

東北地方太平洋沖地震が岩手・宮城の市町村道路網へ及ぼした影響

1014107 太田 遼介

1014121 高橋 貴也

(1) 本研究の背景と目的

我々の生活の身の周りには、道路網、鉄道網、通信網、ガス・水道のパイプラインなどのネットワークが網の目状に張り巡らされている。これらネットワークは現代社会の社会基盤として機能し、政治・経済・文化等の発達において重要な役割を果たしている。その中で最も歴史が古く人類が初めて造ったネットワークは道路網であろう。今や世界中に広がり、地上に血管の様に張り巡らされているため、ネットワークの規模は他のものと比べて格段に大きい。それら道路交通に最も影響を及ぼすものは自然災害であろう。我国は4つのプレートの上に位置しているため、過去にも大きな地震災害に見舞われた地震大国である。道路建設や道路維持において、これらの自然災害を考慮した計画が必要とされる。

東北・関東地方は、2011年(平成23年)3月11日に東北地方太平洋沖地震とそれにより発生した津波により大きな被害を受けた。この規模の地震災害は約1000年に1度とも言われ、マグニチュードは我国観測史上最大の9.0となった。本研究はこの東北地方太平洋沖地震による災害を分析することで、今後への教訓となるように道路被害とその復旧の記録を残すことを目的に行ったものである。具体的には国土交通省による高速道路・国道・主要地方道・一般県道のデータを用い東北地方太平洋沖地震が道路ネットワークへ及ぼした影響を分析し、さらにグラフ理論を用い東北地方太平洋沖地震が各市町へ及ぼした影響を数値的に分析した。

(2) 東北地方太平洋沖地震の概要

この地震は、2011年(平成23年)3月11日牡鹿半島の東南東約130キロ付近の太平洋の海底、深さ約24kmを震源として発生した。太平洋プレートと北アメリカプレートの境界域における海溝型地震で、震源域は岩手県沖から茨城県沖にかけての長さ約

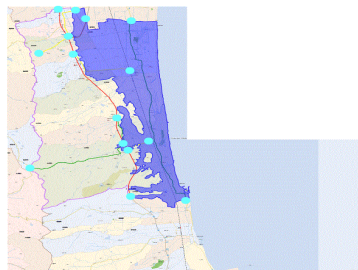


図-1 山元町

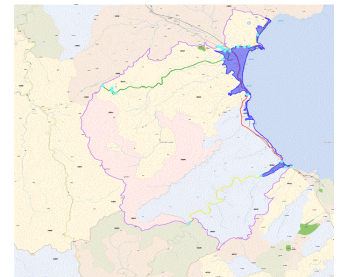


図-2 野田村

500km、幅約200km、およそ10万平方キロの広範囲にわたり、日本観測史上最大であるとともに地震に伴い大規模な津波が発生した。最大で海岸から6km内陸まで浸水、岩手県三陸南部、宮城県福島県浜通り北部では津波の高さが8m-9mに達し、明治三陸地震の津波を上回る最大潮上高40.1mを記録するなど、震源域に近い東北地方の太平洋岸では、高い津波が甚大な被害をもたらした。(図-1、2) 津波は関東地方の太平洋岸でも被害をもたらしたほか、環太平洋地域を中心に世界の海岸に達した。また、宮城県北部で最大震度7、岩手県から千葉県にかけて震度6弱以上を観測するなど広範囲で強い揺れとなった。(図-3)

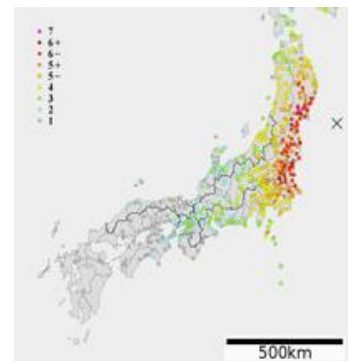


図-3 各地の震度

キーワード：東北地方太平洋沖地震、ネットワーク、グラフ理論

NO. 1-16(村井研究室)

(3) 東北地方太平洋沖地震が道路ネットワークへ及ぼした影響

図-4、5 は、岩手・宮城を両県の全面通行止め箇所数の推移を示したものである。

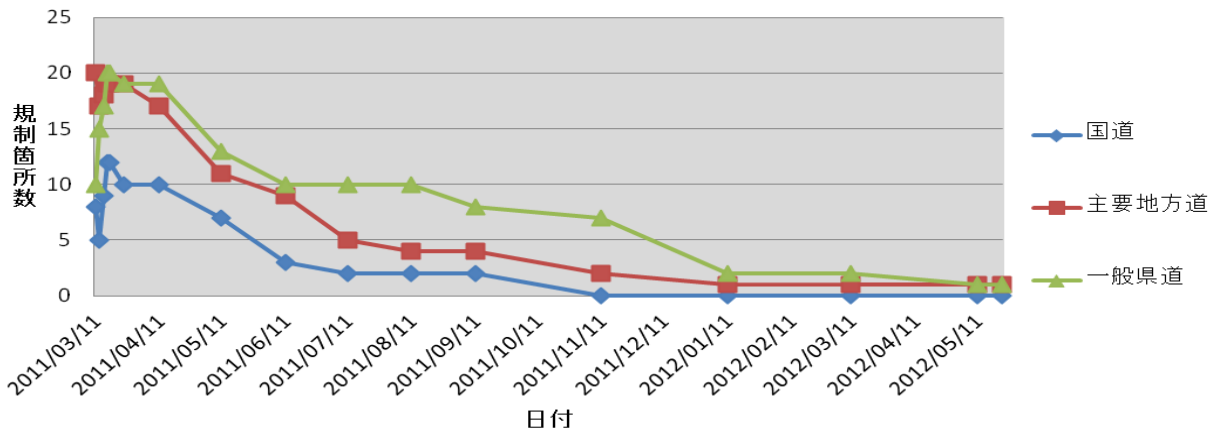


図-4 宮城県全面通行止めに対する復旧状況

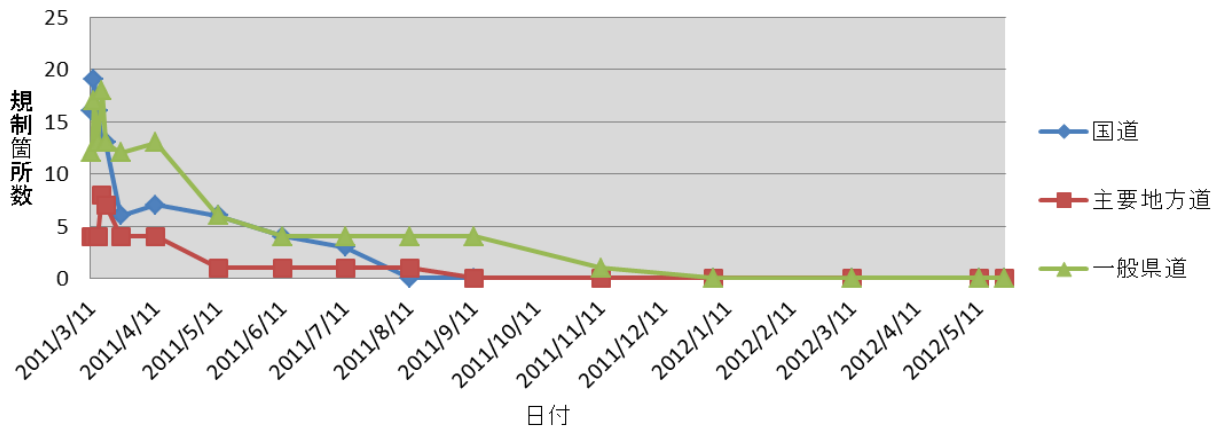


図-5 岩手県全面通行止めに対する復旧状況

宮城県の全面通行止めの復旧状況は、すべてが減少に転じるまで1カ月、ほとんどが終息するまでに約一年を要していることが分かる（図-4）。岩手県の国道の規制箇所数のピークは3/12であり、主要地方道は3/18、県道は3/16である（図-5）。道路別で復旧状況をみると、主要地方道が1番早く、次に国道そして県道の順である。件数が一番多い県道が復旧に時間がかかるのは分かるが、件数が一番少ない主要地方道が2番目に復旧に時間がかかっている。両県ともこのように時間がかかった要因としては、被害が大規模であり状況把握に時間を費やしたことや、資材・人手が不足していたことなどが考えられる。また1000年に1度とも言われるこの震災からの復旧ということで復旧の方向性を決めるのに時間を要したことも要因であろう。

(4) グラフ理論

ネットワークの辺数(m)、頂点数(n)、コンポーネント数(p)の3要素から各パラメータを求めた。

(4-1) 回路階数(μ)

回路階数(μ)はグラフ内におけるサイクル数を示す極めて基本的な数である。

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

(4-2) アルファ示数(α)

アルファ示数(α)は1つのグラフにみられる実際のサイクルの最大数に対する、そのグラフについて想定

される完全連結グラフのサイクルの最大数との比率を表したものである。

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

(4-3) ガンマ示数(γ)

ガンマ示数(γ)は木グラフや非連結グラフの識別が困難であるというアルファ示数の欠点を補うものである。実際のグラフが完全連結グラフであれば、示数値は1となり、そうでない時はかならず1未満となる。

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

(4-4) コンポーネント数・孤立コンポーネント数

点や辺といった要素から構成させる塊をコンポーネントという。ここここでは、ある道路が被災によって道路ネットワークから切り離され、その内側から移動出来ない場合を孤立コンポーネントとする。

(5) 東北地方太平洋沖地震が各市町へ及ぼした影響

本研究では道路の階層[ネットワーク・レベル(Network Level)以下NL]を「NL-1:国道」・「NL-2:国道+高速道路」・「NL-3:国道+高速道路+主要地方道」・「NL-4:国道+高速道路+主要地方道+一般県道」の4段階で分析した。ここでは、宮城県の山元町、岩手県の田野畑村についての分析結果を示す。

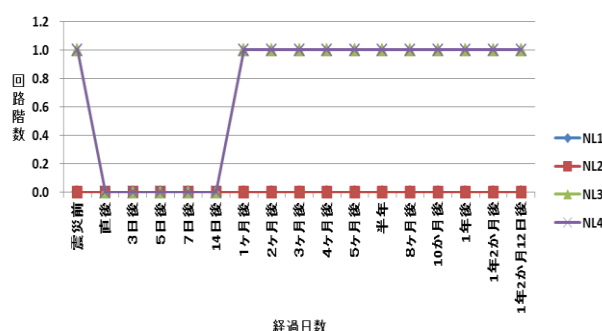


図-6 山元町 回路階数

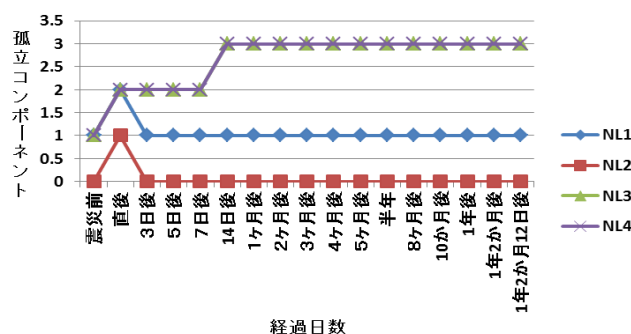


図-7 山元町 孤立コンポーネント数

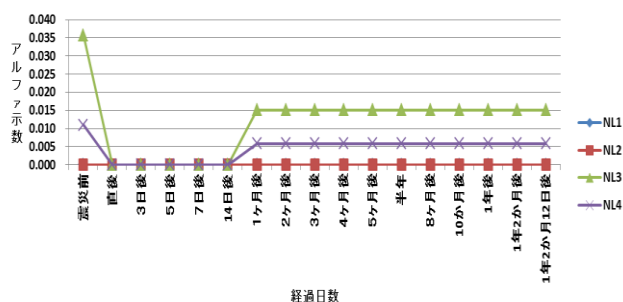


図-8 山元町 アルファ示数

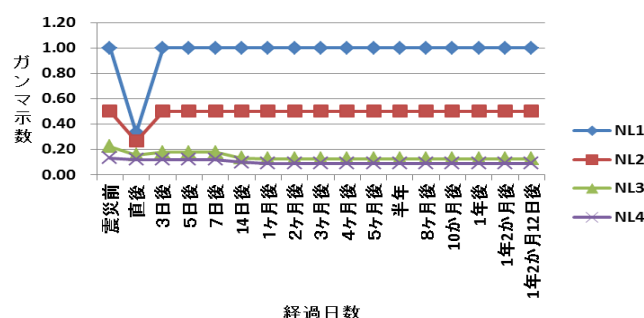


図-9 山元町 ガンマ示数

山元町の回路階数は震災直後減少14日回復した。アルファ示数、ガンマ示数は震災後NL-3, 4が減少し主要地方道、県道に被害があったと考えられ復旧までかなりの時間を要した。孤立コンポーネント数は震災直後NL-1, 2, 3, 4全て上昇しNL-3, 4は14日後以降も上昇した。これは震災直後の津波により被害を受けて、さらに主要地方道、県道が地震により直接被害があったためまた上昇したと考えられる。

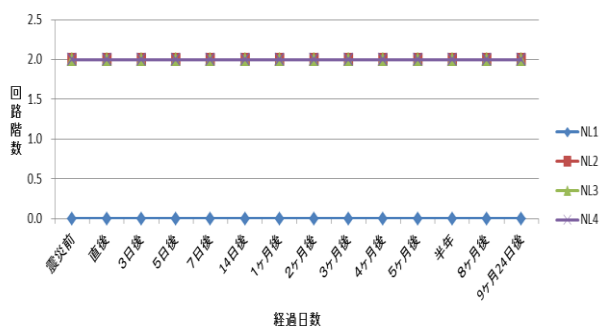


図-10 田野畑村 回路階数

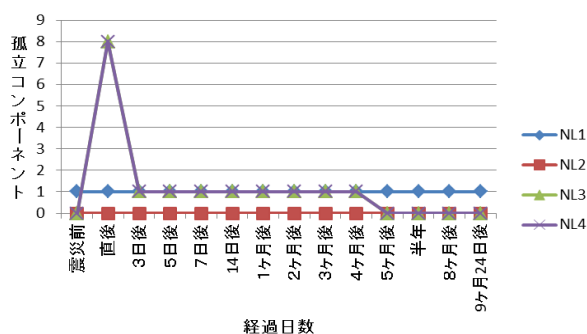


図-11 田野畑村 孤立コンポーネント数

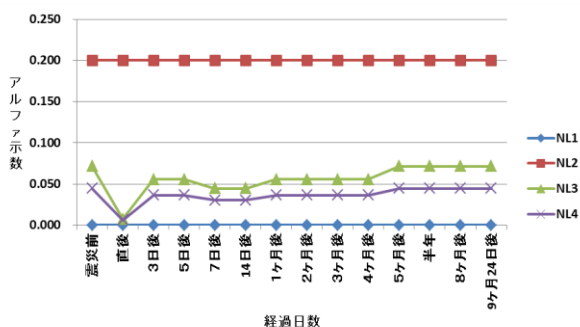


図-12 田野畑村 アルファ示数

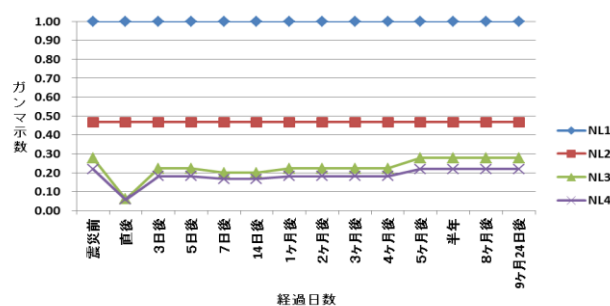


図-13 田野畑村 ガンマ示数

岩手県の田野畑村の回路階数のグラフでNL-1の数値が0であるのに対し、NL-2以上の数値は2であり、国道のみの時は回路がないが、三陸道がプラスされることによって回路が増えている。(図-10) アルファ示数・ガンマ示数を見てみると、NL-3、NL-4の値が道路ネットワークの回復とともに変化していることが分かる。(図-12、13) 孤立コンポーネントでは、震災直後の値の変動が大きいため、道路規制によるものよりも直接の浸水被害が大きかったことが分かる。また、NL-3以上の値が変化していることから、主要地方道での浸水被害が大きかったことが分かる。(図-11)

(6) 結論

本研究では、岩手県の洋野町、久慈市、野田村、普代村、田野畑村、岩泉町、宮城県の仙台市宮城野区、若林区、太白区、名取市、岩沼市、亘理町、山元町全3市3区4町3村が東北地方太平洋沖地震によって受けた影響を分析した。岩手県では平成24年1月4日時点、宮城県では平成24年7月11日時点のデータでは、両県とも規制が解除されていない箇所があるが、夜間通行止め、日中通行止め、片側交互通行の規制でありほぼ復旧していると言える。しかし、復旧と言える状態になるまで岩手県では国道は5か月、主要地方道は6ヶ月、県道は10ヶ月を要し宮城県では国道は1年、主要地方道県道は1年2ヶ月を要している(図-4,5)。岩手県は比較的早く全面通行止めが解除となり宮城県はグラフ上緩やかに解除されており、影響が長引いたことが伺われる。これほどまで時間を要した理由としては、橋梁の流出や道路流出などの大規模な津波被害によると考えられる。橋梁の流出については、国道45号で9か所398号では4か所、県道で14か所も発生しており、津波によりトラフィック機能やアクセス機能など道路としての機能を失ってしまった箇所が多くあった。宮城県では津波による橋梁損壊・道路損壊に対して復旧に要した時間は、前者平均214日・後者平均223日であり、地震による橋梁損傷・道路損傷が平均132日・164日であったのに対して、2か月から2.7か月も長かった。現在も復興は続いており、この震災の大きさを物語っている。今回のような大震災においても、道路ネットワークの機能が失われないよう、本研究を活用してもらえると幸いである。