

大規模ライフラインの地震時信頼性評価法とその向上

京都大学防災研究所 正員 土岐憲三 佐藤忠信
 京都大学大学院 学生員 ○関谷富彦

1 概説 構成要素が数百個にも及ぶ大規模なライフラインの地震時信頼性を向上するための評価基準についての考察を行った。ネットワーク全体の信頼性を最も効率よく向上させるために、改良や改善を加えるべき各構成要素の順序づけを行った。このために各種の指標を導入し、実際のネットワークに適用した。

2 ネットワークの地震時信頼性評価法 図1に示す湘南地区のガス管網ライフラインシステムを対象として研究を進めた。信頼度の基準としては、4個の供給点から需要点まで連結できることとした。信頼性解析のアルゴリズム¹⁾は構成要素の影響圏と潜在的断層発生域を利用したものである。

この場合信頼度は式(1)で算出される。ここに
$$R = \sum_{i=1}^N I_i \cdot A_i / B \quad (1)$$

I_i は指標関数であり、信頼度基準を満たす場合には $I_i = 1$ であり、そうでなければ $I_i = 0$ である。また A_i は影響圏によって潜在的断層発生域がいくつかの領域に分割された場合の i 番目の領域の面積を表し、 B は潜在的断層発生域の面積である。つまり、信頼度 R はネットワークが安全である領域の面積の総和 ($I_i = 1$ の A_i の和) を、潜在的断層発生域の面積で除することによって表現できる。

3 構成要素の順序を行うための指標 ネットワーク全体の地震時信頼性を向上させるために構成要素の改良や改善を行うが、このための順序づけを行う必要がある。その評価基準を設定するために以下の様な指標を提案する。

(I) 信頼度の影響距離に対する変化率：影響圏が潜在的断層発生域と交わってできる円の半径を影響距離と定義する。その影響距離を微量 Δr だけ変化させたとき、信頼度が ΔR だけ変化したとす
$$\frac{\Delta R}{\Delta r_j} = \sum_{i=1}^N \frac{\Delta A_i}{\Delta r_j} / B \quad (2)$$
 ると変化率として(2)式が成り立つ。いま、影響距離をある一定の割合だけ変化させるための費用がどの要素でも同じであると仮定すれば、この変化率の大きいものから順番に改善していくことを評価基準とすることができる。

(II) クリティカリティ重要度²⁾：(I)の方法においては影響距離をある一定の割合だけ変化させるための費用が同一であると仮定した。しかし、実際問題のライフラインを対象とする場合には、影響距離の大きい構成要素を改良する事の方が、小さい構成要素を改良する事より重要であり、また影響距離の小さい構成要素を改良する事は影響距離の大きい構成要素を改良する事に比べてはるかに困難である。

こうした点を考慮して式(3)のクリティカリティ重要度 $C I_j = \frac{\ln \Delta R_j}{\ln \Delta r_j} \quad (3)$ を定義した。

(III) 重みづけを考慮にいたした総合評価値 ライフラインシステムの構成要素の総合評価を行うのに (I)、(II) で述べた重要度だけでは十分とはいえないので、要素ごとに重みづけを行った(4)式のような総合評価値を定義した。
$$T_j = \alpha_j \cdot \beta_j \cdot I_m j \quad (4)$$

ここに α_j : J番目の構成要素の重み係数、 β_j : j番目の構成要素の地域重要度、
 I_{mj} : j番目の構成要素の重要度

湘南地区のネットワークを16のブロックに分割して、各ブロック内の需要点に4個の供給点から連結できることを信頼度の基準とし、それを向上させるために改良すべき要素の順序づけを行った。図1中のブロック⑩を対象にした場合の結果を表1~3に示す。表1の $\Delta R/\Delta r$ の値による順序づけに比べて、表2の $C I_j$ の場合は影響距離の大きいノード11の順位が上がっている。また、重みも考慮にいれると表3のような結果となりノード5がネットワークの中で最も重要性の高くなる事が分かる。

参考文献 1) Sato T.: Seismic Reliability Analysis of Lifeline Network, Natural Disaster Science, Vol6, No.2, 1984, pp.51-72. 2) 井上威恭: F T A安全工学, 日刊工業新聞社, pp1-118, 1979年.

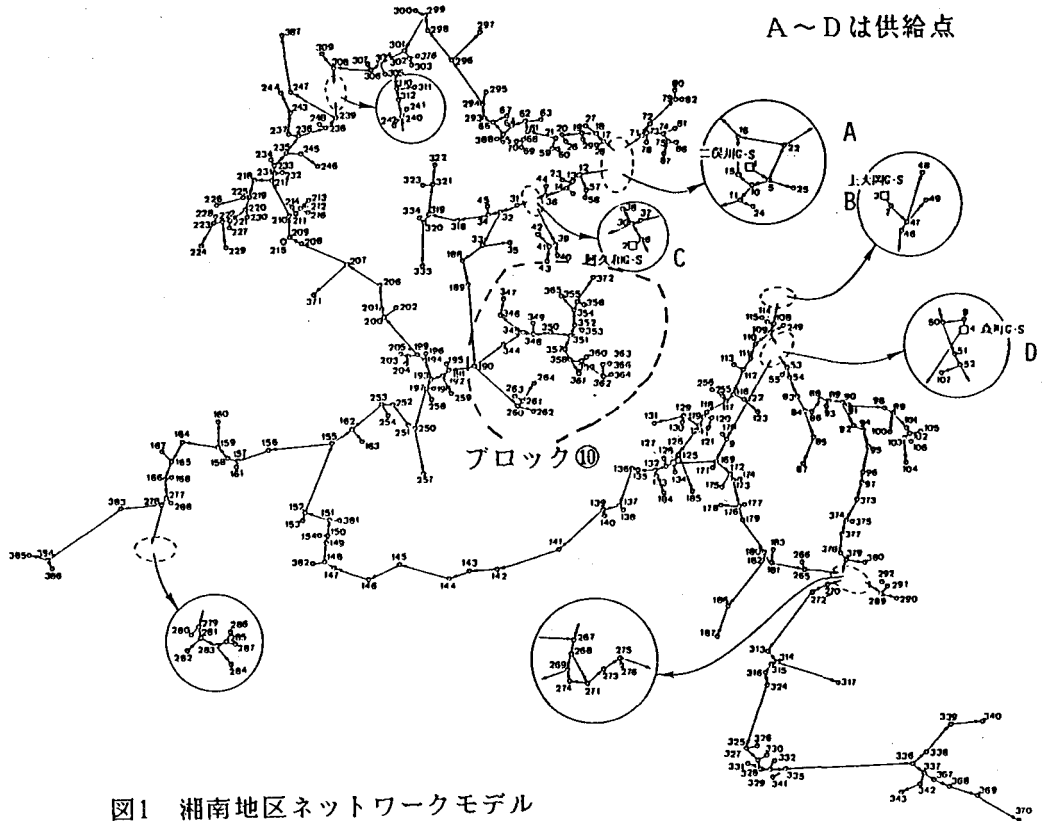


図1 湘南地区ネットワークモデル

表1 構成要素と $\Delta R/\Delta r$

構成要素番号	$\Delta R/\Delta r$ の値
ノード5	0.006854
ノード13	0.005541
ノード11	0.005269
ノード358	0.004226

表2 構成要素とクリティカリティ重要度

構成要素番号	$C I_j$ の値
ノード11	9.432
ノード5	9.086
ノード13	8.802
ノード358	7.235

表3 構成要素と総合評価値

構成要素番号	T_j の値
ノード5	1817.2
ノード11	476.2
ノード13	449.6
ノード358	52.9

関東地震想定 マグニチュード7.00