

I-657

ライフライン震災のシステム分析モデルに関する基礎的研究

島根県庁 水澄 正樹
宮崎大学 原田 隆典
宮崎大学院 大谷 圭介

1. まえがき 市民生活と密接に関連しているライフライン・システムの地震災害問題に関するこれまでの研究の多くは、(1)各システムの地震応答特性と復旧過程を予測・検討するための手法の開発および(2)主に過去の震災の調査から各システムの機能連関を実証的に分析するものの2つに大別できよう。しかし、これらの、研究成果を都市サービスシステムの総合的な防災対策に結び付けるためには、各システムの地震応答や復旧過程、それらの関連性を総合化できるようなシステム論的な方法論が必要不可欠であるように思われる。¹⁾

(1)このような方法論を構築するための試みの1つとして、システム・ダイナミックスによって、市民生活と密接に関連している電力、水道、都市ガス、電話、の4つの機能の復旧モデルの枠組みを定式化し、この定式化において、どのような要因がどのように復旧率に影響しているかについて検討したのでその概要を報告する。

2. システム・ダイナミックスによる復旧過程の定式化 システム・ダイナミックスによるこれまでの復旧過程に関する研究^{2),3)}を参照すると、ライフライン被害の復旧モデルはライフラインシステムを構成する各要素(パイプライン、構造物等)の被害に対する復旧モデル(要素復旧モデル)とシステムの機能被害に対する復旧モデル(機能復旧モデル)の2つから構成するのが適当と思われる。要素の復旧状態に対して機能の復旧状態がどのようになるかに関しては、各ライフラインシステムの特徴と想定被害レベルおよび目標とする機能が何かによって変わるが、ネットワーク解析や過去の被害経験が役立つ。いづれにしても、要素復旧と機能復旧が異なるのが一般的であるため、{機能回復待ち需要家数}という状態変数を導入する。また、本報告では、図1に示す4機能の被害は主に末端の要素に被害が集中する場合を想定した復旧過程をモデル化するものとして、被害1件当りの需要家数に修理件数を乗じて得られる単位時間当りの{修理戸数率}を導入している。したがって、時刻 $t + \Delta t$ における機能回復待ち需要家数は、

$$\{\text{機能回復待ち需要家数}\}_{t+\Delta t} = \{\text{機能回復待ち需要家数}\}_t + \Delta t \times \{\text{修理戸数率}\}_t \quad (1)$$

$$\{\text{修理戸数率}\}_t = \frac{\{\text{需要家数}\}_{t=0}}{\{\text{被害件数}\}_{t=0}} \times \{\text{修理件数}\}_t \quad (2)$$

単位時間当りの{修理率}を導入して、{修理件数}を算定するものとする。時刻 $t + \Delta t$ における被害件数は、

$$\{\text{被害件数}\}_{t+\Delta t} = \{\text{被害件数}\}_t - \Delta t \times \{\text{修理率}\}_t \quad (3)$$

$$\{\text{修理率}\}_t = \{\text{修理能率}\}_t \times \{\text{作業員数}\}_t \times \{\text{時刻指数}\}_t \quad (4)$$

ここに{修理能率}は、作業員1人(または1グループ)が単位時間にどのくらいの被害を修理することができるかを表現する係数である。

このような条件における4機能の復旧モデルのフロー・ダイアグラムを示すと図2,3,4,5ようになる。

本報告では、各機能の相互連関を無視しているが、システム・ダイナミックスはこのような相互連関を容易に定式化できるという特徴を持っている。

3. シミュレーション例 宮城県沖地震データを基に仙台市を対象として復旧モデルによるシミュレーションを行った。このシミュレーションは主に、どの様なパラメータが現実に評価可能で、どの様なパラメータが結果に強く影響するかを調べるために行った。このシミュレーション結果は講演当日報告する。

4. あとがき 本研究の目的は、システムダイナミックを用いた復旧モデルの枠組みを揭示することであり、ここに揭示したモデルは、理解しやすく明解なものであると思われる。シミュレーション結果を省略しているが復旧の立ち上がりに関しては、{修理能率}にかなり影響されているようである。この{修理能率}の変動をなるべく小さくし、作業が順調に進むようにするためには、被害の分布や程度の十分な把握が望まれる。また、{被害回復率}と{修理能率}の関係を表したテーブル関数によってその挙動は大きく左右された。この事は、地盤条件などを考慮にいれた被害予測などの事前計画の重要性を示さしているものと思われる。

参考文献

- 1) 土木学会関西支部 都市地震防災からみたライフライン系の相互連関と災害情報システムに関する調査研究発表会; 都市地震防災とライフライン 平成3年11月
- 2) 星谷・大野・丸山: システム・ダイナミックスによるライフラインの地震時定量的機能評価について、第40回土木学会学術講演会、1985,10,
- 3) 和泉・牧瀬: 都市生活機能被害の復旧過程の解析、大地震時における都市生活機能の被害予測とその保全システムに関する研究、文部省科研費自然災害特別研究(1) 502004,1981年3月

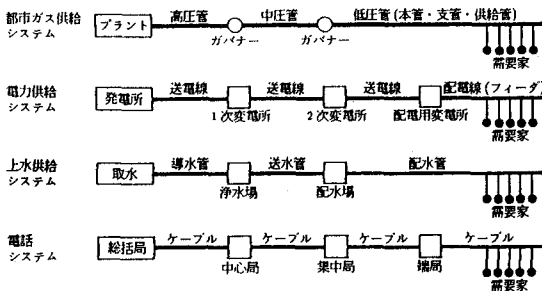


図 1 供給システム概念図

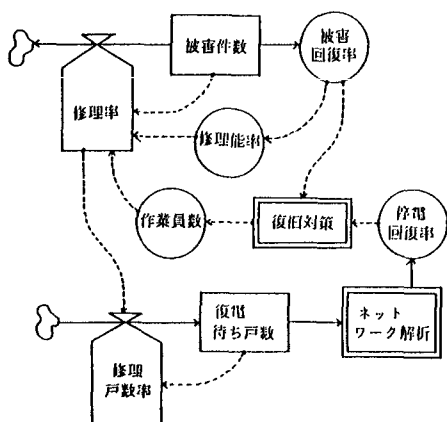


図 2 電力供給システムのフローダイアグラム

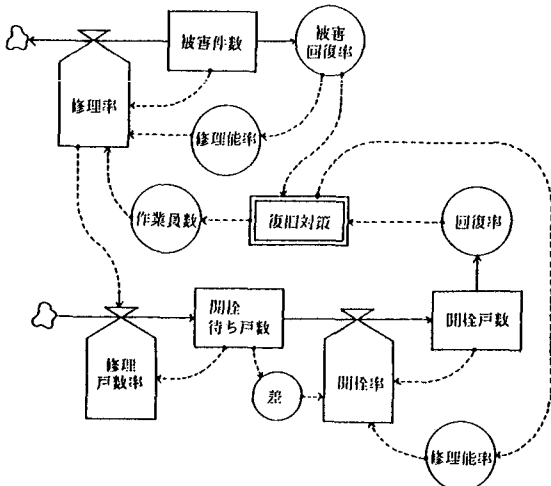


図 3 都市ガス供給システムのフローダイアグラム

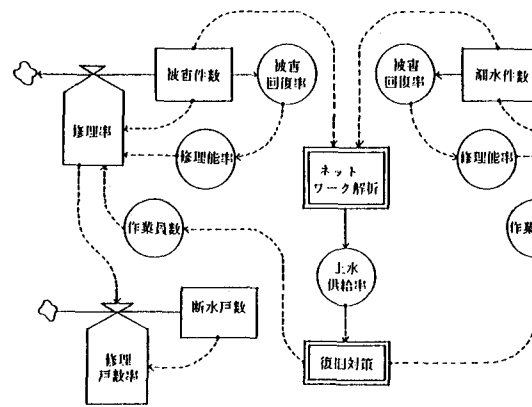


図 4 上水道供給システムのフローダイアグラム

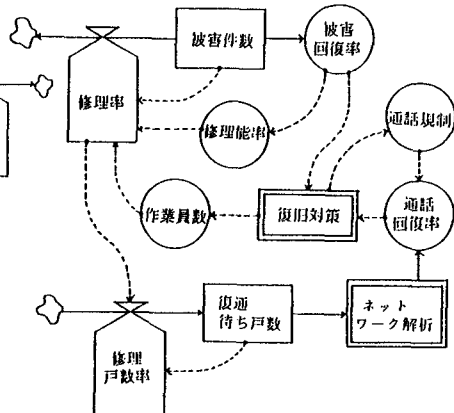


図 5 電話システムのフローダイアグラム