

類似気象データを用いたニューラルネットワークによる 翌日最大電力需要予測

Daily Peak Load Forecasting by Artificial Neural Network
with Similarity Weather Data

後藤泰之[†] 雪田和人[†] 水野勝教^{††} 一柳勝宏[†] 角田典生^{†††}

Yasuyuki Goto, Kazuto Yukita, Katsunori Mizuno, Katsuhiko Ichiyangi, Norio Tsunoda

Abstract Demand for electric power is greatly influenced by weather conditions such as temperature and humidity, and days of the week. So the demands for electric power under similar weather conditions on the same days of the week are supposed to have similarities between their numerical values.

The aim of this presentation is to report the result of the experiment with a prediction of the largest demand for electric power by database making of information from SDP data, sampling the days that weather conditions are similar by Pattern Matching, and learning by Neural Networks.

1. まえがき

電力の安定供給および経済運用するためには、翌日の電力需要をより正確に予測する必要がある。電力需要の変動の要因として、季節的要因、曜日、気象条件、社会的要因などがあげられるが、その中でも、気温などの気象条件および曜日に特に大きな影響を受けている。

筆者らは、これまで太陽エネルギー予測や電力需要予測に対して、現時点の日本付近における気象状況が過去の状況と類似していれば、翌日の気象変化も類似しているとの前提に基づき、日本周辺の気象情報を持つ天気図を用いてパターンマッチングにより、現時点と類似した気象データを抽出し、それを活用してきた [1] [2]。本研究では、天気図データよりも容易にデータベースを作ることができるSDPデータ(地上気象観測編集データ)を用いた翌日最大電力需要予測手法を提案する。本手法の概要としてまず気象官署などで観測されているSDPデータをデータベース化する。次に、現時点のSDPデータと類似したSDPデータを過去のデータベースからパターンマッチングで抽出する。そして、この抽出された類似気象データのみを用いてニューラルネットワークで学習を行い、翌日最大電力需要の予測を行った。今までに発表されてきたニューラルネットワークによる予測システムとしては種々のものがある [3] [4]。それらは、学習に非常に多くのデータを用いている。本研究で提案する予

測システムは、学習データとして類似気象データ数例のみを用いている。具体的には、名古屋地区における夏季(1992年7月下旬~9月上旬 但し、お盆は除く)および冬季(1991年12月~1992年2月)を予測対象とし、現時点の気象情報に対して、1988年~1991年の気象情報データベースによって、パターンマッチングを行い、翌日の最大電力需要予測を行ったところ、良好な結果が得られた。

2. 気象情報と電力需要との相関

電力需要に関わりの深いと思われる気象情報を選出し、それらと電力需要との相関をとってみた。具体的には、名古屋地区を対象として夏季1988年~1992年の7月~9月および冬季1988年12月、1989年~1991年の1月・2月・12月、1992年1月・2月における各気象データと最大電力需要との関係について相関図を用いて調べてみた。図1は、夏季における最高気温と最大電力需要との相関を示している。なお、平日を●印、土曜日を△印、日曜日を□印で記している。図2は、冬季における最低気温と最大電力需要との相関を示す。図1から夏季の最高気温と最大電力需要は右上がりの傾向を示しており、気温が上がれば電力需要が伸びる傾向を示している。また、曜日別に対しても、それぞれの図において、右上がりの傾向を示している。他方、冬季の最低気温と最大電力需要の相関を示す図2は、右下がりの傾向を示し気温が下がれば電力需要が伸びる傾向を示している。夏季・冬季ともに、「平日の電力」>「土曜の電力」>「日曜の電力」のような順番となっており、おおよそ曜日によってま

[†] 愛知工業大学 電気工学科 (豊田市)

^{††} 愛知工業大学 計算センター (豊田市)

^{†††} 愛知工業大学 大学院 電気電子工学専攻 (豊田市)

りがあることがわかった。よって、気温と最大電力は、比較的強い相関性を持っていると言える。次に、図3は、1988年～1992年の8月における最高気温が30℃以上である平日の名古屋の天候と最大電力需要との相関を示す。この図から、「晴れ」>「くもり」>「雨」のような順番となっており、天候においても相関があることがわかった。

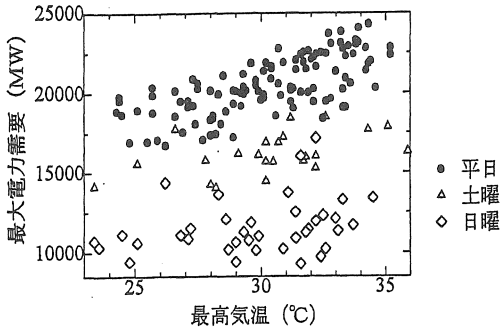


図1 最高気温と最大電力需要の関係 (1988年～1992年の7月～9月)

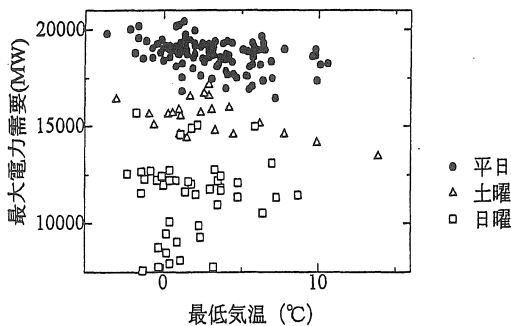


図2 最低気温と最大電力需要の関係 (1988年12月, 1989年～1991年の1月・2月・12月, 1992年1月・2月)

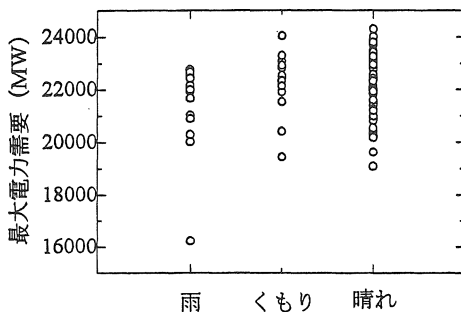


図3 天候と最大電力需要の関係 (1988年～1992年8月の平日)

3. SDP (Surface Daily Point) データ

地上における気象観測は、観測点における地表付近の気象要素を対象とするもので、気象庁では、約160カ所の気象台や測候所で、気圧、気温、湿度、風向、風速、降水量、積雪、全天日射量、日照時間、雲、視程、天気などを観測している。これらのデータは、その日その日の天気予報に使われているだけではなく、長年にわたって統計されて気象資料として使われている。

気象台などでは、1990年以前は、3時間ごとに観測していたが、現在(1991年以降)1時間ごとに観測を行っている。特に9時、15時、21時、3時(世界標準時の0時、6時、12時、18時)の4回は詳しい観測を行い、その結果は、専用回線でアデスに集められ、編集・整理されて必要なところに送られる。この観測データは、1年単位で磁気テープやCD-ROMなどに収録され、気象庁ならびに日本気象協会情報センター等で保管されている。

4. 類似気象データ抽出法

4.1 SDPデータベースの作成

本研究では「天候は西から東へ移動する 경우가多い」ということを考慮し、SDPデータ観測地点のうち、図4の●印で示す中部地区より西の17地点(名古屋、伊良湖、岐阜、四日市、彦根、奈良、和歌山、神戸、岡山、広島、多度津、松山、宇和島、高知、足摺岬、大分、延岡)で観測された気象情報を活用する。各観測地点で得られる気象データの内、ここでは電力需要に関わりが深いと思われるものとして、3時から6時間ごとの現地気圧や気温、湿度(相対湿度)、風向、風速、雲量、現在天気の7データならびに日照時間と日降水量の2データを用いることとした。これらのデー



図4 利用した気象観測地点

タから日毎に地点17×時間4×データ数7と地点17×時間1×データ数2の行列データを作成する。例として、図5に1992年1月10日のSDP行列データを示す。そして、このデータのある日数分集めたものをデータベースとする。本研究では、夏季の場合、1988年～1992年(7月～9月)について作成した。冬季については、1988年12月、1989年～1991年の1月・2月・12月、1992年1月・2月について作成した[5]。

	0 0	0 1	0 2	0 3
区画番号	0 0	0 1	0 2	0 3
現地気圧	10126	10160	10140	10175
気温	92	76	145	103
相対湿度	94	99	60	73
風向	15	3	12	12
風速	16	18	55	37
雲量	0	8	3	10
現在天気	0	42	2	2
日照時間	0			
日降水量	0			
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
	G 0	G 1	G 2	G 3
区画番号	G 0	G 1	G 2	G 3
現地気圧	10111	10133	10125	10137
気温	113	152	166	141
相対湿度	82	73	71	84
風向	16	2	2	16
風速	43	26	25	27
雲量	0	0	10	0
現在天気	2	2	2	2
日照時間	0			
日降水量	0			

図5 SDP行列データ(1992年1月10日)

4.2 データベースの分類

2項で示したように同様の気象条件の元において、電力需要は類似する傾向がある。そこでデータベースを天候別に分類し現時点と類似した気象状況を持つ日を現時点と同じ天候の分類中から抽出することにした。その分類は、表1に示すように予測対象地域である名古屋における天気について行う。さらに、電力需要は曜日に対して強い相関性を持っていることから、類似気象データは現時点と同一曜日のものを参照する必要がある。そこで、データベースを表2に示すような曜日別に分類することを考えた。しかしながら、連続した2日間の曜日の組み合わせはいくつかある。翌日の電力需要予測に過去の類似気象データを活用するには、「現時点-予測日」の曜日の組み合わせと同じ組み合わせの中から類似気象データを抽出しなくてはならない。例えば、平日-平日、平日-土曜、平日-休日といった組み合わせである。そこで本研究では、天候によって分類したデータベースをさらに、表3に

示す連続した2日間の曜日について7パターンに分類する。パターン1の場合は2日間とも平日であることを示し、パターン2では平日と土曜の組み合わせであることを示す。

表1 天候の分類

天候	晴れ	くもり	雨
気象年鑑の天候	快晴・晴れ	くもり	霧雨・雨

表2 曜日別の分類

曜日	平日	土曜	休日
一般的な曜日	月～金曜	土曜	日曜・祝日・お盆

表3 2日間の曜日別分類表

(現時点-現時点翌日)

パターン	1	2	3	4	5	6	7
連続した	平日	平日	平日	土曜	休日	休日	休日
2日間の曜日	平日	土曜	休日	休日	平日	土曜	休日

4.3 パターンマッチング

本節では、過去のSDPデータベースを用いて、現地データのデータに最も類似しているものと思われるデータをパターンマッチングにより検索し抽出する手法を提案する。具体的には、現時点と過去の各SDPデータにおける行列データの各要素を比較し、現地気圧 P_i 、相対湿度 S_i 、気温 T_i 、風向 H_i 、風速 F_i 、雲量 C_i 、現在天気 W_i 、日照時間 N_i 、日降水量 R_i の各諸量に対する得点を次のように与える。同表の得点としては、パターンマッチングおよび後述の電力需要予測繰り返すことにより、最良値を用いた。以下の式(1)に代入し、評価指数 J_0 を設定する。

○現地気圧 P_i

現時点のデータとの差が

ない場合	12点
±20hPa以内の場合	9点
±40hPa以内の場合	6点
±60hPa以内の場合	3点

○相対湿度 S_i

現時点のデータとの差が

ない場合	12点
±10%以内の場合	9点
±20%以内の場合	6点
±30%以内の場合	3点

○気温 T_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	16点
±3°C以内の場合	12点
±20°C以内の場合	8点
±30°C以内の場合	4点
○風向 H_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	12点
±4以内の場合	9点
±8以内の場合	6点
±12以内の場合	3点
○風速 F_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	8点
±2以内の場合	6点
±4以内の場合	4点
±6以内の場合	2点
○雲量 C_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	4点
±3以内の場合	3点
±6以内の場合	2点
±9以内の場合	1点
○現在天気 W_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	8点
±25以内の場合	6点
±50以内の場合	4点
±75以内の場合	2点
○日照時間 N_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	4点
±3時間以内の場合	3点
±3時間以内の場合	2点
±9時間以内の場合	1点
○日降水量 R_i	
現時点のデータとの差が	
ない場合	8点
±30mm以内の場合	6点
±60mm以内の場合	4点
±90mm以内の場合	2点

$$J_S = \left\{ \sum_{i=1}^{68} (J_i + T_i + S_i + H_i + F_i + C_i + W_i) + \sum_{i=1}^{17} (N_i + R_i) \right\} / 510 \quad (1)$$

式(1)が1に近いほど類似度が高いことを示す。この式より、評価指標 J_S が最も1に近いデータをSDPデータベースから抽出することによって、現時点の気

象情報に最も類似した気象情報を抽出することができる。

具体的に、夏季については1992年の7月～9月までを現時点としてパターンマッチングを行い、現時点のSDPデータと類似した過去のSDPデータをデータベースから抽出する。予測対象月を問わず1988年～1991年夏季(7月～9月)の全データと1992年の夏季の現時点前日までのSDPデータベースを用いて、パターンマッチングを行う。

また冬季においては1991年12月～1992年2月までを現時点としてパターンマッチングを行い、現時点のSDPデータと類似した過去のSDPデータをSDPデータベースから抽出する。1988年12月、1989年～1990年の1月・2月・12月、1991年1月・2月の全データと1991年12月～1992年2月までの冬季の現時点前日までのSDPデータベースを用いて、パターンマッチングを行う。

5. 翌日最大電力需要予測システム

5.1 夏季の翌日最大電力需要予測

5.1.1 夏季の翌日最大電力需要予測システム

夏季の予測システムを図6に示す。ここでは、ニューロンの入出力関数は、全てシグモイド関数を用いている。入力層に、抽出日前日の最高・最低気温、抽出日の最高・最低気温、抽出日翌日の最高・最低気温、抽出日翌日の曜日判定値、抽出日および抽出日前日の最大電力需要の値を用い、出力層に抽出日翌日における最大電力需要の値を用いるシステム構成とした。抽出日翌日の最高気温については、気象庁が発表する予測値を利用する。中間層は1層で、そのユニット数は一般的には経験で決定される。本研究では、中間層の数を変えて検討した結果、7ユニットにした。

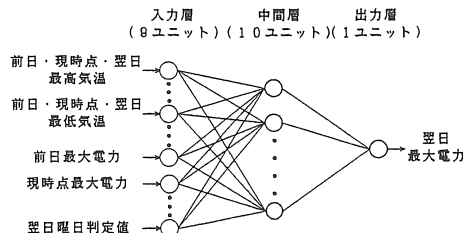


図6 ニューラルネットワークによる翌日最大電力需要予測システム(夏季)

5.1.2 ニューラルネットワークの具体的な学習

1992年夏季(7月20日～9月10日)の名古屋地区を対象とし、図6に示すニューラルネットワークシステムを用いて、翌日の最大電力需要予測を行った。まず、現時点の天気図に対して、パターンマッチングによる評価指数の点数が高いものを上位17例抽出する。次に、その抽出した類似気象データ17例について、それぞれの最高・最低気温、曜日判定値ならびに最大電力需要を入力として用い、抽出日翌日の最大電力需要を教師データとして学習を行った。

5.1.3 翌日最大電力需要の予測結果

1992年7月20日から9月10日までの53日間を現時点として翌日の最大電力需要予測を行った。本システムを用いて予測した結果を図7に示す。図8には、比較対象として、天気図類似抽出法を用いて予測を行った結果を示す [2]。

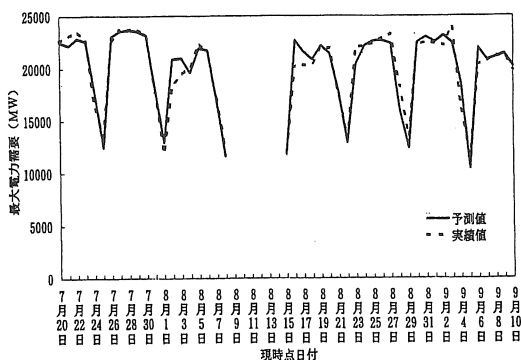


図7 翌日の最大電力需要予測結果 (1992年夏季) (SDPデータ活用手法)

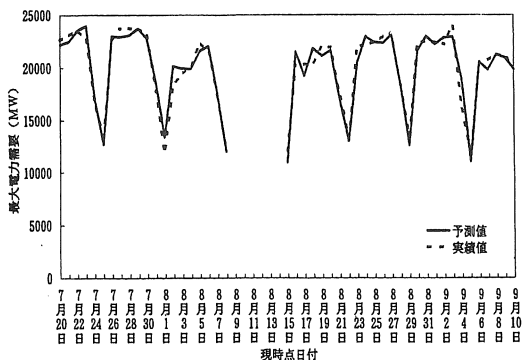


図8 翌日の最大電力需要予測結果 (1992年夏季) (天気図活用手法)

表4 絶対値平均誤差 (%)

	月曜	平日	土曜	休日	全日
SDP	7.1	2.1	6.9	6.5	4.0
天気図	4.7	2.4	5.1	6.4	3.6

次に、各手法について、各曜日毎に誤差の絶対値平均について比較した。その結果を表4に示す。同表から、全体的には、天気図抽出法による予測結果の方が良好な結果を示している。しかし、特に電力需要予測で最も重要性をもつ平日については、天気図抽出法よりもSDP抽出法が良好な結果を得ている。これは、平日はデータ数も多く、各気象データのパターンマッチングにより、類似性の高い教師データを用いて、学習したことにより、誤差が小さくできていると思われる。他の曜日に関しては、曜日や天気により分類するためにデータが極端に不足したことが原因で誤差が大きくなってしまっていると思われる。各曜日において、分類の仕方やデータ抽出の仕方に関して、さらに検討を加えることにより、予測の程度が改善できると思われる。

5.2 冬季の翌日最大電力需要予測

5.2.1 冬季の翌日最大電力需要予測システム

本予測システムを図9に示す。同図から入力層に、抽出日の最低気温、抽出日翌日の曜日判定値、抽出日の最大電力需要の値を用い、出力層に抽出日翌日における最大電力需要の値を用いるシステム構成とした。中間層は1層で、そのユニット数を種々変化させて検討した結果、冬季予測システムでは4ユニットにした。

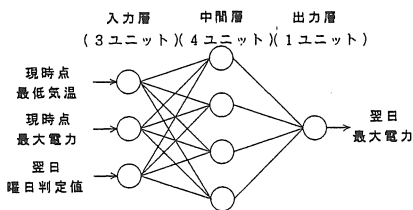


図9 ニューラルネットワークによる翌日最大電力需要予測システム (冬季)

5.2.2 ニューラルネットワークの具体的な学習

1991年12月から1992年2月までの名古屋地区を対象として, 図9に示すニューラルネットワークシステムを用いて, 翌日の最大電力需要予測を行った. まず, 現時点の各気象データに対して, パターンマッチングによる評価指数の点数が高いものを上位10例抽出する. 次に, その類似気象データ10例それぞれの最低気温, 曜日判定値ならびに最大電力需要を入力として用い, 抽出日の翌日における最大電力需要を教師データとして学習を行った.

5.2.3 翌日最大電力需要の予測結果

1991年12月1日から1992年2月28日までの90日間の毎日を現時点として翌日の最大電力需要予測を行った. SDPデータのパターンマッチングにより抽出した教師データの学習に基づく最大電力需要予測結果を図10に示す. また, 比較対象として天気図による予測結果を図11に示す. 両図を比較すると, 両図とも全体的に良好な結果と言える. 両予測結果を詳細に比較するために表5に, 天気図およびSDPデータそれぞれの曜日別の実績値と予測値との絶対値平均誤差を示す. 同表より平日に注目してみると, SDPデータによる抽出法を用いた場合は2%未満の誤差を示し, 天気図による抽出法に比べて良好な結果となっている. また, 他の曜日に関しても同等の結果となっている. しかし, 休日に関して言えば, SDPデータ抽出法が天気図抽出法に比べて, 誤差が大きくなる. これは12月23日が祝日で特異日となり, 抽出されてくるデータが少なかったことも原因の一つと思われる. この日を除いて, 平均誤差をとると1.8%とかなり良好な結果を得ている. また, 年末年始は祝日同様に特異日となり, 曜日別に分類した際にデータ数が少なくなり, いずれの予測手法を用いた場合も誤差が若干大きくなったと思われる.

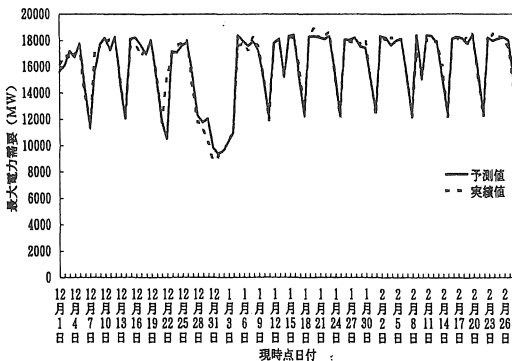


図10 翌日の最大電力需要予測結果 (1992年冬季) (SDPデータ活用法)

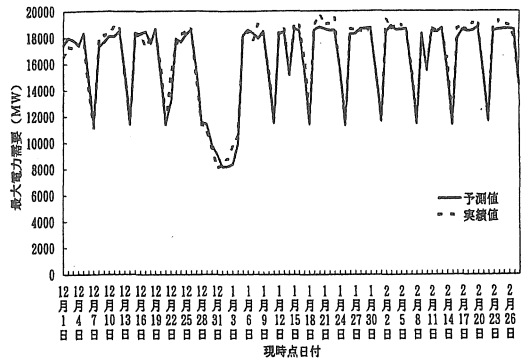


図11 翌日の最大電力需要予測結果 (1992年冬季) (天気図活用法)

表5 絶対値平均誤差 (%)

	月曜	平日	土曜	休日	年末年始
SDP	2.7	2.0	2.9	4.0	5.2
天気図	2.6	2.1	3.2	3.2	6.4

6.まとめ

1年間のうちで比較的電力需要量が多い時期として夏季および冬季を採り上げた. 具体的に, 各気象データによる抽出法で類似気象データを抽出し, 類似日の気象状況と電力需要との関係からニューラルネットワークを用いて翌日最大電力需要予測を行った. その結果, 夏季および冬季とも良好の結果を得た. 平日に関しては, 両者ともSDPデータ抽出法の方が良好な結果となった. しかし, 両予測に関し, 特異日の誤差が大きくなっている. これは, 曜日や天候別に分類するとデータ数が少なくなるためだと思われる. また, 本研究で用いている予測システムは, 翌日だけではなく, 近年, 気象庁から1週間先までの気象予報がされており, その予報値を用いれば, 誤差はあるものの1週間程度先までの予測は可能と思われる. 今後において, 気象データを増やし, さらに精度向上を図るとともに, GA (遺伝的アルゴリズム) およびファジィなどの導入の検討が必要であると思われる.

参考文献

- [1] 後藤 他: 「天気図データベースを活用したパターンマッチング方式による太陽エネルギーの総量予測」, 電学論B,114[10],pp1073-1074(1994)
- [2] 角田 他: 「類似天気図を用いたニューラルネットワークによる翌日最大電力需要予測」, 平成8年電気関係学会東海支部連合大会, No.88(1996)

- [3] 石田 他：「ニューラルネットを用いた翌日最大需要予測」，平成3年電気学会電力技術研究会，PE-91-13 (1991)
- [4] A Y Varjani, P Doulai, " Neural Network Versus Time Series Methods for Short-Term Load Forecasting", Proceedings of the International Power Engineering Conference, IPEC'95, pp.672-677 (1995)
- [5] 角田 他：「類似気象データを用いたニューラルネットワークによる翌日最大電力需要予測」，平成9年電気学会全国大会，No.1383(1997)
- (受理 平成10年3月20日)