

ライフラインの地震時緊急制御における意志決定支援システム

清水 建設 楠 正員 福井 真二
神戸大学 工学部 正員 高田 至郎

1. はじめに 地震防災対策の一つとして、地震が発生した場合いかにして2次災害を防止するかという観点から緊急遮断対応について検討する必要がある。ライフライン事業者では被害の拡大・波及を防ぐためにシステム・オートメーションによる緊急対応策が諮られており、ガス・水道の自動供給遮断、鉄道の自動列車停止など一定の地震動強度を感知して自動的にサービスを停止するシステムを構築している。ところが、都市における日常生活が各種ライフラインによるサービスを必要不可欠な前提として成り立っているために、ライフラインの機能停止は直接的・間接的に都市生活の存立基盤を打ち壊すことになる。宮城県沖地震や釧路地震の例にも見られるように、特にガスシステムの供給停止は機能回復までに長期日数を要することから、2次災害防止のためだけにいたずらに緊急遮断を行うことは、ライフライン被害の特徴から判断して被害に伴う波及効果を助長する結果にもなりかねない。被害状況の速やかな把握が適切な復旧活動の策定にとって必要不可欠であるにもかかわらず、実際には道路や通信手段の輻輳や機能障害のために、十分な情報の収集あるいは伝達ができなかったり、誤った情報が多数含まれているといった情報の質の低さも指摘されている。そこで、本研究では地震発生直後のライフラインの供給停止・復旧戦略等の意志決定を行う最終判断者に対し、意志決定支援情報を提供するシステムを構築することを目的として、AHP手法の応用を試みている。

2. 意志決定者の主観を導入した支援システムの構築 本研究では意志決定者の主観的評価を積極的に取入れるため、AHP (Analytic Hierarchy Process) ¹⁾を用いる。AHPは表-1に示す数値を用いて一対比較を行う理論体系の分かりやすさと手続きの簡単さから、社会的、心理的、政治的な無形の目的を扱う目的で広い分野において応用されている意志決定法の一つである。ライフラインの供給停止判断に関わる項目には、

①火災が発生しており、サービスの供給によって拡大の恐れがある、②液化化の多発により1日以内では緊急修繕不可能、③漏洩件数／顧客数が大きい地域等の要因が挙げられる。リアルタイムに得られるこれらの情報のうち何を最も重要視し、どの地域の供給停止を行うのかについてAHPを応用する。

表-1 一対比較に用いる数値

言葉	同じ位重要	若干重要	かなり重要	非常に重要	圧倒的に重要
数値	1	3	5	7	9

3. 供給停止の意志決定支援システム 地震発生後の不測時の状況判断であることと情報の質を考え、支援システムの入力すべき情報は最小限に厳選され、供給停止判断地域の決定にいたる過程のブラックボックス化を極力避けるべきと考え、本研究ではリアルタイム被害推定法²⁾を用いた導管被害件数と召集された緊急修繕要員数より支援情報を提供するシステムを試作した。図-1は、AHPの手順にしたがって作成した供給停止に関する意志決定の階層構造を示している。図-1をもとに同レベルに属する評価項目について一対比較を行う。この場合、全体目的（レベル1）は「供給遮断の必要性に関するブロックのランク付け」であり、

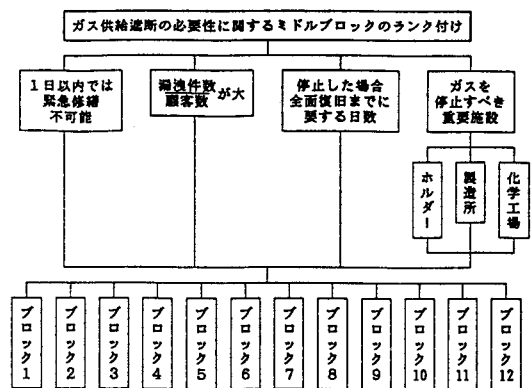


図-1 供給停止に関する意志決定の階層構造

その下位目的（レベル2）に①緊急修繕能力（1日以内で完了するかどうか）、②漏洩件数／顧客数、③停止した場合の機能全面復旧所要日数、④供給を停止すべき重要施設数があり、これら4項目について一対比

較を行ったものを表-2に示す。ただし一対比較に用いた数値は表-1で述べたものである。同様にレベル3に関する一対比較を行う。次段階では、各代替案(ブロック)のすぐ上の評価項目に関し一対比較を行い、以下の要領で重みの積み上げ計算を行う。まず評価項目①について正規化されたブロック α の重みを、 $w_{\alpha 1}$ とする。一対比較によって得られる重みは各階層レベルで和が1でなければならないため、被災後の各ブロックの「復旧所要日数」について和が1になるよう正規化する。②では全ブロックの漏洩件数/顧客数の値の総和が1となるように正規化したときのブロック α に関する値が $w_{\alpha 2}$ であるとき、これを項目「漏洩件数/顧客数が大」に対するブロック α の重みとする。③についてはライフライン事業者の緊急対応の目的が2次災害の防止とサービスの継続であることから、サービスが継続されない供給停止は極力避けたい処置であることを考慮し、機能回復までの日数が多いブロックほど停止すべきでないブロックと判断され、機能回復までの日数を正規化したものの逆数を再び正規化した数値を各ブロックの評価項目③に対する重みとすることができる。こうして得られるブロック α の重みを $w_{\alpha 3}$ とする。項目④では、その下位レベルに重要施設毎の評価項目がある。全ブロックを含む地域内で、ある重要施設がブロック α 内に設置されている割合とレベル3での一対比較結果から「サービスを停止すべき重要施設」に関するブロック α の重みを積み上げ計算し、得られる数値を項目④に対するブロック α の重み $w_{\alpha 4}$ とする。次に評価項目の一対比較値よりブロックの重みに関して積み上げ計算を行う。①～④までの評価項目について得られる数値はそれぞれ $w_{\alpha 1}$, $w_{\alpha 2}$, $w_{\alpha 3}$, $w_{\alpha 4}$ であるから、 $w_{\alpha 1} \times 0.288 + w_{\alpha 2} \times 0.112 + w_{\alpha 3} \times 0.532 + w_{\alpha 4} \times 0.068 = w_{\alpha}$ したがって、 w_{α} がブロック α の供給遮断の必要性に関する重みとなる。

表-2 レベル2の一対比較値

	①	②	③	④	Weight
①	1	3	1/2	4	0.288
②	1/3	1	1/5	2	0.112
③	2	5	1	7	0.532
④	1/4	1/2	1/7	1	0.068

4. 支援システムが提示する供給停止地域 3. の手法にしたがって地震直後の被害を想定して意志決定支援を行った結果が図-2である。図-2は、約90%の重みをもつ6番のブロックを供給停止すべきと提示している。

5. おわりに 一般に、緊急対応時のための意志決定支援システムでは、①データベース、②意志決定モデル、③対話型システムの3項目が必要項目とされるが³⁾、本研究で提案するシステムにおいては、前段階としての意志決定者への簡単なアンケート等による供給停止判断に関わる項目の一対比較、および重要施設や顧客数等の地域特性のデータベース化である。地震発生時に緊急修繕要員の召集状況のみを入力することでリアルタイム被害予測結果が得られると同時に自動的に供給停止すべきブロックをマッピングするもので、地震時に陥り易いパニックを想定してコンピュータとの対話を極力避けるものである。しかしながら、供給停止に関して

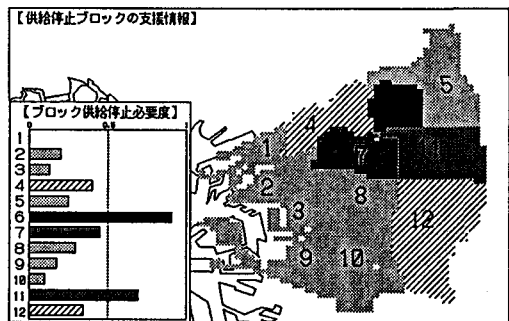


図-2 支援システムが提示する停止すべき地域

言えば、「停止する」か「停止しない」かの1-0の2値判断とすべきであり、最終的に得られる図-2の各ブロックの供給停止の必要性を表す数値があいまいなものとなっている部分が意志決定者が判断に困るところである。しかし、供給停止そのものをコンピュータで100%決定してしまうことをあえて避けるために、「停止すべき」という支援情報の提示する数値としては妥当なものであると考える。

【参考文献】1) Saaty, T. L.: The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation, Revised and Published by Saaty (1988) (Original Version Published by McGraw-Hill, 1980)
2) 高田至郎, 高谷富也, 小川安雄, 福井真二: 地震動モニタリングとライフラインのリアルタイム被害推定, 土木学会論文集(投稿中), 3) De Bologh, F.: Decision support systems and expert systems for emergency management operations, A micro-computer approach: Theory and Applications of Expert Systems