

電力供給量の変化に着目した 継続的リアルタイム地震災害状況把握システムの構築に向けて

Towards Development of Real Time Earthquake Disaster Process Evaluation System
Using the Change of Power Electric Supply

秦 康 範*・目 黒 公 郎*

Yasunori HADA and Kimiro MEGURO

1. はじめに

防災関連機関が迅速な初動をとるためには、地震被害の早期把握が不可欠であるが、従来はモニタリングされた地震動から予想される被害を早期情報として活用していた¹⁾。すなわち予め設置しておいた地震計から得られる地震動情報に基づいて各地域の地表の揺れの強さを補完推定し、揺れの強さと建物の強度の関係式（フラジリティカーブ）を利用して建物被害を推定するシステムである。行政機関を中心として現在稼働中のシステムは全てこの類のものである。しかしこの種のシステムを実現するには、地域ごとに多種多様なデータが必要であるばかりでなく、評価システムとして「地震動の推定に関する不確定さ」と「地震動と建物被害の関係に関する不確定さ」に関する2段階の不確定さを有している。一方、近年リモートセンシングや航空写真を利用した被害評価に関する研究が行われるようになってきた²⁾。しかし、現状では精度高く被害を把握することは難しく、観測が時間や天候に左右される等の問題もあり、実用化には解決すべき課題も多い。そこで筆者らは地震災害状況を把握する新しいシステムとして、電力供給量データを用いる手法を提案する。

本稿では、兵庫県南部地震前後の電力供給量の変化と建物被害との関係を分析した結果について報告し、電力供給量データを用いた継続的リアルタイム地震被害状況把握システムの構築に向けた展望について述べる。

2. 電力供給量データを利用することのメリット

電力供給量は地震発生前からの継続的リアルタイムモニタリングが可能であり、その結果を被害評価に逐次フィードバックすることが容易である。この点が現在稼働中のリアルタイム地震防災システムと大きく異なる点である。

従来のシステムは、稼働時期が地震発生直後であり、しかもシステムが稼働する機会は震後の1回限りである¹⁾。以下に本手法のメリットをまとめておくと、「継続的リアルタイム評価が可能」、「新たな設備投資がほとんど不要」、「建物強度の分布や被害関数などを事前に準備する必要がない」、「天候や時間に左右されない観測が可能」などが挙げられる。

3. 評価エリアと使用データ

本研究では、評価エリアの単位として、配電用変電所供給エリア（以下では配電エリアという）を用いる。電力は発電所から需要家に供給するまで、送電電圧に応じていくつの変電所を経由するが、配電用変電所は変電所としては末端にあたり、一般需要家を対象として電力供給を行う役割を持つ（図1）。

本研究では、研究対象地域として関西電力㈱の神戸支店

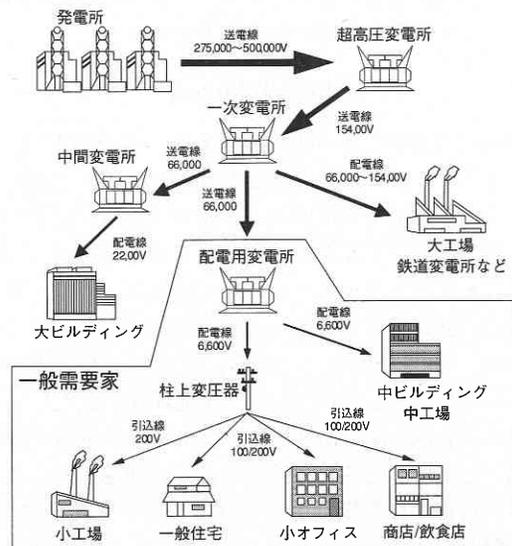


図1 電力設備の系等

*東京大学生産技術研究所 都市基盤安全工学国際研究センター

研究速報



図2 分析対象とした阪神地域の配電エリア区分

表1 分析対象地域の配電エリアの平均的特性

	面積 [km ²]	世帯数 [件]	人口 [人]	事業所数 [件]	従業者数 [人]
阪神地域(69配変)	4.78	12569	33285	1854	15343

管内の124配電エリアのうち、地震による被害の激しかった震度7の地域を含む69箇所の配電エリアを選んだ(図2)。この地域の配電エリアの平均的特性は表1のようになっている。各配電エリアの電力供給量データは、設置されている変圧器の電力量の毎時記録を使用した。また、地震後の電力供給量を地震前1週間(1月9日~13日)の平均値で除した値を電力供給比とし、地震前後の電力供給量の変動を示す指標とする。

次に建物被害に関するデータとしては、建設省建築研究所提供のデータ³⁾を使用した。また平常時における配電エリアの電力需要分析を行うため、平成2年度国勢調査および平成3年度事業所統計調査結果を利用した。

4. 電力の復旧状況

兵庫県南部地震における関西電力(株)の被害状況は、図3に示すように、地震直後に260万軒が停電し、変電所の供給支障は169配電用変電所(うち神戸支店管内では106箇所)にのぼった。しかし系統切替等により地震から3時間以内には8割以上の変電所が機能を回復し、復旧に最も時間の要した葦合変電所においても、地震発生翌日の午前7時23分には機能を回復している。すべての変電所の機能支障が回復したにもかかわらず、停電軒数が依然として40万軒もあるのは、配電用変電所よりも下位の施設である配電設備(配電線、電柱、引込線など)に問題があったからであり、最終的に停電が解消されるまで、地震発生から1週間を要した。

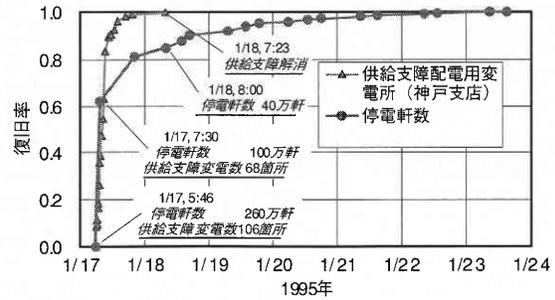


図3 配電用変電所の電力供給支障と停電件数の復旧カーブ

5. 建物被害と電力供給量の関係

図4は、建設省建築研究所の建物被害データ³⁾のある59の配電用変電所について、配電エリアごとに集計した低層戸建住宅の全壊・火災率を示している。被害を示す指標としては、被災後に電気が使えなく状況を考慮し、全壊+火災率を使用した。配電エリア単位で見ても、いわゆる震度7の帯が見ることができる。本研究で使用した建物被害データ³⁾が、被災の激しかった阪神地域を中心にまとめられているため、神戸支店管内全域についての建物被害データ³⁾を利用することはできない。しかし、この調査自体が被災の激しいところを中心に行われていることから、データの少ない地域の被災程度は小さいと考えられる。図5は配電用変電所の送電経過状況⁴⁾を示しており、各配電用変電所の機能がどの時点で復旧したのかを示している。送電状況は電力システムの供給系統ネットワークと当該変電所および上位変電所の被害によるため、図4と比較すると空間的な広がりはずしも地域の建物の被災状況とは一致しないことがわかる。図6はすべての変電所において供給支障がなくなった、95年1月18日(地震発生翌日)午前9時における地震後の電力供給比を面的に示したものである。図4と比較すると、電力供給比の低い地域と建物被害率の高い地域が良く一致することが分かる。また停電が発生しなかったエリアでは、電力供給の変動がほとんどないことがわかる。図では示されていないが、周囲の配電エリアについても同様であることを確認している。次に図5と比較すると送電に時間のかかった地域には、電力供給比が小さい地域から大きい地域まで含まれていることがわかった。この原因は、a)配電エリア内が被災しているために、電力需要が落ち込んでいる、b)配電施設が被災しているために、潜在的な需要があるにもかかわらず供給することができない、の2点と思われる。次に配電エリアの送電経過状況、建物被害、電力供給比の関係についての分析を行った。図6は配電用変電所の送電経過状況別の変電所数および建物被害率の関係について調べたものである。

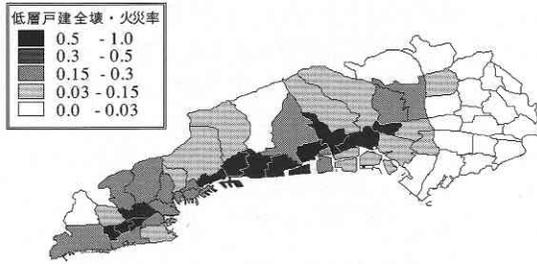


図4 低層戸建住宅の全壊・火災率

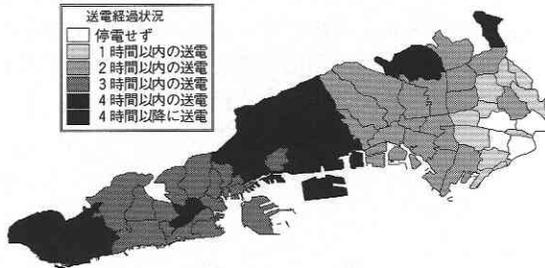


図5 配電用変電所の送電経過状況

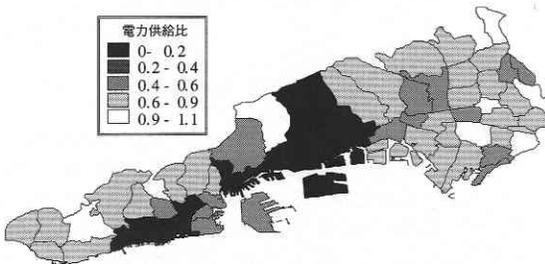


図6 地震翌日(95年1月18日)午前8時の電力供給比

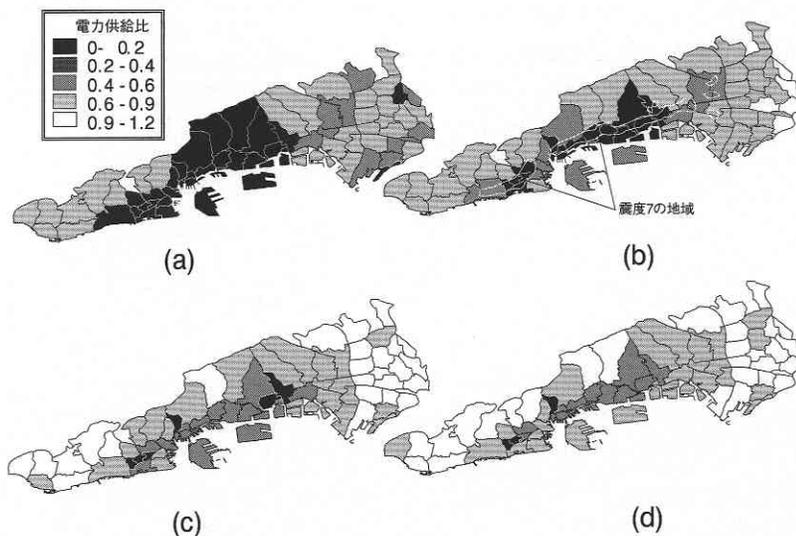


図7 電力供給量の推移と震度7の帯

これを見ると、復旧が遅れた配電エリアにおける建物被害率が大きくなる傾向が見られた。しかし一方で、建物被害が軽微だと思われる建物被害データのない配電エリアも多く含まれており、該当変電所に被害が無くても上位の変電所の被害等により供給が遅れていることが示されている。

電力供給量の推移の地域的な変化を分析するために、図7に示すように、時間経過と電力需要比との関係をGISを用いて地図上で比較した。図からまずわかることは、地震被害の少なかった周辺地域ほど電力需要が早く回復していることである。また被害の激しかった「震度7の帯」を含む配電用変電所は、地震から1週間、2週間と経ても電力需要が回復していない状況がわかる。一方、周辺地域にあって被害が少ないにもかかわらず電力供給量比の低い地域があるが、これらの地域は工場の構成比率が高いエリアである。水道やガスの供給停止、交通渋滞、従業員の参集不能などによって、操業が困難になったためと考えられる。

次に建物被害データのある59の配電エリアについて、地震発生前の1995年1月11日(水)におけるデータを使用し、目黒らの手法⁵⁾による電力需要特性の分析を行った。その理由は以下の通りである。日常時の電力需要は、配電エリアの地域特性に強く影響を受けることが示されている⁵⁾。そのため災害時における電力需要の変動特性は、配電エリアの日常的な電力需要特性と関係が強いと考えたからである。これまでの電力需要特性分析の結果を踏まえ、住宅、オフィス、工場、店舗/飲食店のそれぞれの構成比率の大きい配電エリアと低層の戸建住宅、商業・業務施設、工業施設の被害と電力供給量の推移(地震当日、1週間後、2週間後、1ヶ月後)の関係についての分析を行った。図8に住宅と工場の構成比率が高い配電エリアの結果を示

研究速報

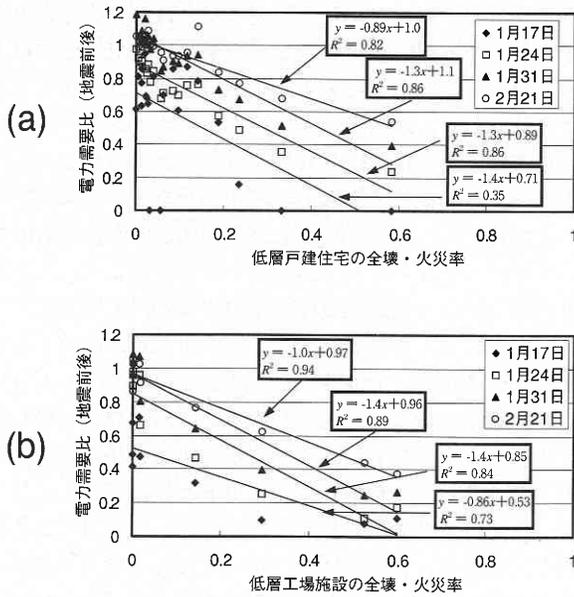


図8 建物被害と電力供給比の関係の時間的推移

す。地震当日は電力供給系の問題で停電している配電エリアがあるため、被害と電力供給量の相関はあまり高くない。しかし供給系の機能支障が解消された1月24日以降は、建物被害と電力供給量との間に高い負の相関が見られる。また地震から、2週間、1ヶ月と時間が経つに従って、被害の少ない地域では電力供給量が地震前の水準に回復し、被害の大きな地域は建物被害との相関の高いまま、徐々に電力供給量が回復していくことがわかった。

7. 今後の可能性

現在電力会社が日常的にリアルタイムに電力供給量をモニタリングし記録しているエリアの最小単位は配電用変電所である。しかし1つの配電用変電所には、通常20本前後の配電線が接続されており、各配電線の電力供給量をモニタリングすることは技術的には何の問題もなく可能であ

る。よって地域単位としては、各配電エリアの20分の1程度のエリアを単位とする評価が可能となり、これは町丁目並み、もしくはそれ以下の面積を単位とする評価に相当する。よりマイクロなモニタリングが可能になれば本手法の有用性も高まるものと思われる。

8. まとめ

本研究では、電力供給量の変化に着目した継続的リアルタイム地震災害状況把握システムの構築に向けた第一歩として、地震前後の電力供給量の変化と建物被害との関係について分析を試みた。その結果、地震後の電力供給量と建物被害の間には高い負の相関が見られ、時間経過とともに被災エリアの需要が回復していく様子が示された。本手法は、継続的リアルタイム評価システムとしては、いくつかの優れた特徴を有しており、実用可能性が高いことが示された。

謝辞

本研究に当たって、貴重なデータをご提供下さった関西電力株式会社の関係者各位に、厚く感謝の意を表します。

(2001年10月1日受理)

参考文献

- 1) 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。
- 2) 松岡昌志・山崎文雄・翠川三郎：1995年兵庫県南部地震での被害地域における人工衛星光学センサ画像の特徴，土木学会論文集，No. 668/I-54, pp. 177-185, 2001。
- 3) 建設省建築研究所：平成7年兵庫県南部地震被害調査最終報告書，1996。
- 4) 関西電力(株)神戸支店：兵庫県南部地震被害からの復旧の概要（応急復旧編），1996。
- 5) 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。