

都市停電の地域性を考慮した影響度評価法

An Evaluation Method for Effects of Power Outage Considering Areal Characteristics

目黒 公 郎*・副 島 紀 代**・山 崎 文 雄***・片 山 恒 雄*

Kimiro MEGURO, Michiyo SOEJIMA, Fumio YAMAZAKI and Tsuneo KATAYAMA

1. はじめに

近年、都市生活における電力依存度がますます高まる一方で、自然災害や事故などのさまざまな原因による停電被害が発生し、都市機能に大きな影響を及ぼしている¹⁾⁻³⁾。都市停電の被害軽減には、停電の総合的な影響度を定量的に評価することが不可欠である。

前報⁴⁾では、都市部の電力需要が、基本となる4パターン(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、東京23区内314の配電エリアについて、重ね合わせの比率(寄与率)を算定した。そして寄与率を用いることで電力需要から地域特性を評価できることを報告している。

本報告ではこの寄与率をもとに、停電影響度の定量的評価法の基本的な考え方を示すとともに、簡単なシミュレーションを行って、停電の都市生活への影響の定量的評価を試みる。まず電力の消費内容を考えた影響度関数を提案し、東京23区の314の配電エリアにその関数を適用して、各エリアの影響度を試算し、次にその影響度関数を用いて、災害時などの非常時における停電影響度の変化も試算する。さらにその分析をもとに、地理情報システム(GIS)を用いた停電影響度予測システムとして、このような結果を停電被害の軽減策へどのように利用できるか、その利用法を提案する。

2. 停電影響度の評価法

各配電エリアの電力需要曲線 $y_j(t)$ は、式(1)のように基本的な4種類のパターンを、寄与率を用いて重ね合わせる

*東京大学生産技術研究所 附属国際災害軽減工学研究センター

**大林組、元東京大学大学院生

***東京大学生産技術研究所 第5部

ことによって表現できる⁴⁾。

$$y_j(t) = y_{jmax} \sum_{i=1}^4 C_{ji} \overline{x_{ji}}(t) \quad (1)$$

ここで y_{jmax} は対象とする配電エリア j の最大電力需要、 $\overline{x_{ji}}(t)$ は y_{jmax} に達する時刻で1となるように正規化した各パターン ($i=1$:住宅, 2 :オフィス, 3 :工場, 4 :店舗/飲食店) の電力需要曲線、 C_{ji} は各パターンの寄与率である。

次にここでは、パターン別に見た電力重要度関数を設定し、各配電エリアの電力需要量・寄与率・電力重要度の3つから、その地域の停電影響度を定量的に評価する手法を提案する。

まず、停電影響度を次のような関数として与える。

$$f_j(t) = \sum_{i=1}^4 v_i(t) y_{ji}(t) \quad (2)$$

ここで、 $f_j(t)$ は配電エリア j の時刻 t における停電影響度、 $v_i(t)$ は時刻 t におけるパターン別単位電力重要度である。 $y_{ji}(t)$ は配電エリア j の時刻 t における基本パターン i の電力需要量であり、

$$y_{ji}(t) = y_{jmax} C_{ji} \overline{x_{ji}}(t) \quad (3)$$

と表すことができる。

式(2)に示すように、この値に時刻 t における各パターンの単位電力当りの重要度 $v_i(t)$ をかけ、最終的にその和を求めると、それはその地域の総合的な停電影響度とみなすことができる。すなわち式(2)は、各配電エリアの地域特性としての電力需要量とその消費形態を考慮した上で、ある時刻に、ある地域で停電が起こった場合の影響を評価するものである。

パターン別単位電力重要度 $v_i(t)$ は、電力の消費対象ごとに、季節・時刻による影響の変化を考慮して決めなくてはいけない。ここでは、過去の停電被害事例調査¹⁾⁻³⁾や、

研究速報
 専門家を交えたブレインストーミングを通して、図1に示す関数を設定した。

3. 停電影響度の評価事例

前節で設定した時刻別単位電力重要度をを用いて、各配電エリアの停電影響度を式(2)より求める。

まず、寄与率を用いて、最大電力需要が同程度の典型的な4パターンに近い配電エリアを選び出し、パターンによる停電影響度の違いを検討した。選んだ配電エリアは、次の4カ所である。それぞれ()内の数値は、順に住宅・オフィス・工場・店舗/飲食店の寄与率である。

住宅地型：光が丘(練馬区, 94%, 0%, 5%, 1%)
 オフィス街型：大崎(品川区, 9%, 90%, 0%, 1%)

工場地型：渋江(葛飾区, 18%, 27%, 54%, 1%)
 繁華街型：上通(渋谷区, 20%, 48%, 0%, 32%)

上記4カ所について夏の停電影響度曲線を求めると(図2(a)), 昼間は住宅よりも業務地区で影響度が高く、17時を境にして住宅とオフィス・工場の順位が入れ替わる。一般的に17時といえば、人々が職場から家庭へ戻り始める時刻であり、人の移動にともなう影響度の変化と考えられる。また、夕方から夜にかけては、繁華街の影響度が住宅と同様に高い。

冬の場合も、同様に計算を行った(図2(b))。冬は夏に次いで電力需要が高く、短い日照時間と寒さによる照明と暖房の必要性から、単位電力重要度も高くなっている。その影響が如実に表れているのは17時以降で、特に住宅地の停電影響度がぐんと高くなる。また住宅地の冬の特徴として、朝方に一度影響度が高くなるが、これは冬の明け方は寒いので暖房の重要度が高いこと、朝食の準備等で電力需要が立ち上がることの相乗効果による。

4. GISを用いた停電影響度評価システム

停電影響度関数を用いて、停電時刻・季節ごとの東京23区における停電影響度マップを地理情報システム(GIS)上に作成した。

図3は夏に停電が発生した場合の停電影響度マップである。朝7時ではどの地域の影響度も比較的低いが、昼14時には都心部の値が高くなる。しかし19時になると影響度の高い地域が周辺部に移り、都心部の影響度は逆に低くなる。そして24時には、一部を残して影響度は全体的にまた低くなる。一方冬の場合は、昼間の影響度にはあまり変化が見られないが、周辺の住宅地の夜間における影響度が、夏に比べて高い。

ここまでは日常的な停電の影響を考えてきたが、地震などの災害に付随して停電が発生した場合には、日常的な場

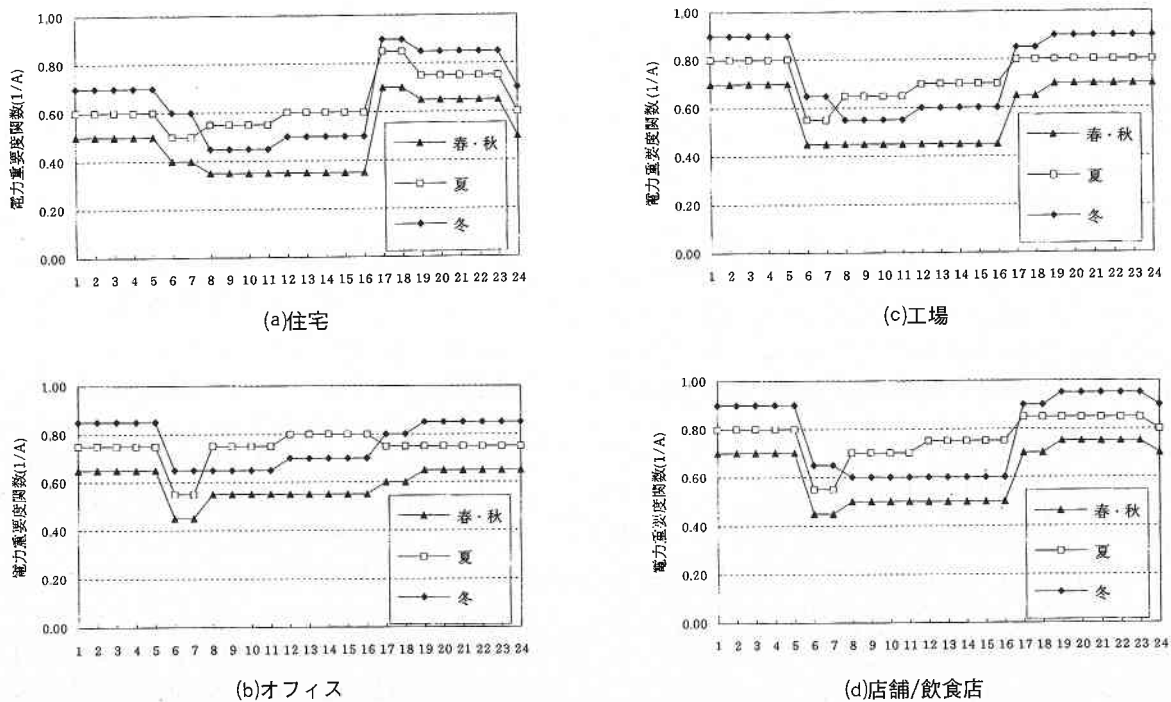
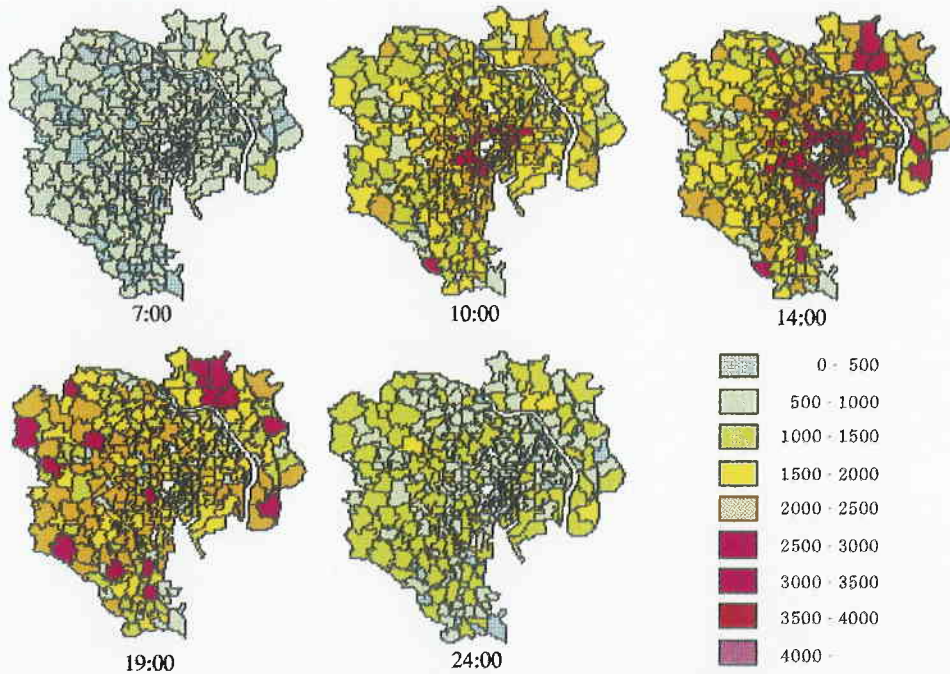
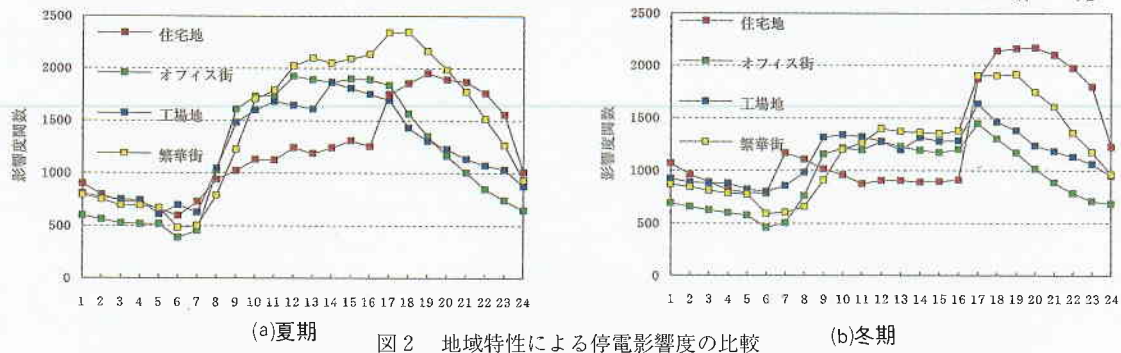
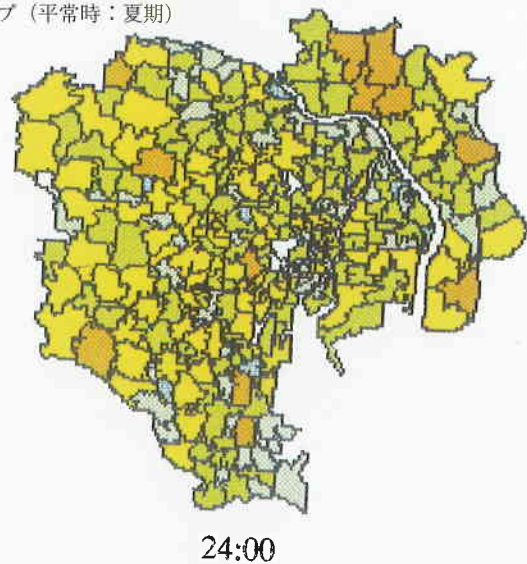


図1 電力需要基本4パターンの季節別電力重要度関数



合とは異なる影響も生じると考えられる。たとえば、真夜中に工事等で停電が起こった場合、多くの人は睡眠中で停電に気付く人は少ない。しかし強い地震にともなうような停電では、おそらくほとんどの人がとび起き、照明を付けようとしたり、何らかの情報を求めてテレビやラジオに手を伸ばすと考えられる。このような場合には、電力需要が著しく増えるため、特に住宅地においては、日常とはきわめて異なる需要形態を呈すると考えられる。そこでここでは仮に、非常時の住宅の電力需要量が、ピーク時の8割となると仮定する。また、非常時にはテレビやラジオ等の情報入手手段の重要性が高まることから、住宅における単位電力重要度を0.1だけ付加する。

このようにして計算した結果の1例を図4に示す。これは夏の深夜(24時)に、地震などを原因として停電が発生



研 究 速 報

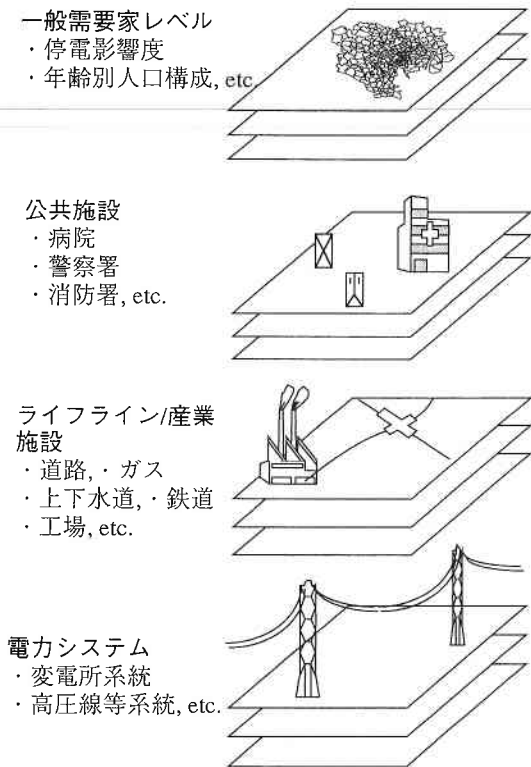


図5 GISを用いた停電被害影響度評価システムの基本的な考え方

した場合の影響度である。平常時の24時の影響度（図3）と比較すると、おもに周辺部の住宅地で影響度が高くなっているのがわかる。全体的な影響度としては、都心地域を除くと平常時の10時程度の影響度に近い。地震などの自然災害にともなう停電では、平常時とは影響が異なっている様子がわかる。

5. GISを用いた停電影響度評価システムの将来像

本報告では、配電変電所を単位として、一般需要家から見た住民レベルの停電影響度を評価する方法を議論してきた。しかし、社会的影響としては、鉄道や大規模オフィスビル・銀行・病院・公共機関などの大口需要家への影響も当然考慮しなければならない。ただこれらのほとんどは特別高圧供給（特高）需要家であり、電力がより階層の高い変電所から直接供給されるため、一般需要家とは配電系統が異なる。ゆえに、一般需要家と同列に扱うことは難しく、またこれらの機関の重要度を一律に定量化し、評価することも容易でない。そこでGISを用いて、図5に示すように多元的に表現することを提案する。このようなシステム

が構築できれば、その地域的重要度が総合的に評価できる。平常時の停電被害波及予測のみならず、災害にともなう停電時の適切な復旧対策のための強力なツールとなる。またその地域の潜在的な重要度など、配電エリアごとの地域特性を踏まえることにより、災害に対する安全性向上のための効率的な設備投資を行うことも可能となる。

6. ま と め

本研究では、都市停電による様々な被害の軽減、および停電の事前・事後対策の効率化を図るため、停電発生時刻や発生場所を変数とした停電影響度の定量的評価を試みた。

まず、過去の都市停電事例調査と専門家を交えたブレインストーミングを通して、都市部における電力重要度関数を作成した。そして、電力重要度・各パターンの寄与率・電力需要量の3つから、地域の停電影響度を求める関数を提案した。この関数を用いて東京23区の停電影響度を試算すると、昼は都心部での影響度が高く、夕方から夜にかけては周辺住宅地の影響度が高いことが明瞭に示された。また災害にともなう停電など、非常時の影響を考慮すると、深夜でも住宅地を中心に影響度が高くなることが示された。地域の影響度をよりの確に把握するには、複数のデータを総合的に判断することが必要であり、そのためには地理情報システム（GIS）の利用が効果的である。こうしたシステムの中で総合的な影響度の評価が行われれば、平常時の停電被害波及予測はもちろん、災害時に的確で効率的な事後対策が講じられる。

今回は季節別の1時間ごとの電力需要データを用いて解析を行ったが、天候・気温・湿度などをパラメータとする電力需要予測値を用いれば、任意の月/日/時刻の停電影響度を評価できる。また本研究では、まず停電発生時刻のみに着目したが、停電継続時間も停電影響度に大きくかわる重要な要因である。今後の停電影響度分析では、停電継続時間と発生時刻の双方を考慮にいたった総合的な影響度関数を構築することが課題である。（1994年3月16日受理）

参 考 文 献

- 1) 山崎, 原田, 目黒, 永田, 立川, 片山: 台風19号による長崎市の停電と都市機能被害, 生産研究, 第44巻, 第4号, 1992.
- 2) 都市防災研究所: 平成3年台風19号についての調査報告書(平成3年国土庁調査), 1992.
- 3) 副島, 山崎, 目黒, 片山: 釧路市民への地震防災に関する意識調査, 生産研究, 第45巻, 第8号, 1993.
- 4) 副島, 目黒, 山崎, 片山: 電力需要特性にもとづく都市の地域分類, 生産研究, 第46巻, 第6号, 1994.