

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7報 風エネルギー予測システムの問題点と今後の課題

橋 口 渉 子**

要 旨

既報で示したモデル、手法に従い、任意地点の緯・経度を入力すると、その地点の風エネルギー供給時間を出力するシステムが試作された。本研究における問題点は、システムの問題点として反映されているので、この試作システムについて考察して、本研究の考察に代えた。すなわち、研究対象区域に関わる問題、メッシュ手法の予測値需要について検討不十分のため生じた問題、および予測モデル確定に関する課題の3点に集約された。また、研究の今後に残された課題として、需要の多様化を前提とした目的変数の拡充とそれに対応するモデルの検討、国内他地域への適用拡大などがあげられる。これらを、実用的な全国システムへ向けての課題として述べた。

1. はじめに

第1報で述べたように、本研究は風エネルギーを表す目的変数すなわち予測対象の数値決定に至る諸検討を含め、予測方法についての試論を意図した。3種類のメッシュデータから、小規模風エネルギー供給時間を予測するためのモデルと方法について、すでに第1～6報で述べた。方法論的研究をめざしたため研究対象地域は限定したが、研究の最終目標は風エネルギー予測システムの開発にある。このため既報で述べた内容に従い、予測システムの試作を行った。

今回作製されたシステムは、以下の点から試作品の域を出ない。すなわち①予測方法の研究として、一部のデータを使用したのみであるから、システムの適用範囲も限定されている。②システムの設計には、本研究の枠外の部分もあるため、現システムは十分な検討を経て設計されたものではない。

以下、今回作製されたシステムを、パイロット・シス

テムと仮称する。

このシステムは、本研究の一環として作られたものであるから、システムの問題点にふれることで、本研究の考察に代える。また、研究の今後の方向とその課題とをより具体的に述べるため、全国システムをめざしての課題についても述べる。

2. パイロット・システム作製の意義

2.1. パイロット・システムの概要

パイロット・システムの目的は、いうまでもなく任意地点の風エネルギー供給時間予測値を算出、出力することにある。北緯34～39度、東経137～140度の領域内の任意地点で、ほぼ予測値算出が可能である。周辺データを使用する必要があるため、正確には、上の領域の各境界から、4分30秒×2.5だけ内側の各地点が、適用可能域の限界となる。

システムは、緯・経度で地点を同定する。すなわち使用に際して入力するデータは、予測地点 (P_0 と略記) 番号と地点名、 P_0 の緯度、経度、標高 H_0 および立地 (内陸、海岸の別) である。ただし立地については、システム内で識別されるから、必ずしも入力する必要はない。また、標高 H_0 不明のままの予測値算出も可能である。この点については後にふれる。

* Estimation of small scale wind energy for agriculture by using mesh data. 7. Assessment of wind energy predicting system.

** Shoko Hashiguchi, 農林水産省畜産試験場。
—1984年9月25日受領—
—1984年12月10日受理—

第4および6報でそれぞれ述べたように、立地によって、予測モデル、計算手法ともに異なるので、 P_0 の立地識別後は立地別サブシステムを経る。

結果の出力は、季節、昼夜別の風エネルギー供給時間とそれらの平均（または合計）である。このほか、地形概略図および標高段階データのそれぞれが、 P_0 の位置表示を付して出力される。全予測過程の処理時間は、海岸でCPU約7秒（IBM 3081 K）に対し、内陸ではほぼ70秒前後を要する。

2.2. パイロット・システムの意義

パイロット・システム作製意義のひとつは、全国システムへ向けての先導性にあるといえよう。ここでいう全国システムとは、単にパイロット・システムの全国版ではなく、需要状況に即した実用システムをいう。したがってその目標、機能および望ましい入出力の形態などの設計を欠くことはできない。また、実用システムである以上、費用対効果を考慮する必要もあろう。このような実用システムをめざすとき、パイロット・システムの問題点をさぐり、これの機能の改良方向を見出すことが、有用で現実的な検討手段となろう。

限られた範囲とはいえ、実際に任意地点の予測を可能とした意義もあろう。予測値が算出されることは、予測の需要に答えると同時に、予測値の蓄積によってモデルの検証にも役立つことを意味する。各地点の予測値の当否は不明としても、不適当な数値（たとえば負値）か否かをみることはできる。そして、予測値を蓄積しモデルを検証、修正する期間を経ずに実用システムに達することはできない。

3. パイロット・システムの問題点

現システムの問題点として、①システムの目標や適用域など、全体の枠組みに関わるもの、②予測モデル、手法などの問題、③たとえば入出力の改善など、プログラムの修正に帰着する問題、の3点に大別できよう。このうち③については、研究上の問題とはいいいないので、ここではふれない。②については既報で折にふれて述べたので、本報では今後の方向にふれるにとどめる。したがって主として①を中心に、システムの適用範囲、予測の対象などについて述べる。

3.1. システムの適用区域について

第1報で述べたように、本研究対象区域として、神奈川、長野、山梨、静岡および新潟の5県とし、AMeDAS観測地点をこの区域内に限定して用いた。一方、メッ

シュデータの使用に当たり、標高段階データ（第4報）においては、北緯34～39度、東経137～140度の範囲とした。標高段階データの性質上、緯・経度で対象区域を限定する方が、行政区域によるよりも容易のためである。

現システムでは、基準メッシュの平均標高などは全国ベースで保有されており、地点別地形分類データ（第2報）、地点別メッシュ標高データ（第4報）などの地点周辺データはいずれの地点でも揃えることができる。しかし標高段階データは、地点の緯・経度から順を追って編集した結果のデータとして、別途保有する必要がある。従って上述の標高段階データの範囲内では予測を行うことができるから、現システムの適用可能域は当初の研究対象区域（を含む）より広いものである。

研究対象域とシステム適用域とのこのような不一致が、本研究における問題点のひとつである。全国システムへ向けての第1歩として、研究対象域を標高段階データに沿って拡大し、改めて模擬予測を行う必要がある。また、他区域を対象とするとき、緯・経度で対象域を限定する方が、より実際的である。

3.2. 予測地点の標高が不明の場合の予測モデルについて

先にふれたように、現システムでは予測地点 P_0 の緯・経度および標高 H_0 を入力すればよい。本研究における各観測地点の緯・経度、 H_0 は、気象庁編集の観測所気象年報によるが、任意地点におけるこれらのデータは、地図で読みとることになろう。そして、 H_0 を正確に把握できないとき、これを不明とすることができる。このときシステムは、 P_0 を含む基準メッシュの平均標高 H_m をとりだし、これを代用して同じモデルを用いる。このため、基準メッシュ内のいずれの地点でも同じ予測値となるから、 P_0 の所属するメッシュの平均的エネルギー供給時間予測値と考えられる。

上のようなシステムの処理方式が妥当か否か、どのような問題があるかなどは、予測対象をあくまでも地点と考えるか、メッシュ単位とするかに依存する。そのそれぞれについて、以下でふれておく。

1) 予測対象を地点とするとき

内陸、海岸のそれぞれにおいて、 H_0 の代わりに H_m を用いて模擬予測を行った結果、平均供給時間の予測的中率は、海岸で約65%、内陸では約50%となった。

H_0 不明のまま地点の予測値を算出することがしばしば必要とされるならば、特に内陸では、 H_m 使用のための予測モデルを別途用意する必要がある。若干の試算

を行った結果からいって、すくなくとも上記の予測的中率を上まわるモデルの選択は可能であると考え、いうまでもなく、モデル選択のあと、システムは修正されねばならない。

2) 予測対象をメッシュ単位とするとき

ある単位区域、たとえば基準メッシュ内における平均値として、風エネルギー供給時間予測をめざすとして、この場合、本来は目的変数のデータとして、十分な数のメッシュの各々について、風エネルギー供給時間のメッシュ平均値を必要とする。しかし現実にこれらを得ることはできないので、モデルの選択も便宜的方法によるしかない。地点および(その地点を含む)メッシュ平均を対象とする各予測モデルは、 H_0 と H_m とのちがい以外はすべて同じ、と仮定するとして、この仮定によれば、海岸の予測地点では、その地点の H_m による説明変数の各値と、第4報(第4表)に示した係数行列とにより予測値が算出できる。内陸では係数行列を予測地点ごとに算出するので、第6報で述べた予測の経過をそのままどおり、2.3.1. の⑥で述べたベクトル \mathbf{v} を、 H_m 使用により求めればよい。

吉野(1961)は、山地における風の分布は極めて局地的であることを述べ、ある条件下では尾根から200~350mの所で(風速の)極小が生じ、それに続いて500~600mの位置に降下風のある極大(強風速)の所があるドイツの例をあげた。この例からいって、約1km平方の基準メッシュ内でも、風の強弱にはかなりの差が生じ得る。そしてこの強弱差の程度は、メッシュにより異なるであろう。

したがってこの場合、次の問題点が残される。上述の仮定が適切なものであるかどうか、もし適切でないとなれば他の手段は何か、メッシュ内の風エネルギー供給時間の変動の把握、などである。メッシュ平均としての風エネルギー供給時間予測の意義が、十分検討されねばならないことはいうまでもない。

3.3. 予測モデル確定へ向けての課題

予測モデルに関する今後の課題は、現在の適用地域においてモデルの改善を行うこと、および現在のモデルを他地域に適用すること、のふたつが考えられる。海岸立地点については、他地域への適用を試みることに意義がある。約70%の予測的中率は必ずしも十分な数値ではないが、他地域で同程度の的中率が得られれば、モデルをひとまず確定することができる。しかし内陸については、もっとも強風である数地点が的中していないこと、

昼夜別供給時間予測値的中率が低いこと、などから、他地域への適用よりもモデルの改善が先行されねばならない。そして、本研究においては、モデルの選択過程を膨大な回数の試行錯誤によったが、より系統的な方法を確立する必要がある。

田村ら(1978)によれば、「複雑な構造をもった非線形システムに対して、入出力データから発見的自己組織化の原理に基づいてモデリングを行う方法論」を GMDH (Group Method of Data Handling) が与えている。非線形システムの前提があるとはいえ、多項式モデルが多く用いられており、この場合は線形モデルに擬して考えられるから、GMDH の特色は、非線形よりもむしろモデル選択過程の自動化にあるといえよう。モデルを自動的に選択する手法は、小峯ら(1980)が用いた変数選択法が原点と思われるが、予測を意図する場合、第6報でふれたように Allen (1971) の予測平方和 (PSS) による方法もある。

GMDH, PSS のいずれも、特定研究分野を対象とするものではないので、説明変数の内容を重視していない。しかし当初の説明変数の設定がきわめて重要であることはいうまでもない。内陸の予測モデル改善の手がかりを得るため、いくつかの地形因子を用い、たとえば地点平均値 l_i を目的変数としてこれらの手法を適用することも考えられる。

4. 全国システムへの接近

本稿では、目的変数、予測モデルおよび手法に関わる課題に限定して述べる。

1) 目的変数の拡充

本研究では、風速 2 m/s 以上の風があればエネルギーとして利用可能であるとして、目的変数すなわち予測目標を設定した。風速 2 m/s で稼働する実例として風力ポンプ(第1報)があるが、この種の小規模風エネルギー利用機器をさらに開発する必要がある。農業で自然エネルギー利用をめざす以上、可能な限り弱風で稼働しかつ廉価な、エネルギー変換機器開発が促進されねばならない。しかし一方、システムとしては、たとえば風速 3 m/s 以上の風の利用に資する用意も必要であろう。

本研究で示した予測モデルおよび手法は、風速 3 m/s 以上が生ずる時間を目的変数としても、ほぼ適用可能と考える。しかし風速 4 m/s 以上の風の利用に資する必要があるとき、供給時間を目的変数とすることは困難が予想される。内陸の目的変数のかなりの部分がゼロとなる

ためである。第3報第2表に示したように、内陸立地点のうちの半数以上は、平均風速（風速 2 m/s 以上についての平均）が 3 m/s に満たないので、風速 4 m/s 以上の風は稀であろう。このようなとき、目的変数を郡所属とすることも考えられる。ある基準にしたがい、たとえば風エネルギー供給時間が稀少の地点群と他の地点群とに分類し、群判別のモデルを設定すればよい。ただしこの場合も内陸において類似性行列を用いるとすれば、新たな手法開発が必要となる。

2) 適用対象地域の拡大

内陸の予測モデルを改善し得たととしても、全国システムに到達するまで、海岸と共に段階的検証を欠くことはできない。全国一律の予測モデルとし得るか否か、モデルは同じでよいとしてもパラメータはどうか、などについてである。

パイロット・システムの適用地域を A としよう。B なる他地域の AMeDAS 観測地点を対象に、A と同じ予測モデルを適用して、予測的中率や係数行列をみることに第一に必要であろう。このとき、説明変数の各特性値にも注意し、場合によっては変数内容に微修正を加える必要も生じよう。たとえば内陸のモデルにおける山地森林度がとり得る値の範囲は、他の変数に比べやや過大であり、とり得る最小値は -3 となる。この最小値を -2 程度に抑えても、A 地域の予測結果には影響しないが、B 地域ではその限りでない。修正検討の余地がある。このような点も含め、他地域にモデルを適用すれば、A においては顕在化しなかった弱点を見出す可能性もあろう。もし B 地域において、A 地域と同じモデルで同程度の予測的中率を得れば、同一のモデルが適用できることになる。B において異なるモデルを要するときは、B のモデルを A に適用してみることも必要であろう。

モデルのパラメータとは、各変数の平均値および係数である。仮にモデルが全国一律であるとしても、各地域のパラメータを同じとすることは必ずしも得策ではない。地域 A と B とで同じパラメータを用いるということは、地域 (A+B) の観測地点を同時に扱って予測値算出に資することを意味する。海岸においては、これらの地点のデータによる平均値や係数行列をシステムに内包すればよい。しかし内陸においては、類似性行列の次数（観測地点の数にほぼ等しい）が大きくなるため、計算時間の増大を招く。したがって、すくなくとも内陸立地点については、全国をいくつかの地域に分割して、予測

計算に使用する観測地点のデータを限定することが望ましい。そして全国システムでは、予測地点のデータ入力のと、その地点の所属地域を同定する機能が必要となる。

5. 研究のまとめ

①農業における風エネルギー利用に資するため、風速未観測地点における風エネルギー供給特性を、メッシュデータを用いて評価する手法の確立をめざした。このため、4 季節、3 時間帯の 12 変数について、風速 2 m/s 以上の風が吹く時間すなわち風エネルギー供給時間を、予測対象の目的変数とした。風速 3 m/s 以上の風によるエネルギー供給時間についても、本研究の手法は適用可能と考える。

②使用するデータとして 88 の観測地点を、海岸、内陸の両立地に分け、別途の扱いとした。このような立地別の取扱いが、モデルの単純化に役立ったと思われる。

③海岸立地点について、標高および土地利用メッシュから 8 変数を作り、回帰主成分分析による予測手法を呈示、予測的中率 70% を得た。

④地形分類メッシュデータから地点間類似性行列を作成し、説明変数を抽出して利用する手法を開発した。この手法の適用により、内陸立地点の予測的中率向上が認められた。

⑤内陸における予測モデルと手法を示したが、予測的中率は海岸よりも低く、なお問題点を残している。

⑥以上の結果を利用して、任意地点の緯・経度を入力すると、その地点の風エネルギー供給時間を出力するシステムが試作された。

⑦以上のほか、各観測地点を風の強弱、季節および昼夜変動の各パターンにより類別した。さらに各地点の主たる風向の把握を行った。これらの解析を通じて得られた知見は、モデルの各変数設定に際し役立った。

なお本研究は「農林水産業における自然エネルギーの効率的利用技術に関する総合研究（グリーン・エナジー計画）」の一環として行われたものである。

謝 辞

終始、貴重な御助言をいただいた、本誌レフェリーの方々に深謝を表します。

文 献

Allen, D.M., 1971: Mean square error of prediction as a criterion for selecting variables, Tech-

nometrics, 13, 469-475.
 橋口渉子, 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.
 ———, 1984: 同上, 第3報, 第4報, 天気, 31, 471-488.
 ———, 1984: 同上, 第5報, 天気, 31, 695-700.

———, 1984: 同上, 第6報, 天気, 32, 23-31.
 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.
 田村坦之, 近藤 正, 1978: 最近のGMDHの方法論と応用, オペレーションズ・リサーチ, 23, 104-111.
 吉野正敏, 1961: 小気候, 地人書館, 63.

第3回エアロゾル科学・技術研究討論会講演および参加募集

主催 エアロゾル研究協議会
共催 静電気学会, 日本気象学会, 日本空気清浄協会, 日本大気電気学会, 粉体工学会および同エアロゾル部会
協賛 化学工学協会, 空気調和・衛生工学会, 大気汚染研究協会, 日本産業衛生学会, 日本保険物理学会, 日本防菌防黴学会, 国際エアロゾル医学会日本支部

各分野のエアロゾル研究者・技術者の情報交換と研究交流を目的として, 昭和58年8月筑波において第1回エアロゾル科学・技術研究討論会が開催され, そこでエアロゾル研究者・技術者の間の研究交流と情報交換を目的とした「エアロゾル研究協議会」(3年程度を目途とした暫定的組織)が発足し, 以後継続してこのような討論会を開催していくことが決まりました。そして昨年8月京都において第2回討論会が開催され, 第1回討論会と同様に活発な討論と研究交流が行われました。

今年の研究討論会は, 昨年の討論会のような特定課題に限ることなく, エアロゾルに関するあらゆる分野を含む研究発表の場にしたと考えておりますので, 下記をご参照のうえ, 多数のご発表とご参加をお願い致します。企業からのご発表も大いに歓迎しております。

なお, 今年も基礎エアロゾル講座(第2回)を昨年に引き続いて行う予定ですが, 詳細につきましては, 6月上旬に研究討論会のプログラムおよび参加募集案内とともにお送りさせていただきます。

開催日時 昭和60年8月22日(木), 23日(金)(夜懇親

会), 24日(土), 会期中エアロゾルに関する機器およびカタログの展示を会場において行います。

会場 東京理科大学 〒162 東京都新宿区神楽坂 1-3
講演募集分野 エアロゾルに関する全分野を含みますが, 一応次の分類に従ってお申し込み下さい。

(1) 生成と性状(燃焼を含む) (2) 測定 (3) 動力学と沈着現象 (4) エアフィルターと集じん (5) 大気エアロゾル (6) 生体影響 (7) 室内エアロゾル (8) その他

講演種別 (1) 未発表の研究 (2) 既往研究のまとめ (3) 最近既発表の研究

講演要旨原稿 日本語または英語。日本語の場合はアブストラクト, 図, 表, 文献名は英語とします。和文約2,000字詰原稿用紙1~3枚以内(用紙は申込み後お送りします)。オフセット印刷。

講演時間 申込件数に応じて調整させていただきます(15分前後)。

講演申込締切 昭和60年5月15日必着

講演要旨原稿締切 昭和60年7月15日必着

討論会参加費 大学・官公庁5,000円, 企業10,000円, 学生3,000円(ただし申込締切後はそれぞれ6,000円, 12,000円, 4,000円)

講演申込等 本討論会に関する詳しいお問い合わせは下記までお願いします。

〒606 京都市左京区田中閨町田 2-7

思文閣会館33号 粉体工学会内エアロゾル研究協議会 (TEL. 075-751-0195)