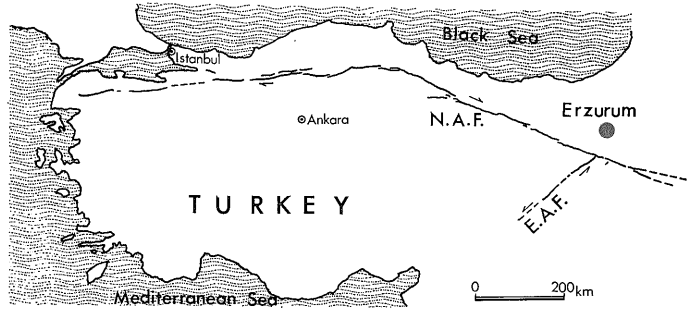


# ホラサン—ナルマン地震(1983.10.30 トルコ)

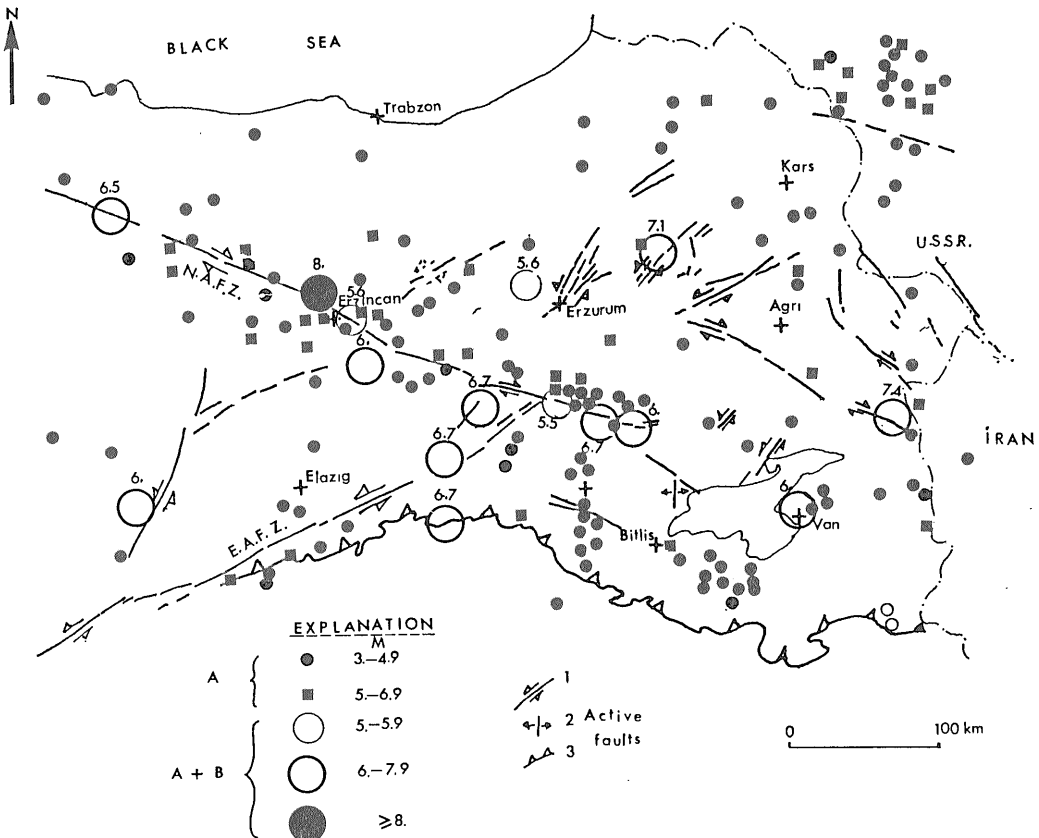
加藤 碩一 (環境地質部)・アイクット・A・バルカ (MTA・基礎研究部)  
Hirokazu KATO Aykut A. BARKA

## 1 はじめに

筆者らは 1982年から工業技術院国際研究協力課特別研究「地震断層 活断層及び地震予知に関する研究」のテーマの一つとしてトルコの地震断層や活断層について共同研究を実施してきた(加藤 1983a b 1984a)。昨年夏にも主に東トルコの地震断層について野外調査を行った。その後10月になって同地域に標記の地震が発生し多大な被害をあたえた。これについて予報的な雑文を既に本

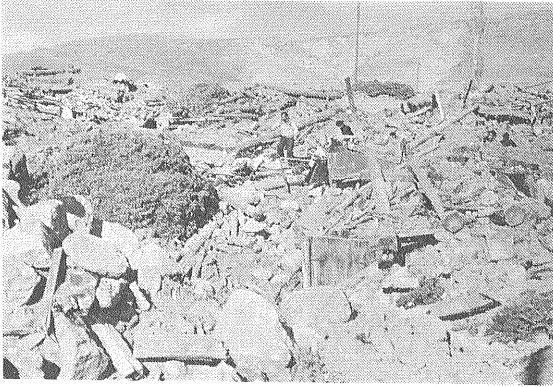


第1図 位置図 (N.A.F.は北アナトリア断層 E.A.F.は東アナトリア断層)



第2図 トルコ東部のサイズモテクトニクス

A 機器観測データから求めた震央 A+B機器観測データ及びマクロサイズミックデータから求めた震央  
1. 横ずれ断層 2. 引張破断裂か及び正断層 3. 逆断層及びプラスト(活断層) N.A.F.Z. 北アナトリア断層帯 E.A.F.Z. 東アナトリア断層帯



第3図 今回の地震によって壊滅したグレク村

ロラド州で  $M_s=7.1$  アテネで  $M_b=6.5$  ウィーンで  $M_b=6.8$ と報告されている。この地震は44カ村に被害をあたえ その内8カ村は完全に崩壊した。家屋の被害は3400軒以上に及び1336人の死者と540人の負傷者を出した。最大震度  $I_0$  は VIII と決定された。Toksöz (1983) MITのウォーレス観測所の報告によれば20秒を超す長い持続時間を示す複雑なP波 10~80秒にわたる大振幅のS波が示されており 長周期のマントルレー波は見られない。

### 3 本地域の地質及びテクトニクス

本地域を含めた東トルコ地域は 東西性の北アナトリア断層と北東-南西性の東アナトリア断層の交差するトリプルジャンクションの東方に位置する(第1図)。これは アラビアプレートが北方へ移動することに起因する南北方向の圧縮が同地域に卓越することを意味する。さらに Sönger (1980) によれば アラビアプレートとヨーロッパプレート間に生じた大陸衝突は 後期中新世に起こりそれ以来この地域の厚化と短縮が続いているという。この南北圧縮の結果 本地域には次のような構造が発達している。

- ①東西性の逆断層群ないしスラスト群
  - ②北北東-南南西ないし北東-南西性の左水平ずれ断層群
  - ③北西-南東性の右水平ずれ断層群
  - ④南北性の引張裂か ないし正断層群
- (第2図)

また 本地域の大部分の新第三紀-第四紀堆積盆地は東西性の長軸を持ち 境界を逆断層で限られた山間盆地である。火山活動は南北性の引張裂か群と関係する。

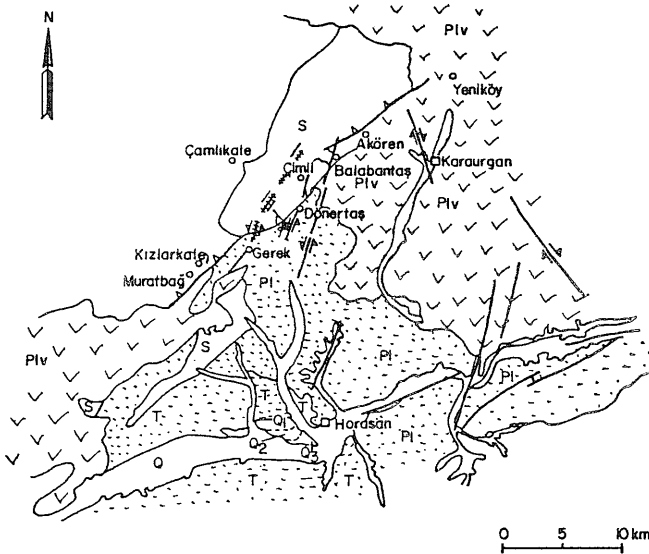
東トルコにおける最近の地震は 1974年のリジ地震と1976年のチャルドラン地震である。前者の地震断層は 東アナトリア断層南東部に発達する大スラスト帯上に同様のセンスで生じた低角逆断層である。後者の地震断層はトルコ最大の塩湖(琵琶湖の約5倍)ヴァン湖北東に位置し 長さ約55kmに達する。その平均的な右横ずれ変位量は約2.5mである。いずれも北アナトリア断層及び東アナトリア断層の活動とは直接関係しない(Arpat 1977 Toksöz et al. 1977)。

今回の地震断層は  $N20^{\circ}\sim 30^{\circ}E$  の走向を持

誌で報告したが(加藤 1984b) 今年 共同研究者のバルカ氏が再来日しその詳細を知ることができた。現地調査の報告はほとんどトルコ語なのでその詳細がわが国に知られる機会は少ないと思われるので バルカ氏の調査結果をもとにあわせてここに報告する次第である。

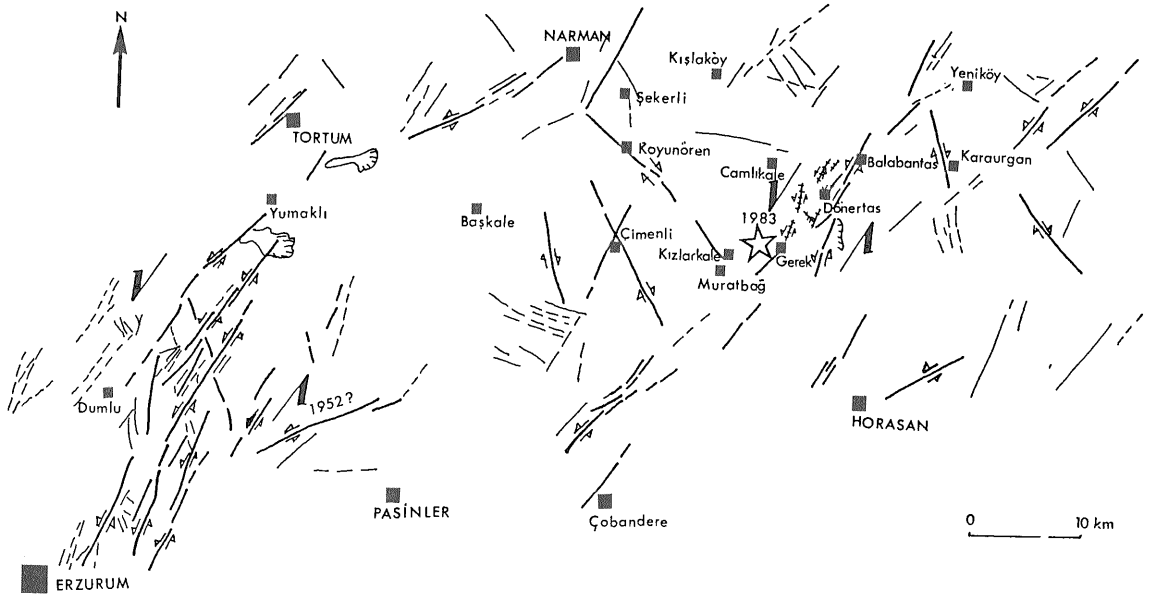
### 2 地震及び被害の概要

この地震は トルコ北東部エルズルム地域のホラサン—ナルマン間で 1983年10月30日午前7時13分頃(現地時間)発生した。地震のマグニチュードはアメリカ



第4図 ホラサン北方の地質略図

- 1. 地震断層 2. 活断層 Q. 沖積層 Q<sub>1-3</sub>. 河岸段丘堆積物 Pl. 鮮新世河成堆積物 Plv. 鮮新世火山岩 T. 後期中新世湖成及び河成堆積物 Eov. 始新世火山岩—堆積岩類 S. 後期白亜紀のオフィオリティックメランジ(主に蛇紋岩)



第5図 エルズルム—ホラスン地域の活断層 星印は1983年10月30日の地震の震央を表わす

つ左横ずれが卓越する。このように左横ずれ活断層帯上に同センスの地震断層が確認されたのは 東トルコでは始めてである。地震断層が分布する地域の地質の概略は 第4図に示されている。大部分の地震断層は オフィオリティックメランジの分布域に生じたことが注目される。それらの分布は 不連続的で大きくみると幅2~4 kmのセン断帯をなしている。

#### 4 本地域の活断層について

現地調査と航空写真判読によって明らかとなった本地域の活断層の分布は第5図に示されている。明らかに北東-南西性の2つの主要な左ずれ活断層帯が認められる。西側のエルズルム活断層は 最も顕著に発達し多くの歴史地震記録(とりわけ18~19世紀)も残されている。

しかし 20世紀になってからは主要な地震は発生していない。東側の活断層帯は やや発達が悪いが今回の地震断層を含んでおり 過去に数回の中規模地震の発生が記録されている。さらに これらの活断層帯中及び両者の間に北西-南東方向の右横ずれ断層が 共役をなして発達することに注意されたい。

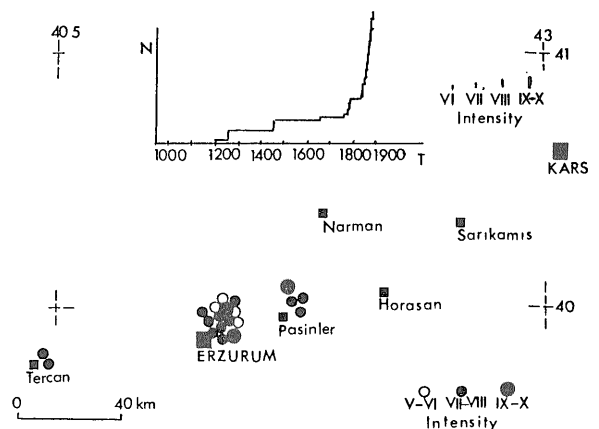
#### 5 本地域の歴史地震

第6図に本地域付近の歴史地震の震央位置と相対的な発生頻度が示されている。既知の地震活動は 本地域

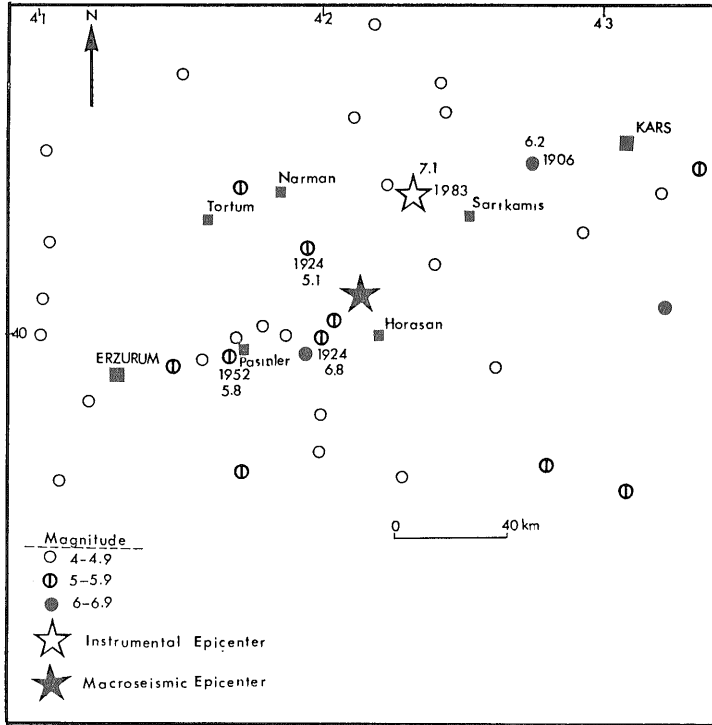
西部のテルジャン付近で始まっている。18及び19世紀に地震活動は激しくなり エルズルム—パシンレル付近に集中した(Sipahioglu 1982)。

#### 6 地震の機器観測データ

第7図に 本地域の地震計による観測に基づく震央位置がプロットされている。本地域には 多くの中小地震が分布しているが それらの震央は散在して特に集中しているようには見えない。これは主に震央の位置決



第6図 エルズルム—カールス地域の歴史地震 (ヒストグラムはこれらの地震の年ごとの累積を示す データは Sipahioglu 1982 による)



第7図 エルズルムーカールス地域の機器観測データによる震央分布 (Sipahioglu 1982 1983 and Toksöz 1983)

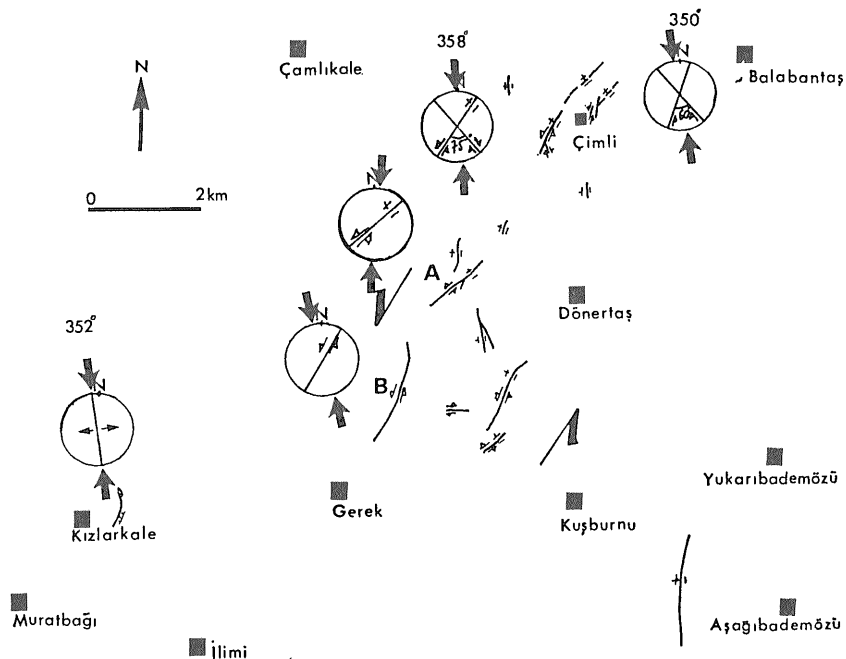
である。すなわち ①サルカヌスーカールス間の地震(1906年 M6.2) ②ホラサンーナルマン間の地震(1924年 M5.1) ③ホラサンーパシンレル間の地震(1924年 M6.8 この地震は若干の被害を生じたため村人に記憶されていた) ④パシンレル北方の地震(1952年 M5.8) ⑤ホラサン付近(?)の地震(1975年 M5) (Toksöz 1983)

### 7 地震断層について

地震発生後 長さ 12km 幅 4 km にわたって不連続な地震断層群(地表部の断層や裂か)が現地調査によって確認された (Barka et al. in press) (第8図)。これらの地震断層近傍の地形的に明瞭な活断層はまったく変位を示さなかった。したがって少なくとも見かけ上新たに地震断層が発生したことになる。これは基盤岩の性質によるものと解釈される。つまり既に述べたように大部分の地震断層はオフィオリティックメランジ上にあって幅広いセン断帯をなし そこでは

定精度が悪いため 一般にトルコ東部地域においては有効なデータが乏しい。それでも幾つかの地震は重要

小さな変位を示す多くの断裂が分布し 単一の断層面や断層地形を示すわけではない。断層の大部分は 左ず



第8図 今回の地震による地震断層 (ステレオ投影図は各地震断層の方向を示し 小矢印は 相対的な圧縮方向を示す 数字がその方向を示す 大きな矢印は左ずれのセンスを示す 黒四角は村の位置を示す Barka et al in press)

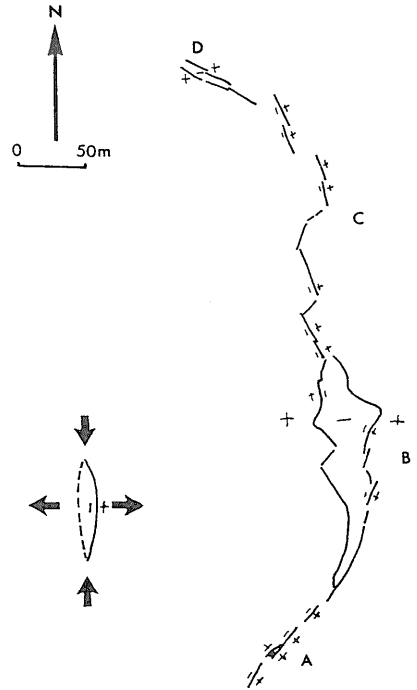
れが卓越し 東落ちの垂直成分も持つ。 チムリの北では 約 25cm の左横ずれ変位が測定された。 この同じ地域で よく発達した左横ずれ断層と共役をなし鋭角に斜交するやや発達した右横ずれ断層が 2 か所で観察された。 第 8 図 A 地点では約 1.5km にわたって続く最も良く発達した単一の地震断層面が存在する。 第 9 図に示されるように道路を横切っている。 ここでは 左横ずれ変位は 1 m で東落 60cm の垂直変位を持つ。 断層面上で 20°~30°北東にピッチするスリッケンサイドが観察された。 グレックの北 (第 8 図 B 地点) でも 1 m の左横ずれ変位を示す断層が観察された。 ここでは 本地震断層中最も顕著な引張破断とプレッシャーリッジのエシュロン配列が観察された (第 10 図)。 クジラルカレの北では 600m の長さを持つ引張り破断帯がある (第 11 図)。 ここでは 4 つのタイプの裂かが観察された (第 11 図 A~D)。 すなわち A では北東走向で横ずれ成分を持たない西落ちのエシュロン配列を示す裂か群 B ではおよそ南北性の地溝状裂か群 (水平引張りによる単なる開離した裂かまで幅 1 m ぐらいで深さは 40cm を超えない) C では西落ちでエシュロン配列を示す裂か群 そして D では横ずれを示さず中央部が落ちこんだ小地溝状裂か群である。 この他地すべり性の裂かが散在する。 これらの裂かの方向から推定された主応力軸の方向が第 11 図右上に示されている 圧縮方向はわずかに西によるがほぼ南北と思われる。

### 8 等震度線図

トルコ地震研究所による被害調査結果 (Jabban et al. の私信 1983) から第 12 図に示すような等震度線が描ける。 この図は死傷者の数よりも各村ごとの家屋の倒壊率をもとにして作られている。 すなわち 倒壊率を 90~100% 80~90% および 50~80% の 3 つのカテゴリ



第 9 図 村道を切る地震断層 (横ずれ成分は約 1 m 垂直成分は約 60cm 場所は 第 8 図の A 地点)



第 11 図 クジラルカレ北方の大規模引張破断裂か (場所は 第 8 図参照)

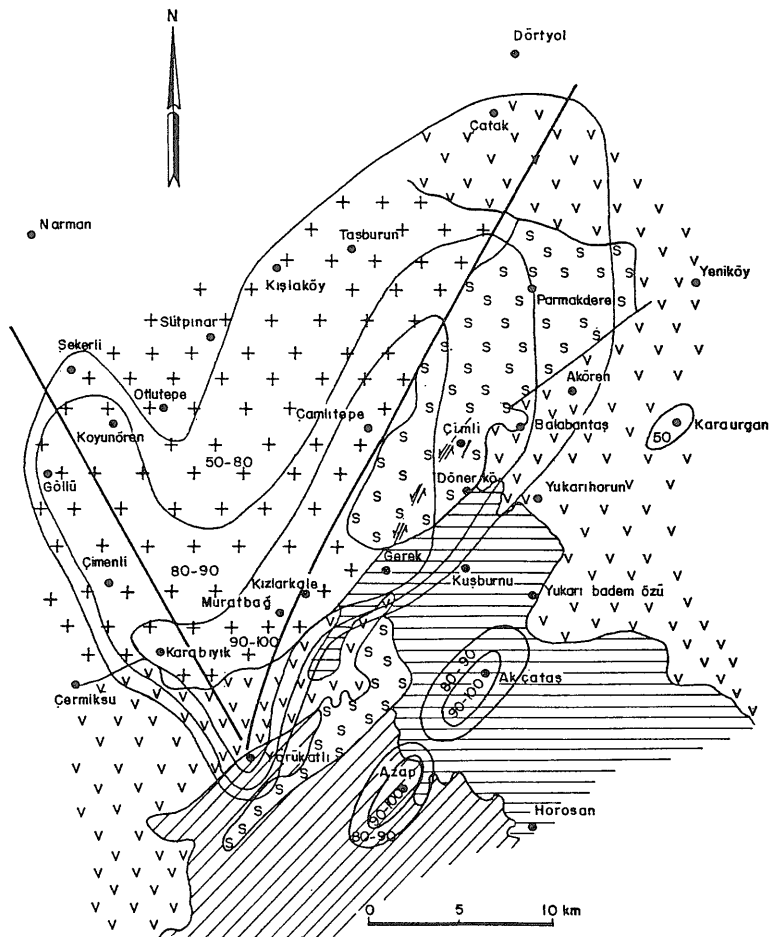
に区分して示してある。 特異な分布がみられる。 すなわち N20°~30°E の方向と N33°W 方向に軸を持つような分布である。 もちろん この延びの方向は村の位置に大きく影響されるから必ずしも地震断層の向きと一致するわけではない。

### 9 発震機構と余震

発震機構の解析結果と最も長い地震断層とは良く一致する。 複雑な地表面の裂かのパターンも地震記録の P



第 10 図 グレイク村の北で観察された左横ずれを示す引張破断裂かとプレッシャーリッジのエシュロン配列 (場所は 第 8 図の B 地点)



第12図

今回の地震の等震度線 (1. 鮮新—第四紀層 2. 鮮新世火山岩類 3. 後期中新世湖成及び河成堆積物 4. 始新世火山岩 5. オフィオリティックメランジ 6. 等震度線 7. 地震断層 8. 等震度分布の長軸 (Barka et al. in press)

- 1.
- 2.
- 3.
- 4.
- 5.
- 6.
- 8.

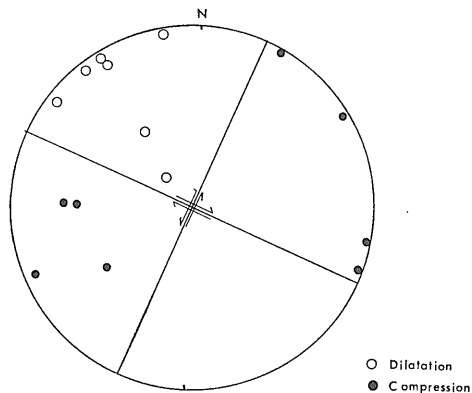
波の解析結果と合うから地震時に一つ以上の断層が動いたと考えられる (Toksöz 1983 Barka et al. in press) これは第13図に示されたように地震断層と発震機構の解析結果から得られた圧縮方向に良い一致があるようだ。

主震発生後4日間にわたって毎日平均40個の余震が記録された。その多くはマグニチュード4以下 ( $M_s < 4$ )。最大の余震 ( $M_s = 5.4$ ) が1983年10月30日9時42分 (現地時間) に発生した。2日間分の余震分布を暫定的に第14図に示してある。震央の散在する理由は三次元的な地殻の速度構造と時間の精度に乏しいためである。

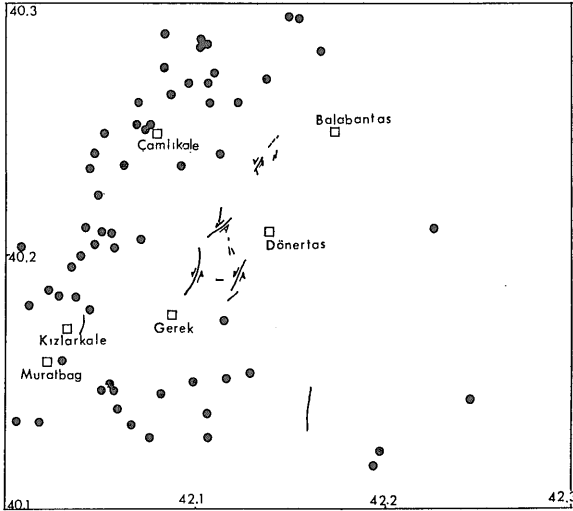
### 10 地震の前兆現象

地震後の最初の週にできるだけ多くの村人に質問表を準備してインタビューを試みた。質問の内容は 前震を感じたか 大砲の様な音が聞こえたか 泉や湧水の水量変化はあったか 動物に異常な行動があったか 空の

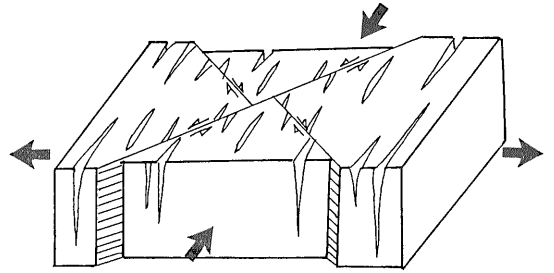
明るさに変化があったか その他気がついた異常なことは何か などというものである (Toksöz 1983) 地震の起こった時には多くの村人が家畜にエサをやっていた頃なので それらの異常な行動を見聞きした可能性があ



第13図 今回の地震の暫定的な発震機構 (Toksöz 1983)



第14図 地震後2日間の余震分布 (Toksöz 1982)



第15図 今回の地震による変形パターンを示すブロックダイアグラム

- い右横ずれ断層群からなる複雑な地震断層は 長さ12km 幅4 kmの広義のセン断帯をなす。
- ②地震断層の生じた所では 明瞭な活断層地形は見いだされなかった。また各地震断層のセグメントは散在しその変位量は小さいから 全体としてほとんど地形に影響を与えていない。
- ③地震記象における複雑なP波の波形は 一つ以上の地震断層(地表面での断裂)を示唆している (Toksöz 1983)
- ④さらに 左横ずれ断層が卓越するけれども右横ずれも共役をなして発達すること 等震度線から推定される二方向の伸び 南北性の引張り裂かの存在などは 実験データからの類推とも良く一致する (第15図)

- ったからである。結果は次の通りである。
- ①気温の急激な降下上昇などの天候の顕著な変化はなかった。
  - ②泉や湧水の変化については2件だけ報告があった。一つは震央域のタスブルム付近で 地震の一日前に水量が増加し泥で濁ったという。他の一つは 震央から40kmほど離れたパシンレルの北部でやはり地震の前日一つの泉が泥で濁った。
  - ③数人の人々が地震前日の夕方 大砲の音のような地鳴りを聞いた。
  - ④とくに地震の前の晩や1時間ほど前に馬が異常な行動をおこしたという報告が多かった。幾匹かの馬は地震前に逃げだしたという。
  - ⑤地震前(地震時?)にカラスが騒いだ。
  - ⑥地震の前の晩 震央域の羊達はいつもの居場所に入るのを拒否した。
  - ⑦地震前に多くの場所で犬がほえたことが報告された。
  - ⑧その他の家畜の異常な行動は報告されていない。
- これらの調査結果は主震の一日前から一時間前にかけて数回の前震があったことを示している。

### 11 結論

今回の地震に関する主な結論は次のようである。

- ①大規模な引張破断 N15°~35°E 走向の左ずれの卓越する横ずれ断層群 それと共役をなすやや発達した悪

(なお 第2図の資料の一部はMTA基礎研究部のF. Saroglu氏と A. Boray 博士の御好意による)

### 【引用文献】

Arpat, E. 1977. Yeryuvari ve Insan. 2, 29-42.  
 Arpat, E. 1977, b. Yeryuvari ve Insan. 2, 59-62.  
 Barka, A., Saroglu, F. and Güner, Y. (in press). Yeryuvari ve Insan. SPe. Earthq. Issue.  
 Irrlitz, W. 1972. Beih. Geol. Jhr., 120, 1-111.  
 加藤碩一 (1983 a) : 北アナトリア地震紀行 地質ニュース 342, 13-29.  
 (1983 b) : トルコの地震と地震断層について (構造地質研究会誌) 29, 113-124.  
 (1984 a) : 北アナトリア断層 (トルコ) 東部地域の地震断層について 地学雑誌 Vol. 93, No. 2, 17-33.  
 (1984 b) : エルズブルム雑感 地質ニュース 356, 25-27  
 Saroglu, F. and Güner, Y. 1981. Bull. Geo. Soc. Turkey. C-24, 39-50.  
 Sengor, A. M. C. 1980. Spec. Publ. Geo. Soc. Turkey. 40p.  
 Sipahioglu, S. 1982. Ph. D. thesis. Ist. Uni. Earth Scien. Geophys. Dep. 110p.  
 Toksöz, N. M., Arpat, E. and Saroglu, F. 1977. Nature, 270, 423-425.  
 Toksöz, N. M. 1983. MIT report. Unpublished. 21p.