

屯鶴峯で観測された地殻ひずみへの気圧変化の影響

尾 上 謙 介

EFFECTS OF ATMOSPHERIC PRESSURE ON GROUND STRAINS OBSERVED AT DONZURUBO OBSERVATORY

By *Kensuke ONOUE*

Synopsis

Ground strains observed at Donzurubo observatory are rather influenced by atmospheric pressure than rainfall. Regression coefficient of atmospheric pressure to strain changes of SE-1 (E4.5°S) and SE-2 (N4.5°E) are about -3.21 and $7.01 \times 10^{-9}/\text{hPa}$ respectively. These coefficients changes with frequencies. After correction, strain changes due to atmospheric pressure are removed clearly from observed records.

1. は じ め に

地殻変動連続観測の伸縮、傾斜記録には、テクトニックや潮汐変動、そして気象変化による変動が含まれている。このようなそれぞれの変動の特長を知ることは、大地震発生の前兆の異常変化の検出を主要な目的の一つにしている地殻変動観測にとっては重要である。特に気象変化に起因する地殻変動は観測坑道の立地条件により異なり、この中で降雨の地殻変動への影響は特に顕著であることが報告されている¹⁾。しかし、屯鶴峯観測所では、他の観測所と比べると比較的降雨の影響は小さく、むしろ気圧変化による影響が大きく見られる²⁾。気圧変化による地殻変動への影響は埋め込み式体積歪計に見られ、気圧変化と歪の関係から気圧係数が求められて歪記録から気圧変化による影響の除去が試みられている³⁾。また比較的被りの浅い坑道での地殻変動観測に見られる気圧変化の影響についても報告されている⁴⁾。

ここでは屯鶴峯観測所の伸縮変動に見られる気圧変化分を求めて、その除去を試みたので、その結果について報告する。

2. 観測結果及び解析

屯鶴峯観測所の詳細については既に報告しているので省略する⁵⁾。今回使用したのは **Table 1** に示す諸常数の三成分水晶管伸縮計による伸縮記録である。データはデジタル観測により得られた1時間値を用いた⁶⁾。気圧のデータはベローと水平振子拡大器を組み合わせで試作した気圧計の1時間値を用いた。

解析期間は1991年12月1日から1992年2月29日の3ヶ月の2184時間である。伸縮記録、気圧変化及び降雨量を **Fig. 1** に示す。気圧変化の影響が明瞭に見られると考えられる周波数領域で比較するためにトレンドと潮汐変動の領域を最小自乗法とフィルターで除いた。ここでは2日のローパスフィルターを用いた。各成分にローパスフィルターをかけた結果とその残差を **Fig. 2** に示す。また12月1日から2048時間の区間につ

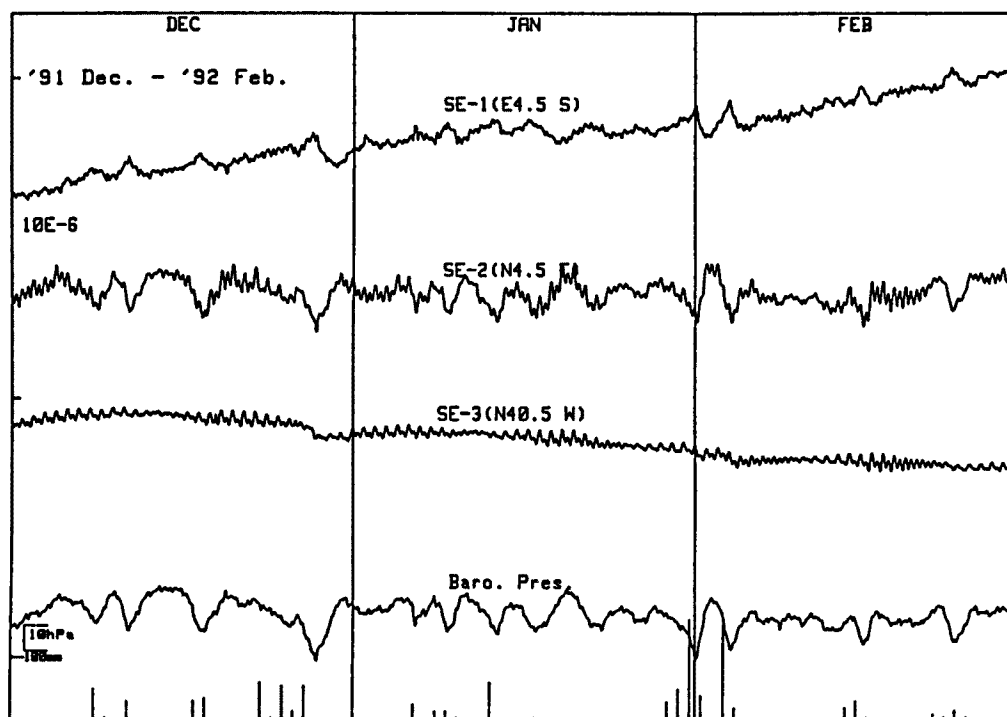


Fig. 1. Ground strains observed from Dec. 1, 1991 to Feb. 29, 1992, atmospheric pressure and precipitation.

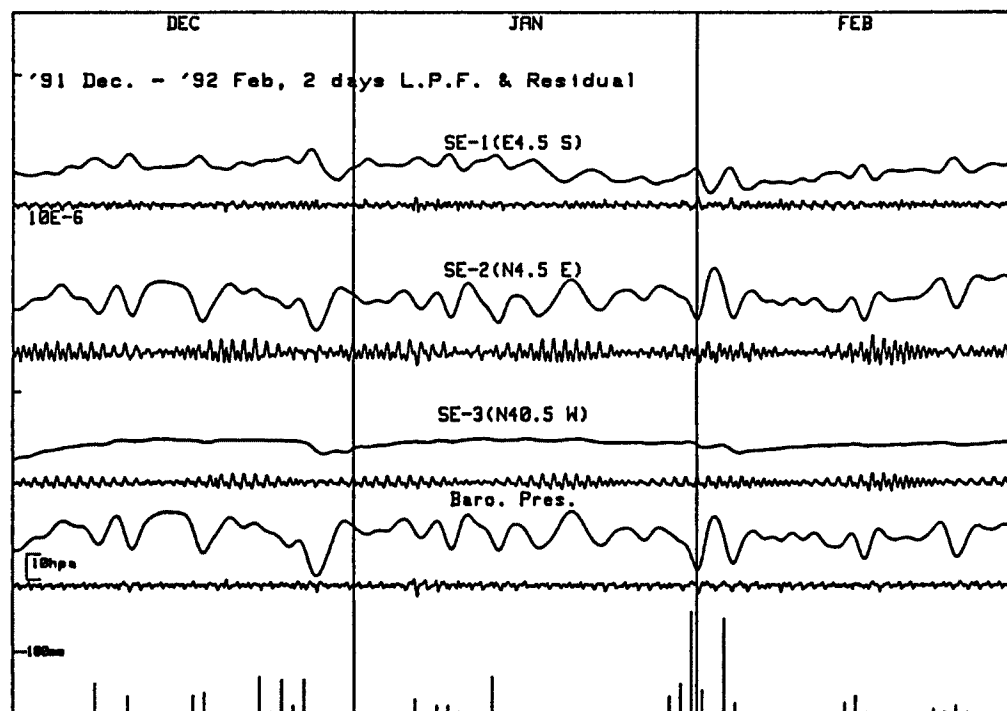


Fig. 2. Records removed secular change and of low pass filter for 2 day (upper part of each component) and residual (lower).

Table 1. Constants of instruments.

Instrument	Mark	Azimuth	Span	Sensitivity
Silica-tube	SE-1	E4.5°S	18.3 m	$1.60 \times 10^{-9}/\text{digit}$
Extensometer	SE-2	E4.5°E	18.3	$2.50 \times 10^{-9}/\text{digit}$
	SE-3	N40.5°W	18.3	$1.20 \times 10^{-9}/\text{digit}$

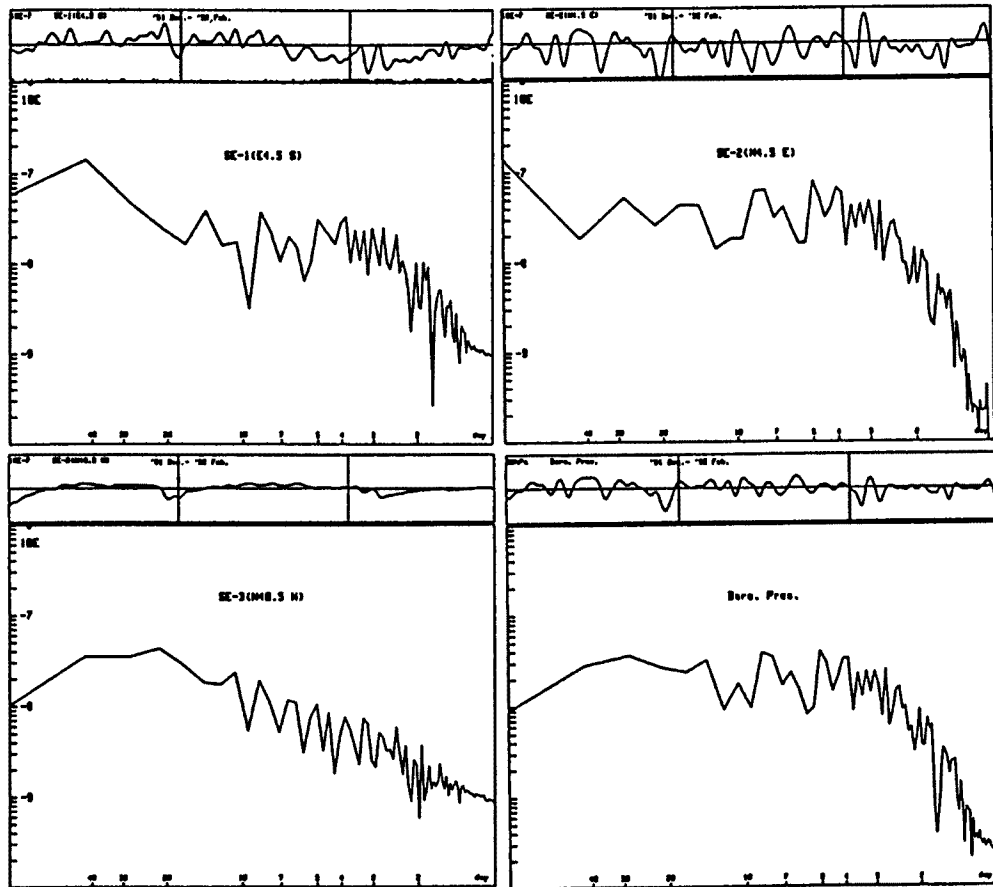


Fig. 3. Ground strains and Fourier spectrum.

いてフーリエ解析を行った。その各成分のスペクトラムを **Fig. 3** に示す。気圧変化と SE-1, 2 の伸縮変動は 3~10 日の周波数領域で非常に良い相関を示していると考えられる。SE-2 は気圧が高くなると“伸び”の変動を示す。SE-1 は気圧が高くなると“縮み”の SE-2 とは逆方向の変動を示す。SE-2 に比べると相関はやや良くないと考えられる。SE-3 は気圧変化にはほとんど影響されないと考えられる。

2.1. 気圧変化と伸縮変動の関係

気圧変化と伸縮変動の関係を調べた。比較の期間は降雨の影響が少ないと考えられる 2 月 1 日から 2 月 25 日である。この期間の気圧変化と伸縮変動の関係を **Fig. 4** に示す。**Fig. 4** の右上の数字は気圧変化に対して伸縮変動をずらした時間を示したものである。プラスは気圧変化に対して伸縮変動が先行することを示す。各成分について直線で近似した。SE-1 は気圧変化に対して伸縮変動が 6 時間先行する場合が最も良い直線性を示していると考えられる。SE-2, 3 は時間の“ずれ”がほとんど見られない。各成分の回帰係数と“ず

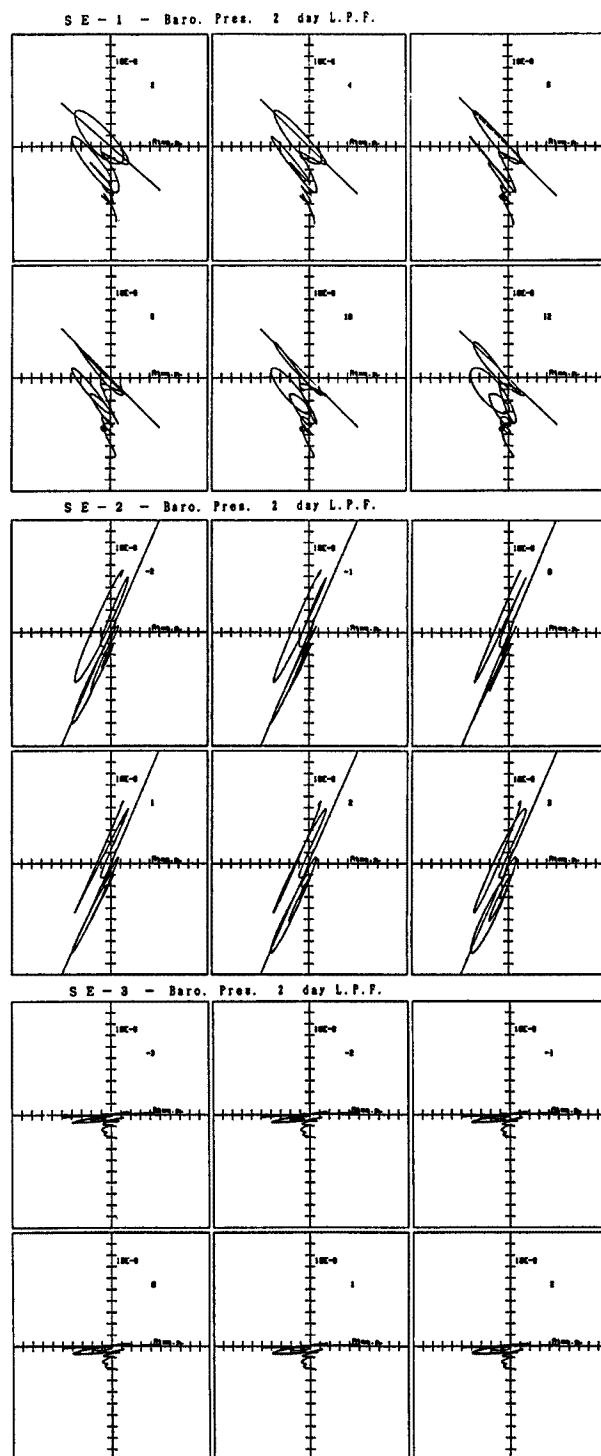


Fig. 4. The relations between atmospheric pressure and strain change.

れ”の時間を **Table 2** に示す。各伸縮成分の回帰係数を気圧変化に乗ずると気圧変化によると考えられる各伸縮変動が求められる。この変動分を元の伸縮変動から差し引き、その残差を元の伸縮変動と比較した。それを**Fig. 5**に示す。**Fig. 5**を見ると、SE-2は気圧変化による伸縮変動分が除去されて、降雨による変動

Table 2. Regression coefficients.

Component	Regression Coefficient	Time Lag
SE-1 (E4.5°S)	$-3.21 \times 10^{-9}/\text{hPa}$	-6 hour
SE-2 (N4.5°E)	$7.06 \times 10^{-9}/\text{hPa}$	0
SE-3 (N40.5°W)	$0.13 \times 10^{-9}/\text{hPa}$	0

が明瞭になっていることがわかる。SE-1 は気圧変化による変動分が一部除去されてはいるが、十分ではない。SE-3 は気圧変化による伸縮変動への影響が小さいのでほとんど変わらない。

2.2. 気圧変化と伸縮変動の周波数依存性

Fig. 4 に示す関係から、時期により直線性が異なっていると考えられる。例えば、SE-1 では気圧変化との“ずれ”が6時間と8時間で、変動の時期により直線性が異なる。これは周波数により気圧変化による伸縮変動の割合と“ずれ”が異なることによると考えられる。このことを詳細に調べるために、各周波数領域について関係を調べた。例として、Fig. 6 に2～3日のバンドパスフィルターを通したデータについて SE-1 の伸縮変動と気圧変化の関係を示す。ここでは6時間の“ずれ”が最も良い直線性を示す。このような試みを種々の周波数領域について各成分で調べた。その結果を Fig. 7 に示す。SE-1,2 は周波数領域によって気圧変化による伸縮変動の割合が変化しており、それはほぼ直線的に変化していることがわかる。同様に“ずれ”も周波数により変化する。SE-3 は気圧変化と伸縮変動の周波数による変化はほとんど見られない。Fig. 7 に点線で示すように周波数に対する伸縮変動の割合と“ずれ”を $Y=AX+B$ の式で直線近似した。係数 A , B のそれぞれ値を table 3 に示す。Fig. 3 に示す気圧変化のスペクトラムに Table 3 の値を用いて

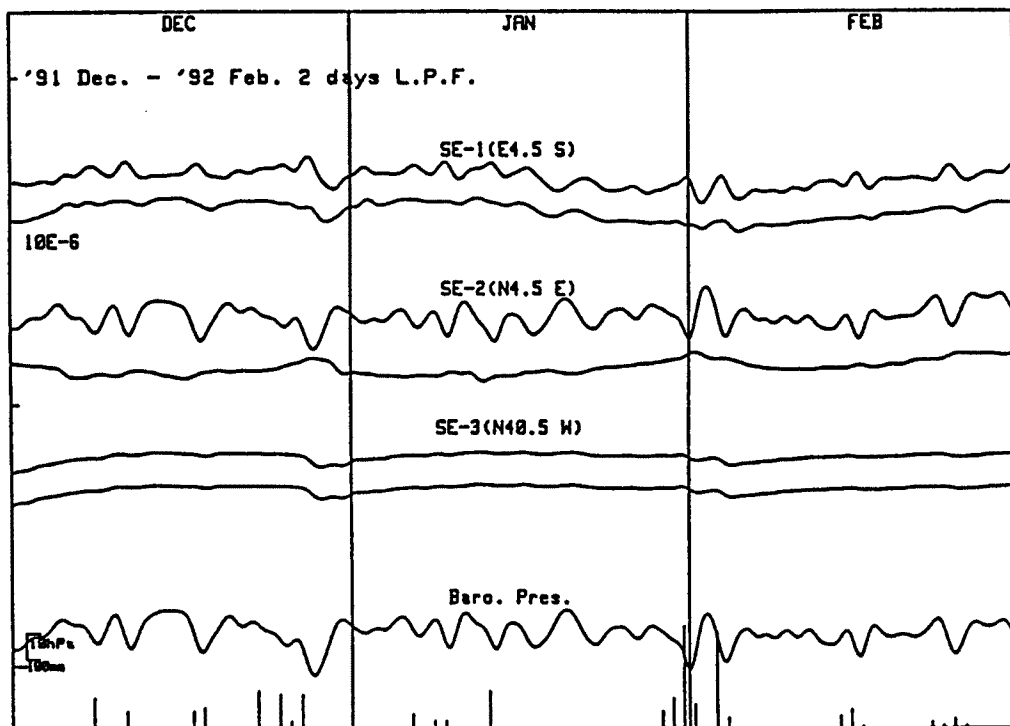


Fig. 5. Strain records of low pass filter for 2 day (upper part of each component) and strain changes removed it due to atmospheric pressure (lower).

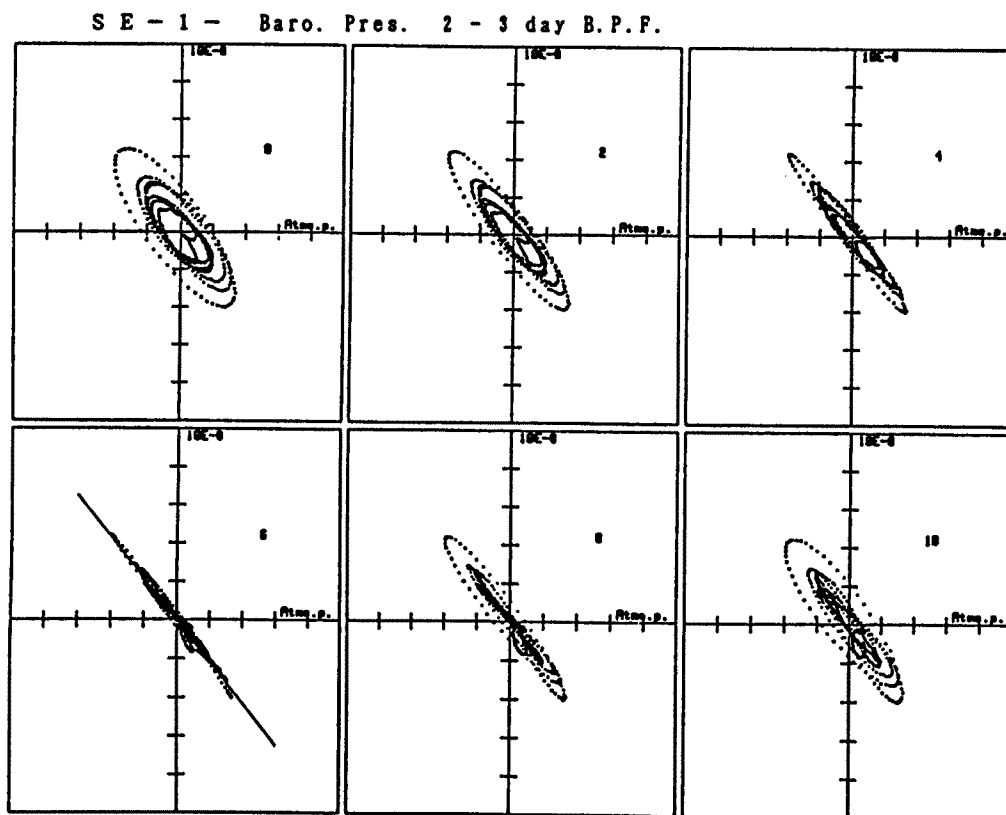


Fig. 6. The relations between atmospheric pressure and strain change of band pass filter for 2-3 day of SE-1 component.

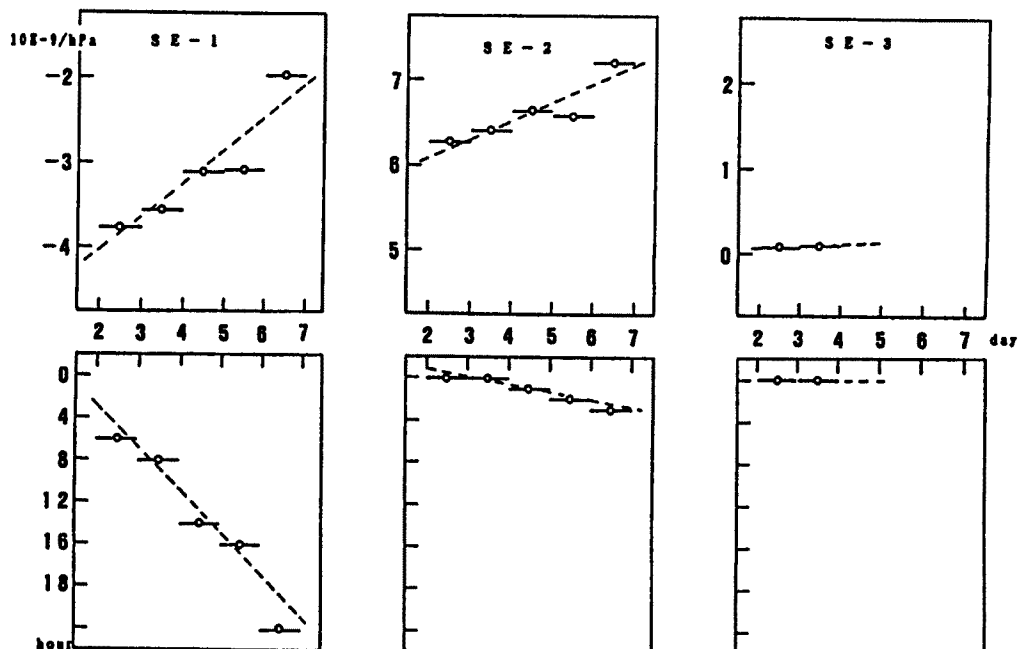


Fig. 7. Change of coefficient of atmospheric pressure (upper) and time lag (lower) with frequencies.

Table 3. Coefficients of linear equation $Y=AX+B$.

Component	Amplitude ($10^{-9}/\text{hPa}$)		Phase (hour)	
	A	B	A	B
SE-1	0.40	-4.85	16.80	-5.70
SE-2	0.25	5.55	0.80	-2.80
SE-3	0	0	0	0

$$Y=AX+B$$

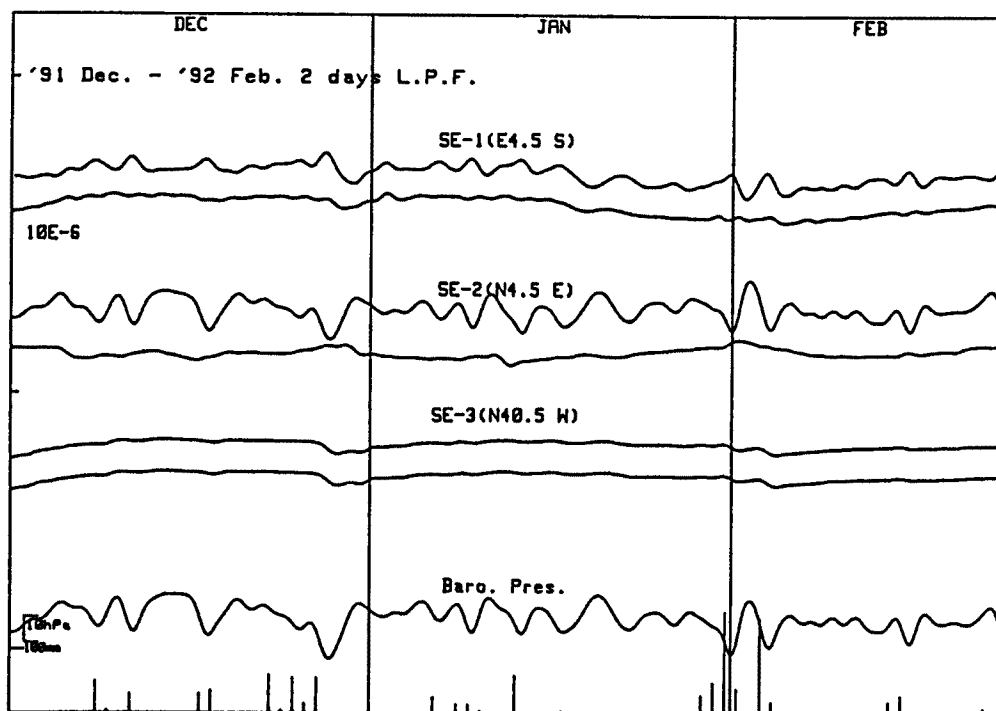


Fig. 8. Strain records of low passed filter for 2 day (upper part of each component) and strain changes removed it due to atmospheric pressure (lower).

振幅と位相の補正を行い、逆変換を行って各伸縮変動の気圧変化分を求めた。このようにして求めた気圧変化分を元の伸縮変動から差し引いた残差を Fig. 8 に示す。Fig. 5 と Fig. 8 を比較すると、後者の SE-1 は気圧変化分の除去が改善されていると考えられる。SE-2 はほとんど変わらない。

3. ま と め

屯鶴峯観測所で観測された伸縮記録には気圧変化による変動が非常に顕著にみられる。ほぼ南北方向の N4.5°E に設置されている SE-2 は気圧が低くなると“縮み”の変動を示す。気圧変化に対する伸縮変動の時間の“ずれ”は小さい。伸縮変動への気圧変化の影響は三成分中で最も大きい。SE-2 と直交方向の SE-1 は気圧の低下とともに SE-2 とは逆の“伸び”の変動を示し、伸縮変動は気圧変化に先行する。そして気圧変化による変動の割合と時間の“ずれ”は周波数により大きく変化する。N40.5°W 方向の SE-3 はほとんど気圧変化に影響されない。これらの周波数依存の気圧変化と伸縮変動の関係から、SE-1, 2 の気圧変化によ

る変動分が良く除去できることが示された。その結果、降雨による変動が明瞭になり、より正確に評価できると考えられる。また地震発生に関連した異常変動が現れるとこのようなデータ処理によりそれが分離できると考えられる。今回解析したのは2日ローパスフィルターを通した周波数領域であり、潮汐変動を含むより高い周波数領域についても気圧変化による影響が予想される。潮汐変動の解析の際には気圧変化による影響を定量的に求める必要がある。今後高い周波数領域の気圧変化による伸縮変動の解析を行い、より詳細に周波数依存性について調べたい。

また、当該観測所の気圧変化の伸縮変動への影響のメカニズムについては興味ある問題である。屯鶴峯観測所ではほぼ南北方向に山の尾根を形成する地形となっており、SE-2 はほぼこの方向に設置されている。従って、前記の気圧変化の各成分の伸縮変動への影響の特長はこの地形によるものと考えられる。これらについては今後解析検討したい。

最後に、本研究を行うにあたって有益なご意見や計算に御助力をたまわった京都大学理学部及び防災研究所の各位に深く感謝いたします。また地殻変動観測は藤田安良技官にお世話になりました。厚くお礼申し上げます。

参 考 文 献

- 1) 志知龍一・岡田義光：坑内における歪観測，測地学会誌，第25巻，第2号，1979，PP. 101-134.
- 2) 高田理夫・尾上謙介：地殻伸縮ひずみと降雨の関係について—屯鶴峯地殻変動観測所の場合—，京大防災研年報，第28号 B-1，1985，PP. 49-53.
- 3) 檜皮久義・佐藤 馨・二瓶信一・福留篤男・竹内 新・古屋逸夫：埋込式体積歪計の気圧補正，験震時報，第47巻，1983，PP. 91-111.
- 4) Tanaka, T: On the Effect of Atmospheric Pressure upon ground Tilt, Bull. Disast. Prev. Res. Inst., Kyoto Univ., Vol. 18, Part 2, 1968, PP. 23-36.
- 5) 尾上謙介・藤田安良・古澤 保：屯鶴峯地殻変動観測所における地殻変動観測—1980～1989—：京大防災研年報，第33号 B-1，1990，PP. 93-101.
- 6) 古沢 保・尾上謙介・高田理夫：屯鶴峯における光電変換装置による伸縮計のデジタル観測，測地学会誌，第19巻，第2号，1973，PP. 76-84.