

信濃川断層帯における区間別地震危険度解析

渡辺太一*¹・和田彩花*²・古本吉倫*³

The Seismic Risk Analysis by section on Shinanogawa-fault lines.

WATANABE Taichi, WADA Ayaka and FURUMOTO Yoshinori

This study predicted the earthquake damage in Nagano city when the Shinanogawa-fault lines has been moved. This fault lines are located in the north area of Nagano Prefecture and serious damages in Nagano city is expected if the earthquake occurs. First, an assumed Magnitude was decided. Second, earthquake motions while shifting focal area along Shinanogawa-fault lines were simulated. Finally, we compare each focal area which is the most dangerous when the earthquake occurs by using Population Exposure to Seismic Intensity as an indicator.

キーワード：信濃川断層帯，震度ハザードマップ，震度曝露人口

1. はじめに

1995 年兵庫県南部地震の発生を契機に，日本全国で地震の被害想定が盛んに行われるようになった．各県で地震現象及び被害の想定を行い，今後の地震防災の基礎資料とすべく地震対策基礎調査が行われた．長野県では，平成 14 年に第 1 次調査¹⁾が，平成 25 年度から平成 26 年度にかけて第 3 次調査²⁾が行われた．具体的には，活断層の位置，深部形状，活動形態，活動履歴等の特徴に基づき，限られた断層の区間を震源域としたシナリオ地震を想定し，被害想定が行われてきた．

しかし，国や都道府県の調査では，国の長期予測に基づいて，断層帯全域が破壊した場合の大規模地震のみ想定を行っているため，中小規模地震の想定は十分でないのが現状である．本研究では，予め発生する地震のマグニチュードを決め，その震源域を信濃川断層帯に沿ってずらしながら地震動シミュレーションを行い，震度ハザードマップを作成することによって，中小規模の地震を対象にどの場所で地震が発生するのが最も危険であるかを県内全域の震度曝露人口³⁾を指標として比較することを目的とする．

震度ハザードマップとは地震による被害を予測し，その震度階を地図化したものである．予測される地震の発生地点，地震の範囲および程度などの情報を既存の地図上に図示する事により，人々へ防災の為の情報を示す．地震が起きた際にどのような災害になるかを想定する事は，人々の防災意識の啓発に役立ち，地域の防災計画にも活用できる．

2. 想定地震規模の決定

2-1 震源断層の決定

一般にシナリオ地震に基づく地震被害想定では，過去に被害をもたらした活断層や県内主要都市の被害が甚大となると考えられる活断層，活動度の高い活断層を選定する．また，地震調査推進本部の活断層長期評価⁴⁾より信濃川断層帯で想定地震規模 M8 クラス (M7.5~8.5 未満)の 30 年以内の地震の発生確率はほぼ 0%であるが，信濃川断層帯で地震が発生した場合長野市に与える被害は甚大であると考えられる．そこで，本研究では地震が発生した際に最も長野市に被害を与えると考えられる図 1 に示す信濃川断層帯を選んだ．

2-2 震度マグニチュードの決定

図 2 に 1985 年～2016 年における長野県で発生した地震の発生回数⁵⁾とマグニチュードの関係を示す．長野県に被害をもたらした地震は近隣県で発生した地震も含むため，長野県及び近隣県で発生した過去 10 年の被害地震の M を列挙した表 1⁶⁾を示す．

*1 平成 28 年度卒業研究生 (現長野高専専攻科)

*2 平成 27 年度卒業研究生 (現長野高専専攻科)

*3 環境都市工学科教授

原稿受付 2017 年 5 月 20 日

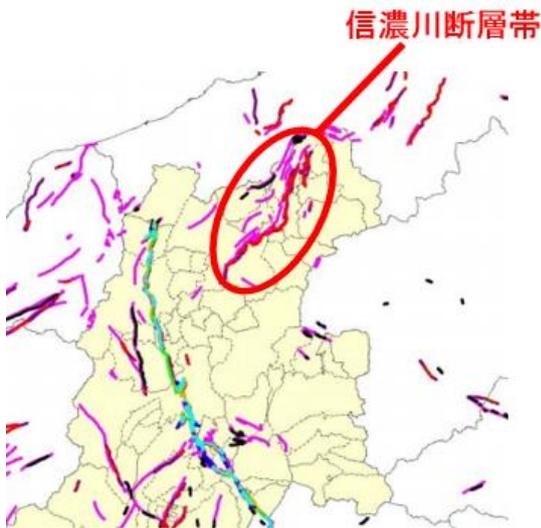


図1 長野県周辺の活断層

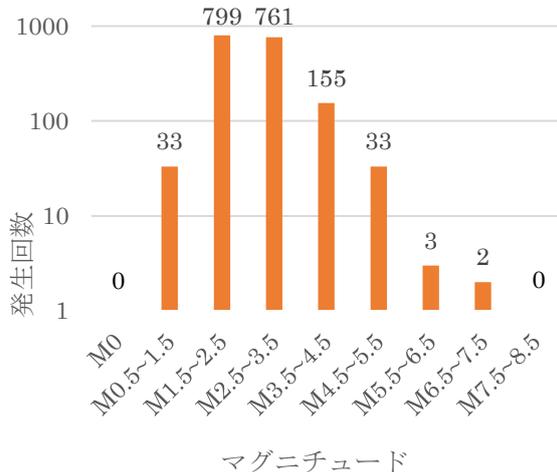


図2 長野県におけるマグニチュード別地震発生頻度(1985-2016年)

表1 過去10年に長野県及び近隣県で発生した地震

発生年	地震名	M	最大震度
2004	新潟県中越地震	6.8	7
2007	新潟県中越沖地震	6.8	6強
2011	長野県北部地震	6.6	6強
2011	長野県中部地震	5.5	5強
2014	長野県北部地震	6.7	6弱

表2 断層パラメータ算出結果

断層長さ	L=10.0 km
マグニチュード	M6.5
地震モーメント	$M_0 = 2.818 \times 10^{25} \text{ dyne} \cdot \text{cm}$
分割数	$N_G = 2$

表1より、M6クラス以上の地震は3.2年に一回の頻度で発生していることが分かる。そこで本研究では

想定するマグニチュードを表1にあげた地震の最大マグニチュードの平均をとり、M6.5の地震を想定して行う。

3. 解析パラメータの算出

解析を行う上で必要な断層パラメータは、①地震モーメント②断層長さ③断層幅④想定地震規模⑤重ね合わせ回数(分割数)⑥活断層北端南端の座標である。これらを以下の式を用い選定した各断層の長さから算出する⁷⁾。

- ・想定地震規模算出式

$$M = (\log_{10} L + 2.9) \div 0.6 \quad \text{式(1)}$$

- ・地震モーメント算出式

$$M_0 = 10^{(1.3M+17.0)} \quad \text{式(2)}$$

- ・分割数算出式

$$N_G = 4.121 \times 10^{-11} \times M_0^{0.4175} \quad \text{式(3)}$$

ここに、マグニチュードをM6.5とした場合の断層パラメータの計算結果を表2に示す。

4. 地震動解析手法

4-1 震度ハザードマップ作成手順

以下に震度ハザードマップ作成手順を示す。

- ・ステップ1 震源断層モデル設定

選定した断層の位置・長さ・活動度等のデータから断層パラメータを算出して、断層のモデル化を行う。

- ・ステップ2 基盤地震動推定

500メートルメッシュに対する工学的基盤(せん断波速度 $V_s=400\text{m/s}$ 以上)での震度を強震動予測法 EMPR⁸⁾により算出する。長野県の地震計設置箇所である120のメッシュと本県中に等間隔に配置した320メッシュの計440メッシュについて各活断層による地震の地震波形を合成する。

- ・ステップ3 地表地震動推定

メッシュ毎に割り当てられる地盤モデルを作成し、変換係数⁹⁾を用いて各メッシュの地表面震度を算出する。440メッシュについて距離補間することにより、震度ハザードマップを作成する。

4-2 サンプルモデルの作成

前節にて断層長さが10.0kmと決定したため、解析を行うために信濃川断層帯を10kmごとに分割した。信濃川断層帯を10kmごとに分割していくと8分割で



図3 サンプル番号とその位置

表3 サンプルの緯度経度

番号	北端		南端	
	緯度	経度	緯度	経度
1	138.463°	36.965°	138.397°	36.891°
2	138.397°	36.891°	138.348°	36.810°
3	138.348°	36.810°	138.316°	36.724°
4	138.316°	36.724°	138.216°	36.685°
5	138.216°	36.685°	138.136°	36.622°
6	138.136°	36.622°	138.086°	36.540°
7	138.086°	36.540°	138.042°	36.456°
8*	138.066°	36.489°	138.010°	36.410°

(*サンプル8に限りサンプル7と重なっている部分あり.)

きた. それを図3に示す. それぞれのサンプルの北端南端の緯度・経度を割り出すと表3のようになった.

5. 解析結果

5-1 震度ハザードマップ

以下が作成された震度ハザードマップである. 図にある黒丸は解析を行った440メッシュの位置を示している. 同じく黒い線はモデル化された活断層の位置を示している.

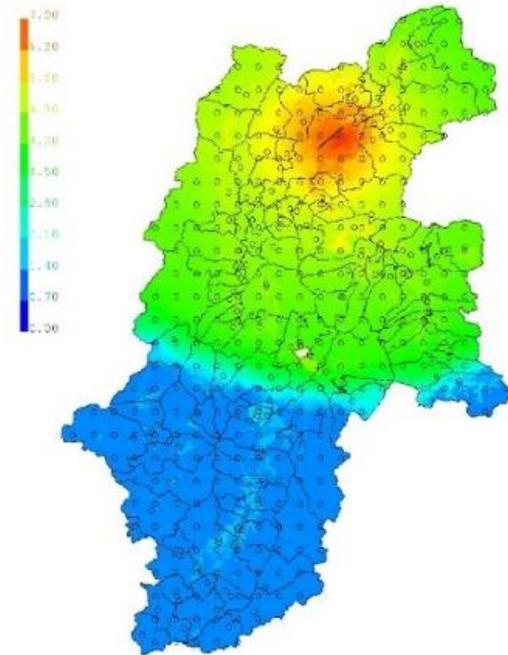


図4 震度ハザードマップ(パターン5北端から破壊)

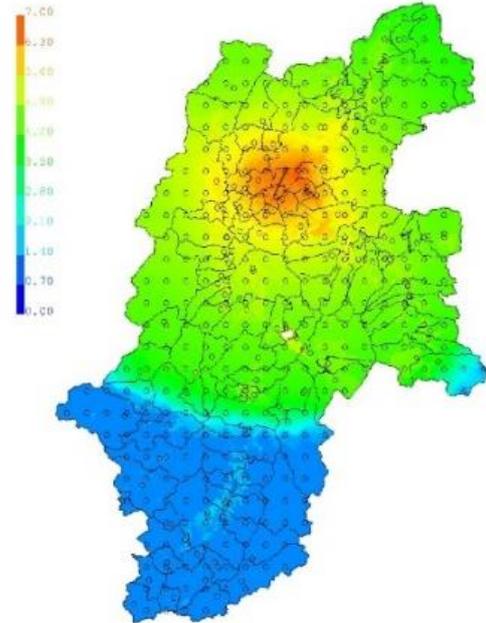


図5 震度ハザードマップ(パターン7北端から破壊)

5-2 震度曝露人口

震度曝露人口とはある震度に曝されている人口をいう³⁾. 作成された震度ハザードマップをもとに震度曝露人口を算出し震度5強以上のものをまとめたものを表3・図4に示す. ここからは北端から破壊したモデルにn, 南端から破壊したモデルにsを付す.

表 4 長野県における震度 5 弱以上の震度曝露人口

	震度5弱	震度5強	震度6弱	震度6強	震度7	合計
n1	343,899	130,319	15,866	16,499	3,031	509,614
s1	275,276	57,983	15,111	16,140	3,586	368,096
s2	267,216	193,499	62,799	20,821	6,954	551,289
n2	301,895	258,283	75,338	19,326	9,282	664,124
n3	278,570	227,435	228,797	74,588	2,941	812,331
s3	202,973	197,533	202,890	74,317	3,774	681,487
n4	239,683	200,787	212,189	192,599	39,807	885,065
s4	241,649	169,270	207,298	187,345	35,439	841,001
n5	290,919	240,453	159,526	199,424	99,086	989,408
s5	231,501	200,835	156,666	254,627	47,642	891,271
n6	574,288	266,575	272,898	149,503	6,922	1,270,186
s6	317,981	248,147	297,549	142,102	1,963	1,007,742
n7	652,987	525,580	131,523	70,428	0	1,380,518
s7	584,578	507,892	137,475	67,679	15	1,297,639
n8	654,939	562,092	150,178	6,199	1,751	1,375,159
s8	626,488	579,376	161,951	6,533	1,559	1,375,937

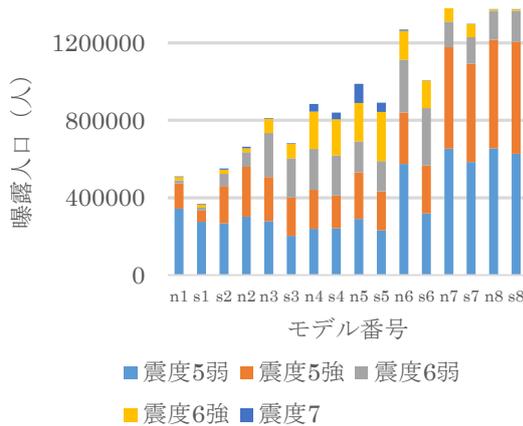


図 6 長野県における震度 5 弱以上の震度曝露人口

グラフより、明らかに他と比べて震度曝露人口が少ない地域がある。(例えば、n1, s1 など)これは飯山市と木島平村の北部に位置するモデルのため、震源域周辺に人口が少ないからと考えられる。

また、震度曝露人口が多かったモデルは n7 で長野県人口 2,153,626 人のうち震度 5 弱以上に遭遇するのは 1,380,518 人と想定された。しかし、震度 7 の震度曝露人口は 0 人と他の区間に対して大幅に少ないことが分かる。これは震源域である麻績村や筑北村周辺は人口が少ないため震度 7 に曝される人がいなかったが、比較的長野県でも人口が多い上田市、松本市、長野市と隣接していることが原因だと考えられる。

一方、最も震度 7 の震度曝露人口が多かったのは n5 の 99,086 人であった。これは震源域が長野県で最も人口が多い長野市にあることが原因であると考えられる。

北端からの破壊と南端からの破壊で震度曝露人口に大きな差が出ているモデルがいくつか見られた。これは破壊点から震動エネルギーが向かう方向に人口が集中していたと考えられる。例えば長野市など人口の偏りが激しい場所に位置するモデルは北端からの破壊と南端からの破壊で震度曝露人口に大きな差が出ていると考えられる。

6. まとめ

以下、本研究で得られた知見を述べる。

- (1) 今回の研究では、あらかじめマグニチュードを決定し、それに応じた断層の長さを算出し、断層帯を 8 分割し解析を行うことが出来た。
- (2) 破壊が進行する方向にエネルギーが集中するため、地震動は進行方向に大きくなる。そのため、同じ震源域でも破壊伝達方向が異なると震度曝露人口も異なる。
- (3) 人口密集地域付近のモデルでは震度 5 弱以上の震度曝露人口が多くなるのが分かる。
- (4) 今回のシミュレーションでは麻績村、筑北村付近を震源域とする地震による震度曝露人口が多かった。一方、北部地域での地震も十分警戒すべきと考えられる。

参考文献

- 1) 長野県地震対策基礎調査専門委員会：平成 14 年長野県地震対策基礎調査報告書，2002。
- 2) H27 第 3 次長野県地震被害想定調査報告書
<https://www.pref.nagano.lg.jp/bosai/documents/houkokusyo04031.pdf>
- 3) 能島鴨呂・久世益充・杉戸信太・鈴木康夫：震度曝露人口による震災ポテンシャル評価の試み，自然災害科学 J. JSNDS 23-3(2004)363-380。
- 4) 地震調査研究推進本部 HP：活断層の長期評価
http://www.jishin.go.jp/main/p_hyoka02.htm
- 5) 気象庁：地震データベース
<http://www.data.jma.go.jp/svd/eqdb/data/shindo/index.php>
- 6) 渡辺空美：糸魚川-静岡構造線断層帯における区間別地震危険度解析，長野高専卒業論文,2015。
- 7) 岐阜県：平成 23～24 年度岐阜県地震被害想定調査報告書,2012。
- 8) Sugito,M., Furumoto,Y., and Sugiyama,T., Strong Motion Prediction on Rock Surface by Superposed Evolutionary Spectra,12th World Conference on Earthquake Engineering, CD-ROM, Auckland, New Zealand, January 2000.
- 9) Y.Frumoto, M.Sugito and K.Yashiro: A Simple Conversion Factor of Seismic Intensities from Engineering Rock Surface to Soil Surface, 13th World Conference on Earthquake Engineering Vancouver, BC Canada, paper NO.686 (on CD-ROM),2004.