

中規模地震により被災した山間部における道路通行止めの解除時期

Prediction of the time removing suspension of traffic at road in mountain area damaged by medium scale earthquake

北野仁郎*, 大關洋平**, 中西雄大***, 北浦 勝****

Jinro Kitano, Youhei Ohzeki, Takehiro Nakanishi and Masaru Kitaura

*金沢大学大学院自然科学研究科博士後期課程 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

** 金沢大学大学院自然科学研究科博士前期課程 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

*** 金沢大学工学部 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

**** 金沢大学理工研究域 工博 (〒920-1192 石川県金沢市角間町)

Recently in our country, many roads in mountain areas have been closed to traffic by natural hazards, especially by medium scale earthquakes. Needless to say, if the road is closed, it will affect seriously on human and economical activities. If the time removing the suspension of traffic is predicted in advance even roughly, it will help for the local government etc to make plans to restore and recover damaged area. In this paper, firstly we investigate the days to require removing the suspension of traffic at general roads except motorways closed by 2004 Niigataken-Chuetsu earthquake, 2007 Noto-hanto earthquake, Niigataken-Chuetsu Off earthquake and 2008 Iwate-Miyagi inland earthquake. Secondly, the relationships between ratios of removing suspension at one week later and at one month later and the maximum ground acceleration are constructed comparatively in good accuracy.

*Key Words: medium scale earthquake, suspension of traffic at road,
time for removing, maximum ground acceleration*

キーワード: 中規模地震, 道路の通行止め, 解除時期, 地震の最大加速度

1. はじめに

近年我が国では中規模地震により被災した山間部の多くの個所で、道路の通行止めが発生している。山間部における道路の通行止めは集落を孤立させる可能性があり、その集落の人々の生活や経済活動に及ぼす影響が大きい。道路の通行止めの解除時期をある程度予測することができれば、それは被災地の復旧・復興計画を策定するうえで大いに参考になると考えられる。

2004年新潟県中越地震や2008年岩手・宮城内陸地震では、山間部において孤立集落が発生した。そこで、ヘリコプターにより食料や生活物資の運搬がなされた。また、住民の避難にもヘリコプターが使われた。もし、気象条件が悪い場合やヘリコプターの離着陸が可能な場所がない場合等、なんらかの理由でヘリコプターを使うことができない場合は、道路の復旧を速やかに行う必要性が大きくなる。

新潟県中越沖地震においては、工場が被災して操業できなくなり、全国的にメーカーや部品業界の操業に影響

を及ぼしたことがあった。このことを教訓に災害時の事業の継続や早期復旧を目的とした事業継続計画(BCP)を策定した企業も多くある。工場の被災ではなく、道路の被災による通行止めにより、被災地とは関係ないところへの部品等の供給が停止することもありうる。

このような場合、道路の通行止め解除に要する日数が予測できることは、住民の安心感につながったり、地震発生後行うことになるBCPの円滑な実施や、場合によっては見直しにつながると考えられる。

以上のことから本研究は、道路の通行止めの解除時期を推定する手法を提案することを目的とする。具体的には以下の4つの地震に注目し、それらにおける自動車専用道路を除く一般道路の通行止め解除に要した原因や日数を調べる。次いでその原因や日数と地震の最大加速度(gal)との関係より、通行止め解除に至るまでの日数の推定式を求める。

なお4地震とは2004年新潟県中越地震、2007年能登半島地震、2007年新潟県中越沖地震及び2008年岩手・宮城内陸地震を指す。

2. 地震による道路の通行止めの発生

2.1 調査対象とした地震の概要

地震災害は必ずしも山間部に発生するとは限らず、都市部に発生することもある。1995年兵庫県南部地震では、山間部での被害より都市部での被害が多く見られた。しかし、本研究では、山間部への影響を考慮することから、山間部の道路を対象として、地震による通行止めの解除時期について考察する。

このことから調査対象とした地震は、近年、我が国において発生した内陸型の中規模地震で、道路の通行止めの状況等が公表されているものとした。

調査対象とした地震の概要を表 - 1 に示す。

表 - 1 地震の概要

地震名	発生年月日	地震の規模(M)	最大震度	最大加速度(gal)
新潟県中越地震	2004年10月23日	6.8	7	2,515
能登半島地震	2007年3月25日	6.9	6強	945
新潟県中越沖地震	2007年7月16日	6.8	6強	1,018
岩手・宮城内陸地震	2008年6月14日	7.2	6強	4,022

2.2 通行止めの原因

調査対象とした地震による道路の通行止めの原因として、路面亀裂、路面損傷、路面段差、路面陥没、路肩亀裂、路肩崩壊、道路陥没、落橋、踏掛版隆起、落石、土砂崩落、法面崩壊、土砂崩れの恐れ、大規模崩落等がある。

道路の通行止めの原因となった被災状況の例を写真 - 1 ~ 4 に示す。



写真 - 1 2004年新潟県中越地震における路面段差¹⁾



写真 - 2 2007年能登半島地震における路面段差



写真 - 3 2008年岩手・宮城内陸地震における路面亀裂



写真 - 4 2008年岩手・宮城内陸地震における土砂崩落

3. 道路の通行止め解除までの日数

本研究では2次災害や気象条件等、他の重要な要因を考慮していない。この理由は以下のとおりである。2次災害の恐れは余震の大きさによる可能性が高いと思われる。本震のあとの余震は一般に回数も大きさも徐々に小さくなると期待されるが、それを的確に予知することは難しいことから、本震での被害と余震で広がる可能性の大きい被害までを取り上げ、それ以上の2次災害については取り上げなかった。気象については、特に北陸では冬期間、雪や雨が降り続くことが多いから、少なくとも冬期間とそうでない期間とに分けて考える必要がある。今回対象とした4つの地震の発生時期は冬ではなかったことと直前に大雨が降っていなかったことから、同じ条件の被害であると考えた。

3.4 通行止め解除までの日数の割合

すべての道路で通行止め解除となった場合を100%とした場合の、通行規制の解除率に注目する。地震発生からの日数の経過に伴う解除率の変化を図示したものが、図3, 4, 5である。

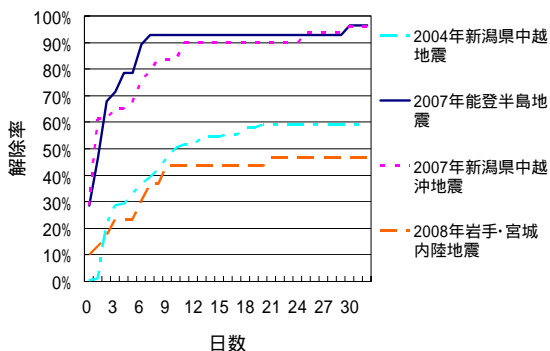


図 - 3 被害分類のない場合の解除率の変化

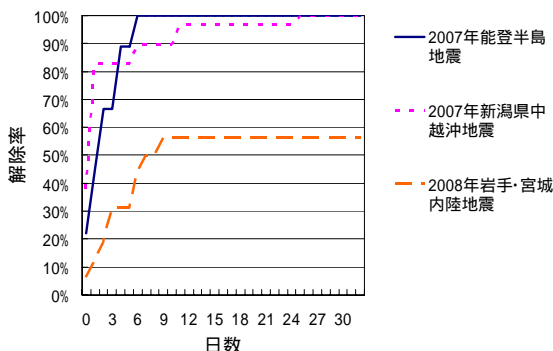


図 - 4 原因による場合の解除率の変化

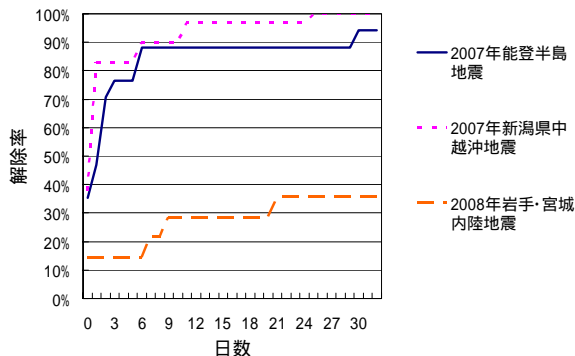


図 - 5 原因による場合の解除率の変化

2004年新潟県中越地震では直轄国道以外の原因が不明であり、データ数が少なかったため、通行規制の箇所数だけに着目し、被害分類のない図-3でのみ2004年新潟県中越地震を含めた。

図-3, 4, 5, より、ほとんどの通行止めは、1週間の間に解除され、1ヶ月後でもその状況はあまり変わらないことがわかった。また、地震の最大加速度の大きな2004年新潟県中越地震及び2008年岩手・宮城内陸地震は、他の地震に比べ、通行止め解除までに日数がかかることがわかった。そこで、地震の最大加速度と通行止め解除の状況をつぎに考える。

3.5 通行止め解除に要する日数と最大加速度との関係

地震によって通行止めとなった道路の1週間後の通行止め解除率と、1ヶ月後の解除率が、地震の最大加速度が近い2007年能登半島地震と2007年新潟県中越沖地震とで数値が良く似ている。そこで、最大加速度(gal)と通行止め解除率について何らかの相関が見られるのではないかと考えた。最大加速度が2,500 gal程度までの2004年新潟県中越地震, 2007年能登半島地震, 2007年新潟県中越沖地震の最大加速度(gal)と通行止め解除率との関係を、表-2に示す。この表を基にして図-6を描いた。

表 2 通行止め解除までの日数の割合

地震名	新潟県中越地震	能登半島地震			新潟県中越沖地震			岩手・宮城内陸地震		
最大震度	7	6強			6強			6強		
最大加速度(gal)	2,515	945			1,018			4,022		
		総数			総数			総数		
通行止め区間数(A)	239	28	9	17	49	29	14	30	16	14
1週間解除数(B)	94	26	9	15	39	26	8	11	8	3
1ヶ月解除数(C)	141	27	9	16	46	29	12	14	9	5
1週間解除率(B/A)	39%	93%	100%	88%	80%	90%	57%	37%	50%	21%
1ヶ月解除率(C/A)	59%	96%	100%	94%	94%	100%	86%	47%	56%	36%

図 - 6 では、最大加速度が4,000 gal 程度の2008年岩手・宮城内陸地震を除く3つの地震の1週間及び1ヶ月後の解除率から近似直線を求め、この近似推定式と2008年岩手・宮城内陸地震のそれぞれの解除率とを比較し、2008年岩手・宮城内陸地震に適用できるか検証する。

1ヶ月後の解除率については、その誤差は約5%であり、近似直線の延長上付近にある。しかし、1週間後の解除率は、近似直線と約25%の誤差があるため、3つの地震から得られた推定式を4,000 galの地震に適用するには精度が低く、適用は不相当であると考えられる。そのため、次に2008年岩手・宮城内陸地震のデータも含めた近似直線を求め、それぞれの近似直線の決定係数（相関係数 R の2乗値）より、それぞれの近似推定式の信頼性を検証する。

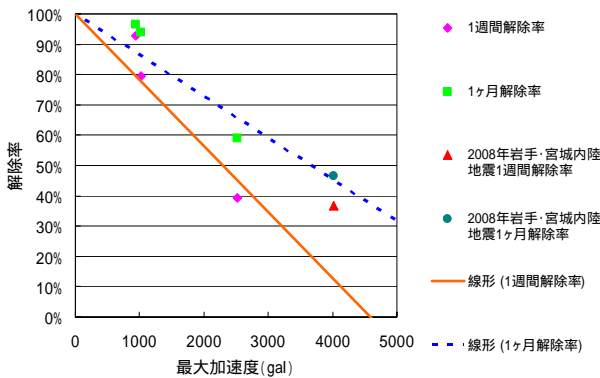


図-6 被害分類のない場合の最大加速度と解除率の関係

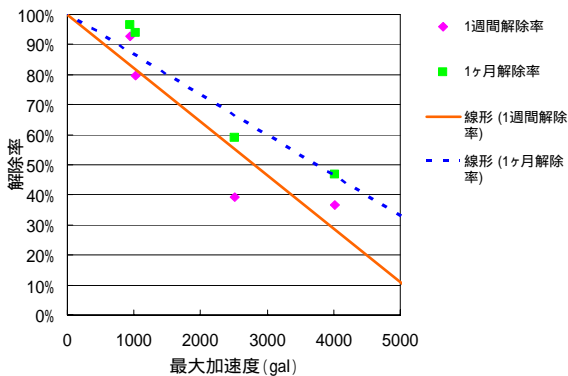


図-7 被害分類のない場合の最大加速度と解除率の関係

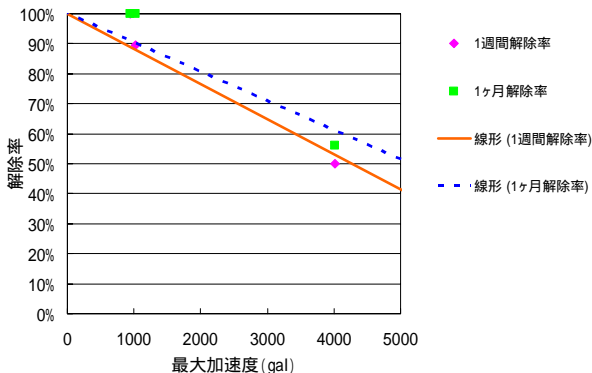


図 - 8 原因 の場合の最大加速度と解除率の関係

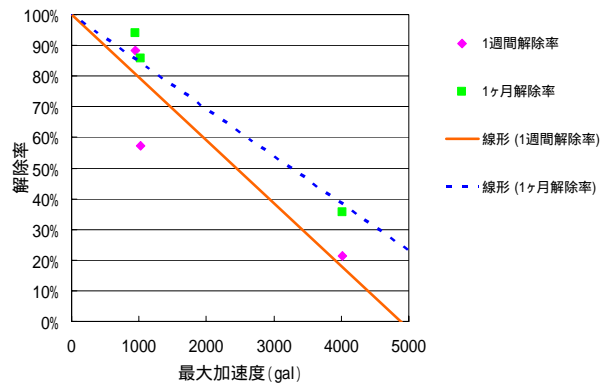


図 - 9 原因 の場合の最大加速度と解除率の関係

2004年新潟県中越地震の被害分類別の値がないため、図-8、図-9では、それ以外の3つの地震より近似直線を求めた。

以下に被害分類のない場合、原因 の場合、及び原因 の場合の、最大加速度と解除率の関係を図-7、8、9に示す。また図から求まる近似推定式及びその決定係数を示す。

式(1)は図-7の1週間後の解除率から得られた式であり、式(2)は1ヶ月後のそれから得られた式である。同様に式(3)、(4)は図-8より、式(5)、(6)は図-9より得られた式である。ここに y は解除率を、 x は最大加速度を示す。

$$y_7 = -0.00018x + 1 \dots \text{式(1)} \quad (R_7^2 = 0.826)$$

$$y_{30} = -0.00013x + 1 \dots \text{式(2)} \quad (R_{30}^2 = 0.897)$$

$$y_7 = -0.00012x + 1 \dots \text{式(3)} \quad (R_{(1)7}^2 = 0.840)$$

$$y_{30} = -0.00010x + 1 \dots \text{式(4)} \quad (R_{(1)30}^2 = 0.904)$$

$$y_7 = -0.00020x + 1 \dots \text{式(5)} \quad (R_{(2)7}^2 = 0.751)$$

$$y_{30} = -0.00015x + 1 \dots \text{式(6)} \quad (R_{(2)30}^2 = 0.959)$$

これらより、図-7、8、9については、決定係数は比較的1に近い値であることから、最大加速度が4,000 gal程度までの地震に対する解除時期の予測は可能であると考えられる。

もちろん、地震が発生した地域の状況や季節によって復旧状況は異なることから、この推定式はおおよその予測をする際の参考になる値を示すと考えられる。

今後、資料の蓄積により、さらに精度を上げることが可能であると考えられる。

4. 考察

本研究は、通行止めが比較的早期に解除される場合について調べたものであるが、通行止めが長年月に及び事例も当然ある。表-2より、2007年能登半島地震や2007年新潟県中越沖地震など最大加速度が1,000gal前後の地震においては、地震発生後約1週間で全体として約8割の通行止めが解除されることがわかった。しかし、2004年新潟県中越地震や2008年岩手・宮城内陸地震などの最大加速度が2,500galを超えるような地震においては1週間後の解除率は、4割弱である。地震発生後における通行止めの解除率は最大震度が同程度の地震であっても、外力である最大加速度が異なれば解除率に違いが出る。

震度は地震時の人間や構造物などの応答を基に、震動を受ける全てのものの揺れ具合を表したものである。これに対して最大加速度は瞬間的な加速度の大きさによって破壊の促進されやすい、固有周期の小さい構造物や地盤・斜面の応答を説明するのに比較的適切な量である。このことが通行止め解除率は最大震度より最大加速度とよい対応を示す理由であると考えられる。

また図2より、通行止めの原因に対し、原因の方がより短い日数で解除されている個所が多いことがわかる。したがって、通行止め解除の優先度をつける場合、より短い日数で復旧させることができる原因による復旧を優先させることが考えられる。すなわち、集落が孤立した場合、集落に至るいくつかの道路のうち、比較的早期の通行止めの解除が可能となる、で通行止めになっている道路の復旧を優先させることが、孤立集落の早期の解消につながる。また同時に、企業等の事業休止日数が短縮され、地域の活動の落ち込みが最小限ですむ。

なお、本研究では復旧に1ヶ月以上かかる被害を考慮していないことから、解除率100%は必ずしも孤立集落がすべてなくなることを意味していない場合がある。

5. 結論及び今後の課題

本研究は山間部の地震における道路の通行止めが集落を孤立化させたり、生活や経済活動に大きな影響を及ぼすことから、復旧・復興計画を進める上で最も重要な道路の通行止めの解除時期を予測する手法について述べたものである。2004年以降の比較的被害の大きかった地震を対象に、一般道路の通行止め解除に要した日数を通行止めの原因や最大地震加速度との関係で捉えることができた。すなわち通行止めとなった原因を、主として道路面から下の被害による場合、主として道路面から上の被害

による場合、両者を分類しない場合に分けた。次いで、すべての道路で通行止め解除となった場合を100%とした場合の、通行規制の解除率に注目し、解除率を通行止めの原因と地震加速度との関係で表現した。

今後、2004年新潟県中越地震についての詳細なデータ及び他の山間部での中規模地震についてのデータを追加することができれば、より精度の高い推定式が得られると考えられる。またデータが少なかったため、被害を2種類にしか分類できなかったが、データが追加できれば、盛土部分による被害や構造物の損傷による被害など、より細かく被害を分類した推定式が得られると考えられる。

さらに、より信頼性のある関係式が求めれば、それを用いた地震災害時の道路のネットワークの問題の解決や、早期復旧や二次災害の防止、避難経路や代替路線の確保につながる。また事前の防災対策の必要性や防災点検などのための道路の重要性などへの応用もできると考えられる。

参考文献

- 1) 国土交通省北陸地方整備局:平成16年新潟県中越地震(第一報),
http://www.hrr.mlit.go.jp/road/niiigata_mid_eq/ver.1_04.10.28.pdf,平成20年7月30日現在。
- 2) 国土交通省北陸地方整備局:平成16年新潟県中越地震に関する北陸地整の情報,
http://www.hrr.mlit.go.jp/saigai/H161023/1023_top.html,平成20年7月30日現在。
- 3) 国土交通省北陸地方整備局:3月25日能登半島沖で発生した震度6強の地震に対する対応状況,
http://www.hrr.mlit.go.jp/saigai/H190325/0325_top.html,平成20年7月30日現在。
- 4) 国土交通省北陸地方整備局:平成19年新潟県中越沖地震に対する対応状況,
http://www.hrr.mlit.go.jp/saigai/H190716/0716_top.html,平成20年7月30日現在。
- 5) 国土交通省東北地方整備局:平成20年岩手・宮城内陸地震道路被災状況及び通行規制情報について,
[http://www.thr.mlit.go.jp/road/H20iwate_miyagi_nairikuji-sin/\(080618\)iwate_miyagi_nairikuji-sin_dourohisaijyoukyou2.pdf](http://www.thr.mlit.go.jp/road/H20iwate_miyagi_nairikuji-sin/(080618)iwate_miyagi_nairikuji-sin_dourohisaijyoukyou2.pdf),平成20年7月30日現在。
- 6) 地盤工学会:新潟県中越地震災害調査委員会 報告書,2007年5月。

(2008年8月22日受付)