

住民アンケート調査による地震動の実態把握 — 中越沖地震時の飯綱町の事例から —

富樫 均¹・畑中健一郎²

新潟県中越沖地震の際、震度6強のゆれが観測された長野県上水内郡飯綱町において、震災直後に町内の全戸を対象にゆれに関する住民アンケート調査を実施した。その結果、6強以上のゆれがあった箇所は非常に局所的であったこと、また強いゆれが集中する強震帯が存在することなど新たな知見が得られた。簡便な住民アンケート調査により、計測震度計だけでは得ることのできない、地域防災に役立つ有用な情報を得ることが出来た。

キーワード：中越沖地震，飯綱町，地震動，アンケート調査，GIS，強震帯

1. はじめに

2007年7月16日に発生した新潟県中越沖地震(M6.8)では、震源に近い柏崎市とその周辺地域で、震度6強のゆれが観測され、15名の人命が失われ、1300棟以上の家屋が全壊するなど、甚大な被害を受けた¹⁾。このとき、長野県北部の飯綱町「芋川」の計測震度計では、震央から90km以上の距離にあるにもかかわらず飛び地のように震度6強の激

しいゆれが観測され(図1、図版写真)、そこから南西約3kmにある町内のもう1箇所の震度計「牟礼」でも震度5強を観測した。このゆれにより町内の所々で家屋の破損や道路等の損壊が確認された(図版写真)。ただし、柏崎市等と同階級の震度が発表されたにもかかわらず、飯綱町では全壊家屋は無く、被害程度には大きな差がみられた。

町内の2地点の震度記録だけでは、地震時における町全体のゆれの強さと分布の実態が不明であっ

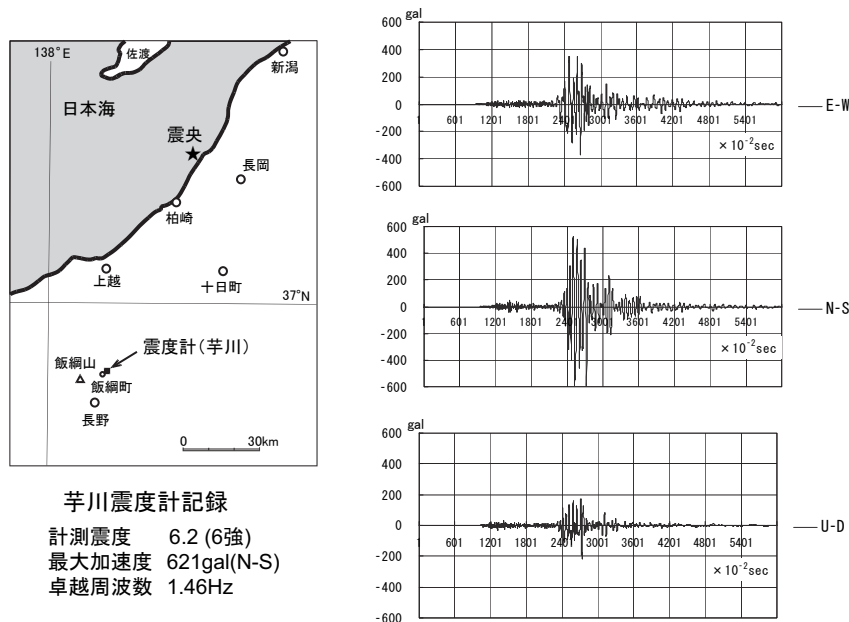


図1 飯綱町の位置と芋川計測震度計記録
(記録は長野県危機管理局資料)

1 長野県環境保全研究所 自然環境部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120
2 長野県環境保全研究所 循環型社会部 〒381-0075 長野市北郷 2054-120

た。このようなゆれの実態把握は、飯綱町の今後の防災に役立つ貴重な情報になると考える。そこで、地震時の多くの住民の記憶を埋もれさせず、なるべく簡易に客観データに置き換えることを目的として、町の協力を得て中越沖地震に関する簡便な住民アンケート調査を実施し、結果の一部を町等に提供した^{2), 3)}。同種のアンケート調査はたとえば学校の生徒や児童を通じて実施された例がある（小柳⁴⁾、角田・地震振動研究会⁵⁾など）。また近年、ほぼ毎年のように国内で強い地震が起きている。しかし、上記の目的で、震災直後の人口1万人を超える規模の町の全世帯を対象に行われたアンケート調査と、その解析によって得られた知見を示す例は見受けられない。

2. 調査方法

2.1 手順と方法

今回行ったアンケート調査（以下調査）および解析の手順を図2に示す。被災直後に調査を企画し、町の協力を得て、調査票の配布や回収方法を決定した。実際に配布した調査票を付録に示す。設問は、「住所氏名」、「ゆれの強さ」、「建物への被害の有無」等の7項目を用意し、選択式の回答欄を主にして、一部に記述式の回答欄を設けた。最も重要なゆれの強さについては独自の判定基準を設けた。本調査では気象庁の震度階級の解説⁶⁾を参考に、一般住民が答えやすいように文章表現を平易に改変した10階級の表を作成した。回答におけるゆれの強さ「0～

9」（付録参照）は、それぞれ気象庁震度階級の10階級⁶⁾に対応する。なお、1996年4月以降、気象庁による公表震度は、計測震度計記録から自動的に算出される値となっている。そのため、体感や周囲の状況をもとに決められる従来の震度階級と、現在の計測震度計による震度値とはほぼ対応しているものの、同一ではない。

2.2 調査票の配布と回収

調査対象は町内の全戸3798戸とし、調査票は町内の行政自治組織（区や組等）を通じて地震発生から約2週間後に配布し、地震発生から約1ヶ月以内の8月中にはほぼ回収を済ませた。回答数は2637件で、回収率は69%であった。

2.3 データの処理

調査票に記載された住所氏名をもとに、地理座標を与え、その他回答項目をその座標に対する属性として整理し、このデータを地理情報システム（以下GIS）を用いて空間的な分布として示した。また、住民アンケートのみでは、人家の分布域内の情報しか得られないため、被災直後に町内の道路施設等で確認された損傷箇所をリストアップし、それらの分布も図示した。使用したソフトはESRI社製ArcGISである。

3. 調査結果

3.1 ゆれの強さ

図3にゆれの強さに関する回答頻度を示す。複数の震度判定値が記入されていた回答や、判定値が抜けていた回答は除外した。「7～9」（気象庁の震度階で震度6強相当以上）の強いゆれを感じたという回答は全有効回答の内の1.1%であった。一方75%の回答が「4」（震度4）ないし「5」（震度5弱）に相当するゆれを感じたという結果であった。したがって、実際に居住域内で震度6強以上のゆれを感じた地点はごくわずかであったといえる。被災直後の現地では、公表された震度計の値に対し町全体における被害程度が軽微であると感じられたが、この結果はその時の印象を裏付けるものである。

3.2 強いゆれがあった地点の分布傾向

図4に地理座標が特定できたゆれの強さの分布を示す。表1は道路等の損傷地点のリストである。ゆ

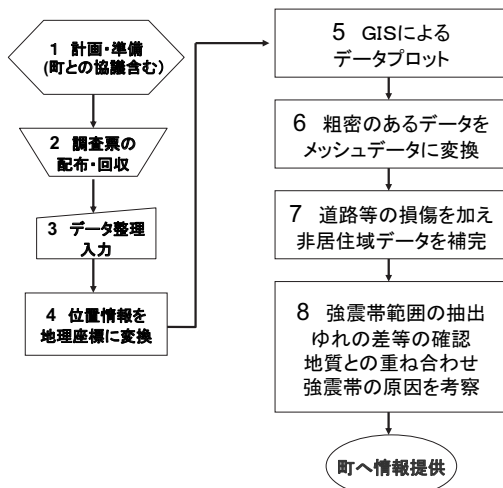


図2 調査手順

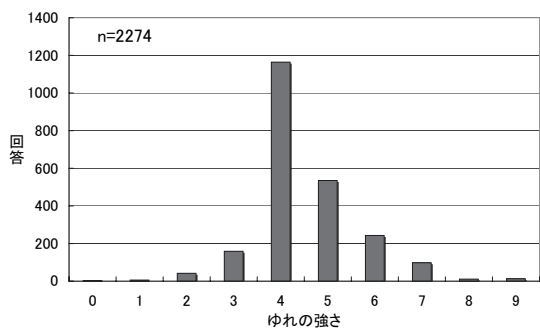


図3 ゆれの強さに関する回答頻度
 (ゆれの強さ5, 6, 7, 8, 9はそれぞれ気象庁震度階級の5弱, 5強, 6弱, 6強, 7にほぼ相当する。以下の図でも同じ。)

れの回答は、粗密の差を均す必要と、住所を用いていることから個人情報に当たることを考慮し、個々のデータを約100mメッシュに配分した座標に変換して表示した。このため1つのメッシュに2戸以上の回答が重なる場合は、便宜的に平均値をとった。損傷地点と震度計の位置を図5(a)に示す。調査票で強いゆれがあったとする回答は「芋川」と「牟礼」の2箇所の震度計設置地点を結ぶ線上にならぶ(図4, 図5(a))。また、道路等の損傷箇所の多くもその線上にあり、一部はその延長にも分布する。以上の結果から、町のほぼ中央から北東方向にのびる長さ約4.5km、幅300~500mの狭い地域

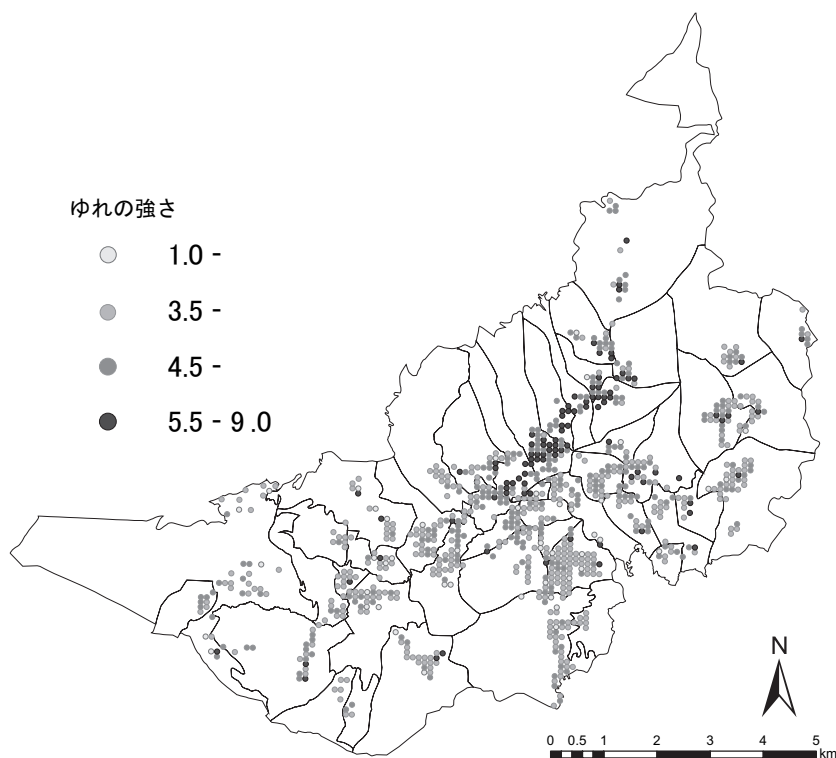


図4 ゆれの強さの分布

表1 飯綱町内における公共構造物等の損傷箇所※(住宅と石塔を除く)

No.	地区	構造物等	損傷内容	備考
1	芋川	道路(日向溝口線)脇法面	表層土砂の小規模崩落	
2	東柏原	道路(農道)	道路段差(落差40cm)	
3	芋川	埋設ガスパイプ付帯設備	陥没(落差数cm)	道路面
4	赤塩	埋設ガスパイプ上の農道	充填砂の液状化と路面変形	
5	芋川	歩道とコンクリートの用水路	破損・変形	旧三水庁舎前
6	普光寺	歩道	沈下変形(数cm)	
7	普光寺	道路下の石積み	石の抜けだし	
8	普光寺	道路(深沢寺坂線)	亀裂群と側溝表面の割れ	
9	普光寺	道路(久保村中線)・横断側溝	道路に段差(落差10cm)	
10	牟礼	牟礼神社境内のケヤキ(幹周381cm)	倒木(地震時に亀裂)	倒木は5日後
11	西黒川	畑	河岸近くの地面に亀裂	

※飯綱町役場の情報に筆者の現地確認結果を加えて作成、No.10の幹周は「白地図をぬろう会」の調査記録による

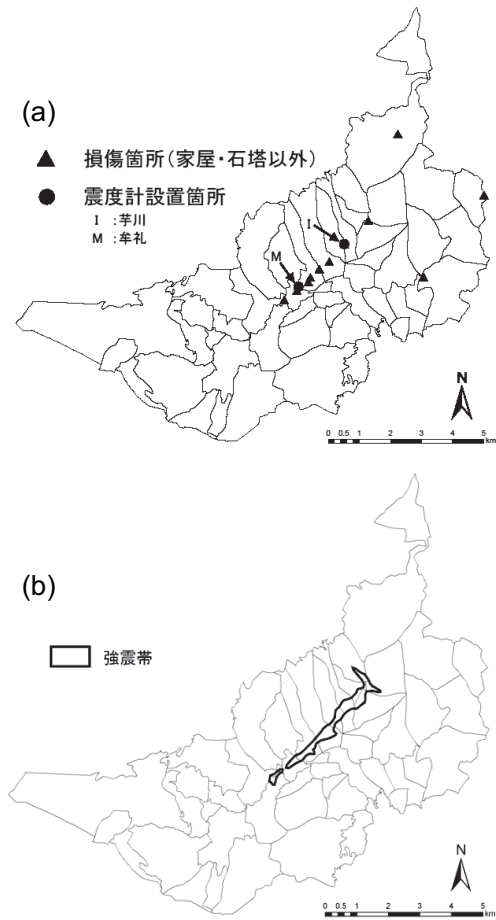


図5 損傷箇所 (a) と強震帯 (b) の分布

に強いゆれが特異的に集中したことがわかった。図5 (b) は、震度5以上のゆれが集中した地点に連続する損傷箇所を含め、強いゆれの連なりが想定される外周を囲んだもので、これを今回の地震時に表れた強震帯とした。

3.3 強震帯内外のゆれの強さと被害との関係

ゆれの強さと、建物や家財等の損傷の関係をみると、全般的に震度5弱相当以上のゆれになると、被害が急増したことが確認された。図6は今回強震帯として特定した範囲の内と外におけるゆれと被害割合の比較である。強震帯内 (図6 (a)) では震度5弱～震度5強相当の回答が大半で、強震帯外 (図6 (b)) の震度4～5弱相当を主とする回答に比べて1～2階級程度の差がある。建物や家財への何らかの被害割合が、強震帯の外で16%であったのに対し、強震帯の内では75%にのぼったのは、このことを反映している。ゆれと被害内容との関係をみると、震度4で食器破損、壁のひび、灯籠や門柱の倒れ等が出始め、震度5弱相当になると土壁のくずれや窓ガラスの破損が増え、震度5強以上になると建物の損壊が増える傾向があった。

4. 考察

4.1 強震帯の形成と地質・地盤との関係

図7は飯綱町の地質図に強震帯の範囲と国土地理院50mDEMによる地形陰影図を重ね合わせたものである。飯綱町には丘陵性の地形が広く発達し、基盤地質は東頸城丘陵から続く新第三紀末～第四紀前

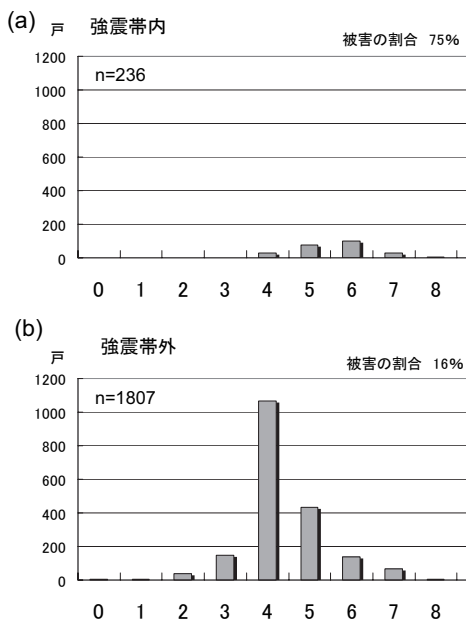


図6 強震帯の内外的におけるゆれの強さと被害割合

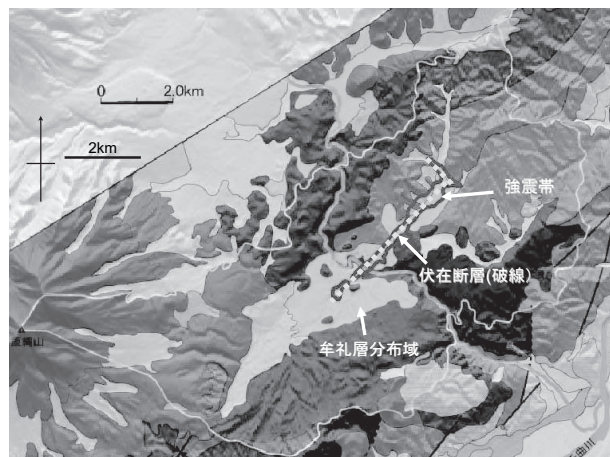


図7 強震帯と地質との関連 (地質図は文献^{7), 8)} に、牟礼層の分布を一部加筆し、編図したもの)

期更新世の半固結の碎屑岩類と火山碎屑岩類からなる⁷⁾。また町の西方には中期更新世に活動した飯綱火山が分布する⁸⁾。大局的には町の中央を北西—南東に横断する鳥居川付近を境に、基盤岩が露出する東側と、飯綱火山由来の岩屑なだれ堆積物等に覆われて基盤岩が地表にほとんど露出しない西側地域に分けられる。

強震帯の主部は、東側の基盤岩分布域内の幅広の谷の中にあり、谷の中央表層部には後期更新世～完新世に堆積したシルト～粘土層からなる牟礼層が分布する(図7)。山中・杉山⁹⁾は、震度6強を記録した「芋川」の震度計設置地点近傍において物理探査を実施し、この付近の軟弱層(筆者注:ほぼ牟礼層に相当)が周囲よりも厚いと想定されたことから、地震被害の主な原因は深さ30m程度までの地盤状態にあるとした。

しかし、牟礼層は周囲の地質に比較して相対的に軟質ではあるものの、一部は傾斜40度、高さ6m程度の安定した道路法面を構成し、軟弱地盤とはいえないほど密実な土層である¹⁰⁾。そのため表層地盤の性状によるゆれの増幅は、たとえあるとしても付随的なものであろう。今回の調査で見いだされた強震帯は、山中・杉山が調査対象とした範囲を大きく越える規模で分布し、その延長では牟礼層を深く下刻する鳥居川を横断し、より南西側の地域にまで続く。現地形の起伏にほとんど影響されず直線的に連続することからすれば、牟礼層下の深部に断層が伏在し、強震帯はこの断層(基盤岩境界)に沿って形成されているものと考え(図7)。なお、想定される伏在断層はさらに南西方向に続く可能性がある。ただし、西側にゆくほど基盤岩を覆う火山碎屑物が厚くなることから、その追跡は困難である。

4.2 簡便な住民アンケート調査の意義

既設の震度計による計測震度は全国スケールでゆれの範囲や特徴を知るために公表されるデータである。ただし、市町村単位的生活域スケールでみれば限られた点のデータであって、必ずしも地域の平均的なゆれを代表する数値ではない。この点は本研究の結果からも明らかである。本研究で行ったようなアンケート調査は、そこに住む人が震度計の役割を担うもので、高密度で一斉に数多くのデータが得られるという特徴がある。ただし、同一の現象でも人の感じ方には個人差があり、サンプル数が少ないと感覚の違いに起因する回答のばらつきにより、客観

性が保たれない可能性がある。本研究では、設問を分かりやすくし、被災時の記憶が鮮明なうちにできるだけ多数のデータを収集することにした。多数のデータを処理する過程ではGISを活用した。このことによりデータの客観性を高めることができたと考ええる。

本研究のように震災直後に行うアンケート調査では、調査票の仕様と調査のタイミングが重要である。たとえば震災後に長い準備期間をおいてより詳細な聞き取り調査を行う場合には、時間の経過に応じた記憶の風化や、報道情報等の影響による、記憶の変質への懸念がある。また、強い地震であった方が、ゆれに関する地域差や特徴が明瞭に表われやすい反面、現実問題として、ゆれが強いほど救援活動等が優先になり、手間のかかる調査への協力は後回しにならざるを得ない。アンケート調査が極力簡便であれば、地震直後であっても市町村や住民の理解と協力が得やすくなり、鮮度のよい多数のデータが得られることに結びつく。ここに示した方法であれば、とくに地震の専門家の手を借りなくても調査の実施は可能であろう。

なお、調査結果の活用について試案を述べておきたい。本研究で得られた結果は、地域固有の対策を実施するための裏付けとして利用可能と考える。たとえば震度5強相当以上の強いゆれの回答があった地点は、強震帯の中だけでなく、粗密の差はあるものの町内にいくつも点在している。このことから、基本的な地震への備えは町全体としてすすめる必要があるといえる。それを前提として、強震帯については、そこを地震対策の重点地域として位置づけ、優先的にハード・ソフト両面の備えをとることにより、少ない予算で効果的に被害を小さくすることができる。さらに、ゆれの差や被害傾向と、基準となる震度計記録との関係を事前に把握しておけば、公表される震度計の値だけで、町内の被災箇所や被害程度をいち早く予想することができる。それは、救援等の対応をより適切にかつ迅速にすすめるうえで役立つ情報になるであろう。

5. おわりに

本稿は飯綱町で緊急に行った研究の結果であるが、地震に対する地域防災は国内すべての自治体にとって喫緊の課題である。他地域で防災に関わる方々にとっても、参考にいただければ幸いである。

謝 辞

飯綱町の遠山秀吉町長ならびに役場総務課の寺島参事（当時）、産業建設課の大川参事をはじめとする関係者の方々、そして飯綱町各地区の役員の方々には、調査に際してご理解とご協力をいただいた。とくに震災直後の慌ただしい状況の中で調査票の配布や回収への多大なご協力と、道路損傷等に関する貴重な情報提供をいただいた。関係の皆様へ深くお礼を申し上げます。また被災されたの方々には心よりお見舞いを申し上げます。

文 献

- 1) 新潟県庁報道資料（2008年6月）。
- 2) 富樫 均・畑中健一郎（2008）住民アンケートによる地震動の検証—中越沖地震時の飯綱町の事例—。日本地質学会第115年学術大会要旨,143.
- 3) 富樫 均・畑中健一郎（2008）新潟県中越沖地震時の飯綱町のゆれの実態について。飯綱町への説明資料，飯綱町ホームページ
(<http://www.town.iizuna.nagano.jp/sosiki/soumu/soumu/H19jisin/tyousa/tyousakekka3.pdf>)
- 4) 小柳敏郎（1975）1973年6月17日の「根室半島沖地震」に対する帯広およびその周辺でのアンケート調査。帯広畜産大学紀要，9，375－395.
- 5) 角田史雄・地震振動研究会（1982）自然をしらべる地学シリーズ5「くらしと環境」。地学団体研究会編，東海大学出版会，152－161.
- 6) 気象庁ホームページ。「気象庁震度階級関連解説表」
(<http://www.jma.go.jp/jma/kishou/known/shindo/kaisetsu.html>)
- 7) 赤羽貞幸・加藤碩一・富樫茂子・金原啓司(1992) 中野地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）。地質調査所，106 p.
- 8) 長森英明・古川竜太・早津賢二（2003）戸隠地域の地質。地域地質研究報告（5万分の1地質図幅）。産総研地質調査総合センター，109 p.
- 9) 山中浩明・杉山長志（2008）なぜ2007年中越沖地震において飯綱町の揺れは大きかったか？飯綱町への説明資料，飯綱町ホームページ
(<http://www.town.iizuna.nagano.jp/sosiki/soumu/soumu/H19jisin/tyousa/tyousakekka2.pdf>)
- 10) 富樫 均（2008）飯綱火山東麓の牟礼層の層相と¹⁴C年代。長野県環境保全研究所研究報告4，111-115.

Restricted distribution of strong seismic intensities found by questionnaire survey;
A case in Iizuna, Nagano Prefecture in Chuetsu-oki Earthquake 2007, Niigata Prefecture

Hitoshi TOGASHI¹ and Kenichiro HATANAKA²

*1 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Natural Environment Division,
2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*

*2 Nagano Environmental Conservation Research Institute, Recycling Society Division,
2054-120 Kitago, Nagano 381-0075, Japan*

Abstract

Seismic intensities at grade six and over were observed in Iizuna, Nagano Prefecture, central Japan in Chuetsu-oki Earthquake in Niigata in 2007. Immediately after the earthquake, questionnaire survey was carried out among all the residents asking how they felt the seismic vibration. One of the interesting facts we learned was that the strong vibration was restricted to a narrow belt within the township. Such restricted distribution of strong vibration has not been known before. A simple questionnaire survey of the residents on seismic intensity would provide useful information for the regional disaster prevention. This type of information wouldn't be obtained with seismographs alone.

Key words : Chuetsu-oki Earthquake, Iizuna, seismic intensity, questionnaire survey, GIS, strong vibration belt

図 版



Ph.1



Ph.2



Ph.3



Ph.4



Ph.5



Ph.6



Ph.7



Ph.8

中越沖地震発生直後の飯綱町の状況写真と解説

- Ph.1 被災直後の旧三水庁舎内の様子（計測震度計は震度6強を記録）
（飯綱町提供：強震帯内 芋川震度計設置箇所）
- Ph.2 民家の土蔵の壁の破損（強震帯内）
- Ph.3 牟礼神社境内のケヤキの倒木（強震帯内）
- Ph.4 道路下の石積みの崩れ（飯綱町提供：強震帯内）
- Ph.5 側溝のコンクリート製のふたの圧縮性の破損（強震帯内）
- Ph.6 道路を横断する側溝沿いに生じた段差（強震帯内）
- Ph.7 コンクリート舗装された農道に生じた約40cmの落差の段差
（強震帯から東方約4kmの水田わき）
- Ph.8 不安定な設置にもかかわらず全く影響がみられなかった石仏群
（強震帯から北西約700m丘陵内）

報 告

質問3 家についてお聞きします。家の構造にあてはまる数字を丸でかこんでください。
 () にはおおよその築年数を入れてください。
 (構造) 1 木造 2 木造モルタル 3 鉄骨 4 プレハブ 5 その他
 (建てたのは) おおよそ今から () 年前
 質問4 自宅や家財などになんらかの被害がありましたか (丸で囲んでください)
 1 被害があった 2 被害はとくになかった

質問5 被害があった方についてお聞きします。どのような被害があったか、あてはまる被害の数字を丸でかこんでください。(該当するものはいくつでも)
 1 食器などが落ちて割れた 2 石垣やブロック塀がくずれた
 3 壁にひびが入った 4 土壁がくずれた
 5 建物の一部がこわれた 6 灯籠や門柱が倒れた
 7 窓ガラスが割れて落ちた 8 建物が倒壊した
 9 その他 ()

質問6 ゆれの向きがどちらの方角だったか、わかる方はお教えください。
 (電灯などがゆれた方向でも可です)
 1 東西方向 2 北東-南西方向 3 北西-南東方向
 4 南北方向 5 途中で向きが変わった (回転した) 6 わからない

質問7 今回の地震に関連する現象について、ほかに何か気がついたことがありましたら自由にお書きください。

ご協力ありがとうございました。記入されたアンケート用紙は8月17日までに役場総務課総務担当までお渡しく下さい。
 本件に関するお問い合わせは下記担当までお願いします。

長野県環境保全研究所 飯綱庁舎 自然環境部	
担当	菅原 均 (とがしひとし)
電話	026-239-1031 ファックス 026-239-2929
飯綱町総務課 総務担当	
担当	ファックス
電話	

平成19年7月27日
 全戸配布
平成19年新潟県中越沖地震のアンケート

さきの地震により被災された方々に、心からお見舞いを申し上げます。
 このたび県と町が協力し、7月16日午前10時13分に発生した中越沖地震の際のゆれ方についてしらべています。今後の地域防災をすすめるための資料になりますので、ご協力をお願いします。質問は7つありますが、わからないところは無記入で可です。

質問1 住所 飯綱町 氏名 _____
 (住所は番地まで記入してください。個人情報目的外使用はしません)

質問2 家について、あなたや家族が体験したゆれの強さをお聞きします。下表の数字と横の説明1~3を参考にして、最も近いと思われる強さの数字をひとつ選んでください。

※ 矢印の列の0から9までの数字ひとつを丸でかこむ。数字の横の行が強さの説明です。

ゆれの強さとその説明の表 (気象庁震度階級図表1995をもとに一部を改変)

ゆれの強さ	説明1 感じ方	説明2 家の中の様子	説明3 家の中の様子
0	ゆれを感じない		
1	家の中にいる人の一部が、わずかなゆれを感じる		
2	家の中にいる人の多くがゆれを感じる。眠っている人が一部が目覚めます	電灯などのつり下げたものが、わずかにゆれる	
3	家の中にいる人のほとんどがゆれを感じる	たなにある食器類が音をたてることがある	電線が少しゆれる
4	かなりの恐怖感があり、一部の人は身の安全をかんがえる	つり下げたものがはげしくゆれて、たなにある食器類や本棚の本が落ちたり、すわりのわいり物が倒れる	電線が大きくゆれる。歩いている人もゆれを感じる
5	多くの人が身の安全をかんがえ、一部の人はつらく行動ができなさと感じる	つり下げたものがはげしくゆれて、たなにある食器類や本棚の本が落ちたり、すわりのわいり物が倒れる	窓ガラスが割れて落ちることがある。電柱のゆれがわかる。道路に被害が出ることもある
6	ひじょうな恐怖を感じる。多くの人がつらく行動できないと感じる	たなにある食器類、本棚の本の多くが落ちる。テレビが台から落ちることがある。一部の戸がはすれる	補強されていないプロックの多い建物の多くがゆれる。自動販売機が倒れることもある。多くの建物が倒れる
7	立っていることがむずかしいと感じる	固定していない重い家具の多くが移動し、転倒する	かなりの建物で、壁のタイルや窓ガラスがこわれて落ちる。補強されていないプロック塀のほとんどがくずれる
8	立っていることができず、はつと動くことができな	固定していない重い家具のほとんどが移動し、転倒する。戸がはすれて飛ぶことがある	ほとんどの建物で壁のタイルや窓ガラスがこわれて落ちる。補強されているプロック塀の破損もある
9	ゆれのために身体をどうすることもできない	ほとんどの家具が大きく移動し、飛ぶものもある	

