

I-658

都市防災領域におけるライフラインのフラクタルの適用可能性

攻玉社工科短期大学 正員 大野 春雄

1. はじめに

ライフライン機能のもつ都市機能は、都市の安全性や快適性のレベルのコントロールファクターとなる。この機能の維持は、安全な都市を築き上げていくための都市防災領域では非常に重要な要素である。この都市防災領域でのライフライン地震防災の研究は、都市全体に着目し都市機能の総合的な計画指針が得られるようなマクロ領域の研究が必要である。ライフライン全体の供給機能が都市機能であることから、システム全体を一つの巨大システムとしてとらえていく必要がある。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。

ここでは、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にした。都市域に対してライフラインネットワークが密に配置されていれば、都市機能を維持するための信頼性は高くなることは想定される。ライフラインネットワークの供給対象地域に対する配置密度を都市機能を評価する指標にならないだろうか。

以上の問題提起から、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てみることにする。また、ライフラインの全システムを一元的にとらえるためには、個々のネットワークを対象地域にオーバーレイさせ、全システムのネットワークを重ね合わせた図形を用いる。この図形のフラクタル次元の利用することについても検討し、ライフラインネットワークのフラクタルの適用可能性を示す。

最終的には、ネットワークのフラクタル次元をもとにライフラインを都市規模と都市施設整備の側面からアプローチして、都市のスプロール化とライフライン機能のバランス等へ発展させ、都市防災的なライフラインの安全指標を得ることを目的としていきたい。

2. ライフラインネットワークに対するフラクタルの適応

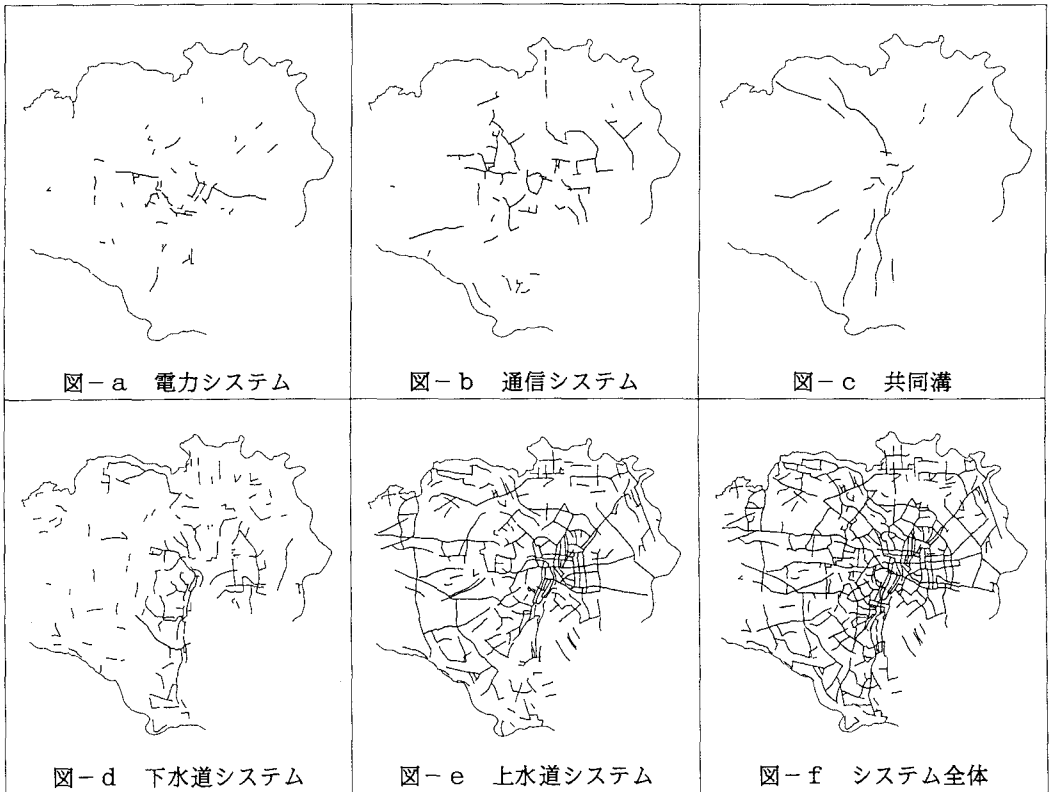
フラクタル図形の性質を表す指標としては、非整数値の次元をとるフラクタル次元が用いられている。工学におけるフラクタルの適用例をみるとフラクタル次元と対象領域の要因との関係を調べている例が非常に多い。そもそもフラクタル理論展開の始まりは、このフラクタル次元を用いて図形を分類することにあつたそうである。また、自然界の対象では、樹木の平均的なフラクタル次元は1.5程度で、川の本流の蛇行形状は1.2程度になる。このフラクタル次元は図形の複雑さを定量化するものと考えられ、次元の高い方がより複雑である。一般にフラクタル次元とは、いろいろな次元の定義による非整数値をとりうる次元の総称になっている。

ライフラインネットワークは、電力、ガス、上水道などのシステムの違いや大都市、中都市、小都市などの供給地域の違いにより、いろいろなネットワークを形成している。たとえば、上水道システムの管網に着目してみると、地域の都市化の度合いに応じて放射状からループ状へと変化させ管長を増し、その密度も高くなり複雑になっている。このようなネットワークのフラクタル性(自己相似性)の確認の問題は非常に重要である。厳密にとらえれば、これらのネットワーク図形は自己相似性を持つとはいえないであろう。しかし、フラクタル解析の対象は柔軟に対応している。これは文献1)に示されている非自己相似性指標の導入である。すなわち自己相似でない領域をみながら解析の適応範囲を吟味していく方法である。このような対処をすることにより対象ネットワーク図形のフラクタル次元意味を持つことになる。

3. 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。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る。東京都区部における幹線道路下に敷設されている各システムの状況（昭和55年）を調べ、得られたネットワーク図形を作成し、それぞれのフラクタル次元を算定した。図-aは電力システムの敷設状況でフラクタル次元 $F=1.28$ である。図-bは通信システムの敷設状況で旧電電公社の施設を対象とし、 $F=1.33$ である。図-cは共同溝の敷設状況で $F=1.30$ である。共同溝はライフラインの耐震性向上に貢献する施設であるため、この施設の敷設状況の推移も興味を引く。図-dは下水道システムの敷設状況で $F=1.39$ である。密度は低いが都区部全体を被うような形状をしている。図-eは上水道システムの敷設状況で $F=1.63$ である。複雑なネットワーク形状をなしている。ここで対象とした全てのシステムを一元的に扱うために、図-fに示すような個々のネットワーク図形を重ね合わせた図形を作成し、フラクタル次元を求める。この結果 $F=1.71$ となった。この次元の値は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そうである。



4. システム全体のフラクタル次元

ここでは、ライフラインシステム全体のフラクタル次元を都市機能の総合的な計画指標に結びつけるための今後の解析方針を示すことにする。都市機能を評価するためには、供給側と需要側のバランスが大きな要素となる。供給側の指標を都市施設整備状況として、具体的にはライフラインシステム全体のフラクタル次元を用い、需要側の指標には都市の規模を示す人口分布として、具体的には人口分布図（地図上に人口分布を点で示す）のフラクタル次元を用いることにする。これらの2つの指標についての年別の時系列データを整理し、人口分布に着目した都市の成長とライフラインの整備状況との比較から、都市機能の総合指標を目的変数にとり、システム全体のフラクタル次元と人口分布のフラクタル次元を説明変数としたモデルを作成していく。

【参考文献】1) 水野, 掛井: 都市街路形態のフラクタル解析, 日本建築学会論文報告集, N0414, 1990