

# 高知市平野部における常時微動H/Vスペクトルの卓越周期分布

久保篤規<sup>1)</sup>・大石佑輔<sup>2)</sup>・田嶋佐和<sup>2)</sup>\*・北村暢章<sup>3)</sup>・原忠<sup>4)</sup>

<sup>1)</sup> 高知大学教育研究部自然科学系理学部門, 高知大学理学部附属高知地震観測所,

<sup>2)</sup> 高知大学理学部応用理学科,

<sup>3)</sup> 高知大学農学部農学科,

<sup>4)</sup> 高知大学教育研究部自然科学系農学部門, 高知大学総合研究センター 防災部門)

\*現所属: ヒワサキグループ, クイックソフトウェア (株)

## Dominant Period Distribution of H/V Spectra of Micro-Tremor Observed in Plain Region of Kochi City

Atsuki KUBO<sup>1</sup>, Yusuke OISHI<sup>2</sup>, Sawa TAJIMA<sup>2</sup>, Nobuaki KITAMURA<sup>3</sup>, Tadashi HARA<sup>4</sup>

<sup>1</sup> *Science department, Natural Science cluster, Kochi University, Kochi Earthquake Observatory, Faculty of Science Kochi University,*

<sup>2</sup> *Faculty of Science, Kochi University,*

<sup>3</sup> *Faculty of Agriculture, Kochi University,*

<sup>4</sup> *Agricultural department, Natural Science cluster, Kochi University, Research Center for Disaster Prevention, Kochi University*

\* Present affiliation: Hiwasaki Group, Quick Software Corporation

Abstract: H/V spectrum method is convenient to derived dominant period derived from structural origin such as soil structure. In addition, dominant period of the micro-tremor is closely related to that of strong ground motion of the earthquake. To derive soil structure and dominant period of ground motion, we observed micro-tremor at many places in Kochi plain by single station. Obtained data was analyzed by H/V spectrum method. In Kochi plain, dominant periods of the H/V spectra show the values between 0.2 and 1.15s. Locations with longer periods correspond to around the Bay of Urado. Variations of dominant period are closely related to layer of Alluvium. However contribution of deeper layer is suggested by other studies. In the case of Nankai Earthquake, strong ground motion is suggested in and around Urado Bay area, in addition to the flooded disaster by subsidence and/or Tsunami.

キーワード: 常時微動, H/Vスペクトル, 高知平野, 地盤構造

Keywords: Micro-Tremor, H/V spectrum, Kochi Plain, Soil Structure

## はじめに

地盤構造を精度良く知ることが、地震の強震動予測には欠かせない。地盤構造を知ることとは、地球物理学的には堆積層から基盤にいたるまでの弾性定数、密度などの分布を知ることである。これらの目的のために有効な観測情報は、ボーリング資料、地震波常時微動、重力場などが考えられる。ボーリングについては高知平野で多数行われているが、P、S波速度の検層が行われることが少ないため、一般にはボーリング柱状図の地層区分とN値の分布が主要な情報となる。ボーリング資料のデータベース化やその分析は複数の団体・グループによって進められている。ボーリングデータの長所は実際の物質としての地層区分がわかることと、多数のデータがあれば、層序を空間的に把握することができる。一方、短所としては人口の建造物の事前調査として得られることが多いので、情報が空間的に集中する傾向があることと、測定箇所によって深度がまちまちであること、N値が物理的には明確な量ではない点などがある。これに対して地震波の常時微動は、比較的自由に測定場所を決められることができ、空間的に偏りのない測定が可能で、ボーリングデータの少ないところで容易に情報を得ることができる。これまでの高知平野に関する常時微動観測例としては、森ら(2001)<sup>1)</sup> 斎藤・長谷川(2007)<sup>2)</sup>、岡崎(2010)<sup>3)</sup>、大堀ら(2011)<sup>4)</sup>などがある。これらは大別して、単点におけるH/Vスペクトル解析(前者3つの研究)とアレイ観測(最後にあげたもの)に分けられる。

H/Vスペクトルとは、水平動と上下動の地震動のスペクトル比である。この操作によって震動源の影響は取り除かれ、測定点近傍の震動特性に関する情報を効率よく取り出せると考えられており、中村豊によって最初に提案された<sup>5)6)</sup>。現在では広い分野の研究者や、また国際的にも活用されている。高知平野における研究では、卓越周期やそれと1/4波長則を使った単純な構造推定などが行われている。また岡崎(2008)<sup>3)</sup>ではPS検層が行われている深めのボーリング資料に注目して、これとH/Vスペクトル解析を組み合わせたモデル化を検討した。大堀ら(2011)<sup>4)</sup>ではアレイ観測により、S波速度の分散曲線を得て、これからS波速度の深さ構造を求めている。さらにボーリング資料のデータベースとの比較対照を行う事で、125mメッシュの地盤構造モデルを作成した。

本研究では、地盤構造モデルの向上に向けた作業の一つとして、単点のH/Vスペクトル解析の空間的な情報を高密度化することを目指した。これまでの研究は測線に沿った測定が主であったので、本研究ではできるだけ2次元の面的な測定を目指した測定を行い、解析としては、まずはH/Vスペクトルの卓越周期の分布を求めた。

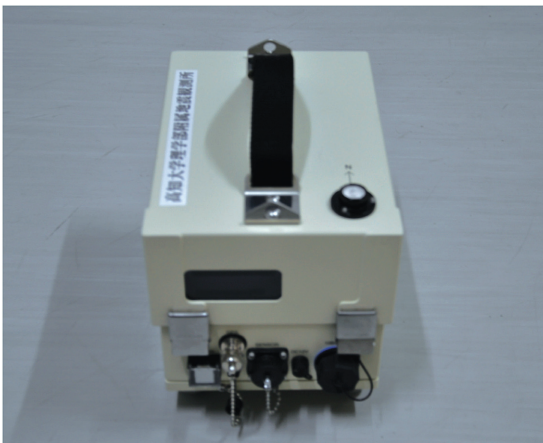


図1 測定に用いた微動計(白山工業社製JU-210)

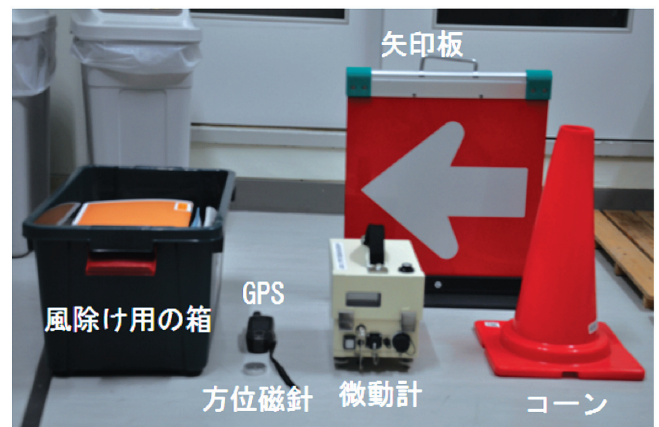


図2 測定に用いた用具一式

## 観測および測定

本研究で測定に用いた測定機器は、白山工業社製、微動計JU-210である(図1)。この微動計はセンサー部分に、日本航空電子工業社製加速度計JA-40GA04を、レコーダー部分に白山工業社製のLS-7000XTをそれぞれ用い、これらを一体化することで構成されている。このため小型で可搬が容易で野外での測定に適している(先名ら, 2006<sup>7)</sup>)。観測は図2に示している道具を用いて実施した。風が直接微動計を揺らせることを防ぐ為に微動計を風よけのカバーで覆って測定を行った(図3)。観測は山際のごく近傍は避けて平野部内で行った。各観測点では、サンプリング周波数100Hzで660秒間の3成分の加速度記録を収録した。全体のデータを40.96秒長の区間に区

切り、各区間のデータにたいしてH/Vスペクトルを計算して、スペクトル形状の分散が一定の基準以下でかつできるだけ小さくなるようにデータを選択して非定常的な信号による影響を除外するようにして、最終的なH/Vスペクトルを求めた。解析作業には先名・藤原(2008)<sup>9)</sup>によって公開されている解析ツールを用いた。

### 解析結果

観測は高知平野全体において実施しているが、本報告においては、高知市平野部における結果について紹介する。図4に得られたH/Vスペクトルの例を示す。(a)は棧橋通において得られた結果であり、全体の中でもピーク周期は長め(0.97s)である。(b)は鴨部において得られた結果で、卓越周期は短めの例(0.32s)として示す。

すべての測定点の内、条件を満足する結果が得られていないケースを除き、図5の地図の範囲内に133点の地点でH/Vスペクトルが得られている。



図3 常時微動の測定風景 (高須大島)

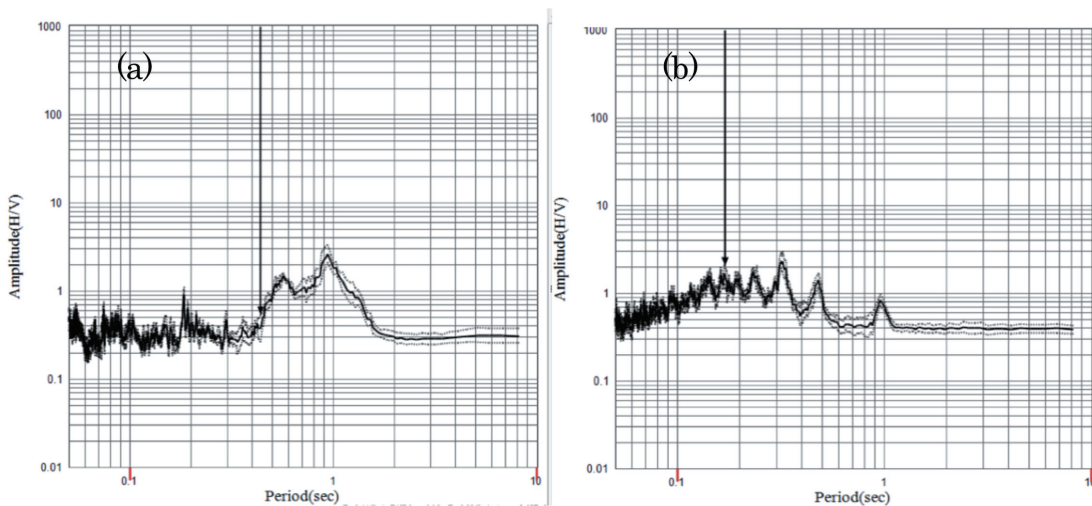


図4 H/Vスペクトルの解析結果の例；(a) 棧橋通り，ピーク周期 0.97s；(b) 鴨部，ピーク周期 0.32s.

矢印は複数のスペクトルの分散が最も大きな箇所を示している。

### 考察とまとめ

高知市平野部の常時微動のH/Vスペクトルの卓越周期は0.2～1.15s程度に分布する。周期1s程度の比較的周期の長い地域は、浦戸湾の周辺部にみられる。これに対して朝倉付近などでは0.2～0.3s程度の周期が卓越する。本研究で得られた周期やその分布は定性的にはこれまでの研究とほぼ調和的であるが、周期の最大値がこれまでの研究では1.4s程度に求められることが多かったが、本研究では1.15s程度になっている。観測や解析手法による偏りが生じていないかどうか検討の必要がある。

常時微動のH/Vスペクトルの卓越周期は、大地震の際の強震動の周期を概ね反映していると考えられる<sup>9)</sup>。高知市平野部で得られた周期帯は、一般の木造住宅の共振周期(0.2～0.5s)、やこれらの構造物が全壊に至りやすいとされるそれよりも少し長い1s程度の範囲にあたる。また鉄筋コンクリートのビルのもつ固有周期も高さ50～100m程度はほぼ1s程度であるが、高知市周辺の比較的高めのビルとして100m弱の高さのビルが主に市の中心部から浦戸湾周辺西部域にみられ、地盤の卓越周期と対応している。全体として高知平野の地盤の卓越周期は、そこに存在する構造物と共振しやすい範囲となっており、揺れやすい状況にあると言える。

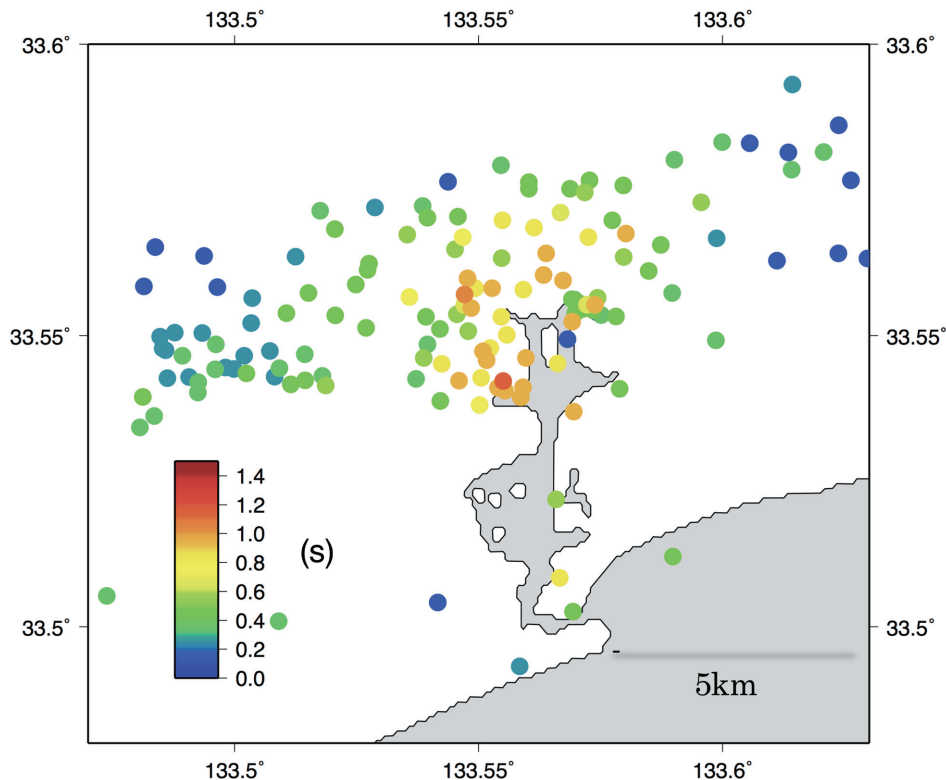


図5 高知市平野部における微動のH/V スペクトル比のピーク周期の分布。

斎藤・長谷川(2007)<sup>2)</sup>は、高知平野で観測される常時微動H/Vスペクトルの卓越周期は、その場所の沖積層の厚さと良い正の相関があることを示した。本研究における高知市中央部の孕から久万にかけての南北の地盤地質断面と微動H/Vスペクトルの卓越周期を比較すると卓越周期の変化は、洪積層の下の基盤面の形状というよりも、沖積層基底面の形状に一致しているように見える。斎藤・長谷川(2007)<sup>2)</sup>の結果も考え合わせると、常時微動のH/Vスペクトルの特徴は沖積層の分布で説明できる。しかしながら岡崎(2010)<sup>3)</sup>は、PS検層結果、H/Vスペクトルの両方を用いたモデル計算から、沖積層よりも深部において、H/Vスペクトルに寄与する効果がみられ、通常の工学的な基盤のS波速度 400~600m/sよりも速い1 km/sを超える工学的な基盤速度の設定が必要であるとした。また大堀ら(2011)<sup>4)</sup>も常時微動のアレイ観測による速度モデルをボーリングデータで認識される地層分類に対応づける事で、ボーリングデータが存在する領域の125mメッシュの地盤構造モデルを作成し、一部の地域でこのモデルから予想されるH/Vスペクトルと観測されるH/Vスペクトルの比較を行った結果、沖積層よりも深部の構造を与えた方が、観測結果の特徴を良く説明できるとした。今後は洪積層の寄与の度合いやその空間分布等がどのように観測結果に影響しているのか詳しく調べていく必要がある。

南海地震での揺れは、浦戸湾周辺域(特に西部)の厚い軟弱地盤層により、この地域で特に大きくなる可能性が高い。実際に過去および想定南海地震の震度推定は、ともに浦戸湾周辺域では大きく求められている<sup>10),11)</sup>。昭和南海地震の際にはこの地域は地盤の沈降と津波による長期浸水の影響を受けた地域<sup>12)</sup>でもあったことから、この地域での被害は強震動も加えた複合災害の様相を呈する事が危惧される。

## 文献

- 1) 森伸一郎・森直樹・俵司・岡本和泰, 常時微動測定による高知平野の卓越周期分布, 第36回地盤工学研究発表会発表講演集, p. 2335-2336 (2001)



- 2) 斎藤章彦・長谷川修一, 常時微動から見た高知平野の振動特性, 土木学会四国支部技術研究発表会講演概要集, p.224-225 (2007)
- 3) 岡崎仁志, 微動のH/V スペクトルから推定した高知平野のS波速度構造断面, 高知工科大学大学院2009年度修士論文 (2010)
- 4) 大堀道広・チタクセチキン・中村武史・古村孝志・坂上 実・武村俊介・竹本帝人・岩井一央・久保篤規・川谷和夫・田嶋佐和・高知市における125mメッシュの浅層地盤モデルの構築, 日本地震学会秋季大会 (2011)
- 5) 中村豊・上野眞, 地表面での常時微動測定による表層地盤の振動特性の推定, 土木学会第41回年次学術講演会講演概要集, I-417, p.833-834, (1986)
- 6) 中村豊, H/Vスペクトルの基本構造, 物理探査学会地震防災シンポジウム 要旨 (2008)
- 7) 先名重樹・安達繁樹・安藤浩・荒木恒彦・飯澤清典・藤原広行, 微動探査観測システムの開発, 第115回物理探査学会学術講演会予稿集, p.227-229 (2006)
- 8) 先名重樹・藤原広行, 微動探査観測ツールの開発 その1 ー常時微動解析ツールー, 防災科学技術研究所研究資料, 313, 136pp. (2008)
- 9) 大熊裕輝・松岡昌志・山崎文雄・原田隆典, 宮崎県における常時微動H/V スペクトル比を用いた地震動の推定, 土木学会論文集, No. 696/I-58, pp. 261-272 (2002)
- 10) 高知地盤図編集委員会, 高知地盤図, 高知県建設設計監理協会, 461pp. (1992)
- 11) 間城龍男, 南海地震, あさひ謄写堂, 99pp. (2011)
- 12) 第5管区海上保安本部海洋情報部, 昭和21年南海大地震調査報告, 水路部要報 復刻版 (2004)

平成23年（2011）11月15日受理

平成23年（2011）12月31日発行