

武蔵工業大学 工学部	正会員	星谷 勝
産業能率大学 総合研究所	正会員	大野 春雄
武蔵工業大学 工学部	学生員	○丸山 英樹

Ⅰ はじめに

電力、上下水道、都市ガス、通信、交通等の都市におけるライフラインは、巨大化しかつ複雑に関連を持ったシステムであり、都市の中核を担っている。ライフラインシステムに震災が生じた場合、ライフラインの機能低下は、都市全体の機能低下につながり、都市生活に大きな影響を与える。以上より、都市防災を論ずる際には、ライフラインシステムの耐震性、防災性、信頼性等の検討を行うことが重要となる。

又、各ライフラインシステムは、システム間において互いに関連を持った構成であるため、各ライフラインを単独としてとらえず、ライフラインシステム全体の相互関連性を考慮した検討が必要である。その検討については、構造的な復旧を確率モデルとして表わし、機能的な復旧をシステム・ダイナミックスの手法を用いて表わした他の一編で報告するとして、本編では、構造的な復旧もシステム・ダイナミックスの手法を用いて表わしたモデルを検討している。ここでは、第一段階として、電力システムを単独にとりだし、単純なSDモデルで表現し構造的復旧と機能的復旧との関連を検討した。ここで構造的復旧とは、施設の復旧を指すものである。又、構造的復旧と機能的復旧を区別したのは、電力供給において、発電所レベル 送電線レベル 配電線レベルという電力系統が構成されているため、施設の復旧は各レベルごとに単独で行うことができるが、その機能面においては、その連結性から、単独で復旧するのではなく、電力供給システムを考慮した評価が必要となるため、両者を区別した

Ⅱ モデル化

(1) モデル化に際して、復旧過程を構造と機能の両面からとらえることにした。そして、それぞれ発電所レベル (S_1, F_1)、送電線レベル (S_2, F_2)、配電線レベル (S_3, F_3)、を考慮して復旧率曲線を検討している。(a) 構造的復旧においては、各レベルは自システムだけで表現され、他のアロクからの情報(影響)は受けないとした。(b) 機能復旧においては、自システム間の影響は、電力供給の流れ (F_1, F_2, F_3) から、着目レベルより一つ前のレベルの影響を受け、着目レベルより後のレベルの影響は受けまいとした。後のレベルの影響を受ける場合として、実際には、発電所に被害が無い場合でも配電線等に被害がある場合、電気の過負荷を考慮し発電能力を低下させるわけであるが、これは発電所自身の機能低下ではなく、発電所の機能としては、100%の機能を有するわけで純粋な各レベルの機能評価を行うための条件である。(c) 復旧曲線は、平常時の状態を100%として、何%が無被害もしくは復旧により回復しているかで表わした。以上の条件に基づきモデル化を行った。

変数名の説明は、図-1を参照されたい。作業率は、 $WAR_1 = 0.001$ 件/時・人 $WAR_2 = 0.03$ 件/時・人 $WAR_3 = 1$ 件/時・人 とし、交通障害及び情報不足による作業率の低下は、交通システム・通信システムのモデルが存在しないため、外生的に時間関数として一律に、 $T = 0$ で 0 、 $T \geq 50$ で 1 の線形変化を有する係数で影響度を表わした。(FTC) 作業人員は、一律500人とした。(NW) しかし、復旧量のある程度増加すると、作業人員は減少する傾向が宮城県沖地震の際など過去の震災復旧記録にあるためその効果として、被害量に対する復旧率が60%を越えた時点から減少するものとし、60%で1 100%で0.6の直線変化をする係数で影響を一律に表わした。構造復旧率は、発電レベルとしてタービン・ボイラーの未被害件数/全タービン・ボイラーの個数 $\times 100$ 送電線レベルは、鉄塔の未被害件数/全鉄塔の個数 $\times 100$ 配電線

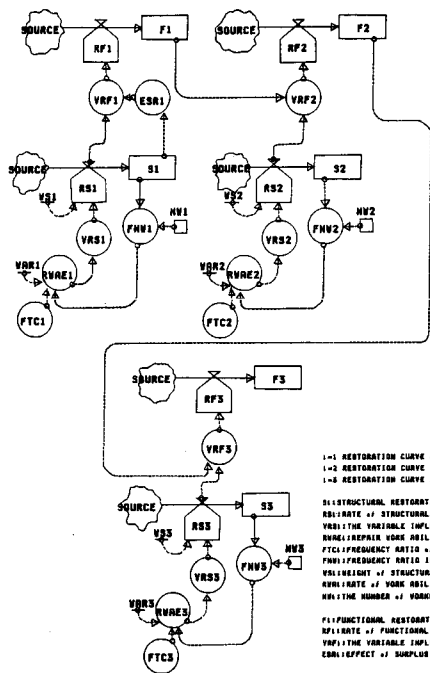


Fig 1

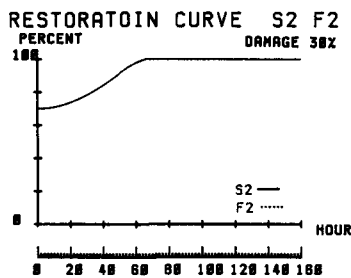


Fig 2

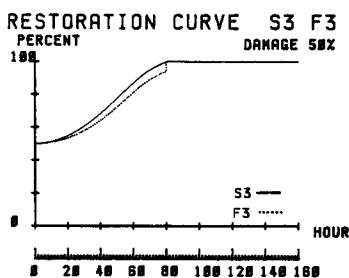


Fig 3

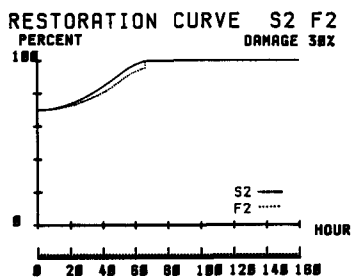


Fig 4

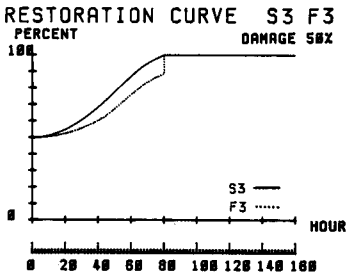


Fig 5

網レベルは、電柱の未被害件数/全電柱の個数 $\times 100$ とした。被害率(復旧時の初期値)は、構造と機能は共に同じ値とした。すなわち発電所レベルでは、0%と50%の2ケース、送電線網を30%、配電線網を50%とした。ここで、発電所レベルを2ケースとした理由は、機能的復旧の遅れの影響を見るためである。

3 結果

図の実線は、構造復旧率を表わし、破線は、機能復旧率を表わしている。又、図-2、図-3は発電所の被害が無い場合の、送電線網レベルと配電線網レベルであり、図-4、図-5は発電所の被害率が30%の場合の、送電線網レベルと配電線網レベルを表わしている。図から、構造復旧率より機能復旧率の遅れが認められる。図-2は、発電所の被害が無いために構造復旧率と機能復旧率が一致している。(モデル化における前提条件)。図-2及び図-4と図-3及び図-5の構造復旧率と機能復旧率との差の差は、発電所の機能復旧率の違いによるものである。又、図-3から図-5において、機能復旧率の急変が認め

られるが、これはそのレベルでの構造的復旧量が前のレベルの機能的復旧量の遅れにより、そのレベルの機能的復旧量が遅れ前のレベルの機能復旧率が平常状態に戻った時点で着目しているレベルの機能復旧率が100%に戻ることを意味している。以上から、目的とした構造的復旧のSDモデル化及び構造的復旧と機能的復旧の違いが表現できた。

4 おわりに

本モデルにおいて、作業人員に変化を与えることや W_{SC} に重みをつけることで復旧パターンを考えることができる。又、ネットワーク化は、各レベ

ルをノードと考えその数だけレベルを設けそれぞれが関連しているものとすれば表現できよう。

本結果及びモデルは、計算に用いた数値等、ある程度の理想化したものであり、実際のシステムへの適用性については、電力システムのネットワーク化、復旧時のアロケーション等、考慮していない面があるため、これから改良の余地が多く決定的なモデルではない。又、この種の研究の性質上着者の気付かない特性も種々あると思われるので御意見をお聞かせ願えれば幸いである。最後に、本研究に際してユタ財団(研究代表者 星谷 勝)より助成をいただいた。ここに記して感謝の意を表わす。

(1) 和泉他: 大規模な水供給システムの被害復旧シミュレーション 第6回日本地震工学会シンポジウム '82, 12
(2) 星谷他: ライフラインの相互連関性を考慮した地震時の機能評価モデル 第39回年度学術会議 84, 10