

可変容量型ひずみ地震計について

岸本兆方・尾池和夫・津嶋吉男

ON A LINEAR STRAIN SEISMOGRAPH OF A VARIABLE CAPACITANCE TYPE

By *Yoshimichi KISHIMOTO, Kazuo OIKE and Yoshio TSUSHIMA*

Synopsis

Observation of ultra long period seismic waves has been carried out by the three components of horizontal strain seismographs of variable capacitance type at Kamitakara Crustal Movement Observatory. Out put signals from the transducer are filtered by the RC networks, one of which has flat response for the period of 100—3000 sec for seismic strain and the other has that larger than 1000 sec for secular and tidal strain. When the pen of the recorder reaches either end of the recording range owing to the secular strains, the recording level is shifted automatically to prevent from going off scale.

From the experimental results, it has been proved that the instruments have high sensitivity and stability. The trace amplitude of 1mm corresponds to the strain of 1×10^{-10} for seismic strain and 1×10^{-9} for secular and tidal strain.

1. ま え が き

地震波動の観測は現在数多くの方式によって行なわれており、特に振子型の地震計による数100秒以下の周期を持つ波動の観測や研究は多大の成果を収めている。一方、伸縮計や傾斜計による連続観測によって、数時間以上の周期を持つ地殻の運動に関しても多くの研究成果がある。しかし、数100秒ないし数時間周期の運動については観測例も少なく、今後の研究に残された問題も多い。

地震に伴なう地殻の運動の様子を詳細に把握する目的で、未が十分観測が行なわれていない数100秒～数時間の周期の波動を観測するため、われわれは可変容量型ひずみ地震計を製作した。また長時間にわたる地殻変動を高感度でしかも安定に観測するために、ひずみ地震計と共通の transducer を使用して伸縮変化の観測も行なっている。この論文では、それらの観測方式および上宝地殻変動観測所に設置した結果について述べる。

2. ひずみ地震計の構成と特性

岩盤上の2固定点間の、地震に伴なう伸縮変化を観測するものがひずみ地震計であるが、観測の対象となる伸縮変化の周期が比較的短いという事を除いて、地殻変動観測のための伸縮計とまったく同じ原理で観測を行なうことができる。Benioff (1935) は変磁束型の transducer を用いたひずみ地震計を製作し¹⁾、その後 (1956) 可変容量型の transducer を製作して、地震ひずみの観測を行なっている²⁾。また、田中寅夫 (1966) は Benioff のものと多少原理の異った可変容量型伸縮計を試作した³⁾。

われわれの観測方式は Benioff (1959) のものと同じ原理に基づき可変容量型 transducer を用い、伸縮変化に比例した電圧変化を得てそれを記録する方式である。この transducer の特長は伸縮変化の周期に依

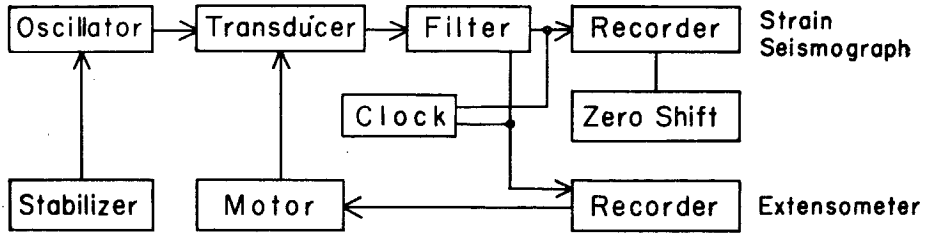


Fig. 1 Observation system of strain seismograph and extensometer.

存せず一定の倍率で出力が得られることである。したがって、filter によって目的とする周期領域の伸縮変化を取出して記録させることができる。全体の構成を Fig. 1 に示す。

a). Transducer

Fig. 2 に回路図を示す。水晶発振器によって 5 Mc の正弦波を発振させる。熔融水晶の棒に固定された極板と岩盤に固定された極板によって形成される condenser C, C' および内蔵された coil によって 5 Mc よりやや高い周波数に同調させ、伸縮、極板間距離の変化、同調周波数の変化、出力電圧の変化という変換を順次行なう。共振曲線の直線性の良い部分を使用すれば極板間距離の微小変化に比例した出力を得ることができる。熔融水晶棒の固有振動周期は 0.1 秒以下であるから、約 10 秒以上の周期を持った伸縮変化に対しては精度の高い出力が得られる。

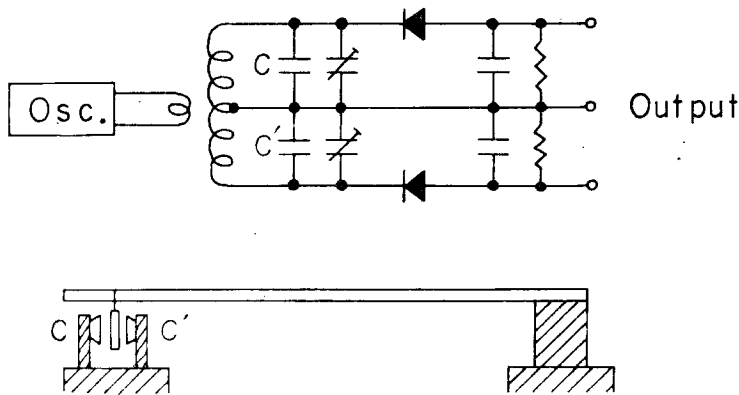


Fig. 2 Network of transducer.

感度の測定は一方の極板をサーボモーターとギアを用いて移動させ出力を記録する方法で行なった。モーター 1 回転が極板の移動距離 5μ に相当する。測定結果の例を Fig. 3 に示す。極板移動距離が $\pm 40 \mu$ の範囲では直線性が成立している。この範囲はひずみ測定間の距離 25 m の場合、 $\pm 1.6 \times 10^{-6}$ のひずみに相当し、十分な範囲で直線性が成立している。またこの場合のひずみ感度は、出力 1 mV が 5×10^{-9} のひずみに相当する感度である。モーター 1 回転毎に周期的な測定点のばらつきがあるが、これはギアの特性に由来するもので、感度測定にほとんど影響を及ぼさない程度である。

また、観測に際して注意しなければならないのは、温度変化が transducer に及ぼす影響であるが、実験によると 1°C の変化に相当する記録のずれは 0.5 mV 以下である。したがって温度変化が非常に少ない坑内での観測には十分の精度を持っていると考えられる。

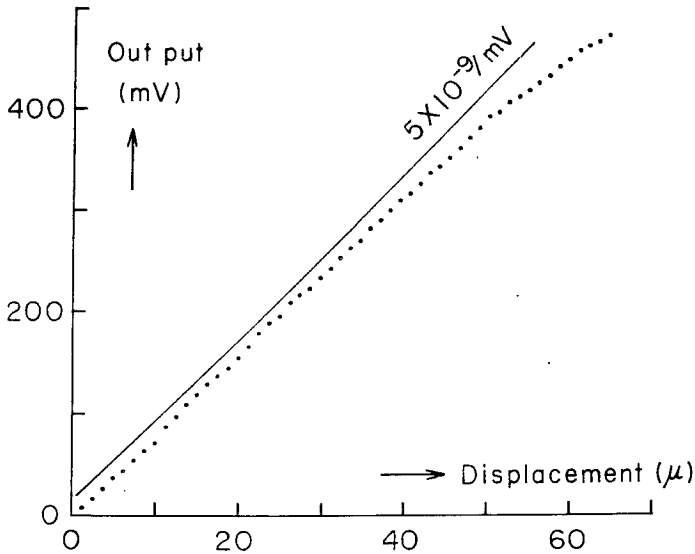


Fig. 3 An example of calibrated results.

b). Filter

Transducer から得られた出力を 2 種類の filter に通して目的とする 周期領域の伸縮変化を観測する。一つは数100秒～数時間の band-pass filter で、その出力をインク書自動平衡記録計で記録させ、長周期地震波動を観測するためのひずみ地震計として使用する。他方は 1 時間～無限大周期の信号を得るための low-pass filter で、その出力を打点式記録計で記録させ、伸縮計として使用する。これらの filter は金属

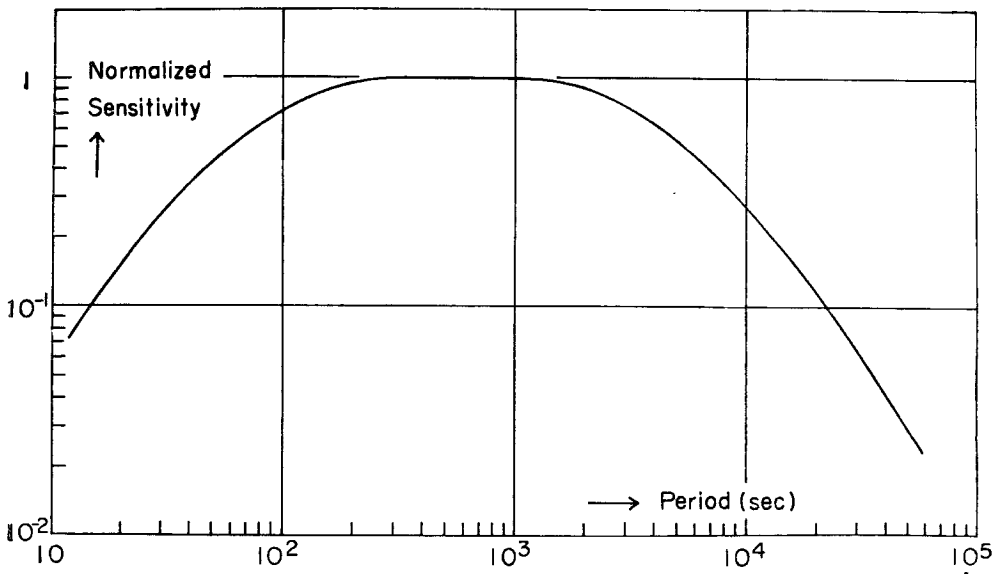


Fig. 4 Characteristic curve of strain seismograph.

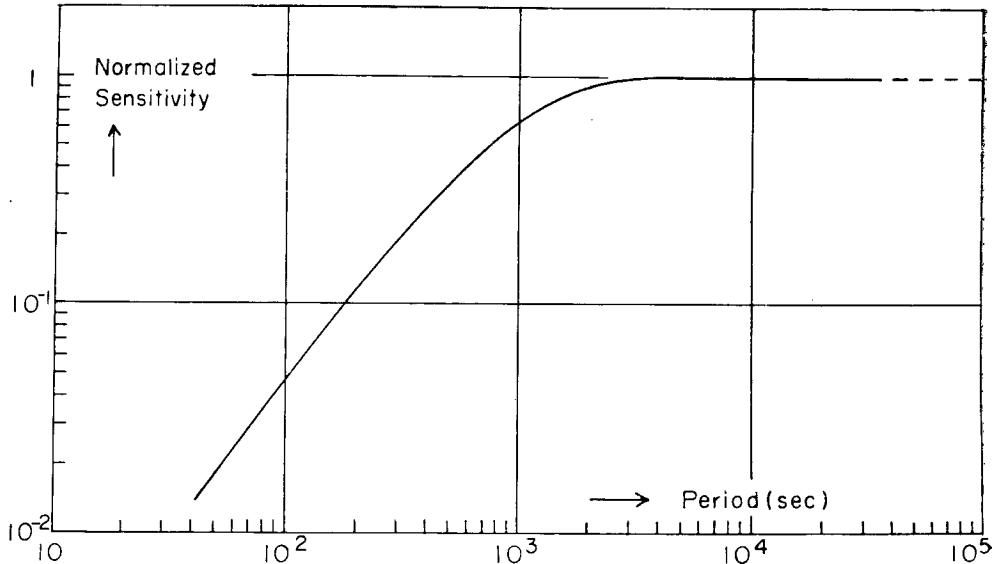


Fig. 5 Characteristic curve of extensometer.

皮膜抵抗, タンタルコンデンサーなどを使用したRC回路で, 温度変化・湿気などの影響はほとんど見られない。実験によると入力を接続しない場合, filter等の不安定性による記録のずれは1ヶ月で0.1 mV以下である。

Fig. 4 にひずみ地震計の総合特性を示す。記録紙の送り速度は 10 cm/h で1時間に1回 time mark を記録している。Fig. 5 に伸縮計の総合特性を示す。記録紙の送り速度は 25 mm/h で12時間に1回 time mark を記録している。

c) スケール・アウトの防止

長時間一方的に伸びまたは縮みの運動が続いた場合伸縮計の記録はスケール・アウトする。この時は自動的にモーターを一定時間働かせて極板を再び中央に移動させることにより欠測を防止している。この操作によって transducer は常に同じ感度で直線性の良い出力を出していることになる。また, ひずみ地震計の記録には, スケール・アウトした時自動的に測定基準電圧を変える回路を附属させてスケール・アウトを防止している。この装置によって大振幅の地震波をも観測することができる。

3. 上宝地殻変動観測所での観測

防災研究所附属上宝地殻変動観測所蔵柱観測室坑内で, 現在上記の方式により水平3成分観測を行なっている。熔融水晶の棒の固定端から transducer までの距離は 25 m である。Photo. 1 に示されるように, 熔融水晶の棒は厚さ 5 cm の断熱材で包囲されている。Photo. 2 に transducer の設置状況を示す。Transducer の出力を坑口までケーブルで送り, Photo. 3 の記録装置により, ひずみ地震計, 伸縮計とも水平3成分観測を行なっている。各成分の方向・感度(記録上 1 mm に相当するひずみ量)を Table 1 に示す。

Photo. 4 に伸縮計の記録例を示す。3成分を色別けして, 各成分とも30秒毎に打点した記録である。直線は記録の基準位置を示す。設置後1ヶ月間は一方方向への drift が見られたが, 指数関数的に減少しその後3成分とも大きな記録の drift は見られない。長期間観測した結果については次の機会に報告する。

Photo. 5 にひずみ地震計の記録例を示す。常時観測される雑微動のひずみ量は約 5×10^{-10} /mm 程度である。地震波の周期を100秒, ひずみ測定方向に沿ったみかけ速度を 5 km/sec とすると, 地動変位に対する

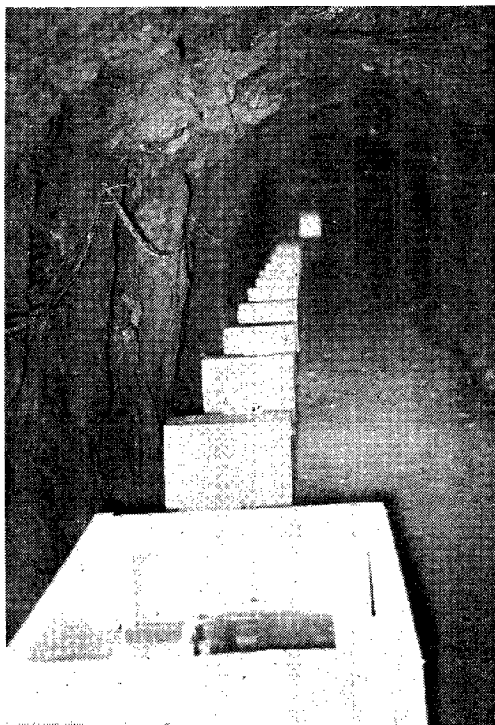


Photo. 1 Fused quartz rod.

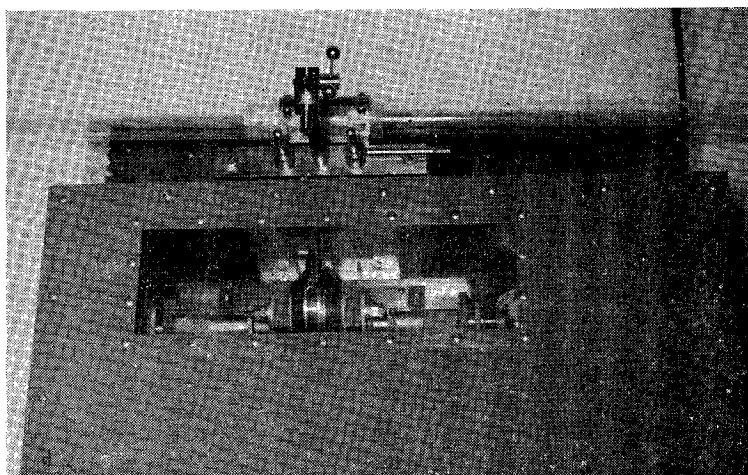


Photo. 2 Transducer.



Photo. 3 Recording system.

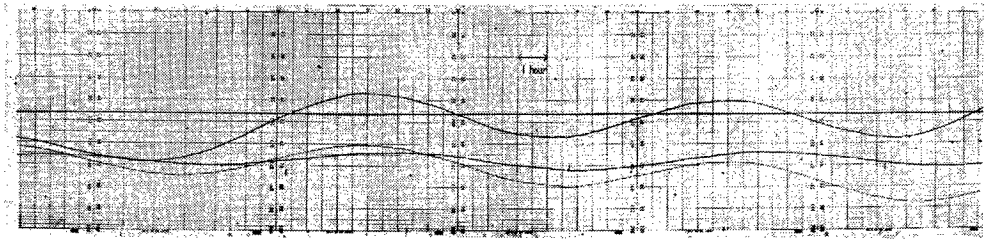


Photo. 4 Record of extensometer.



$$\bar{\quad} 1 \times 10^{-9}$$

Dec. 21, 1967

12^h13^h14^h

Photo. 5 Earthquake of Dec. 21, 1967 observed by the strain seismograph.

Table 1 Direction and sensitivity of each component at Kamitakara.

Direction	Strain Seismograph		Extensometer	
	Component	Sensitivity	Component	Sensitivity
<i>NE-SW</i>	S-1	0.95×10^{-10}	<i>E-1</i>	1.2×10^{-9}
<i>NW-SE</i>	S-2	1.4×10^{-10}	<i>E-2</i>	0.82×10^{-9}
<i>N-S</i>	S-3	1.2×10^{-10}	<i>E-3</i>	1.1×10^{-9}

倍率は約100倍である。すでに設置されている長周期地震計の倍率および観測結果から推定しても、多くの資料が得られるものと思われる。Photo. 5 の地震は1967年12月21日、震源地はチリーである。長周期地震計の記録にも見られないような長時間にわたる変動が観測されている。このような非常に長い周期を持った変動は地殻構造から受ける影響も少なく、地震発生に伴なう震源附近の性質を解明するための有益な資料になると考えられる。また、地震に伴なう地球の自由振動に関しても多くの資料が得られるであろう。

この観測を計画して以来、数々の貴重な助言を賜った田中豊氏および田中寅夫氏に特にお礼申し上げる。器械製作に関しては松尾成光氏、小泉誠氏、平野憲雄氏および細善信氏に負うところが多い。器械設置を御快諾下さった上宝地殻変動観測所長一戸時雄教授、観測を受持って頂いている同観測所員富永進博士、和田安男氏および和田博夫氏に厚く謝意を表す。この研究は文部省災害科学特定研究費によるものである。

参 考 文 献

- 1) Benioff, H., A Linear Strain Seismograph., Bull. Seism. Soc. Amer., Vol 25, 1935, pp. 283—309.
- 2) Benioff, H., Fused-Quartz Extensometer for Secular, Tidal, and Seismic Strains., Bull. Geol. Soc. Amer., Vol. 70, 1959, pp. 1019—1032.
- 3) Tanaka, T., On the Extensometer of a Variable Capacitor Type., Bull. Dis. Prev. Res. Inst., Vol. 15, Part 3, 1966, pp. 49—59.