

新潟地震に伴う地磁気の変化について

松 崎 卓 一

On the Magnetic Change accompanying the Niigata Earthquake

Takuichi Matsuzaki

Received January 10, 1966

Abstract

Local changes in the earth's magnetic field accompanying the Niigata Earthquake were studied in this paper. Shipborne magnetic surveys were carried out respectively before and after the Niigata Earthquake on the sea area near Awashima Island off the coast of Niigata prefecture, including an epicenter of the earthquake in 1964. Total magnetic intensity was observed to the accuracy of ± 10 gammas using a towed proton precession magnetometer on board the survey ship "Takuyō" belonging to the Hydrographic office of Japan.

From the results of the surveys, it has been found that total intensity of the earth's magnetic field shows a distinct local change of about several tens of gammas caused by the Niigata Earthquake. This change may be explained by considering that at the time of the earthquake the change in the stress within the earth's crust produced the change in the earth's magnetism.

1 まえがき

昭和39年6月16日、粟島南方の海底に震源を有する Mag. 7.5の地震が発生した。この地震によって粟島が約1m前後隆起し、かつ西方に傾いた。また、海底地形測量の結果から、粟島と本土とのほぼ中央部を、北北東～南南西に走る軸を中心に粟島一帯が隆起し、鼠ヶ関～岩船の海岸に沿って沈降している。また、この地震によって多数の亀裂や断層・山崩等が粟島を始めとして新潟県の各地に生じた。このような大きな地震に伴って地磁気はどう変化したかを調べることは興味のあることである。

地震によって地磁気に影響が生じたかどうかという問題は、昔から多くの学者によって調査されてきた。最近、地震の頻発に伴って地震予知の問題が採り上げられ、日米科学協力・UMP計画・地震予知計画等として具体的に研究され、実施に移されつつある。

わが国における地震と地磁気との関係に関する研究は、古くは1891年田中館博士(1833)・長岡博士により、美濃・尾張地震に伴う地磁気の変化が報告されている。

その後、加藤博士(1938)(1950)(1953)によって1930年北伊豆地震、1933年三陸地震、1935年静岡地震、1949年栃木地震、1952年十勝沖地震等多くの地震に伴って変化した地磁気擾乱について報告されている。

また、加藤博士、歌代博士(1949)により1946年に起こった南海道大地震に伴って生じた地磁気の変化について報告がなされた。これは当時海上保安庁水路部が、潮岬の東方約30kmの地点にある勝浦町に地磁気観測所を設けて水路部型磁気儀により、地磁気の偏角の24時間観測を継続していた。この勝浦の偏角の日平均値をわが国の基準観測所の柿岡の偏角の日平均値と比較した結果、地震時に4.5'勝浦の値が急に減少し、その後6か月を

経て元の値に復帰した。この現象は地震に伴って生じた地球内部の歪の消滅により地磁気が変化したものと推定されている。

今回の新潟地震の際に、ちょうど海上保安庁水路部では、測量船「拓洋」により震源地付近の海上をプロトン磁力計を用いて磁気測量を実施していたので震源地付近の地震前後の地磁気の変化を測定することができた、その結果について述べる。

2 測定計器

測定計器として船舶用のプロトン磁力計を用いた。プロトン磁力計では水のプロトンの歳差運動の周波数を測定することにより、地球磁場の全磁力の強さを知ることができる。

全磁力を F 、プロトンの歳差運動の周波数を f とすると

$$F = 23.4865 f \text{ ガンマ}$$

なる式が成立するので、 f を測定することにより、地球磁場の全磁力の強さを測定することができる。今回用いたプロトン磁力計の特色は、プロトンの歳差運動の周波数を水晶発振器による標準の周波数で計数し、これを digital 化し、表示管により直読可能とし、さらに電子計算機 HIPAC 103 により計算処理し得るように puncher に接続してある。

一方、周波数の digital 量を analog レコーダーに導入して地球磁場の全磁力の変化の状況が、直ちにわかるように記録紙上にカーブとして記録される。

性能を次表に示す。

プロトン磁力計性能表

(1) 測定範囲	38,000~52,000 γ
(2) 分解能	$\pm 2.5 \gamma$, $\pm 5 \gamma$, $\pm 10 \gamma$ (3 Range 切替え可能)
(3) 測定精度	最高 $\pm 2.5 \gamma$
(4) 測定時間間隔	10 秒または 1 分ごと
(5) 10 進表示部	5 けた
(6) 2 進計数部	8 ビット式テープにパンチ
(7) アナログ量記録器	フルスケール 1,000 γ および 2,000 γ
(8) 水晶発振器	周波数 50 c/s および 3487.9 c/s 安定度 $\pm 1 \times 10^{-5} / 100 \text{ V}$ $0^\circ \sim 40^\circ \text{ C}$ にて 精度 $\pm 1 \times 10^{-5}$
(9) 時計用電力増幅器出力	5 W 連続 (50 c/s)
(10) 時計面	3 針
(11) ピックアップコイル直流励磁時間	5 sec
(12) タイムマーク	テープパンチャー 10 分ごとに 1 回 アナログレコーダー 10 分ごとに 10 秒間のマーク 1 時間ごとに 1 分幅のマーク
(13) 電源入力	AC 100 V $\pm 10 \text{ V}$, 50 c/s, 60 c/s

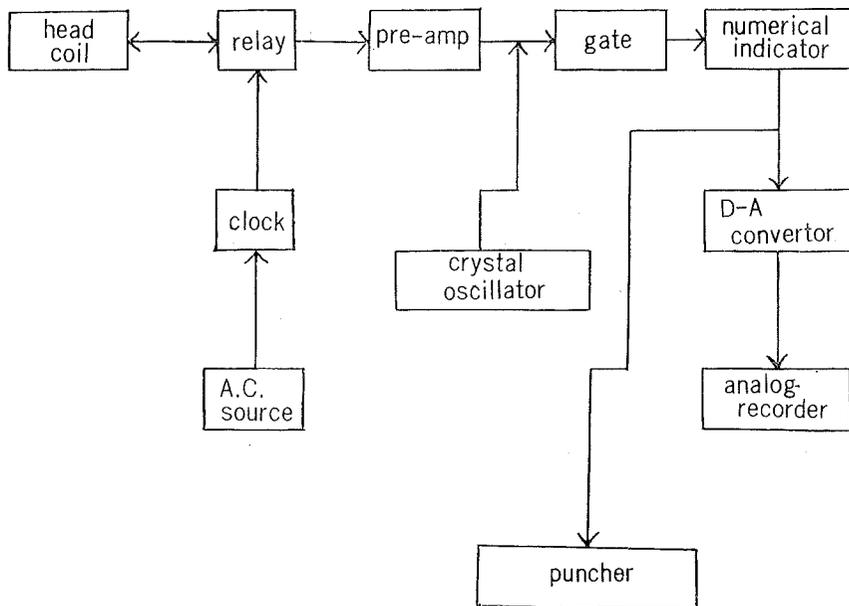
測定器は次の 9 個から成り立っている。

- (1) ピックアップコイル部
- (2) 発振器, 増幅器, counter, 表示管

- (3) 電源部
- (4) リモートコントロール部
- (5) テープパンチャー
- (6) 同上自動巻取器
- (7) アナログ記録器
- (8) 同上巻取器
- (9) ピックアップコイル用ケーブル 200 m

ピックアップコイル部は蒸溜水のはいったアクリル製の円筒状筒の上にコイルが巻かれており、コイルは二つ直角に配置され、磁場の方向による影響をなくすように造られている。そしてさらにこの coil はアクリル製の耐水容器に収められ、海水の浸入を防止している。

プロトン磁力計の Block Diagram



3 測定

水路部測量船「拓洋」は海洋測量の目的で地震直前の1964年6月6日から6月15日まで、佐波・粟島付近の測深・底質調査・地磁気測定を行っていた。地震が起こるや直ちに震源地付近の海底変動・地磁気変化を明らかにするために、粟島を中心とする海域の水深測量および地磁気測定を6月26日から7月7日まで実施した。

測定範囲は粟島南方の震源地を含み、酒田から新潟港の沖合海域である。測定間隔は約2海里で、測線上約300 mごとに測定を行なった。

地震前に測定した結果および等全磁力線図は第1図のとおりである。等全磁力線図を見ると、粟島の北西約20 kmの所に100~200 γ の地磁気異常が見られるが、その他の地域ではあまり大きな異常はなく、等全磁力線はだいたい北東~南西に向き、北へ行くほど全磁力の値は大きくなっている。

地震後は水深変化と地磁気の変化を調査する目的で、できるかぎり地震前の測線と同一の測線上を測定した。その結果は第2図のとおりである。

なお、これらの測定値には、国土地理院鹿野山観測所におけるプロトン磁力計による全磁力連続測定値を用いて地磁気日変化等の外部磁場による影響が除かれている。

4 地震前後の地磁気の変化

今回の新潟地震調査には、プロトン磁力計が用いられ、地震の約 10 日前と 10 日後の 2 回実施された。このような理想的な測定が地震前後に行なわれたことは、今までに例を見ないものである。

今回は同一測線上を繰返し測定したので、まず第 1 の方法として同一測線上に沿って同一地点の地震前後の値を比較検討した。すなわち第 3 図は地震前後 2 回にわたる測定結果の magnetic profile である。第 4 図は前後の等全磁力線の比較図である。さらに、その地磁気変化図を求めると第 5 図のようになる。

この変化図から見てわかることは、

- 1) 地磁気の変化を生じたと思われる場所は数か所に分かれており、これが主として北東から南西の方向に配列しており、ちょうどこの付近の構造線の方向とほぼ一致している。
- 2) 変化の大きさは、 $+4F$ の最大は約 70γ で、 $-4F$ の最大は約 30γ である。

次に、第 2 の方法として、前述のように local な変化のほかに震源付近一帯にわたる regional な変化を検出するために、地震前後の地磁気の分布が二次式で表わされているとして、最小自乗法により計算して両者を比較検討した。地震前後で同一点で測定が行なわれた値のみを用いて、地震前または後のおのおのについて最小自乗法により分布式を求めた。測点数はそれぞれ 98 点である。

地震前についての地磁気分布式は

$$F=47714.6\gamma+12.0898\Delta\varphi-5.79986\Delta\lambda+0.098689\Delta\varphi^2+0.188003\Delta\lambda^2-0.227325\Delta\varphi\Delta\lambda$$

$$\begin{cases} \varphi_0 = 38^\circ 30' \text{ N.} \\ \lambda_0 = 139^\circ 00' \text{ E.} \end{cases} \text{ を原点とする.} \quad P=17.2\gamma$$

となり、分布図は第 6 図のとおりである。

地震後については、

$$F=47700.2\gamma+13.3008\Delta\varphi-5.66607\Delta\lambda+0.15536\Delta\varphi^2+0.174367\Delta\lambda^2-0.265044\Delta\varphi\Delta\lambda$$

$$\begin{cases} \varphi_0 = 38^\circ 30' \text{ N.} \\ \lambda_0 = 139^\circ 00' \text{ E.} \end{cases} \text{ を原点とする.} \quad P=18.1\gamma$$

となり、分布図は第 7 図のとおりである。

また、地震前後の変化について求めると第 8 図のとおりである。

これから、地震による regional な変化は、粟島の西方一帯にわたり最大約 20γ 生じており、地震により地磁気全磁力の強さが増加していることを示している。

5 地形・地質

佐渡北方の海域には水深 700~1,000 m の海底から 600~700 m の比高をもつ多数の堆が存在する。すなわち佐渡の北北東延長上に月山礁・向瀬・鎌礁・最上堆が連なり、その西側には瓢箪礁があり、東側には Torimi Guri・粟島礁がある。採取された資料によると、頁岩の第三紀水成岩、および閃緑岩・安山岩・玄武岩・凝灰岩等の火山岩から成っている。

また、海底地形の特徴としては、一般的に東側に急斜面を示し、西方に傾いたような地塊運動をしている。

粟島付近も同じような構造を示している。すなわち粟島は幅 5 km、長さ 25 km の北北東~南南西の方向に細長く延びた浅瀬の一部が海面上に現われたものである。この粟島周辺の海域には 5 か所に断層と思われる急斜面がある。いずれも北北東~南南西の走向を有する。そして数メートルの落差の斜面が東側に向いている。

粟島付近の、海底地形は、水路部により数回にわたり測量が行なわれた。この付近一帯の地形図を第9図に示す。特に、地震直前、および直後の「拓洋」による水深測量および同年8月～9月に実施された測量船「海洋」による水深測量の結果は第10図のとおりである。茂木博士等(1965)は次のような説明をしている。

すなわち、新潟地震により粟島海峡および粟島堆を含む北北東～南南西の方向に沿う広い区域が隆起し、その東方の鼠ヶ関一岩船海岸に沿う海底および馬の背の東方の海盆が沈降した。また、隆起区域の中央部から粟島にわたる海底に3本の断層があることがわかった。第13図参照。

6 海底断層と地磁気異常

従来から断層に伴って地磁気に局部異常が存在することがしばしば報告されている。今回の測定の結果、地磁気の連続記録中、第11図のような急激な変化がときどき見られる。この変化を生じた場所を図上にplotすると第12図のように数個の曲線上にのっていることがわかった。図中、上の図は地震前、下の図は地震後である。

この2回の測定結果から、磁気異常はほぼ同一場所に起こり、しかも、この地磁気異常の起こった点を結んだ線の方向は北東～南西で、新潟佐渡付近の構造線とほぼ平行であることは興味のあることである(第13図参照)。

7 むすび

現在までに、地震に伴う地磁気の変化については多くの研究成果があるが、おもに地震の震央付近での地磁気の測定から地震前後の局所的変化が研究されてきた。たとえば、三陸地震・北伊豆地震・静岡地震・栃木地震・十勝沖地震では地震に伴って地磁気の伏角に変化を生じ、また、南海道地震では地磁気の偏角に変化を生じたことが観測された。

今回の新潟地震の場合は、特徴としては、normal distributionの方法による解析のところで論じた如く、粟島の西方一帯が約15～20 γ 増加したこと、および震源周辺に数か所に分れて正負の異常地域が発生したことである。これは震源地付近の地下構造に非常に関係していると思われる。すなわち、磁氣的物質を多く含んだ岩石(玄武岩・安山岩)の分布している地域に地震による影響が起こって、これらの地域に地磁気変化が生じたと考えられる。

本論文作成にあたり御指導をいただいた東北大学教授加藤愛雄博士に謝意を捧げたい。

本研究の実施に協力された川村・茂木両測量班長ならびに班員の方々および測量船「拓洋」、「海洋」の乗組員に感謝の意を表す。また整理に協力された海上保安庁水路部歌代・茂木・荻野・近藤・伊藤(四)・大津・小山田の諸氏の労を謝したい。

参 考 文 献

- Kato, Y. 1938, "Investigation of the changes in the Earth's Magnetic Field accompanying Earthquakes or Volcanic Eruption" *The Science Reports of the Tohoku Imperial University*, Series I, 27, No. 1, 1.
- Kato, Y. and Utashiro, S. 1949, "On the Changes of the Terrestrial Magnetic Field accompanying the Great Nankaido Earthquake of 1946" *The Science Reports of the Tohoku Univ., Geophysics*, 1, 40.
- Kato, Y., Utashiro, S. and Osaka, J. 1950, "On the Changes of the Terrestrial Magnetic Field accompanying the Tōchigi Earthquake of 26 Dec. 1949" *The Science Reports of the Tohoku Univ., Geophysics*, 2, No. 2, 1.
- Kato, Y., Osaka, J. and Noritomi, K. 1953, "On the Changes of the Earth's Magnetic

Field accompanying the Tokachi Earthquake on Mar. 4, 1952" *Science Reports of Tohoku Univ. Geophysics*, 4, No. 3, 1.

茂木昭夫, 川村文三郎, 岩淵義郎, 金田一夫 1965, "新潟地震による粟島付近海底の変動について"
海上保安庁水路部 新潟地震調査報告 昭和40年2月

Tanakadate, A. and Nagaoka, H. 1833, "The Isomagnetic Disturbance attending the Mino-Owari Earthquake of 1891" *The Journal of the College of Science, Imp. Univ. Tokyo, Japan*, 5, 10.

Fig. 1 Magnetic Map around Awasima before Niigata Earthquake

Total Intensity 47,000 γ +...

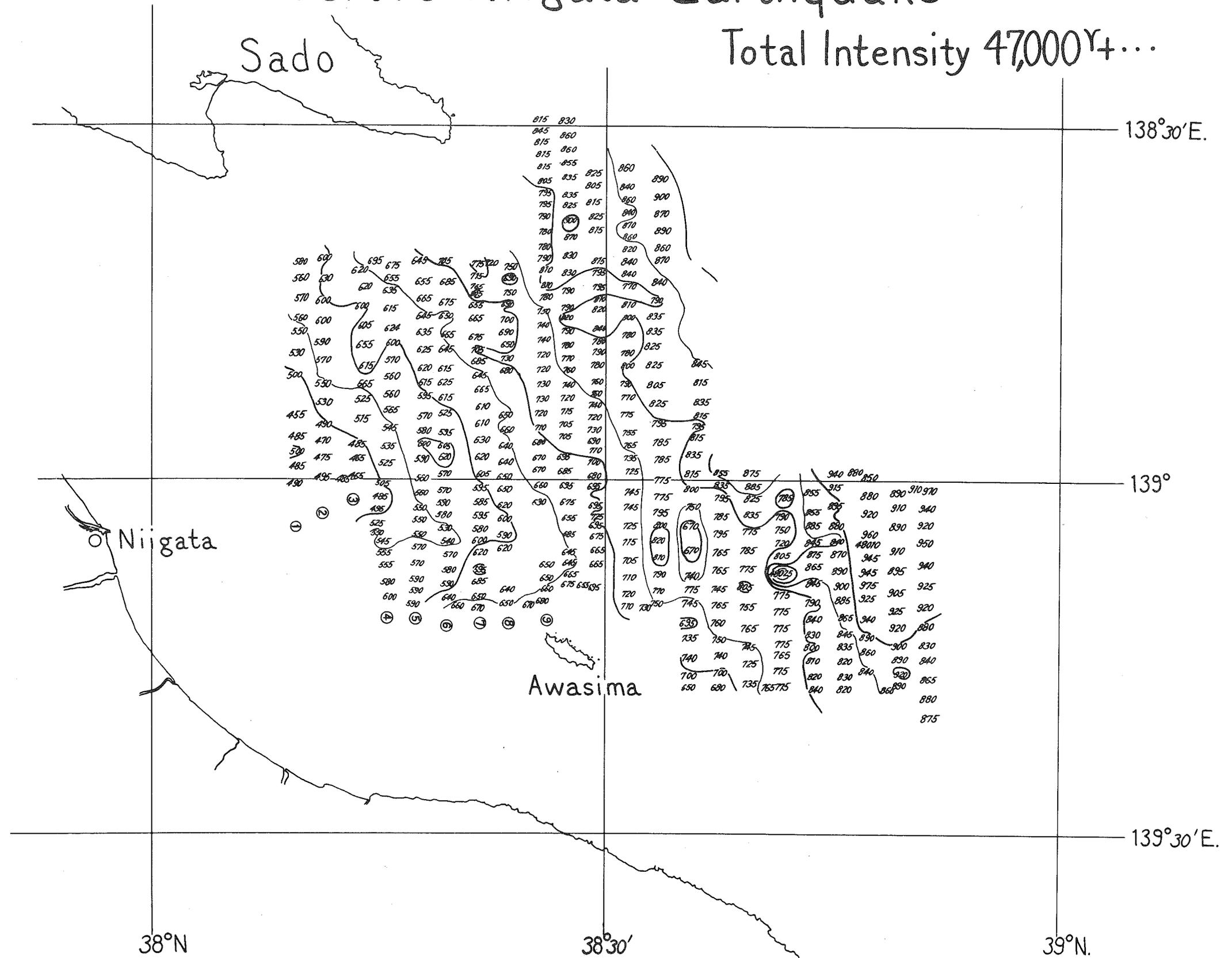


Fig. 3 Magnetic Profiles along each course before and after the Niigata Earthquake

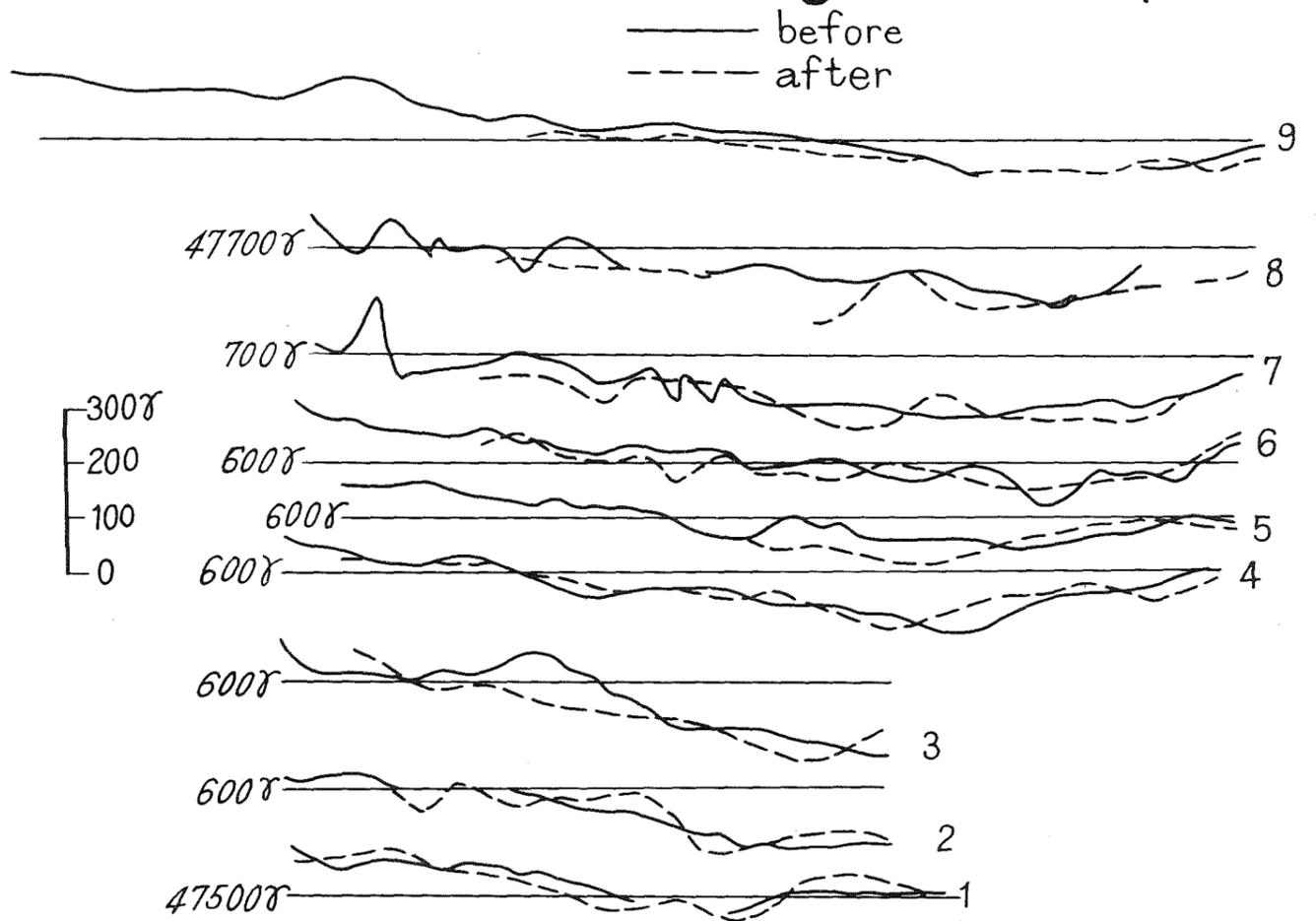


Fig. 4 Magnetic Contour before and after the Niigata Earthquake

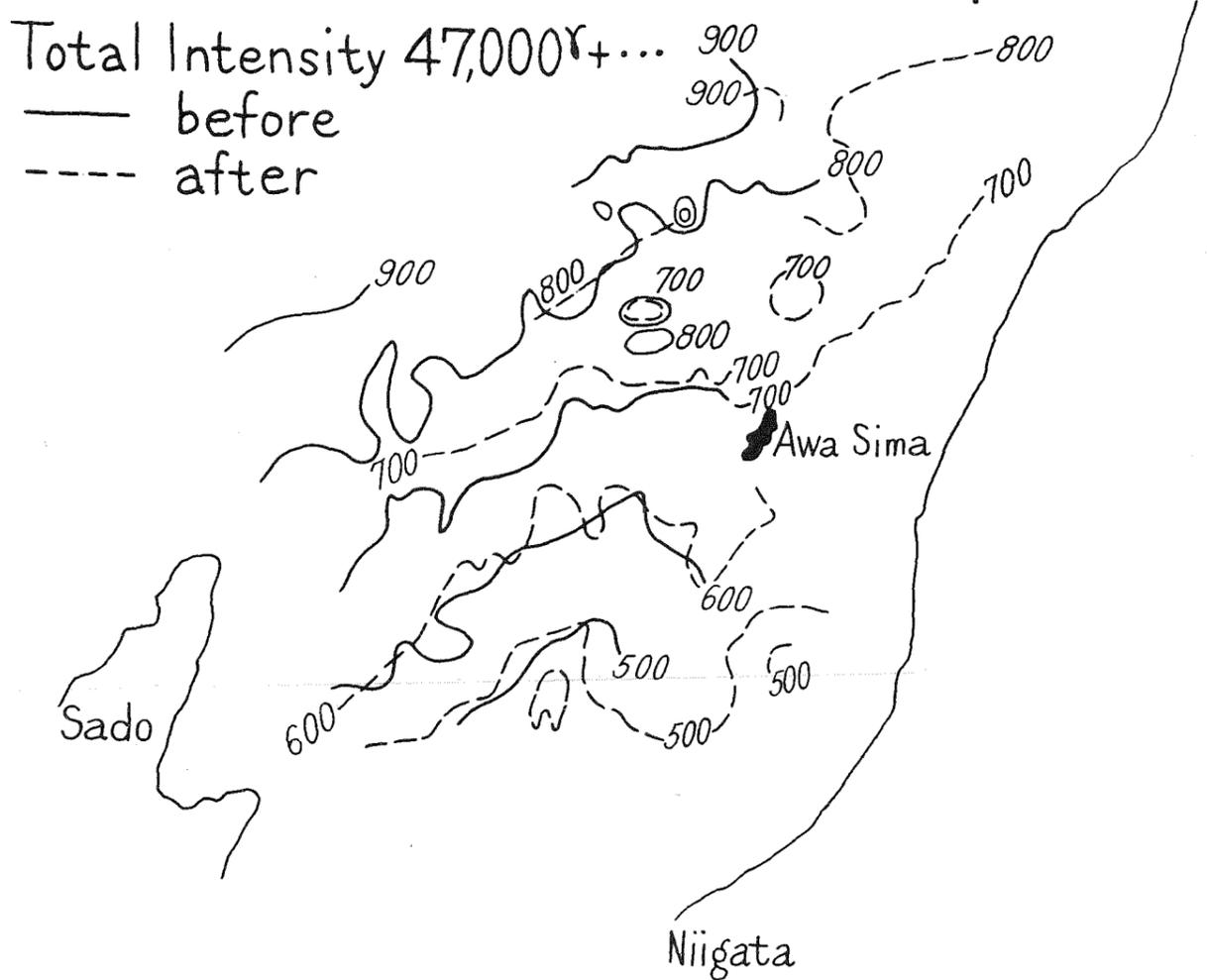


Fig. 5 Changes in the Total Intensity of the Earth's Magnetic Field accompanying Niigata Earthquake

UNIT : γ
 ○ : Positive area
 ⊙ : Negative area

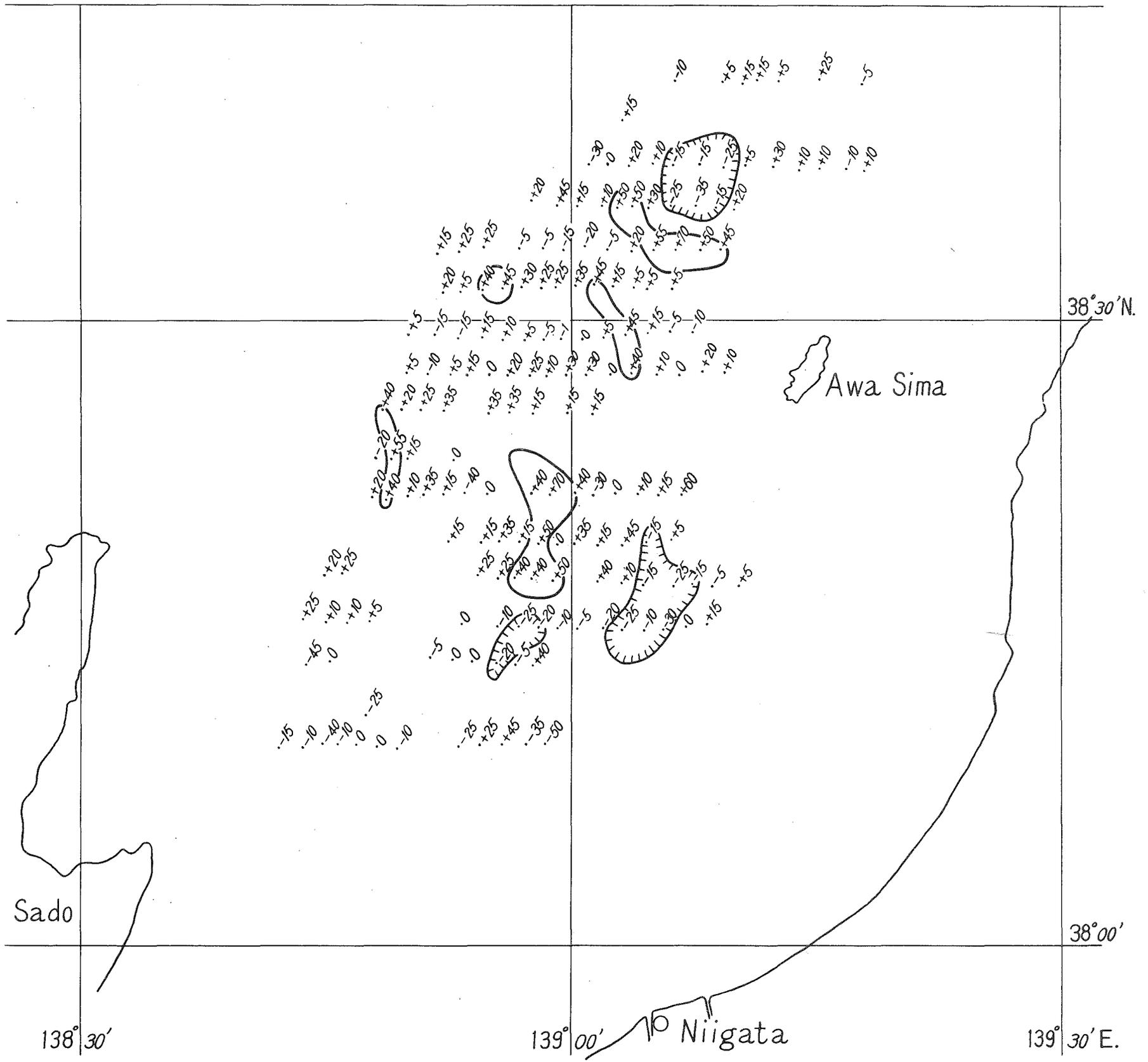


Fig. 6 Calculated Magnetic Map before Niigata Earthquake

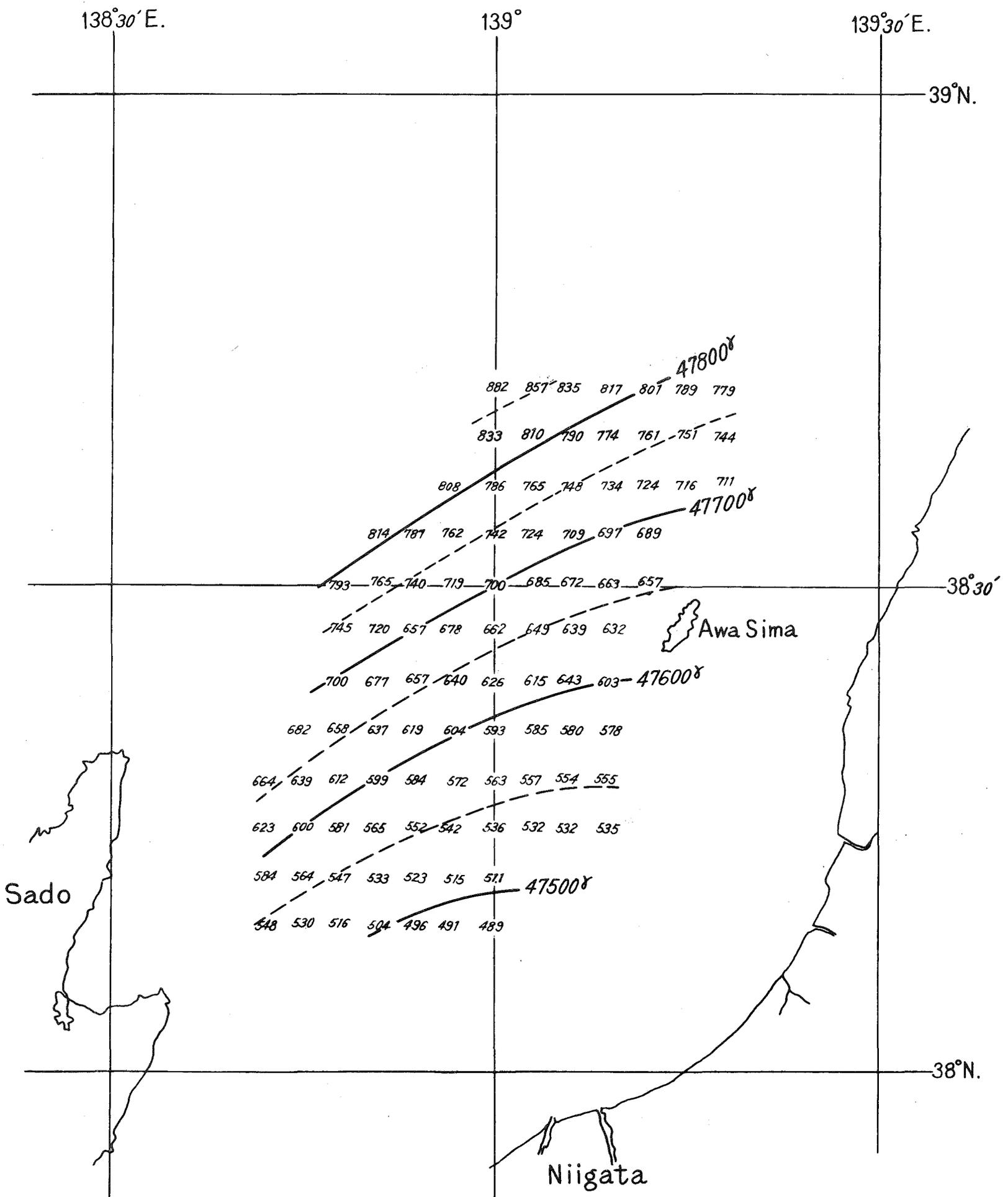


Fig. 7 Calculated Magnetic Map after Niigata Earthquake

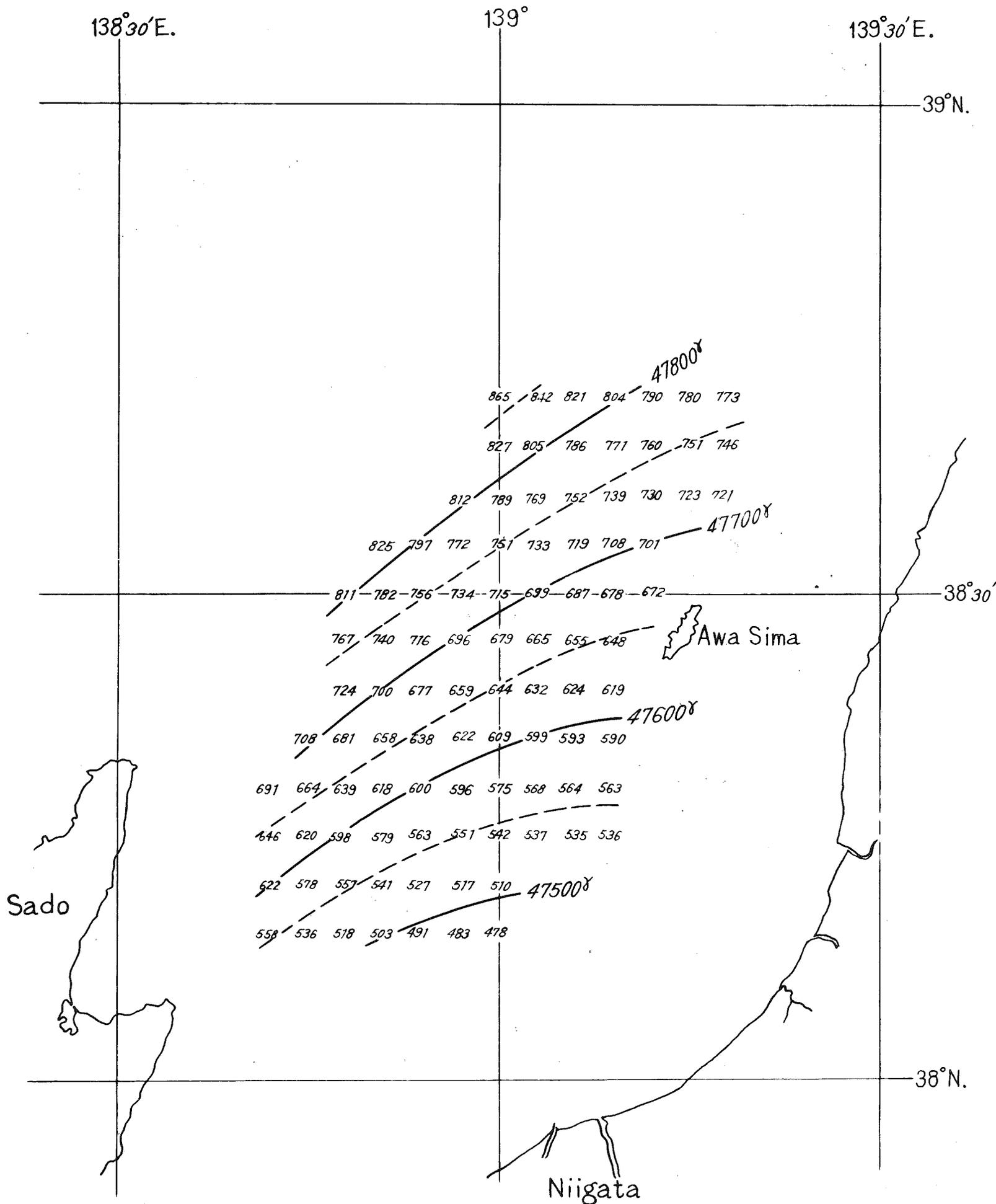


Fig. 8 Magnetic change accompanying Niigata Earthquake (after-before)

Unit--- γ

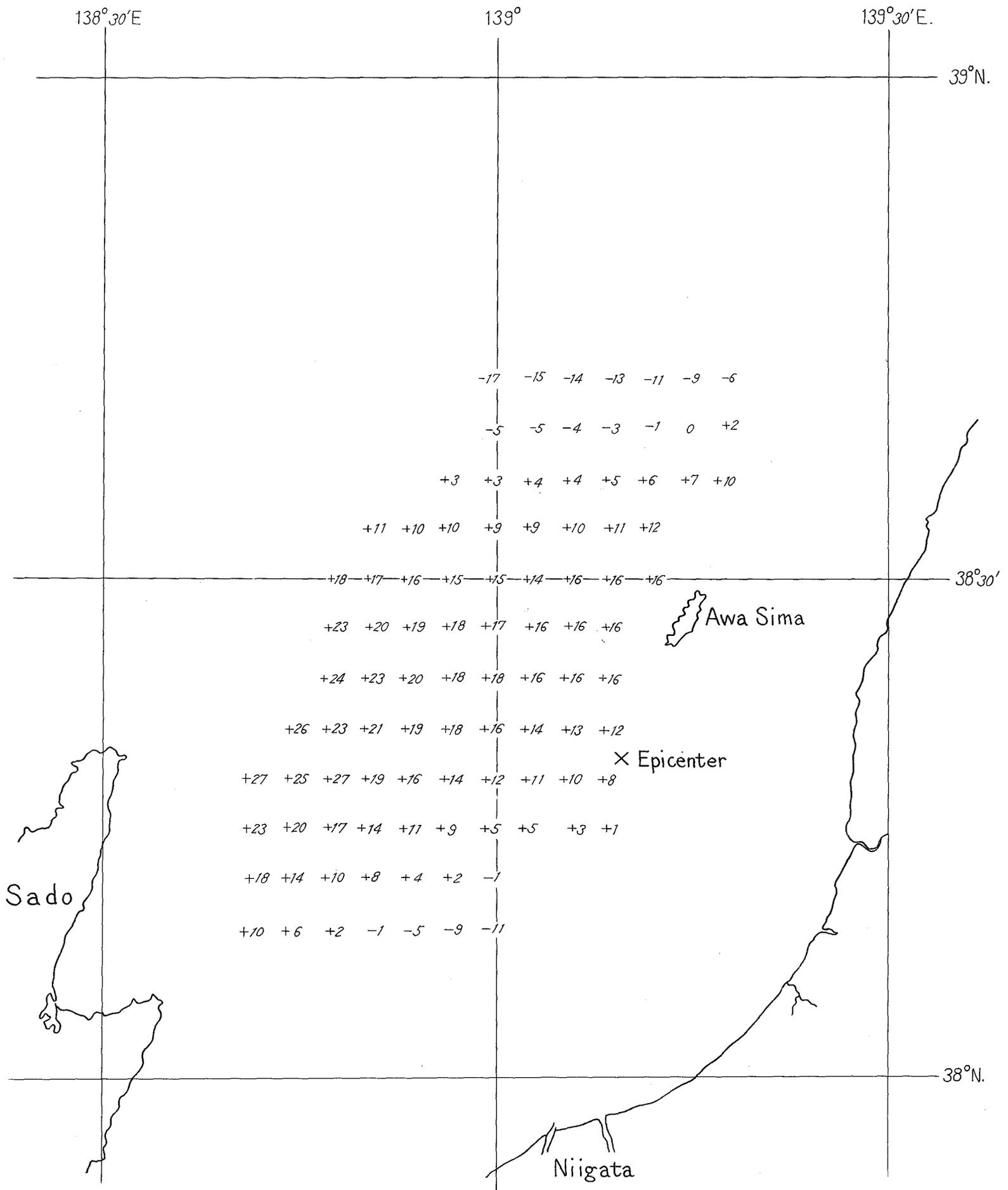


Fig. 9 Geomorphological Chart off the Northeastern Coast of Honsyū

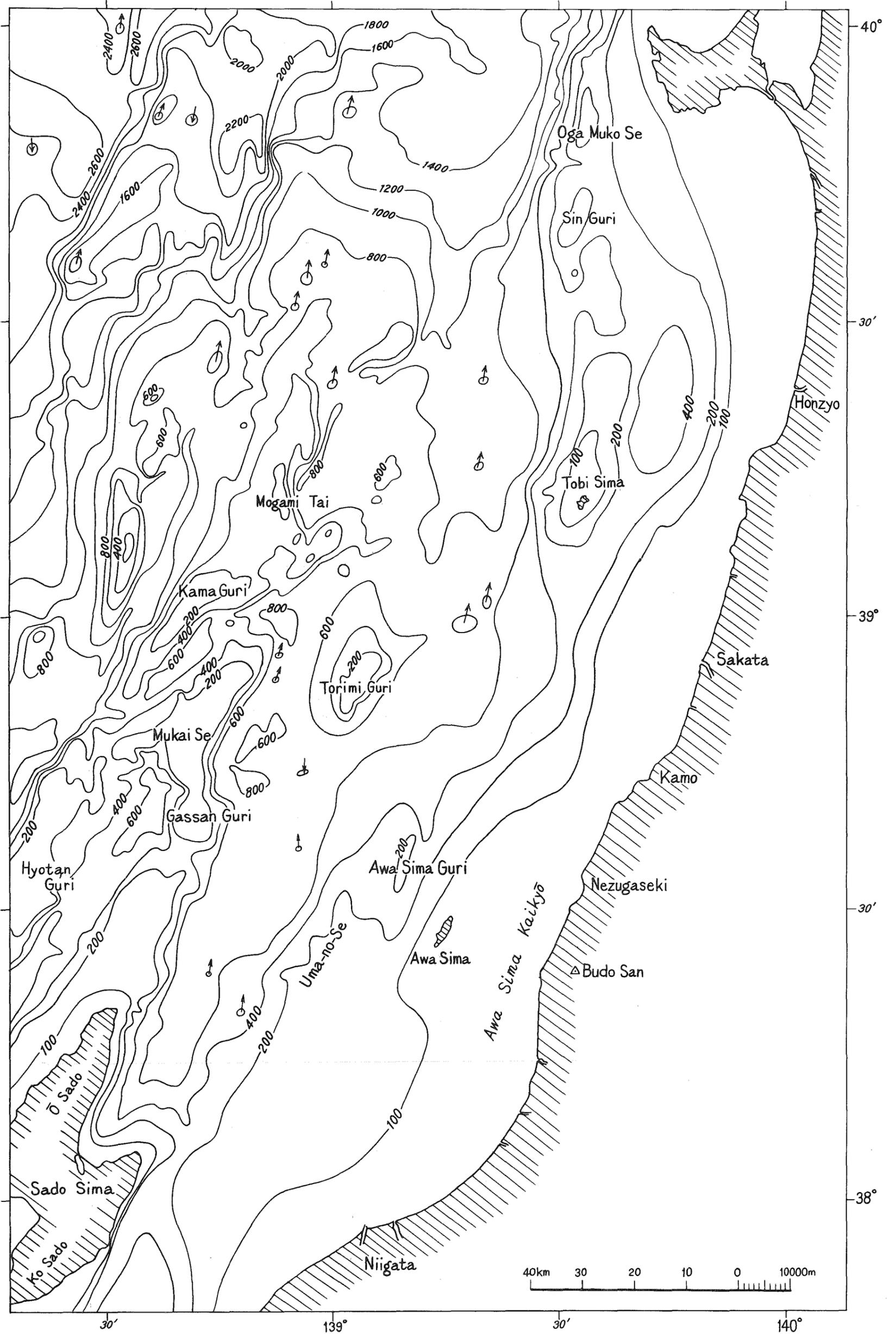


Fig. 10 Submarine Topography around Niigata Epicenter (Depth in Meters)

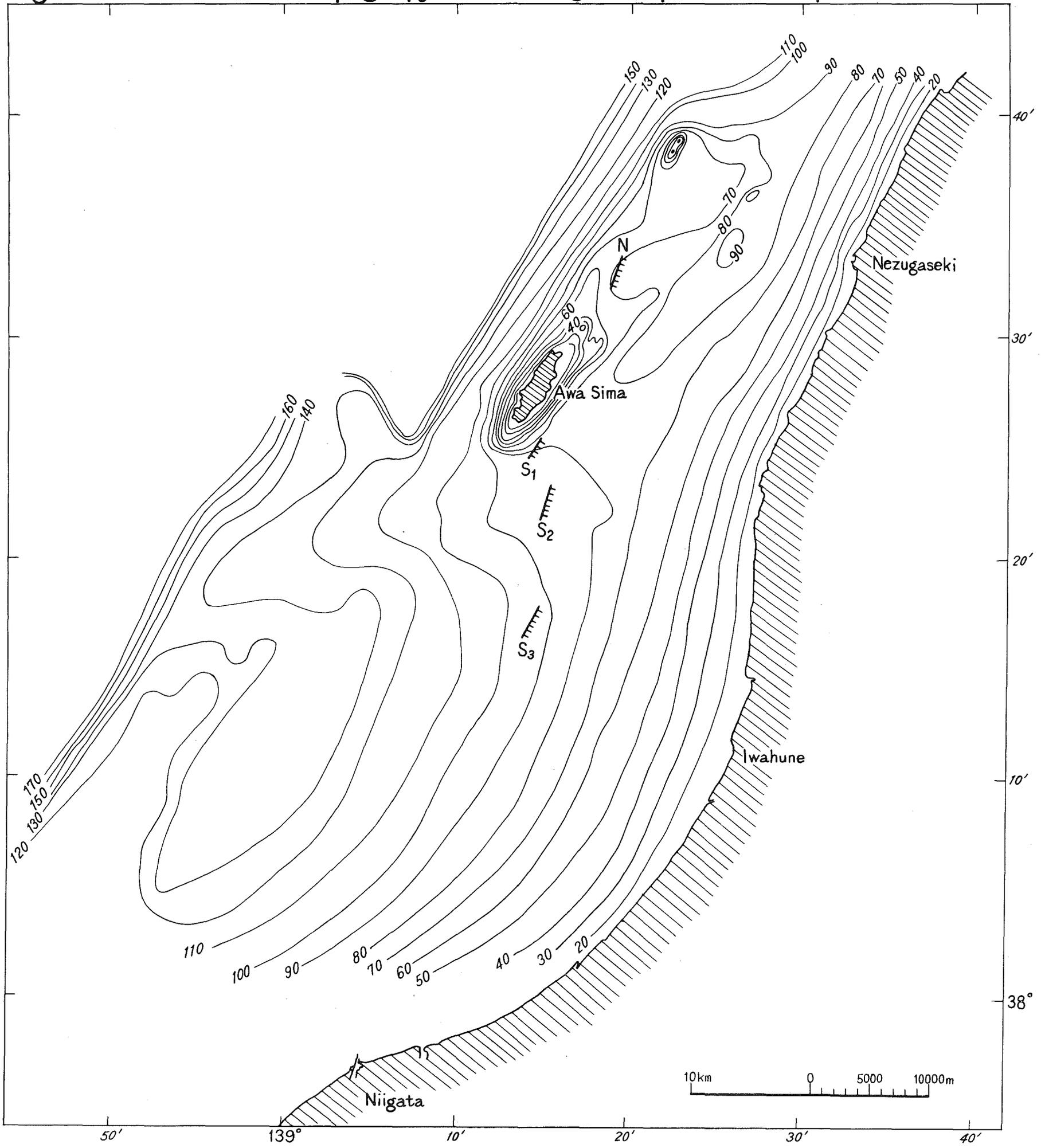


Fig. 11 Some Examples of the Magnetic Change accompanying the faults

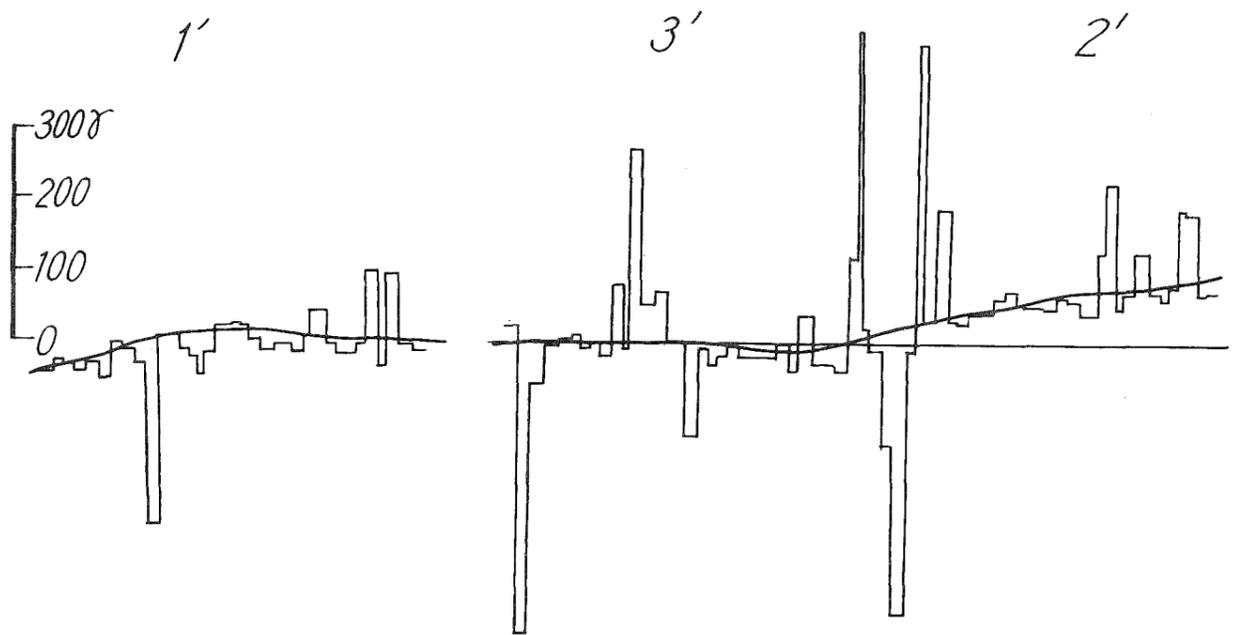


Fig. 12 Distribution of the Magnetic Change accompanying the faults

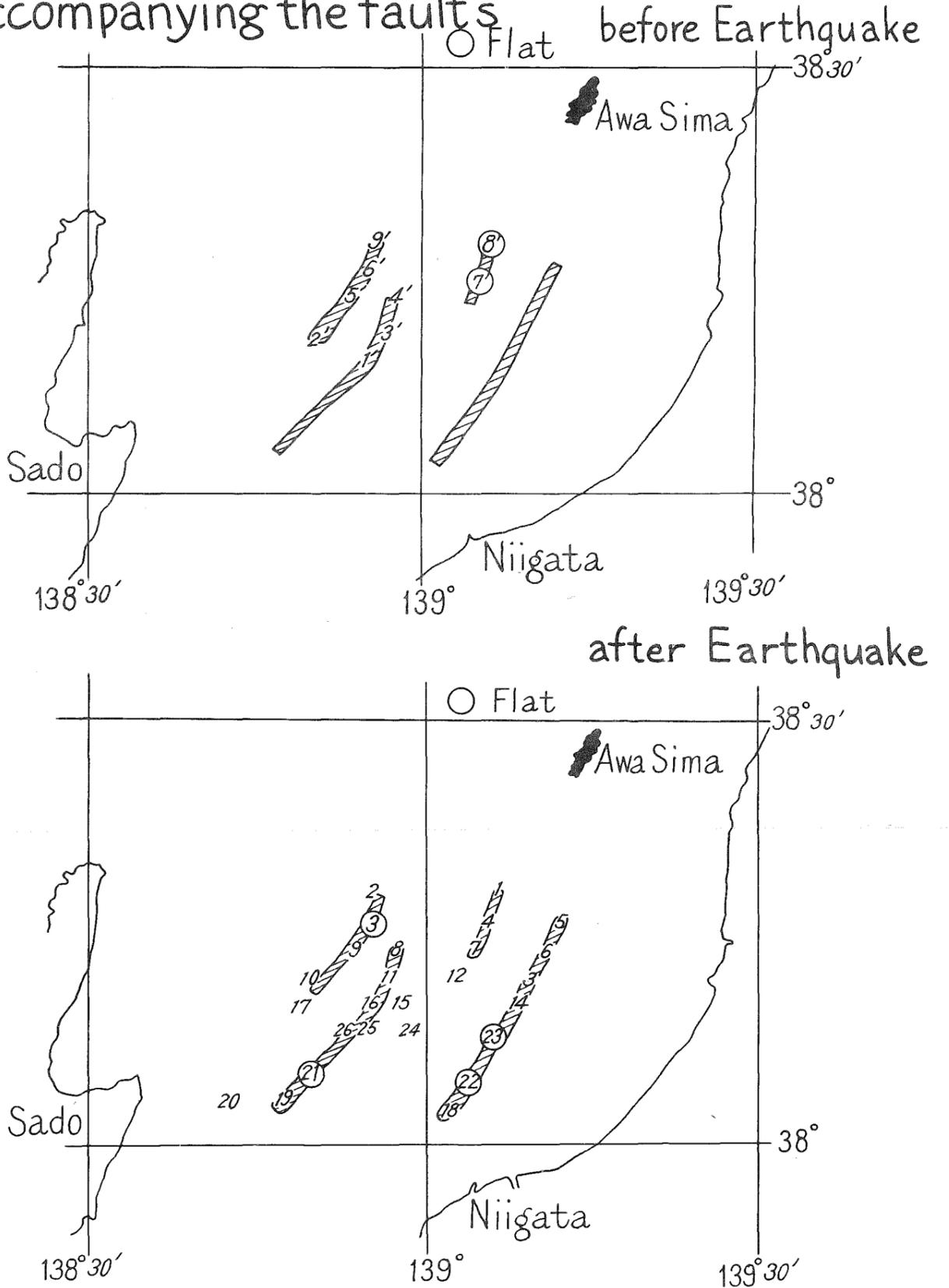


Fig. 13 Movements of the Crust accompanying the Niigata Earthquake

- Equirising Contour
- ▄▄▄▄▄ Steep supposed Fault
- //// Magnetic Anomaly

