

仙台市圏の常時微動特性とそのゾーニング

松川 忠司¹・神山 眞²

¹正会員 東北工業大学助手 工学部土木工学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

²正会員 工博 東北工業大学教授 工学部土木工学科 (〒982-8577 仙台市太白区八木山香澄町 35-1)

著者らはこれまで継続的に仙台市圏における常時微動観測を行なってきた。本研究は、その解析結果と仙台市圏強震観測システム Small-Titan の強震記録解析結果の比較から、地震動と常時微動の関係、常時微動と地質・地盤構造との関係、常時微動によるゾーニングマップ作成の予備的な検討を行なったものである。その結果、常時微動 H/V スペクトルと地震時増幅スペクトルは比較的良好に調和していること、スペクトル形状は地盤構造に対応して変動していることが観察された。また、常時微動 H/V スペクトルのカテゴリ分類および卓越周期特性は地質図、地盤構造とよく対応し、更に常時微動 H/V スペクトル強度は地震スペクトル強度と比較的良好に調和することから、常時微動はゾーニングマップ作成の補完的手法として有効であることが示唆された。

Key Words : *microtremor, H/V spectra, Small-Titan, seismic micro zoning, Sendai City, SI value, amplification factor, predominant period*

1. はじめに

昨年 11 月、政府の地震調査研究推進本部地震調査委員会は今後 20 年程度以内 (2020 年頃まで) に宮城県牡鹿半島の東方域を震源とする地震 (マグニチュード 7.5 前後、但し日本海溝寄り海域の地震と連動して発生した場合にはマグニチュード 8.0 前後) が約 80% の確率で、さらに今後 30 年程度以内 (2030 年頃まで) で 90% 以上の確率で発生すると発表¹⁾した。また最近では、長町-利府構造線に起因した地震が発生し、数千年に一度といわれる内陸直下型地震が発生する可能性についての報告²⁾もされている。

以上のことから仙台市圏における地域地震防災システムの構築が改めてクローズアップされてきている。このような地震防災システム構築の一環に資する観点から、本大学では図 1 に示すように仙台市圏 20 箇所にオンライン・デジタル強震計をアレー配置し、リアルタイム強震観測システム Small-Titan³⁾にて 24 時間体制で地震観測を実施している。

一方、地震動は震源、伝播経路、局所的地盤条件など諸々の総合効果によって決まり、特に局所的地盤条件が地震被害に大きく関与することが知られている。

従って、地域地震防災システムを考える上で当該地域の地盤構造の調査・解明はこれらの根幹をなすものであり、最も基礎的かつ重要な資料となる。地盤構造を把握する方法は、ボーリング調査、P S 検層などによる直接的な方法と地盤探査などに代表される間接的な

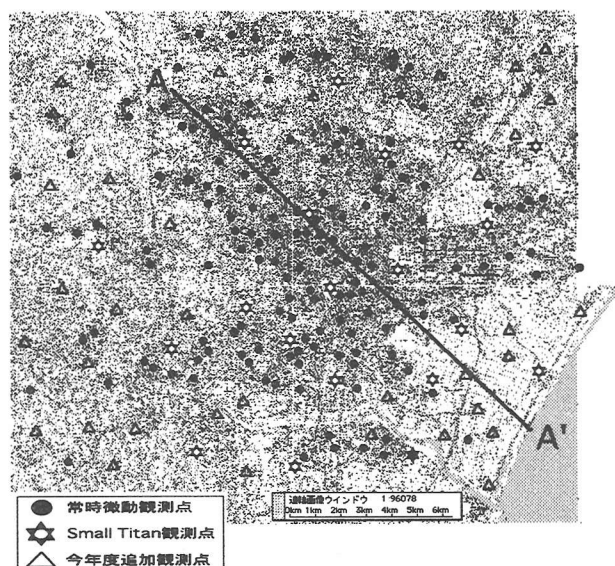


図 1. Small-Titan 強震観測点及び常時微動観測地点

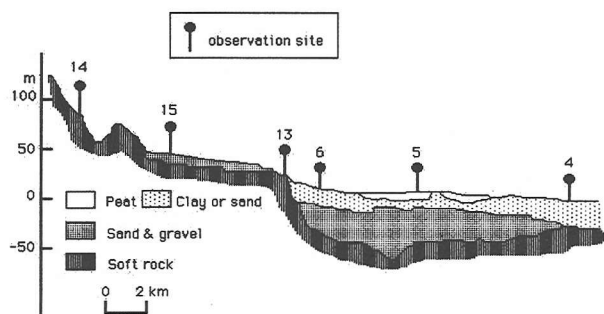


図2：A-A' 測線の地盤構造断面

方法に大別される。後者の間接的な方法には常時微動を利用する方法があり、この常時微動は観測点近傍の地盤の影響を強く受けた振動で、適切な解析を施すことにより局所的な地盤情報を抽出することができると考えられている。

以上のような観点から、著者らは継続的に仙台市圏における常時微動観測を行っており、その解析結果から地震動と常時微動の関係、常時微動によるサイズミックゾーニングマップ作成の予備的な検討などを行ってきた。本報告はこれまでのデータを充実させることを目的にさらに常時微動の追加観測を行い仙台市圏における常時微動特性について考察を行ったものである。

2. 常時微動観測地点、観測方法および解析方法

本研究の目的は、常時微動を利用して仙台市圏の地盤状況を総合的に把握すること、更にその結果に基づいて最終的にはサイズミックゾーニングマップを作成することである。これまで各種学校220地点（Small-Titan強震観測点20地点を含む）で常時微動観測を行ってきたが、今回はそれに、空白域の計36地点を追加し常時微動観測を実施した。図1に常時微動観測地点を示す。尚、常時微動観測方法および解析方法についてはこれまでと同様⁴⁾である。

3. 常時微動スペクトルと地震時増幅スペクトルとの比較

前述のような地震動の予測やサイズミックゾーニングの作成にあたっては、実測の強震記録を用いるのが最適であるが、仙台市圏をくまなく網羅する地震観測体制を確立するためには予算的に限界がある。従って、本研究の目的でもあるように、地震観測に変わりうる

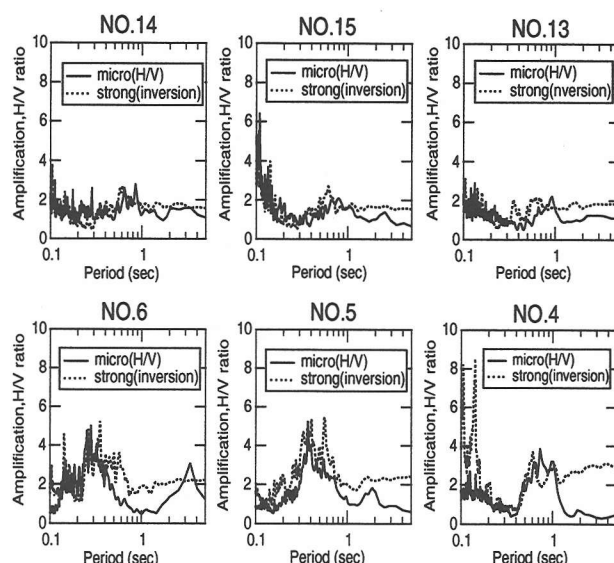


図3：常時微動H/Vと地震時増幅スペクトルの比較

方法として安価で簡便に観測できる常時微動の利用が考えられるが、このためには対象地点の常時微動特性と地盤構造との関係、更に強震動特性と常時微動特性との相関性について考察しておかなければならない。著者らは既に仙台市圏における地震時増幅スペクトルと常時微動スペクトルの比較・考察⁵⁾を行っているが、ここでは別の解析結果の例について述べる。図1におけるA-A' 測線の地盤構造断面を図2に、図3にA-A' 測線に沿う Small-Titan 観測点における地震時増幅スペクトルと常時微動スペクトルの比較図を示す。ここで示した地震時増幅スペクトル(破線)は Small-Titan 観測点のうち安山岩の高館層が露出している NO.1 を基準点にしたときのインバージョン⁶⁾による各観測点の増幅スペクトルである。また、常時微動 H/V スペクトル(実線)は地震観測地点の同一場所上で得られた常時微動記録から求めたものである。図3から、地震時増幅スペクトルと常時微動 H/V スペクトルはこれまでの例と同様、よく調和していることが観察される。また、図2および仙台地域地質図⁷⁾からもわかるように仙台市圏における地盤構造は長町-利府構造線を境に西部と東部では大きく異なっていることが知られており、これらスペクトルの形状は地盤構造に対応して変動していることが観察される。

4. 常時微動 H/V スペクトルの形状カテゴリー分類

次に、この常時微動 H/V スペクトルのスペクトル形状に着目し、数種類の形状カテゴリー分類を試みた。

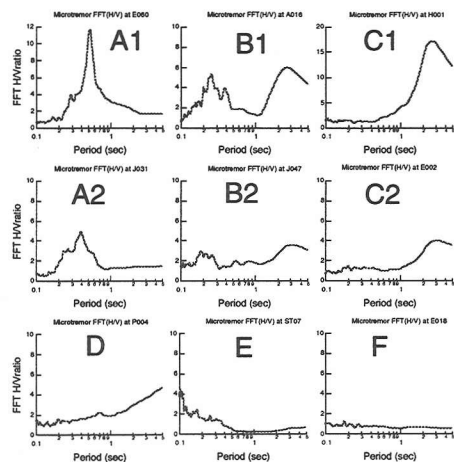


図4：各カテゴリーの常時微動H/Vスペクトルの形状例

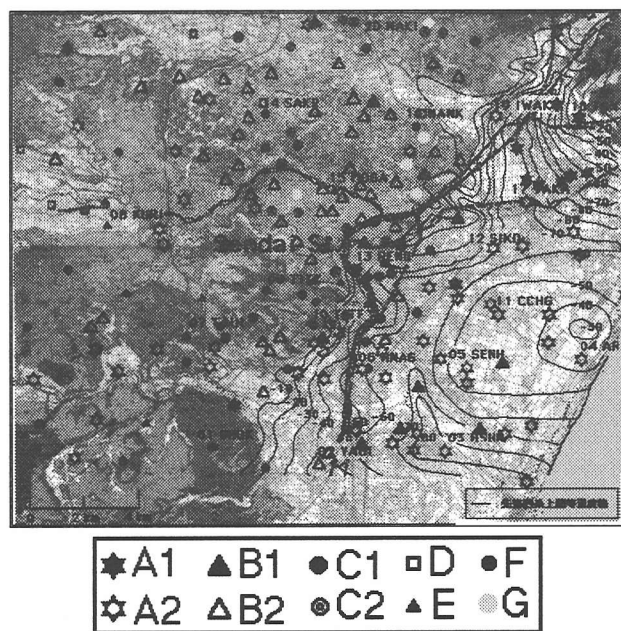


図5：常時微動H/Vスペクトルの形状カテゴリー分布の例

カテゴリー分類にあたっては種々の方法^{8, 9)}が考えられるが、ここでは全観測点における常時微動 H/V スペクトルをプリントアウトし、無作為に類似したスペクトル毎に区分けする方式をとった。図4に各カテゴリーの典型的な常時微動 H/V スペクトルの形状の例を示す。図4に示した各カテゴリーは概ね次のような特徴を持つ。

- (A)：約2秒以下に明瞭なピークが認められる。
 - (A1)：ピークが鋭く、振幅が大きい。
 - (A2)：ピークの裾野が広い。
- (B)：約2秒を境にそれぞれにピークが認められる。
 - (B1)：それぞれのピークが明瞭。
 - (B2)：それぞれのピークがなだらか。
- (C)：約2秒以上の長周期側に明瞭なピークがあり、短周期側にピークが認められない。

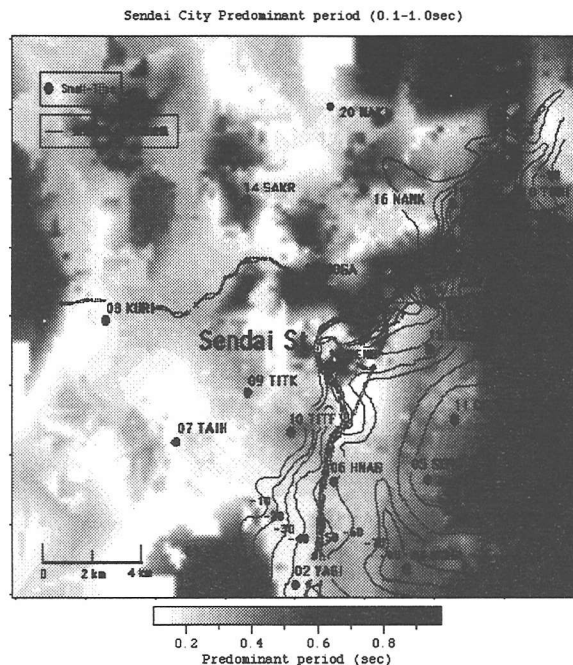


図6：仙台市圏の常時微動卓越周期分布

- (C1)：ピークが鋭く、振幅が大きい。
- (C2)：ピークの裾野が広い。
- (D)：はっきりとしたピークがなく、右肩上がりのスペクトル。
- (E)：はっきりとしたピークがなく、左肩上がりのスペクトル。
- (F)：スペクトル形状が全周期帯域ではほぼフラットで振幅が小さい。
- (G)：その他

以上のように仙台市圏における常時微動 H/V スペクトルの形状カテゴリー分類したマップの例を地質図とオーバーレイさせて図5に示す。カラー出力でないでわかりにくいですが、この図から、A1, A2, B1, C1タイプは沖積低地や川沿いで多くみられ、D, E, Fタイプは洪積台地や安山岩が露出している地点で観察されることがわかる。以上のように、常時微動 H/V スペクトルの形状カテゴリー分類は地質、地盤状況と比較的よい対応を示すことから、地盤特性を考察する上で妥当な方法であると考えられる。

5. 常時微動による仙台市圏の卓越周期分布

一般に常時微動の卓越周期は地盤構造とよく対応することが知られているが、ここでは常時微動 H/V スペクトルから得られた卓越周期を用いて仙台市圏のゾーニングマップを作成した例について述べる。ゾーニングマップ作成の手法は種々考えられるが、ここでは

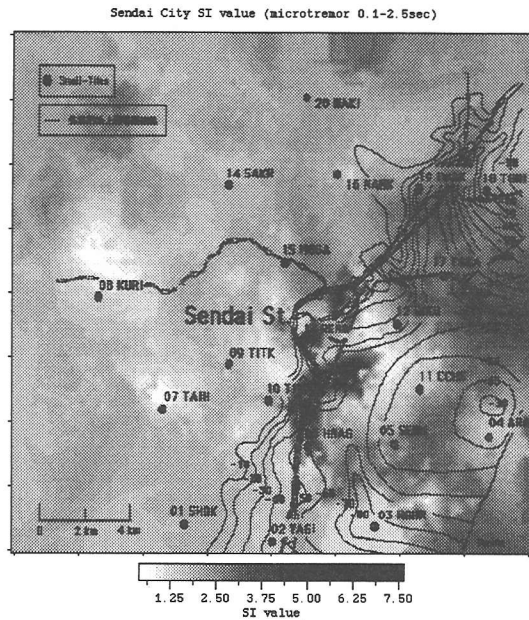


図7：仙台市圏の常時微動H/Vスペクトル強度分布

n×nのグリッド上の値を実測値より補間し、コンターマップを作成した。すなわち任意地点の絶対値を、実測地点の位置を表す緯度、経度および、その地点の観測値を用いて幾何学的内挿法¹⁰⁾を適用することによって推定した。このようにして求めた仙台市圏における卓越周期分布の例を図6に示す。図6は常時微動H/Vスペクトルの卓越周期から周期帯域0.1~1.0秒の卓越周期分布をコンターマップ化して示したものであるが、特に沖積低地である東部地域においては地盤構造を反映した卓越周期の変動がみられる。すなわち、海岸線から断層線に向かって卓越周期が規則的に短くなっていることが観察される。このことから、常時微動H/Vスペクトルの卓越周期は地盤構造をよく反映し、かつコンターマップを作成するためにここで用いた幾何学的内挿法の妥当性が示唆される。

6. 常時微動H/Vスペクトル強度分布と地震スペクトル強度分布について

次に、常時微動H/Vスペクトル強度をコンターマップとして表現した例を図7に、地震スペクトル強度分布図の例を図8に示す。図7は周期帯域0.1~2.5秒の常時微動H/Vスペクトル強度の分布を、図8は2000年6月4日発生の宮城県沖地震(M_j=5.2, D=60km)におけるスペクトル強度の分布を示したものである。地震地動分布は震源パラメータに大きく影響されることが確認されているが、図8に示した宮城県沖地震の場合、そのスペクトル強度分布は図7の常時微動H/Vスペクトルのスペクトル強度の分布と比較的よく

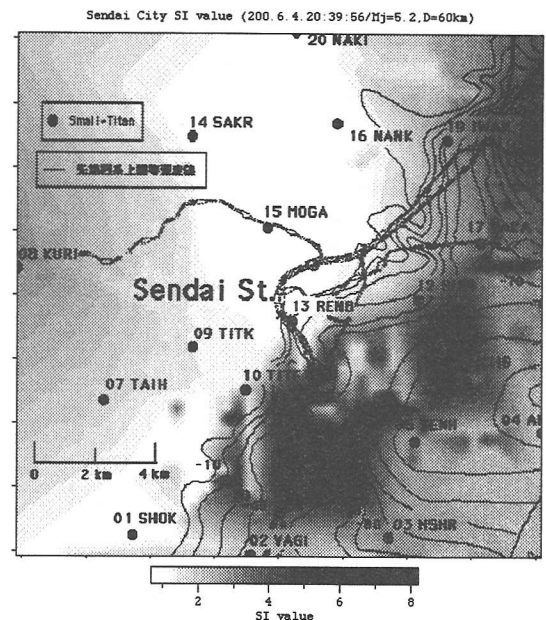


図8：仙台市圏の地震スペクトル強度分布の例

対応することが観察される。

7. おわりに

以上から、常時微動H/Vスペクトルのカテゴリ分類は地質図、地盤構造と比較的よく調和し、また常時微動の卓越周期特性およびH/Vスペクトルのスペクトル強度はサイスマックゾーニングマップを作成するうえで有効な手法になり得ることが示唆された。今後は蓄積が進んでいるSmall-Titanの地震動実測データに基づいた仙台市圏の総合的なサイスマックゾーニングマップなどの作成が必要であると考えている。

参考文献

- 1) 地震調査研究推進本部地震調査委員会：宮城県沖地震の長期評価
- 2) 今泉俊文：活断層調査からわかったこと，日本地震学会主催宮城県仙台市共催一般公開セミナー
- 3) 神山, 莊司, 松川他：オンラインアレー地震観測システムの構築とその記録の若干の考察，土木学会論文集
- 4) 松川, 神山：常時微動による仙台市圏サイスマックゾーニング作成の試み，第35回地盤工学研究発表会
- 5) 松川, 神山：直下地震によるアレー強震動特性と常時微動との関係，第25回地震工学研究発表会
- 6) 莊司, 神山：Small-Titanの観測記録のインバージョンによるサイト特性の推定，土木学会55回年次学術講演会
- 7) 北村, 石井, 寒川, 中川：仙台地域の地質
- 8) 若松, 澤田, 大堀, 入倉：微動からみた大阪平野の地盤震動特性，第24回地盤震動シンポジウム
- 9) 西阪, 福和, 他：常時微動計測に基づく名古屋市地盤の震動特性に関する研究，10回日本地震工学シンポジウム
- 10) 松川, 神山：常時微動を利用したサイスマックゾーニングの作成について，東北工業大学紀要