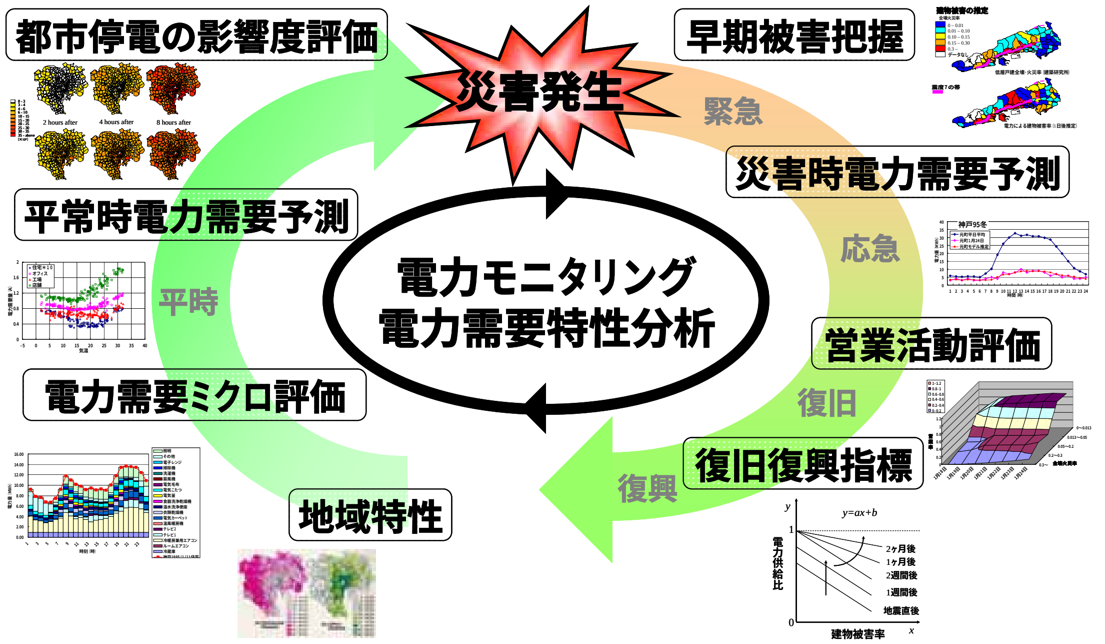
電力供給量特性を利用した
リアルタイム防災システムの開発　—地震（1）—
Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply

電力供給量特性を利用したリアルタイム防災システムの概要

目的

電力は保存が困難であるため，供給量と消費量が一致するという性質がある．このため，電力供給量は消費者である地域の人々の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る．故に電力供給量の変動を適切に評価することで，災害状況が把握できる可能性が高い．
そこで本研究では，電力供給量情報を用いて，日常の地域特性を把握するとともに，地震などの災害発生時には，地域ごとに時々刻々と変化する被害の状況や地域の復旧・復興を適切に評価することを試みる．



電力供給量情報を用いた災害時の早期被害把握手法に関する研究の目的

防災関連機関が迅速な初動をとるためには、被害を早期に把握することが不可欠である。そこで本研究では、地震後の電力供給量の変動を利用して，被害地域の特定と地域内の建物の被害状況を評価する手法の開発を進めている．

現在実用化されている被害評価システムや既往の研究

地震動情報に基づく被害推定

実用化されているほとんどの地震被害推定システムがこのタイプである．

例）国土庁 DIS（1kmメッシュ），川崎市震災支援システム（250mメッシュ），横浜市（50mメッシュ）

◆ 多種多様なデータが必要
→　地震/地震動情報，地盤データ，建物データなど

◆ モデルに内在する不確定さ
→　地震動の空間補完，地盤モデル，地震動強度と建物強度の関係（フラジリティカーブ）など

Acrobat 文書

人工衛星によるリモートセンシングや航空写真

近年，研究が盛んになっている．

例）LANDSAT TMによる兵庫県南部地震被害分布の抽出
→　家屋大破の判別率60%，回帰周期16日（1998松岡ら）
DMSP/OLS夜間可視画像を用いた被災地推定
→　7.2kmメッシュ（2000高島ら）

しかし，解決すべき課題も多い．
◆ 観測が天候/時刻に左右される
◆ 回帰日数（観測頻度）が長い
◆ 建物の被災状況の精度があまり高くない

本研究のコンセプト

電力の特徴
・供給と消費（需要）の同時性
・貯蔵の困難性

電力供給量は人々の活動状況をリアルタイムに反映する．
災害時には人々の活動状況は地域の被災程度に強く影響を受けるので，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る．

電力供給量の変化による被害把握が可能

電力供給量を用いた被害評価手法の特長

☆ リアルタイム評価（逐次評価・修正）が可能
☆ 新たな設備投資がほとんど不要
☆ 建物の強度分布や被害関数の事前準備が不要
☆ 観測が天候や時刻に左右されない
☆ ミクロな評価が可能（配電線単位であれば町丁目並みもしくはそれ以下）

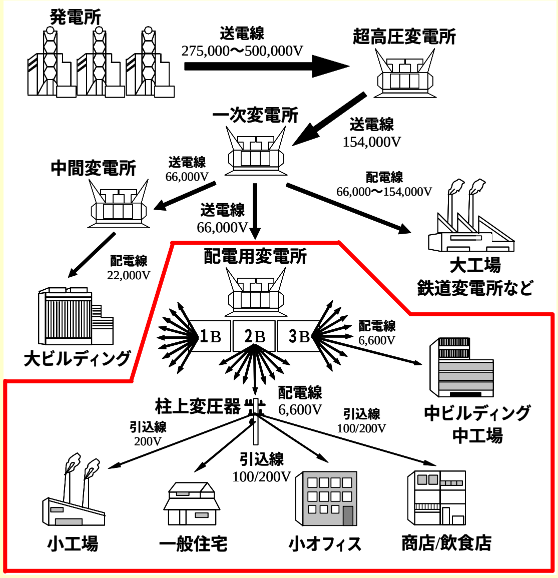
電力を用いた被害評価と地震動情報に基づく被害推定との違いについて

目的は両者とも被害の状況を把握することにあるが，「被害に影響を与える要因をモニタリングして，起こるであろう被害を推定するのか」，「被害の結果を直接反映する指標をモニタリングして，被害状況を評価するのか」の違いがある．地震動情報を用いる手法は前者であり，ここで提案する電力供給量情報を用いる手法は後者と言える．時々刻々と変化する被害状況の追跡には，前者の手法は適しておらず，後者の手法が有利である．

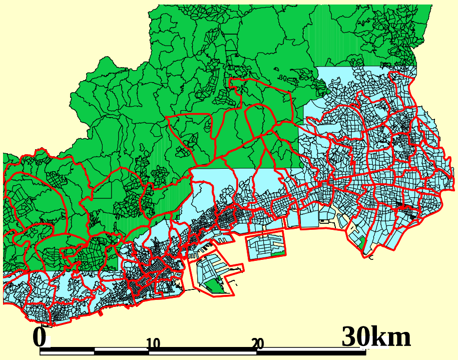
Meguro Lab., IIS

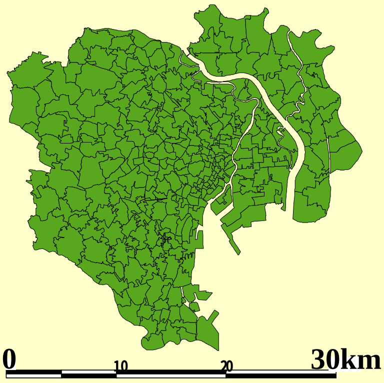
電力供給量特性を利用したリアルタイム防災システムの開発 ―地震 (2) ―

Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply



電力の供給システム



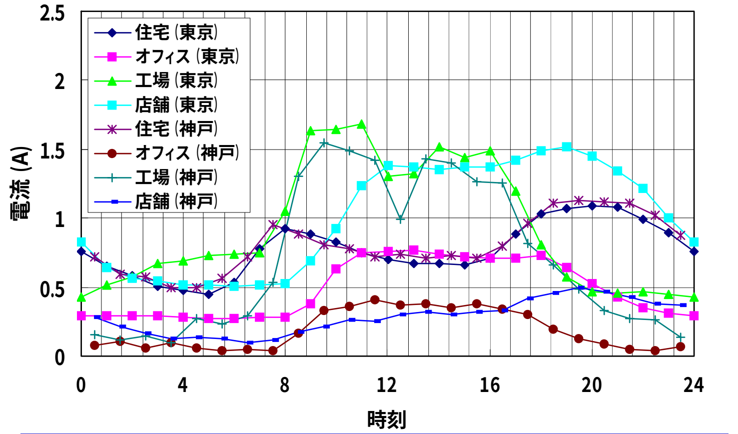


阪神地域における関西電力の配電エリア

	記録日 (曜)	天候	平均気温	最高気温 最低気温	平均湿度	平均風速	日の出 日の入
東京[*1]	1992/1/22 (水)	曇後晴	7.3℃	11.7℃ 3.1℃	45%	2.7m/s	6:48 16:57
神戸[*2]	1995/1/11 (水)	曇時々晴	4.0℃	7.3℃ 1.0℃	52%	4.8m/s	7:07 17:07

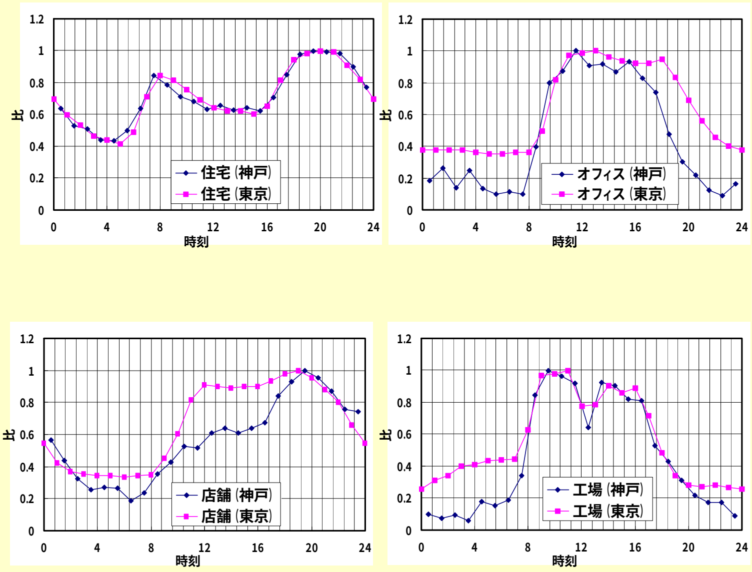
	面積 [km^2]	世帯数 [件]	人口 [人]	事業所数 [件]	従業者数 [人]
東京23区 (314配変)	1.78	10726	25470	2018	22836
阪神地域 (69配変)	4.78	12569	33285	1854	15343

阪神地域と東京２３区の比較



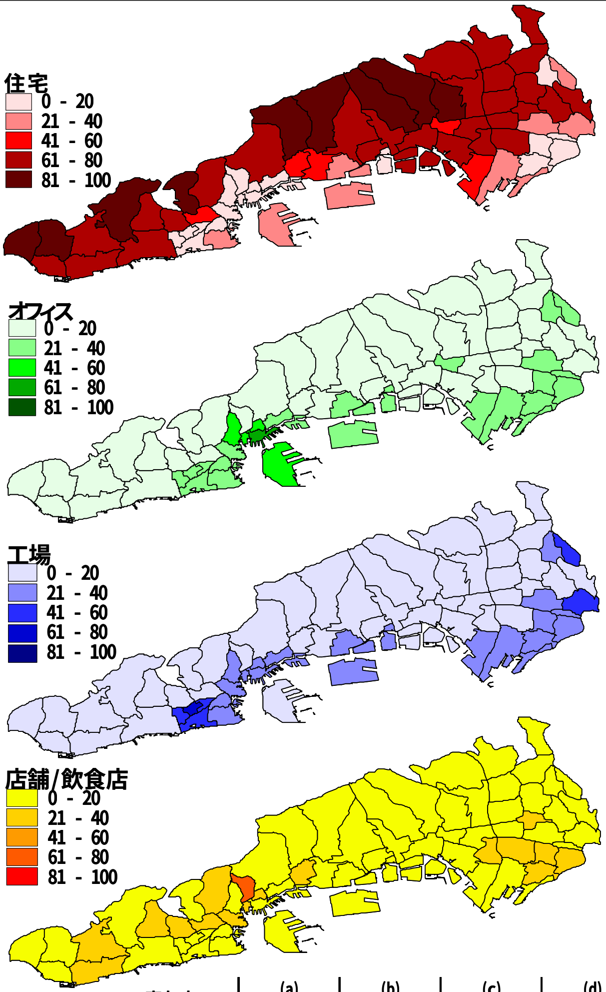
平均的な1軒あたりの電力需要カーブ

(住宅のみ10軒, 他は1軒あたりの需要)



平均的な1軒あたりの電力需要カーブの比較

(電流値を日最大値で正規化し, パターンごとに形状を比較)



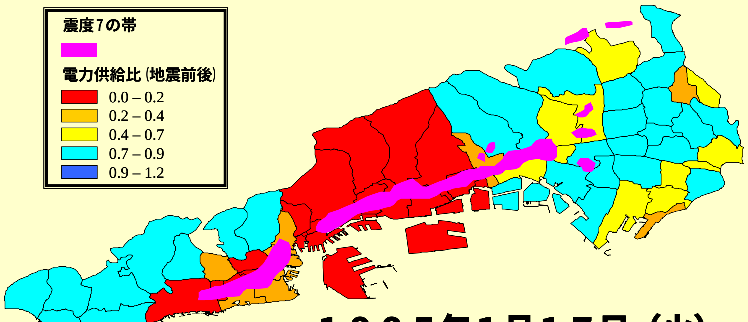
寄与率	(a) 住宅	(b) オフィス	(c) 工場	(d) 店舗/飲食店
0 – 20 (43)	18 (26%)	42 (61%)	43 (62%)	52 (75%)
21– 40 (20)	9 (13%)	22 (32%)	20 (29%)	16 (23%)
41 – 60 (5)	5 (7%)	4 (6%)	5 (7%)	0 (0%)
61 – 80 (1)	28 (41%)	1 (1%)	1 (1%)	1 (1%)
81 –100 (0)	9 (13%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)

阪神地域における4構成要素の寄与率分布

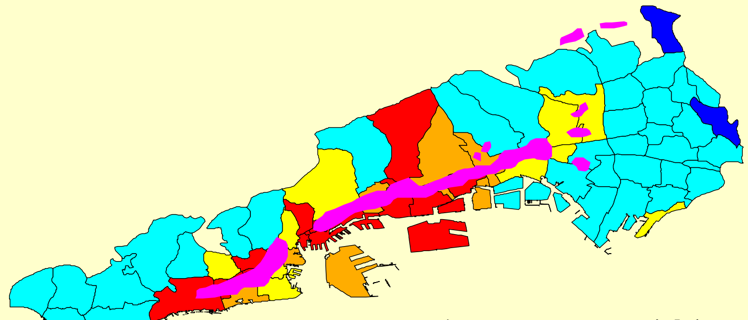
Meguro Lab., IIS

電力供給量特性を利用した リアルタイム防災システムの開発 ―地震(3)―

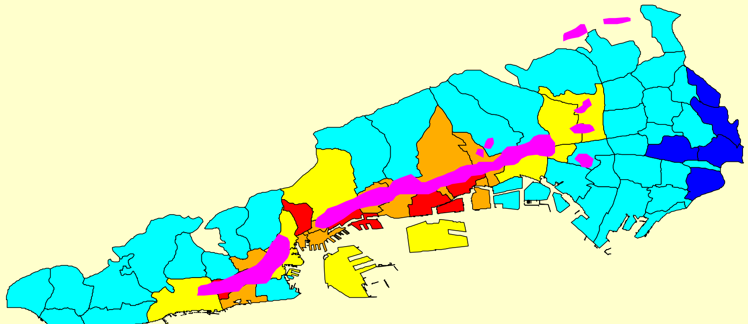
Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply



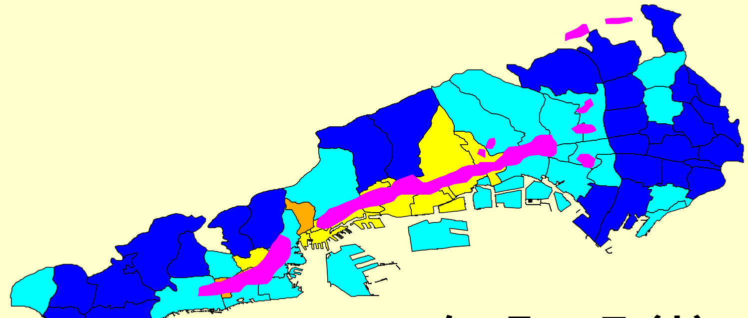
１９９５年１月１７日（火）



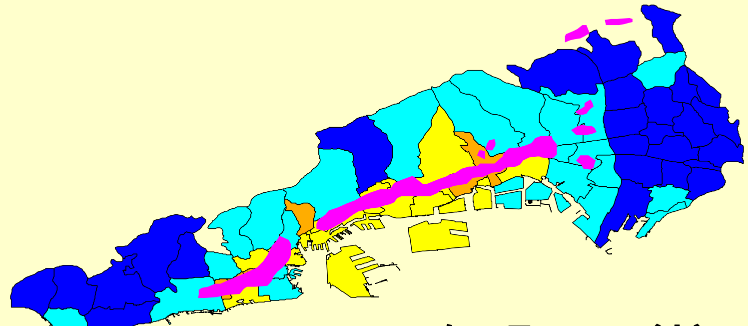
１９９５年１月１９日（木）



１９９５年１月２４日（火）

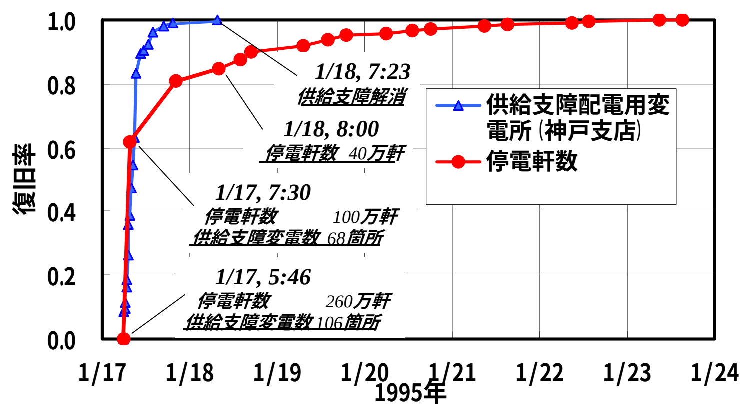


１９９５年１月３１日（火）

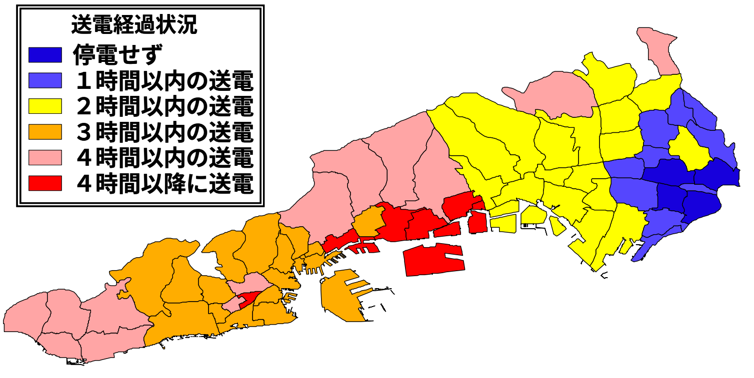


１９９５年２月２１日（火）

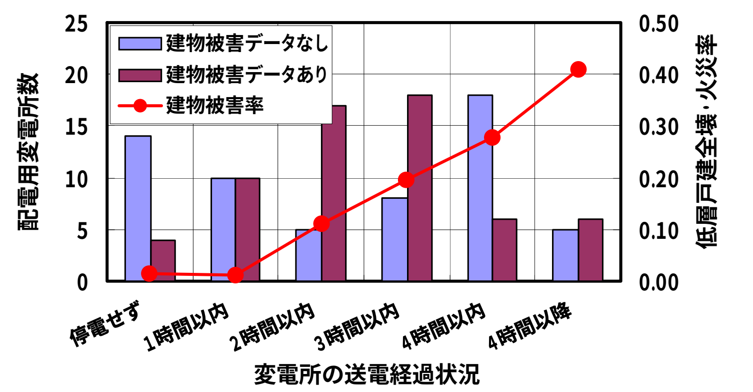
兵庫県南部地震後の電力供給比の推移



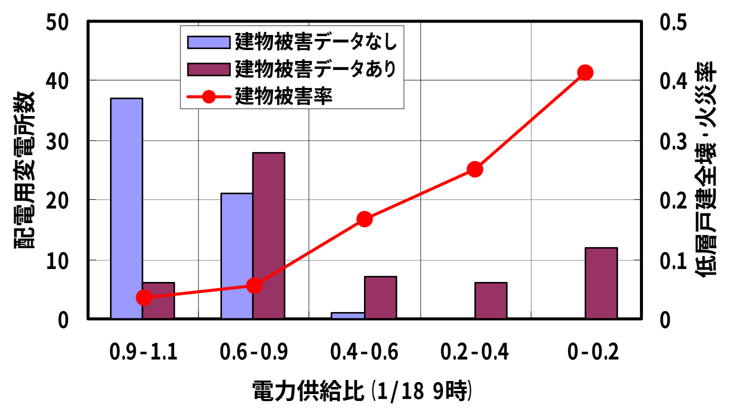
配電用変電所の供給支障と停電の復旧



配電用変電所の送電経過状況



変電所の送電経過状況と配電エリアの建物被害

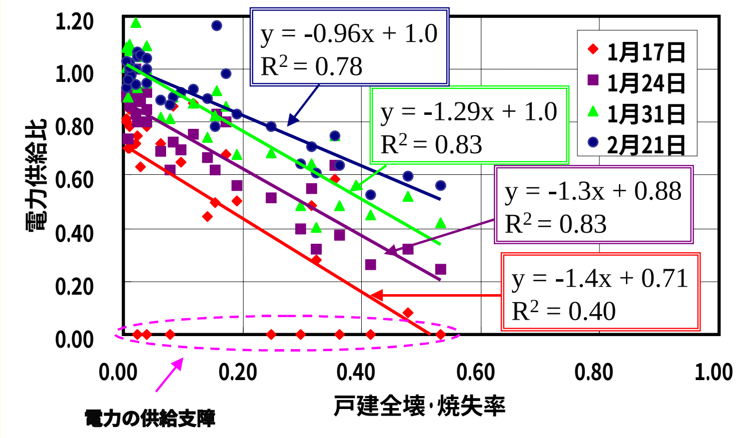


地震発生翌日(95年1月18日午前9時)における電力供給比と配電エリアの建物被害

Meguro Lab., IIS

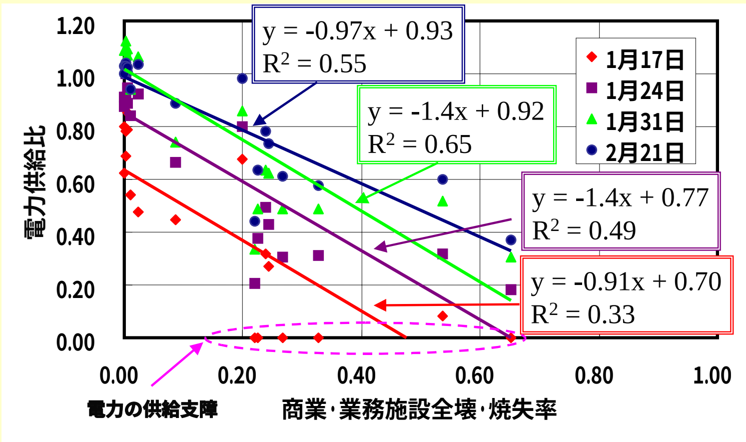
電力供給量特性を利用したリアルタイム防災システムの開発 ―地震(4)―

Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply



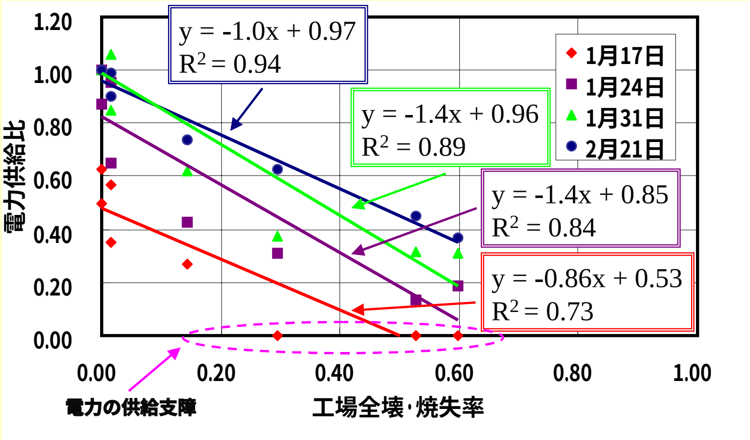
住宅の比率の高いエリア

(寄与率50%以上, N=33)



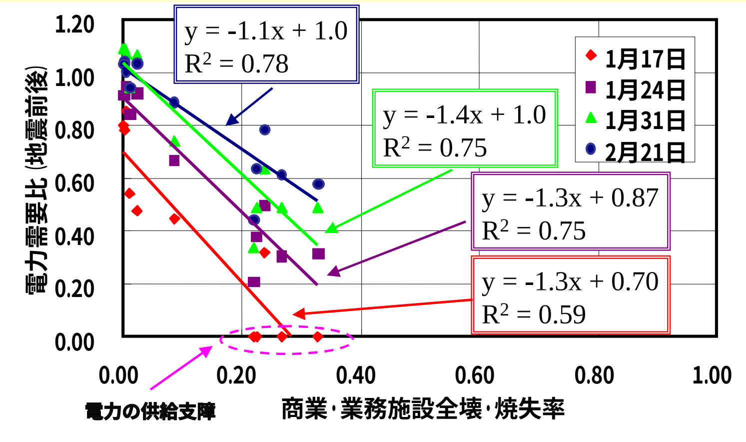
オフィスの比率の高いエリア

(寄与率30%以上, N=18)



工場の比率の高いエリア

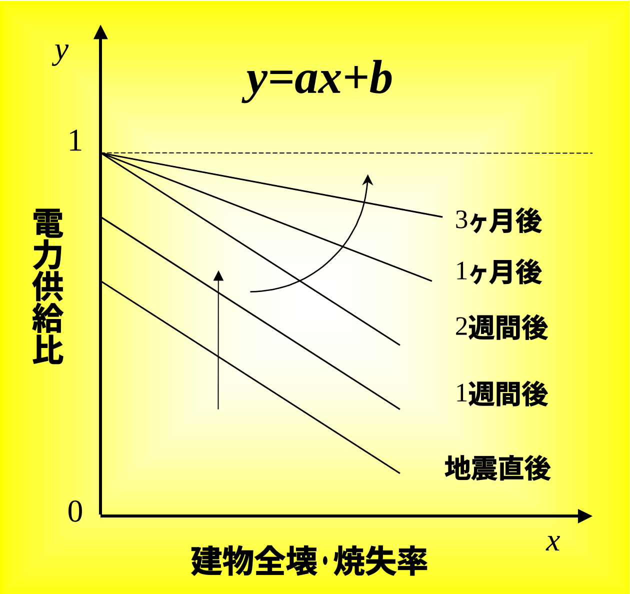
(寄与率35%以上, N=9)



店舗 / 飲食店の比率の高いエリア

(寄与率20%以上, N=19)

配電エリアの電力需要特性別の建物被害と電力供給比の関係



左図は,建物被害と電力供給量の関係を上図から帰納的にモデル化したものである.図を見ると,回帰直線の傾きaの多くは1を超えているが,これは全壊・延焼した建物だけでなく,半壊の建物も含めて電力供給量が落ちていることを示している.次に切片bは地震直後1より小さい値になっている.これは建物被害の小さな地域においても,地震による混乱が日常と同じ量の電力を使用することを不可能にしているためと考えられる.その後,切片は1に近づき安定する.切片が1前後で安定すると今度は傾きの絶対値が小さくなり,被災地域も徐々に復旧していく様子が見られる.

以上をまとめると,電力需要特性の4つの区分と建物被害区分が明確に対応する一般住宅と工場においては,建物被害と電力供給量の落ち込みは高い負の相関を示す結果となった.地域の建物被害は電力供給量の落ち込みに直結し,電力供給量の落ち込み具合から配電エリア内の建物被害を評価できる可能性が高いことがわかった.

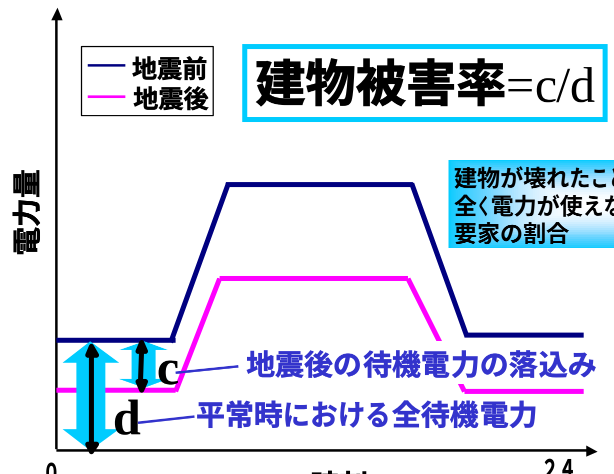
建物被害と電力供給比の推移モデル

(復旧・復興過程で地域特性が大きく変化しない場合)

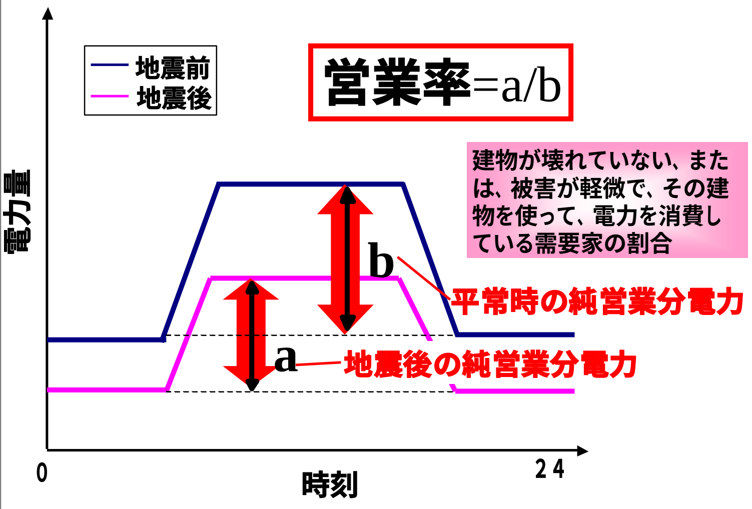
Meguro Lab., IIS

電力供給量特性を利用したリアルタイム防災システムの開発 ―地震 (5) ―

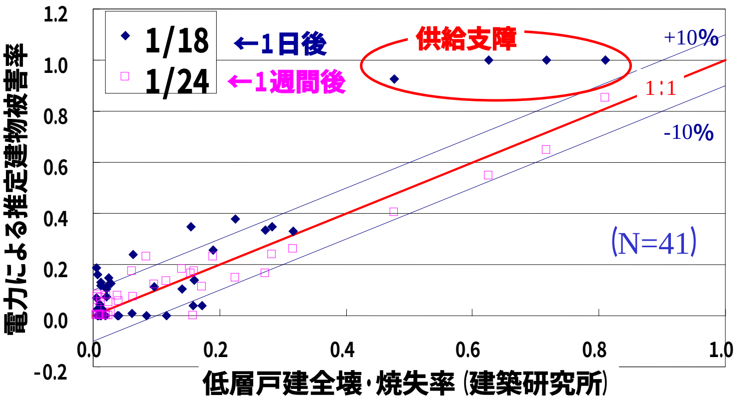
Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply



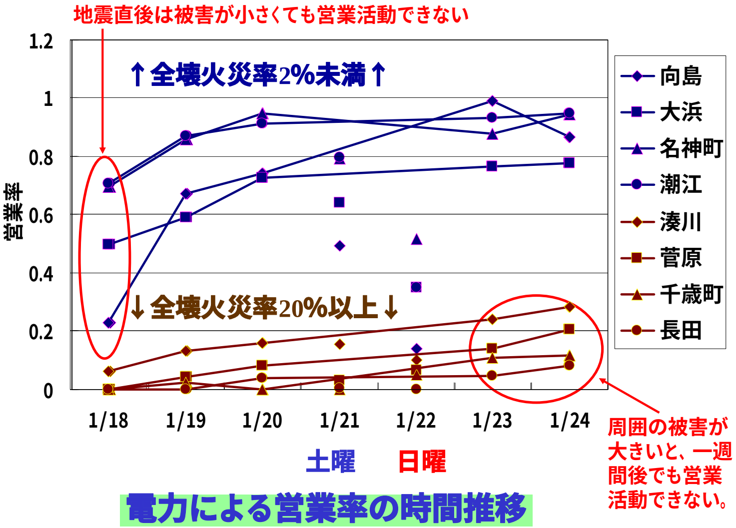
電力による建物被害率定義の概念図



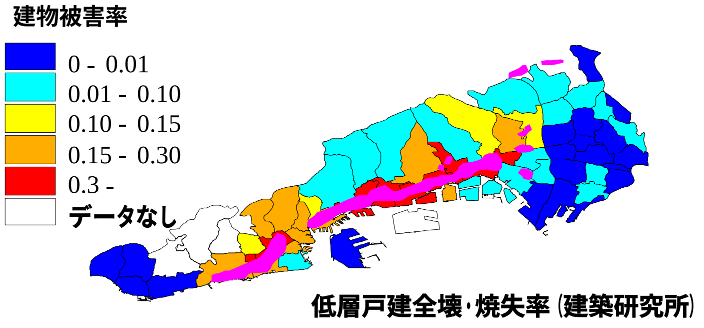
電力による営業率定義の概念図

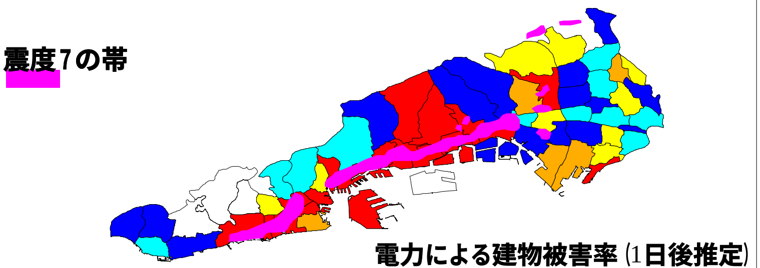


電力による推定値と実際値の比較

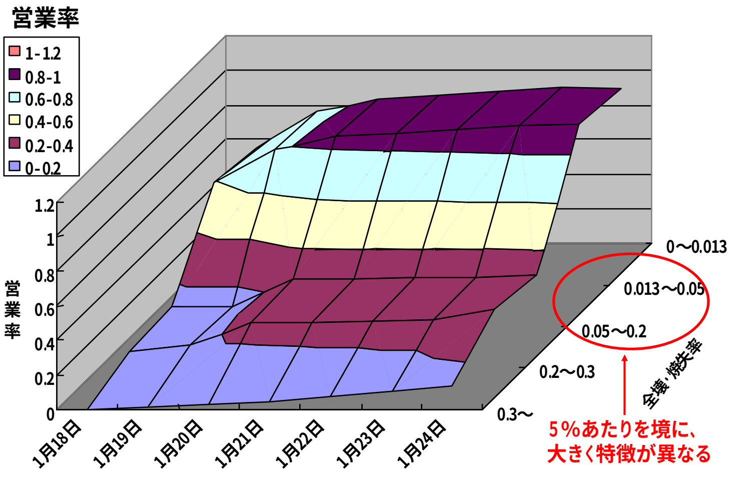


電力による営業率の時間推移





電力による推定と実際の空間比較



電力による営業率の建物被害率別時間推移

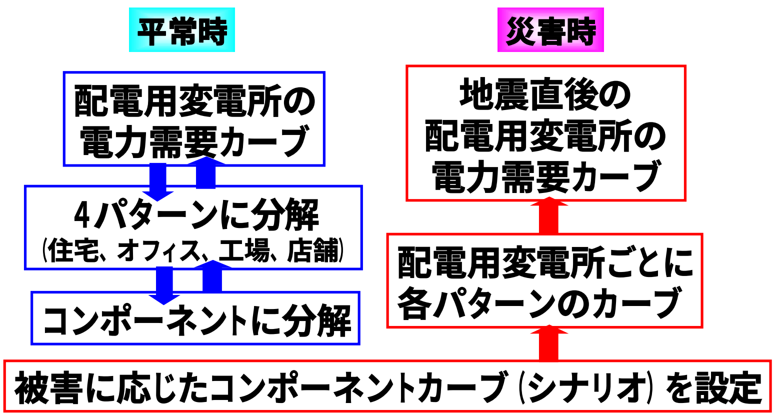
電力供給量の安定部分に着目した　建物被害推定モデル

電力供給量の安定部分に着目した　営業活動推定モデル

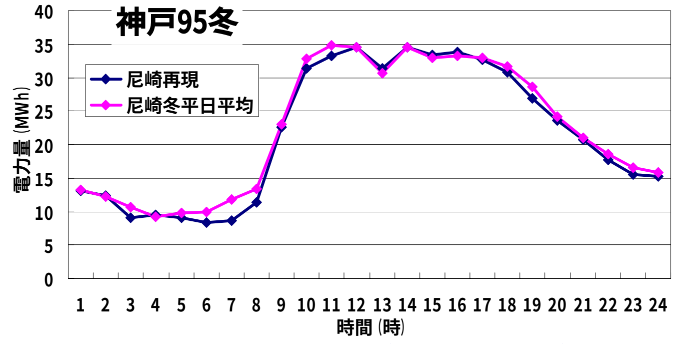
Meguro Lab., IIS

電力供給量特性を利用したリアルタイム防災システムの開発 ―地震(6)―

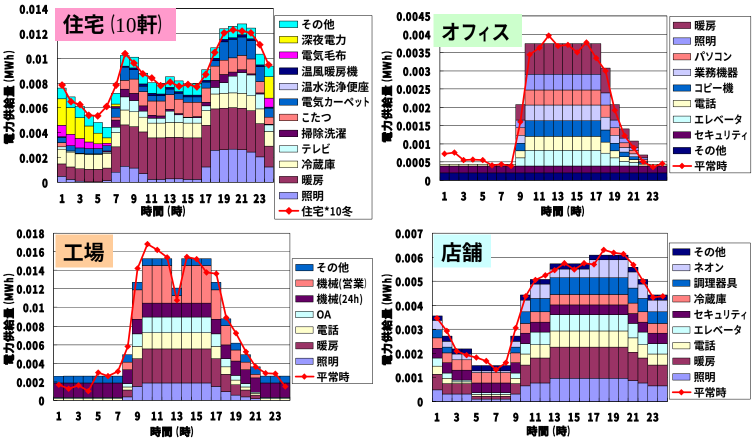
Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply



平常時及び災害時におけるコンポーネント (電力消費対象内訳) からの電力カーブ再現模式図

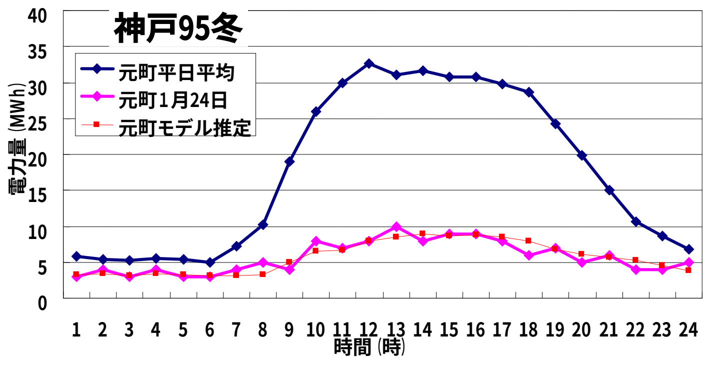


平常時の電力需要カーブと再現カーブ (尼崎)

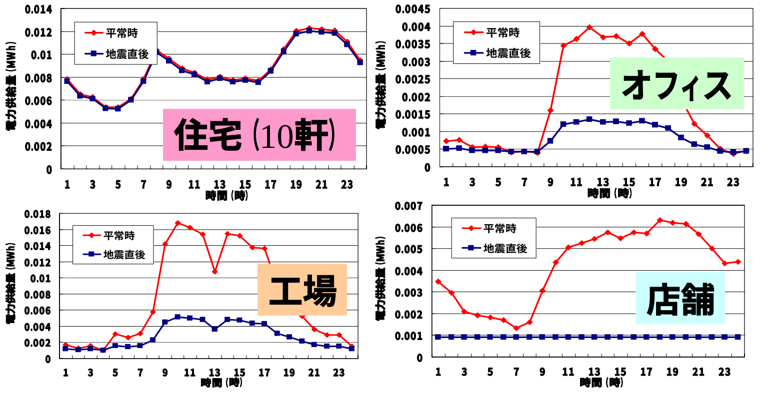


1995年神戸冬の4パターンのカーブとコンポーネント

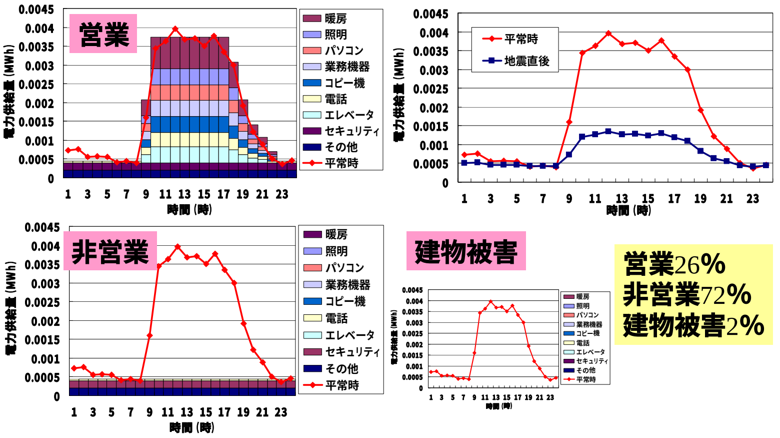
平常時の電力需要カーブとコンポーネント



災害時の電力需要カーブ再現例 (元町)



災害時の各パターンのカーブ例



災害時のオフィスタイプコンポーネントのシナリオ例

災害時の電力需要カーブ再現モデル

～まとめと今後の課題～

本研究では，電力供給量を用いた建物被害評価を目的として，まず兵庫県南部地震で被災した阪神地域の地震前後における電力供給量と地域特性のデータベースを構築し，配電エリアの地域特性を用いて平常時における電力需要分析を行った．次に配電エリアの建物被害と地震後の電力供給量の推移の関係について分析した．その結果，建物被害と地震後の電力供給量の間には高い負の相関が見られた．さらに，地震直後から建物被害推定を行うため，電力供給の安定部分に着目した被害推定モデルを作った．また、平常時・災害時それぞれについて，コンポーネント（電力消費対象の内訳）から電力需要カーブを再現するモデルを作った．

今後はこの研究を発展させ，電力需要カーブの時間帯ごとの特徴や地域特性を利用して，安定部以外の時間帯でも被害推定を可能とし，地震発生後数時間以内に建物被害推定ができるモデルの提案へとつなげる予定である．

Meguro Lab., IIS

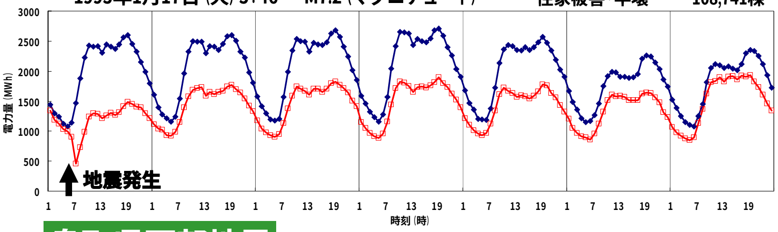
電力供給量特性を利用した リアルタイム防災システムの開発 ―地震(7)―

Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System using Changes of Power Supply

兵庫県南部地震

1995年1月17日(火) 5:46　M7.2(マグニチュード)

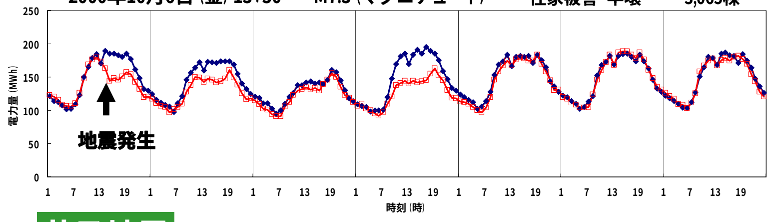
死者・行方不明者　5500人(1週間後)(最終的には，6433人)
住家被害・全壊　100,302棟
住家被害・半壊　108,741棟



鳥取県西部地震

2000年10月6日(金) 13:30　M7.3(マグニチュード)

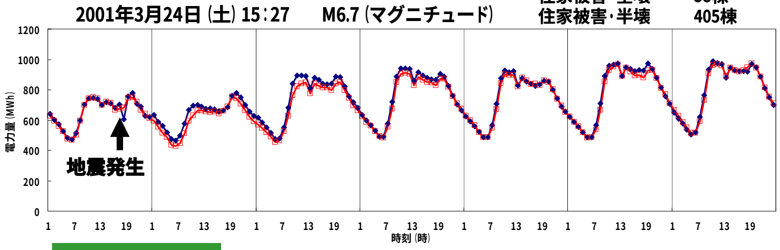
死者・行方不明者　0人
住家被害・全壊　430棟
住家被害・半壊　3,065棟



芸予地震

2001年3月24日(土) 15:27　M6.7(マグニチュード)

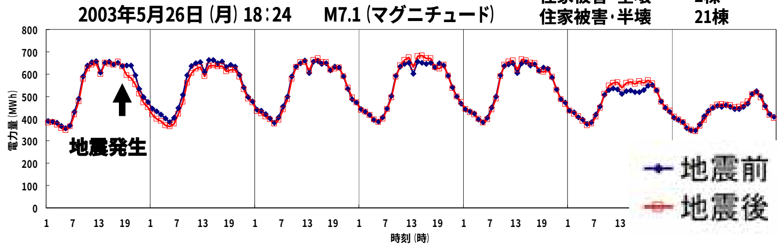
死者・行方不明者　2人
住家被害・全壊　58棟
住家被害・半壊　405棟



三陸南地震

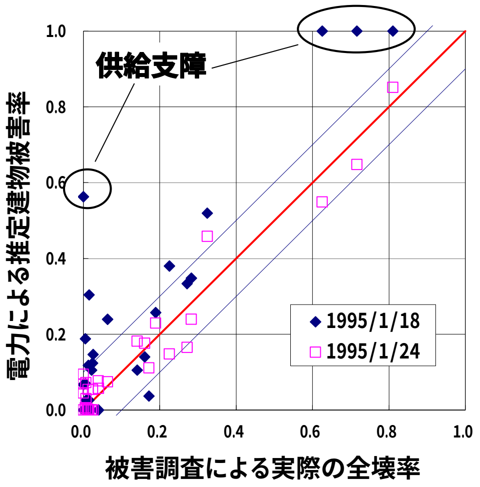
2003年5月26日(月) 18:24　M7.1(マグニチュード)

死者・行方不明者　0人
住家被害・全壊　2棟
住家被害・半壊　21棟

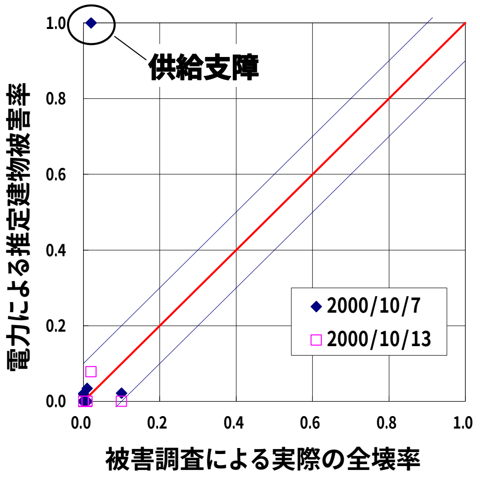


地震前後1週間の電力供給量の推移

兵庫県南部地震

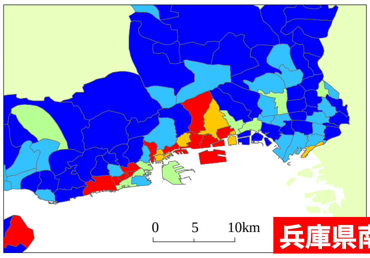


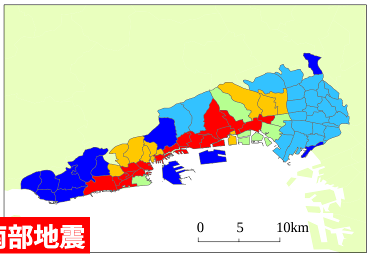
鳥取県西部地震



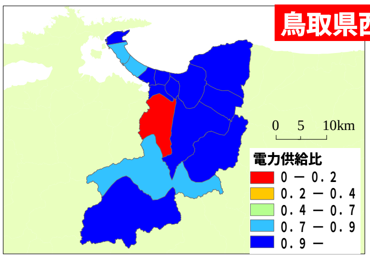
電力による推定被害率と実際の被害率

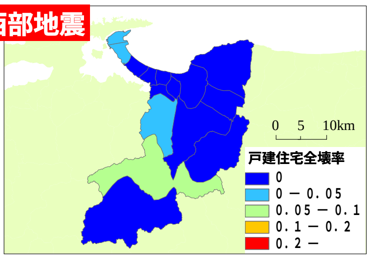
電力による推定建物被害率　被害調査による実際の全壊率





兵庫県南部地震

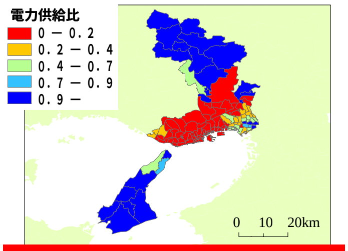




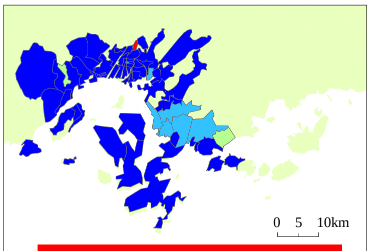
鳥取県西部地震

電力による推定被害率と実際の被害率の分布

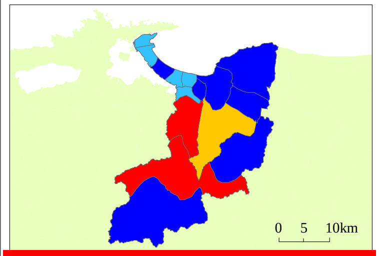
地震の影響の有無



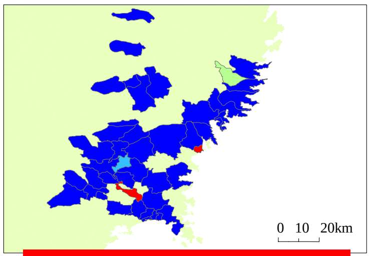
兵庫県南部地震(当日6時～8時)



芸予地震(当日16時～18時)



鳥取県西部地震(当日14時～16時)



三陸南地震(当日19時～21時)

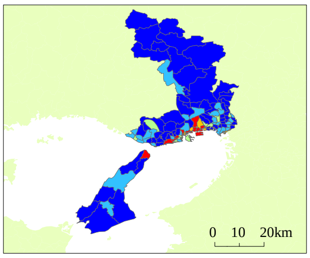
地震発生後2時間の電力供給比

Meguro Lab., IIS

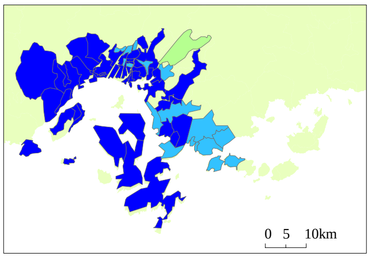
電力供給量特性を利用した
リアルタイム防災システムの開発　―地震(8)―

Development of Real-time Earthquake Disaster Evaluation System
using Changes of Power Supply

兵庫県南部地震



芸予地震

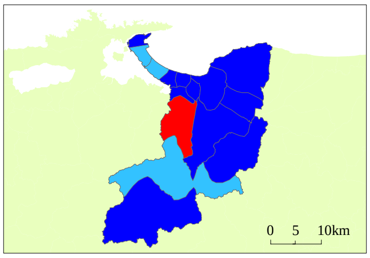


翌日2時～4時
地震発生22h後

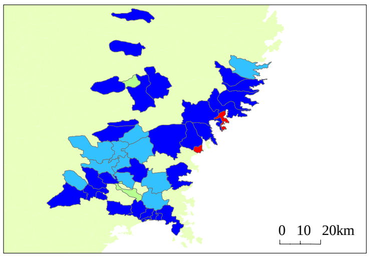
電力供給比
- 0 － 0.2
- 0.2 － 0.4
- 0.4 － 0.7
- 0.7 － 0.9
- 0.9 －

翌日2時～4時
地震発生12h後

鳥取県西部地震



三陸南地震

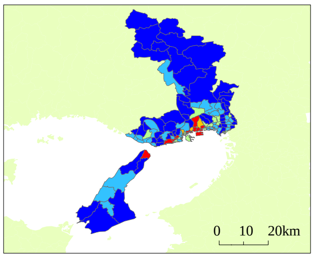


翌日2時～4時
地震発生14h後

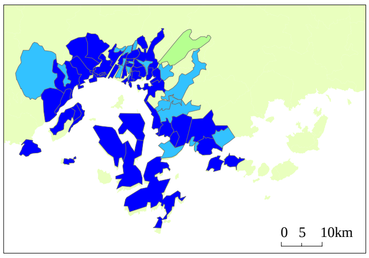
翌日3時～5時
地震発生10h後

地震発生翌朝の電力供給比(建物被害)

兵庫県南部地震



芸予地震

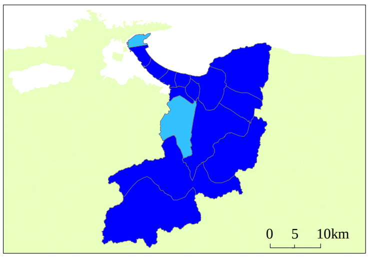


翌々日2時～4時
地震発生46h後

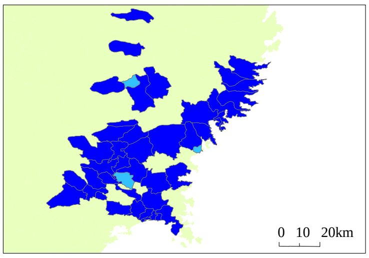
電力供給比
- 0 － 0.2
- 0.2 － 0.4
- 0.4 － 0.7
- 0.7 － 0.9
- 0.9 －

翌々日2時～4時
地震発生36h後

鳥取県西部地震



三陸南地震

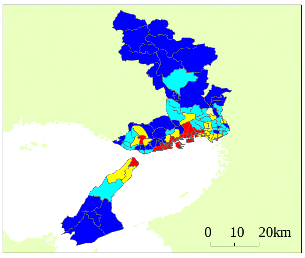


翌々日2時～4時
地震発生38h後

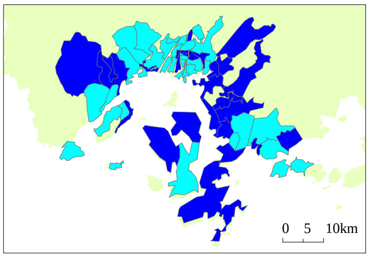
翌々日3時～5時
地震発生34h後

地震発生翌々朝の電力供給比(建物被害)

兵庫県南部地震



芸予地震

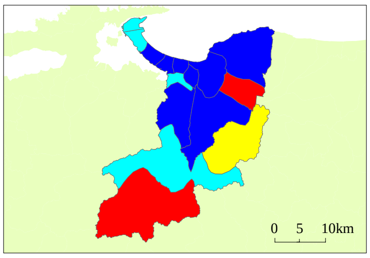


1月18日(水)
地震翌日

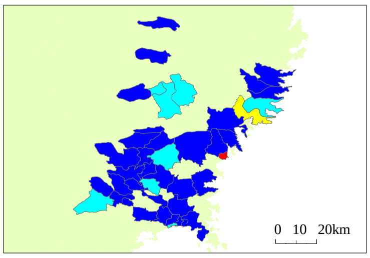
営業率
- 0 － 0.3
- 0.3 － 0.6
- 0.6 － 0.9
- 0.9 －

3月26日(月)
地震翌々日

鳥取県西部地震



三陸南地震

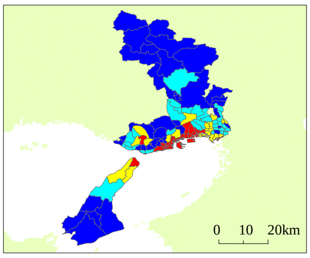


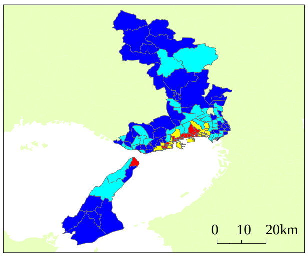
10月10日(火)
地震4日後

5月27日(火)
地震翌日

地震発生後最初の平日における営業率

兵庫県南部地震

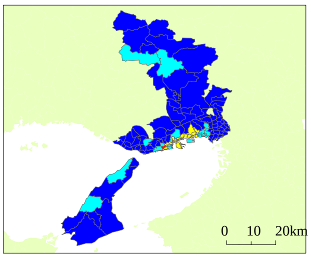


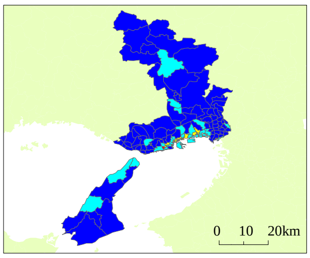


1月18日(水)
地震翌日

営業率
- 0 － 0.3
- 0.3 － 0.6
- 0.6 － 0.9
- 0.9 －

1月24日(火)
1週間後





1月31日(火)
2週間後

2月21日(火)
1ヶ月後

兵庫県南部地震後における営業率の推移

Meguro Lab., IIS