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5報　地形分類メッシュデータによる多次元解析法の拡張について

橋　口　渉　子**

要　旨

先に第2報で，地形分類メッシュデータを変換して地点間類似性行列 S としたとき，S を用いて，目的変数に対する回帰項を最大にする数量を各地点に与える手法を示した．内陸立地点の風エネルギー評価に際しては，複数の S を使用するほか，標高，土地利用メッシュからのデータ行列の使用も必要である．内陸についての具体的な予測モデルなどを述べる前に，これら S およびデータ行列の同時使用による目的変数の推定法を，確立する必要がある．本報では，第2報の拡張として，諸データの同時使用により，各地点に総合数量を与える手法を呈示した．更に，この手法により，予測地点に与える総合数量および予測値について，その算出過程を明らかにした．

1．はじめに

本報では，内陸立地点における評価方法に関し，その手法的側面を述べる．先に第2報で，地形分類メッシュデータから作出した類似性行列 S を手がかりに，各地点に数量を与える方法を呈示した．複数の場合もふくめ，S だけによる予測，標高，土地利用メッシュからのデータ行列による予測，のいずれにおいても予測的中率は50％にも達しなかった．したがって，類似性行列およびデータ行列を併用する必要がある．また，S を手がかりとして未観測地点の値を実際に予測するにあたり，その地点の数量を求める方法は，未解決の問題点として残されていた．

内陸立地点の評価方法を確定するためには，上のように手法的問題の解決を必要とするため，本報でこれらについて述べる．

---

* Estimation of small scale wind energy for agriculture by using mesh data.
5. Extension of a method of multidimensional analysis of similarities using topographical mesh data.

** Shoko Hashiguchi，農林水産省畜産試験場．

——1984年6月28日受領——
——1984年9月25日受理——

2．手法の位置づけと問題の一般的設定

複雑な現象を解析する手法として，多変量解析，数量化，多次元尺度法（MDS）などがある．

斉藤（1980）は，多変量解析に用いる変量群の間に，（A）従属関係を仮定できる場合および（B）相互依存関係だけの場合，として手法を分類し，MDS を多変量解析の枠内で位置づけると，（B）に該当するとした．この分類によれば，第2報で呈示した手法は，（A）に該当する．この（A），（B）は解析目標にも関わる基本的なちがいであるが，一方，入力データの形式によっても，手法は制約をうけることになる．

Kruskal ら（1978，訳1980）によれば，地図をもとにいくつかの都市間の距離行列を作成すること，の逆操作すなわち都市間距離の行列から地図を作成する方法，が MDS である．この場合，都市間距離を求める方法やそのためのデータは，MDS の枠外にある．当初発生したデータの形態はともあれ，入力形式は対象間相互の距離，親近性もしくは類似性の行列であり，関心は各対象の平面上の布置となる．ただし，MDS は，より広くかつ多様であるから，上は主として狭義の MDS（斉藤，前掲）をさす．

多変量解析法は，主として量的データを扱うが，奥野ら（1978）は，分類尺度もダミー変数として，重回帰分

析の説明変数に導入可能であることを述べた．ダミー変数（２値データの変数）をもふくめて考えると，数量化Ⅰ，Ⅱ類も操作上は多変量解析の（A）とみることができる．ただし，林（1974）が述べるように，数量化手法においては，連続量の測定値といえども，目的に照らしてカテゴリー化することこそ重要，との考えが基本にあり，多変量解析法とは異なる意義をもつ．しかしここでは，このようなちがいはおき，n 対象 q 変数から成る（量的）データ行列を入力データとする手法として，数量化をふくめて多変量解析法を特色づける．

２値データの導入によって，多変量解析は広く適用できるとはいえ，特に先の分類（A）の場合，説明変数の数の制約によってデータが限定される．たとえば５分類の分類尺度は４変数の２値データとなり，量的データと比べ多くの変数を必要とする．このために，分類尺度のデータは，実際には多変量解析の適用をしばしば困難にする．本研究における地形分類データも，２値データを用いてデータ行列とすることは可能であるが，変数の数からいって，通常の多変量解析における説明変数とすることはできない．先ず数量化Ⅲ類などの適用により変数を減少させることも考えられるが，これについては第２報でふれた．

当初のデータの形態はともあれ，また理由は何であっても，説明変数に MDS の入力形式をとることは，本研究に限らず起り得よう．このようなとき，回帰主成分分析の解を迂回して求める手法，を第２報で呈示した．もしこの手法(以後，潜在型回帰主成分分析と仮称する。)において多数の類似性行列の取扱いが可能となれば，適用場面はより広いものとなろう．

すでにふれたように，内陸では複数の類似性行列に加え，標高，土地利用データをも使用する．標高データなどは，データ行列として入力するので，一般の回帰主成分分析を適用し得るが，類似性行列を併用するために潜在型回帰主成分の適用場面となる．

複数の類似性行列を必要とする理由は次報で述べる．以下３．および４．では，諸種のデータに基づく(潜在型)回帰主成分得点の導出方法を述べるにとどめる．これらの主成分得点により，目的変数の推定値を得ることができる．しかしこの手法では回帰主成分の重みを導出できないため，要因の解析には不向きであり，主として予測のための手法といえる．予測への利用法は５．で述べる．

3．多数の類似性行列の取り扱い

第２報では，ひとつの類似性行列を前提として取り扱い手法を提示した．本報では２個以上の類似性行列を必要とする場合にそなえ，以下のように手法を拡張しておく．

3.1．２個の類似性行列の統合

地点数 L に対し，それぞれ $L\times L$ の大きさをもつ，ふたつの類似性行列 $\boldsymbol{S}_1$，$\boldsymbol{S}_2$ があるとする．

$\boldsymbol{S}_1, \boldsymbol{S}_2$ にそれぞれもっとも近く，かつランク q_1，q_2 をもつ内積行列を，$\boldsymbol{Z}_1'\boldsymbol{Z}_1$，$\boldsymbol{Z}_2'\boldsymbol{Z}_2$ とする．すなわち第２報で述べたように，$\boldsymbol{S}_1$ のもつ q_1 個の正の固有値 λ_i とその固有ベクトル $\boldsymbol{p}_i$ により，次式

$$\left.\begin{aligned}&\boldsymbol{Z}_1'\boldsymbol{Z}_1=\sum_{i=1}^{q}\lambda_i\boldsymbol{p}_i\boldsymbol{p}_i'\\&\lambda_1\geq\cdots\cdots\lambda_i\cdots\cdots\geq\lambda_{q_1}>0\end{aligned}\right\}\quad(1)$$

による．$\boldsymbol{Z}_2'\boldsymbol{Z}_2$ も，$\boldsymbol{S}_2$ から同様にして求めるものとする．$\boldsymbol{Z}_1'$，$\boldsymbol{Z}_2'$ はそれぞれ，$L\times q_1$，$L\times q_2$ のデータ行列（このように顕在しないデータ行列を，以後潜在データ行列と仮称する）であるから，$L\times q$ ($q=q_1+q_2$) の行列 $\boldsymbol{Z}_s'$ を

$$\boldsymbol{Z}_s'=(\boldsymbol{Z}_1' \vdots \boldsymbol{Z}_2') \qquad (2)$$

とすると

$$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s=\boldsymbol{Z}_1'\boldsymbol{Z}_1+\boldsymbol{Z}_2'\boldsymbol{Z}_2 \qquad (3)$$

が，q 個の変数による地点間内積行列である．

なお，式 (2) から変数間内積行列を書けば，

$$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s=\begin{pmatrix}\boldsymbol{Z}_1\boldsymbol{Z}_1' & \boldsymbol{Z}_1\boldsymbol{Z}_2'\\ \boldsymbol{Z}_2\boldsymbol{Z}_1' & \boldsymbol{Z}_2\boldsymbol{Z}_2'\end{pmatrix}$$

となり，式 (3) よりも面倒なものとなる．

行列 $\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ に対して，第２報の式 (9) による行列$\boldsymbol{E}$を用い，q 個の説明変数の平均をゼロにし，さらに以後の潜在型回帰主成分分析を適用すればよい．

3.2．３個以上の類似性行列の取り扱い

多数の類似性行列がある場合，２個の場合の単純な拡張にほかならない．すなわち g 個の類似性行列 $\boldsymbol{S}_1, \cdots$，$\boldsymbol{S}_g$ のそれぞれから，式 (1) により q_k，$k=1, \cdots, g$，のランクをもつ内積行列 $\boldsymbol{Z}_1'\boldsymbol{Z}_1, \cdots$，$\boldsymbol{Z}_g'\boldsymbol{Z}_g$ を得たとする．式 (3) にならい

$$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s=\boldsymbol{Z}_1'\boldsymbol{Z}_1+\cdots+\boldsymbol{Z}_g'\boldsymbol{Z}_g \qquad (3')$$

によって，$q(=\sum_k q_k)$ 個の変数による地点間内積行列を得る．このあとの扱いも，式 (3) 以後と全く同じである．

3.3．実用上の問題と取り扱いについて

式 (1) による $\boldsymbol{Z}_1'\boldsymbol{Z}_1$ のランクは q_1 であるから，類

第１表　類似性行列がもつ固有値.

5.960	2.387	1.809	1.477	1.284	1.271	1.204	1.164	1.102	1.088
1.070	1.042	1.018	1.010	0.995	0.967	0.955	0.945	0.935	0.899
0.894	0.882	0.879	0.872	0.860	0.835	0.826	0.810	0.805	0.787
0.769	0.760	0.751	0.741	0.729	0.718	0.705	0.704	0.692	0.670
0.656	0.632	0.627	0.598	0.552	0.519	0.452	0.445	0.252	

TRACE=　49.0000

第２表　ランク５の内積行列４個の和行列の固有値.

23.707	8.830	4.214	3.655	3.052	1.837	1.442	0.641	0.612	0.379
0.313	0.204	0.121	0.058	0.029	0.016	0.010	0.006	0.003	0.002
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

TRACE=　49.1319

注）20個の非ゼロ固有性をもつが，そのうち若干個は小さな値となることを示す.

似性行列が１個のときは問題はない．しかし，式 (3) の $\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ のランクは，必ずしも q ではない．潜在データ行列における q 変数のうちに，線形従属がないという保証はない.

実際には，完全な線形従属が生ずることよりも，変数間の強い相関々係によって，$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ の固有値のいくつかが小さな値となることが多いと考えられる．第２報の第７表で20地点における類似性行列の固有値を示したが，最小値は0.65であった．49地点についての４個の類似性行列のうちのひとつについて，その固有値を第１表に示す．第２表は，$q_k=5$, $k=1,\cdots,4$, における各 $\boldsymbol{Z}_k'\boldsymbol{Z}_k$ の和行列 $\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ の固有値である．これらに例示されるように，$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ の非ゼロ固有値の最小値は，第１表のそれと比べ，きわめて小さな値となる．あとの計算で固有値の逆数を用いるため，算出結果が不正確なものとなるおそれがあり，$\boldsymbol{Z}_s$ の変数の整理が必要である．実際には，$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ に対し，ランク $t(<q)$ をえらんで，再度式 (1) を適用すればよい.

奥野ら（1978，前掲）は，重回帰分析で各要因の寄与をみる場合，説明変数の間の相関をできるだけ低くすることを提唱している．ここでは重回帰分析ではなく要因の解析をめざすものでもないが，モデルに対する考え方は共通する．$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ がもつ固有値のうち小さな値を除外してランク t の行列とすることは，説明変数を整理して，相互に相関々係の低い t 個の変数を残すことに該当する.

4. 類似性行列およびデータ行列の同時利用

L 対象のそれぞれが q_c 個の特性値をもつとする．具体的には，標高および土地利用データから，q_c 個の変数の値が作られるとし，この $L\times q_c$ のデータ行列を $\boldsymbol{Z}_c'$ とする.

類似性行列から式 (3′) の $\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ がすでに求められているとする．3.3. で述べたように，$\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ から導くランク t の行列を $\boldsymbol{Z}'_a\boldsymbol{Z}_a$ と書くと.

$$\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T=\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a+\boldsymbol{Z}_c'\boldsymbol{Z}_c \quad (4)$$

$$\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}=\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{E} \quad (5)$$

により，平均ゼロをもつ (q_c+t) 個の説明変数にもとづく地点間内積行列を得る.

一般的には，$\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T$ のランクが $(t+q_c)$ であるという保証はなく，小さな非ゼロ固有値をもつ可能性もある．このときは，q_c 個の変数の再検討，整理を必要とする．しかし本研究では，第３表にみられるように，その必要は生じなかった．第３表は $t=7$, $q_c=6$ における $\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}$ の固有値である．のちに示す第４表には，この $\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}$ の第１行（野沢温泉）を示す.

以下は第２報と重複するが，推定値を得るまでの経過を簡単に述べる.

季節，昼夜別の風エネルギー供給時間 y_{ijk} により

$$\boldsymbol{Y}=(y_{ijk}-\bar{y}_{.jk}) \quad (6)$$

$$\bar{\boldsymbol{y}}'=(\cdots,\ \bar{y}_{.jk},\ \cdots\cdots) \quad (7)$$

とする．ここに $\boldsymbol{Y}$ は $12\times L$ の行列，$\bar{\boldsymbol{y}}$ は12要素のベクトルである．次に行列 $\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}$ の非ゼロ固有値 $\lambda_i, i=1,\cdots, q(q=q_c+t)$，とこれらに対応する固有ベクトル $\boldsymbol{p}_i$ に

第3表　6変数のデータ行列および第2表から7固有値をとったときの総合内積行列の固有値.

42.629	33.483	14.337	8.620	6.017	3.727	3.351	2.522	1.734	1.219
0.987	0.529	0.237	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	

TRACE= 119.3913

より，行列

$$\boldsymbol{P}=(\cdots,\ \lambda_i^{-1}\boldsymbol{p}_i,\ \cdots)$$

を用いて

$$\boldsymbol{G}=\boldsymbol{P}'\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}\boldsymbol{Y}'\boldsymbol{Y}\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}\boldsymbol{P} \tag{8}$$

なる $q\times q$ の行列を算出する．使用する回帰主成分の数を q_r として，行列 G の固有値 η_i^2, $i=1,\cdots,\ q_r$, に対応する固有ベクトルの行列を $\boldsymbol{W}$ としたとき，$L\times q_r$ の行列

$$\boldsymbol{L}=\boldsymbol{P}\boldsymbol{W} \tag{9}$$

を用いると，

$$\boldsymbol{H}_T=\boldsymbol{Z}\boldsymbol{L} \tag{10}$$

$$\begin{aligned}\boldsymbol{X}'&=\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{H}_T\\&=\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}\boldsymbol{L}\end{aligned} \tag{11}$$

が，各観測地点に与える総合数量すなわち q 個の説明変数を総合した（回帰）主成分得点である．行列 $\boldsymbol{Y}$ および数量 $\boldsymbol{X}$ から，回帰係数行列および推定値

$$\boldsymbol{B}=\boldsymbol{Y}\boldsymbol{X}' \tag{12}$$

$$\hat{\boldsymbol{Y}}=\boldsymbol{B}\boldsymbol{X} \tag{13}$$

が得られる．

回帰主成分の重みすなわち式 (10) の $\boldsymbol{H}_T$ を得ることはできず，$\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}\boldsymbol{L}$ により直接数量を求めるのが，潜在型回帰主成分の特色である．しかしデータ行列 $\boldsymbol{Z}_c$ に関する限り，主成分の重みを求めることができる．すなわち先ず

$$\boldsymbol{H}_T'=(\boldsymbol{H}_a' : \boldsymbol{H}_c') \tag{14}$$

とする．ここに $\boldsymbol{H}_a'$, $\boldsymbol{H}_c'$ はそれぞれ $q_r\times t$, $q_r\times q_c$ の行列であり，後者が $\boldsymbol{Z}_c$ における q_c 個の変数に付す重みの行列である．式 (9), (10) から

$$(\boldsymbol{H}_a' : \boldsymbol{H}_c')=\boldsymbol{W}'\boldsymbol{P}'\boldsymbol{Z}'$$

であり，式 (4), (5) により

$$\begin{aligned}\boldsymbol{Z}'&=\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_T'\\&=\boldsymbol{E}(\boldsymbol{Z}_a' : \boldsymbol{Z}_c')\end{aligned} \tag{15}$$

と書けるから

$$\boldsymbol{H}_c'=\boldsymbol{W}'\boldsymbol{P}'\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_c' \tag{16}$$

によって，$\boldsymbol{H}_T'$ の部分行列 $\boldsymbol{H}_c'$ が得られる．

さらに式 (11), (13), (14) および (15) から

$$\begin{aligned}\hat{\boldsymbol{Y}}&=\boldsymbol{B}\boldsymbol{X}\\&=\boldsymbol{B}(\boldsymbol{H}_a' : \boldsymbol{H}_c')\begin{pmatrix}\boldsymbol{Z}_a\\ \boldsymbol{Z}_c\end{pmatrix}E\\&=\boldsymbol{B}\boldsymbol{H}'_a\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}+\boldsymbol{B}\boldsymbol{H}_c'\boldsymbol{Z}_c\boldsymbol{E}\end{aligned} \tag{17}$$

を得る．すなわち推定値算出に際して，データ行列の各変数に与える係数は，$\boldsymbol{B}\boldsymbol{H}_c'$ である．

5. 予測地点の数量および予測値算出方法

1個の類似性行列による場合が，潜在型回帰主成分分析の原形といえるであろう．先ずこれについて述べる．

5.1. 1個の類似性行列による場合

地形分類データを用いて具体的に述べる．

第2報で述べたように，類似性行列の作出は，8×13 の行列 $\boldsymbol{C}_i, i=1,\cdots,\ L$, による．予測地点における地形分類データからの，同様の行列を $\boldsymbol{C}_0$ とする．類似性行列 $\boldsymbol{S}$ の各要素の算出法と同様にして，$\boldsymbol{C}_0$ と各 $\boldsymbol{C}_i$ との間の類似性ベクトル $\boldsymbol{s}$ の要素を求め，行列 $\boldsymbol{S}_*$ を

$$\boldsymbol{S}_*=\begin{pmatrix}\boldsymbol{S} & \boldsymbol{s}\\ \boldsymbol{s}' & 1\end{pmatrix} \tag{18}$$

なる $(L+1)$ 次の行列とする．$\boldsymbol{S}_*$ の固有値から，式 (1) に準じてランク q の内積行列を求め，$\boldsymbol{Z}_*'\boldsymbol{Z}_*$ とすると

$$\boldsymbol{Z}_*'\boldsymbol{Z}_*=\begin{pmatrix}\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a & \boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{z}_0\\ \boldsymbol{z}_0\boldsymbol{Z}_a & \boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{z}_0\end{pmatrix} \tag{19}$$

と書くことができる．ここに $\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a$ は L 次の行列，$\boldsymbol{Z}'_a\boldsymbol{z}_0$ はベクトルであり，q 変数の潜在データ行列 $\boldsymbol{Z}_a$, これに対応する予測地点の（潜在）ベクトル $\boldsymbol{z}_0$ を想定している．

$\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a$ と $\boldsymbol{Y}$ を用いての，潜在型回帰主成分分析の結果として，式 (10) に代わり

$$\boldsymbol{H}=\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}\boldsymbol{L} \tag{10'}$$

と書くと，式 (11) に代わり

$$\boldsymbol{X}'=\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{H} \tag{11'}$$

と書ける．ところで $\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_a'$ とは，行列 $\boldsymbol{Z}_a$ の各要素から，各平均値を引いた結果の行列であるから，この q 個の平均値から成るベクトルを $\boldsymbol{a}$ と書くことにする．予測地点のベクトル $\boldsymbol{z}_0$ も，$\boldsymbol{a}$ からの偏差値とする必要が

第4表　野沢温泉の予測および推定のための総合内積ベクトル.

0.54	0.39	1.16	1.39	0.09	4.81	2.50	1.07	0.40	1.18	0.66	0.74	0.44	0.08	4.21	0.40	2.29	4.85	1.46	0.62
0.53	4.09	2.36	2.75	1.75	0.65	7.37	4.25	1.16	0.97	0.18	1.81	4.36	4.80	4.41	0.87	0.35	3.26	5.91	4.99
3.52	2.23	2.15	3.33	3.36	0.98	2.27	4.54												
-1.21	-0.87	-1.23	-0.75	-1.40	2.11	-0.02	-0.61	-1.03	-0.66	-1.00	-0.95	-1.10	-1.06	0.73	-0.76	-0.67	0.64	-0.91	-0.70
-1.10	0.43	-0.12	-0.51	-0.88	-0.87	3.71	0.76	-0.94	-0.82	-0.96	-0.45	1.83	0.71	1.63	-1.01	-1.20	0.03	-2.25	1.76
2.18	0.40	1.22	1.58	1.70	-0.90	0.49	0.51												
-1.25	-0.91	-1.26	-0.79	-1.43	2.01	-0.08	-0.66	-1.07	-0.70	-1.04	-0.99	-1.14	-1.10	0.65	-0.81	-0.72	0.57	-0.95	-0.75
-1.13	0.36	-0.18	-0.56	-0.93	-0.92	3.58	0.69	-0.98	-0.87	-1.00	-0.50	1.74	0.64	1.54	-1.05	-1.24	-0.03	2.15	1.66
2.07	0.33	1.14	1.49	1.60	-0.94	0.42	0.44												

注）1，2番目のベクトルは，模擬予測における式 (26′) の $\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{Z}_a+\boldsymbol{v}'\boldsymbol{Z}_c$ および $\boldsymbol{u}'$ である．
3番目のベクトルは式 (5) の $\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}$ の第1行目から第1要素を除外した．

あり，この偏差値のベクトルによって

$$\boldsymbol{x}_0'=(\boldsymbol{z}_0-\boldsymbol{a})'\boldsymbol{H}=(\boldsymbol{z}_0-\boldsymbol{a})'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}\boldsymbol{L} \quad (20)$$

が，$\boldsymbol{X}$ に相当する予測地点の数量である．ただし式 (20) の右辺は，$\boldsymbol{E}$ と $\boldsymbol{L}$ 以外は与えられていないから，実際には求められない．

ここで，L 要素のベクトル

$$\boldsymbol{e}_L'=(1/L,\cdots,\ 1/L) \quad (21)$$

を用いると，

$$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{e}_L$$

と表せるから，式 (20) にこれを代入して

$$\boldsymbol{x}_0'=\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}\boldsymbol{L}-\boldsymbol{e}_L'\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}\boldsymbol{L} \quad (22)$$

を得る．式 (22) の右辺は求めることができ，これが予測地点における主成分数量である．回帰係数行列 $\boldsymbol{B}$ を用いて，容易に予測値を算出できる．

上式 (22) を

$$\left.\begin{aligned}\boldsymbol{u}'&=\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}-\boldsymbol{e}_L'\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}\\ \boldsymbol{x}_0'&=\boldsymbol{u}'\boldsymbol{L}\end{aligned}\right\} \quad (22')$$

と書くと，行列 $\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}$ に対応する予測地点のベクトルが $\boldsymbol{u}'$ である．もし潜在データ行列 $\boldsymbol{Z}_a$ とこれに対応するベクトル $\boldsymbol{z}_0$ を，q 次元空間における $(L+1)$ 個のベクトルと考えれば，$\boldsymbol{Z}_a$ のもつ平均値の点に原点を移す変換を行ってからの，観測地点相互の内積を要素とする行列が $\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a\boldsymbol{E}$ であり，予測地点と各観測地点間の内積によるベクトルが $\boldsymbol{u}'$ である．

5.2. 多数の類似性行列とデータ行列との同時利用

g 個の類似性行列 $\boldsymbol{S}_k$, $k=1,\cdots,g$, があるとき，それぞれに対応して予測地点と各観測地点間の類似性ベクトル $\boldsymbol{s}_k$ を作る．それぞれ対応する $\boldsymbol{S}_k$ と $\boldsymbol{s}_k$ による式 (18) の $\boldsymbol{S}_*$ の固有値などから，ランク q_k の内積行列 $\boldsymbol{Z}_k'\boldsymbol{Z}_k$ を導き，それらの和行列を $\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ とする．さらに $\boldsymbol{Z}_s'\boldsymbol{Z}_s$ の固有値などによるランク t の内積行列を $\boldsymbol{Z}'_*\boldsymbol{Z}_*$ とすると，式 (19) が適用できる．この場合の $\boldsymbol{Z}_a$, $\boldsymbol{z}_0$ は，いうまでもなく t 変数から成ると想定する．

類似性行列に加え，q_c 個の特性値によるデータ行列 $\boldsymbol{Z}_c$ があるとき，$\boldsymbol{Z}_c'\boldsymbol{Z}_c$ および式 (19) における $\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a$ から，式 (4) の $\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T$ を求めると，以後の式 (13) までが，そのまま適用できる．そしてこの場合の $\boldsymbol{Z}_T$ は，

$$\boldsymbol{Z}_T'=(\boldsymbol{Z}_a'\ \vdots\ \boldsymbol{Z}_c') \quad (23)$$

と書くことができ，$\boldsymbol{Z}_c'$ だけが顕在する．$\boldsymbol{Z}_c$ に対応して，q_c 個の変数による予測地点のベクトルを求め，それを $\boldsymbol{v}$ とすると

$$\boldsymbol{w}'=(\boldsymbol{z}_0'\ \vdots\ \boldsymbol{v}') \quad (24)$$

が，$\boldsymbol{Z}_T'$ に対応する．$\boldsymbol{Z}_T$ の平均値のベクトルを $\boldsymbol{a}$ とすると，予測地点に与える総合数量は式 (20) に準じ

$$\boldsymbol{x}_0'=(\boldsymbol{w}-\boldsymbol{a})'\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{E}\boldsymbol{L} \quad (25)$$

であり，

$$\boldsymbol{a}=\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{e}_L$$

および式 (23)，(24) を用いると

$$\boldsymbol{x}_0'=(\boldsymbol{z}_0'\ \vdots\ \boldsymbol{v}')\begin{pmatrix}\boldsymbol{Z}_a\\ \boldsymbol{Z}_c\end{pmatrix}\boldsymbol{E}\boldsymbol{L}-\boldsymbol{e}_L'\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{E}\boldsymbol{L}$$

$$=(\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{Z}_a+\boldsymbol{v}'\boldsymbol{Z}_c)\boldsymbol{E}\boldsymbol{L}-\boldsymbol{e}_L'\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{E}\boldsymbol{L} \quad (26)$$

を得る．式 (22′) と同様に

$$\left.\begin{aligned}\boldsymbol{u}'&=(\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{Z}_a+\boldsymbol{v}'\boldsymbol{Z}_c)\boldsymbol{E}-\boldsymbol{e}_L'\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{E}\\ \boldsymbol{x}_0'&=\boldsymbol{u}'\boldsymbol{L}\end{aligned}\right\} \quad (26')$$

における $\boldsymbol{u}'$ が，行列 $\boldsymbol{E}\boldsymbol{Z}_T'\boldsymbol{Z}_T\boldsymbol{E}$ に対応する予測地点のベクトルである．

第4表に示した各48要素から成る3個のベクトルのうち3番目のものは，4. の式 (5) における $\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}$ の第1行である．このベクトルは，他の行とともに式 (13) までを適用することにより，野沢温泉の推定値算出のもとになる．ただし第4表では，他との比較のため第1要素を除外して示した．同表の最初のベクトルは野沢温泉の（模擬）予測値算出のための式 (26′) のベクトル $\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{Z}_a+\boldsymbol{v}'\boldsymbol{Z}_c$, 次は同じくベクトル $\boldsymbol{u}'$ であり，この場合の $\boldsymbol{Z}_a$ などは，野沢温泉を除く48観測地点に対応する．すなわち $\boldsymbol{u}'$ および $\boldsymbol{Z}'\boldsymbol{Z}$ の第1行目は，それぞれ野沢温泉の予測および推定のための各入力データといえる．このふ

たつは，原点の位置が僅かながら異なるのであるが，よく類似したベクトルであることが分る．

予測地点のベクトル $\boldsymbol{u}$ から $\boldsymbol{x}_0$ を経て，予測値が算出できる．予測値は，y_{ijk} に相当する値，すなわち季節，昼夜別のエネルギー供給時間として出力されることが望ましい．この予測値のベクトル $\tilde{\boldsymbol{y}}_0$ は，

$$\tilde{\boldsymbol{y}}_0=\boldsymbol{x}_0'\boldsymbol{B}'+\bar{\boldsymbol{y}}'$$

で与えられる．

5.3. 模擬予測について

海岸の場合と同様，内陸においても模擬予測による予測的中率をみてモデルを選択する．このときの式 (18) の右辺は $\boldsymbol{S}$ であり，L 番目の模擬予測値算出の場合に限り，式 (19) の右辺が適用できる．このときの $\boldsymbol{Z}_*'\boldsymbol{Z}_*$ は L 次，$\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a$ は $(L-1)$ 次の行列となる．一般には，i 番目の地点の模擬予測の場合，$\boldsymbol{Z}_*'\boldsymbol{Z}_*$ における第 i 行，i 列を除外し，残る行列が式 (19) の $\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{Z}_a$ に，除外した列が $\boldsymbol{Z}_a'\boldsymbol{z}_0$ と $\boldsymbol{z}_0'\boldsymbol{z}_0$（$i$ 番目の要素）に，それぞれ相当する．さらに行列 $\boldsymbol{Y}$ の第 i 列も除外するため，残りの行列の平均値は，僅かながらゼロではない．このための補正が，模擬予測の過程では必要となる．

次報で，具体的な予測モデルとそれによる模擬予測の結果を示す．

文　献

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2報　地形分類メッシュデータによる多次元解析法，天気，30，376-384.

林知己夫，1974：数量化の方法，東洋経済新報社，7.

Kruskal, J.B. and M. Wish, 高根芳雄訳，1978, 1980 訳：多次元尺度法，朝倉書店，2.

奥野忠一ほか，1978：応用統計ハンドブック，養賢堂，146，328.

斎藤堯幸，1980：多次元尺度構成法，朝倉書店，2，8.

日本気象学会および関連学会行事予定

行事名	開催年月日	主催団体等	場所
第7回極域気水圏シンポジウム	昭和59年12月4日～6日	国立極地研究所	国立極地研究所
第8回風工学シンポジウム	昭和59年12月6日～7日	日本風工学会ほか	気象庁講堂
第31回風に関するシンポジウム	昭和59年12月20日	日本農業気象学会ほか	農林水産省農業環境技術研究所大会議室
First WMO Workshop on the Diagnosis and Prediction of Monthly and Seasonal Atmospheric Variations over the Globe	1985年7月29日～8月2日	WMO	メリーランド大学（米国）
IAMAP/IAPSO 1985年ハワイ合同研究集会	1985年8月5日～16日		ハワイ州ホノルル
第23回国際地震学・地球内部物理学協会（IASPEI）総会	昭和60年8月19日～30日	地震学会ほか	京王プラザホテル