

# 電力需要特性にもとづく都市の地域分類

Classification of Urban Area by Characteristics of Power Load Curves

副 島 紀 代\*・目 黒 公 郎\*\*・山 崎 文 雄\*\*\*・片 山 恒 雄\*\*

Michiyo SOEJIMA, Kimiro MEGURO, Fumio YAMAZAKI and Tsuneo KATAYAMA

## 1. は じ め に

現代社会の電力に対する依存の高まりとともに、停電によって都市社会が受ける障害の形態も変化しつつある。1991年の台風19号の際には、全国で700万件もの停電が発生し、構造的被害よりも停電によるライフラインの機能損失・機能的被害波及が大きな問題となった<sup>1)</sup>。

停電による都市生活への影響は、その地域に住む人々の生活様式や産業形態によって大きく異なり、しかも季節・天候などの自然条件と、停電の発生時刻・継続時間などの影響を強く受ける。これは地域別の電力需要特性が、上記のようなさまざまな要因で決定されるためである。そこで本研究では、都市停電の定量的影響度評価への第1ステップとして、電力需要特性から都市部の地域特性評価を試みた。すなわち、電力需要と地域特性のデータベースを構築するとともに、電力需要から見た都市部の地域特性評価と分類を行った。

## 2. 電力需要/地域特性データベースの構築

まず電力需要の特性分析を目的として、米国 ESRI 社の地理情報システム (GIS) ソフト ARC/INFO を用いて、東京23区内の配電用変電所・配電エリアの座標データ (314カ所)、および各配電用変電所の季節別電力需要 (時間稼働) データからなる電力需要データベースを構築した。各季節の記録日と諸元を表1に示す。

次に、昭和60年 (1985年) 度の国勢調査データ<sup>2)</sup>と、昭和61年 (1986年) 度の事業所統計調査のデータ<sup>3)</sup>をもとに、

表1 各季節の記録日と諸元

	記録日	曜日	天候	最高気温	平均湿度	平均風速
秋	1991/10/16	水曜日	曇時々晴 一時雨	21.1℃	54%	2.7m
冬	1992/1/22	水曜日	曇後晴	11.7℃	45%	2.3m
春	1992/4/15	水曜日	曇時々晴	15.7℃	66%	2.9m
夏	1992/8/19	水曜日	晴	31.3℃	68%	3.0m

同じく ARC/INFO 上に地域特性データベースを構築した。これらのデータは500m 単位のメッシュ統計データとなっており、以下のようなものを含んでいる。

- ・地域内総人口/地域内総世帯数 (以上国勢調査より)
- ・地域内事業所総数/地域内事務所・営業所総数/地域内工場・作業所・鉱業所総数/地域内店舗・飲食店総数 (以上事業所統計調査より)

## 3. マクロに見た東京23区の電力需要特性

東京23区内の314配電用変電所の電力需要データベースから、マクロに見た東京23区の電力需要特性を分析した。

図1は夏 (1992年8月19日) の各配電用変電所の電力需要分布である。色の濃い部分ほど電力需要が高いことを示す。電力需要は、4:00から6:00にかけて最低となり、9:00ごろには都心や臨海部の工業地帯で立ち上がる。そして14:00になると、都心部だけでなく周辺の電力消費量もぐんと増える。これは季節的に冷房の使用によるものと思われる。18:00ごろまでは、都心部を中心に高い水準で電力需要が推移しているが、19:00以降は電力需要が都心部から、世田谷区・練馬区などの周辺住宅地に推移していく状況がよくわかる。

\*大林組, 元東京大学大学院生

\*\*東京大学生産技術研究所 付属国際災害軽減工学研究センター

\*\*\*東京大学生産技術研究所 第5部

研究速報

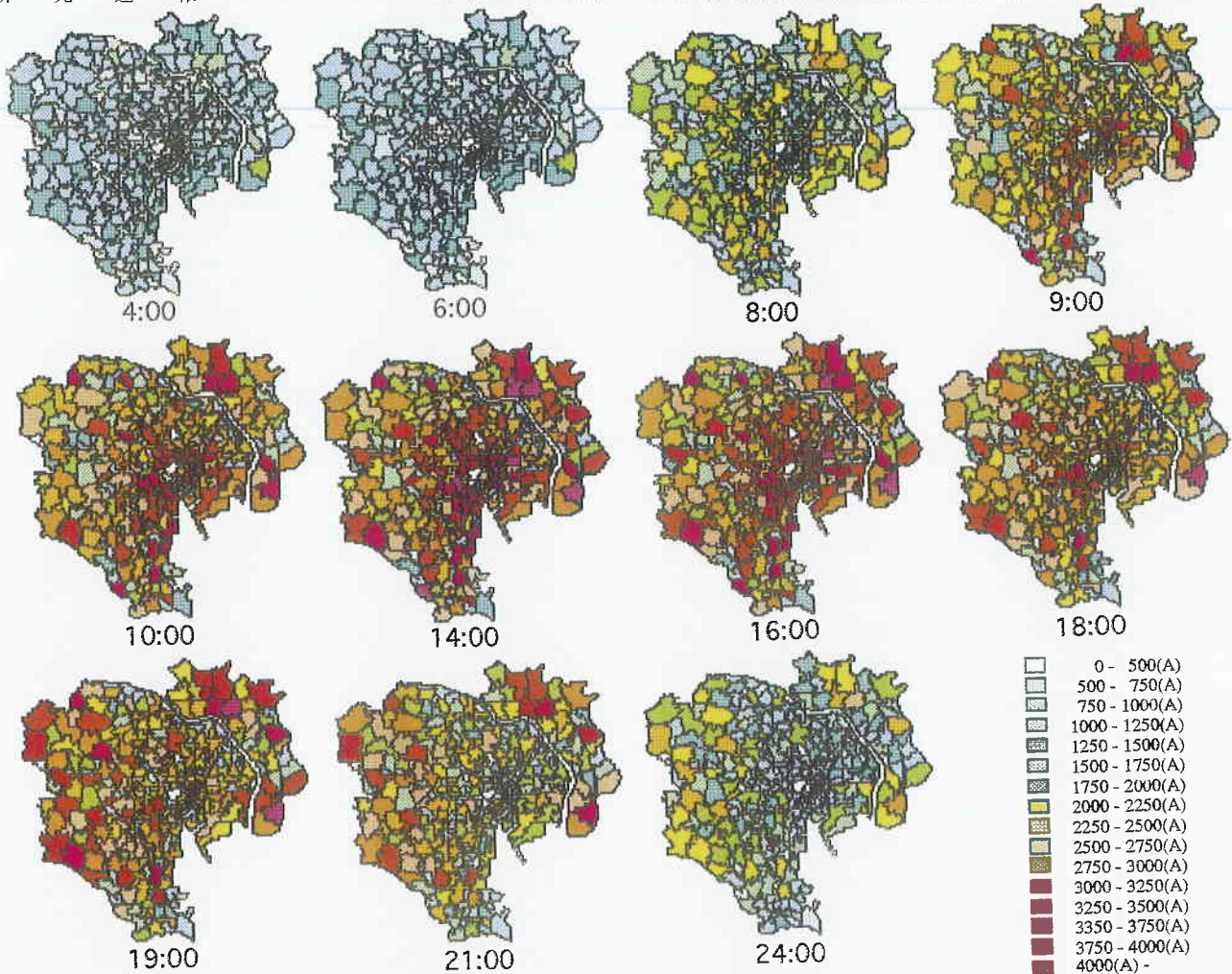


図1 東京23区の電力需要分布 (夏期：1992.8.19)

4. 配電エリア別の電力需要特性

次に、電力需要形態から見た地域特性の違いを明らかにするために、各配電エリアにおける電力需要の時系列変化を分析した。その結果、電力需要量は各配電エリアとも、おおむね夏>冬>春・秋という傾向にあり、電力需要曲線の特徴から、住宅地型・オフィス街型・工場地型・繁華街型の4パターンに大きく分類できることがわかった<sup>4)</sup>。図2に上記4パターンに分類される典型的な配電エリアの電力需要曲線を示す。

いずれのパターンにも分類困難なエリアは、4タイプの特性を合わせ持つ地域と考えられることから、各配電エリアの電力需要を、これらの4タイプの重ね合わせと仮定した。そしてより信頼度の高いタイプ別電力需要曲線を求めるため、1件当たりの平均的な電力需要の推定を試みた。

すべての配電エリアの電力需要が、前述の4パターンの

電力需要の重ね合わせとして表現できると仮定すると、配電エリア  $j$  の時刻  $t$  における電力需要  $y_j(t)$  は、

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

と表すことができる。ただし、 $i$  は各パターン ( $i=1$ :住宅,  $2$ :オフィス,  $3$ :工場,  $4$ :店舗/飲食店) を示す。また、 $\alpha_{ji}$  はエリア  $j$  内のパターン  $i$  の件数、 $x_i(t)$  は時刻  $t$  におけるパターン  $i$  の1件当たりの平均電力需要量である。

ここで、 $\alpha_{ji}$  が既知であれば、重回帰分析を行い、最適な  $x_i(t)$  を求めることができる。しかし、 $\alpha_{ji}$  は電力会社でも把握されていないことから、前述の地域特性データベースを用いて、80カ所の配電エリアに関して  $\alpha_{ji}$  を算出した。そして、算出した  $\alpha_{ji}$  から回帰分析を行って  $x_i(t)$  を求めた。なお配電エリア(ポリゴン)データと地域特性(メッシュ)データ間のデータ変換には、面積比例配分法を用いた。

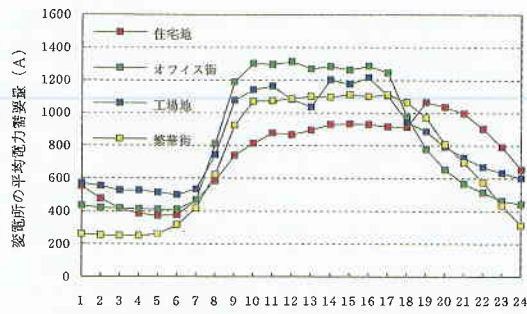


図2 電力需要特性から見た地域分類  
(典型的パターン4地域の電力需要曲線)

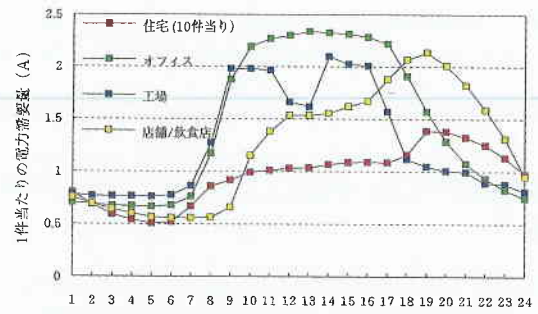


図3 需要家1件当たりパターン別電力需要曲線

図3に夏のデータを用いて算出した  $x_i(t)$  を示す。算出された電力需要曲線は、図2に示した各典型的パターンの特徴をより明確に強調した曲線であることがわかる。ただし図3の1件当たりの電力需要曲線は、東京都23区内80カ所の配電エリアの平均値であるため、その値をそのまますべての地域に用いることは不適當である。なぜなら、たとえば同じオフィスであっても、都心部の大規模なオフィスと郊外の住宅街の中小オフィスでは消費電力が大きく違い、 $x_i(t)$  をそのまま用いると都心部では過小評価、郊外では過大評価されるなどの問題が生じるためである。しかし、

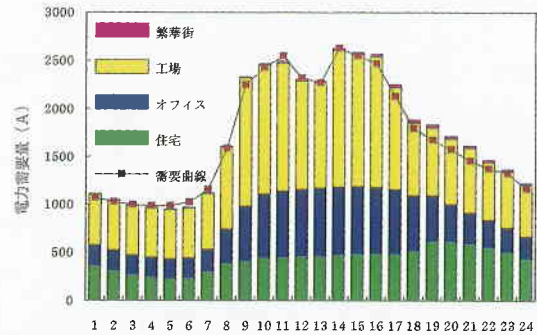


図4 寄与率から逆算したタイプ別電力需要と実際の電力需要曲線との比較

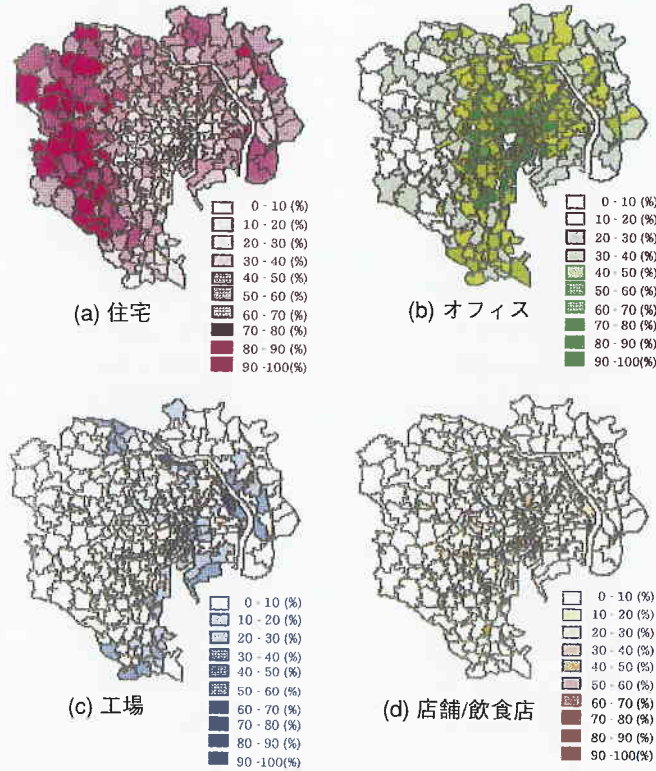


図5 東京23区におけるパターン別寄与率分布 (夏期)



研究速報

100件, 1,000件を単位として都市をマクロに見る場合には, 規模が多少違っていても電力需要曲線はほぼ相似であると推察されるので, 以下では曲線の形から電力需要特性を議論することにする.

### 5. 電力需要から見た各配電エリアのパターン別寄与率の算定

前節で求めた住宅・オフィス・工場・店舗/飲食店の電力需要曲線を用いて, 各エリアにおいて, そのエリア全体の電力需要に占める4パターンの電力需要の割合(寄与率)を算定する.

式(1)に示すように, 314の各配電エリア  $j$  の電力需要曲線  $y_j(t)$  を, 各エリアの最大電力需要  $y_{jmax}$  を1とする曲線に正規化し,  $y_{jmax}$  に達する時刻を  $T_j$  とする.

$$\bar{y}_j(t) = y_j(t)/y_{jmax} \quad (2)$$

次に4パターンの電力需要曲線を, 式(3)に示すように時刻  $T_j$  の需要値が1となる曲線に正規化する.

$$\bar{x}_{ji}(t) = x_i(t)/x_i(T_j) \quad (3)$$

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(住宅・オフィス・工場・店舗/飲食店)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(4)のように表すことができる.

$$\bar{y}_j(t) = \sum_{i=1}^4 C_{ji} \bar{x}_{ji}(t), 0 \leq C_{ji} \leq 1, \sum_{i=1}^4 C_{ji} = 1 \quad (4)$$

そこで, 各配電エリアに関して, 式(4)の両辺の差の自乗和

$$\Delta y_j = \sum_{i=1}^4 \{ \bar{y}_j(t) - \sum_{i=1}^4 C_{ji} \bar{x}_{ji}(t) \}^2 \quad (5)$$

を最小にする  $C_{ji}$  の組み合わせを季節ごとに求めた. 求めた寄与率から逆算した電力需要と実際の電力需要曲線の関係の1例を図4に示す. 両者が良い一致を示すことがわかる. 寄与率は, そのエリアにおける最大電力需要に占める住宅・オフィス・工場・店舗/飲食店でそれぞれ使われる電力の割合を表し, 電力の消費内容を間接的に示す指標である.

図5に各パターンの寄与率(夏期)を配電エリア図上に示す. 住宅の寄与率は23区の周辺部, 特に西部の練馬・杉並・世田谷方面で高い. 逆にオフィスの寄与率は都心部で

高くなっている. 住宅の寄与率の高い23区西部では, JR中央線・西武池袋線・東武東上線・小田急線などの沿線で, オフィスの寄与率が周辺より高くなっており, その合間を埋めるような形で住宅寄与率が8割以上の地域が存在しているのがわかる. 工場の寄与率の高い地域は, 主に東京湾周辺と荒川沿いに分布しているが, その分布は非常に偏っている. 繁華街の分布も比較的限られ, その寄与率は高くても50%程度である.

### 6. ま と め

本研究では, 地域特性を考慮した停電影響度の定量的評価を目的として, 東京23区の電力需要と地域特性のデータベースを構築し, 都市の電力需要の特性を明らかにすることを試みた. その結果, 都市の電力需要量は地域や時刻, 季節などによりさまざまに変化するが, 配電エリア別に見るとその電力消費曲線の特徴により, 住宅・オフィス・工場・店舗/飲食店の4通りに分類できることがわかった. そしてどのエリアの電力需要もこの4パターンの重ね合わせとして表現できると仮定し, パターン別の1件当たりの電力需要曲線を回帰分析によって求めた. さらに地域特性と電力需要特性を関連づけるために, 「寄与率」という概念を用いて, そのエリア全体の電力需要量に占める各タイプの電力需要の割合を求めた. その結果を地図上に示すと, 電力需要から求められた, 住宅地・オフィス街・工場地帯・繁華街, またこれらの混合地域が, 実際とよく一致し, 電力の寄与率を用いて地域特性を評価できることが示された. なお, 本研究の結果を用いた地域特性を考慮した停電影響度の定量的評価法に関しては, 続報<sup>5)</sup>を参照されたい.

(1994年3月16日受理)

### 参 考 文 献

- 1) 目黒, 永田, 立川, 片山: 台風19号による大規模停電の都市機能への被害波及に関する調査研究—広島地域における大規模停電の影響, 生産研究, 第44巻, 第4号, 1992.
- 2) (財)日本統計協会: 昭和60年国勢調査地域メッシュ統計
- 3) (財)日本統計協会: 昭和61年事業所統計調査地域メッシュ統計
- 4) 副島, 永田, 目黒, 山崎, 片山: 電力需要から見た都市の地域分類, 土木学会第48回年次学術講演概要集, 1993.
- 5) 目黒, 副島, 山崎, 片山: 都市停電の地域性を考慮した影響度評価法, 生産研究, 第46巻, 第6号, 1994.