

# 時系列データを用いた電力需要の予測

M2010MM019 加納美奈子

指導教員：尾崎俊治

## 1 はじめに

2011年3月11日に発生した東日本大震災により壊滅的な被害を受けた福島第一原子力発電所。その被害の大きさから、原子力発電に対する不安が募っている。日本での発電電力量は原子力発電が全体の3割を占めるため、東日本の電力不足は来夏以降も続くと考えられる。

一瞬でも電力需要が供給を上回れば制御不能な大規模停電が起こる。病院患者や自宅で人工呼吸器を使って療養している人にも大きな影響が及ぶ[1]。東京電力の電力消費量のデータを基に、今後の電力需要量を気温の変化と電力需要量の関係を考慮しながら予測していく。

## 2 日本の発電電力構成

日本の発電電力構成は時代と共に変化してきた。1950年代の電力需要は大半を水力発電がまかなっていたが、1960年代には戦後の経済復興に伴う電力需要の拡大により、大容量かつ高効率の火力発電を中心とした電源開発が進められた。このことから、火力発電による発電電力量が水力発電による発電電力量を上回り、総発電設備に占める火力発電設備の比率も年々増加していった。

しかし、第一次石油危機を境に原子力発電、LNG(Liquefied Natural Gas:液化天然ガス)火力発電などの石油代替電源の開発が積極的に進められ、電源の多様化が図られてきた。この結果、発電電力量で見ると、1973年には全体の71.4%を占めていた石油火力発電の割合は、2009年度にはわずか7.6%まで低下している(図1参照)。

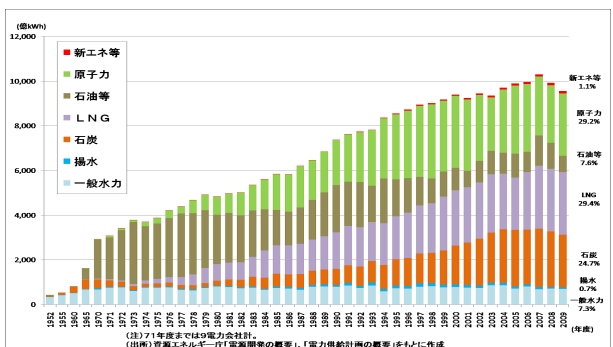


図1 発電電力量の推移

図1を見ると、1970年には全体の1.6%であった原子力発電の割合は、2009年には29.2%まで増加しており、LNGに次ぐ割合となっている。

### 2.1 電力会社毎の原子力発電の割合

現在日本には17ヶ所54基の原子力発電が設置されている。54基という数はアメリカ合衆国104基、フランス59基に続く多さである。

### 2.1.1 原子力発電の占める割合

東京電力、中部電力における発電電力構成比を図2に示す[2][3]。

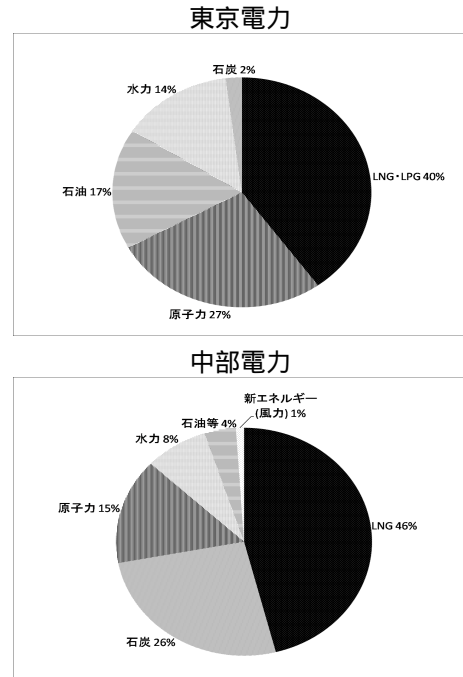


図2 発電電力構成比

図2を見ると、東京電力では27%を占める原子力発電が、中部電力では15%ほどの割合でしかないことがわかる。原子力発電は日本全体では29.2%を占めることを考えると、中部電力の原子力への依存度は比較的低い方であることがわかる。日本には電力会社が10社あり、沖縄電力を除く9社が原子力発電を行っている。各電力会社での原子力の占める割合は表1の通りである[4]。

表1 原子力発電の占める割合

(単位:%)

北海道電力	49.4	関西電力	50.9
東北電力	28.5	中国電力	5.0
東京電力	31.8	四国電力	54.8
北陸電力	35.4	九州電力	46.4
中部電力	12.4	沖縄電力	0

\*ただし、他社受電分は含まない

表1を見ると、原子力発電への依存度は電力会社により大きく差があることがわかる。中には50%を超える所もあり、今や原子力発電なしに生活することは難しいように思える。

東京電力での原子力発電の占める割合は31.8%で他社に比べると低い方ではあるが、発電量で見るとその多さがわかる(表2参照)[4]。

表 2 総発電量と原子力発電量

(単位:MWh)

電力会社	総発電量	原子力発電量
北海道電力	32,897,765	16,258,130
東北電力	72,656,367	20,690,330
東京電力	264,065,162	83,845,029
北陸電力	35,185,212	12,444,607
中部電力	123,723,805	15,318,001
関西電力	131,522,249	66,953,812
中国電力	45,222,165	2,280,760
四国電力	29,408,223	16,103,978
九州電力	80,580,028	37,374,870
沖縄電力	6,727,712	0

\*ただし、他社受電分は含まない

割合としてはそれほど高くはないが、東京電力は総発電量が多いため、原子力発電を保有している 9 社の中でも原子力発電量はトップである。また、中部電力は火力発電の割合が高く、原子力発電への依存度は低いが、中部電力は 2011 年 2 月 24 日の定例記者会見にて、2030 年までに原子力発電量比率を 50～60% まで高めると長期経営計画を発表している。火力発電は石油や天然ガスなど資源価格の変動に左右されるため、原子力発電への依存度が高い関西電力などと比べると電気料金は割高だという。

中部電力は管内にトヨタ自動車などの自動車関連産業が集積していることから、大口顧客への販売シェアが 5 割近くあり、他電力に比べて高い。大口顧客は電力の自由化で、より安い電気を求める可能性もあり、原子力発電の新規立地は長年の願いとなっている [5]。

### 3 電力需要予測

電力需要を時系列解析 (Time Series Analysis) という手法を用いて予測する。この手法は時間経過ごとに記録された数値列からモデルを作成し、将来の予測を行う分析手法のことである。「過去に起こった現象の積み重ねとして現在がある」「過去から現在までに起こった現象の積み重ねとして将来がある」という概念の基で現在の状況を評価し、将来を予測するものである。

夏期の電力需要は気象に大きく依存することがよく知られているが、ここでは電力消費量と気象の相関関係に着目して分析を進める。尚、予測に関しては参考文献 [6] を参考にしている。

#### 3.1 各種データ

2010 年と 2011 年 7 月の東京電力管内での電力消費量のグラフは図 3 の通りである [2]。

24 時間周期で値が変動していることがわかる。2011 年は 2010 年に比べて一日の中での変動が小さく、節電の効果が見られる。

これに対して今回は、気温、湿度、風速、全天日射量の各データを気象データの要素として用いる。それぞれの要素の時間変動 (1 時間間隔) は図 4 の通りである。

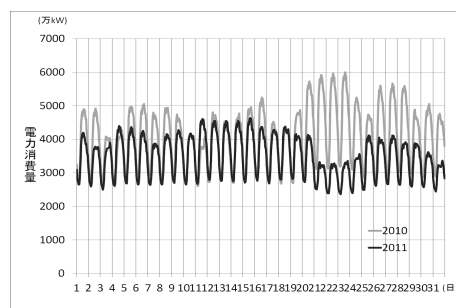


図 3 2010 年 7 月と 2011 年 7 月の電力消費量

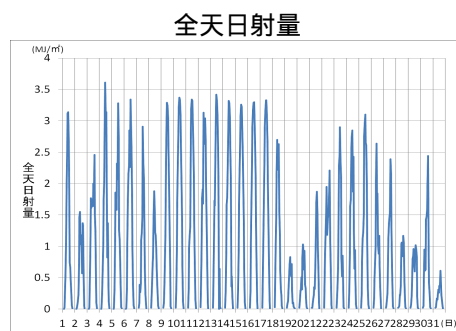
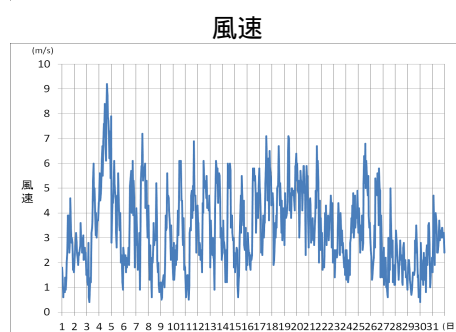
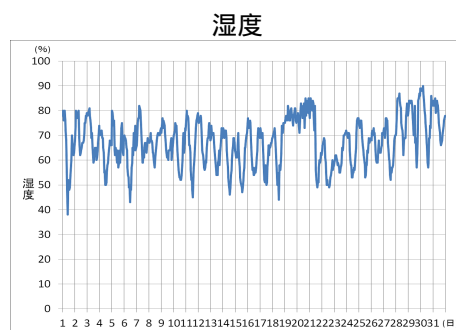
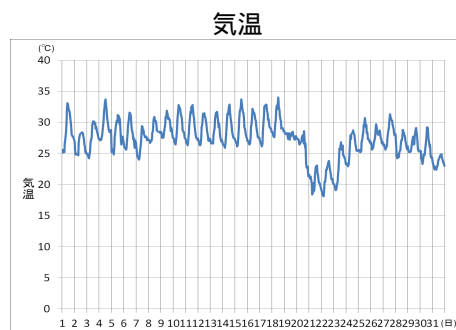


図 4 各要素の時間変動

### 3.2 予測手法

ここで、2011年7月各日の電力消費量をその時点よりも過去に記録された電力消費量と各種気象データによって表わす関係式を導き出す。この関係式を導き出すにあたって、制御系多変量自己回帰モデルという時系列モデルを使用する。このモデルの最大の特徴としては、

- (1) 複数のファクターの時系列を結果に反映することができる
- (2) 時間遅れで効いてくる現象を考慮することができる

などの点を挙げることができる。具体的には以下の(1)式のような形になる。ただし  $t$  は時間とする。

$$\begin{aligned} \text{電力消費量}(t) = & A_1 \times \text{電力消費量}(t-1) + A_2 \times \text{電力消費量}(t-2) + \dots + \\ & B_1 \times \text{気温}(t-1) + B_2 \times \text{気温}(t-2) + \dots + \\ & C_1 \times \text{湿度}(t-1) + C_2 \times \text{湿度}(t-2) + \dots + \\ & D_1 \times \text{風速}(t-1) + D_2 \times \text{風速}(t-2) + \dots + \\ & E_1 \times \text{全天日射量}(t-1) + E_2 \times \text{全天日射量}(t-2) + \dots \end{aligned} \quad (1)$$

この式の係数である  $A_1, A_2, \dots, B_1, B_2, \dots, C_1, C_2, \dots, D_1, D_2, \dots, E_1, E_2, \dots$  を数学的に求めることができれば、過去のデータ ( $t-1, t-2, \dots$ ) から任意の時刻  $t$  のデータを予測することができる。

### 3.3 係数の計算

係数を求めるにあたって、R言語というソフトウェア環境で動く Timsac (TIME Series Analysis and Control program package) というプログラムパッケージを用いる。Timsac は統計数理研究所で開発された時系列データの解析、予測、制御のための総合的プログラムパッケージである [7]。

ここで、(1)式を利用する場合に気温、湿度、風速、全天日射量の全てのファクターを関係式に含めるのが適正なのかを情報量基準によって最初にチェックする。各データを Timsac で分析すると、表 3 に示す各ファクターの組み合わせに応じた情報量基準 (FPEC, RFPEC, AIC) を得る。

表 3 情報量基準

電力消費量	気温	湿度	風速	全天日射量	FPEC	RFPEC	AIC	ラグ
					564	0.000007	4689	26
					7581	0.000041	6633	26
					540	0.000014	4667	26
					79	0.000044	3234	27
					7432	0.000078	6624	27
					1065	0.000367	5178	27
					80	0.000086	3255	27
					1122	0.000766	5221	27

情報量基準が小さいほど最も尤もらしいモデルと言える。表 3 を見ると、

- ・ 電力消費量+気温+風速+全天日射量
- ・ 電力消費量+気温+全天日射量

の組み合わせが最も尤もらしいモデルと言える。今回はより情報量基準の小さい「電力消費量+気温+風速+全天日射量」の組み合わせのモデルを採用する。

また、ラグが 27 というのは 27 時間過去のデータを利用するのが最も尤もらしいということを示している。つまり、(1)式において  $A_1, A_2, \dots, A_{27}, B_1, B_2, \dots, B_{27},$

$D_1, D_2, \dots, D_{27}, E_1, E_2, \dots, E_{27}$  を求めればよいことになる。

### 3.4 実績値と予測値の比較

実績値と予測値の比較をしたグラフは図 5 の通りである。

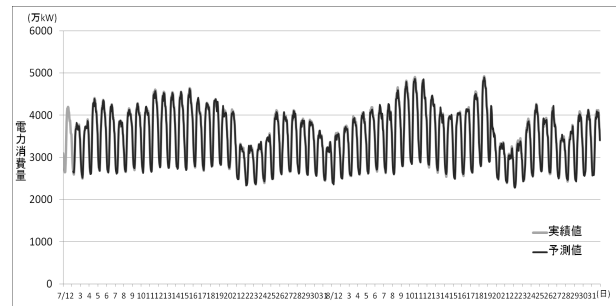


図 5 実績値と予測値の比較

図 5 を見ると、よく当てはまっていることがわかる。節電状況下での電力需要の時間変動メカニズムを精度良く表現できていることになる。

#### 3.4.1 2010年夏の実績値と予測値の比較

2010年の夏は猛暑で、1898年以降の113年間で最も平均気温の高い夏であった。2011年の夏の気温と比較すると、2010年は平均 1.4 高くなっている。当然節電もしてならず、2011年とは全く状況が異なる。そんな2010年の夏の電力需要も、2011年同様に上手く予測することができるであろうか。

実績値と予測値の比較をしたグラフは図 6 の通りである。

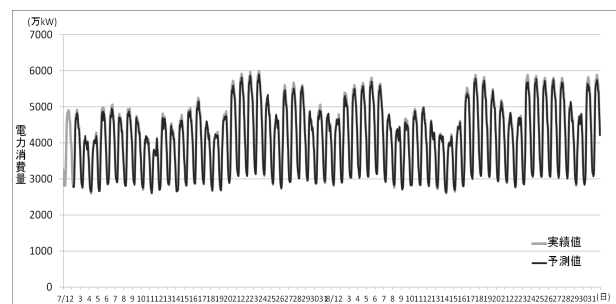


図 6 実績値と予測値の比較 2

図 6 を見ると、2011年同様よく当てはまっていることがわかる。この結果により、同じ回帰式で状況の異なる場合でも電力需要を上手く予測できることがわかった。

## 4 冬の電力需要予測

夏と冬とでは電力需要の様子が異なることが知られている。冬期の電力需要は、経済活動と家庭での電力使用が重なる 17 時～19 時頃にピークを迎えることが多い。また、夏期と比較して昼夜の差が小さく、比較的フラットな需要カーブになることが特徴であるそのため、冬は冬の回帰式を求め、より正確な予測を行いたいと思う。

夏と同様の手法で回帰式を求め、実績値と予測値の比較を行った結果を図 7 に示す。尚、夏の結果を受け、回

帰式を求めるために2011年1月の電力消費量と気象データを用いている。

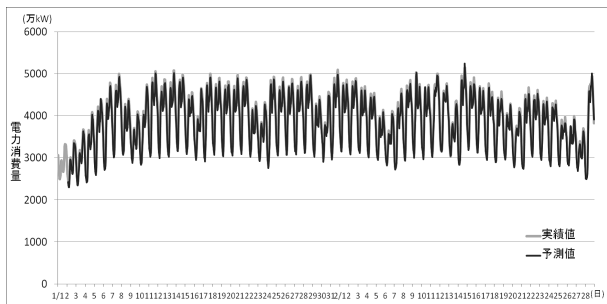


図7 実績値と予測値の比較3

図7を見ると、よく当てはまっていることがわかる。さらに、2011年12月の電力需要の実績値と予測値の比較を行ったが、1・2月と変わらず上手く予測することができた。この結果により、この回帰式で冬の電力需要を上手く予測できることがわかった。

## 5 2012年の夏の電力需要予測

ここで、2012年が昨年のように節電状況下で、尚且つ2010年のような猛暑だと仮定して予測を行う。予測結果は図8の通りである。

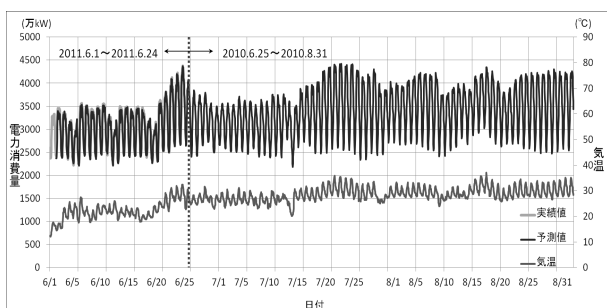


図8 2012年夏の予測結果

図8を見ると、気温が高い割りに電力需要が低く見積もられているのがわかる。2011年6月24日と2010年最も気温の高った8月17日を比較してみると、その低さがわかる。

### 5.1 予測結果の修正

予測開始から24時間でどれだけ誤差が生じるのかを検証し、その結果を基に修正したものを図9に示す。

6月24日が最高気温32.4で電力消費量が4380万kWであることを考えても、それほど遠い結果ではないことがわかる。誤差率はあくまで平均値であるため、必ず当てはまるわけではないが、昨夏の東京電力の電力供給量の平均は5210万kWであり、余裕とはいかないが、昨年同様の節電を実施すれば乗り切れることはできそうだ。

## 6 おわりに

本研究で求めた回帰式は、直前予測には最適だが、将来予測には不向きなことがわかった。予測開始から1時

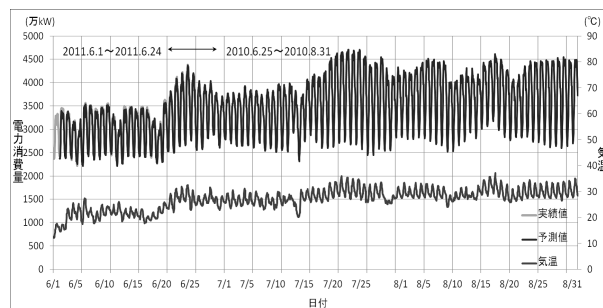


図9 2012年夏の誤差修正結果

間後の誤差率は+0.43%、2時間後は-0.06%、3時間後は-1.27%と、少し先の将来を予測することは、ほぼ完璧に予測することができる。しかし、時間が進むにつれ誤差率は大きくなり、最大-4.57%の誤差が生じる。修正を行わなかった場合、全体で平均-6%の誤差が生じてしまう。そのため、事前に将来の電力需要を予測することは困難である。

発電機の当日の運転計画は3時間程度までの、短時間先の需要予測に基づいて決定される[8]。そのため、本研究で求めた回帰式でも十分運転計画は立てられ、無駄を省くことが可能である。

とはいえ、大きな課題は残っており、今後も研究を進める必要がある。今後の課題は、気象データでは予測できない部分を分析し、その結果を予測値に反映させることである。

## 参考文献

- [1] 中日新聞サンデー版+テレビ「節電で乗り切ろう 夏の電力不足」、2011.6.5, pp.1-8
- [2] 東京電力ホームページ「電源構成比の推移」  
<http://www.tepco.co.jp/company/corp-com/annai/gaiyou/subwin10-j.html>
- [3] 中部電力ホームページ「発電電力量(発電端)構成比の推移」  
[http://www.chuden.co.jp/corporate/publicity/datalist/juyo/dat\\_hatsuden/index.html](http://www.chuden.co.jp/corporate/publicity/datalist/juyo/dat_hatsuden/index.html)
- [4] 電気事業連合会「でんきの情報広場『電力統計情報』」  
<http://www.fepec.or.jp/library/data/tokei/index.html>
- [5] SankeiBiz「中部電力、「悲願」の原炭推進に高い壁」  
<http://www.sankeibiz.jp/business/news/110417/bsd1104170701000-n1.htm>
- [6] 西陣に住んでます「今夏の電力需要を直前分析する」  
<http://ameblo.jp/kazue-fujiwara/entry-10935584094.html>
- [7] TIMSAC for R package, 統計数理研究所, 2006.11.1
- [8] 小松秀徳・所健一・篠原靖志・井上俊雄・野見山史敏・井手敏郎:「3時間先電力需要予測手法」。オペレーションズ・リサーチ 2011年9月号, pp.530-534