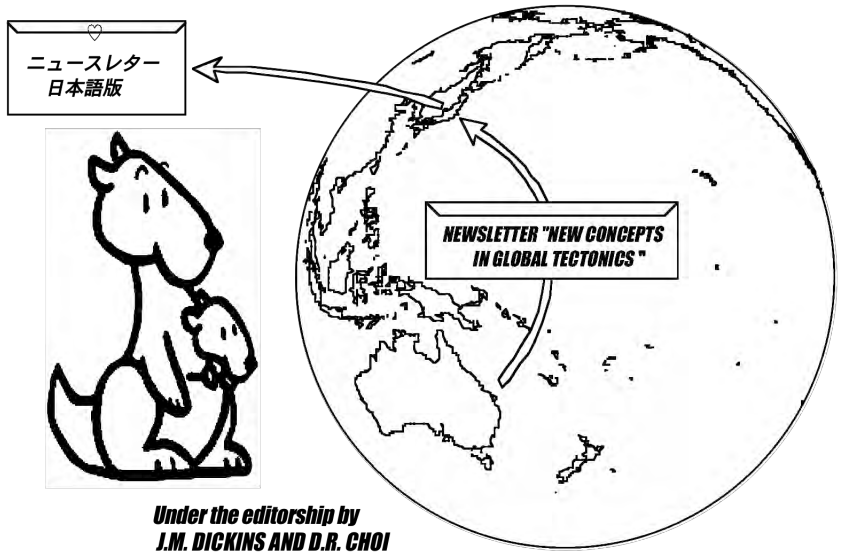
ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念

NEWS LETTER New Concepts In Global Tectonics

No. 20, 2001 年 9 月（日本語版 2001 年 12 月） 編集者：J. M. Dickins and D. R. Choi



もくじ

■編集者から 2
■ご注目下さい―財政支援を 2
■嘆願 3
■編集者への手紙 3
■論説
拡大する半球輪 4
地球テクトニクス仮説の基本論理 10
ネオテクトニス期 12
南米の地質構造モデル 14
■評 論 20
■出版物 22
■ニュース 23
■ニュースレターについて 24

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 TCTONICS* 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 2001 年 12 月下旬に発行予定. 投稿原稿は 2001 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 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 小泉 潔 窪田安打 久保田喜裕 国末彰司 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

（赤松　陽［訳］）

このニュースレター No.20 には，さまざまな原稿が寄せられています．これらの原稿は，地質学（すなわち，地球科学）を考える上での前提について議論するための基礎と，これらの前提をもとに私たちがなしうる解釈を提供してくれているはずです．

しかしながら，これらの寄せられた原稿を検討してみると，基礎的なデータに関して多くの疑問が残されていることがわかります．

全体論の用語は，利用できるすべてのデータを考慮に入れるという意味で，哲学において使われてきました．全体論の対照は，還元主義(者)，すなわちデータの一部しか考慮に入れないことです．すべてのデータの理解を成し遂げることは，大変困難なことです．ですから，疑いなく，私たちの多くは還元主義者の範疇に陥ってしまうことになります．

このようなこと(還元主義)と渡り合い，解決する唯一の方法は，おそらく，開かれた心で，同じ意見をもつ仲間との間で，絶え間なく，アイデアや情報の交流をはかることでしょう．これは科学にとっての基本です．また，権威により確立された定説や，根拠が十分示されていない必然性は，科学にとっては致命的でさえあります．

しかしながら，このことが，私たちは優柔不断と曖昧さの混乱状態の中で，無駄話を決してすべきでないといったことや，我々の理解にどのような発展ももたらさない，ということを意味するはずは決してありません．確かに，私たち多くの研究者にとって，現在の専門分化の状況が，専門外のことを理解する妨げとなっており，それが地質学（地球科学）に関することよりも大きな問題となっています．しかしながら，ニュースレターで力説されてきたように，結局は，地球はそれ自身，試されるに違いない実験室なのです．

つくばシンポジウムにおいて発行された論文集の論評（Himalayan Geology, v. 22. No1, 2001, p. 1–4 およびニュースレターNo. 19 に再録)の中で，私たちの一人（J. Mac Dickins）は，シンポジウムのために寄せられた論文から主要な問題をリストアップすることを試みました．これらは，なおいっそう完璧を期した形で，このニュースレターへ寄稿されています．

私たちは，ニュースレターに登場したり，Pratt の論文のような他のどこかに見られた資料は言うに及ばず，たとえば，Perin，鈴木，Lowman と Ollier and Pain 等の見解の違いをどのように解決し，総合化したらよいのでしょうか．

同時に，私たちのニュースレターにすでに登場した，ほとんど省みられていないが，大いに利用できる基本的なデータや，解釈の道を指し示しているいくつかの材料があります．このような情報を無視することは，間違いなく還元主義の穴に落ち込むことになるに違いありません．私たちは，地球の基本的な線状構造のパターンや多角形の構造は，明らかに地殻の歴史の早い時期に形成され，地向斜のように卓越したその後の構造によって，今は上塗りされていることが明白であることを述べさせていただきます．線状構造と多角形の構造に関して，公にされた証拠の量は，まさに，たいへん多く，しっかりと基礎付けられています．

また，Murdock の仕事は，スラブがもぐり込んでいると想像されている地向斜の前面トラフ(“海溝”)の基底には，事実上，地震活動は存在しないことを示しました．さらに，ニュースレターに取り上げられた論文や討論では，ベニオフ帯（より適切に言えば，和達―ベニオフ帯・・・鈴木尉元：「和達清夫，中～深部地震震源帯の発見への道」エピソード v. 24, p. 118–123 を見よ）は，ベニオフによって示されたようなトラフの基底にではなく，前面トラフの斜面に関連づけられており，地震活動は考えられているような斜面には関係していないということを示しました．

世界の顕著な特徴の一つは，プレート説やスラブの沈み込みではほとんど説明することのできない昇降運動の増加です．また，同様に，海洋は沈んでおり，現在の深い前面トラフは主に新第三紀に形成されたことは明らかです．この地球の起伏の増加は明らかに白亜紀中期以後，白亜紀～第三紀境界に関連した主要な局面を伴って続いています．

私たちは，大洋の両岸(対岸)における，地質学や古生物学上の仮定された類似点についてのいくつかの参照文献を知っています．が，しかし，その証拠は逸話的，そして／あるいは，希望的な観測でしかありません．本当の証拠は全く異なったものです．もし，この地質学および古生物学上の類似点が明白なら，大陸移動はとうの昔に論証の域を超えたものとなっていたでしょう．このことは，Pratt の最近の論文で論じられています．

こういった特徴や，他にもある地球の基本的な特徴を見落とすこと，そして／あるいは，無視することは，還元主義の罠に落ち込むことになるに違いありません．

ご注目下さい―財政上の支援
PLEASE NOTE – FINANCILA SUPPORT

（窪田 安打［訳］）

ここ数年来, ニュースレターの定期購読者から財政援助を受けることが多くなってきました. 日々いただいているすべての財政援助は現金出納簿に記入しておりますが, 我々に年間にお送りいただいているご好意よりも, ニュースレターの定期刊行に要する金額が大きい状態です. 私たちは, むしろ内容や展望に時間を費やしたいのです. それ故, 我々は, 定期的に援助していただいている読者のご好意に頼っている次第です. 我々はある国の読者は財政支援をすることが困難または不可能である事を心に留めておかねばなりません.

というわけですので，財政的ご支援をお願いしたします!!!
SO PLEASE FORWARD FINANCIAL SUPPORT!!!

今後も長く刊行を続けたいので, このお願いが, 読者のみなさまが資金を援助に向けてくれるきっかけになればと希望しております.

嘆　願　　A　PLEA

（矢野 孝雄［訳］）

E メールを使って編集者へ, 長い添付書類や大きなウェブサイトの参照をお送りいただくことは, 避けて下さいますようお願いいたします. 私たちは, みなさまからのご投稿を望んでいますが, 大きな原稿は航空便でお送り下さい. その際には, ディスクでお送りいただけますと, 私たちはニュースレターにそのまま掲載することができます. 私たちの無料 E メールの大きさは限られています. この制限を超えたときには, 先に着信した必要なメッセージが消されてしまうことがよくあります. ご協力に感謝いたします.

編集者への手紙　　LETTERS TO THE EDITORS

Mobilist 達（以下，プレート論者と訳す）の不動の思考
ON THE IMMOVABLE MUSINGS OF MOBILISTS

Peter M. JAMES
地質工学顧問技師（Consulting Geotechnical Engineer）
P.O. Box1079, Fortutude Valley, Brisbane QLD Australia 4006
Tel. +61-4 190 08850; Fax. +61-7 340 30691

（国末 彰司［訳］）

デンマーク・グリーンランド地質調査所の Peter Dawes のご厚意により, 私は最近, Nares 海峡シンポジウム（註 1）の論文集をいただきました. このシンポジウムで非常に印象的なのは, グリーンランドと北アメリカ大陸間の横断方向の移動の欠如を示す豊富な実地調査があるにもかかわらず, プレート論者らはラブラドル海の拡大の結果としてグリーンランドが 250–300km も漂移したというウェーゲナー的思考に執着していることです.

討論はとても長いのでここでは紹介できませんが, この討論で触れられなかった点は, Heezen（GSA Special paper 65, 1959)によって探査され, あるいは Shepard & Dill の “Submarine Canyons” (Rand McNally, 1966)に引用されている海底中央チャネルあるいは海底谷の上流域がラブラドル海にあるということです. 海底谷の説明とプレート論者によるこの地域の海洋底拡大の説明はどちらも, 以下に示すほぼ同じ縮尺の図によって示されます. 海底谷の年代は正確には知られていませんが, 鮮新世もしくはそれ以前というのがあながち不適当な推定でもないでしょう.

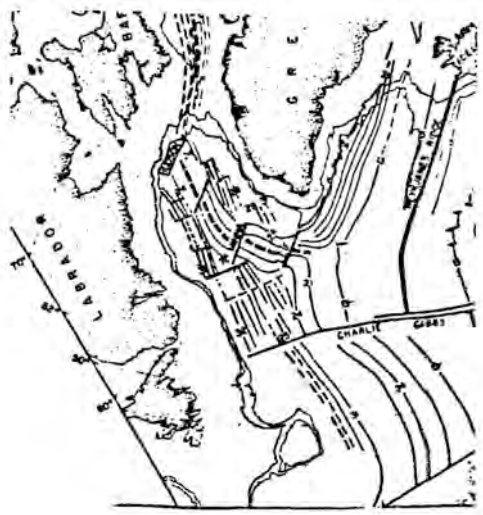
２つの図を比較すると, 海底谷が変位することなく Charlie Gibbs 断裂帯と交差しています.（海底谷の屈曲部は断裂帯の南数百 km にあります）この海底谷の勾配は小さく, 0.3m/km 以下であり, 海底浸食作用は無いでしょう. このように, もし Gibbs 断裂帯が海底谷の寿命に関与しているのなら, 海底谷は明らかに移動によって削剥されてしまっているはずです.

同様な議論は, アイスランドの西で始まり, おそらく現世まで拡大し続けているゾーンに沿っている海底谷の主要な支流についても言えます. 繰り返しますが, これは大洋底の移動をなんら示唆しないのです.

このようなタイプのケースは珍しいことではないのです. 例えば, 北アメリカ西海岸の十分に調査されている海底谷や深海扇状地などです. ここではおそらく Cascadia, Astoria その他が, 分裂することなく, Juan de Fuca のようなもぐりこむプレートに交差している.

これらあるいは他の同様な観察による理論的結論は, 地殻の水平的な移動による拡大は一切無いということです. しかしながら, 水平プレート移動の概念はプレート論者の頭に強固にこびりついており, 地質学的な観察の現実性とはもはや一致しません.

a) 海底谷図　コンターの間隔は 1km



b) プレート論者による説明　数字は地磁気異常を示す.

註 1：“Nares 海峡とグリーンランドの漂流．プレートテクトニクスの矛盾”
Ed. P.R. Dawes and J.W. Kerr. Geoscience 8 – 1982, Meddelelser on Gronland,

---

親愛なる編集者へ　DEAR EDITORS

（矢野 孝雄［訳］）

ニュースレター2001 年 6 月号を私宛にお送りいただき，たいへんありがとうございました．それをひらいて，Peter James 博士の論文を数行読みはじめたところ，私は最後まで読みとおしてしまいました．ニュースレターを自宅へもちかえり，第 12 クラス（12th class）の理科の学生である私の息子に手わたしました．彼も，それをたいへん好んで読んだ，という次第です．

Ashok K. DUBEY
Wadia Institute of Himalayan Geology, Dehra Dun, India

私はニュースレター19 号をほんとうに楽しんで読ませていただきました．Peter James の論文には実に刺激的で，また，地窪テクトニクスの論文も爽快でした．私は，Hetu の寄稿記事を事前に読んでいたので，彼の主張が広く知られたことを喜んでいます．

Chis SMOOT
5064 Kiai Place, Honolulu, HI 96821, USA

論　説　　ARTICLES

拡大する半球輪　　EXPANDING HEMISPHERIC RING

Litton PERIN
Rua Rodrigues Dorea,170-Armacao, Salvador-Bahia,Brazil 41750-030
E-maililtonp@zaz.com.br

（山内 輝子・山内 靖喜［訳］）

要　約

球の中心を通る平面と球との交線は，球面上に半球輪を作る．大陸の分離は地質学において完全に受け入れられている．しかしそれは二つのメカニズムのいずれかに起因する：そのメカニズムというのは，1．大陸を分離しながら新しく形成された海洋地殻が沈み込み帯で同じだけ消費され，一定のサイズの地球表面を残しているという場合の大陸移動．2．地球の体積の増大にしたがって新しい地殻が加わるという，地球膨張．提案した，伸張帯のみを通過する半球輪は，過去および現在の膨張している地球のもう一つの証拠である．膨張している地球の証拠は，19 世紀末以来 30 人以上の科学者によって提示されてきた．膨張している地球（説）は包括的な地球物理学的歴史を提供している．

序　文

地球という天体がだいたい球であると考えれば, その中心を通る平面と地球の表面との交線は, 地球を等しい二つの半球に分け, 地球の平均直径に等しい直径をもつ大円をなすだろう. “半球輪”と呼ぶこれらの円は地球上のあらゆる場所を占めることができる. 図１は, このような輪の一つを地球表面上に線であらわしたもので, この研究の基本となるものである.

大陸移動

今日の地質学は, おもに中央海嶺から漂移・後退することによる大陸の分離現象を簡単に認めている. 海洋底に横たわっているこれらの火山帯は, 海洋底を拡大させる地殻の伸張・生成帯を表していて, その結果, 五つの大陸を分散させた. 古生代末には, パンゲアと呼ばれる単一の塊に大陸がまとまっていた. 古生代末いらいの地殻の増大は, 現在の海洋が占めている場所を作り, 南北アメリカを南極, ヨーロッパ, アフリカから, そしてアフリカをインド, オーストラリア, 南極から引き離した. パンゲアは大陸移動説によれば, 現在の地球表面の四分の三を覆うパンタラッサと呼ばれる単一の超大洋に囲まれていたといわれる. 大陸間に起こった, そして起こりつづけている分離は否定できない. しかしながらそれを生じる過程に関しては, 異なる見解がある. ここで議論するつもりのない理由にとして, 大陸間の分離の原因に関する広く普及された学説は“大陸移動”説である. この学説によれば, 中央海嶺で生じた新しい海洋底部分は, いわゆる“沈み込み帯”でおなじ量だけ減少する ; ここで地殻は地球内部へ沈み込み, マグマの流れに加わる. やがてマグマは中央海嶺に向かって上昇し, 新しい地殻

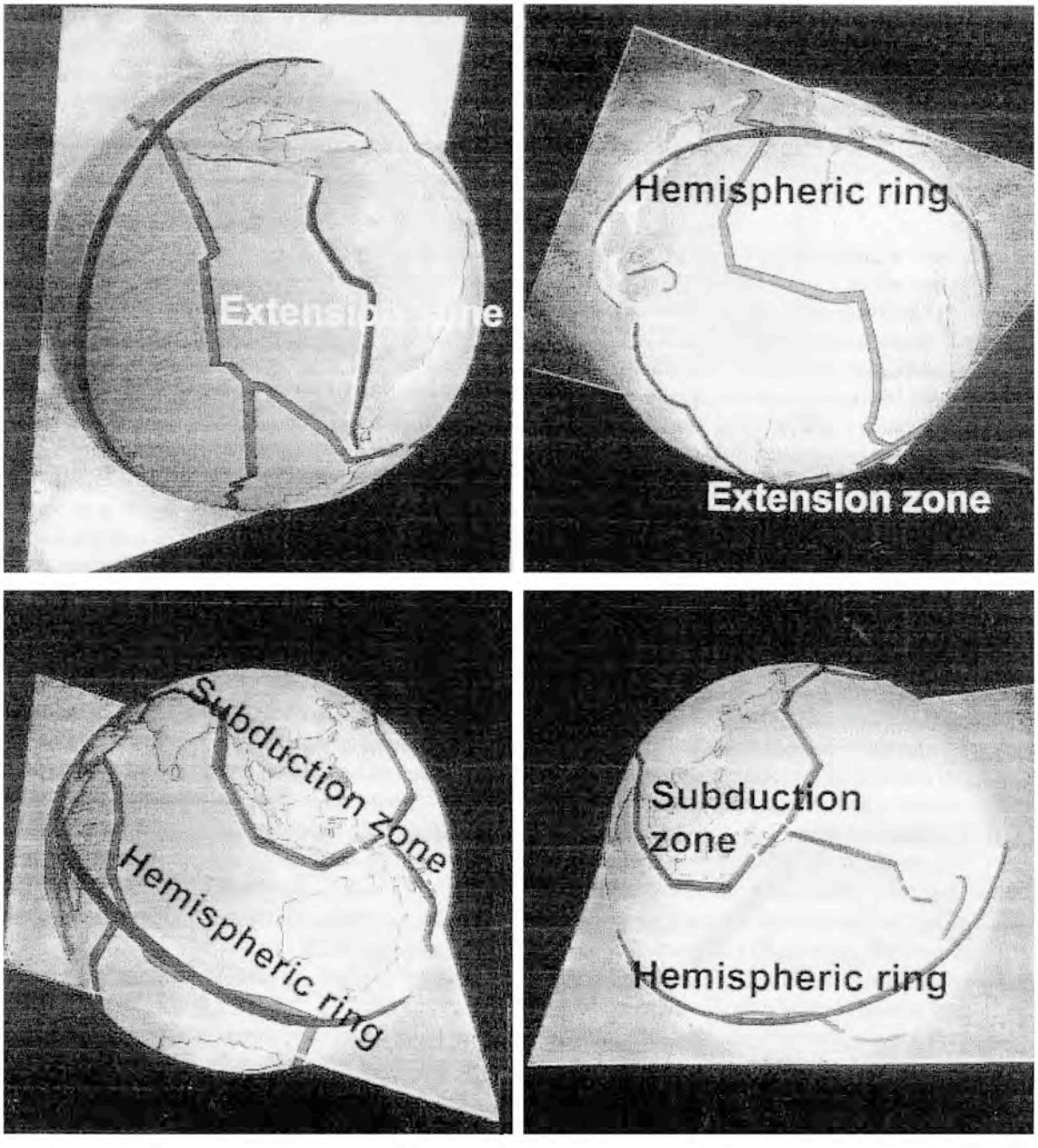


図１　地球中心および確定された半球輪を通る平面

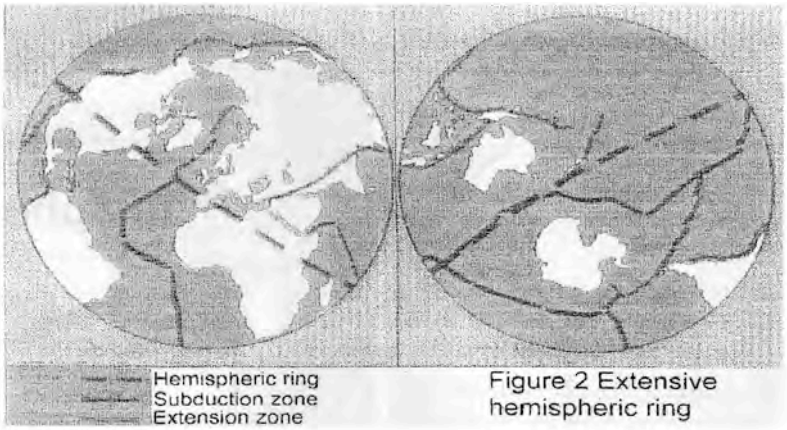


図２　大規模な半球輪

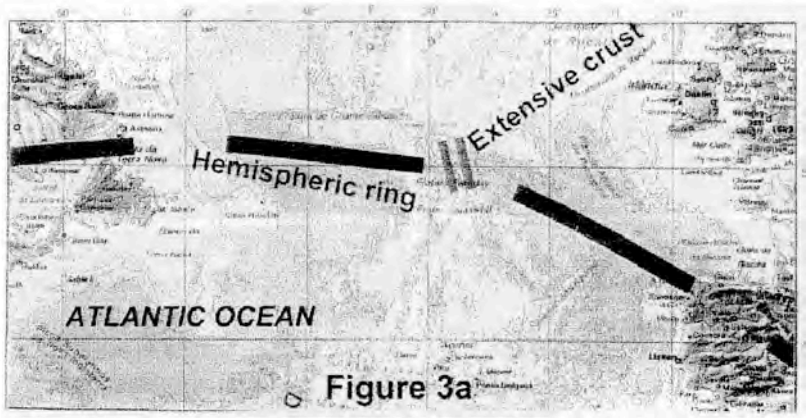


図３a

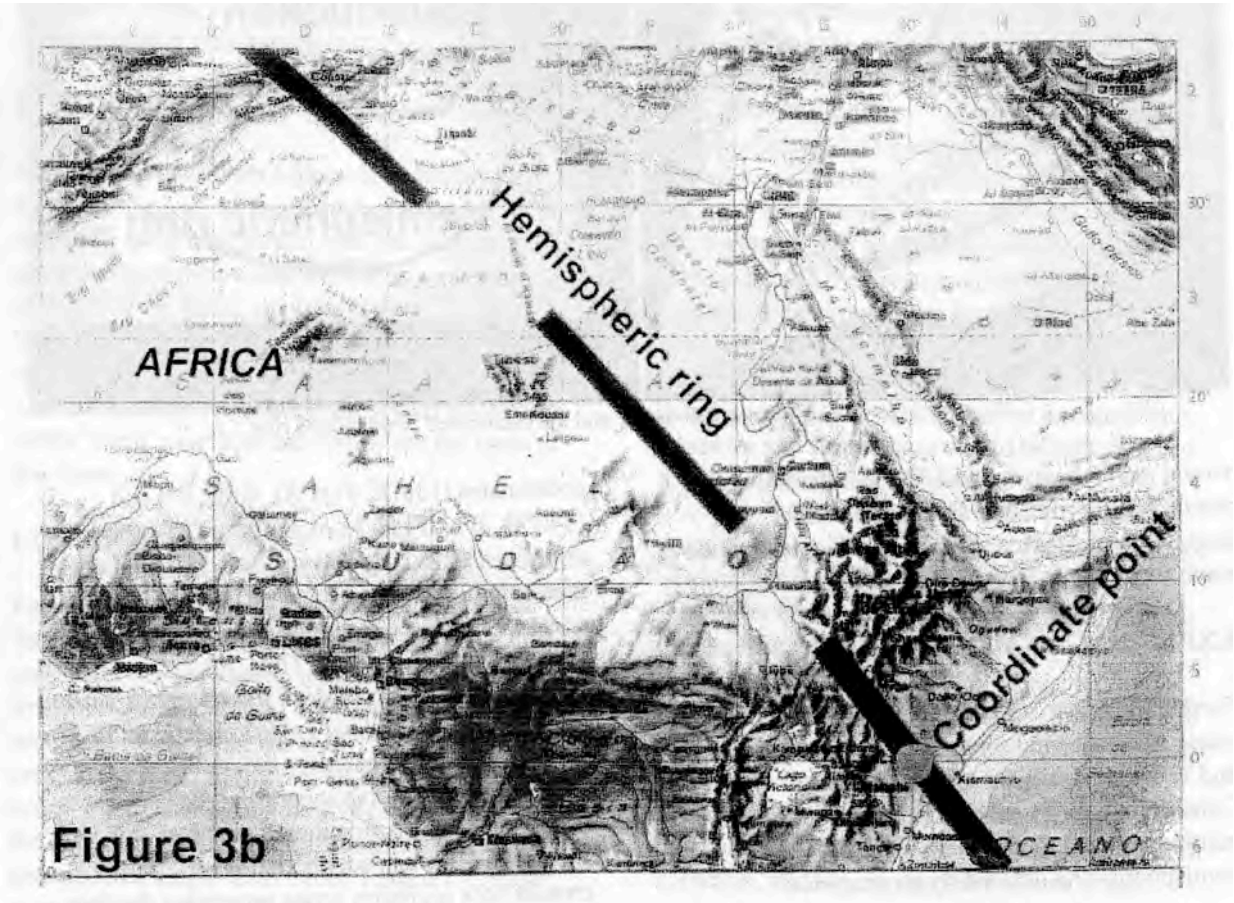


図３b

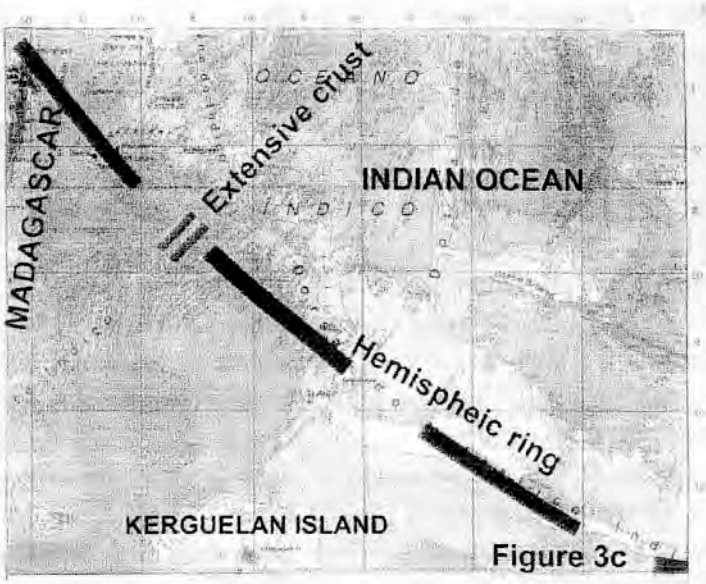

MADAGASCAR
Extensive crust
INDIAN OCEAN
Hemispheic ring
KERGUELAN ISLAND
Figure 3c

図３c

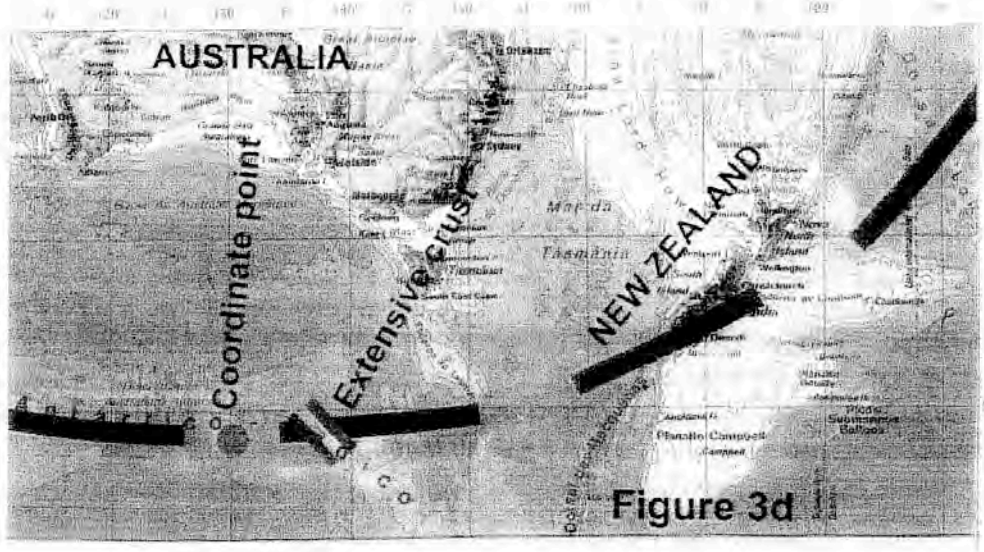

AUSTRALIA
Coordinate point
Extensive crust
NEW ZEALAND
Figure 3d

図３d

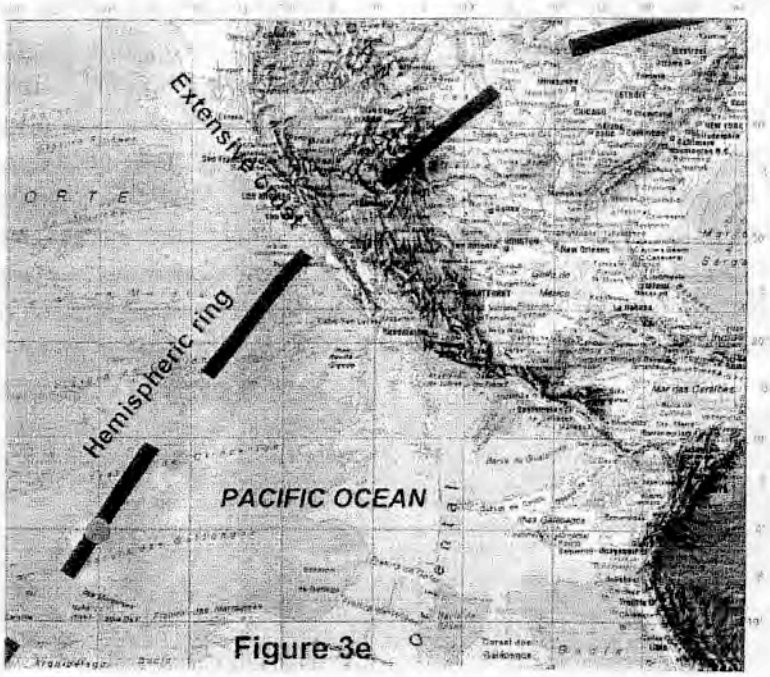

Extensive crust
Hemispheric ring
PACIFIC OCEAN
Figure 3e

図３e

の中へ組み込まれて１つのサイクルが完結する. その結果, 大陸は一定の体積と地表面をもつ地球の上を移動する. このように, パンゲアが現在の五大陸に分離したこと, それを隔てている新しい海洋が形成されたことは, 仮定されたパンタラッサが占めていた面積が縮小したことによって起こったのであろう. これらの仮定に従えば, 地球は不変の直径を持ち, パンタラッサは現在の太平洋地域ぐらいに縮小されているはずだ.

もう一つの学説は, 大陸分離の最初の証拠が得られて以来提示されてきたもので, 地球の体積が次第に増えることによって, 地球の最外部が膨張した, ということに由来する. すべての大洋盆は, 地球の膨張で新しく生じた地表が追加されることにより形成されただろう. この場合パンゲアは（今の）地球より小さい地球の全表面を覆っていたであろう（Terrella）. 太平洋を含む全ての海洋は後−古生代の地殻の増加によって形成されてきた. そして古いパンタラッサ海は決して存在しなかったであろう. 沈み込み帯は, 海洋底に代表される地殻の増大部を決して吸収しないだろう. そして地球は膨張している.

膨張している半球輪

大陸分離の原因となっている地球膨張の, さらなる証拠をここに示す. これが, この論文の主題である. 大陸移動説で示されたすべての沈み込み帯を考慮すると（図２および４）, 半球輪は地理的位置（130° E, 51.6° S）, （40° E, 0° ）および(140° W, 0°)に限定され（図 3a−e）, 沈み込み帯と交差することはない. この輪はパンゲアに以前から存在していた大陸塊, 後−古生代の海洋底および拡大している中央海嶺とだけ交差し, 沈み込み帯とは交差しない. このようにすると, この半球輪はもとの古代の長さに比して重大な膨張を示していることが見てとれる. この輪には沈み込み帯による減少は一つもないので, この膨張は今日の大陸を分離している, 新しい後―古生代の海洋底で表される. それは以前パンゲアに集まっていた五つの大陸を分けている増大帯のみを横切っている. これらの沈み込みを伴わない地殻の増加は, 過去の後−古生代と同様, 現在もこの輪の円周が大きくなっていることを示す. 球の大円がその長さを増加させれば, その大円を含む球もまた大きくなるはずだ. そのことはここに示した半球輪と, それを含むジオイドの場合も同じことである. これらの事実に基づくと, 二つの結論がえられる：

1）地球の直径と体積は増大した：
ジオイドはだいたい球なので, 地球の大円の一つ（半球輪）が増大していることに基づいて, 後−古生代の地球の膨張を数学的に証明するために, 幾何学の原理を応用することができる. 球はその直径のどれかを軸として, 円を 180° 回転させることでできる. そしてその円は球の大円の一つになる.

だから球の直径は球を作った大円の直径に等しく, この球の, どの大円も等しい直径と長さを持つ. 球のどの大円がどのように長さを増大させても, 回転によってこのような球の表面と球の大円の長さが増大する. 半球輪の長さを数式で表すと,

$$L = \pi D$$

輪の長さはその直径の約 3.1416 倍に等しい. 球の体積は,

$$V = 0.1666\,\pi D^3$$

で表され, または直径の三乗を 0.5243 倍したものにほぼ等しい. 半球輪の円周とそれを含む球の体積が, 共通の直径にもそのまま比例することがわかれば, 円周をもちいて

$$V = 0.0169 L^3$$

で表され, 半球輪の円周の三乗を 0.0169 倍したものにほぼ等しい. したがって, どの半球輪の増大も, それが属する球の体積が, それに比例して膨張することを意味している. このように, 元の長さにもっぱら付け加わっているだけの半球輪は, それを含むジオイドの体積が増加している証拠である.

２）地球は体積膨張している：
この輪は, 現在 1 年につき数 cm 拡大している地帯を少なくとも４つは横切っている（図 1〜4）. 沈み込み帯とは一つも交差してないのでその長さは増しており, 前項で示したようにそれが属する地球もまた直径と体積を増している.

その他の, もっぱら膨張している半球輪は, 第 38 回ブラジル地質学会の会報に公表されたもののように, 描くことができるだろう. その拡大する地殻だけを横切る半球輪を追跡するために使われた拡大帯と沈み込み帯が, 1978 年に Debenhan et al.によって提案された（図４）. しかしながら, 1994 年の第 38 回ブラジル地質学会での半球輪の提案の後, 北東ニュージーランドでこれらの著者が, 沈み込み帯における南西への伸張を正しく追跡したという趣旨の論文で, いくつかの実例を示している.

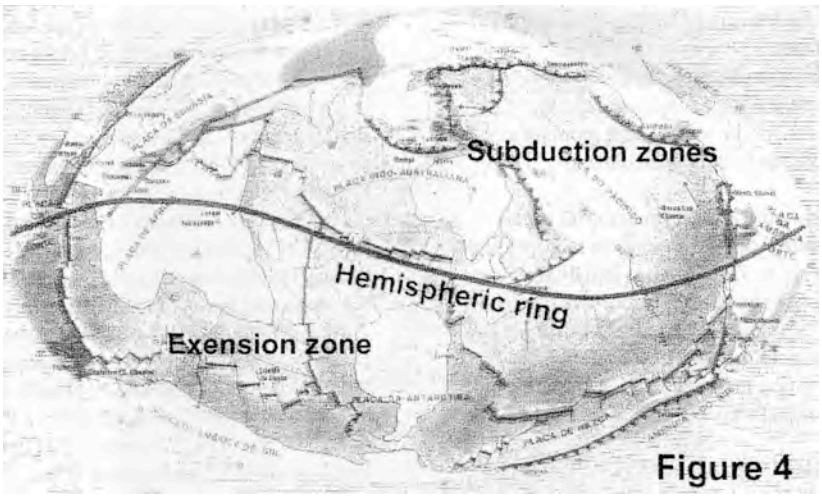


図４

これらの新しい解釈は，提案した輪の拡大を無効にはしていないけれど，かれの拡大だけという分類を無効にするかもしれない．Debenhan の実例の正確さは，図４上で見ることができる．ここでは沈み込み帯を表す Kermandec–Tonga 海溝が，北東ニュージーランドに達する前に終わっていることが明らかである．この証拠は図 3e の地図中に追跡された地形の中で，より正確に観察することができる．Debenhan の説明図のなかでも，白で示した大陸プレートは，ニュージーランドがオーストラリアータスマニア，南極およびアメリカとつながって，かってパンゲアに属していた大きな大陸プレートの上に存在することを疑いなく表している．この場合，この地域の輪の拡大は，現在これらのプレートを分離させている新しい地殻の増加によっても明らかである．図 5a で示すように，ニュージーランドプレートには沈み込みの証拠となるいかなる地形も存在しない．沈み込み海溝帯は，この国の北東部に達する前に消失している．

地球膨張のさらなる証拠

拡大している半球輪は，地球膨張のいくつか提案された証拠の一つである：

—おそらくパンタラッサのような超海洋のなごりである太平洋を含む現在の海洋底に，想定される超大洋堆積物は存在しない．これに相当する厚い堆積層をもつ海洋がないのだから，地球表面の 3/4 を覆う超大洋の証拠はない．この数十年間に行われた大規模なボーリングコアの調査は，それらが後–古生代起源であることを証明した．すべての海洋は，玄武岩溶岩からなる中生代の海洋底や新生代の玄武岩からなる海洋底上にあり，これらの海洋底は，5 大陸の分離によって創られたかつての空間を埋め，また，現在も埋めつづけている；後–古生代の海洋堆積物は，これら玄武岩質の海底を覆っている．古生代の海成堆積物の欠如は，パンタラッサが決して存在しなかったことを示唆する．このことは，古生代の地球は今日に比べてかなり小さく，つながった大陸（パンゲア）にしっかりと覆われていたことを意味する．

—古生代の大陸（パンゲア）の大部分を覆っていた海へ向う lower drainage（パンタラッサ海）が存在しない．が存在しない．地球上のすべての海成古生層は 5 つの大陸の最上部にあり，この時代の海盆はすべてパンゲア上に位置したことを証明している．これらの堆積盆地をもつ古生代の海水面は今日の海水面より 1.8km 上にあり，大陸上のこの高さより下にあるすべてのものを覆っていた．これらの水は，新しく広い低地帯が今日の海洋を形成しながら地殻を拡大させた時，初めて今日の海水準にまで流下することができた．したがって古生代には地球全体が 5 つの大陸でおおわれ，このことはその時代の地球の表面積も体積も小さかったことを意味する．

—小さい直径の地球を象徴する，しっかりと結びついたパンゲア．今日より小さかった地球上に大陸を寄せ集めると，パンゲア上にある隙間（地球のサイズに対応するジオイドの上に載せると）は消える．

—アンデス堆積岩の供給源がこの地域の西に位置した．このことは現在の太平洋が位置している場所と古生代に仮説のパンタラッサ海があったとされている場所が高い大陸の陸地だったことを予測させる．源岩は，東オーストラリアにあるこれに相当する堆積物とも鉱物学的に矛盾しない．もしも古生代のオーストラリアが，東アフリカ/南極，南アメリカの西部と同時につながっていたなら，パンタラッサ海は排除され，この時期の地球表面のひろがりはかなり縮小される．

—大陸移動説のなかで提案されている沈み込み帯の大部分に，沈み込みに求められる圧縮特有の，典型的な地質構造が欠如している．

—7 つの原大陸ポリゴンにおける地殻の付加．地球表面を形作っている第一級の多角形プレートは，その最初の輪郭に地殻の付加を行ってきた．沈み込みが起こることとは関係なく，このことは古生代の後の地球表面の拡大を示唆している．

—先カンブリア紀造山帯の復元．これらの造山帯の数と配置は，先カンブリア時代の地球の直径が小さかったという結論を導いている．

—太平洋のパラドックス．地球の大きさが不変であることを前提とした大陸移動説は，新しくつくられた海洋が占めるのと同じ割合で太平洋地域がその面積を減らすこ

図５a

図５b

を必要とする．しかしながら，大陸は，この半球に近い海洋を取り囲みつつ，それらの周辺の長さを拡げるような移

動を示しながら，このような縮小を両立させている．もし海洋がすべて拡大しているのなら，地球も膨張する．
—古地磁気の値，古生物および古気候による集散は，古生代の地球がより小さな直径である場合のみ矛盾がない．

著者の計算法の違いによる変化はあるが，大多数が古生代末から始まった地球の直径の増加は 31%から 35%，すなわち表面積の増加は 72%から 82%であることを示している．この研究で提案した半球輪の場合だけ，後−古生代の地殻の拡大が 63%である．

文献学的レビュー

大陸分離を説明するための地球膨張は，この課題に関する Wegener (1924)の有名な提案に先行して提案された．この論文で問題にした地球膨張の証拠と数値は，次の文献に示される 30 人以上の科学者の研究から引用された：Green (1857), Bogolepow (1922), Lindemman (1927), Hilgenberg (1933), Halm (1935), Dirac (1937), Keindl (1940), Scheneiderov (1944), Schmidt (1944), Walker & Walker (1954), Joksch (1955), Egyed (1956), Dicke (1957), Heezen (1959), Wilson (1960), Ivanenko and Sagitov (1961), Neymann and Kirllov (1961), Brosske (1962), Barnett (1962), Fairbridge (1964), Creer (1965), Dearnley (1965), Jordan (1966), Steiner (1967), Waterhouse (1967), Meservey (1969), Rickard (1969), Carey (1970), Ranalli (1971), Perry (1972), Walzer (1972), Owen (1973) and Isaakson (1975).これらの文献には含まれていないが，Egyed によれば Mantovani が 19 世紀に地球膨張を示唆したように記述されている．

地球テクトニクス仮説の分析と総合に関する基本論理の原則
BASIC LOGIC PRINCIPLES OF ANALYSIS AND SYNTHESIS OF GEOTECTONIC HYPOTHESES

Leo A. MASLOV
Institute of Tectonics and Geophysics, Computing Center,
Far East Branch, Russian Academy of Sciences, Khabarovsk, Russia
E-mail: <Lev maslov@yahoo.com>

（矢野 孝雄［訳］）

まえがき

近年，きわめて多数の異なる仮説が提出されている．それぞれは，私たちの惑星の活動や構造的規則性，ならびに進化を制御する諸作用を説明しようとしていて，自前の固有な研究を提示するものである．それらの中では，さまざまな用語が案出され，それらの意味するところはあいまいで，不明瞭である．いっぽうでは，地質-地球物理学データと実験結果がきわめて大量に集積しつづけてきた．これらのすべてが，K.P. Longwell によって”精神病院”と，また N.S. Shatsky によって”不条理な渾沌”と形容されたテクトニクス研究の現状をもたらした．これまでに得られた大量の情報の整理と論理的解析が，緊急に必要であるように思われる．Yu. A. Kosygin による研究成果と彼がつくった規律が，用語と概念体系を整理するきっかけとなった．彼の注目点は，地球テクトニクス仮説を整理・解析するための厳密な論理的基本原理を数式化しようという試みにある．

この論文の目的は，研究者の注意を次の点に集めることにある．すなわち，地球の活動を制御したり，その構造と進化に関して観察された規則性をもたらしているのは，特定の初期過程や原理ではなく，さまざまな作用の全体性が制御している，という視点である．私たちの目標は，包括的な仮説を選びだすための精確な方法を，きちんと数式化することにある．この包括的仮説は，地球の科学的研究の現実的基礎になりうるものである．

課題設定

地球テクトニクスの仮説群は，つぎの区分肢によって分類することができる．
グループ A：地球の半径変化という概念に関わる仮説群
グループ B：地球の自転系にもとづく仮説群
グループ C：惑星重力場における密度不均質性に由来する運動に関わる仮説群

第 1 のグループは，この惑星の地球テクトニクスと地球ダイナミクスを，次の 3 項にもとづいて説明しようとする仮説群である：
A_1　地球の膨張（半径の増大）
A_2　地球の収縮（半径の減少）
A_3　半球それぞれで異なる速度をもつ地球の半径変化

第 2 のグループは，この惑星の地球テクトニクスと地球ダイナミクスを，次の 4 項にもとづいて説明しようとする仮説群である：
B_1　地球の不均一回転

B_2　月・太陽との潮汐相互作用
B_3　極運動
B_4　コリオリ力の作用

第３のグループは，この惑星の地球テクトニクスと地球ダイナミクスを，次の３項にもとづいて説明しようとする仮説群である：
C_1　マントルの対流的物質流動
C_2　地殻とマントルの水平対流（advection）的物質流動
C_3　惑星重力場における不均一密度の緩和

私たちが想定した以上の区分にみられる主要な特徴をとくに強調しておこう．
第１点：A，B および C グループの仮説は，運動学的基礎にもとづいてつくられている．
第２点：A，B および C グループは，第１近似においては独立している．
第３点：上で考察された一群の仮説は，Cm のようにさまざまな組み合わせを用いると全く完璧になる．とくに造構運動と地球ダイナミクス作用について，考えうるすべての場合を，実際に包括することができる．

したがって，A_k (k=1, 2, 3)，B_l (l=1, 2, 3, 4)および C_m (m=1, 2, 3)からなる仮説システムは，ある公理系における公理システムの必要条件（完璧性，独立性および無矛盾性）を満足させる．１組の数式化された主要仮説群にもとづくと，仮説群 A_k，B_l，C_m の和と考えられる作業仮説 $\Gamma \Sigma \alpha_k \Sigma \beta_l \Sigma \gamma_m$ を数式化することができる．係数 α_k, β_l, γ_m は 0〜E の範囲にあり，ここでの E は，この惑星のエネルギーバランスによって条件づけられる定数である．係数 α_k, β_l, γ_m の和は，定数 E に等しくなるはずである．したがって，

$$\Gamma_{\Sigma\alpha_k\Sigma\beta_l\Sigma\gamma_m} = \sum_{k=1}^{3} \alpha_k \cdot A_k + \sum_{l=1}^{4} \beta_l \cdot B_l + \sum_{m=1}^{3} \gamma_m \cdot C_m \qquad (1)$$

ある作業仮説の明確な数式化を例示してみよう．たとえば，この惑星の地球テクトニクスと地球ダイナミクスが地球膨張，月と太陽との潮汐相互作用，ならびに地殻・マントル物質の水平対流といった作用によって支配されているという仮定を嗜好する作業仮説は，次の数式によって記述される．

$$\Gamma_{\alpha_1\beta_2\gamma_2} = \alpha_1 \cdot A_1 + \beta_2 \cdot B_2 + \gamma_2 \cdot C_2$$

上述の諸作用のうち，それぞれの貢献度は，この数式のうえでは明らかではない：それゆえに，係数 α_k, β_l, γ_m は未知数である．数式(1)をもちいた場合の例を，さらに２つ示すことにしよう．

第１例：すでにリストアップされた仮説 A, B および C から導かれる 10 個の作用（仮説）のすべてが地球の造構形成にかかわっていると仮定しよう．この場合，この作業仮説は，次の形で記述される：

$$\Gamma = \alpha_1 \cdot A_1 + \alpha_2 \cdot A_2 + \alpha_3 \cdot A_3 + \beta_1 \cdot B_1 + \beta_2 \cdot B_2 + \beta_3 \cdot B_3 + \beta_4 \cdot B_4 + \\ + \gamma_1 \cdot C_1 + \gamma_2 \cdot C_2 + \gamma_3 \cdot C_3;$$

$$\alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \beta_1 + \beta_2 + \beta_3 + \beta_4 + \gamma_1 + \gamma_2 + \gamma_3 = E$$

第２例：係数 a_1, a_2, a_2, a_2 は 0 に等しくなく，$a_1 > a_2$ であるとする．他の係数は 0 であるとする．この場合の作業仮説は，$\Gamma_{\alpha_1\alpha_2\beta_2\gamma_2}$ となり，これは次のように記述される：すなわち，地球半径の永続的増大，月・太陽との潮汐相互作用，および地殻・マントル物質の水平対流という定常的背景に加えて，地球半径の脈動的変化によって，地球の進化と地球テクトニクス活動が決定されている，と．数式(1)からの類推によって，これに相当する記述はこのようになるわけである．

一般に，上記の 10 個の主要仮説を組み合わせると，

$$C_{10}^1 + C_{10}^2 + \ldots + C_{10}^9 + C_{10}^{10} = 1024$$

種類の地球テクトニクス作業仮説ができるのである！　おそらくは，解がいずれであるか，私たちが感づくことはないだろう．これだけの仮説を１つの論文に記述したり，まして分析するには，あまりにも広範囲にわたっている．それゆえ，ある特殊な計算プログラムが開発され，それによって私たちは，指標 k=1, 2, 3；l=1, 2, 3, 4；m=1, 2, 3 の任意の組合せを用いて，該当する作業仮説を数式化することができる．得られる結果はたいへん興味深いものである．というのは，千以上もあるさまざまな作業仮説を，実にわずかな（総数 10 個）基本仮説群の組合せとして表現することができるからである．

この研究の主要目標

数式(1)に示されるさまざまな仮説から１つの仮説を選択すること，あるいは，確からしい仮説の最大限の範囲を限定すること，が必要になる．そこで，線形代数および解析幾何学のいくつかの概念を利用することにしよう．変数 α_k, β_l, γ_m の座標系の上で，仮説群 A_k，B_l および C_m（k=1, 2, 3；l=1, 2, 3, 4；m=1, 2, 3）を考えてみる．個々の仮説は，極超平面（hyperpane）H 上の１つの点と考えられる．これによると，最適な作業仮説を探すには，調べられている仮説を詳細に示しうるか，それを決定している領域を絞り込むことができる係数 α_k, β_l, γ_m（座標）の値をみいだすことができればよいことになる．

もっとも確実な仮説をみいだすには，じつにさまざまな方法を用いることができる．ここで，その方法を提出することはできない．地質学的，地球物理学的，地球化学的，および，その他の観測データに矛盾する作業仮説であってはならないことだけは，はっきりしている．これが，基本仮説 A_k，B_l および C_m に一連のデータが加えられなければならないことの理由であり，データは作業仮説 $\Gamma_{\alpha_1\alpha_2\beta_2\gamma_2}$ の検証において拘束条件になるものである．入手できる，あるいは，よりよく推論できている地質学-地球物理学的必要データセットは，そのような拘束条件群となりうることができる．地質学-地球物理学的データ群には，物理-化学的諸作用が追加されるべきである．これらの諸作用は，すでに考察された主要仮説群の基礎をなすものである．また，それらは，A_k，B_l および C_m の近似から惑星表面での運動や地球テクトニクス作用へと個々の作用の変換を記述するものである．したがって，この惑星の半径変化を引き起こすメカニズムを理解すべきであり，また，鉛直方向の潮汐変形が地球球殻の水平変形に転換するメカニズムなどの知識を得ることが不可欠である．

議　論

この論文は，地球テクトニクス仮説群の総合化と解析に関するすぐれた方法を提示し，最適な地球テクトニクス仮説を抽出するための数学的問題を定式化した．主要仮説群 A_k，B_l および C_m が示され，それらは第１級の地球公理系の基本要素と考えることができる．基本メカニズムとして機構的側面からの仮説選択という課題が，おそらくは，この論文の主題となっていて，著者の研究志向性に関与する．それゆえに，上述した基本仮説群 A_k，B_l および C_m は，もし必要とあらば，修正され，さらに付け加えられるべきものである．

冒頭でもお断りしたように，基本仮説群 A_k，B_l および C_m という系は進化的特性をもつ仮説から構成されていて，”天変地異”仮説はとりあげられていない．しかし，地質学的年代記によると，地球の歴史的発達過程のさまざまな段階で，”瞬間的できごと”が順次発生したことが知られている．それらは，進化の道筋を突如として破壊し，そして，その後に，進化様式を改変する新しい要素をもたらした．この論文で適用した概念を用いると，ある天変地異がいつくかの作用の発現を妨げることによって，何か別の作用群を”活性化”させる，と表現される．その結果，惑星系の全体が，別の座標軸 A*, B*および C*によって定義される極超平面へ変換されることになる．

私たちの仮定にしたがうと，作業仮説の基本要素は，それぞれ独立に働く．これらの基本概念の相互作用は考慮されないため，数式化の研究では″線形″としてあつかうことができる．主要要素 A_k，B_l および C_m の相互作用は，数式(1)に A_k・B_l の２次項（より詳細には，係数 a_ka_l, a_ka_m, a_la_m の積）をくわえることになる．このようにして相互作用を説明することが，″非線形（もっとも狭義）″地球ダイナミスを発展させる基礎となる．

ネオテクトニクス期　　THE NEOTECTONIC PERIOD

Cliff D. OLLIER
Department of Geography, University of Western Australia, Nedlands, WA 6901, Australia
E-mail <cliffoll@geog.uwa.edu.au>
and
Colin F. PAIN
Australian Geological Survey Organization, PO Box 378, Canberra, ACT 2601, Australia
E-mail <colin@agso.gov.au>

（久保田 喜裕［訳］）

私たちの最近の著作，*山地の起源*で，私たちは，ほとんどすべての現在の山岳地域は多かれ少なかれ台地が解体され，台地は平坦面の隆起によって形成された事実を示している．山地形成作用は，それゆえ，台地を形成する平坦面のほとんど垂直の隆起である．私たちの研究では，“造山運動”というような語句は使わない．それはこの用語は意味が変わってきていて，今では山岳地形の形成よりもむしろ，岩石内の構造変形に対して使われている（Jackson,

1997）からである．

地質家や地形家は，平坦面や台地の隆起の時間を決定するのに多くの技術を応用してきた．ある時には異なった見解が生まれている．議論の詳細は著書でなされているので，ここでは私たちはほんの要点だけ紹介する．

世界中の山地についての私たちの困惑は，主要な隆起段階は約 8Ma の中新世に始まり，顕著な隆起は鮮新-更新世に生じた，ということを示している．私たちは，このことは，世界中の研究者が同じ結論にたどり着いているので，私たちのサンプリングのやり方のせいだとは思わない．山地形成作用が新しい時代であることは，かなりの間，ロシアで受け入れられてきた考えである．Pavlides (1989)は初めて西洋へその考えを持ち込んだ．山地形成期はネオテクトニクス期として知られているが，それは“新第三紀後期と第四紀前半”に生じた若い造構運動と定義されている．[我々は第四紀全体を含みたいのであるが]．この期の地殻運動は，造陸運動（epeirogeny）によって特徴づけられるといわれている．あきらかに，何人かのロシアの研究者は，この言葉は古期クラトン（剛塊）区付近の垂直変動にだけ応用されるべきだと主張した．しかし，これは不必要に制限しているように思える．星野（1998）は，ネオテクトニクス期は変動帯にも作用した－それは地球規模の地殻現象である－，と考えている．

ネオテクトニクス期は，初期の研究者によって，少なくとも一部では認定されてきたようにみえる．それは地中海変動（Aubouin, 1965），Antillean Revolution (Schuchert, 1935)，そして Pasadenian 造山運動 (Stille, 1955)と同じであるかもしれない．

もしネオテクトニクス期が現実のものであるならば，それはいくつかの重要な含みをもつし，あやふやな機構や学説に制限を与えることになる．

1. 隆起は，やや短くて，限られた時期のあいだに生じた．ほとんどあるいは全く隆起運動が起こらない期間のあとで，何らかの地球の作用が起動し，山地を形成した．これは，斉一観からの逸脱である．
2. 山地形成作用期は，地質学的には短く限られている．それは花崗岩の貫入，それには幾千万年かかるが，あるいは，プレートテクトニクス，それは途切れのないものであるが，それらと同様のタイムスケールではない．
3. 我々は，この短く鮮明な隆起期を引き起こす原因についてまだ知らない．
4. 限られた山地形成期があるのか，それとも，その過程は地球史を通じて連続的なものなのか，といった積年の議論に関して，その答えは前者に有利であることは明らかのように思える．私たちは限られた顕著な若い地形形成期があるという結論をつかんでいる．これは，限定的な斉一観からの離脱である．
5. ほとんどの山地は隆起する前に，浸食作用によって平坦面が形成されるような，造構運動が静穏ないしは静寂な期間があった．平坦化に費やされた時期はとても短いように思える．より詳細な調査だけが，この点を明らかにすることができる．
6. 大地の隆起と後期新生代の氷河作用の間の時代の一致は，山地形成作用が気候の主要な側面を規制するであろうことを示している．ミランコビッチサイクルのようなさまざまなサイクルが詳細を支配してはいるが，一般的な寒冷化の原因は，陸塊の隆起であるに違いない．Raymo and Ruddiman（1992）は以前から，気候への造構的作用の影響を示唆してきた．しかし，彼らは山地の隆起はおもに過去 40Ma であったと信じているし，気候変化への影響について温室効果の複雑なシナリオを考えている．

鮮新－更新世の山地形成のほとんどは，一般的にはアルプス造山運動として言及されていることの一部である．アンデス山脈，チベット高原とヒマラヤ山脈，そしてヨーロッパアルプスなどは，それ自身，すべて古典的な例である．“アルプス”と考えられていない他の少しの山岳地域は，ウラル，中央アフリカの Ruwenzori 地塊，中央スペイン山脈，中央アジアのそれらのように，更新世に隆起した平坦面をもっている．

受動的大陸縁の隆起は，おそらく新第三紀初期，中生代にもさかのぼるかも知れないほど，しばしばより古いものである．そのいくつかにおいて，ネオテクトニクス期にさらに隆起することが分かっている．スカンディナビアには中生代の隆起と新生代の隆起がある：オーストラリアの東側の高地では中生代の隆起にさかのぼるが，新生代の隆起は少なくとも Kosciusko 地区にまで影響を及ぼした：南アフリカでは，中生代に開始したあと，鮮新世に再び隆起した．

多くの山地には褶曲層があるが，褶曲は地質構造を切るような平坦面より古い．そのため，褶曲は隆起より古い．スカンディナビアやスコットランドのカレドニア層の褶曲運動は，現在の山地をつくった隆起よりかなり古い．カルバチア山脈の構造は，後期鮮新世の隆起よりかなり古い．多くの山地の隆起は（ネオテクトニクス期において）同時であるが，地層の褶曲運動はそうではない．

山岳地域の平坦化と隆起の年代に関する新しいデータは，今後もひきつづき現れる．私たちは新しいデータ，あるいは私たちがここに示したデータの修正を読者の方たちからいただくことをに感謝するものです．

文　献

AUBOUIN, J., 1965. Geosynclines. Elsevier, Amsterdarn.
HOSHINO, M. 1998. The Expanding Earth; evidence, causes and effects. Tokaj Univ. Press, Tokyo.
JACKSON, J. A., 1997. Glossary of Geology. 4th ed. American Geological Institute, Alexandria, Virginia.
OLLIER, C. D. and PAIN, C. F., 2000. The Origin of Mountains. Routledge, London.
PAVLIDES, S. B., 1989. Looking for a definition of Neotectonics. Terra Nova, v. 1, p. 233-235.
RAYMO, M. E. and Ruddiman, W. F. 1992. Tectonic forcing of late Cenozoic climate. Nature, v. 359, p. 117-122.
SCHUCHERT, C., 1935. Historical Geology of the Antilles and Caribbean Region, Hafner, New York.
STILLE, H., 1955. Recent deformation of the Earth's crust in the light of those of earlier epochs. Geol. Soc. America Spec. Paper 62, p. 171-191.

表１　山地における平原化と隆起の要約（出典は Ollier and Pain, 2000 を参照）

EUROPE	
Swiss Alps	Pliocene - Quaternary
The Jura	Pleistocene
The Apennines	latest Pliocene - Middle Pleistocene
The Pyrenees	Pliocene
The Central Cordilleras of Spain	Plio-Pleistocene
Baetic Cordillera	upper Miocene - Pliocene
Western Carpathians	Upper Miocene - Pliocene
Southern Carpathians	Pliocene
The Caucasus	Upper Pliocene
The Ural Mountains	Pliocene-Pleistocene - Middle Pleistocene
The Sudeten	Pliocene-early Quaternary
ASIA	
The Tibetan Plateau	Pliocene - Quaternary
The Himalayas	Pliocene - Quaternary
The Kunlun Mountains	late Tertiary-Quaternary
The Tien Shan	Quaternary
Turfan Depression	Quaternary
The Altai Mountains	Tertiary
The Transbaikal Mountains	mid - Tertiary
The Karakoram	Late Neogene to present
Shanxi Mountains and Graben	Miocene - middle Pleistocene
Japanese Mountains	Pliocene - early Pleistocene
Taiwan	Plio-Pleistocene
NORTH AMERICA	
Sierra Nevada	post-Pliocene
Basin and Range fault block landscape	between 7 and 4 Ma
The Colorado and other plateaus	Late Pliocene to Recent
The Bighorn Mountains	middle Tertiary - Pleistocene
The Rocky Mountains	5 million years
The Coast Ranges	late Pliocene
Canadian Cordillera	Late Miocene - Pliocene
The Cascade Range	Pliocene
SOUTH AMERICA	
Colombia	Plio-Pleistocene
Chile	Pliocene and Pleistocene
Bolivia	Plio-Pleistocene
Ecuador	Upper Miocene - Plio-Pleistocene
OTHER REGIONS	
Ethiopian Rift	2.9 and 2.4 Ma
Western Rift	3 to 2 Ma
Ruwenzori	within the last 3 million years
New Guinea Mountains	Plio-Pleistocene
New Zealand Mountains	late Tertiary - Pliocene

中深発地震帯から見た南米の地質構造モデル
A GEOTECTNIC MODEL OF SOUTH AMERICA REFERRING TO THE INTERMEDIATE-DEEP EARTHQUAKE ZONE

Yasumoto SUZUKI
Geothermal Energy Research and Development Co. Ltd.
Kyodo Bldg., 11-7, Kabuto-cho, Nihonbashi, Chuo-ku, Tokyo, Japan
Tel. 81-3-3666-5822; Fax. 81-3-3666-5289; E-mail <suzuki@gerd.co.jp>

（小泉　潔［訳］）

はじめに

筆者は,環太平洋島弧地域の中深発地震帯がプレートテクトニクスによって推定されるサブダクションによるものではなく,隆起ブロックと沈降ブロック境界に沿う応力や歪みの集中によるものと主張してきた.南米のアンデス造山帯は，中深発地震帯をともなう陸弧である．筆者は，プレートテクトニクスに関する南米の地震活動と発震機構を検討し，この地域に我々のモデル(鈴木ほか，　1978)を適用したい.

地質構造の骨格

南米は，太平洋西岸に沿うアンデス造山帯と，中央部～東部の楯状地と盆地から成る．ギアナ(Guyanas) 楯状地が北部に,中央ブラジルおよび大西洋楯状地が中央部に分布している．サリモエス(Salimoes)とアマゾン(Amazonas)盆地が，ギアナおよび中央ブラジル楯状地の間に位置している.パルナイバ(Parnaiba)盆地は中央ブラジルと大西洋シールドの間にあり，パラナ(Parana)およびチャコパラナ(Chaco-Parana)盆地は大西洋楯状地の南西方にある.

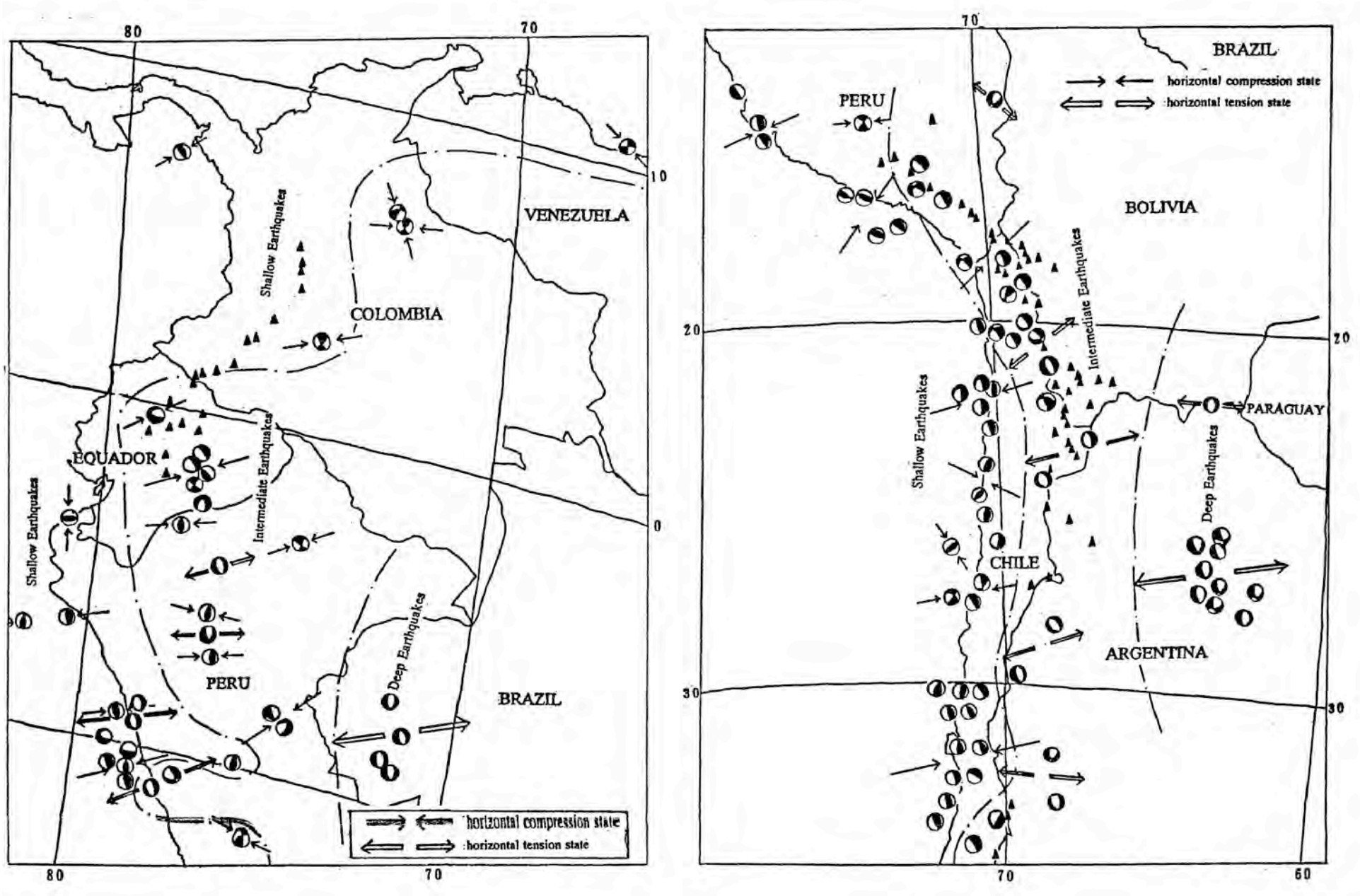
アンデス造山帯は前期または後期古生代以来地向斜段階にあり，古生代・中生代および新生代の造山運動を受けてきた(松本，1975)．上記の盆地は，前期古生代に沈降を始めた.南米の中央部と東部に位置するパラナとパルナイバ盆地は白亜紀の終わりまで沈降が続き，サリモエス・アマゾンおよびチャコパラナ盆地は新生代の終わりまで沈降が続いた．第四紀に，アンデス造山帯のみでなくこれらの楯状地や盆地も隆起した．このように，アンデス造山帯の隆起と沈降は,盆地と楯状地の運動と歩調を合わせてきた.

地震活動

浅発地震は太平洋とアンデス山脈の東縁に沿って発生している(Gordon & Stein，1992)．M８級の最大の地震が前記のゾーンに沿って起きている.中深発地震帯はペルー―チリ海溝から東方に約 30°傾いているが，浅いゾーンはなく，200～300km の深さでクサビ状の形態をしており,より浅い地震はこのゾーンの上部で散発的に発生しているようである．深発地震は，600km の深度あるいはブラジルの北西部の地下のより深いところで発生し,アルゼンチンの北西部では中深発地震帯の東方延長部より深いところで発生している.

ペルーで観察される垂直方向に集中した地震活動(田中ほか，1969)は，日本弧のような深部断層を示唆している(鈴木，1975).

第１図　南米の地質の骨格


80
70
10
0
VENEZUELA
COLOMBIA
Shallow Earthquakes
Intermediate Earthquakes
Deep Earthquakes
EQUADOR
PERU
BRAZIL
horizontal compression state
horizontal tension state
70
60
20
30
BOLIVIA
PARAGUAY
CHILE
ARGENTINA

地震を発生させる応力

南米におけるＰ波の放射パターンから推定される発震機構は，Frederich & Tarr(1985)によってまとめられている．筆者は，地質構造に関してこのデータを検討した．

第２図は，南米北西部に発生する地震の発震機構を示す．深さ 70km より浅いところで発生するほとんどの浅発地震は，ペルー中央部の地震は東西方向の水平引張場で，ペルー北縁では南北方向の水平圧縮場であるが，一般的に東西方向の水平圧縮場にあることを示している．70～300km の深さで発生する中深発地震の半分は，東西方向の圧縮場で発生し，あとの半分は同方向の水平引張場で発生している．

300km 以深の深さで発生する深発地震は，東西方向の水平引張場で発生していた．

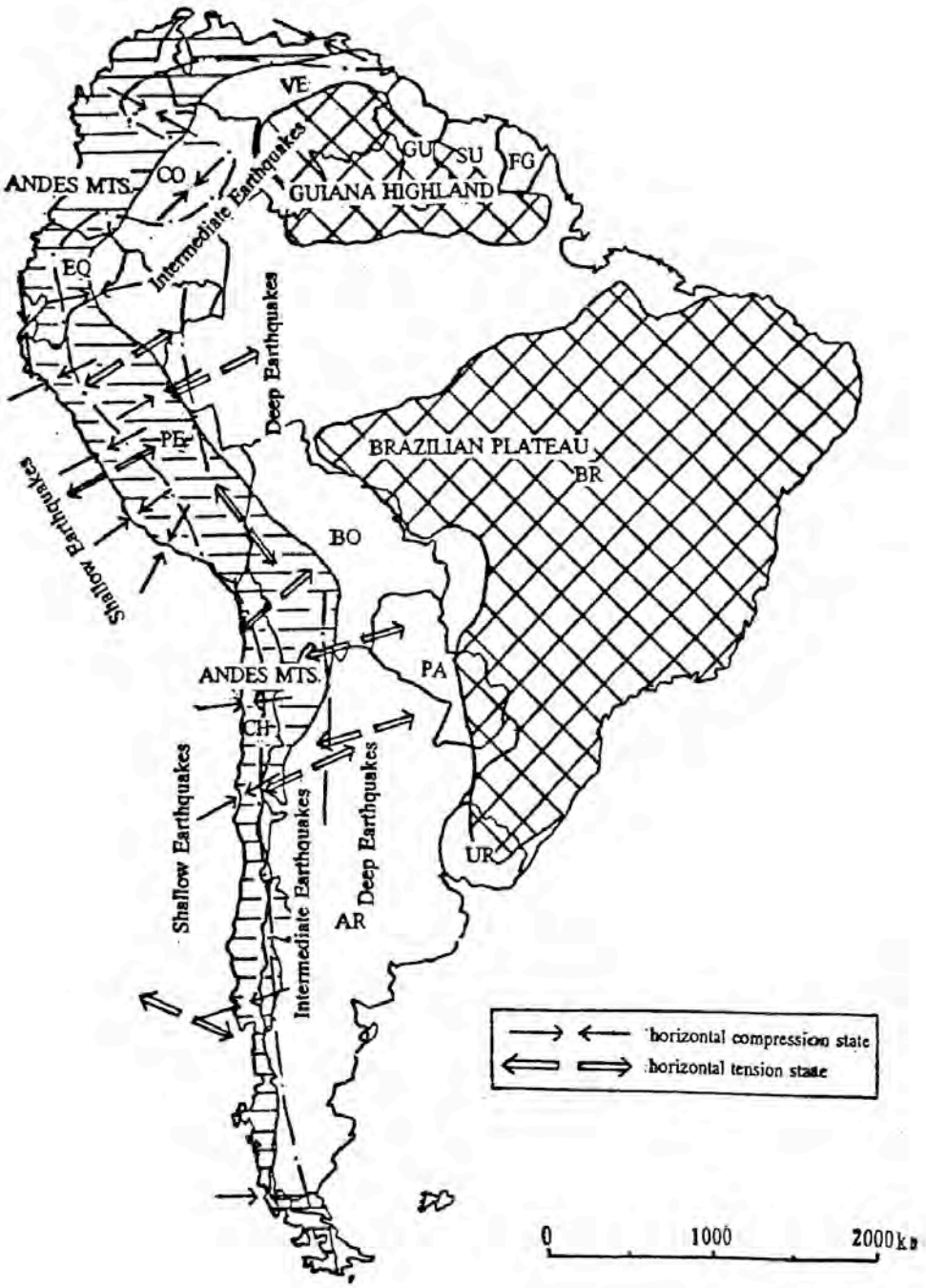
第３図は，南米の南西部で発生した地震の発震機構を示す．

浅発地震の水平圧縮軸は，ペルーの南端付近の北東―南西地域を除き，一般的に東西方向に走っており，浅発地震はおおよそ海岸に垂直な方向の水平圧縮場で発生している．チリ中部における最大圧縮軸は，海岸線に斜交する．

中深発地震は，東西方向または北東―南西方向の水平引張場で発生している．最大圧縮軸は，それらの方向を変えていき，ペルーとチリの国境付近の地域では，海岸の一般方向に変わっている．

深発地震は，東西方向の水平圧縮場で発生する．

上述の南米の応力場の一般的傾向は，第４図にまとめられている．



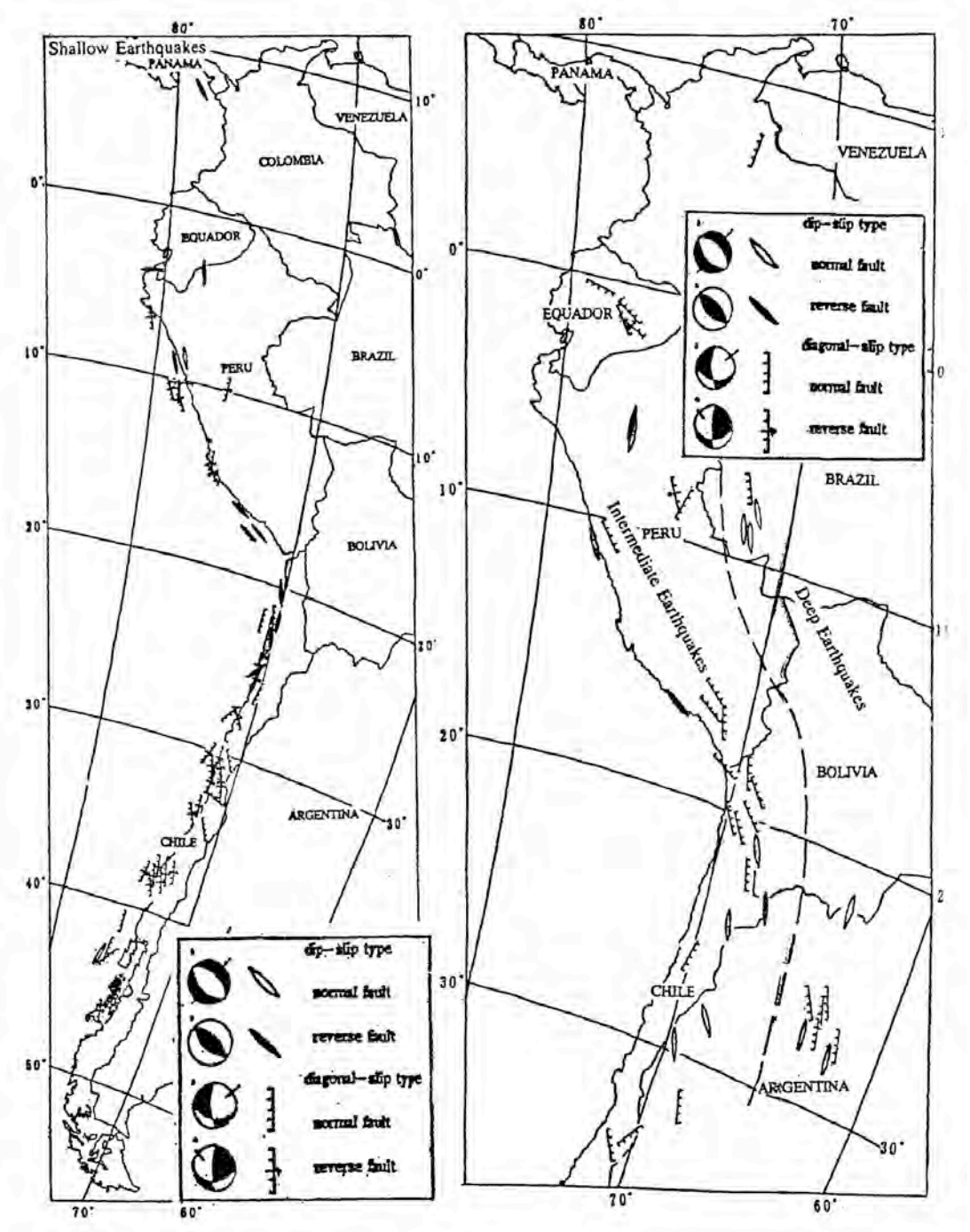
第４図　南米の発震機構から推定される応力状態

発震機構から推論される断層

地震にともなう断層は，P波の放射パターンから推論され，それらはこのパターンの二つの節面の一つに沿ってあらわれ，そして断層に沿う変位はP波の最初の運動に平行に生じる．このような断層の性質―すなわち正断層か逆断層か，傾斜移動断層か斜交断層か―は，P波の放射パターンから推定されるが，断層に符合する節面はデータから選べない．断層が，正断層あるいは逆断層のような傾斜移動断層のように二つの節面の走向が互いに平行に走っているとき，断層の走向は明確に決められる．一つが急傾斜で，もう一つが緩傾斜の節面よりなる地震の場合は，前者が普通は傾斜移動面に平行に走り，それが斜交移動の正または逆断層のような断層に相当する．

第５図の左は，浅発地震に関係する断層の方向を示す．それらは正と逆の傾斜移動タイプおよび正と逆の斜交移動タイプに区分される．これらの性格は，凡例に示されるような記号によって区分されている．

ほとんどの断層は，ほぼ太平洋岸に平行に走っており，そして一般に大陸側のブロックが沈降している．逆断層がペルーとチリとの国境の北方で卓越しているが，正断層が普通である．しかし，逆断層がこの地域の南方では卓越している．第５図の右の図は，中深および深発地震をともなう断層の方向を示している．中深発地震帯をともなう断層のほとんどは，一般的にほぼ太平洋岸に平行に走っており，いくつかの断層がエクアドルの北側で海岸に直角に走っている．



第５図　浅発地震をともなう断層(左)と中深発地震をともなう断層(右)

正断層が卓越し，しかし逆断層がペルーとチリの国境の北側で次に一般的であるが，すべての断層はこの地域の南側では正断層である．普通，大陸側のブロックが沈降している．

これらの平行性は，アンデス山脈に平行に走る深部構造に原因がある．

新第三系火山岩で満たされた地溝が，太平洋岸に沿って観察される(Zeil，1979)．中深発地震のＰ波放射パターンから推定される断層はこれらの断層に平行に走っており，従って地溝を限る断層はそれらの深部課程の結果である(第６図)．

深発地震は正断層にともなっており，それらの走向はアンデス山脈に平行に走っている．ほぼ中央の断層に該当する急傾斜の節面は，大陸側の隆起を示している．

地震をともなう断層は，プレートテクトニクスによって仮定されるサブダクションと一致せず，それらは中深発地震帯と斜交しているようである．

境界の状態と推定されるモデル

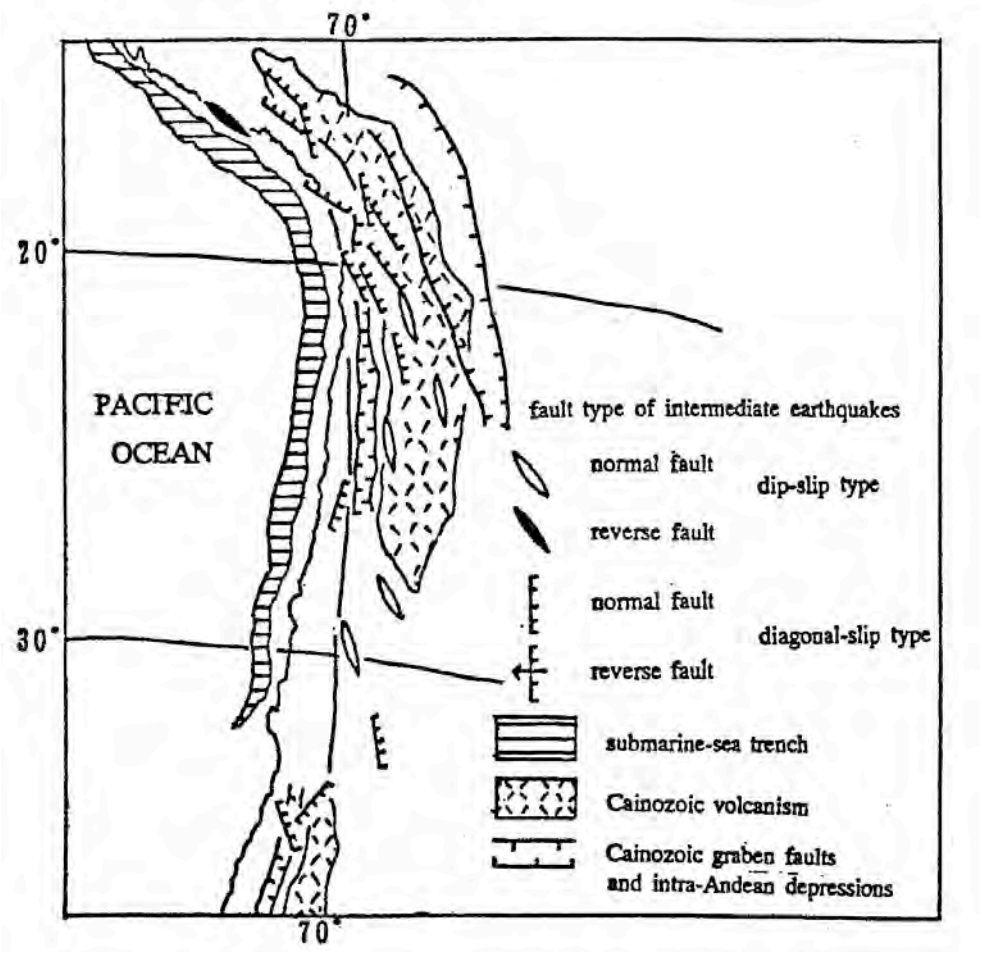
地質構造の発達史は，第四紀に南米が隆起し，太平洋が沈降していることを示している．このような広域的な隆起と沈降運動はプレートテクトニクスによって仮定された水平方向の圧縮あるいは引張では説明されえない．浅発地震は，一般的に東西方向の水平圧縮で発生しているが，この状態はプレートテクトニクスによって仮定されたような明確なものではなく，地域的に変わりやすいものである．ほとんどの中深発地震とすべての深発地震は，東西方向の水平引張のもとで発生している．筆者は，この状態は第７図に示すように，初生的な垂直力によるものと考える．深発地震をともなう断層に沿う大陸側の隆起変位は，南米の地殻の運動に匹敵する．浅・中深発地震の発震機構によって示される水平圧縮状態は，南米の隆起と太平洋の沈降との境界に沿って形成された圧縮状態によるものであろう．このような応力と歪みの集中は，二つのユニットの境界に近いことに原因があり，それは小玉・鈴木(1977)によって示されたように，中深発地震帯に相当する．

複数のシールドの間にある内陸堆積盆は，正断層によって限られ，中古生代の砕屑物や中生代火山岩，加えてサリモエス・マゾンナスとチャコパラナベーズンでは新生代の砕屑物でで満たされた陥没盆地である．これらの堆積盆は，中央部と東部で垂直方向の圧力をともなった地球のより浅い部分の引張状態のもとで形成され，そこでは部分溶融が圧力の減少を生じている(鈴木ほか，　1978)．

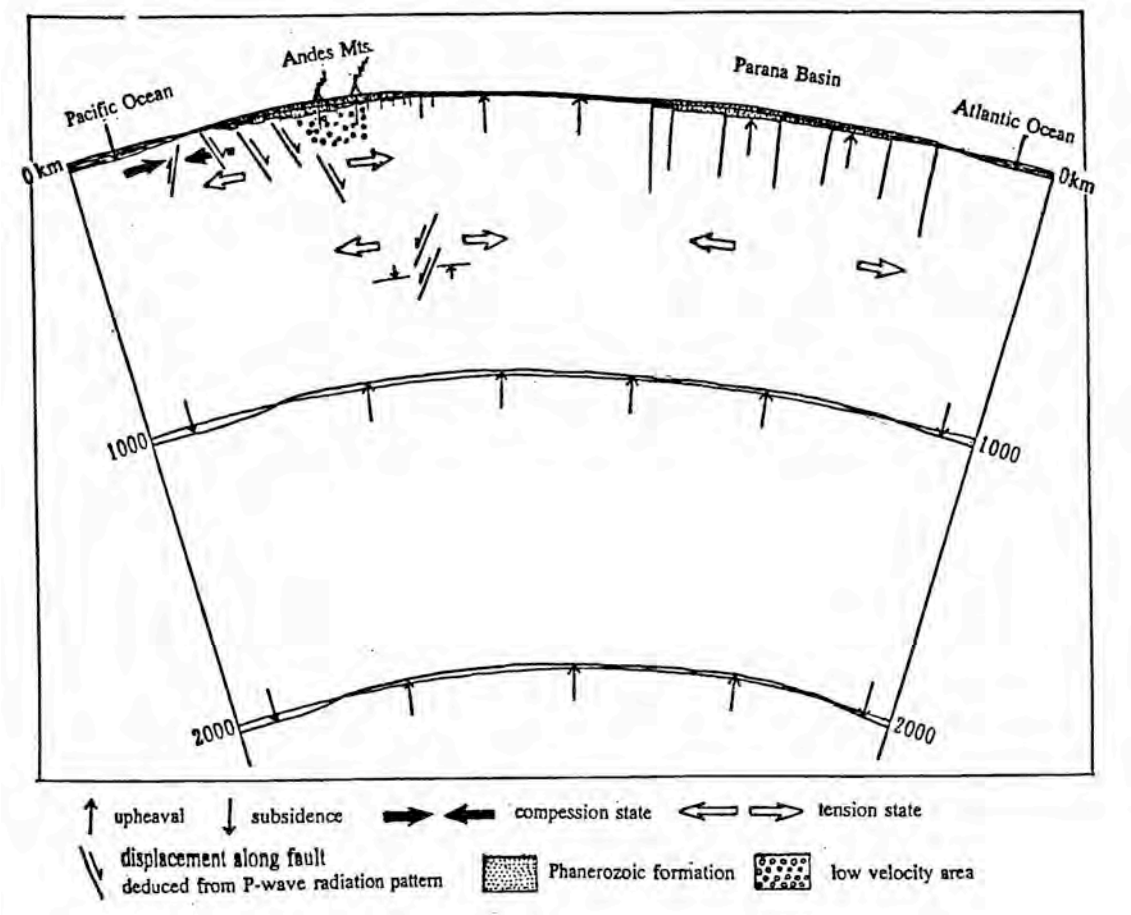
アンデス山脈の褶曲は，箱形と櫛形褶曲で特徴づけられており(Zeil，1979)，基盤ブロックの垂直運動の結果であり，水平圧縮を適用する必要はない．

このように南米の地質構造は，系統的に垂直運動で説明される．

Choi(1999)は，南米と太平洋の構造的な連続性を指摘し，それはプレートテクトニクスと矛盾する．筆者による上述のモデルは，事実と調和している．



第６図　中深発地震をともなう断層に関係する新生代の火山活動と地溝



第７図　第四紀における南米の地質構造モデル

文　献

CHOI, D. R., 1999. Precambrian structures in South America: their connection to the Pacific and Atlantic Oceans. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 13, p. 5-6.

GORDON, R.G. and STEIN, S., 1992. Global tectonics and space geodesy. Science, v. 256, p. 333-342.

KODAMA, K. and SUZUKl, Y., 1977. Formation of the deep earthquake zone due to mantle diapirism. Bull. Geol. Surv. Japan, v. 28, p. 795-810 (in Japanese with English abstract).

MARK, F. and TARR, A.C., 1985. Earthquake focal mechanism. In Southeast Quadrant, geodynamic map of the Circum-Pacific Region. Amer. Assoc. Petrol. Geo1., 4444.

MATSUMOTO, T., 1975. Geological history of the Circum-Pacific Region -with special reference to the Mesozoic and Pre-Mesozoic history of Japan. Jour Geol. Soc. Japan, v. 81, p. 461-471. (in Japanese with English abstract).

MILANl, E. I. and ZALAN, P.V., 2000. An outline of the geology and petroleum systems of the Paleozoic interior basins of South America. Episodes, v. 22, p. 199-205.

RAMOS, V. A., 2000. Plate tectonic setting of the Andean Cordillera. Episodes, v. 22, p. 183-190.

SUZUK1, Y., 1975. Seismicity of the Japanese lslands. Tsukiji-shokan Publ. Co. (in Japanese).

SUZUKl, Y., 2001. A proposal of three dimensional geotectonics. Himalayan Geol., v. 22, p. 133-138.

SUZUKI, Y., KODAMA, K. and MITSUNASHI, T., 1978. The formation of intermediate and deep earthquake zone in relation to the geologic development of east Asia since Mesozoic. Jour. Phys. Earth, Suppl., S579-584.

TANAKA, Y., ICHINOHE, T., ERNST DEZA M., ALBERT A., and GIESECKE, M., 1969. Anomalous changes of the ground tilts and strains before and after the lca Earthquake on June 2, 1966, in Peru, Disast. Prev. Res. Inst. Annals, no. 2A, p. 19-31 (Japanese with English abstract).

ZEIL, W., 1979. The Andes, a geologic review. 60p., Gebrueder Borntraeger, Berlin Stuttgart.

評　論　　REVIEW

「プレートテクトニクス：　復讐を受けているパラダイム」

"Plate Tectonics: A Paradigm Under Threat"

by David PRATT, *Journal of Scientific Exploration*, v. 14, no. 3, p. 307-352, 2000.

（角田 史雄［訳］）

この論文には，最近の地質学の論文における欠陥を鋭くついたものが満載されている．プレートテクトニクスに対して，これほど徹底した評論は，1970 年のメイヤホフとその共同研究者たちによるもの以来である．David Pratt（以下，プラット）氏は，地質学のドグマとされてきたプレート説のもつ弱点を，幅広く実証づけるとともに健筆でまとめあげた．この長い論文にたいして，この一文で結論めいたことをいえるわけはなく，私がポイントと考えた何点かについてのみ，検討してみよう．

大陸移動は，1960 年代に「新しい地球観」へすぐさま取り入れられたが，プレット氏は，その大陸移動に批判の矛先をむけている．大陸移動にまつわる問題のなかでも，とくに古典的で大西洋をよこぎっているウェーゲナー流の大陸移動は，一般受けする見解とは逆に，いままで一度も測地学的に直接確かめられたことがなかった．大西洋を横断する方向における VLBI，SLR，GPS などによる基線の測量結果では，一般に受け入れられている最大水平圧縮応力曲線と直交する北東－南西方向のベクトルが地球応力地図計画（World Stress Map Project［Zoback，M.L.，Jour. Geophy.，v.97, p.11, 703, 1992;以下，WSM）によって明らかにされている．もし，これが互いに関連し合った一群の事実のなかの一つの事実だとすれば，NUVEL－１のような定番のプレート運動モデルでは説明がつけにくいことを示している．もっと本質的なことは，ヨーロッパの造構運動はとても複雑であり，単一の剛体としてのプレートとか，そうしたプレートの一部としては記述不可能なことである．Lowman ほかによる 1999 年の Digital Tectonic Activity Map （数量的造構造運動地図）はインターネット http://dtam.gsfc.nasa.gov で検索できるが，ここでも問題を実証的に追及できる．その他にも多くの問題がプラット氏によって図付で説明されているが，たとえば，プレート境界でいわれているまわりくどさなどもそうした例である．最近のプレートの運動を定量的に扱った論文には，大陸移動が確かなものである，という主張がほとんど見当たらない．それは，おそらく，その分野で主導的な役割をはたしている人たちが，どこに問題があるかを知っているためである．しかし，残念なことに，このことが有名な科学論文のタイトルに使われたことはない．

一方，測地学的には，３つの独立した観測技術（SLR，VLBI，GPS）によって，太平洋海盆のプレートのうごき（図１）は，7 cm/ 年という速度のオーダーで地磁気の逆転から推定されていた海洋底の拡大速度にほぼ見合う速度が得られている．さらに，太平洋プレートの内部剛性率は，基線の明らかな変位が認められることなく，同じ観測装置で実証された．オーストラリアなどの小さな大陸のうごきも，それほど確実とはいえないまでも測地学的に実証されたことがはっきりした．ホットスポット説で大陸の火山活動は説明しにくいが，太平洋においては，測地学的に測られたプレートのうごきと矛盾するような結果は得られておらず，つじつまは合っている．こういう理由で，「時代を決めるための測地学的な測量結果は，プレート説を追認していない」というプラット氏の言い方は，おそらく，「プレート説と大陸移動説」の汎地球規模での関連を正当化したいためではあろうが，少し一般化しすぎである．数十年間にわたって得られた太平洋における測地学的な測量結果が云々ではなく，大陸移動とプレート説との関係は認められない，ととらえておくべきである．

プラット氏の提示したもののうちで，もっとも重要で，長く問われ続けられてきた問題は，大陸やクラトンの深部構造である．これを最初に指摘したのは，1960 年代の G.J.F. Donald であったが，このことは数十年間にわたる地球物理学的な探査でくりかえし明らかにされてきたことである．

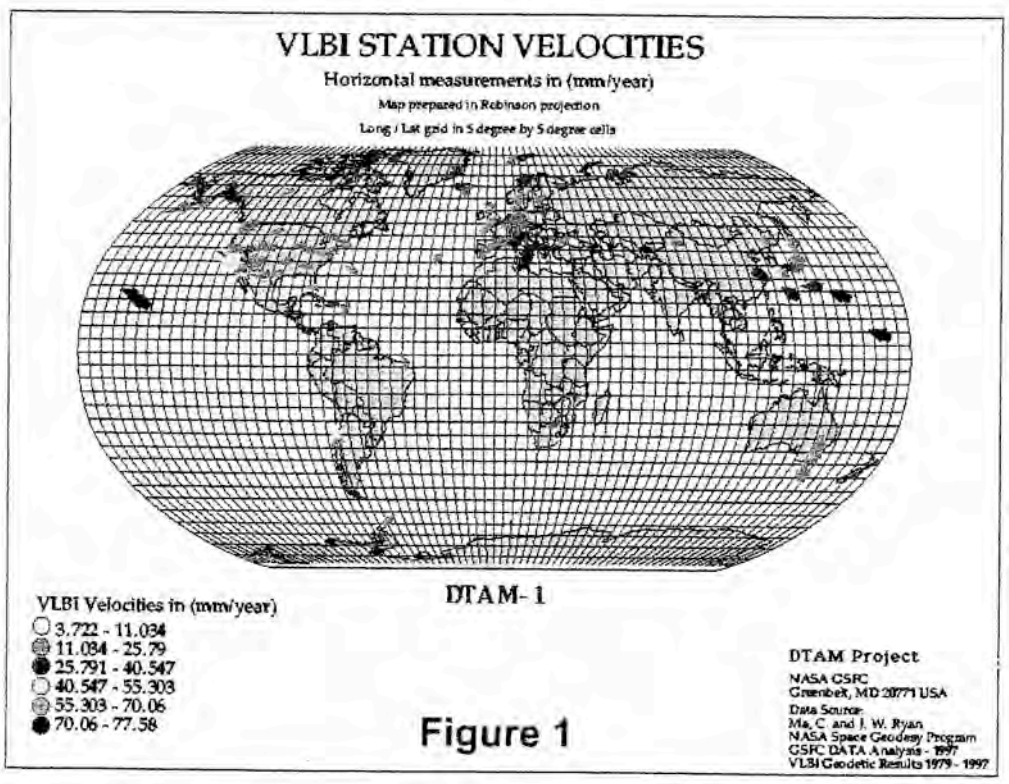


Figure 1

つい最近，南アフリカでは，大陸下の上部マントルは，150ｋｍもの深部に起源をもつゼノリスに基づいて数十億年前のものと判明した．地震学的にも，クラトンの下にある深部の”根っこ”という考え方は検証されつづけられているが，教科書の上では，いまだに，アセノスフェアはほぼ同じ深さにあるという記述になっている．

プラット氏が北極海の深海部について言及していないのは意外である．なぜかというと Bullard による大西洋周辺における大陸の縁合わせのうち，北極海海盆のそれは完全に間違いであるが，こんなことは，かなりいいかげんな地図でさえ読み取れることであるからである．プレート説による北極海の復元はいまだにできていない．さらに，Nansen－Gakkel 海嶺に沿う震源分布からみると，大西洋中央海嶺の拡大はいまなお続いていて，北極海海盆は活動的でありつづけていることの証である．したがって，北極海地域における問題を古生代か，それ以前のものと片付けるわけにはいかない．

プラット氏の批判のなかでも，とりわけ魅力的な着目点の一つは，深海盆における地質学的に見て異常と考えられる現象に関するものである．すわわち，２億年と想定される最古の海洋地殻年代よりもかなり古い異常な古期岩石の発見，若いと想定された海洋盆から古生代化石の発見，および，深海にまで沈水した大陸地殻断片である．これらの異常現象をプレート説のメカニズムで説明するとなると，拡大中心の移動のようなことで説明する他はないと思われる．しかし，まず間違いなく，知られている限りのプレート説では，このようなことで説明できる海盆は実在しないであろう．Gilluly の 1955 年の古典的な論文では，後に Beloussov が”海洋化”と呼んだようなものが議論されている．プラット氏は，それと同じテーマを扱った多くの文献をあげている．

プラット氏は，沈み込み帯の多くの未解明な問題を指摘している．しかし，少なくとも 1992 年以来，太平洋の縁辺地域の沈み込み帯におけるもぐり込みは，よく知られてきたところである．私見では，この概念が地震学的に確立されて以来，疑う余地はないように思われる．大きくみたとき，このもぐり込み帯での震源分布と太平洋縁辺域における何百もの数にのぼるメカニズム解は，リソスフェアスラブがマントル中に間違いなく降下していることを示す．最近の地震トモグラフィの研究が正しいとすると，沈み込みはマントル/コア境界付近にまで達していることになる．1992 年の WSM（地球応力地図計画）で決定されたアンデスの水平応力の方向は，沈み込みのそれと完全に調和している．より一般的にみれば，WSM は 5000ｋｍもの広がりをもついくつかの大陸の広大な地域で，相対的に一様な最大水平応力を示したものとみられる．こうした応力場は大陸移動を実証するというものではなく，活動的な中央海嶺において”海嶺側からの押し”が実際に存在することを示しているものとみられる．

東太平洋海膨における海洋底拡大を示す独立した証拠がえられ，プレート運動の予想ベクトルが衛星測地学的に確証されたので，評者は数年前に，Art Meyerhoff 氏 へ「プレートテクトニクスのこの点に関してだけは，白旗を掲げる時ではないですか」という手紙を送った．もし，プレート説が「太平洋テクトニクス」に限定したものであったなら，この説はもっと強固なものになっていただろう．海洋底拡大説を導いた証拠は，第二次世界大戦中の太平洋で，多くの危険な航海で音響測深をしつづけた Harry Hess 船長などによって発見されたことを思い起こすべきである．

プラット氏は，斬新で内容豊かな評論をまとめあげるという貴重な貢献をなしとげた．言うまでもないことだろうが，この本が，まだ頭の固くなっていない学生さんや若い地質学者に広く読まれることを望む．

Paul D. Lowma Jr.
Goddart Space Flight Center, NASA
Greenbelt, Maryland 20771, USA
E-mail<lowman@denali.gsfc.nasa.gov>

補足文献

JORDAN, T. H., 1979. The deep structure of continents, Scientific American, v. 240, p. 92-107.
LOWMAN, P. D., Jr., 1985. Mechanical obstacles to the movement of continent-bearing plates. Geophysical Research Letters, v. 12, no. 223-225.
LOWMAN, P.D., Jr., YATES, J., MASUOKA, P., MONTGOMERY, B., 0'LEARY, J., and SALISBURY, D.J., 1999. A digital tectonic map of the Earth. Journal of Geoscience Education, v. 47_, p. 428-437.
MACDONALD, G.J.F., 1964. The deep structure of continents. Science, v. 142, p. 921-929.
STEIN, S., 1993. Space geodesy and platemotions, in SMITH, D.E. and TURCOTTE, D. L., Editors, Contributions of Space Geodesy to Geodynamics. Geodynamics Series, American Geophysical Union, v. 23, p. 5-20.
ZOBACK, M. L., 1992. First- and second-order patterns of stress in the lithosphere: The World Stress Map Project. Journal of Geophysical Research, v. 97, p. 11,703-11,728.

出版物　PUBLICATIONS

リグビー, J. F., 1999. ゴンドワナ大陸とテチス海縁辺において特別な重要性をもつペルム紀の植物相と古地理学.
国際シンポジウム 浅海テチス，5, p.1–5.自然資源科学学部，クイーンズランド工科大学，ブリスベン，オーストラリア

RIGBY, J. F., 1999. Permian Floras and Palaeogeography with Particular Emphasis on Gondwanaland and the Tethyan Margin, *International Symposiium Shallow Tethys (ST)* 5, p. 1-5.
School of NaturaI Resource Sciences, Queensland University of Technology, Brisbane, Australia

（柴　正博［訳］）

要　約

南半球から見たとき，古植物学的な歴史は異なっている．ペルム紀は陸における植物群の区別がいずれにしても現在に匹敵するほどになった最初の時であった．多くの追加の研究は必要であるが，ゴンドワナ大陸の植物群は特定のレベルにおけるかなりの多様性を示している．属の多様性が起こらなかった理由について議論が展開されている．古地理上の植物群の分布と気候の組み合わせが，地球史の新たな復元と，石炭紀–ペルム紀–中生代の時間フレームの中で検証される．結論は，流行の地球史の復元のほとんどが，古植物学的データ（ゴンドワナ大陸，テーチィス海路に関するデータ，および，ゴンドワナ大陸でない地域についてもある程度集約されたデータ）を満足させられないということである．ある代替の地球史復元が，この論文で提案されている．

リグビー, J. F., 1998. 東南アジアの上部古生代植物相，東南アジアの生物地理と地質進化，
p. 73–82，ロバート・ホールとジェレミー・D.ホロウェイ編, Backbuys 出版社，ライデン，オランダ

RIGBY, J. F., 1998. Upper Palaeozoic floras of SE Asia, *Biogeography and Geological Evolution of SE Asia*, p.73-82,
Edited by Robert Hall and Jeremy D. Holloway. Backbuys Publishers, Leiden, The Netherlands

（柴　正博［訳］）

要　約

いくぶん重要な石炭紀の小規模植物群が，タイと西マレーシアに存在する．それらは，汎熱帯カタイシアそして/あるいはローラシア植物群に関連する．大規模なペルム紀の植物群がタイ，ラオス，西マレーシア，スマトラ，およびイリアンジャヤから知られていて，これらの植物群は，本質的にはカタイシア植物相に関連している．しかし，イリアンジャヤとタイのいくつかの植物群はゴンドワナ大陸の属であるグロソプテリスの 1 つかそれ以上の種を含んでいる．Carey によって用意された東南アジアの復元図にその分布をプロットすると，必要条件はカタイシアとゴンドワナ大陸の両方の植物群の放散中心が近接するという結果になる．

ニュース　NEWS

（矢野 孝雄［訳］）

全地球テクトニクスと鉱床形成作用　GLOBAL TECTONICS AND METALLOGENY

鉱床形成に関する国際協会（IAGOD）の鉱床テクトニクス委員会（CTOD）と共同で，
全地球テクトニクスと鉱床形成作用研究室（ワシントン）が会議録を出版した．
編集者：Jan KUTITA (The American University, Washington D.C. 20016, USA)

『全地球テクトニクスと鉱床形成作用』は，さまざまなスケールの鉱床形成と分布を制御している要因に焦点をあてて，精選された疑問に関する系統的な議論の場を提供している．とくに，鉱床形成作用と全地球テクトニクスが注目されている．

第 6 巻の購入価格：DM 188–/US$108，および郵送料．
1 巻（28 x 22 cm）は 4 号からなり，1 年に 2 号ずつ発行される．個人注文・個人払の場合の割引価格：DM 141–/US$81，および郵送料．これまでに，第 1 ～ 6 巻が刊行．

E. Schweizerbart’sche Verlagbuchhandlung, Johannesstraβe 3A, D-70176 Stuttgart, Germany
fax: (0711) 625005, e-mail:order@schweizerbart.de

活性化テクトニクスと鉱床形成作用に関する 21 世紀国際シンポジウム，長沙，中国
The 21st Century International symposium on Activated Tectonics and Metallogeny, Changsha, China

2001 年 10 月 29–31 日
会場：湖南省楓林賓館
セカンドサーキュラー，登録，および論文募集
ホームページhttp://www.cig.ac.cn

Journal of Scientific Exploration について
About the Journal of Scientific Exploration

Journal of Scientific Exploration は，Scientific Exploration 学会によって季刊で出版されている．その目的は，「さまざまな理由で無視されたり，主流の科学において不適切に研究されている話題を批判的に議論する場（同じ分野の研究者による査読を経る）を提供すること，科学的疑問の幅を狭めている社会的・知的要素にたいするよりよい理解を促進すること」にある．

より詳細な情報は：
Sarah Cunningham, Managing Editor, Allen Press. 810 East 10th Street, Lawrence, KS 66044, USA.
E-mail: cunningham@allenpress.com, Tel. +1-800-627-0629 ext. 284. Fax. +1-785-843-1274.
Website: http://www.scientificexploration.org/jse.html

次回 NCGT シンポジウム　NEXT NCGT SYMPOSIUM!

2002 年 9 月　　ハバロフスク，ロシア
Website 情報 <http://rseg.27.ru>

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．