

## 電力供給量の変動を利用した地震被害把握手法の検討

Use of Change of Electric Power Supply for Evaluation of Earthquake Damage

山 口 紀 行\*・秦 康 範\*\*・目 黒 公 郎\*\*\*

Noriyuki YAMAGUCHI, Yasunori HADA and Kimiro MEGURO

## 1. は じ め に

1995年兵庫県南部地震では、地震直後の早期被害把握ができず、初動体制に大きな支障をきたした。これを教訓として、様々な早期被害推定システムが提案され、また改良が加えられてきたが、いずれのシステムも依然として多くの課題を抱えている。例えば、現在実用化されている一般的な被害推定法では、地震計を用いた地震動情報による被害推定が行われているが、この手法では地震被害の推定は基本的に一回しかできないため、本来動的な現象である災害状況を適切に評価することは難しい。また、その一回きりの被害推定も、地震動の空間補完や被害関数等の問題から、精度はあまり高くない。一方、人工衛星や飛行機によるリモートセンシング技術を応用した被害評価も、回帰周期や天候の影響、分解能が十分でないなどの問題を有している。

筆者らはこれまでに、電力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), 2), 3)</sup>。そして、発災時の電力供給量の変動に着目すると、地震直後の建物被害や人間活動の定量的な評価が可能なることを、1995年兵庫県南部地震のデータを用いて示した<sup>4)</sup>。本研究では、兵庫県南部地震に加えて、近年にわが国で起きた被害地震のうち、電力会社の協力によりデータを入手できた、2000年10月6日鳥取県西部地震、2001年3月24日芸予地震、2003年5月26日三陸南地震について、地震が電力供給量に与えた影響を分析し、地域の違いによらず電力供給量の変動情報から地震による被害の評価が可能であることを、地震発生からの経過時間ごとに整理して示す。

なお本研究では、データ入手の関係から配電用変電所の電力供給エリア（以下では配電エリア）を評価上の地域単位としているが、現在、電力会社が電力を常時モニタリングし、記録している最小単位は、配電用変電所に設置されている2, 3基の変圧器である。さらにシステム上は、各

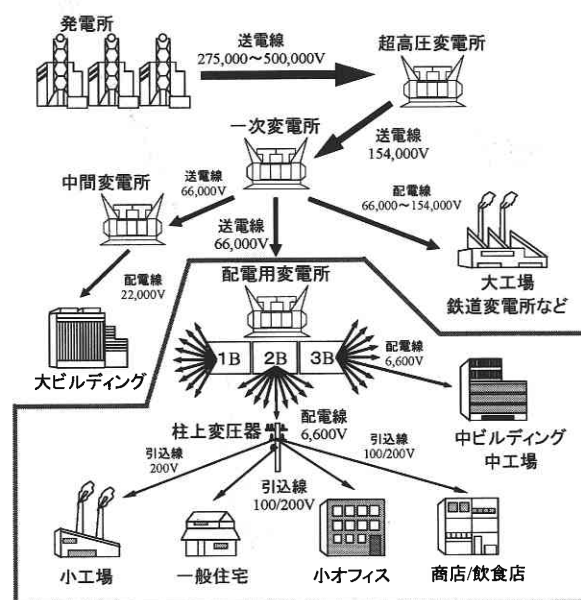


図1 電力供給系統図

変圧器に接続されている7, 8本の配電線ごとに電力供給量のモニタが可能である（図1）ため、本研究で提案する手法は、配電用変電所エリアの1/15～1/25程度の面積を評価単位として活用できるものである。

## 2. 電力を用いた被害把握のコンセプト

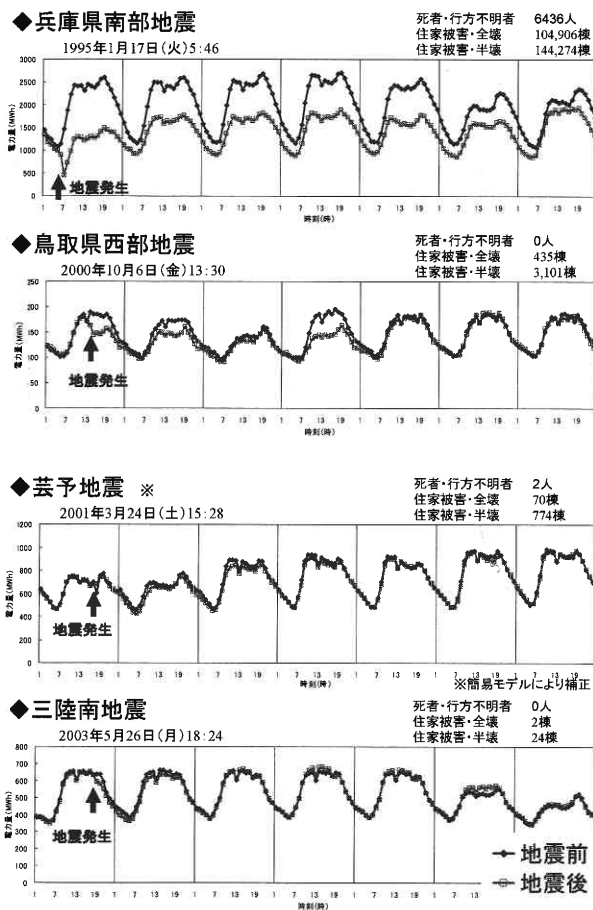
電力は保存が困難であるため、供給と消費が同時となり、供給量と消費量が一致するという性質がある。このため、電力供給量は地域の人々の（電力を使った）活動状況をリアルタイムに反映する。一方、災害時の人々の活動は災害状況の影響を強く受けるので、発災後の電力供給量は被害状況を強く反映したものとなり、結果的に電力供給量の変動から災害状況が評価できる。

電力供給量の変動情報から被害を評価するためには、平常時（災害が発生しなかった時）における電力需要を、1時間単位かつ評価エリア（ここでは配電エリア）単位で把握する必要がある。これについては、本研究と平行で別途

\*東京大学大学院工学系研究科

\*\*阪神・淡路大震災記念 人と防災未来センター

\*\*\*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

図2 地震前後1週間の電力供給量の推移<sup>6)</sup>

検討を行っており<sup>5)</sup>，将来的には5%程度の変動幅での需要予測が可能になるものと考えている．この平常時の電力需要の変動幅を超える電力需要の変動が生じた場合，何らかの異常（例えば災害の影響を受けたなど）が発生したと考える．

図2は，地震前後1週間の強震地域全体の1時間単位の電力供給量の推移である．地震発生時を矢印で示し，曜日が同じになるように揃えている．これを見ると，被害の大きかった地震ほど影響が大きく，被害が小さかった地震では平常時と同じように電力が使われていることがよくわかる．本研究の目的は，このような情報を災害対応の意思決定の判断材料に使えるような被害評価モデルとして提案することである．

### 3. 地震後の災害対応業務と電力による被害評価

図3は，地震発生後に必要となる災害対応業務を時間軸に沿って整理したもの<sup>7)</sup>である．これを念頭に置きながら，本章では，電力供給量の変動情報を利用することで可能となる被害評価を災害発生後の時間軸に沿って整理し，近年の被害地震に適用することを試みる．

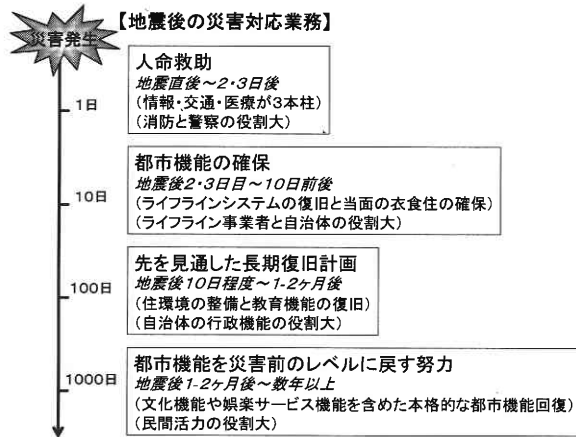


図3 時間軸で見る地震後の災害対応業務

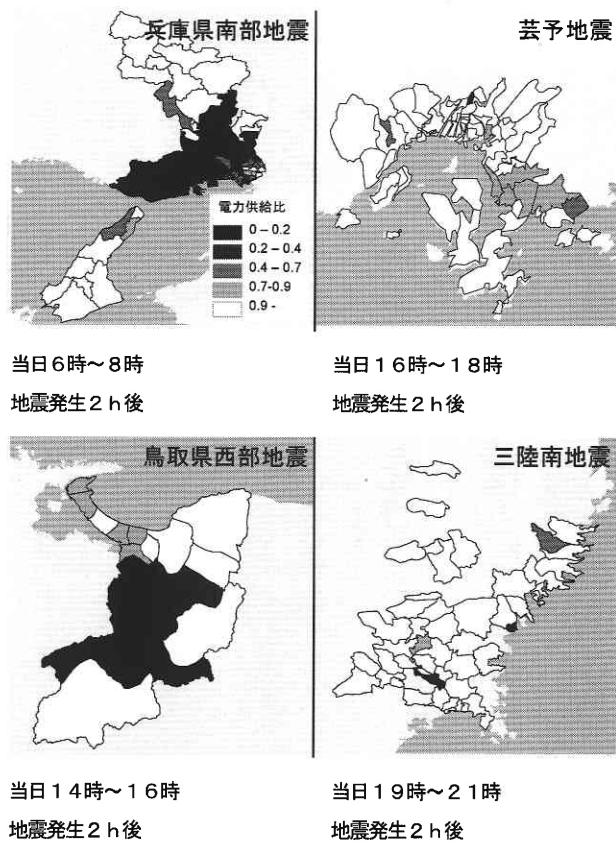


図4 地震発生後2時間の電力供給比

#### (1) 地震の影響の有無

地震発生から数時間以内には，電力の情報から地震の影響の有無を判断できる．図4は，地震発生後2時間分の電力供給量と平常時の同時刻2時間分の電力供給量の比を電力供給比と定義し，地図上に表示したものである．黒いエリアほど，平常時に比べ電力を使っていないことを表し，白いエリアは平常時と同じように電力を使用していることを意味する．なおここでは，電力データを入手できた配電

## 研究速報

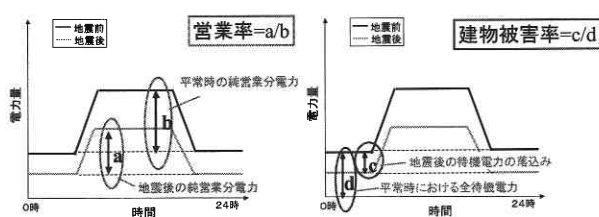


図5 建物被害率と営業率の算出

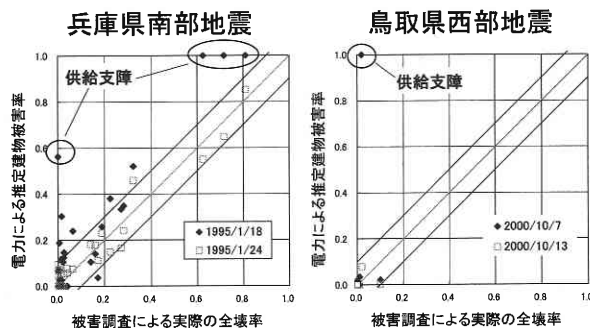


図6 電力による推定被害率と実際の被害率

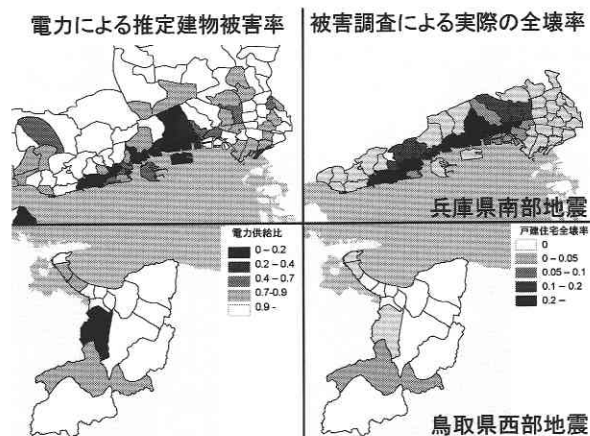
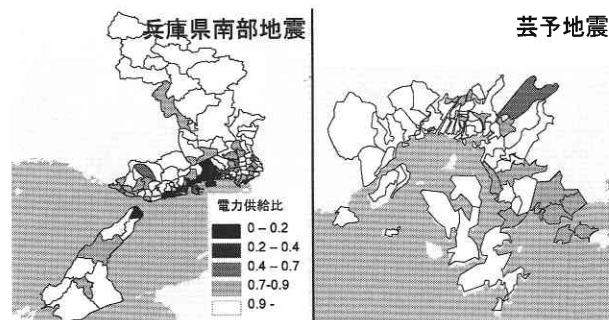


図7 電力による推定被害率と実際の被害率の分布

エリアのみを図示しているが、周辺のエリアも被害の状況に応じて同様の結果が得られると思われる。単純に供給比をとるだけでも、地震発生直後からどの地域がどの程度地震の影響を受けているのか、あるいは地震の影響を受けていないエリアがどこかを知らることができる。

## (2) 建物被害把握

地震発生の翌朝には、建物被害の程度を把握できる。図5は、一日の電力供給量の推移を簡便に表したものである。午前2時から6時くらいまでの深夜部分の電力需要は年間を通してほぼ一定で安定している。この深夜部分の電力需要を、人間の活動に関わらず昼夜を問わず一日を通して利用する待機電力（例えば、セキュリティシステムや

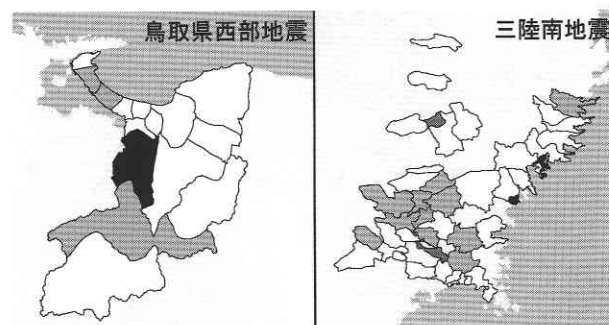


翌日2時～4時

地震発生22h後

翌日2時～4時

地震発生12h後



翌日2時～4時

地震発生14h後

翌日2時～4時

地震発生10h後

図8 地震発生翌朝の電力供給比（建物被害）

冷蔵庫など）と考える。この時間帯の電力需要の落ち込み  $c$  と実際の被害調査による建物被害率との間には、強い相関関係がある。そこで、簡易的に、この待機電力が地震後に  $c$  だけ落ち込んだ時、その落ち込み量の割合  $c/d$  を、建物が壊れたことによって、全く電力が使えなくなる需要家の割合と仮定し、これを電力から算出する建物被害率と定義した。

建物被害のあった兵庫県南部地震と鳥取県西部地震について、実際の被害調査結果<sup>8), 9), 10)</sup>と電力による推定を比較したところ、地震発生の翌朝には、概ね1割程度の幅で、被災程度と被災地域を把握できている。（図6、図7）

一方、建物被害のほとんどなかった三陸南地震や芸予地震でも地震直後では、1～3割の落ち込みが見られるエリアがある（図8）が、これは供給支障による停電や、電力供給系統の切り替えによる従来と違うエリアへの供給が原因だと考えられる。実際、電力系統の切り替えが減少し、停電の解消が進むにつれて、このような異常な落ち込みはなくなる。また、そのようなエリアや原因は、電力会社で把握しているので、当面は当該エリアを除くことで被害を評価し、解消されたエリアから随時アップデートすることが可能である。

## (3) 活動状況指標

地震発生から一日が経過するごとに、平常時と比べた地

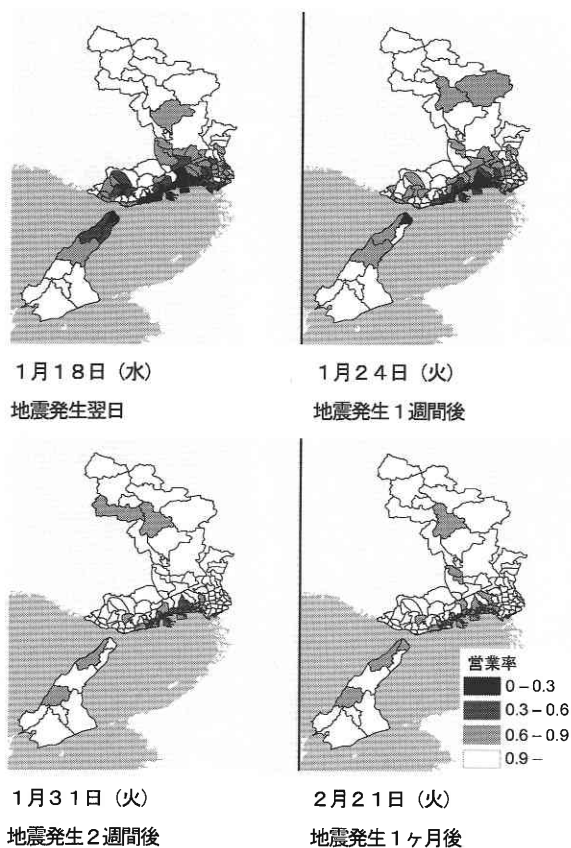


図9 兵庫県南部地震後の営業率推移

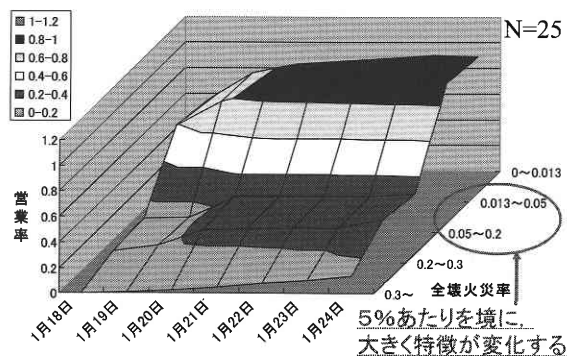


図10 建物被害率別の営業率推移の傾向

域の活動状況がどの程度かを評価することができる。図5において、平常時の昼間における安定部の電力需要量から、平常時深夜の安定部の電力需要（人間活動の有無に関わらず一日を通して使用する待機電力）を差し引いたもの $b$ を、純粋に昼間の営業活動だけに使う電力量であると仮定すると、地震前後の純営業分電力量の比 $a/b$ を、営業率と定義できる。

営業率は、建物被害の有無に関わらず、平常の活動が来ているかどうか、例えば、建物は壊れていなくてもオフィスや自営業者の営業活動ができていない状況を表してい

ると考えられる。

地震1ヵ月後までの電力データが揃っている兵庫県南部地震について営業率の分布（図9）を見てみると、地震翌日では建物被害が小さかった地域でも平常時のような活動ができていないことがわかる。しかし、1週間、2週間と経つにつれ、平常レベルの活動ができるエリアが広がっていく。一方で、震災の帯に当たるような被害の大きかった地域では、地震後1ヶ月が経っても、3～6割程度しか回復していないエリアがあることがわかる。

図10は、兵庫県南部地震のデータをもとに、建物被害率別に営業率推移の傾向を表したものである。被害の小さい地域では、地震の翌日は営業率が小さいものの、数日で回復している。一方、被害率が5～10%を超えると営業率推移の特徴が大きく変化し、電力供給が復旧した1週間後でも営業率は低いままであることがわかる。

#### 4. おわりに

本研究では、電力供給量のモニタリング情報を用いると、地震発生の数時間後には地震の影響を受けて電力が使えないエリアが特定され、地震発生翌朝には地域別の建物被害率の評価が可能となり、地震発生から1日後以降では毎日の地域活動の復旧状況をモニタリングできることを、近年の被害地震について示した。

今後は、供給支障エリアや停電エリアなど、電力の情報だけでは被害評価できないエリアについても、他の情報と組み合わせることで被害の全体像を直後から把握する手法を提案する。また、被害率に応じた電力需要の復旧モデルを構築し、電力会社の復旧戦略を支援する情報提供を図る予定である。

#### 謝辞

貴重な電力供給データをご提供いただいた関西電力(株)、中国電力(株)、東北電力(株)、ならびに、有益なご指摘をいただいた東京電力(株)の関係者各位に感謝申し上げます。

(2004年10月4日受理)

#### 参考文献

- 1) 秦康範・川北潤・目黒公郎・山崎文雄・片山恒雄：発生時刻と継続時間を考慮した都市停電の影響度評価，土木学会論文集，No. 717/I-61, pp. 107-117, 2002.
- 2) 秦康範・目黒公郎：電力供給量を利用した被災地のリアルタイム復旧・復興モニタリング，第11回日本地震工学シンポジウム講演論文集，pp. 2335-2338, 2002.
- 3) 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.
- 4) 山口紀行，秦康範，目黒公郎：電力供給量の変動を利用した地震直後からの被害把握の試み，土木学会第58回年次学術講演会講演概要集，I-346, pp. 691-692, 2003.
- 5) 飯田亮一・秦康範・目黒公郎：配電用変電所を単位とした時刻別電力需要予測モデル構築に向けた検討，土木学会第

- 研 究 速 報
- 59 回年次学術講演会講演概要集, 1-811, pp. 1619-1620, 2004.
- 6) 消防庁ホームページ：災害情報のページ,  
<http://www.fdma.go.jp/html/infor/index.html>
- 7) 野田茂, 目黒公郎：リアルタイム地震工学を目指して, 第 22 回日本建築学会地盤震動シンポジウム, pp. 95-112, 1994.
- 8) 久美田岳, 小檜山雅之, 山崎文雄：2000 年鳥取県西部地震の米子市調査結果における木造住宅被害の特性, 地域安全学会論文集, No. 4, pp. 135-142, 2002.
- 9) 水越熏, 石田寛, 鳥澤一晃：平成 12 年鳥取県西部地震による建物被害の分析, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp. 167-168, 2001.
- 10) 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.