



Title	えりもにおける地殻変動連続観測 1974
Author(s)	笠原, 稔; KASAHARA, Minoru; 田中, 安守 他
Citation	北海道大学地球物理学研究報告, 34, 79-92
Issue Date	1975-11-29
DOI	https://doi.org/10.14943/gbhu.34.79
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/14056
Type	departmental bulletin paper
File Information	34_p79-92.pdf



えりもにおける地殻変動連続観測—1974—

笠原 稔・田中 安守・横山 泉

北海道大学理学部附属えりも地殻変動観測所

(昭和50年6月20日受理)

Observation of Crustal Deformation at Erimo in Hokkaido—1974—

By Minoru KASAHARA, Yasumori TANAKA and Izumi YOKOYAMA
Erimo Geophysical Observatory, Faculty of Science, Hokkaido University
(Received June 20, 1975)

This report is the serial report of the continuous observation of crustal deformation at Erimo since 1971.

According to the observational data of the silica-tube extensometers and the water-tube tiltmeters since the beginning of the observation, the following results are obtained: the variation of linear strain in E-AB component, of which accumulation rate had been larger than $10^{-6}/\text{yr}$. till 1973, has decreased in 1974 approaching to the same level as the other components which have changed with a rate of about $3 \times 10^{-7}/\text{yr}$. in average during the last three years. The latter rate agrees in the order of magnitude with those of the stationary tectonic strain and tilt in Japan. A peculiar mode of variations in the tilt and strain rates related with the occurrence of the Earthquake off Nemuro Peninsula ($M=7.4$), June 17th, 1973 is deduced from their secular variations after the filtering of annual changes. The earthquake occurred after the changes of direction in all the secular variations of tilt and strain rates. Similar pattern was reported on the occurrence of the earthquake in the central part of Gifu Prefecture, September 9th, 1969, at the Inuyama Crustal Deformation Observatory.

The resurveys of the precise levels around the observatory were carried out by Geographical Survey Institute and the authors in September 1974 after the last survey in 1969. The result shows that the area including the observatory and Erimo Cape inclined to the N50°W-N80°W direction with 2.4×10^{-7} rad./yr.. This tendency agrees with the resultant tilt deduced from the continuous observation at the observatory during the recent 3 years, that is, in N49°W direction with 3.5×10^{-7} rad./yr..

From the third resurvey of the base-line network by the electro-optical means (Geodimeter 6A type) in 1974, it was found that any strain accumulation larger than the observational error was not progressing in this area during the last two years.

I. はじめに

この報告は、先の報告〔笠原・田中・横山(1972), 笠原・田中・横山(1973), 笠原・田中・横

山・大川(1974)一以下それぞれ第1報, 第2報, 第3報と称する)に引き続き, 1974年にえりも地殻変動観測所で得られた観測結果についてのものである。

水管傾斜計による傾斜変化についてみると, 前半は前年同様北下りの傾向が見られたが, 後半西下りの傾向に転じている。永年変動としては, この3年間でN49°Wへ約 1×10^{-6} rad.の傾動を示した。1974年9月に, 国土地理院によるえりも岬をまわる二等水準路線の再測が行なわれ, 同時に我々はそれにつながる一等水準路線の再測を行なった。それらの結果による広域な傾動と連続観測によるそれとはかなり良い一致を示すことが明らかになった。一方, 水平振り型傾斜計は相変わらず大きいドリフトを示している。

伸縮変化についてみると, 今まででかなり大きな変動を示していたE-AB(NW-SE)成分は, この一年では約 5×10^{-7} /yr.の縮みとなり, 他の2つの成分の約 3×10^{-7} /yr.の変動と比較しておかしくない程度になった。3回目の光波測距儀による辺長測量の結果でも全体として 10^{-6} /yr.を越える歪の集積は見い出されていない。

3年間の水管傾斜計および石英管伸縮計によるデータに基づいて, 長周期の傾動速度・歪速度の変動を調べてみると, 1973年根室半島沖地震の発生に関連すると思われる変動モードが見い出された。

以上の諸結果ならびに坑内温度変化について報告する。

なお, 各観測器械の坑内での配置についてはFig.11を, 諸定数については第2報を参照されたい。

II. 観 測 結 果

(a) 1974年の変動について

1974年に, 水管傾斜計, 石英管伸縮計によって得られた日平均値に基づく月平均値を Table 1

Table 1. Monthly mean values of tilt and strain observed by the water-tube tiltmeters and the silica-tube extensometers in 1974.

The value of the left and the right column in each component referred to the value of the beginning of the observation and that of January 1974, respectively. Unit; 1×10^{-9} rad. in tilt and 1×10^{-9} in strain.

+ ; NW down in T-AB, SW down in T-CD and extension in strain.

- ; NE down in T-AB, SE down in T-CD and contraction in strain.

MONTH	T-AB		T-CD		E-AB		E-CD		E-EF	
JAN.	+1637	0	-244	0	-4998	0	-1611	0	-735	0
FEB.	+1508	-129	-380	-136	-5019	-21	-1752	-141	-733	+2
MAR.	+1363	-274	-583	-339	-5026	-28	-1916	-305	-750	-15
APR.	+1601	-36	-526	-282	-4786	+212	-1645	-34	-831	-96
MAY	+1702	+65	-387	-143	-4783	+215	-1311	+300	-761	-26
JUN.	+1882	+245	-375	-131	-4836	+162	-1185	+426	-786	-51
JUL.	+1781	+144	-360	-116	-5176	-178	-1323	+288	-746	-11
AUG.	+1638	+1	-450	-206	-5435	-437	-1590	+21	-702	-33
SEP.	+1736	+99	-451	-207	-5437	-439	-1662	-51	-769	-34
OCT.	+1873	+236	-352	-108	-5280	-282	-1298	+313	-777	-42
NOV.	+1869	+232	-375	-131	-5361	-363	-1223	+388	-732	+3
DEC.	+1816	+179	-333	-89	-5435	-437	-1292	+319	-723	+12

に示した。いずれも左の欄は1971年の観測開始時を基点とした積算値で、第3報のTable 1に続くものであり、右の欄は、1974年1月を基点とした場合の値である。いずれも 10^{-6} /yr. を越えるものはない。

伸縮計の各成分について、日平均値に基づく各年の変動を比較して示したものがFig.1である。全成分に見られる数10日の変動は、第3報で詳述したように坑内からの湧水量の変化に伴うものである。この図で特に注目されるのはE-AB成分の1974年の変化で、前年までのような 10^{-6} /yr. を越える変動が見られなくなった点である。また、周期変動としてあまり大きな年周変動は見られず、冬と夏の湧水期と春と秋の増水期に対応する季節的な変動モードが卓越しているのが特徴である。

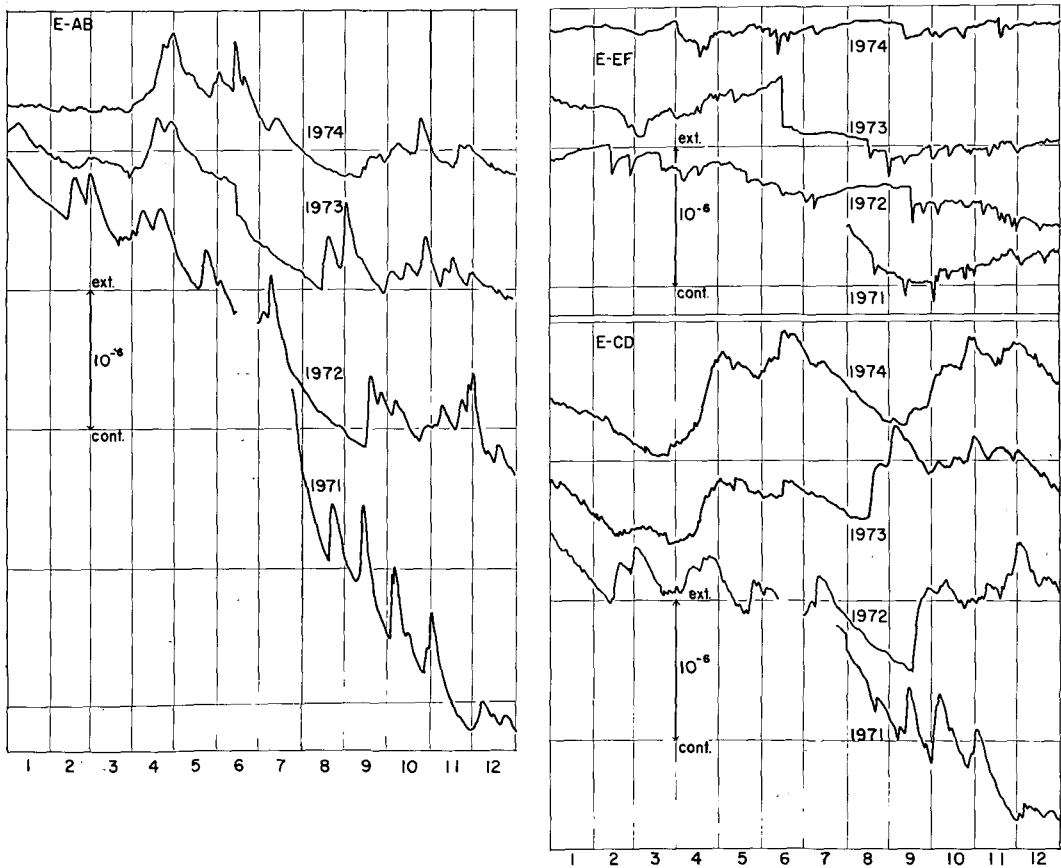


Fig. 1. Time variations of daily means observed by the silica-tube extensometers.

各年の水管傾斜計各成分の変動を比較するために、日平均値に含まれる海洋潮汐の影響〔第2報参照〕を除くため15日幅の移動平均を行なった結果をFig.2に示す。これも伸縮同様湧水に大きく影響された季節的な変動が卓越しているのがわかる。両成分共に、1971年には比較的大きな変動を示しているが、その後は 5×10^{-7} rad./yr.以下の変動で安定していると言える。

次に、水平振子型傾斜計による結果をFig.3に示す。相変わらず両成分共にかなり大きなドリフ

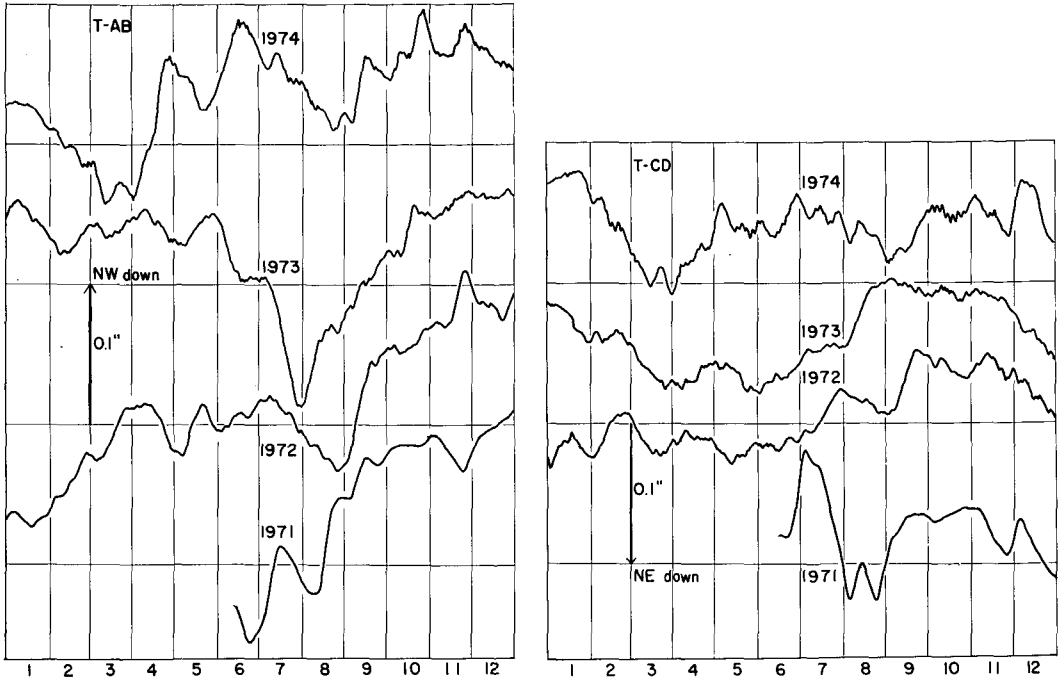


Fig. 2. Time variations of tilts observed by the water-tube tiltmeters.

トを示している。HT-NS成分についてみるとドリフトは時間と共に減少しているようにみえるが、HT-EW成分は1974年3月頃からその割合を急激に大きくしてほぼ一定(約6"/month)になっている。兩年共に1月末~2月初に見られるSE方向への急激な傾動が何によるものかわからないが、人為的なものではない。それ以外の短周期の変動は湧水量の変動によるものである。

(b) 長周期永年変動

傾斜・伸縮共に観測開始後約3年半を経過し永年変動についての考察が可能になってきた。日平均値を用いて、志知(1972)の方法によるデジタル・フィルターを用いて1年以下の短周期変化を除去してみた。具体的には、365日、305日、245日幅の移動平均を3回繰り返すもので、データの両端は平均変化率を一次式で推定し補充するものである。

Fig.1, Fig.2より明らかのように、1971年の結

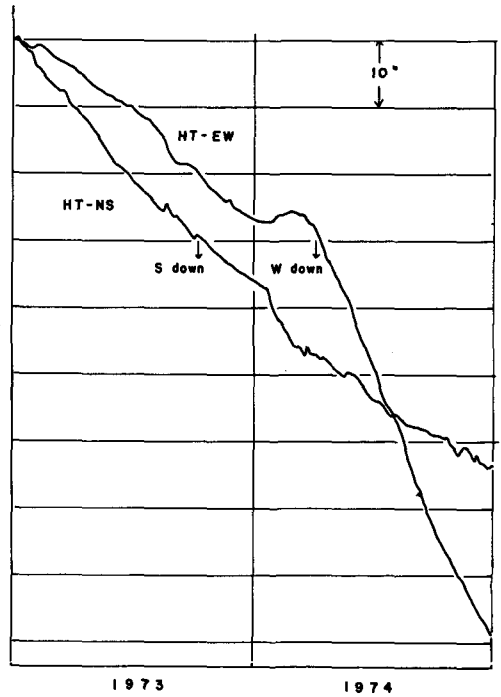


Fig. 3. Time variations of the tilts observed by the horizontal pendulum tiltmeters.

果には観測初期の大きな変動が見られるので、1972年からの3年間のデータについて行なってみた。

Fig.4(a) に伸縮計3成分の日平均値による変動図を示し、フィルタリングされた長周期変動を Fig.4(b) に示した。Fig.4(b) の実線と点線は、Fig.4(a) に点線で示されている1973年の根室半島沖地震による strain step (第3報参照) をそのまま残した場合と、ないものとして補正した場合のものである。E-AB成分以外は、この3年間で $3 \sim 5 \times 10^{-7}$ 程度の変動を示している。E-AB成分は、1973年後半より 5×10^{-7} /yr. 程度の変動になっている。変動速度としては、中根 (

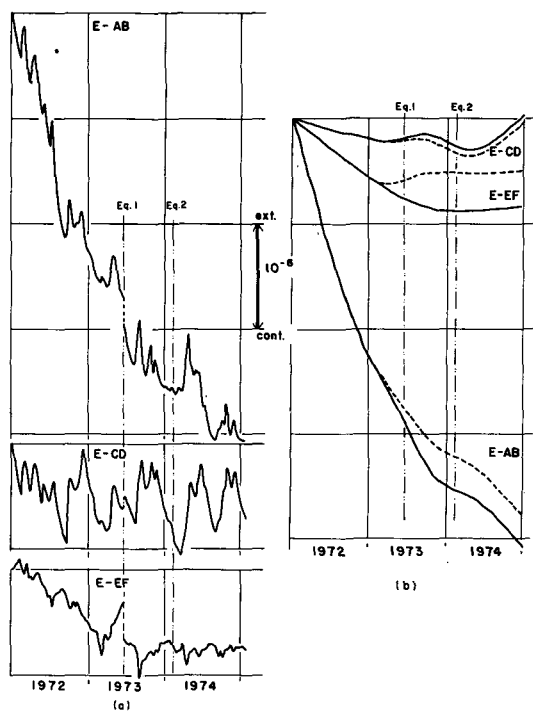


Fig. 4. Time variations of daily means (a) and secular changes (b) in the three components of strain. Secular changes are calculated by means of running means over 365, 305 and 255 days to eliminate the disturbances shorter than a year. In order to check the contribution of the strain steps to the secular changes, dotted lines are composed after strain steps elimination and solid lines include strain steps.

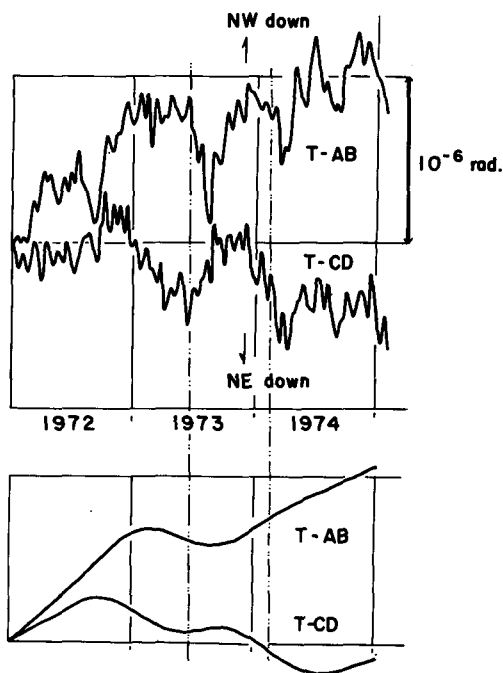


Fig. 5. Daily variations (upper) and secular changes (lower) in tilt observed by water-tube tiltmeters. Secular changes are obtained by the same processing as in the Fig. 4.

1973a, 1973b) により求められた日本の水平歪の定常的な平均集積速度と一致するものである。

Fig.5には、水管傾斜計2成分の日平均値の変動と長周期変動とを示した。長周期変動として、この3年間でT-AB成分は約 1×10^{-6} rad, T-CD成分は約 5×10^{-7} rad. 変化している。この大きさについては、後の章で水準測量の結果と比較される。

全体としてみれば永年変動の大きさは定常的なものと見做されるが、伸縮、傾斜共に、その変動は単調なものではなく、変動の割合・方向が時々変化しているのが見られる。この点を良く見るために、長周期変動の変動速度をFig.6に示す。伸縮各成分の実線・点線は、前述同様、strain stepをそのまま残したものとないものとして補正したものである。フィルター操作の時に、データの両端は平均変化率で推定しているために変動速度が一定になってしまうので、両端の半年はゆがみがあることになる。変動の急変する所が各成分に共通してみられるが、図中Eq.1

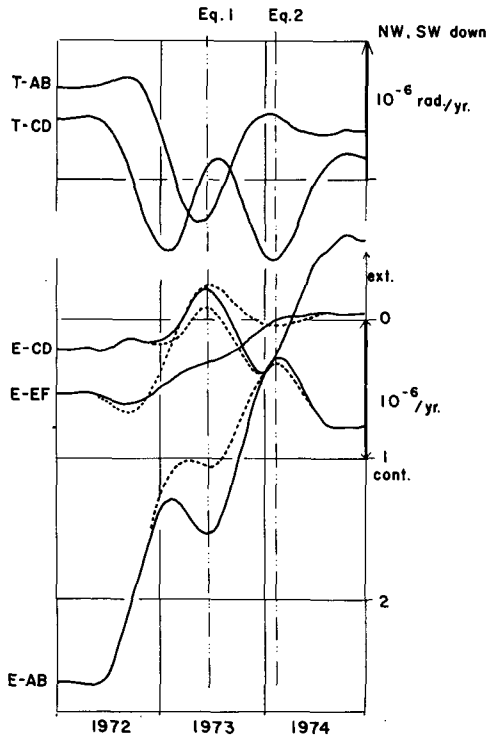


Fig. 6. Time variations of strain and tilt rates derived from the secular changes. Eq. 1 denotes the time of occurrence of the Earthquake off Nemuro Peninsula, June 17th. 1973 ($M=7.4, \Delta=250$ km). Eq. 2 denotes the earthquake occurred off Tokachi, January 25th. 1974 ($M=6.0, \Delta=80$ km).

で示した所は1973年根室半島沖地震 ($M=7.4, \Delta=250$ km), Eq.2は十勝沖に発生した地震 ($M=6.0, \Delta=80$ km) を示している。Eq. 1 についてみれば、志知・木股・飯田 (1973) により岐阜県中部地震 (1969年9月9日, $M=6.6, \Delta=50$ km) に関連して犬山で得られた変動のパターンと良く似ている。Eq.2の場合にもかなり類似点が認められるが、データ後半の問題やEq.1の余効との重複が考えられ少し複雑になっているのかも知れない。また、本質的に変動が小さかったかも知れない。観測期間が短かいため、長周期変動についての詳しい様子 (気象や海洋潮汐に伴うものやこの地域の特性など) が不明であり、今回得られた変動の全てが地震発生に関連するものとは断定しがたいが、今後の観測に期待するものである。

(C) 精密水準測量

Fig.7 に示すような、一等水準点8010よりよりも岬をまわる二等水準路線が1969年に国土地理院により設置され、その年に1回目の測量が行なわれている。1974年9月に、国土地理院は、8009-8010-二等水準路線-8014の再測を行なった〔国土地理院(1975)〕。過去の測量と比較するために我々は、8008-8009, 8010-8011-S F245および8014-8016の再測を同時に行なった。国土地理院および我々共に、測量は一等水準の

精度, 往復測量の較差が $(2.5/\sqrt{S_{km}})$ mm 以内, で行なった. 我々の用いた器械は, ZEISS OPTON Ni2(マイクロメーター付) および ZEISS 1等標尺である.

8014-8016間のB.M. ERM-1は, 1974年7月に我々が埋設したものである. 測定結果を, Table 2 に示す. 8010を仮不動点として, 8010の標高は昭和47年成果表によるものである. 1974年-1969年の変動量をFig.8に示した. 特に大きい変動を示した点(8009, SF245, 8014, 020)を除いて, この地域の傾動を見ると, 新設された二等水準点004, 012~016は一体とした傾動を示さないようである. 過去の一等水準測量の結果から, この地域は幌泉剪裂帯〔舟橋・猪木(1956)〕以南はほぼ一体運動をすることが知られている〔中井(1966), Yokoyama and Arimatsu(1971), 笠原(1975)〕. この事と観測所を含むという観点から, 8008, 8010, 8011についての傾動を見ると, $N50^{\circ}W \sim 1.2 \times 10^{-6}$ rad. 傾斜したことになる. さらにえりも岬をも含めると傾斜方向は西へ偏る. 全体としては, この5年間で $N50^{\circ} \sim 80^{\circ}W$ 方向へ, 1.2×10^{-6} rad. 傾動したと考えられよう. 前章で述べた水管傾斜計により得られた永年変動の傾動ベクトルと比べてみたのがFig.9である. 連続観測によると, 最近の3年間で $N49^{\circ}W \sim 1.05 \times 10^{-6}$ rad. 傾動したことになる. 変動速度としては水準測量によれば 2.4×10^{-7} rad./yr., 連続観測によると 3.5×10^{-7} rad./yr. となる. 両者の傾動方向および大きさの一致の程度はかなり良いものと言えよう. こうした連続観測と測地測量との調和は他の地域でも得られている〔例えば, 志知(1973), 笠原(1973)〕が, えりも地域でも確かめられた事は有意義なことであり, 今後の観測が大いに期待されると言えよう.

Table 2. Results of the precise levels in 1969 and 1974 near the Erimo Geophysical Observatory. Difference values are referred to B.M. 8010.

B.M.	1969	1974	DIFFERENCE
8008	19.1574m	19.1527m	- 4.7mm
8009	15.1562	15.1312	-25.0
8010 (FIXED)	18.1442	18.1442	0
8011	42.0642	42.0655	+ 1.3
SF 245	81.0670	81.0800	+13.0
8014	50.7808	50.7734	- 7.4
ERM 1	---	30.2776	---
8016	26.7666	26.7701	+ 3.5
15-097-002	28.9822	29.3939	'74 RESET
15-097-004	14.9092	14.9049	- 4.3
15-097-006	53.2622	53.2652	+ 3.0
15-097-008	14.8442	14.8489	+ 4.7
15-097-010	55.7762	58.5191	'74 RESET
15-097-012	22.2722	22.2772	+ 5.0
15-097-014	24.7612	24.7741	+12.9
15-097-016	14.6702	14.6802	+10.0
15-097-018	7.8102	7.8168	+ 6.6
15-097-020	6.4202	6.4429	+22.7

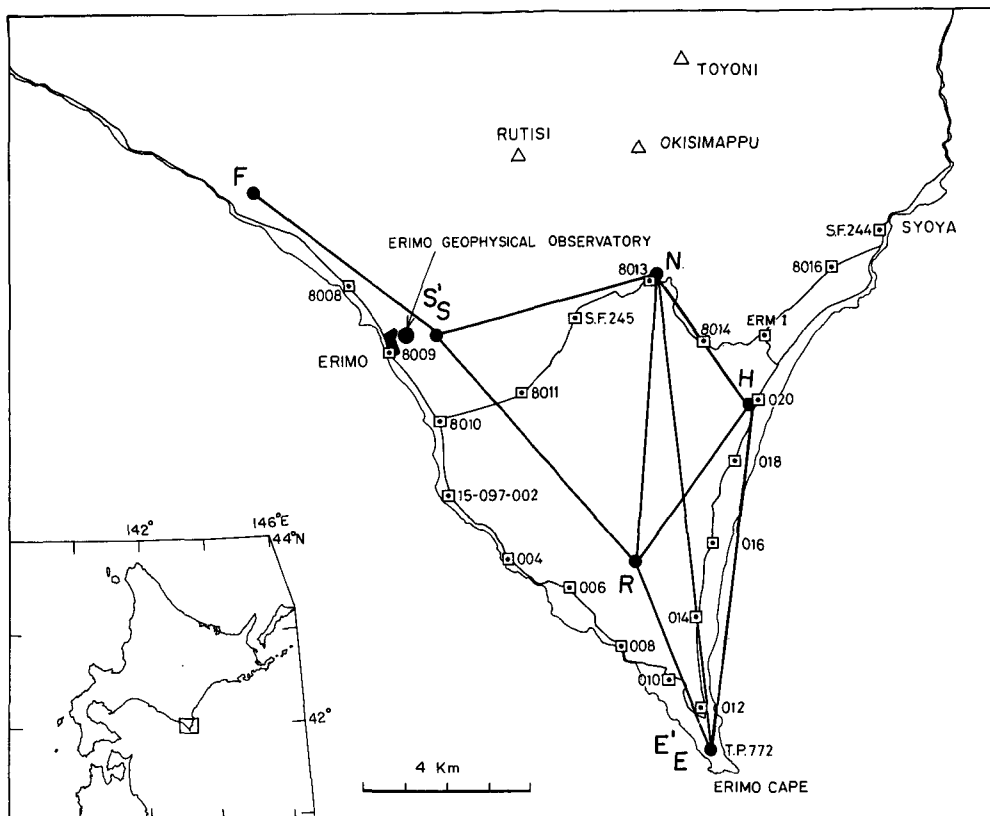


Fig. 7. Levelling route (~●~) and base-line network (solid line) in the vicinity of the Erimo Geophysical Observatory.

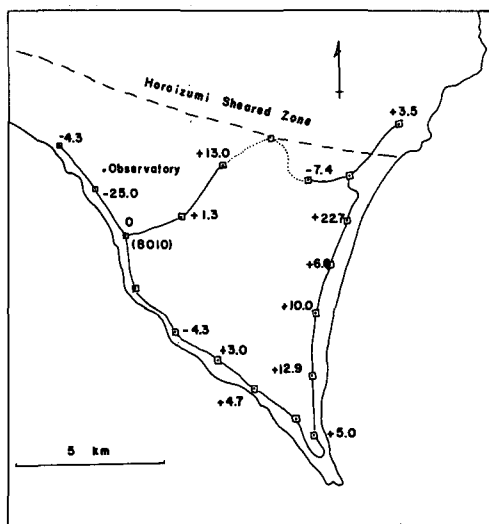


Fig. 8. Distribution of vertical displacement in mm referred to B.M.8010 during the interval 1969 to 1974.

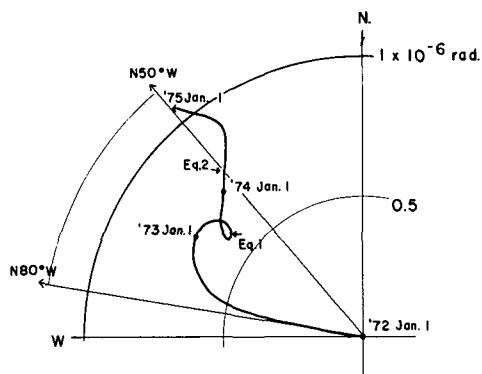


Fig. 9. Comparison between the resultant tilt by the levelling data and that by the continuous tilt-metric observation.

(d) 光波測距儀による辺長測量

Fig.7 に示した辺長測量網の光波測距儀 (Geodimeter 6A型) による3回目の測定を1974年10月に行なった。今までは、S点およびE点は既存の三角点を利用していたが、今回からは他の点同様専用のコンクリート製の杭を新設した (S'点 E'点)。今後は、三角点および専用杭の両方の測定を行なっていく予定である。測定結果を Table 3 に、各測線の変動を歪値にして Fig.10 に示した。前回特に大きな変動を示した RE および NS は、今回の測定では測定誤差を越える変動は示していない。今回は NH が大きな変動を示しているが、これは 6A 型の故障により 1975 年 1 月に Geodimeter 76 型により測定したものである。両者の器差をはるかに越えるもので、季節的な影響も考えられるが、今後の測定に待ちたい。

全体として測定誤差を越える変動は見い出されないと考える。このことから、伸縮計 E-AB 成分に 1972 年~1973 年に記録された 3.5×10^{-6} におよぶ縮みは人為的なもの (坑道の掘さく等) によるものであることがわかる。1974 年中に伸縮計に表われた変動が全て本物として考えてみると、主歪として、 $N34^{\circ}W$ 方向に約 $6 \times 10^{-7}/yr.$ の縮み、 $N56^{\circ}E$ 方向に約 $3 \times 10^{-7}/yr.$ の伸びとなる。この割合で歪の蓄積を続けていくものとすれば、5 年で測定誤差を越える変動となる。定常的な歪の集積を続けている場合には、1 年程度の測量で得られる変動は誤差範囲内であるが、異常の始まる時期を見出すためにも、定常的な歪の集積を精度よく議論するためにも年 1 回の測量は必要であろう。

(e) 坑内温度変化

1972 年 9 月より坑内温度の観測を開始し 2 年間続けたが、防湿不完全のために故障するものが多くなったので、1974 年 9 月に電源お

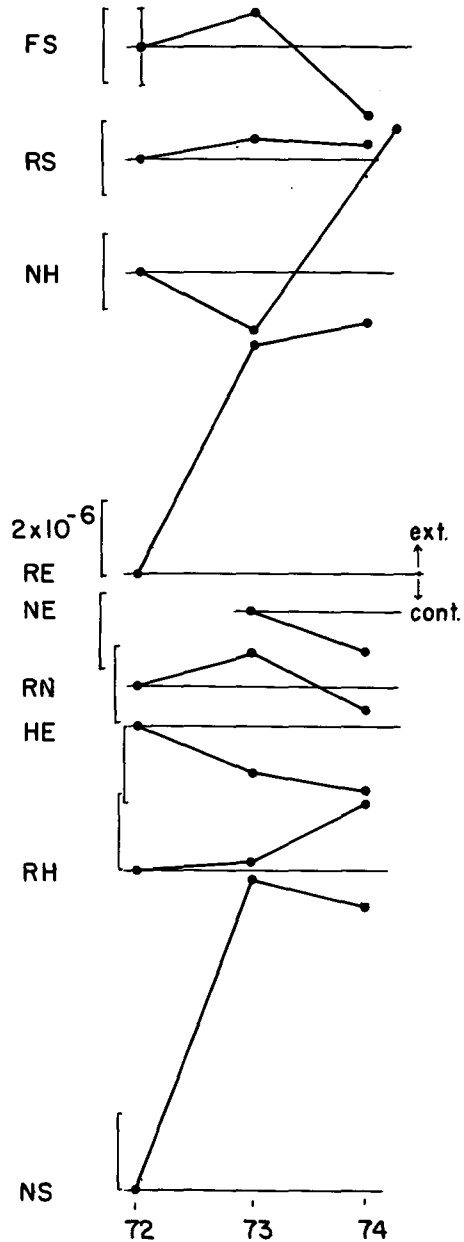


Fig. 10. Variations of each base-line lengths from the repeated geodimetric surveys are shown by equivalent strains.

Table 3. Results of geodimetric surveys near the Erimo Geophysical Observatory.

Base line	Distance	S.D.	Difference	Strain
F-S	1) 5464.709m	1mm	0mm	$\times 10^{-6}$
	2) .714	3	+ 5	+0.9
	3) .699	4	-10	-1.8
F-S'	3) 5341.623	10		
N-S	1) 5325.103	2	0	
	2) .147	4	+44	+8.3
	3) .143	4	+40	+7.5
N-S'	3) 5332.991	3		
R-S	1) 7180.738	4	0	
	2) .742	5	+ 4	+0.6
	3) .741	4	+ 3	+0.4
R-S'	3) 7319.945	5		
N-H	1) 3895.494	3	0	
	2) .488	6	- 6	-1.5
	3) .509	5	+15	+3.9
R-N	1) 6739.726	3	0	
	2) .732	6	+ 6	+0.9
	3) .722	5	- 4	-0.6
R-H	1) 4589.232	4	0	
	2) .233	9	+ 1	+0.2
	3) .240	4	+ 8	+1.7
R-E	1) 4798.163	4	0	
	2) .192	5	+29	+6.1
	3) .195	4	+32	+6.7
R-E'	3) 4808.997	13		
H-E	1) 8189.258	6	0	
	2) .245	4	-10	-1.2
	3) .244	4	-14	-1.7
H-E'	3) 8200.227	5		
N-E	2) 11280.868	3	0	
	3) .856	3	-12	-1.1
N-E'	3) 11292.094	3		

1) OCT. 16, 17. 1972 2) OCT. 15, 16. 1973 3) OCT. 24, 25, 26. 1974

(+; extension, -; contraction)

よびブリッジ回路部分の修復と全体の再配置を行なった。各素子の配置を Fig.11 に示す。以前の2年間に良好な記録の得られた素子についての年変化を Fig. 12 に示す。第3報で述べた様に、ドリフトが大きく ($0.1\sim 0.2^{\circ}\text{C}/\text{yr.}$) それを越える年周変動は見出し難いようだ。このドリフトを確かめるために、サーミスター7, 8を置いた場所に 0.1°C 目盛の標準温度計を設置し、それを写真撮影し引き伸ばすことにより 0.01°C まで読めるようにして絶対温度の変化を観測するようにした。

再配置後から1975年3月までの変化を外気温と共に Fig. 13 に示した。いずれも毎日0時の値である。T.1の変化が大きいのは、入坑に伴ない外気の影響をかなり受けているためである。断熱上、扉を二重にした事はかなりの効果があったことがわかる。坑内の短周期変動についてみても、一番奥にあるT.4の振幅が小さいことから、これらの原因も入坑に伴う人為的なものが多いということがうかがわれる。

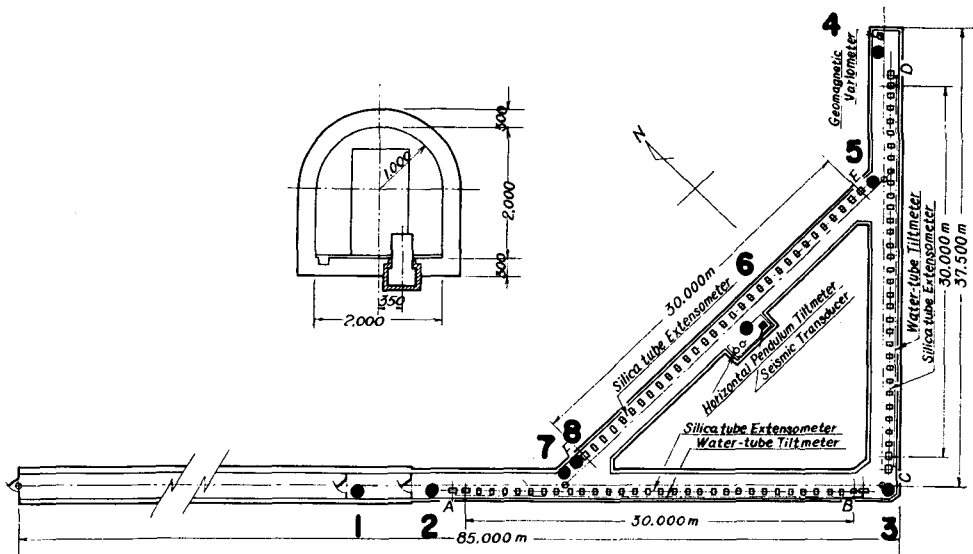


Fig. 11. Distribution of the thermister-thermometers (denoted by the numerals) in the observation vault since Sept. 25th, 1974.

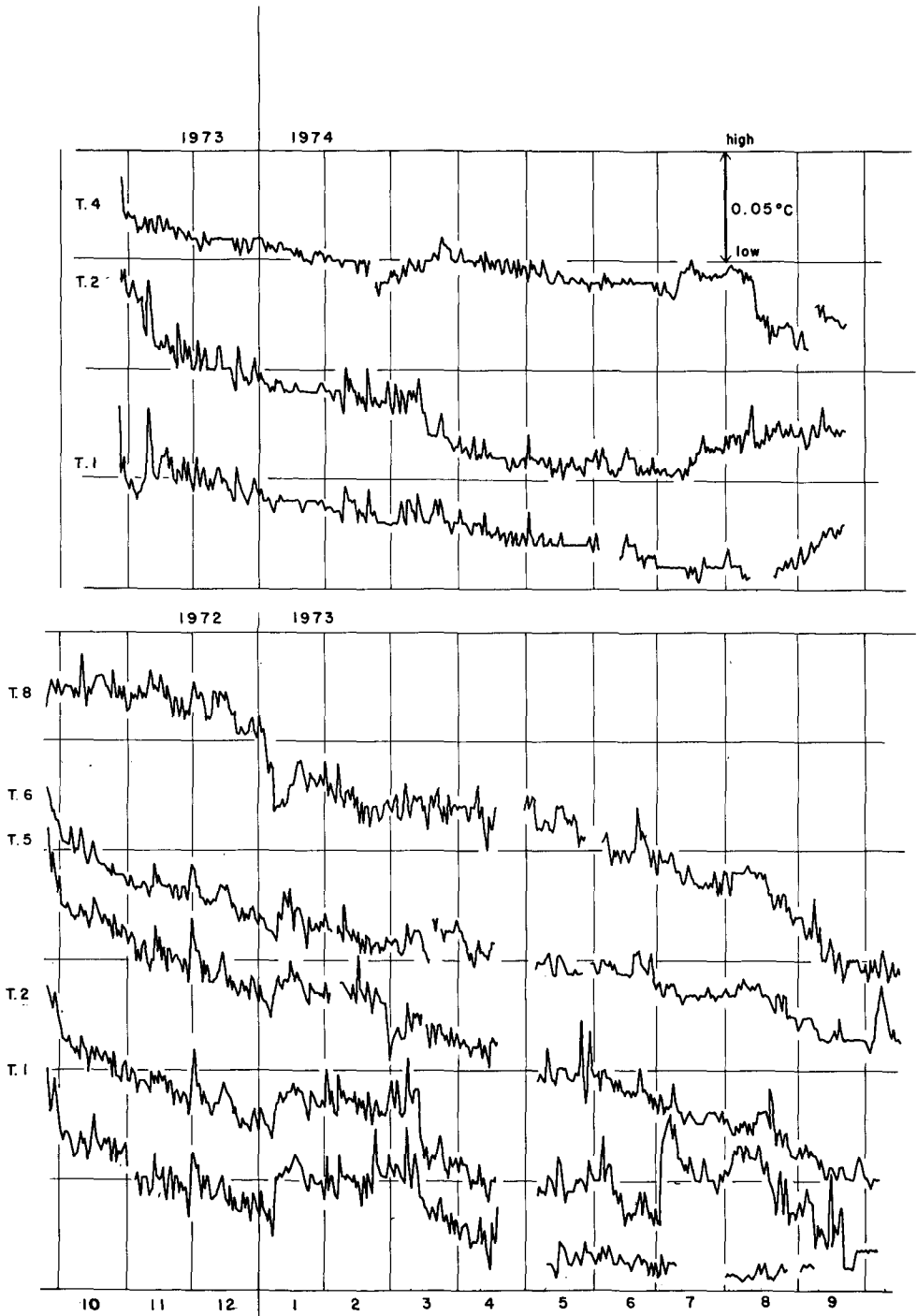


Fig. 12. Time variations of the air temperature in the observation vault during the period Sept. 1972 to Sept. 1974.

III. ま と め

観測開始から1974年までの約3年半の連続観測によると、

1) 昨年までかなり大きな変動を示していたE-AB成分が今年は他の成分と同じオーダーの変動を示すに至った。

2) 観測初期を除いた3年間の永年変動を見ると、E-AB成分を除けば、伸縮・傾斜共に約 $2 \sim 3 \times 10^{-7}$ /yr. の変動を示している。これは定常的な変動として広域的に現われるものと同じである。

3) 長周期永年変動に見られる変動速度の変化のモードには各成分に共通点が見られ、その急変と1973年根室半島沖地震の発生とに時期的な一致が見られた。変化のパターンは、1969年岐阜県中部地震に関連して犬山で得られたものと非常に良く似ており注目される。

4) 5年の間を置いた水準路線の再測によると観測所を含む地域は $N50^{\circ} \sim 80^{\circ}W \sim 2.4 \times 10^{-7}$ rad./yr. の傾動をしたことが明らかになった。一方、水管傾斜計による連続観測によると最近の3年間で $N49^{\circ}W \sim 3.5 \times 10^{-7}$ rad./yr. で傾動している。両者の調和は非常に良いものと言える。

5) 3回目の光波測量によれば、測定誤差(2×10^{-6})を越える歪の集積は見られないが、これは現在伸縮計で記録されている永年変動を一面で支持しているものである。

最後に、デジタルフィルターについて御教示頂いた名古屋大学理学部志知龍一助教授に厚くお礼申し上げます。

なお、計算の一部は北海道大学計算機センターFACOM230-60(課題番号1001ET0050)による。

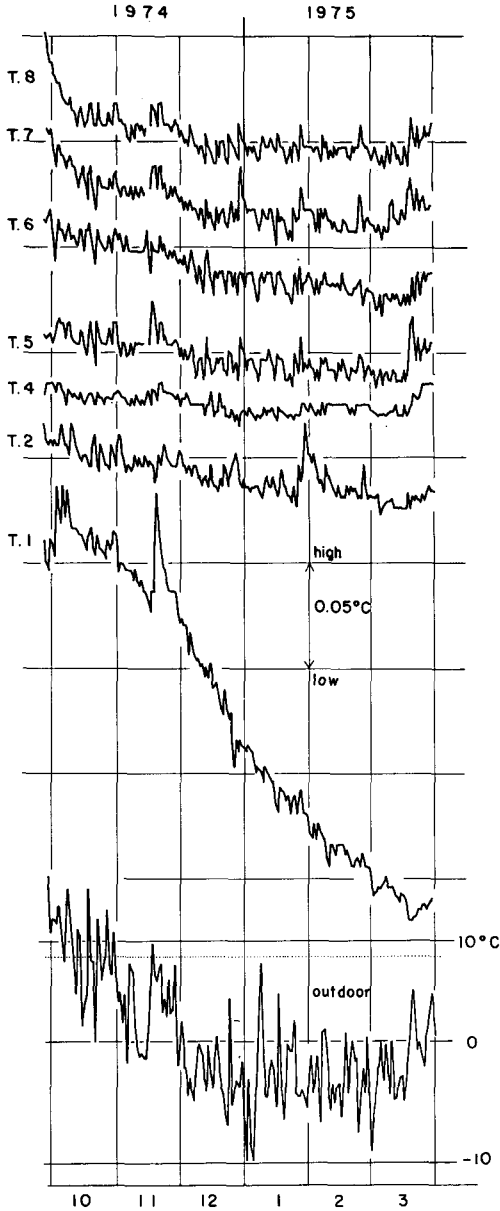


Fig. 13. Time variations of the air temperature and the room temperatures. Several points in the observation vault after the thermister thermometers were rearranged on Sept. 25th, 1974.

- 舟橋三男・猪木幸男, 1956. 5万分1地質図幅説明書「幌泉」. 地質調査所.
- 笠原慶一, 1973. 水準測量と傾斜観測の相補性. 測地学会誌, **19**, 93-99.
- 笠原稔・田中安守・横山泉, 1972. えりもにおける地殻変動連続観測-1971-. 北海道大学地球物理学研究報告, **28**, 83-96.
- 笠原稔・田中安守・横山泉, 1973. えりもにおける地殻変動連続観測-1972-. 北海道大学地球物理学研究報告, **30**, 89-102.
- 笠原稔・田中安守・横山泉・大川史郎, 1974. えりもにおける地殻変動連続観測-1973-. 北海道大学地球物理学研究報告, **32**, 43-61.
- 笠原稔, 1975. 北海道えりも地域の傾動. 日本測地学会第43回講演会要旨, 41-42.
- 国土地理院, 1975. えりも岬付近の上下変動, 地震予知連絡会会報, **13**, 7-8.
- 中井新二, 1966. 北海道日高地方の地殻変動についての一考察. 北海道大学地球物理学研究報告, **15**, 49-57.
- 中根勝見, 1973a. 日本における定常的な水平地殻歪(I). 測地学会誌, **19**, 190-199.
- 中根勝見, 1973b. 日本における定常的な水平地殻歪(II). 測地学会誌, **19**, 200-208.
- 志知龍一, 1972. 地殻変動のデジタルフィルターの改良. 測地学会誌, **18**, 72-77.
- 志知龍一, 1973. 地殻変動連続観測-研究の進展と改善の方向. 地震予知研究シンポジウム講演集, 26-34.
- 志知龍一・木股文昭・飯田汲事, 1973. 犬山における地殻変動の連続観測(IV). 測地学会誌, **19**, 160-170.
- Yokoyama, I. and K. Arimatsu, 1971. Resurveys of the precise levels in the Hidaka district, Hokkaido, after the Tokachi-Oki Earthquake of 1968. *General Report on the Tokachi-Oki Earthquake of 1968*, 215-224.