

長野県の震度計設置点における  
相対的な揺れ易さ  
RELATIVE SITE AMPLIFICATION FACTORS AT STRONG MOTION  
OBSERVATION POINTS IN NAGANO PREFECTURE

泉谷恭男<sup>1</sup>，金子雅子<sup>2</sup>

<sup>1</sup> 信州大学工学部社会開発工学科，教授 理博

Yasuo Izutani, Dept. of Architecture and Civil Engineering, Shinshu University, tdp0000@gipwc.shinshu-u.ac.jp

<sup>2</sup> 信州大学大学院工学系研究科，大学院生

Masako Kaneko, Graduate School of Science and Technology, Shinshu University, 02TA314F@mail.shinshu-u.ac.jp

# SUMMARY

Waveform data of strong motion seismograph network in Nagano Prefecture are analyzed to evaluate site amplification factor at each observation point. Regression analysis is carried out with regard to the maximum amplitude of ground acceleration and/or ground velocity in terms of the hypocentral distance. Site amplification factor is defined as the ratio between the observed amplitude and the regression value at each site. The site amplification factors for the maximum ground velocity show strong relation to site condition. The site amplification factors provide valuable information relevant to disaster expected for future large earthquakes. It is emphasized that strong motion seismograph network operated by prefecture offices should be used more efficiently for preventing earthquake disaster.

キーワード: 長野県，震度計ネットワーク，揺れ易さ

Key words: Nagano Prefecture, Strong Motion Seismograph Network, Site Amplification Factor

## 1 はじめに

1995 年 1 月に発生した兵庫県南部地震による阪神・淡路大震災以来，国や地方自治体によって，強震観測網が急速に整備されてきた．防災科学技術研究所の K-NET や KiK-net 等においては波形データがインターネットを通じて誰でも入手可能であり，幅広く利用されている．それに対して地方自治体による震度計ネットワークの波形データは，大都市圏などにおいてはデータベース化が進み，研究や防災のために利用されつつある<sup>1),2)</sup>．しかし多くの地方自治体における波形データについては，未だ有効に活用されているとは言い難い．

一方，都道府県レベルにおいては勿論のこと，市町村レベルにおいても，数多くの地方自治体が将来の地震に対する震度予測を行い，防災計画を策定している．しかし，この震度予測のために震度計ネットワークの波形データが利用された例は，現在までのところ無さそうである．震度計の波形データは，地震の際にその地点が実際にどのように揺れたかについての貴重な情報である．この情報を利用することによって，将来の地震に関する震度予測の信頼

性も向上し，防災計画もより充実したものとなることが期待される．

本研究では長野県によって管理されている震度計ネットワークによる波形データの一部を回収し，震度計設置点における相対的な揺れ易さについて検討した．記録振幅の距離減衰式を求め，実測値と距離減衰式による回帰値との比を揺れ易さの指標とするという単純な手法<sup>3)</sup>を用いる．新しい地震によるデータが追加される度に，揺れ易さ指標は簡単に更新することができる．求められた揺れ易さ指標は，将来の地震に対する震度予測を新たに実施する際には勿論のこと，既存の震度予測結果を補正するためにも役に立つものと考えられる．

## 2 解析手法

震度計による加速度波形データの 3 成分をベクトルの合成し，その最大値を  $A$  とする．また，加速度波形を積分して速度波形としたものについても同様の処理を行い，最大速度値を  $V$  とする．

震源距離を  $R$  として

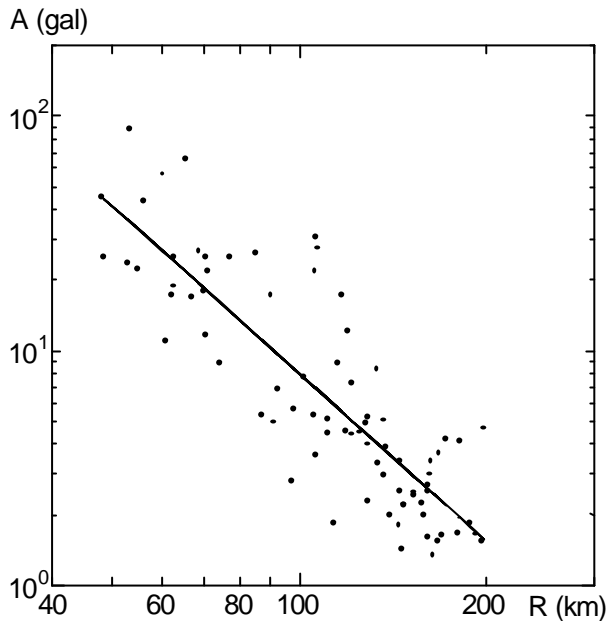


Fig. 1. Relation between maximum ground acceleration and hypocentral distance.

$$\log A = a + b \log R \quad (1)$$

$$\log V = c + d \log R \quad (2)$$

なる回帰分析を行う。震源距離の範囲が 50~200km と比較的狭いため、過去のいろいろな研究で使われているうちの最も簡単な形の式を用いた。得られた回帰式に基づく回帰値  $A'$ ,  $V'$  を用いて、実測値  $A$ ,  $V$  との比  $A/A'$ ,  $V/V'$  を、最大加速度値と最大速度値に関しての、各観測点における揺れ易さ指標とする。

### 3 データおよび解析結果

長野県の震度計ネットワークシステムは、計器がトリガーされる度に記憶されている最も古いデータが上書きされるという仕様になっている。2001 年 9 月現在において、長野県の震度計ネットワークシステム内に最も多数の加速度記録が保管されていたのは、2001 年 4 月 3 日に発生した静岡県中部の地震(35.00N, 138.10E,  $h=30$ km,  $M5.3$ )のものであった。本研究ではこの地震に関するデータを回収した。波形データが回収できた観測点数は 79 である。

Fig.1 に  $A$  を  $R$  に対してプロットした。(1)式に基づく回帰分析結果は

$$\log A = 5.65 - 2.37 \log R \quad (3)$$

であった。ここで  $A$  の単位は gal,  $R$  の単位は km である。図中の実線は(3)式を表している。

また、Fig. 2 には  $V$  を  $R$  に対してプロットした。(2)式に

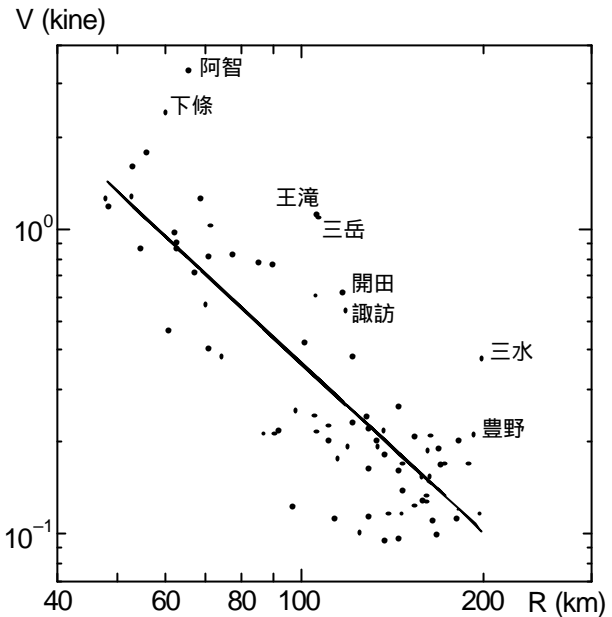


Fig. 2. Relation between maximum ground velocity and hypocentral distance.

基づく回帰分析結果は

$$\log V = 3.27 - 1.86 \log R \quad (4)$$

であった。ここで  $V$  の単位は kine,  $R$  の単位は km である。図中の実線は(4)式を表している。

Fig. 3 及び Fig. 4 に  $A/A'$  および  $V/V'$  を、観測点のある各市町村毎に色分けして、地図上に表示した。(赤： $2 \leq A/A', V/V' < 2$ , 紫： $1.5 \leq A/A', V/V' < 2$ , 緑： $1 \leq A/A', V/V' < 1.5$ , 青： $A/A', V/V' < 1$ , 白：データ無し)

最大加速度値に関する揺れ易さ指標  $A/A'$  に関しては、観測点の地盤状態との間に特に系統的な関係は見られなかった。しかし、最大速度値に関する揺れ易さ指標  $V/V'$  に関しては、地盤状態との間に強い関係が見られる。 $V/V'$  が大きい 8 地点についてみると、阿智と下條は伊那谷南部の天竜川沿い、三水と豊野は千曲川沿いで、いずれも厚い河川堆積物が存在する地域である。王滝、三岳、開田は御岳山麓に位置し、火山灰層の厚い地域である。また、諏訪においては非常に軟弱な湖沼堆積物が厚い。

地震被害については、最大加速度値よりも最大速度値との相関が高いと言われている<sup>4)</sup>。最大速度値が相対的に大きくなりやすい地域は厚い堆積物に覆われた地域であるという今回の結果は、堆積層の厚い地域は地震動被害を被りやすいという過去の地震被害状況に関する一般的な傾向と調和的である。

Fig. 5 は  $A/A'$  と  $V/V'$  の相関を示した図である。相関係数は 0.81 である。先程の 8 地点に注目すると、Fig. 5 の上では 3 グループに分かれて分布している。厚い火山灰に覆われている王滝、三岳、開田については、むしろ  $A/A'$  の

大きさに比べて  $V/V'$  が小さい。火山灰地帯では短周期地震動の方がむしろ卓越しやすいことを意味している。これに対して厚い河川堆積物上の阿智、下條、三水では、 $V/V'$  の方が  $A/A'$  よりも大きい。また、諏訪と豊野については  $V/V'$  は大きいにもかかわらず、 $A/A'$  は 1 よりも小さい。諏訪は非常に軟弱な湖沼堆積物上の街である。また豊野は、千曲川の氾濫による洪水に頻繁に見舞われた歴史を持つ街である。長野県内において最も軟弱な地盤を有するこの 2 地域の揺れ易さの特異性が Fig. 5 から見てとれる。

#### 4 考察

2001 年 11 月に中央防災会議より、東海地震に関する震度予測結果が公表された。長野県内では新たに、諏訪市など 9 市町村が防災対策強化地域に指定されることになった。震度 6 弱が予想されている地域のうちで、諏訪市は東海地震の震源から最も遠い。周辺地域は震度 5 強以下であるにもかかわらず、諏訪市では大きな震度が予想されている。1944 年東南海地震の際に、諏訪市ではかなりの被害が発生しており、気象庁の震度分布図では、周辺地域が震度 4 であったにもかかわらず、震度 6 であったとされている。このような諏訪市に見られる、やや遠い大地震の際の異常に大きな震度は、今回の長野県の震度計ネットワークの波形記録から得られた結果である  $A/A'$  が小さい割には  $V/V'$  が大きいことと、密接に関係しているものと考えられる。

今回はたった一つの地震に対する検討であり、これがそのまま各地点の揺れ易さを精度良く表しているとは考え難い。震源からの距離の割には異常に高い震度を示す地点は地震毎に異なり、ある地点での震度異常は地震の震源との相対的な位置関係（地震波の到来方向）によって左右されるという指摘もある<sup>5)</sup>。今後、データの集積とともに、揺れ易さ指標を更新する必要がある。米国においても、南カリフォルニアに展開されている強震観測網に属する観測点についての揺れ易さ指標が評価されており、新しく地震が発生する度にデータを追加して更新作業が行われている<sup>6)</sup>。このような地道な努力が、地震動災害軽減のために役立つものと考えられる。

地方自治体の震度計は主に市町村役場の敷地内に設置されている。震度計設置点の揺れ易さがその市町村のすべての地点の揺れ易さを反映するものでないことは言うまでもない。しかし、市町村役場は概して街の中心地にあることから、その市町村にとって最も重要な地域の揺れ易さを反映していると言うことはできるであろう。また、震度計の設置場所の選定や設置方法については明確な基準がなく、気象庁の震度計、防災科学技術研究所の K-NET や KiK-net 等のように厳密な基準に基づいて設置が行われているという訳ではない。異常な震動特性を有する設置点については、震度計設置状況の確認も今後必要であろう。

波形データの回収、データベース化やデータ処理には人手や予算を必要とするなど、いろいろな解決すべき問題点

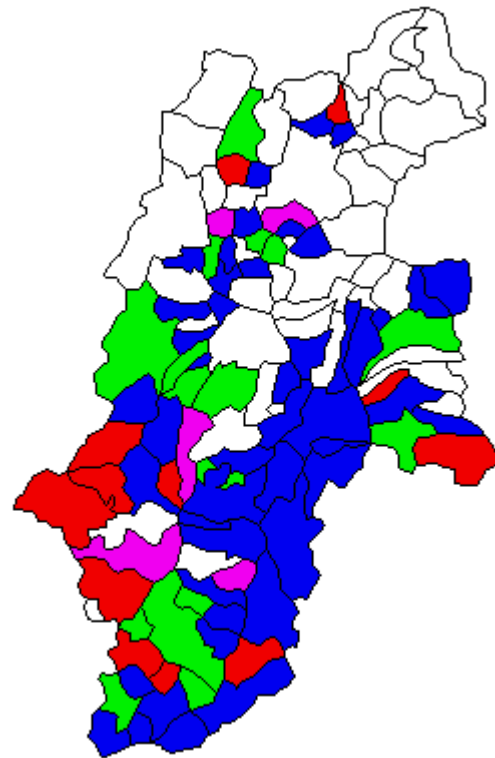


Fig. 3. Relative site amplification factors for maximum ground acceleration. (Red :  $2 \leq A/A'$  , Purple :  $1.5 \leq A/A' < 2$  , Green :  $1 \leq A/A' < 1.5$  , Blue :  $A/A' < 1$  , White : no data)

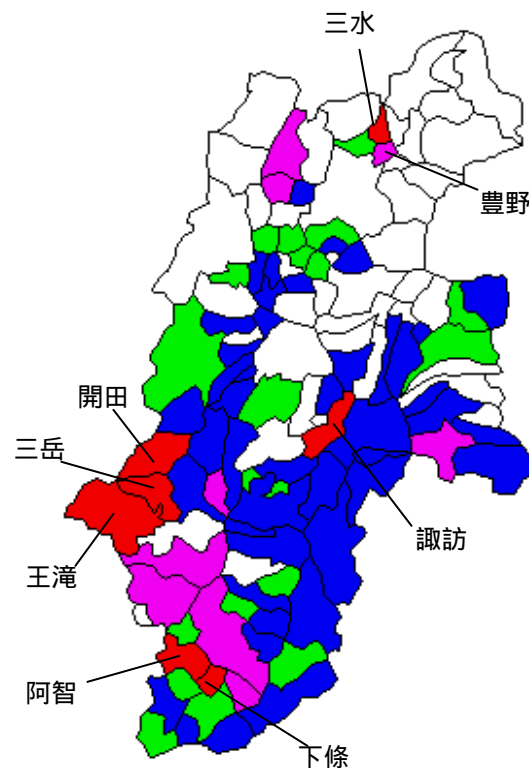


Fig. 4. Relative site amplification factors for maximum ground velocity. (Red :  $2 \leq V/V'$  , Purple :  $1.5 \leq V/V' < 2$  , Green :  $1 \leq V/V' < 1.5$  , Blue :  $V/V' < 1$  , White : no data)

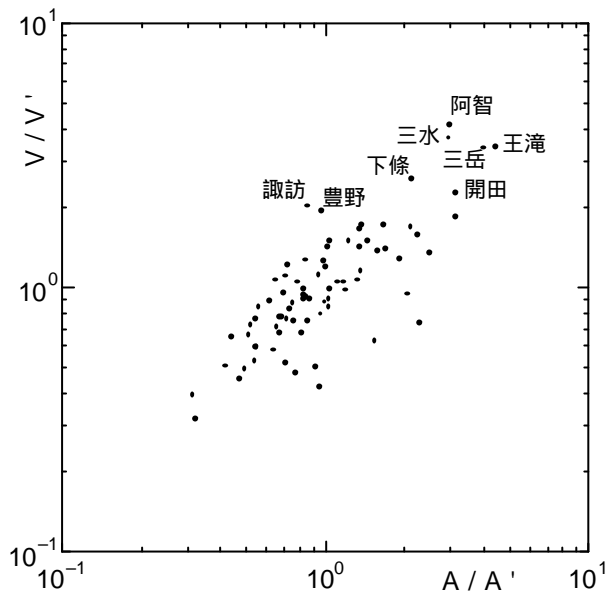


Fig. 5. Relation between site amplification factor for maximum ground acceleration and that for maximum ground velocity.

があるものの、今回のような研究を通じて波形データの有効利用が図られない限り、非常に貴重なデータが使われないうちに無駄に消滅していくことになる。

## 5 まとめ

長野県の震度計ネットワークの強震波形データを用いて、震度計設置点の相対的な揺れ易さの評価を行った。河川堆積物、湖沼堆積物、火山灰などが厚く堆積している地域では最大速度値に関する揺れ易さ指標が大きい。その中でも特に軟弱な湖沼堆積物や河川堆積物が厚い地域では、最大加速度値に関する揺れ易さ指標はむしろ平均よりも小さいのに、最大速度値に関する揺れ易さ指標は大きい。

最大速度値に関する揺れ易さ指標の大きい地域は他の

地域に比べて地震動災害を被り易いと考えられる。従って、地方自治体の震度計ネットワークの波形データを活用し、そのような地点を特定することによって、将来の地震に対する地域防災計画の基本的資料を得ることができる。

現状では、地方自治体の震度計ネットワークの波形データの多くが回収されないまま消去されている。その有効利用が強く望まれる。

## 謝辞

本研究においては、長野県の震度計ネットワークシステムの加速度波形データを用いた。記して感謝の意を表します。

## 参考文献

- 1) 菊地正幸：自治体等との連携による首都圏強震動ネットワークの構築，強震観測ネットワークに関するシンポジウム，日本地震学会，pp. 51-52，2001。
- 2) 福和伸夫：IT 化の進展と既存強震観測網・新規観測網の連携及び防災的活用，強震観測ネットワークに関するシンポジウム，日本地震学会，pp. 53-58，2001。
- 3) 岡田成幸，鏡味洋史：日本各地におけるやや長周期の地盤特性の定量評価の試み，日本建築学会論文報告集，第 267 号，pp. 29-38，1978。
- 4) 境有紀，瀧澤一起，神野達夫：強震記録と周辺建物被害データを用いた地震動の破壊力指標の検討，強震観測ネットワークに関するシンポジウム，日本地震学会，pp. 25-32，2001。
- 5) 岡田正美：異常震動域について，長野県地震対策基礎調査専門委員会資料，2002。
- 6) Kanamori, H.: Determination of Frequency Dependent Ground-Motion Amplification Factors in Southern California, 2000 (unpublished paper).