

I - 158

地震防災におけるライフラインの全体システムの評価方法について

攻玉社工科短期大学 正員 大野春雄

1. はじめに

都市は都市計画法の都市計画の基本理念でいう健康で文化的な都市生活及び機能的な都市活動を確保すべく成長してきている。日常生活では、交通混雑の問題、事故の問題、公害問題等の対策に追われ、成熟した都市となり、より便利で住みやすい都市機能を要求するという快適性の追求の段階にあるといえる。しかし、非日常的な現象である地震災害などでは、都市は安全でなければならないという都市の安全性の向上が第1目標となっている。都市防災の領域では快適性の向上を計るような余裕はなさそうである。

ここでは、都市防災領域のに一步近づけるために、ライフラインシステム全体（電力・上水道・都市ガス・道路等）を一つの巨大システムとしてとらえる方法について模索してみる。システム全体を対象とする場合、従来のネットワーク解析的な方法を積み上げてアプローチするには、システムが大規模でかつ複雑になりすぎ、問題解決に支障をきたす可能性もある。そこで、ライフラインのネットワーク状の構造物を平面的にみて、その構成の形状・形態に着目することを考えた。ライフラインネットワークを幾何学的にとらえるフラクタル次元を利用し、ライフラインの全システムを一元的にとらえ、総合化問題の解決のための一方法を検討してみる。

2. ライフラインの全体システムの一元化

ここでは、システム全体をマクロにとらえ一元的に扱える方法を検討する。前回、都市域に配置されるライフラインシステムとして、電力システム、通信システム、複数システムを含む共同溝、下水道システムおよび上水道システムを対象として、簡単な試算をしてみた。各システムのネットワークの形状のフラクタル次元と、全てのシステムを一元的に扱うために、個々のシステムのネットワークを重ね合わせた図形を作成しフラクタル次元を求め、ライフラインシステム全体のネットワークの形状を評価する一指標となりうるかの検討を行い、指標をどのように意味付けをして用いるかの課題を示した。また、システム全体を一元化する方法として各システムのネットワークを重ね合わせてみるという単純な方法を用いたが、複数のシステムのネットワークの一部が重なった場合と一つのネットワークの一部の場合とが同一として扱ってしまう問題がある。また、都市機能としてのライフラインはシステム間の相互関係・相互依存性からシステムすべてを同じ重みで評価することも問題である。

3. 階層構造をもつライフラインネットワークの一元化

前述の問題について、ここでは、一つのシステムのネットワークに着目して解決方法を考えてみた。上水道システムを例に挙げてみる。上水道管網をモデル化する場合、管径や管種の違う管路を同一としてみてもまったり、送水管や配水管などの役目の違う管路も同一とみなしている。このようなネットワークの取扱い方の問題も考慮しなくてはならない。

以上のような問題を明確にするために、図1に神奈川県企業庁水道局の鎌倉営業所および茅ヶ崎営業所管内の管網図をもとに、供給機能の重要度から3階層にネットワークを分類してみた。第1階層には主要送配水管で災害時の復旧を優先する管網、第2階層には関係 $\phi 300\text{mm}$ 以上の主要配水管、最下層（第3層）には $\phi 100\text{mm}$ 以上の配水管の管網を示した。これらの管網をみると各階層の管網にはプライオリティが存在する。最下層の配水管網における管網の被害は供給エリア的には支障範囲は広い範囲に及ぶことはないが最上層の主要送配水管網での被害による供給支障の範囲は供給エリア全体に影響することが考えられる。したがって、各階層のネットワークを同一にみてしまうことにも問題がある。

このことから一つライフラインを見てもネットワークの形状を同一平面上で評価するは少し大胆であるといえる。そこで、この問題解決の方法として、2つとらえ方を示す。1つは、各階層のネットワークに重み

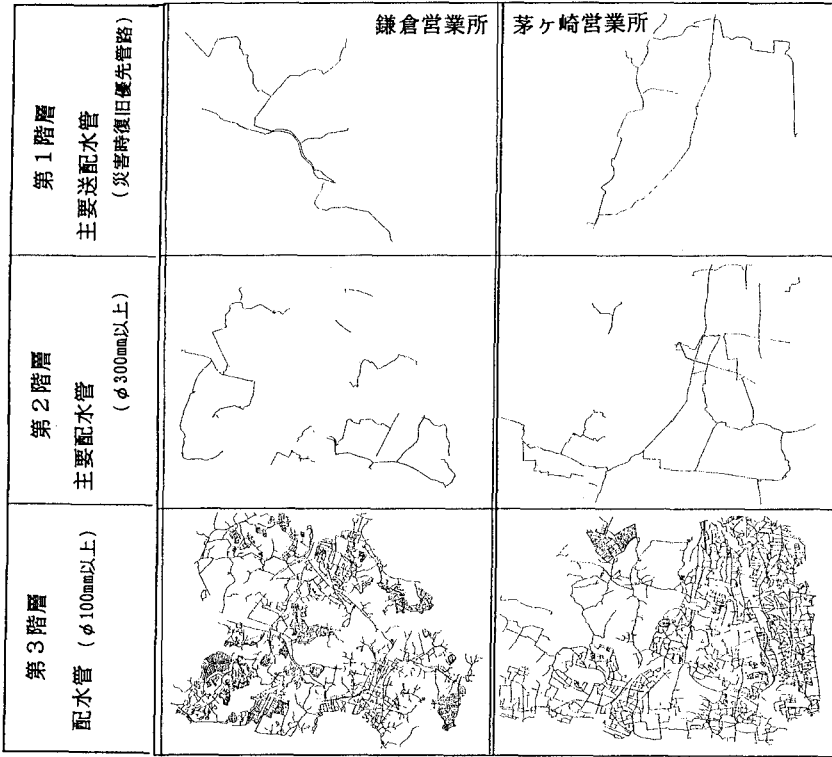


図1 上水道管網の階層化したネットワーク・神奈川県企業庁水道局管内（鎌倉営業所，茅ヶ崎営業所）

付けをして総合化する方法で，例えば線形の加法モデルのようなモデルを考えれば，目的変数にそのライフラインの総合評価指標とり，説明変数側に各階層のネットワークのフラクタル次元をとり各階層のネットワークに重み評価を付けて総合化する方法。2つ目の方法は，階層化したネットワークからも分かるように第1階層のネットワークはシンプルでモデル化も簡単にできそうであり，ネットワークの一般的な構造計測値で評価することもできる。このことから第1層あるいは第2層までのネットワークについてはフラクタル次元で評価はしないで，従来からのネットワークの構造計測値で評価し，これとフラクタル次元による最下層の評価とをミックスする方法により総合化する方法が考えられる。

4. おわりに

過去に，ライフラインネットワークの基礎的なフラクタル解析から，ネットワークの形状のフラクタル次元はネットワークの一般的な構造計測値の性質をまとめた総合的な指標としての意味合いが強いことを示した。ここでは，ライフラインネットワークに対するフラクタル次元の適用方法を検討するために，素朴な見方として，都市域に対してネットワークが密度高く配置されていれば，システムの供給信頼性がより高くなるのではないかとすることを前提とした。

ここでは，ライフラインである上水道・電力等の供給網や道路網等のネットワーク構造物を平面的にとらえ，その構成の形状・形態に着目し，ライフラインシステムシステム全体を一元化する方法を模索している。すべてのライフラインネットワークを全システムを対象としたり，また，各システムの各階層に着目したりして，対象地域にオーバーレイさせた図形のフラクタル次元により，ライフライン全体システムの供給信頼性に関する総合指標を得ようと試みている。これは非常に大胆であるがそのとらえ方のレベルによっては有効な指標になるのではないかと。都市防災的なライフラインの安全指標を得るためのアプローチ方法としては，まだ基礎的段階であるが可能性を持っているといえる。