

## 2-4 1996年8月11日秋田・宮城県境付近で発生した地震

### The earthquake with M5.9 (August 11, 1996) and recent seismic activity in the border Akita, Miyagi and Yamagata Prefecture

東北大学理学部

Faculty of Science, Tohoku University

1996年8月11日3時12分に秋田・宮城県境付近でM5.9の地震が発生し、同日8時10分にはM5.7の地震が発生した。8月13日11時13分には山形・宮城県の県境の山形県側でM4.9の地震が発生し余震域が拡大した。

第1図(A)は、1975年5月からM5.9発生直前までの秋田・宮城・山形・岩手県境付近に発生した地震の震央分布、(B)はM5.9の地震(図中の白星印)発生から11月20日までの震央分布である。第2図は、余震域およびその周辺域での8月11日3時12分M5.9の地震発生から8月14日13時59分までの震央分布(自動処理による)である。第3図は、第2図と同じ領域での1975年5月1日からM5.9の地震発生直前の1996年8月11日3時11分までの震央分布である。第2図と第3図を比較してわかるように今回の地震は、過去にM4以上の地震が発生していなかった領域に発生した。第4図は、第2図と同じ領域における8月1日から11月20日までの地震の震央分布の時間的変化である。余震域の形成に大きく寄与した地震は、M5.9(8月11日3時12分)、M5.7(8月11日8時10分)およびM4.9(8月13日11時13分)である。図(B)からわかるようにM5.9発生から約5時間後のM5.7の発生までの余震分布は、ほぼ南北である。M5.7の地震発生以後の余震分布は、それまでの余震分布に北北東-南南西のトレンドを持つ余震分布が加わったものである(図(C))。8月13日11時13分にはそれまで地震が発生していなかった山形・宮城県の県境の山形県側でM4.9の地震が発生し、その後約半日間の余震のほとんどは、M4.9の周辺で発生した(図(E))。第5図にM5.9発生から8月14日13時59分までの震源分布(自動処理による)を示す。第6図に8月1日から11月20日までの期間に第2図の範囲で発生したM1以上の地震の日別発生数を示す。地震発生回数は順調に減少している。第6図と同期間、同領域の地震について、M-T図を第7図に示す。M-T図において10月末を境にしてMの分布に変化が見えるが、これは10月30日以降のMの値が自動処理によるためのものである。第8図にM4以上の地震(8月14日13時59分まで)の震央分布(自動処理による)とメカニズム解を示す。M5.9の地震は、東西圧縮の逆断層型である。これに対してM5.7の地震は横ずれ型である。第9図には秋田・宮城・山形・岩手県境付近に過去に発生したM4以上の地震の震央分布と主な地震のメカニズム解を示した。この領域では逆断層型と横ずれ型の地震が発生している。第10図は、余震分布(8月11日3時12分~8月14日13時59分、自動処理による)とブーグ異常分布( $\rho=2.3\text{g/cm}^3$ , 地質調査所)を示した。余震の多くは重力異常の変化が急なところで発生している。

観測点補正值を加えた均質観測点法(同一の10観測点のP時刻と1観測点のS時刻データのみを用いる)により震源再決定を行った。第11図の図(A)にM5.9の地震発生から8時9分の期間の震源分布とM5.9の地震のメカニズム解(下半球等積投影)およびハーヴァード大学と気象庁によるCMT解

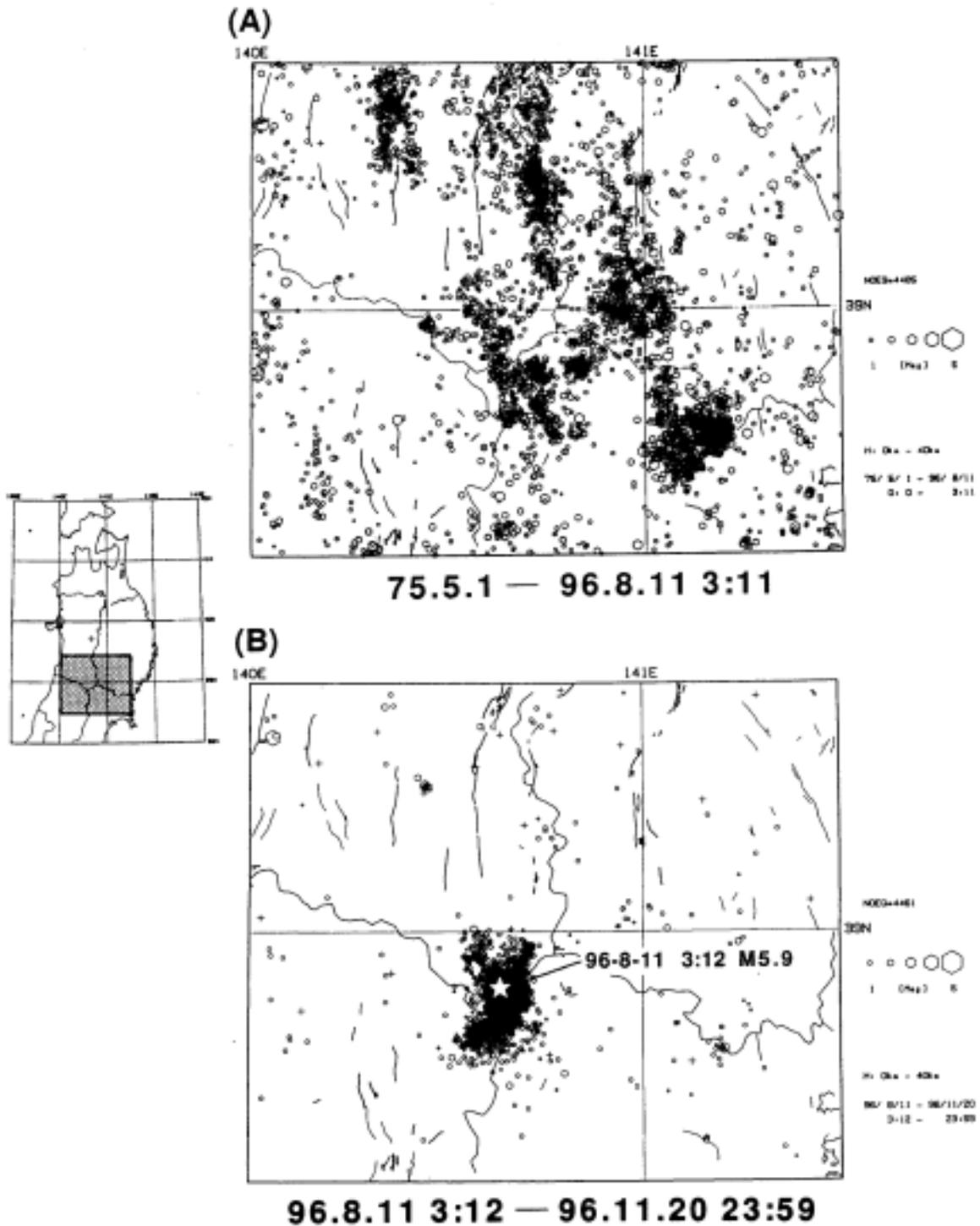
も示した。図(B)では震源分布とハーヴァード大学による CMT 解（紙面奥側半球への等積投影）を示した。再決定した震源の深さ分布から、走向がほぼ南北方向で東傾斜の節面が断層面と推定される。第 12 図の図(A)にはM5.7 の地震発生から 10 時 9 分までの期間の震央分布とM5.7 の地震のメカニズム解（下半球等積投影）、図(B)にはM4.9 の地震発生から 23 時 59 分までの期間の震央分布とM4.9 の地震のメカニズム解（下半球等積投影）を示した。余震分布（図(A)）からM5.7 の断層面は、走向が北東-南西方向の節面と推定される。

詳細な余震の震源分布、震源域およびその近傍の地下速度構造、減衰構造等を調査することを目的として臨時観測を実施した。8 月 18 日から余震域に展開された 22 点の臨時地震観測のうち、8 月 18 日 17 時 19 分から 8 月 21 日 1 時 21 分の期間について、臨時観測網で決定された震源分布を第 13 図に示す。東西断面図から震源は大半が深さ 1 ～ 6 km の範囲に分布していることがわかる。第 14 図は、震源分布を 3 次元表示したもので図(a)、(b)は震源域をそれぞれ南西上空および南東上空から見たものである。震央が北東から南西にならんでいる余震群が、深さ方向にほぼ鉛直に分布しており、これらがM5.7 の横ずれ断層に関連した活動であろう（図(a)）。また、8 月 28 日から 30 日の期間に 40 点の臨時地震観測が行われた。その観測点配置と自動処理システムで決定された震源分布（8 月 28 日 19 時から 8 月 30 日 10 時、暫定）を第 15 図に示す。震源の深さは 1 ～ 7 km に分布している。

第 16 図の図(A)に示すような観測点について波形記録を地震波の到来方向順にならべた。解析には、1992 年 1 月以降に発生したM 2 以上の地震を用いた。その記録例（観測点：NNG）を図(B)に示す。到来方向が 320°～330°（図中の両側矢印で示した範囲）では観測されたP波、S波の振幅は顕著に小さい。図(A)のハッチで示した領域を伝播する場合には、全ての観測点でP波、S波の振幅は非常に小さく、この領域が地震波の異常減衰域となっている可能性が高い。

#### 参 考 文 献

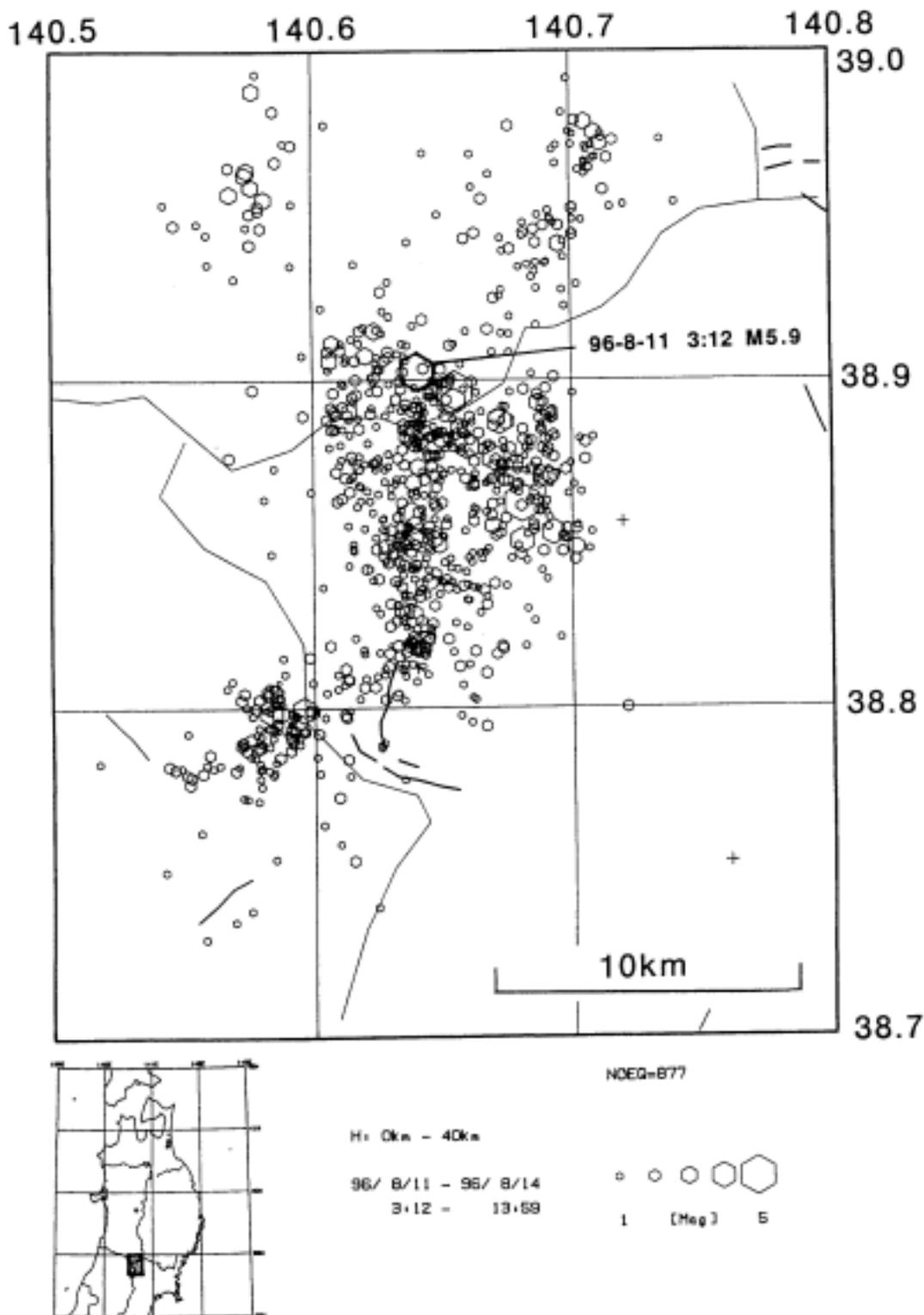
- 1) 長谷川武司・堀修一郎・長谷川昭・笠原敬司・堀内茂木・小山順二：1970 年秋田県南東部の地震の発震機構，地震 2，27 (1974)，302-312.



第1図 秋田・宮城・山形・岩手県境付近に発生した微小地震の震央分布

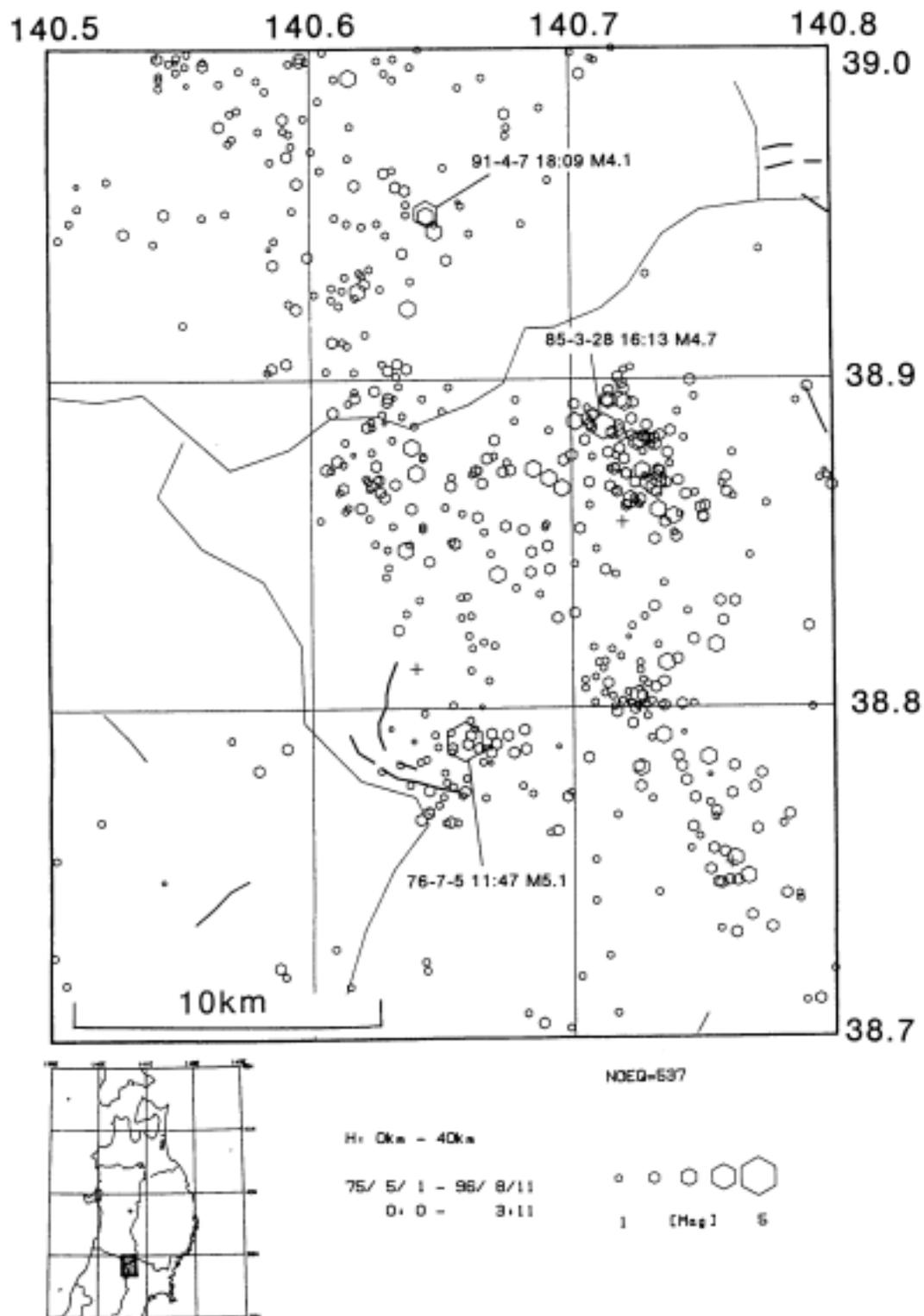
(A) 1975年5月～1996年8月11日3時12分のM5.9の地震の発生直前。(B) M5.9の地震の発生(8月11日3時12分)～11月20日。ただし、8月13～20日および10月30日以降のデータは自動処理による。

Fig.1 Epicenter distribution of shallow microearthquakes ( $h < 40\text{km}$ ) in the border of Akita, Miyagi, Yamagata and Iwate Prefecture. (A) May 1, 1975-3:11 on August 11, 1996. (B) 3:12 on August 11, 1996-November 20, 1996. The event with M5.9 is shown by the open star.



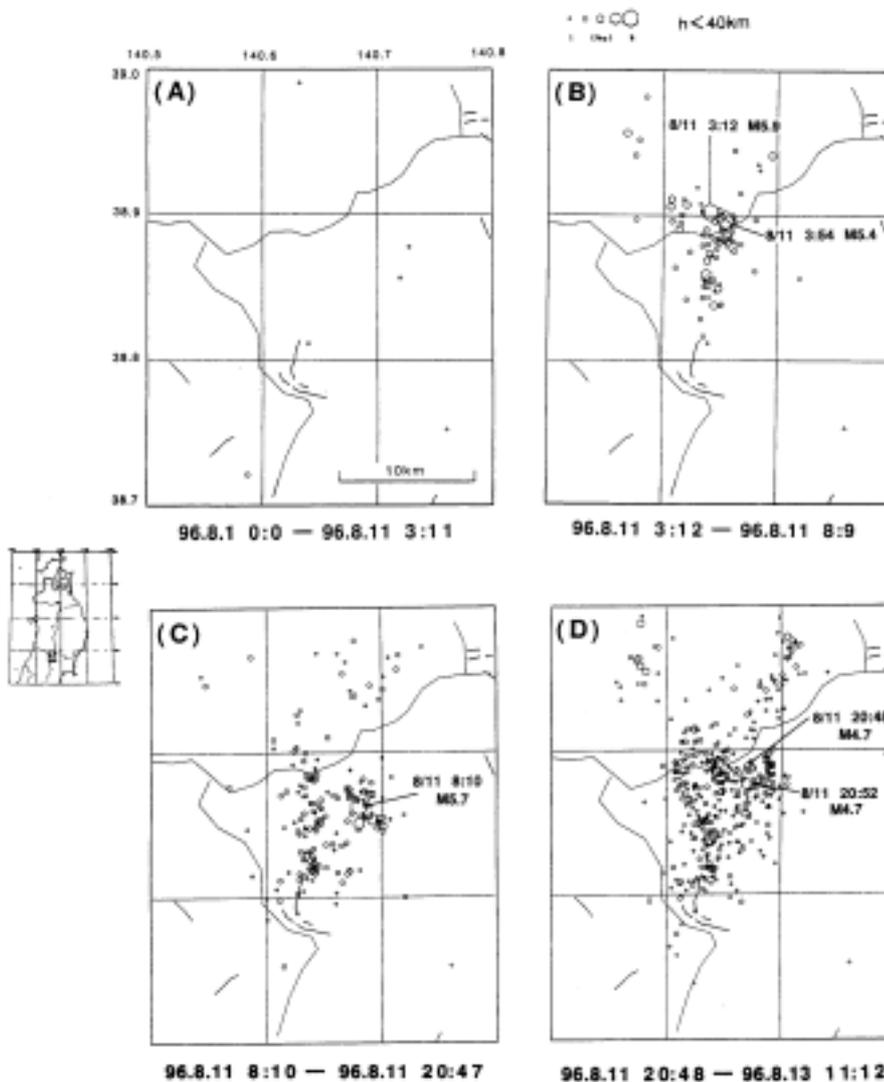
第2図 1996年8月11日3時12分に秋田・宮城県境付近に発生した地震(M5.9)とその余震の震央分布(1996年8月11日3時12分~14日13時59分)。自動処理のデータによる。

Fig. 2 Epicenter distribution of earthquakes ( $h < 40\text{km}$ ) in the border of Akita, Miyagi and Yamagata Prefecture (from 3:12 on August 11 to 13:59 on August 14, 1996). Earthquake locations are determined by the automatic hypocenter determination system of the Tohoku University.



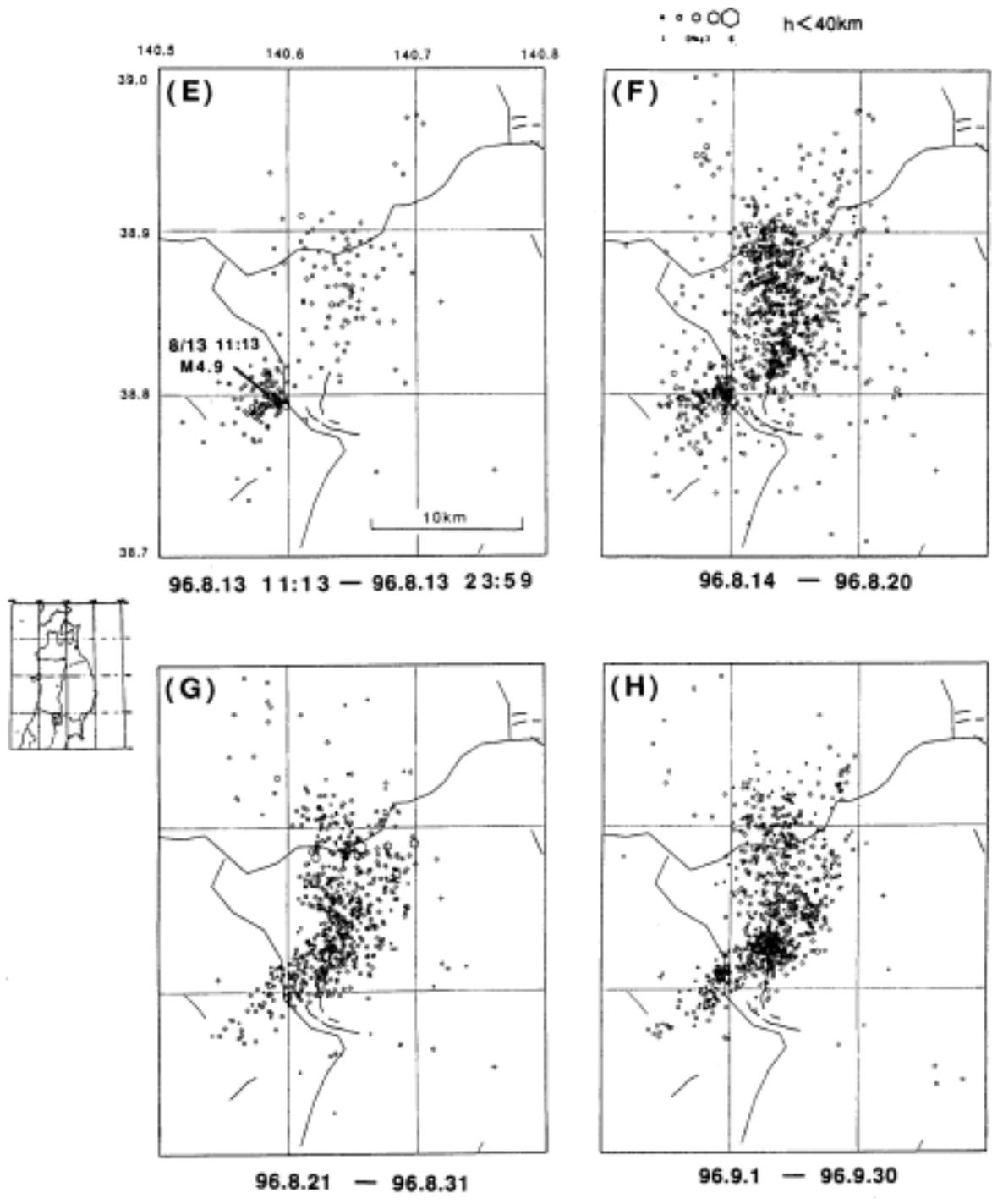
第3図 秋田・宮城・山形県境付近に発生した過去の微小地震の震央分布（1975年5月～1996年8月11日3時12分のM5.9の地震の発生直前）。

Fig.3 Epicenter distribution of earthquakes ( $h < 40\text{km}$ ) in the border of Akita, Miyagi and Yamagata Prefecture (from May 1, 1975 to 3:11 on August 11, 1996) .

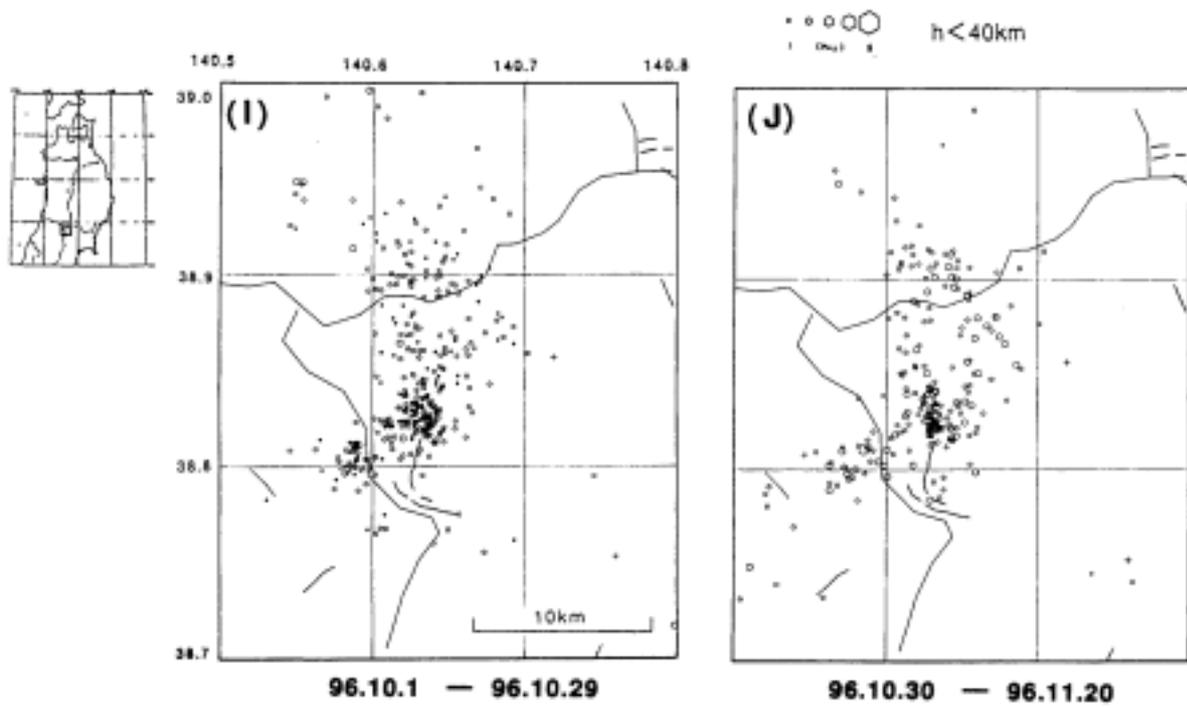


第4図 秋田・宮城・山形県境付近に発生した微小地震の震央分布。(A)1996年8月1日～8月11日3時11分。(B)1996年8月11日3時12分(M5.9の地震の発生)～8月11日8時10分の地震(M5.7)発生直前。(C)M5.7の地震の発生～20時48分の地震(M4.7)の発生直前。(D)M4.7の地震の発生～8月13日11時13分の地震(M4.9)の発生直前。(E)M4.9の地震の発生～8月13日23時59分。(F)8月14日～20日。(G)8月21日～31日。(H)9月1日～30日。(I)10月1日～29日。(J)10月30日～11月20日。ただし、8月13～20日および10月30日以降のデータは自動処理による。

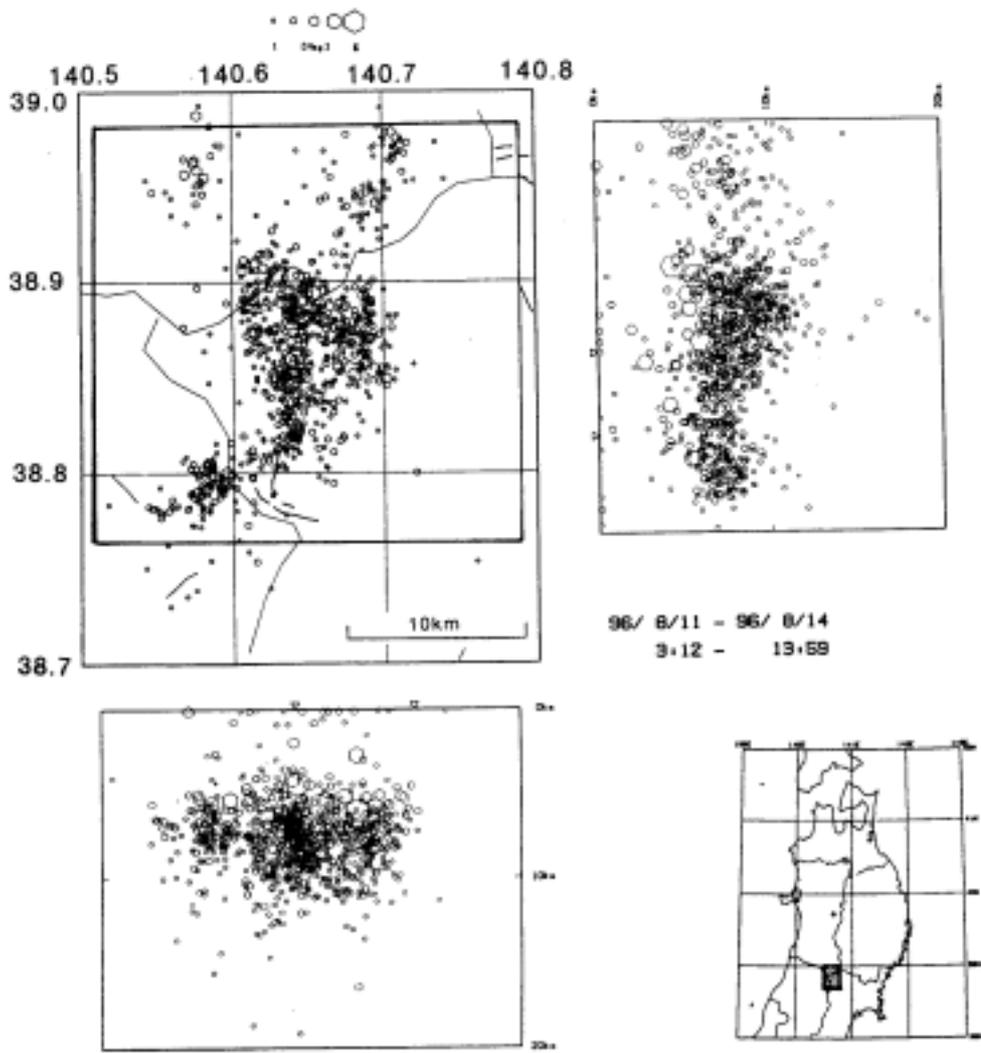
Fig. 4 Epicenter distribution of earthquakes ( $h < 40 \text{ km}$ ) in the border of Akita, Miyagi and Yamagata Prefecture. (A) from August 1, 1996 to just before the occurrence of the largest shock (M5.9). (B) from the occurrence of the event with M5.9 to just before the occurrence the event with M5.7. (C) from the occurrence the event with M5.7 to 20:47 on August 11, 1996. (D) from 20:48 August 11 to just before the occurrence of the event with M4.9. (E) from the occurrence of the event with M4.9 (11:13 on August 13) to 23:59 on August 13. (F) from August 14 to August 20. (G) from August 21 to August 31. (H) from September 1 to September 30. (I) from October 1 to October 29. (J) from October 30 to November 20. Note: earthquake locations are determined by the automatic hypocenter determination system of the Tohoku University for the following periods from August 13 to August 20 and from October 30 to November 20.



第4図 つづき  
 Fig. 4 (Continued)

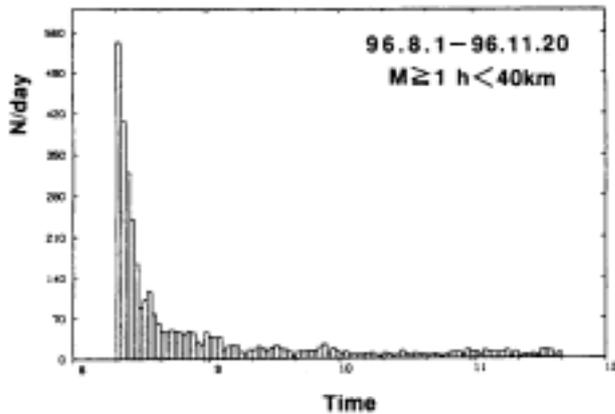


第4図 つづき  
 Fig. 4 (Continued)



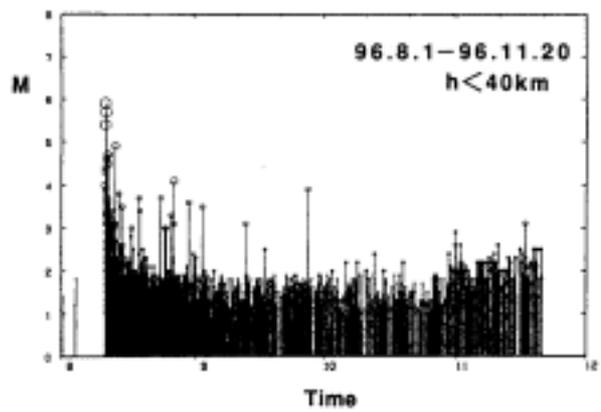
第5図 余震の震源分布 (1996年8月11日3時12分~14日13時59分)。ただし、データは自動処理による。

Fig.5 Hypocenter distribution of aftershocks from 3 : 12 on August 11 to 13 : 59 on August 14, 1996(earthquake locations are determined by the automatic hypocenter determination system of the Tohoku University).



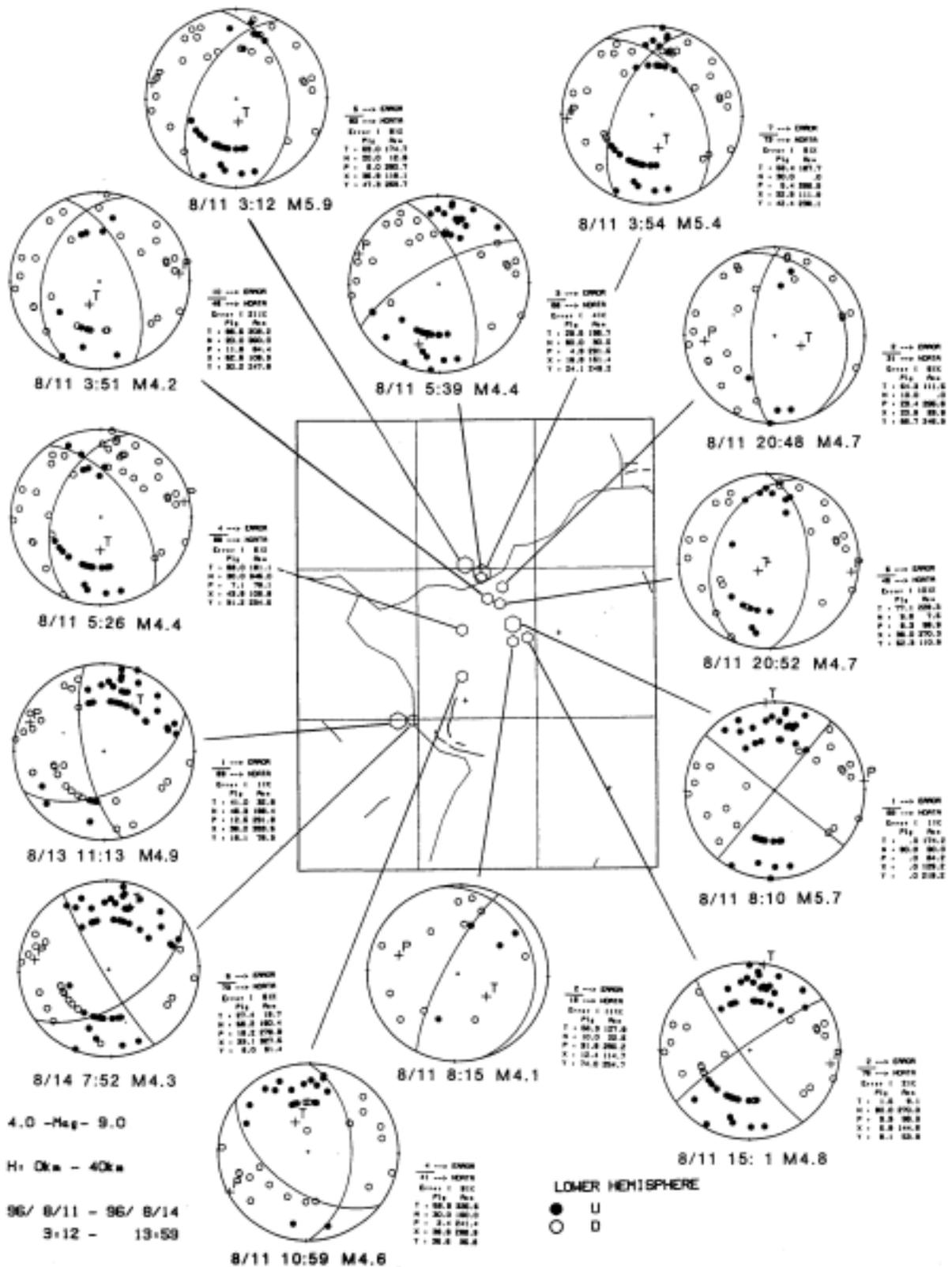
第6図 秋田・宮城・山形県境付近(第2図の震央分布の範囲)に発生したM1以上の地震の日別地震回数(1996年8月1日～11月20日)。ただし、8月13～20日および10月30日以降のデータは自動処理による。

Fig. 6 Daily frequency distribution of the events ( $M \geq 1$ ) that occurred in the border of the Akita, Miyagi and Yamagata Prefecture from August 1 to November 20, 1996. Note : earthquake locations are determined by the automatic hypocenter determination system of the Tohoku University for the following periods from August 13 to August 20 and from October 30 to November 20.



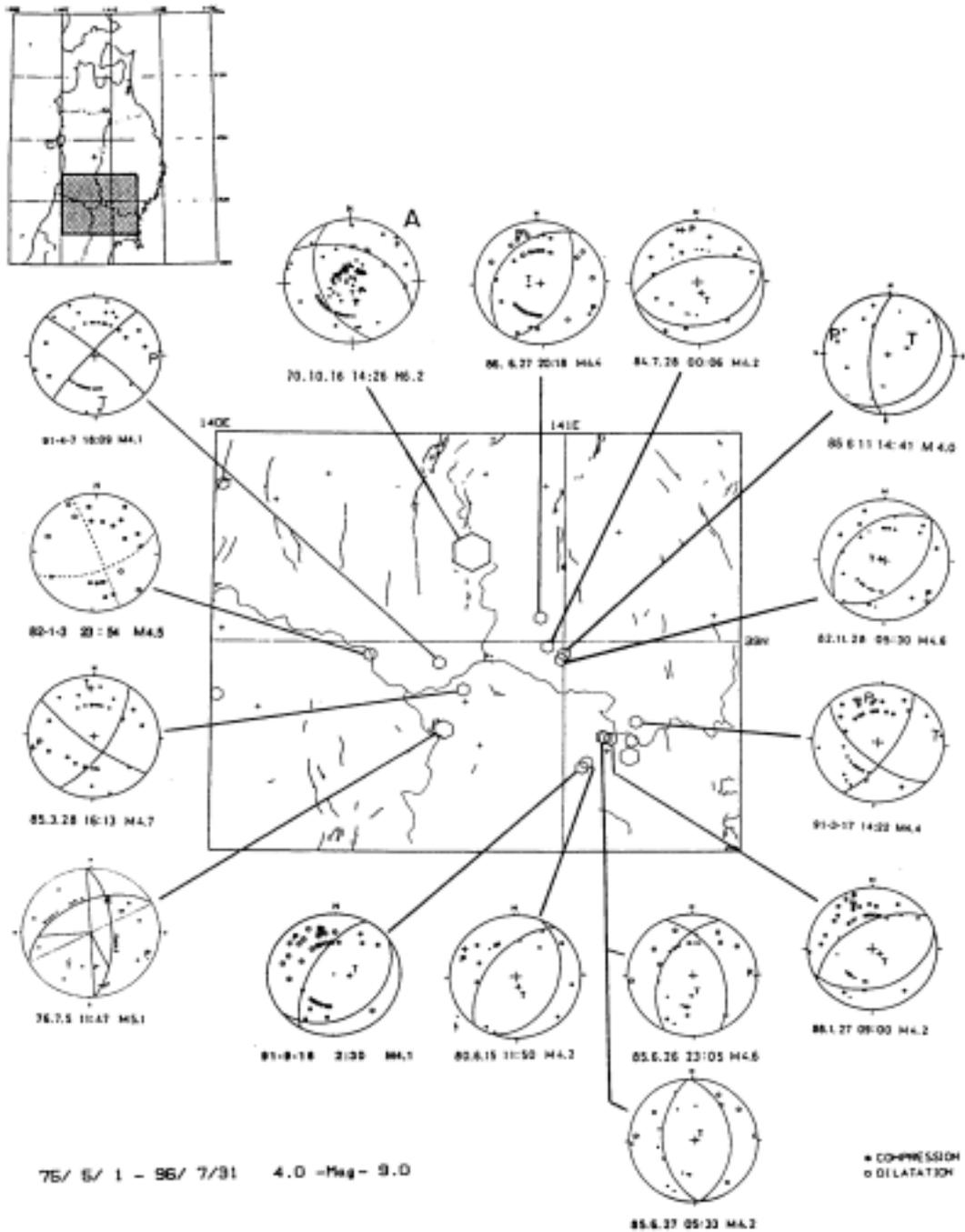
第7図 秋田・宮城・山形県境付近(第2図震央分布の範囲)に発生した地震のM-T図(1996年8月1日～11月20日)。ただし、8月13～20日および10月30日以降のデータは自動処理による。

Fig. 7 Magnitude-Time diagram for the events that occurred in the border of the Akita, Miyagi and Yamagata Prefecture, from August 1 to November 20, 1996. Note : earthquake locations are determined by the automatic hypocenter determination system of the Tohoku University for the following periods from August 13 to 20 and from October 30 to November 20.



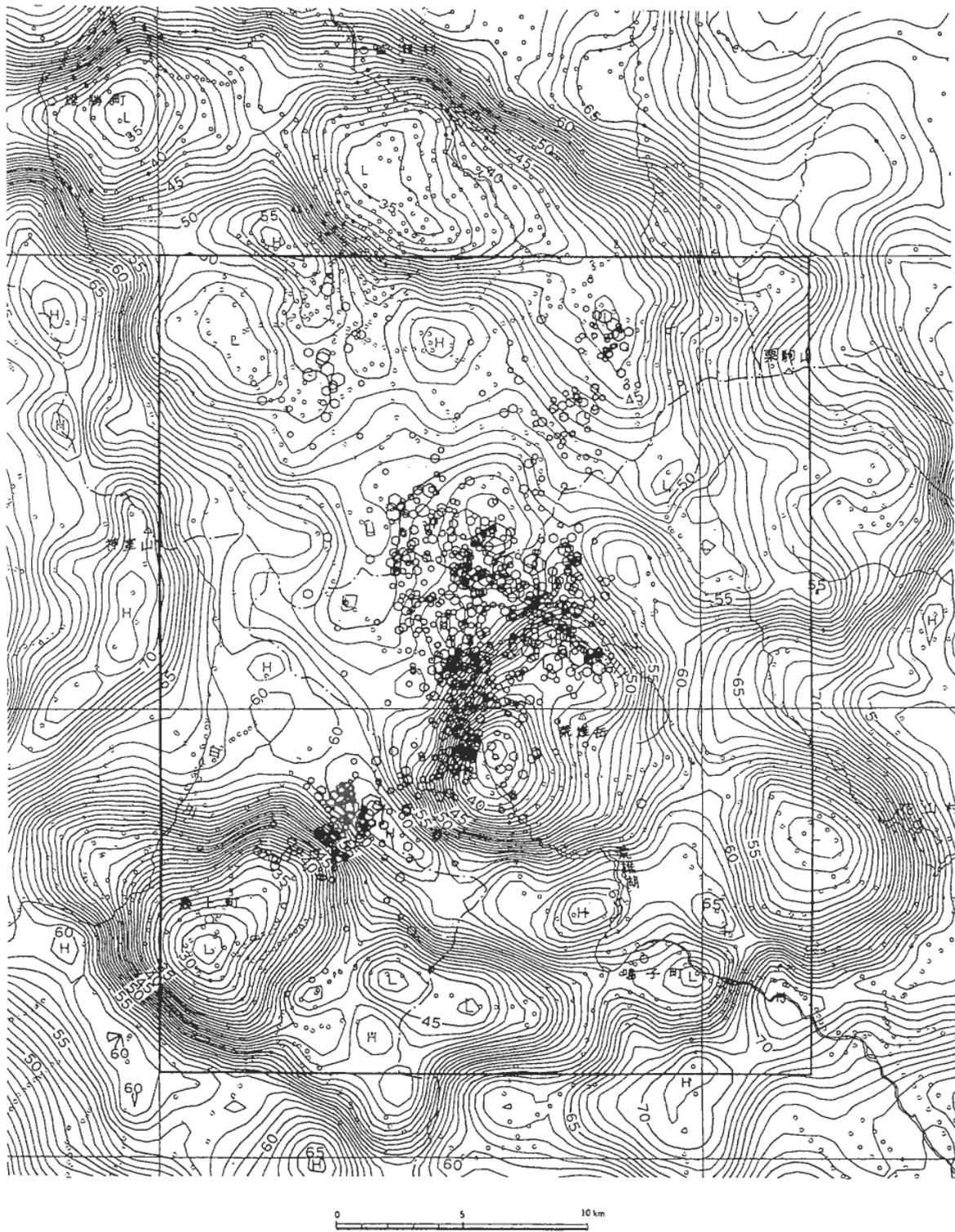
第8図 自動処理によるM4以上の地震(8月14日13時59分まで)の震央分布とメカニズム解(下半球等積投影)。 $\bullet$ が押し, $\circ$ が引きを表す。

Fig. 8 Epicenter distribution and focal mechanism solutions (equal area projection on a lower hemisphere) for the events with  $M \geq 4$  from the occurrence of the main shock ( $M5.9$ ) to 13:59 on August 14, 1996, (earthquake locations are determined by the automatic hypocenter determination system of the Tohoku University).



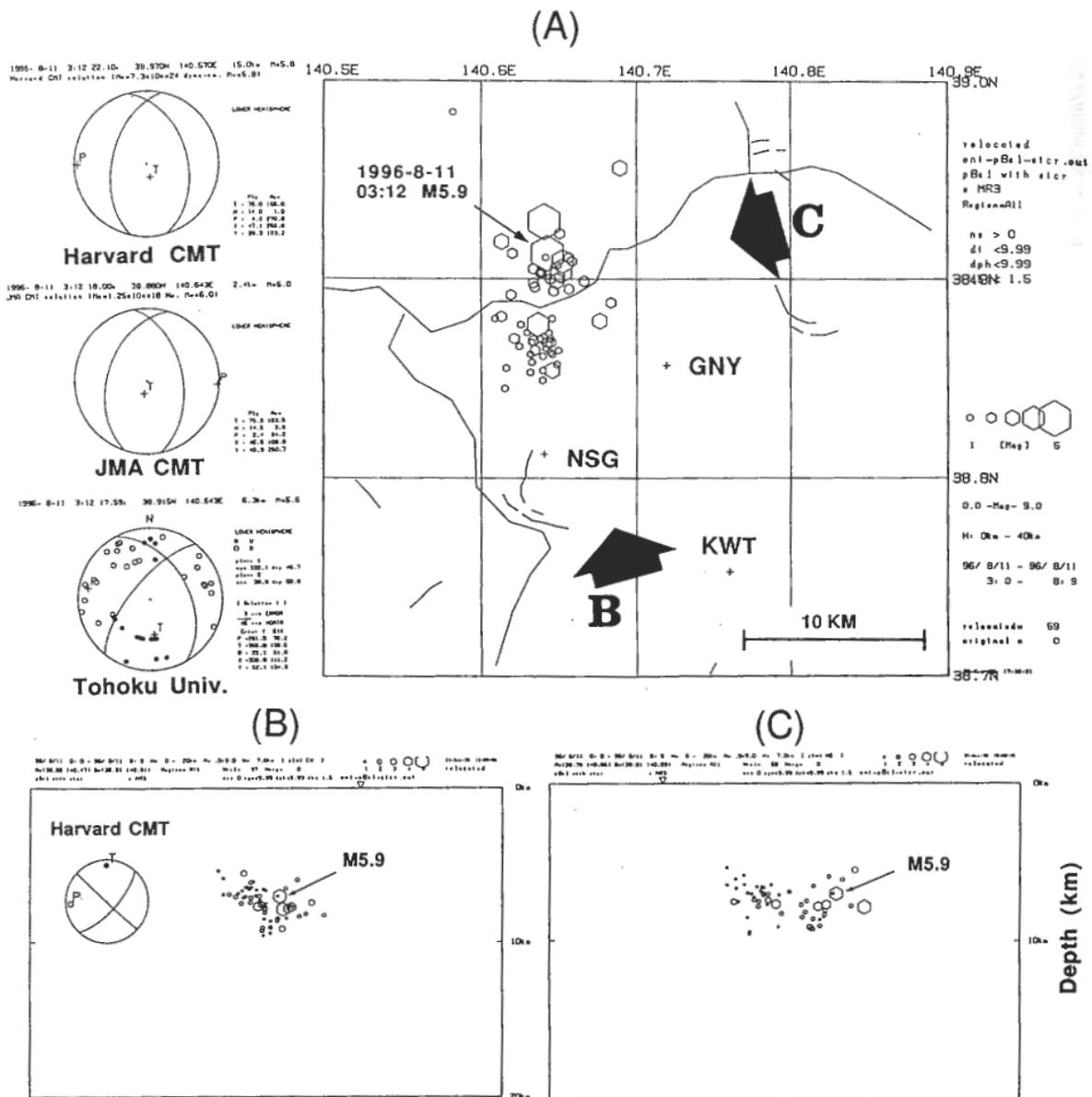
第9図 秋田・宮城・山形・岩手県境付近に発生したM4以上の地震の震央分布とメカニズム解（下半球等積投影）（1975年5月～1996年7月）。Aは1970年秋田県南東部地震（M6.2）（長谷川他，1974）<sup>1)</sup>。

Fig. 9 Epicenter distribution and focal mechanism solutions (equal area projection on a lower hemisphere) for shallow events with M4 (May, 1975-July, 1996) . A denotes the 1970. Southeastern Akita Prefecture earthquake (M6.2).



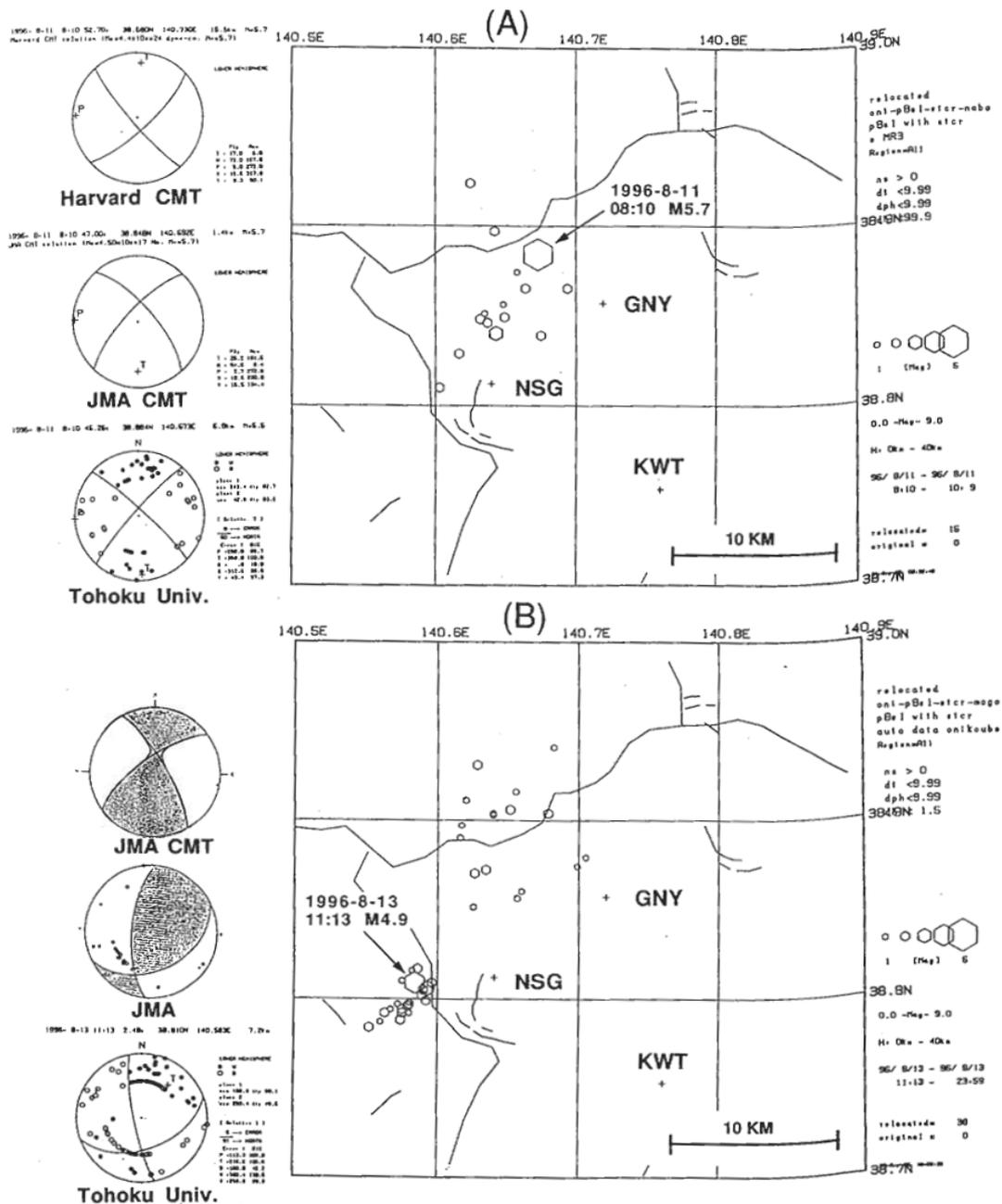
第10図 余震分布（1996年8月11日3時12分～8月14日13時59分、自動処理による）とブーゲ異常分布（ $\rho=2.3\text{g/cm}^3$ 、地質調査所）との比較。小さな丸印は重力測定点を示す。

Fig.10 Epicenter distribution (from 3:12 on August 11 to 13:59 on August 14, 1996) and Bouguer anomaly ( $\rho=2.3\text{g/cm}^3$ , GSI) .



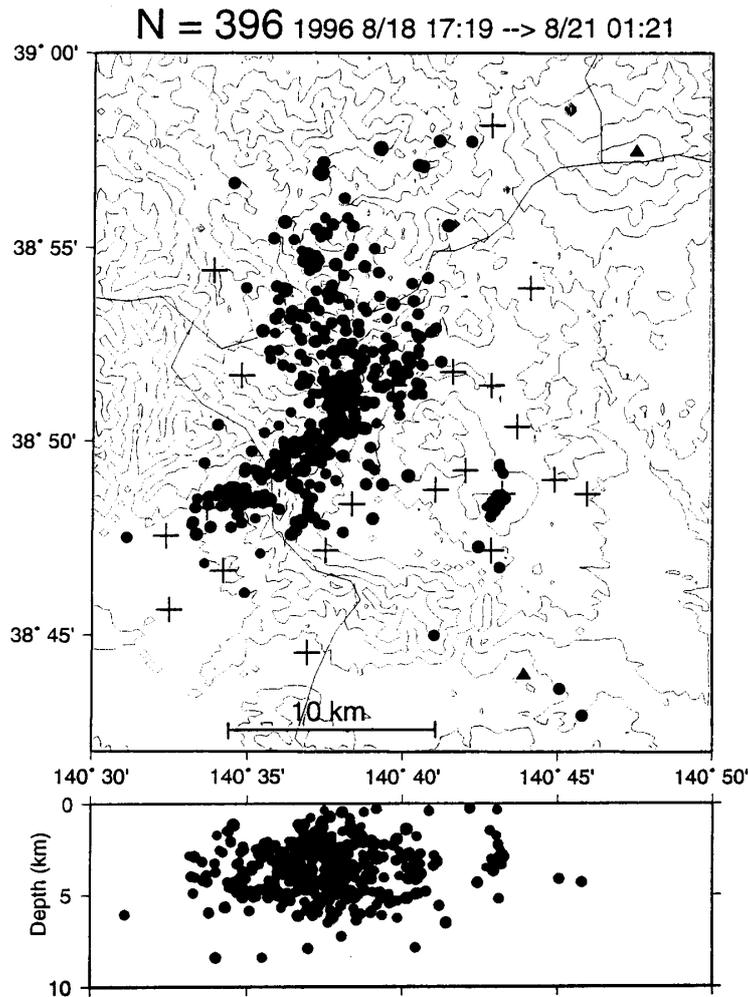
第 11 図 観測点補正値を用いた均質観測点法 (10 観測点の P 時刻と 1 観測点の S 時刻データのみを用いる) による震源再決定 (1996 年 8 月 11 日 3 時 12 分～8 時 9 分)。(A)震央分布と M5.9 の地震のメカニズム解 (下半球等積投影)。ハーヴァード大学および気象庁による CMT 解も示してある。(B)再決定震源の深さ分布と M5.9 の地震のハーヴァード大学の CMT 解 (紙面奥側半球への等積投影)。断面の取り方は図(A)の矢印 B の方向である。(C)再決定震源の深さ分布。断面の取り方は図(A)の矢印 C の方向である。

Fig.11 Hypocenter relocation by a homogeneous station method (10 of P readings and 1 of S reading) with station corrections (3:12-8:9 on August 11, 1996). (A) Epicenter distribution and the focal mechanism solution of the event with M5.9, CMT solutions determined by Harvard Univ. and JMA are also shown. (B) Focal depth distribution of relocated hypocenters and the CMT solution (by Harvard Univ.) of the event with M5.9. The hypocenters and the CMT solution are projected on the vertical cross section which is perpendicular to the direction of arrow B in Fig.(A) . (C) Focal depth distribution of relocated hypocenters. The hypocenters are projected on the vertical cross section which is perpendicular to the direction of arrow C in Fig.(A) .



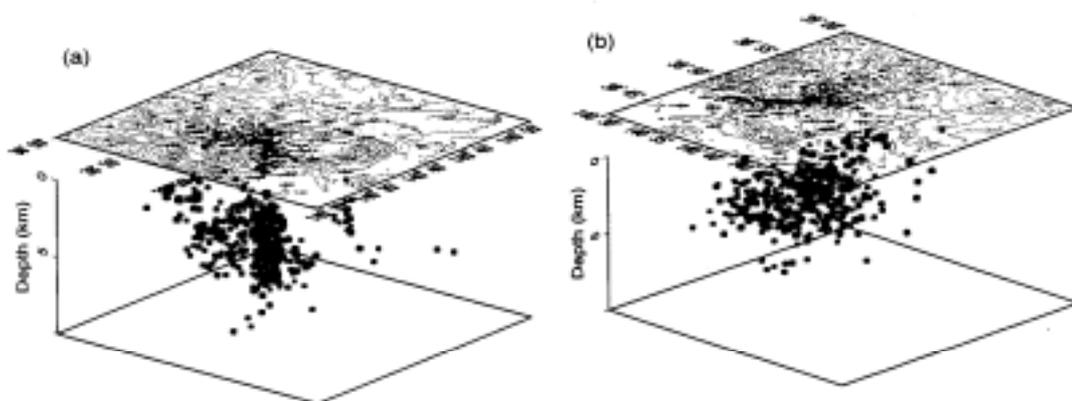
第 12 図 第 11 図と同様の均質観測点法による震源再決定。(A)震央分布 (1996 年 8 月 11 日 8 時 10 分～10 時 9 分) と M5.7 の地震のメカニズム解 (下半球等積投影)。ハーヴァード大学および気象庁による CMT 解も示してある。(B)震央分布 (1996 年 8 月 13 日 11 時 13 分～23 時 59 分) と M4.9 の地震のメカニズム解 (下半球等積投影)。気象庁による CMT 解およびメカニズム解も示してある。

Fig.12 Hypocenter relocation by the same homogeneous station method as Fig.11. (A) Epicenter distribution (8:10-10:9 on August 11, 1996) , and the focal mechanism solution of the event with M5.7 (equal area projection on a lower hemisphere) , CMT solutions determined by Harvard Univ. and JMA are also shown. (B) Epicenter distribution (11:13-23:59 on August 13, 1996) , and the focal mechanism solution of the event with M4.9 (equal area projection on a lower hemisphere) , CMT solution and the focal mechanism solution determined by JMA are also shown.



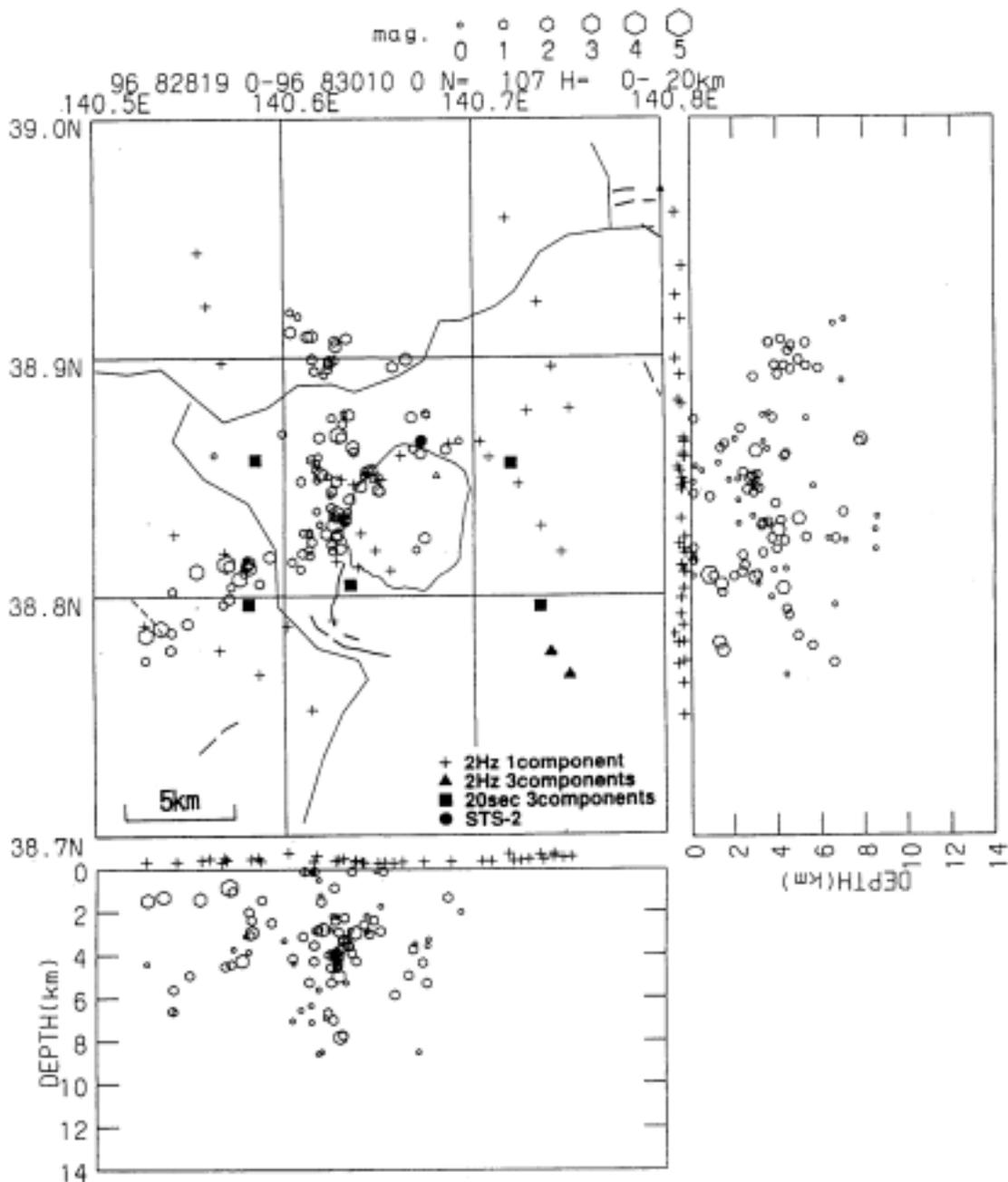
第 13 図 データロガーによる臨時観測によって得られた震源分布 (1996 年 8 月 18 日 17 時 17 分～8 月 21 日 1 時 21 分)。4 点以上の観測点のデータを用いて決定された震源 396 個 (黒丸) を示す。十字印は臨時観測点 (22 点) を示す。

Fig. 13 Hypocenter distribution of aftershocks from 17:19 on August 18 to 1:21 on August 21, 1996. Hypocenters were determined with the data from 4 or more temporary stations. Thick crosses are temporary stations.



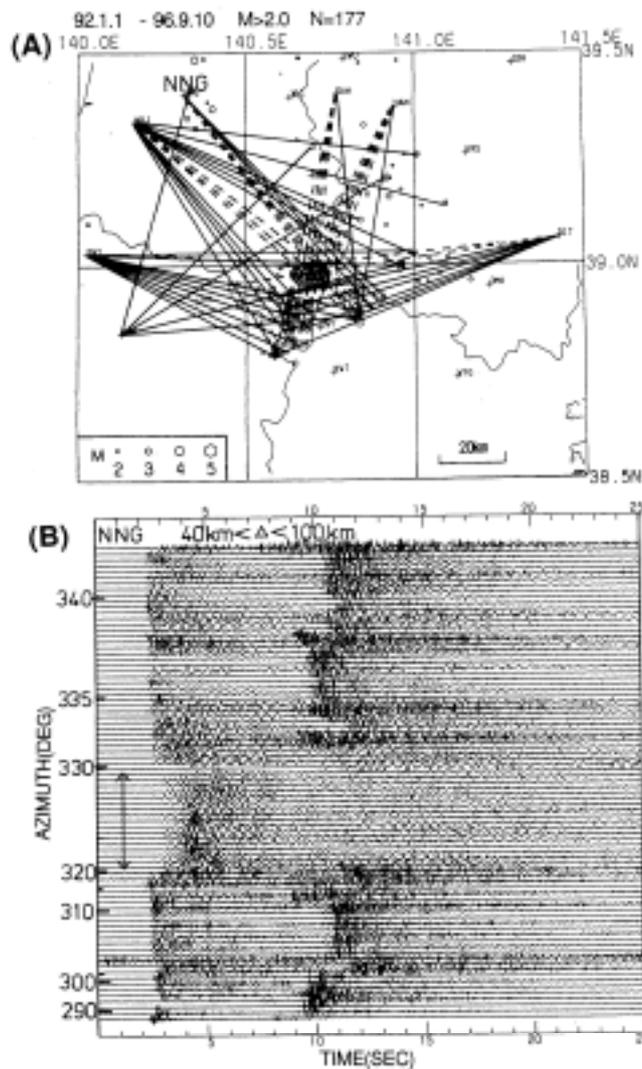
第 14 図 震源分布の 3 次元表示。(a)南西方向 (N230°E), (b)南東方向 (N135°E) の斜め上方から見た図。

Fig. 14 Three-dimensional views of hypocenter distribution. (a)The view from N230E with depression of 30 degrees, (b) same as (a) except for N135E.



第15図 秋田・宮城・山形県境付近で1996年8月28日19時～8月30日10時に行われた臨時観測で得られた震源分布。震源は、編集後の波形データを自動処理して決定された。臨時観測点数は、STS-2 (●)、中帯域地震計 (■) 設置の点を含めて40点である。

Fig. 15 Hypocenter distribution of aftershocks determined the temporary stations from 19:00 on August 28 to 10:00 on August 30, 1996. Crosses, solid triangles, solid squares and solid circles denote the temporary stations classified by seismometer type respectively. The number of temporal stations is 40. Hypocenters were located by the automatic processing system of the Tohoku University.



第 16 図 (A)P 波初動振幅が異常に小さく、S 波がほとんど観測されない地震波（破線）と P、S 波とも明瞭に観測される地震波（実線）の波線分布。(B)図(A)の NNG 観測点で記録された地震の波形記録。波形は NNG への地震波の到来方向（北から時計周り）順にプロットされている。波形記録の振幅は、P 時刻から S 時刻（いずれも計算値）までの最大振幅で規格化している。到来方向が 320 度から 330 度となる地震の P 波、S 波振幅は異常に小さい。図(A)のハッチの領域を伝播する場合には、全ての観測点の P 波、S 波振幅が小さく、この領域が異常減衰域となっている可能性が高い。解析には、1992 年 1 月 1 日～1996 年 9 月 10 日に発生した M2 以上の地震を用いた。

Fig. 16 (A) Ray path distribution from the epicenters to the station. Ray paths with broken lines denote anomously small amplitudes of P and S waves. Ray paths with solid lines denote normal amplitudes of P and S waves. (B) Seismograms observed at the station NNG (in Fig.(A)) are plotted in order of the direction of wave approach(from the north clockwise). Amplitude of each seismogram is normalized by its maximum amplitude during P and S times. The amplitudes of P and S waves are anomously small for the direction of wave approach range from 320 to 330 degrees shown by the line with double headed arrows. The earthquakes with  $M \geq 2$  that occurred from January 1, 1992 to September 10, 1996 were analyzed. When seismic waves pass the hatched region shown in Fig.(A), the amplitudes of P and S waves at the all stations are small. Therefore, it is possible that the hatched area is anomalous attenuation zone.