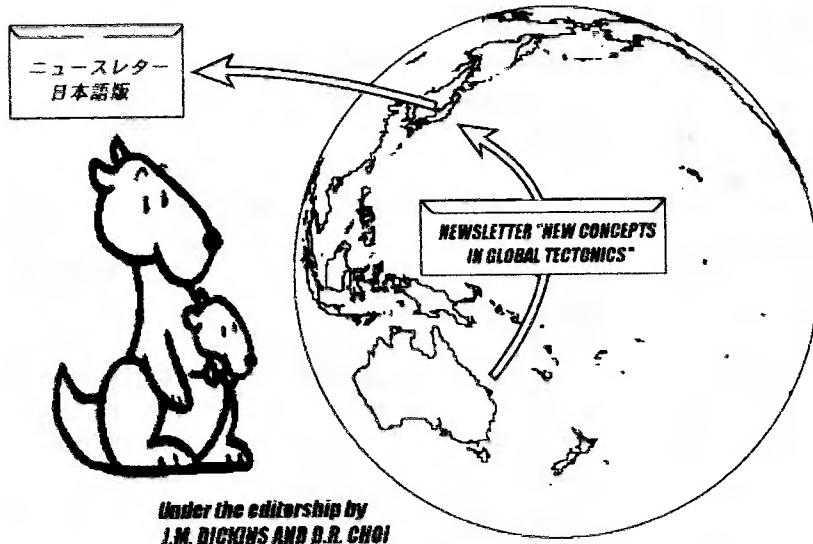


ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

NEWS LETTER *New Concepts in Global Tectonics*

No. 34 2005年3月(日本語版 2005年8月) 編集: J.M. Dickins and D.R. Choi



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

本号のハイライト

- ★ ウルピノ集会レポート (p.2)
2004年イタリア IGC につづいて開催された NCGT 国際シンポの詳細。
- ★ 中-深発地震帯とスマトラ地震 (pp.6-29)
中-深発地震帯の本性やスマトラ地震に関する4つの論説。
- ★ 海洋地殻基底～最上部マントルの構成岩石 (p.30)
「ちきゅう」の就航を前に、これまでの成果にもとづく構成岩石と起源を考察する。

も く じ

■ ウルピノ国際ワークショップ	..... 2	スマトラからの地震パターン	..... 24
■ ニュースレターへ財政支援を	..... 5	スマトラ地震による地軸変位	..... 28
■ 論 説		海洋地殻基底の構成岩石	..... 30
震源帯の本性について	..... 6	■ 出版物	..... 35
インドネシア巨大地震の原因	..... 18	■ ニュースレターについて	..... 36

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: ncgthotmail.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2005年7月下旬に発行予定. 投稿原稿は2005年7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.

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!>

IGC2004 –地球の構造に関するいくつかの新しい概念の議論のためのウルビノ国際ワークショップ, 2004年8月29日–31日 イタリア, ウルビノ大学にて開催
IGC 2004 - URBINO INTERNATIONAL WORKSHOP TO DISCUSS SOME NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS, UNIVERSITY OF URBINO, ITALY, 29-31 AUGUST, 2004

プレートテクトニクスモデルに替わる複数の地球観がウルビノから発信される (多様な中での統一のための探求)
A plurality of Earth views in place of plate tectonic paradigm is emerging from Urbino. (A search for unity in diversity)

(赤松 陽 + 小泉 潔 [訳])

500周年記念の祝賀まっただ中のウルビノ大学で、第32回万国地質学会議の一環として、2004年8月29日から30日までの間、NCGTのためのポスト会議ワークショップPWO-09が開かれました。内容は、「グローバルテクトニクスの新概念、とくに地質学におけるいくつかの基本問題」でした。この集会は、Forese Carlo Wezelによって組織され開催されたものです。

このワークショップへは、14カ国 (アメリカ、カナダ、ブラジル、オーストラリア、日本、中国、ロシア、ギリシャ、ポーランド、チェコ、ドイツ、ノルウェー、イタリア) の37人の参加者が出席しました。

この集会の科学的なねらいは、プレートテクトニクス仮説に替わるべき地球造構論のさまざまな仮説を、みんなで討論することにあります。参加者の一致した意見によれば、プレートテクトニクスが、近年蓄積されてきた多量の新しい事実を、いかなる内部矛盾や欠陥もなく説明することは不可能であるということです。

参加者の一般的な意見では、(今回の会議は)組織のレベルと同様に、科学的レベルも高いものであった、と考えられています。発表された個々の研究は、参加者それぞれがもつ固有の視点から生まれるあまりに多くの予断には重きを置かず、尊敬と自由、親善、友好的な雰囲気の中で、幅広く自由な科学的討論の中心になりました。ラファエロ、ブラマンテ、そして芸術家たちのパトロンであったフェデリコ・ディ・モンテフェルトロ公の故郷であるウルビノのルネッサンス美は、今回の科学会議では、かなりくつろいだ科学的雰囲気をかもし出す上で味方となってくれました。

冒頭、集会の主催者は、完成されたパラダイムという仮定によって生じる精神的偏倚と抵抗に打ち勝ちたい、との希望を語りました。このパラダイムは、最近の37年間にわたって地球造構学界を支配し、そして、変革を迫る事実を大切にせず、地球学者によって下賜されたがゆえに受容されている流行のアイデアを“擁護”するために、知らず知らずのうちに、地質家を“互いに欺きあわせる”役割をはたしてきました。それとは逆に、このウルビノのワークショップを手はじめに、科学的思考や観点多様性、これらは独創性をもたらすものですが、それらが実在するよう、彼は希望しました。その精神は、心の“自由な活動”、開かれたコミュニケーション、ならびに、ものごとに統一性をもたら

す相互関連性とよりひろい背景を無視しない、という点にあります。

さらに、彼は、マントル上を滑るリソスフェアとして知られているプレートテクトニクス概念は、地球科学者たちによって認められてきたことだが、深部掘削が推測されているマントル中へ貫通しておらず、いまだに証明されていないままであるということを指摘しました。予見される現象には、かならず別の解釈 (同程度であったり、場合によっては、よりすぐれていることもあります) が存在します。なぜならば、別の解釈も、同じ観察事実から説明されうるからです。より創造的な研究を育てていくためには、忌憚のない会話ができる人々の間での自由で誠実な対話にもとづいて、まったく新しい推進力が生みだされることが求められています。

大陸塊と大洋の下に復元された上部マントルの構造に関する新しい重要な地球物理学的な事実は、Nina Pavlenkova (Institute of Physics of the Earth, Moscow) によって紹介されました。一連の低速度層レンズの起源は、著者によれば、地殻の境界である深部断層を通して上がってくる液体の流れが原因のようです。モホ面の構造は、地殻を輪郭付けている断層系の一部であると考えられる上部マントルの断層地質構造を反映しています。

Petr Rajlich (Institute of Nuclear Research of Rez, Czech Republic) が思いついた、リソスフェアのせん断過程の間に、その妨げとなる丸いブロックが存在するかしないかによるリソスフェアのふるまいを調べる、という研究意図をもったリソスフェアの定量実験は、逆の捻りによって強化された構造が、きわめて強い引張のゾーンによって輪郭が示され、その結果、その構造は、カルパチア-地中海-アルプス造山帯の曲がりくねった方向に似ていることを示しました。

西南日本の拡大した構造盆地 (グラーベン) と陥没した構造盆地 (コールドロン) の間の発生関係についての研究は、久保田喜裕 (新潟大学 日本) によって発表されました。彼の研究は、フィールドワークと掘削、地球物理的データ、定量的な実験を基礎にしたものでした。グラーベンの内側にあるコールドロンの地層は、垂直的なマグマの上昇による多角形をした先火山性の陥没と、その後起こったカルデラ型 (円形) の後火山性陥



没によって特徴づけられています。その過程は、構造性の拡大を必要とせず、垂直的な構造運動が原因であることをはっきり示しています。

隕石衝突起源と解釈されている多くの円形構造は、Dan Bridges (Aurora, CO, USA) によれば、火山起源であると考えられます。白亜紀の末期に、大規模な速い周期の地球膨張の結果生じた、6つの大きな爆発性の火山構造(同心線)の発展と結びついた、大きな世界的な構造性の火山活動がありました。巨大な膨張の発生については、ビッグバンから取り残された超高密度物質の残存物が引き合いに出されています。

Cliff Ollier (University of Western Australia, Nedlands) の意見では、山地は地形の造作であり、多くの山脈は、今に残している、昔、海水準に合わせて段階づけられた浸食によって形成された表面が、平らであった証拠を持っています。ですから、それらは元々低い海拔だったのです。それらは台地をつくるような平野の隆起によってつくられ、岩のごつごつした、あるいは起伏に富んだ山地を形成することが詳しく確かめられています。山地は、活動的な大陸の衝突周縁部に見いだされるだけでなく、活動的でない周縁部や大陸内部の奥深い所にも見いだされます。山地は、花こう岩、玄武岩、変成岩の分布地域や、褶曲した岩石分布地域と同じように、非褶曲堆積岩の分布地域にも見いだされます。褶曲をともなった造山運動に関連した造山運動論は不十分であるといえます。さらには、山地の年齢は、平らであった表面が隆起をした時代を意味しているはずであって、最も新しい褶曲(どのような褶曲も残っていたとしても)の時代を意味しているわけではありません。これを基礎におけば、世界の山地の時代編年は、主に、この500万年のネオテクトニック時代に隆起をしたということを表しています。これは一般的な地質理論に対してきわめて大きな影響を持っています。しかし、たとえば、大洋底拡大やサブダクションは、少なくとも200Maの間続いてきたと推定されているように、プレートテクトニクスによって

提案されたタイムスケールには基づいていないことは確かです。

また、Ming Xiu Gao (Institute of Geology, Beijing, China) によれば、山地は上昇という地形学的現象を示し、その現象は、多かれ少なかれ地球規模のスケールで、中新世末期あるいは鮮新世から一斉に起こりました。上昇地塊の頂部では、二次的な拡張の構造運動が起こりました。

地震波の反射によって調査された大陸のリソスフェアの地質構造については、Stefan Cwojdzinski (Polish Geological Institute, Wroclaw, Poland) によって紹介されました。それは、異なる年齢と起源をもつ大陸地殻における、地震波による構造の一般的な類似性を示したものでした。下部地殻の水平的な反射薄層は、地殻の岩石学的な層理に関係なく存在し、地球の膨張に関係しているしなやかな拡張の変形過程の結果であると考えられています。

鈴木尉元(市川市 日本)は、20世紀における地質構造のたどってきた道を示しました。それは、深発地震の発見によって示された、造構運動の動きの激しいマントルの内側にある、より深い垂直的な根に関するものでした。大きな構造単位は、おそらく、地震活動度に基礎をおいた、それらの水平的な広がりには匹敵する深さに達する根を持っているに違いないということです。海洋と大陸は基本的には造陸運動によって支配されてきたのでしょう。

活動中の地殻の運動が、水準点を使うことによって飯川健勝(長岡, 日本)によって本州中部で検出されました。その結果、地形的山地が隆起し平野や盆地は沈降し、数十年間継続している方向と同じに進行中であることを示しています。進行中の運動は、河岸段丘を地形と平行に傾動させたり変形させたりし、活褶曲をじわじわと成長させています。

Karl-Heinz Jacob (TU, ベルリン, 独)によると, 小さな鉱物組織と大きな山地の変形は, ともに, 機械的な力や重力場によるばかりでなく, 他の“場の力”, すなわち電気的あるいは熱力学的な不均衡によって生じるとされます. 自己組織化されたパターン形成に関するよい例として, “Pietra Paesina”の有名なイタリアの展望大理石 (landscape marble) が紹介されました.

Forese Carle Wazel (Urbino 大学, 環境力学研究所, 伊)は, 大西洋の起源に関する新しい作業仮説を提出しました. 上部マントルと堅い下部地殻の大規模な熱上昇がネオコミアン (約 125Ma) に頂点に達した後, 圧縮変形に伴う冷却に引き続く背弧地域の陥没による急激で広域的な沈降の結果, 大西洋地域の堆積盆が形成された, というわけです. 後期白亜紀以来, 大西洋は縮小してきており, 海洋底拡大によって仮定されたような拡大というよりむしろ断続的・段階的に縮小しています. 海洋の周りから中心方向へ広がる玄武岩の冷却と褶曲が, 地磁気異常の原因だと考えられます.

Martin Kokus (Alice Lloyd 大学, 米)は, 数十年間の太陽の活動レベルのみならず, 地震発生と地球-月-太陽の位置関係の間に, 強い相関があることを示しました. 2, 3のより弱い相関は, 潮汐誘因モデルをプレートテクトニクスに組み込むことができ, より強く, より有力なパターンは局地的な潮汐応力には関係がなく, プレートテクトニクスでも説明されていません. 3つのもっとも一般的なパターンの分析は, 1) 異なった曲率のマントルに調和しようとする地殻, 2) Carey のテチス海のねじれの潮汐的な調節, および, 3) 月が地軸に垂直な潮汐によるふくらみをもたらす回転力 (トルク) の最大化によって, それらがもっとも良く説明されることを示しています.

Giancarlo Scalera (国立地球物理火山学会, ローマ, 伊)の意見では, 地中海テクトニクスのいくつかの特徴が, 東アジアのテクトニクス (島弧, 海溝, ベニオフ帯, 火山及び地震活動) - アジア - 太平洋収束に非常に似ています. そこで, アフリカ-ユーラシア収束帯仮説には認められない多くの手がかりが, 検討されました. 圧縮の証拠よりもリフティングの証拠が優勢であること, さらに, 以前にはプレート収束によると解釈されてきた多くの造構状態が, リフティングの証拠に関連づけられるか, 混じっています. 最後に, おもに地震トモグラフィーに基づいて, マントル物質ウェッジの上昇が新しい作業仮説になるだろうと提案されました. それは, すべての付随する大規模で広域的な証拠を説明するための研究に値するものです.

Robin Wilson (Victoria 博物館, メルボルン, 豪)によると, 生物学的なデータは, 独立して, 地球史の造構理論を検証することができます. 最新の知識は, 多くの深海のファウナが比較的最近 (過去 6500 万年前) になって浅海から移動してきたことを示しています. 他の深海生物はより古い系統を持っていますが, 多くはもともと浅海性のものなのです. このように, 深海生物の進化に関する最新の知識は, プレートテクトニクス

理論の予想に合っていないようです.

Dong Choi (Raax Australia Pty 会社, Higgins, 豪)によると, 深発地震はマントルブロックの高速度帯と低速度帯の境界部に位置する大規模な深部構造帯に沿って発生し, 地核-マントル境界に達しています. これらの深部構造帯は, 分化したマントル物質 (気体あるいは液体) を運搬する導管で, それらの物質は地球表面上昇し, 地球の構造発達に影響を与えます.

トラップされたブルームモデルに賛意を表している Giusy Lavecchia (Chieti 大学地球科学科, 伊)は, アペニン山脈に関するサブダクションモデルを否定しました. ブルーム頭部の成長は, アセノスフェア地域の拡大をひきおこし, その結果, 上を覆うリソスフェアをひき延ばします. 逆に, 引き延ばされ薄くなった地中海リソスフェアの外側の境界には, リフトを押す力が発生し, アペニン収縮構造の形成を制御します. アセノスフェア内部のブルーム頭部から解放された交代変成作用をひきおこす溶液と揮発性成分は, 環地中海高カリウムおよびカーボナタイト火成活動の特異な同位体的および地球化学的特性の原因なのです.

トラップされたブルームモデルは, Francesco Stoppa (Chieti 大学, 地球科学科, 伊) と Keith Bell (Carlton 大学, オタワ, 加) によっても支持されています. 彼らは, 中央~南イタリアで完全な地溝系に沿うカーボナタイトが最近発見されたことに基づいて, カリ質岩石に関係したイタリアの下へのサブダクションに疑問を呈しています. この研究は, 近くにサブダクションのない世界中の海洋島の岩石に基づく大規模同位体分類学に密接な関連があります.

Stavros Tassos (地球力学研究所, アテネ国立天文台, ギリシャ)は, 膨張率が未だ未解決ではあるものの, 古気候学, 古地磁気学, 衛星測地学および重力のデータが, 地球膨張に調和していると確信しています. 既存の証拠に従うと, 地球のマントルは冷たく堅い固体であり, 地核は低温, 高エネルギー/高周波/高压物質であると考えられます. その中では新元素が連続的に作られ, 過剰質量 (EM) を生みだし, 上を覆うマントルへ固体の ‘くさび’ のようにして原子を1つずつ供給します. ‘過剰質量による応力テクトニクス (EMST)’ は低 Fe 珪酸塩を高 Fe 珪酸塩に変える電子磁気学作用をひきおこし, これがどのようにして地球内部の地球力学および地球化学的変形作用をひきおこしているかは, 地震, 地球造構作用, 火成作用などに, そして, 固体状態での量子化された膨張地球という環境に表現されています. そして, 電磁氣的に制御された作用によって力学的応力が作用すると, 地球が膨張します.

Rudolf Gottfried (Brensbach, 独)は, “我々の知識の現実的レベルの反映”として, 地球の一般的な仮説を検証しました. 地殻の組成や元素の宇宙存在度からの偏差にもとづいて, 地球の発達史や組成を推論することができます. 水素は初期地球の主要元素であったので, 元素分布は, 水素に対する反応のしかたで測定

されるイオン化ポテンシャルに左右されています。

膨張論者の現在の第一人者 Klaus Vogel (Werdau, 独) によると、洗練された地球膨張理論は、大陸移動やサブダクションなしに単純な方法でグローバルテクトニクスを説明しています。原理的には、大陸はおたがいの相対的位置にとどまっています。大陸間の距離は、半径の拡大による放射状隆起によって、そして、海洋底拡大パターンに調和しておこります。このような経緯が、全地球的モデルや機械的伸張実験の結果によって、活き活きと示されました。

Karsten Storetvedt (Bergen 大学, ノルウェー) は地球の新理論—始生代から現在までの地史を説明するグローバルねじれ理論—を概述しました。新理論の基本的原理は、惑星の慣性モーメントを変化させる鉛直方向の物質運搬に関連する脱ガスです。成果は、推理小説式の子測—検証のくりかえしとして、地質現象の古典的集成を関連づけて、系統樹のように示されました。

いくつかの新しい観点が、Giovanni Gregori (CNR, 音響学部, ローマ, 伊) によって研究されています。これは、地球の内因的なエネルギー使用量を完全に供給する能力がある地磁気場生成に関する新しいメカニズムを取り扱ったものです。同様なメカニズムは、他の惑星物体にも適用できます。このようにして発生した大量の内因的なエネルギーは、その表現形態から明かされるように、物体の見かけ上の力学的形態にも十分な根拠を示しています。このような惑星天体の表面は、それらが磁場を持っているか否かを明らかにし、地球の生成過程を説明する有効な小型モデルのように考えることができます。このアプローチは、すべての惑星天体を考える上で、系統的にうまく議論されています。特に、木星の四つのガリレオ衛星は、実質的に異なったスケールおよび関連した形態の多様性を包含するもっとも興味ある歴史事例のようです。

興味あるポスター発表は、Gaetano Di Achille, Karl-Heinz Jacob, Martin Kokus, Olkmar Mueller, Lawrence Myers, Ilton Perin, John Rutherford, Giancarlo Scalera と Vedt Shehu によってなされた。

ワークショップ最後の円卓会議には、Kaith Bell, Cliff Ollier, Karsten Storetvedt が参加し、Forese Carlo Wezel が議長をつとめました。海洋地殻の重要性についての討論は、ひどく興奮したものになりました。

結果的に、Urbino ワークショップにおいて提示されたいくつかの理論は、プレートテクトニクスにとって替わるように見えないが、きわめて大きな地質学的複雑さの多面性に関するさまざまな観点に照準したかなり科学的な概念であるように思えます。これらは、あまりにも単純化されたプレートテクトニクスによって記載しうるものではありません。プレートテクトニクスは、より広い地質学的背景を完全に無視して、一方的で概略的にこれらの事実のいくつかの側面のみに注目したもののなのです。

今後必要になるチャレンジは、多様な科学的アイデアの中に統一性を見つけることであり、まさに“Urbino Way”のように、自らの置かれている位置の周りに警戒のための防壁を作ることなしに、自由で創造的な対話にもとづく知的収束なのです。

Forese Carlo Wezel
Urbino 大学, 理学部, 環境力学科
Institute of Environmental Dynamics,
Scientific Campus, University of Urbino "Carlo Bo",
61929-Urbino, ITALY, E-mail: wezel@uniurb.it
[注; この論文は地質科学国際連合の認可をえて,
エピソード (v. 28, No 1, 2005 年) から転載]

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 (45 豪ドル) あるいはそれ以上、もしくは相当額の、また、図書館に対しては 50 米ドル (75 豪ドル) 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 (14 Bent Street, Turner, ACT 2612, Australia) 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。

論 説 ARTICLES

震源帯の本性について ON THE NATURE OF SEISMIC FOCAL ZONE

Roman Z. TARAKANOV

Institute of Marine Geology and Geophysics, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Nauki Street, 1b Yuzhno-Sakhalinsk, 693022, Russia
Tel.: +7 4242 796231, e-mail: seismol@imgg.ru

(矢野 孝雄 + 山内 靖喜 + 国末 彰司 + 角田 史雄 + 窪田 安打 [訳])

自然は、ものごとのさまざまな論理において単純であり、煩雑ではない。
Nature is simple and does not luxuriate in superfluous reasons of things.

I. NEWTON

要 旨 この論文では、震源帯の本性について、沈み込むリソスフェアプレートにとって替わる新しい考え方が展開される。この論文は、震源帯の傾斜角、ならびに、下部マントルに達する直線的延長部 (深度 1,000 ~ 1,200km に達する高速度域) に関する経験的データにもとづくものである。作用力とそれに由来する応力の解析が、基本事例、震源、ならびに、大陸-海洋遷移帯 (ほぼ水平方向の圧縮条件下にある大陸および海洋構造の相互作用に支配されている) に適用される。これらの論拠にもとづく、震源帯は、超深部断層系に代表される変位理論の節面の 1 つであり、大陸-海洋遷移帯における最大接線応力領域に一致する。

1. まえがき

震源帯もしくは和達-ベニオフ帯は、大陸-海洋遷移帯における活構造であり、震源分布、マグマ発生源および鉱床区とともに、島弧系の形成と進化を決定している。そして、当然のことながら、この問題にかかわる地球力学のさまざまな分野の研究者たちの注目を集めている (Gorkavy et al., 1994; Tarakanov, 2001; Melnikov, 2000; Filatiev, 2002; Demin and Zharinov, 1987; Choi, 2003 and 2004)。

この論文では、震源帯の本性に関する新しい見方が、提案される。それは、沈み込むリソスフェアプレート概念に替わるものである。この論文は、震源帯の傾斜角 ($\alpha \sim 45^\circ$)、ならびに、深度 1,000 ~ 1,200km に達する下部マントル中の高速度帯への連続性の双方に関する経験的データにもとづいている。海洋と大陸の相互作用はほぼ水平な圧縮力の影響下にあり、この圧縮力は、震源帯応力の主要な起源である。図 1・図 2 は、基本的事例 (図 1)、および、大地震の起源と大陸-海洋遷移帯の全体像 (図 2) にみられる同様な性格の作用力の効果を示す。適切な類例は、変位理論にもとづく上述のことさらにも認められる。

これらの (ほぼ水平な) 作用力の影響下で、最大接線応力系が遷移帯に形成され、これらの応力は相互に直行した平面上に局在化される。

この立場にたつと、震源帯は永続的な最大接線応力場にある深部断層系 (和達, 1927; Tarakanov, 2001; Choi, 2003) であると信じられ、変位理論における活

活動面 (active planes) のひとつを示す。震源帯は、全体として、大陸-海洋遷移帯内部の構造の形成と進化に影響をおよぼす永続的なエネルギー供給路である。

地震と震源帯そのものは、類似した造構応力場に発生すると考えられる。震源における節面の傾斜角に関する平均値が知られている。震源メカニズムと節面傾斜角の大きな相違とともに、1つの震源配列におけるこれらの平均傾斜角データは、理論値 ($\alpha = 47^\circ \sim 48^\circ$) に近似する傾向を示す。太平洋地震帯では、震源帯の傾斜角の統計的分布が知られている。その結果は、傾斜角値の頻度ヒストグラムとして示され、最頻値は傾斜角 $40^\circ \sim 45^\circ$ 付近にある。

トモグラフィ画像 (Yamanaka et al., 1992; Widiyanotono and Van der Hilst, 1997; Gorbato et al., 2000; Choi, 2004) が、震源帯の高速度帯が深度 1,000 ~ 2,000km まで追跡され、下部マントルまで直線的に連続することを明示した。震源帯を含む高速域は、地球力学的な巨大応力、すなわち、地球膨張または自転系の急速な変化の結果として形成された超深部断層系であることが示唆される。

プレートテクトニクスの立場からは説明されえない多数の地震学および地球物理-地質学的データが存在する。数学的シミュレーション (Demin, Zharinov, 1987) および地球力学的シミュレーション (Guterman, 1986) の結果は、震源帯の本性に関する上述の観点が有効であることを検証した。

2. 震源帯に関する既存の考え方

深部断層系としての震源帯の本性に関する考え方は、早くも1927年に、日本人地震学者の和達 (Wadati, 1927), その後, Visser (1936) や Zavaritsky (1946) などによって示された。1954年に、この考え方は、Benioff (1954) によって出版され、以降、氏の名前にちなんで、震源帯はベニオフ帯とよばれるようになった。その後、同じ考え方が、著者 (Trakanov et al., 1976; Trakanov, 2001) によっても示唆された。

太平洋型遷移帯においては、大陸と海洋下のマンツルの温度が異なる、と Belousov (1982) は信じる。温度差は密度差をとまなうはずである。比較的古い地殻でできている大海洋 (open ocean) 下の上部マンツルに比べて、遷移帯の上部マンツルは全体として低密度である (Gordienko et al., 1992; Pavlenkova, 2002)。海洋下の上部マンツルは、永続的荷重の影響下で塑性流動するのに十分なほど加熱されている。

したがって、相対的に軽い遷移帯のマンツル下には、より重たい海洋マンツルが流入/貫入するであろうと推論される。同時に、遷移帯マンツルは、流入/貫入した重たいマンツルの上に拡散していく。それゆえ、この過程は、密度が異なるマンツルの接合帯としてのベニオフ帯を傾斜させることになる。ベニオフ帯の深度は、密度差に由来する貫入深度に規定されている。

示唆されたこのようなメカニズムの影響下では、安定な高速度帯がかなりの深度 (650km 以深) までのびることは不可能である。したがって、このような観点は成立しそうにもない。

Zlobin (1986) は、震源帯の本性について別の考え方をもっている。爆破技術 (Zlobin, 1986) をもちいた地震変性波法 (ECWM) や深部地震探査法 (DSS) による深部地震研究によると、地殻とマンツルの内部構造は、成層し不均一な性質をもつ。ECWM と DSS によって、深度 150 ~ 200km に達する千島震源帯の周辺では、8つの地震的不連続面を示すデータがえられた。地球内部で起こっている諸作用の力学的解析からは、深部物質で構成されたブロックの変位が導かれる。地殻とマンツル中では、岩層やブロックが鉛直方向にも、水平方向にも変位する (Peive, 1961)。

Zlobin (1961) は、地球史の古くからアジア大陸と太平洋の境界に、ほぼ鉛直な超深部断層が存在する、と信じている。Zlobin によれば、震源帯の現在の傾斜した姿勢は、この構造の進化とそれによる傾斜角の変化の結果であるという。

ブロック群の鉛直断層境界を、45° に近い角度の傾斜層まで変形させるメカニズムを見いだされていない。したがって、震源帯の本性に関するこの観点も成立しそうにない、と著者は考えている。

最近の数10年間、新しい全地球テクトニクス仮説 (Mitchel, 1973; Sorokhtin, 1974: ほか) が流布している。プレートテクトニクス“学説”の基本的視点は、

中央海嶺域下の上部マンツルからは、溶融物質が定期的に供給されているという示唆である。固化すると、それはたいへん強固なリソスフェアプレートを形成し、対流の影響を受けながら1~10cm/年の速度で大陸縁まで移動する。

大陸縁に到達すると、プレートは深い海溝付近の地殻や上部マンツル中に貫入しはじめる。このプレートは、上層部の分解 (断層運動) のために、傾斜した姿勢をとる。アセノスフェア層に到達すると、プレートは部分溶融しはじめ、溶融物質を利用して火山弧ができる。より深部における高温は、これらのプレートを完全に溶融させてしまう。ベルトコンベアーに乗せられた溶融物質は、最後には、中央海嶺へ帰還し、そこで新しいリソスフェアプレートが形成される。しかしながら、次に示されるように、“プレートテクトニクス”は、数多くの地震学および地質-地球物理学的データを説明できない。

Kazansky (1982) は、震源帯形成の基本骨格を提案した。それによると、大陸地殻をもつパンゲア帯は、パンサラッサ帯 (厚さ4km, 水によって被覆) と融合した。その結果、パンゲアの先中生代大陸地殻 (110 x 106 km² の広がりをもつ領域) が沈水した。融合初期に、この領域は、大陸および海洋半球を境する大円に沿っていた。時間とともに、この領域は、現在のベニオフ震源帯に相当する断片に分裂し、大陸リソスフェアが海洋リソスフェア上へ衝上することによって傾斜した。

震源帯に関する Kazansky の考え方は根拠がなく、本質的に機械論である、と私たちは考える。それゆえ、作業仮説として受容できないことは明らかである。震源帯内の地震活動を引き起こす応力システムの形成は、熱弾性応力と密度不均一によっても導くことができる。いくつかの論文では (Goldienko et al., 1992; Simbireva et al., 1976; Balakina, 2000), カムチャッカ半島から国後島までの震源帯の5つの横断断面における平均化された熱弾性応力場は、平均傾斜グラフと震源帯の平均等深線に相関性があることを示す。

熱弾性応力と密度不均質性をもつ上述のシステムが震源帯を形成することはないが、震源帯内部の一般的応力配置に大きく影響するだろうと、私たちは信じる。

3. 食違い理論に基づいた類推法方

プレートテクトニクス“理論”は、地震震源帯 (seismic focal zone) とその内部で生じる過程を説明しようとする、いくつかの矛盾を抱える。筆者は、地震震源帯の形成とその作用内容を説明するためのより単純で論理的なメカニズムをみつけることを試みた。地震震源帯の本質という問題に関して提案する解答は、一つのシステムに作用する力の分布と、その結果、システム内に生じる応力、すなわち地震のみならずその周囲の移行部に関するもので大規模な類推に基づいている。

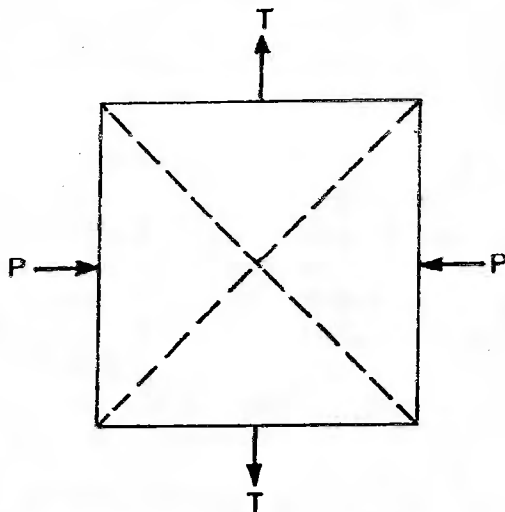


図1 水平圧縮力と鉛直引張力が作用する場では、試料中に互いに2つの直交面に沿って最大せん断応力が発生する。Pは圧縮力の方向を、Tは引張力の方向を示す。最大せん断応力が生じる部分は破線で示される。

図1は、水平圧縮応力と鉛直引張応力が作用している試料を示す。これらの力が作用すると、互いに直交する傾斜45°の2つの面上に最大せん断応力が集中する。

発震機構を扱う場合、これらの2面は節面とされる。岩石破壊試験データは、これらの面上に最大せん断応力が集中し、不連続面が発生することを示す。

この基礎的試料の代りに、大陸-海洋遷移帯を考えてみよう。図2は、縁海、島弧、海溝、主および二次的な震源帯およびアセノスフェア的層を伴い、主たる地震震源帯とアセノスフェア的層が交差している大陸-海洋遷移帯を示す。

図1と図2に共通するものはなにか？ 図2は、大陸構造と海洋構造の間での相互作用による圧縮力の効果を示している。それ故に、このシステム中にほぼ直交する引張力が同じように存在すると仮定することは論理的である。これらの力によって、節面と一致する2つの最大せん断応力部が生じる(図1)。私たちの考えでは、地震震源帯はアジア大陸に向かって45°近い角度で傾斜している深部断層系とみており、主に作用する節面の一つとして扱われる。

図2には、海洋の下に向かって傾斜する逆側(二次的)の集中帯が示されている。一般に、この帯はそれほど明瞭ではなく、比較的小さな深度(120km程度)までしかおよばない。食違い理論の一部として逆側の地震震源帯が存在することは、いろいろな研究者によって多くの論文に述べられている(Kropotkin, 1978; Lomtev and Patrikeyev, 1985; Boldyrev, 2002)。Kropotkin(1978)はこの逆側の地震震源帯をTarakanov Zoneと呼んでいる。

“基本的な試料”に力が働き、その結果応力が生じると

いうことと、すべての大陸-海洋遷移帯中に生じる応力とを比較した上記の類推は、出来事の規模の違いから納得のいくものにはみえない。作用する力に関する限り、震源帯と震源(とくに $M \geq 7.7$ の巨大地震)はより類似した状況下にあるようにみえる。同じく、観察される出来事の強さの規模においても、震源帯と震源は類似している。知られているように、最大地震の震源域の大きさは震源帯パラメーターに匹敵する。理想的な地震においては、水平面に対して45°近い角度で傾斜した主断層が形成される。もしこれが実際に観察されれば、地震震源帯の本質に関して提案しているアイデアを支持する直接的な証拠が入手されるであろう。しかし、現実には、私たちは地震の食違いのもっと複雑なパターンを観察している。

地震の発震機構に関する大量のデータの解析から(Rudik and Poplavskaya, 1987, 1988; Balakina, 2002; Katsumata et al., 2002)、震源の変位パターン、断層の傾斜角および走向傾斜成分において大きな違いが存在することが明らかになった。地震はいろいろな地震学的食違い、すなわち置換え(shift)、断層、upthrust、押被せ断層などによって特徴づけられる。しかしながら、以下に示すように、地震学的食違いはいろいろと異なるが、断層は水平面に対して45°に近い角度で傾斜しやすい。

地震のみなもとは応力の複雑なシステム内に形成されることが知られている。ほぼ水平な圧縮力とほぼ垂直な引張力に加えて、移行部内と震源域そのものの内部の両方において大きな熱弾性応力と密度の著しい違いが観察されている(Simbireva et al., 1976; Lomtev and Patrikeyev, 1985; Gordienko et al., 1992)。このことから判るように、震源帯の本質に関して提案したアイデアの証拠として個々の地震を使うことは不可能である。この目的のために、地震の発震機構に関する多数の統計学的データを必然的に使わざるをえない。

千島列島-オホーツク海地域と日本における地震の節面傾斜角についての統計データのいくつかを、以下に示す。実際に活動する節面に関して私たちは何の情報も持っていないので、討論の対象になっている両方の節面について平均化したデータが示される。傾斜角の解析(過程)では、震源の深さ(h)を次の3つに区分した; 1) $h=0-60\text{km}$, 2) $h=60-120\text{km}$, および 3) $h>120\text{km}$ である。千島列島-オホーツク海地域全域における500個の地震データから、次の結果が得られている(Rudik and Poplavskaya, 1987, 1988): $h=0-60\text{km}$ では $\alpha_1=67^\circ$, $\alpha_2=48^\circ$; $h=60-120\text{km}$ では $\alpha_1=73^\circ$, $\alpha_2=47^\circ$; $h>120\text{km}$ では $\alpha_1=71^\circ$, $\alpha_2=48^\circ$ である。北海道地域においては(361個の地震データ)(Katsumata et al., 2002)、1番目の深さ($h=0-60\text{km}$)について次の結果が得られている: $\alpha_1=57^\circ$, $\alpha_2=54^\circ$ 。深い地震($h>120\text{km}$)では $\alpha_1=71^\circ$, $\alpha_2=48^\circ$ である。なお、 α_1 と α_2 は節面の傾斜角度の平均値である。上記のこれらの例は以下のことをはっきりと示している。すなわち、多くの事例において、節面の少なくとも一つは45°に近い角度(47-48°)の傾斜角をもつことである。節面の傾斜

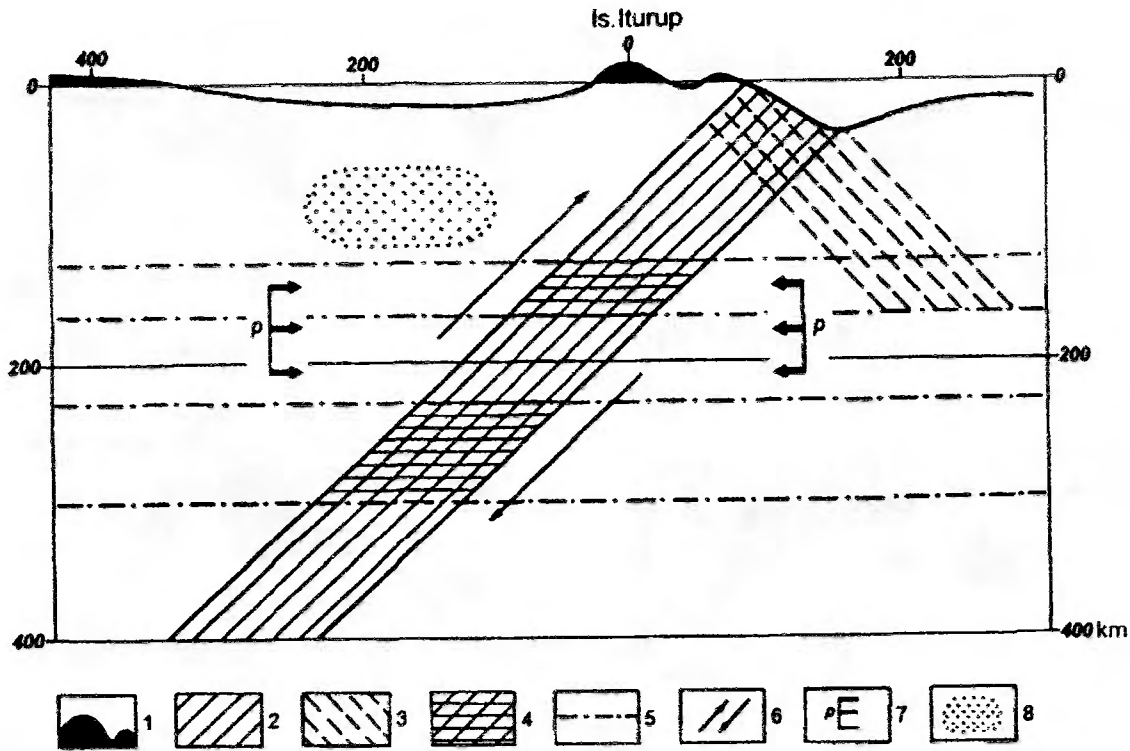


図2 大陸構造と海洋構造の境界で絶えず作用している圧縮力の影響を受ける深部の食違いシステムとして震源帯が形成されることを示す概念図 (図1と同様の場として).

1: 断面 1M-10 (Gordienko et al., 1992) に沿う地形起伏, 2: 主たる震源帯, 3: 逆側の震源帯, 4: 震源帯とアセノスフェア層との交差点, 5: アセノスフェア層の上限と下限, 6: 大陸ブロックと海洋ブロックのそれぞれの移動方向, 7: ほぼ水平な圧縮力, 8: マントル物質が部分熔融している高温部.

角度の平均値に関する統計学的データは、地震震源帯の本質について提案している仮説を支持しているようにみえる。任意の例において、震源の深さに関連して節面の傾斜角度が著しく異なるということは認められない。密度の大きいリソスフェアプレート内において、地震の震源の変位パターンおよび極めて高度に秩序づけられているものが多様化することは論理的に考えられない。というのは、大きな熱弾性応力と著しい密度の不均一性がこのようなタイプのプレート中にみつけることはありえないからである。その理由は、このプレートはより均質であると考えられている。沈み込むプレートは複雑な地震震源帯に比較してより均質であるとされている。

極めて深いところで、一方からの圧縮力が卓越した力である場合には、作用している力に対して 45° 程度の角度をもって斜交した面に最大せん断応力と変位帯が生じることが観察されている (Joseph, 1967) に注意するべきである。

海洋ブロックに向かって大陸の“翼”のより集中的な運動 (Balakina, 2002) は、地震震源帯の本質に関わる私たちのアイデアを同じように支持するものである。

4. 地震の発生帯の地層における漸移帯構造の規則性

大陸-海洋漸移帯の上部マントルは、複雑な成層構造を示す (Tarakanov and Levy, 1967)。このことは、最

大地震マグニチュードと深度の分布曲線において明らかである (図4)。0-700kmの深度区間で4つの低応力層に対応する極小カーブが認められる。これらの層は同時に、低速度なアセノスフェア層であることを示す。上述した特徴は全ての震源帯に見られ、その特徴は応力場の特徴を通して明らかとなった。Simbirevaら (1976) もまた、震源帯が複雑な応力システムに特徴づけられることを示した。粗く厚いリソスフェアのプレートが応力システムを含む大陸マントルの全ての特徴を有しているようには見えない (図4参照)。

震源帯は、最大接線応力と私たちの惑星の不規則な回転運動によって駆動される複雑なエネルギー供給現象によって特徴づけられる。高速層では、このエネルギーは最大限に蓄積され、その結果、ブロック変位、すなわち地震を発生させる。低速層を伴うアセノスフェア層では、このエネルギーは層温度の上昇として解放され、最終的には層の一部を部分熔融させる。

このアイデアは、図2に、漸移帯の構造と地殻で生じている過程のモデルとして示されている。漸移帯の主要なブロックやアセノスフェア層が地震集中帯と交差することが示されている。地震集中帯によってアセノスフェア層が交差する部分は、アセノスフェアが応力の供給源あるいは恒常的な応力下での影響によって火山物質の供給源になっているのかもしれない。このことによって応力が解放される。この事実自体は、地球造構論にとって重要である。

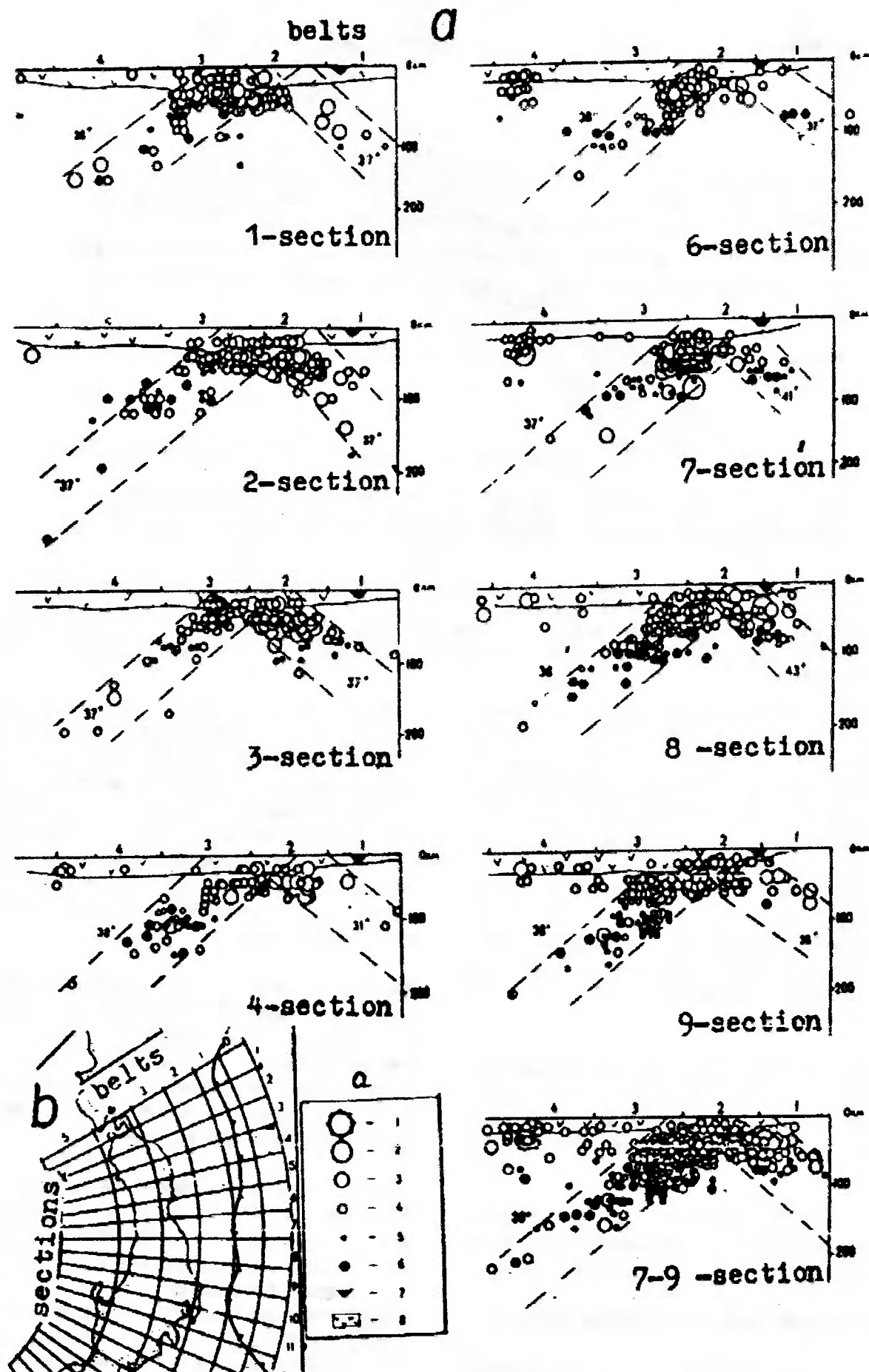


図3 本州島を横切る断面(1-6)へ投影された震源分布。地震はマグニチュードによって分類されている。1:M7.5, 2:M6.5-7.25, 3:M5.25-6.25, 4:M4.25-5.25, 5:M3-4, 6:マグニチュード不明, 7:海溝軸, 8:地殻。

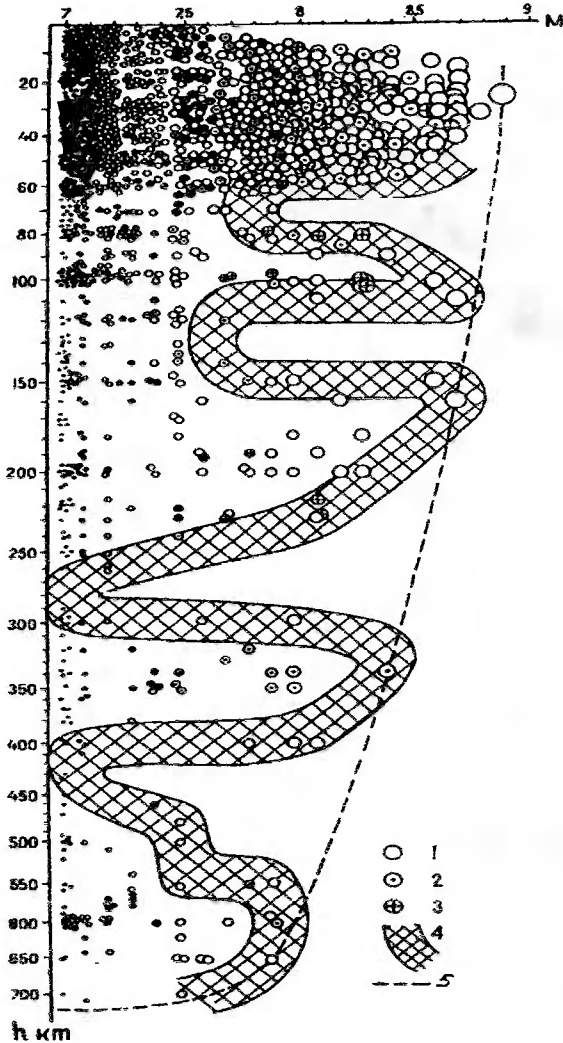


図4 上部マントル構造の多層アセノスフェアモデル ($M_{max}=f(h)$)。深度によって物質強度が変化することを示す (M_{max} は最大地震マグニチュード、 h は震源深度)
 1-3 マグニチュード7以上の巨大地震
 1: 千島-日本地域を除く環太平洋
 2: 千島-日本地域
 3: 地球上におけるその他の地震活発域
 4: 最大観測地震マグニチュードが5以上の推定範囲
 5: 最大地震マグニチュードの屈曲線

千島-カムチャッカ弧と火山列が、アセノスフェア層と地震集中帯が交差する120-150kmの深度範囲の直上にまさに位置することは特筆すべきことである。同様な交差はオホーツク海盆下でも見られ、そこでは部分熔融が観察される (Tarakanov et al., 1976; Piskunov et al., 1979; Gordienko et al., 1992; Yamanaka et al., 1992; Tarakanov, 2001)。

図5のようなたくさんのジオトモグラフィ画像が、深度1100-1200kmの下部マントル中に明瞭な高速度帯が存在することを示す (Okano and Suetsugu, 1992; Gorbato et al., 2000)。顕著な点は、これらのゾーンは、基本的に関連する地震発生帯の幾何学的延長にあたり、深部断層システムによって代表される (Choi,

2004)。この現象を何とか説明する試みが、太平洋周辺全体に実際に見られる高速度超深部断層帯の層であるという我々の提唱した大胆な推定である。これらの深部断層は地球の引張場の状況 (Galanin, 2001) あるいは不均等な回転状況 (Gorkavy et al., 1994) によって引き起こされた普遍的で強力な地球造構作用によって形成されたものであろう。いわゆる振動仮説 (Milanovsky, 1978) を用いると、地球の引張場が地球造構サイクルの中で圧縮場に換わっていることが示唆される。初期の段階では、超深部断層は上部マントルを貫通し、地殻へ大量の高密度物質と流体を貫入させるような働きをした。この物質の一部は断層そのものの内部にも取り込まれた。高密度物質が凝固すると高速度帯を形成し、この上部は地震発生集中帯に連続するのである (Avdulov, 1990)。

震源帯は、最近では水平圧縮を被り、島弧における造構作用を駆動するエネルギーの恒常的供給路として機能している。Avdulov (1990) は、さまざまな相転移がリソスフェアや下部マントルで生じていることを示した。これらの転移は、問題の構造を構成する物質を圧縮する傾向にある。相転移は熱力学的平衡が欠如する断層帯において最も顕著であろう。このように、断層帯中央部の圧縮相転移による長期間の影響によって、深部断層システムが、高速で移動する傾斜プレートに類似したようにみえる変形を起こしている。震源帯およびリソスフェアプレートの厚さが、ともに約70kmにおよそ一致することも、これを支持しているようだ。

5. 造構変動過程における地球の回転の影響

地球の不均一な回転が造構過程に影響を与えている、という論述がたくさん公表されてきた (Gorkavy et al, 1974; Vikulin, 1992; Filat'yev, 2002, ほか)。引張応力場にあるとき、地球の回転が急に变化して、太平洋の縁辺部に深部断裂や遷移帯などが発生することは十分にあり得る。この現象は、震源帯や最大接線応力面にはたらく応力を媒介に、エネルギーを恒久的に消費し続ける役割を担っていると考えられる。

Gorkavy ほか (1994) は、地球の回転と地震過程との間に、地球的規模の関連があることを指摘した。たとえば、M4以上の地震では、北半球でも南半球でも、 $Q=0.8 \pm 0.05$ という線形関係が認められる。しかし、かりに、回転のパラメーターとして、ふつうの角速度ではなく、 dQ/dt のような回転角速度の微分を用いれば、 Q 値は明らかに増加する。事実、リソスフェアに加えられる応力は、地球の加速と減速とから導かれる。地球の回転における角速度の変化と $M_s > 4$ の地震が1年間に起こる回数は、 $Q=0.84 \pm 0.06$ の係数に対応している。

地殻や地球の造構モデルを創出するのにあたって、Melnikov (2000) は、広い意味で、地球の不規則回転が構造発達に大きな役割を果たすと考えている。そして彼は、最近の地殻の造構モデルづくりにおいて、少なくとも4つのメカニズムが必要であり、それらを複雑に重ね合わせながら組み立てる必要がある、と考え

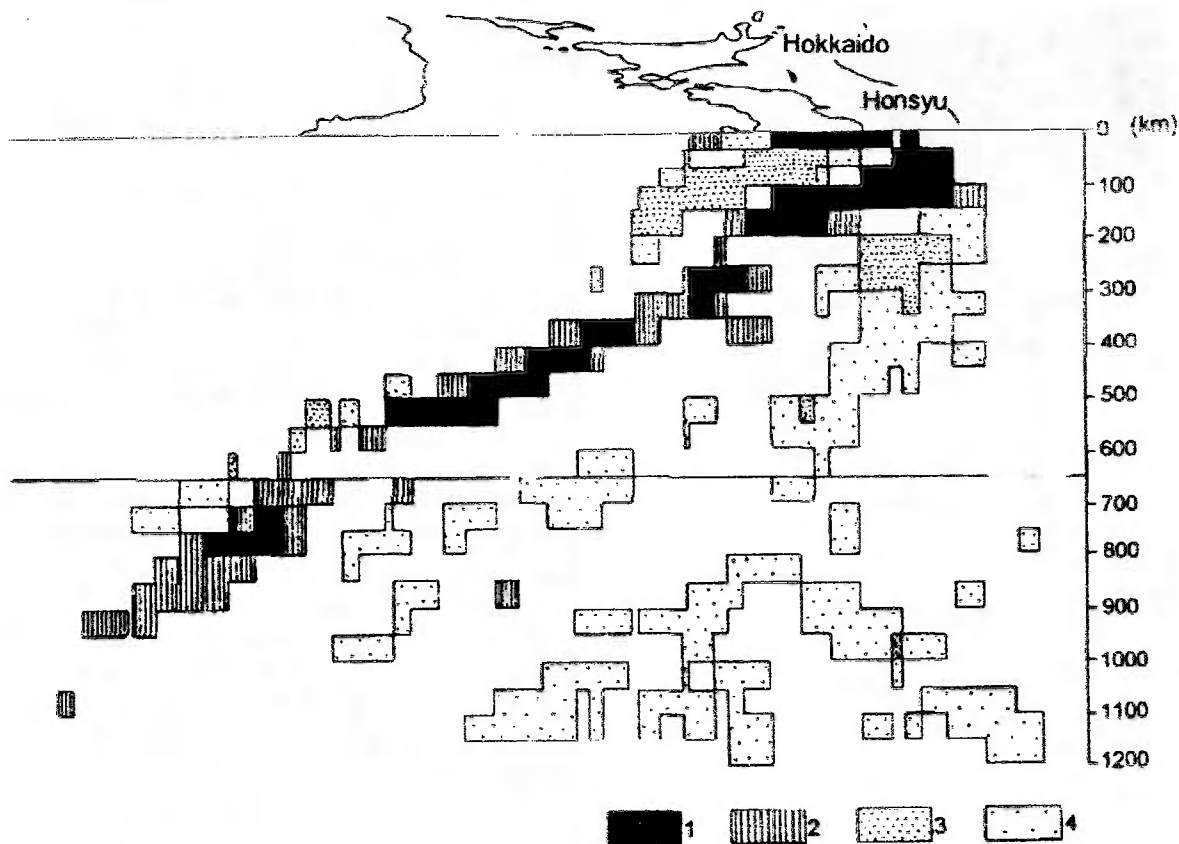


図5 P波データによる本州島弧を横断する一般化したトモグラフィ断面 (Kamiya et al., 1989)
 1, $\delta V_p = + (3 \sim 6) \%$, 2, $\delta V_p = + (0 \sim 3) \%$, 3, $\delta V_p = - (3 \sim 6) \%$, 4, $\delta V_p = - (0 \sim 6) \%$.

ている；そして、それらの大半は、地球の回転力による影響を受けた性質をもっている。Vikulin (1992) と Vikulin ほか (1998) によれば、この地球の回転の不規則性が、主要な地震を起こす力となっていて、環太平洋ではとくにそれが顕著である。

6. 地震学的データ

大陸-海洋漸移帯における造構過程とそのメカニズムが説明できた、と繰り返し喧伝される割には、その立脚点となる事実を説明できないことが実に多い。

1) 新グローバルテクトニストの賛同者は、海洋底の拡大の結果、海溝からマントルへリソスフェアが沈み込むところが震源帯にあたる、と想定する。実際には、そうした場所は、海溝から離れた大陸斜面上にある (Murdock, 1969 ; Tarakanov ほか, 1976)。

2) リソスフェアプレートの沈み込みで発生する応力が原因で地震が起こる、と考えられている。そうであれば、プレートがマントル中へ深く入り込むほど、地震の発生回数が多くなると考えなければならない。実際には、最深部の地震活動は、相対的に新しい島弧に典型的なものとなっている (千島-カムチャッカ, 伊豆-小笠原, など)。

3) トモグラフィの研究では、震源帯の名残りは、ベルトコンベアにのって、中央海嶺には決して戻らないで、マントル中に " 浮かんでいる " 状態である

(Gorbatov ほか, 2000)。

4) 深さに応じた火山岩の化学組成の比較についての数多くの研究がある (Kuno, 1959, Piskunov ほか, 1979, その他)。これは、マグマが上部マントルのいろいろな深さから表層へ運ばれるものの、それらはリソスフェアプレートの溶融からではないことを立証している。事実、ベニオフゾーンが深くなるにつれて、火山岩中のKが一定の割合で増えていることは確かな証拠である (図6)。

5) プレート説にたつと、地下およそ400kmにある高速度層の境界がもり上がっていて、それが多形的相転移に関連するらしいことを説明できない (図7)。平均的な熱力学的な状態においては、大陸地域と海洋地域における転移層の厚さは、地下410~と660mとにある不連続部分の間で、240~260kmくらいで安定しているのが普通である。しかしながら、その厚さが、転移層部分で急に厚くなっていて、震源帯も切っている。とくに地下410km付近では、40~50kmものもり上がり が認められ、じつに興味深い (図7)。

6) そうした震源帯にある多くの震源は、傾斜した震源域において、連続して分布しているわけではない。低速度のアセノスフェア中の深さに応じて、不連続部分に対応しているようである。Shebalin (1987)は、「巢」のような状態で分布する地震活動域が、ほとんど全ての太平洋の地震活動帯にみられることを示した。そうした構造は、プレートが2つの部分に分かれ、それぞ

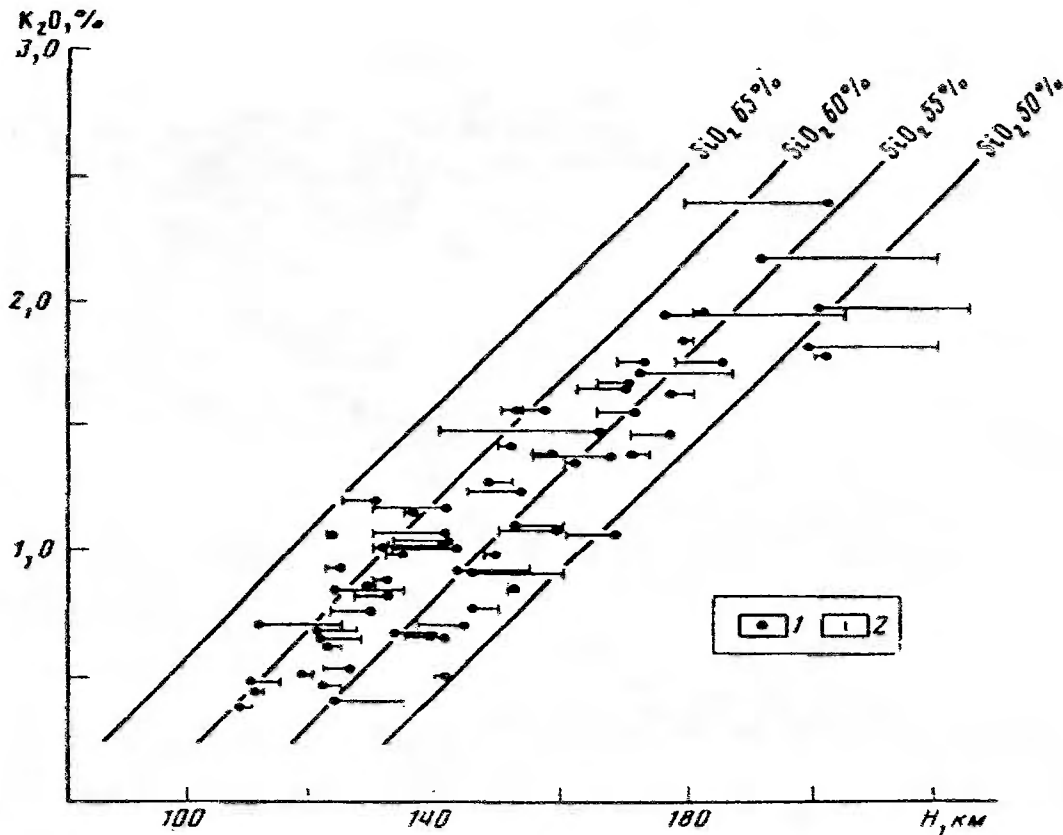


図6 火山岩中の元素 (K_2O と SiO_2) の含有率と千島震源帯までの深度との関係を示す対比曲線 1- 地震データにもとづく深さ; 2- 1106 個の解析結果を用いた経験式に基づいて算出した深度. 比較係数は 0.92 (Piskunov ほか, 1979)

れらは、マントル内へ潜り込むことはできないだろうことを示唆する (図8)。

7) 太平洋の島弧における発震機構の多くのデータを整理した Balakina (2002) は、こうしたデータで、リソスフェアの沈み沈み論の正しさを立証できないことを示した。沈み込み論では、巨大地震の発生は、島弧の海溝壁直下の浅所における低角衝上断層によると主張している。Balakina によれば、その島弧の海溝壁直下の発震機構は、よく見られる変位のパターンを示しているという。すなわち、それらの変位は一樣で、高角の逆断層は、走向が島弧に平行で、海溝側へ傾斜する。こうした規則的な変位は、島弧壁の全面で認められ、それらは海底面から地下 70 ~ 100 km にまで及ぶ。上記のような変位の一樣性は、圧縮応力の配置とよく対応していることが分かっている。

7. 地質 - 地球物理学的データ

よく知られた地質の論文を引用しながら、プレート説にもっとも不都合になることを検討してみよう (Vlasov, 1978, 1981; Melnikov, 2000; Pavlenkova, 2002; Choi, 2002, 2003)。

プレート説の多数意見では、ベニオフ帯ではプレートが沈み込み、エクロジャイト質玄武岩の溶融がおこる、という。火山性島弧 (たとえば千島列島) の溶岩中には、このモデルを実証できるエクロジャイト捕獲岩はまったく含まれていない。また、海溝ぞいのゾーンにおける地震探査では、ほとんど水平な堆積岩層の存在が知

られる。こうした状況の下で、これらの堆積岩とともにリソスフェアのコンベアで深部へと運ばれ、プレートが溶融するようなことは、きわめて考えづらい。

プレート説の見地からいえば、ベニオフ帯とか海溝で、大陸ブロックが海洋ブロックの上に衝き上がるようなことは説明しにくいはずである。大洋側から大陸側へのリソスフェアのコンベアのうごきが「正常」であるとするれば、当然、上記の変位も同じ方向になるべきである (Vlasov, 1976)。

もう一つのプレート説の弱点は、地球の造構史の異なるさまざまなテージにおいて、圧縮と引張とが繰り返される現象を説明できないことである。プレート説の提唱者自身が、収束プレートに対して、これとは対極にある引張応力をどうするかを考えざるをえなかっただろう (Sorokhtin, 1974; Vlasov, 1976; Kropotkin, 1978)。プレート論とは相容れないが、ごく自然な地殻と上部マントルの運動像が、物理探査データに基づいて、Pavlenkova (2002) によって提唱された。このモデルでは、a) 大陸地塊が地下 300km から 400km もの深部まで連続している (プレートの動きはこの深さまで想定していない); b) ずっと連続するアセノスフェアは無い; c) 海洋域には、亜大陸的な地殻が広く分布する、ことが示されている。地下 400km 以上の深さにまでたっしている海洋性のリソスフェアはなさそうである。相転移のある 400 ~ 600km の深度まで、速度と密度とは、しだいに大きくなっているようである。プレートが、その「障害」を突きぬいてい

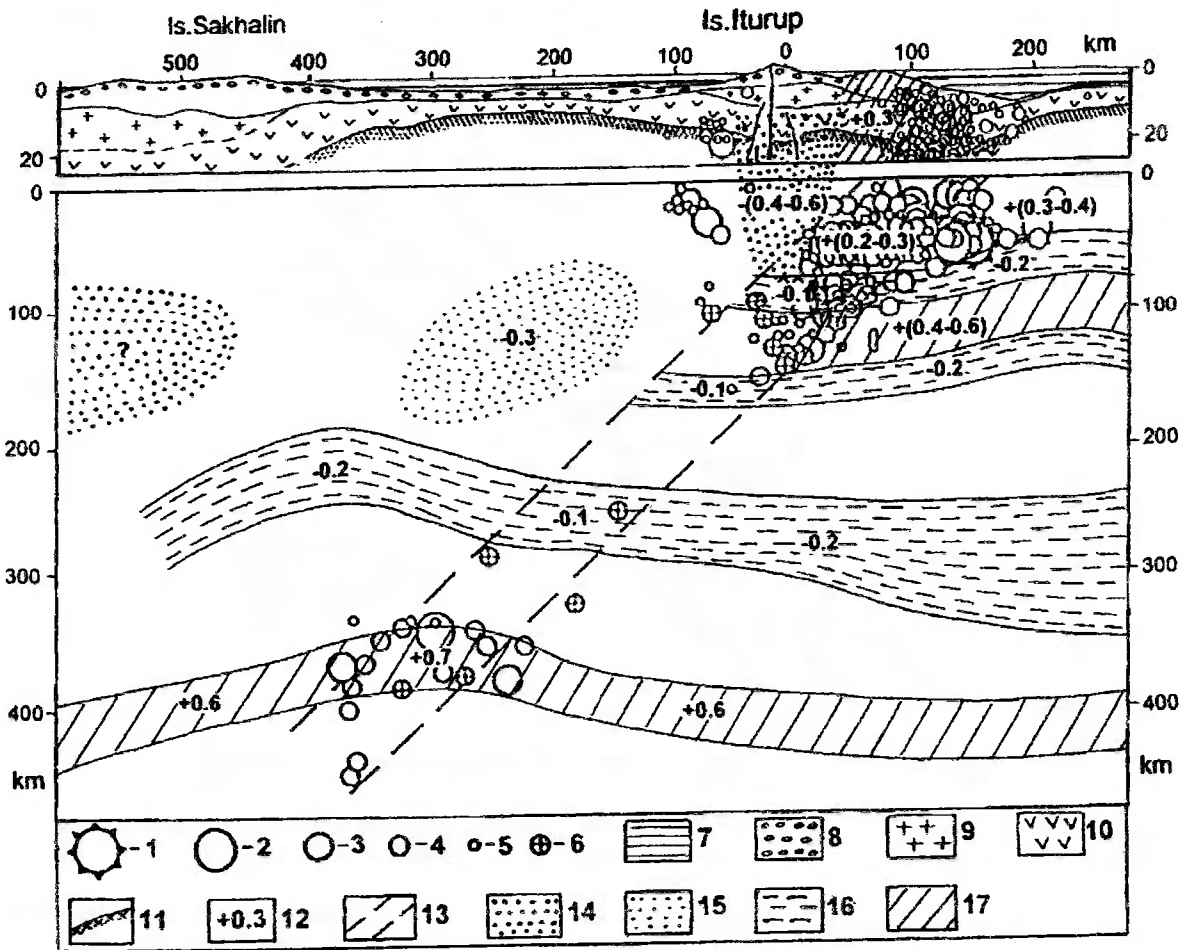


図7 震源帯とその近傍における上部マントルブロックのP波速度構造の概念図

- 1- 6- マグニチュードにもとづく地震の区分:
 1 > 7.5; 2- M=6.5 - 7.25; 3- M=5.25 - 6.25; 4- M=4.25 - 5; 5- M=3 - 4; 6- マグニチュード不明;
 7- 水圏; 8- 堆積岩および火山性堆積物; 9- かこう岩質層; 10- 玄武岩質層; 11- 地殻底; 12- P波速度異常値;
 13- 地震集中帯; 14- 活火山地域とサハリン (温度が固相より高い) の下にある低速層; 15- 千島海盆の下にある部分熔融ゾーン; 16- 低速度の層; 17- 地下約110kmと400kmの高速度の層

るかどうかは、はなはだ疑わしい。リソスフェアプレートは、それが高粘性の場合だけ、曲がりか認められる。また、冷たい場合は、垂直に沈み込むときだけ深部に達することができるが、傾斜帯に沿っては沈み込めない (Trubistin and Rykov, 2000)。

上記の高速異常を、深部断層に関連していると考え (Tarakanov, 2003; Choi, 2004) か、あるいは、深部マントルからの脱ガスによる流動性の高いゾーンの形成、などした方が、より正しい理由付けができそうである。このゾーンにおける高速の地震波は、マントル物質の融融でできる結晶配列で説明できそうである。

8. 数値シミュレーション

それを考慮すると、震源帯は、深部断層系として表現される。Demin and Zharinov (1987) は、震源帯での応力状態を数値化して評価した。彼らは、数値シミュレーションに基づいて、アジア大陸へ向かって45°の傾斜をもつ長さ500kmの深部断層想定した。有効剪断粘性度 $\mu(t)$ が深度方向へ1018 ~ 1024 poiseまで変化す

ることを計算で利用した (注1. 深部断層沿いに分布する有効粘性度はリソスフェアとアセノスフェアの影響を含む)。ポアソン比 $\nu=0.2$ 、臨界剪断係数 $G=1\text{kbr}$ 、時間ステップ $\Delta t=10^4$ 年とした。

以下は、各中間時刻における応力-歪について Demin and Zharinov (1987) によって用いられた主な式である。筆彼らは、法線方向変位と応力ベクトルが連続的であると仮定した、つまり、接線変位は不連続 $u_t^- - u_t^+(r,t)$ で、初期時刻では $u(r,0) \equiv u_t \equiv 0$ であるとした。接線応力は時間的に不連続な変位の導関数に比例すると仮定した。

$$\sigma_{n,r} = -\frac{\mu(r)}{h} \cdot \frac{du(r,t)}{dt} \quad (1)$$

ただし、 $\mu(r)$ は有効剪断速度、 h は断層帯の厚さである。

この断面沿いの剪断応力の不均質は、次の積分によって表現される。

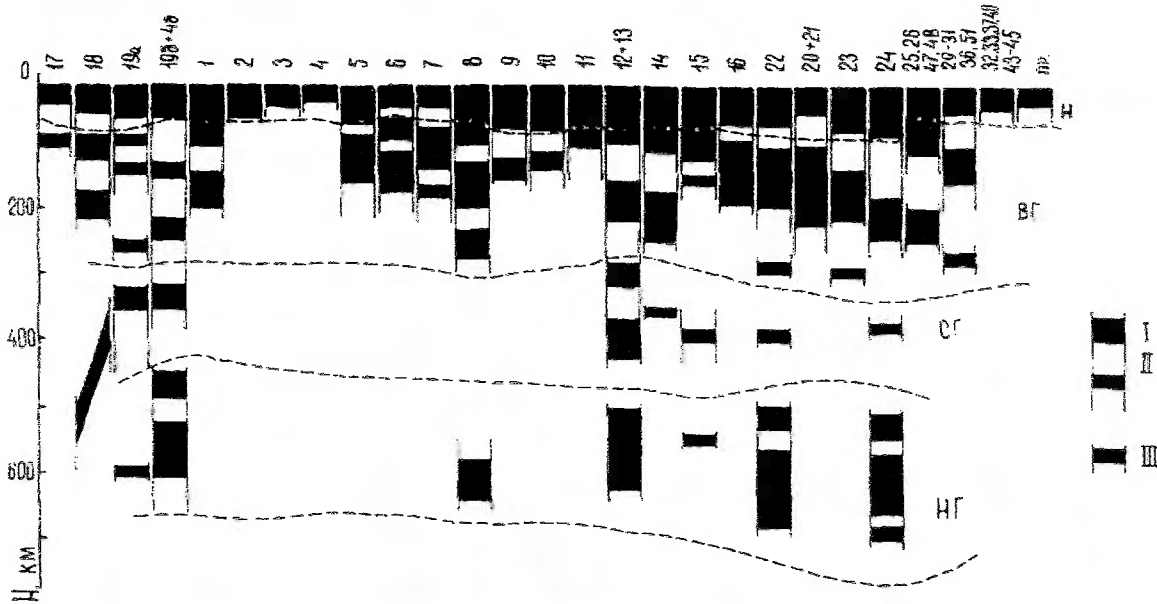


図8 地球の地震帯における活動的部分の容積の深度分布図 (Shebalin, 1987). I—地震が活動的な容積, II—単一震源または地震源がない, III—地震活動の小さな地域. 符号は震源帯のさまざまな層準を示す. 19aと19b+4bは, 千島〜カムチャッカ帯と日本を指す.

$$\tau_{nt} = \frac{G}{2\pi(1-\nu)} \int_0^l \left[\frac{1}{r-s} + k(r,s) \right] \frac{du}{dr} dr \quad (2)$$

ただし, Gは臨界剪断係数, ν はポアソン比である.

いくつかの変換の結果, 時間ごとの応力-歪場を定義づける式は以下のとおり得られる.

$$\frac{G}{2\pi(1-\nu)} \int_0^l \left[\frac{1}{r-s} + k(r,s) \right] \frac{du(r,s)}{dr} dr + \frac{\mu(s)}{h} \cdot \frac{du(s,t)}{dt} = -\frac{p}{2} \sin 2\alpha \quad (3)$$

この式は, 関数 du/dt の $t=l$ を最終値としての根数での反復法を用いたコンピュータでの膨大な計算結果である.

図9は深部断層の理論モデルを示す. 大陸のブロックが海洋ブロックに対して, 断層沿いに衝上している. この断層運動は, 断層帯の異なる箇所での圧縮パターンの局所的乱れを引き起こす. 例えば, 付加的に想定される圧縮応力は, 大陸斜面で生じる. 自然界では, 鉛直変位の振幅と速度は, 現在の島弧系の形状や第四紀の鉛直変位を構成する.

9. 深部断層のシミュレーション実験

断層帯で観察されるものと同じような断層の興味深いシミュレーションは, Gutermanの研究論文(1987)で行われた. シミュレーション装置は, 明確な上部マントル層を表現する層として黒色マーカーの縞として, 「シミュレーション層」の位置を含むように設定している. モデル試料は, 格納器に入れられて, 遠心分離機にかけられた. 媒質の体積変化は, 格納器の幅からはみだす媒質を特定層準からとりだすことによって計算され

た.

ニューブリテン諸島と南千島列島の震源帯の鉛直断面が, この研究論文に例示された. 研究論文の図では, 深部断層を手にとるように見ることができる.

上述のシミュレーションは, 深部断層系として震源帯を表現のに有効であることが証明された.

10. まとめ

1) 震源帯 (様々な複雑なテクトニック様式を含む) は深部断層系の現れである, との考え方を前進させた. 震源帯は接線応力が恒常的である領域に位置し, 節面の1つであり (変位理論を参照), 大陸と海洋の構造によって生じた圧縮力によって形成された. その結果, 震源帯は, 大陸と海洋の遷移帯で発生する作用を駆動し, 応力をもたらす永続的 "エネルギー供給路" としての役割を果たす. 地球の不均一な自転系もまた, 震源帯の形成に多量のエネルギーを供給する.

2) 多くの研究者によるトモグラフィ画像 (Kamiya et al., 1989, Widiyantoro and Van der Hilst, 1997, Gorbатов et al., 2000) は, 1000km以上の深度にまで達する高速度帯が, 震源帯の直接的延長であることを示した. それらは, ある地球の伸張性造構ステージ, あるいは地球自転系の急速な変化によって, 太平洋全縁に形成されたのかもしれない. これらの超深部断層は, 特に初期段階において, さまざまな相変化を被りながらも, 地殻や上部マントルの形成に貢献する物質を供給する重いマントル物質と流体の源であった可能性がある. 震源帯物質の高速度性は, この断層に沿って上昇する高密度物質の影響による可能性も否定できない. それゆえ, 震源帯に関係する深部断層系は, より複雑な性質を持ち, より深部から重たい物質を上部

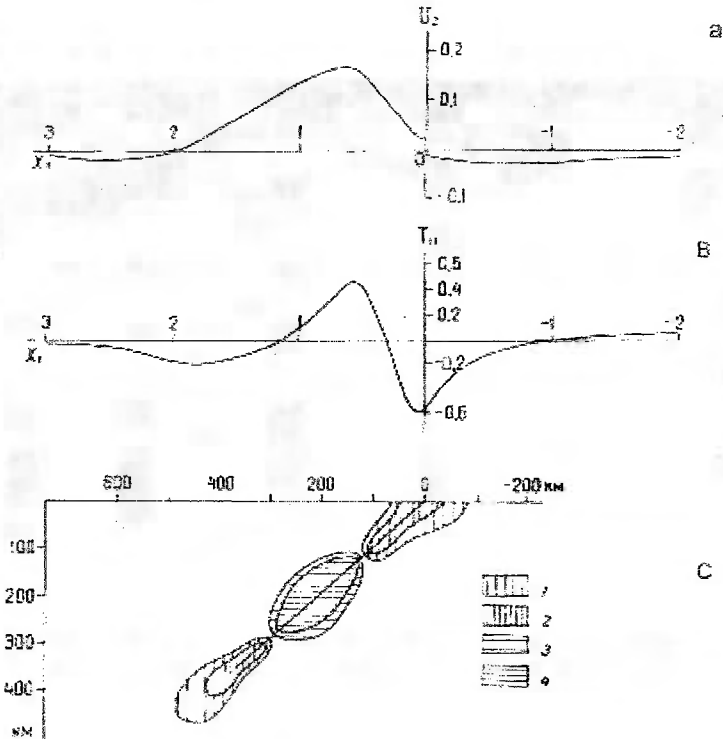


図9 深部断層の理論的モデル計算の説明図 (Demin and Zharinov, 1987). a - 鉛直変位, b - 自由境界面での水平圧縮力の変化, c - 500 万年間の計算結果による最大接線応力. 1-4 は $\tau_{max} / \tau_{max}^0$ 値, 1 - 1 ~ 1.00, 2 - 1.25 ~ 1.50, 3 - 0.7 ~ 1.00, 4 - 0.5 ~ 0.75.

マントルへ供給するチャネルとして働いているかもしれない。一方で、幅が狭い深部断層系は、エネルギーを恒常的に供給されるだろう。なぜなら、震源帯それ自身は、圧縮状態におかれる大陸と海洋の間で、永続的相互作用を引き起こす「エネルギー供給のチャネル」として働くからである。

3) リソスフェアプレートの一部は、海洋ブロック側からの永続的応力の影響によって、海溝周辺から一定深度 (100km 程度) までは、上部マントルへ沈み込んだかもしれない。しかしながら、これは、震源帯がもたらしたものに比べると、島弧の造構作用になんら重要な影響をもたらさない。得られたデータは、太平洋側からの震源帯に隣接した地域の地震波速度の高い値を検証することに留意すべきである (Tarakanov, 1970)。

文 献

AVDULOV, M.V., 1990. Fazovye prevrashcheniya i differentsuatsiya veshchestva v obolochke Zemli. (Phase transformations and differentiation of the material in the Earth's shell). *Phizika Zemli*, no. 2, p. 39-46.
 BALAKINA, L.M., 2002. Subduksiya i mehanizmy ochagov zemletryaseniy. Spornye aspekty tektoniki plit i vozmozhnye alternativy. (Subduction and earthquake focal mechanisms. Discussible aspects of plate tectonics and possible alternatives). Moscow, OIFZ RAN, p. 120-141.
 BELOUSOV, V.V., 1982. Perekhodnye zony mezhdu kontinentami i okeanami. (Continent-to ocean transition

zones). Nedra, Moscow, 52 p.
 BOLDYREV, S.A., 2002. Seismotektonika litosfery aktivnykh okrain okeana. (Seimotectonics of lithosphere of the oceanic active margins). *Dokl. Akad. Nauk*, v. 386, no. 1, p. 98-102.
 CHOI, D.R., 2003. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones. Part 5 Discussion. *NCGT Newsletter*, no. 27, p. 8-25.
 CHOI, D.R., 2004. Deep tectonic zones and structure of the Earth's interior revealed by seismic tomography. *NCGT Newsletter*, no. 30, p. 7-14.
 FILATIEV, V.P., 2002. Rotatsionnyi rezhim - kak osnova planetarnoi tektoniki. (The Earth's rotational regime as the basis of planetary tectonics). *Stroenie, geodinamika i metallogeniya okhotskogo regiona, Yuzhno-Sakhalinsk*, v.1, p. 266-267.
 GALANIN, A.V., 2001. Gipoteza pulsiruyushchei Zemli. (Hypothesis of the pulsating Earth). Vladivostok, Dalnauka, 72 p.
 GORBATOV, A., WIDIYANTORO, S., FUKAO, Y., and GORDEEV, E., 2000. Signature of remnant slabs in the North Pacific from P-wave tomography. *Geophys. J. Int.*, v. 142, no.1, p. 27-36.
 GORDIENKO, V.V., ANDREEV, A.A., BIKKENINA and others, 1992. Tektonoshera Tihookeanskoi okrainy Azii. (Tectonosphere of the Pacific margin of Asia). Vladivostok DVO RAN, 238 p.
 GORKAVY, N.N., TRAPEZNIKOV, YU.A., and FRIDMAN, A.M., 1994. O globalnoi sostavlyayushchei

- seismicheskogo protsessa i yego svyazi s nabludennymi osobennostyami vrashcheniya Zemli. (On the global component of a seismic process and its relation to the observed features of the Earth's rotation). Dokl. RAN, v. 338, no. 4, p. 525-527.
- GUTERMAN, V.G., 1987. Mekhanizmy tektogeneza (po rezultatam tektonofizicheskogo modelirovaniya). (Mekhanizmy of tectogenesis (from the results of tectonophysical modeling). Kiev: Naukova dumka, 178p.
- DEMIN, S.S., ZHARINOV, S.E., 1987. Model glubinnogo razloma v geomekhanike aktivnoi zony perehoda okean-kontinent. (A model of deep fault in geomechanics of the ocean-continent active transition zone). Dokl. Akad. Nauk SSSR, v. 297, no. 2, p. 310-313.
- JOSEPH, D.E., 1967. Investigation of method for determining stress accumulation of depth. Bull. Seism. Soc. Amer., v. 57, no. 5, p. 891-911.
- KAMIYA, Sh., MIYAMAKE, T. and HIRAHARA, K. 1989. Three-dimensional P-wave velocity structure beneath the Japanese island. Bull. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, v. 64, p. 457-485.
- KATSUMATA, K., WADA, N., KASAHARA et al., 2002. Distribution of hypocenters and focal mechanisms and around the Hidaka arc-arc collision zone revealed by a tense temporary seismic network. Bull. Earthq. Res. Inst., v. 77, p. 199-223.
- KAZANSKY, B.A., 1982. Priroda seismofokalnyh zon po periferii Tuhogo okeana s pozitsii geodinamicheskoi modeli. (Nature of seismic focal zones over the Pacific Ocean periphery from the geodynamic model positions). Seismichnost i seismostoikoe stroitelstvo na Dalnem Vostoke. Vladivostok, p. 26-27.
- KROPOTKIN, P.N., 1978. Seismichnost svyazannaya s izlomom pogruzhayushcheisya plity (subduksiei). (Seismicity related to break of the subducting lithospheric plate) (subduction). Geotektonika, no. 5, p. 3-8.
- KUNO, H., 1959. Origin of Cenozoic petrographic provinces of Japan and surrounding areas. Bull. Volcanol., Ser. 2, v. 20, p. 37-76.
- LOMTEV, V.L. and PATRIKEYEV, V.I., 1985. Struktury szhatiya v Kurilskom i Yaponskom zhelobah. (Structures of compression in the Kuril and Japanese trenches). Vladivostok: DVNTS AN SSSR, 141p.
- MELNIKOV, O.A., 2000. Problemy seismichnosti Dalnego Vostoka. OSR-97 yego rol i znachenie dlya Petropavlovskaya Kamchatskogo i oblasti. (Seismicity problems of the Far East. GSZ-97 and its role and significance for Petropavlovsk-Kamchatsky and the Kamchatka region). Petropavlovsk Kamchatskii: KOMSP GS RAN, p.255-268.
- MILANOVSKY, E.E., 1978. Nekotorye zakonomernosti tektonicheskogo razvitiya i vulkanizm Zemli v fanerozoie (problema pulsatsii i rasshireniya Zemli). (Some regularities of tectonic development and volcanism of the Earth in Phanerozoic (a problem of the Earth's pulsation and extension). Geotektonika, no. 6, p. 3-11.
- MITCHELL, A.N.G., 1973. Metallogenic belt and angle of dip Benioff zones. Nature Phys. Sci., v. 143, p. 49-52.
- MURDOCK, J., 1969. Crustal-mantle system in the Central Aleutian region - a hypothesis. Bull. Seism. Soc. America, v. 59, p. 1543-1558.
- OKANO, K., and SUETSUGU, D., 1992. Search for lower mantle high-velocity zones beneath the deepest Kuril and Mariana earthquakes. Geophys. Res. Lett., v. 19, no. 8, p. 745-748.
- PAVLENKOVA, I.N., 2002. Struktura zemnoi kory i verhnei mantii i globalnaya geotektonika. (Crustal and upper mantle structure and global geotectonics). Spornye aspekty tektoniki plit i vozmozhye alternativy. Moscow: OIFZ RAN, p. 64-83.
- PEIVE, A.V., 1961. Tektonika i magmatizm. (Tectonics and magmatism). Izv. AN SSSR, Ser. geol., no. 3, p. 36-54.
- PISKUNOV, B.N., ABDURAKHMANOV, A.I. and KIM CHOON UN, 1979. Korrelyatsiya sostav glubina i polozhenie magmaticheskikh ochagov Kurilskih vulkanov. (Composition-depth correlation and location of magmatic sources of the Kuril volcanoes). Dokl. AN SSSR, v. 244, no. 4, p. 937-940.
- RUDIK, M.I. and POPLAVSKAYA, L.N., 1987. Katalog mehanizmov ochagov silnyh ($M > 6.0$) zemletryaseniia Kurilo-Okhotskogo regiona. (A catalog of focal mechanisms of large ($M > 6.0$) earthquakes of the Kuril-Okhotsk region for 1964-1982). Yuzhno-Sakhalinsk, 212 p.
- RUDIK, M.I. and POPLAVSKAYA, L.N., 1988. Katalog mehanizmov ochagov Kurilo-Okhotskikh zemletryaseniia s $M < 6.0$, 1975-1982. (A catalog of focal mechanisms of the Kuril-Okhotsk earthquakes with $M < 6.0$ for 1975-1982). Yuzhno-sakhalinsk, 242 p.
- SIMBIREVA, I.G., FEDOTOV, S.A., and FEOFILAKTOV, V.D., 1976. Neodnorodnosti polya napryazhenii Kurilo-Kamchatskoi dugi po seismicheskim dannym. (Heterogeneity of field of stresses of the Kuril-Kamchatka arc from seismic data). Geol i geofiz., no. 1, p. 70-85.
- SOROKHTIN, O.G., 1974. Globalnaya evolutsiya Zemli. (Global evolution of the Earth). Moscow, Nauka, 182p.
- TARAKANOV, R.Z., 1997. Skorostnye osobennosti stroeniya verhnei mantii oblasti perehoda ot Aziatskogo kontinenta k Tihomu okeanu. (Velocity peculiarities of upper mantle structure of the Asia to Pacific transition zone). Yuzhno-Sakhalinsk: IMGG DVO RAN, 58p.
- TARAKANOV, R.Z., 2001. Obobshchennaya skorostnaya model zony perehoda ot Aziatskogo kontinenta k Tihomu okeanu (utochnennyi variant). (A generalized velocity model of the Asia-to-Pacific transition zone (a model version)). Khabarovsk: ITiG DVO RAN, p. 72-91.
- TARAKANOV, R.Z., and LEVY N.V., 1967. Poliastenosfericheskaya model verhnei mantii po seismologicheskim dannym. (The upper mantle polyasthenospheric model from seismological data). Dokl. AN SSSR, v. 176, no. 3, p. 571-574.
- TARAKANOV, R.Z., KIM, CHOON UN, and SUKHOMLINOVA, R.I., 1976. Osobennosti stroeniya seismofokalnyh zon Kurilo-Kamchatskogo i Yaponskogo

- regionov. (Peculiarities of focal zone structure of the Kuril-Kamchatka and Japan regions). Vladivostok: RIO DVNTS, p. 99-109.
- TRUBITSHIN, V.P., and RYKOV, V.V., 2000. Mantiinaya konvektsiya s plavaushchimi kontinentami. (Mantle convection with floating continents). Problemy globalnoi geodinamiki. Moscow, GEOS, p. 7-28.
- SHEBALIN, N.V., 1987. Seismichnost kak tektonicheskii protsess. (Seismicity as a tectonic process). Sovremennaya tektonicheskaya aktivnost Zemli i seismichnost. Moscow, Nauka, p. 22-37.
- VIKULIN, A.V., 1992. Seismichnost i vrashchenie Zemli. (Seismicity and the Earth's rotation). Vychislitelnye tekhnologii, v. 1, no. 3, p. 124-130.
- VIKULIN, A.V., BYKOV, V.G., and LUNEVA, M.N., 1998. Rotatsionnaya geodinamicheskaya model. (Rotational geodynamic model). Metody izucheniya stroeniya i monitoring litosfery, Novosibirsk, p.163-166.
- VISSER, S.W., 1936. Some remarks on the deep-focus earthquakes etc. Gerlands Beitr. Geophys., v. 48, no. 1. p. 37-45.
- VLASOV, G.M., 1976. Ostrovnye dugi i novaya globalnaya tektonika. (Island arcs and new global tectonics). Geotektonika, no. 1, p. 5-16.
- VLASOV, G.M., 1981. Znachenie paleozon Benioffa. Drevnie seismofokalnye zony. (Importance of Benioff paleozons). Vladivostok, p. 5-34.
- WADATI, K., 1927. Existence and study of deep earthquakes (in Japanese). J. Meteorol. Soc. Jap., Ser. 2, p.119-145.
- WIDIYANTORO, S., and VAN DER HILS, R., 1997. Mantle structure beneath Indonesia inferred from high-resolution tomographic imaging. Geophys. J. Int., v. 139, no. 1, p. 167-182.
- YAMANAKA, Y., MIYAMAKE, T., and HIRAHARA, K., 1992. Three-dimensional S-wave velocity structure beneath the Japan Islands - Configuration of the subducting slab. Bul. Earthq. Res. Inst. Univ. Tokyo, v. 67, p. 265-302.
- ZAVARITSKY, A.N., 1946. Nekotorye fakty kotorye nado uchityvat pri tektonicheskikh postroeniya. (Some facts to be taken into account by tectonic constructions). Uzv. AN SSSR, Ser. geol., no. 2, p. 3-12.
- ZLOBIN, T.K., 1982. Sopostaavlenie seismotektonicheskikh parametrov seismichnosti i raspredelenie gipotsentrov zemletryaseniya s glubinnym stroeniem yuga Kuril'skoi ostrovnnoi dugi. (Comparison of seismotectonic parameters of seismicity and distribution of earthquake hypocenters to deep structure of the South Kuril Island Arc). Tihookeanskaya Geologiya, no. 5, p. 100-103.
- ZLOBIN, T.K., 1986. Priroda naklona zon Benioffa i veroyatnyi mehanizm ih obrazovaniya (The nature of inclination of Benioff seismic focal zones and probable mechanism of their formation). Dokl. AN SSSR, v. 289, no. 3, p. 689-691.

プレートサブダクションは
2004年12月26日のインドネシア巨大地震の原因ではない

PLATE SUBDUCTION IS NOT THE CAUSE FOR THE GREAT INDONESIAN
EARTHQUAKE ON DECEMBER 26, 2004

Dong R. CHOI

Raax Australia Pty Ltd

6 Mann Place, Higgins, ACT 2615, Australia, E-mail: seismol@imgg.ru

(佐々木 拓郎 + 久保田 喜裕 [訳])

1. はじめに

昨年の壊滅的な地震と Boxing Day (クリスマス贈物日) のそれに伴った津波、インドネシア巨大地震の直後から、熱狂的なマスメディアと地震学者は、無垢の一般人に対して、その災害の原因を古典的なプレートサブダクション物語に注いだ。その例のいくつかは第1図で例証されている。

しかしながら、彼らの非常に派手で編集された主張にも関わらず、実際のデータはそうではないことを示している；プレートサブダクションはジャワ海溝に生じていない。この短い論文で、私はジャワ海溝を横切る音波探

査断面 (seismic profile) を考察し、インドネシア弧とその海溝域で根拠もなく主張されたプレートサブダクションに焦点をあわせて、公表された地震と地震トモグラフィに関するデータを再検討するつもりである。

2. 地震波断面の解釈

インドネシアのバリ島沖の断面原図 (広範囲の深部断面図, 第1図) は、Shell によって得られ、Beck and Lehner (1974) により一部紹介された。後に Hamilton (1979) によって、それら全体が引用されたが、解釈はされていない。

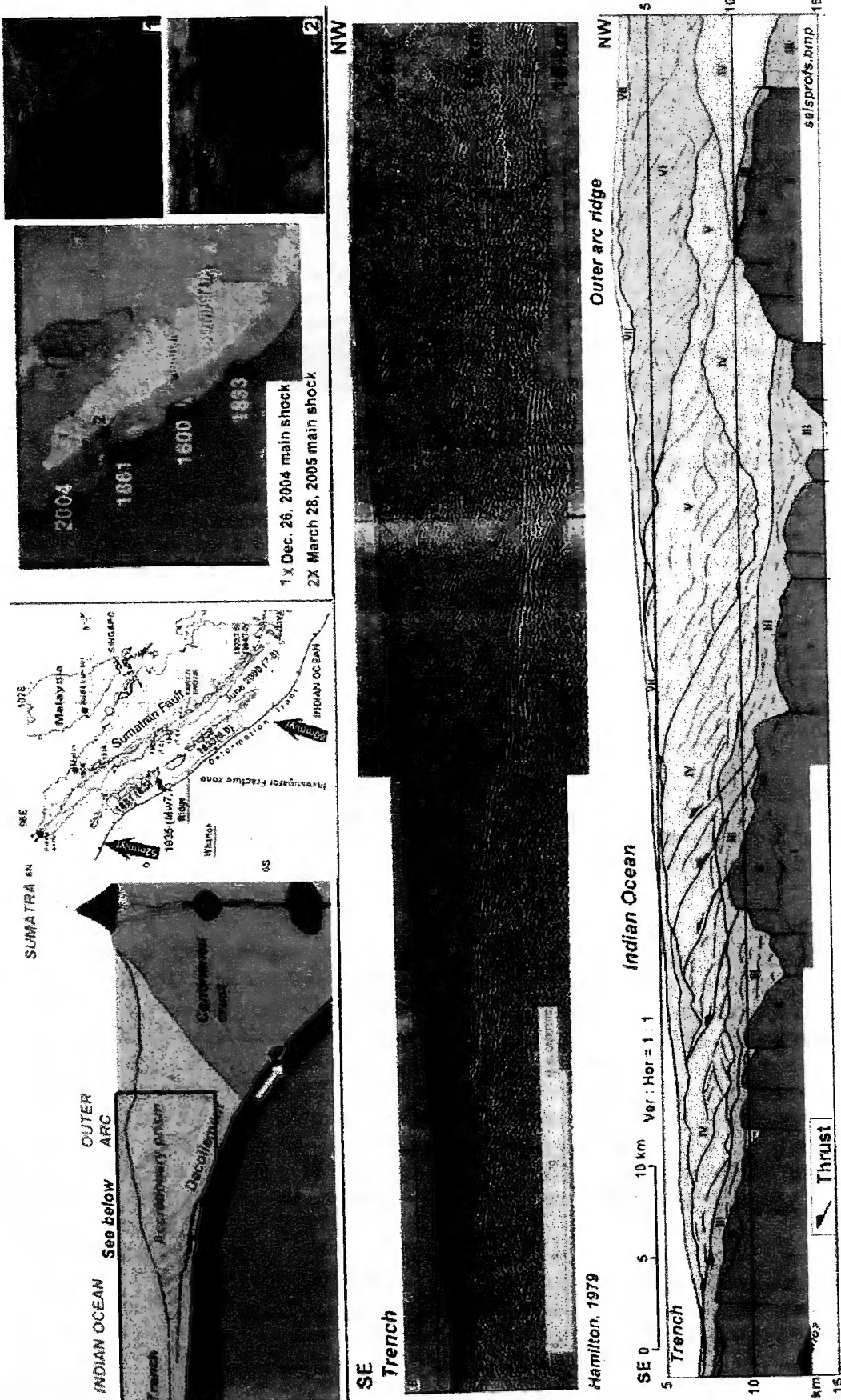


図1 上図 - Boxing Day 地震の公表されたプレートテクトニクスによる説明のいくつか；下図 - Bali 島南方の海溝から外弧を横切る地震反射法断面とその解釈。断面の位置は図2の索引図を参照。上左図は英国水文省 (2005) を簡略化した。上右図はABC 放送局 (2005) より引用のため許可を得た。Boxing Day 地震の震央が上右図では異なる位置におかれていて (2004 に記された)。正しい位置は同じ図に赤で 1x と記されている。最後の大地震 (2005 年 3 月 28 日) の震央 (赤で 2x) も示されている。Boxing Day 地震の震央が上右図では異なる位置におかれていて (2004 に記された)。正しい位置は同じ図に赤で 1x と記されている。最後の大地震 (2005 年 3 月 28 日) の震央 (赤で 2x) も示されている。上右図は ABC 放送局によって放映されたプレートサブダクションの断面であるが、このモデルは本稿で議論したように根拠がない。基礎岩の単元は断面により地塊化され、あまり乱されていない堆積層 (単元 III) によって覆われている。北西方向 (現在の陸側) への前進堆積作用は被覆層 (単元 IV ~ VI) を通してとくに顕著であるが、これらの地層の堆積時に現在の深海地域にかつて露出していた陸の存在を意味している。スラストは緩傾斜面として特徴的に現れているが、これは中部へ上部の過剰堆積物が引き起こした現象と解釈した方が良い。なぜなら、それらの下位の地層 (単元 I ~ III) には圧縮性の造構形態が見当たらないからである。同様のことは中米海溝のスラストの解釈を参照されたい。"海洋プレート" はもぐり込んでいないことは明らかである。

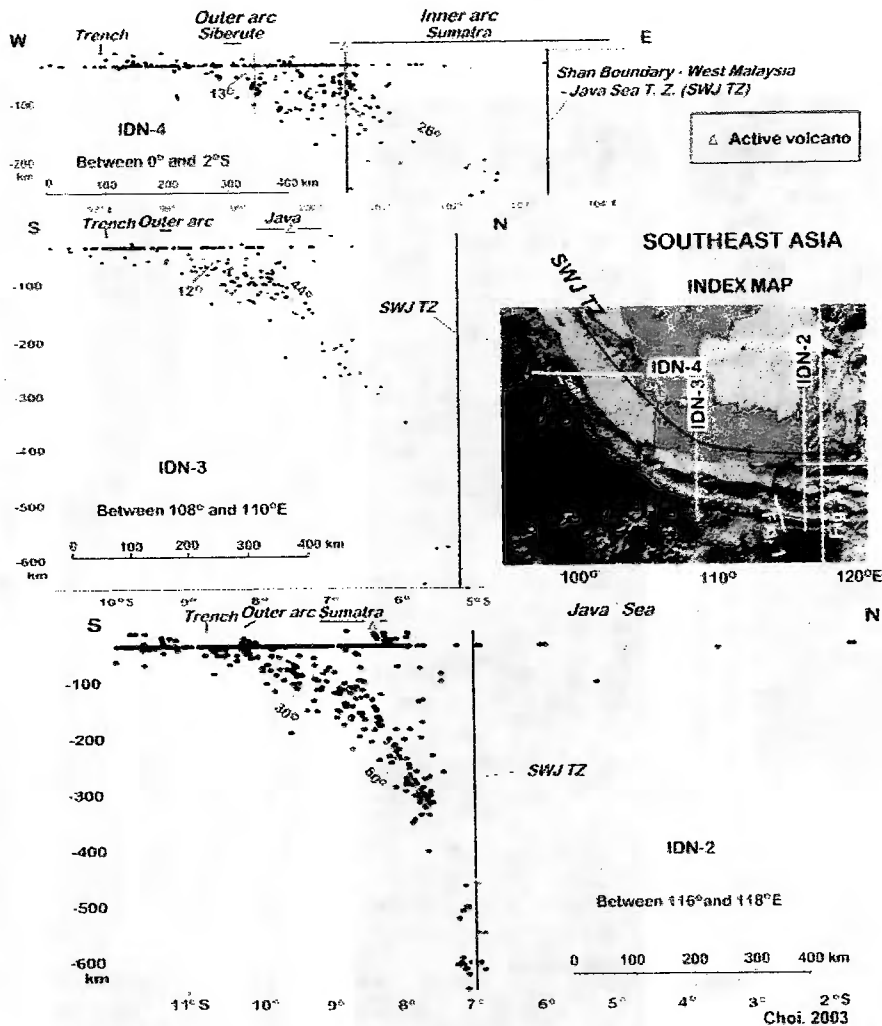


図2 インドネシア弧の震央断面図 (Choi, 2003aによる)。地震の発生がShan境界-西マレーシア-ジャワ海構造帯 (SWJ TZ) の深部構造帯に規制されていることを示している。さらに以下について注意されたい。1) 400km以深のほぼ鉛直の震発帯, 2) 海溝ではなく、外弧地域から内弧地域にかけての浅発地震の高い集中, 3) 深度約400kmでの地震の欠如ないしは空白域, 4) 北方への深発地震の減少。スマトラ地域では300km以深の地震がない (Choi, 2003)。

その断面はシーケンス層序法 (Vail et al., 1977) でうまく解釈されている。音波層単元 (acoustic unit) は7つに識別され、IからVIIに累重する。断層により地塊化された下位層の単元、IとIIは単元IIIにより埋積され、堆積後の比較的弱い構造の擾乱を示す強い反射が見られる。単元IVとVでは顕著な陸側へ向かう前進堆積作用が見られ、現在は深海で占められている南方域に、その供給源があったことを意味している。その北方への前進堆積作用は単元VIでも観測される。これも同様に、陸上露出した陸が依然として南方域に存在していたことを示している。単元VIIは現在の海洋域が沈降し始めた後に形成された堆積物である。

私が利用可能なこの地域の掘削情報が不足しているために、音波単元の年代対比をすることはできない。しかし、ジャワ海溝の音響層序と太平洋縁部 (Choi, 2000; Choi, 2003b; Smoot and Choi, 2003) との著しい類似性から、単元IとIIが先カンブリア界、ユニットIIIは古生界、ユニットIVとVは中・古生界、単元VIは中生界から古第三系、そして単元VIIは新生界に対比されると考えられる。

構造運動に関して、基盤単元は垂直地塊運動を示しているが、他の被覆単元は弱い構造運動を示している。単元IIIには擾乱がほとんど観察されないことが、とくに注目される。衝上断層は、下部斜面の単元IIIからVIIに見られる。Beck and Lehner (1974) も、これらのスラストを図示している。しかし、これらのスラストは中部から上部斜面に過剰堆積した堆積物によるものと考えた方がよく、インドプレートのサブダクションによって引きおこされたものではない：優勢な引張応力域を示す (圧縮ではない) 断層により地塊化された基盤単元 (IとII) とがみられる。よく成層し、ほとんど乱されていない単元IIIはプレートサブダクションに反する決定的な証拠である。環太平洋における陸側海溝斜面のスラストのほとんどは、同様のメカニズムで発生してきたと考えられる (Choi, 1987; Smoot and Choi, 2003; 第5図に示される中央アメリカ海溝の場合も参照せよ)。おそらく古生代の初期から中期にかけて、この地域は単元IIIの堆積の後に比較的安定して残存していたように見える。この地域は現代のインド洋の形成をもたらした広域的で穏やかな鉛直運動によって特徴づけられる。この地域の構造的安

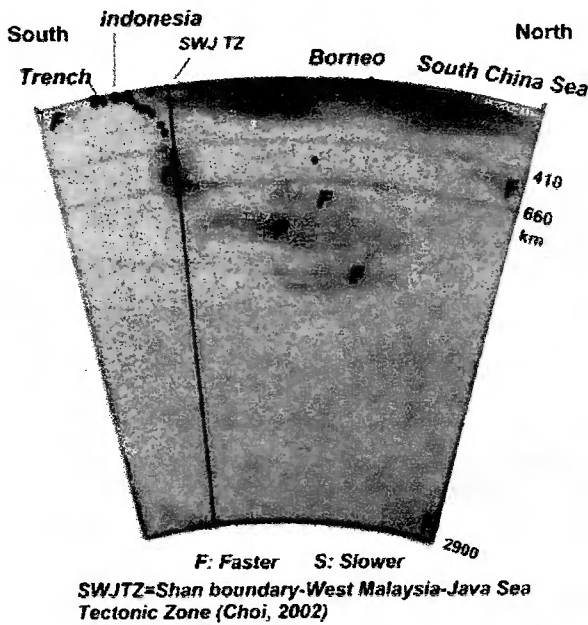


図3 深尾ほか (2001) によるインドネシア弧-ボルネオ-南シナ海をN-S方向に横断する地震トモグラフィ断面。大規模深部構造帯 SWJ TZ (Choi, 2002) を加筆。位置は図2の索引図を参照。速度の速いマンツルスラブはジャワ海溝とインドネシア弧の直下では見当たらない。それは400~700kmだけに現れているが、700km以深では水平になっている。鉛直の冷たいスラブは明らかに深部構造帯に関係している。さらに詳細な議論はChoi (2004) を参照。プレートサブダクションは、この断面からは否定される。

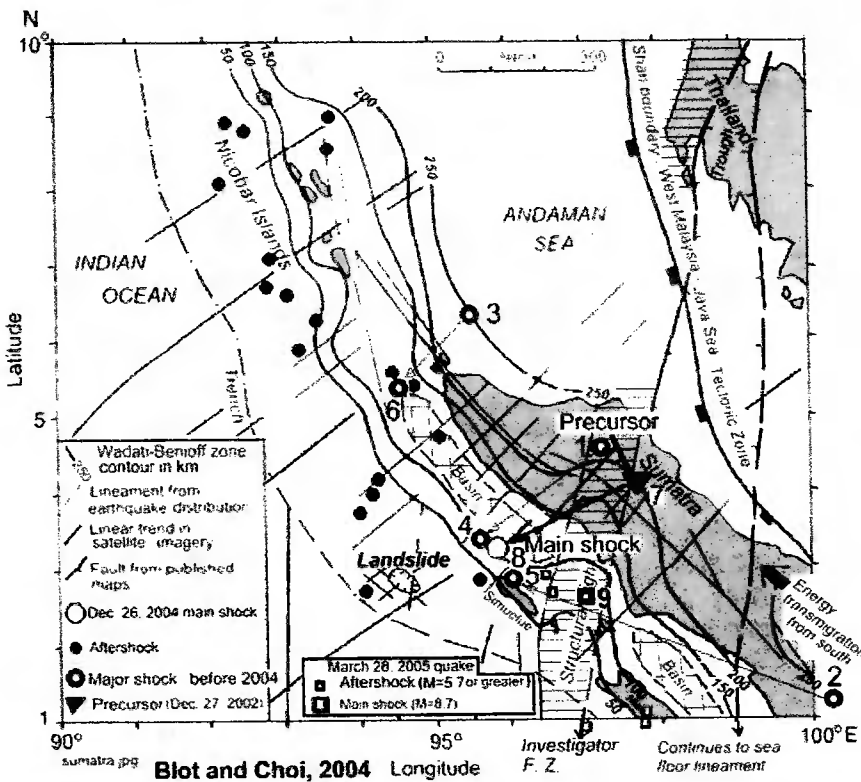


図4 北部スマトラと沖合い地域の広域構造図。Blot & Choi (2004) による。Boxing Day震災後に英国水文省 (2005) によって作成された海洋底地形から認定された海底地すべりといくつかの線状方向が加えられている。陸から海洋へのリニアメントの連続に注意；それらの最も重要な意義は、北スマトラのN-S方向の構造的高まりとそれに並走する断層である。それらは、図1の上右図に示される Investigator 断裂帯を含む海洋底リニアメントに連続している。

定性は、南のオーストラリア大陸に近接していることに関連するのだろう。広域的な層序と構造運動に関する研究がさらに必要である。ここで検討された地震断面は、何らプレートサブダクションを示さない。

3. 地震、地震トモグラフィ断面および広域地質構造

前著のひとつ (Choi, 2003a) で、私は深部構造帯に関連して、インドネシアの地震断面について検討した。深発地震 (300km ないしはそれ以深) は東インドネシア弧 (ジャワ海地域) に関係し、震源帯の全体像は大規模深部構造帯に規制されている；Shan 境界-西マレーシア-ジャワ海構造帯 (SWJ 構造帯；図2・図4)。浅発地震は、海溝から150~200km程離れた非火山性地性外弧の下で最も顕

著に発生している。Boxing Day 本震も外弧の下で生じた (これを図1の上段右図と比べよ、そこでは震央は誤って海溝の下におかれた)。スマトラ地域は深発地震がない (300km ないしはそれ以深；図2；Blot & Choi, 2004 の図8も参照せよ)。その地域の全ての地震データ (図2)、すなわち- 1) 北部スマトラにおける深発地震の欠如と東インドネシア弧における約400kmにわたる地震空白域、2) 海溝ではなく外弧の下で生じている Boxing Day 本震の震央、3) 海溝下ではなく、非火山性外弧の下に集中する浅発地震、そして、4) 深部構造帯に明瞭に規制される震源帯の一般的形態-これらは、図1のプレートテクトニクスモデルの主張にも関わらず、想定された西スマトラのプレートサブダクションをきっぱりと否定した。その地域のプレートサブダクションを強く否定す

るもう一つの根拠は地震トモグラフィー画像にみられる (図3). 伝えられている沈み込む海洋プレート, あいは“冷たいスラブ”は海溝や島弧の下には存在しない.“冷たいスラブ”は, 深度400kmになって初めて, ほぼ鉛直の形態をとりながら, SWJ構造帯に明瞭に沿って, 出現し始める. さらに, その上部には, “もぐり込んだスラブ”は水平・鉛直とも700km下でほぼ水平になる. この深さ600~700km下のほぼ水平の“冷たいスラブ”は, 太平洋縁における“サブダクション帯”全体に一般的に観察される (Choi, 2004). このトモグラフィー画像だけでもサブダクションモデルを葬り去るに十分である.

上述のほか, 我々はすでに, インドネシアを含む南アジアにおいて, 海洋底から島弧を通り, 大陸に連続する大規模な構造方向について述べてきた (Choi, 2002; Blot & Choi, 2004). 図4に示されたように, Investigator断層帯 (図1参照) は明らかに, インドネシアとマレーシアをN-S断層帯で連結している. 地質/構造図に現され, 衛星画像で識別された大規模な線状方向もまた大陸から海洋底へ連続する. これは, 太平洋の縁辺域を通じて普遍的な現象である (Choi, 1998; Smoot & Choi, 2003).

4. 議論

前項で議論したように, 反射断面, 地震トモグラフィー, 震央分布と広域地質から, 大規模な地殻の水平運動やプレートサブダクションは, Boxing Day地震においては, 一抹の可能性からも完全に除外される.

北スマトラ島の構造図 (図4, Blot & Choi, 2004) には, 英国水文省 2005年9月発行の地震後の海底地形データの新しい情報が掲載されている. 新しく得られた海底の画像は, 北スマトラ島沖の地すべりの痕跡を鮮明に映し出している. その画像はまた, 我々が以前に衛星画像から抽出したもの (Blot & Choi, 2004; 図4) と調和的な非常に多くのNE-SWとNW-SE方向の断層系を示している. 本震がきっかけとなった地すべりのなかのあるものは津波を引き起こした可能性がある. 前震, 本震, 大規模海底地すべりが全て大規模なNE-SW断層系に沿って直線状に並ぶことに気づくが, これはきわめて興味深いことである. 同様の事実は, 2005年3月28日にNias島付近でおきた最も最近の巨大地震でも観察されている (図1・図4): 本震と余震は大規模なN-S断層帯とリッジ上-外弧とN-Sの高まり (図4参照) ーに沿って発生していることは明らかである. これらの事実は, 断層帯に沿って発生した地震エネルギーの移動と地殻変動がBoxing Day地震とそれに伴う津波の主要な要因であることを示唆している.

ABCテレビ局のレポートによれば, カリフォルニア技術研究所のKerry Sieh博士は, 地震発生の直前に, インドネシアの権威者達に差し迫った地震を警告したという (ABCテレビ局, 2005). 彼の主張の根拠は膨大なGPS観測結果で捕捉された諸島の水平運動によるものであった. 私は彼の地震警告に対する科学的根拠に興味

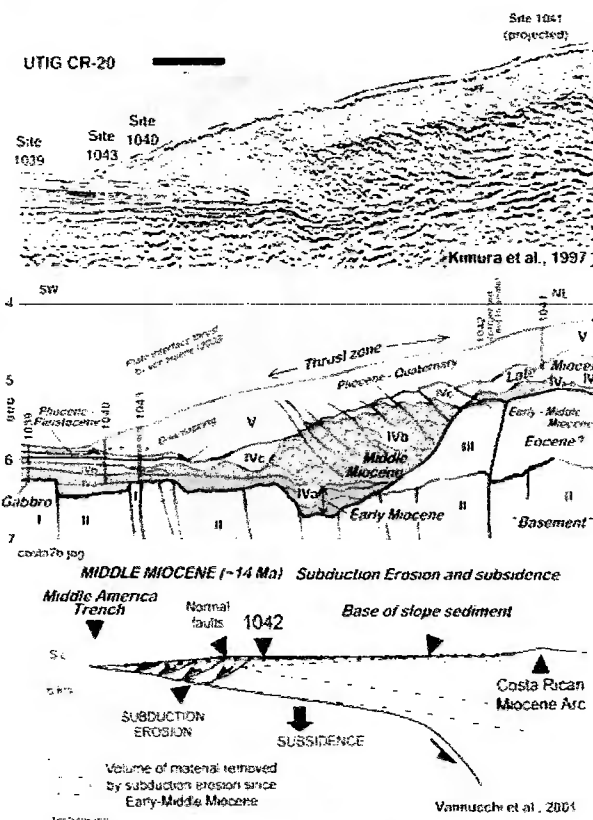


図5 中米海溝断面 (上図) と私の解釈 (中段), Vannucchi ほか (2001) (下図) による解釈. Choi (2003) による. プレートテクトニクス支持者と私による全く同じ断面の全く違う解釈に注意. “構造侵食”は, 実際の地質断面と対峙するこのきわめて概念的で思案的な断面をもとに提案されたのである. 下部斜面のスラストは, もぐり込む“海洋プレート”によって生じたのではなく, 上部斜面の過剰堆積物によって形成されたことは明らかである. 海溝付近の下部斜面でのスラストのこの解釈は, 本論で議論したインドネシアだけでなく, 太平洋縁辺部におけるほかの多くの大陸斜面や海溝にも適応できる.

を持っているが, とくに, GPSの解像度が, 少なくともSmootの論文が公表された2001年までは, mm単位ではなく, 数mであるといわれていることによる. もし, Bockほか (2003) のインドネシア地域のGPS総合測定と同様に, Siehのデータが科学的に筋の通ったものであるならば, GPSは, 他の手法とともに用いることによって, 将来の巨大地震の予測に対して強力なツールのひとつとして利用することができる. GPSデータの解釈は, 本号のNCGTニュースレター論文p. 39に簡単に紹介されているDubey (2004) の視点に鑑みて, 再検討される必要もある.

次の疑問はこうである; インドネシア諸島で普通でないスケールの応力の蓄積がどこから来るのか. 私は, その手がかりはインドネシアの島弧・海溝地域に沿って近年の非常に活発な鉛直変動に求めるべきと信じているが, それは隆起や埋没している現世のサンゴ礁によって確かなものとされてきた (ABCテレビ局, 2005).

この点について, Boxing Day地震の前震・本震・余震の分布パターンは示唆に富んでいる (図4): 前震は内陸の火山弧で, 本震は外弧で, 余震はほとんど大

陸斜面に集中して発生した。この事実は、本震の破壊が生じたリッジに沿う応力の蓄積(圧縮)と大陸斜面での応力開放(引張)はきわめて関連していることを示しているように見える。これは太平洋の縁辺部で観察された現象—深い海溝, 高い山地, 高レベルの地震活動が本質的に互いに関連しあっていること(Choi, 2003a)—と調和的である。鮮新—更新世の太平洋の海溝の急速な沈降がVassiliev & Choi (2001)とRezanov (2003)によって指摘された。鮮新—更新世における島弧を含む山脈の顕著な隆起は、過去数百万年間をネオテクトニクス期と名付けたOllier & Pain (2001)によって主張された。インドネシアの島弧と海溝における上記の観察は、Anfiloff (1992)による基盤リッジテクトニクスを支持している。それは世界規模の基盤リッジのネットワークが、冷却する地球の表層に生じた圧縮力を伝えるというものである。Blot (1976)によるこの“地震エネルギーの伝播概念”はきわめて重要である。それは前震と本震を関連付け、壊滅的な地震と火山噴火を正確に予測することになる(Blotほか, 2003; Blot & Choi, 2004)。これまで、この概念は地震予知に唯一科学的に試され、証明された手法である。さらに多くの注目がBlotの概念に払われなければならない。

社会と人間の生命に壊滅的な打撃を与える地震を考える際、地震学者と地球科学者の責任は憂慮される。我々は科学的に筋の通った予知方法を見つけなければならない。この目的にとって、地震のメカニズムの正しい理解がとくに必須である。科学的な仮説は事実にもとづいて厳密に試されなければならない;もし実際のデータに支持されないならば、それらは捨て去られなければならない。ここに、私は、図5に示されるような誤った箇所に根拠をおいたプレートテクトニクスの常道を逸した形態、“構造侵食”の破滅を思いだしたい。同様のことがインドネシアのテクトニクス/地震のメカニズムに関する支配的な解釈にも現れている。科学における誠実さと地球科学者の真実性が問われている。

謝辞 Emma Jones氏(英国海軍およびCARISの水路部)ならびにHoward Sacre氏(オーストラリアABCテレビのプロデューサー)から、氏らの図面を図1へ引用することを許可いただいた。御礼申し上げます。

文献

- ABC Television, 2005. Video and transcript - Nexttsunami. Feb. 13, 2005, "60 minutes". Reported by Richard Carleton and produced by Howard Sacre.
- ANFILOFF, V., 1992. The tectonic framework of Australia. In, Chatterjee, S. and Hotton, N. III (eds.), "New Concepts in Global Tectonics", p. 75-109. Texas Tech Univ. Press, Lubbock.
- BECK, R. H., and LEHNER, P., 1974. Ocean, new frontier in exploration. Amer. Assoc. Petrol. Geol. Bull., v. 58, p. 376-395.
- BLOT, C., and CHOI, D.R., 2004. Recent devastating earthquakes in Japan and Indonesia viewed from the seismic energy transmigration concept. NCGT Newsletter, no. 33, p. 3-12.
- BOCK, Y. and others, 2003. Crustal motion in Indonesia from global positioning system measurements. Jour. Geophys. Res., v. 108, no. B8, 2367, doi:10.1029/2001JB000324.
- CHOI, D.R., 1987. Continental crust under the northwestern Pacific. Jour. Petroleum Geology, v. 10, p. 425-440.
- CHOI, D.R., 1998. Geology of the South Pacific. Part 1, Submarine ridges and basins tied to the South American Precambrian Shield. NCGT Newsletter, no. 7, p.11-15.
- CHOI, D. R., 2000. Subduction does not exist -from seismic data interpretation. NCGT Newsletter, no. 15, p. 9-14.
- CHOI, D.R., 2002. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones. Part 3 Southeast Asia. NCGT Newsletter, no. 25, p. 9-21.
- CHOI, D.R., 2003a. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones. Part 5 Discussion. NCGT Newsletter, no. 27, p. 8-25.
- CHOI, D.R., 2003b. Comment on tectonic erosion in the Middle America Trench. NCGT Newsletter, no. 28, p.7-9.
- CHOI, D.R., 2004. Deep tectonic zones and structure of the Earth's interior revealed by seismic tomography. NCGT Newsletter, no. 30, p. 7-14.
- FUKAO, Y., WIDIYANTORO, S., and OBAYASHI, M., 2002. Stagnant slabs in the upper and lower mantle transition region. Reviews of Geophysics, v. 39, p. 191-323.
- HAMILTON, W., 1979. Tectonics of the Indonesian region. Geological Survey Professional Paper 1078, US Government Printing Office.
- KIMURA, G., SILVER, E.A., BLUMP, P., et al., 1997. Proceedings of Ocean Drilling Program, Initial Reports, v. 170. College Station, TX (Ocean Drilling Program).
- REZANOV, I.A., 2003. Subduction fails to check out. NCGT Newsletter, no. 27, p. 28-31.
- SMOOT, N. C., 2001. Fingernails, GPS, and Pacific Basin closure. NCGT Newsletter, no. 21, p. 24-25.
- SMOOT, N.C., and CHOI, D.R., 2003. North Pacific megatrend. Intern. Geology Review, v. 45, p. 346-370.
- UNITED KINGDOM HYDROGRAPHIC OFFICE, 2005. International Press and Media Briefing. Wednesday 9 February, 2005. www.ukho.gov.uk
- VAIL, P. R., MITCHUM, R. M. Jr., and THOMPSON, S., III., 1977. Seismic stratigraphy and global change of sea level. In Payton, E. E. (ed.), "Seismic stratigraphy -application to hydrocarbon exploration". Amer. Assoc. Petrol. Geol. Memoir 26, p. 83-97.
- VANNUCCHI, P., SCHOLL, D.W., MESCHÉDE, M. and McDOUGAL-REID, k., 2001. Tectonic erosion and consequent collapse of the Pacific margin of Costa Rica: combined implications from ODP Leg 170, seismic offshore data, and regional geology of the Nicoya Peninsula. Tectonics, v. 20, p. 649-668.
- VASSILIEV, B.I., and CHOI, D.R., 2001. Geology of trenches and island arcs in the Pacific Ocean. Vladivostok, Dalnauka, 183p. (in Russian with English abstract)

スマトラからの地震パターン

EARTHQUAKE PATTERNS FROM SUMATRA

Peter M. JAMES

PO Box 95, Dunalley, Tasmania 7177, Australia

(矢野 孝雄 [訳])

まえがき

スマトラ北西部で起こった最近の大地震は、人々の心のなかに、このような事象の予知が可能か否かという疑問をふたたびよびさました。この新概念ニュースレターの12月号で、Claude Blot and Dong Choi 論文 (1) が予知の可能性を示す比較的多くの証拠を示した。この大地震の先駆的地震は、スマトラ島下で250km超の深度まで傾斜しているベニオフ帯でちょうど発生した。

このような予知が可能になった歴史を簡単にふりかえっておくことは、意味のあることである。Claude Blot の地震および噴火予知に関する研究は、1960年代に南西太平洋で行なわれた。この研究は、最近までほとんど知られることがなかった。かつてのソロモン群島政府の地質家であり、Blot のかつての共同研究者であった John Grover の著書 (2) が出版されなければ、おそらく掘り出されることもなかっただろう。この著書は Blot の方法を詳述し、また、適時警鐘によって多くの生命を救うことになった氏による予知の成功を列挙している。科学の他の分野であれば、このような先駆的業績はノーベル賞候補になり、賞讃されたかもしれない。Blot の場合は、フランス政府から、火山も地震もない西アフリカへの転勤という方法で、賞讃された。これについては、さらに次のようなことがあった。John Grover の著書そのものも、主要出版社の関心をひかなかったのであろう。この著書は、小さなクイーンズランド出版社から刊行され、私がそれを、ニュースレター no. 26 (2003年3月) に紹介した次第である。幸運にも、Dong Choi の著書で注目され、さらに Dong Choi と Claude Blot との共同研究にひきつがれ、新概念ニュースレターの共著論文の課題となった。

上述した研究史において、私は予知の正確さについていくつかの条件をつけたが、ここではいくつかの修正を行ないたい。

地震パターン

数年前に、別の目的で私はスマトラを横切る地帯 (3° S ~ 3° N の範囲) に発生した1973 ~ 2001年の地震リストをNEICから入手したことがある。これは、今回の震源から北へそれほど離れていない。入手したデータは、地震発生にみられるなんらかのパターンを見いだすのに十分なものであると考えられた。この記録は、

M5以上の地震に限られている。

南西太平洋におけるBlotによるもともとの研究は、地震活動が深部から上方へ進行することを示すものである。これに、Blotは地震エネルギー伝播 (seismic energy transmigration) と命名し、伝播速度は深さによって次のように変化するとした。

深度 600km	2.6km/日
深度 200km	0.9km/日
深度 100km	0.5km/日
深度 33km	0.15km/日

スマトラで記録された最深の地震は、約250kmの深さのものである。したがって、エネルギー伝播がここへ適用されるとすると、0.5 ~ 0.9km/日の間のいずれかの平均速度が適当であろう。ここでは基本的に破壊的地震の予知について考えるので、M6.0以上の浅発地震が考察の対象として選ばれた。それらは、表1に示される。

表1には、上述した期間における発生地震がまとめられている。震源深度の等深線が描かれ、スマトラ島下で傾斜するベニオフ帯が明瞭に示されている。ちなみに、傾斜角は上部では40°よりもわずかに小さく、深部ではわずかに大きい。浅発地震は、非火山性のスマトラ島西海岸の沖合いにならぶ島々を結ぶ線に沿って発生する傾向にある。M6以上のすべての地震について先駆地震がチェックされ、ベニオフ帯の傾斜線の合理的近傍に配列する比較的深度の地震が有意な先駆的地震であると解釈された。すなわち、エネルギー伝播はおもには上方へ向かうものと想定されたが、しばしば、いくぶんかの側方移動が認められる場合もある。

これらすべての浅発大地震の時間-深度関係が、図2に示される。例外なく、すべての主要浅発地震には先駆地震が認識される。これらは、大規模な浅発地震に先行して、水平距離で100km以下の範囲に深部地震が発生していることでもって認定された。伝播速度は、個々に鉛直および水平成分から見積もられ、図示された。もともとのBlotの観測で予測されたとおりの、0.6 ~ 0.7km/日に集中する速度が得られた。したがって、深度約130kmのベニオフ帯で地震が発生すると、約200 ~ 230日後には傾斜方向のすぐ上方の深度約30kmで大規模浅発地震すると予測されるだろう。もちろん、エ

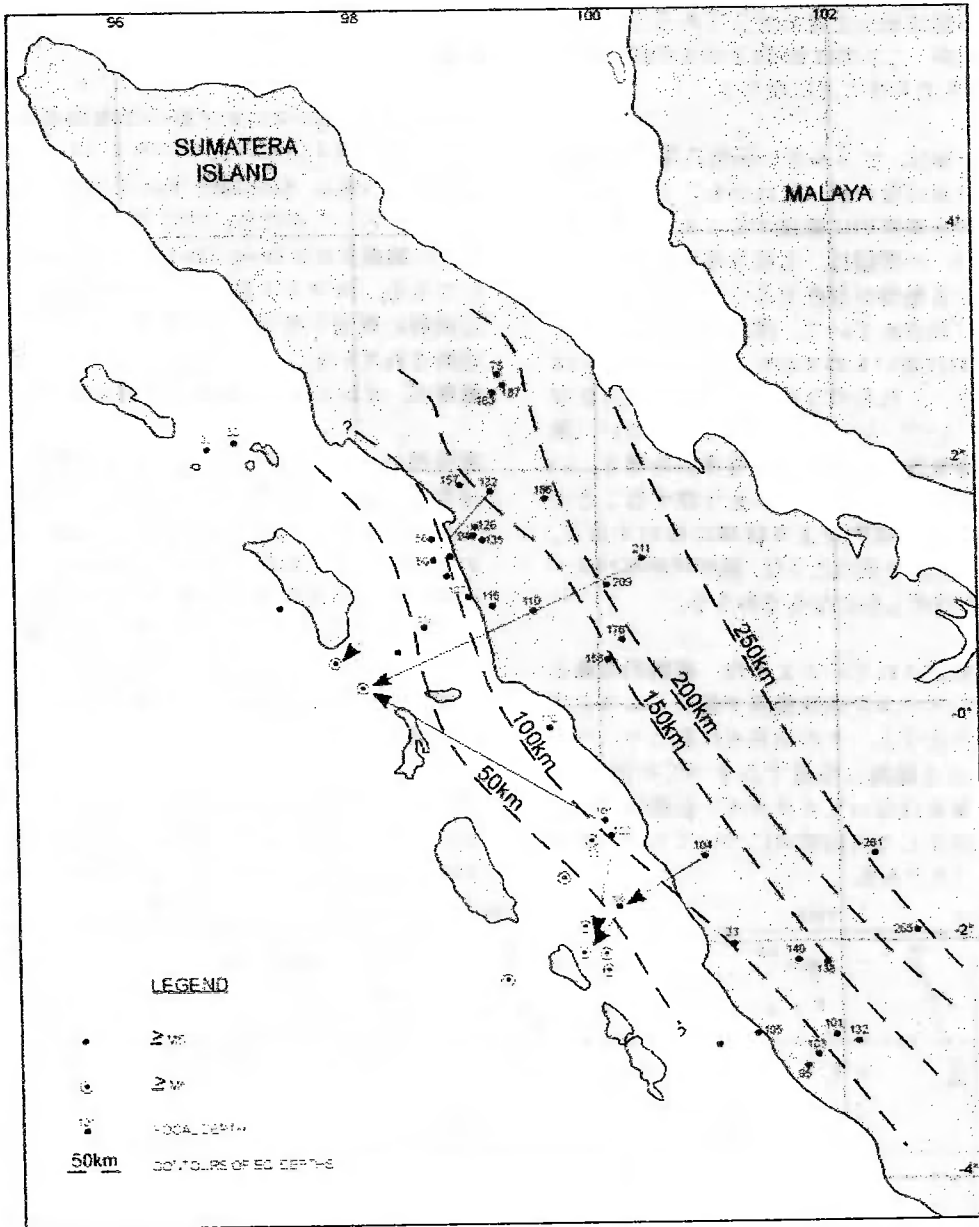


Figure 1
Earthquakes ($\geq M5$), lat $3^\circ S$ to $3^\circ N$, 1974-2001

図1 1974～2001年に南緯 3° ～北緯 3° で発生したM5以上の地震

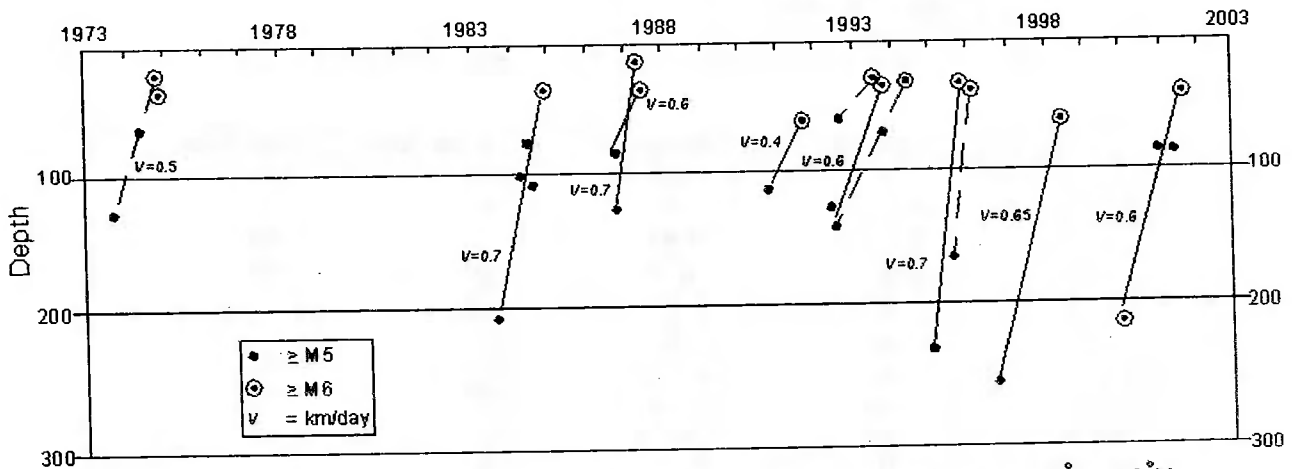


Figure 2 : Time-Depth Plots Major Shallow Earthquakes Lat $3^\circ S$ to $3^\circ N$

図2 南緯 3° ～北緯 3° における主要浅発地震の時間-深度関係図

エネルギーの側方移動は発生を遅らせるであろうが、なんらかの中規模地震—ここではM5以下のものに限る—がよりよい精度をもたらすことになる。

上述した簡単な計算は、エネルギー伝播に関するBlotモデルの精度には及ばないが、それがもたらすものはエネルギー伝播様式を実質的に確認することである。この計算における唯一の問題は、主要な浅発地震よりもより深部で発生する地震が存在することである。これらはすべて図3に示されていて、深部地震のほとんどはM5あるいはそれに近いものであり、M6以上のものは1つだけであった。これらのうちのいくつかは大きな浅発地震を伴っていて、いくつかは伴っていない。困難なのは、どの深発地震が大きな浅発地震を導き、いずれが中深度地震だけでおわるのかを予測することである。おそらく、この課題をより詳細に検討すると、他の近隣の地震の追加効果のような、識別可能なパターンが存在することが明らかになるであろう。

太平洋について整備されているような、破壊的地震と津波の早期警戒システムを地球規模で創設しようとする政治的主張が存在する。その出発点にあたり、ベニオフ帯が認定される範囲に位置するすべての国々は、上述のような計算を行なってエネルギー伝播速度を解明し、破壊的地震そして火山噴火についても予知体制の整備を支援すべきである。

補遺

スマトラ島下のベニオフ帯の効果的基盤 (effective base) は、図4に示されているように、シャン高原縁辺断層帯 (Shan Boundary Fault zone) のすこし西側に位置する。この図は、2003年6月発行のニュースレターに掲載されたDong Choi論文(3)から引用したものである。スマトラ島のベニオフ帯は、シャン高原縁辺断層に直交する未命名の断層によって、島の南端で切断されている。この断層を越えると、非常に深い地震帯が、インドネシア群島に平行して延びていく。

興味深いことからの1つは、クラカトア火山が、深発地震帯西端のすぐ沖合に、この未命名の断層に隣接して存在することである。ここは、断層による地下水流の集中にたとえられるのかもしれない。すなわち、大深度からのエネルギー伝播がこの未命名の断層帯の線に沿って集中し、クラカトア火山で合流するのかもしれない。これは、翻って、この未命名の断層線が著しく深く、そして恐らくは、きわめて古い構造であることを意味する。

興味深いことの第2は、深発地震帯は、その全延長にわたって、古期 (古生代および中生代) の大陸型地殻の縁辺付近に沿っていることである。同様な状況は、

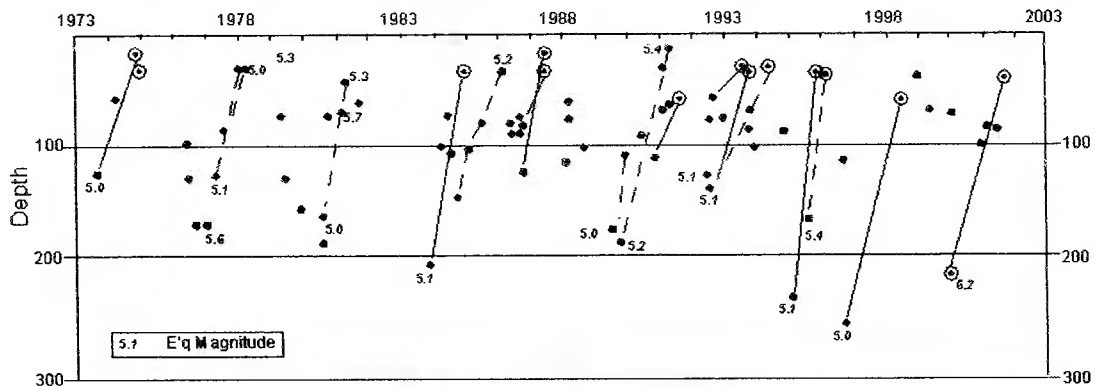


Figure 3 : Time-Depth Plots All Deep Earthquakes

図3 すべての深部地震の時間-深度関係図

表1 注:1984年11月17日および1994年5月11日の地震は、多重大地震であった。

Date (d/m/yr)	Latitude	Longitude	Depth (km)	Magnitude
4/12/74	0.39	97.84	20	6.9
17/11/84	0.20	98.00	33	7.4
25/4/87	2.24	98.87	11	6.6
18/5/87	-2.23	100.03	33	6.0
2/7/91	-1.07	99.84	53	6.2
4/8/93	-1.63	99.61	31	6.5
1/9/93	2.99	96.12	34	6.3
11/5/94	-2.00	99.75	25	6.5
6/10/95	-2.05	101.44	33	7.1
8/11/95	1.83	95.05	33	7.1
1/4/98	-0.54	99.26	55	7.0
18/5/01	0.41	97.78	33	5.9

Note: Events on 17/11/84 and 11/5/94 were multiple large earthquakes

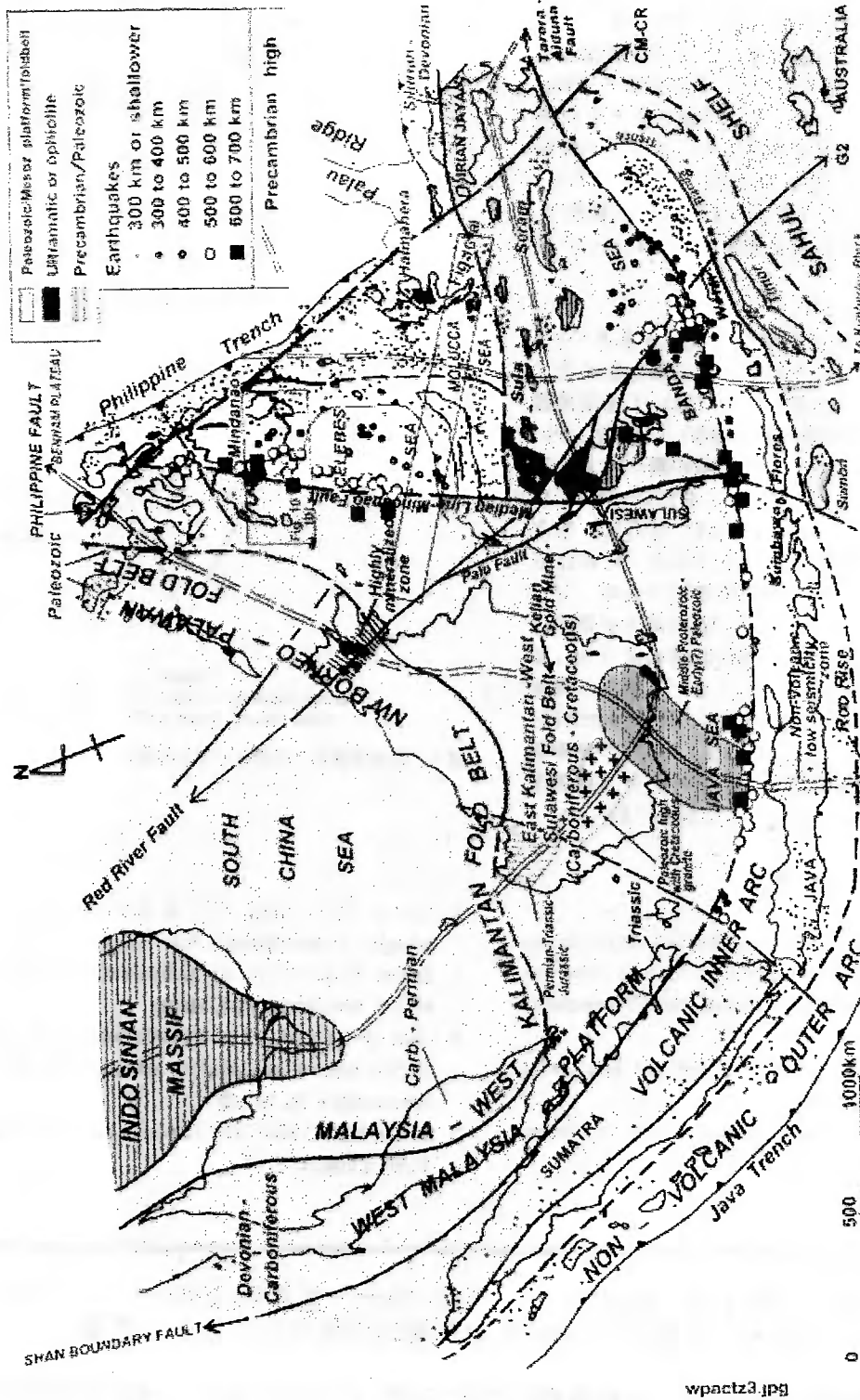


図 4 東南アジアにおける地震分布と主要構造：先アポノン紀および中生代 - 古生代の構造を強調 (Choi, 2002 から引用)

スラウェシ島からミンダナオ島において北へ延びる深発地震帯にも認められる。これは、深発地震帯と海溝との間の不思議な関係という現象をもたらす。数10年間にわたって、これは沈み込みによって説明されてきた。この概念は、移動論という教義を支持するすべての漂移論者の心をとらえている。この概念にとって不幸なことは、海溝と深発地震帯とがかならずしも平行ではなく、これは、沈み込みつつあると主張されるいかなるスラブにも大きな困難をもたらすであろう。さらに、これらの海溝に集積した堆積物にも問題がある。

これらの堆積物は、みるからに、擾乱されることなく水平に成層していて、それらの年代は第三紀前半にまでさかのぼる場合も多い。これも、これらの堆積物が下方へ吸い込まれつつあるとの主張をいくぶんたりとも挫くものであろう。最後に、沈み込みは、これらの地層をはじめ、いずれにおいても、事象をもたらすことがなかったことがはっきりと確信される (4)。

地震エネルギー伝播の視点からものごとをみると、深発地震帯と海溝との関連性についてのいかなる考え方

も全く根拠のないものであることが明白になってきた (図 5)。深発地震はマントルから揮発物質が逸失ことによってひきおこされ、700km～約500kmの間の深度帯に水圧破碎帯を形成するのであろう。次の500～350km深度帯では大地震が少ないが、そこで起こることは推測されていない。その上方でエネルギーは既存の断裂帯もしくはベニオフ帯を通して表層にまで達するが、海溝の存在とは全くかわりをもっていない。著者は、この過程に関するいくつかの考え方を既刊のニュースレター (5) で報告した。

海溝と深発地震帯との間に明瞭な随判性があるのは、なぜだろうか？ 私たちは予知について関心をよせていて、私は、両者が地殻の接合状態 (厚い大陸型地殻 / リソスフェアと薄い海洋型地殻の接合) に関連していると主張したい。これらの2つの環境の間には大きな違いがあることは、地震トモグラフィを用いて Choi が指摘したところである (6)。それには、さらに、もうひとつの理由がある。海溝はリフトであり、それは引張条件において必然的に形成される構造である。ジオイドテクトニクス研究 (7) から導かれる最大引張応力にしたがえば、引張性断裂は、海洋環境のような、地殻が薄い場所においてのみ発生しうる。太平洋の周縁や地中海にみられる海溝と深発地震帯の組み合わせは、地殻が水でおおわれているか否かという現在の判断基準よりも、むしろ、大陸性および海洋性という地殻環境の真の境界を定義するために有用な基準であろう。

文 献

1 Blot, C. & Choi, D.R. (2004). Recent devastating earthquakes in Japan and Indonesia viewed from the seismic energy transmigration concept. NCGT Newsletter # 33, December
 2 Grover, J.C. (1998). Volcanic Eruptions and Great Earthquakes. Copyright Publ., Brisbane
 3 Choi, D.R. (2002). Deep earthquakes and deep structures, Part 3. NCGT Newsletter #25, June

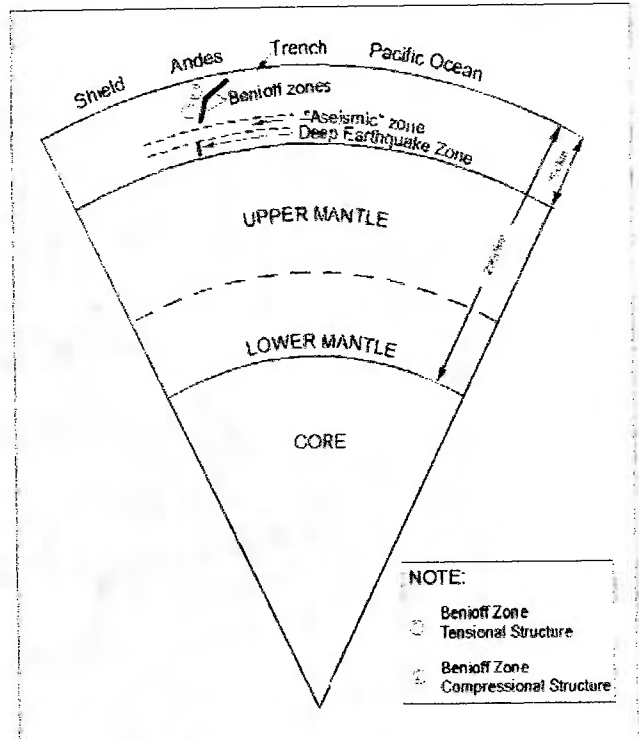


Figure 5
 Section Showing Realistic Relationship Between
 Deep Seismic Zones & Oceanic Trenches

図 5 深発地震帯と海溝との現実的關係を示した断面図

4 Smoot, N.C., Choi, D.R. & Bhat, M.I. (2001). Active Margin Geomorphology. Xlibris Corp., USA
 5 James, P.M. (2003). An analysis of earthquake patterns. NCGT Newsletter # 26, March
 6 Choi, D.R. (2003). Deep tectonic zones and structure of the Earth's interior revealed by seismic tomography. NCGT Newsletter # 30, March.
 7 James, P.M. (1994). The Tectonics of Geoid Change. Polar Publ., Calgary.

スマトラ地震 (北緯 3.3°, 東経 95.8°, 深度 10km, 世界時 2004 年 12 月 26 日, マグニチュード 9.0) における地軸変位の地球動学的な意義

THE GEODYNAMIC SIGNIFICANCE OF THE EARTH AXIS DISPLACEMENT DURING THE SUMATRA EARTHQUAKE (Lat=3.3°N, Lon=95.8°E, H=10km, TU=26 December 2004-00h58m, M=9.0)

Giancarlo SCALERA
 INGV - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Via di Vigna Murata 605, 00143 Roma, Italy
 (宮川 武史 [訳])

スマトラ地震の地震時に同調して、その震央と地球自転軸の両者から遠ざかるような一区域に向かって約

1.0mcs (約 3.0cm) の変位が生じた。地球の質量中心の変位は検出されなかったが、大変小さく、計器によ

る測定の限界を超えていたものと思われる。この変位は、マテラ SLR 天文台 ASI (イタリア宇宙空間局) の Giuseppe Bianco が観測していたが、まだこのデータの解釈は与えられずにきた。この種の変位が、感謝すべきことに、新しい高精度の天体測地学の技術により観測されたのは、初めてのことである。

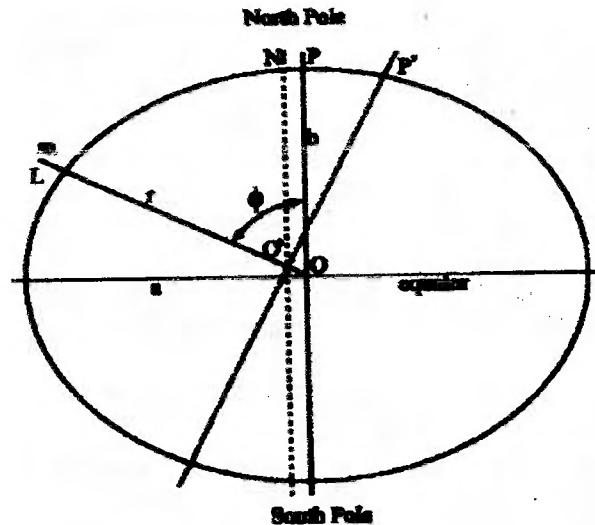


図 1

私は、すでに発表した諸論文 (Scalera, 1999, 2002 and 2003) で展開した一つの理論にしたがって、一般的な知見をえようと試みた。北緯 3.5° 付近に震央がある地震の期間に、純粋な質量の突出または押し出しが生じる場合、その惑星の慣性軸は突出帯から離れるように変位するはずである。瞬間自転極はただちに同じ方向に変位してその位置を補正しなければならない。その理由は、自転軸は天体の影響で移動するのではなく、むしろ地球全体は新しい慣性軸ができて、平均自転極がふたたびそれに正確に一致するまでは (元のままの) 自転を続けるというほうが良いくらいだからである。もし赤道の北側で、質量の押し込みまたは沈み込みが生じたならば、反対方向の変位が起こるはずである。したがって、観測された衝動的な軸の移動は—もし確定され、私の解釈が正しいとすれば—広く知られている和達・ベニオフ帯付近の質量の上昇運動という仮説に支持をあたえるものである。

地球を剛体とした場合 (Schiaparelli, 1883 and 1891)、それは図 1 と高次の値の小さい項を無視することで次のように証明できる。

地球の質量を M_E とし、北半球の余緯度 ϕ の地表上の点 L に質量 m が加えられたとする ($m \ll M_E$ とする)。

$$(1) \quad PP' \cong \frac{br^2m}{2(B-A)} \sin(2\phi) - r \frac{m}{M_E} \sin \phi$$

(1) のなかの第二項

$$NP = -r \frac{m}{M_E} \sin \phi$$

は 0 から 0° への質量中心の変位を示す項であるが、通常は無視される (Schiaparelli, 1891)。それは、地球の質量移入が、おおざっぱにいうと宇宙空間の質量分布が普通で、赤道付近で質量移入がおこる確率がほとんどゼロであることを考慮すれば、第一項に比べて小さいと考えられるからである。さて、剛体の場合の慣性極の変位を計算するための関係式は

$$PP' \approx W \cdot r \frac{m}{M_E} \sin(2\phi);$$

ただし

$$W = \frac{M_E br}{2(B-A)} \cong 460$$

変位の大きさを検証するという単純なねらいで、2004 年 12 月の本震の時に変位した体積として底面積 $200 \times 50 \text{ km}$ ($10 \cdot 10^9 \text{ m}^2$)、高さ 30 km の平行六面体を (実際にはより広域的で大きさは小さかったかもしれない) 代表的なものとして仮定しよう。この体積の垂直変位を 20m、

平均密度として 3.0 g/cm^3 を採用する。突出した体積は $20 \text{ m} \times 10 \cdot 10^9 \text{ m}^2 = 200 \cdot 10^9 \text{ m}^3$ で、その質量は、 $3.0 \cdot 10^6 \text{ g/m}^3 \times 200 \cdot 10^9 \text{ m}^3 = 6.0 \cdot 10^{17} \text{ g}$ すなわち、 $10^{-10} \times M_E$ となる。

これらの値をもちいると慣性軸の変位は、

$$PP' = 460 \times 6378 \cdot 10^5 \text{ cm} \times 10^{-10} \times \sin(173^\circ) = 3.6 \text{ cm}$$

一方、質量中心の変位に関する項 NP は

$$NP' = 6378 \cdot 10^5 \text{ cm} \times 10^{-10} \times \sin(87^\circ) = 0.06 \text{ cm}$$

となる。両者とも、極移動の観測データと地球中心の推定移動量とにそれぞれ調和的である。

もっと一般的には、すべての地震の累積効果—Dahlem(1971) によって、ほとんどの地震は逆衝上の性格をもつと仮定した上で計算された—は、小刻みな長期の極移動として、(計算上では) ながく観測されてきたデータとはほとんど逆の方位にむかって変位している (Spada, 1992 and 1997)、とされてきた。当時は長期の極移動の原動力として可能な、地震の一つの役割が除外されていた。歴史的に言えば、Dahlem(1971) にとって、彼の極変位の計算—逆衝上を仮定して—が、チリ大地震 (1960) とアラスカ大地震 (1964) で実際に観測された変位と反対方向であったのは驚くべきことであった。それで彼は天体測地学のデータの信頼性をけなそうとしたが、じっさい当時のデータはそれほど頼りにならないものではあった。スマトラ地震が自転軸に及ぼした効果—最も注目すべきメカニズム、物質の沈み込みのかわりに物質の突出として再評価できる可能性をもつ—にもとづけば、世界的な地震の累積効果は、Spada (1997) が発見したものと反対の向きになるであろうし、極移動とチャンドラー・ウォブル励起の合理的な原因としての正しい方向と認識であるだろう。

これらの考察は、プレートテクトニクスと沈み込み概念の好むところではないが、沈み込み概念なしで有効

な、別のいくつかのグローバルテクトニクスの仮説を支持するものである。そのようなものには地球膨張説 (Scalera & Jacob, 2003) もふくまれる。極移動に関するマテラ天文台 SLR の観測データは、また Scarella (2004) と Choi (2003) の説に似かよっている和達-ベニオフ帯の地球動力学も支持している。そこでは、海溝、島弧、背弧帯における造構運動の原因はマントル物質の上昇であるとされている。さらに、Blot & Choi (2004) が表明しているエネルギー放散の理論は科学的地球科学の社会による新しい評価を受けねばならない。

われわれは 2004 年 12 月の大地震のような災害が二度と起こらないことを願わなければならないが、これらの諸仮説の確定は未来の大地震の繰り返し観測によって到来するのであろう。科学の革命はこれまでずっと、予測のつかない仕方で起こってきた。というわけで今回も、スマトラ大地震で地球が発した地球物理学的な信号を機に、地球自身が新しい革命を開始したと考えるのがよいのである。これは開始のベルである。

謝 辞 ローマ第 3 大学の後援で 2 月 25 日に開催されたスマトラ地震についての連続ショートセミナーにおける Giuseppe Bianco 氏の講演が、この論考の基礎になった。

文 献

- BLÖT, C., & CHOI, D.R., 2004: Recent devastating earthquakes in Japan and Indonesia viewed from the seismic energy transmigration concept. NCGT Newsletter, no. 33, p. 3-12.
- CHOI, D.R., 2003: Deep tectonic zones and structure of the Earth's interior revealed by seismic tomography. NCGT Newsletter, no. 30, p. 7-14.
- DAHLEN, F.A., 1971: The excitation of the Chandler Wobble by earthquakes. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, v. 25, p. 157-206.
- SCALERA, G., 1999: I moti e la forma della Terra (Motions and shape of the Earth) (in Italian). Tangram-Istituto Nazionale di Geofisica, Roma, 195p.
- SCALERA, G., 2002: Possible relations among expanding Earth, TPW and Polar Motion. In: Maslov, L. (ed.): *Proceedings International Symposium on New Concepts in Global Tectonics*, held in May 2002 in La Junta, Colorado, Otero Junior College Press, La Junta, p. 37-50.
- 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., 2004: A new interpretation of the Origin of the Wadati-Benioff zones in the Mediterranean region. NCGT Newsletter, no. 32, p. 15-24.
- SCALERA, G., 2005: TPW and Polar Motion as due to an asymmetrical Earth expansion. *Annals of Geophysics*, in press.
- SCALERA, G. & 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.
- SCHIAPARELLI, G.V., 1883: La rotazione della Terra sotto l'influenza delle azioni geologiche; discorso del 30 agosto 1882 (The Earth's rotation undergoing the action of the geological processes a prolusion held in August 30, 1882) (in Italian). *Bollettino del Club Alpino Italiano*, Torino, p. 468-486.
- SCHIAPARELLI, G.V., 1891: Della rotazione della Terra sotto l'influenza delle azioni geologiche; Memoria presentata all'Osservatorio di Poulkova nell'occasione della sua festa semisecolare (About the Earth's rotation under the influence of the geologic processes; a report presented at the Poulkova Observatory in the occasion of its fiftieth anniversary celebration) (in Italian). *Il Nuovo Cimento*, Terza serie, Tomo XXX, Tipografia Pieraccini-Salvioni, Pisa.
- SPADA, G., 1992: Rebound post-glaciale e dinamica rotazionale di un pianeta viscoelastico stratificato (Post-glacial rebound and rotational dynamics of a layered viscoelastic planet) (in Italian). *Tesi di Dottorato di Ricerca in Geofisica*, Universit di Bologna, 303p.
- SPADA, G., 1997: Why are earthquakes nudging the pole toward 140°E? *Geophys. Res. Lett.*, v. 24, p. 539-542.

海洋地殻の基底では何が掘削されるだろうか？

WHAT WILL BE PENETRATED BY DRILLING AT THE BASE OF THE OCEANIC CRUST

Igor A. REZANOV

Vavilov Institute for the History of Natural Sciences and Technology, Russian Academy of Sciences
 Staropanschkii pereulok, 1/5, 109012 Moscow, Russia
 Tel. (095) 925-99-11, E-mail: postmaster@ihst.ru
 (矢野 孝雄 + 宮城 晴耕 [訳])

現在、日本では、海洋地殻全体とマントル頂部を掘削する能力もつ最新の掘削船の建造がほぼ完成に近づきつつある。このプロジェクトが実施されると、科学は、プレートテクトニクス仮説が真実であるか否かという疑問に対する最終回答を手にするだろう。プレート概念は、海洋地殻の第3層が蛇紋岩で構成されているという Hess の仮説 (1) にもとづく。彼は、中央海嶺の軸部に沿って上昇した高温超塩基性岩類が表層水によって水和される結果、蛇紋岩類が形成された、と提案した。高温マントル物質を上昇させる駆動力は、熱対流である。海洋地殻第3層が蛇紋岩組成であるという氏の仮説の根拠は、第3層の驚くほど均一な層厚 (地震探査側線の80%以上で 4.7 ± 0.7 km) であった。海洋底に溢れだした玄武岩溶岩流がそれほど均一な厚さになりうるとは思えない、と氏は述べている。Hess は、均一な厚さの層は、ある反応を特定の温度-圧力下で発生させる等温面がよこたわっているとする場合にだけ、均一な厚さになると結論した。そして Hess は、500°Cで起きるカンラン石が水和して蛇紋岩に変化する反応がそれにあたる、と提案した。Hess は、海底崖からドレッジされる蛇紋岩試料は、彼の仮説に好都合な論拠になる、と考えた。

海洋地殻第3層が蛇紋岩組成であるとの Hess の仮説は広く受け入れられ、プレートテクトニクス概念の基礎になった。H. Hess, そして、後ほどは、A.V. Peive ほか (2) は、さらに、大陸域で発見される蛇紋岩類は、かつて存在した海洋地殻の断片である、と主張した。その結果、“古海洋”がすべての大陸で発見された。地球史をつうじて、いくつかのパンゲアが形成され、大陸移動の結果、それらは分解し、さらに、次のパンゲアに再融合する、と想定された。

著者の意見 (3) では、H. Hess の仮説はまちがいである。というのは、海洋地殻の基底 (モホ不連続面) は、上位の蛇紋岩化したカンラン岩とその下位の水和していない岩石を境している等温面ではないからである。Hess 仮説に反対する理由を思いだしてみよう。プレートテクトニクスは、海洋地殻は上昇してくる高温のマントル物質から中央海嶺軸部に沿って形成された後、海溝へ向かって移動し、そこでマントルへ沈んでいく。沈み込みは、リソスフェアプレートの冷却と高密度化によって起こる。海洋地殻基底が等温であるならば、移動するリソスフェアの冷却は、プレートの内部ではこの等温面の深化をもたらす、蛇紋岩層を厚化させる。しかしながら、このような現象は観察されていない。すべての海洋 (安定大陸も同様) で平均地殻熱流量値が 50 mW/m^2 であり、海面下 25 ~ 35 km の深度ではじめて約 500°C の温度に達するのである! 第3層基底が約 500°C 等温面であると仮定すると、大洋盆の下の蛇紋岩層は深度約 30 km にまでひろがっていることになり、大洋盆における地殻は大陸地殻に匹敵する厚さになる。実際には、中央海嶺からいずれの距離にあっても、第3層の層厚は均一なのである。つまり、第3層は蛇紋岩でできていないか、沈みこみ帯へ移動するにつれて海洋地殻は冷えていないか、のいずれかである。

海洋底からドレッジされる蛇紋岩は、海洋地殻に関連しない。G.N. Savelyeva (4) は、これらの蛇紋岩試料のなかに、2つのタイプの蛇紋岩化作用を発見し、次のように述べている。「超塩基性岩類は、2相の水和作用を受けている。初期相 (全体的に仮像化した蛇紋岩で、磁鉄鉱は形成されていない) の変質程度は、残存組織から判断すると70%未満である。いっぽう、低温変質作用にあたる後続相は、海水が関与して海洋底で起こった……」(p. 283)。プレートテクトニクス仮説を想定すると、蛇紋岩は (海洋地殻第3層に由来するとされるが)、対流しているマントルから上昇した超塩基性岩類が海水と反応して水和し、海洋地殻第3層を再構成する。磁鉄鉱を含まない蛇紋岩は海洋底深部の還元環境下、中央海嶺、あるいはそれらの外側で形成された、と考えられているが、その発見はプレートテクトニクスと矛盾する。というのは、文献 (5) に示されるように、磁鉄鉱を生じない蛇紋岩化作用は、深部起源水素の酸化によって発生した水を消費して、大陸地殻基底で発生するものであり、プレートテクトニクスで提案された形成条件とはまったく異なっているのである。

海洋底でドレッジされた蛇紋岩は明瞭に枯渇していて、その程度はさまざまである。枯渇は、先カンブリア紀の早期に起こった。海洋島の火山岩類、大陸性台地玄武岩およびマントルノジュールの Nd-Sr, Nd-Pb, Sr-Pb 比分布は、大陸および海洋下におけるリソスフェアマントル岩石の組成と年代に違いがないことを示す。これは、大陸と海洋下における上部マントルレベルの化学組成が均一であることを証明し、水平運動の可能性を否定する。対流するマントルは同位体にとっては開放系であったはずであり、当時の年代を記録していない。地球化学的には、海洋火山岩類は初生的マントルに由来するのではなく、大陸下のマントル中と同様、マントル中の枯渇あるいはエンリッチしたマグマ溜りに由来したものである。海洋底でドレッジされる蛇紋岩化した超塩基性岩類は、海洋地殻とは全く別物である。大陸におけるのと同様、これらは地球の初期地殻の源を示し、この惑星の全史を通じて変位したことがなかった。

海洋玄武岩の地球化学分析は、これらが希土類元素に富むことを示し、地表へ上昇する過程で花崗岩-片麻岩層を通過する間にこれらの元素を同化したことを意味する。B.A. Blueman は海洋玄武岩中に存在する REE 分布を研究し、MORB を除くさまざまな海洋地質構造単元から採集された玄武岩のコンドライトで規格化した REE スペクトルは必ず Eu 異常がみられる。その存在は、大陸玄武岩岩床の場合と同様に、大陸地殻に特徴的な Eu の正および負の異常をもつマントル溶融物質の変位を説明する証拠であると解釈しうる。

海洋性台地玄武岩は、大陸性トラップ玄武岩のように、カリウムグループ (Be, Rb, K, Sr) と軽いランタン類に富むことによって特徴づけられる。微量元素スペクトルは、しばしば、Nb および Ta の極小を示す。したがって、Th/Ta および La/Nb 比が混成岩類に典型的なように、初生マントルの比よりも、かなり低い。インド

洋から採取された台地玄武岩の同位体データは枯渇傾向を示し、Nd=-13~-7, 高い 87Sr/86Sr 比 (0.7090~0.7130), および重たい鉛同位体に富むこと (南ケルグレン諸島およびナチュラリスト海台) は、混入、とくに火山岩層の基底層準で著しいことを証拠づける (6, 7)。海洋地殻の同位体および希土類についての地球化学特性は、花崗岩-片麻岩層の存在を示唆し、花崗岩-片麻岩層の組成も特定することが可能である。

海洋地殻第3層に関するヘスの仮説は誤りである。この層は海洋底の拡大によるとするよりもむしろ現在海洋地域 (5) にあったと思われる大陸地殻の沈降の結果として生じたものである。そこにある花こう岩-片麻岩層は始生代のグラニュライトの花こう岩化作用の結果生じたものである。そのグラニュライトは、原始的玄武岩質地殻が集積時代以来保持されていた水素ガス圧のもとで形成されたものである。始生代後期に花こう岩-片麻岩層の下にあるマントル超苦鉄質岩は深部のガスから発生した水 ($3H_2 + CO \rightarrow H_2O + CH_4$) の影響のもとで水和した。蛇紋岩の貫入岩体におけるメタンの高い含有量は花こう岩-片麻岩の下にある蛇紋岩層 (もしくはメタン層) を生じた蛇紋岩の中に水ばかりでなくメタンも保持されていたことを意味している。現代の地殻のシーケンスでは、それは地震学的な玄武岩質層で示され、その底部はモホ不連続面で定義されている。中生代から新生代にかけて、蛇紋岩層 (メタン層) は広範囲におこつ玄武岩噴出活動により引き起こされた熱作用により破壊されていった。それにより蛇紋岩の脱水作用、圧密、アイソスタシーによる沈降およびそれによって、蛇紋岩の脱水反応で閉め出されたミネラル質の水で満たされた海洋底の形成などが起こった。海洋底からドレッジで引き上げられた蛇紋岩は現在の海洋地殻というよりはむしろ以前に海洋地域に存在していた大陸地殻の下部層に属するものである。大陸地殻の上部層が海洋化作用の間保存され、海洋地殻の地震学的な第3層となったものであろう。

これらの仮説の真実性は、海洋地殻をマントルまで掘り抜くことで証明されるであろう。それは最新の掘削船の建造後2, 3年の内に可能となるであろう。プレートテクトニクスの考え方によると、海洋地殻をモホ面まで、あるいはそれより深く掘ると、ヘスの仮説を確証するとともに玄武岩やハンレイ岩の下に蛇紋岩を発見することになるはずである。私の意見は、掘削井は花こう岩化作用で生じた古い時代の変成岩類を掘り抜くことになるというものである。

第3層は、大陸上の古い時代の楯状地の基盤と起源や組成がよく似た古い時代 (始生代) の岩石から構成されているはずである。これらの岩石の組成には二つの可能性が考えられる。第一は、主に始生代の変ハンレイ岩からなるものである。それらは花崗岩化作用で少し変質しており初生的なグラニュライト変成作用の残存鉱物を保持している。第3層から推定されるそのような岩石の一つの例としては、中央大西洋海嶺 (23° N) で掘られた掘削井 921-923 で見られるトロニエマイト

や変ドレライトに貫入された変ハンレイ岩、変トロクトライトおよびハンレイ岩-グラニュライトなどである。それは次の事実を思い起こさせてくれる、すなわち海洋地殻の第3層に属するグラニュライトがカールスバーグ (アラビア-インド) 海嶺 (水深 6400m) やナインティイースト海嶺 (水深 5000m) の断裂帯、さらに南部東太平洋海膨にあるエルタニン断裂帯などから発見されたことである。全ての場合について、これらは漂流する氷山の限界を超えているものである。要するに、海洋地殻の第3層を構成する岩石の第1バージョンは多段階の変成作用 (初期のグラニュライト相から後期の角閃岩相、緑色片岩相にわたる変成作用) の結果生じた始生代変ハンレイ岩である。

第3層の岩質でもう一方のバージョンはもっと可能性がある (おそらくより広範囲に存在するために)、それは始生代や初期原生代の古い楯状地の基盤岩に対比される花崗岩-片麻岩類からなるというものである。これらは主として斜長花こう岩 (トーナライトおよびトロニエマイト) であり、先行しておこなわれたグラニュライト変成作用のレリックを保持している。そのような岩石は、ずっと以前は海洋地殻の第3層とされていたものである。大西洋のアセンション島の玄武岩中に花こう岩様のゼノリスが発見されていたことや、同様にトリスタンダクニャ島では玄武岩やトラカイト中に片麻岩インクルージョンがすでに19世紀にさかのぼって発見されていたことなどが思い出される。この意味で重要なのは、70年代におこなわれたR/V グローマーチャレンジャー号による大西洋東側の航海である。そのときの掘削井 547 (北緯 33° 46' 8", 西経 9° 21') は海面下 3700 m で泥質堆積物、中生代の大陸岩塩を含む堆積物を貫通し、花こう岩-片麻岩の基盤に達した。掘削地点はアフリカ大陸斜面の外側に位置しており、深海盆の縁の部分であった。そのときの航海の参加者達の意見では、掘削データは深海盆がアフリカクラトンの 4000 m におよぶ沈下による結果として形成された証拠を提供していると考えている。

東太平洋のクラリオン、クリッパートン断裂帯付近の海盆でのドレッジの結果は特別に興味深い (8)。ドレッジサンプリングで持ち上げられた 48 個の岩片と 204 個の丸いレキ解析から、異なる時代と起源を有する 4 つの岩石グループが識別されたのである。すなわち、1) 花崗岩-変成岩類; 2) 白亜紀の火山岩-堆積岩類; 3) 先始新世玄武岩; 4) 始新世-中新世の玄武岩-安山岩-流紋岩である。我々はこの中の前2グループに関心がある、というのも、それらの形成は海洋玄武岩の噴出に先行して形成されたものだからである。どちらの岩石グループも報告論文の著者達によって海洋地殻の第3層 (玄武岩下層) とされていたもので、大陸地殻の典型的な岩石からなるものである。グラニュライト相の岩石として、ザクロ石片麻岩類、両輝石-斜長石片岩類、角閃岩化したザクロ石-輝石片岩類等がある。一方角閃岩相のものとしては角閃石-斜長石片岩と白雲母-黒雲母片麻岩 (35% セキエイ, 26% カリ長石, 20% 斜長石, 10% 白雲母, 5% 黒雲母) で代表される。超変成岩の中で2個の岩片がカタクラスティックな花崗

片麻岩である。セキエイが卓越している (80%)。

白亜紀の火山岩—チャート質岩—堆積岩類の組み合わせはセキエイやポリミクト砂岩、結晶質凝灰岩、頁岩、チャート質または放散虫チャート質岩等からなり、年代は見つかっている化石から後期アルピアンからセノマニアンにかけてのものである。著者等の意見では、火山岩—チャート質岩—堆積岩というこれらの岩石組み合わせは地相斜における典型的な組み合わせであるということである。彼らは、ドレッジで上に持ち上げられたきわめて丸い形をしたレキが、母岩のかけらと組成が似ているにもかかわらず、砂岩は花崗岩様岩石、変成岩類、チャート、チャート質泥岩等の磨かれた粒からなっていることを指摘している。1) 岩片、2) レキ、3) 砂岩などが似た組成を示すことはドレッジされた全体のサンプルが現地生の起源であることを証明している。このことは掘削井 161 や 162 で掘り抜かれた玄武岩と似た玄武岩が存在することやポリミクト砂岩のセメント中に白亜紀の動物相がみられることなどにより指示される。ドレッジの場所は赤道地域 (北緯 10°) であることから、砕屑物が氷山によって運ばれたとする通常の説明はあてはまらない。

要するに、海洋地殻の第3層の岩石組成に関する第2のバージョンは、始生代のグラニュライトの花こう岩化作用によって生じた花こう岩様の岩石である。第3層の岩質についての両方のバージョンとも同じような出来事の順序に従って形成されたものであるといえる。すなわち始生代における玄武岩の噴出、それらのグラニュライト変成作用、それに引き続いておこなわれた始生代から原生代にかけての花こう岩化作用などである。両者のバージョンの違いは、最初のバージョンの方が花こう岩化作用の程度が弱いということであり、2番目のバージョンの方がその程度がより強くしかも何度も繰り返されたものであるということである。

海洋地殻第3層の変斑レイ岩と花崗岩—片麻岩はともに、大陸性剛塊地殻の海洋化作用にさきだつて広域的な台地玄武岩の噴出期間に進入した白亜紀—新生代の玄武岩岩脈とおそらくシルを一定量含む、ということがつげかわえられるべきである。

モホ面および伏在する岩石組成の仮説的構造にたちもどることにしよう。私の概念にしたがうと、深海海洋盆は、大陸剛塊地殻の蛇紋岩でできた基底層が脱水して形成される。玄武岩の貫入による加熱の結果、約 650°C 以上の温度に昇温すると、大陸地殻下部の脱蛇紋岩作用と圧密作用を誘導する。モホ面が上方移動をはじめ、花崗岩—片麻岩層の基底に達する。モホ不連続面は上方へ移動をはじめ、花崗岩—片麻岩層の基底に達する。地殻が劇的に薄くなり、アイソスタシー力の効果によって沈降ははじめ、海洋盆を形成した。その結果、かつて水和した超塩基性岩類 (蛇紋岩類) を掘削することになるだろう。これらの岩石は、花崗岩—片麻岩層基底面よりも深部 (すなわち、現在の海洋地殻基底よりも深部) では、海洋化作用の後には、ふたたび、水を含まない超塩基性岩類に変化するであろう。

蛇紋岩が近傍に進入した貫入火成岩によって加熱されると、蛇紋岩の水和作用が地殻表面で発生する。また、蛇紋岩の脱水作用について実験研究がおこなわれ、脱水がおこるのは lizardites で 630 ~ 670°C, bronzite で 670°C, antigorites で 770°C で発生することが解明された。それらの一部が、海洋地殻の下位層に保存されているだろう。最終的には脱水されるこの鉱物は、累進 (progressive) 変成作用を被りつつある岩石類の主要鉱物である。N. I. Bryanchaninova (9) によると、蛇紋岩類中の累進変成作用の最高変成相は, enstatites (輝石ホルンフェルス) 相を形成する。この研究者は、後退変成作用相の鉱物—lizardite, brucite, magnesite—は、累進変成作用 (加熱) の過程でも、保存される。その他にも特異な水和生成超塩基性岩 rodingite が存在する。この岩石は著しくカルシウムに富む。なぜならば、カルシウムは蛇紋岩鉱物には含まれない。というのは、蛇紋岩岩塊の周縁からホルンフェルスへ移動するからである。rodingite は、蛇紋岩が分解する温度でも保存され、海洋地殻下の岩石中に発見されることがある。

要約すると、蛇紋岩類の脱水作用は、それらの履歴を完全に消去するわけではなく、そのため、モホ不連続面よりも深部を掘削して岩石をえることができた場合に、かつて蛇紋岩化作用をこうむったことがあるかどうかを判定することができるのである。

Angola-Brazil ジオトラバース帯 (10) の横断測線に沿って大西洋の海洋性マンテルの詳細な音波探査の結果、モホ面下のマンテル岩石が、深度 40km まで異方性を示すことがわかった。モホ不連続面から異方性マンテル層基底までの速度は、南北断面では 8.1 ~ 8.2 km/s であるの対し、東西断面ではかなり大きく、8.4 ~ 8.75 km である。Angola 海盆下の上部マンテルにみられるこのような地震波速度の異方性は、このマンテル層が下部大陸地殻を構成していたもので、蛇紋岩からできていることに由来する、と私たちは考える。同様な例として、Ural 山脈の Krala hyperbasite 地塊が知られる。Moskaleva (11) は、この地塊を研究し、地質図を編纂した。この地塊の超塩基性岩類は、縞状構造を示す dunitite と harzburgite の互層でできあがっている。Ural 山脈における東西方向の縞状構造は、南北方向の構造粒子 (structural grain) に対して、明らかに非整合的である。したがって、この異方性は、hyperbasite 固体貫入岩体が定置した Ural 山脈の後期原生代断層群の発生に先行して形成された。縞状構造は、蛇紋岩化された超塩基性岩類がかつて下部大陸地殻として存在していた期間に形成されたものである。これは、大陸への蛇紋岩の固体貫入が海洋底拡大に由来するものではなく、海洋地殻にも関係しないという事実を支持するもう一つの論拠である。dunitite と互層する harzburgite からなる縞状超塩基性岩類が、対流しているマンテルから出現することはないだろう。Angola 海盆下のマンテル中にみられる地震波速度の著しい異方性は、このようにして形成された縞状構造を蛇紋岩化とさらに脱水後にも保持する岩石の存在に由

来する、と私は説明する。海洋における超深層掘削は、マントル超塩基性岩類が縞状構造をもっていることを解明するにちがいない。

海洋におけるマントルに達する掘削は、海洋地殻第3層が蛇紋岩組成であるという Hess の仮説と海洋地殻第3層が花崗岩化した始生代グラニュライトでできていて、水和(蛇紋岩化)後の脱水相を示すマントル岩石類をおおっているという私自身の考え方をともに検証できる可能性をもたらす。

日本の専門家たちは自らの独自の実験として掘削地点を選択する権利を保持していて、それは、深部地球ダイナミクスにかかわる優勢な考え方を根本的に改めうる。モホ面と伏在するマントルが最初に掘削されるのは、海洋地殻がもっとも薄いところであることは明白である。この要素は、最初の坑井位置を選択する際に、まちがいをなく考慮されるだろう。そのような場所の1つは、千島-カムチャッカ海溝東方の Zenkevich アーチである。地震探査によってその地殻構造を研究した G. B. Udintsev によれば(私信)、モホ面は海底下 2km くらいまで浅くなっている場所がいくつかある。これは、掘削以前の特定調査によって確認されるべきである。Zenkevich アーチの走向沿いに地震探査データを取得することは、新造船からの掘削のための地点選定のためのもっとも優先されるべき課題のひとつである。

掘削地点の選定のために考慮されるべき第2の要素は、第1坑井は日本列島の近傍であるべきことである。なぜならば、日本は特殊な掘削船の建造に巨大な投資を行っていて、最初に、そして、真っ先に、領海のごく近傍の沖合を探索する権利があるからである。このような場所のうちで特に興味深いのは、Glomar Challenger 号の第56および57次航海(435, 440, 141, 434および436坑井)で着手された日本海溝の探索を継続することである。もっとも挑戦的なのは、海溝東斜面の436坑井をより深く掘削することである。上部白亜系まで掘削したこの坑井は、かつての日高-親潮海嶺上に位置していて、北海道からのびていたこの海嶺は白亜紀~古第三紀前期に活性化した。436坑井は白亜系を掘削したことを考慮すると、より深く掘削すると、重要な発見があるだろう。というのは、この掘削が、おそらく、西太平洋縁の先白亜紀の地史を解明し、地磁気異常にもとづいて年代を特定し、そして、海洋地殻の第3層を掘削し、その構成岩石を明らかにすることになるからである。

考慮すべき第3の要素は、海洋の起源に関する最近の支配的な考え方を変えるのに十分な科学的データを入力することが、簡単な事前調査によって確実に保証される場所に坑井位置を選択することである。この目的のために、海洋地殻第3層の組成と形成要因を研究するための坑井は、ClarionとClipperton断層の間で浅く掘削されるべきである。既掘の坑井(159-162)は、深度150~250mの先始新世玄武岩類で終了した。しかしながら、同じ地域の中に、堆積層と玄武岩がなく、海底が変成岩基盤の破片に覆われたところがある。こ

れらの破片は、円磨されたり、角張ったりしている。したがって、この地域における新しい坑井は、深度300~500m以浅のところ、海洋地殻を構成するグラニュライト-花崗岩層を掘削するであろう。この岩層が実際に掘削されると、大評判になるであろう。結晶質の花崗岩-片麻岩中への掘削は、コラ半島超深層掘削で実証されたように、ケーシングを必要としないであろう。そして、これは、恵まれた掘削条件では、海洋地殻基底部をうまく掘削して、海洋地殻基底を貫き、初めて地球マントルを掘削する可能性をもたらす。

プレートテクトニクス概念を検証する挑戦的事業に従事している日本の友人たちに、みんなで成功を願うことにしよう。地球の歴史に関するこの概念は、最近の30年間にわたって、大半の研究者の心理を支配してきたのである。

文 献

1. Hess, H.H., 1962. History of ocean basins. In, A.E.J. Engel, H.L. James and B.F. Leonard (Eds.), Petrological studies; a volume to honor of A.F. Buddington. Geol. Soc. America, p.599-620.
2. Peive, A.V., "Oceanic crust of the geologic past on continents". *Geotektonika*, 1969, no. 4.
3. Rezanov, I.A., 2004. Criticism of Hess' Model of Oceanic Crust. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no 30, p. 5-10.
4. Savelieva, G.N., 1990. Gabbro-ultrabasite formation in the oceanic bottom. *Magmatism and tectonics of oceans*. Moscow, Nauka, p. 264-296.
5. Rezanov, I.A. 2003. Geologic history of continents and oceans. *New Concepts in Global Tectonics. Newsletter* no 26, p.5-10.
6. Machoney I.I., Jones W.B., Frey F.A. et al., 1995. Geochemical characteristics of lavas from Briken Ridge, the Naturaliste Plateau: Cretaceous - plateau volcanism in the southeast Indian Ocean. *Geology*, v. 120, p.315-345.
7. Operto, S., Charvis P., 1995. Kerguelen Plateau: A volcanic passive margin fragments? *Geology*, v. 2, p. 137-140.
8. Tabunov, S.M., Tomanovskaya, Yu.I., and Staritsina, G.N., 1989. "Pacific ocean-floor rock complexes in the Clarion-Clipperton area", *Tikhookeanskaya Geologiya*, no. 4.
9. Bryanchaninova, N.I., 2004. Serpentes and Serpentinities in the Polar Urals (in Russian), Syktyvkar, p. 3-43.
10. Deep Seismic Sounding of the Lithosphere along the Angola - Brazil Geotraverse (in Russian), Moscow: Inst. Geofiz. Zemli, 1996.
11. Moskaleva, S.V., 1974. Hyperbasites and the Associated Chromite Mineralization (in Russian), Moscow: Nedra.



出版物 PUBLICATIONS

(岩本 広志 [訳])

DUBEY, A.K., 2005 活動的ヒマラヤ造山帯における GPS 研究を含む, モデル変形実験から得られる地質構造の変位通路. *Himalayan Geology*, v. 26, no. 1, p. 199-204.

DUBEY, A.K., 2005. Displacement paths around geological structures obtained from model deformation experiments: implications for GPS studies in the active Himalayan orogenic belt. *Himalayan Geology*, v. 26, no. 1, p. 199-204.

要旨: モデル変形研究における実験結果は, 粒子の運動通路の本当の大きさと方向が単に変形体が受けた変位の外側の固定点を選ぶことによって得ることができることを明らかにした. 変形体内部の固定点の位置は計測において深刻なエラーを導く可能性がある. GPS 研究によって得られる速度ベクトルは, 変形体内部の固定点に基礎をおいていることから, 特にヒマラヤのような活動的造山帯において, その結果は疑問に対してオープンである.

まえがき: ... 地質学的な野外観察と GPS 測量によって得られた解釈の間には数多くの矛盾がある...

1) 最近の地震とヒマラヤからの地質データはレッサーヒマラヤでの衝上断層を示し (Uttarkashi: 1991/10/20, M6.5, Chamoli: 1999/3/29, M6.3), テチスヒマラヤでの正断層 (Kinnaur: 1975/1/19, M6.8), カラコルム断層に沿った走向断層. この地域における走向断層, 正断層, 衝上断層の同時発達は GPS 測量データからは明らかにされない.

2) GPS 研究からの速度領域や短縮量の見積りよりなる表層の研究は, 単独の断層による自然圧縮の消費量に関し考慮された (例えば 80%, Peltzer&Saucier, 1996). Simula クリッペの変位量は基底部の剥離衝上断層に

沿って 40km 規模 (Dubey & Bhat, 1991), 主境界断層に沿って 33km (Dubey et al., 2004) と見積られる. これほどの大きさを持つヒマラヤに卓越する衝上断層群でも, 短縮量を消費しきれない.

3) スラストが正断層として応答していることや (cf. Herren, 1987; Royden & Burchfiel, 1987; Steck et al., 1993), 走向断層に沿った逆変位が褶曲運動と重なった時期 (例えば Foreland Foothill 帯の Yamuna tear 断層; Dubey, 1997) に関しては, 考慮されていない.

4) チベットやヒマラヤ高山域での地質構造の表層表現が短縮の本来の兆候となり得ていない. これは初期のスラスト作用によってもたらされる岩石が, より高い地形的な高まりに位置するといった事実に起因するような, 活動的な水平圧縮力の効果が最小である (Dubey & Bhakuni, 2004).

5) インド洋プレートが北方向に向かって動き, スラストは南向きに移動. 何故に GPS 速度領域は南側に変位した「上盤」を示せないのか.

より多くの情報は Dr. Ashok DUBEY, Wadia Institute of Himalayan Geology, 33 General Mahadev Singh Road, Dehra Dun -248 001, India に, E-mail を: akudubey@wihg.res.in へ.

Ollier, C.D.(2004) 山脈の形成と気候: メカニズムとタイミング

OLLIER, C.D., 2004. MOUNTAIN BUILDING AND CLIMATE: MECHANISMS AND TIMING. *GEOGR. FIS. DINAM. QUAT.*, v. 27, p. 139-149.

要旨 山脈は, いくつかの方法で, 気候に影響をおよぼす. 局地的規模でみると, 受動的効果として, 単なる隆起として"雨の影 (rain shadow)" という効果をおよぼす. より広範囲でより長期的にみると, さまざまな効果によって, より本質的な効果を生みだす. この数 100 万年間では, ネオテクトニクス期 (Neotectonics Period) における全世界的な山脈の隆起運動が, 能動的に気候変動をひきおこした. チベット高原とその周縁山脈の隆起は, アジアモンスーン,

ジェット気流, そして南北半球間相互作用を通じて, 地球全体に影響をもたらした. 逆温室効果 (negative greenhouse effect) は, 気候変化の年代, あるいは, 二酸化炭素, 風化および浸食の関連性からみても, 支持されるものではない. 南極は, 周南極海流 (Antarctic Circumpolar Current) によって長期間にわたって隔離されてきたため, 世界の他の地域と同様の造構-気候史を共有していない.

<日本語版 no. 33 の日本サブグループのコーナーで紹介された論文です.>

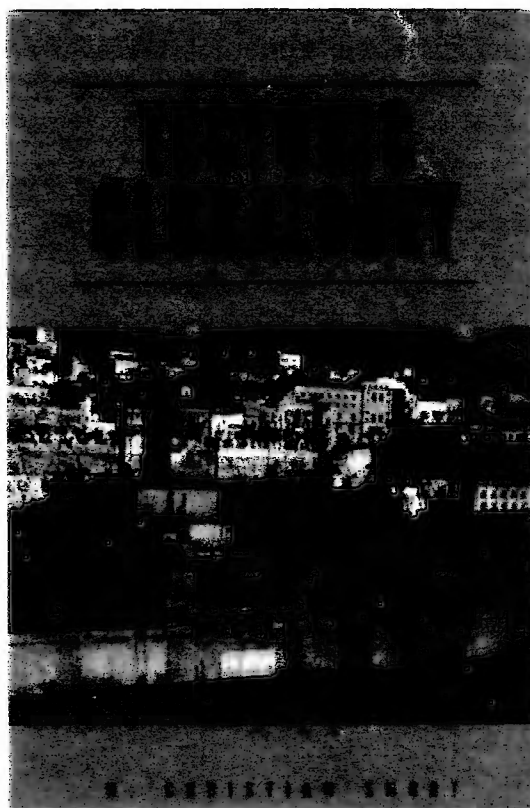
N. Christian SMOOT Tectonic globaloney

出版社 : Xlibris Corporation, Walnut Street, 11階, フィラデルフィア, ペンシルベニア州 19106 (郵便番号), 米国. 177p. 定価 : US\$20.99+ 送料. Xlibris 社に直接注文した場合, US\$17.84 (15% 割引) + 送料. ISBN 1-4134-3728-4686, Fax. +1-215-923-4685. (著者の E-mail アドレス : smootn001@hawaii.rr.com)

ブックカバーより :

この手記は, アメリカにおける海洋研究の現状に関するものである. プレート説は, 事実上海洋底についてなにかが知られる以前に定式化されたものである. 私は水深, 衛星高度測定, 地震学, 大西洋・インド洋・太平洋底から採取された岩石年代を検証する. 海洋盆における実際の出来事の造構作用と年代を明らかにするデータを解析してみると, ほとんど何も解明されていないで, また, 間違っって示されていることがわかる. メガトレンドはすべての海盆を横断し, すべての海洋底地形を合体させていて, 過去にリストされたものより 10 倍の長さには達する. これらの横断的なメガトレンドは, 海洋底拡大概念を反駁する.

Globaloney - 学生によって用いられる言葉で, 彼らがインチキ薬を売る行商人によってブルックリン橋の分け前を授かるようになった時. それはちょうど「お前を信じない」というような意味.



発注先

Xlibris Corporation, 436 Walnut Street, 11th Floor
Philadelphia, PA 19106, USA
E-mail: order@xlibris.com Tel. +1-215-923-4686

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

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.