

7-3 東日本における地殻応力測定を試み(1)

Measurements of Crustal Stress in Eastern Japan (1)

東日本地殻応力測定グループ

The Research Group for Crustal Stress in Eastern Japan

(a) 変形率変化法

1. はじめに

地殻応力測定東日本グループでは、1982年8月宮城県鳴子町（川渡；KWT）において深さ約20mのボーリングを行い、三点の異なる深度でオーバー・コアリング法（東大式）による地殻応力測定を試みた。これらの測定のうち、一点（16.4m）で解析可能な測定結果を得た。また、その測定点下部（深度18.5～19.5m）から定方位コア・サンプルの採取を行った。

一方、東北大学理学部では1982年に秋田県五城目町（GJM）、同県田沢湖町（TAZ）、岩手県沢内村（SWU）に於て、深さ約100mの体積歪観測井のボーリングを行った。これらの地点からは80m以深のサンプルを得た。

これらのサンプルを使用し、変形率変化法（山本・他, 1983）により地殻応力の測定を試みた。ここではKWTサンプルから得られた測定結果とこの地域の他の地球物理学的測定量との比較を行うとともに、この方法により得られた地殻応力について報告する。

2. 測定結果

変形率変化法は繰り返し載荷で得られるサンプルの歪の差 $\Delta \varepsilon(\sigma)$ [$\Delta \varepsilon(\sigma) = \varepsilon_n(\sigma) - \varepsilon_1(\sigma)$ 、但し ε_n はn回目載荷でのサンプルの歪、 σ は圧縮軸応力] から $\Delta \varepsilon - \sigma$ 曲線の非直線の変化開始応力を先行応力として読む方法である。第1図はKWTサンプルの $\Delta \varepsilon$ 測定結果を水平面内で方向別に示したものである。図中の矢印は先行応力を読み取った位置である。第2図は読み取られた先行応力を横軸を方位としてプロットしたものである。各方向とも大きな分散を示すが、比較的測定値が集中して求められる測定（黒丸）のみを使用して解析を行った。結果を第一表にD.R.M.としてオーバーコアリング法による結果とともに示してある。この地点の岩質はヤング率が $1.2 \sim 4.1 \times 10^4$ MPaの範囲に分散し、極めて不均質である。それ故オーバーコアリング法による測定は外周加圧の結果に基づいて解析された。

第3図には、この方法により求められた最大主圧縮軸方向を、1976年に付近に発生したM4.9の地震とその余震分布図（東北大学理学部, 1977）上に本震の発震機構から求められた主圧縮軸方向（佐藤・他, 1979）、精密測地網一次基準点測量により得られているこの地域の最大

主歪（縮み）軸方向（国土地理院, 1982）とともに示した。この図からわかるように、これらは全て調和的である。

第4図は変形率変化法により得られた東北地方各地点の水平面内主圧縮応力を示したものである。GJM, TAZ, SWU のサンプルには定方位がなされておらず主軸の方位は不明である。KWTを除く各地点の最小主圧縮応力はかぶり圧程度である。又, SWU, KWT でGJM, TAZ よりも大きな差応力を示している。

参 考 文 献

- 1) 山本清彦・桑原保人・平澤朋郎, 1983, 変形率変化を用いた先行応力の推定, 地震学会予稿集, 1983, No.1, 245.
- 2) 東北大学理学部: 東北地方及びその周辺の微小地震活動(1974年1月~1975年6月, 1976年5月~1976年10月), 連絡会報, 17(1977), 16-22.
- 3) 佐藤魂夫・中田 高・今泉俊文・大槻憲四郎, 1979, 被害調査から推定される地震活動の卓越方向と地震断層モデル, 地震2, 32, 171-182.
- 4) 国土地理院: 東北地方の水平歪, 連絡会報, 28(1982), 41-58.

(東北大学理学部)

(b) AE 法

1. はじめに

AE法では, 岩石試料の過去の応力履歴効果を利用して, これまで地殻がうけた応力を推定しようというものである。その意味では(a)の変形率変化法と共通している。したがって, この方法が実用化されれば野外から岩石試料を採取してきて, その地域の応力状態を推定することが可能となる。方法は簡便であると同時に低コストでできる利点がある。但し, まだ実用化するには検討すべき問題がある。

このAE法を神奈川県真鶴半島, 静岡県伊豆長岡町及び茨城県笠間市稲田の3ヵ所で採取した岩石について適用し地殻応力の推定を試みた。

2. 測定結果

(真鶴半島) 試料は半島の南側石切場より採取し, 定方位後約1 m³のブロックを岩盤から取出し, 各方向毎の試料について1軸加圧試験によりAE法を適用した。

吾々のAE法はカイザー効果を利用して2回の繰返し加圧の際のAE数の差に着目することによって初期応力を推定するものである。第5図にN45°E方向の岩石試料について応力を推定した例を示した。推定した応力の水平面内各方向での平均値をプロットしたのが第6図であ

る。これによると、水平最大主圧力 $10.0 \pm 1.7 \text{MPa}$ 、 $\text{N}15^\circ \text{W}$ 、同最小主圧力 $7.0 \pm 1.2 \text{MPa}$ という推定値が得られた。

(伊豆長岡) 石切場より採取した安山岩ブロックに対して上と同様に AE 法を適用し応力の推定を行ない、水平最大主圧力 $3.6 \pm 0.8 \text{MPa}$ 、 $\text{N}82^\circ \text{W}$ 、同最小主圧力 $2.7 \pm 0.7 \text{MPa}$ という推定値を得た。

(稲田) 石切場より採取した花崗岩ブロックについて応力の推定を行なったところ、水平最大主圧力 $1.5 \pm 0.2 \text{MPa}$ 、 $\text{N}10^\circ \text{E}$ 、同最小主圧力 $0.9 \pm 0.1 \text{MPa}$ という推定値を得た。

上の前2箇所について AE 法によって推定された最大主圧力を、同地域の浅発地震の発震機構により求められた主圧力方向と共に第7図に示す。

(東京大学地震研究所)

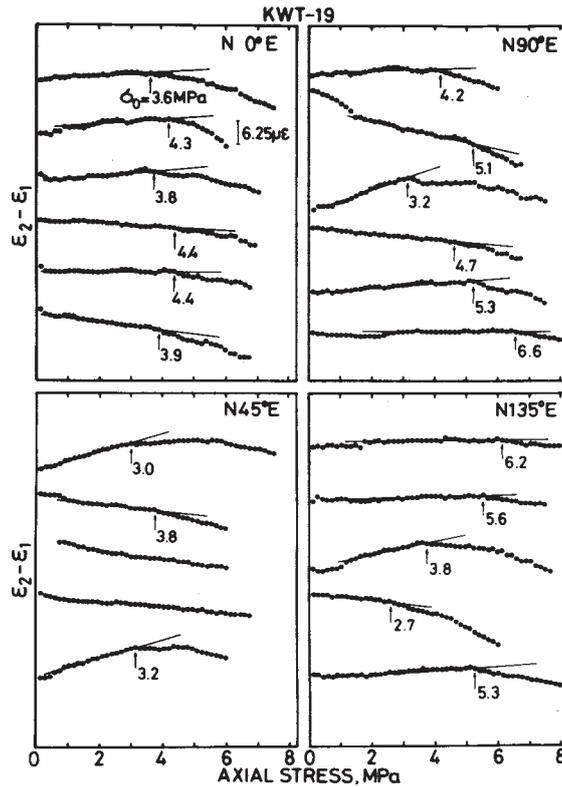
参 考 文 献

- 1) Yoshikawa, S. and K.Mogi, 1981, A new method for estimation of the crustal stress from cored rock samples : laboratory study in the case of uniaxial compression, Tectonophysics, 74 :323 - 339.
- 2) 吉川澄夫・茂木清夫, 1983, 岩石の AE 活動度の応力履歴効果による応力推定法 - 第6報 時間依存性について, 1983, No.1, 232.

表1 川渡で得られた変形率変化法 (D.R.M) とオーバーコアリング法 (東大式) による地殻応力測定結果

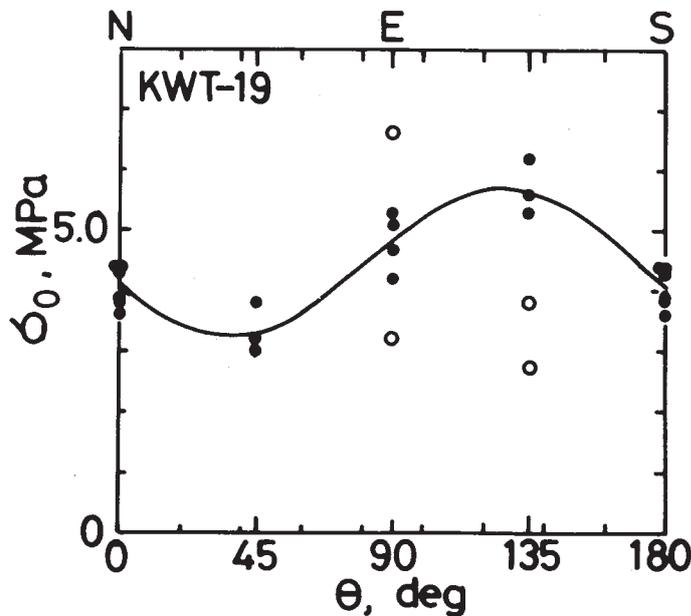
Table 1 The results of the in-situ stresses at Kawatabi obtained by the present method (D.R.M) and by the over-coring method.

	D. R. M.	CVERCORING
$\bar{\sigma}$	$4.5 \pm 0.10 \text{MPa}$	6.4 MPa
σ_{\max}	5.7 ± 0.30	7.3
σ_{\min}	3.2 ± 0.30	5.4
$\theta \sigma_{\max}$	$\text{N } 54^\circ \pm 4.6^\circ \text{W}$	$\text{N } 47.5^\circ \text{W}$



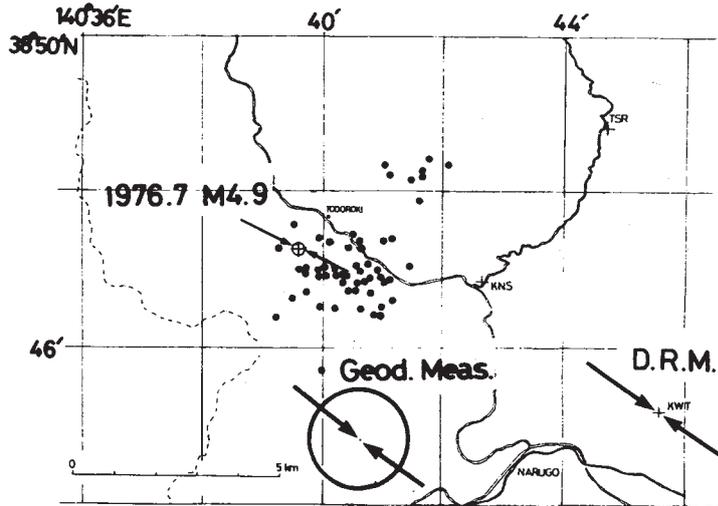
第1図 川渡 (KWT) 深さ 19.4 m で得られた試料の二回目と一回目載荷時の試料歪の差を方位別に示す。矢印は先行応力 (地殻応力) を読み取った位置

Fig. 1 Measured strain differences between the first and the second loadings. The core samples were obtained from a depth of 19.4 m at Kawatabi (KWT; see Fig. 4 for its location). Arrows show the estimated values of in-situ stresses.



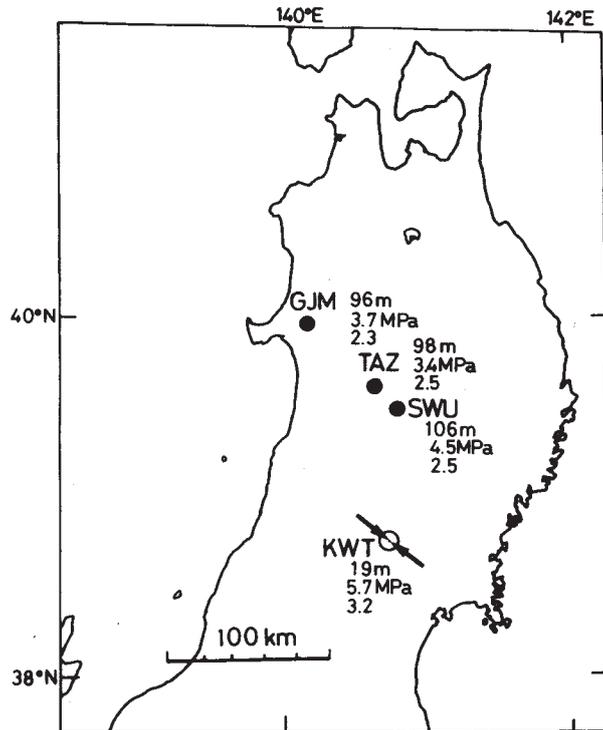
第2図 変形率変化法により求められた地殻応力の方向分布。実線は分散の大きい白丸を除いた黒丸のデータのみに対する最良適合曲線を示す

Fig. 2 The azimuthal change in the in-situ stresses estimated from KWT samples. The solid curve is the best fit one to the data of solid circles, where the data of open circles are omitted because of their large scattering.



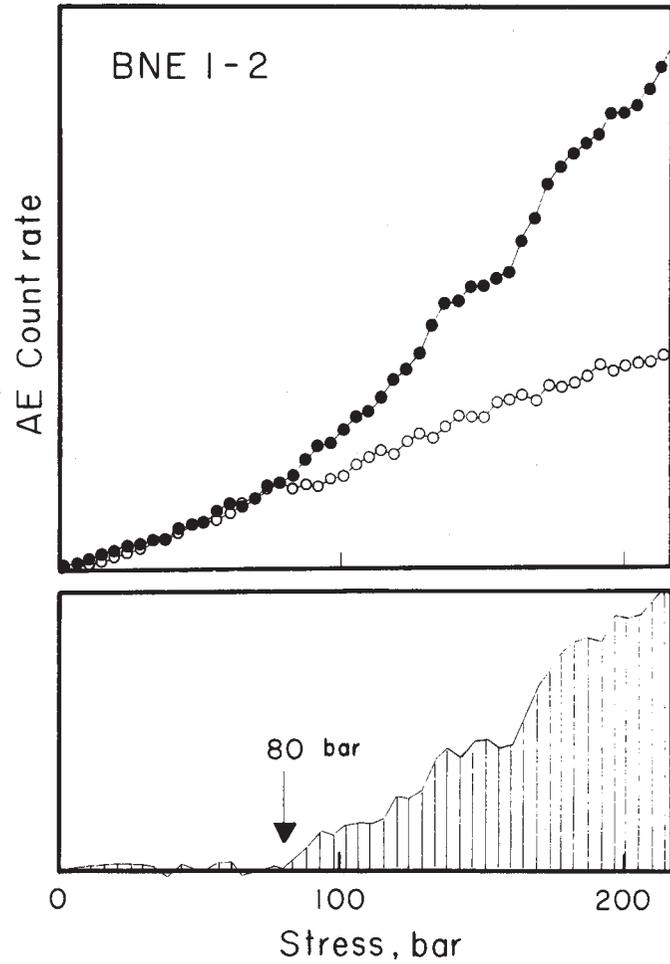
第3図 川渡試料から変形率変化法 (D.R.M.) により求められた最大主圧縮軸方向, 附近に発生した地震の発震機構から得られている圧縮軸方向, 及び精密測地網一次基準点測量によるこの地域の最大縮み方向を示す

Fig. 3 The maximum compression direction estimated at Kawatabi by the present method (D.R.M.) in comparison with those at the vicinity of Kawatabi by the precise geodetic measurements and by the focal mechanism of the earthquake of July, 1976, whose epicenter is shown by the large circle with cross. The epicenters of the aftershocks are also shown by solid circles.



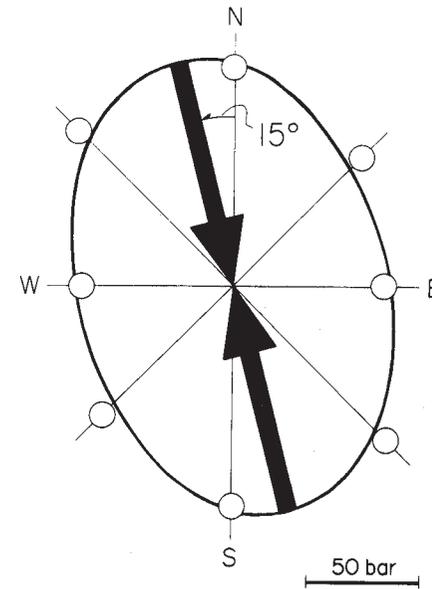
第4図 変形率変化法により求められた五城目 (GJM), 田沢湖 (TAZ), 沢内 (SWU) 及び川渡 (KWT) の試料から求められた水平面内最大最小圧縮応力。試料採取深度も図中に示されている。ただし GJM, TAZ, SWU の試料には定方位がなされていない

Fig. 4 The maximum and the minimum compressional stresses estimated by the present method at Gojome (GJM), Tazawako (TAZ) and Sawauchi (SWU), in addition to Kawatabi (KWT), where the depths of the core samples are also shown. Since the orientations of the core samples are unknown for GJM, TAZ and SWU, the directions of the principal axes are not determined.

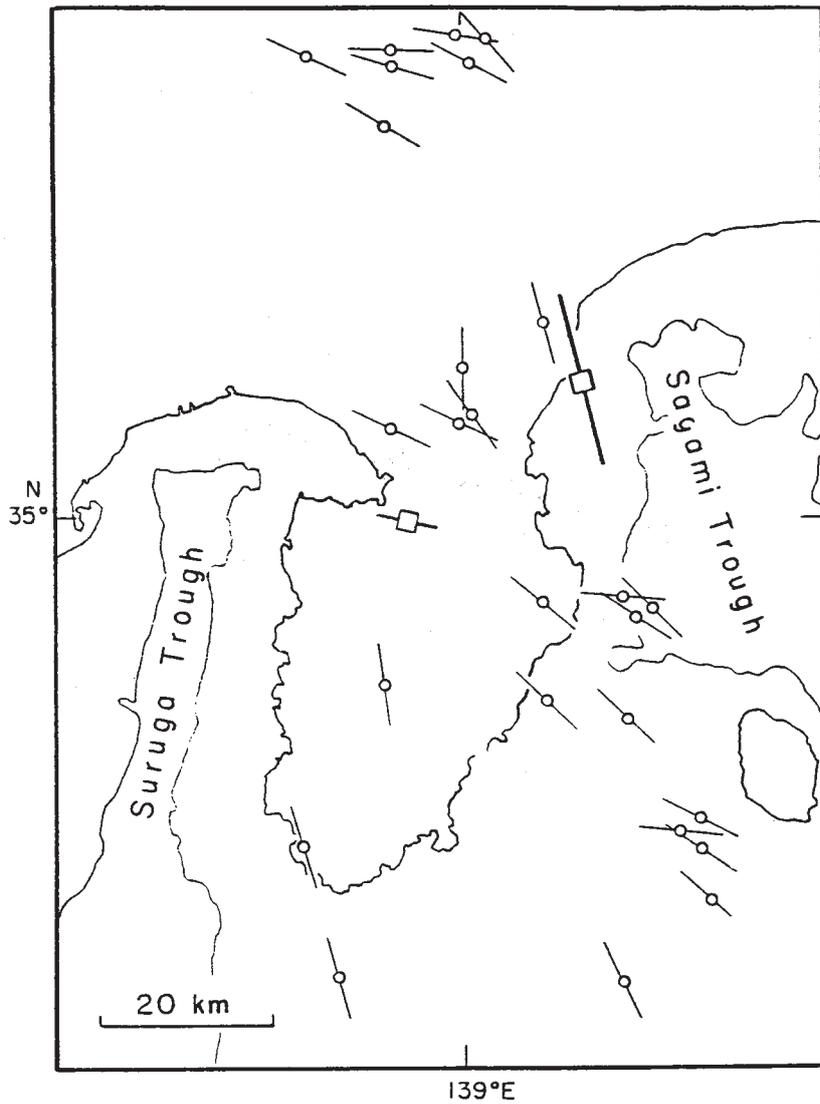


第5図 上 黒丸：第1回目の加圧の際のAE数
 白丸：第2回目の加圧の際のAE数
 下 第1回と第2回のAE数の差
 矢印が推定された初期応力

Fig. 5 An example of stress estimation by the AE method.
 Top: Closed circles show the number of AE events for the first loading, open circles show the number of AE events for the second loading. Bottom: Difference in the number of AE events between the first and the second loadings. Arrow indicates the estimated stress.



第6図 AE法によって推定された水平面内の主圧力
 Fig. 6 The horizontal maximum stress at Cape Manazuru estimated by the AE method. Open circles show the estimated stresses in each direction.



第7図 AE法によって求められた最大主圧力方向（角印）と大きさ
発震機構から求められた主圧力方向も示してある

Fig. 7 The horizontal maximum stresses estimated by the AE method (squares) and the pressure axes obtained by focal mechanisms of shallow earthquakes.