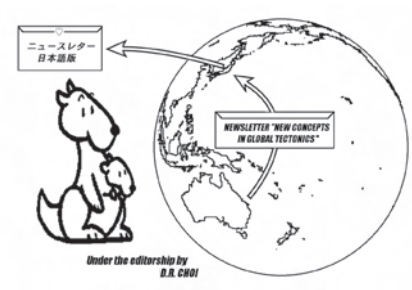
ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

NCGT NEWSLETTER New Concepts in Global Tectonics

No. 56 2010年9月 ISSN: 1833-2560 編集：D.R. Choi （日本語版 2011年1月）



編 集 部：Peter JAMES, Australia (PO Box 95, Dunalley, Tasmania 7177); 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 ［赤松 陽 訳］ …… 2
■ 編集者への手紙 ［赤松 陽 訳］ …… 3
■ 原著論文
Global tectonics: An ocean floor structure and age reality check **N. Christian SMOOT**
グローバルテクトニクス：海洋底構造と年代の真実性の点検 ［山内靖喜・小坂共栄 訳］ …… 8
Lunar periodicities and earthquakes **Vinayak G. KOLVNAKAR et al.**
月の周期性と地震活動 ［宮城晴耕・小泉 潔 訳］ …… 10
A new theoretical conception concerning the tectonic processes of the Earth **Hatam GULIYEV**
地球のテクトニックプロセスに関係する新しい理論的概念 ［岩本広志・川辺孝幸・矢野孝雄 訳］ …… 30
Blot's energy transmigration concept applied for forecasting shallow earthquakes **Dong R. CHOI**
Blot エネルギー移送説に基づく浅発地震の予知 ［角田史雄 訳］ …… 47
Crater formation possibly associated with an ascending thermal plume **Alexandre B. MEDVEDEV**
サーマルプリュームの上昇に伴うクレーター形成の可能性 ［久保田喜裕 訳］ …… 53
■ 随筆
Science in dishonest parade **Karsten STORETVEDT**
不誠実な行進における科学 ［柴 正博 訳］ …… 43
■ 出版物 ［矢野孝雄 訳］ …… 68
■ ニュース ［矢野孝雄 訳］ …… 70
■ 財政的財政的支援・ニュースレターについて …… 72

NCGT Newsletter に掲載された画像をダウンロードすることができます！

→ 詳しくは，日本語版ニュースレター no.55 の p.59 をご覧下さい.

連絡・通信・ニュースレターへの原稿掲載のためには， 次の方法の中からお選び下さい：NEW CONCEPTS IN GLOBAL TCTONICS
1）Eメール：editor@ncgt.org, ncgt@ozemail.com.au, または ncgt@hotmail.com; 1ファイルは5 MB（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.

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と編集部の責任ではありません.

NCGT NEWSLETTER 季刊国際オンラインジャーナルです（発行：3月，6月，9月，12月）.

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］）

新たなグローバル・ダイナミクス・パラダイムの追求
―事実のデータからモデル，そして人間の相互作用―

第 34 回万国地質学会議 オーストラリア ブリスベーン大会 2012 年 8 月 2 日– 10 日

PURSUIT OF A NEW GLOBAL GEODYNAMIC PARADIGM
— from factual data to models and human interactions —

THE 34TH INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS
BRISBANE, AUSTRALIA 2-10 August, 2012

コンビナー：
M.Ismail Bhat, Srinagar, India. bhatmi@hotmail.com
Dong R. Choi, Canberra, Australia. raax@ozemail.com.au
Karsten M. Storetvedt, Bergen, Norway. Karsten@gfi.uib.no

1996 年の NCGT グループの設立以来，私たちは，世界の隅々から集まった膨大な量のしっかりしたデータ提供してきました．そして，私たちの討論の場― NCGT ニュースレター誌上で，それらを，たとえばトモグラフィ画像のような，地球物理的な方法でえられた地球の深部構造と比較してきました．はるかに細分化した主な業績のいくつかは以下のとおりです．1) 海盆における大陸地殻の広範囲にわたる / 多くのできごと．そして，2) 地殻の’海洋化作用’を含む地球浅部のテクトニックなマグマ性活動の原因となっている外核の放出エネルギー．これらの他に，地殻の構造と地震活動の関係や，太陽と他の惑星との相互作用の分野でさらに多くの貢献がなされてきました．これらの業績は，不幸なことに世界の地球科学の思考過程を未だに支配しているプレートテクトニクス理論の非常に基本的な教義に異議を唱えてきたことです．

私たちは，プレートテクトニクスに代わる地球力学モデルの準備段階に達した，と明確に述べることができるでしょう．地球進化に関するどのような新しいモデルであっても，地球の表面やその内部で観察された重要な地質学的・地球物理学的データ・現象を説明しなければならないし，地球規模の気象災害，地震・火山災害のような人類が今日直面している緊急課題や，鉱物資源と深海探査を結びつけた局面への手早い回答を提供しなければなりません．

第 34 回 IGC は，私たちが集って，蓄積した確かな証拠を共同で再検討し，それを根拠にして，もっとも妥当な地球力学システムについて討論するための，タイムリーな会場を準備しています．それはまた，私たちにとっては，我々の業績を世界中の地球科学界の目にさらす絶好の機会であります．

以下の話題は現在検討中のものです．口頭とポスターによるプレゼンテーションが計画されています．NCGT セッションの組織化はまだ準備段階にあります．私たちは，それらが利用できる段階になったら（アブストラクト，参加登録，宿泊設備などの提示を含む），より詳しい内容をお知らせします．私たちは，NCGT セッションに関するどのようなご意見，ご提案も歓迎します．第 34 回 IGC に関する全般的な情報は，www.34igc.org にアクセスすることにより，ウェブで知ることができます．

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

プレートテクトニクス教義の危機的な試練
　－サブダクション
　－（大洋底）拡大
　－地磁気の縞模様
　－大洋底からの岩石と海洋地殻の構成物
　－構造・地形学・深海の測深学と大陸縁辺
　－大陸核の保護・残存
地球気候と構造学
地震・火山活動とその予知
造山運動、褶曲帯とネオテクトニクス
新グローバルテクトニクスからみた深海油田・ガス資源
地球深部構造と新地球力学モデル
　－核とマントルの構造
　－太陽－地球－他の惑星の相互作用
　－新しい全地球力学モデル
その他

・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・

編集者への手紙　LETTERS TO THE EDITOR

（赤松　陽［訳］）

新しい概念とこれから進むべき道

NEW CONCEPTS AND THE PATHS AHEAD

1956年という年を振り返ってみると，私はその頃，学部の１年生でしたが，当時の地質学部は，Sam Carey氏によって大陸移動の話が論じられていました．話が終わったとき，私は，質問をしている教室のスタッフのメンバーや先輩の学生を呼び戻すことはしませんでした．聴衆は，Sam Carey氏ほどの地位のある地質学者がそのような外来の概念を公然と支持していることに明らかに魅了されていました．そのとき以来，もちろん，大陸移動に対する支持は，大陸そのものが自身の原因によって移動するよりもさらに速く広がりを見せました．

最新のNCGTニュースレター(55号)におけるStoretvedt教授によるエッセイ「没落してゆくプレートテクトニクス」は，この移動論陣営の発展の歴史と同時に，専門的な（そして知れわたっている）信念が，概念の神聖さについての度重なる主張を用いることによって，どのようにして形成されていったのかを指摘する上で教訓的であることも魅了するものでした．人は，そのような独断的な宣伝，この場合，基本的な地質学の論争点についての議論を始めると政治的に妥当でなくなる段階にすぐに達してしまう，という宣伝のレッテル貼りを許されるのかもしれません．しかし，そのような試みはいずれも，スローガンの使用によって単純に却下されました．これは，実質的にはあらゆる嫌疑をかけられているプレートテクトニクスのメカニズムが，根拠薄弱のまま，あるいは，実に空想のように人を信服させるに足る提示を行えたということを明らかにした非順応者から，発展する証拠として固く守られたました．

基本的にジグソーパズルから由来したこの概念は，ウェゲナー［Wegener］の大陸配置（移動）に近いということを思い出す時，地球科学における移動論者の支配は，いっそう注目に値するものとなります．明らかに，ここでグローバルな古地磁気の記録による大きな後押しが与えられました．しかし，ここでも，また再び，解釈は先入観によって救われ，教唆されました．つまり，極移動の可能性は，主に方程式から得られたのです―外見上の明白な極移動の軌跡にユニークな大陸移動の解答を与えることは，後知恵のように思えますが．彼らの本『大陸移動』(Penguin,1977)の中で，Tarlingsは，赤道部分の膨らみの安定効果を勝ち取るために必要なトルク，つまり，極移動を起こすのに必要なトルク（回転モーメント）を評価して，この先入観を支援しました．彼らは，乱暴にも，離陸の際の100万機のジャンボ機に相当するとの見積もりを出した．Tarlingsは，もしそのようなトルクが地球に適用されたとしたら，それは〝地球をバラバラに壊すだろう〟と主張しました．

彼らのそのようなドラマチックな結論は，アレクサンドリアにおける最後の名高い天文学者プトレマイオスによって，西暦２世紀に与えられた類似の予測予知を思い出させます．太陽系における自己（地球）中心対太陽中心というその当時の論争において，プトレマイオスは，太陽中心によって求められるように―もし地球が回転しているとしたら―それは〝自身がバラバラに壊れるだろう〟ということを断言しました．

ちなみに，プトレマイオスも，当然すべての天体は地球の周りを回る周回軌道を示すというアリストテレスの断定に固執していました．この断定と一致させようとして，利用できる豊富な天体観測結果をアレクサンドリアに持って来たプトレマイオスは，グルッと360°丸く曲がった長いコルク栓抜きに似た軌道に沿って天体の運行をさせるために，仮定された周回軌道の上に周転円を置かざるを得なかったのです．時たま，彼は，彼の願望を実現させようと，月と太陽までの距離を偽証しただけでなく，周転円に第２の周転円を乗せなければならないことがわかりました．それから，西洋は千年紀と暗黒時代の半分に突入したのです．

古地磁気のデータと「明白な極移動の経路」の結果の統計的な使用へと話題を戻すと，まだはっきりさせる必要がある第二の問題が２，３あります．はじめの問題は，多くの岩石が複数の古地磁気極(palaeo-pole)の証拠を示しているということです．たとえば，比較的乱されていないホークスベリー(Hawkesbury)砂岩には，３つ記録されていました．そのような場合，適切な極を選ぶために使われる基準は何でしょうか？ 第２の点は，海成粘土は，多少ランダムな方向に向いた粘土板小片として，凝集した状態で堆積していることです．しかしながら，固化において，その板小片は好ましい半ば水平の方向をとるために回転します．筆者が知る限り，このようなことが古地磁気偏角に影響を及ぼすかもしれないという方法による研究はなされてきませんでした．

もし，これら２つの第二の問題が状況を大きく変えないならば，私たちはプレートテクトニクスの深刻な問題に直面することになります．それは，サブダクションについての確実な証拠の完全な欠如；仮定された海洋拡大様式の深刻な異常；動いている基盤上の堆積物の客観性なく言われている振る舞い，等です．サブダクションのようなこれらの問題のあるものは,Dong Choi博士他の方々による本誌の記事の中で効果的に扱われてきました．しかし，これは，移動論者の甲羅にはっきりとしたへこみ

をほとんど作りませんでした．人は，袋小路の状態の地位をそれほど長年月にわたって守っている移動論者たちの献身的な能力に感動しなければならないと私は思います．

記憶にとどめられたこのような歴史によって，近い将来，つまり，移動論の戯画化が最終的に寝かせつけられた時に，地球科学の主流がどのような流行を喜んで受け入れるか，人はふと予測してみたくなります．地球膨張は，より広い支持を得ているように見える１つの考えであり，これを正当化する理由は２倍に見えます．膨張は，海盆の最近の発達に対してほんのわずかなトラウマ的な説明を提供していますが，ついでに，サブダクションの問題を避けています．地球は２億年前には現在のサイズの約70%でした．もしそうであるならば，地球の膨張は，大陸に適合するさらにきちんとしたパンゲア形式をも提供しています．しかし，みなさん，Wegenerによって演じられたと同じような室内ゲーム，今日の地質学の袋小路へ私たちを誘い込んだゲームは，この大陸のジグソー操作ではないのでしょうか？

地球膨張の一つの結果，とくに上述した地球膨張の大きさは，たしかに，地球の慣性モーメントにおいて，回転している楕円体の半径の二乗に比例するこのパラメーターに重大な増加があったからに違いありません．しかし，化石サンゴの研究は，過去４億年以上，地球自転の回転速度の突然の減少などなかったことを示しています．このことを説明するために膨張論者たちは，ややもすると，地球内部の密度の補償的変化を自明のこととして仮定します．つまり，仮定の第２セットは現在，混乱しています．地球科学に対してこの第２セットをもっともらしくするためには，密度変化のメカニズムの定量化が必要とされています．たとえば，必要な膨張と必要な補償のための両方の密度変化をもたらすことができる地球内部の放射性あるいは他の膨張性材料の集中のようなものとはどのようなものでしょうか？ その上，これら両方の変化は，基本的な地球の完全な状態と表面の形状を乱すことなしに行われる必要があります．もし増加的なあるいは小刻みな膨張が起こるとしたら，たしかに求心力のパターンが，地球に歳差運動・極移動のでたらめな変化を起こしたり，止めたりして，この問題を解決するのかもしれません．海洋は，そのような変化に対して，広範囲にわたる絶滅を引き起こす空想科学小説の津波のように，あたりをばちゃばちゃと洗い流すことで，ただちに反応するでしょう．私たちは，そのような経験の後，どのようなものにせよ生き残りの生命形態が残されことは実に幸運であったのかもしれません．しかし，私たちはまだここにおり，絶滅の記録を完全なものにするために，我々自身の自滅的な傾向を待つというねたましい立場にいます．

研究成果におけるもう一つの最近の発展は，サージテクトニクスの概念とそこから派生したものです．これまで，命題は，形態的なタイプの解釈にその基礎を置いているように見えます．つまり，それがOKにみえるならば―特にコンピューター画面上で―それはOKなのです．しかし，そのような論証には次のようなステップを必要とします．それは，関連する応力の数値計算に基づいたある程度の定量分析；そのような応力の起源；剪断強度のパラメーターがかなりしっかり確立されている地殻の環境におけるそれらの効果，などです．

結論として推測されるかもしれませんが，私が考えた個人的な見解は，新しい概念・考察は歓迎されるとはいえ，これらは，いくらかの重要性の認識，できれば，どのような提案された概念でも機能を果たすかもしれないという，いくらかの定量的な評価を伴う必要があります．そのような評価のどのような展開においても，自然の物質のふるまいについての確立された法則への執着は―期待されているものへの信心でなく―将来の研究の成果をあげるために最も重要なことです．

さらにまた，どのようなグローバルテクトニクスの提案であろうと，その枠組みの中に，幸いにもまだ利用できる地質学の観察の長い歴史を取り込める可能性なければなりません．たとえば（付随して，Sam Careyによって述べられた事実），すべての褶曲山脈の起源は赤道である，といったことです．そのような発見は，私にとっては，無視するにはあまりに重要であり，明らかにその通りなのです．合理的な説明は，たとえば，すべての海洋で発見される巨大な海底谷のような特徴についても必要です．このようなグランドキャニオンサイズの峡谷は，硬い岩石が浸食されてきました．そしてしばしば，広範囲の深淵な扇状地で終わっています．表面的で断続的な混濁流の活動の結果だというように，このような特徴を説明することは，私にとっては，地球科学とは別のとりとめのない想像のように見えます．水中下では陸上におけるような動水勾配はありません．

さらにまた，混濁流は級化堆積物を生産します．しかし，広範囲の深淵な扇状地は典型的な互層堆積物でできています．アイソスタシー，リフトの形成，割れ目玄武岩，ダイクやシルの貫入，断層の延び，河川の下刻作用などのようなその他の地質学的な過程はすべて，当然，地質工学的な鑑識眼に基づいて日常行われるたぐいの分析に従う必要があります．しかし，そのような分析は，1959年の断層作用についてのHubbert & Rubeyの草分け的な仕事以来，地質学の文献からは欠如していたため，それがかえって目立ってきました．結局，私たちには，陸地がヨーヨーのように上下している間にも海水準は不変のものとして受け入れる，といった大部分の地質研究者が持っているような性癖，最近の“氷河時代”の間の急速な気候の変動の問題や地震に対する神秘感を持っているのです，―この独特のトンネルの先には光が見えるのですが．いずれにしても，これらすべての問題は，ここまで主流をなす地球科学によって企てられてきた以上の，より厳しい方法で再対処する必要があります．われわれがより多くのウサギを帽子の外へ引っ張り出す方向に進む前に，定量的なデータのしっかりした核心（観察と分析）が，有効な基礎となるでしょう．

Peter M. JAMES
glopmaker75@hotmail.com

イタリアのタロウ渓谷における地震と発光現象

LUMINOUS PHENOMENA AND EARTHQUAKE IN TARO VALLEY, ITALY

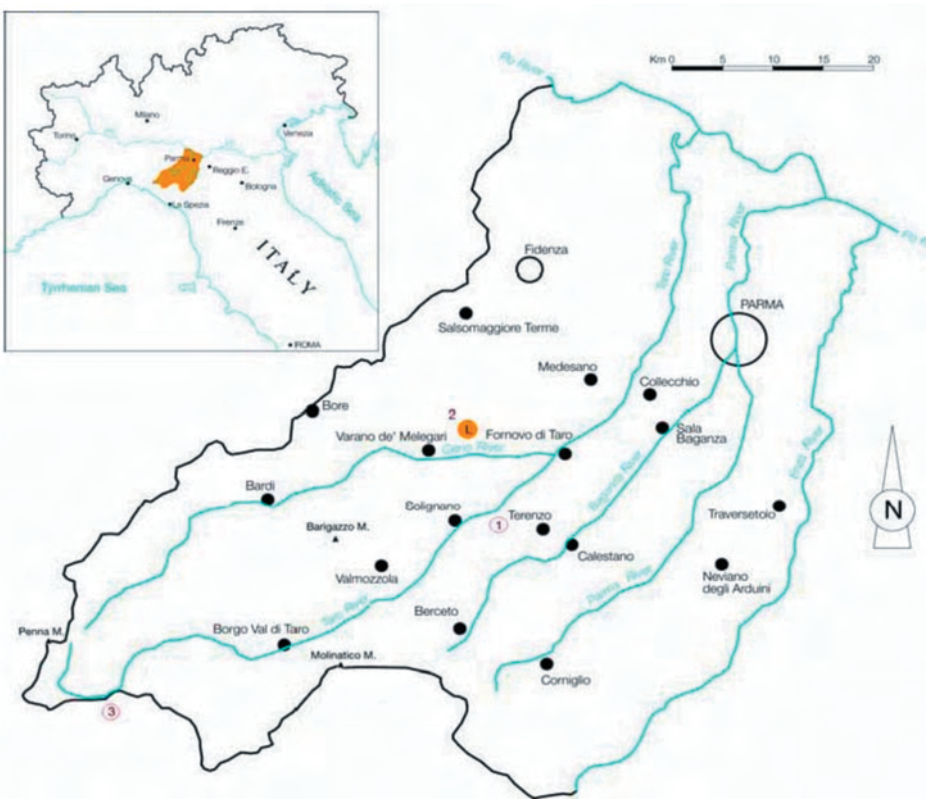
NCGT のニュースレター No.44 において，タロウ（Taro）河（イタリア アペニン山脈北東部）の地震線に沿う地震の，空中における発光現象の出現と地震の関係に基づいた予知のための作業の方法が提案されました（Straer 2007）．光球の出現と地震の間に経過する時間間隔の反復を確証するために，実験は，空中での発光現象が長年にわたり報告されてきた（第 1 図）タロウ川とパダナ（Padana）平原の一部分における両方の地震線の中央長の観察を行おうと，丘陵地帯（イタリア，フォルノヴォ（Fornovo）のタロ近郊のプリンツェラ山（Monte Prinzera））における実験場としての配置を許可したフォルノヴォ・タロウの自治体の貢献を得て，2010 年の 4 月と 5 月に始められました．検査の間，構造上の応力による通常の圧電性の活動が記録され（第 2 図），また，空中も監視されました．

実際に，タロウ河の谷は，空気中の発光現象と地震の間に起こる関係を研究するためのこのような調査に対する自然の実験室を構成しています．たとえば，2009 年には“たった”4 回の地震が起こり，“たった”1 回の発光現象がタロウ峡谷の下流で記録されました．

発光現象（2009 年 5 月に観察された）とそれに関連した地震（およそ 35km 離れた所で 2009 年 7 月 18 日に起こった）の間に経過した時間の間隔は 50 日でした（Straser, 2009）．

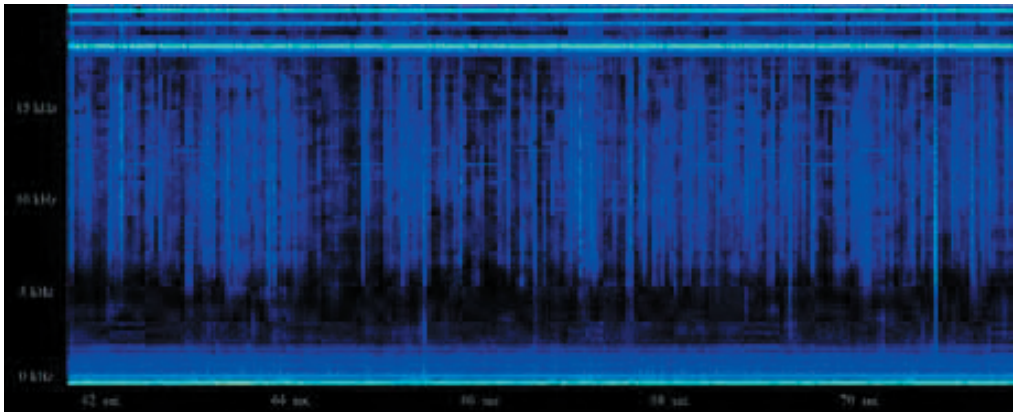
モニタリングは，航空宇宙のエンジニアの James Bunnell 氏（テキサス州）およびイタリアの天体物理学者 Massimo Teodorani 氏と共同して（第 3 図），以下の機材を使って，夜 21 時 30 分から 23 時 30 分にかけて行われました．

- アナログ磁力計：アナログ的，デジタル的にコンピューターと情報交換できる．
- VLF1-3000 ヘルツ帯ラジオ受信機
- 3 界自然 EM メーター：磁気,電気,マイクロ波のフィールドでの挙動の為のアナログ検波器
- デジタルカメラ 12 メガピクセル（高解像度）までの分析，’写真追尾’のためにセンサーに接続した 35 ー 300mm ズームレンズ
- 近赤外線写真のための 8000 ー 12000A デジタルカメラ
- 望遠鏡に接続した 35 ー 300mm ズームレンズ付きレフレックスカメラ（従来の写真）



第 1 図　地域概略地図（1 ー観測；2- 光球；3- 関連地震の震央領域）

No.	Date	Time	Latitude	Longitude	Depth	Magnitude	Seismic area
1	2009/03/03	15:26:00	44.474	9.723	70.8	Ml:3.1	Val di Taro
2	2009/09/03	04:38:10	44.684	9.839	26.7	Ml:2.6	Val di Taro
3	2009/10/19	10:08:50	44.76	9.735	25.8	Ml:3.9	Val di Taro
4	2009/10/22	00:03:24	44.808	9.781	23.8	Ml:2.9	Val di Taro



第 2 図 VLF 帯の電磁波記録（2010 年 4 月 22 日）Massimo Teodorani による．

第 3 図 左：空を探査中の Massimo Teodorani（左）と James Bunnell（右） 中央：光球の映像（Massimo Teodorani による）．右：光球の映像（拡大図）．

第 4 図 2010 年 7 月 10 日の地震（www.ingv.it 参照）

－高能力望遠鏡に接続した夜間捕捉モード付き高解像度ビデオカメラ

2010 年 5 月 20 日の夕方に，発光現象が撮影されました（第 3 図中央）．画像の分析から，見かけの姿勢の弧（およそ 60 秒：第 3 図右）が，地球の自転によって細長く見えたことから，これは星ではないということが推論されました．確証（これは飛行機や星の光ではなく，異常な光であるという）は，これが姿勢（丸い弧）の中でまったく動かなかったという事実からきています．実際，星は短い線になるけれども，飛行機からの光は曲線になります．

この研究では，地震の前駆と考えられる光球は，震央の

領域とともに地震の予知を可能とさせてくれました．

目撃の日（2010年5月20日）に52日が加えられました．それは光球の出現とタロウ河（イタリー，アペニン山脈北東部）の地震線に発生した地震の間に経過した平均的時間を表しています．一方で，震央の領域は，提案された方法に基づいて，光球の出現に関連して40km程度と見なされました（Straser，2007）．計算により，タロウ渓谷の地震地帯における地震と震央には，7月11日の日付が与えられました．

予知した地震は，予知の日より1日早い7月10日に起こりました（第4図）．発生の可能性の日時と震央の領域の見積もりの両方の確認は，1ヶ月以上も早くなされました．

文　献

Bernini, M. and Papani, G., 1987. Alcune considerazioni sulla structura del margine appenninico emiliano tra il T. Stirane e il T. Enza. Ateneo Parmense, Acta Nat., v. 23, 4. Atti del Meeting <Bridle deformation analysis in Neotectonics> Firenze, 17 aprile 1986.

Petrucci, F., Careggio, M. and Conti, A., 1996. Dinamica dei versanti e della pianura della Provincia di Parma. L'Ateneo Parmense, Acta Naturalia, v. 32, p. 1-39.

Straser, V. , 2007. Precursory luminous phenomena used for earthquake prediction. The Taro Valley, North-western Apennines, Italy. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 44, p. 17-31

Straser, V., 2009. Letter to the Editor, New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 52, p. 6-8.

Website cited. http://www.ingv.it/

Valentino STRASER
fifurnio@tiscali.it

再び、ひねり運動とテクトニックな渦構造について
JERKS AND TECTONIC VORTEX STRUCTURE

地球は，さまざまな種類の太陽活動による太陽風の中での変化に的中する時，核や核／マントル境界の内部では，電気によるジュール発熱に拍車をかけながら，別名ジャーク（ひねり）と呼ばれる誘導作用が起こります．John Quinn氏は，これらのジャークは，あるいは天体間と同様の bari-center motion を通じて，地磁気的に制御されているはずであると断言しています．Giovanni Gregori氏は地球を漏れやすいコンデンサーにたとえています．それはぴったりのたとえです．エネルギー入力が正確に起こるところで，私たちは最終的にモデルを作ることが出来ないでいました．しかし，太陽のイベントが起こる時に，軌道の方向と整列によってそれは決定されるようです．いずれにしても，それは，強度に応じたジュール熱として，何らかのシステムの中にエネルギーをつぎ込みます．それは深さによる熱密度変化，すなわち，気象前線あるいは熱帯波と同様に上方あるいは地球の自転とともに東の方向へ移動を始める重力波です．また，いくらかの潜在的な機械的エネルギー入力，すなわち，惑星を通じてのねじれと振動もあります．このエネルギーは，サージチャンネルと渦構造を通って移動するので，気圧，熱水の放出，地震活動，火山活動などに直接関係している内部の密度を変化させます．主要な大気の指標，たとえば，エルニーニョ南部の振動，北大西洋の振動，太平洋循環指標などは，この現象によって直接，調整されるのです．ジェット気流のパターンがシフトすると気候変動はさし迫ります．

私は，私が太陽／電気関係に気づく前に，概念の枠組みとしてだけサージ理論を使って，私のウェブサイト www.geostreamconsultling.com で見ることができる〝太平洋海盆の中のエルニーニョ構造調節〟でこの概念の苗木を発表しました．最近，Quinn氏は私たちに彼の磁気減衰グラフを見せてくれました．そして磁気データの中に気候指標との関係を見つけました．7年後，Quinn氏はこの本（ニュースレター本号の書籍欄参照）を出版しました．この本では，パラメーターのいくつかを定めて実際に定量化しています．

科学は多くの時間と献身を必要とします．しかし，知識はそれ自身，償いを持っています．

Bruce LEYBOURNE
leybourneb@hotmail.com

地震発生の同時性と太陽―地球相互作用
SEISMIC SYNCHRONICITY AND THE SUN-EARTH INTERACTION

あなたの手紙とNCGTニュースレターNo.55発行に感謝いたします．私はあなたの地震同時発生の研究結果はたいへん優れており，現実的であると思います．それらは地震活動をコントロールする一般的な地球力学のメカニズムを示しています．

ウィーンの気象学・地球力学中央研究所（ZAMG）で，多くの研究者と共同で，最近15年にわたって行った私の研究によって，私は，地震活動度が，人が予想する以上に，この一般的なメカニズムによって非常に影響されることも確信しました．私たちの研究は，明らかにこの力学作用の原因となっている電磁誘導を通して太陽－地球効果に焦点を当てました．

Gerald DUMA
gerald.duma@zamg.ac.at

原著論文　ARTICLES

グローバルテクトニクス：海洋底構造と年代の真実性の点検

GLOBAL TECTONICS: AN OCEAN FLOOR STRUCTURE AND AGE REALITY CHECK

N. Christian SMOOT

6460 Falling Water Lane, Hoschton, GA 30548, USA　Christiansmoot532@gmail.com

（山内 靖喜・小坂 共栄［訳］）

要　旨：グローバル・テクトニクスによる解明が急増している．北米の大半をプレート・テクトニクスの中に閉じこめたままで，世界のその他については1960年代以来集められてきたデータのすべてを要約し，これらの出来事に関してより強固な説明をみつけることが残されているようである．そのような仮説の一つはねじれテクトニクス（wrench tectonics）である．この仮説によって，約6500万年前の白亜紀－第三紀境界の時代に大陸がいろいろな程度に回転し，移動した．しかしながら，大洋底には偏在的にリニアメント存在し，それらはすべての大陸の陸上のリニアメントにつながっている．海洋のリニアメントの年代は未だ不明であるとしても，幾つかの岩石は本来の場所で見つかっているので，それらの大陸側の延長の時代は少なくとも先カンブリア代である．沈み込みが存在しなかったので，地震資料と岩石年代はプレート・テクトニクスによって推定されている年代より古い大洋底を示している．二者の間にオフセットは起きなかった．これは大陸のねじれという考えを間違って示している．

キーワード：*全球的ねじれテクトニクス，ねじれた地球，地震，大洋底の年代，GEOSAT*，マルチビーム等深線図，大構造方向（megatrend）*

*（訳者注）：アメリカが打ち上げた地球観測衛星

はじめに

最初に，地球のジオダイナミクスについてのKarsten Storetvedtによる歴史（Storetvedt，2010）を楽しんだ．とくに，Wegener，Bullardなどの初期の頃について楽しんだ．科学界において発展する考えと密接に関係したり，あるいは同時代の人から聞くことは，とくに新鮮に感じる．多くの方は知っているように，もはや他界されたArthur Meyerhoffと彼の相互作用についての彼の説明を読んだときに同じく新鮮に感じた．ねじれテクトニクスの起源，地球の地形発達についての彼の考え，そしてプレート・テクトニクスのドグマからなぜそれたのかということについての基本的な概要を読んだことは同じく興味深かった．

プレート・テクトニクスの発展は私たちの多くの方々によって本誌の内外で記述されてきた．そして，私たちはそのときに何が起きたのかということをよく知っているのは当然だと思うようになるであろう．1966年頃から始まるこの45年間には海に出かけた人々によって多くのいろいろな地域から大量のデータを集められてきたが，私たちがこの45年間を扱うのは後のことである．そしてこの点で，存続できるテクトニクスの仮説についての説明において明らかに私たちの意見は異なっている．

1965年までは大洋底についてよく判っていなかったことが基本的な問題であり，このことは地球表面の約71%は誤った解釈がなされてきたか，あるいは無視されてきたことを意味する．大洋底の地図（map）はある船が入手できたデータのすべてをもって作られたが，海図（chart）ではない．地図（map）と海図（chart）の違いは次の検討で容易にあきらかになるであろう．音響測深データのあるものは良かったが，あるものは悪かった（図1,2）．

1970年代には，Sucripps，Lamont及び合衆国海軍海洋局（US Naval Oceanographic Office，略NAVOCEANO）の世界海図グループ（World Chart Group，略WCG）の専門家達は，大洋底を分割し，彼等の集団的能力の限りで等深線図を編集した（一例として図3参照）．“海底拡大”の考えを作り上げた専門家達が集まって互いの地図を比べたとき，彼等の考えがまったく間違っていると彼等の何人かが他のもの達に話した．その部屋は意見の相違をはらんでいたのである（Smoot，2001参照）．

これら沢山の地球科学者達はうろたえたり，思いとどまることをしないで，彼等の大学に戻り，そして彼等をその点まで導く同じ歓楽の道を下り続けたのである．このことは彼等の〝専門的知識の領域〟に関係ない．このことはその問題を未然に防ぐことをしないことである．そして，Karstenが大変巧みに示しているように，問題は有り余るほどにあった．しかしながら，彼は幾つかを見落としていた．前述のように（図1），1970年代までこれらの地図は判る範囲に限られていたので，最初の前提は〝誤った希望〟に多少基づいていた．その頃に，Meyerhoff親子はこれらの同じ地図から太平洋海盆の方向性あるいは破砕帯の解析に時間を費やしていた（1974；図4）．方向性のすべてが同じ方向に一列に並んでいるよりはすべてが海盆の西縁に集中しているという事実が討論で見落とされている．破砕帯は理論的に海底拡大方向を示しており，プレートはNW，W及びSW方向に拡大することはできなかったから，このことは定置された束縛内で物理的に不可能な事柄である．何かが正しくなくそ

図1 当時知られていた北大西洋海盆(North Atlantic basin)の水深についての1961年のH.O. 地図.私はそこにはいなかったが，この地図は基本的なプレート・テクトニクス仮説を構成するのに使用されたものに似ていなければならなかった.

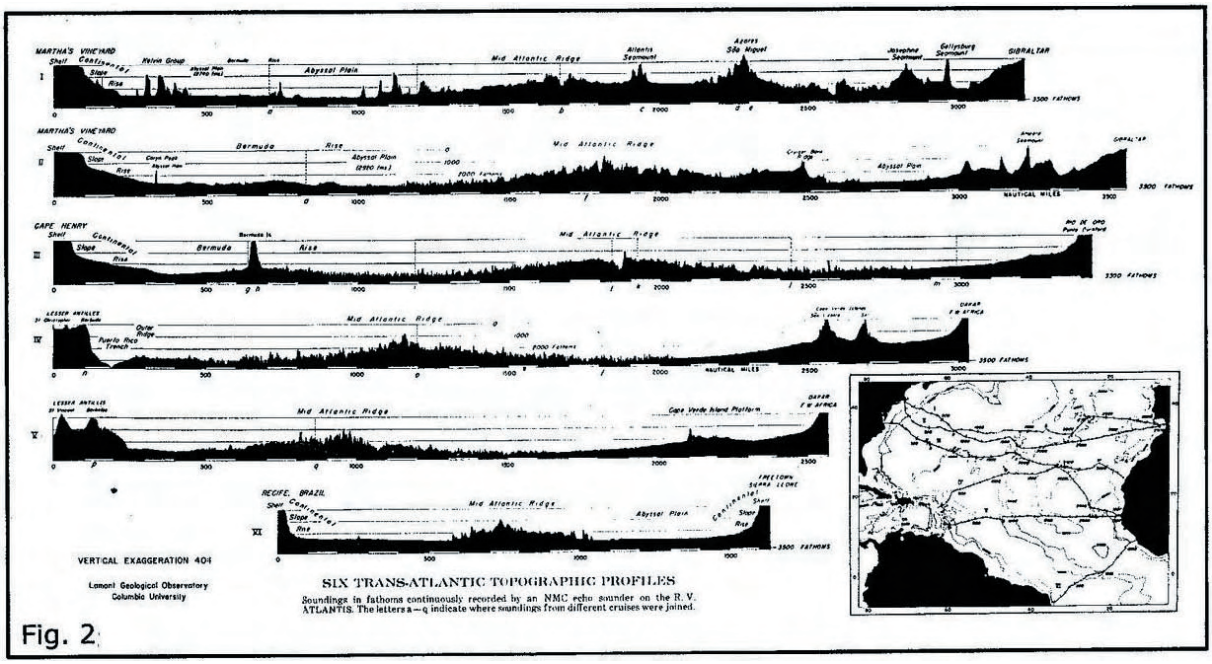


図2 Bruce Heezen と Marie Tharp が大西洋中央海嶺の存在を証明するために大西洋海盆を横断した単一ビームの水深測定の測線．これはなくてはならない拡大の中心である.

して太平洋海盆は地球表面の広い部分を占めている．なにごともなされていなかった.

最初の地図を閲覧したとき，それがねじれテクトニクス関係しているということではなく，赤旗（訳者注：危険信号の意味）がすぐに揚げられなければならなかった．拡大の中心である大洋中央海嶺の全長は77,070kmである．拡大は海嶺の両側で起きているのであるから，その方式が働くためには，取り上げた長さの2倍のものが沈み込み帯と衝突帯として記録されていることが必要である．冷却と沈降による大洋底の収縮によるある程度のずれを私たちは認めるであろう．最も話されてきた拡大の中心の内部とまわり，すなわちアイスランド(Iceland)の拡大中心に基づくと拡大は連続的な出来事ではない

図3 1970年代までに入手可能な等深線図の一例，北大西洋地図6．この試みは正確な大洋底の表現の基本的な始まりであり，作業仮説としてのその場しのぎの考えが現れ始めたのはこのような地図からである．

(Smoot, 2009) ことも私たちは知っている．しかしながら，海溝の地球上の全長は34,450kmである．衝突帯をその数字に加えると43,950kmになる．数学はそのときうまくいかなかっただけでなく，現在も同じであり，そのことは繰り返し示されてきた (Smoot, 1997; Smoot et al., 2001)．再び，なにごともなされなかった．

ねじれ地球力学の考えを扱うために，地球力学は地球物理学に基礎をおいていることを理解しなければならない．すなわち，テクトニクスは岩石の年代，水深などのような現実の事実に基礎を置かなければならない．本質的には，地球物理学者は大変巧みに述べているように，彼は大洋底についての極僅かの知識をもって私たちにプレート・テクトニクスを与えてきた．沈み込み，拡大の中心及び若い大洋底はこのようなことから生じたのである．私たちは二人ともこのような考えを拒絶したのである．それは大洋底の測深を置き去りにしている．ねじれテクトニクスは主として大陸の運動を扱うのであるが，それらを区別して引き離すことはできない．

私たちの中のほかの者がその一般的な万能薬，すなわち地球のテクトニクスについてのすばらしいひらめきに向かう道を覆っているようにみえるテクトニクの風車小屋との馬上槍試合を（訳者注：ドンキホーテのように）もう一度行うよりは，判りにくい真実の探求を続けるままにそれはしている．これはそれらの試みの幾つかがもつ多くの美徳を賞賛する努力ではなく，私の観点から私たちが彼等の何人かとの関わりを単にみるだけである．1966年に私は合衆国海軍海洋局 (NAVOCEANO) で働くために直接出かけたが，ちょうどそのとき合衆国海軍海洋局ではPeter Vogtのような科学者達がプレート・テクトニクス仮説に飛び乗ろうとしていた．私たちの計画の一つであるPeterとの研究の短い期間が過ぎたとき，私はこのパラダイムの敬虔な信者になっていた．

私たちはちょうどマルチビーム音波測深機による探査をはじめており，そして私のそこで最初の仕事は極秘の大洋探査計画 (OSP ; Smoot, 2001) であった．これらの探査は潜水艦のためのものであり，それらはすべて深い大洋であった．1998年に退職するまで，私自身600,000海里以上の大洋底探査に参加し，行方不明だった合衆国船SCORPION号を見つけ，多くの大洋底の等深線図を作成し，America Geophysical UnionやGeological Society of Americaなどの国際学会に出席して海軍が機密扱いを解除したデータを発表した．

1990年代までに合衆国海軍海洋局は，既存の地図に加えればいろいろなセットの方向性を編集するのに充分なだけのマルチビーム音波測深機による探査を行い（図5;Smoot, 1994)，そしてねじれテクトニクスが作用するのに必要な直交をこれは現した．しかしながら，このやりかたでデータがますます集められたので，これは停止点ではなかった．フィリッピン・プレート，オホーツク海，中部太平洋海山群，Hess Rise及びShatskiy Riseのように太平洋海盆全体に渡って偏菱形＊の形態が生じている．これらはGilgの独創的な考えを補強し (Smoot,2001a)，Karstenの仮説を損なうこともない．

＊: 向い合った辺と角は等しいが，4等辺でなく，直角でない四辺形．

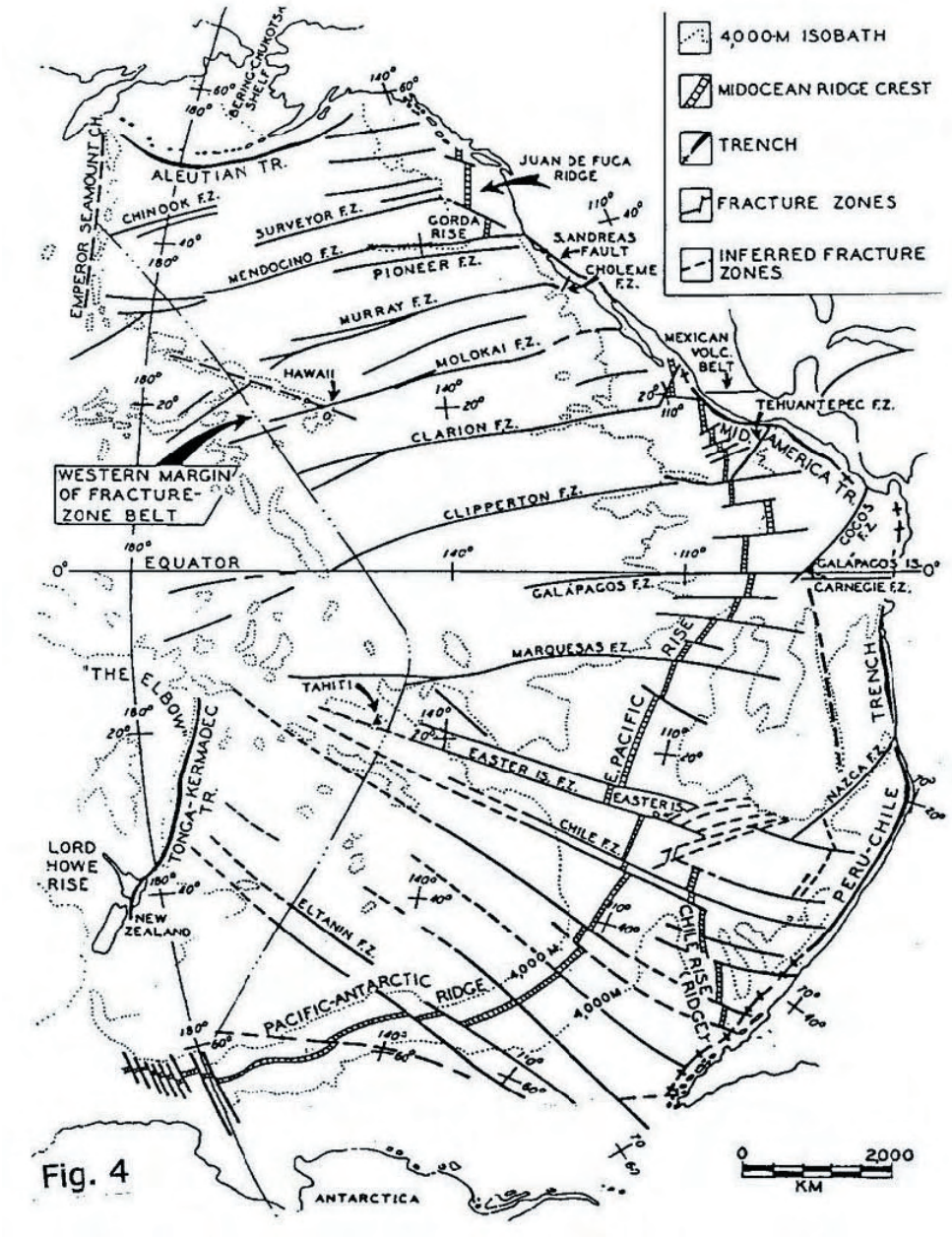


図 4 印刷物に現れた最初の赤旗*はMeyerhoff(1974)による太平洋海盆破砕帯のこの図であると私は信じている．破砕帯のほとんどは国際日付変更線に達する前にとまっており，それらのすべては海盆内の幾つかの点に集中している．完全と相対的の 2 種類のプレート運動の考えをもってさえも，破砕帯はプレート運動の方向を示していると述べることはばかげた考えであった．たとえそうでも，それはまだドグマである．

*: 赤旗は危険信号の意味もある（訳者注）.

私たちが大洋底で見ていたものはプレート・テクトニクスの基礎としての本来の前提と相容れなかったため，このやり方を進めていくにつれて私の論文が受理されるのが次第に難しくなった．丁度 Karsten の場合のように，私は異端者になった．何人かの科学者達は，OSP のデータは良くないとさせ雑誌に書き込んだ．それは歪められて伝えられたと，彼等は言った．歪めて伝えたことは図上の地理学的照合記号に分を使うことが認められなかったことだけであると私は述べた．そのため，私がこれまでに出版したすべての地理図に 1 海里表示だけがない．これらの形態はたいてい 50-75 海里以上の幅をもち，海盆の幅にまで及ぶこともあるから，1 海里は図を描くのに用いたペン先の幅すらないので無視できる．とくに，これは誰でもが入手できる測深に基づく真実である．

私は彼を弁護することはできないが，彼はこれまで歩んできた道を行くようにみえ，私は私の道を行き，結局それぞれの道は異なる解釈の全球的テクトニクスへと導いているのである．私が正しいのか？だれが知るか．彼が正しいのか？だれが知るか．私たちは見落とされてきた事実のいくつか，すなわち大洋底 / 大陸地殻の相互作用それ自身をみるであろう．

同じく，大洋底の年代と安定性を確立することができれば，そのときには，後期白亜紀と前期第三紀 (K-T 境界）の時期のヨーロッパ (25° 時計回り），アフリカ (25° 逆時計回り），南アメリカ (小さく南方向に 20°)，オーストラリア (70° 逆時計回り）及びインド (135° 時計回り）の大規模なねじれ変位を私たちが講演することができるようになり，全世界的なテクトニクスのより健全な記述の組み立てるためのデータベースをつくるのである．これらは大陸の回転と移動だけであることを覚えておいて下さい．なんと言っても，海洋地殻に比較して言えば，

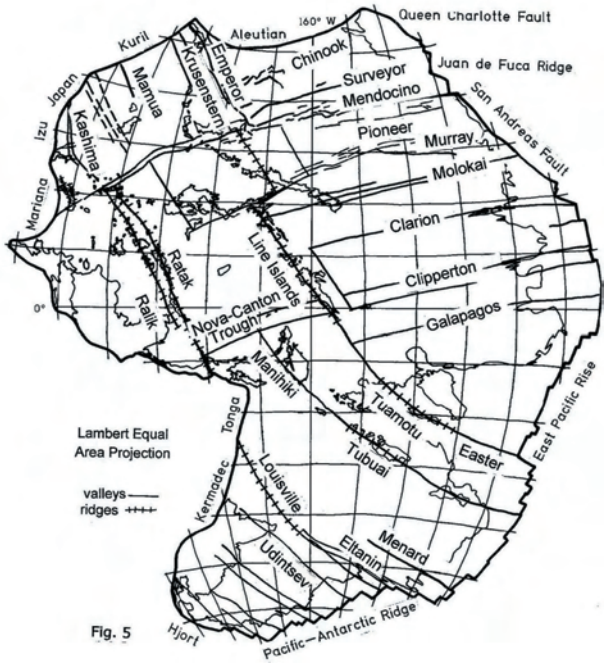


図5 ランベルト等面積投影による太平洋海盆の最新のリニアメント図．図のような解釈をするのに充分なだけのマルチビーム音波測深機による探査が行われている．なお，高まりは輪郭で示されている．全体の外観から，Tonga と Kermadec の両海溝は Ralik，Ratac，Louisville のリッジより後から形成されたか，あるいは東方に移動してこれらに重なったかのどちらかである(Smoot,1994)．Denver での 1996 年の GSA 大会で George Sharman は″大構造方向 (megatrends)″の名称を提唱した．

大陸地殻は非常に古いのである．あるいは，そうであるか？ そうであるならば，私たちは諺の 3 人の盲人が象を言葉で述べようと試しているのをそのままにしているのである！

それでも，Karsten が“海洋底拡大とトランスフォーム断層という新しい地球物理学の概念が燎原の火のように地球科学界の至る所に広がっている・・・・”と述べたとき，彼は正しい．その終わりまで私たちはそのテクトニクスの概念に専念し，このような難解な問題を扱う人々に地球力学を任せてしまうだろう．けれども地球科学者にとって，地球物理学は統計学のようであるということを思い出しなさい．すなわち，“あなたは何を望むのですか？ 私がそれをあなたに差し上げましょう．”海洋底拡大は彼等が望んだものである．すなわち,プレート・テクトニクスは彼等が得たものである．今や，その仮説を新たに評価するときであり，それはちょうど NCGT が行おうとしていることである．

用具と方法

この論文のために，大洋のリニアメント及びそれらと陸上のリニアメントとの関わりに討論を集中させる．なんらかのねじれ運動が起きたに違いなく，当然，傷跡は測深記録中に残されているであろう．まさに私たちが海盆規模の広がりをもつ破砕帯あるいは大構造方向に出会ってきた．私たちは 180Ma の地殻を 4Ga(40 億年）の大陸地殻と比較することはできないので，必然的に，大洋底の年代と安定性はこの討論に密接に関連するであろう．

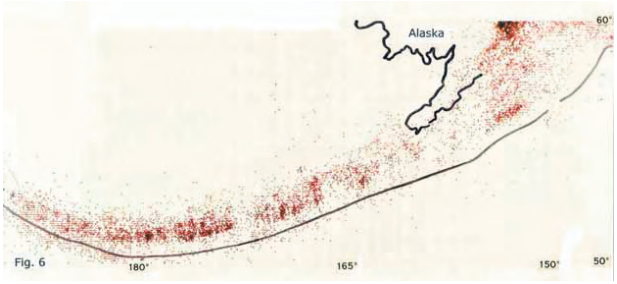


図6 アリューシャン“海溝”：深さ 50km より深い地震は集中しないで，拡散している．
（訳者注：図 6 ～図 17 には海溝沿いの震央分布が震源の深さで分類して三色で示してある．青点は深さ 450-650km，黄色点は深さ 150-450km，赤点は深さ 150km 以浅である．）

図7 カムチャッカ半島先端部とその縁：海溝の陸側にいくつかの深い中心があり，それらと海溝の間にいくつかのやや深発のものがあり，そのほかのものの大半は 100km より浅い．

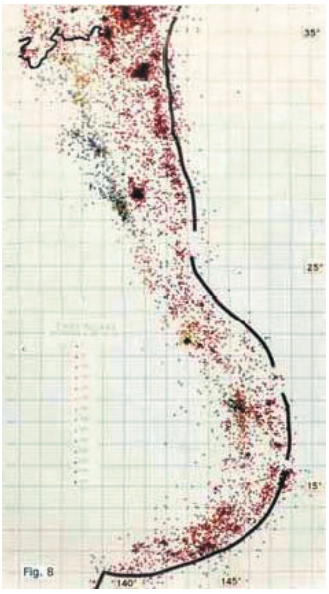


図8 伊豆・ボニン・マリアナ海溝縁：27° ～ 32° の間に深い地震が密集し，北緯 18.5° に一つ以上の小さな密集をつくり，残りのすべては浅発－やや深発の地震である．

その安定性を証明するために，私たちはコロラド州 Boulder の国立地震情報センター (National Earthquake Information Center，略 NEIC) の震央データを使用する．何人かの読者は La Junta での NCGT 会議でこれらのデー

タをみて，それら（図6から図17まで）を世間に示すべきであると考えた．この目的は海盆の安定性あるいは長生きであることと関連させて沈み込みと衝突の縁辺部という概念を扱うことである．もし，私たちが提案されている180Maより古い地殻を発見したならば，そのときは，その年代がどんなものであろうということが証明されたとしても，幾つかの大洋底の地形はそれと同じくらい古い可能性が残る．たちまち，それが重要であることは示されるであろうし，そして私を支持する．図6～図17の青色点は深発地震（450-650km），黄色点はやや深発地震（150-450km）そして赤色点は浅発地震（0-150km）の震央を示している．

スコチアとカリブ海の両境界は大変小さいので別の図に表現するほどのものではない．どちらにおいても深発地震はみられない．

上述をまとめると，総計187,597個の地震はNEIC1990年発行のCDによる古い研究に含まれている（Smoot et al.，2001）．それらの内の僅か5.4%，約10,130個が250kmより深い．ヤップ海溝とパラオ海溝は等深線図には現れているが，地震活動が欠如しているので，両海溝は″舟状海盆（トラフ）″と呼ぶことができる．提唱されているカスケード，アフリカ・ヨーロッパ，ヤップ及びパラオの諸海溝は，今では移動の合計した直線距離から取り除くことができるに違いない．

年代を決めるために，本論では深海掘削計画（DSDP）あるいはその派生的成果や大洋掘削プログラム（ODP）によるものでなく，世界中の調査に携わった船によるもの及び大洋底とインド・ユーラシア衝突境界の実際の年代の解析による岩石年代を用いる．数年前に，180Maの大洋底という考えを論破する文献が現れ始めた．このことはどんな理由であれDSDP・ODPのメンバーによって無視されてきたように思える．明らかに，ほとんどすべての掘削地点の記述が基盤には到達していないと述べているのに，掘削孔は基盤に達していないということを決して彼等は考えつかなかった．

第一に，大西洋中央海嶺とアイスランドでは，若い岩石は最初からより古い岩石の頂上にある．Choiほか（1992）は太平洋海盆に関するこれまでの多くの研究を要約して，研究のの基礎を提供している．先カンブリア界の地殻からなる広大な地域が，とくに北西地域においてが見つかった（彼等の大親潮古陸と南海古陸）．もはや疑問を持たれなくなるまで，サンプルは何年間に渡って増大し続けた．その大洋底は少なくとも10億年以上古いことは事実である．事実，Boris Vasil’yev(Vasiliev and Choi，2008）は太平洋の地下で35億年前の地殻を最初に発見したことを発表している．最新の研究は興味あるものであることが判るであろう．

これまでに，DSDP・IPOD・ODPなどのプロジェクトによって950地点以上のところでボーリング掘削が実施された．そのうち，いわゆる基盤岩まで達したのはわずか18にすぎない．それらの報告書の記述の多くは信頼に足るものが少ない．Site 801で得られた，もっとも古い岩石の年代値157Maという値も，それは枕状溶岩層中にはさまれた岩石のもので，基盤岩のそれではない（Smoot,2001b）．

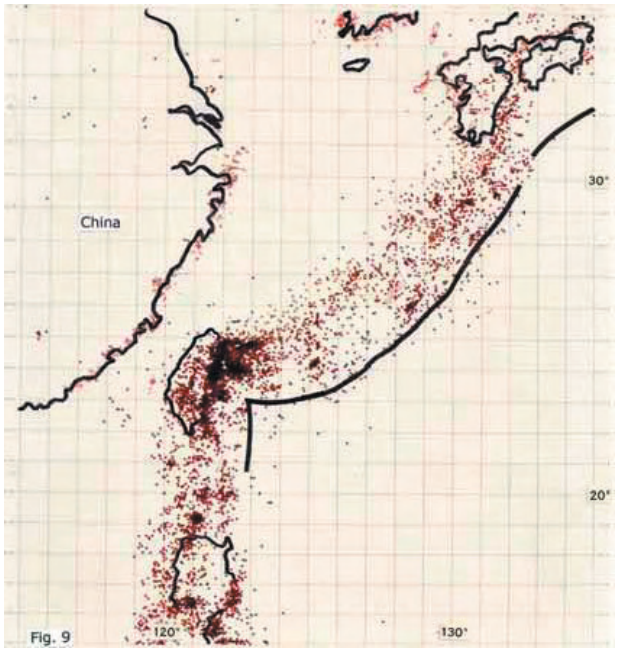


図9 南海トラフ／琉球海溝には深い地震はない．

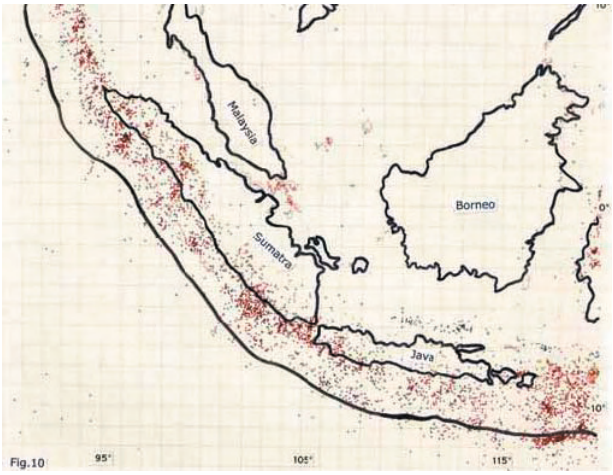


図10 Andaman-Nicobar海溝では僅かの深発地震がジャバ島の北に起きている．

我々は，互いに矛盾したデータをリストアップすることはしない（Meyerhoff et al.,1992参照）．ただ，おびただしいマップ類や，ドレッジで採取されたサンプル類などのデータは，先カンブリア紀になって，大陸や陸橋とともに形成された海洋底について科学的に記述するうえでは有用だと言っておきたい．海洋底にとっては，先カンブリア紀という時代は特別な時代なのであり，そこは長い歴史をもった長命なところなのである．

インド亜大陸は北方に向かって漂移しておらず，逆に過去2.51億年間は今と同一の場にあったことが明らかにされている（Bhat et al.,1998）．我々は，Indus Yarlung-

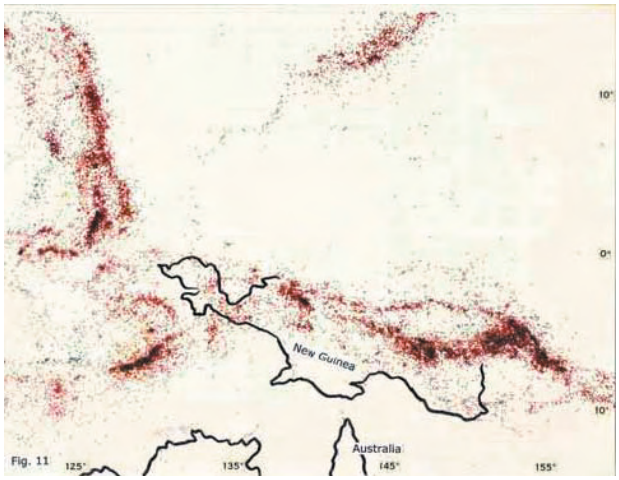


図 11 東南アジアの縁辺，その西部では深発地震の密集がバンダ海の地下で起きている．その北部中央ではヤップ海溝とパラオ海溝が理想的な形態であることを示す地震は欠如している．その他の 50km とそれ以浅の地震はニューギニアの北部までの興味あるゾーンを描いているにもかかわらず，ニューギニアを通り抜けて太平洋海盆までのゾーンを描いている．

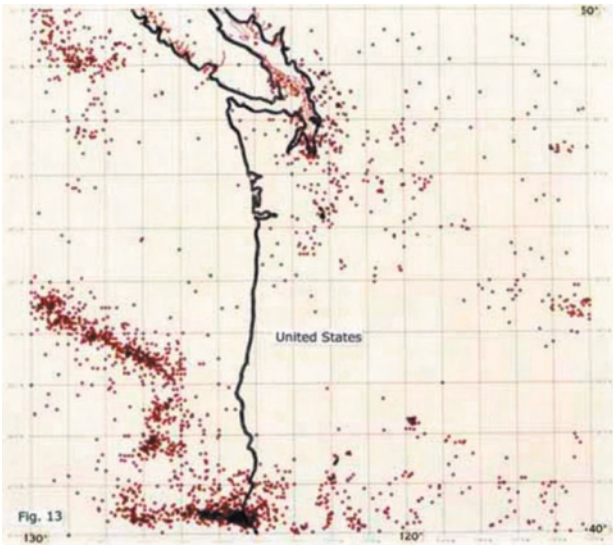


図 13 カスケード海溝は地震あるいは等深線図のどちらによってもまったく認められないで，静かな様相である．

図 12 中央太平洋海溝群，ニューヘブリデス海溝東側に深発地震の 2 つの密集がある．トンガ海溝の西側のいたる所で深発地震が最も多く起きている．

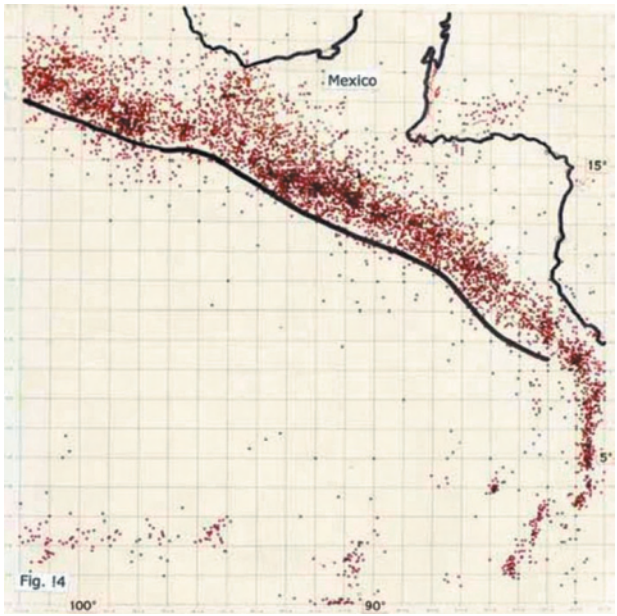


図 12 中央太平洋海溝群，ニューヘブリデス海溝東側に深発地震の 2 つの密集がある．トンガ海溝の西側のいたる所で深発地震が最も多く起きている．

Zangbo 縫合帯が，衝突縁から少なくとも 4000km は移動していること，またその衝突縁の長さが 39500km の長さで残されていることなどを認めている．しかし，それは表層部でのことであり，深部については地震のデータと結び付けられねばならない．

この論説では，海洋底の構造に方向性のあることを確かなものとした NAVOSEANO のマルチビームによる探査結果を用いている．この探査が及んでいない地域の構造に関しては，GEOSAT による 1980 年代後半の探査が明らかにした．これらによって，北大西洋海盆域の探査データが利用可能になった．データが示す構造的方向，すなわちトランスフォーム断層や断裂帯などの方向性ある構造にもとづいて "stick figure" を描いた (Smoot,1989; 図 18)．"Bullard fit" は，Hayes/Oceanographer FZ が，Boston Mass と西アフリカ西海岸とを結びつけなかったということだけで，簡単に否定されてしまった．それは，Boston Mass をポルトガルに結びつけた．“Bullard fit” は多くの論文中に描かれているが，今では価値のない仮説にすぎないものになっている．

1980 年代後半になると，世界中の重力データを収集するために GEOSAT と呼ばれる人工衛星が打ち上げられた．この衛星は，海洋表面の波高データも収集したが，それは同時に海洋底の構造に関係していることも示された．このことは特に海山や海底の断裂帯の部分に顕著に表れ

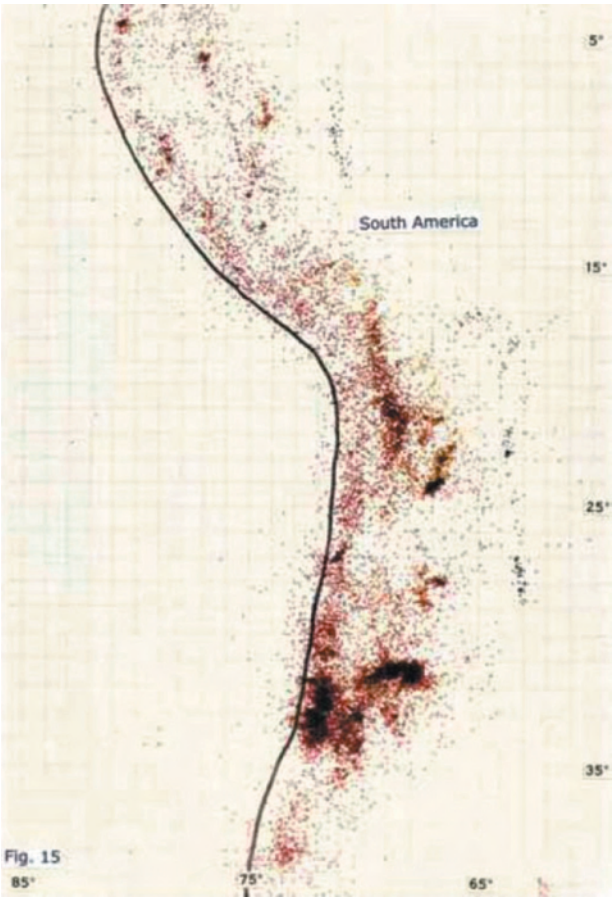


図 15 チリ海溝の東側 2 つの小さな密集あり，その一つはペルー海溝まで延びている．

たのである．衛星の軌道がこれらの特徴を把握するのに十分なものになったことから，NOVOCEANO は，8000 個の軌道を用いた 5 分間隔のグリッドを提供してくれた．データは，明らかなノイズや間違った軌跡などを補正したものであった．また，ジオイドは重力場のローカルな変化に影響されるので，重力ジオイドを決定するために海域のジオイドが計測された．

Baylor University は，グリッド化された GEOSAT のデータに 2 時限の high-pass フィルターを適用するための計算方法を提供してくれた．その結果，5cm 間隔の等高線で描かれた重力図が提供できるまでになった．フィルターの極値は最大で 125 海里，最小で 70 海里である（図 19）．

海洋底のデータの重複によって，データが空白になった地域でも，GEOSAT のデータでは方向性が解読される．北大西洋海域について，構造方向に関してのこのような検討を試みてみても，その結果には全く違いが認められない．このことは，北緯 72° から南緯 72° までの間であればどこでも，海洋底の直接的なデータの有無にかかわらず方向性の解読が可能だということを意味する（Smoot & Meyerhoff, 1995）．このことは，広域のテクトニクスに興味ある者にとっては極めて大きなことであった（図 20 ～ 22）．

目ざとい読者諸君であれば，すでに気づいていることで

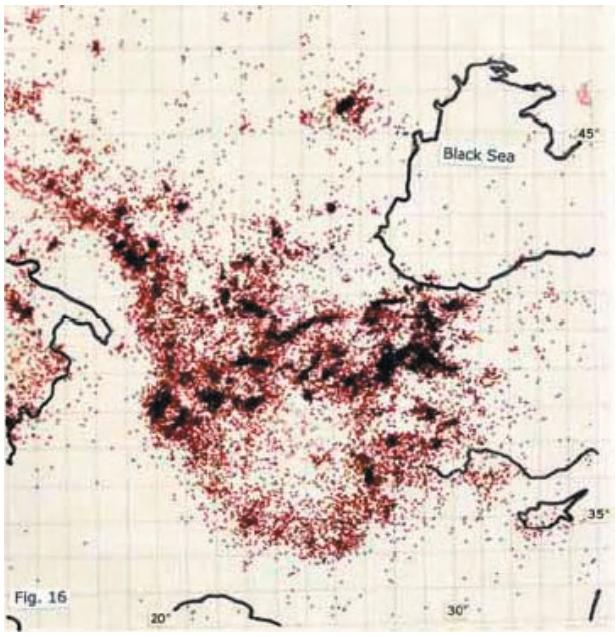


図 16 アフリカとヨーロッパの間には海溝はなく，地震分布はエーゲ海渦を示している．

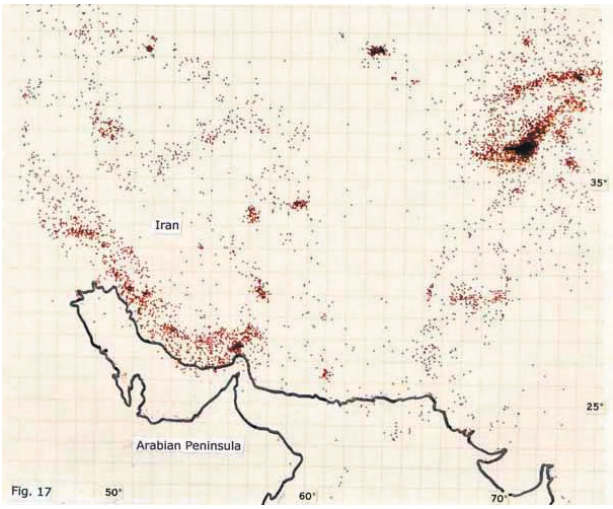


図 17　提案されているアラビア / アジアプレート境界の散在的浅発地震

あろうが，これまでの議論の中には地磁気に関する地球物理学的な要素が除かれている．これは意図的にそうしたのである．NOVOCEANO の地磁気部門によれば，北大西洋地域で得られた当初の直線的な地磁気パターンというのは，距離にするとわずか 25000 マイルほどの，それも空中磁気のデータであり，広い海洋域にとっては何ら有意なデータにはなっていないのである．付け加えて言えば，それらの直線状のパターンは，その後行われた表層部分の調査から，海洋底地殻年代の議論では全く無意味なものであることが分かった．海洋底というのは，プレート論者が言うように，180Ma という年齢よりもずっと古いのである．この海洋底の線状磁気模様の話は，地球全体のテクトニクスの新しい議論からは除外すべきことである．これに関しては，1992 年の New Concepts のミーティングの後に Agocs らが適切な論駁を行なっている（Agocs et al., 1992）．

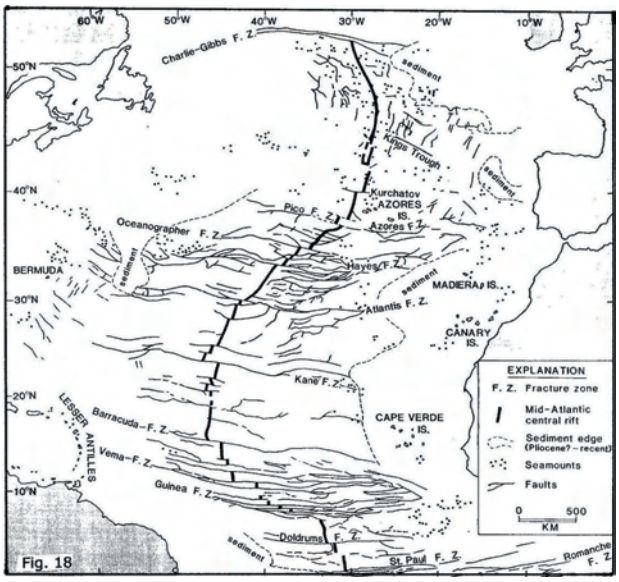


図 18　マルチビーム測深法によるデータに基づいた，北大西洋海盆域の海山および断裂による谷地形の位置図．ここからは，驚くほど多くの現象が読み取れる．リッジ上には海山が見られない．むしろ海山の列は断裂帯の延長上に位置している．そして絶対的，相対的な動きをしながらも全体として大規模な方向性を示している北緯 40°と Charlie-Gibbs FZ の間の海洋底の様子は困惑的である．何らの構造もないからである．

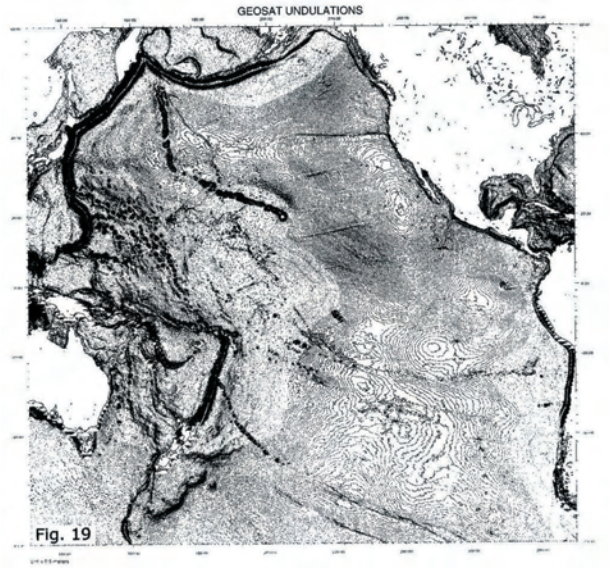


図 19　これは，GEOSAT データに基づいて 5cm 間隔で描かれた重力図である．重力の高いところ，低いところはさておいて，重要なのは，この図が次に示すような海洋底構造図の作成を可能にしたということである．

本論文で用いたデータの投影は，すべてメルカトル図法によるものである．

討　論

プレートテクトニクスに関する特殊な委員会というのは，前にも述べたようにそこに集まる誰もが，異口同音に〝プレート運動には二つの方向がある〟と主張している．その一つは，リソスフィアの絶対的な動きというものが，海山の並びで示されるように直線的なものだとい

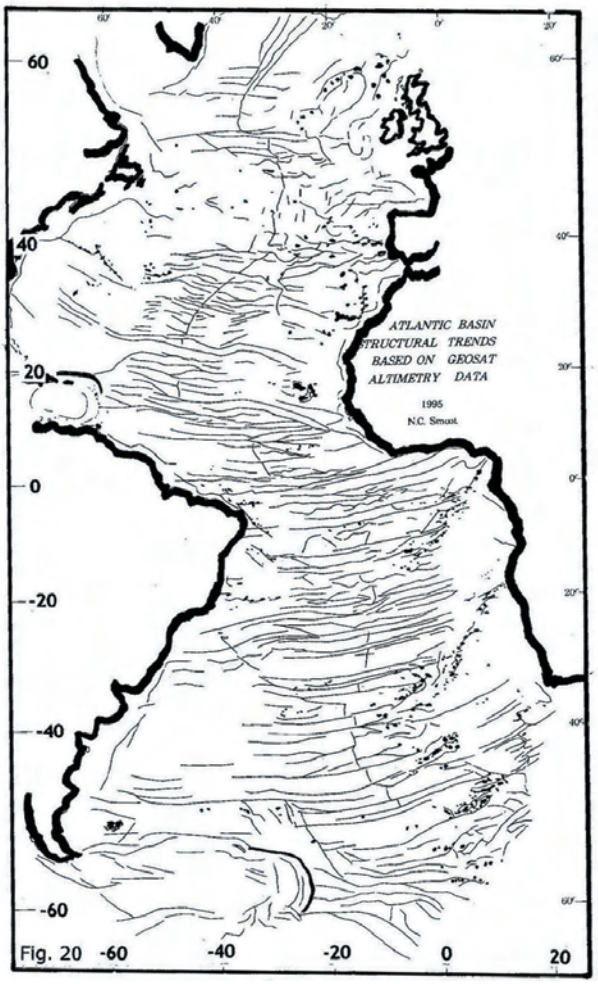


図 20 GEOSAT のデータに基づいて作成した大西洋海盆の方向性をもった構造図．Puerto Rican Trench と Scotia Trench に関してみると，この海盆には収束縁がないということ，また，この図の上部でみられるように，拡大の中心というものはここでは Mid-Atlantic Ridge である Iceland のように 4 つの別々の拡大センターとして表れていることに注意しなければならない．この図は Figure18 に対応しており，海洋底の構造方向を識別するうえで GEOSAT データが有効だということを示す基礎的なデータである．

うこと（Smoot, 2005）．他の一つは，リソスフィアのマントルに対する動きというのは海洋底の断裂帯の方向で示されるように相対的なものである，ということである．この二種類の動きの跡は，同一の地殻断片の中に残されているという．このことは，オレンジの皮を捩じったときにできる中心の蕊を横切って浮かぶ，ブツブツした汁の並びをイメージすると分かる．その際の汁の並びは，ある方向性をもっており，さしずめホットスポットにあたる蕊の部分はもう一つ別のブツブツの汁の並びをつくっているように見える．しかしこの説明は，私には Emperor 海山のように他のどの海山とも無関係で，線状の並びをもたないものをなんとかうまく説明するためのものとしか思えない．

この考えそのものは些細なことがらであり，ある一つのことを立証するためには，実にたくさんの図が必要になる（図 6 ～ 17）．沈み込み（subduction）という概念によれば，プレートはそれがすっかり溶けてマグマの流れとなって中央海嶺部分で再び噴出して新しい海洋底となる

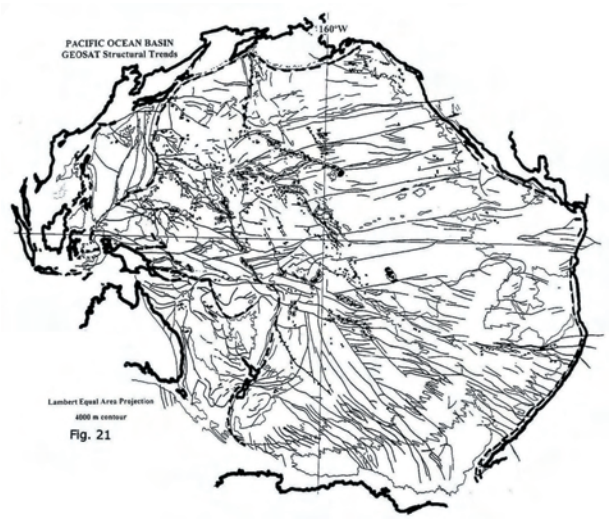


図 21 GEOSAT のデータに基づいて作成した太平洋海盆の方向性をもった構造図．太い破線は海溝．細い波型の実線は 4000m の等深線．黒いドットは海山．直線や，やや波型の線は megatrend.

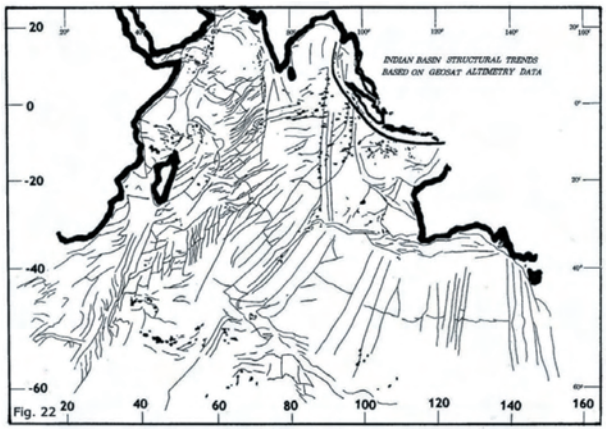


図 22 GEOSAT のデータに基づいて作成したインド海盆の方向性をもった構造図．この地域で唯一の海溝は，北東部の Andaman-Nicobar 海溝である．

までには，最深で 650km もの深さまでサブダクトするとされる．世の人々は，世界の海洋底に見られる海溝というものの存在が，このようなものがたりを提供してくれていると思っている．

また，これに加えてインド亜大陸やユーラシア大陸どうしがぶつかりあう衝突帯というものがあり，そこが収束部分だと考えられている．

深発地震が発生するのは，もぐりこんだプレートがそこで溶融しているためだと説明されるが，実のところそこではそのような溶融は起きていないのである．

収束域に関する最新の論説によれば，北米・南米・ユーラシアの各プレート同士の境界は，沈み込み帯ではなく，むしろ「のし上がり帯」(over-raiding zone) ということが明らかである．オーストラリアプレートは，ごくわずかの沈み込み帯があるのみで，むしろ spreading center に完全に囲まれていると言ってよい．島弧域には収束帯はほとんど存在していない．大陸や海洋が水平方向に成長してきたという考え方からみると，太平洋海盆というものは収縮してきたことになる．沈み込み帯の存在する領域では「縮むこと」が本質だからである．海洋がプレカンブリア紀以降そのままの形で維持されてきたということはない．「プレート境界がない！」それでは一体誰がプレートを持っていると言うのか？

この段階になると，我々は，プレートテクトニクス仮説から生まれたところの，意味のない「縮むプレート縁」という考えを思い出さざるを得ない．地殻というものは，その物質が何であれ，その年代は大陸地殻の年代そのものにほぼ近いものであり，沈み込みも起きていないと考えるべきである．また，海洋化もこの時期に始まったもので，最近になって始まったことではない．拡大軸からあふれるマグマの力は，1 年くらい経過したからといってその直径を増加させることはない．かくして大陸は，Karsten が提案したとおり，漂移したり回転したりしてはいないのである．

水深測量に関する GEOSAT データの追加によって，科学者らの海洋底構造についての解釈力は飛躍的に高まった．北大西洋海盆の構造方向に関する深海探査結果と重力データとが一致することが明らかになったことで (Smoot and Meyerhoff,1995)，世界中の海洋底の構造を解釈するための新しい扉が開かれた．図 20,21,22 を用いると，図 5 に見られる直交する 2 つの構造というのは，少なくとも 4 つの構造のセットからなっていることが明らかである．

そこで話は本論の主題となる．「大陸は回転し，それでも周囲の海洋底に影響を与えていない」．はたしてそれは本当だろうか？ そこで我々は，海盆全体の線構造に目を向けなければならないことになる．

いまや我々は，海洋底の年齢が少なくとも先カンブリア紀までさかのぼること，また沈み込みそのものも起きていないので，海溝部で海洋底が消滅していることもないということを知っている．そして，海洋には大規模な方向性（メガトレンド）のセットが存在するという事実を知っている．これらの事実に対して，我々が何か手を加えたりすることはできるだろうか？ 海洋底の年齢に何か操作できれば，それは幸いかもしれない．しかし，そんなことは，彼らが赤道域の Komanche Fracture Zone や大西洋海盆の Vema FZ(Bometti and Honnorez,1976) の南端部において，拡大軸での生まれたての 0 歳よりも古い大陸性の岩石を見つけたという事例を除けば，まずないことである．これらの断裂は，Hayes/Oceanographer メガトレンドの南方に位置している．″過去において，海嶺軸からはネフェリンの組成をもった岩石は見つかっていなかったので，このアルカリ岩の組成をもったネフェリン斑レイ岩の発見は，特に興味あるものだ．″との Honnorez and Bonatt(1970) の一文を引用しておこう．

これまで，海洋域の線構造と大陸域のそれとの関係について検討がされてきた．それらのうち，当を得たいくつかの事例をあげてみる．

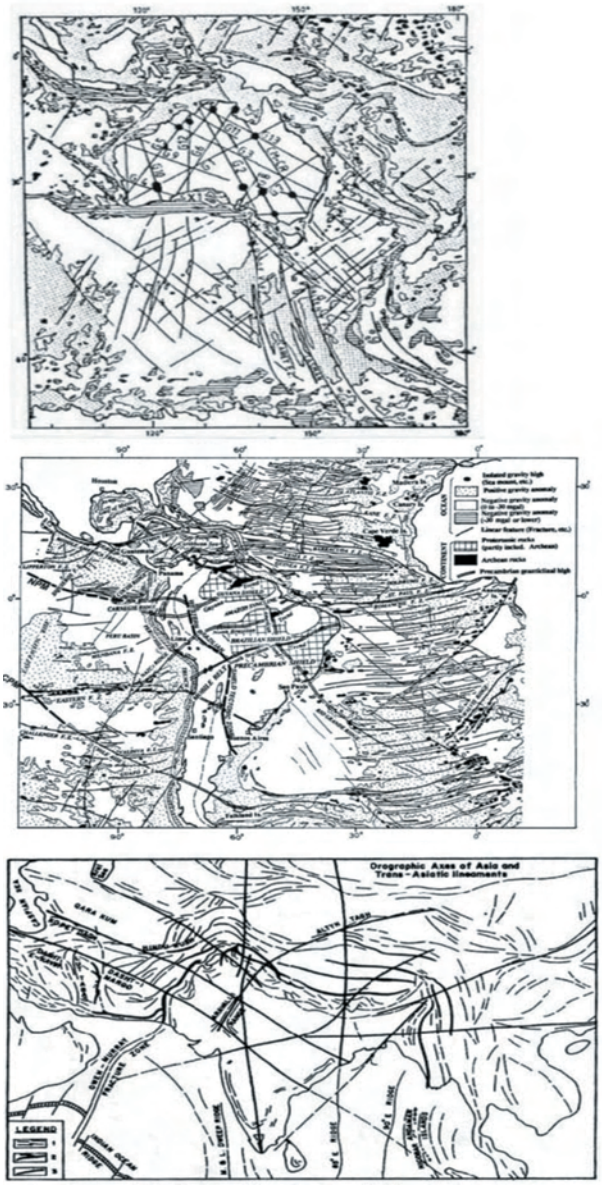


図 23. この複合図は，しばしばゴンドワナとよばれる南方南方大陸を含む．リニアメントリニアメントは他の研究者による厖大な研究にもとづき，Choi (1997)，Choi (2002) および Raiverman (1992) によってまとめられた．この複合図は，次次おコメントをつくるのに使われる．下図凡例１：造山帯軸，２：オフィオライト，３：リニアメント．

1. Dong Choi(1997) は，オーストラリア大陸をメガトレンドが横切っていることを示した（図 23)．彼は太平洋域の Clipperton FZ を，彼が G4 と名付けた陸域の構造方向に結びつけた．また，陸域の G2 や他の構造と南極海盆の George VFZ と Tasman FZ とを結びつけた．さらに，G4 とインド海盆にみられる名前がまだつけられていない断裂帯とを結びつけた．このことは，オーストラリア大陸が少なくともこれらの線状の構造が形成された時代から，この位置にあったことを示している．
2. 南極大陸は，海洋域の線構造と結び付けられて論じられてきた（図 23:Choi,1998;Smoot and Choi,2003)．北太平洋のメガトレンドは，その方向に何らの変位も持たずに Carnegie Ridge をとおって South America Syncline と先カンブリア紀楯状地まで達する．
3. 太平洋のメガトレンドのもう一方の端である日本では，足尾山地の先古生界をとおって Chosi(銚子?) Peninsula の上部ペルム系まで，しっかりと連結している．
4. Meyerhoff らは，1992 年に同様の検討を東南アジア地域で実施した．それによれば，Mendocino メガトレンドは東方へ延びて Yellowstone National Park まで達する．
5. 大西洋海域では，Hayes/Oceanographer メガトレンドは，東方ではイベリア半島からバレリー諸島，New England Seamount を経由して，西方では北米大陸北部の湖沼群の配置で示される構造に連なっている (Smoot,2005)．
6. 大西洋海盆をもう少し見てみ見ると，Barracuda/Vema/Guinea メガトレンド（図 18,20) は，その西方で Puerto Rican Trench, Cayman Trough, Polochic Fault などに連結し，さらにその西方で中央アメリカを横切って太平洋に達する．そして，Bathymetrists Seamounts の生成に関わった地殻を形成し，サハラ砂漠の移動する砂の中へと消えている．
7. インド亜大陸の 135° の回転という提起に対しては，そこに住む Raiverman の記述は最も適切なものであろう．彼は次のように述べている．先カンブリア紀から現代にいたるまでの，構造・層位学的動き，火成活動，堆積盆の消長などの歴史に関する解析によれば，ユーラシア大陸からインド亜大陸にまたがった複数の明瞭な線構造が存在する．また，Owen-Murray FZ や，90°-East Ridge（図 22) のような線構造がインド洋へと延びている．

以上に述べたような検討は，Choi によってかなり以前から始められており，そのネットワークはすべての大陸にわたっている．世界中に認められる線構造はすべて根拠あることであり，分岐したものを持っていないとだけ言っておこう．

陸域の観測施設で得られる構造については，その年代が明確に押さえられる．それに対し海域でのそれは不明である．また，それらの構造をもたらした運動の深さも不明である．私はこれまで，断裂帯での ODP の掘削は役に立たないと忠告してきた．ドリルビットは，チャートのような堆積層さえも貫いていない．だからサイトの多くがなぜ基盤岩に達しないのかも分かるのである．断裂帯のトラフ内のある深さには，当然に基盤岩が露出しているはずなのにである．

結　論

どんな些細な実習でも，何か新しいものを示唆してくれるものである．北大西洋海盆の Mid-Atlantic Ridge は西へ拡大している．アメリカ東部には，収束域は何もない．従って，大陸と海洋の境界にあたるここでは，新しく生まれる海洋底は，165Ma の間ずっと，西方すなわち太平洋の方へ向かって動き続けたことになる．プレートの定義からすると，太平洋海盆の方へ動き続けるプレー

トは，常に同一のプレートということになる．太平洋の東部において，East Pacific Rise と Gorda Ridge の間，この距離はアメリカ西海岸のそれに匹敵するものであるが，この間には何ら拡大軸らしきものはない．また収束域もない．従って，165Ma 頃，Mid-Atlantic Ridge で生まれた海洋底は今でも西方へ動いていることになる．ここから最も近い収束域は西太平洋の海溝部であるが，そこは 165Ma 以来，動きはない．このことが実際に確認されることなのである．Cascade Mountain や Rocky Mountain などはもちろんのこと，東太平洋海盆域などでは，衝突を引き起こす原因といわれる発散型の地域など一度も存在したことはない．Mid-Atlantic Ridge とアメリカ大陸西海岸の磁気異常値は 0 歳である．ある者は，トランスフォーム断層として定義されたサンアンドレアス断層の動きで，これらのことを説明しようと試みたが，どう考えればそれが可能だというのだろうか？

ここ数年，"twisted Earth" という考えが，盛んに議論さるようになっている．NAVOCEANO の Joe Gily は，WCG が 1970 年代に完了していた予察的なマッピングから，海盆が歪んだ菱型になっていることに気付いた．Karsten は，この見方をさらに膨らませた．Howard DeKalb（NCGT40 号でレビューされている）は，レンチングの動きについてよいアイデアを思いついた．このように，多くの研究者たちがこの考えを発展させている．たとえば Joe, Howard らはフィールドのデータを基礎にして，また Karsten は地球物理学的なデータに基づいてなどである．

海洋底の線状構造は，常に無視され続けてきた．しかし，仮に図 5 を見てみれば，地球の twisting や wrenching という考えが筋の通ったものであることはよく分かるであろう．図 21 を加えてみると，4 つのリニアメントのセットが加わっていることも分かるのである．

大陸は，これらのアイデアに合致するようにして twisting/wrenching を起こしてきた．その結果として，大陸と海洋間の lineaments/megatrends が互いに補い合っているのである．図 20, 21, 22 にどれだけ近づいて眺めてみても，この相補関係を見つけることはむずかしい．これは，地球の wrenching が megatrend をつくる前に一度に大規模な構造的地形をつくってしまったからだろうか？ つまるところ，太平洋の形成はプレカンブリア紀なのであり，また提起されている wrenching の時代は 65Ma の K-T 境界期なのである．

我々は，megatrend のいずれについても，その形成がいつごろなのかについてはまだ知らない．従ってこの問題は今後まだまだ議論しなければならない課題だと言える．この解決には，megatrend の内部から種々の岩石が採取されるのを待たねばならない．

我々は次のように結論付けなければならない．すなわち，地質学，地理学，GEOSAT など各分野のデータが，いずれも現在大流行のグローバルテクトニクスモデルを否定しているのに，なぜ地磁気学だけが大流行のグローバルテクトニクスの枠組みを実証する「科学」足りうるのか？

追　補　最後に，私は NCGT 会議から出版された 4 種類の単行本と雑誌によるレビューが，フィールドに関わる適切なデータについての基礎知識を提供してくれるものとして紹介しておきたい．NCGT のニュースレターが発行されて以来 13 年が経過した．我々は，コンセンサスを得るために期限を設けているわけではない．フィールドのデータはこの間，常に増え続けている．Heated channel の考え，地球の揺れや回転によるねじれやそれによるひずみ，などのアイデアは，そのようなデータの積み重ねの中から生まれたものである．しかし，いかなる場合でも海洋底を無視しないでほしい．過去に起こった重要なことがらがそこに印されているからである．

謝　辞　David Pratt は，この論文の編集を通しての聖人であった．氏は，基本的考え方が適切な点を磨き上げる間に形成されたことを確実にした．ありがとう，David. Ismail Bhat は，いつも，頑強な人物である．氏は，批判的な視点から検討し，「はじめに」に表現した雰囲気を思いつかせた．以上の 2 人の間で，私は楽しみながらこの小論を著した．

文　献

Agocs, W.B., Meyerhoff, A.A. and Kis, K., 1992. Reykjanes Ridge: quantitative determinations from magnetic anomalies. In, Chatterjee, S. and Hotton, N. III (eds.), "New Concepts in Global Tectonics", Texas Tech University Press, Lubbock, p. 221-238.

Bhat, M.I., Claesson, S., Dubey, A.K. and Pande, K., 1998. Sm-Nd age of the Gharwal-Bhowali volcanics, western Himalayas: vestiges of Late Archaean Rampur Flood Basalts of the northern Indian craton. Precambrian Research, v. 87, p. 217-231.

Bonatti, E. and Honnorez, J., 1976. Sections of Earth's Crust in the Equatorial Atlantic. Journal of Geophysical Research, v. 81, no. 23, p. 4104-4116.

Choi, D.R., 1997. Geology of the oceans around Australia Part 1. Oceanic lineaments: continuation from the continent. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 3, p. 8-9.

Choi, D.R., 2002. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones Part 2. South America. New Concepts in Global Tectonics, no. 24, p. 2-7.

Choi, D.R., Vasil'yev, B.I. and Bhat, M.I., 1992. Paleoland, crustal structure and composition under the northwestern Pacific Ocean. In, Chatterjee, S. and Hotton, N. III (eds.), "New Concepts in Global Tectonics", Texas Tech University Press, Lubbock, p. 179-191.

Generalized Bathymetry on World Chart, North Atlantic Area (H.O. Chart 1262A, 1961 Edition). Honnorez, J. and Bonatti, E., 1970. Nephiline gabbro from the Mid-Atlantic Ridge. Nature, v. 228, p. 850-852.

Meyerhoff, A.A. and Meyerhoff, H.A., 1974.Tests of plate

tectonics. In, C.F. Kahle (ed.), "Plate Tectonics-assessments and reassessments". American Association of Petroleum Geologists Memoir no. 23, p. 43-145.

Meyerhoff, A. A., Taner, I., Morris, A.E.L., Martin, B.D., Agocs, W.B. and Meyerhoff, H.A., 1992. Surge tectonics: a new hypothesis of Earth dynamics. In, Chatterjee, S. and Hotton, N. III (eds.), "New Concepts in Global Tectonics", Texas Tech University Press, Lubbock, p. 309-409.

Raiverman, V., 1992. Trans-Asiatic lineaments and Himalayan orogeny, in: A.K. Sinha (ed.) Himalayan orogen and global tectonics. The International Lithosphere Programme, p. 121-155.

Smoot, N.C., 1989. North Atlantic fracture-zone distribution and patterns by multibeam sonar. Geology, v. 17, p. 1119-1122. Smoot, N.C., 1994. Plate-wide Pacific trends-orthogonal fracture intersections. Eos, Transactions American Geophysical Union, v. 75, no. 25, p. 69.

Smoot, N.C., 1997. Aligned buoyant highs, across-trench deformation, clustered volcanoes, and deep earthquakes are not aligned with plate-tectonic theory. Geomorphology, v. 18, p. 199-222.

Smoot, N.C., 2001a. Ocean Survey Program (OSP) bathymetry history: jousting with tectonic windmills. In, Dickins, J.M., Dubey, A.K., Choi, D.R. and Fujita, Y. (eds.), Special Issue New Concepts in Global Tectonics. Himalayan Geology, v. 22, no. 1, p. 65-80.

Smoot, N.C., 2001b. Earth Geodynamics Hypothesis Updated. Journal of Scientific Exploration, v. 15, no. 3, p. 465-494.

Smoot, N.C., 2005. Seamount chains, fracture zones, and oceanic megatrends. In, F.C. Wezel (ed.), "Earth dynamics beyond the plate paradigm". Boll. Soc. Geol. It., Volume Speciale no. 5, p. 23-52.

Smoot, N.C., 2007. Wherefore the Tethys Sea(s)? New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 45, p. 21-30.

Smoot, N.C., 2009. Reply to an expansionist's view on North Atlantic cruise observations. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 53, p. 90-92.

Smoot, N.C. and Meyerhoff, A.A., 1995. Tectonic fabric of the North Atlantic Ocean floor: speculation vs. reality. Journal of Petroleum Geology, v. 18, no. 2, p. 207-222.

Smoot, N.C., Choi, D.R. and Bhat, M.I., 2001. Active Margin Geomorphology, (x-libris, Philadelphia), 164p.

Storetvedt, K., 2007. Our Evolving Planet. Bergen, Fagforlaget, 397p.

Storetvedt, K., 2010. Falling plate tectonics - rising new paradigm: Salient historical facts and the current situation. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 55, p. 4-34.

Vasiliev, B.I. and Choi, D.R., 2008. Geology and tectonic development of the Pacific Ocean. Part 3. The structure and composition of the Pacific Mega-basin basement. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 48, p. 23-51.

月の周期性と地震活動

LUNAR PERIODICITIES AND EARTHQUAKES

Vinayak G. KOLVANKAR*, Shashank S. DESHPANDE#, Abhijeet S. MANJRE#, Sandesh PANSARE#, Samrudha MORE# and Nisha THAKUR#

*C/O Computer Division, Bhabha Atomic Research Centre. Mumbai 400085, India.

Project Trainees from BVMIT CBD Belapur, Mumbai, India. vkolvankar@yahoo.com

（宮城 晴耕 ・ 小泉　潔［訳］）

要　旨：月は地球に最も近い惑星状天体であり，地球に対して最も大きな重力を及ぼしている．月面で発生する月の地震（月震）は，月が近地点にあるときの地球の位置にとりわけ大きく影響を受けている．それにもかかわらず地球上の地震発生に関する月の役割については明確に確立されていない．そこで膨大な量の標準地震カタログから得られた地震記録を，月のさまざまな周期性に照らしてみて，何らかの調和性がこの作業から出現するか否かチェックするために再整理を試みた．地球の地震は，月が遠地点から近地点になるにつれて，さらに満月に向かって徐々に発生数が増加することが判明した．

月が昇交点 から次の昇交点に達するまでの月の動きもある種の地震のパターンを生み出している．大きな地震は近地点が満月や新月と一致するとき時の方が，遠地点が同様の組み合わせ状態にあるときに比べて数多く発生している．

キーワード：*Anomalistic, Symodic month, Earthquakes*

はじめに

月は地球の周りを回転しており，月のこの運動は主に3つの期間で測られる，すなわち月が昇交点から次の昇交点に達するまでの時間，これを交点月という．月は地球の周りを楕円軌道で回っており，遠地点（最も遠い地点）と近地点（最も近い地点）の間を動いており，これを近点月と呼んでいる．3つめは朔望月であり，月が新月から満月を経由して新月に至る期間である．これら月の動きの周期性が地球の地震発生に及ぼす効果については，種々の公表された文献が手に入る．中国のいくつかの地域においては，地震の発生はある一定の惑星配置の組み

合わせと関係があることが示されてきた（Li, 2006）．そして様々の研究者が，惑星配置をもちいて集中して発生する地震を予知しようと試みている（Venkatanathan, 2005）．

さらに，月の地震も，月が遠地点と近地点にあるとき多数発生していることが観測されている（Lammelein et al., 1977; Runcorn, 1977; Bullow et al., 2005; Latham et al., 1971）．

1900-1950 年代の非常に古いデータを用いて，Tamarazyan は太陽と月の潮汐に関連している集中発生地震の分布を報告した（Tamarazyan, 1968）．我々は彼のテクニックの一つを，詳細に報告されている最新データが同様な結果を示すことを確認するために用いている．

本震に先立つ前震の発生時刻とこの間の時間における月や太陽の時角が注目された（Gao, 1996）．サン・アンドレアス断層についてのある研究から潮汐を引き起こす重力引張と地面の下の小さな振動の間の関連がみつかった．惑星物体による引く力はとても小さいので十分大きな震動を引き起こすことはできないにもかかわらず，発見されている事実から，それらは動きを開始しその積み重ねが地表における破壊を引き起こすことが示されている http://en.wikipedia.org/wiki/Orbit of the Moon.

丹波高原（Tamba Plateau）における微小地震活動が 1995 年～ 1996 年の新月の後や満月の後に増加していることが報告されている（Iwata et al., 2002）．最近，浅くてマグニチュードの小さな地震が地球の潮汐とはっきり関連しているということを確定した多数の出版物が出されている（Metivier et al., 2008; Cochran et al., 2004）．しかしながら我々の今回の報告では，2 週間の潮汐と地震との間の関連性についてふれる程度である．

方法論

これらの周期性が地震の発生におよぼす効果を見つけるために，1973-2008 年の期間の知られている地震カタログ（NEIC-USGS; http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic global.php）からとったデータを月の周期性と一直線に並べ，月の周期性が地震発生におよぼす効果を見つけ出す作業をおこなった．以前にも似たような作業が行われており，それは日中の地震と大気の温度との関連性を膨大なデータを活用して見つけようとするものであった．このような膨大なデータ対を用いることは十分に確信のもてる関連性を掘り出すために役立つことを経験させてくれている．それは同時に限定されたデータ対を用いた場合，関連性を見つけ出すことが可能とは限らないことも教えている（Kolvankar, 2010）．

この 36 年の期間中に，ほぼ 400 の周期性と結びついた地震データが勢揃いしている．それらは周期性の蓄積された効果を提供しており，今回の作業で取り出されたパターンが正しいか試されようとしている．これらの周期性は異なった周期を持っているにもかかわらずこれら全ての周期は固定された長さに規格化され XY 図上の水平軸（横軸）を占めている．地震（EQ）の数は Y 軸（縦軸）にプロットされ合計 96 の柱ができる，それは目下研究中のサイクルの期間を表している．短期間の変異を避けるために，これらの棒の中の数をマルチプル・ムービング・ポイント（multiple moving points）を用いて平均化した．

3-5-7 選択のムービング・ポイント平均法が用いられた．これらの棒の頂部は結合され線として図示されている．異なるパラメーターを用いたときの変化に対しての異なるプロットの変異はきちんと見ることができる．それぞれのパラメーターを用いたときのプロットの詳細やプロットに用いられた EQ の合計数なども提供される．開発されたソフトウェアは，始めと終わりの間の日数期間，地震のマグニチュードや震源の深さの範囲，研究対象地域の経度や緯度などを選べる機能を備えている．もしこれらのパララメーターについてプロットの中で特にのべられていなかったら，それらのパラメーターの全範囲が用いられていると想像される．

A. 交点月と関係ある地震

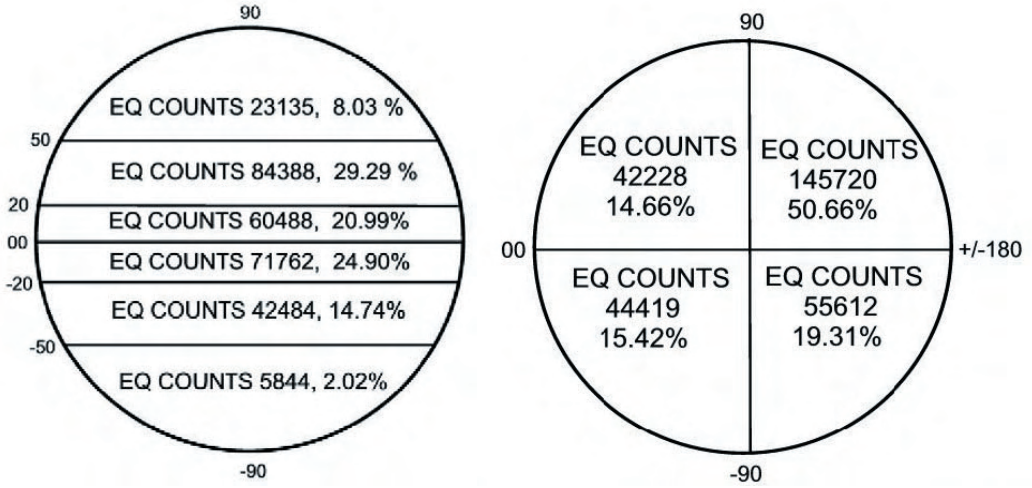


図 1 緯度と経度に沿った世界の地震の一般分布．

地震は，緯度や経度に沿って均一に分布してはいない．図1は世界の地震の一般分布を異なる緯度や経度に対して示した図である．図から，上方の半球において世界の地震のほぼ60%が発生していることが読み取れる．さらに，緯度-20°から+50°において世界の地震の75%が発生している．また，経度90°から180°の範囲で世界の地震の50%強が発生している．このような地震の不均一な分布は種々のプロット結果に何らかの意味があることを示している．地震が昇交点 から次の昇交点（AN－AN）までの循環に対応して発生した場合，それらは時間の流れに沿って連続的にプロットされる．

図2は，AN-AN期間の異なるマグニチュードでの多重のプロット（期間1973-2008，マグニチュード範囲3-10，深度00-1000km）を示す．最上部のプロットはマグニチュード3 から10の範囲の地震である，それは地震発生数が降交点まで一方的に増加していることを示し，一方次の昇交点までは地震発生数が減少していくとを示している．図の第4番目と5番目のプロットはトータルマグニチュード範囲4-6のものを図示している．それは多数の地震数であるが，やはり同じような傾向を示している．

図3は異なる深度範囲にわたるAN-AN プロットを提供している．世界の地震について描かれている第1図の最初のプロットに見られるこれらのAN-ANプロットの一つの典型的な描像はこの3図の最初の2つのプロットにも見うけられる．これはAN-ANにおいて赤道をまたぐ月のsinusoidalの動きの効果は深さ35kmに達するまでの浅い震源範囲で見られることを示している．

図4は異なる経度範囲に対するAN-ANプロットを提供している．典型的なAN-AN描像は経度90°から180°に所属する最後の図にみうけられる．これは高い地震発生率を示しており，世界の地震の50% 強を占めている．2つめと3つめのプロットでもこのタイプの描像がかすかに見うけられる．

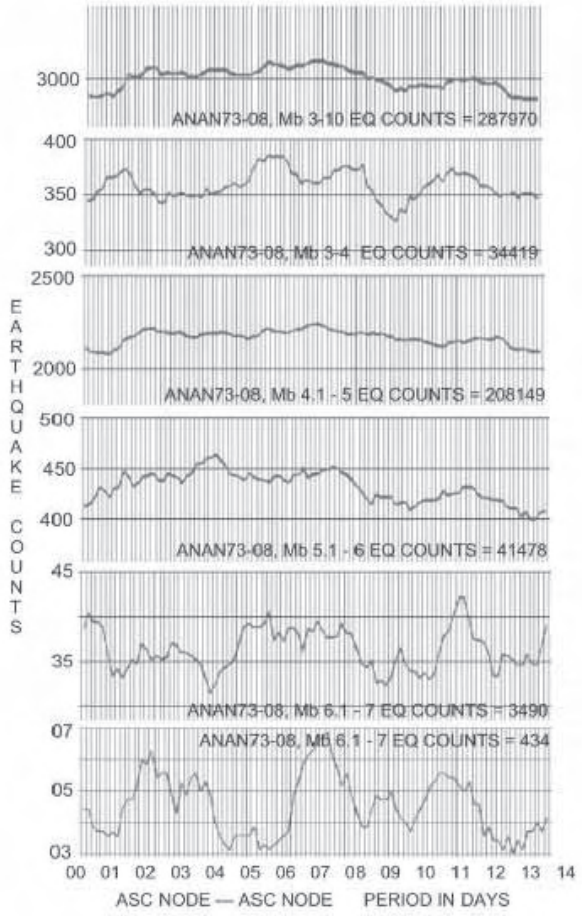


図2 異なるマグニチュード範囲に対する世界中のAN-AN起因地震のプロット．

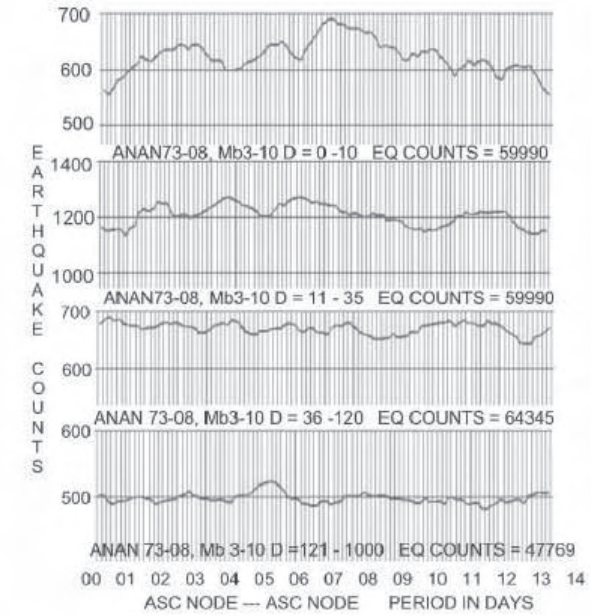


図3 異なる震度分布に対する世界中のAN-AN起因地震のプロット．

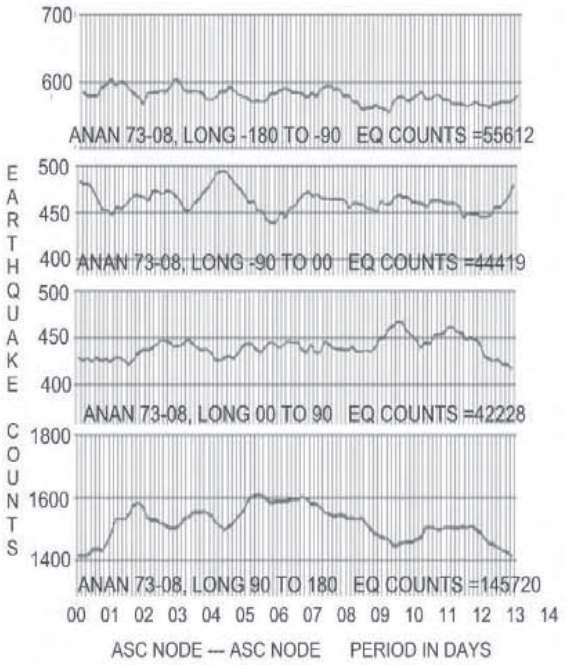


図4 異なる経度範囲に対する世界中のAN-AN起因地震のプロット．

表１ 太陽と月がそれぞれ反対の半球にいるとき，大部分の場合ごくわずかな地震数の増加が起こる．この効果はここでは世界の地震の異なる二つのマグニチュード範囲で示されている．

MOON POSITION AD(up) / DA(down)	MAGNITUDE	LAT RANGE	SUN POSITION APR- SEP (UP) OCT- MAR (DOWN)	EQ COUNTS	DIFFERENCE IN %
AD DA	4-6 4-6	00 - 90 00 - 90	APR- SEP APR- SEP	38336 37556	-2.03%
AD DA	4-6 4-6	-90 - 00 -90 - 00	APR- SEP APR- SEP	29333 29590	**+0.876%**
AD DA	4-6 4-6	00 - 90 00 - 90	OCT-MAR OCT-MAR	38373 38050	**+0.848%**
AD DA	4-6 4-6	-90 - 00 -90 - 00	OCT-MAR OCT-MAR	28658 27722	**+3.37%**
AD DA	6-10 6-10	00 - 90 00 - 90	APR- SEP APR- SEP	562 610	**+8.54%**
AD DA	6-10 6-10	-90 - 00 -90 - 00	APR- SEP APR- SEP	663 641	-3.4%
AD DA	6-10 6-10	00 - 90 00 - 90	OCT-MAR OCT-MAR	590 551	**+7.07%**
AD DA	6-10 6-10	-90 - 00 -90 - 00	OCT-MAR OCT-MAR	659 658	**+0.151%**

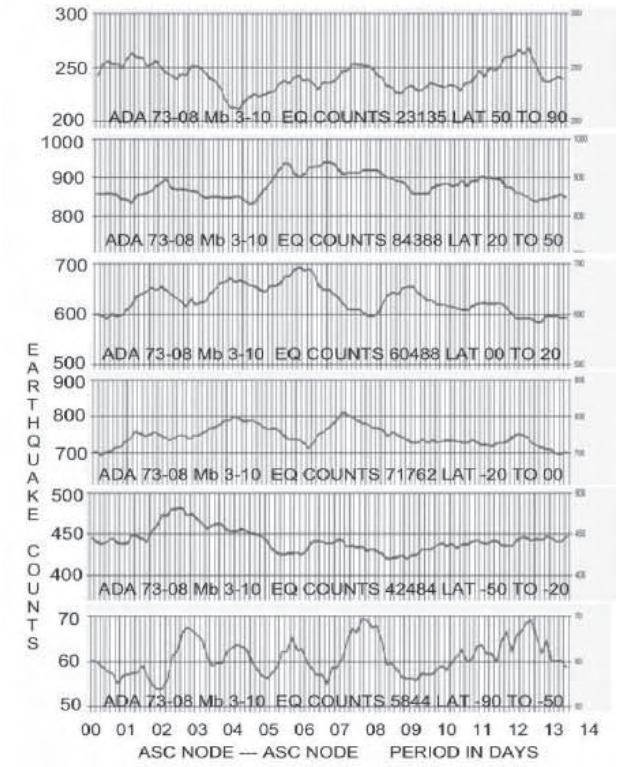


図５ 異なる経度範囲に対する AN-AN 起因の世界地震のプロット．

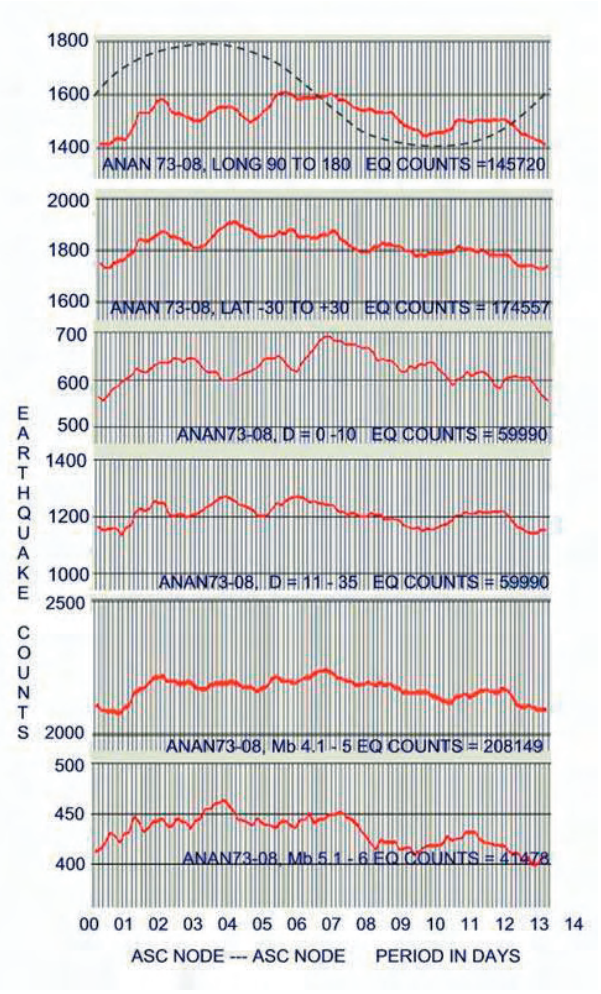


図６ 異なるパラメーター設定に対する典型的描像を提供している AN-AN 由来世界地震のプロット．

図５は異なる緯度範囲に対する AN-AN プロットを提供している．典型的な AN-AN プロットの描像は，真ん中の二つの図すなわち緯度 +20° から −20° に属する部分にみうけられる．緯度 +20° から +50° および緯度 −50° から −20° にそれぞれ属する第２番目の図と第５番目の図は，２番目の図が５番目の図と似た傾向を示すにもかかわらず，月の動きの降交点 から昇交点にかけての逆の傾向を示している．しかしながら３つのプロット図（全体の緯度範囲 −20° から 50° にかけての部分）に対しては，昇交点から降交点にかけて地震数が増加し，一方降交点から昇交点にかけて地震数が着実に減少するという net 効果がみられる．

月の接近による，地震数の絶対的増加もしくは減少の傾向は，月が上半球（昇交点から降交点に至る道に存在）にいるとき，あるいは月が下半球（月が降交点から昇交点に至る道に存在）にいるときも観測されていない．しかしながら，太陽と月が互いに反対の半球にいるときは，大部分の場合地震数のごくわずかな増加が起こる．この効果は，世界の地震の異なる二つのマグニチュード範囲に対して表１に示してある．

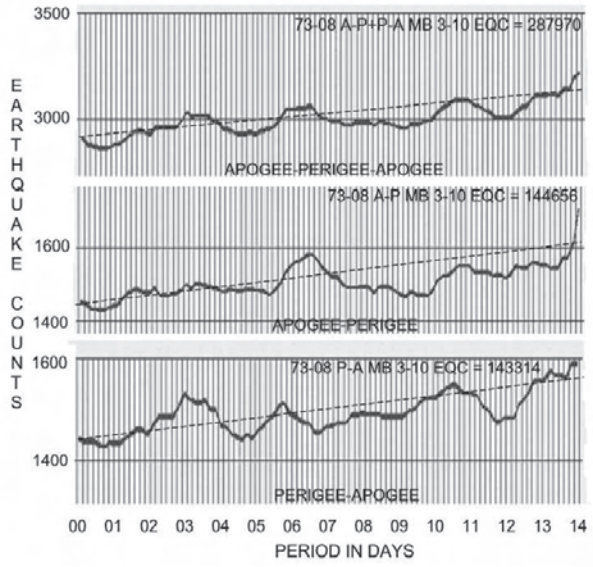


図 7　1978-2008 の期間において近点月に関係して起こった地震。3 つのセクションはそれぞれ遠地点－近地点－遠地点，遠地点－近地点，近地点－遠地点の区間のプロットを提供している．

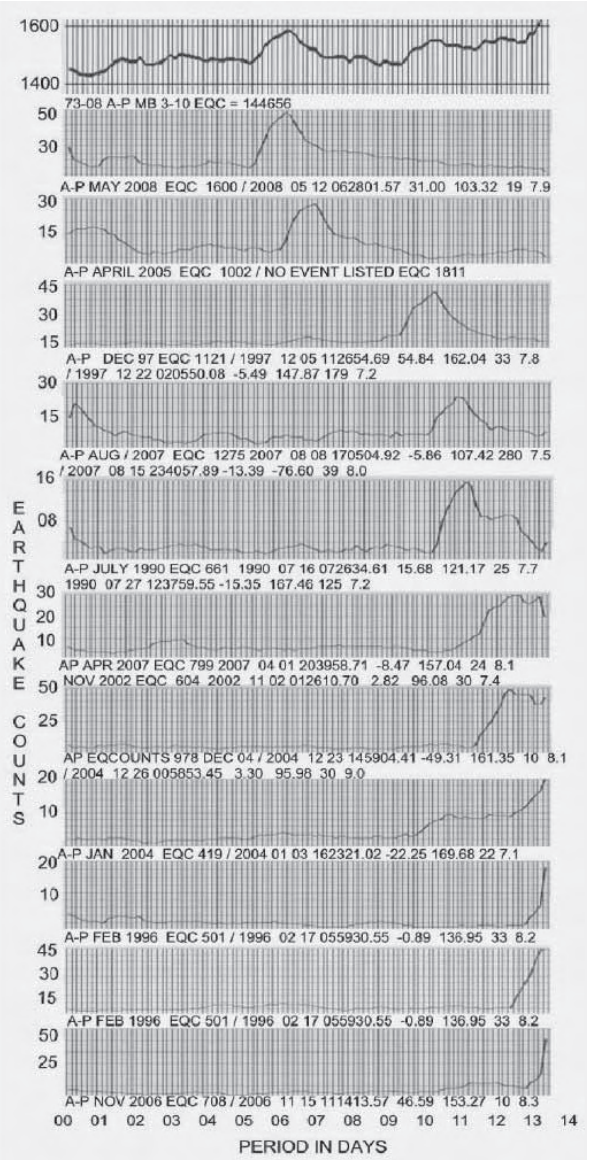


図 8　1973-2008 の期間での遠地点－近地点サイクルに関連した AP プロットの典型的描図（最初のプロット），それは他のプロットに描かれている大きな地震シーケンスで変化している．

図 6 は異なるパラメーター設定に対する典型的描像を提供している AN － AN 由来の世界地震プロットである．この中のそれぞれの図は，経度範囲 90°-180°，緯度範囲 -30° から +30°，深度範囲 00-35km などにで起こっている世界地震のプロットである．これらのパラメーター設定に対するプロットは，集中発生の地震数を示しているし，地震発生に関して月の運動による効果の描像を正しく描いている．

B. 近点月と関係ある地震

図 7 は遠地点から近地点までのサイクルで起こった世界地震 (1973-2008) の三つのプロットを示す．最初のプロットでは，遠地点から近地点まで (AP) の前向き方向における地震が，そして逆向きの，近地点から遠地点まで (PA) の地震の合計がプロットされている．というのも月の近地点から遠地点までの軌道と近地点から遠地点までの軌道は正確に逆向きに展開しているからである．

他の二つのプロットは AP と PA に対するそれぞれの軌道での地震数を示している．これら 3 つのプロットで見られるように，遠地点から近地点にかけて地震数における着実な増加傾向がある．またこれらのプロットに見られるように，大きな地震の連続によるいくつかのピークや谷が存在する．それぞれのプロットにおける点線は，遠地点から近地点にかけての地震数における増加量を示したものである．最初のプロット (3150/2900) から得られた傾斜から，近地点に於いて地震数が 10.8 ％増加していることがわかる．他の二つのプロットも同じような傾斜を示している．

図 8 は 1973-2008 の期間での AP プロットの典型的描図であり，それはいくつかの大きな世界地震のシーケンスによって変化しているのがわかる．一番上のセクションは AP サイクルに関連した世界地震 (1973-2008) にたいするプロットを提供し，残りのセクションのプロットは数少ない集中発生地震のシーケンスを描いている．一つの集中発生地震シーケンスはその数日以内に起こるいくつかの地震からなっている．この地震数の束は，長い期間や 7 ポイント移動平均（このプロッティング法でおこなわれているように）に従っているとき，これら地震のまとまりを逆さ U や V 字の形あるいはその組み合わせなどで提供している最初のプロットで描かれているように，これらの逆シンボルは種々のピークや谷を最終的グラフに描くのに貢献している．

図 9 は異なるマグニチュード範囲での遠地点－近地点－遠地点 (APA) サイクルに対する地震プロットにおける変異を示している．低いマグニチュード範囲 (3-4) に対しては，プロットは何のパターンも示していない．しかし，マグニチュード範囲 4.1-5 および 5.1-6.0 でのプロットでは地震数が近地点で著しく増加することがみけられる．マグニチュード範囲 4.1-5.0 に対するプロットでは，グラフの上昇は単調であるが，しかしもう一方のマグニ

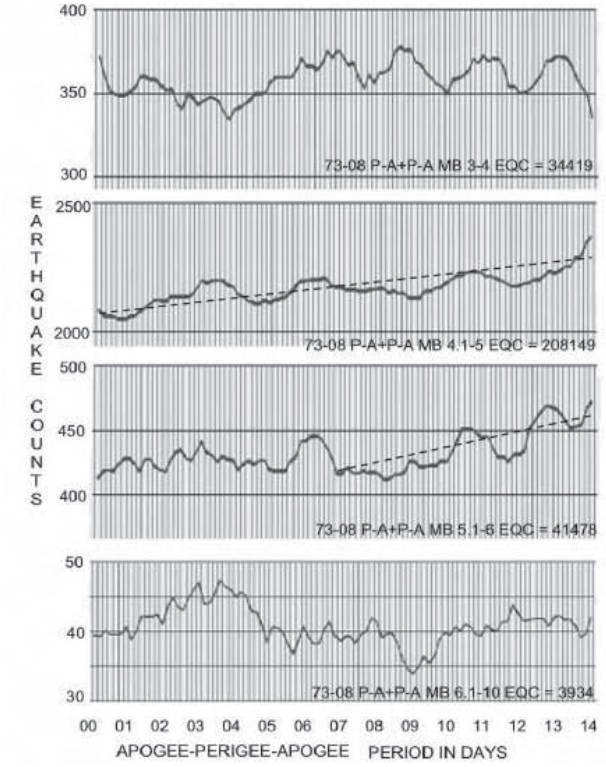


図 9 遠地点－近地点サイクルに関係する世界地震 (1973-2008) を異なるマグニチュード範囲でプロットしたもの.

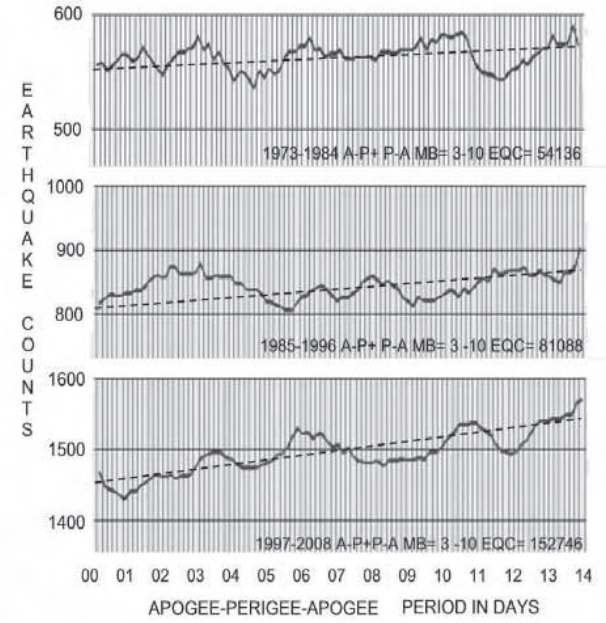


図 10 異なる 12 年間 1973-1984、1985-1996 および 1997-2008 に対する遠地点－近地点サイクル由来の世界地震.

チュード範囲の方では後半部のプロットの急激な上昇が見られる．もっと高いマグニチュード範囲では，パターンはあらわれていない.

図 10 は APA サイクルに関係して起こる世界地震を異なる 12 年間でそれぞれプロットしたものである．これら 3 つのプロット図の中で 1997-2008 の期間でプロットしたものは他の 2 つの期間のものより傾斜が大きいことが示される．地震数が，54K(1973-1984) から 81K(1985-1996)

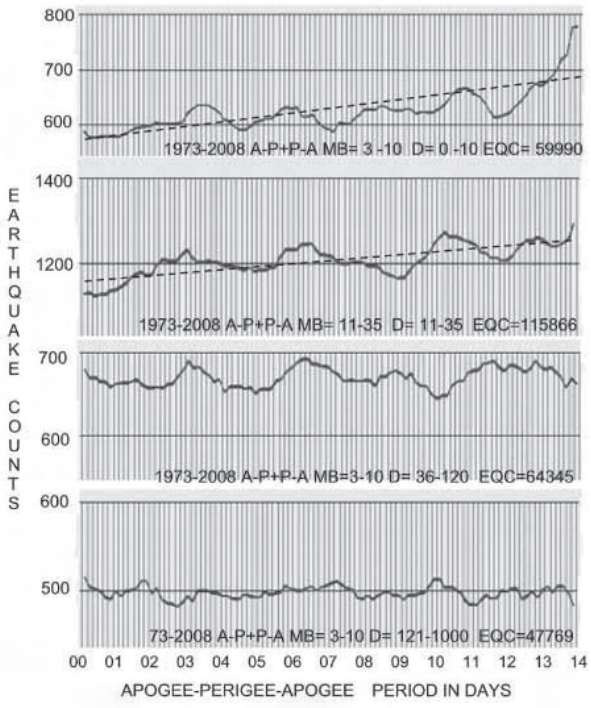


図 11 異なる深さ範囲での遠地点－近地点サイクル由来の世界地震.

そして 152K(1997-2008) へと増加していることがこれらの主な理由かもしれない．最後のプロットは地震数が約 1500/min から約 1660/15min の割合へと単調に増加していることを示しており，合計の増加数は 10% を超えている.

図 11 は異なる深さの範囲に対する APA サイクル由来の地震のプロットを描いたものである．最初の 2 つの図から分かるように，地震数の増加が深さ 35km までの浅い震源のものでみうけられる．より深い地震では，残り 2 つの図から分かるように，地震数の増加は見られない．120km を超える深さの地震では，より大きな周期の波形もみられない．その理由としてはその深さ 120km 以下で発生している集中発生地震のシーケンスがないことが考えられる.

図 12 は異なる緯度範囲での APA サイクル由来の地震プロットを描いたものである．極端に負の緯度範囲 (-90° から -30°) に対しては，プロットは近地点に向かって地震数が増加するといった傾向を示さない．しかし，緯度が赤道に近い値 (-30° から +30°) の範囲では，近地点において地震数の順調な増加が見られる．同じ効果は，正の緯度範囲 (30° から 90°) においても同様に見られる．極端に負の緯度範囲 (-90° から -30°) に対する地震数は 25K に近い．これに比較すると赤道周辺の緯度範囲の地震数は 7 倍におよび，極端に正の緯度範囲の地震数は 3.5 倍におよぶ．極端に負の緯度範囲に対して近地点においての地震数増加が見られないことは，重要な因子となるはずである.

図 13 は異なる経度範囲に対する APA 由来の地震を描いたものである．経度範囲 (-180° から -90°) に対するプ

ロットを描いた最初の近地点に向かって地震数が増加する傾向は見うけられない．この地域は太平洋の中央部である．高い地震数を示す地域は極端な北に位置する．地球の他の四分円の地域では地震数が近地点に向かってほぼ順調に増加している．90° から 180° にかけての長い範囲に対しては，近地点に向かって順調な増加が見られ，波形も多数の地震が存在するためなめらかな形となっている．この四分円の AP と PA 両方のプロットは，この図の最後の 2 つのセクションに描かれているような傾斜したプロットをつくることに貢献している．

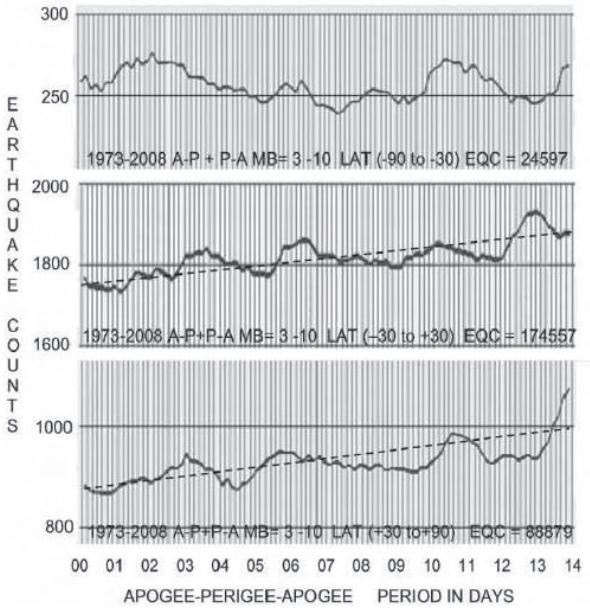


図 12 異なる緯度範囲における遠地点－近地点サイクル由来の世界地震.

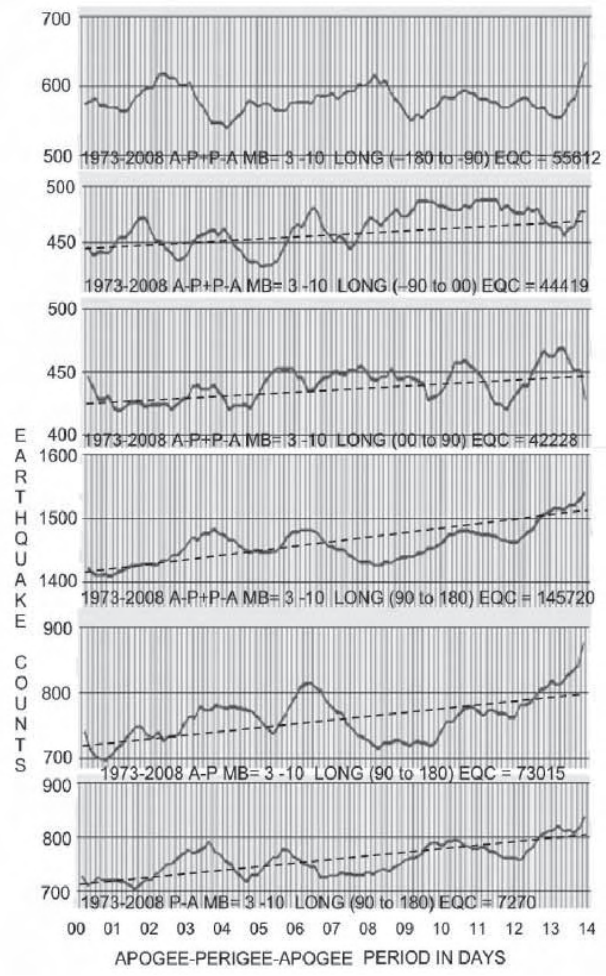


図 13 異なる経度範囲における遠地点－近地点サイクル由来の世界地震.

C. 朔望月に同調する地震

図 14 は，新月－満月－新月（NFN）の月のサイクルに同調した地震数を示したグラフである．上のグラフは，新月－満月（NF）の順方向と満月－新月（FN）の逆方向にプロットされた地震数のプロットを合成したグラフである．中のグラフと下のグラフは，個々にプロットしたそれらの二つのセットを描いたグラフである．NFN の月のサイクルは，NF のそれとは逆で，筋立てが FN で折り曲げられてない APA サイクルに類似している．それ故，NF サイクルの地震が順方向にプロットされているのに対し，FN 期の地震は逆方向にプロットされている．

三つのグラフすべての後半部が満月になるまで地震数が増えているのに対して，三つのグラフすべての前半部は，様々な主要な地震系列に大きな時間的ばらつきがある．前半部では太陽と月の両方とも地球に対して同象限にあり，後半部では二つの異なった象限内にある．そして最終的な影響は，その両者とも月が第一象限から満月の位置に動くにつれて地震数が着実に増加するために多少反対方向に引かれている．その時，月と反対方向に太陽と地球とが並んでいる．満月から新月に移り変わる間に，地震数は月が第三象限に到達するまで次第に減少する．

図 15 は，異なる地震規模範囲の NFN の変化を示している．先に示したグラフ（図 13）に見られるように，異なった地震規模の範囲について，それぞれのグラフの前半と通して，地震の（満月に向かう）漸進的増加と（満月から離れる方向への）減少は，M6.0 までに見られる．

図 16 は，異なった深度範囲の地震の多数のプロットを示したグラフである．浅部のこのグラフに見られるように，新月から第一象限への月の運動に属するプロットの

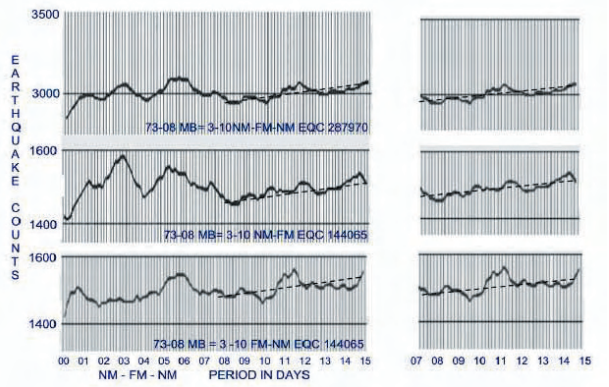


図 14 新月－満月－新月（NFN）サイクル（朔望月）に同調した世界の地震（73-08）．LHS に関する三つのグラフは NFN，NF と FN サイクルのグラフである．RHS に関する三つのグラフは，LHS での三つのグラフの後半 50% の部分.

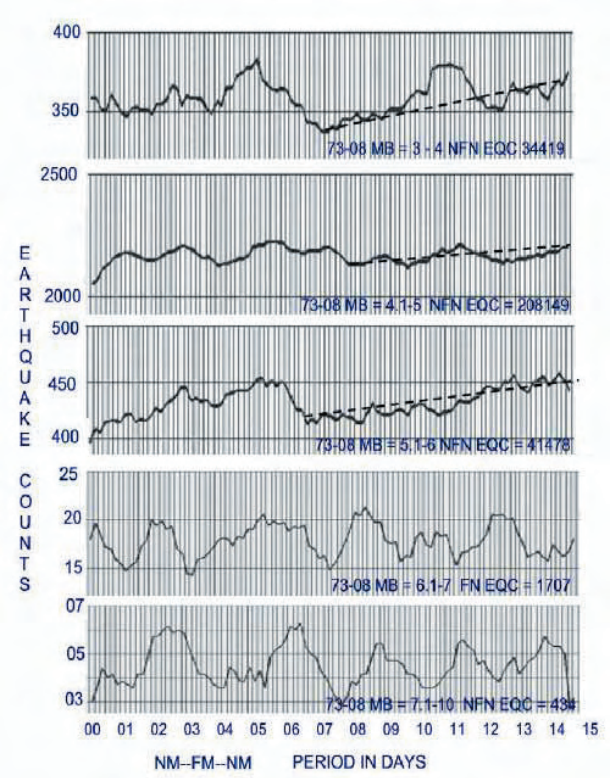


図 15 異なった地震規模範囲に関する NFN 移り変わり（朔望月）に同調した世界の地震グラフ.

前半部の間ずっと，プロットはわずかな主要な地震系列によって著しく変調させられている．しかしながら，後半（第一象限から満月への月の運動）では，プロットは満月方向に EQ 数の漸進的な増加を示している．影響は，主に深さ 00 ～ 10km の範囲に見られ，深さ 11 ～ 35km の範囲（第四番目のグラフ）にも若干見られる．これは逆方向の FN（第三番目のプロット）と同様に順方向の NF（第二番目のグラフ）における月の運動にも見られる．より深部の地震に関しては，最後の二つのグラフに示されているように，影響は見られない．より深いレベルでは，主要な地震系列がなく，それ故プロットは比較的滑らかである．しかし，満月時に地震数の増減はない．

図 17 は，異なった緯度範囲での NFN サイクルに同調した多数の地震プロットを示している．第一象限から満月の位置への EQ 数の増加が，緯度 -90 ～ -30° の範囲（最初のグラフ）に若干見られる．しかし，より大きな影響は緯度 -30 ～ +30° の範囲（2･3 と 4 グラフ）に見られる．緯度 +30 ～ +90° の範囲では，グラフ（第五番目のグラフ）は主要な地震系列に著しく変調されており，それ故満月方向への着実な増減を判断するのは難しい．しかしこのグラフの FN の部分（最後のグラフ）は，途中から満月へと地震数が着実に上昇している．

図 18 は，異なった経度範囲での NFN サイクルに同調した多数の地震プロットを示している．すべてのこれらのグラフは，図示されているように，異なった主要な地震系列に著しく変調させられている．しかし経度 -180 ～ -90°，00 ～ 90° と 90 ～ 180° のグラフでは，満月方向に地震数が増加している．

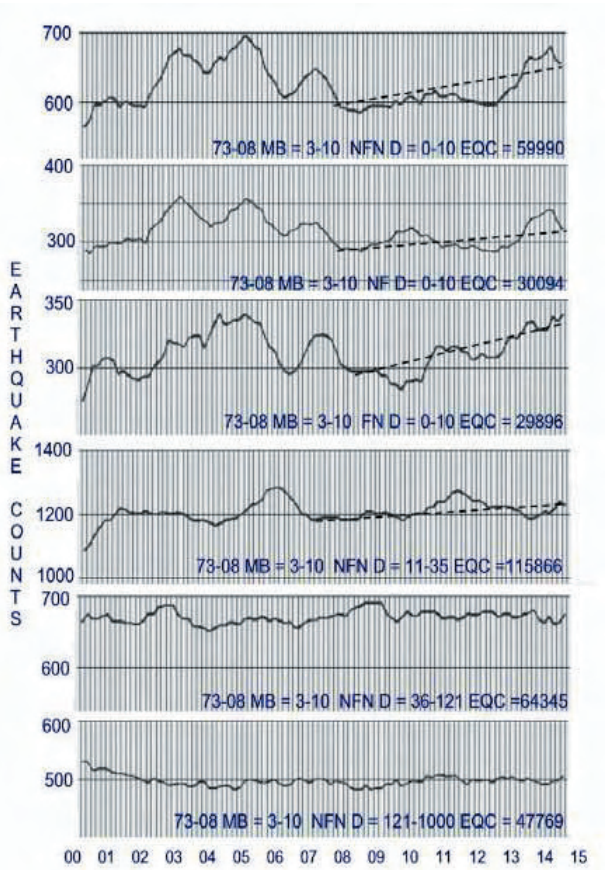


図 16 異なった地震深度範囲に関する NFN 移り変わり（朔望月）に同調した世界の地震グラフ (73-08).

D. 遠地点 - 近地点と新月満月時期に関する地震プロット

新月満月時期と同様に直接の遠地点 - 近地点について地震時期の空間的広がりを考察するために，Tamrazyan はすべての主要な地震 (1917-1950) をプロットするのに非常にユニークなテクニックを使った (Tamrazyan, 1968)．これは太陽と月からの潮汐の影響の変化についていくつかの地震発生のアイデアを提供する．ここで，我々は 1973 ～ 2008 年の主要な出来事をプロットするのに同様な方法を使う．しかし，新月 / 満月から第一 / 第三象限を横軸として地震をプロットした Tamrazyan の方法とは違って，我々は新月から満月を横軸としてプロットした．縦軸は遠地点 - 近地点と同様である．これはそれぞれ，新月と満月端での地震を検討することができる．

図 19 は，1973 年 1 月から 2006 年 6 月までの M7 あるいはそれ以上の地震について，上記のようにプロットした図である．新月 - 満月の時期と同様に遠地点 - 近地点を縦軸と横軸し，しかも固定された長さに規格化されている．このプロットを見ても，そして一般的ないくつかのパターンを見つけたり，あるいは何らかの結論を付けることは難しい．しかし，遠地点 - 新月（左上），遠地点 - 満月（右上），近地点 - 新月（左下）と近地点 - 満月（右下）に属する四隅の地域は，良い情報を提供する．たくさんの点に見られるように，我々は近地点が普通の要素であるところより多くの地震を観察した．またその地震の多くは実質的に異なっている．少数の地震 (M7 あるい

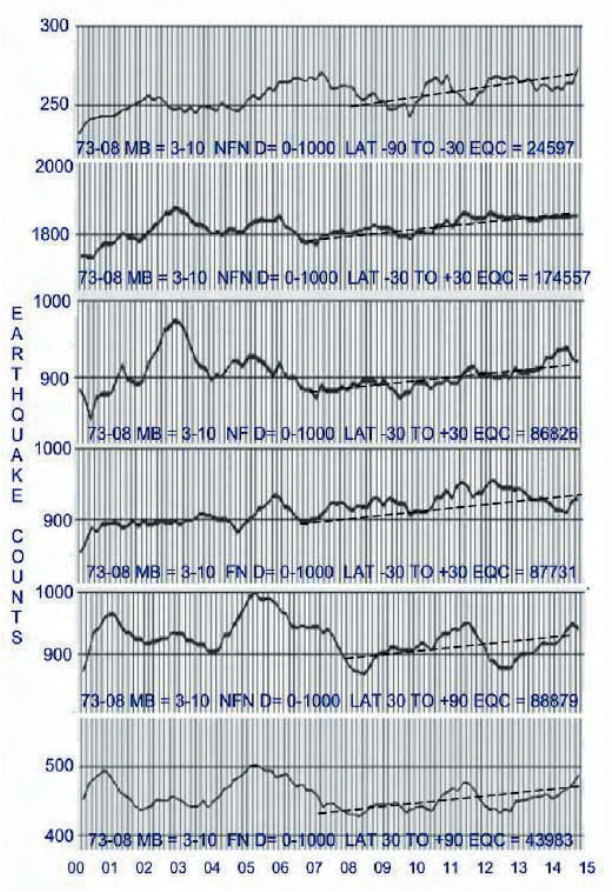


図 17　異なった緯度範囲に関する NFN 移り変わり（朔望月）に同調した世界の地震グラフ (73-08).

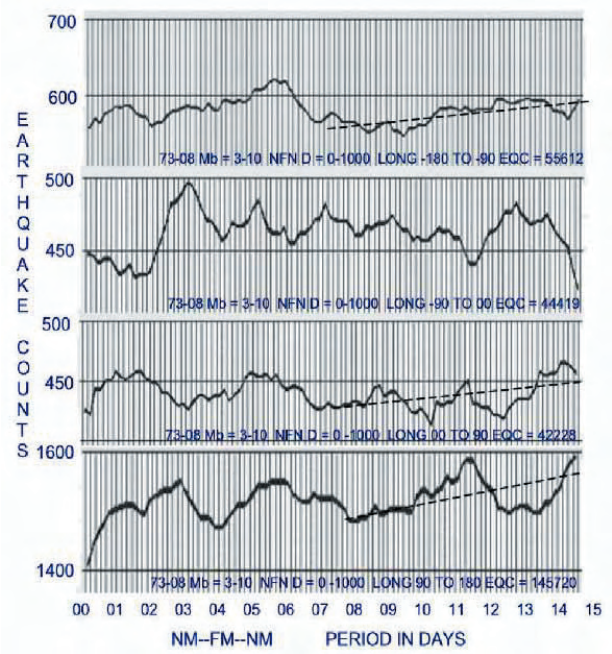


図 18　異なった経度範囲に関する NFN 移り変わり（朔望月）に同調した世界の地震グラフ (73-08).

はそれ以上）が，遠地点－新月 (19) で発見され，それに続いて遠地点－満月 (23)，近地点－満月と近地点－新月 (46) で見つけられた. 普通の発見は近地点の端で, 我々は遠地点のものより多くの地震を持っている．そこで，遠地点では重力の力がより高いために我々はより多くの

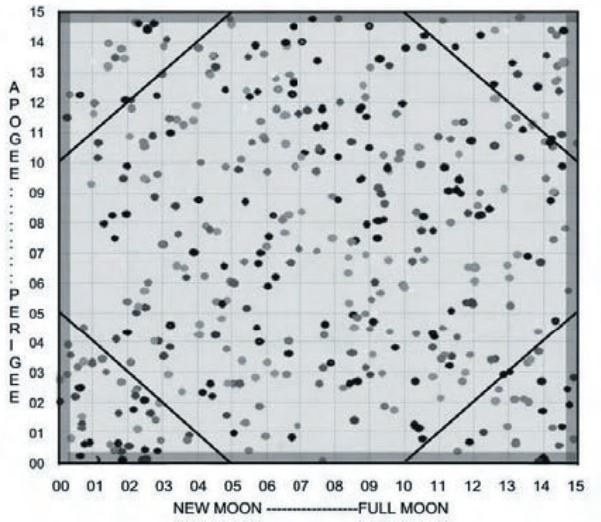


図 19　1973 年 1 月 ~2006 年 6 月の M7 あるいはそれ以上の地震をプロットしたグラフ。遠地点－近地点と新月と満月が規格化されている。

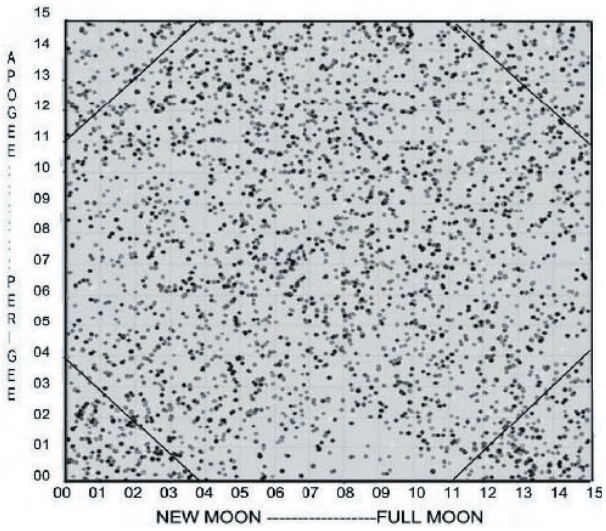


図 20　1973 年 1 月 ~2006 年 6 月の M6.0 ～ 6.9 の地震をプロットしたグラフ．新月と満月の時期と同様に遠地点－近地点ともに規格化されている.

地震を持つと結論づけることができる．遠地点－新月のコーナーでは，我々は実質的に遠地点－満月コーナーより多くの地震を持っている．遠地点－新月組合せになる理由は，太陽が月の背後にあり，組み合わされた力が同方向に作用するからである.

この四角形の図はまた，それは極端な遠地点－近地点の値と同様に月齢（新月，満月）の 12 時間以内に発生する主要な地震数を示す厚い半透明な境界がある．少数の地震が遠地点－新月 (06) のコーナーで発見されており，それに続いて遠地点－満月 (07)，近地点－満月 (11) と近地点－新月で見つかっている．しかしその他の時間に関しては，この明確な線上で発生するこのようなたくさんの地震が，四隅の境界地域内で合計 43 発生しているのに対して，たった 11（これら四隅の外側地域に見られるように）しか発生していない.

表2 月齢による潮汐形成の影響．遠地点－近地点－遠地点（APA）と新月－満月－新月（NFN）と主要な地震の発生が示されている．

CORNER	DETAILS	EQs OVER 12 HOURS LINE.		EQs IN FOUR CORNER AREAS							
		MB = 7.0 -10 NOS	%	MB = 7.0 -10 NOS	%	MB = 6.4-6.9 NOS	%	MB = 6.0-6.3 NOS	%	MB = 6.0 – 10 NOS	%
TOP LEFT CORNER	APOGEE-NEW MOON	06	13.95	19	16.23	45	22.92	64	17.06	128	18.60
TOP RIGHT CORNER	APOGEE-FULL MOON	07	16.27	23	19.65	38	19.38	83	22.13	144	20.93
BOTTOM LEFT CORNER	PERIGEE-NEW MOON	19	44.18	46	39.31	66	33.67	101	26.93	213	30.95
BOTTOM RIGHT CORNER	PERIGEE-FULL MOON	11	25.58	29	24.78	47	23.97	127	33.86	203	29.50
	TOTAL	43		117		196		375		688	

図20は，より小さな地震（Mb=6.0～6.9）についてプロットした同様な四角形に示したグラフである．異なったコーナーについての数の変化は，前者の場合のようにハッキリしない．しかし傾向はほとんど同じである．

表2は，これら四隅で発生した異なった規模の範囲，6.0～6.3，6.4～6.9と7.0～10についての地震の数と割合の統計である．全般に，四隅で発生する主要な地震の内で，60%近くが近地点端で発生し，残りの40%が遠地点端で発生しているように見られる．

議論と結論

この課題で，我々は月の三つの異なった周期性に関してNEIC-USGSの地震データを調整した．AN-ANサイクルに同調した地震のプロットは，降交点まで地震（EQ）数の漸進的な増加を示し，その結果EQ数が次の昇交点まで減少する．M4～6の範囲で，深さ35kmまでのところ，経度90～180°で緯度+20～-20°と+20～+50°のグラフには，非常に明確にこの傾向がある．

次の課題では，世界の地震が遠地点－近地点－遠地点サイクルに同調されているとき，EQ数が近地点端で2900/15分から遠地点端で3150/15分に着実に増加している（全増加量10.8%）ことが発見されている．近地点の平均距離は364,397km，遠地点のは406,731km，偏心率は0.0549006（最大値は0.026～0.077）である（Meeus，J，1997；http://en.wikipedia.org/wiki/Orbit_of_the_Moon；http://www.fourmilab.ch/earthview/moon_ap_per.html）．近地点から遠地点までの距離の増加はほぼ11.2%である．重力的な力は，距離の二乗に反比例するが，地震数の増加は地球－月距離の減少に比例するように見える．

APAサイクルに同調した地震では，近地点から遠地点までのEQ数の増加が，M4～6の範囲の地震に観測される．異なった12年間（1973～1984，1985～1996および1997～2008）に，この特徴はすべてのグラフで注目されるが，大部分は最後の時期に観測され，多分EQ数が多いためであろう．さらに，この特徴は35kmまでの範囲の浅部の地震に観測された．この特徴はまた，上限（+30～+90°）で，緯度（-30～+30°）の範囲で観測されるが，低緯度の範囲（-90～-30°）では見られない．このベルトのEQ数は他の二つと比較してあまり意味がない．地球の四つの象限の内で，この特徴は，経度範囲（-180～-90°）を除くすべてのところで観測された．それは経度範囲（+90～180°）でもっとも卓越し，そこは全世界の地震の50%以上を提供している．

世界の地震が新月・満月に同調し，三つのグラフ［NFN・NF・FN］すべての後半は，満月までの地震数が増加している．前半部で，太陽・月ともに地球に対して同じ象限にあり，後半の位置で二つの異なった象限内にあり，最終的な影響はそれらがともに第一象限から満月の位置に動く月のように地震の数の着実な増加に終わる多少の反対方向への引きを，提供していることである．そこでは月と反対方向に地球および太陽とが一列に並んでいる．満月から新月へ移り変わる間，月が第三象限に到達するまで地震の数が次第に減少している．中央位置（第一および第三象限から満月）からのEQ数のこの増加は，約5～6%である．この上昇はM6.0まで，深さ10kmまでの浅い地震で集中的に観測され，深さ35kmまでの地震でも若干観測される．さらに，この上昇はすべての緯度の範囲とほとんどの経度で観測される．

遠地点－近地点／新月－満月（A-P/N-F）のグラフは，主要な地震の発生に関して近地点の影響が明らかにある．A-PとN-Fの周期性の極値を示すこのグラフの四隅は，それらの影響を示す三つの月の周期性すべての最大の活動時期である．より大きい規模範囲（Mb7.0とそれ以上）では，第2表に示されているように，近地点－新月および遠地点－満月のコーナーで39.31%と24.78%の地震

が，遠地点－新月および近地点－満月の二つの他のコーナーで16.23%と19.65%が発生した．同様な影響はまた，M6.0～6.9の範囲の中規模の範囲の地震でも見られる．全体にわたる影響は，近地点端で60%で遠地点端で40%である．これは明らかに主要な地震が近地点端で誘発されたことに何の疑いもない．

謝辞　この研究は，S.Bannerjee博士（原子エネルギー委員会議長）・G.P.Srivastava氏（BARC，E&Iグループ理事長）・A.G.Apte氏（BARCコンピュータ部門主任）の同意を得て筆頭著者の引退後になされた．筆者はそれらの全霊を傾けたサポートに感謝する．筆者はまた，サポートと協力を引き継いだP.S.Dhekne氏（Raja Ramannaフェロー），Shir L.S.RajputおよびBARCのコンピュータ部門の他の仲間，原稿を査読していただいたR.S.Chaughule博士に感謝する．

研究分担　筆頭著者は，一人だけで研究計画，方法論および執筆を行った．MCAに関するプロジェクト研究を行った他の著者は，筆頭著者のガイダンスを基に，NEIC-USGSの地震データの処理に必要なソフトを開発した．

文　献

Bulow, R.C., Johnson, C.L. and Shearer, P.M., 2005. New events discovered in the Apollo Lunar Seismic Data. Journal of Geophysical Research, v. 110, E10003, doi:10.1029/2005 5JE002414,2005.

Cochran, E.S., Vidale, J.E. and Tanaka, S., 2004. Earth tides can trigger shallow thrust fault earthquakes. Science, v. 306, p. 1164 –1166 (Originally published in Science Express on 21 October 2004). DOI:10.1126/science.1103961

Gao, W., Xu, S-X., Lie, P-X. and Peng, K.Y., 1996. The relationship between earthquakes and positions of the Sun and Moon. Acta Seismologica Sinica, v. 9, no. 1, p. 91-101.

Iwata, T. and Katao, H., 2002. Relation between Moon phase and occurrence of micro-earthquakes in the Tamba Plateau. Journal of Geography, v. 111, no. 2, p. 248-255.

Kolvankar, V.G, Deshpande, S., Manjre, A., More, S. and Thakur, N., 2010. Diurnal seismicity and temperature. Jour. Ind. Geophys. Union, v.14, no.3, p.183-194

Lammlein, D.R., 1977. Lunar seismicity and tectonics. Physics of the Earth and Planetary Interiors, v. 14, p. 224-273.

Li, Y., 2006. An examination of the correlation between earthquake, positions of solar system bodies and solid tide. Science in China: Series G Physics, Mechanics & Astronomy, v. 49, no. 3, p. 367-376. doi:10.1007/s11433-006-0367-x.

Latham, G., Ewing, M., Dorman, J., Lammlein D., Press, F., Toksoz, N., Sutton, G., Duennebier F. and Nakamura Y., 1971. Moonquakes, Science, 12 November, v. 174, no. 4010, p. 687 – 692.

Metivier, L., De Viron, O., Clinton, P., Renault, S., Diament, M. and Patau, G., 2009. Evidence of earthquake triggering by the solid Earth tides. Earth and Planetary Science Letters, v. 278, p. 370-375.

Meeus, J., 1997. Mathematical astronomy morsels. Richmond, VA, Willmann-Bell. NEIC-USGS earthquake search catalog, http://earthquake.usgs.gov/earthquakes/eqarchives/epic/epic_global.php

Runcorn S.K., 1977. Physical processes involved in recent activity within the moon.

Physics of the Earth and Planetary Interiors, v. 14, Issue 3, p. 330-332.

Tamarazyan, G.P., 1968. Principal regularities in the distribution of major earthquakes relative to the solar and Lunar tides and other cosmetic forces. ICARUS, v. 9, p 574-592.

Venkatanathan, N., Rajeshwara Rao, N., Sharma, K.K. and Periakal, P., 2005. Planetary Configuration: Implication for earthquake prediction and Occurrences in South Peninsular India. Journal of Indian Geophysical Union, v. 9, p. 263-276.

http://en.wikipedia.org/wiki/Orbit_of_the_Moon

http://www.fourmilab.ch/earthview/moon_ap_per.html

地球のテクトニックプロセスに関係する新しい理論的概念

A NEW THEORETICAL CONCEPTION CONCERNING THE TECTONIC PROCESSES OF THE EARTH

Hatam GULIYEV
Geology Institute of Azerbaijan National Academy of Sciences.
29 A, H. Javid ave., AZ 1143, Baku, Azerbaijan　hatam@lan.ab.az

（岩本 広志 ・ 川辺 孝幸 ・ 矢野 孝雄［訳］）

要　旨：地球の進化は非古典的線形近似の枠組みにおける均衡不安定状態の変化の継続として研究されていて，絶え間ない発展のバックグラウンド異常の形成によって現れている．異常状態は異なったスケールの構造要素の形成に特徴づけられ，地形と様々な（自由な自然の）力やバックグラウンド状態の変形パラメーターとの間との真の重大な関係として起きている．地球の内部の構造要素は破壊系の基礎的な特性に相当する．断層タイプの鉛直・水平構造の存在が地質学的・地球物理学的手法によって決定されることは理論的に有効である．それらは地球の規則正しい進化の必要な状態として起きている．それらの新しい形成機構とそれに近似したテクトニック構造が提案される．変形の理論的調査の方法論的な側面に，大きな注目が払われる．

キーワード：テクトニクス，変形，不安定，既定値，密度

１．序論と短いレビュー

球形地球の進化の規則正しい調査は，その主要構造要素の形成とそれらのジオダイナミックスへの関与のメカニズム，それと現在の内部構造の形成が依然として地質学と地球物理学上の議論的な問題である．にもかかわらず，200 年近くもこれらの研究の歴史がある．

エンジニアリングの発達と物理－力学的研究の進歩に伴った地震トモグラフィー，航空宇宙科学センシング，GPS 技術の方法の発達は，高温高圧条件下の鉱物や岩石の岩石物理学的な特性が将来的な解決に向けた強いはずみが作られる．

地球内部構造の問題は超複雑かつ統合的であり，さまざまな観点からの暫定的な解に終始してきた．大陸と海洋の地殻（それらにも内部的分化，すなわち，被覆堆積層と結晶質地殻基盤が存在する），大陸性および海洋性リソスフェア，上部，中部および下部マントル，外核および内核が想定されてきた．もっとも緊急の課題は被覆堆積層に関係する課題であり，そこには，掘削によって直接観察の可能性が存在する．それらの結果はもっとも信頼のおけるものであり，それゆえ，地球のより深部の構造要素の研究にとって基本的データとして利用される．地球内部のより深部の地球物理学的研究方法も，被覆堆積層の研究によって検証・是認されてきた．

堆積物の被覆に関係した問題は，それらの科学的な価値を除いて，また現実的かつ商業的な重要性である．リソスフェアの一部として，堆積物被覆の関係は地質的激変の準備で，生命の脅威に至るかも知れない．

多くの地質学的－地球物理学的データによると，地球が地殻，マントル，核より成っており，異なったジオスフェアに分かれている（Dmitrievsky, 2004: Singh & Mckenzie, 1993）．マントルのグローバルな境界は地震学的手法によって区別されている（Egorkin, 1999;Pusharovsky, 2005;Su et al., 1994;Williams & Revenaugh, 2005），ジオスフェアに言及する提案境界と内部ゾーンの幾つかの割れ目境界となっている．これらの境界はグローバルなサイスミック境界として良く対比され，マントル中の鉱物・化学変形のゾーンとなっている（Hilst, 2004;Pusharovsky, 2005;Trampart, 2004）．地殻の非活動的ゾーンにおいて，一つは侵食作用によって裸にされた被覆層群と断層群のスラストゾーンとして観察され得る（Belov et al., 1990）．その地域は地震テクトニック・プロセスが関係するそのようなゾーンは最も典型的なリソスフェアの活動的地域として決定さ れ（Lister and Buffet, 1988；Lobkovskiy, 2004；Pavlenkova, 1998；Tracy, 1987），中部・下部マントルの活動的地域としても（Deuss & Woodhouse, 2001；Ekstrome & Dziewonski, 1998；Kellog et al., 1999；Resovsky & Ritzwoller, 1999）．世界中における現在と過去の構造上の活動帯深部スラスト・ゾーンの形成と進化のメカニズムと，リソスフェアのダイナミクスの役割は調査されている．結果としてリソスフェアのテクトニック層序の概念として提案されている（Belov et al., 1990）．リソスフェアの層序のテクトニック性質に関する基礎的な理論は豊富な現実的なデータによって確認され，3 つの主要な条件より成っている：1) 広域に広がったテクトニック・カバー（Belov et al., 1990;Ruzhentsec & Sokorov, 1985):2) 大きなプラスティック変形とテクトニック・フローを経験したリソスフェアの能力（Lukyanov, 1999):3) 航空宇宙，地形，地球物理的手法によって決定された，それぞれの深度に存在するプレートのテクトニック構造の不調和（Triphonov & Pevnev, 2001）．地球物理的データは深部構造の地質形状を補足することができる，テクトニック，温度，現在の化学相プロセスと同様に．このように地球表層における偽垂直断層の転移は深度の範囲外に平らにならされる（Goldin, 2002；Goleny et al., 1989；Nikolaevsky, 2006；Reston, 1988；ほか）．幾つかの深度区間において地震の震源の集中の増加に従って，そこにある力学的な脆弱帯も区別される（Choi, 1987；Kalinin, 2000）．美しい地質－地球物理学的なパラダイムは上部マントルテクトニクスの形成やダイナミクスについて断層タイプの構造の役割を説明させるのは，異地性であり不調和であり，衝状断層は震探反射面のくぼみが作られる大陸・海洋の上部マントルの地殻深部に存在する．このような構造は深度 200km の震探断面で発見されている［Charley Gibbs 帯が北・中米を分けるように］（Pusharovsky, 2005）．

トモグラフィックな調査（Deuss & Woodhouse, 2001, 2001；Ekstrome & Dziewonski, 1998；Hilst, 2004；Kennett et al., 1998；Ritsma & Van Heijst, 2000；Trampert et al., 2004）が説明する中部マントル中・上部マントル中に存在する同一性でもなければジオスフェアの分離境界でもない．このような非同一性は広大な領域を占めており，10km 程の厚さを持った地殻中やマント

ル中のそれぞれ異なった深度に存在する．それは確実な深度の下位に決められ，その反対側では物質の密度が増加しない：物質はdeconsolidate状態として存在する．非同一性境界の地震波速度は発作的に変化する．地震波速度は時々それらの非同一性の内部では上部や下部に比較して何倍も低い．この理由によって非同一性はしばしば科学文芸ではウェーブ・ガイドと呼ばれている．その理由やメカニズムの調査の異なったアプローチとしてそれらの形成が発達中で，このようなマントル中の非同一性の物理的な本質の分析（Montelli et al., 2004）はサブ水平テクトニック断層が二次的なエネルギープリュームと対流セルのゾーンとして説明した．

造岩鉱物の実験的調査に基づいて，膨大な静的或いは動的な温度圧力インパクトの観点から，広い仕事の範囲が地質－地球物理問題のこのクラスの確認の結果として利用可能である（Aleksandrov et al., 2001；Clark, 1969；Meyson, 1981；Navrotsky, 1994；Puarye, 1988）．Kalinin（2000）は静的或いは動的な温度圧力インパクト変化条件下で，物質の力学的なフェイルセーフ特性が異なった構造相の遷移の期間に起こることが可能と決めている．実験的な調査，状態のダイヤグラムの計算（Kuliev & Asgerov, 2007）と変成作用のデータ（Dobretsov & Khlestov, 1978）が高温高圧条件を説明し，ほとんどの鉱床形成鉱物は様々な微細構造の転化（相転移，化学反応）にさらされている．これは地殻とマントル両方で起こっている．特別の注目は密度変化の調査に払われる，収縮の体積係数と転化熱．転化の間，安定の限界は低くなり破壊変化の性質を帯びる．地殻の変成作用の活発化されたゾーンと上部マントルの物質の固体変成転移が典型的で，例えば結晶構造や密度が何時変わるか，それとともに高密度粒を含む古い結晶粒が新しいものに置換され，これらの転移が自由になる．

実験的事実に含まれる仕事を見てみよう，科学的な概念はリソスフェアの構造モデル調査を基礎として形成される．リソスフェアにおけるこれらの仕事は以下の如くに仮定される．それらは力学的に脆弱な平面層である．典型的なパラメータ（オリエンテーション，厚さ，振幅，置換速度）は上記に言及した変形に関する固有の固体物理特性を使って計算される．このことによって下部地殻や上部マントルにおける深部断層帯の形成は確認される可能性がある（Goleby et al., 1989；Reston, 1988；Rusinov,2005）．Nikolaev & Sanina（1982）はリソスフェア層の大規模置換を，信頼できる表層・深部震源地震のメカニズムを含んだ幾つかの地質構造の形成上の様子をコメントしている．Kalinin(2000)は微細構造転移層がサイスミック・ウェーブガイドで，その理由は層中の力学的特性の損失，若しくはそれらが起こった地球の信頼できる場所が原因したためと述べている．微細構造転移量と温度圧力条件の変化量に従って，数kmの厚さで同時に広がっている．ここには安定性の変化と深度依存の地質物質の破壊性質という二者択一のアプローチが存在し（Garagash et al., 1986；Lobkovsky et al., 2004）中部地殻における脆弱層が力学的に形成されている．

前述の地質－地球物理調査の結果のレヴューはリソスフェアの構造と中部・下部マントルの力学的脆弱（断層）帯の存在を説明している．テクトニック構造，流動，移動は中・下部マントルの典型として知られている．厳密には深度に依存した地球物質の密度分布，深度依存の密度異常変化として，規則性に関する研究に注意が払われ，ウェーブガイド特性を伴ったdeconsolidated層の存在を示している．他の視点からは，深度における物質密度の分布特性が知られていなく，そのことは地球の内部構造の他のパラメーターを決めることができない．

密度対深度の異常変化は化学相変化と結びついている（Navrotsky, 1994；Petrophysics, 1992；Puarye, 1988）．確かに，もし温度圧力インパクトが確信的な評価に達するならば，鉱物は化学相変化にされされ，発作的な密度上昇が起こるだろう．この事実は実験的に証明されている．確信的な評価の前後が成されたら，温度圧力インパクトの成長が密度の成長に結果付けられる．このことはすっかり自然で次の質問が起こる：深さによる物質の付加のメカニズムは？，deconsolidated層の量的な見積りは？，深度依存のdeconsolidated層の形成メカニズムは？現象論的アプローチの観点からの説明は可能か？

よく知られたアダムス－ウィリアムソン方程式（Zharkov, 1983）は中・下部マントルについて最初と最後の質問に関し，少なくとも等方性均質モデルで部分回答を与えてくれる．後に，この方程式は異質性に関係した温度領域でのケースを要約されている（Kalinin, 2000）．それゆえに，この方程式は二番目の質問にははっきり答えていないばかりではなく，密度と応力の変化のメカニズムの量的見積りにも答えていない．この主たる違いはサイスミック・パラメーター（φ）が弾性波の古典的線形理論の方程式によって決定されたものとしての方法の違いである．密度の付加の問題は分けて考慮されるだろう．

これら方程式の他の重要な違いは物理的形状的非線形性の無視と変形の（小と大）評価で，例えば小規模な線形弾性破壊の場合にのみ適用可能である．膨大な温度圧力インパクトや，地質的時間を越えたものが，物理－力学的なものと密度性状の重要なインパクトとして作られえる．

主要物質のさしあたりの解釈の前に以下に述べる批評を行なうことは妥当である．この論説は他の著者の似通った仕事の結果を議論したり批判したりすることではなく，短レビューを除いて多くの出版物には示されていないこと関係付けることである．著者によれば異なった見解の存在は本当であり，新しい結果の出現が複合的な現象と過程についての我々の知識を補足する．地球のテクトニクスと内部構造の形成と発達に関する困難で包括的な問題として示唆されたものが力学的な運動によって解決されることを意図してはいない．地球のテクトニック

と内部構造は多様な地質・地化学・地球物理などのプロセスが関係している．テクトノフィジクスとジオダイナミックの変化に含まれたそれらすべてのプロセスは運動と変形である．それゆえに，存在する基本的なパラメーターは（それらは古典的なテクトノフィジクスとジオダイナミックに一般的に受容された）上述した評価として採用され，新しい理論的概念の発展として使われている

2. 地球のジオダイナミック－テクトニックと構造進化のための理論的基礎

出版物による上記のレヴューとそれらの結果の解釈は地球のテクトニックと構造進化の多くのモデルとして説明されている．重要な進歩にもかかわらず，地球のテクトニックと構造進化についての確認に向けた理論的なアプローチは未だに存在しない．それは，多くの地質・地球物理上の問題が議論され未解決のままになっている．これらの基礎的な問題の解明のさらに進んだ前進を成し遂げるためには統合的アプローチが必要となる，例えば数学，力学，物理，化学，情報科学分野の現在の達成を連帯的に適用すること．

地球のジオダイナミックテクトニック進化の理論的調査に志向した統合的アプローチの一つの主要な原理は，30年以上も前の著者によって遂行されてきた．幾つかの結果は要旨の形で出版されている（Abasov et al., 2000；Guliyev, 2008；Kuliev, 2005a；Kuliev, 2005b；Kuliev & Asgerov, 2007）．現在の著者名に記載された苗字のKuliev G.G.は過去のソヴィエト時代にはグリエフ H.H.のはずである．

地球進化の仮定は固体変形した合成物質を満たしたものが非古典的理論モデル（NTM）の形成の最初の原理として利用される．テクトニック・構造進化（絶え間ない発作的なそのうえ激変的な変化）が46～47億年前に起こったと考えられている

変形システムの調査には2つの主要問題が存在し，明確な問題の考慮の前に解決が必要となる．最初にインパクトとして変形にさらされているかを決めなくてはならなどの物質か？　次に（変形を含んだ）なぜ変化が生じたか，例えば何がこれらのプロセスの原因なのか？

最初の問題はAbasov et al.（2000）とKuliev(2005a)によって考慮されている．地質的媒体は収縮性の等方体・異方体として，若しくは非収縮性の均質と非均質物質として形成されたものでシミュレートされるだろう．それらは大小の弾性体，弾性－塑性体，弾性－粘性体，弾性－塑性－粘性体などの変形にさらされる．変形は 動的・静的インパクトの状態で様々な静止・非静止プロセスの間に継続・非継続されるであろう．

習熟したアプローチの観点からの2つ目の問題も考慮される（Abasov et al., 2000；Kuliev, 2005a）．表面上はこの問題に対する答えは明快である．地球に存在する様々なインパクトのうちの3つのグループは，宇宙線生成，外因性，内因性．しかしながら，多くの調査によっても合理的な実践的な問題が存在することが明らかとなるのみである；それら3つのグループの主要なのはどの成分か，比較的重要でないのは何か？　同様な問題がテクトニクスの問題として明らかとなる．議論的な問題は以下の通り：マントルの深部帯はテクトニクスのインパクトにさらされているのか？　もしそうならば，これらのプロセスの原因したインパクトの根源は何か？これらの問題は物質の永久循環の概念の立場からの論文によって考えられる．

3. 物質の永久循環の概念（ECM）（Kuliev, 2002）

この概念は地球のジオダイナミック－テクトニック進化の一般的な物理原理の方程式を可能にしている（Kuliev, 2001）．異なったスケールの（ミクロ,普通のと地球規模）運動で考えられるものは進化の理由である．それらは常に，何処でもエネルギーの相互変形の様々なプロセスに原因し，お互いの中の物質はそれら全ての集合状態を含んでいる．運動のスケールは地質時間に関係した重畳関係（分析力学の用語）によって決定される．その関係はちょうど運動の形成と道のような限界の集積によって決定される．分析的な力学において関係と関係のセオリーの多くのモデルは形成されつつある．幾何学的なスケールと速度次第では，理論的にこれらの運動は量子力学で解釈されている．ニュートン力学と相対性力学．存在と部分的に観察される世界オーダーは作用の極値の原理によって支配されている．運動（前進，回転，脈動，周期等）の形成を考えに入れずに，不安定平衡領域の連続的な変化（不安定概念：Guliyev, 2008；Kuliev, 2002；Kuliev, 2005a；Kuliev, 2005b）は進化の主たるメカニズムである．不安定平衡領域の高周期（数10億年），長周期（数億年），中周期（数千万年～数百万年），短周期（数10万年～数万年），浅周期（数百年）の変化の結果として，地球の進化が起こりそして近年の平衡なジオダイナミックス－テクトニック不安定領域が形成される．それは上述の如く完全に自然なことで，宇宙と宇宙スケールでの不安定平衡領域の変化の超周期もまた存在する．最後のケースでは，その周期は既に地質的に計測されたもののみならず，天文学上の時間とスケールで計られたものである．理論的モデル調査における異なった周期の不安定平衡領域のこのような区分は，いずれにせよ地球進化の主要ステージ（Lobkovsky, 2004の地質学的に9ステージに区分可能）の反映であり，地球のテクトニックな歴史の中の異なったスケールの周期である．このように堆積岩系ではマルチオーダーの事件の地質学的な周期として考慮され，17オーダーの周期（Afanasyev, 1978）が最大（億年）から最小（1年，リボン粘土）に区分される．地質学的に,周期の意味は進化の事件やステージの確かなサクッセッションの準周期の繰り返しで，一から他へと簡単に通り過ぎること若しくは進化の中へ飛び込むことによって表現することである．

相互的な変化，例えばエネルギーやスケールに係わりな

い物質の周期は，反対側の傾向として横たわっている．エネルギーが自由になろうと試みるとき，例えばまるで質量を失うようになる．この理由はエネルギーが物質を破壊することを試み自由エネルギーとして変化させる．次々に物質は全て集合状態となって最小のポテンシャルエネルギーを伴った形成を得るようになる，例えば全ての種類のエネルギーが物質へと変化する，（もし不完全な）状態は静的に接するようになる．均質な領域では，等方性の媒体は球形を呈するようになる．この永遠に相矛盾するエネルギーと物質の間の闘争は，どこでも極端に異なった刺激，密度，形成（過渡的な変異，回転，振動等）と運動のスケール．

確実なタームの中ではこれらの運動の多様性はテクトニックの形成を増進する，異なったスケールの地質構造と地球内部の移動（Dmitrievsky, 2004 が言及した，上昇流･下降流の形成，ホット･スーパープリュームの形成，火山･地震中心，深部流体が地殻表層まで移動する，等）．

地球進化のパラダイムにおいて質量物質（鉱物，様々な化学成分を含む岩石）の運搬にやエネルギー種の様々な形成についての進化の関与に関する証明は必要がない．絶えることのない，全ての表面や地球ジオスフェアの内部帯は様々な速度を伴って，エネルギーと物質が様々に異なったスケールの相互変形が起こっている．

この理論的な結論は異なった地質・地球物理調査の結果が確認する．ごく最近のサイスモトモグラフ調査は，地球表面の（広域地表調査と GPS 測定）運動の観測とともに，内部地殻の運動（井戸，露頭）とより深いリソスフェアの運動が，全てのマントルのゾーンのスケールと運動のさまざまな形成についての情報によって我々の知識が豊富になってきた．地質的な天体物理的な結果と地磁気の調査は地球の核の運動も同様に存在を論証した．カーボンサイクルのバランス問題は，宇宙から移動可能な炭素が入ってくることと結び付けられて解明されてきた．それらはまた我々の惑星の炭素の利用の地化学的運動と結び付けられている（Barenbaum, 2007）．この論文では V.I. Vernadsky によると地殻の″惑星メカニズムの理″論的なモデルは作られている．このモデルの基礎となるのは地球の地質的な歴史の異なった周期のこのメカニズムの幾つかの地化学的な側面が調査されている．地球の炭素と水のグローバルな地科学サイクルの分析を通して，銀河系の彗星の中から我々の惑星に入ってくる量を計算したり，地球内部の油ガスポテンシャルの適正な科学的アセスメントを筆者に可能ならしめている．このモデルは水，酸素，炭酸水素が生命体のなかで一緒になって，現在の地化学システムの枠組みの中で結合サイクルにあずかっていることを論証している．このモデルもまた水サイクルの下行枝での地殻の炭素流入量が，地球内部からサイクルの上行枝での表面外への炭素湧昇量が同等であることを論証している．この意味は炭素サイクルの最初のバランス矛盾が排除される．この推測は生物圏全体を含んだ生物圏サイクル，そこに位置する主要油ガス鉱床を伴った被覆性の堆積岩を含む，についてもたらされた．二番目のバランス問題は既に解けており，例えばサイクルの下行枝での生物起源の酸化炭素は地殻のへ下降し，結果として有機分子は破壊されてしまい，多遺伝子性の炭化水素溶液が形成されるものとして説明されている．サイクルの上行枝では，同様に触媒合成の結果として鉱物組成の炭化水素溶液が形成される．前述した結果は著者が完全な新しい油ガスの形成に関する生物圏概念の提案を可能ならしめた．この概念は地球内部の炭化水素の生物起源・非生物起源合成のメカニズム，地球上での炭化水素の再配分のタームを含んでいる．

この故に，提案された理論モデルは，地球のテクトニックと構造進化の問題について平衡の不安定領域の連続的な変化の形成が考慮され，球形の変形された物体（合成物質に占められた）の断続の無い発達のバックグラウンドの動揺（異常）としてそれら自身が目録化される．バックグラウンドの断続の無い発達のプロセスと動揺状態は長いタームのテクトニック・プロセスとして論証される．様々な特定の動揺状態は異なったスケールの異なった構造要素の形成によって特徴付けられる．それらは 局所的な地域的或いは広域惑星スケールのバックグラウンド状態の幾何的,様々な（自然遊離状態）力と変形パラメーターの間の明確で重大な関係と思われる．

伝統的な人造物質と異なった，地球の内部構造とテクトニクスの問題は” 地質－地球物理 ” 環境の概念を必要とする．この事実は次のようなもので，自然のステージにおいて，あらゆるスケール（岩石，地層，堆積盆，大陸など）の地質的な目的物は常に多数の様々な物理領域（重力，電磁気，回転など）を影響下に置く．

物質の永久循環概念（Kuliev, 2002）によれば，媒質の意味する多くの受容されたプロセッシングと伝達の異なったエネルギーの形成（APTE）に影響を与える．これらの過程は量的に変動できる機能としてまとめられる，そのような様々なエネルギーの形成として，様々な地質，地球物理的な媒体，速度，期間そして現実の幾何学的スケールとしてまとめられる．

論文中では上記に気付かれた前提と概念を基礎にして，媒体の多くの受容されたプロセッシングと伝達の異なったエネルギーの形成（APTE）の過程とそれらの結果は一つの主要ファクターとして地球の内部構造とテクトニクスを決定するものとして論証される．媒体中に落ちたエネルギーの部分は反映されるのに，他の部分は近くの対象の中を通過してしまう．媒体はそれ自身エネルギーと同様な部分として根絶される．媒体中の内部のエネルギーの残りは処理される．そしてその一つの主要メカニズムは変形のプロセスと結び付けられる．上記に述べられた残留エネルギーの影響下のもとで，異なった強度の，異なった速度，異なったスケールの遅く，でこぼこで，断絶の無い様々なプロセスや断層変形が媒体中に起こる．これらのプロセスはエネルギーの処理にあずかり，別の言葉で言えば，それらは媒体の多くの受容されたプロセッシングと伝達の異なったエネルギーの形成（APTE）

全体のなかで支持される，例えば物質の永久循環のようなものである．

物質の永久循環の異なったステージにおいて，エネルギー・フローの成長は 本来のエントロピープロセスからエネルギーの吸収に，そしてその転換，エントロピープロセスの形成の新しいパラメーターと新しいレベルでのエネルギーの消失を得ること．

テクトノフィジクスについての非古典的線形理論の適用の経験は現在のジオダイナミクスの問題（Kuliev, 2005a & 2005b）とリソスフェアの新しい進化モデルの，目録に載せられた不足分の計算を伴った上記言及した問題として合理的な回答を論証する，ひとつは非古典的線形理論の枠組みを得ることが可能である．

4. 非古典的論理モデル（NTM）形成の主要原理

基本状態の微小領域における古典的線形化とならんで，非古典的線形化には広い適用範囲が存在することがみいだされる（Biot, 1965）．この研究方法においては，非線形論のなかに線形近似が存在するようにみえる．これは，特殊な一次近似である．その特殊性は，この線形化が初期段階の終点Aからではなく，実態における任意の点Mから始まる（図1）．

ここで，ε_0は初期変形状態における変形量，ε_*は実際の変形状態における変形量，ε_1は変形の偏倚値である．

多層変形固体からなる外殻をもつ球体構造は，地球のモデルと考えられる．多層外殻は，地殻とマントルの力学的モデルである．それぞれ異なる特性を示す宇宙起源，外因的および内因的な力が，それらの内面および外面に働く．外殻の各層を構成する地質物質は堆積岩，変成岩および火成岩からなり，それらは，非線形弾性，弾塑性，あるいは粘弾性のいずれかによって，あるいは，さらに，より複合的に変形した圧縮性あるいは非圧縮性物質によって近似される（Abasov et al., 2000；Guliyev, 2008；Kuliev, 2005a & 2005b）．引張～変形への依存度を決定する弾性ポテンシャルの様式選択は，シミュレーションの結果を左右する重要な要因の１つである．これらの関係のシミュレーションは，実験的に測定された類推結果に近いモデルをもたらす．

対象システムの変形作用の研究は，連続的近接法あるいは微小要素法（媒質の均質モデル）のいずれかで実行される．

適切に修正された変形体力学の一般的非線形理論への的確な依存は，非線形モデルの比較と解析方程式の主要システムとして適用される．

地球力学における変形した固体物体のメカニズムとは別に，この問題を解く過程には，地質媒質の特有な特徴から生じる多くの課題が存在する．主要な困難は，岩石の線形および非線形の物理－力学特性の実験的決定とそれらの現実的条件と保障にもとづく敷衍と同様，さまざまな変形段階における引張と変形の関係のシミュレーションに関するものである．この理由から，地球力学においては，適用するパラメータの真の値と現実の値を識別することが必要になる．岩石においては，物理機構物性や他の物性の静的および動的決定方法は，荷重値，荷重方法，波動分野では周期，媒質の構造などに依存して結果は大きく異なる．他方，異なる状況（異なる地球力学場）におかれた１つの岩石や同じ岩石においては，適切な初期データを与えるべきであり，それらはほとんどの場合に相違している．こうして，ある岩石の１試料あるいは１群にとって，物理機構物性パラメータの有効値は乾燥あるいは湿潤（流体に飽和）によって異なるであろう．これは，論理的シミュレーションのさまざまな段階で考慮されるべきである．

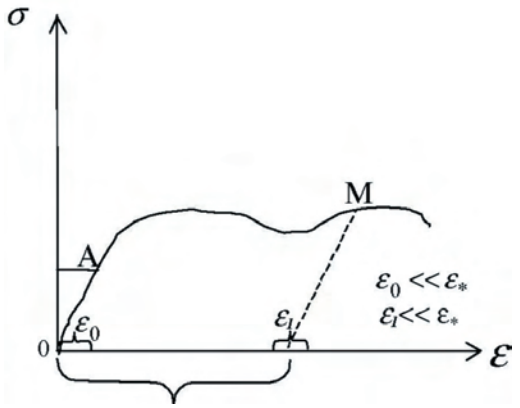


図１ 線状化モデル

実際には，岩石，とくに堆積岩はほとんど常に物質のように変形することなく，残留変形をともなう構成物のように挙動する．この特性は，力学的方法によってそれらの物理機構物性を研究する場合に顕著に現出する．たとえば，超音波周波数領域では，岩石は複合構造をもつ変形構造物であるかのうように挙動する．同じ岩石は，低周波の地震波の場合には，均質な等方的物質として挙動する．

引張変形する変形した固体物体のメカニズムにおいて，伝統的な人口物質（金属，化合物，ガラス，陶器，木材，など）については，構成と構造が研究されてきた．引張が加わらないそれらの初期状態はよく知られていて，研究試料の大きさが，その変形過程の観察と制御を実行することを可能にする．これは，ある物体を提出し，論理的にシミュレーションするという問題の定式化の段階においても，そして，解決のアルゴリズムと方法を創出する段階においても，適切な提案の受容を著しく促進する．解明方法は，詳細あるいは近似のいずれかであり，初期の未変形に近い状態では通常線形化が行われる．これは，変形固体における変形機構の古典的モデルの論理的基礎をなす．

地質学・地球物理学・鉱山学において，状況はより困難である．堆積岩・変成岩・火成岩は，数100万年～数10億年の期間のうちに形成され，進化し，そして，破壊される．地球内部には緩んだ状態は存在せず，それは前提命題と理解される．岩石はつねに，自由に変化する巨大な引張を被っている．状況が変化すると，これらの引張の現れや影響が異なる．加圧の周期や期間は，秒，時間，日，年，世紀，および期間が想定される．地質物質の確証［seals］も，同様にさまざまである．それらの線形規模は，mmから数1，000kmに達するものと推定される．そして，多くの事件や過程が，直接に観察できない地球内部で発生する．さまざまな岩石の変形能力が値と特性の双方において大きく変化する，すなわち，幾何学的および変形期間における物理－機構特性に厖大な多様性が存在することは，まったく当然のことである．これらの巨大な時間と幾何学的パラメータ，ならびに，地質物体に直接するができないことのために，これらの作用を直接観察することは不可能である．

これらの要素と既存の経験のすべてが，一般的な物理的および幾何学的非線形論理の方程式，対比，境界および初期条件の非古典的方法の適用を決定する．この方法の本質は，線形化が現実の変形状態の近傍でうまく成功することにある．あらゆる自然および人為過程は，2つの状態，すなわち，質的に撹乱されていない状態（いいかえると，自然状態と初期状態を構成する）と撹乱された状態として考えられる．撹乱されていない状態では，検討される過程のすべての値とパラメータが，あるいは，すくなくとも，それの決定方法が知られている．さらに，これらのパラメータの値は任意であろうし，それらを決定する過程は非線形であろう．撹乱された状態での類推される値とパラメータ（新しいものを含む）は未知であり，非撹乱状態に比較される求められたパラメータは著しく小さい．これによって，線形化が詳細に行われうる．その結果，係数として擾乱に関わる線形差分方程式には，擾乱をうけない初期状態の力学的および幾何学的パラメータと同様，媒質の線形および非線形物理機構特性パラメータが含まれる．

全変位は，初期状態と擾乱後の変位量で示される．古典的線形論（自然の非変形状態の近傍での線形化を含む）の主要システムは初期状態の変位に限って構成されていることは，よく知られている．係数として，それらは媒質の線形物理機構特性を特徴づけるパラメータだけを含んでいる．

初期状態には，2つの段階，すなわち自然状態（未変形）と初期変形状態が識別される．さらに，問題を小規模な線形および非線形の，そして，大規模な非線形の変形として考えることができる．単位面積あたりの値，あるいは，初期変形状態の自然値のすべてが，比較可能である．数学的には，非古典的線形化論の主要方程式や相互関係を構成する際にはLagragian変数を，そして，擾乱状態における値の測定にはEuler変数をもちいることが便利である．avariablesの参照系と付随系を識別することもできる．これらの違いはすべて，数学的方程式化に関連する．

にもかかわらず，実験結果を論理結果に比較する際には，同一の方法と仮定で決定あるいは近似されたパラメータと値を比較することが必要である．

既存の研究方法の枠組みでは，地球力学における不安定概念化が，すべての作用と現象が伝統的地質学ではなく，新しい地球物理学的方法によって検討されているという事実にしたがって進められている．地質時間における伝統的な地質学的方法は，すでに，宇宙起源の，外因的（同時に，技術的）および内因的なさまざまな特性をもつ物理場，そして，その背景で起きた過程と現象が，背景（初期）状態パラメータに比べて特殊な撹乱のかたちで検討される．この準備は，線形化方法，主要方程式と境界条件の構造，研究課題が解明されていく方法に反映される（Kuliev，2005a，2005b）．私たちの場合，その背景には，とぎれることのない，ゆっくりとした地球進化がある．物質の密度分布の問題では，ある深度で，その値が異常に増大することがある．

Pusharovsky and Sokolov（2001）は，地球の長時間にわたる進化段階は，造構変形，構造的再編成と付加の短い期間（期［epoch］）の断続によって構成されることを示した．これらの期には，その系は平衡状態からはるかにはずれた状態になる．この状態は，分化地域と考えられるだろう．一般に，この進化モデルは分化図（図2）として示される．

私たちの見解では，地球力学における変形問題は，それらの規模と起源にかかわらず，Abasov et al.（2000），Kuliev（2005a，2005b）では不安定概念にもとづいて検討されてきた．不安定のモデルにおいては，図1に示されるような図面が地質的進化のみならず，あらゆる規模の現在の地球力学的進化にとっても適切である．線形化研究（Kuliev，2005a）は，熱力学的分岐点とC点近傍における研究された過程を判断するのと同様，分岐点Cを決定することのできる研究である．

Pusharovsky and Sokolov（2001）は，学際論理の成果を適用することなく，古典的地質学にもとづいてそのような疑問に答えることはできないことを示した．そのような1つの研究は非古典的線形化論にもとづいていて，不

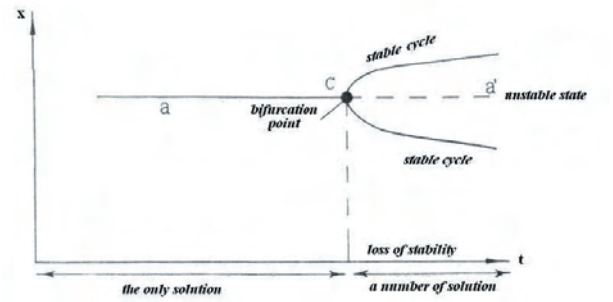


図2 分化図

安定性の概念化の本質をなしている．不安定性の概念化にもとづいて，たえまない進化の背景にある地球力学過程は，特異な異常として考えられてきた．地球力学進化における異常の判断基準は，3つのパラメータ群の組み合わせの進化における異常の認定によって決定されてきた．3つのパラメータ群は，異なる性質と特性をもつ荷重と同様，環境，物体の幾何特性の線形および非線形物理機構特性を特徴づける．

この組み合わせの臨界状態を過ぎると，地球力学進化の分岐と飛躍的変化が発生し，先行する平衡状態が新しい平衡状態へ転換して，長期間にわたるこれらの不安定状態に代わって，安定な進化サイクルが発生する．岩石の物質組成に応じて，研究対象とする帯の環境と外力の程度の構成，ならびに，地球力学進化にともなう平衡状態の変化が，弾性，弾塑性，塑性などの変形の期間に発生するだろう．

前述したパラメータ群の間の臨界的組み合わせを決定するのが，変形段階にかかわりなく，非線形地球力学過程の分岐点をあつかう複雑な非線形問題である．非線形問題にかわって，目的に応じてNLP問題が検討されるだろう．

実践的便宜の観点からの線形問題の解明の緊急性とならんで，非線形問題の解明には，多くの理由から適切な線形性と線形化問題の初歩的考察が必要となる．異常の非線形問題の解が存在する証拠は，定常状態（あるいは休息状態）の問題の解明に関する情報にもとづいていて，定常状態は解明済の古典的な線形部分に完全に一致する．他方，異常状態の問題の解が存在する証拠は，適切な値に関する非古典的線形問題の解の存在に完全に一致する．その最少妥当値は，非線形問題の最初の分岐点に一致する（Kuliev, 2005a）．それゆえに，線形化問題の研究は，分岐点をもつ非線形問題の解明に基本的に重要であり，今後の研究による非線形問題の解明のための実践的基礎になる．これらの考察は，非線形問題解決のさまざまな数値的方法を直接に適用することの論理的有効性の科学的基礎になる．

物質の短縮モデルにとって，Lagrange変数xiにおける3D NLAの方程式と境界条件の主要システムは，次のとおりである．

$$\frac{\partial}{\partial x_i}\left(\omega_{ij\alpha\beta}\frac{\partial u_\alpha}{\partial x_\beta}\right)=\rho\frac{\partial^2 u_j}{\partial t^2};\quad i,j,\alpha,\beta=1,3 \qquad (1)$$

引張の境界条件

$$N_i\omega_{ij\alpha\beta}\frac{\partial u_\alpha}{\partial x_\beta}\bigg|_{S_1}=P_j. \qquad (2)$$

変位の境界条件

$$u_j\big|_{S_2}=f_j. \qquad (3)$$

u_j: 撹乱ベクトルの成分，P_j: 撹乱状態に適用され，初期変形状態における単位面積に関係する内力のベクトル成分，ρ：媒質密度，$\omega_{ij\alpha\beta}$:4次テンソル成分．これらは，線形および非線形の物理機構および流れ学的な媒質の初期条件，ならびに初期密度－変形状態を特徴づける．これらは，さまざまな弾性ポテンシャルならびに微小および大規模変形の論理に応じて異なる．S_1およびS_2: 研究対象体の表面積，f_j: 異常u_jの任意の値，N_i: 外部正常要素．静的問題の場合，方程式(1)の右辺では，不活発な数値は省略されている．同様な方程式は，非短縮性の追加的方法とともに，非短縮環境の場合には記録される．

初期引張をともなわない方程式(1)～(3)では，u_αを主要状態の変化を考慮すると，主要方程式と適切な古典的線形論の境界条件にすすむことができる．

前述した方程式はNLAの基本であり，あらゆる場合，すなわち，弾性，弾塑性，粘弾性などの変形のあらゆる段階における均質および不均質初期変形の双方に適用可能である．これは，物質の非短縮性モデルにも合理的である．非短縮性モデルの場合，問題は物質の非短縮性の方法によって補足され，構造$\omega_{ij\alpha\beta}$の適切な代替え物となる．

均質な初期引張状態の場合，非古典的線形化論の主要運動方程式(1)は，古典的論理の方程式へのそれらの現れとして認定される．この認定は公式に認められている．第1に，これらの方程式の係数は，線形および非線形の物理機構特性，力および幾何学的パラメータによって，そして，物質密度によって決められる．これらの要素は，変形の完全な前段階［微小あるいは大規模変形，線形あるいは非線形，弾性，弾塑性あるいは粘弾性など］ならびに研究領域の近傍における撹乱を記述する．第2に，これらの法的式は撹乱に関係する．同時に，古典的論理の方程式は初期状態における変位に関係し，それらの係数だけが，物質の線形物理機構特性と密度を特徴づける．それゆえに，非古典的および古典的線形化論は，著しく異なった過程を記述することになる．

古典的研究とはちがって，これらの方程式は，線形物理機構特性とともに，非線形物理機構特性，幾何学および力のパラメータの値と特徴にしたがって解かれる．1つの重要な違いは，数学物理の周辺的問題の代わりに，それら自身の意味に関するすでに考察された問題が存在することである．これは，より適切な論理的モデルと解の有効な論理モデルの構築を可能にする．他方，この研究は地球物理場あらゆる特徴，ならびに，対象としている事変に関する変形構造の明確な特徴の影響を説明することを可能にする．この問題は，ブロックで構成された明確な変形固体としての地質環境に関する科学的認識のために，緊要である．地球物理場の存在は，基本状態に関するより単純な境界（ブロック）モダンの解を説明する際に考慮される．これらの解は，既知の速度（割合）で異常の主要方程式を構成し，それゆえに，異常状態がこれらの構造のブロック特性にしたがって決定されるであろう．

古典的線形研究からのNTM構造とその相違が，より鮮明に，図3に模式的に示される．

リソスフェアを構成するさまざまな岩石と岩層は，それぞれ異なった方法で，隣接層から力を被り，伝達する．この能率は，それらの特性による．それらは，加えられた力をシミュレーションする際には２つの階級に区分される．第１階級は，″死んだ力［dead forces］″である．変形過程でそれらは,自らの値と作用方向を保存する（それらは物理用語では″保存力［conservative force］″とよばれる）．第２階級は，″変化力［tracing forces］″である．変形過程で，それらは，値と作用方向の両者を変化させることができる（物理用語では″非保存力″［nonconservative force］とよばれる）．物理学的理由にもとづいて，流体，塑性的およびあまり固結していない物質は非保存力を被り，より固結した物質は保存力を受ける．ゆっくりとした変形（より正確には，境界の小規模変化）の過程では，この荷重は保存力のかたちで近似するのに適切であろう．急速な変形では，平衡状態の変化（安定の喪失）の期間に，保存力と非保存力の間の相違が，論理的および実践的観点から主要な要素になる．非保存力のかたちをとる表面荷重の場合には，P_j 要素が出現する（Guz，1989）．

$$P_j = \tilde{P}\left(N_j \frac{\partial u_\alpha}{\partial x_\alpha} - N_\alpha \frac{\partial u_\alpha}{\partial x_j}\right), \qquad (4)$$

ここで，P：外力の強度パラメータ．保存力の場合は，$P_j = 0$．

非線形の線形化は，多くの新しい可能性をもたらす．それらは次のとおりである．まずは，主要な線形方程式系（1）を，より多くの作用と事変に拡大する．第２に，方程式（1）の係数がさまざまな機構（流れ学，岩石物理，など），期幾何学的，および力のパラメータを含む．これは，差分方程式の定性的論理にもとづいて，変形物質の安定性，凝縮性および波動力学の問題に根本的重要性をもたらす．そして第３に，差分方程式系（1）の解は，適切な特性方程式の本質に依存する．それは，本質的に重要である．というのは，古典的モデルの解（境界条件に依存しない）の基本特性は物質の物理機構特性に依存するだけであり，他の依存性は経験的にあるは仮説的に決定されるからである．タイプ（1）の方程式は，幾何学的および力のパラメータと同様，物理機構的非線形特性を説明する．

係数 $\omega_{ij\alpha\beta}$ に関するタイプ（1）～（3）の線形論の数学的問題を分類することができる．初期引張状態が均一である場合，物質の物理機構的，流れ学的，および岩石物理学的特性は空間座標に依存しない．さらに，$\omega_{ij\alpha\beta}$ は一定で，タイプ（1）～（3）の問題は定数の係数にかかわる線形差分方程式の系に関係して定式化される．

数学物理のさまざまな解析方法を組み合わせて適用することにる共通均質解の方法を適用すると，外力の保存的および非保存的特性に双方における論理的および実践的意味の多くの問題を解析的に解くことができる．上述した方法の１つだけに違反する場合には，別の係数をもつ線形差分方程式に関係してタイプ（1）～（3）の問題を解くことが可能となる．これは，係数 $\omega_{ij\alpha\beta}$ は一定でないが，それらが空間座標の関数であることを意味する．このような問題を解決する有効な方法は，変動法［variational methods］，累乗法［methods of power series］，放物方程式の方法と組み合わせた幾何光学法［methods of geometrical optics combined with methods of parabolic equation］，ディジタル積分法［methods of didital integration］，などである．

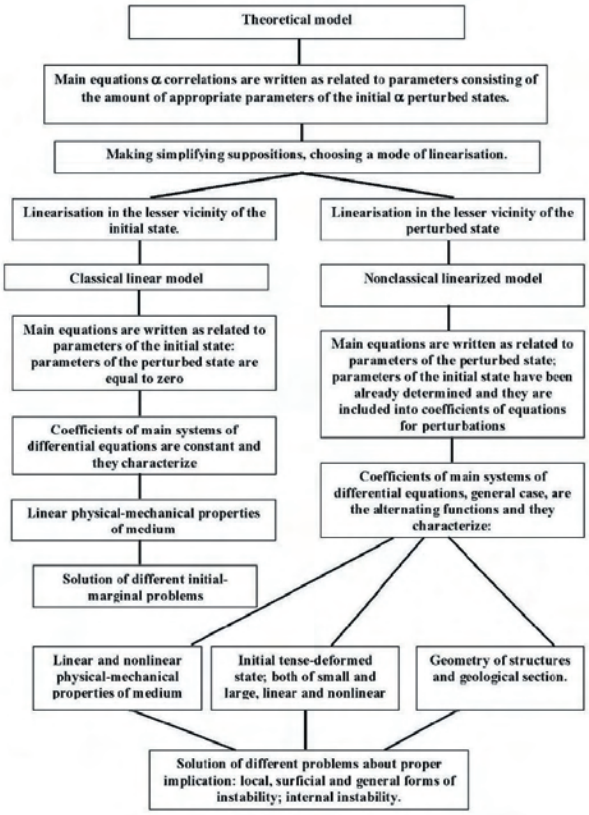


図３ 線形化論のモデル形成にかかわる変数

さまざまな構造形態が，さまざまな不安定状態によって模擬される（図４）．それらは，問題（1）～（4）の解のうち，１つを選択する際に考慮される．

弾塑性変形において，非古典的線形化は，近似解を取得するための新しい可能性をもたらす．これらの開放帯が内部変形状態および撹乱状態にある著しい活動的沈静化過程に出現するだけであると仮定すると，困難な線形問題を解くことが可能である．弾塑性変形論におけるこのような研究は,連続的沈静化の要約概念と呼ばれる（Guz，1989）．

機構学から知られているように，曲げやすさ，硬さなどのパラメータは変形物体の幾何学に関係し，変形体の挙動に重要な影響をもたらす．したがって，物質の物理機構特性とならんで，地球力学的な変化過程におけるエネルギーの集積および解放過程は，研究対象の局所帯の幾何学的パラメータに大きく影響される．構造パラメータや帯の大きさなどは，この問題の主要な幾何学的パラメータであろう．研究対象の帯に存在する断裂，破断面，

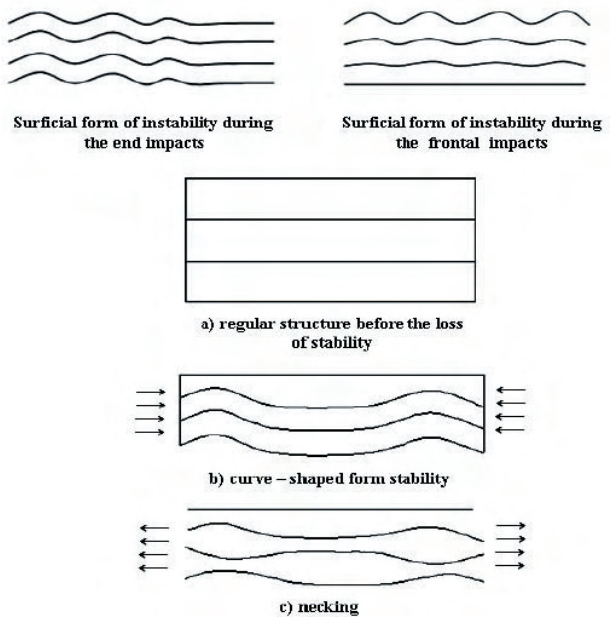


図 4 初期α表面構造のモデル形態

断層面などの幾何学的パラメータは，構造形成とテクトニクスの問題におけるもっとも重要なパラメータである．

5. 破壊と不安栄の信仰の圧力と変形の臨界プロセス

平衡システム (1) の定性的な解析は，相互に垂直な一組の３つの特有な面を持っていることを示している（図５：Guz, 1989；Kuliev, 2005a；Kuliev et al., 1995b；Kuliev et al., 1996).

球面座標系では，それらは経線と赤道上の面および球面に同軸の系の面に一致する．軸対称の変形の間，同軸の円筒面は，そのうえ特徴的である．２次元では，極軸系は，放射状と同心円の円周の，２つの特徴的な線として存在する．これらの特徴的な線上と面上では，物質力学と力学要素との正確な関係における平衡状態の主要なシステムは，変質する (Kuliev, 2005a). この NLA の理論的結論は，石によるフロントガラスの破壊としてよく知られている状況によって実験的に導かれる．これらの基本論理の帰結からの発展として，Kuliev et al. (1995a & 1995b), Kuliev et al. (1996) は，確実な期間と地球の進化の段階において，表面上の３つの直交系の断層の形成の可能性が存在していたことを提案した．この結論は，よく知られた現実の地質学的および物理学的データの理論的基礎を作る．地質における主要な地質構造の要素の間で，重要な場所は，鉛直深部断層によって占められている．これらの断層系のシステムは，地球の表面で調査され，赤道面上と経線上の面との間で直交関係で位置する．観察された鉛直および直交の位置からの偏差は，好ましくない理論的ケースで，地球の複雑な構成の環境における構造の実際の断層の存在事実は，ここで考慮されている．Kuliev (2005b), Kuliev et al. (1995a & 1995b), Kuliev et al. (1996) は，地球の異なる深さの水平面において，球面に同心の特徴的な面に対応する水平断層が現れると推定した（図 6).

この理論的予測は，上記の断層，カバー，スラスト，waveguide（固結していない）および地球深部の異なる岩圏の異種の構造における地質的ー地球物理学的データと調和的である．理論的結論は，確かな状況における地球の進化のなかで，鉛直と水平の断層の両方がすぐに生じることを示している．そして理論的モデルにおいて，全ての種類の断層面の発達はが平等の可能をもっている．それは，それにもかかわらす，進化の確かな段階や地質構造の，物理機構的，不均一性にもとづいて同時に存在する断層の生成は，壊れる．Kuliev (2005b), Kuliev et al. (1995a & 1995b) および Kuliev et al. (1996) は，地球のいくつかの深さにおいて，広い範囲を占める水平断層が存在する可能性が高いと結論した．人は，ある断層，カバー，スラストと非固結のゾーンと外套の不均一は，waveguide の特徴をもつ水平断層であることを想像することができる．それらはこのような構造の形成をもたらすか，あるいは前述の過程の結果として形成された．地球力学的観点からすると，垂直と水平の断層の変形の面は，幾何学的関係（はるか先の進化の結果として広大な破壊ゾーンに変化する）のみにおいて，相互に異なる．地質学において，鉛直と水平の断層は，幾何学的要素を除いて，遺伝的に，形態的に，岩石学的に，年代学的に，そして地質ー地球物理学的要素によって，異なるであろう．鉛直断層の形成の主要メカニズムは，伸張の間の環境の破壊である．同時に，断層型の水平構造の形成の主要メカニズムは，収縮とスラストの間の環境の破壊である．この理由によって，鉛直断層と，非固結，

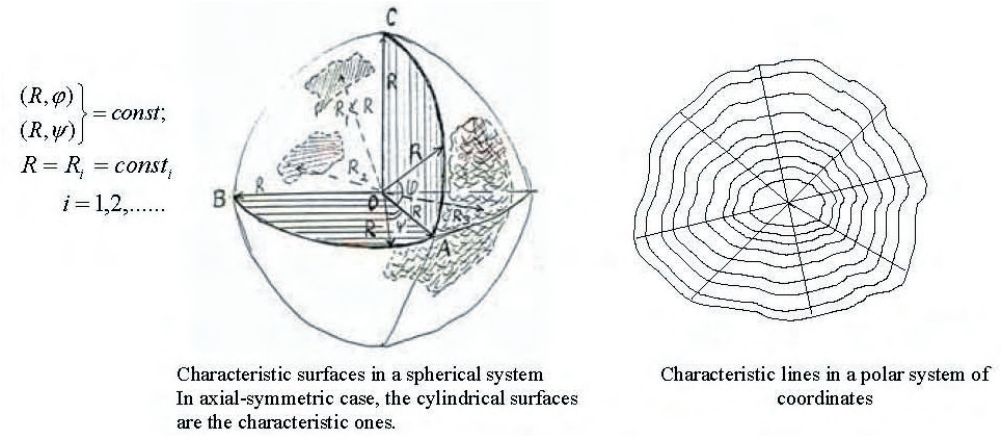


図５　異なる軸系における特徴的な面
左:球面座標系の特有な面．軸対称の場合には，円柱状の面はその特徴的な面である．
右：極軸系の特徴的な線

断層，カバー，スラスト，waveguide などの異なる水平構造と地球の進化のダイナミクスにおける異種のゾーンは，異なる構造形成の内因的外因的プロセスが異なり，全く異なるようになる．おそらく，これらの違いの理由によって,科学者は,それらがほとんど主要な特徴（深さ，伸張，継続時間）が一致しているにもかかわらず，地球内部のいくつかの弱められて非固結（deconsolidated）ゾーンにおける水平断層に，ちょうど垂直に似ているが，名前を与えない．

地質学的研究において，マントルにおける破壊の主要メカニズムの１つは,後に,エネルギー勾配の影響のもとで，外套の（pallial）大部分が地質構造の転移によって異なることになった外套を通りぬけるチャネルと断層のほぼ水平なゾーンに変化する（Pusharovsky, 2005）．マントルのいくつかのブロックの力学的捕捉による対流性の流れがその層状構造を壊すと考えられる．結果として，外套を通り抜けるプリュームが形成される．マントル，ほぼ水平面に沿った特に密度と硬さの環境によって，地質構造の流れと運動が断層帯をもたらす．

我々の観点では，直接的に外套の大部分と地球の上部の位置にある岩石の運動の仮説は直接には結びつかない，断層型構造の形成に対してある他のメカニズムが存在する．地質造構的モデルにおける引張の性質は，重要な役割を果たさない．それは単に断層構造の形成の特有な機構に影響を与えるだけである（Kuliev et al,. 1989; 1996）．層状物質の破壊メカニズムの研究の成果によれば（Guz, 1989），地球内部の水平断層の形成メカニズムとしてありうる機構の１つとして，異なる密度状態のラミネーションにおける破壊であろうことが提案されている（図6）．ラミネーションの結果として，新しい面と空洞がその中に形成される．引張の値の将来における増大（それらは様々な内因性，地質構造，外因的過程によって決まるであろう）は，脆弱さや塑性などの下層土の不安定性と破壊をもたらす（Kuliev, 2005a）．たとえば，

$$(-\sigma_{11}^{0})_{кр} \approx G_{12}\left\{1-G_{12}^{2}A_{11}A_{22}\frac{1-4kn+6k^{2}n^{2}-4k^{3}n^{3}+k^{4}n^{4}}{(1-k)\left(A_{11}A_{22}-A_{12}^{2}\right)^{2}}\right\} \quad (5)$$

において，薄い密度で安定性の消失の曲がり形状が生じる．破壊を伴わない中位（Fig. 4）の内側に位置する，2h は，″dead″と″trace″の割和えの場合に，両方の水平面上に負わせる．期間（5）の違反のケースでは，内部負荷の存在レベルにおいて，”内部不安定性”型の成層構造をとおして破壊のプロセスがおこる．最初の数式は，一軸短縮の場合である．

thin-wall 線（X<<1）の平衡状態の安定性を失う決定的な力の値は，次の数式によって決定される（Kuliev et al., 1991）．

$$P_{кр} \approx \frac{P_{эл}}{1+k-2kn}; \qquad P_{эл}=\frac{\chi^{2}}{3}\frac{A_{11}A_{22}-A_{12}^{2}}{A_{11}A_{22}}; \qquad \chi=\pi n\frac{h}{\ell}, \qquad (6)$$

ここで，P_{33}- 一軸短縮をとおして，薄い物の安定性の消失に対応するオイラーの負荷である．2h- 線の密度；l- 線の長さ；k= σ_{11}/σ_{12}- 線の長端および短端に沿った集中引張の関係；m- 不安定性の semi-wave の数；n=0, 1- 内部負荷の保存性，および非保存性の作用に対応；A_{ij}- transversal-isotrope 近似の二次の弾性の加群．

これらの表面および”内部”不安定性の類似の結果を比較することによって，破壊のメカニズムを判定することが可能である．

断層帯の表面地域において，不安定になる（図４の状態になる）決定的な負荷の値は，以下の形式をもつ．

空間が非等方性をもつ場合

$$(-\sigma_{11}^{0})_{кр} \approx G_{12}\left\{1-G_{12}^{2}A_{11}A_{22}\frac{1-4kn+6k^{2}n^{2}-4k^{3}n^{3}+k^{4}n^{4}}{(1-k)\left(A_{11}A_{22}-A_{12}^{2}\right)^{2}}\right\}$$

弾塑性変形の間，空間が収縮しない場合

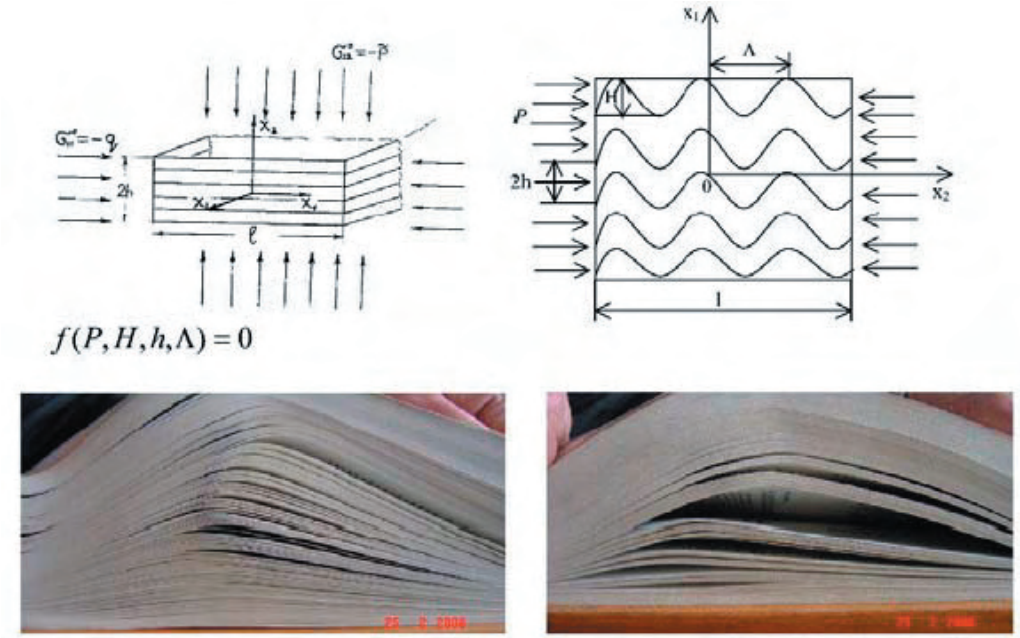
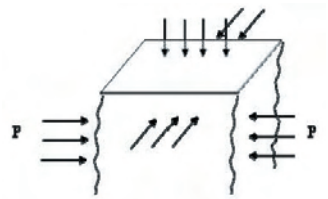


図６ 層状構造の破壊



ε = 0,4; n = 1				
k	$-\frac{\sigma_{11}^{кр}}{E_c}$	$-\frac{\sigma_{11}^{max}}{E_c}$	$-\varepsilon_{11}^{кр}$	$-\varepsilon_{11}^{max}$
0,2	0,202469	0,193229	0,1214814	0,1159379
0,4	0,183479	0,178909	0,082565	0,08050949
0,6	0,164583	0,163079	0,049375	0,0489239
0,8	0,147782	0,147529	0,022167	0,02212947

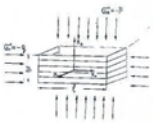
$$(-\sigma_{11}^{0})_{кр} \approx \frac{2}{3(k+1)} E_k \left(1 - \frac{k^2+1}{2(k+1)^2} \frac{E_k}{E_c}\right)$$

$$(-\sigma_{11}^{0})_{кр} \approx \frac{2}{3(k+1)} E_k \left(1 - \frac{(k-1)^2}{2(k+1)^2} \frac{E_k}{E_c}\right)$$

ここで，E_k，E_c － 中程度の弾性の場合における接線および横断モデル

3 次元体に対して，地質構造の不安定さの決定的な負荷の値は，非等方性の場合の場合は，

$$(-\sigma_{11}^{0})_{кр} \approx \frac{P_{э}}{1+k-2nk}\Big\{1 - \frac{1}{30A_{22}G_{12}}\{2(A_{11}A_{22} - A_{12}^2 + 3A_{12}G_{12}) + \frac{5}{(1+k-2nk)A_{22}}\{2G_{12}\{A_{22}(A_{22} - A_{12}) + kA_{12}[A_{12} - A_{22}(1-4n)]\} + 2(1 - k\frac{1-n^2k}{1+k-2nk})A_{22}(A_{11}A_{22} - A_{12}^2)\}\}\}; \quad P_{э} = \frac{\chi^2}{3}\frac{A_{11}A_{22} - A_{12}^2}{A_{22}}$$

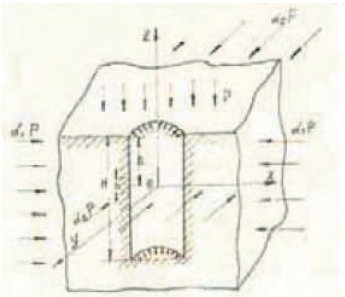


このように，3 次元のニュートン物理学ではとらえられない線形の機構の場合，割れ目を持つそして自由短縮の間割れ目を持たない物質（岩石）の破壊は，地質構造，表面的，そして” 内部” 型の破壊の進行の一連の過程の形式を持つ．

さらに言えば，地質構造の型は，おもに部分的，表面の部分的，そして，最後に，″内部の” 刺繍的破壊の最終的特質を持つ．

平衡状態の変化（異なる薄層，梁状，ブロックと同心体などの構造の存在，または割れ目の断層構造，もしくは，出現する新しい葉層の面などの，いずれかが出現することで可能である）の結果として，層状構造を持つ下層土層の破壊の過程が，引張がそれらの固体性の限界に達する以前に生じる．

ラミネーションの結果として形成された空洞は，非固結の物質によって満たされる．他方，不安定性は，断層帯における流動的変形をもたらす．このようなメカニズムは，可能性の一つであるが，しかし，他のメカニズムも存在しうる．このように，ポンピングによって，さらに塑性的で移動できる物質は，空洞の中に移動する．人は，ちょうどこれらの水平断層が，莫大な地質体を水平方向に，流動的変形と変位を起こすことを想像することができる．



$$p_{кр} = t_*(\nu, \rho)E$$
$$p_{кр}^{a} = \mu$$

図 7 円筒状の空洞付近での三次元体の不安定性

上述のように，高密度変形の臨界の後で，軸対称の変形の場合には，円筒面で破壊が起こる．進化のより先において，一般的物質の臨界点での平衡状態と表層の物質の断層付近での平衡状態の安定性を失ってしまうであろう．

臨界表面の付近における（図 7）局所的不安定性は，異なる均一性と異種の不自然な状態であることは明らかで，いろいろな方法で調査されている．

円柱状の物体のでこぼこした短縮の場合には，負荷要素の臨界値は，下記の数式によって決定される（Kuliev, 1987）．

1．垂直に収縮する物質では，

$$p_{кр} \approx \frac{p_{эл}}{1+\beta_0 - 2\beta}; \quad p_{эл} = \frac{1}{4}\varepsilon^2 \frac{a_{33}(a_{11}+a_{12}) - 2a_{13}^2}{a_{11}+a_{12}}; \quad \varepsilon = m\frac{\pi}{l}R;$$

2．直線的に等方で収縮する物質では，

$$P_{эл} = \frac{1}{2}\varepsilon^2 \frac{\mu}{\lambda+\mu}(3\lambda + 2\mu)$$

ここで，λ，μ -Lame の係数である．

3．直線的に等方に収縮しない（λ→無限大）物質の場合では，

$$P_{эл} = \frac{3}{4}\varepsilon^2 \mu$$

4．横断的に等方の物質で，その軸は OX3 軸に一致する場合には，

$$P_{эл} = \frac{1}{4}\varepsilon^2 E_3$$

5．小さい弾性－塑性変形の間，等方に収縮する物質の場合には，

$$P_{эл} = \frac{1}{4}\varepsilon^2 \frac{KE_k}{K + \frac{1}{3}E_k}, \quad K = \lambda + \frac{2}{3}\mu$$

6．小さい弾性－塑性変形の間，等方で非収縮の物質（λ→無限大）の場合には，

$$P_{эл} = \frac{1}{4}\varepsilon^2 E_k$$

P の値が臨界値に達するとき，円筒断層帯は，もっと非

固化された環境によって満たされる．この環境下では，いくつかのゾーンの，プリュームの外套を通過するチャンネルへと上部岩圏ではダイアピルへ，ほぼ鉛直の非固結帯と火山のチャネルへなどの転換の前提が現れる．

温度が溶解温度に近い深さにおいて，さらに非固結の環境が溶解し，溶解体になる．伸張性の状態のさらなる分化がこの溶解した環境と，テクトニック流などの溶融体の流動運動を促進する．その結果，調査帯において，変形したシステムの中で，非保守的な表面の衝撃が現れることで，平衡の安定性は高くなる．溶融性のシステムは，ちょうど液体のようなものであるが，内部の力を，保存力の無いもの（境界の物質の速い変化の時に，力はその値と活動の方向を保持する時間を持っている）として受け入れ，通過する．この故に，断層タイプとマスフローの新しく形成された構造は，そこに長い時間存在する．

断層型構造の形成の可能性と，それらの形成ともっと非固結の環境による空洞充填のメカニズムの結論は，NKAの枠内で出されたが，新調整の状態の差異の優れた役柄に直接的にリンクされている．地質学的観点から，我々は，テクトニクスの役割，たとえば，それらの結論はマントルにおける研究の場合の提案と調和的であり(Petrophysics, 1992; Pusharovsky, 2005)，テクトニクスが外套の中～下部の過程において，重要な役割を演じていることについて論じる．

地質学および地球物理学において，断層タイプの構造（拡大帯，リフト，トランスフォーム，境界決定[demarcation]，公平な[magisterial]，斜交断層，沈み込み帯，衝突帯，リストリック断層，縫合帯，縫合線，など）は，研究の主要テーマの１つである．地球の進化と同様，断層タイプ構造の形成と進化，地球ダイナミクスにけるそれらの役割，リソスフェア全般のテクトニクスと進化の問題は，さまざまな観点から科学者たちによって考究されてきた．この課題に関する出版物の数は厖大である．この論文に掲載されているのは，最近の総説的研究の文献に限られる．それらの考え方と結論は，ある程度，前述したNLAの結論に調和的で，その結論のいくつかに対する何らかの証明になる．私たちの考え方を支持するいくつかの議論を，以下に紹介する．

Pusharovsky (1998 & 2005) および Pusharovsky and Pusharovsky (1999) による地震トモグラフィ研究の結果によると，地球は異なる球殻からなる．球殻間の地球力学環境の主要特性はそれらの不安定性であり，造構運動を生じさせる．それは，ほぼ水平な造構断層によって表現される．それらの規模と形態の両者によって表現される外套(pallial)地震不均質性はかなり変化しうる．それらの長さは，数1，000km規模であろう．地震不均質性の3次元的構造とそれらの空間的関係は，とくに密度と硬度環境におけるほぼ水平な断層帯に沿う大量の物質移動を示す．

Pavlenkova (1998) は，地塊の多様性が地殻に特徴的で，それらの深度は大陸では100kmに達することを示した．Hindu Kush と Pamir の上部マントルでは，高速度と低速度の岩体の複雑な組み合わせは，その断面の薄層地殻部に類似する(Nikolaev and Sanina, 1982)．Feng and Mcevilly (1983) は，San-Andreas 断層の断面は深度15-20kmで水平化し，ほぼ水平な断層面になる，と結論した．

Resovsky and Ritzwoller (1999) は，マントルは多くの球殻からなり，中部マントルは著しく変化に富む地震構造をもつ．これは，より下部の球殻から上昇するpallial物質による，そして，より上部の球殻から降下するpallial物質による2種の接近運動[approaching movements]によってひき起される．

リフト形成には，受動的および能動的モデルが存在する(Leonov, 2001;Olsen et al., 1995)．能動モデルにしたがうと，リフトはpallial物質の上昇，地殻の薄化，引張作用の影響，および地殻の破断によって形成される．受動モデルでは，地殻の引張が断裂を形成し，それがリフトとosteolithsを形成する．osteolithsは，リソスフェアの破断期に減圧の結果として隆起する．

次のような基盤の内部体積変化とその地殻とさまざまな地質構造の構造－造構および構造－物質進化における役割(Leonov, 2001)は，著しい変形をうけたさまざまな非固化[deconsolidated]断層帯の存在に関する推測にもとづいている：advective flow，造構流動の諸作用と主要な構造形成作用としての塑性変形の役割(Lukyanov, 1999)，地殻構造の形成におけるそれらの実際的重要性に関する造構流動と実験的・論理的研究にもとづく造構流動の実験的・論理的確認(Jager and Nagel, 1992;Miller, 1988)．

Leonov (2001) は，岩石のrheid挙動をもたらすさまざまなメカニズムが存在することを証明した．おもなメカニズムは，塑性的，脆い地塊および壁開変形，melanging，分解と浅部断層変形cataclasis，力学的再結晶化と粒状化環境での流動(Jaeger and Nagel, 1992)．基盤岩上面のplicative湾曲，深部ダイアピル，crystal potrusion[結晶突出]，および，上部および下部地殻層の造構的薄層構造などは，岩石の可動性の指標である．

西シベリア盆地および南カスピ海盆地の上部地殻にみられるほぼ鉛直方向の破壊帯と地質体の存在は，アゼルバイジャンの科学者たちによって考えられてきた．

今日では，地球マントルの地震トモグラフィモデルが多数存在する(Cserepes et al., 2000;Ritsema and Van Heijst, 2000)．

地殻の流体力学的薄層化によって，リストリック破断が発生する(Shishkin and Shishkina, 1989)．上から下へ向かって脆性－塑性断層帯および塑性断層帯を横切るに

つれて，深部断層の軸の傾斜角は急傾斜から緩傾斜へ変化する．その結果，それらはリストリックな形状を示す．

さまざまな研究において定式化されたとおり（Kuliev, 2005a；Pusharovsky and Sokolov, 2001），相対的非線形性と地球の自己進化的拡散システム［複数］の開放的特性に関する命題を考えることが必要である．すべての球殻とすべての局所的構造形成におけるこれらの考え方を広めるには，それらを非線形的－拡散的開放系として考える必要がある．さまざまな研究において議論されてきたように（Hamilton, 2001;Khain, 2003），リソスフェア，マントルなどの自律的進化の問題は，無意味になっている．これらの系の開放性のゆえに，そこで発生している諸過程は，ある程度の強度と規模でたがいに相互作用を行っているであろう．こうして，リソスフェアにある１つの断層タイプの構造が形成される結果として，そこでは対流帯の境界環境に変化がおこり，これは即座に対流プロセスを変化させる．これに先だって，研究対象領域における対流プロセスが，その断層の形成にかかわる（たとえば，プリューム帯など）．リソスフェアと中部マントルが上部マントルにおける諸過程（当然のことながら，それらの規模と持続期間にかかわらない）とさまざまな相互作用を行うのは，まったく自然なことである．これは，すべての球殻に特徴的である．それゆえ，地球進化過程を説明する理由としての外因（宇宙要因）あるいは内因の度合いを人為的に増大させる必要はない．それらが相互作用をおこなっていることが重要である．

物質の絶え間ない循環（流動）の概念から，そして，地球の力学的進化の物理的原理（Kuliev, 2002）からも，同じ結論が導かれる．線形研究にもとづくと，鉛直運動と山脈形成の根源的メカニズムの提案も可能である．

いっぽうでこの状況は，物質の塑性と粘性とならんで，地向斜層の柔軟性の理由を説明し，他方，それは，いつくかの境界にもとづいて褶曲作用の分類の論拠を説明する．

平衡状態からの直線的（平坦な）安定性が失われると，相対的に硬い層が，構造の曲率によって特徴づけられるより安定な形状をとる．このエネルギーの一部は，この過程で節約される．もし，相対的に硬い層が地表近くに存在すると，安定性が失われることによって生じる湾曲は地球の起伏を変化させ，砕屑性被覆層が形成されるであろう．新しく形成された形状はより安定であるので，初期の相対的に硬い層はさらなる変形過程でより硬くなるだろう．より正確には，さらなる変形の過程は，破壊された元々比較的硬い層と隣接層に強い破壊／褶曲を形成する．つまり，新しい硬い層は，初期の相対的に硬い層の安定性が失われる様式の最大振幅によって変形する．初期状態における安定性の欠如によって，全短縮による初期褶曲の形成中に，ダイアピル［複数］の上昇運動によってひき起される鉛直運動が，安定性をさらに擾乱する．この過程が数回にわたってくりかえし起こり，毎回，相対的に硬い層の硬度と層厚，ならびに短縮荷重が大きくなる．一方向および平面内における２軸性短縮場において主要層の硬度が変化し，また，研究対象層の幾何的形状の違いが存在する結果，最大の柔軟性を示す方向が変化し，旧期の褶曲軸とは異なる新しい褶曲軸の形成が当然のこととして起こりうる．その結果，変形度が異なると，異なる規模の褶曲作用にきまぐれに変化するという現象が起きる．それにつづく安定性が失われる過程（問題（1)-(3）が新しく形成される構造において，そして，さまざまな擾乱の様式において，その都度解決される）が，地球造構圧力の集積が原因になって停止する．別の起源の鉛直運動がさらに進行するだろう．しかし，新しい安定性の喪失過程を出現させるには，それらはすでに，十分な短縮反応荷重を生み出すことができなくなっている．その結果，褶曲山脈の短縮が地向斜に発生する．加えて，別の外因性全般的褶曲が，あるメカニズムにしたがって表層に形成される．

6. 深度方向での地球内部物質の不安的な密度増大

地球進化の論理モデルにおける主要分野の１つは，地質的環境密度の分布に関する問題である．地球内部物質の密度の増大にみられる規則性についての研究成果は，内部構造に関する最近の知識にもとづいている．そのため，地質学と地球物理学に関する論文と同様，岩石の力学と物理学に関する多数の論文において，この問題に厖大な関心が払われてきた（Artyushkov, 1993；Bullen, 1978；Clark, 1969；Johnston et al., 1979；Kalinin, 2000；Zharkov, 1983）．深度あるいは圧力の変化にともなって，さまざまな堆積岩・変成岩・火成岩類の密度がどのように変化するのか，という多くの実験的および近似論理的研究が発展してきた．その結果，構造地質学では，地球内部の密度分布が図 8a に示されるかたちになっていると考えられた．この研究は深部物質の密度分布を正しく反映しているものの，それは，非固化［deconsolidation］過程を最近の地球物理学的方法（上部地殻における掘削と地震探査，ならびに，リソスフェアやマントルにおける地震層序）によって信憑性をもって実証したものではない．

Kuliev and Asgerov (2007)は,変形作用の変化に依存し，塑性に依存しないある物質の密度変化（状態法則をあらかじめ決定する必要がない）に関する完全非線形問題を詳細に解いた．

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=\frac{1}{\sqrt{I_3}}-1,$$

$$I_3=1+2A_1+2(A_1^2-A_2)+\frac{4}{3}(2A_3-3A_2A_1+A_1^3).$$

$$A_1=\varepsilon_1+\varepsilon_2+\varepsilon_3;\ A_2=\varepsilon_1^2+\varepsilon_2^2+\varepsilon_3^2;\ A_3=\varepsilon_1^3+\varepsilon_2^3+\varepsilon_3^3,$$

ε_i ― Green の変形テンソルの主要な意味

完全変形（$\varepsilon_1=\varepsilon_2=\varepsilon_3$）の場合には

$$\frac{\Delta\rho}{\rho}=\left(1+6\varepsilon+12\varepsilon^2+6\varepsilon^3\right)^{\frac{1}{2}}-1.$$

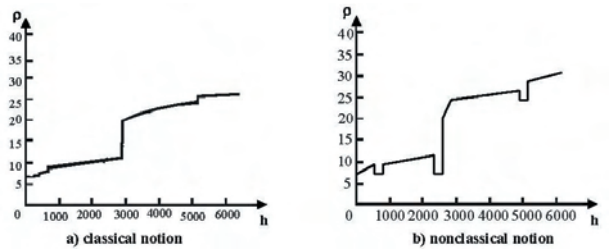


図 8 地球物質の密度の深度方向における模式的分布
a) 古典的知識 b) 非古典的知識

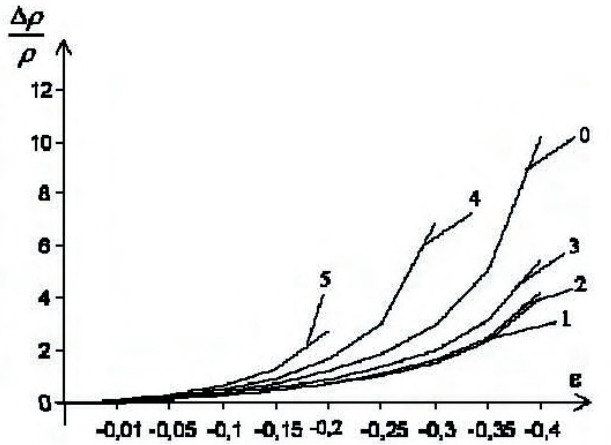


図 9 3 次元的不均一変形における密度増加グラフ
line 0 - $\alpha=\beta=\gamma=1$; line 1 - $\alpha=\beta=1$, $\gamma=0{,}01$; line 2 - $\alpha=\beta=1$, $\gamma=0{,}1$; line 3 - $\alpha=\beta=1$, $\gamma=0{,}5$; line 4 - $\alpha=\beta=1$, $\gamma=1{,}5$; line 5 - $\alpha=\beta=1$, $\gamma=2$; $\varepsilon_1=\alpha\varepsilon$, $\varepsilon_2=\beta\varepsilon$, $\varepsilon_3=\gamma\varepsilon$

さまざまな不均一で，変形した状態が検討された（図 9)．NTM の枠組みのなかで，これらの解はさまざまな媒質にとって安定ではないことが示された．これは，変形度の増大にともなって物質の変位過程は非固化 [deconsolidation= 流動化 ?] 過程に移行する，ということを意味する．論理的結論にもとづいて，深部の地球物質の密度分布に関する新しい知識が提案される（図 8b)．

したがって，深度（変形）が増大するにつれて，まず最初に密度増加が起きる．次に，ある変形度（個々の岩石よって異なっていて，それらの臨界値が ’ 内部 ’ 不安定性に関するいくつかの問題の解によって決定される）に達すると，それぞれのメカニズムにしたがって，非固化 [deconsolidation] の過程は発現する．

そのような結論の 1 つは，地球内部構造の剥離 [delamination] の厳密な論理的証明である．それは，テクトニクスや物質流動に関する多くの問題を説明する新しい方法になりうる．

論理解の解析によって，引張力と変形作用の非線形性の空間的変化が，構造要素の形成と造構作用の進行との両者においてきわめて重要な役割をはたしていることが実証される．

7. 結　論

地球の構造的－造構的進化に関する本研究の主要な目的および著者が提案した新概念の概要が記述された．それは，あらゆる特性と規模の運動を表現する一般的物理学原理を含み，絶え間ない物質循環の一般的な論理的概念にもとづいている．この概念にもとづくと，さまざまな安定的平衡状態の連続的変化は，地球の非線形開放系の構造－造構進化のメカニズムである．

この新概念にもとづいて，地質学と地球物理学のさまざまな解に対する NLA が開発された．多数の標準モデルの問題が解かれ，それらの結論が解析された．

こうして，NLA 微分方程式系の定性的学説の結論解析，ならびに，既刊および入手可能の豊富なデータにもとづくと，地球の（子午線方向，赤道方向，および同心球殻面における）進化史に，変形系モデルの基本的特徴に適合するある断層タイプの鉛直ずれおよび横ずれ構造の両者が出現するはずである．横ずれ断層の形成メカニズムの 1 つは，成層媒体の湾曲成層構造の破壊であろう．そして，そこに形成される空隙は，断層近傍の面的不安定の結果として破壊された物質で充填されるであろう．ある深度における既存の温度構造は，この破壊された（非固化された [deconsolidated]）媒質が融解するのに，つまり，液化に十分であろう．液化物質が外部刺激を受けとり，運搬して非保存系になると，断層の傷の回復を妨害することが地質時間過程のなかで起こるであろう．他方，平衡状態の新しい不安定の結果として，この液化物質は運動するようになり，鉛直および横ずれ断層に沿ってさまざまな規模の物質流動が起きるであろう．地質時間のうちには，これはリソスフェアおよびマントルの両者における造構運動のもうひとつの原因になるであろう．

ある異なる性質（内因と外因に関わらず）の外力のパラメータ，歪と変形（同様に，さまざまな物理学－力学的，ethologic，熱力学的，化学的，などの特性をもつ）のパラメータの間におけるある特定の組み合わせにおいて，子午線方向，赤道方向および同心球殻面の全地球的，広域的および局所的構造が地殻，リソスフェア，中部および下部マントル，すなわち成層殻に形成されるはずであり，それは，地球の大気圏と液体外核に境される．

このような過程が起きる可能性は，変形の成長にしたがって，地球物質の密度増大に関する非線形問題の詳細な解によって証明されてきた．いくつかの岩石にとってこの解は安定ではなく，深部に向かうにつれて地球物質の固体化作用からその非固体化作用 [deconsolidation] へ遷移する可能性が存在する．

任意のモデル研究の論理的結果は，地球内部の新しい目的をもった地質学的および地球物理学的研究に信頼できる科学的基礎をもたらし，新しい方法における認知を可能にする．

謝辞 アカデミー会員 M.T. Abasov，ANAS 準会員 R.D. Djevanshir，ならびに教授 L.A. Buryanovsky に心より

深くお礼申し上げる．これらの方々との度重ねての議論や討論の結果，この科学的方向性をみいだすことができた．さらに，氏らは多くの研究論文の共著者であり，それらの発展に重要な貢献をされた．私はまた，アゼルバイジャン国家科学アカデミー地質学研究所の”構造物理および鉱山力学”部門の職員でもある共著者たちに感謝する．この研究は，ウクライナ科学技術センター（STCU）の基金プロジェクト #3647 のもとで主に実施された．ご援助いただいた STCU に御礼申し上げる．

文　献

Abasov, M.T. et. al., 2000. The model of lithosphere development (in Russian). Vestnik Russian Academy of Sciences, v. 70, no. 2, p. 129-135.

Afanasyev, S.L., 1978. Classification of the cycles of geological processes (in Russian). The collection of ACPI (the All-Union Correspondence Polytechnic Institute) works. Moscow. p. 133-170.

Aleksandrov, G.T. et. al., 2001. The method of determining non-linear elastic properties of rocks (in Russian). Transactions of Russian Academy of Sciences, v. 380, no. 1, p. 109.

Artyushkov, E.V., 1993. Physical Tectonics (in Russian). Nauka. Moscow. 454p. Barenbaum, A.A., 2007. Subsurface oil and gas: endogenous and exogenous factors (in Russian). Abstract dissertation on the scientific degree of doctor of geological-mineralogical sciences. Moscow, 46 p.

Belov, A.A. et. al., 1990. Tectonic sheeting of the lithosphere and regional geological researches (in Russian). Moscow, Nauka, 273p.

Biot, M.A., 1965. Mechanics of incremental deformations. New-York: Willey. 504p.

Bullen, K.E., 1978. The density of the Earth [in Russian]. Moscow, Mir, 442p.

Choi, D.R., 1987. Continental crust under the northwestern Pacific. Jour. Petroleum Geology, v. 10, p. 425-440.

Clark, S.M., 1969. Handbook of the Physical Constants of Rock. (in Russian). Mir. Moscow. 543p.

Cserepes, L. et al., 2000. Effect of the mid-mantle viscosity and phase-transition structure on 3D mantle convection. Phys. Earth Planetary Int., v. 118. p. 125–148.

Deuss, A. and Woodhouse, J.H., 2001. Seismic observations of splitting of the mid-transition zone discontinuity in the Earth's mantle. Science, v. 294, p. 354-357.

Dmitrievsky, A.N., 2004. Fundamental problems of oil and gas geology (in Russian). Geology, geophysics and the development of oil and gas fields, no. 12, p. 4-8.

Dobretsov, N.L. and Khlestov, V.V., 1978. Metamorphism and its relation with other geological events (in Russian). Tectonosphere of the Earth. Moscow, Nauka, 286p.

Egorkin, A.V., 1999. The study of the mantle at very long geotraverses (in Russian). Physics of the Earth, no. 7-8, p. 114-130.

Ekstrom, G., and Dziewonski, A.M., 1998. The unique anisotropy of the Pacific upper mantle. Nature, v. 394, no. 9, p. 168–172.

Feng, R. and McEvilly, T.V., 1983. Interpretation of seismic reflection profiling data for the structure of San Andreas fault zone. Bull. Seism. Soc. Am., v. 73, p. 1701-1720

Forte, A.M. and Mitrovica J.X., 2001. High Viscosity Deep mantle flow and thermochemical structure inferred from seismic and geodynamic data. Nature, v. 410, p. 1049-1056.

Garagash, I.A. et. al., 1986. Superplastic current of the material inside the fracture (in Russian). Proceedings of the RAS of the USSR, Physics of the Earth, no. 2, p. 12-24.

Goldin, S.V., 2002. The destruction of the lithosphere and physical mezomechanics (in Russian). Physics mezomechanics, v. 5, no. 5, p. 5-22.

Goleby, B.R. et al., 1989. Geophysical evidence for 'thick-skinned' crustal deformation in central Australia. Nature, v. 337, p. 325-330.

Guliyev, H.H., 2008. About the interior structure of the Earth within the non-classic linearized approach (In Russina). Proceedings. The Science of Earth, no. 1, p. 18-31.

Guz, A.N., 1989. Fracture mechanics of composite materials in compression (in Russian). Naukova Dumka. Kiev. 632p.

Hamilton, W., 2001. The closed upper-mantle circulation of plate tectonics. Plate boundary zones. Geodynamic series. Amer. Geophys. Union, p. 359-410.

Hilst, R.D., 2004. GEOPHYSICS: Changing Views on Earth's Deep Mantle. Science, v. 306, no. 5697, p. 817-818.

Jaeger, H.M. and Nagel, S.R., 1992. "La physique de l'état granulaire". La Recherche, v. 249, no. 23, p. 1380-1387.

Johnston, D.H. et al., 1979. Attenuation of seismic waves in dry abd saturated rocks: II. Mechanisms. Geophysics, v. 44, no. 4, p. 691-711.

Kalinin, V.A., 2000. Properties of geomaterials and physics of the Earth. The elected works, AIPE RAN. Moscow. 334p.

Kellog, L.H. et al., 1999. Compositional stratification in the deep mantle. Science, v. 283, p. 1881–1884.

Kennett, B.L.N. et al., 1998. Joint seismic tomography for bulk sound and shear wave speed in the Earth's mantle. Jour. Geophys. Res., v. 103, p. 469–93

Khain, V.E., 2003. The Earth is the unique planet of the Solar system (in Russian). Vestnik, Russian Academy of Sciences, v. 73, no. 9, p. 822-829.

Kuliev, G.G., 1987. The stability of rods in uneven compression with dead and observed loads (in Russian). Proceedings of AS Az. the USSR, The Sciences of physico-technological and mathematical sciences, no.5, p. 43-45.

Kuliev, G.G., 2001. New conception of theoretical model of universe and general physical principle of its eternal evolution. Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences. The Science of Earth, no. 2, p. 115-119.

Kuliev, G.G., 2002. An eternal cycle of the matter (in Russian). Baku, the Science, 132p.

Kuliev, G.G., 2005a. Bases of non-classic linearized

deformation theory in geodynamics (in Russian). Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences. The Science of Earth, no. 1, p. 21-34.

Kuliev, G.G., 2005b. Non-classic linearized theory of deformation in geophysics (in Russina). Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences. The Science of Earth, no. 2, p. 41-51.

Kuliev, G.G. and Asgerov, A.D., 2007. The solution of nonlinear problem on increase of environment density of the Earth depths and its instability (in Russina). Proceedings of Azerbaijan National Academy of Sciences. The Science of Earth, no. 1, p. 38-50.

Kuliev, G.G. et. al., 1989. On a general mechanism for the formation of folding (in Russian). Transactions of Academy of Sciences of the USSR, v. 305, no. 4, p. 926-929.

Kuliev, G.G. et al., 1991. Folding with Multiple Harmonics in a Model of the Instability of a System Under Deformation. Transactions (Doklady) of the USSR Academy of Sciences. Earth science section, v. 320, no. 7, p. 106-109.

Kuliev, G.G. et. al., 1995a. The fault in the Earth's subsurface (in Russian). Transactions of Academy of Sciences of the USSR, v. 340, no. 1, p. 78-79.

Kuliev, G.G. et. al., 1995b. The mechanism of destruction of delamination in layered structures of the Earth (in Russian). Transactions of Russian Academy of Sciences, v. 340, no. 2, p. 222-224

Kuliev, G.G. et al., 1996. Shear Failure (Fracture) in Stratified Geological Structures. Transactions of the USSR Academy of Sciences. Earth science section, v. 343, no. 5, p. 71.

Leonov, M.G., 2001. Tectonics of continental basement and vertical accretion of consolidated crust (in Russian), p. 91-154. In the book: Fundamental problems of common tectonics, Moscow, Scientific World, 519p.

Leonov, Y.G., 2001. Continental riftogenes: modern representations, problems and solutions (in Russian), p. 155-173. In the book: Fundamental problems of common tectonics, Moscow, Scientific World, 519p.

Lister, J.R. and Buffet, B.A., 1998. Stratification of the outer core at the core-mantle boundary. Physics Earth Planet. Interiors, v. 105, p. 5-19.

Lobkovskiy, L.I. et al., 2004. Current problems of geotectonics and geodynamics (in Russian). Scientific World. (Nauchniy mir) Moscow, 612p.

Lukyanov, A.V., 1999. Non-linear effects in the models of structure-formation. The problems of geodynamics of the litosphere (in Russian). Geology Institute of Russian Academy of Sciences, Moscow, Nauka, p. 253-287.

Meyson, P., 1981. The petrology of metamorphic rocks [in Russian]. Moscow, Mir, 263p.

Miller, Y.V., 1988. The structure of archaean green-stone zones (in Russian). Leningrad, Nauka, 143p.

Montelli, R. et al., 2004. Finite-frequency tomography reveals a variety of plumes in the mantle. Science, v. 303, no. 5656, p. 338-343.

Navrotsky, A., 1994. Physics and chemistry of Earth materials. Cambridge University press. 413p.

Nikolaev, A.V. and Sanina, I.A., 1982. The method and results of seismic translucent of the litosphere of Tyan-Shanya and Pamira. Transactions of Russian Academy of Sciences, v. 264, no. 1, p. 69-72.

Nikolaevsky, V.N., 2006. Fracturing of the Earth's crust as its genetic feature (in Russian). Geology and Geophysics, v. 47, no. 5, p. 646-656.

Olsen, K.H. et al., 1995. Continental rifts: evolution, structure, tectonics. Elsevier. Amsterdam, p. 61-92

Pavlenkova, N.I., 1998. Seismic models of the Earth's crust and upper mantle and their geological interpretation (in Russian). Tectonics and geodynamics: general and regional aspects. Moscow. GEOS, v. 2, p. 72-75.

Petrophysics: Directory in 3 books. The third book. The Earth's crust and mantle (in Russian). Ed. Dortman N.B., 1992. Moscow, Nedra, 286p.

Puarye, J.P., 1988. The creep of the crystals. The mechanisms of the deformation of the metals, ceramics and minerals at high temperatures. (in Russian). Moscow. Mir, 287p.

Pusharovsky, Y.M., 1998. Seismotomography, tectonics and deep geodynamics (in Russian). Transactions of Russian Academy of Sciences, v. 360, no. 4, p. 518-522.

Pusharovsky, Y.M., 2005. The structure, energy and tectonics of the Earth's mantle [in Russian]. Vestnik, Russian Academy of Sciences, v. 75, no. 12, p. 1115–1122.

Pusharovsky, Y.M. and Pusharovsky, D.Y, 1999. Geospheres of the Earth's mantle (in Russian). Geotectonics, no. 1, p. 3-14.

Pusharovsky, Y.M. and Sokolov, S.D., 2001. Non-linear tectonics (in Russian), p. 476-508. In the book: Fundamental problems of common tectonics. Moscow, Scientific World, 520p.

Resovsky, J.S. and Ritzwoller, M.H., 1999. A degree 8 mantle shear velocity model from normal mode observations below 3 mHz. Jour. Geophys. Res., v. 104, no. B1, p. 993-1014.

Reston, T.J., 1988. Evidence for shear zones in the lower crust offshore Britain. Tectonics, v. 7, no. 5, p. 929-945.

Ritsema, J. and Van Heijst, H.J. 2000. New seismic model of the upper mantle beneath Africa. Geology, v. 28, no. 1, p. 63-66,

Rusinov, V.L., 2005. The zones of shear deformation in the lithosphere and their role in the endogenous activity of the Earth (in Russian). Geotectonics, no. 3, p. 66-79.

Ruzhentsev, S.V. and Sokolov, S.D., 1985. Outlier and the movements of lithosphere platforms (in Russian). The movements and structure-formation problems in the crust of upper mantle. Moscow, Nauka, p. 30-41.

Singh, S.C. and McKenzie, D., 1993. Layering in the lower crust. Geophysical Journal International, v. 113, p. 622–628.

Su, W.-J. et al., 1994. Degree 12 model of shear velocity heterogeneity in the mantle. Jour. Geophys. Res., v. 99, no. B4, p. 6945-6980.

Takahashi, H. et al., 1999. Velovity field of around the Sea of Okhotsk and Sea of Japan regions determined from a new continuous GPS network data. Geophys. Res. Letters, v. 26, p. 2533-2536

Tracy, R.D., 1987. Metamorphic geology. US National Report of International Union of Geodesy and Geophysics, 1983-1986. Rev. Geophys., v. 25, no. 5, p. 1115-1122.

Trampert, J. et al., 2004. Probabilistic tomography maps chemical heterogeneities throughout the lower mantle. Science, v. 306, no. 5697, p. 853-856.

Triphonov, V.G. and Pevnev, A.K., 2001. Modern movements of the Earth's crust on the data of space geodesy (in Russian), p. 374–401. In the book: Fundamental problems of common tectonics. Moscow, Scientific World, 520p.

Blot エネルギー移送説に基づく浅発地震の予知
―北セレベス海における 2010 年 7 月の大きな深発地震群―

BLOT'S ENERGY TRANSMIGRATION CONCEPT APPLIED FOR FORECASTING SHALLOW EARTHQUAKES: A SWARM OF STRONG DEEP EARTHQUAKES IN THE NORTHERN CELEBES SEA IN JULY 2010

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

（角田 史雄［訳］）

概要：本論文は，2010 年 7 月 23 ～ 29 日に発生したフィリッピン・ミンダナオ島南方の北セレベス海における大きな深発地震群にたいして，Blot のエネルギー移送（ET）説を適用し，それと時空的に関連する浅発地震を予知してみよう，というものである．これらの大きな深発地震群の震源域は，2 つの近接するブロック―つまり，中古生代の台地・褶曲帯と，それより若い中生代～古第三紀の構造的な高所―が会合しているところにある．エネルギー移送（ET）説に従えば，より浅層へ移送されたエネルギーは収れんし，大きな地震を発生させると思われる．そのような理由によって，サモアで 2009 年 9 月に津波を発生させた地震と同じか，それより大きい地震を 2012 年に，モルッカ海で発生させる可能性がある．これらの深発地震群は，1990 年から活発な地核活動と，それに重ね合わさる太陽の活動とがあいまって，先例がないほどの強いものになる可能性がある．学際的な学術団体を組んで，火山活動，電磁気，地変，気象，海水温などなどの前駆現象をしらべる必要がある．こうした研究は，そのような大きな地変が起こる前に行われるべきで，そうしないと，被害を軽減できないし，人命を救うことができない．

キーワード：Blot のエネルギー移送説，地震の前兆と予測，セレベス海，モルッカ海，Awu 火山

概　説

プレートテクトニクスに引っ張られている主流派の地震学者たちは，地震が予知できないもの，としている．それにたいして私たちは，大きな地震の前には，たくさんの前兆現象がおこっていると言い続けてきた．地核や太陽の活動が日増しに活発化しているのに応じて，ここ数年，巨大地震をはじめ数を増している大地震で，想像できないほどの被害がでている．そこで，生命をまもり，被害を軽くするような積極的な働きかけが必要になってきている（Bapat，2007，2010a，2010b）．そしてまた，地球科学者にとっては，被害地震を正確に予知できる実用的で科学的な対応策を提案するという緊急課題がある．

これらは，私の地震学的，構造地質学的な研究にとって刺激的なテーマである．そうした研究をすすめる過程で，幸運なことに，Claude Blot と John Grover 両氏の仕事に巡り会えた．しかも彼らは私に，地震の熱エネルギー移送に関する現象とか，その概念（ET 説）（Blot，1976；Grover，1998）などを語ってくれた．今日，かれらの概念は，地球のジオダナミックスと同様に，地震のメカニズムを理解し，予知を進める上では欠かせないものである．最近のいくつかの破壊的な地震についての共同研究（Blot et al.，1993；Blot and Choi，2004）は，この概念（ET 説）―地球の深部から浅部への整然としたエネルギー流が，浅部の噴火と地震の引き金である―に基づいてなされたものである．

ET 説は和達－ベニオフ帯で発生する地震を予測するのに強力な力を発揮する；つまり，将来起こりえる浅発地震は，マグニチュード 6.5 より大きな深発地震によって発生するであろうことを，ほぼ予知できそうである．つまり，局地的かつ広域的な地質・地形データと時系列的な地震のデータとを考えあわせれば，浅発地震の発生域を

無理なく予測できそうである．

以前のET説にしたがってのBlot，Grover，Choiらの研究は，どちらかというと，浅発地震を深発地震にリンクさせていた．しかし，もっとも新しいBlot・Choi（2007）の南スマトラにおける共同研究は，はじめから浅発地震の発生予測をねらったものである．実は，2009年のサモアで発生した被害地震に先行して起こった，フィジー近海の深発地震を，予測の目的で研究していた．これら2つの研究とも，浅発地震より前からはじめていたが，結果的には，それが発生した後で論文になったため，公表の段階で失敗に終わった．

私は上記の経験，とくにサモアの地震災害にてらしてみて，ET説を2010年の北セレベス海で起きた大きな深発地震に適用して，浅発地震のおおよその時間と場所を予測してみることにした．この論文が地震予知科学の発展に寄与できることを願っている．

Blotのエネルギー移送説

Claud Blot はフランスの出版物で地震の熱エネルギー移送現象（ET説）を確立した（1976）が，それは，火山の噴火と構造性の地震とが，弧状列島および和達－ベニオフ帯において，地球の深部から浅部へという順序で発生することを発見したことによる．彼の地震と火山の噴火についての室内研究では，共同研究者であるJohn Grover（1988）が，英語圏の研究者へET説をくわしく紹介している．Blotの概念について知りたい方はGrover氏の本を通覧するとよい．

ET説をグラフ化したのが図1である．南西太平洋における多くの観察と解析を基にしてBlot氏は，深発地震，中深発地震，浅発地震の関係を定式化した．図でわかるように，ET説は，t（日数）＝ k × log(h_1/h_2) × 1/cos α であらわされる．ここでh_1は深発地震の深度，h_2は浅発地震の深度で，kは場所特性であるが，ふつう，500～580（大部分は530～560）である．cos αは，深発地震と浅発地震とをむすんだ線の鉛直線からの角度である．

この概念は，大きな浅発地震や火山の噴火の前兆として，深発地震を関連づけてきた．わたしはBlotやGrover とともに，この概念を基にして最近の大きな地震をしらべ，先に発表した研究の裏付けを行った（Blotほか，1993；Blot and Choi，2004，2005，2006a，2006b）．本論文の

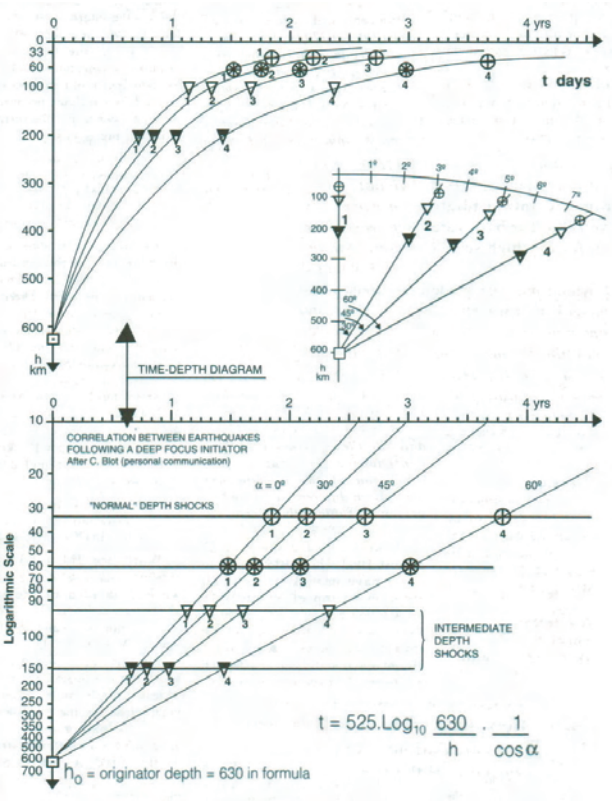


図1 Grover（1998）から引用したBlot（1976）のエネルギー移送．上と下の図は，いずれも時間－深度ダイアグラムであるが，後者はlogであらわしてある．真ん中右寄りの図は，地震集中帯（和達－ベニオフ帯）の傾向とは異なっている点を示している．ET説の式は 一番下に示した．

ET analysis table

No (Fig. 1)	Ref	Date			Epicenter		Depth	Magnitude	Link (Fig. 1)	Correlation			
		Y	M	D	°N	°E	km		from - to	h1/h2	d°	a°	k (assumed)
Precursors													
1	NEIC	2010	7	23	6.72	123.41	607	7.3	1 to 6	607/35	4.30	40	540
2	NEIC	2010	7	23	6.49	123.47	585	7.6	2 to 6	585/35	4.15	38	540
3	NEIC	2010	7	23	6.78	123.26	640	7.4	3 to 6	640/35	4.40	38	540
4	NEIC	2010	7	24	6.22	123.52	553	6.6	4 to 6	553/35	3.50	36	540
5	NEIC	2010	7	29	6.51	123.22	637	6.6	5 to 6	637/35	4.20	36	540
Shallow mainshock - Predicted appearance at 35km depth													
No (Fig. 1)	Link	Number of days	Shallow appearance										
			Year	Month	Day								
6	1 to 6	880	2012	12	19								
6	2 to 6	840	2012	11	9								
6	3 to 6	882	2012	12	21								
6	4 to 6	803	2012	10	4								
6	5 to 6	843	2012	11	18								

表1 Blot 説のエネルギー移送の考え（1976）に基づく，2010年7月に起きた北セレベス海の大きな深発地震と，それに関連する大きな浅発地震．

ために，いくつかの大きな浅発地震に関連する大きな深発地震を補足的にしらべた（表1）．それらのいずれもが，確度のきわめて高いのにもかかわらず，世界の地震学者連中は，Blot の先駆者的な仕事を無視した．というのは，ET 説が上向きのエネルギー流であり，彼らの欲しがった，プレートスラブの下降に見合うものでなかったためである．

2010 年 7 月に発生した北セレベス海の大きな深発地震

非常に大きな深発地震と，それに関連して将来発生するであろう浅発地震をリストしたのが表 1 と表 2 とであり（注目したいのは表 2 の黄色部分），図 2 でそれらの位置を示した．2010 年 7 月 23 日に 3 つの非常に大きな地震（M7.3 ～ M7.6）が発生したが，それらのいずれもが，M6.6 地震の翌日と 6 日後に引き続いて起こった．それらのテンソルモーメント解によれば，テンソルの向きは大よそ ESE-WNW（EMSC のブログ，図 6）で，これはほぼ中央構造線―ミンダナオ断裂の NNE-SSW 走向で高角の滑りを暗示している（図 3; Choi，2005）．

こうした大きな地震には，それに先行する地震の数も規模も無いので，よく目立つ．表 2 は，地球全体で 1973 年以後に発生した，非常に深く（500km 以深），たいへん大きい M7.0 ≦地震（訳者注；本文では M7 より大きい地震と表記されているが，正確に言えば，M7.0 ≦地震なので，訳では，この表現を用いる）をリストしたものである．この条件に見合う全部で 28 個の地震は，USGS NEIC のブログで検索した．表から分かるように，短期間で同じ区域において M7.0 ≦地震が 3 回も起こったケースは，本研究で対象にした 2010 年 7 月の北セレベス海のものを除いては無い．

非常に深くて大きい地震の内のいくつかは，すでに，ET の式によって浅い巨大地震―たとえば，2007 年 9 月 12 日の南西スマトラ地震と，2009 年 9 月 29 日のサモア地震津波―に関連していることが，Blot・Choi（2007）と Choi（2010a）とでそれぞれ明らかにされている．2002 年 8 月 19 日にフィジー東方で発生した 2 つの深発地震は，2006 年 5 月 4 日と 3 日の M8 に起きた北東トンガの浅発地震（表 2）に引き続いている．しかし，その他の多くのケースは，いまの段階ではまだ解析していない．

広域構造のなりたち

南東アジアにおける広域的な造構造運動と地震活動については，すでに筆者によって報告されている（図 3・図 4;Choi，2002 & 2005）．セレベス海の深発地震発生域は，古生代－中生代の台地・褶曲帯の東縁に位置している．NNE-SSW 方向の境界線は，中央構造線―ミンダナオ断裂と呼ばれる，大きな深部断裂で，600 ～ 700km の大きな深発地震が過去に何度も発生している（図 3）．

上に述べた基盤の走向は，その後の新しい構造要素で切られている：つまり，1) フィリッピンからインドネシア

表 2　1973 年以降における世界の非常に深く（500km 以深），たいへん大きい（M7.0 ≦）地震．USGS NEIC から検索．

Year	Month	Day	Latitude	Longitude	Magnitude	Deph (km)	Note
1973	9	29	41.89	130.87	7	575	
1990	5	12	49.04	141.85	7.2	605	
1990	5	24	-7.36	120.36	7.1	588	
1990	10	17	-10.97	-70.78	7	598	
1991	9	30	-20.88	-178.59	7	566	
1991	6	23	-26.8	-63.35	7.3	558	
1994	6	9	-13.84	-67.55	8.2	631	Linked to 12 Nov. 1996 quake. H=33, M=7.7. 350 km South of Lima (new data)
1994	3	9	-18.04	-178.41	7.6	562	
1995	8	23	18.86	145.22	7.1	594	
1996	6	17	-7.14	122.59	7.9	587	Linked to 14 May 2000 quake. M=6.3, H=33. Suva Sea, Indonesia (new data)
1996	8	5	-20.69	-178.31	7.4	550	
1997	5	25	-32.12	179.79	7.1	332	
1998	3	29	-17.55	-179.09	7.2	537	
1999	4	8	43.61	130.35	7.1	565	
2000	4	23	-28.31	-62.99	7	608	
2002	6	28	43.75	130.67	7.3	566	
2002	8	19	-21.7	-179.51	7.7	580	Linked to 5 May, 2006 M=8.0 quakes (H=11km), 100km north of Tonga (new data)
2002	8	19	-23.88	178.49	7.7	675	Ibid. (H= about 20 km)
2003	6	20	-7.61	-71.72	7.1	558	
2004	7	15	-17.66	-178.76	7.1	565	
2004	7	25	-2.43	103.98	7.3	582	Linked to the Southern Sumatra quake (M=8.4) on 12 Sep. 2007 (Blot and Choi, 2007)
2005	2	5	5.29	123.34	7.1	525	Northern Celebes Sea. Possible link: 26 July, 2007. M6.9, H 25 km (best match 35 km). Molucca Sea (new data)
2006	1	2	-19.93	-178.18	7.2	582	One of 29 Sep. 2009 Samoa quake forerunners (Choi, 2010a)
2008	7	5	53.88	152.89	7.7	632	Kamchatka Peninsula.
2009	11	9	-17.24	178.34	7.3	590	Fiji.
2010	7	23	6.72	123.41	7.3	607	Molucca Sea forerunner? This study
2010	7	23	6.49	123.47	7.6	585	ibid
2010	7	23	6.78	123.26	7.4	640	ibd

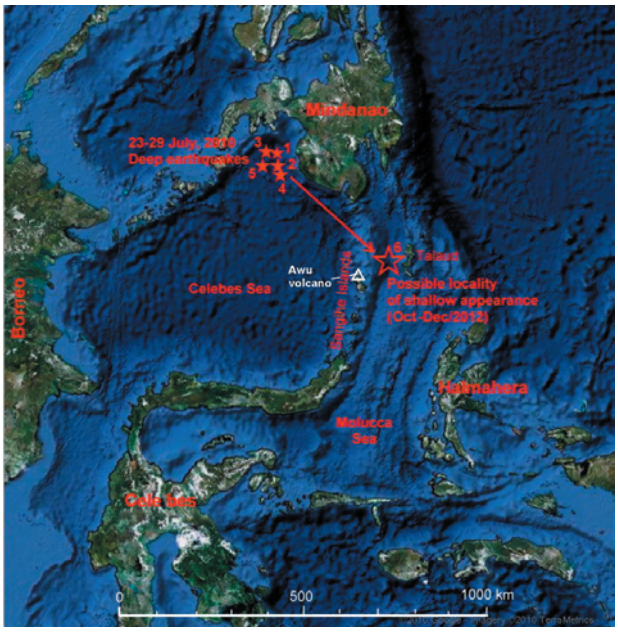


図 2　2010 年 7 月 23 ～ 29 日の深くて大きい地震，ならびに，それに引き続く浅発地震についての調査域における地形．この図は Google から引用．太平洋の深海域からセレベス海とモルッカ海へのびる多くの長大な線状構造に注目．それらは活構造である．しかし，地形にはっきり現れている古い構造は判然としない．図 3 の構造図と比較・対照してもらいたい．

のハルマヘラにかけて広がる，中生代－古第三紀の構造的に高いブロック；2) モルッカ海と，さらにサンギヘの弧状列島などの地層を切っている南北の断層（図 3 と図 5）．2010 年 7 月の北セレベス海の深発地震は，古生代－中生代の台地・褶曲帯と，それより若い中生代－古第三紀の構造的な高所との会合部で発生した．

モルッカ海の Talaud 島の近くにおける和達－ベニオフ帯は水平面から 50 度の角度で傾いている（図 4）.

エネルギー移送と浅部での大よその出現時間

深発地震から発射されたエネルギーの大部分は，中生代－古第三紀の構造的な高所の西縁ぞいに移送されると考えられ，最後に，モルッカ海の Taland あたりへ上昇してくると思われる．このブロック境界が，セレベス海

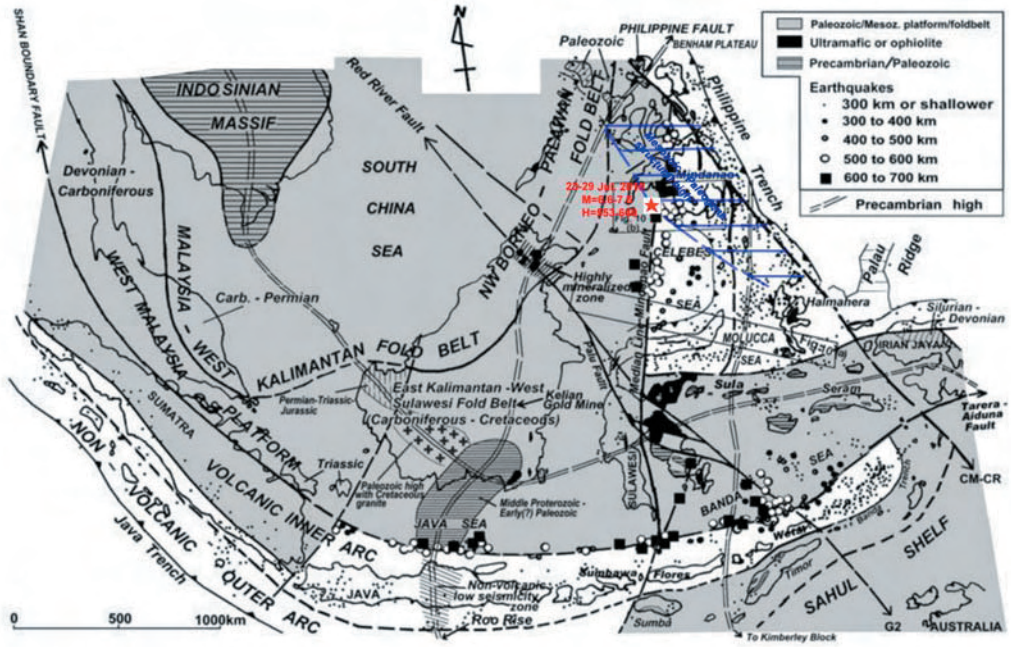


図 3 南東アジアの構造図（Choi, 2002 & 2005）．ミンダナオの中生代－古第三紀の構造的な高所と 2010 年 7 月 23 ～ 29 日の深発地震．

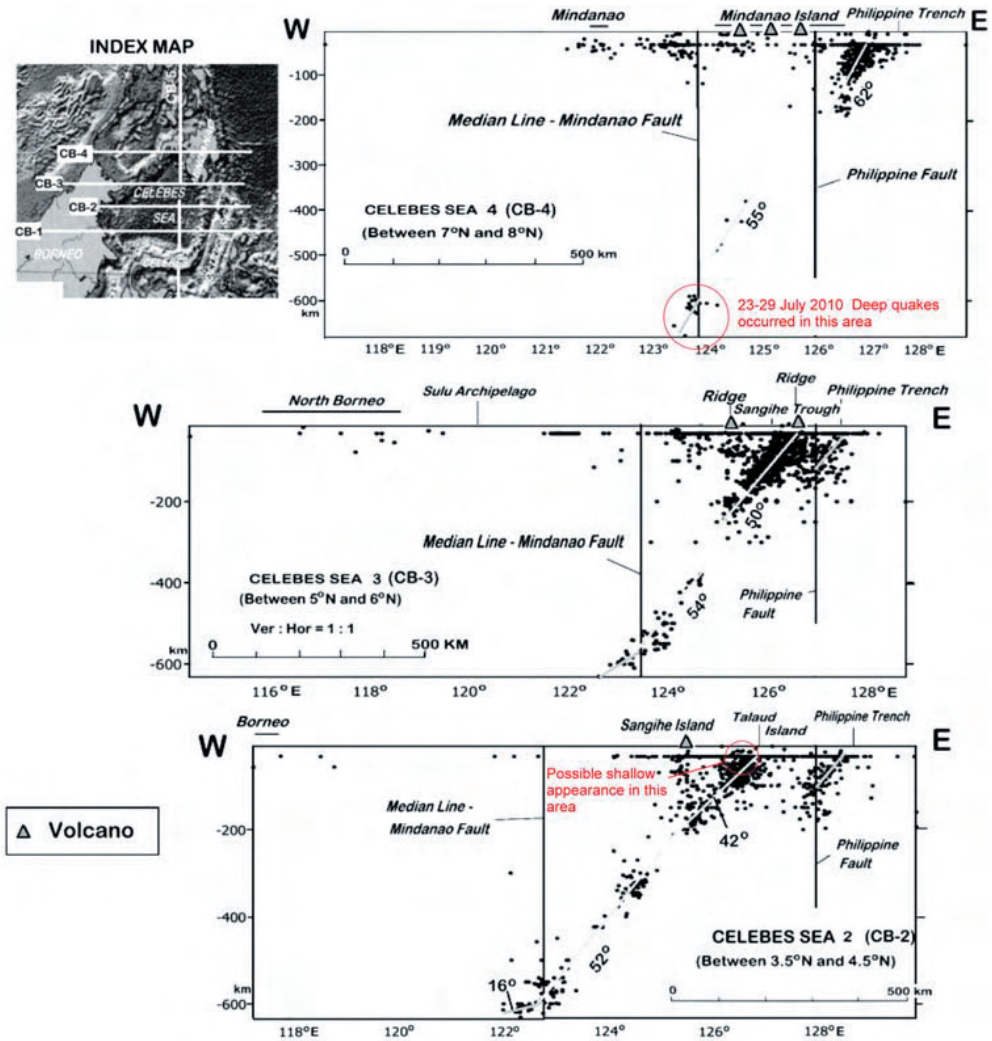


図 4 震源分布の断面図（Choi, 2005; 未公表データから引用）．この地域での和達－ベニオフ帯は総体的に急傾斜である．

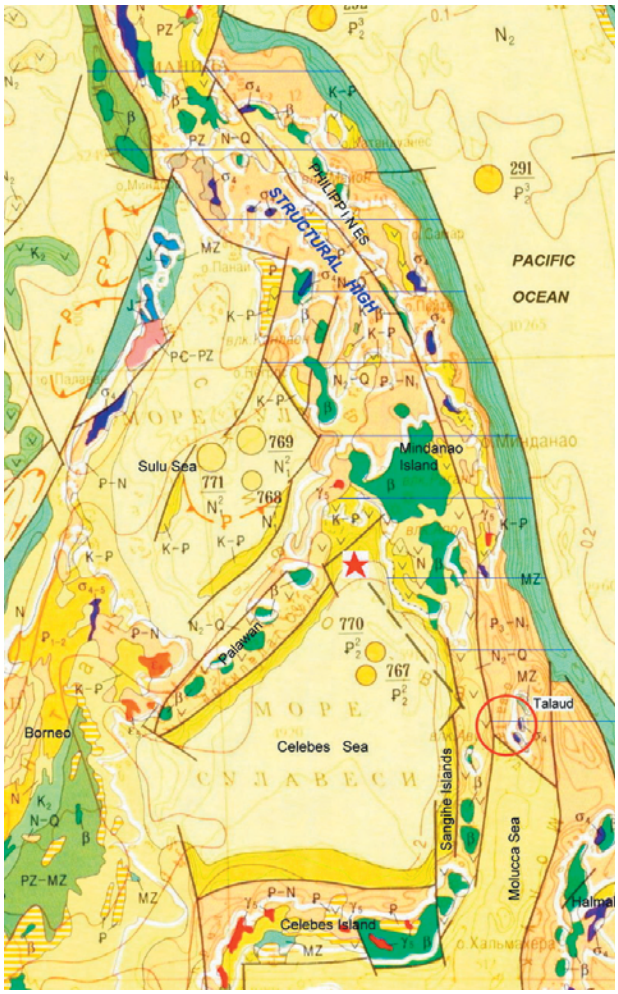


図 5 調査地域の構造図（Jatskevich[編], 2000）．中生代－古第三紀の構造的な高所と 2010 年 7 月 23 ～ 29 日の深発地震（赤い星形）とを強調するために加筆．赤丸は，2012 年の想定地震の発生場所．深発地震は,高構造域の西縁で発生した．この図では，深部断裂である中央構造線―ミンダナオ断裂を示していない．

とモルッカ海の区域におけるマグマ活動と地震活動へのエネルギー供給ルートを分岐させている．それは，大サンギヘ島に Awu 火山のあることでも分かる．この火山は，インドネシアでもっとも破壊的な活動をするもので，1711 年以来，50 ～ 100 年ごとに激しい噴火をしてきており，もっとも最近の噴火は 1966 年であった（www.volcano.si.edu/world/）．興味深いことに，角田（2009, 2010a, 2010b）によれば，火山・地震活動のサイクルは 30 ～ 50 年だという．もし，Awu 火山の再活動が 2012 年にあれば,もっとも新しい噴火からの間隙は 46 年になる．エネルギーは，この NW-SE 方向の断層境界を移送されて，サンギヘ海嶺とハルマヘラの西側の弧へ供給されていると考えられる．

深部から浅部への日数（t）を計算するには，定数 k，浅発地震の場所と深さを考えればよい．その場合，k = 540 として計算できる．というのは，ET 式における場所は南ジャワ（Blot・Choi, 2006）とサモア（Choi, 2010a）との近くと設定されるからである．浅発地震の震央は，大サンギヘ島と Talaud 島との間で，最近の地震が密集していて，かつ，3 つの断層が会合しているからである

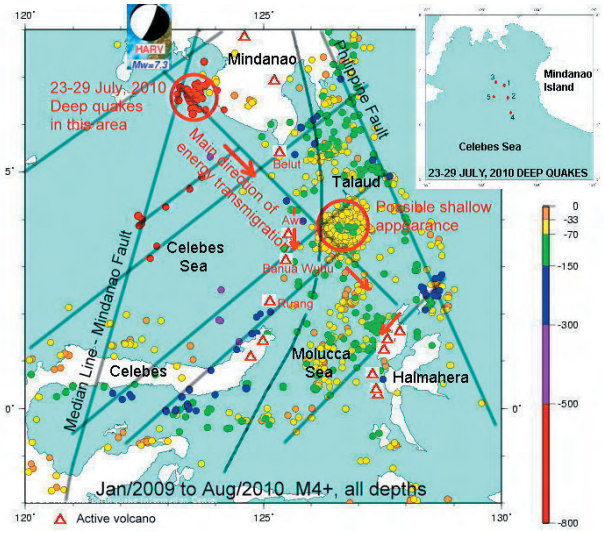


図 6 2009 年 1 月から 2010 年 8 月までに発生した M4.0 ≦地震 と，深部での前兆現象の数々，および，造構的な線状構造などとの重なりあい状況．基本図はウェブサイトの NEIC から引用．線状構造は，震央分布と同様に地質・地形・地球物理学的なデータを基に作図した．図の左上に示した，2010 年 7 月 23 日の M7.3 地震のモーメントテンソル解は，大まかに NNE-SSW 方向を向き，引張状態を表している．これは，南北性の断層（中央構造線―ミンダナオ断裂）の高角なうごきを示している．地震の分布と造構方向との過去の履歴からすれば，深部のエネルギーは，南東へ傾き，Talaud 島に現れる北西－南東方向の高角の深部断裂に沿って移送されていると見られる．サンギヘ海嶺の火山とハルマヘラの西側弧の両方とも，この移送ルートに関連が在る．

（図 6）．この地域においては，地下 35km でもっとも多くの浅発地震が発生しているので，その深さに設定した．

計算の結果は表 1 にまとめた．深さ 35km の浅発地震は，2012 年の 10 ～ 12 月に発生すると想定される．しかし，ET の式で h2 として表される発生深度しだいで，数ヶ月かそれ以上の遅れがあるかもしれない．さらに，熱エネルギーのたまり具合などの局地的な造構条件によっても変わる可能性がある．

討　論

モラッカ海の想定マグニチュード

想定マグニチュードについて Grover（1988, p.130 & 252）は，次のように述べている：
「M6.0 ≦地震の深発地震はときに，M7.0 ≦地震や M8.0 ≦地震の地震に巨大化することがある．そういうときは（エネルギーの）集中現象・・・が起こっていて，それによって小さな地震が大きな地震に急成長する．それが起こると破壊的な被害がでやすい」．これは，深発地震とそれに関連した浅発地震に関する表 3 のデータで裏付けられる．多くの場合，深発地震の規模より，浅発地震のそれが大きくなっている．では，中深発地震ではどうなのか？と考える．2004 年 12 月 25 日のスマトラ沖地震のような地震では，上部マントルと下部地殻における広域にわたる横方向への熱移送が想定される（VE イベント；角田，2010a & 2010b）．それらは，ときおり，ずっ

表 3 深発地震と浅発地震との規模の比較

Mainshock				Deep precursors		Reference
Locality	Day	Magnitude	Depth (km)	Magnitude	Depth (km)	
Chile	28/Dec/1966	7.8	47	7.8	543	Blot, 1965; Grover, 1998
Peru	12/Nov/1996	7.7	33	8.2	631	New data. See Table 2.
Kurhisro-oki, Japan	28/Nov/2004	7.0	39	5.9-6.2	350 - 410	Blot and Choi, 2004
Sumatra	26/Dec/2004	9.0	10-30	5.7	160-230	Blot and Choi, 2004
Kashmir	8/Oct/205	7.7	26	6.0-7.4	130-230	Blot and Choi, 2005
NE Tonga	3-4/May/2006	8.0	11-55	7.7	580-675	New data. See Table 2.
Yogyakarta, Java	26/May/2006	6.3	10	4.8-6.6	530-600	Blot and Choi, 2006a
Southern Java	17/Jul/2006	7.7	10	5.0-5.7	345-450	Blot and Choi, 2006b
Southern Sumatra	12/Sep/2007	7.9-8.4	30-34	7.3	582	Blot and Choi, 2007
Samoa	29/Sep/2009	8.1	18	5.0-7.2	580-610	Choi, 2010a
Haiti	12/Jan/2010	7.0	13	5.0-7.4	150-160	Choi, 2010b

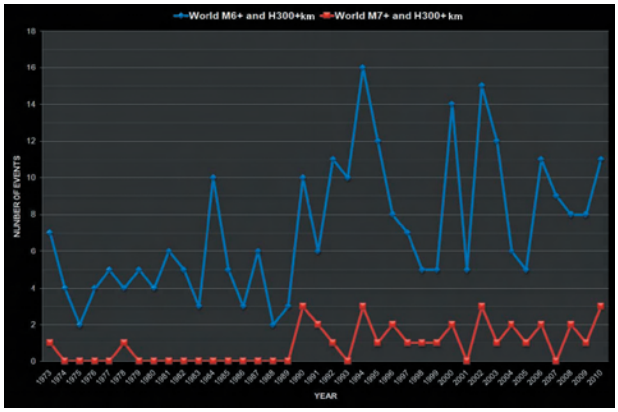


図 7　1973 ～ 2010(8 月 15 日まで）年における，深く（地下 300km 以深），大きい（M6.0 ≦）地震の 1 年ごとの発生回数．下に示した赤い線のグラフは，M7.0 ≦深発地震である．1990 年から急激に発生回数が増えていて，とくに M7.0 ≦地震にその傾向が著しい．2010 年のデータは 8 月 15 日までしかなく，1 年間を通じたものでないことに要注意．深発地震は，地球の外核の活動に直結しているようである（Choi，2010c）．

と大きな地震に生まれ変わるのである．以上のような考察に基づくとともに，北セレベス海で起きた異常に大きい規模の深発地震（M7.3，M7.6，M6.6，M6.6）を考えると，モルッカ海における想定地震は，M8.0 をこえる巨大なものになるであろう．

地核における地震エネルギーの増大

こうした大きな深発地震の起こる原因は，地球の外核からのエネルギー供給が増えていて，とくに 1990 年以降で，その傾向が著しい．地核が，新しい運動段階にはいったのであろう（Choi，2010c）．図 7 は，1973 年以降における M6.0 ≦深発地震の発生回数を示すが，データは NEIC ブログからの検索・引用である．読者は，すぐに気づいたと思われるが，1990 年以降において，地震活動が急に活発化しており，M7.0 ≦地震にそれが顕著にあらわれている．この増加は，太陽の活動の活発化とよく対応している（Khain･Kahlilov，2008 ；Endersbee，2007 など）．とくに興味深いのは Khain・Kahlilov（2008）による図 8 で，彼らは，太陽活動のピークが，火山活動，地震活動と対応して 2012 年と 2015 年に成るであろうと予測している．筆者は，この興味をそそられるテーマについて，これからもっと突っ込んだ論文化を考えている（Choi ほか，準備中）．

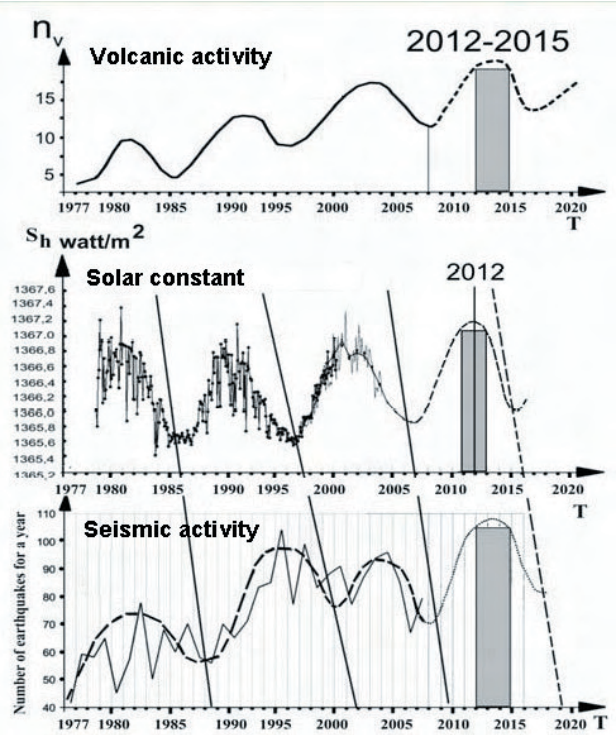


図 8 Khain・Khalilov（2008）による火山，太陽，地震活動の比較とその将来予測．火山と地震の数は，かれらのいわゆるタイプ C の圧縮場，つまり，環太平洋域，東南アジア，ヒマラヤ―地中海地域において発生したものからカウントしてある．地震は M5.0 ≦地震をカウント．1977 年以降，火山と地震の活動が活発化している点に注目．

結　論

この論文は，北セレベス海で 2010 年 7 月に発生した大きな深発地震からのエネルギーによって発生する浅発地震を予測したものである．また，深発地震の発震機構解析から（浅発地震の）発生場所を想定し，モルッカ海の浅部にあらわれる想定期日を算定した．

北セレベス海の異常に大きな深発地震が発生した背景には，1990 年以降における地核活動と太陽活動との活発化がある．

この深部から浅部へのエネルギー移送は，間違いなく，たくさんの予兆的なサインをだしている：たとえば，サンギヘ海嶺の火山活動（とくに大サンギヘ島の Awu 火山）の再活動，中深発地震，電磁気学的な現象，気象，サンギヘ島や Talaud 島における地盤変動，海水温などの活発化などである．こうした数々の現象は，総合的な学術団体で観測や解析を行って，大きな地震や噴火が起こるのかどうかを検討するべきである．こうした訓練は大きな災害の起こる前に少しでも取り組んでおき，災害を軽減して，多くの人命を守るようにしなければならない．

謝　辞　筆者は，本論文の草稿段階で Shengzu Wang，角田史雄，I-wan Che，Minxu Gao などの方々からご意見をいただいた．また，Claude Blot ならびに John Grover 両氏にはご指導頂き，ET 説についてのご教示を

いただいた．タヒチのElizabeth Dubois さんには，健康に不安のあるlaud Blot氏にコンタクトをお願いした．またDavid Pratt 氏には英文の校正をお願いし，オーストラリアPty Ltd. のM. Frank Li of Raax 氏には図7でお世話になった．これらの方々にお礼申し上げる．

文　献

Bapat, A., 2007. Seismo-electric-magnetic and other precursory observations from recent earthquakes. NCGT Newsletter, no. 43, p. 34-38.

Bapat, A., 2010a. Disaster management plans in view of recent earthquakes. Current Science, v. 98, no. 10, p. 1287-1288. (Reproduced in NCGT Newsletter, no. 78, p. 78-80)

Bapat, A., 2010b. Socio-legal aspects of earthquake prediction. Current Science, v. 99, p. 413-414.

Blot, C., 1963. Risques de séismicité importante au Chile et au Pérou durant le 4ème Trimestre. (cited in Grover, 1998, p. 81)

Blot, C., 1976. Volcanisme et séismicité dans les arcs insulaires. Prévision de ces phénomènes. Géophysique, v. 13,

Orstom, Paris, 206p. Blot, C. and Choi, D.R., 2004. Recent devastating earthquakes in Japan and Indonesia viewed from the seismic energy transmigration concept. NCGT Newsletter, no. 33, p. 3-12.

Blot, C. and Choi, D.R., 2006a. On the recent catastrophic Java earthquake (May 26, 2006) and Merapi Volcano eruption: Their forerunners. NCGT Newsletter, no. 39, p. 31-36.

Blot, C. and Choi, D.R., 2006b. The great southern Java earthquake on July 17, 2006 and its tectonic perspective. NCGT Newsletter, no. 40, p. 19-26.

Blot, C. and Choi, D.R., 2007. The great September 12, 2007 southern Sumatra Earthquakes, as predicted by the seismic energy transmigration concept. Part 1. NCGT Newsletter, no. 44, p. 38-42.

Blot, C., Choi, D.R. and Grover, J.C., 2003. Energy transmigration from deep to shallow earthquakes: a phenomenon applied to Japan. NCGT Newsletter, no. 29, p. 3-16.

Choi, D.R., 2002. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones. Part 3. Southeast Asia. NCGT Newsletter, no. 25, p. 9-21.

Choi, D.R., 2005. Deep earthquakes and deep-seated tectonic zones: A new interpretation of the Wadati-Benioff zone. Boll. Soc. Geol. Italiana, Special volume no. 5, p. 79-118.

Choi, D.R., 2010a. Tectonic significance of the 29 September 2009 Samoa earthquake. NCGT Newsletter, no. 54, p. 23-35.

Choi, D.R., 2010b. The January2010 Haiti seismic disaster from the perspective of the energy transmigration concept and block tectonics. NCGT Newsletter, no. 54, p. 36-44.

Choi, D.R., 2010c. Global seismic synchronicity. NCGT Newsletter, no. 55, p. 66-73.

Endersbee, L., 2007. Climate change is nothing new! NCGT Newsletter, no. 42, p. 3-17.

Grover, J.C., 1998. Volcanic eruptions and great earthquakes – Advanced warning techniques to master the deadly science. Copy-right Publishing Co., Pty Ltd., Brisbane. 272p.

Jatskevich, B.A. [ed.], 2000. Geological Map of the World. 1:15,000,000. Ministry of Natural Resources of Russian Federation, Russian Academy of Sciences.

Khain, E.E. and Khalilov, E.N., 2008. About possible influence of solar activity upon seismic and volcanic activities: Long-term forecast. Science Without Borders, Transactions of the International Academy of Science H. & E., v. 3, 2007/2008, p. 217- 240.

Tsunoda, F., 2009. Habits of earthquakes. Part 1: Mechanism of earthquakes and lateral thermal seismic energy transmigration. NCGT Newsletter, no. 53, p. 38-46.

Tsunoda, F., 2010a. Habits of earthquakes. Part 2: Earthquake corridors in East Asia. NCGT Newsletter, no. 54, p. 45-56.

Tsunoda, F., 2010b. Habits of earthquakes. Part 3: Earthquakes in the Japanese Islands. NCGT Newsletter, no. 55, p. 35-65.

Wang, Shengzu and Zhang, Zongchun, 2002. Earthquake – affected time-space domain, recurrence in terval and effective prepraration time of earthquakes. Earthquake Research in China, v. 16, no. 4, p. 380-395.

サーマルプリュームの上昇に伴うクレーター形成の可能性

CRATER FORMATION POSSIBLY ASSOCIATED WITH AN ASCENDING THERMAL PLUME

Alexandre B. MEDVEDEV
Russian Federal Nuclear Center – All Russia Research Institute of Experimental Physics,
pr. Mira 37, Sarov, Nizhni Novgorod 607188, Russia　　root@gdd.vniief.ru

（久保田 喜裕［訳］）

要　旨：月や火星表面における大規模クレーター形成仮説の解釈の是非について，サーマルマントルプリューム概念の観点から議論される．この仮説の前提として，マントル媒体は熱膨張に否定的に作用しているという過程を明らかにした．この異常は，熱いプリューム物質の浮力が（その異常が引き起こした物体は，上昇によって充分過熱され，密度の障壁を乗り越えるはずだ），冷たい周辺物質（上昇するプリュームの周囲）を押し上げることを可能にし；プリューム上昇後の早い段階に，柱状のプリュームが周囲の媒体に接するような鉛直帯への圧縮（水平方向の熱交換のもとで）を引き起こし；さらに，長期にわたる熱の供給のため，深部マントルを圧縮する．このような現象は，大規模柱状プリュームが上昇する地域で，クレーターのような地殻の鉛直変形をもたらす．地球物理的過程におけるそのような異常のもつ重要な意義も示される．本論は，2008 年に著者によって独自に示され，さらに体系的に詳述し，付け加えた一連の仮説を提示する．

キーワード：*crater クレーター, thermal plume サーマルプリューム, mantle マントル, equation of state 平衡状態，negative coefficient of thermal expansion 熱膨張の否定的作用.*

1．はじめに

小惑星（月,水星など）の大規模クレーター（図１）は，数kmまでの高さとは対照的に,直径約10-1000kmオーダーから数kmまでの範囲にある．それらの内部（最初は熱い）地域は，概して，最初の地表面より低く，外側の環状隆起縁（大規模な“出来立ての”クレーターは高さと輪郭が異なる中央丘を常にもっている）によって境されている．そのような構造の形成は，通常，外部からの衝突による荷重に関連している（Bazilevskii et al., 1983）．しかしながら，地球に向いている側の月では，反対側と比べると，かなりの数の海盆が深部起源を示唆している（Florenskii et al., 1975）．同様のことは，それらを最も暗示する長期間にわたる溶岩の噴出に加えて，小さいカップ状（恐らく衝突）のクレーターと大規模クレーターの形がかなり異なっていることに示されている；イオにおけるかつての著しく活発な火山活動は，その主な要因は月と同じであるが，おそらく 30-40 億年前の月の形成過程を示している（Marakushev, 1994）．クレーターの環状の対称性は，それらの形成が深部のメカニズムによることを示している．したがって，対称性のないものは，斜めからの外的衝突によるものと予想される．

熱的マントルプリュームの概念は，惑星の地表構造の解釈に広く使われている（e.g. Grachev, 2000 参照）．この概念は，深部マントルにおける相当量の物質の形成に関する可能性を意味している．それは周囲の媒体に比べて過熱されている；地殻（リソスフェア）レベルまで到達する経路に沿って比較的早く上昇する；さらにその影響は長期にわたり連続する．我々は，上述のアプローチの状況では，遠い過去にそれらの内部に強力な柱状プリュームの熱源があったことを推定することによって，小惑星の大規模クレーターの形成についての説明を試みることができる．

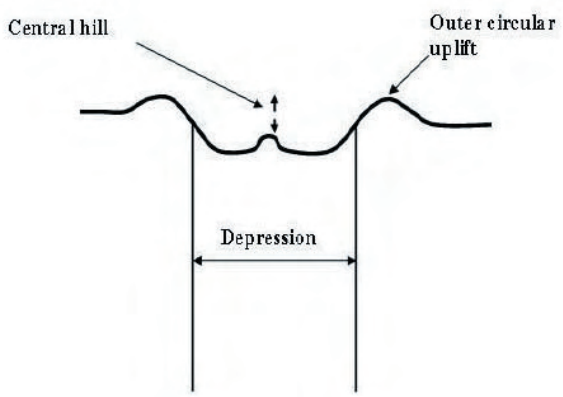


図 1．クレーターの構成

しかし，マントルにおけるケイ酸塩物質の特性が普通であること（すなわち，過熱されたプリュームの密度はその物質の固有密度を下回る）を考慮すると，この解釈は難しい．それゆえ，この場合，ドームをつくりながら上がってくるプリュームの通路（図２）より高い地殻表層レベルまで上昇することを期待しなくてはならない．それに対して，中央の最初熱いクレーター地帯は沈降する（図１）．この場合，その状態は，例えば t=20° C に熱せられた軽分子の水柱と t=30℃で下から上昇する水柱，それは上昇後には開口部をもつ筒（その拡散を防ぐため）で覆われる水の層の状況に質的に類似している．ある熱水の上昇レベルは筒の中で生ずる（図 3a）．上昇する熱い分子が冷やされ（鉛直方向の熱が大気中で取り去られ，水平方向の熱が筒の壁で取り去られるとともに），温かくなるにつれ，最初の面は下がる．しかし，それは通常 t=20℃の基準の水面よりかなり高くなるであろう（図 3b）．

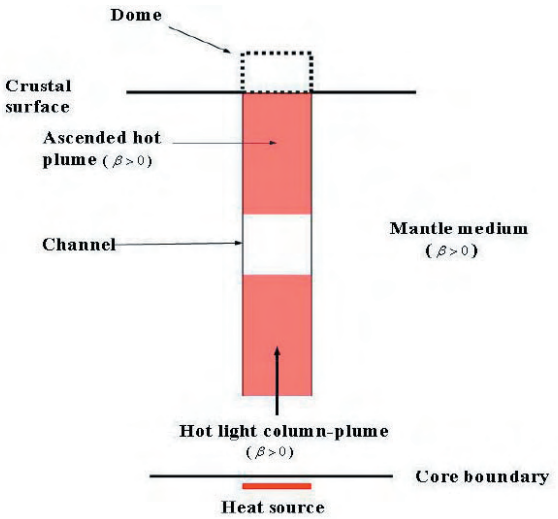


図 2．常態におけるホットプリュームの上昇後における地殻表面の概念図

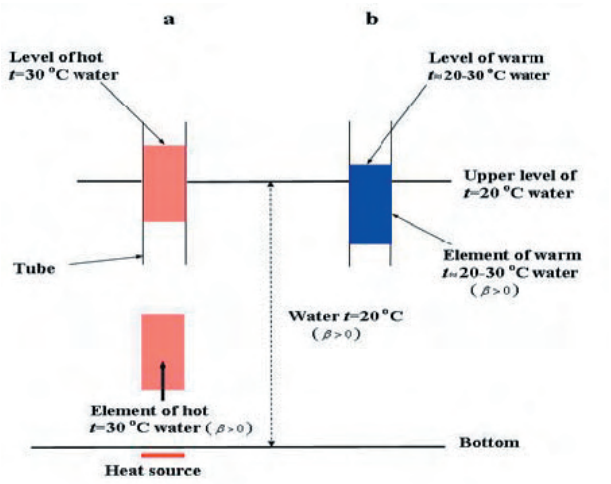


図 3. 冷水（t=20℃）中の熱水（t=30℃）と暖水（t ≈ 20-30℃）の水位

2. 小惑星の異常マントルにおける柱状プリュームの予想される特性と重要性

すべての物質が定常状態であるわけではない；それらのいくつかは，広い状態領域で，熱膨張 $\beta = (\partial V/\partial T)P/V$（V- 空間的容積，T- 絶対温度，P- 圧力）に対し，負の作用をする．マントル媒体におけるこの異常な特性の発現は，その中で上昇する過熱されたプリュームの営力と，通常に比べ，プリューム上昇後に予想される地表の形態を質的に変化することができる．この異常水を含む物質は，t ≈ 0-4℃，β 値 <0（P ～ 1 気圧のもとで）の領域にある．t ≈ 0-8℃で特徴づけられる暖水の密度 r の場合，t=0℃の水の密度より大きくなる．水の温度が t>8℃まで過熱され続けた時だけ，その密度は t=0℃のときの密度より小さくなる（図 4）．同様の特性のため，（t>8℃に過熱された）熱い，（異常に起因する密度の障壁を乗り越えた）活性のある水元素は，t=0℃で特徴づけられる水層で上昇することができる．筒（図 5）のなかの熱水の水位は，活性元素が上昇した後，8℃程度にまで過熱される温度によるであろう．筒のなかの冷やされた暖水（t ≈ 0-8℃）の水位は，t=0℃での基本水位（図 5b）より下がるであろう．

マントル固有の P，T 条件の下で，マントルシリケートは，平均値 β <0（t ≈ 0-4℃の水のように）であることができる．また，最初から過熱されているプリュームは，それらの物質を正常状態（β >0）に変化させることができる．さらに，活動的な柱状プリュームが地殻レベルまで上昇すると，上昇通路上の地表の凹みは，柱状プリュームが冷却する間，温かい状態になると予想される（すなわち，図 5 に示したようなイベント，図 2 や図 3 に表されたようなものではない）．クレーターの中央凹地はこの事実から説明される．

β <0 で特徴づけられるケイ酸塩態の存在の可能性は，振動波形実験のデータによって裏付けられる．図 6 は，もともと高密度の振動圧縮（初生温度 $T_0 \approx 300K$ で，初

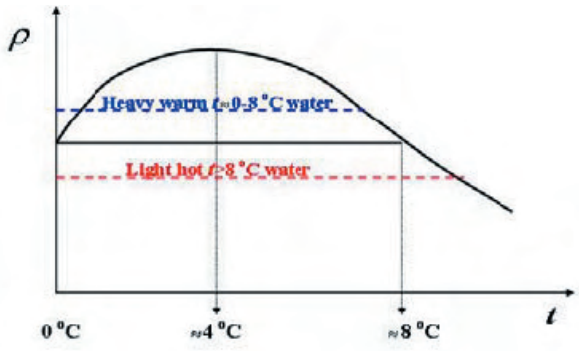


図 4. 異常領域における水の P ～ 1 気圧，温度 t における密度 ρ の相関図.

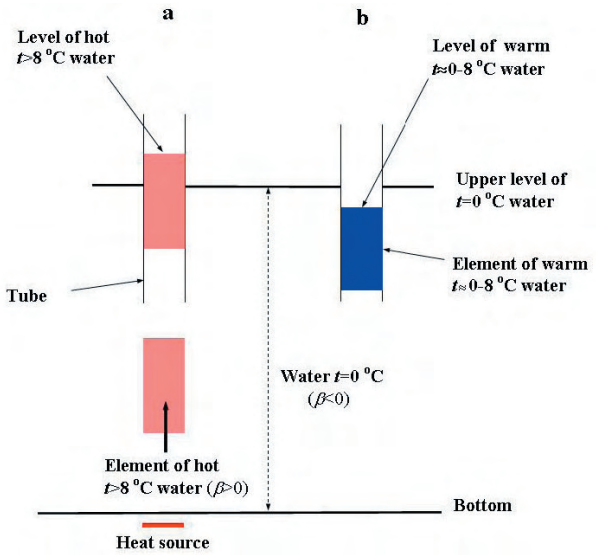


図 3. 冷水（t=0℃）中における熱水（t>8℃），暖水（t≈0-8℃）の水位

生密度が最大値 ρ_0 に近い固体；シリカ－溶融石英 ρ_0 =2.204g/cm^3 の場合）と，もともと低密度（$T_0 \approx 300K$ で多孔質固体；ファヤライト（鉄かんらん石）の場合，－ファヤライト Fe_2SiO_4，フォルステライト Mg_2SiO_4，エンスタタイト $MgSiO_3$，そしてシリカ SiO_2 の ρ_0 =3.750 g/cm$_3$ at T_0=1573K の液体試料）の実験結果を表している．既図に関して，もともとの密度 ρ_0 が減少しているシリケートの衝撃断熱（shock adiabats）は，もともと高密度試料の衝撃断熱のもとでは，次のようなかなり幅のある状態領域におかれている．すなわち，V=const.（一定）で，初期段階で認められた圧力 P_A は，次の段階で認められた圧力 P_B より小さい（Fe_2SiO_4 の P_A と P_B の相関図を参照）．圧縮された物質は，広い範囲内の〝通常の〟平衡状態（EOSs）では，たとえ，EOSs が結晶状態や溶融状態で相転移したとしても（衝撃断熱に沿うそれらの相対的な位置のせいで），同じ特性を示すことはできない．さまざまな物質の振動圧縮に関する幅広い研究過程（LASL..., 1980; Experimental..., 2006）では，状態 $P_A > P_B$ はほとんどの場合で行われている（図 6 でその逆を議論した）が，それを次に説明する．ある物質の熱力学的な振る舞いがこれまでと同じであれば，係数 β >0 であるから，Gruneisen 計数値 $\gamma = V(\delta P/\delta E)_V = \beta C^2/C_P$（ここで，E- 固有内部エネルギー，C- 音速，$C_P$>0 ー等熱容量）は正である．$E_A > E_B$．ならば（V=const. で，も

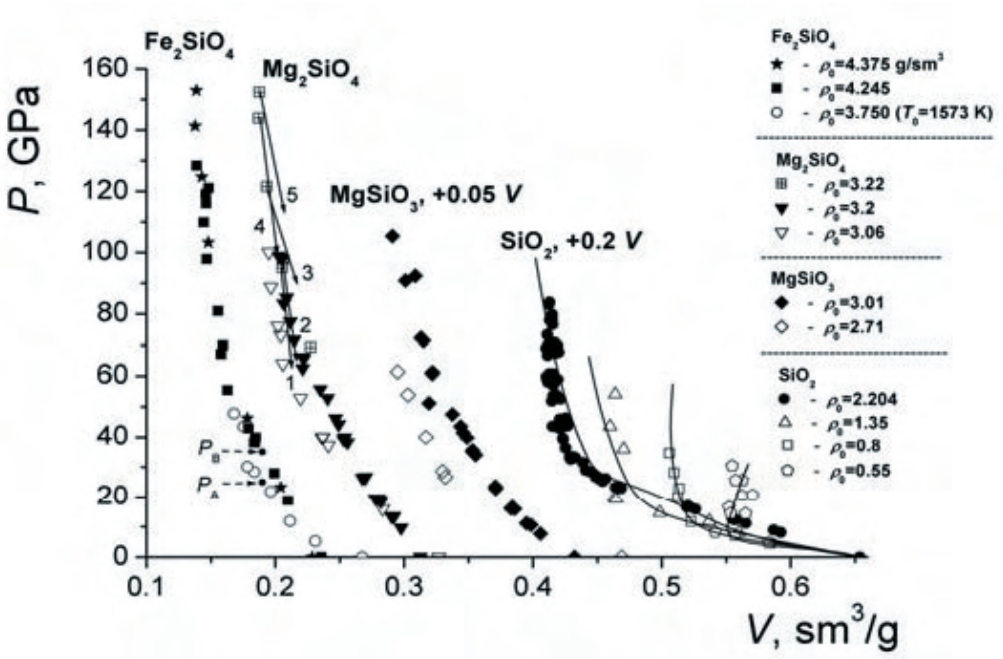


図6. ファヤライト，フォルステライト，エンスタタイト，シリカの一定体積Vにおける圧力Pの従属関係，およびフォルステライトの除荷時の等エントロピー線．衝撃圧実験：Fe_2SiO_4- ρ_0=4.245g/cm^3(LASL..., 1980)，ρ_0=4.375, 3.750g/cm^3(Chen et al, 2003)；Mg_2SiO_4- ρ_0=3.2, 3.06g/cm^3(LASL..., 1980)；ρ_0=3. 22g/cm^3(Jackson and Ahrens, 1979)；$MgSiO_3$- ρ_0=3.01, 2.71g/cm^3(LASL..., 1980)；SiO_2- ρ_0=2.204g/cm^3(LASL..., 1980)，ρ_0=1.35,0.8, 0.55g/cm^3(Simakov and Trunin, 1990)．Mg_2SiO_4の除荷時の結果(Jackson and Ahrens, 1979)は，衝撃断熱ρ_0=3.22g/cm^{3}における5つの初生状態から始まる矢印の最後に示されている．データは右方向へ移動している:$MgSiO_3$では 0.05cm^3/g付近，SiO_2では0.2cm^3/g付近．実線は，信頼できる実験値ρ_0でEOS SiO_2モデルを使った衝撃断熱の計算結果を示している．

ともと低密度の物質の振動圧縮エネルギーは高密度物質のエネルギーより高い，Zeldovich and Raiser, 1966)，この場合 $P_A>P_B$ という通常の関係が，$\gamma \approx V(P_A-P_B)/(E_A-E_B)>0$ で認められる．$E_A>B_A$ で $\gamma<0$（さらにそれぞれが $\beta=\gamma C/C^2<0$)，圧力が $P_A<P_B$ のとき，上記は図6の振動圧縮特性を質的に説明できる．この場合，シリケートは圧力が増加すると非晶質になりやすいため，条件 $\gamma<0$, $\beta<0$ は非晶質状態を表す（とくに，非晶質が始まる圧力は，固体のα－石英で，≈15 GPaである，Kuznetsov, 1999)；さらに，固体のフォルステライトの衝撃圧 P≈78÷92GPa までの圧縮過程では，取り出された試料にはガラスの著しい片を含んでいる (Syono et al., 1981))．

シリケートの状態領域 $\gamma<0$, $\beta<0$ の有用性は，いくつかの状態での負荷除去時の等圧線にみられる固有形態を通して確立され，衝撃圧縮によって成し遂げられた．振動断熱における任意のP, V-状態での関係（たとえば，Altshuler et al., 1971 を見よ）は，与えられた断熱・負荷除去等圧線の $K_H=-V(\delta P/\delta V)_H$ および $K_S=-V(\delta P/\delta V)_S$ の〝斜面〟に伴う γに関連して，$\gamma=2*(K_H-K_S)/((V_0/V-1)K_H-P)$ となる．ここで，$V_0=1/\rho_0$．γの発現は K_H-K_S の変化に対応する．異常な領域内では $K_H-K_S<0$ である．すなわち，等圧線は断熱より急で，その下に位置している．r_0=3.22g/cm^{3}に振動圧縮されたフォルステライトの除荷時のデータは，図6に示されている．等圧線1，2は振動断熱より急で，与えられた状態領域において，$\gamma<0$, $\beta<0$ を包含している．等圧線の傾斜度は，石英(Chhabildas and Gray, 1984; Chhabildas, 1986)，花崗岩 (Swegle, 1990)，流紋岩 (Swegle, 1990)，and 月面 (Ahrens et al., 1977) でも観測された．凝灰岩（堅硬？）状態 (tuff state) での $\gamma<0$ の異常の存在は，次の結論に示された (Erskine et al., 1994)．もともと低ないしは高密度物質（それらの重複）にとって，衝撃断熱の相対的位置の特性および除荷時の等圧線（等圧線の傾斜度）は，基本的な（最大ρ_0で）震動断熱（平坦さはSiO_2の図6に明瞭に示されている）の平坦な形の領域付近に示されている．この形態は，状態 $\gamma<0$, $\beta<0$ の存在に連動されているはずで，すなわち，シリカの動態における3つすべての特性は，一つの理由で説明される．与えられたρ_0で，衝撃断熱に沿うP(およびエントロピーS)の増大に関連したVの増加は，$dV=(\delta V/\delta P)_S dP+\xi dS$ (dP>0, dS>0) の関係で決定される．ここで，第1項は常に負で，第2項の発現は $\xi=(\delta V/\delta S)_P$ に従っている．この式は $\xi=\gamma VT/C^2$ のように表すことができる（すなわち，ξの発現はγ，βによって決定される)．dVの第2項は通常の状態領域内では正で（ここで，γ，β，ξ>0)，異常領域では負である．そのようなξの変化のあらわれは，P(および S)の増大とともに，dVが低速か高速かの変化をもたらす．さらに，基本的な震動断熱の単調でない（γ，β，ξ<0で平坦化される）反応に反映される．

シリケートの挙動の標準化は，高い条件領域で起こり（ないしは，ある傾向がそこにみられる），図6の領域に認められる:Fe_2SiO_4，Mg_2SiO_4 そして SiO_2の衝撃圧縮を伴う圧力 $P_A>P_B$ という通常の関係がある；等圧線

3-5は，概ねMg_2SiO_4でならされている；シリケートの基本的な振動断熱は急になっている．

図6は，モデルEOS(Zhernokletov et al., 2002; Medvedev, 2004) からみたSiO_2の衝撃圧縮の記載を示している．概して，そのモデルは実験の固有の形態を表している．T≈1500-3000K, P≈0-10GPaの条件領域（微惑星のマントルにおける平均的状態にほぼ対応する）で表されたEOSでは，特性値はγ，β，ξ<0 (Medvedev, 2008) である．遷移は，等圧線上の温度の上昇とともに，通常の熱力学的特性γ，β，ξ>0の領域で起こる．

モデル EOS SiO_2 に基づいた計算は，圧力の異常効果の範囲においては，温度が 1000Kまで上昇するにつれ，密度が数％上昇することを表す．異常域の同様の圧縮値は，おそらく他のシリケートにも期待できる．

それゆえ，明らかに，動力学実験の結果は，強く過熱されたプリューム物質の可能性の一般化とともに，マントル中に存在するγ，β，ξ<0の異常の可能性を否定できない．上述した同様の特性は，温かい状態へ変化する間，上昇する活発な柱状プリューム通路上の凹地形成を定性的に説明することを可能にする（すなわち，図5に似た状態）．もしそのようなことが考えられるならば，後で考察するが，（高さhの）柱状プリュームは円筒形（半径 r）で，形成される凹地は環状になる．

ホットプリュームの上昇後，温かく高密度の状態へと変化する最初の柱は，柱状プリュームが周囲のマントルに円筒形に接触するような鉛直の柱状物質である．この場合，プリュームの過熱が外側でないならば，柱は水平方向の熱を柱状プリュームと媒体の間で交換し，高密度状態になるであろう（t=0℃の水をt=10℃の水柱へ上昇後，t=5℃の高密度水柱が熱交換の間に形成される，という事実に類似）．さらに，与えられた事例は現実的であることが予想される（もっと複雑な場合，柱状プリュームの初期過熱が著しい時には，高密度の温かい物質は，水平方向の熱交換の過程で，続いて起こる鉛直方向の冷却機構によって，接触面付近に形成される）；しかし，この場合，接触面付近は，たとえば熱い柱状プリュームの中央の物より早く，温かい高密度状態に変化する．したがって，我々は，熱い柱状プリュームの上昇後，はじめの一時的な段階で，中央部の上昇に加え，周囲が凹むような構造（図7b）の形成を期待している（それは噴出の度合いに応じ，地殻表層のさまざまな段階で現れる－図7a）．$\Delta r/t \sim (x/t)^{0.5}$（ここで，Δr－熱波による移動距離，t－プリューム出現後の時間，$\chi \sim 0.01cm^2/s$－地球上の岩石の概略熱拡散値）の関係に基づく水平熱波速度（接触面の凹地形成速度は0.5程度で決定される）は，t～1Ma間隔を超え，～1cm/yrと見積もられる．t～1Ma内で幅Δr～10kmの接触帯での凹地形成は，この速度を維持している．水平熱波による移動距離と接触帯0.5の凹地幅は，tの増加とともに，～$(\chi t)^{0.5}$を増大させる．時間tの大きな間隔を超えて現れた構造（もともとの熱プリュームの物質すべてが，中央部の物質も含めて，温かい高密度物質に変化するとき）は，図7cの凹地になる．

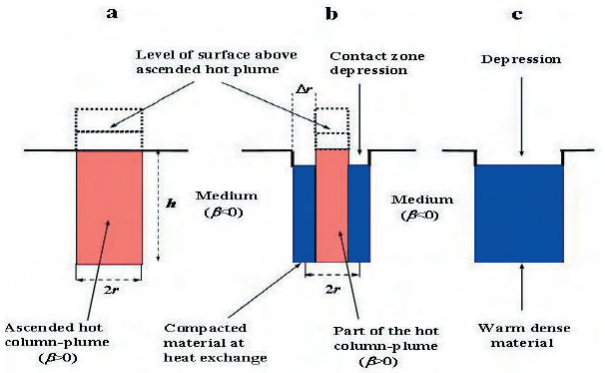


図7。特異な環境において、プリュームが上昇する間の地表面の線描図：a-プリューム上昇後すぐ、b-プリュームと媒体間の水平熱変換段階、c-長時間後。

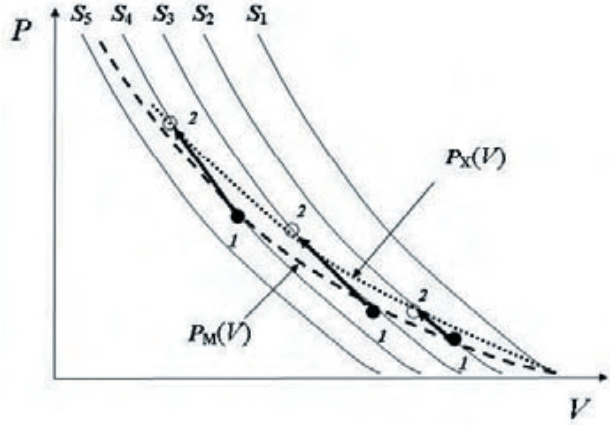


図8. 異常沈降における圧力 P-固有体積V座標の特徴を曲線で表した線描図：S_1< ... <S_5-等圧線，$P_M(V)$-マントル媒体の圧力，$P_X(V)$-周辺の軽量物質における密度分布を示した曲線．矢印は，図9のレベル1から2の変位に従い，状態1から2の媒体の沈降における等圧線の変位を示す．

一見したところ，大規模なクレーターは環状隆起（図1）を呈しているという事実は，小惑星のマントルにおいて，異常γ，β，ξ<0 の存在と関連している．図8は，P, V-座標において，物質 S_1< ... <S_5の5つの等圧線図を示しており，$\xi=(\delta V/\delta S)_P<0$の特性をもつ（この場合，値VはSの増大とともにP=一定で小さくなる）．平均圧力 $P_M(V)$ の依存性が，マントルにおける深度 HとPとともに，媒体$T_M(P)$ の平均温度が高くなる事例として，定性的に示されている（$T_M(P)$ が増加するとき，ξ< 0で媒体の平均エントロピー$S_M(P)$ が増大する）．

図8の特異性は$P_M(V)$ 曲線に関連した等圧線S_1... S_5 の急傾斜部にある．全マントル対流はこの場合妨げになることに注意（その理由は，例えば等圧線S_1上の比較的冷たい物質は媒体より軽く，例えば等圧線 S_5上の比較的熱い物質は媒体より重い）．そのことは小惑星でその痕跡がないことに一致している．熱く活動的な柱状プリュームが鉛直の通路に沿って上昇するとき，我々は，図9のとおり，初期のレベル1から最終的なレベル2への媒体の変位要件を予想することができる．もしプリュームがすばやく上昇するなら，プリューム物質と媒

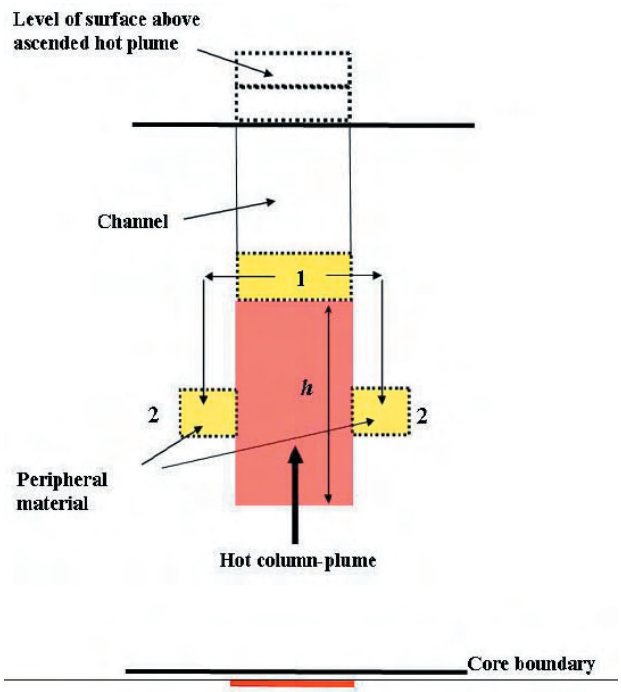


図 9. プリューム上昇におけるレベル 1 から 2 への媒体物質の変位概念図.

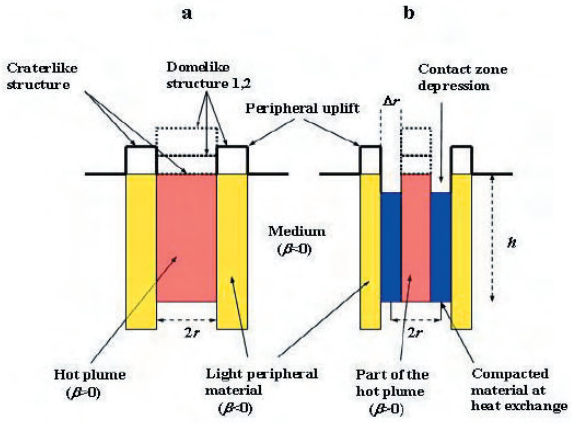


図 10. それの上方の深部構造と期待される地表形態概略図：a- 熱い柱状プリュームの上昇後すぐ；b- 熱い物質と冷たい物質の水平熱交換による接触帯の圧縮段階で.

体物質の状態は，レベル 1 からレベル 2 への移行過程で，等圧線的に変化する．同様のレベル 1 からレベル 2 への等圧線の移行は図 8 に定性的に描かれている．熱い柱状プリュームが地殻表層まで上昇した後，既図の変位要素 1 の全質量は，線 $P_X(V)$ で，状態 2 の組成へ移り変わる（$P_X(V)$- 線に沿う V2 状態において ）．それは等圧過程 V_1-V_2 の間，有効な関係 $T_2=T_1\exp(-\int(\gamma/V)dV)$ のため，ある物質は $P_M(V)$- 線に沿う物質に関連して幾分冷える．それは，中央通路を取り囲み，図 10a における環筒に位置し，取って代わった周辺物質において固有体積（密度）M の分布を特徴づける （中央通路を囲む筒の外半径は，物質の相互変位の間，マントルの H- 層の質量はおおよそ保存される状態で，熱い柱状プリュームの半径より大きく，約 1.4 倍である）．線 $P_X(V)$ は曲線 $P_M(V)$ 上を通過するように，冷たい周辺物質（対応する鉛直柱）は，媒体 M に関して軽い．このため，この冷たい周辺物質は，浮力の作用のもとで，媒体から上方へ押しやられる（そのため，活発なプリュームの上昇後，アイソスタシー的均衡を回復する）．その結果として，中央ホットスポット周囲の表層で，環状隆起の形成を期待できるであろう（上昇する柱状プリューム - 図 10a の上方地域）．

この結果，媒体に関しては鉛直柱の密度の違いから判断すると，想定された状態で（すなわち，媒体が $-\gamma$，β，$\xi<0$，熱い柱が $-\gamma$，β，$\xi>0$ のとき），活動的な柱状プリュームの急速な（等圧線の）上昇の後，図 10a に概念的に描かれたような地表構造が実現されることが期待できるであろう：もし熱い柱状プリュームの勢いが上昇段階の最後で弱くなるとしたら（プリュームが地殻中にいくらか接触する際），クレーターの構造に似てくる；柱状プリュームの浮力が充分大きければ，ドーム状の構造になる（二つのドーム構造の相違は図 10a に示されているが，それは熱いプリュームが押し上げる度合いによる）．

鉛直プリューム直上の地殻表面の高度は，時間の経過とともに，図 10a の鉛直柱が温かい高密度状態に変わると（水平・鉛直方向の熱交換），小さくなる．この場合，接触帯の筒状領域は，柱状プリュームの上昇後，最初の一時の段階で（図 7a のように），水平方向の熱交換で圧密される．その結果，図 10b に示されるように，中央隆起 + 凹地 + 初生的環状隆起部分のような表面構造を形成される．この場合，（幾分短時間の t= 一定で）より小さいもの，熱い柱 r/h の特性，接触帯の表面凹地の相対的割合がより大きいもの．r/h → 0 のとき，その凹地は，水平熱交換の間の時間 t により，図 10a の最初の凹凸すべてを〝侵食する（eat)〟時間をもつが，その間，鉛直熱交換は柱の密度には影響を及ぼさないであろう．柱状プリュームの r/h 特性は増加とともに，残りの環状隆起の割合は小さくなるが（t= 一定で），それは鉛直熱交換の果たす役割が大きくなり，初期の熱い柱状プリュームから熱を吸収し変化するためである（r/h>>1 で，熱い柱状プリュームが温かい高密度状態へ変化すると，鉛直的な熱の吸収を通して，周辺物質は実質的に冷たくなり軽くなる）．

したがって，小惑星のマントル物質の独自性は，活発な熱を帯びた柱状プリュームの早い（等圧線の）上昇と，深部での熱交換の間，続いて起こるクレーター様構造への発展のため，特徴的な表層構造を形成する内的メカニズム（a possible self-consistent mechanism）をもつ可能性を質的に提案できるであろう．

火山現象は大きなクレーターで特徴づけられるが，次の提案のように解釈される．外側へ冷却していく地殻は脆性的になり，著しい変形作用は，深く幅の広いクラックを含むが，クラック（断裂）を形成する．このような断裂は，もともと熱い柱状プリュームが温かい状態へ変化する間に圧密される直下にある地殻の下方変位のため，発生する（とくに，水平方向の熱交換が起こる図 10b に示された接触帯で）．熱い柱状プリューム上にある地殻

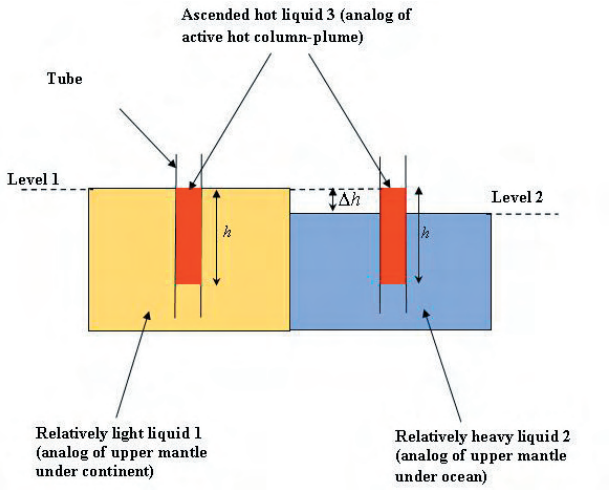


図 11．やや軽い液体 1 とやや重い液体 3 の中での熱い液体 3 の要素柱の上昇．

岩層の荷重は，断裂帯では顕著に減じ（断裂作用の前では，荷重は硬いピストンの荷重と同様であった），減圧は高い塑性をもった熱プリューム物質が急速に脆弱化する原因となる．似た現象は，氷のリザバーを通して掘削された孔の中に急激に注がれる水のようなものである．脆弱化した地帯の下につくられた，飛び跳ねたような形は，引き続く物質の圧密によって，地表にものを激しく流れださせるような脆弱帯に入り込んだ熱い物質に急激な圧力の増加を引き起こした．時間とともに，火山活動による図 10b に示されたタイプの構造（図 7b に簡略図）は，接触帯から中央へ移動する（熱い柱状プリュームの沈降を引き起こす水平熱波を伴いながら）．

一連（″列車状″）の重なったクレーターが直線的なリフト構造（そのような″くぼみ″は小惑星に広く分布している）に類似していることに注意．その形成は，やや間隔をおいたいくつかの活動的な柱状プリュームによって引き起こされたように見える．孤立クレーターにも，そのような構造は同様の現象として期待される（接触地帯の凹地の拡大，および火山活動の接触帯から柱状プリュームの中央への移行 による中央と周辺隆起″浸食作用，eating″の過程）．

3. 地球のマントルにおいて異常が果たす役割の可能性

考察されている異常は，地球物理学的過程において，重要な役割を果たす可能性がある．地球のマントルに対して，上述のモデル EOS SiO_2(Medvedev, 2004) の有用性は，上部マントル媒体のかなりの部分（深度≈500km まで）における異常 β <0，および下部マントル物質の振る舞いを正常にする可能性を示唆している（そのため，対流がその中に存在するであろう）．上部マントルにおける同じ特性の有用性とともに，b>0 で特徴づけられる（上部マントルの高さ h のオーダーの）活動度の高い柱状プリュームが上昇した後，（図 7b ないし図 10b のように）熱い柱状プリュームとその周辺物質との間の接触帯にある物質は，（水平の熱交換の過程で）圧密される．さらに，プリューム物質が温かい状態に変化した後，その物質の密度は媒体よりも大きくなる（すなわち，凹地の形成がその場所に期待される）．おそらく，このメカニズムは，（シベリアの Popigay クレーターやカナダの Carswell クレーターなどのような）大陸表層だけでなく，海洋底のクレーター様構造の存在を説明することができる（例えば，Levin et al., 2006)．

図 7b あるいは図 10b に示された構造に調和的な線状の表層構造は，一般的に，山脈（あるいは島弧）やリフト系に対して相似的である（たとえば，深海谷や縁海の対称性は，マントルにおける柱状プリュームの傾斜位置 (sloping position) によるものであろう）．温かい状態での物質の変化に関連した圧密（とくに，速度 $\Delta r/t \sim (\chi/t)^{0.5}$ の接触帯領域での水平熱交換とともに）は，不完全で明らかにやや冷たい内部物質と圧密帯の周辺において，飛び跳ねるような運動のように，同様に発生する地震活動に対応していることは想像できる．

海洋底の″若さ″（～150Ma までの年代）は，大陸表層と比較して（その年代は～4Ga まで），隣接している沈降した海洋地殻とともに，上部マントルの上昇した大陸地塊についてアイソスタシーの均衡を考慮できれば，活動的な柱状プリュームの上昇で説明できそうだ．後者の相似は，軽い液体 1 と重い液体 2（たとえば，t=0 ℃と t=1℃の水）に関係した静水力学的均衡（図 11）である．もし，（温度と高さが）3 つめの熱い液体（たとえば，t～10℃の水）に等しいふたつの要素柱がそれぞれ上昇すれば，上昇した要素のレベルは，レベル 1 と 2 に関しては，さまざまになろう．一つの例として，その要素が，最初の溶液でレベル 1 まで上昇しにくい場合，2 番目の溶液では，レベル 2 の高さ～Δ h（主な液体層の通常の柱の高さ h）にまで上がるだろう．したがって，海洋底に達する柱状プリュームの力は，類似の特徴を持っているが，陸上の類似の力をはるかに凌ぐ．この場合，火山活動への可能性は，その″若さ″がゆえに，海洋底で増大する．海洋地域から大陸地域まで，（水平に並んだ多くの同一プリュームから形成された）直線的な山岳地帯を横断する際，山脈の相対的な高さは，さまざまな活動的な柱状プリュームが上昇するため，大陸地域で（大陸上ではそれらが全く欠如するまで）減少する．大陸下で（図 11 の液体 3)，直線状の活動的な柱状プリュームが暖かい状態へ変化すると，その上位の地表の高さが減少するが，そこで海底や海洋底が形成される要因になるであろう．明らかに，現存のメカニズムは，Baikal 湖や南極の Vostok 湖，大西洋の紅海などの形成を説明することができる．大洋下へ上昇する柱状プリューム（図 11 の液体 2 中の液体 3) は，陸の形成を説明できる（もともとの活動的な柱状プリュームが激しく注入する間）．しかし，海洋底の深海化は，既存の場所で，それらが暖かい状態に変化する過程で説明できるに違いない．

異常近傍に現れるもう一つのさらなる特性があることに注意することが適切である．これまで，とくに上部マントルの地震データを解釈する際，周囲の媒体の速度と比較して，音響速度 C の値が増加する鉛直帯（あるいは傾斜帯）は，高密度で冷えた物質地帯として考え

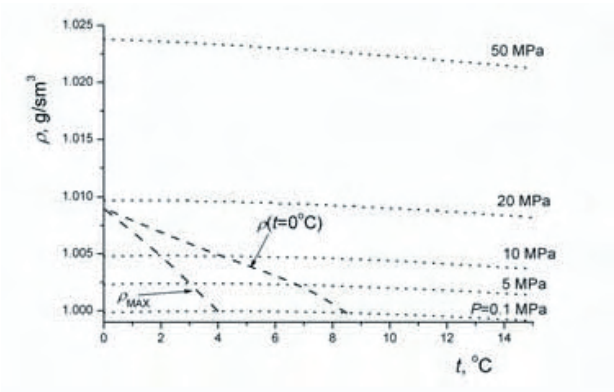


図 12. 水の等圧線における温度 t，密度 ρ の依存性実験（熱物理学的.. NIST webbook）. 線 ρ_{MAX} は最大密度の状態に連結（P= 一定で）．線 ρ（t=0℃）で，熱水の密度は t=0℃の冷水の密度に等しい（P= 一定で）. 圧力値は等圧線上に示されている.

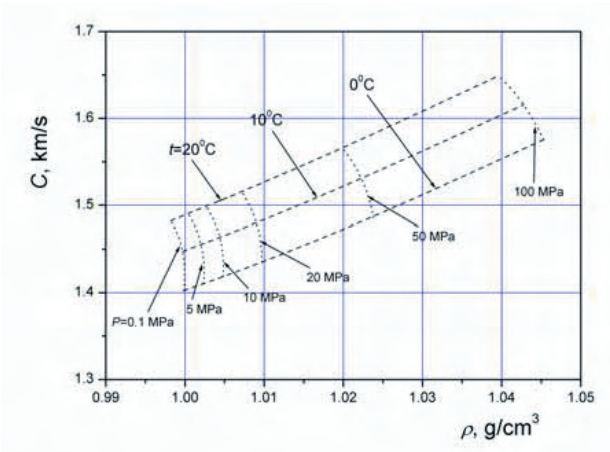


図 13. 水の等温・等圧線における密度 ρ と音響速度 C の依存性実験（熱物理学的.. NIST webbook ）. 等圧・等温線上に圧力値と温度が示されている.

られている（プレートテクトニクスでは－沈み込むプレート）. この解釈は，通常の密度を持つ物質は，等圧線 P= 一定で温度の増加とともに，密度が減少する値 C を持つという事実に基づいている. この規定は異常の有用性を侵害する. 図 12 は ρ（t)－等圧線に沿う依存を示し，図 13 の C(ρ) は水の等温線と等圧線に沿う依存を表す. 例えば，水の密度は t=10℃より t=20℃で減少する，逆に t=0℃の密度より小さくなる，ということに気づく（さまざまな等圧線で，密度を相互に関連させた場合）. しかし，この場合，音響速度との関係は，t=20℃と 0℃の等圧線では逆になる. もしマントル物質によって示されたその属性が，図 13 で示された属性に相似であるなら，音響速度は，熱く軽い柱（図 13 における等温線 t=20℃ないし t=10℃に沿う類似の水）では，周囲の冷たい高密度の媒体（図 13 における等温線 t=0℃に沿う類似の水）より大きくなるであろう. モデル EOS SiO_2 (Zhernokletov et. al, 2002; Medvedev, 2004) で，音響速度は異常の周囲とともに自由に振る舞う. この特性は，上部マントルの異常の有用性とともに，高密度で冷たい物質の代わりに，やや軽く熱い物質は鉛直（傾斜）帯に位置することができ，音響速度の増加を通して特徴づけられる ことを示唆している.

4. 結論

試論は，小惑星上の大規模クレーターの形成を，異常マントルにおいて，熱的に活動的な柱状プリュームの上昇よって，定性的に説明することができる. 地球のマントルにおける異常の存在は，大陸面と沈降する海洋底の標高変化を，上昇した熱い柱状プリューム物質が暖かい状態へ変化する結果として説明することができる.

文　献

Ahrens, T.J., Jackson, J. and Jeanloz, R., 1977. Shock compression and adiabatic release of a titaniferous basalt. In Proc. 8th Lunar Sci. Conf. 8th (Pergamon, New York, 1977), p. 3437–3455.

Altshuler, L.V., Brazhnik, M.I. and Telegin, G.S., 1971. Strength and density of iron and copper at high shock pressures. Prikl. Mekh. Tekh. Fiz., no. 6, p. 159–166.

Bazilevskii, A.T., Ivanov, B.A., Florenskii, K.P., Ykovlev, O.I., Feldman, V.I. and Granoskii V.I., 1983. Impact Craters on the Moon and Planets (Nauka, Moscow, 1983) [in Russian].

Chen, C.Q., Ahrens, T.J. and Stolper, E.M., 2003. Shock-wave equation of state of molten and solid fayalite. Phys. Earth Planet. Inter., v. 134, p. 35–52.

Chhabildas, L.C., 1986. Shock loading and release behavior of x-cut quartz. In: Shock waves in condensed matter—1985, Ed. by Gupta, Y.M. (Plenum, New York, 1986), p. 601–605.

Florenskii, K.P., Bazilevskii, A.T. and Ivanov, B.A., 1975. The role of exogenous factors in the formation of the lunar surface. In: Cosmochemistry of the Moon and planets, Ed. by Vinogradov, A.P. (Nauka, Moscow, 1975), p. 439–452 [in Russian].

Chhabildas, L.C. and Gray, D.E., 1984. Shock loading behavior of fused quartz. In: Shock waves in condensed matter—1983. Chapter IV, Ed. by Asay, J.R., Graham, R.A. and Straub, B.V., Elsevier, p.175–178.

Erskine, D., Nellis, W.J. and Weir, S.T., 1994. Shock wave profile of tuff from the Nevada Test Site. Jour. Geophys. Res. v. 99, no. 8, p.15529–15537.

Grachev, A.F., 2000. Mantle Plumes and Problems of Geodynamics. Fiz. Zemli, no. 4, p. 3–37. [Izvestiya, Phys. Solid Earth, v. 36, p. 263–294, 2000].

Jackson I. and Ahrens, T.J., 1979. Shock wave compression of single-crystal forsterite. Jour. Geophys. Res., v. 84, no. B6, p. 3039–3048.

Kuznetsov, N.M., 1999. Kinetics of quartz phase transformations under dynamic loads: Part 1. Critical Analysis of Data and Ideas of Shock-Wave Quartz Transformations. Khim. Fiz. v. 18, no. 6, p. 49–59. [in Russian]

LASL shock hugoniot data, 1980. Ed. by Marsh, S.P. (Univ. California Press, Berkeley, 1980).

Marakushev, A.A., 1994. Origin and other satellites of solar

system planets. Priroda, no. 3, p. 12–27. [in Russian]

Levin, B.V., Gretskaya E.V. and.Nemchenko G.S, 2006. New cryptoexplosion ring structure in the Pacific Ocean. Papers of Academy of Sciences, v. 411, no. 2, p. 259-261. [in Russian]

Medvedev, A.B., 2004. Possible Origin of Depressions and Mountains (Univ. Kniga, N. Novgorod, 2004) [in Russian]. Medvedev, A.B., 2008. On the possibility crater formation associated with the ascent plume. Fizika Zemli, no. 4. p. 48-61. [Izvestiya, Phys. Solid Earth, v. 44, no. 4, p. 303-315, 2008].

Simakov, G.V. and Trunin, R.F., 1990. Shock Compression of Ultraporous Silica. Izv. Akad. Nauk SSSR, Ser. Fiz. Zemli, no. 11, p. 72–78. [in Russian]

Swegle, J.W., 1990. Irreversible Phase Transitions and Wave Propagation in Silicate Geologic Materials. Jour. Appl. Phys. v. 68, no. 4, p. 1563–1579.

Syono, Y., Goto, T., Takei, H., Tokonami, M. and Nobygai. K., 1981. Dissociation reaction in forsterite under shock compression. Science, v. 214, no. 4517, p. 177–179.

Thermophysical Properties of Fluid Systems (NIST Webbook; http://webbook.nist.gov/chemistry/fluid).

Trunin, R.F. [ed.], 2006. Experimental data on shock-wave compression and adiabatic expansion of condensed materials. RFNC-VNIIEF, Sarov. [in Russian]

Zeldovich, Ya. B. and Raizer, Yu.P., 1966. Physics of shock waves and high-temperature hydrodynamic phenomena (Nauka, Moscow, 1966) [in Russian].

Zhernokletov, M.V., Lebedeva, T.S., Medvedev, A.B., Mochalov, M.A., Shuykin, A.N. and Fortov, V. E., 2002. "Thermodynamic Parameters and Equation of State of Low-Density SiO2 Aerogel," in Shock Compression of Condensed Matter—2001, Ed. By Furnish, M.D., Thadhai, N.N. and Horie, Y. (AIP, 2002), p. 763–766.

Thermodynamic Parameters and Equation of State of Low-Density SiO2 Aerogel, 2002. In: Shock compression of condensed matter—2001, Ed. by Furnish, M.D., Thadhai, N.N. and Horie Y. (AIP, 2002), p. 763–766.

随 筆　ESSAY

（柴　正博［訳］）

不誠実な行進における科学　SCIENCE IN DISHONEST PARADE

Karsten M. STORETVEDT
Institute of Geophysics, University of Bergen, Bergen, Norway　karsten.storetvedt@gfi.uib.no

「ひとつの邪悪がある・・・それは決して黙って
無視されることなく，絶えず公的に攻撃され，
そして言語の悪用である・・・」
W. H. Auden

一般に人々は，政治的な宣伝においては言語の広範囲にわたる誤用に十分に気付いている．しかし，真実あるいは事実についてはしばしば，話し手と彼の言葉の間にそして言葉とその事の間に厳密な適合があるかどうかという興味は，わずかしか，あるいはまったくない．言語の正確さはその社会政治的な効果を優先して見捨てられる．真実がパーティープログラムや，切望している考えあるいは野心に従属させられるようになる．これらの局面で，George Orwell (1968, p. 256) は，スペイン戦争での彼の経験を以下のように書いて報告した：

人生の早い時期に，私は新聞で正確に報道される事件などないということに気がついていましたが，スペインにおいては・・・・事実とは何も関係のない新聞報道を見た．・・・私はそこには何も戦いがなかったと報道された大きな戦争と，何百という男たちがすでに殺されていた完全な静寂を見た．・・・・私は，これらの嘘を小売りしている新聞と，一度も起きたことのない事件の上に感情的な上部構造を築いている熱心な知識人をロンドンで見た．実際に私は，何が起きたかに関してではなく，種々の「共同回線」に従って何が起きるべきであったかについて書かれている歴史を見た．

このような事実のわい曲－不誠実と虚偽の報道の故意かあるいは移植された要素－に反して，多くの科学者は，自由で，論理的で，そして理性的な冒険心としてそれを記述して彼らの知的活動を得意げに話すであろう；それはすなわち，彼らの最も強く表現した価値の中にある真実を立派で偏見のない調査としての科学の標準である．しかし，普通の科学者が科学的な発見に偏狭であるというしっかり確立された事実は，確立された考えに対する疑問をもつことに依存する進歩を含む寛容で偏見を持っていないというきまり文句とはぶつかる．純粋に心理上の次元での抵抗のメカニズムのほかに，Bernard Barber (1961) は，すべての種類の新考案に文化的な目くらましを形成して広範囲の社会政治的な要因を議論した．Wilfred Trotter は，「心は静的な環境を喜ばせる」，お

よびその「よそよそしいことと怖い対象であるまさにその本質の中に見られるものともなわない変化」と断言したとき，科学の世界で本質的な現実を思いついた．そして，忘れてはならない，人間の活動としての科学は，もちろん，力の運動とともに密接に関連している．

イデオロギーとの闘争における事実

1980 年代に，グローバル地球物理学における私の講義過程でも，循環するモデルを維持するために発明された特別な言い訳と一時的な苦境の範囲を暴露しつつ，プレートテクトニクスは基本的な問題を含んでいた．私の学生たちは，独断的なプレートテクトニクスが教えることを避けていることを前提とする，多数の予想外な事実の情報に対して喜んだ．特に関心のあった局面は，中央大洋海嶺に沿った問題の多い地球物理学と地質学の観測の多様性であったーそれは，海洋底拡大モデルの批判的なテストについて否定的結果を含んでいた．知識の衝撃的な公開としてプレートテクトニクスの原理が扱われた教科書は，カラフルなイラストの形態で戦略上誤った提示よって支援され，正確な観測は都合よく無視されカーペットの下に一掃された．多くの掃討作戦によって，一般向けのスローガンによって徐々に多くの確定的なそれらの力は，まさしくその源を意味するものが略奪された．その結果，鍵穴を通す検査は無秩序な科学を繰り広げた（図 A）．学生は驚いて興奮した．「これは我々の未来に関係があって，我々は事実の状況に関して完全な知識がなければならない」！，とは彼らの標準的な反応のひとつである．

批判的な科学的な事実について学生たちに知らせることはー研究をするすべての者に利用可能な出版された資料を考慮してーどんな学術研究施設においても完全に問題なくそして不可欠であるべきである．しかし結果としてそうなったが，Bergen の私の同僚は私の専門的なチャレンジである挑発的な教え方に対してまったく準備ができていなかった．地球科学者の集団がただグローバルテクトニクスについて未熟な理解を持っているだけである，ということは厳重に守られている秘密である．すなわち，科学の他の分野にとって，圧倒的多数が，もちろん一度訓練された支配的なパラダイムの規則を受け入れた専門的な学問の中で仕事をしているということである．より基本的な疑問に関してのこの疎外に加え，多くの同僚が私の教え方を不公平な競争相手として見た．そしてもっと悪く，私は科学的に異議のないりっぱな外見の説に穴を開け，そして国内の地球科学設立の威信と力を脅やかすことを公言していたとさえ言われた．

平和と静けさを再確立するべき試みとして，支配している意見の提案者は反行動をとらなければならなかった．そして，いつも通り，中傷活動を多様にしたーすなわち，しつこく悩ませたり，ブラックリストに載せたり，でっち上げられた身近にせまったうわさを広めた．キャンパス中に，そしてそれを超えて，私が不実な同僚であり，非協力的な同僚で，脱走兵であった（原文のまま！）と

図 A　科学が鍵穴を通して見られるときに，一般向けの教義の予測に合わない観察はしばしば格納銀行やまたは（永遠に！）単にカーペットの下に一掃されるということに気づく．

いう言葉は，またたくまに広められた．私の教育と新しいグローバル理論が引き起こしていた不穏な反対の絶頂の間に，大学の中央本部からの情報提供者が言った：「カルステンさん，あなたは大学がパラダイム問題とあなたのような新しいグローバル理論を扱うことができる場でないことを理解しなければならない．それは，大学はただ従来の科学を管理することができるだけのところである．」！ そしてもうひとつの示唆は，隣人と主治医から：「科学者の革命家として，あなたは多くの敵と真の友人でない友を持つことになるであろう」．

他の科学的でない策略

外国の訪問者と学生たちが，地球科学の回廊をギャロップして通っている悪意ある活動について私に知らせてくれた．「表面にでない底流」は，私の「奇妙な」考えがおそらく難しい妻や私の家族問題と関係があったと伝えていた．地質学の授業で、学生たちが私はほとんど国外に行ったことがないと話していたーそれらが伝えようとしたメッセージは私がグローバル地質学について何も知らない地元のただの男に過ぎなかったということだった．しかし，もうひとつの設定では，地質学の学生クラブで招待された話し手として，私は，私が他の人たちから私の考えを盗んでいたといううわさについて知らされた．この後の情報は，しかしながら結局のところ，私の科学的なメッセージが貴重だったことを示した．広まっていたさまざまなうわさ話に加えて，私の家族もまた威嚇的な活動ー私が海外へでかけて留守のあいだに特に，夜にわが家の周りで恐ろしい行動ーにさらされた．科学的な議論がなくて，卑劣な企みと心理的な恐怖が彼らの討論の形式だった．厄介な不平分子として，私は非合理的な攻撃のうねりを放って，いくつかの痛がっている足

を踏んづけて，他のものの位置をひっくり返していた．けれども私はまもなく，敵意は地球科学の共同体に限定されていないことを思いしらされた．

1998 年の春に，私の最初のグローバルテクトニクスのモノグラフが出版された数ヶ月後に，私は私の発行人である母校の Knut Lie と長い話を交わした．我々が私の本の出版を論じるために会うだいぶ前には，彼は私の特性が大々的に中傷されていたことを知っていたことについて告白した．彼がそれを経験したときに，私に対して最も強く陰口をしていた何人かは，すべてが地球科学から来た者ではまったくなく，自然科学から遠い分野から来たものであった．彼は初期段階において，すでに人をだますような活動を発表していたと，彼が言った．強烈に信用を失墜させる企ては，私の仕事がすでに，名声に貧しい地元のアカデミックな共同体が大目に見る範囲を明らかに超えて，全国的なメディアにかなりの報道を引き起こしていたという事実から生じていた．ノルウェーの地球科学者は力と威信にとっての絶え間がない熱望において，類似する不正直をすぐに証明するべきである．

ノルウェーの人気が高い雑誌 Naturen に公表された私の論文「パラダイムの力」の肯定的な反応によって，その編集者である Per Magnus Jorgensen から，私は彼の雑誌のために私の置換理論の概要を与えることに加えて，大陸漂移とプレートテクトニクスにおける問題を概説する一連の新しい論文を書くように頼まれた．1998 年後半に出版したこのシリーズの私の最初の論文「衝突過程の理論と事実－大陸漂移というウェーゲナーの仮説」が，すぐにバラの園に火をつけた．全国の地球科学者からの広い範囲にわたる抗議によって，特別に召集された編集委員会が開催されなければならなかった．後で私が学んだことだが，私の論文が平凡なはったり屋だと暴露されたことを含めて，多くのがっかりするような反応が引き起こされていた．しかし，編集者は 8 から 6 に私の論文の計画されたシリーズを減らすことを強いられ，しかし彼は主要な抗議者のひとりに「訂正する」論文を書くように頼んでいた．雑誌が決して私の仕事について約束されて書かれた批評を受け取らなかったことは非常に意義深い．抗議者の動きはちょうどティーカップの中での嵐だった．数年後に，編集者（植物学の教授）は，私の仕事が引き起こしていた奇妙な反応を熟考して，以下のことを書いた (Naturen,2006,v. 130,No. 4, 206 ページ)：

この新しい理論への肯定的な態度と，Naturen のページの中にそれが許されていたということが，ノルウェーの地球科学界からの多くの厳しい発言を導いたことは本当に私に衝撃を与えた・・・［その］反応は非合理的で非常に感情的だった．［ノルウェー地質学会誌］の Geonytt 編集者は，ただ我々が新しい理論にスペースを与えたという理由で，Naturen に信用できない一般的な科学雑誌というラベルをはって，遠ざけた・・・・ただ出来事の周辺にいた私は，科学的な討論が合理的で事実に基づき，そして意外な結果を抑制しないーすなわち，ぐあいが悪い事実を隠匿することは科学的なプロセスによって容易に追跡してあばく何らかの種類の不正行為をすることであるーという私の基本的な信念においてひどく動揺した・・・その本質的な性質として，科学は真実を求める活動でありーこの原則は科学者の行動でも確固とするべきである［KMS によって翻訳］．

偏見のなさについての懸念

これまでの 20 年にわたって，私はグローバルテクトニクスの世界中の局面に関する多数の講義をした．何度も何度も私は科学者がそれを慎重にやってそして静かにしているかをどのように決めるかに注意を払ったことか．同僚との私的な会話では，それらが彼らの本拠地からはるか遠くにあったとき特に，専門的な問題，彼らの科学的な生活を制限している外部の検閲と「生き残りのための努力」と結び付けられる道徳上のジレンマについて，彼らはしばしば公然と話した；専門的な利益が緩むのを避けるために，プレートテクトニクス原理の率直な厳守がはっきりと必要とされた．時折，私は，彼らの仕事の状況を記述するとき，女性の同僚の目が涙できらきら輝いているのさえ見た．自己検閲の問題は非常に意義深かった．社会心理学における研究を参照にすると，Turner (1991) は日常生活における自己の虚偽の発表を記述している；ある人はその人が属するグループのなすがままにある傾向がー承認と不賛成とそれが適応される制裁に対して，どれくらいあるのか．

1993 年後半に，北米における講義旅行から戻ったすぐ後に,私は奨励しる匿名の「メモ」を受けとった．メッセージには 1992 年 11 月の EOS のコピー (493 ページ) が含まれていて，天文学者 Carl Sagan による陳述のところが鉛筆で囲まれていた．マークが付いた文章は以下のように書いてあった：

> 実際に，普及した信念への論証的な批判はその信念の提案者にとってサービスである；もし彼らがそれを守る能力がないなら，彼らはそれを断念する方が賢明である．

コピーの一番下に，その人が次のことを書き込んでいた：「孤独を感じる必要はない」と．けれど筆跡とイニシャルは私が知らないものだった．それより前のアメリカでの数週間にわたる私の講義の間に，私は，誠実さを得るためにプレートテクトニクスが地球科学のための綱領であることを拒絶するべきであると結論して，それが直面している重大な局面を取り上げていた．私は私の匿名の支援者が私の講義のひとつに出席していたと推測する．賛成しているモデルに対しての説得力がある議論はそれまで進歩してこなかったように，彼または彼女はおそらく，プレートテクトニクスの基本的な問題を明確にすることによって私が，私の専門的な共同体に素晴らしいサービスをしたと言うつもりだったのだろう．ほとんど誰もそれを守ることがなかったから，どんなに科学的な堅固さがあっても，モデルは拒絶されるべきである．私は個人的な挨拶として「メモ」を受取り，それによって私が完全に私の科学的な改革運動においてただひとり

図B　私の科学的なメッセージがどのように影響を増し向上することができるかについて提案された匿名の合衆国の改宗者からの友好的な提案は－「傑出した演説家」になるためには私がただ訓練することによって．イラストはExecutive Focus 1999年1月より複製されている．

ではなかったことを思い出させていただいた．関係する人は明らかにあまりにも制裁を恐れて表面に出ないで常に潜んでいるので，彼または彼女は正体を明らかにしなかった．

現在地球科学共同体を貫いているもうひとつのおびえる猫文化を暴露した例を，私は1999年夏に経験した．北米の新しい講義旅行の後に，私はExecutive Focus（1999年1月号）の切り取られたページを受け取った．それは傑出した演説家になるにはどのようにすべきか，という宣伝だった．宣伝には演説家が彼の望ましいゴールに向かって撃ち出されている絵が描かれていた（図B）．まばゆい見出しの下の文章には：「どんな分野でも頂上に上昇するために，あなたは傑出した演説家でならなければならない」と書いてあった．「メモ」はペンシルベニアのFolcroftで投函されていて，それには手書きの文章が書かれた小さな1枚の黄色の紙が付いていた：

K. [arsten?],
それを試み
それを成せ
J.

私はJなる人物について心当たりがないが，社会的－科学的な理由のために匿名のままでいることを望んだ，支援しているおそらく合衆国の人からの親切な提案だろう．彼あるいは彼女は見たところ私に私の科学的なメッセージが影響を増やすにはどのようにすべきかという方法－それは単に焦点を与えることによって私が傑出した演説家になることができる方法を，友好的に助言を与えることを望んだ．現代地球科学で臆病文化がどれくらい深いかは本当に驚くべきことである．このような見方をすると，グローバル地質学の発展が途中で停止したことは驚くべきに値しない．

意義深いポスター

1995年春に私が私の最初の本に取り組んでいた間に，私は東カナダの大学への講義と研究のための1ヶ月間の旅行をした．私が最後に立ち寄ったのはニューファンドランドのセントジョンにあるメモリアル大学で，そこに私は2週間滞在した．ある日，私が私のオフィスの廊下に沿って歩いていたときに，私の目は大きいポスターの見出しに釘付けになった．そのプラカードにざっと目を通した後で，私の予定を再開するために，私はくすくす笑いながら私のオフィスに行った．若い科学者のドアに貼られたメッセージは，簡潔に「機能している科学」についての私自身の観察を非常に正確に表した記述だった．すなわち，歓迎された「新グローバルテクトニクス」が数年間かけてどのように悪化したか，その崩壊を防ぐための政略的なゲーム，強力な地球科学設立の専門的なリーダーシップをどのように維持するかなどである．そのポスターには次のように書いてあった：

研究計画の6つの段階
熱狂
幻滅
パニック
やましいものを捜せ
無邪気な人の罰
参加してない人ための称賛と名誉

私は私のオフィスに戻って，私自身の経験に対してポスターの6つの発展段階を重ねながら座った．1960年代初期の若い古地磁気学者にとって，私はその時の素晴らしい熱狂（pt. 1）によって影響を与えられた．伝えられるところでは新しい研究分野はすでにAlfred Wegenerの長く放散する大陸の漂移仮説に実質的内容を与えられていて，そしてますます多くのより若い地球物理学者が，地球を理解することにおいて根本的変化がその方法にあったことをすっかり「確信していた」．将来への素晴らしい希望があった．しかし，その余波の中で，基本的な地球物理学的な機構の適切な理解と同様に，現実的なグローバル地質学の展望が不足していたことの両方を見ることは容易であった．にもかかわらず，およそ1965年までに漂移はすでに新しい地球科学の教義になっていた．個々の大陸塊に対して極の徘徊の通り道についての矛盾を論じることにおいて，伝えられるところではWegenerian仮説に賛成したグラフの証拠を提出して，古地磁気学者たちが容易に極の徘徊と大陸漂移の二重の概念について語ったが，それでもなお2つの機構の間の地球物理学的な相違にはほとんど簡単にも触れられなかった．地球物理学的な共同体が最も本質的な問題に関して疎外されていた－そしてその点では，地質学の共同体もおそらくもっと深く疎外されていたと言うことは確かである．しかし，新しい観念は，最新流行の奇妙な仕掛けとしてその方法を強制して，考慮すべき慣性を持った．

私の無条件の熱狂はあまり長くは続かなかった．1960年代後期までに古地磁気学と漂移との両方の局面は，1968年からすでに大陸漂移という用語がプレートテクトニクスという新しい用語に主として取って代わられていたが，ますます多くの事実観察に対する問題が発生していた．しかし，矛盾と逆説が公然と論じられなかった．私の科学的な自叙伝（Storetvedt, 2005）の中で，私は多

くの自分で経験できた科学的な「衝突」－人気が高い意見が批判されたときに引き起こされた緊迫したそして攻撃的な反応を記述した．1960 年代後半には，新しい地球物理学的な「リーダーシップ」の間に顕著に，すでにたくさんの個人的およびグループ威信が危機にあった．最初の命題の正当性をチェックする代わりに，人は人気が高い概念に間に合わせの修繕をするという，より容易な活路を要し始めた．1970 年までに，ある幻滅（pt. 2）は独創的な興奮を乱し始めた．私自身の分野である古地磁気学では，基本前提と分析的な手順に関する大きい混乱が 1970 年代の前半の間に加速した．グルノーブルでの 1975 年の IUGG 集会で，従来の意見に対する圧力はすでに，攻撃性とともにそれらを守ることにおいて，非常に強くなっていて，基本的な局面についても間もなく来る変化が差し迫っていた．パニックの状態（pt. 3）が現われた．予想される大変動は主要な話題のシンポジウム－1976 年のアムステルダムでの EGS の総会における古地磁気の結果の信頼性：基準，方法と誤差の概算（K. M. Storetvedt が召集者）の 1 年後に起きた．次の月の間に起きた非常に静かな革命の中で，伝統的な概念の多くが捨てられた：再地磁気化作用と多構成の古地磁気の概念は，その分野での実験的・分析的な研究の新しい標準を設定した．しかし，30 年以上後の今日でさえ，古地磁気学の 1976 年の革命は公然と論じられていない．科学での心理上のそして社会政治的な保護はそれほど強い．

1970 年代には，プレートテクトニクスの問題はまた同じくますます多くなった；すなわち深海掘削の横断調査によって批判的な検証がモデルの期待に適していなかった．1970 年代後半に私はしばしばこれらの問題を同僚とともに国際会議に持っていった．しかし目立った成功はしなかった．その分野の卓越した「専門家」さえ驚くほど静かなままでいた．しばしば彼らは冗談に，それらのジレンマについての活路の話をした．ノルウェーでは，防衛機構は一歩先に進み，すなわち，驚異的に敵対的な反応を引き起こして,上の 4 と 5 の段階に入った．プレートテクトニクスにおける多くのそして重大な問題について歯に衣を着せない言い方が，まもなく私をそれとなく上で言及した状況に導いた．そのことについては，私の科学的な自叙伝（Storetvedt, 2005）でいっそう重大な細部を記述した．今日の典型的な状態は，非信者－通常の群衆によって「トラブル・メーカー」というラベルをはられて－非人格の役割を与えられて，そしてしばしば民主的な専門的な権利からも除外されるということである．他方，正統的信仰の擁護者，非参加者は「創造的な」間に合わせの活動とシステムへの忠誠（pt. 6）に対して賞を与えられる．Thomas Kuhn（1970）に従えば，段階 5 とその上の 6 は自然に大いに必要とされる科学革命より先に起こる激動のサインであろう．独裁政権では，人々は彼らの日常生活で不和の圧力を容易にする方法を見いださなくてはならない．セントジョンでの若い地質学者はおそらく彼のオフィスドアに貼られた意義深いポスターを，彼個人の圧力弁として使用したのだろう．

我々が待っている間に

私は，古典的な誤用あるいは悪用，政略的な宣伝の言語に対して言及することによってこの手紙を開始したが，私自身の経験から現代地質科学での本当の状況がそれよりももっと良くないことは明白である．地球科学共同体は，「専門的な」友情とそれと関連しているすべての非倫理的なそして道義的な問題が，本当に悪用のある形式であることを思い出させられるべきである．その最初の光沢あるペンキが数十年ではげていて，構造的な分解は着実にもっと深くなったという事実にもかかわらず，プレートテクトニクスはまだ資金を巨大にポンプで汲み出すことによって，その遂行を維持している．その考えはすべての批判的な検証で失敗したけれど，それはもはや科学的な仮説ではなくーすなわちそれは演繹的な事実，一種の原理的教義に高められたものである．高い名誉を持つシステムについて主導権を掌握している上級の高官は，彼らの過去の「業績」が彼らの手から急いで運びだされているのを容易に気がつかないだろう．重要で鮮烈な新しさを鎮圧する権威主義体制の現在の被害者であるより若い地球科学者は，すべての科学の大きな進展の出来事には，それに拍車をかけた，常に少数であってあえて異なった考えをもつ人々や反体制派分子，反論者などがいたことを思い出すべきである．偏見のなさと思想の自由を申し立てることについて，地球科学の中で監視している現在のイデオロギーに対して，E. F. Schumacher は次のように広く一般に正当な事実を強調している（Schumacher, 1973, p. 154）：

率直さと単純さを取り戻すことは，いっそう多くの精巧さと複雑さの方向において進歩することより，どちらかと言うといっそう困難であることは私の経験である．どんな三流技術者あるいは研究者でも複雑さを増やすことができる；けれども再びことを単純にするのにある本当の洞察のセンスを要する．そしてこの洞察は，本当の，生産的な研究からそして自然の自家均衡システムから疎外されることを自ら許した人々を容易に訪れることはない・・・・．

1970 年代後半に起きた古地磁気学の革命は，ほんのひと握りの個人によっていて,およそ 8 年の厳しい論議によって強引に押し通されて先行して行われた．機能しないプレートテクトニクスモデルは，もちろん，ひっくり返すにはより長くかかるであろうがーずば抜けた専門的に評価が高いシステムを考慮に入れても，どうにかして面目を立てる救出の方法を発見しなくてはならない．けれども，過程はすでに長い間を経ってしまっていて；ますます多くの科学者が，グローバル地質学において緊急した問題のいずれも解決されなかったことを悟って，明らかに不満の状態である．時代の本質にとって，彼らはフェンスの上に座っているが，実情がそれを許すときに公言する準備ができている．この状態において，現在 NCGT グループと NCGT Newsletter の活動によって着手されるように，連続的にプレートテクトニクスと現代の地球科学共同体の専門的な誤った管理の能力のなさについて報告していることは必要である．機能しない傾きかけた意

見と絶え間がない圧力に戦うことはーちょう笑が広がろうともー明らかに必要とされている．

謝　辞：Helbert Hellesen と Frank Clevel にはイラストに関して，nger Helen Storetvedt-Khateeb には技術支援に関して大いに感謝する．

文　献

Barber, B., 1961. Resistance by Scientists to Scientific Discovery. Science, v. 134, p 596-602.

Kuhn, T., 1970. The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press, Chicago.

Orwell, G., 1968. 'Looking Back on the Spanish War', My Country Right or Left, Collected Essays, Journalism and Letters of George Orwell, v. II, Harcourt, Brace & World, New York.

Schumacher, E.F., 1973. Small is Beautiful (economics as if people mattered). Blond & Briggs Ltd., London.

Storetvedt, K.M., 2005. Nar Grunnlaget Svikter [“When the Foundation Fails”] Scientific Autobiography, in Norwegian, Kolofon, Oslo.

Turner, J.C., 1991. Social Influence. Open University Press, Milton Keynes.

コメントと回答　COMMENTS AND REPLIES

H.H. Guliyev 論文「地球テクトニクス作用に関する新しい論理概念」(NCGT Newsletter, no. 56, p. 49-73, 2010) へのコメント

COMMENT ON THE H.H. GULIYEV PAPER "NEW THEORETICAL CONCEPTION ON THE EARTH TECTONIC PROCESSES" (NCGT Newsletter, no. 56, p. 49-73, 2010)

Evgeny M. MOROZOV
National Research Nuclear University, Moscow Engineering-Physical Institute,
Physics of Strength Chair, Professor, Dr. of Technical Sciences,
Honoured Science Worker of the Russian Federation,　evgeny-morozov@mtu-net.ru

（矢野　孝雄［訳］）

1979 年に私は Hatam Guliyev の博士論文の公的査読者を務め，この論文はモスクワエレクトロニクス研究所 (Moscow Eletronic Institute) に提出された．論文のテーマは，”Conception of instability in mechanics of the destruction of the deformable solid with fractures and cutting”［破断と切断によって変形する固体の破壊力学における不安定概念］であった．この論文は，平面応力，平面変形，および 3 次元応力状態の場合，破壊過程開始以前の特定の環境で，弾性変形段階で平衡状態の安定性欠如が起きることを示した．その結果，破壊過程がさまざまな応力－変形状態で始まるので，それは，破壊の線形力学に適用される．たいへん重要な論理的結論は，安定性に関する 3 次元論理の観点から物質強度の問題を解いた．これらの結果は，力学に関するソビエトの有力雑誌と国際誌に出版された．さらなる前進のために，著者は多数の有用な力学解の結果と方法を，モデルがたいへん複雑な場合や，さまざまな地質－地球物理的な過程・現象・事件などの場合に適用すべきであることを，私はここに述べることにする．

ここでは，特定の構造に関する力学の慣習的課題とはちがって，破壊の開始と破壊挙動が構造の内部許容量の完全な欠失をもたらさない，とされるのは合理的である．地質－地球物理学的課題において，それは，地質学的時間にわたる特定の地質過程とさまざまな構造要素形成の挙動の指標である．これに関して，地質学および地球物理学の実際問題を研究するために力学と数学のモデル化と解法の定評のある方法を，課題を知るために用いることは有用で，かつ重要である，と私は考えている．同時に，既知の過程をモデル化することが可能であるばかりではなく，それらの挙動の未知の過程とメカニズムを解明することも可能である。とくに，このレビュー論文には，一般に，進化の必然的な段階で出現する断層に関する 1 つの結論が示されている．成層過程での破壊による横ずれ断層とそれらの形成メカニズムの存在が予測されてきた．たとえば，深度とともに地球物質の密度が不安定に増大するという特性，などである．

そのため，私はこのレビューをいくつかの部分に分け，検討される問題のすべての側面をとりあげることにする．

１．この論文は，実際の十分な課題―地球進化とその構造（局所的，広域的，および惑星的）要素の論理的モデル化をとりあげている．
２．既刊の地質－地球物理分野の科学的出版物のレビュー（この論文に含まれる）にもとづいて，惑星地球が変形にかかわる複合物質の球体構造としてモデル化される．局所的構造にかかわる個別的課題におけるさまざまな研究や，同位体研究が，適用された論理的研究方法を視覚

化して，わかりやすく説明するのに使われる．

３．地球の現在の（変形）進化の理由は，宇宙由来，外因的，および内因的な力の複合系に影響される．この提案は，観察結果ならびに既存の地質的知見と整合する．他方，著者は，このような提案に根本的な論理的基礎をもたらす．氏は，すべての力を出現させる基礎は，物質とエネルギーの相互展開に関する一般的物理の基礎原理にある，とする．この点からみると，地球内部のあらゆる点や部分（すべの内部を含む）には，さまざまな強度と量の系統的な影響がある．この物質は，それらの量，強度，大きさ，運動の期間と速度としてのみ，存在する．さらに，地球の変形しうる構造は非線形解放系であり，いいかえると，周辺の世界と相互作用を行っている．このことは，地球内部のあらゆる場所の構造にも妥当する．この観点からみると，運動現象のさまざまな程度（拡散，対流，変形，など）は，地球の構成要素（地質学的には，地殻，リソスフェア，マントルおよびコア）のすべての部分に典型的である．さまざまな運動をひき起こした理由に関するこのような根本的考察は，任意の地質－地球物理現象を研究する際に，提案されたさまざまな影響のなかから選択するという複雑な手順から研究者たちを解放する．まず，論理モデルでは，研究者による特定の地質プロセスの条件選択にかかわりなく，相互転化の状態で闘争するエネルギーと物質の間にみられる常時的闘争（現在だけはなく，必然的にも）の結果として，それは任意の自然の影響に論理的に立脚する．

連続体力学のモデル研究においては，一般に，力の性格は問題にならない．それらは影響系（the system of influences）としてモデル化され，それらの解釈は，知識と適切な精度をもっておこなわれるべき地質－地球物理過程を考察する際に重要になる．

ゆっくりとした変形から急速な変形まで，さまざまな自然過程の挙動メカニズムを正しく理解するために，保存系［the system of conservative］および非保存系［— of non-conservative］が定義されてきた．

４．変形の弾性的および弾－塑性的段階が，進化－変形過程のモデルで検証されてきた．変形過程の弾－塑性，弾－塑－粘性，および，より複雑な段階の研究の可能性も発達した研究に組み込まれている．

ここで提案された研究方法は，小規模および巨大変形のような，起こりうるあらゆる規模の変形に適用される．

５．このように，提案された新しい研究の中に，現在の地球力学にしたがって地球進化モデル（変形）を創出するための論理的基礎がある．

６．この問題を研究し，上述した複雑な要素，作用および現象をすべて考慮することができれば，次に，私たちは力学のたいへん複雑な非線形課題に直面する．いっぽう，そのような課題は数学的にたいへん複雑であり，他方，特定の地質－地球物理過程を解釈する再に使いうる特定の可視的結果を得ることはたいへん困難である．そのために，十分に証明された方法—線形課題への移行—が一般に選択される．同時に，数学物理には，最初の非線形課題を線形化するさまざまな方法が存在する．

線形化には伝統的方法が知られていて，それにしたがうと，すべての非線形要素が捨象される．弾性論は，可変形固体の力学においてこのような方法で確立された．この線形化方法は十分に有効で，同時に，検討する過程の多くの情報とデータを失い，そして，小規模な弾性変形の場合にある狭い範囲の課題を研究することが可能になる．もうひとつの方法は，線形化の非伝統的方法である．同時に，変形の検証過程が，便宜的に，初期状態と撹乱された変形状態に区分される．撹乱状態の変形は，初期状態にくらべて小さいと考えられる．この事実から推論すると，変形の一般的過程は，撹乱状態の変形出現点から狭い範囲内では線形になる．その結果，今や，撹乱パラメータにくらべて線形式と線形境界条件が得られる．これらの方程式と境界条件は，非擾乱状態のパラメータを相対的に編集する同様の古典的線形論とは本質的に異なる．応力－変形状態の定義に関する境界問題が古典的線形論の範囲内で解決する，というわけである．しかし，eigenvalues の課題は，非古典的線形化論理の中で解かれる．これらの相違には，物理学的意味がある．検証されると，eigenvalues の課題は異なる平衡状態（安定あるいは不安定）の起こりうる変化のメカニズムを記述する．古典的線形論理解は，地質時代（ときどきは実時間）にわたるある特定の絶え間ない地質－地球物理過程を記述する．適切な非古典的線形化課題の解は，検証された過程が不安定であることを示し，新しい状態に向かう不連続な［discrete］状態に移行する．非古典的線形化論理の解の挙動にみられるもっとも基本的な特性に続くものは，平衡および非平衡状態の間の連続的変化として地球の進化挙動とその構造要素に関する新しい概念を，筆者に提案するよう示唆した．そのような論理的に厳密な実質化は，すでに良く知られている地球惑星の進化史に十分に合致する．

他方，線形化論理の一般的な方程式系の質的解析，ならびに，妥当な特定課題の解の解析は，その解に異なる形式と特性が存在することを示す．正しく解釈されると，これらの解はさまざまな地質－地球物理過程の典型的な記載となる．（方程式の主要部分の様式が定数によって保存される場合には）境界条件の擾乱によって平衡状態に変化が起きるときにしばしば，そのような平衡状態の変化メカニズムが自由および荷重表面（平面，球面，円筒面，など），ならびに衝突面や断層面の近傍における歪として方程式化される．他の類似の例として，さまざまな形態の褶曲の形成メカニズムが方程式化される．平衡状態の変化が方程式の主要部の様式変化や，無視できない境界条件の変化によって起きる場合には，そのような過程は破壊作用のはじまりとして解釈される．そのような過程の特徴と挙動は，応力状態の均一性と不均一性に著しく依存する．

７．共通する方程式系の定性的解析にもとづく結論（この系の典型的表面における，破壊に関連した臨界状態の発生の必然性）は，地質断層に関する概念化の科学的基礎になる，と私は考えている．さらに，地球のさまざまな深度における横ずれ地質断層の存在も予測されてきた．これらの基本的結論は，トモグラフィに描出される地球内部構造のパターンとよく合致する．横ずれ断層域が大規模になり，そして，それらが地球の全般的テクトニクスにさまざまな重要な役割をはたすであろうことは，注目に値する．今後の進化おけるそれらの形成と発達は，地球の全般的ダイナミクスを基本的に制御する．それらは，エネルギー流および質量の発生過程における主要な役割をはたし，それらは，エネルギーの物質への転化，あるいは，その逆の転換により好適な過程を創出し，こうして，地球は長期間にわたって進化しつづける．

８．地球物質の深度方向での密度分布の問題も，地球の進化と内部構造の問題を解明するうえで，基本的に重要である．最初に，変形にともなう物質密度の変化の依存性にかかわる非線形問題の詳細な解が得られた．厳密な規則にしたがって，変形の成長は深度の増大として解析することができる．この解は不安定であり，変形が進行するにつれて，連続的な密度増加は起きないことが知られている．変形が特定の値（特定値は，均一な圧縮に関するモデル問題の中で決まる）に達すると，理想的な等方的弾性物質といえども，安定概念にしたがって破壊する．その結果，物質の密度現象が起きる．筆者は，この結果を深部における地球物質密度分布のモデル化に利用した．さらに，実際の岩石の著しく小規模な変形にみられる破壊現象には，さまざまなメカニズムが関わっている．著者は，深度方向における新しい基本的密度分布を提案した．それは，深度方向での不連続のない密度分布，変化過程における破壊－密度低下帯への移行，そして，次の破壊－密度低下帯にいたるまでの不均一な密度増加とその不連続のない変化，などからなる．破壊帯の存在を想像することはできないが，異なる媒質の接触帯（媒質密度が著しく相違する，すなわち，不連続ステップ）における層状化問題の解にしたがって論理的にモデル化される．（成層によって）新しく形成された境界面の近傍では，（解放系の）応力状態の変化による特定の条件下で，局所的に平衡が保たれなくなることがある．こうして崩壊が発生し，岩石密度が低下する．このようなメカニズムも想像することはできないが，平衡状態の安定性の構造的な局所的欠失に関する問題の解にしたがってモデル化される．明確にするために，この論文には，適切な基準問題を解いた結果として得られた特定の臨界パラメータを含まれている．

こうして，長期間にわたる研究活動の結果として，著者は，地質学，地球物理学および地球力学にかかわるさまざまな根本的で実践的な課題を研究するための非古典的（学際的）研究を創出することに成功した，と私は考えている．

出 版 物　PUBLICATIONS

（矢野 孝雄［訳］）

地球温暖化：誇張された温室説に対する地球物理学的対立点
GLOBAL WARMING: GEOPHYSICAL COUNTERPOINTS TO THE ENHANCED GREENHOUSE THEORY

Author: John M. Quinn. p-j_quinn@comcast.net. Dorrance Publishing Co., Inc., 701 Smithfield Street, 3rd Floor, Pittsburgh, PA 15222. Appeared in September, 2010, 118p., ISBN: 978-1-4349-0581-9.

このQuinnの著書は，自然であろうと人為であろうとCO_2と他の温室効果ガスは地球温暖化の原因，すくなくとも主要な原因にはなりえない理由を説明する．地球温暖化はさまざまな太陽－地球現象―太陽の磁気嵐や太陽風変動～地球コアの運動にいたるあらゆる作用―に密接に関係している．地球，太陽，月，および他の惑星の間に存在する共通重心の相対的運動にかかわる重力効果と同様，太陽と地球の磁場変化，地球の方位と自転速度の変化のすべてが，重要な役割をはたす．これらのパラメータ，および，３つの異なる時間スケールでの全地球的気温異常の間には，明白な１対１の対応が存在する．

この著書は，魅力的課題に新しい光をあてる．それは読者として科学者，および，興味をもっている政治家，教師および学生のような非科学者を想定している．一葉の絵は千語に値するとの観点から，読者の理解を助ける多くの画像が掲載されている．中立的な科学者と同様，非科学者たちは，幾人かの環境学者や政治的侵入者による反対論にもかかわらず，地球温暖化の原因に関する正直な科学的議論が存在する理由を理解できるようになるだろう．

書籍注文：<http://dorrance.stores.yahoo.net/glwagecotoen.html>を参照．
価格：U$25（ペーパーバック），同様に，PDFファイルでも購入できる．

地球の構造と太平洋の起源
GEOLOGICAL STRUCTURE AND ORIGIN OF THE PACIFIC OCEAN

著者：Boris I. Vassiliev　出版社："Dalnauka" (Vladivostok, Russia)
発行年：2009　体裁：559 p.，ロシア語 + 英語要旨.

この単行本は，太平洋および，海溝・島弧・縁海を含む遷移帯に関する地質データを網羅した最新のもっとも充実した報告である．この研究は，46 研究区で実施された深海掘削・ドレッジ調査および詳細地質研究，ベーリング海・オホーツク海・日本海の既刊地質図・Geological Map of the World (2000)・International Geological-Geophysical Atlas of the Pacific Ocean (2003) [Vassiliev は上記地質図類の共著者の一人］に，そして，化石年代および放射性同位体年代および岩石学的・岩石物理学的研究結果にもとづいている．

この単行本では，太平洋とその大陸－海洋遷移帯における地形，すべての大規模地形構造 [morphostructures] の地形と，基盤岩・被覆堆積層の構造と年代が地域ごとに記載され，それらの地質発達史から結論が導かれる．

西大西洋と遷移帯の章では，太平洋と極東のさまざまな地域で行われた 28 の海洋調査航海と 20 の陸域調査プロジェクトによってえられた著者のオリジナルな研究成果にもとづく．

著者は，太平洋巨大海盆の西部と東部の違いを，そして，彼の見解では大陸リソスフェアの先カンブリア紀以降の長期にわたる多時相の変換によって太平洋の複雑な不均質で時代が異なる構造を，うきぼりにしている．太平洋の地殻断面において，著者は，3 つの地質－構造ユニットを識別する．第 1 ユニットは，Mussau 海溝，Clarion･Clipperton･Eltanin 断裂帯，千島－カムチャッカ海溝，および Zenkevich Swell で，また，太平洋の火山島の溶岩流からゼノリスとして，それぞれ発見された変成岩類で構成される．基本的に，これらはハルツバージャイト由来の蛇紋岩，そして，角閃岩・緑簾石－角閃石相結晶片岩類・緑簾石角閃岩・輝石－斜長石変成岩類・緑泥石－滑石岩類である．この複合岩類は，優黒質型地殻の基底部分であり，長期にわたる発達史の結果として生じた太平洋巨大海盆の中に形成されたユニットである．著者は，酸性組成岩石の存在，ならびに，分割された基盤ブロックが酸性火成岩・変成岩類で構成されていることを強調する．

第 2 の構造ユニットは，広域的非整合によって，第 1 ユニットから区分される．それは，成因的に関連する 2 つのサブユニットに区分される．下部サブユニットは層状貫入複合岩類からなり，上部は玄武岩枕状溶岩類，凝灰岩類，角礫岩および凝灰岩起源堆積岩類で構成される．上部サブユニットの年代は三畳紀～ジュラ紀である，と筆者は推論している．上部サブユニットの火山性岩石は，基本的には浅海で，時に陸上で形成された．

第 3 地質－構造ユニットは，第 2 ユニット形成後に生じた堆積岩類と火山岩類で構成され，第 2 ユニットとは非整合によって区分される．それは，ジュラ紀～現世に形成された．堆積物の層厚・層相分析は，後期ジュラ紀以降に海洋底が著しく沈降したことを証明する．

中生代前期までは，古太平洋巨大海盆の周縁部―そこには，今日，島弧や海岸山脈が存在する―に，大陸型地殻をもつ古陸［複数］が存在していた，と筆者は結論する．

この単行本は，太平洋の海溝，島弧および縁海の地形と地質構造を詳細に記述する．これらの特異な地形構造は，大陸－海洋遷移帯における活動的領域であり，太平洋巨大海盆を周縁の大陸群から造構的に区分する．

深部地震探査断面や深海掘削データを解釈しなおすと，地震－地質基盤複合岩類は，海洋ブロックから海溝を通じて大陸まで連続していて，それらの構造と層厚はあまりかわらない，という結論に筆者はたちいたった．この基盤岩類の下部ユニットは，先カンブリア紀であると推測される．

筆者は，次の 3 タイプの島弧－海溝を識別する：1) 千島，2) 伊豆－小笠原，および，3)New-Hebrides タイプ．第 3 のタイプは太平洋遷移帯ではなく，インド洋に位置づけられる，と著者は考えている．

著者によると，得られるすべてのデータは，プレートテクトニクス論者によって想定されている沈み込みという仮定的メカニズムはどこにも観察されない．海溝と島弧に関して現在の地向斜とする流布された考え方や，弧状の超深層断層の類を想定する意見は根拠がない，と筆者は考えている．それらは，海溝下の地震－地質境界が海洋から大陸まで直接連続していることに矛盾する．

筆者は，海溝と島弧の本性が非地向斜的であるとする V. V. Belousov, E. M. Rudich などの観点に賛成する．著者の意見によると，これらの地形構造の形成は，太平洋深海クラトンと周縁構造との間の境界領域におけるネオテクトニクス期の活性化にかかわって形成された．彼は海を次のように分類する：北西太平洋遷移帯に分布する海盆は，フリピン海を除くと，すべて第 1 タイプ（千島タイプ）に属す．これらのすべての海盆は，形成年代を異にし，起源においても異なる成因をもつ．

フィリピン海は，苦鉄質構造をもつ古地殻で構成された隆起部に発生した．オーストラリア－メラネシア区の海

盆は，さまざまな時期に形成された．顕著な沈降をともなう第１タイプの海盆とはちがって，そこでは，オーストラリアやニュージーランドの海盆と同時に短期間の隆起が起こった．

Vassilievの単行本の最終部分は，太平洋の起源の問題に費やされる．既存仮説（大洋恒久，海洋化，地球膨張，脈動，プレートテクトニクス，など）を考慮して，筆者は独自の仮説を提案する．彼の意見によると，最大級の太平洋環状巨大構造は原地球からの月の分離の結果として発生したものである．地殻と上部マントルがとりのぞかれたために，太平洋巨大海盆は地球の「熱放出口」となった．それは常に存在しつづけ，今日では，地向斜に類似する造構様式をとっている．この造構様式は，シアル質地殻の形成によって完了することはなかった．

巨大海盆の形成は，同時に，２つの異なる環境の境界を枠づける変動帯の形成の”ひきがね”になった．

Vassilievの単行本を全体としてみると，それが，陸域の地質図と同じ方法で作成された海洋底地質図類という統合的地質記録にもとづく太平洋巨大海盆の最初の総合的研究であることが注目される．それによって，太平洋巨大海盆の地質史を概観すること，そして，その基本的構造要素の本性を考察することが可能になった．過去200年にわたって研究されてきた大陸の歴史と同じ基準にもとづいて，今では，海洋域の地質史が研究されうる段階になったことを意味する．

この研究は，実際のデータに十分もとづいたものであり，根本問題の解明にとって重要な貢献になることは疑いない．この本は，さまざまな分野の幅広い地質研究者に興味をもたれ，太平洋の地質の必携書として利用されるだろう．

目次

まえがき
第１部　太平洋巨大海盆の全般的特徴
　第１章　西太平洋
　第２章　東太平洋
第２部　太平洋変動帯の内部構造
　第１章　太平洋変動帯西部
　第２章　太平洋変動帯東部
第３部　太平洋の起源
結論

Boris Vassiliev
tesla@poi.dvo.ru

大陸漂移説は妥当ではない　CONTINENTAL DRIFT HYPOTHESIS IS NOT VALID

Nature online(2010年9月10日）は，次の論文に関するCharles Weberのコメントを刊行した
Peslier, A.H., Woodland, A.B., Bell D.R. and Lazarov, M., 2010. Olivin water contents in the continental lithosphere and the longevity of cratons. Nature, v. 467, 02 September, 2010. doi:10.1038/nature09317. (They showed the roots of the southern African Kaapvaal Craton are protected by a layer of unusually dry minerals, which resist the surrounding swirl of more fluid mantle – this has preserved the craton.) Anne H. Peslier: anne.

Charles Weberによるコメント

大陸漂移説は妥当である可能性はない．この仮説は，南北アメリカが同一速度でユーラシア大陸から漂移して離れること，そして，太平洋の海洋地殻を海溝へ沈み込ませることに依拠する．しかしながら，北米西側には海溝が存在しない．実際，太平洋プレートは北米プレートに対して相対的に北へ移動している．南米沖に海溝が存在するが，海溝底で重力の急変，ならびに，熱流量の減少と短距離での再増加は，移動している層厚60kmのプレート内では完全に不可能である（http://charles_w.tripod.com/trenches.htmlを参照．このサイトは，海溝底における低重力や熱損失，トランスフォーム断層がなければプレートはまったく移動できないこと，そして，陸側では冷たいプレート上に溶融岩石が存在することなど，流行の海溝論を悩ませる異常を排除する海溝での変形メカニズムを提示している）.Rio Grande海嶺における大陸型岩石の説明はきわめて困難であり，最長の海嶺－海嶺型トランスフォーム断層においてさえも浅発地震の発生の説明も同様に困難である（http://charles_w.tripod.com/ridge.html参照．このサイトは，このように薄いプレートを説明するメカニズムに関するものである）．インド洋の海洋中央海嶺に対応する海溝が存在しないことも，層厚60kmのプレートを設定することを説明しえない．したがって，いずれの古期クラトンはまったくもっともらしく，実際にも必然的である．

ニュース　NEWS

（矢野 孝雄［訳］）

殺人罪で告訴された地震研究者：2009年４月のイタリアL'Aquila地震

（以下は，IUGS E-BULLETIN, no. 53, 2010年７月号から引用）

イタリアの６名の主要地震研究者が，2009年４月６日に襲った地震に関してイL’Aquila市に警告をしなかったために，殺人罪で取り調べをうけている．このM6.3の地震の死者は308名，負傷者は1，600名に達し，家を失った人々は65，000名以上であった．2010年６月３日に，L’Aquila検察局は，これらの地震研究者を告訴した．幾人かは”Commissione Grandi Rischi”（大規模危機委員会）の委員であり，幾人かはcivil protection officers for manslaughter[殺人から市民をまもる公務員］である．告訴理由は，地震被害の前に人々へ短期警告をおこなわなかった過失である．この地震後に設立されたan International Commission on Earthquake Forecasting for Civil Protection[市民保護のための国際地震予知委員会］の知見に関する情報は，IASPEIウェブサイト<http://www.iaspei.org/>で入手できる．<http://www.mi.ingv.it/open_letter/>では，公開書簡を検証することが可能である．

NCGTインドワークショップ [EDPD-2011]　国際会議
地球ダイナミクス―認知と行き詰まり―

NCGT INDIAN WORKSHOP [EDPD-2011]
Earth Dynamics - Perceptions and Deadlocks International Conference

2011年９月７日～９月11日
Vivekananda Kedra, Kanyakumari, Tamil Nadu, India

[2011年９月７日～９月８日：会議]
[2011年９月10日：見学旅行とポスター発表]

The Transect（野外調査従事者グループ）とNCGTインド支部は，2011年９月７日～９月11日に”Earth Dynamics―Perception and Deadlocks（地球ダイナミクス―認知と行き詰まり）<EDPD>”と題して，地球科学者がさまざまな側面における地球ダイナミクスに関する現代的理解と発達に関するデータを発表・議論する場を提供するために国際会議を主催する予定である．

次の主題にかかわる研究論文を招聘する（幅広い論題の意図が記述される）．

1. 気候とテクトニクス―地球ダイナミクスへの関門？
テクトニクスが気候に影響することはよく知られている．たとえば，ヒマラヤ山脈の隆起が全地球的風循環に，それゆえ気候に影響を与えてきた．しかし，太陽・大気・海洋とともに，気候駆動要因の１つである地球の内部ダイナミクス（テクトニクス）は，比較的新しく，そして，発展途上の概念である．いくつかの地質的活動帯において増大している地震活動と熱水作用は，大気圧系に関係する．このセッションは，これらの興味深い視点からの検討を目的とする．

2. 層序境界―過去の地球ダイナミクスの記録
層序境界は，地質・地形・環境・生物および惑星の特性が急速に変化したことを記す．これらの時間標識は，全地球的重要性をもつ因果的要素を解明する鍵になる．それらは，そのようには扱われていないのではないか？ このセッションはこれらの疑問を検討する．

3. ダイナミックな地球―認知と行き詰まり
躍動的地球はさまざまな地質現象をひき起す．しかし過去と現在の全地球学説は，これらの現象学的多様性を十分に統合することはできていない．未解明の問題を例示すると，内陸地震や地震・津波予知があげられる．これらの重要な観点がこのセクションで検討される．

4. 惑星運動と地球形状
地球自転は，外力と慣性にもとづく内部メカニズムによって影響される．こうして，地球の形状，惑星回転，地球球体の空間方位の時々の再配置が変化する．地球ダイナミクスの諸力を駆動する惑星運動とそれに関連する惑星形状変化の効果が，このセッションで吟味される．

5. 鉱物の分別―鉱床形成
鉱床群は，地殻岩石中に分散して存在する金属の熱水濾過の産物であるのか？ それとも，それらはマントルから脱ガスした炭化水素流体中の金属貨物を代表するものなのか？ いずれにしても，鉱液を輸送し，さまざまな時期に特定の金属を集積させるなんらかの地球力学的ポンプ機能が存在するにちがいない．このセッションでは，鉱床がダイナミックな地球システムにどのように関係しているのかを検討する．

6. 炭化水素―特性，深度および力学！
炭化水素は，一般に信じられているように，表層生物の化学的遺骸が埋没し，圧力によって石油や天然ガスに成製されたものであるのか？ それとも，炭化水素は非生物起源であり，地球のマントルや地殻深部から常に湧昇していて，地球ダイナミクスによって表層部に汲み上げられたものなのか？ 議論はつづいている！ 幅広い視点が期待される．

重要日程

11月30日	<www.transect.in>でプログラム発表
1月15日	参加登録の開始．費用は銀行為替
2月15日	長文要旨の提出開始

4 月 15 日　参加登録締切
4 月 30 日　要旨提出締切
5 月 30 日　受理論文の確定・仕上げ

会場と費用

会場：Vivekananda Kedra, Kanyakumari(Comorin 岬), Tamil Nadu, India
会場へは道路・鉄道・航空機で移動可能である．より詳細は，2010 年 11 月 30 日までに〈www.transect.in〉参照．

費用

海外参加者：300 ユーロ，随伴者：200 ユーロ，海外研究学生:200 ユーロ，南アジア参加者:2500 インドルピー，随伴者：1250 インドルピー，研究生（南アジア諸国）：1000 インドルピー，PG 学生（南アジア諸国）：250 インドルピー

野外見学旅行

参加者には 1 日の地質フィールドワークが予定されている．詳細は会議ウェブサイトに掲載予定．

連絡先

Buju Longhinos EDPD-2011 組織者
edpd2011@transect.in, ncgt2011@gmail.comm,
Ph: (+91).90.20.60.87.27
Prof. M. Ramasarma Transect 議長
mramasarma@gmail.com,
Ph: (+91).47.12.49.07.45
Prof. M.I. Bhart NCGT-India
bhatmi@hotmail.com
Ph: (+91).94.19.09.36.90

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．印刷物での購読の場合には，図書館ては 70 米ドル（95 豪ドル），個人では 50 米ドル（75 豪ドル）を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 宛て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は，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．