

IV-60

新潟中越地震が道路ネットワークに及ぼした影響と評価

東北工業大学大学院 学生会員 ○石岡 壮一
 東北工業大学 正会員 村井 貞規
 東北工業大学大学院 学生会員 佐藤 正芳

1. 背景と目的

近年、新潟県中越地震やスマトラ島沖地震・津波、ハリケーン・カトリーナ、パキスタンでの地震などの、災害史上稀に見る大規模な自然災害が世界各国で発生している。記憶に新しいこのような災害は、様々なネットワークに壊滅的な被害をもたらしたと考えられるが、特に道路ネットワークに対する影響は大きかったと言え、これを明らかにすることは重要と思われる。

本研究は平成16年10月23日に発生した、新潟県中越地震による道路ネットワークへの影響を分析しようとするものであり、本震の震源地である川口町を中心に、道路被害の大きかった地域に範囲を定め、道路管理者に対してアンケート調査を行った。それを元に、被災地の道路が如何なる原因で寸断されてしまったのかを整理し、また、それが被災地の道路ネットワークにどのような影響を与え、回復していくのかをグラフ理論を用いて分析し、評価を行った。

2. 地震災害が道路網に及ぼす影響

(1) 新潟県中越地震の概要

2004年10月23日17時56分頃、東経138°52.0′、北緯37°17.5′、深さ13kmの地点を震源とし、新潟県中越地方を中心に北陸から東北、関東にかけて広い範囲でM6.8の地震が発生した。発生から7日後の30日、同県川口町で震度7の揺れを観測していたことがわかった。震度計の観測

が始まって以来、震度7を観測したのは初めてのことで、気象庁はこの地震を「04年新潟中越地震」と命名した。

40年前（1964年）に新潟市に壊滅的な被害をもたらした「新潟地震（M7.5）」は、新潟県北部の日本海栗島沖を震源とする「海溝型」地震だった。これに対し「新潟中越地震」は、本震・余震ともに深さ5km～20kmの浅い地点で地層がずれて発生したもので、10年前の阪神・淡路大震災と同様の「直下型」の大地震となった。本震直後から断続的に発生した余震は、12月28日までに延べ877回（震度1以上）を数え、本震発生より4日を経た10月27日にも震度6強（M6.1）の余震が発生している。今回の地震は震度5以上の余震が長期間に、しかも断続的に発生していることが、大きな特徴といえるだろう（図-1；気象庁資料）。

(2) グラフ理論

グラフ理論とは、グラフを構成する頂点と辺の構造を探るもので、頂点間の結びつき方に着目し、その構造を明らかにする特徴がある。道路網の場合、道路を辺、交差点を頂点として現実の道路ネットワークを単純化しグラフを表現する。本研究ではこのグラフ構造の特徴を把握するために、回路階数（ μ ）、アルファ示数（ α ）、ガンマ示数（ γ ）の3つの指標を用いることとする。これらは、辺数を m 、頂点数を n 、コンポーネント数を p で表すと、右の様な数式で定義される。

$$\mu = m - n + p$$

$$\alpha = (m - n + p) / \{n(n-1)/2 - (n-1)\}$$

$$\gamma = m / \{n(n-1)/2\}$$

(3) 新潟県中越地震についての分析

分析に使用した、単純化した道路ネットワーク図の1部（長岡市）を、例として図-2に示した。これは、平成17年9月現在のもので、被災前の状態の国道、主要地方道、県道を単純化したものである。ここでは、アンケー

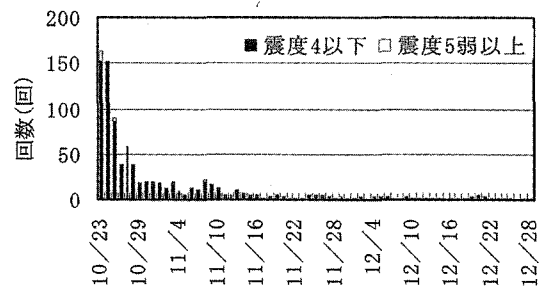


図-1 有感地震発生回数

ト調査から最も被害が多発した小千谷市、十日町市、長岡市と、震源地の川口町を通る国道、主要地方道、県道を取り上げることとする。また、分析結果を震災前、震災直後、半年後に分けて示した。

回路階数はネットワーク内に存在するサイクルの数であり、これが大きいほど結合性が強くなり、道路ネットワークとしての性能が高いこととなる。図-3より、この4市町の中で結合性が最も強いのは十日町市であることがわかる。また、震災直後は結合性が著しく弱まっている。これは、地震によって道路が分断され、サイクルがほぼ存在しないことを意味し、川口町に関しては、全く存在していない。また、震源地である川口町はサイクル数の最大数が相対的に少ないことも見てとれる。

アルファ示数は、ある地域で想定される完全連結グラフに対して、その地域の実際のネットワークの規模はどの程度かを示す。また、 α 示数のとる値は0から1までであり、1に近いほど完全連結グラフに近いということになる。図-4では、十日町市の値が最も大きく、結合性が強いことがわかる。また、この中では最も規模が大きい都市と思われる長岡市は、結合性が弱いことになるが、これは規模が大きい故、辺数と頂点数が群を抜いて多いということの表れである。辺数と頂点数が多ければ、全ての辺と頂点を結ぶのは自ずと困難になるからである。川口町の値が0になったのは、アルファ示数の木グラフと非連結グラフの識別が困難であるという欠点が露呈したものである。

ガンマ示数は、実際に見られるグラフ辺数の、完全連結グラフに対する比率であり、また、アルファ示数の欠点を補うものである。図-5の震災前では、川口町が最も大きい値をとった。これは、実際の川口町の辺数の場合、完全連結グラフにするための辺数が最も少ないことを意味する。つまり、規模を考慮したとき、完全連結グラフに最も近いグラフということになる。逆に、長岡市は最も遠いことになる。4市町とも、震災前後で断片化されたネットワークは、一様な値の低下を示し、完全連結グラフから遠ざかっているのがわかる。

3. まとめ

地震災害の多くは、道路ネットワークを断片化させ、長期的に麻痺させる等、甚大な影響を与えることが過去の経験からもわかっている。しかし今回の場合、震災直後より半年後には、全ての値が震災前と同等かそれに近い値まで回復している。これは、行政の対応の速さと復旧の速さ、何より約10年前の阪神大震災の経験が生きていることによるものと思われる。また、調査範囲内で、おそらく最も大きい都市であり、道路ネットワークが発達しているもおかしくないとと思われる長岡市は、グラフ理論の各示数全ての値において道路ネットワークの結合性は強いとはいえない結果となった。このことより、震災とはまた別の要因が道路ネットワークの結合性に影響を与えていると考えられる。

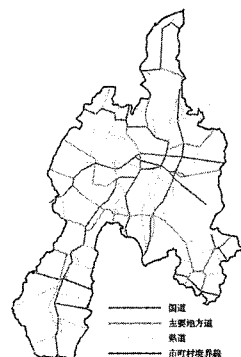


図-2 単純化した道路ネットワーク図

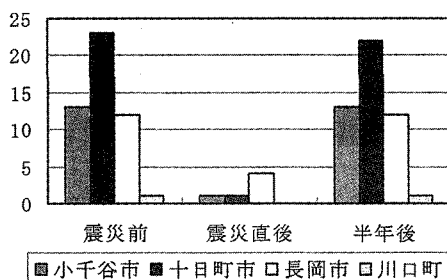


図-3 回路階数

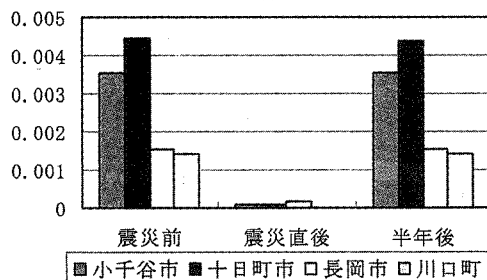


図-4 アルファ示数

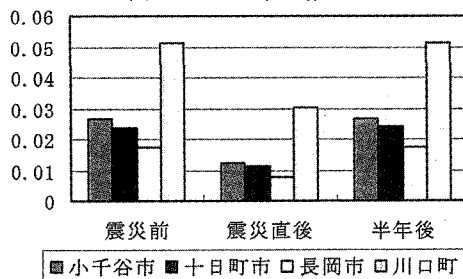


図-5 ガンマ示数