

## 炭山および醍醐地震観測室における併行地震観測

赤松 純平・西村 敬一・藤田 雅之

### COMPATIVE STUDY OF SEISMIC GROUND MOTIONS AT SUMIYAMA AND DAIGO SEISMIC STATIONS

By Junpei AKAMATSU, Keiichi NISHIMURA and Masayuki FUJITA

#### Synopsis

Daigo Seismic Station (DAG) of Disaster Prevention Research Institute (DPRI) of Kyoto University was newly installed at 900 m apart from Sumiyama Seismic Station (SUM) of DPRI and routine seismic observation started in September 1988. On the basis of amplitude spectra and time domain analysis, ground vibrational characteristics at DAG during earthquakes are evaluated by comparative study of parallel observation at DAG and SUM for microtremors and seismic waves from explosions and local earthquakes. Although amplitude spectral ratio at two sites are stable in wide frequency range, site effects to transient seismic signals vary with event to event, showing spatial difference of phase characteristics.

#### 1. はじめに

京都大学防災研究所炭山地震観測室 (SUM) では、1976 年以来地震の連続観測が実施され、地震波動特性の研究と地震観測方法の開発に利用されてきた<sup>1),2)</sup>。局所地震の高感度記録の解析から、近畿地方における地震波の減衰特性や地震時の応力降下量およびそれらの地域性等が地質構造や地震活動との関連で議論され<sup>3)</sup>、サイズミックゾーニングの研究がすすめられている<sup>4)</sup>。

炭山地震観測室は京都盆地南東部に隣接し、盆地の基盤岩を構成していると考えられている岩盤露頭に設置されている。このため、盆地地盤上の地震観測点との比較観測においては、盆地の基盤岩に入射する地震波を推定する基準観測点として機能している。局所地震や脈動の比較観測により、盆地地盤の地震波増巾特性が議論され、都市地盤のマイクロゾーニングの方法の研究がすすめられている<sup>4)-7)</sup>。

この炭山地震観測室近傍に京滋バイパス宇治トンネルが建設されることになり、通過車輛と集塵装置の振動の高感度地震観測への影響が予測されたことから、醍醐地震観測室 (DAG) が 1988 年 9 月に開設され、炭山地震観測室とほぼ同じ観測システムで地震観測が開始された。これまで炭山観測室で蓄積されてきた資料と、新たに醍醐観測室で得られる資料との継続性を保つために、1988 年 10 月以来併行観測が実施されている。更に、この併行観測から、京都盆地の基盤岩への入射波を推定する場合に重要な地震波動場の空間特性の資料を得ることができる。以上の観点から、ここでは、微動、発破震動および地震動の site 特性について比較検討する。

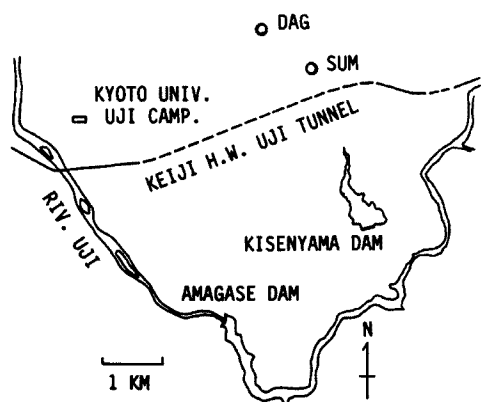


Fig. 1. Locations of Sumiyama (SUM) and Daigo (DAG) Seismic Stations.

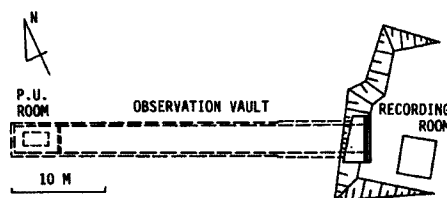


Fig. 2. Sketch-plan of Daigo Seismic Station.

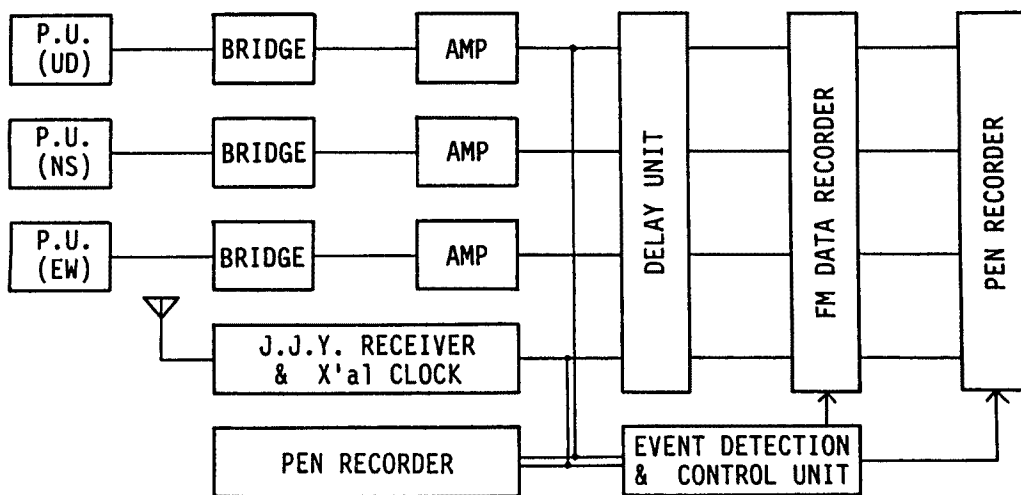


Fig. 3. Block diagram of observational system at Daigo Seismic Station.

## 2. 醍醐地震観測室の概要と観測装置

醍醐地震観測室は炭山地震観測室の北西約900 mにあり、京都盆地に隣接している醍醐山地の西部に位置している (Fig. 1)。醍醐山地は主に丹波層群の頁岩、粘板岩およびチャートで構成されており、地震波伝播速度は深さ約1 kmまで僅かにミラージュとなっているが平均して  $V_p = 4.7$  km/s,  $V_s = 2.6$  km/s である<sup>8),9)</sup>。観測室は奥行約39 mの観測横坑と記録室とから成る (Fig. 2)。横坑は一部泥質チャートを含むチャートの岩盤に堀削され、コンクリートで巻き立てがなされている。坑道断面は巾2.8 m、高さ2.9 mの半楕円形である。換振器室は外部から2重の扉で仕切られている。

醍醐地震観測室の地震観測システムは、基本的には炭山地震観測室の高感度システム<sup>1)</sup>と同じものである。すなわち、固有周期1秒の速度型地震記録をアナログ磁気テープにイベント・トリガー方式で集録するシステム (Fig. 3) であるが、水晶時計がJ. J. Y. 自動校正であること、モニター用の煤書記録が感熱記録になっていることが炭山とは異なっている。

### 3. 併行観測と波形比較

醍醐観測室と炭山観測室とでは、主に近地地震、局所地震を対象に併行観測が実施されている。紀伊半島で行なわれた爆破地震動研究グループの爆破震動（1988年11月18日）と災害科学研究所と大阪土質試験所とが行なった第2回大阪北港爆破震動（1988年12月26日）とは、臨時に高倍率の観測を実施して発破震動記録を得た他、微動観測をくり返して実施し、震動特性比較のための資料を得ている。

Fig. 4 に微動の記録波形の例を示す。上下動成分のみならず、水平動成分においても、数Hzより低周波の微動は、振巾、位相ともよく一致している。Fig. 5 は各成分の振巾スペクトルと地点間のスペクトル比（DAG/SUM）である。スペクトルは、30 Hz以下の周波数帯域で計器補正が施されており、速度振巾を示している。このような微動の振巾スペクトルの吟味から、微動から推定される2地点の振巾特性は周波数に依存するが安定な関係を有することが

判った。すなわち、成分により若干異なるが、2地点の振巾は、3-4 Hzより低周波域ではほぼ同じ、4 Hz-10 数Hzでは DAG が SUM より 2-3 倍大きく、10 数Hz以上では逆に DAG が SUM の半分程度である。微動の性質から、これは地震波に対する平均的な増巾特性の地点による違いと見ることができる。

Fig. 6 は大阪北港で行なわれた発破震動の記録である。図の点線で挟まれた区間の振巾スペクトルを Fig. 7 に示す。Fig. 7 から、発破震動の卓越する3-4 Hz以上の周波数帯においては、2地点の振巾の違いは微動の場合と同じであることが判かる。しかしながら、Fig. 6 の波形は2地点で異なっており、特に、DAGの初動の5秒後にある顕著な相は、SUMには見られない。この発破震動は京都盆地側から伝播してきた波（震央方位229°）であるが、他の方位から伝播してくる地震波の場合にもこの様な波形の違いが顕著に見られる。

Fig. 8 は房総半島沖に発生した地震の上下動成分の記録である。波は盆地の反対側から伝播してくる（震央方位86°）。見掛けの卓越周波数は初動部分では3 Hz、Pコードで2 Hz程度である。DAGの記録では、初動の9秒後に顕著な相があるが、SUMには対応する相が見られない。Fig. 9 は初動部分の振巾スペクトルである。2-3 Hzの振巾は、DAGがSUMの約2倍大きく、微動の場合の関係とは違っている。しかしながら、4 Hz以上の高周波域では、図の上下動成分のみならず水平動成分においても微動の場合と同様の相互関係を有している。

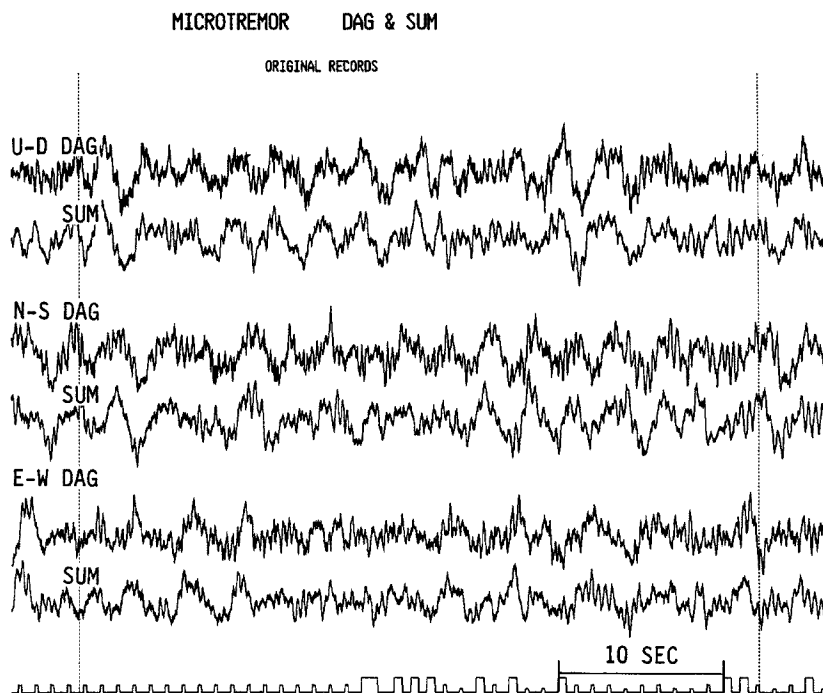


Fig. 4. An example of 3-component microtremors observed at Sumiyama and Daigo Seismic Stations simultaneously.

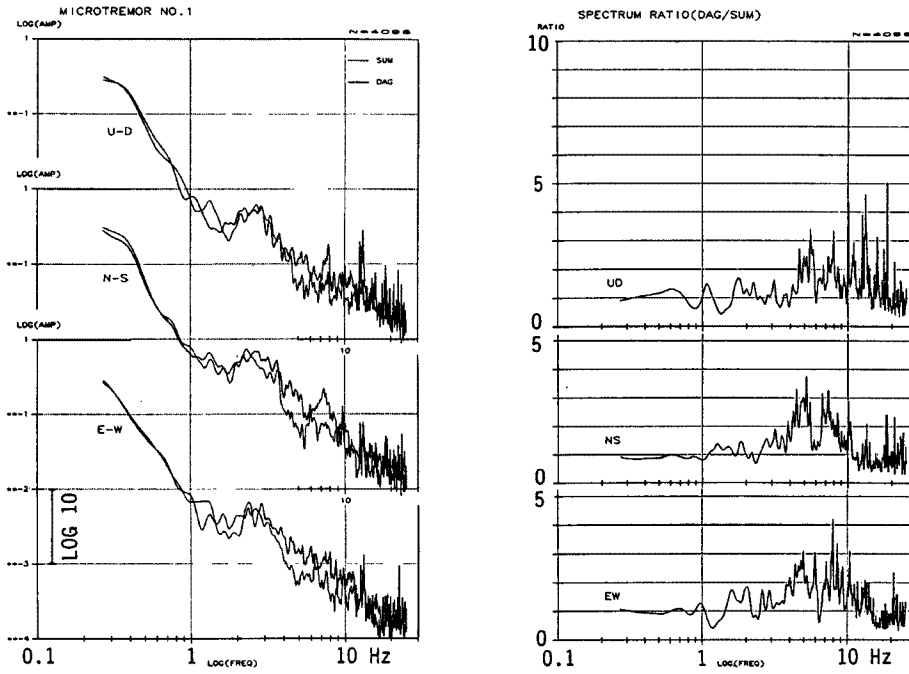


Fig. 5. Velocity spectra of microtremors observed at Sumiyama and Daigo Seismic Stations simultaneously and their spectral ratio. (DAG/SUM)

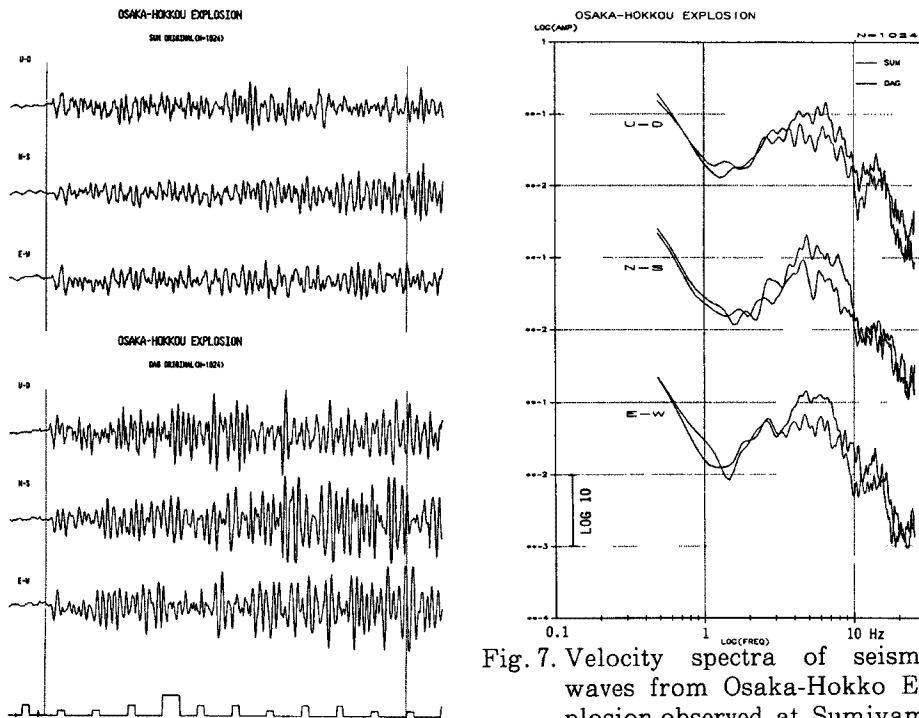


Fig. 6. Seismograms of Osaka-Hokko Explosion on December 26, 1988, observed at Sumiyama and Daigo Seismic Stations.

Fig. 7. Velocity spectra of seismic waves from Osaka-Hokko Explosion observed at Sumiyama and Daigo Seismic Stations. Initial 10 sec portions including S phases are analyzed, as shown by dotted line in Fig. 6.

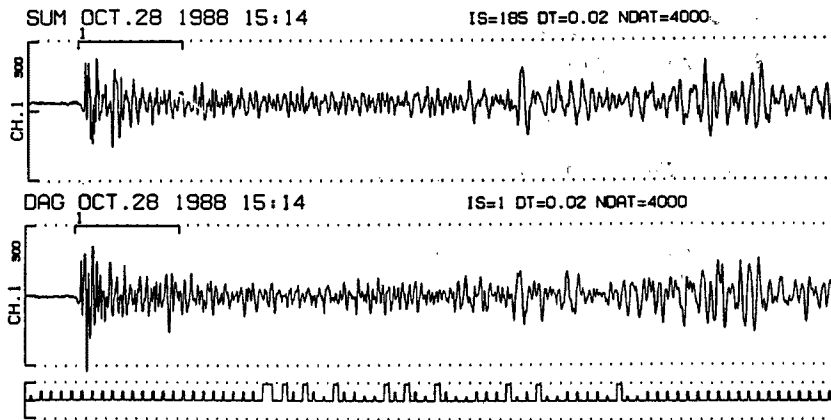


Fig. 8. Vertical component seismograms of moderate earthquake on October 28, 1988, observed at Sumiyama and Daigo Seismic Stations. Source location is SE off Bousou Peninsula;  $D=401$  Km from SUM,  $H=76$  Km and  $M=5.1$  reported by JMA. (Japan Meteorological Agency)

#### 4. ま と め

醍醐地震観測室の site 特性を調べることを目的に、炭山地震観測室と醍醐地震観測室とで併行して、自然地震、発破震動および微動の観測を実施し、スペクトル解析と波形比較とにより、次の結論を得、今後検討すべき問題点を明らかにすることができた。

- (1) 2地点の微動の振巾スペクトルは、周波数に依存した一定の相互関係を有している。3-4 Hz以下の低周波域では振巾はほぼ同じである。また、2 Hz以下に限ると、位相も含めて波形が一致している。これは、site 特性が、微動の波長に依存することを反映したものと考えられる。微動の発生と伝播の特性から、これは、また、地震波に対する平均的な site 特性を示すと考えられる。
- (2) 2地点の近地震や発破震動の振巾スペクトルは、4 Hz以上の高周波域では、微動の場合と同じ傾向の

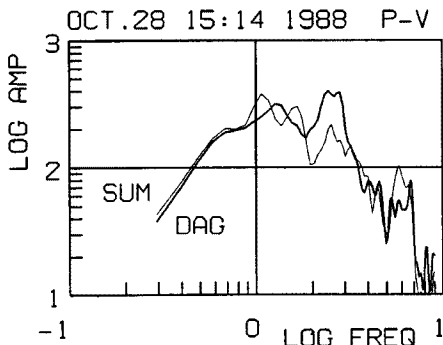


Fig. 9. Comparison of seismic spectra from moderate earthquake observed at Sumiyama and Daigo Seismic Stations. Initial 10 sec portions of P-wave are analyzed, as shown above each trace in Fig. 8.

相互関係を示すが、4 Hz以下の低周波域では地震により異なり、微動の場合のような安定した相互関係は示さない。高周波域で相互関係が安定していることは、高周波成分の波動が地表付近の不均質構造による散乱の影響を、低周波成分より、より強く受け、irregularな波動成分が増加し、種々の方向から伝播してくる種々の polarization を有する波動の重ね合わせとして観測されることによると解される。

- (3) DAG における近地震や発破震動には、SUM には見られない波群が現われることがある。transientな波形に違いが見られることは、盆地基盤岩への入射波を推定したり、レスポンススペクトルを議論したりするうえで問題となる。

以上のような site 特性の違いを、波動場の空間特性として把握するためには、丹波層群内の岩石の破

砕度の差異<sup>10)</sup>や地形の影響<sup>11)</sup>等も考えられることから、種々の方向から伝播してくる波動について検討すると共に、観測室近傍の小アレー観測が必要と思われる。

#### 謝 辞

醍醐地震観測室の開設ならびに炭山地震観測室の観測には、京都大学理学部地球物理学教室技官藤井伸蔵氏に手伝って頂いた。厚くお礼申し上げます。

爆破地震動研究グループが実施した爆破実験および(財)災害科学研究所および(財)大阪土質試験所が実施した第2回大阪北港爆破実験の発破震動を利用させて頂いた。

資料解析の一部は京都大学大型計算機センター M-780 によった。

#### 参 考 文 献

- 1) 赤松純平: 炭山地震観測室における地震観測, 京都大学防災研究所年報, 第20号B-1, 1977, pp.13-19.
- 2) 赤松純平: 炭山地震観測室における地震観測, 京都大学防災研究所年報, 第23号B-1, 1980, pp.107-114.
- 3) Akamatsu, J.: Attenuation property of seismic waves and source characteristics of small earthquakes, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol.30, 1980, pp.53-80.
- 4) Akamatsu, J.: Seismic zoning and seismic ground motion in the southern parts of Kyoto, southwest Japan, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol.36, 1986, pp.1-42.
- 5) 赤松純平: 脈動観測による地盤の振動特性, 京都大学防災研究所年報, 第26号B-1, 1982, pp.1-9.
- 6) Akamatsu, J.: Seismic amplification by soil deposits inferred from vibrational characteristics of microseism, Bull. Disas. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol.34, 1984, pp.105-127.
- 7) 赤松純平: 京都盆地の震動特性——1984年長野県西部地震の例——, 京都大学防災研究所年報, 第28号B-1, 1985, pp.21-29.
- 8) 赤松純平・古沢 保: 局所地震の入射角と震央距離との関係について, 京都大学防災研究所年報, 第19号B-1, 1976, pp.59-67.
- 9) 赤松純平・古沢 保・入倉孝次郎: 天ヶ瀬地殻変動観測所で観測される局所地震のS波の性質について, 京都大学防災研究所年報, 第18号B-1, 1975, pp.11-21.
- 10) 西村敬一・森井 互: 逢坂山地殻変動観測所で観測されたP波初動偏倚について, 地震2, 38, 1985, pp.137-140.
- 11) 西村敬一・森井 互: 地震動に及ぼす地形の影響の観測, 地震2, 36, 1983, pp.383-392.