

岩手・宮城内陸地震が道路ネットワークに及ぼした影響について

064136 新堀 翔

074121 名久井 敏歩

1.はじめに

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・文化等の発展に重要な役割を果たしている。その中で最も歴史が深く人類が初めて造ったネットワークは道路網である。長い歳月を費やしインフラ整備を行ない、今や道路網は世界中に拡がり、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も他のものと比べて格段に大きい。

そしてこの道路交通に最も影響を及ぼすものは自然災害であろう。我国は四季折々の季節があり地域によって風土・気候が変わってくる。また近年、異常気象によりゲリラ豪雨、大雪など地域によって特徴的な災害が目立つ。こうした災害の中でも最も被害が大きい自然災害は地震である。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。そして道路網も、がけ崩れ、土石流、地すべりなどの被害をうけてきた。そのため道路建設において、これからの自然災害を考慮した計画・対策が必要とされる。

本研究は、2008年(平成20年)6月14日に発生した岩手・宮城内陸地震が道路ネットワークに及ぼした影響を昨年度に引き続き明らかにしようとするものである。そこで今年は分析対象地域を昨年度分析した一関市から更に広げることとした。調査方法としては、震度5以上の揺れを観測した市町村にアンケートを行い、被害状況を表した道路地図をモデル化し、グラフ理論を用いて分析した。

2.岩手・宮城内陸地震の概要

岩手・宮城内陸地震(いわて・みやぎないりくじしん)は2008年(平成20年)6月14日午前8時43分に発生した岩手県内陸南部、岩手県一関市巖美町付近を震源とする地震である。マグニチュード(M)7.2で、震源の深さ約8km、岩手県奥州市・宮城県栗原市で最大震度6強を記録した。非公式ではあるが岩手県胆沢川の石淵ダムでは震度7を記録している。最大加速度は重力加速度の4倍以上の大きさに当たる4022ガルである。この数値は2011年(平成23年)1月11日に岩手県一関市で観測された揺れが「世界一大きな地震記録」と防災科学研究所によって発表されている。

3.グラフ理論

道路ネットワークを解析するにあたって、道路や交差点を辺と線といった要素に置き換え、道路網をそれらの要素の集合として表すことができる。それらを抽象化した単純明確なグラフにすることにより、ネットワークシステムの分析によって有益な結論を導くことができる。ここでは、地震が与えた影響と復旧経過について、回路階数(μ)、アルファ示数(α)、ガンマ示数(γ)というパラメータで分析を行なった。

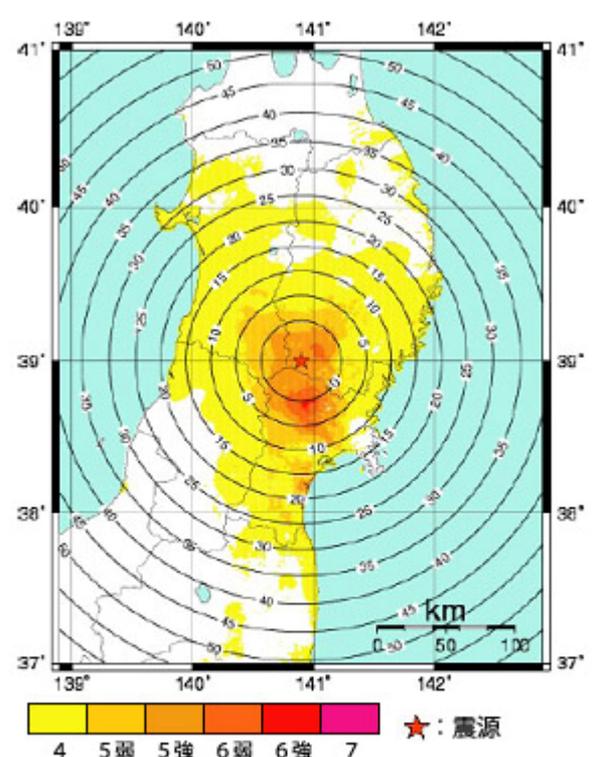


図1 緊急地震速報第1報提供から主要動到達までの時間及び推計震度分布図
(気象庁発表)

(1) 回路回数(μ)

回路回数(μ)はグラフの構造を示す極めて基本的な数である。そしてグラフ内におけるサイクルの最大値を示しており、サイクルを多く持つグラフの値は大きくなり、グラフの形が木グラフの様なサイクルをまったく持たない場合は0となる。(図2)

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

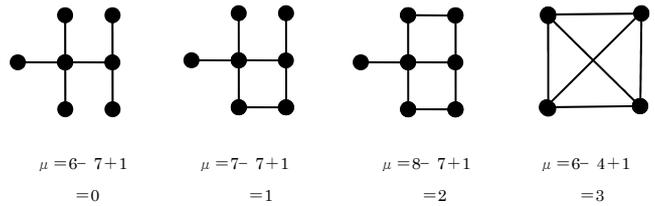


図2 回路階数の数値

(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おいて、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。(図3)

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

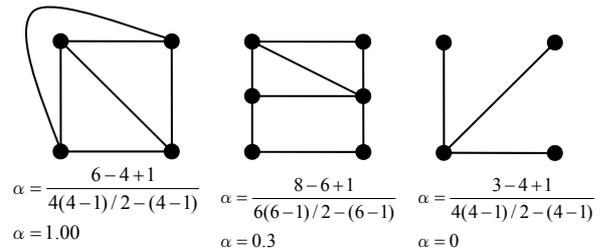


図3 アルファ示数の数値

(3) ガンマ示数(γ)

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。サイクル数の比率で表されるアルファ示数と違いガンマ示数は、辺の比率で比較するために、サイクルを持たない木グラフや非完全連結グラフの場合も何らかの値をとることができることから、はっきりと値に差が生まれ、両グラフの識別が可能である。(図4)

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

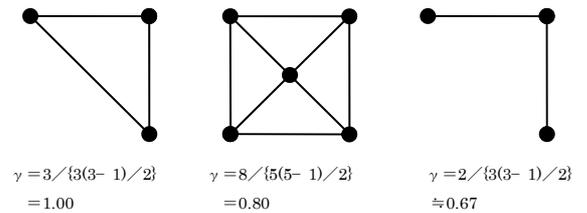


図4 ガンマ示数の数値

(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。この塊がいくつも集まってネットワークが形成されるのだが、そこから切り離された塊を孤立コンポーネントという。ここでは、ある道路が被害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に孤立コンポーネントとしている。(図5)

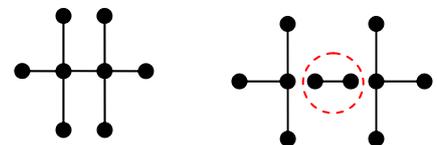


図5 コンポーネント(左)と孤立コンポーネント(右)

4.道路ネットワークの分析・結果

本研究では、道路の階層[以下ネットワーク・レベル(Network Level)]を「NL1：一般国道」・「NL2：一般国道＋主要地方道」・「NL3：一般国道＋主要地方道＋都道府県道」・「NL4：一般国道＋主要地方道＋都道府県道＋市町村道」の4段階で分析した。前年度の岩手県一関市における地震発生から1年以降のNL1からNL4までと宮城県栗原市のNL1からNL3までの被害の解析を回路階数(μ)、アルファ示数(α)、ガンマ示数(γ)というパラメータで行なった。

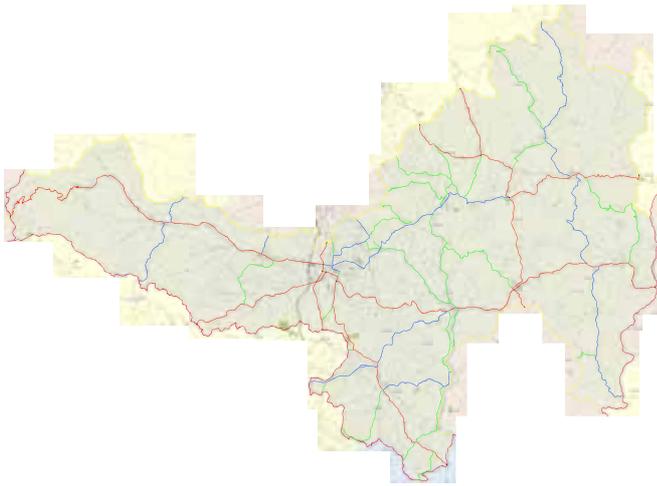


図6 一関市



図7 栗原市

(1) 回路階数の結果

地震発生直後に一関市のNLでの値が全体的に減少しており、その後2年が経過するまで数値に変化は見られない。考えられる要因は、地盤災害による国道342号の祭時大橋の工事が関係しているものと考えられる。栗原市の場合、被害のあったほとんどの道路が他の行政区に繋がる道であったため、栗原市内における回路機能は損なわれなかったが、2年後に復旧工事の関係から一時的に数値が減少している。

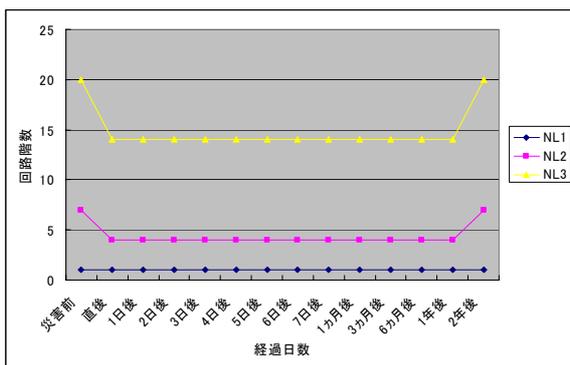


図8 一関市

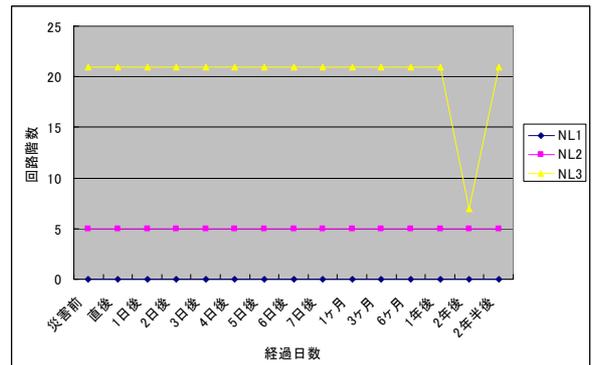


図9 栗原市

(2) 孤立コンポーネント数の結果

地震発生と共にどちらの都市でも孤立コンポーネントが発生した。一関市は地震発生から2年後に国道342号が通行可能となり、今まで孤立していた県道にアクセス出来る様になり、完全復旧した。栗原市は被害状況の違いにより孤立コンポーネントは発生したが、数は少なく、すぐに復旧した。また、復旧工事の関係で部分的に修復された道路があったため、数値が増えている。

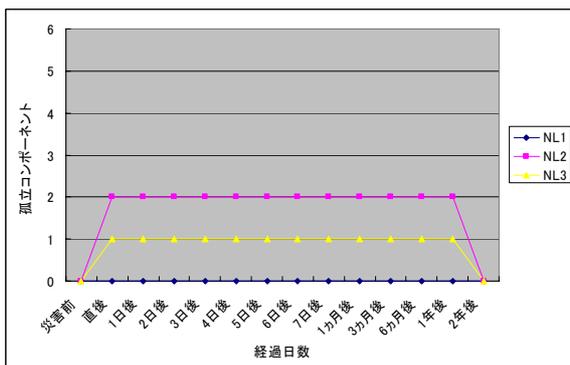


図10 一関市

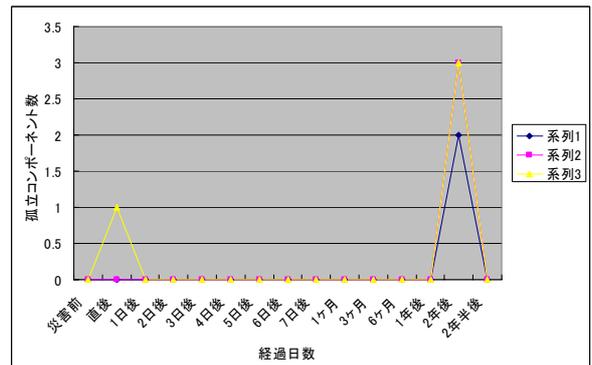


図11 栗原市

(3) アルファ示数・ガンマ示数

一関市西部では、アルファ示数・ガンマ示数共に地震発生直後に急激に減少しており、かなりの箇所で使用不能になった道路があることが分かる。その後1年が経過するまであまり変化がないが、2年が経過した時点で被災する前の数値以上になった。その原因としては、地震発生以前から通行規制の行なわれていた箇所が無くなった為と考えられる。

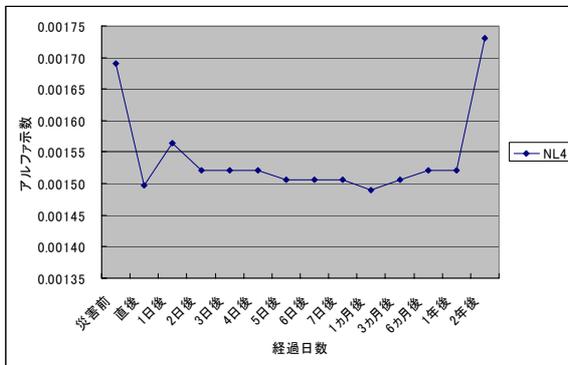


図 12 一関市西部 (アルファ示数)

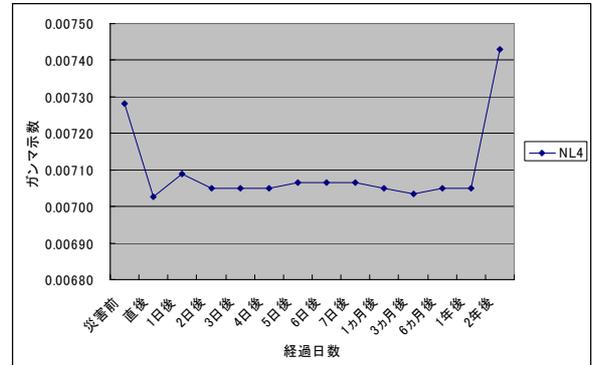


図 13 一関市西部 (ガンマ示数)

5. 結論

本研究では、岩手・宮城内陸地震が道路ネットワークに与えた影響を明らかにするために、被災地域にグラフ理論を適用して分析したものであり、岩手県一関市と宮城県栗原市の道路ネットワークを評価した。なお、栗原市を調査する際、隣接する行政区との境により本来通行可能な道路が切断されて、孤立コンポーネントが発生してしまう箇所については、現実的な道路状態を考慮して接続されているものとしている。

一関市は2年間が経過した時点で、栗原市においては2年と半年が過ぎた段階で、全てのネットワーク・レベルが回復している。栗原市全体の回路階数で2年後に数値が下がった理由は、通行止め箇所内で部分的に通行可能なエリアが生まれ、孤立コンポーネントが発生したためである。

この地震の発生によりそれぞれの都市で国道が通行不能になっているが、どちらの国道も通行が可能になるまで年単位の時間が経過している。今回の地震による被害が、県境の急峻な地形での土砂災害や地盤災害によるものであるため、容易に復旧出来なかったと推測できる。

本来、最優先で修復されるべきである国道が長期間にわたって通行規制されてしまう結果になった。構造物である以上、物理的な損傷は仕方ない事ではあるが、今後も起こりえる災害の被害に対して速やかな復興を行なうために、これからの道路には災害に対する備えが必要であると思う。

参考文献

1. 調査を行なった行政機関から返送されたアンケートの結果及び交通規制に関する資料
[国土交通省 東北地方整備局・岩手県庁・宮城県庁・一関市・奥州市・栗原市・大崎市]
2. 点と線の世界ネットワーク分析：奥野隆史／著 高森寛／著 (三共出版) pp.1-49
3. 電子地図ソフト プロアトラス SV4 全国版
4. 東北地方整備局HP(<http://www.thr.mlit.go.jp/>)
5. Wikipedia-岩手・宮城内陸地震(<http://ja.wikipedia.org/wiki/>)