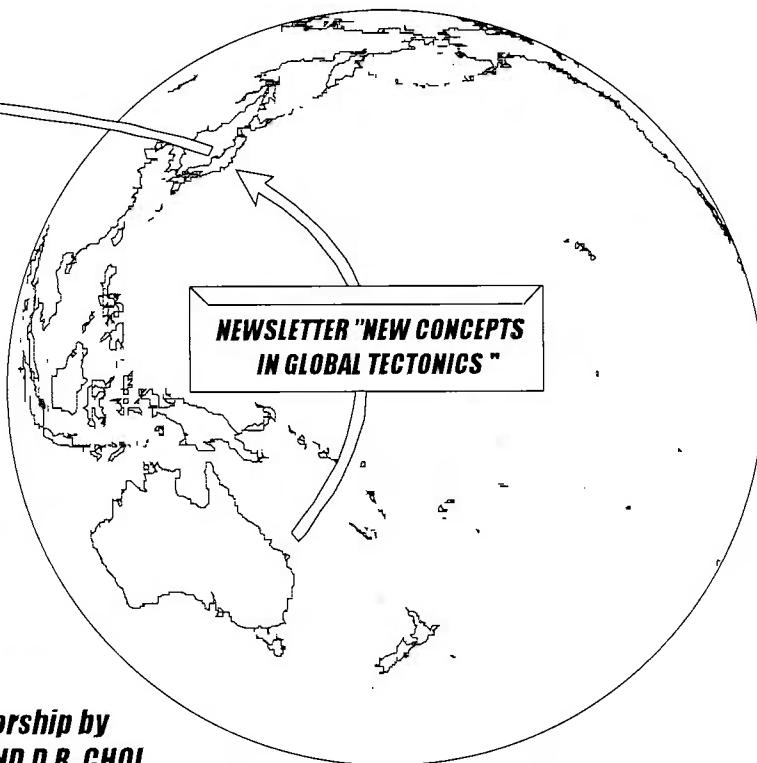
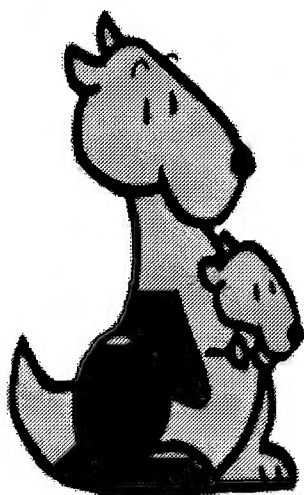
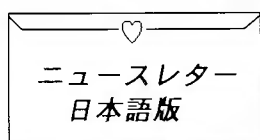


ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念
NEWS LETTER New Concepts In Global Tectonics

No. 10, 1999年3月 (日本語版 2000年1月)

編集者: J. M. Dickins and D. R. Choi



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

目 次

■ つくばシンポジウム報告.....	2	溶岩流とマグマ流の評価.....	17
■ 編集者への手紙.....	5	サージ説 対 プレート説.....	19
■ 論説		■ 定期刊行物の組織づくり.....	31
前弧の巨大海盆の変形.....	6	■ ニュースレターについて.....	32
非プレートテクトニクス論.....	14		

連絡, 通信, ニュースレターへの原稿掲載のために 次の方法 (優先順に記述) の中からお選び下さい: NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS 1) Eメール: choiraax@u030.aone.net.au, 2) ファックス (少量の通信原稿): +61-2-6254 7891, 3) 郵便・速達航空便など: 6 Mann Place, Higgins, A.C.T., 2615, Australia (IBM Word または Word Perfect の高品質[higher order]のディスクが最善, Macintoshも可能), 4) 電話: +61-2-6254 4409. 次号は1998年12月下旬に発行予定. 投稿原稿は1998年12月上旬までにお送り下さい.

放棄 [DISCLAIMER] このニュースレターに掲載された意見, 記載およびアイデアは投稿者に責任があり, 当然のことながら編集者の責任ではありません.

<本号は Mary Choi と Tsuyako Ueda の援助をえて, J. Mac Dickins と Dong R. Choi によって編集されました. >

つくばシンポジウム報告 TSUKUBA SYMPOSIUM REPORT

鈴木 尉元 Yasumoto SUZUKI

Geothermal Energy Research and Development Co. Ltd.
Kyodo Bldg., 11-7, Nihonbashi Kabuto-cho, Chuo-ku, Tokyo 103, Japan
E-mail: <suzuki@gerd.co.jp>

(矢野 孝雄 [訳])

準備

つくばシンポジウムが計画されたのは、1996年8月上旬に北京で開催された第30回万国地質学会におけるセッション「プレートテクトニクス以外のテクトニクスに関する新概念」の後に開催された集会の席上であった。この学会に参加した幾人かの日本人が集まって、東京および近郊在住の13名からなる事務局を組織した。その最初の会合は、1997年6月上旬にひらかれた。それ以降、ほぼ月1回の会合がもたれ、23名からなる全国的な組織委員会を編成し、シンポジウムおよび見学旅行の場所と時期、および基金の問題が議論された。組織委員会は、第1回会合を1997年12月14日にもち、第2回は1998年6月13日に東京で開催された構造コロキウムの際にひらかれた。その場で、シンポジウムを1998年11月22・23日につくば科学都市において、また、野外見学会を1998年11月20・21日に房総半島で実施することが提案された。会議場が工業技術院研究協力センターに確保されたのをうけて、ファーストサーキュラーが1997年11月中旬に発送され、論文の提出が呼びかけられた。セカンドサーキュラーは、ファーストサーキュラーに応答された方々の出席を確定するために、1998年7月中旬に郵送された。出席者が多数にのぼることが予測されたので、その際、会議場が地質調査所大会議室に変更された。9月上旬にセカンドサーキュラーの受付がめ切られた後に、分担業務の点検とさまざまな問題の討議のために、事務局会議がほぼ週1回のペースで開催された。

房総半島への野外見学旅行

房総半島への野外見学旅行が、シンポジウムにさきだって実施された。11月20日朝、つくば市を出発した。19日につくば市に滞在した10名の外国人と22名の日本人が参加した。彼らは11月20・21日に、鮮新統～中新統の岩相と断層および褶曲、ならびに、1923年および1702年の広域的破壊地震の際に形成された隆起波蝕台を見学した。半島南部の地質構造は、プレートの沈み込みにともなう付加ブリズム

であると解釈されているが、野外見学旅行の案内者たちは、層序を復元してみると、プレートテクトニクス論者が支持するような外力は不必要であることがわかり、褶曲作用は基盤ブロックの鉛直運動の結果として説明されると主張した。半島への途上、案内者たちは、たとえば関東平野下でのP波放出パターンから求められた中・浅発地震の断層面が、この平野のブロック状変形に関連しているの、沈み込み運動は日本列島下にはありえない、と説明した。案内者たちのこの観点に、ほとんど参加者のが理解を示され、了解された、と私は思った。

シンポジウム

1. 準備

シンポジウムは、11月22・23日に地質調査所大会議室で開催され、22名の外国人および54名の日本人参加者があった。組織委員会会長の藤田至則の歓迎挨拶、委員会委員長の鈴木尉元による経過報告、ならびにNew Concepts in Global Tectonics Group事務局のJ.M. Dickinsの歓迎演説で、22日朝にシンポジウムがはじまった。つづいて、11月22日の午前および午後に「大陸と海洋の構造と起源」セッションが開催され、12の口頭発表が行われた。11月23日午前中の「サージテクトニクスおよび地球膨張テクトニクス」セッションでは、6つの口頭発表が行われた。23日午後には、「島弧および周辺域におけるジオテクトニクス」セッションが開催され、5つの口頭発表があった。

2. 論評

シンポジウムでは、プレートテクトニクスに矛盾する多くの事実が報告された。N.C.Smootは、最新の海洋底地形図がプレートテクトニクスによって想定されているものと大きく異なっていることを示した。Y. Suzukiは、環太平洋地域の深発地震帯はかならずしも太平洋に関連しているわけではなく、局地的な地質構造に関連していることを説明した。D.R.Choiは、海洋と大陸の構造骨格が顕生代を通じて変化しなかったことを地質解析にもとづいて示し、プレ

ートテクトニクスによって想定されている大陸移動が不可能である、と主張した。S. Yoonは、復元された日本海域の古地理にもとづいて、朝鮮半島の回転や日本列島の折れ曲がり不可能であることを示した。地質学と地震トモグラフィにもとづいて地球構造の概要が描きだされるようになった結果、さまざまな仮説によって地質構造を説明することが可能となった。幾人かの地質学者は、プレートテクトニクスを修正して適用した (O. Gerel と L.E. Levin)。他の地質学者は、サージテクトニクス (B.A. Leyourne と I. Taner)、地球膨張テクトニクス (J. Maxlow, K.W. Luckert ならびに M. Hoshino)、プリュームテクトニクス (T. Yano, L.E. Levin ならびに M.X. Gao) の立場をとっている。幾人かの地質学者は、マントル/コア境界における超深部造構過程を想定した (J.M. Dickins, S.T. Tassos, L.E. Levin ならびに Y. Suzuki)。M. Hayakawaは、マントルからのエネルギーの上方供給が日本列島およびその周辺における地震と火山活動をひきおこすと述べた。S. Nagumoは、アセノスフェアにおける流体力学計算にもとづいて、縁海および島弧-海溝系の発生を説明する熱テクトニクスモデルを提出した。南部フォッサマグナ地域の複雑な構造は、プレートテクトニクス論者によってしばしば伊豆半島の衝突に由来するとされる。しかし、H. AdachiとF. Tsunodaは、それらが、上部マントル中にある伸長した熔融体の膨張、あるいは上部マントルの隆起による鉛直運動によって説明されることを示した。M.I. Bhatは、2.15 Ga以降のヒマラヤ地帯における連続的リフティングを主張し、中期石炭紀以前にはリフティングが起こらなかったというプレートテクトニクス論者の想定を退けた。M.X. Gaoは、東アジアの後期新生代造構運動を、プレートテクトニクス論者が想定する衝突ではなく、マントルダイアピルによって説明しようと試みた。N. Parubetsは、太平洋の形成と中/古生代境界における造構作用に微惑星衝突が影響したことを主張した。O.A. Melnikovは、造構作用に対する地球自転の影響を重視した。

T. YanoとY. Suzukiによって編集された地球テクトニクスに関する最近の仮説群を示した要約図が、4ページに掲載されている。

3. 次回シンポジウムへの提言

時間的制約のため、地球テクトニクスに関する問題が十分に議論されなかった。次回シンポジウムでは、次の課題が議論されることを私は期待する。

1) プレートおよびプリュームテクトニクスで想定されているマントル内部での対流運動の発生

筆者は、個々の造構單元には深い根があり、楕状地の隆起および卓状地の沈降が安定的に維持されているという理由から、対流運動に反対する。C. Strutinskyも地球内部の地震学的不均一性にもとづいて、対流運動およびアセノスフェアの存在に疑問をなげかけた。

2) 深発地震帯の意味

深発地震帯は、地球内部に発生している深部過程の最も重要な表現である。筆者は、それらは、プレート論者が想定しているよりもより小さい造構単元の境界に沿う歪・応力集中によって現出した縁辺効果でもって説明されなければならない、と考えている。L.A. Maslovは、太平洋変動帯の深発地震帯の形成要因を、その両側におけるリソスフェアの厚さの相違に由来する応力集中に求めた。

3) 地震波速度の地質学的意味

マントルトモグラフィは、マントルにおける速度分布を描き出した。プリュームテクトニクスは、速度偏差を温度とそれに由来する密度の関数であると説明し、白亜紀以降にダーウィンライズが沈降運動をおこなった南太平洋の地下にプリュームを想定する。速度偏差は組成の違いに関連することもあり、想定されているプリュームは組成に起因するのかもしれない。

4) 造山帯の深部構造

島弧と同様、造山帯の浅部構造は地質学的手法によって詳しく解明されているが、深部構造は地球物理学的手法によって大まかに描かれているにすぎない。たとえば、アルプスにおいて、山脈の根は200km以深におよぶことが地震学的に知られているが、その正確な精密構造の解明は今後の課題として残されている。このような描像は、テクトニクスに関する諸仮説が拠ってたつものであるがゆえに、たいへん重要なものである。筆者は、モラッセ帯・ヘルベティア帯・ペンニン帯などの構造帯の境界線の地下で地震が発生しているので、アルプスの深部構造がほぼ鉛直な断層に境された地塊群によって構成されているにちがいない、と考えている。

レセプション

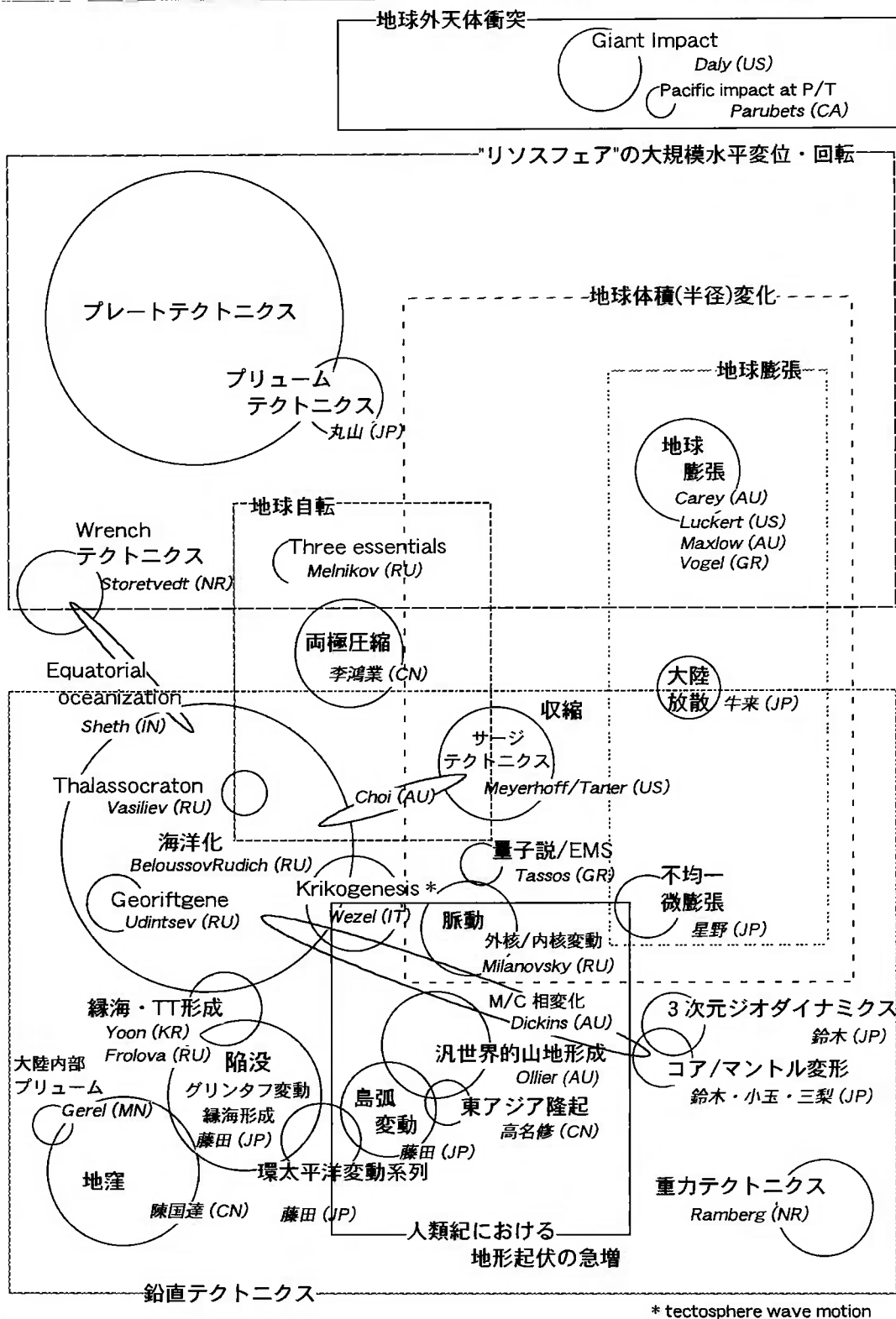
11月22日の夕刻、レセプションが牛久シャトー（日本最古のワイナリー）で開催された。S. Miyagiによって多くの歌や踊りが紹介され、出席者から心暖まるすばらしい祝辞が述べられた。

ビジネスミーティング

11月22日の昼食時に、New Concepts in Global Tectonics Groupのビジネスミーティングが開催され、つ

くばシンポジウムの出版物, 2000年にリオデジャネイロで開催される第31回万国地質学会における集会, および2002年の次回シンポジウムの開催国を議論した. 同じ問題は, シンポジウム終了後の23日の夕刻にも討議された. その場では日本とギリシアの出版社が期待されたが, 現在ではBhatがWadia研究所の雑誌であるHimalayan Geologyの

特集号として出版することを提案している. 第31回IGCでの集会については, J.M. Dickins氏が沈み込みに関するセッションのコンピーナになるよう要請されていて, 私たちは自らの考えをその場で表明することができるかもしれない. 次回シンポジウムは, オーストラリア, 中国, あるいはロシアでの開催が期待される.



グローバルテクトニクスに関する最近の仮説群 (矢野孝雄・鈴木尉元編集)

Colin (A.C.M.) LAING

*ACM Laing and Associates
3319 Moggill Road
Bellbowrie, Queensland 4070, Australia
Tel. +61-7-3202 7064; Fax. +61-7-3202 7748*

(久保田 喜裕 [訳])

拝啓 編集者殿

私はニュースレターNo.9の討論の必要性に関する貴殿のコメントに完璧に同意します。世界のテクトニクスの混乱は、Carley, Wellman, Selwyn, R.A.Dalyなどのきわだった個性の地質屋によって支配されている地質学を教えていることにあります。事実、彼らの意見は地質学の文献に浸透しています。

このニュースレターは多くの新しいアイデアや事実とともにたくさんの論文を発表しています。しかし、ニュースレターNo.6の私の論文"グローバルテクトニクスの神話"は別とすると、実際のところ地質学の文献に浸透し続けている考えに対する疑問がほとんどありません。

私たちがグローバルテクトニクスに関する統合をいう前に、試されるべき仮定が横たわっているのです。これらにはペルム紀の氷河作用、ニュージーランドのアルプス断層やサンアンドレアス断層に推定されている300-400kmの移動、過去の測地学の道具としての古地磁気、地球が収縮するというかつての天文学上の観測と違うLyttletonとBondiのきめつけに対抗する地球膨張の概念が含まれます。

とかくするうちに、地域地質の断面を提供し続けてきた全ての地質屋は地球の大部分で地殻が収縮していることを考慮すべきである、という明白な事実、みんな気づかなく

なっています。私たちはいかにして、ほかの考えで、向斜や背斜、スラストを説明できるのでしょうか。これはもっと追求されるべき研究課題です。私の観察では、太平洋の両側やスイスアルプス/コーカサス山脈の両側から拮がっている非常に大規模な地殻の収縮がありますが、これはいわゆる大西洋やインド洋、リフトバレーにおける膨張構造帯によって補償されていません。

ペルム紀の氷河作用に関しては、オーストラリアのペルム紀の大半の礫岩はあきらかに水底のものです。ほんのわずかの削られた面のある礫(Mac Dickinsが私に見せてくれたもの)は山岳氷河に位置していたことを示唆しています。

水底礫岩は、古生代のタスマニア地向斜の末期であるペルム紀のある時期に、オーストラリアに山岳地形があったことを示唆しています。

私は、南極にはかつて海岸森林があり、そこには始新世以前には万年氷はなく、鮮新世以前には北部にも万年氷がなかったと教えられています。

この場合、私たちは、冷えつつ収縮する地球を想定してもさしつかえないでしょう。このことは地殻の収縮と氷河時代を説明していると思われます。ミランコビッチサイクルに多大な影響を与えるに十分な地球の冷却。

Alexander V. DOLITSKY

*Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Science
B. Gruzinskaya 10, 123810 Moscow, Russia
E-mail: <ab4870@mail.sitk.ru>*

(久保田 喜裕 [訳])

拝啓 編集者殿

私は最近のNCGTニュースレターNo.9で論文を発表しているUIOE RASのDr.Sholpoといっしょに仕事をしています。私は、新しいコンピュータプログラムを開発してきましたが、それは測定場所に関わらず、古地磁気の極の位置に関する年代決定を可能にするものです。

私は世銀のデータを含む古地磁気データの解析を行っていますが、そこでは良く知られているプログラムMs Excelが使われました。その解析は、過去30億年間、古地磁気の示す北極が太平洋の中央にある対称軸とともに、4つの螺旋システムを超えて移動したことを示してきました(A.V.Dolitsky, 30億年間の古地磁気極の移動における地球の規則性, Moscow: UIPE RAS, 1998, 52p.). 古地磁気的極の移動様式は、初期の著者(A.V.Dolitsky, Obrasovanie i perestroika tektonisheskich struktur. M.: Nedra, 1985.219p.)によって発見された地理的極の移動様式にまさにしたがつています。この報告の著者は、古地磁気的極の位置と年代との間に相関関係がある時期を発見し、さらに古地磁気的極の年代を決定する新しい方法を提案しました。

私はこの新しい方法の検証にあなたが参加するようお誘います。もしあなたが同意するなら、数十の古地磁気的極の座標(緯度・経度)と、次に示す多くの各時代: 1)30-17億年, 2)17-9.3億年, 3)9.3-4.3億年, 4)4.3-0.65億年, 5)0.65-0億年, の座標をご連絡下さい。あなたのメッセージ受付後1週間以内に、新しい方法によってうち出された古

地磁気極の時代に関する報告が送られます。私のメッセージ受付後、あなたの古地磁気的データ(あなたのデータ)の年代について返答して下さい。

私はすでに上記のことを以下の人に送っています ; Jean Besse (France), Vincent Courillot (France), Peter Marton (Hungary), Lairi Pesonen (Finland), Karsten Storetvedt (Norway). 私は他国の古地磁気学者たちの氏名とメールアドレスの提供をあなたにお願いしたいと思います。彼らは全く同じ招待を受けるでしょう。

結果の一覧表がこの事業の全ての参加者へ送られます。それには次のデータが含まれる : 1)検証事業の参加者によって見積もられた古地磁気極の年代, 2)新しい方法によって確立された年代, 3)極の座標, 4)検証事業の参加者名。

各々の検証事業参加者は、これらの一覧表を受け取った後、次の2つの質問に答えてくれることを希望します : 1)これは大陸の移動の結果なのか、核を超えてマンツルの旋回を反映する地理的で地磁気的な極の移動なのか, 2)コンピュータプログラムの完成とその追加検証 (3万ドルの予算が必要であるが)の後、地質学的実践に広く使われる新しい方法の価値は如何。

もしその新しい方法が実り多いものであると分かれば、私はあなたの支援を国際プロジェクト(新しい方法の改良と完成)として公式化し、このプロジェクトへの参加を御願います。つもりです。

論 説 ARTICLES

DEFORMATION OF THE GIANT TROUGH OF THE FOREARC, the Kodiak Island region of the eastern Aleutians, Alaska, PART II 前弧の巨大海盆の変形: アラスカ, 東部アリューシャンKodiak島地域, その2

James N. MURDOCK

611 Green Valley Dr. SE, Albuquerque, NM, 87123, USA

(山内 靖喜 [訳])

東部アリューシャンは、メガスラストの概念が初めて導入された地域であり、プレートテクトニクス論者がテレーンの漂移と付加を提案してきた地域である。

はじめに

約100kmの幅と160kmの長さをもつKodiak島は、地質学的に似ているKenai半島とともに、北東に延びる山脈をもち、約100kmの幅と600kmの長さを持つCook-Shelikof盆地の南東の境界をなしている(図1)。Kodiak地域において、アラスカ半島はこの盆地の北西の境界をなし、この半島はその北東部にアラスカアリューシャン山地バソリスを伴うアリューシャン火山弧を含んでいる。Kodiak島の地層の多くは激しく変形している(たとえば、Plafker et al., 1994)のに対して、Cook-Shelikof盆地の地層は、たとえそれらの時代がペルムートリアス紀から完新世までにおよぶとしても(Kirschner and Lyon, 1973; Fisher and von Huene, 1984)、それほど変形していない。盆地の変形の多くは、その南東と北西の翼の上方ウオーピングであった。Fisher and von Huene (1984, 11,346頁と11,348頁)は、南東翼の上方ウオーピングは後期白亜紀(Campanian)に始まり、ウオーピングは白亜紀末期(Maastrichtian)に終わっていると報告している。そして、筆者は、北西翼はおなじ時間間隔で形成されたと推定している。その後、ごく小規模な変形が起きており、そのほとんどは後期第三紀から完新世までの間である(Kirschner and Lyon, 1973, 404頁)。

本論の目的は、次の3点を論証することである。(1) Cook-Shelikof 盆地は、地震屈折モデル(Part 1, Murdock, 1998)によって示された中部アリューシャンのリッジ下の海盆と構造的に一致する。(2) Kodiak島地域(そして類似からKenai 半島)は中部アリューシャンの前孤海盆地域に一致する。(3) 中部アリューシャンの前孤海盆地域は発展して、この島の山地と似たような山地になったにようである。これらの目的を達するために、厳密なプレートテクトニクス論者による反論とは対照的に、この島の地層は長距離(1,000kmあるいはそれ以上)運ばれなかったし、付加しなかったという立場をとる。

Kodiak島と沖合いの島々の地質

島の北西地域: Cook-Shelikof 盆地の上方ウオーピングした翼, Boader Ranges 断層, および古沈み込み帯であるUyakuコンプレックス。

中生代の堆積岩, 変成岩(緑色片岩と青色片岩を含む), 火山岩, 深成岩がKodiak島の北西海岸で5-10kmの幅をもって典型的な直線状のゾーンをなしている(例えば, Connelly, 1978: 図1)。堆積岩類は第三紀程度の古さである(Connelly, 1978, 757頁)。Fisher and von Huene (1984)はこの帯は先に述べたCook-Shelikof盆地の上方ウオーピングした南東翼であると述べている。露頭で典型的に5-10kmの幅をもち、構造的にこのゾーンの下位にあって、その南側で平行している(Connelly, 1978)。Boader Ranges断層は変位に逆成分をもって北西に急傾斜しており、帯の境となっている。本地域では、この断層は白亜紀末以降逆断層としては非活動的であったと考えられている(Fisher and von Huene, 1984, 11,346と11,348頁)。Uyakuコンプレックスは南東側をUganik断層によって境されている。この断層は40~45度の角度で北西に傾斜しているようである(von Huene et al., 1979の断面図)。Connelly (1978)はこのコンプレックスを古沈み込み帯と説明している。彼は、堆積岩, 火成岩, 緑色岩の粒子と大きさが1kmかそれ以上に達するそれらのスラブを含むメランジェであると報告している。個々の岩石の年代は中期ペルム紀から白亜紀にわたるが、メランジェの形成年代についてはふれていない。Boader Ranges 断層は新生代において逆断層としては非活動的であったので、メランジェの形成はほとんどまったく先新生代であったと筆者は信じている。このことは、そのほとんどが後期白亜紀であるというConnellyの説明(767頁)と調和する。

島の中央部: Maestrichtian Kodiak層, 古沈み込み帯でのアンダースラスト

後期暁新世以前の地質と変形。Kodiak層(図1)は図2で述べられており、そこには基本的な引用文献が示されている。本層は、一般に“粘板岩帯”とよばれている幅50~70kmの帯をなして露出する。かつて本層はおそらく30kmの厚さをもつと見積もられた(G.W.Moore, 1969)。この値は、下方に進むプレートの頂面までの深さの見積もり(J.C.Moore et al., 1991による図)と不一致ではない。しかしその厚さは5km程度に修正された(Nilsen and G.W. Moore, 1979, 6頁)ので、筆者は厚さは確かでないのみならず。本層はUyakuコンプレックスの南側にあって、それと平行しており、その下にアンダースラストしている。本層の岩石の主要な源はCook-Shelikof 盆地のアップスラストした翼であったようである(Fisher and von Huene, 1984, 11,348 頁)。露出している本層は、北東走向をもち、南東に転倒した複背斜をなす(Moore, 1969)。暁新

世において本層はCook-Shelikof 盆地の南東側を境する山脈を形成していた (Kirschner and Lyon, 1973, 図 8) . 本層中には、典型的に北西に傾斜したスラストが高密度に (5-10m間隔) 発達している (Sample and Moore, 1987, 12 頁) .

これらの岩石が大きく変形した後、花崗閃緑岩質あるいはトーナライト質深成岩、岩脈およびシルが貫入した (Sample and Moore, 1987, 14頁) . それらの岩石の年代は約57-62Maと見積もられている (Wilson et al., 1994 による地点の深成岩類の年代の編集) . このように、多分とMaestrichtianのいつかに終わったであろう堆積から中期ないし後期暁新世の深成岩類の貫入までの短い時間内に主要な変形が起きたようである.

中-後期暁新世以降の変形. 火成岩類の貫入後では、走向移動断層運動を除いて、 Kodiak層の変形は主に次の2点である. (1)小規模の (センチメートルないし数10cm) 細密褶曲, (2)岩脈を変位させたスラスト運動 (Sample and Moore, 1987, 14と15 頁) . Sample and Mooreは、外見上総計30mにもおよぶ例外的に大きな変位を報告している (15頁) . それゆえに、本層の中-後期暁新世以降の変形はそれ以前の変形の性質や強さに比べて問題でない.

南東地域: 一般にKodiak層の南東側の岩石で、強く褶曲しているものからほぼ水平なものまでである

褶曲した先 (?) 新生代から中期新生代の岩石: Ghost Rocks層, Sitkalidak層およびSitkinak層. Kodiak島の東部ではGhost Rocks層 (図1, 図2) は複雑に変形しており、 Kodiak層と断層で接している. 本層は、 Kodiak層とほぼ平行な、幅15kmの帯状に露出し、北東走向の複向斜をなしている (Moore, 1969) . Kodiak層中の深成岩類と類似した深成岩類が本帯に貫入しており (Moore et al., 1983, 271頁) , その一つの測定された年代は62-63Maである (Armentrout, Moore et al., 1983の表2) . 本帯の東部は、並列しているGhost Rocks層とより若いSitkalidak層 (図1, 図2) の境界をなす別の断層によって境されている. 本層は、海岸から内陸側に7kmの間の帯と近くの沖合いの島々に露出している. 本帯の岩石は、変形して一連の閉じた褶曲を形成しており、それらは一般に転倒している (Moore, 1969) . Moore and Bolm (1977)は、本島の中生代と新生代の堆積岩中の褶曲軸面は近くの島弧とほぼ平行な、すなわち北東方向の走向をもつ. このことはSitkalidak層とSitkinak層の両方にあてあまると筆者は考える. Sitkinak層 (図1, 図2) はSitkalidak層の上にあ

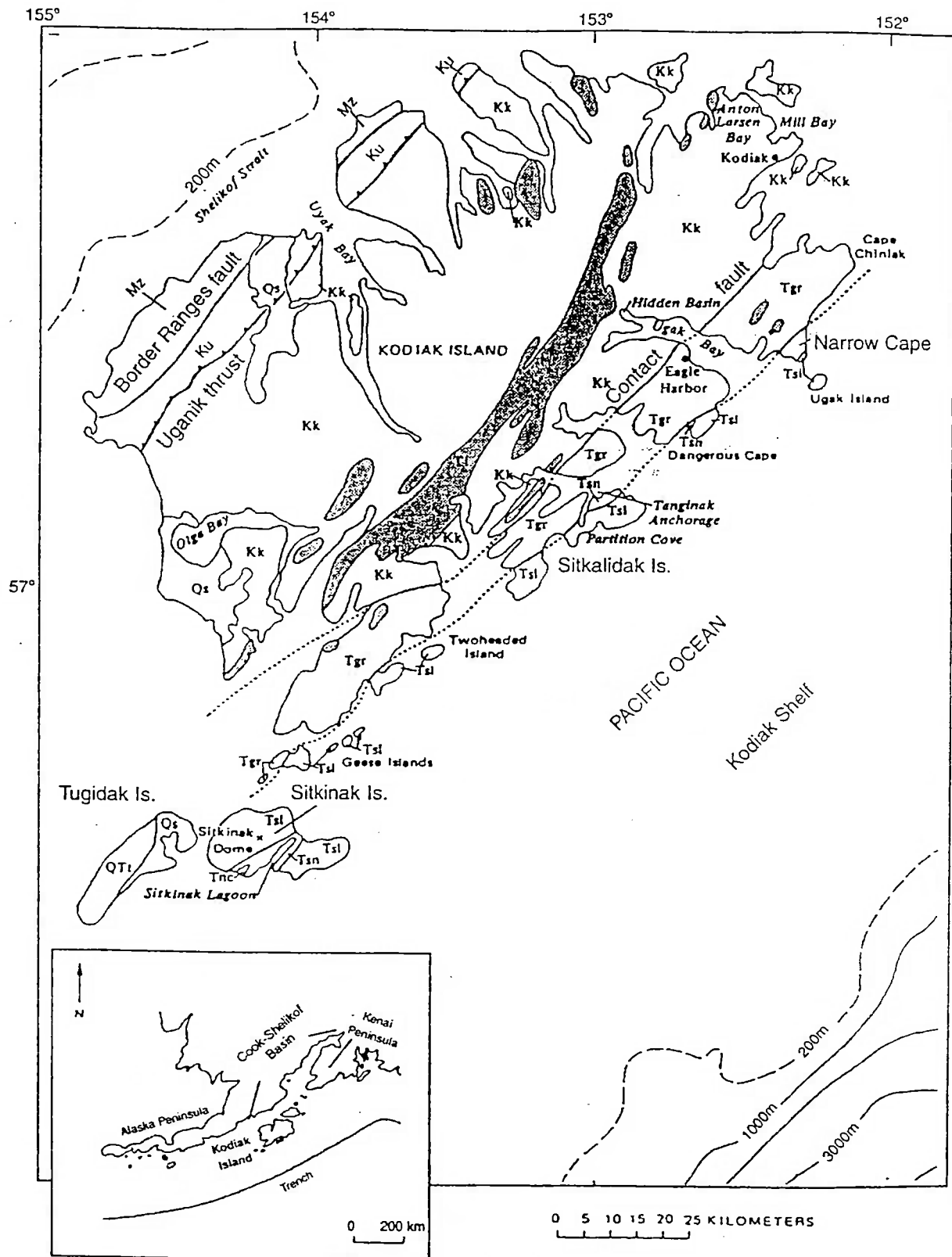
り、南東海岸地域の狭い範囲と近くの島々に露出する. 両層の間の境界は場所によって整合であり、不整合である. Nilsen and Mooreによる本層の写真は急傾斜した地層を示している.

主に緩傾斜の岩石、後中期新生代の単元: Narrow Cape層とTugidak層. Narrow Cape 層 (図1, 図2) は Kodiak島東部とSitkinak島に露出する. Narrow Capeでは緩い角度で傾斜した地層がSitkalidak層とGhost Rocks層を斜交不整合の関係でおおっているが、 Sitkinak島では露頭の岩石はより古く、緩傾斜層は2つの向斜中に露出するため、斜交不整合の関係をもたないでSitkinak層の上ののっている. しかしながら、Sitkinak島の漸新世の岩石は実際にNarrow Cape層であるのかどうかという議論があるように思える (Moore and Allwardt, 1980, 4742頁) . Tugidak層はTugidak島を構成しており、そこでは約5度の角度で北東に傾斜した同斜構造をなす.

古地磁気に基づく変位と称するもの

Kodiak島とその周辺地域の岩石に関する古地磁気の予察的調査は、おそらくそれらの古緯度を示している. それに基づいて、 Kodiak島の地層は先に移動してきたものに並列する前までに1000kmあるいはそれ以上の距離を移動し、付加したのであれば、プレートテクトニクス論者は象徴的に論じている (例えば、Plafker et al., 1994; Hillhouse and Coe, 1994) . しかし、Nilsen and Moore (1979)はKodiak島を構成する各単元が付加した可能性を認めているが、それらの岩石についての堆積学的研究と古地理学的復元に基づいて (32頁) , かれらは長距離の移動があった証拠は何もないと述べている. 火山岩流を伴うGhost Rocks層のみが外見上は他所からの地層であると彼等は述べているが、その碎屑岩はKodiak層のそれと似ていることも述べている.

Contact断層はKodiak層とGhost Rocks層の境界をなしている. この断層は、ときにはテクトニック付加論者によってスラストとしてみられるが、Sample and Moore (1987, 15, 16頁)はこの断層の付近で走行ずれ変位をもつ15km幅のゾーンを報告し、ゾーンを横切って少なくとも15kmの右横ずれ変位を見積もっている. それ故に、Ghost Rocks層は水平方向に東から西に変位したのであって、スラストで付加したものではないと筆者は信じている. (Kenai半島地域にContact断層は延びており、そこではKodiak層に類似したタービダイトが火山岩流として報告されている、例えば、Plafker et al., 1994) .



第1図 Kodiak島の地質図. Moore (1967), Nilsen and Moore (1978), Von Huene et al. (1979)を編集.
 記号: Mz = 未区分中部および下部中生界, 本文参照, Ku = Uyakコンプレックス, Kk = Kodiak層, Tgr = Ghost Rocks層, Tsi = Sitkalidak層, Tnc = Narrow Cape層, Qti = Tugidak層, Qs = 地表堆積物, Ti = 晩新世貫入岩類 (暗色部).

テレーンの漂流のなんらかの信用できるモデルによって厳密な拘束が示されなければならない。すなわち、Kodiak島とその付近の島々では、Ghost Rocks層の海溝側では3つの累層の関係は整合的であるか、斜交不整合でないかとされている。これらの累層の時代は、始新世(Sitkalidak層)からおそらく中期中新世(Narrow Cape層)にわたると報告されている。これらの整合関係はそれらが1つの単位として漂流したとしなければならないようにみえるが、付加論者によるこの点に関する議論を見たことはない。

(Hillhouse and Coe は、彼等のレビューのなかで、非常に大きな間接的不確かさをもって、これらの累層の移動量が緯度にして32度と6度であると報告している。)

見積られた地磁気の高緯度によって示される大きな変位への挑戦を支持するものにShield(1998)による次のような議論がある。すなわち、これまで古緯度を計算する基礎である地磁気の高伏角を見積る際の基本的な仮定は、現在では疑わしくなっている。本当に、テレーンの大移動が多分最も良く証明された地域であるCalifornia海岸部とBaja Californiaにおいては、修正されたデータ削減技術によってはるかに小さな変位の古地理学的復原がなされた。初期の復原が地質学的観察と一致しなかったのとは対照的に、この復原は実際に一致している(Dickinson and Butler, 1998)。

地質学に与えられた高伏角の決定方法への挑戦がなくとも、前弧の地層は本質的に現地成であることはほとんど確実であると筆者は信じている。

中央アリューシャンとの比較

中央アリューシャンの前弧トラフがどのようにして東部アリューシャンにみられるような山地に発達したのかをみることは、2つの異なる地域間の構造上および地形学上の特徴が今日どのように対応するかを理解するのに有効である。

地質学的対応

厳格なプレートテクトニクス論者はテレーンのテクトニクな付加を主張するので、彼等は東部アリューシャンにはたった一つの弧状盆地だけが存在したと考えており、それは彼等が前弧盆地とよんでいるCook-Shelikof盆地である。これとは対照的に、中央アリューシャンの地震屈折モデル(図3)は、2つの平行した構造上のくぼみを示し、その1つはリッジの頂部(火山地帯内)の下にあり、もう1

つはそれと平行して海側にある。それ故に、Cook-Shelikof盆地は中央アリューシャンのリッジの海盆と構造的に対応しているように見え、Uyakuコンプレックスの海溝側の地域は中央アリューシャンの前弧と一般によばれているものに対応しているようにみえる。すなわち、中央アリューシャンの前弧海盆の地域は東部アリューシャンのKodiak層の地域に対応している。急傾斜したUyakuコンプレックスは、地震屈折モデルのスラスト断層に対応するのであって、Connely(1978, 図2)によって示されたようにアンダープレート作用によって上方に回転したメガスラストには対応しない。東部アリューシャンに2つの前弧海盆があり、その1つは最近堆積物を受け入れており、もう1つは完全に壊されたという筆者の提案は、先例がないわけではない。テレーンの移動と付加の考えが一般的になる前に、筆者より以前に、他の研究者(Gates and Gryc, 1963)が東部アリューシャンにおける2つの平行な地向斜を説明しており、1つはCook-Shelikof盆地地域に対応し、もう1つは中部および東部Kodiak島-Kenai半島地域に対応し、この2つは地向斜によって分離されているとした。

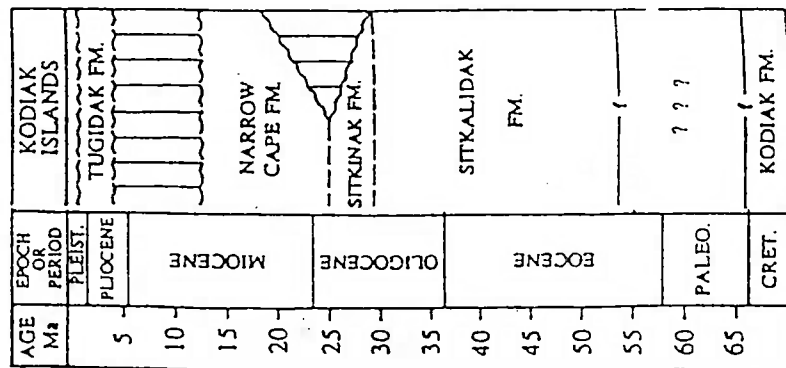
地形学的対応

2つの海盆に関してさらなる支持がある。東部アリューシャンにおいて、リッジの海盆(Cook-Shelikof盆地)の南東の境界ではより古い岩石の縞がリッジの海盆と本論が提案している前弧海盆の間に露出している。同様の地形が中央アリューシャンにみられる、すなわち第1部で多分始新世とした岩石がリッジ頂部のより若い岩石の海洋側で前弧海盆のより若い岩石の島弧側に露出している(第1部, 図4, 他の研究者による)。ちょうど東部アリューシャンの古期岩石がそのリッジの海盆の海洋側翼の上方ウオーピング(upwarp)を現しているように、中央アリューシャンの古期岩石は、地震屈折モデルにおけるリッジの海盆の海洋側翼の上方ウオーピングを現しているようにみえる。

中央アリューシャンの前弧海盆の今後の発展2つの平行な海盆という関係において、中央アリューシャンの前弧海盆地域は東部アリューシャンのKodiak島に対応するので、中央アリューシャンの海盆はKodiak層の今日の形態まで、すなわち明瞭な変形を伴った山地まで発展するであろう。これはどのようにして起こるのであるだろうか?

変形機構

臨界的仮定



Kodiak Islands	Primary Ref	Age Ref	Sediments	Environment of deposition	Thickness (km)	Metamor. Facies	Meta Ref	Note
Tugidak Fm	2	2,7	Sandstone & siltstone	Upper and outer neritic	1.5			j
Narrow Cape Fm	1	7	Massive sandstone & siltstone	Transgressive inner shelf	0.7			h,i
Sitkinak Fm	2	2,6	Conglomerate sandstone & siltstone	Outer to inner fan	1.5			e,f,g
Sitkalidak Fm	1	2,5	Sandstone & shale	Mainly prograding deep-sea fan	3 (Ref. 2)	Zeolite	4	d
Ghost Rocks Fm	1	1,2,4	Shale argillite & mudstone plus volcanic flows	?	57	Prehnite-Pumpellyite	9	c
Kodiak Fm	1	2,3	Sandstone shale & mudstone	Slope, basin plain	57	Prehnite-Pumpellyite	8	a,b

第2図 地質柱状図 (Vallier et al., 1994の図4より)。化石からGhost Rocks層の時代は晩漸新世から始新世に対比されるが(図中の“?”で示した部分)、本層は62-63Maの年代値を示す岩石によって貫入されている。Narrow Cape層の年代は後期漸新世(?)から中期漸新世、破線は正確な年代が不明であることを示す。図中のfは、断層関係を示す。柱状図右側の表は、各層の記載、引用文献および付記を示してある。

Note欄について。a=島の南東部では盆地底相(タービダイト)、北西側では泥岩とそれが重力すべりしたものを伴う斜面相。b=30kmの厚さをもつと本来考えられている地層。c=少量の石灰岩と礫岩を含む地層。d=主に深海扇状地タービダイトからなるが、より深い環境とより浅い環境の堆積物も存在する。e=Sitkalidak島ではGhost Rocks層と断層関係があるが、ここでは本来Sitkalidak層と整合関係にある。f=Sitkinak島ではSitkalidak層と断層関係。g=植物化石は漸新世を示しているが(Moore, 1969), Sitkalidak層の場合と同様に、有孔虫は始新世と漸新世を示している。h=Sitkalidak層由来の岩片を含む。i=Sitkinak島ではSitkinak層と不整合関係。j=本層の基底は露出しない。

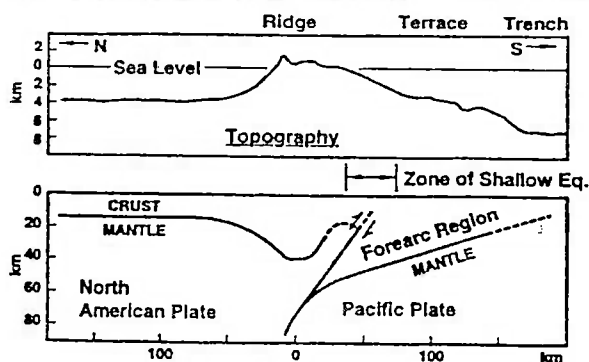
参考文献：(1) = Nilsen and Moore (1979), (2) = Moore (1969), (3) = Jones and Clar k (1973), (4) = Moore et al. (1983), (5) = Clendenen et al. (1992), (6) = Lyle et al. (1978), (7) = Allison (1976), (8) = Sample and Moore (1987), (9) = Moore and Allwardt (1980).

主要な変形はプレートの収縮に関係しているが、その量は厳密なプレートテクトニクス論者が一般に考えているより大変少ないであろうと、筆者は信じている。筆者の主張にとって重要ではないが、同様に、地殻物質の沈み込みという型にはまったアイデアよってではないが、プレートの収縮は火山活動にともかくも関係しているという、広く受け入れられた考えを筆者は仮に受け入れる。

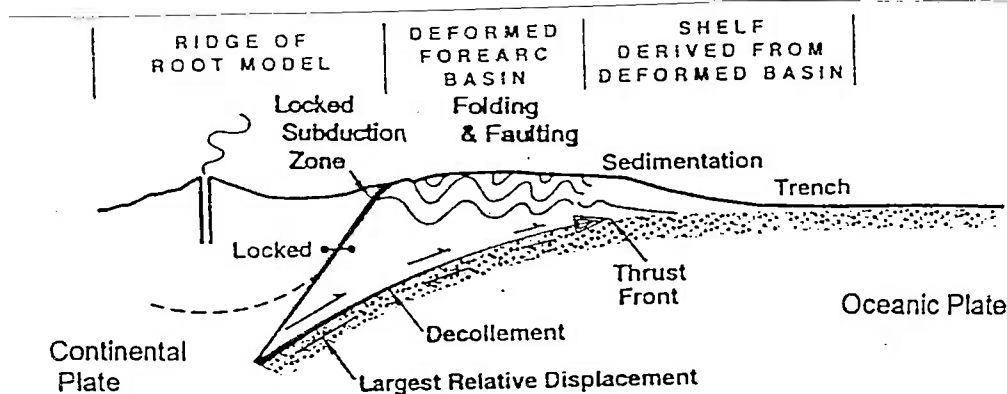
後期白亜紀の東部アリューシャンでの2つの平行な海盆の発生

154Maから84Maまでの間のマグマ活動の欠如から、この

間プレートは収縮しなかったとFisher and Huene (1984, 11,347頁)は考えた。(地層を変位させた証拠は何もないと彼等は述べているにもかかわらず、収縮がなかったことを説明するためにBorder Ranges断層による走向ずれ変位を仮に考えた。)彼等は、表面上は深成岩体の年代に基づいて、プレートの収縮は84Maに再開したと推定した。伝えられるところではCampanianに始まったCook-Shelikof盆地の南東翼の上方ウオーピングをこの収縮が起こしたと筆者は信じている。しかしながら、中生代と新生代の境付近の時代までにごく僅かの量(多分数10km)の収縮が起きたと筆者は同様に信じている。というのは、第三紀最前期



第3図 中央アリューシャンの地震屈折による地質断面図 (Part 1)。他の研究者によって報告されている地震反射断面は、前弧平坦面の下の海盆を示しており、それはリッジ-平坦面境界から海溝北壁の頂部まで延びている。Part 1とは逆に、本図では左側が北である。Part 1の図は、中央アリューシャンに関する他の多くの論文と同様に、右側を北にしている(左側を北西することは東部アリューシャンでは一般的である)。



第4図 前弧海盆の変形概念図(東部アリューシャンに関しては、見えないスラストのモデルは、概略中期晩新世に関してである)。前弧は海洋プレートによって陸側に運ばれる。もし、それが大陸プレートの縁で沈み込むことができる場合には、前弧海盆が形成される(Part 1)。他方、もし沈み込むことができない場合には、多分、運搬速度が速くなるため、断層を固定している沈み込みコンプレックスに対して運搬作用は前弧を押し付ける。その後、海洋プレートはマントル中に落ち込むため、見えないスラスト(デコルマン)前弧を下方に移動するプレートから引き離し、前弧は見えないスラストの上で変形させられる。

まで火山活動は再開しなかったとBurk (1965,77頁)は報告しているからである。筆者の概念的なモデルでは、少量の収斂は圧縮によって盆地の翼を上方ウオーピングさせるだけでなく、今日の中央アリューシャンにおけるように同じ機構によって前弧の提案した海盆をつくった。前弧は海洋プレートによって下方に運ばれ、Uyakコンプレックスによって示されているアンダースラスト帯を伴って大陸プレートの縁でアンダースラストされた。2つの平行な弧状海盆の発生は、初期のある時期、多分中期あるいは前期中生代にテクトニクスの復活を再び示しているようである。

中生代-新生代境界付近での見えないスラストと山地の発生

筆者がその手順を図示しているように、暁新世初頭頃に下方に移動するプレートの速度は大きく増加し、前弧の結果としての加速された運送は沈み込みプロセスを圧倒した。それゆえに、急傾斜した沈み込みコンプレックスの断層群を伴わないで、Kodiak層は北米プレートに押し付けられた。Kodiak層は北米プレートに向かって運ばれていて、沈み込まなかったため、見えないスラスト断層(デコルマン)が下方に向かうプレートの頂部に発達したに違いない(図4)。ベルトコンベヤー上の変形可能な物質が制止した障害物の前で止められて、変形するのと似たような方法で、Kodiak層は変形させられ、下方に向かうプレートから取り除かれた。いったんこの断層が発達し、海洋側に成長すると、北米プレート上の現在でも存在する応力は弱められ、これゆえにCook-Shelikof盆地の翼の上方ウオーピングは終わらせる。見えないスラストの上方にある(たぶん)厚い堆積物の地域内では、圧縮は脆性および塑性変形によってKodiak-Kenai山地を作った。圧縮の出来事は深成岩体の変形後で、57-62Ma以前に終わっている。Kodiak層の厚さが判るまでは、その圧縮量を見積もりことは、どのようにしても相当の推測がいるに違いない。しかしながら、その大きな変形は、白亜紀末ないし暁新世初頭

からこの出来事の終わりまでの短い時間の間に100km規模の圧縮(収斂と同じ程度の量に対応して)を示唆している。

変形の次の出来事は、Sitkinak層の堆積中に始まったようだ(図2)。この期間中に、表面上Kodiak大陸棚の地形の形成がはじまった。この点については、このシリーズの今後の論文で議論する予定である。

測地学者から提案されたモデルとの機構的類似性

測地学者から提案されたモデルとの力学的類似圧縮の機構として現地成の前弧が陸方向への移動することを提案した。この機構は収斂の縁の測地学を研究している人々による説明と一致する。彼等は、内陸での変位についての観察を説明するために、海溝側の地域において仮説的なメガスラストが固定させることを典型的に考えている(実に、Maと共同研究者によってこれは提案されており、Kodiak地域に関しては彼等の図3と22,005頁)。しかしながら、やがて破壊に至る固定された部分の一部を伴って、メガスラストの固定現象と図4の見えないスラストは、測地学の探査では互いに区別がつかない。このように、ここに提案された機構は1980年代初めの定性的な物理力学のモデルから筆者が引き出したものであり、疑いもなく合理的であり、多分、付随的に興味をおこさせるものである。下方に移動するプレート上での運搬によって前弧海盆がどのようにして作られたかを論証することを計画し、そのモデルを綿密に検討する過程において、海盆がどのようにして変形したかを示した。

謝辞

筆者は、Lawrence Jaksha, Jack Jernigam, Kelly Summers, およびRobert Youngから協力と助言を得た。

文献

- ALLISON, R.C., 1978. Late Oligocene through Pleistocene molluscan faunas in the Gulf of Alaska region. *The Veliger*, v. 21, p. 171-188.
- BURK, C.A., 1965, *Geology of the Alaska Peninsula Island arc and continental margin*, 2 parts, 250 p. with maps, Geological Society of America Boulder, CO.
- CLENDENE, W.S., SLITER, W.V., and BYRNE, T., 1992. Tectonic implications of the Albatross sedimentary sequence, Sitkinak Island Alaska. In: Bradley, D.C., and Ford, A.B., eds., *Geologic studies in Alaska by the U.S. Geological Survey*, 1990. US Geol. Surv., Bull. 1990, p. 52-70.
- CONNELLY, Y.W., 1978. Uyak complex Kodiak Islands, Alaska: A Cretaceous subduction complex. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 89, p. 755-769.
- DICKINSON, W.R., and BUTLER, R.F., 1998. Coastal and Baja California paleomagnetism reconsidered. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 110, p. 1280-1268.
- FISHER, M.A., and VON HUENE, R., 1984. Geophysical investigation of a suture zone: the Border Ranges fault of southern Alaska J.

- Geophys. Res., v. 89, p. 11,333 - 11,351.
- GATES, G.O., AND GRAY, G., 1963. Structure and tectonic history of Alaska. p. 264-267. In, Backbone of the Americas. O.E. Childs, and B.W. Beebe, Editors. Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem. 2., 320 p.
- HILLHOUSE, J.W., and COE, R.S., 1994. Paleomagnetic data from Alaska. In, The geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg, eds., Geological Society of America. The geology of North America, v. G-1, p. 797-812.
- JONES, D.L., and CLARK S.H.B., 1973. Upper Cretaceous (Maestrichtian) fossils from the Kenai-Chitugach Mountains, Kodiak, and Shumagin Island, southern Alaska. US Geol. Survey. Jour. Research, v. 1, p. 125-136.
- KIRSCHTNER, C.E., and LYON, C.A., 1973. Stratigraphic and tectonic development of Cook Inlet petroleum province. In, Arctic Geology, AAPG Mem, 19, p. 396-407.
- LYLE, W., MOREHOUSE, J., and 4 others, 1978. Tertiary formations in the Kodiak Island area Alaska and their petroleum resource and source rock potential, Alaska Div. Geol. Geophys. Survey, Open File Rept., 114, 48 p.
- MA, C., SAUBER, J. M., and 5 others, 1990. Measurement of horizontal motions in Alaska using very long baseline interferometry. J. Geophys. Res. v. 95, p. 21,991-22,011.
- MOORE, G.W., 1967. Preliminary geologic map of Kodiak Island and vicinity, Alaska. US Geological Survey Open File Rept., 271 (map, scale 1:250,000).
- MOORE, G.W., 1969. New formations on Kodiak and adjacent islands, Alaska. US Geological Survey Bulletin, 1274-A, p. A27-A35.
- MOORE, G.W. and BOLM, J.G., 1977. Orientation of late Cretaceous and early Tertiary subduction, Kodiak Island Alaska. Abstracts with Programs-Geological Society of America v. 9, n. 7, p. 1099-1100.
- MOORE, J.C., and ALLWARDT, A., 1980. Progressive deformation of a Tertiary trench slope, Kodiak Islands, Alaska. J. Geophys. Res., v. 85, p. 4741-4756.
- MOORE, J.C., BYRNE, T., and 4 others, 1983. Paleogene evolution of the Kodiak Islands, Alaska: consequences of ridge-trench interaction in a more southerly latitude. Tectonics, v. 2, p. 265-293.
- MOORE, J.C., DIEBOLD, J., and 10 others, 1991. EDGE deep seismic reflection transect of the eastern Aleutian arc-trench layered lower crust reveals underplating and continental growth. Geology, v. 9, p. 420-424.
- MURDOCK, J.N., 1998. Production of great arcuate troughs and their subsequent deformation; a case study, the Aleutian Island arc. New Concepts in Global Tectonics. n. 9, p. 23-28.
- NILSEN, T.H. and MOORE, G.W., 1979. Reconnaissance study of upper Cretaceous to Miocene stratigraphic units and sedimentary facies, Kodiak and adjacent islands, Alaska US Geol. Surv. Prof. Paper 1093, 34 pgs.
- PLAFKER, G., MOORE, J.C., and WINKLER, G.R., 1994. Geology of the southern Alaska margin. In, The geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg, eds., Geological Society of America. The Geology of North America, v. G-1, p. 389-449.
- SAMPLE, J.C., and MOORE, J.C., 1987. Structural style and kinematics of an underplated slate belt, Kodiak and adjacent islands, Alaska. Geol. Soc. of Amer. Bull., v. 99, p. 7-20.
- SHIELDS, O., 1998. On some recent developments in paleomagnetism. New Concepts in Global Tectonics, n. 9, p. 15.
- VALLIER, T.L., SCHOLL, D.W., and 5 others, 1994. Geologic framework of the Aleutian arc, Alaska. In, The geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg, eds., Geological Society of America. The geology of North America, v. G-1, 367-388.
- VON HUENE, R., MOORE, G.W. and MOORE, J.C., 1979. Cross-section of Alaska Peninsula, Kodiak Island-Aleutian Trench, Map Chart. Ser. MC-28a, Geol. Soc. of Am., Boulder, Colo.
- WILSON, F.H., SHEW, N., and DUBOIS, G.D., 1994. Map and table showing isotopic age data in Alaska. In, The geology of Alaska, G. Plafker and H.C. Berg, eds., Geological Society of America. The geology of North America, v. G-1 (Plates).

ALTERNATIVES TO PLATE TECTONICS

非プレートテクトニクス論

James MAXLOW

29 Cecil Street, Glen Forrest, WA. 6071, Australia

Phone: (09) 298 8819

E-mail: James Maxlow<Jmaxlow@enternet.com.au>

(宮川 武史 [訳])

この論文の異本がThe Australian Geologist (TAG No. 95,1995)に掲載された後、つづいて多くの問題で長く熱い議論がまき起こった。NCGTGではすでにもっぱら非プレート論にかかわっているのに、そこでの諸問題はいまだにプレート論に関係している。

非プレート論を考える中で、カナダのマックギル大学 Saull(1986)は、グローバルテクトニクスに固有の非一意性はプレート論は誤りであるとする理論的可能性を高める、と述べている。この、と彼は考えた、当然といえるモデル

が混乱しているのは(disturbing as model of course)広く認められている基本的な地質学の諸帰結が、その応用から出発していることに由来する。

仮にプレート論が誤りであるにしても、とSaul(1986)は考察した、次の理由でそれを却下するのは難しい。

(1)熟練したものが、事実上広く認められているプレート論の力学的な説明、を追及するにしても、その力学的説明に責任を持つべきはずの諸過程はまた、あまりにも少ない知見、それに対する地球物理的モデルは証明もできなければ反証も挙げられないといった知見、それしかない領域の中に根拠を持っているのである。さらに、Saulによればプレート論が流布しているのはプレート運動の機構が知られていないことによると考えられる。

(2)プレート論信仰の堅い核心は今なお生成されている補助的な仮説(例えば、極移動、ホットスポットの進化、付加体などなど)により直接的な強襲から守られている。そして

(3)プレートモデルは訂正するにはあまりに流布され過ぎていて、非プレート論(地球膨張論)の出版が困難なほどである。よく知られた非プレート論が不足しているうちは、優勢なモデルはいつまでも却下されないものである、なぜなら、誤りは混乱よりまだまし(Kuhn, 1962)だからである。

純学術的な見地からは、過去に形成されたプレートの再構築の問題を考察するのに、大きくわけて競合する三つの基本仮説がある。普通のプレート論は現在もっとも優勢であるが、それは古半径の古地磁気的な定義に基づき、地球の古半径は基本的に時間について不変であり、したがって、拡大海嶺で生成された大洋リソスフェアはリソスフェア財政の均衡[累積するリソスフェアの表面領域]を維持するために始末(沈み込み)されなければならないとしている。第二の仮説は地球の膨張(地球膨張テクトニクス)(Carey, 1976; Vogel, 1983; Koziar, 1980; Maxlow, 1995のそれ)を主張するもので、実験的な小地球尺度モデルにもとづき、地球の古半径は時代とともに増大しているので、余剰リソスフェアの処分は必要ないとしている。このモデルでは、地球のリソスフェア財政[大洋と大陸を合わせた表面領域]は大洋中央拡大海嶺と歩調を合わせ、時代とともに増加している。第三の、よく知られてはいないOwen(1976)の仮説は、要するに、拡大海嶺で生成された大洋リソスフェアはサブダクション帯で消費されるが、リソスフェア財政の余剰は、地球の半径の増大により帳じりを合わせているという折衷案である。

さてわれわれは第四の理論、サージテクトニクスそして/または地球脈動説を知るのであるが、それによれば地球の膨

張が堆積盆地の発達を引き起こし、収縮が造山運動を導くという。面白いが、この理論は現在利用できる広範で世界的な地球物理学的、地質学的なデータベース、すなわち古地磁気学に基づく大陸プレート運動の歴史、大洋磁気アイソクロン図、そして現在の宇宙測地学、VLBI、SLR、GPSの諸結果とは調和しない。

前にも述べたように、地球科学の主流の中ではプレート論が正しい、つまり優勢なモデルとして広く信じられている、というわけで、この広く流布した信仰に対するどのような論争も強い感情的な反発を引き起こすことが保証されている(1994年、第12回オーストラリア地質会議において地球膨張に関し詰問されたPaul Hoffmann教授の例)。われわれの力学的説明に対する率直な追及が、著名なアカデミー学者達のような下品な怒りの噴出によって大いに圧迫されたのは不運なことであった。またおなじく不運なことに、非プレートモデルは鉱床の発見、あるいは環境問題の解決などをしたことが無いので、プレート論にたいする賛否の論争は、フィールドに基礎をおく地質学者大多数の関心と呼ばなかったのである。この問題を解決し、地質学者達をして現在の神秘主義を克服して拒絶し、区別なく地球膨張仮説を認め、あるいは理解するよう「援助する」と称してWeijermres(1986) [例えば]は出版された大洋磁気アイソクロンのデータを用いて、定半径の地球の球面上に主要なリソスフェアプレートすべてを適合させることを企てた。小地球モデルと比較対照する問題を解決し、それから科学的に問題を解決しようとして、Weijermres(1986)は現代の「急激な地球膨張」仮説に反対する六つの「決定的」理論を選んだ。これらの「決定的」理論から、すなわち、短い地球半径の物理的モデルなしに、すべての急激な地球膨張仮説(Carey, 1976; Vogel, 1983)は物理的な観察に矛盾する、そしておなじように、緩やかな地球膨張論の多くもまた却下できると断じた。すなわち彼はあらかじめ予定していたモデルにデータを適合させたのである。

このレターで読者にお知らせしたいのは、研究者達がグローバルテクトニクスを取り巻く「ドグマの色眼鏡」を取り除き、正しい科学の道をたどる、すなわち、「流行の意見はそうでないといっているから…」態度よりはむしろ「…したらどうなる」態度のほうをとるなら、Weijermresの結論とは反対に、現代の大洋磁気アイソクロンデータを用いて小地球尺度モデルを作り、かなり短い半径の地球で、大洋リソスフェアのすべてが99%以上適合し、余剰リソスフェアの除去にたよる必要のないことが示せる、ということである。

この合致が意味するところは、Saul(1986)が早くから言っていたこと—グローバルテクトニクス固有の非一意性はプレートモデルが誤り [それはわれわれ皆が直観的に知っている] であることの理論的可能性を高める—の実体化である。 {しかし} この言明はまたNCGTGの内部に深刻なディレンマを引き起こす、それは、もしさまざまなメンバーが暗に言った/ているように、大洋磁気アイソクロンのデータベースが誤っているとすれば、筑波でお見せした、現在からジュラ紀までを再現した私の11個の小地球尺度モデルは極めてよくそれに合致しているはずである。だから、現在製作中の私の15個の始生代までの追加モデルもまた合致しているに相違ない。私は時間の無駄遣いをしているのだろうか？

かつて、疑問とせず、より有りそうなことには、疑問の必要に気がつかずに認められていた諸原理、 [例えば] 宇宙像について普及していた幾何的に厳密なプロトマイオス系は1400年も存続した。有史前の古代学、何世紀ものあいだ人間を追及しようと試みた人々は、エジプトや中国文明以前の文書が欠けていたため絶えず研究の中断を強いられた。マンモス、洞窟画や彫像に描かれた「大洪水以前」の動物たちと同時に人類が発見されたときには、あまりにも思いがけないことだったので科学の世界はそれらを認めなかった。これはプレートテクトニクスの生まれたばかりの新しいグローバルテクトニクスに対する関係と同じである。

地球科学誌の編集者たちが偏見のない積極的な掲載と非プレート論を刺激し出版するための継続的な企画によって地球構造問題の解決を援助すること、これはわれわれ自身の専門についての反覆を避けるのに望ましいことであった。もしこれが優れた非プレート論を引き出すことに失敗すれば、その時この出版活動は、プレート論の優越性と妥当性の単なる暫定的な再構築、すなわち、行き詰まるのである。

私の研究「地球膨張構造論」の中では、特に筑波で提案した後ジュラ紀の小地球モデルの中では、地球膨張の「駆動力と機構」が沈み込み過程や情緒に頼る必要なく適切に数量化されている優れた非プレート論、が役に立っている。

私の後ジュラ紀の実験的な地球モデルからえられる結論は地球膨張はプレート論に対する、実に生氣のある非プレート論であり、現在進行中の先カンブリアの研究も正当であると同時に緊急を要するということである。

これは当然NCGTGにも及ぶことで、特に包括的な用語GLOBAL、「全体としての地球の；世界的な；地球のような形の；球面の」に関しては、筑波会議ではほとんど使われなかった。読者および研究者には私が筑波会議で述べた次のことを想起していただきたい。「一定の大きさの地球上の個々の領域の通常の再現 [通常とは異なる理論も含む] は互いに高度の適合を達成できるけれども、多くの場合それらは、地球の一領域での地殻の発達と移動が他の領域に影響するという事実をあいまいにする。通常の再現に際しては、一領域で問題のある不適合を都合のよいように隣接する領域に移し、そしてそれに全く気がつかないようであってはならない。」身近かな地質学的問題は地球的な意味を考慮するときのみ解決できる。優れた非プレート論は、それゆえ、慣習的な地質学の多作業仮説の方法を再度地球レベルで役に立つものに変えるために、また地球科学の諸観察の解釈で客観性を増すよう進歩させるために、奨励されねばならないのである。

地球膨張論の増加した知見のすべてに関して、次のwebサイトに問い合わせるよう読者にお薦めする。

James Maxlow: Global Expansion Tectonics;
<http://people@enternet.com/~jmaxlow/>

David Ford: The Expanding Earth: the other theory of geology and global tectonics;
<http://www.geocities.com/capeCanaveral/Launchpad/8098/Homepage.htm>

John Harms: In the Field of the Planetary Sciences;
<http://www.jps.net/physics/planetary%20sciences.htm>

Karl Luckert: Plate Tectonics is Expansion Tectonics;
<http://kwluckert.com>.

文 献

- CAREY, S. W., 1976. The Expanding Earth. Elsevier, Amsterdam 488 p.
KOZIAR, J., 1980. Ekspansja den oceanicznych I jej zwiazek z hipotaza ekspansji Ziemi. Sprawozdania Wroclawskiego Towarzystwa Naukowego, 35 B, p. 13-19.
KUHN, T. S., 1962. The structure of scientific revolutions: Chicago. University of Chicago Press.

- MAXLOW, J., 1995. Global Expansion Tectonics: The geological implications of an exponentially expanding Earth. Unpub. M.Sc., thesis, Curtin Univ. of Technology.
- OWEN, H.G., 1976. Continental displacement and expansion of the Earth during the Mesozoic and Cenozoic. Philosophical Transactions of the Royal Society, London, v. 281, p. 223-291.
- SAULL, V.A., 1986. Wanted: alternatives to plate tectonics, Geology, v. 14, p. 536.
- VOGEL, K., 1983. Global models and Earth expansion. In, Carey, S.W., (ed), Expanding Earth Symposium, Sydney, 1981. University of Tasmania, p. 17-27.
- WEIJERMARS, R., 1986. Slow but not fast global expansion may explain the surface dichotomy of Earth. Physics of the Earth and Planetary Interiors, v. 43, p. 67-89.

EVALUATION OF LAVA AND MAGMA FLOW

溶岩流とマグマ流の評価

W.B. AGOCS

968 Belford Road, Allentown, PA 18103, USA

E-mail: WBAgocs@aol.com

Caroly KIS

Geophysics Department, Lorand Eotvos University, Ludovika ter2 1083, Budapest, Hungary

(宮川 武史[訳])

まえがき

下部リソスフェアにおけるマグマの運動に関する Meyerhoff et al. (1992)の論文は、アセノスフェアの表面から上部マントルにいたる溶岩流とマグマ流、すなわち粘性流要素の基本的表現を議論するよう私を促した。

基本単位

低粘性の、地表流から上部下部マントルの中を伸びる、厚さ10-100kmのチャンネルを満たすマグマ流にいたるまで、およそマグマ流は、粘性、チャンネルの厚さと広さ、上方からの圧力、いかえれば「頭」に依存している。Danes (1972)によると、マグマの地表流の粘度(粘性係数)は 10^9 poise(ポアズ)であり、またこれが溶岩温度の影響を受けることもSakuma and Nagata (1957), Rittoman (1962), Harris and Rooth (1975)のレポートの通りである。

Cathles(1975)の資料によると、アセノスフェアにおけるマグマの粘度は 4×10^{10} ないし 1.7×10^{21} poise, マントル中の厚さ75-100 kmのチャンネルでは 10^{20} - 10^{28} poiseとされている。

流体の粘度は剪断応力の剪断伸長の変化率に対する比と定義され、次のように表される。

$$\begin{aligned} \eta &= \text{剪断応力} / \text{剪断伸長の変化率} \\ &= (F/A) / (v/l) \text{ dyn sec/cm}^2 \\ &= \text{Newton sec/cm}^2 \end{aligned}$$

ここで、 dyn sec/cm^2 はcgs系単位のpoiseであり、MSK系単位ではPascal secとなる。

$$1 \text{ poise} = 0.1 \text{ Pa sec}$$

である。

流体運動の制御

「無次元量」であるレイノルズ数は異質な流体に対する物理学的な説明を与えるものである。

$$R = \text{慣性} / \text{粘性} = F_i / F_v$$

$R \ll 1$ のとき粘性が優勢であり、流れは層流である。これは主観的なことではなく、上の方程式で表される客観的な事柄である。 $R \gg 1$ ならば流れは乱流である。

これによれば、厚さ $h=10\text{m}$, 傾斜 $(a+b)=10^{-2}$, $\mu=10^9\text{poise}$, $\rho=3 \times 10^3\text{kg/m}^3$, $g=10\text{m/sec}^2$ の溶岩流のレイ

ノルズ数は

$$R = h^3 \rho^2 g(a+b) / 2 \mu^2$$

Rは約0.5となり、乱流は影響しない。

<訳者注解：上の2行に示される計算結果には何らかの誤りがあります。実際与えられた数値で計算するとR≒4.5x10⁴となって、論文の主旨に反します。どこが誤りであるかわかりませんでしたので、訂正はしていません。>

マグマの粘性

マグマの地表流の粘度は、10⁸ poise(10⁸ Pa sec), アセノスフェアあるいはリソスフェアの下部の粘度はユタ, グリーンランド, 北極海の地下75km(のチャンネル?)で4×10²⁰poiseである。プリュームの粘度は、フェノスカンジアの厚さ100kmのもので1.3×10²⁰poiseである。マントルコアの粘度は普通, 10²⁰poise(Cathles,1975)である。アセノスフェアに対するレイノルズ数は、条件を(μ=)10²⁰poise(10¹⁸Pa sec), 密度(ρ=)3×10³kg/m³, 長さ(L=)100km, 速度(v=)7cm/yr = 2.1×10⁻⁶m/secとして,

$$\begin{aligned} R &= \text{慣性}/\text{粘性} = \rho L v / \mu \\ &= 3 \times 10^3 \times 10^5 \times 2.1 \times 10^{-6} / 10^{21} \\ &= 6 \times 10^{-22} \end{aligned}$$

粘性が優勢で、慣性はゼロに近く無視できる。ゆえにアセノスフェアにおける(マグマ)流は層流である。この条件に例外はない。

ネビア-ストークスの方程式(これについてはOfficer(1974), deBremaecker(1985), Eringen(1962)をご覧ください)

流体の粒子の運動方程式は、ニュートンの第二法則を用いて

$$\rho Dv/Dt = \rho F - \nabla p$$

となる。ここで、ρF(註5)は外力/流体の単位体積、ρは流体の密度、ρF-∇pは単位体積あたりの合力である。また関係

$$Dv/Dt = \partial v / \partial t + v \cdot \nabla v, \quad Dv/Dt = F - 1/\rho$$

$$\text{より} \quad \partial v / \partial t + v \cdot \nabla v = F - (1/\rho) \nabla p$$

非圧縮流体については∇v=0, そこでv=0とすれば

$$\rho \partial v / \partial t = \rho F - \nabla p + \mu \nabla \cdot \nabla v$$

この流体の運動方程式から、厚さh, 下底面傾斜β, 上底面傾斜∂h/∂x, 密度ρ, 粘度μの溶岩は

$$\rho g(\partial h / \partial x + \beta) = \mu d^2 u / dy^2$$

である。これを境界条件、底流の速度ゼロ、表面の剪断応力ゼロで解けば解は

$$u = \rho g(a+b)y(y-2h) / 2 \mu$$

であり、レイノルズ数の値が低いことを証明している。しかし、溶岩が流れる距離は、凝固温度に達するまでの条件に依存する。Dane(1972)は傾斜10°, 溶岩流の厚さ25mの場合と、傾斜10°, 溶岩流の厚さ50mの場合とについて流下距離が300mになることを示した! これは、Harrison and Rooth(1976)により詳細な確認がなされている。

サージテクトニクスの研究、あるいはアセノスフェアの中の粘性流体の流れの研究では、われわれは粘度10²¹poise = 10¹⁹Pascal secと厚さ10-70kmの範囲のチャンネル流を検討した。流体は層流である、なぜなら、Rの値、すなわち密度3000kg/m³, 特徴的な長さ1000km(10⁶m), 速度2.1×10⁻⁶m/sec(7cm/yr), そして先に与えられた粘度における流体のレイノルズ数、は10⁻¹⁸であって、粘性が優勢なことを示しているからである。

チャンネルに制限された流体の運動方程式は

$$\begin{aligned} \mu^2 v - \partial p / \partial x + \rho g x &= 0 \\ \mu [\partial^2 u / \partial y^2 + \partial^2 u / \partial x^2] &= \partial p / \partial x \end{aligned}$$

である。水平面のx軸方向における重力の加速度=0, 水平加速度, u=定数, ∂²u/∂x²=0, よって

$$\mu \partial^2 u / \partial y^2 = \partial p / \partial x$$

ここで、∂p/∂xは圧力勾配である。x軸に沿う流れの速度は、(チャンネルの?)壁の上で制限されてゼロである。

$$\dot{u} = ay^2 + b$$

$$\begin{aligned} \partial p / \partial x &= -8 \times 2.1 \times 10^6 \times 10^{20} / (75 \times 10^3)^2 \\ &= -2.99 \text{ Bar/km} \end{aligned}$$

は導管方向(チャネル壁が伸びて行く方向)の速度を示す。 $y = w/2$ すなわち導管の幅の1/2では $u=0$ 、そして中心速度 v にたいして

$$a = -(4v/w^2)y^2 + v$$

圧力勾配は

$$\partial p / \partial x = -8v \mu w^2$$

流体の最高速度 $v = 7\text{cm/yr} = 2.1 \times 10^{-9}\text{m/sec}$ 、粘度 $\mu = 10^{21}\text{poise} = 10^{20}\text{Pa sec}$ 、幅 $w = 75\text{km} = 75 \times 10^3\text{m}$ に対しては

Bar = 10^5 Paで、これはだいたい標準圧力に等しい。 Poise, Pascalのようなわずらわしい用語に、また一つ、わずらわしいのが加わるわけである。

チャネルの幅が75kmの1/2に縮まれば、圧力勾配は4倍すなわち12 Bar/kmになる。

リソスフェアでは、厚さ75kmのリソスフェアの破壊は 22.5×10^8 Barの圧力変化をもたらすので、圧力勾配が -3 Bar/kmであれば、圧力は750kmでゼロになる。

文 献

- CATHLES, L. M. III, 1975. The viscosity of the Earth's mantle. Princeton Univ., Press, 1-386.
 DANES, Z. F., 1972. Dynamics of lava flows. JGR, 77/8.
 DeBREMAECKER, J. C., 1985. Geophysics, the Earth's interior. John Wiley & Sons, x 342.
 ERINGEN, A. C., 1962. Nonlinear theory of continuous media. McGraw-Hill, N.Y.
 HARRISON, C. B. A. and C. ROTH, 1976. The dynamics of flowing lavas; Volcanoes and tectonophysics. Ed. Hitoshi Aoki and Susumu Iizuka, Tokai Univ. Press, 370p.
 MEYERHOFF, A. A., I. TANER, A. E. L. MORRIS, B. D. MARTIN, W. B. AGOCS, and H. A. MEYERHOFF, 1992. Surge tectonics; a new hypothesis of Earth dynamics; New concept in global tectonics, Ed. S. Chatterjee and N. Hotton III, Texas Tech Univ. Pr., Lubbock, Texas p. 309-409.
 MORGAN, W. J., 1978. Deep mantle convection plumes and plate motion; AAPG Bull. 56/2, 203-213.
 RITTMAN, A., 1962. Volcanoes and their activity; trans. E. A. Vincent, 169p Interscience, N. Y.
 SAKUMA, D. and T. NAGATA, 1957. Physical volcanology, Hdbk der Phys. 48, Ed. S. Fluegge, 968p, Springer Berlin.
 SEARS, F. W., M. W. ZEMANSKI and H. D. YOUNG, 1977. 5th Ed., University physics, Addison Wesley Pub. Co., Reading Mass. xii 811.
 SHAW, H. R., T. L. WRIGHT, D. L. PECK, and R. OKAMURA, 1968. An analysis of field measurements in Makaopuhi lava lake.

SURGE THEORY vs. PLATE THEORY: EL NINO HAS THE LAST WORD — A Theoretical Discussion of the Driving Force Behind El Nino —

サージ説 対 プレート説 : エルニーニョが決定打となる —エルニーニョの背後にある駆動力に関する論理的議論—

Bruce A. LEYBOURNE

*Geophysics Division, Naval Oceanographic Office, Stennis Space Center, MS 39522, USA
 Tel. 228-688-4075; Fax. 228-688-4976; e-mail. <bruce@navo.hpc.mil>*

(矢野 孝雄 [訳])

要 旨

サージテクトニクス概念にもとづいて、海洋/大気ダイナミクスと造構ダイナミクスの相互連関が説明される。造構物質と大気物質の重力性長距離伝播が、連関のメカニズム

をなす。この提案は、おそらく実験的に確かめられるであろう。それには、次の仮定が設けられている：(1) 地球の膨縮あるいは膨張/収縮は、海洋盆(複数)をよこぎって東方へゆっくりと移動する造構フロントをうみだす。地球自転は、造構圧力のセル(cell)や渦状構造を再編成する造

構性前縁境界の東方移動を制御する。(2) この造構性再構成は大気圧パターンを変化させ、その結果、気候変化傾向を制御しているジェット気流を変化させる。(3) さらに、地球ダイナモは熱帯間収束帯 (intertropical convergence zone) をもつ。この熱帯間収束帯の上層での流動構造は、赤道に沿って海洋盆を横切る造構的傾向 (trend: 勾配) に反映される。造構圧力の変動は、造構的熱帯間収束帯の主要なジオストリーム (geostreams) によって海洋盆を横切って伝達され、その結果、エルニーニョ南方振動 (ENSO) 長距離伝播を説明することになる。(4) 造構フロントは、重力場の変動を引き起こすに十分な質量をもつ造構方向に沿って造構性流動の速度と方向を変化させる。(5) 重力場におけるこれらの広域の変動は、造構的渦あるいは渦状構造内部の鉱物組み合わせの密度変化あるいは相変化を通じて局所的な大気圧に影響をあたえる。これらの構造は、島弧、中央海嶺沿いのオフセット、リフト帯および山脈褶曲帯に関連している。

この仮説を検証するための最もよい実験は、超伝導相対重力計 (superconducting relative gravity meters) を含む観測機器一式および非常に強い渦状構造内部における地震・環境連続観測所のの全世界的配備であろう。継続的に、しかも詳細に観測された重力測定は、造構的渦状構造内部に発生した重力場の変化を大気圧変化に変調し、造構的前縁サージを説明する新しい気候モデルの基礎をつくる。重力性遠距離伝播の造構力は、エルニーニョの探求された引き金である。サージテクトニクスは、"重力性地球遠距離伝播"による遠距離伝播 (Diaz and Vera, 1992) は、サージテクトニクス (Meyerhoff et al., 1992) によって描写された主要な造構性渦状構造がちょうど真下にあることを説明する。エルニーニョ (ENSO) をともなう南方振動 (SO), 北米に向かって移動するフロントを制御している北太平洋振動 (NPO), および全ヨーロッパの気候パターンを支配している北大西洋振動 (NAO) が存在する。SO は、地球上における最大の湧昇性の造構的渦状構造であるインドネシア弧に支配されている。オーストラリアのダーウィン北方のバンダ海域にあるウィーバー凹地 (Weber Deep) は、造構的渦状構造の目である。太平洋海盆を横切って、SO はイースター島付近の東太平洋海膨上のオフセットに沿う強力な降下的渦状構造に支配されている。NPO は東シベリア (シベリア高気圧系は、大陸リフトに沿う地球上で最深の湖であるバイカル湖周辺の地域の上空にちょうど位置する) からカナダ西部にいたる高緯度帯と亜熱帯を含む低緯度に位置する幅広い地帯の間におけるSLPの振動であると考えられる。NPO は、北および北西太平洋の島弧-海溝系 (日本、千島およびアリューシャン島弧-海

溝系を含む) によって支配されている。南方では、NPOの気圧は中央太平洋火山系およびハワイ火山系によって制御されている。NAOは、アイスランド下の湧昇性の造構的渦状構造、ならびにアゾレス諸島付近の大西洋中央海嶺のオフセットにそう下降性造構性渦状構造によって支配されている (Leybourne, 1997)。気候パターンに対する造構フロントの制御効果は、世界をとりまく一連の渦状構造 (the world-encircling vortex street) に沿って全地球的に現れ (Smoot and Leybourne, 1997), サージテクトニクス (Meyerhoff et al., 1992 and 1996) の諸原理から暗示される。

東アジアで描出された"Y"字型のサージチャンネルの分岐構造は、バイカル湖の大陸リフトで終わる南北帯 (the North-South Zone) の構造方向に沿ってはじまる (第1図)。東南アジアにおける構造方向から明らかなように、この南北分岐は、オーストラリアのダーウィン北方のバンダ海に向かう南東方向に連続する。分岐帯において生じる極端な圧力は、北方へは南北帯に沿って大陸リフトへ、南東へは造構トレンドに沿って重力的に伝達され、シベリア高気圧塊セルとバンダ海地域のインドネシア低気圧塊セルの間の遠距離伝播を制御する。

最近受け入れられているプレートテクトニクス説に反対する造構流動ダイナミクスの規模と方向に関して、2つの仮定が設定されなくてはならない。第一に、観察された長距離伝播の周期でSLPを変調するために、マントル中の造構流動速度は、リソスフェアプレートの測定された運動 (cm/yearオーダー) よりも、大きくなければならない。3年あるいは7年というエルニーニョ周期は、サージと相互に関連しているはずである。サージは、太平洋海盆を横切る造構フロントを伝える。これらのフロントと結合した造構ストリーム (tectonic stream) の流動は、おそらく、リソスフェアの地殻変動よりも大きな規模オーダーをもっていであろう。すなわち、これらの地域におけるほぼ連続的な微小地震によって証拠づけられているように、cm/dayの規模をもってることが期待される。第2の仮定は、サージテクトニクス説から直接導かれる。造構流動の主要成分は、地表の造構トレンドに平行である。第2の要素は、プレートテクトニクスで提案されたようなコンベア帯の流動ダイナミクスに直交し、大気中の"ハドレー"セル循環に比較される。この仮定は、フロント、渦 (eddies), ストリーム流動 (stream flow) のような海洋や大気における類似した特徴と造構領域中における流動構造との比較を可能にするので、この仮定はきわめて重要である。私たちは、太平洋周縁に沿って発生したジオスト

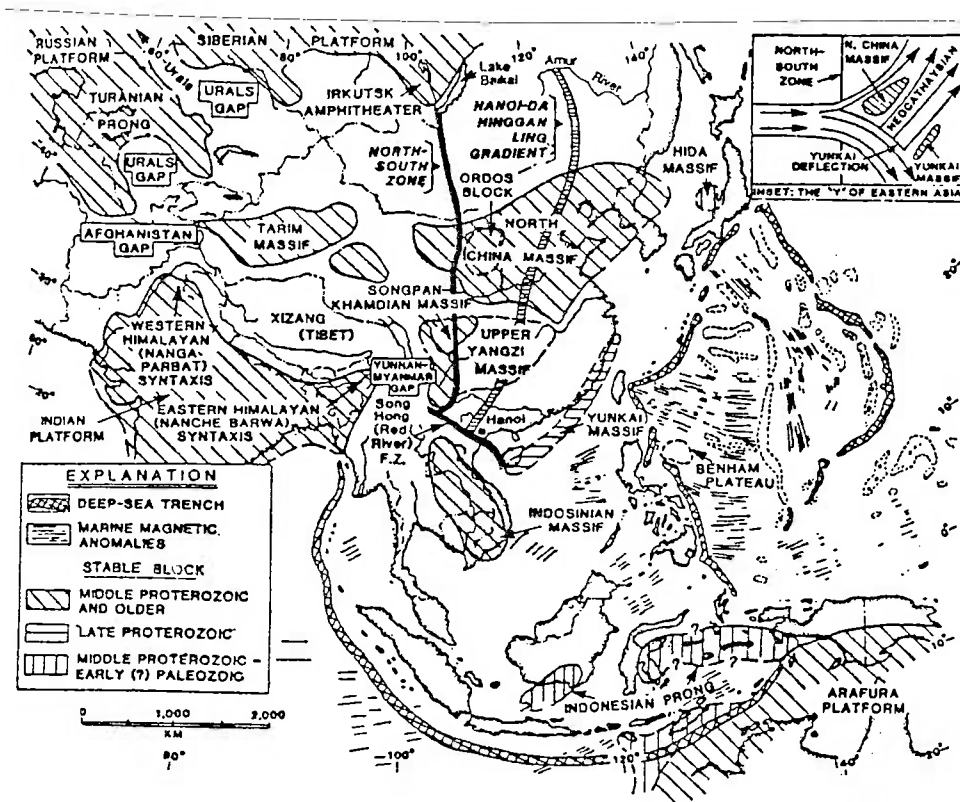


図1 アジア南東部の構造図。卓状地，剛塊，主要間隙，南北帯，ハノイ-大興安嶺gradient[勾配]，および海域における地磁気異常を示す。挿入図は，アジアの基本的"Y"字構造（東へ拡がる）の概念を示す。Meyerhoff et al. (1996)より。

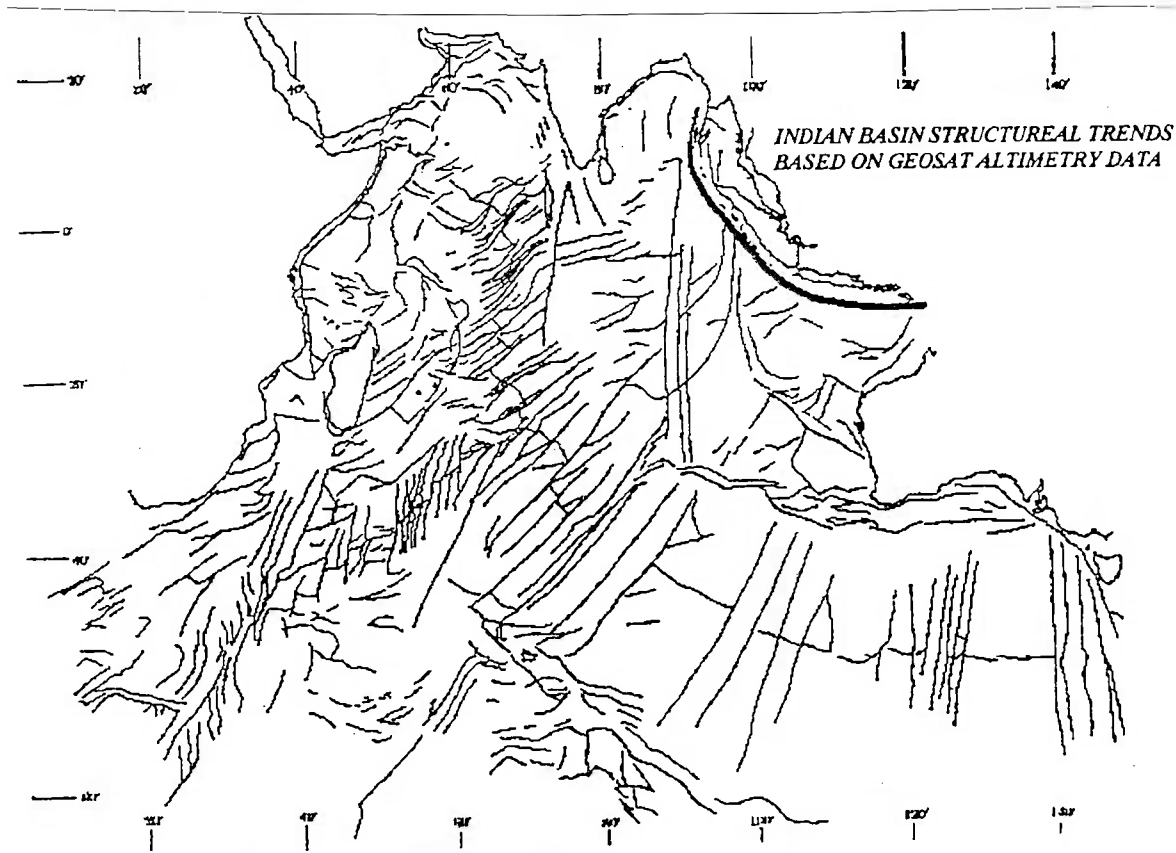


図2 インド洋の主要構造方向。海溝は，衛星測量による海水準以上の高度に關与する。

リーム (geostream) 一かつて, Meyerhoff et al. (1992) によってサージチャンネルと呼ばれていたと同様に地殻とマントル内部における高造構性流動レジーム (high-tectonic flow regimes) を示すものとしてジオストリーム (geostream) を定義する. 海水表面温度, 太陽隔離 (solar isolation), および海流の自然変化にもとづいたエルニーニョの背後にある駆動力に関する最近の理解は, 造構性結合の影響を考慮していない. この仮説を支持する積極的状況証拠として次のことがらげられる. 東太平洋海膨に沿う地震活動 (T-phase episodes) は, エルニーニョの期間中に増大する (Walker, 1988, 1995; Walker and Hammond, 1990; Hammond and Walker, 1991). 高度測量研究に示されるように, エルニーニョの期間中には海水準が太平洋海盆を横切って変化する. これは, サージ, 造構フロント, 惑星規模の波動, ケルビン波, あるいはジオイド変動に関連する広域的重力場の変動を示す. そして, 最終的には, エルニーニョの前兆として知られるインドネシア湧昇性渦状構造付近における異常な温度上昇が存在する. 答えを要する疑問は, エルニーニョがこの造構性結合を引き起こすのか, 造構活動がエルニーニョ現象を引き起こすのか, という問題である. 言い換えると, エルニーニョのような海洋/大気の気候事件の自然的変動が, 造構的变化を駆動しているのか, それとも, 地球振動/ジオイド変動が気候的応答を引き起こしているのか? これらの事件のうちいずれが最初に起きるのか, を決定することは, きわめて重要である.

第四紀気候学

第四紀は, 次の2つの気候特性 (signature) によって特徴づけられる: ①最近の約80万年間の上部更新統気候特性 (the Upper Pleistocene Climatic Signature=UPCS), および②約90万~200万年前の中部更新統気候特性 (the Middle Pleistocene Climatic Signature=MPCS). この変化は, $^{18}\text{O}/^{16}\text{O}$ 比にもっともよく記録されている (Prell, 1982; Pisias and Moore, 1981). UPCSは地球軌道の離心率に相当し, 酸素同位体データにおける大振幅-長周期 (10万年) 性—それは単一の主要氷河期を示す—を有する. MPCSデータは小振幅-短周期性をもち, 1サイクルの持続期間はおよそ2万~4万年である. より短いサイクルのMPCSは, 気候が地球軌道の先行 (precession) と傾斜に関連している期間である. MPCSは, 1つの間氷期として特徴づけられる. これら2つの不整合的な時間単位 (MPCSとUPCS) は, 堆積学・古生物学・地球物理学 (反射法地震探査および坑井電気探査データ) および同位体年代学によって解明された海水準の変動によって, 気候

的/氷河的に形成された.

国立海洋大気部 (National Oceanic and Atmospheric Administration: NOAA), 国際研究所 (International Research Institute: IRI), スクリプス海洋研究所 (Scripps) および他のグループのエルニーニョ現象の研究に携わる主だった研究者たちの間で, 地球温暖化の原因についての見解が一致していない. ある研究者たちは, 人工的ガスが温室効果 (対流圏に太陽熱を蓄積する) を介して, 地球温暖化とエルニーニョの頻度増大 (過去15年間にエルニーニョが1982-83年, 1986-87年, 1991-92年, 1994年および1997年のそれぞれ冬季に発生した) に関与していると主張する. 他の研究者たちは, 人為的效果とはかわりなく, 気候の歴史的記録が過去にも周期的に発生したことを示すように, 地球は自然的過程で温暖化しているのであろう, と議論する. さらに, 別の研究者たちは, 長期間にわたる寒冷化のなかの一時的温暖化であろうと信じている. モデル化の努力によって, さまざまな気候指標を用いて過去の気候を再元することにある程度成功し, エルニーニョ事件の先駆現象がかなりよく理解できるようになった. しかし, 確定的な証拠と合理的な学説がなければ, 気候の長期変化予測は, もっともうまくいったとしても, やはり曖昧であろう.

重力変化

重力の変化はありふれた事象であり, 多くの因子によって引き起こされる. 赤道近くで測定された重力値は, ほぼ 980gals ($g=9.8\text{m}/\text{sec}^2$) である. 地球形状が扁平化して遠心力が減少するため, 重力値は極へ向かって減少する. 変化は, 地形的変化, 内部質量の側方変化, 内部質量分布の変化にも依存し, さらには, 変化量はかなり小さいけれども, 地球自転速度の変化によっても影響される. 質量不均質性による重力測定値の変化は, 平均的重力値の gals 単位で 10^{-6} ~ 10^{-4} オーダであり, 変化量は sub-mgal の範囲になる (NASA, 1987). 重力の短周期潮汐変化が, 太陽, 月および惑星の引力によっても引き起こされ, また銀河や宇宙の周期性によってより長時間スケールで引き起こされる. 造構性ジオストリーム (tectonic geostream) や渦状構造内部における密度振動にともなう重力値は, 10^{-6}gals よりも小さいオーダであり, ugal の範囲になる.

マントル流動の規模と構造は, 現在, 論争の焦点になっている. 地球化学的同位体研究は, 多層構造の存在を示すかのように解釈されてきた (Jacobsen and Wasserburg, 1981). しかし, 地球物理学的議論は, 一層対流系がより

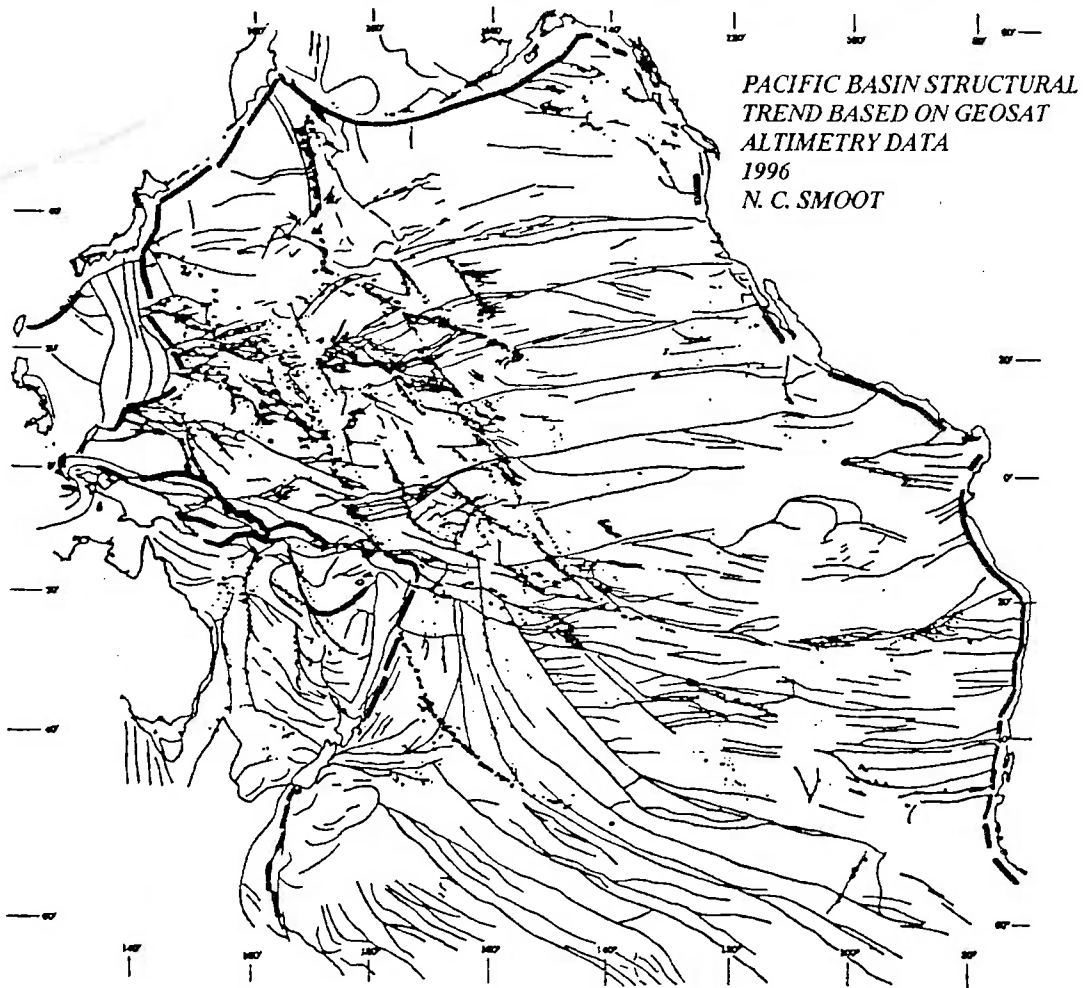


図3 大太平洋海盆の主要構造方向. 構造方向は、衛星測量による海水準以上の高度に関与する.

確からしいことを示す (Spohn and Schubert, 1982) . もし多層対流が存在するとすれば、670-km地震不連続面は上部および下部マントルにおける分離した流動システムを区分する境界であろうと仮定される. マントル流動にともなう湧昇流および下降流のために、この境界面のうねりや鉛直変位が、さまざまな波長範囲にわたって発生する (Christensen and Yuen, 1984) . 成層したマントルの重力特性は、均一組成のマントルのそれらとは全く異なっている. その結果、高解像度重力データは、完全な仮説をより良く描き出すのに利用することができる (NASA, 1987) .

渦状構造中における鉱物群(mineral suites)の相変化:

重力性長距離伝播のメカニズム

収束境界のジオストリーム (geostream) に沿う地震データによると、そこでは、地震のほぼ80%が表層の100kmで

おこっているようであるが、リソスフェアは40-km以深のところでは剥離しているように描写される (Smoot, 1997) . 深度80-150kmの区間での上部マントル組成は最大50%のエクロジャイト (玄武岩の変成高圧相で、輝石とざくろ石できている) を含んでいるであろう (Ehlers and Blatt, 1982) . エクロジャイトは、高速の運搬場では、地表まで移動しうる. Wyssession(1995)は、次の相変化境界面[複数]に地震発生場を設定した: 1) 深度450km面、そこでは玄武岩の主要構成鉱物であるカンラン石がその高密度相であるスピネルに変化する. 2) 650km面、そこではスピネルが相変化を受ける. これらの相変化深度は論理的に推論されたものである、ということをおくことが重要である. 収束境界に発生する地震の1%以下が450-km境界で発生し、650-km境界で発生するのは2%以下である. リソスフェアは、アセノスフェア中の深度40-km以下のところできかなり剥離しており、そこでは、玄武岩からエクロジャイトへの相変化がまずもって起こっている

(Smoot, 1997) . 収束境界あるいは海溝は、深部の、より高密度のマントルジオストリーム (mantle geostream) —それは、より軽い上部アセノスフェアジオストリームに対して逆流している—によって形成される。この仮定は、海洋ダイナミクス、すなわち黒潮やメキシコ湾流の下を流れる寒冷で、より高塩分濃度の逆流からなる機構流 (organized flows) に類似する。渦状構造[複数]は、熱・密度駆動対流によるアセノスフェアジオストリームおよびマントルジオストリーム中へ、そしてそれらから、鉱物を運搬する。それらは、拡大帯/収束帯および島弧のような大きなモーメントをもつ領域にそって発生するのが一般的である。気候パターンにみられる類似構造は、弧状の気候フロントに沿って発生する巨大対流 (supercell) の形成や竜巻の発達である。

マントル条件 (すなわち、高温高圧) 下に設定された室内クリープ試験にもとづいて、マントルの岩石が力の法則で

ある[powerlaw]非ニュートン流体レオロジーにしたがって変形するものと推論されている (Kohlstedt and Hornack, 1981) . 上部および下部マントル双方の粘性が約 10^{18} Pa-sec (Wu and Peltier, 1983) であることがいくつかの研究でみだされているが、他の研究では、下部マントルの粘性はおおよそ1桁大きく、アセノスフェアは 10^{16} Pa-secの粘性をもつことが示されている。しかしながら、マントルのニュートン流体モデルがマントルの粘性を描きだすためにずっと利用されていて、アイソスタシーによる後氷期隆起やカナダのハドソン湾周辺の重力データに適合している (Peltier and Wu, 1982) . 非ニュートン流体レオロジーを用いた研究は、下部マントルの粘性がおそらく一定ではなく、下部マントル全体では2~3桁のちがいがああることを示す (Karato, 1981) . 1つの可能性は、揮発性物質の存在とマントル内部の不均一性によって、その変形メカニズムはニュートン流体としてモデル化されるであろう、ということである (NASA, 1987) .

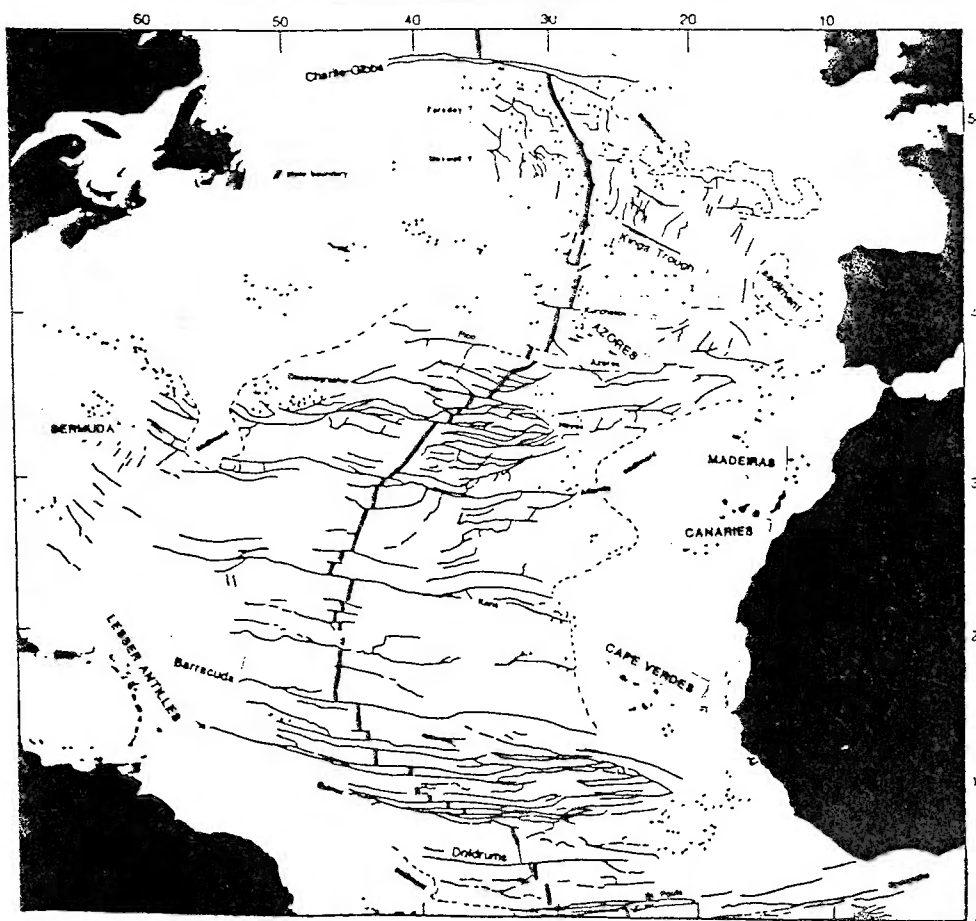


図4 赤道から北へCharlie-Gibbs断裂帯にいたる範囲における北大西洋断裂パターン。詳細はSmoot (1988, 1989)を参照。

マントルおよびアセノスフェア中では粘性が著しく変化し、不均一性が大きい。ため、造構性渦状構造内部では、鉱物群 (mineral suites) における相変化に起因する密度振動 (density oscillations) が発生することが、いっそう起こりそうである。これらの密度振動は、大気に対して重力的連動を誘導するであろう。回転と沈み込みに関するニュートン流体モデルのベクトルサージ分析によると、3.5 KHzの地震データをもちいたアドリア海盆の下降渦状構造は、造構方向 (tectonic trend) と震央データ、すなわち、この地域全体にわたる5年性のサージを描き出す (Leybourne et al., 1995)。このモデル化の効果は、地球全体にも適用される (Smoot and Leybourne, 1997)。

造構性ファブリック：気候学者のための分析手段

インド洋、太平洋および大西洋海盆のhigh-passフィルタをかけたジオサットデータから編集された構造方向図 (第2, 3および4図) は、125マイル以下の波長をもつ海水面起伏の広域的方向性を示す。これらの海水面の起伏方向は、約20ヶ月データ補正でみると5'ごとのグリッド単位内における平均的なデータセットとして地球内部の密度変化を反映している (Cheney et al., 1989; Sramek, 1992)。この手法は、潮汐、嵐による大波、および季節変化を平準化して、重力的变化によって形成される特徴を抽出する傾向をもつ。ただし、主要海流のような半定常的海洋ダイナミクスも、このような起伏特性を形成するかもしれない。開けた大洋性海盆における第1級の広域的構造方向にフィルタをかけた海面高度データに関する限定的解釈によって、それは、これらの構造方向の海洋ダイナミクスの効果を限定している。残余的構造方向は、海底起伏による重力変化に起因する海面高度変化に近似する。こうして、海面起伏と海底起伏にみられる第1級の構造方向を重ね合わせると、それらは一般的に合致するはずであり、実際にも合致する。

海軍海洋局で1980年代に編纂された北大西洋の大海底地形図 (おもに高解像度の水深データをほとんど完全に網羅している) にもとづいて解釈された海底の構造方向図は、主要な断裂谷と海山の位置を示している (Smoot, 1989)。この地図は、Smoot and Meyerhoff (1995)によるジオサット (Geosat) よりも精度に劣るシーサット (Seasat) データに匹敵するものであった。1995年のhigh-passフィルタをかけたジオサットデータ群にもとづいて描かれたジオサット構造方向 (図4) は、1.7km (この衛星の足跡? [footprint]である) 以下のわずかなオフセットをもつ構造

方向にさえも適合していることを示す。海底構造方向とジオサットの構造方向を比較すると、次のいくつかのことがらわがる：(1)構造方向の一致、(2)構造方向が海底地形図上で途切れているところでも、ジオサット図では堆積層の下に追跡することができる、(3)RomancheおよびSt. Paul's断裂帯はジオサット図では1つの群として表現され、それらは接合している (海底地形図では接合していないところでも)、(4)両データセットにおいて、Barrauda, Vema, Guinea断裂帯はすべて、それらの東部で融合していて、ジオサットによれば、それらはさらに東方へ連続していることがわかる、(5)Kane断裂帯は確かに2重の断層跡をもっている、(6)Atlantis/Hayes/Oceanographer断裂帯群は、海底地形図では、それらの東端で融合する、(7)約1,400kmの延長をもつCharlie-Gibbs断裂帯では、38°N~52°Nの間で連続的な断裂を欠いている。Charlie-Gibbs断裂帯は、東方では、アイスランドの渦状構造に連続する。FaradayおよびMaxwell断裂帯は、その地域に現れると推測されてきたが、ジオサットによって確認される可能性がある。これらの断裂帯は、海底地形では明確ではない。海底地形よりもジオサットにもとづく構造方向図をもちいることが優れているのは、堆積物が多く海底地形の構造方向を覆っているにもかかわらず、ジオサットデータでは、重力変化に沿ってのびる構造方向が被覆堆積物の下に容易に追跡される、ということである。この有利さは、ある堆積盆地内における造構ダイナミクスの解釈をおこなうために堆積盆地の広域的造構ファブリックを分析する際に、顕著になる (Leybourne and Smoot, 1997)。

これらのような観測を用いると、気候振動に偏りをもたらす造構メカニズムは、フィルタをかけたジオサットデータの構造方向図 (図2, 図3, 図4) に示される。そして、これらのデータは、長期的気候変化傾向を観測・予測するために、全地球気候モデルの能力を向上させるはずである。造構ダイナミクスは、インドネシア弧とイースター島近くの東太平洋海膨に沿う渦状構造 (図5) との間の造構ファブリック (図5) にもとづいて推論することができる。東太平洋海膨に沿う渦状構造は、フィルタをかけたジオサットデータにもとづくと、イースター島渦状構造の真上の海水面起伏にみられる楕円形リングに表現される。造構性構造の間にみられるこの重力性長距離伝播関係は、南方振動指標 (Southern Oscillation Index = SOI) として1924年以降に観測され、明らかにされてきた。

エルニーニョの地震活動に対するその他の連関：

重力性長距離伝播

エルニーニョに関連してジオストリームが拡大するという事象に関しては、すでに、優れた記録がえられている。SOI指標が小さい期間として特徴づけられる不規則なエルニーニョ周期は、地震活動の不規則性に一致していて、それを偶然的一致として見過ごすことは困難である (Walker, 1995; Forsyth et al., 1995) . 1964年~1987年のSOI指標の著しい低下は、東太平洋海膨 (EPR) に沿う強烈な地震活動期に一致する (Walker, 1988) . T相の地震群は、海嶺系に沿う異常に高レベルの地震活動をともなって発生することがしばしばあり、Juan de Fuca 海嶺に沿う熱水活動および火山活動に一致することが見出された (Baker et al., 1993; Dziak and Fox, 1993; Embley et

al., 1993) . Walderは、Forsyth et al. (1995)にたいする反論のなかで、「(エルニーニョに関連する地震活動の)強い期間における震央およびT相震源位置は、海嶺系にそって数100kmの延長にわたり、また、海嶺頂部から幅数10km以内の地帯に分布していることが見出された」と述べている (Walker, 1988; Walker and Hammond, 1990; Hammond and Walker, 1991) . この地震群にともなう海底火山活動および熱水活動に関連する直接的あるいは間接的な熱的効果の成因的関連性は、Walkerの推測のとおり、エルニーニョと地震活動の間の唯一の関連性というわけではない。



図5 イースター島付近における東太平洋海膨に沿う渦状構造。イースター島直上の海水面起伏にみられる楕円形リングを示す。フィルタリングしたジオサットデータにもとづいて編図。Meyerhoff et al. (1996)にもとづく挿入図は、この渦状構造の

詳細を説明する。

超伝導重力計を用いた研究において大気圧との重力性長距離伝播に関する記述は (Warburton and Goodkind, 1977), 大気圧変化と重力値 (6~45 μgal の範囲内での典型的変化をとまなう0.30 $\mu\text{gal}/\text{mbar}$ の値をもつ) の間の直接的関連を決定的に証明した。それゆえ、サージあるいは造構フロント (ジオイド脈動あるいは惑星波動) は、造構性熱効果を通じてのみならず、SOIを制御する重力性長距離伝播を通じて、海洋/大気ダイナミクスに連結している。太平洋海盆を横切るエルニーニョ事件に関連する造構フロントの広域的重力場の変化は、造構的渦状構造やジオストリームを通じて、とくに、インドネシアにおけるジオストリームの分岐部と東太平洋海膨に沿うジオストリームの収れん部において、増幅される (Leybourne, 1996; 1997)。サージテクトニクス学説が発展するよりも以前の造構学説には、この可能性を表現するための枠組みも用語も存在しなかった。プレートテクトニクス説は、造構性渦状構造、海嶺方向の流動あるいはジオストリーム、造構フロントの存在を考慮しない。サージテクトニクス説は、これらの課題のいずれも、完全に解決しているわけではない。造構フロントは、暗示されたものであるはずである。Meyerhoffは、"ジオストリーム"のかわりに"サージチャンネル"という用語を用いている。しかし、造構ジオダイナミクスが海洋/大気ダイナミクスに類似していることが学説として理解されたならば、重力性長距離伝播を通じた結合は、不可避的に理解しうるものとなる。

重力性長距離伝播：エルニーニョの息

カリフォルニア大学、物理学部における超伝導重力計を用いた研究は (Warburton and Goodkind, 1977), 残留重力 (潮汐効果を除去した残余) と気候パターンに関する周期での大気圧変化の間に存在する強い関連性を明らかにした。重力場の6 μgal の変化は、海水準における大気圧変動に典型的である。最大45 μgal に達する変動が起こりうる。Warburton and Goodkind (1977)は、次のように報告している。

彼らは、重力に対する大気圧の影響を0.1~10回/日の周期範囲に特定して測定を行った。重力計と気圧計の信号の観測パワースペクトル (power spectrum) は、すべての周期にみられる重力信号に関するバックグラウンドのノイズが、気圧変動によって生み出されている、ということを示す。気圧変化に特定して反応し、気圧に密接にともなって変化する重力に対して他の影響がない場合にのみ有為な結果をもたらす部分の重力計信号を計算するために、Cross-

spectral analysis (スペクトル相互解析) が用いられた。大気圧変化にみられるもっとも重要な特徴は、変化が密接に関連して起きる地域の大きさである。たとえば、気候システムの運動に由来する周期的変化が数100kmの規模で密接に関連している (coherentである) にもかかわらず、大気潮汐は世界規模で密接に関連している。2~3回/日の周期帯でのランダムな変動は、数10kmの距離にわたって密接に関連している。任意の圧力変化に起因する重力変化は、この密接に関連する距離に依存する。重力的応答は、考慮される周期帯にわたる圧力変化に対して、本質的には同調 (in phase) している。私たちの重力計信号に加わるノイズは、大気圧のランダムな変動に関連している。重力測定という目的のために、この2つは同調していると仮定することによって、その結果は10%以内の圧力効果を補正されうる。1回/日以下では0.30 $\mu\text{gal}/\text{mbar}$ の、4~7回/日では0.33 $\mu\text{gal}/\text{mbar}$ の補正余地がある。重力の詳細な補正のために、1回/日および2回/日の大気潮汐の圧力、相および振幅が決定され、これらの重力に対する影響がそれぞれ計算されなければならないであろう。

SO (南方振動) は、この新しい造構運動仮説がそれを包含するので、6-45 μgal の間での重力場の変化の効果を引き起こすか、あるいは、そのものであるであろう気圧範囲のなかでかなり変化する。造構性渦状構造のなかでの密度変化は、下部マントルに対しては3乗規模に達する粘性変化があると提案されているので (Karato, 1981), g を数 μgal 規模で変化させるであろう。これは、渦状構造がマントルとアセノスフェアの間の導管であると考えられる場合にはとくにもっともらしくなる。造構的臨界温度-圧力条件での特定の鉱物群 (mineral suites) の間における急激な相変化が、これらの粘性変化にとって想定されうるメカニズムとして考慮されるべきであり (Wysession, 1995; Ehlers and Blatt, 1982), 密度振動は、重力性長距離伝播によって全地球的気候パターンを調節する全地球的振動システムの渦状構造[複数]付近の大気圧変化に変換される。大気圧変化は太陽輻射によって調節された対流圏における対流運動によってひきおこされるのが一般的であるが、造構性渦状構造という領域の内部では、海面圧が造構的に調整された1つの大気圧要素をなす。

渦状構造内部における鉱物群の最大3回の相変化にとまなう鉱物泥漿 (slurry) の密度振動は、とくに下部マントルの粘性変化 (3桁に達する) に結合した場合には、大いにありうることであろう。これらの相変化は、造構フロントにおいて、とくに渦状構造内部において期待されるはずで

ある。東太平洋海膨にそうマグマ噴出期間には、エルニーニョと関連して地震活動が増大する。アセノスフェアおよびリソスフェア全体におよぶ圧力が火山噴火によって開放されるので、マグマの相変化が渦状構造内部で発生する。鉱物結晶格子構造が相変化するのでこの膨張が密度を減少させ、この密度減少は、渦状構造やジオストリーム地帯内部において 10^{-3} 以下の重力減少をひきおこす。このわずかな重力場の弱化は、膨張あるいは密度減少に由来する圧力減少として大気へと伝達される。こうして、それは、造構性渦状構造から地表のみならず、インドネシア付近の海盆をよこぎってジオストリームを通じて他の渦状構造へも長距離伝播される。これは、エルニーニョを制御しているSOのメカニズムを説明するものである。SOはGETGOSの最大の振動であり、大規模な気候変動に影響をあたえる。気候研究に費やされる数100万ドルは、もし以上のことがらを私たちがGETGOSから知りえていたならば、別の方向に振りむけられていたかもしれない！

エルニーニョの波

海洋/大気相互作用だけを結合したモデルは、これまで、気候変化傾向を適切に説明していなかった。世界気候研究計画における赤道周辺重力波という課題は、太平洋における原爆実験が実施されていた期間に、Yanai et al. (1968)によって初めて発想された。これらの成層圏重力波の主要な源は、赤道近くの成層圏上部における高い熱塊のためにひきおこされる対流活動に由来すると考えられている。おそらく見落とされているであろう重力波変動の源は、地球波と結合した影響にあるのかもしれない (Leybourne, 1996)。これらは、毎月あるいは2ヶ月ごとにインド洋から東方へ移動する一群の風雨にほかならない。1997年前半には、とくに強力な風雨群が2つ発生し、予測よりも早く貿易風を弱め、エルニーニョに向かうひきがねとなった可能性がある。6月になると、温度は 4°C あるいはそれ以上上昇し、1982年以來はじめて全太平洋にわたって貿易風の向きが逆転した。

MJOは、マントル内の小規模な対流によって、はたして引き起こされるのであろうか？ 論理的計算結果が示唆するところによると、上部マントルの粘性が極端に小さい場合にのみ、子午線方向の対流渦が発生し (Yuen et al., 1981), それらは 5mgals の振幅と約 150km の水平方向の特徴的波長をもつであろう (Buck, 1985)。Seasat高度測定計画による主要な発見の1つは、中部太平洋において予測された波長、振幅および方向をもつ重力値変化 (うねり) である (Haxby and Weissenel, 1986)。しかし、イン

ド洋においては、同じ波長であるが、より大きな振幅変化 ($20\text{--}60\text{mgal}$) をもつcross-grain (格子状?) の変化特性が現れ、それはアジアに衝突しているインドプレートの南北圧縮に応答したりリソスフェアの座屈に起因すると考えられている (Weissenel et al., 1980; McAdoo and Sandwell, 1985)。これらの特性はアセノスフェアの粘性に関連する情報を含んでいるのであろうか、あるいは、それらはリソスフェアの応力とレオロジーを示唆するのであろうか (NASA, 1987)? MJOから上部マントルにおける子午線方向の対流渦への重力性長距離伝播は、惑星波 (造構フロント) の東方移動であるエルニーニョの引き金メカニズムとしてありうる原因であろう。

1923-37年に発表された一連の論文で、Sir Gilbert Walkerは気候的長距離伝播の特性をあきらかにする統計的方法を開拓した (Brown and Katz, 1991)。1957-58年の異例の海洋および大気異常が起きる以前には、それらが唯一度だけのものではなく、Jacob Bjerknesが提唱するまでは、経年的に発生していることを全世界的な異常気象に関連づける論理的根拠が存在しなかった。彼は、エルニーニョと南方振動を結びつける物理メカニズムをWalker Circulationと名づけた (Rasmusson and Wallace, 1983; Ramage, 1994)。彼は、海水面温度勾配が、この循環を駆動する温度勾配の必要条件であることを記述した。1970年代には、検潮データの分析にもとづいて、Klaus Wyrtkiがケルビン波説 (Kelvin Wave Hypothesis) を提唱した (Wyrtki, 1975a and 1975b)。それは、この循環を駆動する風の変化に応答する熱帯太平洋の循環が変化することによって発生する温暖化事件の始まりに関連する基本的な海洋ダイナミクスを考察したものである。

ケルビン波は暖かい赤道水を東へ運び、重力によって駆動された作用とみられるエルニーニョのパルスであると考えられる。それらは、通常はインドネシアやニューギニア付近に存在する西赤道太平洋の暖水塊に由来し、太平洋を横断するのに2-3ヶ月かかる。これらの波はSOIの位相にしたがって経年的規模で東へ移動する。このより低塩分濃度の暖水塊と東太平洋からのより高塩分濃度の冷水塊が収束して、顕著な塩分フロントを形成する。このフロントの帯状変位、すなわちケルビン波が、エルニーニョ/ラニーニョ期の風送 (しばしばサイクロンあるいは台風になる) 表面海流の変化をひきおこす (Picaut et al., 1996)。サージ説 (Meyerhoff et al., 1996) にもとづくと、インドネシア弧は地球上の最大の造構性湧昇渦状構造である。インドネシア下のジオストリームは分岐し、北側の要素はフィリピンや日本の島弧を経て、"火の輪"をと

りまく北太平洋gyreをつくりだす。南側の要素はニューギニアを経て、ニュージーランドの南に達する。東西方向のジオストリーム（図3）は、インドネシアと東太平洋海膨の間の赤道収束帯と同期して、エルニーニョ/ラニーニョ条件に依存して流動する。東西成分はイースター島付近で収束し、そこでは、北側および南側のジオストリーム要素が、それらにいだかれた海盆群をとりまく周回ルートの終点で出合うことなる。ダーウィン（オーストラリア）の北方のはるか沖合にあるバンダ海のWeber深淵は、中央渦状構造（造構的竜巻/ハリケーンの目）とみられ、造構起原の最大熱放出と同様、惑星に発生する最強の逆符号の長距離伝播をひきおこすため、おそらく東太平洋海膨に比肩するものだろう。このように、海洋盆の造構ファブリックは、気候ダイナミクスに組み込まれている作用を理解するためのすぐれた道具となっている。

気候に影響を与える他の波はRossby波であり、エルニーニョの場合には、その実態はアメリカ大陸沖のケルビン波の反射波である。ステニス宇宙センターの海軍研究者によって発見されたように、エルニーニョの効果は数年間にわたって継続する（Jacobs et al., 1996）。海水面高度変動に関する衛星高度測量研究にもとづいて、日本～アラスカ湾における海面の小規模異常（5～10cm）が追尾されることが明らかにされ、それが、1982-83年のエルニーニョ期間にはじまることがみいだされた。これらのゆっくり移動する暖水塊は、南アメリカ沖ではねかえるケルビン波として発生し、二手にわかれて、南北の海岸沿いを移動する。それらは、高緯度側に移動するにつれてより小規模になり、また、この波動が線形Rossby波説に概ね従うため、太平洋をよこぎって反射することもある。それらは、最終的には黒潮に合流し、ゆっくりと散逸する。

結 論

GETGOS内部におけるugal単位の重力変化を観測する相対的重力観測所が全球的に配置されると、それらは地表で検証された衛星高度測量データに必要な確定情報を研究者にもたらし、ugals/日という単位で示されるサージの諸係数を決定することになるであろう。それは、さらに地球-海洋-大気結合モデルに組み込まれ、合理的な将来予測をもたらすであろう。この情報は、ジオイドのうねりを地図化し、気候のモデル化のための全球的指針となるであろう。このデータ群は、地震予知、気候的相関関係（たとえば、磁気圏や太陽黒点の活動度を指標する湖水準）の説明、および、惑星地球の膨張/収縮位相の識別、に有効であろう（Smirnoff, 1992; Wezel, 1992）。

最近起こった惑星の直線配列は、地球重力にugal単位の影響をもたらした。この直線配列は、近年の気候の変化傾向に長距離伝播されている可能性があり、エルニーニョ発生頻度の増大や、進行中の温暖化傾向に一致する。これらの膨張/収縮位相の強さ、規模および持続期間は、気候研究者たちが最近問題にしている疑問に対する回答を保持している。GETGOS内部における小規模な重力変動を精密に測定することによって、造構規制関数やサージ係数の計算を推進する必要がある。これらの成果にもとづいて衛星情報が地表補正されると、地球-海洋-大気結合モデルがもつ真の予測能力が発揮されるであろう。造構フロントの東方移動は、これらの現象にみられる渦状性の増大が1994年末に東太平洋で極大に達し、その後、1995年に大西洋へ移動したことの説明になるであろう（Leybourne, 1996）。1995年の台風シーズンには、多数のハリケーンが赤道大西洋で発生した。大西洋では、1998/99年に、より激しいハリケーンの発生が予想されるかもしれない。

気候的諸作用には、原爆実験のような他の要素も含まれているかもしれない。原爆実験が造構性サージにあたえる影響は、今後の重要な研究課題であろう。テクトニクスの結合効果を理解することによって回答がえられるであろうこれらの疑問や、他の無数の疑問が、科学者たちによってとりあげられることになるだろう。

渦状構造の解析に十分な重力場の解像度をうるためには、ugal単位の重力測定が必要とされる。そのためには、高度測定技術に加えて、安定陸塊に設置された超伝導磁力計を利用することが必要である。試験研究は、オーストラリアのダーウィン付近で実施されるべきである。結果が良好であれば、SOI係数を得るためにイースター島渦状構造内部に観測点を設けることが、次には必要になるだろう。それらが成功すれば、アイスランドとアゾレス諸島の間を結ぶNOAのような最大の予測能力をそなえた観測点を、GETGOSの他の渦状構造内部に設置することが妥当であるであろう。

注：B. A. Leybourne は海軍海洋局に勤務する者である。しかし、この論文は彼の私的時間に準備されたものである。したがって、ここに含まれる意見や主張は著者個人のものであり、合衆国海軍部の公式見解として理解すべきではない。

謝 辞

私のすべての良き友人たちと仲間たちに心からの御礼を申

し上げる。Chris Smootは私にサージ概念を紹介し、私との一連の共著論文を著わし、またEric Villalobos, Allen Lowrie および Joe Cottenは、私のオリジナルなサージ論文の共著者であった。彼らのすべてが、あらゆる機会に、討論、興奮、議論、激励を私と共有した。私の父Allen

Leybourneと私の特別の友人Terry Davisに、とくにお礼を述べたい。彼らは、しばしば激憤させるような会話を数時間にわたって傾聴し、応答し、また、論文校閲をするとともに、真に信頼して下さった。

文 献

- BAKER, E.T., G.J. MASSOTH, G.A. CANNON, R.A. FREELY, J.E. LUPTON, R.E. THOMSON, J.F. GENDRON, B.J. BURD, and R.W. EMBLEY, 1993. Temporal and spatial patterns of chronic and event hydrothermal plumes at the CoAxial Vent Field, Juan de Fuca Ridge, July 1 to October 20, 1993. *EOS. Trans. AGU*, 74:619.
- BROWN B.G., and R.W. KATZ, 1991. Use of statistical methods in the search for teleconnections: past, present and future. In: *Teleconnections Linking Worldwide Climate Anomalies*. M.H. Glantz, R.W. Katz and N. Nicholas (eds.), chapter 12. Cambridge: University Press.
- BUCK, W.R., 1985. When Does Small Scale Convection Begin Beneath Oceanic Lithospheric? *Nature*, v. 313, p. 775-777.
- BUSSE, F.H., 1981. On the Aspect ratios of two-layer mantle convection. *Phys. Earth Planet Int.* 24:320-324.
- CHENEY, R.E., B. C. DOUGLAS, and L. MILLEIR, 1989. Evaluation of Geosat altimeter data with application to tropical Pacific sea level variability. *Jour. Geophys. Res.*, v. 94 (C4), p. 4737-4747.
- CHRISTENSEN, U.R., and D.A. YUEN, 1984. The interaction of a subducting lithospheric slab with a chemical or phase boundary. *J. Geophys. Res.*, v. 89, p. 4389-4402.
- DIAZ, H. F., and M. VERA, 1992. *El Nino: Historical and Paleoclimatic Aspects of the Southern Oscillation*. Cambridge: University Press, 476p.
- DZIAK, R.P., and C.G. FOX, 1993. Seismo-acoustic evidence of a dike injection along the CoAxial Segment Juan de Fuca Ridge. *EOS. Trans. AGU*, v. 74, p. 619.
- EHLERS, E. G., and H. BLATT, 1982. *Petrology: Igneous, Sedimentary, and Metamorphic*, San Francisco. W.A. Freeman and Company 732p.
- EMBLEY, R.W., W.W. CATWALK, I.R. JONASSON, S. PETERSON, D. BUTTERFELD, V. TUNNICLIFFE, and K. JUNIPER, 1993. Geologic interferences from a response to the first remotely detected eruption on the Mid-Ocean Ridge: CoAxial Segment Juan de Fuca Ridge. *EOS Trans. AGU*, v. 74, p. 619.
- FAIRBRIDGE, R.W., 1972. Climatology of a glacial cycle. *Quaternary Research*, v. 2, p. 283-302.
- FORSYTH, D.S., D.S. SCHEIRER, and K. C. MACDONALD, 1995. Link between El Ninos and seismicity is still missing. *EOS Trans. AGU*, v. 76 (17), p. 175.
- HAGER E.H., and R.W. CLAYTON, 1989. Constraints on the structure of mantle convection using seismic observations, flow models and the geoid. *Mantle Convection*. W.R. Peltier (ed.), p. 658-763.
- HAMMOND, S.R., and D.A. WALKER, 1991. Ridge event detection; T-phase signals from the Juan de Fuca spreading center. *Mar. Geophys. Res.*, v. 13, p. 331.
- HAXBY, W.F. and J.K. WEISSEL, 1986. Evidence for small-scale mantle convection from Seasat altimeter data. *J. Geophys. Res.*, v. 91, p. 3507-3520.
- JACOBS, G.A., W.J. TEAGUE, J.L. MITCHELL, and H.E. HURLBURT, 1996. An examination of the North Pacific Ocean in the spectral domain using Geosat altimeter data. *J. Geophys. Res.*, v. 101 (C1), p. 1025-1044.
- JACOBSEN, S.B., and G.J. WASSERBURG, 1981. Transport models for crust and mantle evolution. *Tectonophysics*, v. 75, p. 163-179.
- KARATO, S., 1981, Rheology of the lower mantle. *Phys. Earth. Planet. Int.*, v. 24, p. 1-14.
- KOHLSTEDT, D.T., and P. HORNACK, 1981. Effect of oxygen partial pressure on the creep of olivine: Anelasticity in the Earth. eds. F.H. Stacey, M.S. Paterson, and A. Nicolas. *Geodynamics Ser.* 4, p. 101-107.
- LEYBOURNE, B.A., 1997. Earth-Ocean-Atmosphere coupled model based on gravitational teleconnection. *Proc. Ann. Meet. NOAA-Climate Monitoring Diag. Lab. Boulder, CO. March 5-6*, p. 23. Also: *Proc. 1997 Joint Assemb. IAMAS-IAPSO. Melbourne Au. July 1-9*, JPM9-1.
- LEYBOURN, B.A., and N.C. SMOOT, 1997. Ocean basin structural trends based on GEOSAT data. *Proceedings of Gulf Coast Section of Marine Technology Society. Stennis Space Center Conference, April 23-24, 1997*. p 135-140.
- LEYBOURN-E, B.A., 1996. A tectonic forcing function for climate modeling. *Proceedings of 1996 Western Pacific Geophysics Meeting Brisbane, Au.*, *EOS Trans. AGU, Paper# A42A-10*, v. 77 (22) p. W8.
- LEYBOURNE, B.A., E. L. VILLALOBOS, A. LOWRIE, and J. E. COTTEN, Jr., 1995. Geomorphology and surface acoustic characteristics of the South Adriatic Basin: evidence for rotation and subsidence. *Proceedings of the Third Thematic Conference on Remote Sensing for Marine and Coastal Environments. Seattle, WA, 18-20 Sep.*, v. 2, p. 588-598.
- LOWRIE, A., 1986. Model for fine-scale movements associated with climate and sea level changes along Louisiana shelf break growth faults. *Gulf Coast Assoc. Geol. Soc. Trans.*, v. 36, p. 497-509.
- MCADOO, D.C., and D.T. SANDWELL, 1985. Folding of the oceanic lithosphere. *J. Geophys. Res.*, v. 90, p. 8563-8569.
- MEYERHOFF, A.A, I. TANER, A. E. L. MORRIS, B. D. MARTIN, W. B. AGOCS, and H. A. MEYERHOFF, 1992. Surge tectonics: a new hypothesis of Earth dynamics, In, "New Concepts in Global Tectonics", S. Chatterjee and N. Hotton III (eds.), p. 309-409.

- Lubbock. Texas Tech University Press.
- MEYERHOFF, A.A., I. TANER, A. E. L. MORRIS, W. B. AGOCS, M. KAMEN-KAYE, M. I. BHAT, N. C. SMOOT, and D. R. CHOI, 1996. Surge Tectonics: A New Hypothesis of Global Geodynamics. D. Meyerhoff Hull (ed.), Kluwer Academic Publishers, 317p.
- NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION, 1987. Geophysical and Geodetic Requirements for Global Gravity Field Measurements 1987-2000. Geodynamics Branch Report of a Gravity Workshop, Colorado Springs, CO., Feb 1987. 45p.
- PELTIER, W.R., and P. WU, 1982. Mantle phase transition and the free air gravity anomalies over Fennoscandia and Laurentia. Geophys. Res. Lett., v. 9, p. 731-734.
- PICAUT, J., M. IOUALALEN, C. MENKES, T. DELCROIX. and M.J. MCPHADEN, 1996. Mechanism of the zonal displacements of the Pacific warm pool: implications for ENSO. Science. v. 274, p. 1486-1490.
- PISAS, N.G., and T.C. MOORE, Jr., 1981. The evolution of Pleistocene climate: a time series approach. Earth and Planetary Science Letters, v. 52, p. 450-458.
- RAMAGE, C. S., 1994. The Enigma of Weather - El Nino. Scientific American, p. 78-85.
- RASMUSSEN, E.M., and J.M. WALLACE, 1983. Meteorological Aspects on ENSO. Science, v. 222, p. 1195-1202.
- SMIRNOFF, L.S., 1992. The contracting-expanding Earth and the binary system of megacyclicity. In, "New Concepts in Global Tectonics", S. Chatterjee and N. Hotton III (eds.), p. 441-449. Lubbock, Texas Tech University Press.
- SMOOT, N. C., 1988. North Atlantic Fracture Zone distribution and patterns. EOS Trans. AGU. v. 69. p. 463.
- SMOOT, N.C., 1989. North Atlantic fracture zone distribution and patterns shown- by multibeam sonar. Geology, v. 17, p.1119-1122.
- SMOOT, N.C., 1997. Earthquakes at convergent margins. New Concepts in Global Tectonics Newsletter. no. 4, p. 10-12.
- SMOOT, N.C., and B.A. LEYBOURNE, 1997. Vortex structures on the world-encircling vortex street: case study of the Adriatic Basin. Marine. Tech. Soc. Jour., v. 31, p. 21-35.
- SMOOT, N.C. and A. A. MEYERHOFF, 1995. Tectonic fabric of the Atlantic Ocean floor: speculation vs. reality. Journal of Petroleum Geology, v. 18. p. 207-222.
- SPOHN, T., and G. SCHUBERT, 1982. Modes of mantle convection and the removal of heat from the Earth's interior. J. Geophys. Res., v. 87, p. 4682-4696.
- SRAMEK, S., 1992. Seamount detection and size estimation using filtered GEOSAT altimetry data. Marine Geodesy, v. 15, p. 151-163.
- WALKER, Daniel A., 1988. Seismicity of the East Pacific: correlations with the Southern Oscillation Index? EOS Trans. AGU., v. 69, p. 857.
- WALKER, Daniel A., 1995. More evidence indicates link between El Ninos and seismicity. EOS Trans. AGU., v. 76, no. 33.
- WALKER, Daniel A., and S.R. HAMMOND, 1990. Spatial and temporal distributions of T-phase source locations on the Juan de Fuca and Gorda Ridges. EOS Trans. AGU., v. 71, p. 1601.
- WARBURTOU, R.J., and J. M. GOODKIND, 1977. The influence of barometric-pressure variations on gravity. Geophys. J. R. Astr. Soc., v. 48, p. 281-292.
- WEISSEL, J.K., R.N. ANDERSON, and C.A. GELLER, 1980. Deformation of the Indo-Australian plate. Nature, v. 287, p. 284-291.
- WEZEL, F.C., 1992. Global change: shear-dominated geotectonics modulated by rhythmic Earth pulsations. In, "New Concepts in Global Tectonics", S. Chatterjee and N. Hotton III (eds.), p. 421-439. Lubbock, Texas Tech University Press.
- WU, P., and W.R. PELTIER, 1983. Global isostatic adjustment and the free air gravity anomaly as a constraint upon deep mantle viscosity. Geophys. J. Roy. Astro. Soc., v. 74, p. 377-449.
- WYRTKI, K., 1975a. Fluctuations of the dynamic topography in the Pacific Ocean. Jour. of Phys. Oceanography, v. 5, p. 450-459.
- WYRTKI, K., 1975b. El Nino-the dynamic response of the Pacific Ocean to atmospheric forcing. Jour. of Phys. Oceanography; v. 5, p. 572-584.
- WYSESSION, M., 1995. The inner workings of the Earth. American Scientist, v. 83, p. 134-147.
- YANAI, M., T. MARUYAMA, T. NITTA and Y. HAYASHI, 1968, Power spectra of large-scale disturbances over the tropical Pacific. J. Meteorol. Soc. Jpn., v. 46, p. 308.
- YUEN, D.A., W.R. PELTIER, and G. SCHUBERT, 1981. On the existence of a second scale of convection in the upper mantle. Geophys. J. Roy. Astro. Soc., v. 65, p. 171-190.

ORGANIZATION OF THE JOURNAL
(*J.M.Dickins and D.R.Choi, Editors*)

定期刊行物の組織づくり
(*J.M.Dickins and D.R.Choi, 編集者*)

(金井 克明 [訳])

日本でのNCGT運営会議の席上、現段階では正式の雑誌発行は現実性はないが、その方向をめざす事が合意された。

そして、以下のような事が提案された。

1 図書館と組織への配布を広げる必要がある。そして、読者は、図書館や組織と接触をもつべきである。

2 個人に対してはUS\$30.00またはそれと同等の金額、図書館や組織に対してはUS\$50.00またはそれと同等の金額、の予約金を設定する。銀行為替はJ. M. Dickins宛とし、銀行振込は次の口座宛とする：Commonwealth Bank of Australia, Canberra City, ACT, Account No. 2900 429, Account name J. M. & G. A. Dickins. 個人の小切手の場合は、手数料としてUS\$6.00または同等の金額が追

加される。

通貨の送金が困難な国におけるニュースレターの個人の受け取り人がこの予約講読をする必要はないが、その場合は、個人として、または1つのグループとして、あるいは複数のグループとして、可能な額だけ送金していただきたい。

3 E-mailとインターネットのホームページについて、それが財政上有益かどうか検討している。我々の現在の技術では、航空便より割安になることはないだろう。

ニュースレターについて ABOUT THE NEWSLETTER

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。

CALL FOR TRANSLATORS



にゅーすれたーの 翻訳にご協力いただける方、ご連絡下さい！

ニュースレター日本語版 Nos.7~10は、10数名の方々に分担いただきましたおかげさまで、遅れながらも発行にこぎつけることができました。こんごは、より多くの方々にご協力をいただき、翻訳グループ体制をとって発行をつづけたいと考えています。

1号あたりの翻訳期間は、約2ヶ月です。興味をおもいの分野、分担記事のボリューム（小、中、大）、分担周期（毎号、隔号、...）、などのさまざまなお希望とあわせて、下記へお知らせいただければ幸いです。よろしく願いいたします。

れんらく先： 〒680-8551 鳥取市湖山町南4-101 鳥取大学教育地域科学部 矢野孝雄
TEL/FAX 0857-31-5113 EM yanot@fed.tottori-u.ac.jp