

濃尾平野とその周辺地域において測定されたやや長周期微動の卓越周期・平均振幅と地盤構造との関係について

正木和明*・谷口仁士*・飯田汲事*

Predominant Period and Mean Amplitude of Long Period Microtremors Measured in the Nobi Plain and Their Relations to Ground Structures.

Kazuaki MASAKI, Hitoshi TANIGUCHI and Kumizi IIDA

Microtremors in the frequency range from 0.1Hz to 1.0Hz were measured at about 130 points in the Nobi Plain and its surroundings. Their predominant periods and mean amplitudes were obtained and discussed about their relations to the geological structures of the ground.

Predominant period is long not only on the ground of thick sedimentary layers and but also on the tertiary hill side. It is also ascertained that the mean amplitude is large on the sedimentary ground but it is small on the tertiary hill side and mountain base.

1. はじめに

短周期微動の周期・振幅特性が地盤の構造と良い対応を示すことはよく知られている事実であり、このことを利用して逆に地盤構造を推定したり、地盤種別を判定したりする試みもなされている^{1)~5)}。

地盤のより深い構造を推定する方法として長周期微動の周期・振幅特性を利用することは、短周期微動に関する経験からして有用なように思われる。このような観点から著者等は濃尾平野とその周辺域においてやや長周期微動の測定を行い、その卓越周期、平均振幅と地盤構造との関係を追究したので報告する。

2. 測定方法・解析方法

2.1 測定地点・測定期間

今回、やや長期周期微動を測定した地点の位置を図1に示す。測定地点は大きく分けて三つの地域に分布している。第一は岐阜県本巣郡穂積町から大垣市、養老山地東麓を経て四日市市に至る線を西端とし、小牧市、春日井市の尾張東部丘陵を東端とする濃尾平野および北勢平野の軟弱地域、第二は瀬戸市、長久手町から知多半島付根部に至る第三紀丘陵地域、第三は矢作川河口部を中心とした西三河平野軟弱地域である。

測定期間は1977年11月から12月にかけての10日間（地点番号102から141までの40地点）と1978年7月から12月にかけての23日間（地点番号1から90までの90地点）とした。尚、測定地点番号は必ずしも測定順序ではなく、整理の便宜上から付けたものである。測定時刻は午後10時

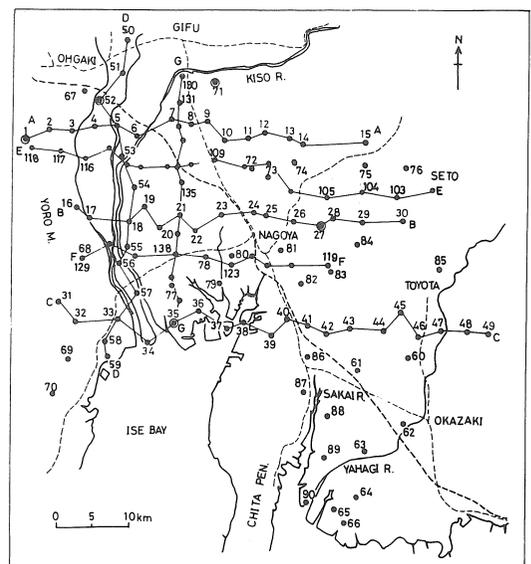


図1 測定点および測線

*愛知工業大学土木工学科

から午前4時までの深夜としたが、その理由は後述するように人工的騒音をできる限り避けるためと、天候が比較的安定しているためである。測定地点の多くは、田園地帯であり、上記時刻においては十分静かな環境にある。

2.2 測定方法

1977年の測定に用いた微動計はMTDH-10C（振動技研製）であり、固有周期10秒の動コイル型速度計であるが増巾器MA403（振動技研製）で増巾される際、一度積分することにより変位記録を得ることができる。1978年の測定に用いた微動計はPELS-73Vおよび73H（振動技研製）であり、振子の振れから直接変位記録を得ることができる。固有周期は同じく10秒である。微動計からの出力は増巾器を通した後、データレコーダーで磁気テープに収録した。尚、1977年は東西・南北の二成分、1978年は上下成分を加えて三成分をそれぞれ測定した。収録時間は約20分間である。

2.3 解析方法

磁気テープに収録した変位記録を遮断周波数1Hzのローパス・フィルターに通した後、実時間相関計C-110、スペクトラム・アナライザーF-100（いずれもTEAC製）によりパワー・スペクトルを求め、その最大ピーク

から卓越周期を求めた。相関計のサンプリング・タイムは0.4秒、分解能は0.18秒、解析時間は20分間である。

ローパス・フィルターを通した後、ペンレコーダー記録紙に変位波形を描かせ平均振巾を求めた。ここで平均振巾とは比較的ノイズの少ない160秒間の記録を10区分（1区分は16秒）に分割し、各区分における最大振巾を目読した後、それらを平均した振巾のことである。

3. 結果および考察

3.1 卓越周期・平均振巾の24時間変動

微動の周期・振巾特性について論ずる前にまずそれらの安定性・時間変動について調べておく必要がある。そこで地盤構造の異なる5地点において24時間連続測定（1時間ごとに20分間測定）を実施した。

5地点の地盤構造の概要は次のとおりである。地点1は養老山地東麓の扇状地地盤上の地点である。地点52は沖積層基底面深度が-20m、洪積層基底面深度が-52mの濃尾平野北部の比較的軟弱と思われる地盤上の地点である。地点35は沖積層、洪積層基底面深度がそれぞれ-50m、-300mと推定される非常に軟弱層が厚く堆積した地盤上の地点である。地点71は沖積層基底面深度が-10

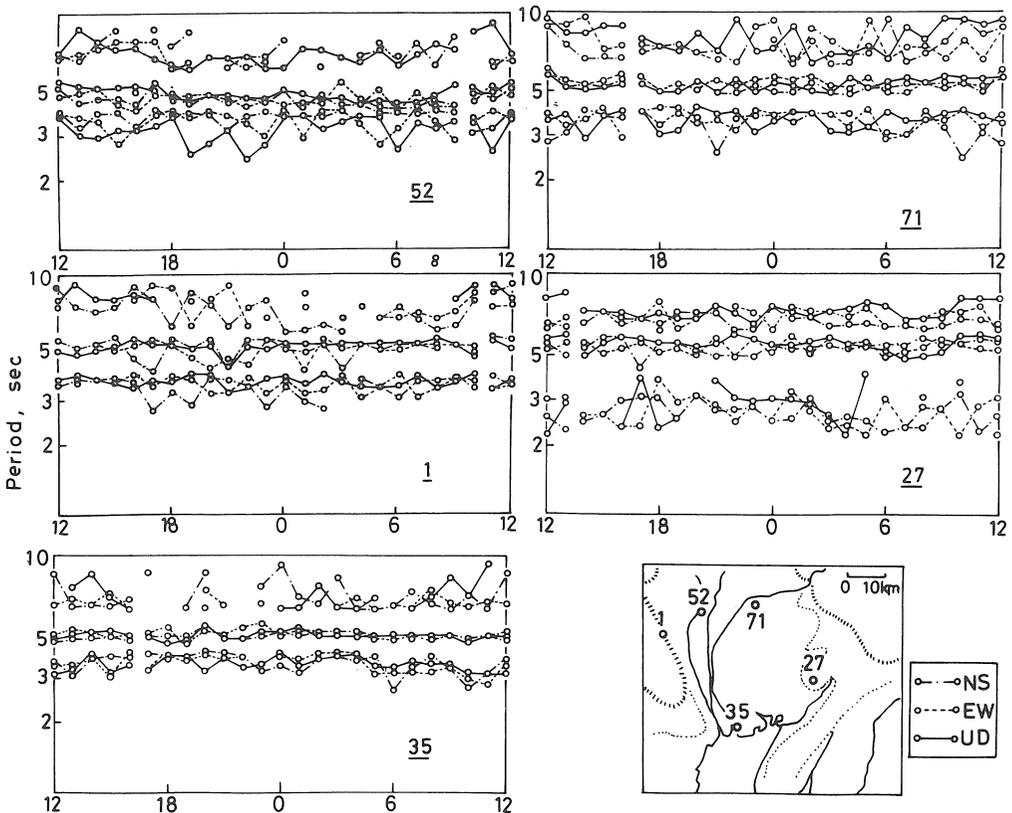


図2 卓越周期の24時間変動

m, 砂礫層に富む洪積層基底面深度が一100mの木曾川に近い地盤上の地点である。地点27は名古屋市東部の洪積台地上の静かな公園内の地点である。

上述した5地点における卓越周期の24時間変動を図2に示す。ただし図2には特徴的な3つの卓越した周期について各成分別の時間変動が示されている。各曲線の切れ目が測定開始時刻である。3つの卓越した周期のうち、

最も長い周期と最も短い周期の時間変動はやや大きい。しかし5秒付近に卓越した真中の周期の時間変動は比較的小さい。本研究ではパワー・スペクトルの最大ピークを与える周期を卓越周期と定義したが、その大部分はこの5秒前後の時間変動の小さい周期である。以上の考察から、ある時刻において測定された卓越周期をその地盤の卓越周期とみなしてよいことがわかった。

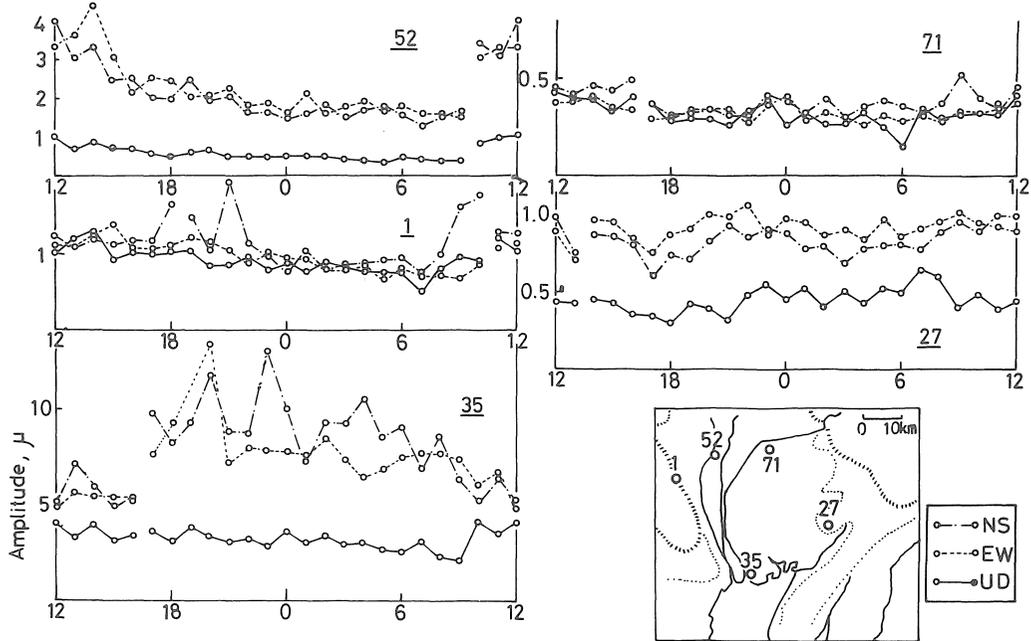


図3 平均振幅の24時間変動

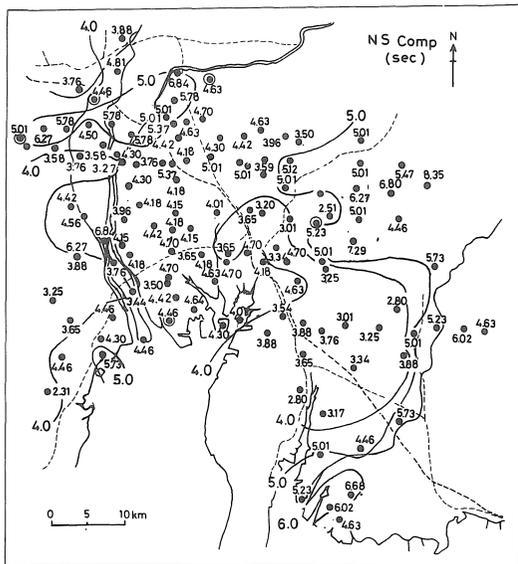


図4 卓越周期分布 (南北成分)

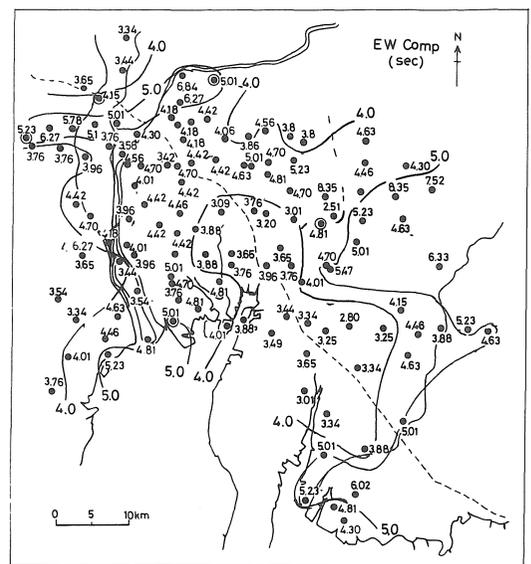


図5 卓越周期分布 (東西成分)

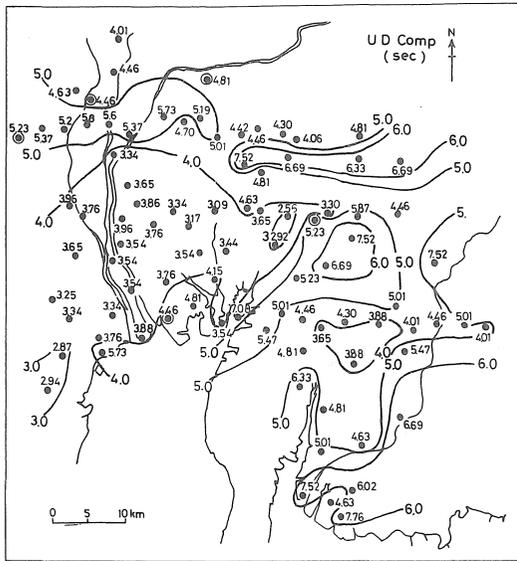


図6 卓越周期分布 (上下成分)

平均振巾の24時間変動を図3に示す。地点52と35の振巾の変動が著しいが、これは、地点52においては測定開始時より夕方にかけて風が強かったこと、地点35においても測定開始時より午後5時頃までやや強い風が断続的に吹いていたことに原因すると推察される。このように振巾に対する風の影響は大きい、風の無い深夜における振巾は時間変動が小さい。図からも明らかに、各測定地点における振巾の違いは時間変動に較べると相対的に大きい。以上の考察から、天候状態の良好な深夜時において測定された平均振巾をその地点における固有の振巾とみなしてよいことがわかった。

3.2 卓越周期分布

得られた卓越周期分布を各成分別に図4、図5、図6に示す。図4、図5に示した南北、東西の水平二成分の卓越周期分布を比較してみると両者のパターンはかなり類似していることがわかる。両成分とも濃尾平野中央部での卓越周期は4.0秒から5.0秒であるが、木曾川町から羽島市・養老町にかけての北部地域で5.0秒から6.0秒とやや長い。また木曾川河口付近でも長い。一方、養老山地部、大垣市北方地域、名古屋市から知多半島付根部にかけての地域では3.0秒から4.0秒と短い。以上の結果と濃尾平野の周辺域の地盤構造とを対応させると、堆積層の厚い地域で卓越周期が長く、薄い地域で短いという傾向が見出される。しかし、名古屋市東部から豊田市にかけての丘陵地、山地においては逆に5.0秒から8.0秒の長い卓越周期となり卓越周期と地盤構造との関係は上述したような単純な傾向のものではないとかがわれる。

図6に示した上下動成分の卓越周期分布は水平動成分

に比べて複雑である。濃尾平野中央部で3.0秒から4.0秒であり、水平動成分に比べ短い。濃尾平野北部、木曾川河口部でやや長くなる傾向は水平動成分と類似しているが、名古屋市東部、豊田市、知多半島付根部地域の分布は複雑であり、水平動成分の分布とは異なる。

以上のことから、卓越周期の分布パターンは地盤構造と大体的に対応することがわかったが詳細な点については後節で述べることにする。

3.3 平均振巾の分布

各成分別の平均振巾分布を図7、図8、図9に示す。図7、図8を比較してみると水平二成分の分布パターン

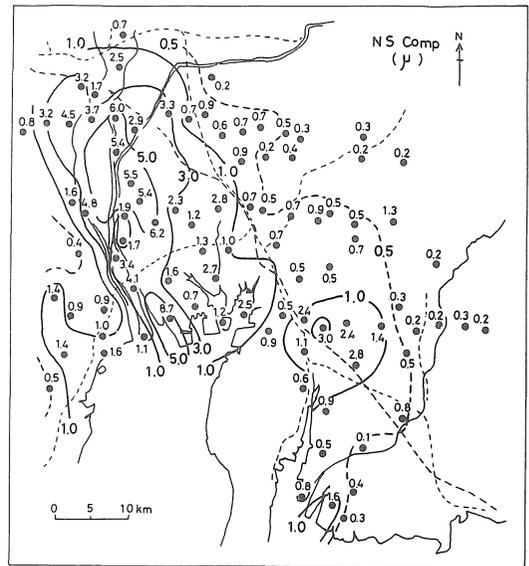


図7 平均振巾分布 (南北成分)

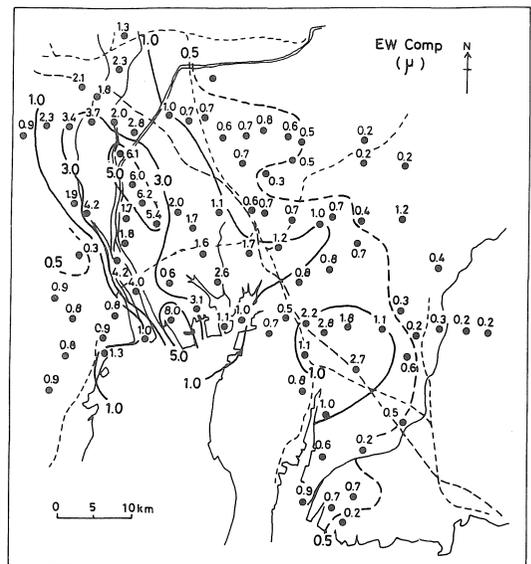


図8 平均振巾分布 (東西成分)

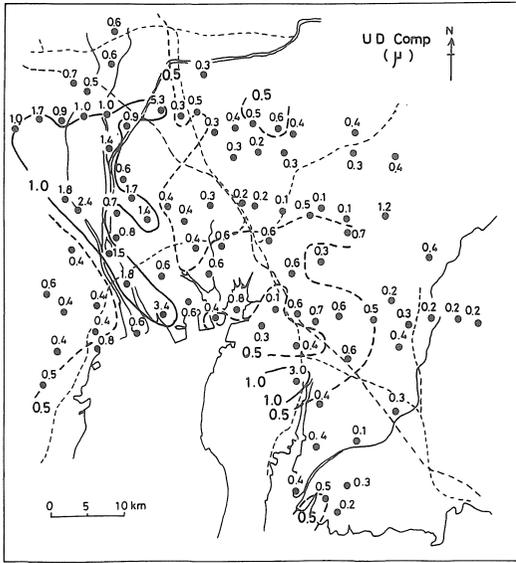


図9 平均振幅分布 (上下成分)

はよく類似していることがわかる。濃尾平野中央部、木曾川河口部で振幅が最も大きく、逆にこれらの地域を囲む養老山部、濃尾平野の北から東にかけての美濃、尾張丘陵地域、東部の三河丘陵部で振幅は小さい。また知多半島付根部のやや東の境川河口付近、矢作川河口部での振幅は大きい。図9に示した上下動成分の振幅は水平動成分に比べて全体的に小さく、分布パターンも明瞭でないが、濃尾平野中央部、木曾川河口部、境川河口部、矢作川河口部で振幅が大きくなる傾向は水平動成分と同様である。

平均振幅の分布パターンは卓越周期の分布パターンよ

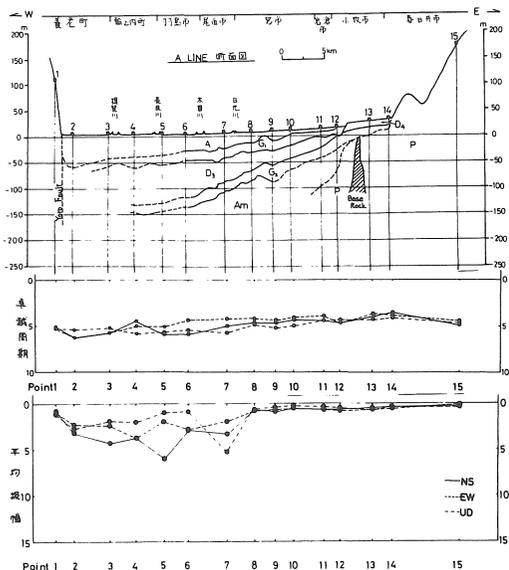


図10 卓越周期・平均振幅分布 (A測線)

り明瞭であり、地盤構造との対応もよいようである。

3.4 測線別にみた卓越周期・平均振幅と地質断面との比較

前節で述べたように卓越周期、平均振幅と地盤構造との間には一応の対応が見つかる。この両者の関係をより明確に把握するために、濃尾平野を横断する東西、南北方向の7測線に沿う地質断面図を作成し⁶⁾、卓越周期、平均振幅分布と比較することにした。得られた結果を各測線ごとに図10から図16に示す。

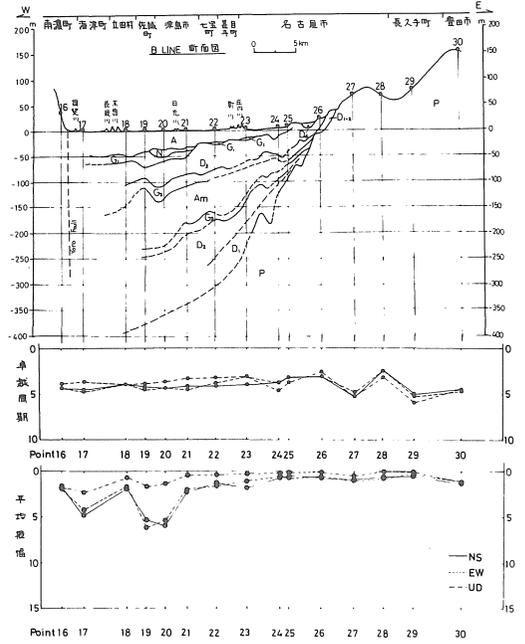


図11 卓越周期・平均振幅分布 (B測線)

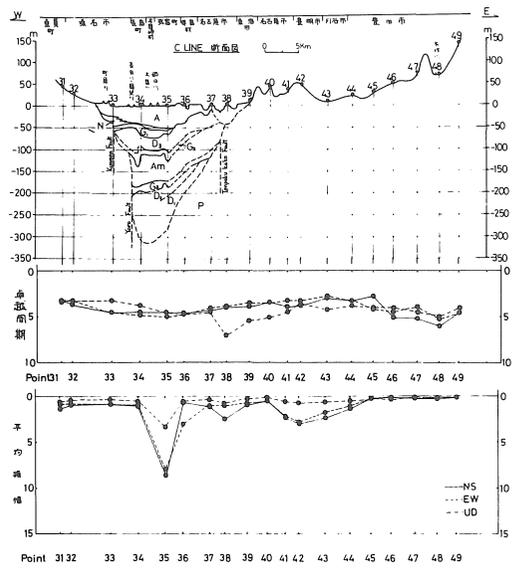


図12 卓越周期・平均振幅分布 (C測線)

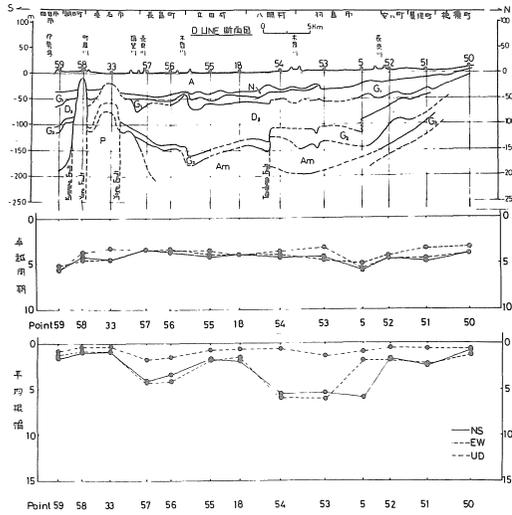


図13 卓越周期・平均振巾分布 (D測線)

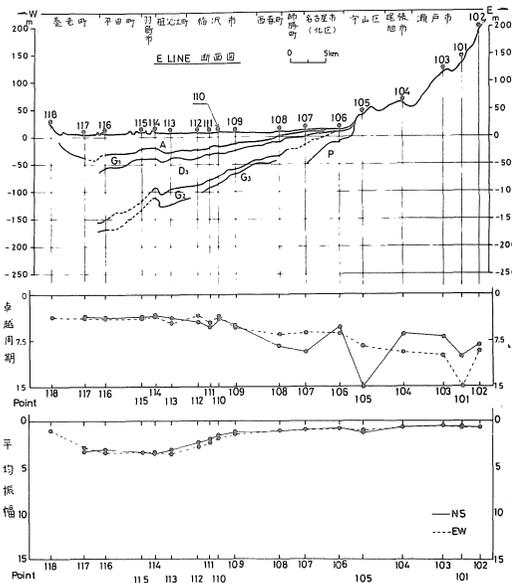


図14 卓越周期・平均振巾分布 (E測線)

A 測線 卓越周期は堆積層の厚い地点2から7にかけて長く、逆に堆積層の薄い地点13, 14では短い。しかし、第三紀層で構成された台地上の地点では逆に長い。平均振巾は養老山地東麓の地点1では小さく、堆積層の厚い地点2から地点7で大きい。堆積層が比較的薄い地点8から地点14にかけては小さく、第三紀台地上の地点15では極めて小さい。

B 測線 堆積層が薄い地点27, 28の平均振巾が大きいのは両地点とも市街地内の地点であるため人工的騒音の影響を受けたためと思われる。

C 測線 地点40, 42の平均振巾が大きいのは測定点が

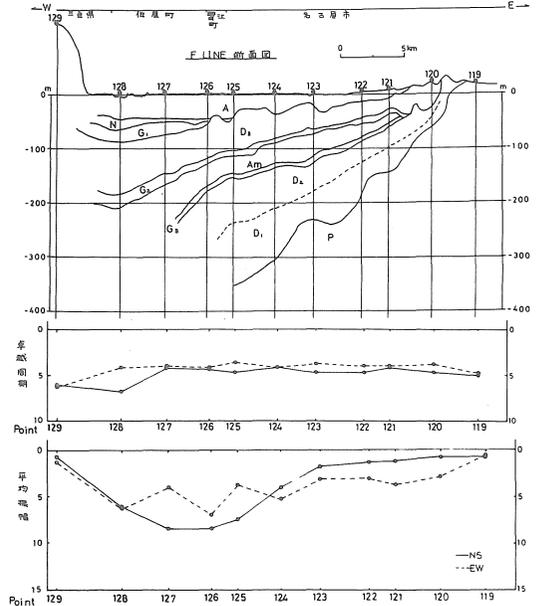


図15 卓越周期・平均振巾分布 (F測線)

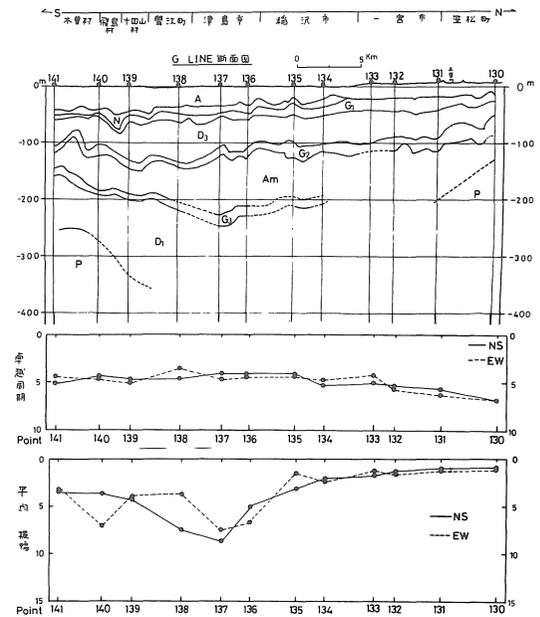


図16 卓越周期・平均振巾分布 (G測線)

「狭間」(第三紀台地に発達した小さい谷間)に位置したためであろう。また国道一号線沿いであるので夜間も交通量が多く影響を受けたためとも考えられる。地点43, 44は境川に沿う地点であり、地質断面図からは明らかでないが、軟弱な堆積層が存在するためと思われる。

D 測線 地点33, 58, 59は養老山地の南端にあるため第三紀層が浅く、平均振巾が小さくなったものと考えられる。地点50の振巾も小さいが堆積層がこの辺りでも薄

いことに原因していると考えられる。

E 測線 地点109から地点102にかけての各地点で卓越周期が長く、平均振幅が小さいが、これは第三紀層が浅かったり、地表に露頭していることと対応している。

F 測線 養老山地東麓の地点129では卓越周期が長く、平均振幅が小さい。第三紀台地上の地点119でも同様の傾向が伺える。

G 測線 第三紀層の浅い地点141, 130で卓越周期が長く、平均振幅が小さい傾向が伺える。

以上、地質断面と卓越周期、平均振幅との関係をみてきたが、まとめてみると次のようになる。卓越周期は堆積層が厚いと長くなる傾向にあるが堆積層が非常に薄いところ、全く存在しないところでも長くなる。これは今まで基盤と考えていた層（ここでは第三紀層を想定している）が、新たに深部の地層に対し堆積層として振る舞うためではないかと考えられる。平均振幅は明らかに堆積層の厚さに影響されている。堆積層が厚い程、平均振幅は大きくなり、その傾向は水平動成分において特に著しい。

3.5 唐山層基底面深度と平均振幅との関係

堆積層として沖積層と洪積層を考えることにする。堆

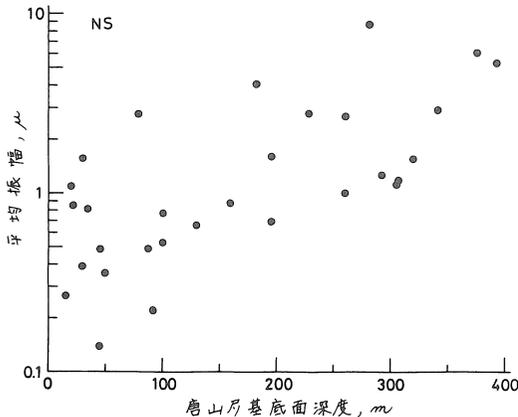


図17 唐山層基底面深度と平均振幅（南北成分）

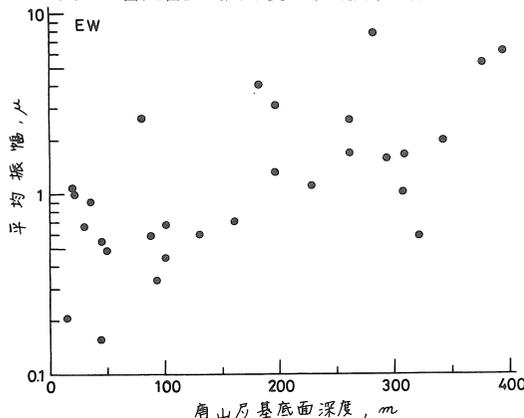


図18 唐山層基底面深度と平均振幅（東西成分）

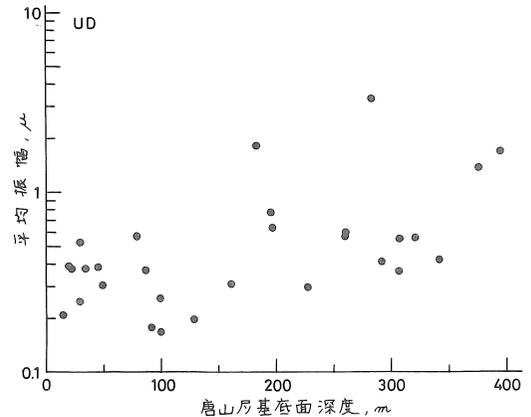


図19 唐山層基底面深度と平均振幅（上下成分）

積層の厚さの代りに洪積層最下位の唐山層の基底面深度をとり平均振幅との関係を示したのが図17, 図18, 図19である。図10から図16までの地質断面図にもみられるように濃尾平野中央部ではボーリング資料も少なく、また唐山層基底面も深いので、その正確な深度は明らかでない。ここではより上位の構造を参考にして一応深度を決めた。図からも明らかのように平均振幅は基底面深度が深いほど、即ち、堆積層が厚いほど大きい。その傾向は水平動成分においてより顕著である。

4. まとめ

やや長周期微動の卓越周期・平均振幅は、天候の良い深夜においては時間変動が小さく有効な情報となり得る。平均振幅は地盤構造とよい対応を示し、堆積層の厚いところで振幅は大きく薄いところで小さい。この傾向は水平動成分においてより顕著である。卓越周期は地盤構造と対応するがその対応の仕方は複雑である。堆積層の厚いところでは周期は長く、薄いところで短い。しかし、堆積層が非常に薄いかあるいは存在しないところでは卓越周期は長くなる。ただし、平均振幅は小さいので堆積層が厚い場合とは区別される。以上の結果より、やや長周期微動の周期・振幅特性を求めることにより、やや深部の地盤構造を推定することは可能であろうと考えられ、今後のより詳細な研究が期待される。

謝辞 名古屋大学工学部建築学教室多賀直恒助教授より測定に一部使用したMTDH型地震計をお借りした。ここに感謝の意を表す。測定にあたり当研究室の学生、小川博之、須田泰弘、田口正義、若杉紘二、稲垣正弘、茶谷公博、布谷一夫、松本誠君にお手伝い願った。合わせて感謝の意を表す。

参考文献

- 1) KANAI, K., TANAKA, T. and OSADA, K. :
Measurement of the Microtremor. I., Bull. Earthq.
Res. Inst., Vol. 32, 199-209, 1954.
- 2) KANAI, K., TANAKA, T. and OSADA, K. :
Measurement of the Microtremor. II., Bull,
Eearthq. Res. Inst., Vol. 35, 109-133, 1957.
- 3) KANAI, K. and TANAKA, T. : On Microtremors.
VIII., Bull. Earthq. Res. Inst., Vol. 39, 97-114, 1961.
- 4) KANAI, K., TANAKA, T. and YOSHIZAWA, S. :
On Microtremors. IX., Bull. Earthq. Res. Inst., Vol.
43, 577-588, 1965.
- 5) 飯田汲事：沿岸地帯の開発に伴う自然災害の予測の研
究，沿岸における地盤災害，文部省科学研究費自然災
害特別研究研究成果 No. A-50-7，32-60，1975.
- 6) 桑原徹：濃尾傾動盆地の発生と地下水の第四系付図，
地盤沈下の実態とその対策に関する調査研究報告書，
愛知県環境部，109-182，1975.

(受理 昭和56年1月16日)