

京都大学防災研究所 正会員 河田 恵昭
 京都大学防災研究所 正会員 林 春男
 京都大学防災研究所 正会員 田中 聡
 京都大学防災研究所 学生会員 ○左近 嘉正

1、研究の背景

地震時における電力システムの信頼性を電力供給の視点から解析をする。本研究においては、変電所を構成している機器単位に破壊確率を与え、モンテカルロ法を用いて、シミュレーションを行った。さらに、ネットワークの連結性、電力潮流特性に着目し、電力システムの特長考慮した解析を行った。解析地域には、Los Angeles 地区を選び、ノースリッジ地震の際の地震動を用いて、同地区における平均電力供給率を求めた。現在、Los Angeles 地区には、LADWP (Los Angeles Department of Water and Power)と SCE(Southern California Edison)という2つの電力会社から電力が供給されており(図1)、これらは、基本的には独立して運転されている。しかしながら、電力需要の変動に対処するために、これらのネットワークはいくつかの変電所で接続され、電力を融通し合っている。本研究では、このうちLADWPのネットワークに着目して、電力システムの信頼性解析を行った。

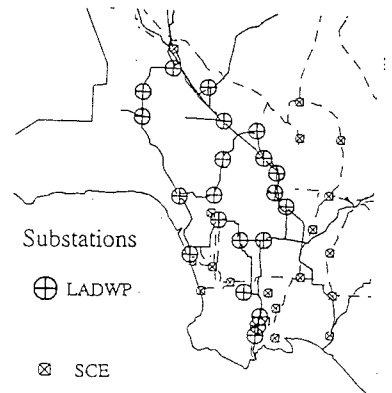


図1 電力ネットワーク図(LADWP)

2、変電所のモデル化

一般に、変電所はいくつかの電圧の異なるノードから構成されており、これらのノードは変圧器を介して他のノードと連結され、また、電圧を下げて一般消費者に電力が供給されている。さらに、ノードはバス、サーキットブレーカー、ディスコネクトスイッチなどの機器類から構成されており、これらは、過去の研究において、地震動に対して脆弱性が高いことが報告されている。そのため、変電所はこれらの機器を複雑に組み合わせて、高い冗長性を持たせている。実際、地震時の変電所の機能的な挙動は比較的安定していることが知られている。本研究では、この冗長性を損なわないことを目的とした解析を行った。すなわち、変電所のモデル化に関しては様々なモデルが提案されているが、ここでは、図2ような変電所のモデル化を行った。

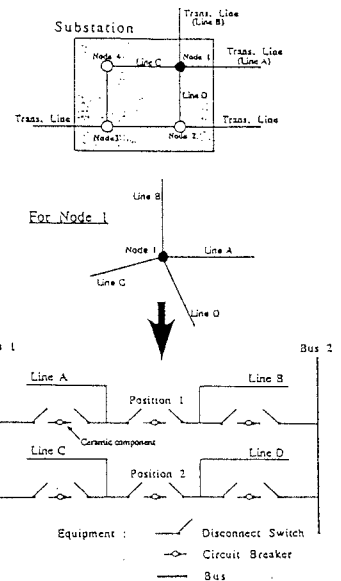


図2 変電所のモデル化

3、解析方法

電力システムの信頼性を、①変電所の破壊、②ネットワークの連結性、③潮流異常、の3点に着目して解析をした。変電所の破壊については、GIS(Geographical Information Systems)を用いて、電力ネットワークの地図とPGAの地図を重ね合わせ、機器の fragility curve から、それぞれの機器に対して破壊確率を与える。次に、モンテカルロ法を用いて、地震時の各機器の損傷状況を評価し、連結

性の観点から、変電所の機能性能の評価を行った。ネットワークの連結性については、機能を損傷したノードをネットワークから削除することによって、電力ネットワークの再構築を行う。ここに、異常潮流とは、本来的に電氣的なバランスに敏感な電力システムに、ある地域異常のの負荷あるいは電圧がかかったために制御不能に落ちている状況を指し、(a)安定性異常、(b)異常電圧の2つがある。潮流計算に関しては、EPRIによって開発されたIPFLOWというソフトを用いて行った。

4、解析結果

上記の方法を用いて、ノースリッジ地震と同様の地震が発生した場合の Los Angeles 地区の各サービスエリアの電力の平均供給率を図3に示す。また、ノースリッジ地震における電力の復旧過程を図4に示す。地震直後は全てのサービスエリアで電力の供給が停止したが、市の西部から徐々に復旧している。シミュレーションの結果得られた供給率の高いエリアでは、電力の復旧も早く行われており、今回の解析結果は、おおむねよい再現性が得られた。

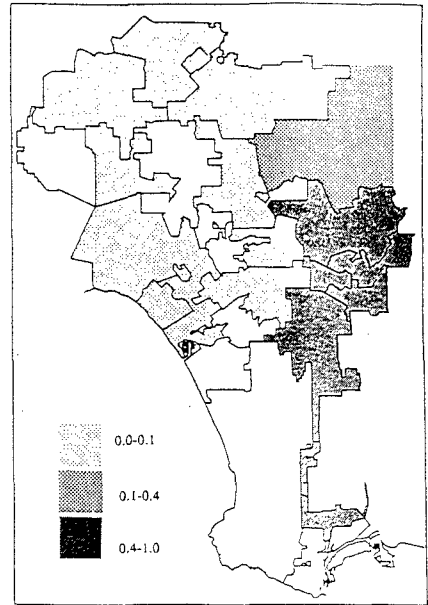


図3 各サービスエリアの平均電力供給率

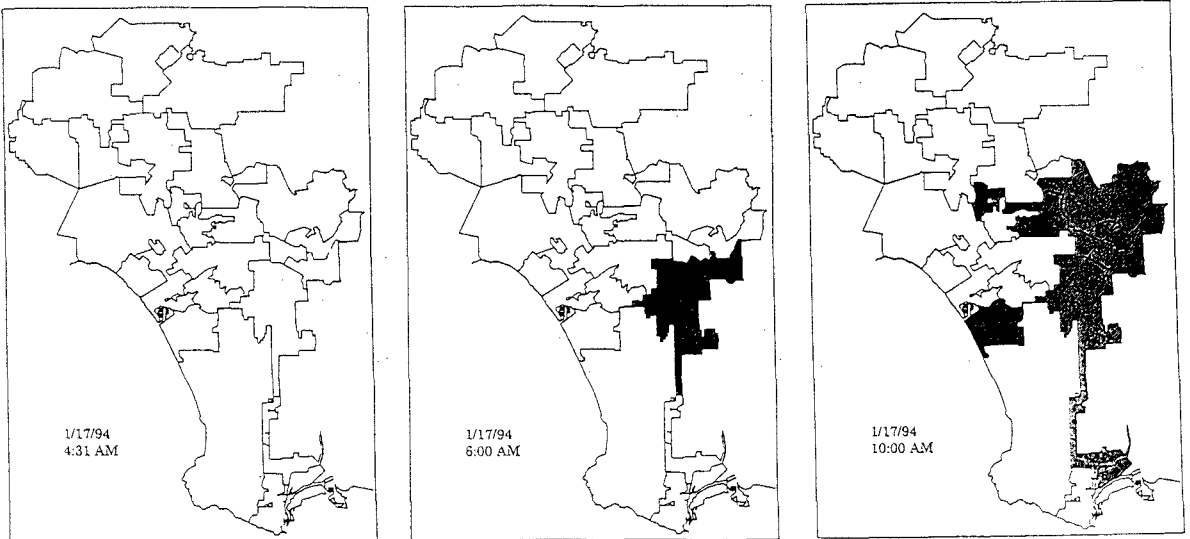


図4 地震発生後の電力供給の復旧過程

[参考文献]

Ang, A.H-S., Pires, J., Schininger, R., Villaverde, R. and Yoshida, I. (1992). Seismic Reliability of Electric Power Transmission Systems - Application to the 1989 Loma Prieta Earthquake. Technical Report to the NSF and NCEER, Dept. of Civil Engineering, Univ. of California, Irvine, CA.