

# 地震直後からの被害把握を目的とした電力需要のミクロ評価の試み

An Attempt to Evaluate Power Demand Microscopically for Grasping Earthquake Damage

秦 康範<sup>1</sup>, 目黒 公郎<sup>2</sup>

Yasunori HADA<sup>1</sup> and Kimiro MEGURO<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 人と防災未来センター

Disaster Reduction and Human Renovation Institution

<sup>2</sup> 東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学研究センター

International Center for Urban Safety Engineering, Institute of Industrial Science

In the present research, we analyzed the relationship between the characteristics of electric power demand and the regional human activities in non-disaster time. The power demand analysis method that we developed is applied to the different urban areas and years for examination of the effectiveness. This model is based on the power load curve expressed as the accumulation of the electric demand composition equipments. The model result has good agreement with the original load curve. After the discussion on the applicable area size and the accuracy of the present model, we concluded that the present model can be applied, at least, for evaluating power distribution line area.

*Keywords: power demand, power supply, regional characteristic, human activity, Tokyo metropolis, substation*

## 1. はじめに

1995年兵庫県南部地震以降、自治体やライフライン事業者を中心とする様々な防災関連機関で、リアルタイム地震情報システムの導入が進められてきた<sup>1)~3)</sup>。しかし、大部分のシステムが早期被害想定システムに終始し、リアルタイム地震防災システムに必要なフィードバック機能<sup>4)</sup>を有しているものはほとんどなく、この点が問題とされている。すなわち、あらかじめ設置しておいた地震計が観測した地震動情報がある閾値を超えた場合に、あらかじめ決めておいたアクションを1回行うだけのシステムとなっている。JRのUrEDAS<sup>5)</sup>や東京ガスのSIGNAL<sup>6)</sup>などがその例である。UrEDASやSIGNALにおいては、これらがいずれも車両の緊急停止やバルブの緊急遮断システムであることから、フィードバック機能のない「ワン-アクション-システム」であっても所期の目的が達成される。しかし、一般的なリアルタイム防災システムに関して言えば、時々刻々と変化する災害状況をフィードバックさせ、次の対応に反映させる機能がなくては本来の目的は達成し得ない。ではなぜ従来のシステムにおいてフィードバック機能を持たせることが難しかったのかと言え、その背景には、時々刻々と変化する災害状況を適切に表現できるデータが何であるのかが不明であった、次にそのようなデータが判明した場合でも、今度はそれらをうまくモニタリングしフィードバックする手法がなかった、などが挙げられる。筆者らは上記のような問題点の解決を目的として、災害時の地域の

モニタリング情報として、電力供給量を利用することを提案している。電力は「貯蔵が困難」であることから、「供給と消費(需要)の同時性」という特徴があり、人々の行動をリアルタイムに反映する。そのため、日常的に展開される地域の活動状況から、平常時の地域特性が評価され、災害時には、災害状況に影響を受けた地域活動、すなわち災害の規模と質、発災後の経過時間に応じた地域活動が評価される可能性がある。また継続的にモニタリングできる点は、地震動情報を利用したシステムにない特長であり、継続的な地域の評価が可能となる。筆者らはこれまで兵庫県南部地震を対象として、災害前後の電力供給量特性の変化と建物被害との関係について分析を行っており<sup>7)</sup>、地震から一週間以降は両者に高い負の相関があることが示されている。一方、地震直後においては両者の相関はあまり高くなく、供給サイドの問題から停電しているエリアがあること、人々の行動が地震直後においては時々刻々と変化するため、日単位で議論すると安定しないためだと考えられる。そのため電力供給量を利用して地震直後から精度高く被害評価を行うためには、被災状況に応じた人間行動のモデル化(シナリオの作成)と人間行動と電力需要との関係を時刻単位で把握する必要がある。そこで本研究では、地震直後からの被害評価システムの構築を念頭に、その前段階として、平常時における人間行動と電力需要の関係についてミクロに評価することを試みる。

地域の電力需要に関する既往の研究は、主として電気事業者の供給エリアや都市全体の需要を議論しているもの、

個々の需要家を対象として需要を議論している研究に大きく分けることができる。

電気事業者の供給エリアや都市全体の需要を議論した研究としては、以下のようなものがある。小野・森清<sup>8),9)</sup>は夏季電力需要における気象要因を分析し、夏季電力需要の予測を行った。電力需要予測の中でも翌日最大電力需要予測に焦点を当てた研究としては、小野・所<sup>10)</sup>や灰田・武藤<sup>11)</sup>の回帰分析を用いた予測手法に関する研究、小野田・大場<sup>12)</sup>のニューラルネットワークを用いた研究などがある。超長期エネルギー戦略研究会・エネルギー専門部会<sup>13)</sup>は、長期的なエネルギー需給における電力の役割を明確にすることを目的として、電力シフトの観点からエネルギー電力の需要構造の特徴を分析している。電力需要は社会経済状況と強く関連することから、門多・服部<sup>14)</sup>は景気の一指標として電力需要を取り上げ、短期的および中・長期的な経済と電力需要の関連性について議論している。また電気事業者は政府に短・中・長期的な需要想定を毎年報告しており、経済見通しをベースとして、地域別用途別に需要に影響を与える地域活動の動向を調査している<sup>15)</sup>。これらは主に電気分野で行われている調査研究であり、電力事業者が安定した電力供給を行うことを主な目的として行われている。建築環境の分野では、都市の温度管理といった視点から、地域冷暖房の導入の効果を議論する際の基礎データとして電力消費量が取り扱われている。三浦<sup>16)</sup>は既成市街地に地域冷暖房が導入された場合の効果について現状の熱需要から議論した。佐土原<sup>17)</sup>は地域冷暖房の導入が見込まれる地区を対象に、地域冷暖房導入の可能性と効果について検討した。大西<sup>18)</sup>はコージェネレーションシステムを導入した場合の地域冷暖房施設と公共施設である浄水場と下水処理場の連携システムが環境的に有効であるかどうか議論した。

個々の需要家を対象とした研究としては、以下のようなものがある。需要誘導型の施策(Demand Side Management)の効果の評価、潜在需要の把握、需要家への各種的確なサービスの提供等を行うため、需要家の有する電気機器の構成や使用実態に関する情報の把握、およびそのためのモニタリング装置の開発が行われている<sup>19)</sup>。小野田・中野<sup>20)</sup>は、需要家内に侵入することなく、各電気機器の、あるいは用途ごとの電気の使用実態を測定する方法を開発し、高い精度で電気機器の使用状態を推定している。また大口需要家を対象とした自動検針システム<sup>21)</sup>も開発実用化されており、検針業務の省力化に貢献している。建築環境の分野では蓄熱システムに関する研究が盛んに行われている。鳩野・浅野<sup>22)</sup>は、蓄熱式床暖房を学校建築に導入する場合について、実際の気象状況下における毎日の暖房負荷に対応した投入熱量の予測制御に関する検討を行っている。河合ら<sup>23)</sup>は中規模オフィスビルの冷暖房実測データを利用して、熱負荷予測手法の精度が熱源機器の電力消費量および電力料金に与える影響について検討している。佐々木ら<sup>24)</sup>は東北7県の住宅120戸を対象として電力消費量の実調査を行い、東北各県の住宅に太陽光発電システムを導入する事による経済効果の検討ならびに環境評価を行っている。

以上のように電力需要に関する研究は多様であるが、地域の活動を評価するための情報として、電力需要データの

活用を試みた研究は少ない。目黒ら<sup>25)</sup>は都市部の電力需要が、基本となる4つの構成要素(住宅、オフィス、工場、店舗/飲食店)の重ね合わせとして評価できることを示した。高島・林<sup>26),27)</sup>は、電力消費量が地域内総生産(GRP)と高い相関があることを利用し、復旧・復興状況を被災しなかつた場合に達成していたであろう仮定のGRPの推移と、被災後の実際のGRP推移とを比較することで、復旧・復興状況指標の提案とフロー被害の算定を行っている。高島・林の研究は電力のリアルタイム観測に着目し、そこから地域の被災状況を定量化した点で先駆的な研究である。しかし、分析に当たって、評価エリア内の電力需要構造が大幅に変化していないことが仮定されており、評価エリアが小さくなるほどこの仮定は現実的ではなく、より小さな評価単位で議論するには難しい。一方、先に挙げた小野田・中野<sup>20)</sup>の研究を利用すれば、個々の需要家の使用機器の推定が高い精度で可能であり、自動検針システムでは大口需要家を直接モニタリングすることができる。しかし、防災情報としてこれらを利用するにあたっては、プライバシーおよびセキュリティの問題があり、実用に際してはクリアすべき課題も多い。

本研究では、配電用変電所エリアを対象とした分析手法であり、時刻単位での議論が可能である。目黒ら<sup>25)</sup>が行った電力需要分析を基本的な分析ツールとして、電力需要のミクロ評価を試みる。本研究の構成は、以下の通りである。2節では電力需要分析を概説し、この手法を東京23区および阪神地域に適用して、都市部において利用可能な普遍性を持った手法であるか検討する。次に人々の活動が電力需要に反映されていることを示すため、3節では電力需要パターンごとの平均的な電力需要カーブが、電力需要構成機器の重ね合わせとして表現できると仮定し、住宅タイプについて電力需要構成機器別の需要カーブを構築する。次に構成機器別の需要カーブを足し合わせて住宅タイプの需要カーブの再現を試みる。4節では本研究で議論している電力需要分析が適用可能なエリアの大きさについて検討を行い、配電エリアよりも小さな評価単位での議論が可能かどうかについて検討する。5節ではまとめが述べられる。

## 2. 電力需要分析

ここでは本研究を進める上で基本的な分析手法である、目黒らが行った電力需要分析について、以下に示す。

### (1) 電力需要特性評価

本研究で評価する地域エリアは、一般の需要家を対象として電力供給を行っている配電用変電所とした。都市部の電力需要は、住宅、オフィス、工場、店舗/飲食店の4つの電力需要パターンの組み合わせとして式[1]のように表現できることが報告されている。

$$y_j(t) = \sum_{i=1}^4 a_{ji} x_i(t) \quad [1]$$

ここで、 $y_j(t)$ は配電エリア $j$ の電力需要、 $a_{ji}$ は配電エリア

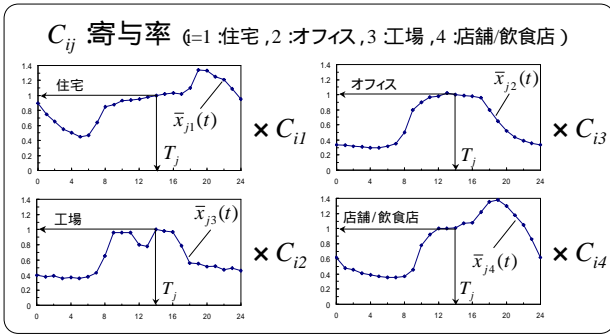
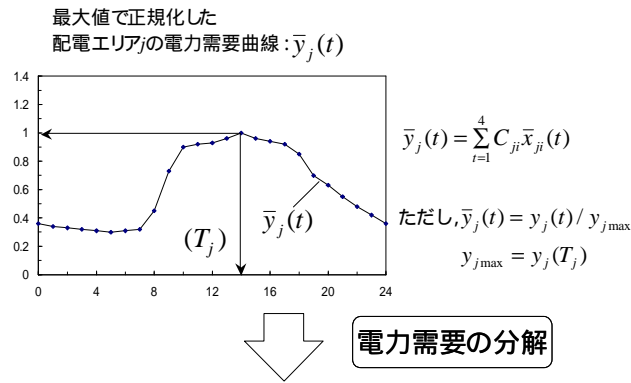


図1 タイプ別の電力需要算定法の概要

$j$ の電力需要パターン $i$ の件数、 $x_i(t)$ は時刻 $t$ における電力需要パターン $i$ の1件あたりの平均電力需要である。ただし、 $i$ は各構成要素( $i=1$ :住宅, 2:オフィス, 3:工場, 4:店舗/飲食店)である。また配電エリア $j$ の時刻 $t$ における正規化した電力需要 $\bar{y}_j(t)$ は、4パターンの正規化した電力需要 $\bar{x}_{ji}(t)$ と寄与率 $C_{ji}$ を用いて、式[2]のように表すことができる(図1)。

$$\bar{y}_j(t) = \sum_{i=1}^4 C_{ji} \bar{x}_{ji}(t) \quad [2]$$

(2) 寄与率の算定法

各配電エリア $j$ の電力需要曲線 $y_j(t)$ を、各エリアの最大電力需要 $y_{j\max}$ を1とする曲線に正規化し、 $y_{j\max}$ に達する時刻を $T_j$ とする(図1)。

$$\bar{y}_j(t) = y_j(t) / y_{j\max} \quad [3]$$

ただし、 $y_{j\max} = y_j(T_j)$ である。

次に4つの構成要素の電力需要曲線を、時刻 $T_j$ の需要量が1となる曲線に正規化する。

$$\bar{x}_{ji}(t) = x_i(t) / x_i(T_j) \quad [4]$$

配電エリア $j$ の時刻 $t$ における正規化した電力需要 $\bar{y}_j(t)$ は、4パターンの正規化した電力需要 $\bar{x}_{ji}(t)$ と寄与率 $C_{ji}$ を用いて、式[5]のように表すことができる。

$$\bar{y}_j(t) = \sum_{i=1}^4 C_{ji} \bar{x}_{ji}(t) \quad [5]$$

ここで、 $0 \leq C_{ji} \leq 1$ 、 $\sum_{i=1}^4 C_{ji} = 1$ である。

そこで、各配電エリアに関して、式[5]の両辺の差の自

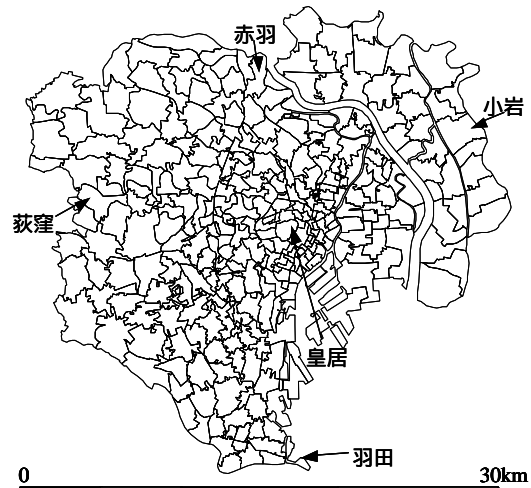


図2 東京23区の配電エリア

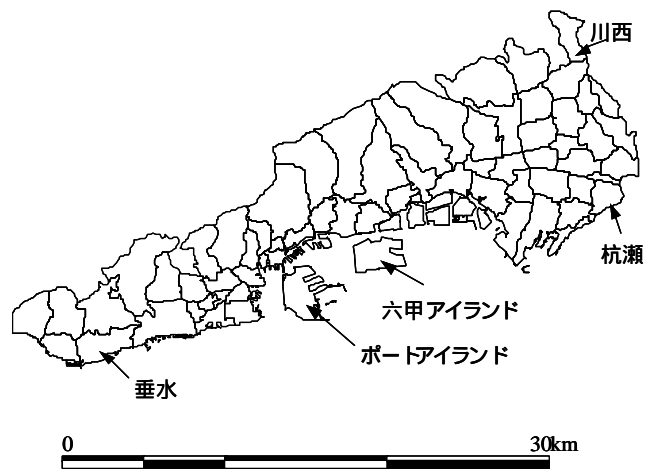


図3 阪神地域の配電エリア

表1 東京および神戸の電力需要記録日と気象条件

	記録日(曜)	天候	最高気温	最低気温	平均湿度	平均風速
東京	1992/1/22(水)	曇後晴	11.7	3.1	45%	2.7m/s
東京	1998/1/21(水)	快晴	13.6	0.4	46%	3.0m/s
神戸	1995/1/11(水)	曇時々晴	7.3	1.0	52%	4.8m/s

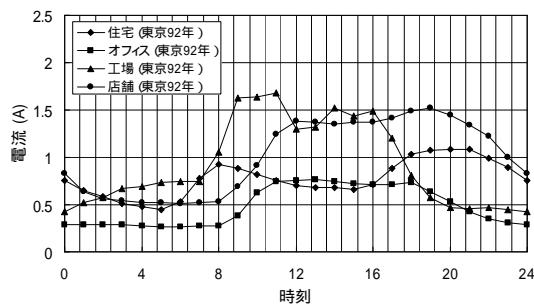
乗和を24時間分足し合わせた  $y_j$

$$\Delta y_j = \sum_{t=1}^{24} \left\{ \bar{y}_j(t) - \sum_{i=1}^4 C_{ji} \bar{x}_{ji}(t) \right\}^2 \quad [6]$$

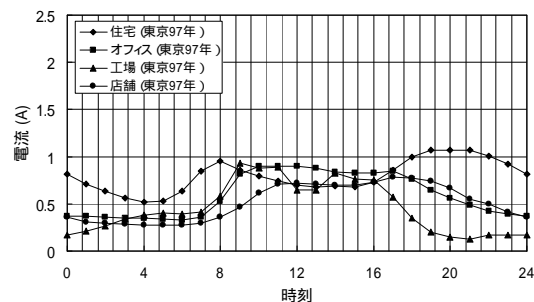
を最小にする $C_{ji}$ の組み合わせを求める。

(3) 基本カーブの算出方法

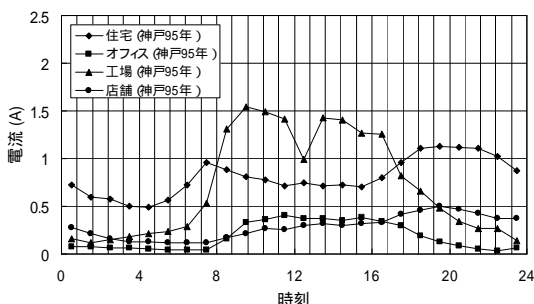
$\bar{y}_j$ が既知であれば、4つの構成要素の $x_i(t)$ を求めることができる。本研究ではデータ入手の都合から、国勢調査、事業所統計データを用いて $\bar{y}_j$ の値を算出する。すなわち配電エリアを町丁目の集合体と仮定し、各町丁目単位の属性データを配電エリアごとに集計した電力供給量としては、電圧がほぼ一定(6.6kV)であることから、電流(A)を用いて比較した。なお、阪神地域の電力需要データは、各時刻1時間当たりの電力量として計測されていることから、



(a) 東京23区(92年冬)



(b) 東京23区(98年冬)



(c) 阪神地域(95年冬)

図4 需要家一軒当たりのパターン別電力需要家曲線の比較(住宅のみ10軒, 他は1軒あたりの需要)

電力量から電流値への変換は,1時間当たりの電流値を一定と仮定し,平衡三相交流回路における実効電力 $P$ と線間電圧 $V$ ,線電流 $I$ ,力率 $\cos\phi$ の関係式[7]を用いて,電力を電流値に変換し,東京23区および阪神地域のパターン別電力需要曲線の比較を行った.

$$P = \sqrt{3}IV \cos\phi \quad [7]$$

なお,分析対象エリアは,図2,図3,分析に使った電力需要データの記録日および気象特性は表1の通りである.

#### (4) 基本カーブの比較

図4は,(1)~(3)に従って算出した92年,98年の東京23区,および95年の阪神地域の平均的な一軒当たりのパターン別電力需要曲線である.図4(a)と(b)を比較すると,住宅およびオフィスの需要量がほぼ同じである,98年の工場および店舗/飲食店の需要量は,92年に比べるとどの時間帯もおおよそ半分になっている,ことがわかる.次に,図4(b)と(c)を比較すると,住宅タイプはよく一致する,オフィスタイプの電力需要は,東京23区の方が全般的に2倍ほど大きい,工場タイプでは日中の需要特性はよく一致するが,深夜における需要は東京23区の方が

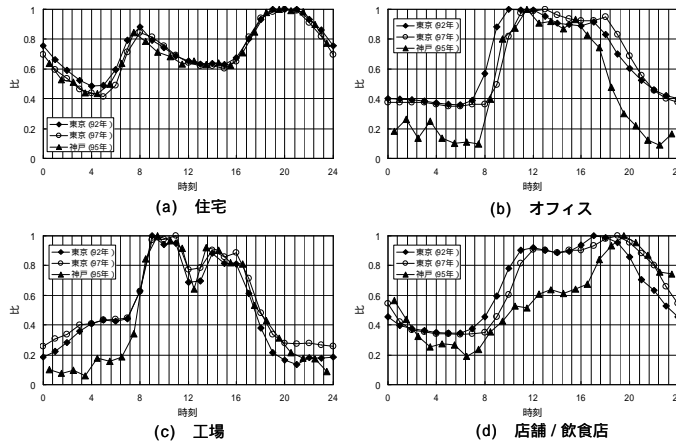


図5 東京23区(92年,98年)と阪神地域(95年)における正規化したパターン別電力需要曲線の比較

大きい,店舗/飲食タイプでは東京23区の方が全般的に3倍ほど需要量大きい,ことがわかる.そこで,今度はカーブの形状を議論するため,カーブの最大値で正規化し,それをパターンごとに比較(図5)すると,以下ことがわかる.住宅のカーブは非常に良く一致する,92年と98年を比べると,オフィスおよび店舗/飲食店は,朝の立ち上がりが1時間程度遅くシフトし,それに伴って夜の需要が落ち始める時間も同様に遅くシフトしている,工場タイプの日中における需要特性は地域を問わず一致しており,92年および98年においても良く一致している,阪神地域の工場のカーブは日中に比較すると深夜の落ち込みが大きく,24時間稼働する工場が少ないことが考えられる.なお,阪神地域の店舗/飲食店のカーブの算出に際しては,神戸三宮の繁華街を含む中山手変電所のカーブを基準にしたため,東京23区と比べると,繁華街タイプの需要特性が反映したものとなっており,そのため東京23区の基本カーブとは異なっているものと考えられる.のオフィスタイプの需要立ち上がり時刻のシフトは,フレックスタイム制の普及によるためではないかと考えられる.これを裏付けるものとして,「フレックスタイム制を採用している企業数の割合」が,サービス業(H3年6.2% H9年8.8%),金融・保険業(H3年3.8% H9年5.6%)をはじめほとんどの業界で増加している<sup>28)</sup>ことが挙げられる.

なおここで挙げた一連の定性的な分析結果を裏付けるその他の定量的なデータの提示については,今後の課題としたい.

図4に示した住宅・オフィス・工場・店舗/飲食店の1件当たりの電力需要曲線を用いて,(2)の寄与率の算定法に従って,各配電エリアのエリア全体の電力需要に占める4つの構成要素の電力需要の割合(寄与率)を算定した.寄与率(構成率)は,そのエリアにおける最大電力需要に占める4つの構成要素の割合であり,電力需要から地域特性を評価する指標となっている.

図6~図8は,東京23区(91年,98年)と阪神地域(95年)における各構成要素の寄与率を配電エリア図上に示す.東京23区を見ると,「住宅タイプは郊外を中心に分布」,「オフィスタイプは皇居周辺の都心部を中心に分布」,「工場タイプは臨海部や荒川沿いに分布」,「店舗/飲食店は上野,新宿,渋谷といった繁華街,鉄道沿線沿いに分布」し

ていることが示され、これらは実際の状況とよく一致している。また、92年と98年とを比較すると、各地で住宅が増加しており、工場の減少が見られる。図8から阪神地域は全体的に住宅の寄与率が高い地域であることがわかる。その中でも阪急沿線を中心とした地域の住宅寄与率が大きい。一方オフィス及び工場の寄与率は、神戸市、尼崎市の臨海部を中心として高くなっている。店舗/飲食店の分布は三宮を含むエリアが際だって強く、他は高いところでも40%以下という結果となった。

### (5) まとめ

本研究で使用する電力需要分析が都市部の電力需要の分析において、普遍的に適用可能な手法であることを確認するため、年代および地域を変えて分析を行った。すなわち、92年および98年における東京23区および95年の阪神地域を対象として電力需要分析を行い、各パターン別電力需要カーブの作成、および寄与率の算出を行った。その結果、電力需要分析結果による地域の分類が現実の都市の影響を反映していることが確認されるとともに、年代による地域特性の変化、需要構造の変化が反映されていること、地域が異なっても住宅の基本カーブが良く一致する、などが示され、本手法の有用性が確認された。

## 3. パターン別電力需要の細分化

本節では、先程算出したパターン別電力需要カーブを構成する電力需要構成機器別の電力需要カーブの算出を試みる。まずパターン別電力需要カーブの細分化の理論について説明する。次に、電力需要構成機器ごとの基本カーブの算出を行う。最後に、構成機器のカーブの重ね合わせにより、パターン別電力需要カーブが再現できることを示す。

### (1) 電力需要のコンポーネント化

時刻  $t$  における電力需要パターン  $i$  の1件あたりの平均電力需要  $\bar{x}_i(t)$  は、パターン  $i$  の電力需要を構成する電力消費対象機器  $m_{ik}$  の需要の重ね合わせとして、

$$\bar{x}_i(t) = \sum_{k=1}^{N_i} f_{ik} \bar{m}_{ik}(t) \quad [8]$$

として表現できる。ここで、 $\bar{x}_i(t)$  は1から  $N_i$  までのコンポーネントで構成され、 $f_{ik}$  は各コンポーネントが電力需要パターン  $i$  に占める割合を示し、 $\sum_{k=1}^{N_i} f_{ik} = 1$  である。図9は、住宅タイプの基本カーブが、照明、冷暖房、テレビといった電力需要構成機器の重ね合わせとして表現できることを示した図である。

### (2) 電力消費構成機器のカーブの推定

ここでは、97年度の東京23区を対象として住宅タイプの電力消費構成機器のカーブの算出を試みる。まず、住宅タイプの電力消費構成機器および構成割合は、平成9年度の電灯電力需要内訳(東京)<sup>29)</sup>および家電機器別原単位諸元<sup>30)</sup>を利用し、これに基づいて各季節の電力消費機器の選定および構成割合を決定した。次に、1日の時刻別の電力消費機器ごとの使用割合については、国民生活時間行動調

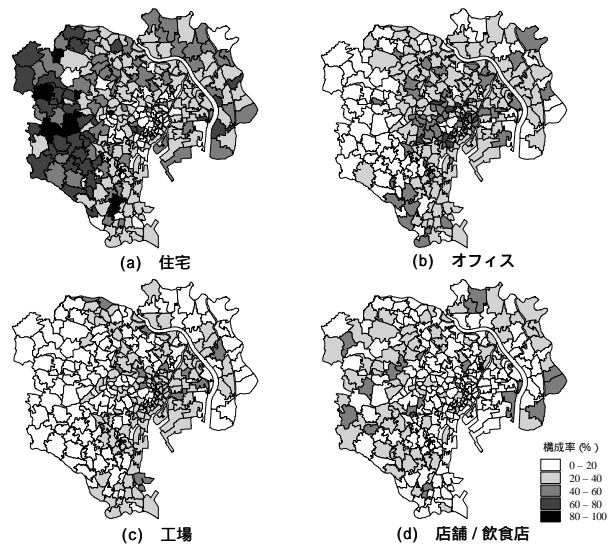


図6 東京23区の配電用変電所の構成率(寄与率)分布  
92年 冬

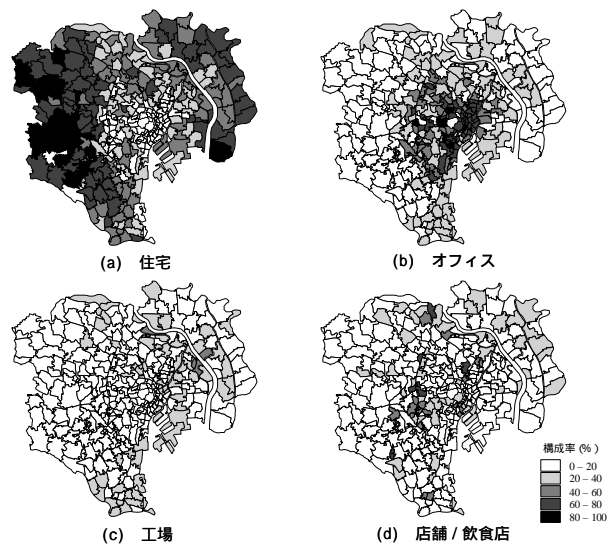


図7 東京23区の配電用変電所の構成率(寄与率)分布  
98年 冬

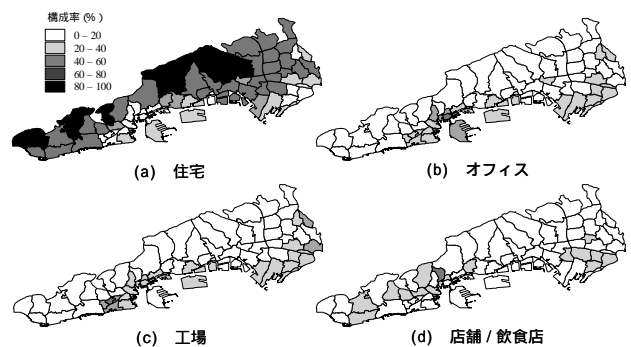


図8 阪神地域の配電用変電所の構成率(寄与率)分布  
95年 冬

査<sup>31)</sup>を基に推定した。このようにして推定した結果が、図10である。東京23区を対象とする、住宅タイプの冬の需要構成機器のカーブである。これはなお、縦軸はそれぞれの電力消費構成機器の使用量のピークで正規化してある。図11は、住宅タイプの基本カーブを作成した電力消費構

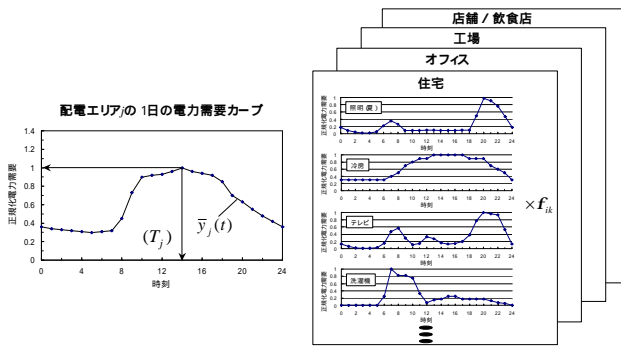


図9 パターン別電力需要の細分化の概念図

成機器別の需要カーブの重ね合わせとして再現した結果である。夏、冬とも精度良く再現できることが示されている。なお、ここで示した結果は、先に示した資料を使用してカーブを構築し、再現を試みたものであり、特にフィッティングを行うような操作を行っていない点である。また、国民生活時間行動調査から電力需要の再現が可能である点は重要な点であり、電力需要から人々の行動が評価可能なことを意味している。

### (3) パターン別電力需要の細分化の意義

本研究では、パターン別電力需要の中でも住宅タイプを取り上げて、その需要を構成する電力消費機器ごとの電力需要カーブを構築した。またその重ね合わせとして住宅タイプの需要カーブが再現できることが確認された。この結果は、配電用変電所の需要という配電エリア内の多数の需要家の需要が、個々の需要家の重ね合わせとして表現可能なことを示している。住宅タイプ以外の需要カーブは、それぞれのタイプの営業時間に支配的な形状をしており、需要を構成する多くの機器の需要カーブは各タイプの需要カーブと形状が似ていると考えられる。その点、住宅タイプは図10に示すように機器別の需要カーブの形状はそれぞれ異なっており、住宅タイプの需要カーブが再現できることが確認されたことは重要である。

本研究成果は、需要を構成する消費機器ごとの時刻別の需要カーブから配電エリアの需要が再現できることを示した物理モデルである。そのため、ライフスタイルの変化や新しい電力消費機器の普及程度により、マクロな電力需要が時刻別にどのように変化するか等を物理的に算出可能となる。

### 4. エリアの大きさと適用可能性

本研究では分析エリアとして配電用変電所エリアを単位としたが、これは電力会社が常時モニタリングして記録している最も小さな単位(自動検針など個々の需要家のモニタリングを除く)が配電用変電所に設置されている2から3基の変圧器ごとだからである。地震防災システムとして本研究を活用することを考えると、適用可能なエリアの大きさについて検討することは重要である。そこで配電エリア単位では適用可能な電力需要分析が、どの程度の小さなエリアまで適用できるのかここでは検討をする。図12は評

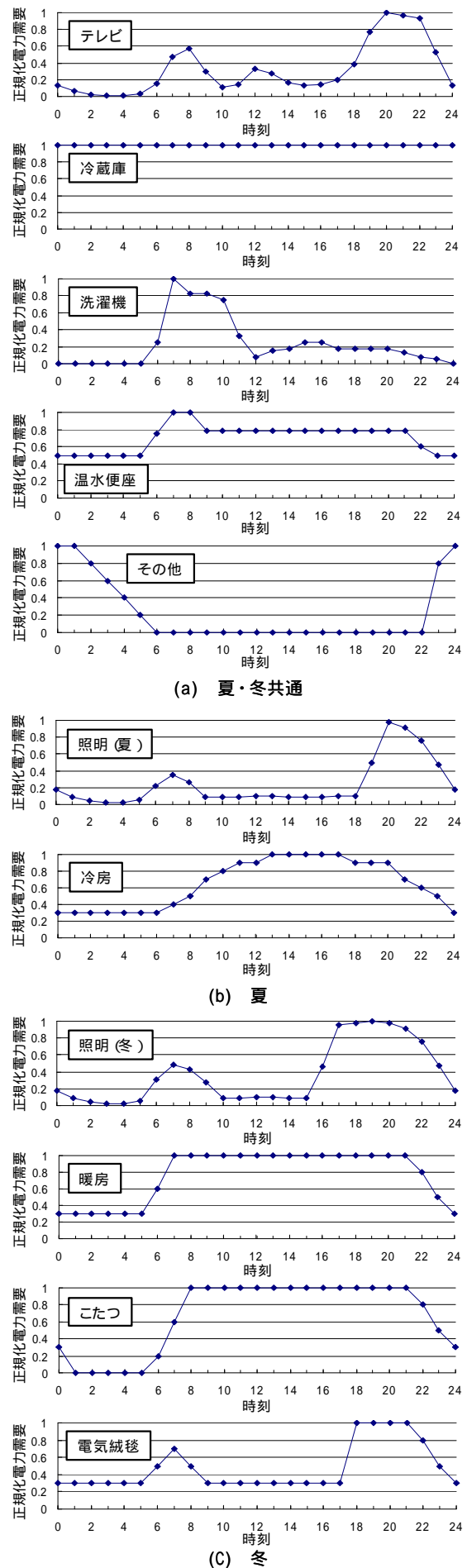
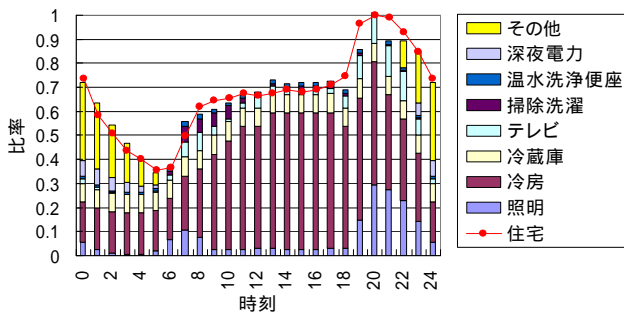
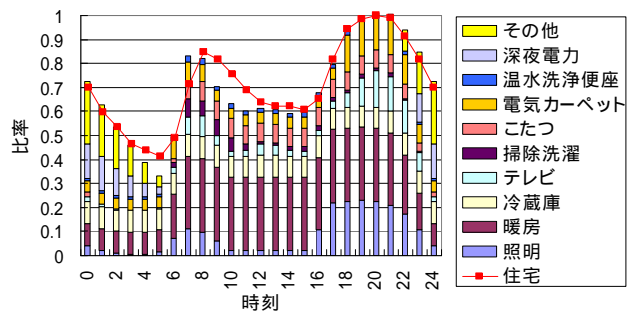


図10 住宅カーブの電力需要構成機器別の電力需要カーブ





(a) 夏



(b) 冬

図11 電力消費構成機器の重ね合わせによる住宅タイプの需要カーブの再現

価エリアの大きさと需要家数, 計測単位, および電力供給量データのばらつき程度を示している. 対象とするエリアが小さくなるにつれて, 平均的な需要家一軒当たりのカーブはばらつきが大きくなる. そこで, 住宅の需要を構成している各電力需要構成機器の電力需要カーブの各時刻の値に, 正規分布を仮定した誤差を与え, どの程度のエリアの大きさであれば, ばらつきの小さい議論が可能かどうかを検討する (図13). そこで与えるばらつきの大きさ自体も不明であることから, 変動係数 ( $\mu$ ) もばらつかせて, 再現した住宅カーブとシミュレーション結果との誤差をプロットしたものが図14である. 平常時における電力需要データは各時刻毎の変動において, 数%程度のばらつきをもっていると仮定すると, 図14から変動係数が2から5程度の場合がこれに相当する. 電力需要分析が大きくても10%程度<sup>補注</sup>の誤差までなら議論できるとすると, 必要な需要家数はおおよそ $10^3$ 程度のエリアの大きさとなり, いわゆる配電線路単位での議論は可能であろうと思われる. 東京23区の場合, 配電エリアの平均面積は $1.78\text{km}^2$ であり, 1つの配電エリアに20の配電線路があるとすると, 1配電線路あたり $0.09\text{km}^2$ 程度となる. 例えば東京都の地震被害想定が $500\text{m}$ メッシュ ( $0.25\text{km}^2$ ) で実施されていることと比べても, 評価するエリアの大きさとしては防災上使い勝手のいい大きさと言える.

## 5. まとめ

本研究では, リアルタイム防災システムのための情報源として電力供給量データに着目し, 地震直後からの被害評価システムの構築を念頭に, 平常時における電力需要のミクロな評価を試みた.

まず本研究の基本的な分析手法である電力需要分析について概説し, 手法の有効性を検討するため, 年代および地域を変えて適用した. その結果, 電力需要分析が都市部の電力需要を分析する上で有効であることが確認された.

電力需要分析により算出されるパターン別電力需要が各パターン需要を構成する電力需要構成機器の重ね合わせとして表現できるモデルを構築した. また住宅タイプを取り上げて, その需要を構成する電力消費機器ごとの電力需要カーブを構築し, 住宅タイプの需要カーブを精度良く再現できることを確認した. 住宅タイプの電力需要が, 需要構成機器の電力需要カーブの重ね合わせとして表現できることは, 電力需要が人々の活動を反映していることを示して

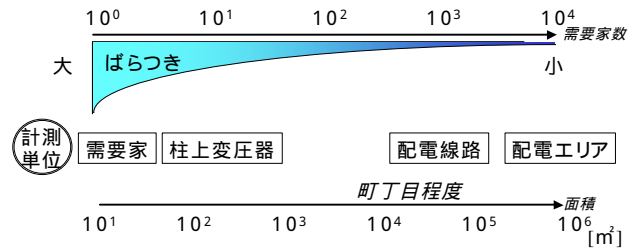


図12 需要家数と評価エリア

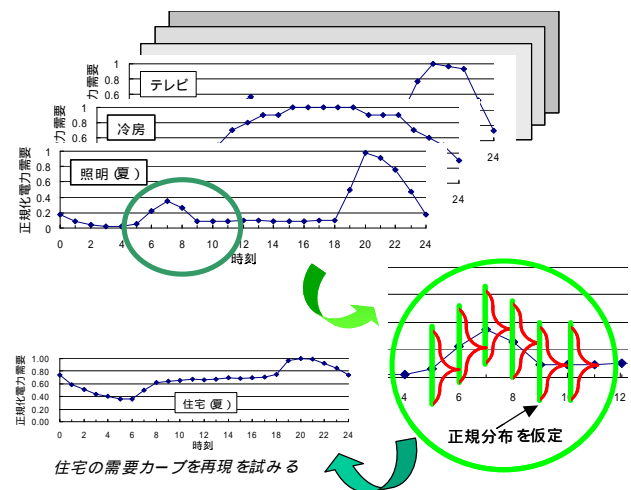


図13 評価精度のシミュレーション

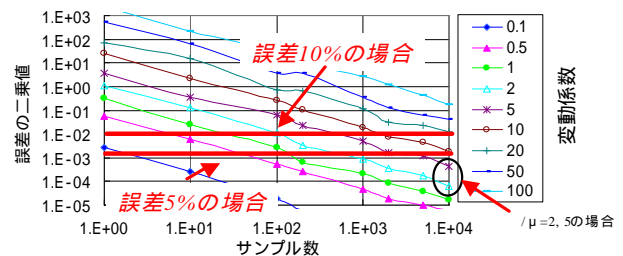


図14 変動係数をばらつかせた場合の再現誤差

いる. また本研究で議論している電力需要分析がどの程度のエリアの大きさまで議論可能かについてシミュレーションを行い, おおよそ配電線路単位まで可能であることを示した. なお本研究では十分に議論できなかった, エアコンをはじめとする気象条件に強く影響を受ける機器の抽出,

および気象条件との定量的な関係の把握については、今後の課題としたい。

今後は本研究成果を利用して、地震直後における被害状況に応じた人間行動を推定し、人間行動シナリオを構築することによって、地震直後から高い精度での被害評価を可能にする手法について検討する予定である。

#### 補注

平常時における電力需要の予測がどの程度はずれるのか、電力会社にヒアリングした結果、5%、大きくても10%程度は予測誤差の範囲であるとの回答を得たためである。

#### 参考文献

- 1) 目黒公郎 松岡延浩:兵庫県南部地震以降の首都圏の自治体防災対策について,自然災害科学,Vol.17 No.2 pp.93-119,1998.
- 2) 土木学会地震工学委員会リアルタイム地震防災小委員会:第1回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集,1999.
- 3) 土木学会地震工学委員会リアルタイム地震防災小委員会:第2回リアルタイム地震防災シンポジウム論文集,2000.
- 4) 野田茂,目黒公郎:リアルタイム地震工学を目指して,日本建築学会 第22回地盤振動シンポジウム,pp.95-112,1994.
- 5) 中村豊:総合地震防災システムの研究,土木学会論文集, No.531/I-34, pp.1-33,1996.
- 6) 山崎文雄,片山恒雄,野田茂,吉川洋一,大谷泰昭:大規模都市ガス導管網の地震時警報システムの開発,土木学会論文集, No.525/I-33, pp.331-340,1995.
- 7) 秦康範・目黒公郎:電力供給量の変化に着目した建物被害評価に関する基礎研究,土木学会論文集, No.696/I-58, pp.185-196,2002.
- 8) 小野賢治,森清堯:夏季電力需要と気象要因,電力中央研究所・研究報告,1984.
- 9) 小野賢治,森清堯:夏季における電力負荷と気象,電力中央研究所・研究報告,1985.
- 10) 小野賢治,所健一:「通年モデル」による翌日最大電力予測,電力中央研究所・研究報告,1990.
- 11) 灰田武史,武藤昭一:重回帰手法に基づいた最大需要予測支援システムの開発,OR,Vol.41, No.9,1996.
- 12) 小野田崇,大場英二:翌日最大電力需要予測における最適なニューラルネットワーク構成の決定法,電気学会論文集B,118巻5号,1998.
- 13) 超長期エネルギー戦略研究会・エネルギー専門部会:電力需要構造と電力シフト,電力中央研究所・研究報告,1984.
- 14) 門多治,服部恒明:経済予測と電力需要,月刊電気情報,1993.

- 15) 通商産業省資源エネルギー庁公益事業部編:平成11年度 電力需給の概要49,1999.
- 16) 三浦昌生:埼玉県下の主要商業地域における用途別延床面積と地域冷暖房導入可能エリア-現状の熱需要からみた検討-,日本建築学会計画系論文集,第484号,pp.63-71,1996.
- 17) 佐土原聡,長野克則,三浦昌生,村上公哉,森山正和,下田吉之,片山忠久,依田浩敏,北山広樹:日本全国の地域冷暖房導入可能性と地球環境保全に関する研究,日本建築学会計画系論文集,第510号,pp.61-67,1998.
- 18) 大西裕之,村上公哉,尾島俊雄:発電電力の自治体諸施設への託送を考慮した地域冷暖房施設へのコージェネレーションシステム導入の可能性に関する研究,日本建築学会計画系論文集,第532号,pp.57-64,2000.
- 19) 例えば,特許「小型消費電力測定装置」(特許平成6-339916号,平成6年12月29日出願,平成8年7月16日公開).
- 20) 小野田崇,中野幸夫:家庭用電気機器オン・オフ動作判定へのサポートベクターマシンの適用,オペレーションズ・リサーチ,第46巻,第5号,pp.231-236.
- 21) 例えば,菊地秀一,村田和久,高橋文男:大口需要家向け自動検針システム,富士時報,第9号,1998.
- 22) 鳩野正和,浅野良晴:学校建築における深夜電力を利用した潜熱蓄熱式床暖房の予測制御法に関する研究,日本建築学会計画系論文集,第469号,pp.25-33,1995.
- 23) 河合和彦,相楽典泰,武田仁,植木智之,松田聡浩:蓄熱式空調システムの熱負荷予測制度が熱源機器の電力消費量および電力料金に及ぼす影響,日本建築学会計画系論文集,第537号,pp.77-84,2000.
- 24) 佐々木淑貴,赤林伸一,坂口淳:戸建住宅における電気エネルギー消費に関する研究-主に東北地方を対象とした太陽光発電の有効性の検討,日本建築学会計画系論文集,第545号,pp.79-86,2001.
- 25) 目黒公郎,副島紀代,山崎文雄,片山恒雄:電力需要特性から見た都市の地域分類,土木学会論文集, No.507/I-30, pp.255-263,1995.
- 26) 高島正典,林春男:電力消費時系列データを利用した復旧・復興状況の定量的把握手法-阪神・淡路大震災への適用-,自然災害科学,Vol.13, No.3, pp.355-367,1999.
- 27) 高島正典,林春男:広域地震災害における復旧・復興状況の時空間的な推移-阪神・淡路大震災を事例として-,地域安全学会,Vol.1, pp.1-8,1999.
- 28) 厚生労働省:就労条件総合調査 <http://www.dbtk.mhlw.go.jp/toukei/kouhyo/indexk-roudou.html>.
- 29) 日本電力調査委員会:平成9年度 電灯電力需要内訳,1998.
- 30) 東京電力広報部:平成9年度 家電機器別原単位諸元,1998.
- 31) NHK放送文化研究所編:国民生活時間調査2000(県別),NHK出版,2001.

(原稿受付 2002.6.3)