

東北地方太平洋沖地震が福島県沿岸部の道路ネットワークに及ぼした影響の分析

1114111 櫻井 健

1114228 渡邊 憲太郎

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張り巡らされている。その中で最も歴史が古く大規模なネットワークは道路網である。この道路網には色々なものが影響するが、その中で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することが必要とされる。

本研究は、東北地方太平洋沖地震による福島県の道路被害を分析することで、今後の防災への教訓となる記録を残すことを目的としたものである。福島県全域の道路規制箇所数やその原因を、他被災県と比較し、復旧の特徴を考察した。また、福島県原子力発電所の放射能漏れによる規制箇所や沿岸部の津波浸水範囲を分析し、地震が各地域の道路ネットワークに及ぼした影響を、グラフ理論を用い分析した。

分析の対象としたのは、国道・主要地方道・一般県道の幹線道路である。国土交通省の被災データを用い東北地方太平洋沖地震が福島県へ及ぼした影響を数値的に明らかにした。

2. 東北地方太平洋沖地震の概要

地震は、2011年3月11日14時46分18.1秒、牡鹿半島の東南東約130km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500km、幅約200km、およそ10万平方キロの広範囲にわたった。地震の規模を示すマグニチュードはMw9.0で、大正関東地震（1923年）の7.9や昭和三陸地震（1933年）の8.4をはるかに上回る日本観測史上最大であった。地震に伴い大規模な津波が発生し、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（1896年）の津波を上回る最大遡上高40.1m（岩手県）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



図-1 いわき市

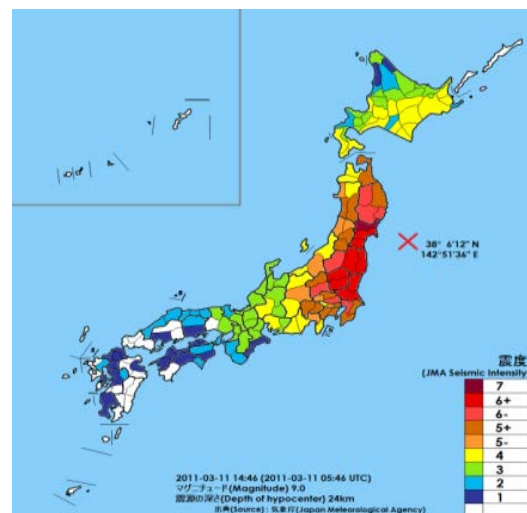


図-2 各地の震度

キーワード：地震、津波、道路ネットワーク、通行止め

No. 1-17（村井研究室）

波が甚大な被害をもたらした。(図-1) 津波は関東地方の太平洋岸にも被害をもたらした他、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-2)

3. 東北地方太平洋沖地震が道路ネットワークに及ぼした影響

図-3, 4, 5 は、岩手、宮城、福島県の国道、主要地方道、一般県道の地震被害による全面通行止め箇所数の推移を示したものである。

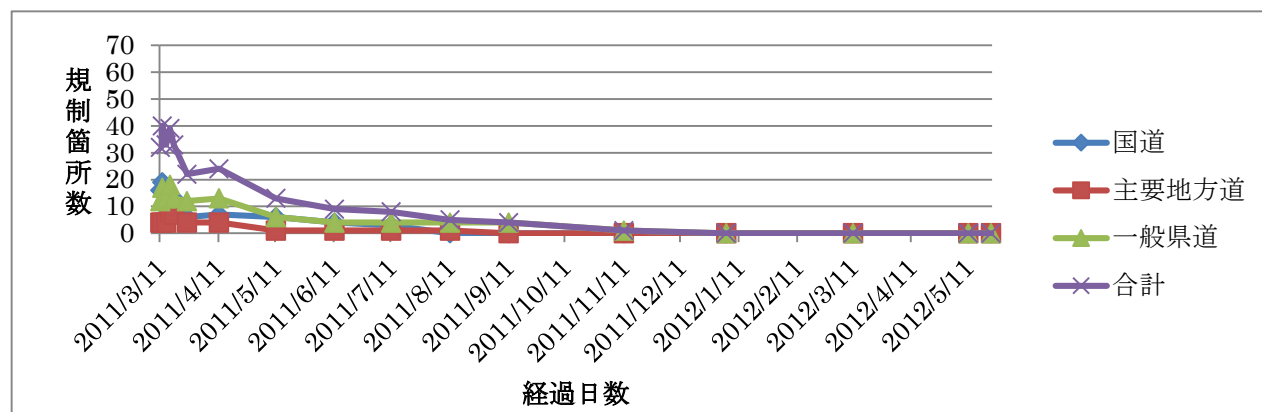


図-3 岩手県の全面通行止めに対する復旧状況

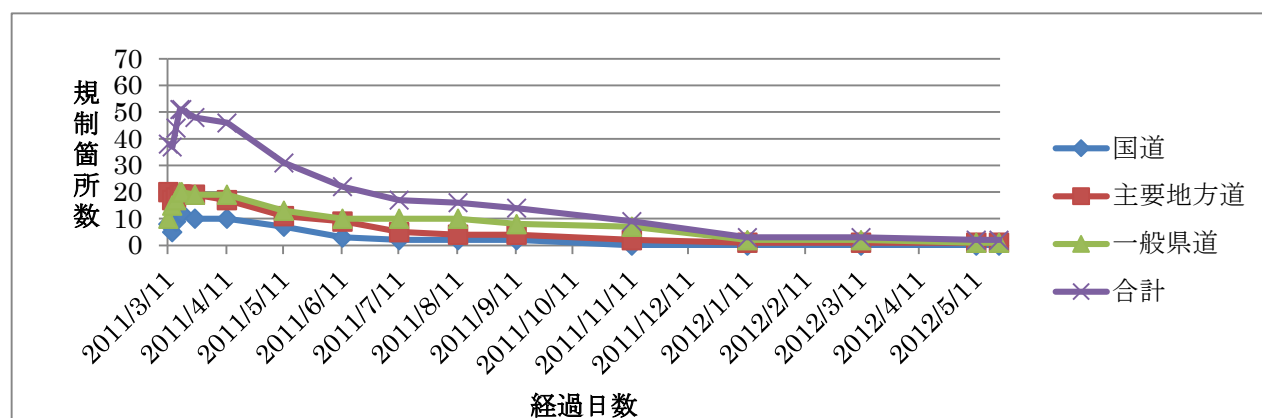


図-4 宮城県の全面通行止めに対する復旧状況

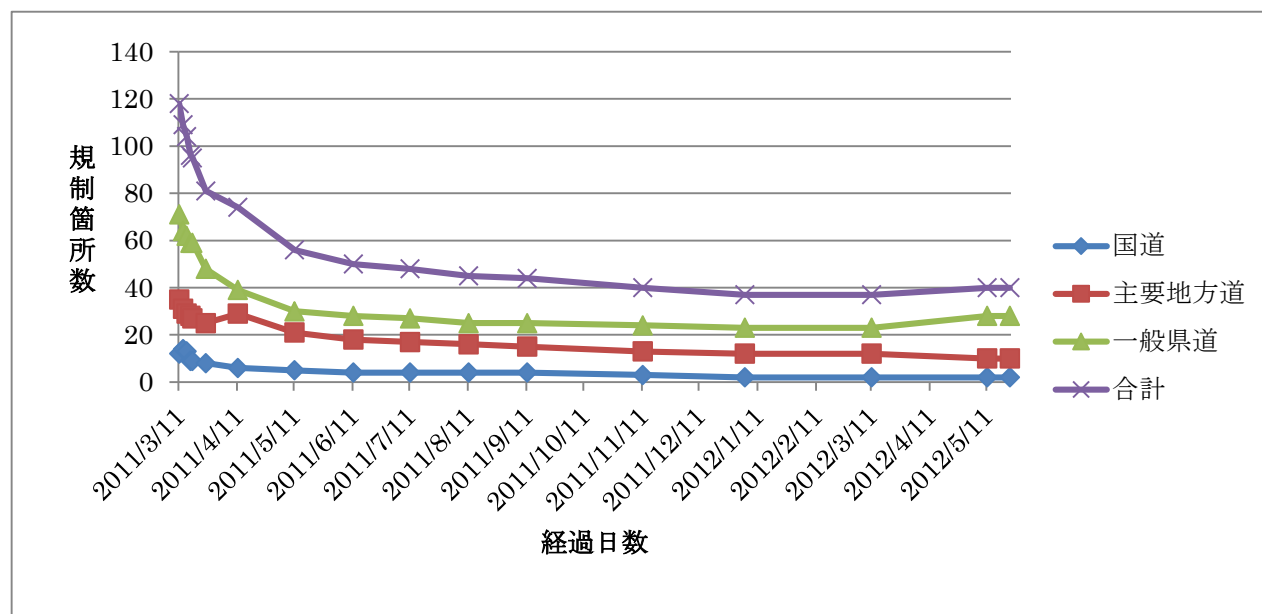


図-5 福島県の全面通行止めに対する復旧状況

全面通行止めの復旧がほぼ終息するまでに岩手県は約半年、宮城県は約一年を要しており、福島県では約半年で半数が回復したが、それ以降は終息の目途が立っていないことが分かる。また、規制箇所数を比較すると福島県が非常に多いことが分かる。岩手、宮城県はほぼ復旧したが、福島県では主要地方道、一般県道の半数近くが横ばいとなった理由は、原子力発電所の影響による進入規制があり、復旧できていないことが主な要因と考えられる。岩手、宮城、福島県いずれも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が要因と考えられる。

4. グラフ理論

分析に用いた、グラフ理論の指標は以下の通りである。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

頂点や辺といった要素から構成され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、出入りが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+主要地方道」・「NL-3:国道+主要地方道+一般県道」の3段階で分析した。ここでは、福島県のいわき市についての分析結果を示す。ただし、高速道路はグラフ理論上、対象外とした。

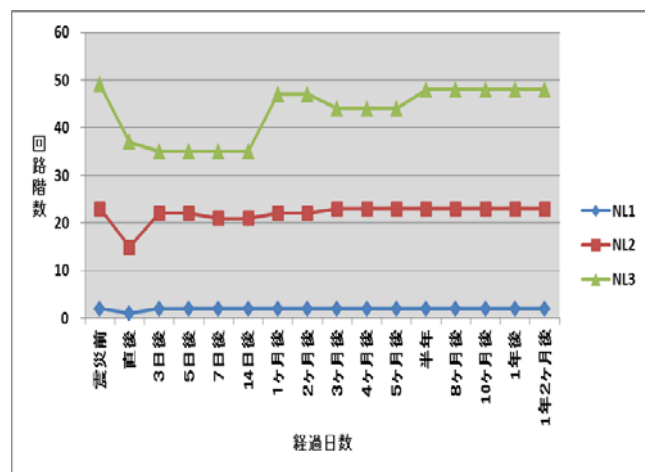


図-6 いわき市 回路階数

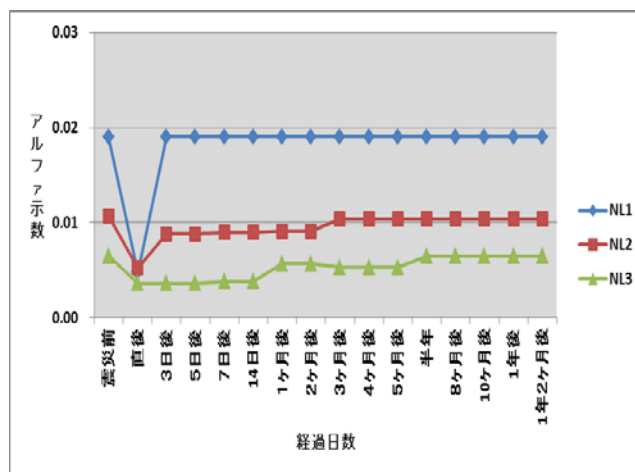


図-7 いわき市 アルファ示数

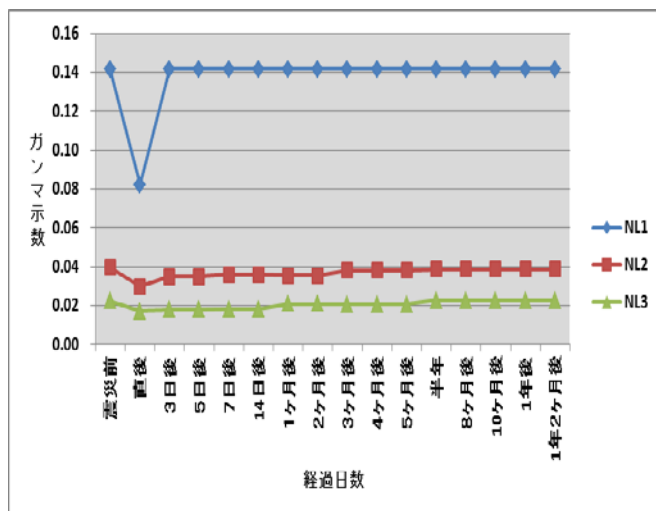


図-8 いわき市 ガンマ示数

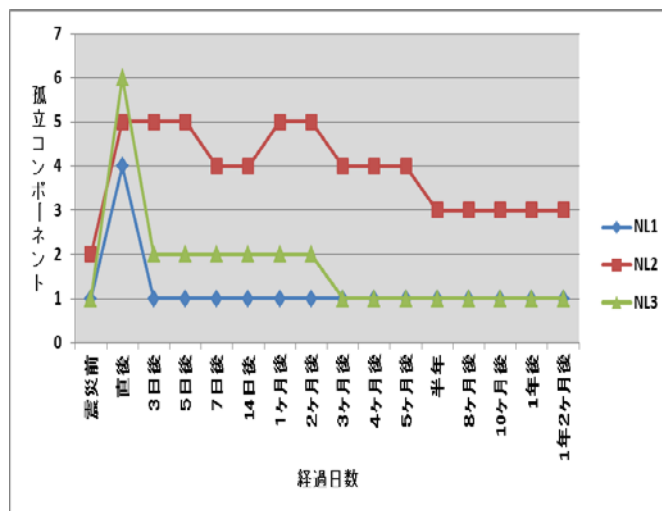


図-9 いわき市 孤立コンポーネント数

いわき市の回路階数グラフで、NL-3 は多くの回路から構成されていることが分かる。震災直後、回路階数が大きく減少しておりこれだけ回路が多い都市で震災が起きると多大な影響を受けることが読み取れる。また NL-2 は 32+6436 震災から 3 日で回路がほぼ回復しているが、NL-3 では回復に 1 ヶ月を要しており、一般県道の復旧が遅れたと言える（図-6）。アルファ示数、ガンマ示数では、道路ネットワークの回復とともに数値が最初の値に近づいていく。また、規模の大きいネットワークでは数値的な変動は目立たなくなることが分かる（図-7、8）。孤立コンポーネントでは、震災直後の値の変動が大きいのは、道路規制によるものよりも津波被害によるものが多いことによる。また、NL-2 の回復が遅く、また細かく変動したのは、主要地方道での道路被害が大きく、解除までに時間を要したと言える。

6. 結論

東日本太平洋沖地震による、道路損傷や沿岸地域に押し寄せた大津波により各地で孤立した地域が発生し、早急な復旧作業が必要となった。岩手県、宮城県、福島県の道路ネットワークへの影響を比較したところ、福島県は他県より規制箇所数が多く、また終息に至っていない所が多いことが明らかとなった。その背景には福島原子力発電所の放射能漏れによる影響が大きいと考えられる。それでも、福島県全体として震災直後の幹線道路の規制箇所 125 件を 2012 年 1 月 4 日に 37 件まで減らしており、規制箇所を除けば多くの場所が復旧してきたと言える。したがって、今後福島県では、除染を進めながら道路規制箇所を減らし、さらに津波被害によるインフラの復旧にも追われることとなり、これからも膨大な時間、費用、人材を要することが予想される。

昨年、今年の研究で福島県沿岸地域の津波被害の分析、福島原子力発電所の放射能による影響の分析はほぼ完了し、今後内陸部の調査を進めることにより震災による道路ネットワークに与えた影響の詳細が明らかになることが期待される。

参考文献：[1]：原口,岩松、東日本大震災津波詳細地図（福島 茨城 千葉）古今書院,2011. [2]：東日本大震災復興支援地図,昭文社,2011. [3] 電子地図ソフト,プロアトラス S V 7,ヤフー株式会社,2011. [4] 国土交通省資料、調査東日本大震災における福島県の資料被害状況等について,2014. [6]:奥野,高森、三共出版,点と線の世界,1976.