

# 東北太平洋沖地震が福島県の道路ネットワークへ及ぼした影響と分析

1014126 野村 慎典

## 1. 本研究の背景と目的

我々の身の周りには、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。今や世界中に拡がり、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(以後2011/3/11と表記)の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が国観測史上最大の9.0となった。図-1に各地の震度を示す。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道路被害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・一般県道の被災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示した。

## 2. 東北地方太平洋沖地震の概要

日本の地震観測史上最大のマグニチュード(M)9.0、最大震度7を記録した東北地方太平洋沖地震は3月11日午後2時46分、三陸沖の深さ24kmの海底を震源とし、岩手県の三陸沖から茨城県沖に至る南北500km、東西200kmの広範囲な断層帶で、三つの地震が連動して発生した。また、地震によって大きな津波が発生した。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、1896年の明治三陸地震の津波を上回る最大潮上高40.5m(岩手県宮古市)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[1][2][3]。この津波により福島第一原子力発電所事故が発生し、放射性物質漏れによる汚染が起きているほか、日本の原子力発電所の再稼働問題、電力危機なども発生している。

## 3. 福島県における地震津波被害の概要

福島県の東北地方太平洋沖地震による人的被害は、2011/6/30現在、死者1709人、行方不明者245人、重軽傷者236人となっている。死者の内訳をみると、南相馬市588人、相馬市447人、いわき市307人、浪江

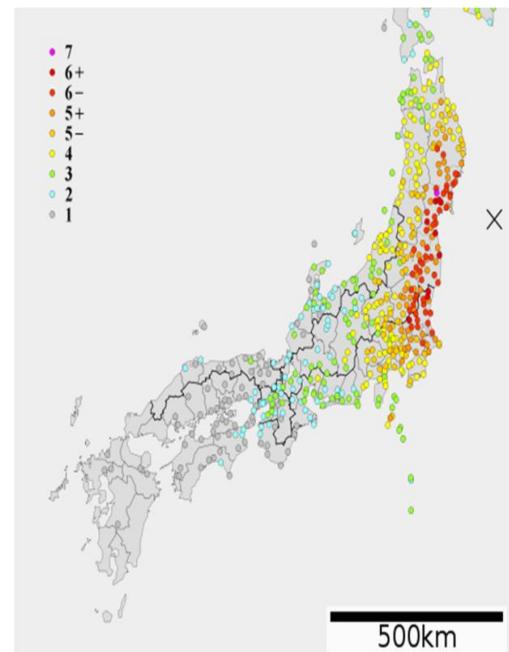


図-1 各地の震度

キーワード：道路ネットワーク、原発、通行止め、津波、放射線

No. 1-17 (村井研究室)

町 112 人、新地町 100 人、また行方不明者は南相馬市 87 人、浪江町 71 人、いわき市 42 人、相馬市 12 人、新地町 10 人となっている。沿岸部の浪江町より北の 4 市町村の死者・行方不明者は 1427 人であり、県全体の 73.0% に達し人的被害が集中していることが分かる。福島県地域の被害の特徴として福島原子力発電所が挙げられる。この被害により広範囲に高い線量の大気土壤及び海洋の放射能汚染が発生した。放出量は減ったものの現在も放出による汚染は続いているため、現在も侵入できない地域が多く存在する [4]。

#### 4. 福島原子力発電所事故による影響

福島第一原子力発電所は福島県相馬郡大熊町にあり、東日本大震災によって運転中の 1~3 号機は自動的に制御棒が上がり緊急停止した。また、発電所への送電線が地震の揺れで接触・干渉・ショート・切断したり、変電所や遮断器など各設備が故障したり、送電線の鉄塔 1 基が倒壊したりしたため、外部電源を失った。東京電力福島第一原発事故の収束は長期化が予想され、避難地域も時間の経過とともに拡大している。避難地域の住民、企業は苦しい状況に立たされている。年間の放射線被ばく予想積算線量が 20 ミリシーベルトを下回る地域においても健康被害への不安が高まっている(図-2,3,4)。全国から多くの支援が寄せられる一方、風評被害により農林水産業から製造業、サービス業、観光業まで多くの産業へ深刻な影響が及んでいる[4]。

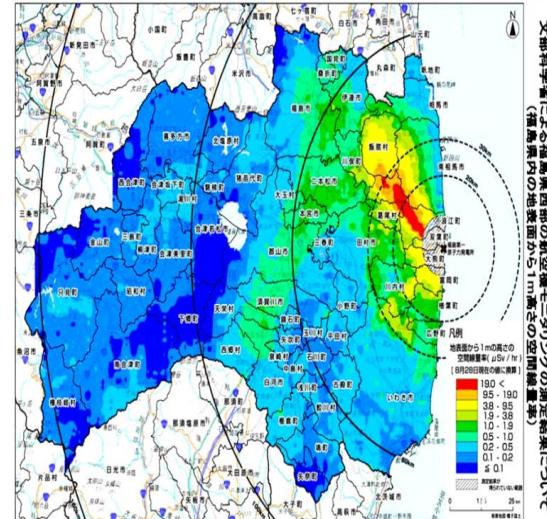


図-2 航空機からのモニタリング[5]

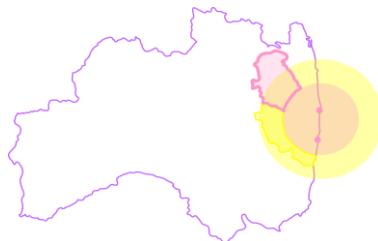


図-3 2011/4/22/時点避難区域

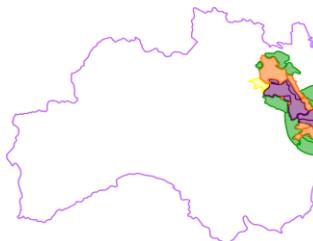


図-4 2012/6/15/時点避難区域

#### 5. 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-6 は、福島県の全面通行止め箇所数の推移を示したものである。

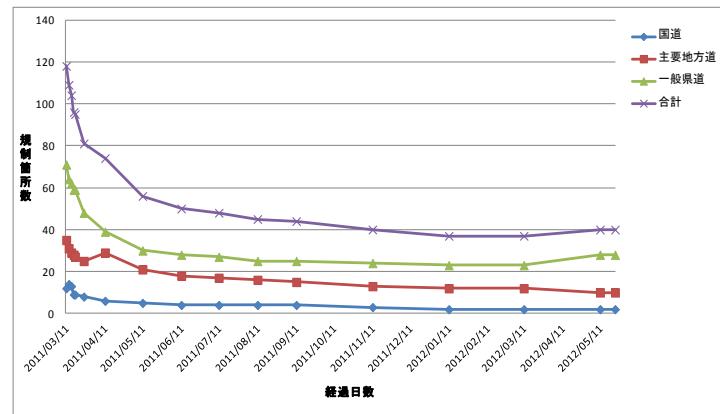


図-6 福島県全面通行止めに対する復旧状況

福島県の全規制箇所に対する復旧状況の全体を見てみると、被害件数が 125 件と非常に多いことが分かる。2011/5/11 には 56 件と約半分に減り、7 ヶ月後の 2011/11/11 に福島県の交通規制の減少はほぼ見られなくな

り、その後も規制件数は若干減るが、2012/5/11 以降少し増えている。件数が多い理由として、地域全体に被害が出ているが、原子力発電所の影響で、道路が遮断されているため一つの道路内で、二箇所に区分されていることが挙げられる。次に、約 2 ヶ月で規制件数が半分に減ったのは、規制箇所の把握が早く、そのため復旧が早くなつたのではないかと考えられる。2011/11/11 から規制件数が減らない理由として、放射線量により侵入規制があり、復旧できていない場所が多く存在する。しかし、それ以外の道路復旧は 2011 年 11 月にはほぼ終了していると言える。2012/5/11 で件数が若干増えているのは、避難指示区域内で放射線量が少ない場所では復旧作業をすると同時に、規制箇所が新たに加わることにより、定期的に規制箇所が増えてしまうためである。しかし、放射線量の多い場所で福島県民が生活することを選択するかどうか疑問が残る。したがつて、これからは迅速な復旧ではなく、震災の状況に対応した整備が必要になると思われる。

## 6. グラフ理論[6]

分析に用い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 要素から得られるパラメータは以下の通りである。

### (1)回路回数( $\mu$ )

回路回数( $\mu$ )はグラフの構造を示す極めて基本的な数である。グラフ内におけるサイクル数を示す。

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

### (2)アルファ示数( $\alpha$ )

アルファ示数( $\alpha$ )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。

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

### (3)ガンマ示数( $\gamma$ )

ガンマ示数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)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間に関係性を持った塊をコンポーネントという。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。

## 7. 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。ただし、高速道路は建設中のため対象としないものとする。

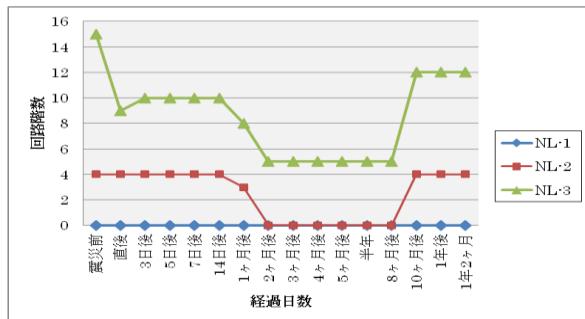


図-7 南相馬市 回路階数

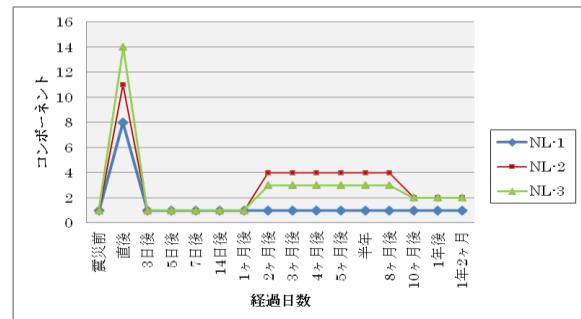


図-8 南相馬市 コンポーネント数

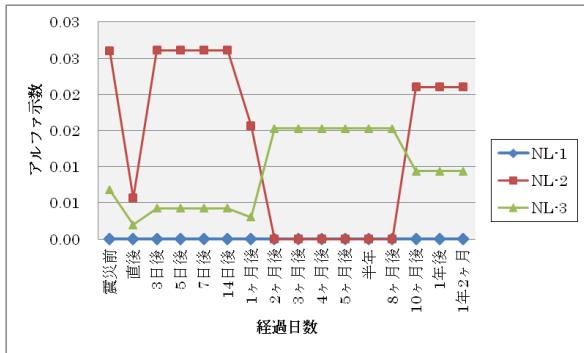


図-9 南相馬市 アルファ示数

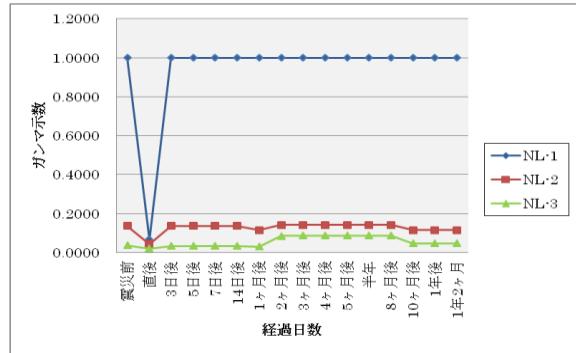


図-10 南相馬市 ガンマ示数

南相馬市の回路階数は震災の被害を受けた後、2ヶ月後に福島原子力発電所事故による避難区域指定により、二段階の低下が見られる。しかし、8ヶ月後に避難地域の面積が小さくなると、中心部の道路が使用可能となり、回路階数が上昇していることが分かる(図-7)。コンポーネント数では、震災直後と、避難区域に指定されたときに孤立コンポーネントが多くなっている(図-8)。アルファ示数では、避難区域に指定され、規制箇所の減少と道路の単純化により、震災前よりも、1ヶ月後の避難区域指定後の方がNL-3の数値が上昇している。ガンマ示数で震災後の経過をみてみると、NL-3とNL-2は、1ヶ月後の避難区域指定後、数値が上昇している。NL-2の2ヶ月後を見てみると、アルファ示数では低下しているが、ガンマ示数では上昇している。これは、完全連結グラフから、離れたグラフとなつたが、非連結グラフや木グラフとしてみると、連結が高くなつたことを表していることが分かる(図-9,10)。

## 8. 結論

福島県のデータでは、規制が解除されていない箇所、また立ち入り禁止区域があり、復旧に時間がかかっていることが分かる。それでも、福島県全体として震災直後125件の規制箇所を2012/1/4に最小37件まで減らしており、多くの場所が復旧してきたと言える。しかし、そこまでの復旧に1年の時間を使っており、宮城県、岩手県と同じく大規模な津波被害によるものと、福島県が抱える原子力発電所の問題が大きいことを痛感する。また、立ち入り禁止区域の規制箇所はまだ全てを把握していないと思われる所以、これからも規制箇所は増減を繰り返すことが考えられる。したがって、福島県では、放射線量を減少させること、インフラを修理すること、それと同時に道路規制箇所を減らさなければならないので、膨大な時間、費用、人材を要することが予想される。また、その工程を終える上で、福島県の住民、全国の人に福島県の復旧が確実に終わっていることを伝えることが、復旧プロセスで信頼を得るための重要なファクターと言えるだろう。

今回の分析では福島県の原子力発電所の被害が多くて北部を対象とし、そのため、原子力発電所事故を重視した分析となった。しかし、今後行う南部の分析では、立ち入り禁止区域の設定が細かくなり、立ち入り禁止区域になつてない場所が多いので、原子力発電所の被害よりも震災としての、爪跡をより鮮明に分析できるのではないかと思う。福島県沿岸の地震や津波の分析、原子力発電所事故を含めた東北地方太平洋沖地震のまとめ方が、今後の課題である。

参考文献：[1] 東日本大震災津波詳細地図,上巻：青森・岩手・宮城,古今書院,2011年. [2] 東日本大震災復興支援地図,昭文社,2011年. [3] 電子地図ソフト,プロアトラスSV7,ヤフー株式会社,2011年. [4] 調査東日本大震災における福島県の被害状況等について. [5] 文部科学省 [6] 点と線の世界（ネットワーク分析）