

長野盆地の地盤構造と常時微動の方向性について*

服部秀人**・国井隆弘***・島 坦****

The Directivity of Particle Motion of Microtremors in the Nagano-basin.

Hideto HATTORI, Takahiro KUNII, Hiromu SIMA

The observations of microtremors were made in the Nagano-basin, where 192 locations were taken at the mesh of intervals of about 1 km. Wave motions in NS, EW, and UD components were compared between records due to the period of 2 sec. and 10 sec. seismometers.

Particle orbits of surface motion were depicted from NS and EW components of microtremors. The predominant movement showing the directivity of the northeast-southwest or the northwest-southeast was rather clear in long period records than short period records. It seems to be attributed to the underground structure in the Nagano-basin.

1. はじめに

1985年のメキシコ地震において、震央から約400km離れたメキシコ市で大きな被害が生じた⁽¹⁾。この被害の特徴として、1)メキシコ盆地の軟弱地盤上にある市中心部の建物に被害が集中していること、2)盆地の軟弱層厚は40~45mで、その地盤上の地震動は2~3秒の周期をもつ繰り返し回数が多い波形であったこと、3)そのため、地盤上の最大加速度が0.2g程度であったにもかかわらず、2~3秒の固有周期をもつ10~20階程度の建物に共振現象が起こり、1g程度の非常に大きな応答加速度が生じたことなどが挙げられよう。

この地震被害は、軟弱層の堆積する盆地独特の地震動に起因するものと思われる。我国にも同様の盆地が数多く存在し、盆地構造の地震動を解明する必要性は高い。筆者らはこれまで、常時微動観測や実地震観測を通して長野盆地の震動特性を調べてきた⁽⁴⁾⁽⁵⁾など。その結果、長野盆地には2秒程度の卓越周期が存在し、その周期と対応する基盤は深さ1km辺りのP波速度6km/s層あるいは4km/s層であると考えられること、当盆地の地震波は北西-南東の方向に伝播しやすいことなどが解ってきた。

本研究では、さらに当盆地の震動特性を知るために、長野盆地平地部の常時微動観測を実施した。そして、卓越振動数の分布と卓越水平動の方向性を調べた結果、当盆地内には周期

* 平成2年9月 土木学会年次学術講演会において一部発表

** 土木工学科 助教授

*** 東京都立大学工学部 教授

**** 信州大学 名誉教授

1秒程度以上の長周期成分の卓越する場所がかなり広く分布すること、またその帯域において卓越した方向性が認められること等が明らかとなった。

2. 常時微動観測

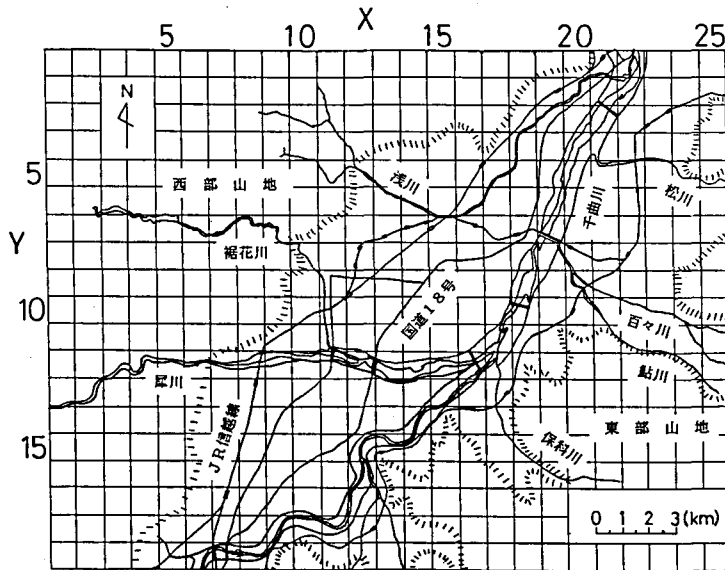


図1 観測メッシュ

図1に示すように、盆地を1 kmのメッシュで覆い、その平地部全域で常時微動観測を行った。各メッシュの中心付近の地表面で、固有周期10秒および2秒の振動計を用いて、各々NS, EW, UDの3成分の同時観測を行った。観測地点は全部で192箇所。Y座標の12メッシュは犀川河川敷きで適当な観測場所が得にくいため除外した。10秒計では変位を、2秒計では速度を各々記録し、約40秒間の記録を0.02秒刻みでデジタル化した。

3. 長野盆地の地盤の概要

地震探査により長野盆地のやや深い地盤構造が知られている⁽²⁾。それによると、厚さ100 m程度のP波速度1km/s層の下に厚さ数100mの2km/s層が、さらにその下に500m以上の4km/s層が、そしてその下に6km/s層が存在する。

3-1 常時微動から推定される基盤

当盆地の常時微動に現れる0.5Hz程度の卓越成分と対応する基盤は、千曲川右岸平地部では深さ800~1500mにある6km/s層、左岸平地部では1300~1400mの深さにある6km/s層、左岸の山裾付近では深さ700mにある4km/s層であると考えられる。SH波の重複反射により求められるこれら基盤上の成層地盤地表面における増幅スペクトルの1次振動数は0.30~0.69Hzであり、常時微動の低周波域の卓越振動数とよく一致する⁽⁵⁾。

3-2 軟弱地盤の分布

図2に支持層の深度を示す。長野市防災基本図⁽³⁾の深度曲線を図1のメッシュに重ね合わ

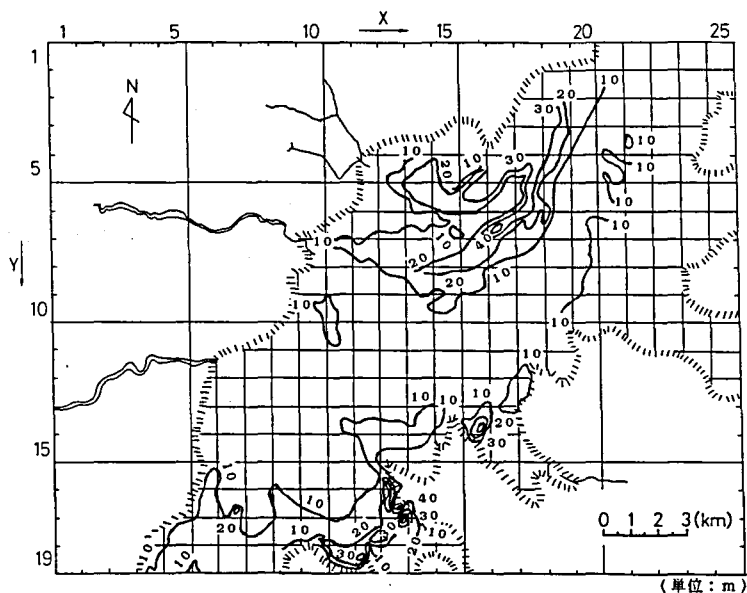


図2 支持層深度図

せたものである。ここに言う支持層の深度とは、地表からN値30以上の層までの深さである。この深度曲線により当盆地の軟弱地盤の広がりを知ることができる。氾濫低地には厚さ30m程度の軟弱層が分布している。X17Y7（以下1707等と略記）辺りには40mの、1318辺りには50mの軟弱層が確認されている。X19～X22にかけて存在する10m曲線の東側は須坂市のため基本図に記入されていないが、扇状地先端の低地には軟弱層が存在する可能性は高い。

4. 観測結果および考察

4-1 卓越振動数

10秒計と2秒計による各記録のフーリエスペクトルから求めた卓越振動数を図3と図4に示す。旧道路橋示方書耐震設計編の地盤種別の固有周期と対応させて、卓越振動数を1種から4種に分類した。図3は10秒計で観測した変位波形の卓越振動数であり、図4は2秒計で観測した速度波形のそれである。図3では長周期成分が強調され、より深い層構造をも反映した卓越振動数の分布となっているものと思われる。図4では図3より短周期成分が強調され、表層地盤の特性が現れやすいと思われる。

図2の支持層深度図と対比すると、図3、図4共に図2の支持層の深い所とよく対応して第4種の大きな黒点があらわれている。図3にはそれ以外の所にも第4種が多く現れているが、これは表層地盤の特性とは別の、おそらくより深層の地盤構造を反映したものと思われる。図3の長周期卓越振動数の分布は、当盆地の地震動特性を議論する上で大変興味あるデータといえる。

4-2 水平オービット

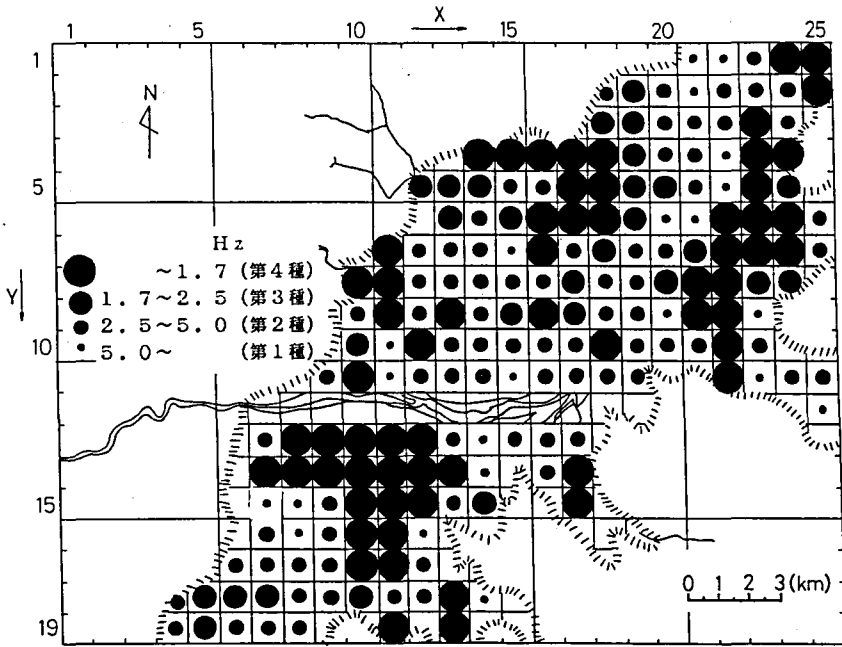


図3 変位波形 (10秒計) の卓越振動数

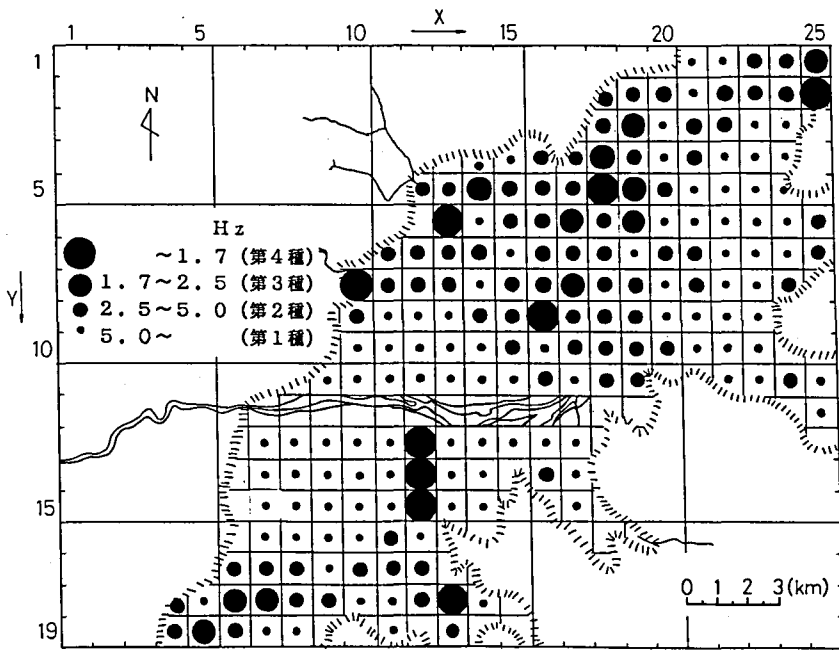


図4 速度波形 (2秒計) の卓越振動数

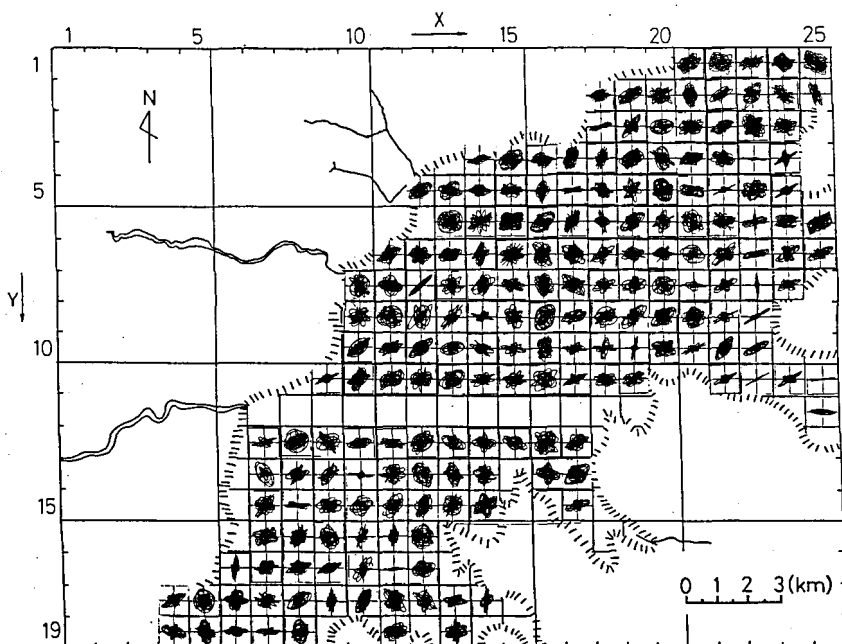


図5 長周期成分の水平オービット

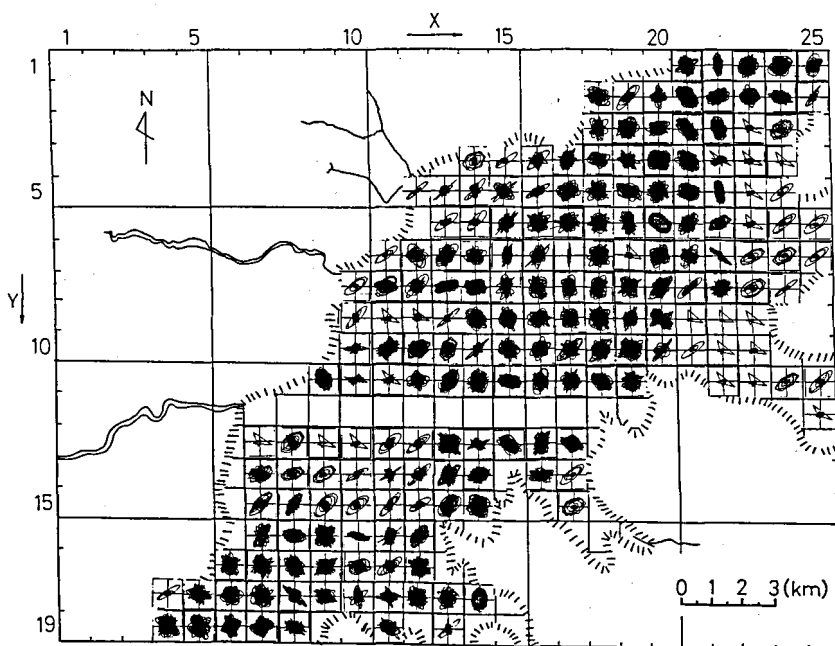


図6 短周期成分の水平オービット

長周期成分はより深い地盤構造を、短周期成分は比較的浅い構造を各々反映するであろうと考えられるので、10秒計のデータからは1 Hz程度以下の長周期成分を、2秒計についてはそれより短周期成分を各々抽出してオービットを描いた。結果を図5、図6に示す。図7にオービットの作成手順を示す。狭帯域抽出フィルターのバンド幅は、便宜的に、長周期の場合0.2Hz、短周期では2.0Hzとした。

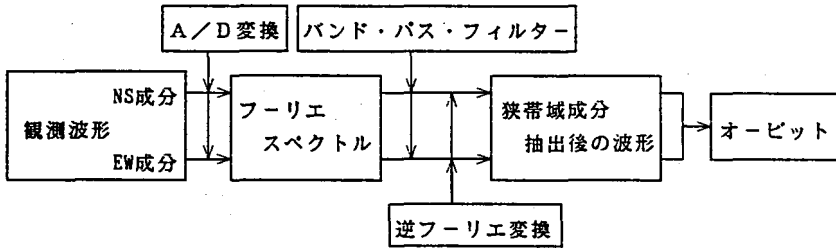


図7 水平オービットの作成手順

図5の長周期のオービットには明かな方向性が見られる。図6の短周期の場合には方向性の顕著でないものが多い。ただ、短周期において、東西両山地山裾の扇状地のオービットが特徴的な形状を示し、盆地中央部のオービットとのコントラストが興味深い。

図5のオービットの軸の方向を図8に示す。Y12のメッシュは前述のようにデータが無い。その他の空白は軸を定めにくいオービットの場所である。実線は方向性がきわめて強い所、破線は実線ほどではないが方向性明瞭な所である。図8を眺めると、東北―南西方向の実線

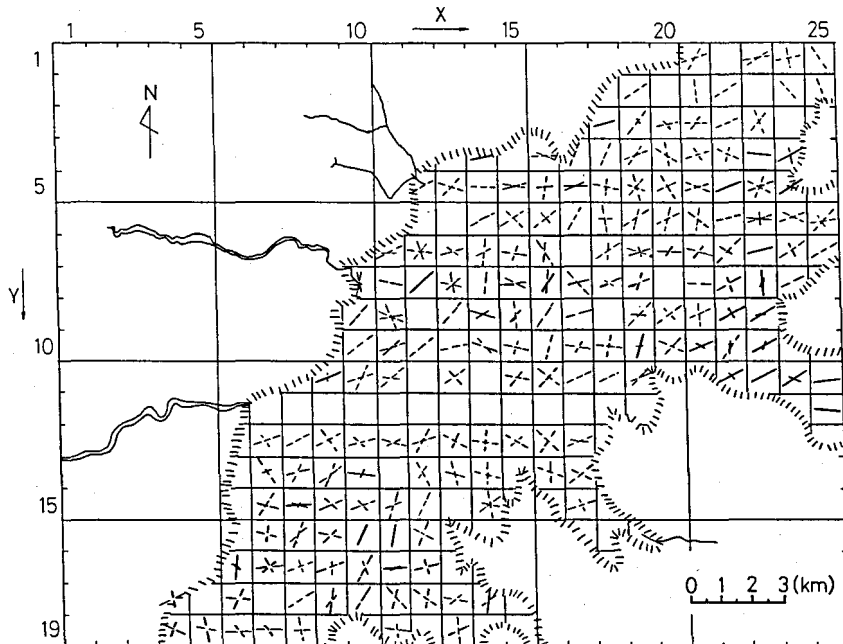


図8 長周期成分の卓越振動方向

が多いことに気が付く。破線もその方向のものがかかなり多い。北西—南東方向のものも少なくない。筆者らは、ここに見られる方向性は当盆地の地盤構造と関係が深いのではないかと考えている。

5. 結 論

本研究の成果は次のように要約されよう。

- 1) 長野盆地における常時微動の卓越振動数と卓越成分の振動方向の分布が得られた。
- 2) 長周期の卓越成分がかかなり方向性を示すことが明らかとなった。北東—南西あるいは北西—南東の動きが多く確認された。筆者らは、この方向性は当盆地の地盤構造と関係が深いのではないかと考えている。
- 3) 長周期成分の卓越しやすい地域がかかなり広範囲に存在することが明らかとなった。
- 4) 2秒計で記録された速度波形の卓越振動数と支持層深度との対応が比較的良好であることがわかった。

以上の成果は当盆地の地震動を議論する上で有効な示唆を与えるものと思われる。

6. お わ り に

本研究によって、長野盆地の卓越振動数と卓越水平動の特性を具体的に知ることができた。現在当盆地内数カ所において地震観測を行っており、データが蓄積されつつある⁽⁶⁾。今後、実地震の観測結果を中心に検討を進め、当盆地の地震動特性を表現できる解析モデルを研究したい。

謝 辞

常時微動観測に当たり、測定計器を貸していただき、また貴重な助言をいただいた大林組技術研究所の菊地敏男氏ならびに神奈川大学の荏本孝久氏にお礼申し上げる。

卒業研究でご協力いただいた大畑雅之（長野県）、北沢健二（東京電力）、鈴木正幸（守谷商会）（以上平成元年卒）、大日方淳（高見沢）、加藤裕之（長野県）、佐々木斉（東信土建）、堀内肇（佐田建設）（以上平成2年卒）の各氏に感謝申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 岩崎：メキシコ地震報告，土木学会誌，Dec, 1985
- 2) Geological Survey of Japan: Explosion seismic studies of the Matushiro earthquake swarm area, Special Report No.5, 1969
- 3) 長野市：長野市防災基本図，1988
- 4) 島，藤井：地震波伝播の方向性と盆地構造について，土木学会中部支部研究発表会，1989
- 5) 服部，菊地，荏本，国井：常時微動から推定される長野盆地の地震基盤について，土木学会中部支部研究発表会，1989
- 6) 服部，国井，島：長野盆地の地盤特性に着目した強震観測，土木学会第45回年次学術講演会，1991