## 2-1 東北地方およびその周辺の微小地震活動(1988 年 11 月~ 1989 年 4 月)

Microearthquake Activity in and around the Tohoku District (November, 1988 - April, 1989)

東北大学 理学部

Faculty of Science, Tohoku University

1988年11月~1989年1月,1989年2月~4月の各3ケ月間に震源決定された微小地震の震央分布を,第1図と第2図(震源の深さ40km以浅),第3図と第4図(震源の深さ40km以深)にそれぞれ示す。また1988年11月~1989年4月の期間の各1ケ月毎の震央分布を第5図から第10図に示す。

1989年1月16日に青森県東方沖に発生した M5.1 の地震とその余震の震源分布及びその周辺の過去の地震活動を第11回に示す。

福島県沖に発生し、観測点 OIP のデータを加えて再決定された地震の震源分布を第 12 図に示す。第 12 図(B)は 1989 年 2 月 4 日にこの領域に発生した地震(M5.3)のメカニズム解を表わす。

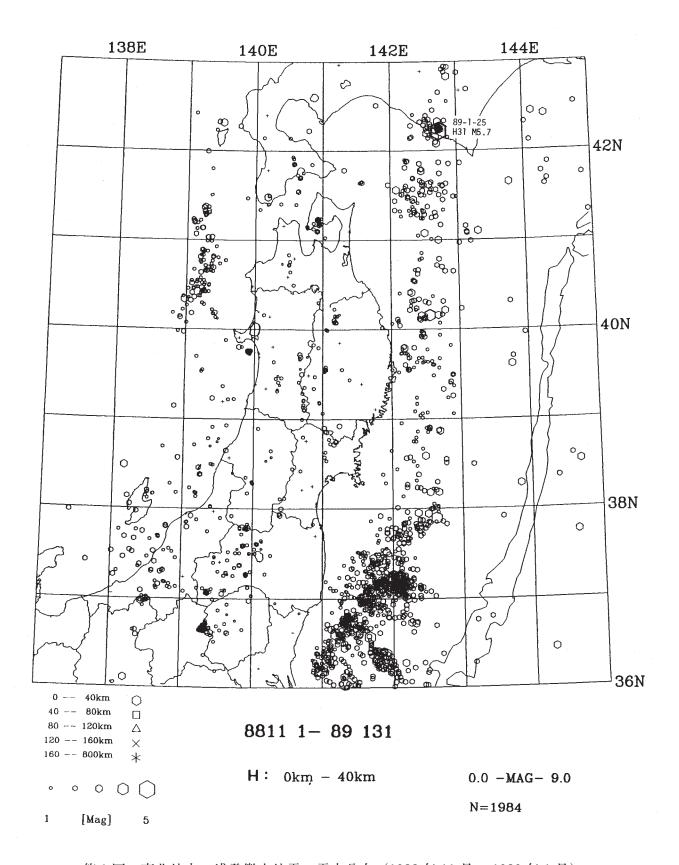
東北地方に発生した M4 以上の浅発地震の活動を第 13 図(A),(B)に示す。(C),(D)は, それぞれ日本海海底下と内陸下に発生した M3 以上の地震の時空間分布である。また太平洋下に発生した地震の時空間分布( $M \ge 4$ )と M-T 図( $M \ge 2$ )を,第 14 図と第 15 図にそれぞれ示す。1987 年 2 月 6 日に福島県沖に発生した地震(M6.7)の余震を除けば,東北地方及びその周辺域は 1986 年頃から地震活動が低下しているように見える。特に東北地方内陸では 1988 年 7 月~ 1989 年 4 月の期間に M3 以上の浅発地震は 1 個も発生していない。またこの期間は海底下の活動も低調である。

東北大学の稠密地震観測網により震源決定された浅発微小地震の震源分布を第 16 図に示す。 秋田県〜岩手県西部の領域(A),福島県西部〜新潟県東部の領域(B)のどちらにおいても、 大部分の地震がコンラッド面より浅い場所に発生している。

東北地方周辺の重力異常分布<sup>1)</sup> と浅発微小地震の震央分布及び活断層区<sup>2)</sup> との関係を第 17 図に示す。ブーゲー異常分布の 0 mgal のコンターが日本海中部地震の余震域や活断層区の境界とよく一致していることがわかる。御獄山周辺のブーゲー異常<sup>3)</sup> と 1984 年長野県西部地震(M6.8)の余震分布との関係を第 18 図に、また岩石実験による断層面における破壊伝播のシミュレーションの結果を第 19 図に示す。1984 年長野県西部地震の余震域は、重力異常分布の傾斜が急な位置に対応している。また本震や大きな余震の震央(破壊の開始点)は、重力異常分布の急峻な尾根や谷に対応しており、岩石実験の結果と調和的である。

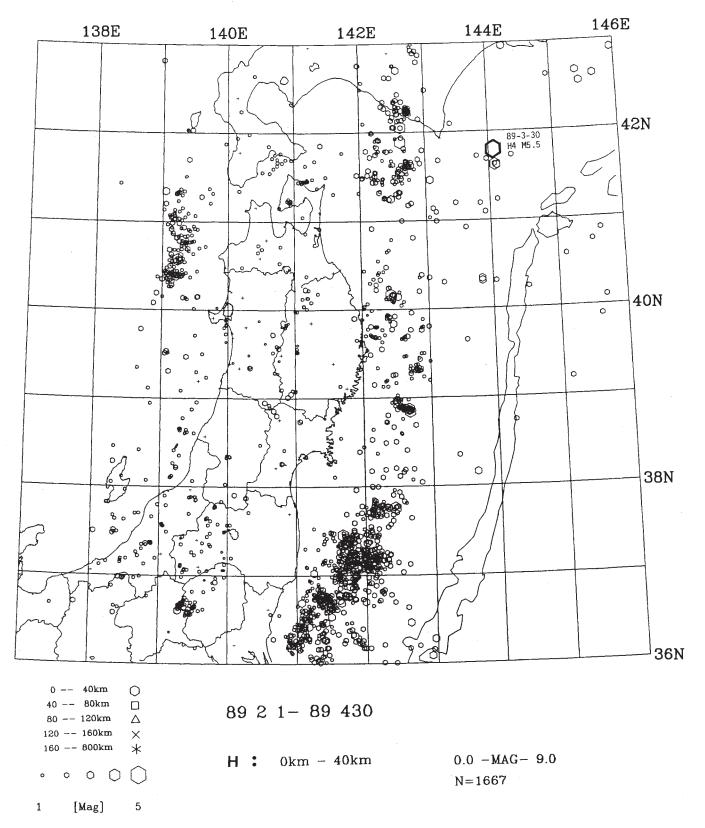
## 参 考 文 献

- 1) 三品正明:東北日本島弧-海溝系の重力異常とテクトニクス,東北大学学位論文(1988).
- 2) 活断層研究会:日本の活断層-分布図と資料,東京大学出版会(1980).
- 3) 志知竜一・木村敦・山本明彦: 御獄山周辺の精密ブーゲ異常 (序報), 地震学会講演予稿集 昭和62年度春期大会, (1987), 109.



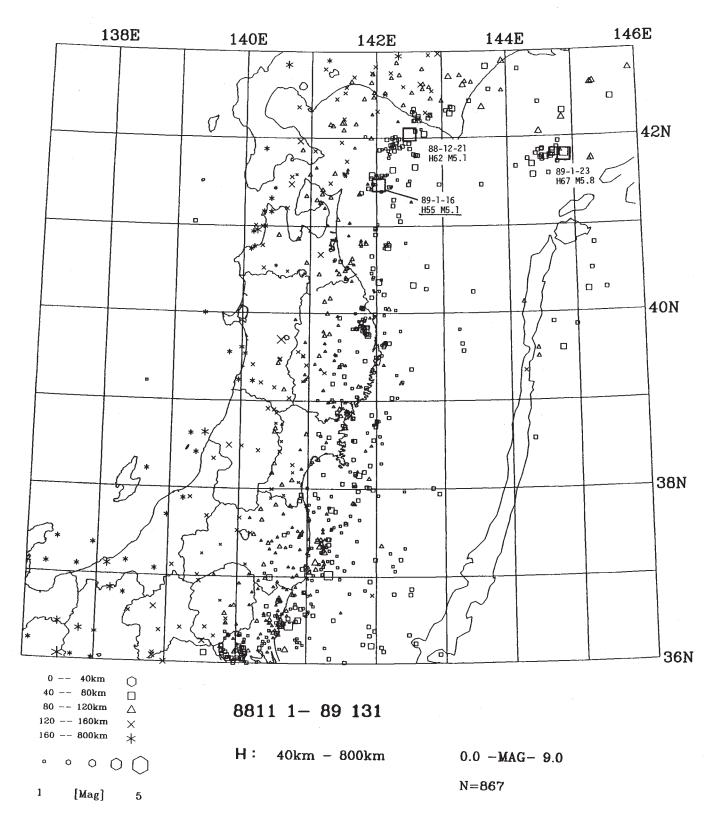
第1図 東北地方の浅発微小地震の震央分布(1988年11月~1989年1月)

Fig. 1 Epicenter distribution of shallow microearth quakes (h < 40 km) in the Tohoku District (November, 1988 - January, 1989) .



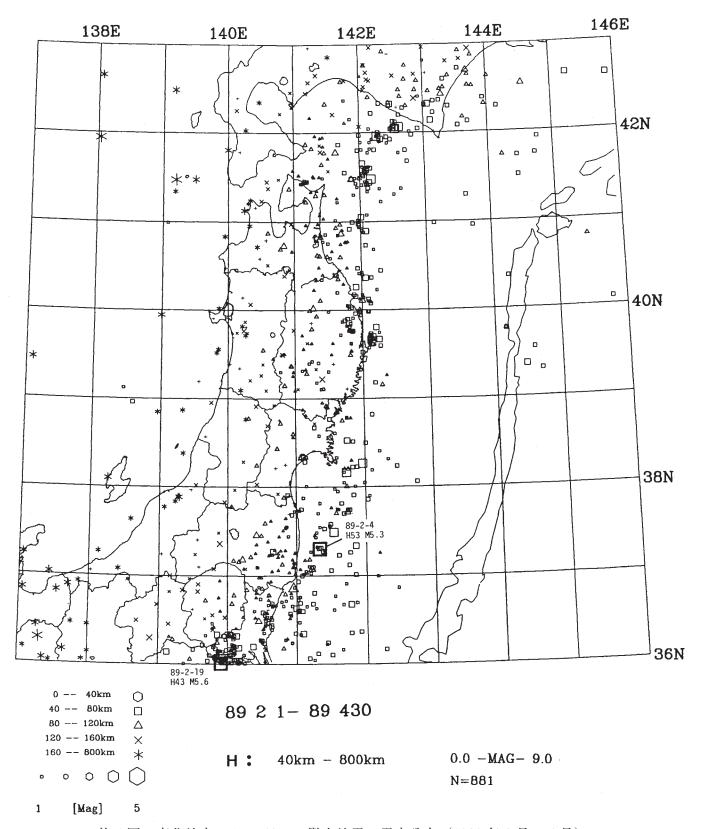
第2図 東北地方の浅発微小地震の震央分布 (1989年2月~4月)

Fig. 2 Epicenter distribution of shallow microearth quakes (h<40 km) in the Tohoku District (February - April,  $1989)\,.$ 



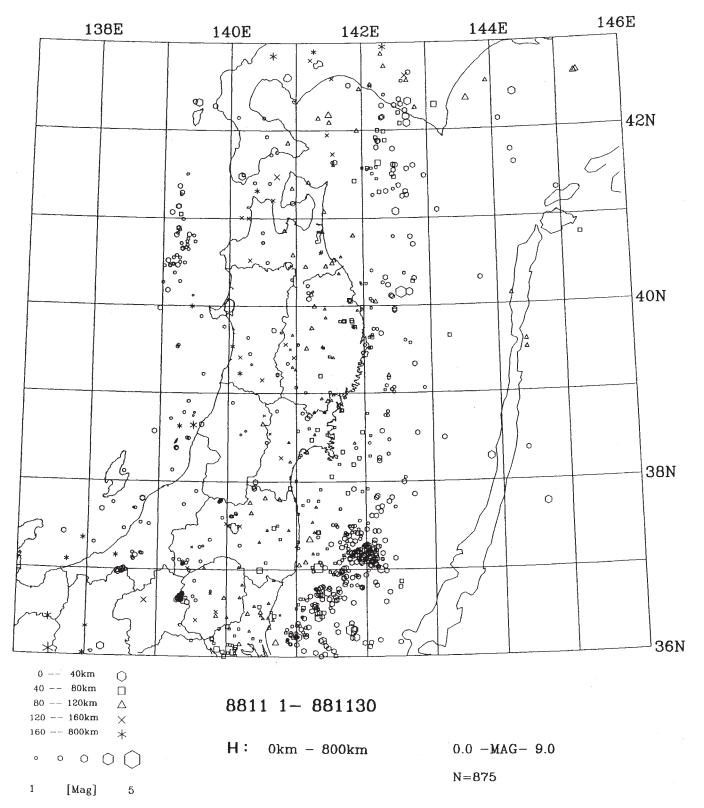
第3図 東北地方のh≥ 40kmの微小地震の震央分布 (1988年11月~1989年1月).

Fig. 3 Epicenter distribution of microearthquakes ( $h \ge 40 \text{ km}$ ) in the Tohoku District (November, 1988 - January, 1989).



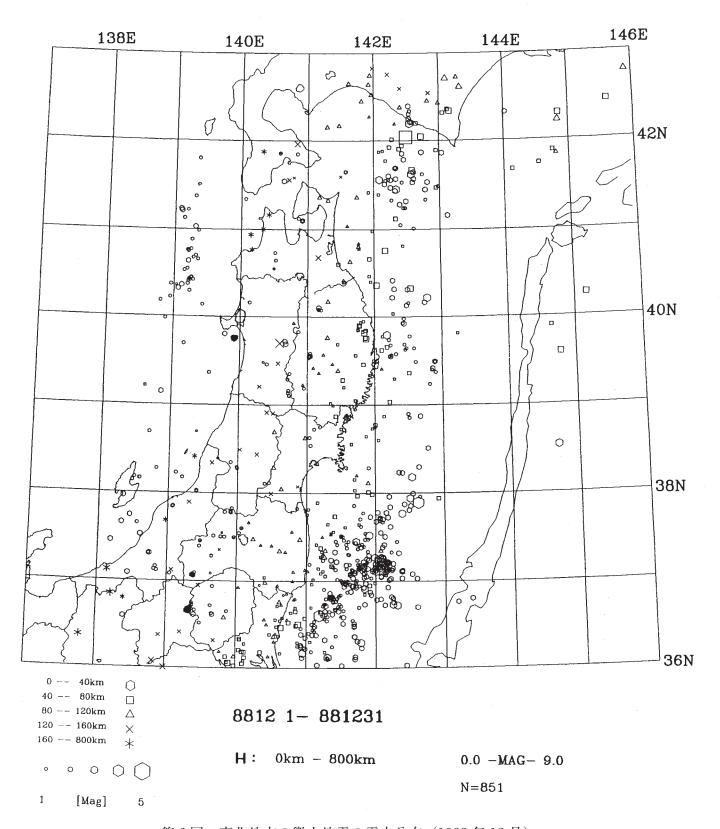
第4図 東北地方の h ≥ 40kmの微小地震の震央分布(1989年2月~4月).

Fig. 4 Epicenter distribution of microearthquakes (h  $\geq$  40km) in the Tohoku District (February – April, 1989).



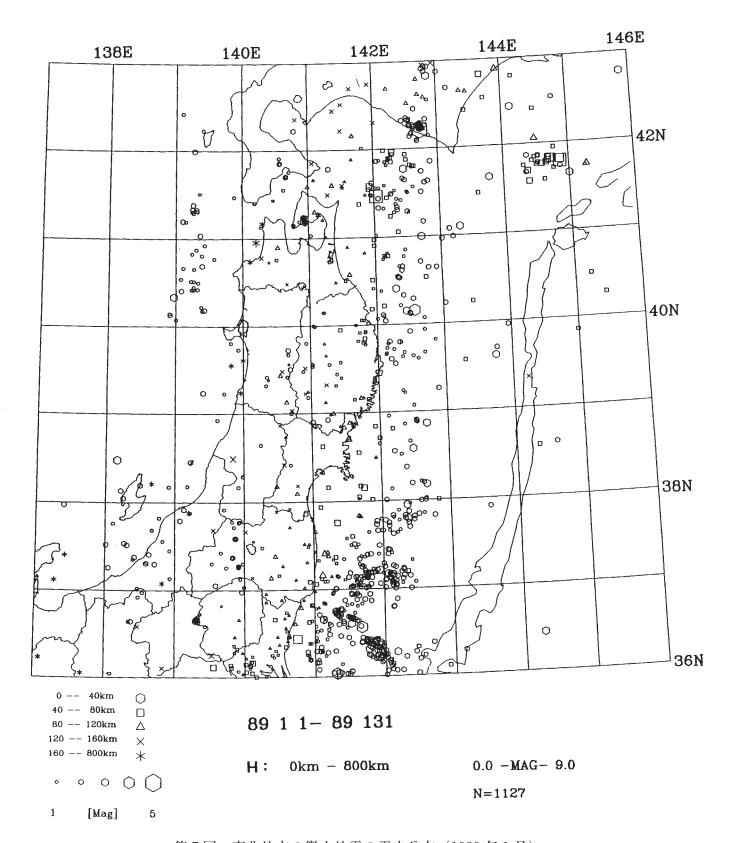
第5図 東北地方の微小地震の震央分布(1988年11月).

Fig. 5 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (November, 1988).



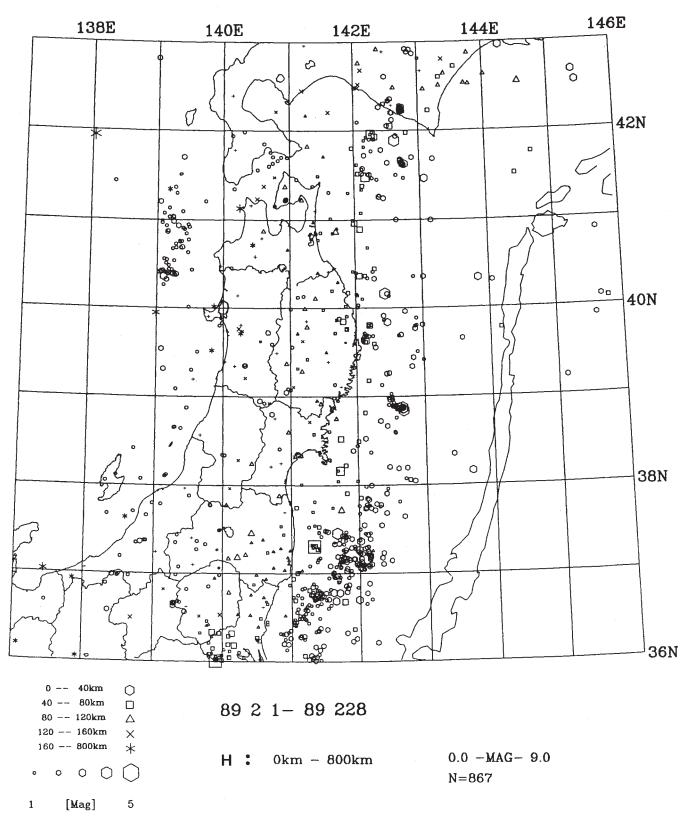
第6図 東北地方の微小地震の震央分布 (1988年12月).

Fig. 6 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (December, 1988).



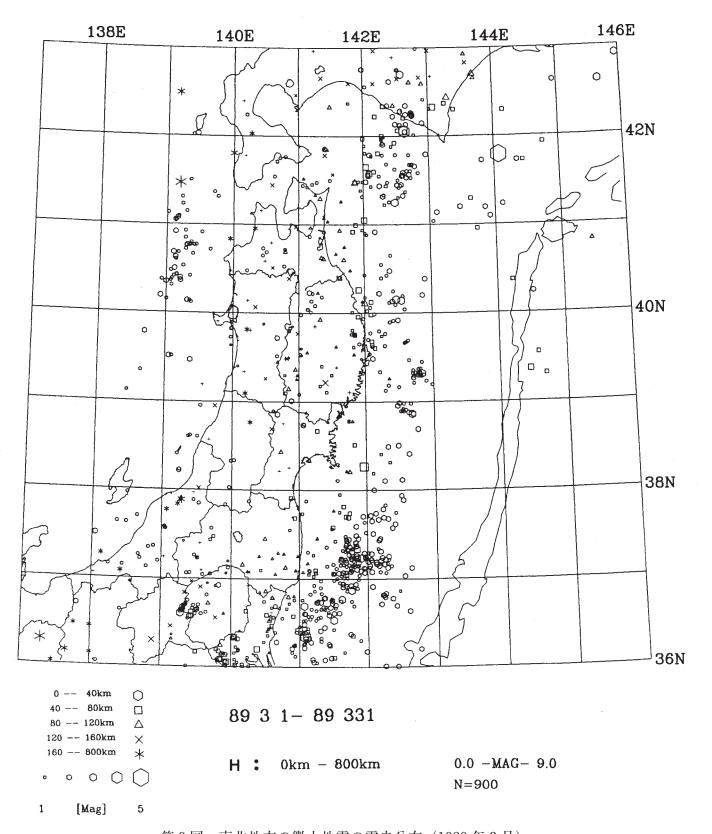
第7図 東北地方の微小地震の震央分布 (1989年1月).

Fig. 7 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (January, 1989).



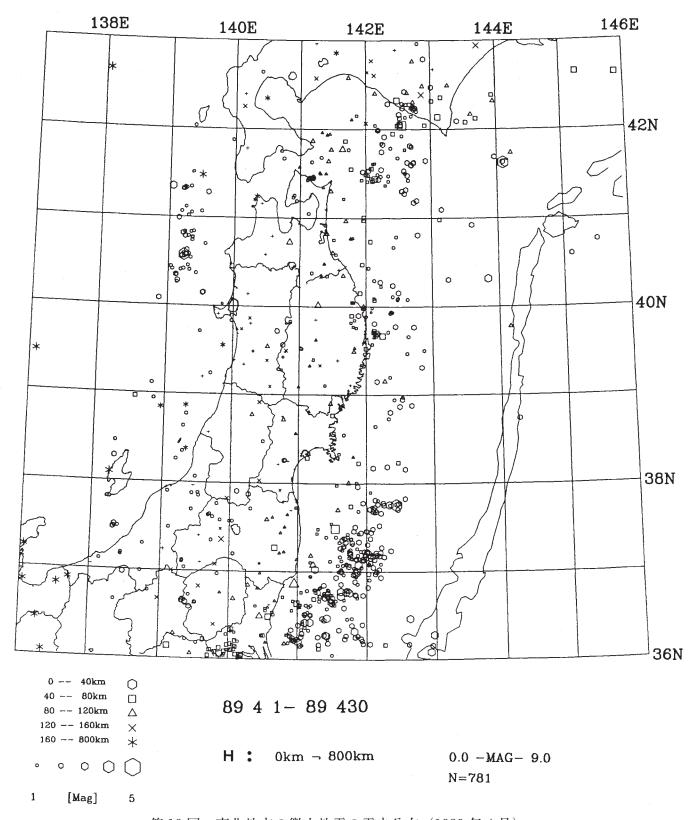
第8図 東北地方の微小地震の震央分布 (1989年2月).

Fig. 8 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (February, 1989).



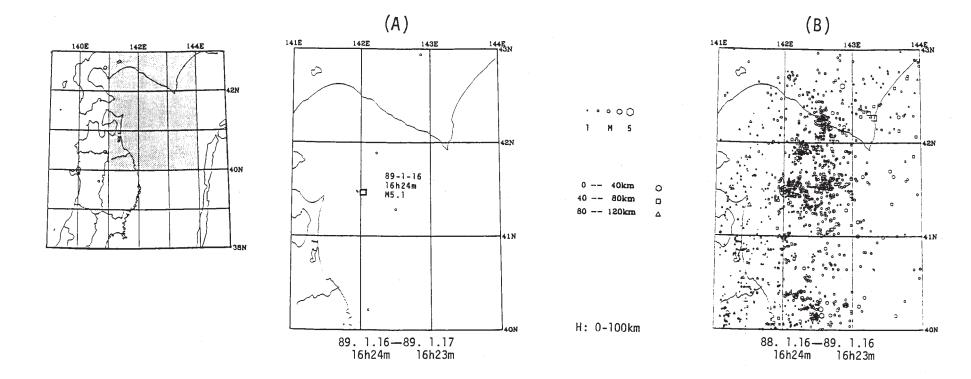
第9図 東北地方の微小地震の震央分布 (1989年3月).

Fig. 9 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (March, 1989).



第10図 東北地方の微小地震の震央分布 (1989年4月).

Fig. 10 Epicenter distribution of microearthquakes in the Tohoku District (April, 1989).

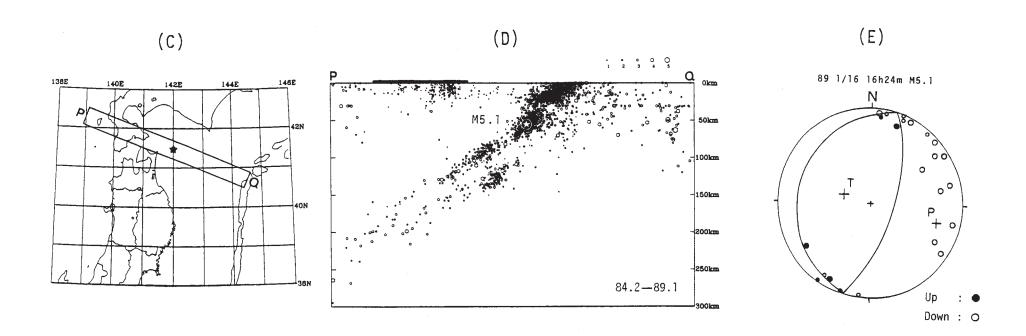


第11 図 (A) 1989年1月16日に青森県東方沖に発生した地震(M5.1)とその余震の震央分布(本震発生後24時間)(B)本震の発生前1年間に青森県東方沖に発生した地震の震央分布(C)断面図を作成した領域(D)図(C)のPQ領域に発生した地震の鉛直断面図 1984年2月から1989年1月の間に発生した地震と1989年1月16日に発生した地震(M5.1)をあわせて示す。(E)本震のメカニズム解(下半球等積投影)

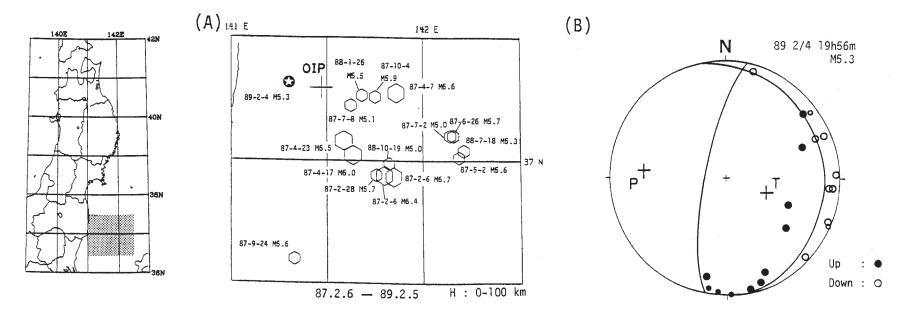
Fig. 11 (A) Epicenter distribution of January 16, 1989 (M5.1) earthquake off the east coast of Aomori Prefecture, and its aftershocks.

<sup>(</sup>B) Epicenter distribution for the period from January 16, 1988 to January 16, 1989. (C) Index map for Figure (D).

<sup>(</sup>D) Vertical cross section for the microearthquakes in the region PQ shown in Figure (C). (E) Focal mechanism solution of the main shock (lower focal hemisphere).

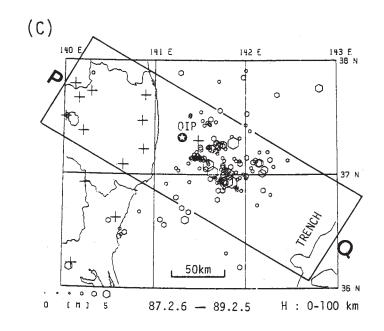


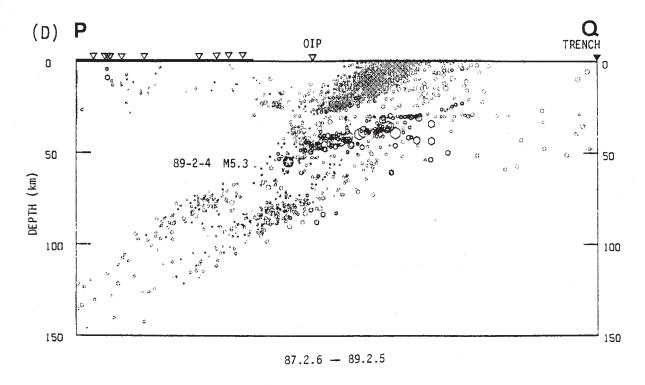
第11図 つづき Fig. 11 (Continued)



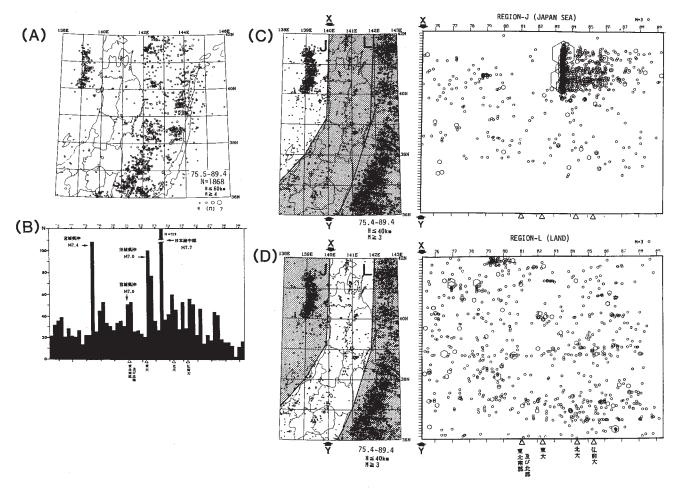
第12 図 福島県沖に発生した地震の震源分布 (A) 観測点 OIP のデータを加えて再決定された M ≥ 5 の地震の震央分布 (1987 年 2 月 6 日~ 1989 年 2 月 5 日) 1989 年 2 月 4 日 M5.3 の地震を星印で示す。(B) 1989 年 2 月 4 日に福島県沖に発生した地震(M5.3)のメカニズム解(下半球等積投影)(C) 観測点 OIP のデータを加えて再決定された地震の震央分布 (1987 年 2 月 6 日~ 1989 年 2 月 5 日)(D)図(C)の PQ 領域に発生した地震の鉛直断面図 同領域内の微小地震の震源分布を薄く網目で示す。

Fig. 12 Hypocenter distribution of earthquakes off Fukushima Prefecture. (A) Epicenter distribution of earthquakes (M ≥ 5) relocated by using the data from hydrophone station OIP for the period from February 6, 1987 to February 5, 1989. (B) Focal mechanism solution (lower hemisphere) of February 4, 1989 of earthquake (M5.3) off Fukushima Prefecture. (C) Epicenter distribution of earthquakes relocated by using the data from OIP. (D) Vertical cross section of the relocated earthquakes in the region PQ shown in Figure (C). Light colored plots indicate the hypocenter distribution of the microearthquakes in the region.



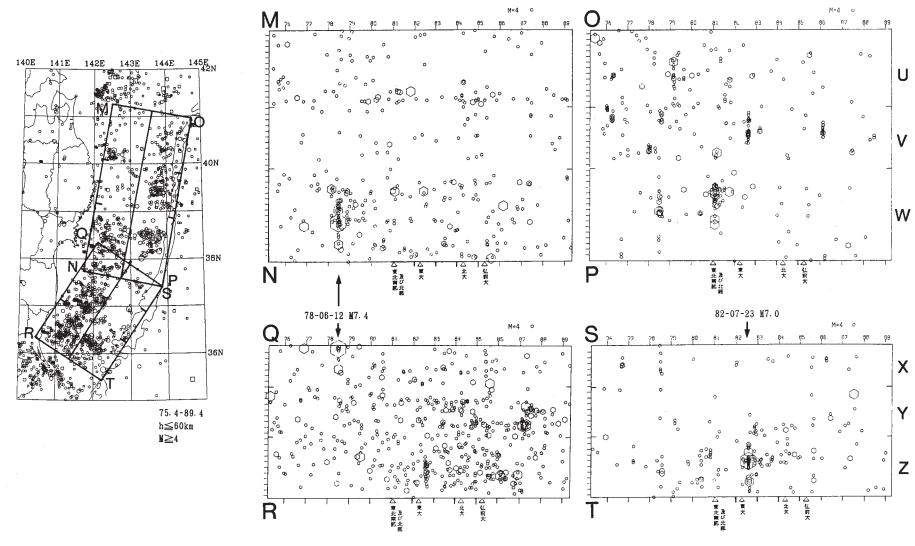


第12図 つづき Fig. 12 (Continued)



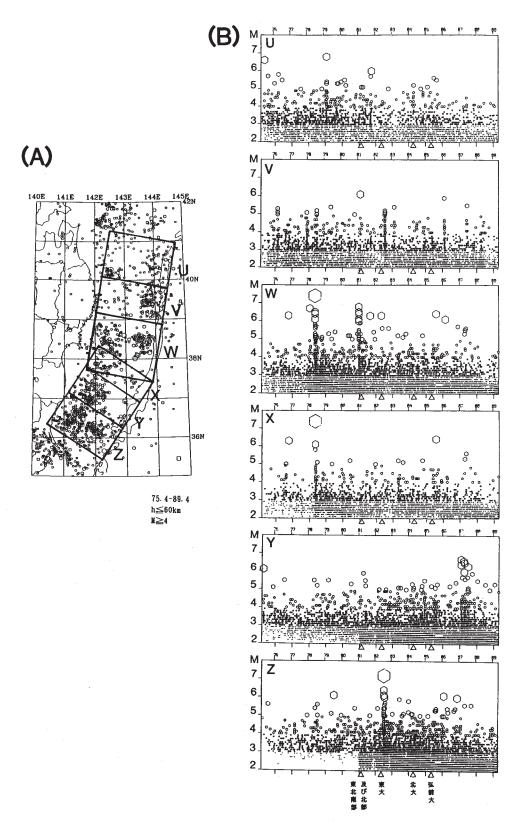
第13 図 (A) 東北地方の深さ 60km 以浅に発生した M ≥ 4 の地震の震央分布 (1975年5月~1989年4月) (B) 図 (A) の領域に発生した地震 (M≥4) の 3 ケ月毎の頻度分布 三角印は,観測網の拡大に伴って検知能力が向上した時期を表わす。(C) 東北地方の日本海の海底下 (挿入図のJ領域) における地震活動の時空間分布 (1975年4月~1989年4月) 挿入図の枠内で深さ 40km以浅に発生した M≥3の地震の震央を XY 軸に投影して示す。 (D) 東北地方の内陸部 (挿入図のL領域) における地震活動の時空間分布

Fig. 13 (A) Epicenter distribution of earthquakes (M≥4) shallower than 60 km depth in the Tohoku District for the period from May, 1975 to April, 1989. (B) Number of earthquakes (M≥4) in every three months in the region shown in Figure (A). (C) Space-time distribution of earthquakes (M≥3) off the west coast of the Tohoku District. (D) Space-time distribution of earthquakes in the land area of the Tohoku District.



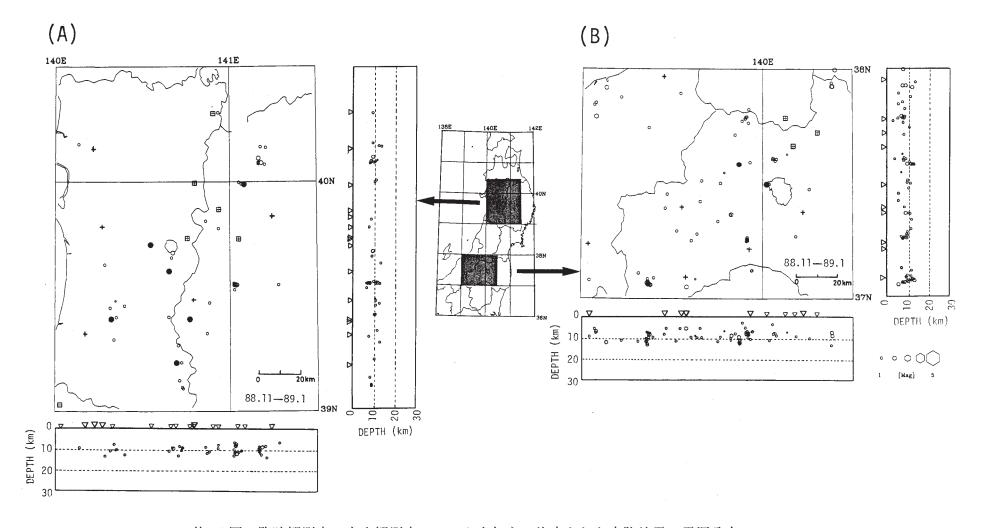
第14図 1975 年 4 月以降東北地方の太平洋下に発生した M ≥ 4 の浅発地震 (h ≤ 60km) の 時空間分布 各領域を左図に枠で囲って示す。

Fig. 14 Space-time distributions of earthquakes ( $M \ge 4$ ) in the regions shown in the inserted map.



第15図 (A) 東北地方の太平洋下の深さ 60 km 以浅に発生した  $M \ge 4$  の地震の震央分布(1975 年 4 月~ 1989 年 4 月) (B) 図 (A) の U~ Z の領域に発生した地震の M - T 図 三角印は,観測網の拡大にともなって検知能力が向上した時期を表わす。

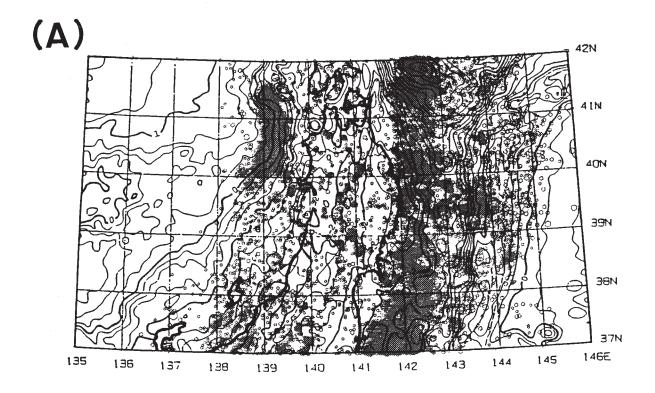
Fig. 15 (A) Epicenter distribution of earthquakes ( $M \ge 4$ ) off the east coast of the Tohoku District for the period from April, 1975 to April, 1989. (B) Magnitude-time distributions of earthquakes ( $M \ge 2$ ) in the regions shown in Figure (A).

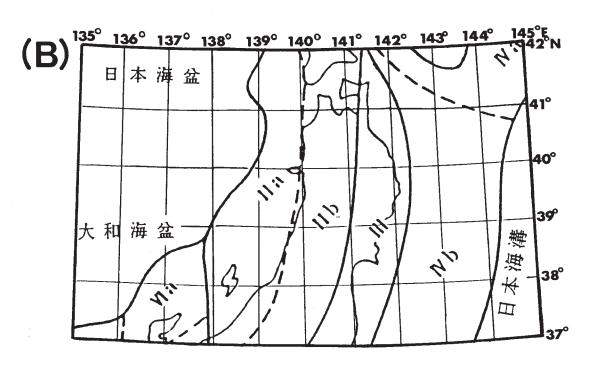


第16図 臨時観測点,火山観測点のデータを加えて決定された内陸地震の震源分布 臨時観測点,火山観測点及び定常観測点の位置を黒丸印,四角印及び十字印で それぞれ示す。(A) 秋田県及び岩手県西部(B) 福島県西部及び新潟県東部

Fig. 16 Hypocenter distribution of shallow microearthquakes located by using densely distributed seismic stations. Solid circles, squares and crosses denote the locations of temporary stations, volcanic observation stations and permanent stations, respectively.

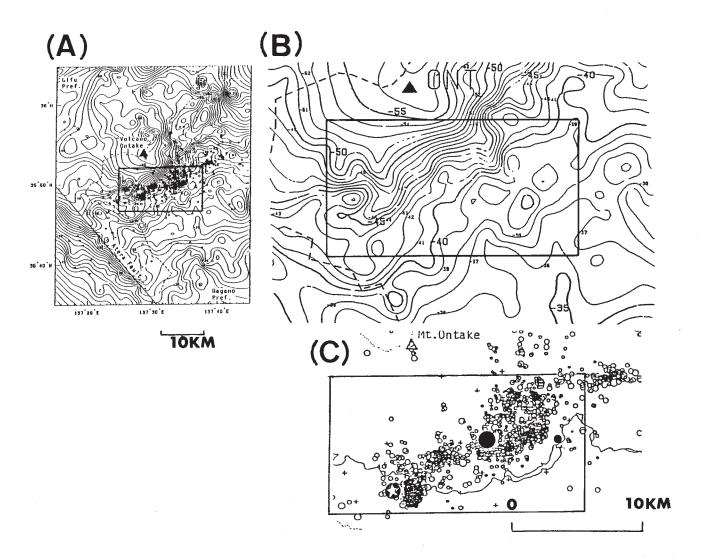
(A) Akita Prefecture and the western part of Iwate Prefecture. (B) The western part of Fukushima Prefecture and the eastern part of Niigata Prefecture.





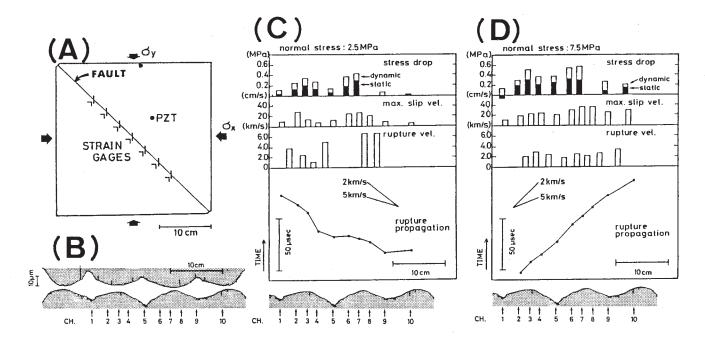
第17図 重力異常分布と地震活動及び活断層区との関係 (A) 沈み込む太平洋プレートの影響を差し引いた後の残差ブーゲー異常分布 (三品, 1988 による) <sup>1)</sup> データは国土地理院 (陸域)及び海上保安庁水路部海洋データセンター (海域) による。数字の単位は 100mgal。微小地震の震央分布を薄い影で示す。 (B) 活断層区 (活断層研究会, 1980 による) <sup>2)</sup>

Fig. 17 Bouguer anomaly, seismic activity and active fault provinces in the Tohoku District. (A) Bouguer anomaly in the Tohoku District (after Mishina (1988)<sup>1)</sup>). The effect of the descending Pacific plate is reduced in the figure. Light colored plots indicate the epicenter distribution of the microearthquakes in the region. (B) Active fault provinces (after The Research Group for Active Faults (1980)<sup>2)</sup>).



第18図 (A) 御獄山周辺のブーゲー異常図 (志知他, 1987 による)<sup>3)</sup> (B) 図 (A) の枠内の拡大図 (C) 1986 年長野県西部合同地震観測における 自動処理による震源分布 1984 年長野県西部地震の本震 (M6.8) を 大きな黒丸で、最大余震 (M6.2) と震源域東端付近で発生した大き な余震 (M5.1) を星印と小さな黒丸で示す。

Fig. 18 (A) Bouguer anomaly around Mt. Ontake (after Shichi et al. (1987)<sup>3</sup>). (B) Magnification of the area indicated by a frame in Figure (A). (C) Epicenter distribution of the aftershocks of the 1984 Western Nagano Prefecture Earthquake determined by an automatic hypocenter determination system for the period from September to October, 1986. A large solid circle indicates the epicenter of the main shock (M6.8). Epicenters of large aftershocks of M6.2 and M5.1 are indicated by asterisk and a small solid circle, respectively.



第19 図 岩石実験による断層面における破壊伝播のシミュレーション(A) 固着一すべり実験に用いた岩石試料(B)模擬断層の長さ方向に沿った断層面形状 矢印は歪ゲージセンサーの位置。(C) 平均的法線応力が2.5MPaの場合の各測定点での応力降下量,最大すべり速度,破壊伝播速度および破壊開始時刻,横軸は断層に沿った距離(D) 平均的法線応力が7.5MPaの場合

Fig. 19 Simulation of the rupture propagation along a nonuniform strength fault. (A) Schematic diagram of rock sample used for stick-slip experiments. (B) Profiles of two sliding surfaces of the sample. Arrows indicate positions of sensors. (C) The spatial distributions of stress drop, maximum slip velocity, rupture velocity and rupture time for a stick-slip event at average normal stress of 2.5 Mpa. (D) The distributions for a event at average normal stress of 7.5 Mpa.