

武蔵工業大学 正会員 星谷 勝
産業能率大学 正会員 ○大野春雄
大成建設㈱ 正会員 丸山英樹

1. はじめに

本研究は既に求められているライフライン機能の相互連鎖性¹⁾についての定性的モデルを基礎として、研究を進めたものである。被害復旧、機能回復に着目した防災性の検討を行うにあたり、その復旧過程における定量的であり、かつ経時的変化の予測が可能となるモデルの必要性がでてきた。そこで、定性的モデルで求められた被害影響波及の関係を反映する機能評価モデルを構築し、ライフライン間の相互連鎖性を考慮した現実性の高い機能評価を定量的に求めようと試みた。都市生活を支えるために重要なエネルギー系ライフラインには、電力、都市ガス、上水道などが上げられる。なかでも、エネルギーの代替性を考えると水道が最も重要と思われる。また、エネルギー供給過程において、そのシステムが他システムに依存する度合を考えると電力システムの重要性も高い。このことから、本研究では、ライフラインシステムのなかで重要な役割をもつ電力システムと上水道システムを対象として、システムダイナミックス（S、D）手法を用い、機能評価モデルの全体を実現した。このモデルは、構造的復旧セクターと機能的復旧セクターに大きく分けられる。この構造的復旧と機能的復旧は、つぎのように定義した。構造物である製造、供給施設の破壊の件数、例えば、埋設管の破壊箇所数、配電線の断線箇所数などが直接的な復旧、修復作業により、被害件数が減少することを構造的復旧と定義する。構造的復旧の対象であるライフライン構造物の被害により、ライフライン機能の停止、低下という機能支障が現れる。これは、自分のシステムの構造的被害だけでなく、システム間に相互連鎖性が存在するため他システムの構造的被害の影響が関係してくる。また、供給経路のネットワーク化やループ化（冗長システム化）による代替経路の確保などの機能低下の防止策を採っているシステムもある。このような点を考慮する機能支障の回復を機能的復旧と定義する。ここで取り上げるシステムはエネルギー系システム（電力、上水道）であるため、それらの需要家に対する供給量を機能評価する指標とした。ここでは、この定量的機能評価モデルの構造の概説と宮城県沖地震の事例データを用いたこのモデルの基礎的検討について述べる。

2. 定量的機能評価モデル

このモデルの基本構造は図-1に示すように構造的復旧サブモデルと機能的復旧サブモデルから成り、各サブモデルは評価地域ごとに存在する。例えば、仙台市の上水道システムの場合、6つの配水系統がある。これらの供給地域ごとに評価するとなると6つのサブモデルで構成されることになる。この機能評価モデルは各評価地域内の供給経路の連結性も考慮した機能評価を行うものである。以下にサブモデルの説明する。

a) 電力システムの構造的復旧サブモデル：配電用変電所から需要家までのある変電所により供給される地域を一つの評価対象の単位地域として、その地域内の配電関係電気工作物（支持物、電線、柱上変圧器等）の被害件数を取り上げている。復旧率の単位は（件/時）である。仙台市の場合、配電用変電所が20ヶ所あることから評価地域を20地域として20電力の構造的復旧サブモデルで構成している。

b) 上水道システムの構造的復旧サブモデル：浄水場、配水所から需要家までを含む一つの配水系統を評価対象地域として、その地域内の埋設配水管の被害件数をその単位とした。仙台市の場合、6配水系統あるため評価地域を6地域として、6つの上水道構造的復旧サブモデルで構成している。

c) 電力システムの機能的復旧サブモデル：発電所や1次変電所などの基幹施設に対するモデルと発電された電力を需要家に供給する施設に対するモデルで構成している。これは供給経路のネットワークの連鎖性を考慮するときにそのネットワークが幹線網と支線網にわけて取り扱うことができるので、モデル化が容易

になる。基幹系の機能は発電負荷量(EVG)で評価し、その単位はMW(メガワット)/時である。需要家系統は供給電力量(EVS)MW/時で機能の評価する。上水道システムの機能支障による影響を波及効果係数(WIC)で表し、ライフラインシステム間の相互連鎖性を考慮している。

d) 上水道システムの機能評価サブモデル：電力システムと同様に浄水場、配水場などの基幹施設と需要家施設に対するモデルで構成している。機能評価の単位は m^3 /時で貯水量(WRD1)と供給水量(WVS)で評価する。電力システムの機能支障の影響を波及係数(EIC)で考慮している。また、漏水の算定の問題では、配水管の被害件数と地盤種を説明変数とする漏水予測式を求め漏水算定式(WL)にこれを用いている。

定量的機能評価モデル(電力、上水道システムの相互連鎖性を考慮した)のフローダイアグラムとその定式を図-1に示す。モデルの式の点線内の部分が連鎖性を考慮した部分である。

3. 機能評価シミュレーション

宮城県沖地震データを用い仙台市を対象地域として機能評価モデルによるシミュレーションを行った。シミュレーションケースの設定項目には地震規模からくるシステムの被害率、復旧戦略、復旧作業能力、地震発生時間帯、季節などがある。これらの項目によるケース設定のシミュレーションによりこのモデルの感度分析を行った。このシミュレーション結果は講演当日報告する。

4. おわりに

この定量的機能評価モデルは、文献2), 3)で報告したモデルと比較すると各部にわたって改良を重ねてきている。このようなS.D.モデルはパラメータ依存型ではなく構造依存型であることから非常に柔軟であるため決定しにくいのが現状であるが本モデルの構造はほぼかたまった。現在、神奈川県下の事例都市に対する定量的機能評価モデルを用いた防災性の検討を行う予定である。(勸トヨタ財団の研究助成に対し感謝します。

- 参考文献1) 星谷・大野・山本：「あいまい理論によるライフライン機能の震災影響波及の構造化」土木学会論文集，第334号/I-1, 1984.4
2) 星谷・大野・山本：「ライフラインの相互連鎖性を考慮した地震時の機能評価モデル」第39回年次学術講演会，1984.10
3) 星谷・大野・丸山：「ライフラインの震災影響波及を考慮した定量的機能評価モデル」，第9回電算機シンポ，1984.10

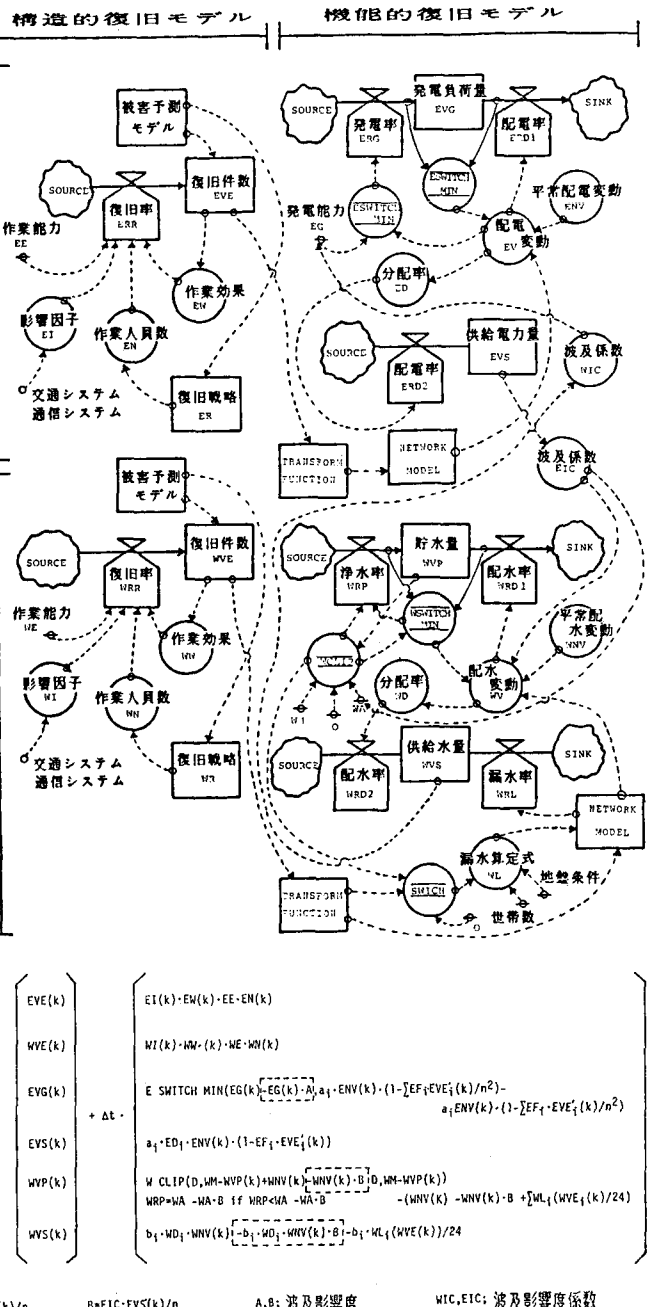


図-1 電力・上水道供給システムの相互連鎖性を考慮した機能評価モデル