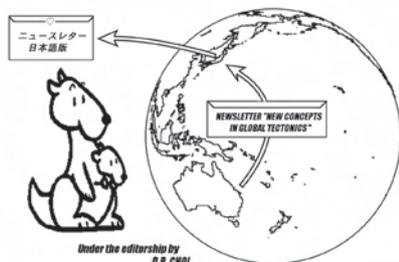


ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

NEWSLETTER *New Concepts in Global Tectonics*

No. 41 2006年12月 ISSN: 1833-2560 編集: D.R. Choi (日本語版 2007年5月)



編集部: Peter JAMES, Australia (PO Box 95, Dunalley, Tasmania 71777); Leo MASLOV, USA (maslovlev@yandex.ru); Cliff OLLIER, Australia (cliffol@cyllene.uwa.edu.au); Nina PAVLENKOVA, Russia (ninapav@ifz.ru); David PRATT, Netherlands (dpratt@xs4all.nl); Giancarlo SCALERA, Italy (scalera@ingv.it); Karsten STORETVEDT, Norway (Karsten@gfi.uib.no); Yasumoto SUZUKI (yasu-suzuki@vega.ocn.ne.jp); Boris I. VASSILIEV, Russia (boris@poi.dvo.ru)

も く じ

■ 編集者から	2
■ 編集者への手紙	3
■ 論 説	
過去 40 年間で最大の地震の前兆 Z. SHOU	8
PRECURSOR OF THE LARGEST EARTHQUAKE OF THE LAST FORTY YEARS	
ニューブリテン海溝, パラオ, ニューギニア: 広域的左ずれ走向移動断層系における展張成分 I. D. LINDLEY	14
NEW BRITAIN TRENCH, PAPUA NEW GUINEA: AN EXTENSIONAL ELEMENT IN A REGIONAL SINISTRAL STRIKE-SLIP SYSTEM	
ジオイド・テクトニクス 第2章 極移動 P. JAMES	28
GEOID TECTONICS: CHAPTER 2 THE CASE FOR POLAR WANDER	
■ 短 報	
北部中央大西洋海嶺の構造 - 拡大はどこで? - D. R. CHOI	40
NORTHERN MID-ATLANTIC RIDGE STRUCTURE -WHERE IS THE SPREADING?-	
深発地震の地球力学的意味: 褶曲帯のグローバルな観点からの最初の手がかりは? Giancarlo SCALERA	43
THE GEODYNAMIC MEANING OF THE DEEP EARTHQUAKES:	
FIIRST CLUES FOR A GLOBAL PERSPECTIVE FOR FOLD BELTS?	
■ コメントコメントと回答	51
■ ジオポリティカルコーナー	
地球温暖化をめぐる Bushy-blairy [ブッシュ-ブレア性] M. I. BHAT	55
BUSHY-BLAIRY ABOUT GLOBAL WARMING	
■ 出版物	69
■ 本の紹介	74
■ ニュース	74
■ 財政的財政的支援・ニュースレターについて	75

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: editor@ncgt.org, ncgt@ozemail.com.au, または ncgt@hotmail.com ; 1ファイルは5MB(メガバイト)以下, 2) ファックス(少量の通信原稿): +61-2-6254 4409, 3) 郵便・速達航空便など: 6 Man Place, Higgins, ACT 2615, Australia (ディスクはMS Word フォーマット, 図面はjpg または pdf フォーマット), 4) 電話: +61-2-6254 4409. 次号は2007年3月下旬に発行予定. 投稿原稿は, 上記編集委員のどなたへでも, あるいは, 直接に編集者へお送り下さい.

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ならびに編集部の責任ではありません.

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

小松宏昭 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

編集者から FROM THE EDITOR

（赤松 陽 [訳]）

本号は、1996年12月に最初のニュースレターを発行して以来10周年を記念するものです。次号(no.42 2007年3月発行)から次の10年に入ります。この10年の間、ニュースレターは自由な表現や論文の公開、主流の雑誌では自由に表現できないアイデアや討論のための場を提供してきました。私たちは、厳しい環境にもかかわらず、私たちの機関誌が現在、高い力量をもった強力な編集陣と、世界中にいる数百人にのぼる熱心な読者に支えられ、完全にひとり立ちした国際的なジオテクトニクスの雑誌になったと言えることを誇りにしています。人々を啓蒙する第一級の論文が満載されている本号は、過去の強い印象を与えるすべての研究の絶頂に達するものとなっています。

しかしながら、私たちは過去の業績に自己満足はできません。私たちは、NCGTのウェブサイトとその運営はもちろん、上質の記事を掲載する主要な媒体であるニュースレターの質の改善とNCGTグループの強化をつづけていかなければなりません。

最近のNCGTニュースレターへの投稿の増加、とくに地球温暖化と地震のテクトニクスとの関係のような興味ある最新の話題の増加によって、目下、私たちの限られた能力をぎりぎりまで発揮している状況です。このような理由のために、各号に掲載される論文の数を制限する必要があります。これは、論文の質の批判的評価によって達成されるでしょう。

私たちの焦点は、これからも、しっかりしたデータにもとづいた話題、そして/あるいは、造構過程やその影響に関するものなど、より重要で基本的な理解へ導いてくれる話題に絞られるでしょう。このような話題には、これまで通りのグローバルテクトニクス全般に関するものとともに、現在では地球温暖化と地震に関するものが含まれることは明らかです。莫大な量の新しいデータ、とくにしっかり検証された確実なデータや地質図は、私たちがもっているNCGTニュースレターのバックナンバーや他のウェブサイトを含む数多くの経路でたやすく利用できるのです。すべてのNCGT関係者には、利用可能なデータすべてを集めて、注意深く、正直に、そして、何ものにもとらわれることなく詳しく研究されるようお願いいたします。そして私たちは、文献については、例えば、きわめて重要なものの他は最大20編以内というように制限したほうがよいだろうと思います。ウェブサイトとその管理は常に改良されていて、その結果は、適切な方法で読者の方々に通知されるでしょう。

本号は、多くの優れた論文を掲載しています。Zhonghao SHOU氏の地球内部から放出された(地震の)前兆となる水蒸気/エネルギーの発見にもとづいた地震雲の理論はひとつの革命的な概念です。これは、長年にわたる地震予知科学分野の一つの鍵となるでしょう。Blot氏のエネルギー移動現象、Anfiloff氏の基盤隆起のテクトニクスや広域的ブロックテクトニクスなどに関連した彼の概念は、正確な地震予知を可能にするでしょう。地震予知に関して、たいへん興味深い時代になったと思われます。おめでとう Zhonghao!

David LINDLEY氏は、ニューブリテン海溝に沿う太平洋プレートのサブダクションがとうていありえないと強調しています。そして、太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界に位置するメラネシア転移帯に沿って伸張性左ずれ走向移動断層運動について論じています。

Peter JAMES氏は、彼の論文の第二部として、大陸が現在の位置にしっかりと固定された状態での地球史を通じての極移動について論じています。彼は、古地磁気学と古気候学の内容豊かな分析に基礎をおいて結論を論じています。

公表された大西洋中央海嶺北部を横切る地震波断面をChoi氏が再検討した結果、見いだされたのは大陸の台地の中で発達した普通のグラーベン構造にすぎません。ラッキーストライク火山下の中軸マグマだまりの存在は

NCGT ロゴマークの募集

NCGT LOGO COMPETITION!

私たちは、NCGTグループと私たちのニュースレターのためのロゴマークの募集にすべての読者のみなさまが参加されるよう、ご案内申し上げます。もし、あなたが何かアイデアをおもちでしたら、その内容、あるいは、できれば描像を編集者へお送り下さい。応募作品は、編集委員会で選考されます。採用された方は、ロゴ作者として、ウェブサイトに紹介されます。

プレートテクトニクスの支持者たちによって証拠もなしに事実だと主張されていますが、彼は、海嶺の歴史を通じて拡大は起こっていないと結論しています。

Scalera 氏による深発地震の三次元的分析は、彼をして、褶曲帯形成という興味深い新しいアイデアを提案することに導きました。それは、地球膨張、リフティング、アイソスタシー、深部物質の表層への流出、重力性張り出し、および、相変化などを含んでいます。地表でおこる構造運動の原因となっている深部地球エネルギーの上方への運動は、現在、私たちのグループの多くのメンバー

による研究を通じて、しっかり記載された事実となっています。

ジオポリティクス (地球科学における政治) コーナーには、Ismail BHAT 氏による地球温暖化問題に関する講演記録が掲載されています。氏は、気候科学の現状について手きびしい論評を加えています。それは、政治的にも経済的にも刺激的な内容です。彼は、地球の気候変動に対する造構運動のかかわりを理解するために、また、地球循環モデルにおける予測能力を一層高めるために、共同研究の必要性を主張しています。

編集者への手紙 LETTERS TO THE EDITOR

(赤松 陽 [訳])

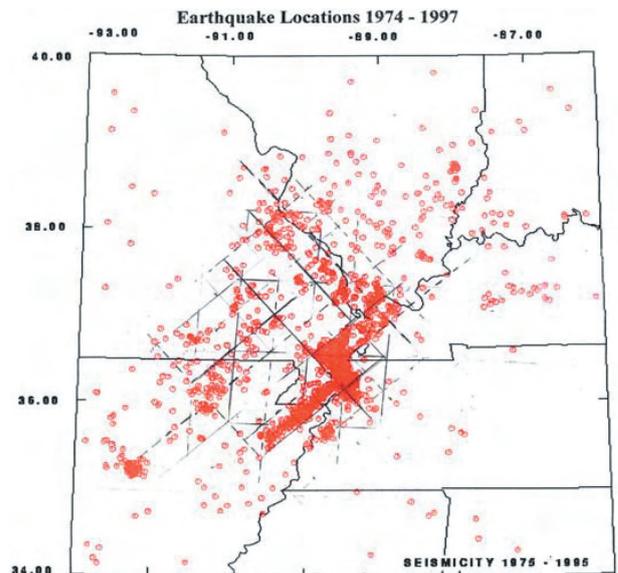
私は、“活動縁の地形学”と“海洋地形学”をちょうど書き終えたところです。はじめの書物は、なじみのない名前でもよばれる多くの地形要素のために、難しいものとなっています。しかし、2版、3版では解決されるでしょう。もし私の目指すものが正しく、大陸縁で卓越しているとすれば、地球膨張が必要になるでしょう。私は Carey 氏のダイアグラムを思い起こすのですが、彼は地球の中に大陸に被われたより小さい地球が含まれる物理モデルを構築しました。現在の解釈に基づけば、地球の形成初期に、ひとかたまりになった微小片が膨張し、加熱されました。おそらく初期の地球はねじれ、そして、膨張するにつれて、地殻は次々に分割して大陸を形成するようになりした。私は、溶岩が溶岩プールに活発に流れ込んでいくような、そのようなことが起こっている溶岩湖を想い描いています。地球が十分に成熟して以後、おそらく収縮に転じたのでしょう。ちょっと考えてみてください！

他の答えられていない疑問

1. 我々は、自然科学におけるある1つのパターンは、さまざま作用によって生じることを知っている。ねじれをひき起こす力を類推することは、正しいのだろうか？
2. ねじれは、太陽系に対する太陽の傾き (7.2°) でなぜ止まるのだろうか？ 私はいつも、偶然の一致に頭をかかえてきた。
3. サージテクトニクスにおける動揺 (wobble) と、私のいう動揺を比べると、動揺という用語は異なる方法で使われている—まさに命名法の問題だが—。
4. 地殻の歪パターンと断裂パターン間の関係はどのようなものなのであろうか？ 何らかのモデルが、参考になるのではあるまいか？

Howard De KALB
9 October, 2006

同封した新マドリッド地区内における地震図には、“ねじれた地球 Twisted Earth” から導かれた方向線 (Directionals) が上書き (オーバーレイ) されています。私は、ある他のこと調査している時、偶然この地図を見つけました。南方に向かって、オーバーレイは地図と正確に合致しています。パターンは、N50E 方向にのびる2つの方向線の間集中する地震帯を示し、ちょうどメンフィス Memphis 西方で中央オフセットによって多少ずれています。地震群は、カイロ Cairo で (そこでは、オハイオ Ohio 川がミシシッピー川に合流する) 突然に方向を直角に変化させ、ミシシッピーに沿って N40W にのびる2つの方向線の間をセントルイスまで続いています。あまり明確に規定されない N50E 方向の不明瞭な2つの



これはセントルイス大学、メンフィス大学、ケンタッキー大学によって展開されている広域地震ネットワークによる1974年7月以降に記録された4600以上の地震の分布を示している。これらのネットワークへの経済的支援は、大学基金、米国地質調査所、米国核調整委員会から受けている。結果は、マグニチュードにかかわらず同じ記号を使って図示されている。

層は単純な関係にあることを示す、と理解できる。

特徴的な地質単元と独特の板状帯磁岩体からなる1組のオフセットは、たとえ南北延長上の陸上部におけるサンアンドレアス断層のオフセットが数100kmに達するにしても、サンアンドレアス断層のカリフォルニア半島区間は、全オフセットのうちわずか22kmをうけもっているにすぎないことを示す。

空中磁気探査データの解釈にもとづけば、サンフランシスコの西の沖合にあるサンアンドレアス断層は、1906年のサンフランシスコ大地震の震源域付近で、3kmの急な右ステップを呈している。この右ステップの南東方にある局所的な深さ1km以下の盆地は、右横ずれ走向移動断層系の右ステップの南東側(背後)にプルアパート堆積盆として形成されたとすると、その形成過程とうまく整合する。南と北から右ステップに入り込んでいる2つの断層セグメントのわずかな局所的非平行性は、拡大するプルアパート堆積盆の中に堆積した若い堆積物が5kmの右ステップにおいて走向に沿ってある範囲内で、圧縮変形と上昇を受けたという困惑させるような事実の説明を可能にしている。局所的な断層系の形状は、もともと3kmの幅のあった堆積盆地が、サンアンドレアス断層を横切る連続した相対的な運動によって、右ステップから走向に沿う10kmの距離を越えて、2kmの幅に圧縮されていることを示している。サンアンドレアス断層の半島区間が運動を開始する以前のサンアンドレアス断層の推定された活動的な海岸と交差した断層であるピラーシトス(Pilarcitos)断層は、この断層がサングレゴリオ断層で切られているか、あるいは、ただ単に、現在のサングレゴリオ断層の最北のセグメントであるということになるのかどうかという未解決の問題を残したまま、沿岸のサングレゴリオ断層へと屈曲している。はるか北方のアリーナ岬でのサンアンドレアス断層系をカバーする高分解能空中磁気探査のデータは、サンフランシスコ湾地域のピラーシトス断層を規定するはっきりとした磁気異常と比較して、ありうべきオフセットの片方を明らかに示している。これらの磁気異常は、サンアンドレアス断層の西、そしてサングレゴリオ断層とピラーシトス断層交差点の北およそ150kmに位置している。しかしながら、ピラーシトス断層の磁気異常との確かな関係を確立するためには、この北部地域の詳細な地質学的研究が必要とされる。空中磁気データのデータは、サンフランシスコの西のファラローズ湾にあるサングレゴリオ断層帯は、少なくとも2つの長い右ステップの海岸との交差からなる。その最北の部分は、サンフランシスコの北西のポリナスラグーンで記載されているサンアンドレアス断層の海岸との交差に関係している。サングレゴリオ断層帯の右ステップの動きは、大部分、サンフランシスコ北西に位置するサングレゴリオ-サンアンドレアス断層交差点における拡張性の(右ステップ)交差点に関連する。

図5におけるA'での長く伸びたオレンジ色の異常は、まったくオフセットがないことを示している。私は未だ



図1 インターネットからの写真



図2 インターネットからのこの画像は、海岸線にオフセットが見られないことを示す。

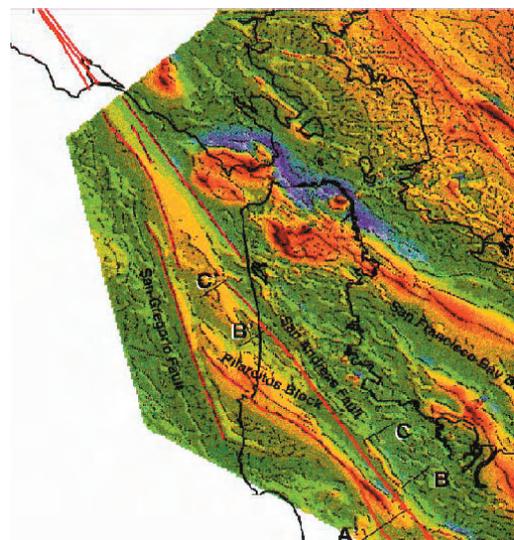


図3 1994年の空中磁気探査の結果: B-B' と C-C' に沿う22kmの変位と主張されていわれているものを示す

ブルアパート堆積盆の本当の例を世界のどこでも見たことはない。では、これは一体全体何なのだろうか？

多分、NCGT の読者の方々からは、コメント、あるいは、何か本当にすぐれたオフセットの例を紹介して下さるだろう。

もしブルアパート堆積盆地が実際には存在しないとすると、それらには、どのようなタイプの構造がとってかわるのか、ということが要点である。

Vadim ANFILOFF
 Canberra, Australia
 wallbat@goldweb.com.au

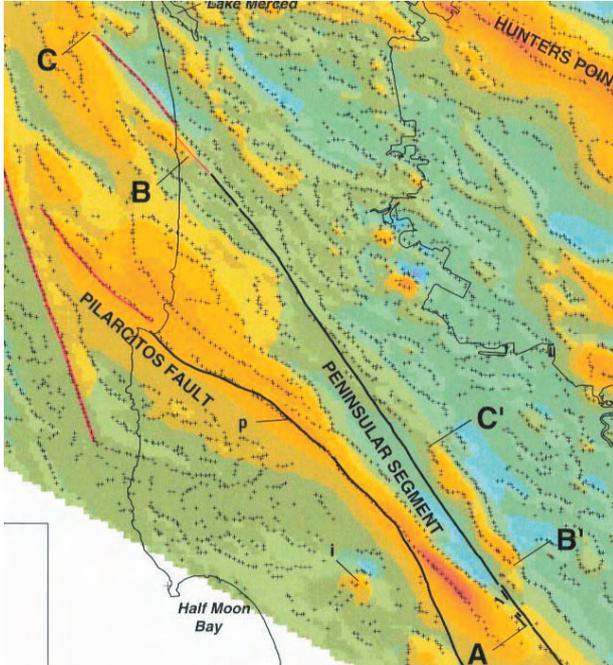


図4 B-B' と C-C' に沿って主張されている変位

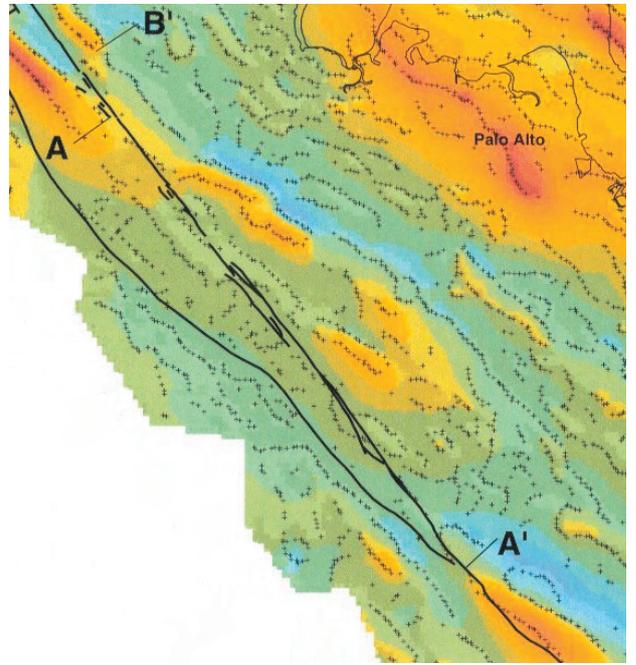


図5 オレンジ色で示された異常 A' には、転移といわれるものの兆候は全くない。

論 説 ARTICLES

過去 40 年間で最大の地震の前兆 PRECURSOR OF THE LARGEST EARTHQUAKE OF THE LAST FORTY YEARS

Zhonghao SHOU
 Earthquake Prediction Center, 500E 63rd 19K New York, NY 10021, USA
<http://quake.exit.com/earthquake.prediction@gmail.com>

(久保田 喜裕 [訳])

要 旨 この論文は、SHOU の地震蒸気説 (Earthquake Vapor Theory) あるいは発見 (1-3) の大意を述べたものである。それは、2004 年 11 月に、スマトラと Andaman-Nicobar 諸島に沿ったまれにみる大気現象を明らかにした。まれな大気現象とは、3つの雲塊が散在的に現れ、突然大きくなり、次に、3つの長い直線が A (8.8, 92.3) B (6.9, 92.9), C (3.2, 95.9) から東アフリカへ向かって現れ、かつ消えた。12月26日には、マグニチュード 6.6, 7.5, 9.0 の3つの地震が、それぞれ、かなりの精度で A, B, C に一致して起こった。すなわち、

スマトラ地震 M9 は、ちょうど C で起きた。それは過去 40 年の世界最大の地震である。気象学もプレートテクトニクスも、このまれな大気現象と震源との一致を説明できないが、SHOU 説は説明することができる。さらに、蒸気前兆仮説は誤った警告を発しないし、地震を見失わない。すなわち、それは役に立ち、地震予知として十分に機能する。プレート仮説では地震の発震時刻も震央もマグニチュードも予知できない。読者の理解の手助けとして、本論は、2つのアニメーションへのリンクを紹介する：1つは 2003 年の Bam 雲、もう1つは 2004 年にお

きた稀な気象現象である。命を救うために、SHOU は次のように示唆した。各国政府は、予算の 0.1% でよいかから、衛星データと地震データの問題を解決するために使うべきである。彼の研究の詳細 (2-3) は、2006 年 4 月に 3 回にわたって、中国人科学者に北京で紹介されている。もし SHOU のこの提案が実現すれば、条件が悪くても、半径 20km の円内に巨大な震央を予知することができるであろう。すなわち、SHOU の Bam 雲の予知同様、マグニチュード ± 0.2M の誤差で、正確に簡単に予知できるのである。今後、さらに研究がすすめば、発震時刻の誤差を 1 週間以内に縮め、周到な避難が可能になるであろう。しかし、著者の提案は、深刻な社会問題に直面している。これが、著者がこの“brick to attract jade (玉を手に入れるためのレンガ)”を提案している理由である。

キーワード: 地震, 前兆, 予知, 雲, インドネシア

はじめに

2004 年 12 月 24 日 0 時 58 分、インドネシア、スマトラ島で大規模な地震が発生した。つづいて、激しい津波がインドネシア、スリランカ、インド、タイ、ソマリア、ミャンマー、モルディブ、タンザニア、バングラデシュ、セيشェル、などを襲った。世界保健機構 (WHO、持続可能な発展と健康的環境) によると、これらふたつの惨事が計 28 万以上もの人命を奪った (4)。プレート学説は、この地震がどのようにして起こったのかを説明できるのか。いや、説明できない。このような地震はユーラシアプレートとインド-オーストラリアプレートの境界地帯のどこにでも起きないのはなぜか、あるいは、なぜ 2004 年 12 月 26 日以前の 100 年間で別の時刻に起きなかったのか、を説明することができない。では、SHOU の地震蒸気説は、これらと同じ質問に答えることができるか。もちろんできる。

地震蒸気説の概略

SHOU が最初にこの仮説を提唱したのは 1991 年 (1) で、2005 年 (2) と 2006 (2006) に発展させた。以下が、簡単な要旨である。巨大な岩石が外力によって応力を受けたとき、まずは、その弱い部分が破壊し、小規模な地震が起きる。大規模地震は大きな間隙を生むという事実は、小規模な地震は小さな割れ目をつくるということを示唆し、微小割れ目は岩石の結合力を減ずる。つぎに、地下水が割れ目に滲み出す。その膨張、収縮および化学作用は、さらに結合力を減ずる。摩擦は地下水を熱し、ついには高温・高圧の蒸気を生み出す。蒸気は、地震発生直前の震源から地表へ、割れ目を通して上昇する。それが冷気に接して、雲を発生する。この種の雲、すなわち、地震発生直前の震央から放出される蒸気は、“地震雲”を意味する。その蒸気は、このような雲をつくるほか、雲の一部を散らし、雲のないスペースをつくることできる。それは地熱の噴出、あるいは geoeruption を意味する。これら両者ともに、①突然の出現と②地表に固定された蒸気源、という 2 つの基本特性をもつ。蒸気の噴出後、岩石の降伏応力は顕著に下がり始め、降伏応力が充分小さくなると地震が発生する。地震雲の尾や蒸気噴

出は蒸気源を的確に示すので、差し迫った震央を予知することができる。蒸気塊が大きいほどより強い地震を示すので、地震マグニチュードが予測される。500 件以上の地震なかで、蒸気発生から対応する地震発生までの最長期間は 112 日、平均 30 日であるので、発震時刻が予知される。それゆえ、地震の 3 つの内容をすべて予知できるのである。

この仮説は、実験データや地震データ、気象学的には説明のできない奇妙な現象によって支持され、SHOU の短期予知は統計学的に意義がある。著者は、2 つの証拠に注目したい。1 つは、Bam 地震雲と地震との高い空間的一致である。この雲はイランの Bam 上空に突然現れ、24 時間ずっと留まった。それは、ほとんど誤差なく、蒸気源に震央をきっかりとピンポイントで示した。もう 1 つは、SHOU が独自に行った 50 件の予知の統計学的な意義であり、それは、米国地質調査所 (USGS) によって立証された。それらを“妥当なもの”とすると、すなわち、USGS のデータには誤差がなく、地震はわずかなひろがりもない点震源であると想定すると、34 件の予知は時刻、地域、マグニチュードともに正確である、と判定される。蒸気前兆仮説による 16 の予知が間違いであるにしても、モンテ・カルロのシミュレーションによるランダム予測は、全く同じような地震で 1/5000 の確率であれば、成功か成功する可能性をもつことを示している。しかし、16 の間違った予知は、実際には、衛星データの問題、地震データの問題、開拓者としての SHOU の経験的な問題に由来する。Brelsford-Jone の評価方法によると、1/16000 の確率になる。Bam 雲、Bam 地震予知の詳細、50 の独自の予知などは、(2-3) に示される。次の動画は、特定の断層に 24 時間ずっと結びついている Bam 雲を明示する。
<http://quake.exit.com/Animation/20031220Bam0.2.gif>

データ源

本論では、衛星画像は英国 Dundee 大学 (5) のものを用いた。衛星はヨーロッパ気象衛星開発機構 (EUMESAT) の IODC である (6)。著者は USGS の最新の地震データを採用した (7)。

前兆

図 1・図 2 は、緯度 2S-35N、経度 44-112E の地域における 2004 年 11 月 14 日 12:30 ~ 11 月 17 日 9:00 の時間帯を示す 24 枚の一連の画像である。北インド洋を越えた赤道付近の雲は、しばしば 80-90E まで西から東へ動く。それから、ベンガル湾で中国へ向って向きを変えるか、南中国海へ移動し、台湾へ向きを変えるかである。しかし、画像に示された雲は東から西へ東アフリカまで移動し、そこで向きを変え、インドへ向かった。11 月 14 日 15:00 に、一連の暗い斑点がスマトラ島 ~ Andaman-Nicobar 諸島の西岸沖の白い雲の中に現れた。そして、時間が経つにつれ、より大きく暗くなった。これらの斑点は、地熱噴出 (geoeruption) である。12 月 26 日の A、そしてそれは、1990 年 1 月以来ずっと、緯度 8-10N、経度 90-95E の地域内の最大地震であった。図 5 は、11 月 16 日の午前 3 時の B (6.9N, 92.9E) から Y (4N, 50.7E)

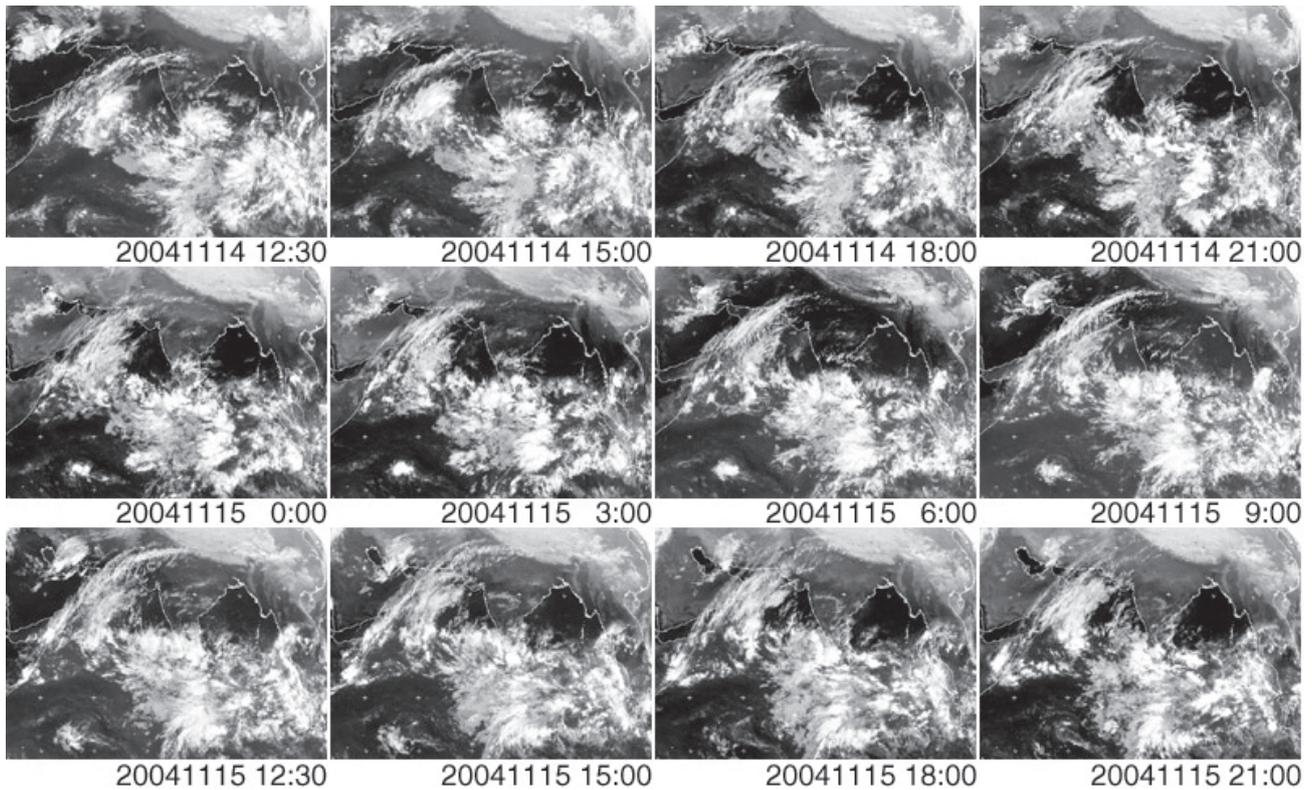


図1 これらの画像は EUMESAT の IODC 衛星からのもので (6), 英国 Dundee 大学によって解析され公開された (5). 2004 年 11 月 14 日, 15:00 にスマトラ島と Andaman-Nicobar 諸島に沿って, 黒い塊の列が現れ, 後にだんだん大きく, 暗くなっていった. 11 月 15 日の 0:00 時には, No. 1, 2, 3 の 3 の地熱噴出が形成された (図 3 のオリジナル画像参照). 3:00 には, 長大な直線状の線が形成され (図 4 参照), その後消滅した.

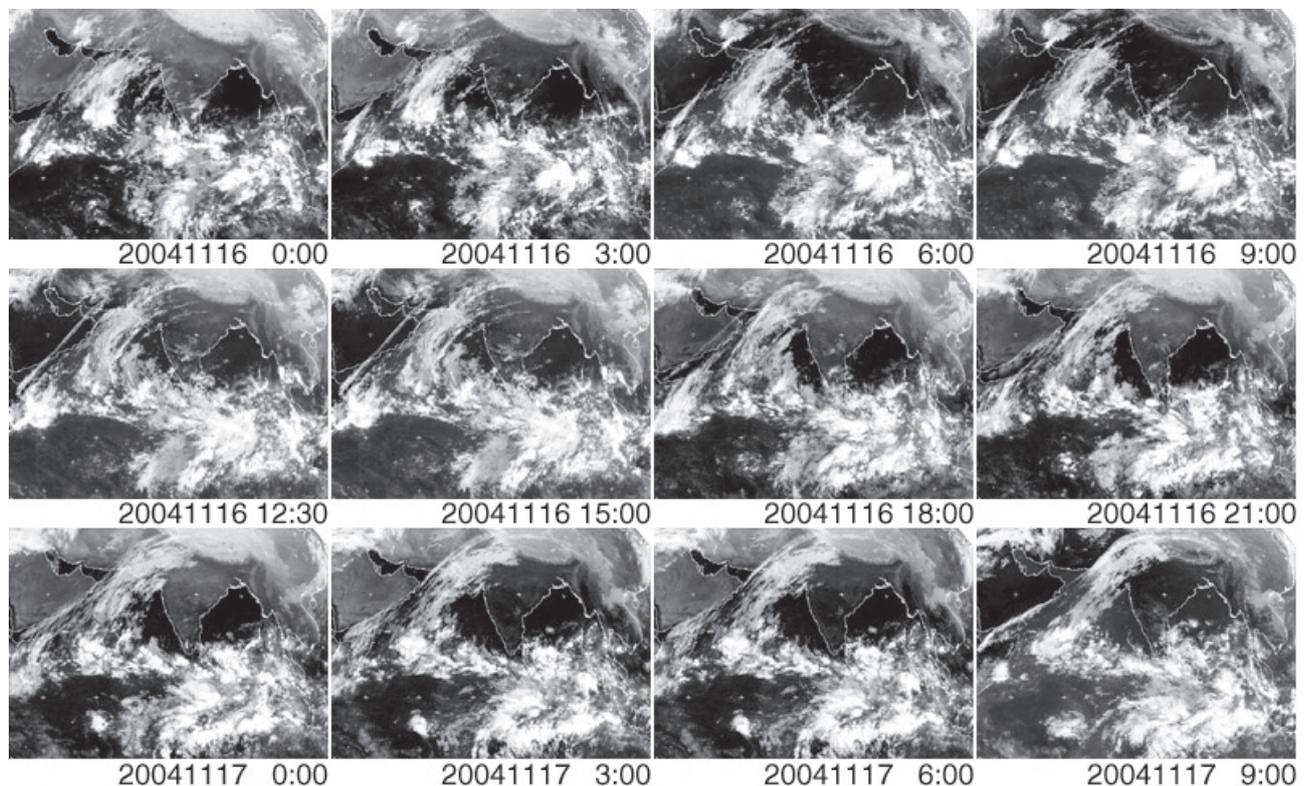


図2 11 月 16 日の 3:00 時には, もうひとつの直線が形成され (図 5 参照), その後消滅した. 11 月 17 日の 0:00 時には, 最後の直線が形成され (図 6 参照), 後に消滅した.

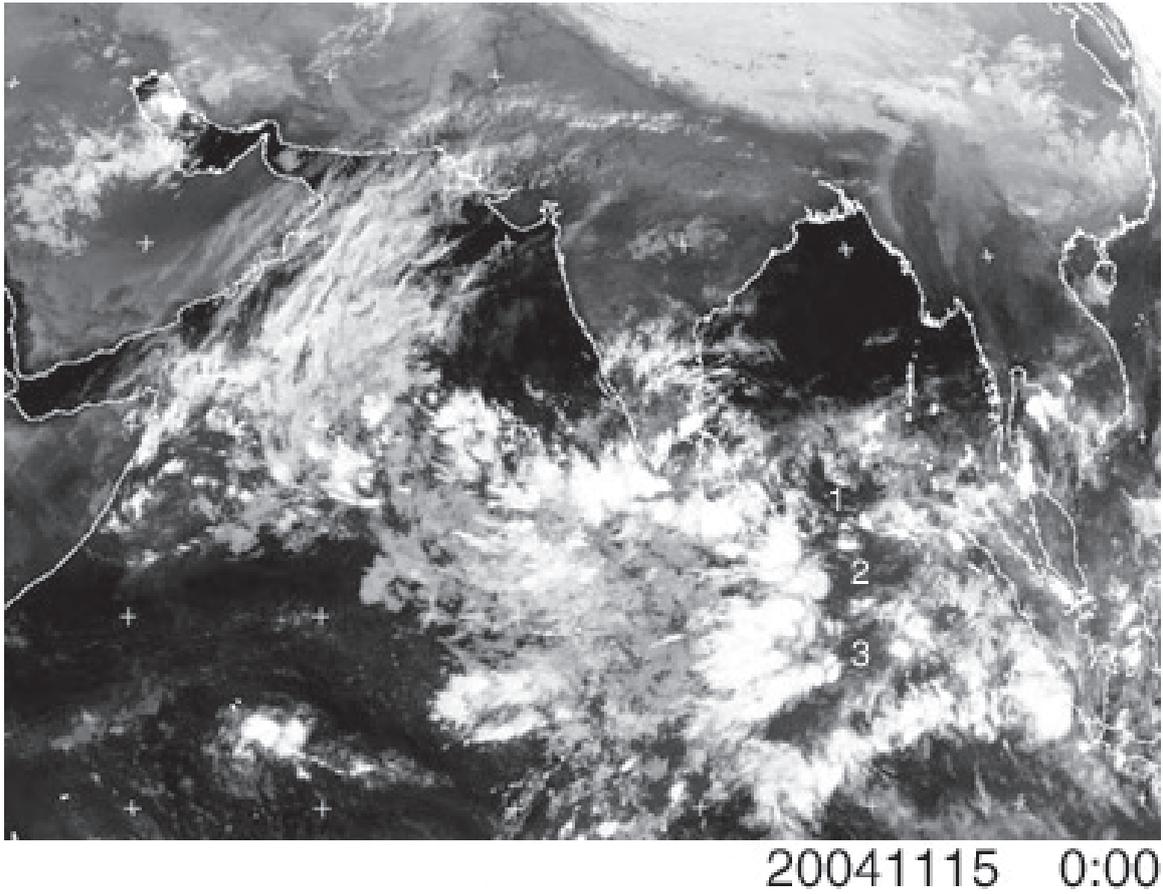


図3 2004年11月15日, 0:00時に形成された3つの地熱噴出 (No.1, 2, 3)

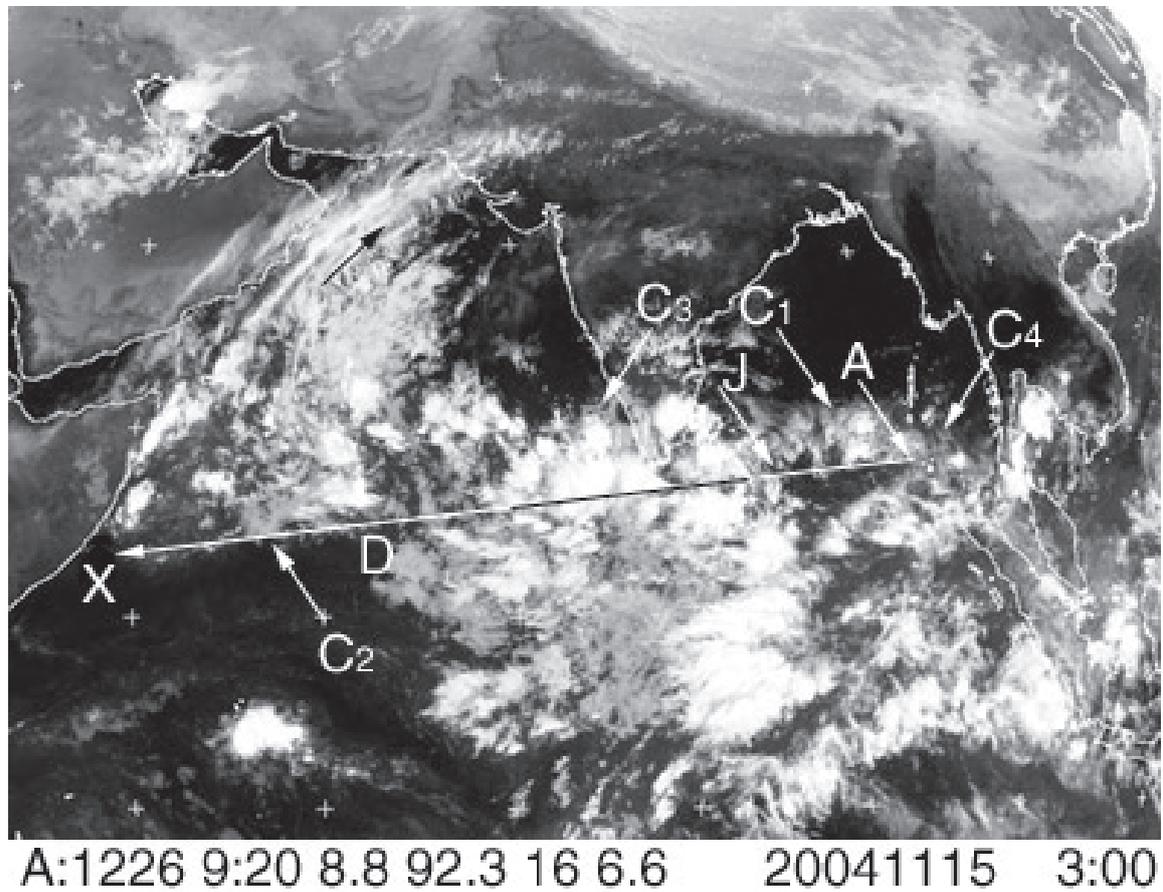
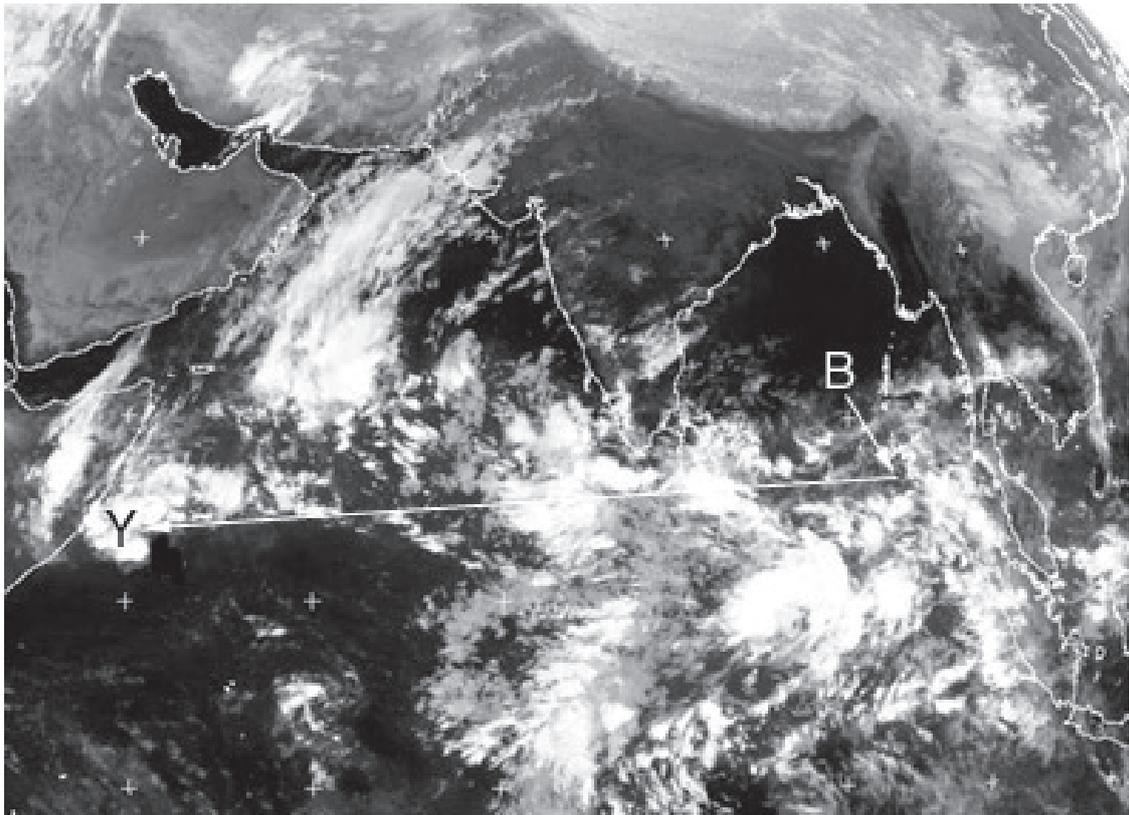
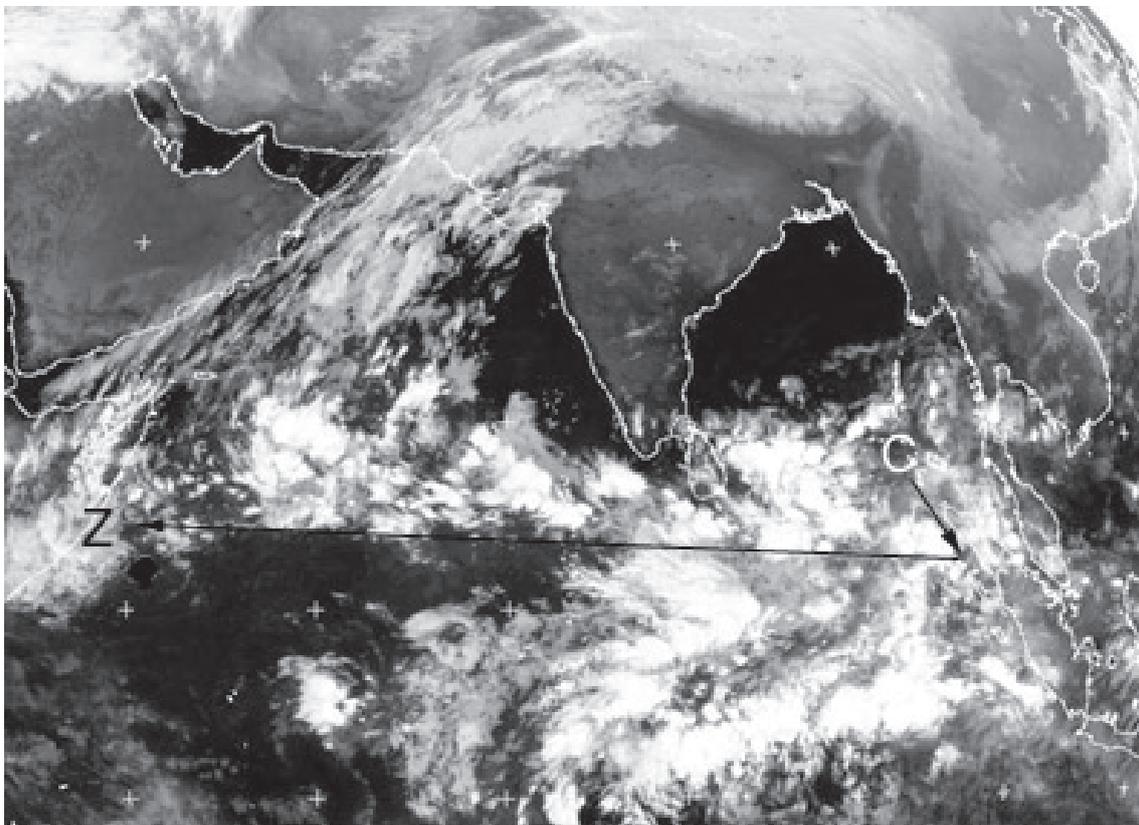


図4 AJは, 雲C1と地熱噴出No.1の境界であった. DXは雲C₂の縁であった. 雲C₃はそれらとは離れているが, AJとDXは直線AXに一致している. 12月26日に, M6.6の地震がAに一致して起こり, 少なくとも1990年の1月1以降, 緯度8-10N, 経度90-95Eの地域での最大地震になった.



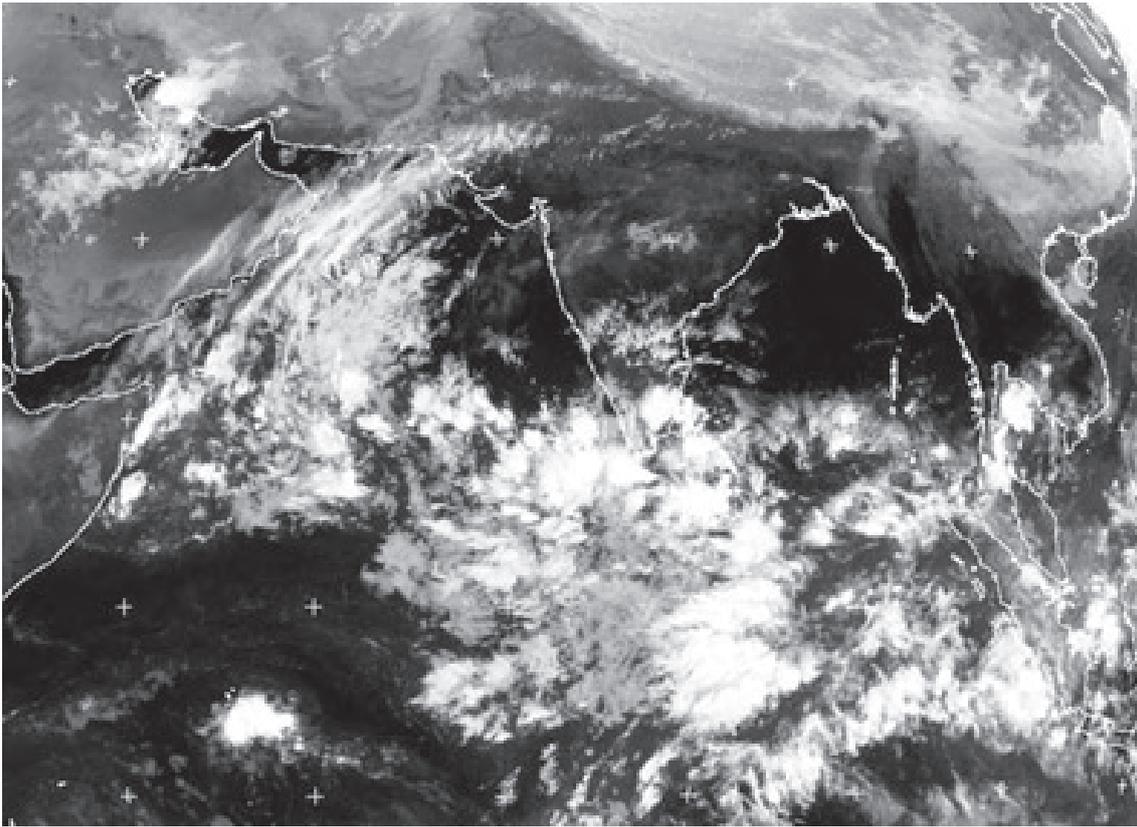
B:1226 4:21 6.9 92.9 39 7.5 20041116 3:00

図5 11月16日3:00時に形成されたもうひとつの直線BY. 12月26日に, M7.5の地震がBに一致して起こった. この地震は過去15年間で緯度15~20Nの領域では, 唯一マグニチュード7以上の地震であった.



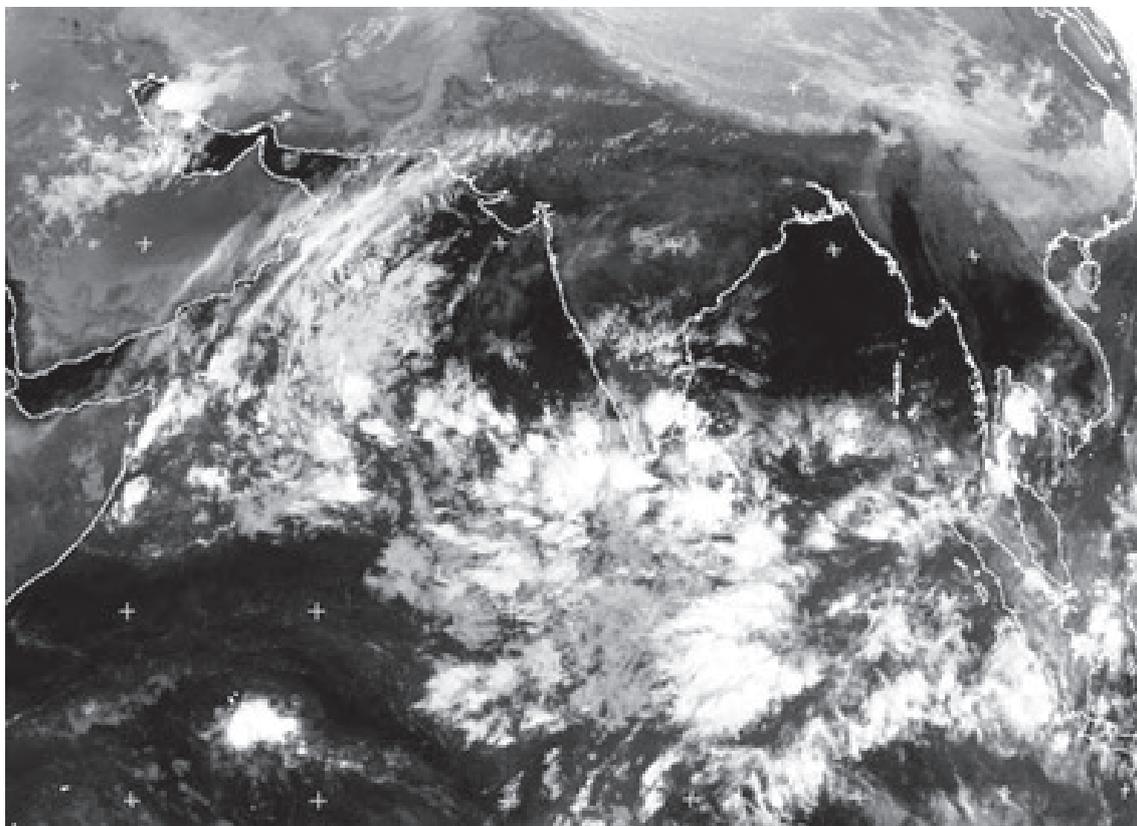
C:1226 0:58 3.2 95.9 30 9.0 20041117 0:00

図6 11月17日0:00時に形成されたもうひとつの直線CZ. 12月26日に, M9の地震がCに一致して起こった. この地震は過去40年間における世界最大地震である.



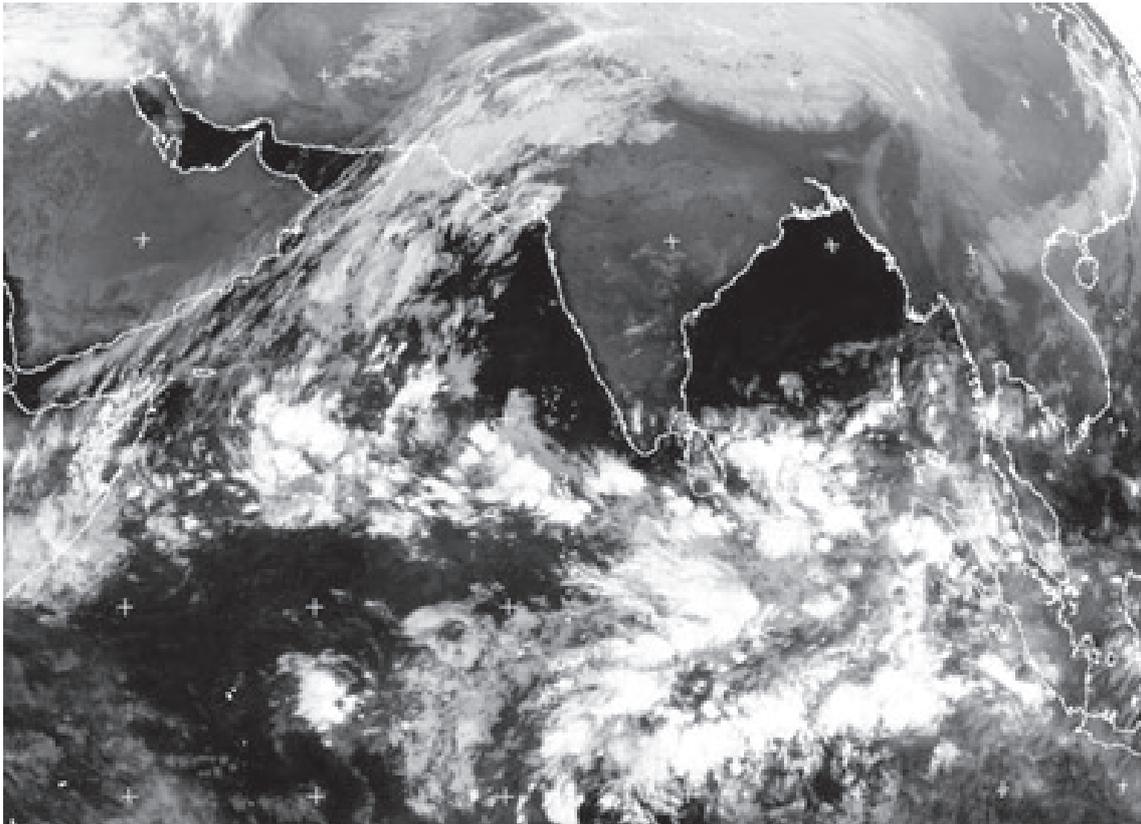
20041115 3:00

図7 図4のオリジナル画像.



20041115 3:00

図8 図5のオリジナル画像.



20041117 0:00

図9 図6のオリジナル画像.

の同様の奇妙な形態を示している. 再び一致したことに
は, M7.5の地震は12月26日にBで起こった. それは,
最近の1990年1月~2005年1月における, 緯度5-20N
の範囲で, マグニチュード7以上に達したの唯一の地震
である. 図6は, 11月17日0時, C (3.2N, 95.9E) から
Z (4.9N, 50E) までの最後の奇妙な形態を示している.
さらに一致していることに, M9のキング地震は12月26
日にCで起こった. それは世界中の過去40年間におけ
る最大地震であった. 図7~図9は, 読者のチェック用
に準備されたIODCオリジナル画像である.

3つの地熱噴出, 1, 2および3は, 2004年11月15日
に突然現れ, 3つの長い直線, AX, BY, そしてCZで発
達した. この大気現象はまれなものである. プレート説
でも, 気象学でも, なぜこれらの地熱噴出が突然ある地
域で現れるのか説明できないし, なぜ三つの線が非常
に長く直線的なのか説明できない. 注目すべき一致は, 後
に一貫して, A, B, Cで3つの大きな地震を生み出して
いることである. その完全な経緯が, 次の動画に示され
ている.

<http://quake.exit.com/animation/20041226king0.2.gif>

説 明

図10は, 図4の現象の概略を説明しようとしている.
それは矢印AXを通る鉛直断面図であるが, 大きさは図4
のそれとは比例していない. C.S.C₃(雲3の断面)とC.S.C₄
(雲4の断面)は, それぞれ厚い雲C3と薄い雲C4を示
している. 震源Hは, 16.1kmの深さである. 蒸気は, 割

れ目を通して, Hから海水へ噴出する. その長さはAXの
長さに比べると無視できるほどである. 震央Hでは, 蒸
気は高温・高圧を保っているはずだ. その蒸気がある速
度Vで噴出するが, その大きさと角度は測定できない.
しかし, 大きな水平成分V₁をもっているに違いない. さ
もなくば, AXは4,790kmに達しないはずだ. 噴出蒸気
の球は, 排除した海水の重量に等しい浮力F₁, および, 水
の摩擦抵抗力F₂(適切な見積もり資料がない)を受ける.
F₁, F₂, V₁は全体として, その球を上へ開いた放物線に
沿って移動させ, F₁, F₂が作用しなくなる海面に達する.

噴出蒸気の球は, 熱い蒸気と周辺の冷たい空気との密度
差による上向きの浮力と, 下向きの空気摩擦抵抗による
上向きの合力F₃を受ける. その球は, 水平成分U₁と鉛
直成分U₂からなる速度Uをもつ.

それは水中にあったので, F₃とU₁はともに上へ開いた放
射線に沿って移動する. それは, 高度3-10kmの通常は
雲が存在する空のJに達する. 一連の蒸気球は, 熱い蒸
気流を形成し, Jで雲C₃に遭遇する. 11月15日3時以
前に, この流れは薄い雲C₁の一部をほとんど消滅させ,
図3の雲のない地熱噴出No.1を形作っていた. その流
れは2つに分離し, その雲の下で, 上向きの流れP₁と
前方向きの流れP₂になる. それらはともに雲C₃を溶か
し, 続いて, 濃い雲として凝集する. これらの両過程が,
Jの位置で起こった変化を比較することによって, 理解
することができる. 図1には, 11月14日15:00~11月
15日6:00における, 雲C₃の密度と容積の変化が示され

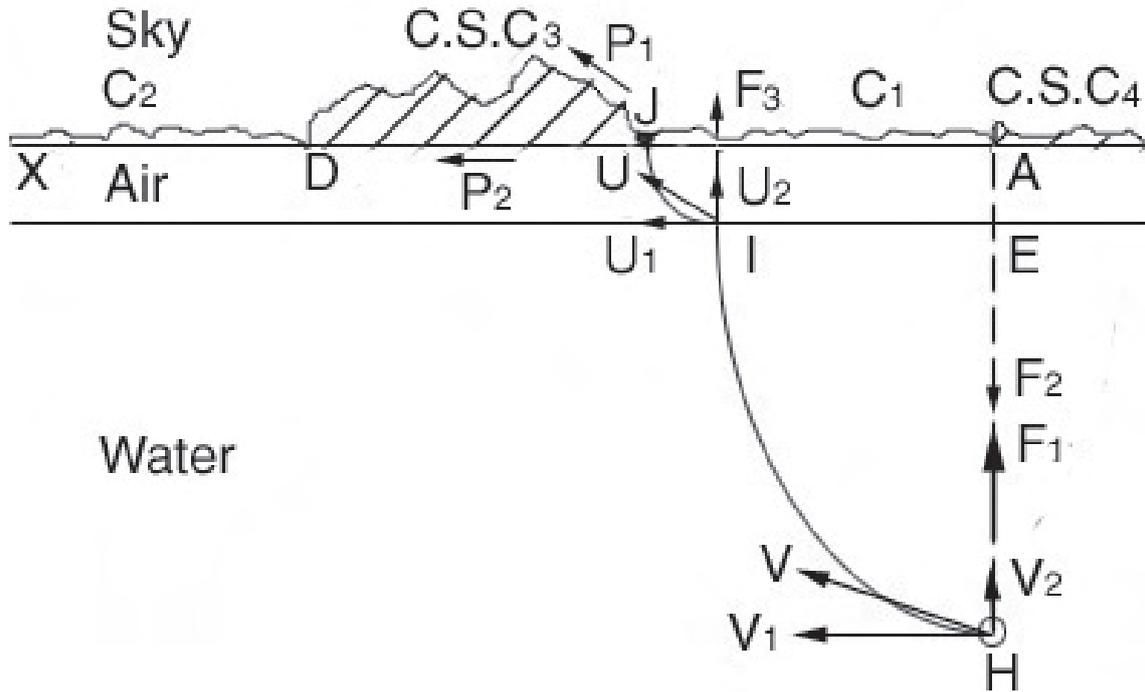


図10 図4における長大な直線AXDXを通る鉛直断面図。平面AJC1とDXC2は薄く見えているが、C.S.C₃とC.S.C₄は断面では見えない。前者は厚く、後者は薄い。AJ、JDとDXの長さは、図4のもうひとつのものとは比例していない。EはA直下の8.8N, 92.3Eの震央である。HはE直下、深度16.1Kmの震源である。AEは3～5kmと見積もられるが、測定データはない。蒸気が通った割れ目は、4,790kmの長さをもつAXと比べて短すぎて書き込めない。震源の蒸気は高温・高圧を保っているはずだが、測定データや推測データはない。蒸気は測定不能の速度Vで水中へ噴出するが、その水平・垂直成分はそれぞれV₁とV₂である。蒸気球は浮力F₁と摩擦抵抗力F₂をうける。その球は水中で放物線を描いて上昇し、海面まで到達する。空中では、それは、空気の摩擦抵抗と、蒸気が周囲の冷たい空気よりも軽いために受ける浮力との合力F₃を受ける。それは、測定されていないある速度Uをもち、その水平・鉛直成分がそれぞれU₁とU₂である。それはJまで放物線を描いて上昇する。一連のこのような球は流れを形成し、上向きのP₁と前向きのP₂の2つに分かれる。P₂は、厚い雲C₃を溶かしはしないが、非常に明瞭な直線DXをつくる薄い雲C₂を溶かす。Vは、11月15日の3:00前にだんだんと小さくなっている。そのため、IとJはそれぞれEとAに押し戻されている。A、EとFは垂線である。

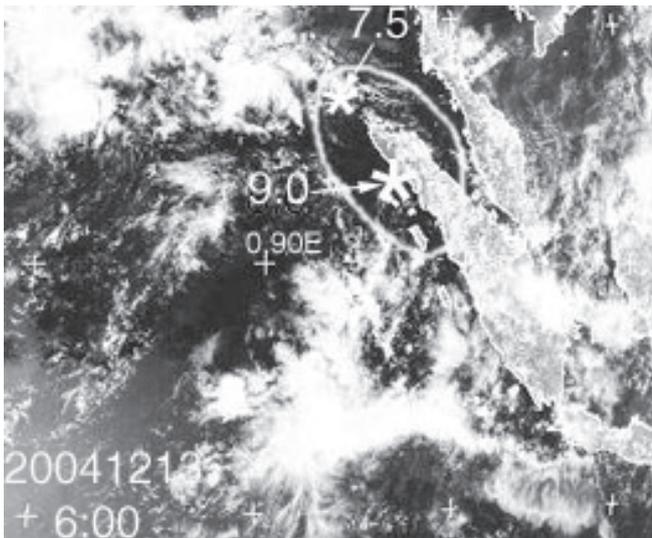


図11 SHOUは、2004年12月15日に、図示された円のなかに、マグニチュード5以上の地震を予知し、公表した。星印で示されているM9とM7.5のふたつの地震は、想定された時間と地域およびマグニチュードの範囲内でまさに発生したが、図12に示した前兆は、2004年12月26日1:25時の5.47N, 94.21EのM6.1の地震と、12月27日0:32時の5.47N, 94.21EのM6.1の地震であり、両方ともピンポイントで起こった。

ている。流れP₂は雲C₃を通りぬけて前進し、薄い雲C₂を溶かし、図4に示される直線状の長い雲の縁を形成する。

11月15日のほぼ3:00に、この蒸気噴出が終了する。速度Vはだんだん小さくなり、そのためI点は震央Eへ向かって後退する。同時に、JはEの上方にあるAへ向かって後退する。これが、Aが震央Eを正確に予知できる理由である。蒸気の流れは強い水平方向の速度V₁をもっているから、空には弱い風があり、AJとDXは同じ長さの直線状になろう。図5は図4に類似しているが、図6はやや異なる：地熱噴出No.1とNo.2はすでに止まっているため、C上の空は充分冷え、最後の噴出蒸気と厚い雲の中の溶けた雲の蒸気とともに、密度が高くなっている。このようにして、最も大きな地震の震央CはAやBに移ることが困難である。しかし、CZは、AXやBYのように直線的である。このようにして、震央CはCZと小さな黒い点Cによって、位置づけることができる。

3つの地熱噴出No.1,2と3は11月14日の15:00に始まり、11月15日の3:00までの12時間、11月16日3:00までの36時間、11月17日の0:00までの57時間、持続

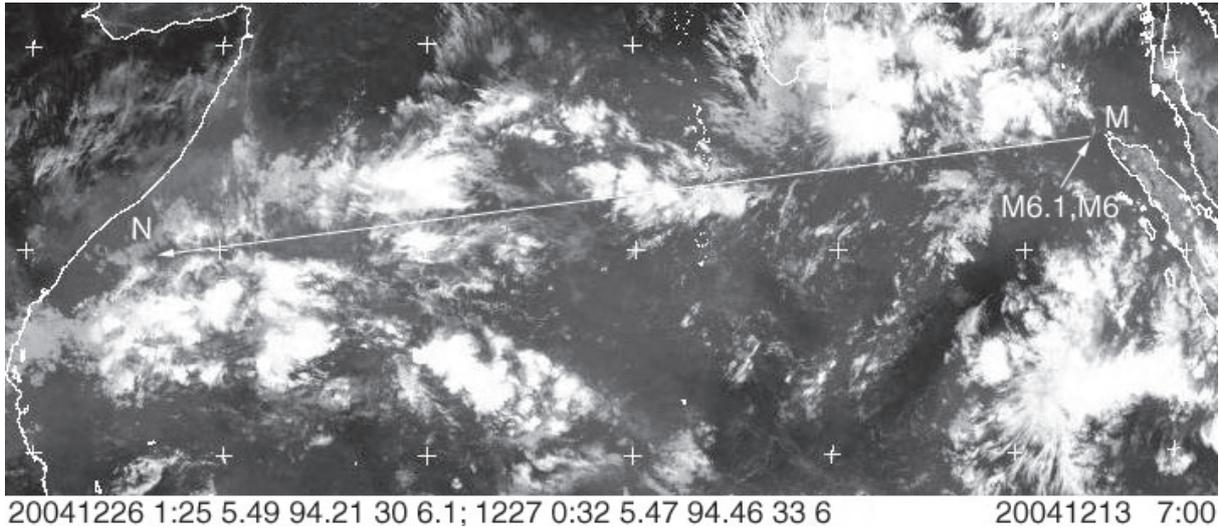


図 12 矢印は 2004 年 12 月 31 日の M から N までの地熱を表す。マグニチュード 6.1 と 6 の連結した地震が、12 月 26 日と 27 日に矢印の尾の部分でしっかりと生じた。

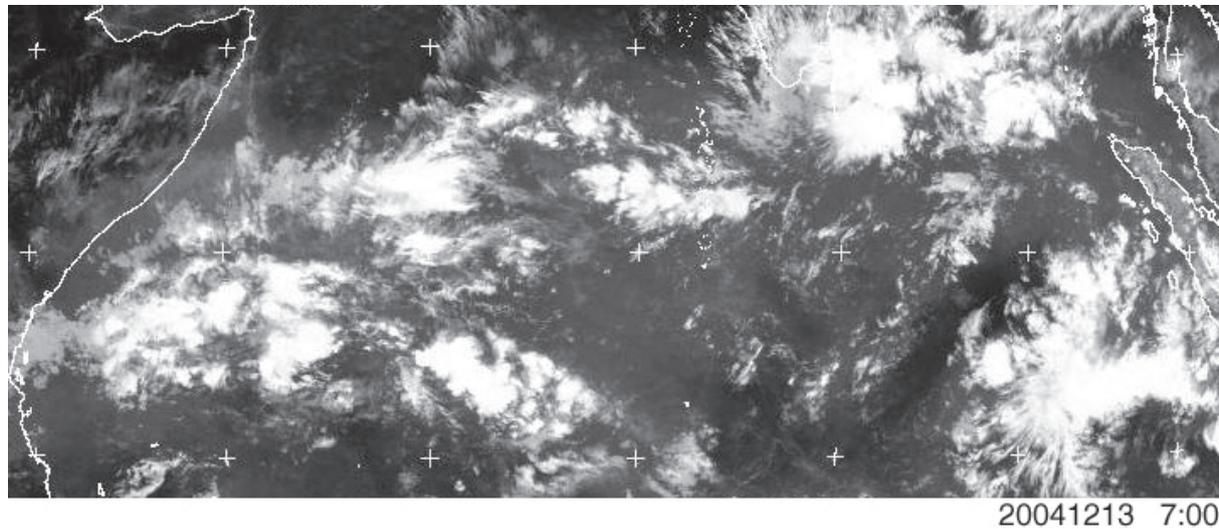


図 13 図 12 のオリジナル画像。

した。存続時間 12 時間、36 時間、57 時間は、それぞれマグニチュード 6.6, 7.5, 9 を示すが、それは SHOU の仮説を確たるものにする。さらに、11 月 14 日から 12 月 26 日までの時間間隔は 42 日で、SHOU の 112 日時間以内にあたる。

精度

誰かが、2004 年 12 月 15 日に、図 11 の SHOU の予知について質問するかも知れない。最大地震は完全に、彼が予知した枠の中で起こった。しかし、この図の形は、12 月 26 日 1:25 の 5.49N, 94.21E の M6.1 地震、および 12 月 27 日 0:32 の 5.47N, 94.21E の M6 地震を示している。両地震とも図 12 の矢印のまさに端点で起こり、それらのマグニチュードは小矢印で記された地熱噴出と一致している。図 13 は、読者がチェックするための図 12 のオリジナルなイメージである。一方、政府は莫大な予算をもつにもかかわらず、このような予知を行わない。

概算

それでは、概算をやってみよう。図 10 では、海水の深

度 16.1km における圧力は $1532 \text{ atm} (=16100/10.52 + 1)$ である ($= 10.8\text{m}$ の水、あるいは 10.52m の海水、その密度は 1.027 kg/L)。震源 H での圧力はもっと高いはずだが、報告されたデータがない。H での温度は $300\text{--}1520^\circ\text{C}$ (2-3) のはずだが、これについて公表されたデータがない。AX の距離は 4790km であるが、地熱噴出 No. 1 の持続時間は 12 時間より短いので、平均水平速度は約 400km/h ($=4790/12$) である。もし鉛直速度が水平速度に等しいとすると、蒸気は海面まで 2.4 分かかるであろう。誰かが、地熱噴出 No. 2 と 3 はどうなのかと質問するかもしれない。それらも同様である。というのは、AX, BY および CZ はほぼ等しいからである。

議論

この研究は、蒸気仮説が誤った警告を発しないことを示している。SHOU の最近の研究は、1993 年～2005 年 10 月に世界中で起きたマグニチュード 7 以上のすべての地震に蒸気前兆があることを示す。それとは対照的に、世界中の政府の地震専門家は、正確で信頼できる予知を達成していない。それゆえ、SHOU は、政府予算の 0.1% を

使えば、彼が確認した衛星データの問題や地震データの問題 (2-3) を解決することが可能であることを指摘する一方で、2006年4月に3回、北京の中国人科学者へ彼の研究を紹介している。彼の指摘は、政府の研究にそれほどの影響をおよぼさなかった。それは、現在の予算100%とその99.9%の間にほとんど違いがなかったからである。しかし、それは、大変冷たい環境とは無関係に、大地震の震央を半径20kmの円内に予知することによって、人々に良い将来をもたらすであろう。すなわち、SHOUのBam仮説と同様に、誤差±0.2M内のマグニチュードで、どんな周辺環境でも、正確にしかも簡便に予知が可能なのである。さらなる研究によって、将来、時間範囲を1週間以内へ狭めることができれば、非難が成功裡におこなわれる。しかし、各国の政府は、SHOUの指摘を受け入れるよりむしろ、地震の犠牲者に対する責任を放棄し、地震を予知することは不可能だと主張するであろう。不幸な結果のひとつとして、2006年7月22日の中国、YunnanのM5.2の地震では、19名が亡くなり、106名が負傷した。

米国では、Pasadena Field Office (USGS) の科学者、Lucy Jonesが“SHOU氏だけが、地表下10kmで起こっている地震と雲の間にはなんらかの関係があると考えている”と主張している (8)。彼女は、“Bam地震の予知と宇宙技術”を年報で公刊したUN編集者を含む多くの科学者や他の人々を軽蔑し、誰もしないことだが、その本をUNの全メンバーに配布した。一方、Jonesは、彼女の事務所で報告されているとおり深度0~9.99kmでも地震が広く起こっているという基本的な事実を知らないようにみえる。たとえば、M7.3のLanders地震、M6.3のBig Bear地震、M7.1のHector地震、M6.5のSan Siemon地震、そしてM6のAvenal地震は、それぞれ、深度0.9, 5.3, 0.02, 7.0, 5.5kmで起こった。この事実は、9.99kmでの地震は雲を生じるが、10.00kmでは発生しないといった彼女の主張のため、混乱をもたらしている。彼女は、自らの主張を証明するデータを持っているのだろうか。

彼女は、彼女の“前震と余震”仮説を自慢に思っているかもしれない (9-11)。しかし、それには科学的な明確性が欠けていて、誤っている。SHOUはかつて、USGSのチーフに余震はどのくらいまで続くのか尋ねたが、彼はそれをよい質問だと考えた。またSHOUは、2つの時間的に近接して起きる地震AとBを明らかにする方法を彼に尋ねた。AがBに先行するとすると、次の3つの場合が想定される：A>B, A=B, A<B。彼は、A>Bでは、Aが本震であり、Bは余震であると答えた；A<Bでは、Bは本震で、Aは前震である；もし、A=Bの場合が存在するとすれば、それは大変驚きだ。SHOUは、すぐに4組の地震を彼に与えた。そのうちの1組はM6.6の2つのアイスランド地震であった：2000年6月17日と6月21日に発生した地震で、これらは、そこでは1912年来で最も大きい。彼は言葉につまった。科学的な明確性のないJonesの仮説は最悪である。

政府は、多くの興味ある“理由”でもって、SHOUの蒸気仮説を無視する。たとえば、インド宇宙研究機構は、“インド人ではない”ことで、SHOUのデータを受け入れることを拒絶した。Gujarat地震は、2001年7月26日に、20,023人のインド人の命を奪い、166,836人の負傷者を出した。2004年12月24日の津波は10,000人の命を奪い、2005年10月8日のパキスタン地震では、少なくとも465人のインド人がなくなった。確信すべきあまりにも多くの興味ある理由がある。それが、著者が“brick to attract jade (玉を手に入れるためのレンガ)”を提案した理由である。

謝辞 Wening Shou, Darrell Harrington, Lingyan Fang, Frank Mayhar, および Yan Fang には御支援いただき、Dong R. Choi には寄稿をお勧めいただいた。EUMETSAT ならびに英国 Dundee 大学からわ衛星データを、また、USGS には地震データを提供頂いた。以上の方々に心から謝意を表する。

文献

1. Shou, Z. Earthquake Clouds, a reliable precursor. *Science & Utopya* 64, 53-57 (1999).
2. Harrington, D., & Shou, Z., Bam Earthquake Prediction & Space Technology, SEMINARS of the United Nations Programme on Space Applications 16, 39-63 (2005). <http://quake.exit.com/copies/BamSeminars.pdf>
3. Shou, Z. Earthquake Vapor, a reliable precursor. *Earthquake Prediction*, 21-51 (ed. Mukherjee, Saumitra. Brill Academic Publisher, Leiden-Boston, 2006).
4. World Health Organization (Sustainable Development and Healthy Environments). *The Drinking Water Response to the Indian Ocean Tsunami Including the Role of Household Water Treatment* (2005). http://www.who.int/household_water/research/DW_response_tsunami.pdf
5. DSRS Geostationary Satellite Imagery of Dundee Univ., UK. <http://www.sat.dundee.ac.uk/pdus.html>
6. European Organisation for the Exploitation of Meteorological Satellites (EUMETSAT) <http://www.eumetsat.de/en/index.html>
7. Ftp Catalog of the US Geological Survey http://www.neic.cr.usgs.gov/neis/data_services/ftp_files.html
8. Pretor-Pinney, Gavin. *It Is Hardly Controversial. The Cloudspotter's Guide*, 189-193 (Perigee Books, New York, 2006).
9. Reasenber, P. A. & Jones, L. M. Earthquake hazard after a mainshock in California. *Science* 243, 1173-1176 (1989).
10. Reasenber, P. A. & Jones, L. M. Earthquake aftershocks: Update. *Science* 265, 1251-1252 (1994).
11. Gerstenberger, M.C., Wiemer, S., Jones, L. M. & Reasenber, P. A. Real-time forecasts of tomorrow's earthquakes in California. *Nature* 435, 328-331 (2005).

ニューブリテン海溝, パラオ, ニューギニア :
 広域的左ずれ走向移動断層系における展張成分
**NEW BRITAIN TRENCH, PAPUA NEW GUINEA: AN EXTENSIONAL ELEMENT IN
 A REGIONAL SINISTRAL STRIKE-SLIP SYSTEM**

I. David LINDLEY

PO Box 587, Yass, NSW 2582, Australia

E-mail: tgreensmith@bigpond.com Tel & fax. +61-2-6227 1206 .

(岩本 広志・国末 彰司 [訳])

要 旨

ニューブリテン海溝に沿った沈み込み概念は、ニューギニアの現代造構論のキーとなる教義である。しかしながら、海溝地形は継ぎ手構造をつくる展張地形要素として再解釈され、左ステップの左ずれ走向断層帯はソロモン群島から西ニューギニアまで伸びている。海溝の下の地震構造は 80° 以上の急傾斜を示し、深度 630km の上部マントルに達する。このような海溝システムは、傾斜角が $45^\circ \sim 60^\circ$ の範囲にある大半の太平洋海溝系の典型例とは似ていない。継ぎ手構造の駆動断層は、ほぼ平行で北に急傾斜した構造または鉛直構造として、サンクリストバル海溝とラムウーマルカハム断層帯の下に位置する。これらの駆動構造はより浅く、200-250km の深さまでおよんでいる。この左ずれ走向断層系は、ここではメラネシア転移帯 [transfer zone] と名づけられ、北西へ向かって速く動く太平洋プレート (とそのマイクロプレート、北ビスマルクマイクロプレート、および時計回りに回転している南ビスマルクマイクロプレートを含む) と北東に動くオーストラリアプレート (とソロモン海マイクロプレート) を境するプレート境界である。メラネシア転移帯は、ニューギニア-ソロモン諸島地域で観測される最高レベルの地震帯に一致し、多くの地域で活動的な火山地帯 (ビスマルク火山弧) が太平洋プレートと南ビスマルクマイクロプレートに面したメラネシア転移帯に沿って並んでいる。急速なすべりは北ブリテン海溝を横切って伝播し、著しく強烈な地震活動をひきおこす。これらの地震には圧縮および引張の地震イベントが混在していて、ニューブリテン弧やラバウル地域の分散の太平洋プレート境界で観察される。ニューギニア北部とニューギニア諸島の特徴的な層序 (中新世の炭酸塩海台をつくる大規模板状岩体に不整合に被われた始新世~漸新世の火山砕屑物と貫入岩類) が、フィニステレースラウェシ地域、マヌス諸島、ニューアイルランド、ブーゲンビル諸島、ニューブリテン島に見られ、メラネシア転換移帯の北側に分布する太平洋プレートに固有な岩石組み合わせとなっている。

キーワード: ビスマルク火山弧, 引張テクトニクス, ニューブリテン海溝, ニューギニア, ラムウーマルカハム断層帯, サンクリストバル海溝

はじめに (INTRODUCTION)

ニューブリテン海溝 (NBT) は北東方向にのびる海底地形要素で、弧状のニューブリテン島の南海岸をふちどる (図 1)。その南西と北東の端は、それぞれ西と東に曲げられている。トラフの東端はブーゲンビル島の南方に位置し、南東へ向かってサンクリストバル海溝 (SCT; 本座ほか, 1987 の南ソロモン海溝) に接している。西端の構造は、Lae の近くでニューギニア本土に上陸し、そこではラムウーマルカハム断層帯 (RMFZ) として知られている。SCT-NBT-RMFZ 構造は強い地震活動 (図 2A) や後期新生代火山活動 (図 2B) と関係している。海溝は南ビスマルクプレート (SBP) とソロモン海プレート (SSP) の境界部の地表への現れである (Johnson & Molnar, 1972; Curtis, 1973b)。ニューブリテン海溝 NBT に沿った沈み込み概念は、ニューギニアの現代造構理論のキー教義をなす (Johnson & Molnar, 1972; Curtis, 1973b; Denham, 1973)。この沈み込み概念には、ニューブリテ

ン弧をつくる上盤側の南ビスマルクプレート (SBP) の下に、そして、ブーゲンビル弧の太平洋プレートの下へのソロモン海プレート (SSP) の沈み込みを伴う。

現代のテクトニクス論の硬直化した変化のない研究に特有の束縛によって、ニューブリテン海溝 NBT とラムウーマルカハム断層帯 RMFZ に関連するいくつかのテクトニクスの基本的矛盾が見落とされつづけている。それらには、以下のことがらが含まれている。

1. ニューブリテン海溝 NBT の下に位置する急傾斜~鉛直の地震帯 (Denham, 1969; Weibenga, 1973; Curtis, 1973b; Abers & Roecker, 1991) は、他の典型的な太平洋海溝系に似ていない特異形態を示す (Denham, 1969)。ラムウーマルカハム断層帯 RMFZ も、非常に急傾斜~鉛直である (Curtis, 1973b; Abers & Roecker, 1991)。これらの鉛直に近い地震帯は、海洋地殻が突然 90° 近く曲がり、鉛直下向きに沈み込むスラブを形

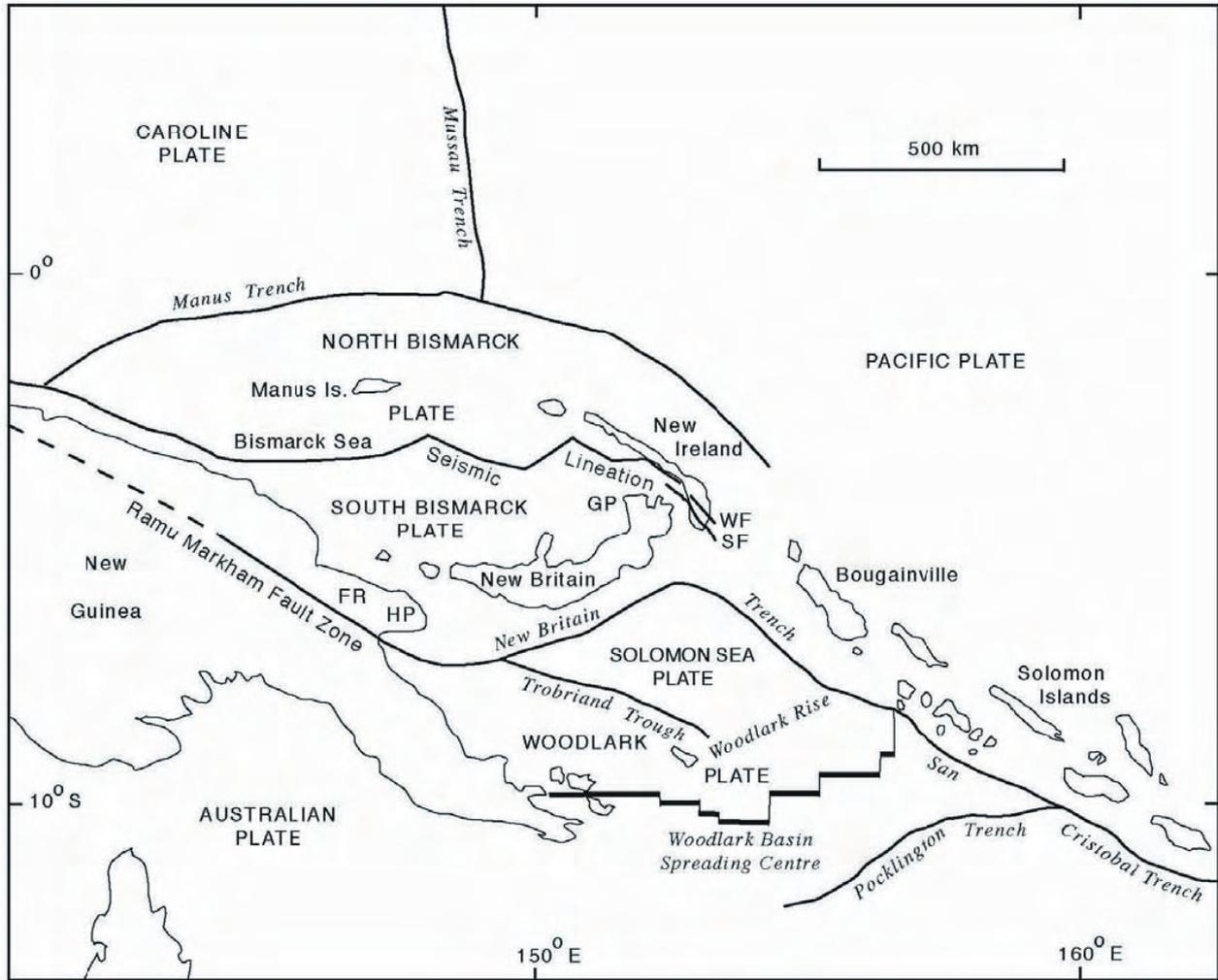


図1. 主要構造要素を表したニューギニアとソロモン諸島の構造図. ラムウーマルカハム断層帯 RMFZ - ニューブリテン海溝 NBT - サンクリストバル海溝 SCT が顕著な構造配列を示す. FR: フィニステレ山脈, GP: ガゼレ半島, HP: ヒュオン半島, SF: サボム断層, WF: ウェイチン断層.

成するという収束モデルとして解釈されている (図3, Johnson, 1979; Johnson & Jaques, 1980). 単刀直入な解釈をすると, これらの急傾斜地震帯は, 基本的には断層帯にほかならないのである.

2. ソロモン海プレート SSP は, 北西へはニューブリテン弧 NBT の下に, 北東へはブーゲンビル弧の下へ, 同時に直交2方向に動く必要性にせまられている (Denham, 1969; Ripper, 1970; Coleman & Packham, 1976; Lindley, 2006).
3. ニューブリテン島の北海岸に沿った活動的な火山弧 (ビスマルク火山弧; 図2B) は, ニューブリテン海溝 NBT に沿った沈み込みに関係すると信じられている. この火山弧は, 東西それぞれ 400km および 600km の距離にまでひろがっている. しかし, 弧の西部 600km については, それに沿う沈み込みの証拠がない.
4. ニューブリテン海溝 NBT とラムウーマルカハム断層帯 RMFZ に沿った震源メカニズム解には圧縮と引張が混合し, 前者 (圧縮) が優勢である (Ripper, 1970; Curtis, 1973a; Denham, 1971; Mori et al., 1987).
5. 野外および地震データは, ニューブリテン海溝 NBT とラムウーマルカハム断層帯 RMFZ に沿った走向移動断

層運動を示す. Tregoning & McQueen (2001, p. 746) の研究は地震に関係した衝上作用のみを考察し, 「南ビスマルクプレート SBP の南側境界はスラスト・衝突帯」と述べている.

6. ラムウーマルカハム断層帯 RMFZ は, 走向方向に 500km 以上にわたって連続する著しく直線的で鉛直な断層帯であるが, 衝上断層としてモデル化されている.
7. ニューブリテン海溝 NBT とラムウーマルカハム断層帯 RMFZ の観測データは, まったく間接的で, 比較的短時間に得られたものである. 観測方法としては, 海洋調査, GPS 観測結果 (1990年~現在), 地震記録 (1964年~現在), 重力調査・古地磁気観測を含む. とくにニューブリテン弧とブーゲンビル弧では, 概念を発達させたり支持する野外観察の集積がおざなりにされてきた. ニューブリテン弧では, 有意な野外調査からは支持されない, 多くの空想的で機構上不可能なテクトニクスの推測が, 過去30年わたっておこなわれてきた (たとえば Cullen & Pigott, 1989; L. Wallace pers. comm., 2003).

ニューブリテン海溝の定義と地形

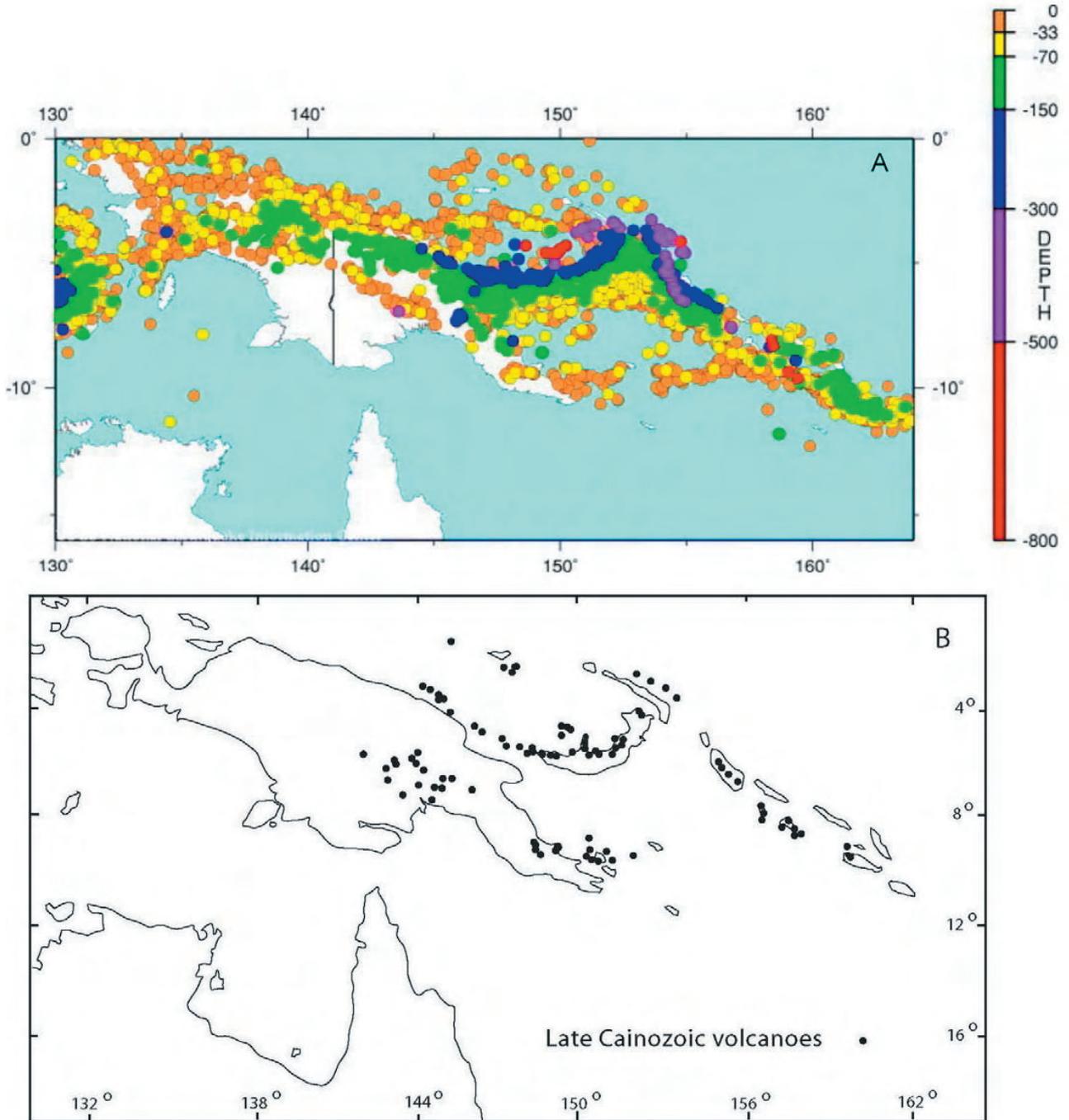


図2. 活発な地震活動と新生代火山活動. ともに、メラネシア転移帯の内部に、あるいは、それに沿って集まっている。
 A: ニューギニア-ソロモン諸島におけるマグニチュード5以上の地震分布 1973-2006年 (USGS NEIC)
 B: ニューギニアとソロモン諸島における後期新生代火山分布

Carey(1938, 1958, 1970 & 1981) は、ニューブリテン海溝 (= Carey の Planet Deep) がテクトニクスを考える上で重要な構造であることを、初めて認めた. Planet Deep [地球海淵] は、彼の地球の Sphenochasm [地球深部裂隙] の一部で、ニューギニア地域における東西走向の左横ずれ成分の変形 (メラネシア剪断系 Melanesian Shear System) の影響下でのニューブリテン島の反時計回りの回転によって形成されたリフトである. Denham(1969) もニューブリテン海溝 NBT の構造的重要性を認めたものの、この名称をもちいることはしなかった. 現在受け入れられる名称は Robinson(1969) によ

て用いられ、その後も Ollier & Bain(1972), Johnson & Molnar(1972), Curtis(1973b) および Weibenga(1973) が利用している. Davis et al. (1987b), Tiffin et al. (1987), Whitmore et al. (1999) が、この海溝の海底地形、地質構造、堆積作用、および関係する海底峡谷について研究した. これらの研究の多くは、ソロモン海西部域に限られていた.

ニューブリテン海溝 NBT は 6,000m の等深線によって明確に定義され、谷幅が 50-75km と狭く、ニューブリテン島の南海岸に沿って伸びているヒュオン湾 Huon Gulf の東端から北東へのびる (Mammerickx et al., 1971). (ニュー

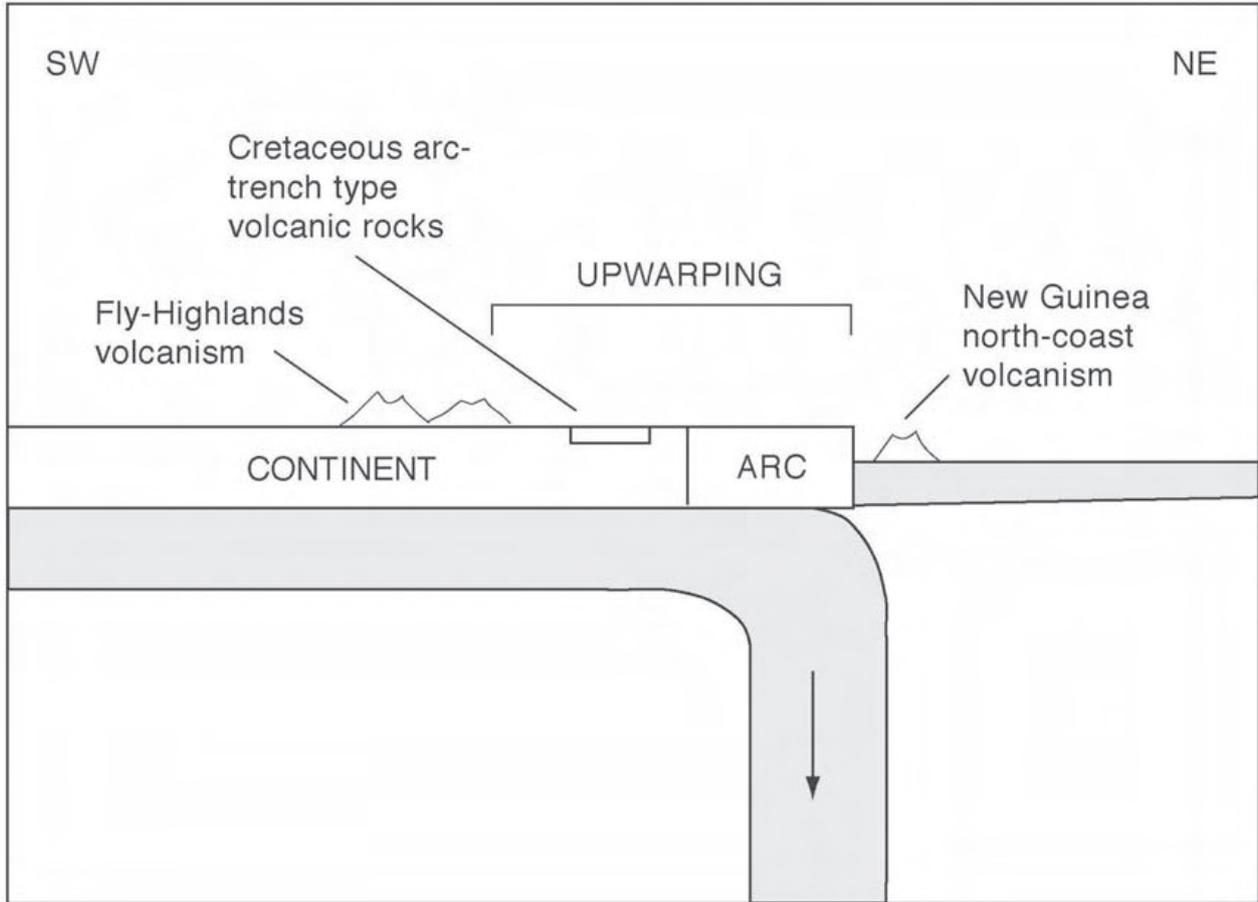


図3. 西部ニューギニア地震帯の概念的解釈構造図 (Johnson, 1979; Johnson & Jaques, 1980 を引用). 屈曲して鉛直に沈み込むスラブを示す. 単刀直入に解釈すれば, この急傾斜帯は, 基本的には単純な断層に他ならない.

ブリテン島北東端に位置する) ガゼラ半島 Gazelle Peninsula ~ニューアイルランド島 New Ireland 南部で, 海溝トラフは 60-70° ほど屈曲し, ブーゲンビル島 Bougainville の南西側海岸に沿ってのびる. トラフの南東端はブーゲンビル島南部沖に位置する. ニューブリテン海溝 NBT は, トラフ中軸部で計測すると, 長さは約 800km に及ぶ. 7,000m 等深度線は, トラフのブーゲンビル区の相対的沈降を反映し, 8,000m を超える幾つかの局所的な深海盆 (深度 9,134m の Planet Deep [地球海淵] を含む) はトラフの屈曲部に位置する. トラフ底の局所的起伏は, ニューブリテン弧区間のソロモン海の海底に比べて 1,000m ~ 3,000m ほど低い.

1983-84 年に行われた調査船「夏島」の航海で得られた 16 本の一連の震探断面は, 東経 148°30' ~ 152° の 300km 区間でニューブリテン海溝 NBT の詳細な形状を明らかにした (図 4; Davis 他, 1987a, Davis 他, 1987b; Tiffin 他, 1987). これらの断面は, 日本の地質調査所で解釈された. 追加的な断面は Gulf Research and Development Company (1972), Finlayson et al. (1976), Davis et al. (1984) により提供されている. 東経 148°30' ~ 150° のニューブリテン海溝 NBT 西部の海溝底は幅 50km で, 大量の堆積物に埋積され, 緩やかな斜面に縁どられている. 急角度の構造に境された顕著な断層ブロッ

クが, すべての断面に共通する特徴的構造である (図 4: 断面 L24-L38, および Finlayson et al., 1976, Davis et al., 1984 の断面図). 堆積物に埋積された地溝と堆積物を欠く地塁は, 引張場の地塁地溝テクトニクスに典型的で, 収束と圧縮とは相容れない. これらの断面は, カリフォルニア大陸縁沿いに発達するプリアパート盆地 (例えば Howell et al., 1980 の図 11) の断面図に典型にみられる. 震探断面によると, 東経 150° ~ 152° のニューブリテン海溝 NBT 東部は幅狭い海溝軸を示し, 幅 2-3km の狭い V 字型海溝底はめだった堆積物を欠く (図 4 の L3-L10 と L53-L60 断面).

東経 149° 湾入 (149° Embayment) は, 堆積物に被われ, 海溝における広い平底部であり, ニューブリテン海溝 NBT とトロブリアンド Trobriand トラフの交差部にあたる (Tiffin et al., 1987). ニューブリテン海溝 NBT の南西端は, 西にむかって 2 つの方向に分かれている. 南枝は, マルカム川河口からのびるマルカム海底谷につながる (Davies et al., 1987b, Whitmore et al., 1999). 第 2 の枝は, 西へのびる狭い湾入であるフィンチ海淵 Finsch Deep である. この海淵は, 5,000m の等深線に示され, 沈降性の引張性の盆地となっている (Whitmore et al., 1999). ヒュオン Huon 海嶺はヒュオン半島の海側の延長部にあたり, フィンチ海淵からマルカム海底谷

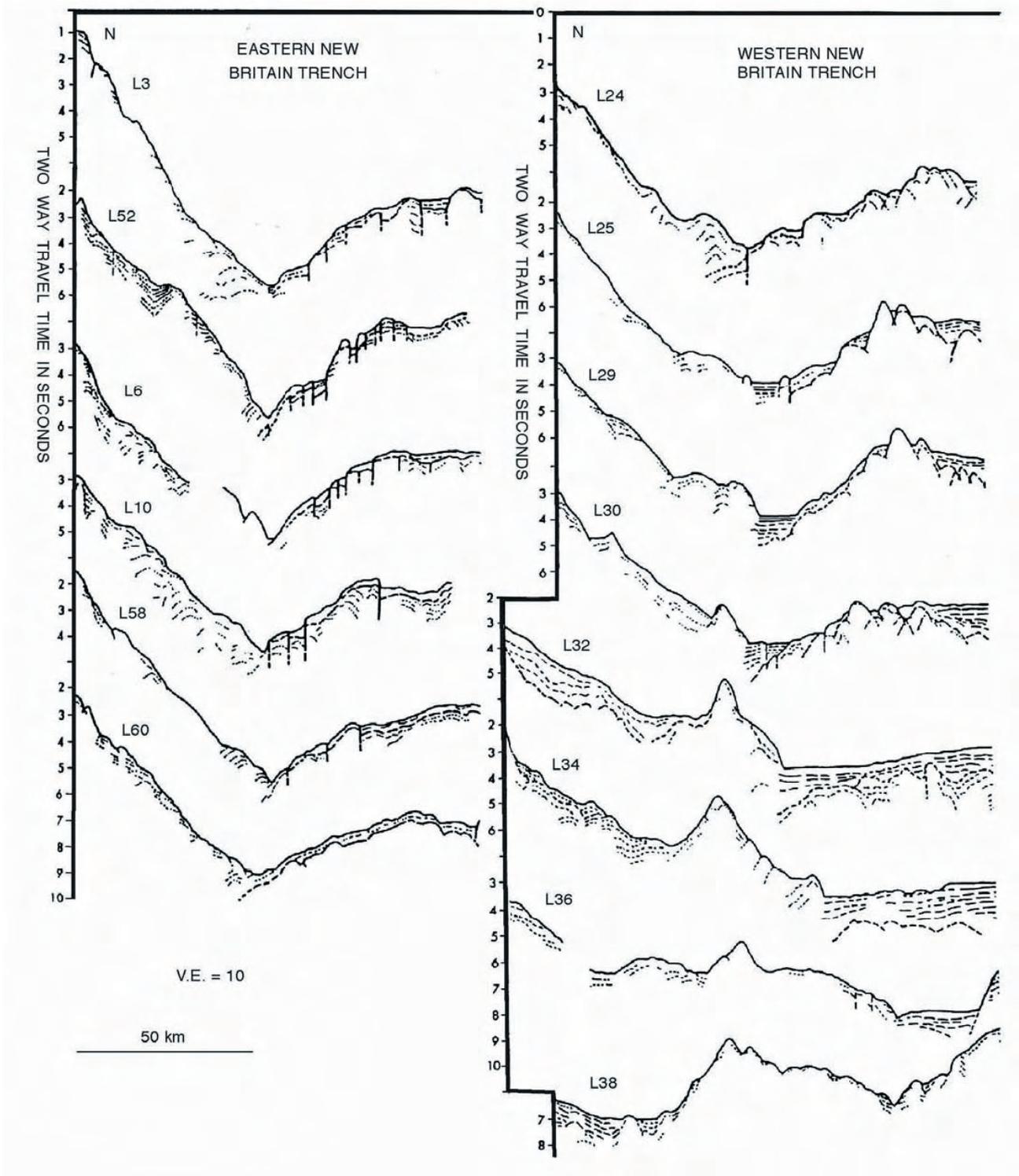


図4. ニューブリテン海溝 NBT を横断する震探断面には、V字型および広く平底な海溝地形が示されている。引張性盆地に典型的に認められるように、鉛直断層運動によって形成された堆積物に埋積した地溝と地塁ブロックが支配的である。日本の地質調査所による解釈を用いた Tiffin et al. (1987) から引用。

を隔てている。

構造上の背景 (TECTONIC SETTING)

平行に配列したサンクリストバル海溝 SCT とラムウーマルカハム断層帯 RMFZ は、継ぎ手構造なすニューブリテン海溝 NBT とともに、左横ずれの、S 字状、左ステップ構造をつくり、それに沿って、南ビスマルク (SBP)

太平洋プレートがオーストラリア/ソロモン海プレート (SSP) に接している。以下では、この左ステップ左横ずれの走向変位帯をメラネシア転移帯 Melanesian Transfer Zone (MTF) とよぶ。南ビスマルクプレート SBP は、現在は、時計回りに回転するマイクロプレートで、斜めに収束しながら北北東へ移動しているオーストラリアプレートと高速で西側に移動している (年間 13cm; Tregoning et al., 1998) 太平洋プレートの間に、

くさび状にはさまれている。この回転ブロックが変形しない、一体的であることは、Tregoning and McQueen (2001) の GPS を用いた研究、Weile and Coe (2000) のフィニステレ-サルウェッジ Finisterre-Saruwaged 山脈の鮮新-更新統の古地磁気を用いた研究から確認されている。両者の研究によると、平均回転速度は 100 万年で 8° とされている。その回転の絶対極は、フィンチハフェン Finschhafen の近くに位置している (Tregoning et al., 1999)。南ビスマルクプレート SBP の南縁は明瞭な半円状で、活火山活動をとともう島弧 (ビスマルク火山弧 Bismarck Volcanic Arc) によって縁どられている。この島弧は、ブーゲンビル島の西にあるショウテン Schouten 諸島から 1,500km 以上にわたってのびている (Johnson, 1976)。

ソロモン海プレート SSP は、ニューブリテン海溝 NBT に沿って、上位の南ビスマルクプレート SBP 南東縁と太平洋プレート南縁の下に沈みこんでいると広く信じられている。ニューブリテン海溝 NBT を横切る沈み込みについての直接観察データにもとづく見積りは存在せず (Tregoning and McQueen, 2001)、南ビスマルクプレート SBP に対するソロモン海プレート SSP の予測的な相対収束速度は、はさみの動きに似ていて、ニューブリテン海溝 NBT 西端の年間 8cm から東端の年間 15cm に変化する (Tregoning et al., 1998)。ニューブリテン海溝 NBT のブーゲンビル区間における南ソロモンプレート (SSP) / 太平洋プレート間の収束速度に関する見積りのはほとんどは、年間 10 ~ 11cm の間にある (Johnson, 1979)。島弧と大陸の衝突は、南ビスマルクプレート SBP の南西縁に沿って現在も進行中で、SBP は、著しく直線的で鉛直なラムウ-マルカハム断層帯 RMFZ に沿ってオーストラリアプレートと接し、構造的にはニューブリテン海溝 NBT に連続する。フィニステレ-サルウェッジ Finisterre-Saruwaged 山脈の隆起は、この衝突の直接的な応答である。

ビスマルク海地震性線構造 Bismarck Sea Seismic Lineation (BSSL) は、南ビスマルクプレート SBP の北縁に位置する (図 1)。ビスマルク海地震性線構造は幅 40km の弧状浅発地震帯で、ビスマルク海を横切っている。震源のメカニズム解は、左横ずれ運動を示す (Denham, 1969; Johnson & Molnar, 1972; Curtis, 1973b)。Taylor (1979) はビスマルク海地震線状構造を横切る地磁気異常を用いて、構造の東端での 2 つの構造単元の分離が起こっていることを示した。この非対称拡大は 350 万年前に始まり、はさみを開くように進行し、その結果、マヌス Manus 盆地が開いた。ビスマルク海地震性線構造の西半部は左横ずれ運動を示すの '漏れやすい (leaky)' トランスフォーム断層とみられている (Taylor, 1979)。南ソロモンプレート SSP の南縁は、東南東方向のトロブリアンド Trobriand トラフによって境されている。この構造に沿った運動の有様はまだよく分かっていない (Kulig et al., 1993)。

ニューギナナ地域のテクトニクス進化についての代替的

な見解として、東西方向の左横ずれ巨大剪断による発達史も知られている。Carey (1958) は、東西性の左横ずれ剪断、すなわち、メラネシア巨大剪断 Melanesian Megashear によってこの地域の発達史を最初に提案し、それによって形成されたリフトはスフェノチャスム Sphenochasm [地球深部裂罅] と呼ばれた。Carey (1976) では一般的な沈み込み概念を拒否し、海溝における引張テクトニクスの例を主張した。Weibenga (1973) はニューブリテン海溝 NBT に沿う沈み込みを否定した。彼はニューブリテン海溝 NBT が第三紀前期に引張場もしくは剪断応力場で形成されたと考えた。初期のブロック断層断層は、おもに地塊の鉛直運動をひきおこし、幾つかの断層ブロックは左横ずれ運動を伴う。Krebs (1975) はニューブリテン海溝 NBT を含む南西太平洋の島弧-海溝系が、地塁-地溝テクトニクスによって優占的に形成されたものであり、水平応力の影響はほとんどない、と信じている。Hamilton (1979)、Dow & Sukanto (1984) ならびに Pigott et al. (1984) は Carey (1958) が提唱した左横ずれ巨大剪断場でのニューギニアの発達史モデルを拡大適用した。この巨大剪断は、ラムウ-マルカハム断層帯 RMFZ とパプア南東部のオーウェン-スタンレー Owen-Stanley 断層を含み、Pigott et al. (1984) によ北部ニューギニア断層帯 Northern New Guinea Fault Zone とよばれた。Lindley (1988 & 1998) と Madsen & Lindley (1994) は、少なくとも後期漸新世以降、ニューギニア東部のテクトニクス進化には引張テクトニクスが圧倒的な役割を果たしてきた、と主張した。Lindley (2006) は、急傾斜~垂直のニューブリテン海溝 NBT とラムウ-マルカハム断層帯 RMFZ に沿って観察される、圧縮と引張/左横ずれ走向移動が混在した震源解が、南ソロモン海プレート SSP とオーストラリアプレートに対して南ビスマルクプレート SBP が時計回りに回転した結果であると提案した。彼は、ニューブリテン海溝 NBT とラムウ-マルカハム断層帯 RMFZ に沿った左横ずれ走向移動断層運動が結果的に生じたのは、発散・収束が交互に起きる地帯の萌芽的発達に関係していて、それは大規模な走向移動断層系に典型的な現象であると信じている。

地震構造

Denham (1969)、Curtis (1973a)、Cooper & Taylor (1987)、Abers & Roecker (1991) および Choi (2005) は、NBT を通る震探断面図を提供した。これらの研究は、ニューブリテン島中部では、深度 600-630km の深さへの震源域が、島の下に北へ急角度 ($70^\circ \sim 80^\circ$) で傾斜してもぐりこんでいることを示した (図 5B; Cooper & Taylor, 1987; Abers & Roecker, 1991)。ブーゲンビル島の北端では、震源域は、約 200km まで急傾斜し、次に、500km までほとんど鉛直になる (図 5C; Denham, 1969; Curtis, 1973a; Ripper, 1975b)。NBT は上部マントルに達する「基本構造 (de Sitter, 1964 および Reading, 1980 のいう意味)」であることは明瞭である。NBT を横切る震探断面にみられる急傾斜~鉛直の震源帯は、太平洋の海溝システムに典型的な $40^\circ \sim 60^\circ$ の震源域とは異なるようである (Denham, 1969; Apperson, 1991)。

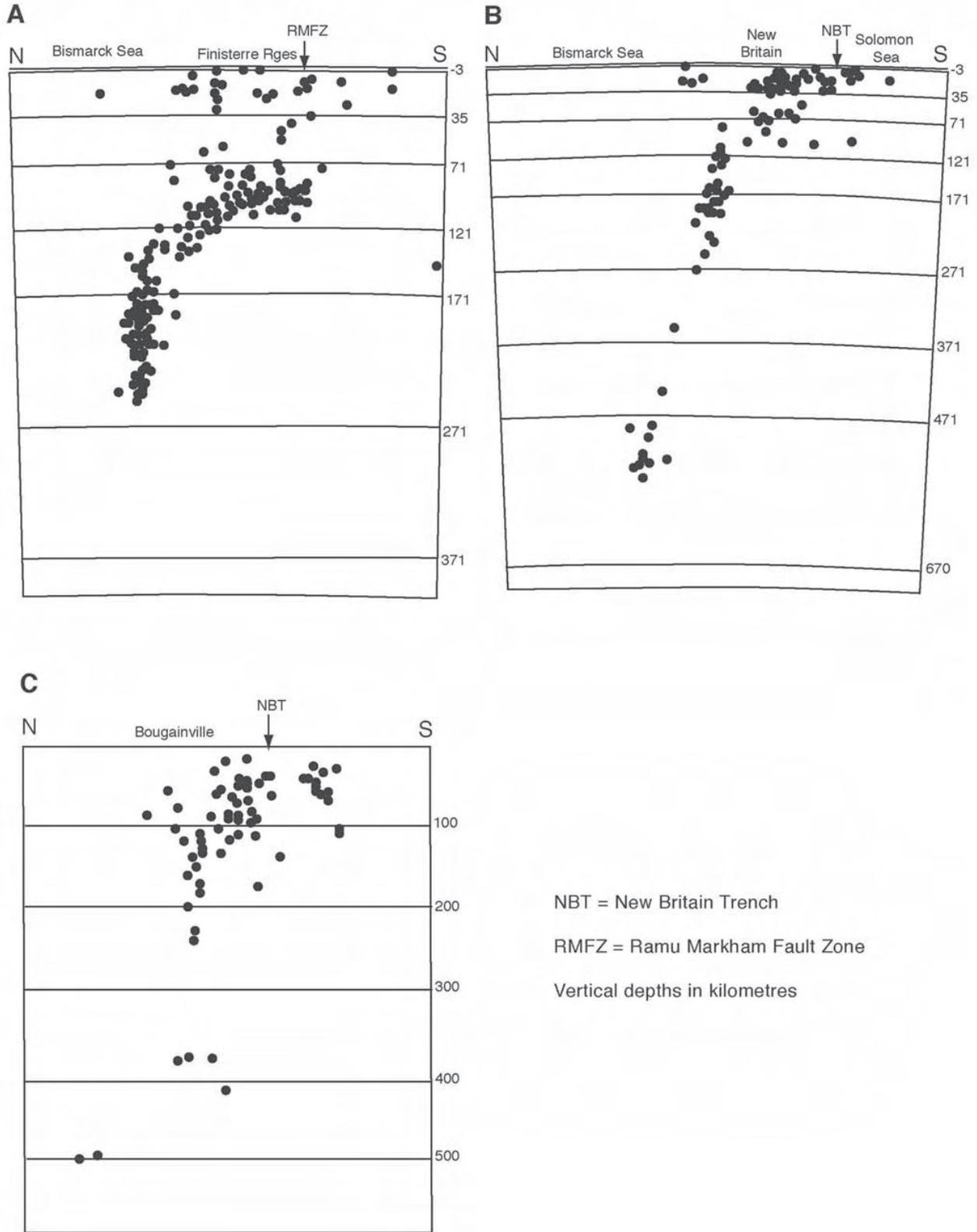


図5 メラネシア転移帯の構成要素を横切る震源断面図。急傾斜、あるいは鉛直的な地震活動ゾーンを示す。
 A Ramu-Markham 断層帯 (Abers & Roecker 1991 より) B ニューブリテン島中部 (Abers & Roecker 1991 より)
 C ブーゲンビル島西部 (Curtis 1973a より)

NBT ~ニューブリテン弧下にみられる非常に深い地震イベントは、RMFZ およびその西ニューギニアへの延長部、そして南東へ延びる SCT 沿いには存在しない。これらの構造と平行な鉛直断面では、地震イベントが 200 ~ 250km の深度帯に限定されていることを示す (Denham,

1969 ; Curtis, 1973a ; Cooper & Taylor, 1987 ; Abers & Roecker, 1991). Ripper (1975a), Abers & Roecker (1991) によって示された結果は、北ニューギニア下の震源帯が北へ著しく急傾斜することを示した (図 5A)。また、Abers & Roecker (1991) は、この構造が典型的な沈み込

み帯の幾何学を示さないと結論づけた。

断層の運動学

回転史

Falvey & Pritchard (1982) は、ニューギニア島の 218 箇所箇の古地磁気データを示した。それらの結果は、ニューブリテンおよび Finisterre-Saruwaged 山脈が少なくとも後期漸新世 (30Ma) 以降、同様の回転史をたどったことを示した。彼らが提案した回転は、30 ~ 4Ma の間に反時計回りに 60° にも達し、その後には 10° の時計回り回転がつづいた。Tregoning et al. (1999) は、SBP が Lae 東部の絶対極をまわりを約 8°/Ma の速度で右回りに回転しているとモデル化するために、4 地点 (Madang, Finschhafen, Bali-Witu 島および Jacquinot 湾) での GPS 観測によって決定された絶対速度を用いた。Weiler & Coe (2000) は、Tregoning et al. (1999) と同様の回転センスと速度を計算するために、Finisterre-Saruwaged 山脈に分布する鮮新統一更新統の古地磁気測定結果を使用した。Falvey & Pritchard (1982), Tregoning et al. (1999), Weiler & Coe (2000) の研究結果によると、過去 3.4Ma に SBP が右回り回転したことについては概ね見解が一致している。しかしながら、Falvey & Pritchard (1982) は、ニューブリテン島東部に Baining 火山岩類の古地磁気測定にもとづいて、30 ~ 4Ma の間にニューブリテン島が著しく大きく回転したと提案したが、これは信頼しがたい。Gazelle 半島はあらゆる規模の断層によって著しくブロック化していて、この半島において Baining 火山岩類の露頭を、漸新世 Merai 火山岩類と岩相的に識別することは、不可能ではないまでも、極めて困難である。

震源メカニズム解と水平移動ベクトル方位

研究結果は、MTZ を構成する構造要素に沿った 50km 以下の地震及び深発地震には、引張運動と優勢な圧縮運動が混在していることを示す。MTZ 沿いの地震の震源メカニズム解と移動ベクトル方位は、Ripper (1970), Johnson & Molnar (1972), Curtis (1973b), Ripper (1975a, b), Ripper (1977), Taylor (1979), Mori et al. (1987), Mori (1989), Kulig et al. (1993), Abers & McCaffrey (1994) および Tregoning & McQueen (2001) で与えられている。

著しく直線的な RMFZ に沿った運動について Dow (1977), Hamilton (1979), Pigott et al. (1984), Cullen & Pigott (1989), 及び Lindley (2006) など、相互に矛盾する多くの解釈がある。これらの研究は、この断層帯を左ずれ走向移動構造と見なした。Falvey & Pritchard (1982) はそれを右ずれ走向移動構造であると考え、また Kulig et al. (1993) と Abers & McCaffrey (1994) はスラスト構造であると考えた。Finisterre-Saruwaged 山脈のデータから地震動についての理解に関して、2つの観察がされている。まず、SBP は剛体であること。これは、ニューブリテン島と Huon 半島間の基線長についての GPS 観測、SBP の上の観測局での絶対速度のモデリング、

および RMFZ-NBT (Tregoning & McQueen, 2001) に沿った滑り方向の解明によって実証された。次に、SBP は、Lae の 90km 東方の絶対極に対して、急速に右回りに回転している。4つの観測局の絶対速度のモデリングは、SBP がおよそ 8°/Ma の速度で時計回りに回転していることを示した。時計回りの回転のこの速度は、Weiler & Coe (2000) の古地磁気研究によって確認された。

RMFZ に沿った震源メカニズム解は、複雑なパターンを示す。Ripper (1970) は、構造下の 2つの深発地震 (108 および 116km の深さ、それぞれマグニチュード 5.6 および 6.1) の走向移動解を与えた。Ripper (1975a) は、Lae 地域に圧縮性の境界が存在し、それは '北西方向へ湾曲していく' と述べた。Lae 北部の Rawlinson 帯では、Robinson (1972 & 1974) が北西-南東方向の左ずれ断層の豊富な証拠を图示した。Kulig et al. (1993) や Abers & McCaffrey (1994) の最近の研究は、この地域の変形を調査するために深度 50-75km の浅い地震を扱っている。Kulig et al. (1993) の研究は Lae 町近郊に焦点をあてたものであり、北東方向の鉛直構造 (Lae 地震帯) に沿った浅い (深さ 10-30km) 左剪断変形をみいだした。Abers & McCaffrey (1994) は、RMFZ に沿った衝上断層運動が初生的変形様式であり、衝上断層地震が深さ 30-40km まで達していることを示した。彼らはまた、Madang における浅い地震 (深さ 8km 及び 22km、それぞれマグニチュード 6.0 及び 6.2) と Vitiaz 海峡のもの (深さ 8.7km 及び 11.0km、それぞれマグニチュード 5.5km 及び 6.1km) が SBP 縁辺部における引張場を示すとした。Kulig et al. (1993) と Abers & McCaffrey (1994) の研究は、Abers & Roecker (1991) が示した深度 270km まで 60° ~ 70° の急傾斜でつづく構造の頂部における運動についての浅い深度における研究である。さらに、Kulig et al. (1993) ほかの研究や Abers & Roecker (1991) ほかの重力探査は、実質的には、SBP 回転極である Lae で実施されたものである。浅い衝上断層と左ずれの Lae 地震帯の断裂構造は、そのような場では期待できそうにない変形である (Ripper, 1975a; Lindley, 2006)。

ニューブリテン島や NBT のブーゲンビル島弧区間の地震では、圧縮場と引張場の両方の運動が観測されている。Johnson & Molnar (1972) は、ブーゲンビル島弧の地震で圧縮解および引張解を記録した。引張運動は、深さ 44km の浅い地震で記録された。Ripper (1970), Curtis (1973b) 及び Mori et al. (1987) は、Wide 湾及び Jacquinot 湾域のニューブリテン弧下の引張イベントを記録した。Jacquinot 湾における走向移動運動は、2つの中深度の地震イベント (深度 58km と 59km、それぞれマグニチュード 6.0 及び 5.6) に記録された。Wide 湾のイベントについての震源メカニズム解は、深度 65km でマグニチュード 5.6 の中深度地震に記録され、左ずれの走向移動運動と解釈された (Curtis, 1973b)。ニューブリテン島中央で 1985 年 5 月 10 日に発生した Ms7.1 の巨大地震は、東西方向に約 50km 伸びる垂直断層近くの浅発地震であったと記録されている (Mori et al., 1987)。震源メカニズム解は左ずれ運動で、弧に対して引

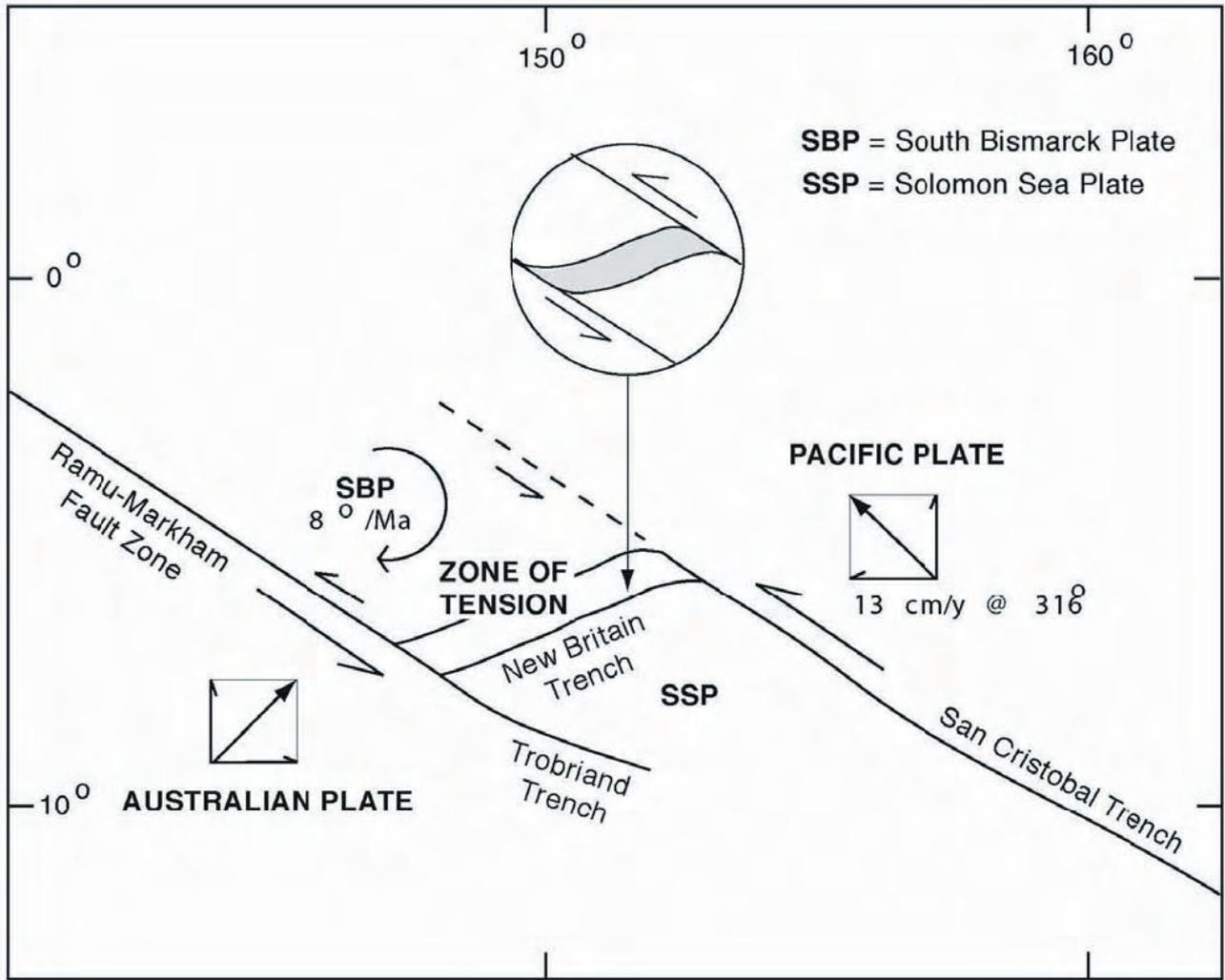


図6 太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界の左ステップ/左横ずれシステムとしての構造解釈. 図1と比較せよ. 太平洋プレート運動の方位および移動速度はTregoning et al. (1998), 南ビスマルクプレートSBPの回転速度はTregoning et al. (1999)による.

張軸が鉛直であることを示し, Mori et al. (1987) はニューブリテン弧の一部が引張場であると結論づけた.

ブーゲンビル島沖のCarterets島とNguria島での観測値(Tregoning et al., 1998)から計算された, 太平洋プレートについて推定されたGPS基地局の速度方位は, NBTとの東縁それに連続するSCTにはほぼ平行であり, これらの構造に沿って現在発生しているのは, 単なる沈み込みでなく, 卓越した走向移動運動成分であることを示唆する.

構造解釈

NBTの下の構造, および, 南東(SCT)および北西(RMFZ)延長上にある線状構造は, Wilcox et al. (1973), Harding (1974), Reading (1980), Rogers (1980)およびSibson (1987)によって記述された構造関係を利用してモデル化することができる. オーストラリアと太平洋プレート間に現在明らかに生じている高速度の斜め移動運動を説明するベクトル成分へ絶対速度ベクトルを分解すると, 北へ急傾斜したRMFZおよびSCT下の北へ

急傾斜した構造に沿った左ずれ走向移動運動によって, かなりの量の収束がまかなわれていることが理解できる(図6). 平行するSCT及びRMFZ/Trobriand海溝はともに, 左ステップの左走向移動断層システム(Rogers, 1980の用語に従って)を形成し, 両構造間に引張ゾーンを発生させている. 幾何学的関係は, 両構造の末端部間に引張場が40°~45°の角度で接続することを示し(Wilcox et al., 1973; Harding, 1974; Sibson, 1987), 同様の関係がNBTとその駆動構造との間で観察される(図6). 継ぎ手構造を経由して起きる急速な滑りの移転は, 剪断や展張断層の発生させ(Reading, 1980; Sibson, 1987), NBTおよびMTZの残存部での地震活動を容易に説明できる. 火山活動は, 典型的にそのような主な走向移動システムに関係しているのである(Reading, 1980).

Wilcox et al. (1973), Harding (1974)及びReading (1980)は, 巨大な走向移動システムの駆動断層には含まれた巨大ブロックの垂直軸のまわりの回転運動を考慮していなかった. 左ステップ/左横ずれ走向断層システムの幾何学的関係は, そのようなブロックにとっての走向移動ベクトルは, 右ずれセンスであり, 時計回りの回転

運動をとまなうことを示す。SBPの反対側に沿った走向移動ベクトルは右ずれ運動を示し、鮮新-更新世 (Weiler & Coe, 2000), ならびに、現在見られるSBPの時計回りの回転 (Tregoning et al., 1999) と矛盾しない。NBTの継ぎ手構造に沿っては、引張性をうまわめる圧縮性の地震運動がみられ、それらは、SBT時計回り回転による衝突運動によって説明されよう。Gazelle半島は、後期中新世以降にニューブリテン島の残りの部分に比べて100kmにわたって左ずれにオフセットし、北北西方向の走向移動と引張断層 (Madsen & Lindley, 1994) によって、この半島が引き裂かれた。これらも、まさしくSBPの時計回りの回転によって説明される。SBPの先端に位置するGazelle半島は、走向移動による分離作用によって取り残されたのである。

結 論

現代のテクトニクス理論は、NBTと関連構造について観察された地質-球物理特性の多くを説明できていない (Lindley, 2006)。とくに、NBTに沿った沈み込み概念はたんなる予測であって、観察されたものではなく、引張場と圧縮場の地震運動が混在することや海溝下の急傾斜もしくは鉛直の地震構造について説明できない。左ステップ/左横ずれ走向移動システムとしてのMTZのモデルは、30年間以上続いている矛盾に明快な解を与える。

1. 図1及び図6に示される太平洋プレートとオーストラリアプレートの境界は、MTZ構造に沿っている。この構造は、SCT, NBTおよびRMFZと、それらの南東および北西延長によって規定される。SBPおよび北Bismarckプレートは、仮にそれが存在するとすれば (Lindley, 2006), 太平洋プレート縁辺のマイクロプレートであり、また、SSPはオーストラリアプレート縁辺のマイクロプレートである。
2. 北西方向に運動する太平洋プレートと北東方向に運動するオーストラリアプレートの急速な収束は、NBTを経由した急激な滑りの移転、準平行なSCTとRMFZを連結する継ぎ手構造、左走向移動システムの駆動構造によって生じる (図6)。ブーゲンビル弧に沿った南東方向へのNBTの延長、そこでは海溝がV字型の深い谷地形をつくっていて、太平洋プレート運動の北向きの成分ベクトルが機能している。
3. MTZは、Finisterre-Saruwaged Range, New Britain, New Ireland, Manus Island及びブーゲンビル島の太平洋プレート第三紀地質区を境するプレート境界である。これらの島々は、始新世~漸新世の火成岩や貫入岩が中新世の巨大板状石灰岩岩体に不整合的に覆われたものであり、このような層序関係はオーストラリアプレートでは見られない。
4. MTZの動きは、なぜラバウル地域の太平洋プレートとSBPプレートの境界が分散していて、特定できないか、を説明する (図6; Mori, 1989; Tregoning, 2002;

Lindley, 2006)。太平洋プレートの運動の大半は、NBTを通じて転移する。

5. MTZに沿った運動は、全ての構成セグメントに沿って観察される急傾斜した、あるいは鉛直の地震構造を説明する。
6. MTZの運動は、まさしくAbers & Roecker (1991) が命名した北ニューギニア下の弧状の磁極逆転帯の存否に関する「継続的な論争」に終止符をうつ。
7. このモデルは、2方向へ沈み込むSSPの異常性 (図1) を解消する。
8. NBTを経由する急激な滑りの転移は、中央の東のニューブリテン島弧中-東部における活発な地震活動を説明する (図2A)。
9. このモデルは、NBTの継ぎ手構造が上部マントルに達し、SCT, RMFZ, およびそれらの延長部の運動構造よりもはるかに深くまでおよぶことを説明する (図5AC)。
10. NBTを経由した急速な滑り転移には、圧縮と引張を示す震源メカニズム解が明らかに混在している。
11. NBT経由の滑り転移は、ニューブリテン弧 (Lindley, 1988; Madsen & Lindley, 1994) のテクトニクス特性 (走向移動および引張) を説明する。
12. ニューブリテン弧における島弧に直交方向の伸展は、ニューブリテン島中部にみられる線状の大規模なフリーエア及びブーゲン異常を容易に説明する (Weibenga, 1973; Finlayson & Cull, 1973)。地震の屈折波の証拠は、これらの著しいアイソスタシーからの局所偏移が島弧に平行な大規模地殻リフトに沿って浅所へ進入した高密度超塩基性物質に起因するという考え方を実証する。 (Weibenga, 1973; Finlayson & Cull, 1973)
13. SCTと明瞭な地形的関係を有するPocklington海溝 (図1) は、NBTと同様の起源をもつ構造である。

謝辞 著者は、K.S.W. Campbell および R.L. Stanton の鋭いレビューに多大なる謝意を表すものである。この論文は、著者がオーストラリア国立大学地球海洋科学部 (キャンベラ) の客員研究員であった間に著したものである。この論文を、ニューギニアの地質について革命的な解釈 (技術データとしてほどなく入手可能となろう) を行った二人の科学者、故 W.A. (Bill) Weibenga と故 S.W. (Sam) Carey の功績に捧げる。

文 献

Abers, G.A. & McCaffrey, R. 1994. Active-arc-continent collision: earthquakes, gravity anomalies, and fault

- kinematics in the Huon-Finisterre collision zone. *Tectonics* 13, 227-245.
- Abers, G.A. & Roecker, S.W. 1991. Deep structure of an arc-continent collision: Earthquake relocation and inversion for upper mantle P and S wave velocities beneath Papua New Guinea. *Journal of Geophysical Research* 96, 6379-6401.
- Apperson, K.D. 1991. Stress fields of the overriding plate at convergent margins and beneath active volcanic arcs. *Science* 254, 670-678.
- Carey, S.W. 1938. Tectonic evolution of New Guinea and Melanesia. Doctoral thesis, University of Sydney, Sydney (unpubl.).
- Carey, S.W. 1958. A tectonic approach to continental drift. In: Carey, S.W. ed. *Continental drift: A symposium*, pp. 177-355. University of Tasmania, Hobart.
- Carey, S.W. 1970. Australia, New Guinea and Melanesia in the current revolution in concepts of the evolution of the earth. *Search* 1, 178-189.
- Carey, S.W. 1976. *The expanding earth*. Elsevier, Amsterdam.
- Carey, S.W. 1981. Tethys, and her forebears. In: Carey, S.W. ed. *The expanding earth: A symposium*, pp. 169-187. University of Tasmania, Hobart.
- Choi, D. R. 2005. Deep earthquakes and deep-tectonic zones: a new interpretation of the Wadati-Benioff zone. *Boll. Soc. Geol. It., spec. vol. 5*, 79-118.
- Coleman, P.J. & Packham, G.H. 1976. The Melanesian borderlands and India-Pacific plates' boundary. *Earth Science Reviews* 12, 197-233.
- Cooper, P. & Taylor, B. 1987. Seismotectonics of New Guinea: A model for arc reversal following arc-continent collision. *Tectonics* 6, 53-67.
- Cullen, A.B. & Pigott, J.D. 1989. Post-Jurassic tectonic evolution of Papua New Guinea. *Tectonophysics* 162, 291-302.
- Curtis, J.W. 1973a. The spatial seismicity of Papua New Guinea and the Solomon Islands. *Journal of the Geological Society of Australia* 20, 1-20.
- Curtis, J.W. 1973b. Plate tectonics and the Papua-New Guinea-Solomon Islands region. *Journal of the Geological Society of Australia* 20, 21-36.
- Davies, H.L., Honza, E., Tiffin, D.L., Lock, J., Okuda, Y., Keene, J.B., Murakami, F. & Kisimoto, F. 1987a. Regional setting and structure of the western Solomon Sea. *Geo-Marine Letters* 7, 153-160.
- Davies, H.L., Keene, J.B., Hashimoto, K., Joshima, M., Stuart, J.E. & Tiffin, D.L. 1987b. Bathymetry and canyons of the western Solomon Sea. *Geo-Marine Letters* 6, 181-191.
- Davies, H.L., Symonds, P.A. & Ripper, I.D. 1984. Structure and evolution of the Solomon Sea region, *BMR Journal of Australian Geology & Geophysics* 9, 49-68.
- Dow, D.B. 1977. A geological synthesis of Papua New Guinea. Bureau of Mineral Resources, *Geology & Geophysics Bulletin* 201, 41pp.
- Dow, D. & Sukanto, R. 1984. Western Irian Jaya: The end-product of oblique plate convergence in the late Tertiary. *Tectonophysics* 106, 109-139.
- Denham, D. 1969. Distribution of earthquakes in the New Guinea-Solomon Islands region. *Journal of Geophysical Research* 74, 4290-4299.
- Denham, D. 1971. Seismicity, focal mechanisms and the boundaries of the Indian-Australian Plate. In: Coleman, P.J. ed. *The Western Pacific: Island arcs, marginal seas, geochemistry*, pp. 35-53. University of Western Australia Press, Nedlands.
- Falvey, D.A. & Pritchard, T. 1982. Preliminary paleomagnetic results from northern Papua New Guinea: Evidence for large microplate rotations. In: Watson, S.T. ed. *Transactions of the Third Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference*, pp. 593-599. Honolulu.
- Finlayson, D.M. & Cull, J.P. 1973. Structural profiles in New Britain-New Ireland region. *Journal of the Geological Society of Australia* 20, 37-47.
- Finlayson, D.M., Muirhead, K.J., Webb, J.B., Gibson, G., Furumoto, A.S., Cooke, R.J.S. & Russell, A.J. 1976. Seismic investigation of the Papuan Ultramafic Belt. *Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society* 44, 45-60.
- Gulf Research and Development Company 1972. Coral/Solomon/Bismarck Seas Project: Gulfrex Cruise Report No. 90 - Interpretation Map No. 3, Geological Survey of Papua New Guinea, Port Moresby.
- Hamilton, W. 1979. *Tectonics of the Indonesian Region*. United States Geological Survey Professional Paper 1078.
- Harding, T.P. 1974. Petroleum traps associated with wrench faults. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 58, 1290-1304.
- Honza, E., Davies, H.L., Keene, J.B. & Tiffin, D.L. 1987. Plate boundaries and evolution of the Solomon Sea region. *Geo-Marine Letters* 7, 161-168.
- Howell, D.G., Crouch, J.K., Greene, H.G., McCulloch, D.S. & Vedder, J.G. 1980. Basin development along the late Mesozoic and Cainozoic California margin: a plate tectonic margin of subduction, oblique subduction and transform tectonics. In: Balance, P.F. & Reading, H.G. eds. *Sedimentation in oblique-slip mobile zones*, pp. 43-62. International Association of Sedimentologists, Special Publication 4, Oxford.
- Johnson, R.W. 1976. Late Cainozoic volcanism and plate tectonics at the southern margin of the Bismarck Sea, Papua New Guinea. In: Johnson, R.W. ed. *Volcanism in Australasia: A collection papers in honour of the late G.A.M. Taylor, G.C.*, pp. 101-116. Elsevier, Amsterdam.
- Johnson, R.W. 1979. Geotectonics and volcanism in Papua New Guinea: A review of the late Cainozoic. *BMR Journal of Geology & Geophysics* 4, 181-207.
- Johnson, R.W. & Jaques, A.L. 1980. Continent-arc collision and reversal of arc polarity: New Interpretations from a critical area. *Tectonophysics* 63, 111-124.
- Johnson, T. & Molnar, P. 1972. Focal mechanisms and plate tectonics of the southwest Pacific. *Journal of Geophysical*

- Research 77, 5000-5032.
- Krebs, W. 1975. Formation of southwest Pacific island arc-trench and mountain systems: Plate or global-vertical tectonics? *American Association of Petroleum Geologists Bulletin* 59, 1639-1666.
- Kulig, C., McCaffrey, R., Abers, G.A. & Letz, H. 1993. Shallow-seismicity of arc-continent collision near Lae, Papua New Guinea. *Tectonophysics* 227, 81-93.
- Lindley, I.D. 1988. Early Cainozoic stratigraphy and structure of the Gazelle Peninsula, east New Britain: An example of extensional tectonics in the New Britain arc-trench complex, *Australian Journal of Earth Sciences* 35, 231-244.
- Lindley, I.D. 1998. Mount Sinivit Gold deposits. In: Berkman, D.A. & Mackenzie, D.H. eds. *Geology of Australian and Papua New Guinean Mineral Deposits*, pp. 821-826. Australasian Institute of Mining & Metallurgy, Melbourne.
- Lindley, I.D. 2006. Extensional and vertical tectonics in the New Guinea islands: Implications for island arc evolution. *Annals of Geophysics, Supplement to Vol. 49, No. 1*, 403-426.
- Madsen, J.A. & Lindley, I.D. 1994. Large-scale structures on the Gazelle Peninsula, New Britain: Implications for the evolution of the New Britain arc. *Australian Journal of Earth Sciences* 41, 561-569.
- Mammerickx, J., Chase, T.E., Smith, S.M. & Taylor, I.L. 1971. Bathymetry of the South Pacific, Chart 11. Scripps Institute of Oceanography and Institute of Marine Science, La Jolla.
- Mori, J. 1989. The New Ireland earthquake of July 3, 1985, and associated seismicity near the Pacific-Solomon Sea-Bismarck Sea triple junction. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 55, 144-153.
- Mori, J., McKee, C. & Letz, H. 1987. The central New Britain earthquake of May 10, 1985: Tensional stresses in the frontal arc. *Physics of the Earth and Planetary Interiors* 48, 73-78.
- Ollier, C.D. & Bain, J.H.C. 1972. *Geology*. In: Ryan, P. ed. *Encyclopaedia of Papua and New Guinea*, pp. 478-485. University of Melbourne Press & University of Papua New Guinea, Melbourne & Port Moresby.
- Pigott, J.D., Trumbly, N.I. & O'Neal, M.V. 1984. Northern New Guinea wrench fault system: A manifestation of late Cenozoic interactions between Australian and Pacific plates. In: Watson, S.T. ed. *Transactions of the Third Circum-Pacific Energy and Mineral Resources Conference*, pp. 613-620. Honolulu.
- Reading, H.G. 1980. Characteristics and recognition of strike-slip fault systems. In: Balance, P.F. & Reading, H.G. eds. *Sedimentation in oblique-slip mobile zones*, pp. 7-26. International Association of Sedimentologists, Special Publication 4, Oxford.
- Ripper, I.D. 1970. Global tectonics and the New Guinea-Solomon Islands region. *Search* 1, 226-232.
- Ripper, I.D. 1975a. Seismicity and earthquake focal mechanisms in the New Guinea-Solomon Islands region. *Bulletin of the Australian Society of Exploration Geophysicists* 6, 80-81.
- Ripper, I.D. 1975b. Some earthquake focal mechanisms in the New Guinea/Solomon Islands region, 1963-1968. Bureau of Mineral Resources, Geology & Geophysics Report 178.
- Ripper, I.D. 1977. Some earthquake focal mechanisms in the New Guinea/Solomon Islands region, 1969-1971. Bureau of Mineral Resources, Geology & Geophysics Report 192.
- Robinson, G.P. 1969. The geology of north Santo. New Hebrides Condominium Geological Survey, Regional Report, 77pp.
- Robinson, G.P. 1972. Huon-Sag Sag Sheet SB/55-11 1:250,000 Geological Sheet. Bureau of Mineral Resources, Geology & Geophysics & Geological Survey of Papua New Guinea, Canberra & Port Moresby.
- Robinson, G.P. 1974. Huon-Sag Sag Sheet SB/55-11 1:250,000 Geological Series ~ Explanatory Notes. Australian Government Publishing Service, Canberra, 22pp.
- Rogers, D.A. 1980. Analysis of pull-apart basin development produced by en echelon strike-slip faults. In: Balance, P.F. & Reading, H.G. eds. *Sedimentation in oblique-slip mobile zones*, pp. 27-41, International Association of Sedimentologists, Special Publication 4, Oxford.
- Sibson, R.H. 1987. Earthquake rupturing as a mineralizing agent in hydrothermal systems. *Geology* 15, 701-704.
- Sitter, L.U. De 1964. *Structural Geology*. McGraw-Hill, New York, 551 pp.
- Struckmeyer, H.I.M., Yeung, M. & Pigram, C.J. 1993. Mesozoic to Cainozoic plate tectonics and palaeogeographic evolution of the New Guinea Region. In: Carman, G.J. & Z. eds. *Petroleum Exploration and Development in Papua New Guinea: Proceedings of the Second PNG Petroleum Convention, Port Moresby, 31 May-2 June 1993*, pp. 262-290, Papua New Guinea Chamber of Mines & Petroleum, Port Moresby.
- Taylor, B. 1979. Bismarck Sea: evolution of a back-arc basin. *Geology* 7, 171-174.
- Tiffin, D.L., Davies, H.L., Honza, E., Lock, J. & Okuda, Y. 1987. The New Britain Trench and 1490 Embayment, Western Solomon Sea. *Geo-Marine Letters* 7, 135-142.
- Tregoning, P. 2002. Plate kinematics in the western Pacific derived from geodetic observations. *Journal of Geophysical Research* 107, B1, ECV1-7.
- Tregoning, P., Jackson, R.J., McQueen, H., Lambeck, K., Stevens, C., Little, R.P., Curley, R. & Rosa, R., 1999. Motion of the South Bismarck Plate, Papua New Guinea. *Geophysical Research Letters* 26, 3517-3520.
- Tregoning, P., Lambeck, K., Stolz, A., Morgan, P., McClusky, S., van der Beck, P., McQueen, H., Jackson, R.J., Little, P., Laing, A. & Murphy, B., 1998. Estimation of current plate motions in Papua New Guinea from Global Positioning System observations. *Journal of Geophysical Research* 103, 181-203.
- Tregoning, P. & McQueen, H. 2001. Resolving slip-vector azimuths and plate motion along the southern boundary of the South Bismarck Plate, Papua New Guinea. *Australian Journal of Earth Sciences* 48, 745-750.

Weibenga, W.A. 1973. Crustal Structure of the New Britain-New Ireland Region. In: Coleman, P.J. ed. The Western Pacific: Island arcs, marginal seas, geochemistry, pp. 163-177. University of Western Australia Press, Nedlands.

Weiler, P.D. & Coe, R.S. 2000. Rotations in the actively colliding Finisterre Arc Terrane: Paleomagnetic constraints on Plio-Pleistocene evolution of the South Bismarck microplate, northeastern Papua New Guinea. Tectonophysics

316, 297-325.

Whitmore, G.P., Crook, K.A.W. & Johnson, D.P. 1999. Sedimentation in a complex margin: the Papua New Guinea collision zone of the western Solomon Sea. Marine Geology 157, 19-45.

Wilcox, R.E., Harding, T.P. & Seely, D.R. 1973. Basic wrench tectonics. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 57, 74-96.

ジオイド・テクトニクス 第2章 極移動

GEOID TECTONICS: CHAPTER 2 THE CASE FOR POLAR WANDER

Peter JAMES

- 技術コンサルタント Cosulting Engineer -
P.O.Box 95, Dunalley, Tasmania 7177, Australia

(山内 靖喜・矢野 孝雄 [訳])

要 旨

大陸は移動するという幻想は、古地磁気と古気候のデータがもっている本来の価値を否定してきた。大陸は現在の場所にしっかりと固定され、地球史を通じて極移動が進行する、というのが動かしがたい描像である。

キーワード：極移動，地質年代

2.1 いくつかの論点

極移動という用語は厳密でない。それは地球の回転様式におけるいくつかの変化に対して適用することができる。たとえば、黄道あるいは太陽を周る地球の軌道面に対する地球の自転軸の角度が半永久的に変化する可能性がある。何人かの天文学者はこのことをありそうもない出来事と考えており、幸いにして、この種の極めてゆっくりした軸移動は、もしあったとしても、この先で検討する地質学的過程に対してほとんど影響を与えてこなかったとされるであろう。同じく、自転軸が短期間に変化する可能性があり、大きな歳差運動とここではよぶことにする（図 1.3a）。これらは気候変動を通して見かけ上極が移動したとすることもできるが、しかし、この場合、極は自転軸に関しては移動していない。すなわち、北極と南極はその地理学的な位置を変えていないのである。

プレートテクトニクスによる現在の移動論パラダイムにおいては、“見かけ上の極移動軌跡”という用語が使われている。ここでいう“軌跡”は、さまざまな年代の岩石に関して求められた多数の磁極の位置から導き出されたものであり、この用語は極の位置の変化をいうの

ではなく、さまざまな大陸の移動をさしている。これらの軌跡を展開する際には、地理学的極はその位置をしっかりと固定されたものとして扱われてきた。実際に、もしこれが事実でなかったならば、古地磁気学的成果はもはや大陸移動に関する唯一の解答を与えないであろう。

ここで使うにあたって、極移動という用語は、極の地理学的移動を伴う状態のことをさす（図 1.3b）。たとえば、現在の北極は Baffin 島（図 1.2 参照，注：北米大陸とグリーンランドの間にある島）上に移動することができるが、その場合、地球表面のすべての点において緯度変化という結果が生じるが、ただし赤道との交点は除外される。このことは、地殻あるいはリソスフェアが上部マントルの上を何らかの形で滑ることを示すものではなく、また、黄道に対して地球の回転軸が変化したことを示すものでない。

このような様式の極移動において結果的に生じる緯度の変化は、遠心力の地理的分布も同時に変化することを意味する。すなわち、ジオイドのいくらかの調整が行われる。赤道域のふくらみと極地域の扁平化帯のようなジオイドの主要な特徴は、新しい赤道線と新しい極点のそれぞれに対して移動することが必要になる。地殻に関して

いうと、このようなジオイド形状の変化が、主要な地質作用モデルの基礎になる。

この種の極移動がocこりうるためには、ある種のトルクが加わって地球の自転を不安定にすることが必要である。異常をもたらす巨大隕石が地球に衝突することが無かったとすると、このトルクは地球内につくられたはずであり、自転する地球の慣性を打ち負かすだけ充分なものであったであろう^{*1}。少なくとも現在の自転状態においては、赤道のふくらみによって地球は平衡状態にあるか、極めてそれに近い状態にある。すなわち、胴回りのふくらみは、自転力に対する準静水圧的応答の結果として地球や他の天体をひずませている。このように、赤道半径は極半径より20km以上大きく、このことによって極よりも赤道の慣性モーメントが大きくなっている。地球を安定させているのはこの差である。

(*1:もし自転する地球が均質な球体であるならば、その慣性モーメントは $0.4Mr^2$ と表される。この場合、Mは質量、rは半径である。ところが、地球の質量の大部分は深部に集中しているため、実際の値は $0.33Mr^2$ になろう。いずれにしても、人類から見れば、それは巨大な数値になる。)

慣性のこの差に打ち勝つのに必要なトルクの大きさはおおそ 10^{15} ワットの桁であることを地球物理学者は計算した。この力は100万台のジャンボジェット機が離陸するのに必要な力とだいたい同じであるが、このような比ゆによる説明はこの力をより想像しやすくするためではない。多くの現在の地球物理学者は地球内において100万台のジャンボジェット機を入手できないと考え、そこから先に進もうとはしない。Tarlingsはかれらの本、「Continental Drift 大陸移動」(1977)の中で、このような力がもし働いたとしても、この力は地球内に留まることができず、地球は自分自身をバラバラに引き裂くであろうと述べている。もちろん、このようなことを言っても研究室で証明できるものではないが、このような研究の最も恐ろしい結果は、あらゆる極移動を考慮の対象から締め出そうとする誘いになることである。

極移動の状態にある地球は無傷であるとの地球物理学的予測にもかかわらず、直接の測定はそれでもそれが現実であることを示した。ゆっくりしているが知覚できる動き、すなわち、1年間に10cmよりわずかに小さな動きが、地理学的北極の現在の位置で起きており、北極はシカゴの方向に動いている。これが永久的な移動なのか、それとも周期的な移動の一部なのか、現在のところ不明である。しかし、このことがグリーンランドの氷冠の融解に影響を与えてきた(Nakiboglu and Lambeck, 1980)。

グリーンランドの氷冠の融解は小氷期の終わりまでは起きていなかったもので、それはおそらく200年来の現象である。18,000年前~10,000年前の間に北アメリカと北欧を横切った更新世氷床の盛衰(あるいは移動)と比べると、このことはまったく無害な出来事である。したがって、最終氷期には相当大規模な極移動が起きたに違いない

いと当然期待することができる。実際に、すでに述べたように、氷の中心はおそらく極と共にこの時代の少なくともある時期にはBaffin島に位置していた。これは現在の位置から約2,000km離れた場所に極を置き、移動経路を直線と仮定して復元しても、年20cmの移動速度あるいは多くの大陸移動機構において使われる移動速度の約10倍にあたる。

天文学者Tom Goldは極移動の概念を考察したとき、より極端な例をあげた。彼は次のようなことを考えた。中緯度に位置し、南アメリカの大きさの大陸が3m隆起したと仮定した。これによって地球の自転力が乱されて、地球は、最大慣性モーメントが自転軸に直交するように調整しなおよさざるを得ないであろう。Goldの計算によれば、隆起した地域は10,000年あたりおよそ緯度 1° 、あるいは1年あたり10cmで赤道に向かって動く。この速度は地質学的に言えば大変速く、大陸移動に関して提案されている速度より1桁ほど大きい。事実、もし地球史において大陸移動が事実なら、表面質量分布の変化の結果として極移動がocこるのが必然であること指摘したのはTom Goldである。

Goldの例を、地質時代に地球の地殻中で起きた物理的変化にさがすとすると、それはどのような現象であろうか。最もドラマチックなことの一つは、コルディレラ山系のロッキー山脈、アンデス山脈、ヒマラヤ山脈程度の褶曲山脈の長い連なりの隆起に違いない。これらの山の連なりは深海(地向斜)堆積物として発生し、そして8,000~10,000m級の山脈にまで隆起した。もし、Goldによる上記の計算が少しは妥当であるならば、過去には相当に激しい極移動の期間があったとするにふさわしい理由になる。そして、このような動きは終わってしまったと仮定する理由は何もない。

そして、自転する地球のこの種の自由に対して今日ではほとんど注意が払われないことは何か謎である。実際に、プレートテクトニクスという移動論が出現して以来、極移動は地球科学者にちょっと嫌われたものになったし、もはや主流雑誌に投稿しても評価されない。人々は、この沈黙の理由が次の事実に関係していることを示唆することをためらっている。それは、極移動を認めたならば、大陸移動によって求められたさまざまな解答のすばらしさを壊してしまうという事実である。

私達がこの論議をよびそうな論点についての記述を終える前に、Tarlingsによる予測にもう一つコメントをしておこう。彼らの予測によると、もし極移動が起きたならば地球はバラバラに引き裂かれるであろうという。これは大変昔の予測と同じような興味をひく。著名なアレキサンドリアの天文学者、プトレマイオスの最後の言葉は、紀元2世紀に次のように結ばれている。すなわち、「もし地球が回転しているならば、地球は自らをバラバラに引き裂くであろう」と。

プトレマイオスは明白な天動説支持者であって、神はず

すべての惑星に地球の周りを回る軌道を与えられたと考えたアリストテレスの信奉者である。プトレマイオスは、このアリストテレス学派の考えの正しさを証明するために多大の努力を費やした。彼の神聖な身体をむりやりコルク栓抜きのようなねじり、そして、すでに信じ込まれている枠組みに彼の観測を適合させようとして、太陽および月までの距離をでっちあげた。これら2人の人間の影響によって、コペルニクスが世界の中心は太陽であって、地球でないことを見つけるまで^{*2}、天動説はその後の1,500年間は疑いのないものでありつづけた。その後、ケプラーが現れて、アリストテレスの牧歌的な回転軌道を破壊した。

(*2: コペルニクスはつづいて、星々は地球軌道のどちらの側からみてもまったく視差の影響を示さないで、それらが非常に遠くにあるということを理解した。)

アリストテレスは天文学だけを考えたのではなく、自然科学のさまざまな問題について述べているので、彼はさらなる批評を当然受けてしかるべきである。降雨は川の流れを作るには不足しており、そのため、地下からの泉が川に供給している、と彼は判断した。フランスの水文学者が正確な測定を行うまで、この考えは同じように2,000年間続いた。そのうえ、200～300年前にクセノン学派によって化石の論理的な起源が正確に説明されていた事実があるにもかかわらず、化石は粘土から完全に抜け出さなかった生き物の鑄造物であるとアリストテレスは判断した。化石に関するアリストテレスの考えもまた2,000年間続いた。この間、キリスト教徒は神が粘土に命を吹き込むのに失敗したものが化石であると主張した。(なぜ全能の神がそんなに多くの失敗をしがちなのか、ということを誰かが質問したどうかはわからない。) また、ノアの洪水に飲み込まれた生き物の遺物が化石である、という別の考えもある。現代の基本主義者 fundamentalists [聖書を文字どおり信じ、進化論を排撃する] たちは依然として、この後者の考えに固執している。

しかし、事後にスマートであることは容易である。もし、極移動の擁護論が認められるとしたら、そのときには希望的観測ではなく、それに有利な厳然たる証拠を示す必要がある。すでに討議したように、地質学的層序には大きな気候変化の証拠が散りばめられており、これらの変化の多くは大陸移動の過程で得られる何ものよりもはるかに速い速度で起きていることは明らかである。しかしながら、同じように指摘されたことではあるが、変化があまりにも頻繁であるため、別の原因がかかわっていたかどうかをすぐに判定する方法が整っていない。別の原因とは、過去におこった地球規模の温暖化や寒冷化、天体の衝突、自転軸の傾きの揺動や変化である。これらはある程度の状況証拠を与えるものとして扱われてきたが、しかし、極移動の概念の正当性を検証するためには、すべての地質学的記録を調べるのが今や必要である。

その前に、さらにもう一つの課題がある。極移動と地球

の地殻へのその影響を研究している間、ひとつのことが絶えず私を悩ましていた。それは、他の惑星においてなんらかの不安定の証拠がみつかっていないことである。もし、地球型惑星の自転における不安定性が妥当な天文学的機構として提案されるとしたならば、そのときにはなんらかの不安定な動きが太陽系のどこかででもきっと証明されるにちがいない。他の惑星の不安定に関する証拠について私の注意を最初にひきつけたのは、歯科医院の待合室でみた”National Geographic”に掲載された1つの論文(2004年1月号, Oliver Nortonの“火星, 氷の惑星”)である。次の問題が出されていた。すなわち、「どのようにしてある時代には赤道に水が存在することが出来、別の時代にはできなかったか?」である。そして、ある期間にわたって火星の自転軸が、軌道面に垂直な方向に対しての傾きで60°という大きい値から0°にいたるまで、どのように変化したのかを説明した4コマの絵が載せられている。氷の分布に基づいて、しばしば起きたぐらつきが過去500万年間にも起き、その間に自転軸が垂直方向に対して15°～35°の角度にわたって変動したと説明されていた。明らかに、このような動揺は気候に大きな変化をもたらすが、しかし、提案されているような自転軸の変化と活動中のある種の極移動とを識別できるかどうかは、答えのない問題である。おそらく、この問題は地球の過去の気候についての次のような分析によって、少なくとも地球に関しては解決されるかもしれない。

2.2 地質時代の極移動

多くの地質学上の謎には、プレートテクトニクスという移動論の概念によって一つの解釈が与えられた。もし、この概念は放棄されるべきことを示唆するとすれば、まず、極移動がそれにかわる現実的な選択肢であることを示す必要があり、次に、地球の地殻上においてジオイド移動という形で極移動の効果を分析することができなければならない。大陸を現在の位置^{*3}に固定して、古生代初期以降の地球上における過去の気候分帯を理解することができたならば、最初の問題について十分に納得のいく確実な証明になるであろう。もちろん、プレートテクトニクスの移動論が広く受け入れられるようになる前に、このことはAxelrod(1963)とOpdyke(1962)によって行なわれていた。それ以来いくつかの試みがあり、Lowman(1985)が特出している。しかしながら、別のことを示すと解釈された多量の古地磁気データによって、この種の研究の多くは窮地に追い込まれた。大陸固定仮説の妥当性を立証するための地質学の長い冒険の旅に出かける前に、次のことは述べる価値がある。すなわち、いくつかの信頼できる古地磁気記録は大陸固定モデルをまさに支持しているということである。複数の先カンブリア紀楕状地が、先カンブリア紀と前期古生代には現在と同じ相互の位置関係にあったことを、Embleton & Schmidt(1979)がみつけた。しかし、このことは、次のような議論によってプレートテクトニクスの枠組みに適合させることができる。すなわち、別々に分離している複数の大陸はその後移動し、結合してパンゲアとなり、

その後、ペルム紀にすべてが再び離脱した—このようなことはラクビー選手が集まってスクラムを組み、その後にもう一度散らばるといった動きと何か似ている。このような動きはラクビー競技場では容易に利用できるが、一般に自然物質の変形経路は、このような方法で決して逆過程をたどらない。

(*3: 多分、大陸の代わりに楯状地を使うことはより適切であろう。非常に多くの大陸地殻が海底下に存在し、海洋拡大ゾーンといわれているところにも存在することは、とりわけChoi(1990)によって論証された。)

考慮に入れなければいけないもう一つの要素ある。それは、おそらくすべての中で最良の気候指標、すなわちサンゴ化石である。現在のサンゴは繁殖のために、暖かい海水だけでなく、現在は熱帯にのみ存在する紫外線強度も必要である。今日のサンゴ礁の分布は、わずかな例外を除けば、赤道の両側、緯度で約20°以内にかぎられている。過去においてもサンゴは似たような条件下で成長したということを疑う理由はなにもない。

サンゴは過去の気候帯についての一般的指示者であるとはいえ、温度に対して非常に敏感に反応する。赤道上あるいはその近くで育ったサンゴは、その成長速度によって外側熱帯 [outer tropical] で育ったものと区別することができる。外側熱帯の温度変動によって成長速度に季節的遅れが生じ、このことは内側熱帯 [inner tropical] のサンゴにはみられない。前章で述べたように、台湾の古生物学者 Y. T. Ma によって古生代～中生代の多くの地質学上の紀における赤道の位置を決めるためにこの特質が使われた。これらは図 2.1 に示されている。

これらの時代における赤道帯の大部分は北アメリカを南西-北東方向に横切り、北大西洋を横断してスカンジナビアに至り、そして極東および南東アジアの両方あるいはそのどちらかを通る。Ma の研究は当時彼が入手できたサンゴ化石に限られていたことは明らかであり、彼の研究には地理上の空白がとくに南アメリカとアフリカにある。同じく、時間にも空白もあり、例示すると前期石炭紀と白亜紀の間の約2億年前があげられる。

それにもかかわらず、彼の研究から導かれる影響は重要である。第一は、古生代前期～中期における古気候データと古地磁気データの間の緊密な一致であり、このことは次の数ページで明らかにされるであろう。第二は、白亜紀の赤道は古生代の赤道と大きく変わらないことであり、これはプレートテクトニクスの観点と調和しない。白亜紀までは、大陸は1億年以上にわたってパンゲアあるいは Gondwana から離れるように移動してきたと主張されている。しかし、大陸移動で主張されているこのような結果は、Ma の研究には少しもみられない。このテーマは以下に述べる各地質時代の概略的な地質史中で証明されるであろう。この地質史は、安定大陸は安定しており、赤道線は真の極移動と完全に連携して変化するという仮定のうえに作られている。

この検討では、McIlhenny(1973) の古地磁気データが使われる。それらは多少時代遅れであるが、それでもなお、第一にプレートテクトニクス概念を導いたのと同データである。記述される地質史は簡単に述べるが、それは主に著者自身の知識不足による。それにもかかわらず、同時性をもたせた表現は、後章で述べるジオイドテクトニクスモデルを発展させることの正当性を十分に証明している。このモデルを発展させると、地球のいくつかの主要な地質作用について予測できるようになり、これらの予測は地質記録に照合してその有効性を点検できる。

次のデータを考察するさいに、以下のことを理解しておくことは重要である。それは、極移動の状況下では、地球のさまざまな場所の準同時的な岩石は数1,000万年を単位とした時間単位で区分される。この時間枠は、極がかなりの距離を移動するための十分な時間になるだろう。このことは、いろいろな大陸からのデータの間にある程度のずれをもたらす。このようにして一般的な極および/あるいは赤道の方向が認定されると、異端的指標の存在もかならずしも不適切ではなくなる。まず、約6億年前のカンブリア紀から始めるが、凡例 (p. 33) に示された記号が、さまざまな大陸やその他のデータを示すのに使用される。

カンブリア紀

Opdyke (1962) によって収集された強力な古地磁気データは、カンブリア紀前期の赤道がカナダ楯状地西部をほぼ南北に通過し、今日のロッキー山脈 (コルディレラ) の線にぴったり一致していたと述べた。しかしながら、カンブリア紀後期中頃までには、北米大陸の古地磁気データは、赤道がこの大陸を南西-北東方向によこぎる位置に移動したことを示す (図 2.2)。地球全体についてチェックすると、この移動には大きな極移動が不要であることがわかる。

この新しい赤道の方向は、グリーンランド西部のデボン島の石膏堆積物によって、そしてスウェーデンでも、支持されている。北米を赤道が横切っていたのと同時期に、氷河堆積物が西アフリカのギアナ付近に堆積した。これは、南極がアフリカに位置していたこととも合致する。この南極の位置は、南アフリカ、シベリア、そして、一部はオーストラリアでの古地磁気データから得られたものである。他の大陸からのデータも、南極が、スペイン、ブラジル、南アフリカを半径に含む円内にあったことを示す。この時期および次の時期の古地磁気データに関する凡例は、p. 33 に与えられる。

図示された赤道は、2重線で示される。それは、さまざまな大陸で求められた古地磁極ならびに古気候指標から得られた極位置にもとづいている^{*4}。

(*4: これら2つとこのパターンはきわめてよく一致し、現在の大陸配置と調和的であることが強調される。<注: 南米、ア

フリカおよびロシアに対して描かれた古赤道には大きな相違があり、そのおおくはメルカトル図に投影されたことによる。）

オールドビス紀

約5億年前のオールドビス紀については、さまざまな条件が合理的に満たされたように思われる。古地磁気学的証拠によると、赤道は、依然として北米と北大西洋を横切って南西-北東方向に延びていた(図2.3)。この配置はMaのサンゴ礁研究(図2.1)によって決定された赤道配置とよく一致する。いくつかの大陸での研究にもとづく、南極はベルギー領コンゴの海岸近くのある場所に位置していることも注目される。

北米、インド、南極およびオーストラリアからの古地磁気データにもとづく赤道は、北米を横切っていて、地球の反対側では、オーストラリア大陸を横切ってほぼ南北方向に延びていたことは重要である。オーストラリアにおける化石データは、大陸を現在の位置に配置した図面上で、この特異な赤道方向を確認する。しかし、もしすべての大陸をパンゲアのような雑然とした集合として配置すると、これらのデータは無意味になる(図2.4)。証拠もなく主張されているパンゲアのなかで、タスマニアは南極に位置すべきであり、熱帯で暖められてはならない。

シルル紀

状況は変化するものの、シルル紀(440 Ma)には、まだわずかである。主な変化は、南極がアフリカから大西洋を横切ってブラジルまで移動したことである(図2.5)。全世界的に検証されるように、このような極移動は北米を横切る赤道帯にわずかな影響を与え、一般には大陸中央部から東海岸へ向かって東へ移動した。当時の東海岸は、アパラチア地向斜の初期段階であった。

古気候学的知見は、これらの古地磁気学的データにも調和的である。スウェーデンやパキスタンなどの周赤道帯にはサンゴ礁が成長し、蒸発岩がボストン付近に堆積した。しかし、混乱した兆候もある。オーストラリアで得られた古地磁気学的研究は、今日の赤道とそれほど違わないことを示す。いっぽう、西ヨーロッパでの研究はこれに直交する赤道を示し、アラスカを南北に、地球の反対側ではアフリカの角を南北に通過する。

これは、ヨーロッパでの赤道がオーストラリアでの赤道とまったく同時的であることを意味するのではなく、また、そのような異端的記録は無視されるべきものと理解してはならない。それらは、地球がこの紀に何らかの転換によって大きな変化を経験しつつあり、大陸ごとにとりあげる必要がないことを示唆するのであろう。地球が経験した最大規模の絶滅事件の1つがシルル紀の終焉とともに発生し、このときには生命体の約85%が消滅したことも関連するであろう。

デボン紀

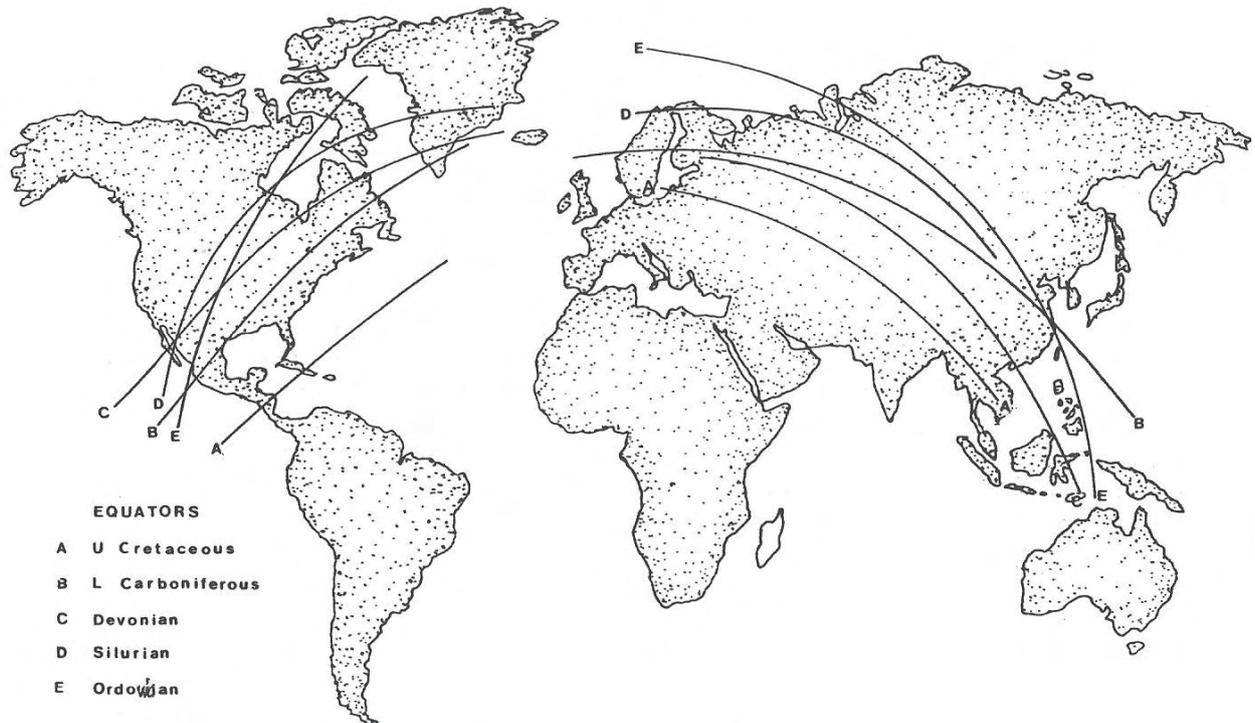


Figure 2.1. Equatorial alignments proposed by Ma, on the basis of coral studies.

図2.1 Maによってサンゴ研究にもとづいて提唱された赤道線

LEGEND (for Figures 2.2 to 2.12)

Symbol	Continent of Paleomagnetic Record	Other Record
1	Western Europe	
2	North America	
3	South America	
4	Africa	
5	India	
6	Antarctica	
7	Australia	
8	Russia	
9	Siberia	
⊙	North Pole position	
○	South Pole position	
— 7 —		Equatorial trace, paleomagnetic
≡≡≡		Equatorial trace, palaeoclimatic
⊖		Evaporite deposits

凡例 (図 2.2 ~ 図 2.12 用)

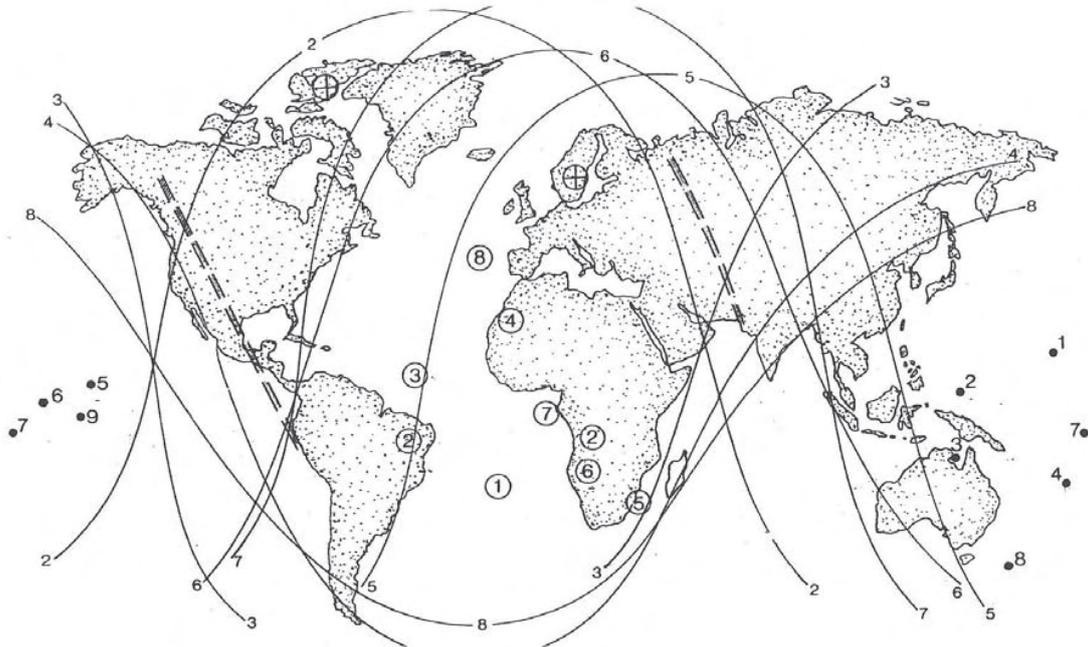


Figure 2.2. Poles and Palaeoequators, Cambrian 図 2.2 カンブリア紀の極と古赤道

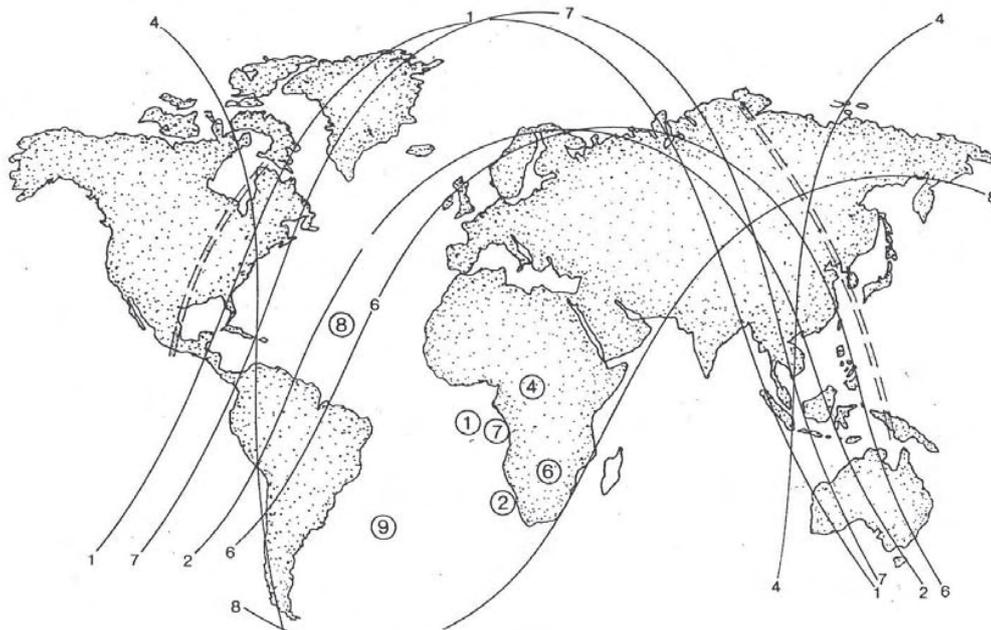


Figure 2.3. Poles and Palaeoequators, Ordovician 図 2.3 オルドビス紀の極と古赤道

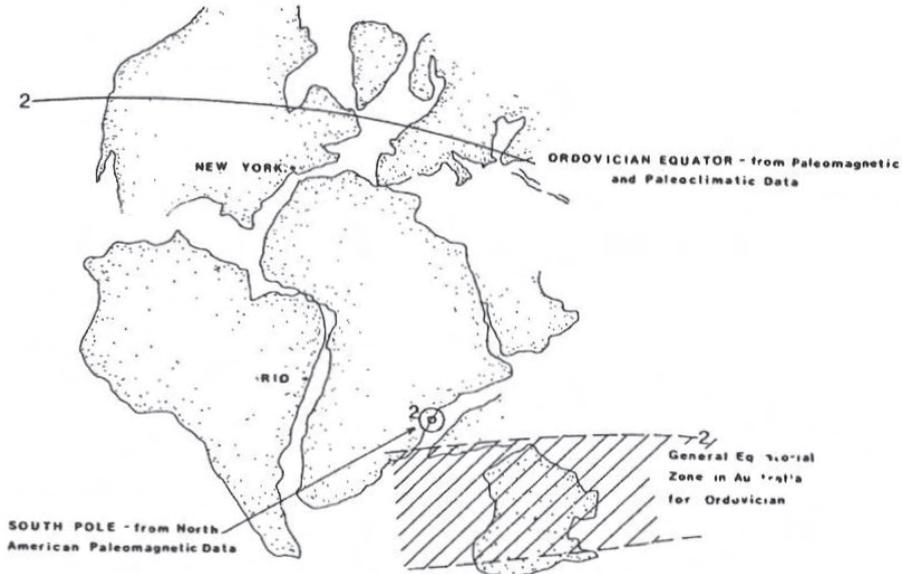


Figure 2.4. Palaeoequators in the Ordovician do not fit in with the concept of Pangea

図 2.4 オルドビス紀の古赤道は、パンゲア概念に適合しない。

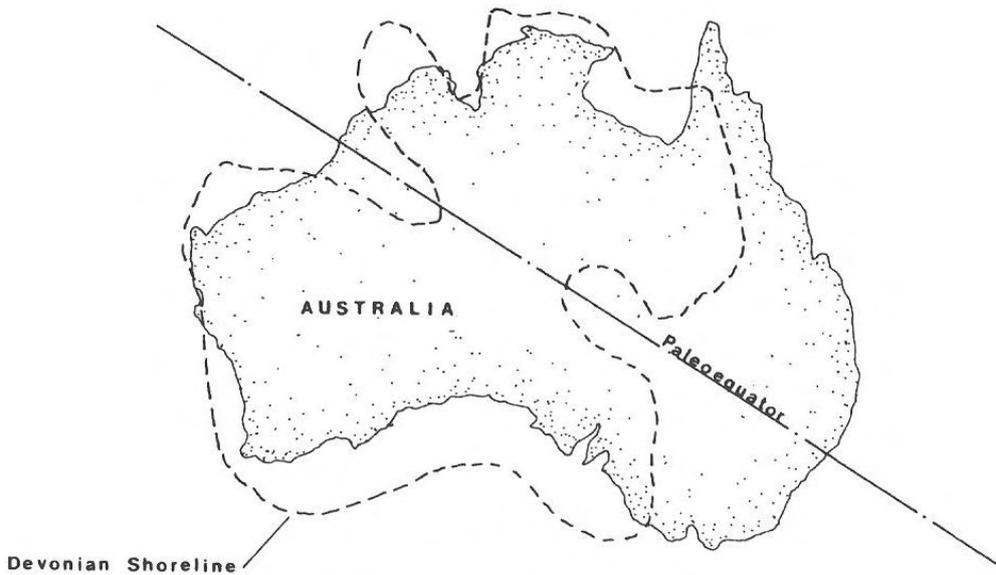


Figure 2.5. Australia in the Devonian. Compare this with Figure 1.1.

図 2.5 デボン紀のオーストラリア。図 1.1 と対照されたい。

デボン紀の全般的証拠 (図 2.6) は、諸条件がシルル紀と大きくは変化しなかったことを示す。Ma の化石サンゴにもとづく赤道は、カリフォルニア南部からニューファウンドランドを通過して北米を横切り、大西洋を通過してノルウェーに達し、さらに、ベトナムからオーストラリア中部のキンバレーからメルボルンを通過する。オーストラリアにおける古気候データは、このような赤道方向に調和的である (図 2.5)。

南極はブラジル海岸に位置し、大西洋に面していた。しかしながら、すくなくとも一定期間は、赤道帯が大西洋を超えて南へ移動し、メキシコから北アフリカを横切る赤道環境をもたらした。オーストラリアの古地磁気データにもとづく、これが上述したシルル紀の過渡的な赤

道帯に一致することは明らかである。

デボン紀を通じて、蒸発岩がアメリカ合衆国東部、ニューファウンドランドおよびグリーンランドに堆積し、広範囲わたる赤色層が亜熱帯ヨーロッパに堆積した。この種の知見から、デボン紀は全地球を温暖な気候が覆った時代であると喧伝されたことがある。

石炭紀～二畳紀

「デボン紀の削剥地形」の形成後、石炭紀は回春期と考えられている。ヨーロッパとブリテン島で海進がおり、海域の拡大は新しい植生を広範囲もたらし、今日の石炭堆積物のもととなった。アメリカ合衆国では依然として岩塩類が堆積し、それはニューファウンドランドまで達

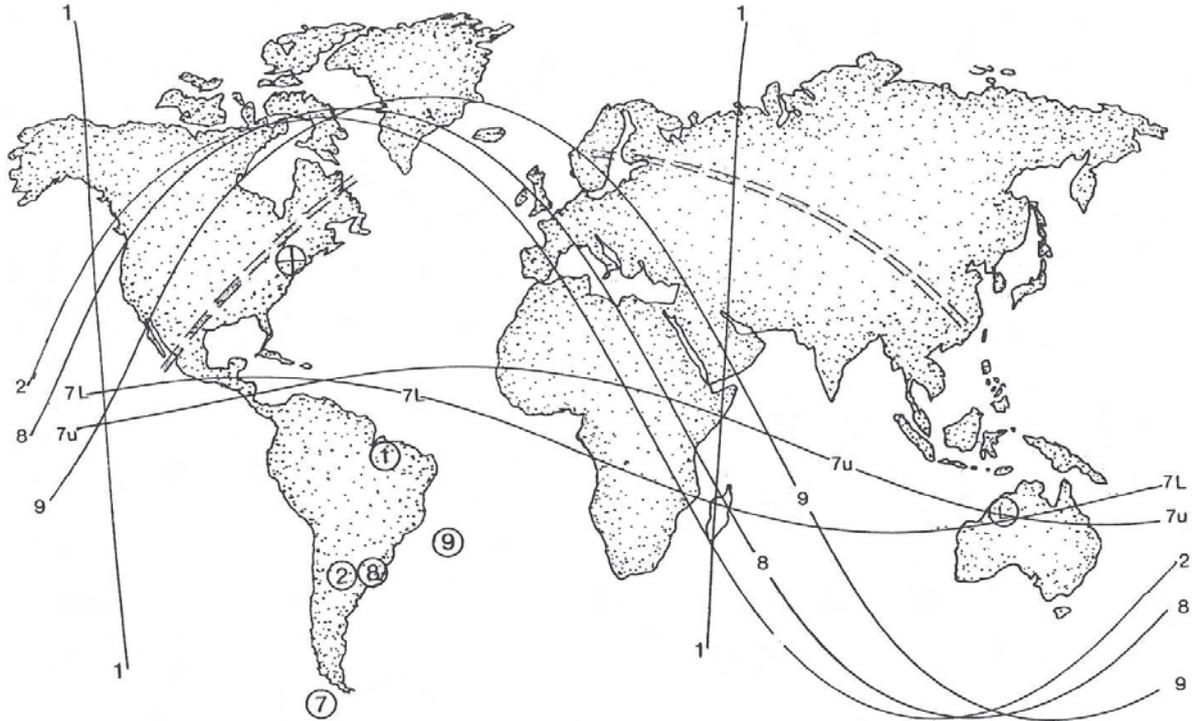


Figure 2.6 Palaeoequators in the Silurian 図 2.6 シルル紀の古赤道

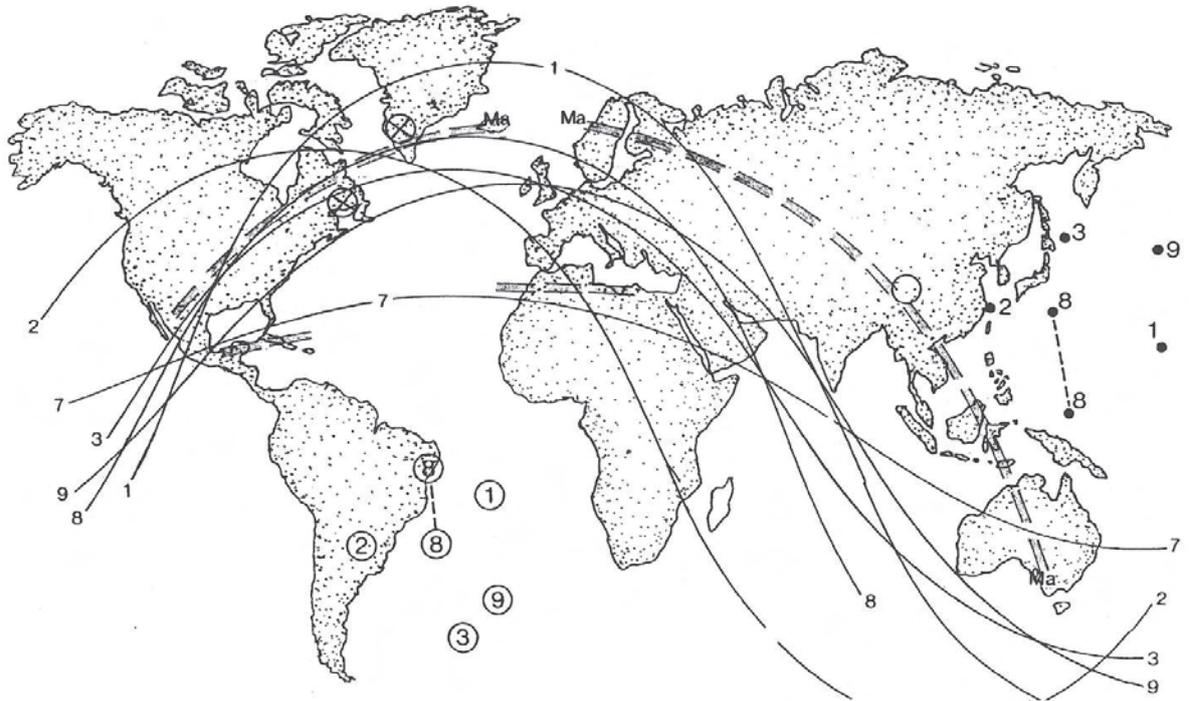


Figure 2.7. Palaeoequators in the Devonian 図 2.7 デボン紀の古赤道

した。熱帯サンゴ礁が中国と日本から知られるいっぽう、同時に、南半球の大陸では、必ずしも同期されているわけではないが、劇的な氷河作用が拡大した。Glossopterisのような小型のシダが南半球のすべての大陸で発見され、ゴンドワナ集塊説を支持するかのよう利用されてきた。しかしながら、Glossopterisは、ゴンドワナの

部であると主張されたことがない中国でも発見されている (Mac Dickins 私信)。この植物は南極に生き残り、再繁殖した。南極大陸は、そこに恐竜が生息していた約7,000万年前には、亜熱帯気候を経験した。したがって、Glossopterisは、出現時ほど敏感な示相種ではなくなったのであろう。

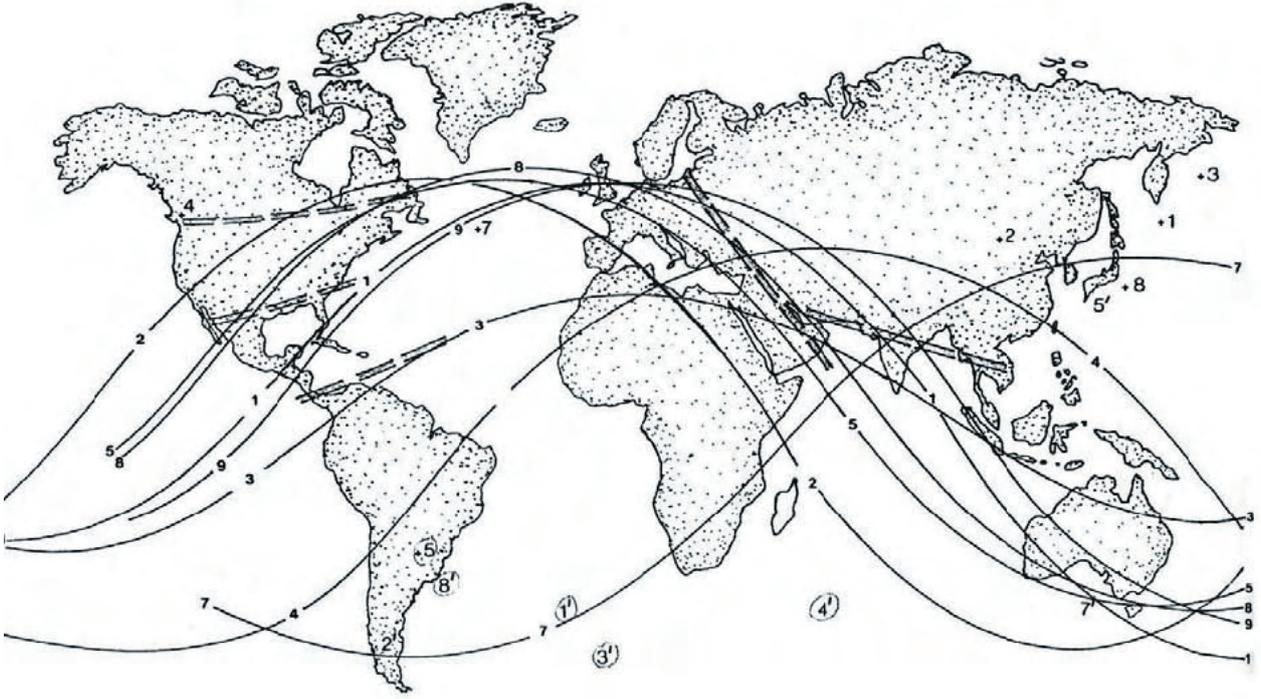


Figure 2.8. Palaeoequators in the Permo-Carboniferous 図 2.8 石炭 - 二畳紀の古赤道

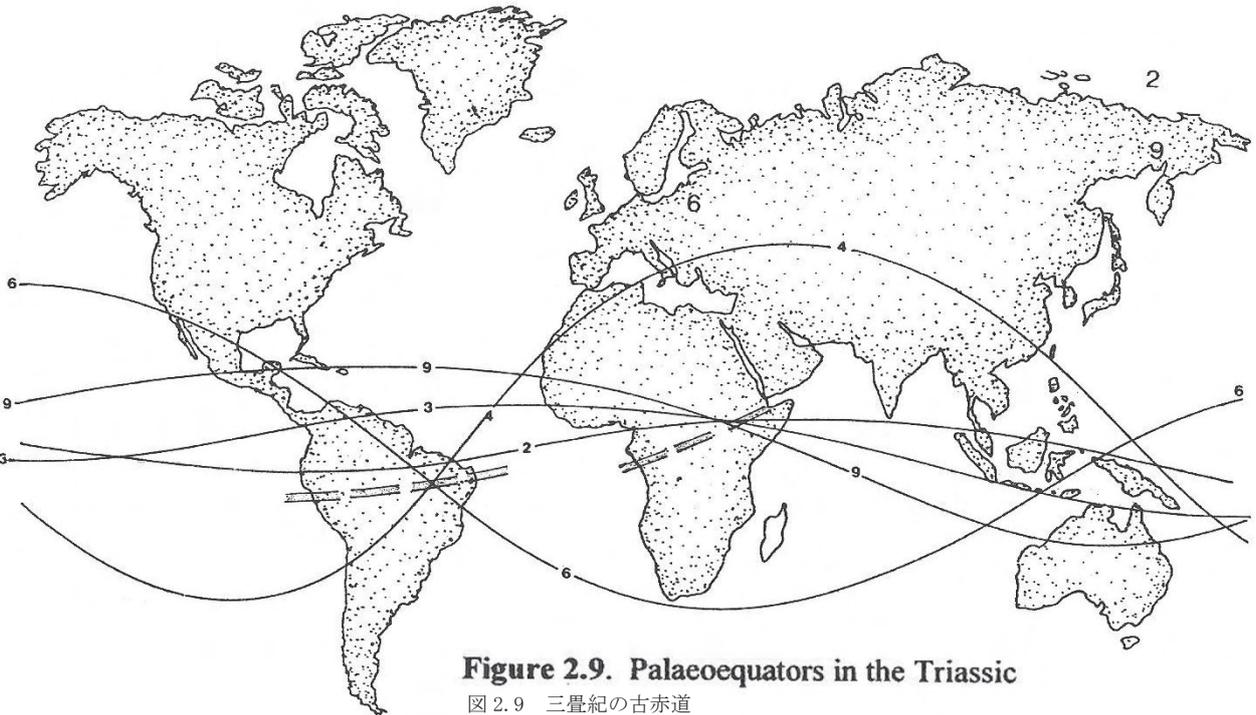


Figure 2.9. Palaeoequators in the Triassic 図 2.9 三畳紀の古赤道

図 2.8 には、依然、北米を横切り、ヨーロッパのヘルシニア造構帯の上を行き来する多くの（古地磁気学的）赤道が描かれている。これらの方向に対して、今日想定されているいくつかの古気候赤道は不調和であるが、古気候および古地磁気指標として使われた岩石は個々の大陸では同一である場合がしばしばである。

この紀について述べるべきことからは、古地理的変化が

より頻繁になったことである。オーストラリアで求められた（古地磁気）赤道は、それまでの紀においてはしばしば一般的方向に一致したにもかかわらず、北米で求められた南極を横切ったり、西ヨーロッパと南米で求められた近接した南極の間を通過したりする。このような例は、この期間には、石炭層や、ときには、サンゴ礁をはさむ氷河堆積物を形成するのに必要な気候変動をうまく説明するだろう。赤道位置の振動が挟炭層 Coal Measures の周期的発達を説明するのに用いられるが、こ

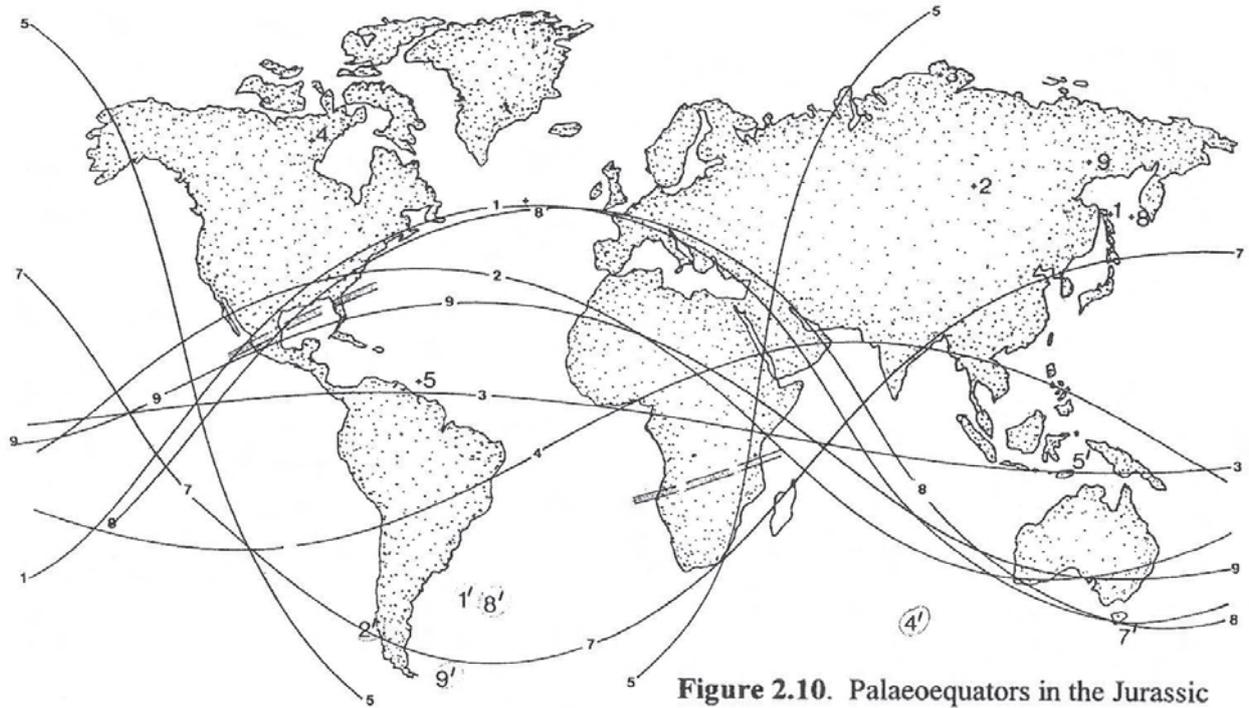


Figure 2.10. Palaeoequators in the Jurassic

図 2.10 ジュラ紀の古赤道

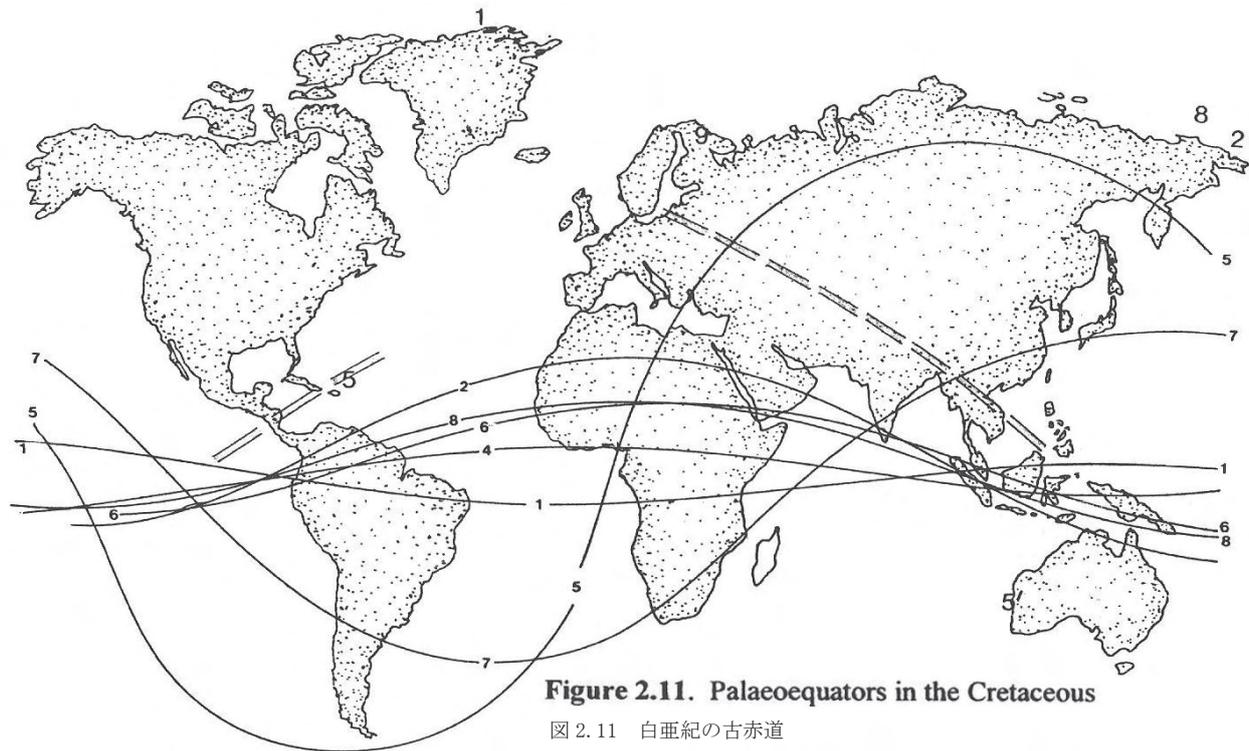


Figure 2.11. Palaeoequators in the Cretaceous

図 2.11 白亜紀の古赤道

れについては、ジオイドテクトニクスモデルが十分に説明される後の節にゆずる。

三畳紀～ジュラ紀

首尾一貫した古気候および古地磁気データのパターンは、三畳紀まではかなり攪乱されていて (図 2.10)、この期間の最初には、多くの種、そして、すべての属にさえおよぶ絶滅があった。大陸移動モデルによるパターンに関して意味づけされたが、この期間の最初には、世界

の陸地は今日の地理にみかけ上一致するようになった。アルプスおよびヒマラヤ山脈が現在存在する場所には、小規模な深海域が存在した。大西洋の各部分は存在せず、太平洋はより小さかったであろう。

三畳紀は、世界規模で化石の証拠に乏しい時代である。しかしながら、三畳紀のサンゴは北へはアラスカまで発見されるいっぽう、熱帯環境はときどき南へ向かってメキシコや南アフリカまで広がった。しかし、アフリカがときどき熱帯になったとすると、近接した南極が氷河作

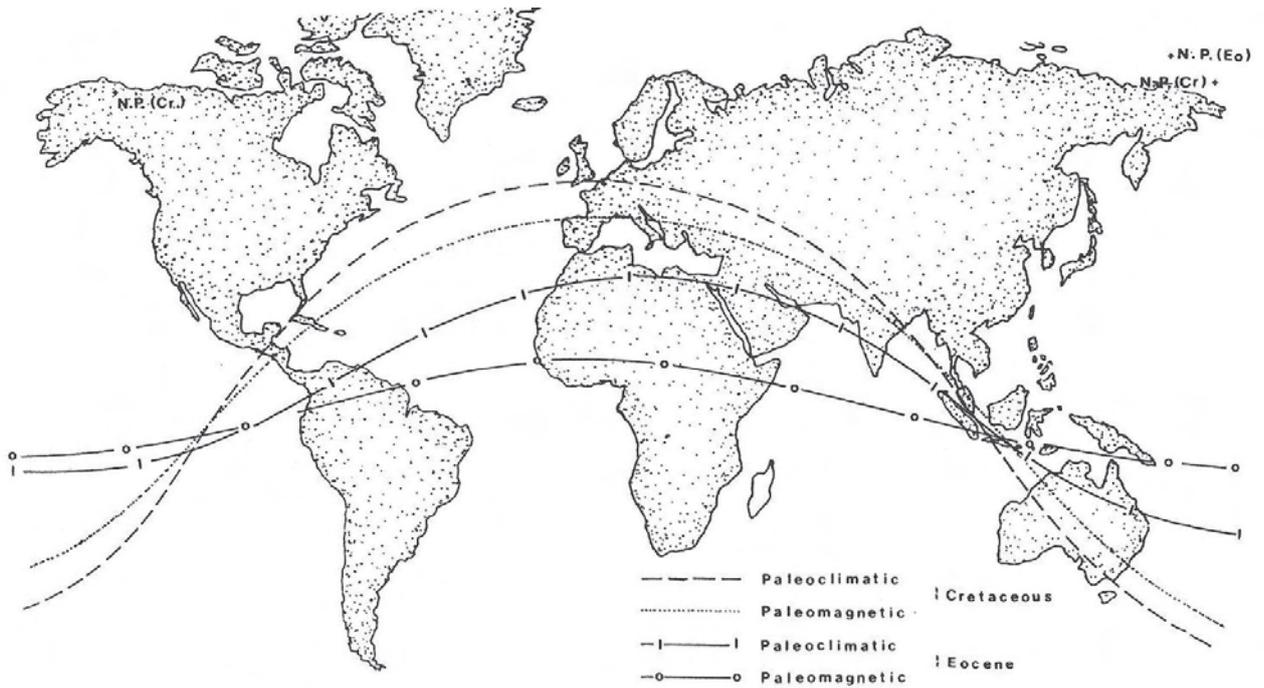


Figure 2.12. "Averaged" equators for the Cretaceous and Eocene

図 2.12 白亜紀～始新世の“平均的”赤道

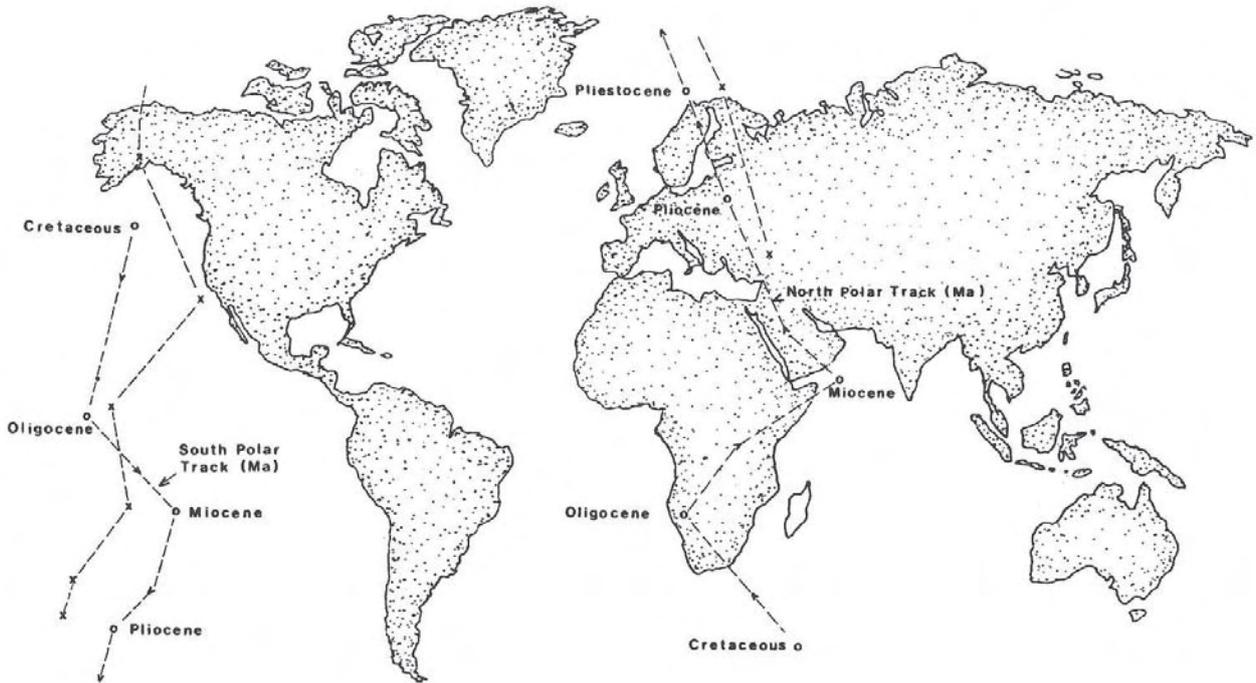


図 2.13 Ma の古気候学的データと海洋における主要トランスフォーム断層の幾何学を用いて求められた白亜紀～更新世の極移動軌跡との一致。過去の赤道配置の証拠と考えられる。

○ PALEOCLIMATIC POLES according to Ma
x POLE POSITIONS from transverse shears of Indo-Pacific regions

用を経験し、オーストラリア東部のいくつかの部分には寒冷な期間があった。ところが、オーストラリアの昆虫群集は、気候がもっと明確に温暖であり、ときどきは亜熱帯になったことを示す。シドニーおよび Ipswich 付近の大規模堆積盆地は、今日では炭田となっている。

中生代は、大西洋が拡大したとされる時代である。海底の各部分が乾陸であったことが (Owen, 1983), このことの直接的証拠とされる。土壌学用語で B 層として知られている古期侵食地形に類似した平坦地形が、大西洋中

-南部における音波探査によって記録された。これらの解釈は、海洋底拡大モデルの支持者たちによって「ばかげたこと」として退けられた。他方、図 2.1~2.7 をふりかえって見ると、現在にいたるまで、最北部を除く大西洋を赤道が横切ったとは思えないことがわかるであろう。

次章で列挙される理由によって、赤道配置が沈降域および海洋の集散的配列によって示されることが理解されるであろう。したがって、中生代までは、沈降あるいは海水準上昇による海洋形成が適合する条件が現在の大西洋の半分以上に及んでいたとは考えられない。

ジュラ紀に関する図 2.10 は、赤道位置がしばしば現在の配置に近づくことによって、地球が再びより安定化していく傾向にあることを示す。オーストラリアにおけるジュラ紀は、クイーンズランド州の大部分を占める Walloon 盆地にみられるような大規模な湖と石炭層が発達する時期である。火山噴出は、この州の南東部で大量に発生し、そこでは、古生代前期の変成岩類で構成された風化した地表の凹みを火山灰の密なシャワーが満たした。今日では、この地表面が、Brinsbane 塊状凝灰岩の基底部の露頭でみられることがある。露頭には土壌/粘土の断面がみられ、ときどき木炭をとまなう。この塑性的層準ために発生した褶曲運動の結果、両層の境界面に沿って剪断変形がおこることがある。このような境界面における剪断作用に関する議論については、5章を参照されたい。

白亜紀と始新世

私たちが知っている世界は白亜紀に形成されはじめ、そのときに、現植生が進化しはじめた。しかし、依然として、地形にいくつかの大きな変化が起こっていた。ドーバー海峡の白崖 White Cliffs は白亜紀の海域に堆積し、ゴビ砂漠やオーストラリア中央の大部分が水域であった。テチス海が、ヨーロッパ南部からアジアを持続的に横切っていて、インドからアジアをさまざまな距離で隔てていた。初期の移動論者である Sam Carey にしたがうと、テチスは一般に考えられているほど巨大な地理的障壁ではなく、大型爬虫類はインドとアジアの間を常に行き来することができた。ちなみに、これも、中生代にはインドがアジアから数 1,000km もへだたっていたとする移動論者の考え方にはそぐわない。このことの証左は、Dickins (1994) によって与えられている。

すでに述べたように、Ma による白亜紀サンゴに関する研究は、赤道配置は古生代のそれとそれほど異なっていないことを示す。古地磁気学的研究結果は、別の主要変化がくりかえし発生したことを示す (図 2.11)。白亜紀のサンゴ礁が現在の北極圏内に記録されていることは確実である。しかし、アラスカ、グリーンランドおよびシベリアはまもなく温帯になり、そして、始新世までには寒冷化した。図 2.12 は白亜紀~始新世の古気候学および古地磁気学的結果を要約して示して、今日の地理

的狀態へ漸移していく傾向を示唆する。

もういちど、Y. T. Ma と氏が台湾で出版した一連の単行本に記述したほとんど知られることがなかった発見へたちもどろう。世界中から集積した堆積学および化石データにもとづいて、氏は地球の挙動が第三紀~第四紀には安定していたことを描きだした。この証拠は、プレートテクトニクスの移動論的枠組みのもとでふつう大陸のゆっくりとした Pride of Erin ワルツによって示される環境よりもはるかに複雑であることを実証するために、要約することに価値がある。

Ma は、今日の世界とは根本的に異なっていたことから記述をはじめ、白亜紀の南極がベーリング海峡付近にあったことを示した (図 2.13)。それにつづいて、南極は東太平洋へ移動し、地球の完全な toppling (動揺) を示唆した。Ma は、これらの変化が、リソスフェアあるいは上部マントルの上を地殻が急激に移動することによって起き、このような移動がいずれかに造山運動をひき起こしたと考えた。しかしながら、氏は、このような事象の発生様式や必要とされる力についてはまったく分析しなかったが、この研究は重要な先駆となった。

Ma の“動揺”期間に地球が、今日と同様な双極子として機能していたとすると、磁極の逆転が記録されることになる。そして、もし地球がこのような“動揺”を一度起こすことができたとする、なぜ、もっと繰り返して起こさないのでしょうか？ これには、より深く研究する価値がある。

要 約

上述した古気候および古地磁気指標の照合することによって、安定した大陸と移動する極が、極移動という条件下で起きると予測されることがらを記載するのに十分な程度まで作用することが示された。次章では、ジオイド移動を含むさまざまな作用をより詳細に分析した後に、議論が初めて行われる。議論の最初に、前述された主要地質作用に関するいくつかの予測—たとえば、褶曲山脈の隆起—が議論されるであろう。

文 献

- Axelrod, D.I. (1963). Fossil flora suggest stable not drifting continents. *Jnl Geophys. Res.*, Vol. 68.
- Dickins, J.M. (1994). The nature of oceans or Gondwanaland fact or fiction. 9th Internat. Gondwana Sympos., Hyderabad. G.S. India, 1: 387-396
- Embleton, B.J. & Schmidt P.W. (1979). Recognition of common pre-Cambrian polar wander reveals a conflict with plate tectonics. *Nature*, 282:705-708
- Gold, T. (1955). Instability of the earth's axis of spin. *Nature*, 175: 526
- Lowman P.D. Jr (1985). Plate tectonics with fixed continents, a testable hypothesis. *Jnl Petroleum Geol.*, 8:4:373-388,

9:1:71-88
Ma, Y.T. (1944). Research on Past Climate and Continental Drift. Univ. Taipei. (Held at U. of QLD.)
McIlhinney, M.W. (1973). Paleomagnetism and Plate Tectonics. Camb. Univ. Press
Nakiboglu, S.M. & Lambeck K. (1980). Deglaciation Effects on the rotation of the earth. Geophys Jnl, 62: 49-58

Norton, O. (2004). Mars, Planet Ice. Nat. Geographic (Jan.)
Opdyke, N.D. (1962). Palaeoclimatology and continental drift. Internat. Geophys. Series 3:41-65
Owen, H.G. (1983). Atlas of Continental Displacement. Cambridge Earth Science Series. CUP.
Tarling, D.H. & Tarling, M.P. (1977). Continental Drift. Penguin.

短 報 SHORT NOTES

北部中央大西洋海嶺の構造 — 拡大はどこで? —

NORTHERN MID-ATLANTIC RIDGE STRUCTURE -WHERE IS THE SPREADING?-

Dong R. CHOI

Raax Australia Pty Ltd: 6 Mann Place, Higgins, ACT 2615, Australia
raax@ozemail.com.au; www.raax.com.au

(柴 正博 [訳])

要 旨

最近発行された大西洋中央海嶺北部 (Lucky Strike 火山) で得られた地震探査断面を再解釈した結果, それは陸上で一般的に見られる典型的な地溝 / リフトの構造史を示した. すなわち, 海嶺拡大のどんな証拠も示さない. この領域は, もともとは大陸環境におけるブロックテクトニクスによって, ひとつの大規模な背斜の軸部が陥没することで形成された. Singh et al. によって断言された熱水噴出口の下のマグマチャンバーは, 音響学的により高速の火山岩類におおわれた海盆底のマウンド / 堆積物と解釈したほうがより良く, これはこの特定層準における地震波速度の逆転に起因すると考えられる. 大西洋中央海嶺の構造についての新しい解釈は, 大洋中央海嶺の大陸の特徴, ならびに, 深い大洋と海嶺の経済的重要性を再評価する必要があること強く指示する.

キーワード: 大西洋中央海嶺北部, Lucky Strike 火山, 地溝, 拡大, 大陸性地塊テクトニクス

Singh et al. は, 北緯 37 度 17 分, 西経 32 度 17 分付近の大西洋中央海嶺を横断する地震探査断面を Nature の 442 巻, no. 32, 2006 年 8 月号に発表した (図 1). それらの地震探査断面は, 大西洋中央海嶺の下の地質構造を理解するための稀少な機会を私たちに提供した. 彼らによれば, 地震探査断面の解釈に基づくと熱水領域の下にマグマチャンバーを発見したという. しかし, 彼らの解釈には, 地質学的・堆積学的に十分に考慮されていないために重要な欠陥があると思われる. ここに, 私は Singh et al. のものとは異なった解釈を簡潔に示す.

3つの地震探査測線が海嶺に直交する WNW-ESE 方向で 1.2 ~ 1.8km 間隔に, また海嶺に平行な NNE-SSW 方向に, 4つの探査線が配置された (図 1). 探査領域は大西洋中央海嶺の中の凹地に位置するラッキーストライク火山と呼ばれるところで, 水深は火山山頂が 1,600m, 地溝中の火山麓では 4,000m に達する. 著者らによると, この領域は「遅い拡大」海嶺に属する.

公表された断面は SN 比を改良するためにより高度の処

理を必要とすることは、明らかである。しかし、断面に示されている情報は、ラッキーストライク火山の下の主要な構造的枠組みを解読するには十分である。

(HF) の下にあるひとつの中軸マグマチャンバー (axial magma chamber : AMC) を示す、という Singh et al. の解釈である。Lines 8 と 20 に関する私の解釈は、Line 8 の地震探査断面のオリジナルな画像が比較できるように図 1 に示した。N-S の地震探査断面 (Line 1011) の一部

図 1 の上図は、Line 20 (図 2) の北に位置する熱水領域

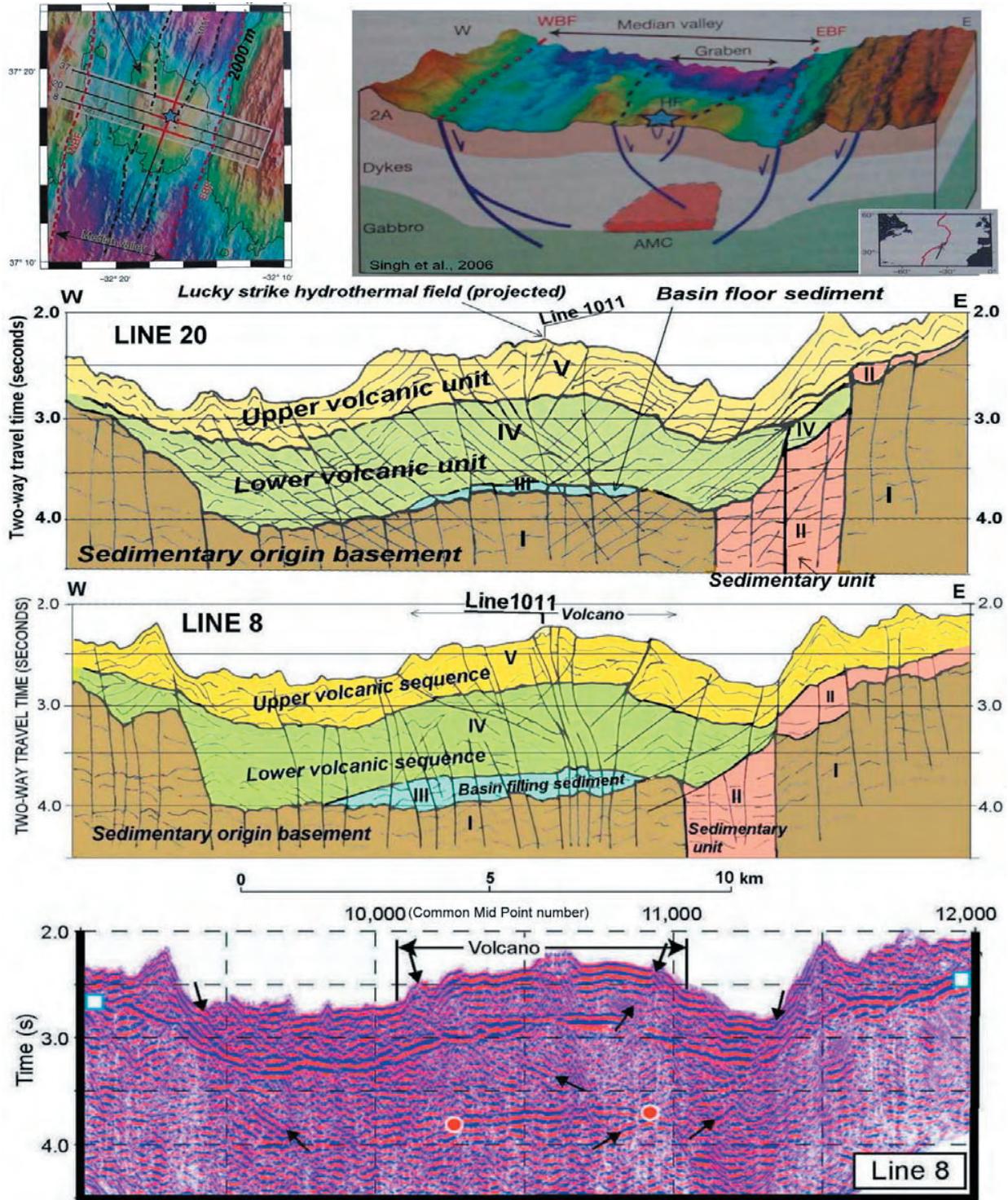


図 1 Lucky Strike 火山地域, 大西洋中央海嶺北部。地震探査側線の位置 (左上), 地震探査画像 (下; Line 8, Singh et al., 2006) とその解釈 (右上は Singh et al. による, 中央の 2 つの図は Choi による)。上と下の図は、ネイチャー出版グループから許可を得て転載した。Singh et al. は熱水噴出域 (HF, 右上の図) の下にあるマグマチャンバーの存在を推測した。そしてそれは、Choi によって堆積層 (中央の図のユニット III) と解釈しなおされた。下図でいくつかの中角度の強い反射面は岩脈岩体であろう。地溝の中央地域にある累積した火山マウンド (ユニット IV と V) は、地溝東縁にあるよく成層したユニット II (時代は中生代?), ならびに、ユニット I と II の表面にあるはっきりとした浸食不整合に注目せよ。Singh et al. によって推定されるマグマチャンバーは私のユニット III に対応していて、それは堆積作用による特性を示す。これらの断面は、大洋中央海嶺の形成以来、拡大が一度も起こったことがないのを明確に示している。

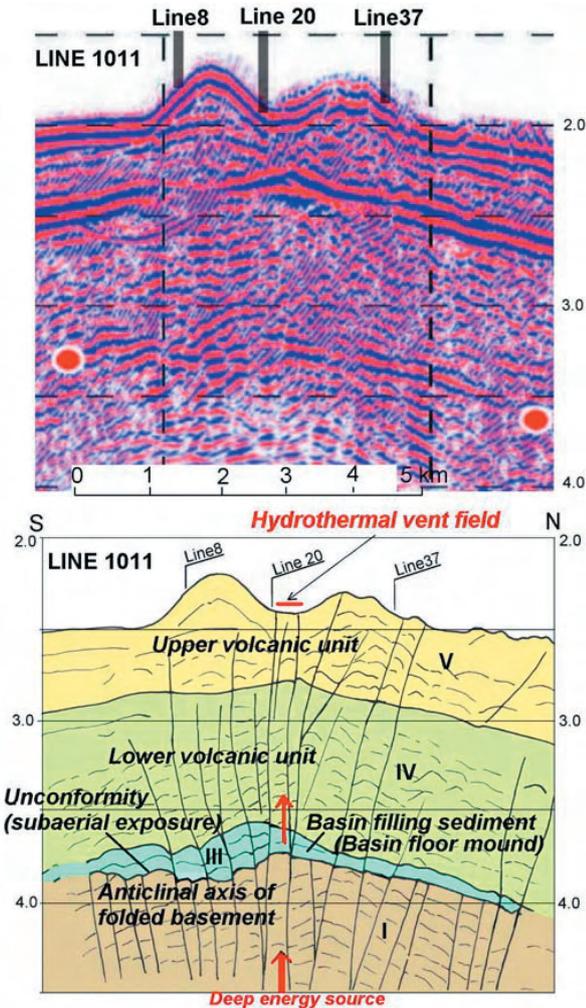


図2 N-S線 (Line 1011). 上はSingh et al. (2006)によるオリジナルの地震探査画像であり、ネイチャー出版グループから許可を得て転載した。下は著者による解釈。基盤 (ユニット I) の背斜軸部が陸上浸食され、ユニット IIIはその上に堆積した。それは堆積性テクトニクス特性のすべての徴候を示している、それがマグマチャンバーとは考えられない。火山マウンドは、上部と下部の両方の火山シーケンス (ユニット IVと V) の中に発達している。地溝の下の基盤は整然とした褶曲構造を示し、構成物質が堆積起源であることを示す。熱水噴出出口のエネルギー源は、基盤の下にあると考えるべきである。

とその解釈を図2に示した。

これらの図で見ると、Singh et al. は同定を誤った: 1) 基盤岩石 (ユニット I) のブロック構造—背斜構造の軸部陥没; 2) 大部分が堆積岩起源であることを示す整然とした褶曲や断層構造; 3) 若い火山シーケンス (ユニット V) の下に埋没しているより古い火山シーケンス (ユニット IV) があり、この2つの火山シーケンスの間には侵食不整合 (たぶん陸上での) をともなう; 4) ユニット IIの堆積後、盆地を埋積するユニット IIIとIVの堆積前の陸上浸食期; 5) 地溝の東縁にある断層でブロック化された堆積シーケンス (ユニット II, 厚さ 5km 以上) の存在—より古期の盆地を埋積する堆積ユニットで、後にユニット IIIの堆積の前に断層で切れ陸上で侵食された;そして 6) ユニット IIIは、ユニット IとIIの侵食面の上に集積した明確なマウンドを形成する堆積ユニッ

トである。

Singh et al. は、ユニット IIIを中軸マグマチャンバーと解釈した。彼らのこの推測は、負の速度コントラストをもつ逆転した速度構造に基づいている。しかし、このユニットは、通常は細粒堆積物 (主に砂をともなうシルト) で構成される海盆を満たすマウンドのような堆積形態を示し、相対的の海面上昇の初期あるいは湖沼環境で堆積した特徴を示す。さらに、この堆積ユニット (より遅い P波速度をもつ) はユニット IVの火山シーケンス (より速い速度を持っている) によって覆われている。したがって、この速度逆転は推定されるマグマチャンバーよりむしろ岩石学的コントラストに由来すると考えられる。

私は、実際のマグマチャンバーは基盤 (ユニット I) の下、おそらくそれはSingh et al. が予見したよりも相当深い上部マントルの中に存在すると思う。この主張は以下の理由に基づいている; 1) 下部火山シーケンス (ユニット IV) は直下の「マグマチャンバー」 (私の解釈におけるユニット III) から供給されたと想像するのは難しい; 2) 下部と上部の両火山シーケンス (ユニット IVと V) の両方のための起源マグマは現代の熱水活動と同様に同じように考えられる; 3) 熱水噴出域の下では、基盤やその上に重なるシーケンスを切り裂く多数のほぼ垂直な断層が発達している (図1・図2)。この領域はちょうど、強い断裂作用が起こる背斜の軸部である。

この研究海域での大西洋中央海嶺の新しい描像は、海盆のいくつかの形成段階を示す: 1) 最初の地溝は地上に露出した褶曲した基盤 (ユニット I) の脊斜軸部に形成され、そこにユニット IIが堆積した。2) 地溝の東縁が深くなるブロック運動が起こったあとに、陸上浸食と平坦化が起こった。3) その後のブロック運動は地溝を深くし、ユニット IIIが海盆に集積した。つづいて、2つの大きな火山活動ステージがあり、その火山活動によって現在の水深まで沈水する前に海盆が完全に埋積された。

上で記載された構造史は、陸上の地溝またはリフトで一般的に観測される。比較のために、よく記録された地溝 / リフトモデル (藤田, 1972; 久保田, 2005) を図3に引用した。このモデルと大西洋中央海嶺の間には、構造史において著しい類似性がある。Lucky Strike 火山域で観察されたテクトニクスは、Rezanov (2003) と Wezel (2005) による大西洋および他の海洋の起源についての議論を強く支持する。

要約すると、大西洋中央海嶺の研究されたセグメントにおいて、プレートテクトニクスで要求される水平拡大のいかなる証拠もない。現在の海嶺を形成した大陸テクトニクスの長い歴史と火山層下の堆積盆地を満たしている厚い堆積物の存在は、大洋中央海嶺に含まれる深海の経済的意味を再評価すると同様に、世界の現海洋の形成を考える上で特別に興味あることである。この研究海域は将来、深海掘削のための優先サイトになるだろう。

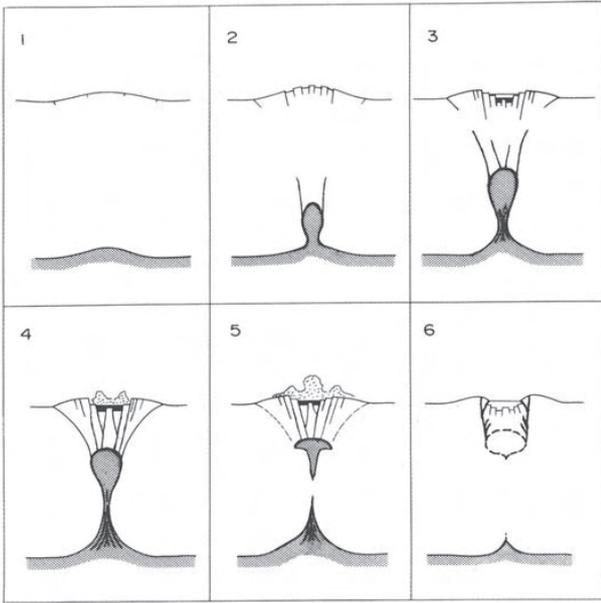


図3 久保田 (2005) による陸上のコールドロン/地溝の発達モデル。イタリア地質学会の許可を得て転載した。このモデルは大西洋中央海嶺北部の研究海域に容易に適用できる。1~2は大西洋中央海嶺 (ユニット I) の背斜軸部におけるリフトと地溝の形成期にあたり、3はユニット II の堆積に、4はユニット III の堆積と古期火山シーケンス (ユニット IV) の堆積期に、そして5は新期火山シーケンス (ユニット V)、6は現在の水深までの沈降と熱水噴出口に代表される火山活動の衰退期に対応する。

私は将来の号で、この問題についてより包括的な議論をするつもりである。

私は、有益なコメントと編集上の校閲をいただいた David Pratt と Vadim Anfiloff, Peter James に感謝する。

文献

Fujita, Y., 1972. The law of generation and development of the Green tuff orogenesis. *Pacific Geology*, v. 5, p. 89-116.
 Kubota, Y., 2005. Relationship between grabens, caldrons, and fault systems in Kyushu, Japan -formation of graben and fault systems through clustered cauldron. *Bull. Soc. Geol. Italia.*, spec. vol. no. 5, p. 159-168.
 Rezanov, I.A., 2003. Geological history of continents and oceans. *NCGT Newsletter*, no. 26, p. 3-8.
 Singh, S.C., Crawford, W.C., Carton, H., Seher, T., Combier, V., Cannat, M., Canales, J.P., Dusunur, D., Escartin, J. and Miranda, J. M., 2006. Discovery of a magma chamber and faults beneath a Mid-Atlantic Ridge hydrothermal field. *Nature*, v. 442, no. 32, 31 Aug., 2006, p. 1029-1032.
 Wezel, F.C., 2005. Geological evidence on the formation of the Atlantic Ocean. *Boll. Soc. Geol. Italiana*, spec. vol.5, p. 61-78.

深発地震の地球力学的意味：褶曲帯のグローバルな観点からの最初の手がかりは？
THE GEODYNAMIC MEANING OF THE DEEP EARTHQUAKES: FIIRST CLUES FOR A GLOBAL PERSPECTIVE FOR FOLD BELTS?

Giancarlo SCALERA

Instituto Nazionale de Geofisica e Vulcanologia - Via di Vigna Murata n°605, 00143 Roma, Italy -(scalera@ingv.it)

(小泉 潔・矢野 孝雄 [訳])

要 旨

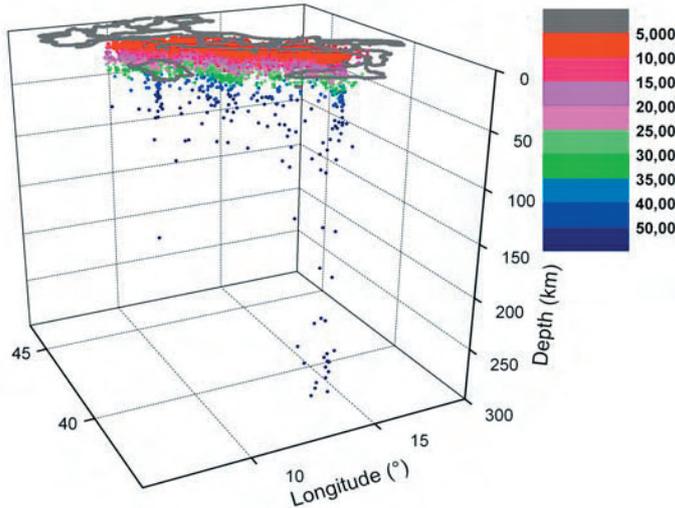
地震は山脈地帯や島弧沿いに、あるいは深さ方向に均一に分布している、というわけではない。深発地震が発生する地帯が示され、そしてそれらの広域のおよび全地球的な背景が検討される。特徴的で不均一なパターンが、地中海域やグローバルスケールとともに、イタリア域で調べられる。グローバルテクトニクスの考えられうる再解釈が、非衝突性造山作用について提案される。それには、地球膨張・リフティング・アイソスタシー・深部物質の表面方向への流れ・重力的拡大 [gravity spreading] や相変化が含まれる。

キーワード： 深発地震・鉛直変位・造山作用・マントル相変化・膨張地球

地中海域

地中海域は、深発地震が発生する二つの明瞭な地域によって特徴づけられている (Berckhemer & Hsu, 1982 ; Cadet & Funiciello, 2004 ; Vannucci et al., 2004 ;

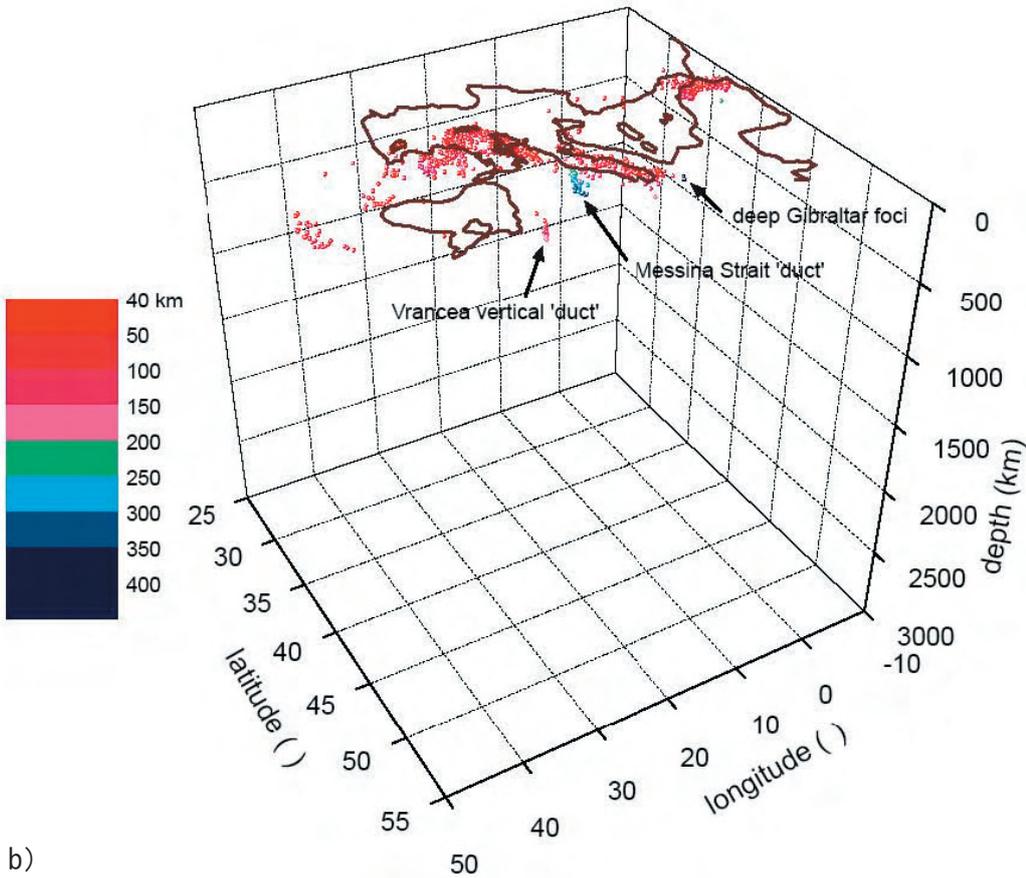
Scalera, 2005a)。震源は、チレニア海 (Tyrrhenian) 南部では 400km 以深に達しているが (図 1b)、エーゲ海 (Aegean) では 200km より深くなることはない。中深発地震の小さな集まりが、アペニン山脈 (Apennins) 北



a)

図1 イタリアと地中海における不均一な地震分布。
 a) 高密度の震源分布帯が、アペニン山脈の北部 (Garfagnana), 中央 (Umbria), および南部 (Irpinia) の深度 50km に存在する。
 b) Messina 海峡下では、深発地震が 500km の深さに達している。深度 200km まではほぼ鉛直な縦列として始まり、より低角の斜面に沿ってしだいに減少する。ルーマニアの Vrancea 地域には、より短かく、ほぼ鉛直な同様の震源群が 180km の深さまで認められる。この‘単純なフィラメント状構造’の典型的なパターンは、世界中のほとんどの和達—ベニオフ帯で観察される多くの他の‘複数のフィラメント状’の構造に類似している。

イタリアのデータはイタリア地震活動一覧表 (Castello ほか, 2006) から、地中海のデータは Engdahl ほか (1998) から、ジブラルタル帯のデータは USGS Web extraction facilities (USGS, 2006) から。



b)

部の地下 (図 1b; 震源は最深で 60km), ジブラルタル (Gibraltar) 域の周辺, ルーマニアの Vrancea 地域の幅狭くほぼ鉛直の focal volume 【震源域】 (深さ 60 ~ 180km) にみられる。最近では、高密度地震ネットワークを使って、鉛直方向の幅狭い配列を示す小規模地殻内地震群が記録された。それらは、より大規模な南部 チレニア海 (Tyrrhenian) 南部と Vrancea 地域のパターンに類似している。そのため、これは地中海地域の震源の不均一パターンの 1 つであり、テーチス凹地に沿う歪—応力状態に似た不均一状態と関連しているはずである。

深部地震活動の原因がサブダクションによるものである、との主流派の合意がある。しかし、Vrancea 地域の震源の煙突状分布には、いくつかの疑問がなげかけられている。それは、かつてのより広い和達—ベニオフ帯のレリックと考えられている。

パンゲアモザイクを復元しうるので (Bullard et al., 1965; Owen, 1983; Scalera & Jacob, 2003 の中の他の文献), 地質時代を通じてプレートの変形はほとんどありえない。それゆえ、深発地震の震源の不均一パターンが、均一な運動をしているアフリカ—ユーラシアプレー

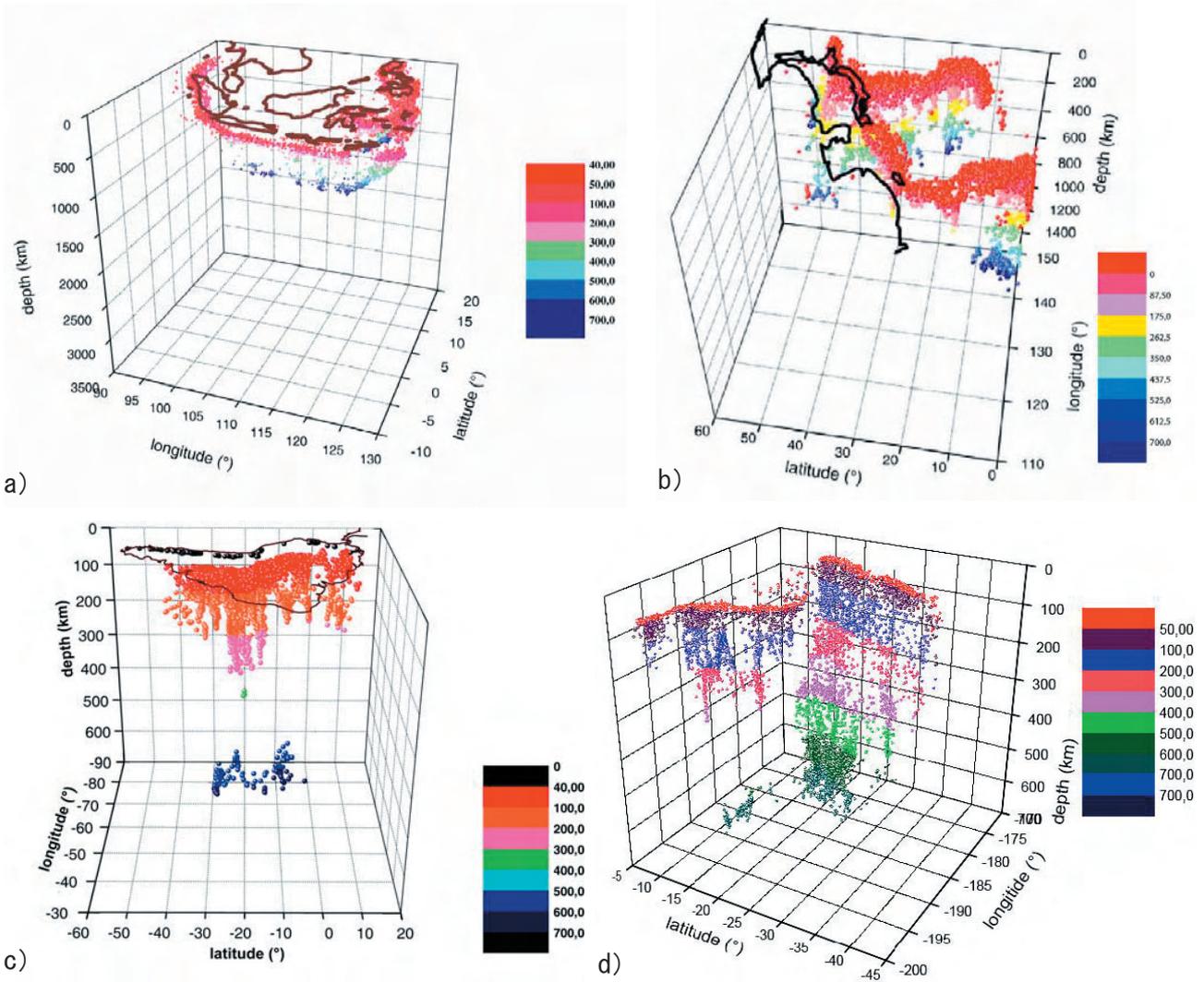


図2 'サブダクション帯'の古典的な図のほとんどは環太平洋弧に直交する鉛直断面に由来するが、現実はいくらか違っている。全ての和達—ベニオフ帯を大スケールで、3Dでプロットすると、サブダクション帯のフィラメント状構造が強調される。

a) スンダ弧 (スマトラからアンダマン諸島の間) は、250 ~ 300km 以浅の震源を示す。最も深い地震活動がジャワの下からニューギニアにかけて存在し、震源は700km まで達する。ここでは震源が大きな柱状地帯に集まる傾向を示し、島々はこれらの構造物の頂部に位置する。

b) 東アジア (北緯 60° ~ 赤道) における和達—ベニオフ帯のフィラメント状パターンがプロットされている。

c) ソロモン—フィジー—トンガ—ケルマディック諸島における深発地震の震源パターンがプロットされ、明らかに不規則な構造を形成する。

d) 南アメリカの和達—ベニオフ帯が完全にプロットされている。地表の点は、アンデス山系に沿う歴史時代に活動した72火山を示す [Smithsonian Institution(2006) のデータから]。500km 以深の深発地震の震源パターン (地震の密集帯とは明瞭に区分される) にみられる南北方向のギャップは、火山の分布間隙および低分布密度と一致する。これは、多分、地震と火山現象との予想以上に強い関連性を示すさらなる証拠になる。

'サブダクション' は、以上のような不均一パターンの要因としては不適当な作用である [データは全て、Engdahl et al. (1998) の '100年カタログ' から]。

トの相互作用によって生じたということは、ありそうもない。さらに、この地域において主張されているアフリカ—ユーラシア収束に調和しない展張作用を示すたくさんの証拠が、議論を勢いづかせたり (特に Michard, 2006), 新解釈を必要としている (Scalera, 2005a ; Lavecchia & Scalera, 2006)。

地中海地域での局地~広域にひろがる不規則な分布や、いくつかの場合には孤立し震源の垂直分布が観察されるのは、より一般的状況の個別ケースにすぎない。

和達—ベニオフ帯の全地球的概観

何がプレートテクトニクス理論によって規定されているのか、典型的な二次元のプレートテクトニクスの図を考慮すると、我々に何を予想させるのかということと、本当の和達—ベニオフ帯は合致しない。これらの海溝と島弧に直交する古典的鉛直断面では、きれいに配列した震源が約 45° 傾くことを示している。

古典的な二次元イメージを放棄し、震源の非常に広域にわたる三次元プロットによると、規則的なパターンに代わって震源のフィラメント状構造が明瞭に認められる [Engdahl et al. (1998) による再決定震源カタログからのデータ]。これらのフィラメント状構造は震源分

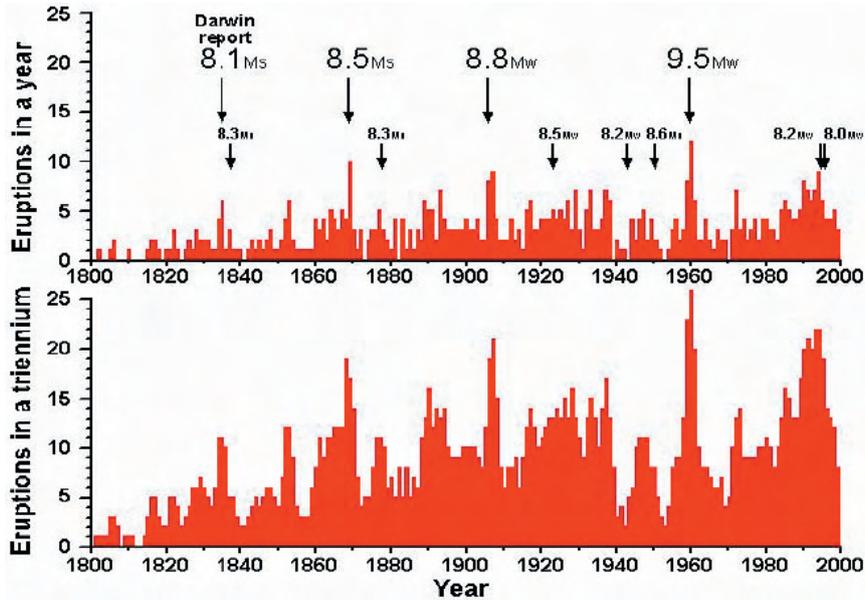


図3 1800～1999年に噴火した南アメリカのアンデス山系の火山に関する火山噴火の地球規模のSmithsonianカタログのデータ (Smithsonian Institution, 2006). 1年間の火山噴火の数と3年間の火山噴火の数がプロットされている. 地震のデータは, Engdal et al. (1998; 100年カタログ) からのものとUSGS (2006) からのものである. 噴火の観測と報告は, 大地震発生時に増加するが (これらの出来事について, 地震学と火山学との間の関連を探求する抑えがたい衝動が増加した), いくつかのM>8の大地震発生時には, 噴火数が, 通常背景ノイズに比べて, 歴然としたピークをつくる. 特に1960年の巨大チリ地震 (M=9.5, これまでに記録された最大のマグニチュード) に合致する一群の噴火が明瞭である. 類似した良好な関係は, インドネシア帯について火山噴火の地球規模のSmithsonianカタログのデータ, 特に2004年12月の巨大スマトラ地震には認めることができない. ナスカ地域における噴火と地震の相関性の存在, ならびに, ナスカから離れた地域での相関性の欠如は, 非対称的な膨張地球というグローバルテクトニクスや地球力学的視点に関連する現象である (Scalera, 2006).

布の本当の姿である. なぜならば, それらの隔離が数°の大きさに達するからである (図2a, b). フィラメント状構造は, 深くなるにつれて細くなる傾向を示す. この事実は, 震源の起源が小さな擾乱領域の中にあり, 擾乱は地表へ向かって次第に大きくなるというアイデアを導く. 震源分布は, サブダクションという下へ潜るスラブを示唆せず, 樹木のイメージあるいは煙突から出てくる煙を連想させる. 和達—ベニオフ帯の新しいスキームを創造するなかでこれらのフィラメント状構造が説明されるべき基本的特徴であると理解するならば, 下に潜り込んでいくスラブを収納する空間がないというメカニズムを創出することが必要であろう. 物質あるいはエネルギー (広い意味で) の上方移動がこれらの地帯に包含されていることがより信頼できるモデルとなる.

噴火や極移動から表面方向への物質の運動のさらなる手がかり

インドネシア弧と南アメリカ西部の地震 [USGS (2006) のデータ] と噴火データ [Smithsonian Institution (2006) のデータ] の予察的解析によると, コルディレラ (Cordilleran) 地域 [北米コルディレラ+南米アンデス] では非常に大規模な地震 [と巨大噴火と] の間に相関関係が認められる (図3). 地震と火山現象が因果関係をもっているようであり, しかもいくつかの噴火が巨大地震事件に先行している. この相互関係—そしてインドネシア弧における同様の明瞭な相互関係の欠如—は, 非対称膨張地球の枠組み [Scalera & Jacob (2003); Lavecchia & Scalera (2006) に示された地球膨張や他の視点に関するいくつかの論文を参照] におけるグロー

バルな地球力学過程の一般的視点になんらかの関連をもつ (Scalera, 2006). さらに, 最大膨張速度をもつナスカ (Nazca) 地域でより明瞭にあらわれる物質の初生的な鉛直運動を示唆する (Scalera, 2002 & 2006).

Smithsonianの全地球カタログデータの中には, インドネシア地帯, 特に2004年12月の巨大スマトラ地震に関しては, 火山噴火との類似の良好な相互関係は認められない.

(ナスカ地域での) 地震-噴火相互関係の存在と (ナスカ地域から遠く離れた地域での) 欠如は, 非対称膨張地球に示されるグローバルテクトニクスと地球力学とに関係している (Scalera, 2006).

表面方向への運動が和達—ベニオフ帯における初生的なものであることを示すさらに重要な手がかりが, 発震時極運動 (PM) 異常の解析 [Scalera (2005b) の議論参照] からもたらされた. 震央方位に厳密な反対方向に約3.0 marsec (約10.0cm) の極方位変位は, スンダ弧の1,200kmにわたってマントル物質の突然の上昇が発生することによってのみ説明しうる. プレートテクトニクスとそれから導かれるほぼ水平方向の弾性反発震源メカニズムは, 観察される極運動異常の始まりを質的にも量的 (より小規模のものは予想されたが) にも説明できなかった. 鉛直方向のほぼ非弾性的作用だけが, 観察された現象を説明することができる (Scalera, 2005b).

そのため, PM-大地震ならびに噴火-地震の相互関係が

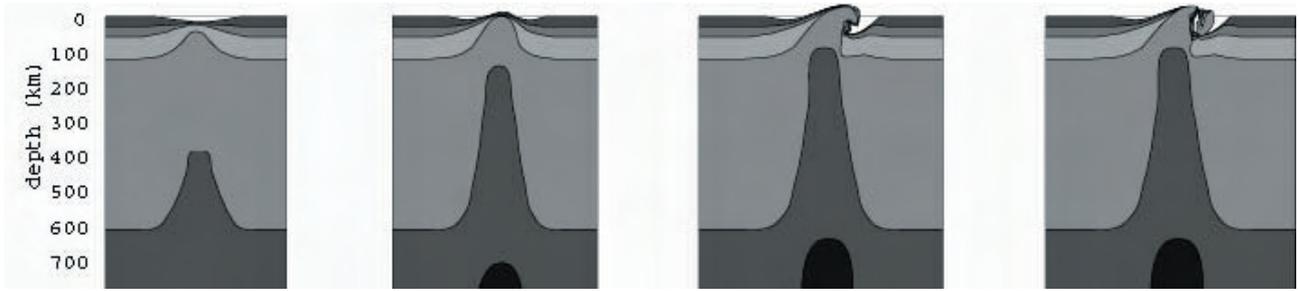


図4 褶曲帯形成について提案された新モデル. 左図から始まり, 引張場が地殻・リソスフェアとマンツルの引き延ばしをもたらす. 表面の溝が現れる. アイソスタシーに由来する圧縮によって必然的に起きる引き延ばしのより大規模な効果が, リソスフェアとマンツル層の強い上昇をもたらす. マンツル物質が相変化を受けるために, 上昇する柱には過剰な空間が必要となる (Green & Ringwood, 1970 ; Ringwood, 1991). 減圧された物質の過剰な体積が, 充分な垂直的に裂けたリソスフェアとマンツルの間の空間を埋めるばかりでなく, また地殻のドーム状隆起や褶曲作用を引き起こす. 新しい褶曲帯が, 数種類のマンツル相とともに, 重力ナップによってあらかじめ埋められ, 変成した地殻物質の最終的な露出によって, 浸食・頂上の陥没や重力性張り出し (gravity spreading) を受けることができる. 上昇するマンツル柱は, 深部変成相に対する ‘エレベーター’ の役割をはたす.

ともに, 自然界においては表面方向への運動が主要であることを示す手がかりとなっている. これらの深部運動の原因, および, それらの地球表面隆起や褶曲帯に対する意味が, 次に考察される.

褶曲帯進化の新モデル

上記の考察結果のように, かなりの深さのマンツル中の水の存在にも留意すると, サブダクションの助けを借りる必要のない理想的な褶曲帯進化モデルが提案される (図4). このモデルは, 温度分布, 応力, 歪および組成が側方へ不均質なマンツル中で, 質量とエネルギー伝播の不規則で一時的活性化によって, 活発なフィラメント状震源帯の存在を説明する. さまざまな局地的変異を加えたモデルは, イタリアにおける褶曲帯の進化に適用できる.

乱れない層構造が, 初期状態である. 展張状態が想定され, リソスフェアは次第に伸張していくと見られる. 表面に1つの溝が出現し, この凹地は深さを増す (地球表面では10km以上の深さに達することはない. 海溝の説明に関しては, 例えば Hilggenberg, 1974 を参照). こうして, 層境界面上昇の進行に伴って, 地殻が薄くなり, リソスフェアと上部マンツル底にも類似の対称的な幾何学的変化を誘発する (図4). アイソスタシーによって, マンツルとの境界面は “逆向きの溝” [=尾根] を作り, 表面の凹地よりもより大きく成長する. 引き延ばされた地殻の溝は, 結局は水で満たされ, 堆積盆となる.

水平引張場ならびに上昇する物体に相変化が生じないという状況では, 地表面に隆起は起こりえない. しかし, 引張場と上方への運動が相変化をとまらうならば (Green & Ringwood, 1970 ; Ringwood, 1991), 結果として生じた体積の増加が地形のドーム状隆起を導き, 褶曲帯に発展しうる過程をたどり始める. アイソスタシー的深部隆起によってもたらされる相変化は想定が可能である (図4).

相変化によってもたらされる物質のさらなる隆起 (アイソスタシー的に上昇する柱すべてに沿う体積増加が起き

る) が, 和達一ベニオフ帯に沿う震源パターンを示す地震活動 (浅・中・深発) を引き起こす. さらに, この隆起運動は, 地殻の上方撓曲やドーム状隆起帯の頂部の露出をひきおこし, 重力性張り出し (gravity spreading) や浸食作用をもたらす. これらの全ての現象が, 褶曲帯においてよく実証されている.

過剰な物質が非対称に拡大すると一初期凹地に関する不均性に由来する一, 既存の海溝堆積物に衝突する重力ナップをもたらし, 堆積物を沈み込み作用に類似した埋没過程に引き込む. しかし, 50 ~ 70km 以深に到達することはなかった. 図4には, この非対称な張り出しが示されているが, 両側への張り出しも起こりうる.

上昇する物質と下方へ押し込まれる地殻・リソスフェアとの境界では, 変成作用, 混合作用, ミグマタイト化作用や, 埋没したリソスフェア片の上方運搬などが起こりうる. ‘花崗岩シリーズ’ (Read, 1957 ; Pitch, 1993) と HT/HP-UHP 変成相の地表面への露出は, ピストン状の相変化という運動によって説明されるだろう. この運動は, プレートテクトニクスによってはけっして解決できない ‘二方向の変成経路 two way path’ (Ernst, 2005) のパラドックスに陥ることがない.

地球の地殻内地震ならびに中・深発地震 (700km まで) は, Ritsema (1970) に従って一相変化 (歪および不安定状態の伝播) の直接的あるいは間接的影響によって説明されうる. 私の結論は, これらの相変化が, 下方への沈み込み経路に沿うことなく, アイソスタシーによる上昇経路に沿って起きるということである. 表1の上半部には, マンツルにおけるたくさんの典型的な相変化にとまらう体積変化値が報告されている (Anderson, 1989). 表1の下半部には, 典型的な深度における5つのより一般的な相の密度が報告され (Anderson, 2005), あわせて, それぞれの鉱物相から次へ移る際の体積変化, ならびに, 5つの相変化の全過程を通して予測される全体積変化—20% 以上—も示されている.

プレートの分離が非常に深く一少なくともリソスフェアの厚さに達し一, そして γ スピネル (330km) が含まれる

TABLE 1

	Phase Transition	Volume variation (cm ³ /mol)
Mg₂SiO₄		
1.	α-olivine → β-spinel	- 3.13
2.	β-spinel → γ-spinel	- 0.89
3.	α-olivine → γ-spinel	- 4.02
4.	β-spinel → oxides	- 4.03
5.	γ-spinel → oxides	- 3.14
6.	γ-spinel → (perovs.+ magnesiowüstite)	- 3.84
7.	(γ-spinel + stishovite) → 2 ilmenite	- 0.79
8.	(β-spinel + stishovite) → 2 ilmenite	- 1.89
MgSiO₃		
1.	2 piroxene → (β-spinel + stishovite)	- 7.99
2.	2 piroxene → (γ-spinel + stishovite)	- 9.09
3.	piroxene → ilmenite	- 4.94
4.	Ilmenite → perovskite	- 1.91
5.	piroxene → perovskite	- 6.83
6.	piroxene → garnet	- 2.74
	SiO ₃ (q) → stishovite	- 9.70

	Phase and typical depth	Density (g/cm ³)	ΔV/V	ΔV/V total
1.	α-olivine (85 km)	3.31	4.8 %	
2.	β-spinel (220 km)	3.47	2.3%	
3.	γ-spinel (330 km)	3.55	10.4 %	22 %
4.	Ilmenite (570 km)	3.92	4.6 %	
5.	Perovskite (710 km)	4.10		

と主張するなら、地球内部において20km以上の上昇には、7%以上の体積膨張で充分である。より深部における分離は(図4の中に描かれているような)、より大きな値をもつ地層の内部上昇を引き起こしうる。そのような規模の地表の大隆起が、浸食作用によって引き起こされることはないことは明らかである。これらの値は、実際の造山帯についての地質学者によって記録された上昇の規模に一致している。

同様の地表隆起速度は、もし2つのプレートのリフティング[引き裂き]速度が異なっている場合には、期待できない。中央海嶺(海洋造山帯)と大陸褶曲帯との間の相異は、おそらく、関係する2つのプレートのリフティング速度の違いによって保たれている。中央海嶺は、海水面高度に到達したり、それより上に顔を出すほどの体積増加をもたらす余地のないほど、大きなリフティング速度をもつ。この解釈では、中央海嶺は、大陸褶曲帯の海洋版であると考えられる。

この解釈における両方の場合—低速または高速リフティング—において、造山過程の初期時相は地向斜の構造骨

格(Aubouin, 1965)に類似した地質構造の形成と進化をもたらす。リフティング速度が、初期段階の狭い凹地—例えば、紅海—が、中央海嶺によって分離された真の海洋に進化するかどうか、また、地向斜スキームにあるように堆積物で埋積され、つづいて隆起し褶曲するかどうかを決定する。

結 論

チレニア海・エーゲ海・ヴランセア(Vrancea)海といった中-深発地震が発生する小規模領域をもつイタリアおよび地中海の状況は、2,3の不安定マントル帯の存在によって説明することができる。この不安定は、変形、減圧および組成に起因するものであろう(これらはすべて、相互に、そして、地球膨張に関連する)。中-深発震源の3次元分布、とくに、Messina海峡下の“フィラメント”(図1b)は、環太平洋の和達-ベニオフ帯(図2ab)における繊維状(糸状)の震源分布に類似する。いかなる沈み込み作用もこのような分布をつくりだすことはできず、それは、物質とエネルギー(広義)の上方移動に起因するほうがより容易である(Scalera, 2005b)。

マントル物質の表面へ向かう移動が卓越していることを示す同様の事象は、スマトラ巨大“沈み込み”地震の際に起きた極移動の分析 (Scalera, 2005b) や、アンデス地域で認識された火山噴火と巨大地震の関連からもたらされる。

物質の上方移動に調和的であると考えられる造山モデルを研究すると、膨張地球論では、褶曲帯の適切な形成メカニズムを考察することが可能になる。和達ーベニオフ帯に関する広域のおよび全地球的地震トモグラフィ法によって明らかにされた高速度異常 (たとえば, Van der Voo et al., 1999; Fukao et al., 2001; Píromallo and Morelli, 2003; Spakman and Worlet, 2004; Cimini and Marchetti, 2006) は、高密度マントル物質の上昇柱を示すものと解釈され、それには、中-深発地震に関連してときどき起きる相変化がともなわれている。アイソスタシーによって湧昇する物質の体積膨張は、造山運動の際の物質噴流をもたらす (図4)。

イタリアアルプスの山脈沿いの地質および応力状態 (たとえば Valensise and Pantosti, 1992; Lavecchia et al., 2003; Clamita et al., 2004; Cucci, 2004; Scalera, 2005a; Serpelloni et al., 2006) は、提案したモデルと調和的である。そして、これは、次の2つを説明できる初めてのモデルである: 1) 深部鉱物相, アイソスタシーおよび膨張地球—すくなくとも、その一部は地表の地質と地形から証拠を見出すことができる造山運動に関する既存の、より一般的な非衝突モデルをなす—に関連した原因。2) 花崗岩の地殻下もしくは地殻内での花崗岩の発生 [固相-固相相転換] (Sanchez Cella, 2004) の想定。かつての概念形成においては、ダイアピル上昇 (Carey, 1976, 1986) やアステノリス上昇 (Krebs, 1975) が注目されたが、これらは最近の地震トモグラフィ画像とは食い違っている。

提案された新しい解釈は、褶曲帯の成長時期が斉一的ではないという観察事実を説明することができる。成長が促進される期間は、しだいにより低密度相に転移することができる深部鉱物相—より小さい適度な深度、圧力および温度に達し、触媒溶液の存在によってそれらを克服する—に関連する。隆起段丘が広く分布するといった現象 (たとえば, Darwin, 1840, 1897; Cucci, 2004) も、深部における相転換が不均一に起きたことに関連する可能性がある。

この新しい枠組みは、すべてのタイプの山脈 (Ollier and Pain, 2000; Ollier, 2003 の記述のような) を説明できるほどの十分な一般性をもつものではない。しかし、特殊なタイプの山脈 (たとえば, 東オーストラリア山脈) の下でのマントルトモグラフィや、地質・地形学の他の分野からいざれ得られるであろう新しい結果や進歩によって、この種の平原や平坦面の隆起がマントルにおける鉱物相変化に由来することが明らかになるだろう。やがては、褶曲、静穏、平坦化、高原隆起および削剥といっ

たすべての時相 (Ollier, 2003) が、マントルにおける膨張相転換、ならびに、地球膨張速度に起こりうる時代変化 (Muller et al., 1997; McElhinny and McFadden, 2000 の海洋底拡大世界全図に示される脈動を参照) に関連—とくに二者択一的に関連—しているかどうかを検証されるであろう。これは、広く認められているように、簡単な課題ではない。

謝辞 Cliff Ollier 氏は、原稿を読み、多くの改善と訂正を示唆された。David Pratt 氏は、英語を改良して下さった。厚く御礼申し上げる。

文献

- AUBOUIN, J., 1965. *Geosynclines*. Elsevier, Amsterdam, 335p.
- ANDERSON, D.L., 1989. *Theory of the Earth*. (Chapter 16. Phase Changes and Mantle Mineralogy) Boston: Blackwell Scientific Publications, 37p. <http://resolver.caltech.edu/CaltechBOOK:1989.001>
- ANDERSON, D.L., 2005. Self-Gravity, Self-consistency, and Self-organization in geodynamics and geochemistry. In: R.D. van der Hilst, J.D. Bass, J. Matas and J. Trampert (eds.), *Earth's Deep Mantle - Structure, Composition, and Evolution*. AGU Geophysical Monograph 160, AGU, Washington, p. 165-186.
- BERCKHEMER, H. and HS, K. (eds.), 1982. *Alpine-Mediterranean Geodynamics*. Geodynamic Series AGU vol.7 (AGU & GSA), 216p.
- CADET, J.P. and FUNICIELLO, 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.
- CALAMITA, F., VIANDANTE, M.G. and HEGARTY, K., 2004. Pliocene-Quaternary burial/exhumation paths of the Central Apennines (Italy): implications for the definition of the deep structure of the belt. *Boll. Soc. Geol. It.*, v. 123, p. 503-512.
- CAREY, S.W., 1976. *The Expanding Earth*. Elsevier, Amsterdam, 488p.
- CAREY, S.W., 1986. Diapiric Krikogenesis. In: Wezel, F.-C. (ed.): *The Origin of Arcs*. Book of invited papers presented at the Internat. Conference 'The origin of arcs', held at the University of Urbino, Urbino, Italy, September 22-25 1986. *Developments in Geotectonics* 21, Elsevier, Amsterdam, Netherlands, p. 1-40.
- CASTELLO, B., SELVAGGI, G., CHIARABBA, C. and AMATO, A., 2006. *CSI -Catalogo della sismicit italiana 1981-2002*, version 1.1. INGV, Roma, <http://www.ingv.it/CSI/>
- CIMINI, G.B. and MARCHETTI, A., 2006. Deep structure of peninsular Italy from seismic tomography and subcrustal seismicity. In: Lavecchia, G. and G. Scalera (eds.), 2006: *Frontiers in Earth Sciences: New Ideas and Interpretations*. *Annals of Geophysics, Supplement to Vol. 49 (1)*, p.

- 331-345.
- CUCCI, L., 2004. Raised marine terraces in the Northern Calabrian Arc (Southern Italy): a ~ 600 kyr-long geological record of regional uplift. *Annals of Geophysics*, 47 (4), p. 1391-1406.
- DARWIN, C., 1840. On the connexion of certain volcanic phenomena in South America; and on the formation of mountains chains and volcanoes, as the effect of the same power by which continents are elevated. *Transaction of the Geological Society of London*, 2d ser., pt. 3(5), p. 601-631. (reprinted in P.H. Barrett (ed.) *The collected papers of Charles Darwin* (two volumes in one). The University of Chicago Press, Chicago, 1977, 326p)
- DARWIN, C., 1897. Geological observations -on the volcanic islands and parts of south America visited during the voyage of H.M.S. 'Beagle'. Third edition. Appleton and Co., New York, 603p.
- ENGDAHL, E.R., VAN DER HILST, R.D. and BULAND, R. P., 1998. Global teleseismic earthquake relocation with improved travel times and procedures for depth determination. *Bull. Seism. Soc. Amer.*, v. 88, p. 722-743.
- ERNST, W.G., 2005. Alpine and Pacific styles of Phanerozoic mountain building: subduction-zone petrogenesis of continental crust. *Terra Nova*, v. 17, p. 165-188.
- FUKAO, Y., WIDIYANTORO, S. and OBAYASHI, M., 2001. Stagnant slabs in the upper and lower mantle transition region. *Reviews of Geophysics*, v. 39 (3), p. 291-323.
- GREEN, D. and RINGWOOD, A. (eds.), 1970. *Phase Transformation & the Earth's Interior*. Proceedings of the symposium held in Canberra, 6-10 January 1969, by the International Upper Mantle Committee and the Australian Academy of Sciences, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 519p.
- HILGENBERG, O.C., 1974. *Geotektonik, neuartig gesehen* (Geotectonics, seen in a new way). *Geotektonische Forschungen*, 45 (1-2), 194p.
- INGV, 2006. Catalogue of the Italian Seismicity: <http://www.ingv.it/CSI/>
- JACKSON, I. (ed.), 1998. *The Earth's Mantle -Composition, Structure and Evolution*. Cambridge university Press, New York, 566p.
- KREBS, W. 1975. Formation of southwest Pacific island arc -trench and mountain systems: plate or global vertical tectonics. *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, v. 59, p. 1639-1666.
- LAVECCHIA, G., BONCIO, P. and CREATI N., 2003. A lithospheric-scale seismogenic thrust in Central Italy. *Jour. Geodyn.*, v. 36, p. 79-94.
- McELHINNY, M.W. and McFADDEN, P.L., 2000. *Paleomagnetism, continents and oceans*. Academic Press, New York, 380p.
- MICHARD, A., 2006. Extension in Alpine Western Europe and West Mediterranean. *C. R. Geoscience*, v. 338, p. 225-228.
- MÜLER R.D., ROEST, W.R., ROYER, J.Y., GAHAGAN, L.M. and SCLATER, J.G. 1997. Digital isochrons of the world's ocean floor. *J. Geophys. Res.*, v. 102, p. 3211-3214.
- LAVECCHIA, G. and SCALERA, G. (eds.), 2006. *Frontiers in Earth Sciences: New Ideas and Interpretations*. *Annals of Geophysics, Supplement to Vol. 49 (1)*, 514p.
- OLLIER, C.D., 2003. The origin of mountains on an expanding Earth, and other hypotheses. In: Scalera, G. and Jacob, K.-H. (eds.): *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.
- OLLIER, C. and PAIN, C., 2000. *The origin of mountains*. Routledge, London and New York, 345p.
- PIROMALLO, C. and MORELLI, A., 2003. P-wave tomography of the mantle under the Alpine-Mediterranean area. *J. Geophys. Res.*, v. 108 (B2), 2065, doi:10.1029/2002JB 001757.
- PITCHER, W.S. 1993. *The nature and origin of granite*. Blackie Academic & Professional, Glasgow, 321p.
- READ, H.H. 1957. *The granite controversy*. T. Murby & Co., London, 430p.
- RINGWOOD, A.E., 1991. Phase transformations and their bearing on the constitution and dynamics of the mantle. Inaugural Ingerson Lecture delivered on May 12 1988 at the Goldschmidt Conference held in Baltimore, *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 55, p. 2083-2110.
- RITSEMA, A.R., 1970. The mechanism of mantle earthquakes in relation to phase transformation processes. In: Green, D. and A. Ringwood (eds.), 1970: *Phase Transformation & the Earth's Interior*. Proceedings of the symposium held in Canberra, 6-10 January 1969, by the International Upper Mantle Committee and the Australian Academy of Sciences, North-Holland Publishing Company, Amsterdam, p. 503-510.
- SANCHEZ CELA, V., 2004. *Granitic rocks: A new geological meaning*. University of Saragoza, 392p.
- 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. 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.
- SCALERA, G., 2005a. A new interpretation of the Mediterranean arcs: Mantle wedge intrusion instead of subduction. *Boll. Soc. Geol. It., Volume Speciale*, n. 5, p. 129-147.
- SCALERA, G., 2005b. the geodynamic meaning of the great Sumatran earthquake: inferences from short time windows. *New Concepts In Global Tectonics Newsletter*, No. 35(June), p. 8-23.
- SCALERA, G., 2006. TPW and Polar Motion as due to an

- asymmetrical Earth expansion. In: Lavecchia, G. and G. Scalera (eds.), 2006: *Frontiers in Earth Sciences: New Ideas and Interpretations*. *Annals of Geophysics, Supplement to v. 49 (1)*, p. 483-500.
- SERPELLONI, E., ANZIDEI, M., BALDI, P., CASULA, G. and GALVANI, A., 2006. GPS measurement of active strains across the Apennines. In: Lavecchia G. and Scalera G. (eds.), 2006: *Frontiers in Earth Sciences: New Ideas and Interpretations*. *Annals of Geophysics, Supplement to v. 49 (1)*, p. 319-329.
- SMITHSONIAN INSTITUTION, 2006. Global Volcanism Program web-site: <http://www.volcano.si.edu>.
- SPAKMAN, W. and WORTEL, R., 2004. A tomographic view on Western Mediterranean Geodynamics. In: W. Cavazza, F.M. Roure, W. Spakman, G.M. Stampfli and P.A. Ziegler (eds.): *The Transmed Atlas. The Mediterranean region from crust to mantle*, Springer, Berlin, p. 32-52.
- USGS, 2006. Earthquake Hazards Program -Online Earthquakes Global and regional Catalogues Search. <http://neic.usgs.gov/neis/epic/epic.html>
- VALENSISE, G. and PANTOSTI, D.; 1992. A 125 Kyr-long geological record of seismic source repeatability: the Messina Straits (southern Italy) and the 1908 earthquake (Ms 7₊). *Terra Nova*, v. 4, p. 472-483.
- VAN DER VOO, R., SPAKMAN, W. and BIJWAARD, H. 1999. Tethyan subducted slabs under India. *Earth and Planetary Science Letter*, v. 171, p. 7-20.
- 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.

コメントと回答

COMMENTS AND REPLIES

(小松 宏昭 [訳])

コメント COMMENT

Ismail BHAT

Kashmir University, India bhatmi@hotmail.com

Cliff D. OLLIER: Mountain uplift, climate and isostasy. *NCGT Newsletter*, no.40, p. 14-17.

Scientific American 2006年8月号に掲載された Kip Hodges の論説にたいして、Ollier 氏は短い論評を加えた。論評の焦点は、ヒマラヤ山脈の形成における下部地殻の南方への押し出し変形の役割にある。彼は Hodges のモデルに反対する所見を述べ、代って、アイソスタシーの役割を重視した。

しかし、私は、彼の「侵食-構造結合」モデルに対して意見を述べたいと思う。氏には、河谷に沿ってより深部岩石からのアイソスタシー補償がはじまるのに必要な侵食量を定量化し、それが別の河谷沿い侵食量にみあうかどうかを検証することが必要である。第2に、氏が提案したモデルに伴う小構造の発達について説明することが重要であろう。ヒマラヤ山脈には3つの褶曲時相—東西方向の褶曲軸をもつ F1, F2, そして、F3 は南北の軸を持ち、長波長の凹凸を形成する—はそれぞれ固有の空間分布をもつ (Bhat & Dubey, 1991; *Journal Southeast Asian Earth Science*, 6: 41-53). F1 が衝上断層群の近くに出現しないところでは、衝上断層から離れたところにある F2 に沿って発達する。「侵食-構造結合」モデルが、このような空間分布を説明することができるだろうか。

変形実験結果を使って、私たちは堆積盆のインバージョン期における基盤断層の再活動によって、それを（そして、いくつかの大小規模の構造要素とともに、閉じた背斜と幅広い向斜の組み合わせについても）説明することができる (Bhat & Dubey, 1991 そして Dubey による後続のいくつかの論文)。閉じた背斜は、基盤断層が伏在するところに形成されるのである。

回答 REPLY

Cliff OLLIER

cliff@cyllene.uwa.edu.au

私は、私の先の論文を発展させる機会を与えてくれた Bhat 博士に感謝したい。意識を避けるために、彼の指摘を『』内に示す。

『氏には、河谷に沿ってより深部岩石からのアイソスタシー補償がはじまるのに必要な侵食量を定量化し、それが別の河谷沿い侵食量にみあうかどうかを検証することが必要である。』

インドを沈み込ませたいと思っている人々には、アジア大陸の下に岩板を押し込むのに必要な力（疑いもなく、岩石の圧縮強度をはるかに超える力）を定量化することが必要である以上に、私が侵食量を定量化することが必要であるとは思えない。しかし、私はここで、あえて定量化を試みてみよう。

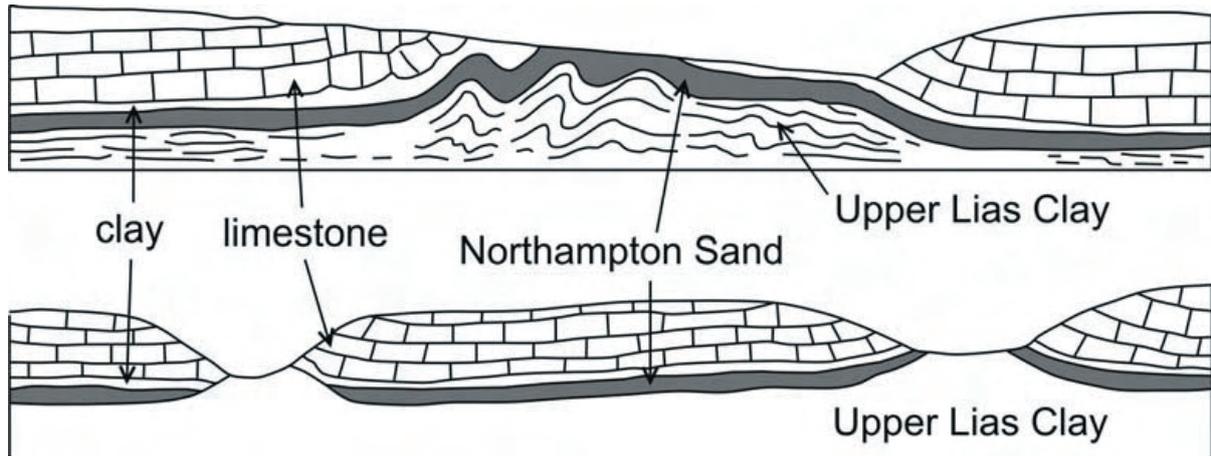


図1 英国 Northamptonshire における河谷沿いのふくらみ (Hollingsworth et al., 1944 にもとづく)

ヒマラヤの河谷背斜からかなり小規模な背斜にいたるまで完全に連続的变化があり、岩石のレオロジーが重要になる。コロラド高原の大河川の峡谷縁には (Potter and McGill, 1978), 河谷背斜のアーチングが河谷から 600m 上まで明瞭に認められる。小さな支流の谷には『付随する向斜』を伴わない小さな河谷背斜が谷底に沿って発達する。谷底に横たわる蒸発岩は、これらの背斜と深く結びついているように思える。Northamptonshire (図1) の河谷沿いのふくらみは、可塑性粘土層を覆う重たい鉄鉱石層が河谷背斜の起伏をわずか 50m にとどめ (Hollingsworth et al., 1944), 小河谷背斜の起伏はわずか 1m にすぎない (Simmons, 1966)。

これらの小規模背斜の例ではすべて、背斜構造の形成を助ける岩石が蒸発岩や泥岩のように脆弱な場合であるが、非常に堅固な岩石に背斜が生じることも可能である。

岩石は圧縮強度よりも強い力にさらされると、破断や流動によって破壊せざるをえない。この考えは、かなり早期に Jeffreys (1931) によって提案された。彼は、3km 以上の海拔高度に達すると破断や流動がはじまるにちがいない、と述べた。

深さ数 km のヒマラヤ山脈の河谷では、岩石の崩壊、アイソスタシー補償、そして河谷背斜の形成はほとんど不可避的だろう。

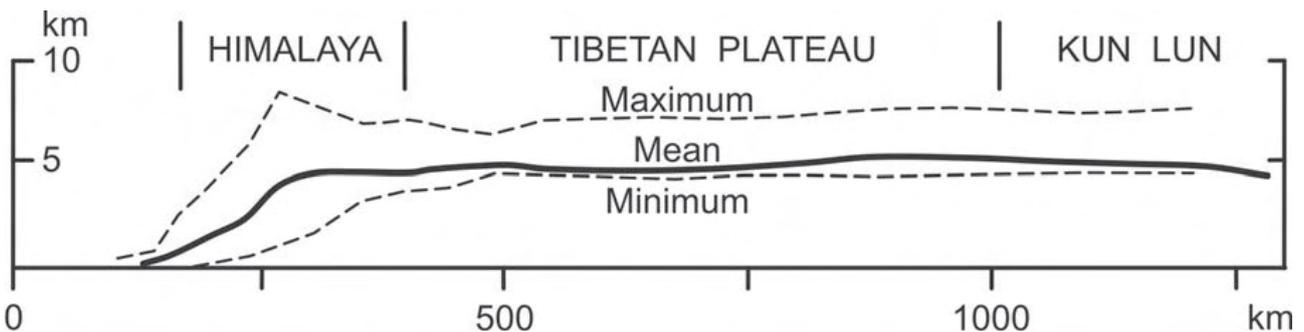


図2 ヒマラヤとチベットにおける合成された平均海拔高度断面 (Bird, 1978 に基づく)。同等の高度がチベットからヒマラヤまで連続することは、アイソスタシーによる隆起を意味する。

『第2に、氏が提案したモデルに伴う小構造の発達について説明することが重要であろう。ヒマラヤ山脈には3つの褶曲時相—東西方向の褶曲軸をもつ F1, F2, そして、F3 は南北の軸を持ち、長波長の凹凸を形成する—はそれぞれ固有の空間分布をもつ。』

Dubey and Bhat (1991) は F3 のスラストを「褶曲の第3時相は大規模な正立した非対称シェブロン褶曲、共役褶曲そしてキンクバンドによって特徴づけられる」と記述した。これを「幅広い膨らみと凹部」と読まないことが許されるであろう。

これらの広く発達する構造は、地表近くではなく、ある封力のもとで形成されるであろう。そして、それらが河谷背斜に関係しているかどうか、私にはわからない。

『変形実験結果を使って、私たちは堆積盆のインバージョン期における基盤断層の再活動によって、それを（そして、いくつかの大小規模の構造要素とともに、閉じた背斜と幅広い向斜の組み合わせについても）説明することができる (Bhat & Dubey, 1991 そして Dubey による後続のいくつかの論文)。閉じた背斜は、基盤断層が伏在するところに形成されるのである。』

私は、提示された文献に、狭い背斜と幅広い向斜の成因についての構造的な説明をみいだせなかった。しかし、

それは真に重要なことではない。そのモデルが何を示そうとも、また、たとえ伏在する基盤断層が幅狭い背斜を形成できたとしても、その一致は幾度もくりかえされ、ヒマラヤ衝上断層運動の方向に直交していなければならない。そして、何が、ナップの再活動以前に、ナップに直交する基盤断層を形成するのだろうか？そして当然ながら、このような基盤断層の形成メカニズムが、私のもともとの論文で記載されたコロラドにおける蛇行河谷背斜においては起こりえない。

アイソスタシー仮説は、河谷の地形特性によっても支持される。Wager(1937)は、最初に河谷断面と段丘の重要な特徴をみだし、Sparks(1972)が彼の発見をまとめた。もし侵食がアイソスタシー上昇によって補償され、私のもともとの論文の図4に説明されているように、河谷に沿って谷と谷の間の地域を隆起させているとすると、ヒマラヤ山脈の平均的高度はチベット高原の高度に等しいはずである。Bird(1978)は、プレート説による説明を追求しているが、このこと(図2)を実証してみせた。彼は、チベット高原～ヒマラヤ山脈にいたる5kmの著しく均一な海拔高度を記述している:「この均一性は、地殻深部のある層が脆弱であることを示唆し、ヒマラヤ山脈の高峰が隣接する河谷の深い侵食の結果であることがわかる(Wager 1937)」。

まとめると、ヒマラヤの河谷背斜についての証拠は、それらがより小規模な背斜を形成したことを示し、Potter and McGillがコロラドの例で述べたように、「この流動をひきおこしている差応力は、峡谷の侵食によって生じる荷重除去の結果である」と私は考えている。

文 献

- Bird, P., 1978. Initiation of intracontinental subduction in the Himalaya. *J. Geophys. Res.*, v. 83, p. 4975-4987.
- Dubey, A.K. and Bhat, M.I., 1991. Structural evolution of the Simla area, NW Himalayas: implications for crustal thickening. *J. S-E Asian Earth Science*, v. 6, p. 41-53.
- Hollingsworth, S.E., Taylor, J.H. and Kellaway, C.A., 1944. Large-scale superficial structures in the Northampton Ironstone Field. *Q.J. Geol. Soc. Lond.*, v. 100, p. 1-44.
- Jeffreys, H., 1931. On the mechanics of mountains. *Geol. Mag.* v. 68, p. 433-442.
- Ollier, D.ED. and Pain, C.F., 2000. *The Origin of Mountains*. Routledge, London.
- Potter, D.B. and McGill, G.E., 1978. Valley anticlines of the Needles District, Canyonlands National Park, Utah. *Bull. Geol. Soc. Am.*, v. 89, p. 952-960.
- Simmons, G.C., 1966. Stream Anticlines in Central Kentucky. *US Geol. Surv. Prof. Paper 550-D, D9-D11*.
- Sparks, W.B., 1972. *Geomorphology* (3rd ed.). Londman, London.
- Wager, L.R., 1937. The Arun River drainage pattern and the rise of the Himalaya. *Geogr. J.*, v. 89, p. 239-49.

Cliff Ollier et al. paper, "Neotectonic mountain uplift", *NCGT Newsletter*, no.39, p.12-22.

Comment by Peter James, *NCGT Newsletter*, no.40, p.4

Comment 1

Claudio CARRIGNANO

Director Instituto de Ambientes de Montañas y Regiones
Aridas Universidad Nacional de Chilecito
E-mail: ccarignano@undec.edu.ar

Peter Jamesは、Ollierの論文について“地塊のなんらの鉛直変位がなくても、高海水準が平坦化作用を起こす可能性について何ら考慮されていない”という理由で批判を加えた。

より広い範囲の議論に入らないで、私は、少なくとも世界の1つの地域(北部アルゼンチン)での証拠を用意したいと思う。そこでは、想定されている海による平坦化作用を否定する豊富な証拠が見出される。

プレアンデス山脈のSierra GrandeそしてSierra Norte de Cordobaは、ジュラ紀～白亜紀の地塁であるが、鮮新世におけるアンデスの圧縮性造構運動によって、破壊され、傾動した(Carrignano et al., 1999)。

Sierra Grandeを横切るSan Guillermo川のような先行河川は、水系が形成された後—もちろん大陸地域で—山地が隆起したことを示す。

しかし、もっと重大なことは、数100mに達する高度差をもつ複数の中生代～新生代前期の平坦面が存在する(Carrignano et al., 1999)ということである。

したがって、最も高い平坦面は、この山地がそれを取りかこむ広い平原に連続していたときに形成された。数100mの隆起後、それを取り囲むより低い平原に相当する新しい平野の形成にもなって、高位の平坦面の隆起が停止し、浸食によって低下が生じる。このプロセスは、少なくとも2回繰り返され、Sierras Pampeanas de Argentinaの大部分を含む多くの地域で起こった(Carrignano et al., 1999)。

われわれは、この地域では中生代～第三紀前期の海進がないために、複数の平坦面は海成のものではないことを確信している。アルゼンチン中部において唯一の中新世の海進が見つかっているが、海岸線は問題の平坦面から50km以上離れている。

文 献

- Carrignano, C., Cioccale, M. and Rabassa, J. 1999. Landscape antiquity of the Central-Eastern Sierras Pampeanas (Argentina): Geomorphological evolution since Gondwanic times. *Zeitschrift für Geomorphologie, Supplementband*, 118, p. 245-268.

Comment 2

Cliff OLLIER
cliff@cyllene.uwa.edu.au

Jamesの短い手紙には、私がコメントしたい次の3つのアイデアが含まれている。

1. 地形の起源は比較的新しいという多くの地形学者の間で共有されている考え方。それは、若い山脈という考え方が誤りであろうことを意味する。
2. 山岳地帯における平坦面は高海水準の結果である、という示唆。
3. 褶曲作用が山脈をつくるという主張。

1. Jamesは、氏の手紙の中で、「すべての山脈は最近発達したものという前提への例外」をとりあげている。そして彼は、「地形学的解釈として最近の活動に取りつかれることは、十分に注意しなければならないと思う。」とも述べている。

地形学者には、地形を比較的新しいものと推定する傾向が、とくにアメリカ合衆国において見られるというJamesの観点は不幸にもあっている。Thornbury (1969)は彼の影響力をもつ著書の中で、地形に関する10原則を明示した。そのうちの第6則は次の通りである：Concept 6：『地球上で見られる地形は第三系よりも古いものはほとんどなく、そのほとんどは更新世よりも古くない』。

しかし、みんながこの考えに賛同しているわけではない。私自身は「Ancient Landforms 古い地形」(Ollier 1991)という著書をあらわし、多くの場所で多くの根拠にもとづいて推定された地形の「若さ」へ挑戦した。Twidale (2000)は、侵食平原とみなしたオーストラリアの広大な中生代(トリアス紀)の平坦化面を示す一つの事例をつくった。われわれは、Jamesによって引用されたカンブリア紀堆積物で満たされた谷とされるCrickmayのような例を見つけにカナダまで出かける必要はない。Stewart et al. (1986)はオーストラリア北部のカンブリア紀の谷を記載している。

平坦化面の研究ではさまざまな証拠が年代決定に利用される。これは、Ollier and Pain (2006 & 2001), Ollier (2004, 2005a & 2005b)によって、多くの論文と照合された。多くの山脈のデータを編集した後にはじめて、私たちはネオテクトニクス期をという概念に到達するにいたったのである。地形の年代は科学的調査の課題であり、流行ではない。

2. Jamesはまた、高海水準は、陸地塊のめだつた鉛直変動がなくても、平坦化をひきおこすことができたということの妥当性(可能性ではない!)を全く考慮していない、と主張する。

海による平坦化という考え方は、古くからあった。19世紀においては、多くの平坦化面が海による平坦化面であると解釈された(Ramsay, 1863 & 1872)。そしてそれは、Davis (1896)が海と地上の侵食作用の利点を比較検討した結果、1899年に準平原という考え方を提示するまで、支配的学説であった。直接の証拠はしばしば欠如している。しかし、海水による平坦化に付随して、われわれは平坦面上にわずかな堆積物が残っていることを期待するであろう。そして、準平原にまで削り取られたこの“島”の周縁には侵食された物質が海成堆積物として堆積しているはずである。しかし、それはめったには見つからない。わずかに、日本の平坦化面の上の鮮新世堆積物(鎮西, 1966)のような2, 3の例が知られているにすぎない。

私は、いくつかの平坦化面は、海水面近くで、高原を形成する広域的な隆起以前に形成されたと確信している。しかし、その他の平坦化面は、別のプロセスで形成されたという証拠がたくさんある。

3. Jamesは「平坦化は山脈のより古い褶曲した地層をみごとに裁頂した」と書いている。これには私も同意する。しかし、氏は続けて「その褶曲作用は、この場所を隆起させた水平圧縮力圧力の結果であることは明白だ」と述べている。このことは、私にとっては自明のことではない。そして、褶曲と山脈形成の間には1対1の対応関係がまったくないのである。例としてBiloti and Shaw (2005)が示した数kmの厚さの褶曲とスラストの断面図は、アルプス山脈やアペニン山脈を思いださせるが、実際には、ニジュールデルタの深海底やデルタの一部なのである。これらの場所は、山岳地帯でもなければ、海面上ですらない。

文 献

Biloti, F. and Shaw, J., 2005: Deep-water Niger Delta fold and thrust belt modelled as a critical-taper wedge: The influence of elevated basal fluid pressure on structural styles. AAPG Bull. v. 89, p. 1475-1491.

Chinzei, K., 1966: Younger Tertiary geology of the Mabechi River Valley, North-east Honshu, Japan. J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, II, v. 16, p. 161-208.

Davis, W.M., 1896: Plains of marine and sub-aerial denudation. Bull. Geol. Soc. Am., v. 7, p. 377-398.

Davis, W.M., 1899: The geographical cycle. Geogr. J., v. 14, p. 481-504.

Ollier, C.D., 1991: Ancient Landforms, Belhaven, London.

Ollier, C.D., 2004: Mountain building and climate: mechanisms and timing. Geografia fisica e dinamica Quaternaria. v. 27, p. 139-149.

Ollier, C.D., 2005a: Mountain uplift and the Neotectonic Period. Annals of Geophysics, Supplement to Vol. 49, No. 1, 2006, Chapter 9, p. 437-450.

Ollier, C.D., 2005b: Mountain building and orogeny on an expanding Earth. In Earth Dynamics beyond the plate

paradigm, ed. F.C. Wezel. Bollettino della Societa Geologica Italiana, Spec. Vol. 5, p. 169-176.

Ollier, C.D., de Graaff, L.W.S., Gutiérrez, F., Ginesu, S. and Dobrowolski, R., 2006: Neotectonic mountain uplift: some further instances. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, v. 39, p. 12-22.

Ollier, C.D. and Pain, C.F., 2000: The Origin of Mountains, Routledge, London.

Ollier, C.D. and Pain, C.F., 2001: The Neotectonic Period. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, v. 20, p.14-16.

Ramsay, A.C., 1863: The physical geology and geography of

Great Britain. Stanforth, London.

Ramsay, A.C., 1872: On the river courses of England and Wales. J. Geol. Soc. Lond., v. 28, p. 148-160.

Stewart, A.J., Blake, D.H. and Ollier, C.D., 1986: Cambrian river terraces and ridgetops in central Australia: oldest persisting landforms? Science, v. 233, p. 758-761.

Thornbury, W.D., 1969: Principles of Geomorphology. Wiley, New York.

Twidale, C.R., 2000: Early Mesozoic (?Triassic) Landscapes in Australia: Evidence, Argument, and Implications. J. Geology, v. 108, p. 537-552.

ジオポリティカル (地球科学における政治) コーナー GEOPOLITICAL CORNER

地球温暖化をめぐる Bushy-blairy [ブッシューブレア性] BUSHY-BLAIRY ABOUT GLOBAL WARMING

M. Ismail BHAT

Department of Geology & Geophysics
University of Kashmir, Srinagar-190006, India; & Geostream Consulting Advisor, USA
bhatmi@hotmail.com

(窪田 安打・矢野 孝雄 [訳])

要 旨

地球温暖化という問題に関しては、一般的通念と核心的科学は同じものではない。この通念をつくりだす役割をはたした科学研究は、この概念に欠陥や疑問点があることを発見した。気候科学は、過去の温暖化や寒冷化という自然変化の法則を明確に理解しないかぎり、地球の気候変動を確実に予測することは難しい。気候の調節機構はエルニーニョ現象の理解や予測よりもいっそう複雑であり、2003年のヨーロッパの熱波がこの視点を実証している。

キーワード： 地球温暖化, ホッケースティック, 不安定の科学, 行政, 地球内部のダイナミクス

序 論

HIV エイズを除くと、地球温暖化は、世界中の政府や NGO による学習政策の推進の結果、多くの説明が必要でなくなった唯一の課題であろう。北極地方の氷河、海氷、永久凍土層、南極大陸の氷河の崩壊や漂流、高山の山岳氷河の減少、サンゴの白化、1997-98年のエルニーニョによる荒廃は地球温暖化の証拠である、といずれの学校の生徒も述べる。更に重要なことは、この傾向は、おそらく人類の活動の拡大による温室効果ガス (GHGs)、特に二酸化炭素 (CO₂) の増加によって生じている。CO₂ と地球温暖化の間の因果関係は、科学的に論証されたものと信じられていて、それゆえ、何ら疑われていない。このような考え方の潮流は、GHGs の効果を制限しなければ、尊大な人間が破壊した‘熱いボール’へ惑星が変化するまで、世界の気温が上昇するという考えで凝り固まっている。京都議定書は、そのような可能性を避けること

に終始している。

世界の気温上昇は科学界で長い間議論されてきたが、何が実際にそれを生じさせているのかを述べたのは、Michael E. Mann と彼の 2 名の共同研究者である Raymond S. Bradley と Malcolm K. Hughes による 2 つの科学論文であり、一つは 1998 年、もう一つは 1999 年に出版された。彼らが行ったことは、まずは西ヨーロッパにおける年輪、氷河コア、サンゴ、気温や降水量 (雨 / 降雪) についての古い書物での照合であった。これらは、こうして 1902-1980 年の気温記録に換算された。この手法を用いて、彼らは過去 4 世紀 (1400-1980 年) にわたる地球の気温変動史を復元し、さらに、復元は過去 1,000 年前にまで及んだ。データのプロットは‘ホッケースティック’図 (図 1) と呼ばれるすばらしい (不名誉な!) パターンを描きだした。: ホッケースティックのシャフトを表現する低温期は AD1,900 までわずかな気温

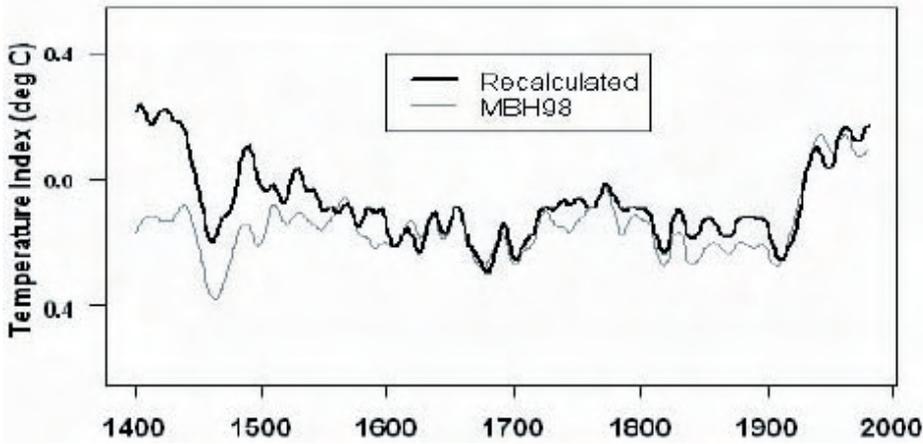


図1 灰色線 (MBH98) : Mann et al. (1998) による北半球の気温指数の復元に基づいたもの. 濃線 : Mann et al. のデータを用いて McIntyre and McKittrick (2003) が求めた '補正' 曲線.

変化があっただけで、その後、ブレードを表す突然の気温上昇が起きる。20世紀の気温の突然の上昇には目を見張る印象があり、過去1,000年間で最も温暖な10年間である20世紀の最後の10年間で、産業活動の増加と一致した。Medieval 温暖期（～AD1000-1270）は、膨大な過去の研究によって解明されていたが、忘れ去られた。GHGsの減少をめざす彼らの運動を宣伝するための科学的証拠を論駁されないように、国連の気候変動に関する政府間パネル（IPCC, 2001）と同様、'ホッケースティック' は多くの科学者や環境主義者によって用いられる核心部分になった。

これは、世界中で本当によく知られた話である。しかし、これは話の半分に過ぎない。残りの半分は、メディアの注目からも取り残されている。それは、上記の視点['ホッケースティック']に賛同せず、未解決の科学や政策が地球温暖化問題の背後に隠れていると主張する科学界の一部の人々にしか知られていない。どのような主張なのか、そして、より重要なことは、この主張にどのような科学的根拠があるのか、われわれ自身で検証してみよう。

未解決の科学

CO₂ と気温の間の矛盾するデータや疑問のある因果関係から地球温暖化における自然変化の解明できていない役割までにわたるまで、いくつかの問題がある。これらは、気候の調節機能、さらには気候予測を理解するための流行の概念体系に矛盾する。しかしながら、まずは'ホッケースティック'の科学的根拠を検討しよう。

'ホッケースティック'の綿密な調査

'ホッケースティック'の存否について、20世紀以来の地球の気温上昇は科学界の関係部門の間で議論された。この議論は、1000-1900年の多少なりとも安定した気温と1990年代における前例のない温暖化を叙述したが、研究期間における大きな気温変動を示す大量のデータに適合しなかった。しかしながら、'ホッケースティック'は圧倒的で正典でさえあるために、このグラフに矛盾するいかなるデータも疑わしく、実に不敬であるものにされてしまう。'ホッケースティック'グラフの科学的基礎の破壊が初めてカナダで始まったのは、皮肉

なことである (McKittrick, 2005)。というのは、カナダでは、このグラフのコピーが国中の学校へ配布され、人間がもたらした地球温暖化に対する教育と宣伝の道具として用いられたのである。<これには、費用対効果の観点から、大衆にいかにして届けるか、という教訓が含まれる。学校の生徒に渡されたリーフレットは、その意図を全家庭へ届けることになるのである。> 2人のカナダ人、資源探査コンサルタントのSteve McIntyreとカナダGuelph大学の経済学教授Ross McKittrickによるグラフの再解析(図1)は、グラフの作図に重大な統計的・処理上の欠陥があることを明らかにした。例えば、「計算間違い、2度使用されたデータ、間違ったデータの使用、正しいランダムデータからそれてホッケースティックをつくりだすコンピュータプログラム」といった欠陥である。2003年の初めに、彼らは'ホッケースティック'の正体を暴いた複数の論文を出版した(例えばMcIntyre and McKittrick, 2003 & 2005a,b; McKittrick, 2005)。また、さまざまな国の数名の科学者は、McIntyreとMcKittrickの正当性を証明する研究を出版した(von Storch et al., 2004; von Storch and Zorita, 2005; Huybers, 2005; Crok, 2005; Burger et al., 2005 & 2006)。

実際に、このグラフがどのように作られたかについての批判的研究は、重要な国際誌であるNatureやGeophysical Research Lettersに掲載されたMann et al.の論文、あるいは、IPCCがこれらの結果をうけいれたこと背景にある真の動機に疑いをもたせる。これらの批判的研究の全てが、専門家による査読に厳格さと高い基準を求めている。McIntyre (McKittrick, 2005)がMann et al. (1998)への回答の出版を拒否することを提案した際に、Nature編集部がもっともらしく'紙数の制限'と'人々の関心がほとんどない'ということを根拠にしたことを考慮すると、この印象がますます強まる。

さらにより重苦しいことには、このグラフがどのようにして、IPCCによる第3回アセスメント報告(TAR2001)において再び推奨された。このグラフは、ボーリング井から回収された世界中の地表気温データ(Huang et al., 1997)のようなよりすぐれた時系列気候データに

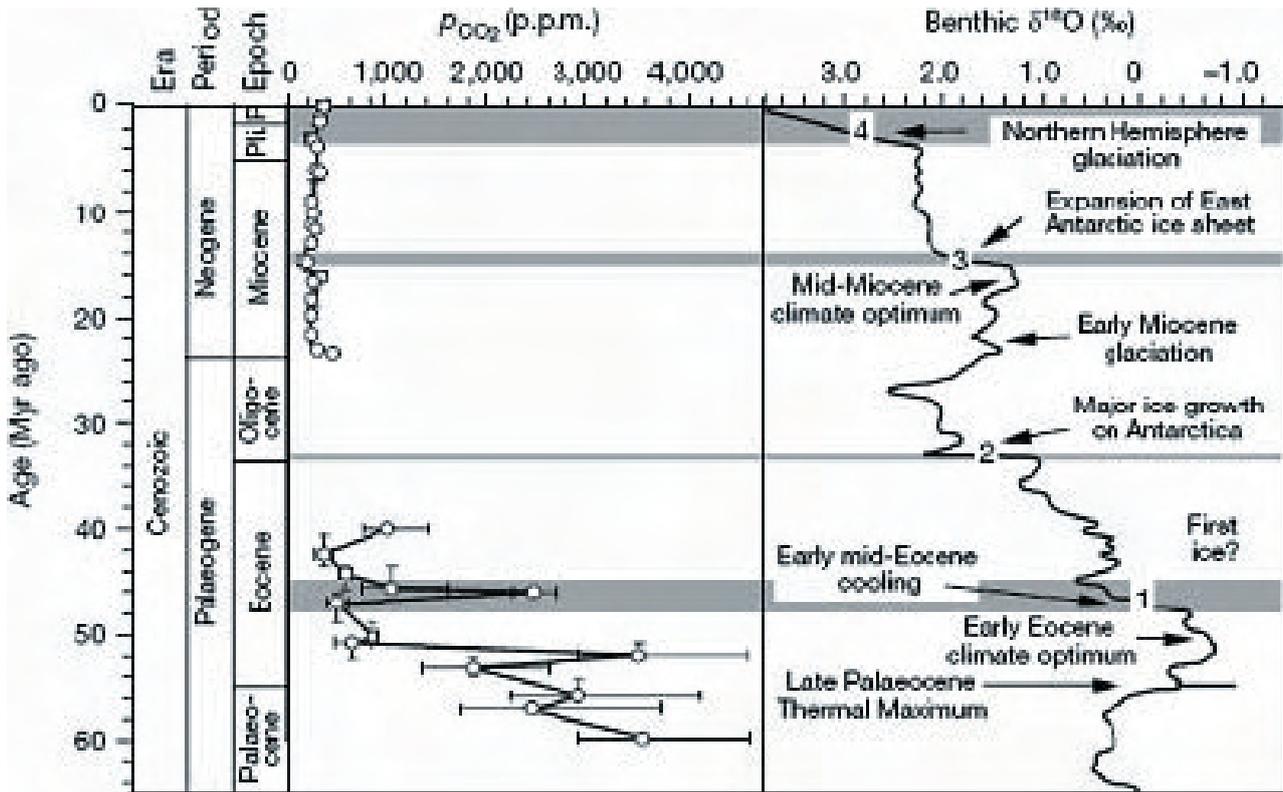


図2. 過去60Ma間の、大気中の二酸化炭素レベルと底生有孔虫の $\delta^{18}\text{O}$ (Pearson and Palmer 2000による). 灰色線(番号1~4)は主要な寒冷化事件を示す.

反しながらも打ち勝ったのである。これらのデータは、TAR2001 会議や Mann の結論を支持しない。しかし、批判に注意をはらうことなく、自己陶醉した‘ホッケーチーム’の科学者たちは、‘ホッケースティック’の気候学説(例えば、Mann and Jones, 2003; Rutherford et al., 2005)の正しいことを確認するための研究を公表しつづける。最近の1例は、2006年2月のScienceに掲載されたOsborne and Briffa (2006)である。韓国のDr Hwang Woosukが捏造した幹細胞の研究に関する激しい非難は、世界に広がり、国全体が謝罪した。しかし、‘ホッケーチーム’の科学者に対する議論がない！逆に、風に道徳を投げずてるかのように、IPCCは、すでに出版された気候変動と地球温暖化に関する既存の知識をまとめ、評価させるために、そして、存続させている2007年に公開が予定されている第4回アセスメント報告を執筆させるために、‘ホッケーチーム’の科学者の幾人かを温存してきた。つまり、これらの科学者は自分自身の研究を査定しているのである！

大気中の二酸化炭素濃度と気温

一般的な信念にもかかわらず、大気中の二酸化炭素(CO_2)濃度と地球の気温の間の直接的因果関係を支持しない膨大な科学研究がある。例えば、Scripps 海洋学研究所(アメリカ)の科学者チームによる南極の氷床コアから得られた、大気中の CO_2 と気温のデータは、過去25万年の地球の歴史のなかで、3回の氷河期にともなって3回の地球温暖化があり、大気中の CO_2 濃度に400~1000年だけ先行して気温が上昇することを明らかにした(Fischer et al., 1999)。このデータは、第2氷期の終了後に、 CO_2 濃度は15,000年間にわたって一定であり続けるいっぽ

う、気温は下がっていたことも解明した。さらに、最終氷期の後だけ、 CO_2 濃度が低下することが、十分に証拠づけられた。過去の大気の CO_2 記録を求めるさまざまな技術を用いた他のいくつかの研究も同じような結論に達した(Cheddadi et al., 1998; Gragan et al., 1998; Raymo et al., 1998; Pettit et al., 1999; Steig, 1999; Indermuhle et al., 2000; Monnin et al., 2001; Mudelsee, 2001)。

Pearson and Palmer (2000)が解明した研究は、浮遊性有孔虫類と呼ばれる小さな海洋動物の殻を用いたものである。この生き物は、海水の表層100m以浅に生息し、死ぬと海底へ沈下して堆積物中に埋没して、化石化する。これらの筆者は、過去6,000万年の間の大気中 CO_2 濃度と地球気温の歴史的变化を復元した。大気気温を決定するため、彼らは殻の酸素同位体($\delta^{18}\text{O}$ として表現される $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$)を求めた。殻の $\delta^{18}\text{O}$ 値の低下は気温の上昇を示し、逆に、殻の $\delta^{18}\text{O}$ 値の上昇は気温の低下を示す。彼らのデータは各時代の大気中の CO_2 濃度変化が、気温とは逆方向へ変化したことを明らかにした(図2)。60Maの初めには、大気中 CO_2 濃度が約3,600ppm、 $\delta^{18}\text{O}$ が約0.3‰であった(数百万年間)。48Manになると、 CO_2 濃度は約500ppmに下がり、 $\delta^{18}\text{O}$ は0になった(気温のわずかな上昇を意味する)。その後、45.5Maと40Maには、 CO_2 濃度はそれぞれ2,400ppmと1,000ppmであり、 $\delta^{18}\text{O}$ 値はそれぞれ0.4‰と0.6‰であった。しかしながら、約43Maに、 CO_2 濃度の劇的な低下(およそ200~300ppm)が起こり、0.2‰の $\delta^{18}\text{O}$ 値が逆方向で一致する。新第三紀の間(25Ma~現在)は CO_2 濃度は小さな変化のみを示すが、面白いことに CO_2 濃度が上昇した時期であ

る過去 2Ma の間に、 $\delta^{18}O$ は大きく変化し、約 2.22‰ から 3.82‰ へ急激に増加 (気温の急激な低下) が顕著である。

ここから、2つの要点がうかびあがってくる。一つは、科学的議論では、地球温暖化よりも、氷河化条件と大気 CO_2 濃度との関係がより注目されている。二つ目に、ここで見られるように、両者の間に明瞭な関係は少なくとも明瞭ではない。

コンピュータによるモデル予測

コンピュータによる気候予測の物語は、気候が大気と solar insolation [日射?] (太陽から受けた熱) の間の相互作用であり、海陸分布と山地形状は二次的役割を果たしているにすぎない、と考えたときにはじまる。このような理解にもとづいて、さまざまな全地球の大循環モデル (General Circulation Models: GCMs) が案出され、短期的および長期的な、そして広域的あるいは全地球の気候に適用された。気候調節における海洋ダイナミクス (主として海洋コンベアベルト) の役割についての理解が進展するにつれて、気候のモデル化が前進し、気候モデルは海洋パラメータを十分に組み入れ始めた。こうして我々は現在、気候のモデル化と予測を目的とした、大気と海洋のパラメータの両者と solar insolation [日射] との相互作用を備えた結合大循環モデル (Coupled General Circulation Models: CGMs) を手にしている。

しかし、我々の気候に対する理解への莫大な改善、データ収集の現代技術の利用、データ処理能力のたゆみない増大にもかかわらず、現在の気候予測はとても満足できるものではない。私は、居住地にかかわるモンスーンについて述べる。

「なぜ今だに、モンスーン予測に失敗するのか？」これは、3人のインド人科学者による最近の論文 (Gadgil et al., 2005) のタイトルである。この論文は、インド気象局 (Indian Meteorological Department: IMD) の1932年以降のモンスーン予測を解析したものであり、「予測技術は数十年にわたり、改善されていない」と結論した。これは、我々のほとんどにとって驚きであろう。そして、IMDよりも豊かな技術をもつ気候研究グループのいくつかによる何か他の予測に私たちの注目を向けさせる。短期および長期予報の2つのケースについて述べてみよう。

1つに、2005年は、NASAの科学者が地球表面温度を記録し始めた1861年以来で、最も温暖であると予測された。しかし、地球の平均気温の上昇は1998年(最も暑かった年)よりも小さく、また、1951～1980年の平均気温よりも0.3℃高いだけであった。しかも、2003、2004年よりも低く、2002年と同程度になり、この予測は撤回された。

つぎに、すべてのコンピュータモデルは、大気中のGHGs

が増大するために熱帯の気温が著しく上昇することを予測した。反対に、衛星が地球全体の気温をモニタリングを始めた1979年以来の地球全体の地表気温上昇 (0.63°F) に比べて、北極地方では地表気温がより高く (2.1°F) 記録された。

我々の惑星の将来の様子予測は、さらに驚くべきものである。AchutaRao and Sperber (2000) による17の総合的CGCMs, Doherty and Hulme (2002) による12のCGCMs, Collins et al. (2004) による20の結合モデル相互比較計画CGCMs (Coupled Model Intercomparison Project CGCMs) をまとめると、つぎようになる:

- 1) 永久的なエルニーニョ ('火の玉地球')
- 2) 終りのないラニーニャ ('雪だるま地球')
- 3) 気候は今日と同様に変動しつづけるだろう。

現在用いられているCGCMsはいずれも、特定の決定があたえられないかぎり、'現実の世界'をシミュレートできないと私たちに告げているのは、現在、最も著名な気候学者の一人Mark A. Cane (Cane, 2005) だけである。

まとめると、現在のコンピュータ予測と同様に実際の観測データもこのような矛盾する描像をもたらすときに、2003年の世界気候会議議長長のYuri Izrael教授が「この惑星に何が起きているのか—温暖化か寒冷化か? 京都議定書の批准は気候を改善させるのか、安定させるのか、それとも、悪化させるのか?」との疑問を發するの、驚くに値しない。

それが地球温暖化と京都議定書の科学的基礎であるとするれば、大気中の CO_2 濃度の上昇が地球の気温上昇をひきおこすとの一般的信念の基礎にある理由がいかに妥当なものであるのか、今、私たちは注目すべきである。

氷河は融解しているのか蓄積しているのか

よく知られている北極の氷層の減少、および長年にわたるヒマラヤ山脈のGangotri氷河の後退と同様、上述したことは広く公表された現実の事実であり、地球温暖化でいつも注目的になっている。私たちは、ヨーロッパリモートセンシング衛星ERS-1・ERS-2から、1992-2003年の研究期間の間に、グリーンランド内陸部 [@ 5.4 ± 0.2cm/年 (Johannessen et al., 2005)] ならびに東部南極の氷床内部 [@ 1.8 ± 0.3cm/年または45 ± 70億計量トン/年 (Davis et al., 2005)] では、ともに氷の厚さが増加していることを示すデータを手に入れている。この理由は、地球温暖化を起こしている降水量の増大である、と説明されている。東部南極に限ってみると、そこでの積雪量の増大は、海面上昇を0.12 ± 0.02mm/年だけ遅らせていると計算される。地球温暖化にかかわるすべてのものが、海面上昇の公認された原因とされてきたが、今では、海面上昇を減速させていることを現実のデータが示唆している。モルジブ、バングラデシュ、そして、他の海拔高度の低い国々が、早期に消失することはない!

これは、単なる願望ではない。現実には、特にモルジブの将来の疑問を主目的とした研究の結論である。海水面変動と海岸進化に関する INQUA 委員会の後援で始められた研究は、‘モルジブの歴史を解説し、過去の海水面変動を記録し、島嶼の現在～未来予測を理解すること’を主要な課題とした (INQUA, 2000)。この研究の筆者たちのまとめは次のとおりである：「海岸のダイナミクスと地形に関する我々の研究では、最近の海面上昇については何の痕跡も発見することはできなかった。逆に、最近 [過去 30 年] の海水面低下 (20-30cm) を示す全く明瞭な地形学的証拠を発見した」(Morner et al., 2003)。

「地球温暖化がモルジブの沈水をもたらすであろう」は、大きなメディアのニュースであるが、モルジブ諸島そのものに関する実際の科学的発言は、科学界の大半にさえも知られていない！

人為か、自然変化か

‘未解明な科学’が注目する最も基本的議論は、地球がその長い歴史の中で多くの温暖期と寒冷期を経験してきた、という地質学的事実である。私は前項で、過去 60Ma における CO₂ と気温の変動の詳細について簡潔に述べた。ここでは、暁新世末 (60Ma) におこった暁新世-始新世最高気温 (PETM) として知られる、最も研究がすすんだ地球温暖期の一つについて考えてみよう。この温暖化の気候的影響は、陸上および海洋環境の双方に記録され (Bowen et al., 2006 とそれに関する文献)、深海の循環パターンの変化にも現れる (Nunes and Norris, 2006; Thomas et al., 2003)。

底層水の温度が 4-5°C 上昇するいっぽう (Thomas and Shackleton, 1996)、海面温度は低緯度で 5°C、高緯度で 9°C 上昇したという (Kennett and Stott, 1991; Zachos et al., 2003; Tripathi and Elderfield, 2004)。この事変は、海盆底堆積物中では、炭酸塩に富む軟泥にはさまれた赤色粘土薄層 (浅部で 5cm から深部で 35cm) の形成として記録されている (Zachos et al., 2005)。炭酸塩濃度 1% 以下の場合、この粘土層は融解と炭酸カルシウム溶出の兆候を示す。粘土層の基底層準は底生有孔虫類の消滅、ならびに、重たい炭素同位体の著しい減少とともに、方解石補償深度が 1km 以浅まで上昇したことを示す (Zachos et al., 2005)。これらすべて原因は何か？

合意をみた見解は「海洋と大気への大量の同位体的に枯渇した炭素 [メタン] の供給」であり、見積もられた量は炭素で 4500 ギガトン以上である。そのような炭素を説明するいくつかの供給源が想定された。人間と機械はまだ出現していなかったため、そのような起源はすべて、地球自身に由来する。例えば、ある意見は、後に CO₂ へ酸化するメタンを放出する海洋の格子 [clathrates] からのメタンの放出を想定する (Dickens et al., 1995 & 1997)。別の見方では広大な範囲にわたる泥炭と石炭の燃焼 (Kurtz et al., 2003)、さらに別の見解では、北大西洋の海底における貫入火成活動からのメタン放出

(Svensen et al., 2004) がとりあげられている。

最も支持されているの供給源である海洋の格子からのメタン放出については、その放出の引き金として、複数のメカニズムが提案された：地球の自然的温暖化による閾温度への到達 (Thomas and Shackleton, 1996)、火山活動 (Bralower et al., 1997; Schmitz et al., 2004)、海流の再編成と大陸斜面の侵食 (Katz et al., 2001)、火球衝突 (Kent et al., 2003)、天文学的周期 (Lourens et al., 2005)。

PETM の結果は陸地と海洋環境の両方に記録されるため、現在の一般的信念の文脈にある最も重要で適切な疑問は、メタン /CO₂ が海洋深部にどのように達するか？である。これは、以下の三つの事実によって、うまく解決される。1) PETM の影響は、大半が生き残った大部分である浮遊性あるいは浅海性種よりも、底棲動物群にまず、そして、より深刻に記録される (Kennett and Stott, 1991; Kelly et al., 1996); 2) PETM の初期時相を示す堆積物中に生物擾乱が存在しないことは、内棲 (潜入) 型生物も影響を被ったことを示唆する。3) 炭酸カルシウムの溶脱は海洋底から大陸棚へ向かって水深にして約 1500m にわたって上昇し、温暖化のように (Kennett and Stott, 1991)、浅い深度に比べて深い深度で最大になる (Zachos et al., 2005)。これらの特徴はそれぞれ、そして、全体としても、メタン /CO₂ は深部から供給されたに違いないことを明確に示している。逆であるとすると、すなわち、大気から海洋へ供給されたのであれば、PETM の影響は、まず浮遊性動物群にあらわれ、溶脱は地表から下方へと進行したはずである。このデータは、大気温暖化が深海に影響していくとの見解 [NOAA (USA) の科学者 (Levitus et al., 2000) が証拠もなく主張し、主流の気候学者がとりあげられた] に反対する Stevensons (2000) の議論に調和する。海底で生じた海底を通じて海洋底への CO₂ 供給がおこなわれている場合、我々はそれを現実的に ‘温室効果 / 条件’ (例えば Nunes and Norris, 2006) と呼ぶことができるのか？

PETM のもう一つの重要な特徴は、深海での海洋循環パターンの変化である (Kennett and Stott, 1991; Nunes and Norris, 2006)。海洋循環の反転は、海水柱の温度上昇に関連して観察された (Poullain et al., 1996)。メタン /CO₂ の供給源を示す証拠は、浅海よりも深海が温かいという事実とともに、温室温暖化が現実的選択ではないことを示す (Nunes and Norris, 2006)。さらに、大気の熱が深海へ運搬されることにも問題がある (Stevenson, 2000)。

PETM は、ただ一回だけの出来事ではない。前述したように、長い歴史を通じて、地球は多くの同様な出来事を経験してきた。PETM のちょうど 2Ma 後に、海洋堆積物は温暖化を記録していて、Elmo 層と呼ばれるもう一つの赤色粘土層を形成した (Zachos et al., 2005)。PETM 粘土層よりも小規模ながら、Elmo 層は同様な特徴を持つ。さら

に同様な現象として、後期中新世 (11.2-5.3Ma) に、地球気温は現在よりも 3°C 高く、そして、大気中の CO₂ 濃度は人類紀の値よりも 30% 高く、それは、計算された人類活動による効果を大きく上回るものである。例えば、先カンブリア紀に 2 回、オルドビス紀、石炭紀—ペルム紀、最近の更新世 (1.8-0.01Ma) には、氷河期という状況も出現した。

南極大陸は過去 15Ma の間、氷床におおわれていたと思われている。だが、植物化石が、海拔 1800m に位置するちょうど 2Ma の堆積物中に発見された。植物タイプは、現在位置よりもおよそ 40° 北の気温を指示する。これに必要なプレート移動速度は、通常想定されている速度よりも 2 桁大きいので、プレート運動ではこれを説明できない。もちろん、人類の放蕩が 2Ma に氷河大陸に短い温暖期をもたらしたと考える人はいないはずである。

科学的データに求められるのは、原因を人類活動に過剰に求める前に、まずは、現在の温暖化時相における自然的変動の役割を分離して認識する必要を強調することである。

政治

幾人かの著者、たとえば、Michael Crichton (2004), D. Demming (2005) は、地球温暖化という問題の宣伝に役立った政治的・経済的動機について著書を出した。Jurassic Park を含む 14 冊の本の著者であり、テレビシリーズ ET の作家である Michael Crichton は、氏の最新著書『State of Fear 恐怖の帝国』で、フィクションとしてではあるが、ある程度詳細にこの問題をとりあげた。Journal of Climate のような著名な気候雑誌の編集長である David Randall 博士でさえも、気候学の研究と出版に政治が一定の役割をはたしていることを暗示した。気候分野の出版物にみられる重要な挑戦について尋ねると、Randall 博士は、「第 2 の挑戦は、この分野の技術面に注目が集まりつつあることであり、現在進行中の政治的な無意味さに取り込まれてはいない」と答えた。

未解明の科学と政治という 2 つの主題のとりこみは、国防総省 Pentagon によって委嘱され、最近漏出した機密研究「急速な気候変化シナリオ、および、合衆国の国家安全性への意味 An Abrupt Climate Change Scenario and Its Implication for United States」の結論である。この機密研究は、大気中の温室効果ガス (GHGs) の増加に関して、起こりうる全く別のシナリオを提示した。北極域における氷と海氷の融解が増加する結果、大西洋北部において冷たい真水の供給量が増大する。その結果、海洋循環が止まり、逆に北アメリカとヨーロッパの広大な地域に氷河環境がもたらされるだろう。これは、わずか 20 年以内に起きることがある。ヨーロッパ諸国は、この報告を政治的危険信号と考えるだろう。そして、合衆国政府が京都議定書を批准しない弁明を捜している、と非難するだろう。

すべての科学の発達史に未解明の科学という時期があるのは普通のことであり、気候科学のようなより新しい科学も例外ではない。しかし、ある研究課題を、政治家や利益団体によって推進するために利用することは、市場利潤がグローバル化した現代において新しく発達したことがらであろう。人々は、次の段落に述べる事態をいかに理解するのだろうか (Jaworowski, 2003-04 から引用) ?

「工業汚染は、すぐに、地球の気温を最大 3.5°C 減少させるであろう」とは、1971 年の Stephan H. Schneider 教授による予測である。このように規範化された科学情報にもとづいて、国家科学基金 National Science Foundation (NSF: 合衆国におけるすべての研究活動に資金提供する機関) は 1971 年に、「現在の高温期は終わり、次の氷河期を迎えるであろう」といった公式見解を発表した。そして、1974 年に「最近の 20 ~ 30 年間にわたって、世界気温は低下した。気温低下は、最初是不規則であったが、直近の 10 年間にはより明瞭になった」と述べた。20 年後に、私たちは、次のような小言を聞かされるだろう: 「[地球温暖化] に関する公式の予想をうまく表現するためには、単純化した劇的見解を表明せざるをえず、その際に、思いだしていた疑問については何も述べなかった..... 私たちは、効率性と正直さの間で、正しく、均衡のとれた判断を個々人でなくてはならないのである [下線は筆者]」。これらは、現在、地球温暖化の指導者になっている、他ならぬ Stephen H. Schneider 教授 (1989) の言葉である。氏は、Climate Change 誌の編集委員も務めていて、上に引用した David Randall の回答を査読した。

ふたたび未解明の科学

最先端の予測における失敗とそのデータ中の矛盾は、気候調整に関する現今の理解に何らかの基本的誤解があり、逆に、それによって、派生的 [枝葉の] 予測モデルに陥っていることを示唆する。この状況は、Michael C. Cox and Brian F. Chao (2001) によってたいへんうまくまとめられている。1997 年にはじまる地球赤道半径の増加が影響している可能性について言及し、「これまでの大循環モデル GCMs における単純化には、起こりうる急激な変化—たとえば、最近観測された J₂ [地球扁球率] 変化—への気候応答メカニズムに関する十分な物理学や知識が組み込まれていない (Cox and Chao, 2002)」と述べている。増大した赤道半径は、地球の角運動モーメント、さらには、気候へ影響をおよぼす。しかし、このような影響が、現在の CGCMs に組み込まれる可能性はない。地球内部力学を含め、概念構造の大転換 (これについては、次節で詳述される) が必要とされているが、気候モデルには、公認されている変動要素にさえも多くの未知のことがらがある。次の 2 つの例—1 つは現在の理解に関するもの、もう 1 つは概念的構造に関するものである—は、このような視点を浮き彫りにするものである。

第1は、北部大西洋における海水反転に関するもので、2001年になってやっと発見された。この逆転は、12～14年周期で20～30%の加速あるいは減速を起こす。これまでは、科学者の間で、このような変化には数100年を要するものと広く信じられていた (Hakkenin, 2001)。確実な予測には、正確な情報が必要である。

第2は、次の研究による発見である：(a) 海洋底の堆積物に含まれる深海間隙水は、温度成層した現在の海洋とはちがって、更新世の氷期海洋が密度 (塩分) 成層していたことを示す (Adkins et al., 2002), (b) 底棲有孔虫の $\delta^{18}\text{O}$ データ (Duplessy et al., 1988; Shackleton et al., 2000) は、氷期の太平洋深層水は北部大西洋深層水よりも最大2℃ほど温かかったことを示す。その高いポテンシャルエネルギーによって、氷期の高塩分低層水は、環境熱 (地殻熱流) を蓄えて、冷たい真水が温かい高塩水を覆うことによって不安定になることが示唆された (Adkins et al., 2005)。この論文の著者は、「この深部における塩分に由来する熱の蓄積は、大気における“対流によって得られるポテンシャルエネルギー”Convectively Available Potential Energy (CAPE) に類似する」と述べている。最終氷期最盛期 Last Glacial Maximum (LGM) には海洋深層水の成層構造は塩分濃度に支配されていたので、氷河気候は、このような“温度性圧力容量”の変化により敏感であり、そして [その急激な流失] は、急速な気候変動の記録にみられるさまざまな特徴をうまく説明できる。私たちのメカニズムは、Dansgaard/Oeschger 事件を Bond Cycles にグループ化すること、ならびに、南北別個の半球で採取された氷コアで測定されるさまざまな温暖化パターンを説明することができる。

いくつかの欠点がないわけではないが (Toggweiler, 2005)、私たちが提案したメカニズムは、疑いなく、気候作用に全く新しい観点をもたらすであろう。

背景にある地殻熱流は、底層水の温度に影響しうる唯一の熱源というわけではない。海洋水の温度化学に直接影響する熱、ならびに、多種類の温室効果ガス GHGs を含む海洋マグマ活動も存在する。深層水の温暖化は、海洋と大気のコ₂量にも影響される。私たちが直面しているのは、地球温暖化ではなく、海洋温暖化である、との有力な視点もある (Stevenson, 2000)。

最近の多くの古気候研究は、気候調節に関する現在の理解に関して疑問を投げかけている。私はここで、この観点を強調したいいくつかの最近の研究論文を次のとおり紹介する：後期更新世におけるニューイングランドでのエルニーニョ類似の気候遠隔連関 (Rittenour et al., 2000) [後期更新世が氷河時代であることに留意]、スーパー ENSO と 1,000 年規模の気候振動 (Stott et al., 2002) [この研究も後期更新世におけるエルニーニョ条件について述べている]、氷河時代における赤道太平洋の表面海水温にみられるエルニーニョ類似の変化様式 (Koutavas et al., 2002)、および、鮮新世温暖期にお

ける永続的エルニーニョ条件 (Wara et al., 2005)。

私が知りたい疑問は、次のとおりである。主流の考え方が唱えているように、大気中の温室効果ガス GHGs の増加がエルニーニョ条件を促進すると仮定すると、後期更新世における“スーパーエルニーニョ様”条件をもたらすのは何であろうか？ この場合、CO₂の減少が氷期の条件をもたらすと仮定されていることを思い出してほしい。また、鮮新世温暖期 (現在よりも気温が3℃高く、CO₂が30%多かった) および更新世の氷河時代には、2つの劇的に対照的な気候が出現した。これらの2つの対照的気候におけるエルニーニョ条件が、はたして、地球軌道の原因 (氷河時代をもたらした原因として共通理解が得られている) といった単一の共通因子に由来しうるのであろうか？

気候研究の最前線における進展

気候調整における地球内部力学

主流の気候学者たちは、正しい考え方を台無しにするであろう。いっぽう、新しい可能性が、Daniel Walderによって1988年に初めて、1995年に再びもたらされた。そして1999年には、東太平洋海膨 (EPR) のいくつかの部分に沿う造構活動 (地震活動、マグマ湧昇、および、熱水噴出) の増大にしたがって、1964年以来研究されてきた個々のエルニーニョ事件の出現を (最大6ヶ月前に) 予測することができるようになった。この相互連関はたいへん重要であるため、Walker は、EPRに沿う地震活動の増大を“エルニーニョの予言者”と名づけた。

私の共同研究者の2名、Bruce E. Leybourne と Chris Smoot (Leybourne and Smoot, 2000) は、合衆国海軍 Stennis 宇宙センターと連携して、世界の気候を支配する3つの全地球気候振動システム (GOS: 図3a) に関与している個々の高気圧 (HP) と 低気圧 (LP) の下には、典型的な渦構造を示す地質構造や他の典型的な地形-地球物理特性が存在するという発見に注目し、ある考え方を公表した。その考え方とは、これら3つのGOSそれぞれの影響範囲内における大規模な広域的気候パターンを決定している高気圧と低気圧の間での海面気圧の凹凸である。こうして、もっとも研究が進んだエルニーニョが関係する南方振動 (エルニーニョ南方振動または ENSO と呼ばれる) が、イースター島とファンフェルナンデス諸島 (東太平洋海膨上の2つの隣接する諸島) の上空に居座る高気圧と西太平洋のバンダ海 (インドネシア) 上空の低気圧をつくる (図3b)。

サイドソナー画像と GEOSAT ハイパス高度データから計算された構造地形は、イースター島を海底上の楕円環のように描き出す (図4b)。ファンフェルナンデス諸島の記述には、次のことがらが含まれる：「このマイクロプレートを中心をとりまく内部の偽断層が、ハリケーンの気象学的形状に類似したパターンを形成する」(Larson et al., 1992)、そして、「この結果は、地殻に埋め込まれた地質“ハリケーン”にたいへん類似した形状をもた

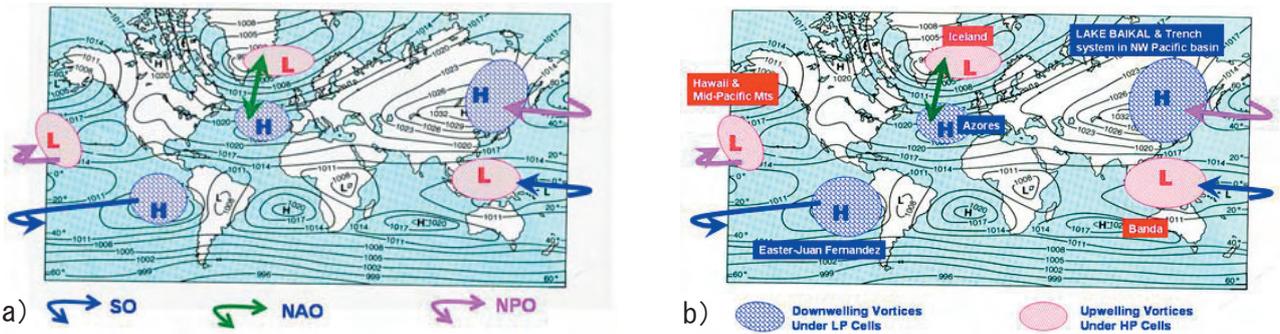
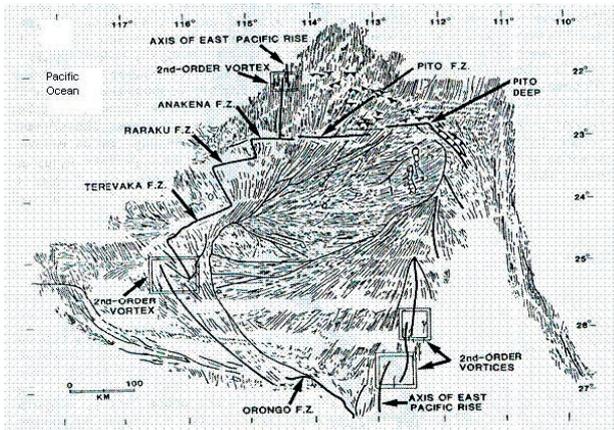


図3 (a) 3つの海面高気圧-低気圧のシーソーによって制御された3つの主要な地球海面気圧振動システム [Sea Level Pressure Oscillation Systems]: SO 南方振動, NAO 北大西洋振動, NPO 北太平洋振動. 背景図は, 等圧線と南北半球における主要風況 (Moran and Morgan, 1991). (b) 3つのGOSのそれぞれの下には, マグマ湧昇渦および下降渦が存在する. 造構渦の興味深いことは, それらの直径 (300 ~ 1200 km) が, 幅広い太平洋の深度分布データから求められるジオイドの卓越波長 (280, 400, 660, 850, 1050 および 1400km) からマントル中のいくつかの地震波速度不連続面 (410, 660 および 1050 km) までの幅広い数値範囲に類似していることである. イースター渦およびファンフェルナンデス渦は直径 300 ~ 400km, 地球上最大のバンダ渦は 1100 ~ 1200km に達する.

a) Easter Island



b) Close-up-3D bathymetry of the Webber Deep, Banda Sea (NAVOCENO Banda)

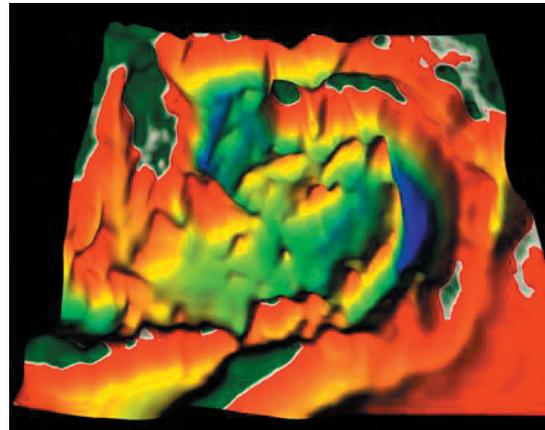


図4 (a) Gloria および SeaMARC II 音波探査装置にもとづくイースター島の造構配置を簡略化 (Meyerhoff et al., 1996), (b) バンダ海造構渦の Webber 深淵を南から拡大して見た3次元水深図 (Leybourne and Smoot, 2000).

らす」(Bird, 1994). これらはともに, 反時計回りの回転とマグマ下降渦構造であり, マグマが湧昇するバンダ渦構造の場合とは逆である (図 4b).

他の2つのGOS (図 3 a), すなわち, 北米の気候パターンを制御している北太平洋振動 (NPO), および, ヨーロッパとシベリアの気候パターンを制御している北大西洋振動 (NAO) は, このパターンを繰り返す. NPO の高気圧はバイカル湖-大陸リフト帯に沿う最深湖一と北西太平洋の島弧-海溝系の上空に位置し, 低気圧は太平洋中央海山群 Mid-Pacific Mountains とハワイ火山島上空に位置する (図 3 b). 最後に, NAO の高気圧は (図 3 a), アズレス諸島近くの大西洋中央海嶺に沿う1つのOSCであり, 世界的規模の湧昇渦の1つであるアイスランドの上空には低気圧が存在する (図 3 b).

もう一つの興味深い観察は, 両半球における世界的風況と海嶺の方向性との次の要素の間での類似性に関するものである: ①子午線流 (北米とヨーロッパ上空) と帯状流 (東アジア上空) の間で一般的な風況の変動, および ②北半球では, 北米西方と大西洋における子午線方向の海嶺とアジアにおける海嶺の欠失. 南半球では, 風系も海嶺パターンもともにほぼ帯状である.

この観察にもとづいて, もっとたくさんのがらを理解することができる. しかし, 図 3 b の説明文に簡潔に述べられていることもあって, ここでは省略する. これらの地質観察を既知のがらに結びつけることによって, 造構運動と気候との関連を理解する手がかりをうることができる. たとえば,

1) 大気圧変化と重力の間には, 古くから知られている決定的証拠がある (Warburton and Goodkind, 1977). その値は, 典型的な $6 \sim 45 \mu \text{gal}$ の範囲の変動には, $0.30 \mu \text{gals/mbar}$ である. どちらが, どちらを駆動するのであろうか? 大気圧変化が微小な重力変動をひきおこすのか, それとも, 逆なのか?

2) 1996年 (1997-98年エルニーニョのはじまりの直前) に観測された Membach (ベルギー) 付近でヨーロッパを東へ横切った微小重力波: 6ヶ月周期で観測されたこの重力波は約 $17 \mu \text{gals}$ の増大で示され, "主に地球物理的起源" であると著者は推論した (Francis et al., 1997).

3) 前述したとおり, 地球の力学的扁率 (J_2) が 1997-98年のエルニーニョ事件に一致する. この値が 1997-98年以来増加していることを私は述べた. 汎世界的海面上昇, 氷河の急速な融解, あるいは海洋循環の変

表1 地震の発生は、一般に深度10kmで、SST異常パターンを示す。この異常は、2ヶ月以下以下の期間内にわたる熱伝播速度0.15 km/day (Blot, 1076; Blot et al., 2003) に調和的である。(以下の関連図を参照)

Area	EQ Begin	EQ Lat.	EQ Long.	SST Begin	SST Area
Adriatic	27Mar.03	43:14N	15:26E	Months	Adriatic
North Africa	21May03	37N	3:39E	Weeks	Eastern Med.
Turkish Strait	May-June03	40:30N	26:15E	Immediate	Turkish Strait

化など、さまざまな考えられる原因を除外したあとで、Cox and Chao (2002) は次のように結論した:「1つのありうる原因は、外核流体中およびコア-マントル境界に沿う地球ダイナモによって駆動された実際の物質移動である」。彼らのデータ (Cox and Chao, 2002 の図2) を詳細に見ると、最新期のものほど顕著ではないが、J2における同様な変化は、時期的には1980年代以降のエルニーニョ事件、とくに1982-83年および1991-94年の事件に関連していた (Cazenave and Nerem, 2002)。

要約すると、大気現象と地球内部力学との間にはある一定のパターンが存在するように見える。次に述べるヨーロッパにおける2003年夏の熱波に関する私たちの研究は、さらなる証拠をもたらさそう。

2003年のヨーロッパ熱波: それは、造構運動の気候への関連についての何らかの洞察をもたらすだろうか?

これはヨーロッパを襲った100年で最悪の夏期熱波であり、直接または間接的に40,000人もの生命を危険にさらした。この熱波は、最大6℃に達する海水表面温度 (SST) の上昇をとまなっていて、アドリア海の海洋循環パターンを2週間にわたって反時計回りから時計回りに反転させた。海流の測定データは、全海水柱の不活発化や反転がこの温度上昇に関係していることを示した (Poulain et al., 1996)。はたして、アドリア海盆には異常な地熱流出が起きたのであろうか? エルニーニョ事件に先行して東太平洋海膨に沿うWalker (1988, 1995, 1999) の観察や、ときどき起きた海洋底熱水活動が過去の気候変動に関係したという叙述を手がかりに、私たち (Leybourne et al., 2006) は、ヨーロッパ熱波に関連する可能性のあるあらゆる造構運動を探索した。

NEIC (Weblink-1) のデータは、アドリア海における海水循環の逆転に先行して、アドリア海盆には2003年4月1日に地震群が発生したことを明らかにした。このデータは、熱波がヨーロッパを襲う直前にアルジェリア-地中海北部、ならびに、北アナトリア断層に沿うエーゲ海でさらに2つの地震群が発生したことも明らかにした (表1)。

環境研究の応用のためのClimaticScope™分析可視化ソフト (2003年にAndy Haasによってアメリカ合衆国地球気候研究所用に開発され、Leybourne et al., 2006に

よって記載された) を利用して、私たちはこれらの3つの地域におけるNEIC地震データセットを、1996~2003年の期間におけるNOAA SST衛星異常データ (Weblink-2) と比較した。アドリア海、地中海、およびトルコ海峡に関して得られた画像とデータは、それぞれ、図5~図7に示される。

私たちは、地震群によるジュール熱の発生と3つの地域におけるSST異常の出現との間に記録されたさまざまな長さの時間的遅延の原因を、トルコ海峡地震の場合に明瞭であるように、比較的薄い地殻、震源が比較的浅い地震 (NEICデータでは深度10km)、あるいはリソスフェア断層帯 (北アナトリア断層) の地表との連結性に求める。

太平洋海盆からのさらなる例は、地震とSST異常の出現との間の同様な関係を説明する (Leybourne et al., 2006)。

図示されたこれらの例は、偶然の一致に帰するには多すぎる。地震活動の増加は、東太平洋海膨 (EPR, Walker, 1988 and 1995) およびファンデフカ海嶺 (Johnson et al., 2000 & 2001) に沿う噴気速度と温度の上昇をひきおこすことが知られている。地震活動の活発化は、東太平洋海膨上での6ヶ月あるいはそれより前にエルニーニョの発生が迫っていることの兆候であることも記録されている。これらの時間的遅延は、観測されるリソスフェア浅部における熱伝導と調和的である。そして、これらのパターンは、1964年以降のデータセットに数回繰り返えし現れていて、現在の地球物理モデルによっては説明できない。この発見の衝撃と関連する研究は、気候システム内部における駆動メカニズムについてのよりすぐれた理解をもたらさそう。

結 論

この論文の標題に使われた“bushy-blairy” [ブッシュ-ブレア性] という言葉は、世界が受け入れざるを得ない欠陥命令をとまなう科学-技術力によって強制されたウソ [嘘] を示す用語として新しくつくられた。この言葉の背景は、アフガニスタンとイラクへの侵略と占領を実施した歴史にある。アフガニスタンの場合、書かれた、あるいは、ウェブサイトにもとづくオサマの神話は、タリバンに匿われたアルカイダと9/11との間の“密接な関係”をもたらし、それは、最終的には有名な (あるい

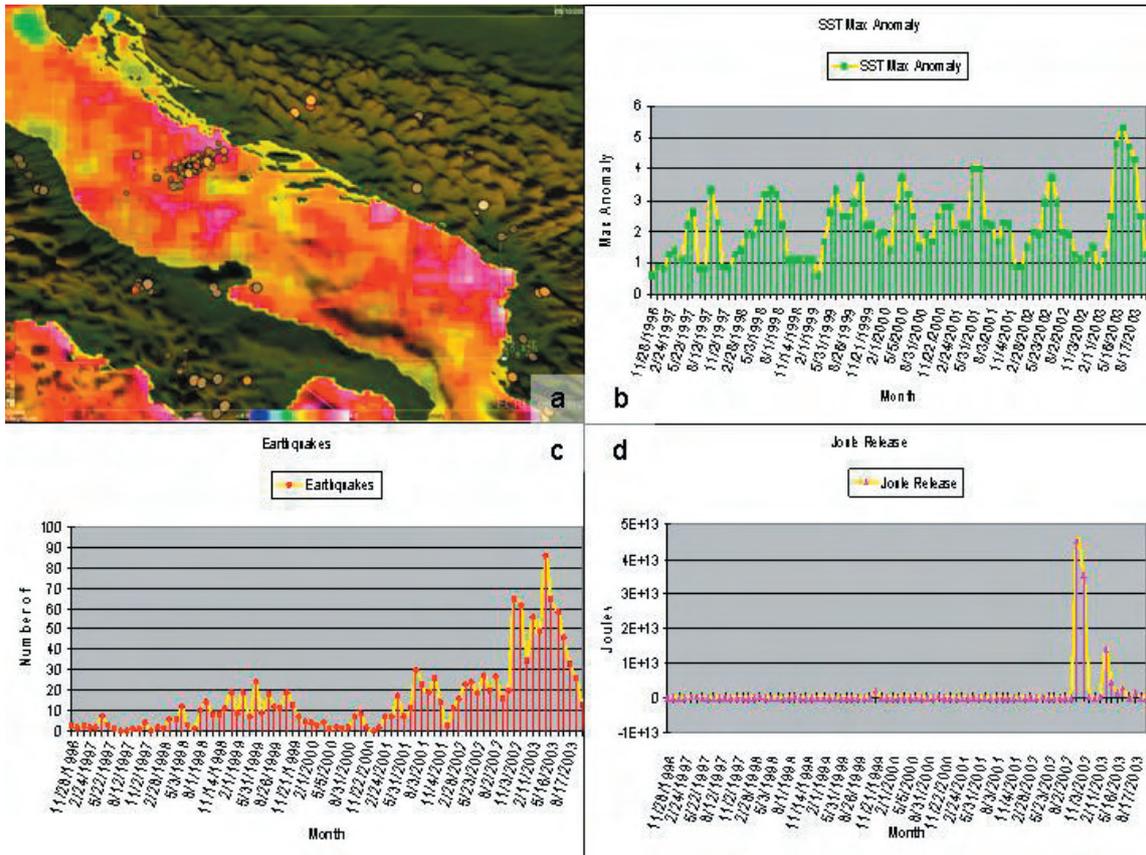


図5 (a) 2003年5月におけるアドリア海域の地震と異常SST. (b) 最大SST. 異常/月は、2003年に数ヶ月つづいた5℃以上の異常を示す. (c) 2002年後半～2003年前半にはじまる後続地震事件. (d) 同期間のジュールエネルギー放出. Leybourne et al. (2006) から

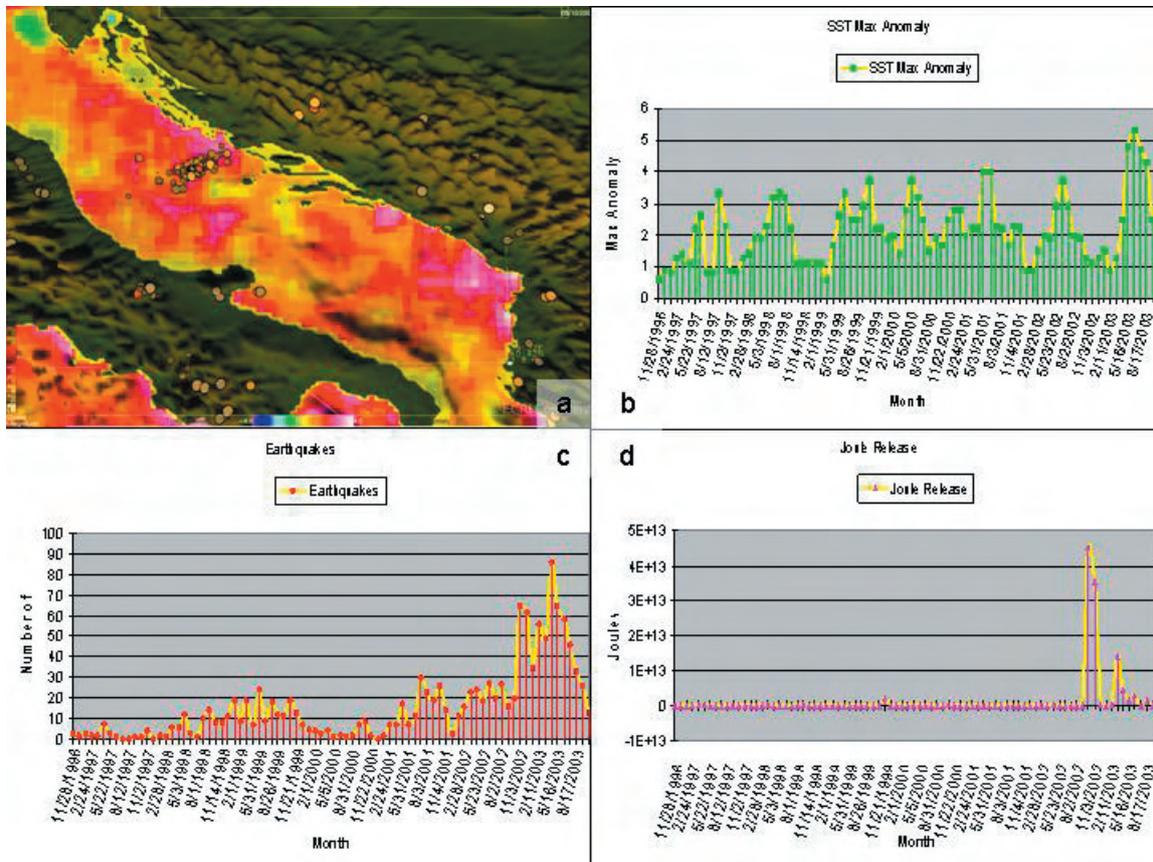


図6 (a) 2003年6月における地中海の北アフリカ (アルジェリア) 地震と SST. (b) 白色に表示された最大 SST 異常は、地震群から直接北東へ延びている. (c) 2003年5月の後続地震事件. (d) 同期間のジュールエネルギー放出. Leybourne et al. (2006) から.

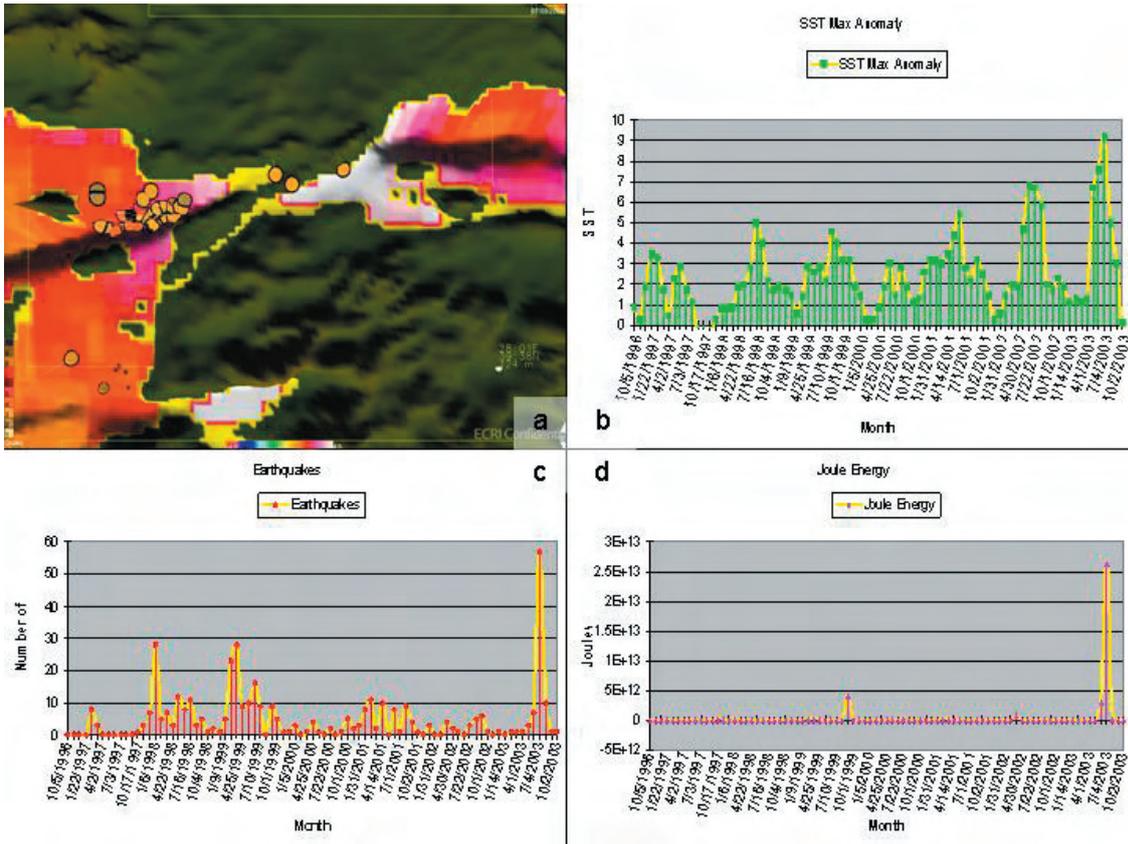


図7 (a) 北アナトリア断層に沿うトルコ海峡の西方の地震群と南方と東方における同時期のSST. (b) 最大SST. 異常/月は、同時起きた2003年7月には9°C以上の異常を示す. (c) 2003年7月の地震事件. (d) 同期間のジュールエネルギー放出. Leybourne et al. (2006)から.

は有名でない) 言葉「あなたは我々の味方か敵か」で絶頂に達し、つづいて、その国が侵略され占領された。イラクでは、2つの情報源が、サダムとアルカイダの密接な関係、およびサダムの大量破壊兵器(WMDs)の証拠とされた。第1の源は、おもに合衆国と英国に住んでいる Ahmad Chelabi 氏のような「残虐なサダム体制の犠牲者たち」という口先だけの説明であり、今では氏自らが西欧諸国に敵対するイラクと共謀しているという理由でアメリカ合衆国からの告発に直面している。第2は、西側主要国の科学技術力にとってより利用しやすいのは、衛星画像である。Tony Blair が世界に向けて発信した「the Iraq dossier [イラク関係書類]」はサダムの核資産の画像写真を含むと根拠もなく言い立てたものである。しかし、この資産は、国連の Hans Blix, Al Barade および彼らの大勢のチームがイラク全土のいずれからも発見できなかった。ところが、「国際社会」(Bush と彼の依頼した Blair, Howard および Berlusconi) に科学-技術的に呼び起こされた恐怖は、彼らの国々の国民と同様に世界の意見までも包摂した。このような経緯において、彼ら独自の検証によって証拠全体が間違っていたことが証明されたということは、当時あるいは現在でも問題にされないのである！ Blair が世界に示した衛星画像は彼の情報収集チームからもたらされたものではなく、一人のアラブ人学生から提供されたもので、イラクとはほとんどかかわりさえもないことは、Blair の面目を少しも失わせない！

「ホケースティック」をつくるために使われたデータと

コードについての Mann et al. による取捨選択と、Bush 政権によって侵略前に行われた諜報情報の取捨選択の様式の間には驚くべき類似性がある。両者の場合とも、国連(Mann et al. のための ICPP, そして、Bush と彼らの「国際社会」のための安全保障理事会)は、単に助産婦としての役割を果たした。イラクにおける大量破壊兵器について何も述べなくなった Bush 氏と同様、IPCC はやがて公表されるであろう第4次評価レポートでは、発表を簡潔にするために「ホケースティック」を割愛したと言われている。

類似性をつづけて紹介すると、確固とした科学データは、強く教えこまれた大気中のCO₂と地球温暖化の「直接的関連性」は bushy-blairy がつくったものと同程度に重大であることを示す。気候調節作用についての現時点での確実な予測には、あまりにも未知なことがらが多くのある。ここで簡潔に議論したデータは、地球の気候変動へ造構運動が関連していることを理解し、大循環モデルの予測能力を高めるための「統一的」研究方法について検討するためのものである。

気候変動についても、対テロリズム戦についても、現状はそれほど賢明ではない。

文 献

AchutaRao, K. and Sperber, K. R., 2002. Simulation of the El Niño Southern Oscillation: results from the coupled model

- intercomparison project. *Climate Dynamics*, 19:191-209.
- Adkins, J.F., Ingersoll, A.P. and Pasquero, C., 2005. Rapid climate change and conditional instability of the glacial deep ocean from the thermobaric effect and geothermal heating. *Quat. Sci. Rev.*, 24: 581-594.
- Adkins, J.F., McIntyre, K. and Schrag, D.P., 2002. Salinity, temperature, and $\delta^{18}\text{O}$ of the glacial deep ocean. *Science*, 298: 1769-1773.
- Bird, R.T., 1994. GLORIA tells all about Juan Fernandez. *Geology*, 22: 7-11.
- Blot, C., 1976. Volcanisme et sismicite dans les arcs insulaires. Prevision de ces phenomenes. *Geophysique* 13, ORSTOM, Paris, 206p.
- Blot, C., Choi, D.R. and Grover, J.C., 2003. Energy transmigration from deep to shallow earthquakes: A phenomenon applied to Japan -Toward scientific earthquake prediction. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, 29: 3-16.
- Bowen, G.J., Bralower, T.J., Dickens, G.R., Delaney, M., Kelly, D.C., Koch P L, Kump L R, Meng J, Sloan L C, Thomas E, Wing S L and Zachos J C 2006. Eocene hyperthermal event offers Insight into greenhouse warming. *Eos EOS Trans. AGU* 87: 25.
- Bralower, T.J., Thomas, D.J., Zachos, J.C., Hirschmann, M.M., Röhl, U., Sigurdsson, H., Thomas, E. and Whitney, D.L., 1997. High-resolution records of the late Paleocene thermal maximum and circum-Caribbean volcanism: Is there a causal link? *Geology*, 25, 963-966.
- Bürger, G., Fast, I. and Cubasch, U., 2006. Climate reconstruction by regression - 32 variations on a theme. *Tellus*, 58A: 227-235.
- Bürger, G. and Cubasch, U., 2005. Are multiproxy climate reconstructions robust? *Geophys. Res. Lett.*, 32, L23711, doi:10.1029/2005GL024155.
- Cane, M.A., 2005. The evolution of El Niño, past and future. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 230: 227-240.
- Cazenave, A. and Nerem, R.S., 2002. Redistributing Earth's Mass. *Science*, 297: 783-784.
- Cheddadi, R., Lamb, H.F., Guiot, J. and van der Kaars, S., 1998. Holocene climatic change in Morocco: a quantitative reconstruction from pollen data. *Climate Dynamics*, 14: 883-890.
- Collins, M., 2000. Understanding uncertainties in the response of ENSO to greenhouse warming. *Geophys. Res. Lett.*, 27: 3509-3513.
- Collins, M., 2004. The CMIP Modelling Groups, El Niño or La Niña-like climate change? *Climate Dynamics* (in press).
- Cox, C.M. and Chao, B.F., 2002. Detection of a large-scale mass redistribution in the terrestrial system since 1988. *Science*, 297: 831-833.
- Crichton, M., 2004. *State of Fear*. Harper Collins, p. 624.
- Crok M 2005. Kyoto Protocol based on flawed statistics, *Naturwetenskap. Techniek*, 2, 20-31.
- Davis, C.H., Li, Y., McConnell, J.R., Frey, M.M. and Hanna, E., 2005. Snowfall-driven growth in East Antarctic ice sheet mitigates recent sea-level rise. *Science*, 308: 1898-1901.
- Deming, D., 2005. Global Warming, the politicization of science, and Michael Crichton's *State of Fear*. *Jour. Scientific Exploration*, 19: 247-256.
- Dickens, G.R., O'Neil, J.R., Rea, D.K. and Owen, R.M., 1995. Dissociation of oceanic methane hydrate as a cause of the carbon isotope excursion at the end of the Paleocene. *Paleoceanography*, 10: 965-971.
- Dickens, G.R., Castillo, M.M. and Walker, J.C.G., 1997. A blast of gas in the latest Paleocene: Simulating first-order effects of massive dissociation of oceanic methane hydrate. *Geology*, 25: 259-262.
- Doherty, R. and Hulme, M., 2002. The relationship between the SOI and the extended tropical precipitation in simulations of future climate change. *Geophys. Res. Lett.*, 29: 1475.
- Duplessy, J-C., Shackleton, N. J., Fairbanks, R. G., Labeyri, L., Oppo, D. and Kallel, N., 1988. Deep water source variations during the last climatic cycle and their impact on the global deep water circulation. *Paleoceanography*, 3: 343-360.
- Duplessy, J-C., Labeyri, L. and Waelbroeck, C., 2002. Constraints on the ocean oxygen isotopic enrichment between the Last Glacial Maximum and the Holocene: paleoceanographic implications. *Quat. Sci. Rev.*, 21: 315-330.
- Fischer, H., Wahlen, M., Smith, J., Mastroianni, D. and Deck, B., 1999. Ice core records of atmospheric CO₂ around the last three glacial terminations. *Science*, 283: 1712-1714.
- Francis, O., Ducrame, B. and Van Ruymbeke, M., 1997. One year of registration with the CO₂1 cryogenic gravimeter at station Membach (Belgium). In: Segawa et al. (Eds.) *Gravity, Geoid and Marine Geodesy*, 117: 336-243. Intern. Assoc. of Geodesy Symposia, Berlin Heidelberg, Springer-Verlag.
- Gadgil, S., Rajeevan, M. and Nanjundiah, R., 2005. Monsoon prediction -Why yet another failure? *Current Sci.*, 88: 1389-1400.
- Gagan, M.K., Ayliffe, L.K., Hopley, D., Cali, J.A., Mortimer, G.E., Chappell, J., McCulloch, M.T. and Head, M.J., 1998. Temperature and surface-ocean water balance of the mid-Holocene tropical western Pacific. *Science*, 279: 1014-1017.
- Hakkinen, S., 2001. Variability in sea surface height: A qualitative measure for the meridional overturning in the North Atlantic. *Jour. Geophys. Res.*, 106: 13,837-13,848.
- Huybers, P., 2005. Comment on "Hockey sticks, principal components and spurious significance" by McIntyre and McKittrick, *Geophys. Res. Lett.*, L20705, doi: 10.1029/2005GL023395.
- Huang, S., Pollack, H.N. and Shen, P.O., 1997. Late Quaternary temperature changes seen in worldwide continental heat flow measurements. *Geophys. Res. Lett.*, 24: 1947-1950.
- Indermuhle, A., Monnin, E., Stauffer, B. and Stocker, T.F., 2000. Atmospheric CO₂ concentration from 60 to 20 kyr BP from the Taylor Dome ice core, Antarctica. *Geophys. Res. Lett.*, 27: 735-738.
- INQUA, 2000. Homepage of the Commission on Sea Level

- Changes and Coastal Evolution, ww.pog.su.se/sea. Sea level changes, News and Views, The Maldives Project.
- IPCC, 2001. *Climate Change: The Scientific Basis*. (Eds. Houghton J. T., Ding Y., Griggs D. J., Noguer M., van der Linden, P. J., Dai, X., Maskell, K. and Johnson, C. A.) Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press, 881p.
- Jaworowski, Z., 2003-04. Ice age is coming: Solar cycles, not CO₂, determine climate. *21st Century Science and Technology*, Winter 2003-2004: 52-67.
- Johnson, H.P., Hutnak, M., Dziak, R. P., Fox, C.G, Urcuyo, I., Cowan, J.P., Nabelek, J. and Fisher, C.R., 200. Earthquake-induced changes in a hydrothermal system on the Juan de Fuca mid-ocean Ridge. *Nature*, 407:174-177.
- Johnson, H.P., Dziak, R.P., Fisher, C.R., Fox, C.G., and Pruis, M. J., 2001. Earthquakes' Impact on hydrothermal systems may be far-reaching. *EOS Trans. AGU*, 82: 233-236.
- Johannessen, O.M., Khvorostovsky, K., Miles, M.W. and Bobylev, L.P., 2005. Recent ice-sheet growth in the interior of Greenland. *Science*, 310 : 1013-1016.
- Kelly, D.C., Bralower, T.J., Zachos, J.C., Silva, I.P. and Thomas, E., 1996. Rapid diversification of Planktonic Foraminifera in the tropical Pacific (ODP Site 865) during the Late Paleocene Thermal Maximum. *Geology*, 24: 423-426.
- Kennett, J.P. and Stott, L.D., 1991. Abrupt deep-sea warming, palaeoceanographic changes and benthic extinctions at the end of the Palaeocene. *Nature*, 353: 225-229.
- Kent, D.V.I., Cramer, B.S., Lanci, L., Wang, D., Wright, J.G., and van der Voo, R., 2003. A case for a comet impact trigger for the Paleocene/Eocene thermal maximum and carbon isotope excursion'. *Earth Planet. Sci. Lett.*, 211: 13-26.
- Koutavas, A., Lynch-Stieglitz, J., Marchitto, Jr. T.M. and Sachs, J.P., 2002. El Niño-like pattern in Ice Age tropical Pacific sea surface temperature. *Science*, 297: 226-230.
- Kurtz, A.C., Kump, L.R., Arthur, M.A. and Zachos, J.C. and Paytan, A., 2003. Early Cenozoic decoupling of the global carbon and sulfur cycles. *Paleoceanography*, 18: 1090, doi:10.1029/2003PA000908.
- Larson, R.L., Searle, R.C., Kleinrock, M.C., Schouten, H., Bird, R.T., Naar, D.F., Rusby, R.I., Hoofft, E.E., and Lashthiotakis, H., 1992. roller-bearing tectonic evolution of the Juan Fernandez microplate. *Nature*, 356: 571-576.
- Levitus, S., Antonov, J.L., Boyer, T.P. and Stephens, C., 2000. Warming of the world ocean. *Science*, 287: 2225-2229.
- Leybourne, B.A. and Smoot, N.C., 2000. Surge hypothesis implies gravitational teleconnections of tectonics to climate: El Niño and the Central Pacific geostream/jetstream. *Himalayan Geology*, 23: 1-15.
- Leybourne, B., Bill, O., Hass, A., Gregori, G.P., Smoot, C. and Bhat, I., 2006. Tectonic forcing function of Climate - Revisited: Four elements of coupled climate evidence of an electromagnetic driver for global warming. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, 40: 27-34.
- Lourens, L.J., Sluijs, A., Kroon, D., Zachos, J.C., Thomas, E., Rohl, U., Bowles, J. and Raffi, I., 2005. Astronomical pacing of late Palaeocene to early Eocene global warming events. *Nature*, 23: 1083-87.
- Mann, M.E., Bradley, R.S. and Hughes, M.K., 1998. Global-scale temperature patterns and climate forcing over the past six centuries. *Nature*, 392: 779-787.
- Mann, M.E., Bradley, R.S. and Hughes, M.K., 1999. Northern hemisphere temperatures during the past millennium: inferences, uncertainties, and limitations. *Geophys. Res. Lett.*, 26: 759-762.
- Mann, M.E. and Jones, P.D., 2003. Global surface temperature over the past two millennia, *Geophys. Res. Lett.*, 30 (15), 1820, doi: 10.1029/2003GL017814, 2003.
- Meyerhoff, A.A., Taner, I., Morris, A.E.L., Agocs, W.B., Kamen-Kaye, M., Bhat, M.I., Smoot, N.C. and Choi, D.R., 1996. *Surge Tectonics: A New Hypothesis of Global Geodynamics* (ed. Meyerhoff-Hull, D.), Kluwer Academic Publishers. 317p.
- McIntyre, S., 2006. Review of Osborn and Briffa [2006]. www.climateaudit.org/?p=523 9 February 2006.
- McIntyre, S. and McKittrick, R., 2003. Corrections to the Mann et al. (1998) proxy data base and northern hemispheric average temperature series. *Energy & Environment*, 14: 751-771.
- McIntyre, S. and McKittrick, R., 2005a. The M&M Critique of the MBH98 Northern Hemisphere Climate Index: Update and Implications. "Energy and Environment, 16: 69-100.
- McIntyre, S. and McKittrick, R., 2005b Hockey sticks, principal components and spurious significance. *Geophys. Res. Lett.*, 32 , L03710 10.1029/2004GL021750.
- McKittrick, R., 2005. What is the 'Hockey Stick' debate about? Presentation to the conference Managing Climate Change -Practicalities and Realities in a Post-Kyoto Future. APEC Study Group, Australia.
- Monnin, E., Indermühle, A., Dällenbach, A., Flückiger, J., Stauffer, B., Stocker, T.F., Raynaud, D. and Barnola, J.M., 2001. Atmospheric CO₂ concentrations over the last glacial termination. *Nature*, 291: 112-114.
- Moran, J.M. and Morgan, M.D., 1991. *Meteorology*. Macmillan Pub. Co, New York, 586 pp.
- Mörner, N-A., Tooley, M. and Possnert, G., 2003. New perspectives for the future of the Maldives. *Global and Planetary Change*, 40: 177-182
- Mudelsee, M., 2001. The phase relations among atmospheric CO₂ content, temperature and global ice volume over the past 420 ka. *Qua. Sci. Rev.*, 20: 583-589.
- Nunes, F. and Richard, N., 2006. Abrupt reversal in ocean overturning during the Palaeocene/Eocene warm period. *Nature*, 439(7072); doi:10.1038/nature04386.
- Ola, M., Johannessen, O.M., Khvorostovsky, K., Miles, M.W. and Bobylev, L.P., 2005. Recent ice-sheet growth in the interior of Greenland. *Science*, 310: 1013-1016.
- Osborn, T.J. and Briffa, K.R., 2006. The spatial extent of 20th-century warmth in the context of the past 1200 years. *Science*, 311, 831-834.

- Owen, R.M. and Rea, D.K., 1985. Sea-Floor Hydrothermal Activity Links Climate to Tectonics: The Eocene Carbon Dioxide Greenhouse. *Science*, 227:166.
- Pearson, P.N. and Palmer, M.R., 2000. Atmospheric carbon dioxide concentrations over the past 60 million years. *Nature*, 406: 695-699.
- Petit, J.R., Jouzel, J., Raynaud, D., Barkov, N.I., Barnola, J.-M., Basile, I., Bender, M., Chappellaz, J., Davis, M., Delaygue, G., Delmotte, M., Kotlyakov, V.M., Legrand, M., Lipenkov, V.Y., Lorius, C., Pepin, L., Ritz, C., Saltzman, E. and Stievenard, M., 1999. Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica. *Nature*, 399: 429-436.
- Poulain, P.-M., Gačić, M. and Vetrán, A., 1996. Current measurements in the Strait of Otranto reveal unforeseen aspects of its hydrodynamics. *EOS Trans. AGU*, 77: 345-348.
- Randall, D., 2002. Interview: <http://www.esi-topics.com/gwarm/interviews/journal-of-climate.html>.
- Rittenour, T.M., Bringham-Grette, J. and Mann, M.E., 2000. El Niño-like climate teleconnections in New England during the Late Pleistocene. *Science*, 288: 1039-1042.
- Rutherford, S., Mann, M.E., Osborn, T.J., Bradley, R.S., Briffa, K.R., Hughes, M.K. and Jones, P.D., 2005. Proxy-based northern hemisphere surface temperature reconstructions: Sensitivity to methodology, predictor network, target season and target domain. *Jour. of Climate*, 18: 2308-2329.
- Raymo, M.E., Ganley, K., Carter, S., Oppo, D.W. and McManus, J., 1998. Millennial-scale climate instability during the early Pleistocene epoch. *Nature*, 392: 699-702.
- Schmit, B., Pujalte, V. and Nunez-Betelu, K., 2001. Climate and sea-level perturbations during the initial Eocene thermal maximum: Evidence from siliciclastic units in the Basque Basin (Ermua, Zumaia and Trabakua Pass), northern Spain. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.*, 165: 299-320.
- Searle, R.C., Rusby, R.I., Engelin, J., Hey, R.N., Zudin, J., Hunter, P.M., LeBas, T.P., Hoffman, H. and Livermore, R., 1989. Comprehensive sonar imaging of the Easter microplate. *Nature*, 341: 701-705.
- Shackleton, N.J., Hall, M.A. and Vincent, E., 2000. Phase relationships between millennial-scale events 64,000-24,000 years ago. *Paleoceanography*, 15, 565-569.
- Steig, E.J., 1999. Mid-Holocene climate change. *Science*, 286: 1485-1487.
- Stevenson, R.E., 2000. Yes, the ocean has warmed; no, it's not global warming. *Science and Technology Magazine*, <http://www.21stcenturysciencetech.com/articles/ocean.html>.
- Stott, L., Poulsen, C., Lund, S. and Thunell, R., 2002. Super ENSO and Global Climate Oscillations at Millennial Time Scales. *Science*, 297: 222-226.
- Svensen, H., Planke, S., Malthes-Sorensen, A., Jamtveit, B., Myklebust, R., Eidem, T. and Rey, S.S., 2004. Release of methane from a volcanic basin as a mechanism for initial Eocene global warming. *Nature*, 429:542-545.
- Thomas, E. and Shackleton, N.J., 1996. The latest Paleocene benthic foraminiferal extinction and stable isotope anomalies, in Knox R O, Corfield R M and Dunay R E (eds.), *Correlation of the early Paleogene in Northwest Europe: Geol. Soc. London (Special Publication)*, 101: 401-441.
- Thomas, D.J., Bralower, T.J. and Jones, C.E., 2003. Neodymium isotopic reconstruction of late Paleocene-early Eocene thermohaline circulation. *Earth & Planet. Sci. Lett.*, 209: 309-322.
- Toggweiler, J.R., 2005. Climate change from below. *Quat. Sci. Rev.*, 24: 511-512.
- Tripathi, A.K. and Elderfield, H., 2004. Abrupt hydrographic changes in the equatorial Pacific and subtropical Atlantic from foraminiferal Mg/Ca indicate greenhouse origin for the thermal maximum at the Paleocene-Eocene Boundary. *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 5, Q02006, doi:10.1029/2003GC000631, 2004
- von Storch, H. and Zorita, E., 2005. Comment on "Hockey sticks, principal components, and spurious significance" by S. Mactintre and R. McKritrick. *Geophys. Res. Lett.*, 32,L20701, doi:10.1029/2005GL022753.
- von Storch, H., Zorita, E., Jones, J.M., Dimitriev, Y., Gonzalez-Rouco, F. and Tett, S.F.B., 2004. Reconstructing past climate from noisy data. *Science*, 306: 679-682.
- Walker, D.A., 1988. Seismicity of the East Pacific: correlations with the Southern Oscillation Index? *EOS Trans. AGU*. 69: 857.
- Walker, D.A., 1995. More evidence indicates link between El Niños and seismicity. *EOS Trans. AGU*. 76: 33.
- Walker, D.A., 1999. Seismic Predictors of El Niño Revisited. *EOS Trans. AGU*, 80:25.
- Wara, M.W., Ravelo, A.C. and Delaney, M.L., 2005. Permanent El Niño-like conditions during the Pliocene Warm Period. *Science*, 309: 758-761.
- Warburton, R.J. and Goodkind, J.M., 1977. The influence of barometric-pressure variations on gravity. *Geophys. J. R. Astr. Soc.*, 48: 281-292.
- Weblink-1. <http://neic.usgs.gov/>
- Weblink-2. <http://www.osdpd.noaa.gov/PSB/EPS/SST/climo.html>
- Weissel, P., Bercovici, D. and Kroenke, L.W., 1994. The possible reflections of mantle discontinuities in Pacific geoid and bathymetry. *Geophys. Res. Lett.*, 21: 1943-1946.
- Zachos, J.C., Wara, M.W., Bohaty, S.M., Delaney, M.L., Rose-Pettrizzo, M., Brill, A., Bralower, T.J. and Premoli-Silva, I., 2003. A transient rise in tropical sea surface temperature during the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Science*, 302: 1551-1554.
- Zachos, J.C., Röhl, U., Schellenberg, S.A., Sluijs, A., Hodell, D.A., Kelly, D.C., Thomas E, Nicolo, M., Raffi, I., Lourens, L.J., McCarren, H. and Kroon, D., 2005. Rapid Acidification of the Ocean During the Paleocene-Eocene Thermal Maximum. *Science*, 308:1611-1615.

出版物 PUBLICATIONS

(矢野 孝雄 [訳])

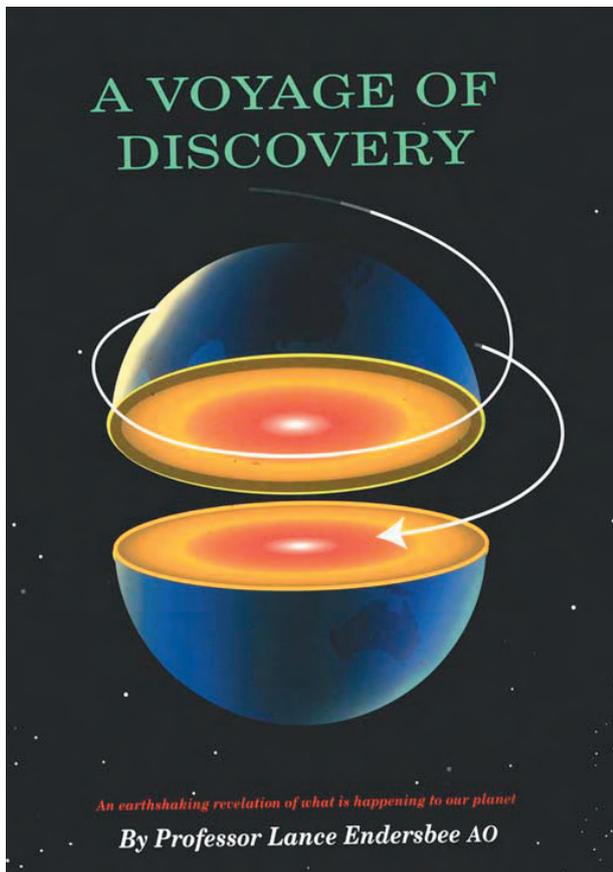
発見の航海

地球に関する考え方の歴史 —水と石油という地球資源への新しい理解, ならびに, 気候問題—
A VOYAGE OF DISCOVERY
A history of ideas about the earth, with a new understanding of the global resources of water and petroleum, and the problems of climate change.

ISBN 0-646-45301-7, 264 p., 2005

著者 Lance Endersbee 124 Overport Road, Frankston, Victoria 3199, Australia. E-mail: endersbee@optusnet.com.au

出版社 オーストラリア, ビクトリア州ベイスター Bayswater, Victoria, Australia の Dennis Jones と協会 (Dennis Jones and Association). この著書は, オーストラリアの Monash 大学書店から, オンラインで購入できる. 詳細は, 著者 (124 Overport Road, Frankston, Victoria 3199, Australia. E-mail: endersbee@optusnet.com.au) に連絡されたい.



著者による紹介

この本は, 地球の水と石油という資源の起源を総合的に分析したものである. この分析によって, 火山活動, 深発地震メカニズム, 膨張地球概念, および気候変動に関する議論が導かれる.

分析の核心は, アレニウスによって初めて指摘された概念, すなわち, 地球の結晶質地殻の下にある溶融した岩

石はイオン化した含水珪素質溶液の状態にある, という点にある. 溶融した珪素は, 水および他の揮発性物質 (二酸化炭素, メタン, 二酸化イオウ, など) を溶液中に吸収する高い能力をもつ. これらの揮発性物質は分子として存在するのではなく, 分解してイオンになっている.

このような特徴は, 火山でよく観察することができる. 火山噴火の際には, 圧力が急激に開放されて, 瞬時に大量の溶融した岩石が破壊される. 微粒粉塵の巨大雲が発生し, それには, 水蒸気や二酸化炭素のような気体が含まれる. 放出されたメタンは, 大気に接して発火することがある. 爆発的火山噴火は, いなかる人工的爆発よりも, はるかに大量のエネルギーを解放する. たとえば, 1883年のクラカトア火山爆発の際には, 爆発音が Alice Springs まで達した.

火山岩に水が含まれることは, 1880年に Judd によって認識された. しかし, 当時の地質家には理解されず, その状態は今日までつづいている. 主流の地質学においてひろく信じられているのは, 火山噴火に含まれる水蒸気は, 表層岩石中の裂隙を浸透した天水, あるいは, 沈み込みによってマントルへ搬入された含水岩石に由来する, ということである. いずれの場合も, もともとの起源は天水であると想定されている.

メルボルン大学の地質学教授をつとめた J.W. Gregory は, 1世紀前に, 大アルトワ盆地 (Great Artesian Basin) の地下水は, 地表面からの天水で涵養されているのではない, と主張した. 氏の説明は正しく, 当をえていた. Gregory は, 無軌道な掘削と地下水の浪費的使用を戒めた. ところが, 浪費は今もつづいている.

前世紀につづけられてきた地下水の略奪は, 今日, 世界中の深層地下水井の枯渇をひきおこしている. 世界中で約 30 億人の人々が, 飲用のための主要水源を深井戸の

地下水にたよっている。

深層地下水資源のほぼすべては、天水の補充をうけていない。それらは、化石資源なのである。そのため、地下水銀行における一時的な売り崩しが起きる。国連食料農業機関は、緊急の地下水開発が世界を食料危機から救う、とさえ示唆したことがある。彼らは、地下水が天水によって補充されるだろう、と想定していた。しかし、地下水は天水によって涵養されているわけではなく、今日では、世界はより巨大な食料危機に直面している。

インド、バングラディッシュ、パキスタン、中国、メキシコ、中東、アフリカ、そして、アメリカ合衆国は、たいへん深刻な問題をかかえている。世界的に著名な地下水水理学の専門家たちは、すべて沈黙したままである。というは、現在の実践的現実が彼らの理論と矛盾するからである。

問題の核心部分にあるのは、地下水の年代測定に関する誤った考え方である。地下水の年代測定作業は、地下水がもともとは天水であったという、基本前提にもとづいている。しかし、ほとんどの場合、年代測定された水はもともと天水であったことが実際には証明されず、そして、もし地下水が天水起源であるとする、その年代は測定された値になるにすぎない。こうして、ほとんどの場合、最終結果は単なる仮定に終わる。この間違いは、深刻な誤解を生み、それによって、多くの国々に計り知れない損害をもたらす。

地球の溶融岩石がイオン化した含水珪質溶液として存在することを認めると、次の新しい認識をうることができる。すなわち、モホ面の性質は、地殻をつくる脆性的結晶質岩石と含水珪質マントルとの間に存在する摩擦のない境界面であり、モホ面は最短周期の横波に対してさえも剪断抵抗を示さない。これは気体とおなじ特性であり、モホ面が溶融岩石の表面に、かつ、結晶質地殻の下に存在するイオン化ガス層であるに違いないことを示す。

メンデレフは、1978年に、石油の起源に関する論文を発表し、天然ガスと石油は溶融した地球内部からの滲出物であり、地表の植物物質の分解物ではないことを示唆した。過去50年間にわたって、この視点はロシアの石油地質研究者に受け継がれ、顕著な成功を収めた。しかし、西側世界の地質研究者は、依然として、石油が植物物質の分解に由来するという考え方に固執している。

深発地震のメカニズムも議論される。溶融岩石中での深発地震は、含水珪質溶液中での剪断性配列の形成によって、すなわち、揮発性ガスイオン(プラズマ)が板状に再配列して剪断抵抗を失うことによって発生しているのであろう。これらの深部剪断帯における剪断変位の大半は、地震活動をともなわないで発生し、断裂することなく滑動することを示す。地震活動の頻度は小さく、“膠着 sticking”とそれにつづく断裂を示す。地震研究者は、最近になって、静穏地震(silent earthquakes)につい

て言及しはじめた。

造構剪断帯における剪断性配列の形成作用は、揮発性物質の地表への移送(“pumping”)をもたらす。地表における揮発性物質の放出は、大地震の際に起きる通常現象である。これは、石油資源と深発地震帯との間に認められる近接性を説明するにも有効である。

この本における火山活動と深発地震のメカニズムについての研究、ならびに、モホ面の本質の理解は、沈み込みに関する考察をもたらす。沈み込み概念は、一定サイズの地球上での海洋底拡大とプレートテクトニクスの組み合わせを説明するために提案された。著者の考察では、沈み込みは物理的に不可能である。

全地球テクトニクスとしての地球の挙動は、太陽の影響を被る。黒点、フレア、磁気挙動の大変動など、太陽の変動はすべて、全地球的テクトニクス挙動に、そしてその結果、気候にも強く影響するであろう。

グリーンランドおよび南極での氷床コアの研究は、約2万年前以降の気候パターンにみられる主要変化を明らかにした。この著書では、氷期における気候変動パターンが太陽-地球力学系に調和的であることが示されている。過去1万年間における変動パターンは、太陽-地球-月からなる力学系に調和的である。したがって、地球が月を捕獲したのは、ごく最近であることは明白であろう。月の捕獲は、最終氷期の末期ころに起きた。月によるより大きな潮汐効果は、海洋循環を大きく変化させ、メキシコ湾流をもたらした。

地球史のこの時期における月の捕獲は、古代のエジプト、ギリシア、ローマ、バビロニア、日本、エスキモー、および南北アメリカ先住民の民間伝承に残されているように思える。

この本は、地球力学システムについての考察、議論および理解を促進するために著された。

Lance ENDERSBEE
Endersbee@optusnet.com.au
2006年10月21日

=====

**JAN VEIZER "CELESTIAL CLIMATE DRIVER:
A PERSPECTIVE FROM FOUR BILLION YEARS OF
THE CARBON CYCLE
地球気候の駆動要因:
40億年間の炭素循環からの1つの観点**

Geoscience Canada, v. 32, no. 1 (2005年3月), p. 13-28.
www.sciencebits.com/files/articles/GACV32No1Veizer.pdf

「地球の気候の急変に関する標準的な説明は、IPCC(気候変動に関する政府間パネル Intergovernmental

Panel on Climate Change) に代表されるように、温室効果ガス、とくに二酸化炭素がその主要な原因である、とする。最近、太陽が主要な原因であるとする別の見解が、多くの経験的観測によって受け入れられるようになった。大気中の二酸化炭素も、太陽変動も、単独では前世紀に観測された約 0.6°C の気温上昇を説明できない。それゆえに、増幅機構が必要になる。包括的気候モデル (general climate model: GCM) では、算出された気温上昇量は“水蒸気による正のフィードバック”に起因するとされる。太陽を原因とする別の考え方では、宇宙線の流入 (cosmic ray flux: CRF) が原因とされる。それは、高エネルギー粒子が大気に衝突して、雲の凝縮核 (cloud condensation nuclei: CCN) ができる。そして雲が、冷却すると鏡として働き、太陽エネルギーを宇宙空間へ反射する。地球に到達する CRF の強度は、太陽 (および地球) の磁場強度に依存する。磁場は宇宙線に対するシールド (遮蔽物) として働き、このシールドは太陽活動によって調整されている (p. 13)。

「要するに、すべての時間スケールにおける上記の観測結果は、潜在的増幅物質としてのみ働く温室効果ガスを含めて、気候の主要な駆動要因として地球の諸現象に向けられる。もし、太陽活動が、統計的には、100 年単位の地球気温変動の 80% を説明できるとすると、同時に、観測された太陽エネルギーの流入変化は、その大きさを説明するには不十分であるため、太陽エネルギー流入に成因的に連動する増幅機構が存在するはずである。前述した雲 / CRF 関係、そして / あるいは、UV に関わる大気力学が、そのような増幅機構になるかもしれない (p. 20).」

「微小な炭素循環は、巨大規模の水循環 (雲を含む) に相乗りしているが、それを駆動しているわけではない。このような観点では、CO₂ は自然の気候傾向を増幅したり、調整するが、それが、この傾向の駆動要因になることはないだろう (p. 22).」

「この論文が、気候問題に直面して過度に単純化された信仰や解決に関する騒ぎにいくらかでも反映されることを願う (p. 26)。」

David PRATT
davidpratt05@cs.com

お知らせ ANNOUNCEMENT

INGV から、主要な潮流に一致しない事実、データ、アイデア、理由づけ、分析、および解釈に関する新しい特集号が、研究所発行の雑誌として 2006 年 11 月に出版された。

地球科学の最前線：新しい考え方と解釈
FRONTIERS IN EARTH SCIENCES: NEW IDEAS AND INTERPRETATIONS

(G. Lavecchia & G. Scalera 編集)

Annals of Geophysics, Supplement to Vol. 49, n° 1, pp. 319-514.

(特集号の PDF ファイルを、ftp://ftp.ingv.it/pub/scalera から、匿名 FTP としてダウンロードすることができる。)

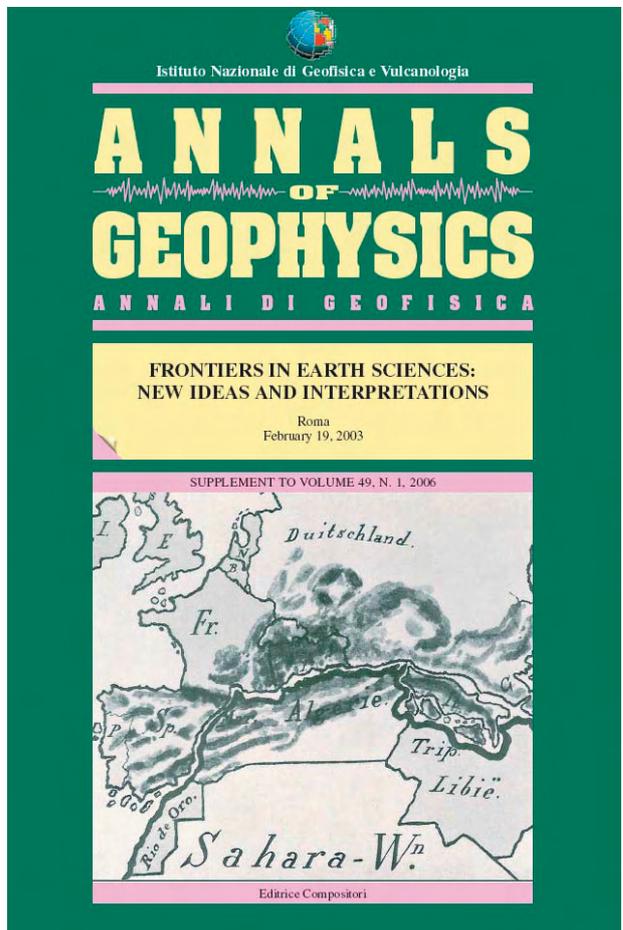
(まえがきから)

地球科学における伝統的学説およびそれにとって代わる学説に関する開かれた議論の必要性について

On the need for an open debate on alternative and conventional theories in the Earth sciences

プレートテクトニクスと地中海ダイナミクスに関する新しい考え方と伝統的考え方をめぐって 1 日のシンポジウムが、2003 年 2 月 19 日に、ローマの INGV 本部で開催された。地球ダイナミクスに関して比較的伝統的な研究を行っている人々、とくに、地震トモグラフィの研究者の招聘も決定された。

最近の 2, 3 年間に、沈み込み帯の幾何学を解明するために、高解像度マントルトモグラフィモデルがひろく利用されるようになった。しかしながら、この分野における 1 つの転換点は、Fukao et al. (Rev. Geophysics, 39, 291-323, 2001) によって著された総説であった。この総説は、コア-マントル境界まで沈み込むスラブに



は、何ら明瞭な証拠もないことを示し、収束プレート境界で沈み込むリソスフェアと発散プレート境界で付加される大量の海洋リソスフェアとの間の収支に大きな問題を生じさせた。これは、沈み込みとプレート縁の進化の本質を再評価する必要性を喚起した。プレートテクトニクス学説を受け入れても、多くの問題、とくに、プレート駆動メカニズムとそれらとコア-マントル境界に働く力との可能な関連性の問題が、不明のままである。これらの力が、マントル湧昇流と大規模なCO₂の放出(大気組成の劇的変化と地表の変化を引き起こしうる)とともに、造構作用と火成作用の脈動的活動をもたらしうるのだろうか? また、地球史における大きな激動をもたらしうるのだろうか?

1日間のシンポジウムにおいて、とくに、地中海地域の地球ダイナミクスについての解釈を含めて、観察事実に関するさまざまな解釈に関する議論が熟成した。この特集号に集められた論文は単一解をあたえてはいないが、それらは、いくつかの問題に新しい見解、そして、いくつかの場合には新しい解釈をもたらした。リソスフェアのテクトニクスと深部マントル作用との関係については、次のような多くの疑問が提出された。地球内部のより高密度部は、より浅部の相対的に低密度の化学相に変化し、地球の体積を増大させるのだろうか? 成長しつつあるプルーム頭部をおおうアセノスフェアが、その上のリソスフェアを引きずることができるだろうか?

多くのマントルプルームは、高温というよりもより、多くの水をふくんでいるのではないだろうか? いくつかの論文は、重力作用を収縮帯形成の中心的な駆動メカニズムであると考え、別の論文は、造山帯の起源が圧縮によることさえも疑問視する。最後には、基礎物理学とのかかわりからみて、重力から光子へのエネルギー転換という根本的メカニズムが、全地球テクトニクスのエネルギーを供給しているとの提案が行われた。

しばしば哲学的ならびに科学的立脚点がひどく異なるために、この論文集に提出された考え方をすべての読者と著者間で共有するが困難であることは、明らかである。しかし、私たちは、これらの考え方が、現代のプレートテクトニクス学説の公認された概念の批判的評価を促すことに役立つように希望している。ヨーロッパの地球科学者たちは、あらゆる逆説と論争が備っている地中海とその周縁造山帯を、類まれな自然研究室として利用することができる。この自然研究室において、地中海域以外でのさまざまな問題に対する新しい証拠と新しい解決がみいだされることを私たちは望んでいる。

Giusy LAVECCHIA and Giancarlo SCALERA
glavecchia@unich.it; scalera@ingv.it

— もくじリスト —

まえがき：地球科学における伝統的学説とそれにとって代わる学説に関する開かれた議論の必要性について

On the need for an open debate on alternative and conventional theories in the Earth sciences (Giusy Lavecchia and Giancarlo Scalera)

1. アペニン山脈の横断方向で集積しつつある歪の GPS 測定
2. 地震トモグラフィおよび地殻下地震活動からみたイタリア半島の深部構造
3. Sannio-Matese 地域における地震活動と応力場
4. 地中海中央部におけるプルーム活動、火成作用、および地球ダイナミクス進化
5. 地中海下の遷移帯にとらえられたマントルプルーム頭部：新しい考え方
6. イタリアにおける炭酸塩岩と kamafugites：沈み込みに挑戦するマントル由来岩石
7. ニューギニア島における展張および鉛直テクトニクス：島弧進化への意味
8. プレートテクトニクスの誤謬：地質サイクル、ならびに、大陸と海洋の保存
9. 山脈の隆起とネオテクトニクス期
10. ゆっくりと発生しつつある海洋としての地中海
11. 非対称な地球膨張による TPW と極運動
12. G の減少なしに起きる重力崩壊：惑星の加熱、膨張および進化のありうる原因
14. 論文評論：先カンブリア紀の地球：速度と事変
15. 論文評論：恐竜と膨張する地球—恐竜のもつ巨大サイズの秘密の解明—

.....

固 結 —膨張する半球環—
CONSOLIDATION
—THE EXPANDING HEMISPHERE RINGS—

Ilton PERIN
iltonp@terra.com.br

要旨 球の中心を通る平面の交線は、表面に円形の半球環をつくる。大陸の間で起きる分裂は、地質学では十分に認められている。しかし、それは、次の2つの理由の1つからである。

- 1) 大陸移動(プレートテクトニクス) 3つの大陸を分離させて新しく発生した地殻は、沈み込み帯で等しく収束し、地球球殻を一定の大きさに保つ。
- 2) 膨張地球 新しい地殻が追加され、地球の体積増加によって惑星の表面積が拡大する。拡大海嶺だけを横切る半球環をみいだすことができると、それは、膨張地球の数学的証明になる。成長する地球は、よりすぐれた総合的地球物理史を復元することになる。アメリカ合衆国地質調査所から提供されたデータを用いると、この半球環は79 mm / 年の速度で膨張しつつある。すべての拡大海嶺における地球全体の膨張は約226.5 mm / 年の速度であり、およそ148.7 mm / 年の速度で沈み込みが起

こっていることを示す。

著者によって、2006年4月に出版された。著者 iltonp@terra.com.br に連絡すると、無料で出版物を入手することができる。

"TECTONIC PAPERS" テクトニクス論文

著者 : A. C. M. LAING, 39 p., A. C. M. LAING 出版, 2001年. 本の注文先は, 著者 Bellbowrie, Queensland, Australia cla8650@bigpond.net.au

沈み込みとおしかぶせ断層運動
SUBDUCTION AND OVERTHRUSTING

著者 : Andrew KUGLER, Jr.
andy@akgcompanies.com
2006年11月出版, 62 p.

「まえがき」から

プレートテクトニクス説は、褶曲山脈は衝突プレート縁での沈み込みによって変形するとする。対照的に、褶曲帯と山脈の直接的地質証拠は、押しかぶせ断層運動が山脈形成作用にとって、沈み込みよりもはるかに重要であるという魅力のある経験的証拠をもたらす。テクトニクス図の研究は、変形帯におけるある顕著な造構特性が普遍的に存在することを明らかにする。その重要性は、従来の地質学的文献では認識されることがないものである。この特性は、沈み込みと押しかぶせ運動との識別を可能にするものであり、200 ~ 300km² ~ 200 ~ 300万 km² のひろがりを持ち、全地球的に認定されうる。この識別方法にもとづく分析は、地球表面において沈み込みは実に稀であるが、押しかぶせ断層運動は遍在することを証拠づける。それゆえ、沈み込みは、山脈形成の主要メカニズムではなさそうである。全地球的に遍在する沈み込みの証拠がないとなると、より重要になるのは、深海盆の年代と形状は、地球膨張なしには合理的説明がたいへん困難になることである。

もくじ

- 押しかぶせ断層運動から衝下運動を識別する
- パプアニューギニアの衝上岩層
- ザグロス褶曲帯
- 西アフリカ：ガボンからアンゴラ
- 西太平洋：フィリピン、台湾、琉球列島、およびマリアナ海溝
- カリブおよびスコティア弧
- アリューシャンの島弧と海溝
- 南アメリカ
- 重力滑動
- 衝上岩層、褶曲帯および主要プレートの造構応力系
- 薄層と座屈変形
- 全地球分析
- 沈み込み
- 海盆の構造
- 全地球のテクトニクスと造山運動

著者は、1953年に、ニュージーランドの偉大な地質学者 H. W. Wellman のもとで、ニュージーランド地質調査所 ウェリントン支所に勤めていた。その後、石油地質家となり、オーストラリア、ニュージーランドおよびパプアニューギニアの全域にわたる広大な範囲の広域地質図作製に従事し、合衆国、ロシアおよびヨーロッパも訪れた。著者は、褶曲作用と断層運動の原因に興味をもつようになった。氏の観察とそれにもとづいて描かれた断面図は、ある特定の年代の地層に形成された背斜や向斜の翼傾斜角が、太平洋縁、すなわちニュージーランドから遠ざかるにつれて、小さくなることを示した。これは、オーストラリアとニュージーランドにおける褶曲をひきおこした水平応力の原因が、太平洋縁にあることを示唆する。ある場所では、地層の年代とともに、地層の褶曲度が増大する。走向方向に直交する広域地質断面は、Dahlstrom (1969) の指摘のとおりバランスさせて、連続的褶曲応力をなりたせる必要がある。したがって、地殻短縮とその強度は、岩石に働いた仕事の物理的意味としての造構の仕事量とみなすことができる。それがもっとも大きいところが、応力源である。南東オーストラリアのビクトリア州を横切って、褶曲軸間隔がより密になるほど、デコルマ帯の深度がより浅くなる。簡単な三角法計算によると、ビクトリア州を横断する方向でのオルドビス紀以後～デボン紀以前における地殻短縮量 410km は、Lyttleton and Bondi (1992) が計算した地球直径の短縮速度 3cm/年に適合する。同時に、太平洋海盆は膨張していて、太平洋海盆の反対側での鏡像として、北アメリカでの褶曲作用をともなった。オーストラリアの地史のパターンは、大陸棚の形成史の一例である。それは、現在、西オーストラリア大陸核をとりまく堆積盆地として残されていて、より新しい大陸棚ほどより深く埋没している。したがって、石油探査という目的での基盤岩類は、西オーストラリアでの上部原生界から、東オーストラリア沿岸での三畳系へと移行する。

この種の造構解析はこれまでにどこにも適用されたことがなく、失望したことには、造構運動の研究者は地球物理学的解析を好む。とくに、私は、岩石磁気測定の間違った応用 (大陸漂移神話を創りだした) にかかわる課題をとりあげた。「プレートテクトニクス神話」に関する著者の論文は、本号に掲載されている。

文献

- Dahlstrom, C. D. A. (1969) Balanced cross sections. *Can. Jour. Earth Sci.*, v. 6, p. 743-759
- Lyttleton R. A., Bondi H. (1992) "How plate tectonics may appear to a physicist" *Journ. Br. Astron. Assoc.*, v. 102, p. 4.

本の紹介 **BOOK REVIEW**

火山, エルニーニョ, および, 宇宙のへそ

Volcano, El Ninos, and the Bellybutton of the Universe

著者: Dan Walker 出版社: Xlibris, 2000

(矢野 孝雄 [訳])

私は、ハワイ在住中に Bruce Leybourne を通じて、ある人に会った。Bruce は、ENSO/El Nino をひきおこしう原因を研究していた。興味深いことに、North Shore にある彼の自宅のラナイ [居間として使用するベランダ] で、Dan Walker は氏の最新の著書 "Volcano, El Ninos, and the Bellybutton of the Universe" を寄贈してくれた。この著書は、ニュースレター前号に掲載された El Nino に関する論文にたいへん整合的であるので、私はそれを再読して、Xlibris 社から 2000 年に刊行された Dan の著書についての評論文を書くことにした。

Walker は、太平洋海盆の周辺で起きる地震を研究しているハワイ地球物理学研究所 (HIG) というびったりの場所で生涯をすごした。氏は活発に活動して、Marcus, Wake, Midway および Easter 島といった遠隔地に関する観測所を創設し、時間の許すかぎり情報を収集した。これらのデータから、氏は、P-, S- および T- フェーズとは別に、不明確な "不思議な" ノイズを収集しつづけた。Dan は生涯にわたってこのノイズに注目したが、それが何であるかを真に理解することはなかった。氏は、東太平洋海盆で海洋底拡大が起きると (地震学)、ふつうは、それにとまって El Nino 事件が発生することをうまく解明した (海洋学)。氏はときどき、この事象を、このような事変が起きる期間にわたって Easter 島にかかっている低気圧に結びつけた (気象学)。そして、それらのデータを 3 回に分けて、EOS (AGU の雑誌で、3 万人以上の地球科学者が講読) に公表した。

誰かが興味をもつことは、確かであろう。氏をひどくがっかりさせたのは、誰も、彼が示したことをとりあげなかったことである。多くの遠隔地に地震情報局が置かれたことがないので、私たちは、"正規のルート" 以外で起きるいかなる事件についても、その種類や規模についての手がかりをもっていない。退職を機に、氏は、彼のライフワークを記したこの小さな本を出版した。その最後のことは、誰か若い非現実主義者が氏の考え方を見出し、彼の初歩的研究を発展させるだろう、というものであった。

このようなできごとが、実際に、ステニス宇宙センターで起きた。それは、Bruce Leybourne が、このデータをサージテクトニクスの骨格に組み込み、すべてを結びつけたときである。しかし、氏は無視されたままである。世界中の "科学者たち" は、研究分野の垣根をこえることができるようには思えない。これは、Bruce が、多くの大学の PhD 研究課程へ入学しようと試みたときに発見した 1 つの不幸な事実である。それゆえに、私たちのグループに所属する 300 人のうちの一人は、最終結果はいかにせよ、Dan の独創的な考えが享受されるように橋渡しをしなければならないだろう。ひいきみにみても、新概念が離陸するのは困難である!

Chris SMOOT
ncsmoot@yahoo.com

ニ ュ ー ス **NEWS**

(矢野 孝雄 [訳])

アメリカ石油地質家協会 ヨーロッパ会議
AAPG EUROPEAN CONFERENCE
神話に挑戦せよ "Challenge our myths"

期間 2007 年 11 月 17 ~ 20 日
会場 ギリシア, アテネ国際会議センター Megaron

私たちの NCGT セッション「全地球的地質ならびに大規模地質における非伝統的な学説およびアイデア: Untraditional theories and ideas in global and large scale geology」(セッション番号 014, 共同議長: K. Storedvedt and S. Tassos) に、まる一日間の口頭発表

と広いポスターセッション空間が割り当てられた。読者のみなさまには、2007年2月1日までにセッション組織者へ要旨を提出されるようお勧めしたい。

Karsten Storetvedt Karsten.storetvedt@gfi.uib.no
Stavros Tassos s.tassos@gein.noa.gr

テチス海の地質に関する第2回国際会議 2007年3月19～22日 カイロ大学

Karsten Storetvedt 教授が基調報告者、およびショートコース講演を務める。

基調講演：全地球ねじれテクトニクスの枠組みの中でのテチス海 The Tethys in the framework of global wrench tectonics

会議後ショートコース：地球に関する学説：地史を説明するための長期間論争 Theories of the Earth: The longstanding battle to explain geological history

詳細は次へ連絡下さい：

テチス地質学会

気付：El Sayed Abd El Aziz Aly Youssef 教授

Geology Department, Faculty of Science, Cairo University, Giza, Egypt

www.TGS-international.com

財政的支援について **FINANCIAL SUPPORT** 新購読料システム NEW SUBSCRIPTION FEE STRUCTURE

(赤松 陽 [訳])

私たちは、オンライン購読の場合、個人で可能な方からは30米ドル(45豪ドル)あるいは相当額以上の、また、図書館に対しては50米ドル(75豪ドル)あるいは相当額の財政援助をお願いしております(以前と同じ)。しかし、印刷物での購読の場合には、図書館では70米ドル(95豪ドル)、個人では50米ドル(75豪ドル)を新しく設定させていただきました。少額ですので、ばかにならない銀行手数料の支払いを避けるために、私たちは、銀行為替手形か、New Concepts in Global Tectonics宛での支払い可能な個人小切手を発行してもらうことをお願いします。あて先は 6 Mann Place, Higgins, ACT2615, Australia.

銀行を通じて送金する方のための銀行預金口座細目：銀行名－Commonwealth Bank, Belconnen Mall ACT Branch (BSB 06 2913)10524718. 口座加入者名－New Concepts

in Global Tectonics.

自国通貨が国際的に流通する国の方は、個人小切手の場合、自国の通貨立てで発行してください。たとえば、カナダからの送金の場合、カナダドル立てでというように。というのは、もし、カナダから米ドル立てで発行されると40ドル、豪州ドル立てで発行されるとそれ以上の手数料がかかってしまうからです。また、銀行為替手形の場合は、豪州ドル立てで発行してください。もし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には、ご送金の際に一言、お知らせ下さい。

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。