



Title	十勝平野における強震動観測
Author(s)	笹谷, 努; SASATANI, Tsutomu; 松島, 健 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 54, 15-22
Issue Date	1990-08-31
DOI	<a href="https://doi.org/10.14943/gbhu.54.15">https://doi.org/10.14943/gbhu.54.15</a>
Doc URL	<a href="https://hdl.handle.net/2115/14211">https://hdl.handle.net/2115/14211</a>
Type	departmental bulletin paper
File Information	54_p15-22.pdf



## 十勝平野における強震動観測

笹谷 努・松島 健

北海道大学理学部地球物理学教室

小柳 敏郎

帯広畜産大学

(1990年6月11日受理)

## Observations of Strong Motion in and around the Tokachi Plain

Tsutomu SASATANI, Takeshi MATSUSHIMA

Department of Geophysics, Faculty of Science,

Hokkaido University

and

Toshiro KOYANAGI

Obihiro University of Agriculture and Veterinary Medicine

(Received June 11, 1990)

The Tokachi plain is a sedimentary basin extending about 100 km in the north-south direction and about 50 km in the east-west direction. We have frequently observed the peculiar strong ground motion at Obihiro located at the nearly central part of the Tokachi plain : that is, strong excitation of coda waves after S phase due to both deep and shallow earthquakes. We started seismic observation in and around the Tokachi plain to elucidate the characteristics of the peculiar strong motion. A pair of stations, each located in the basin and at the edge (on a rock site), and a small seismic array in the basin were installed. In this paper, we represent a sketch of the observation network and a few seismograms observed at different sites.

### I. はじめに

地震による各地の震度や被害分布が局所的な地盤条件に大きく影響されることは、経験として良く知られている。一方、このような現象を理論的・定量的に明らかにすることは、なかなか難しいことである。これは、大地震による強震動を正確に予測するという地震工学上の課題におい

て、早急に解決されねばならない問題の一つである。この問題を解明するためには、まず、地盤構造を求め、次に、その地震動への影響を調査する必要がある。我々は、北海道東部の十勝平野を研究対象地域としてこの問題にとりくんでいる。

十勝平野は、西側を日高山脈、東側を丘陵地帯に囲まれ、南北約 100 km、東西約 50 km の大きさを有している (Fig. 1)。これは関東平野に次ぐ大きさである。地質学的には鮮新世以降に発達した堆積盆地構造をなしている (岡, 1986)。このような堆積層上で地震動を観測した場合、その振幅が異常に増幅されることは良く知られている (例えば、勝又, 1954; 岡田・鏡味, 1978)。実際、岡田・鏡味 (1978) によると、十勝平野のほぼ中央に位置する帯広では、周期 1 ー数秒の範囲において日本の標準に比べて平均として約 2.7 倍の揺れを示すという。

一方、Sasatani (1990)、笹谷・

他 (1990) は、この堆積盆地構造によって励起されたと考えられる特異な地震動について報告している。Fig. 2 は帯広と広尾 (広尾は十勝平野の南端の観測点で、岩盤上に位置している) における近地やや深発地震による強震動記録を比較したものである。広尾の記録は S 波主要動のみからなる単純なものであり、それは、この地震の震源過程と水平多層構造をもとに計算された理論記象で十分に説明される。しかし、平野中央部に位置する帯広の記録は複雑で、単純な理論記象ではとうてい説明できない。S 波に続く大きいコーダ波 (特異な地震動) は、堆積盆地構造によって入射 S 波から励起された 2 次的な表面波と考えられている (Sasatani, 1990)。

また、Fig. 3 は 1978 年宮城県沖地震による帯広と広尾の強震動記録を比較したものである。震央と観測点との位置関係から考えて、両観測点への震源と伝播経路の影響は同一と見なしてよい。

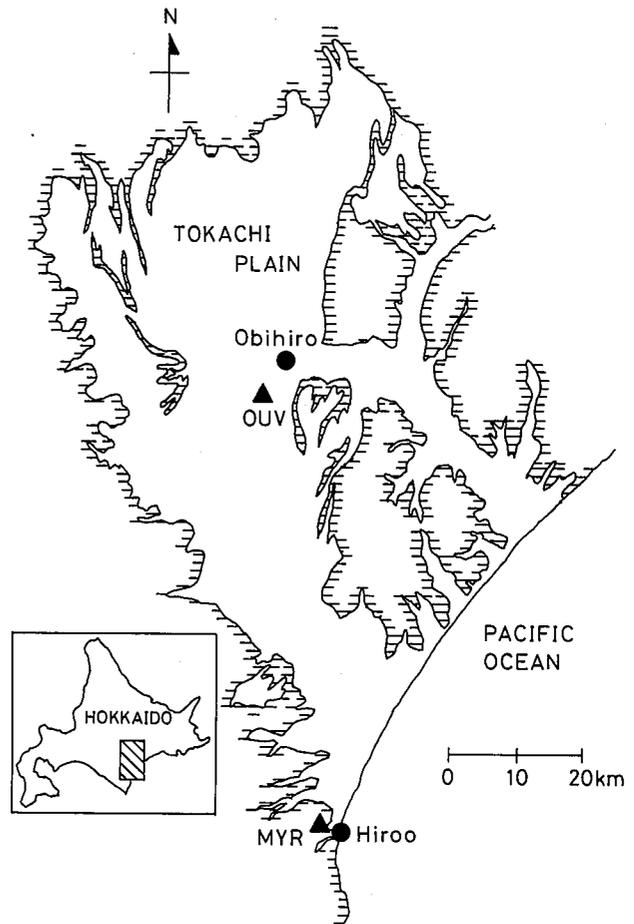


Fig. 1. Simplified geological map of the Tokachi plain (after Geological Survey of Hokkaido, 1980). This plain is covered mainly by Terrace deposits. JMA stations (Obihiro and Hiroo) and newly installed stations (OUV and MYR) are also shown.

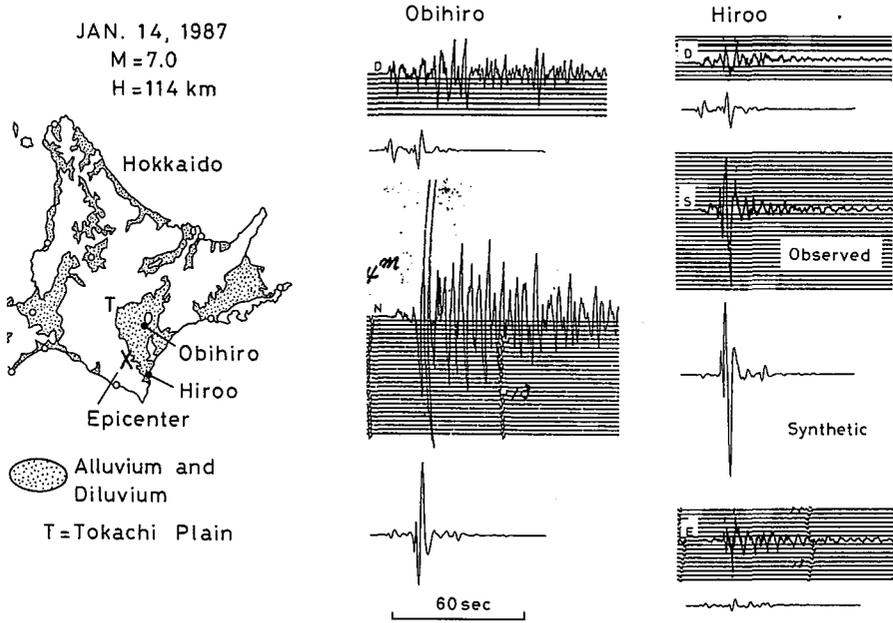


Fig. 2. JMA strong-motion records (upper traces) and their synthetics (lower traces) at Obihiro and Hiroo for the 1987 Hidaka Mountain earthquake (Sasatani, 1990).

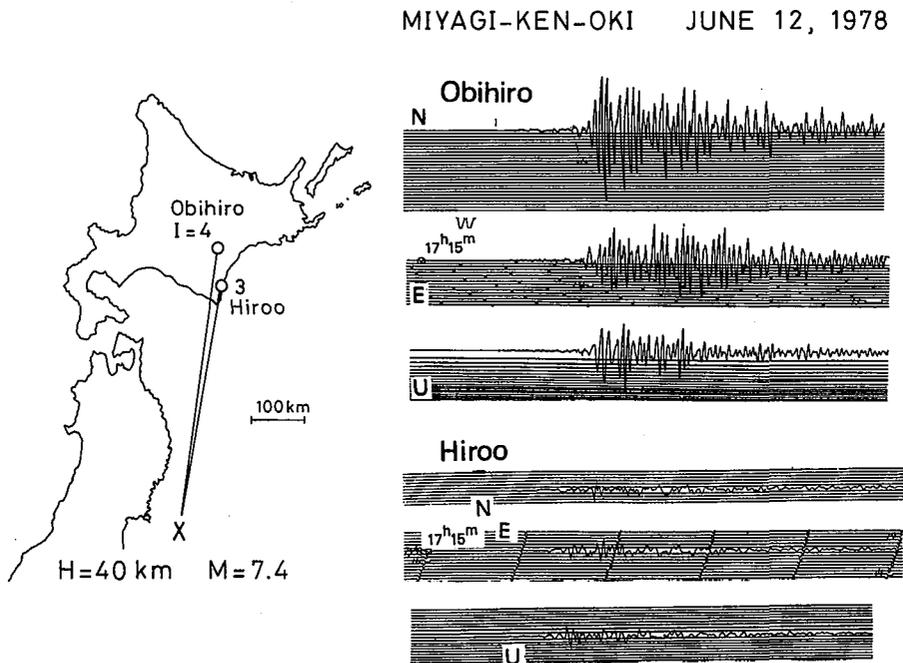


Fig. 3. JMA strong-motion records at Obihiro and Hiroo from the 1978 Miyagi-Ken-Oki earthquake (Sasatani et al., 1990).

それにもかかわらず、図に示すように両者の波形は大きく異なっている。むしろ距離の遠い帯広の記録の方が広尾の記録よりも数倍大きい振幅を有しており、さらに、帯広では周期数秒の地震動が3分間以上も続いている。これも十勝平野の堆積盆地効果による特異な地震動と考えられている(笹谷・他, 1990)。

十勝平野で観測された特異な地震動と同様な現象は関東平野および大阪平野などでも見られており、それらも地盤構造と関係づけて解釈されている(例えば、田中・他, 1979; Yamanaka et al., 1989; 鳥海, 1984; 松波・他, 1989)。また、1985年のミチョアカン(メキシコ)地震によるメキシコ市でのビルディングの崩壊は、この様な特異な地震動によるものと考えられており(Beck and Hall, 1986)、この災害は地盤条件が地震動に与える影響という問題の重要性を改めて国際的に認識させた。

十勝平野で観測された特異な地震動を地盤構造と関係づけて理論的・定量的に解明するためには、まず、平野の堆積盆地構造(特に、S波速度構造)を知る必要がある。これには自然の波動エネルギーを利用した物理探査法、つまり、長周期微動に基づく地下構造探査法が適用され、広い十勝平野の構造も次第に明らかにされつつある(Matsushima and Okada, 1990; 松島, 1990)。これまでの結果によると、S波速度約3 km/secをもつ基盤までの深さは平野中央部で約2 kmにも達している。次に、詳細な解析に耐えうる精度のよい地震動データを多数得る必要がある。実は、Fig. 2とFig. 3に示した記録は、気象庁1倍強震計によって得られたものであるが、これらは1分間に3 cmという遅い回転速度のドラム紙上にアナログ的に記録されたもので、これらを用いた解析にはその精度においておのずと限界がある。また、波動の性質を解明するために特別な観測点配置も要求される(例えば、堀家・他, 1990)。

本稿では、上記観点にもとづいて始められた十勝平野における強震動観測システムの概要を述べ、続いて得られた2-3の記録の例を示す。

## II. 観測システム

十勝平野での強震動観測は2つの目的を有している。一つは、岩盤上と堆積盆地上の記録を比較するためのもので、もう一つは、盆地内で観測される特異な地震動の性質を明らかにするためのものである。第一の目的のために、岩盤上として北海道大学理学部附属地震予知観測地域センター観測網の一つである茂寄観測点(MYR)の坑内に、堆積盆地上として帯広畜産大学土地改良実験室地下室(OUV)にそれぞれ速度型強震計(東京測振製VS1)を設置した(Fig. 1)。両観測点は約70 km離れている。ここで用いた速度型強震計は、周期0.05-40秒の広い範囲で速度に対してフラットな特性を有し(Fig. 4)、震度6までの強震を忠実に観測できる(村松, 1977)。十勝平野は地震活動の高い太平洋岸に近くたびたび有感地震が発生するので、この地震計はこれらを観測するのに最適である。

第二の目的のために、帯広畜産大学構内において4点のアレイ観測網(一辺約400 mの三角形の頂点とほぼその中央部)を展開した(Fig. 5)。それぞれの観測点には長周期速度型地震計(振

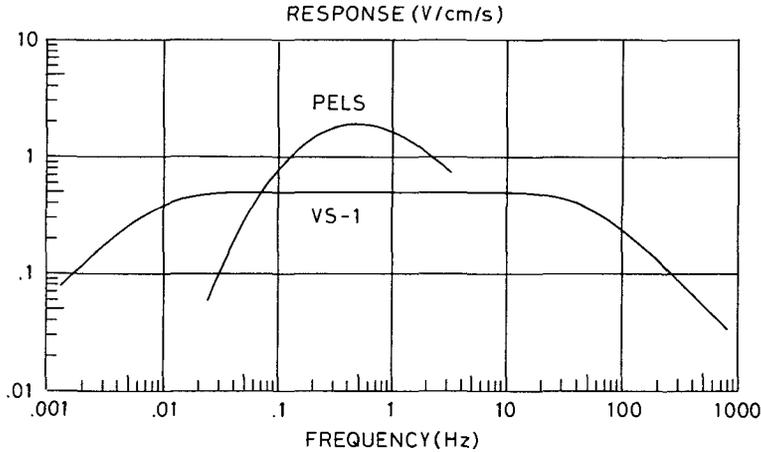


Fig. 4. Frequency responses of the seismometers used. The PELS's response is the total one including the low-pass filter.

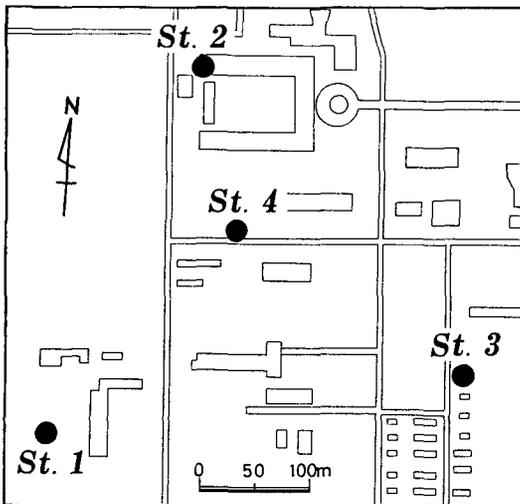


Fig. 5. A small seismic array in the campus of the Obihiro University (OUV).

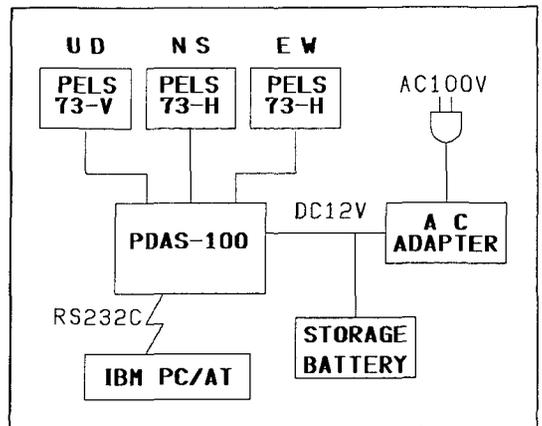


Fig. 6. Block diagram of the observation system. PDAS-100 is a digital recorder.

動技研製 PELS73) が設置してある。振子の固有周期は 8 秒にセットしてあり、low-pass filter も含んだそのトータルな応答特性は Fig. 4 に示してある。

これらの地震計からの出力は、各点独立に広いダイナミックレンジ (96dB) をもったデジタルレコーダ (TELEDYNE GEOTECH 製 PDAS-100) に記録される。それぞれの内蔵時計は定期的に標準時に対して較正される。記録方式はイベントトリガー方式で、3 成分のうち 2 成分の地震計出力がある設定レベルを越えた時に書き込みを始める。また、20 秒の遅延機能 (可変) を備えている。記録媒体は内蔵の C-MOS スタティック RAM で、サンプリング周波数 20 Hz で約 130 分のデータを記録することができる。観測システムのブロックダイアグラムを Fig. 6 に示す。

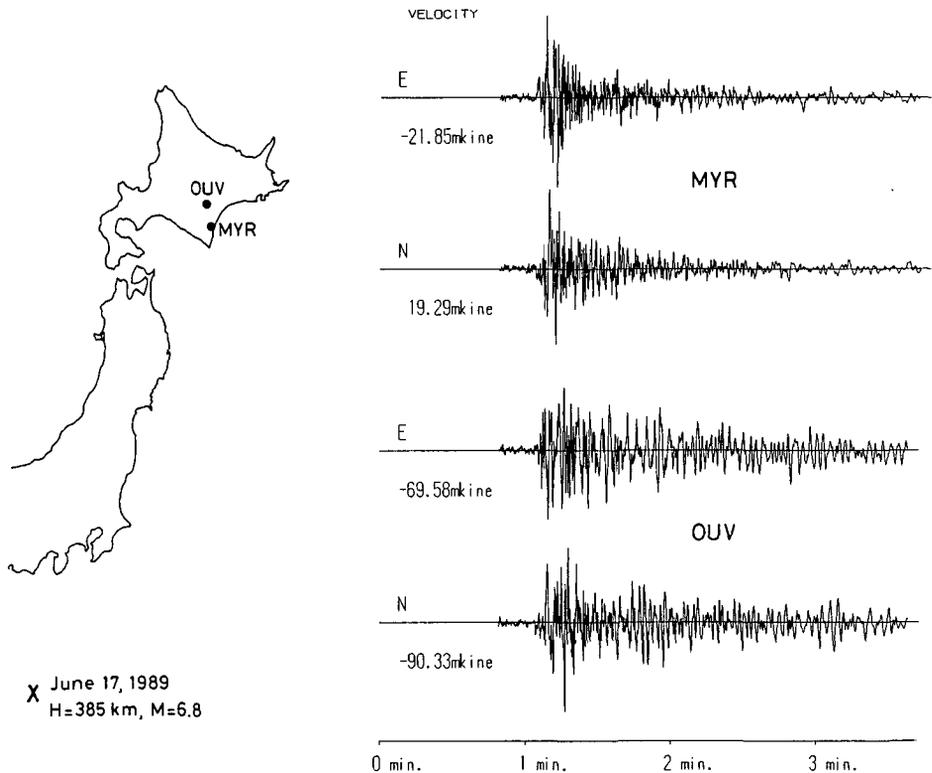


Fig. 7. Comparison of wave forms observed at MYR and OUV for the deep earthquake near Torishima (June 17, 1989). Traces are horizontal components of particle velocity. The inset shows the epicenter (X) and stations.

広いダイナミックレンジをもったデジタルレコーダによる記録は Fig. 2, Fig. 3 に示した記録よりもはるかに高精度で、詳細な波形解析に必要不可欠である。

### III. 記 録 例

本システムによる観測は 1988 年 12 月 2 日から開始された。ここでは今日までに得られた記録の内から、Fig. 2, Fig. 3 と同様な特異な地震動を示す 2 つの記録例を紹介する。

Fig. 7 は東海はるか沖(鳥島付近)で発生した深発地震による MYR と OUV の記録である。挿入図に示した震央と観測点との位置関係から考えて、両観測点の基盤への入射波は同一とみなせるので、両者の波形の相違は地盤条件の違いによるものである。OUV の最大振幅は MYR のそれよりも約 4 倍ほど大きく、堆積盆地による増幅効果を示している。また、S 波に続くコーダ波の励起も OUV の方が大きい。

Fig. 8 は、日高山系ニベツツ山付近で発生した浅い地震による MYR と OUV の記録である。この地震の震央と観測点との位置関係は Fig. 3 とはまったく逆になっており、地震波は十勝平野へ北から入射している。この場合も Fig. 3 と同様に、OUV の記録においては周期約 2 秒の地震動が

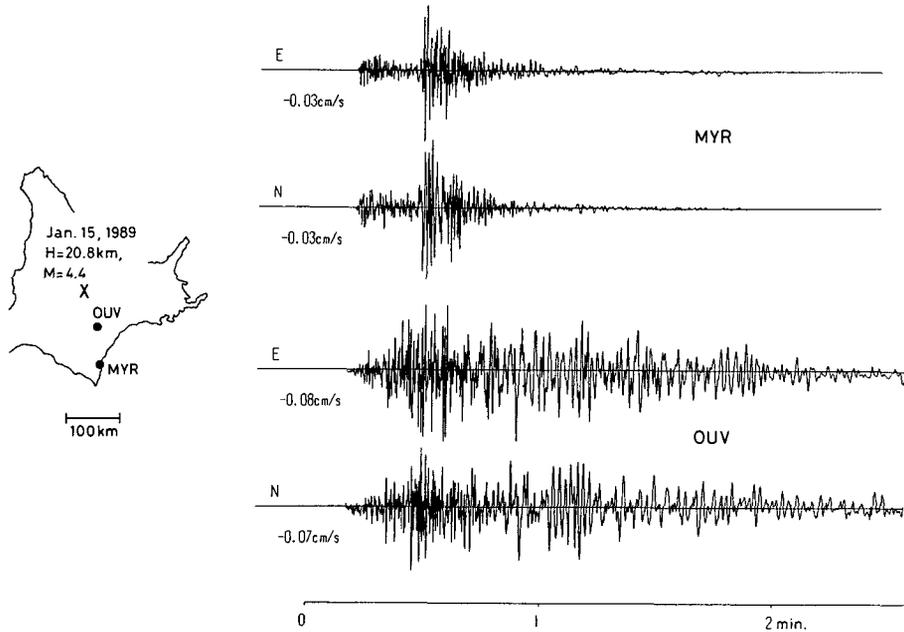


Fig. 8. Comparison of wave forms observed at MYR and OUV for the shallow earthquake near Nipesotsu Mountain (Jan. 15, 1989). Traces are horizontal components of particle velocity. The inset shows the epicenter (X) and stations.

2分間以上も続いており、MYRの記録とのコントラストは明白である。

#### IV. おわりに

十勝平野における特異な地震動を地盤条件と関係づけて理論的・定量的に解明するための強震動観測網についてその概要を報告した。これらによって得られたデータは、大地震による強震動の正確な予測法の確立に役立つことは言うまでもない。とは言っても、広い十勝平野全域をおおう観測網とは言いがたい。今後、機会の許す限り観測点を増設してゆきたいと考えている。今回の観測網で得られた記録のより詳細な解析結果は別途報告する予定である。

**謝辞** OUVおよびMYRに設置されている速度型強震計(VS1)は、岐阜大学の村松郁栄教授(現同大名誉教授)および佐々木嘉三教授からお借りしたものである。観測の主旨をご理解され、快く地震計の借用をお許し下さった両教授に感謝致します。帯広畜産大学構内でのアレイ観測においては、同大学当局、農業工学科土屋富士夫助教授および畜産環境学科中野益男助教授の施設を利用させていただいている。これらの各位に心からのお礼を申し上げます。データの収録に使っているデジタルレコーダ(PDAS-100)は理学部附属地震予知観測地域センター所有のものである。本レコーダとMYR観測点の長期間にわたる利用を許可された同センター長岡田廣教授および同センター所員笠原稔助教授、鈴木貞臣博士に感謝致します。また、観測システム設置に際

して多大のご協力をいただいた当教室の森谷武男助教授および当時大学院修士課程の棚橋真理子君に感謝致します。なお、Fig. 7 と Fig. 8 の作成にあたっては、当教室大学院修士課程の池田美津子君に協力していただいた。

## 文 献

- BECK, J. L. and J. F. HALL, 1986. Factors contributing to the catastrophe in Mexico City during the earthquake of September 19, 1985. *Geophys. Res. Letters*, **13**, 593–596.
- 北海道立地下資源調査所, 1980. 北海道の地質, 60 万分の 1 北海道地質図.
- 堀家正則・竹内吉弘・干場充之, 1990. 堆積盆地における地震動小規模アレイデータの解析. 地震 2, **43**, 43–54.
- 勝又護, 1954. 地震動振幅の地盤係数 (その一). 験震時報, **19**, 7–10.
- 松波孝治・入倉孝次郎・岩田知孝・藤原広行・松井一郎, 1989. 大阪平野及びその周辺地域における広周波数帯域・広動帯域地震波観測. 京都大学防災研究所年報, **32 B-1**, 53–60.
- 松島健, 1990. 長周期微動に基づく地下構造推定法の研究. 北海道大学理学博士学位論文, pp 133.
- MATSUSHIMA, T. and H. OKADA, 1990. Determination of deep geological structures under urban areas using long-period microtremors. *BUTSURI-TANSA (Geophys. Explor.)*, **43**, 21–33.
- 村松郁栄, 1977. 速度型強震計の製作. 地震 2, **30**, 317–338.
- 岡孝雄, 1986. 北海道の後期新生代堆積盆地の分布とその形成に関するテクトニクス. 地団研専報, **31**, 295–320.
- 岡田成幸・鏡味洋史, 1978. 日本各地におけるやや長周期の地盤特性の定量評価の試み. 日本建築学会論文報告集, **267**, 29–38.
- SASATANI, T., 1990. Strong ground motions from intermediate-depth earthquakes: A study of site effects. *J. Fac. Sci. Hokkaido Univ., Ser. VII (Geophys.)*, **8**, 449–464.
- 笹谷努・松島健・岡田広・小柳敏郎, 1990. 北海道十勝平野の堆積盆地構造とその長周期強震動への影響. 第 8 回日本地震工学シンポジウム論文集, 印刷中.
- 田中貞二・吉沢静代・大沢胖, 1979. やや長周期帯域における強震動の特性—長周期低倍率地震計記録の解析—. 地震研究所彙報, 東京大学, **54**, 629–655.
- 烏海勲, 1986. 堆積層表面波の構造について—大阪平野の場合—. 第 14 回地盤震動シンポジウム, 69–74.
- YAMANAKA, H., SEO, K. and SAMANO, T., 1989. Effects of sedimentary layers on surface-wave propagation. *Bull. Seism. Soc. Am.*, **79**, 631–644.