

IV-61

災害が道路ネットワークに及ぼした影響とその評価

東北工業大学 正員 村井貞規
 日本大学 正員 堀井雅史

1. はじめに

我々の日々の暮らしや活動は、エネルギーや交通、上下水道などの形成する、ライフラインと呼ばれる多くのネットワークの存在によって維持されているといっても過言ではなからう。一方、我が国は相対的にいろいろな自然災害を受けやすい地理的環境にある。この自然災害からライフラインを守るために、多額の社会資本が投入されているが、その許容範囲を超える災害が時として発生していることも事実である。また場合によっては人間の作り出したこうした社会環境自体が被害を大きくしているということもできよう。

このような自然災害によるネットワークの被害は、通常、地図上の点、あるいは区間として表わされることが多いが、肝心のネットワーク機能としてはそのままでは評価するのは困難である。すなわちこうしたライフラインの評価は、局所的な取扱だけではなく、全体的なネットワークとして評価する必要がある。また被害の程度も、影響を受けた場所全体の数として表わされる場合が多い。しかし、自然災害の様相は多様で、時々刻々変化しているのがその特徴であり、それを具体的に表現し、その被害の様子を数値的に捉えることが必要であるといえよう。また、いろいろなタイプの災害を比較するためにも共通の評価指標を確立することが重要である。

本研究は、日常の生活において最も基本的で重要なものの一つである道路ネットワークに対する災害の影響の程度を、グラフ理論の諸指標を用いて被災から復旧にいたる過程を具体的な数値により評価しようとするものである。ここでは仙台都市圏を中心として宮城県に大きな被害を与えた1994年9月の豪雨災害を取り上げ分析した結果を示す。

2. 被害評価のためのグラフ指標

最初にネットワークの機能評価に用いるグラフ指標について述べることにする。道路ネットワークのグラフは単路部は線、交差点は点で表わされ、複数の点を線で連結することにより表現される。連結した点と線は一つのコンポーネントを構成する。最も基本的な図形を木（ツリー）というが、この図形はある点から他のすべての点に、中間の線を通していくことが可能である。しかし、もしこの線のどこかが切断されるとグラフは2つに分断され、ネットワークでいえばその切断された箇所での通行止めが生じる。この切断を生じる形態にもいくつかのタイプがある。図-1は一つのツリー構造が分断された例を示したものである。図-1（b）は1箇所の切断があるもので、2つの部分グラフに分離している。この場合コンポーネント数は2となる。図-1（c）は二つの切断を生じているもので、コンポーネント数は3となり、中央のコンポーネントにはどちらの側からもアクセスできない。またこの中から出ることができない孤立したコンポーネントとなる。ここではこれを「孤立コンポーネント」と呼ぶことにする。

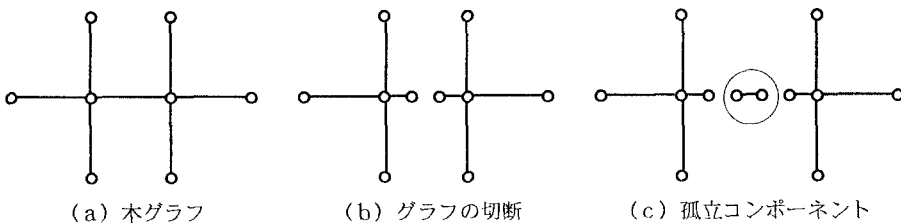


図-1 グラフと切断

本研究では、原則的には切断箇所を生じた線はグラフから取り除くのではなく、図-1 (b) のように新たな点を2個加えて切断箇所が分かるように表示している。これにより切断を生じると、一本の線が二本の線と二つの点になるが、後述の γ 示数はより小さな値をとることになり、影響を判定する上においてはより明確に表現することが出来るとともに、切断を生じた状況（孤立コンポーネント）についても図の上から判断することが出来るという利点がある。

次に回路（ループ）について考える。この場合、この回路の中で一箇所切断が生じてても反対側を迂回することによって、2点は連続しており、グラフが分断されることはない。このように回路はネットワークの強さに関係すると考えられ、回路の数が多いほど全体としての強さが増すことになる。この回路の数（回路階数） μ は、線の数 m 、点の数 n 、コンポーネントの数を p とすると $\mu = m - n + p$ で表わされる。これはグラフの個々の線の強さを直接示すものではないが、グラフの中に存在する回路の数を示しており、ネットワーク全体としての強さに関係する指標となる。ネットワークにおけるグラフの点と線との関係を評価するための比率的な指標の一つとして γ 示数がある。 γ 示数は $\gamma = m / \{ n(n-1) / 2 \}$ と表わされ、線の数と完全連結グラフとの比率を表わしている。本研究では回路階数と γ 示数、そして前述の（孤立）コンポーネント数を用いて、災害による影響を評価することにする。

3. 豪雨災害が道路ネットワークへ及ぼした影響の評価

1994年9月22日、23日の集中豪雨が、宮城県の道路ネットワークに与えた被害をグラフ指標を使い整理、評価する。対象とした道路ネットワークは国道+主要地方道+県道である。図-2は仙南地域のネットワークのコンポーネント数、孤立コンポーネント数、図-3は回路階数、図-4は γ 示数値の変化を示したものである。こうした変化から、降雨によって徐々に被害が広がり、また徐々に回復していった状況が明確に示されていることがわかる。対象とした道路ではコンポーネント数では22日18時から既に被害があったことがわかる。また回路階数は23日午前2時に特に値が低くなり、ほぼ10個の回路が失われた。 γ 示数は最も値が小さかったのは23日8時だが、他の値に比べると、その変動はかなり緩やかな変化を示した。この豪雨災害は、冠水に始まり、法面崩壊や路肩の崩壊という復旧に時間がかかる災害に移行していったが、この様子はこれらのグラフ指標の変化からも窺える。

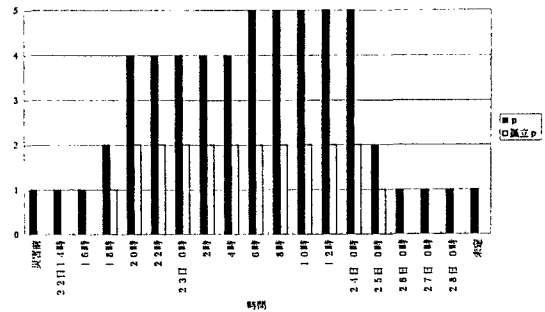


図-2 コンポーネント数の経時変化

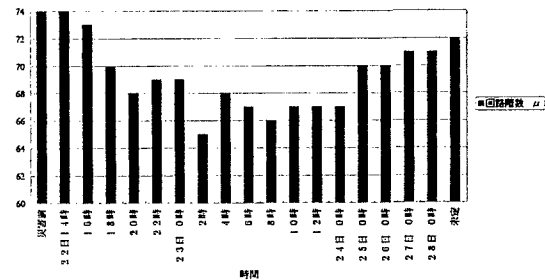


図-3 回路階数の経時変化

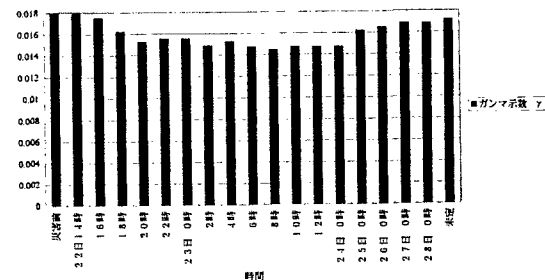


図-4 γ 示数の経時変化