



## 地形分類とボーリングデータの統合処理による地盤増幅度評価 と2004年新潟県中越地震における地震動分布の推定

末富岩雄<sup>1)</sup>、石田栄介<sup>2)</sup>、福島康宏<sup>2)</sup>、磯山龍二<sup>2)</sup>、澤田純男<sup>3)</sup>

- 1)正会員 日本技術開発株式会社 (元 独立行政法人防災科学技術研究所  
川崎ラボラトリー)、博士 (工学)、e-mail:suetomi-i@jecc.co.jp  
2)正会員 日本技術開発株式会社、博士 (工学)  
e-mail: isidae@jecc.co.jp、fukusimaya@jecc.co.jp、isoyama@jecc.co.jp  
3)正会員 京都大学防災研究所、博士 (工学)、  
e-mail: sawada@catfish.dpri.kyoto-u.ac.jp

### 要約

ハザードマップ作成や即時被害推定を行う際に、精度の良い地震動分布を得るためには、表層地盤の増幅特性評価が大変重要である。その評価方法は、地形分類を用いる方法と、ボーリングデータを用いる方法に大別され、それぞれ一長一短があるが、これまで二者択一の問題として捉えられてきた。本研究では、両者を統合して地盤パラメータを評価する方法を提案し、中越地方でのボーリングデータ及び強震記録を収集し、2004年新潟県中越地震における地震動分布の推定によりその有効性を検証した。

キーワード：平均S波速度、地震動分布、地形分類、2004年新潟県中越地震

### 1. はじめに

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震では、土構造物、地中埋設管、住宅など多くの被害が発生し、かつ多くの強震観測記録が得られている。建物やライフラインなど面的に分布する構造物の被害推定は、ハザードマップの作成や地震発生直後に被害推定を行うリアルタイム地震防災システムの構築などの減災施策において重要である。被害推定精度を向上させるためには、被害地点の地震動をできるだけ精度良く評価する必要がある。被害が大きく地震記録も少なからず得られた地震は、これまでは1995年兵庫県南部地震にほぼ限られており、今回の地震は上記のような検討を行う上で極めて貴重である。観測記録を用いて地震動分布を面的に推定するためには、地盤増幅度評価、空間補間法などの手法を組み合わせる必要があり、過去の地震での事例としては、1995年兵庫県南部地震を対象とした山崎ら<sup>1)</sup>、1999年台湾集集地震を対象とした能島ら<sup>2)</sup>、2001年芸予地震を対象とした齊田ら<sup>3)</sup>、など少なくない。

地盤増幅度を評価する方法は、地形分類に基づく方法と、ボーリングデータを用いる方法に分けられる。地形分類に基づく方法として、以前は国土数値情報に基づく1kmメッシュでの地形分類が用いられてきた<sup>4)</sup>が、最近若松・松岡ら<sup>5)</sup>は、新しい分類を提案し全国を対象に1kmメッシュデータベースを作成している。一方、ボーリングデータを用いるものとして、東京ガス<sup>6)</sup>では、首都圏の約6万本のボーリングデータを収集し、各点の深さ20mまでの平均S波速度を評価し、これから補間により50mメッシュデー

タを作成している。これにより、同一地形分類内でも大小があり、また特に東京東部低地で揺れやすいという詳細な増幅度マップを構築している。地形分類は液状化予測等にはそれのみでも大変有効であるが、地盤増幅度を評価するには現状では平均S波速度を地形分類に応じて評価することを介しているの、ボーリングデータによるN値からの推定の方が直接的である。しかしながら、地形分類は全国を対象に整備されているのに対し、十分な密度を有するボーリングデータのデータベースを構築することは、大都市圏以外では困難である。

これまで、地形分類かボーリングデータかで、二者択一の問題として捉えられてきたが、両者を融合させることで、ボーリングデータが豊富な地域ではボーリングデータ主体、乏しい地域では地形分類主体の評価を自然に行うことが

可能となる。本研究では、その組合せ手法を提案し、新潟県中越地方における250mメッシュの深さ30mまでの平均S波速度(AVS30)の評価を多くのボーリングデータを収集して行い、さらに2004年新潟県中越地震における多くの地震動観測値を用いて詳細な地震動分布を推定する。なお、震度6強から7の極めて強い地震動下では、表層地盤の非線形化の影響を無視できないので、非線形増幅度関数を用いる。

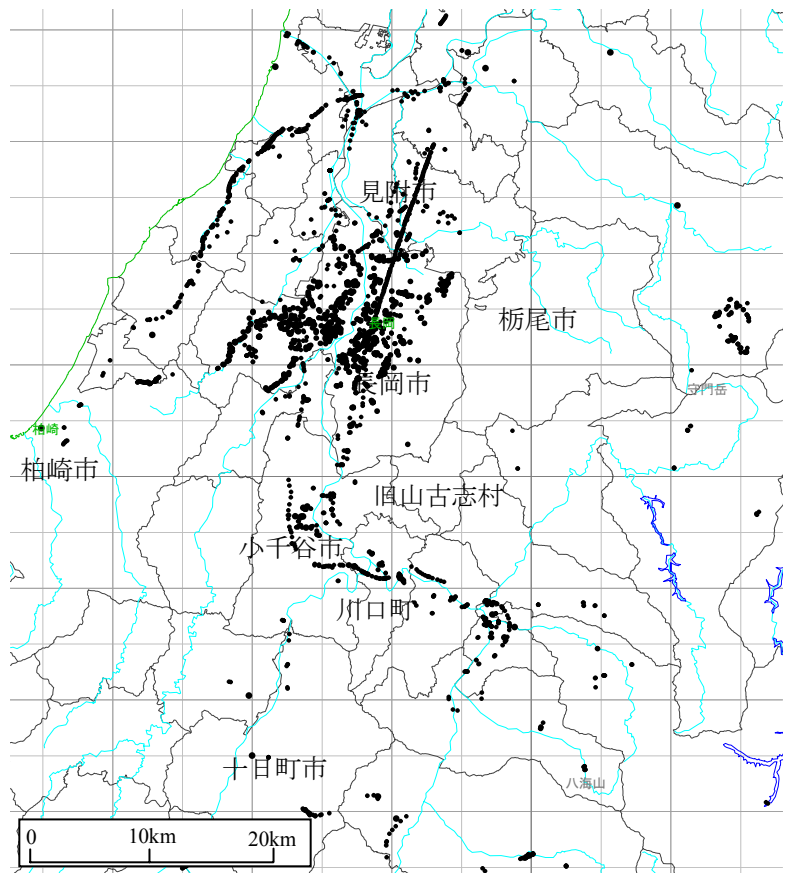


図1 収集したボーリングデータの分布

## 2. 中越地方における地盤情報

面的な地震動分布推定を行う上では、表層地盤の増幅特性を考慮することが必要となる。そのためには、ボーリングデータの収集が重要である。福島ら<sup>7)</sup>は、「新潟県平野部の地盤図集」<sup>8)</sup>記載のボーリング柱状図(約850本)、「新潟県地盤図」<sup>9)</sup>のうち、震源域の地質断面図に記載されているミニ柱状図(約30本)をデジタル化している。これに加え、以下のボーリングデータを関係機関の協力を得て、収集し整備した。

- ・国土交通省北陸地方整備局関連
  - －国土交通省の地質情報伝達システム(TRABIS)に含まれるボーリングデータのうち、北陸地方整備局管内のボーリングデータ(約950本)。
  - －地震後実施された妙見堰でのボーリング柱状図。
- ・防災科学技術研究所関連
  - －ウェブサイトで公開されているK-NET、KiK-net強震観測点のボーリングデータ<sup>10)</sup>。
  - －地震後調査が実施された川口町震度計、小千谷(K-NET、JMA、その他)のボーリングデータ<sup>11)</sup>。
- ・土木学会関連
  - －土木学会地震工学委員会のウェブサイト<sup>12)</sup>で公開されている、東日本旅客鉄道(株)、(旧)日本道路

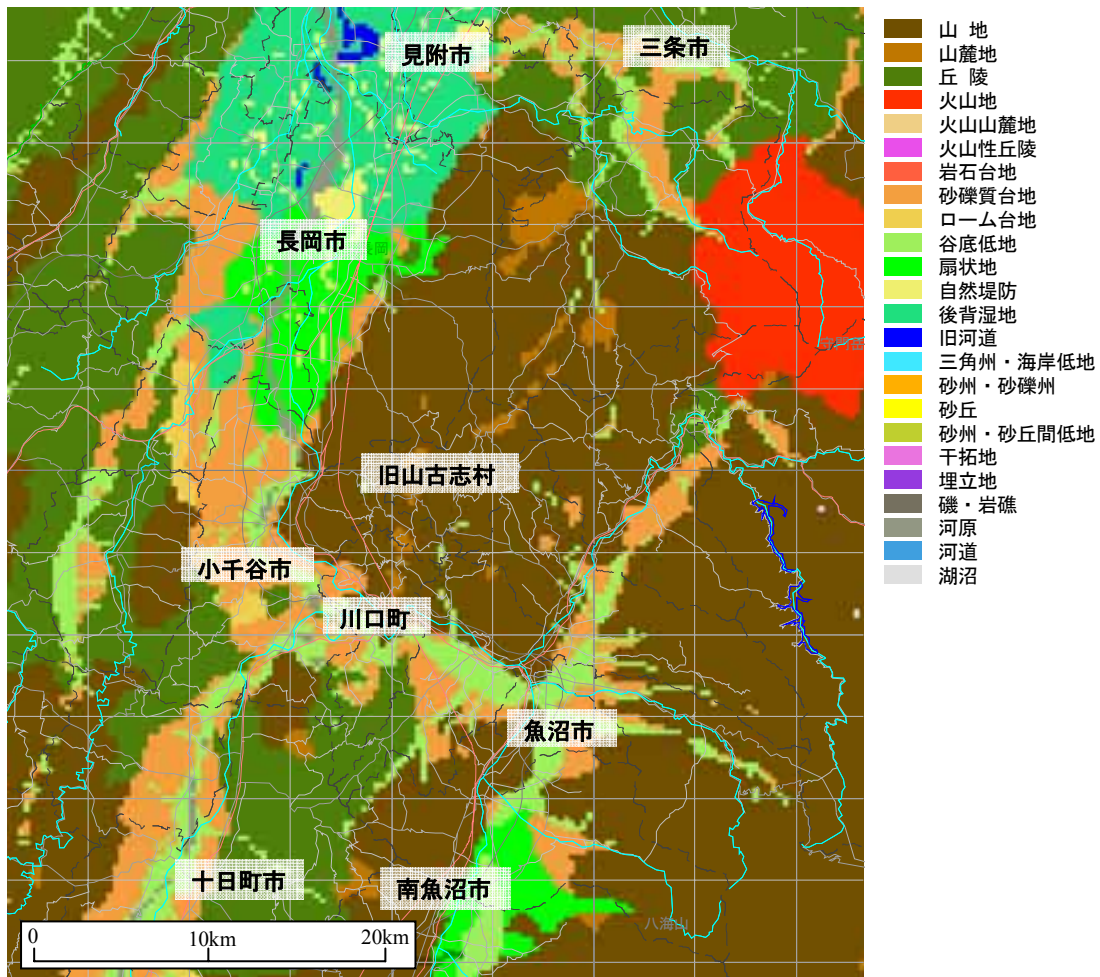


図2 若松・松岡・坂倉<sup>16)</sup>による新潟県中越地方の地形分類

公団観測点付近のボーリング柱状図。

一地震後に調査を実施した堀之内町震度計、長岡国道事務所、長岡市悠久町、川口町2箇所のボーリングデータ<sup>13)</sup>。

・長岡市関連

一長岡市各課所有のボーリング柱状図(約750本)。

図1に得られた約2,700本のボーリングデータの位置を示す。旧長岡市内では首都圏並にボーリングデータを収集できていることがわかる。

本論文では、計測震度や最大速度などの地震動強度指標の分布を空間補間により評価することを想定し、その増幅度を評価する際に最近よく用いられる深さ30mまでの平均S波速度(AVS30)を評価対象とする。整備したほとんどのボーリングデータは、標準貫入試験結果のみであるため、各層のS波速度は、各層の平均N値と土質種別とから道路橋示方書<sup>14)</sup>の方法により計算する。AVS30を評価する際、多くのボーリングデータでは深さ30mに到達していないので、石田ら<sup>15)</sup>と同様に最深部以下ではN値50として評価している。

ボーリングデータが密にあれば、福島ら<sup>7)</sup>のようにボーリング地点におけるAVS30の空間補間を行うことによりメッシュデータとして整備できる。しかしながら、旧長岡市以外ではボーリングデータが乏しく、特に山間部での評価には無理がある。そのような状況で広域の地震動分布評価を行う場合、地質・地形分類を利用するのが一般的である。地形分類に基づく方法としては、国土数値情報に基づき1kmメッシュでの地形分類を行う翠川・松岡<sup>4)</sup>の方法がよく用いられる。その後、久保ら<sup>16)</sup>は500mメッシュ

での評価を行っている。若松・松岡ら<sup>5)</sup>では、上述の国土数値情報での地形分類が全国統一的な分類でないことから、全国で統一的な地形分類基準を提案し(24分類)、かつ約1km四方のデータベース「日本全国地形・地盤分類メッシュマップ(JEGM)」を構築している。さらに、防災実務には1kmメッシュでは粗いことから、250mメッシュデータの作成が進められており、新潟県については既に公開されている<sup>17)</sup>。図2に図5以降でも共通する本論文での対象エリアの地形分類を示す。

ただし、いずれも増幅度を評価する際には、地形分類と増幅度を直接関係づけるのではなく、地形分類に応じて深さ30mまでの平均S波速度を評価し、平均S波速度と最大速度増幅度の関係をを用いている。若松・松岡ら<sup>5)</sup>の分類については、松岡・若松ら<sup>18)</sup>の地形分類と深さ30mまでの平均S波速度の関係をを用いて、AVS30データを作成することができる。

$$\log AVS30 = a + b \log Ev + c \log Sp + d \log Dm \quad (1)$$

ここで、 $a, b, c, d$ : 回帰係数、 $E_v$ : 標高、 $S_p$ : 傾斜(正接の1000倍)、 $D_m$ : 先第三系・第三系の山地・丘陵からの距離(km)、である。これらの説明変数を加えることで、標高が高いほど、傾斜が大きいほど、山地や丘陵に近いほどAVS30の値が大きくなるモデルとなっている。若松・松岡・坂倉<sup>17)</sup>では、距離減衰式により最大速度を推定しており、多くの地震観測地点で0.5~2倍の精度を示している。説明変数として、傾斜や山地からの距離を加えているものの、式(1)のパラメータは全国の平均的なものである。地形分類は液状化予測等にはそのみでも大変有効であるが、ここでの目的は平均S波速度評価であるので、PS検層との比較でS波速度との関係を評価した事例が多いN値からの推定の方が直接的である。構造物等の設計で地盤調査が義務づけられていることから、原則としてボーリングデータの方が信頼すべきデータと考えられる。

### 3. 地形分類とN値情報を組み合わせた平均S波速度評価

ボーリングデータによるN値情報と地形分類には、上述のように一長一短があるが、これまで二者択一のものとして扱われてきた。ボーリングデータが豊富な地域ではボーリングデータ主体、乏しい地域では地形分類主体の評価を自然に行うように両者による平均S波速度を融合させることができれば、十分なデータ数がない場合でもボーリングデータを活かすことができる。以下にその方法を提案する。

j番目のメッシュのAVS30を算出する。ボーリングデータを用いて平均S波速度を評価する際には、石田ら<sup>15)</sup>が行っているように、式(2)に示す距離の重みを用いて、ボーリングデータの重みを表す。

$$w_{ij} = \begin{cases} 1/r_{ij}^m & : i \text{ 点と } j \text{ 点の地形分類が異なる時} \\ \alpha/r_{ij}^m & : i \text{ 点と } j \text{ 点の地形分類が一致する時} \end{cases} \quad (2)$$

ここで、 $w_{ij}$ はi番目のボーリングデータのj番目のメッシュに対する重みであり、 $r_{ij}$ はi地点とj地点間の距離である。本研究では地形分類が異なるデータも重みを小さくして扱うこととし、地形分類が同じである点の重みを増すための係数 $\alpha$ を導入する。 $\alpha=1$ の場合、地形分類の違いを考慮しないということである。石田ら<sup>15)</sup>と同様に、 $m=2$ とする。この時、地形分類もメッシュjの中心からの距離が $r_g$ のボーリングデータとして扱うことにより、地形分類の重み $w_g$ を式(3)に示すように表す。

$$w_g = \frac{1}{r_g^m} \quad (3)$$

そして、式(4)のように、地形分類による項を加えることで、ボーリングデータによるAVS30と地形分類によるAVS30を統合することができる。

$$\overline{AVS}_j = \frac{\sum_{i=1}^n w_{ij} AVS_i + w_g AVS_g}{\sum_{i=1}^n w_{ij} + w_g} \quad (4)$$

ここで、 $\overline{AVS}_j$  は  $j$  地点の推定 AVS30、 $AVS_i$  は  $i$  地点のボーリングデータによる AVS30 であり、 $AVS_g$  は式(1)から得られる地形分類による AVS30 である。

図 3 に簡単な例を示す。図の場合、●で示す  $j$  番目のメッシュでの AVS30 を、○で示す 3 点のボーリングデータを用いて評価している。オレンジ色と緑色ではメッシュの地形分類が異なることを表している。No.3 が最も近いが、同一地形分類内にある No.1 地点の重みが大きくなるように  $\alpha$  倍するものである。式(4)を用いることで、ボーリングデータが豊富であれば地形分類による AVS30 の影響は小さくなり、データがなければ地形分類の影響が大きくなることが確認できる。なお、今回の場合、山地・丘陵等（分類 1～7）では、ボーリングデータが少なく AVS30 が 300m/s を越える硬い地盤でもあるので、地形分類のみから評価する。また、計算には近い順に 5 点を選び、かつ 10km より遠いデータは用いない条件としている。

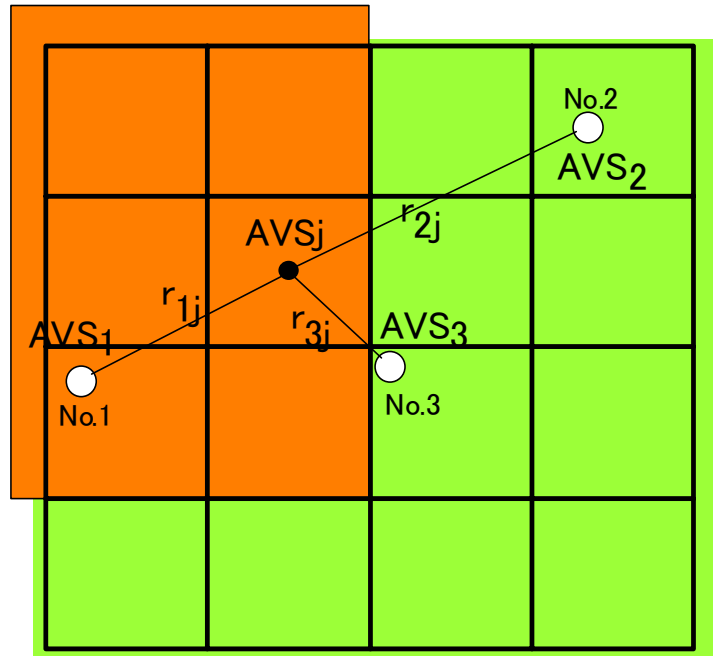


図 3 地形分類の重みの考え方

図 4 は、地形分類による AVS30 と提案法による AVS30 の関係を、ボーリング地点について、地形分類毎に示したものである。同一地形分類であっても、AVS30 の値は大きな幅を有していることがわかる。ここでは、比較的ボーリング数が多い 7 つの地形分類について示している。松岡・若松らの式<sup>18)</sup>による地形分類の AVS30 も、式(1)に示したように地形分類のみならず、標高、傾斜、山地からの距離の 3 つのパラメータを用いているので、同一地形分類でも幅を有する。特に、砂礫質台地での幅が広い。これは、3 つの説明変数とも用いていることに関係していると思われる。丘陵では、説明変数に傾斜を使っているが、1km メッシュでの値なのでほとんどは 0 で処理されて

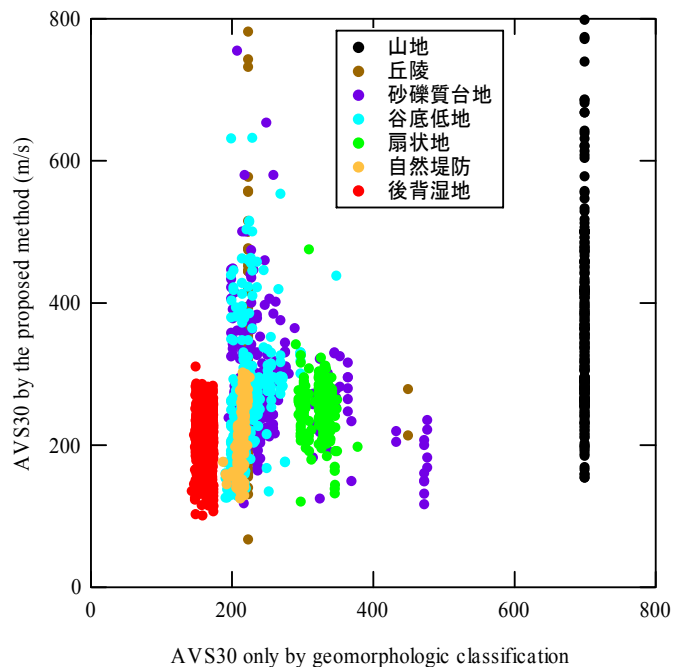


図 4 地形分類による AVS30 と提案法による AVS30 の関係

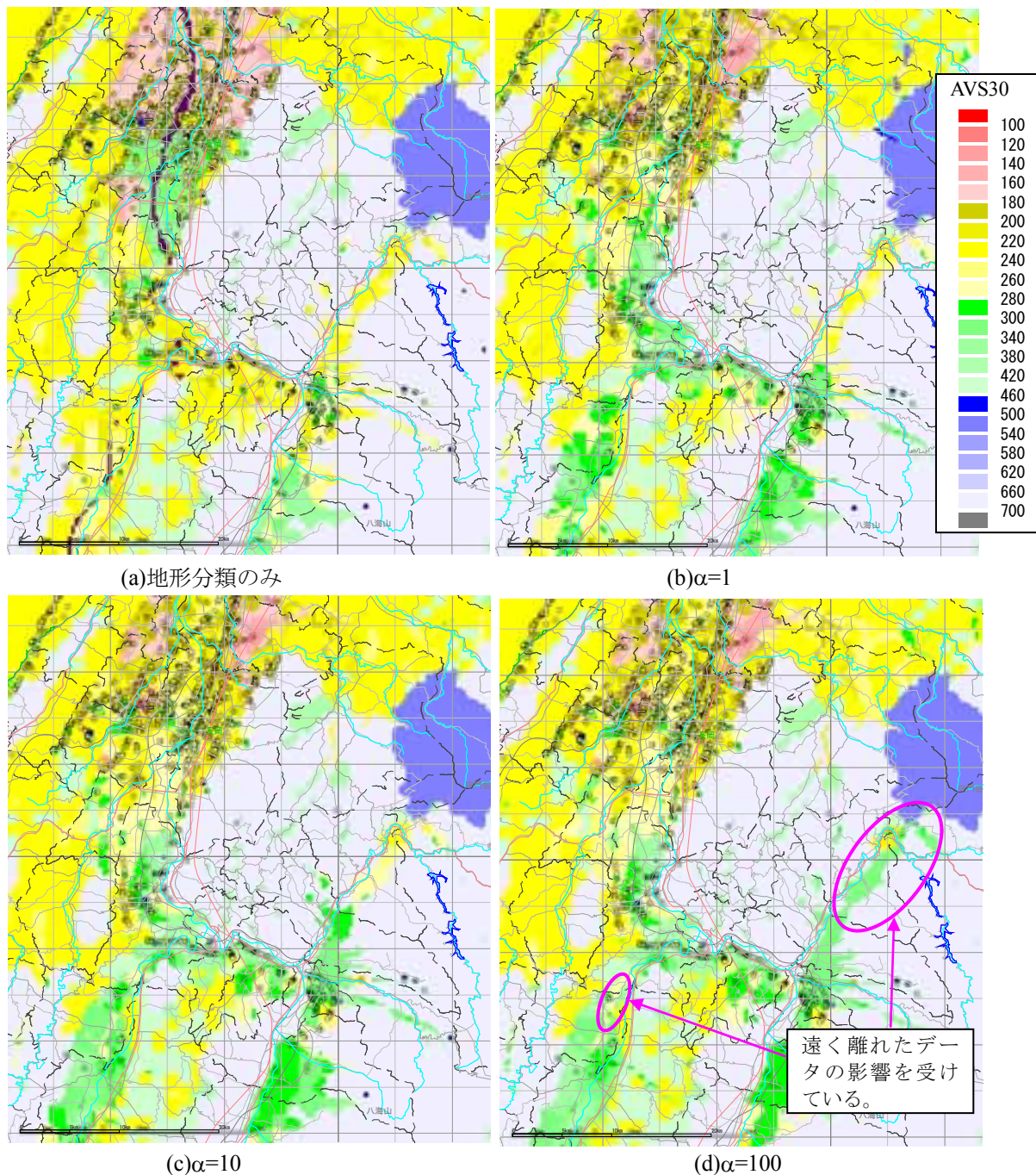


図5 同一地形分類の重み $\alpha$ によるAVS30の差異

いる。回帰係数が大きいので、値を持つと AVS30 が大きくなる特性を有したモデルである。同一地形分類であっても、図示したように AVS30 の変動幅は大きく、ボーリングデータを活用することによって細密に評価することができることがわかる。

$\alpha$  を 1、10、100 と変化させて ( $r_g=1\text{km}$ ) 得られた AVS30 の分布を図 5 に示す。地形分類のみの時と、ボーリングデータを利用した場合には、長岡市などボーリングデータが豊富なところでは明瞭に違いが現れている。一方、地形分類を用いているので、福島ら<sup>7)</sup>と異なり全域をカバーできており、両者の統合が有効であることは明らかである。長岡市のように密にボーリングデータが得られれば、 $\alpha$  の値の影響は小さく、小千谷市より南のように密度が低い場合は少なからず影響している。図(d)に示したように同一地形分類であってもボーリングデータのあるポリゴンと連続していない離れたメッシュにまで強い

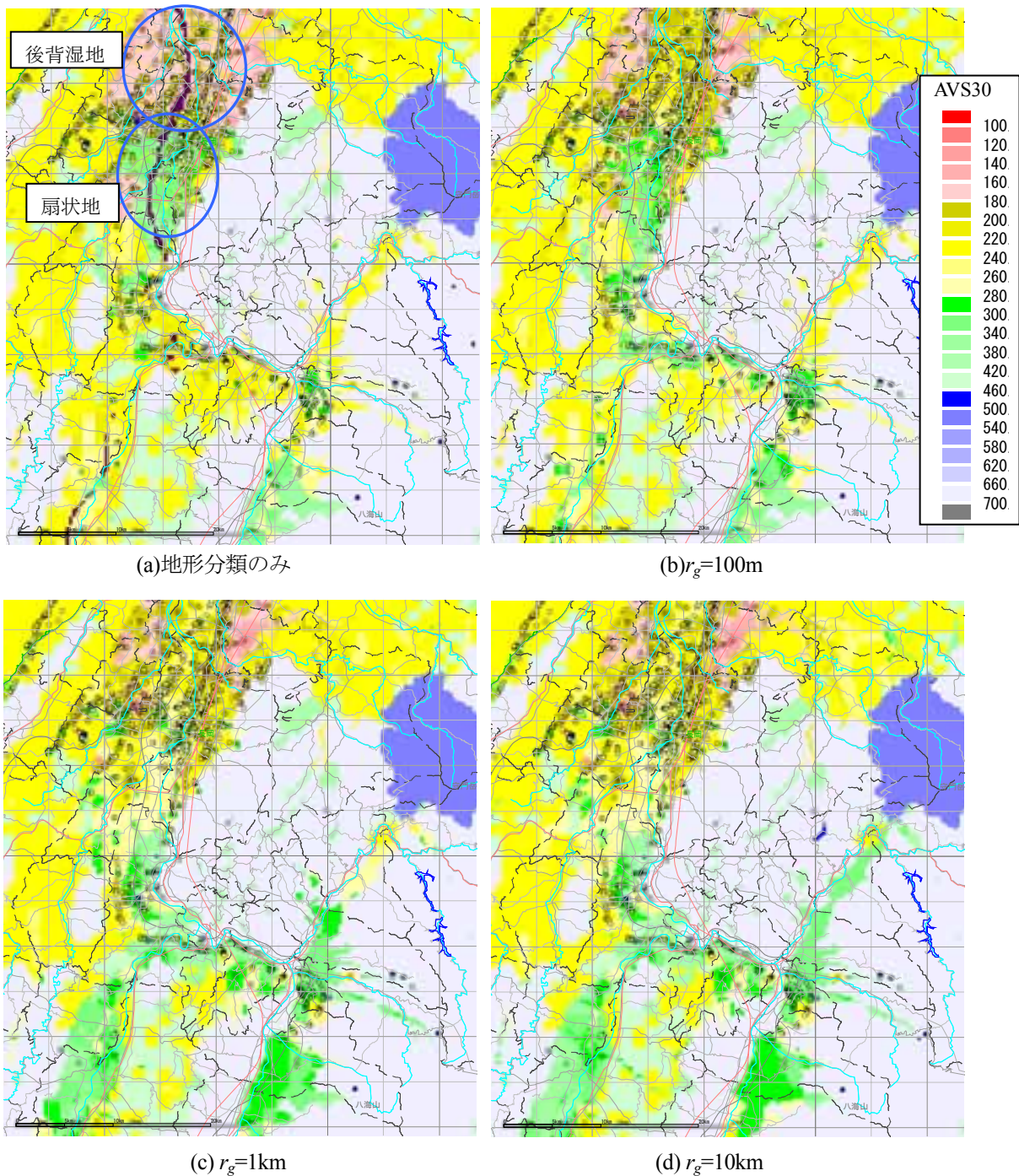


図6 地形分類の重み付け  $r_g$  による AVS30 の差異

影響を与えるのは逆効果であるので、 $\alpha=10$  を採用する。

$r_g$  を 100m、1km、10km、と変化させて ( $\alpha=10$ ) 得られた AVS30 の分布を図 6 に示す。 $r_g=100m$  では地形分類の影響がまだ強く、1km 以上ではボーリングデータの影響が強い。長岡市での地形は、北部は後背湿地、南部は扇状地と分類されている。地形分類のみの場合は後背湿地で AVS30 は小さく (100m/s 台)、扇状地での AVS30 は大きい (300m/s 台)。ボーリングデータによる AVS30 は急変することなく、徐々に北側へ行くに連れ軟らかくなる。 $r_g$  が大きくなると、図 5(d)と同じようにボーリング位置から相当離れた山地境界付近で影響を及ぼす場合が見られる。弊害が現れない限り、ボーリングデータに重みをおくことが妥当と考え、ここでは、 $r_g=1km$  とする。

本論文での  $r_g$  と  $\alpha$  の評価は定性的なものである。これは、ボーリングデータの密度、粗密の度合い、同一地形の拡がりの度合い、などによって適切な値も異なってくることで、著しく不都合な箇所が生じないようにするなど全体のバランスに配慮する必要があること、などから一義的に決まるものではないと考えられるからである。とは言え、図 5、6 の(b)のケースはやや極端で、(c)と(d)では大差がなくなるようにパラメータの感度は高くないので、今回検討した程度のボーリングデータの密度であれば、他地域でも今回の値を利用できると考えられる。

#### 4. 地震動の補間への適用

新潟県中越地震では、多くの地震観測記録が得られており、かつ公開されている<sup>10)19)20)21)</sup>。特に、川口町の震度計では初めて震度計で震度7を記録し、小千谷市内のK-NET記録から算出した計測震度は6.7と既往最大の大きさである。長岡市内では多くの記録が得られており、地中埋設管や盛土崩壊などの被害が見られた東部で大きな地震動が観測されている。上述の250mメッシュでのAVS30データ( $\alpha=10$ ,  $r_g=1\text{km}$ )を用いて、地震動観測値の空間補間を行うことにより精度の良い面的地震動分布を得ることができる。

最初に、地形分類のみによるAVS30と提案法によるAVS30の差異が、地震動分布に及ぼす影響を把握するため、断層最短距離を用いた司・翠川の式<sup>22)</sup>( $M_w=6.6$ )を用いて評価した最大速度分布を、図7に示す。AVS30と最大速度増幅度の関係として、翠川ら<sup>23)</sup>を用いている。両者とも○で示す観測値に比べ全体にやや小さいが、当然のことながらAVS30の差異が大きい長岡市で大きな差が出ている。距離減衰式が精度に大きく影響するので、定量的比較については次で述べる。

当然のことながら、観測値を用いることで、距離減衰式のみを用いるよりも精度の良い評価が可能となる。ここでは、78地点での観測値を用いる(気象庁:8点、新潟県:22点、K-NET:18点、KiK-net:8点、国土交通省:6点、旧日本道路公団:7点、JR東日本:8点、その他:1点)<sup>19)</sup>。単純な補間方法では断層からの距離の影響を考慮できないので、距離減衰式をトレンド成分(平均値)とした simple Kriging 法を用いる。残差成分は、平均値0の指数分布とし、相関距離を20kmとする。トレンド成分として、図7と同様に司・翠川式<sup>22)</sup>を用いるが、さらに精度を高めるため、等価震源距離を Honda et al.<sup>24)</sup>によるすべり分布から評価している。図8に最大速度と計測震度について、補間により得られた分布を示す。○印は観測値である。計測震度は、童・山崎<sup>25)</sup>を用いて最大速度から変換している。最大速度の増幅度は図7と同じく、翠川ら<sup>23)</sup>を用いて評価しており、計測震度の増幅度は、地盤の非線形化の影響を考慮している末富ら<sup>26)</sup>を用いて(AVS30と同時に評価したAVS20の関数として)評価している。得られた分布より、川口町～小千谷市～長岡市南部の信濃川沿いの低地部で極めて大きな地震動であったと思われる。長岡市東部で地震動が大きく、中心部で小さいことは被害とよく対応している。長岡市東部で大きい理由としては、表層地盤の差異が第一と思われ、それに加え東部の方が断層に近いこと、基盤の不整形なども影響しているものと考えられる。長岡市東部は谷底平野であり、軟らかい粘土層が堆積しているのに対し、中心部は河岸段丘に相当する礫層から成り、東部よりも硬い地盤となっている。

計算で用いた78地点については、すべて波形データが得られており、同一の処理で計測震度・最大速度を算出している。この他に都市ガス関係の観測点でSI値と最大加速度のみ得られている。そこで、地形

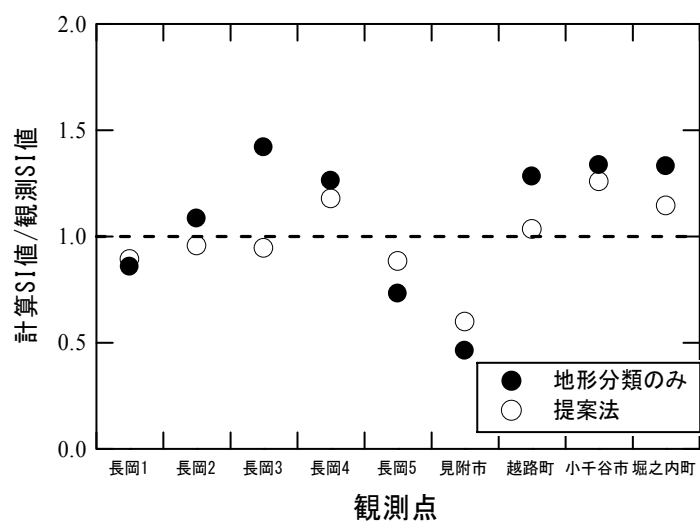
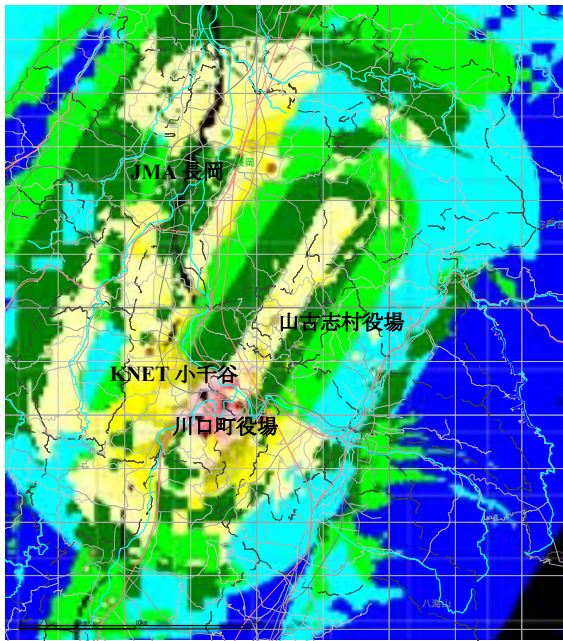
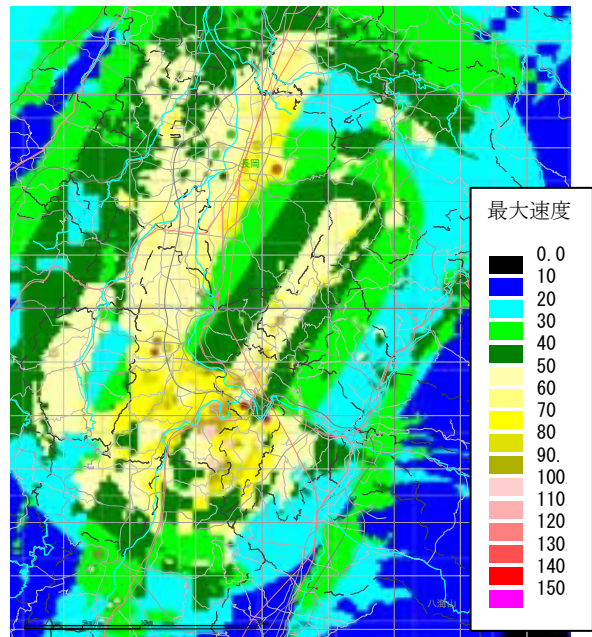


図9 AVS30の差異による推定SI値の精度の比較



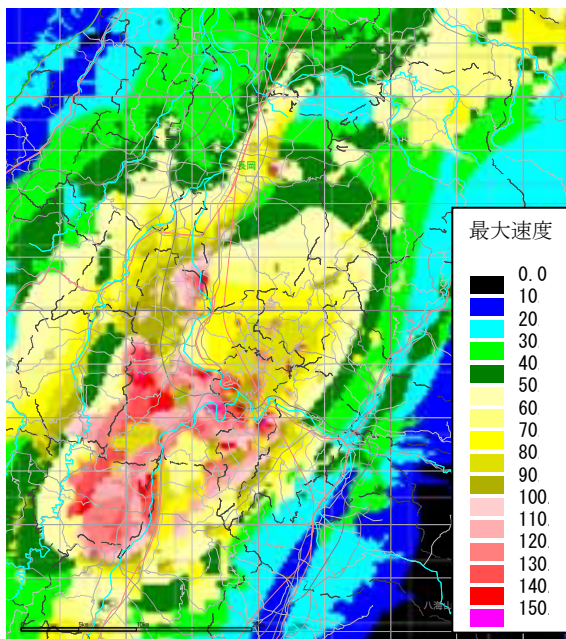


(a)地形分類のみによる AVS30

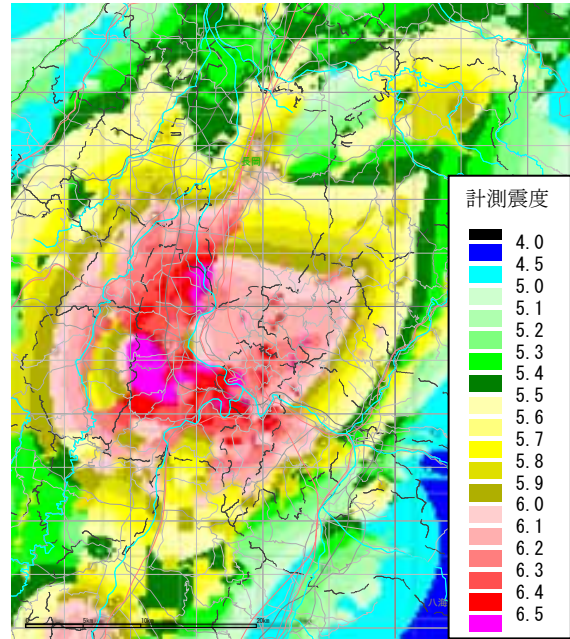


(b)提案手法による AVS30

図 7 距離減衰式から評価した最大速度の分布



(a)最大速度



(b)計測震度

図 8 断層を考慮した観測値の補間による広域地震動分布

分類のみによる AVS30 と提案法による AVS30 を用いて、それぞれ 78 地点での観測 SI 値の補間推定により、その 9 地点での SI 値を評価し比較する。SI 値は最大速度に近いので、分布は図 8(a)に近い。9 地点での推定 SI 値の観測 SI 値に対する比を図 9 に示す。いずれの場合も、提案法による AVS30 を用いた場合(○)の方が観測値に近い値が得られている。見附市での精度がやや低いのは、ボーリングデータ、観測点が少ないことも影響しており、ボーリングデータが長岡市のように密になれば、改善される可能性がある。

## 5. おわりに

本研究では、地形分類とボーリングデータを統合して利用する方法について検討を行い、以下の知見が得られた。

- 1) 新潟県中越地方における地盤のボーリングデータを収集・デジタル化を行い、約2,700本のデータベースを構築した。
- 2) 地形分類とボーリングデータを距離の重みで統合することにより、ボーリングデータが豊富な場所ではボーリングデータ、乏しい場所では地形分類に重みをおいた合理的な評価が可能となり、深さ30mまでの平均S波速度を精度良く評価できることを示した。
- 3) パラメータスタディにより適切な補間パラメータを決定し、新潟県中越地域における深さ30mまでの平均S波速度の分布を250mメッシュで評価した。
- 4) 提案した手法により作成した深さ30mまでの平均S波速度の分布を用いて、2004年新潟県中越地震における最大速度及び計測震度分布を、多くの地震動観測情報の補間により推定した。

地盤調査は地震後の復旧工事において数多く行われており、今後それらを取り込み、さらにデータを充実させる予定である。本研究では、土木学会調査団や各機関のホームページ等から、2004年新潟県中越地震における気象庁、新潟県、防災科研、国土交通省、旧日本道路公団、東日本旅客鉄道株式会社、小千谷総合病院による観測記録または最大値指標を利用させて頂きました。また、独立行政法人防災科学技術研究所の若松加寿江博士及び松岡昌志博士には、地形分類を用いたAVS30評価に関し、ご協力を頂きました。関係各位に感謝の意を表します。なお本研究は、科学技術振興調整費「活褶曲地帯における地震被害データアーカイブスの構築と社会基盤施設の防災対策への活用法の提案」(研究代表者:小長井一男)、及び文部科学省が推進している大都市大震災軽減化特別プロジェクト「震災総合シミュレーションシステムの開発」の一環として行ったものである。

## 参考文献

- 1) 山崎文雄、大西淳一、田山聡、高野辰雄：高速道路構造物に対する地震被害推定式の提案、第10回日本地震工学シンポジウム論文集、1998年、pp.3491-3496.
- 2) 能島暢呂、杉戸真太、松下昌弘、柳生健治：1999年台湾集集地震における空間的地震動特性のクリッキング推定、第26回地震工学研究発表会講演論文集、2001年、pp.417-420.
- 3) 齊田淳、Shabestari K.T.、山崎文雄：2001年芸予地震の地震動分布と被害の関係、第26回地震工学研究発表会講演論文集、2001年、pp.81-84.
- 4) 翠川三郎、松岡昌志：国土数値情報を利用した地震ハザードの総合的評価、物理探査、第48巻、第6号、1995、pp.519-529.
- 5) 若松加寿江、松岡昌志、久保純子、長谷川浩一、杉浦正美：日本全国地形・地盤分類メッシュマップの構築、土木学会論文集、No.759/I-67、2004年、pp.213-232.
- 6) 清水善久、石田栄介、磯山龍二、山崎文雄、小金丸健一、中山渉：都市ガス供給網のリアルタイム地震防災システム構築及び広域地盤情報の整備と分析・活用、土木学会論文集、No.738/I-64、2003年、pp.283-296.
- 7) 福島康宏、石田栄介、細倉撰央、磯山龍二、中山渉、山崎文雄：新潟県平野部の地盤データベースの構築と新潟県中越地震の地震動特性の面的評価、第28回地震工学研究発表会、2005年.
- 8) 建設省北陸地方建設局北陸技術事務所：新潟県平野部の地盤図集(新潟平野編) [4]ボーリング柱状図(Q~Z)(5の4)、(社)北陸建設弘済会、1981年.
- 9) (社)新潟県地質調査業協会：新潟地盤図 1/3,2/3、2002年.
- 10) 防災科学技術研究所ホームページ：<http://www.bosai.go.jp/jpn/jishin.htm>
- 11) 先名重樹、森川信之、大井昌弘、安達繁樹、藤原広行：小千谷・川口地区における微動探査結果と浅

- 部地盤構造について, 地球惑星科学関連学会 2005 年合同大会, 2005 年.
- 12) 土木学会地震工学委員会: 2004 年新潟県中越地震観測地震記録ダウンロードサイト, <http://download.jsce.or.jp/>, 2005 年.
  - 13) 日本技術開発株式会社: 新潟県中越地震災害調査検討に関わる調査補助業務 強震観測地点における地質調査報告書, 2005 年.
  - 14) 日本道路協会: 道路橋示方書・同解説、V.耐震設計編、1996 年.
  - 15) 石田栄介、磯山龍二、山崎文雄、清水善久、中山渉: 防災 GIS を用いた地盤増幅度の面的整備と地震動面的分布推定に関する検討、第 26 回地震工学研究発表会講演論文集、2001 年、pp.421-424.
  - 16) 久保智弘、久田嘉章、柴山明寛、大井昌弘、石田瑞穂、藤原広行、中山圭子: 全国地形分類図による表層地盤特性のデータベース化、および、面的な早期地震動推定への適用、地震 2、56、2003 年、pp.21-37.
  - 17) 若松加寿江、松岡昌志、坂倉弘晃: 新潟地域の地形・地盤分類 250m メッシュマップの構築とその適用例、第 28 回地震工学研究発表会、土木学会、2005 年.
  - 18) 松岡昌志、若松加寿江、藤本一雄、翠川三郎: 日本全国地形・地盤分類メッシュマップを利用した地盤の平均 S 波速度分布の推定、土木学会論文集、No.794/I-72、2005 年、pp.239-251.
  - 19) 澤田純男: 強震記録、平成 16 年新潟県中越地震被害調査報告書 2.2 節、土木学会、2006 年.
  - 20) 気象庁: 95 型震度計波形データ 2004 年 1 月～12 月、気象業務支援センター、2005 年.
  - 21) 国土技術政策総合研究所: 国土交通省河川・道路等施設の地震計ネットワーク情報、<http://www.nilim.go.jp/japanese/database/nwdb/index.htm>
  - 22) 司宏俊、翠川三郎: 断層タイプ及び地盤条件を考慮した最大加速度・最大速度の距離減衰式、日本建築学会構造系論文集、第 523 号、1999 年、pp.63-70.
  - 23) 翠川三郎、松岡昌志、作川孝一: 1987 年千葉県東方沖地震の最大加速度、最大速度にみられる地盤特性の評価、日本建築学会構造系論文集、第 442 号、1994 年、pp.71-78.
  - 24) Honda, R. et al.: Ground motion and rupture process of the 2004 Mid Niigata Prefecture earthquake obtained from strong motion data of K-NET and KiK-net, EARTH PLANETS AND SPACE, 57-, 2005, pp.527-532.
  - 25) 童華南、山崎文雄: 地震動強さと新しい気象庁震度との対応関係、生産研究、48、11、1996 年、pp.547-550.
  - 26) 末富岩雄、石田栄介、磯山龍二: 空間補間による地震動分布推定の高精度化のための一検討、第 28 回地震工学研究発表会、土木学会、2005 年.

(受理: 2006 年 8 月 9 日)  
(掲載決定: 2007 年 3 月 5 日)

## **Mixing Method of Geomorphologic Classification and Borehole Data for Estimation of Average Shear-Wave Velocity and Distribution of Peak Ground Motion during the 2004 Niigata-Chuetsu Earthquake**

SUETOMI Iwao, ISHIDA Eisuke, FUKUSHIMA Yasuhiro,  
ISOYAMA Ryoji and SAWADA Sumio

### **ABSTRACT**

Estimation of amplification on surface soil is very important in order to estimate detail distribution

of earthquake ground motion for making hazard map or realtime damage estimation. The estimation methods are classified into geomorphologic classification and borehole data. Both has good and bad points. This problem has been an either-or choice. A new method to combine geomorphologic classification and borehole data are proposed in this paper and distribution of peak ground motion during the 2004 Niigata-Chuetsu earthquake is estimated.

*Key Words : Average S-wave velocity, Geomorphologic classification, Distribution of peak ground motion, 2004 Niigata-Chuetsu earthquake*