

ニュースレター グローバルテクトニクスの新概念



NEWSLETTER New Concepts in Global Tectonics

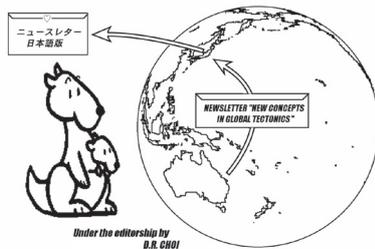
[英語版 No. 63 <<http://www.ncgt.org/>> から翻訳]

日本語版 No. 63 (2012年10月)

■ Print edition ISSN 2186-9693

多数のカラー図面は、下記のオンライン版をご覧ください

■ Online edition <<http://kei.kj.yamagata-u.ac.jp/ncgt/>>



編集長 : Dong CHOI, 編集委員会 : Peter JAMES, Australia (PO Box 95, Dunalley, Tasmania 7177); Leo MASLOV, USA (maslovlev@yandex.ru); Cliff OLLIER, Australia (cliffol@cyllene.uwa.edu.au); Nina PAVLENKOVA, Russia (ninapav@ifz.ru); David PRATT, Netherlands (dpratt@xs4all.nl); Giancarlo SCALERA, Italy (scalera@ingv.it); Karsten STORETVEDT, Norway (Karsten@gfi.uib.no); Boris I. VASSILIEV, Russia (boris@poi.dvo.ru); Takao YANO (yano@rstu.jp)

も く じ

■ 編集者から	[小松宏昭 訳]	2
■ 編集者への手紙	[小松宏昭 訳]	2
■ 原著論文		
Short-term earthquake prediction with electromagnetic effects: present situation Masashi HAYAKAWA 電磁気現象を利用した地震の短期予知 : 現状 [矢野孝雄 訳・角田史雄 校閲]		7
Financial cycles: A key to deciphering seismic cycles? David McMINN 金融周期 : 地震周期解読の鍵? [矢野孝雄 訳]		11
Northeastern Pacific and the Cascadia margin: Snake-oil tectonics Christian N. SMOOT 北東太平洋とカスケードマージン : スネークオイル (SNAKE-OIL) テクトニクス [小泉 潔 訳]		21
The Earth's degassing, rotation and expansion as sources of global tectonics Nina PAVLENKOVA 全地球的テクトニクスの原因としての地球の脱ガス, 自転及び膨張 [山内靖喜・赤松 陽・矢野孝雄 訳]		29
■ 短報		
Geological structure which controlled the gigantic 11 April 2012 northeastern Indian Ocean earthquakes Dong R. CHOI 2012年4月11日北東インド洋巨大地震を規制した地質構造 [久保田喜裕 訳]		45
Outstanding large depressions and geoid minima on some celestial bodies Gennady G. KOICHEMASOV いくつかの天体上の規則波で形成された大規模凹地とジオイド極小 [久保田喜裕 訳]		48
Progress report of the study of ancient continental rocks in the Pacific Ocean Boris VASILIEV, Takao YANO and Dong CHOI 太平洋における古期大陸性岩石研究の進捗状況 [矢野孝雄 訳]		50
Mea Culpa: The Earth is not expanding – but the continents are not moving either Stephen FOSTER 過失の自認 : 地球は膨張していない — しかし, 大陸が移動しているわけでもない [窪田安打 訳]		52
■ 随筆		
Evidence of tectonic activity associated with continental ice sheets and meltwater flood erosion, Eric N. CLAUSEN 大陸氷床と融氷水に関連した構造運動の証拠 [柴 正博 訳]		55
■ コメント		
Eric Clausen article, Peter JAMES 大洪水について [矢野孝雄 訳]		61
Critical commentary on Nina Pavlenkova's paper, Karsten STORETVEDT 批判的コメント [矢野孝雄 訳]		61
■ 出版物 Earth contraction tectonics A. Colin M. LAING 地球収縮テクトニクス [岩本広志 訳]		69
■ ニュース IGC34, Brisbane, 5-10 August, 2012/ 財政的支援 / ニュースレターについて		74

連絡・通信・ニュースレターへの原稿掲載のためには、次の方法の中からお選び下さい : NEW CONCEPTS IN GLOBAL TECTONICS

1) Eメール : editor@ncgt.org, ncgt@ozemail.com.au, または ncgt@hotmail.com; 1 ファイルは 5 MB (メガバイト) 以下, 2) ファックス (少量の通信原稿) : +61-2-6254 4409, 3) 郵便・速達航空便など : 6 Man Place, Higgins, ACT 2615, Australia (ディスクは MS Word フォーマット, 図面は jpg または pdf フォーマット), 4) 電話 : +61-2-6254 4409.

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

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

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

連絡先 〒680-8551 鳥取市湖山町南 4-101 鳥取大学地域学部地域環境学科 矢野孝雄 Phone/Fax 0857-32-5113 EM yano@rstu.jp

翻訳・編集 : NCGT ニュースレター翻訳グループ

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

編集者から FROM THE EDITOR

(小松 宏昭 [訳])

カムチャツカ地震の予報と Claude Blot のエネルギー移動概念 The Kamchatka earthquake prediction and Claude Blot's energy transmigration concept

前号 (no. 62 2012年3月) で紹介したように、新しく設立された国際地震・火山予知センター (IEVPC, www.ievpc.org) が初の予報—南カムチャツカ沖で強い地震—を伝えた。この予報では、マグニチュード 7.0 以上の巨大地震を予知するために 1976 年に打ち立てられた Blot の熱エネルギー移動 (ET) 概念が初めて公式に適応された。最近 4 か月間われわれはこの地域に起こるすべての前兆現象 (長波放射・全電子含有量・電磁気現象・雲・地震など) を詳しく観察し、そして貴重な情報を膨大に収集してきた。この地域で起こっている最近の激しい変動にかかわる入手できたデータのすべてが、予測された地震が最終段階—いつでも起こりうる—に到達したことを示している。

この地震は、次の点で特に重要な意義を持っている。すなわち、1) 世界中の地震学の権威が主張する「地震予知は不可能である」という神話を葬ったこと、2) この地震は Blot のエネルギー移動概念に基づき何年も前 (2008 年) に予想されていたこと、そして 3) 予知が、異なった段階において現れるそれぞれの先駆的な現象を正確に理解し、評価する地質学的なデータ分析に基づいて行われたことである。研究の途上、われわれは、地震のエネルギーが地球深部にある破砕ゾーンを通過して上部マントルまで到達した後、どのようにしてトラップ構造をつくるのか、それぞれの段階での先駆現象はどのようなものなのか、どの前兆がもっとも、そして 2 番目に重要なのか、といったことを観察してきた。われわれはまた、地震によって生じる惑星 (地球) への影響を評価する貴重な機会も得てきた。それは、重要な学習プロセスであり、多くの地震学者や共同研究者と出会う機会となり、今後の

破壊的地震の予知可能性についてのわれわれの確信を高めた。

われわれのカムチャツカにおける演習は、Blot の ET 概念の正しさを再度証明した。この仮説が正確な地質学的な理解と結びついたとき、数年先の巨大地震の予知が可能になる。それは、科学的な地震予知科学の根拠になってきた。マントルの破砕帯や多孔性地帯に沿って移動する地震エネルギーの概念は、正しい全地球ジオダイナミックモデルを打ち立てるうえで本質的に重要である。核とマントルの境界に達する深部造構帯に沿って線状に並ぶ深発地震帯は、地震トモグラフィデータで確認されたように、地震エネルギーが外核からもたらされていることを証明している。これは、いっぽうでは、太陽周期、地球の外核の活動、地震や火山噴火を含む造構 / 火成活動のように惑星間相互作用を確認しうるものでもある。

先の強いカムチャツカ地震は、厳密な分析もなされないまま、主だった地震学者によって沈み込むプレートが原因とされた。われわれの“異端的な”方法によるカムチャツカ地震の予報は、沈み込みパラダイムを排除するものである。それは、地震エネルギーは地球深部に由来するものであり、マントルと地殻という浅部構造の中を移動し、集積することを示している。得られた知識は、確かな科学的基盤にもとづいて、今後の破滅的地震の予知に道を開いた。ここで私は、生前ほとんど注目されなかった地震予知研究の開拓者である故 Claude Blot 氏と故 John Grover 氏に感謝の意を捧げたい。彼らの生涯は報われたのである。

編集者への手紙 LETTERS TO THE EDITOR

(小松 宏昭 [訳])

親愛なる編集者様

地球科学とプレートテクトニクス神話
Geoscience and the plate tectonic myth

私はあなたに短い記事を送ります。それは、最近、私が Geoscientist (Geological Society of London の学術雑誌) に投稿した原稿で、先週の金曜日 (2012年6月9日) に掲載を拒否されたものです (それは NCGT 本号の 82-86 ページに掲載されています)。私は、すでに公表されて

いる2つの論文に言及しました。そのうちの1つはインターネット上にあります(参考のために論文を見てください)。それらの中で、地球膨張について議論し、私は現在ではそれが誤りであることを知っていますので、かわって、海洋底拡大への挑戦を試みました。著作の質(2500字は大変窮屈です)にも拘らず、それは大詩人Popeに対して「避妊することは、多くの実際的な理由のためにはよいアイデアだ」と述べているようなものです。(タイトルは偶然に選ばれたのではなく、私は過去の査読を通ったこのメッセージが正しかったということに疑いを持っています。) 1人の査読者(学会の前会長で古生物学者)からの反応は、特に注目に値するものです。彼は明らかに注意深く論文を読むための時間を取り、良心的で公平な科学者がするように、彼が結論を出す前に私が引用した文献の結論の意味をメモしています。(彼は2012年7月2日に私に返信し、つぎのように述べています。「私は、Geoscientist Editorがこの原稿を拒否したことを知って、驚きました。一何と愚かなことでしょうか!」あなたは、今後の編集作業を通じて、このことに関してコメントを出すことを希望するかもしれません。それは確かに、あなたと他の人々が何度も経験し、コメントしてきたことを確認するものにします。それはもちろん、科学界一般に共通することです。

私は、幸運にも、自分の経歴がある特殊な方向に向けて進むことに一線を画してきました。つまり、私は、自分自身で考える余地を確実に保持してきました。しかし、このことは、近代科学は(ある考え方に)偏っており、時としてまったく墮落しているという私の意見をさらに強固にします。客観性?、討論?、証拠?、私は自分の考え方ができているのでご心配なく。歴史は繰り返します。というのは、人間は変わることがないからです。

どうか、あなたの刊行物であなたの優れた研究を発表してってください。私は、自らの規律からみて、Geological Societyの主要なメンバーによって見逃されてきた多くのごまかし、データの隠匿、結果の歪曲、そしてその他の不正にまったく気付いていませんでした。あなたが刊行する雑誌への投稿者はそうではありません。私は、ロシアの科学者たちが行った海洋調査の重要性にも気づいていませんでした。もしあなたが十分に記録された地震データに面倒な調整をされるだけで、すなわち、基本的な地震原理をとりいれられれば、あなたの沈み込みに関する研究は非常に重要なものとなるでしょう。私から見て、プレートテクトニクス後の理論が出現するまでには長い時間を必要とするように思えます。しかし、プレート学説が誤りであることを示す証拠を提示しているこの刊行物は非常に重要なものといえます。

また、地震予知に関するBlotの論理を推進するあなたの努力は、生命力にあふれています。この研究が独断に基づいているという理由によって端に押しやられ、無視されてきたということはおおいに恥ずべき問題です。しかしながら私は、Levinsonの調査結果あるいは最近の銀行

やLiborレートのスキャンダルで真実が明かされなかったのと同様に、様々な証拠が突きつけるデータを選別したり、巧妙に操作、隠ぺいなどなどをしてきた地球科学界やAGWのスキャンダルにおいて、真実は何も明らかにされていないのではないかと疑っています。そして、その代わりに「王様は裸である」と勇気をもって言おうとしている異教徒を火あぶりにしようとしているのです。

私はあなたとあなたの共同研究者が、無知、最悪の状況、まったくの偏見、といった障害を押し除ける業績をあげていることに対して大いなる賞賛を贈ります。

Stephen Foster. B. Sc., Ph. D., F.G.S.
hero5.premiere@blueyonder.co.uk

「地震の発生しやすい地帯」、地震の前兆、そして地震
"Sensitive zones", seismic precursors and earthquakes

Valentino STRASER <ffurnio@tiscali.it>

地震の前兆に関する研究に有用な1つの見方は、応力のかかり具合と岩石に固有な「地震の成熟度」の評価にある。もし岩石が理論的破壊荷重に近い状態にある場合には、前兆や地震前信号の解析は相当な効果を発揮する。この場合、たとえわずかな割合であるにせよ、外部からの擾乱(たとえば、天体によってもたらされる影響)が加わると、地震を発生させることになる。いずれにしても、地震は、より長い期間ののちに発生するのである。1つの実験として、2008~2012年にParma地方(イタリアのアペニン山脈北西部)を襲った大地震の前にくりかえし現れた前兆現象が分析された(図1)。2つの



図1 位置図。赤い四角の中が調査地域である。

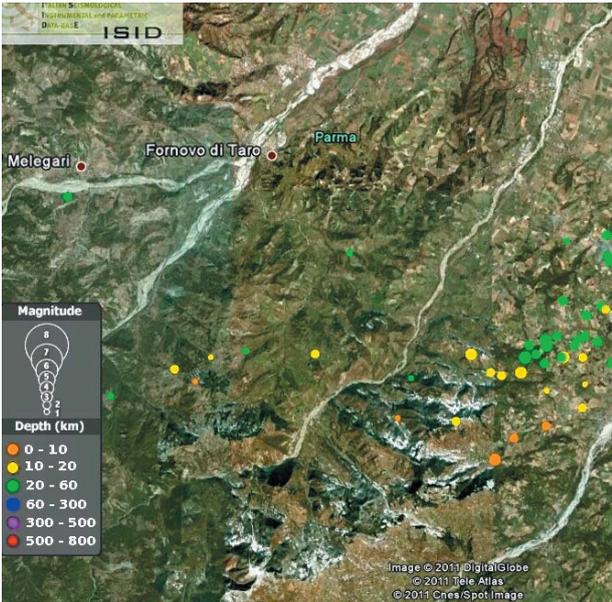


図2 イタリアのパルマ地域における2011年9月8日と9月9日に起こった地震の震央分布。

大きな地震が記録されており、1つ目は2008年12月23日のM=5.1の地震 (Straser, 2009) であり、2つ目は2012年1月25日 (M=4.9)・27日 (M=5.4)の地震である (www.ingv.it/)。この地域ではM=5.0以上の地震はこの150年間にわたってほとんど起こっていなかった。さらに、私たちは、これら2つの地震に、2011年9月、10月、11月に発生した群発地震を加えるべきである (www.6aprile.it/.../2011/.../terremoto-intenso-sismico-in-provi...)。特に2011年9月8日～9日には、50回以上の地震が起きている (図2)。このデータは、Parma地方、Taro渓谷、Frignano地方を包含する2つの地震帯にとって、明らかに異常であることを示している。なぜなら、この地域には、およそ、年間で1回～20回ほどの地震しか起きていなかったからだ。

2つの大地震と2012年秋の群発地震の前兆として、Parma市街地から2~3km離れた平原と丘の間で大気の不規則な発光現象が観測されている。2008年、2011年、2012年の地震の前に、18日、11日、16日の間隔で震央距離20~30kmの場所で発光現象が観測されている。

同じ地域で1983～2006年におこなわれた詳細な研究によると、大気中の発光現象とM3.5以下の小地震の震央との間に幅5~50kmのずれがある (Straser, 2007)。

地震に伴う発光現象に似ているものとして、他の地震帯での温度異常や地震雲の出現が別の研究者によって報告されている。異常な赤外線放射によって引き起こされる温度異常は、人工衛星から観測される。その結果他の地震の前兆現象と総合すると、破壊的な地震が近日中 (数十日のオーダーで) に起こることが予想される。地震発生前の数日間に、3°～11°の温度異常が観測されたこともある (Saraf et al., 2005)。

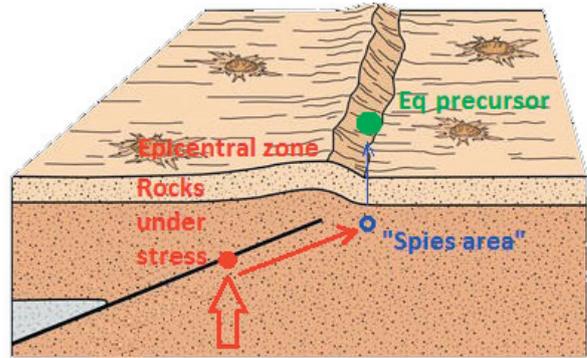


図3 地下で働く圧力に続き、押し上げる力は斜めの方向に振動を伝え、震源からわずか数kmの地点にある構造的に脆い地帯を伝わっていく。移動するエネルギーは、地域的な地磁気異常の引き金になったり、大気発光現象を引き起こすのに十分な力を持っている。地震を引き起こす前に岩石にストレスが加わっている場所には、岩石が破壊に耐え切れなくなるまでには長い時間が必要となる。前進する地殻のストレス伝導に対してより敏感な破砕帯と警告灯エリアは、それらの物理的・地球物理的性質ゆえに、先駆的な兆候を発することによって、最初の応力変化を(われわれに)告げてくる。

地震の前兆現象と地震発生地帯の間の空間的不一致は、イタリア (Di Bello et al., 2004)、日本 (Tronin et al., 2002; Saraf et al., 2005)、インドやルーマニア (Rawat et al., 2011) で報告されている。

温度異常発生背後にあるメカニズムと大気発光現象はDr. Freundの提唱したP-holeメカニズムを通じた地下の荷電粒子の移動によって説明される (Freund et al., 2007)。さらに、地震雲の出現や地球のさまざまな地震帯におけるそれに関連する地震の間には、時間的遅れがShou(2006)によって報告されている。

発光現象や温度異常、そして地震雲は、通常震央から数km離れたところに現れる。それらは、おそらく非常に似通った力を共有しているものと考えられる。解釈されたメカニズムは図3に示されている。

地震の前兆が現れる地帯は、地震に先行する張力が岩石にかかっていることを示す“敏感な場所”である。これらは、おそらく、岩石の破壊を伴う構造的張力あるいは弾性回復を示す“警告灯”であると考えられる。研究事例の大部分において、たとえ前兆現象が地震発生前の数日、場所によっては1か月内外で起こったとしても、張力は予期された地震を発生させるわけではなく、地殻内で発生を妨げられたり、再配置するかもしれない。したがって、次のような結論が導かれる。すなわち、多くの場合、地震の前兆現象は、差し迫った地震を示している。しかし、別の見方をすれば、前兆現象は地震発生の可能性が高いことを示すが、確実に発生するというを示すものではない。地震の発生は、より広い学際的な分野のデータを比較することで確かめることができる。

文献

- Di Bello, G., Filizzola, C., Lacava, T., Marchese, F., Pergola, N., Pietrapertosa, C., Piscitelli, S., Scaffidi, I. and Tramutoli, V., 2004. *Annals of Geophysics*, vol. 47, p. 49-64.
- Freund, F.T., Takeuchi, A., Lau, B.W.S., Al-Manaseer, A., Fu, C.C., Bryant, N.A., and Ouzounov, D., 2007. Stimulated infrared emission from rocks: assessing a stress indicator. *eEarth*, vol. 2, p. 1-10.
- Rawat, V., Saraf, A.K., Das, J., Sharma, K., Shuijat, Y., 2011. Anomalous land surface temperature and outgoing long-wave radiation observations prior to earthquake in India and Romania. *Earth and Environmental Science*, v. 59, n.1, p. 33-46.
- Saraf, A.K., Choudhury, S., 2005. Thermal Remote Sensing Technique in the study of Pre-Earthquake Thermal Anomalies. *J. Ind. Geophys. Union*, vol. 9, n. 3, p. 197-207.
- Saraf, A.K., Rawat, V., Choudhury, S., Dasgupta, S., Das, J., 2009. Advanced in understanding of the mechanism for generation of earthquake thermal precursors detected by satellites. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, vol.11, p. 373-379.
- Shou, Z., 2006. Precursor of the Largest Earthquake in the Last Forty Years. *New Concepts in Global Tectonics, Newsletter*, n.41, p. 6-15.
- Straser, V., 2007. Precursory luminous phenomena used for earthquake prediction. The Taro Valley, Northwestern Apennines, Italy. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 44, p. 17-31.
- Straser, V., 2009. A "Jackpot" for the forecast of earthquakes. The seismic swarm in the North - Western Apennines, December 2008, no. 51, p. 4 - 13.
- Straser, V., 2011. A potential relationship between climate, earthquakes and solar cyclicity in the Northwest Apennines (Italy). *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 61, p. 65-77.
- Tronin, A., Hayakawa, M., Molchanov, O.A., 2002. Thermal IR satellite data application for earthquake research in Japan and China. *Journal of Geodynamics*, vol., 33, Issues 4-5, p. 519-534.

地震予知に関するもう一つの覚書

Yet another note on earthquake prediction

Peter JAMES <glopemaker75@hotmail.com>

私は NCGT 編集者に対して、編集者が地震予知のための新しい組織設立に果たした役割と地震予知研究についての方向性について果たした役割に賛辞を贈りたい。これは地球科学における大きな前進であり、人は完全な移動論者によってテレビに映し出される空想の出来事の終焉を望んでいる。それは、いくつかの喧伝されている沈み込み帯で地殻が弾性的に下方撓曲し、限界に達したとき、解き放たれたネズミのように跳ね上がることによって大

地震が起こるというものである。実効的な地震予知を可能にするためには、われわれは地震の本当のメカニズムを知る必要がある。もしそれができなければ、われわれの地震予知はあてにならないものになるであろう。

少なくとも地震は、地球上部のせん断力破壊が生じている場所で起こる。そこは、岩石がせん断力に耐えられなくなっている場所である。せん断破壊がおきる場所は、断層や広域節理系のような大きな不連続線に限られ、しかも、加えられた応力条件に対して適合的に傾いた不連続線に限られるであろう。深いトンネルの地図を作製した人はおそらく承知していると思うが、大きな節理や断層は、硬い岩石中では準ランダム [quasi-random] な方向に数メートルごとに見られる。したがって、潜在的なせん断破壊をもたらすための適合的方向の断裂の候補が不足しているということはあるにない。

固定論者の世界においては、少なくとも人間の時間感覚上で、ある場所の地下でのストレスが大きく変化することはありそうにもないことである。同様のことは不連続線に沿ったその場所での力にも適応できる。したがって、この同じような状況で、何が破壊の引き金になるのだろうか。これを成し遂げる有効な要素は、周辺を取り囲む細かい孔か、液体圧である。例えば間隙力の増加は岩体の不連続面における摩擦力を減らし、作用しているせん断力に対してこの面により脆い状況をつくりだす。その結果は、貯水池誘発地震活動 [reservoir induced seismicity : RIS] によって例示される (James, 2000)。

大規模貯水池に水が湛えられると、貯水池下の上部地殻において間隙圧がすぐに上昇する。もし岩石に多大な応力がかかっているとすると、間隙圧の上昇は地震応答を引き起こすのに十分なものになる。ついでながら間隙圧の増大は、貯水池の圧力 [荷重] 球の外側の地帯に加わり、こうして、貯水池荷重そのものによる影響を受けない地帯においても発生するのである。しかしながら、より興味ある事実は、高さ 100m の仮想的なダムに匹敵する間隙圧の上昇は、約 5km の深さにおける岩体中の現位置応力と比較しても極めて小さいことである。したがって、RIS は、この程度の深さに発生するのが普通である。

そのようなわずかな変化が間隙圧に地震を発生させるということは、問題の岩体がすでに破壊の瀬戸際にあることを証明する、と理解すべきである。次に、RIS がいかなるダム計画にも起こりそうなことであるかどうかを予測するという問題において、その地域で起こっている小規模地震の発生様式というかたちで前兆をとらえることができるかもしれない。これは、普通、ダムの建設と貯水に先立って微小地震観測網を敷設することで達成される。

RIS の発見は、次の段階に進むことを可能にする。重力の変化—例えば惑星の位置が関係する—は地球表

面付近の流体 / 間隙圧の変化を生み出すのであろうか、そして、そのような変化も地震活動に影響を与えうるのだろうか。NCGTにおいては、このような関連性が存在することを示す証拠を論じた論文が急増している。私にとって重要な問題は、このような重力の変化は、貯水池への湛水によって引き起こされる変化よりも桁違いに小さいだろう、ということである。それにもかかわらず、上述のいくつかの論文は、惑星の位置の果たす役割はそれ以上の量に達し、今年土星、木星、地球そして月が太陽と直列するために重力が顕著に増加することが有用な手がかりになるかもしれない、と指摘している。もし重力変化が引き金になるならば、われわれは、惑星直列が地震活動の急激な増加を生み出すことを論理的に予想することができる。

しかしながら、自然地震全体は、貯水池や重力変化との間に明瞭な相関もたない。地震を引き起こすメカニズムは、RISのメカニズムとは逆の作用であり、マントルに由来する高温・高圧の揮発性物質の上昇に求められる。これは Claude Blot によって 1960 年に認識された現象である (Grover, 1998 を見よ)。上の層に侵入する揮発性物質の圧力は、貯水池への湛水によってもたらされる間隙圧の増大よりも通常ははるかに大きく、そして、このことは 2 つの効果を生み出すかもしれない。第 1 には、高応力状態でない (RIS 状態ではない) 地帯でも破壊が発生する。第 2 には、誘発地震の規模がより大きくなる。

これらの大きな地震の前兆という問題では、われわれは、Claude Blot が南西太平洋でみいだした地震の前兆パターンを効果的に探求することができる。地震活動の上昇速度を確認することにより、Blot は浅い地震や火山噴火を極めて正確に予知した。そして、この方法は NCGT の最新の論文にも利用されている。しかし、ここで注意しなくてはならないことがある。Blot の予報は、比較的単純な環境—和達—ベニオフ帯としてよく知られた深さ 350km からの非常に深い地震帯—に、そして一般に薄い海洋型地殻と考えられている場で確立されたものである。すべての地震帯に即座に適用されるものではなく、Blot の地震エネルギー移動式をいわゆる大陸型地殻域に適用する場合には何らかの不規則な挙動が起きることが予測される。より詳細な研究が、この問題を解決するであろう。

さて、マントル由来の揮発性物質の上方移動において、熱の消失と圧力の解放はありそうなことである。しかしながら、分散した揮発性物質の“プリューム”が地球表面に達したときにのみ、激しい変動の発生が予想される。火山噴火はそのような変動のひとつの現れであるが、それほど劇的ではないが、地温上昇、電磁気放射、蒸気雲、Min Min lights、動物の異常な行動などの補助的な現象もみられる。Bapat(2007)、Shou(2010)そして Straser(2009)は、地震予知に関連してこれらの現象を NCGT の誌上で論じている。

地震後の海の温度上昇現象が、既刊の NCGT で述べられてきたように、南ヨーロッパの熱波が(地震後に)出現するアドリア海 (Bhat, 2006)、イースター島周辺の群発地震とエルニーニョの襲来との 1 対 1 の関係 (Walker, 1995)、巨大地震が次々と発生した北極海 (James, 2008) で起きている。これらの場合、熱の影響は地震後 6 か月間にわたり確認されている。これは、震源の深さの反映であり、NCGT への投稿者たちは陸上における熱の影響をより詳しく述べている。今後のさらに詳しい研究によって、熱現象がなぜ地震の前や後の起こるのかが明らかにされるであろう。この点にかんして、私は、地震と熱の波及効果との関係に言及してみたい。

西オーストラリアのパースの北東 200km 付近の穀倉地帯では、比較的静穏な期間のあと、2010 年 1 月の最後の 2 日間に 70 に及ぶ地震が記録された。地震の規模は大部分が M=2 ~ 3 のもので、M=4 のものがいくつかあった。これらの地震後の 1 日あるいは 2 日後には、40°C を超える気温が東方 400km にわたって記録された。しかし、震源域の北と西では、明らかな、あるいは重大な温度変化は起きていない。したがって、高温現象は局地的であるように見受けられる。群発地震から 7 ~ 8 日後、高温 (47 ~ 48°C まで上昇) は東ヘヴィクトリア州まで移動した。そこでは、この高温が州内の山火事の主な原因になったと考えられるが、地震とヴィクトリア州の山火事との間の関係に明確な根拠はない。最近、私は群発地震にもっとも近い場所にすむ農民と接触を持った。彼は群発地震が起きているとき、温度の異常はまったくなかったという。しかし、それが事件に対して確定的かどうかはわからない。ここで私が提起している要点は、地震予知センターは、大地震の予知と同様に、地震群に関係する大規模な波及効果を見いだす可能性をもっているかもしれない、ということである。

文 献

- Bapat, A., 2007. Seismo-electro-magnetic and other precursory observations from recent earthquakes. NCGT Newsletter, no. 43, p. 34-38.
- Bhat, M.I., 2006. Bushy-Blairy about global warming. NCGT Newsletter, no. 41, p. 58-71
- Grover, J.C., 1998. Volcanic Eruptions and Great Earthquakes. Copyright Publ. Brisbane
- James, P.M., 2000. Mechanisms of RIS. GeoEng Conf., Melb.
- James, P.M., 2008. Earthquakes and Arctic Ocean warming. NCGT Newsletter, no. 46, p. 3-5
- Shou, Z., 2010. Precursory earthquake clouds for the Haiti and Chile earthquakes. NCGT Newsletter, no. 54, p. 76.
- Straser, V., 2009. Earthquake precursors in the northwest Apennines, Italy. NCGT Newsletter, no. 50, p. 4.
- Walker, D.A., 1995. More evidence indicates link between El Niño and seismicity. EOS Trans., AGU, v. 76, p. 33.

原著論文 ARTICLES

電磁気現象を利用した地震の短期予知 : 現状 SHORT-TERM EARTHQUAKE PREDICTION WITH ELECTROMAGNETIC EFFECTS: PRESENT SITUATION

早川 正士^{1,2,3} <hayakawa@hi-seismo-em.jp>

- 1) 国立大学法人電気通信大学 先端ワイヤレスコミュニケーション研究センター . 〒 182-8585 東京都調布市調布ヶ丘 1-5-1
2) 株式会社早川地震電磁気研究所 . 東京都調布市 電気通信大学インキュベーション施設
3) 地震解析ラボ : インフォメーションシステムズ (株) . 〒 107 - 0061 東京都港区北青山 2-12-42-305

(矢野 孝雄 [訳] + 角田史雄 [校閲])

要旨: 1995年に起こった神戸の地震以降, 地震の短期予知に電磁気現象を利用する新しい潮流が長足の進歩を遂げた. この短い報告では, 地震に関連するさまざまな種類の電磁気現象を簡潔にまとめ, もっとも有望な方法として, 電離層底面における VLF/LF 伝播, および, その擾乱と地震との関連に関する研究の現状を, いくぶん詳しく述べる. 最後に, 地震短期予知の今後の方向性を示す.

キーワード: VLF/LF 伝播異常, 電離層擾乱, 地震短期予知, 地震による ULF 放射.

1. まえがき

2011年3月11日の東北太平洋沖地震による津波による多くの人命が失われた. このことは, 地震の短期予知がきわめて重要であることを再認識させた. 短期という用語は, 2, 3日~2, 3週といった時間範囲を意味している. 地震発生の1週間前に地震予知が公表されれば, 人命の損失をさげることができるので, 地震の短期予知はきわめて重要である. この意味では, 地震の短期予知は, 地震学界による中・長期地震予知とは本質的に違っている. そのため, 短期地震予知は多くの人々の関心をよんでいて, 私たちも, 短期予知が地球科学にのこされた最先端課題の1つであると考えている.

2. 伝統的な力学的方法 vs 新しい電磁気的方法

伝統的な力学的方法は, 地震計などを用いた地殻変動の測定を基礎にしていて, 日本では, 1923年関東地震以降に長期的地震予知のために用いられてきた. このような地震観測では, ある地震の特徴についての情報(地震による断層変位の大きさがどれほどのものか, など)は, 地震発生後にはじめて提供される. また, これらの観測では, 将来の地震活動に関する情報はほぼ皆無である.

近年の科学界の支配的風潮は, 短期地震予知研究に好ましくない. 地震現象はきわめて複雑であり, 大規模地震は稀にしか起こらず, 前兆現象は捉えにくい, などの困難さを考慮して, 根拠のない悲観的見通ししかない. 地震は物理現象以外の何ものでもない. いかなる物理系にあっても, 科学は, 将来起こりうる運動に関してなんらかの予知能力をもっているはずである. 現在の科学で地震を予知できないことが, 完全に証明されたわけではない. 地震科学には, 実際に, 新しい考え方と技術を備え

た新しい重要な潮流がいくつも生まれつつある.

悲観論が支配的ななかで, 地震-電磁気科学は新しい有望な研究分野であり, 1995年神戸地震以降の最近15年間で, 私たちはこの研究分野に大きな前進をもたらした(Hayakawa, 1999; Hayakawa and Molchanov, 2002; Molchanov and Hayakawa, 2008; Hayakawa, 2009; Hayakawa, 2012). 伝統的な力学的方法に比べてこのような電磁気現象(電磁場異常, 電磁放射, 電磁場プラズマ擾乱, など)をもちいることの根本的長所は, それらの(1)先行性と(2)長距離伝播性である. なぜなら, 地震発生前にはつねに"微小断裂(裂罅)"が発生し, なんらかの帯電効果(triboelectricity, piezo-effect, など)によって電荷や電荷分離(電流)を発生させる. そして, それらは地震の先駆現象として, いくつかの電磁気現象をひきおこすからである. 図1に示されるように, 地震の先駆現象の1つとして, いくつもの電磁気現象が報告されてきた. もっとも重要な点は, いずれの先駆現象が地震に関連しているか, この問題がうまく識別されているか否かに懸かっている. この対応関係が科学的に確立されれば, その現象は多くの地震の先駆現象とみなされるようになる. そうなれば, それは実質的な地震予知方法として実用化されるはずである.

3. 短期地震予知に有用な地震発生にまつわる諸現象

図1は, 地震によるさまざまな放射現象, 地震-大気現象および地震-電離層現象, ならびに, それらに対する観測方法を地上および電離層にわけて描いている. 地震発生にまつわる諸現象の観測方法は, 慣習的に2つのカテゴリーに区分される(Hayakawa and Hobara, 2010). 第1は, 地震発生にともなう岩石圏からの放射を幅広い周波数帯(DC/ULF~VHF, あるいはより高周波)で直

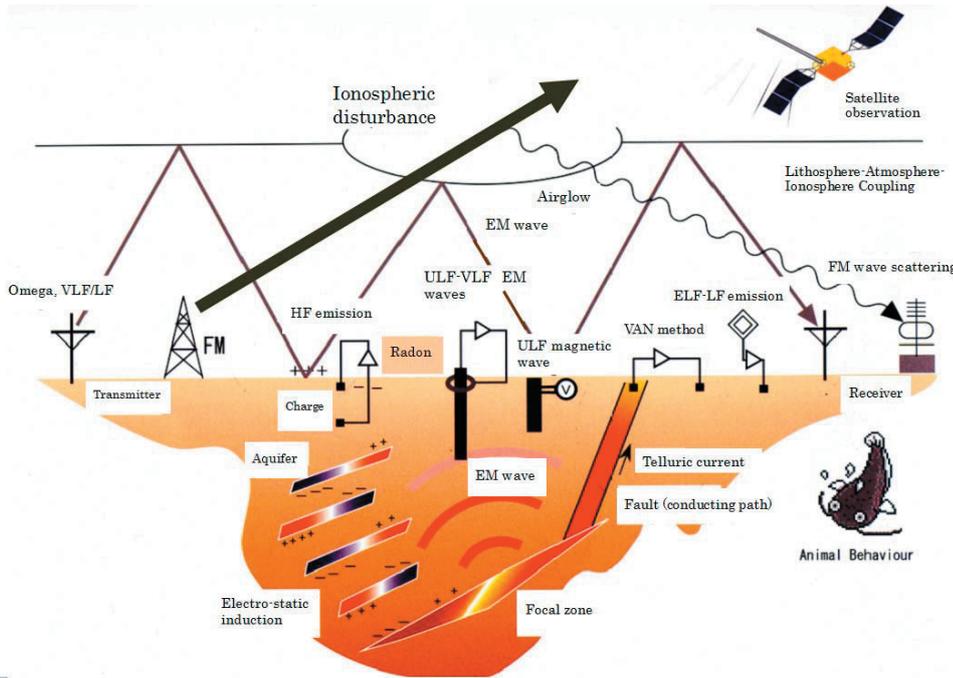


図1 地震に関するさまざまな電磁気現象の模式図。地震活動にさきだつ岩石圏現象や、大気および電離圏の擾乱を含む。地上のみならず電離圏における方法を含めて、さまざまな観測方法が示されている。

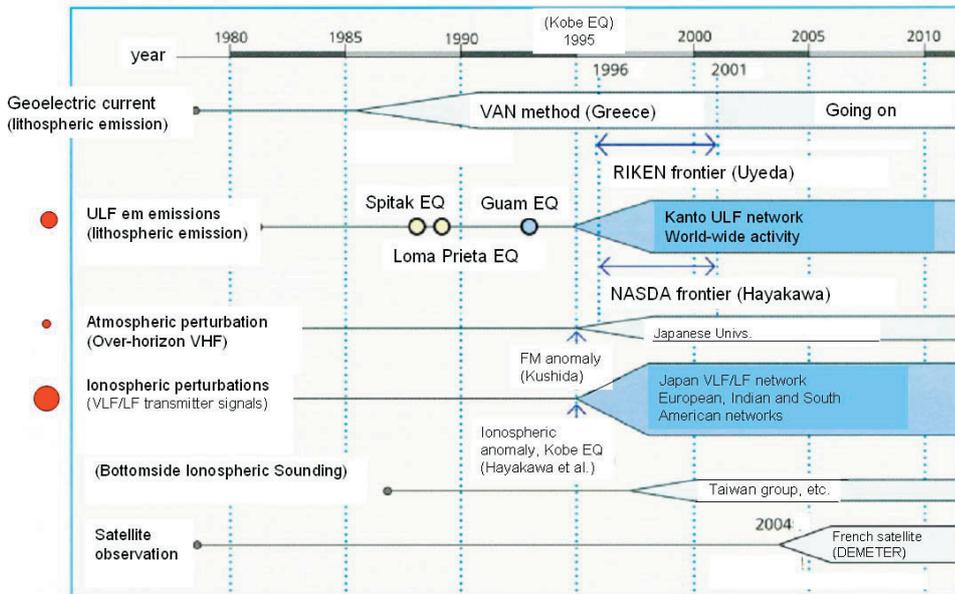


表1 地震予知科学 (地震電磁気学) の歴史

接観測する方法である。第2は、間接的現象、すなわち地震活動に先行する大気圏や電離層に発生する擾乱を観測する方法である。表1のように、地震予知に有望ないくつかの方法がすでに提案されているが、それらは次のように整理される：(1)VAN法として知られる地球電気信号(たとえば Varotsos, 2005), (2)ULF(超低周波, 周期 ≤ 1 Hz)電磁気放射(たとえば, Hayakawa et al., 2007; Fraser-Smith, 2009; Kopytenko et al., 2009), (3)地震による大気圏擾乱で、over-horizon VHF 伝播信号で観測されるもの(たとえば, Hayakawa, 2009a), (4)電離層下底 VLF/LF 伝播によって検出される電離層下部の擾乱, (5)下底側の探査, GPS TEC(全電子含有量)測定によって検出される電離層上部の擾乱(たとえば, Liu, 2009), (6)衛星観測による電離層の現地性プラズマ異常と電波放射(たとえば, Parrot, 2009), および(7)衛星で検出される地表温度異常(たとえば, Ouzounov et al., 2012)。

表1は、さまざまな現象の歴史を示す。それぞれの先駆現象のもっとも重要な点は、地震との間に統計的対応関係が長期間観測データにもとづいて確立されているか否かにある。上述の観測項目のなかで、地震予知の観点からもっとも魅力的であるのは、(1)電離層擾乱ならびに(2)ULF電磁気放射の2つである。

4. もっとも信頼できる地震の先駆現象としての電離層擾乱

地震による電離層の擾乱は、電離層下底 VLF/LF 電波信号で検出される。私たちが1995年神戸地震の際に出現した明瞭な電離層擾乱(Hayakawa et al., 1996)を発見して以降、図2のようなVLF/LF観測網を日本に設置し(Hayakawa, 2007, 2009a; Molchanov and Hayakawa, 2008)、現在まで観測をつづけている。現在、私たちは

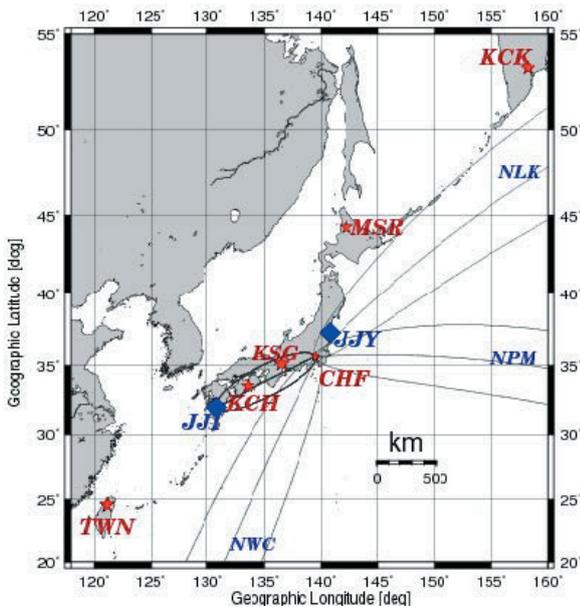


図2 地震性電離層擾乱の検出のための電離層下底 VLF/LF 観測網. この図は、次の5つの観測局だけを表示している：MSR(茂尻), CHF(調布), KSG(春日井), TYM(津山, 岡山県:非表示), KCH(高知). 各観測局では、同時に5つの中継信号を受信している(それらのうち2つは日本国内の中継局—JJY 福島と JJI 宮崎から、そして3つは海外の中継局 NWC オーストラリアと NLK ハワイから). CHF を例にして、大円経路とそれに対応する電波の鋭敏域(楕円域)が中継局ごとに描かれている. 電波の鋭敏域は、あらゆる地震がその受信局に伝播異常をもたらす領域として特定された. KCK(カムチャツカ)と TWN(台湾)にも、私たちの VLF/LF 観測局が設置されている.

日本に次のいくつかの受信局をもっている：茂尻・中標津(北海道), 調布(東京都), 春日井(名古屋近郊, 愛知県), 津山(岡山県), 高知. そして、個々の観測点は同時に、5つの中継信号を受信している. それらのうち2つは日本国内の中継局(JJY 福島, 40kHz; JJI 宮崎, 22.2kHz)からの、そして3つは海外の中継局(NWC オーストラリア; NLK 合衆国)からの信号である. この VLF/FL 法のもっとも本質的な点は、VLF/LF 伝播異常(電離層擾乱)と地震($M>6$, 深度 $<40\text{km}$)との間に統計的に有意な対応関係が確立されていることにある(Hayakawa et al., 2010). 電離層擾乱は、このような地震の約1週間前に現れることが認められた. この対応関係を利用して、図2に示される中継局-受信局の組み合わせ経路における伝播特性を注意深く比較することによって、私たちは地震がいつ(時刻), どこで(場所), どのような規模(マグニチュード)で発生するかを予知しうだろう. 統計的対応関係が確立されるいっぽう、最近の10年間は政府系資金がえられていないために民間の支援を依存してきたこともあって、私たちはベンチャー企業「地震解析ラボ Earthquake Analysis Laboratory (Information Systems Inc.)」を設立し、定期的に地震予知情報を公的に提供してきた. 2012年1月19日以降、携帯電話で、私たちの地震予知情報を受信できるようになった.

私たちの日本における VLF/LF 観測網は、地震予知研究分野ではきわめて一般的になった. というのは、同様

の VLF/LF 観測網が最近ではヨーロッパ、ついでインドと南アメリカに創設されたからである(Chakarabarti, 2010). 最近では、これらの観測網から VLF/LF 伝播異常(電離層擾乱)と地震との対応性について、いくつかの報告が出版されている.

5. もう一つの地震先駆現象:ULF 電磁波放射

地震予知における第2の重要候補は、地震発生前に岩石圏から放射される地震性 ULF 電磁気放射を直接観測することである. というのは、3つの大規模地震(Spitak, Loma-Prieta および Guam 地震)についてこのような報告が公表されるいっぽう(Hattori, 2004; Hayakawa et al., 2007; Fraser-Smith, 2009; Kopytenko et al., 2009), 地震に関連する電磁放射の存在に対して批判的論文がほとんど出版されていないからである. 私たちは、いくつかの観測局(伊豆半島域, 房総半島域, Kakioka, 松代など)からなる関東(東京)域の ULF 観測網を設置して(Hayakawa et al., 2007; Molchanov and Hayakawa, 2008), 現在まで観測をつづけている. しかし、すべての観測局に膨大なデータが蓄積されているために、リアルタイムでの観測が未だ実現していない. 地震性 ULF 放射にかかわるもっとも重要な課題は、統計的比較に必要な数の地震データをできるだけ早急に蓄積することである. というのは、最近20年間における ULF 発生総数は30個あまりにすぎないからである(Molchanov and Hayakawa, 2008). 地震性 ULF を利用することのもう一つの利点は、方向識別技術—2, 3の異なる方向識別技術が開発されている—によって地震発生域の正確な特定が可能であることにある(Hayakawa et al., 2007).

6. さまざまな観測方法の調整

これまでの VLF/LF 研究は上層大気(電離層下部)に関する情報を提供し、ULF 放射はリソスフェア中に発生する情報を提供した. 実践的な地震予知のためは、中層大気におけるより多くの情報—たとえば、over-horizontal VHF 中継信号(Hayakawa, 2009b)といった方法による地震-大気条件—をうるものが強く求められている. それによって、広範囲にわたる統合的方法で全層(岩石圏, 大気圏および電離層)の研究を推進することが可能になる. さらに、さまざまな特性時間をもつさまざまな広帯域現象の特徴も、切迫地震の到来を高精度で判定することに役立つ.

7. 地震予知科学の科学的研究

上述した実践的地震予知と平行して、私たちは、地震性電磁気現象の科学を推進しなくてはならない. たとえば、地震前に電離層がどのようにして、なぜ擾乱されるのか?, そして、地震性 ULF 放射はどのようにして発生するのだろうか? より一般的にいえば、新分野としての岩石圏-大気圏-電離圏(LAI)における電磁合成

(Molchanov and Hayakawa, 2008 ; Hayakawa, 2009a, b) は、まったく新しく、とても挑戦的な課題である。この研究に、さまざまな分野 (電波科学, 電波工学, 物理学, 大気電気学, 宇宙 [電離層] 物理学, 地球物理学, 地質学, 地震学, など) の科学者が参加することになるだろう。LAI 電磁合成の候補として、(1) 化学的経路 (たとえば, Pulinets, 2009) と (2) 大気振動経路 (たとえば, Molchanov and Hayakawa, 2008) が提案されている。第 1 経路では、ランダムな発散が下層大気 of 電離や大気伝導度の変化を促進し、ついで大気電場の変化をもたらす。そして、このような電場効果が電離層プラズマを再配置させることになる。第 2 の経路では、地表における何らかの変化 (地面の鉛直変位, 大気圧・気温などの何からの変化) が、(大気圏重力波のような) 大気振動を励起し、それらが上方へむかって電離層まで伝搬し、そこで、それらが電離層プラズマ擾乱と電磁合成をひきおこす。最近 Freund(2009) が提案した新しい仮説では、応力によって活性化した正の穴が電場を発生させるという。地震による電磁気効果あるいは LAI 電磁合成メカニズムのより良い理解は、実践的地震予知の確実性を改善することにも貢献する。第 2 の大気振動経路 (Hayakawa et al., 2011) をかなり大量の実験結果が支持しているが、現在のところ、これらの経路はいずれも仮説の段階にある。もっとも重要なことがらには、いずれかの仮説において実験的確認をうる試みである。

文 献

- Chakrabarti, S. K. (ed.), 2010. Propagate Effects of Very Low Frequency Radio Waves. American Institute of Physics Conference Proceedings, 362p.
- Fraser-Smith, A. C., 2009. The ultra-low-frequency magnetic fields associated with the preceding earthquakes. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, p. 1-20.
- Freund, F., 2009. Stress-activated positive hole charge carriers in rocks and the generation of pre-earthquake signals. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, p. 41-96.
- Hattori, K., 2004. ULF geomagnetic changes associated with large earthquakes. *Terr. Atmos. Ocean. Sci.*, v. 34, p. 329-360.
- Hayakawa, M. (ed.), 1999. Atmospheric and Ionospheric Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes. Terra Sci. Pub. Co., Tokyo, 996p.
- Hayakawa, M., 2007. VLF/LF radio sounding of ionospheric perturbations associated with earthquakes. *Sensors*, v. 7, p. 1141-1158.
- Hayakawa, M. (ed.), 2009. "Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, 279p.
- Hayakawa, M., 2009a. Seismogenic perturbation in the atmosphere. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic phenomena associated with earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, p.119-136.
- Hayakawa, M., 2009b. Lower ionospheric perturbations associated with earthquakes, as detected by subionospheric VLF/LF radio waves. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic phenomena associated with earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, p.137-185.
- Hayakawa, M. (ed.), 2012. The Frontier of Earthquake Prediction Studies, Nihon-senmontosho-shuppan, Tokyo, 800p.
- Hayakawa, M. and Molchanov, O.A. (eds.), 2002. Seismo Electromagnetics: Lithosphere - Atmosphere - Ionosphere Coupling. TERRAPUB, Tokyo, 477p.
- Hayakawa, M. and Hobara, Y. 2010. Current status of seismo-electromagnetics for short-term earthquake prediction. *Geomatics, Natural Hazards and Risk*, v. 1, no. 2, p. 115-155.
- Hayakawa, M., Hattori, K. and Ohta, K., 2007. Monitoring of ULF (ultra-low-frequency) geomagnetic variations associated with earthquakes. *Sensors*, v. 7, p. 1108-1122.
- Hayakawa, M., Molchanov, O.A., Ondoh, T. and Kawai, E., 1996. The precursory signature effect of the Kobe earthquake on VLF subionospheric signals. *Jour. Comm. Res. Lab.*, Tokyo, v. 43, p. 169-180.
- Hayakawa, M., Kasahara, Y., Nakamura, T., Hobara, Y., Rozhnoi, A., Solovieva, M., Molchanov, O.A. and Korepanov, V., 2011. Atmospheric gravity waves as a possible candidate for seismo-ionospheric perturbations. *Jour. Atmos. Electr.*, v. 31, no. 2, p. 129-140.
- Hayakawa, M., Kasahara, Y., Nakamura, T., Muto, F., Horie, T., Maekawa, S., Hobara, Y., Rozhnoi, A.A., Solovieva, M. and Molchanov, O.A., 2010. A statistical study on the correlation between lower ionospheric perturbations as seen by subionospheric VLF/LF propagation and earthquakes. *Jour. Geophys. Res.*, v. 115, A09305, doi:10.1029/2009JA015143, 2010.
- Kopytenko, Yu.A., Ismaguilov, V.S. and Nikitina, L.V., 2009. Study of local anomalies of ULF magnetic disturbances before strong earthquakes and magnetic fields induced by tsunami. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic phenomena associated with earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, p. 21-40.
- Liu, J.Y., 2009. Earthquake precursors observed in the ionospheric F region. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic phenomena associated with earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum, India, p. 187-204.
- Molchanov, O.A., 2009. Lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling due to seismicity. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes". Transworld Research Network, Trivandrum,

India, p. 255-279.
 Molchanov, O.A. and Hayakawa, M., 2008. Seismo Electromagnetics and Related Phenomena: History and latest results. TERRAPUB, Tokyo, 189p.
 Ouzounov, D., Pulinets, S., Hattori, K., Kafatos, M. and Taylor, P., 2012. Atmospheric signals associated with major earthquakes. A multi-sensor approach. In, Hayakawa, M. (ed.), "The Frontier of Earthquake Prediction Studies". Nihon-senmontosho-shuppan, Tokyo, p. 510-531.
 Parrot, M., 2009. Anomalous seismic phenomena: View

from space. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic Phenomena Associated with Earthquakes", Transworld Research Network, Trivandrum, India, p. 205-233.
 Pulinets, S., 2009. Lithosphere-atmosphere-ionosphere coupling (LAIC) model. In, Hayakawa, M. (ed.), "Electromagnetic phenomena associated with earthquakes", Transworld Research Network, Trivandrum, India, p.235-253.
 Vrotsos, P. A., 2005. The Physics of Seismic Electric Signals. TERRAPUB, Tokyo, 338p.

金融周期：地震周期解読の鍵？

FINANCIAL CYCLES: A KEY TO DECIPHERING SEISMIC CYCLES?

David MCMINN

Twin Palms, Blue Knob, NSW 2480, Australia <mcminn56@yahoo.com>

(矢野 孝雄 [訳])

要旨：9/56年周期は、1760年以降の合衆国と西ヨーロッパの金融恐慌について確立され、月と太陽の潮汐作用に適用された。この周期は、つづいて、世界の国々や地域における大地震の発生時に敷衍された。これらの有益な成果は、月-太陽と金融におけるその他の発見も地震周期に適用することが可能であることを示唆する。そこで、この論文では、著者の市場活動にかんする研究をかいつまんで紹介する。というのは、それが、今後の地震の研究計画に有用であるからだ。重要なことは、金融および月-太陽周期にみられる Fibonacci-Lucas 数と Phi 比といった指標が地震の諸特性にも関係する点である。ただし、このような推測を支持する証拠は未だ発見されていない。

キーワード：9/56年周期、金融危機、地震、ダウジョーンズ工業平均株価、Phi 比、Fibonacci 数、Lucas 数

まえがき

9/56年周期が初めて確立されたのは、合衆国と西ヨーロッパにおける最近の数世紀にわたる金融恐慌の発生様式においてである (Funk, 1932; McMinn, 1986, 1994, 1995)。大恐慌は、このパターンにおける統計的重要度にしたがって集中して発生する傾向を示す。9/56年周期が他の現象にも出現するのか、それとも市場活動に限定されているのか、は1つの大問題である。9/56年周期と合衆国の地震との間の関連性は、McMinn (1994) によって初めて提起された。9/56年地震周期にかんするもう1つの事例が、世界のさまざまな国々と地域で発生した大地震で確認された (McMinn, 2011a, 2011b, 2011d, 2012)。金融と地震に9/56年効果が存在するとすると、これらの著しく乖離した研究分野の間に他の周期的共通性があるのかもしれない。この論文は、市場周期に月-太陽周期をみいだすことを目的とし、望むらくは、それが今後の地震研究計画に役立つことを願うものである。

9/56年周期は、縦軸(列 sequence とよぶ)に56年間隔を、横軸(副周期 sub-cycles とよぶ)に9年間隔を配置した格子でできている。この9/56年周期は、月-太陽潮汐効果にきわめて密接に関係する可能性がある (McMinn, 2011a)。この潮汐による引き金作用が地震と金融における危機的事象を発生させるか否かかは、まっ

たく未知である。月-太陽効果の用語集と基礎データについては、MacMinn(付録5, MacMinn 2011a)を参照されたい。

地震発生時への月-太陽の影響は、科学文献として出版されたさまざまな研究によって支持されてきた (Kokus, 2011)。Dichev and James (2001) および Yuan et al. (2006) は、株式市場活動における月相効果があることを示した最初の科学者である。統計的にみると、この指標は新月に上昇し、満月に下落する傾向を示し、この発見はほぼ全世界の市場に適合する。残念なことに、2000年代に出版された後続の科学論文は月相と金融活動との関連性をあまり評価せず、単純化した研究において月-太陽調和の複雑性ばかりが主張された。月と太陽が地震および市場周期に影響をおよぼしていることに間違いはないが、問題はその程度である。

56年列は McMinn(付録2, 2002) にしたがって番号がつけられ、列01には1817, 1873, 1929, 1985年が、列02には1817, 1873, 1929, 1985年が、というふうに配置される。もっともよく適合する年は、本文中のさまざまな表に示される。月-太陽データは、恐慌や危機が発生した金融センターにおける正午の値で表示される(日中の預金は無視される daylight saving ignored)。ダウジョーンズ工業平均株価 (DJIA) 指標にかんするデータは、すべての評価において、各日の終値にもとづいて

いる。略号 A° は月と太陽の間の角度 (月相) を, E° は黄道周期上の位置を, それぞれ示す。これは, 2つの異なる概念の混乱を防止する措置である。年間一日下落幅 (annual one day fall, AOD fall) は, 3月1日にはじまる1年間における1日で最大の DJIA 下落幅 (%) とする。それは, 任意の太陽年における取引者の悲観的感情の1日あたりの最大ふれ幅をあらわす。

9/56 年恐慌周期

Kindleberger (付録 B, 1996) は 1760 ~ 1940 年における約 30 の主要な金融恐慌を列記し, それらのうちの 16 回が表 1 の 9/56 年格子にあてはまる (確率 $p < .001$: McMinn, 1995)。1760 ~ 1990 年というより長期間では, Kindleberger が掲げた 44 回の金融危機のうち 20 回が 9/56 年格子にあてはまる (確率 $p < .01$)。他の尊敬すべき歴史経済研究者によってくりかえし列記されていることは, 重要である。より最近では, 1998 年および 2007 年の危機は, 表 1 のなかで発生したものである。

カムチャッカ (ロシア極東) における地震の発生時にみられる 9/56 年周期は, 早期に確立された。ただし, それが現在まで継続しているか否かについては, いくつかの議論がある。Gusev (2008) によると, 「1997 年地震 (Mw=7.8) 以降には 9/56 年周期があまり顕著でなくなっていると看做しても, この周期自身は統計的重要性を保っている」という。

DJIA AOD 下落と月相

1915 ~ 1999 年に発生した主要な DJIA AOD 下落 ($\geq -4.50\%$) 時の月相分布が, 図 1 (MacMinn, 2000) に示される。月相はほぼ常に, 4 象限のうちの 2 つに出現する。すなわち, 90 A° (第 1 象限) ~ 180 A° (満月), および 270 A° (第 3 象限) ~ 000 A° (新月) にほぼ相当する。唯一の異常は, 1930 年 6 月に発生した。出現したこのパターンは, なぜ説明ができないのだろうか? それは, 月, 太陽および春分点 (000 E°) の間の角度変化に関係するが, 十分には説明されていない (留意: 年間 1 日下落幅は, 3月1日に始まる 1 年間に最大 % に達する)。

1910 年以降に全部で 33 回の DJIA AOD 下落が発生した (付録 2 参照) が, 1930 年と 2008 年だけは, 図 1 に示される 2 つの象限に位置していない。適合率は著しく大きい ($p < 10^{-6}$)。奇妙なことに, それは 1910 年以前, あるいは, -4.50% 以上の DJIA AOD 下落には適用されない。また, 1935 年以降の FT-30 指標 (連合王国) の日々のデータにも適用できない。

月の章動周期

昇月点の黄道位置は, Kindleberger が掲げた 1760 ~ 1940 年における 30 回の主要危機に強く関係している可能性がある (図 2 参照)。

Sq 52	Sq 05	Sq 14	Sq 23	Sq 32	Sq 41	Sq 50	Sq 03	Sq 12	Sq 21	Sq 30	Sq 39	Sq 48	Sq 01
							1763	1772	1781	1790	1799	1808	1817
	1765	1774	1783	1792	1801	1810	1819	1828	1837	1846	1855	1864	1873
1812	1821	1830	1839	1848	1857	1866	1875	1884	1893	1902	1911	1920	1929
1868	1877	1886	1895	1904	1913	1922	1931	1940	1949	1958	1967	1976	1985
1924	1933	1942	1951	1960	1969	1978	1987	1996	2005	2014			
1980	1989	1998	2007	2016									

The 56 year sequences are separated by an interval of 9 years.
Years in bold contained major financial panics and crises as listed by Kindleberger (Appendix B, 1996).
Source: McMinn (1995).

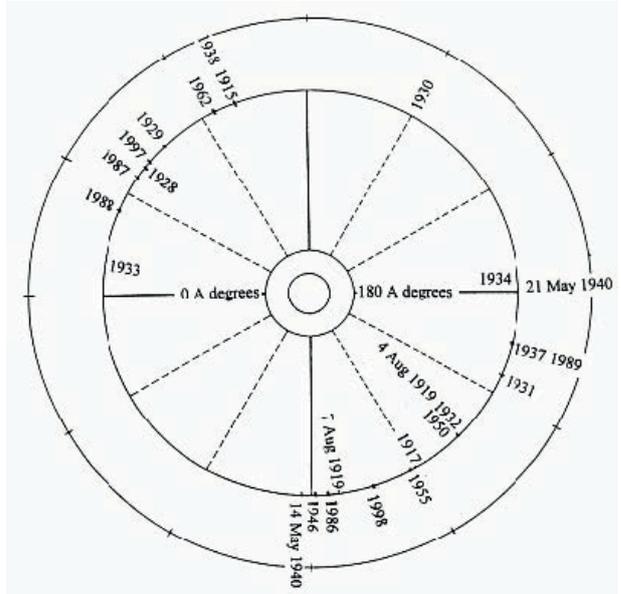


図 1 1915 ~ 1999 年における月相と主要 DJIA AOD 下落 ($\geq -4.50\%$)。出典: MacMinn and David (2000) Lunar Phase & US Crashes. The Australian Technical Analysts Association Journal, January/February, p. 20-31.

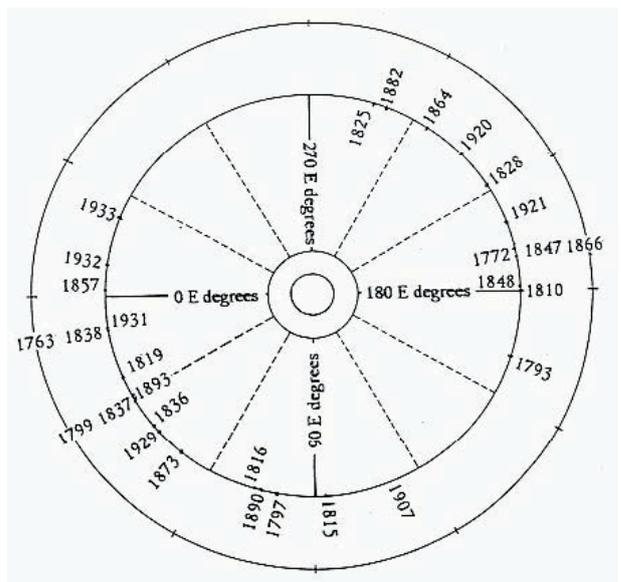


図 2 1760 ~ 1940 年における金融恐慌と昇月点の黄道位置。1760 ~ 1940 年の主要な金融危機 (付録 B: Kindleberger, 1996) における昇月点の黄道位置が示される。発生月が不明な危機については, 昇月点は 6 月 1 日と仮定されている。危機の発生が複数月にわたる場合は, 最初の月と最終の月の中ほどで代表されている。出典: MacMinn, D. (1994) Mob Psychology and The Number 56. The Australian Technical Analysts Association Newsletter, March, p. 28-37.

* 24回の危機は、黄道円の00°～90°および180°～270°にあたり、対角にある2つの象限に位置する(重要度 $p < .001$).

* 17回の危機は、昇月点が2つの対角にある45°区間、すなわち、00°～45°および180°～225°にあるときに発生した(重要度 $p < .001$).

* 昇月点が255°～333°の80°の区間にあるときには、顕著な危機は起こらない(重要度 $p < .01$).

昇月点が黄道を時計回りに運動すると、金融危機は昇月点が春分点(000°E)と秋分点(180°E)に接近しているときにもっとも起こりやすい。歴史的な恐慌は、すくなくとも、昇月点の春分点(000°E)通過後に発生した。

10月恐慌

もっとも顕著な月-太陽との平行性の1つは、1929年と1987年の10月恐慌(両者は、合衆国史上でもっともひどい株式市場崩壊)の間にみられる。正確には717.0 lunar月という時間間隔は、春期の下落、新高値、秋期の高騰、AOD下落、AOD上昇、そして、相場総くずれ後のAOD下落という経過をたどった(表2参照)。

1929年と1987年の恐慌では、AOD下落と次のAOD下落の間隔は55日であり、AOD下落とAOD高騰との間隔は2日以内であった。

とくに1929、1987および1997年には、月相は新高値、恐慌、株価の持ち直し、総くずれ後の下落に著しく近接していた(表4参照)。

平行性は、1901、1946および2001年の恐慌でも明瞭であった。DJIAの高騰が5月21日～6月12日に起き(表5参照)、9月3～11日の期間に最初の恐慌が、そして、6日後に主要なAOD下落が発生した。1901年と2001年の恐慌期間では、安全性への脅威はまったく異なっているものの、平行性は顕著であった。1901年の恐慌では、McKinley大統領が9月6日(金)に銃撃され、翌日に恐慌が発生した。氏は銃撃では落命せず、数日間延命した。氏に差し迫った死は、9月13日(金)にもう1つの恐慌を引き起こし、氏は日曜日に没した。2001年の恐慌では、ニューヨーク株式市場はテロリストによる国際貿易センターへの攻撃(9月11日)の日には開業できず、4営業日を閉鎖した。DJIAが-7.13%の下落を記録したのは、9月17日であった。

1901、1946および2001年の3回のピークは、305°～345°(新月の数日前)の月相にあっていた(表6参照)。1901および2001年恐慌の初日は、280°および300°(第3象限月の後)、そして、1946年恐慌の初日は91°(第1象限月)であった。

60年周期と10月恐慌

DJIA Event	1929 Panic	1987 Panic	Lunar Month Interval
Spring Low	May 27, 1929	May 20, 1987	717.12
Record High	Sept 03, 1929	Aug 25, 1987	717.05
Autumn High	Oct 10, 1929	Oct 02, 1987	717.09
Pre Crash Fall	Oct 23, 1929	Oct 16, 1987	717.09
AOD Fall	Oct 28, 1929	Oct 19, 1987	717.05
AOD Rise	Oct 30, 1929	Oct 21, 1987	717.05
Major Fall (a)	Nov 06, 1929	Oct 26, 1987	716.99

DJIA Event	1987 Panic	1997 Panic	Lunar Month Interval
Record High	Aug 25, 1987	Aug 06, 1997	123.06
AOD Fall	Oct 19, 1987	Oct 27, 1997	123.97
AOD Rise	Oct 21, 1987	Oct 28, 1997	123.94
Post Crash Low	Dec 04, 1987	Nov 15, 1997	122.96

(a) After the initial panics, major one day falls occurred on Nov 6, 1929 (-9.92%) and Oct 26, 1987 (-8.04%). These were among the 10 biggest % one day falls ever recorded for the DJIA.
The Lunar Month of 29.53 days is the time taken for the Moon to complete one cycle New Moon to New Moon.
Abbreviations: AOD or annual one day movement is the biggest % DJIA one day rise or fall in the year commencing March 1. BML - Bear market low
Sources: Carolan (1992, 1998) and McMinn, 2004.

Record High		AOD Fall		AOD Rise		Major Fall (a)
1929 Sep 03 003 A°	+55 Days	1929 Oct 28 -12.83% 313 A°	+2 Days	1929 Oct 30 +12.34% 338 A°	+7 Days	1929 Nov 06 -9.92% 058 A°
+717.05 Lunar Months		+717.05 Lunar Months		+717.05 Lunar Months		+716.99 Lunar Months
1987 Aug 25 013 A°	+55 Days	1987 Oct 19 -22.61% 324 A°	+2 Days	1987 Oct 21 +10.17% 347 A°	+5 Days	1987 Oct 26 -8.04% 051 A°

(a) After the panics, notable DJIA one day falls occurred on Nov 6, 1929 (-9.92%) and Oct 26, 1987 (-8.04%). These were among the 10 biggest % one day falls ever recorded for the DJIA.
The 29.53 day lunar month is the time taken for the Moon to complete one cycle new Moon to new Moon.
Abbreviations: AOD The annual one day rise or fall is the biggest DJIA one day % movement in the year commencing March 1.
Sources: Carolan, 1998; McMinn, 2004.

Record High	AOD Fall	AOD Rise	Post Crash Low (a)
Sep 03, 1929 003 A°	Oct 28, 1929 313 A°	Oct 30, 1929 338 A°	Nov 13, 1929 137 A°
Aug 25, 1987 013 A°	Oct 19, 1987 324 A°	Oct 21, 1987 347 A°	Dec 04, 1987 173 A°
Aug 06, 1997 037 A°	Oct 27, 1997 320 A°	Oct 28, 1997 330 A°	Nov 12, 1997 155 A°

(a) The DJIA lows for 1987 and 1997 occurred on the day of the panic. The post crash lows were taken as the lows after the panic.

DJIA Peak	1 st OD Fall	%	2 nd OD Fall	%	OD Rise	%
The Panics of 1901, 1946 & 2001						
Jun 12, 1901	Sep 07, 1901	-4.43	Sep 13, 1901	-4.27	Sep 16, 1901	+4.10
May 29, 1946	Sep 03, 1946	-5.56	Sep 09, 1946	-4.41	Oct 15, 1946	+3.58
May 21, 2001*	Sep 11, 2001	na	Sep 17, 2001	-7.13	Sep 24, 2001	+4.47

* Intra bear market high.
Abbreviation: OD - One Day.

DJIA Peak	Phase	1 st OD Fall	Phase	2 nd OD Fall	Phase
Jun 12, 1901	307 A°	Sep 07, 1901	298 A°	Sep 13, 1901	010 A°
May 29, 1946	343 A°	Sep 03, 1946	091 A°	Sep 09, 1946	159 A°
May 21, 2001*	342 A°	Sep 11, 2001	281 A°	Sep 17, 2001	004 A°

* Intra bear market high.
Abbreviation: OD - One Day.

60年周期は、歴史的な10月恐慌に密接に関係しているようだ(McMinn, 2010b)。主要なDJIA AOD下落日に60年を加減すると、8月19日と12月20日の間にあたる。この効果のもっともすぐれた例は、1910～

2000年の10月に起きた6回のAOD下落(≥ -3.60%)である。これらは、2、8および60年の間隔にもとづく著しく適合性の高い格子を形成する(表7参照)。6回の恐慌は、満月前および新月後に発生していて、偶然ではとても起きそうもない正確なパターンを示す。AOD高騰は1929、1937、1987および1997に発生し、それらはすべて、対応するAOD下落の2~3日後に起きている。これにあてはまらないのが、1927年9月6日のAOD高騰(+2.95%)である。(留意:年間1日高騰幅 annual one day rise, AOD riseは、3月1日にはじまる1年間における1日での最大DJIA高騰幅%を示す。)

表7の格子では、11年の追加分が右側につけくわえられている。この表は、ブラックアウトとよばれる期間中の2008年10月15日のAOD下落(-7.75%)を示す。この日から60年をひくと、1948年11月3日のAOD下落(-3.85%)にあたり、その時にはTrumanが大統領選挙で驚くべき勝利をおさめ、株式市場の乱高下をもたらした。

60年周期は、次のとおり、1910年以前の合衆国10月恐慌にも重要であった。

- 1839年合衆国恐慌(10月)+60年 = 1899年DJIA AOD下落(12月18日)
- 1857年合衆国銀行恐慌(10月14日)+60年 = 1917年DJIA AOD下落(11月1日および8日)
- 1869年合衆国ブラック金曜日(9月24日)+60年 = 1929年合衆国ブラック金曜日(10月28日)
- 1871年合衆国シカゴ火災恐慌(10月9日)+60年 = 1931年DJIA AOD下落(9月24日)。合衆国不況。
- 1897年DJIA AOD下落(10月12日)+60年 = 1957年AOD下落(10月21日)。スプートニク打ち上げ脅威。
- 1903年DJIA AOD下落(10月19日)+60年 = 1963年AOD下落(11月22日)。ケネディ暗殺。

1907年の合衆国銀行恐慌(10月22日)は異常であった。というのは、1967年に顕著なAOD下落(≥ -2.00%)はなかったからだ。1907年より60年前には、1847年10月23日のブリテン大恐慌がおきた。

54/56年周期

54/56年周期は横に54年、縦に56年の間隔の格子で示され、MacMinn (1993)によって初めて提案された(表8参照)。太字表示された年は、Kindleberger (1993)が掲げた主要な金融危機がおこった年であり(付録B)、追加的な危機とDJIA AOD下落は付録3に示されている。注目すべきことに、この格子内には21回の危機/恐慌が含まれていて、それらのすべてが例外なく、090~190 A°と290~350 A°の月相にあたる。これは、図1に示されるように、1910年以降のDJIA AOD下落にみられる月相分布に類似している。奇妙なことに、54/56年格子中の9回のDJIA AOD下落(≥ -3.60%)のすべてが、

Table 7 THE 60 YEAR GRID AND OCTOBER AOD FALLS 1910-2000
Solar Year Intervals & Lunar Phase
October DJIA AOD Falls

1927 Oct 08 -3.65% 150 A°	+ 2	1929 Oct 28 -12.83% 313 A°	+ 8	1937 Oct 18 -7.75% 164 A°
+ 60		+ 60		+ 60
1987 Oct 19 -22.61% 324 A°	+ 2	1989 Oct 13 -6.91% 164 A°	+ 8	1997 Oct 27 -7.18% 320 A°

Source: McMinn, 2010b.

Table 8 54/56 YEAR PANIC CYCLE Year beginning March 1

							1761	+ 54	1815
							1763	+ 54	1817
			1765	+ 54	1819	+ 54	1873	+ 54	1927
		1767	+ 54	1821	+ 54	1875	+ 54	1929	+ 54
1769	+ 54	1823	+ 54	1877	+ 54	1931	+ 54	1985	
1825	+ 54	1879	+ 54	1933	+ 54	1987			
1881	+ 54	1935	+ 54	1989					
1937	+ 54	1991							
1993									

Years in bold contained major financial crises listed by Kindleberger (Appendix B 1996).
Source: McMinn, 1993.

Table 9 SEASONALITY, THE SECULAR TREND AND DJIA AOD Falls => -4.50%
Year beginning March 1

Sun in	Approx Season	AOD Falls By Era	Anomalies
000-050 E°	Feb 01-May 11	1900-1920 1901, 1907, 1915, 1916,	1938, 1988, 2000
050-105 E°	May 12-Jul 07	1930-1965 1930, 1940, 1950, 1962	
105-155 E°	Jul 08-Aug 28	1910-1935 1914, 1919, 1932, 1933, 1934	1893, 2002, 2011
155-215 E°	Aug 29-Oct 29	1929-1955 1929, 1931, 1937, 1946, 1955 1985-2010 1986, 1987, 1989, 1997, 1998, 2001, 2008	
255-305 E°	Dec 08-Jan 31	1895-1928 1895, 1896, 1899, 1904, 1912, 1928	2007 (a)

(a) Worldwide stock market panics occurred on January 21, 2008. However, the US stock market was closed for the Martin Luther King Jr holiday. Even so, it was taken as the AOD fall for 2007.

11月15日に先立つ4ヶ月以内に、6回が11月28日に終わる3週間以内に起きている。

Kazuya Fujitaの世界的巨大地震(M ≥ 8.5)リストにもとづく、54/56年格子は、おもしろいことに1900年以降の大地震の発生時にも適用することができる(MacMinn, 2011b)。付録4に示されているように、5つの地震(M ≥ 8.9)はすべて、2つの54/56年格子中にみられる。これには、最近の日本の地震(2011年3月11日, M9)も含まれる。18の最大級地震(M ≥ 8.5)のなかで、12の地震が2つの54/56年格子に示されている。2013, 2014, 2016, 2018および2020年はこのパターンに含まれ、今後数年間にわたって、新たな巨大地震が発生するとみられる。

DJIA AOD 下落と季節性

1890年以降のDJIA AOD下落発生に長周期があることは明らかである。AOD下落時の日食位置は、約35年間にわたってつづくある期間の日食区間にある。AOD下落が1929~1955年および1986~2008年という特異期間に発生していることから、8月29日~10月29日は表9におけるもっとも興味深い期間である。これらには、1929, 1931, 1937, 1987, 1997, 2001および2008年といった、合衆国史上もっとも劇的な恐慌のいくつかが含まれる。1985年までの30年間には、異例にも、顕著なAOD下落(1962年5月28日, -5.71%)が起こったのは1回にすぎない。

Fibonacci-Lucas 数と Phi

市場活動における強い月 - 太陽効果をあらわすために多くの指標が考案されてきたが (McMinn, 2004, 2010), Fibonacci-Lucas 数と Phi 比は財政パターンに有効である。技術的解析では、たとえば Elliott Wave (Pretcher, 1980) や Spiral Calendar (Carolan, 1992) のような、さまざまな方法が市場予測を試みるために利用される。これら 2 つの思考方法にもとづく、追加数 (additive numbers) と Phi が月 - 太陽周期にみられるとの仮説がえられる。市場、月 - 太陽周期、追加数、Phi がすべて相互に関連していると仮定すると、これは合理的前提となる。評価に際しては、月 - 太陽周期と歴史的金融恐慌の両者において Fibonacci-Lucas 数がちいられた。

合衆国の経済成長が Phi 比をとることは、ある程度明確である。Alberts and Alberts (2011) によると、「56 年周期を [評価の] 基準にとると、黄金平均 "Golden Mean" — 過去のよく知られた数学的定数 — が 1869 ~ 2009 年における合衆国実質 GNP にかんする非平均化データの中に、3.4/10,000 の精度でみいだされる」という。この研究は、56 年周期、Phi、および合衆国経済の長期成長を相互に結びつけることから、大いに注目を集めた。

筆者の知るかぎりの文献や研究の評価にもとづく、追加数と Phi が地震活動に適用されたことはないようである。これは、期待はずれであることを証明し、金融における発見から期待されたこととは逆であった。

Fibonacci 数は追加数列であり、個々の数値は 1 で始まる先行する 2 つの数の合計であり、1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55, 89..... といったものである。Lucus 数は 2 ではじまる別の追加数列であり、1, 3, 4, 7, 11, 18, 29, 47, 76, 123..... といったものである。これらはもっとも簡単な追加数列であり、ともに月 - 太陽周期と金融パターンに認められる。Lucus 数は、表 10 に示されるように、2 つの Fibonacci 数を加減することによって求められる。

Phi. 黄金平均もしくは Phi は記号 ϕ で表示され、1.618 に等しい。任意の 2 つの連続数の間のこの比は、相互に 1.618 倍、または $1/1.618$ の関係にある。たとえば、1 ではじまる Fibonacci 数、すなわち、1, 2, 3, 5, 8, 13, 21..... は、次の比をあたえる： $1/1=1.000$, $2/1=2.000$, $3/2=1.500$, $5/3=1.667$, $8/5=1.600$, $13/8=1.625$, $21/13=1.615$, $34/21=1.619$, $55/34=1.618$, など。より大きい Fibonacci 数では、この比は 1.618 に漸近し、それは多くの特異な数学的特性を処理する。

- * 黄金比 (ϕ) = $1.618 = (\sqrt{5}+1) \div 2$
- * 逆黄金比 ($1/\phi$) = $1/1.618 = 0.618 = (\sqrt{5}-1) \div 2$
- * $1.618 \times 1.618 = \phi^2 = 2.618 = \phi + 1$
- * $12.00 = 10 \times \text{Pi} \div \phi^2$ これは $\text{Pi} = (6/5) \times \phi^2$ に等しい。

Adding Fib Numbers	Subtracting Fib Numbers	Lucas Number
1 + 1	1 - (-1)	2
0 + 1	2 - 1	1
1 + 2	3 - 0	3
1 + 3	5 - 1	4
2 + 5	8 - 1	7
3 + 8	13 - 2	11
5 + 13	21 - 3	18
8 + 21	34 - 5	29
13 + 34	55 - 8	47

Inverse Sqrt Phi Ratios		Inverse Phi Ratios	
0.786	$1/\sqrt{\text{Phi}}$		
0.618	$1/\sqrt{\text{Phi}^2}$	0.618	$1/\text{Phi}$
0.486	$1/\sqrt{\text{Phi}^3}$		
0.382	$1/\sqrt{\text{Phi}^4}$	0.382	$1/\text{Phi}^2$
0.300	$1/\sqrt{\text{Phi}^5}$		
0.236	$1/\sqrt{\text{Phi}^6}$	0.236	$1/\text{Phi}^3$
0.186	$1/\sqrt{\text{Phi}^7}$		
0.146	$1/\sqrt{\text{Phi}^8}$	0.146	$1/\text{Phi}^4$
0.115	$1/\sqrt{\text{Phi}^9}$		
0.090	$1/\sqrt{\text{Phi}^{10}}$	0.090	$1/\text{Phi}^5$
0.071	$1/\sqrt{\text{Phi}^{11}}$		
0.056	$1/\sqrt{\text{Phi}^{12}}$	0.056	$1/\text{Phi}^6$

Historical British and US October Panics										
1847 Oct 23	+ 10	1857 Oct 14	+ 50	1907 Oct 22	+ 30	1937 Oct 18	+ 50	1987 Oct 19	+ 10	1997 Oct 27
174 A°		324 A°		196 A°		164 A°		324 A°		320 A°

重要な Fibonacci 比は、0.382, 0.618, 1.382, 1.618, 2.382, 2.618 などである。技術的分析では、これらの比は市場パターンの将来の転換点を予測するのに有用である。逆 Phi 比は、表 11 に示される。

Fibonacci-Lucas 数と市場

10 月恐慌。主要な歴史的恐慌は、10-50-30-10 年という奇妙な数列で発生した (表 12 参照)。1857, 1907, 1937 および 1987 年の間隔は Fibonacci 数で、3, 5, 8 および 13 を 10 倍した値である。予測されるように、これらの時間間隔は、表 13 に示されるように、逆 Phi 比を構成する。表 7, 11 および 13 に示されたすべての 10 月恐慌は、例外なく、新月の前、あるいは満月の前後に発生している。留意点: 太字年は、Kindleberger (1996, 付録 B) が掲げた主要金融危機を含む。

1847 年と 1997 年がどのように全般的パターンに統合されるかは謎である。これら 2 回の恐慌は、5 : 1 の比 (ともに Fibonacci 数) であり、加算すると 6 (Fibonacci 数でも、Lucas 数でもない) になる。そうだとすると、10-50-30-10 年という数列は、10 月 27 日前の 14 日以内に、常に満月あるいは新月前の月相に起きる恐慌にあまりにもぴったりと一致するようにみえる。

1929, 1987 および 1997 年の 10 月危機は、逆 Phi 比、および Fibonacci-Lucas 数の倍数にも適合するかもしれない (表 13 参照)。Lucas 数の倍数 (11×2 と 4×2) も、1907, 1929 および 1937 年の間に現れる。

9 月危機。Kindleberger (1996, 付録 B) は、最近数世紀の間で、9 月危機が 3 回だけ発生したことを示した。

1763年9月 アムステルダム恐慌.

1873年9月19日 合衆国ブラック金曜日. Jay Cook & Co が倒産.

1931年9月20日 大英帝国が金本位制の廃止を宣言した.

これら3回の恐慌の間隔は比 55:29 となり, それぞれ, Fibonacci 数と Lucas 数である (付録5 参照).

7回の DJIA AOD 下落 (≥ -4.50%) が, 1896年以降の9月に発生した. これらの事件は, 付録5に示されるように, Fibonacci-Lucas 数と逆 Phi 比を示す. 目立った異常は 1955年と 1986年の AOD 下落であり, Fibonacci 数あるいは Lucas 数にかかわらない.

5月恐慌. 合衆国および西ヨーロッパの5月恐慌は, Kitchen (1933) および Kindleberger (1996, 付録A) にもとづく. 歴史的に, 5月恐慌は5月9~21日に集中する. 年代順にならべると, 5月恐慌の間隔は, ほぼいつも Lucas 数を示す (表14 参照). 例外は 1884~1920年の36年間であり, Lucas 数の倍数 (18 x 2) になっている. 10月恐慌とはちがって, 5月恐慌は特別な月相に相関しない.

重要な5月恐慌の Lucas 間隔は, 多くの逆 Phi 比を示す (表15 参照).

ドイツのブラック金曜日 (1927年5月13日) は Kindleberger (1996, 付録B) に集録されていないが, この日を 1920年と 1931年の5月危機の間におくと, 4と7という Lucas 数になる. これにあてはまらないのは, 合衆国ブラック金曜日 (1901年5月9日) であり, それは 1884年と 1920年の間に発生していて, Lucas 数にあたらない.

Fionacci-Lucas 数と月 - 太陽周期

Fionacci 数と Lucas 数とともに, 月 - 太陽周期と直接に連動している. 35および6の lunar 月に始まる追加系列は, 次の食周期を説明する Lucas 数 (solar 年で表示) をあたえる: Tzolkinex (7年), Tritos (11年), Saros (18年), Inex (29年), 47年周期, Short Calippic (76年), および 123年周期 (表16 参照). 7年より短い周期と 123年よりも長い周期の場合, Lucas 数との連動がしだいに薄れる. というのは, 太陽年が整数のところでは, より不正確になるからだ. この系列は, 月, 太陽, 昇月点, および春分点 (000° E) の間での角度変化に由来する.

Eclipse Cycle	Divided By	Gives	Inverse Phi ratio
18 Yr Saros	29 Yr Inex	0.623	0.618
18 Yr Saros	47 YC (Unnamed)	0.384	0.382
18 Yr Saros	76 YC (Short Calippic)	0.237	0.236
29 Yr Inex	47 YC (Unnamed)	0.616	0.618
29 Yr Inex	76 YC Short Calippic	0.381	0.382

1857 Oct 14 324 A	+ 50	1907 Oct 22 196 A	+ 30	1937 Oct 18 164 A	+ 50	1987 Oct 19 324 A
1857 + 50 1907 + 30 1937 1907 + 30 1937 + 50 1987 50 divided by 80 = 0.625 (1/Phi). 30 divided by 80 = 0.375 (1/Phi²). 3, 5 & 8 are all Fibonacci numbers. 1857 + 50 1907 + 80 1987 1857 + 80 1937 + 50						
1847 Oct 23 174 A	+ 60	1907 Oct 22 196 A	+ 30	1937 Oct 18 164 A	+ 60	1997 Oct 27 320 A
1847 + 60 1907 + 30 1937 1907 + 30 1937 + 60 1987 These are in the ratio of 2:1:2 1929 Oct 28 + 58 1987 Oct 19 + 10 1997 Oct 27 313 A 324 A 320 A						
10 divided by 68 = 0.147 (1/Phi²). 58 divided by 68 = 0.853 (1 - 1/Phi²). 10, 58 & 68 divided by 2 equals 5 & 34 (Fibonacci numbers) and 29 (Lucas number). The intervals are based on the equation (29 + 5 = 34) x 2.						
1907 Oct 22 196 A	+ 22	1929 Oct 28 313 A	+ 8	1937 Oct 18 164 A		
8 & 22 divided by 2 gave 4 & 11 (both Lucas numbers) respectively.						

Historical US and European May Panics												
1819	+18	1837	+29	1866	+7	1873	+11	1884	+36	1920	+11	1931
May		May 10		May 11		May 9		May 13		May 19 (a)		May 11
(a) The biggest % one day DJIA fall in 1920 was used as the maximum panic intensity, as no panic date was given by Kindleberger (1996). NB: The US 1893 panic was not included, because Black Wednesday occurred on July 26 and thus it could not be regarded as a May event. Source of May Panic Dates: Kindleberger (Appendix B, 1996), Kitchen (1933).												

1819 May US panic	+ 18	1837 May 10 US panic	+ 29	1866 May 11 British panic
18 divided by 47 = 0.383 (1/Phi²). 29 divided by 47 = 0.617 (1/Phi). 18, 29 & 47 (all Lucas numbers).				
1837 May 10 US panic	+ 29	1866 May 11 British panic	+ 18	1884 May 13 US panic
18 divided by 47 = 0.383 (1/Phi²). 29 divided by 47 = 0.617 (1/Phi). 18, 29 & 47 (all Lucas numbers).				
1837 May 10 US panic	+ 36	1873 May 9 Austrian panic	+ 58	1931 May 11 Austrian crisis
36 divided by 94 = 0.383 (1/Phi²). 58 divided by 94 = 0.617 (1/Phi). 36, 58 & 94 divided by 2 = 18, 29 & 47 respectively (all Lucas numbers).				
1873 May 9 Austrian panic	+ 11	1884 May 13 US panic	+ 47	1931 May 11 Austrian crisis
11 divided by 58 = 0.190 (1/sqrt Phi). 47 divided by 94 = 0.810 (1 - 1/sqrt Phi²). 11 & 47 (Lucas numbers), 58 (double Lucas number)				

n	Phi^n	Lucas No	Eclipse Cycle	Lunar Months	Solar Years
0	1.000	02	Hexon	035	2.830
1	1.618	01	Half Lunar Yr	006	0.485
2	2.618	03	Hepton	041	3.315
3	4.236	04	Octon	047	3.800
4	6.854	07	Tzolkinex	088	7.115
5	11.089	11	Tritos	135	10.915
6	17.942	18	Saros	223	18.030
7	29.030	29	Inex	358	28.945
8	46.971	47	47 YC	581	46.975
9	75.999	76	Short Calippic (a)	939	75.920
10	122.966	123	Half 246 YC (b)	1520	122.895

(a) One Calippic equals 76.0 solar years (940 lunar months) or four Metonic cycles of 19.0 solar years each. The Short Calippic is equal to the Calippic minus one lunar month (939 lunar months).
 (b) Robert van Gent listed a 246 year eclipse cycle (unnamed) of 3040 lunar months, which divided by two gave the 123 year cycle of 1520 lunar months.
 Abbreviation: YC – Year cycle.
 Source of Eclipse Cycle Data: Robert van Gent
 Source: McMinn, 2004.

表18の食周期は Lucas 数にもとづくものであり, そのために逆 Phi 比となる. Phi 比は, 月 - 太陽周期に強く影響されたあらゆる現象の発生時にあらわれることが推測される.

van den Bergh (1955) によると, 太陽あるいは月の2つの食のあいだの間隔 (lunar 月で表示) は次の式であたえられる:

$$T = a.Inex + b.Saros$$

ここで、Tは連続する食の時間間隔 (lunar 月で表示)、a と b は整数 (0, 負または正)。

Saros は 18 solar 年 (233 lunar 月) に、Inex は 29 solar 年 (358 lunar 月) に等しく、18 と 29 がともに Lucas 数になる。

Van den Bergh の式にもとづくと、35 と 6 の lunar 月で始まる系列は、Fibonacci 数のパターンで Inex と Saros の倍数になる (表 17 参照)。Saros 数および Inex 数は、135 lunar 月以下の食周期の場合には、正または負になるだろう。223 lunar 月以上の食周期の場合には、Saros 数および Inex 数は常に正になる。

もう 1 つの追加系列は 62, 37 lunar 月で始まる場合で、5, 3 solar 年 (2 つの Fibonacci 数) で始まる系列に相当する (表 18)。この系列では、同じ月相が数 100 年にわたって年間のほぼ同じ時にくりかえし現れ、8 年の Octaeteris 周期と 19 年の Metonic 周期が重要になる。それは月、太陽、および春分点 (000E°) の間の角度変化に由来する。この系列に van den Bergh の式を適用すると、Fibonacci-Lucas 数 (表 18 参照) を生じない。5, 3..... で始まるこの系列がどのようにして表 16 に示される追加的系列と統合されるかは、不明である。

76 年の噴火周期

Ammann & Naveau (2003) は、熱帯域 (30°N ~ 30°S) における爆発的火山噴火の発生時に 76 年の "特性周期" が存在することを解明した。この結論は、南北半球における極地氷床コアの検討にもとづくものである。著者らは、熱帯域における大規模爆発に 76 年周期が存在する理由を説明しなかった。しかし、76 年 (Lucas 数の 1 つ) は、2 つの重要な月 - 太陽周期に一致することよりも、より重要であろう：

- Short Calippic (939 lunar 月—表 16 参照)
- 4 Metonic 周期 (4 × 235 lunar 月) に相当

月 - 太陽周期は、赤道域における大規模噴火の発生時に何らかの関わりをもつことが推測される。

議 論

著者の研究から、財政危機は、地震よりもはるかに規則的な周期をもって発生することがわかる。9/56 および 54/56 年格子とは別に、財政学の研究によってえられた知見は地震活動に妥当しない。φ および Fibonacci-Lucas 数が大地震の発生時に相当する証拠はない。著者はこの問題をやや詳しく検証したが、それを支持する証拠はほとんどえられなかった。現象の二重性は、別のメカニズムが含まれていることで説明されるかもしれない。財政危機は月 - 太陽周期によって生じる、と信じられる。この周期は、人間集団の思考周期に影響し、それによって集団心理を周期的に活性化させる。楽観的期間は市場を

Lun Mths	Eclipse Cycle	Inex	Saros	a.Inex + b.Saros
35	Hexon	-8	13	-8 I + 13 S
6	Half Lunar Year	5	-8	5 I - 8 S
41	Hepton	-3	5	-3 I + 5 S
47	Octon	2	-3	2 I - 3 S
88	Tzolkinex	-1	2	-1 + 2 S
135	Tritos	1	-1	I - S
223	Saros	0	1	S
358	Inex	1	0	I
581	47 YC Unnamed	1	1	I + S
939	Short Calippic	2	1	2 I + S
1520	Half 246 YC Unnamed	3	2	3 I + 2 S
2459	199 YC Unknown (a)	5	3	5 I + 3 S
3979	322 YC Unknown (a)	8	5	8 I + 5 S
6438	521 YC Unnamed	13	8	13 I + 8 S

(a) Eclipse cycle not listed by Robert van Gent.
Abbreviations: S - One Saros cycle of 223 lunar months. I - One Inex cycle of 358 lunar months. YC - Year Cycle.
Source of Eclipse Data: [Robert van Gent](#)
Source: McMinn, 2004.

Named Cycle	Lunar Months	Solar Years	5, 3 Year Series	van den Bergh's Formula a.Inex + b.Saros
	62	5.012	5	-97 I + 156 S
	37	2.992	3	68 I - 109 S
Octaeteris	99	8.004	8	-29 I + 47 S
	136	10.996	11	39 I - 62 S
Metonic	235	19.000	19	10 I - 15 S
	371	29.996	30	49 I - 77 S
	606	48.996	49	59 I - 92 S
	977	78.993	79	108 I - 169 S
	1583	127.989	128	167 I - 261 S
	2560	206.981	207	275 I - 430 S
	4143	334.970	335	442 I - 691 S

Source: McMinn, 2004.

上向きにし、悲観的期間は諸指標が下落する。財政危機は、強欲から恐怖への急激な心理変化が生じるときに発生する。集団心理は、月 - 太陽周期と調和的に、楽観—悲観—危機という周期にしたがって変動しているように見える。このような過程は、まさに周期的なサイクルをもたらす。月 - 太陽周期と人間行動の関連性は、さまざまな研究によって支持されている。動物と人間のホルモン濃度は lunar 月のなかで脈動し (Zimechki, 2006)、最近の研究ではホルモン濃度が市場取引の成功に関係していることが解明された (Chen et al., 2005; Coates and Hebert, 2008; Coates et al., 2009)。対照的に、地球物理的高揚が活断層線沿いに応力をもたらし、それに続いて応力が解放されると大災害になる。これらの応力が月 - 太陽潮汐力が活性化してある特定の地域で別の地震を発生させるには、数 10 年～数 100 年を必要とする。この観点を支持する証拠はなく、それは 1 つの仮説として提案されたものである。

食周期は重要である。なぜならば、それらは月、太陽、昇月点、遠地点、および東方地平点の間のくりかえし角を与えるからである (McMinn, 2004)。223 lunar 月 (あるいは、18 年 Saros) ごとに、月、太陽、および昇月点の間の同一角が、1° 以下の精度でくりかえし出現するからだ。358 lunar 月 (あるいは Inex 周期) 毎に、月と太陽はくりかえし同じ角度になり、昇月点は 180° 反対側に位置する。このような、さまざまな月 - 太陽要素の間の角度変化は、地球潮汐に重要な影響をもたらす。この分析のとおり、食周期は食現象から区別される。食は地球上の人類に壮大な現象と映るであろうが、著者は市場動向と月食あるいは日食との間の直接的関連性をみだせていない。Robert van Gent は、この論文で議論した

さまざまな食周期を十分に論述していて、それは基礎学習にたいへん重要である。

月 - 太陽の複合潮汐は、月・太陽・昇月点・遠地点・春分点および昼間周期などを含む複合系である。さまざまな天体面も大きく関わっているようであり、天体面としては太陽(黄道)を周回する地球の軌道面、地球を周回する月の軌道面、地球の赤道面の宇宙への延長面(天体赤道)、遠地点-近地点軸(apside)の面、などがあげられる。これらの面の交点は node と呼ばれ、それらはもっとも重要な仮想点と思われる。

著者の研究は、財政と地震との双方の間により対応関係があることを解明したが、しばしば、生データを有意な2次的対応関係として評価することもあった。たとえば、10月恐慌は、月と太陽との関係の特異な挙動であり、それは、すべての大恐慌がひとかたまりになれば失われるような何かである。DJIA AODの大幅な下落($\geq -4.5\%$)も、月相ときわめて重要な相関を示す(図1参照)。にもかかわらず、他の研究者は1日での下落が -4.5% 以上を示すすべてのDJIAデータから何も発見できていない。同様に、カリフォルニアの地震では、大地震($M \geq 6.5$)が9/56年格子(表1とMaMinn, 2011aを参照)で選択的に発生ながら、中規模地震($6.5 \geq M \geq 6.49$)は18/56年格子で発生するようにみえる(表2とMaMinn, 2011aを参照)。

月 - 太陽周期からは、 ϕ (1.618)は地震の動向に関連することが仮説される。これは、googleで検索したところ、いかなる文献にも示されていない。しかし、地震パターンのこれまでの研究は ϕ 効果に関して検証されていない。研究者たちはこの可能性を考えたこともなく、そのため見落としているのだろう。

無作為抽出 - 有効市場仮説(EMH)は、20世紀末の数10年間の財政研究における優勢なパラダイムであった。この主張では、金融市場は効率性とランダム性の双方に支配されていると信じられた(Kendall, 1953; Cootner, 1964; Malkiel, 1973)。しかしながら、月 - 太陽の対応関係はランダムな市場には反映されることなく、そこには矛盾がある。これらの研究方法の1つが、完全に間違っているに違いない。それは、この論文で報告した月 - 太陽の対応関係であるか、それとも、無作為抽出 - EMHのいずれかである。人は、教義ではなく、つねに証拠を信じるべきである。

無作為抽出 - EMHは、月 - 太陽効果にどのように対応しているのか? 残念ながら、次のように、あまりよく知られていない:

- 投資家は、月と太陽が売買行動になんらの影響もたらさないことを知っていたとしても、自らの決定のために理性的に行動するわけではない。
- 金融市場はランダムではなく、月 - 太陽周期にしたがった数学的構造をとる。

- 自由市場は、金融資本と価格決定を著しく非効率に配置する。

自由市場はランダムでも、効果的でもなく、月 - 太陽効果は金融期と現実により強く反映する。残念ながら、無作為抽出 - EMHは金融価格を決定することによって自由市場を束縛し、究極的にはこれまでも経験した天変地異の発生を促す。生来の市場"効率"が与えられれば、調整は不必要と考えられた。最終結果は、2008年のブラック10月と近づく世界金融システムの崩壊である。それ以来、過剰な市場主義支配にほとんど何もなすべがなく、いっそうの金融的高騰が不確かな目標とされてきた。

金融活動にたいする月 - 太陽の強い効果は、自由市場の不合理性を描きだす。金融資産のなかの1兆ドルが、世界規模で毎日とりひきされている。これは、調査、取引基盤、対話などの状態にある投資によって賄われている。世界金融システムのこのような活動のすべては、月と太陽の天空位置に強く依存し、地震や台風と同じ原理で働いている。自由市場は非効率的で、しばしば、経済史に残る無数の金融加熱と恐慌が証明するように、ばかばかしいほど非効率である。経済史が進行すればより現実的評価が重要になるが、経済学が保守的な専門分野であるために、これには時間がかかるだろう。著名な経済学者John Kenneth Galbraithは次のように警告した。「経済学者は、他のどのような事物よりも、考え方において経済的である;ほとんどの経済学者は、学生時代の考え方を一生涯抱きつづけるからである。」

結 論

月 - 太陽が金融活動の時期に強く影響することを支持する多数の関連した事象が記述されてきた(McMinn, 2004, 2010)。これは、次のことがらに適用される:

- * 合衆国および西欧の金融恐慌にみられる9/56年周期
- * 1919年以降におけるDJIA AODの下落($\geq -4.5\%$)
- * 10月恐慌
- * 9/56年および54/56年の金融危機

さらなる事例は、著者の金融に関するこれまでの研究(McMinn, 2004, 2010)に示される。広く受容されている'random'市場という金融研究には、これらの成果にもとづく見直しが必要になるだろう。

ϕ およびFibonacci-Lucas数は、地震発生においてくりかえされない何かを金融において示すことになるだろう。その結果は予期しないものであり、無視できないものであった。9/56年および54/56年周期は市場取引と地震強度において明確である。

全般的にみて、月 - 太陽潮汐効果にもとづく簡明な学説—恐慌や地震の周期的複雑性を2, 3の基本原理に集約する—が浮上するだろう。それは、これらの現象がいつ発

生するかを理解することに即座に役だつだろう。それはまた、そのような事件の発生年を正確に予測する可能性を拓くだろう。

求められる主要課題は、より多くの研究である。未解明の多くの疑問が残されている。月と太陽が、金融市場と地震発生にどのようにかわるのだろうか？ 月 - 太陽潮汐の調和が、これらの事象の発生時にどのような役割をはたしているのだろうか？ 月 - 太陽効果から、将来の市場や地震の傾向を正確に予測できるだろうか？ 潮汐共鳴は 9/56 年問題を解明するうえでどの程度重要なのか？ 望むらくは、他の研究者がこの挑戦に参加され、これらの疑問の解明にとりこんでいる著者よりもいっその成功を収めてほしい。

謝辞 筆者は、この論文の出版に援助をいただいた編集者 Dong Choi と査読者に感謝する。厚く御礼申し上げます。

文 献

- Adams, A.B., 1936. Analyses of business cycles. McGraw-Hill. 286p.
- Albers, S.A and Albers, A.L., 2011. The Golden Mean, The Arab Spring and a 10-step analysis of American Economic history. Middle Eastern Studies Online Journal. Issue no 6, v. 3, 53p.
- Ammann, C.M. and Naveau, P., 2003. Statistical analysis of tropical explosive volcanism occurrences over the last 6 centuries. Geophysical Research Letters, American Geophysical Union, v. 30, no. 5, 1210, doi:10.1029/2002GL016388.
- Carolan, C., 1992. The Spiral Calendar. New Classics Library. 159p.
- Carolan, C., 1998. Autumn Panics. The Market Technician. Journal of the Society of Technical Analysts. p 12-31. July.
- Chen, Y, Katusccak, P. and Ozdenoren, E., 2005. Why Can't A Woman Bid More Like A Man? Working paper. September 3.
- Coates, J.M. and Herbert, J., 2008. Endogenous steroids and financial risk on a London Trading Floor. Proceedings of the National Academy of Sciences. 2008 Apr 22; 105 (16): 6167-72.
- Coates, J.M., Gurnell, M. and Rustichini, A., 2009. Second-to-Fourth digit ratio predicts success among high frequency financial traders. Proceedings of the National Academy of Sciences. Jan 13; 106: 347-348.
- Cootner, P., 1964. The Random Character of Stock Market Prices. MIT Press.
- Dichev, I. and James, T., 2001. Lunar Cycle Effects In Stock Returns. Working paper. August. http://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=281665
- Fujita, K. Magnitudes of the Largest Events of the 20th Century. www.msu.edu/~fujita/earthquake/bigquake.html
- Funk, J.M. 1932. The 56 Year Cycle in American Business Activity. Ottawa, IL.
- Gusev, A.A. 2008. On The Reality Of The 56-Year Cycle And The Increased Probability of Large Earthquakes For Petropavloysk-Kamchatskii During The Period 2008-11 According to Lunar Cyclicity. Journal of Volcanology and Seismology. v. 424-434, DOI: 10.1134/S0742046308060043.
- Kendall, M., 1953. The Analytics of Economic Time Series, Part 1: Prices. Journal of the Royal Statistical Society. A (General) Blackwell Publishing. 116 (1): 11-34. <http://www.jstor.org/stable/2980947>
- Kindleberger, C.P., 1996. Manias, panics and crashes. John Wiley & Sons. 263p.
- Kitchin, J.M., 1933. Trade Cycles Chart. Published by The Times Annual Financial & Commercial Review. 1920, 1924, 1930. Revised chart to 1933 presented in Gold. A reprint of The Special Number of The Times. June 20. Times Publishing Co. Ltd.
- Kokus, M., 2011. Lunar and Solar Periods in Earthquakes and Volcanism: A Review of the Literature. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 60, p. 38-49.
- Malkiel, B., 1973. A Random Walk Down Wall Street. W N Norton & Co Inc.
- Matlock, C.C., 1977. Man & Cosmos: A Theory of Endeavor Rhythms. Development cycles research project. McMinn, D., 1986. The 56 Year cycles & financial crises. 15th Conference of Economists. The Economic Society of Australia. August 25-29, 22p.
- McMinn, D., 1993. US Financial crises & the number 56. The Australian Technical Analyst Association Newsletter. p. 21-25. September.
- McMinn, D., 1994. Mob psychology & the number 56. The Australian Technical Analyst Association Newsletter. p. 28-37. March.
- McMinn, D., 1995. Financial crises & the number 56. Market Technician. The Society of Technical Analysts. Issue no. 24, p. 9-14. December.
- McMinn, D. 2000. Lunar phase & US crises. The Australian Technical Analysts Association Journal. p. 20-31. January/February.
- McMinn, D. 2002. 9/56 Year Cycle: Financial Crises
- McMinn, D., 2004. Market Timing by The Moon & The Sun. Twin Palms Publishing. 163p. McMinn, D., 2006. Market timing by the number 56. Twin Palms Publishing. 134p.
- McMinn, D., 2010. Market Timing Moon-Sun Research 2004 to 2009. Privately Published. 185p.
- McMinn, D., 2010a. Moon-Sun Finance Academic References
- McMinn, D., 2010b. 60 Year intervals & October panics. Market Technician. Journal of the Society of Technical Analysts. Issue 66. p. 13-15. June.
- McMinn, D., 2011a. 9/56 year cycle: Californian earthquakes. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, p. 33-44.
- McMinn, D. 2011b. 9/56 year cycle: Record earthquakes. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 59. p. 88-104.

McMinn, D., 2011c. 9/56 year cycle: Hurricanes. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no 59, p 105-111.

McMinn, David. 2011d. 9/56 Year Cycle: Earthquakes in Selected Countries. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 60. P. 9-37.

McMinn, D., 2012. 9/56 year cycle: Earthquakes in Peru, The Philippines and selected US States. New Concepts in Global Tectonics Newsletter, no. 62. p. 26-50.

Prechter, R R. 1980. The major works of R N Elliott. New Classics Library.

Prechter, R.R. and Frost, A.J., 1978. Elliott Wave Principle: Key to Stock Market Profits. New Classics Library.

van den Bergh, G., 1955. Periodicity and variation of solar (and Lunar) eclipses, 2 vols. H D Tjeenk Willink & Zoon NV, Haarlem.

van Gent, R.A., Catalogue of Eclipse Cycles. <http://www.phys.uu.nl/~vgent/calendar/eclipsecycles.htm>

Yuan, K., Zheng, L. and Zhu, Q., 2006. Are Investors Moonstruck? Lunar Phase & Stock Returns. Journal of Empirical Finance, v. 13, Issue 1, p. 1-23.

Zimecki, M., 2006. The Lunar Cycle: Effects On human and animal behaviour and physiology. Postpy higieny i medycyny doświadczalnej (online). 01/02/2006; 60:1-7. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/164007788>

Appendix 1 THE 9/56 YEAR CYCLE AND LISTINGS OF FINANCIAL CRISES				
Source	Era	Total	Appearing in 9/56 YC (a)	Prob
Kindleberger (1996)	1760-1940	30	16	p < .001
	1760-1990	44	20	p < .01
Kitchin (1933)	1796-1933	38	16	p < .05
Adams (1936)	1763-1933	31	15	p < .01
Encyclopedia Americana (1995)	1672-1949	31	16	p < .001

(a) Based on the 9/56 year grid as shown in Table 1.
 Years asterisked below appeared in the 9/56 year grid presented in Table 1.
 Sources:

Kindleberger, C P. 1996. US, Western European and Japanese Crises 1760-1990. 1763*, 1772*, 1793 (Jan)*, 1797, 1799*, 1811 (Jan)*, 1815, 1816, 1819*, 1825, 1828, 1836, 1837*, 1838, 1847, 1848*, 1857*, 1864, 1866*, 1873*, 1882 (Jan), 1890, 1893*, 1907, 1920*, 1921, 1929*, 1931*, 1932, 1933*, 1958*, 1962, 1963, 1964, 1968, 1973, 1974, 1975, 1980*, 1981, 1982, 1985*, 1987*, 1990 (Jan)*.

Adams, A B. 1936. US/Western European Crises 1763-1933: 1763*, 1772*, 1783*, 1793 (Jan)*, 1811 (Jan)*, 1817*-1818, 1825, 1837*, 1839*, 1847, 1857*, 1860, 1866*, 1873*, 1882 (Jan), 1883, 1889-90, 1893*, 1900, 1903, 1907, 1910, 1914, 1920*, 1929-33 (1929*-1931*-1933*).

Encyclopedia Americana. 1995. Vol 21 p 358. US & Wn European crises 1672-1932: 1672 (Jan)*, 1692 (error - 1696* correct?), 1720, 1763*, 1793 (Jan 1793)*, 1825, 1836-1837*, 1847, 1857*, 1866*, 1869, 1873*, 1882, 1884*, 1889-90, 1900, 1904*, 1907, 1914, 1920*, 1929-32 (1929*-1931*). Vol 5, p 46-47. US crises 1837-1949: 1837*, 1873*, 1882-84*, 1893*, 1920*, 1929-33 (1929*-1931*-1933*), 1937, 1946, 1949*.

Kitchin, J M. 1933. Major US/Wn European crises 1796-1933: 1796, 1801*, 1810*, 1818, 1825, 1836, 1847, 1857*, 1866*, 1873*, 1881 (Jan 1882), 1890, 1900, 1907, 1913*, 1920*, 1929-33 (1929*-1931*-1933*).

Minor US/Wn European crises 1799-1914: 1799*, 1805, 1814, 1831, 1839*, 1845, 1854, 1860-61, 1863-64*, 1870, 1875*, 1878, 1884*, 1893*, 1914.

Appendix 2 DJIA AOD FALLS (=> -4.50%) 1910-2011				
DJIA AOD Fall	% Fall	Sun E°	Moon E°	Phase A°
Autumn				
Oct 28, 1929	-12.83	215	168	313
Sep 24, 1931	-7.07	181	338	157
Oct 18, 1937	-7.75	205	009	164
Sep 03, 1946	-5.56	161	252	091
Sep 26, 1955	-6.54	183	301	118
Sep 11, 1986	-4.61	169	264	095
Oct 19, 1987	-22.61	206	170	324
Oct 13, 1989	-6.91	200	004	164
Oct 27, 1997	-7.18	214	174	320
Sep 11, 2001 (a)	na	169	090	281
Oct 15, 2008	-7.85	203	035	191
Spring				
May 07, 1915	-4.54	046	334	288
Mar 25, 1938	-5.24	004	293	289
May 14, 1940 (b)	-6.76	054	142	088
May 21, 1940 (b)	-6.78	060	242	182
May 28, 1962	-5.71	067	002	295
Apr 14, 1988	-4.82	025	001	336
Apr 14, 2000	-5.64	025	155	130
Winter				
Jan 20, 1913	-4.90	300	093	153
Feb 01, 1917	-7.24	312	073	121
Dec 08, 1928	-5.06	256	219	323
Jan 21, 2008 (c)	na	301	110	169
Summer				
Jul 30, 1914	-6.63	127	226	099
Aug 04, 1919 (b)	-4.79	131	231	100
Aug 07, 1919 (b)	-4.71	134	267	133
Jun 16, 1930	-5.81	085	325	240
Aug 12, 1932	-8.40	140	274	134
Jul 21, 1933	-7.84	118	108	350
Jul 26, 1934	-6.62	123	306	183
Jun 26, 1950	-5.65	095	231	136
Aug 31, 1998	-6.63	158	265	107
Jul 19, 2002	-4.64	117	239	122
Aug 08, 2011	-5.55	136	255	118
DJIA AOD Falls (=> -4.50%) 1890-1909				
Jul 26, 1893 (d)	-6.63	124	280	156
Dec 20, 1895 (d)	-6.61	269	320	051
Dec 18, 1896	-5.42	267	071	164
Dec 18, 1899	-8.72	267	106	199
May 09, 1901	-6.05	048	295	247
Dec 12, 1904	-6.06	260	326	066
Mar 14, 1907	-8.29	353	359	006

The DJIA annual one day fall was taken as the biggest % one day fall in the year commencing March 1.
 (a) The New York stock market did not open on the day of the terrorist attack and was closed for four trading days.
 (b) 1919 and 1940 recorded two almost equal % declines and thus two AOD falls have been presented for each year.
 (c) Worldwide stock market panics occurred on this day. However, the US stock market was closed, due to the Martin Luther King Jr holiday. Even so, this date was taken as the DJIA AOD fall for 2007.
 (d) Based on the 12 Stock Average index.
 Source: McMinn, 2000. Updated to 2011.

Appendix 3 FINANCIAL CRISES & THE 54/56 YEAR GRID				
Crisis Date	Event	Sun E°	Moon E°	Phase A°
Crises - Kindleberger (Appendix B, 1996)				
Jul 25, 1763	Dutch panic. DeNeufville failed.	122	309	189
Jun 19, 1815	British panic. Waterloo war fears.	087	241	154
Dec 17, 1825	British panic. Argentine speculations.	265	358	093
May 09, 1873	Austrian Black Friday.	049	193	144
Sep 19, 1873	US Black Friday.	177	155	338
Jan 30, 1882	French panic. Union Generale failed.	311	089	148
Oct 29, 1929	US Black Tuesday.	216	182	326
May 11, 1931	Austrian crisis. Creditanstalt failed.	050	341	290
Jul 13, 1931	German crisis. Danatbank failed.	110	087	337
Sep 20, 1931	Britain abandoned the gold standard.	177	286	109
Mar 06, 1933	US bank holiday imposed.	346	101	115
Sep 22, 1985	US\$ crisis. Plaza Accord.	180	285	102
Oct 19, 1987	US Black Monday.	206	170	324
Additional Black Day				
May 13, 1927	German Black Friday.	052	195	143
Additional Crisis - Kitchin (1933)				
Jun 15, 1875	UK crisis. Alexander Collie failed.	084	226	142
DJIA AOD Falls => -3.60%				
Oct 09, 1871	Chicago fire panic (a).	195	139	303
Oct 08, 1927	AOD fall (-3.65%)	194	344	150
Oct 28, 1929	AOD fall (-12.83%)	215	168	313
Sep 24, 1931	AOD fall (-7.07%)	181	338	157
Jul 21, 1933	AOD fall (-7.84%)	118	108	350
Oct 18, 1937	AOD fall (-7.65%)	205	009	164
Oct 19, 1987	AOD fall (-22.61%)	206	170	324
Oct 13, 1989	AOD fall (-6.91%)	200	004	164
Nov 15, 1991	AOD fall (-3.91%)	233	335	102

(a) This was the biggest one day decline in the New York stock market during 1871.

Appendix 4 54/56 YEAR CYCLES: BIGGEST WORLD QUAKES SINCE 1900 (M => 8.5) Year ending August 15				
Grid A				
Sq 29		Sq 27		Sq 25
				1951 1950 Aug 15
				+ 54
				2005 Mar 28 2004* Dec 26
				1953 1952* Nov 04
				+ 54
				2007
1901	+ 54	1955	+ 54	2009
1957 Mar 09	+ 54	2011* Mar 11		
2013				
Grid B				
Sq 36		Sq 34		Sq 32
				1902
				+ 54
				1956
				1904
				+ 54
				1958
				+ 54
				2012* Apr 11
				1906 Jan 31 Aug 20
				+ 54
				1960* May 22
				+ 54
				2014
1908	+ 54	1962	+ 54	2016
1964* Mar 28 1963 Oct 13	+ 54	2018		
2020				
Events in bold were among the top quakes (M => 8.5) recorded since 1900 based on the catalog by Kazuya FUJITA				
Events *asterisked had magnitudes => 8.9 in the 7 months to May 31.				

Source: McMinn, D. 2011b. 9/56 Year Cycle: Record Earthquakes. New Concepts in Global Tectonics Newsletter. No 59. p 88-104. June.

Appendix 5 FIBONACCI - LUCAS NUMBERS DERIVED FROM SEPTEMBER AOD FALLS				
DJIA AOD September falls => -4.50% since 1896				
AOD Fall	% Fall	Sun E°	Moon E°	Phase A°
Sep 24, 1931	-7.07	181	338	157
Sep 03, 1946	-5.56	161	252	091
Sep 26, 1955	-6.54	183	301	118
Sep 11, 1986	-4.61	169	264	095
Aug 31, 1998	-6.63	158	265	107
Sep 11, 2001	na (a)	169	090	281
Kindleberger's September Panics				
1763 Sep	+ 110	1873 Sep 19	+ 58	1931 Sep 20
These intervals gave a 55:29 ratio, which comprised a Fibonacci and a Lucas number respectively. Adding these numbers gave 84, which cannot be linked to Fibonacci - Lucas numbers.				
Inverse Phi Ratios Derived From September DJIA AOD Falls => -4.50%				
1931 Sep 24 157 A°	+ 15	1946 Sep 3 091 A°	+ 40	1986 Sep 11 095 A°
Intervals gave an 3:8 ratio comprising two Fibonacci numbers. Adding 3 and 8 gave 11, a Lucas number, while 55 was a Fibonacci number.				
1946 Sep 3 091 A°	+ 40	1986 Sep 11 095 A°	+ 15	2001 Sep 11 281 A°
Intervals gave an 8:3 ratio comprising two Fibonacci numbers. Adding 3 and 8 gave 11, a Lucas number, while 55 was a Fibonacci number.				
1931 Sep 24 157 A°	+ 15	1946 Sep 3 091 A°	+ 55	2001 Sep 11 281 A°
Intervals gave an 3:11 ratio comprising two Lucas numbers. Adding 3 and 11 gave 14 a double Lucas number.				
1931 Sep 24 157 A°	+ 55	1986 Sep 11 095 A°	+ 15	2001 Sep 11 281 A°

1986 Sep 11 095 A°	+ 12	1998 Aug 31 107 A°	+ 3	2001 Sep 11 281 A°
Intervals gave a ratio of 4:1 or two Lucas numbers. Adding 4 and 1 equals 5, a Fibonacci number.				
1931 Sep 24 157 A°	+ 15	1946 Sep 03 091 A°	+ 9	1955 Sep 26 118 A°
Intervals gave a ratio of 5:3, which added together gave 8. All Fibonacci numbers.				
Includes falls DJIA AOD falls => -4.50% since 1896.				
(a) The September 11 terrorist attack was taken as the day of maximum panic intensity for 2001.				
Abbreviations: AOD - The annual one day fall is taken as the biggest % one day fall in the year commencing March 1.				

付録 6

月 - 太陽の相乗系と節周期

月, 太陽, および昇月点の間の角度変化が, 付加的数値をもたらす。月齢 35 および 6(表 16 参照) にはじまり, 次の系が, きわめて長期間にわたる整数および半整数の節年および節月にたいへん近接した配列になるだろう。これらの整数および半整数が表 16 に示される全般的傾向にどのように関係するかは不明である。
注: 節年および節月の定義については, 表 A 参照

表 A 節年および節月への付加的数値
Table A. ADDITIVE NUMBERS FOR NODICAL MONTHS AND NODICAL YEARS

Eclipse Cycle	Lunar Months	Nodical Years	Nodical Months
Hexon	35	2.982	37.982
Half Lunar Year (a)	6	0.511	6.511
Hepton	41	3.493	44.493
Octon	47	4.004	51.004
Tzolkinex	88	7.497	95.497
Tritos	135	11.501	146.501
Saros	223	18.998	241.998
Inex	358	30.499	388.499
47 Year Cycle	581	50.497	630.497
Short Calippic	939	80.996	1018.996
123 Year Cycle	1520	131.493	1649.493

(a) 期 [semester] または食季節 [eclipse season] と呼ばれる。
Lunar 月 (または合の月 [Synodic Month]) は, 月が完全に 1 周期 (新月から新月まで) を経る時間で, 29.5606 日に相当する。
Nodical 月 (または Draconic Month) は, 月が完全に 1 周期 (昇月点から昇月点まで) を経る時間で, 27.2122 日に相当する。
Nodical 年 (または食年 [Eclipse Year]) は, 太陽が完全に 1 周期 (昇日点から昇日点まで) を経る時間で, 346.6201 日に相当する。
食周期データは Robert van Gent による。

北東太平洋とカスケードマージン: スネークオイル (SNAKE-OIL) テクトニクス
**NORTHEASTERN PACIFIC AND THE CASCADIA MARGIN:
SNAKE-OIL TECTONICS**

N. Christian SMOOT
6460 Falling Water Ln., Hoschton, Georgia 30548, USA <Christiansmoot532@gmail.com>

(小泉 潔 [訳])

要旨: Snake oil [蛇の油: 日本では " ガマ (蝦蟇) の油 " に相当? → 訳者注 (以下同じ)] は普遍的万能薬として, 1800 年代に carpet-bagger [渡り政治屋, とくに, 南北戦争後に南部に渡った] セールスマンによってしつこく勧められてきた。同様に, プレートテクトニクス仮説は地球力学問題を解決できる, というふれこみで執拗に勧められてきた。この仮説から派生する不可欠な要素の一つは, アラスカ湾 / 北東太平洋海盆における海洋底拡大に関連した磁気異常である。何が真実であるかを考える研究は全く違ったシナリオを描き, このシナリオはより健全な説明たることを乞い願う。本論は, 提案されている海洋底年代, それらの等年代線上に位置する海山の年代, 拡大中心, 及び

Cascadia(カスケード)沈み込み帯を探求する。また、プレート仮説に代わって、データにより良く適合するテクトニクス解の可能性をさぐる。

キーワード：アラスカ湾、海山、磁氣的等年代線、海洋底拡大、沈み込み帯

はじめに

ここで議論される太平洋海盆の北東地域 (NEPB; 図 1) は、ほぼ北緯 40° ~ 52° に位置している。この海域はプレートテクトニクス仮説の定式化につかわれた最初の礎石の一つであり、その磁氣的等年代線は海底年代ならびに拡大する海嶺から外向きの運動という両者の証明に利用された (図 2)。この場合、拡大海嶺は、Gorda 海底崖 / Mendocino 断裂帯の北側にあり、Gorda, Juan de Fuca, および、より小さな Endeavor 海嶺を連ねる。

これらの推定されている拡大する海嶺は新しい海洋底をつくりだし、海嶺の東側のプレートはいみじくもそれらにちなんで名付けられた。これは、新しい厚さ 6km の海洋地殻が、次の 3 つの事象—すなわち、積み重ね・沈み込み・横すべり—のいずれかが起きるまで、常に外側へむかって動いていくことも意味している。この場合、東方へ移動する地殻は厚さ 30km 以上の大陸地殻に出会い、そのために、海洋地殻のほうが沈み込むと仮定される。西方へ移動する地殻は、アリュージョン海溝で滑り込む。

この仮定に関する沈み込み帯は、カスケード沈み込み帯と呼ばれ、様々な人によってカスケード断層とも呼ばれている。典型的な沈み込み帯は、海洋地殻・海溝・陸方向に向かう地殻・地震活動によって表される沈み込む和達 - ベニオフ帯及び一般に溶融し沈み込むプレートと関連した火山弧を持っている。この火山の線は、沈み込む海洋プレートの傾斜角によっては、ある距離を隔てて大陸寄りであり、この場合はカスケード山脈である。

カスケード沈み込み帯は、南をサンアンドレアス断層で、北をクイーンシャーロット (Queen Charlotte) 断層で境されている。両断層とも、この地域の拡大に関連したトランスフォーム断層と考えられる。言うまでもなく、断裂帯システムの一部や一群として、トランスフォーム断層 [複数] は海洋底拡大の方向を示している。この場合、それは SSE-NNW 方向であろう。サンアンドレアスおよびクイーンシャーロット断層はまた、例えば ENE-WSW 方向の Mendocino 断裂帯のような、よく知られている別の断裂帯と交差している。南の断層は東太平洋海嶺を Gorda 海嶺に連結させ、北の断層は Endeavor 海嶺を北のどこか、多分アリュージョン海溝へ連結させている。

NEPB(北東太平洋海盆)すなわち環太平洋の“火の環”の一部では、プレートテクトニクス仮説からの逸脱がいくつが生じている。本論は、次のパラメーターを使って、この仮説が多少なりとも確立した時期 (およそ 1966 年頃と言われる) には未知であったこの地域の詳細を議論する。

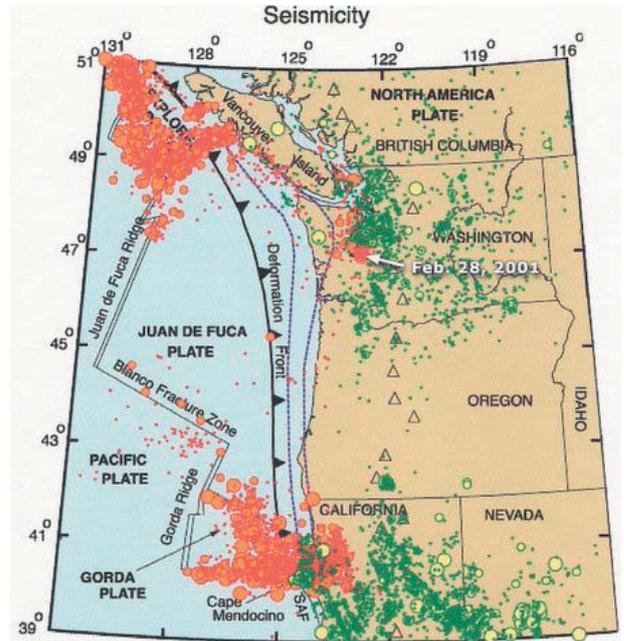


図 1 北東太平洋の位置および震央 (オレンジと赤色)

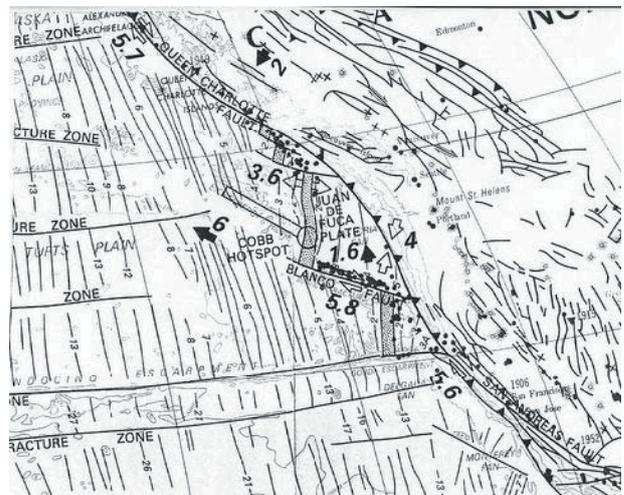


図 2 アラスカ湾の造構図。磁気年代等値線を含む。

資料と方法

第一番目は、磁気縞模様または等年代線の原因 (図 2) である。縞模様はその形成時にそれらの年代を刻みつけた海洋底をつくっていると信じられているが、ここでの縞模様の配列が、海嶺の方向に平行でないことに注意されたい。軍事教練と同じような左回転が起きているように見える。

等深線 (図 3) は米国海軍 (1978) によるもので、尋 (fm) 単位で表示されている。それらがまた、Juan de Fuca 海嶺から西方へ広がっていくように、磁気“回転”と海山列状の等深線配列 (図 4) を支持している。精査調査資料

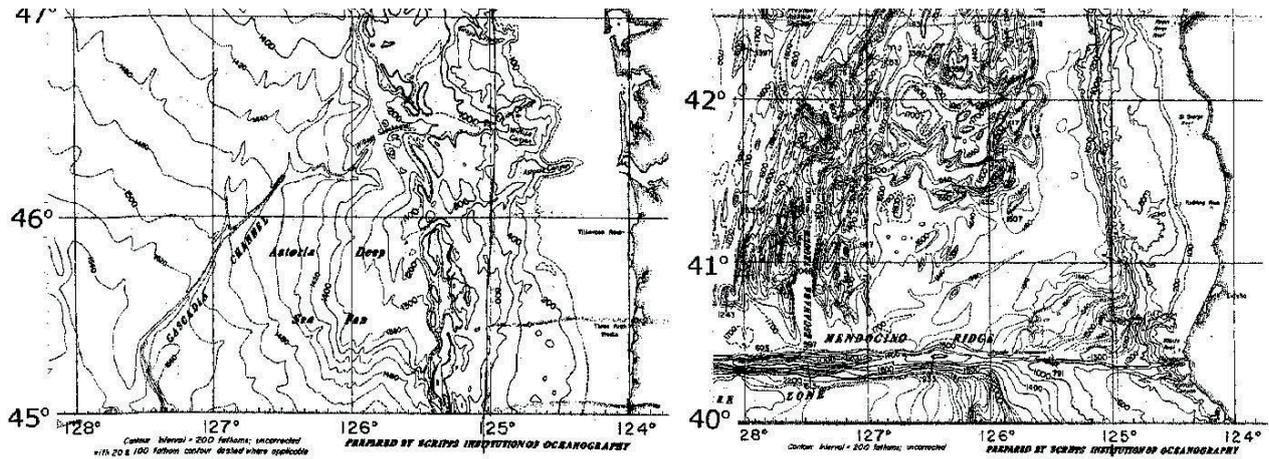


図3 NEPB (北東太平洋海盆) の海底地形 (Scripps Institution of Oceanography, 1978)

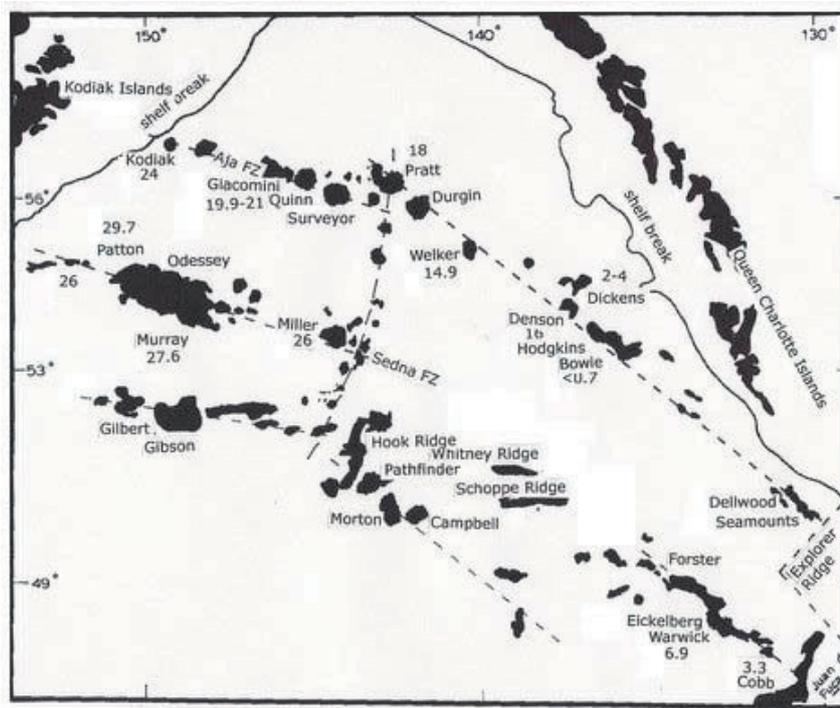


図4 アラスカ湾の主な海山の位置と年代 (さまざまな出典による). 3列の海山群は、3つの別々のホットスポット (あなたが、それらを信用するとすると) で形成された. 北列は Explorer 海嶺沖であり, 中央のものは Juan de Fuca 海嶺沖, そして, 南列は Gorda 海嶺沖にある. そうだとすると, これら3つのホットスポットは生産活動を断続させ, 活動の合間に広々とした空間をもたらした. そればかりでなく, 活動年代は順番よく並んでいない. 断裂による制御が示唆された (Smoot et al., 2001). 北列の海山は, すべて十分に記載されてきた (Smoot, 1981, 1985; Chaytor et al., 2007).

(図5)は、次節の「議論」に役立つものを含んでいる。

上述したことがらに加えて、研究にはまた、ボールダー (コロラド州) にある国家地震情報局 (NEIC) から提供された資料のうち、震源分布図 (図6) を使用している。気づくと思うが、地震の深さ (色つき) は沈み込むプレートを規定しているようだし、活火山列の位置に影響を与えているようだ (図1)。

議論

海洋底拡大

海洋域から始め、我々の議論を陸上へと進める：“拡大する海嶺”とそれらに関連した海山列 (図1・3・4・5) が最初に考察される。3つに分離しハッキリと区別できる海山列が海嶺で形成されてきた (Smoot, 1981 ; 1985). それらは東から西に順に形成され、ホットスポッ

トあるいは高まりが形成されたとされるが、これは海洋底拡大の方向に配列していることからの帰結である。年代は、ほぼ順番にできているようであり、当たり前のことと見すごす、拡大の証拠に適している。しかし、もし興味をもつ誰かが単にマンガン団塊や実際に得られた基盤年代のサンプルをかき集めるならば、我々は知らないが、公表されている海山の年代は疑わしくなるだろう。

この海域における比較的最近の再調査は、同様な結果を明らかにしている。Kodiak-Bowie 海山列では、Denson・Dickins・Welker・Pratt と Giacomini/Ely において、1°幅の広域マルチビームコレクター SASS (最近の調査で使われるより広角の広域シービームの先々代にあたる) を使って集められた等深線がすでに示されている (Smoot, 1981 ; 1985). 最新の調査結果と 1970 年代の調査結果が似ていること (Chaytor et al., 2007) が、評判になっている。最新のデータは、尋よりむしろメートルで表されるようになってきており、見た目にも美しいカラー表示

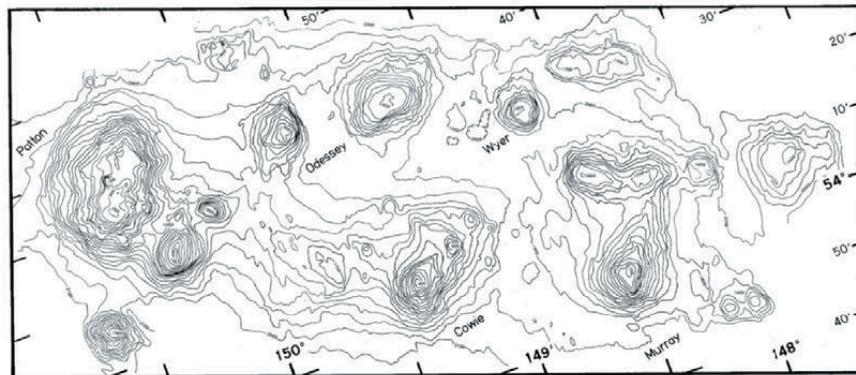
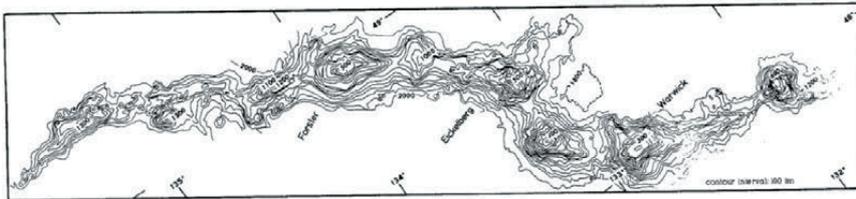
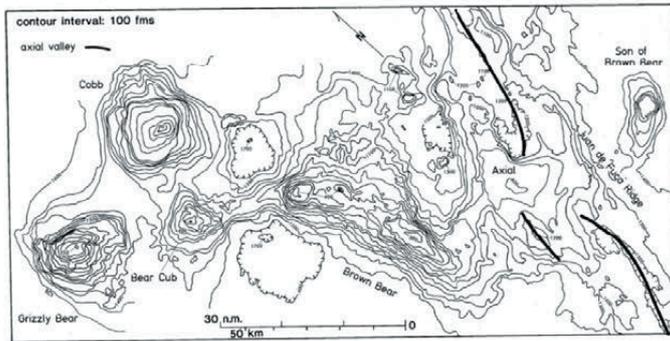


図5 幅1°のマルチビーム音波探査によるCobbの“ホットスポット尾部”の等深線。Juan de Fuca海嶺の一部を示す。これはおそらくCobbホットスポット上にある軸部の海山を含んでいる(上図;等深線は100尋間隔)。真ん中の図はCobbホットスポット尾部の延長部で, Warwick・EickelbergとForster海山からなる海嶺状の地形を示している, いくつかの未命名の地形をもつ。この部分を, ホットスポットの一部と考えるのは難しい。下の図はCobbホットスポット尾部の西端付近で, Patton/Murray海山群を示し, Cowie・WyerやOdysseyのようなお供を持つ。この海山群は, ホットスポットが多くの火道を持つのでなければ, ホットスポットが作り出す地形とはとても考えられない。これは, アラスカ湾における最大の海山群である。

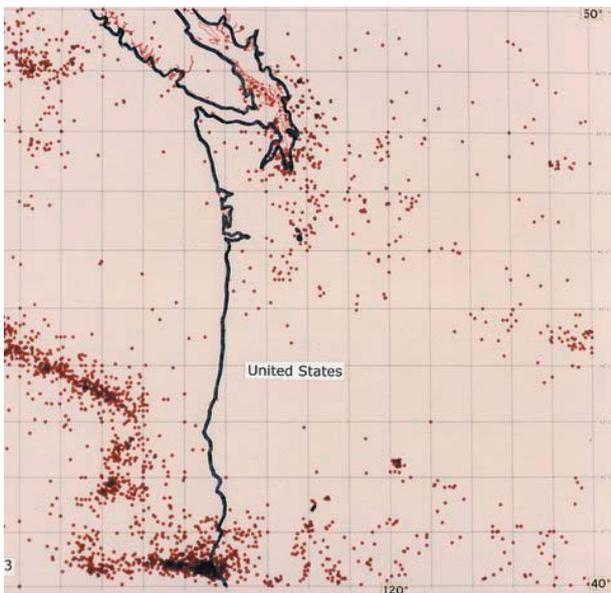


図6 震央分布の拡大図(国家地震情報局)。すべての浅発地震ばかりでなく, 提案されている沈み込み帯上あるいは活火山の下には, 地震が全くおこっていない。Juan de Fucaは, “拡大軸でもなければ, ホットスポットでもない”。

されている。それらの年代が1985年までには知られるようになったとはいえ, それらはそれらと同様な2002年と2004年の調査によって検証されている。

実際のところ, これは一種の性能検査である。より古い等深線は, 水平制御についてはトランジット衛星を, そして鉛直制御については1°SASSをそれぞれ利用して更新されたLORAN-Cを使って補正された。最終的には1980年代になって, 海軍のデータは, 目的はいずれであれ, 誰かによって, あるいは幾人かによって攻撃された。私は, それが不愉快な状況のはじまりであったと思うが, これは私の個人的な意見である。当時は, 主流のジャーナルへの論文掲載は, 非常に難しくなっていた。GPSとSASS誘導音波探知機を使って補正された最新の結果と比べてみても, 結果は同じである。地形学及び地理学上は100%一致している。NAVOCEANOで, 全アメリカ潜水艦隊が日常的に我々のデータを使い, そして50ヤードの精度で95%の成功率と報告していたので, 我々は事前にそれを知っていた。この試験についての制御はDenson・Dickins・Welker・Pratt・Giacomini・ElyおよびCobbといった諸海山を対象に行われ, それらは両方の方法で調査されてきた。

そこで, 我々は海洋底拡大速度をチェックするためにChaytorほかのデータを使うことができる。等年代線は次のように決定される(図2):すなわち, 磁気異常番号5は10m.y.(100万年), 6は11 m.y., 7は12 m.y., 8は20 m.y., 9は30 m.y., 10は32 m.y., 12は34 m.y., 及び13は36 m.y.である。私は拡大速度を決めるのに

Cobb・Warwick・Murray・Miller 及び Patton 海山を使い (図 5), これらの等年代線の年代値をチェックした。新しい海洋地殻/プレートは海嶺で作られ, そしてその誕生の場所では“0”年代である。それはまた, 軸部海山 (Axial Seamount) の年代である。それは現在ホットスポットの上 (北緯 46°; 西経 130°) に位置している。海嶺から両側に遠ざかるほど地殻の年代が古くなるので, Cobb が位置するプレートは磁気年代によれば約 3.8Ma に形成されたことになる。この海底構造物それ自身は 1.6~3.3Ma である。Warwick は 10Ma の地殻上に 6.9Ma に形成され, ホットスポットから 165 海里を移動した。Murray は 33Ma の地殻上に約 27.6Ma に形成され, 元の位置から 1,090 海里移動している。Miller は等年代値線 12, あるいは 34Ma の地殻上に約 25.8Ma に形成された。Patton は 42Ma の地殻上に位置し, 1160 海里を移動した 29.7Ma の海山である (すべての数値は“約”である)。

上述のデータにもとづくと, それは, 太平洋プレートが Cobb ホットスポットから Cobb 海山へは 30 海里 /3.8Ma, すなわち 7.9 海里 /Ma の速度で動いていることを意味する。Warwick は 160 海里 /6.9Ma, すなわち 23.2 海里 /Ma で動いた。Murray については, 1090 海里 /27.6Ma (39.5 海里 /Ma) である。Patton は 1,160 海里 /29.7Ma, すなわち 39 海里 /Ma の速度で動いた。これらの移動速度の違いは, 気まぐれなプレート運動, 挿話的 [episodic] なマグマ流出, あるいは現在の考え方の虚偽, のいずれかを示している。

同様に, “Bowie ホットスポット”によってつくられたという海山も, 実データにもとづいて検証されていない: もし Bowie ホットスポットが 16~17Ma の地殻上にあると仮定するなら, 20Ma の地殻上にある Denson の 16.8~19.7Ma は許容範囲である。その隣の Dickins は 20Ma の地殻上で 2~4Ma である。Welker は 23~24Ma の地殻上で 14.9Ma である。Pratt は 30Ma の地殻上に 18Ma に形成された。そして, このテーマについては, 我々はこれ以上深入りする必要はない。これらの海山列はともに, ホットスポットで形成されてはいないのである。

その上, 海山の年代はそれぞれの列内で多様である (図 5; Smoot, 1985)。テクトニクス上, このような課題は実際に無益な課題になるけれども, 我々は未だプレートテクトニクスの制約内で仮説を立てている。年代を決めるために, 実データにもとづく検証がいずれかで実施されるしかなく, そのいずれかは論理的にはボーリング分野である。ODP に発展した DSDP は, 1968~2003 年の 35 年間に世界中の海洋底データを集めた。大学の研究者は, それらの航海の一つに参加する機会をうるためにしのぎを削った。事実, それらのまとめは, GLOMAR CHALLENGER/EXPLORER 航海なしでは成し遂げ得なかったと考えられる。これらのプログラムの元々の目的は, 海洋底年代を決めることである。1998 年

秋の DSDP/ODP の歴史的論文 (海洋工学会雑誌 Marine Technology Society Journal) で, 当時の ODP トップの Thomas Davies は「我々は確かに深海で 200Ma 以上古い岩石を未だ見つけていない。これらの観測はプレートテクトニクスの急速な受け入れをもたらした」と述べている。

我々はプレートテクトニクス仮説の制約下にあるデータに, いくらかでも信頼を持つことができるだろうか。プログラムの終了時のまとめの論文で, 彼ら自身の言葉で次のように述べている。「30 年以上の海洋掘削にも関わらず, 未だに海洋地殻については比較的わずかなボーリング試料しかなく, 基盤深度・地殻年代や拡大速度についても非常に乏しい資料しかえられていない。大西洋中央海嶺沿い, ならびに, 東太平洋に掘削地点が集中していることにも注意が必要である。星印は, DSDP と ODP によるボーリング孔である。」海嶺から離れたところで基盤に到達したと彼ら自身が認めたのは, 坑井番号 595B・801C・802A・1149D および 1179D のみである。すなわち, 全海洋底で 5 点だ! 地点 801C が調査された。そこでは, とても基盤とはいえない熱変成を受けた接触部に到達した。全海洋底にめぐらされた地磁気縞模様は, 5 つのサンプルによってうらづけられているのである。

次に拡大中心をみてみよう。拡大海嶺の海底地形についての別の研究によると, Juan de Fuca (図 3・5) の地形はあまり目立たない。この小さな拡大中心が形成しうるものとしては, 2, 3 のブラックスモーカーやところどころにある塚状の高まり以外に, 他の何かを想定するのは困難である。そこに Brown Bear 海山やより長い海山列ができたとは, 私にはとても考えられない。それでもなお, 海山列や Brown Bear は存在している。Cobb ホットスポットは一つの解釈であるが, そこには 3 つの異なった海山列が存在している。ほかの 2 つはどのように形成されたのだろうか? その両側にさらに 2 つのホットスポットがるのだろうか? なぜそのような大きなギャップが火山列の間に存在するのだろうか? 西方への弧状配列はどのようにして形成されたのか?

沈み込み

ここで反対方向を見て, 沈み込み帯のアイデアを検証してみよう。当然のことながら, 海洋地殻は常に大陸地殻に沈み込んでいる。常にだ。はぎとり [offscraping] や乗り上げ [obduction] によって前弧の壁へなんらかの壁塗りが生じるが, 海洋地殻のほとんどの部分は下降する。カスケード大陸縁 (図 1・3) での事実についてチェックしてみると, 非常に興味をそそられる意外な結果があらわれる: まず, NEPB [北東太平洋海盆] の海底地形 (合衆国海岸測地調査所と合衆国海軍海洋局から提供された海底地形) を概観すると, 幅 28 海里の大陸棚に興味をいさぐ。この海域の北端部では大陸棚の幅は 30 海里で, そこから下降する大陸斜面はかなり浸食されているものの, 緩やかである。ワシントン州中部沖での大陸棚の幅

は 50 海里に広がり、そして南端部では 30 海里ほどで、急傾斜した大陸棚になっている。最初からずっと、大陸斜面はその全長にわたって、海底谷に刻み込まれ、堆積物は Nitinat および Astoria 深海扇状地を形成する。海底谷は深度約 1500 尋にまでつづき、バンクーバー海底谷とよばれる海底谷を形成している。海底谷名の一覧表は、Eel 峡谷・Astoria・Wailape・Quinault など、あなたの腕の長さほどもある。しかし、海溝に似ている地形は、海底地形のどこにもみあたらない。通常の受動的 [“活動的” の誤記では？：訳者] 大陸縁の海底地形では、いずれでも海溝地形はハッキリとわかる。それ故、海底地形からみて、カスケード“沈み込み帯”には海溝が存在しない。

氷河に涵養されている陸上河川によって運ばれた膨大な量の堆積物が海溝地形を覆い隠しているのではないかと感じたとしても、これらの (少なくともプレートテクトニクス仮説の支持者にとって深刻な) 事実を検証するための 1 つの地球物理学的パラメーターが存在する。類似した断層という構造系は、いずれかの側が左右に並進するとともに、地震活動によって規定される。さらにスラストかあるいは傾斜断層かということがあるだろう。沈み込み帯は斜めに下降していく地震帯によって規定されるべきであり、それは陸側へ下降する地震帯である。

NEIC はそのような情報の宝庫で (図 6)、大地震は 500 年ごとにしか発生しないと主張している。最近のものは、約 300 年前にこの地域に発生した。我々の内の誰も次の地震の時には生存していないだろうから、それらの研究者にとっては、そこはすばらしく快適な地帯となる。あなたは、オレゴン州・ワシントン州とバンクーバー島の間の沖合あるいは陸上のいずれでも、その地図上には震央がほとんどみられないことを確認することができる。Gorda 区は表層の地震によって表示され、Endeavor 区は浅発地震によって描かれており、さらに Juan de Fuca と Cobb ホットスポット海域にはほとんど地震が発生していない。これは、これらの海域が、沈み込み帯が起こっていると想定されている領域を含んでいながら、データ収集期間に検出可能な造構運動を受けなかったことを意味している。データ収集期間中に火山弧上のセントヘレンズ山とラッセン山が共に活動的であったことを考えると、これはそれ自体、納得のいく説明がないことを示している。

プレートテクトニクス仮説の支持者は、彼らが「時々発生する長周期微動と滑動 (Episodic Tremor and Slip: ETS)」と名付けたことがらを援用する。ETS は、境界面に沿うがたがたと動く地震やゆっくり滑りが無いことを意味している (Geological Survey of Canada, 2003; Rogers and Dragert, 2003; Liu and Rice, 2009)。さらに、現在 USGS は、GPS を用いて、傾斜角と滑り量を計測している。彼らは、日常的な滑りが発生していることを報告している。そうであれば、行ったり来たりしなくてはならず、地震計に地震のようなノイズとして僅かでも記録されるような規模にはなりえない。彼らが提唱し

ている地震は、NEIC データにも現れていない。これは「我々が、深部で何が起きているのか知らない」ことを隠すための、場当たり主義以外の何ものでもない。そして、Juan de Fuca プレート地帯は、完全に沈み込む前に溶融するほど熱いのである (Wong, 2005)。そのために地震は発生せず、和達 - ベニオフ帯はできないのである (私は実際に印刷データでこの状態を見た!)

海底地形と地震のデータの情報源は、何年にもわたって、そして現在も、ともに一般に入手できるものである。けれども、それがプレートテクトニクス仮説に適合しないことに、誰も注目していないようである。長年にわたって、どのようにして、この事実が見落とされ、あるいは、秘匿されてきたのであろうか？ これは昔の蛇の油売りによく似ている。沈み込み帯としての海溝は、あるグループの非常に活動的な想像力による作り話である。

海底谷

しかしながら、なおも懐疑的な人々のためには、成否を検証できる次のことがらが存在する。古い海底谷と河川起源の海底扇状地は、そこでは走向移動や沈み込みが起きているので、水平方向の運動を被ってきたであろう。沖合の海底溪谷はいずれも海底谷として連続しているのか、そして、海底溪谷はいずれも陸上河川に関係しているのだろうか？ 図 7 は海底谷の谷線を示している。それは、合衆国海軍海洋局で 1967 ~ 1990 年に利用された SASS と呼ばれるマルチビーム音波集成装置によって決定された。測線間隔を密にすると海底底を隈無く測量することができ、この海域のほとんどが、そのようにして測定されている。そのために、いかなる運動も、そのひろがりや方向をかなり精密に決定することができた。

最大のチャンネルであるカスケード海底谷は、Juan de

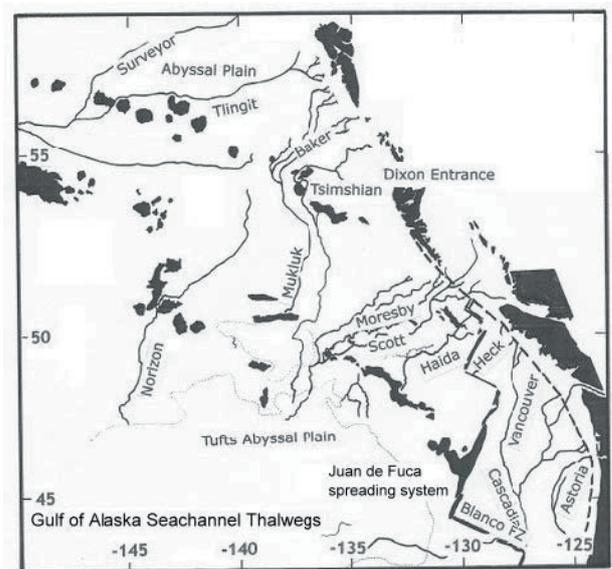


図 7 アラスカ湾の海底谷の谷線図 (アメリカ海軍の調査より; Smoot, 1993; Smoot et al., 2001)。右上の図は、単一ビーム調査データベースと同様な特徴を示している。

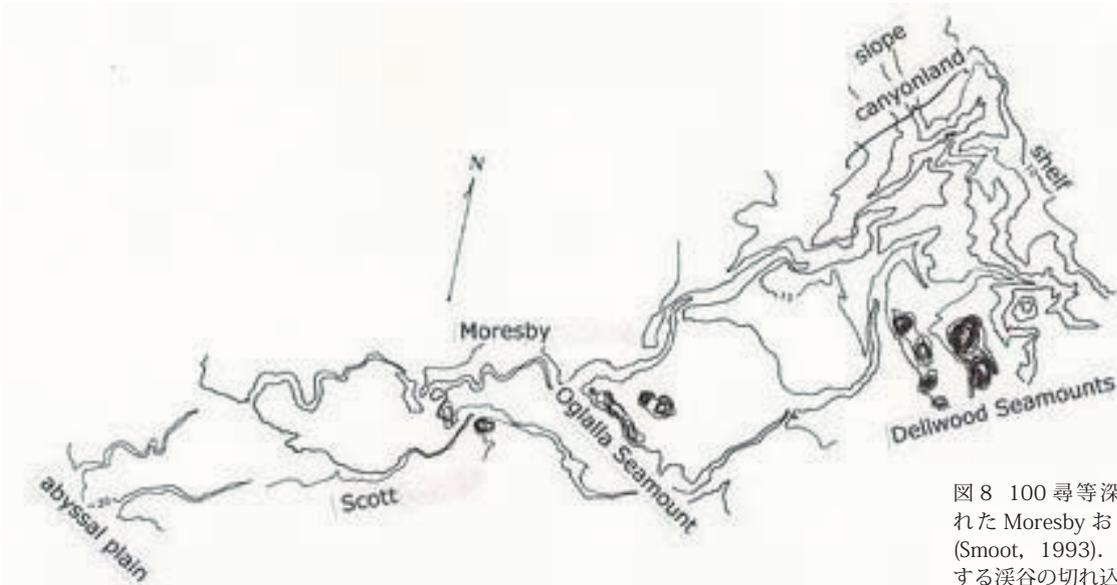


図8 100 尋等深線間隔で表示された Moresby および Scott 海底谷 (Smoot, 1993). 既存の海山に起因する溪谷の切れ込みと迂回を示す.

Fuca 海峡の入口に生じており, Quinault・Gorda・Wilapia や Astoria 海底谷のような, いくつかのより小さなチャンネルによって涵養されている. Explorer 海嶺の真北には多数の海底谷の一群が存在し, Sea Otter (ラッコ) 大渓谷になる. この一群には, Moresby・Scott と Haida 海底谷が含まれている (図 8).

アラスカ湾のほとんどの海底谷は, 大陸棚外縁からはじまっている. ところが, Scott・Moresby や Cascadia は, 陸上河川に繋がっているように見える. (ここで, 我々はタービダイトによる浸食が, 陸上由来である必要がないことを思い出す必要がある. この懸濁液様の運動が海底チャンネルのどこでも生じ, かつ終わる事ができるような斜面であれば, タービダイトはどこでも生じ得る. しかしながら, NEPB(北東太平洋海盆)で注目されるのは, 多くの海底谷が陸上の供給源に接続していることである. これには, 我々は同意するだろう. しかしながら, DSDP サイト 178 ~ 182 では, 深海平原において, 角張った石英などの陸源堆積物が更新統から採取された. 一部の碎屑物は鮮新統からのものと見られ, それ以前のは陸源及び珪藻質堆積物が混在していた. サイト 177 では, 95% が角張った石英からなり, 陸上の氷河作用を示唆する. 遠洋性あるいは半遠洋性堆積物はコアのどこにも見られず, 陸源堆積物が遠洋堆積物を圧倒していた. この事象は次のように解釈されるだろう. すなわち, 大陸棚が氷河時代を通じて荷重を受け, 波の活動が堆積物を大陸棚外縁まで運搬し, 大陸棚外縁の堆積物は, タービダイトが発生する海底チャンネルを涵養する (Smoot, 2007). 少なくとも中新世 (23Ma) 以降のタービダイトが存在するので, この期間に Scott・Moreby 及び Cascadia 海底谷は移動することはなかった.

仮説上のカスケード断層は, 沖合にある. 断層に沿う横方向の運動は, 断層の陸側に存在する陸上の供給源とこれらの海底谷の谷頭とを変位 (offset) させるはずである. 図 7 のスケールは十分な精度とはいえないが, 検出可能

な変位は, 供給源 (たとえ更新世氷河作用後であるとしても) から海底谷までの間に生じていない. また, 図 6 には, そのような並進域を決定づけるような地震はみられない. もしカスケード断層が存在するとすれば, それは非常に控えめに活動し, かつ静かである. 多分, “幽霊断層” または “コソコソ断層” のような新しい名称を付ける必要がある. ETS は目的を達成したのであろう.

西経 121° のところで, Hozameen 断層がワシントン州とブリティッシュコロンビア州の州境を通過する. 断層両側の母岩はジュラ系で, 西側ではミシシッピー系までみられる. その東方には, Pasayten 断層が見つかる. それは東傾斜の断層で, 白亜紀に左ズレ変位を受けた後, 後期白亜紀に西向き短縮運動, 第三紀に引張運動を受けた. Pasayten は右並進側にあったか, あるいは, そうでなかったのかもしれない (DeGraaf-Surplless et al., 2003).

したがって, カスケード大陸縁に沿う運動では, 左ずれ運動が, その後, 右ずれ運動によって同じ位置に回帰したということであり, この意見は実際的には意味が無い. いすれにしても, 図 8 はアラスカ湾東部の海底谷の典型的な地形を示している. それらの海底谷は海山のような障害物の周りを迂回しながら, 斜面あるいは堆積物がなくなるまで続いている.

結 論

以上述べたことから, NEPB(北東太平洋海盆)において, かつて論拠されたプレートテクトニクスは存在しないと規定するのが, 現在では適切であるようだ. この論拠は, 砂上の楼閣であった. しかし, 上述のことから, この地域の造構運動のより堅固な歴史を構築し始めることができるいくつかの有効な情報資料を, 我々は抽出することができる.

彼らが定義するトランスフォーム断層が海洋底拡大の方向を示し、拡大方向が常に一方向だけなのかということが、依然、問題として残っている。ここで、しかし、サンアンドレアス及びクイーンシャーロット断層に平行する NNW-SSE 方向のトランスフォーム断層は、ENE-WSW 方向の Mendocino 断層帯 (断層帯はトランスフォーム断層の拡大された定義である) と交差するが、プレートテクトニクス仮説の支持者の考え方では発生し得ない事実である (Smoot, 1994)。トランスフォーム断層は拡大軸に直交し、海洋底の拡大方向に平行する。プレートは、自らに対して 90° の方向に拡大することはできない。

磁気年代線とそれに相当する海洋底の両方の年代が、データにもとづいて実証されたものではなく、無条件に疑わしいというのが事実である。アラスカ湾においてリストされた海洋底年代と海山年代をみると、ホットスポット仮説になぜそのような問題が存在するのかを、容易に理解することができる。

プレートテクトニクス支持者は、北東太平洋の海洋底に新しい起源を必要とする。そうでなければ、この海洋における海洋底拡大は東太平洋海嶺の北で終わってしまう。この海嶺の取り揃え (assortment) は完全な恣意であったように見える。しかしながら、大陸地殻に対して東方への拡大を適合させるために、彼らは Endeavor・Juan de Fuca 及び Gorda プレート物質でできた海洋底をなくすために沈み込み帯を創造しなくてはならなかった。彼らの図では、結局、新しい地殻が平均 6.5cm/年 で造られてきたことになる。

これが現実ではないことは明らかである。カスケード沈み込み帯 / 断層は存在しない。これは、それ自体おもしろい。というのは、その両端にあるサンアンドレアスとクイーンシャーロット断層は水平変位と鉛直変位ともに著しく活動的であるからである。

この仮説を支持するかのようになり、セントヘレンズ山は連続して鳴動している。フッドやレーニア山のようなカスケード山脈におけるほかの火山のように、ラッセン山も時々活動している。しかし、これは地震データベースにはまったく現れていない。

入手できるデータにしたがうと、実際には、北東太平洋海盆に関する造構運動のシナリオは、線状構造と海山年代の中にあるのかもしれない。海山の線状配列と年代は、一般には、北西から南東である。大量に堆積物が堆積したアラスカ及びタフツ深海平坦面は、線状構造の方向が良い手がかりを与えるが、解明するのは難しい。3つの海山列のすべてが拡大中心からほどよい距離で止まっているという事実は、もう一つの良い手がかりになる (図 4)。“3つの“ホットスポット”のすべてが同時に活動を中止しなかったことは明らかである。したがって、“0”年代の地殻上に位置するホットスポットで東から海山が形成されたという考え方は、まったくもって、この問題

の解にならない。むしろ、これらの海山は、現在の海山の位置よりも西側の深部にある供給源から既存の地殻上に形成されたようである。この供給源は、高温チャネル (現在ではその位置を特定できないが、地球の自転に駆動されていた) 中に存在していたであろう。このチャネルは、断層帯の真下に位置しているようである。

すばらしい発見がそれを持っているように、3つの断層帯がアラスカ湾に存在する。それらはすべて存在を知られているが、アメリカ地名委員会 (1990) では確定的な位置は決定されていない。3つの断層帯は、北緯 56° の Aja, 北緯 51° の Sila, 及び北緯 47°30' の Sedna である。いずれも、東方の拡大海嶺に直交するものではなく、Aja と Sila は北寄りの 2つの海山列に重なって位置している。

最後の考えとして、我々がもう 1つの断層の位置を知らないままでは怠慢であろう。この海山列は、Hook 海嶺から北へ Miller 海山を通して Pratt 海山へ達している。より小さな海山列が、約 142°W の経線に沿って、北緯 50° ~ 56° に走っている。これは今までのところいかなる仮説にもとりあげられていないので、ここでの説明は省略する。私は推測という危険を冒さないことを自認している。しかし、それは確かに存在していて、私よりもはるかに適任のどなたかからの説明をを待望している。

1800 年代に snake oil [ヘビの油] が万能薬として販売されたように、NEPB (北東太平洋海盆) は今日では、まさに 1 包みのプレートテクトニクスとして私たちに売りつけられている。かつて述べたように：“激しい雨は私の背には降らず、それは外で降っていると私に告げる”。これが 21 世紀である。

文 献

- Chaytor, J.D., Keller, R.A., Duncan, R.A., and Zdiak, R.P., 2007. Seamount morphology in the Bowie and Cobb hot spot trails, Gulf of Alaska, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, v. 8, no. 9, 26p.
- DeGraaf-Surpless, K., Mahoney, J.B., Wooden, J.L., and McWilliams, M.O., 2003. Lithofacies control in detrital zircon provenance studies: Insights from the Cretaceous Methow Basin, southern Canadian cordillera, *GSA Bulletin*, v. 115, p. 899-915.
- DeGraaf-Surpless, K., Mahoney, J.B., Wooden, J.L., and McWilliams, M.O., 1990. *Gazetteer of Undersea Features 4th Edition* (Defense Mapping Agency, Washington DC), 309p.
- Geological Survey of Canada, 2003. *Geodynamics-Episodic Tremor and Slip (ETS)*. Natural Resources of Canada. Liu, Y. and J. Rice, 2009. Slow slip predictions based on granite and gabbro friction data compared to GPS measurements in Northern Cascadia, *Journal of Geophysical Research*, v. 114, B09, 407, 19p.

- Rogers, G. and H. Dragert, 2003. Episodic tremor and slip on the Cascadia subduction zone: the chatter of silent slip, *Science*, v. 300, no. 5627, p. 1942-1943.
- Scripps Institution of Oceanography, 1978. Bathymetric Atlas of the North Pacific Ocean (Naval Oceanographic Office, Bay St. Louis, Mississippi), 176p.
- Smoot, N.C., 1981. Multibeam sonar surveys of guyots of the Gulf of Alaska, *Marine Geology*, v. 43, nos. 3-4, p. M87-M94.
- Smoot, N.C., 1985. Observations on Gulf of Alaska seamount chains by multibeam sonar, *Tectonophysics*, v. 115, p. 235-246.
- Smoot, N.C., 1993. Bathymetry: Collection, Processing, Interpretation. Naval Oceanographic Office Training Manual, TM 0393, 299p.
- Smoot, N.C., 1994. Plate-wide Pacific trends--orthogonal fracture intersections, *Eos, Transactions, American Geophysical Union*, v. 75, no. 25, p. 69.
- Smoot, N.C., 2007. *Marine Geomorphology: 2nd Edition*, (X-libris Corp, Philadelphia USA), 154p.
- Smoot, N.C., Choi, D.R., and Bhat, M.I., 2001. *Marine*

Geomorphology, (X-libris Corp., Philadelphia USA), 310 p.

Wong, I.G., 2005. Low potential for large intraslab earthquakes in the central Cascadia subduction zone, *Bulletin of the Seismological Society of America*, v. 95, no. 5, p. 1880-1902.

謝辞 Cliff Ollier は本論の重大な訂正箇所を指摘するために、忙しいスケジュールを空けてくれた。このテーマに関する彼の知識は、大いに議論の質を高めてくれた。Cliff に感謝する。

「私にとって推測しがたいことだが、なぜ公的資金の運搬人が沈み込み帯を作る財務“調査”を続けるのか、私には未だに理解できない。1970年代後半に調査の一端を担い、アラスカ湾に関するいくつかの論文を公表してきた私自身、海溝/沈み込み帯のささやき声さえ感じることはなかった。国庫の番人がこれを実感しないことが混乱をもたらしているが、プレートテクトニクス仮説の利益のために希望の兆しがどこかにあるのだろうと私は推測している。それに、“幸運を祈る”と言っておこう。」

全地球的テクトニクスの原因としての地球の脱ガス、自転及び膨張 THE EARTH'S DEGASSING, ROTATION AND EXPANSION AS SOURCES OF GLOBAL TECTONICS

Nina I. PAVLENKOVA

Institute of Geophysics of the Earth, RAS B. Grusinskaya 10, Moscow, 123995, Russia <ninapav@ifz.ru>

(山内靖喜・赤松 陽・矢野孝雄 [訳])

要旨: 地球においては、幾つかのはっきりした構造的特徴が典型的である。他の惑星のように、地球は起伏が異なる2つの半球に分けられる。すなわち、低い土地と薄い海洋地殻をもつ太平洋半球、そして、隆起した土地と厚い大陸地殻をもつ大陸半球である。この境界の概略は太平洋を取り巻くベニオフ・ゾーンの輪によって描かれている。もう一つの規則正しさは、大洋中央海嶺の規則的な根源を伴いながら南極大陸を取り巻く輪を形成している海嶺系である。これらの規則的な構造の起源は、リソスフェアのプレートの無秩序な運動に対して否定的であるが、本論の著者が提案している流体回転によってそれは説明されるであろう。その概念は、全地球的テクトニクスの2つの主要なエネルギー源を仮定している。すなわち、地球の脱ガス化 (fluids advection: 流体の水平対流) と地球の自転である。テクトスフェア形成の3つの基本的なステージがその概念によって識別されている。始生代-原生代の古地磁気データから判断すると、幾つかの大陸が南半球に形成されている。地球化学の研究は、厚い大陸のテクトスフェア (大陸の根) が流体を多く含むマントル物質内から形成されたことを示しており、それは、南半球においてその時に集中的な深部での流体流動が起きたことを意味している。厚いテクトスフェアの形成はこの惑星を非対称にし、地球の各圏の重心の相対的移動をもたらした。その結果、古生代に大陸半球の北への移動を伴ってコアの周りをマントルが回転した。コアの周りでのマントル回転は新しい非均衡な系を作った。それによって、中生代には南半球の膨張が始まった。その結果、このような膨張は南極大陸に対して対称的な大洋中央海嶺の規則的な系をもたらした。

キーワード: 地球の自転, 流体, 地圏, 大陸, 海洋, 地球力学

はじめに

未だにプレートテクトニクスの概念は最も普及している概念である。これは地質学的過程を古地磁気極の可動性とリソスフェアプレートの大規模な移動による造山帯とリフトからなる系の形成として説明している。海洋の形成は大洋中央海嶺地域でのリソスフェアの拡大と活動的

大陸縁下での沈み込みによると解釈している。しかし、なぜ沈み込みは太平洋の輪の中だけでのみ観察されるのか、そして観察された古い亜大陸は海洋内においてどうようにして作られたのかをこの概念は説明できない。プレートテクトニクスの概念と実験的データとの間のその他の多くの矛盾が、多くの文献と特別な国際的刊行物の *New Concept in Global Tectonics Newsletter* において

広く議論されている (Meyerhoff and Meyerhoff, 1974 ; Belousov, 1979 ; Grant, 1980; Barto-Kyriakidis, 1990 ; Dickins et al, 1992 ; Meyerhoff et al., 1992 ; Dickins, 1994 ; Storetvedt, 1997, 2003 ; Pavlenkova, 1995, 1998 ; Pratt, 2000 ; Shalpo, 2002). 全地球的地球力学の基本的な教義としてプレートテクトニクスを用いることはできないし, 他のモデルは観察された地質学及び地球物理学のデータを解釈できるように発展するべきであるというのが, これらすべての出版物の主な結論である.

その他にも, 全地球的なテクトニクスの幾つかの概念がある. しかし多くの場合, それらはお互い同士を結合することなしにある限られた量のデータあるいは個々の出来事を検討している. それらの大部分は全地球的過程の原因とそれらの起源については考えていない. このように, 地球膨張説 (Scalera and Jacob, 2003) は沈み込みなしで大陸の分裂と分散によって海洋の形成を説明している. しかし, 膨張の原因についてははっきりと説明されていない. また, 短い時代 (後期古生代) の間にこのように大きな膨張の可能性の十分な根拠もない. 内因的造構体系の概念 (Belousov, 1990) は海洋の問題に触れることなく, 主に大陸内での過程を考えている. Storetvedt(1997 and 2003) による横ずれ説 (wrench theory) はプレートテクトニクスの多くの弱点を克服し, 大陸回転という結果を詳細に記述している. しかし, この回転の起源と規模は問題を含んでいる. プリウムテクトニクスの概念は複数の地方におけるいくつかの異常なテクトニクス活動についてのみ検討しており, 他の問題については何も言っていない. 多くの概念において観察されたテクトニクス上の証拠が普通のエネルギー源とともに検討されることはまれであり, 惑星としての地球の力学に僅かの注意しか払われていない. その結果, 地球の上部の圏の多くの構造的特徴は説明されていないか, あるいは未だに論争の余地がある.

地球構造圏の構造のこれらの基本的な特徴は, 未だに一般的な説明が与えられていない. 本論ではそれらに関するデータを示し, その後新しい地球力学の概念を提案する. これらの構造上の特徴のすべてをまとめると発展の単純な論理的な系が形成される. 全地球的構造運動の主要な源として地球自転と脱ガスのエネルギーを検討するので, この概念を地球構造圏進化の流体 - 自転モデルと呼ぶ. 流体 - 自転の解釈の一定の見地は著者によって早い時期に作られたが (Pavlenkova, 1995, 2005 and 2007), その完成版の刊行は初めてである.

1. 地球構造圏の構造と力学の未解決な問題

地球表面の構造と上部圏すなわち地殻と上部マントルはこれまでに多くの地球科学において詳細に研究されてきた. これらの圏の一般的に複雑な構造にもかかわらず, 地球表面の地形, 地殻の構造及びそれと上部マントルの関係における幾つかの明確な規則正しさが示されている. これらの規則正しさの幾つかは今もってはっきりと

説明されていなし, このことが地球科学の発展を妨げている. このような規則正しさの幾つかの事例が次節に示される.

1.1. 地球表面の構造における主な規則正しさ

地球の主な構造の特徴は低くなった表面 (太平洋) と高くなった表面 (大陸半球) の2つの半球に分けられることである. この惑星のこれらの主な部分もまた地殻の構造において著しく異なっている. すなわち, 海洋において地殻は薄くて (5-10km) 速い地震波速度を持ち, 大陸において地殻は厚く (30-50 km), 上部では地震波速度は遅い. これは地球の偶然的な独自性ではない. 同様な構造が他の惑星の特徴づけていて (図 1), たとえば, それは月と火星で認められ, 高い起伏が優勢な半球と低地が優勢な半球が識別される (Araki et al., 2009).

太平洋の周りの大陸の縁は特有の弧を形成しており (Wilson, 1954), それに沿って地震の震央の輪, ベニオフゾーンが形成されている. 太平洋の輪は地震の震央のもう一つの全地球的な輪-地中海 - アジア帯を直角に切っている. そして, これらの構造は, 惑星そのものに起源があり, 大きな深さをもつことが示唆される.

太平洋の輪の大きな深さは人工衛星データに基づく重力場によって証明されている (Choi and Pavlenkova, 2009). 太平洋の周りには2つの円状の異常, すなわち正と負の異常がある. 正の異常は海洋周辺の山地を覆っているため, その起源は地形的影響によって説明することができる. 負の異常は完全に異なる地域を横切っている

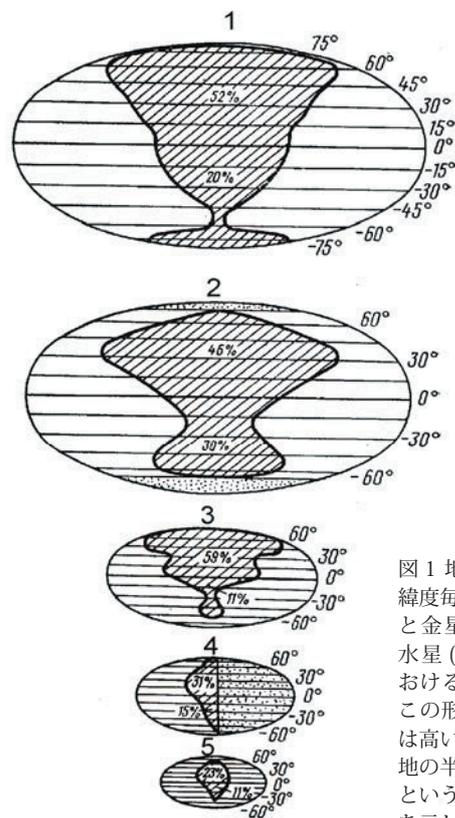


図 1 地球 (1) における緯度毎の大陸面積分布と金星 (2), 火星 (3), 水星 (4) 及び月 (5) における平坦地の分布. この形は, 惑星の表面は高い起伏の半球と低地の半球に分けられるという特徴をもつことを示している.

るので、地表の地形によって負の異常の輪を説明することは不可能である。すなわち、異なる地域とはユーラシアの中心部、インド洋、及び南北アメリカ大陸の東部である。このような全地球的異常は、この惑星の深部の不均質に起因するのであろう。

地球を2つの半球に分けることは、地球の太平洋領域とインド-大西洋領域が異なる起源であることを意味する (Pushcharovskii, 1997)。そのことは、他の海洋と比較した太平洋のいろいろな時代のデータ、地史及び構造によって判っている。

1.2. 全地球のリニアメント、大洋中央海嶺の系

地球物理学分野と地質学データは多くの全地球のリニアメントを明らかにしている。それらは数 1000km の長さを持ち、いろいろな時代のテクトニック領域を横断し、しばしば大陸から海洋へ伸びている。たとえば、アフリカ西部における北西走向をもつ地磁気異常はアンゴラ深海盆地全体を通り抜けて追跡されていることを Angola-Brazilian Geotraverse (Pogrebitsky, 1996) は示している。東アジアの幾つかの地磁気異常は縁海まで及んでいる (Shaipo, 2002)。以前に、このような事例は Belousov (1979) によって示された。衛星データはこのようなりニアメントの数とそれらの長さを著しく増加させた。

全地球のリニアメントの多くは上部マントルの構造内まで追跡されている。それらはしばしば正反対の符号をもつジオイド異常間の傾斜部と一致している。たとえば、有名なトランスヨーロッパ縫合帯あるいは Tesisseyer-Tornquist 線は東ヨーロッパ楕状地と若い西ヨーロッパプレートを分離しており (Pavlenkova, 1996)、大きな正のジオイド異常の境界に沿って大西洋まで延びている。地震学データによって示されているように、この異常は深い源をもち、上部マントルと下部マントルの間の漸移層の構造につながっている (Bott, 1971)。

地球のもう一つの全地球的構造の特徴は海洋中央海嶺の系である (図 2)。これは南極の周りで対称的であり、南極大陸を取り囲む輪を作っており、90° というほぼ同じ角距離で互いに離れている複数の断裂帯がこの輪から子午線に沿って伸びている (図 3a) これらの帯の3つは大洋中央海嶺である。4番目の帯は 155° の子午線に沿ってオーストラリア大陸の東¹⁾ の大陸棚からフィリピントラフを経てサハリン島まで伸びている (図 3)。最近、これらの地域は水素の活動的な脱ガス域とみられている (Syvorotkin, 2002)。

*1: 原文では、「The fourth zone runs along the meridian 155° from the western shelf of the Australian continent.」とあるが、東経 155° の子午線はオーストラリア大陸の東側にあるので、下線部の western は eastern のミスと判断した。

南極大陸のリフトの輪の顕著な特徴は対応する沈込み帯がないことである。大陸を取り囲んでいるものすべては

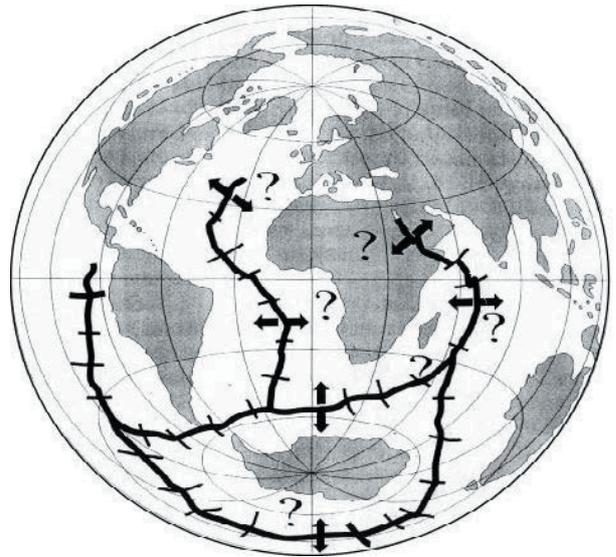


図 2 海洋“中央”海嶺を描いたスケッチを重ねた現在の地球 (Storetvedt, 1997)。南極大陸とアフリカ大陸は対応する沈込み帯をもたない仮定された拡大系の中心に位置している。海嶺は南極大陸を取り巻く輪を作っており、その輪は子午線に沿った枝をもち、各枝の間の距離はすべてほぼ 90° である。

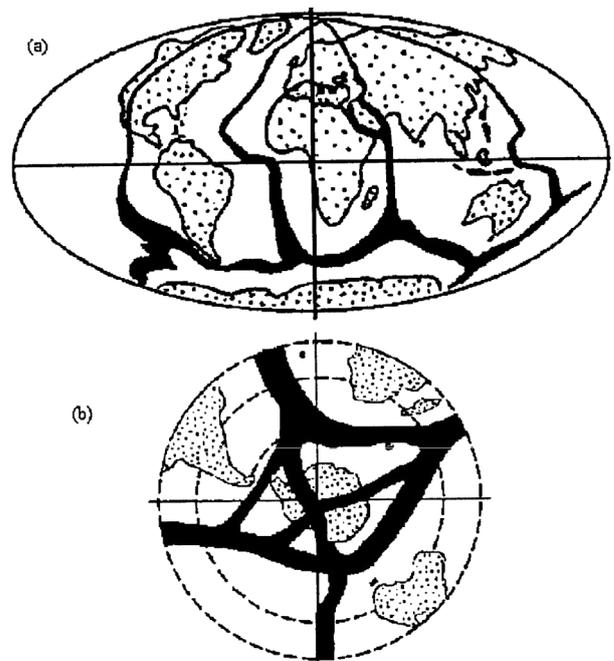


図 3 地球の脱ガスの主なルートである地球のリフト系 (a) と南極大陸のリフト系 (b) (Syvorotkin, 2002)。

非活動的縁辺域である (図 2)。このことは全地球的地球力学のプレートテクトニクスの概念と矛盾する。もし、プレートテクトニクスから導かれるようにリフトの輪が海洋地殻の拡大によってのみ形成されるのであれば、南極大陸は全面的圧縮の地域となったであろう。しかし、沈込み帯はその周りには作られなかったし、またこの大陸は衝突のゾーンより拡大のゾーンを多く含んでいる。

言及した構造上の規則性のすべてはお互いに関連し合ったリソスフェアプレートの大規模な無秩序運動の欠如を示している。

1.3. 大陸のマントルの根, ベニオフ帯

上部マントル中の地震波速度が速い地域としての大陸の根は, 初期の地震トモグラフィ研究で発見された (Jordan, 1979 ; Dzewonski and Anderson, 1984 ; Gossler and Kind, 1996). 大陸の上部マントルと海洋の上部マントルの構造の基本的な違いを彼等は示した. すなわち, 速い地震波速度をもつ大陸異常は 300-400km の深さまで広がっている. そして, 彼等の研究は上部マントル全体をほぼ覆っている (図 4).

大陸と海洋のマントルの組成が異なることもまたよく知られた事実である. 海洋下の上部マントルはディプリート (枯渇)²している. 大陸のマントルの根から大陸を切り離すことは不可能であることから (Belousov, 1990 ; Pavlenkova, 1995), 大陸性リソスフェアプレートの大きな変位には異論がある.

*2: 主に玄武岩質岩石またはその起源物質において, アルカリ金属, アルカリ土類といった類似の化学的挙動を示す元素の族のうち, より大きなイオン半径をもつ元素 (たとえば, K に対して Rb, Sr に対して Ba, Yb に対して La) に枯渇していること. ディプリートしていない岩石と比較して, 高い K/Rb, Sr/Ba, あるいは低い La/Yb で特徴づけられる. (地学事典)

上部マントルの構造のもう一つの重要な特徴は全地球的地球力学において重要な役を演ずることである. しばしばマントル全体を切っている地震波速度のより速いゾーンがある (Bijwaard et al., 1998). これらの異常は大陸の側方を限っており, 大きな地質構造あるいは異なる内因性の構造をもつ地域の縁においても認められる (図 5). これらは活動的大陸縁に最も現れており, そこではベニオフ帯から深さ 2000km 以上の深部まで追跡できる. これらの異常の大深度性はプレートテクトニクスが提案している沈んだスラブでは説明されない.

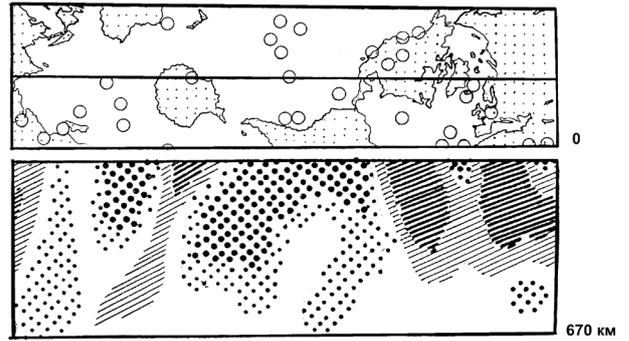


図 4 大陸と海洋を横切る上部マントルの地震トモグラフィ断面図 (Dzewonski and Anderson, 1984). 打点部は低速度を示し, 斜線部は高速度帯である. 後者は大陸の下で観察され, 大陸の“根”として解釈されている.

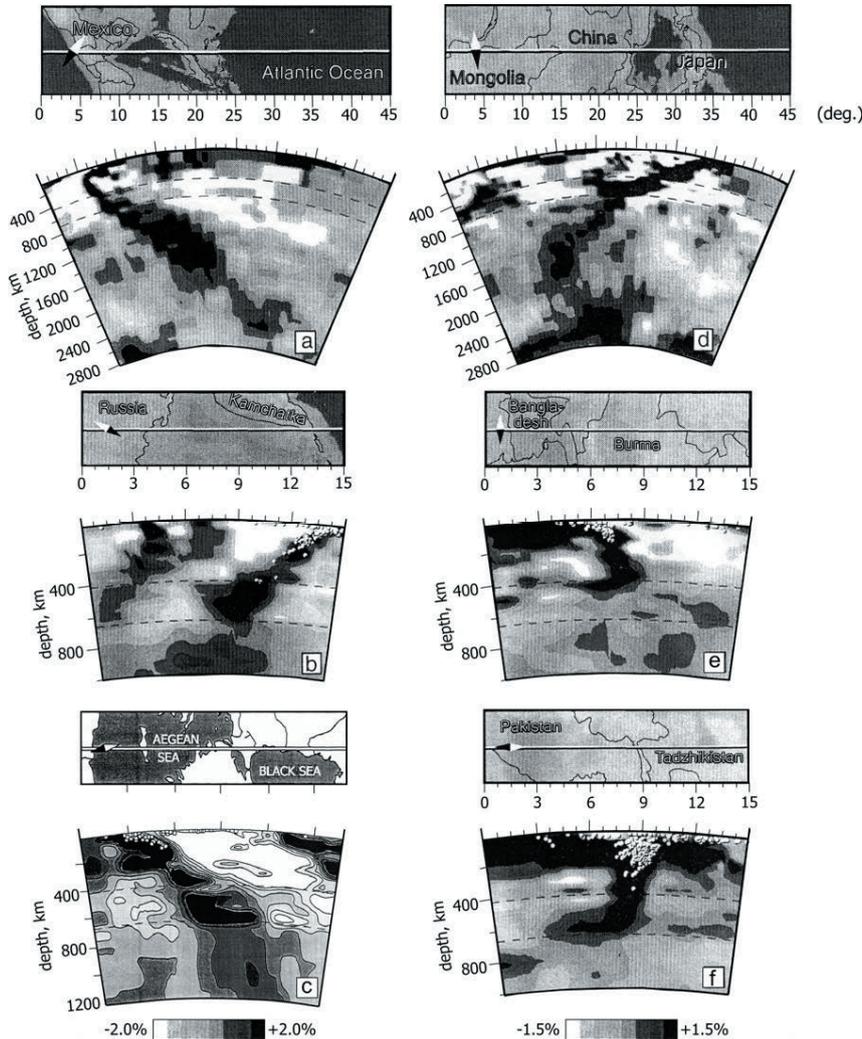


図 5 上側の図中に示した線に沿ったマントルのトモグラフィモデル (Bijwaard et al., 1998). 深部の地震波速度がより速いゾーンは切れ切れであり, うねっている. それらはマントル漸移層に貫入しており, ときには下部マントルに貫入している. このゾーンをリソスフェアプレートの沈み込みとするプレートテクトニクスの解釈とこれらのデータとは矛盾している. このゾーンをコアからの流体の流れのルートと解釈することがより現実的である. 恐らく, 異常に速い速度は, より高い応力, 速度の異方性, あるいはコア物質の破片の結果であろう.
断面線:(a) メキシコ-大西洋, (b) ロシア-カムチャッカ, (c) エーゲ海-黒海, (d) 中国-日本, (e) バングラデッシュ-ビルマ, (f) パキスタン-タジキスタン.

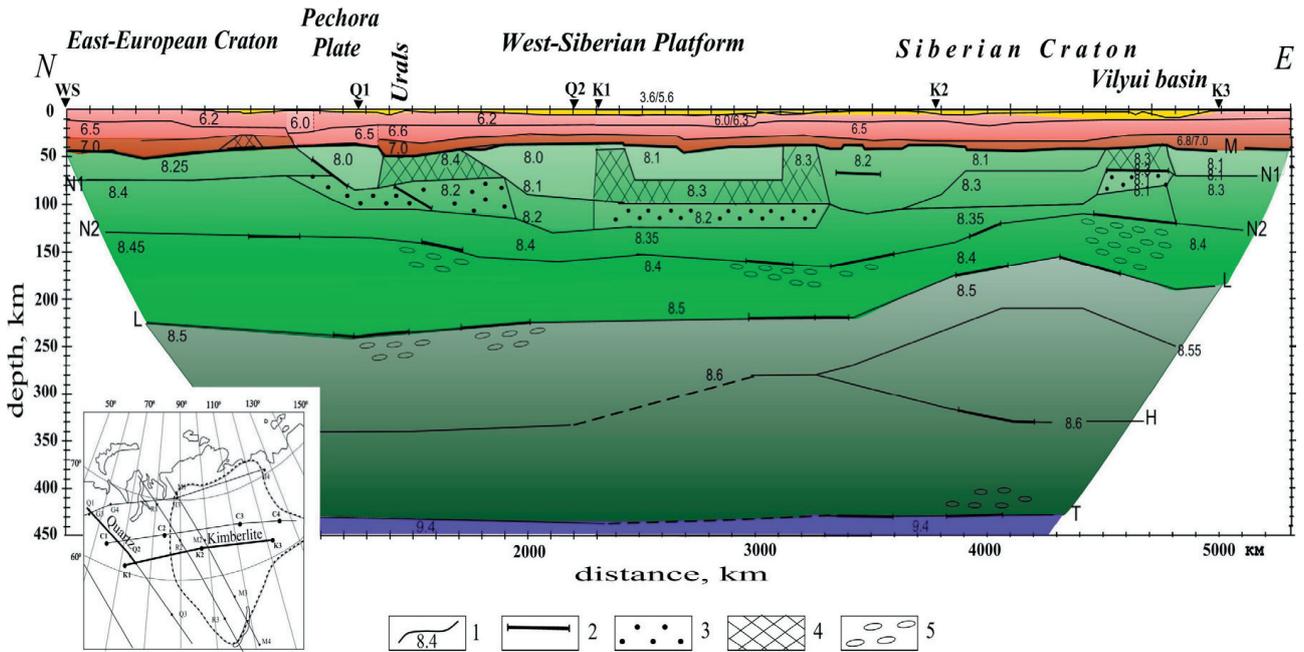


図6 平和的核爆発によって作られた“Quartz”断面と“Kimberlite”断面に沿った上部マントルの地震断面（挿入図中に長距離断面計画が示されている）。この断面は東ヨーロッパ楕状地、ウラル、西シベリアの若い卓状地及びシベリアクラトンを横切っている。
 凡例：1- 等速度 (km/s) 線；2- 高振幅反射が得られた地震学的境界；3- 低速度層；4- 高速度ブロック；5- 高反射ゾーン。熱的アセノスフェアはシベリアクラトンの下で深度 250-300 km、西シベリア卓状地の下で深度 120km とされた (Artemieva and Mooney, 2002)。この地震による研究は、これらの深度においていかなる低速度ゾーンもみつけなかった。すべての境界は、高い流体濃度をもつ弱い層と考えられた厚い反射ゾーンである。

1.4. 上部マントルの層構造

造構過程の記述において、上部マントルの基本的モデルはまだリソスフェア-アセノスフェアモデルである (Pollack and Chapman, 1977；Artemieva and Mooney, 2002)。しかしながら、平和的核爆発を用いたロシアで行われた地震研究は、北部ユーラシアの広大な卓状地地域についてこのモデルが当てはまることを確認していない (Egorkin, 1999；Fuchs, 1997；Pavlenkova and Pavlenkova, 2006)。これらの研究は上部マントル全体と漸移層から下部マントルに至る深さ 700km の深部までを調べて、部分溶融の層としての、すなわち低速度層としてのアセノスフェアが存在しないことを示した (図6)。

造構運動が活動的で熱流量が高い地域では、アセノスフェアは切れ切れのレンズ (asthenolite または asthenolenses) の形で観察される。大洋においてさえ海洋中央海嶺の下にアセノスフェアのレンズが知られている。図7には、アンゴラ-ブラジルジオトラバースに沿う地震断面図が示されている。深いアンゴラ海盆とブラジル海盆では低速度層は深さ 80km に決められた。これはある濃度の流体によって説明することができる熱的及び地電流のアセノスフェアに対応している。海洋中央地域においてはアセノスフェアの上昇は重力データに基づいて示されている。この代わりに、幾つかの地域的な低速度層 (asthenolenses) が観察されており、それらは異常に高いマントル速度によって分割されている (Pavlenkova et al., 1993)。

大陸のリソスフェア内には、幾つかの孤立した速度逆転

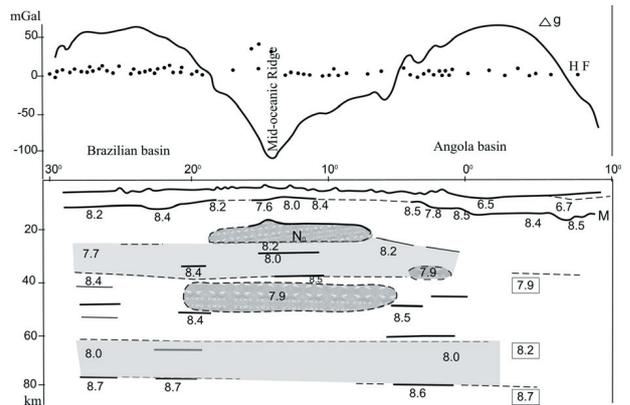


図7 アンゴラ-ブラジルの地形断面に沿う地震断面 (Pavlenkova et al., 1993)。Δg：重力異常，HF：熱流量。断面図において数字は速度 (km/s) を表している。陰影部は低速度層。太線は地震波速度境界を示す。データは、上部マントル中の大西洋中央海嶺の下には、異常高速度層によって隔てられたいくつかの低速度層 (アステノリス) があることを示している。“熱”アセノスフェアは深さ 60-70km に描きだされている。

ゾーン (導波管 waveguides) も知られている (図6)。これらの層は乾いたマントルの部分溶融の範囲であるため、その本質は伝統的に説明されることはできない。それらは相対的に低い温度でも部分溶融が可能な場である流体含有量が高いゾーンであろう (Pavlenkova, 1988)。この仮定は捕獲岩のデータによって確かめられている (Solov'eva et al., 1989)。

連続した圏としてのアセノスフェアの欠如は、世界中のリソスフェアプレートの大きな運動を不可能にしている。

1.5. 大洋中の亜大陸地殻

地質学および地震学的データは、大洋の大部分の領域には薄い“花崗岩”層を含む厚さ 15-30km の亜大陸地殻と“花崗岩”層を欠く厚さ 10-20km の亜海洋地殻のような、遷移型地殻が分布することを示している (Belousov and Pavlenkova, 1984). 亜大陸地殻は海台や非地震性海嶺の下に発見されており、それらの上部が実際に大陸性岩石からなることが掘削によって確かめられている。たとえば、亜大陸タイプの岩石は、フェロー—アイスランド海嶺の下 (Bott et al., 1974 ; Makris et al., 1995), ロックール海域 (Shannon et al., 1994), インド洋 (Udintsev and Korenieva, 1982), 北極海中央部に近くのメンデレーフ海膨の下 (Zamanskii et al., 2003), 太平洋西部 (Choi and Vasiliev, 2008), そして他のすべての大洋で発見されている。中央海嶺が横断するアイスランドでさえ、亜大陸タイプの地殻からなっている (Pavlenkova and Zverev, 1981 ; Richardson et al., 1998). 古期大陸性岩石は、大洋の多くの海域で、そして、中央海嶺の近傍でさえ発見されている (Keith, 1993 ; Udintsev, 1996 ; Pratt, 2000 ; Pogrebitsky and Truchalev, 2002).

1.6. 古地磁気極の漂移

全地質時代にわたる古地磁気データによって、古地磁気極の変化が観測される。プレートテクトニクス概念によると、この運動は明白であり、実際にも、分裂したリソスフェアプレートは地磁気の大極子に対して相対運動を行っている。そのような解釈をおこなうためには、大陸はしばしばいくつかの小さなテレーンに分解され、相互の間で長距離にわたる相対的運動を行わなくてはならない。その結果、さまざまな著者によるさまざまな解答が現れ、そのたびに、古地磁気データとその解釈の信憑性が問われることになる。しかし、磁極移動のカオス (無秩序性) のなかで、いずれの著者も、南半球から北半球への極移動といった、すべての大陸に共通する要素を未だに認定している。さらには、この地磁気極の地球全体にわたる移動の主要な要素は、プレートテクトニクスにもとづく復元 (Khrumov, 1983) によっても、また、それへの反対論者たちによっても、ほとんど同じように結論されている。ところが、Storetvedt (1997) は、古地磁気データにもとづいて、大陸は石炭紀—三畳紀に磁極が南半球から北半球へ大きく移動し、その際に諸大陸が大規模に相対運動することはなかったことを明らかにした (図 9b)。いっぽう Storetvedt は、さまざまな大陸で測定された古地磁気極の位置をあわせるために、大陸のねじれを提案している (図 9a)。

2. グローバル ジオダイナミクスとしての流動体回転概念

流動体回転の概念では、造構運動のための全地球的主要エネルギー源は、地球の脱ガス作用 (流体移流*) と地球の自転に求められる。両タイプのエネルギーが様々な地球力学作用のなかで重要な役割を演じてきたことが、こ

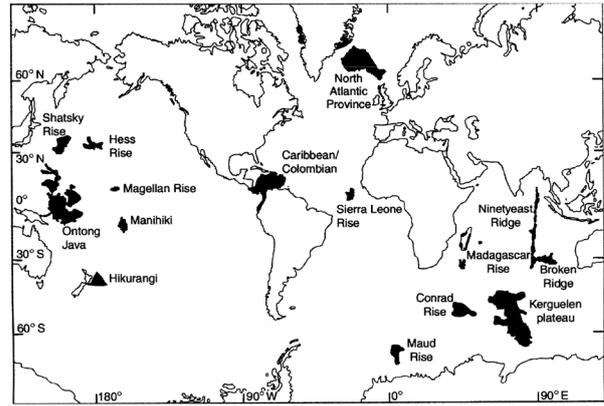


図 8 厚さ 30km 以上の地殻を伴う主要な海台と他の広域的火成活動域を示す (Mooney, 2007). 大西洋、インド洋、太平洋で掘削された坑井によると、中新世以前には亜大陸地殻がより広がったことが示唆されている。大陸地殻は、かつて、現在の大洋のほとんどの地域を覆っていた (Dickins et al., 1992 ; Platt, 2000). 海洋における深部掘削は、被覆堆積層の底部に浅海性堆積物が広く分布していることを示している (Rudich, 1990). それは、現在の海洋の大部分は、急速な沈降の前には、大陸地殻と亜大陸地殻をもっていたことを意味している。これらのデータは、海洋の中の厚い地殻は、底付け作用 (Fountain, 1989) によって形成されるという考えをきっぱりと否定する。これらすべてのデータは、海洋が拡大によって形成されたというプレートテクトニクスの主要な命題にも矛盾する。

れまでの多くの事例に示される。

[訳者註 * 移流 (advection): 流体が流れることによりエネルギーが運ばれること.]

2.1 地球の脱ガス作用と流体移流

流体移送には、2つの主要な供給源、すなわち、表層部と深部の供給源がある。表層部の供給源は、表層水の循環とこの物質のさまざまな物理・化学的変遷によって地殻中に生成し、その結果、水と他の流体が分離される。これらの供給源および関連する作用は Storetvedt (2003), Dmitrievsky and Valjaev (2002), そして Leonov et al. (2006) によってことごとく説明されており、もはやそれらについてこの論文で議論する必要はない。

流体の深部供給源は、地球の核と惑星脱ガス (作用) である。このような脱ガスは、Larin (1995), Syvorotkin (2002), Gilat and Vol (2005) の中で広く議論されている。この概念の基本的問題点は、コア中に水素とヘリウムが高含有量で含まれるという前提である。Larin (1995) は、水素化合物の存在をコアだけでなく、マントル下部にも想定している。

Gilat and Vol (2005) は、地球の脱ガスについて、ごく一般的な形で以下のように述べた。“構造エネルギーの放出には、つねに H および He の脱ガスがともなう。H および He の固溶体、そして He と H, O, Si や金属類との化合物が、超高 PT 条件下の室内実験で発見された。地球内部には超高 PT 環境が存在するので、He-S, He-Cl, He-C, そして He-N 構造が、それらの原子構造と天然の H-reach ガスの組成から推定できる。それゆえ、いくつ

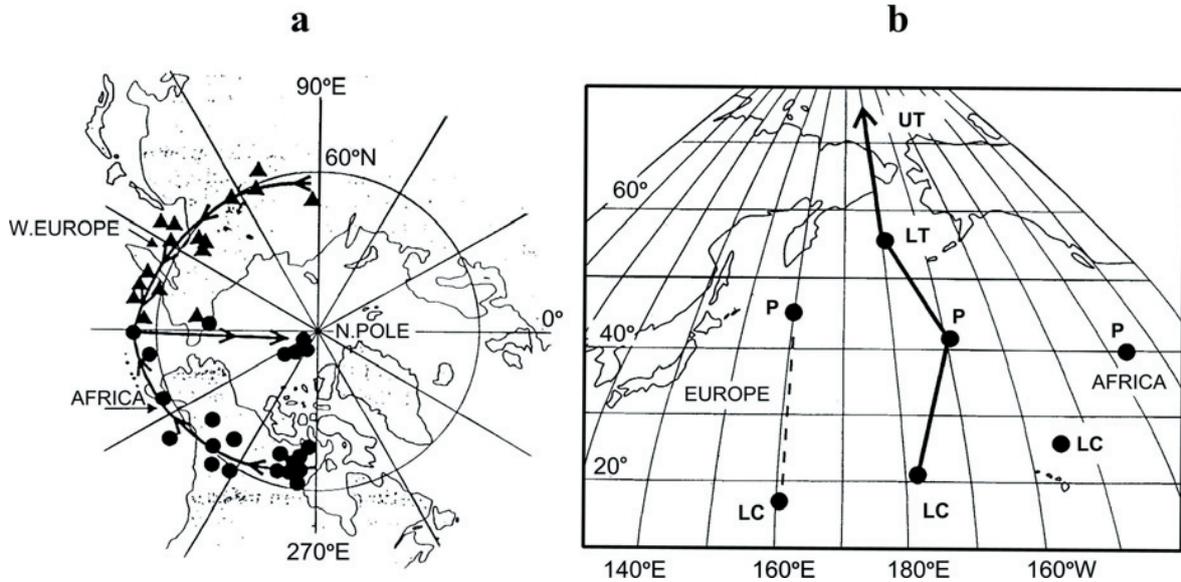


図9 (a) アフリカとヨーロッパにおける中生代～第三紀の古地磁気極の移動経路への進路。対称的に配置された反対向きの極移動曲線は、大陸の相関的回転を示唆している。(b) 古地磁気データから見積もられた古生代中期以降の地球の極移動基本曲線(実線)(Storetvedt,1997)。UT：第三紀後期，LT：第三紀前期，P：石炭紀後期―二畳紀，LC：石炭紀前期。

かの珍しい化合物が地球のコアやマンツルのなかにありそう。地球の衝突・成長の期間に、始元的水素・ヘリウムは、超高PT条件下でのみ安定なH・He流体あるいは化合物(最近の実験で発見)として惑星内部に蓄積された。これらは、それぞれのPT条件に応じて、順次、次のように記述される。つまり、固体からのHおよびHeの分離、液体コアでの対流、固体マンツルの流動-溶融、ガス-流体を排出するプリュームの発生という過程を経る。コア流体からのHとHeの放出、H-Heと他の化合物の混合、および、それにつづく減圧によるゆっくりとした分解は、著しいエネルギー放出をとまなう。”

他の地球内部エネルギー源(対流、深部物質の移流等々)は、輸送エネルギー量においても、長距離輸送によるエネルギー損失が比較的小さいことでも、流体移送には比べものにならない。比較できるものは何もない。他のいかなるエネルギー源も、アステノリスやプリュームの形成のようにすばやく作用したり、比較的短時間に局所的造構作用を著しく活性化させることはできない。それはほとんど無制限のエネルギーであり、高い濃縮とひじょうに速い分配速度をもっている。このタイプのエネルギーのみ、地震や火山噴火のような瞬時の集中が可能である(Dmitrievsky and Valjaev, 2002)。

2-2 造構作用のエネルギー源としての地球自転

地球の不均一回転にかかわる自転の要因について、多くの科学者が議論している。さまざまな造構作用へのこれらの要因の影響は、数多くの例に示されている。しかし、出現する圧力はどのくらい大きいか、そしてそれらが地球の造構運動に重要な役割を演じうるかどうか、といった疑問は常に生じる。これらの疑問に対する解答は、Avsyuk(Avsyuk and Afanasieva, 1997)やBarkin(2002)による最近の研究に見いだすことができる。

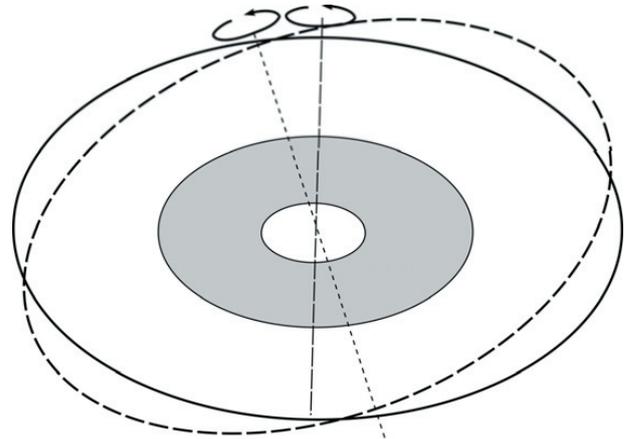


図10 天文観測によると、ゆっくりと変化する地球の回転軸の位置に、地理極から10°ほど離れるゆらぎが検出された。軌道運動や自転運動における規則的な変化は、新しい自転面とより早期に形成された自転面との間に不均衡をもたらす(Avsyuk and Afanasieva, 1997)。

Avsyukは、造山運動の原因が地球-月-太陽系における地球の自転特性に関連していると考えている。天体観測によって、月の軌道運行の変化とそれに対応する地球自転の変化が記録されている。自転軸は地球という天体の中の位置をゆっくりと変化させていて(図10)、地理極の位置と自転赤道が変化していることを意味する。それは、地理極に10°に達するずれを生じさせる振動プロセスである。公転および自転運動にみられる規則的な変化が、新しい自転面とかつての自転面との間に不均衡をもたらす。これは、地球の外側の球殻に変形を引き起こしているはずである。

これらの運動の役割は、大規模な造構事象と地球の自転周期との間に精密な相関性があることによって証明されている(Avsyuk et al., 2007)。これは、多くの論文で述べられているように(Wezel, 1992; Milanovskiy, 2007)。

地史を通じてみられる周期的な現象を全般的に説明している。きわめて重要な造構事象は、220 Ma の間隔をもって、ヴェンディア紀 - カンブリア紀、デボン紀 - 石炭紀、そしてジュラ紀 - 白亜紀の境界で起こった (Dmitrievsky, Valjaev, 2002)。1 Ma という別の周期もある (U.S. 地質調査所, periodicity)。これらの周期は、キンバーライト火成活動、高圧変成作用、爆発性環状構造の成立、海水準変動、そして花崗岩質火成活動の最盛期といった主要活動期にかかわっている。

このように、地理極の移動は多くの地質学的プロセスの中で重要な役割を演じているが、それは古地磁気極の大規模な移動を説明するにはあまりに小さすぎる (図 9)。そのような地球の自転軸の大きな位置移動は、天文学データでは確認されていない (Avsyuk, 1997)。つまり、地理極移動は 10° を上回ってはいないのである。Munk and MacDonald (1975) も、大規模な極移動に抵抗するのに十分な強度が地球にあることを推測している。

2.3. 地球の地球構造圏進化の流体回転モデル

地球構造圏進化の流体回転モデルの主な特徴は、以下の通りである。

* 他の惑星とはちがった地球の主な特徴は、流体の高い含有量である。地球の脱ガスが気圏と水圏を形成しただけではなく、深部流体が厚い大陸地殻の形成に強い影響をもたらしてきた。Lutz (1980) によれば、そのように、大陸地殻は流体に飽和したマントル物質から、すなわち、強い流体流が存在する場で形成されたのである。流体に飽和していて、そして、膨大な大陸地殻を生み出したマントル物質の最も激しい奔出は、原生代に発生した (Lutz, 1994)。この時代に、流体流が増加した地域は南半球であった。というのは、古地磁気データによれば、その当時、すべての大陸は南半球に位置していたからである。地球におけるそのような不均一な脱ガスは、コアの 2 極性対流に由来するのであろう。

流体流が弱かった現在の大洋域では、いくつかの別々の中間タイプ地殻が形成されたにすぎない。このタイプの地殻はすべての大洋で認められ (図 8)、プレートテクトニクス概念によってそれらの起源を説明することは困難であった (Bott et al, 1974 ; Udintsev, 1996 ; Pratt, 2000 ; Pogrebitsky and Truchalev, 2002 ; Choi, 2007 ; Choi and Vasiliev, 2008)。

大陸地殻のその後の発展は、2つの主要な作用、すなわち、厚さの増加と花崗岩化作用によってひきおこされた。また、花崗岩化作用は深部流体が増加した環境で起こり、深部流体はより多くのエネルギーをこのような変化へもたらす。花崗岩化作用は、大陸性岩石の地球化学的作用への抵抗力を増加させ、大陸地殻を破壊から守る。地殻の厚さが一定程度 (卓状地では 40-50km) になると、その基底には、塑性的で浸透率の小さい岩層が形成され

る (Mikolaevsky, 1985)。この岩層はマントル溶融による崩壊から地殻を守っているのである。

流体流は、厚い大陸の根の形成にとってもひじょうに重要である。このように、Letnikov (2000 and 2006) は、シリカ、アルカリ、流体および不適合元素の長期にわたる地殻内への移動は、マントル岩石の枯渇と結晶化をもたらしたという。このプロセスが長く続けば続くほど、大陸地殻とそのマントル中の根が厚くなる。さらに、ゆるやかな冷却は、上部マントルをより安定化させ、大洋リソスフェアに比べてより浸透率が小さいリソスフェアの形成を促進する。

浸透率が小さい大陸テクトスフェアの成長は、大陸縁における流体の集中をもたらし、そこに最も活動的な造山帯が形成された。これらの大陸域は、図 5 のように、正の地震波速度異常に特徴づけられる。Letnikov (私信) によると、この場合の速度増加は、流体によるコア物質の除去という説明がなりたつという。

このようにして、原生代末には、南半球に巨大な上部マントル不均質性 (大陸の根) が形成された。

* 古生代には、古地磁気極の位置移動があった (図 9)。流体回転モデル (Pavlenkova, 1995, 2005) によると、これは大陸移動あるいは地理極の移動に起因するものではなく、下部マントルに対する上部マントルの回転、あるいは、より起こりうるのは、液体コアに対するマントル全体の回転に起因する (図 11)。このような運動だけが、地球構造圏の構造について立証されている規則性を侵害することがないのである。

しかし、そのような運動は起こりうるのであろうか？、そして、どのような力がコアに対してマントルを動かしているのであろうか？

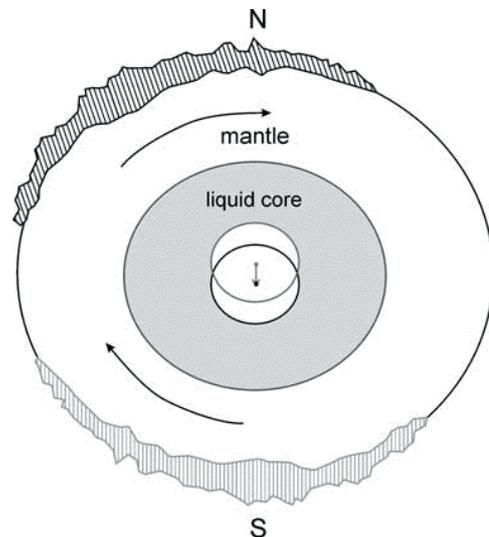


図 11 南半球における厚い大陸の根が示す大規模不均一の形成は、液状の核の周囲のマントル全体に変化をもたらし、地球の重心を移動させるだろう。このマントルの回転は、古地磁気データを説明することができる。

これらの運動に関する実験データはほとんどない。あるのは、上部マントルと下部マントルの遷移帯の上面における深発地震の分布に関するデータのみである。この境界では、そこにおける地震帯の変位と傾斜角の変化が認められる (Benioff, 1954)。

この問題に関する論理的データは、不確かである。何人かの研究者は、潮汐力はそのような大規模変位の原因にはなりえないと信じている。しかしながら、Barkin(2002, 2009) は、地球のジオダイナミクスについての別の(エネルギー)源を提案している。彼は、地球球殻の不均質性はそれらの球殻の重心を相互に移動させ、そのために球殻間に大きな力学的圧縮力が生じることを明らかにした(図 11)。月の重力の影響は、地球の球殻群に異なった加速度をもたらす、その結果、両者の間に大きな引張力が加わる領域が現れる。これらの力は、潮汐力よりも3桁おおきく、惑星に諸作用をもたらすだろう。これらの諸作用には、周期性、極性、および、対称性の反転が特徴的である。特に、それは、上述した地球表層における非対称性をもたらしている。

厚い大陸の根として表現されている南半球における大規模不均質性は、液体コアを取り巻いているマントル全体の回転、あるいは、下部マントルに対する上部マントルの回転をもたらすだろう。このようなマントル回転は古地磁気データを説明しており、上述した地球の上部球殻群の構造にみられる全地球的規則性に矛盾しない。

コアのまわりのマントル回転は不均一に起こり、それは地球の自転軸の周期的変化に調和して増減した。この回転速度の変化は、地史のある期間[複数]における周期的な造構作用とその活発化をひきおこした。地球構造圏のブロック構造と地球の不規則な脱ガスのために、前述のマントルの運動には、地質文献で詳述されている複雑な造構作用が伴っている。

* 南半球から北半球への厚い大陸の根もつマントルが南半球から北半球へ移動することによって、地球球殻群の重心が新たに移動し、南半球における質量欠損をもたらした。この質量欠損は内核の南方への移動の原因となり (Barkin, 2002), そしてこれが全地球造構運動の次の重要時相、つまり、南半球の膨張と南極に対して対称的な中央海嶺系の形成をもたらした(図 2・図 3)。このプロセスは、中央海嶺が南から形成されはじめたという地質データと矛盾しない (Pogrebitsky and Truchalev, 2002)。

南半球の膨張は、マントルにおける膨大な塩基性物質の溶融を伴い、台地玄武岩が大陸と大洋を覆った。台地玄武岩は、初源的な大陸性地殻の破壊と同様に、深海盆における現在の海洋地殻の形成を示すものである。エクロジヤイト化作用とマグマ性交代作用による基底部の侵食による大陸地殻の部分的破壊は、大陸縁辺部や、深海盆の形成にも関わったと推測される。全地球的玄武岩質火成活動と薄い海洋地殻の形成の最終段階には、海底の急激な傾斜と深海盆が形成形成された (Rudich, 1990 ; Frolova et al., 1992)。

南半球の膨張は今日まで継続しており、現在、それは北半球にまで拡がっている (図 12 ; Barkin, 2002)。

これらは、流体回転モデルによる地球構造圏の形成と発達の主要段階であり、その基本的なメカニズムでもある。この解釈の重要な利点は、共通のエネルギー源にもとづいて、地球の多くの構造特性と地史を説明することができる点にある。いずれの段階も、いずれの構造再編も、先行する諸段階から直接に引き続けているものである。南半球の厚い大陸の根の形成は、コアの上でのマントルの回転と、それにとまなう大陸の北半球への移動をもたらした。逆に、この移動が、南半球の膨張と全地球的中央海嶺系の形成を引き起こした。

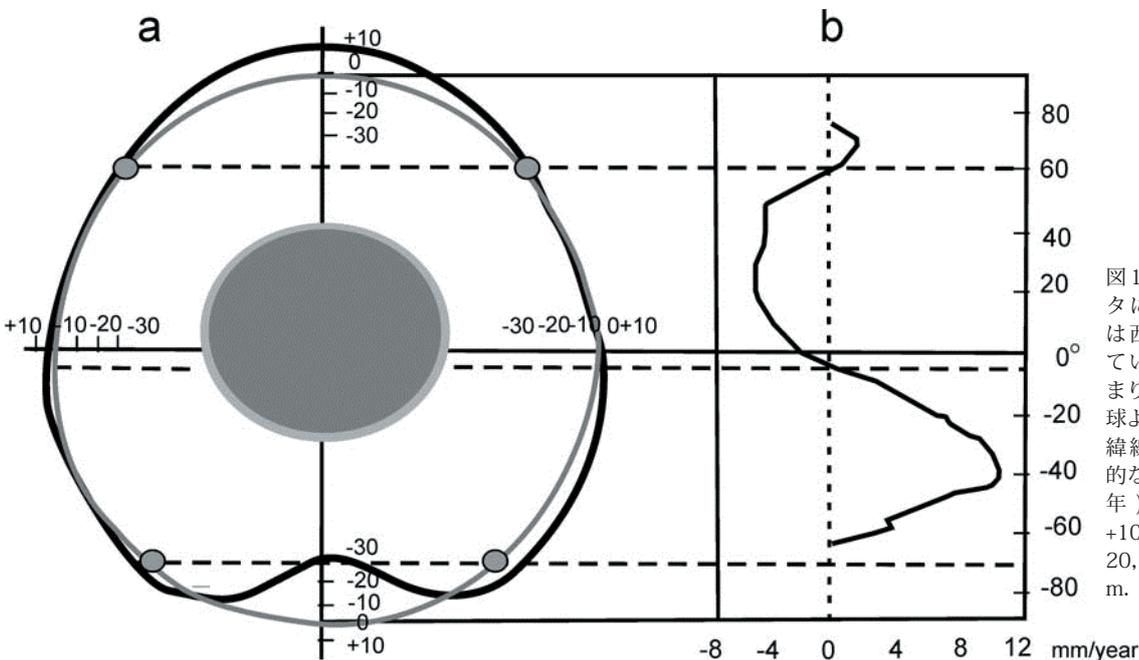


図 12 (a) 天文学データによると、地球は西洋なし型をしている(黒線):つまり、南半球は北半球よりも大きい。(b) 緯線の長さの永年的な変化速度(mm/年)(Barkin, 2009). +10, -10, -20, -30の単位はm.

これまで述べてきた地球造構運動の概念化は、地球科学のこれまでの諸研究に基づいており、多くの地球ダイナミクス概念を断片的にとりこんでいる。

3. 流体回転概念と他の全地球ダイナミクス概念との比較

広くみれば、プレートテクトニクスに代わるものとして、流体回転概念が展開されてきた。その主な課題は、プレートテクトニクスと造構圏の構造に関するデータの間の矛盾をとりのぞくことにある。さらに、他の概念、すなわち Belousov (1990) の内因説、地球膨張説 (Scalera and Jacob, 2003), Storetvedt (1997, 2003) のねじれテクトニクス、およびプリュームテクトニクスは、いくつかのテクトニクス作用の大きさと起源の説明かわるいくつかの違いを除けば、相互に矛盾することはない。流体回転仮説とこれらの研究は、全地球ダイナミクスにかかわる 1 つの概念に統合することが可能である。

このような統合の問題は、次の諸例に代表される。

3.1 プレートテクトニクス概念

流体回転概念は、プレートテクトニクスの教義に代わるものである。しかし、地球構造圏が地殻-リソスフェアプレート (あるいはブロック) に区分され、造構作用がこれらのプレート境界でもっとも鮮明に現れることを否定するわけではない。コアの外側でのマントル回転は、プレート間の複雑な相互作用をもたらす。造山帯や衝突帯を形成する。しかしながら、流体回転概念は、この相互作用のひろがり著しく制限し、いくつかの場合には、それらの起源も変化させる。上述のとおり地球は 2 つの全体的構造特性を示し、それらは、2 半球の区分、ならびに、大陸から海洋へ連続する長大な線構造である。これらの特性は、地球表面を動きまわるリソスフェアプレートの無秩序な運動に矛盾する。無秩序運動は古地磁気データの解釈に由来するものであるが、Storetvedt (1997) は、大陸性プレートの大規模な相対運動を想定することなく、これらのデータの説明が可能であることを示した。流体回転概念は、この結論に従ったものである。

プレートテクトニクスと地球構造圏構造との間のもう 1 つの重大な矛盾は、大陸の深い "根" の存在である。前述のように、これらの根は、最近の地震学的研究において正の速度異常として認識され、上部マントルのほぼ全体、すなわち深度 400km に達する (図 4)。このような造構領域は、深部マントル構造と対応していることが観測されている (Bott, 1971 ; Spakman et al., 1993 ; Pavlenkova, 1996)。リソスフェアプレート (厚さは 100 ~ 250km の範囲で変化) の大規模水平運動は、これらの根の存在に整合しない。これは、プレートテクトニクスに対する Belousov (1971) の主要な反論であり、表層構造と深層構造との対応関係が重視され、これらの関係は否定できないと主張された。もし大陸プレートが移動するとすれば、それは根とともに移動しなくてはな

らないからである。

回転流体概念は大陸 [複数] の運動も考察していて、コアを廻る全マントルの共通的回転によってすべてが説明される。それは、表層部構造と深部の根の間に観察された関係を否定することなく、大陸と海洋の構造的規則性を否定することなく、そして、全地球的リニアメントも保持することができる。しかし、流体回転概念は、地殻-リソスフェアプレートの局所的な水平回転運動 (それらが、全地球的規則性を壊すものでなければ) を否定するものではない。

プレートテクトニクスと同様、流体回転モデルにおいては、海洋リソスフェアの拡大が中央海嶺の形成に重要な役割をはたす。しかし、このモデルでは、この作用の規模が制限されている。太平洋、および、インド洋と大西洋の深海盆はこの作用によって形成されたのではなく、それらはより古く、深部流体の下部流動域に形成されたものである。その結果として、古期大陸地殻のいくつかの断片は現地で形成されたものであり、これらの断片は現在の海洋と、拡大域でも発見される (Pratt, 2000 ; Pogrebitsky and Truchalev, 2002 ; Choi and Vasiliev, 2008)。これらの発見を、古典的プレートテクトニクス (海洋地殻は、拡大の結果として全海洋域に形成されたと提案している) で説明することは困難である。

流体回転モデルにしたがうと、中央海嶺 [複数] は南半球で形成されたことになる。これは、プレートテクトニクスのもう 1 つの問題点—太平洋縁を除くと、すべての海洋縁に沈み込み帯が存在しないこと—を解消する (図 2)。

プレートテクトニクスにしたがえば、海洋リソスフェアスラブはマントル中を数 100km 以上にわたって沈んでいく。この解釈は、ベニオフ帯および太平洋の大陸縁下に観察される地震波高速度帯に沈み込み帯が一致するという仮定にもとづく (図 5)。

この解釈は、ずっと問題視されてきた。それらの異常帯の形状や地震波速度の絶対値 (上部マントルで 8.5km/s) を考慮すると、それらを海洋リソスフェアスラブによって説明することは困難である。つまり、リソスフェアスラブが深部においても低温を維持していたとしても、周囲の岩石の地震波速度とあまり違わない。海洋地殻の 8.5km/s という速度は、エクロジャイト化しているにしても、あまりにも大きいのである (エクロジャイトは高密度であるが、地震波速度は通常 8.0 ~ 8.2km/s である)。

流体回転概念は、ベニオフ帯を環太平洋に形成された深部断層帯と考える。このような地帯に存在する地震波高速度異常は、高応力域とそれに対応する成層物質を特徴づける。室内実験 (Letnikov, 2006) によれば、そのような物質は流体を浸透しやすく、それゆえに、そこは強力な流体流の通路になる。これらの通路の深さから判断すると、深部流体の供給源は流体核であろう。

ベニオフ帯を高圧断裂(破断)帯と解釈すると、大深度(≧200km)における活発な地震活動、ならびに観測される深発地震の発震機構を説明することができる。それらは、しばしば爆発的特性を示す(Balakina, 2002)。圧力流体がより低圧・低温域に移動すると、高圧域で圧縮された高密度流体が気化して、そのような爆発を引き起こすのだろう。このような上部球殻への上昇・相転移には、爆発がともなう。これは室内実験でも確かめられていて(Karpov et al., 1998)、重質炭化水素は深度約70kmに相当する温度圧力条件で爆発する。また、Gufeld et al. (1998)によると、岩石の物理-化学的变化が地震発生層の形成に重要な役割をはたし、いくつかの深度で物質の容積変化とエネルギーの大量放出が発生する。流体流はベニオフ帯の他の特徴、たとえば、固有の火成活動への大きな熱供給、大量の気体物質と火砕物質、活発な酸性火山活動などが説明される(Lutz 1994; Gordienko, 2007)。

3.2 内因的変動系概念

Belousov (1990) が提案したいくつかの内因的変動系—卓状地-地相斜系、造構-火成活動の活性化とリフト系、大陸地殻の海洋化(塩基性化)、などが実際に観察されることに議論の余地はない。それらの主要な起源は、マントル物質から放出され、流体によって供給される熱エネルギーである。深部マントルの上昇過程が、熱放出-多形概念をもちいて詳述された(Gordienko, 2007)。この過程では、リソスフェアの浸透性、および上昇物質に分配されたエネルギーと物質の量にしたがって、さまざまな内因的構造系が出現し、それらが、さまざまな造構域を形成することが明らかにされた。

プレートテクトニクスでは、さまざまなタイプの造山帯の形成に単一の作用が適用されるのが常である。この枠組みでは、大陸地殻の破壊と拡大の後の最初の段階で、1つの海洋(海洋地殻とオフィオライトをもつ盆地)が形成され、それは、玄武岩質火成活動(古期中央海嶺にともなうソレアイト質火成活動と島弧の兆候としてのカルクアルカリ質火成活動)によって特徴づけられる。それにつづく堆積期と海洋閉塞期は、造山帯に記録される。このようなシナリオが、地相斜系に代わって想定された。その主要な相違は、初期段階では、局所的な地相斜系ではなく海洋が、そして、最終段階では大規模な沈み込みスラブが形成されることである。

この解釈は、多くの造山帯にみられるオフィオライトと特定の火成活動が、海洋と島弧に特有なものであるとの仮定にもとづいている。しかし、Lutz (1994) は、オフィオライトと大陸性玄武岩質火成活動は海洋域のそれらとは別のものであり、局所的な海洋地殻ブロックだけがオフィオライトの形成に不可欠であることを示した。これらのブロックは、大陸性リフト内部にふつうにみられる。海洋は、大陸性リフト帯とは基本的に異なる。それらは、特定の地殻によってのみ特定されるものではなく、異な

るマントルによっても特定される。大陸内部における海洋の形成は、これまで観察され記述されてきた全地球的変動様式のすべてをうちこわし、そして、それがなぜ疑わしいかという理由にもなっている。造山帯にかんするプレートテクトニクスの枠組みにおいて、もし“海洋”が幅広いリフトに置き換えられるとすれば、このようなシナリオはBelousovの概念に矛盾することなく、1つの特有な内因的造構系として追加されるであろう。

海洋に発生するいくつかの他の造構系が、考慮されるべきである。その1つは、中央海嶺における海洋地殻の拡大である。もう1つの造構系はブラジル海盆やアンゴラ海盆のような深海盆に典型的にみられ、そこでは縞状磁気異常や海盆底地形の急変などが認められない。それは、平滑な海洋地殻におおわれた卓状地造構系に類似している。この地殻の起源については、あまり研究されていない。アンゴラ海盆では、磁気および重力異常がアフリカ大陸の異常と同じ方向を示し(Pogrebistsky, 1996)、この海洋地殻の年代が古いことを示唆する。そして、広域の大陸玄武岩も知られていて、それらが現在の地殻の形成に重要な役割をはたした。

もう一つの重要な造構系は大陸地殻の塩基性化であり、それは大陸縁に特徴的である。この作用は、今日では、地震学的・岩石学的方法でよく研究されている(Perchuk, 1987; Frolova et al., 1992; Orlenok, 2004)。それが北極域における地殻遷移様式の形成に決定的であることは明らかである。

大陸における深い堆積盆地や内海の形成を説明するために、塩基性化作用も提案されている。東ヨーロッパ剛塊の北極海陸棚延長部に分布するいくつかの深い堆積盆地は、亜海洋型地殻をもっている(Morosova et al., 1995; Pavlenkova, 1996; Roslov et al., 2009)。盆地深度は15~20kmで、固結地殻は厚さ10~15kmで、大きな地震波速度6.8~7.0kmを示す。それらは卵型の概形をもち、大規模な展張の証拠はない。同様の地殻構造は黒海とカスピ海南部に特徴的である(Pavlenkova, 1995)。このような盆地形成作用は、地殻の塩基性化作用によって説明されるだろう(Artushkov et al., 1980)。西ヨーロッパの薄い地殻も、同様な下部地殻の遷移によって説明されるかもしれない(Hynes and Snider, 1995)。

3.3 地球膨張概念

地球膨張にはさまざまな概念が存在し、それらは、天文学的および地質学的データにもとづく(Scalera and Jacob, 2003)。しかしながら、今日にいたるまで、膨張の速度と起源については不明確である。想定される膨張速度は、しばしば、海洋の大きさにもとづいて決定される。というのは、多くの概念において、海洋の形成が地球膨張による海洋リソスフェアの破断と膨張によって説明されているからだ。しかし、現在のところ、短期間(後

期古生代以降)のうちにそのような大規模膨張を可能にし、異なる地球構造圏をもつ海洋の起源が同じであることに十分な説明は行われていない。また、膨張の起源も説明されていない。

もっとも顕著な相違が、太平洋と他の海洋の間に認められる。太平洋の中央海嶺は、海洋の中央部にはなく、その縁辺部に存在する。大陸縁は太平洋をとりまく特有の弧を形成し (Bostock, 1997)、それに沿って震央の輪、すなわちベニオフ帯が形成されている。太平洋の地震の輪は、もう1つの全地球的な震央の輪—地中海-アジア地震帯—に直交する。環太平洋の地震の輪は、全マントルを斜断する地震波高速帯である (図 5)。

これらのすべての構造的特徴は、地球膨張による太平洋の起源の説明を疑わしくする。流体回転モデルにしたがうと太平洋は地球の初生的な構造要素であり、この惑星が低起伏および高起伏の2つの半球にわかれていることを検証する。太平洋をとりまく深部破壊帯の輪は、地球膨張の結果と考えられるだろう。

しかしながら、地球膨張は、規則的な中央海嶺系がみられる他のすべての海洋の形成に1つの重要な役割をはたす。この造構系の重要特性は南極に関して対称であることであり (図 2・図 3)、それが形成された古生代後期に南半球が膨張したことを示す。これは、天文学的データによって確認され (図 12)、今日では北半球に比べて南半球がいくぶん相対的に膨張傾向にある (Barkin, 2002)。

もし中央海嶺だけが膨張の結果として形成されたとすると、地球の放射状膨張は、全海洋面積から決定されている現在の膨張量 (2倍) よりも、はるかに小さくなるだろう。Maslov (2003) も、地表における重力の大きさと地質時代の1日の長さを用いて、起こりうる地球の半径変化が最大で25%であるとした。

いくつかの地球膨張の原因が考えられている (Scalera and Jacob, 2003)。それらのなかで、地球内部構造の変化ならびに核とより外側の球殻群の形成が重要な役割をはたしている。たとえば、地球半径はコアの形成後に増大し、その際に、全地球的環状震央分布—太平洋と地中海-アジア帯—が形成されたことを支持する。地球の脱ガス作用も、地球膨張の1つの重要な原因である。というのは、深部流体はマントル物質を大きく変化させ、厚い大陸性テクトスフェアを形成するからだ (Lutz, 1980, 1994; Letnikov, 2000)。

3.4 全地球ねじれテクトニクス概念

全地球ねじれテクトニクス概念は、プレートテクトニクスにとって代わる概念として、Storetvedt (1997, 2003) によって展開されてきた。彼の著書では、多数の地質・地球物理データが提示され、それらはプレートテクト

ニクスの主要な主張を論破し、多くの造構域と全地球的観点からこれらのデータに新しい解釈をもたらした。Storetvedt の概念のもっとも重要な点は、古地磁気データの新しい解釈である。データにもとづいて石炭紀～三畳紀に磁極が南半球から北半球へ大きく移動したことを解明し、大陸間の大規模な相対移動は起こらなかったことを示した。しかし、大陸ごとに同じ古地磁気極をうるには、諸大陸を”ねじる”ことが必要とされた (図 9a)。

流体回転概念には、ねじれテクトニクスとはいくつかの相違点がある。後者は磁極移動を地理的極移動によって説明し、いっぽう、流体回転モデルはコアの上でのマントル回転によって説明する。もう1つの相違は、海洋の起源にかんする説明である。Storetvedt は、”現在の海洋地殻がかつては厚い地殻をもつ大陸域であり、その後 (おもに白亜紀～古第三紀に)、地殻下におけるエクロジャイト化によって薄化した”と想定している。このような遷移は、事実として、大陸縁の地殻や深い堆積盆地の形成に典型がみられる (Perchuk, 1987; Frolova et al., 1992)。それが、北極海域における地殻タイプの転換の決定的要因になったことは明白である。西ヨーロッパの薄い地殻も、下部の塩基性化によって説明されるだろう (Hynes and Snider, 1995)。しかし、もしエクロジャイト化と塩基性化が、それほど広大な範囲にわたって大陸地殻の厚い (15～25km) 花崗岩-片麻岩層、ならびに厚い (300～400km) 大陸の根を完全に破壊したとすると、それは問題視される。そのような大陸地殻の破壊の際には、大量の珪酸とアルカリが発生するはずである (Lutz, 1994)。流体回転概念は、海洋のいくつかの部分 (おもに太平洋) は流体の低流速域にあって、そこでは厚い大陸性テクトスフェアは形成されなかった、と提案する。流体回転モデルは南半球の膨張という提案でも相違して、この膨張が中央海嶺を形成したとする。

3.5 地球脱ガス、プリュームテクトニクス

内因的造構系のほとんどは、全地球のおよび局所的なテクトニクスの主因として、マントル深部からの熱供給が重大な役割をはたしていることを証拠づける。流体の水平対流は、これらの作用を著しく加速し、活性化させる。それは、Belousov (1990) による造構-火成活動的活性化に類似するプリュームテクトニクスにおいて主要な役割をはたす。プリュームは深部流体の上部マントルにおける局所的放出であり、それらは大陸および海洋リソフェアの活発な造構的遷移の源であり、そして、地球の不均質な (しばしばパルス状の) 脱ガスによっても証拠づけられる。

私たちは、地質史を通じて大規模な造構的変化の主要な原因がコアからの大量の流体の放出 (スーパープリューム) にあったと想定することができる。この仮説は、環境災害をともなう造構運動と火成活動の活性期が一致することによっても証明される。たとえば、大気ガス組成の急変によってあらゆる生き物が死滅した最大の事変

が、シベリア洪水玄武岩の広域的噴出と同時に発生した (Bashorin, 2002). これは、造構作用と地球脱ガス作用が密接に関係していることを示唆する. 水素・ヘリウム供給量の測定にもとづく、地球脱ガスは今日まで継続している. それは、南半球においてもっとも活発で、南極上空に大規模なオゾンホールを形成する (Syvorotkin, 2002).

テクトスフェアという構造層も、流体の水平対流によって説明されうる. 前述のとおり、平和的核爆発を利用した長距離地震断面に関する詳細な研究 (Pavlenkova G. A. and N. I., 2006) によって、古期卓状地の大陸性リソスフェア中に低速度層と広域的反射境界がみだされた (図 6). この反射面は、交互する高速度と低速度によって示され、高い電気伝導度を示す (Hyndman and Shearer, 1989; Jones, 1992; Kovtun et al., 1994; Ionov et al., 2002). シベリアのキンバーライト研究 (Solov'eva et al., 1989) によると、これらの複合的地震境界はフィルム状溶融の兆候と考えられる. 地震波速度の構造と冷たい剛塊リソスフェア中での溶融の兆候は、温度だけでは説明できず、これらの層の中に多量の流体が含まれていることによって説明されうる. これらの層の形成過程は、次のように表現される. 流体は、その著しい可動性のために、多くのエネルギーを費やすことなく、すみやかに上昇する. 物質の Q 値と浸透率が変化するいくつかの深度において、流体は減速し、流体含有率が大きい層を形成する. このような流体は物質の物性を変化させ (Spencer and Nur, 1979; Kern, 1982, 1983), 岩石物性を変える (Fyfe, 1985; Menzies and Chazot, 1995; Walter, 1998). 比較的低圧条件下では、この流体が物質を部分溶融させ、低速度 - 高伝導度層を形成する.

こうして、流体の水平対流とそれらのいくつかの深度への集中の結果、流体力学的弱層がリソスフェア中に形成される. 物質はこの弱層に沿って流動し、それによって上層の水平・鉛直運動がひきおこされる. これら両種の運動は、あらゆる造構事件で顕著に認められる. 現在、南アフリカの隆起 (Bell et al., 2003) や北極海盆の傾動沈降のような、広域にわたる永続的鉛直運動が進行していることは明白である.

水平および鉛直運動とともに、大陸や個別的造構領域の回転も、地質史において重要な役割を果たしてきた. Balakina (2002) によると、カムチャツカ地域におけるベニオフ帯の発震機構は沈み込むリソスフェアのスラブモデルに調和せず、むしろ、大陸に対して海洋性リソスフェアが水平運動した結果であると理解される. これは、Storetvedt (1997) によるねじれ概念を確証する. ロシアの地質文献が関心をはらっているのはこの種の運動であり、それらは "vortex" (渦構造) あるいは環状構造を形成する (Milanovsky, 2007). それらの一部は、深部流体の渦構造に関係しているのであろう.

結 論

この論文で論述した流体回転概念は、地球科学諸分野 (地球物理学, 地質学, および地球化学) の最新の研究を総合して得られたものであり、全地球造山運動に関するこれまでの概念を発達させ、それらの内部的矛盾をとりのぞくことを可能にする.

提案された概念の名称は、地球ダイナミクスにおける 2 つの主要エネルギー源—地球とその球殻群の回転に起因する外的エネルギー源、ならびに、熱と流体水平対流を伴う地球脱ガスに起因する内的エネルギー源—の重要な役割を強調したものである. 流体回転モデルにしたがえば、テクトスフェアの発達過程に 3 つの主要ステージが認定される. 第 1 ステージ (始生代~原生代) には、地球の不均質脱ガスの結果として、深部流体流の主流部に大規模な大陸テクトスフェア塊が形成された. 始生代~原生代に形成された広大な大陸テクトスフェア領域は、南半球に位置していた. 厚い大陸の根の形成は、地球の分化球殻に不均衡状態をもたらした. その結果、古生代になると第 2 ステージが始まり、コアのまわりをマントルが回転しはじめ、大陸半球が北へ移動した. この変位が地球球殻の重心に新しい不均衡をうみだし、テクトスフェア発達史の第 3 ステージには、南半球の膨張と、南極を中心にして対称的に配置する海洋中央海嶺系が形成された. 流体回転モデルのおもな長所は、造構形成の主要ステージの間で連続している成因的關係である.

この論文で提案した地球ダイナミクスモデルは、プレートテクトニクスに代わるものへ発達する. プレートテクトニクスに反する論点は、次のとおりである: 地球の上部球殻の構造に観察された規則性、地殻と上部マントルの間の密接な対応関係、太平洋の輪にかぎられて存在するベニオフ地震帯の存在、海洋における古期大陸性地殻の存在、など. これらの現象は、海洋底拡大による海洋形成、リソスフェアプレートをそれらの深い根から分離させる大規模な可動性、および、表層におけるリソスフェアプレートのでたらめな運動が不可能であることを証明している.

流体回転概念の重要な点は、他の多くの概念—Belousov による内因的システム、脱ガスと膨張地球概念、プリュームテクトニクス、Storetvedt によるねじれテクトニクスのほとんどの要素—と共存することができることである. この概念は、地殻プレートの小規模な水平運動を排除せず、リソスフェアの造構的剥離をもたらし、また、局所的拡大の結果として海洋地殻を形成するので、固定論と移動論の間の主要矛盾を解消しうる.

文 献

- Araki, H., Tazawa, S., Noda, H., Ishihara, Y., Goossens, S., Sasaki, S., Kawano, N., Kamiya, I., Otake, H., Oberst, J. and Shum, C., 2009. Lunar global shape and polar

- topography derived from Kaguya-LALT laser altimetry. *Science*, v. 323, p. 897-900.
- Artemieva, I.M., Mooney, W.D., 2002. On the relation between cratonic lithosphere thickness, plate motions, and basal drag. *Tectonophysics*, v. 358, p. 211-231.
- Artushkov, E.B., Shlesinger, A.E. and Yanshin, A.L., 1980. The origin of vertical crustal movements within lithospheric plates. In: A.V. Bally (Ed.) *Geodynamics of Plate Interiors*. Am. Geophys. Union., *Geodyn. ser.*, v. 1, p. 37-51.
- Avsyuk, Yu.N. and Afanasieva, L.V., 1997. Astronomy information in geodynamic constructions. In: Shalpo, V.N. (Ed). *Problems of tectonosphere evolution*. Moscow, IPE RAN, p. 404-412 (In Russian)
- Avsyuk, Yu.N., Saltikovskiy, A.Ja., Genshaft, and Yu.S., 2007. Latitude activity of the magmatism, as evidence of the cycles in the tidal evolution of the Earth-Mon-Sun. *DAN RAS*, 413 (1), p. 66-67.
- Balakina, L.M., 2002. Subduction and earthquake mechanism. In: Shalpo, V.N. (Ed.). *Contestable aspects of plate tectonics and possible alternatives*. Moscow, IPE RAN, p.120-141 (In Russian)
- Barkin, Yu.V., 2002. To explanation of endogenous activity of planets and satellites and of its cycling. In: *Isvestija of Earth's Science, Russian Academy of Sciences*, v.9, p. 45-97.
- Barkin Yu.V., 2009. Moons and planets: mechanism of their active life. *Proceedings of International Conference "Astronomy and World Heritage: across Time and Continents"* (Kazan, 19-24 August). KSU, pp. 142-161.
- Barto-Kyriakidis, A. (Ed), 1990. *Critical aspects of the plate tectonics theory*. Theophrastus Publication, S.A., Athens, 435p.
- Bell, D., Schmitz, M. and Janney, P., 2003. Mesozoic thermal evolution of the southern Africa mantle lithosphere. *Lithos*, v. 71, p. 273-282.
- Belousov, V.V., 1979. Why do I not accept plate tectonics? *EOS*, v. 60, p. 207-211.
- Belousov, V.V., 1990. Endogenous regimes of continents and regularities of their development. *Mitt.Geol.- Paleont.Inst. Univ. Hamburg. Heft 69, Hamburg*, p. 251-265.
- Belousov, V.V. and Pavlenkova, N.I., 1984. Types of the Earth's crust of Europe. *Jour. of Geodyn.*, v. 1, p. 3-14.
- Benioff, E., 1954. Orogenesis and deep crustal structure – Additional evidence from seismology. *Geol. Soc. Am. Bull.*, v. 65, p. 385-400
- Bijwaard, H., Spakman, W. and Engdahl, E.R., 1998. Closing the gap between regional and global travel time tomography. *Jour. Geoph. Res.*, v. 103, B12, p. 30055-30078.
- Bott, M.H.P., 1971. The mantle transition zone as a possible source of global gravity anomalies. *Earth Planet Sci. Lett.*, v. 11, p. 28-34.
- Bott, M.H.P., Nielsen, P.H. and Sanderland, J., 1974. Evidence for continental crust beneath the Faeroe Islands. *Nature*, v. 248, p. 202-204
- Choi, D.R., 2007. Continental crust under the NW Pacific Ocean. *Journal of Petroleum Geology*, v. 10, p. 425-440.
- Choi, D.R. and Pavlenkova, N.I., 2009. Geology and tectonic development of the Pacific ocean. Part 5. Outer low gravity belt of the Great Pacific Ring structure. *NCGT Newsletter*, no. 50, p. 46-54.
- Choi, D.R. and Vasiliev, B.I., 2008. Geology and tectonic development of the Pacific Ocean. Part 4, Geological interpretation of seismic tomography. *NCGT Newsletter*, no. 48, p. 52-60.
- Dickins, J.M., 1994. The nature of the oceans or Gondwanaland, facts and fictions. In: *Gondwana nine, Ninth International Gondwana Symposium*, Hyderabad, India, p. 387-396
- Dickins, J.M., Choi, D.R. and Yeates A.N., 1992. Past distribution of oceans and continents. In: Chatterjee S. and Hotton N. III (Eds.), *New Concepts in Global Tectonics*. Lubock, TX. Texas Tech University Press, p. 193-199.
- Dmitrievskiy, A.H. and Valjaev, B.M. (Eds), 2002. *Earth outgasing: geodynamics, geofluids, oil and gas*. *Proceeding of the international meeting in memory of P.N. Krapotkin*, 20-24 May, Moscow, 235p. (In Russian)
- Dziewonski, A.M. and Anderson, D.L., 1984. Seismic tomography of the earth's interior. *American Scientist*, v. 72, p. 483-494.
- Egorkin, A.V., 1999. Study of the mantle by superlong geotraverses. *Physics of the Solid Earth*, no. 7-8, p. 114-130.
- Fountain, D.M., 1989. Growth and modification of lower continental crust in extended terrains: the role of extension and magmatic underplating. In: Mereu, R.F., Mueller, St., Fountain D.M. (eds.), *Properties and Processes of Earth's Lower Crust*. Am. Geophys. Un., *Geophys. Mon.* 51. p. 287-299.
- Frolova, T.I., Perchuk, L.L. and Burjakova, I.A., 1992. *Magmatism and transformation of active areas of the Earth's crust*. Oxford & IBH Publishing CO.PVT.LTD., New Delhi, 271p.
- Fuchs, K. (Ed.), 1997. *Upper mantle heterogeneities from active and passive seismology*, NATO ASI Series, (1. Disarmament Technologies - v. 17), Contribution N 336, International Lithosphere Program, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht. 366p.
- Fyfe, W.S., 1985. Fluids, tectonics and crustal deformation. *Tectonophysics*, v. 119, p. 29-36.
- Gilat, A and Vol, A., 2005. Primordial hydrogen-helium degassing, an overlooked major energy source for internal terrestrial processes. *HAIT Journal of Science and Engineering B*, v. 2, Issues 1-2, p. 125-167
- Gordienko, V.V., 2007. Advection-polymorphic hypothesis of deep processes in the tectonosphere. *Kiev. Subotin's Institute of Geophysics*. 170p. (In Russian).
- Gossler, J. and Kind, R., 1996. Seismic evidence for very deep roots of continents. *Earth and Planetary Science Letter*, v. 138, p.1-13.

- Grant, A.C., 1980. Problems with plate tectonics: the Labrador Sea. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, v. 28, p. 252-278.
- Guffeld, I.L., Gusev, G.A. and Matveeva, M.I., 1998. Metastability of the lithosphere as the evidence of the uplifting light gas diffusion. *DAN*, v. 362, no. 5, p. 677-680.
- Hyndman, R.D. and Shearer, P.M., 1989. Water in the lower continental crust: modelling magnetotelluric and seismic reflection results. *Geophys. Jour. Int.*, v. 98, no. 2, p. 343-365.
- Hynes, A. and Snider, D.B., 1995. Deep-crustal mineral assemblages and potential for crustal rocks below Moho in the Scottish Caledonites. *Geophys. Jour. Int.*, v. 123, p. 323-339.
- Ionov, D., Bodinier, J., Mukasa, S. and Zanetti, A., 2002. Mechanisms and Sources of mantle Metasomatism: Major and Trace Element Composition of Peridotite Xenoliths from Spitsbergen in the Context numerical Modelling. *Jour. of Petr.*, v. 12, p. 2219-2259.
- Jeffreys, H., 1976. *The Earth. Its origin, history and physical constitution*. Cambridge University Press, London. 574p.
- Jones, A.G., 1992. Electrical conductivity of the continental lower crust. In: Fountain D.M., Areulus R. and Kay R.W. (Eds.), *Continental lower crust. Development in Geotectonics 23*, Elsevier, p. 81-143.
- Jordan, T.H., 1979. The deep structure of the continents. *Scientific American*, v. 240, p. 70-82.
- Karpov, I.K., Zubkov, V.S., Bichinskiy, V.A. and Artimenko, M.V., 1998. Detonation in the mantle flow of hydrocarbons. *Geology and Geophysics*, v. 39, no. 6, p. 754-762.
- Keith, M.L., 1993. Geodynamics and mantle flow: an alternative Earth model. *Earth-Science Reviews*, v. 33, p. 153-337.
- Kern, H., 1982. Elastic-wave velocity in the crustal and mantle rocks at the high-low quartz transition and of dehydration reactions. *Phys. Earth. Planet Int.*, v. 29, p.1-23.
- Kern, H.M., 1993. Physical properties of crustal and upper mantle rocks with regards to lithosphere dynamics and high pressure mineralogy. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v. 79, p.113-136.
- Kovtun, A.A., Vagin, S.A., Vardanyants, I.L., Kovkina E.L. and Uspenskii N.I., 1994. Magnetotelluric sounding of the crust and mantle structure in the eastern Baltic Shield. *Physics of the Solid Earth*, v. 3, p. 32-36.
- Khramov, M.N., 1983. *Paleomagnetic studies*. Nauka, Moscow, 151p. (in Russian)
- Larin, V.N., 1995. Hypothesis of the original hydride Earth (new global conception). Moscow, Nedra. 101p. (In Russian)
- Leonov, Yu. G., Kissin, I.G. and Rusinov, V.L. (Eds.), 2006. *Fluids and geodynamics*. Moscow, Geological Institute RAS. Nauka, 283p. (In Russian)
- Letnikov, F.A., 2000. Fluids regime of endogenous processes in the continental lithosphere and problems of metallogeny. In: Runkvist, D.V. (Ed.), *Problems of Global Geodynamics*, GEOS, Moscow, p.204-224. (In Russian).
- Letnikov, F.A., 2006. Fluids regime of endogenous processes and problems of metallogeny. *Geology and Geophysics*, v. 47, no. 12. p. 1296-1307.
- Lutz, B.G., 1980. *Geochemistry of continental and oceanic magmatism*. Moscow, Nedra. 125p. (in Russian)
- Lutz, B.G., 1994. Magmatic geotectonics and the problems of the Earth's continental and oceanic crust formation. *Regional geology and metallogeny*, no. 3, p.5-14.
- Makarenko, G.F., 1997. Periodicity of the basalts, biocrisis and structure symmetry of the Earth. *Geoinformmark*, Moscow, 96p. (In Russian)
- Makris, J., Lange, K., Savostin, L. and Sedov, V., 1995. A wide-angle reflection profile across the Iceland - Faeroe Ridge. In: Croker P.F., Shannon P.M. (eds). *The petroleum Geology of Iceland's Offshore Basins*, Geological Society Special Publication, no. 93, p. 459-466.
- Maslov, L., 2003. Quantitative limits of the change of the Earth's radius using palaeogravity and palaeorotation data. In: G. Scalera and K.-H. Jacob (Eds.). *Why expanding Earth? INGV Publishers*, Roma, Italy, p. 407-410.
- Munk, W.H. and MacDonald, G.J.F., 1975. *The rotation of the Earth. A geophysical discussion*. Cambridge University Press, London. 323p.
- Meyerhoff, A.A. and Meyerhoff, H.A., 1974. Tests of plate tectonics. In: Kahle, S.F. (ed.), *Plate Tectonics – Assessments and Reassessments. Memoir 23*, Tulsa, OK: American Association of Petroleum Geologists, p. 43-145.
- Meyerhoff, A.A., Agocs, W.B., Taner, I., Morris, A.E.L. and Martin, B.D., 1992. Origin of midoceanic ridges. In: Chatterjee S. and Hotton N. III (Eds.), *New Concepts in Global Tectonics*. Lubock, TX. Texas Tech University Press, p.151-178.
- Menzies, M. and Chazot, G., 1995. Fluid processes in diamond to spinel facies shallow mantle. *Jour. Geodynamics*, v. 20, no. 4, p. 387-415.
- Milanovsky, E.E. (Ed.), 2007. *Processes of the rotation in geology and physics*. Moscow, Komkniga, 528p. (In Russian)
- Morosova, E.A., Pavlenkova, N.I. and Herbst, R., 1995. Seismic model of south-east part of the Barents Sea and ununiqueness of its determination. *Physics of the Earth*, v. 2, p. 73-83.
- Mooney, W. D., 2007. *Crust and Lithospheric Structure – Global Crustal Structure. Treatise on Geophysics*, v. 1: Seismology and Structure of the Earth. (Eds. B.Romanowicz and A.Dziewonski). Elsevier. p. 361-417.
- Nikolaevsky, V.N., 1985. Mechanics of fluid-saturated geomaterials: discussor's report. In: Z. Bazant (Ed.), *Mechanics of Geomaterials*. Wiley, NY, p. 379-401.
- Orlenok, V.V. (Ed.), 2004. *Oceanization of the Earth – an alternative of neomobilism (Collected scientific articles)*. Publisher of the Kaliningrad State University, 267p. (In Russian)

- Pavlenkova, G.A. and Pavlenkova, N.I., 2006. Upper mantle structure of the Northern Eurasia from peaceful nuclear explosion data. *Tectonophysics*, v. 416, p. 3-52.
- Pavlenkova, N.I., 1988. The nature of seismic boundaries in the continental lithosphere. *Tectonophysics*, v. 154, p. 211-255.
- Pavlenkova, N.I., 1995. Structural regularities in the lithosphere of continents and plate tectonics. *Tectonophysics*, v. 243, p. 223-239.
- Pavlenkova, N.I., 1996. Crust and upper mantle structure in Northern Eurasia from seismic data. In: *Advances in Geophysics*, Academic Press, Inc. (Eds. Dmowska, R. and Saltzman, B.), v.37, p. 1-134.
- Pavlenkova, N.I., 1998. Endogenous regimes and plate tectonics in Northern Eurasia. *Phys. Chem. Earth*, v. 23, no. 7, p. 799-810.
- Pavlenkova, N.I., 2005. Fluids-rotation conception of global geodynamics. *Bull. Soc. Geol. It., Volume Speciale*, n. 5, p. 9-22.
- Pavlenkova, N.I., Pogrebitsky, Yu.E. and Romanjuk, T.V., 1993. Seismic-density model of the crust and upper mantle of the South Atlantic along Angola-Brazil geotraverse. *Physics of the Solid Earth*, v. 10, p. 27-38.
- Pavlenkova, N.I. and Zverev, S.M., 1981. Seismic model of Iceland's Crust. *Geologischau Rundschau*, v. 70, p. 1-6.
- Perchuk, L.L., 1987. Basification as magmatic replacement. *Sketches of Physics-Chemistry Petrology*, 14. Moscow, Nauka, p. 39-64
- Pogrebitsky, Yu.E. (Ed.), 1996. The lithosphere of the Angola basin and the east part of the South Atlantic Ridge (results of the studies along Angola-Brazil geotraverse). *PGQ «Sevmorgeo»*, 176p.
- Pogrebitsky, Yu.E. and Truchalev, A.P., 2002. Problems of the Mid-Atlantic Ridge formation in connection with composition and age of its metamorphic rocks. In: Shalpo, V.N. (Ed.), *Questionable aspects of plate tectonics and possible alternatives*, Moscow, IFZ RAN, p. 189-203.
- Pollack, H.N. and Chapman, D.S., 1977. On the regional variation of the heat flow, geotherm and lithospheric thickness. *Tectonophysics*, v. 38, p. 279-296.
- Pratt, D., 2000. Plate tectonics: a paradigm under threat. *Jour. of Scientific Exploration*, v. 14, no. 3, p. 307-352.
- Pronin, A.P. and Bashorin, V.N., 2002. Fluids activity of the Earth and the nature catastrophes, risks. In: Dmitrievsky, A.H. and Valjaev, B.M. (Eds.), *Earth outgassing: geodynamics, geofluids, oil and gas. Proceeding of the international meeting in memory of P.N. Krapotkin*, 20-24 May, Moscow, GEOS, p. 61-63. (In Russian)
- Pusharovskiy, Yu.M., 1997. Main tectonic anti-symmetry of the Earth: Pacific and Indo-Atlantic segments and their relation. In: A.S. Perfilov and YU.N. Rasnizin (eds.), *Tectonic and geodynamic phenomena*. Moscow, Nauka, p. 8-24. (In Russian)
- Radionova G.F. and Dechtjareva, K.I., 1986. Hypsometrical peculiarities of the Moon and of the Earth's group planets. In: Shevchenko V.V. (Ed.), *Problems of the combined studies of the Moon*. Moscow University Publication, p. 56-71. (In Russian)
- Richardson, K.R., Smallwood J.R., White, R.S., Snyder D.B. and Maguire, P.K.H., 1998. Crustal structure beneath the Faeroe Islands and Faeroe-Iceland Ridge. *Tectonophysics*, v. 300, p. 159-180.
- Roslov, Yu.V., Sakoulina, T.S. and Pavlenkova, N.I., 2009. Deep seismic investigations in the Barents and Kara Seas. *Tectonophysics*, v. 472, p. 301-308.
- Rudich, E.M., 1990. The world ocean without spreading. In: A. Barto-Kiriakidis (Ed.) *Critical aspects of the plate tectonics theory*. v. 2, Theophrastus Publication, S.A. Athens. p. 343-396.
- Scalera, G. and K-H Jacob (Eds), 2003. *Why expanding Earth? A book in honour of Ott Christoph Hilgenberg*. Instituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, INGV Publishers, Roma, Italy. 465p.
- Shalpo, V.N. (Ed.), 2002. *Contestable aspects of plate tectonics and possible alternatives*. Moscow, IPE RAN, 234p. (In Russian)
- Shannon, P.M., Jacob, A.W.B., Makris, J., O'Reilly, B. and Hauser F., Vogt, U., 1994. Basin evolution in the Rocholl region, North Atlantic. *First break*, v. 12, no. 10, p. 515-522
- Solov'eva, L.V., Vladimirov, B.M., Kiselev, A.I. and Zavijalov, L.L., 1989. Two stages of mantle metasomites of deep xenoliths from Jakutija kimberlite and their relation to lithosphere. (in Russian)
- Spakman, W., Van der Lee, S. and Van der Hilst, R., 1993. Travel-time tomography of the European-Mediterranean mantle down to 1400 km. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*, v. 79, no. 1, p. 3-74.
- Spencer, Y.W. and Nur, A.M., 1979. The effect of pressure, temperature and pore water on velocities in Westerly Granite. *Jour. Geophys. Res.*, v. 81, p. 849-904.
- Storetvedt K., 1997. *Our evolving planet: Earth history in new perspective*. Bergen, Norway: Alma Mater, 456p. Storetvedt, K.M., 2003. *Global wrench tectonics*. Fagbokforlaget. 397p.
- Syvorotkin V.M., 2002. Deep degassing of the Earth and global catastrophes. Moscow, OOO Geoinformcentre. 250p. (In Russian)
- Udintsev, G.B. (Ed.), 1996. *Equatorial segment of the Mid-Atlantic Ridge*. IOC Technical Series, no. 46, UNESCO.
- Udintsev, G.B. and Koreneva, E.V., 1982. The origin of aseismic ridges of the eastern Indian Ocean. In: Scrutton, R.A. and Talwani, M. (Eds.), *The Oceanic Floor*, Chichester. John Wiley & Sons, p. 204-209
- Walter, M.J., 1998. Melting of Garnet Peridotite and the Origin of Komatiite and Depleted Lithosphere. *Jour. Petrol.*, v. 39, p. 29-60.
- Wezel, F.-C., 1992. Global change: three-dimensional geotectonics modulated by rhythmic earth pulsation. In: Chatterjee S. and Hotton N. III (Eds.), *New Concepts in*

Global Tectonics. Lubbock, TX. Texas Tech University Press, p. 421-439
 Wilson, J.T., 1954. The development and structure of the crust. In: Kuiper, G.P. (Ed.), The Earth as a planet, Chicago Univ. Press., Chicago, p. 138-214.

Zamanskii, Yu.Ya., Ivanova, N.N., Langinen, A.E. and Sorokin, M.Yu., 2003. Seismic studies in the Arctica-2000 geotraverse. Physics of the Solid Earth, v. 39, no. 6, p. 453-463.

短 報 SHORT NOTES

2012年4月11日北東インド洋巨大地震を規制した地質構造

GEOLOGICAL STRUCTURE WHICH CONTROLLED THE GIGANTIC 11 APRIL 2012 NORTHEASTERN INDIAN OCEAN EARTHQUAKES

Dong R. CHOI

Raax Australia Pty Ltd <raax@ozemail.com.au>

(久保田 喜裕 [訳])

要旨：2012年4月11日に北東インド洋（北部スマトラ沖）の深海部で起きた二つの巨大地震は、地殻を境するNE-SW方向の大規模な断層とそれに直交する基盤海嶺 (basement ridges) との会合部で発生した。このような構造的背景は、2011年東日本（東北）巨大地震や2004年12月26日 (Boxing Day) スマトラ地震のように、多くの大地震に見られる。次の事実—1) 多くの大地震がかなり離れた場所で起きていて、それらの場所では、これまで何十年も何世紀も大規模な地震の記録がないこと、2) 世界中の巨大地震の数と規模が劇的に増大していること—は、近年、驚くべき量のエネルギーが外核から放出されていることを意味し、さらにマウンダー極小期 (1645-1715年) に匹敵する大規模な太陽低活動期に入ったことを示唆している。

キーワード：2012年4月11日北東インド洋地震，構造規制，マントル・地殻の高まり，ブロック境界断層

はじめに

2つの大地震が、2012年4月12日に、北東インド洋の深海底を揺さぶった (図1; BBC News, <http://www.bbc.co.uk/news/world-asia-17675399>)。これらの地震は次のいくつかの特徴をもつ：1) 海溝からはるか沖合に100～300kmも離れて発生した；2) 2つの巨大なマグニチュードの地震 (M8.6と8.2) が、互いに200kmほど離れた場所に、2時間をおいて発生した。ニュースを聞いたときの私の最初の反応はこうであった：どのようにして、地震エネルギーが深海底の離れた地域へ到達したのか。この疑問によって、私はこれらの地震の総合的な地震-地質解析をすることになった。以下、これらの地震の構造規制に焦点を当て、その特色について簡潔に述べる。

地質および2012年4月12日北東インド洋地震

問題の地震は、西はNinetyeast Ridgeの北部セグメントから東は基盤リッジ (南方延長はスマトラ-ジャワ海溝

の西側斜面をつくる) にいたる広い海域で起こっている (図1)。この海域は後期白亜紀に沈水し、先カンブリア系の大陸地殻が分布している (Jatkevitch, 2000; Choi,

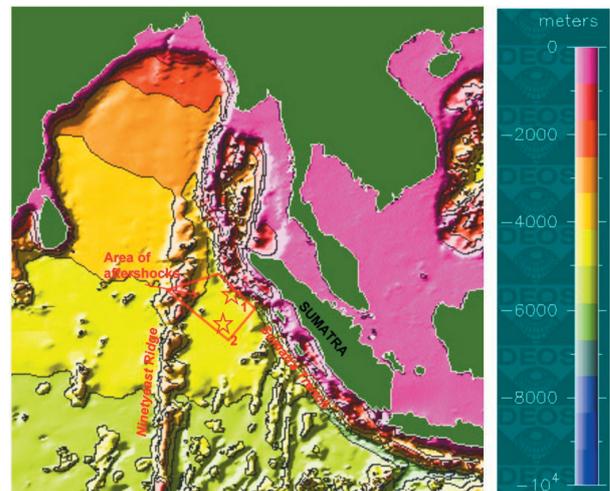


図1. 海底地形図 (DEOSサイトより引用)。赤星は2012年4月11日の本震。1：M8.6，深度20km，2：M8.2，深度25km。

2006 and 2007 ; Yano et al., 2011). この調査域やスマトラ島北部沖では、スマトラ海溝がなく、したがって、プレートのもぐり込みはこの海域へ適応できない。

本震と余震の分布が、重力異常方向と比較して、図2に示されている。の本震と余震はすべて、顕著な重力の高まりか基盤リッジに、とくにそれらの縁辺部に位置している。

図3は私の以前の研究 (Blot and Choi, 2006) から引用した地質図で、地震の分布と比較してある。明瞭なのは、両地震とも基盤リッジと大規模断層上に位置しているこ

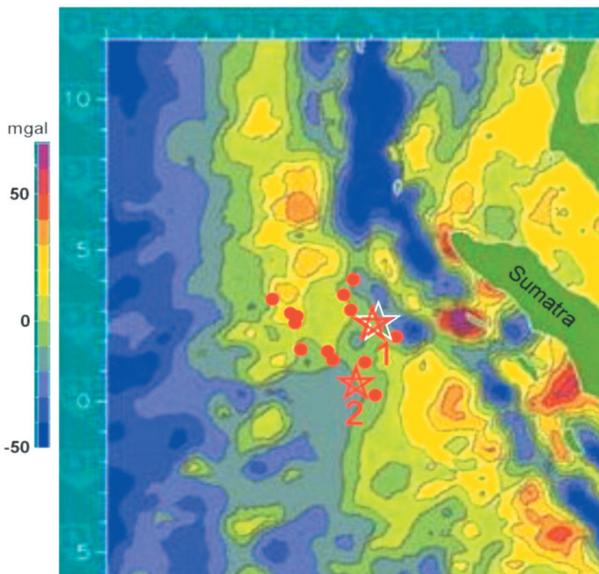


図2. DEOS重力図。赤星は2012年4月11日本震。1：M8.6, 深度20km, 2：M8.2, 深度25km。赤丸は余震。白星は2012年1月10日の本震 (M7.2, 深度38km)。すべての本震・余震は基盤リッジ上に、とくにその縁辺部に位置している。海溝は連続しないので、スマトラ北部で消滅してしまうことに注意。

とである一ひとつはスマトラ全島を覆う広大な高まりの北縁を境するNE-SW断層、もうひとつはN-Sリニアメント上である。後者は、3ヶ月前の2012年1月10日に発生した別個の大規模地震 (M7.2) を宿している (図2の白星)。

エネルギーの流路

上述の構造方向は、深海底で発生した4月11日と1月10日の地震へのエネルギー流路を想定させる。角田 (2010) は環太平洋縁の地震と火山のエネルギー導管を研究した：スマトラは南太平洋に端を発するスマトラ-中国 (SC) ルートに属する。角田の了解のもと、私は、熱エネルギーは2004年12月26日 (Boxing Day) 地震を引き起こしたNE-SWブロック境界断層に沿って閉じ込められていたと考えている。

興味深いことに、2004年12月26日の地震とちょうど同じ場所で、38kmの深度に、2010年5月9日にM7.2の地震が起こった (図3の青色星印 no. 1)。それは、2004年12月26日の地震の半年後であった。この2010年の地震エネルギーは、NE-SWブロック境界断層が交差する最上部マントルに沿って、南東方 (ここではマントルが浅部に現れている) から移動してきたと考えられる。さらに補充されたエネルギー源が中部スマトラ沖で2009年9月30日のM7.6地震として発現したのであろう (図3の青色星印 no. 2)。スマトラの火山の多くが2007年の地震後に不活発になった (Choi and Tsunoda, 2011)。このことは、2007年の後にスマトラを通過した熱の大部分は、移動の最中に火山噴火によって失われてはいなかったことを意味している。

私は、南東方から深海底の構造的高まり (基盤リッジ) へ移動してきたSCルートに沿って流れる強いエネル

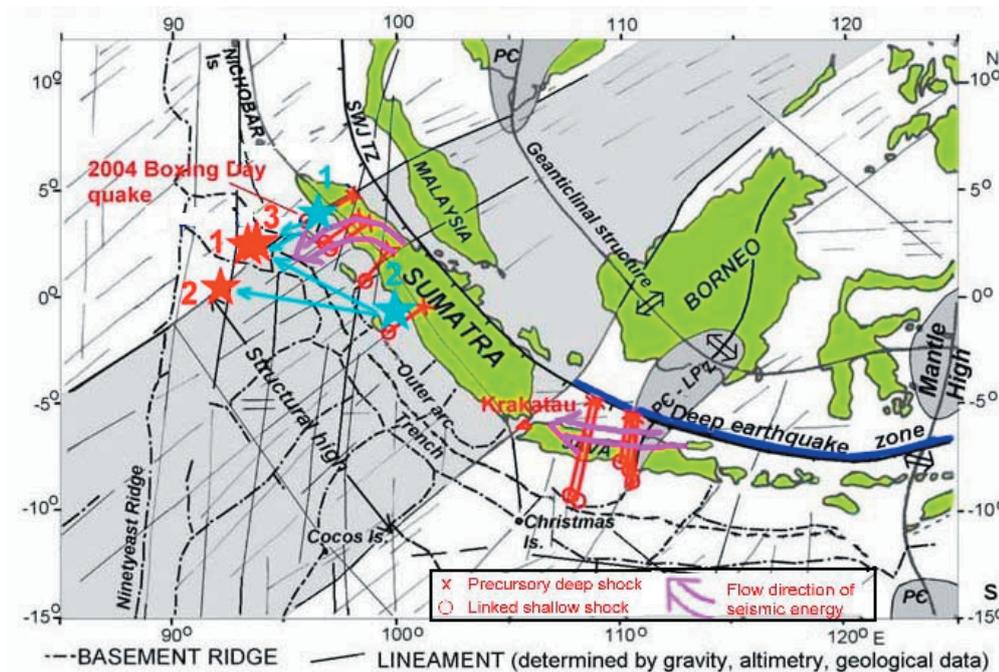


図3. インドネシアの構造図 (Blot and Choi, 2006 and 2007b), 地震分布, および地震エネルギーの流向。赤星は2012年の地震→1：2012年4月11日, M8.6, H=20km, 2：2011年4月12日, M8.2, H=25km, 3：2011年1月10日, M7.2, H=19km。青星は2012年以前の主要地震 (恐らく2012年地震に関連) →1：2010年5月9日, M7.2, H=38km, 2：2009年9月30日, M7.6, H=81km。2004年12月26日 (Boxing Day) 地震は、青星 no. 1と同じ場所で発生した。浅発および深発地震の関連についてはBlot and Choi (2006)を参照。地震発生時の構造規制に注意：2012年の地震は重力の高まり (基盤リッジ) と断層上に位置している。

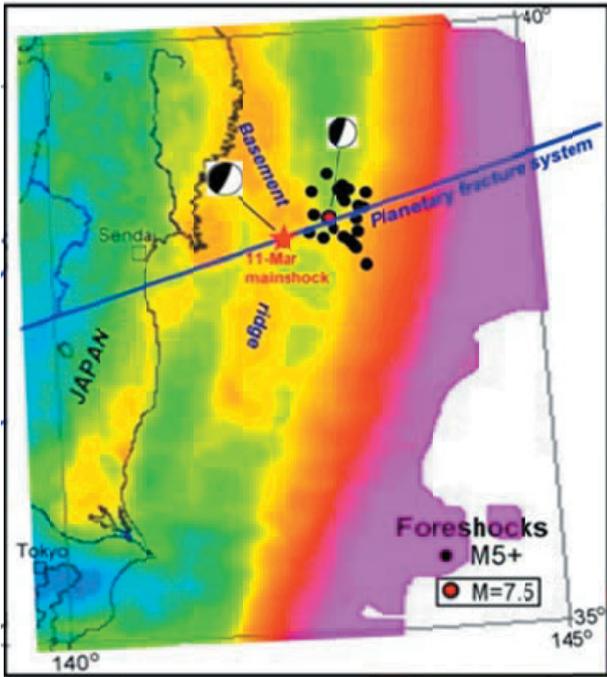


図4. 2012年3月東日本巨大地震の前震および本震。これらの地震は、基盤リッジと地球規模の断裂系の会合部で発生。これは地震発生における構造規制を示す多くの例のうちの一つ。Choi (2011) による。

ギーが集積し、2012年4月11日の巨大地震を引き起こしたと考えている。

議論と結論

構造図と図2・図3に示される震央とを比較すると、地震エネルギーがマントルと地殻の構造的高まりに移動し、集積されるという我々の見方をいっそう補強してくれる。さらに、地震の発生とエネルギーの移動は地質によって規制されているということも。

この研究は、地震発生の起源として、NE-SW 深部断裂系（しばしば地球規模）と直交方向の基盤リッジ（あるいはマントル/地殻の高まり）の重要性に光を当てる。深部断裂と基盤リッジの結びつきは、多くの巨大地震で一般的に観察される；良く研究されたいくつかの事例は、東日本巨大地震（図4：Choi, 2011）および2006年千島沖地震（Blot and Choi, 2007a）である。私はこの構造的背景はいくつかの大規模鉱物資源にも適応できることに気づいた。したがって、それらは、地震の源と発生を規制する地球の基本構造である。

本論で議論した遠く離れた沖合の地震は、地球の外殻は近年膨大な量のエネルギー放出し続けていることを想起させる。最近の壊滅的地震のいくつかは相互に遠く離れた場所で発生しているが、そこは歴史的に何十年、何世紀も地震活動が全くあるいはほとんど知られていない場所でもある。2011年2月のクライストチャーチ地震（ニュージーランド）が、その一つの例である。このことは、地震エネルギーが、長い間不活発であった古い

チャンネルを通っていたこれまでよりも、さらに速く到達していることを意味している。この傾向は、地球の上部マントルが強い熱エネルギーによって充たされるであろう今後は、さらに顕著になるであろう。Casey (2010, 2011) が主張したように、このことはマウンダー極小期（1645-1715）と同様の太陽活動の大規模な低下期や休止期の到来に関連しているようで、それは我々の地震と火山の研究によって支持された (Choi and Maslov, 2011；Choi and Tsunoda, 2011)。

謝辞：本論を改善に有益なコメントを頂いた角田史雄、John Casey, David Pratt の諸氏に心より感謝する。

文献

- Blot, C. and Choi, D.R., 2006. The great southern Java earthquake on July 17, 2006 and its tectonic perspective. NCGT Newsletter, no. 40, p. 19-26.
- Blot, C. and Choi, D.R., 2007a. The great twin earthquakes in late 2006 to early 2007 in the Kuril Arc: their forerunners and the seismicity-tectonics relationship. NCGT Newsletter, no. 43, p. 22-33.
- Blot, C. and Choi, D.R., 2007b. The great September 12, 2007 Southern Sumatra earthquake, as predicted by the seismic energy transmigration concept – Part 1. NCGT Newsletter, no. 44, p. 38-42.
- Casey, J., 2010. Correlation of Solar Activity Minimums and Large Magnitude Geophysical Events, Research Report 1-2010 (Preliminary), March 1, 2010, Space and Science Research Center (SSRC).
- Casey, J., 2011. Cold Sun. Trafford Publishing, Bloomington, Indiana, USA. 130p.
- Choi, D.R., 2006. Where is the subduction under the Indonesian arc? NCGT Newsletter, no. 39, p. 2-11.
- Choi, D.R., 2007. Borneo-Vanuatu Geanticline and the tectonic framework of Southeast Asia and the Indian Ocean. NCGT Newsletter, no. 42, p. 18-25.
- Choi, D.R., 2011. Geological analysis of the Great East Japan Earthquake in March 2011. NCGT Newsletter, no. 59, p. 55-68.
- Choi, D.R. and Maslov, L., 2010. Earthquakes and solar activity cycles. NCGT Newsletter, no. 57, p. 85-97.
- Choi, D.R. and Tsunoda, F., 2011. Volcanic and seismic activities during the solar hibernation periods. NCGT Newsletter, no. 61, p. 78-87.
- Jatskevich, B.E. (ed.), 2000. Geological map of the world. 1:15,000,000. Ministry of Natural Resources of Russian Federation. Russian Academy of Sciences.
- Tsunoda, F., 2010. Habits of earthquakes. Part 3: Earthquakes in the Japanese Islands. NCGT Newsletter, no. 55, p. 35-65.
- Yano, T., Vasiliev, B.I., Choi, D.R., Miyagi, S., Gavrilov, A. and Adachi, H., 2011. Continental rocks in the Indian Ocean. NCGT Newsletter, no. 58, p. 9-28.

いくつかの天体 (地球, 月, 火星, 衛星フォボス, フィービー, ミランダ, ルテティア) 上の規則波で形成された地形としての大規模凹地とジオイド極小:
インド洋におけるジオイド極小造構現象の宇宙的意義

OUTSTANDING LARGE DEPRESSIONS AND GEOID MINIMA ON SOME CELESTIAL BODIES AS REGULAR WAVE WOVEN FEATURES (EARTH, MOON, MARS, PHOBOS, PHOEBE, MIRANDA, LUTETIA): COSMIC SENSE OF THE INDIAN GEOID MINIMUM TECTONIC PHENOMENON

Gennady G. KOCHEMASOV

IGEM RAS, 35 Staromonetny, 119017 Moscow, Russia <kochem.36@mail.ru>

(久保田 喜裕 [訳])

要旨: 大きな惑星から小さな衛星や小惑星 (質量が観測できていないことがしばしばある) におよぶさまざまな天体の表面にみられる巨大な孤立した凹地の起源は, ながらく未解決な問題となってきた. この問題は, “すべてを説明する巨大な隕石衝突” に関連づけられている. 実際には, 前述の凹地はさまざまな天体において同様のサイズと形態を示すので, そのような見解は疑わしい. 加速度が周期的に変化するケプラー軌道上ではどんな天体をも歪ませる定常波 (standing waves) を横切る場にこそ, より総合的な解釈が潜んでいる. この波の干渉が, 多くの天体に見つかる造構性分割と区画化をつくり出す. インド洋海盆の起源に関するプレートテクトニクス仮説は受け入れられない.

キーワード: 造構凹地, 分割, インド洋のジオイド極小域, 南極-エイトケン (Aitken) 盆地, Stickney クレーター

はじめに

惑星や衛星の大規模凹地やジオイド極小域は充分理解されていない (得体が知れない) が, 規則波 (regular wave) によって形成されたと考える方が, 大きな隕石衝突によると考えるよりも納得できる (Kochemasov, 2010). その主な理由は, 重複波の通過による干渉がどんな天体をもゆがめ, こうして形成された規則的な分断網 (a regular sectoral network) に, 同様の形態がみられるからである (図 1・2). このような波は, 加速度が変化するケプラー楕円軌道の変動のため, 天体に出現する. この基本波は全域的に造構的二極分化を生み出す. すなわち, 最初の倍音波 2 (overtone wave2) がそれに重なって分割し, 上昇および下降ブロックの規則的な網状組織を形成する (Kochemasov, 1998a, b, c, 1999, 2004). このようにして, 深く沈降し分断されたブロックが, 隆起した高地区の中に形成され, 半球ができる (Kochemasov, 2010). この種の例は, 図 3 ~ 図 10 のように, さまざまな天体上にみられる. 月の南極-Aitken (SPA) 盆地, 地球のインド洋のジオイド極小域, 火星のヘラス プラニティア (Hellas Planitia), フォボス (Phobos) のスティックニー クレーター (Stickney Crater), ミランダ (Miranda) の卵形区, フィービー (Phoebe) の 1 区画, ルテティア (Lutetia) の 1 区画が, それらである.

さまざまな等級や体積をもつ天体に, 同じ大きさや形態をもつ惑星規模の凹地がみられる. それらの起源を, 当然のことながら, 不規則な衝突にもとめることはできず, ほぼ規則波の作用に結びついている. 応力を生じ, 外形を作り上げるねじれ波 (warping waves) は, フォボスやルテティアなどの小さな天体に交差する線として, それらの軌跡を残している.

もうひとつの天体である地球は, 二つの部分 (segments) - 4 方向への重複ねじれ波 1 (長さ $2\pi R$) の干渉により形成された半球—に基本的に分割 (division) されている (Kochemasov, 1999). 半球の一つは隆起 (大陸, 高地) し, 反対側は沈降 (海洋, 低地) した. 波 2 (扇形) によ

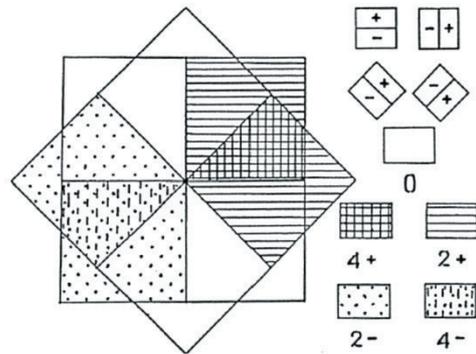


図 1 4つの波の干渉による平坦な幾何学モデル. 分割 (二分性) と区域 (Segmentation (dichotomy) and sectoring). 頭の中でそれを地球全体に覆う必要がある. 4+ と 2+ は異なる上昇ブロック, 4- と 2- は異なる沈降ブロック, 0- は + と - で相殺された中立ブロック.

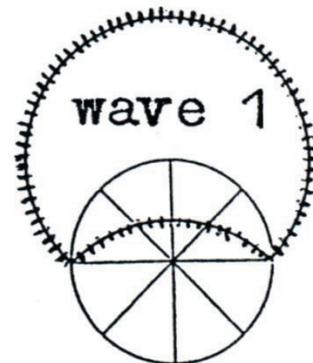


図 2 全球を覆い二分する基本的な波.

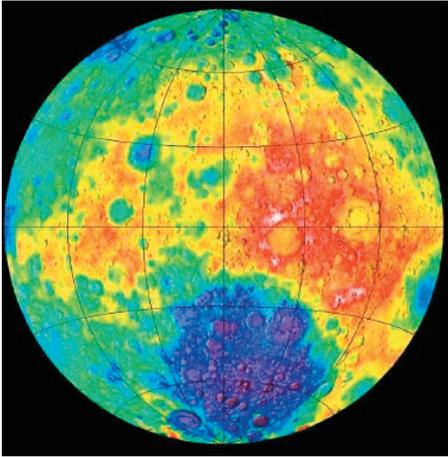


図3 月 - moontopogeoidusgs_farside. jpg

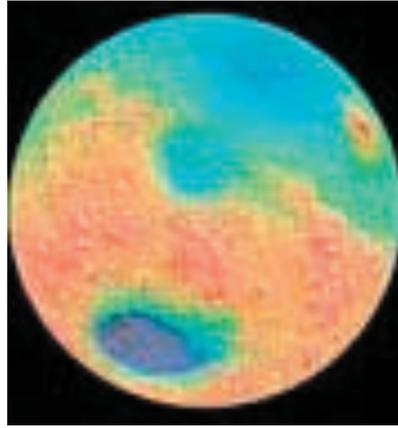


図6 火星の地形 180pxPIA0282. 2つの半球と最も深い Hellas Planitia.



図9 フィービー - (190-200-1. jpg). 土星の衛星.

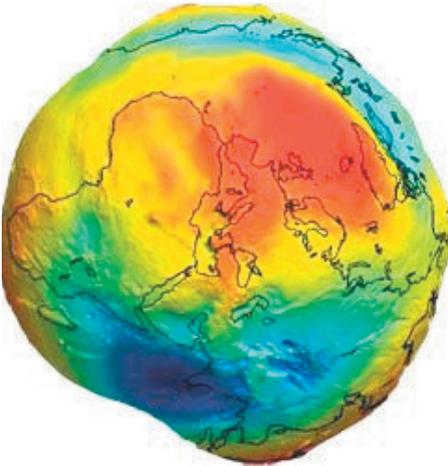


図4 地球のジオイド -832e41812d1e. jpg



図7 フォボス - PIA10368. jpg. 中央下 - Stickney クレーター.

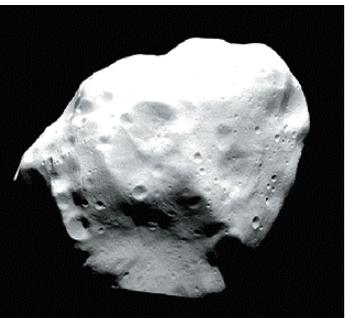


図10 小惑星ルテティア - ESA 2010 MPS, OSIRIS Team, MPS/UPD/LAM/ IAA/RSSD/INTA/UPM/DASP/IDA.

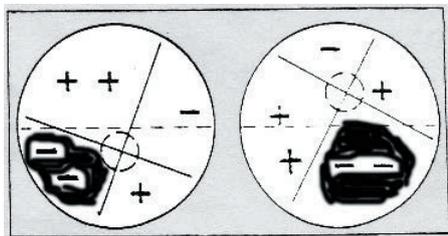


図5 月と地球の大陸域における SPA 盆地 (左) およびインドのジオイド極小 (右) の形態概念図. “+, ++, -, --” は Mare Orientale とパミール-ヒンズークシ (Pamirs-Hindukush) の異なる隆起と沈降区域. 月のジオイド極小 (SPA 盆地) および地球 (インド極小) は白抜き部分.



図8 ミランダー - PIA00043. jpg. 天王星の衛星.

てつくられた構造形態はこの基本形態を装飾する。このように大陸の上昇域では、隆起や沈降などの傾向をもつ区域が規則的に現れる。地球上の東側の大陸半球では、それらは干渉波2 (図4・5) によって、八面体をなすパミール-ヒンズークシ屈曲 (Pamirs-Hindukush vertex) の周囲に集まっている。二つの上昇域 (より強く隆起したアフリカとその裏側の隆起したアジア) は、二つの下降域 (沈降したユーラシアと裏側の強く沈降したインド洋) に分断される。沈降したインドの造構胞 (tectonic granule) ($\pi R/4$) を伴うインド洋は、地球上で最も深いジオイド極小域 (-112m) を生み出している (Kochemasov, 2010)。

月は似たような大きさで、かつ同様の扇形形態 - SPA 盆地 (図3・5) において、ジオイド極小を示す。この盆地は Mare Orientale (月の八面体の頂部) 周辺の強く沈降している区域を示している。この Mare に4つの区域が集まっている: 地球と同様の応力がかかっている、二つの沈降した - SPA 盆地と反対側の Procellarum 海、さらに二つの隆起した - “Africanda 区域” とよんでいるが、それと反対側の “Antiafricanda 区域” (Kochemasov, 1998c)。最も高い “Africanda 区域” は、軽いアノサイトからなっている; 豊富な Na がその区域が高い位置にあるため、密度が低下している。Procellarum 海は玄武岩と Ti-玄武岩が埋めている。SPA 盆地は、より高密度

の岩石が埋めているはずだ。ここでは金属鉄とトロイライト (troilite) の化合物を伴い、斜長石を含まず輝石に富んだ岩石を期待したい。Carle Pieters (1997) のスペクトル観測は、斜方輝岩に富み、斜長石に乏しいことを立証した。

フォボスの Stickney クレーターの得体の知れない巨大な凹地 (図 7) は、かなり大きい地球と月に対しては適当な大きさであるが、インド洋のジオイド極小域と SPA 盆地と同様の形態を示す。そのような状態は無原則であるはずがなく、それらの特徴的な形態の要因は、かなり異なった天体に対して、共通していることを示している。この結論は、別の小さい天体— Uranus の衛星ミランダ (Miranda: 図 8) と比較することでますます補強される。1986 年のボイジャー 2 号の画像は、2 種類のテレートを示している (PIA01980 ほか)。強く湾曲した褶曲運動や断層運動によって特徴づけられた沈降域 (卵形) は、隆起した古期のクレーター密集部をかき乱している。湾曲した褶曲模様をもつ強く沈降した卵形のひとつは、区域の境界に完全に一致している (図 8)。

つまり、さまざまな天体において、不規則な形態ではなく規則的なものとして、構造的に明らかにされた単体の大規模凹地を理解することは、新たな惑星学の考察— これまでに取って代わるあらたな波動惑星学— に貢献することになる。比較波動惑星学は 20 世紀末に導入されたが (Kochemasov, 1998a および後続の論文)、事実上、全太陽系の惑星と衛星の何千もの高画質の画像が届くなど、多くの宇宙の実験によって充分吟味された。上述した形態を比較すれば、インド洋の起源に対するプレートテクトニクス仮説はかなり疑わしいものになる。

文 献

- Kochemasov, G.G., 1998a. Tectonic dichotomy, sectoring and granulation of Earth and other celestial bodies. Proceedings of international symposium on new concepts in global tectonics ('98 TSUKUBA)", Tsukuba, Japan, Nov. 1998, p. 144-147.
- Kochemasov, G.G., 1998b. The Moon: Earth-type sectoral tectonics, relief and relevant chemical features. The 3rd International Conference on Exploration and Utilization of the Moon, Oct. 11-14, 1998, Moscow, Russia, Abstracts, p. 29.
- Kochemasov, G.G., 1998c. Moon-Earth: similarity of sectoral organization. 32nd COSPAR Scientific Assembly, Nagoya, Japan, 12-19 July 1998, Abstracts, p. 77.
- Kochemasov, G.G., 1999. Theorems of wave planetary tectonics. Geophys. Res. Abstr., v.1, no. 3, p. 700.
- Kochemasov, G.G., 2004. Mars and Earth: two dichotomies – one cause. In Workshop on "Hemispheres apart: the origin and modification of the martian crustal dichotomy", LPI Contribution # 1203, Lunar and Planetary Institute, Houston, p. 37.
- Kochemasov, G.G., 2010. Well known outstanding geoid and relief depressions as regular wave woven features on Earth (Indian geoid minimum), Moon (SPA basin), Phobos (Stickney crater), and Miranda (an ovoid). EGU Congress, Vienna, 2010, v. 12, EGU2010-A-4044.
- Pieters, C., 1997. Spectral data revealing peculiar mineralogy of the lunar SPA basin. Annales Geophys., v. 15, pt. III, p. 792.

太平洋における古期大陸性岩石研究の進捗状況 PROGRESS REPORT OF THE STUDY OF ANCIENT CONTINENTAL ROCKS IN THE PACIFIC OCEAN

Boris I. VASILIEV*, 矢野孝雄 and Dong R. CHOI*****

*Pacific Oceanological Institute, Far East Branch, Russian Academy of Science, Vladivostok, 690041, Russia. boris@poi.dvo.ru; gavrillov@poi.dvo.ru

** 日本 680-8551 鳥取市 鳥取大学地域学部地域環境学科 yano@rstu.jp

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

(矢野 孝雄 [訳])

深海掘削, ドレッジ, および広汎な地質研究にもとづいて, Vasiliev (2009) は太平洋の地質を詳細に記載し, その起源を論じた. 彼の著書は, 太平洋に関する地質研究史における最新のもっとも総合的な研究である. Choi and Pavlenkova (2009) およびそれに引用されている Choi, D.R. を含む著者による 4 論文は, 太平洋の地質学的・地球物理学的特徴を全般にわたって解明し, 全地球ブロック造構論の観点から太平洋造構発達史を考察し

た. Yano et al. (2009, 2011) は, 大西洋およびインド洋における古期大陸性岩石の産出をまとめた.

私たちは, 現在, 太平洋の地質学的特徴を明らかにする鍵として, 太平洋で発見された古期大陸性岩石に焦点をしばっている. これまでに, この海洋の 98 地点でそのような岩石が発見されている. それらの半数以上は, 南西太平洋の Zealandia — オーストラリア大陸の 1/3 の面

積をもつ、大半が沈水した大陸ブロックーに産する。残りは、この海洋の全体—深海盆、東太平洋海膨、大陸-海洋遷移帯—で発見されている。

大西洋での 42 地点 (Yano et al., 2009) とインド洋での 32 地点 (Yano et al., 2011) をあわせると、全世界の海洋では 172 地点で古期大陸性岩石が発見されている。それらのなかで、87 地点で発見されたタイプ A の岩石 (海洋底深度以深の大陸-海洋遷移帯に分布する大陸性岩石) は、大陸の一部が沈降して海洋底に転化したことを証拠づける。78 地点で発見されたタイプ B および C の岩石 (中央海嶺と海盆に分布する大陸性岩石と大陸的地球化学特性を示す岩石) は、海洋がもともとは大陸的特徴をもっていたことを示す。7 地点で発見されたタイプ D の岩石 (予想された海洋プレート年代よりもはるかに古期の岩石や化石) は、海洋底が 1.9Ga およびオルドビス紀まで遡ることを、それぞれ示す [これは、海洋リソスフェア岩石の放射年代が 1.9Ga に遡り、海洋底から採取された古期化石がオルドビス紀に遡ることを意味する]。

未入手や未知のより多くのデータが存在することは確実であるため、私たちはレビューをつづけ、今後ある時点で、自由に閲覧が可能な公式データベースを作成し、誰でも追加登録することができるように計画している。海洋地質調査は今日でも依然としてひどく疎らで、これまでに発見された古期大陸性岩石の大半は偶然の産物であり、将来にわたる掘削とドレッジは世界中の海洋底に古期大陸性岩石が系統的に分布していることを証明するだろう。IODP による探査、とくに“ちきゅう”による深海掘削が海洋地殻の本性を解明する、と期待される。海洋の起源に関するすべての仮説は、しだいに増大するこの

種の海洋底岩石試料にもとづいて再検証されるだろう。

中-新生代における過酷な造構-火成活動による改変に耐えてきた古期・大陸性岩石は、海洋底の地質が大陸のそれとまったく異なるわけではないこと、そして、海洋が長大な大陸性前史をもっていることを、明快に語る。それらは、地球の真実を学ぼうとする私たちに、貴重な証拠をもたらしてくれる。

文 献

Choi, D.R. and Pavlenkova N.I., 2009. Geology and tectonic development of the Pacific Ocean. Part 5. Global low-gravity belt: an outer ring of the great Pacific ring structure. NCGT Newsletter, no. 50, p. 46-54. www.ncgt.org.

Luyendyk, B.P. 1995. Hypothesis for Cretaceous rifting of east Gondwana caused by subducted slab capture. Geology, v. 23, p. 373-376.

Smith, W.H.F. and Sandwell, D.T., 1997. Global seafloor topography from satellite altimetry and ship depth soundings. Science, v. 277, p. 1957-1962. <http://topex.ucsd.edu/WWW_html/mar_topo.html>

Vasiliev, B.I., 2009. Geological Structure and Origin of the Pacific Ocean. 560p., Dalnauka, Vladivostok. [in Russian with English contents]

Yano T., Choi D.R, Gavrilov A.A., Miyagi, S. and Vasiliev B.I., 2009. Ancient and continental rocks in the Atlantic Ocean. NCGT Newsletter, no. 53, p. 3-17. www.ncgt.org.

Yano T., Vasiliev B.I., Choi D.R., Miyagi, S., Gavrilov A.A. and Adachi, H., 2011. Continental rocks in the Indian Ocean. NCGT Newsletter, no. 58, p. 9-28. www.ncgt.org.

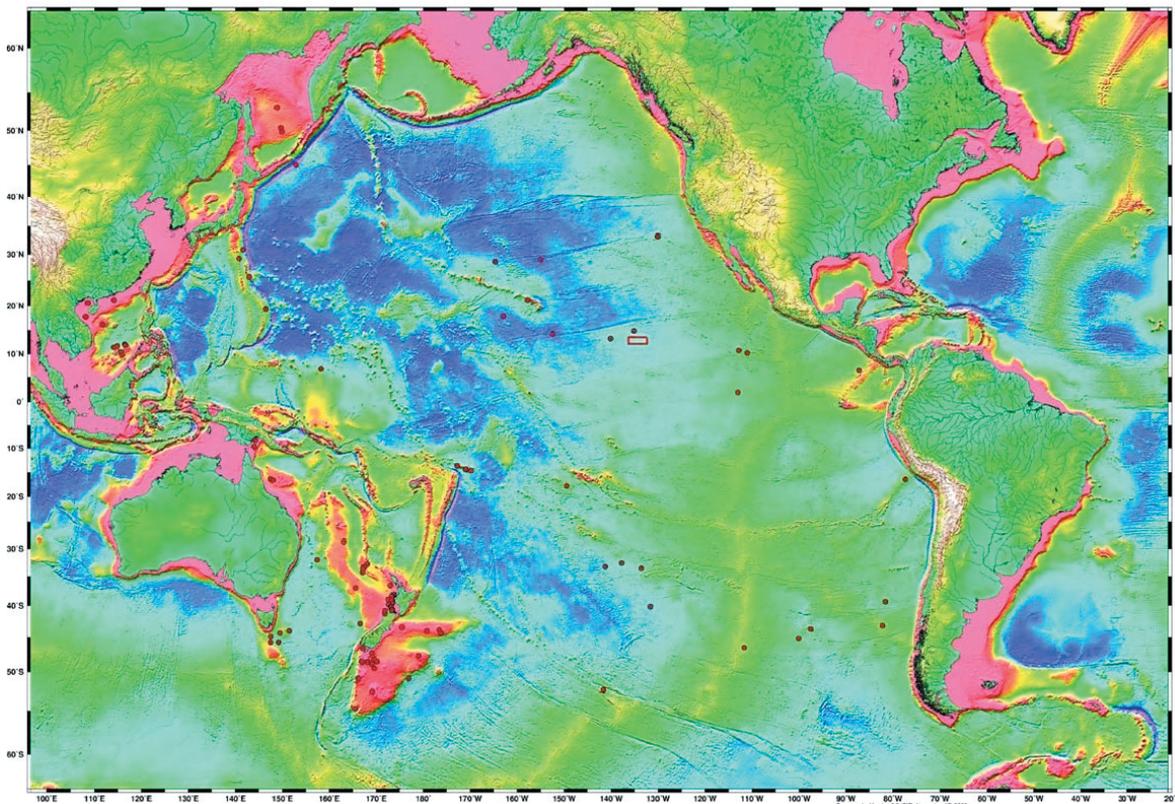


図1 太平洋における古期・大陸性岩石の分布。地形は、Smith & Sandwell (1997) による。

過失の自認：地球は膨張していない—しかし、大陸が移動しているわけでもない **MEA CULPA: THE EARTH IS NOT EXPANDING – BUT THE CONTINENTS ARE NOT MOVING EITHER**

Stephen FOSTER <hero5.premiere@blueyonder.co.uk>

(窪田 安打 [訳])

私の誤りをあなたに明示されて、私が間違いに拘泥する理由はありますか？ (A. J. Ayer)

要旨：いかなる論理も科学的であるとして受容されるにしても、それが間違っている可能性はあるにちがいない。著者は沈み込みが偽りである証拠を報告したことがある。この短報は、海洋底の拡大説と、それゆえプレートテクトニクス論が誤りであることを示す大量のデータを提示する。これまでこれらのデータに気づいていなかったのも、著者は地球膨張を支持してきた。我々の物理的環境に関する理解が十分に増えてくれば、すべてのデータが提示され、評価されなければならない。そして、それらは、通説を支持するのに使われてはならない。正当派は、小さくも有力なグループの正しい意見以上のなものでもないことがしばしばあるのである。

キーワード：海洋底、古期・大陸性岩石

はじめに

なのである。

Geoscientist 誌の 2008 年 10 月号に掲載された囲み記事で、北東太平洋底にある Zodiac 海底扇状地の存在を示し、太平洋の海洋底がプレートテクトニクス学説の主張のようにアラスカへ向かって移動していることはないことを示した。次いで、パンサラッサに関する J. McCall のコメントに対して、私は沈み込みに反対するより多くのデータと議論を提示した。もし、沈み込みが起きていないが、海洋底拡大がほんとうであれば、論理的帰結は地球膨張になり、私の論文ではそのように示唆した。これには、地球膨張の原因がよくわかっていないという問題がある。科学界ではしばしば起こることであるが、何かひどくまちがっていて、とても重要なことがら秘匿されているように思われる。海洋底拡大や、プレートテクトニクス学説の他の部分については、いかがなものだろうか？ 海洋底拡大は事実なのか？

沈み込み神話

McCall への私の応答では、沈み込みが神話である理由を 13 の条項に列記した：間違いがわかったので、ここで私は、条項 1 と 4 を撤回したい。このリストに、ボーリングの証拠がある地震波探査研究にもとづいて、海溝底に厚く乱れの無い古生代～先カンブリア時代の地層が存在するであろうことを Choi(1987) が実証したことを追加する。これは、海溝に関する大半の解釈にコントロールデータが何もないのとは、きわめて対照的である。それらの解釈は、沈み込みが起きているとの仮定にもとづいて、それにしたがって断面を解釈したものである。これは演繹の科学ではなく、循環論法である。Choi の解釈に対して、異議が申し立てられていない。これは、都合の悪い事実は、公認された見解に矛盾する場合に、学界がとるおきまりの行動である。コアデータにより実証されたように、実際には、海溝は比較的最近できたもの

海洋底の岩石

海洋底拡大のケースの鍵となる要素は、岩石中に保存された磁気反転パターンを使用した海底の年代決定に基づいている。ところが、この方法の妥当性という問題はこれまでに解明されたことがない (Agocs et al., 1992)。海底で採取された岩石の年代にもとづいてこの仮説を検証することが、50 年間にわたる深海底掘削やドレッジによってやっと可能になった。50 年後でも実施可能である。さらに、この 20 年間に公表されてきた米海軍の海底地形調査データでもって、我々は海洋底に関する認識を完全に改めるべきであり、初期の海底地形図 (例えば、Heezen and Tharp の海底地形図) は無用のものになった。それでは、海洋底拡大、プレートテクトニクス説の他の部分については、どうであろうか？それは、本当であるか？

大西洋 (Vasiliev and Yano, 2007)

大陸性および古期岩石が大西洋の 40 以上のサイトから採取され、それらの大半は確実にそれらの海域に存在するもので、そして、現地性のものである。年代範囲は新第三紀～1.85 Ga で、典型的な事例は次のとおりである；

1. 1883 年に Talisman によって、オールドビス紀の三葉虫と筆石を含む石灰岩と頁岩が水深 3,975-4,060m で発見された。
2. Bald 海山 (大西洋中央海嶺の西方約 60km, 45°N) における 3 つの長いドレッジによって採取された 84 個の岩石試料として、砂岩、石灰岩、片麻岩、花崗岩、花崗閃緑岩、角閃岩、グラニュライトが得られた。花崗片麻岩の K-Ar 年代は $1,690 \pm 55$ Ma である。Bald 海山は延長 28km, 幅 5.5km で、海底面からの高さは 1.3km である。それは、船舶バラストや氷山で運搬された岩塊

ではない。

3. 47° W 50° N, 水深 1,779m に位置する Orphan Knoll は, DSDP の第 111 孔井で掘削された。オルドビス紀後期～デボン紀前期の化石を含む浅海礫が採取され, これらは, 確実に証拠づけられたジュラ紀の非海成砂岩や白亜紀中期の浅海性石灰岩に覆われている。
4. モロッコ沖の DSDP は, 水深 3,600 ~ 4,000m において, 三畳紀と下部白亜系の蒸発岩によって覆われた後期先カンブリア時代の花崗閃緑岩質片麻岩を回収した。
5. 赤道大西洋では, 大西洋中央海嶺における 16 のサイトで岩石試料が採取されている。それらは前期中新世～1,850 Ma の岩石で, 海溝軸で掘削された片麻岩を含む。古地磁気による年代決定法によると, この海洋底は中新世～第四紀である。
6. Four North 断裂帯および St. Paul 断裂帯の中央部 (水深 2,100~2,900m) において, 裂谷壁のドレッジが行われた。採取された岩石には, ソレライト, 斑れい岩, ハルツバージャイト, 放散虫岩, 炭質頁岩や炭酸塩角礫岩が含まれていた。放散虫の種は白亜紀初期の年齢を示し, 頁岩の化石は白亜紀～始新世であり, 角礫岩に含まれる有孔虫は始新世であった。

最も長く, そして最も深い北大西洋の海底地形は中央海嶺谷であり, 深海平原に沿って南カナダとグリーンランドの間を南へのびる。第三紀の浅海堆積物がその全長にわたって分布し, 白亜紀の岩石を覆っている。これらが連続的に堆積したように見える。DSDP の第 135 孔井は, 鮮新世堆積物がより古い地層を覆うことを発見した。この海嶺谷は, グリーンランドとラブラドルの間の喧伝されている海洋拡大帯の中央部を通る。グリーンランドの南で, この海嶺谷は顕著な変位をとまわずに Charlie Gibbs 断裂帯を横切る。海洋拡大がここで生じていたと予想されているが, もしそうであれば, その結果として海嶺谷には明瞭なオフセットが生じているはずである (James, 2008)。

水深 5,000 ~ 5,500m の Iberia 深海平原の音響調査は, 急傾斜側斜面からなる 7 ~ 8 条の直線状の海嶺が存在し, それらは複合基盤岩類からなることを明らかにした。10ヶ所の深海掘削 (ODP Legs 149 と 174) は, これらの基盤隆起が, 角閃岩, トーナル岩質片麻岩や変斑れい岩などの大陸性岩石で構成されていることを証明した。浅海性石灰岩, スレートおよびアレナイトからなり, いくらかの陸生植物遺体を含む上部ジュラ紀の堆積物が, 基盤岩類を覆っていることが発見された。

コンゴ川海底扇状地における最古の堆積物の年代は白亜紀であり, 蒸発岩を覆う。赤鉄鉱に被覆された砂粒を含むこの扇状地堆積物中からは小枝が発見されていて, 陸上あるいは著しい浅水環境下で堆積したことを示す: 現在, 扇状地は水深 3,500 ~ 4,000 m にある (James, 2008)。

インド洋 (Vasiliev and Yano, 2007)

海台や海嶺上の 6 地点で, 大陸性岩石が得られている。12 地点では大陸物質を混成した火山岩類が, 3 地点では粗粒陸源堆積物が採取された。セイシェル諸島の 25 島は後期先カンブリア時代の花崗岩類 (800 ~ 700 Ma) からなり, Aghullas 海台では, 1,000 ~ 450 Ma の同位体年代の結晶片岩, 片麻岩およびグラニュライトがドレッジされている。

Somali 盆地の地震探査断面は, 数 (several)km の厚い堆積物の存在を明らかにし, 掘削はその上部が始新世～後期白亜紀であることを証明した。Kerguelen 海台での深海掘削は, ほぼすべての玄武岩溶岩流が陸成であることを示し, 木とシダの破片が溶岩流に挟在する堆積物中に発見された。エラン堆では, 層厚 26m の礫岩が, 白亜紀の陸成玄武岩層の間に挟まれている。礫岩の碎屑粒子は直径数 cm で, アルカリ玄武岩, 流紋岩, 粗面岩および花崗片麻岩からなる。砂質基質中のジルコンの年代測定では, 2.2 Ga と 550 Ma が得られており, 明らかに, この地で白亜紀の時期に先カンブリア時代の山地が河川浸食を受けたことを示す。

ガンジス川の海底扇状地は, ベンガル湾に幅 2,500km にわたってひろがっている。それは, 現世三角州沖の大陸斜面を刻む海底峡谷にはじまり, 海底扇状地を下刻する蛇行および網状海底谷としておわる。深海掘削によって 4 回の沈降 - 堆積期が識別されており, 最古期は白亜紀, 最新期は更新世である。後者は, 深海軟泥に覆われる。現代の海洋底の深度が北部の 3km から南の 5km へ変化することは, 勾配が 1:1000 未満であることを意味する。タービダイト流の水理学は, この扇状地の諸地形を説明することができず, 陸上または浅水域のいずれかで形成されたにちがいない。東経 90° 海嶺における深海掘削ボーリング孔 DSDP 217 により, 泥の乾裂を含む白亜紀堆積物を発見した。これらの事実と更新世堆積物は, ベンガル湾が最近の急速な沈降を受けたことを証明する (James, 2008)。

太平洋 (Vasiliev, 2003)

多数の地点が掘削やドレッジによって探査されており, それらの地点の多くで, 2.55Ga にまで遡る多様な大陸性岩石が得られている。千島 - カムチャッカ海溝の海側海溝斜面には, 枕状玄武岩に覆われた変成岩・堆積岩が伏在する。小笠原海嶺と小笠原海台では, 集中的なドレッジ計画により, 玄武岩と酸性火山岩を原岩とする結晶片岩が繰り返し採取されており, これは変成した大陸性岩石の存在を示している。

天皇海山群を含む北西太平洋の海山から採取された堆積物と溶岩は, 白亜紀には島々があり, 海洋底は現在よりも 2,000~2,500m ほど浅かったことを示している。前期中新世有孔虫の存在は, これらの海山が, 中期中新世になってやっと急速に沈下し始めたことを示す。

Clarion 断裂帯と Clipperton 断裂帯にはさまれた海域における詳細な音波探査やドレッジ調査は、海洋底が 3 グループの岩石で構成されることを示した。

- ・花崗片麻岩 (一部はおそらく先カンブリア紀)
- ・礫岩, 砂岩, 凝灰岩質粘土岩などを含む地向斜堆積物 (年代はいずれも, 中生代と考えられる)
- ・先始新世と始新世~中新世の玄武岩, 流紋岩および安山岩

Eltanin 断裂帯中の Heezen 断裂における 7 回のドレッジによって、海洋地殻断面の岩石層序が明らかになった。下位から、次のような岩石で構成されている。

- ・結晶片岩と塩基性~超塩基性岩
- ・角閃岩, 結晶片岩, かんらん岩, はんれい岩および玄武岩-ドレライト
- ・斜面の頂部は、白亜紀のサンゴ礁石灰岩によって不整合に覆われる。

これは、海洋底拡大の中軸と想定されている太平洋-南極海嶺に近接した海域に位置する。

海底地形調査 (Smoot, 1989)

1970 年代と 1980 年代に、米海軍はマルチビームソナーシステムを用いて海底を調査し、非常に正確な地形図を作成した。これらの地図データは、海洋底拡大を支持せず、それに完全に矛盾する。多くの断裂帯 (メガトレンド) は、海洋底から大陸を通して隣接する海洋まで追跡される。北大西洋における Hayes-Oceanographer 断裂帯は、ボストン、マサチューセッツ州がプレートテクトニクス学説に示唆されるように西アフリカに接続するのではなく、ボストンはリスボンに接合する。

議 論

他にも引用することができる大量のデータがあるが、ここでは紙面不足のため省略する (他の多くの参考文献については、この論文の文献欄や数多くの論文を自由に閲覧できる NCGT ニュースレターの文献欄を参照されたい)。しかし、私の沈み込みに関する前半のコメントとここで述べた証拠を組み合わせると、プレートテクトニクス学説を検証する簡単な仮説を導くことができる。地球物理学的な論理とデータはともに、岩石や化石の証拠によってテストされ、明確に偽りであることが判明する。いかなる議論においても、最終的に決着をつけるのは、リモートセンシングデータ、コンピューター生成画像、あるいは数理モデルではなく、岩石であることを、地質研究者である我々がしっかりと自覚すべきである。繰り返すと「岩石については論を待たない」のである。全世界の海洋底で掘削された大量の岩石は、大洋盆は若く~中生代~新生代~, 中期中新世~現在に急激な沈降期があったことを明白に示している。この盆地沈降期には、マントルから世界中の海洋を満たす水がもたらされ、それには、これらの作用が関与している (Rezanov, 2003)。

2010 年に、私は次のように記述した。「我々の論理が間違っていることを示す岩石の証拠によって、数理物理学に基づく私たち前提が踏み潰すことが許されるならば、我々は重すぎる (未校正の) 道具を身につけ、コンピューター処理されたデータ、十分でないデータを収集し、私たちの手と目で記録することで、我々は決して問題を解決することができないだろう。科学、ハードディスクデータの収集によって形而上学と後者が支配前者に対して本質的に二つのアプローチそれから私は F. Dyson のアテネ人とマンチェスター人、科学への 2 つのアプローチに言及した。前者は抽象理論が支配しており、後者はハードデータの収集によるものである。海洋底からの多くのデータが偏りのある歪んだやりかたで¹発表されてきたことに、当時の私は気づくことなく、海洋底拡大は正しいと信じて地球膨張を議論していた。過失の自認：私は間違っていた。沈み込みや地球膨張と同様、海洋底拡大は、科学の中には存在えない神話である。大陸は側方へ移動しておらず、そして、過去のいずれの時期にも移動しなかった。

太平洋の大部分、大西洋の南部~中央部、およびインド洋南部を含む現代の海洋は、ジュラ紀~白亜紀に形成されはじめた (Rezanov, 2003)。後期白亜紀~古第三紀には海洋盆の残りの部分が沈水したが、現在の深度まで沈降したのは後期中新世~鮮新世であった。海溝が沈下したのは、後期中新世~現在である。これらの結論はすべて、地球物理学的データではなく、コアから採集された堆積物や化石にもとづいている。世界の海水の大部分は盆地の沈降と同時にマントルから排出され、これら両方の作用は相互に関連していた。Rezanov は、急速な沈降と、同時期に現在の海洋を形成する大量の水がマントルから放出されたことの両方をともに説明する学説を提案している。

まとめ

どんな学問においても、矛盾する証拠が「さざなみ」として現れ、やがて、それは重大なものになる。プレートテクトニクス学説の支持者たちは、深海底の古期・大陸性岩石の存在を説明する複数のシナリオを發明してきた。それらには、中央海嶺の多段階的ジャンプ、デラミネーション、振動的海洋底拡大、海洋底拡大の停止と再活性化、拡大軸の両側の深部におけるロール状対流セル、が含まれている。それらはどれも検証不可能で、もっともらしいものはない。赤の女王のように、我々は、朝の食事の前に 6 つの不可能な事からを信じるよう求められている。これを観察している人には、矛盾する証拠があふれているにもかかわらず、プロトマイオスの太陽系モデル [天動説モデル]—それが正しいことを私たちの数学的モデルが示しているの、それは真実であるにちがいない—を維持しようとする試みを彷彿させる。通説が苦労して作りあげられたので、多くの人々はそれを擁護しようと努力する。最近、ある若い研究者の指導者は、次のようにコメントしている：“私が唯一警告しておき

たいことは、全地球的地質を正しく観測すると、あなたは、伝統的なプレートテクトニクス物語^{*2}の"信者集団"である大学に対して多くのトラブルを起こすことになるだろう、という点である。

地向斜学説の墜落コースを、誰かがたどるのか？

文 献

Agocs, W.B. et al., 1992. Reykjanes Ridge: Quantitative determinations from magnetic anomalies. In S. Chatterjee and N. Hotton III (Eds.), *New Concepts in Global Tectonics*, Lubbock, TX, Texas Tech. Univ. Press, p. 221-238.

Choi D.R., 1987. Continental crust under the NW Pacific Ocean, *Jour. Petroleum Geol.*, no. 10, p. 425-440. Choi D. R., 1988. Geology of the southeast Pacific parts 1-3. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 7, p.11-15; no. 8 p. 8-13; no. 9 p. 12-14.

Choi, D.R., 1999. Geology of the East Pacific: Middle America Trench. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 12, p. 10-16.

Choi, D.R., 2000. Subduction does not exist – from seismic data interpretation. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 15, p. 9-14.

James, P.M., 2008. Geoid Tectonics chapter 3: General effects of Polar Wander. *New Concepts in Global Tectonics*, no. 49, p. 54-66.

Rezanov, I.A., 2003. Geologic history of continents and oceans. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no.26, p. 3-8.

Smoot, N.C., 1989. North Atlantic fracture-zone distribution and patterns by multi-beam sonar. *Geology*, v. 17, p. 1119-1122.

Smoot, N.C., 1994. Plate-wide Pacific trends-orthogonal fracture intersections. *Eos, Trans. Am Geophys. Union*, v. 75, p. 69.

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

18, p. 199-222.

Smoot, N.C., 2010. Global Tectonics: an ocean floor and age reality check. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 56 p. 9-31.

Tabunov, S.M., Tomanovskaya, Yu.I. and Staritsyna, G.N., 1989. Rock complex of the Pacific Ocean bed in the area of Clarion and Clipperton faults. *Pacific Geology*, v. 4, p. 11-20.

Vasiliev, B.I., 2003. Geological structure and origin of the Pacific Ocean, *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 29, p. 4-7.

Vasiliev, B.I. and Sovetnikova, L.N., 2008. Geological development of the North West Pacific. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 46, p. 20-27.

Vasiliev, B.I. and Yano, T., 2007. Ancient and continental rocks discovered in the ocean floors. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 43, p. 3-17.

Yano, T., Choi, D.R., Gavrilov, A.A., Miyagi, S. and Vasiliev, B.I., 2009. Ancient and continental rocks in the Atlantic Ocean. *New Concepts in Global Tectonics*, no. 53, p. 4-35.

*1 次の文献を参照：

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

A.A. Meyerhoff and H.A. Meyerhoff 1972: The new global tectonics: The new global tectonics: major inconsistencies. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, v. 56, p. 269-336.

これらの他にも、多数の文献があり、それらの中のいくつかは、プレートテクトニクス学説に矛盾する証拠を抑制したり、歪曲しようとする企てを生々しく記述している。悲しい歴史は、自らの手によって繰り返えされる。

*2 次の文献が問題視している。

K. Storedvedt 2009 in *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 53, p. 3.

随 筆 ESSAY

大陸氷床と融氷水に関連した構造運動の証拠

EVIDENCE OF TECTONIC ACTIVITY ASSOCIATED WITH CONTINENTAL ICE SHEETS AND MELTWATER FLOOD EROSION

Eric N. CLAUSEN

Minot, North Dakota, USA <eric2clausen@gmail.com>

(柴 正博 [訳])

要旨：ミズーリ川集水盆地の地形起源を研究するプロジェクトは、一般的に受け入れられている地形学的体系では満足に説明できない新たな地形学的体系を構築して、排水を通過谷、水ギャップ、風ギャップ、山の通路、とげのある支流、取り込みのひじ、谷の方向性、他の浸食的な地形の特徴に区分した。新しいパラダイムの文脈に見られるように、地形図の証拠は、以前には認められていなかった北アメリカの厚い氷床からの巨大な融氷水の洪水を明示した。そして、それは深い「穴」に位置していて、すべてのミズーリ川の集水盆地の分割された部分を、東西大陸の分水嶺を含めて横切っていた。その深い「穴」はおそらく深い氷河の浸食と、今日の高い山脈と高い台地地域であるところを隆起させた地殻の歪によって形成された。融氷水の洪水はそこを横切り、ミズーリ川集水盆地の山脈と台地地域の隆起を強く示唆しているが、それは厚い氷床の存在と融氷水の洪水による浸食と堆積とに関連している。地形図の証拠は、また、巨大な氷壁と崩壊した氷床表面の中に刻まれた基盤床の谷の場所を同定し、そして大量の洪水の逆転があった証拠を示す。そしてそれは、山脈と台地地域をおし上げた構造運動に関連している氷床であり、北東方向の深い谷によって捉えられた融氷水の洪水であるが、それは崩壊した厚い氷床が融けたときに開かれていた深い「穴」の空間から頭頂を浸食した。地形図の証拠がどのようにこの新しい地形学的なパラダイムの見地を支持しているかということ为例示・記述している何百という詳細なエッセイと研究ノートが、geomorphologyresearch.com ウェブサイトの上で見られる。

Keywords : Missouri River drainage basin origin, North American continental ice sheets, ice sheet related tectonic activity, deep glacial erosion, erosional landform origins

はじめに

2008年のNCGTのNewsletterの論文「大量のMissoula洪水 - 代わりに理論的根拠」において、そして、再び2008年のNCGTのエッセイ「チチカカ湖の謎」において、Peter Jamesは大量の水がMissoula湖より高く隆起したところから源を発し、ロッキー大山脈系の東からMissoula湖の盆地に入るところのワシントンscablands(でこぼことした不毛な地)を浸食することに対して、一般的に仮定されている氷ダムの減退(あるいは繰り返された氷ダム減退)に対する代案を提案した。大陸分水嶺を横切る4つの通路を記述した後で、彼はその通路が「大きい流れのためのシステムとそれらがそのように形づくったことを支持するこれらのギャップの自然地理学から提供されたアクセスポイント」と示唆して、彼はそれから水源としての海水準の大規模な変化を提案した。ただし、もしこのような海水準の変化が起こったなら、塩水がロッキー大山脈系の東にある地域を氾濫させたであろうし、Missoula湖の盆地は存在したはずである。しかし、このような塩水の浸水を支持する証拠が与えられていない。

影響を受けた地域の中に大規模な塩水の浸水があったことを確かな証拠が支持しないが、Jamesによって提出された他の証拠の多くは堅実である。ロッキー大山脈系は4つの通路によってではなく、本当は何百または何千もの水で浸食された通路によって横切られている。通路は東西の大陸分水嶺だけではなく、ほとんどあらゆる他の地域の分水嶺も横切っている。ハイウェイや鉄道、送電線、そして/あるいはパイプラインが多くの通路を利用している。そして、通路は地形図または地質図の上にも示されている。まだ、ほとんどの通路がどのように、あるいはいつ浸食されたかを説明している地質学の文献はない。もしこれらの通路が横切っている山が鉛直に隆起したとしたら、Ollier and Pain (2000)が彼らの本「山の起源」の中で述べたように、山の通路は同じく若いに違いない。不幸にも、山の通路のような浸食地形について

満足がいく説明が一度もなされたことがなく、地質学界からは無視されてきた。そしてそれは単に満足がいく状態で一度も説明されたことがなく、そして無視されているのは山の通路だけではなく、排水分水嶺や水のギャップ、風のギャップ、とげのある支流、取り込みのひじ、浸食崖のような多数の他の浸食地形が、わずかに言及されただけで、満足がいく説明が一度もなされたことがなく、そして無視されてきた。

地質学界はなぜ、認識される浸食地形の証拠を無視しているのだろうか？ 浸食地形の証拠は異常な証拠であり、地質学界はそれを満足に説明できないモデルを一般に受け入れている。Thomas Kuhn (1962)によれば、かつて認識された異常な証拠が3つの方法の1つで取り扱われる。それらは、一般に受け入れられた科学的なパラダイムは証拠を説明することができ、そして満足な説明が見いだされる場合。次は、異常な証拠を説明することができない時に、識別されたラベルをはられて、もっと良い研究手段が利用可能になる将来の時のために取っておかれる場合である。そして、最終的に異常な証拠はその受け入れに関して、新しい科学的なパラダイムの出現とそれに続く戦いに導かれる場合である。

20世紀の初めには、地質学界は当時の観察された浸食地形の証拠を認知して、説明しようとしていた。その当時、地域的に地形学や自然地理学は生育している研究分野であった。科学雑誌は多数の論文を出版していた。そしてそれらは、たいていの説明が観察された証拠に対して満足がいく説明ではなかったが、普及している地質学のモデルという文脈で浸食地形を説明しようとした。1930年代の間に合衆国のNevin Fennenmanは何百という浸食地形の研究を要約して、合衆国西部の自然地理学(1931)と合衆国東部の自然地理学(1938)において、多数の未解決な浸食地形の問題を認定した。Thornburyの1965年の本を熟読すると、研究学界がすでにFennenmanの本で30年前に確認されていた未解決だった浸食地形の起源についての大部分は、解決に向け

てほとんど進展しなかったことがわかる。1965年からすでに認識されていた、そして未解決の広域的地形学の問題を解決する努力を、地形学者はわずかしかあるいはまったくしていなかった。言い替えると、浸食地形の問題が認識されて、ラベルがはられて、そして新しいパラダイムが出現して、既存の地質学パラダイムを置き換える時まで取っておかれているのである。

ミズーリ川集水盆地分水嶺の地形図の証拠

ミズーリ川集水盆地は、合衆国のロッキー大山脈のすぐ東に位置していて、モンタナ州とワイオミング州、ノースダコタ州、サウスダコタ州、ネブラスカ州、カンザス州、ミズーリ州の主要な地域と、コロラド州とアイオワ州、ミネソタ州、アルバータとサスカチュワンのカナダの州のいくぶん狭い地域も含む。ミズーリ川集水盆地はコロラドとワイオミング、モンタナのロッキー大山脈の東部斜面と北アメリカの大平原の大部分を占め、それは大陸氷床によって覆われた地域、あるいは、大陸氷床が到達したことがなかった地域と考えられる。ミズーリ川集水盆地は、James の 2008 年の NCGT のニューレター論文で記述された山の通路のすぐ東に位置していて、そして普及している地質学パラダイムでは、James (2008, 2011) が提案するようなミズーリ川集水盆地から東西大陸分水嶺を横切って、そして Missoula 湖の盆地の中に流れ出ることができた大容量の洪水を認めていない。しかし、浸食地形の証拠は、詳細な地形図の上に容易に見られる。そしてそれは、まさに James が提案するように東西大陸分水嶺を含めて、巨大な洪水がかつてすべてのミズーリ川集水盆地の分水嶺を横切っていたことを示唆する。

1999-2001 年に行った未公表の詳細な地形図の証拠に関する初めての体系的な研究において、私はミズーリ川支流の間とミズーリ川集水盆地と隣接した川の集水盆地の間のすべての分水嶺を調査した。調査結果は基本的に他の研究者が報告していたことと異なっていたから、私は以前に地形図の証拠を観察して解釈して興味を持ったかもしれない人の利益のために、例証し解釈するように現在調査を繰り返している。地形図の証拠は例証されて、私の geomorphologyresearch.com ウェブサイトで公表されている一連のエッセイと研究メモで解釈されている。現在 (2012 年 5 月) では、多くのエッセイで、440 以上の主要な排水分水嶺と何千という第 2 級と第 3 級の排水分水嶺の地形図の証拠を例証して解釈した。完成すれば、エッセイによってすべてのミズーリ川集水盆地の分水嶺の地形図の証拠を集的に例証して解釈できるだろう。

NCGT グループメンバーにとって興味のある最も重要な観察のひとつは、高度あるいは位置にかかわらず、調査されたほとんどあらゆるミズーリ川集水盆地の分水嶺は多数の通過谷によって横切られた、ということである。これらの通過谷は谷あるいは深い山の通路として明瞭で

ある場合が多く、それ以外では通過谷は異なった高い排水分水峰の中の単なる小規模な鞍部あるいは刻み目である。通常その通過谷は、より深い谷とは反対の方向に涸れている支流と連結し、そしてそれは排水分水峰と平行して明瞭になる。通過谷のほとんどすべては、もしそれらがすべて保存されていれば分水嶺の上に今日みられる高台によって、現在保存されている表面の中に浸食された水によって浸食された谷の残存物であるように思われる。これらの観察は何千という地形図の上に記録されている。そしてそれは私のウェブサイトで公表した研究プロジェクトのエッセイをもととする何百というミズーリ川集水盆地の地形を例証している。

たとえば通過谷の反対の端に向かって排水する谷の方向のように、他の浸食地形の証拠と結合されているときに、ミズーリ川の集水盆地分水嶺を横切る通過谷は、現在は分水嶺の輪郭を示すより深い谷の浸食が以前に存在した排水ルートを再構築するために利用できる。排水設備ルート復元は、合流したチャンネル複合体を形成した大規模な洪水が発見されるタイプの分岐したり一点に集まる谷のパターンが絶えず変わっていたことがなければならぬかを記載する。排水設備ルート復元はまた、現代の北アメリカの東西大陸分水界を含めて、高度あるいは位置にかかわらず、すべてのミズーリ川排水分水嶺を横切り合流したチャンネル複合体を形成した洪水を示した。実際、現代の大陸分水界を横切っている合流したチャンネル複合体の証拠は、それ以外の何ものでもないが、北アメリカの東西大陸分水嶺は、東からそして西から南または南東の方向の巨大な洪水により削られた深い谷の谷頭浸食によって捉えられる。

もしすべての主要なミズーリ川の支流の谷が、南と南東の方向の巨大な洪水が横切った深い谷の谷頭浸食によって同一であると確認できる連続した谷頭が浸食されたものでないとしても、ウェブサイトのエッセイにおいて地形図の証拠が例証し解釈している。東と北東の方向のミズーリ川の支流の谷は、最初の洪水で削った南部ミズーリ川支流の谷の谷頭を浸食し、次に頭を削った洪水の流れのルートは新たに南部の支流の谷を浸食した。主要な東と北東のミズーリ川支流の谷へ向かう北と北西の方向の支流の谷は、頭を削った洪水の流れルートの北と北西の端で逆転した洪水の流れによって浸食した。これらのパターンは、高度あるいは位置にかかわらず、ほとんどすべてのミズーリ川集水盆地の分水嶺地域の地形図の上に見ることができる。おそらく、最も注目し得る発見のひとつが、北東また北にさえ逆流した大量の南と南東の方向への洪水の証拠だろう。これらの巨大な洪水の逆流の最も良い証拠のいくつかは、東西大陸分水嶺に隣接しているロッキー山脈地域で発見される。

巨大な洪水の源

大平原の中の洪水の流れのルートは、北アメリカの氷床が認識されたに場所の谷頭で追跡できる。いくつかの洪

水が氷床の南西縁に沿って南東の方向に流れ出ていたように思われ、谷頭はサスカチュワン南西部とアルバータ南部の中に追跡された。他の大平原の洪水は、おそらく巨大な南東と南方向の氷壁と現代のノースダコタとサウスダコタとサスカチュワンの中の失われた氷床表面の中に刻まれた基盤岩床の谷から南方に流れ出ていたように思われる。巨大な氷壁と断崖によって周りの地域に囲まれた低地からなる基盤岩床の谷は、モレーンの沈着によったと思われるもので覆われ、そしてそれはノースダコタとサウスダコタとサスカチュワンに位置している。例えば、サウスダコタにおいて東に面するミズーリ断崖と西に面するプレイリー高地の断崖はジェームズ川低地との境界をなす。サウスダコタ(またノースダコタ)のミズーリ断崖の西はミズーリ高地であり、そこは高台を覆う氷河のモレーンであり、また南方向のミズーリ川の谷によって西側を境されている。サウスダコタにある西に面するプレイリー高地の断崖の東は、プレイリー高地の台地を覆うモレーンであり、そしてさらに東は北東に面するプレイリー高地の断崖で、そしてそれは南東の方向のミネソタ川低地と境界をなす [私のウェブサイトで「James River」と「Big Sioux River」のカテゴリーでリストされているエッセイを参照]。

ロッキー大山脈の中のさらに西では、現在の東西大陸分水嶺であるところに沿った洪水は、ブリティッシュ・コロombiaの南東とアルバータの南西においてカナダロッキー山脈の中を浸食しているロッキー山脈地溝を含めて、深い線状の溝に向かう谷頭を追跡することができる。ブリティッシュ・コロombiaとアルバータロッキー山脈における排水分水嶺はミズーリ川集水盆地に含まれないが、その地域の地形図の証拠は深所を示し、そして線状のカナダロッキー山の谷は互いにだけでなく、北東の方向の南サスカチュワンや北サスカチュワンとアタバスカ川の谷のように、またコロmbia川とフレイザー川のような南と西方向もともない、北東と東方向の河谷の明らかな通過谷と結合している。アルバータにおいて北東の方向の川の谷をともなう結合は、かつて氷床の西縁、そしてそこは当時は現在のカナダロッキー山脈の東部の前縁に沿ったところに位置していたが、そこに向かって氷河の上の巨大な量の融氷水を流した氷床表面の中に刻まれた南西の方向の氷壁の峡谷を示唆する。明らかにかつての氷床表面は、アルバータとブリティッシュ・コロombiaロッキー山脈の山頂によって表される現在の地表よりも高度において高かった。

ミズーリ川集水盆地の主に外部でも、分水嶺の証拠は、現在のカナダのロッキー山脈であるかつての氷床縁の西に巨大な融氷水による洪水が、現在モンタナの中の東西大陸分水嶺にあたる場所に沿って南の方向に流れたことを示している [私のウェブサイトの「東西大陸分水嶺」のカテゴリーにリストしたエッセイを参照]。巨大な洪水は同じく北アメリカ大陸の西側縁に沿って流れ、そしてそれらの南の方向洪水による深い谷頭浸食によって西向きのコロンビア川の谷は争奪された。そして、そ

のあと南方向の洪水に沿って谷頭は浸食され、カナダロッキー山脈の中のチャンネルに流れた。今日北と北西の方向の支流の谷であるところは、頭を切り取られた南と南東の方向の洪水の流れチャンネルの逆流によって形成された。ロッキー山脈地溝の北西方向のコロンビア川源流谷は、南東方向のロッキー山脈地溝の洪水の流れチャンネルにおける逆流によって浸食された。そしてそれは、南方向により深いコロmbia川谷の源流浸食によって頭を切り取られている。南方向のフレイザー川の谷の源流浸食は、頭を切り取られた後にロッキー山脈の溝の洪水の流れチャンネルにおいて南方向に逆流して北西方向のフレイザー川源流谷を浸食した。2008年の NCGT ニュースレター論文において James が記載した Missoula 湖の証拠は、大量の南方向の洪水の流れチャンネルを横切り、またそれに沿った南と西向きのコロンビア川谷とその支流の谷の深い谷頭浸食によって説明できる。そして、頭を切り取られた南と西方向の洪水の流れチャンネルの北と北西端でのそれなりの洪水の逆流をともない、クラークフォーク川口の近くに氷ダムが必要がなかった。

北米大陸における氷床がつくった深い「穴」の証拠

ダコタ西部とモンタナの東部と中部、ワイオミング北部を横切って流れたほとんど南西方向の氷床縁の融氷水の洪水は、北東と北方向の谷の谷頭浸食によって捕えられ、そしてそれは巨大な南東と南方向の氷壁と基盤床谷の底から谷頭が浸食され、現代のサウスダコタとノースダコタと南サスカチュワンにあたるどころの衰えた氷床表面の中に刻まれた。[これらの深い北と北東方向の谷と北東方向への洪水の方向転換についての地形図の証拠は、「小ミズーリ川」、「イエローストーン川」、「レッドウォーター川」、「パウダー川」、「タング川」、と「モンタナミズーリ川」のカテゴリーにリストされたエッセイで見られる。一方、ノースダコタの氷壁と基盤床谷の地形図の証拠は、私のウェブサイトの「ノースダコタミズーリ川」カテゴリー(ポプラの川 - 北東モンタナの Big Muddy Creek の排水分水嶺の地形の起源)と「モンタナ概観でのミズーリ川集水盆地の地形の起源」というエッセイを参照)にリストされているエッセイで見られる。]

モンタナ、ワイオミング北部とダコタの西部における巨大な南東方向の氷床縁の洪水がかつてそこを占めていた溶けた氷床の空間へ方向転換したことは、氷床がつくった北アメリカ大陸における深い「穴」の証拠である。深い「穴」は、氷床の下での深い氷河浸食と氷床塊の下が単に押し下がっただけでなく大陸の他の地域も際立って隆起させた地殻の曲隆との結合によっておそらく形成された。ダコタ西部とワイオミング北部、モンタナのミズーリ川上流の集水盆地は、深い「穴」をつくった氷床の深く浸食された南西壁として記載することができる。一方、アルバータ南西部とブリティッシュ・コロombia南東部のカナダロッキー山脈では、深い「穴の」西縁の部分と記述することができる。サウスダコタのブラックヒルズを含めてモンタナとワイオミング北部におけるロッキー

山脈地域とロッキー山脈の外周地域は、おそらく「穴」の南西縁に沿って隆起した。一方、ミズーリとアーカンソーとオクラホマ州の Ozark と Ouachita 山脈ではおそらく深い「穴」南縁に沿って隆起があった。

深い氷河浸食の仮説に対する類似性

ミズーリ川集水盆地の地形図の証拠は、1972年に W.A. ホワイトによって提案されたような深い氷河浸食の仮説に対する強い支持を与える。ホワイトは更新世の氷河期以前に現在の北アメリカのカナダ盾状地地域が古生代と多分他のより最近の時代の堆積物で完全に覆われていたことを示唆した。ホワイトの仮説に従うと、カナダの盾状地から堆積層の覆いが移動したのではなく、中央カナダの盾状地地域が深く浸食されたことになる。ホワイトは他の大陸の盾状地についても同様の起源を提案した。ホワイトの論文は氷河浸食の深さについての見積もりを含まなかったために、少なくともひとりの批評家がホワイトの概念的なモデルがハドソン湾に適用されれば、1,000 m の浸食が暗示されると論じた (Sugden, 1976)。地質学の研究学界は、矛盾する証拠を提出した Sugden and Gravenor (1975) を含めて、その後ホワイトの仮説を拒絶した。主要な矛盾する証拠は、以前の氷床付近の氷河で堆積した堆積物の中のカナダ盾状地地域からの重鉱物の存在と、氷河作用を受けた地域に保存された氷河期前の北向きの川の谷、大陸氷床縁近くに認められる中期と後期第三紀堆積物と、海洋盆における十分な更新世堆積物の欠如であった。

ミズーリ川集水盆地はカナダ盾状地地域を含んでいないが、それはカナダ盾状地の南と西にあり、調査された地形図の証拠は深い「穴」の底をつくった氷床が現在の深い「穴」の縁の高度よりも数千メートルも低かったことを強く示している。地形図の証拠は同じくホワイトの仮説を拒絶した批評家によって使われた矛盾する証拠の2つの主要なラインについての説明を示唆した。地形図の証拠は、氷河縁辺の融氷水の洪水が北と北東方向において衰えた氷床底の上とそれを横切るように方向転換したことを明らかにした。深い氷河浸食の仮説の批評家によって引合いに出された氷河以前の北方向の河谷は、崩壊している厚い氷床の残存物の間を以前の氷床底を横切って流れた北向きに流れを変えた融氷水の洪水によっておそらく浸食された。地形図の証拠は同じく厚い氷床溶解の歴史の間に遅く形成された第2の湿気に基礎をおく氷床を示唆する。この第2の氷床はおそらく薄くて最初の氷床が行ったような基盤岩の深い浸食や巨大な融氷水によって洪水をつくりだすことはなかったが、凍りついた基盤岩の岩片を持ち上げ移動させて以前に浸食された北の方向の融氷水の洪水の流れチャンネルのいくつかに碎屑物を堆積させた。[私のウェブサイト「北ダコタミズーリ川」でリストされるエッセイを参照]。深い氷河浸食の批評家によって使われた重鉱物の証拠は、最初の厚い氷床溶解の歴史の間の後の南方向の融氷水の洪水か、または、新たに露出したカナダ盾状地の表面に形成

された2番目の薄い氷床の活動に関連することによっておそらく説明できる。

深い氷河仮説に反対する主要な解決できない証拠は、北アメリカの氷床縁の近くの中期と後期第三紀の堆積性の堆積物の存在と、海洋盆における更新世堆積物の適切な層の欠如であるように思われる。薄い中期と後期第三紀の堆積物は主にミズーリ川集水盆地に位置している。地形図の証拠それ自身によって、証拠のあるタイプから決められる地質時代と浸食事件を対比することはできない。そして、ミズーリ川集水盆地地形研究プロジェクトのエッセイではそれをする試みをしていない。しかし、地形図の証拠から独立して、フィールドを訪れた時にノースダコタの南西とサウスダコタの北西の大陸氷床縁の近くで認識された中期と後期第三紀の堆積物は層厚100m以下の孤立した堆積物で、それは今日周囲の地形の上にしばしば孤立してある。堆積物自身は速い流速の水によって狭い谷の中に急速に堆積したと思われ、それは大陸氷床縁にそして/あるいはそれに沿って流れたものだろう。1989年の地質学(ワイオミング大学)の論文で、私はでノースダコタの南西とサウスダコタの北西で後期始新世と漸新世の堆積物の中に粗粒な沖積層を記載した。その堆積物はまた豊富な脊椎動物化石を含んでいて、そしてそれは時代を確立できるが、発表された報告において脊椎動物の古生物学者が粗粒な沖積層の重要性を無視したが、他の研究者たち(たとえば Denson and Gill, 1965)と私自身は、しばしば堆積物の起源地域をブラックヒルズであるとされた特有な碎屑物をモンタナの Beartooth 山脈へ追跡した。

対立するパラダイムの間の矛盾

ミズーリ川集水盆地の地形図の証拠によって定義された地形学パラダイムと普及している地質学パラダイムの間の矛盾は、深い氷河浸食の仮説と普及している地質学パラダイムの間の矛盾と同じである。普及している地質学パラダイムに従うと、260万年にわたる更新世時代に北アメリカ大陸の氷床が形成と溶解をし、そして中期と後期第三紀の堆積物は3400年以上または更新世の以前の長い期間にわたって堆積していた。さらに、地形図の証拠は、ミズーリ川集水盆地から移動した融氷浸食の物質量を説明するために十分な更新世の堆積物は知られていないとした。他方、ミズーリ川集水盆地の中期と後期第三紀の堆積物の性質は、融氷水の洪水のタイプと整合的である。おそらくそれは衰えた氷床縁の近くまたはそれに沿って、それ以外では融氷水の洪水ルートにそって堆積した。そして、中期と後期新生代の堆積物は、地形図の証拠が示す北アメリカの大陸の深い氷河と融氷水による浸食の量に見合った十分なものである。そして矛盾する証拠は実際ただひどく誤解されて支持されている証拠であることを示唆する。さらに、ミズーリ川集水盆地の中期と後期第三紀の堆積物におけるよく保存された脊椎動物化石の濃縮は、融氷水の洪水仮説によって容易に説明することができる。

もし絶対年代が指定されなかったなら、矛盾はおそらく中期と後期新生代の堆積物と化石の証拠の再解釈と、更新世の氷河の歴史と中期と後期第三紀の間の薄い氷床が溶融することと、更新世の間の厚い氷床の形成と溶融によって解決するでしょう、しかし、溶解は厚い氷床を少なくとも 3400 万年の期間以上溶けていたことと、次の薄い氷床は 260 万年間以上形成と溶融という絶対年代が指定されている。新しい氷が同時にできているかもしれない特別なときに、厚い氷床を融かすのにどれくらい長くかかるか私は知らない。しかし、3400 万年は不当に長く思われる。同じく、崩壊している厚い氷床残存物のまわりの融氷水の洪水を凍らすのと、結果としてできた薄い氷床を溶かすのにどれくらい長くかかるか私は知らないが、260 万年とは不当に長く思われる。

多分、この外見上の年代データのパラドックスについての解決はあり、そしてそれは中期と後期新生代の絶対年代データの主要な再目盛り測定を必要とせず、何であるとしても解決は見いだされ、地形図の証拠を考慮に入れなくてはならない。それは、厚い北アメリカの氷床が深い「穴」を形成してその後北アメリカ大陸を深く浸食した巨大な融氷水の洪水をつくったことを意味している。同じくどんな解決も、巨大な融氷水の洪水が始まったときに今日高い山脈と台地地域であるところが存在しなかったことと、それらを横切った融氷水の洪水が持ち上げられたことを認識しなくてはならないことに気付く。そして、それは厚い氷床の存在と融氷水の洪水が構造運動と関連したいくつかの振る舞いをしたことを強く示唆している。つけくわえると、今日高い山脈であるところの頂上に沿って流れ出た巨大な洪水が少なくともいくらかの構造運動を示しているという証拠は、融氷水の洪水の流れたルートに沿って起きた深い浸食と関連がある。地形図の証拠はそれ自身によって洪水によって堆積させられた堆積物を識別することに利用できないが、ミズーリ川集水盆地には洪水によって堆積させられた巨大な厚さの堆積物がおそらく存在する山脈の間に位置している多数の盆地と谷を含んでいる。特にそれには中期と後期第三紀の堆積物が含まれる。もしそうであるなら、融氷水の洪水により浸食され運搬された巨大な厚さの堆積物はまた、洪水がその地域を横切って流れ出たときに起きた構造運動に貢献することができたはずである。

論議の終わりに

ミズーリ川集水盆地の地形起源研究プロジェクトのエッセイにおいて例証し解釈した地形図の証拠は、厚い大陸氷床が北アメリカの構造運動で重要な役割を果たしたことを示唆する。ミズーリ川集水盆地と同じ詳細な調査がされなくても、他の北アメリカの集水盆地からの地形図の証拠は、大陸縁の西部と東部が押し上げられたことと、合衆国西部の広い地域が隆起することによって、厚い氷床が傾いたこととを示唆する。証拠はまた、巨大な南

向きの融氷水の洪水がコロラド川集水盆地の中に流れ出て、そしてコロラド台地を深く浸食したことを示唆する。おそらくこの時コロラド台地は隆起していただろう。現在の Basin and Range 地域を通過して南に流れた巨大な洪水の証拠もまたある。そして、洪水の水は隆起していたカリフォルニアの傾動山脈を横切って西に流れて、現在の深い西向きの谷を刻んだ。合衆国東部において、大きな南および南西方向の洪水の証拠がある。それらは、おそらく隆起しているアパラチア山脈であったところに深い線状の谷を浸食し、それらは大西洋から深い南西向き谷を谷頭浸食によって形成したと捉えられる。そしてまた、それは厚い氷床がすでに占めていた深い「穴」の中に流れるように、北と西の方向に流れを変えた。地形図の証拠からの融氷水の洪水の流れたルートを再構築することは、構造運動に関連した以前に認識されなかった氷床を識別するための強力な道具である。

文 献

- Clausen, E.N., 1989. Presence of rounded boulders and large cobbles at base of White River Group (Oligocene) strata in southwest North Dakota and northwest South Dakota. *Contributions to Geology, University of Wyoming*. v. 27. no. 1, p. 1-6.
- Clausen, E.N., 2009-2012. More than 400 essays (or research notes) found on the geomorphologyresearch.com website.
- Denson, N.N. and Gill, J.R., 1965. Uranium-bearing lignite and carbonaceous shale in southwestern part of Williston Basin-A regional study. *United States Geological Survey Professional Paper* 463, 75p.
- Fenneman, N., 1931. *Physiography of the Western United States*. McGraw-Hill Book Company, New York, 534p.
- Fenneman, N., 1938. *Physiography of the Eastern United States*. McGraw-Hill Book Company, New York, 691p.
- Gravenor, C.P., 1975. Erosion by continental ice sheets. *American Journal of Science*. v. 275, p. 594-604.
- James, P.M., 2008. The massive Missoula floods-an alternate rationale. *NCGT Newsletter*, no. 48, p. 5-22.
- James, P.M., 2011. The Lake Titicaca enigmas. *NCGT Newsletter*, no. 58, p. 44-49.
- Kuhn, T.S., 1962. *The Structure of Scientific Revolutions* (second edition, enlarged), The University of Chicago Press, 210p.
- Ollier, C. and Pain, C., 2000. *The Origin of Mountains*. Taylor and Francis. London and New York. 345p.
- Sugden, D.E., 1976. A case against deep erosion of shields by ice sheets. *Geology*, v. 4, p. 580-2.
- Thornbury, W., 1965. *Regional Geomorphology of the United States*. John Wiley and Sons, New York, 609p.
- White, W.A., 1972. Deep erosion by continental ice sheets. *Geological Society of America Bulletin*, v. 83, p. 1037-56.

コメント COMENTS

Eric N. Clausen: Evidence of tectonic activity associated with continental ice sheets and meltwater flood erosion. NCGT Newsletter, no. 63, p. 81-87.

大洪水について ON MEGA-FLOODS

Peter JAMES <glomaker75@hotmail.com>

(矢野 孝雄 [訳])

ロッキー山脈東部およびコルディレラ山脈の諸峠における水による大規模浸食に関する Eric Clausen が提示した証拠 (NCGT 本号) を読んで、心強く感じた。これは、Red Rock 峠 (海拔 1,500m, Salt Lake 市の北方 100km あたり) をはじめ、コルディレラ山脈西側の諸峠の大規模浸食現象に、新証拠として追加されるべきものである。これらの峠の上流側の Warren Hunt の Snake River に沿って、海浜性砂岩が顕著にみられる (Environment of Violence, Polar Publ., Calgary, 1990)。

Missoula 洪水の場合、筆者が記載したように (NCGT, 2008, no. 48, p. 5-22), コルディレラ山脈を超えて Missoula 盆地に至るのに、海拔高度が比較的低い 4 つの峠が選ばれた。同様の低い海拔高度の諸峠では、1,000km 南方まで、そして、北方へも (カナダの Jasper の 1 つの峠を除くと) 同様の距離まで、そのような堆積物は存在しない。Missoula 盆地の西縁をなす Bitterroot 山脈の峠には海浜性砂岩が存在するが、上述の切れ込み (inlets) よりも海拔高度が高く、連続的山地では、浸食の証拠はあまり顕著ではない。したがって、Clarke Fork 川が、Missoula 盆地からの唯一の主要流出口であったのだろう。

巨大洪水が海水起源であるとの筆者の結論に対して、Eric Clausen は、Missoula 盆地の下流側の荒地にいかなる海成堆積物も存在しない、と正しく指摘した。しかし、“洪水”のすべてが荒地を太平洋まで洗った。それゆえ、とくにその後大量の氷河融水の影響を受けたところでは、あらゆる海成であることを証明する残存物も残存しない。それにもかかわらず、あまり遠くないコルディレラ山脈の東側には海成の証拠が存在する。カナダ国境をわずかに越えた Cypress 丘陵では、後期更新世の耐塩性植物化石が報告されている。ちなみに、この丘陵は、北方へはカナダ北西領の Great Slave 湖まで 12,000km にわたって分布する隆起巨礫層の南端部にあたる。これらの巨礫は、海浜堆積物に典型的な特有の白色石英砂岩 “cannon balls” でできている。

したがって、Missoula 洪水の環境は、海進時の海水が高い海拔高度に囲い込まれた Titicaca 湖の状況とは異なっている。残存した湖は、その後のたいへん乾燥した気候のために、そこで蒸散作用を被ることになった。これらの盆地が陸封されたために、ボリビアの Altiplano には顕著な岩塩層が形成された。

**批判的コメント CRITICAL COMMENTARY on
“THE EARTH’S DEGASSING, ROTATION AND EXPANSION AS SOURCES OF GLOBAL
TECTONICS” by Nina I. Pavlenkova, NCGT Newsletter, no. 63, p. 49-70.**

Karsten M. STORETVEDT

Institute of Geophysics, University of Bergen, Bergen, Norway <karsten.storetvedt@gfi.uib.no>

(矢野 孝雄 [訳])

要旨：NCGT の本号で、Nina Pavlenkova は、地球がどのように進化したのかについて、いくつかの新しい考え方を発表している。彼女は、マントルに深い根をもつ大陸地殻はかなり強烈な内部脱ガスの産物であり、大洋盆で発見されるシアル断片はマントル中の微弱な脱ガス通路に関係する、という仮説を提案している。海洋地殻の複雑な造構的構成は、ほとんど無視されている。著者は、花崗岩質ブロックは化学的に変化を起こさない表層集積物であるとの 19 世紀後半の考え方にしたがっているが、大陸地殻はしばしば大陸縁に向かってしだいに薄化するという事実—この地殻特性は海洋深部まで連続することがある—が無視されている。それゆえ、彼女が好む ‘tectonic regime’ (造構体制) という記述は不明瞭である。この物語の難点の 1 つは、不均質な脱ガスが南半球に大規模な大陸塊を形成し、そ

れが地球の力学的不安定を発生させ、南極に中心をもつある程度の惑星膨張をもたらした、ということにある。想定された南半球膨張は、南極から北方へのびる主要な海洋中央海嶺とリフトを形成したことを説明できるという。しかし、この議論は、重大な地質学的 - 地球物理学的事実を無視して、一貫性がなく、論理が収束していない。

まえがき

模型偽装と間断のない場当たりの推敲を強いるプレートテクトニクス (PT) は提案後 40 余年を経て、今日の地球科学の諸活動は、事実と作り話の混沌とした混合物以外の何ものでもない状況にある。地球システムの批判的再考があまりにも遅れていることは、明らかである。NCGT の雑誌は、地質科学のためのより現実的な将来計画を追求する自由な討論の場を提供することを熱望している。そして、この努力が実を結ぶためには、イデオロギイ的保護主義とそれに関連した脅しの cat culture や、残念ながらも今日の世界地質科学を支配している "生きざま" がなくならなくてはならない。新しい力学的 - 造構的提案は、正確な評価をうけなければならないという必要性のために、その価値を下落させることがあってはならない。まず、想定される駆動メカニズムは、それらが一連の特定された予測をもたらすことを担保してはならない。ほんとうの全地球学説は、究極的には、きちんと証明された表層の地質現象でもって構成される 1 つの体系をつくりあげる必要があり、そして、場当たりの前提のない、もっとも単純で、もっとも見通しのきく論理的枠組みが当然のことながらよりよい解となる。仮定された全地球システムが、確実な地表データに結びつかなければ、そのシステムは検証することができず、正しい科学的学説にはならない。

本号の原著論文欄に掲載された Nina Pavlenkova (NP) の '脱ガス / 自転 / 膨張' 論文は、後者の範疇に入る。筆者は、彼女が提案した '流体 - 回転' 概念は優れた論理体系であり、今後 PT に代わる他のいくつかの学説の統合が可能であるのみならず、これまでに説明されたことのない諸現象をも説明している。しかしながら、この論文には、仮定された地球内部の諸特性と地球表層部にみられる諸事実とのあいだの自然な結びつきは、いささかも見いだされない。場当たりの前提が多く、とりあげられた事象が全地球テクトニクスに関係すると述べながら、地表における構造配置や諸作用は、まったくもって、いかげんに扱われている。この論文は論理的に不当な記述があまりにも多く、この点からみると、著者は必須であるはずの科学的詳細を欠くロシア語的修辭の陰にかくれようとしている。驚いたことに、彼女は、自らの論文が新しい全地球学説の "完全版" であるとしている。積極面は、彼女がいくつかの興味深い地球進化の惑星学的特性に注目していることである。しかし、実際の議論では、空にうかぶ星座からの仮想的影響よりも、地球の諸特性がはるかに重要である。

'第 1 次的' テクトニクスの説明における失敗

著者は '革命的' 全地球テクトニクスを提示したが、地球の構造システム—その大部分は、巨大規模の褶曲帯の経時的移動として現れる—がまったく議論されていない。もっとも重要な脱落は、より早期の褶曲時相に比べて、アルプス造構進化期に諸応力が著しく強くなったという明白な事実である。多くの研究者が報告したように、藍閃石を含む青色片岩が発達する高压変成帯は、おもに中生代後期～第三紀中頃 (すなわち、アルプス期) の産物である。青色片岩変成作用を地球規模で総説した Ernst(1972) は、含緑簾石緑色片岩 - 青色片岩は先カンブリア紀以降に出現するが、ローソン石は古生代にはまれで、ひすい輝石・石英と共生するアラゴナイトは中 - 新生代変成帯に限られる。このような鉱物変化にみられる時代性は、変成帯における造構的圧力が時間とともに増大し、より古期の褶曲時相に比べて、アルプス造山期には著しく強くなったことを示唆する。地質時代の関数としての青色片岩の鉱物学的特徴が、図 1 に示されている。

浅薄にも、NP は「太平洋半球は低高度で、薄い海洋地殻をもち、いっぽう、大陸半球は高高度で、厚い大陸地殻をもつ」と述べている。地球の深い海洋盆が中生代中 - 後期以前には存在しなかったという事実、そして、岩石の証拠は、先アルプス期には 2 つの半球がともに隆起した陸域であったことを示すという事実が、記述されていない。白亜紀前期の地球の '両側' は、現在に比べてはるかに類似していたであろう。地球表層の重要な岩石学的事実を無視する理由は、おそらく、大陸とそのマントル根部が 2 次的脱ガスの産物であると喧伝するいっぽう、海洋地殻は始源的なものであるかのようにみなす彼女のモデルの要請に由来しているのではないだろうか？

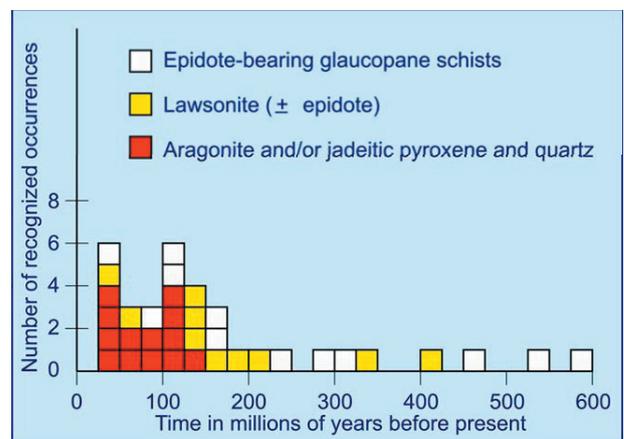


図 1 地質時代の関数として青色片岩—顕著な鉱物学的相違をもつ—の産出を示す度数分布図 (Ernst, 1972). 高压型鉱物組み合わせ (アラゴナイト - ひすい輝石 - 石英) は、中生代後期～第三紀に集中している。真の全地球テクトニクスは、アルプス期における地殻圧力の顕著な増大を説明することが不可欠である。

NP は、「太平洋周辺のベニオフ帯の環」について、その構造が多くの小円状の弧に細分されることを考慮することもなく、声高に語っている。彼女は、Bijwaard et al. (1998) による広域的トモグラフィ画像に言及し、ベニオフ帯を分節化させる不連続マントル断面を指摘するが、東西方向で対照的な造構の相違にはふれない。たとえば、ペルー〜チリの大きな圧縮応力をともなう緩傾斜ベニオフ帯は、中立〜引張性(斜め引張性) 応力をともなう急傾斜のマリアナ型ベニオフ帯の対極にある。このような造構応力条件の相違は、背弧海盆の形成にも関連しているようだ。これらの地球表層の凹地は島弧の陸側に位置し、太平洋の北縁〜西縁—この領域は、展張〜斜め展張環境が卓越する(出典・議論は、Storetvedt, 1997, 2010 参照)—に限られている。

太平洋の深海海溝をみると、西太平洋の外弧の前縁に位置する海溝は、もっとも顕著な地形起伏であり、地球上での最大水深を示す。くりかえし報告されてきたように、西太平洋の海溝は実質的に堆積物を欠くが、南北アメリカの海溝はいずれも浅く、より緩やかな地形を示し、タービダイトを主とする堆積物(最大層厚 1km)によって埋積されている。さらに、長大で相互に交差する megatrends[長大な線状構造]—ほぼ直交する断層/谷地形/海嶺—が、太平洋を横断している。この大規模な直線状模様は、全地球的な高密度直交構造のなかでも'第 1 級'のものである。それらは、実際にも、地球を特徴づけるもっとも一般的な構造特性である(Storetvedt, 2003; Storetvedt and Longhinos, 2011 参照)。Pavlenkova の論文は、惑星地質システムを理解するための最も重要な造構的諸側面—有為な全地球学説によって予測される一連の表層現象—をまったく無視している。Pavlenkova のモデルは、実際には予測をたてることができず、それゆえに、検証することもできない。

惑星脱ガスと地殻変化

今日では、コアの密度不足はひろく是認されていて、水素のような軽元素がかなり含まれていることが必要とされる。NP は、それに起因する化学的不安定に注目し、不規則に分布する'流体流'によってコアから輸送された物質が厚い大陸'regime[体制]', および、大陸深部のマントル根部を形成したと論じている。彼女の見解では、海洋性マントルのなかを上方へ移動する物質/流体は、海洋地殻の組成的不均一性と同様、大陸性および海洋性マントルにあまり違いをもたらさないと考えている。彼女は、「流体の上昇が微弱な今日の海洋域では、いくつかの離れたスポットにだけ中間型地殻が形成された」との仮説を唱える。これは、彼女の論理体系における 1 つの主要な前提であるが、地球の内部組成についての多くの重大な疑問を無視している。たとえば、進化した惑星の外縁に放射性重元素が集積しているにもかかわらず、コアに含まれる大量の軽元素はどのようにして保持されたのだろうか? これは、惑星の初期状態が高温で、溶融していたとするこれまでの見解では解明されない 1 つ

の重要な疑問である(Storetvedt, 2011 参照)。それは Pavlenkova のモデルにとっても最重要問題であるが、このような疑問はまったくのところ'いい加減'にすりぬけられている。同様に、物質運搬のメカニズムや、それに起因する慣性モーメントのときどきの変化がもたらす内部質量の再配置の力学的効果、などの重要問題も排除されている。さらに、NP が執着している脱ガス地球において、ガス/流体が上昇すると上方へ封圧が増し、裂隙容積の増加が予想される。コラ半島およびドイツ西南部の超深層大陸掘削井では、地殻中では深部ほど断裂が増大することが確認された。最近の論文で(Storetvedt, 2011)、地球の構成にかかわるいくつかの謎と、それらの予測解が総説されている。

トモグラフィ研究によって解明されたマントル不均質は、地球が熱-化学的平衡から大きくはずれていることの間接的証拠である。おそらくは、惑星天体が、そのような均衡に到達しようと全存在期間をかけてもがいてきたのである。反応や移動が著しくゆっくりしていることは明白であり、そのために、地球の温度断面が逆転していると信じるに足る証拠がある。地球深部は比較的冷たい状態にあるため、外側に高温状態が生まれる。こうして、放射性鉍物の初期集積と脱ガス化学反応から供給される熱が集積したため、上部マントル/地殻境界の温度が上昇したのであろう(Storetvedt, 2011)。全体として、私は、コアに由来する惑星脱ガスが地球内部の物理-化学構造を理解するためのもっとも活動的な系であろうという点で NP に賛同するが、全般的な出発点については合意できない。

広く知られているようにコア-マントル境界(CMB)は複雑で、この薄層中で、コアとマントルとの間の化学反応とエネルギー結合がおこっている。遠隔地震研究は、この境界がかなり凹凸した不規則な'地形'をもつことを、くりかえし指摘してきた。CMB 域の役割を解明する簡明で多面的な方法は、Morelli and Dziewonski (1987) にみられる。彼らの研究結果によると、CMB の隆起域—おそらくは、主要な脱ガス'通路'に相当する—を上方に延長すると、海洋の分布域に一致する(図 2)。

この図で、CMB の凹部は、あまり再活性化しなかった

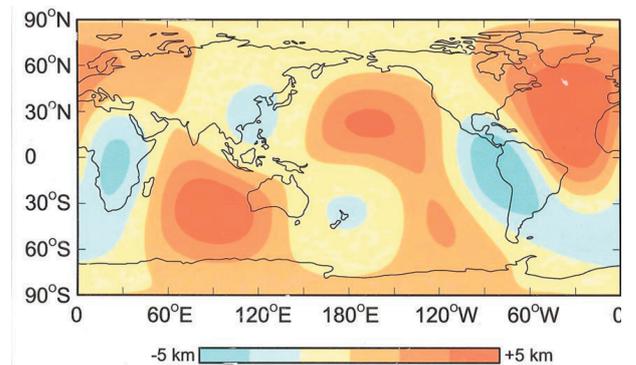


図 2 コア-マントル遷移帯の'地形'を示す最初の図面。Morelli and Dziewonski (1987) による。この境界層が隆起している領域と深海凹地の世界的配置がよく一致していることに注意せよ。

領域脱—ガス支脈に相当—に一致し、おそらくはほとんど再活性化しなかった CMB 領域は、外側へ延長すると大陸塊に一致する。この図にもとづくと、海洋性および大陸性マントルは当然のことながら、組成と地震波速度を異にし、今日ではかなり確証された大陸の '根' の起源になっている。深海海盆をともなう海洋地殻は、かつて地球全体を覆っていた厚い始源の大陸地殻が薄化し、化学的变化を被ったものである、ということ容易に理解できる。地殻下底でのエクロジャイト化 / 剥離作用 (delamination) は中生代後期に加速され、それによって、今日みられる海洋 - 大陸境界の形状がその場で形成されたことは明らかである。これらの事象には、上部マントルと下部地殻の封圧の相違によって発生した脱ガス現象が契機となった (Storetvedt, 2003, 2011)。

NP は、流体による物質運搬が表層部におけるさまざまな内因的 'regime[体制]' をもたらしたと論じている。しかし、そこでの 'regime' 概念の記述は不明瞭で、つかみどころがない。さまざまな 'regime' は、特殊事例の場合当たりの集合のように理解される。彼女は、薄い地殻をもつ深海には、本来は大陸であった地塊や海嶺が広く存在することを承認している。しかし、驚いたことに、彼女は、初期の流体移動によって小規模な大陸地殻塊が古期海洋型地殻の中に形成されたとみなしているようだ。いいかえると、彼女は、初期のより強力な流体による脱ガスが、深部マントル根部とともに大陸塊を形成し、コアの他の領域に由来するより穏やかな脱ガスが世界中の海洋に地殻の変異性をもたらした、と主張しているようだ。地殻のさまざまな 'タイプ' や 'regimes' の間に比較的連続的な厚さの変化が認められるという事実には言及していない。図 2 は、彼女の脱ガスモデルに反している—すくなくとも、CMB の最高点 ('脱ガス領域') が薄い地殻をもつ海洋盆 [複数] に一致するかぎりにおいて—。

彼女の図 7 には南大西洋の地震 / 重力断面が示され、高速度異常帯によって隔てられた、多くの大洋中央上部マントル低速度層 (あるいは 'アセノスフェアレンズ') の存在を強調している。これが、彼女の海洋 'regime' の 1 つであることは明白であるが、該当する物理 - 化学的説明はみあたらない。しかしながら、私の脱ガスにかかわるレンチテクトニクスでは、'海洋中央' 帯はアルプス期の剪断帯である。それゆえ、この剪断帯は、リソスフェア内において水に富む集積流体の供給路として機能するだろう。そして、Austrheim (1998) などによると、この事象は、地殻下底におけるエクロジャイト形成のための温度あるいは圧力のいずれかよりも、もっと重要であるという。自然界にみられるグラニュライト - エクロジャイト (はんれい岩 - エクロジャイト) 変成反応は、無水状態では著しく阻害されることを証明している (たとえば、Austrheim, 1987; Leech, 2001)。花崗岩 - グラニュライト地殻が化学的に安定である、との Nina Pavlenkova の主張が幻想であることは明らかである。

流体によって促進された地殻下底でのエクロジャイトの

形成は、周囲のマントルに比べて高密度 (最大で約 0.2 g/cm^3) をもたらずので、この再結晶作用を被った地殻物質は重力不安定になり、上部マントルのある深度まで沈降するだろう。そのような下部地殻の剥離 / 侵食は、エクロジャイト化交代作用が上方へ進行するにつれて、そこに形成されるモホ面の上昇をひきおこし、地殻が変化するにつれてアイソスタシー沈降が生じるだろう。いっぽう、剥離したエクロジャイト岩塊は水を多く含む最上部マントル中にとりこまれていくために、蛇紋岩化するだろう。それゆえ、剥離した地殻下底岩塊の蛇紋岩化は、NP 論文の図 7 に示された低速度アステノリスの直截な説明になる。さらに、比較的低密度蛇紋岩体は、南大西洋の横断面に沿う顕著な低重力 (同図に示される) の直截な説明になるだろう。このような一連の考え方にしたがうと、強い脱ガスによる上部マントル - 地殻変質を経験していない大陸域には、アセノスフェアレンズはあまり発達していない。この相違は、彼女の図 6 にうまく示されている。

今日のモホ不連続と進化した超塩基性上部マントルは、永続的な惑星脱ガス作用—さまざまな元素の上方移動をともなう—と、それによるグラニュライト質下部地殻のエクロジャイト化に由来したと考える人がいるかもしれない。Ito and Kennedy (1970) は、実際に、モホ面がこのようにして形成されたであろうことを示唆している。エクロジャイト化作用は母岩よりもより変形しやすくするため、物質の強度低下をもたらす (Austrheim et al., 1997)。歪が大きい場合には、エクロジャイトには面構造が発達し、塑性変形を被る。水が存在すると、より変形がおこりやすくなる。エクロジャイト化による高密度化は、エクロジャイトと遷移帯上方の岩石との間のレオロジカルな弱帯とくみあわさって、下部地殻を不安定化させ、地殻のより上層を剥離させることになる (Leech, 2001)。この発達シナリオは、被覆地殻がしだいにマントル中に失われていくことを意味する。さらに推論すると、このような地殻下部の剥離作用は、リソスフェアを切断する断層帯に沿ってもっとも強くなるであろう。線状盆地 [linear basins] に沿って、また中部 / 北部大西洋域と北極海嶺にみられる地殻の異常薄化や欠如は、このような発達モデルを証明している。

海洋盆における地球化学特性：Dupal 異常による富化

Nina Pavlenkova の論文では、早期の地殻組成が考慮されず、その花崗岩化年代だけが付記されるにすぎない。しかしながら、ロシア語文献を引用した彼女のメッセージの核心は、不変の大陸塊 (マントル根部を含み、化学的变化に抵抗しつづけてきた) を形成したのは花崗岩化作用である点である。いいかえると、彼女はなぜか、大陸塊が惑星深部脱ガスによって集積し、その後の破壊からは防御されているという 19 世紀後半の考え方に復古している。これは、私がよく知っている歴大な地球科学文献の変種にすぎない。とくに、NP のモデルは、海洋域における地球物理 - 地球化学観測—たとえば、Dupal

異常とよばれる Sr-Pb 富化—に矛盾する。

Hart (1984) によって最初に定義された Dupal 同位体組成—Dupré and Allègre (1983) によって記載されたインド洋産玄武岩に適用された—の原因については、長らく議論がつづいてきた。しかしながら、大半の考察は、剥離した大陸地殻下底部の化学的混合に起因するマンツルの富化を重視している。こうして、南西インド洋海嶺の Dupal 特性を研究した Meyzen et al. (2005) は、えられたデータは「上部マンツルに埋没し停滞している大陸地殻下部の存在によってもっともうまく説明される」と結論した。南大西洋における溶岩類の微量元素と同位体に関するデータを扱った最近のもう 1 つの研究 (Regelous et al., 2009) は、大陸性物質を混入した給源マンツルに由来したとの説明が最良であるという。後者らによると、「私たちの結果は、南大西洋の Dupal 異常は、マンツル深部に由来する物質よりも、浅部に存在する若い陸地殻下部と大陸性リソスフェアマンツルに由来するという既存の研究結果を支持する」という。

流体による地殻下底部のエクロジャイト化が海洋地殻を形成した主要メカニズムであるとする、異常に強力な熱水活動を被った部分が、異常に深く・薄い海洋地殻に相当していて、それに由来する玄武岩類に Dupal 同位体特性がみられるのであろう。北極海盆をアムンゼンおよびナンセン盆地に分けている Gakkei 海嶺は、この文脈に完全に適合する。異常に活発な熱水活動 (Edmonds et al., 2003) は、Gakkei リフトがマンツルから上昇してくる含水流体の主要通路となっていることを明白に示している。そのために、地殻は広域にわたって効率的な変成作用を被り、エクロジャイト化するとともに、地殻下底部から薄化していく。これらの予測と整合して、Gakkei リフトは通常のリフトよりも深く (部分的には 5,000m を超える)、地殻は異常に薄く、欠如するところもあり (長距離にわたって中央リフトの地殻は消失し、超塩基性岩が露出している)、海嶺軸で採取された玄武岩類の微量元素は顕著な Dupal 異常を示す (議論と文献は、Storetvedt and Longhinos, 2011 参照)。Goldstein et al. (2008) は、多数の地球化学的可能性を検討し、つぎのように結論した。すなわち、Gakkei リフトの火山岩類は、剥離後に広域のアセノスフェア溶融体に混入した大陸性リソスフェアに由来する、と。

Dupal 異常は、最初、南半球 (インド洋と大西洋) に特有な異常であると考えられていたので、北極海盆での発見は謎めいていた。しかし、北極海での発見よりもかなり以前に、Dupal 異常が日本海で発見されていて (Tatsumoto and Nakamura, 1991)、最近、同じ同位体特性が南中国海でも発見された (Quan Shu et al., 2008)。それゆえ、Dupal 異常は、ほんとうは異常ではなく、一般的な地球化学特性と考えられる。すなわち、もともとの大陸地殻が現在の海洋モードに化学-力学的転換を行った結果を示すものであろう。Dupal 地球化学特性の年代が、基本的にはアルプス時相の極相期にあ

たっていることは、海洋性凹地は白亜紀前期～中期以前にはまったく存在せず、海洋盆の形成が第三紀中頃までに基本的に完了したことを示す。115m.y. 前のケルゲレン海台の玄武岩類が示す Dupal 同位体特性 (Weis et al., 1989) は、この地球化学特性の下限年代を示すものである。

極移動曲線、地球自転、リソスフェア可動性、 造構リニアメント

以前の私の図 (Storetvedt, 1997 の Fig. 9.5) に関して、NP は、古地磁気研究にもとづく全地球的極移動の主曲線が全体的に緯度方向へ移動することに注目した。地表に対する平均的古磁極—古地磁気学上の基本的仮定にもとづくと、過去の地理極に相当する—は、天体自転軸へ向かって段階的に移動していく。広く知られている極移動軌跡を解釈するために、著者は、上部マンツルが下部マンツルに対して回転したか、あるいは、「より確からしいのは、流体コアに対して全マンツルが回転した」との仮説を唱え、そのような運動が力学的におこりうるか否かを推測している。ところが、コアに対するマンツルと地殻の大規模回転を '正当化' しようとする試みにおいて、NP は、1 つの巨大な大陸塊 (深いマンツル根部とともに) が古生代の南半球に存在したと喧伝する。次に、提示された地球の力学的 / 自転的不安定 (おそらくは、提案されたマンツルの大規模回転に起因する) が、大陸 [複数] を北方へ移動させる。彼女の '流体回転' モデルを支持するために、著者は、出典がよくわからない古地磁気データ (彼女は、他の場合には無視している研究分野) に言及し、かつて南半球に集結した大陸を認定した。しかし、他の多くの記述と同様、彼女は、この重大な主張になんらの論拠も示していない。

もし、惑星脱ガスが実際に前掲の図 2—コアからの流体流が CMB の隆起域に集中し、地球表層では大陸地殻の大部分を現在みられるさまざまな海洋域へ変化させたことを示唆する—に示される球状分布にしたがって進行したとすると、コア-マンツルの相対的方位は、少なくとも古生代後期以降は固定されていたであろう (Storetvedt, 2003)。加えて、電磁気的コア-マンツル結合は、これら 2 つの媒質の間に巨大規模の変位が起きることを妨げたであろう。

古気候に関する化石や岩石にもとづく古地理構造が長期間にわたって移動した証拠が 1900 年代前半に提出されたこと (Kreichauer, 1902; Wegener, 1915; Köppen and Wegener, 1924) は、重要な事実である。古地磁気データにもとづいて全地球極移動の主曲線を地球物理学的に決定すると (Storetvedt, 1990)、天文学的回転軸に対する地球の空間的方位が先カンブリア紀以降はずこずつ移動してきたことを示し、18 世紀の古気候データを確証する結果がえられる。図 3 は古気候と古地磁気極 / 古緯度データを比較したもので、両者は正確に合致する。

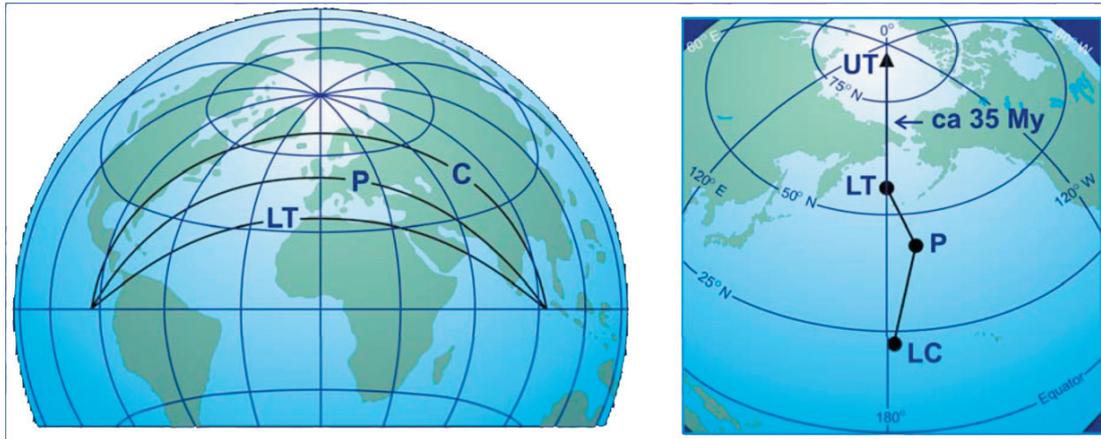


図3 左図は、古気候にもとづく3つの時代の相対的赤道を示す。石炭紀 = C, 二疊紀 = P, 第三紀前期 = LT, 表記は Wegener (1929) にしたがった。比較のために、右図は、アルプス期の大陸の相対的な現地性運動の影響を除去後の古地磁気データから推定した極移動跡で、大陸間で一致している (Storetvedt, 1997)。地球の空間的方位の時々の変化についてみると、これらの2つのデータは完全に一致する。

NP が仮設したコアの周りのマントル回転 (極移動を示す古地磁気的主曲線を説明する試み) に関して、彼女は「コアの周りのマントル回転は不均一におこった」と述べた。しかし、この不規則な運動の科学的説明も、造構的意味も記述していない。そして彼女は、「テクトスフェアの地塊構造と地球の不規則な脱ガスのために、マントルの運動には、地質文献に詳述された複雑な造構作用がともなった」と記述する。そのような発散的で不明確な定式化をみると、彼女は重要な力学的 - 造構的観点が不足したままで挑戦を続けているように思える。ときどき起きる極移動の特性—そして、彼女が喧伝するコアの周りのマントル回転—について、合理的説明がされていない。顕生代の極移動は二疊紀以後に発生し、大部分がアルプス期に起きたとみられる。もっとも重要な移動は始新世 / 漸新世境界前後に起こっていて、アルプス時相の極相末にはいろいろな様式をとった。アルプス期における相対的極移動事件は、前掲の図1に示される高压青色片岩鉱物が集中的に形成された時代に一致する。さらに、いくぶん広い年代幅でみると、さまざまな極移動が、玄武岩岩石区や地殻の造構 - 地形史における力学的引き金になったことがわかる (Storetvedt, 2003 参照)。Nina Pavlenkova は、彼女の図8で、中程度に薄化した大陸地殻を覆う主要な海洋性玄武岩岩石区の分布を示しているが、これらの火成活動区と他の海洋地殻発達史との関係については説明されていない。

図3の極移動経路にもどると、連続的な極移動は比較的急速な事件であるが、極軌跡にみられるさまざまな停止は、実際には長期にわたる造構的静穏期に相当する。比較的短期間の相対的極移動の発生は、地球史における比較的顕著な地質時代境界に一致する。自転速度の変化期間中か、極移動事件によって発生する惑星自転の主要変化—これらの地球物理的特性は、脱ガスに関係した惑星内部質量の再配置とそのため惑星慣性モーメント変化に関係している (Storetvedt, 2003)、地球史に跛行性をもたらす力学的メカニズムになっている可能性が高い。惑星自転の諸変化は、流体 / 気体に満たされた最上部マ

ントル (不規則なアセノスフェア) の封圧を変化させ、造構 - 火成活動や環境変動をもたらすだろう。したがって、地球の主要な造構的 '脈動' に直接に関わる極移動現象の挿話的性質が、地球表層で観察されるさまざまな現象に結びついているようだ。

脱ガスによって最上部マントルに形成された低速度層は、それらの不規則な分布とさまざまな発達度にもかかわらず、地球の外側の脆性 '層' に造構的不安定をもたらす。こうして、惑星回転のときどきの変化 (自転速度変化と極移動) は、全地球リソスフェアの緯度依存的慣性運動を引き起こした。いいかえると、リソスフェアの慣性的変形過程において、大陸塊はそれらのマントル根部と一緒に固定されている。たとえば、白亜紀における地球自転の一定の加速期間にはアルプス造構革命の力学的契機として機能したと予測され、古南半球は反時計回りにねじられ、それに対応して、古北半球は時計回りのねじれ変形を被った。これは、地球史上初めてのできごととみられ、大陸の可動性と呼んでいる。しかしながら、アルプス期の全地球的ねじれ変形は、すべての主要大陸塊にわずかな方位変化 (最大でも 20° ~ 30°) をもたらしただけである。そして、大陸性および海洋性リソスフェアも、当然のことながら、同じ全地球的ねじれ作用に参加した。海洋地殻は全般に薄く強度が小さいために、リソスフェアのねじれ変形と変成作用の大半は海洋域で発生した。

NP は、さまざまな大陸塊の極移動経路の違い、および、それらに対応する造構運動を適切に理解しているようには思えない。彼女は、アルプス期のヨーロッパとアフリカの古地磁気極曲線にみられる約 90° の経度方向の移動は、2つの慣性由来の逆センスの極軌跡 (彼女の図9a) とともに、これら2つの陸塊の同様な回転角に対応していると考えている。造構運動と古地磁気極移動の間の幾何学的関係は、McEllhinny (1973) によって総説された。したがって、地殻ユニットに関する相対的極移動速度の変化は、実際の大陸塊における等量の造構的移動をそれ

自身が示しているわけではない。実際には、まったく逆の事象が発生することもある。アフリカとヨーロッパの造構的関連の問題にもどると、彼女の図 9a に示されたように、2つの大陸塊の現位置での運動はそれぞれ 25° 前後にすぎない (Storetvedt, 1990 およびその後の研究)。大西洋海域では、アルプス期の慣性運動の古地理学的結果が、海洋盆のわずかな形状変化—今日の北および南大西洋にみられる南へ扇状にひろがる形状—をもたらした。側方への大陸移動や大陸-海洋のめだった造構的非調和は、すこしも生じなかったのである。

NP は、多くの場合、数 1,000km にわたって延びる構造のリニアメント—しばしば大陸縁を横切り、深海盆まで連続する—に注目する。関係する構造ファブリックは始生代後期の脆性的リソスフェアにみられ、それらの副次的構造要素が力学的再活動の影響を被った。先カンブリア紀の古期造構ファブリックは常に、若い表層堆積層に覆われていく (Storetvedt, 2003)。この原理は、もとの大陸性盆地が完全に剥離したとしても、該当する海域に適用されるだろう。したがって、主要な大陸性リニアメントが深い海洋盆に連続するのは当然のことである。たとえば、中央アフリカのリニアメントは赤道太平洋を横切り、次に南アメリカ北部を横断して太平洋に達している。

未発見の南半球膨張

Nina Pavlenkova は、南半球の海洋リフト系—南極に関して一種の対称的配列を示す—を、惑星脱ガスが起こった主要地帯とみなしている。彼女は、南極の周りの環について、この“環”が実際には多数の明瞭な造構的不連続線で構成されている事実を議論することなく、語っている。また、彼女は“海洋中央”海嶺が海洋底拡大の中心を示すことを承認しているように思われる。すべての解釈がねじれテクトニクスの産物であるという事実が、Nina Pavlenkova の南半球拡大 / 膨張仮説—それは、実

際の証拠によっては支持されない—における 1つの礎石とされている。

古地磁気データにしたがうと、スコティア海域—相対的に回転した南極と南米に境される—は、スコティア弧が斜め圧縮前線となった期間 (アルプス時相) には主要な左横ずれ剪断帯になっていた。この期間に、この海域は全域にわたる変形作用、再結晶作用、走向移動断層運動、および一連の変成作用を被った (Grunov et al., 1987 ;

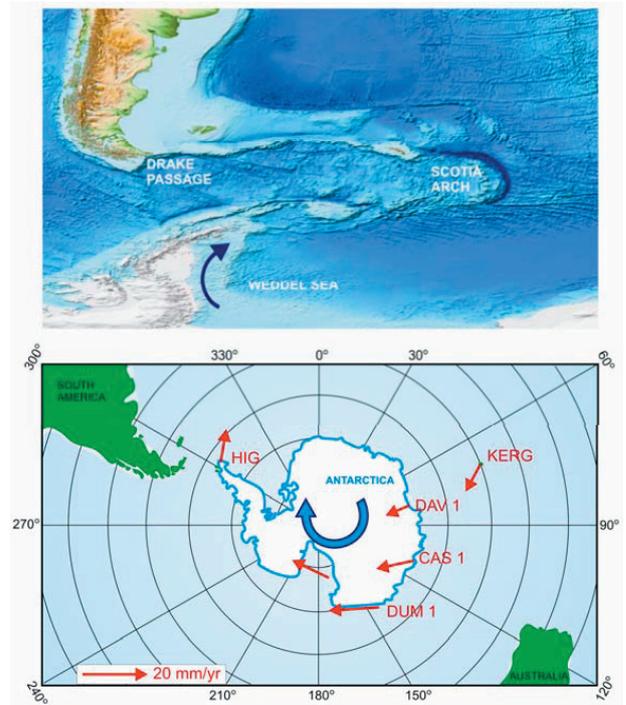


図 4 上図は造構的に剪断されたスコティア海の地勢画像を示す。Boulder の NOAA 衛星-情報による。強く変形したスコティア海域は、造構前線として理解されているスコティア弧によって東縁を境され、アルプス期に南極に大規模な時計回り回転をもたらしたねじれ造構力に関する。下図は GPS 速度ベクトルを示し、現在も時計回り回転が継続していることを証拠づける。GPS 観測点データは、Bouin and Vigny (2000) による。

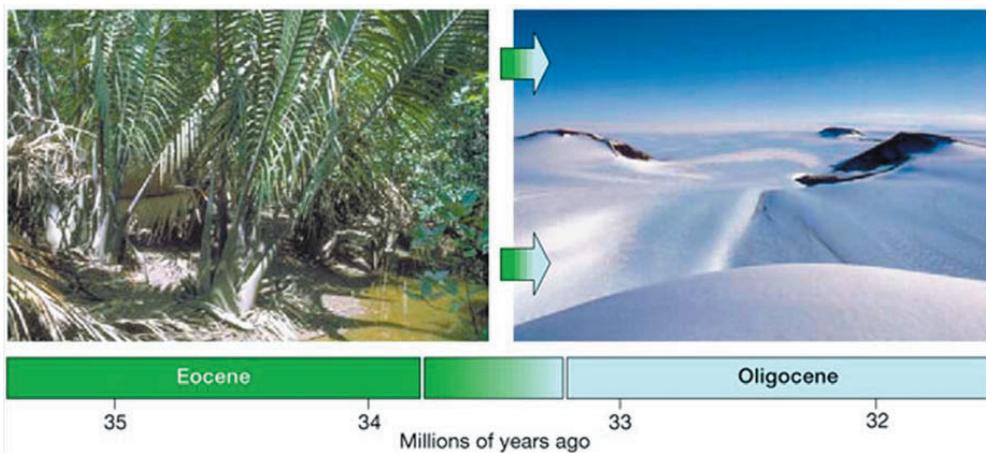


図 5 始新世 / 暁新境界をすぎると、南極半島では劇的な気候変化—亜熱帯から極圏へ—がおこった。南極半島の古緯度をすこしずつ増加させた南極大陸の大規模な時計回り回転が古第三紀にも継続したことは明らかだが、顕著な気候変化をひきおこした主要な原因は始新世 / 暁新境界における大規模な惑星の回転—約 3,500 万年前の大規模な極移動事件 (図 3) にあるようだ。この顕著な極移動の期間に、南極の緯度の増加は約 35° に達し、この時の特異な地球の空間的移動の結果、先カンブリア時代後期以降、南極は初めて極圏に位置することになった。図解は、Elderfield(2000) による。

Dalziel et al., 1989; Smellie and Clarkson, 1975 を参照)。たとえば、南シェトランド諸島に露出するスコティア変成複合岩体の一部は、緑色片岩や青色片岩のような動力変成岩でできている (Tanner et al., 1982)。強く変形したドレーク海峡—スコティア海が、この海域を特徴づける不規則な地磁気異常パターンを示す。Nina Pavlenkova は、周南極海を特徴づける強い造構変形を見ていないことは明確で、そのような観察と彼女の拡大-膨張モデルが両立することは困難である。

南極の造構的回転史は、岩石と化石にもとづく古気候学的証拠によって強く支持される。この大陸のそもそもの古地理学的位置づけに関する Storetvedt (1990, 1997) による古地磁気学的考察にもとづく、南極の磁極が現在の緯度で約 55°S の南大西洋に位置していたときには、南極半島は南太平洋へ突き出していた。このような古地磁気学的証拠にもとづく、南極半島は、回転史の前半 (後期白亜紀～古第三紀) には熱帯～亜熱帯条件にあった。しかしながら、図 5 にみられるように、始新世/暁新世境界前後にこの半島の気候は劇的に変化した。この時に地球は空間的方位を約 35° 変化させ (図 3 参照)、長くつづいてきた熱帯～暖温帯気候がまったく失われ、その後、南極は先カンブリア時代前半以降初めて極地に位置することになった (Storetvedt, 2003)。

結 論

膨大な地質学および地球物理学的証拠が、Nina Pavlenkova の “脱ガス-自転-膨張” モデルに矛盾する。提案された進化モデルは全地球テクトニクスに関わるものではあるが、彼女の考え方は地表にみられる確実な事実によって検証されていない。

謝辞 私は、図解の仕事を担当下さった Frank Cleveland に深く感謝する。

文 献

Austrheim, H., 1987. Eclogitization of lower crustal granulites by fluid migration through shear zones. *Earth Planet. Sci. Lett.*, v. 81, p. 221-232.

Austrheim, H., 1998. Influence of fluid and deformation on metamorphism of the deep crust and the consequences for the geodynamics of collision zones. In: *Geodynamics and Geochemistry of Ultrahigh-Pressure Rocks*. Kluwer Academic, Dordrecht, 323p.

Austrheim, H. et al., 1997. Processing of crust in the root of the Caledonian continental collision zone: the role of eclogitization. *Tectonophysics*, v. 273, p. 129-153.

Bijwaard, H. et al., 1998. Closing the gap between regional and global travel time tomography. *Jour. Geophys. Res.*, v. 103, p. 30,055-30,078.

Bouin, M.-N. and Vigny, C., 2000. New constraints on Antarctica plate motion and deformation from GPS data.

Jour. Geophys. Res., v. 105, p. 28,279-28,293.

Dalziel, I.W.D. et al., 1989. *Tectonics of the Scotia Arc, Antarctica*. Field Trip Guidebook T180. Washington D.C., Am. Geophys. Un.

Dupré, B. and Allègre, C.J., 1983. Pb-Sr isotope variation in Indian Ocean basalts and mixing phenomena. *Nature (Lond.)*, v. 303, p. 142-146.

Edmonds, H.N. et al., 2003. Discovery of abundant hydrothermal venting on the ultraslow-spreading Gakkel ridge in the Arctic Ocean. *Nature (Lond.)*, v. 421, p. 252-256.

Elderfield, H., 2000. A world in transition. *Nature (Lond.)*, v. 407, p. 851-852.

Ernst, W.G., 1972. Occurrence and mineralogic evolution of blueschist belts with time. *Am. Jour. Sci.*, v. 272, p. 657-668.

Goldstein, S.L. et al., 2008. Origin of a ‘Southern Hemisphere’ geochemical signature in the Arctic upper mantle. *Nature (Lond.)*, v. 453, p. 89-93.

Grunov, A.M. et al., 1987. Structural and Ar-40/Ar-39 constraints on the evolution of blueschists from the Scotia Arc. *Geol. Soc. Am. Abstracts with Programs*, v. 19, p. 686-687.

Hart, S.R., 1984. A large-scale isotopic anomaly in the Southern Hemisphere mantle. *Nature (Lond.)*, v. 309, p. 753-757.

Ito, K. and Kennedy, G.C., 1970. The fine structure of the basalt-eclogite transition. *Mineral. Soc. Am., Spec. Paper 3*, p. 77-83.

Kreichgauer, D., 1902. *Die Äquatorfrage in der Geologie*. Missionsdruckerei, Steyl, 304p.

Köppen, W. and Wegener, A., 1924. *Die Klimate der geologischen Vorzeit*. Gebrüder Bornträger, Berlin, 256p.

Leech, M.L., 2001. Arrested orogenic development: eclogitization, delamination, and tectonic collapse. *Earth Planet. Sci. Letters*, v. 185, p. 149-159.

McElhinny, M.W., 1973. *Palaeomagnetism and plate tectonics*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 357p.

Meyzen, C.M. et al., 2005. New insights into the origin and distribution of the DUPAL isotopic anomaly in the Indian Ocean mantle from MORB of the Southwest Indian Ridge. *Geochemistry Geophysics Geosystems*, v. 6, doi: 10.1029/2005GC000979.

Morelli, A. and Dziewonski, A.M., 1987. Topography of the core-mantle boundary and lateral homogeneity of the liquid core. *Nature (Lond.)*, v. 325, p. 678-683.

QuanShu, Y. et al., 2008. Major element, trace element, and Sr, Nd and Pb isotope studies of Cenozoic basalts from the South China Sea. *Science in China Series D: Earth Sciences*, v. 51, p. 550-566.

Regelous, M. et al., 2009. Shallow origin for South Atlantic Dupal Anomaly from lower continental crust: Geochemical evidence from the Mid-Atlantic Ridge at 26° S. *Lithos*, v. 112, p. 57-72.

- Smellie, J.L. and Clarkson, P.D., 1975. Evidence for pre-Jurassic subduction in Western Antarctica. *Nature (Lond.)*, v. 258, p. 701-702.
- Storetvedt, K.M., 1990. The Tethys Sea and the Alpine-Himalayan orogenic belt; mega- elements in a new global tectonic system. *Phys. Earth Planet. Inter.*, v. 62, p. 141-184.
- Storetvedt, K.M., 1997. *Our Evolving Planet*. Alma Mater (Fagbokforlaget), Bergen, 456p. Storetvedt, K.M., 2003. *Global Wrench Tectonics*. Fagbokforlaget, Bergen, 397p.
- Storetvedt, K.M., 2010. World Magnetic Anomaly Map and Global Tectonics. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 57, p. 27-53.
- Storetvedt, K.M., 2011. Aspects of Planetary Formation and the Precambrian Earth. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 59, p. 113-136.
- Storetvedt, K.M. and Longhinos, B., 2011. Evolution of the North Atlantic: Paradigm Shift in the Offing. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no 59, p. 9-48.
- Tanner, P.W.G. et al., 1982. Radiometric evidence for the age of the subduction complex in the South Shetland Islands, West Antarctica. *Jour. Geol. Soc. London*, v. 139, p. 683-690.
- Tatsumoto, M. and Nakamura, Y., 1991. DUPAL anomaly in the Sea of Japan: Pb, Nd, and Sr isotopic variations at the eastern Eurasian continental margin. *Geochim. Cosmochim. Acta*, v. 55, p. 3697-3708.
- Wegener, A., 1915. *Die Entstehung der Kontinente und Ozeane*, Vieweg & Sohn, Braunschweig, 94p.
- Wegener, A., 1929. *The Origin of continents and oceans* (English trans. 1966), Methuen & Co., London, 248p.
- Weis, D. et al., 1989. Dupal anomaly in existence 115 Ma ago: Evidence from isotopic study of the Kerguelen Plateau (South Indian Ocean). *Geochem. Cosmochim. Acta*, v. 53, p. 2125-2131.
- Yano, T. et al, 2009. Ancient and continental rocks in the Atlantic Ocean. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 53, p. 4-37.
- Yano, T. et al., 2011. Continental rocks in the Indian Ocean. *New Concepts in Global Tectonics Newsletter*, no. 58, p. 9-28.

出版物 PUBLICATIONS

(岩本 広志 [訳])

地球収縮テクトニクス EARTH CONTRACTION TECTONICS

A.C.M. LAING colinchristine.laing@bigpond.com.

編集者注：以下の論説は最近のブリスベン大学の3年クラスの講義ノート

要旨：オーストラリアとニュージーランドを横切る短縮量は、走向方向と直交する(傾斜方向の意味)露頭の長さを傾斜角の平均の余弦(コサイン)で割った値から露頭の長さを引いた方程式で計算される。この収縮は1875年に戻った古代の食から Lyttleton と Bondi (1992) によって計算された地球の慣性運動の変化によって年間3cmの半径の短縮に従っている。この短縮はモホ面の上のゾーンで起こっていて、太平洋盆とインドネシア、ヒマラヤ、コーカサス、スイスアルプス帯周辺に差別的に集中する。台地玄武岩の噴出時代では差別的な短縮は主要応力の方向に直交する引張を原因として説明されている (Anderson 1942)。

テクトニクスの研究において、我々は、岩層の褶曲や断層が発生する理由を探求している。現在のプレートテクトニクス説は十分な説明を与えておらず、それは、想定される玄武岩質下層(推測されてはいるが、海洋底で存在が確認されたわけではない)のうえを大陸プレートが未知のメカニズムによって移動することに依拠している。

岩石に褶曲や断層を形成する力の手がかりは、Lyttleton and Bondi (1992) が与える。彼等は、1875年以來の地球の慣性力の平均が $1.67 \times 10^{27} \text{ g cm}^2 \text{ s}^{-1}$ に減少していることを指摘した。彼等の計算結果は、地球の半径が30億年前のラムゼー崩壊 [Ramsey collapse] からほとんど確実に300km(年間3cm)縮小した事を示している。

我々は、地球が冷却していて、そのために収縮していることを示す別の証拠も持っている。この事は、外側への温度減率が $3\sim 7^\circ\text{C}/100\text{m}$ であることのみならず、氷床が最近になって一南極では始新世以降、北極では鮮新世以降に一発達したことに示されている。

地殻はモホロビッチ不連続面の深度まで強度をもち、それに沿って水平方向の強度が褶曲を引き起こす。この水平主応力が均等ではなく、地球の収縮が地殻中では次の3つの様式をとる。

1] 海洋の深化と中央海嶺の形成。太平洋のギョーの頂部の化石珊瑚礁の深度 (Shepard 1963) は太平洋の深化を示している。Agoc et al. (1992) と Peive (1976) は大西洋中央海嶺に基盤岩の伏在を示している。

2] 大陸の隆起と隣接する堆積盆 (大陸棚) の沈降。堆積盆地は、堆積物に埋設され、褶曲する。堆積盆はこのように一般的な地質学的な特徴をもつが、以下に挙げる2つの条件を必要とすることを我々は実感していない。

- (a) 盆地底の継続的な沈降はより多くの堆積物を蓄積する。
- (b) 隣接陸域の継続的な上昇は堆積物の供給源である。オーストラリアの古生代堆積盆地は連続した大陸棚の名残であり、西オーストラリアの始生代核の周辺に形成された (図 1 参照)。

3] 上記の作用は地殻短縮をもたらすには不十分で、地殻短縮をもたらすために地殻には2組の主要構造が発達した。その1つは太平洋周辺で、他のもう1つはインドネシア-ヒマラヤ-コーカサス-スイスアルプス帯である。これらの地帯における堆積盆は、堆積物の低角衝上を伴った深い海溝を形成する。

褶曲量は太平洋沿岸からオーストラシアを横断する方向に変化する。これを表現するには表 1 が最良で、このリストは、オーストラリア~ニュージーランドの堆積盆地における背斜と向斜の平均的翼傾斜を示している。これらは、筆者が広域的フィールドマッピングを実施したすべての地域である。

褶曲盆地を横切る断面線の元の長さは、傾斜角の余弦によって断面線の長さを除す事によって得られる。さらに、現在の断面線の長さを減ずると地殻短縮量が得られる。

この方法を最初に適用したのは、Victoria 州の分水嶺山脈に沿った断面で、Bendigo を通る断面に示される (図 2)。

ビクトリア州における地殻短縮

ここでビクトリア州での地殻短縮の計測を考慮すると、Stawell から Cape Howe へ至る東西断面に沿ってこの問題を考えることが最良である。この断面線は古生代岩石

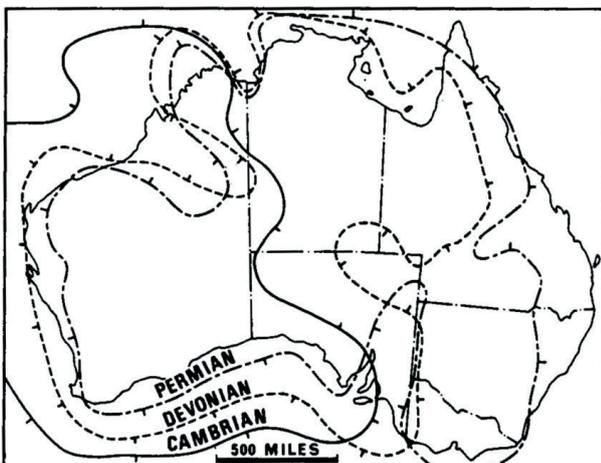


図 1 西オーストラリアクラトン周辺における各時代の海岸線の位置

の走向方向に直交する褶曲形態をみるができる (ただし、断面線の東端で走向は北西へ変化する)。この断面線の長さは 650km である。

タスマン地向斜を横断するこの断面線では、オルドビス紀の岩石が軸間隔約 1/2km のかなり規則的な背斜と向斜をくりかえす褶曲を形成している。オルドビス紀の頁岩・砂岩シークエンスは西側ほど砂岩の占める割合が大きく、東側ほどより強く褶曲するが、広域的傾斜角は平均 60° である。

オルドビス系の変成度は変化に富み、断面線の2つの部分—1つは西端部で、他は東部の Omeo 変成帯を断面線が横切るところ—でスレートから結晶片岩相にまで上昇する。

オルドビス系は多くのデボン紀花崗岩に貫入され、この断面では 120km を占めている。これは短縮量の計算に考慮されている。メルボルントラフの断面では、オルドビス系はシルル系~下部デボン系に覆われている。これらの断面では、基本的にはオルドビス系と整合的に褶曲している。

これらの地層群を不整合で覆っている上部デボン系~下部石炭系の砂岩・頁岩・礫岩・火山岩は (いくつかの小規模な背斜を伴った) 幅広く緩やかな遺存的 (relict) 向斜を形成している。褶曲軸間隔は 6km である。

中生界~第三系はこの断面線に露出しないが、北部の Murray Basin や、南部の Otway と Gippsland Basin に見られる。中生界褶曲は北東方向で、水平主応力方向の変化を示している。

この断面線は、少なくとも1つの主要衝上断層 Keiwa Thrust を横切っているが、その変位量は不明である。

前期デボン紀後の地殻短縮量は断面線の延長 650km から貫入花崗岩の露頭延長 120km を減ずることによって計算される。

この 530km にオルドビス~シルル系の広域的傾斜角 60° の正割 (余弦の逆数) を乗じ、断面の元々の長さを

表 1 ニュージーランド~オーストラリアにおけるさまざまな年代の岩石の平均傾斜角 (°)

Age	New Zealand	Bowen Basin E. Qld.	Gulf of Carpentaria N. Qld	Port Keats, Victoria River N.T.
Tertiary	30	Flat	¼	Flat
Cretaceous	50	2	½	Flat
*Jurassic	50 to vertical	5	2	Flat
Permian	60 to overturned	20	10	Flat
Lower Palaeozoic	Vertical to overturned	None known	30	Flat
Proterozoic	None known	None known		Flat

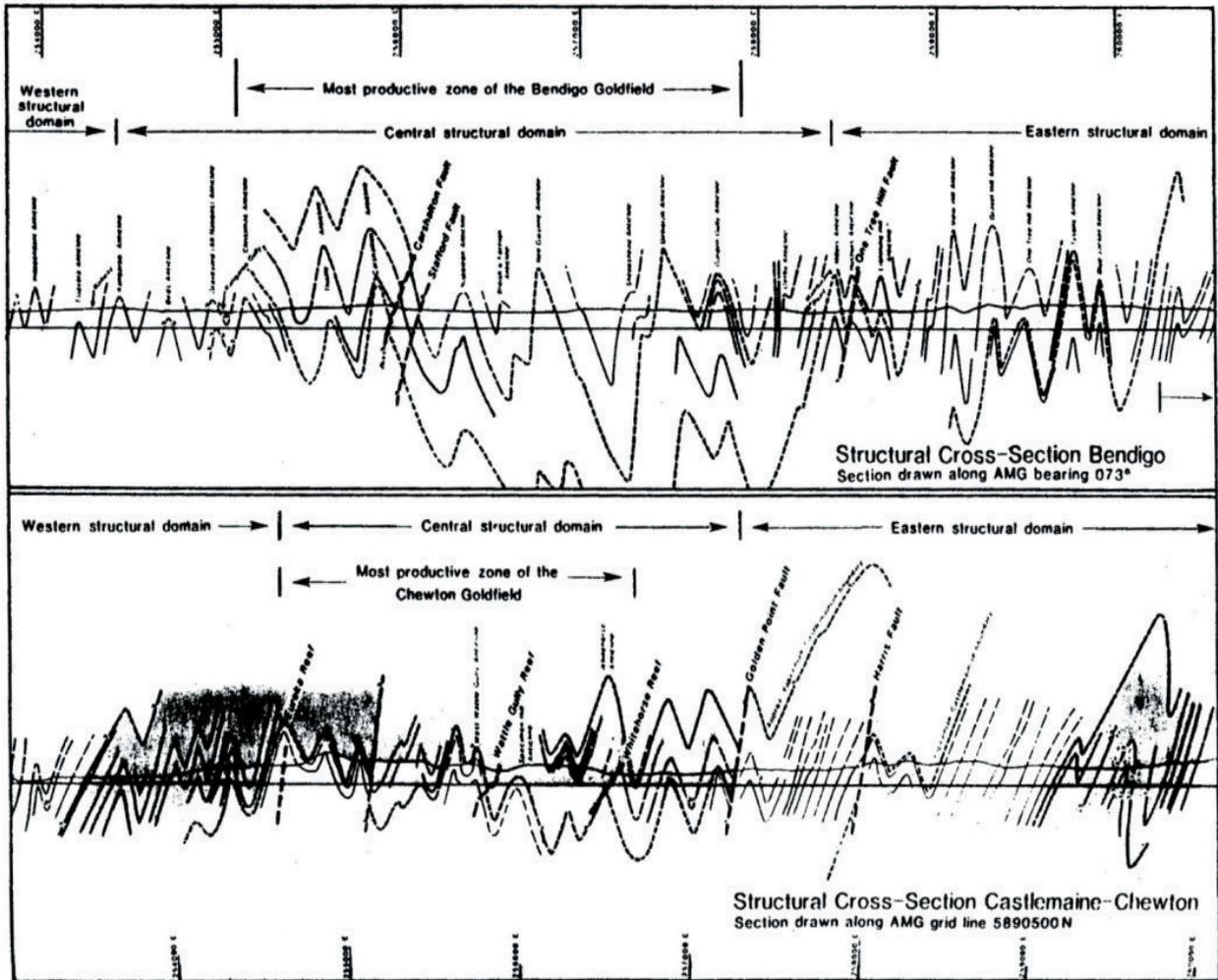


図2 ビクトリア州西部における Bendigo と Castlemaine-Chewton の東西構造断面



図3 オーストラリアとニュージーランドの広域的関係

減ずると 1,060km になる。短縮量は $1,060 - 650 = 410\text{km}$ で、短縮率は $63\% = (410 \times 100) \div 650$ [原文には、この “ $\div 650$ ” の記述が欠落]、前期石炭紀後の地殻短縮量は、前期石炭紀後の褶曲作用がこの断面線では上部デボン系～下部石炭系の遺存向斜を形成する量であったと仮定することによって計算される。こうして、前期石炭紀後の地殻短縮量は $26\text{km} (= 650 \times \text{正割 } 15^\circ - 650)$ で、短縮率は $4\% (= (26 \times 100) \div 650)$ となる。これは褶曲が起きた下部石炭紀後～後期石炭紀前の 3,300 万年の期間に 410km の主要短縮量が生じたのに対して、その後の 3 億年の短縮量は 26km に過ぎないことを示している。

そのほとんどは、中期デボン紀から現在までの間に水平主応力の大きさが減少した結果であろう。しかしながら地殻短縮速度の減少の一部は、褶曲層の層厚が増加することに起因し、部分的にはより早期の褶曲作用やその後の堆積作用に由来している。ここでは、褶曲作用が起こった範囲の面積が変化しないと仮定されている。前期デボン紀後～前期石炭紀後の褶曲期における褶曲波長の増加は、褶曲体の厚さが増加したことを裏付ける。

ニュージーランドの地殻短縮

上記の結果をニュージーランドへ拡大すると、我々はまずニュージーランドにおける様々な年代の岩石の褶曲度を考慮し、これらの結果をタスマン海盆底とビクトリア州に敷衍しなければならない。ニュージーランドではカンブリア系、オールドビス系およびデボン系の露出は限定的で、南島西部に孤立的領域 [複数] に小分布する。これらの岩石は強く破碎され、急傾斜で褶曲している。タスマン海盆底におけるオールドビス系とデボン系の褶曲の存在とその状況についてはほとんど調査されたことがない。例外的に、Dampier 海嶺において、そして第三紀玄武岩と上部白亜系～第三系堆積岩類の下位層の地震探査から、(古生代) 基盤岩の存在が知られている。

タスマニア島では、オールドビス系がデボン系をともなって、ビクトリア州と同じ程度に褶曲していると推定される。ニュージーランドではデボン系が急傾斜 (90°) で褶曲していて、それは、西側のタスマン海では消失するに違いない。

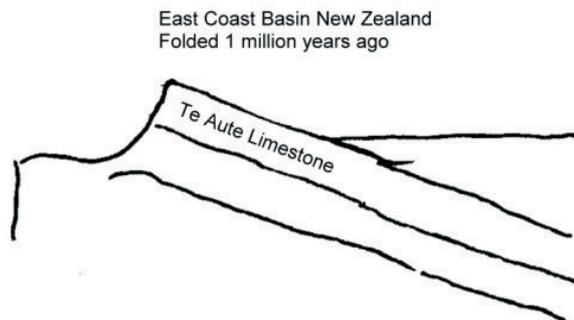


図4 ニュージーランド東海岸における更新世石灰岩層の褶曲

ニュージーランドの三畳系～下部白亜系は、急傾斜 (広域的傾斜 = 50°) の硬化したアルプス相とホコヌイ (陸棚) 相の堆積岩類からなる。アルプス相は北島の主要山地、ならびに、南島の主要山地の一部を構成している。それは、グレーワッケ砂岩と泥質岩よりなる。一方、ホコヌイ相は化石に富む礫岩・砂岩からなり、凝灰質グレーワッケとシルト岩を挟む。

中生界は褶曲して、その広域的傾斜角は 50° である。この広域的傾斜角は、ニュージーランド東方のチャタム島では 13° まで減少する。また、タスマン海を横切って、中生界の広域的傾斜角はビクトリア州東部では 15° に減少する。

中生界を被覆するのは、東海岸堆積盆地 East Coast Basin に発達する厚い新生界 (と上部白亜系) である。

それらのうち下部更新統の広域的傾斜角は、東海岸地向斜—北島東部の幅 120km の地帯—で 25° である。北島西部の更新統の傾斜は 5° 未満で、ニュージーランド東方のチャタム島に分布する第三系の広域的傾斜角と同等である。

以上にもとづくと、ニュージーランドとタスマン海盆底における地殻短縮は以下のようにまとめられる。

1. 前期更新統以降の地殻短縮。重要な地殻短縮は北島の東部の幅 120km の地帯に限定される。
2. 前期白亜紀後の地殻短縮は少なくとも幅 300km の地帯に起こり、地殻短縮量は $300/\cos 50^\circ - 300 = 166\text{km}$ である。東部ビクトリア州における下部白亜系の広域的傾斜角は 13° なので、タスマン海盆底の中生界はかなり緩いものと推察される。
3. 前期デボン紀後の地殻短縮。ニュージーランドのカンブリア系とオールドビス系 (+ デボン系) の広域的傾斜は鉛直であり、それにもとづいて、タスマン海におけるオールドビス紀堆積物の広域傾斜を推定すると、少なくともビクトリア州の 60° よりも急である。この場合、ビクトリア州、タスマン海、ニュージーランドの下部デボン系の地殻短縮量は、少なくとも 1,670km と見積もられる。

クイーンズランド州とノーザンテリトリー州の地殻収縮

クイーンズランド州東部のボーエン盆地は、構造様式を代表するものである。ペルム系～三畳系地帯は褶曲して幅 100km の向斜構造 (東翼にスラスト断層を伴う) を形成している。これらの地層は 20° の広域的傾斜角を示し、ほとんど平坦な (< 2°) 下部ジュラ系によって不整合に覆われている。クイーンズランド州西部での三畳紀後～ジュラ紀前の褶曲性地殻短縮は $100/\cos 20^\circ - 100 = 6\text{km}$ と見積もられる。ポートランド (ビクトリア州西部) から北方のイサ山を結ぶ線よりも西側では、褶曲による地殻短縮は極めてわずかである。

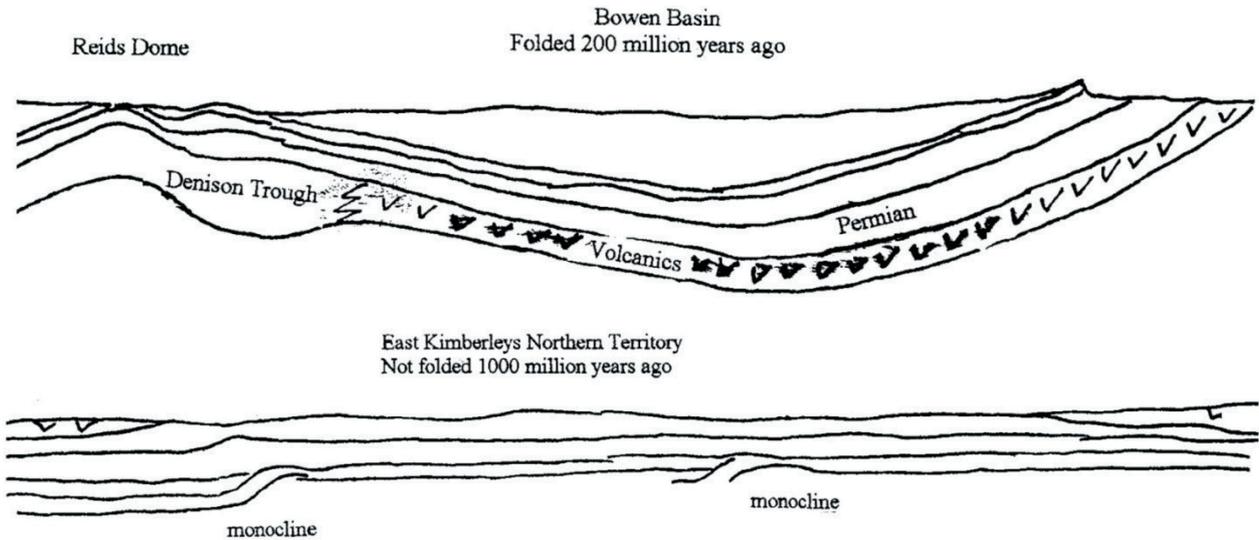


図5 クイーンズランド州のボーエン盆地およびノーザンテリトリー州の東部キンバレー地域の図解断面図

ジョルジナ盆地では、カンブリア紀とオルドビス紀の堆積物は、ウエストオーストラリア州北西部のキンバレー地域の古生界上部と同様にほとんど平坦である。ファインダー山地では、カンブリア紀のプアウンド石英砂岩が緩やかな(10°)の向斜構造を形成している。アマデウス盆地に沿ってカンブリア紀～デボン紀の厚い海成デルタ堆積物が分布し、急傾斜の局所的褶曲やおそらくは低角衝上を形成しているが、これは厚い岩塩層に関係するものである。

結 論

幾つかの傾向が注目される。

1. オーストラリア西半部は始生代後期以降安定状態にある。この地帯の東方では、ポートランドから北方のイサ山を結ぶ線を境に、オーストラリアは古生界地質を異にする2つの地域、すなわち、ジョルジナ盆地とタスマン地向斜に区分される。
2. 大陸棚が、西部オーストラリア大陸核の周辺に次々に(Laing 1972)形成された。
3. 大量の地殻短縮が起きたのは、前期デボン紀後～後期デボン紀前である。
4. この地殻短縮は広域に発生し、ポートランド-イサ山線から少なくともニュージーランドまでの範囲におよんだ。
5. その後の地殻短縮はかなり限定的で、短縮帯はしだいにより狭くなり、更新世前期以降の短縮地帯はニュージーランド東部の幅120km地帯にすぎない。
6. 褶曲波長(褶曲軸間距離)は増加傾向にあり、先行する褶曲や以降の堆積作用による局所的地殻厚化を反映する。
7. 以上の結論からは、太平洋盆の拡大によって地殻基底帯(モホロビッチ不連続?)よりも上方で発生した褶曲作用のモデルが導かれる。
8. この太平洋盆の拡大は、太平洋盆下に局所的に湧昇した液体コアによってひきおこされたのだろう。そ

の結果、太平洋底ではアイソスタシー的均衡がおり、太平洋盆が沈降した。

9. 地球史のさまざまな時代にさまざまな場所に溢流した台地玄武岩の存在は、地殻の差別的収縮によって説明され、水平主応力に直交する引張裂罅(Anderson 1942)の発達をもたらした。

文 献

- Anderson, E.M., 1942. The Dynamics of Faulting. Oliver & Boyd, Edinburgh and London.
- Agoc W.A., Meyerhoff, A.A. and Kis, K., 1992. Quantitative determination from magnetic anomalies. Chatterjee, S. and Hotton, N.III. (eds.), New Concepts in Global Tectonics, Texas Tech University Press, Lubbock.
- Belousov, V.V., 1954. Basic Problems in Geotectonics. English Translation, McGraw Hill. 606p.
- Bucher, W.H., 1933. The Deformation of the Earth's Crust. Princeton University Press.
- Hay, R.P., Mutch, A.R. and Watters, W.A., 1970. Geology of the Chatham Islands. New Zealand Geol. Survey Bulletin 83.
- Laing, A.C.M., 1964. "Tectonic Patterns in Australia and New Zealand particularly in the Permian". 37th ANZAAS Canberra.
- Laing, A.C.M., 1972. The Continental accretion and folding of Australia by Pacific sea floor under spreading. APEA (Australian Petroleum Exploration Association Journal 1972, Part 2.
- Laing A.C.M., 1976 Crustal Shortening in the Australasian Plate Conference abstract 25th International Geological Congress.
- Laing A.C.M., 1978. Crustal shortening in the Australasian plate Bulletin 1 Australasian Geological Institute 10 pages
- Laing, A.C.M., 1997. The myth of plate tectonics. Private publication. ISBN 0-8585170-0-2. Laing A.C.M., 2001.

Tectonic Papers - private publication ISBN 0-958517-0-1-0
10 pages.

Lensen, G.J., 1960. Principal Horizontal Stress Directions as an aid to the Study of Crustal Deformation. A symposium on Earthquake Mechanisms. Hodgsen, J.H., ed. Pub. Dom. Obs. 24-389-397.

Lyttelton, R.A. and Bondi, H., 1992. How plate tectonics may appear to a physicist. Jour. Brits. Astron. Assoc., v. 108, p.

194-195.

Piev, A.V., 1976. A New Model of the structure of the Mid-Atlantic Ridge. Abstracts Vol. 1, 25th IGC Sydney 1976

Shephard, F.P., 1963. "Submarine Geology".

Wellman, H.W., 1955. New Zealand Quaternary Tectonics. Sonderdruck aus der Geologischen Rundschau, v. 43, no. 1, p. 248 - 237.

ニュース NEWS

(矢野 孝雄 [訳])

第 34 回国際地質学会議

34th INTERNATIONAL GEOLOGICAL CONGRESS

オーストラリア Brisbane

2012 年 8 月 5 ~ 10 日

www.34igc.org

テーマ 37.2

地球ダイナミクスにおける新パラダイムの探求

招聘者 :Dong Choi・Karsten Storetvedt

セッション予定表

2012 年 8 月 9 日 木曜日

15:30 #3257 開会にあたって—基本的問題と今後の課題
Karsten Storetvedt/Dong Choi

15:45 #3258 世界の海洋に産出する古期・大陸性岩石
矢野孝雄 (基調報告)

16:15 #3257 DSDP データから推測される海洋底の沈降
花田正明

16:30 #3260 大西洋の海洋底拡大に矛盾するシェトランド - グリーンランド陸橋
Biju Longhinos

16:45 #3261 全地球ねじれ造構史にもとづくイラン卓状地の地球ダイナミクスの新シナリオ
Soheila Bouzari

17:00 #3262 中部日本, 新潟におけるブロック造構論と地震活動—山地形成に起因する“孤立丘陵”の形成と活断層
久保田喜裕

17:15 #3263 全地球からみたカリブ海の進化
Karsten Storetvedt

2012 年 8 月 10 日 金曜日

08:30 #3450 全世界磁気異常図と全地球造構学説
Karsten Storetvedt(基調報告)

09:00 #3451 日本列島および周辺域における深発地震の等深線
赤松 陽

09:15 #3452 2011 年の東北太平洋沖地震による誘発地震の発生メカニズム—温泉の水位・温度の変化, 余震活動, および東北日本の地殻構造にもとづいて—
川辺孝幸

09:30 #3453 巨大地震の予知は可能である: 先駆現象と地球ダイナミクスの新展望
Dong Choi

09:45 #3454 地球物理学的方法による自然災害気象と地震の予知
Bruce Leybourne

2012 年 8 月 10 日 金曜日

13:00 #3629 全地球造構運動の新パラダイム
Dong Choi(基調報告)

13:30 #3630 惑星間磁場の電波異常特性と M6+ 地震に先行する IPDP 信号
Valentino Straser

13:45 #3631 日本, 中部本州における脈動的地殻変動
飯川健勝

14:00 #3632 渦地球ダイナミクス: 大気圏台風~地球台風
Dmitriy Gurevich

14:15 #3633 太陽, 月, および地震
Vinayak Kolvanker(基調報告)

14:45 #3634 日本における近年の破壊的地震の続発現象
鈴木尉元

15:00-15:15 総合討論

ポスター論文 2012年8月9日 木曜日

- Lee, T. 各大陸プレートの過去の位置を決定する既報磁極を用いた非主観的方法
 Lee, T. 磁気・地球磁場の起源を説明するための鉄原子間にみられる d- 原子の一軸性移動
 Lee, T. 太陽系の段階的発達を説明するために用いられる基礎物理学説
 Straser, V. M6+ 地震発生の 60 ~ 2? 日前に現れる地震前兆現象
 足立久男 中部日本, フォッサマグナにおける新生代造構 - 火成活動
 Leybourne, B. 地球物理学的方法による自然災害気象と地震の予知
 Leybourne, B. フロリダのハリケーンと地球電気回路のアーチ
 Zhulanova, I. プレートテクトニクス仮説—未確認な仮説
 Anokhin, V. 規則的断裂の特徴—リニアメントの全地球ネットワーク
 Arevalo Baez, O. コロンビアアンデスの横断構造
 Samimi Namin, M. 地殻変形力と地球地殻変形

- Li, D. 地球システム力学の基礎と応用
 Binev, P. 太陽変動から地球の火山・地震活動まで
 Chavez, T.C. 春分点と地球自転
 Kaminsky, D. 規則的な断裂 - リニアメントが形成する地球ネットワークの特徴
 Staroseltsev, K. 全地球造構作用研究の新しい探求

カクテルパーティ: Greek Club(南ブリスベン, Edmondstone Street 29, 電話 07 3844 1166)にて, 8月10日夕刻(午後6:00~8:00). Greek ClubはConvention Center 近く. 費用は30豪ドル/1名で, NCGTが12豪ドル/1名を補助(合計42豪ドル/1名). 費用には飲み物とスナックが含まれる. なおも空腹の場合には, 同じ会場や近くのレストランで夕食(自費)をとることができる.

その他: すべての参加者は, 招聘者の1人(Choi, raax@ozemail.com.au, 電話 0412 586 617)へ, 利用航空便, ホテルの名称と電話番号(携帯電話をお持ちの場合)をお知らせいただきたい.

財政的支援について FINANCIAL SUPPORT

多くの読者からの示唆にしたがって, NCGT Newsletterは公開雑誌になった. 今や, 登録することなく, 誰でもすべての号にアクセス可能である. これは, この雑誌の発行費用を賄うために, 私たちは読者からの善意・無償の寄付と広告収入に頼らなければならないことを意味する. 私たちは読者の寛大な財政支援を歓迎する. 印刷版の購読費は, US\$140/年(あるいはユーロ相当額)+ 郵送費である. 広告費は, 裏表紙(Premium position)半ページでUS\$60/号, US\$220/年, 全ページでUS\$100/号, US\$360/年(あるいはユーロ相当額)である. 他のページでは, 10%割引. 詳細は editor@ncgt.org.へ.

■ もしあなたがPayPal口座をお持ちであれば, 下記口座へ送金されたい(PayPalはクレジットカード Visa・

MasterCardで支払い可能. この方法の利用を推奨する.
<http://paypal.com/cgi-bin/>
 口座名: New Concepts in Global Tectonics
 E-mail: ncgt@ozemail.com.au (editor@ncgt.orgではない)
 ■ 銀行振替あるいは小切手でお支払いの場合は
 宛名: New Concepts in Global Tectonics
 郵送先: 6 Mann Place, Higginns, ACT2615, Australia
 ■ 現金で銀行送金する際の銀行口座の詳細
 銀行名: Commonwealth Bank (Swift Code: CTBAU25),
 Belconnen Mall ACT Branch (BSB 06 2913)
 口座番号: 06 2913 10524718
 口座名義: New Concepts in Global Tectonics

ニュースレターについて ABOUT THE NEWS LETTER

このニュースレターは, 1996年8月に北京で開催された第30回万国地質学会のシンポジウム "Alternative Theories to Plate Tectonics" の後でおこなわれた議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.