

(196) 都市の電力需要特性と停電による影響

東京大学大学院

○副島 紀代

東京大学生産技術研究所

山崎 文雄

目黒 公郎

東京大学生産技術研究所

片山 恒雄

永田 茂

1.はじめに：都市の発達とともに、地震時の被害も構造的なものから機能的なものへと変化しつつあることはすでに周知の事実である。特に、電力依存度がますます高まりつつある今日、都市部で停電が発生した場合には、思いがけない深刻な事態に直面することも考えられる。本研究では、地震時の停電による様々な被害の軽減、および復旧作業の効率化を図るため、停電発生時刻や発生場所をパラメータとした停電の影響度の定性的・定量的評価を目標とし、その基礎的研究として過去の都市停電事例の調査、および東京23区の電力消費量データによる都市の電力需要特性の分析を行なった。

2.停電が都市機能に与える影響：1991年9月に日本を襲った台風19号により、広島市・長崎市に大規模な停電が発生したことは記憶に新しい。その際はピーク時で広島市39万戸、長崎市37万戸あまりが停電した。長崎市は2～3日で電力が復旧したが、広島市では塩害により復旧作業の途中で再び被害が拡大したこともあり、復旧に約1週間を費やすこととなった^{1) 2)}。この大規模停電で断水をはじめ電話の不通、エレベーターの停止、冷蔵庫が使えないなどの被害が出て、市民生活は非常に混乱した。また市民生活だけでなく、生産ラインの停止やレジ・冷蔵庫の使用不能などにより商店や工場でもかなりの損害が出た。

また1993年1月15日の釧路沖地震では、あれほど地震の規模が大きかったにもかかわらず比較的停電の復旧は早く、地震発生から12時間以内に9割以上の家庭で停電が解消した。しかし地震発生時刻が夜だったこともあり、照明が消えて困った、テレビ・ラジオが利用できず情報収集に支障をきたした、寒冷地なので暖房が使えなくて困ったというような様々な混乱を各家庭で引き起こした³⁾。

そこで大都市東京ではどのような停電事例があるのかと調べてみると、その周辺地域（神奈川・千葉・埼玉）も含めて、1985～1992年の過去8年間に105件の停電事例が新聞で取り上げられている⁴⁾。この事例を詳しく調べると、停電の1次的原因は実に多岐にわたることがわかる（図1）。この事例の中には地震によって停電の発生した例はないが、落雷による電氣的な被害を除けば、どれもが地震のときに生じ得る原因であるといえる。例えば、地震による土砂崩落の際には、豪雨時に電柱が流されたと同様の被害が発生すると思われるし、電線が揺れてショートすればそれは強風で電線同士が接触した場合と同じである。また、電力設備の構造的な被害もあろうし、揺れてハンドルをとられたドライバーが電柱にぶつかる可能性もある。よってこれらの停電事例を調べることは、地震による都市の停電の影響を探るのに有効であると思われる。一例を挙げると、1987年7月23日午後1時すぎに首都圏を中心に起きた停電は、東京をはじめ千葉、神奈川、静岡、山梨、埼玉の1都5県の280万戸に及び、都心の大半は1時間程度で復旧したが、一部地域では復旧までに3時間以上を要する空前の規模となった。原因は、記録的な猛暑の中で、3軒に2台まで普及したクーラーの使用により電力需要が急増し、電力供給が追いつかなくなったためであった。比較的短時間ではあったが、停電の間、首都圏のJ R線、地下鉄、私鉄が混乱、交通信号が消え、エレベーターやコンピューターが動かなくなるなど、各所で大きな影響が出た。また病院の手術室ではあわてて自家発電に切り替えるなど、非常時の対応に追われた。

このように停電は都市に様々な機能的被害を生じさせ、時にそれはさらに重大な被害へと波及する。しかし、その被害状況は、停電の生ずる場所、停電（地震）発生時刻などによりかなり違いが大きいものと思われる。そこ

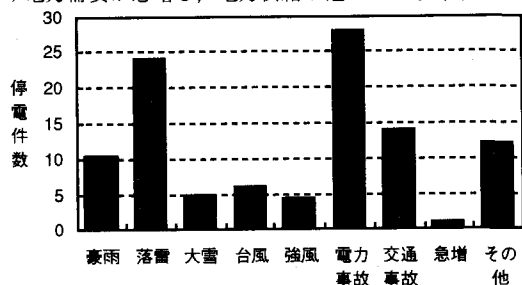


図1 原因別に見た停電件数（1985～1992）

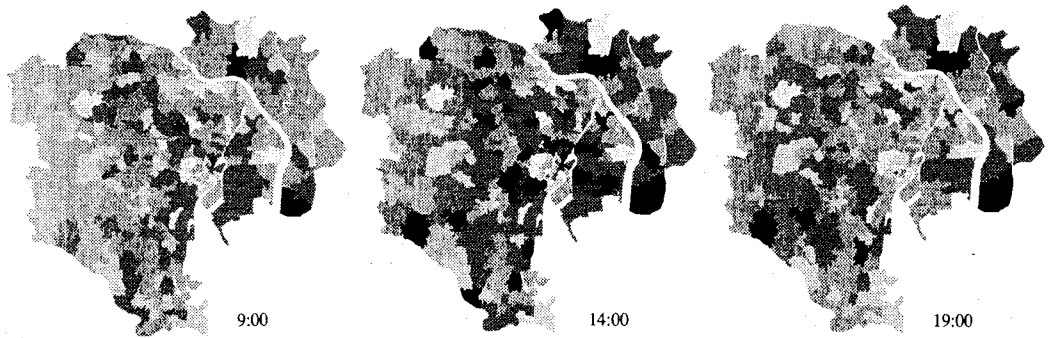


図2 東京23区の電力消費量（1992年8月19日水曜日）

で、停電発生時刻と発生場所をパラメータとした停電の影響度を定性的・定量的に表すことができれば、よりきめ細かい地震被害想定が可能であろうし、また停電発生時の復旧作業の効率化にも役立つと思われる。そこで次に、東京23区の電力消費量データから都市の電力需要の特性を明らかにすることを試みた。

3. 東京23区の電力需要特性：東京23区は314の配電エリアに分割されており、それぞれの配電用変電所を通じて電力供給が行なわれている。これらの配電用変電所には通常3基の変電器が設置されており、電力使用量に応じてそれぞれが各家庭に電力を送り出している。ここでは、各変電所の変電器1基当たりの送電量（平均アンペア）を電力消費量データとして、季節・時刻・地域別に分析を行なった。

図2は1992年8月19日水曜日（晴、最高気温31.3度、平均湿度68%、平均風速3m）の9:00、14:00、19:00における東京23区の電力消費量を表しており、濃淡の濃い部分ほどそのエリアの電力消費量が多いことを示している。9:00の段階では、都心一帯と臨海部の工業地帯の電力消費が比較的多いが、全域的な消費量はまだまだ多くない。これが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ており、これは季節的にクーラーの使用によるものと思われる。19:00には都心部での電力消費は急激に減少するが、周辺部は日中とほとんど変わらぬ電力消費量を示しており、昼から夜にかけての変動が比較的小さいという特徴があるといえる。このように23区内でもエリアにより様々な電力消費形態があることがわかる。そこで、各エリアの電力消費量の時系列変化を、地域別に示すことにした。

4. 地域別の電力需要特性：都市部の土地利用を大きく用途別に分類すれば、(1)業務用地（オフィス）、(2)繁華街、(3)住宅地、ということになる。さらに、電力消費量という観点から見ると、住宅地でも新しいものと古いもの（下町など）では差が出るであろうことから、住宅地は2種類に分けた（(4)下町）。そして、それぞれを明らかに代表するようなエリアを選び、電力消費量の時系列変化をグラフに表した（図3）。このグラフを見ると、それぞれの地域ごとに電力消費曲線に特徴が表われている。そこでこの特徴を手がかりに、314の配電エリアから、これらの特徴的な4地域と電力消費曲線のタイプ（消費型）がほぼ同一のエリアを抽出することを試みた。その手法は次のとおりである。

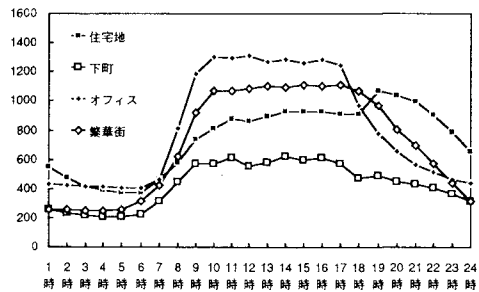


図3 土地利用別の電力消費量曲線

表1 特徴的なエリアの抽出方法

	第1ソート	第2ソート	第3ソート
オフィス	1～6時の標準偏差が小	17～19時の減少量が小	
繁華街	1～6時の標準偏差が小	21～24時の減少量が小	
住宅地	1～6時の減少量が小	11～18時の標準偏差が小	18～19時の増加量が小
下町	24時間の平均が小	18～24時の減少量が小	6～9時の増加量が小
町工場	11～13時の減少量が小	13～14時の増加量が小	

[1]各消費型ごとに2～3の特徴的な部分をピックアップし、それぞれ定量化する。

[2]そのうちの1つの特徴に基づいて、314のエリアのソート（並べ替え）を行なう（第1ソート）。

[3]その上位のものについて、さらに別の特徴に基づきソートを行なう（第2・3ソート）。

こうして2～3回のソートを行なった結果、それぞれもとのグラフとはほぼ同じ電力消費曲線を持つエリアが抽出され、図4(a)～(d)のようなグラフが得られた。

ここで、「下町」のグラフを見ると、どれも昼時にいったん電力消費量が落ちる傾向にあることがわかった。これは他のタイプのものには見られないため、この特徴が顕著に表われる地域を前述の手法に基づいて抽出した結果、図4(e)のグラフが得られた。これはオフィス型の特徴も有しているが、12時～13時に消費量が著しくダウンしている。このことから、これらの地域は昼休みに機械をストップさせるような中小規模の工場（町工場）の多いエリアと推定できる。

以上、町工場型も含めた5つの電力消費量タイプについて、ソートの際に利用した特徴を表1に示す。

5.季節による時系列電力需要特性：次に、4で選んだ各電力消費量タイプの代表エリアについて、電力消費曲線の季節変動を調べた。それぞれの季節のデータは、表2に示す調査日の24時間の電力消費量データである。なお、夏のデータは、年最大消費電力記録に近い真夏日（暑）と、夏にしては比較的涼しい日（涼）の2通りを調べた。

このグラフを見ると、各季節での電力消費曲線の特徴はほぼ変化していない。また、消費量の大きさは、おおむね夏＞冬＞春・秋という傾向のあることがわかる。この中で特徴的なのが住宅地型のもので、冬と夏とで電力消費曲線の形がかなり異なっており、夏は日中にピークがあり、冬は朝夕にピークがある形となっている。これは、住宅地での電力消費の大部分が冷暖房によることを意味していると思われる。つまり、夏は暑さをしのぐために気温の日変化に伴い電力消費量が増減するののに対し、冬は暖かい日中には電力消費は少なく、気温の下がる朝夕に電力消費が高まると考えられる。

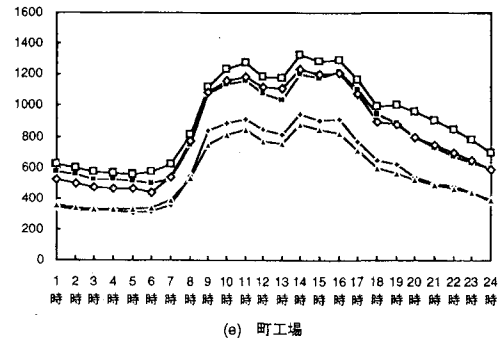
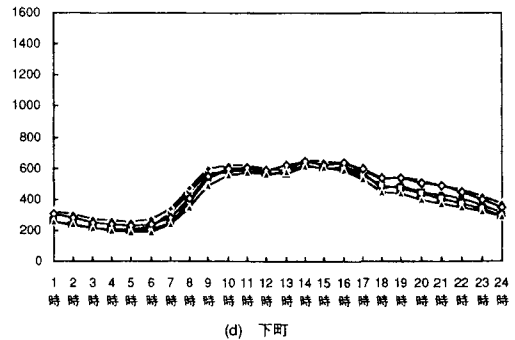
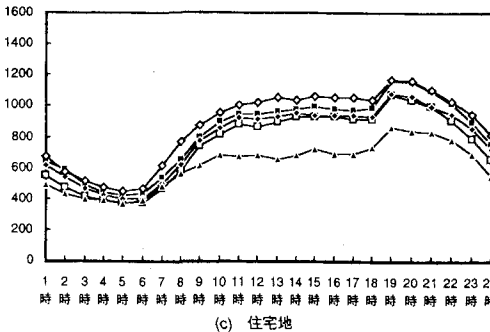
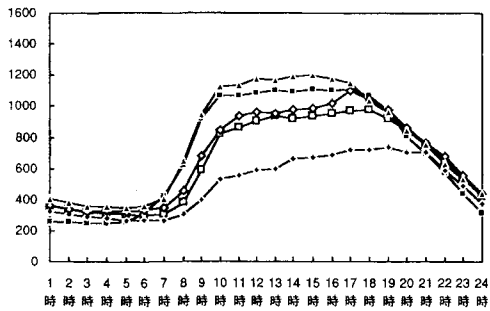
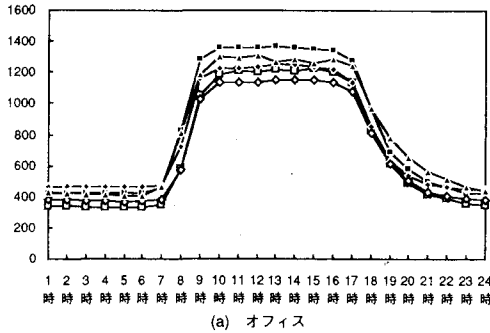
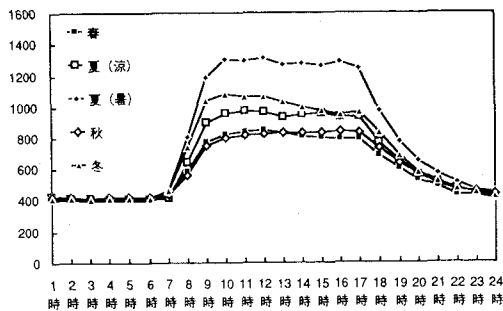
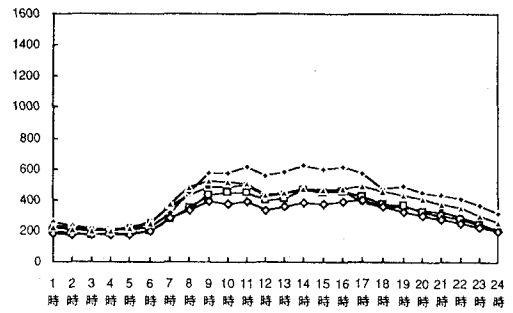


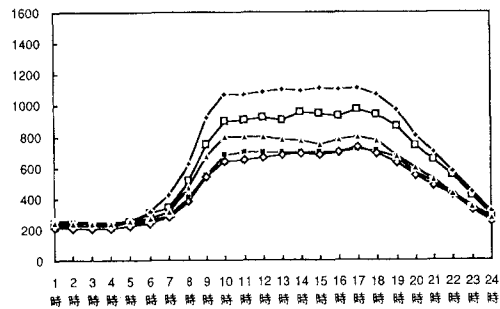
図4 電力消費量の時系列変化（1992年8月19日水曜日）



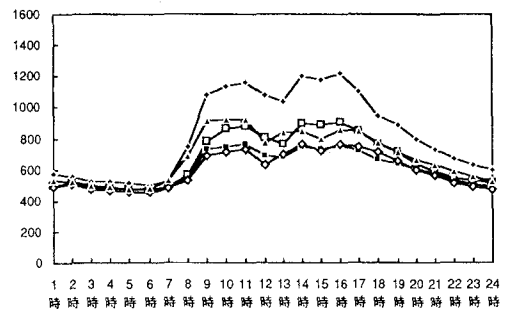
(a) オフィス



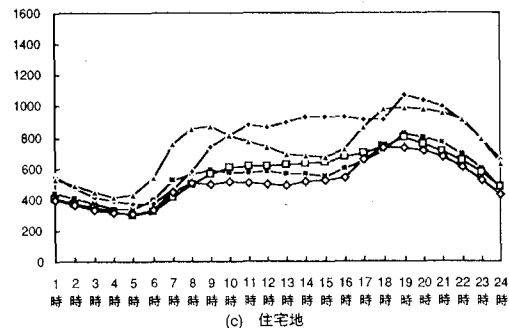
(d) 下町



(b) 繁華街



(e) 町工場



(c) 住宅地

図5 電力消費量曲線の季節変動

表2 時系列電力消費量調査日の気象データ

季節	調査日	天気	最高気温	平均湿度	平均風速
春	1992年4月15日(水)	曇時々晴	15.7度	66%	2.9m
夏(涼)	1992年7月15日(水)	曇	24.3度	83%	2.7m
夏(暑)	1992年8月19日(水)	晴	31.3度	68%	3m
秋	1991年10月16日(水)	曇時々晴一時雨	21.1度	54%	2.7m
冬	1992年1月22日(水)	曇のち晴	11.7度	45%	2.3m

6.まとめ：地震時の停電による様々な被害の軽減，および復旧作業の効率化を図るため，停電発生時刻や発生場所をパラメータとした停電の影響度の定性的・定量的評価が望まれる．本報告では，まずその基礎的研究として，東京23区の電力消費量データから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，都市の電力消費量は地域や時刻，季節などにより様々に変化するが，配電エリアの電力消費曲線の特徴により，同じような電力消費特性を持つエリアを抽出することができた．またそれらの地域は，土地利用形態もほぼ同じであることがわかった．さらに，5通りに分類したそれぞれのタイプの代表的なエリアについて，季節ごとの電力消費曲線を見ると，どの季節もほぼ概形は変わらず，電力消費の総量はだいたい夏>冬>春・秋の順であった．しかし，タイプによって年較差の大きい地域，小さい地域，あるいは季節により電力消費曲線の形の異なる地域もあり，今後はさらに様々な角度からこれらのデータを分析・検討していく必要がある．

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) 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
- 3) 目黒他：アンケート調査による釧路沖地震の住民生活への影響；第22回地震工学研究発表会講演概要，1993
- 4) 朝日新聞記事データベース/G-Search；Nifty-Serve（パソコン通信サービス）