

## 被災度に応じた地震後の地域別電力需要予測モデルの構築

中央大学大学院 学生会員 飯田 亮一  
 防災科学技術研究所 正会員 秦 康範  
 東京大学生産技術研究所 正会員 目黒 公郎

## 1. はじめに

電力は保存が困難で、供給と消費が同時であるという特徴から、電力供給量は地域の人々の様々な活動をリアルタイムに反映する。災害時の人々の活動は災害状況の影響を強く受けるので、発災後の電力供給量は被害状況を強く反映したものとなり、結果的に電力供給量の変動から災害状況が評価できることになる。

筆者らは電力需要の変動データを用いて、平常時から災害時、さらには復旧・復興過程に至る地域特性を、継続的かつリアルタイムに評価する手法を提案してきた<sup>1)</sup>。そして、時刻単位の電力供給量の変動に着目すると、地震直後から高い精度の被害評価が可能なることを、近年我が国で発生した被害地震を対象に示した。さらに本提案手法を用いることで、地震直後の建物被害のみならず、人間活動や地域活動の定量的な評価が可能なることを証明した。

本研究では、地震発生後の地域評価をより高精度に行うために、地震後の電力需要予測モデルを構築した。本モデルにより、地震発生後には建物被害の評価に加え、建物被害を免れた需要家の稼働率を把握することができる。平常時においては、様々なシナリオを設定しながら、地震後の電力需要の予測が可能となるので、電力会社の復旧戦略の基礎資料として活用できる。

## 2. 電力需要特性分析の概要

本研究では平常時の配電用変電所の電力需要を分析する手法<sup>2)</sup>を基本ツールとして用いた。以下にその概要を示す。都市部の配電用変電所の電力需要は、住宅、オフィス、工場、店舗/飲食店という4つの電力需要構成要素の組み合わせとして、式(1)のように表現できる。

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

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) を示す。また  $y_j(t)$  は配電エリア  $j$  の時刻  $t$  における電力需要、 $\alpha_{ji}$  は配電エリア  $j$  内の電力需要構成要素  $i$  の件数、 $x_i(t)$  は時刻  $t$  における電力需要構成要素  $i$  の1件あたりの平均電力需要である。ここで  $\alpha_{ji}$  は、国勢調査、事業所・企業統計調査を用いて算出し、 $x_i(t)$  は、構成要素の  $\alpha_{ji}$  を説明変数とする重回帰分析を行って求める。

次に、各エリアにおいて住宅、オフィス、工場、店舗/飲食店の1件当たりの平均電力需要曲線  $x_i(t)$  を用いて、ピーク時に4つの構成要素がそのエリア全体の電力需要に占める割合(これを寄与率と定義する)を算定する。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つの構

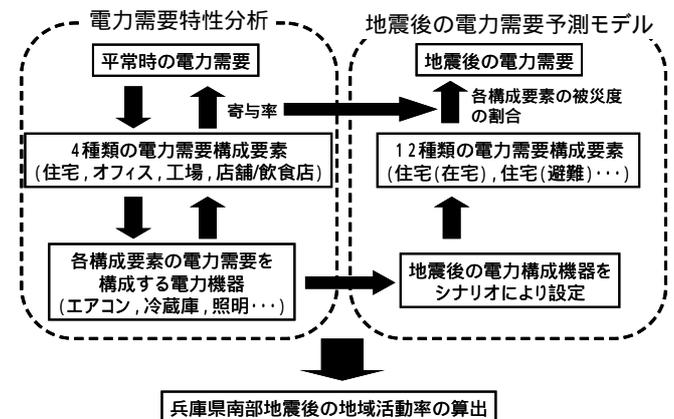


図1 本研究のフロー

成要素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)のように表現できる。

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

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

また時刻  $t$  における電力需要構成要素  $i$  の1件あたりの平均電力需要  $x_i(t)$  は、構成要素  $i$  の電力需要を構成する電力消費対象機器  $m_{ii}$  の需要の重ね合わせとして、式(3)のように表現できる<sup>3)</sup>。

$$x_i(t) = \sum_{i=1}^{N_i} \phi_{ii} m_{ii}(t) \quad (3)$$

ここで、 $x_i(t)$  は1から  $N_i$  までのコンポーネントで構成され、 $\phi_{ii}$  は各コンポーネントが電力需要構成要素  $i$  に占める割合を示す。 $\phi_{ii}$ 、 $m_{ii}$  は日本電力調査委員会の電灯電力内訳とNHKの国民生活時間行動調査により算出する。

## 3. 地震後の電力需要予測モデルの概要

一方、地震発生後の各構成要素の電力需要は、平常時とは異なったものとなり、各構成要素の地震後の活動状況によって異なると考えられる。そこで本研究では、各構成要素をそれぞれ3つの活動状況に分けて考える。つまり式(4)のように、地震発生後の配電エリア  $j$  の時刻  $t$  における電力需要  $y'_j(t)$  は、12パターン(4構成要素×3活動状況)の電力需要の組み合わせで成り立っていると仮定する。

$$y'_j(t) = \sum_{k=1}^{12} \sum_{i=1}^4 x'_{ik}(t) \quad (4)$$

ただし、 $\sum_{i=1}^4 x'_{ik}(t)$  は地震発生後の配電エリア  $j$  内の電力需要構成要素  $i$  の活動状況  $k$  の件数、 $x'_{ik}(t)$  は地震発生後の時刻  $t$  における電力需要構成要素  $i$  の1件あたりの平均電力需要である。

まず地震発生後の活動状況  $k$  に応じた電力需要構成要

キーワード 電力, 被害推定, 復旧戦略, ライフライン

連絡先 〒153-8505 東京都目黒区駒場 4-6-1 東京大学生産技術研究所 B 棟 目黒研究室 Tel03-5452-6098, Fax03-5452-6438

素 $i$ の1件あたりの平均電力需要 $x'_{ik}(t)$ の算出を行う。地震発生後の各構成要素の活動状況に応じた電力需要は、式(5)で表現できると仮定する。

$$x'_{ik}(t) = \sum_{l=1}^{N_i} \phi_{ikl} m'_{ikl}(t) \quad (5)$$

ただし、 $l$ は電力を消費する機器(あるいは活動)であり $l=1$ :TV, 2:エアコン, ...,  $N_i$ :照明である。また、住宅( $i=1$ )の活動状況は、 $k=1$ :建物被害が甚大で居住者が避難した場合, 2:建物被害は軽微だが居住者が避難した場合, 3:在宅とする。オフィス, 工場, 店舗/飲食店( $i=2\sim 4$ )の場合は、 $k=1$ :建物被害は甚大で非営業, 2:建物被害は軽微だが非営業, 3:営業とする。また、 $m'_{ikl}(t)$ は、シナリオにより決定される。

次に、平常時の時刻 $t$ における構成要素 $i$ の電力需要と式(5)で求めた各構成要素の地震後の電力需要との比を基準倍率 $r_{ik}(t)$ と定義し、式(6)のように表す。

$$r_{ik}(t) = \frac{x'_{ik}(t)}{x_{ik}(t)} \quad (6)$$

また地震発生後の活動状況に応じた各構成要素の構成割合 $C'_{jik}$ は、平常時の構成割合である寄与率 $C_{ji}$ と各構成要素の活動状況の構成割合 $R_{jik}$ により、式(7)のように表すことができる。

$$C'_{jik} = C_{ji} R_{jik} \quad (7)$$

ここで、 $0 \leq C'_{jik} \leq 1$ ,  $\sum_{k=1}^{12} C'_{jik} = 1$ である。

以上より、地震発生後の時刻 $t$ における配電用変電所 $j$ の電力需要 $y'_j(t)$ は、式(8)で表すことができる。

$$y'_j(t) = \sum_{k=1}^{12} r_{ik}(t) C'_{jik} P_j \quad (8)$$

ただし、 $P_j$ は配電用変電所 $j$ の平常時の1日のピーク電力需要である。

#### 4. 地震後の地域活動率の算出

既往の研究で、兵庫県南部地震後において電力の変動データから建物被害が高精度に把握できる事が示されている。しかし、建物被害が軽微であった需要家の稼働率の把握は出来なかった。そこで本研究では、建物被害が軽微であった需要家の稼働率(地域活動率)の算出を試みた。地震後に観測される活動電力 $a$ は、建物被害が軽微な需要家のうち実際に活動している需要家の電力量である。被災地で建物被害が軽微な需要家が100%活動する場合の電力需要 $b$ は、図2に示す通り地震後に得られる電力データからは算出できない。そこで、構築した予測モデルを用いてこれを求め、地域活動率の算出を試みると建物被害率が40%以上のエリアについては、発生から1週間が経過しても地域活動率は40%以下であった(図3)。特に火災の激しかった長田地区では、1週間が経過しても地域活動率は20%しか復旧していな

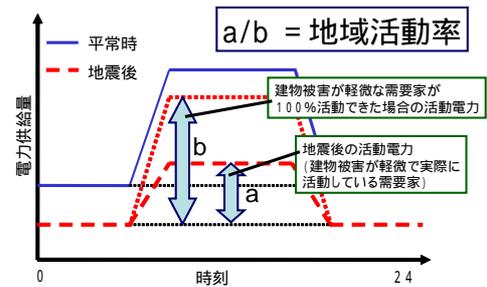


図2 地域活動率の概念図

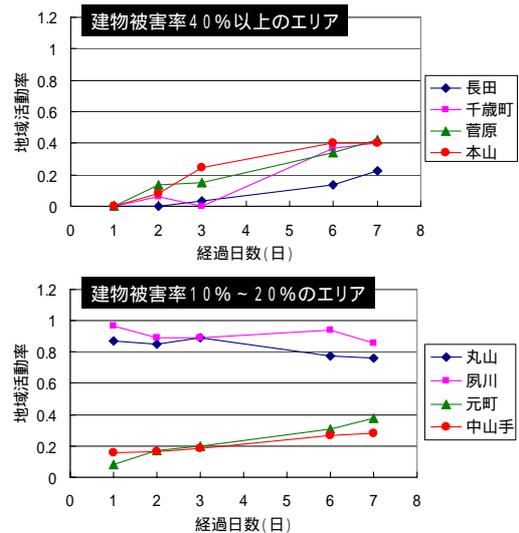


図3 兵庫県南部地震後の地域活動率の推移

い。次に、建物被害率が10%~20%のエリアについては、三宮周辺のオフィス街や繁華街を含む元町や中山手地区は、建物被害率40%のエリアと同様な地域活動率の推移を示しており、建物被害が軽微であっても活動できないオフィスや店舗が多かったことがわかる。一方、丸山地区や夙川地区は典型的な住宅街のエリアであり、発生直後から地域活動率が高く、建物被害が軽微であれば多くの住民が在宅していることがわかる。

#### 5. まとめと今後の課題

本研究では地震発生後の電力需要予測モデルを構築した。本モデルにより、地震発生後には、建物被害を免れた需要家の稼働率が算出可能となった。今後は、首都直下地震などの被害想定結果と組み合わせ、電力需要予測シミュレーションを行う予定である。

#### 参考文献

- 1) 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.185-195, 2002.
- 2) 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.
- 3) 秦康範, 目黒公郎: 地震直後からの被害把握を目的とした電力需要のマイクロ評価の試み, 地域安全学会論文集, No.4, pp.79-86, 2002.