

# 濃尾平野における最大加速度の分布と地震計の設置条件の影響 DISTRIBUTION OF PEAK ACCELERATION IN NOBI PLAIN AND EFFECT OF CONDITION OF SEISMOGRAPH FOUNDATION

中野 優<sup>1</sup>, 田中 久美子<sup>2</sup>, 福和 伸夫<sup>3</sup>, 飛田 潤<sup>4</sup>, 鎌田 丈史<sup>5</sup>

<sup>1</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

Masaru Nakano, Grad. Sch. of Environmental Studies, Nagoya University, nakano@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp

<sup>2</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

Kumiko Tanaka, Grad. Sch. of Environmental Studies, Nagoya University, tanakak@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp

<sup>3</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

Nobuo Fukuwa, Grad. Sch. of Environmental Studies, Nagoya University, fukuwa@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp

<sup>4</sup> 名古屋大学工学部社会環境工学科

Jun Tobita, Dept. of Civil Engineering and Architecture, Nagoya University, tobita@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp

<sup>5</sup> 名古屋大学大学院環境学研究科

Hirohumi Kamada, Grad. Sch. of Environmental Studies, Nagoya University, kamada@sharaku.nuac.nagoya-u.ac.jp

## SUMMARY

We investigated local amplification factor in Nobu plain using peak ground acceleration at each station of dense strong-motion seismic network. The amplification factor is obtained by observed peak acceleration normalized by that expected from an experimental attenuation formula. We used eight events occurred at shallow depth in inland and eleven events of deeper origin which are related to subduction of oceanic plates. While the amplification factor scatters for each event, some stations show tendency of usual amplification / decay. The amplified stations tend to correspond to hard soil and the decayed stations soft soil condition. The amplification factor may include the condition of foundation of seismograph, and we investigated it by the analysis of microtremor. The result shows that the motion of a building next to the foundation affects the observed seismogram.

キーワード: 最大加速度, 地盤増幅度, 地震計の設置条件, 地盤条件

Key words: Peak ground acceleration, Soil amplification factor, Seismograph foundation, Site effect

## 1 はじめに

近い将来に地震を起こすと予想される震源断層に対して、予想されるマグニチュードなどの断層のパラメータを用いて、周辺の地域での地震動強さを簡易的に予測する事は頻に行われている。地震動強さを簡易的に推定する方法として、経験的な距離減衰式によって広域の地震動強さを推定し、さらに対象地点の表層地盤に応じた補正を行うことで予測値を得る方法がある。ここで用いる経験的な距離減衰式や、表層地盤による増幅度の補正は、それぞれ長年の様々な地域でのデータの蓄積と、綿密な分析に基づくものであり、これらの手法を用いた

予測値は細かい点で現実との差異はあるにしても、広域の予測としては大きく外れることはないように思われる。一方で、これらの経験式は様々な地域、地震のデータの平均的な値を表すため、特定の観測点の地震動において妥当な予測値を与えるかどうかは検証する必要がある。また、地下構造の影響などによって経験式通りにならないことも予想される。特に、地震動を推定する場合には各地点での増幅度を正しく評価することは重要である。

本研究では、東海三県に展開された強震観測ネットで得られた最大加速度から各観測点での増幅特性について調べる。増幅度は、経験式による計算値に対する、観測された最大加速

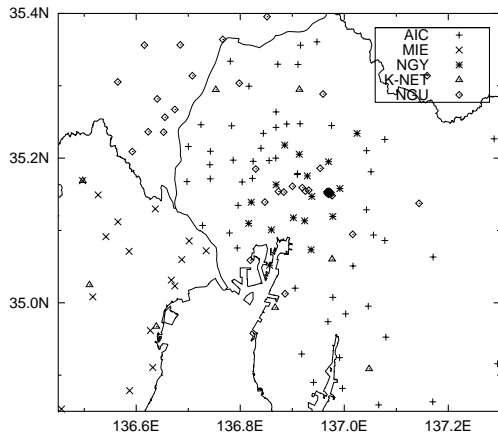


Figure 1: Distribution of stations of strong motion seismic networks. Each networks are drawn with different symbols. Abbreviations AIC, MIE, NGY, and NGU are Aichi prefecture, Mie prefecture, Nagoya city, and Nagoya University, respectively.

度の比で評価する。すなわち、濃尾平野全体の平均的な最大加速度の分布に対する、各観測点での強弱を調べる。一般にローカルな増幅度と表層地盤とは対応があると考えられている<sup>1)</sup>ので、得られた増幅度の分布と国土数値情報による表層地盤との比較を行う。用いる地震は、内陸の浅いところで発生した8個の地震と、海洋プレートの沈み込みに関連して深いところで発生した11個のイベントである。これらの地震それぞれについて、各観測点での最大加速度を読み取り、その平均値によって増幅度を評価する。また、浅い地震と深い地震それぞれについて増幅度の分布を求め、これによって入射角の違いなどによる影響を考察する。

各観測点での増幅特性には、地震計の設置条件の影響も含まれると思われる。そこで、増幅度が異常である点について常時微動を計測し、周辺地盤との振動特性の違いや、周辺建物の振動の影響についても調べる。

## 2 使用データ

1995年に兵庫県南部地震が起きてから、様々な機関によって全国的に強震観測網が整備された。全国的に均一かつ高密度な強震観測網として、例えば防災科学技術研究所のK-NETやKiK-netがある。また、震度情報ネットとして、各自治体に強震計が自治体消防庁(当時)によって整備された。その他にも自治体独自のネットワークや、ライフライン企業などによるネットワークが整備されている。

我々は1997年以後の記録について、これらのネットワーク、すなわち愛知県、三重県の震度情報ネット、名古屋市被害予測システム、そして名古屋大学が設置した強震計など、各機関から波形データを提供してもらい、データベース化してき

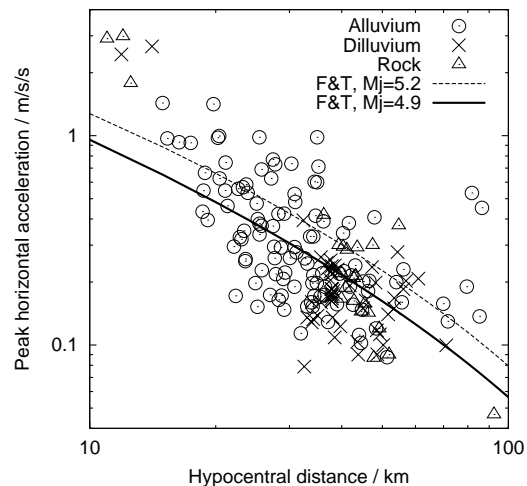


Figure 2: Plot of observed peak horizontal acceleration against hypocentral distance for the event 19980422 (see Table 1). Circles, crosses, and triangles show that for stations located on alluvium, diluvium, and hard soil condition, respectively. Expected acceleration by equation (1) (Fukushima & Tanaka method) are shown for  $M_j = 5.2$  (determined by JMA, a dotted line) and  $M_j = 4.9$  (fits for the data, a solid line).

た<sup>2)</sup>。本研究ではこの他に、K-NETの記録をあわせて用いる。対象とする範囲は濃尾平野とその周辺とする。観測点分布をFigure 1に、使用したイベントのリストをTable 1に示す。

## 3 最大加速度のサイト特性

本研究では、地震記録の最大加速度によって増幅度を評価する。最大加速度は地震の規模、観測点の震源からの距離によって異なるため、経験式による平均的な値との比によって増幅度を評価する。また、震源での放射特性(ラディエーション・パターン)や伝播経路などの地震ごとに異なる効果については、多くの地震記録、すなわちいろいろな方位、震源距離、深さの記録を用いることで、これらの影響を軽減する。

### 3.1 解析方法

最大加速度による増幅度は、具体的には以下の手順にしたがって評価する。ある地震について、各観測点で記録された波形から最大加速度を、震源からの距離に対してプロットすると、Figure 2 のようになる。これに対し、最大加速度の経験的な距離減衰式として、福島・田中<sup>3), 4), 5)</sup>による式、

$$\log A = 0.51M_j - \log(R + 0.006 \times 10^{0.51M_j}) - 0.0033R + 0.59 \quad (1)$$

を用いる。ここで、 $A$ は観測点での最大加速度、 $M_j$ は気象庁マグニチュード、 $R$ は断層からの距離である。福島・田中の式<sup>3)</sup>において $A$ は水平二成分それぞれの最大加速度の平均であり、 $R$ は断層面からの最短距離である。 $R$ については、対象とする地震の断層面の大きさが震源距離に比べて小さいものばかりであるので、震源距離で代用する。

Figure 2 から分かるように、気象庁による  $M_j$  をそのまま

Table 1: List of earthquakes used in this analysis. (a) Shallow focus earthquakes occurred in inland. (b) Deep focus earthquakes related to subducting oceanic plates.  $M_j$  and  $M_j^c$  are magnitude determined by Japan Meteorological Agency and corrected magnitude (see text for detail), respectively. Abbreviations N., E., W., and S. are Northern, Eastern, Western, and Southern, respectively, and O. means Offshore, respectively.

(a)					(b)				
Date	Location	Depth (km)	$M_j$	$M_j^c$	Date	Location	Depth (km)	$M_j$	$M_j^c$
19980422	Yoro	10	5.2	4.9	19970316	E. Aichi	39	5.6	6.7
19990316	N. Shiga	12	5.1	4.9	19970524	Ensyunada	22	5.6	4.6
19991107	O. Fukui	14	5.0	5.5	19990821	N. Wakayama	70	5.5	6.6
20000607	W. O. Ishikawa	22	5.8	6.4	19991129	W. Aichi	51	4.8	5.7
20001006	W. Tottori	11	7.3	7.5	20001031	S. Mie	44	5.7	6.2
20010112	N. Hyogo	10	5.4	5.8	20010106	E. Gifu	48	4.9	5.0
20010825	W. Kyoto	10	5.3	4.6	20010223	W. Shizuoka	40	5.3	5.7
20010927	W. Aichi	20	4.4	4.5	20010324	Geiyo	60	6.7	7.5
					20010403	C. Shizuoka	33	5.1	5.4
					20010601	C. Shizuoka	32	4.8	4.8
					20010922	W. Aichi	40	4.1	4.0

(1) 式に適用すると、経験式による値が大きすぎ / 小さすぎて、ほとんどの地震で全体の傾向が説明できない。この原因として、 $M_j$  や震源深さの推定誤差や、経験式 (1) そのものが様々な地域での、多数の記録について得た回帰式であるので、地域や地震を特定した場合には全体の傾向がずれることが避けられない、などが考えられる。したがって、この系統的なずれは、本研究で対象とする増幅度とは無関係であり本質的なものではない。ここでは、観測で得た最大加速度を良く説明する、すなわち観測値と経験式による推定値の差の、全観測点での平均がほぼ 0 となるように  $M_j$  の値を修正する (Table 1)。修正した  $M_j$  による経験式を Figure 2 に示す。

地震波の伝播経路は、震源と観測点の位置関係によって大きく異なる。特に、震源の深さが異なると堆積層への入射角が大きく異なり、同様に表層地盤への入射角が異なるために表層での増幅に対して異なった影響をおよぼす可能性がある。また、(1) 式を適用するさい、海洋プレートの沈み込みに関連する地震、特に震源が深い地震の場合では、最大加速度が経験式から大きく外れる事が分かっている<sup>(6), (7)</sup>。したがって本研究では、震源が内陸にある場合と、沈み込む海洋プレートの近辺で起きた地震とに分けて取り扱う (Table 1)。

### 3.2 増幅度の評価

ある観測点  $i$  での水平二成分の最大加速度の平均を  $Obs_i$ 、前節で述べた方法による修正  $M_j$  と観測点  $i$  までの断層距離  $R_i$  を用いて (1) 式によって計算される最大加速度を  $Cal_i$  とする。各観測点での増幅度として  $Obs_i/Cal_i$  を Figure 3 に示す。なお、ここで定義する増幅度は平均的な加速度に対するものであり、厳密な意味での表層地盤での増幅度ではない。平均と標準偏差をあわせて示す。同じ観測点でも地震によって増幅度にばらつきがあるが、ほとんどの観測点では平均はほぼ 1 倍である。一方で、ばらつきの範囲を越えて明らかに、系統的に観測値が計算値より大きい / 小さい観測点があることも分かる。このような観測点は、内陸の地震の場合と海洋プレー

ト付近の場合とでほぼ共通である (Figure 3)。平均値を地図上にプロットすると、Figure 4 になる。

Figure 4 から、増幅度の大小にはある程度の地域性が見られる。すなわち、濃尾平野西部では増幅度が小さく、東部にいて増幅度が大きい。これは震源が内陸の場合 (Figure 4a) と海洋プレート付近の場合 (Figure 4b) とで共通である。Figure 4 に国土数値情報による表層地盤をあわせて示す。一般的には、地質年代の古い、地盤が固いところでは増幅が小さく、年代の新しい沖積層では増幅が大きいと考えられる<sup>1)</sup>。しかし Figure 4 ではそのような傾向は見られず、むしろ逆となっている。すなわち、西部の沖積平野で増幅が小さく、東部丘陵地で増幅が大きい。

### 3.3 設置条件の調査と影響

ここで得た最大加速度には地震計の設置条件、すなわち地震計基礎<sup>8)</sup> や近接する建物による影響が含まれると考えられる。すなわち、地震計のごく近傍だけでの増幅や減衰を示す可能性がある。特に、自治体による震度情報ネットワークは建物の近傍に設置されたものが多いため、各観測点について設置状況とその影響を調べておくことは重要である。したがって代表的な観測点について、設置状況の調査と微動計測による周辺建物の影響について調査した。

今回は Figure 4a に示す、A、B の二地点を調査した。A は最大加速度が計算値のおよそ半分になるところ、B は A から 3.5 km しか離れていないが、最大加速度は計算値とほぼ同じになるところである。どちらも沖積平野に位置して地盤条件は同様であり、同じ観測ネットワークの観測点であるので地震計の基礎などの設置条件もほぼ共通である。どちらも建物に隣接して設置されており、A 地点は RC 造 3 階建て、平面 60 m (EW) × 20 m (NS) の東辺から 2 m の所に設置され、10 m 離れて隣接している RC 造 3 階建て (30 m × 30 m) の建物との隙間にある。B 地点は RC 造 3 階建て、70 m (EW) × 16 m (NS) の南辺から 2 m の所に設置されている。

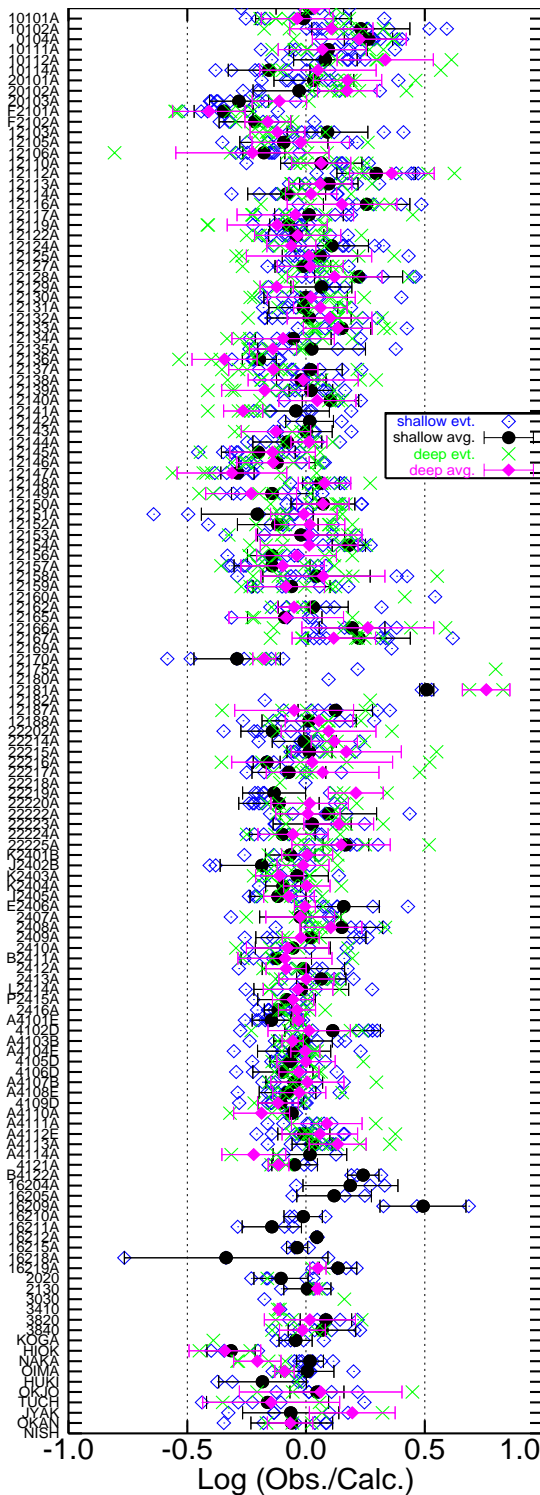


Figure 3: Plot of amplification factor for each station and event. Analysis is separated into two cases depend on event origin: Shallow inland earthquakes (blue diamonds) and deep ones related to subducting oceanic plates (green crosses). Average and standard deviation for all analyzed events are also shown by filled black circle and bars (shallow events) and by filled cyan diamonds and bars (deep ones). Station codes are our original.

地震計基礎と建物の振動性状の影響を調べるために、次の場所での常時微動を同時に計測した。すなわち、地震計基礎上 (S)、基礎から数 m 以内の近傍地盤 (G1)、近接建物の屋上 (RF) と一階 (1F)、周辺の建物から 50 m 以上離れ、建物の振動の影響を受けないと考えられる自由地盤 (G2) である。

A、B において、地震計の基礎上 (S) と、基礎の近傍地盤 (G1) での微動スペクトルを比較した結果、どちらの地点でも 1 ~ 10 Hz の範囲ではほぼ同じ振幅、位相で記録しており、地震計基礎の影響はほとんどないと考えられる (Figure 5)。

次に、隣接建物の影響を考える。Figure 6 に、建物の屋上 (RF)、一階 (1F)、基礎の近傍地盤 (G1)、自由地盤 (G2) での微動スペクトルの比を示す。B 地点においては 10 Hz より低周波では、RF/G1 は RF/G2 とほぼ同じであり、G1 は G2 と同様の振動をしている。一方 A 地点では、RF/G1 は RF/1F に近くなっており、G1 は G2 よりも小振幅となっており、建物の影響を受けていると思われる。すなわち、A 地点での加速度が小さくなる原因の一つとして、近傍建物の影響が考えられる。ただし、両地点での自由地盤の地震時の加速度の検証や、他の地点でのケーススタディなども必要である。

#### 4 考察

##### 4.1 経験式の見直しの影響

本研究では、最大加速度の全体のトレンドを表すために福島・田中の式<sup>3)</sup>を使用した。これとは異なる経験式を用いて同様の解析をした場合、得られる増幅度は異なった値になることが予想される。そもそも、経験式は汎用性を持たせるために様々な地域のなるべく多くの地震、そして観測点のデータを用いて決められる。一方このようにして作った経験式は、個別の地域の個別の地震についての傾向を確実に説明するものではなくなる。

経験式が不適当な場合、全体的に過小または過大に評価することになる。本研究においても、Figure 2 に示したイベントでは経験式は加速度レベルを全体的に過大評価している。この点は  $M_j$  を修正することにより、平均的な加速度レベルを観測に合うように補正した (Table 1)。一方、海洋プレート近傍で起きる深い地震の場合には、福島・田中の式<sup>3)</sup>では距離減衰の傾きも異なり、震源に近い方が過小に評価される<sup>6), 7)</sup>。本研究では、いろいろな方位で起きた地震を使うことで、この影響を緩和している。しかし、海洋プレートの近傍で起きる地震は濃尾平野に対して南から南東に片寄っているため、この影響が大きい場合には南から南東の観測点の増幅度が大きくなる傾向が見られるはずである。しかし、得られた増幅度は内陸の地震の場合 (Figure 4a) と同様の傾向であり (Figure 4b)、経験式の見直しによる効果は無視できると考えられる。ただし、上記の理由から、ここで得た増幅度の絶対値については詳細な議論に耐えうるものではないと思われる。

このような問題は、震源深さなどを考慮した距離減衰式<sup>9)</sup>などを用いると軽減され、距離減衰の傾向をうまく説明できる可能性がある。一方で、対象地域に特化した距離減衰式や補

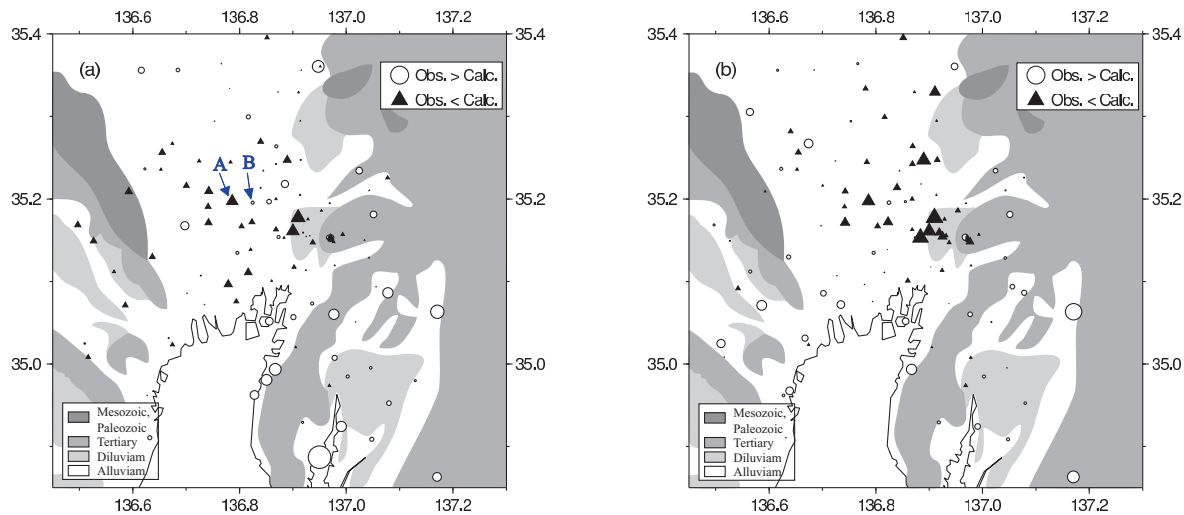


Figure 4: Amplification factor plotted on a map with surface geology. Open circles indicate the stations of amplified acceleration, and filled triangles shows those of diminished acceleration. Size of the symbols are proportional to the amplification factor. (a) and (b) show results for shallow and deep focus events, respectively.

正パラメータを構築する必要があるかもしれない。

#### 4.2 地盤条件と増幅度との対応が悪いことについて

表層地盤での増幅度に関して地震観測から調べたこれまでの研究（例えば文献 1）においては、観測点での増幅度は平均的には地盤種別と対応している。しかし、個別の観測点で見ると観測値はばらついており、増幅度の小さい軟弱地盤の地点もある。すなわち、増幅度は全体としては地盤との対応があっても、個別の地点ではそれぞれにおいて評価する必要がある事が分かる。地盤情報だけをを用いて地震動評価をした場合、それが実際のものよりも過小／過大に評価されている可能性がある。また、設置条件によっては観測値が自由地盤応答を表しているとは限らない。

本研究においては平均的に見ても表層地盤との対応が悪い。むしろこれまでの知見とは逆になっている (Figure 4)。この傾向は、これまで行われた研究<sup>1)</sup> のように一つの地震についてみたとしても同様である (Figure 2)。この原因は未解明であり、究明はこれからの課題であるが、以下のような理由が考えられる。1. 地震計の設置条件、周辺建物などの影響（数百 m 以内のスケール）。この点については次節で詳しく考察する。2. 周辺の地盤構造の影響（数百 m ～ 数 km、従来増幅度を考えると対象とする範囲と同程度）。表層の地盤では地震波速度は遅く（ $V_s \sim$  数百 m/s）加速度への影響が大きい数 Hz より高周波での波長は数百 m より短い。したがってこの程度の小さなスケールの地盤構造の不均質でも最大加速度に影響をおよぼすと考えられる。一方、名古屋大学内の 10 地点の観測点（半径 500 m 以内に分布）において、個別の地震では最大加速度に 2 倍程度の変動がある。また、本研究の結果は、1km メッシュの国土数値情報による地盤情報との対応が悪い。したがってこのスケールよりも大、または小スケールの不均質の影響も大きいと考えられる。3. 広域の構造による影響（数 km 以上）。濃尾平野において地震基盤、工学的基盤は

西に向かって緩やかに傾斜している。基盤面は平面でなく、凹凸がある<sup>10)</sup>。このような不均質な速度構造や基盤面の段差などによる、地震波のフォーカシングやデフォーカシング、またエッジ効果などによって最大加速度の増大、減少が起きると考えられる。したがって地盤構造を深部まで把握し、それを用いたシミュレーションによって、増幅度を検討する必要がある。

#### 4.3 設置条件の影響

今回設置状況を調べた地点は、一点は最大加速度が平均的なところであり、もう一点は特に減少する点である。微動計測によって振動特性を調べた結果、最大加速度が減少する点においては、地震計の基礎に近接した建物の振動の影響があることが分かった。Figure 6 のスペクトル比では、A 点において地震計の基礎は自由地盤よりも振幅が小さく、加速度が減少した結果と整合する。しかし、増幅度の減少のどの程度までが建物の影響であるかについては今後詳しく検討する必要がある。また、建物の影響が加速度の増大、減少のどちらに働くかは、建物の振動性状と地震計の基礎の位置などによって異なるので、個別の観測点において調べる必要がある。

また、本研究で得た増幅度の分布がすべて設置条件の影響によるものであるとは考えがたい。表層地盤による増幅が従来の考え方通りの影響をおよぼしていたなら、柔らかい地盤では系統的に増幅した上に設置の効果があり、逆に固い地盤では減少した上に設置条件の影響があらわれる。すなわち、全体の傾向としては地盤条件との対応があるはずである。本研究の結果はそうようになっておらず、前節で議論したような他の原因による増幅効果についても情報を持っていると思われる。

#### 4.4 最大加速度以外の指標について検討する必要性

増幅度を検討するの大きな目的のひとつとして、被害予測のための地震動評価がある。被害と相関の良い地震動の指標には様々なものがあり、特に計測震度、SI 値、最大速度など



がよく用いられる。この他にも、高層建物に対する影響を評価するためには数秒程度の長周期成分に着目する必要がある。これらの指標は着目する周波数が異なるため、それぞれで異なった増幅特性を示すと考えられ、それぞれについて検討する必要がある。また、広域構造によるフォーカシング効果などの影響については、震源の方位に対する依存性について検討する必要がある。

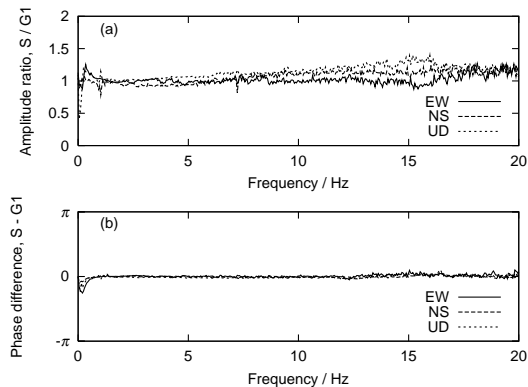


Figure 5: Ratio of Fourier spectrum of microtremor recorded at base of seismometer (S) and neighborhood of it (G1) at the station B. (a) and (b) show amplitude ratio and phase difference.

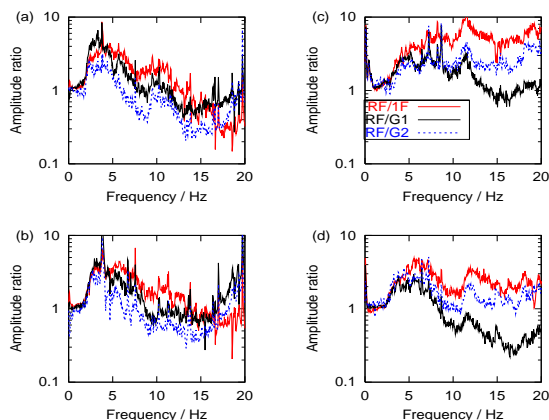


Figure 6: Amplitude ratio of Fourier spectra of RF/1F (solid line), RF/G1 (thick dashed line), and RF/G2 (thin dashed line), where RF and 1F show roof and the first floor of building next to the foundation of seismograph, and G1 and G2 show ground of neighborhood of seismograph and free ground apart from the seismograph and the building. (a) and (b) show the results for east-west (EW) component and north-south (NS) component of the station A (see figure 4), and (c) and (d) show the results for EW and NS components of the station B, respectively.

## 5 まとめ

本研究では、濃尾平野における高密度な強震観測のネットワークによる波形記録を用いて、最大加速度と表層地盤との対応について調べた。距離減衰の影響を取り除くために、経験式として福島・田中の式<sup>3)</sup>を用いた。また、震源の深さによって伝播経路の影響が異なると思われるので、内陸の浅い地震と、海洋プレート沈み込みに関連する深い地震とに分け

て解析した。19個の地震を用いて平均的な加速度の増幅度を調べた結果、最大加速度が系統的に増幅、または減少する観測点が見られた。この増幅度は観測点周辺の表層地盤から予想されるものとの対応は悪く、沖積平野では減少、丘陵地の硬質地盤の地点では増幅というむしろ逆の傾向であった。この傾向は震源の深さによらず共通してみられた。このような予想と逆の結果になった原因として地震計の設置条件の影響が考えられるので、微動計測によって隣接建物の影響を調べた。その結果、系統的に増幅度が小さい点において、建物の影響があることが分かった。増幅度の表層地盤との対応が悪い原因については、今後詳しく検討する必要がある。

## 謝辞

愛知県、三重県、名古屋市には強震観測ネットワークのデータを提供していただいた。また、防災科学技術研究所のK-NETのデータを使わせていただいた。記して感謝致します。

## 参考文献

- 1) 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・最大速度に見られる地盤特性の評価, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 442, pp. 71-78, 1992.
- 2) 飛田潤, 福和伸夫, 中野優, 山岡耕春: オンライン強震波形データ収集システムの構築と既存強震計・震度計のネットワーク化, 日本建築学会技術報告集, No. 13, pp. 49-52, 2001.
- 3) 福島美光, 田中貞二: 新しいデータベースを用いた最大加速度の距離減衰式の改訂, 地震学会講演予稿集, No. 2, p. 116, 1992.
- 4) Fukushima, Y. and T. Tanaka: A new attenuation relation for peak horizontal acceleration of strong earthquake ground motion in Japan, Bull. Seism. Soc. Am., 80, pp. 757-783, 1990.
- 5) 福島美光: 断層近傍まで適用可能な最大加速度の距離減衰式の導出と改訂, 清水建設研究報告, No. 63, pp. 75-88, 1996.
- 6) 西村利光, 堀家正則: 深い地震の距離減衰式, 日本建築学会学術講演梗概集, B-2, pp. 57-58 (21029), 2001.
- 7) 鎌田丈史, 細萱英也, 飛田潤, 福和伸夫, 中野優: 東海地域の高密度強震観測ネットに基づく地震動の三要素と地盤特性の関係, 日本建築学会学術講演梗概集, B-2, pp. 79-80 (21040), 2001.
- 8) 安達直人, 池浦友則, 内山正次, 植竹富一, 菊池政智: 地震動記録における地震計基礎の影響, 日本建築学会構造系論文報告集, No. 544, pp. 61-67, 2001.
- 9) 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報告集, No. 523, pp. 63-70, 1999.
- 10) 愛知県: 平成12年度濃尾平野地下構造調査(概要版), 2002