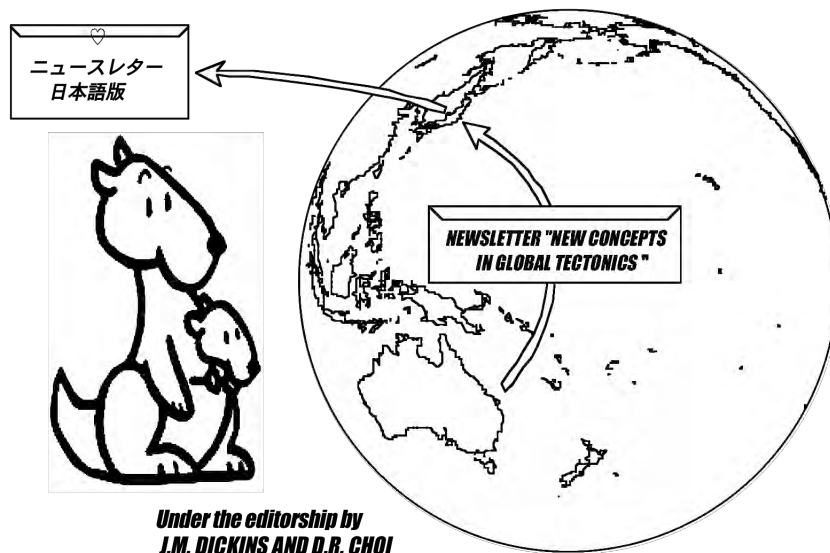

ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

NEWS LETTER *New Concepts In Global Tectonics*

No. 22, 2002 年 3 月（日本語版 2002 年 8 月） 編集者：J. M. Dickins and D. R. Choi



も く じ

■編集者から	 2	■東京フォーラム講演要旨	 16
■ニュースレターへ財政支援を	 2	■ニュースと報告	 21
■編集者への手紙	 2	■出版物	 22
■新刊書 活動的大陸縁の地形学	 3	■ニュースレターについて	 24
■論説			
地殻と上部マントルの構造	 4	★NCGT 日本サブグループのコラム	
地殻応力問題について	 6	オーストラリアでの仮説をめぐる論争.....	25
始生代から現在までの地球膨張	 10	第 32 回 IGC 速報	 28

連絡・通信・ニュースレターへの原稿掲載のためには、次の方法（優先順に記述）の中からお選び下さい：NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS 1) E メール：ncgt@hotmail.com; 2) ファックス（少量の通信原稿）：+61-7-3354 4166, 3) 郵便・速達航空便など：14 Bent Street, Tuner, A.C.T., 2612, Australia (ディスクは MS Word または Word Perfect フォーマット), 4) 電話：+61-2-6248 7638. 次号は 2002 年 3 月下旬に発行予定。投稿原稿は 2002 年 3 月上旬までにお送り下さい。

放棄 [DISCLAIMER] このニュースレターに掲載された意見、記載およびアイデアは投稿者に責任があり、当然のことながら編集者の責任ではありません。＜本号は Mary K. Choi の援助のもと、J. Mac Dickins と Dong R. Choi によって編集されました。＞

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

翻訳・編集：NCGT ニュースレター翻訳グループ <翻訳に関心をおもちの方、ご連絡下さい！>

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

編集者から FROM THE EDITORS

(矢野 孝雄 [訳])

定期的にお送りいただく財政的ご援助によって、ニュースレターの発行がある程度安定性をたもつことができています。これらの購読者の方々に、御礼申し上げます。ニュースレターへの寄稿も、安定的に届いています。

オーストラリア地質学会のニュース誌 "Australian Geologists" で展開されたある議論に、私たちは注目しています。この議論は、プレートテクトニクスの有効性とそれに代わる地球の構造とその発達に関する学説に関するものです。この議論は、私たちのニュースレターに寄稿されたことのある Colin Laing の手紙に端を発しています。

す。Colin は、地球が収縮状態にあると考えています。

[→日本サブグループのコラム参照]

先号までニュースレターで紹介され、本号にも掲載されたアメリカ合衆国コロラド州で5月に開催予定のシンポジウムにご注目下さい。2004年にイタリアで開催予定の万国地質学会 (IGC) では、地球テクトニクスの新概念シンポジウムが組織されることになっていて、みなさまには関連情報をひきつづきお伝えしていきます。

[→日本サブグループのコラムに最新情報]

ニュースレターへ財政上の支援を FINANCIAL SUPPORT FOR NEWSLETTER

(赤松 陽 [訳])

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

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

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

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

編集者への手紙 LETTERS TO THE EDITORS

(矢野 孝雄 [訳])

■ 親愛なる編集者へ

Peter JAMES

.....ちなみに、最新号 (no. 21) にはかなりすぐれた記事が掲載されているように思えた (とくに、David Pratt の諸分析)。時の流れは、まもなく変わりはじめるにちがいない。確実に。

■ 親愛なる編集者へ

A.C.M. LAING

3319 Moggl Road, Bellbowrie, QLD 4070, Australia

2002年1月6日

あなたがたのニュースレターの投稿者のうち、次のような人々に私はいらだちを感じる。すなわち、質量保存の問題を避けて通ろうとし、その結果、膨張地球にたどりつく、そういう人々に対してである。かつていらだちを感じたのは、大西洋中央海嶺であたらしい地殻が形成されつづけると仮定するプレートテクトニクス論者たちにだけであった。地球の大陸お

よび海洋地殻の区別はないが、すべての海洋には（太平洋でさえも）花崗岩質地殻が伏在するであろうことをうけいれると、膨張地球は unnecessary になる。太平洋のまんなかで深部掘削が行われるまでは、伏在する地殻の性質はわからないだろうが。

ところが、地球が冷却し、収縮しつつあることを示す明瞭な証拠がある。第1に、Lyttleton and Bondi (1992)は過去の食の研究において、地球半径の減少が不可欠であることを示した。第2に、岩石の褶曲様式は、おそらく太平洋海盆を除いて、全般的な地殻収縮を示す (Laing, 1978)。第3に、氷冠が南極では5,000万年前以降に、北極では500万年前以降に限って形成されたという事実は、地球から常に熱量が失われていることを示し、そして、地球の内部から外側へ温度が減少することが観測されることも地球が冷却しつつあることを示す。

文 献

LAING, A.C.M. (1978). Crustal shortening in the Australasian Plate. 25th IGC Sydney, 1976, Bull. 1, Australasian Geological Institute.

LYTTLETON, R. A. & BONDI, H. (1992). How plate tectonics may appear to a physicist. Jour. British Astron. Assoc., v. 102, no. 4, 194-195.

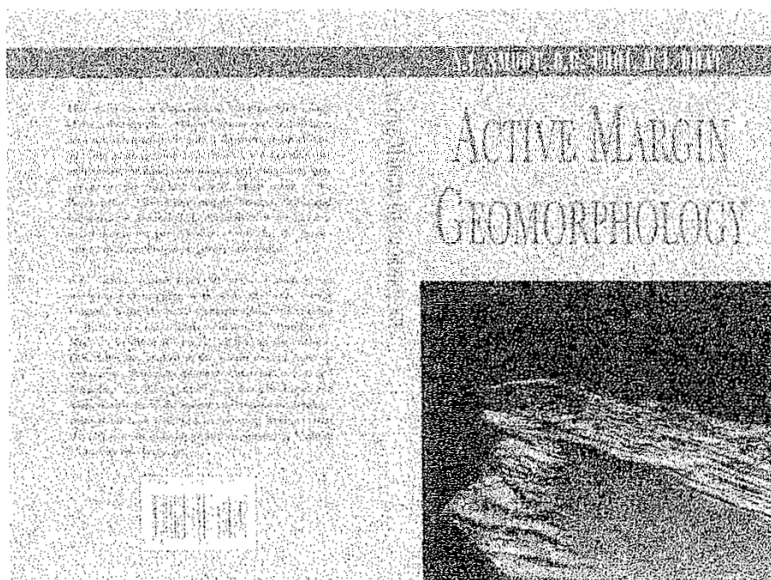
新刊書

活動的大陸縁の地形学 ACTIVE MARGIN GEOMORPHOLOGY

C.N. Smoot, D.R. Choi and M.I. Bhat 著

(矢野 孝雄 [訳])

HOT NEW BOOK!! *ACTIVE MARGIN GEOMORPHOLOGY* by C. N. Smoot, D. R. Choi and M. I. Bhat



2002 年 3 月刊, ISBN: 1-4010-3624-4, 164 p.

本の注文先: Call Xlibris +1-888-795-4274

WWW.xlibris.comをご覧ください. E メールはorders@xlibris.comへ

価格: ハードカバー 27.99 米ドルおよび送料

ペーパーバック 17.84 米ドルおよび送料

電子版 8 米ドル (各自ダウンロードして、印刷することができる)

地殻と上部マントルの構造, および地球規模のダイナミクス
CRUST AND UPPER MANTLE STRUCTURE AND GLOBAL GEODYNAMICS

Nina I. PAVLENKOVA

Institute of Physics of the Earth, Russian Academy of Science
B. Grusinskaya 10, Moscow, 123810, Russia
E-mail <nina@uipe-ras.scgis.ru>

(山内 輝子・靖喜 [訳])

この何十年かの地球物理学的研究は, 地殻と上部マントルにおけるいくつかの規則性を示した. それらはプレートテクトニクスの基本的原理のいくつかを批判的に再検討することを必要としており, そして地球規模のダイナミクスに関する新しい概念の発展のためにおおいに役立つに違いない.

大陸下のマントルの深い根

地殻の構造とマントルの構造との間の密接な関係は, 地震トモグラフィーの研究によって確立されてきた. 大陸の下での深い根(>300km)は, 地震波速度の比較的大きい場所として際立っている(Dziewonski and Anderson, 1984). やや小規模なものに関しては, 多くの広域的な地質学的構造もまた深いマントルの根を持つ (Pavlenkova, 1993). 比較的浅い(100km くらい)アセノスフェア上の薄いリソスフェアの大規模な運動をその根は妨げている. 地球物理学と地球化学の研究は, 時間と空間的における地質構造の規則性と継承した特徴, および地表の地質構造が深部の不均質性と関連していることを確認した. 大陸下のマントルと海洋下のマントルが, いろいろな割合で共存不能の元素をとめない, 異なる構成物を有するということが知られている(Beloussov, 1990). マントルのアルカリ元素と放射性元素に富む部分と”枯渇した”部分との相互関係は, 大陸と海洋の下では異なっている. それは, 海洋地殻が創られた過程とは異なる過程によって大陸地殻が創られてきたことを意味している. 大陸地殻は深い(200km)マントルが融けて, 流体相に富むことにより創られた(Lutz, 1980). 海洋地域ではマグマ性の岩石は水を含まず, それらの源の深さはより浅い(80–100km). 初生的流動相は, 広域的な花崗岩化作用や角閃石相を伴う変成作用を生じながら, 原始大陸の地殻に貫入した. 大量の花崗岩がこの時期を通じて造られた. そしてそれは原始地殻が花崗岩-片麻岩地殻に変質することによって終わりを告げた. これらの二つの過程は大陸地殻と海洋地殻の構成物の違いを説明するだけでなく, 放射性元素の量の違いも説明している. 深部の流体相が, 上部マントルから大陸地殻の中へ放射性元素をもたらした. そしてそれは現在観察される熱流の 50%の熱しか生じていない. 海洋マントルはより多くの放射性元素を含んでいる. そしてそれが 80–100km の深さでの熔融を起こさせているのであろう.

地殻と上部マントルとのあいだの永久的な垂直の関係ま

たは長期間の相互作用は, 地殻の進化を支配し, これらの関係は長い地質時代を通じてしっかりと残っている. 地球規模のプレートテクトニクスに求められている重要なリソスフェアの水平運動は, これらの地殻-マントルの相互作用を破壊してしまうであろう, そしてそれ故その考えは信頼できない.

準水平なリソスフェアの成層構造

古典的なリソスフェアとアセノスフェアのモデルは地震データによっても正しいと証明されない. 詳細な地球物理学的研究は, リソスフェアが本質的にレオロジー的成層構造になっていることを示した. 地震の研究は, 上部マントルにおける複雑な分帯, 不均質性や, 高速度層と低速度層の互層や質の異なる層などを明らかにした. 最も規則的な弱帯は, 地殻中の深さ 10–20km の部分, モホ面, および 100km の深さに決められるだろう(Pavlenkova, 1996). リソスフェアの細かい成層構造の性質は明らかでない. 可能な説明の一つに流体相にかかわるものがある. もし流体相が, ある圧力のもとで不規則に分布し, 濃縮されたならば, 比較的低い温度での局地的な部分熔融を生じるであろう. そして”熱いリソスフェア”のなかに可塑性をもつ層あるいは流動性をもつ層が現れ, アセノスフェアよりも大きな影響を地殻の力学的運動に与えるだろう.

アセノスフェアは連続した層として追跡されることはなく, 分離したレンズ (アセノスフェア) として存在する. そしてこれらは, 構造運動が活発で, 熱流量の高い地域に見られる. 海洋においてさえ, 詳細な地震の研究は中央海嶺の下にはアセノスフェアのレンズだけがあることを示している.

このように, 大陸と海洋のリソスフェアとアセノスフェアは, 剛性のより少ない物質あるいは延性をもつ物質によって分離された, 薄くて硬い物質のユニットとして, レオロジー的成層をしているように見える. これは, 単一の剛体としてリソスフェアプレートが長い距離にわたって動くことは, 全く不可能であるということ意味する. もしも, 単一の連続ゾーンとしてのアセノスフェアが存在しないと考えるならば, この運動は全く不可能に思える.

マントル内の高速度異常

地震トモグラフィーは, 地表から下部マントルへ追跡され

る、多くの傾斜した高速度異常を明らかにした。それらは、しばしば地震の震源面(ベニオフ帯)と一致することが多い。プレートテクトニクスはこの異常を海洋リソスフェアの沈みこみと解釈している。しかし、傾斜した異常はベニオフ帯にだけ現れるのではなく、海洋リソスフェアの存在が提唱されていない大陸内部にも現れている。異常が古い台地の下へ傾いているのではなく、時には明瞭なクレーターの形をして、反対方向に傾いていることがきわめて頻繁にある。マントル対流のモデル(Trubizin, 2000)は、海洋リソスフェアがマントルの中へ50-100kmだけ貫入できることを示した。それより深部でそれは垂直だが傾いた形の塑性流動に変化する。そしてその流動は、マントル漸移帯によって中断される。漸移帯を通り抜けた、傾斜をもつ異常は、簡単に流動体の流れと解釈できる。異常な高速度は、より高い圧力の結果であり、そして橄欖石の地震速度異方性が優れた方向が現れた結果であろう。流動という解釈はこのような場所の多くの観察された特徴を説明している：すなわち、物質の高い流動性、高い熱流量、特別のマグマ成分、高い電気伝導度および地震などを。

海洋における準大陸地殻

地震の研究は、大陸の内部からその縁辺へあるいは海洋へ地殻の構造が規則的に変化することを示した。内部では厚い(40km前後)大陸地殻が見られる。大陸縁辺部では、高速度のために下部の地殻が楔状に飛び出るので、地殻はより薄い(25-30km)。地殻は薄くなり続け、海洋ではそれがいっそう明確になる。そしてここで大陸地殻は海嶺地域では準海洋地殻に変化し、海盆では海洋地殻へと変わる。後者は主に玄武岩から成っているが、大陸地殻の上部10-15kmは花崗岩-片麻岩から成っている。しかしながら、20-30kmの厚さをもつ古い大陸の岩石や地殻が海台や非震性海嶺の下で発見されている。大西洋、インド洋および太平洋でのボーリングで、浅海堆積物が広く分布していることが示された(Rudich, 1990)。海洋地殻は深海盆でしか見られないので、海洋の広い地域が、後の非常に急速な沈降の前に大陸地殻を有していたことを、ボーリングデータは意味している(Frolova, 1997)。このことは大陸地殻が準海洋型や海洋型へ変化することを示唆している。

このような地殻タイプの転換には、高い熱流動とマントルの物質の移動(endogenic regime of tectonic-magmatic activation, Beloussov, 1980)がともなった。このことは、次のことによりさらに証明される：(1)造構造運動の活発な地域と大規模な安定卓状地の間にみられる熱流量と地殻の厚さの逆相関；(2)深い堆積盆(platform depressions and sea)の下の地殻が、伸張の証拠をもたない“塩基性化作用”によって厚さを減じた；(3)熱的あるいは構造的に活発な地域(西ヨーロッパ、中国東部)における地殻の厚さの薄化は、地殻下部層の高速度(異常)が火成活動あるいは構造運動によって取り除かれたときに生じる。

それゆえ、地質学的データや地球物理学的データは、海洋地殻は海洋底の拡大によってのみ創られるのではなく、大陸地殻の変質や破壊によっても創られることを示している。大陸地殻は、いまの海洋の広い地域にわたっていた。

地球規模のダイナミクスの新しい概念

この十年間に、プレートテクトニクスに批判的な多くの論文が公表された(Barto-Kyriakidis, 1990; Beloussov, 1990; Storetvedt, 1997; Pratt, 2001)。プレートテクトニクスに取って代わるいくつかの概念が提案された。もっとも発展した考えに、Beloussov (1990)による endogenic regime concepts や Storetvedt (1997)による global wrench tectonics theory がある。

著者は endogenic regime concepts とプレートテクトニクスの合理的な見方を結びつけること、およびマントルの相転移帯や液体核に沿って移動を生じるようなマントル層の“滑動”を提案してきた(Pavlenkova, 1993)。このような“滑動”または相対的回転は、古地磁気データが求める南極から赤道へ向かう大陸の運動を説明することができる(Storetvedt, 1997)。そしてこの“滑動”は、異質で不連続のアセノスフェアの上で厚さをひどく変えているリソスフェアプレートの運動よりも、求められるエネルギーの消費は少ないであろう。いまこの考えは、地球規模のテクトニクスの二つの主要な原因：つまりマントルの回転と地球の脱ガスを考慮した概念の中で発展した。マントル回転(“滑動”)の原因は、月-地球-太陽系における地球の相対的位置の周期的変化による、地球回転面の変化なのである(Avsyuk and Afanasieva, 1997)。回転軸の可動性は、地球の回転面と楕円体の形のあいだに不一致を引き起こし、それが液体の核の周りにマントルの滑動を引き起こす原因なのである。提案されている上部マントル全体の運動は、地表近くの構造の深い根を破壊しないであろうし、さらにプレートテクトニクスモデルに元来あった特徴も説明できるであろう。テクトニクスにおける物質の調節としての深部マントルの“滑動”は、地球の進化の後期段階まで始まることはなかったであろう。そしてそれは、独特の地質学的過程をもつ中生代の始まりにたいする説明を提供するであろう。

二つ目の重要なダイナミクスの原因は地球の脱ガスである(Marakushev, 1999; Letnikov, 2000)。地球の核からの流体相の流れは大陸地殻を創り、大陸のマントルと海洋のマントル(大陸の根)に違いを生じ、上部マントルにレオロジ的成層を生じた。それらはひじょうに流動的で、内因的造構システムに急速な変化を起こす。それらはまた、地殻タイプの転換にも重要な役割を演じている。種々の流体造構システムが、地殻の円構造や線構造、大規模な垂直運動、周期的構造運動あるいは火成活動の進化その他を説明することを可能にする。

文 献

- AVSYUK, YU. N. and AFANASIEVA, L. V., 1997. Astronomy information in geodynamic constructions. In, Shalpo, N. N., (ed.), "Problems of tectonosphere evolution. Moscow, IPE RAN, 404-412 (In Russian).
- BARTO-KYRIAKIDIS, A. (ed.), 1990. Critical aspects of the plate tectonics theory. Theophrastus Publications, S.A., Athens, Greece.
- BELOUSSOV, V. V., 1990. Endogenous regimes of continents and regularities of their development. Mitt. Geol. Paleont. Inst., Univ. Hamburg, v. 69, p. 251-265.
- DZIEWONSKI, M. A., and ANDERSON, D. L., 1984. Seismic tomography of the Earth's interior. Amer. Sci., v. 5, p. 483-493.

- FROLOVA, T. I., 1997. Magmatism and taphrogenic basin origin. In, Shalpo, V.N. (ed.) Problems of tectonosphere evolution. Moscow, IPE RAN, p. 350-362.
- LETNIKOV, F. A., 2000. Fluid regime of endogenic processes in the continental lithosphere and metallogenic problems. In, Rundkvist, D. V., (ed.), Problems of global geodynamics, GEOS, Moscow, p. 204-224 (In Russian).
- LUTZ, B.G. 1980. Geochemistry of continental and oceanic magmatism. Moscow, Nedra (In Russian).
- MARAKUSHEV, A. A., 1999. Origin of the Earth and its endogenic activity, Moscow, Nedra, 253 p. (In Russian).
- PAVLENKOVA, N.I., 1993. Structural regularities in the lithosphere of continents and plate tectonics. Tectonophysics, v. 243, p. 223-239.
- PAVLANKOVA, N. I., 1996. Crust and upper mantle structure in Northern Eurasia from seismic data. In, Dmowska, R. and Saltzman, B. (eds.), Advances in Geophysics, v. 37. Academia Press, Inc.
- PRATT, D., 2001. Plate tectonics: A paradigm under threat. Jour. Scientific Exploration, v. 14, p. 307-352.
- RUDTCH, A. M., 1990. The world ocean without spreading. In, Barto-Kiriakidis (ed.), Critical aspects of the plate tectonics theory, v. 2, p. 343-396. Theophrastus Publication, S.A., Athens, Greece.
- STORETVEDT, K. M., 1997. Our evolving planet: Earth history in new perspective. Bergen, Norway. Alma Mater.
- TRUBIZIN, V. P., 2000. The mantle convection with floating continents. In, Rundkvist, D. V. (ed.), Problems of global geodynamics, GEOS, Moscow, p. 7-28 (In Russian).

地殻応力問題について ON THE STATE OF STRESS IN THE EARTH'S CRUST –A FURTHER NOTE-

Peter JAMES

98 Enoggera Terrace, Paddington, QLD 4064, Australia

(宮川 武史 + 角田 史雄 [訳])

1. はじめに

地球の地殻上部の現地応力は民生や鉱業に大きく影響する；深部水準のそれは、おそらく構造運動的活動に大きなかわりを持つと考えられる。

地殻上部においては、地殻応力の垂直成分はそれなりに予測されているが、水平応力場においては広くさまざまな値が計測されている。その範囲は、ときには負の値からしばしば垂直応力の何倍もの値にまでわたっている。これまで、これらの地殻応力の条件が意味するところは、地殻がたびたび初期破壊の状態に置かれることである、と推論されてきた(1)。最近出版されたオーストラリアのデータは浅深度の応力パターンについてこれまでより踏み込んだ考察を与える。そのデータは、はからずも、ジオイドに変化をもたらす構造運動的応力の理論を支持している、と解釈できるものになっている。

2. 地殻の応力

以下の議論には有効応力の原理が使われる。簡単にいえば、圧縮と剪断による自然物質の変形は、作用する応力の全体によるのではなく、全応力から孔隙圧力(蒸気と水)を差し引いた応力による、ということである。この原理は1950年代のケンブリッジにおいて最大載荷 $1 \times 10^5 \text{ kPa}$ (地殻中約6kmの深度に相当)という条件で、鉛球(?lead shot)を用いて試験された。この段階で、鉛球はほとんど固体になったが、なお有効応力の原理に調和的にふるまった。硬岩の狭いヒビ割れの閉口にはこれより2ケタも大きい圧縮載荷が要請されるが、このことからまた、モホ面にいたる連続的な孔隙の存在を、合理的に仮定できるように思われる。筆者が判断した大孔隙群(?reservoir)に誘導された地震波(1)もまた、少なくとも

深度 12-15km までは剪断応力に有効応力の原理が効いていることを示している。

有効垂直応力 σ_v' はほとんどの目的に対して十分な精度で、式

$$\sigma_v' = \sigma_v - u$$

で与えられる。ここで $\sigma_v = d \times \gamma$, $u = d \times \gamma_w$ であり、 σ_v は全垂直応力、 u は孔隙内物質の圧力、 d は地殻の深度、 γ は岩石の密度(γ_w は孔隙内物質の密度)である。モホ面では、密度のばらつきに対する許容範囲を考慮して、これは

$$\sigma_{vO}' = 1.5 \times 10^5 \text{ kPa (海洋地殻, 厚さ 6km とする)}$$

$$\sigma_{vC}' = 5 \times 10^5 \text{ kPa (大陸地殻, 厚さ 30km とする)}$$

とあたえられる。

(関連して、これらの値はクーロンの方程式 $\tau = c' + \sigma_v' \tan \phi$ を用いてモホ面強度を予測するのに使える。延性領域における硬岩(2)に対して、また、ベニオフ帯の傾斜によっても、 $\phi = 30^\circ$ が適当であると推定されている(付録を見よ)。精度をあまり落とさずに粘着力を無視することができるから、剪断強度の値は、海洋地殻の基底で $0.9 \times 10^5 \text{ kPa}$ に、また大陸地殻の基底で $3 \times 10^5 \text{ kPa}$ にちかづく。これらの値は、高温のモホ面で行った室内実験から推測される値の範囲と非常によく対応している。)

垂直応力には簡単に到達できるが、地殻の水平応力にはさらに多く問題がある(脚注1を見よ)。正常に固結した堆積物では、水平応力は理論的に

$$\sigma_h = \sigma_v \times v / (1 - v)$$

であたえられる。ここで、 v はポアソン比：不可圧縮物質に対して0.5；多くの岩石に対して0.2。これはほとんどの岩石に対して、水平応力は垂直応力の約1/4しかないと予測することである。しかしながら、じっさいの現地計測は、水平応力が垂直応力の8-9倍にのぼることを記録

している。時おり、説明の中に侵食サイクルという概念が引用される。例えば、厚層堆積の条件のもとで、堆積物の中に水平応力が形成され、閉じこめられたとしよう。侵食サイクルの期間に、垂直応力は漸次減少するのに、水平応力ははっきりと一定のままにとどまる。この過程のある段階で、水平応力が垂直応力を超えるまでにいたる。実に、事態は垂直応力が水平応力を十分に下回るので、岩石の

剪断強度を超過する剪断応力を生み出すところまでいくと想定される。このような段階では、後に概略を述べるように、岩石破壊が起こるのであろう。しかしながら、侵食仮説は、表 A に示されるように、このことがらの全経過を与えるには全く不十分である。

第四コラムに与えられた固結前の载荷は、粘土質の堆積物がその全過程でしがった最大の载荷として、エドメータ試験から定義されている。この载荷は典型的な垂直応力であるとされている。しかしながら、イングランドにおける白亜紀以来の産状のように、このような塊状堆積の条件とそれに続く侵食サイクルが、一つの見事に連続した系列に組み込まれたのは何時、何処でなのかを理解するのは非常に難しいことである。

ボーエン堆積盆とシドニー堆積盆においては、降荷仮説によって推定される侵食の総量は地向斜的条件と、侵食に先立つ構造運動的な隆起を意味するとされる、しかし両地域の堆積岩はほとんどの場所でフラットに成層している。それならその高い水平応力は何処で発生するのか？ 明確な解答は構造運動の効果ということであり、この解明への道は参考文献 (3) に与えられたデータの富を用いて、より深く発展させるのである。

3. 地殻浅層部における造構作用の結果

図 1 には、Bowen 堆積盆（クイーンズランド州）、Sydney 堆積盆（ニューサウスウェールズ州）、Yilgarn クラトン（西オーストラリア）などにおいて、Enever, J.R. & Lee, M.F. (2000) が測定した、原位置での応力値も含まれている。こうした原位置における応力状態は、それぞれの地域において、つぎつぎとモールの円で表示できる。Bowen 堆積盆の地層の大部分は、何枚かの石炭層をはさみ、水平に近い二疊系と三疊系の泥岩シルト岩互層からなる。いくつかの低角の衝上断層により、かつてそこが圧縮状態におかれていたことを示している。図 1 から、全般的に圧縮された状態の中で、水平応力が垂直応力を上回っているようにみえる。増加率が急激に落ち込んだ後で、地下 300m ほどのレベルにおいて、急速に最大圧縮応力が増している。

地下 100m, 200m, 300m における応力の測定値をモールの円にプロットしたのが図 2 である。この図では、実線が全応力を示している。それぞれの深さで計算された孔隙圧を考慮すると、波線で示された有効応力円はグラフの左側へ移動する。

有効応力の円の包絡線は 32° で傾いている。このことは、つぎのような根拠によって、この線が岩体の剪断強度に関連しているように考えられる。かなり長期にわたる侵食があったと考えると、垂直応力は減っていくが、水平応力は岩体中に残されたままになる。地表近くでは、水平応力と垂直応力（剪断応力）との差はいっぺんに大きくなる。たとえば、地下 100m 以浅ではたらく最大水平応力があるとすると、岩体はその応力差に逆らわないので、破壊されない。破壊は、地震のときなどに、すでに存在していた不連続的なもの、たとえば、衝上性の断層とか、単なる節理などが動いたり、拡大したりして発生するのであろう。こうした破壊が発生する段階においては、岩石の内部は複雑な構造になっている。ここでいう Bowen 堆積盆の浅所に分布する岩石の剪断限界角の水平成分は、 $\phi' = 32^\circ$ で

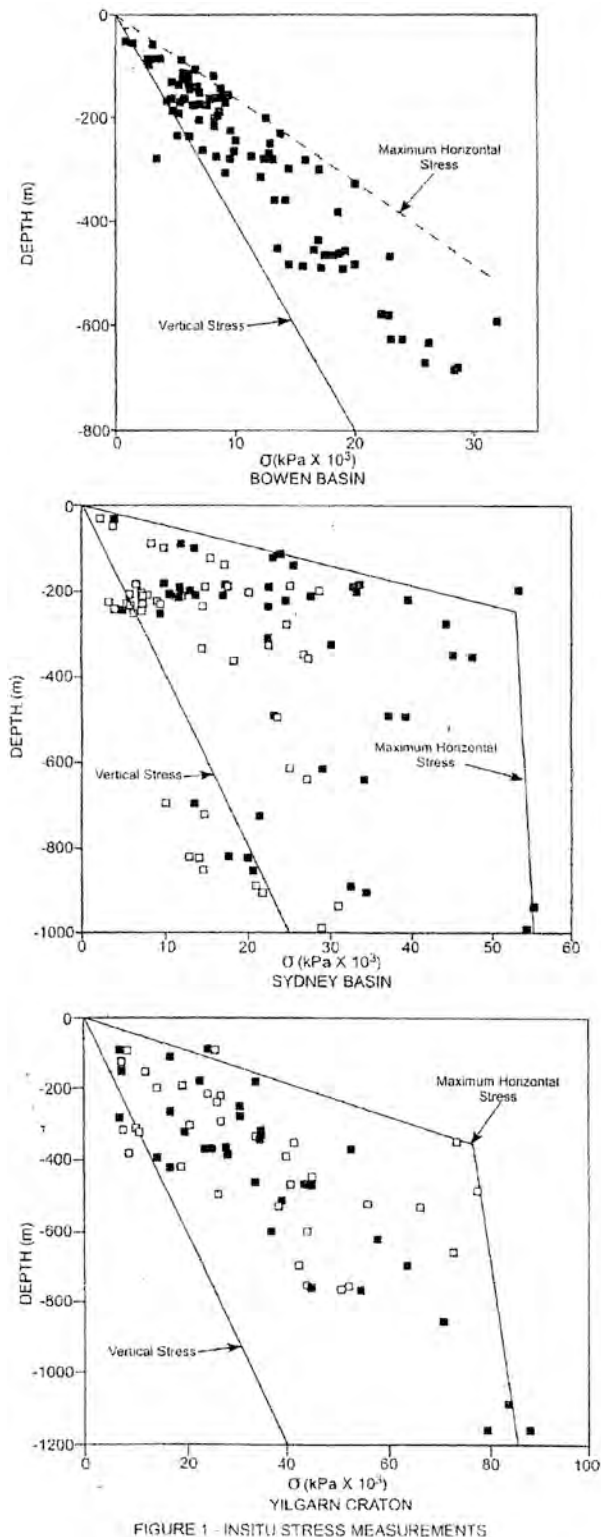


図 1. 現地応力の計測結果

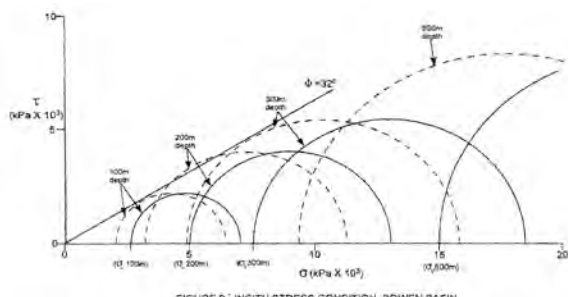


図2 ボーエン堆積盆の現地応力の条件

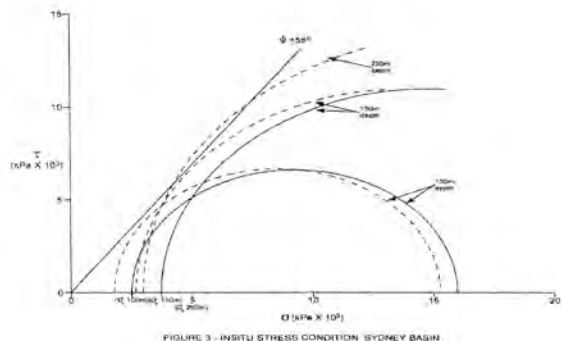


図3 シドニー堆積盆の現地応力の条件

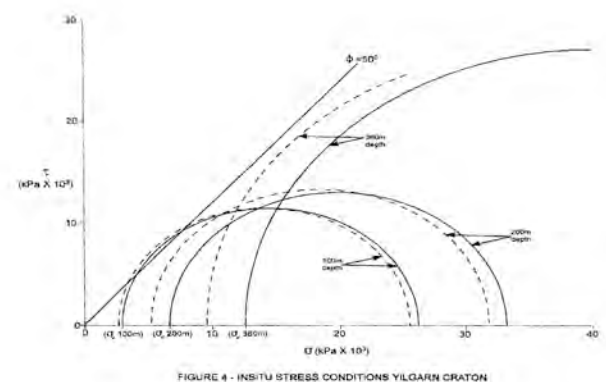


図4 イルガン・クラトンの現地応力の条件

ある。もちろん、この値がいかなる衝上断層にも当てはまるわけではない。それは、破壊が残存外力によっても発生しやすいからである。岩体に垂直にはたらく剪断力とか、層理に斜交する方向にはたらく剪断力の場合でも、この力は適用できない。

さらに興味深い結果が、図1に表れている。破壊が生ずるときには、必要以上の剪断応力は解放されていないのである。上側にある岩石類は、破壊寸前の状態のままなのである。つまり、モールの円で示されているように、破壊がいつ起きてもよい応力レベルにある。このような破壊寸前の状態は野外でも観察されている：すなわち、かなり浅い露天掘りの鉱山の底面のもり上がりとか、地下で石炭層を採掘している谷の変形（文献4）とか、地震をひき起こす貯水池（文献1）などである。Bowen 堆積盆の地層の場合、地下600mで 3.2×10^4 kPa（キロパスカル）の最大水平圧縮力が測られた。

塊状の Hawkesbury 砂岩層（三畳系）をふくむ Sydney 堆積盆の地層は、西部の単傾斜構造をのぞけば、ほぼ水平に堆積している。その単傾斜構造区域では、繰り返し、圧縮応力が測定された。図1で示されているように、浅所では、垂直応力の8倍もの水平圧縮応力が測られている。ここでの最大水平圧縮力は、地下200mで、 5.5×10^4 kPa である。このレベルより下では、水平成分の変化はまったくない。地下200mまでの応力は図3のモールの円で示される。ここでの応力限界は、およそ 55° で傾いている包絡線で示される破壊曲線である。水平方向からの力に対応したこの高い値は、おそらく、この堆積盆の大部分を構成している地層のせいであろう。

Yilgarn クラトンでの計測は、先カンブリア紀の盾状地内の「サヤ」のような形をしたグリーンストーン区域で行われた。ここでの最大水平応力は 8×10^4 kPa であったが、この値は地下300mをちょっと超えたあたりで測られた。これより深いところでは、Sydney 堆積盆と同じように、水平成分の変化はまったくなかった。図4から、 50° ほどの剪断面角はこうした地層のものである。

著者は、オーストラリアプレートの北縁ぞいでは、上記の造構的なおうりよくはが衝突に関連しているとした場合の総括を試みた。プレートをうごく造構様式においては、プレートは剛体であるとされている。これを前提にすれば、衝突境界とプレート内の応力との関係を論理づけることは可能である。しかし、これは希望的観測にすぎない。

Bowen 堆積盆と Sydney 堆積盆の地層間の水平応力の違いは 2×10^4 kPa より大きい。さらに、北縁での衝突とか、剛体としてのプレートによるこれ以外の運動によって、こうした状態になったとすると、上記の地点間のプレートは、圧縮されて短くなっていたはずである。うごくプレート内の硬い岩石のヤング率を仮定し、これだけの応力差があれば、Sydney 堆積盆と Bowen 堆積盆間の2地点では、およそ3kmほどの短縮が起こるはずである。それにくわえて、この短縮は第三紀にはまだ始まっていなかったと考えられるが、そのときはすでに衝突そのものは開始されていたか、あるいは、すでに進行中であつたはずである。これらの短縮を示すものは何もない。

本論では、それぞれの地域で最初からあった応力状態は、その地質区だけのごく独自なものであり、他の地域のそれとは不連続なものである。事実、Sydney と Yilgarn の両堆積盆における大きな水平応力レベルは、両地域における高い地震活動度と対応しているものである。一方 Bowen 堆積盆では地震活動度はずっと低い。すでに述べてきた議論では、大きな水平応力についてのみ述べてきたが、3つの地域のいずれにももっと低いレベルの応力（ $<50\%$ 垂直方向）も存在する（脚注2参照）。こうした引張状態のモールの円の場合、一般に、圧縮応力の下での場合にくらべて、包絡線は下側にくる。ただし、この場合、Bowen 堆積盆の2～3個の測定値は除いてある（図1には示されていない）。しかしながら、引張応力は摘要で示したように、節理などが関与して岩体内で簡単に浪費されてしまい、たやすく解放されてしまったのだろう。問題は、「上部地殻で測定された応力レベルが、なぜ、このような幅のあるものになるのか」であるが、これについては次節で紹介する。

kPa = 1000 Pa, Pa（パスカル；N/m²；kg/m sec²）
1 bar = 10^5 Pa = 10^6 dyn/cm² = 10^5 Pa

TABLE A

Formation	Depth of Measurement (m)	σ_b (as times the vertical stress)	Required erosion (m)	Preconsolidation Loading (m)
London Clay	< 20	2-3	100+	160-300
Lias Clay	< 20	4	300	900
Bowen Basin (QLD)	300	3	3600	-
Sydney Basin	200	9	7000	-

Note: Data for the Bowen and Sydney Basins have been taken from reference (3)

4. ジオイドの変化に関連する造構応力

地球は赤道でふくらみ、両極で平らになっている。かりに、地殻の基本要素が赤道から極、あるいはその逆方向へ緯度をよこぎって移動したとすれば、その要素は楕円体というかたちの影響をうけたに違いない。これ以外のことも考えられようが、地殻上での応力負荷に対応できるのは、ジオイドの変化しかないように考えられる。

緯度と直角方向に移動する均質な地殻を考えると、そこにかかる応力は 1.28×10^5 kPa (文献5) と計算される。この値は偶然にも、花崗岩の剪断応力と同じオーダーになっている。しかも、硬い岩石に対応するヤング率をあわせて考えれば、上記のジオイドの変化で生まれる歪みに必要とされる値にたっている。地殻のもつ2つの運動様式による影響を考えれば、簡単な有限要素法をつかった解析で示されるように、海と陸の境界部における応力が、ここで示される値のオーダーを超えて大きくなることは明らかである。一方、緯度線とまじわる角度が90度より小さく、緯度の真ん中をとる移動の場合、ジオイドの変化による応力はより小さいものになるだろうから、赤道とか極を通る場合より、「傷」は少なくてすむだろう。

ジオイドの変化による応力を圧縮で考えてきたが、引張の場合に尾摘要でできるかどうか注目してみよう。この場合、大陸移動を想定した地殻の移動をさすのか、それとも、地理学的にみた極移動を想定した上でのジオイドの変化のすすんでいく様子をいうのかは、考えておく必要がある。なぜかという、これまで述べてきたように、筆者は移動学派ではないからである。以下に述べるように、地質学的な事案を超越した道具立てとしての「ジオイド応力モデル」づくりには、ともかく、そうしたプレート概念は必要ないのである。

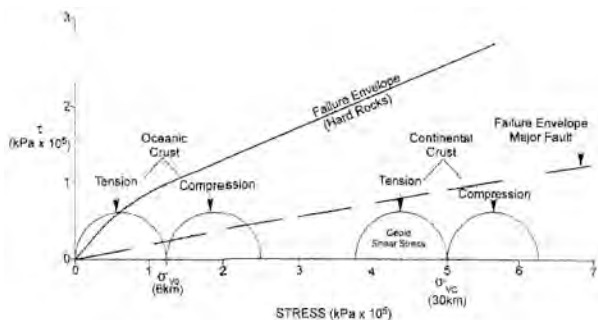


FIGURE 5 - MAXIMUM GEOID STRESS AT BASE OF CRUST

図5 地殻の基底における最大ジオイド応力

緯度方向の移動があったとして、引張と圧縮という2つの場合のジオイドの変化による応力を考え、それらそれぞれを原始的な海洋と大陸のそれぞれに適用してみよう。この場合、4つの基本的な状態が与えられたものとする、それらの状態は、図5のようなモール円で表される。硬い岩石(地層)の破壊包絡線は、30°の傾きをもち、脆性-塑性境界を越えたものとして描かれる。どんな応力状態であっても、モール円がこの包絡線と交わるところが破壊状態になっていることを示している。それらのプロットした結果は以下のようにまとめられる：

○ 引張状態の下では、ジオイドの変化による応力で、原始海洋地殻がより破壊されやすい。

○ 原始海洋地殻が圧縮された状態では、地殻がきわめて薄くないと、破壊や衝上性の断層運動などは起こりにくい。

○ 原始大陸地殻の場合、最大のジオイドの応力がかかったとしても、圧縮・引張のいずれの状態の下でも、破壊にいたらない。

こうした結論は、やや誇張はあるものの、ジオイドの変化による応力が、地質過程の中でいかに重要な役割をはたしているかを示している。

引張の場合

最大の引張ジオイド応力は、海洋の底部において計算された剪断力より大きい。一方、緯度方向に90°移動したときに生ずる歪み(0.4-0.5%)は、脆性的な岩盤の破断限界を十分に超える大きさである。さらに図5は、海洋地殻が緯度にそった南北方向に大きく移動したときにくらべ、経度にそった東西方向への移動のときのほうが、はるかに破断が生じやすいことを示している。

さらに、かりにジオイド応力モデルが正しいとすると、海洋地殻における引張破壊の事例がたくさん見つかるであろう。事実、この場合、海洋の海嶺や海溝こそその具体例といえる。文献6による爆破測線からのデータによれば、海溝はくさび形をした海洋地殻の落ち込みで、モホ面が押し下げられていることが分かる。こうした現象を説明できるのは引張しかない。太平洋の海溝の年代幅は大きく、水平層を有するもののなかには、中生代にまで遡る年代のものもある；これこそ、海溝が運動をとまわずに形成されたことを示す明白な証拠である。

大陸地域で引張破壊が起きるためには、はるかに薄い大陸地殻で指摘したと同じで、モールの応力円がもっと左へ移動しなければならない。さらに、薄い大陸地殻が破断

するには、大規模な地殻の弱線とか断層系によって生成されるような破壊包絡線が必要になる。こうした理由により、大陸地殻の破断は、海洋地殻よりずっとむずかしく、はなはだ起こりにくい現象なのである。興味あることに、東アフリカリフトバリーは、既存の先カンブリア系を切る断層にそって走っている。

圧縮の場合

原始海洋地殻では、よほど薄い地殻であったとき以外は、圧縮による破断は現れなかった。島弧系でも海洋地殻が破断する兆候を示せたのであろうが、ジオイドモデルによる検討はやっておらず、推論の域をでない。

原始大陸地殻では、圧縮による破断は起こらない。もちろんここで起きることのなかに、大陸地域の縁辺にそって形成された厚い地向斜堆積物が圧縮で破断されやすいこともふくまらるだろう。地向斜が引張場でつくられた後、圧縮場で堆積物が座屈をおこして曲がり、褶曲山脈にそって形成された厚い地向斜堆積物が圧縮で破断されやすいこともふくまらるだろう。地向斜が引張場でつくられた後、圧縮場で堆積物が座屈をおこして曲がり、褶曲山脈を形成していくことについては、次の報告で考察することにしよう。

付 録

ベニオフゾーンは、2つの選択配向性的な角度をもっている；一つは $27-30^\circ$ の角度で、もう一つはおよそ 60° の角度である。これらは本質的に、それぞれ、衝上断層と正断層の角度を示す。これらはいずれも地質の幾何学的な形態として実証済みのもので、図6のような簡単な砂箱の実験でも確かめられる。この箱の一方は可動式になっている。その端をわずかに外側へ動かすと、砂に引張がはたらく。すぐに破断ができるが、その破断面のかたむきは理論上、 $45 + \phi/2$ になる。砂丘砂の場合は $\phi = 32^\circ$ であり、この場合の破断面の傾きは 61° になる。端を内側へ押し込むと、加重や歪み量がやや大きい

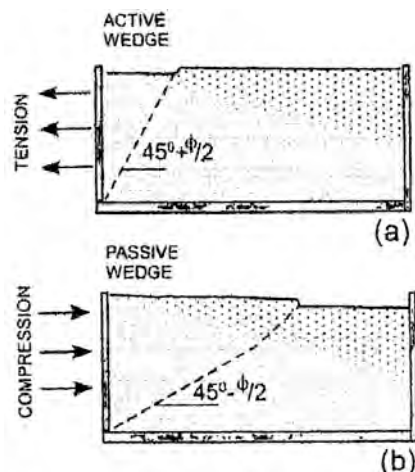


FIGURE 6 - SAND BOX EXPERIMENT
(a) Development of an active wedge
(b) Development of a passive wedge

図6 砂箱実験

(a) 能動的くさびの発達 (b) 受動的くさびの発達

と、圧縮による破断ができる。この場合の破断面の傾斜角は $45 - \phi/2$ で与えられ、砂丘砂のときは 29° である。

このことに基づくと、ベニオフゾーンの傾斜は、引張と圧縮とに起因しており、 $\phi = 30^\circ$ という値は、計算から求められた塑性帯における硬い岩石の強度と調和的な値といえる。

脚注

1. Heim は、「液相中での場合、水平応力と垂直応力とが等しくなる深度がある」と述べた。これが本当にあったのだとしたら、地震など起こりはしない。

2. 著者は、トンネル内での測定中に、共役の負の水平応力にでくわしたことがある。しかし、それは一度きりなので、異常な事例であった。

文 献

1. JAMES, P.M. (2000) Mechanisms of reservoir induced seismicity. GEOENG 2000, Melbourne.
2. BARTON, N.R. (1976) Recent experiments with the Q-system of tunnel support design. Proc. Sympos. Exploration for Rock Engineering, v. 1, Johannesburg (Balkema).
3. ENEVER, J.R. and LEE, M.F. (2000) On the prediction of rock stress. GEOENG 2000, Melbourne.
4. HILLEARD, P.R. (1993) Bedrock movements and failure of the Stanwell Park railway viaduct. Collected Case Studies in Engineering Geology, Hydrogeology & Environmental Geology, GSA (Ed. G. McNally et al.).
5. HEISKANEN, W.A. and MEINESZ, V. (1958) The earth and its gravity field (McGraw Hill).
6. BOGDANOV, N.A. (1973) Tectonic development of trenches in the western Pacific. Conference on the Western Pacific (Univ. of W.A., Ed. P.J. Coleman).

始生代から現在までの地球膨張過程の分析：現在の研究のレビュー CONTIFICATION OF AN ARCHAEOAN TO RECENT EARTH EXPANSION PROCESS: A REVIEW OF CURRENT RESEACH

James MAXLOW
Terrella Consultants 29 Cecil Street, Glen Forrest, WA,6071, Australia
Email: TerrellaConsultants@bigpond.com

(小泉 潔 + 久保田喜裕 [訳])

はじめに

グローバルテクトニクスは、その厳密な意味において、地球科学のすべての内容を包含し、統合する概念である。すべての造講論を含んでいて、その理論には、プレートテクトニクスや地球膨張のように幅広い多様さがある。プレートテクトニクス理論が1960年代にさかのぼるのに対し、地球膨張の研究はさらに Hilgenberg (1933)の研究までさかのぼり、Carey (1958, 1976, 1988, 1996)により広く押し進められ、Vogel (1983, 1984, 1990)と Maxlow (1995, 2001a)によってモデル化されてきた。

月並みなプレート論において、古地磁気学が伝統的に現在のプレートテクトニクスの根拠と考えられている。放射年代測定と関連して、それは一連の古地磁気の位置データから古代の磁極の位置を決めることに、広く使われた。これらの極の場所は、プレートが集まってくる間の緯度を拘束するために、それぞれの大陸毎に、見かけの極の移動経路を調べることに使われている。現在、少なくとも原生代後期にさかのぼるプレートの集合がプレート運動によるランダムな広域的な融合-分離-融合の周期的な事件の間に生じており、全体として地球の衝突の歴史を、月並みな古地磁気の研究は示唆している。

これと同様な古地磁気極のデータは、膨張する地球のモデルをプロットしたとき、複雑で広域的な融合-分離-融合事件に関係する必要な場合を除いて、正反対に対立した南北磁極に、自動的に集中する。この独特な現象は月並みなプレートテクトニクスの集合では不可能であることを理解するべきであり、地球膨張は本当に論証によってなされる造構過程であることは確かである。さらに、この独特な現象は、すべての紀と代から、すなわち始生代から現代までの極を含むまでに広がり、それ故月並みなプレートテクトニクス論は、事実として支持できず、科学的に矛盾があることは確かである。

地球膨張及びプレートテクトニクス両論の導入以来行われてきた集中的な地質学的・地理学的・地球物理学的な研究が、すべてのグローバルテクトニクス理論を試すのに十分に有効なグローバルな基礎データを増やしてきた。この批評において、地質学・測地学・古地磁気学・古地理学・古生物地理学・古気候学や鉱床成因論からの実例を含む現代のグローバルなデータは、この科学的な矛盾に立ち向かうために、そして、それに代わって成立しうる始生代～現在の地球膨張過程を示すのに使われる。

現代のグローバルテクトニクスの定量化に対する重要な地球物理学的な貢献は、全地球海洋底地殻の海洋地磁気の地図を作ったことと、放射性及び古生物学的年代決定の完成であった。NCGTの中で表明されている意見を考慮しないと、この海洋地図作製は、前期ジュラ紀にさかのぼってすべての海洋底に示されたプレート運動の歴史を、有限の空間的・時間的な拘束に不利なだけである。膨張する地球の視点から復元された歴史は、すべての大陸が、小半径のジュラ紀の地球上で手細工でともにくつつきうることを実際に示した。現在の海洋地図作製は、単に我々に緯度経度的にプレートの再編成を拘束する独特な平均値を用意しているにすぎず、その結果として起こる時代の隔たりを通じての地殻生成の速度をは過去の平均値なのである。

後三畳紀地球膨張に関する先の研究は(Maxlow, 1995;

2001b)、プレート復元を膨張する地球モデルに変換するために CGMW&UNESCO (1990)の海洋地図を利用し、現在から前期ジュラ紀にさかのぼる復元をおこなった。中央海嶺の拡大軸に平行に連続して移動する若い海洋地殻と減少している地球半径で残っている大陸と海洋プレートとの再結合によって、Maxlow (1995)はそれぞれのモデルを組み立てるために、すべての地殻プレートが再結合するにはともに99%以上の合致をとまなう必要があることを示した。また、これは月並みな静的な半径の地球上では不可能な設定である。

この仮定の限界に関係なく、海洋地磁気地図作製は地球膨張の潜在的な速度を試したり定量化するための決定的な平均値を規定することが、この初期の研究から結論づけられた。初期の研究者には以前には利用することができなかったような正確さで、Hilgenberg (1933)と Vogel (1983)はプレート集合体を確かめるための平均値をまた示している。このようにMaxlow (1995)の後三畳紀のモデル研究は、大陸地質学を役立たせたり、地球膨張の概念を現代の地質学・地球物理学や地理学のデータに応用することによって、始生代にさかのぼっての研究の必要性を促している。

始生代から現在の地質学的復元

NCGTの全会員のために、このレビューは始生代から現在の膨張する地球について現代のグローバルなデータをモデル化するための多方面にわたる調査のまとめを示す。これは最初に地質学的な再編成がグローバルな造構概念に関して、始生代にさかのぼって完成したことを示している。付け加える詳細な情報は、動画を含む著者のCD-ROMを利用でき <<http://jennifer.lis.curtin.edu.au/theses/available/adt-WCU20020117.145715>>から直接ダウンロードする事もできる。

この最新の研究の原理は、地球の24段階のモデルのセットである。それは始生代から現代をカバーする23のモデル、および、最後の1つは500万年後のモデルを示す(第1図)。それぞれのモデルの作成に使われたもとの基本となる地図は、Geological Map of the World (CGMW&UNESCO, 1990)に採録してある。それはわかりやすく大陸と海洋両方の時代毎の地質をグローバルにカバーしている。これらのモデルの作成は、基本的な約束を頼みにしている。それは、地殻の岩石圏が時代とともに蓄積し、歴史的なマーカーが海洋と大陸の地質に保存され、始生代から現代までの古半径とプレートの再編成とともに正確に拘束することを示している。

現在の測地測量と同じように、第1図に示される海洋地磁気地図作製は、すべての海洋が中央海嶺から離れてそれらの表面地域で増加していることを示している。またこれは、伝統的に過剰な岩石圏の処理についての下水溝と考えられてきた太平洋は、それぞれの残存している海洋内に生じたということを含んでいる。明白にここで注意する事は、静的な半径の地球について月並みにプレートを再編成すること(例; Scotese et al., 1988)が一貫していて、それぞれの中央海嶺のプレート縁に沿って時代とともに逆に移動するこの海洋地図作製の不適合の増加を示していることである。この不適合のために、この地図作製またはその問題に関しての深海底の情報が、鮮新世をすぎると、現在では月並みなプレートテクトニクスの再編成に使われて

いない。

この研究を通じて、膨張する地球の後三畳紀のモデルは、活動的な中央海嶺の拡大軸に平行な若い海洋地殻の連続的な移動によって再編成された。すべてのプレートは、縮められた地球半径で、それぞれのプレートまたはそれぞれ大陸縁に沿って先拡大または先引張の配置に戻されていた。三畳紀を通じて、大陸は現在の地球半径の 52% で完全に全地球的に大陸殻のように地球を覆っていることが示されている。大陸の周縁部や大陸上の堆積盆、海洋台地や残存する古代の海洋地殻(例; Choi et al., 1992; Dickins et al., 1992)は、このようにそれぞれの大陸・クラトンや造山帯を取り巻く堆積盆のグローバルなネットワークを形成して合わさっている。

始生代にさかのぼる地球膨張過程の定量化は、海洋岩石圈によって示される基本的に次第に増加する岩石圈の拡大がすべての大陸地殻を含むこと必要としている。大陸が剛体的なプレートのように振る舞うという通用している概念とは著しく違って、膨張する地球の大陸地殻はクラトン・造山帯や堆積盆がもともとの地殻要素に使われることによって、先ジュラ紀のモデルが再編成される。膨張は、大陸上のリフト・造山帯や堆積盆の確かなネットワークの中で地殻が拡大して生じることが示される。

先ジュラ紀の膨張する地球モデルの編成を通じて、すべての大陸地殻は単純に若い堆積岩の移動や大陸の火成活動によって、先引張期、先造山期または先リフト期の配置がだんだんと復元されてきている。この過程を通じて、すべての造山帯の空間的な本来の姿が、先造山期の配置への回復が必要とされるまで保持されて、すべてのクラトンの本来の姿がすべての先造山期や造山期でない堆積盆と大陸火成活動が移動するまで保持されている。すべての若い堆積盆と先造山期堆積物が移動すれば、原始の原始地球は始生代中に完成した、そこには集合したクラトンや残りの原生代の基盤岩を含んでいる。

先ジュラ紀の膨張する地球モデルは、後期古生代の大陸分裂、解体、現在への大陸の分散に先立って、それぞれの大陸のクラトン・造山帯と堆積盆を含む造構レジメが先カンブリア紀と古生代を通じて本質的に空間的に本来の姿を保ち続けてきたことを示している。始生代から前期原生代を通じて、原生代造山帯基盤岩の現在の分布と一致する原生代のクラトン内部の堆積盆のネットワークが、確立されている。このネットワークは、もともとの地殻の弱い地帯を表し、その後の大陸地殻の引張・盆地堆積物や原生代と古生代のクラトン内部の変動に関係する場所を形成している。そしてまた後ペルム紀の大陸の解体や現代の海洋の開口に関係する場所を表している。

海洋と大陸表面地域データの数学的モデルでは、地球は古半径が指数関数的に増加し、ほぼ 1700km の半径の原始の始生代の地球から始まっていることを示している。地球半径の増加の現在の割合は、22km/年と計算されている。始生代から中期原生代後期までの間の地球膨張は、地球の歴史の 30 億年間にほぼ 60km までの増加し、後期原生代から現在の間に地球半径が急激に加速度的に増加していることを示している。地球膨張を 500 万年後に外挿すると、膨張はすべての現在の中央海嶺軸の連続的な拡大と伸長と一致する。

月並みな原生代後期以降のランダムでグローバルな融合—分離—融合に基づくプレートテクトニクス的な再編成に対し、始生代から現在の膨張する地球の再編成は、地質学的に大陸と海洋の構造的なレジメの空間的な配置によって拘束されている。中生代と新生代の間に、すべての大陸がさらに緯度的にも経度的にも、公表された海洋地質と深海のデータを使うことによって、たった一つのプレートに合うように拘束された。これらの再編成は、必要とされたようにたやすく将来に外挿される。

地球物理的・地形学的データ

原生代から現在までの地球膨張モデルに関して、地殻の再構築を定量化するために、空間分布を基本とした測地学的、古地磁気学的、古地形学的、古生物地理学的、古気候学的、そして鉱床成因論も含めた包括的な研究がなされた。このことは、以前は、概念的な地球膨張モデルの確立された造構運動の枠組みの範囲内で、地球の地質学的、地球物理学的、そして地形学的な広範囲な時空分布の研究が常であった。

古地磁気学的な、また、空間を基本とした測地学的データのモデル化は次のことを示している。すなわち、押さえつけられた定常的な地表域を取り除くことによって、地球物理学的・測地学的な観測では半径が一定であること、そのデータは地球膨張に矛盾しない。とくに、McElhinny & Lock (1996)の古地磁気の公表データは、地球膨張モデルに関する古磁極の図を描くために使われるとき、それぞれの地球膨張モデルに対して、北と南といった全く正反対の古磁極の集団が良く合致する結果となっている。これらのモデルは、古磁北は、先カンブリア代と古生代を通じて、東部モンゴル—中国に位置していたこと、引き続き地球が膨張する間、大陸がゆっくりと南へ移動する際に、北極海内で現在の位置に達するまで、シベリアを通過するような北方への顕著な極移動があったこと、を示している。同様に、先カンブリア代と古生代の古南極は西中央アフリカに位置しており、大陸がゆっくりと北方へ移動する際に、南極での現在の位置になるまで、南アメリカと西アフリカの両海岸線に沿って、南への極移動があった。

地形学的・生物地理学的データセットは、地球膨張モデルに応用される際、規制のない古地磁気のデータから決定された古磁極と古赤道の位置が定量的に示される。緯度に規制された岩相の分布には、動植物種のほかにも、氷河成堆積物、炭酸塩岩や石炭があるが、それは、各々の地球膨張モデルにとって、確証された古磁極と非常に良い一致を示している。気候や生物の指標には、確証された古赤道に平行に並ぶような緯度方向への顕著な累帯配列も明瞭に現れている。気候上の累帯配列の北方への顕著な移動は、傾いた地球の自転軸が、古生代から現在まで、黄道の極の方への傾きが継続するなかで決定されたことを示唆している。

地球膨張モデルに描かれた海岸地形は、巨大な推定パンサラッサ、テーチス、イアペトスの海は、再構築の間は必要とされないことを示している(たとえば、Bhat, 2001)。そのかわり、これらの海洋は大陸縁のパンサラッサ、イアペトスとテーチスの海によって取って代わられる。それらは現代の太平洋であり、大西洋であり、そしてユーラシア大陸を現している。先カンブリア代と顕生代を通して出現した地表は、Rodinian, Gondwanan, Pangaean の超

大陸やより小さい亜大陸に丁度等しくなり、地球史を通じ進化する大陸の発達を示すようになる。それぞれのモデルにおいて、大陸発達の原型は、不規則な放散・接合をくり返す事件を必要条件とはしないで、累進的であることが示される。膨張する地球の超大陸の配置は、それから、脈動する造山運動、海水準のユースタティックで前進的・後退的な変化、中生代～現在までを通じて、現代の海洋すべて

が開裂する事件によって、大陸周縁の堆積盆地やリフト帯のなかで、累進的な地殻の展張によって決定される。

地球膨張における海水準のユースタティックで前進・後退をくり返す変化は、気候変化への応答、二畳紀以降のすべての現代の縁海・造山運動・山地形成作用・浸食・海洋の開裂の分布域の移動、中央海嶺に沿う新規の若々しい水の

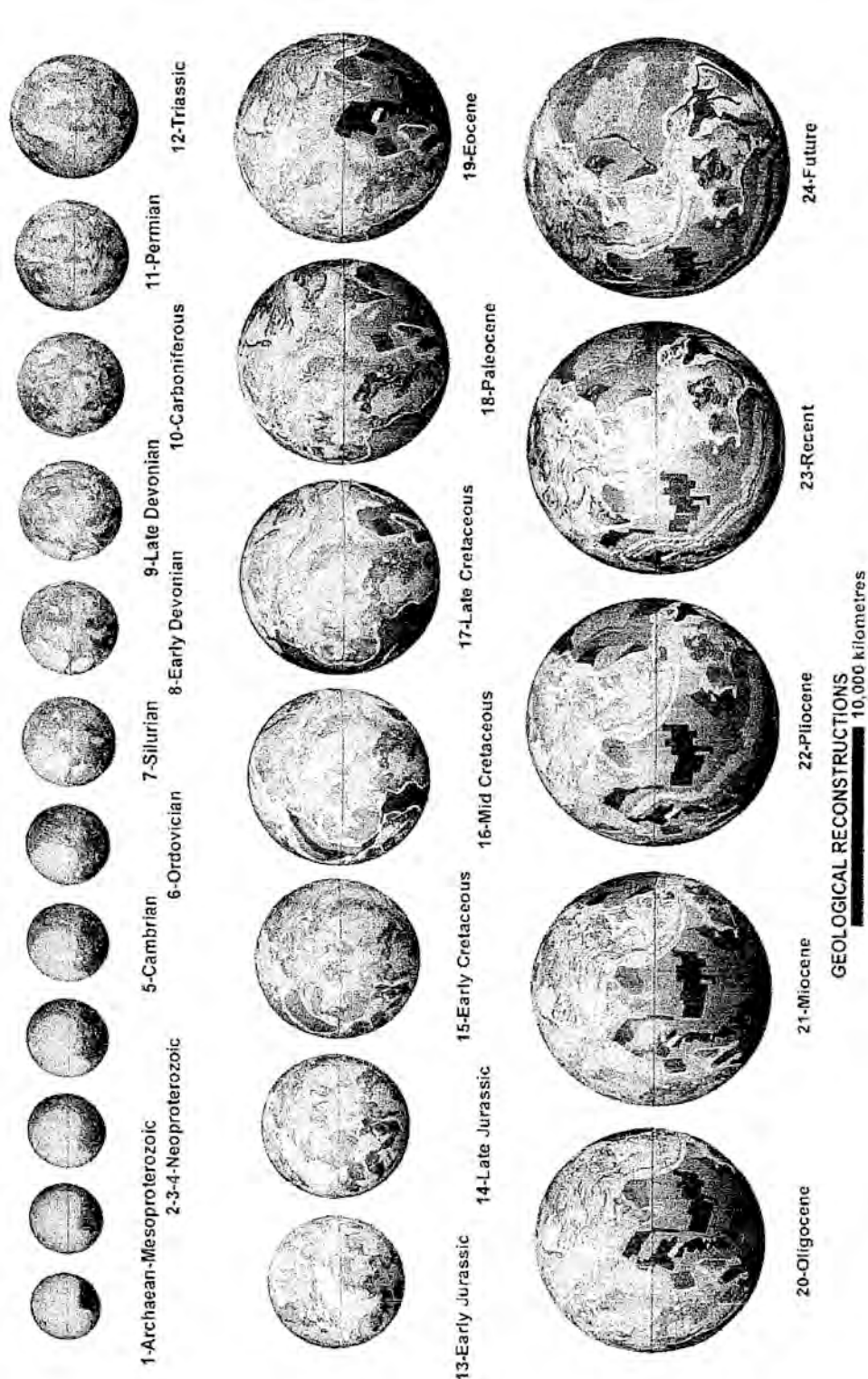


Figure 1 Spherical Archaean to future expanding Earth geological models. Models show relative increase in Earth radii, showing both continental and oceanic geology. Models range in age from the late Archaean to Recent, plus one model projected 5 million years into the future.

図1 始生代～将来における地球の球形地質モデル これらのモデルは地球半径の相対的増大を示し、大陸および海洋の両者の地質を表現する。モデルは始生代後期～現在までの年代範囲にわたり、最後の1つには500万年後の地球が外挿されている。

生成、に現れることが示されている。これらの変化の相違は、露出した大陸の地表が変化することによって、古海岸線へ影響を与える。緯度に規制されている堆積相の分布、緯度方向や辺境地の生物分類群 (taxa) の分布、そして層序・構造的歴史性は、これらの変化の間、海岸線での海進や海退の記録のように、保存される。地球膨張における造山運動は、地表の曲率が変化するのを調整するように、重力の引き起こす陥没、盾状地と原大陸の部分的回転の結果生ずる、盾状地内部と大陸内部の相互作用の地帯に出現する。この陥没と再平衡過程の間、接線的に (Tangentially) 直接的な地殻の運動は、盾状地内部と大陸内部の交代作用、また、あるいは、大陸周縁堆積盆地やリフト帯の中に位置する圧縮として現れるし、広域的に同時進行の変成作用や火成作用を伴うであろう。

脈動的な造山運動の間、この断続的で、交代的な tangential な運動は、長く、線状の、内部で連結している造山帯として出現する (たとえば, Strutinski, 1998)。それらは、原始盾状地または原大陸のそれぞれを取り囲み、展張—造山—展張のサイクルなる多相運動を伴う。

地球膨張モデルでは、褶曲帯の形成する造山運動と、大地を形成する垂直隆起をもたらす山地形成との間に、ある区別がなされた。地球が膨張する間の地表の曲率の変化は、山地形成のための初原的な機構を与える。そこでは、盾状地内部の盆地と大陸縁辺部に関して、大陸内部がもともと高いところか、曲隆したまま残されている。大陸内部の前進的で断続的な重力性の陥没は、アイソスタティックな隆起の結果であり、山地の地形を形成する大陸縁の地塊断層に関連する (たとえば Ollier & Pain, 2000)。この過程は膨張の進行に連れ、周期的となるが、山地形成作用、平坦化作用、堆積作用、隆起や浸食の時相と重複するような複合作用の結果である。

地形的な地球膨張モデルでは、動物と植物の taxa の分布は、確立された古地形、古地磁極や古赤道に関係する分布を示す。古生物地理的な生物と植物の例は、この研究で使用されているが、膨張する地球において、移動の容易さと単純さ、生物地理の発達を描いている。地域的な上に世界的な分布と内的関係は保たれているが、無造作で因習的な大陸の集合—離散は要求されない。大陸が破壊し、現代の海洋が引き続き開裂している間、因習的な移動の経路はそれから分裂される。さまざまな地域に対して、相互に作用し、それらの境界を広げ、あるいは、時間とともに消滅するその地方独特の Taxa を集中している。それから、動物相と植物相の発達のタイミングは、生息地の拡大や破壊、移動経路、そして気候の緩和などによって、ユースタティックな海進と海退の海水準サイクル、進化の促進、移動、あるいは絶滅に反映される。

地球膨張における鉱床成因論は、鉱床生成期と鉱床生成区の前後関係から考察される。鉱床分布と鉱化作用の時空的様式・特性は、鉱物の産状の形態の様式における多様性のみならず、金属の濃集における発展的方向があることを示唆している。鉱床生成モデルは、クラトンとクラトン内環境に一致する、特別な金属の組み合わせが寄せ集まる広域的な領域、広域的な地球規模の先カンブリア紀の鉱床形成区を示している。顕生代の鉱床生成分布は、顕生代の造山帯内に集中する、多量のボーフィリーと花崗岩に関係した金属というきわだった特徴が見られる。地球膨張においては、これらの顕生代の造山帯は、既存の古生代と先カンブ

リア紀の鉱床生成区を切断や変位させており、多様な金属組み合わせは通常マントル起源であることは明白である。

地球膨張の概念は、また、この研究の際に、さまざまな大陸の時空的な造構—層序学的歴史性の研究にまで拡張された。オーストラリア大陸は典型的な例として使われた。

地球膨張におけるオーストラリアは、先カンブリア紀と古生代を通して、古赤道にまたがっており、中〜高北緯度に拡がっている。オーストラリアは、原生代のクラトンと、中国・北米・南米・南極大陸の始生代・顕生代のテレーンに隣接して位置している。フィールドの事実は、オーストラリアの多くは約 2.5Ga 以来ほとんどそのまま、ほとんど連続的な造山運動がシアル化作用を続けてきた (Etheridge et al., 1987; Wyborn, 1988)。顕著な構造方向の特性は、Yilgarn Craton (Rutland et al., 1990) で認められるが、それは Canadian Churchill と Siperior 区に隣接して、構造方向の特性が平行であることが示されている。これは、東西方向 (先カンブリア紀の定位) の地殻の斜め展張であることと矛盾しない。それは、地球規模の古始生代と後の造山事件を通して、シアルへの斜め置き換え作用を伴った、オーストラリアの原生代の Superprovinces と Canadian Archean Slave と Churchill と Siperior 区の間でのことである。

北・東オーストラリアの始生代中期の造山事件はオーストラリア東部の Tasman 事件に一致しているが、それは北米東部の Grenville 造山事件にきわめてよく似ている。地球膨張においては、オーストラリア—タスマニア Superprovince は中央オーストラリアの始生代テレーン、南米のアマゾンクラトン、中央アメリカの残存テレーンに対してクラトンの内側に位置する。Superprovince は、北米南東、南極大陸西方、南米南方における古生代の盆地まで包含するように拡大する。タスマニアの Superprovince の引き続く発達は、地球膨張の間、それから、オーストラリア、北米、南米の間の地殻を引き裂く展張期を示すようになる。

提案された原因モデル

地球膨張に関する提唱された原因モデルは、地球史を通じて、膨張する地球の過程の運動学的な研究だけでなく、かなり思惟的なモデル研究からの観察に基づく。すべての可能性のある原因の考察では、これらの研究はもともと、地球膨張は時間とともに地球という塊が指数関数的に増加する結果である。Carey (1983, 1996) は、増加する質量のシナリオにとって、地球の核内で深く加えられたに違いないと結論づけた。地球膨張の究極の原因は、しかしながら、完全に無限の宇宙の中で新しい事象として、補足的な原因や宇宙規模の膨張の中で模索されなければならない。言い換えれば、この提案の言外の意味を十分評価するために、我々も宇宙の質量もまたどこから来るのか、という質問をし、自信を持って答えるための準備をしなければならない。

地球膨張に関する提案された原因モデルには、凝縮による質量の増加、あるいは、地球の核内部で高エネルギー源からの新物質の分離を含んでいる。この新しい物質は、核—マントルに蓄積されたと推定される。体積の引き続く増加はマントルの膨張の結果である (Tassos, 1998 に部分的に類似)。マントル膨張は、初めは大陸地殻の展張として、

後には中央大洋リフトに沿う展張として、地殻外部へ移動する。この過程は広域的な高熱流とマントルプリュームの発達を伴う。地球の核内での物質の生成は、吸熱反応過程のように思われる。それは、究極的には物質生成過程の衰えと、漸次的膨張休止の結果である。

膨張する地球の原因モデルについて、それは次のように再び推測されるであろう。すなわち、先カンブリア紀の地球一月は白熱の塊で、原始の若い太陽の表面からはじき出されたものであった。先原生代の間の引き続く重力的な不安定状態は、高温の地表温度と高い地熱勾配を伴う二つの星の形成、すなわち地球と月の分離の結果であった。原生代初頭には、地球と月は表面温度が低下し、シアル質の地殻が固結するほどに、太陽からの距離が十分増大した。原生代初期の間、地球のマントルは、地球規模の高い地熱勾配と、地表の低所に横たわる凹地内に溜まった高温のマントル由来の地表水を保持していた。現在の地球に厚さ 30～40km の原生代地殻が残存していることは、初期原生代までに地殻下に少なくとも 200km の厚さの安定化した根があったことを意味する (Wells, 1981)。

原生代後期までに、地球の原始的な地殻のクラトン化作用は終了した。引き続き膨張する間に盆地は拡張され、大陸と縁海間の標高差が小さい、大きく安定なプラットフォームとなった。始生代は比較的地殻が安定した時期で、大陸漂移が進行した。十分明瞭に拡張した堆積盆地内部で火山物質と堆積物の連続的な堆積を伴うものであるが、それはクラトン内の盆地拡張の地球規模のネットワークを示している。拡張-漂移-拡張の多時相は、先カンブリア紀の地球の原因モデルの初生的な形態である。それは、石炭期と初期二畳期の間の大陸地殻の分裂と、現在にまで続く中生代と新生代間の大陸の破壊と放散の前に、古生代を通じて拡張するというものである。

原始大気圏と水圏は、物理・化学・生物学的な過程による連続的な緩和、地球内部からの脱ガス、未熟な成分から多く形成されてきた、と Lambert (1982) によって考察された。地球膨張モデルについて、原始大気圏と水圏は、地球の温度、圧力、地表の重力状態が変化する間に、マントルの液化過程 (devolatilisation processes → devolatilization か) によって、地球史を通して漸進的に発達した。

膨張する地球の新しい未熟な水の生産は、古生代と先カンブリア紀の間、クラトン内部の地殻の拡張帯内に発生したことを示している。中生代～現在まで、生産は主に中央太平洋リフト帯に沿って生じた。地形学的な研究は、新しい水の実産が、大陸の破壊の間、顕生代では一部で、加速的な過程を通して行われたこと、また、マントルに由来した海洋リソスフェアの生成が行われたことを示している。

結 論

本論の初期の目的は地球膨張への現代の研究をレビューしてきたものだが、また、ひとつの試みは、21 世紀に向

けて、地球膨張の概念に対して、みなさんの理解をもたらすことでもあった。みなさんが詳細なデータ、動画化されたビデオクリップ、今筆者から提供できる、を広範囲に広げられることを強く勧める。

広範囲な地球膨張モデルの研究は、ここで要約したが、全地球史を通じて、地球半径の増大の結果としての地殻表面の拡大であると断言できる地球膨張の概念は、実際のところ、論証され得る実行可能なグローバルテクトニクスの一過程である。地質学的、地形学的、地球物理学のデータは、膨張する地球の半球モデルを示す際に、経験的に、原生代から将来の地球膨張過程を定量化する。地球膨張は、現代のすべてのグローバルデータの時空分布をよりよく説明することを示している。

みなさんの地質学的認知を静的な半径の地球から増大する半径の地球へ変えることによって、明白な極移動の経路、離合集散サイクル、複雑なオイラー回転 (Euler rotation) に基づいたプレートテクトニクスによる再構築のでたらめさは、ついには完全に排除される。変動する膨張地球に関する大陸発達は、全地球史において、予言できる空間的完全性を保持しているすべての構造的大陸と海洋の型とともに、漸進的で、発展的である。

膨張する地球膨張モデルに関する海洋と大陸の地質の再構築は、古半径 (Palaeoradii) の減少したひとつの地球について、ただひとつのプレートの合致する選択とともに、すべての地殻のプレートは緯度的にも経度的にも規制されていることを表している。海洋の磁気マッピングのせいで無理に行われてきた地殻プレートの三畳紀後の再構築は、すべてのプレートに対して、99%の適合というプレートどおしの過剰なまでの正確さを示している。先ジュラ紀の大陸地殻の再構築は、先カンブリア紀と古生代の多角形構造の拡張時相を通じて、後期古生代の大陸分裂、中生代の大陸解体、さらに現在まで引き続く放散の前に、すべての大陸構造型は空間的完璧性を保持してきた。

古磁極や古赤道をうち立てた再構築された地質に関するグローバルデータの分布は、膨張する地球膨張モデルに関して、古地形学的、古生物地理学的、古気候学的、鉱床成因論的データセットがひとまとめに定量化されたことを示している。それぞれの地質学的、地形学的、地球物理学の学問は、内部で関連しあい、予言的で、展開的であることを示しているが、全く相互に矛盾してはいない。

先原生代から遠い将来まで拡がりつづける地球膨張に関する提案された原因機構は、推論的ではあるが、白熱の先原生代地球の冷却が原生代初期の形成された始源的な地殻、水圏、さらに気圏を可能にした。後クラトン化作用の地球膨張は、核-マントル間相互作用により物質が生成したとの結論が考えられた。この物質の増加はマントル内の膨張を引き起こす。それは、地殻の拡張の際、表層へ移動される。後期古生代の間、拡張するための地殻の容積がそれから増加したため、結果として地殻の破壊、大陸の離散、そして今日までの大陸の放散が生じた。

文 献

- BRAT M.I., 2001. Untenability of the Neo-Tethys: Okeanos was not a polygamist. *Himalayan Geology*, v. 22, p. 5-15.
CAREY, S.W., 1958. The tectonic approach to continental drift. In: *Continental Drift, a Symposium*. University of Tasmania, Hobart, 177-355.

- CAREY, S.W., 1976. The Expanding Earth. Elsevier, Amsterdam.
- CAREY, S.W., 1983. Earth Expansion and the null Universe. In: Carey S.W. ed. Expanding Earth Symposium, Sydney, 1981. University of Tasmania, 365-372.
- CARRY, S. W., 1988. Theories of the Earth and Universe: A History of Dogma in the Earth Sciences. Stanford University Press, Stanford, California.
- CAREY, S.W., 1996. Earth, Universe, Cosmos. University of Tasmania, Hobart.
- CGMW & UNESCO, 1990. Geological Map of the World. Commission for the Geological Map of the World, Paris.
- CHOI D. R., VASILIEV, B.I. & BHAT, M.I., 1992. Paleoland, crustal structure, and composition under the northwestern Pacific Ocean. In: Chatterjee S., & Hotton N., (eds.) New Concepts in Global Tectonics. Texas Tech. University Press, p. 174-191.
- DICKINS, J.M., CHOI, D.R., & YEATES, A.N., 1992. Past distribution of oceans and continents, In: Chatterjee, S., & Hotton N., (eds.) New Concept in Global Tectonics. Texas Tech. University Press, p. 193-199.
- ETHERIDGE, M.A. & RUTLAND, R.W.R. & WYBORN, L.A.I., 1987. Orogenesis and tectonic processes in the Early to Middle Proterozoic of Northern Australia. In: Kroner, A. ed. Proterozoic lithospheric evolution, Geodynamics Series 17, Geological Society of America, 131-147.
- HILGENBELG, O.C., 1933. Vom wachsenden Erdball. Selbstverlag, Berlin.
- LAMBERT, I.B., 1982. Early geobiochemical evolution of the Earth. Revista Brasileira de Geociencias 12, 32-38.
- MAXLOW, J., 1995. Global Expansion Tectonics: the geological implications of an expanding Earth. Unpublished thesis, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia.
- MAXLOW, J., 2001a. Quantification of an Archaean to Recent Earth Expansion Process Using Global Geological and Geophysical Data Sets. Unpublished PhD thesis, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia.
- MAXLOW, J., 2001b. Earth Expansion: Quantification using Oceanic magnetic isochron mapping. Himalayan Geology, 22, 103-116.
- McELHINY, M.W. & LOCK, J., 1996. IAGA paleomagnetic databases with Access. Surveys in Geophysics, 17, 575-591.
- OLLIER, C.D. & PAIN, C.F., 2000. The origin of mountains. Routledge, London.
- RUTLAND, R.W.R., ETHERIDGE, M.A. & SOLOMON, M., 1990. The stratigraphic and tectonic setting of the ore deposits of Australia. In: Hughes, F.E. ed., Geology of the mineral deposits of Australia and Papua New Guinea, 15-26.
- SCOTSE, C.R., GAHAGAN, L.M. & LARSON, R. L., 1988. Plate tectonic reconstructions of the Cretaceous and Cenozoic ocean basins. Tectonophysics, 155, 27-48.
- STRUTINSKY, C., 1998. Shear-belt versus compression tectonics: The testimony of regional metamorphism. Proceedings of International Symposium on New Concepts in Global Tectonics, Tsukuba, November 1998, p. 90-95.
- TASSOS, S., 1998. Excess mass stress (E.M.S.). The driving force of geodynamic phenomena. Proceedings of International Symposium on New Concepts in Global Tectonics, Tsukuba, November 1998.
- VOGEL, K. 1983. Global models and Earth expansion. In: Carey, S.W. ed. Expanding Earth Symposium, Sydney, 1981. University of Tasmania, 17-27.
- VOGEL, K., 1984. Beitrage zur frage der expansion der Erde auf der grundlage von globenmodellen. Z. Geol. Wiss. Berlin, v. 12, p. 563-573.
- VOGEL, K., 1990. The expansion of the Earth - an alternative model to the plate tectonics theory. In: Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory; Volume II, Alternative Theories. Theophrastus Publishers, Athens, Greece, 14-34.
- WELLS, P.R.A., 1981. Accretion of continental crust: Thermal and geochemical consequences. Philosophical Transactions of the Royal Society, of London A301, 347-357.
- WYBORN, L.A.I., 1988. Petrology, geochemistry and origin of a major Australian 1880-1840 Ma felsic volcano-plutonic suite: a model for intracontinental felsic magma generation. Precambrian Research, 40/41, 37-60.

2001 年 8 月 27 日に開催された NCGT 東京フォーラムで発表された論文の要旨

ABSTRACTS OF PAPERS PRESENTED AT THE NCGT TOKYO FORUM, AUGUST 27, 2001

KUMAUN HIMALAYA 南東部, RAMNAGAR—TANAKPUR 地域間のシワリク層群の 岩相層序, 磁気層序およびテクトニクス LITHOSTRATIGRAPHY, MAGNETOSTRATIGRAPHY AND TECTONICS OF THE SIWALIKS BETWEEN RAMNAGAR AND TANAKPUR AREAS, SOUTHEASTERN KUMAUN HIMALAYA

小坂共栄*, B.S. KOTLIA** and B. PHARTIYAL**

*Department of Geology, Faculty of Science, Shinshu University, Matsumoto, Japan

**Department of Geology, Kumaun University, Durham House, 263002, India

(国末 彰司 [訳])

はじめに

KUMAUN HIMALAYA 南東部に露出するシワリク層群について層序学的, 堆積学的あるいは磁気層序学的研究を行った. 本地域のシワリク層群は厚さ約 3000m の陸水成層である. 上部シワリク層群は Koshi 川沿いとその周辺地域に露出している. 下部及び中部シワリク層群は Gaula 及び Kirora Nala 地域に分布している.

Ramnagar 地域

Ramnagar から Garjiya に至る Koshi 川沿いに分布する上部シワリク層群サクセッションの岩石は, 岩相層序的に Ramnagar 層と Garjiya 層に区分される (Kotlia et. al., 1999). Ramnagar 層はシルト岩に富み, いくつか礫岩層を挟む砂岩層とから成る. 層厚は約 450m である. Garjiya

層は層厚約 300m で、赤色もしくは褐色のシルト岩をいくつか挟み大部分が淘汰の悪く粗粒な礫岩層である。これら 2 つの層に見られる礫の構成は明らかに異なっている。

Ramnagar 層の礫岩が Lesser Himalayan 地域からもたらされたクォーツァイト礫に富んでいるのに対して、Garjiya 層の礫岩はシワリク地域からもたらされた砂岩の巨礫に富む。Garjiya 層に対比される粗粒堆積物は Koshi 川の東部山岳地域の広い地域に分布する。Ramnagar 地域の上部シワリク層群は、全体を 4 つの岩相ユニットに区分することができる (Kosaka et. al., 2001)。古地磁気層序的な観点から、Ramnagar 層は松山逆磁極期の堆積物であったことが明らかである (Kotkia et. al., 1999)。同層最上部の正磁極期はハラミロイイベントである。

Gaula 川地域

Kathgodam と Ranibagh 間の Gaula 川沿いの下部シワリク層群の岩相と磁気層序については、Kotlia et. al., (2000)で報告されている。下部及び中部シワリク層群に属する層厚およそ 2600m のサクセションは、岩相層序的に 4 つのユニットに区分されている。

Tanakpur 地域

Kirora Nala 川沿いの Tanakpur と Sukhidang 間に分布するシワリク層群の岩石は、岩相的に下部—中部シワリ

ク層群に対比され、層厚は約 3200m である。全体のシーケンスは、5 つの岩相ユニットに区分される。

対比

Gaula 川と Kirora Nala 川の 2 つのセクションは岩相的に対比することができる。Gaula 川セクションのユニット 1 及び 2 は Kirora Nala 川セクションのユニット 1 に対比されると考えられ、下部シワリク層群に相当する。Gaula 川セクションのユニット 3 及び 4 は Kirora Nala 川セクションのユニット 2 及び 3 に対比されると考えられ、中部シワリク層群に相当する。

KUMAUN HIMALAYA 地域のシワリク層群のテクトニクス

MBT によって北縁を、また HFF によって南縁を境される KUMAUN HIMALAYA 地域のシワリクゾーンは、他にもいくつかの大規模な衝上断層が確認されている。Gaula 川の Kathgodam 断層は下部と中部シワリク層群の境界となる断層である。Kirora Nala 川の Bastia 断層も下部と中部シワリク層群の境界となる断層である。本地域の地形及び地質は、これらの断層が活断層であることを示唆している。シワリク地域の上昇と浸食はハラミロ磁極期の最終期であると考えられる Garjiya 層の基底層準の時期から始まったのであろう。

文 献

- KOTLIA, B.S., NAKAYAMA, K., PHARTIYAL, B., TANAKA, S., BHALLA, M.S., TOKUOKA, T. and PANDE, R.N. (1999) Lithology and magnetostratigraphy of the upper Siwalik succession at Ramnagar (Uttar Pradesh), Kumaun Himalaya. *Memoir Geol. Soc. India*, no. 44, 209-220.
- KOSAKA, T., KOTLIA, B.S. and PHARTIYAL, B., (2001). Stratigraphy, lithology and tectonics of Siwaliks between Ramnagar and Tanakpur areas, Kumaun Himalaya. Abstract of seminar on geology and natural environment of the lesser Himalaya: present status and strategy for the next two decades.

中央アジア高地の複雑な険しい地形 COMPLICATED HIGH RELIEF OF CENTRAL ASIAN HIGHLAND

松本隼夫* ・ 矢野孝雄**

* Yamaguchi University, 2-13-25 Befu, Jonan-ku, Fukuoka, 814-0104, Japan

**Department of Environmental Science, Faculty of Education and Regional Science,
Tottri University, Tottori, 680-8551, Japan

(窪田 安打 [訳])

地球上で中央アジアは最も大きな高地であり、その起源は地球科学的に興味ある研究対象の一つである。Matsumoto and Yano (1998)は、中央アジア高地の複雑で険しい地形の原因を、環太平洋とアルプス-ヒマラヤのネオテクトニクスの重複に求めた。本論の目的は、この高地に対する 2 つの話題を報告することにある。

Qinghai-Xizhang(チベット)高原の隆起過程

ヒンドスタン平原-ラサール祁連山地 (図 1) の地形断面は、クンルン山脈、ヒマラヤ山脈北縁および南縁、タングラとニエンチェンタングラの高原内部山地を除くと、チベ

ット高原がほぼ平坦で、標高 5000m に広がっていることを示す。ガンジス川、長江、黄河をはじめとする多くの河川の上流がチベット高原に発する。この世界最大の高原の断面は、Ollier and Pain (2000)が示した「高原は平野の鉛直隆起により形成され」、「山地は高原の浸食により形成される」という山地の起源説を支持する。チベット高原では、後期中新世における初期の丘陵性隆起後、鮮新世末のヒマラヤの山地隆起、中期更新世以降のチベット高原とヒマラヤの著しい隆起が続いた(Han, 1987)。山地の著しい隆起の期間は、中期始新世以降のインド-ユーラシア大陸衝突史期間(Dewey et al., 1988)の 50 分の 1 から 100

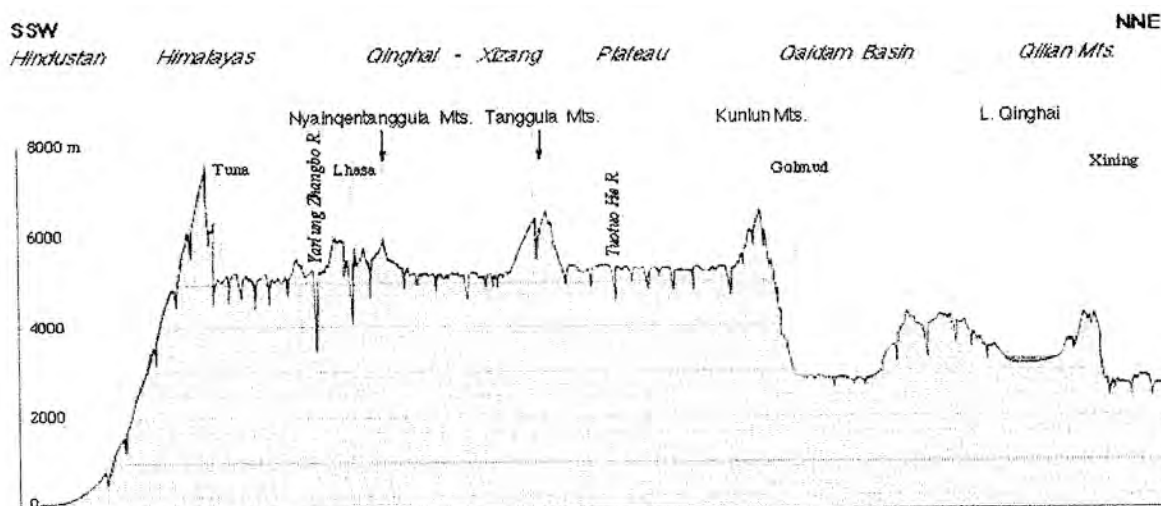


Figure 1 Topographic profile from Hindustan Plain to Qilian Mountains

図1 ヒンドスタン平原～祁連山脈の地形断面

分の1にすぎない。これは、Matsumoto and Yano (1988)が指摘したように、一般に言われる衝突仮説の困難さを示している。

シルクロードの造構的-地形的制約

アルプス-ヒマラヤ山系は8500 kmの長さを持ち、北緯30°～40°に沿って延びる。北半球の中緯度高圧帯をおろす。山系は、西からカンタブリカ、ピレネー、シェラネバダ、アトラス、アルプス、カルパチア、バルカン、アペニン、ディナラ、Hellenides、クリミヤ、コーカサス、コペト、トロス、ザグロス、エルブルズ、マクラン、Zeravshansky、ヒンズークシ、テンシャン、アルタン、クイリン、クンルン、カラコルム、ヒマラヤ、他を含む。

多くの内陸盆地は、山系と密接に関連する。西から地中海、ティレニア、パノニア (Ollier 教授の示唆による)、イオニア、Levantine、黒海、カスピ海、南タジク、バルハシ、ジュンガル、トルファン、タリム、チャイダム、ヘテオ、ウェイ、ホウペイ盆地がある。この多数の盆地を

連ねる地帯を、シルクロード(砂漠またはオアシスルート)にちなんでシルクロード沈降帯と呼ぶこととする。

緯度方向に配列した山地と盆地の複合体は、シルクロードの成立に大きく関与しているようである。この緯度方向の配列は、およそ紀元前2世紀から東西文明をつないできたシルクロードに最短距離をもたらした。シルクロード沈降帯に位置する多くの沈降盆地は、アルプス-ヒマラヤ山系を貫く比較的平坦で標高の低い道をもたらした(しかし、沈降域がないパミール高原は、もっとも困難な通行路となった)。乾燥した中緯度高圧帯であるにも関わらず、雪に覆われた多くの山系から必要物資(水、食料、さまざまな必需品)が供給された。

こうして、シルクロードを通る輸送での必需品は、縦走する山地と盆地から得ることができた。この山地と盆地の複合体を形成するテクトニクスは不明確であるが、西部地中海の成因を説明するアセノスフェアの上昇仮説 (Glangeaud, 1957)は、両側に対称的なテクトニックセッティングに適している。

文 献

- DEWEY, J.F., SHACKLETON, F.R.S., CHANG, C. and SUN, Y., 1988. The tectonic evolution of the Tibetan Plateau. Phil. Trans. R. Soc. London, A327, p. 379-413.
 GLANGEAUD, L., 1957. Essai de classification geodynamique des chaines et des phenomenes orogeniques. Rev. Geog. Phys. Geol. Dynam., v.1, p. 214.
 OLLIER, C. and PAIN, C., 2000. The Origin of Mountains. 345 p., Routledge, London.
 MATSUMOTO, Y. and YANO, T., 1998. Geotectonic problems in Central Asia. Proc. Int. Symposium on New Concepts in Global Tectonics, p. 268-271, Tsukuba, Japan.

環太平洋構造形成の深層過程

ON THE DEEP PROCESS OF THE CIRCUM-PACIFIC TECTONOGENESIS

鈴木 尉元

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

(岩本 広志 [訳])

中-深発地震帯は大洋の沈降と島弧と大陸の隆起の対立的な垂直運動によって引き起こされる応力・歪の集中に起因するにちがいない。縁海と大陸の内陸盆地は隆起によって引き起こされる陥没を伴っている。浅発地震のみならず中-深発地震は日本列島の地質構造と関係して起こる。故に、列島の下に潜り込むプレートは拒絶されるべきである。

ニューブリテン島、ソロモン島、およびその周辺地域は、垂直・水平的なスケールが異なっているものの、日本列島とその周辺地域との地質構造が似通っている。この類似性

は内部変形が共通していることを示している。付け加えれば、以上のことがらはマントル物質が固相状態にあることを示していて、これはプレートやプリュームテクトニクスによって仮定された対流に反する。太平洋におけるマントル全体の低速度帯は、白亜紀以降沈降しているダーウィンライズに根を持つ。プリュームテクトニクスで予想されるスーパープリュームは否定されるべきであり、それはダーウィンライズが安定した沈降に反するからである。

日本の本州弧中央部における新第三紀後期の南北方向上方縦曲げ運動 LATE NEOGENE N-S TRENDING UPWARD BENDING OF THE CRUST IN THE CENTRAL PART OF THE HONSHU ARC, JAPAN

角田 史雄

Foundation Engineering Department, Saitama University
255 Shimo-Okubo, Urawa, Saitama Prefecture 350-1141, Japan
E-mail <tsunoda@goemon.dr5w.saitama-u.ac.jp>

(佐々木 拓郎 [訳])

前期中新世末、本州弧中央部において地殻変動が発生した。中期中新世の海進は、急激な沈降、活発な火山活動および地塊断層運動を伴った。この地域は、海底下に広く没した。前期中新世以降、丹沢山（四角形の範囲 図1）は海面上に現れ、拡大していった（図1 A, 1 B, 1 C）。

この地域は、局所的な地塊断層運動の結果、上方へ曲げられた。丹沢山地の古陸地域の地表面積はそれぞれの時代で、196 km²（表 2A）、1024 km²（表 2B）、1390km²（表 2C）、

2310 km²（表 2D）、2174 km²（表 2E）と拡大した。

これらの長く拡大していた古陸地域は、花崗岩質の貫入に伴った局所的な部分隆起によって、突然拡大した（図 3）。

ほぼ 600~1900m の海拔高度を示す山脈および丘陵から成る中央本州弧の南部は、地塊断層運動を伴った断続的な山地形成作用(mountain-elevating processes)によって標高を増していった。

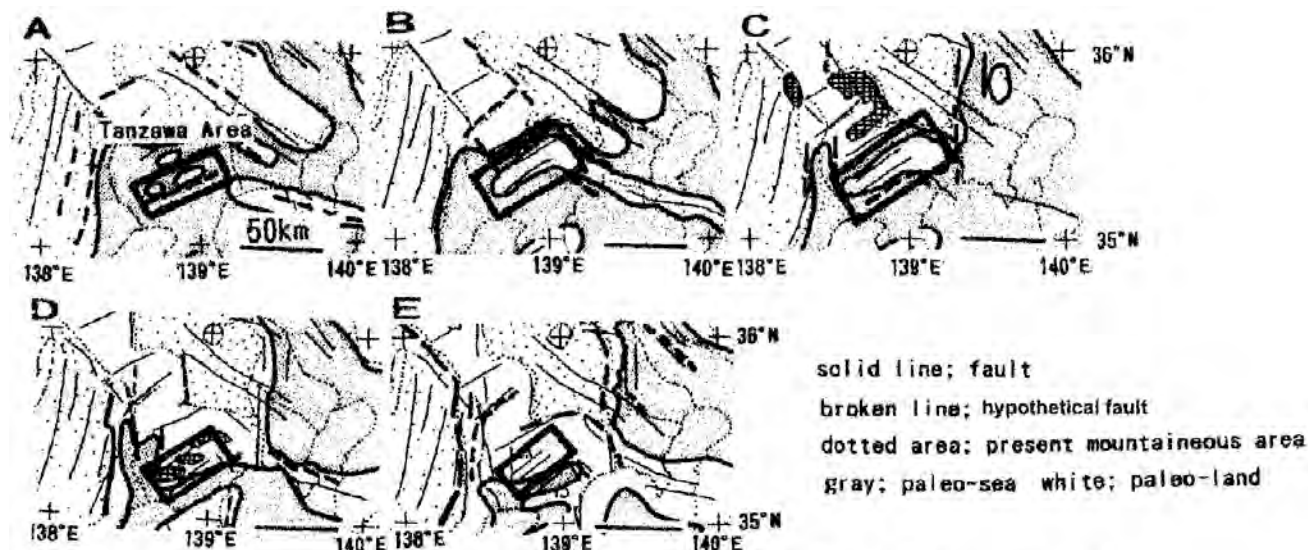


Fig. 1 Paleogeographical and tectonic map of the southern part of the Central Honshu Arc

図1 中央本州弧南部における古地理と構造図

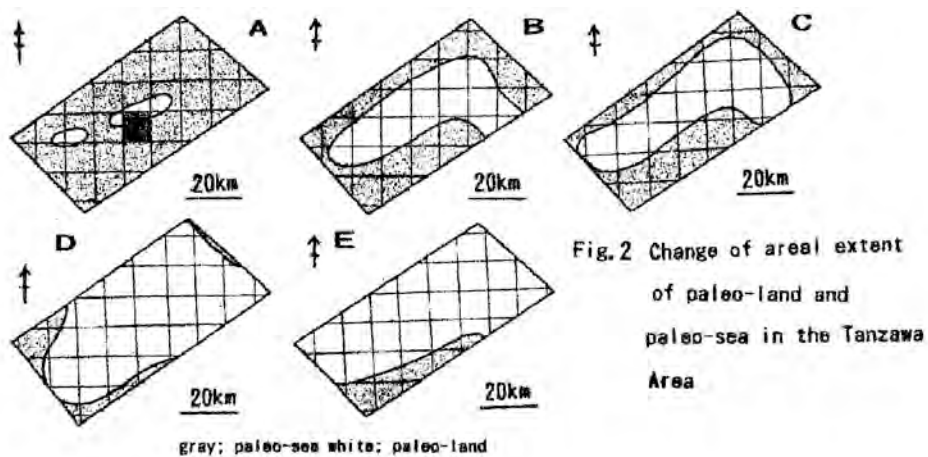


図2 丹沢地域における古陸と古海洋の領域変遷

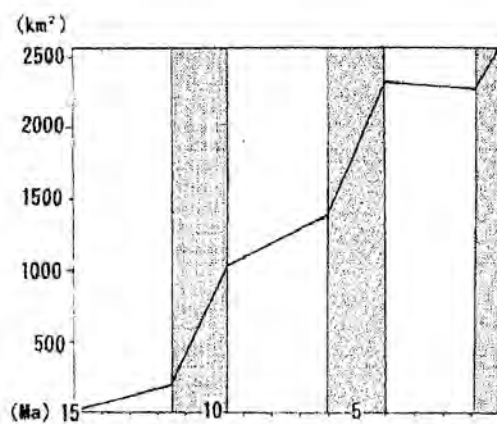


図3 丹沢地域、古島と古海洋の面積変遷

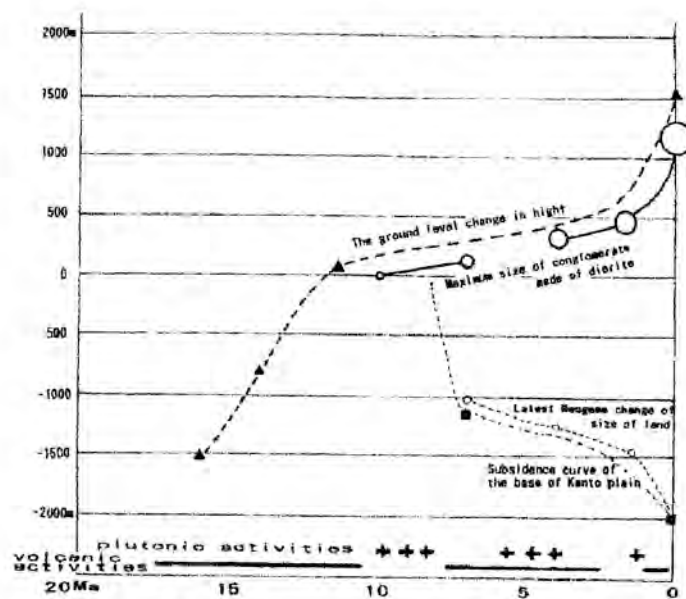


図4 本州中央弧南部の標高変化.

コメント

COMMENTS

ピーター・ジェームスへの反論 Reply to Peter JAMES

Bob TUTTLE

Natural Nuclear Fission Reactors, 6918 Hastings Street, Moorark, CA 93021-1349, USA

E-mail <rbtuttle@earthlink.net>

(柴 正博 [訳])

12月号(No.21)において、ピーター・ジェームスは、量的な方法による地球の回転速度を探索して、密度の変化には地球膨張という鍵がなければならないと結論づけた。ジェームスが指摘するように、この角運動量は慣性モーメントと回転率の積である。私はそれに完全に同意し、そして地球膨張を容認できないとする彼の最終的な判断に対してデータが矛盾することを提唱したい。彼の推論は素晴らしいが、それは「地球の平均回転速度(ω)がほとんど一定だった」という彼の仮定に基づいている。実際、少なくとも9億年前から1年の日数は着実に減少したことを示すいくつかの測定値がある。これらの変化は私たちの月との潮汐作用を呼び起こすことによって一般に説明されてきたが、それはまったく確かでない。

地球の質量が一定(宇宙空間からの小さい付加は無視して)のままであったということを受け入れると、年(絶対時間で)の軌道と長さは変化しないだろう、そして回転の角運動量は一定のままでなくてはならない。慣性モーメントは分布要素(現在の地球の0.33)と、質量、半径の二乗の積である。もし私たちが地質時代の関数として1年の日数の報告された見積りを考えると、私たちは1日の時間数、そして回転率、さらに現在の地球の半径に比例してその時代の地球の半径を引き出すことができる。これらの結果は以下の通りである。

時代 (100 万年)	1 年の日数	1 日の時間数	半径の比
900	456	19.17	0.895
382	397	22.02	0.959
382	398	21.99	0.959
370	400	21.85	0.956
307	390	22.42	0.968
307	385	22.71	0.974
0	365	23.93	1.000

私は、半径の計算された変化 (9 億年間で現在の半径の10%増加) が大陸地殻の再構築から導きだされたものより小さいと思う。そのことは深度を通して地球の密度が比例して減少し、分布要素(0.33)が一定の値をもつという私たちの仮定に疑いをいだかせる。しかし、最初の超密の地球は放射状で不均等に、最初に表面層がゆるやかに、そして減圧/膨張が次第により深く起きて膨張しただろう。それは、ジェームスが言うように「私たちがそれらをチェックするどんな機会も持っていないような地球の中の深いところまで」。私は、この予測が悲観的であり過ぎると思う、そして地球膨張への深い理解は私たちの世界のふるまい方についての改まった知識を導くべきものであると思う。音響物理学によって導かれた黙想は私たちの知識の膨張を導くことができる。

ニュースと報告

NEWS AND REPORTS

(矢野 孝雄 [訳])

NCGT コロラド国際シンポジウム

2002 年 5 月 5 日～11 日 アメリカ合衆国コロラド州ラフンタ, オテロ短期大学キャンパス

NCGT COLORADO CONFERENCE

May 5 – 11, 2002, Otero Junior College Campus, La Junta, Colorado, USA

日 程： 5 月 5 日 会議登録
 5 月 6-8 日 学術プログラム
 5 月 8-10 日 野外見学旅行
 5 月 11 日 解散

話 題： 1. 地球の起原と造構進化に関する仮説
 2. 大陸と海洋の構造および起原
 3. 島弧と縁海のジオテクトニクス, および
 太平洋造構帯のジオテクトニクス
 4. 地球の構造と進化に関するよりすぐれた

- 理解をもたらす新しい地質学的、地球物理学的および地球化学的データ
5. 地球球殻間の相互作用
 6. 地球ダイナミクス作用の数学的モデル化
 7. 地質科学における教育の問題

詳細は次へお尋ね下さい：

Sallie J. Hibbs, Director
International Relations/Intercultural
Activities
Otero Junior College, 1802 Colorado Ave., La Junta,
CO 81050, USA
E-mail <S_Hibbs@ojc.cccoes.edu> あるいは Leo Maslov
<ms_leo@hotmail.com>

シンポジウム「プレートテクトニクスの批判的観点とそれに代わるいくつかの学説」
(モスクワ, 2001 年 3 月) の報告
Report on the symposium "Critical aspects of plate tectonics and some alternatives"
Moscow, March 2001

Nina PAVLENKOVA
Institute of Earth Physics, B. Brusinskaya 10, Moscow, Russia
E-mail: nina@uipe-ras.scgis.ru

ロシア科学アカデミーの地球の物理に関する科学ソビエトは、2001 年 3 月に、シンポジウム「プレートテクトニクスの批判的観点とそれに代わるいくつかの学説」を開催した。このシンポジウムはモスクワの地球物理学研究所でひらかれ、30~40 分の講演とそれぞれの講演につづく 15~20 分の質疑というスタイルで行われた。

地球物理学、地質学および地球化学の専門家たちが、プレートテクトニクスの中心的概念に合致しない自らの実験データ(海洋探検、野外調査および室内研究)を発表した。報告者は、プレートテクトニクスに代わるいくつかの学説も提案した。すべての講演が、同名の特集号として出版されるだろう。この特集号には、次の論文が含まれる。

GORDIN, V.M.: Vine-Matthews hypothesis and oceanic magnetometry
POGREBITSKY, Yu, E.: Formation of Mid-Atlantic Ridge as regards of composition and age of its metamorphic rocks.
FROLOVA, T.I., and BURIKOVA, I.A.: plateau basalt

magmatism and ocean formation.
SHOLPO, V.N.: Earth's structure regularities and geotectonic concepts.
PAVLFNKOVA, N.I.: Crust and upper mantle structure and global geotectonics.
GORDIENKO, V.V.: Some alternatives to plate tectonics (thermal processes in the tectonosphere, geological history and geophysical fields).
DOLITSKY, A.V.: Movement of geographical and magnetic poles, formation and alteration of tectonic structure.
BALAKINA, L.M.: Earthquake mechanism and subduction.
BELII, V.F.: Geosyncline concept, "terreinology" and tectonics of the north-eastern Asia.
ERMAKOV, V.A.: Some peculiarities of active continental margins evolution (Kuril-Kamchatka region, as example).
FROLOV, V.T.: Lithological geoformations and paleogeodynamics of the Urals.
ZEISLER, V.M.: Neogene-Quaternary forelands and their relation to deep trenches.

出版物 PUBLICATIONS

(川辺 孝幸 [訳])

SMOOT, N.C., 2001. 地球ジオダイナミック仮説が発展された
Earth Geodynamics hypotheses updated
Jour. Scientific Exploration, v. 15, p. 465-494

アブストラクト: 色々なテクトニクスの仮説に対する基本的な理解が、地球ジオダイナミクスの理解に必要である。テクトニクスは、地域的な構造的幾何配列を解き明かす鍵であり、地域地質はジオダイナミクス史を解き明かす鍵である。ジオダイナミクス史の多くの部分は、海洋のリソスフェアに記録されている。リソスフェアの運動は、地域的地質構造と地形を決定している。(ある地域における地質

の) 主要な生成期以降におけるリソスフェアの運動は、その時点で存在している地形を変化させるかもしれないし、させないかもしれない付加的な応力を与える。このように、二次的および三次的なテクトニクスは、二次的、三次的な姿態を初生的な構造の上に被せる。基本的な仮定条件は、地球は現状のままであるのか、膨張するのか、それとも収縮するのか、という3つの力学的可能性が存在することで

ある。海洋底の岩石の年代値を使うことによって、地磁気アイソクロン、膨張と現状のままという誤った考えは、拒否された。サージテクトニクスの仮説によって引き起こさ

れる収縮が、測深と構造とによって記録された海洋底のリニアメント群の存在を説明すると思われる。

PERIN, I., 2001. 拡張を示す地球の半球の輪
The Earth's hemispheric ring measured expansion

2001 年 11 月の第 7 回アマゾン地質シンポジウム (VII Simposio de Geologia de Amazonia, Nov., 2001) で発表

アブストラクト:すでに提案されている、サブダクションを伴わずに、唯一の膨張する地球の半球の輪は、その一年間の膨張量が、U.S.G.S.の提供するデータをもとに、輪が地球の膨張地域と交差する 5 地点において見積もられた。このデータをもとにすると、輪は年間 77.8mm の割合で膨張していることになる。この膨張率を地球の第三紀

と第四紀の平均成長率と比較してみると、その年間膨張率が加速度的に大きくなっていることがわかる。(論文のコピーは、著者から入手できる。E-Mail iltonp@zaz.com.br, Geologo formado na UFRGS Rua Rodrigues Dorea, 170-Salvador-Ba. 41750-030, Brazil)

KEITH, M., 2001 プレートテクトニクス論争のための事実
Evidence for a plate tectonics debate
Earth Science Reviews, v.55, p.235-336

アブストラクト:地球システムの理解の中心的問題は、マントル対流と地表近くの構造、地球物理学および地球化学との関係である。プレートテクトニクス (PT) モデルの説明されていない例外的事象は、アイスランドリフトでの観測とは反対に、断層地塊の縁辺部における上方向の運動による軸を持った地溝谷の成因についての仮定されたメカニズムであり、仮定された広い範囲の湧き上がるプルームが要求される狭い範囲の軸を持った火山活動を引き起こすメカニズムである。これらの矛盾は、他の証拠の批判的再検討のための根拠である。海洋の磁気縞模様の生成は、火山活動による拡大説をもたらしているが、以前に拡大した海嶺火成活動系の狭小化と、その結果として生じた連続的な地殻と上部マントルの冷却の結果であり、海洋低の拡大を必要としない、ということである。二者択一の世界モデルは、亜大陸の噴出、海嶺の収束性の流れと、海洋地殻がマントル内に再生される軸に沿ったゾーンにおける異種の揮発性によって促進された溶融によってできた中央海嶺玄武岩 (MORB) の生成を仮定した。そのモデルは、対流実験の結果によって賛同され、リッジ側面直下の熱流量や、破砕帯 (fracture zone; FZ) におけるコリオリの曲率、対流性の転がりの下流方向の発達とトランスフォーム近辺の構造的回転などの、個々に独立した指標によって確認された。軸の下向きの流れは、北太平洋におけるジオイドの正の異常および、海嶺軸の深い下における高い P 波速度の存在、向斜状の "flexload" 構造と軸付近の地殻の圧縮応力によって確認された。海洋島の火山活動は、同様な過程、地域的な下に流れが集中させる地殻の再利用、による、比較的冷たくて (放射性物質に枯渇した) 粘性の高い (揮発物質に枯渇した) 深い部分の余りの物質によって集中した。再利用モデルは、MORB と OIB の両方にとって、確かめられ、そして、マントルプ

ルームの減圧による溶解を、以下のいくつかの根拠によって、退けた。(1)地殻の地域的な再利用と結果として生じたマントルの水和作用は、破砕帯と海嶺帯に沿った蛇紋岩化されたマントルのダイアピルによってその存在が指示される。(2)海洋玄武岩の明瞭な同位体の特徴が、マグマの起源として地殻と堆積物の地域的な再利用を必要としている。(3)ハワイ諸島に代表される、主要な海洋島群は、相対的高地震波速度帯が下にあるにもかかわらず、プルームから期待される正の熱流量異常を欠いている。提案された地殻の地域的な再利用は、炭素供給、鉛のパラドックス、海洋玄武岩中の重い希ガスの同位体配列など、いくつかの以前のわけのわからない地球規模の地球化学的システムの特徴を説明できる。同位体比によって定義された、演繹された端成分は、地域的な上部マントルと陸成と外洋性の堆積物、地表および海底の玄武岩、そして枯渇した下部マントルとの多様な混合によるとすることができる。提案された存在を太平洋中央の中生代のマントルサージの大陸地域の地震のデータは、アルプス地域による例示では、プレート衝突モデルが、粘性クリープによってもたらされた上部地殻の変形の増加する事実の観点を誤解している。大陸リフトシステムは海洋軸帯が、Afar を経て、アフリカのリフト帯に追跡することができることに基づいて再検討された。そして、それゆえ、同様な動的システムの結果であることとされている。優勢な湧き出すプルームは、真下の過去の、典型的にはクラトンの縁辺部において、クラトンとそのリフトシステムの厚い竜骨が収斂と下方向の流れのゾーンにおける破壊構造になっていることを示している。(関連した論文-KEITH, M., 1993. 地球力学とマントル流:二者択一の地球モデル. Earth Science Review, v.33, p.153-337)

SMOOT, C.N., CHOI, D.R., and BHAT, M.I., 2002. アクティブマージンの地形学
Active Margin Geomorphology

164p., Xlibris. ISBN 1-4010-3624-4.

価格：ペーパーバック US\$17.84+送料, ハードカバー US\$27.89+送料, eBook US\$8.00.

注文と本の概要の問い合わせ先: Xlibris, Tel: +1-888-795-4274,

orders@xlibris.com, <http://www.Xlibris.com>

この本は、世界中のどこからでも入手できる、最初に出版された海洋地形学の本である。この本は、数十年にわたる米国海軍の最も詳細かつ正確な海洋測深学的調査の結果を表している。そして、学問の世界に存在するほとんどの資料を熟読されている。読者は、莫大な量の実データに圧倒

されるであろう。そして、データが読者自らの見解を作り上げるために実際に存在することに同化/吸収できるであろう。海洋底の資料と調和する構造的解釈は、最後の章で議論されている。

訂正 **CORRIGENDUM**
(矢野 孝雄 [訳])

次回 NCGT 国際シンポジウム [アメリカ合衆国コロラド州] のご案内
Next NCGT International symposium in Colorado, USA. First circular

ニュースレターno. 21 に掲載された David PRATT の論文「プレートテクトニクスの問題」のなかで、p. 15 の図 3 の説明文を次のように訂正下さい。

Selected SLR rates across the Atlantic and Pacific. The rates predicted by the AMO-2 and NUVEL NNR-1 models are given in brackets. All rates are in mm/yr (Murata, 1993, fig. 8).

大西洋と太平洋を横切る代表的 SLR 速度。AMO-2 および NUVEL NNR-1 モデルによる予測速度が [] 内に示される。速度値はいずれも mm/yr (Murata, 1993 : 図 8)。

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・生物学的変遷の主要ステージ、などの視点から、たいへん広い分野をカバーするべきものである。

4. シンポジウム、集会、および会議の組織。

5. 検閲、差別および犠牲があった場合の広報と援助

NCGT 日本サブグループのコラム

- ★ オーストラリア地質学会での仮説・学説をめぐる論争
- ★ 第 32 回 ICG (イタリア) 速報

オーストラリア地質学会での仮説・学説をめぐる論争

オーストラリア地質学会のニュース誌 (TAG: The Australian Geologists) で、仮説や学説をめぐる論争がおこなわれているとのご連絡を、Ollier さん (昨年 8 月の「やまなみ談話会」で山脈の起源について講演) からいただきました。この論争は、本号の「編集者から」(p. 2) でもとりあげられています。

Ollier さんから同誌の関係記事を日本の友人のみなさまに紹介下さいとのご依頼がありました。以下に、それらの翻訳文を掲載いたします。元の英文記事がご入用の場合は、下記宛お知らせ下さい。

〒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

TAG No. 121 (The Australian Geologists No. 121 2001 年 12 月 20 日) での議論

■ プレートテクトニクス —それに代わる学説がある— PLATE TECTONICS —THERE ARE ALTERNATIVES

Colin Laing (1955 年以來の GSA 会員)

親愛なる編集者へ

かつて地質家に教えられていた複数の作業仮説という概念に、何が起ったのだろうか？ プレートテクトニクス学説が正しい、との教条的観点をもった地質家が大学から排出されているように見える。探査に磁気的手法を利用している人はだれでも、地球磁場がきわめて変化に富み、毎日、毎年、そして世紀ごとに変動していることを知っている。古地磁気の極位置の推定は疑わしいばかりでなく、ひじょうに怪しいものであることを、私は 40 年にわたって指摘してきた。しかしながら、先カンブリア紀以降の大陸漂移を示す Veevers の美しいカラーの仮想された復元図が TAG の表紙に印刷された。最近の深海における掘削や試料採取の結果からみると、この絵は非常に怪しいにもかかわらず、それが、創造説ではなく、大学の地質学教室で教えられる唯一の学説であるように思われる。おそらく

次号の TAG の表紙には、Sistine 教会の天井にミケランジェロが描いた神による 7 日間の地球創造が描かれることになるのではないだろうか？

プレートテクトニクスは、多くの地質家によって 1 つの宗教として用いられてきた。ニュースレター New Concepts in Global Tectonics に掲載されたプレート説に代わる仮説が無視されていることは明らかである。テクトニクスにあきることなく興味をいだいてきた 1 人の地質家として私は、これまで 52 年間にわたって活発に仕事をすすめてきた。Lyttleton and Bondi が食 [日食・月食] の歴史研究をおこない、地球の慣性運動がどのように変化してきたかを初めて解明した。この研究に示されたように、岩石の褶曲の要因は地球の収縮と冷却にあることは明白である。太平洋にかんして褶曲度が対称的に配置していることを考えると、地球の液体核における非対称な隆起運動によって太平洋の膨張が引き起こされたかもしれない。

■ 大陸漂移 —“唯一”の仮説— CONTINENTAL DRIFT —THE “ONLY” HYPOTHESIS

John Veevers

GEMOC, Macquarie University

親愛なる編集者へ

Colin Laing は「仮想された大陸漂移」が TAG の表紙に掲載されたことを、他の有意義な仮説を提示することもなく、ただ嘆き悲しんでいる。そこにはっきりと示されたことがらは、プレートテクトニクスにかわる包括的な地球観を、彼がもっていないということである。

Medicos と同じ問題を抱えているのである。つまり、血液循環にかかわる Harvey の 400 年も前の仮説は、それが十分に実証されたために変わることなく存在している。それは、あたかも、今日の地球科学者たちが、GPS による海洋リソスフェアの循環を測定することによって大陸移動に関する不確実性をとりのぞいたことに匹敵する (図参照)。

地球の挙動に関する複数の作業仮説の概念は、プレートテクトニクス以外の包括的仮説がなくなったために無視されるようになり、死滅したのである。プレートテクトニクスに先立つ仮説（1960年代以前の地向斜論、不動大陸説、平面地球説および他の神話）には、地球表面の70%を占める海の下に存在する海洋リソスフェアが含まれていなかった。それらは、王子不在で上演されるハムレットのようなものであった。

このような理由で、読者には“仮想された”大陸移動地図 ATRAS of Billion-year history of Australia & neighbours in Gondwanaland (\$30, 郵送料および GST を含む)を躊躇しないで購入いただきたい。申し込み先: John Beevers, Dept of Earth & Planetary Sciences, Macquarie University, NSW 2109.

ウェブサイト:

www.es.mq.edu.au/GEMOC/BYEHA/page1.htm

TAG No. 122 (The Australian Geologists No. 122 2002年3月31日)での議論

■ グローバルな冷淡テクトニクス GLOBAL APATHETIC TECTONICS

Dr. James Maxlow

Terrella Consultants@bigpond.com

親愛なる編集者へ

プレートテクトニクスに代わる仮説に対する理解が欠如していることが、TAG No. 121に掲載された John Veevers の記事に示された。私がこれまでに指摘してきた多くの事例と同様、これによって私はゾッとさせられた。地球の挙動に関する複数の作業仮説という概念は、無視されてきたが、死に絶えてはいない。この概念は、Veevers のような思い違いをしている冷淡な科学者によって、はなはだしく握りつぶされてきた。Veevers のコメントは、プレートテクトニクスに代わる仮説のすべてが神がかったものであり、平面地球説と同じカテゴリーに属するものであると TAG の読者たちに誤解をあたえている。この主観的意見のために、たとえば、地球膨張説とittedただけで、今日では、ほとんどの科学者の間に、感情的敵対心、拒絶反応および臆測的議論がよびおこされる。

どうみても、Veevers、誤認しているのはあなたである。複数の作業仮説という概念は今も生きていて、健在である。TAG の編集欄をつかってあなたの意見を公にするまえに、もっと勉強しないとイケないのはあなたである。おなじ誌面をつかうなら、あなたは握りつぶすのではなく、他の有意義な仮説を推進することを激励すべきである。独自の考え方を発展させる勇気をもつ私たちは、公正な立場にあるニュースレター New Concepts in Global Tectonics 誌上で反論する必要があるなどとは考えない。

勉強をしなさい Veevers, そうすれば、あなたが言う衛星測地観測が地球半径の不変性に束縛されていることを、そして、それゆえに GPS 測地によってオーストラリアが移動しているとみなすあなたの結論が間違いであることを発見するだろう。これまで地球膨張を否定するために使われてきた McElhinny らの古地磁気データが、膨張地球モデ

ルにプロットされると、地殻の自由自在の拡散—融合—拡散サイクルがなくとも、双極子型北極-南極を示す事実にあなたは直面し、上述したことを支持することになる。これは、プレートテクトニクスにとっては復元不可能な状況である。

地球史の20%の時間の中でなんとか存在しようともがいているプレートテクトニクスよりも、地球史の100%の時間にわたって、始生代～現在を進化しつづけてきた膨張地球の復元、これを考えなさい。始生代から現在までの地球史、それは現実の探査・開発とは相容れない自由自在な融合—拡散—融合サイクルや複雑な見かけ上の極移動軌跡を必要としない。あなた自身と同様、確立された自らの名声に傷がつくことを恐れるゆえに閉じられた科学者たちの目を、予測可能な復元と定量化可能な概念にみひらくことが必要である。地球膨張は生きていて、健在である。

これは、まさに、ポーランドの有名な天体学者ニコラウスコペルニクスが、紀元1543年に自ら発見した状況である。そこでは、1400年間にわたって息苦しい誤った無関心がつづき、地球という惑星が宇宙の中心に固定されているとの合意が、ながらく流布されてきた。地球中心観（現在の半径不変の地球観に相似）から太陽中心観（半径が指数的に増大する新しい地球観に相似）へ、という科学的思考のコペルニクスの転回の1つが、真実であるかのようにふるまってきた既存の常識を完璧にうち破った。

Veevers の世界を凌いで思考するのに十分に勇敢な人々、そして、これまでに私を支持された方々は、現在のところ、地球の地質学的、地球物理学のおよび地理学的歴史を始生代～現在まで復元した動画を含む CD を著者から入手することが可能である。

TAG 編集者注解

Maxlow 博士は TAG [= The Australian Geologists] 特別号 p. 22-26 および同号の裏表紙に掲載された図面のなかで“his money where his mouth is”(「我田引水」[???])であると指摘した。Veevers 教授が（および他にも）反論することは確実であろう。

■ プレートテクトニクス、収縮地球、および、それらに代わるもの PLATE TECTONICS, THE CONTRACTING EARTH, AND ALTERNATIVES

Cliff Ollier and Colin Pain
キャンベラ

親愛なる編集者へ

私たちは、Colin Laing が表明したプレートテクトニクスへの懸念 (TAG [= The Australian Geologists] 121 号, 2001 年 12 月 20 日) に共鳴するものである。氏は、正確に、「プレートテクトニクスに代わる仮説が、.....無視されているのは明らかである」と指摘した。代替仮説は、Laing が言及した[ニュースレター]New Concepts in Global Tectonics 中に現れるものばかりではない。Chatterjee and Hutton (1992)や Barto-Kyriakidis (1990)といった著書や、Martin (1972)から Pratt (2000)にいたる批判的論文にも存在する。私たちが実際の山脈の起源を説明するうえで、プレートテクトニクスは多くの問題をかかえている。「プレートテクトニクスは多くの地質家によって 1 つの宗教として用いられてきた」と Liang は述べている。TAG の同じ号に掲載された Veevers の反論は、本質的には、唯一真として神が存在する、と主張するものである。宗教との類似性について、Baars (1972)は次のように注意をうながした。「ニューグローバルテクトニクスという概念は、確実な事実を欠いているため、1 つの新しい宗教にむすびつくものであろう。」信者”でなければ、その人は”聖職者たち.....海洋学者、地球物理学者.....”の多くの学説や解釈に関して”無神論者”とみなされる」と。こうしてみると、私たちがこの宗教へ全面的に改宗しているわけではない、ということが読者のみなさまにはおわかりいただけるであろう。みなさまがお好みのものを信じることは勝手だが、宣教師を送ることはしないほしい！

ところが Laing は、次に、氏独自の”信念”を述べることによって、このショーをまづくした。「岩石の褶曲要因が地球の収縮と冷却にあることは、私には明白である.....」と。冷却しつつある収縮地球は、プレートテクトニクスと同様、多くの可能性のなかの 1 つである。それは、以下に私たちが概略を述べるように、固有の問題をかかえている。

多くの褶曲した岩石の下に、上層部の褶曲作用の影響をうけていない岩石が横たわっていることは論証済みのことからである。これらの岩石はデコルマによって境されていて、それにそって褶曲したり衝上する上層部の岩石のほうが運動したのである。この運動は、下位層中の蒸発岩の存在によって、しばしば助長される。この問題を、3 つ例示しよう。

ジュラ山脈

スイス北西部にあるジュラ山脈は、アルプス山脈から、スイス中央平原によって隔てられている。この平原の伏在層は、褶曲していない。山脈の構成岩石はおもにジュラ紀石灰岩からなり、後期中新世および鮮新世に褶曲した。これらの岩石は、デコルマの古典的な典型となっている。褶曲作用は三畳紀の硬石膏-岩塩層によって助長され、それらに沿って、被覆層は滑動・褶曲した。

ジュラ山脈は、伏在岩石が参加しない褶曲作用を記述する「ジュラ型」褶曲作用の名前の由来となった(図 1)。ジュラ山脈の褶曲岩石は、地殻全体をまきこむようなメカニズムによって褶曲したわけではない。というのは、たとえば褶曲層の厚さが数 km に達しているにしても、この褶曲作用は表層に限られたものであるからである。褶曲岩石下に伏在する褶曲していない不整合面の存在は、

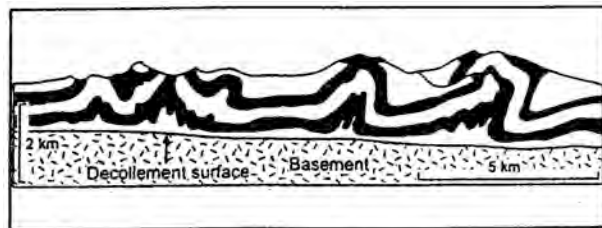


Figure 1. Cross section of the Jura Mountains and décollement along Triassic evaporites (after Ollier 1981)

図 1 ジュラ山脈の断面図と三畳系蒸発岩にそうデコルマ (Ollier, 1981 による)

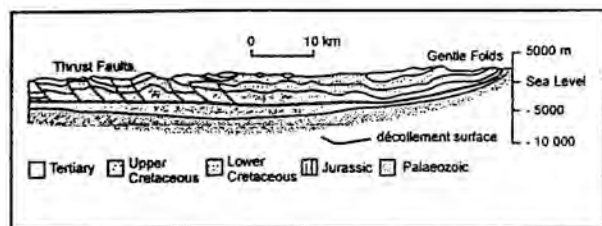


Figure 2. A cross section of the Papuan Fold Belt based on drilling. The décollement plane is within the Jurassic strata. The basement and the lower Jurassic rocks remain unfolded (after Findlay 1974).

図 2 掘削データにもとづくパプア褶曲帯の断面図 デコルマ面は、ジュラ紀層中に位置する。基盤とジュラ紀岩石は褶曲していない (Findlay, 1974 による)。

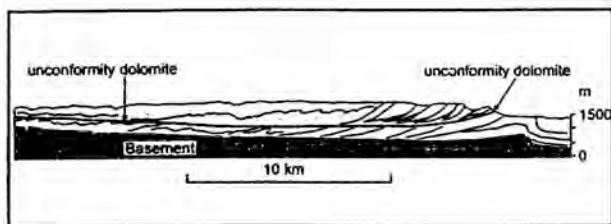


Figure 3. Cross section of the Naukluft Mountains, Namibia, from NW to SE. The Unconformity Dolomite is undeformed although it lies between two thick sets of highly folded and faulted rocks. The basement rocks are disturbed only by minor block faulting (simplified after Korn & Martin 1959).

図 3 ナミビアの Naukluft 山脈の北西-南東方向の断面図。不整合ドロマイトは、強く褶曲・断層変形を被っている 2 つの厚い地層の間にはさまれているが、未変形である。基盤岩石は小規模な地塊断層によってのみ変形している (Korn and Martin, 1959 を簡略化)。

ジュラ山地の褶曲が地殻短縮に起因するものではないことを示す。

ジュラ山脈に関するプレートテクトニクスの説明は、プレート衝突に依拠しているようにはみえない[→みえる??]。たとえば Platt (1997)は、ジュラ山脈は「短縮に由来するアルプス収束の最新の現象」とであると記述し、ジュラ山脈が褶曲を被っていない幅広い地帯によってアルプス山脈から隔てられていることを見落としている。さら

に、「この運動は、アドリアとヨーロッパの収束の最終段階を反映している」とつづけているのである。ヨーロッパにおけるほとんどの地質構造は、アフリカとヨーロッパの衝突の結果だと説明されることが多かった。

パプア褶曲帯

パプア褶曲帯は、沈み込みによって形成された褶曲の典型としてしばしば引用されてきた。しかし、詳細な研究はこれを支持しない。大深度掘削は、この褶曲が最上部数 km にかぎられたものであり、その基盤は本質的には褶曲していないことを示した (Jenkins, 1974; Findlay, 1974)。事実、褶曲岩石は、ジュラ系中のデコルマ面によって、褶曲していないジュラ紀層と分離している (図 2)。詳細な構造は、重力場における滑動を示唆する。たとえば、地層が盆地に滑り込んだところでは、これらの地層は変形して褶曲-断層コンプレックスをつくり、滑動層が基盤の障壁によって拘束されたところで褶曲度が最大になる。ここでもまた、強い褶曲が存在するが、地殻短縮の証拠はならないのである。

Naukluft 山脈

地殻短縮と褶曲作用との違いを示すもっともよい例は、おそらく、Korn and Martin (1959)によって記載されたナミビアの Naukluft 山脈であろう。その状況は、図 3 に示される。先カンブリア系の基盤岩石は褶曲していないが、みかけ上北西から南東へ運動した強く褶曲-衝上した一連の岩石に覆われている。変形強度は南東へ向かって増大し、そこでは覆瓦構造がみだされる。

断層-褶曲変形を被った岩石が定置したのちに、それらは隆起して侵食され、平原化した。ついで、この地域は海面下に沈降し、下位の褶曲-断層変形を被った一連の岩石を不整合におおって、一群の新しい堆積岩類がそれらを被

覆した。上位のひとつづきの岩石はもともとはほぼ水平に堆積したものであるが、その後、別の時相の褶曲-衝上運動を被った。不整合面までの深さに達する上位の岩石群は、下位の岩石群にいかなる影響もあたえることなく、褶曲運動をおこなった。

2 群の褶曲岩石の間の不整合面は、厚さがわずか 5 ~ 10 m の鮮明な黄色ドロマイトによって示される。この岩石は、被覆岩体にデコルマをもたらした滑動層となった。Holmes (1965)は、「この地層は変動の影響をほとんど受けることなく、2つの別個に褶曲した地層群の間に存在する」と述べた。

数 km の厚さの岩石層が、厚さわずか 10m のドロマイト層上の滑動面に沿ってを運動して褶曲し、伏在する岩石を全く攪乱していないのである。ここには、地殻短縮の疑いをさしはさむ余地はまったくない。たとえ先カンブリア紀にプレートテクトニクスが機能していたとしても、この構造はプレートテクトニクスの諸作用によって満足のいく説明がなされうるものではない。

これら 2 群の褶曲岩石は先カンブリア紀のものであり、もちろん、基盤を構成するものである。ここでの褶曲は地殻短縮によって形成されたものではないと結論づけうるのみならず、すくなくともナミビアでは先カンブリア紀以降地殻短縮がなかったと結論される。もし地球が収縮しているとすれば、それはかなり不均一に起きているにちがいない、球体上では説明しがたい。

以上議論した 3 つの例は多くの実例のごく一部であり、褶曲していない基盤を覆う褶曲岩石が普遍的に存在することは地球収縮説に対する強力な反論であると私たちは考えている。

第 32 回 ICG (イタリア) 速報

2004 年の第 32 回 ICG (イタリア) のファーストサーキュラーが公開されました

■ 期日および開催地

- 1) 期 日 2004 年 9 月 20 日 ~ 28 日 (前後および期間中に巡検)
- 2) 開催地 イタリア (Urbino and Florence)
- 3) 要旨締切 2003 年 11 月 30 日

■ ウェブサイト <http://www.32igc.org> の左上のメニューで、次の対応をご検討下さい。

- 1) FIRST CIRCULAR サークュラーの PDF ファイルをダウンロード
(従来のような印刷されたサーキュラーは配付されない?)
- 2) QUESTIONNAIRE とりあえずの参加意志の登録

■ NCGT 関係企画

- 1) NCGT スペシャルシンポジウム
SPECIAL SYMPOSIA [Fist Circular p. 21]
S05 NEW CONCEPT IN GLOBAL TECTONICS
Special Symposia は通例ですと、招待講演者のみの口頭発表で構成され、対応するポスターセッションはありません。
- 2) NCGT ワークショップ
現在、イタリアの Wezel さんとロシアの Maslov さんを中心に、学会期間中にワークショップ (シンポジウム：これまでの NCGT シンポジウムとはほぼ同様?) の企画準備がすすめられています。