

## アペニン山脈におけるいくつかの活断層

千 田 昇\*・SYLOS LABINI, Stefano\*\*

Some active faults in the Apennines, Italy

Noboru CHIDA and Stefano SYLOS LABINI

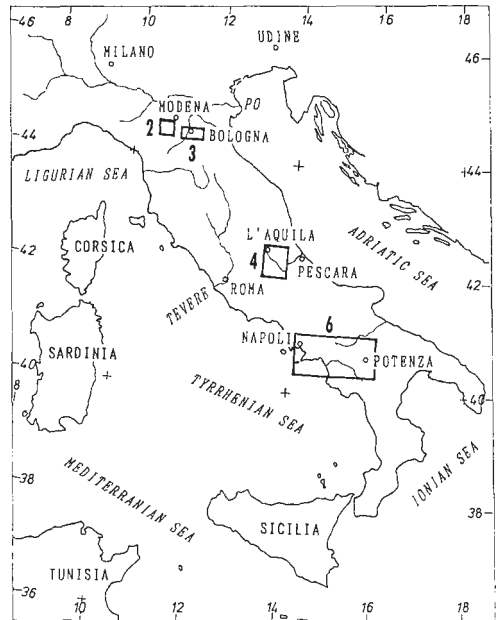
### I はじめに

アルプス・アペニン山系はアフリカプレートとユーラシアプレートの衝突により、前者が後者に衝上することで形成された。衝上したアペニン山脈のうち、北アペニン山脈はコルシカ・サルジニア地塊の反時計回りの運動により、リグリア海の大洋地殻がリグリア・ナップとして、中新世の間にイタリア本土のトスカナ・ナップの上に衝上することで形成された。南アペニン山脈は南ティレニア海をめぐる弧状山脈であるシチリア・カラブリア弧の一部で、地震断層面の解析から、南東方に移動し、イオニア海盆にのし上げることで形成され、その結果、ティレニア海には大洋地殻からなるティレニア海盆が開いたとされている (De Jong : 1972)。

いずれにしても、この地域はアフリカプレートとユーラシアプレートの衝突地域であり、地震活動も顕著で、現在もプレート間の活動が継続している地域といえる。そこで、このようなプレートの衝突地域としてのアルプス・アペニン山系において、最も新しい地殻変動がどのような形で進行しているかを知

ることは、他の衝突地帯であるヒマラヤ山系の地殻変動との対比の上で重要なことと考える。

ここではアルプス・アペニン山系のうち、アペニン山脈におけるいくつかの地域をとりあげ、そこでの活断層地形を空中写真判読でみることにする (第1図)。



第1図 判読地域の概念図

2・3・4・6は図の番号と範囲を示す。

\* 大分大学教育学部

\*\* ENEA, Italy (Italian Commission for Nuclear and Alternative Energy Sources)

## II Modena, Bologna 付近の活断層

アペニン山脈の北縁部では Piacenza, Modena, Bologna, Rimini へと西北西 東南東～北西 南東方向の直線的な急崖が続く。この崖はアペニン山脈の北部を構成する Appennino Tosco Emiliano 山脈と Po 平野を境する断層崖と考えられている。この山脈の南方には Arno 川の流域が広がり、Firenze, Pisa などの盆地・平野が北縁部の断層崖に対してやや斜交するように北西 南東方向に発達している。山脈から北方の Po 平野へは、Modena 付近では Secchia 川, Panaro 川が流れ、Po 川に注ぐ。Bologna 付近では Reno 川がかつての Po 川の分流路を経て、アドリア海に注ぐ。

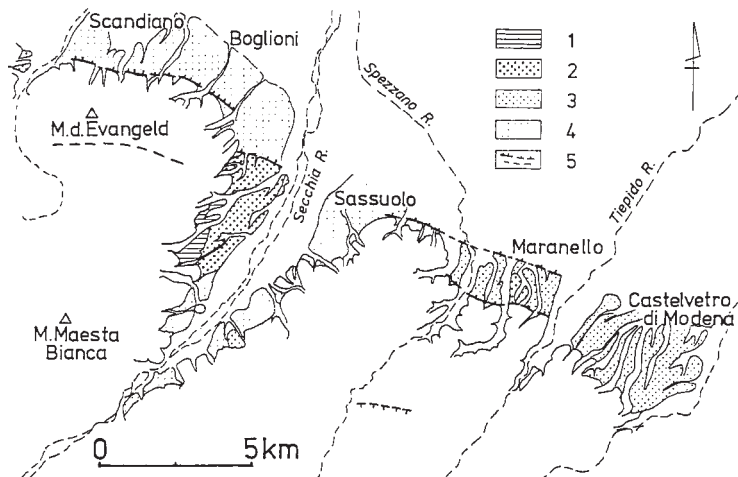
Appennino Tosco Emiliano 山脈北縁の活断層のうち、Modena 付近については Panizza (1980) が山麓部は撓曲で限られ、逆断層が発達すると述べている。すなわち、アペニン山脈の隆起、Po 平野の沈降が圧縮応力場で起きていると考えら

れている。

この地域には段丘が4段発達している。それらを高位、中位、中位、低位の各段丘とよぶ。これらの形成時代等の詳細はわからないが、海成面が含まれているようである (Embleton : 1984)。

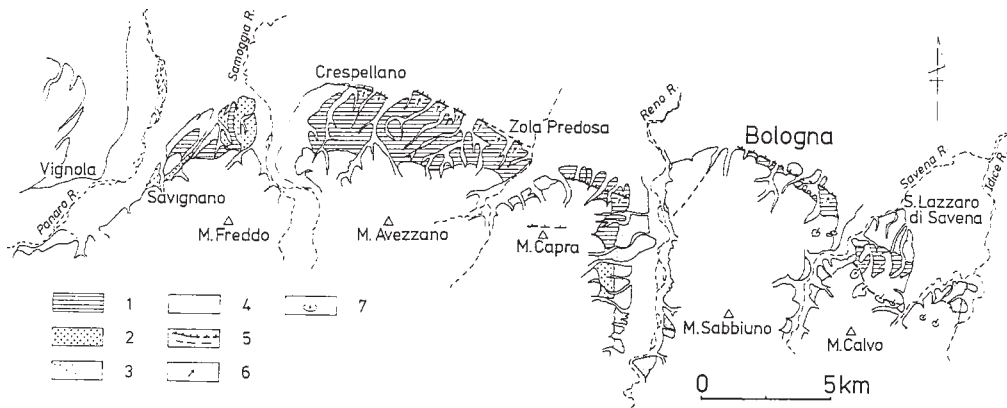
Modena 南方地域における活断層は山麓に沿って、雁行状に配列してみられる (第2図)。西部の活断層は Evangelid 山の前面にあり、山麓と低位段丘の境界をなす。その東部の Boglioni 南方では、低位段丘面が活断層によりおよそ5 m北落ち変位している。その東方の Secchia 川左岸では活断層は中位 段丘と低位段丘の境界をなしている。Secchia 川右岸では Sassuolo から Maranello にかけての地域で、2列の活断層が平行して走っている。山地側のもは山地と段丘との境界を、平野側のもは段丘といわゆる沖積面の境界をなしている。

さらに東方の Bologna 周辺でも雁行する活断層がみられ、一部で段丘面を変位させいる。こ



第2図 Modena 南方地域の断層変位地形

- 1 : 高位段丘 2 : 中位 段丘 3 : 中位 段丘  
4 : 低位段丘 5 : 活断層およびリアメント



第3図 Bologna 付近の断層変位地形

- 1: 高位段丘 2: 中位 段丘 3: 中位 段丘 4: 低位段丘  
 5: 活断層およびリニアメント 6: 撓曲の向き 7: 凹地

の地域の段丘面の末端は撓曲崖で終わっており、Crespellano から Zola Predosa にかけてと Bologna 市街地南端の高位段丘の末端はとくに顕著な撓曲崖をなしている (第3図)。

Modena-Bologna 間にみられる活断層は、このように西北西-東南東ないし北西-南東方向をとり、雁行状に配列する。また、段丘面の変形は撓曲を主とし、逆断層活動により山地側の隆起、Po 平野側の沈降という変位がもたらされたものと考えられる。

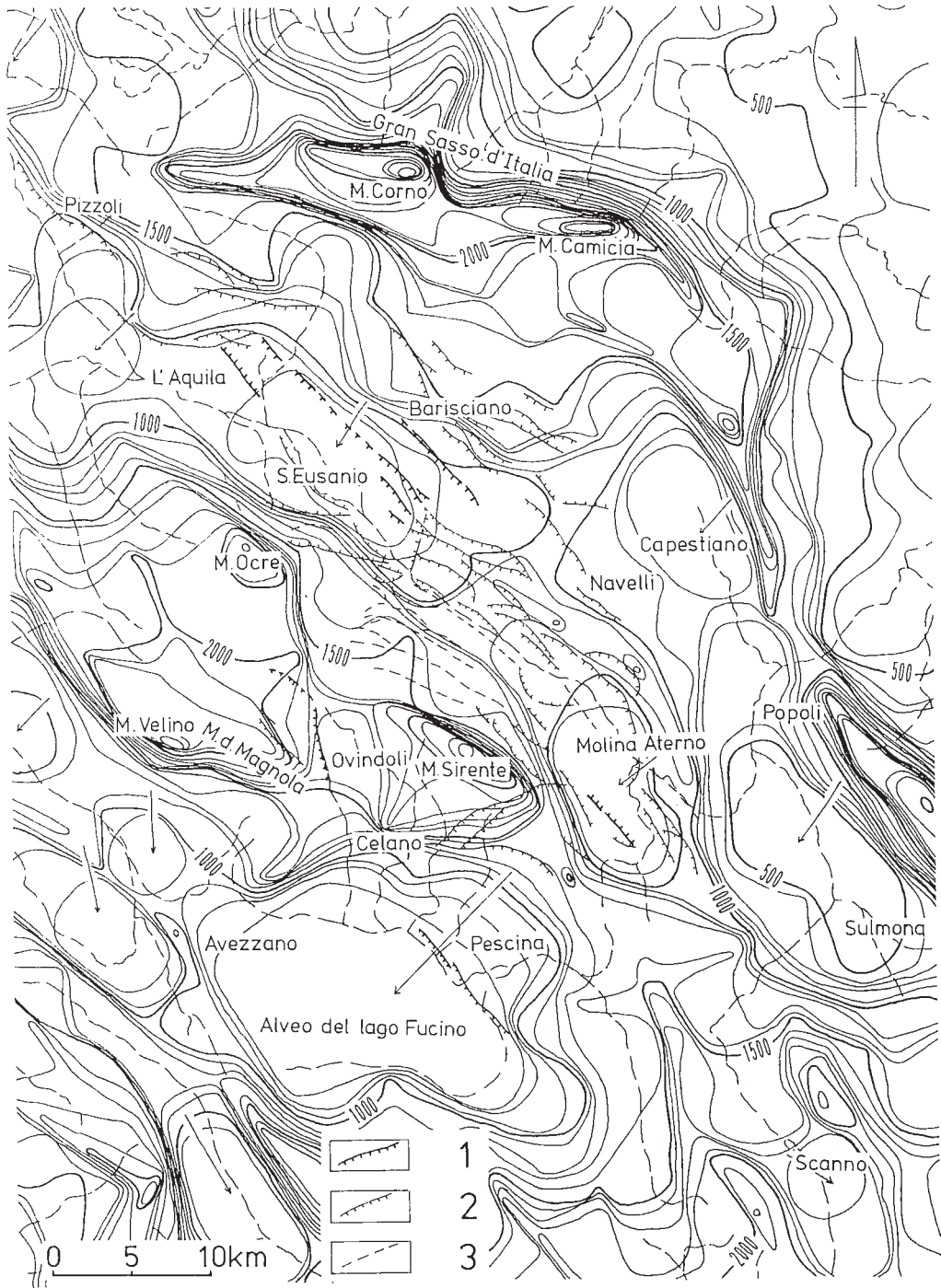
この地域ではこれまで、いくつかの地震が発生している。それらは、1) Modena 地震(1501,  $M = 5.2$ )、2) Bologna 地震 (1505,  $M = 5.2$ )、3) Rimini 地震 (1786,  $M = 5.2$ )であり、いずれもアペニン山脈の北部を構成する Appennino Tosco Emiliano 山脈と Po 平野を境する断層崖沿いに震央があり、マグニチュードはいずれも 5.2 である (Tinti et al. :1987)。これらの地震の詳細についてはわからないが、この地域の断層がなお、活動的であることを示している。また、Imola 南方 30km の山脈中で発生した 1939 年の地震( $M =$

4.7, 深さ 7km) は正断層解を、Po 平野の Argenta 東方 15km の Comacchio 湖西岸付近の 1967 年の地震 ( $M = 5.2$ , 深さ 33km) は逆断層解を示している (Gasparini et al. : 1985)。

### III L'Aquila 南東地域の活断層

L'Aquila はローマの北東 90km にあり、その北方はアペニン山脈の最高峰をもつ Gran Sasso d'Italia に、南方は Appennino Abruzzese のそれぞれの山脈に囲まれている。この地域の活断層および地形発達については Bagnaia et al. (1989) により研究され、アペニン山脈と盆地群の形成過程が明らかにされた。ここではその研究成果と、一部の地域での簡単な空中写真判読による結果にもとづいて述べる。

Aterno 川流域の盆地は上流の Pizzoli 付近から L'Aquila をへて Campana 付近までの L'Aquila 盆地、その下流に Aterno Corridor をへて Subequan 盆地が広がる。その下流は S. Venanzio 峡谷を通過して Sulmona 盆地が南東方向にみ



第4図 L'Aquila盆地およびその周辺地域の接峰面図と活断層分布  
 幅2km以下の谷埋めによる。等高線は100m間隔。活断層分布はBagnaia et al. (1989)による。  
 1: 段丘面を変位させる活断層 2: 山地を変位させる活断層 3: リニアメント

られる。Sulmona 盆地からは Popoli 峡谷で脊稜山脈を横切り、Pescara の平野をへて Adria 海に注ぐ。これらの盆地では中生代の石灰岩を基盤として第四系が堆積しており、段丘地形がみられる。堆積のサイクルは2回あり、そのうち第1サイクルは更新世前期から中期にかけての時期に発達した。その堆積面は主として L'Aquila 盆地東部の海拔 680 ~ 950m の高さに段丘としてみられる。第2サイクルは更新世中期の堆積であり、その堆積物の上部に 350ka (K-Ar) の噴出になる Tyrrhenian 火山の噴出物がはさまれている。第2サイクルの堆積面は L'Aquila 盆地から Subequan 盆地、Sulmona 盆地にかけての現在の Aterno 川流域に分布している。分布高度は上流側で 630 ~ 740m、S. Venanzic 峡谷より下流の Sulmona 盆地で 330 ~ 390m である (Bagnaia et al. : 1989)。

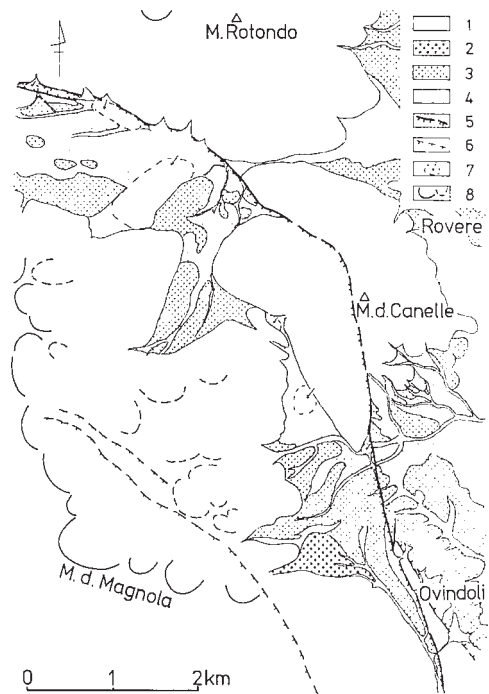
この地域の活断層はアペニン山脈の一般走向である、北西 南東方向の正断層群で特徴づけられる(第4図)。また、活動の時期として、2つの tectonic phase が認められている。1つは L'Aquila 盆地の形成に関わる更新世前期の運動で、その結果、第1サイクルの堆積が始まった。2つめは盆地の分化をもたらした更新世中期の運動で、それにより S. Eusanio 凹地、"Aterno Corridor"、Subequan 盆地が形成され、Aterno 川の流路変更が行われた。第1サイクルの堆積面は S. Demetrio-Paganica, Barisciano 各断層系により、最大 160m の変位を受けている。また、Paganica では第2堆積面の変位もみられる。S. Eusanio 凹地の東は北北東 南南西方向の Campana 断層で限られ、これにより第2サイクル堆積面の高度が、下流側の Subequan 盆地のそれより、30m 低くなっている。

L'Aquila 盆地の最南部に位置する Subequan 盆地ではその南西部で Tyrrhenian 火山の噴出物をのせる扇状地が変位している。この扇状地は噴

出物の年代から 350ka の形成と考えられている。Subequan 盆地北部の S. Maria del Ponte 付近では Offermo 山麓部に階段状に盆地側を低下させる Molina Aterno 断層系があり、それにより Tyrrhenian 段丘が階段状に低下している。

L'Aquila: 盆地周辺の活断層はいずれも扇状地などの後氷期の地形面を変位させていない。それゆえこれらの活断層の最も新しい活動は 350ka から 18ka の間の時期と考えられている (Bagnaia et al.: 1989)。

Fucino 盆地では、その東縁部の Marsica 山地の西麓沿いに北西 南東方向の Fucino 東断層が続き、その北部で Giovenco 川が形成する Riss-Würm 間氷期の扇状地を約 10m 変位させる。Fucino 盆地の長軸は北西 南東方向で、Fucino



第5図 Magnola 山東麓の活断層

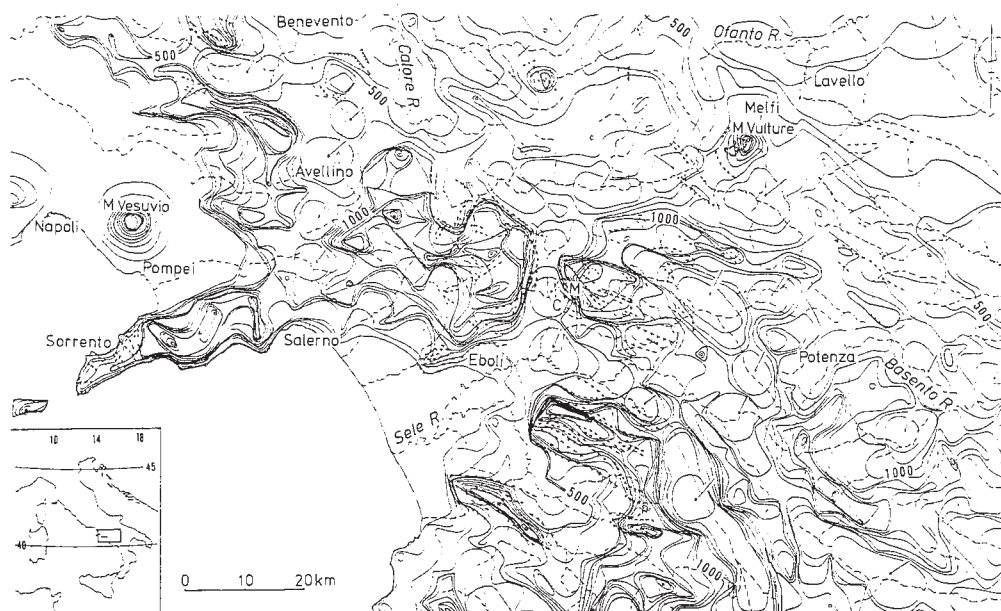
- 1:山地 2:モレーン 3:モレーン
- 4:扇状地 5:活断層 6:リニアメント
- 7:凹地 8:カル(新・旧)

東断層と平行することは、この盆地が断層運動によって形成されたことを示している。

Fuoino 盆地の北方に Fucino 東断層の連続と思われる活断層がある。これは Magnola 山の東麓部にあり、Ovindoli から北へのび、Canelle 山北方で西へ方向を転じる(第 5 図)。これを Ovindoli 断層と名付ける。Ovindoli より南方へは B. di S. Potito の谷に相当し、変位地形は認められない。Ovindoli 北方では Magnola 山からの氷河が形成したモレーン が約 8m 変位し、その後形成された扇状地も約 5m の変位を示す。このうちモレーン は 18ka 頃、扇状地は 10ka 頃の形成と考えられていることから、0.44 ~ 0.5mm/ 年の変位速度を示す。また西方へ方向を転じた部分では、扇状地が 8 ~ 10m 変位しており、ここでは 0.8 ~ 1.0mm/ 年の変位速度を示す。地形面の年代など今後詳細に検討する必要があるが、Ovindoli 断層は

B 級の活断層で、モーレン II 形成後の変位は 1 回のみと考えることができる。また、Ovindoli 断層に平行するリニアメントが、Magnola 山東部のカール底付近にみられる。これらは逆向き低断層崖の様子をみせる。

この地域の地震活動を 1905 ~ 1980 の 75 年間のデータでみると、この期間に 2 つの比較的大きな地震が発生している。1 つは 1939 年の Fucino 盆地南西 10km を震央とする  $M = 6.8$ 、深さ 8km の地震で、他は 1958 年の L'Aquila 付近を震央とする  $M = 5.0$ 、深さ 10km の地震である。いずれも震源面解析では正断層解を示し、この地域が張力場におかれていることを表している(Gasparini et al. : 1985)。



策 6 図 Marzano 山およびその周辺の接峰面図と活断層分布  
幅 2km 以下の谷埋めによる。等高線は 100m 間隔。Potenza  
とその南方地域については未判読。M : Marzano 山

## VI Marzano 山周辺の活断層

ここでとりあげる Marzano 付近は南アペニン山脈の中央部の Appennino Napoletano 山脈を構成する山地である。この地域における山地の一般的な走向はアペニン山脈の方向である北西 南東から西北西 東南東方向を示す。このうち、地域東部の Melfi 付近を通る北東 南西のリニアメントは Fronte Esterno del L'Alloctone とよばれる重要な地質断層で (C.N.R. : 1981), アペニン山脈プロパーと鮮新～更新統の堆積場としての Avanfossa Adriatica を境する。火山はこの線以西に発達し、Melfi 南方には Vulture 火山が、さらに西方の Napoli 周辺には Vesuvio 火山などの活火山が多く分布する。一方、Vesuvio 火山南方の Sorrento の半島から Capri 島は東北東 西南西

の方向に伸び、これはその北方の、Napoli から Ischia 島へ延びる火山列と平行している。

この地域のリニアメントは山地の走向とほぼ平行している。Eboli 付近ではそれに対して、Sorrento 半島の方向のリニアメントが卓越する。段丘面を変位させる活断層はほとんどみられないが、Benevento の南方に中位段丘の段丘面を逆向き変位させる活断層が認められる。断層崖の比高は数メートルであるが、詳細はわからない。Vulture 火山の南西方の火砕流堆積面には火山体側の低下を示す、逆向き低断層崖がみられる (第 6 図)。

Marzano 山地は石灰岩からなり、カルスト地形が発達する。山地の頂部は 1300m から 1500m の高度に平坦面を発達させ、いわゆるカルスト台地をなしている。山地そのものは周囲を断層で限られたブロック状の地塊をなし、その内部に断層やリアメン



第 7 図 Marzano 山付近の活断層  
地形図は 1 : 10 万 “ S. Angelo de Lombardi ” による。

トの発達がみられる(第7図)。そのうち最も著しいのは Marzano 山北東麓を北西 南東から西北西 東南東へ延びる急崖である。北落ちで、比高は大きいところで200mを越える。断層崖下には凹地列が並ぶ。これらの凹地はドリーネであるが、その成因は断層活動によるものと思われる。Marzano 山地の南部に分布する活断層はいずれも北落ちで、いわゆる逆向き断層崖のようである。これらは、すべて石灰岩からなる山体を変位させるもので、変位地形の新鮮さにより、その活動を推定した。しかし、Colliano 東方の扇状地は10m前後の西落ち変位を示すようで、Marzano 山地の相対的隆起が新しい時代も継続していることがわかる。

一方、Marzano 山地は1980年11月23日の南イタリア地震(M = 6.9)の震央と考えられており(Westaway & Jackson :1984)、その時に Marzano 山北東麓から北西 南東にはしる活断層沿いに地割れが生じた。また、その南東延長にあたる San Gregorio 低地では沖積面に地割れが生じた。この地震の発震機構は正断層解を示し、この地域が正断層による地塊であることと調和的である。また、この地域では1456年以降大地震が多く発生しており、それらの発震機構は正断層であるものが多いようである(Del Pezzo et al. : 1983)。

## V おわりに

イタリア・アペニン山脈におけるいくつかの地域での活断層を空中写真判読でみてきた。その結果、それぞれの地域で特徴的な活断層が存在することが明らかになった。

アペニン山脈の北部にあたる Modena Bologna 地域では、アペニン山脈と Po 平野が活断層で壊されている。段丘面の変位から、断層活動の様式として撓曲が卓越しているのがわかる。このことはこの地域が逆断層的な場、すなわち、南北方向の圧縮の

場にあることを示している。

L'Aquila 盆地では盆地形成にかかわる活動と、盆地の分化をもたらした活動との2つの断層活動がみられ、それにより、現在の S. Eusanio 凹地、“Aterno Corridor”，Subequan 盆地が形成された。その南方の Fucino 盆地でも扇状地面の変位により、L'Aquila 盆地と同様の断層活動がみられる。その北西方延長は Ovindoli 断層として、モレーンや扇状地面を変位させている。これらはいずれも伸張応力場における、正断層による地溝形成の運動である。

Marzano 山塊においては、石灰岩からなる山地をいくつかの断層が切っているが、これらも正断層と考えられ、正断層によるブロック化がもたらされた結果と思われる。ここは1980年11月の地震の震央地域にあたるが、その地震は断層の活動によってもたらされたと考えることができる。

地震の震源面解析によれば、イタリア半島における比較的規模の大きな地震は、そのほとんどが正断層である。逆断層は少なく、また横ずれ断層も小規模な地震でみられるにすぎない。このことは、イタリア半島全体が張力場に置かれていることを意味する。半島の長軸は北西 南東であり、北東 南西方向の伸張を示していることになる。このような応力場で、盆地の形成等がなされていると考えることができる。しかしながら、盆地を pull apart basin とする考え方も多く(Lavecchia : 1988)、この点についてはなお研究を進める必要がある。

アペニン山脈北部ではそれに対し、逆断層解が得られていることや、変位地形との関係から南北方向の圧縮応力場にあると考えてよい。

これらの違いは北部アペニン山脈と南部アペニン山脈の成因に求めることができる。すなわち北部アペニン山脈はリグリア・ナッペが本土に衝上する反時計回りの運動、南部アペニン山脈はティレニア海盆の開口による運動のそれぞれの継続として、変動

が進行していると考えることが可能であり、両者の境界にあたる Olevano-Antrodoco-Sibilini 線 (C.N.R. : 1981) は重要な、運動の境界線にあたりと考えられる。

今後、イタリア半島およびその北方のアルプス山脈の新しい時期の断層活動を、詳細な調査で把握する必要がある。

#### 謝 辞

本研究を行うにあたり、イタリア古人類学研究所 (Istituto Italiano di Paleontologia Umana) の Segre, A. G. 教授、Bagnaia, R. , D'Epifanio, A. 両博士からは多大な御指導をいただいた。また、研究のきっかけを与えて下さった広島大学助教授の中田 高先生からは多くの御助言をいただいた。

以上の方々に厚くお礼申し上げます。

(受付 1989年7月21日)

#### 文 献

- Bagnaia, R. , D'Epifanio, A. and Sylos Labini, S. (1989) : Aquila and Subequan Basins : An example of Quaternary evolution in Central Apennines, Italy. *Quaternaria Nova*, **1**, 1 ~ 23.
- C. N. R. (1981) : Carta Tettonica D'Italia (1:1,500,000)
- De Jong, K. A. (1972) : Mediterranean Geology-A Review (地中海とその周辺の山脈). 科学, **42-5**, 283 ~ 291.
- Del Pezzo, E. , Iannaccone, G. , Martini, M. and Scarpa, R. (1983) : The 23 November 1980 Southern Italy earthquake. *Bull Seism. Soc. Amer.*, **73**, 187~200.
- Embleton, C. (1984) : Geomorphology of Europe. Macmillan Press, 456p.
- Gasparini, C. , Iannaccone, G. and Scarpa, R. (1985) : Fault-plane solutions and seismicity of the Italian peninsula. *Tectonophysics*, **117**, 1 ~ 20.
- Lavecchia, G. (1988) : The Tyrrhenian-Apennines system : structural setting and seismotectogenesis. *Tectonophysics*, **147**, 263 ~ 296.
- Panizza, M. (1980) : Holocene Morphotectonics in the Modena Province. 24th International Geographical Congress (Tokyo), Abstracts, Vol. 1, 118 ~ 119.
- Tinti, S., Vittori, T. and Mulargia, F. (1987) : On the macroseismic magnitudes of the largest Italian earthquakes. *Tectonophysics*, **138**, 159 ~ 178.
- Westaway, R. and Jackson, J. (1984) : Surface faulting in the southern Italian Campania-Basilicata earthquake of 23 November 1980. *Nature*, **312**, 436 ~ 438.