に求められるものを流通方向とする。中心メッシュと周辺との高低を比較して、メッシュ番号に対応して  $M_i$  を決めると 1) の下に示す表が出来る。メッシュ番号と方位は対応して、例えば 1 → N, 11 → 21 → S, 31 → W 等である。

表を最初から見て行き、0 が初めて表れる時のメッシュ番号を求める。0 が継続している時は継続が終わるメッシュ番号も求める。

こうして、0 が1つの場合はメッシュ番号から対応する方位を求め、0 が継続の場合は初めと終りの番号の平均から0が継続する部分の中央のメッシュ番号を求め、方位を求める。

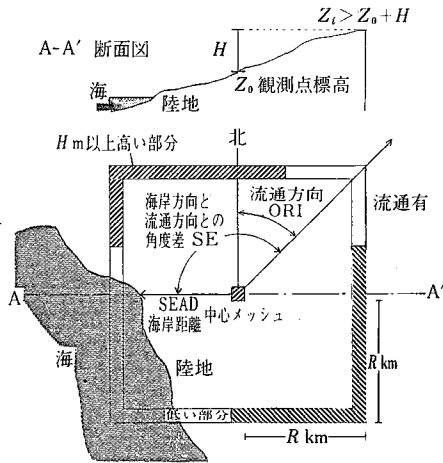
例えば、1) では  $(2+9)/2=5.5$  より0が継続する部分の中央のメッシュ番号は6であり、 $ORI=45^\circ$  となる。ただし、2) や3) のようにメッシュ番号の1と40が共に0の値をとる時は、これを判断して1を41と読み変えた上で、0が継続する部分の中央のメッシュ番号を求めている。

図7 流通方向 ORI の定義

(2) 収束度 (C) 図6参照。

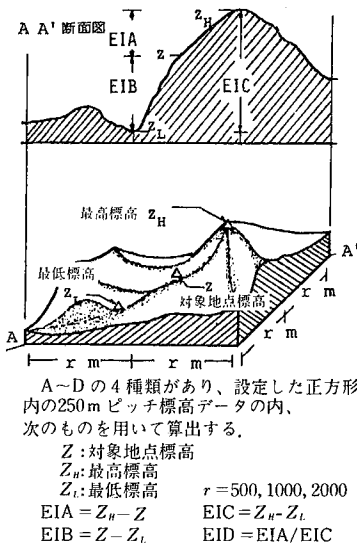
(3) 位置係数 ( $E1$ ) 荒木 (1979) の研究を参考にして設定したもので、図9参照。

(4) べき乗して求めた地形因子 ( $E(r)$ ) 表2の脚注参照。



海岸から吹く風の通り抜け易さを示すもので、海岸距離を求めたメッシュの方向を海岸方向とし、これと流通方向との角度差の絶対値を流通・海岸方向差とする。SE > 180°の時は360°から、その角度を引いたものをSEとする。(したがって、SE = 0 ~ 180°とする。) R = 1, 3, 7, 10, 12

図8 流通・海岸方向差 SE の定義



A~Dの4種類があり、設定した正方形内の250mピッチ標高データの内、次のものを用いて算出する。  
 Z:対象地点標高  
 Z<sub>H</sub>:最高標高  
 Z<sub>L</sub>:最低標高  
 EIA = Z<sub>H</sub> - Z  
 EIB = Z - Z<sub>L</sub>  
 EIC = Z<sub>H</sub> - Z<sub>L</sub>  
 EID = EIA/EIC  
 r = 500, 1000, 2000

図9 位置係数EIの定義

5 平均風速推定のための回帰式の作成

5.1 解析の対象とした母資料

(1) 平均風速データ

回帰分析の従属変数として入力される月平均風速・年平均風速などは、今回のケーススタディーでは、青森・秋田・山形の東北3県の63地点における1978年4月~1979年3月までの1年間のAMeDASによる観測値を用いた。測定高さが異なるデータについては、1/4乗則の垂直風速分布を仮定して、地上10mにおける値に高さ補正を行っている。

(2) 地形因子

表3 11種類の解析で得た回帰式の重相関係数

解析番号	平均風速の回帰式の種類				
	年	春	夏	秋	冬
case 1	.73	.68	.65	.75	.77
case 2	.77	.72	.67	.78	.81
case 3	--	--	.69	--	--
case 4	--	--	.69	--	--
case 5	主成分上の回帰では求めなかった				
case 6	.78	.77	.72	.78	.86
case 7	.82	.79	.70	.80	.86
case 8	.83	.79	.70	.80	.86
case 9	.79	.76	.70	.78	.86
case 10	.79	.76	.70	.78	.85
case 11	.79	.76	.70	.78	.85

独立変数としては、前章で定義した各種の地形因子を用いた。ただし、前述の表2に示すように、11種類の解析ごとに設定した地形因子は異なる。

5.2 解析方法

11種類の解析のうち、ケース5の解析だけは解析方法の違いに伴う回帰精度の検討を行うために、主成分上の回帰を行った。なお、計算は東京大学大型計算機センターを利用した。

5.3 解析結果

入力する地形因子の違い、解析方法の違いにより、解析は11種類に分類される。表3に11種類の解析で得られた回帰式の重相関係数rの比較を示す。解析結果は重相関係数r、分散分析によるF検定値および推定誤差のヒストグラムにより比較・検討した。

以下、各ケースごとにその特徴と解析結果の概略を述べる。

(1) ケース1

北岡ら(1971)の既往の研究に基づいて設定した地形因子を入力したもので、地形因子はすべて1kmメッシュデータから算出した。

得られた回帰式の重相関係数は0.65~0.77とやや小さく、特に風の弱い春・夏の平均風速の回帰式におけるものが小さい。しかし、分散分析によるF検定ではすべての回帰式は0.5%の危険率で有意であった。

(2) ケース2

回帰精度を向上させるため、地形因子を計算する時の正方形の大きさRを表2に示すように小刻みに変化させて多数の地形因子を入力した。回帰精度はケース1に比べ若干向上した。

(3) ケース3

ケース3~5では、夏季平均風速の回帰式の精度が他のものより悪いので、これを向上するための検討を行った。ケース3では夏季平均風速と正方形の大きさRを変化させて計算した地形因子との単相関を求め、相関係数

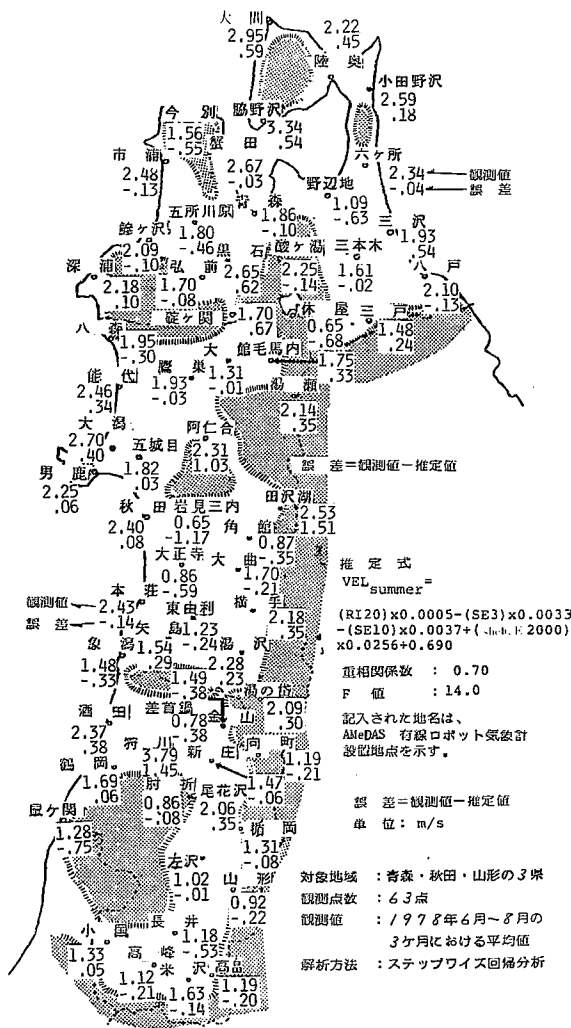


図10 ケース7における夏季平均風速に関する推定誤差の地理的分布

が、最大となる時のRを採用して算出した地形因子を入力した。その結果はケース2とほとんど変わらなかった。

(4) ケース4

元の地形因子をべき乗して求めた地形因子を入力した。これらの地形因子が回帰式に採用されれば、線型回帰プログラムを用いながらも非線型回帰を行ったのと同じことになる。r=0.69であり、ケース3と変わらなかった。採用された地形因子は4つで、陸度の3乗や流通・海岸方向差の3乗などが含まれる。

(5) ケース5

分析方法は、主成分上の回帰分析を行った。利用したプログラムでは、重相関係数を計算しないので、図10、図11のような推定誤差の分布図を作り、この比較により回帰精度を検討した。ケース4に比べ回帰精度は向上しているが、予想された程良くなかった。主成分上

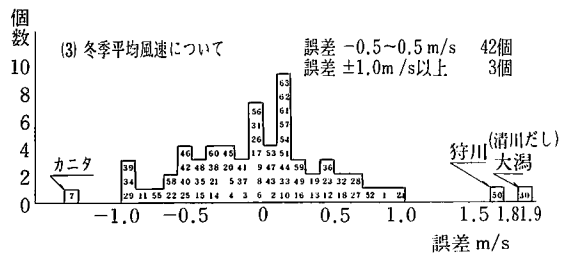
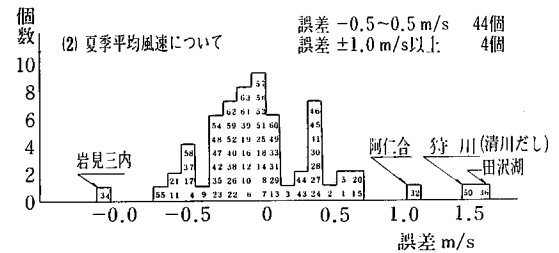
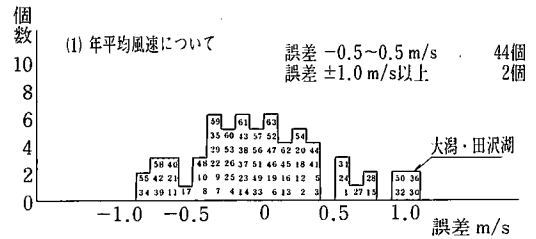


図11 ケース7における推定誤差のヒストグラム

の回帰は、29地形因子全部が回帰式に取り入れられており、ケース4の4因子に比べ7倍にもなっている。ステップワイズ回帰でも、全因子を取り入れると回帰精度は向上し、主成分上の回帰に劣らない。主成分上の回帰の場合、どうしても取り入れられる因子の数が多くなるが、これは実用上計算時間の膨大さで大変不利になる。本研究では、以後ステップワイズにより回帰式を求める。

(6) ケース6~11

従来の地形因子は1kmメッシュデータから算出したものであったが、地形の細かい凹凸を表現するために250mピッチ標高データから計算した地形因子を入力した。プログラムに入力できる地形因子数の制限から6ケースに分けて解析したが、ケース6以降の回帰精度は、表3に示すように以前に比べてはるかに向上した。

図10にケース7における夏季平均風速の推定誤差の地理的分布を示す。また、図11に誤差のヒストグラムを示す。誤差が1m/s以上の地点は2~4点あるが、一方、誤差が±0.5m/s以内のものが39~52地点ある。ケース9~ケース11では、位置係数EIを入力したが、解析結果はケース6~8のものとはほとんど変わらなかった。

5.4 まとめ

以上、11回の試行のうち、主なものについて述べて来たが、これらについて整理すると、「青森・秋田・山

形の東北3県の地形因子を用いた平均風速の推定」について以下のことが言える。

1. 上記3県の平均風速を地形因子から推定する回帰式の重相関係数は、ケース7など良い結果が得られた場合、0.70~0.86である。また、これらの回帰式は分散分析の結果、0.5%の危険率で有意である。

2. 主成分上の回帰とステップワイズによる1次回帰を比較すると、前者の方が回帰精度はやや高いが、回帰式に取り入れられる因子の数が、後者の方がはるかに少ない。地形因子を算出するための計算機の演算時間を考えると、実用的にはステップワイズによる回帰を用いるのがよいと考えられる。

3. 季節により取り入れられる因子の種類が異なる。

4. 同じ因子でも、予測対象地点からどの程度離れた所までの地形を計算するかを示す正方形の大きさRを変化させることにより回帰の精度を向上させることができる。

5. 推定誤差の大きい地点はどのケースでもほぼ一定であり、岩見三内、阿仁合、田沢湖と狩川、ねずが関などである。後者の2点は清川だし、胎内だしなどと呼ばれる局所的強風の吹く場所で、本研究で設定した地形因子ではこれを説明しきれなかったといえる。また前者の3点はすぐ近くに山が迫っており、やはりこの影響を説明しきれなかったと考えられる。

6. 相関係数から考えて、ケース7等の回帰式を用いて、任意の地点における平均風速を推定することは十分可能であると考えられる。

#### 6. 青森・秋田・山形の東北3県における平均風速分布図の作成

ケース7~11で求めた平均風速の推定式が、この地域の平均風速を推定するのに最も適していることから、ケース7の分析結果をもとに、上記3県における平均風速分布図を作成する。以下にその方法を示す。

##### 6.1 東北3県における平均風速の推定式

ケース7~11で得られた回帰式のいずれを用いても大

差ない。ここではケース7で得られた回帰式を推定式として用いる。表4にその推定式を示す。

#### 6.2 地形因子の算出方法

任意の地点の平均風速を推定するためには、メッシュデータから推定したい地点の地形因子を計算し、推定式に算出した地形因子の情報を入力する必要がある。そのために、青森・秋田・山形の3県が含まれる地域の1kmメッシュデータと250mピッチ標高データを計算機に記憶させ、5km間隔に中心核となるメッシュを設定し、各中心核メッシュに対応する地形因子を計算する。この中心核メッシュごとに風速の推定が行える。

#### 6.3 平均風速図の作成

5kmごとに求めた地形因子を推定式に代入し、5kmメッシュごとに平均風速を求める。ここで得られた値は、図10に示すような誤差を含んだものである。そこで、1つの予測対象地点の周囲の風速観測地点を4点選び、4点における推定誤差を距離による重み付けをした内挿法により、その地点における推定誤差として求め、補正を施した。このようにして求めた3県の年平均風速分布図を図12に示す。図中、暗い網目を施した部分は平均風速が2.5m/s以上の風が強いと思われる地域である。なお、図には0.5m/s間隔で等風速線を描いてある。図はプロッターで自動作図したので線は滑らかでない。

#### 7. 結論

以上、本研究の成果をまとめると以下のことが言える。

- ① 年平均風速・月平均風速等の平常時の風速に推定に関して、地形因子解析法が適用できる。
- ② 地形因子解析法で得た回帰式の重相関係数は、0.70~0.86であり、風が強い冬期平均風速に関する回帰式の重相関係数が最も高く、風が弱い夏期平均風速の回帰式の重相関係数が最も低い。また、回帰式の分散分析によるF検定では、得られた回帰式が危険率0.5%で有意であることを示している。
- ③ 回帰式による推定誤差が大きい地点が数地点ある

表4 ケース7の解析で得た各平均風速に関する回帰式

VEL <sub>year</sub>	=	(S 20)*0.0076 - (Shelt. E 3)*0.0066 + (Shelt. E 16)*0.0129 - (SE 3)*0.0041
		- (SE 12)*0.0037 + (C1000 - 2000)*0.0261 - (E 250**2)*0.0014
		+ (E 250**3)*0.00004 - (E 1000**1/2)*0.2565 + 2.1906
VEL <sub>spring</sub>	=	(R 120)*0.0005 - (Shelt. E 3)*0.0069 - (SE 3)*0.0066 - (SE 12)*0.0056
		+ (Shelt. E 2000)*0.0239 + (E 250**3)*0.00001 + (E 1000**1/2)*0.2544 + 2.4335
VEL <sub>summer</sub>	=	(R 20)*0.0005 - (SE 3)*0.0033 - (SE 10)*0.0037 + (Shelt. E 2000)*0.0256
		+ 0.6896
VEL <sub>autumn</sub>	=	(L 10)*0.0078 + (R 120)*0.0003 + (COV 2 - 16)*0.0036 - (SE 7)*0.0055
		+ (C1000 - 2000)*0.0184 - (E 250**3)*0.00004 + 3.5001
VEL <sub>winter</sub>	=	(S 20)*0.0176 - (Shelt. E 3)*0.0104 + (Shelt. E 16)*0.0129 + (COV 2 - 16)*0.0051
		- (SE 3)*0.0063 + (SE 12)*0.0062 + (Shelt. E 2000)*0.0304 + (E 250**3)*0.00001
		- (E 1000**1/2)*0.3442 + 1.3052

が、これらは局所風で著名な地点やごく近くに大きな山があるような地点であった。

- ④ 国七庁編さんの第3次メッシュ数値情報を用いて、日本全国の1 km メッシュごとに、地形因子解析に有用な地形因子を計算機により、大量に、かつ容易に算出できる。地形因子の計測における方法の簡略化と精度の向上は、地形因子解析法の有効性を増大したと言える。
- ⑤ 本研究で特に有用な地形因子は250 mピッチ標高データから算出したもので、風速の推定に関してはかなり近くの地形を詳細にとらえる必要がある。

- ⑥ 青森・秋田・山形の3県について、推定誤差の補正も行った上で、5 km メッシュごとの年間、季節別平均風速分布図を作成した。

あとがき

本研究を行うにあたり、気象庁産業気象課 柴田裕司、日建設計 河村寛二・松野信雄の各氏をはじめ、「日本列島における風力エネルギーの地理的分布と季節変化に関する研究」委員会(委員長 村上周三)の各委員のご協力をいただいた。また、第3次メッシュデータ収録の磁気テープの利用に際し、本所5部助教授 村井俊治氏のご協力を得た。ここに記して、感謝の意を表します。

(1980年6月16日受理)

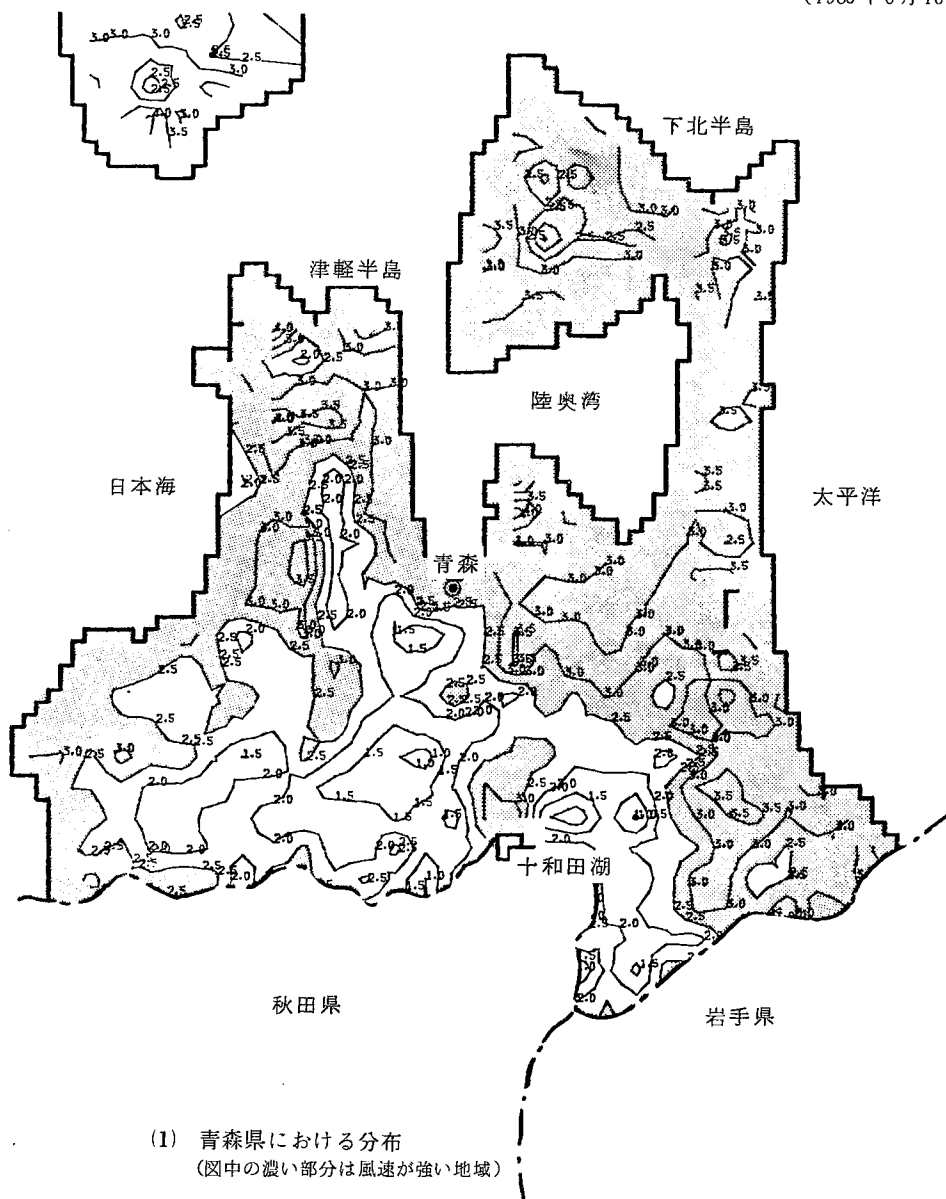
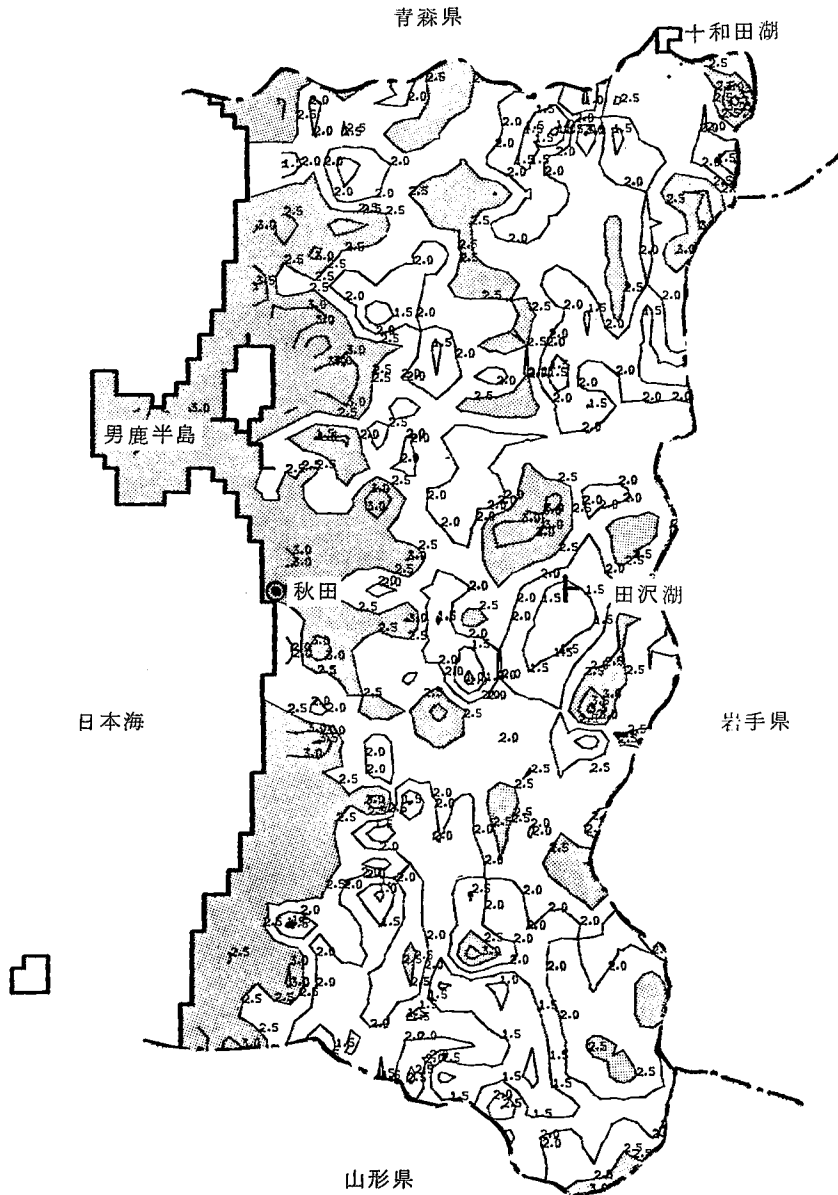


図12 地形因子から推定した青森・秋田・山形3県における年平均風速の地理的分布





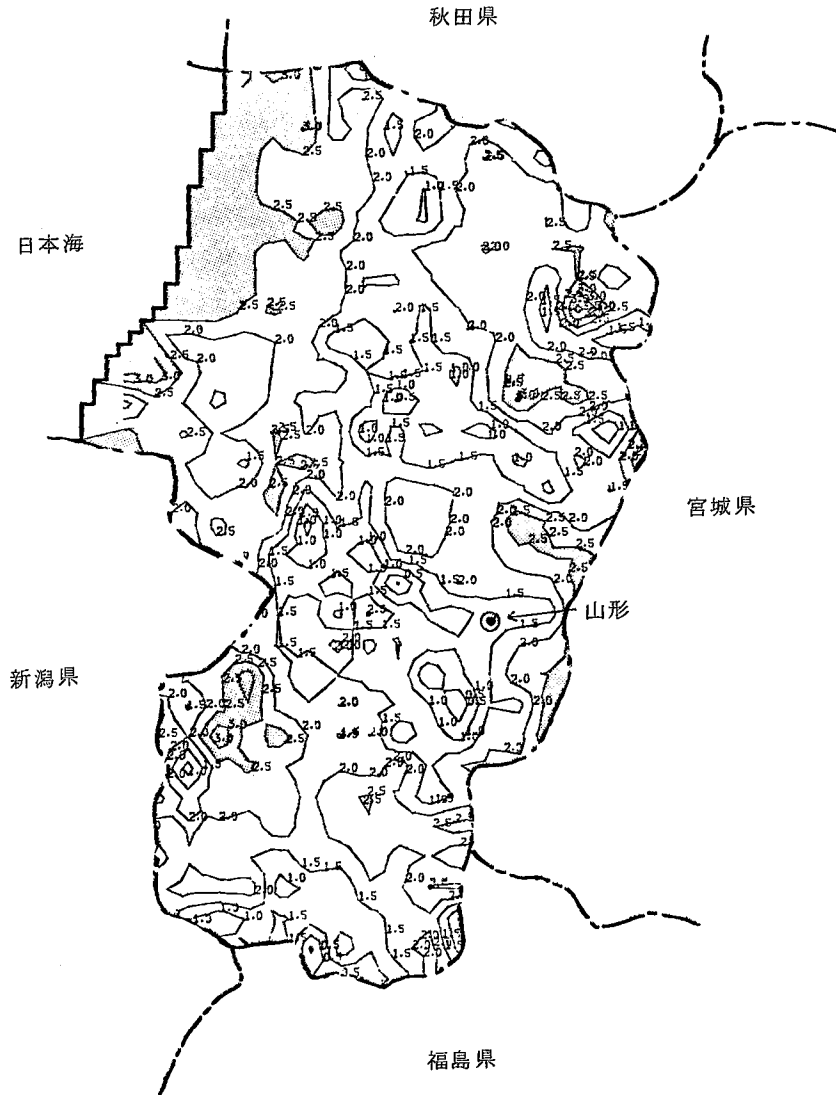
(2) 秋田県における分布  
(図中の濃い部分は風速が強い地域)

図 12

参考文献

1) Linsley K., M. A. Kohler and J. L. H. Paulhns: Applied Hydrology, 94, p. 543~655, 1949  
 2) Spreen W. C.: "A Determination of the Effect of Topography upon Prediction", Trans. Am. Geophys. Union, 28, p. 285~290, 1947  
 3) 気象庁統計課:「各地の降水量を地理的因子のみからグラフで推定する方法」, 電力気象連絡会会報, 3, p. 141~153, 1954

4) 気象庁統計課:「架橋候補地における風の再現期間の推定(II)」, 本州・四国連絡橋調査 気象調査(中間報告その3), p. 37~87, 1965  
 5) 斎藤・菊地原・井上:「日本各地の最大瞬間風速の分布, 日本の強風の研究1」, 気象庁研究時報9, p. 51~55, 1957  
 6) 斎藤・井上・壇上:「暴風値の図式相関解析」, 気象庁研究時報11, p. 775~780, 1959  
 7) 斎藤:「任意の地点の月平均風速の推定」, 災害の研究



(3) 山形県における分布  
(図中の濃い部分は風速が強い地域)

図 12

VI, p. 16 ~ 30. 技報堂, 1963

- 8) 北岡・相馬・菊地原・奥田；「設計風速に関する地域特性」, 日米天然会議耐風耐震構造専門部会 第3回合同部会資料, 1971
- 9) 荒木；「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, p. 47 ~ 63, 1979
- 10) 草野・柴田；「地域気象の調査について」, 測候時報, 46, p. 167 ~ 184. 1979
- 11) 柴田・田中；「積雪分布の推定」, 気象庁研究時報, 32,

p. 51 ~ 57, 1980

- 12) 羽倉・小泉・若月；「台風災害におよぼす局所地形の影響に関する研究 (II) — 1975年台風13号による八丈島の風害について」, 日本建築学会論文報告集, 280・281, 1979
- 13) 国土庁計画・調整局；「メッシュデータの利用方法と事例研究」, 国土計画基礎調査シリーズ1」, 大蔵省印刷局, 1978