

# 新幹線による振動の調査報告\*

浜田信生\*\*・勝又 護\*\*・泉 末雄\*\*\*・斎藤 進\*\*\*

550.3401

## 1. まえがき

最近全国新幹線網の建設計画が進み、長野市付近も新幹線ルート候補地にあげられているとのことである。そのルートによっては、新幹線による振動が地震観測所（長野市松代町西条）の観測業務の障害になる事も考えられる。このため新幹線の発生する振動を調査する必要がある。今までこの種の調査は少く、特に路盤から1 km 以上離れたところについては資料がほとんどない。

比較的遠距離における列車振動に関する基礎資料を得るため、下記のような臨時観測をおこなった。今回は、松代の地震観測所に対する影響を調べる事が、おもな目的であるので、東海道新幹線の沿線で松代と地質、地盤条件の比較的良好に似ている愛知県蒲郡市付近で観測をおこなった。また、沿線で地中地震計による地震観測が行われている静岡地方気象台でも調査をおこなった。

## 2. 観測方法

### a) 観測期日

昭和47年 8月23, 24, 25日

### b) 観測器械

地震計 固有周期1秒の上下動1台

(変換器) 水平動1台

固有周期0.3秒の上下動1台

記録器 TEAC 70 AFM データレコーダ 1台

モニター オシロスコープ 1台

増幅器 直流増幅器(倍率5000倍まで) 1台

### c) 記録型式 速度成分

### d) 観測点

蒲郡市付近の観測点を Fig. 1 に示す。

A図は、蒲郡市西方の坂野坂トンネル付近の観測点A, B, Cを示す。B図は、蒲郡市三谷の星越トンネル

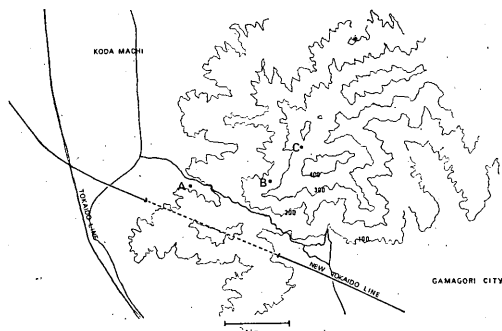


図1のA 蒲郡市坂野坂トンネル付近の観測点

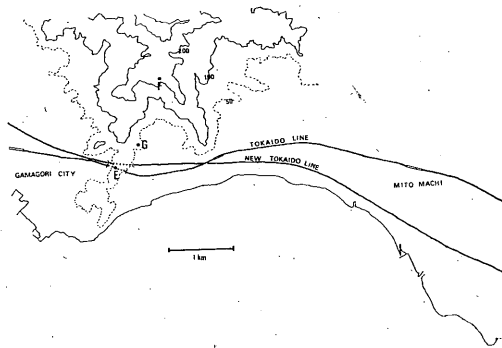


図1のB 蒲郡市三谷付近の観測点

付近の観測点E, F, Gを示す。

点Eはトンネル内、それ以外は野外、いずれも岩盤が地表に露出している地点である。この地方の岩盤は、古生層と花崗岩で出来ているが、風化が著しく、松代の地震観測所付近の岩盤(玢岩)とはかなり異なる。

## 3. 観測結果および考察

### a) 列車振動の波形と卓越周期

Fig. 2 は観測点Gでの列車振動の時間的推移を示したものである。この地点の常時の地動ノイズは $100 \mu$  Kine程度である。列車の振動は、列車最接近時の30秒前から記録に現われ、通過20秒後まで続く。この振動には8 Hz

\* Ground Noise Generated by Super-express (Shinkansen) (Received January 30, 1973)

\*\* 観測部地震課

\*\*\* 地震観測所

前後の波が卓越し、最接近時には更に短周期の波 (50 Hz 前後) が出現する。この時の列車の速度は、実測で約 50 m/秒であることから、約 1.5 km の地点まで列車が接近すると振動が 100  $\mu$  Kine 以上になることになる。この場合、振動は列車が接近中の方が、遠ざかりつつあるときよりも、遠くまで伝搬する事になる。しかし、観測点付近の路盤が一様でないので、これが一般的な傾向であるとは断定できない。

Fig. 3 は、各観測点で最大振幅を与える波の波形を比較したものである。A 点については列車の通過時前の波形も比較のために載せてある。B, C, F 点では、列車振動が他の雑微動と重なり分離が困難であるので省略した。各観測点での振動波形は、路盤の状態、観測点の地盤条件、波の伝搬径路の相違等により異なってくる。各地点の地盤の概況は次の通りである。

点 A: 路盤はトンネル、観測点は岩盤。

点 E: 路盤はトンネル、観測点もトンネル内。

点 G: 路盤は盛土、観測点は岩盤。

静岡: 路盤は盛土と高架、観測点は地震計台。

A 点、E 点のように、列車が、トンネルを通過中の場合は、短周期成分 (50~60 Hz) を、よく伝える事がわかる。一方静岡のように、線路に近い観測点であるのに、短周期の波がほとんど見られない場合もある。Fig. 2 からも見られるように、路盤によっては短周期の波をよく伝える場合があるが、遠距離にまで伝搬する波は 8~10 Hz の波が主になる。

#### b) 静岡地方気象台での観測結果

一般の気象官署で、行われている地震観測に対する新幹線の影響を調べるために、静岡地方気象台で列車振動を観測した。Fig. 4 は業務観測で使用されている磁気テープ記録式電磁地震計 (67型) と、今回携行した地震計で並行して列車振動を記録したものである。67型は、変換器を地下 20m の岩盤の中に埋設しており、一方携行した固有周期 0.3 秒の変換器は、地震計台 (地表) に設置したので、2つの記録は、地中と、地表の振動を示す事になる (ただし、テープ式地震計の記録は振幅に対数圧縮をかけてあるので振幅をそのまま地表の記録と比較する事は出来ない)。地中の波形には、地表の記録よりも短周期成分が相対的に多く含まれているようである。

なお、静岡地方気象台における新幹線による振動の振幅は、67型の記録器 (データレコーダ) 作動振幅の約 1/3 程度であるので、観測に重大な支障を生じないが、同所付近の人工振動の中では最も大きいものである。(作動振幅は Fig. 4 の記録にはいつている分マークの高さ

と同じになっている。)

Fig. 4 でもう一つ注目される事は、列車が最接近中に、急に波形が変化し、振幅が大きくなる事である。この事は Fig. 7 に示すように、上りの速度の速いひかり号通過時に明瞭に見られる。静岡地方気象台付近の新幹線の路盤は、静岡駅から東京よりの同地方気象台の前までの約 1 km は高架になっている。気象台の前で盛土に変わり、気象台より東京寄りには盛土が続いている。高架の部分では、橋脚が薄い沖積層をつらぬいて岩盤まで達しているので、短周期の振動を地中によく伝えられると考えられる。高架に比べ軟かい盛土の路盤では、短周期の波は吸収され伝盤しにくい、やや長い周期の波は、相対的に大きな振幅で発生し、減衰も小さいものと思われる。Fig. 7 はこのことによる波形の変化を示しているものと思われる。

#### c) 列車の種類に振動の違いについて。

Fig. 5 は、静岡での上り、下り、ひかり、こだまについての振幅の変化を比較したものである。上りのひかり、こだまは、静岡駅を通過、発車して加速中であり、一方下りのひかり、こだまは、静岡駅に於いて減速中である。従って静岡地方気象台付近を通過する一番速い列車は、上りのひかりで、下りのこだまが一番遅い。図からわかるように上りのひかりによる振動は、他の場合に比べ倍程度の振幅になっている。車両編成をほぼ同じとすれば、振幅の相違は列車の速度の違いによるものと、考えられる。

静岡付近では新幹線に近接して東海道線が平行しているが、東海道線の列車によると思われる振動はほとんど観測されなかった。

G 点付近でも、新幹線と平行して東海道線が走っており、在来線による振動を観測できた。しかし、通過する列車の種類、編成、速度等が多様であり振動の大小とそれらの関係を明確につかむことは困難である。しかし一般的には、やはり列車の速度が振動の振幅に一番影響するようである。

細山、中井 (1972) によれば、貨物列車の振動は、新幹線のひかり、こだまの振動より大きいという結果が得られている。しかし今回の観測では、編成の長い貨物列車は、速度が新幹線に比べはるかに遅いことのためか、貨物列車の振動は、新幹線に比べ著しく小さかった。貨物列車と新幹線とでは、振動の発生、伝搬の機構が異なる可能性も考えられる。とすれば路盤の性質 (沖積層か、岩盤かなど) によって振動を起す機構が異なることになり、一般的に、いずれかが大きくなるとは言えない。

Fig. 7 は固有周期 5 秒の 59 型地震計の変換器と、固有周期 0.3 秒の変換器とで得られた記録を比較したものである (増巾器は同じ)。両者の記録は変換器の固有周期にかかわらずほぼ一致していることがわかる。

d) 列車振動の距離による減衰について。

今回の観測は、列車振動の距離による減衰を調べる事を主な目的としているので、線路までの距離を 100 m から 1.5 km まで変え振幅の変化を調べた。しかし、地盤が良く、かつ人工的な雑微動の少ないと思われた蒲郡付近の山中でも雑微動の大きさは、速度振幅で 100  $\mu$  Kine (P-P) 程度 (松代の地震観測所付近の 6  $\mu$  Kine に比べはるかに大きい) で、1.6 km 以上離れた地点では、列車の振動を雑微動と分離することは困難であった。そのため、十分遠方での資料を得ることは出来なかった。振動の減衰の状態を見るために、各観測点での列車振動の最大振幅をとり、振幅と距離との関係をプロットしたのが Fig. 6 である。

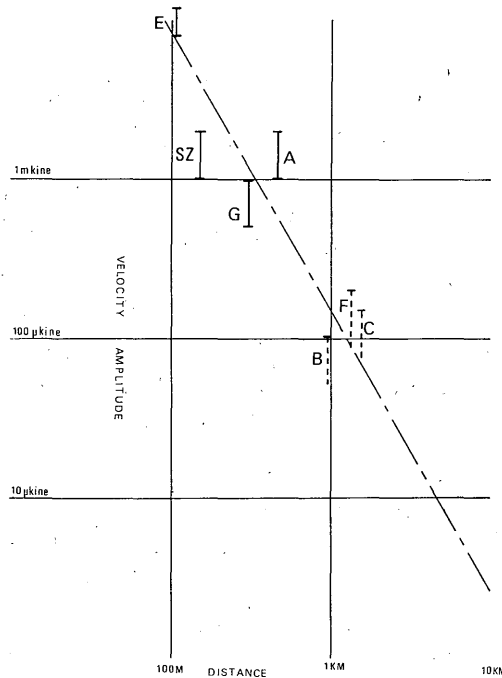


図 4 列車振動の減衰曲線

前述のように列車による振動の最大振幅は、路盤の性質や列車の種類、観測点の地盤状態等により著しく異なってくる。さらに同じ種類の列車についても、測定のために多少の振幅のパラッキがあり、最大振幅の測定の仕方によっても違いが生じる。また観測精度についても考

慮する必要がある。

これらのことを考慮して最大振幅に、幅をもたせて図示した。B, C, F の点では、列車振動と雑微動との分離が困難であるので最大振幅の上限を用いた。

図上に鎖線で減衰曲線が示されているが、めのこで引いた。これは次式で近似的にあらわせる。

$$\log V = -1.7 \log D + 7.4$$

V : 速度振幅 (全振幅), 単位  $\mu$  Kine ( $10^{-6}$  cm/sec).

D : 列車と観測点との距離, 単位 m.

水沢緯度観測所の報告 (細山・中井, 1972) で求められている減衰曲線と比較すると、今回求めた減衰曲線は総体的に振幅の小さい方によっており、距離による減衰も急である。今回の結果は、観測点と線路が岩盤上にある場合に対する測定結果であり、緯度観測所のものは、沖積層の上のものである事を考えると、両者の結果は矛盾していない。

#### 4. 松代地震観測所の雑微動について

地震観測所の地震計室における雑微動のレベルは、周期 1 秒前後の振動では変位振幅で  $10^{-6}$  cm, 速度振幅 6  $\mu$  Kine ( $10^{-6}$  cm/sec) 程度である。8~10 Hz の波ではこれと同等あるいはやや小さい程度である (速度振幅について、以下同じ)。10 Hz より短周期の波では、雑微動のレベルは、低下する。また、周期 1 秒以上の雑微動は主として脈動によるもので、人工的なものは、非常に小さい。

現在松代には、最高倍率 15 万倍の地震計が設置され定常観測をおこなっている。また、より精密な研究観測もしばしばおこなわれている。したがって、上記の  $6 \times 10^{-6}$  cm/sec 以上の雑微動は観測に支障をきたすことになる。もし松代付近を新幹線が通過するとすれば、それによる振幅を少なくとも 6  $\mu$  Kine 以下におさえる必要がある。これを Fig. 6 および前記の式から推定すると、新幹線より 8 km 以上はなれた地点の振動に相当する。

#### 5. 結論

1) 新幹線による列車振動は、岩盤地帯では 8 Hz 前後の波が卓越し、かつ比較的遠距離まで伝搬する。

2) 列車振動の振幅は、路盤の状況と列車の速度に大きく関係する。

3) 列車振動と距離との関係に

$$\log V = -1.7 \log D + 7.4$$

V : 速度振幅 (P-P),  $\mu$  Kine

D : 列車と観測点との距離 (m)

で近似的にあらわされる。

4) 松代地震観測所の現在の雑微動レベルは  $6\mu$  Kine 程度である。

5) 現在のレベルを維持するためには、新幹線ルートを観測所から少くとも 8 km 以上はなすことが、必要である。

新幹線から 8 km 以上へだて、松代地震観測所と同程度に静かな地点で、列車振動を測定することは、実際上不可能である。松代周辺の地形、地質条件も、今回調査した地域のものとは同一ではない。また、新しく建設される新幹線の通過する地域での諸条件、列車速度等については未知である。しかし、現在までにある資料および今回の調査結果等を、総合して、地震観測所が、その静かな環境を保ち、機能を失なわないためには、新幹線ルー

トから 8 km 以上はなれる必要があると考えられる。

#### 謝 辞

今回の観測に対して、種々の便宜を提供された日本国有鉄道の関係各位に御礼申し上げます。御協力を載いた鉄道技術研究所藤原俊郎、小林芳正の両氏、岡崎保線区、静岡地方気象台の方々に感謝いたします。

#### 参 考 文 献

- (1) 嶋悦三・柳沢馬住・工藤一嘉 (1970); 列車によって起された波動の減衰, 地震, **23**, 332~334.
- (2) 小林芳正 (1971); 地盤震害の諸現象とその機構, 鉄道技術研究報告, No. 744.
- (3) 細山謙之輔, 中井新二 (1972); 列車振動に伴う土地振動測定, 緯度観測所彙報, 第12号.

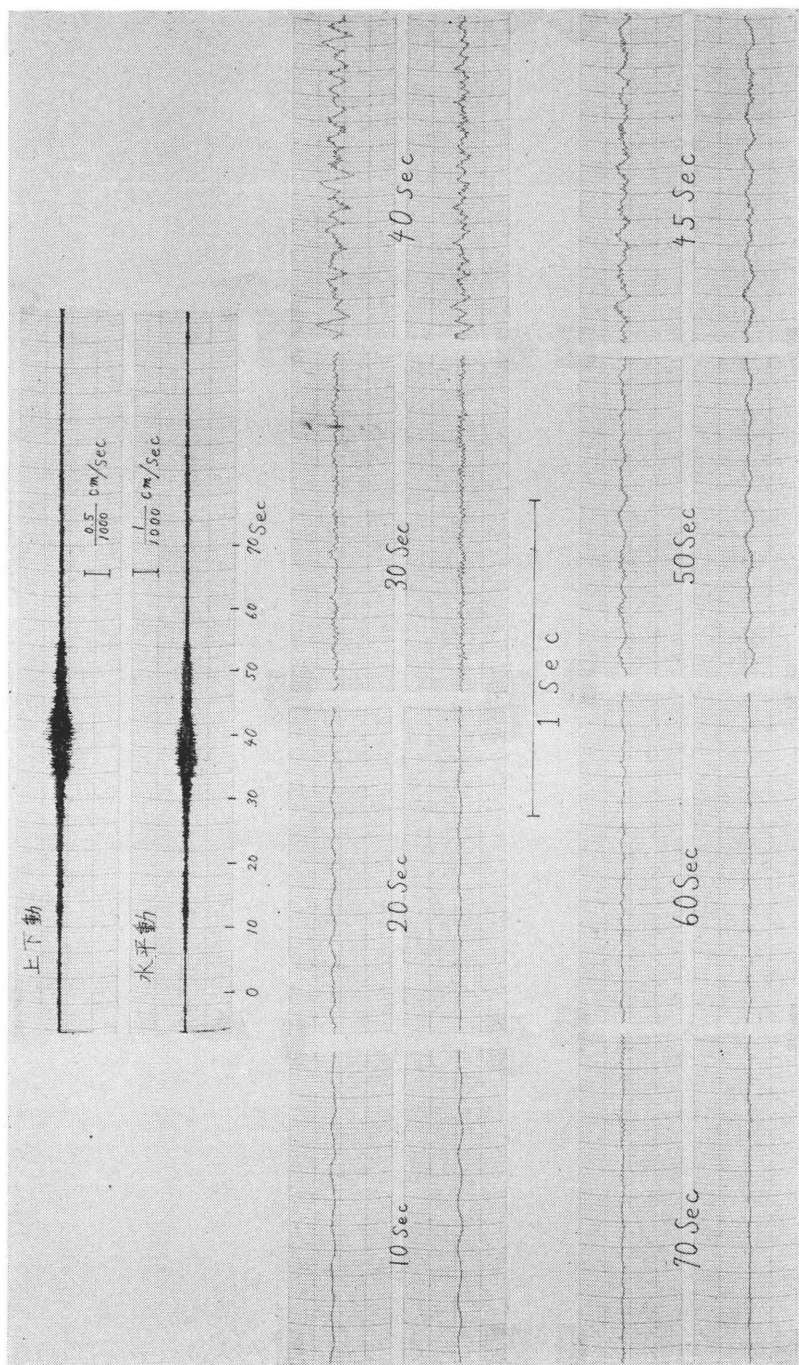


図2 新幹線列車振動の減衰，観測点G

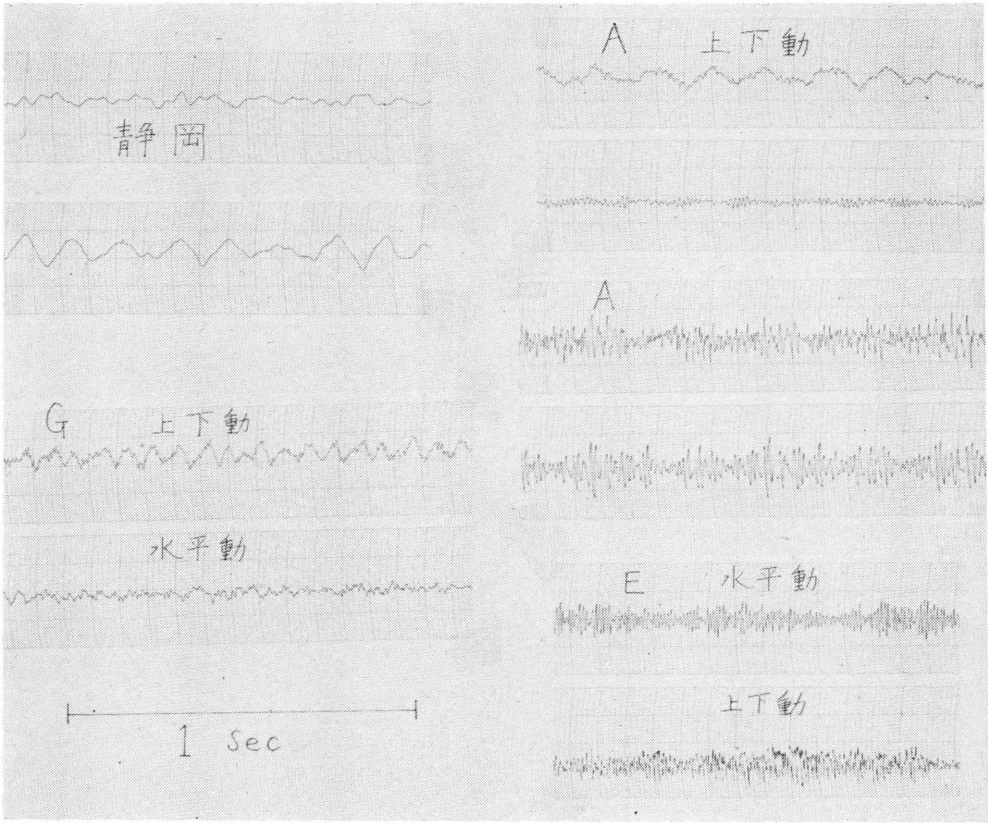


図3 列車振動の卓越周期

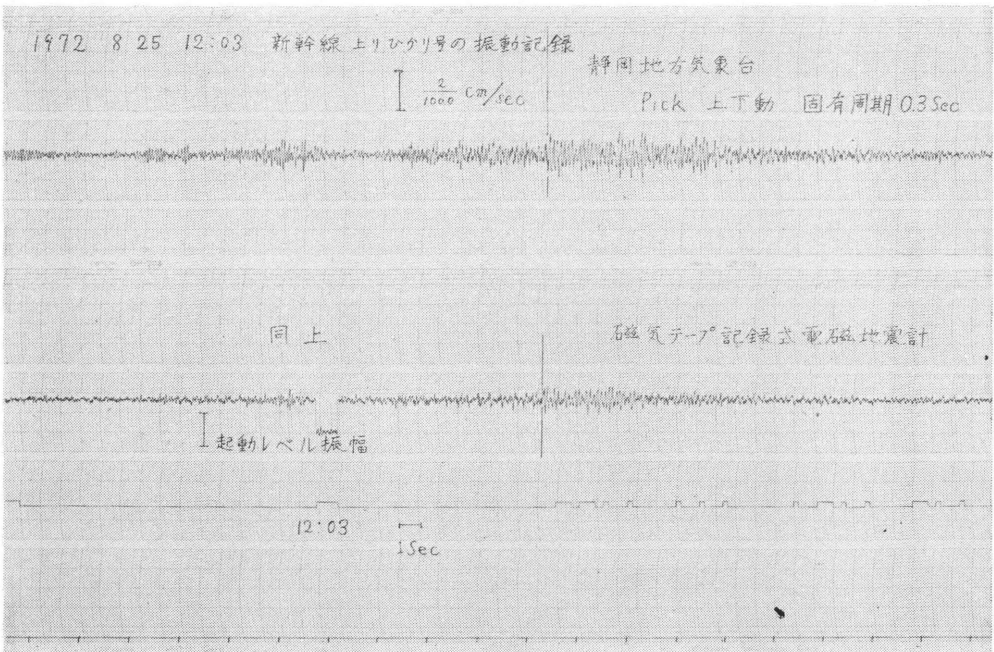


図4 新幹線上りひかり号の振動記録 昭和47年8月25日12時3分静岡地方気象台



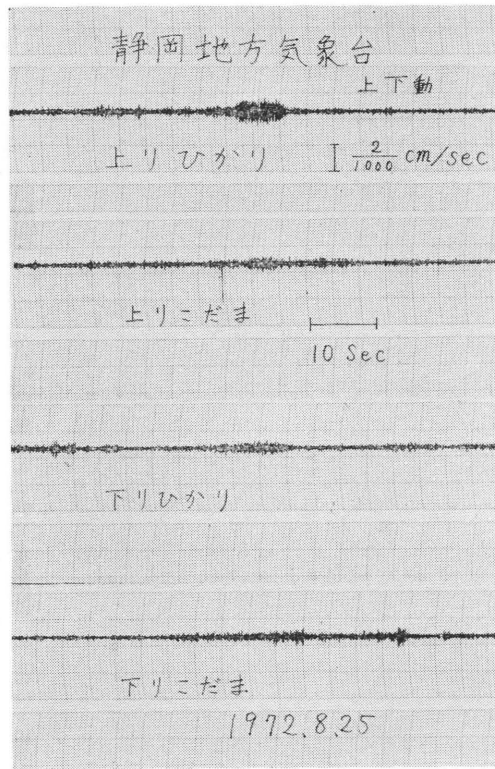


図6 列車の種類による振動振幅の違い

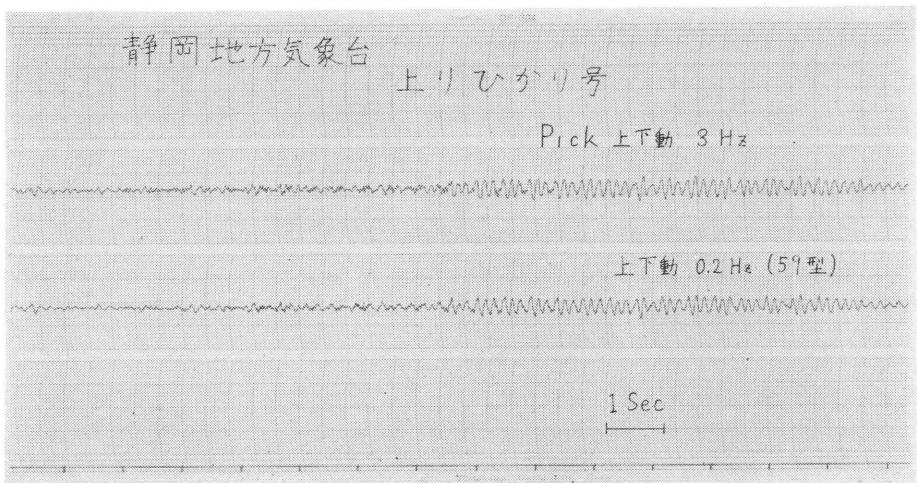


図7 違う変換器による記録の比較