

ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

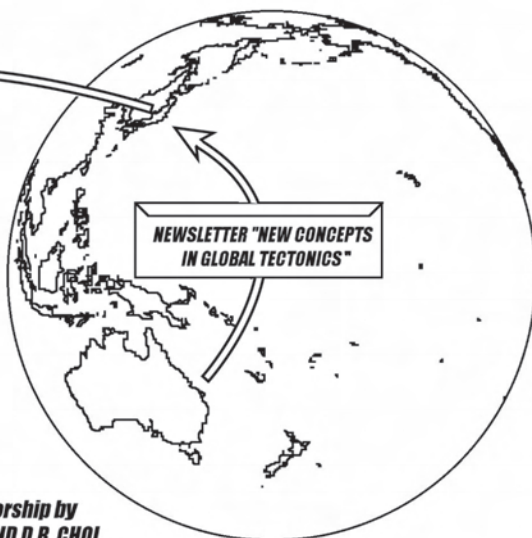
NEWS LETTER New Concepts in Global Tectonics

No. 32 2004 年 9 月 (日本語版 2005 年 3 月) 編集 : J.M. Dickins and D.R. Choi

ニュースレター
日本語版



Under the editorship by
J.M. DICKINS AND D.R. CHOI



本号のハイライト

★ イタリアでの NCGT シンポ

昨年 8 月の IGC および NCGT シンポは, NCGT グループが公式的に認知された歴史的業績である (p.2).

★ 地球テクトニクス仮説

20 世紀における深発地震とマントル底部におよぶ不均質性の発見は, 地球テクトニクスをマントル全体に拡大させざるをえなくした. 地球の運動は, 地質的発達史にもとづいて議論されなければならない (p.2).

も く じ

■ 編集者から	2	■ ニュース	21
■ 論 説		■ 出版物	23
地球テクトニクス仮説の発達	2	■ ニュースレターへ財政支援を	24
Chicxulub の火山学的解釈	8	■ ニュースレターについて	24
地中海の和達 - ベニオフ帯の発生	13		

連絡・通信・ニュースレターへの原稿掲載のためには, 次の方法 (優先順に記述) の中からお選び下さい: NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS 1) E メール: ncgt@hotmail.com; 2) ファックス (少量の通信原稿): +61-7-3354 4166, 3) 郵便・速達航空便など: 14 Bent Street, Tuner, A.C.T., 2612, Australia (ディスクは MS Word フォーマット), 4) 電話: +61-2-6248 7638. 次号は 2004 年 12 月下旬に発行予定. 投稿原稿は 2004 年 12 月上旬までにお送り下さい.

放棄 [DISCLAIMER] このニュースレターに掲載された意見, 記載およびアイデアは投稿者に責任があり, 当然のことながら編集者の責任ではありません. 本号は Mary K. Choi の援助をえて, J. Mac Dickins と Dong R. Choi が編集しました.

お詫び 本日本語版の発行が, 翻訳グループ連絡責任者の怠慢のために, 大幅に遅れましたことをお詫び申し上げます. 定期発行に努めたいと存じますので, 今後ともご講読のほど, お願い申し上げます.

日本語版発行: New Concepts in Global Tectonics Group 日本サブグループ

翻訳・編集: NCGT ニュースレター翻訳グループ

赤松 陽 岩本広志 川辺孝幸 国末彰司 窪田安打 久保田喜裕 小泉 潔 小坂共栄
佐々木拓郎 柴 正博 角田史雄 宮川武史 宮城晴耕 山内靖喜・輝子 矢野孝雄

＜翻訳に関心をおもちの方, ご連絡下さい！＞

編集者から FROM THE EDITORS

（赤松 陽〔訳〕）

NCGT の 2 つの歴史的な集会在イタリアで成功裏に開催された！

最初の集会は、フローレンスで催された第 32 回 IGC の特別セッションとして 8 月 25 日に行われました。そして、2 つ目の集会は、中央イタリアの平和な田園都市ウルビノにおいて、8 月 29 日から 31 日の間に行われました。

2 つの集会では、多くの優れた論文が発表され、議論されました。また集会は、参加者の間でお互いの科学的な考えを交流したばかりでなく、個々人の絆や密接な関係をより強いものに発展させる絶好の機会を与えてくれました。

IGC の特別セッションでは、12 の口頭発表がありました。地球表面の構造運動をコントロールしている地球深部の構造やその構造的モデルが、多くの論文で徹底的に討論されました。それらは、地球ダイナミクスにおける将来の研究の方向性の大勢（傾向）を決めることになるでしょう。この傾向は、また、このニュースレターの記事にも反映されます。

IGC のセッションの大部分は、まだ教条的なプレートテクトニクスに支配されていました。しかしながら、NCGT メンバーの多くは、今回の IGC 会議で、プレートテクトニクス信奉者の間の全体的な雰囲気が、前の IGC 会議と比べ微妙に異なっているのを感じました。明らかに、彼らは、自分が実際に正しい道筋を歩んでいるのかいなか、不安と驚きを感じはじめていました。私たちは、我々のセッションが、主流の思索家（プレート信者）に身にしみる衝撃を与えたと信じています。

2 つの集会は、国際的権威者たちによって、NCGT グ

ループが初めて公式的に認知されたとして称えられました。これは大変勇気付けられることであり、1996 年に私たちのグループが創立されて以来の私たちメンバーによる歴史上重要な業績であります。私たちは続けなければなりませんし、私たちのグループの活動をさらに発展させなければなりません。

フローレンスの会議に続いて、私たちは、すべての発表に白熱の議論が起こったたいへん興奮させられる集会在ウルビノでもちました。ウルビノでは、世界の隅々からやってきた 40 名以上の参加者にウルビノ大学と市が温かいもてなしを惜しみなく与えてくださいました。読者のみなさんは、Wezel 教授がワークショップの結果を報告することになっている次号の“エピソード”を読みたい衝動にかられることでしょう。

次回の IGC は 2008 年にノルウェーのオスロで行われます。これに続いて 2012 年に、第 34 回の IGC がオーストラリアのブリスベンで行われます。もちろん、私たちは両方の会議で我々のセッションをもつことを計画しています。私たちはより多くの仲間、古い仲間、新しい仲間による集会和、より革新的な考えやデータの交流をもつことを楽しみにしています。私たちは、みなさんが健康に過ごされ、2 つの会議でふたたびお目にかかれることを望んでいます。

私たちはなお、集会での選りすぐりの論文を出版することを出版社と交渉しています。それらには、論文や評論の質に厳密な選択基準を課しています。ごたごたが一段落しましたらみなさんにお知らせいたします。

論 説 ARTICLES

20 世紀における地球テクトニクス仮説の発達 DEVELOPMENT OF GEOTECTONIC HYPOTHESES IN THE 20TH CENTURY

鈴木 尉元

〒 272-0842 市川市菅野 4-4-15 E メール：yasu-suzuki@vega.ocn.ne.jp

（矢野 孝雄 + 国末 彰司 + 窪田安打〔訳〕）

20 世紀には、テクトジェネシス（tectogenesis）に関するさまざまな仮説が提唱された。その過程で、造構圏（tectonic sphere）が、1920 年代における深発地震の発見によって数 100km の深さにまで、さらに、1980 年代における地震トモグラフィ解析によってマントル底あるいは全地球にまで拡大されることになった。私はこの過程をたどるとともに、研究対象として地球のより深部がとりあげられるようになるであろうゆえに、テクトジェネシスについての今後の課題を議論することにする。

1. 褶曲作用と断層運動のメカニズム

地球表層は、地質学的に楕状地、卓状地および造山帯に区分される。楕状地は先カンブリア系で構成され、卓状地には厚い顕生代層がほぼ水平に分布する。楕状地および卓状地の運動は、基本的には、それぞれ隆起と沈降であり、これらの運動は造陸運動（epirogenesis）とよばれる。いっぽう、造山帯は断層変位および褶曲変形を被った厚い顕生代層で構成される。

これらの複雑な構造の形成メカニズムは、地球テクトニクスの基本問題であり、19 世紀後半から議論されてきた。Suess, Heim, Stille, および、他の指導的地質家たちは、1920 年代までは、冷却しつつある地球の収縮によって造山帯両側の大陸塊が水平運動することによって生じる水平圧縮に造山運動の原因を求めた。ここでいう大陸塊は、楕状地と卓状地下の先カンブリア基盤であると想定された。これらの複雑な地層の堆積作用は、地向斜段階の前半期には造陸運動によって、さらに後半期においては造山運動に支配された言われ、これはテクトジェネシスにおける二元論であった。

地球冷却による収縮説は、放射性元素の発見後、放棄された。こうして、造山帯の構造を説明するためにさまざまな仮説が提案され、Amfere (1906), Schwinner (1920), Joly (1924) および Holmes (1936) が提唱した対流仮説が優勢になった。これは、複雑な造山帯の構造を、造山帯下のマントルにおける対流収束に由来する収縮に原因を求めるものであった。Wegener (1912) によって提唱された大陸移動説は、このような仮説の 1 つであり、大陸塊の水平移動に起因する水平圧縮によって造山帯が形成されるとした。

Haarman (1930) が提唱した脈動説、ならびに、Bemmelen (1931) のアンデーション説（undation theory）は、圧縮力の起源を、深部における分化作用によって生じる重力の斜面方向の分力に求めた。すなわち、水平方向の力は、鉛直運動の二次的効果であると推定した。

上述したこれらの仮説群は、活発なテクトジェネシスが起きている領域が 120km 以浅であり、それ以深の地球はアイソスタシーを背景に静力学的・動力学的に安定であるとした（Bubnoff, 1954）。

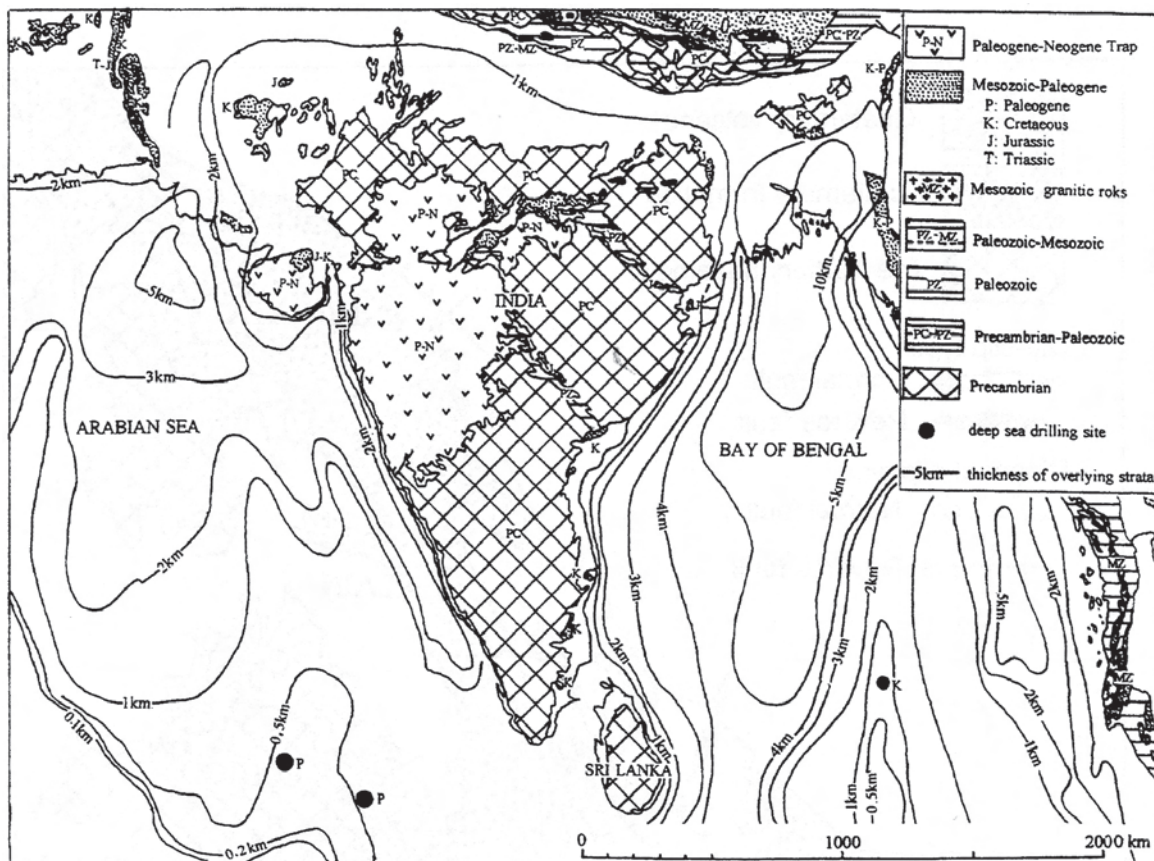


図1 インドおよび周辺域の地質図 (Jatskevich, 2000)

深発地震の発見が示す造構圏 (tectosphere) の膨張

Turner が深発地震を 1992 年に発見し、1928 年には、和達が深発地震の存在を示すに足る証拠を示した。和達は、本州西部の横断方向に配列する 12 個の地震によって構成される地震帯をみいだした。そこでは、1891 年美濃 - 尾張 (濃尾) 地震、1909 年姉川地震、1923 年関東地震、1925 年北但馬地震、1927 年北丹後地震などのいくつかの破壊的地震が発生した。氏は、北但馬地震の 4 日後にその震央直下で深発地震が発生し、北丹後地震の 50 日前にも震央直下で別の深発地震が発生したことを示した。これらの現象は、深発および浅発地震が鉛直方向に密接な関係をもつことを示唆した。

1935 年に、和達は中 - 深発地震の規則的分布を示し、日本列島および周辺域における震源の等深度線を描いた。氏は、震源の深度分布が海溝から北西へアジア大陸に向かって、また、西へフィリピン海に向かって傾斜することを示した。もっとも深い地震は、660km の深度に発生した。同様な規則的配置が、南アメリカ (Visser, 1936)、東南アジア (Berlage, 1937) でも発見された。深発地震の発見は、造構圏 (tectosphere) を数 100km の深度まで拡大し、中 - 深発地震が発生する環太平洋地帯が注目を集めることになった。しかし、期待されたテクトジェネシス研究の進展は、1930 年代 ~ 1940 年代の第二次世界大戦によって遅れてしまった。

第二次大戦後、Gutenberg and Richter (1949) によって、地球の地震活動が総括された。Benioff (1954) は、Gutenberg と Richter のデータにもとづいて、太平洋をとりまく中 - 深発地震帯を周辺タイプと大洋タイプに区分した。氏は、それらが造山帯に作用している水平圧縮によって形成された逆断層である、と推定した。Richter (1958) は、Benioff の考え方を批判し、深発地震は逆断層をに伴うものではなく、正断層に伴うものであるとした。

Honda and Masatsuka (1952 and 1957) は、発震機構に関するデータにもとづいて、中 - 深発地震帯を、その両側に働く偶力 (アジア大陸下から斜め上方へ働く力および太平洋下から斜め下方へ働く力) によって説明した。

研究の次の発達は、1960 年にはじまる上部マントルプロジェクト (Upper Mantle Project) に期待された。それは国際的地球科学プロジェクトであり、テクトジェネシス、火成活動および鉱床形成に関連して、深度 1,000km に達する上部マントルにおける作用を解明しようとするものであった。これは、故 V. V. Belousov 教授によって提唱されたプロジェクトである。地球内部における分化作用に起因する地球の鉛直運動によって、造陸および造山運動が説明される、と氏は主張した。地球の根本的運動は鉛直方向であり、衝上断層や褶曲 (造山帯における横臥褶曲を含む) のような側方への運動は地球の鉛直運動に伴う 2 次的作用であるにちがいない、と信じていた。氏は、鉛直運動が地球テクトジェネシスの深部過程である、と想定した。

1960 年代には、海洋地形学や海洋地質学が始まり、Hess (1960) や Dietz (1961) などが新しい海底地形情報に基づく海洋底拡大説を唱え、何人かの地球科学者の協力のもとでプレートテクトニクスへと発展していった。この仮説は、中央海嶺で発生する剛体プレートの水平運動を支持するものであり、造山運動はプレート境界における側方圧縮によるものであるとした。この仮説は、そのことは中 - 深発地震帯が形成される島弧下への沈み込みを想定するものであり、リヒターの主張を無視して、中 - 深発地震帯を逆断層として説明するベニオフモデルを正しいと認めるものであった。しかし、この仮説は、造山帯に加えて盾状地や卓状地の昇降運動については注意を払わなかった。

有名な固定論者でもあった Belousov によって提案された上部マントル計画が実施された時、移動論としてのプレートテクトニクスが発展したのは皮肉な事実であった。

この時期、Bemmlen (1972) は、駆動力について地球のより深部に興味をもっていた。彼は水平的ひろがりに基づいて、造構運動を mega-undation, geo-undation, meso-undation, meso-undation, minor-undation に区分した。彼は undation が大きければ大きいほど、それを発生させる駆動力がより深くにあると考えた。最も大きな mega-undation は最大で 10,000km に及ぶ水平的範囲におよび、駆動力は 900 ~ 2,900km の深さに存在する。彼は、東アジアのチベット - モンゴル mega-undation が日本列島やその周辺地域下における衝上運動を通じて、中 - 深発地震を引き起こしているのだと説明した。また、彼は南太平洋の Fossil Daewin mega-undation も認めている。

Bemmlen が想定したように、日本列島とその近隣の地震活動は、個々の構造単位が、それらの水平的ひろがりには匹敵する深い根をもっていることを示し、したがって、対流運動は tectogenesis の駆動力にはなり得ないのである (鈴木, 1975)

地震トモグラフィによる全マントルテクトニクス

1980 年代に地震トモグラフィはマントル基底部に達する地震波速度の局所的不均一性を示した (Woodhouse & Dziewonski, 1980 ; Hager & Clayton, 1987 ; Fukao 1992)。こうして、tectogenesis はマントル基底部にまでおよぶことが明らかになった。

ブルームテクトニクスは、地震トモグラフィに基づいて提唱されたものである。そこでは、最大でもわずか 1% の地震波速度差が主に温度差によるものであると提案した。これは、言い換えると、マントルでの対流と地球表層でのプレート運動が密度差に由来することを表している。

地球最大のブルームは南太平洋に設定され、そこではマントル全体の地震波速度が遅く、南太平洋がブルー

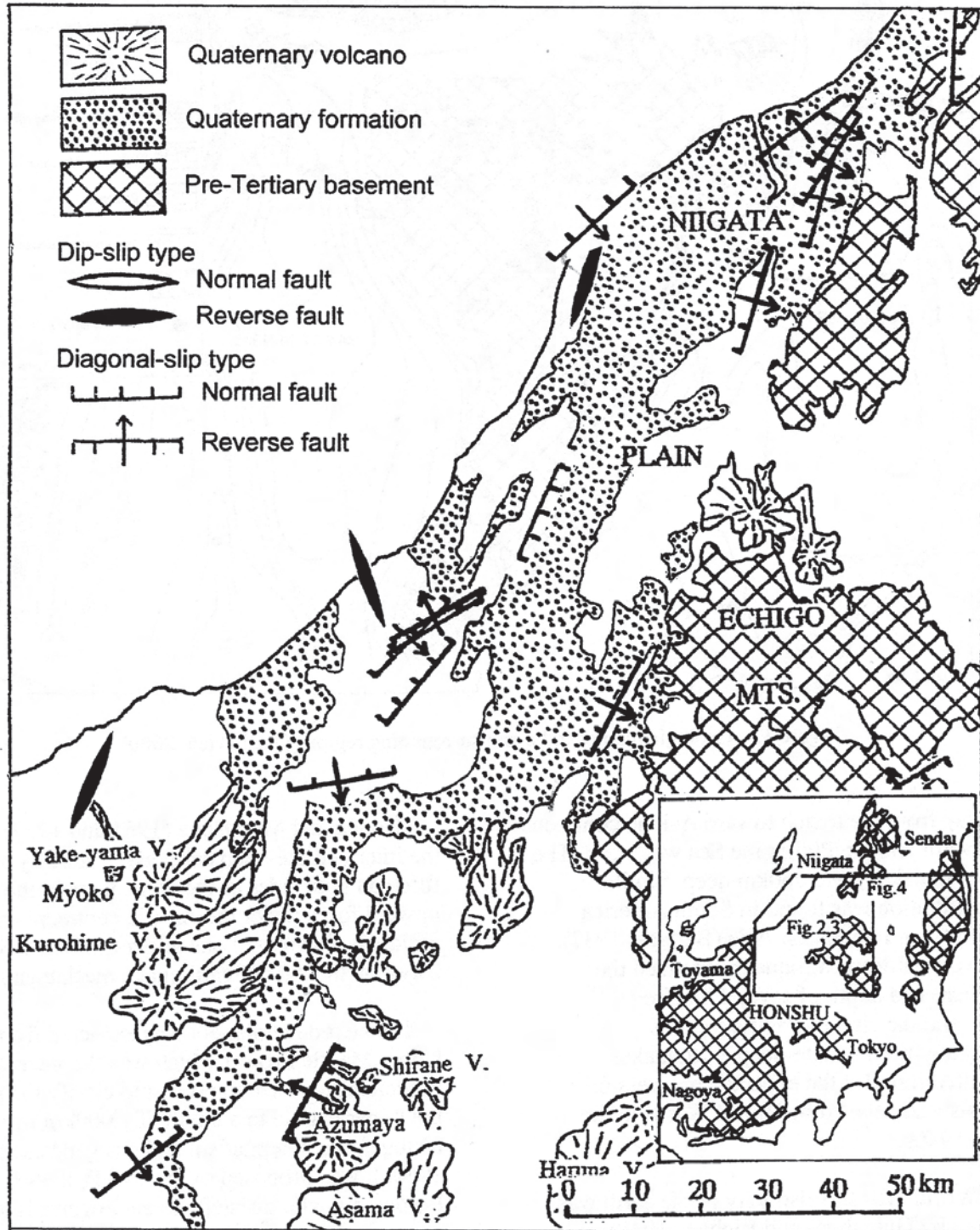


図2 新潟及び周辺地域の浅発地震を発生させた断層。断層の走向は第四紀堆積盆に平行であり、それらの動きは丘陵が隆起し、平野と堆積盆部分が沈降するこの地域の地殻運動に調和的である。

ム直上に位置することが示唆される。Bemmlen (1972) はそこが Fossil Darwin mega-undation であり、多くのゴヨウや環礁の分布によって特徴づけられ、白亜紀以降の沈降域であることを認定した。プレートテクトニクスは地質学的な境界条件に矛盾する。筆者は、このトモグラフィはダーウィン海膨の深い根を示したもので、対流は tectogenesis 的な駆動力にはなり得ないと考えている。1% 以下のわずかな速度差は、必ずしも熱対流を生じさせ得るものではなく、温度差に加えて組成の違いも反映されうるであろう。

2. Geotectonic な問題

海洋における地殻変動

海洋における地殻変動は、1960 年代の海洋底拡大説の登場以前から示唆されていた (Bubnoff, 1958)。続くプレートテクトニクス仮説は、中央海嶺で生成した海洋底がつづいて側方へ移動するため、海底堆積物の厚さが海嶺からの距離に比例することを主張した。

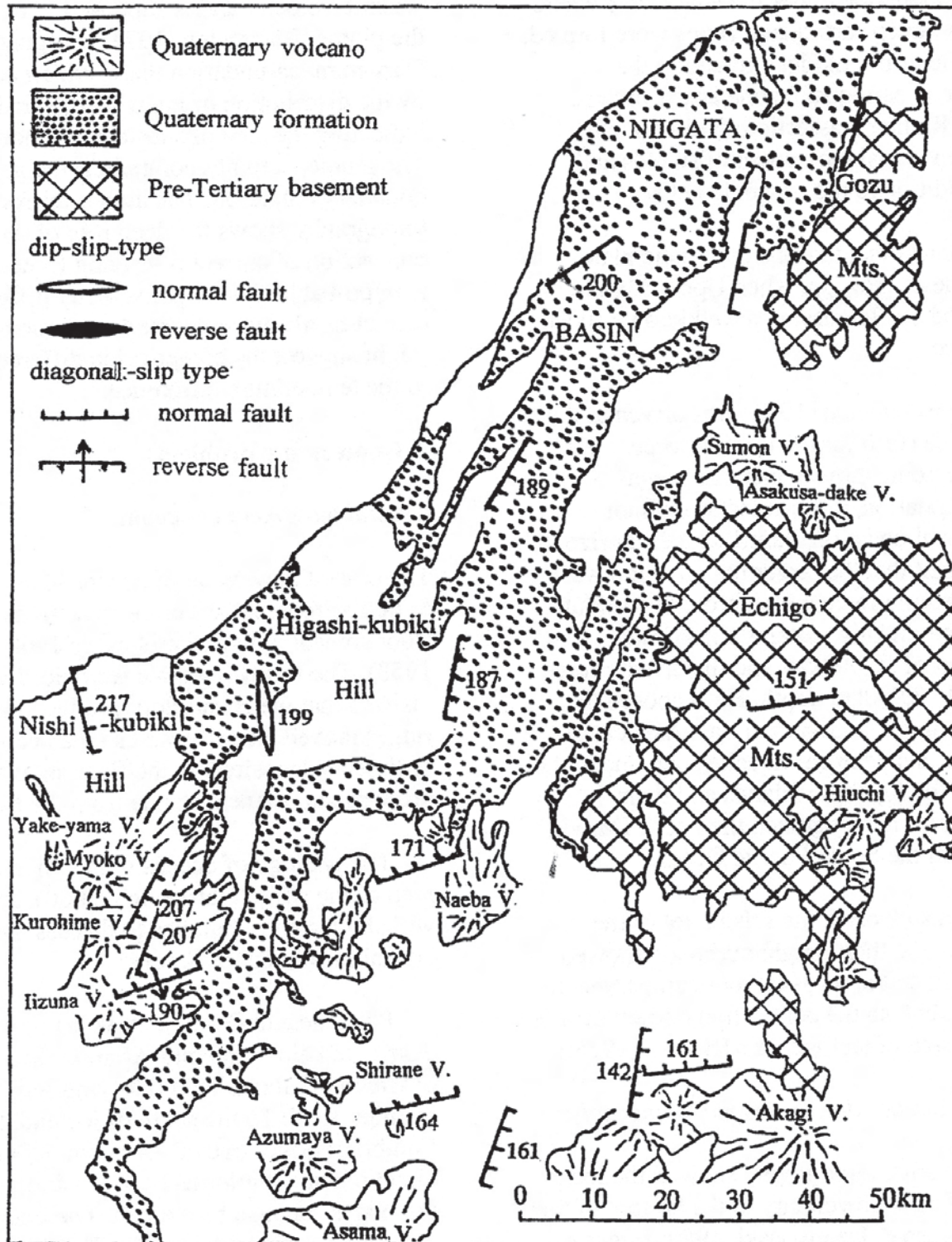


図3 新潟及びその周辺地域における中～深発地震を発生させた断層。断層の走向は第四紀堆積盆に平行であり、それらの動きは丘陵が隆起し、平野と堆積盆部分が沈降するこの地域の地殻変動に調和的である。

海洋の地質は、世界地質図 (Jatskevich, 2000) に示されている。筆者は、海洋における地殻変動の基本的様式について討論するために、いくつかの例を示すことにする。

鮮新世及び第四紀の火山岩は大西洋中央海嶺に沿って分布し、その両側には水平堆積層に覆われた卓状地が認められる。アイスランドの南方では、先カンブリア系からなる2つの海嶺が北西－南東方向に約500kmに

わたって連続し、これらの海嶺の間および両側に卓状地があることも分かっている。堆積物の厚さは、両海嶺の間では2km以上、海嶺の東側では5km以上にも達する。

インド半島東側のベンガル湾は、水平な堆積層が構成する卓状地になっていて、北縁部では堆積層の厚さが10,000mを超えているが、海洋の形成年代は白亜紀よりも若いのである (図1)。白亜紀層はインド半島の東岸

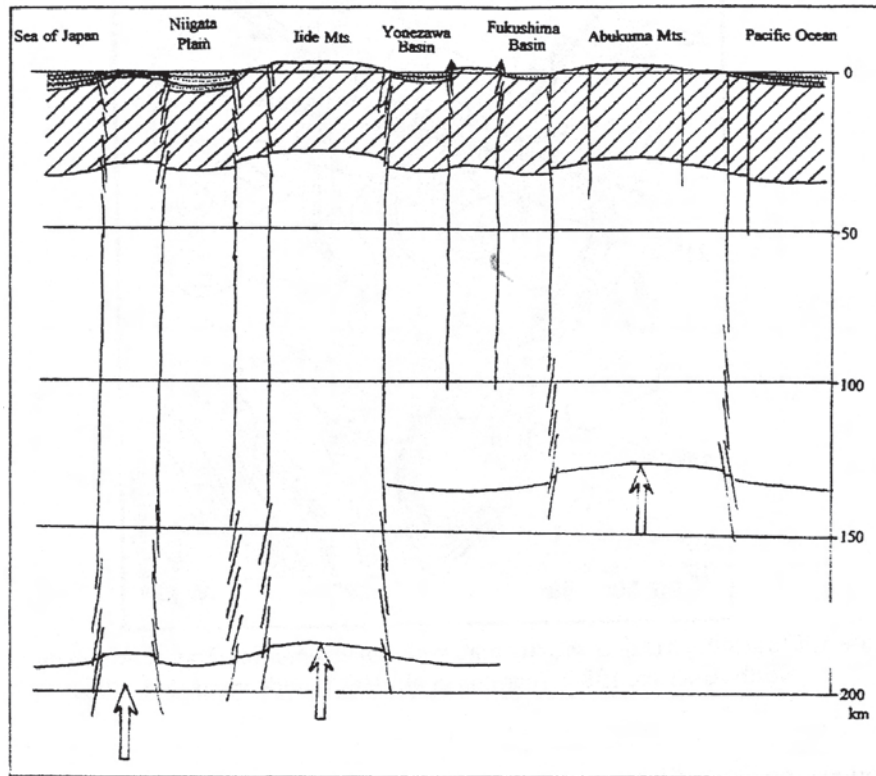


図4．本州の東北地方の地震活動にもとづく概念的断面図．矢印は地震メカニズムから推定された駆動力を示す．

に分布し、ベンガル湾卓状地の縁辺にあたる．

インド半島西岸に臨むアラビア海も古第三紀よりも若く、北縁部では厚さが5,000mを超える水平堆積物に覆われた卓状地を形成している．したがってインド半島は、両側の卓状地の間に位置する盾状地であり、大陸地殻の構造に比較されうる．このように、20世紀初頭に想像されていたとおり、海洋は造陸運動によって支配されているのである．

深部につづく造山帯の構造

日本列島における地質と地震との関係の研究に基づく、個々の構造単位は地殻と上部マントルに達する鉛直方向の根をもっていて、それは水平方向のひろがりに匹敵する深さをもつ、と筆者は主張した（鈴木, 1975）．地震トモグラフィによって解明されたマントルでの様々な速度不均質性が地質単元に相当するということは、造山帯がそのような深い根をもつことの帰結である．前述した Fossil Darwin mega-undation における地震トモグラフィは、この海膨の根がマントルの底にまで延びていることを示す（鈴木, 2001）．それゆえ、対流は造山運動の駆動力にはなりえない．

褶曲のメカニズムは、造山帯の基本的構造に基づいて議論されなければならない課題である．日本列島の第三紀～第四紀のグリーンタフ造山帯においては、箱型、櫛型褶曲などの基盤ブロックの直接的影響を受けたものが、主要な構成要素になっている．浅発地震だけでなく、中発地震もブロック境界付近に発生しているた

め、褶曲は表面的なものや、浅部起源の構造ではなく、造山帯深部に由来するものである．（図2, 3, 4）

西アルプス造山帯での浅発地震の震源も、そのようなブロック構造を示している．というのは、それらがテクトニックな境界である Pennine 帯, Helvetic 帯, Molasse 帯, および Jura 山地の間の構造境界に沿って分布するからである（鈴木, 1975）．

基本的に、これらの事実は Belousov の褶曲のメカニズムや造山帯の基本的構造に関する仮説を支持している．筆者は、褶曲は堆積と同時に成長するため、褶曲過程を復元するためには、褶曲に関係する層厚-層相分布の解析に基づかねばならないと主張している．造山帯の地向斜期にかかわりをもつ楕状地や卓状地の鉛直運動を考慮せず、古典的な浅層性造山モデルを適用するプレートテクトニクスは受け入れられない．

3. 中-深発地震帯

環太平洋造山帯と島弧は中-深発地震帯をとめない、最深部の造山運動と地球の深部過程を解明する鍵となる．これらの地震帯は、深さ数百～千 km で生じている力に由来するものであり、沈降する海洋と隆起する島弧および隣接大陸間の境界に沿う応力と歪の集中関係している、と筆者は考えている（鈴木他, 1978）．環太平洋造山帯と太平洋造山帯は、Bemmelen (1972) や松本 (1975) が示したようにマントル全体の造山運動の結果でなければならない．

プレートテクトニクス仮説は浅層性造山帯の古典的モデルを適用したものであり、基底部の中-深発地震帯を除外しているため、中-深発地震が各構造単位と無関係になっている。これは、木に竹を接ぐようなことである。

筆者は、各構造単位は地殻～上部マントルに達する深い根をもっていて、水平方向のひろがりに匹敵する深さをもっている、と主張した。地球表面の地質単位に対応するマントルの様々な速度不均質は、深い根をもつ構造単位の結果であるにちがいない。

楕状地の隆起と卓状地の沈降が数百万年かそれ以上、継続していることは、対流と矛盾する。

4. 地球の深部過程の結果の地質

様々な深度で起こる地球の運動は、地質に記録されている。たとえば、隆起は侵食と山地形成をもたらし、水面あるいは海面下への沈降は堆積物の堆積をもたらす。我々は、例えば、有限要素法である Virtual

Basement Displacement Method（小玉他，1985）のような方法を用いて、運動を引き起こす深部過程を探求しなければならない。地質は、地表下の様々な深度での密度分布にコントロールされた重力データとしてあつかわれなければならない。堆積物の堆積は様々な深度での沈降運動の結果であり、その内部過程はこの方法によって説明される。断層や褶曲分布に加えて、地震と比較することで応力-歪分布が復元される。

5. まとめ

20 世紀における深発地震とマントル底部におよぶ地震波速度の不均質性の発見は、地球テクトニクスをマントル全体に拡大させざるをえなくした。造山帯の地質構造の一般像は、中-深発地震帯を除外した浅層のものであることが普通であるが、地震トモグラフィデータから判断すれば、このような地質構造は、水平方向の広がりに匹敵する深い根を持つ深部構造である。地球の運動は、地球の地質的発達史にもとづいて議論されなければならない。

文 献

- BELOUSSOV, V. V. (1959). Types of folding and their origin. Intern. Geol. Review, v. 1, no.2, p. 1- 21.
 BEMMELEN, R. W. van (1972). Geodynamic models, an evaluation and synthesis. Elsevier Publ. Co., Amsterdam. 267p.
 BENIOFF, H. (1954). Orogenesis and deep crustal structure. Bull. Geol. Soc. Amer., v. 65, p. 385- 400.
 BUBNOFF, S. von (1954). Grundprobleme der Geologie (3rd ed.) Akademie Verlag, Berlin.
 FUKAO, Y. (1992). Seismic tomograph of the earth's mantle: geodynamic implication. Science, v. 258, p. 625-630.
 HAGER, B. H. and CLAYTON, R. W. (1986). Constraints on the structure of mantle convection using seismic observations, and the geoid. In PELTIER, W. R. (ed.) "Mantle convection", p. 657-763, Gordon and Breach Science Publishers.
 HONDA, H. (1934). On the mechanism of deep earthquakes and the stress in the deep layer of the earth crust. Geophys. Mag., v. 8, p. 61-74.
 JATSKEVICH, B. A. ed. (2000). Geological map of the world. 1:15,000,000. Ministry of Natural Resources of the Russian Federation.
 KODAMA, K., LONG, X. M. and SUZUKI, Y. (1985). Structural analysis of deep-seated volcanic reservoir by tectonic simulation. UN ESCAP CCOP Techn. Bull., v. 17, p. 1-17.
 KODAMA, K. and SUZUKI, Y. (1977). Formation of the deep earthquake zone due to mantle diapirism. Bull. Geol. Surv. Japan, v. 28, p. 795- 810 (in Japanese with English abstract).
 MATSUMOTO, T. (1975). Geological history of the circum-Pacific region with special reference to the Mesozoic and pre-Mesozoic history of Japan. Jour. Geol. Soc. Japan, v. 81, p. 461-471(In Japanese with English abstract).
 RICHTER, C. F. (1958). Elementary seismology. Freeman & Co., 768p.
 SUZUKI, Y. (1975). Seismicity of the Japanese islands. Tsukiji-shokan(in Japanese).
 SUZUKI, Y. (2001). A proposal of three dimensional geotectonics. Himalayan Geology, v. 22, p. 27- 32.
 SUZUKI, Y., KODAMA, K. and MITSUNASHI T. (1978). The formation of intermediate and deep earthquake zone in relation to the geologic development of east Asia since Mesozoic. Jour. Phys. Earth, v. 26, Suppl., S579-584.
 TURNER, H. H. (1922). On the arrival of earthquake wave at the antipodes, and on the measurement of the focal depth of an earthquake. Monthly Notices, Royal Astron. Soc., Geophys. Suppl., v. 1, p. 1-13.
 WADATI, K. (1928). Shallow and deep earthquakes. Geophys. Mag., v. 1, p. 162-202.
 WADATI, K. (1935). On the activity of deep-focus earthquakes in the Japan Islands and neighbourhoods. Geophys. Mag., v. 8, p. 305- 325.
 WOODHOUSE, A. M. and DZIEWONSKI, J. H. (1984). Mapping the upper mantle: three dimensional modeling of earth structure by inversion of seismic wave form. Jour. Geophys. Res., v. 89, p. 5953-5986.

メキシコ、Chicxulub の火山学的解釈

THE VOLCANIC INTERPRETATION OF CHICXULUB, MEXICO

L.W.DAN BRIDGES

1925 S. Vaughn Way #207, Aurora, Colorado 80014, USA E-mail: Dbrid41775@aol.com

（山内 靖喜・矢野 孝雄 [訳]）

要旨 メキシコの Chicxulub での隕石衝突が、恐竜を死滅させたことは広く知られている。しかしながら、新しい地震学データは、その起源が火山性であるとの旧来の解釈を指示する。著しく非対称な多重リング状断層パターンは、20km のオフセットを有する右横ずれリニアメントによって切られており、準同時的に生じたマグマ同化作用やスランピングによって引き起こされた。火山活動に伴う広範囲におよぶ強力な熱水溶液は、熱水溶融角礫岩を形成した。この白亜紀末期の大激変は北アメリカの Laramide 造山活動および大陸縁辺水路（seaway）の隆起と同時に発生した。

はじめに

メキシコ国営石油会社 (Pemex) がチクスラブで最初の井戸を掘削した 1970 年以前には、これは火山性のもと考えられていた (Lopez-Ramos, 1973; Meyerhoff et al., 1994; Officer and Page, 1996). しかしながら, Alvarez et al. (1980) がヨーロッパの何カ所かの K/T 境界でみつけたイリジウムが隕石の衝突を証明するとして, Wezel (1981) がイタリア, グビオの K/T 境界よりも上位の層準から別の含イリジウム頁岩を報告しているにも関わらず, 地質家の心境を変えた. Hildebrand et al. (1991) がチクスラブは隕石衝突によって作られたという説を唱えてからは, 衝突説が広く受け入れられるようになった。

1996 年に英国反射断面研究所連合 (BIRPS) と英国地質調査所が, チクスラブ構造の半分を占める海域において, うまく選択された 4 測線に沿う地震探査を行なった。本論は, この地震探査と Pemex の井戸からの情報とに基づいて, チクスラブの構造に関する筆者の火山起源説を述べる。

地質学的背景

チクスラブの地下構造はメキシコ, ユカタン半島の北西端に位置する (図 1, 2)。この構造の半分は陸域に,

半分は水面下にある。この構造は, 厚さ 500-2000m の第三紀炭酸塩岩に覆われている。チクスラブは, 巨大な多重環状構造をもつ。その南-北径は約 250km, 東-西径は約 195km であり, 地球上最大の多重環状構造である。この地域では石油が産出しないため, 構造解析に用いることができる石油井データはほとんどない。

チクスラブクレータの外側では, 乱されていない堆積層は極めて薄い。その平均層厚は, 第三系で約 500m, 白亜系で 3000m, 薄い上部ジュラ系であり, これらは古生代の変成岩基盤を覆っている (Ward et al. 1995 参照)。第三系は主に石灰岩からなり, ある程度のドロマイトを伴う。白亜系の上部は石灰岩とドロマイトからなり, 炭酸塩角礫岩からなる強力なキャップロックをもつ。白亜系の下部は硬石膏とドロマイトからなりその基底に厚さ 50m の砂岩を伴う (Ward et al. 1995)。クレータ内で第三系は厚くなり, 最大約 2100m の厚さをもつ。クレータ内で測られた白亜系の最大層厚は約 6.5km である。この構造のクレータ内部に分布する火山岩 (溶解岩ではない) は安山岩質である。

構造

チクスラブの構造を解釈するにあたって, 重力図を重要視した。重力図は簡潔で, 連続的な広域的構造像を示す。このような情報は, 地震探査側線だけでは得ら

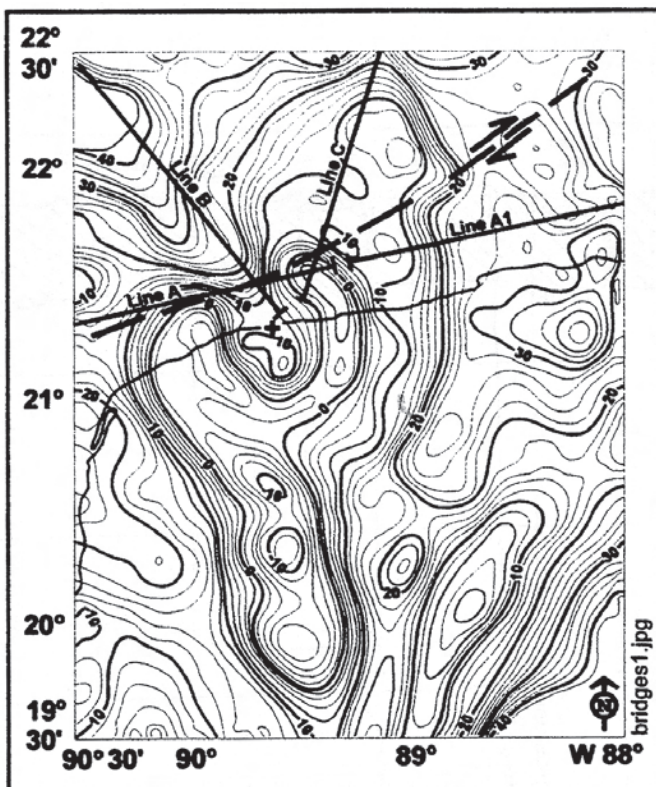


図1 メキシコ, チクスラブのリニアメントを入れた重力図。
North America (1988), Shapton et al. (1993) および Hildebrand et al. (1991) の重力異常図による。

れない。この構造の東側には、棚状部分からクレータ底にかけて急傾斜の重力勾配が認められ、クレータ縁 (Morgan and Warner, 1999a), クレータ端 (Snyder and Hobbs, 1999), あるいは内側リング (Morgan and Warner, 1999b) と呼ばれている。これは図 2、図 3 の断層 3 である。

ユカタンの海岸線の北方で、急傾斜の重力勾配 (クレータ縁) が約 20km 東にずれている。チクスラブ構造内部の等重力線は U 字型の輪郭をもち、その形は北方で切られている。Hildebrand et al. (1991) と Pilkington et al. (1994) は、クレータ縁のずれと U 字型が切られていることが、東北東走向の広域のリニアメントに起因するとした (図 1, 2)。このリニアメントは右横ずれ走向移動断層で、断層面は 85° の角度で南に傾斜しており、南側のブロックが衝上していると筆者は解釈している。Mike Warner は急傾斜の重力勾配のずれを無視し、このリニアメントを受け入れていない (口頭による, 1999)。

右横ずれオフセットの北側で急傾斜重力勾配を追跡すると、これは地点 km147 (図 2 中の + 印から 147km の地点、+ 印はこの構造の中心と考えられている) で地震探査測線 C と交差する。Morgan and Warner (1999a, 図 2A) は地震探査測線 C の地点 km64 にクレータ縁があるとしたが、この地点は重力図ではまったく支持されない。明らかに、これは隕石衝突による円形構造であることを印象づけるために、このようなことがなされたのである。

Pope et al. (1996, 図 3) による陸上での地形的研究にしたがって、断層に 1 ~ 5 の番号をつけた (図 2, 3)。東側の断層 1 は主に内側の急傾斜重力勾配に基づいて

いる (図 1)。

重力図 (図 1) は、地震探査測線 B が高重力部を横切っており、他方、測線 C はクレータ底である低重力部を横切っていることを明瞭に示している。測線 B では地表近くに地震波速度が速い岩石があり (Brittan et al., 1999, 図 5), わずかながら散乱した反射層の存在が火成岩による置換が生じたことを示している。クレータの外側においては、測線 A と A1 における基盤の白亜系の反射層と同じように、通常の深さに基盤の白亜系の反射層が存在することから、高重力部が基盤の高まりである可能性は排除される。この地震波速度が速い物質は中央の火道に関連しており、それと同じ時代の火成岩である、と筆者は解釈する (図 2)。チクスラブ中央部の Pemex C1 井戸から得た安山岩のコア片について 65Ma の放射年代が出されている (Swisher et al., 1992; Sharpton et al., 1992)。K/T (白亜紀 - 第三紀) 境界は、一般に 65Ma とされている。

Morgan and Warner (1999a, 図 3, 4) は、測線 A と A1 上の半径約 125km 地点において外側のリングが弱く発達しており、これらは小さな衝上断層であり、これらの衝上断層は、衝突による圧縮初動によって形成されたのであろう、と主張している。西方に延びる測線 A 上において、堆積層中にずれの証拠はまったくみつけれないことから、何らかの基盤のテクトニクスがあったが、K/T の断層運動ではないと筆者は結論した。東に延びる測線 A1 上の小さな衝上断層を、私は、断層 5 と命名した (図 2, 3)。その断層運動は、広域的な隆起、あるいは火山活動初期の火山性プラグのドーム状隆起運動に由来するものであろう。

構造図 (図 2) と地震探査測線 (Bridge 2002, 図版 1

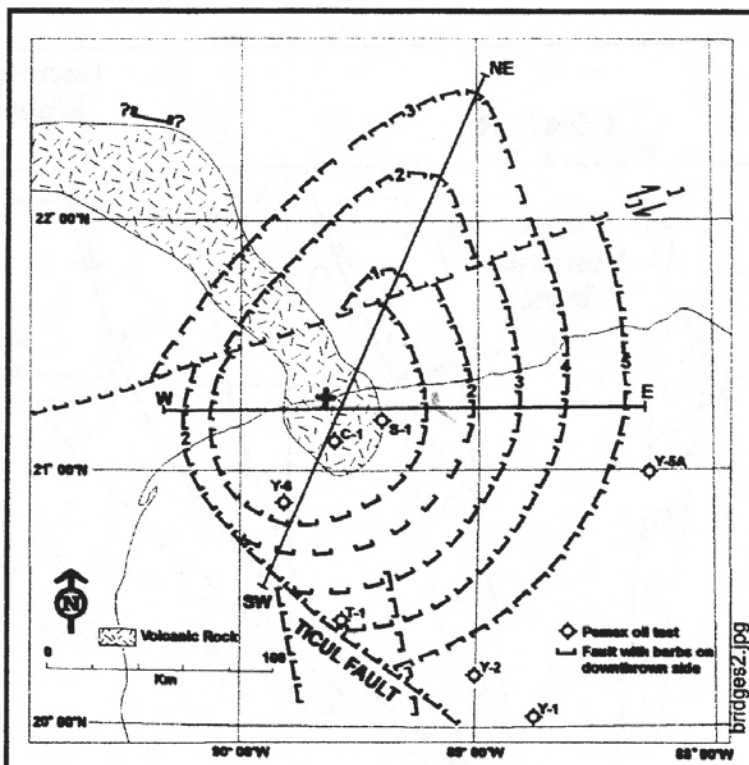


図 2 メキシコ、チクスラブの模式的構造図

を参照) から、チクスラブの模式的で、単純化された縦横 1:1 の断面図 (図 3) を筆者は作成した。構造図と断面図が極めて非対称であるという事実は、衝突説がありえないことを示している。

断層変位したモホ面

モホ面は地殻とマントル地震波速度の不連続面であり、そこでは、約 6.6km/s から約 8.3km/s へ速度が増大する (Hoshino, 1998)。Chicxulub 地域でのモホ面は、地表下約 35km にある。まったく驚くに値しないことながら、それは広範囲にわたって断層変位している (Morgan et al., 1997)。最大のオフセットは地震探査測線 B でみられ、そこではリニアメントを横切る火道にむかってモホ面が往復走時 (twtt) にして 13.15 秒から 11.35 秒まで隆起している。地震波速度を 6.6km/s とすると、これは約 6km の鉛直オフセットに相当する。さらに、地震探査測線 B では、火山の火道に近づくにつれて別の 2 つの断片的反射面が往復走時 10.25s と 7.75s に現れる。地表から 6.0km/s の速度を用いると、これらの断片的モホ面かもしれない反射面の深さは、それぞれ約 31km および 23km になる。火山活動が、マントルのブロックを上方へ隆起させたのであろう。

衝突説の解釈を支持している人々は、衝突現象の一端として、モホ面の断層運動をわけなく了解しているようである。衝突が深度 35km にあるモホ面に影響をあたえるなど、私には到底信じがたい。

マグマ性同化作用

Chicxulub 地震探査測線について解釈する以前の私は、Chicxulub における多重環状断層が、マグマの上方移動によって形成された空洞への崩落によって引き起こされた火山活動後の現象であると考えていた。現在では、火山活動、基盤岩物質のマグマ性同化作用、および多重環状断層運動は変動とほぼ同時に発生したこと、その過程で空洞は形成されなかったことは明白である。

マグマ性同化作用のもっとも良好な例は、火山火道西側の地震探査測線 A でみられ (図 3)、そこでは断層 2 がクレーター縁をかたちづくる。断層 2 の外縁側 (西側) では、第三系 (T) 基底は 0.25s twtt に、白亜系 (K) 基底は 1.70s twtt にある。したがって、第三系および白亜系の層厚は、それぞれ約 500m および 3,300m である。断層 2 の落下側 (クレーター側)。すなわち東側では、K 反射面上方の第三系および白亜系の基底は、それぞれ 0.70s twtt および 3.05s twtt である。したがって、この断層ブロック中の第三系の最大層厚は約 1,200m であり、白亜系の層厚は約 5,000m となる。しかし、モホ面のオフセット (11.25s twtt から 11.37s twtt へ) は、約 400m にすぎない。K マーカーの直下には基盤が存在するので、基盤岩はマグマ性同化作用によって約 2km 薄くなり、同化された物質は火道へ運ばれたのである。

火山活動と熱水活動が進行するにつれて、火道近くの火道はしだいに塑性的になり、さらに熔融すると火道へむかってどろどろと移動し、火道を満たす安山岩マグマと同化するわけである。この作用が進行するにつれて、大きな地殻ブロックが火道へ向かって崩落し、多重環状断層系を形成する。ある種のマグマ性同化作用は、深度 35km にあるモホ面よりも下のマントルで起

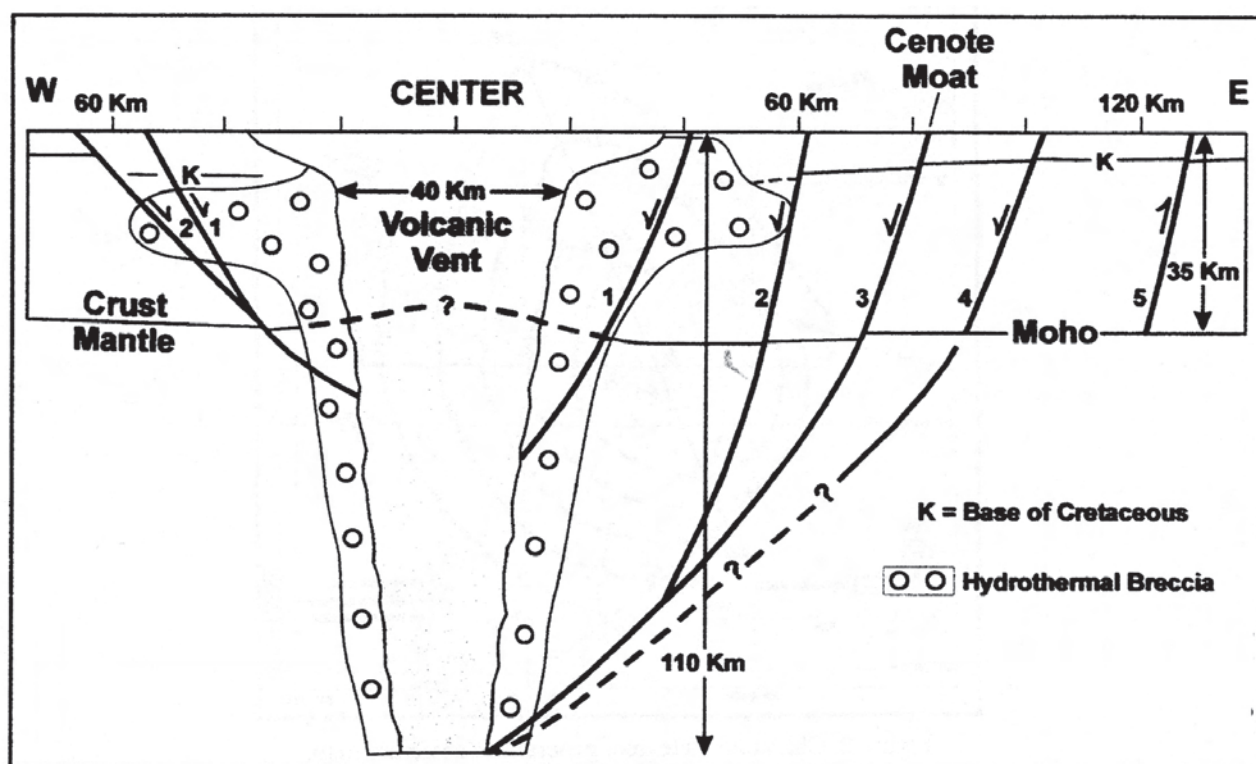


図 3 メキシコ、チクスラブの縦横 1:1 の模式的東西断面図

こり、120km あるいはそれ以上の深さに達する。しかしながら、大半のマグマ性同化作用は地殻中で起こったであろう。

熱水溶融角礫岩

火山火道の周辺には、大量の熱水溶融角礫岩が分布する (図 3)。これは、直径 40km の中央火道を取りまく幅約 20km の低重力帯の存在をしめす重力図によって、予期される。この角礫岩中には確かにシルや岩脈が存在するが、私の解釈では、この角礫岩は、もともとは深部で変成された基盤角礫岩やそれを覆う白亜系中の炭酸塩岩角礫岩であった。衝突説では、この角礫岩はほとんどが溶融角礫岩とされ、もともとは火成岩であることを示す。もしそうであるとすると、重力的に検出されるほどの相違が生じるはずがない。

爆発的激動によって角礫岩が形成されたのではなく、火道の縁や断層にそって上昇してきた熱水が、次に側方へ拡散することによって角礫岩のほとんどが形成されたという火山-熱水性解釈が私の前提である。このように、白亜紀末の Chicxulub 地域は、巨大な地熱地帯であった。cenotes (水に満たされた深い円形の穴) をとりまくほぼ円形の輪は、断層 3 の断層跡に沿って分布し、深さ 3 ~ 5m、幅約 10km の堀 (moat) をつくっていた (Pope et al., 1996)。これらの cenotes は、一般に信じられているようにカルスト地形の産物ではなく、Chicxulub における熱水活動の衰えつつあるエネルギー状態を記録するものである、と私は結論づける。

堆積性炭酸塩角礫岩

Chicxulub 地域の白亜系最上部付近には、Ward et al. (1995) がユニット G と呼んだ角礫岩がひろく分布する。その層厚はおよそ 200 ~ 400m であり、苦灰岩質基質に支持された苦灰岩、硬石膏および石灰岩の破片 (砂~礫サイズ) からなる (Ward et al., 1995)。白亜紀末の Chicxulub では、長期間にわたって火山活動がつづいた、と私は結論する。この炭酸塩堆積期をつうじて角礫岩が形成された。それにとまって火山爆発がときどき発生し、火道から放出される火山物質とともに、乱流波動やおそらくは津波をひきおこした。

結 論

北アメリカにおける白亜紀末は、異例に強烈な造構-火成活動が起こった時期であり、それはララミー変動の中頃に終息する、ということを示すおびただしい証拠が存在する。メキシコ中部の東西方向の主要断層群や Chicxulub 構造は、ララミー造山帯の南端にあたる。Chicxulub 火山活動は、動植物の大量絶滅をひきおこしたこの時期の大変動の一部である。恐竜を絶滅させた衝突事件よりも、その最大要因は世界規模の火山性汚染である、と私は提案したい。それは、環境ストレスや退化をもたらした (Hallam, 1987 と比較された)、また、北アメリカでは、火山活動にとまって、恐竜たちの住処であった North American seaway [北米を縦走

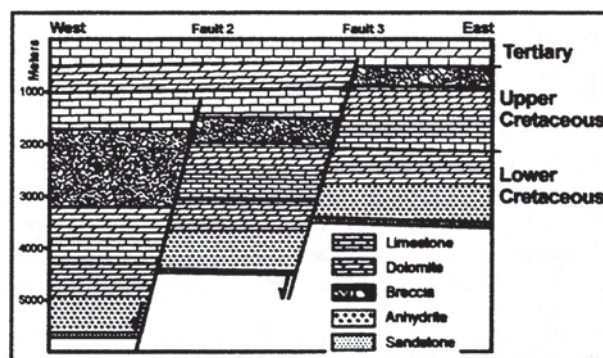


図4 メキシコの Chicxulub における地震探査測線 A1 に沿う火口東側の模式的岩相断面図。断層 2 および 3 では堆積物が厚化することを示す。断層 2 は、初生的には後期二畳紀に発生したものであるが、断層 3 は第三紀に発生した断層である。

する海水路] の干上がらせたのである。

衝突説に反対する根本的理由は、次のとおりである：1) 図 4 のように、瞬間的な衝突を排除し、長期間にわたる成長断層運動を示す後期白亜紀ならびに第三紀の断層群が存在する。2) 同様に、イタリアの Gubbio における K-T 境界上のイリジウム層は瞬間的な衝突を論駁し、火山活動が地球深部 (マントル、あるいはコアの可能性もある) に由来することを意味する。3) 構造図 (図 2) および断面図 (図 3) が示すように、Chicxulub は、衝突で形成されたにしては、あまりにも非対称である。4) モホ面が、火道や断層によって、上方へドーム状に隆起するはずがない。それを衝突に帰せるには、あまりにも深すぎる。5) 衝突説では、断層パターンを説明することができない。すなわち、20km もの水平オフセットをもつ線構造は衝突ではできない。

火山活動説を選択する根本的理由は、次のとおりである：1) 地震探査測線 B にみられる膨大な量の火山岩類の存在、ならびに、測線 A における噴気孔の存在 (Bridges, 2002 参照) は、この地域における火山活動を示す。2) 基盤およびマントル岩石のマグマ性同化作用は、多重円形断層系とモホ面の断層変位に説明を与える。3) 中央部の重力パターンは、火山火道という解釈を支持する。4) 中央部周辺の低重力は、溶融角礫岩ではなく、熱水性溶液角礫岩との解釈をより指向する。5) 安山岩は火山岩である。溶融岩石が火山岩であるかのようにみえるという主張は、無意味である。

Morgan and Warner (1999a) は、私たちの惑星における多重円形盆地は衝突によって形成されたと仮定したが、幾人かのロシアの惑星地質研究者は、それらが火山カルデラの陥没に由来すると考えている (Melosh, 1989)。Chicxulub についての新しい証拠は、この惑星の多重円形構造のすべてがマグマ性同化作用によって形成され、この作用は、衝突ではなく、陥没を引き起こすということ意味するであろう。

文 献

- Alvarez, L.W., Alvarez, W., Asaro, F. and Michel, H.V., 1980. Extraterrestrial cause for the Cretaceous-Tertiary extinction. *Science*, 208: 1095-1108.
- Bridges, L.W.D., 2002. Our Expanding Earth: The Ultimate Cause. Tattered Cover Book Store Denver, Colorado, www.tatteredcover.com (\$15.00 plus shipping), Plate 1 seismic lines, 103pp.
- Brittan, J., Morgan, J., Warner, M. and Marin, L., 1999. Near-surface seismic expression of the Chicxulub impact crater. In: B.O. Dressler and V.L. Sharpton (Editors), *Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution II*. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 339: 269-279.
- Gravity anomaly map of North America, 1988. *Geol. Soc. Am. Map No.2*.
- Hallam, A., 1987. End Cretaceous mass extinction event: Argument for terrestrial causation. *Science*, 238: 1237- 1242.
- Hildebrand, A.R., Penfield, G. T., Kring, D.A., Pilkington, M., Camargo, A., Jacobsen, S.B. and Boynton, W.V., 1991. Chicxulub Crater: A possible Cretaceous/Tertiary boundary impact on the Yucatan Peninsula, Mexico. *Geology*, 19: 867-871.
- Hoshino, M., 1998. The expanding Earth; evidence, causes and effects. Tokai Univ. Press, Tokyo, Japan, 295pp.
- Lopez-Ramos, E., 1973. Estudio geologico de la Peninsula de Yucatan. *Assoc. Mexicana de Geologos Petroleros Boletin* 25: 23-76.
- Melosh, H.J., 1989. Impact cratering: A geologic process. Oxford Univ. Press, New York, 245pp.
- Meyerhoff, A.A., Lyons, J.B. and Officer, C.B., 1994. Chicxulub structure: A volcanic sequence of Late Cretaceous age. *Geology*, 22: 3-4.
- Morgan, J., Warner, M., Brittan, J., Buffler, R., Camargo, A., Christeson, G., Denton, P., Hildebrand, A., Hobbs, R., Macintyre, H., MacKenzie, G., Maguire, P., Marin, L., Nakamura, Y., Pilkington, M., Sharpton, V., Snyder, D., Suarez, G. and Trejo, A., 1997. Size and morphology of the Chicxulub impact crater. *Nature*, 390: 472-476.
- Morgan, J. and Warner, M., 1999a. Chicxulub: the third dimension of a multi-ring impact basin. *Geology*, 27: 407-410.
- Morgan, J. and Warner, M., 1999b. Morphology of the Chicxulub impact: Peak-ring crater or multi-ring basin? In: B.O. Dressler and V.L. Sharpton (Editors), *Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution II*. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 339: 281-290.
- Officer, C.B. and Page, J., 1996. The Great Dinosaur Extinction Controversy. Addison-Wesley Publishing, Reading, Mass., 209pp.
- Pilkington, M., Hildebrand, A.R. and Ortiz-Aleman, C., 1994. Gravity and magnetic field modeling and structure of the Chicxulub crater, Mexico. *J. Geophys. Res.*, 99: 13147-13162.
- Pope, K.O., Ocampo, A.C., Kinsland, G.L. and Smith, R., 1996. Surface expression of the Chicxulub crater. *Geology*, 24: 527-530.
- Sharpton, V.L., Dalrymple, G.B., Marin, L.E., Ryder, G., Schuraytz, B.C. and Urrutia-Fucugauchi, J., 1992. New links between the Chicxulub impact structure and the Cretaceous/Tertiary boundary. *Nature*, 359: 819-821.
- Sharpton, V.L., Burke, K., Camargo-Zanoguera, A., Hall, S.A., Lee, D.S., Marin, L.E., Suarez-Reynoso, G., Quezada-Muneton, J.M., Spudis, P.D. and Urrutia-Fucugauchi, J., 1993. Chicxulub Multiring Impact Basin: Size and other Characteristics Derived from Gravity Analysis. *Science*, 261: 1564-1567.
- Snyder, D.B. and Hobbs, R.W., 1999. Deep seismic reflection profiles across the Chicxulub crater. In: B.O. Dressler and V.L. Sharpton (Editors), *Large Meteorite Impacts and Planetary Evolution II*. *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, 339: 263-268.
- Swisher, C.C., Grajales-Nishimura, J.M., Montanari, A., Margolis, S.V., Claes, P., Alvarez, W., Renne, P., Cedillo-Pardo, E., Maurasse, F., J-M., R., Curtis, G.H., Smit, J. and McWilliams, M.O., 1992. Coeval 40Ar/39Ar Ages of 65.0 Million Years Ago from Chicxulub Crater Melt Rock and Cretaceous-Tertiary Boundary Tektites. *Science*, 257: 954-958.
- Ward, W.C., Keller, G., Stinnesbeck, W. and Adatte, T., 1995. Yucatan subsurface stratigraphy: Implications and constraints for the Chicxulub impact. *Geology*, 23: 873-876.
- Wezel, F.C., 1981. Upper Cretaceous to Eocene pelagic limestone of the Scaglia Rossa are not Miocene turbidites: A Reply. *Nature*, 294: 248.

地中海地域における和達ーベニオフ帯の発生に関する新解釈

A NEW INTERPRETATION OF THE ORIGIN OF THE WADATI-BENIOFF ZONES IN THE MEDITERRANEAN REGION Giancarlo SCALERA

INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma,
Italy E-mail: scalera@ingv.it

(角田 史雄・小泉 潔・川辺 孝幸・矢野 孝雄 [訳])

イタリアで入手できる広域地震（基本的に等震度線図関連の）データのすべてが、イタリアにおける最大体感震度マップとイタリアの MCS [注；たぶん、イタリアでつかっている Mercalli, Cancani, Sieberg] 震度階の VII と VIII とを合わせたものを作成するのに利用

された (Boschi et al., 1995 ; Scalera, 1997). MCS 震度階 VIII のマップは、もっともひどい震害を引き起こすレベルの揺れを直ちに感じる地域を割り出すことができ、震度階 VII マップは構造解析の指針を得るために重要なものである。後者に注目すると、MCS 震度階

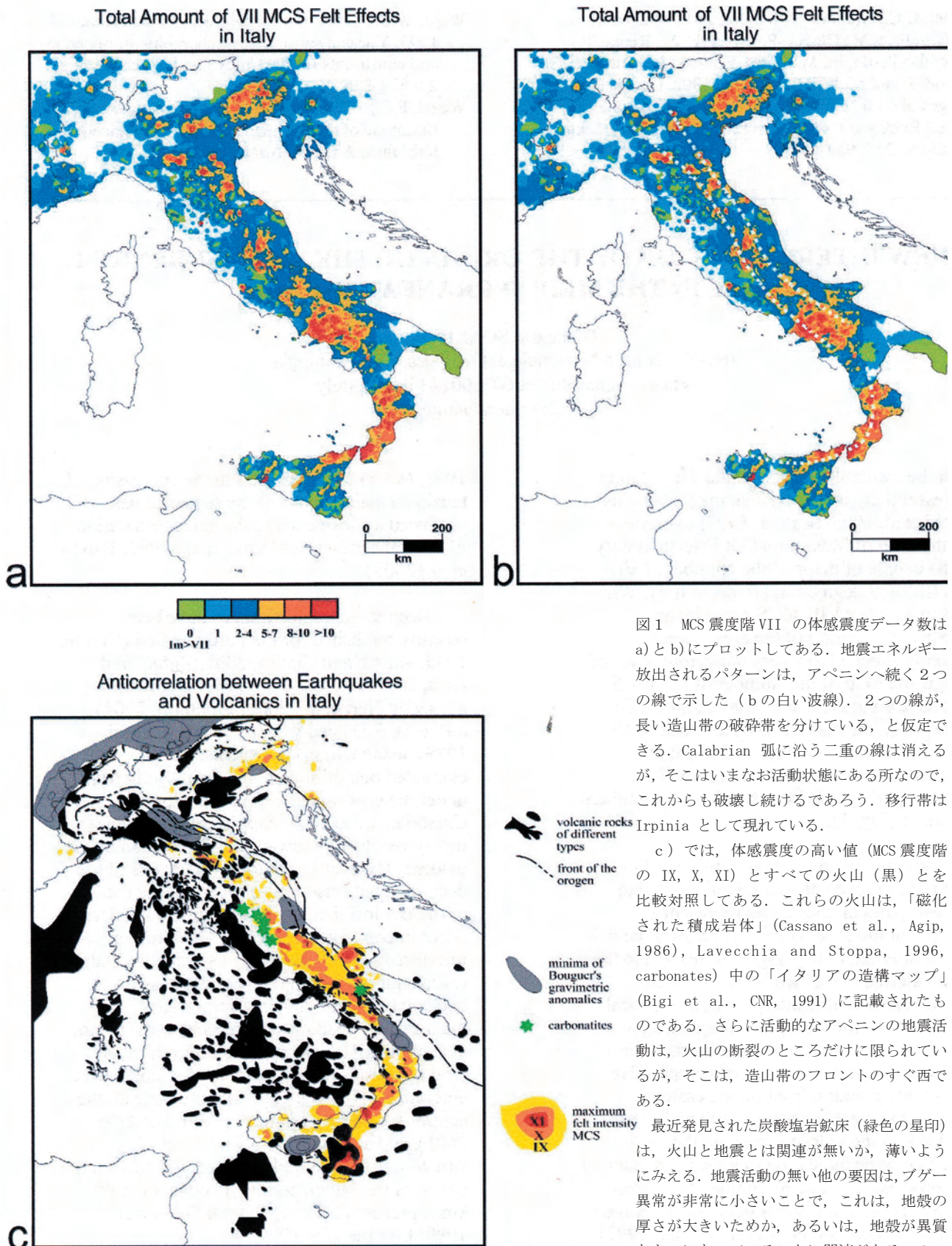


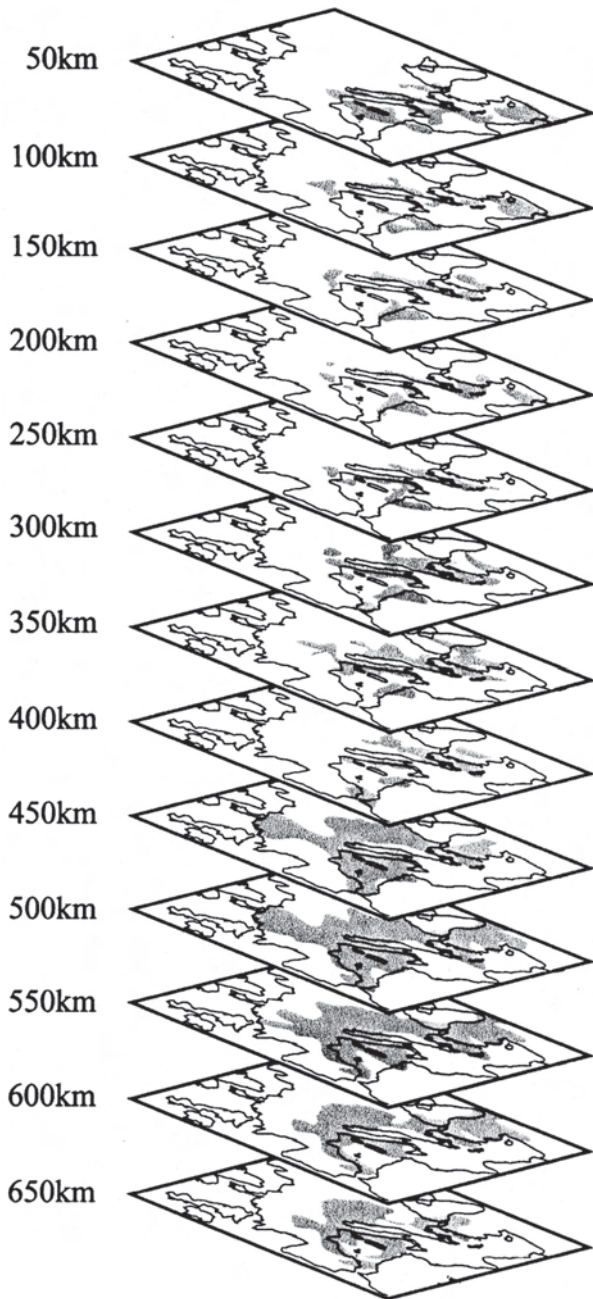
図1 MCS震度階VIIの体感震度データ数はa)とb)にプロットしてある。地震エネルギー放出されるパターンは、アペニンへ続く2つの線で示した(bの白い波線)。2つの線が、長い造山帯の破碎帯を分けている、と仮定できる。Calabrian弧に沿う二重の線は消えるが、そこはいまなお活動状態にある所なので、これからも破壊し続けるであろう。移行帯はIrpiniaとして現れている。

c)では、体感震度の高い値(MCS震度階のIX, X, XI)とすべての火山(黒)とを比較対照してある。これらの火山は、「磁化された積成岩体」(Cassano et al., Agip, 1986), Lavecchia and Stoppa, 1996, carbonates)中の「イタリアの造構マップ」(Bigi et al., CNR, 1991)に記載されたものである。さらに活動的なアペニンの地震活動は、火山の断裂のところだけに限られているが、そこは、造山帯のフロントのすぐ西である。

最近発見された炭酸塩岩鉱床(緑色の星印)は、火山と地震とは関連が無いが、薄いにみえる。地震活動の無い他の要因は、プゲー異常が非常に小さいことで、これは、地殻の厚さが大きいのか、あるいは、地殻が異質なものになっていることに関連がある。2つ

の火山地域とは、南イタリアのCilentoの北にあり、ボローニャの近くのアペニン帯とフローレンスの北のMugelloである。これらの火山地域は、おそらく、元々は一連のものだったのだろう。このことは、数百万年間に地震に起因する造構力の移送という考えも生んだ(Scalera, 1997)。

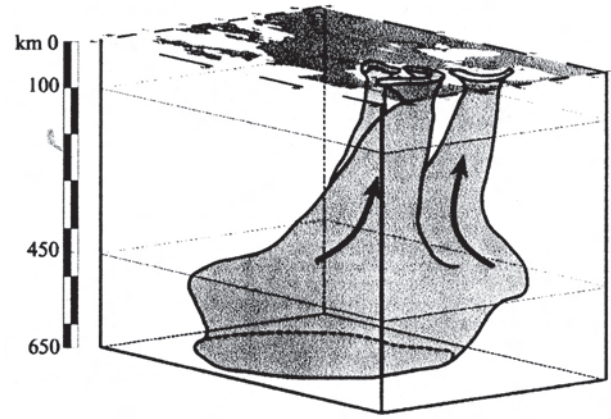
一層重要なこととして、既存の火山活動の分布と造山帯の前縁帯との間で、地震活動が活発であるのは、つぎのようなことを意味するといえる；つまり、地震というのは、火山の予兆を示す現象であり、そして、それらは主として、膨張する地球のリソスフェアが引っ張りで割れ、広い意味での岩脈状の貫入作用やより上がり(upduction)などに関連している。



第2図 地震トモグラフィ [Piromallo & Morelli (2003) の結果に基づいて描いた] は地中海盆の下の漸移帯にトラップされた異常な高速度 (積み重ねられた図の影の部分) の広がり。この異常帯のすべての地域は、ほぼ海盆の面積 $3.0 \times 10^6 \text{ km}^2$ に等しい。

VII の最大値が得られた地域は、アペニン帯、それも北アペニンから南アペニンまでの、平行な2つの狭長帯にそって分布する (図1)。

このような線路に似た震度7のラインは次のように解釈できる；これらの平行なラインは、内帯の境界にあたっているのだろう。その境界というのは、それらのラインの外側の拡がりに比べて、可動的で破碎され、狭い中軸帯になっているからである。この他の証拠も、この解釈を裏付けているようである。つまり、アドリ



第3図 アップダクション。トモグラフィ画像のこれまでとは異なる解釈を簡略化して示したスケッチ。この解釈は、主に実体波トモグラフィによって明らかにされた狭くほぼ垂直に近い高速度帯 (Cimini, 1999; Montuori, 2004; など) に沿う地中海地域の下の漸移帯にトラップされた異常マントル物質 (周りの物質より密度が大きく、冷たい) に起こりうるアップダクションに基づいている (Piromallo & Morelli, 2003)。流体の減圧、脱水、分化や損失を伴って深部物質が表面に到達する (Choi, 2004) には、熱的なそして火山現象がだんだんと重要になってきていると思われる。非常に複雑化した地下構造のうち、枝分かれした三つのみが見られている。500 ~ 450kmの密度異常のいくらか複雑化したパターンは、図2に示された高速度帯の積み重ねのように見える。これはPiromallo & Morelli (2003) の論文に基づいてトレースされてものである。

ア半島で起こった強い地震の発震機構は、造山帯の軸にたいしては正断層的な動きを示す一方、東アペニン山脈の東斜面にあるアドリアフロントに対しては圧縮応力を与えるようになっているからである。西側斜面の火山帯で起こる強い地震は無い。同じ意味で、アペニン帯の中軸帯が引張場であるという応力場の解析結果と、深層坑井での水圧破碎 (Montone et al., 1997) のデータなどがある。最近起こった Colfiorito での地震 (1997 - 1998, $M > 5$) におけるより詳しい地震測地学的な研究では、続発した引張性の主要動はいずれも、震源域における数 cm の沈下で発生したことが明らかにされた (Salvi et al., 1997; Barchi et al., 1998)。

イタリア地域における深部のトモグラフィ画像が最近公表された (Cimini, 1999; Amato and Cimini, 2001; Cimini and Gori, 2001; Lucente et al., 1999; Di Stefano et al., 1999; Neri et al., 2002; Montuori, 2004)。P波の3-Dによる深部の速度構造画像 (Cimini, 1999) では、遠地地震を用いて、Calabrian 弧の軸に関連して、ほとんど垂直で地殻より下部から伸びてきて、Tyrrhenian (チレニア) 海へ向かう高速度帯が明らかにされた。広域に渡って深発地震の震源をプロットした結果、400km以上の深さに達するベニオフ地震帯は、トモグラフィ画像上で解析された沈み込むプレートと深い背弧海盆との北側の境界には一致せず、高速度帯の中軸とはあまり関連のない位置にある。中央～南アペニンの地下構造を決めるため、同種の遠地地震の波形がたくさん集められた

(Cimini and Gori, 2001). その結果, 約 45° の傾斜で海盆の中心へ向かって傾く同様な高速度帯が見いだされたが, この地域では, 50 km 以深の地震は発生しない (Di Stefano et al., 1999; Lucente et al., 1999).

高速度岩体が深さ 350km の深さまで広がっていることは, 多くの画像において明らかであり, Montuori (2004) ではより明瞭である. これはより高品位の岩体が, Piromllo & Morelli (2003) によってすべての北部地中海地域の地下 650km にまで延びることが明らかにされたより広げられた高速度異常に穏やかに関連している (第 2・3 図) ことを意味している. また, このイメージから明らかになったことは, 鋭角的であり得ない “サ

ブダクション” を持つ中央アペニンから Calabrian 弧のもとと先にかけての高速度帯のハッキリした連続性である. さらなる情報は, 高速度岩体が連続的なのに, 同じものが深発地震帯に続かないことであり, それはアペニンの下 (50km まで) には存在せず, Aeolian と Calabrian 弧 (400 ~ 500km まで) の下のみ存在することである. 震源のこのさまざまな深度は造構過程の発展の程度の違いや構造的な活動度の南方への移動と関連させることができる. それは現在, Calabrian 弧の結晶質基盤—先中新世の地層—の隆起と露出を引き起こしている.

これらのすべては, さまざまなデータと方法に互いに両立する応力像と方向についての証拠である. さらに,

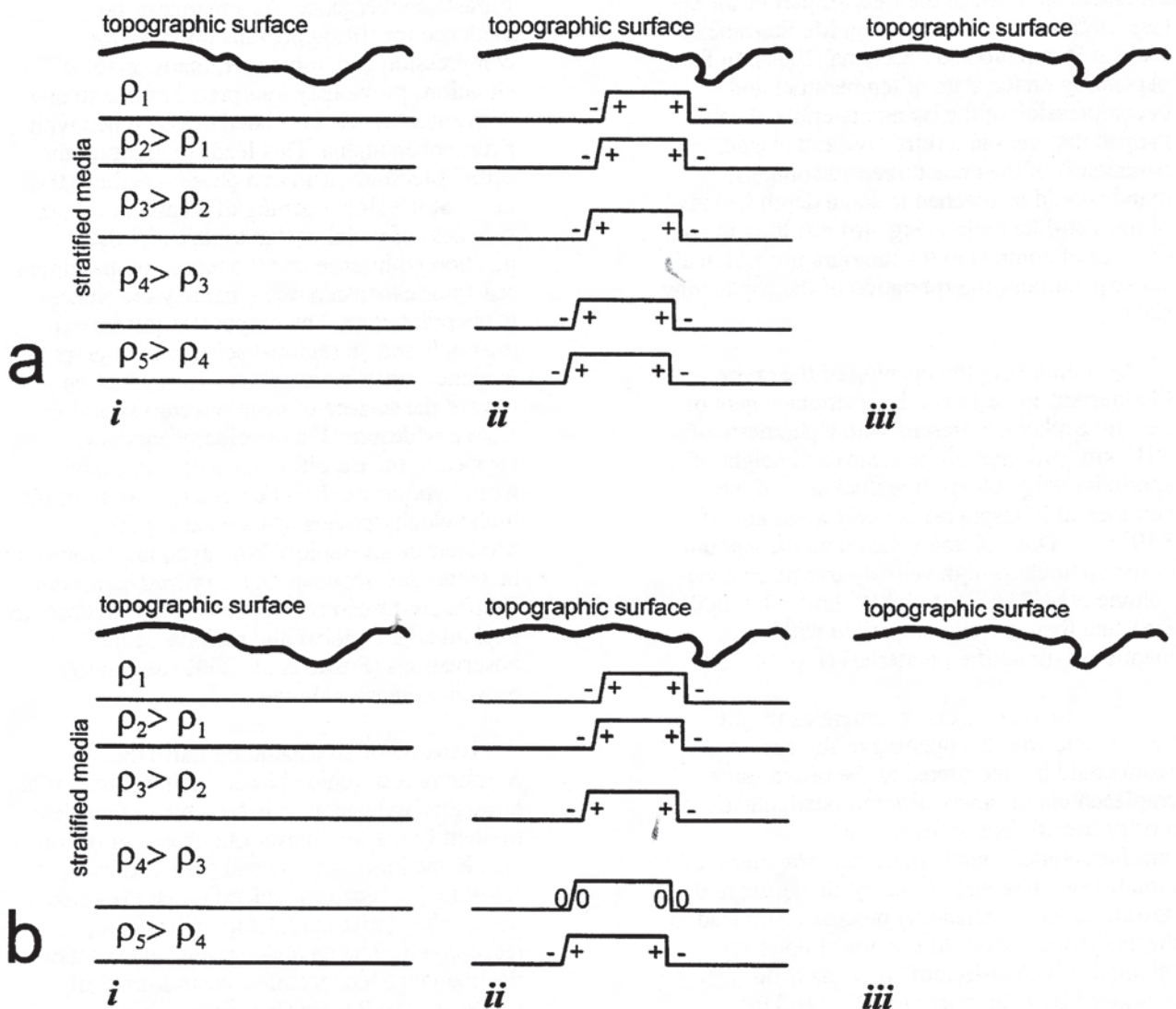


図 4 a) 膨張する地球上で, 内部圧力が, 弱線帯にそって, 深部マントル物質の押し上げをもたらす. もし, 未変形の成層し媒体 i が地球の中心部に向かって増加する密度関数を持っているとすると, ii の上昇する柱は, 地震波トモグラフィー (図 iii に示される) が冷たい下降するスラブという違った方法で誤った説明をしうる, 密度の対比 (図 ii において $+$ で示される) を生じる.

b) 起こりうるケース, たとえば, 第四層の中で, 減圧または流体の減少の違いによって上昇する柱 (図 ii 中に示される柱) が, 結果として弾性要素が速度の差を無くし (図 ii において 0/0 で示される) スラブ状の連続が表れる状態にたどり着く場合には, 図 iii に表されるトモグラフィを壊す. このような状況は, 深部マントルに落ち込む分離されたスラブとして, 間違った解釈をもたらすことが可能である.

証拠は次のものから由来する．1) より頻繁なVII MSC の二つの構造線によって境されているアペニンに沿った狭い陥没帯—表面の地震測地学的観測から支持される (Salvi et al., 1997; Barchi et al., 2003; Hunstad et al., 2003; これらは 2.3 ~ 5.0mm/年というこの地帯の拡大速度の数値を示している)．2) ボーリングの

到達する深さは 7km までである．3) 地震の震源機構は 20km の深さまで．4) アペニンの地下でのマンツルの lid [蓋?] の欠如 (Pn, Sn, Lg 解析による; Mele et al., 1996 & 1997)．5) 展張応力の構造環境の地殻の下に存在する上昇する熱いマンツル物質を示すカーボナタイトの存在 (Lavecchia & Stoppa, 1996; Bell &

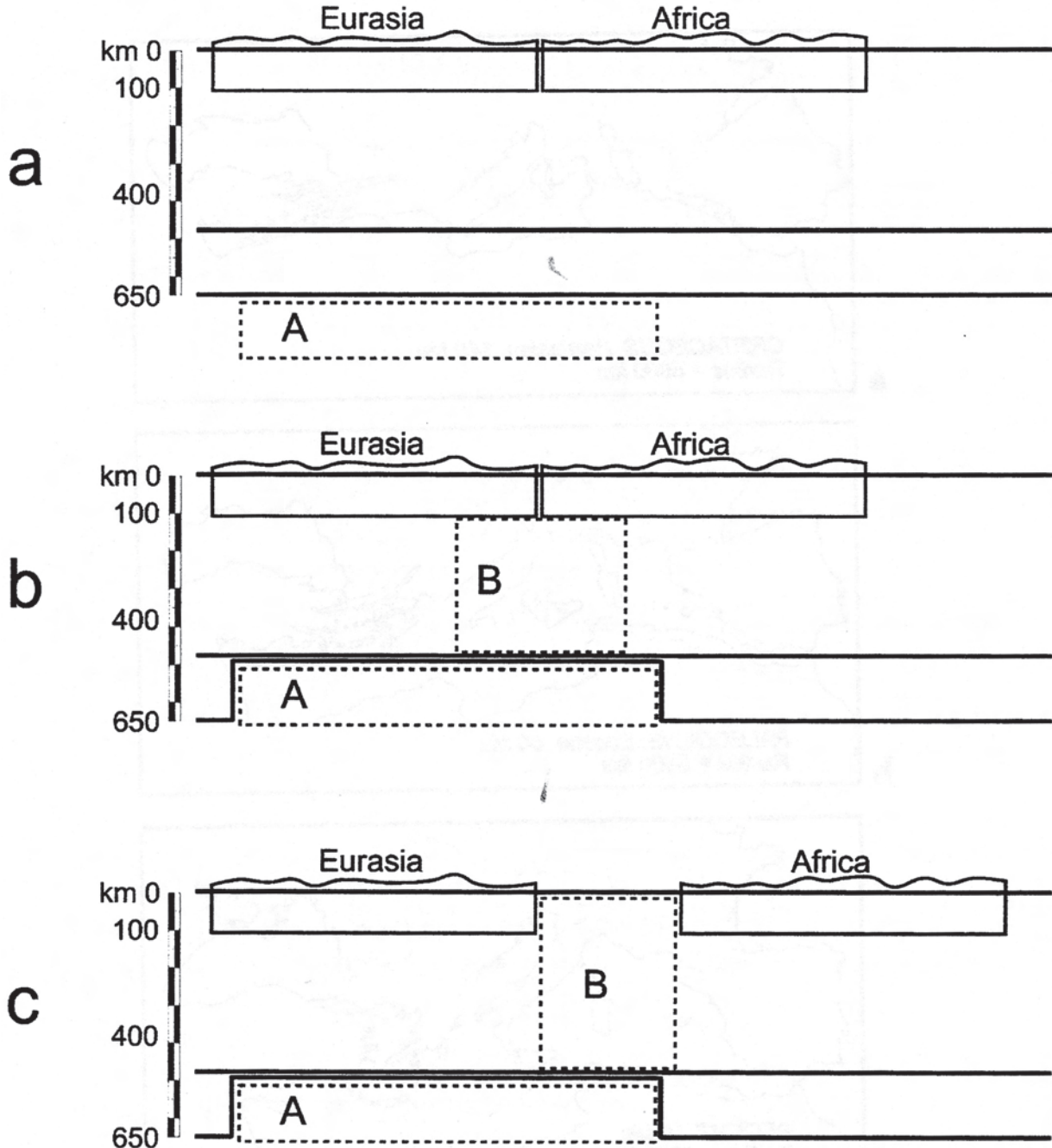


図5 この2次元解析図には、拡大する下部マンツルが上部マンツルに与える影響が描かれる．a), b) および c) 図で、破線で囲まれた長方形はいずれも同じ容積である．もし、a) 図に示される下部マンツル物質 A が、b) 図の 410 ~ 650km 間の深度帯に上昇して同じ容積を占めると、次には、同容積の上部マンツルの上部 B がリソスフェアの下に空間を確保するであろう．その結果、リソスフェアがひきのばされ、最終的には開離して、発生しつつある海洋の空間をもたらす．

上述した状況は、地中海域の下で観測された実際のマンツル物質分布に類似していて、そこでの高速度帯とそれらの湾曲はこの海盆の実際の開口と調和的である．このプロセスの実際の進化は、“和達—ペニオフ震源帯”とよばれるものに沿う速度コントラストをいっそう明瞭にする．これは原因の多様性によるものであり、原因の1つはこの震源帯に沿ってより高密度物質が上昇することである．しかし、Choi (2004) の提案のように、上昇マンツルの脱水と枯渇も付随する原因の1つであり、それは観察された火山現象に調和的なプロセスでもある．

Tilton, 2002; Lavecchia et al., 2002). 6) ありうる幅狭い上昇 (第4図a) あるいは深部マントル物質 (より高密度; 実体波トモグラフィによる) の “アップダクション (upduction)” ; これらはすべて、上昇の状態がアペニンで生まれつつあるという可能性に収束している。

最後に、全地中海域とその境界地帯におけるより深部の広域的トモグラフィで解析を続ける (Piromallo & Morelli, 2003) と、ついに幅広い高速度帯 (地中海盆の $3 \times 10^6 \text{ km}^2$ と同じ広がりを持つ北緯 $37 \sim 50^\circ$, 西経 $5^\circ \sim$ 東経 45° に広がっている) が海盆とアドリア半島北部の下に存在し、深さ 450km に始まり、650km (実際には漸移帯) までハッキリしていることがわかる (第2図)。さまざまな場当たりの解釈ができるにも関わらず (Piromallo & Faccenna, 2004), 決して下降しつつある冷たい物質を伴うことはありえない。これは、Scalera et al. (1981a & b) が地震の表面波の散乱を使ってはじめて発見した、マントル不連続面の隆起を追従するものである。また、これは地中海のオープニングの原因あるいは結果として上昇する不連続と解釈することができる (第4・5図)。筆者の意見では、高速度帯は、我々が表面で観察している構造的な地向斜現象が造り上げられるのに実際に活動しているもののイメージを与える (第5図)。これは、岩体やさまざまな形態のエネルギー (地震・地球化学・火山・熱水など) の主な運動方向が深部から表層へ向かっていることを示し、その過程では、上昇するマントル物質の減圧に連動する深さ、圧力、温度などすべての量に依存して、その様態が相互に変換していくこ意味している。

この上昇のメカニズムは、つぎの2つの現象の双方を説明できる (Piromallo and Faccenna, 2004 の地中海スケールのこれらのアイデアを参照のこと) : ①細長く伸びたスラブ状のトモグラフィによって示される構造、および、②しばしばスラブ内部の引きはがしと落下の説明を可能にする、連続性の垂直方向の頻繁に見つかる中断 (第4b図)。実際、上昇してくる物質の温度と減圧の状態によって、乱されない環境のマントルの同じ屈折と弾性パラメーターは、トモグラフィの差異の欠如と結果として生じる誤ったサブダクションスラブの説明の結果として、スラブの状の範囲 (図4b) と同じ深さ領域にたどり着くことが可能である、ということが起こりうる。

量的に、 $3 \times 10^6 \text{ km}^2$ (盆地の範囲) とおよそ 100 km (大陸リソスフェアの厚さ) の高さ; すなわち $3 \times 10^8 \text{ km}^3$ の、全部の地中海盆地の開裂には、新しいリソスフェア物質の場所が必要である。この体積は、 $6 \times 10^8 \text{ km}^3$ ($A \times h = 3 \times 10^6 \text{ km}^2 \times 200 \text{ km}$) の異常な高速度遷移帯の体積よりは少なく、それによって、マントル起源の上昇物質によく一致する (図5)。

背弧盆の開裂を伴う島弧トレンチ帯の連続的な移動は、次のような物質の連続的な据え付けによって説明可能であろう。すなわち、ほとんどは玄武岩質であるが、未分化なマントル物質の残存物である (広義の) 花崗

岩の断片などを含む。より新しい分化した噴出と拡大の過程における、ある周期的な振舞いは、(1974年に Hilgenberg によって歴史的に予見されたように、和達-ベニオフ帯に沿って) 上昇する古い地域の欠如と、平行する付近の地域 (Scalera, 1998 のモデルを参照) の活性化によって説明可能である。過程の進行は、最終的に “海洋底海嶺” の据え付けをもたらすことが可能である。

表層の引張応力と深部の高い質 / 速度塊との間の明白なパラドックスを解決するのは、膨張地球の枠組み (Scalera, 2003, Scalera and Jacob, 2003) を支持する、地球進化に関する我々の観点の急激な変化に帰することができるのかもしれない。

いくつかの地中海の構造-島弧、トレンチ、和達-ベニオフ帯、火山と地震活動-配置と、プレートの収斂によって一般的に説明されている東アジア地域の配置との厳密な比較によって、アフリカ-ユーラシア収斂帯の仮説に矛盾する多くの手がかりが検証可能である。実際に、圧縮、もっといえば、以前にプレートの収斂によって説明されていた多くの構造的状況を説き伏せるリフティングの証拠は、リフティングの現象として関連づけられ結合される。これは、実際の地中海を発達のゆっくりとした開裂の段階-おそらく最後の段階-のゆっくりさは、その最大海洋拡大地域、いわゆるナスカ三重地点の正反対の位置にあることによる、と解釈できる。おもに広域的地震トモグラフィの事実に基づく提案は、広範囲に広がる高速度異常からやって来きて、遷移帯に捕らえられたマントルウェッジ表面への噴出もしくは一の上がりーが、新しい作業仮説であることを提唱する。地中海の和達-ベニオフ帯にそって明らかにされた高速度体のこの新しい解釈は、引張様式を普及させるために、汎地球のおよび広域的スケールの観察 (Fukao et al., 2001) を説明するために環太平洋島弧-トレンチ帯 (Choi, 2004) に対して、より発展し、一般化されるに値する。

膨張する地球であるがゆえに、地中海地域は、常に水平的拡大をおこなってきた。この開裂の地中海段階、また、古テーチスと新テーチスにおける閉鎖、それは原生代の大陸核にそれぞれバリスカンとアルプス変動地域が付け加わった、と解釈することが可能である。白亜紀初期から現在までの開裂する地中海盆地の古地理的進化 (図6) は、成長するアフリカ-ヨーロッパ間の距離に見合う個々の小破片 (Balearic archipelago, Sardinia, Corica, Sicily, North and South Calabria) の移動として認識される。いくつかは、特に Carey (1958) および Chudinov (1980) における Sardinia-Corsica ブロックの初生的位置の見積りにおいて、調和しない。これらの発展段階 (原生代~現在) とそれらの造山帯は、引張時相にあるとみなされるべきである (Ollier, 2002, 2003)。この意味で、現在進行中の開口過程が原生代に起源をもつとみなすことによって、地中海が、逆説的には非常に古い海洋であるが、ゆっくりと発生しようとしている海洋であるとみなすことも可能である。

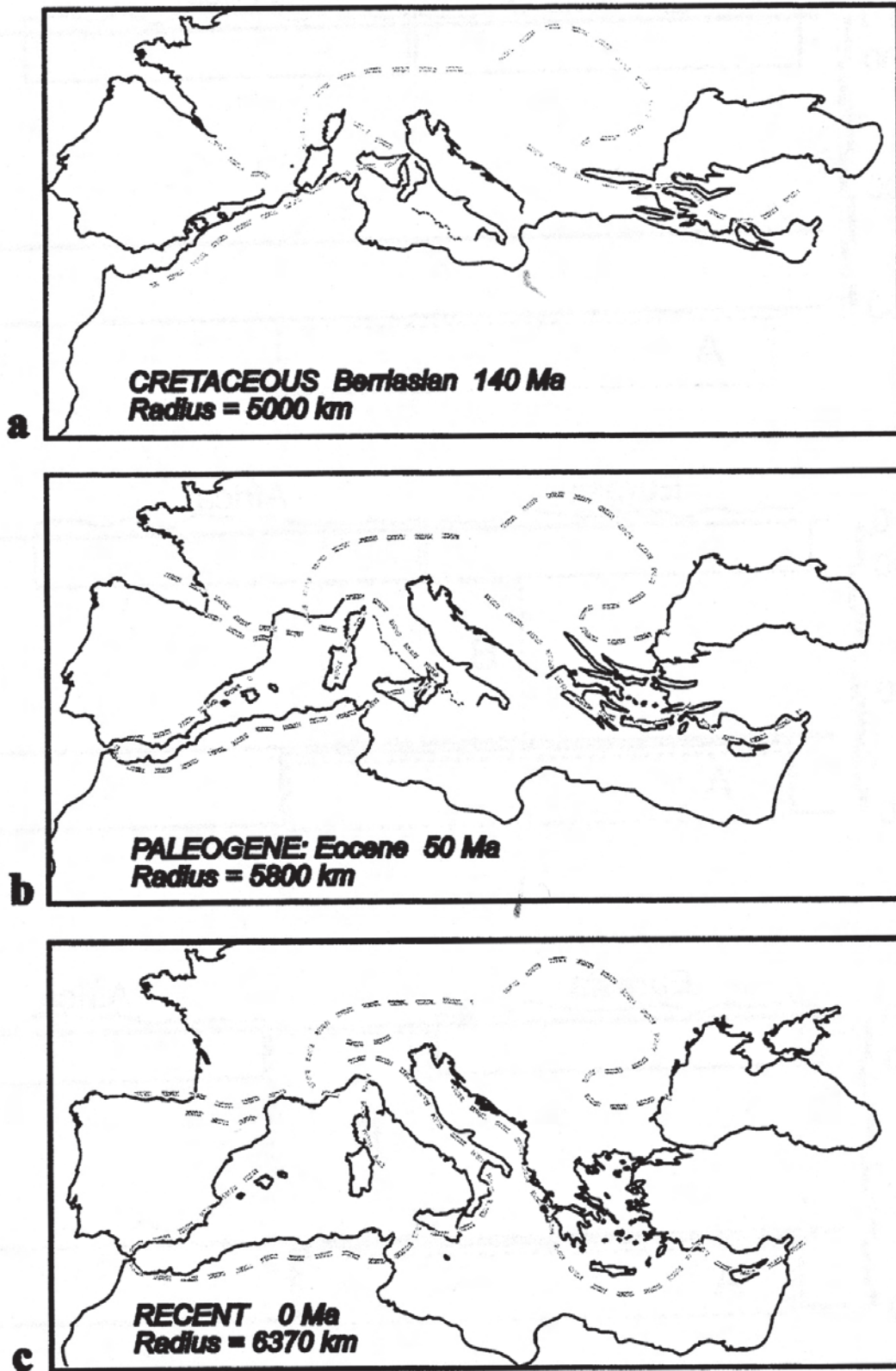


図6 この図は、地中海海盆の古地理的進化を示す。a) 前期白亜紀の復元図（Scalera, 2003 の三疊紀の復元図によく類似）：北アフリカ大陸縁は、今日では海盆の中心部に移動しているユーラシア-アフリカ大陸断片のすべてと接合している。シシリーはカラブリアに比べて北西方に位置する。この復元は、アルプス造山帯やカルパチア弧で検証されたように、ユーラシアにおける幅広い浅海盆の存在とそれらの移動の可能性を排除するものではない。この時期に、黒海海盆の一部が存在し、南側を幅狭いアナトリア帯（その後のアナトリア造山運動の進化と波及にともなう、アナトリア帯は拡大してきた）に境されていたことも確からしい。b) 暁新世の中頃には、アドリアおよびアフリカプレートの全縁に沿ってシシリーが斜め引張性（transtensional）の移動をした結果、シシリーおよびカラブリアの2つの断片が現在みられる相互の位置関係に達する。このステージに開口していたのは、北チレニア海盆だけである。c) 西へゆっくりと移動しているアフリカプレートのメッシニア期（Messinian）～現在の収束運動は、発生しつつあるアルプス帯の引張場、ならびにメッシニア期のアドリア海盆蒸発岩上への造山運動の急速な成長と拡大をもたらした。

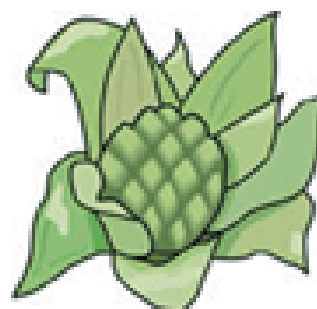
謝 辞 私が利用できる地中海域のトモグラフィ画像を作成された Andrea Morelli に感謝する (図 2 はこれらの画像によって構成された). Cliff Ollier にも感謝する (氏との討論によって, 私は造山帯の拡大性を大

いに確信することができた). さらに, INGV のすべての仲間にも御礼申し上げる (彼らは, 地震トモグラフィ研究を活発に進めて研究成果を生み出し, また, 科学者集団をつくっている).

文 献

- Amato, A. and Cimini, G.B., 2001: Deep structure from seismic tomography. In: G.B. Vai and I.P. Martini (eds): *Anatomy of an Orogen - The Apennines and Adjacent Mediterranean Basins*. Kluwer Academic Publishers, London, p. 33-45.
- Barchi, M., Collettini, C., Mirabella, F., Chiaraluce, L., Federico, C., Massoli, D., Minelli, G., Pauselli, C. and Pucci, S., 2003: *Tettonica estensionale e sismogenesi nell'Appennino settentrionale* (Extensional tectonics and seismogenesis of the Northern Apennines) (in Italian). Extended abstracts of the Meeting "La geologia del Mar Tirreno e degli Appennini" in memory of Raimondo Selli e Renzo Sartori, held in Bologna 11-12 December 2003.
- Bell, K. and Tilton, G.R., 2002: Probing the mantle: the story from carbonatites. *EOS, Transactions, AGU*, v. 83 (25), p. 273-277.
- Bigi, G., Castellarin, A., Catalano, R., Coli, M., Cosentino, D., Dal Piaz, G.V., Lentini, F., Parotto, M., Patacca, E., Pratlurion, A., Salvini, F., Sartori, R., Scandone, P. & Vai, G.B., 1991: *Synthetic Structural-Kinematic Map*. Consiglio Nazionale delle Ricerche, Roma.
- Boschi, E., Favali, P., Frugoni, F., Scalera, G., Smriglio, G., 1995: *Maximum Felt Intensity in Italy, a map 1:1.500.000*. I.N.G. and Civil Protection Department, System Cart, Roma.
- Cadet, J.P. and Funicello, R. (Coordinators), 2004: *Geodynamic Map of the Mediterranean. Sheet 1 & 2. CGMW - ENS - INGV - ROMA3 - UNESCO - UNIV.P&M CURIE*. Centre Impression of Commission for the Geological Map of the World, Limoges, France.
- Carey, S.W., 1958: The tectonic approach to continental drift. In: Carey, S.W. (ed.): *Continental Drift - A Symposium*, University of Tasmania, Hobart, p. 177-363.
- Carey, S.W., 1986: *Terra in espansione* (Expanding Earth) (in Italian). Laterza, Bari-Roma. pp.346.
- Cassano, E., Fichera, R. and Arisi Rota, F., 1986: Map of main intrasedimentary magnetic bodies. From the aeromagnetic survey AGIP of the "Magnetic basement structural model".
- Choi, D.R., 2004: Deep tectonic zones and structure of the Earth's interior revealed by seismic tomography. *Newsletter New Concepts in Global Tectonics*, N°30, March 2004, Turner, Australia, p. 7-14.
- Chudinov, Yu.V., 1980: *Proiskhozhdeniye Al'piyskogo skladchatogo poyasa stochki zreniya gipotezy rasshireniya Zemli* (Origin of the Alpine folding belt from the viewpoint of the Expanding Earth hypothesis) (in Russian). In: Muratov, M.V. and Yanshin, A.L. (eds.): *Tectonics of the Mediterranean belt*. Nauka Publ. (MS), p. 223-237.
- Cimini, G.B., 1999: P-wave deep velocity structure of the Southern Tyrrhenian subduction zone from nonlinear teleseismic traveltimes tomography. *Geophys. Res. Lett.*, v. 26 (24), p. 3709-3712.
- Cimini, G.B. and Gori, P., 2001: Nonlinear P-wave tomography of subducted lithosphere beneath central-southern Apennines (Italy). *Geophys. Res. Lett.*, v. 22 (23), p. 4387-4390.
- Di Stefano, R., Chiarabba, C., Lucente, F. and Amato, A., 1999: Crust and uppermost mantle structure in Italy from the inversion of P-wave arrival times: geodynamic implications. *Geophys. J. Int.*, v. 139, p. 483-498.
- Fukao, Y., Widiyantoro, S., and Obayashi, M., 2001: Stagnant slabs in the upper and lower mantle transition region. *Reviews of Geophysics*, 39 (3), p. 291-323.
- Hilgenberg, O.C., 1974: *Geotektonik, neuartig gesehen* (Geotectonics, seen in a new way). *Geotektonische Forshungen*, v. 45 (1-2), 194p.
- Hunstad, I., Selvaggi, G., D'Agostino, N., England, P., Clarke, P. and Pierozzi, M., 2003: Geodetic strain in peninsular Italy between 1875 and 2001. *Geophys. Res. Lett.*, v. 30 (4), p. 1181, doi: 10.1029/2002GL018773.
- Lavecchia, G., Creati, N. and Boncio, P., 2002: The intramontane ultra-alkaline Province (IUP) of Italy: a brief review with considerations on the thickness of the underlying lithosphere. In: Barchi, M.R., Cirilli, S. and Minelli, G. (eds): *Proceedings of the Scientific Meeting "Geological and geodynamical evolution of the Apennines(in memory of Giampaolo Pialli"*, Foligno, February 16-18 2000 *Boll. Soc. Geol. It., Volume Speciale n.1*, p. 87-98.
- Lavecchia, G. and Stoppa, F., 1996: The tectonic significance of Italian magmatism: an alternative view to the popular interpretation. *Terra Nova*, v. 8, p. 435-446.
- Lucente, P.L., Chiarabba, C., Cimini, G.B. and Giardini, D., 1999: Tomographic constraints on the geodynamic evolution of the Italian region. *J. Geophys. Res.*, v. 104 (B9), p. 20307-20327.
- Mele, G., Rovelli, A., Seber, D. and Barazangi, M., 1996: Lateral variations of Pn propagation in Italy: Evidence for a high-attenuation zone beneath the Apennines. *Geophys. Res. Lett.*, v. 23 (7), p. 709-712.
- Mele, G., Rovelli, A., Seber, D. and Barazangi, M., 1997: Shear wave attenuation in the lithosphere beneath Italy and surrounding regions: Tectonic implications. *J. Geophys. Res.*, v. 102 (B6), p. 11863-11875.
- Montone, P., Amato, A., Frepoli, A., Mariucci, M.T. and Cesaro, M., 1997: Crustal stress regime in Italy. *Annali di Geofisica*, v. XL (3), p. 741-757.
- Montuori, C., 2004: *Caratterizzazione geodinamica del bacino tirrenico meridionale* (Geodynamic characteristics of the South Tyrrhenian basin) (in Italian). Research post-graduation Thesis, University of Chieti Italy, Faculty of Mathematics, Physics and Natural Sciences, 118p.
- Neri, G., Barberi, G., Orecchio, B., and Aloisi, M., 2002: Seismotomography of the crust in the transition zone between the southern Tyrrhenian and Sicilian tectonics domains. *Geophys. Res. Letters*, v. 29 (23), p. 2135, doi: 10.1029/2002GL015557.
- Ollier, C.D., 2002: The structure and origin of mountains: pre-planation and post-planation gravity structures. In: Dramis, F. (ed.): *Large Scale vertical movements and related gravitational processes*. Proceedings of the international Workshop held in Camerino and Rome 21-26 June 1999, Camerino University Publication (special number), Edimond, p. 147-155.

- Ollier, C.D., 2003: The origin of mountains on an expanding Earth, and other hypotheses. In: Scalera, G. and Jacob, K.-H. (eds.), 2003: Why Expanding Earth? - A book in Honour of Ott Christoph Hilgenberg. Proceedings of the 3rd Lautenthaler Montanistisches Colloquium, Mining Industry Museum, Lautenthal (Germany) May 26, 2001, INGV, Rome, p. 129-160.
- Panza, G.F. and Scalera, G., 1978. Higher Mode Dispersion Measurement. Pageoph., vol. 116, p. 1274-1283.
- Pino, N.A., Giardini, D. and Boschi, E., 2000: The December 28, 1908, Messina Straits, southern Italy, earthquake: Waveform modelling of regional seismograms. J. Geophys. Res., v. 105 (B11), p. 25473-25492.
- Piomallo, C. and Faccenna, C., 2004: How deep can we find the traces of the Alpine subduction? Geophys. Res. Lett., 31, L06605, doi: 10.1029/2003GL019288.
- Piomallo, C., and Morelli, A., 2003: P wave tomography of the mantle under the Alpine- Mediterranean area. Jour. Geophys. Res., v. 108 (B2), 2005, doi: 10.1029/2002JB 001757.
- Salvi, S., Stramondo, S., Cocco, M., Tesauro, M., Hunstad, I., Anzidei, M., Briole, P., Baldi, P., Sansosti, E., Fornaro, G., Lanari, R., Doumaz, F., Pesci, A. and Galvani, A., 1997: Modeling coseismic displacements resulting from SAR interferometry and GPS measurements during the 1997 Umbria-Marche seismic sequence. Journal of Seismology, v. 4, p. 479-499.
- Scalera, G., 1997: The relation among seismic activity, volcanic rock emplacement and Bouguer anomalies in Italy. Natural Hazards, Kluwer, The Netherlands, v. 15, p. 165-181.
- Scalera, G., 1998: Paleogeographical reconstructions compatible with Earth dilatation. Annali di Geofisica, v. 41 (5-6), p. 819-825.
- Scalera, G., 2003: The expanding Earth: a sound idea for the new millennium. In: Scalera, G. and Jacob, K.-H. (eds.), 2003: Why Expanding Earth? A book in Honour of Ott Christoph Hilgenberg. Proceedings of the 3rd Lautenthaler Montanistisches Colloquium, Mining Industry Museum, Lautenthal (Germany) May 26, 2001, INGV, Rome, p. 181-232.
- Scalera, G., Calcagnile, G., and Panza, G.F., 1981a: On the "400-Kilometers" Discontinuity in the Mediterranean Area. In: R. Cassinis (editor). The solution of the inverse problem in geophysical interpretation. Plenum Publishing Co., New York, p. 335-339.
- Scalera, G., Calcagnile, G., and Panza, G.F., 1981b. Lateral Variation of the "400-Kilometers" Discontinuity in the Mediterranean Area. Bollettino di Geofisica Teorica ed Applicata, vol. XXIII, p. 11-16.
- Scalera, G. and Jacob, K.-H. (eds.), 2003: Why Expanding Earth? A book in Honour of Ott Christoph Hilgenberg. Proceedings of the 3rd Lautenthaler Montanistisches Colloquium, Mining Industry Museum, Lautenthal (Germany) May 26, 2001, INGV, Rome, 465p.
- Stoppa, F. and Woolley, A.R., 1997: The Italian carbonatites: field occurrence, petrology and regional significance. Mineralogy and Petrology, v. 59, p. 43-67.
- Vannucci, G., Pondrelli, S., Argnani, A., Morelli, A., Gasperini, P. and Boschi, E., 2004: An atlas of Mediterranean seismicity. Annals of Geophysics, Supplement to v. 47 (1), p. 247-306.



ニュース NEWS

(矢野 孝雄 [訳])

ストロンボリ火山の最新の噴火は予期された日に発生した！

The latest Mt. Stromboli Volcanic eruption has arrived on due date!

ストロンボリ火山の地下 297km の深さで 2002 年 12 月 1 日に発生した M4.5 の地震にもとづいて、Blot が、NCGT ニュースレター最新号 (no. 31, p. 12) で、次の噴火が 2004 年 5 月 26 日であることを予測した。この予測は、起こりうる事件よりも約 1 年半前であった。そして、信じるかどうかは別にして、強烈な火山噴火が 2004 年 5 月 23 日に実際に発生した。それは、予測よりも 3 日

早かった。これは、Blot のエネルギー運搬移動現象の有効性を示すものである。

文 献

BLOT, C., 2004. Volcanic eruptions predicted by the energy transmigration phenomenon. —a case of Mt. Stromboli Volcano, Italy— NCGT Newsletter, no. 31, p. 10-14.

いっそう補強された Blot の概念

Blot's concept further boosted

日本海新聞（Japan Sea Newspaper）は、2004 年 9 月 9 日付けの科学欄に、次の記事を掲載した。茂木はプレートテクトニクスに対して敵対的ではないが、氏は地球の深部から浅部への地震エネルギー運搬移動現象を受容している。そして、これを地震予知に利用しようと試みている。氏が NCGT Newsletter no. 29, p. 3-16 に掲載された Blot et al. の論文「深発地震から浅発地震へのエネルギー運搬移動：日本への適用」に注目していることは明らかである。

十勝沖地震は先駆現象をとまっていた —50 年前と同様の深発地震— 東京大学の茂木名誉教授による

要旨 昨年 9 月 26 日に発生した十勝沖地震は M 8.0 の海溝型（プレート境界型）巨大地震でありながら、顕著な前震や地殻変動を伴わなかった。それゆえ、地震研究者たちは、それが特異な地震であると考えている。しかしながら東京大学の茂木名誉教授は、伝統的な知識に異論を唱える。氏によれば、この地震は 1952 年十勝沖地震（M=8.2）に類似している。1952 年の地震は、今回の地震と同様な地域に、本震と余震という同様な様式をとって発生したものであり、両者とも先駆的深部現象を伴っていた。

1. プレート端

昨年の十勝沖地震の後、気象庁の過去の地震記録を使って、茂木教授は、沈み込むプレートに沿ってサハリンとロシア極東に発生した M5 以上の深発地震（200km 以深）が先駆していることをみいだした。1952 年十勝沖地震の場合は、その 2 年前に南サハリンの深度 340km で M7.5 の先駆地震が起こっていた。その後、1952 年十勝沖地震を含む浅発地震活動が活発化した。このような経緯は、2003 年の十勝沖地震と同様である。

2003 年十勝沖地震の震源域は、地震活動が衰えた地震静穏（無地震）域であったことが知られている。「もしサハリンやロシア極東での深部地震活動を注意深く観測していれば、切迫していた本震を予測することができた」と茂木氏は言う。

2. 深発地震に注目

日本海溝や千島海溝で発生する破壊的深発地震に先だって、沈み込む太平洋プレートの先端で M7 以上の深発地震が発生したといういくつかの例が知られている。1973 年と 1988 年に、茂木教授はこのような例について発表した。

氏は北海道大学の研究者と一緒に、1990 年のサハリン深発地震にもとづいて、釧路（道東）で大規模地震が

起きる可能性を地震予知研究会へ警告した。その浅発地震が、1993 年に釧路で実際に発生し、マグニチュードは 7.8 であった。

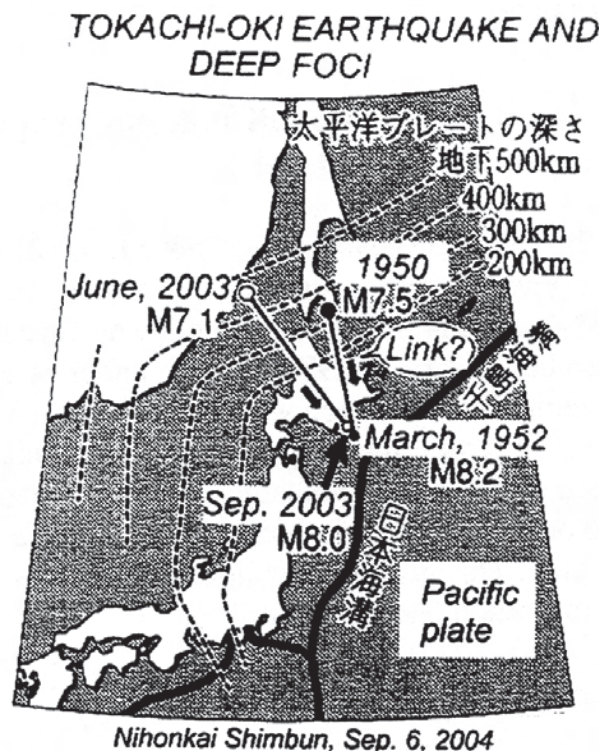
昨年 3 月に地震研究機構は、この 10 年以内に十勝沖地域で M8 クラスの地震が発生する可能性は 10～20%と予測される、との見解を発表した。しかし、この発表の直後に地震が発生したのである。

茂木教授は、「海溝域でくりかえし発生する大地震を予測する手がかりをみいだすために、沈み込むプレートの先端で発生する深発地震に注意を払うべきである。私たちは、今日ではかなり良くなった地震観測網をもっている。」と強調した。

（原記事は日本語。Choi が翻訳。新聞記事は、鳥取大学の矢野孝雄から編集者へ伝えられた。）

文 献

- BLOT, C., 1965. Relations entre les seismes profonds et les eruptions volcanique au Japan. Bulletin Volcanologique, v, 28, p. 1-39.
MOGI, K., 1973. Relationship between shallow and deep seismicity in the western Pacific region. Tectonophysics, v. 17, p. 1-22.



出版物 PUBLICATIONS

（矢野 孝雄 [訳]）

LEYBOURNE, B. A., HAAS, A., ORR, B., SMOOT, N.C., BHAT, I., LEWIS, D., GREGORI, G., and REED, T., 2004.

Electrical wildfire propagation along geomagnetic anomalies. The 8th World Multi-conference on Systemics. Cybernetics and Informatics. Orlando, FL., p. 298-299.

地磁気異常に沿う山火事の電氣的伝播. システム学, サイバネティクスおよび情報学に関する第8回合同国際会議. オーランド, フロリダ, p. 298-299.

2003年10月の磁気嵐期間に発生した最近の山火事の大発生は、地球内部からの電気発散に関連しているだろう。このような火事の大発生の経緯を理解し、予報技術を生み出すための努力が、現在、商業的開発として進行中であり、太陽活動に連動した造構的・地磁氣的誘導現象についての新しい論理的研究にかかわっている。もっとも激しい宇宙嵐は、1859年9月に発生した。その時、合衆国とヨーロッパで電信線がショートして、たくさんの山火事を引き起こしたことが歴史記録に残されていて、ヒントになる。2003年10月の最終週に

地球を襲った強烈な太陽風は、1859年の事件に比べると小規模であるが、弧状の山火事を電磁氣的に誘導したと考えられる。この山火事分布パターンは、地殻の磁気異常に沿っていて、ちょうどロサンゼルス北部から南へサンディエゴ、そしてメキシコのバジャカリフォルニアまで海岸に沿って弧を描いてひろがっている。

（同じ著者たちの関連論文：32IGC, フローレンス, イタリア, no. 316-4, 講演要旨 第2部, p. 1407 に収録）

FRIEDRICH, J., and LEDUC, G., 2004.

Curvilinear patterns of oceanic fracture zones. Jour. Geodynamics, v. 37, p. 169-179

海洋断裂の curvilinear な形状

この論文の目的は、地球にみられる世界的規模の海洋断裂帯（FZs）の幾何学を明らかにし、それらの幾何学的パターンを記述することである。このため、214条のFZsが11葉のデジタル画像に数値記録された（Warnken, 2001）。つづいて、個々のFZの曲率が測定され、登録された。この論文の全般的結論は、FZsの大半（89.3%）が"curve pattern"として記述される

幾何学性を共有している、ということである。海嶺上のFZs始点から終点をみた場合、北半球ではFZsのほとんどが右側に第一曲率点（the first curve point）があり、南半球では左側にある。この対称的湾曲パターンの例外は、南北10°以内の赤道地帯にあるか、その他の原因（大陸地殻の近接性、リニアメントによる切断、など）の影響されている、と考えられる。

V. SANCHEZ CELA, 2004.

Granitic rocks: A new geological meaning. University of Zaragoza, Spain. 392p.
花崗岩類：新しい地質学的意義。

価格 \$41 Euro（含航空送料\$14）。

小切手支払の宛先：Prensas Universitarias de Zaragoza（スペイン銀行）

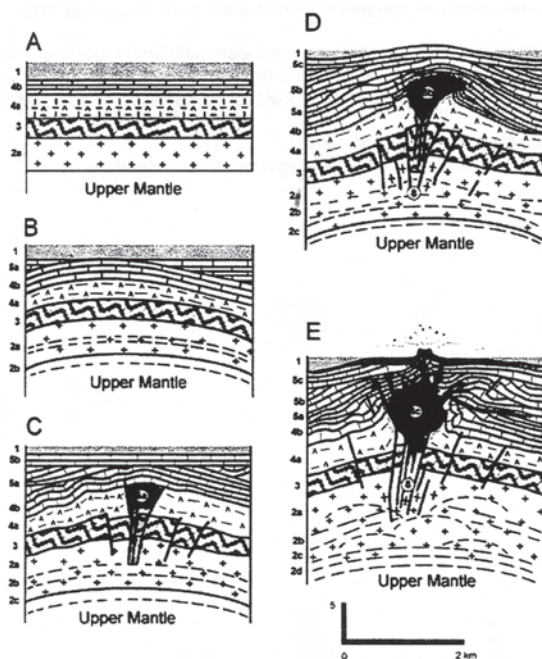
銀行為替の宛先：Universidad de Zaragoza-Prensas Universitarias de Zaragoza, c/c 2085-0168-51-03-000102, Ibercaja, suc. 10（領収書の写しを同封）。

連絡先：Prensa Universitarias de Zaragoza, Edificio de Ciencias Geologicas. C/Pedro Cebuna, 12, 50009 Zaragoza, Spain.

<本の表紙から>

この本の目的は、さまざまな地質過程における花崗岩類の重要性を表現することにある。ここであつかわれる花崗岩類の起源と成長は、よりシアル質で高密度の

上部マントル"densialite"が花崗岩質地殻へのときどき転換することにかかわる。さまざまな物理-化学的性質をもつ上部マントルは、おもに新しい岩石成因論から推論されたものであり、この成因モデルは上部マ



ントルの起源物質 (たとえば玄武岩類, カンラン岩) や多くのマントル-地殻断面の地球物理-物理学的な新解釈にもとづいて考察された。

花崗岩類の侵入にかかわる全地球的な主要メカニズムは、深部地殻の成長 (反射率 reflectivity) とアイソスタシー上昇である。花崗岩侵入のための空間確保はともに鉛直方向に起こる。一般には圧縮環境になり、著しく厚化した地殻内で多重衝上断層が成長する。

この本では、海嶺や海台が花崗岩の発生-成長地帯と考えられ、それらは、時間とともに、大陸性造山帯や大半の地殻が花崗岩質からなる高い高原 (たとえばヒマラヤ-チベット山系) に転換することがある。

ハワイ玄武岩類の起源にかかわる岩石-構造進化の図解。

A : 初期段階, E : 最終段階。1 : 海水, 2a : 初期シアル質基盤, 2b-2d : シアル質厚化時相, 3 : 先カンブリア紀~古生代, 4a-4c : 三疊紀~ライアス期 (前期ジュラ紀), 5a-5c : ジュラ紀, 6a-6c : 加熱 (マグマ滞留) 時相, 7 : 火山と玄武岩溶岩流, 8 : 摩擦性花崗岩質基盤。[p. 55 から]

ニュースレターへの財政的支援を

PLEASE NOTE - FINANCIAL SUPPORT

(赤松 陽 [訳])

私たちは、個人で可能な方からは 30 米ドルあるいは相当額の、また、図書館に対しては 50 米ドルあるいは相当額の寄付を求めています。少額ですので、ばかにならない銀行手数料を避けるためにも、銀行為替手形か個人小切手を J.M. Dickins 宛にお送りいただくか、オーストラリアのコモンウェルス銀行 (Commonwealth Bank of Australia, Canberra City, A.C.T., Australia, Account No 2900 200 429) 宛、送金下さい。

何通かの小切手、そして／あるいは為替手形が NCGT あるいは New Concepts in Global Tectonics とのみ記した宛先に振り込まれましたが、これらの宛先では支払いがなされず、そのまま振込人に返送されました。

自国通貨が国際的に流通する国の方は、発行国の通貨立てで個人小切手を切ってください。たとえば、もしカナダからの場合は、カナダドル立てでというように。なぜなら、もし米ドル立てで発行されると 40 ドル、豪州ドル立てならそれ以上の手数料がかかってしまいます。銀行為替手形は豪州ドル立てで発行して下さい。もし、それらが米ドル立てで発行されると、同じように、それらには 40 豪州ドルあるいはそれ以上の手数料がかかってしまいます。

もし領収書が必要な場合は、支援金をお送りくださる際に一言、お知らせください。

ニュースレターについて

ABOUT THE NEWS LETTER

このニュースレターは、1996 年 8 月に北京で開催された第 30 回万国地質学会のシンポジウム "Alternative Theories to Plate Tectonics" の後でおこなわれた討論にもとづいて生まれた。New Concepts in Global Tectonics というニュースレターのタイトルは、1989 年のワシントンにおける第 28 回万国地質学会に連携して開催された、それ以前のシンポジウムにちなんでいる。

目的は次の事項を含む：

1. 組織的照準を、プレートテクトニクスの観点に即座

には適合しない創造的な考え方にあわせる。

2. そのような研究成果の転載および出版を行う。とくに検閲と差別の行われている領域において。

3. 既存の通信網では疎外されているそのような考え方と研究成果に関する討論のためのフォーラム。それは、地球の自転や惑星・銀河の影響、地球の発達に関する主要学説、リニアメント、地震データの解釈、造構的・生物学的変遷の主要ステージ、などの視点から、たいへん広い分野をカバーするべきものである。

4. シンポジウム、集会、および会議の組織。

5. 検閲、差別および犠牲があった場合の広報と援助。