

地震観測・常時微動観測に基づくローム台地 と沖積低地の地盤震動特性の比較

年縄 巧¹・山崎宏晃²

¹正会員 工博 東京工業大学助教授 大学院総合理工学研究所 (〒226-8502 横浜市緑区長津田町 4259)

²正会員 工修 佐藤工業(株) 土木本部設計部門 (〒103-8639 東京都中央区日本橋 4-12-20)

本研究では、横浜市緑区のローム台地と沖積低地において地震観測、常時微動観測を行い、異なる地形間において地盤特性の比較を行った。地震観測の結果、台地上の観測点ではその直下の沖積低地と比較して、最大速度値で1.5倍程度、フーリエ加速度振幅で2倍程度地震動強さが大きいことがわかった。この地震動増幅は、上総層群上の厚さ10m程度の表層地盤によるものと考えられる。常時微動のH/Vスペクトル比が地盤の共振周期や増幅特性を推定しうることを地震観測点で確認した後、対象地域において常時微動の面的な観測を行った。その結果、台地上では卓越周期は標高と良い相関があること、地震動増幅が大きいと予想される地域は下末吉台地上と沖積低地上の川の流域であることがわかった。

Key Words: plateau, lowland, site-amplification, strong-motion observation, microtremor observation

1. はじめに

地震被害の種類や程度は、地形（山地・丘陵地・台地・低地等）によって大きく異なる場合が多い。1993年釧路沖地震の際、釧路市の低地上においては液状化などの地盤被害が見られたが¹⁾、建物の被害で見ると、低地上よりも台地上の方がその数が多かった²⁾。このことは、この地震の際に低地部よりも台地部の方が地震動強さが大きかったことを示唆しており、その後のアンケート震度調査にもそのような傾向が表れている³⁾。また、釧路沖地震の後に釧路市内で高密度強震観測が実施され、1994年北海道東方沖地震の際の強震動が観測されたが、最大加速度値は低地上よりも台地上で大きくなる傾向があった⁴⁾。

1997年5月13日鹿児島県北西部地震の際には、震源から20km程度離れた鹿児島県宮之城町の台地上において高校校舎の1階部分の柱がせん断破壊するなど、低地部と比較して台地上で被害の程度が大きかった⁵⁾。この町では、低地上(川内川河岸)に気象庁の観測点があり、台地上にk-netの観測点があるが、この地震及び3月26日の地震において、台地上の計測震度がVI⁻であり、低地上の計測震度V⁺と比較して大きい記録が得られた。

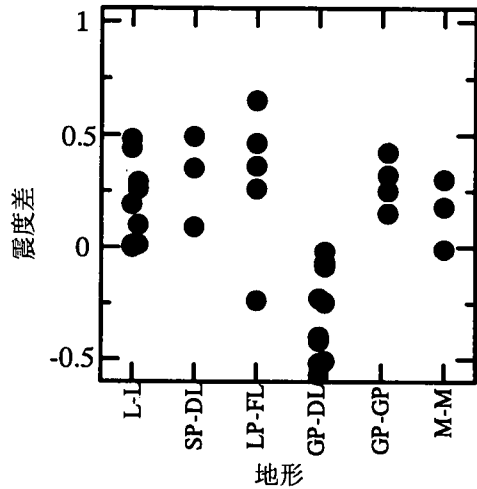


図-1 近接した地形間の計測震度差(L:低地; SP:シラス台地; DL:三角州性低地; LP:ローム台地; FL:扇状地性低地; GP:砂礫台地; M:山地)

図-1は、全国で気象庁及びK-netの観測点間距離が2.5km以下の2地点における計測震度(算定手順は3.(2)で後述)の差を、観測点が属する地形毎に分類し、比較したものである(図中の各文字は、L:低地; SP:シラス台地; DL:三角州性低地; LP:ローム台地; FL:扇状地性低地; GP:砂礫台地; M:山地)

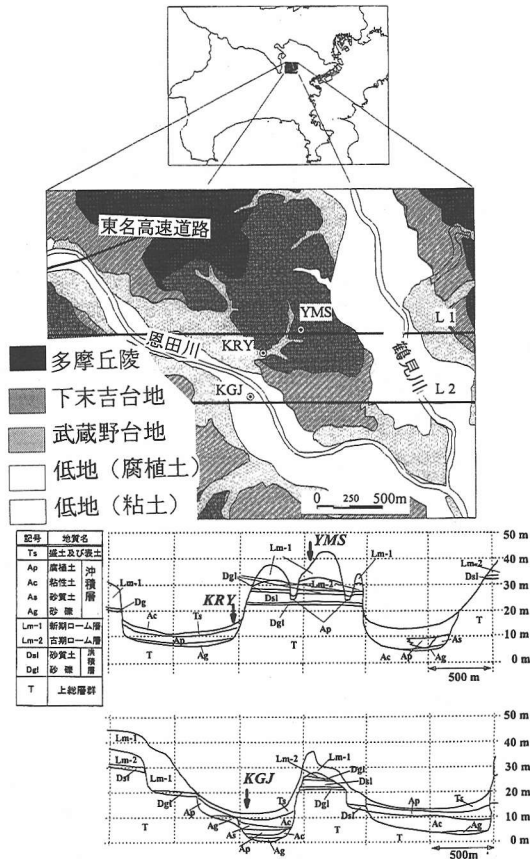


図-2 対象地域の地形・地質図、及び地質断面図

山地を意味する)。これらの記録に限って言えば、シラス台地やローム台地は三角州性低地や扇状地性低地よりも計測震度が平均的に 0.3 程度大きい傾向がある。また、砂礫台地は三角州性低地よりも計測震度が小さい。これらの計測震度の比較は、どのような地形が揺れやすいかという第一次近似的な情報を与えてくれる。しかし、低地同士や山地同士の計測震度の比較に見られるように、同一の地形でも計測震度には差が見られ、地盤増幅特性の評価にはより詳細な検討が必要である。

このような背景を踏まえて、本研究ではローム台地と低地が近接した横浜市緑区の北八朔地域において地震動の比較観測、常時微動の高密度観測を行い、異なる地形間、限定された地域で地震動特性がどのように変化しているかを調査した。

2. 台地上及び低地上での地震動の比較観測

(1) 対象地域の地形・地質

本研究で対象とする地域は、横浜市緑区北八朔地域である(図-2)。この地域は、広域的には多摩丘

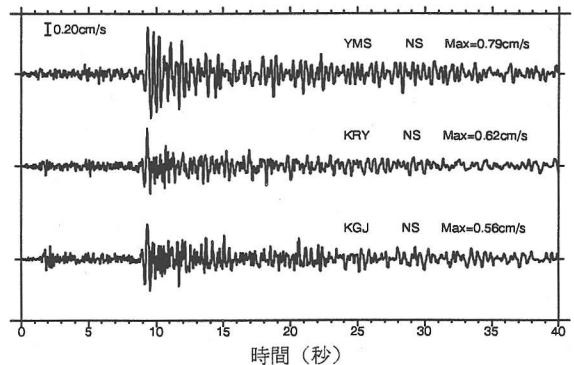


図-3 観測波形の比較(1997/8/9, M=4.7, D=68km)

陵上に属するが、地域を細かく見ると、多摩丘陵、下末吉台地、武蔵野台地、沖積平野から成っている。丘陵地・台地部は2つの河川(恩田川・鶴見川)によって境され、これらの河川は下流部で合流している。図-2 上段の L1, L2 に沿った断面図⁶⁾を下段に示す。この図によれば、この地域は上総層群を基底層としており、その基底層の上に沖積低地上では腐植土や砂・粘土といった沖積層が、台地上では洪積層の上にローム層が堆積している。沖積層の厚さは0~15m程度であり、台地との境界部で層厚が薄く中心部で深くなる傾向がある。台地上でのローム層の厚さの変化は大きく、洪積層とローム層を合計した層厚は5~20m程度である。

(2) 地震観測点

地震観測は、図-2 に示すように台地上(YMS)、低地端部(KRY)、恩田川に近い低地中心部(KGJ)において行った。用いた地震計は測定周波数範囲が 0.01~25Hz の加速度計であり、記録分解能は 0.04 cm/s²、フルスケール 1000cm/s²、サンプリング周波数は 100Hz、遅延時間は 20 秒であり、トリガーレベルは 3~5 cm/s² で行った。地震計は、いずれも 1 階建物の床上に設置した。但し、KRY の地震計はブロックを積み上げた簡単な小屋に設置しているため、後述するように観測小屋の固有振動と思われる短周期成分が混入する。YMS は 1996 年 6 月、KRY は 1996 年 9 月、KGJ は 1997 年 6 月に観測を開始した。

3. 地震観測点における地震動強さの比較

これまで観測された地震の内、3点で同時に観測された地震記録を積分したものの一例を図-3 に示す。最大速度値(PGV)は、台地上の観測点で大きく、低地上の観測点で小さい傾向がある。観測点間の距離は、震央距離と比較すると無視できるほど小

表-1 解析に用いた地震の諸元

| 日付 | 震央地名 | D | M | 最大速度値(cm/s) | | | | | | | | |
|------------|---------|-----|-----|-------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| | | | | YMS | | | KRY | | | KGJ | | |
| | | | | NS | EW | UD | NS | EW | UD | NS | EW | UD |
| 1996/10/19 | 東海道沖 | 357 | 5.9 | 0.11 | 0.16 | 0.03 | 0.10 | 0.11 | 0.03 | --- | --- | --- |
| 1996/11/20 | 房総半島南東沖 | 54 | 6.0 | 0.23 | 0.22 | 0.11 | 0.19 | 0.18 | 0.10 | --- | --- | --- |
| 1996/11/24 | 千葉県北西部 | 77 | 4.5 | 0.30 | 0.30 | 0.08 | 0.29 | 0.23 | 0.06 | --- | --- | --- |
| 1996/11/28 | 房総半島南沖 | 69 | 5.2 | 0.48 | 0.37 | 0.10 | 0.40 | 0.28 | 0.10 | --- | --- | --- |
| 1996/12/21 | 茨城県南部 | 53 | 5.4 | 0.91 | 0.85 | 0.25 | 1.14 | 0.69 | 0.24 | --- | --- | --- |
| 1997/02/17 | 千葉県北西部 | 77 | 4.4 | 0.12 | 0.12 | 0.06 | 0.14 | 0.17 | 0.08 | --- | --- | --- |
| 1997/02/19 | 千葉県北西部 | 76 | 4.2 | 0.18 | 0.19 | 0.06 | 0.24 | 0.16 | 0.04 | --- | --- | --- |
| 1997/03/04 | 伊豆半島東方沖 | 0 | 4.9 | 0.31 | 0.26 | 0.12 | 0.15 | 0.18 | 0.14 | --- | --- | --- |
| 1997/03/04 | 伊豆半島東方沖 | 2 | 5.7 | 0.30 | 0.28 | 0.13 | 0.28 | 0.18 | 0.15 | --- | --- | --- |
| 1997/03/09 | 千葉県北西部 | 76 | 4.3 | 0.15 | 0.17 | 0.05 | 0.21 | 0.24 | 0.04 | --- | --- | --- |
| 1997/03/23 | 茨城県南部 | 72 | 5.0 | 0.78 | 0.71 | 0.21 | 0.60 | 0.49 | 0.14 | --- | --- | --- |
| 1997/05/12 | 東京湾 | 62 | 3.8 | 0.10 | 0.13 | 0.05 | 0.09 | 0.23 | 0.03 | --- | --- | --- |
| 1997/06/30 | 千葉県北西部 | 75 | 4.0 | 0.07 | 0.08 | 0.03 | 0.05 | 0.09 | 0.02 | --- | --- | --- |
| 1997/07/09 | 千葉県北西部 | 77 | 4.8 | 0.34 | 0.53 | 0.13 | 0.33 | 0.32 | 0.12 | --- | --- | --- |
| 1997/08/09 | 埼玉県南部 | 68 | 4.7 | 0.79 | 0.97 | 0.29 | 0.62 | 0.63 | 0.31 | 0.56 | 0.56 | 0.31 |
| 1997/09/08 | 東京湾 | 108 | 5.1 | 0.44 | 0.47 | 0.14 | 0.36 | 0.39 | 0.14 | 0.35 | 0.42 | 0.10 |
| 1997/11/01 | 神奈川県西部 | 15 | 3.8 | *** | *** | *** | 0.05 | 0.08 | 0.02 | 0.07 | 0.07 | 0.02 |
| 1997/11/02 | 茨城県南部 | 40 | 4.3 | 0.09 | 0.12 | 0.04 | 0.09 | 0.11 | 0.03 | 0.11 | 0.11 | 0.04 |
| 1997/11/29 | 茨城県南部 | 50 | 4.5 | 0.10 | 0.11 | 0.03 | 0.10 | 0.07 | 0.03 | 0.10 | 0.11 | 0.03 |
| 1997/12/06 | 千葉県北部 | 70 | 4.6 | 0.18 | 0.21 | 0.07 | 0.13 | 0.18 | 0.06 | 0.27 | 0.16 | 0.05 |
| 1997/12/07 | 千葉県北部 | 60 | 4.3 | 0.12 | 0.11 | 0.04 | 0.09 | 0.11 | 0.04 | 0.12 | 0.13 | 0.03 |

D:震源深さ(km), M:気象庁マグニチュード, ---:未設置, ***:記録なし

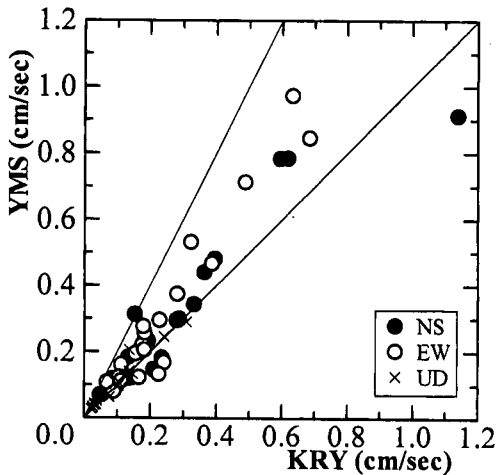


図-4 最大速度値の比較

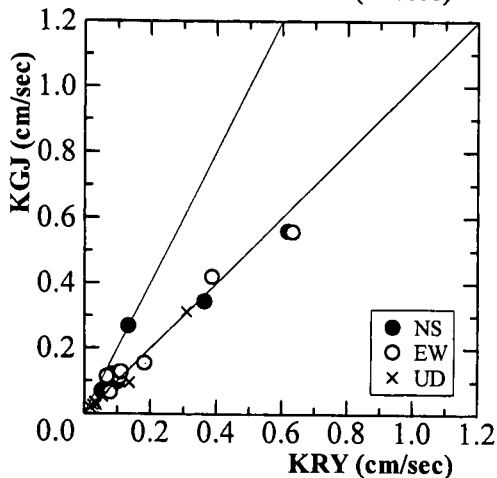


図-5 計測震度の比較

さいので、図-3に見られる地震動強さの違いは、個々のサイトの地盤特性を反映したものであると予想される。

観測された地震記録を用いて観測点毎の地震動強さを比較した。地震動強さの尺度としては、最大速度値(PGV)、計測震度、及びフーリエスペクトル振幅値を用いた。ここで、最大加速度値ではなく、最大速度値を用いた理由は、前者に比べて後者の方が地盤の影響がより強く現れるためである。解析の対象とした地震の諸元、PGVを表-1に示す。

(1)最大速度値(PGV)の比較

図-4にKRYに対するYMS, KGJの最大速度値

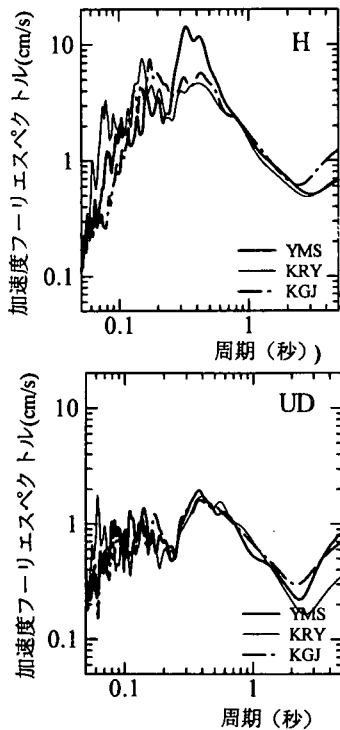


図-6 加速度フーリエスペクトルの比較(1997/8/9, M=4.7, D=68km)

をプロットしたものを示す。図中●, ○, ×は, それぞれ N-S, E-W, U-D 成分を表す。水平成分の最大速度値は, 0.1 弱~ 1.2cm/s の範囲に分布している。この振幅レベルでは, 水平成分の最大速度値は, ほとんどの地震において YMS が KRY よりも 1.5 程度大きい傾向がある。KGJ と KRY の最大速度値をを比較すると両者に大きな違いは見られない。上下動振幅には観測点毎の違いは見られず, サイト特性の影響を受けにくいことを示している。

(2)計測震度の比較

図-5 に KRY に対する YMS, KGJ の計測震度値をプロットしたものを示す。図中○, △は, それぞれ YMS と KRY の関係, KGJ と KRY の関係を示す。計測震度は, 加速度記録 3 成分を用いてフーリエ変換, フィルター処理, フーリエ逆変換, ベクトル合成, 継続時間を考慮した振幅の決定を行い, 従来震度と相関が高くなるように決められたパラメータを用いて求める⁹⁾。計測震度は用いるフィルターの形状から加速度と速度の中間的な性質を示すと言える。最大速度値の比較でも見られたように, 計測震度はほとんどの地震において YMS が KRY より大きな値を示しており, その差は 0.3 程度である。KGJ は KRY と同程度あるいは 0.3 程度大きな場合がある。

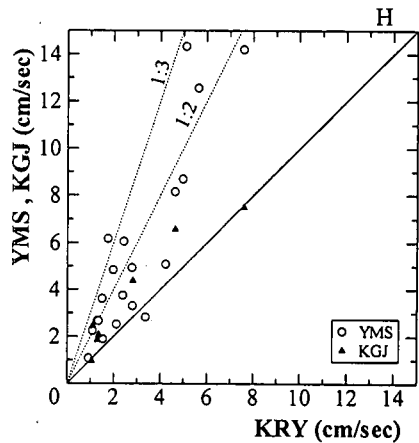


図-7 加速度フーリエスペクトルのピーク値の比較

(3)加速度フーリエスペクトルの比較

最大速度と計測震度の比較から, YMS が最も大きな増幅特性を持っていることがわかった。どの周期帯域が増幅され, またそれがどの地盤構造の影響を受けるのかを調べるために, 加速度フーリエスペクトルの比較を行った。スペクトルは, S 波立ち上がり部から 81.92 秒間の成分のフーリエ変換を行い, 0.5Hz の Parzen ウィンドウをかけて求めた。

図-6 に加速度フーリエスペクトルを比較した一例(1997/8/9の地震)を示す。図の大実線, 細実線, 一点鎖線は YMS, KRY, KGJ を示す。水平動のスペクトルは系統的方向特性が見られなかったので, ここでは Fourier 係数から粒子軌跡を作成し, その長軸の長さを求める方法⁹⁾を用いて水平成分を合成した。上下動のスペクトルは 0.1~1 秒の周期帯域で顕著な違いは見られないが, 水平動のスペクトルは 0.6 秒以下でサイト毎に違いが見られる。即ち, YMS は 0.3~0.4 秒付近に大きなピークが, KRY と KGJ はそれぞれ 0.15, 0.2 秒付近に小さなピークが見られる。ここで見られたスペクトルの特徴は他の地震においても見られ, 各サイトの地盤の共振周期と見なすことができる。KRY は 0.07 秒付近にもピークが見られるが, これは観測小屋の固有振動であるので, 本研究では考察の対象から除外した。

この付近のボーリング資料や弾性波速度を参考にすると, ローム層・沖積層の S 波速度は 120~150m/s 程度, 洪積層の S 波速度は 200~230m/s と推定される。そこで, 各地震観測点の表層地盤(ローム層, 洪積層, 沖積層)の S 波速度を 150m/s と仮定し, 地震記録から推定された地盤の共振周期を基に 1/4 波長則を用いて表層地盤の層厚を概算すると, YMS, KRY, KGJ でそれぞれ 11m, 6m, 7.5m となる。この層厚の概算値は, 図-2 の地質断面図と矛盾なく,

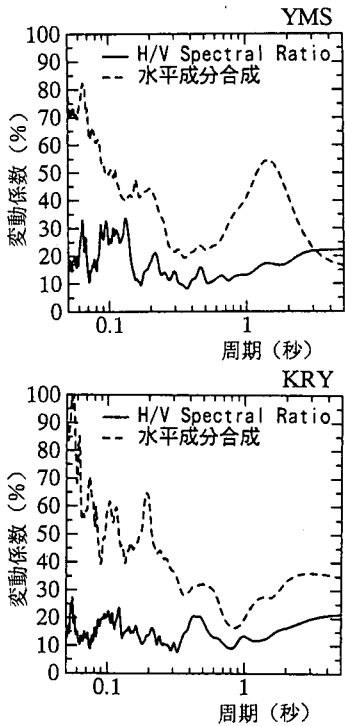


図-8 YMS と KRY における微動の水平動及び H/V スペクトル比の時間変動の比較

このことから逆に、強震記録に見られた地盤特性は上総層群上の表層地盤を反映したものであると判断できる。

共振周期での地震動強さを比較するために、KRY に対する YMS, KGJ の加速度フーリエスペクトルのピーク値の比較を行ったものが図-7 である。ほとんどの地震において YMS は KRY よりも 2 倍程度大きい。また、KGJ は KRY より 1.5 倍程度大きい。地震によっては同程度の場合がある。

4. 常時微動による地盤特性の空間分布の推定

(1) 地震観測点における常時微動特性

3. で、地震観測点においては、台地上の点が最も地盤増幅特性が大きく、低地上、特に台地との境界付近で地盤増幅特性が小さいことがわかった。このような傾向がこの周辺地域一帯について言えるか否かを調べるために、常時微動を利用することにした。地盤特性の空間分布を効率的に調べるために、本研究では中村による微動の水平/上下スペクトル比 (H/V スペクトル比) を用いる方法を用いた¹⁰⁾。この方法の適用性・有効性については、これまで数多くの研究例があるが^{11)~16)}、現在のところ、この方法が普遍的なものであるとは言えず、地域によ

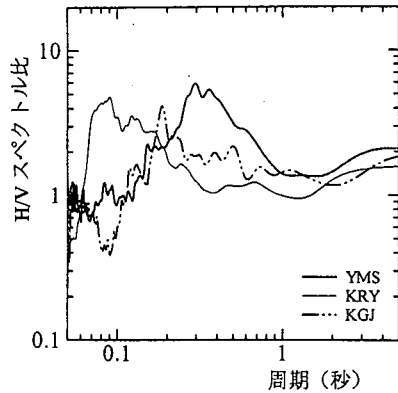


図-9 YMS, KRY, KGJ における微動の H/V スペクトル比

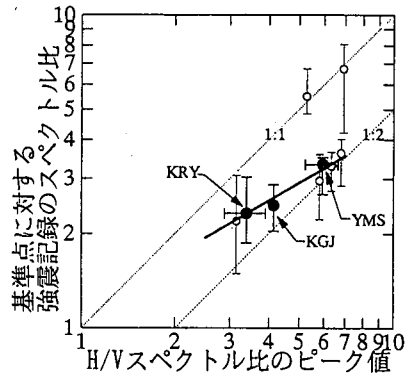
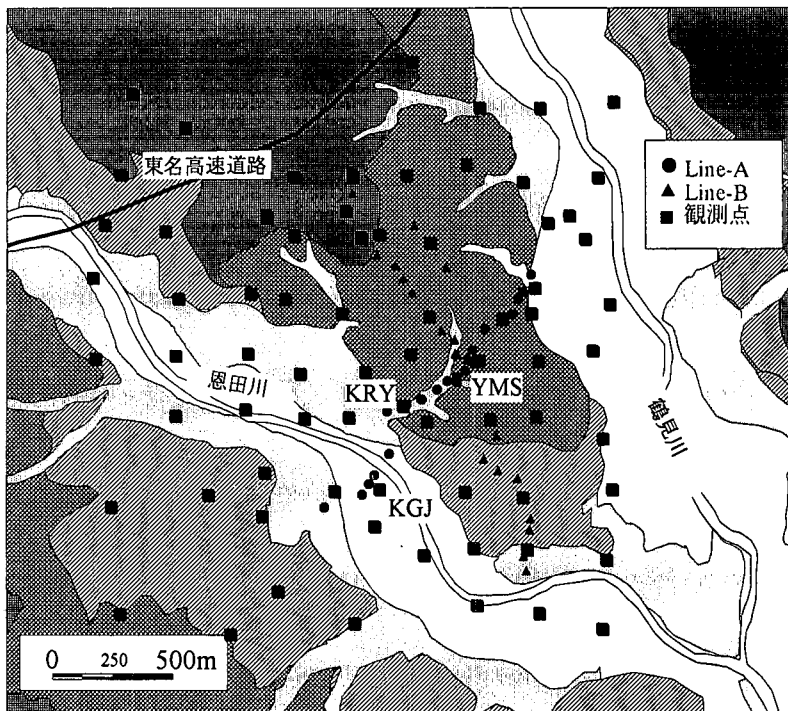


図-10 基準点に対する強震記録のスペクトル比と常時微動の H/V スペクトル比の関係

ては適用が困難である可能性がある。そこで、本研究の対象地域におけるこの方法の適用性を調べるために、地震観測点において常時微動測定を行った。H/V スペクトル比は、20.48 秒間の微動記録の水平成分のフーリエスペクトルを前述の方法⁹⁾によって合成し、これを上下成分のスペクトルで除したスペクトル比を3つ求め、これらを算術平均した。

図-8 は、YMS, KRY において、24 時間にわたって毎正時から 5 分間の観測 (24 時間連続観測) によって得られた微動記録に対して求められた水平成分のスペクトル (破線) と H/V スペクトル比 (実線) のスペクトル振幅の変動係数を示したものである。ここで、各 5 分間の記録は、振動が安定している 20.48 秒間のデータを 3 つ取り出し、前述の方法で水平成分のスペクトル、H/V スペクトル比を求めている。H/V スペクトル比の変動係数は 0.1~1 秒の周期帯で 20% 以下であり、水平成分のそれと比較して変動が小さく安定していることがわかる。



■ 多摩丘陵 ■ 下末吉台地 ■ 武蔵野台地 ■ 低地(腐植土) □ 低地(粘土)

図-11 常時微動観測点

図-9 に YMS, KRY, KGJ における H/V スペクトル比を示す。YMS, KGJ のスペクトル比はそれぞれ 0.3, 0.2 秒弱付近にピークが見られ、地震記録のスペクトルで見られた卓越周期にほぼ一致している。KRY については、0.1 秒以下にピークが見られるが、これは前述したように、観測小屋の建物の振動の影響であるので、本研究では対象から除外している。KRY のスペクトル比の 0.1~1 秒の帯域では、0.1 秒強付近に小さなピークがあり、地震記録のスペクトルに見られたピークに対応していると思われる。

図-6 と図-9 の比較によって、微動の H/V スペクトル比に見られる卓越周期は表層地盤の共振周期に対応していることが示された。H/V スペクトル比のピーク値と地盤増幅率については議論があるものの¹³⁾、ピーク値の値が大きいほど増幅特性が大きいことが経験的に言われている^{11),15)}。この地域における H/V スペクトル比のピーク値と地盤増幅率の関係を調べるために、この地域から 2km 程度離れ、軟岩がほぼ露頭した地点(横浜市高密度強震計ネットワーク観測点の一地点)の強震記録を基準にして強震観測点毎にスペクトル比(基準点に対する強震記録のスペクトル比)を取り、H/V スペクトル比のピーク値と比較したものが図-10 である。尚、ここで

用いたスペクトルは、3. で求めた加速度フーリエスペクトルと同様の手順で求めている。図中、●は YMS, KRY, KGJ を示し、○はこの地域から 2km 以内に位置する横浜市高密度強震計ネットワーク観測点を示す。YMS と KRY については、前述の 24 時間連続観測を行って図-8 に示したように H/V スペクトル比の変動係数を求めているので、ピーク値における変動幅をエラーバーで示す。強震記録のスペクトル比のエラーバーは、用いた 3 つの強震記録(1997/7/9, 8/9, 9/8, 地震諸元は表-1 参照)のスペクトル比の変動幅を示す。図-10 を見ると、ばらつきは大きいものの、H/V スペクトル比が大きくなると、強震記録のスペクトル比も大きくなるという相関関係が認められる。これは、微動の主成分が Rayleigh 波のような表面波であること、Rayleigh 波の振幅比は速度コントラストが大きい地盤では大きくなる傾向があることから、速度コントラストが大きい(地盤増幅が大きい)地点では H/V スペクトル比のピーク値が大きくなるためと考えられる。よって本研究では、H/V スペクトル比のピーク値の大きさによってこの地域の相対的な増幅特性を調べることにした。

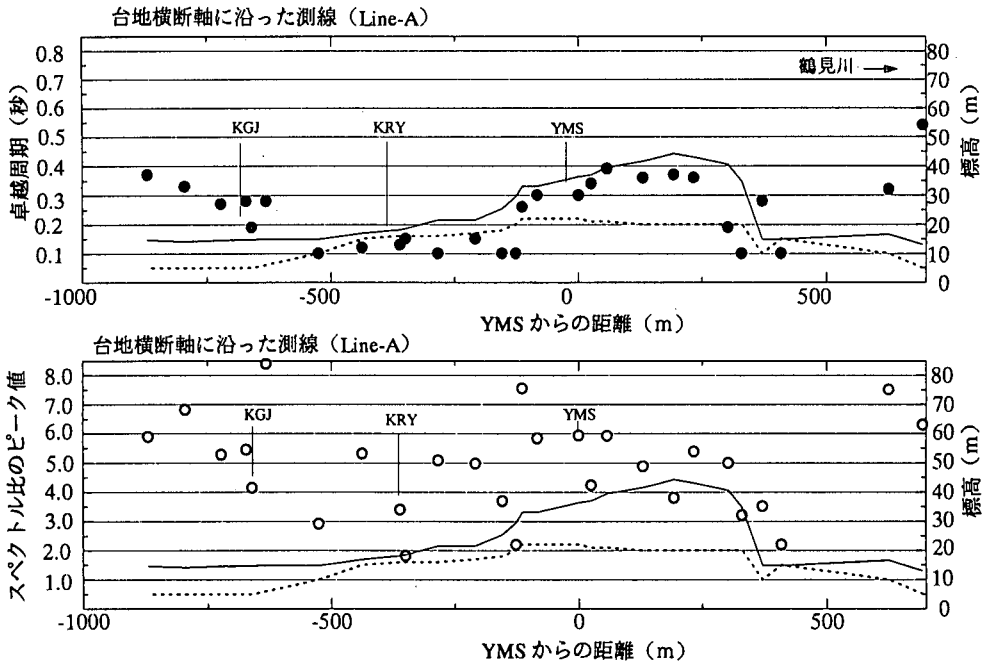


図-12 台地横断軸上における常時微動のH/Vスペクトル比の卓越周期とピーク値の分布

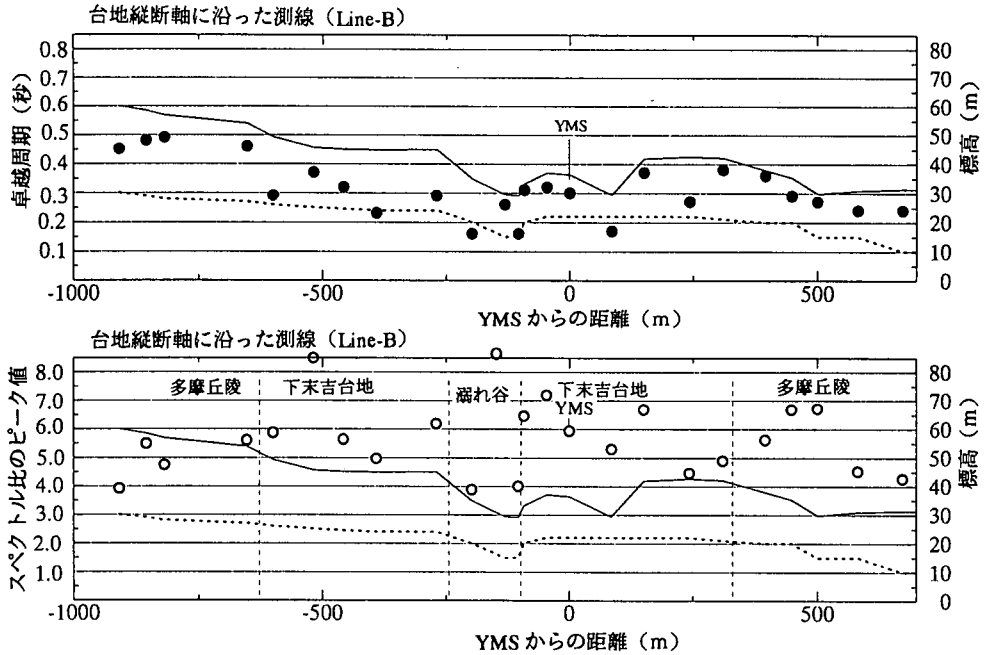
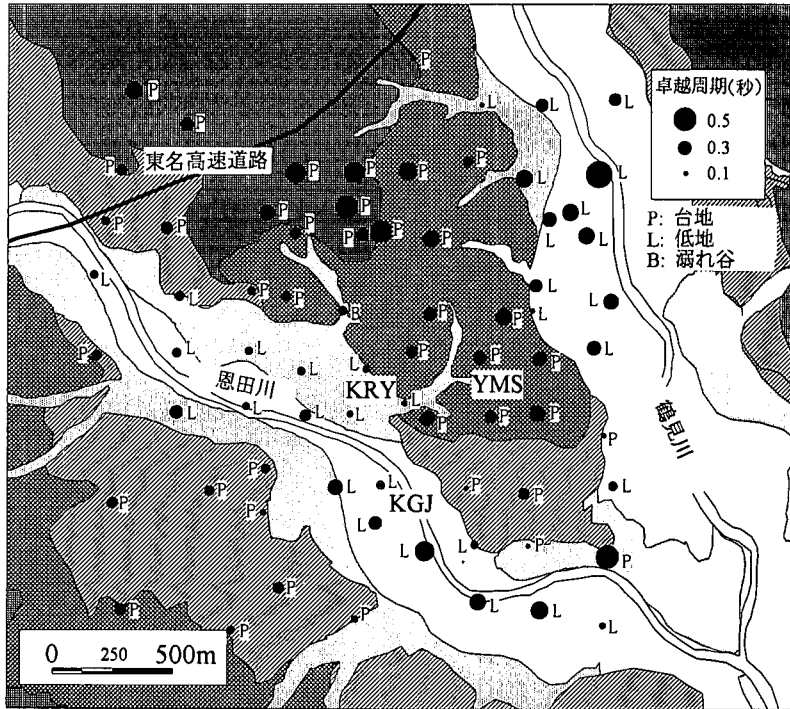


図-13 台地縦断軸上における常時微動のH/Vスペクトル比の卓越周期とピーク値の分布

(2)台地横断・台地縦断軸上のH/Vスペクトル比の卓越周期とピーク値の分布
 図-11の●、▲で示すように、地震観測点を中心

に台地横断方向(Line-A)、台地縦断方向(Line-B)上で約50m間隔で常時微動測定を行い、各測点でのH/Vスペクトル比の卓越周期とピーク値を求めた。



■ 多摩丘陵 ■ 下末吉台地 ■ 武蔵野台地 ■ 低地(腐植土) ■ 低地(粘土)

図-14 常時微動の H/V スペクトル比の卓越周期の分布

a) 台地横断軸上

図-12 に、台地横断軸上の H/V スペクトル比の卓越周期 (●) とピーク値 (○) の分布を示す。図には、図-2 の地質断面図を参考にして地表面と上総層群上面をそれぞれ実線と破線で示している。台地上での卓越周期は、0.2~0.4 秒に分布しており、地表面の高さの分布によく似ている。低地上では、端部で 0.2 秒程度と短く、中心部で 0.2~0.4 秒とやや長くなる。ピーク値は、台地上で 3~8、低地上で 2~8 に分布しており、YMS 周辺や平野中心部では値が 6 程度以上の点が数点ある。卓越周期と比較すると標高との相関はなく、ばらつきが大きい。

b) 台地縦断軸上

図-13 に、台地縦断軸上の H/V スペクトル比の卓越周期 (●) とピーク値 (○) の分布を示す。図-12 と同様、地表面と上総層群上面をそれぞれ実線と破線で示している。台地上での卓越周期は、0.2~0.5 秒に分布しており、図-12 と同様、標高が高くなると周期が長くなる傾向がある。ピーク値は、4~8 に分布しており、YMS 周辺及び台地端部では値が 6 程度以上の点が数点ある。卓越周期と比較すると標高との相関はなく、ばらつきが大きい。

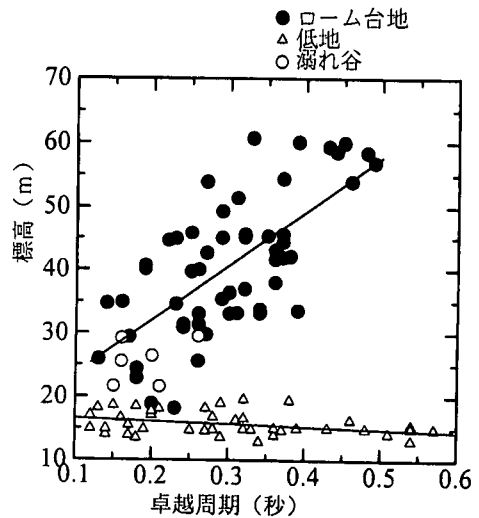


図-15 標高と常時微動の H/V スペクトル比の卓越周期の関係

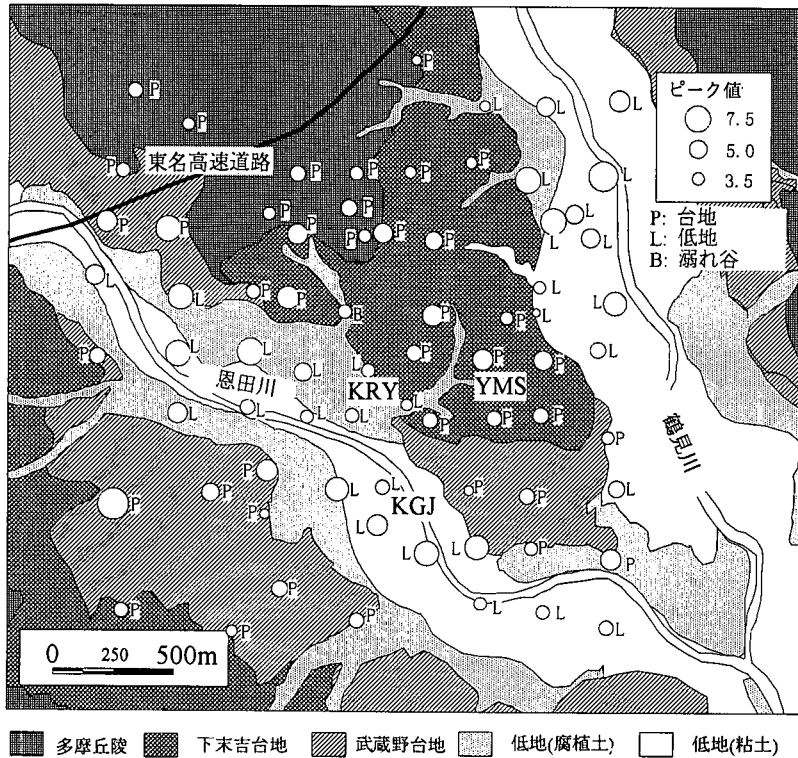


図-16 常時微動の H/V スペクトル比のピーク値の分布

(3)H/V スペクトル比の卓越周期とピーク値の面的な分布

(2)に続いて、この地域の地盤特性の面的な分布を調べるために、図-11の■で示したようにこの地域の台地・低地をカバーするような点において測定を行った。

図-14に卓越周期の分布を示す。図が煩雑となるため、Line-A、Line-Bの結果はこの図には載せていない。また、図中には台地、溺れ谷、低地上の観測点をそれぞれ添字 P、B、L で示す。台地横断・縦断軸上で見られたように、台地上では標高が高い地域で卓越周期が長くなる傾向がある。そこで、各測点の標高と卓越周期の関係をプロットすると図-15のようになった。図中、●は台地上、○は溺れ谷上、△は低地上の測点を示す。台地上では、卓越周期は0.15~0.5秒、標高は20~60mに分布し、両者には相関関係が見られる。このことは、図-2の地盤断面図において、台地部では上総層群上面が平坦であることから表層地盤厚さの変化=標高の変化と見なすことができるためであり、この地域の台地部特有の特徴と見られ、従来からも指摘されていることである¹⁷⁾。溺れ谷も標高と卓越周期に相関の傾向が見られるが、これは台地部と共通した基底面を持って

いるためと考えられる。

低地部は、標高の変化が5~20mと少ない割に卓越周期は0.1~0.6秒の広い範囲に分布している。これは、図-2の地質断面図からも推定される通り、低地部では地表面の変化はほとんどなく、それよりも基盤面の変化の方が大きいためと考えられる。若干ではあるが、標高が低くなると卓越周期が長くなる傾向がある。これは、標高がやや低い平野中心部では基盤面が深く、標高がやや高い平野端部では基盤面が浅いためと考えられる。

図-16にH/Vスペクトル比のピーク値の分布を示す。YMSが位置している下末吉台地上ではピーク値が大きい点が多い。KRY、KGJ周辺の低地部は、値が小さい傾向があるが、全体として見ると、低地部でも恩田川上流域及び鶴見川沿いでピーク値が7以上と大きい地域がある。KRYで見られたように、低地端部ではピーク値が3以下と小さい点が多い。これは、低地端部では表層地盤が薄く、地盤特性が出難いためと考えられる。北部の多摩丘陵地上では、ピーク値が3程度以下と小さな点が多いが、これは、丘陵地部では形成年代の古いローム層が堆積している(即ち、表層が比較的固く、地盤振動増幅が小さい)ためと考えられる。

5. 結論

過去の地震被害において台地部と低地部で地震被害の種類や程度が異なるという事例から、本研究では、ローム台地と沖積低地において地震観測、常時微動観測を行った。その結果、次の結論が得られた。

1. ほとんどの地震において、低地上の地震観測点と比較して台地上の観測点の方が、最大速度、計測震度、加速度フーリエスペクトルが大きい傾向にあった。
2. 各地震観測点の地盤の共振周期は0.1~0.3秒にあり、これは上総層群上に堆積する表層地盤に対応していると考えられる。
3. 地震観測点における常時微動のH/Vスペクトル比の卓越周期は、地盤の共振周期と一致しており、また、ピーク値は増幅率と相関関係にあることがわかった。
4. 対象地域周辺の常時微動の観測により、台地部ではH/Vスペクトル比の卓越周期は、標高と良い相関関係にあることがわかった。これは、この地域の台地部では、基底となる上総層群の上面が平坦であるためと考えられる。
5. 微動から推定した地盤増幅特性は、地震観測点が位置している下末吉台地上や低地部の川沿いで大きく、多摩丘陵地上や低地端部で小さい傾向がある。

謝辞：本研究は、横浜市地域研究費補助金の助成を受けている。強震計の設置には、横浜市災害対策室、教育委員会にご尽力いただいた。リファレンスサイト及びその周辺の強震記録は、横浜市高密度強震計ネットワークによるものである。記して謝意を表す。

参考文献

- 1) 土木学会: 1993年釧路沖地震震害調査報告, 1994.
- 2) 和泉正哲, 柴田明徳, 飛田潤, 南忠夫, 境有紀: 釧路沖地震による建築構造物の被害, 1993年釧路沖地震による被害の調査研究, 文部省科学研究費突発災害調査研究成果, pp.139-159, 1993.

- 3) 荏本孝久, 鏡味洋, 望月利男: 釧路市内の震度分布と被害, 第21回地盤震動シンポジウム, 日本建築学会, pp.49-60, 1977.
- 4) ESG研究委員会: 釧路市における共同強震動観測-1994年北海道東方沖地震-, (財)震災予防協議会, 1995.
- 5) 飛鳥建設株式会社: 1997年5月13日鹿児島県北西部地震被害調査報告, 1977.
- 6) 横浜市総務局災害対策室: 横浜市地盤と地震に関する調査報告書, 1984.
- 7) 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報告集, 第442号, pp.71-78, 1992.
- 8) 震度問題検討会: 震度問題検討会検討結果最終報告, 1995.
- 9) 小林啓美, 小林喜久二, 光用薫: 常時微動の安定性について, 第14回自然災害科学総合シンポジウム講演論文集, pp.347-350, 1977.
- 10) 中村豊: 常時微動計測に基づく表層地盤の地震動特性の推定, 鉄道研究報告, 第4巻, pp.18-27, 1988.
- 11) 中村豊, 大町達夫, 年縄巧: 常時微動により推定した地盤震動特性と地震被害の関係, 土木学会論文集, No.424/I-14, pp.37-51, 1990.
- 12) 大町達夫, 紺野克昭, 遠藤達哉, 年縄巧: 常時微動の水平動と上下動のスペクトル比を用いる地盤周期推定法の改良と適用, 土木学会論文集, No.489/I-27, pp.251-260, 1994.
- 13) Lachet, C. and Bard, P.Y.: Numerical and theoretical investigations on the possibilities and limitations of the "Nakamura's" technique, *J. Phys. Earth*, Vol.84, pp.337-397, 1994.
- 14) 紺野克昭, 大町達夫: 常時微動の水平/上下スペクトル比を用いる増幅倍率の推定に適した平滑化とその適用例, 土木学会論文集, No.525/I-33, pp.247-259, 1995.
- 15) Toshinawa, T., Taber, J.J. and Berrill, J.B.: Distribution of ground-motion intensity inferred from questionnaire survey, earthquake recordings, and microtremor measurements-A case study in Christchurch, New Zealand, during the 1994 Arthurs Pass earthquake, *Bull. Seism. Soc. Am.*, Vol.87, No.2, pp.356-369, 1997.
- 16) 趙伯明, 堀家正則, 竹内吉弘, 川瀬博: 微動と地震動から推定された地盤特性の比較, 地震, 第50巻, pp.67-88, 1997.
- 17) 長谷川浩一, 翠川三郎, 松岡昌志: 地形分類を考慮した点状する地盤データの補間法, 日本建築学会大会学術講演梗概集, pp.301-302, 1995.

(1998. 4. 7 受付)

COMPARISON BETWEEN GROUND-MOTION CHARACTERISTICS ON PLATEAU AND LOWLAND SITES BASED ON STRONG-MOTION AND MICROTREMOR OBSERVATIONS

Takumi TOSHINAWA and Hiroaki YAMAZAKI

Strong-motion and microtremor observations are carried out in loam plateaus and Holocene lowlands in the Hassaku area, Yokohama, to investigate site-amplification characteristics in the area. Strong-motion observations show that a plateau site has larger site-amplification characteristics in comparison to lowland sites by a factor of about 1.5 in peak horizontal ground velocity and about 2 in spectral peak amplitude of Fourier acceleration spectra. The amplification is due to subsurface soils which are accumulated on soft rocks. Microtremor observations demonstrate that resonance periods on plateaus are related to elevation; high site amplification areas distribute along rivers in the lowlands and on the Shimosueyoshi plateau.