



国際オンラインジャーナル **グローバルテクトニクス**の**新概念**

An international journal for New Concepts in Global Tectonics <<http://ievpc.org/journals.html>>

日本語版 Vol. 6, No. 4 (2019年4月) ■ Print edition ISSN 2186-9693

多数のカラー図面は→ ■ Online edition <<https://www.ncgtj.org/>>



編集長: Louis A.G. HISSINK ([louis.hissink@bigpond.com](mailto:louis.hissink@bigpond.com))

編集委員: Giovanni P. GREGORI, Italy ([giovanni.gregori@idasc.cnr.it](mailto:giovanni.gregori@idasc.cnr.it)) Yoshihiro KUBOTA, Japan ([kubota@env.sc.niigata-u.ac.jp](mailto:kubota@env.sc.niigata-u.ac.jp)); Leo MASLOV, USA ([leo.maslov@cccs.edu](mailto:leo.maslov@cccs.edu)) Per MICHAELSEN, Mongolia ([perm@must.edu.mn](mailto:perm@must.edu.mn)); Karsten STORETVEDT, Norway ([karsten.storetvedt@uib.no](mailto:karsten.storetvedt@uib.no))

も く じ

■ 編集者から	In this issue..... 本号には .....	[村山敬真 訳].....	2
■ Dr. Dong Choi aka My Dad	Tad Choi 私の父でもある Dong Choi 博士	[小松宏昭 訳].....	3
■ 原著論文			
	Plate Tectonics and Earthquakes Vadim Gordienko and Lyudmila Gordienko プレートテクトニクスと地震	[小泉 潔・久保田喜裕 訳].....	4
	The Need of an Open, Fair Peer Review of Sea Level Data Albert Parker and John O'Sullivan. 海水面データの開かれた公正な見直しの必要性 <要旨>	[柴 正博 訳].....	14
■ 随筆			
	Essay #3 On Global Tectonics, About Some Geological Sacred Cows Peter James 全地球テクトニクスに関する随筆 #3 いくつかの地質学分野の聖域について	[矢野孝雄 訳].....	14
	Trajectories of the Earth System in the Adjustocene Albert Parker 適合世における地球システムの航跡 <要旨>	[岩本広志 訳].....	18
■ 会議案内			
	2019 General Assembly of the European Geoscience Union ヨーロッパ地球科学連合 EUG 2019 年次総会	[矢野孝雄 訳].....	19
■ ニュースレターについて			20

連絡・通信・原稿掲載には、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](mailto:editor@ncgt.org), [ncgt@ozemail.com.au](mailto:ncgt@ozemail.com.au), または, [ncgt@hotmail.com](mailto:ncgt@hotmail.com) (≤ 10 MB), [ncgt@hotmail.com](mailto:ncgt@hotmail.com) (> 10 MB), 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, bmp, または tif フォーマット), 4) 電話: +61-2-6254 4409. 免責 [DISCLAIMER] このジャーナルに掲載された意見, 記述およびアイデアは投稿者に責任があり, 編集者と編集委員会に責任はありません. NCGT Journal は季刊国際オンライン査読誌で, 3, 6, 9 および 12 月に発行されます. MacPC をお使いの方がこの PDF 雑誌をご覧になるには Acrobat か Acrobat Reader が必要です. 電子版 ISSN 2202-0039.

New Concepts in Global Tectonics ジャーナル 日本語版発行チーム

連絡先 〒 950-2181 新潟市西区五十嵐二の町 8050 新潟大学理学部理学科自然環境科学プログラム 久保田喜裕  
TEL/ Fax 025-262-7534 E-mail: [kubota@env.sc.niigata-u.ac.jp](mailto:kubota@env.sc.niigata-u.ac.jp)

[翻訳メンバー] 赤松 陽・岩本広志・川辺孝幸(翻訳記事選択担当)・窪田安打・久保田喜裕(翻訳記事選択担当)・小泉 潔・小坂共栄・小松宏昭・佐々木拓郎・柴 正博・杉山 明・角田史雄(翻訳記事選択担当)・宮城晴耕・村山敬真・矢野孝雄(連絡・組版担当)  
[事務局メンバー] 赤松 陽・足立久男(発送)・金井克明(会計)・川辺孝幸(HP)・久保田喜裕(代表)・佐瀬和義・宮城晴耕

# 編集者から FROM THE EDITOR

(村山 敬真 [訳])

本号は、この雑誌の前編集長であった故 Dong Choi 博士のご子息であり、民間部門で地質研究者として働いている Tad Choi 氏による、感動的な記録を特集している。氏の父親との懐かしい思い出は、学界で主流の支配的パラダイムと矛盾することが多い代替案を発表するという、NCGT ジャーナルの役割を継続しなければならないことを私に認識させた。そして、私たちが大学で学んだことは必ずしも現実に観察されるとは限らないことを。

プレートテクトニクスのパラダイムは科学の主流に定着し続けているが、モデルの欠陥がゆっくりと確実に見いだされ続けている。その最新のものが、本号に掲載された Vladimir Gordienko による 3 作目の論文である。

Peter James は、いくつかの地質学のデリケートな問題に攻撃を続けている。そして、中国のテクトニクスの取り組みについての Cliff Oliber の書評は、ますます複雑化するプレートテクトニクス理論へさらなる洞察を加えている。

アイソスタシーについての Peter James のコメントはまた、密度の低い岩石や液体は、より密度の高い基質を置き換えることができるという信念を含んでいて、きわめて不健全なデリケートな問題の存在を強調している。この考えは、スカンジナビアの地殻隆起が更新世の氷冠消失によって引き起こされたと考えられていた 19 世紀のヨーロッパに、その起源をもつようである。これは、むしろその結果を論議する論理的な誤りのもう一つの例である。-氷冠が消滅し、土地は隆起している、それゆえに、現在のように跳ね返るよりも以前の土地の沈下が氷冠によって起きた。それは、バルサ木材の潜水艦が鋼鉄でできている潜水艦より深く潜水することができる」と主張することに等しい。そして、他の全てが同等である、とするものである。

Peter James は海山のアイソスタティックな矛盾についても言及している。その多くがギヨー、つまり平頂海山である。ギヨーは大陸地塊のメサ構造と変わらないものであり、両方とも広域の侵食期の地殻の残存物であろうと示唆している。これがもっともらしいことであれば、それは海洋が始生代からというよりは、むしろ最近の追加物であったことを意味する。

そして、Peter James のアイソスタシーへの反論は、

物質が物質を引き付けるという考え、すなわち重力論の根底にある公理を拒絶することにも等しい。それは、低密度で深い根を有する山脈の概念の発展を促した重力論に従って、隣接する山地が、下げ振り錘をそらすことに失敗したという観察結果であった。物質が物質を引き付けるというニュートンの信念が間違っている可能性があり、振り下げ錘が隣接する山地によってそらされないという可能性を熟考しない人はいないと思われる。そして地震学は、実際になにも存在しない場合に山の根を示すために、理論的根拠にもとづいてパラメータ化されたのか？ 私はこの思案で不都合なもう一つのやっかいな問題の蓋を開けたのかもしれない。

多くの研究者の間で、地球上で最も地震が発生しやすい地域であるという評判で有名な日本の東南沖で、プレートの沈み込みによって地震がどのように引き起こされるかを理解するための、別の深部掘削計画が進行中である。これは、前世紀のソ連が行ったコラ半島の深部掘削計画と、最近のドイツで掘削された深部掘削の記憶を思い出させる。両プロジェクトは、地球内部地質に対する私たちの無知と、主流のテクトニックモデルが不完全であること、あるいはおそらく単に間違っていることを強調することになった。

そして南極の謎は、海氷範囲の不可解な減少とともに残っている。

Michael Csuzdi による「The Electric Earth」の 2 回目の記事では、テクトニクスにおける電気の役割、およびテクトニクスにおける水平方向のベクトル力としての役割について、私たちの多くに再考を促している。

最後に、高齢化と体調不良のために会員数が減ったので、編集委員会へ新鮮で確実に若い血を注ぐ提案が待望される。NCGT Journal が、次世代の少数派地球科学研究者の管理下に置かれるべき時期が到来した。



## 私の父でもある Dong Choi 博士 Dr Dong Choi aka my Dad

1945年2月15日～2018年8月28日

(小松 宏昭 [訳])



「フィールドは地質学の母である」と言って、父は地質学を愛していた。Dong は世界的に著名な地質研究者出会った。しかし、私にとっては、まさしく父であった。

私の父はアウトドア、特に山と海を愛していました。私は子どもの頃、家族でマイアミのビーチ（フロリダキーズ海岸やニューサウスウェルズ海岸）でシュノーケリングをしたことを思い出します。私たちは Brindabellas 山地（キャンベラ西方）の未開地を歩きまわり、日本アルプスやクイーンズランド州中央部、シドニー湾、ハンター峡谷で地質調査をしました。私たちは一緒に何でもしました。スポーツを楽しみ、共に歩き、議論し、お酒を飲みました。私はいつも父の傍らにいて、父を見て、父から学びました。

また私は、父が我が家に石のサンプルやサンゴを持ち帰り、それらについて熱心に説明してくれたことを思い出します。彼の地質学への愛は、私にすり込まれ、私が地質学者になることを励ましてくれました。父は私のよき指導者であり同僚でした。

私は父から、野外調査が重要であり、事実に基づいた証拠を必要とする理論を教わりました。単一の学説に属し、プレートテクトニックなモデルを説明する講義に耳を傾けることは困難です。はたして、どうやったらすべての地震を「プレート」の動きで説明できるのでしょうか。

父は優れた直観力を持っていて、型にはまった考えを越えた思考を重ねていました。父は真の開拓精神に満ちた科学者であり、NGGT Journal と国際地震火山予知センター (IEVPC) の運営に献身し、情熱を傾けていました。

父はまた私の母に対して献身的な夫であり、祖父を尊敬していました。彼はいつも孫娘を目の中に入れても痛くないほどかわいがっていました。彼は良きおじい



自宅で最愛の友とくつろぐ父

ちゃんであること、私の子供たちと遊ぶことを楽しんでいました。私は、父がこれからもずっと孫たちや私たちと一緒にいることを願っていました。

私の父は私の英雄であり、私を励ましてくれる人でした。私は父を誇りに思います。ですから、父が亡くなったことは非常に悲しみです。

私は父が打ち立てた NCGT の遺産が継承されることを願っています。父は、今のそしてかつての同僚に大いなる敬意を持って常に優しく語りかける人でした。

Tad Choi

**略歴** 1972年北海道大学にて理学博士の学位を取得。国際航業主任技師（東京）で海洋地球物理探査と地質図作成に携わる。マイアミ大学にて博士研究員と助教授を歴任—炭酸塩堆積学を研究。オーストラリア鉱物資源局（キャンベラ）で海洋熱流量と大陸縁の地質学を研究。1991年から現在まで地質コンサルタントを自営。有限会社 RaaX Australia 代表として石油探査ボーリングに関わる画像解析と地質分析に従事。New Concepts in Global Tectonics の編集長と International Earthquake and Volcano Prediction Center の代表を務める。事務局はオーストラリアのキャンベラにある。関心のある分野は地震予知、沈水大陸、ならびに全地球テクトニクスである。

# 原著論文 ARTICLES

## プレートテクトニクスと地震 PLATE TECTONICS AND EARTHQUAKES

Vadim Gordienko and Lyudmila Gordienko  
Institute of Geophysics, National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine  
tectonos@igph.Kiev.ua or gordienkovadim39@gmail.com

(小泉 潔・久保田 喜裕 [訳])

**要旨:** 筆者らは上部マントルおよび下部マントルへの遷移帯における地震波速度・温度および震源の分布を分析した。また、プレート潜り込みが想定される地域の構造圏における深部過程のパターンを構築する際に、水平対流-多角形状仮説 (APH) \* の原理を適用した。本論文は地質学的証拠に基づいて深部地震活動の性質に関する仮説を系統的に説明する。この研究は、プレートの下方への運動によって生み出されたエネルギーが、地震帯の発生とは無関係であることを示す。

**キーワード:** 震源, マントルに関する速度熱モデル, 深部過程

\* 訳者注 水平対流-多角形状仮説 (APH) は、下記を参照してください。

Gordienko V (2015) Essential points of the advection-polymorphism hypothesis. NCGT Journal, 3, 2, 115-136.

[http://users.neo.registeredsite.com/6/9/1/18560196/assets/ncgt\\_journal\\_june\\_2015.pdf](http://users.neo.registeredsite.com/6/9/1/18560196/assets/ncgt_journal_june_2015.pdf)

[日本語訳] Gordienko V (2015) 水平対流-多角形状仮説の核心<要旨> [小松宏昭 訳]. NCGTJ, 3, 2, 11.

### はじめに

プレート運動は、グローバルテクトニクス (GT) 仮説の基本要素である。上部/下部マントル間の遷移帯の底部 (約 670km 以浅) までの震源分布と同様に、縞状磁気異常にもとづいて、いわゆるプレートの移動が中央海嶺 (MOR) から周辺海溝まで認められるとする仮説である。地球の造構圏内の深部作用に関して、筆者らが用いた水平対流-多角形状仮説 (APH advection-polymorphism hypothesis: Gordienko, 2014, 2017, など) によって、海洋や遷移帯における地震活動をその他の現象とともにうまく説明できるようになった。

この研究は、エネルギー保存則に従って定量的に進められた。熱と物質の移動・活動期間における地殻内での異常発熱にともなう熱弾性応力、マグマ物質相転移、および岩石ブロックの相対的変位によって、地震が発生したにちがいない。後者は、温度変化と多角形相転移に関連した密度変化に由来する。このようなパターンに特有な地震活動にかかわるエネルギー条件は、熱流量からの熱伝導に比較するとあまり重要ではない。大陸型地殻をもつ地域の深度約 250km までの上部マントルでは、活動期間中に発生する地震の大部分は、地殻内に形成された高密度エクログャイトブロックの潜り込みに関連している。下部マントルへの遷移帯での地震現象では、温度 (T) と圧力 (P) の変化による密度の正負の変動にともなうマントル岩石の鉱物相転移が起きている。そのような深度範囲では、エネルギー条件は大きくは

変化しない。上部マントルと下部マントルの遷移帯に突入する (すなわちプレートテクトニクスの理論に従って動く) プレート運動に関連する地震エネルギーとは、推定値が全く異なる。この検討結果は、問題となっている地域における地震活動の説明に関する限り、前述の理論は信頼できないことを示している。

筆者らは、これまでの研究で大陸と海洋の間の境界領域における地震活動を分析してきた (Gontovaya et al., 2009; Gordienko, 2017 ほか)。しかし、最大深度の地震を引き起こす作用を定量的に解釈を可能できる十分な実験的データはなかった。2013年5月24日にオホーツク海で発生した深度約 640km に震源を持つ地震 (Chebrov et al. ほか) の分析結果は、この地震について重要な情報をもたらした。そこで、この地震の特徴の記述からはじめよう。

### 2013年のオホーツク海地震のパラメータ

地震学者は、余震分布が地震によって解放された応力値を決定する手がかりになりうる、と信じる傾向がある (Aki, 1975 ほか)。しかし、前述の深度における地震発生にともなう余震は記録されなかった (図 1)。発生時刻は近いが空間的には遠隔の震源を除外することによって我々は、長さ約 150 ~ 200km, 厚さ約 100 ~ 150km の 2次元の辺を持つ鉛直の平行六面体形の領域を導きだし、それは Lebed トラフに合致する。こうして「一群の余震は、2013年5月24日に発生した地震の震源の大きさを、長さ

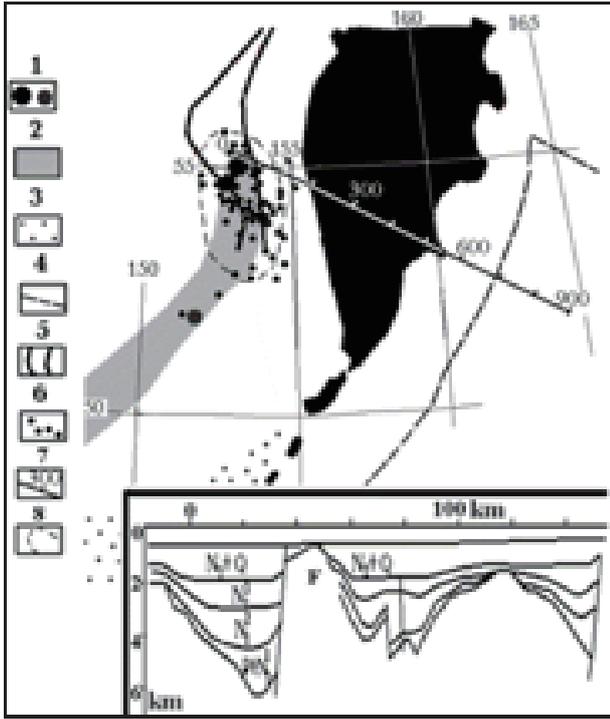


図1 オホーツク海における深発地震帯  
 1-2013年5月24日の地震 (マグニチュードM=8.3の主震と南部のM=6.8の余震), 2-震源が500km以深の地震帯, 3-南オホーツク陥没, 4-海溝軸, 5-TINRO 陥没と Lebedトラフの境界, 6-連続する余震の震源. 挿入図は, Lebedトラフ地域の新第三紀層の断面 (Tectonic Zoning..., 2006). 7-マントル速度構造を解析した断面線 (図9), 8-Chebrov et al. (2013) による余震域.

300km, 幅170km, 深度425~720kmの範囲と見積もることを可能にした」(Chebrov et al., 2013, 25p.). ただし, この見積もりは多少誇張されているようである. この余震域には, 他の余震とともに密集したまとまりを形成しない比較的離れた震源を含んでいて, 余震がまったく発生していない領域を一部に含んでいる (図1).

震源内の岩石は, 特定の弾性エネルギー量をもっている.  $\tau$ : 剪断応力 (破壊をもたらす接線応力),  $G$ : 弾性剪断係数,  $\sigma$ : 密度,  $V_s$ : 地震剪断波速度とすると,  $w = \tau^2 / 2G = \tau^2 / 2\sigma V_s^2$  である. パラメータ  $w$  (「最終的に破壊に至る剪断変形の結果として媒体の単位体積内に蓄積される弾性エネルギーポテンシャル」 [Krylov et al., 1996, p. 57]) を決定することは, 大深度条件における  $\tau$  のおおよその値が未知であるために難しい. 最小  $\tau$  は  $P-T$  条件に依存せず, 約 0.1GPa に達する. しかしながら, それは地殻の岩石について決定されたものである. マントルの岩石の概算値は 0.4GPa である (Petrophysics..., 1992). それ故, 我々は  $w = 6 \cdot 10^5 \text{ J/m}^3$  を得た. したがって, 当該岩体全体に蓄積されたエネルギーは,  $2.3 \cdot 10^{21} \text{ J}$  に達する可能性がある (緩みのない場合).

この値は地震モーメントに相関している可能性がある. 金森公式 (Kanamori, 1977) を使うと,  $\text{Lg Mo} = 1.5M + 16.1 = 28.5$ ,  $\text{Mo}$  の単位は ergs, すなわち

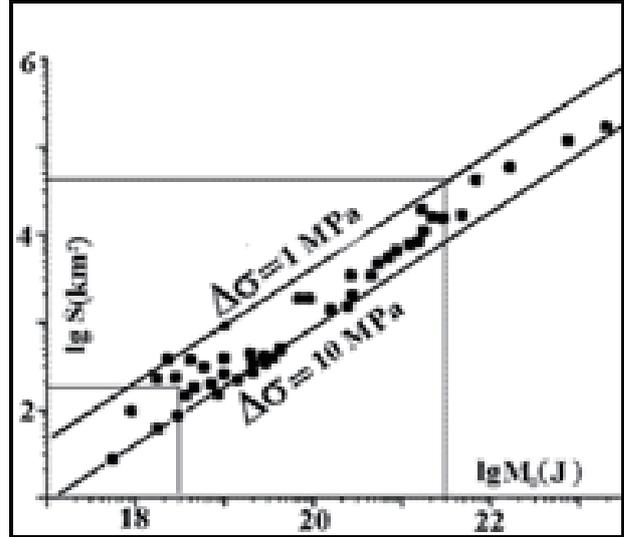


図2 変位の影響を受けている面積と地震モーメントとの関係  
 この場合,  $\Delta$  は応力解放である.

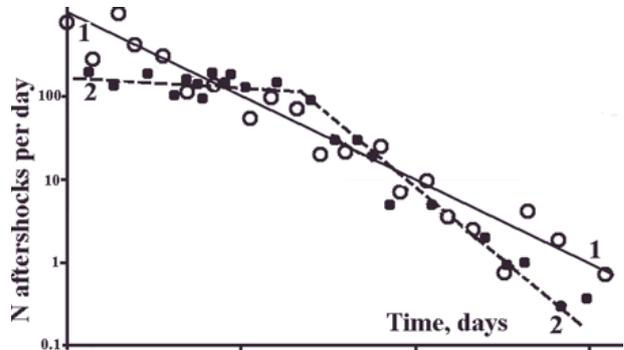


図3 日本の上部マントル深度に発生した地震の余震数の時間的分布 (Enescu et al., 2009) とオホーツク海の深発地震との相関関係  
 地震に関するグラフ: 1- 日本, 2- オホーツク海.

$J$  で示すと  $\text{Mo}$  の  $10^{21.5}$  はほぼ  $3.2 \cdot 10^{21} \text{ J}$  である.  $w$  の決定における誤差を推定することは不可能であるが, 結果は類似しているため, 類似性はさらにランダムであり得る. 解放された応力は, 大地震に関して最小であることが分かっている (Yanovskaya, 2006 ほか: 図2 参照). 大量のエネルギー解放は, それを蓄積していた大容量の岩石に関連する. 変位の大きさ  $D = \text{Mo} / G \cdot S$  (Yanovskaya, 2006 ほか) は, 約 5~6m であることがわかる. この結果は, 当然のことながら震源発生機構に関係していて, 摩擦力をうわまわる断層面に沿った変位の評価に用いられる. その結果は, Prytkov et al. (2017) による解析結果に近く, それはひずみの蓄積と解放を起因する地球力学メカニズムに類似している.

余震の時間的分布は, 地震発生機構のタイプをある程度反映している可能性がある. そのため, 問題にしている地震に関するデータの重要性を過大評価できない. より浅い地震の余震分布が大森公式に従うことは古くから知られていて, 走向すべりの発生機構と適合する. 大森公式は, このような場合, 少なくとも初期の余震が余震系列の代表しうることを支持しない (図3).

オホーツク海地震のグラフに示される下向きの枝が、かなり強いM6.8地震(図1)が南へ320kmに進んだ後に同深度で発生している。現象間の因果関係についてだけ、推測することができる。震源機構が変わると、大森公式は成立しない可能性がある(下記参照)。

### 地震の構造的位置

研究対象地域での震源の深度500kmを超える一連の震源位置(図1)は、特定の構造単位(島弧と海溝やプレートの斜め潜り込み)と相関することはほとんどない。しかも、海溝は長期的な沈水に関連づけるには若すぎ(Lomtev, 2017 ほか)、地震の最大深度はその範囲に応じて急激に変化する。より南方では、伊豆-小笠原弧の背後に位置する同様のバンドは日本弧と日本海を横切って延び、その北部は先カンブリア紀のハンカ地塊下に位置する(Gordienko, 2017 ほか)。

最深発地震帯は実際にはそれほど多くない(図4)：上記以外のものとしては、ジャワ・フィリピン・トンガ-ケルマディク弧とアンデス-アルティプレーノ中央地塊が挙げられる。これらの地震帯の全長は、太平洋を取り巻くさまざまな深度の地震帯の長さの25%を超えない。それらは、大陸/海洋境界の全長の約7%を占めている。構造プレート理論はいかなる方法によってもそのような選択性を説明するものではない。

地震の潜り込む性質を排除する他の考えもある。

我々は次の意見を自ら設定している。問題の地震は明らかに最近の活性化した領域に生じている。それは、高熱流量と他の地質学および地球物理学的証拠にもとづいて検出された最近の活性化にもとづいている(Tectonosphere..., 1992 ほか)。たとえ地震発生の同時性が明確ではないにしても、そのような活性化はオホーツク海とその島弧側では極めて普通である。入手可能な地質学的データによると、地震発生過程の開始年代は少なくとも500万年以内のさまざまな年代である(Govorov, 2002; Tectonosphere..., 1992; Frolova et al., 1989 ほか)。南オホーツク陥没域では、この過程は地殻の海洋化に関わっていることは明らかである。

地震モーメントと震源体積内での最大蓄積エネルギー量との間にみられる前述のような一致は、緩和期間よりも短期間(おそらく100万年未満)の非常に速い応力蓄積を示している(Gordienko, 2017)。言い換えると、応力は地質学的に最近増大したが、それらの発生は活性化以前に生じていたある特別な状態に由来するものである。

Krasnyy (1990)によれば、千島-カムチャッカ地域のものと同様な方向を持つ弧は、実質的に中生代全期間を含む長い年代の範囲内にこの地域に存在した。この地帯は、コリヤーク褶曲地域にあるキンメリア期(Cimmerian)の構造方向の1つである可能性がある。その構造方向は、ヘルシニア基盤に発達したものであろう(Koronovsky, 1976 ほか)。バイカリアン期の活動は、古生代地向斜作用とリフティングの前に起こった可能性がある。今から5000年以上

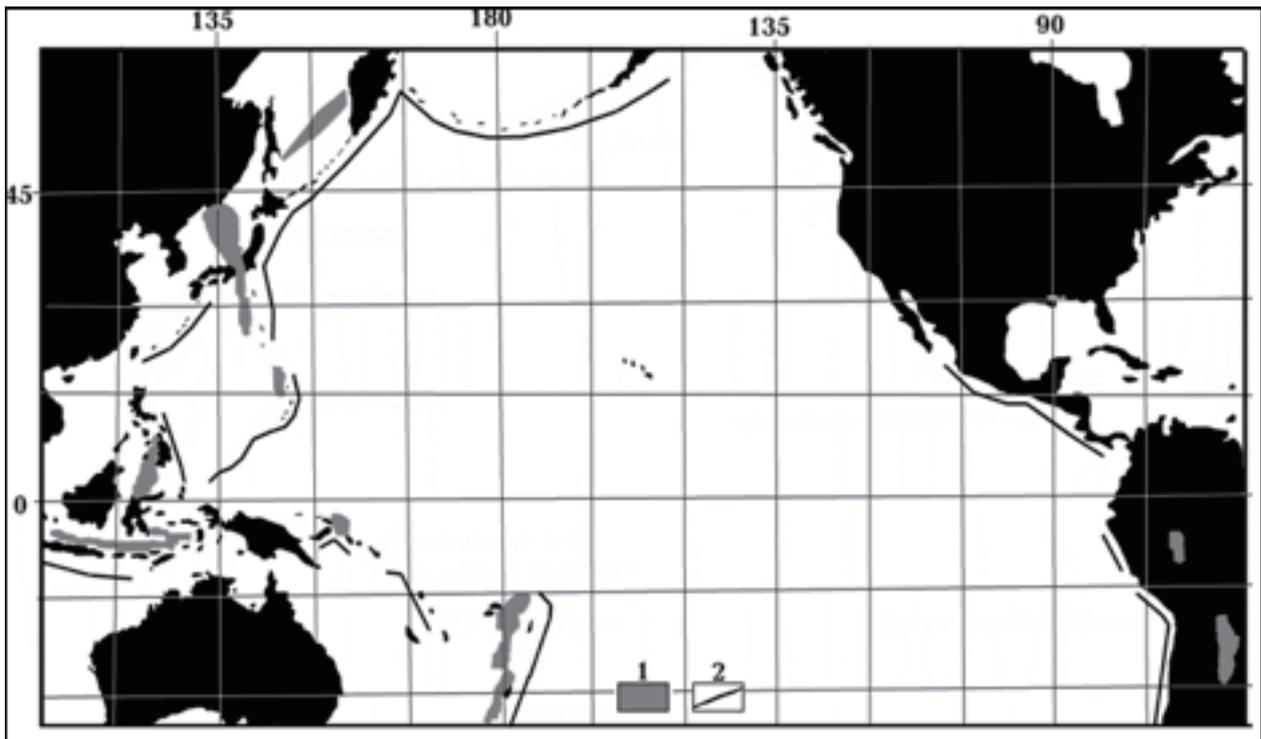


図4 震源深度が500kmを超える地震地帯(1)と太平洋縁辺の深海海溝の軸(2)

古い時代からの地史を分析することに価値があり、最近の地震現象に納得がいく説明があたえられるかもしれない。

信頼できるデータは不足しており、この地域の火成活動に関する情報は依然として未解明である (Govorov, 2002 ; Frolova et al., 1989 ほか). マグマ性岩石の年代測定の結果によると、キンメリア Cimmerian 期に活性化し、よりよく研究された後ヘルシニア期のスキタイプレートに関して類似したパターンと共通点のある4つの独特な時代が識別される。スキタイプレートでも、後期バイカル変動はヘルシニア変動に先行していた (Gazizova, 2009 ; Koronovsky, 1976 ; Tectonics..., 1988).

オホーツク海プレートでは、すべての発達段階に岩石の地殻組成にかかわりをもつマグマが発生した (酸性岩は比較的少なく中性岩が卓越している)。したがって、溶融している地殻下での震源形成 (およびそれから地殻への侵入の可能性があり、それによって二次溶融物が生成される可能性がある) を解明するための深部作用をシミュレートする必要がある。我々の仮説は、海洋地域に関して、そのような一連の地震発生を推定した (Gordienko, 2017)。しかし、大陸地殻の領域については未検証である。いくつかのシナリオを検討した結果、研究中の現象、つまり深発地震の性質に関するそれらの影響の観点から、それらは非常に類似しているという結論に達した。

構造圏の温度進化

水平対流 - 多角形状仮説によって推定されるような物質輸送作用によって、大深度での温度変化を計算できる (図5)。必要な計算手順は何度も説明されており (Gordienko, 2017 など)、本論では割愛する。

図5に示したの熱作用の初期モデルは、マントルにおける地向斜性放射壊変熱量の生成条件を反映し

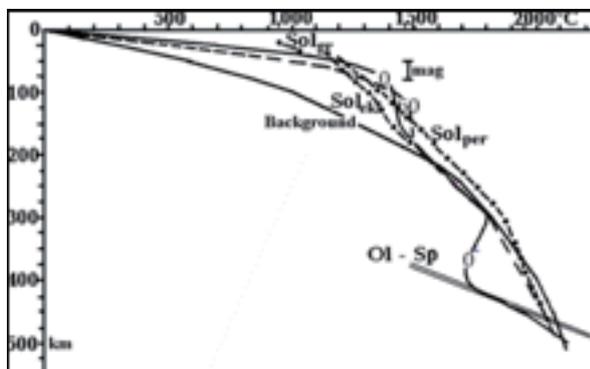


図5 研究対象地域の構造圏における温度変化

sol- 岩石固相の略. per-ペリドタイト, ecl-エクロジヤイト, gr-グラニューライトの添え字.  $Ol\ \alpha \leftrightarrow Ol\ \beta$  は、マントル岩石におけるカンラン石が遷移帯上部で相転移する P-T 条件. グラフ横軸の数値は年代 (百万年). mag はマグマ溜り深度 (若い火成岩の組成に関するデータ).

ている (Gordienko, 2017). 我々は、3つの熱 - 物質移動事象を含む構造圏におけるヘルシニア地向斜過程を考慮した。2億年前～6000万年前の期間に、前述のマグマの生成を確実にするために、2億～1億年の年月をかけた2段階の熱 - 物質移動が必要とされた。2000～3000万年前までに、地殻下のアセノスフェアが弛緩し、単一の地震の活性化に適した小さな部分溶融層が上部マントルの比較的深部に再出現した。

我々の熱モデルは、別個の方法で決定された、この地域のマグマ溜り深度に適合する。

地殻またはマントルの岩石ブロックの変位を引き起こす密度異常の形成に関する温度異常の影響を推定するために、我々はそれらのパラメータの相関に関するデータが必要であった (図6)。図に示されている情報に加えて、マントル断面の上部の温度が斜長石・スピネルおよびザクロ石レルゾライトの発生深度に影響を与える可能性があることは重要である。しかしながら、我々の特別な場合では、それらの鉱物相転移が岩石密度にある種の変化を引き起こすにもかかわらず、震源生成には重要な役割を果たさない。温度の影響による密度変化は、深さとともに指数関数的に弱まる。深度20kmでは0.020, 100kmでは0.013, 250kmで0.01, そして400kmで0.008g/cm<sup>3</sup>/100°Cである。

700～800km以深では、地震が発生する可能性はない。そこには厚さ約300kmの全地球規模のアセノスフェアが始まっている。Gordienko et al. (2011) などがその形成を分析したので、ここでは説明しない。深度300～400kmの範囲内では、局部的造構圏の深部過程においては、1億～1億5000万年にわたって温度はわずかに変化しただけで、多角形状相転移はほとんど起こりえない。異常密度物質はそこには形成されず、その変位によって地震が起きることもない。この状況は珍しいことではなく、“地震のない”相

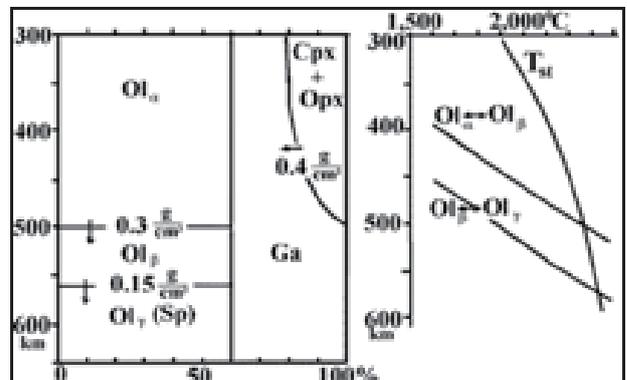


図6 上部マントル岩石における鉱物相転移

Olはカンラン石, CpxとOpxはそれぞれ単斜輝石と斜方輝石, Grはザクロ石, Spはスピネルの略. 矢印は密度増加の方向を示す. Tstは、分析された深部過程の開始前 (約2億年前) の温度分布である。

転移はほとんど起こりえない。異常密度物質はそこには形成されず、その変位によって地震が起きることもない。この状況は珍しいことではなく、“地震のない”層が深度 250 ~ 300km に存在する可能性がある。

前回の活動開始から 2000 万年後の 170 ~ 270km の深度範囲での温度異常は平均約 200°C であった。その岩石密度は 0.02g/cm<sup>3</sup> 増加した。層底部にかかる圧力 (2.107Pa) は、現在のところ岩石の剪断抵抗を超えないため変位や地震は起こりそうになく、熱弾性応力の影響下でも起こりえない。すなわち、現在の T の変化速度は小さすぎる。数 100 万年前に始まったさらなる活性化にも、温度変化は対象とする深度範囲では影響を与えない。言い換えれば、地震は上からの刺激などの外的要因によってのみ発生しているのである。

深度 40 ~ 140km のマントル中の正の温度異常は、平均して 400 ~ 450°C に達する。圧縮力の解放は平均 0.06g/cm<sup>2</sup> で、揚力は岩石強度を超えない。しかし、ここでは、岩石の熔融に関連したさらなる圧密解放を観測することができる (たとえ溶解物質の大部分が分離され、この過程の始まりの間際に地殻に運ばれたとしても)。地殻下の上部マントル領域におけるざくろ石レルズライトからスピネルレルズライトへの岩石変化は、密度の低下を引き起こすもう 1 つの原因となる可能性がある。実際、アセノスフェアにおける岩石強度は著しく低い。パラメータのたくさんの特徴は不明であるが、鉱物相転移の可能性を排除することはできない。(おそらく個々の小さなブロックと) 理解できる発生とは別に、スラスト内で成長している堆積層からの圧力の影響で、中心からの熔融を推定することができる (図 1)。半熔融した下部地殻も運動に関わっていて、その温度は塩基性グラニュライトの固相線を超えるかもしれない

い (図 3)。しかし、研究対象地域の地殻の厚さは現在 25 ~ 30km である (Tectonics..., 2006)。すなわち、もっと深いところでは、低温のマントル岩石の固相線から始めるべきである。

密度異常のもっとも本質的要因は、中部地殻として保存されている部分の温度上昇にある。そこでは、塩基性岩層の急速なエクログャイト化作用が進行している状態にある。約 2000 万年前に出現し、マントルへ潜り込み、大量に蓄積されたエクログャイトは、すでに地殻から取り除かれた。したがって、我々は最近の活動の激化に伴う新たな事象について話を進めることができる。下の表には現世のエクログャイト化作用の速度が示されている (Korolyuk et al., 2004)。流体によって地殻に明瞭な熔融帯が形成されていることは、歴大な地質・地球物理学的現象から支持されている。したがって、我々が地殻岩石に隣接し、g/cm<sup>3</sup> 比の 10 分の 1 程度に加熱されたマントル境界の地殻密度を上回るような岩層について論ずることなどありえない。下部地殻の厚さの過剰減少は、そこではエクログャイトの生成量がかなり少ないことを示している。

圧密 (compaction) は地殻-マントルブロックの潜り込みと Lebed トラフの形成によるものである (図 1)。エクログャイト化したブロックの移動速度 (ストークスの法則によれば、 $V=1.5\Delta\sigma gr^2/\eta$  であるならば、 $\Delta\sigma$  は異常な密度になる: g-重力加速度、r-ブロックの半径) がきわめて重要であることが解明された。おそらく、ブロックのいくつかは、予測とは逆のさまざまな変形の影響による非圧縮場では、アセノスフェアの下に潜り込めないであろう。まだ (移動速度が速い) ブロックが遺っていれば、粘性が 10<sup>20-21</sup>Pa·s まで上昇するような深度で、かつ密度較差が 0.05 ~ 0.10 g/cm<sup>3</sup> まで減少すれば、実際以上に、完全に密度較差がなくなる 250km 以深に

表 岩石の潜り込みならびに剝露過程におけるざくろ石の化学的不均一性の緩和時間 (年) (Korolyuk et al., 2004)

T, °C	P, GPa	Grain size, mm		
		0.05 mm	0.5 mm	5 mm
<b>Subduction</b>				
500-600	0.56 - 0.67	3 · 10 <sup>7</sup>	3 · 10 <sup>9</sup>	3 · 10 <sup>11</sup>
500-700	0.56 - 0.78	1.3 · 10 <sup>6</sup>	1.5 · 10 <sup>8</sup>	1.3 · 10 <sup>10</sup>
500-800	0.56 - 0.89	10 <sup>5</sup>	10 <sup>7</sup>	10 <sup>9</sup>
500-900	0.56 - 1.00	10 <sup>4</sup>	10 <sup>6</sup>	10 <sup>8</sup>
500-1000	0.56 - 1.10	1.3 · 10 <sup>3</sup>	1.4 · 10 <sup>5</sup>	1.3 · 10 <sup>7</sup>
<b>Exhumation</b>				
1,000-900	1.11-1.00	4 · 10 <sup>2</sup>	5 · 10 <sup>4</sup>	5 · 10 <sup>6</sup>
1,000-800	1.11-0.89	10 <sup>4</sup>	1.5 · 10 <sup>8</sup>	10 <sup>8</sup>
1,000-700	1.11-0.78	3 · 10 <sup>5</sup>	4 · 10 <sup>7</sup>	10 <sup>8</sup>
1,000-600	1.11-0.67	1.8 · 10 <sup>7</sup>	2 · 10 <sup>9</sup>	2 · 10 <sup>11</sup>
1,000-500	1.11-0.56	2 · 10 <sup>9</sup>	2 · 10 <sup>11</sup>	2 · 10 <sup>13</sup>

まで到達するかも知れない。言い換えれば、マントル中部の 150 ~ 250km 間は、地震活動が最も期待できる場所である。地殻とマントル内の部分熔融層の位置を考慮すると、震源は次のような深度に発生するはずである：20 km, 22 ~ 55 km および 150 ~ 250 km。

深度 250 ~ 400 km にある地震活動の空白は完全ではない。それは岩層の上下への移動の影響が圧力のわずかな変化を生み出すと考えられるからである。その拡がりの一部で、このような変化が決定的になり、誘因として機能することがある。背景温度 (background temperature) としての先カンブリア卓状地での発熱や深度に伴うざくろ石の濃度の増加を比較すると、地向斜内のマントル岩石におけるいくぶんかの温度上昇の影響を無視することはできない。この2つの要因は、わずかな非圧密化、さらには大深度へのエクロジャイトの潜り込みをもたらす。

過去 2000 万年にわたる新期の変動の間に、400km 以深に 0.2 g/cm<sup>3</sup> ほどの圧密を受けた厚い岩層 (420 ~ 460 km) が出現した。そこで必要とされる P-T 条件の範囲内では、カンラン石の相転移に必要な時間に関する具体的なデータがえられていない (図 5・図 6, および表)。しかしながら、レルズライト結晶の現実的な範囲を考慮すると、対象としている期間 (2000 万年) で十分である、と仮定できそうである。深度が大きくなると、密度異常は著しく小さくなり、低い温度にのみ関係する。それでも、500km を超える深度では第 2 段階の相転移が現れる。2000 万年前のある時点では、厚さ約 100 km のブロックが周囲の岩石強度よりも大きな圧力を獲得し、粘性に応じた速度で潜り込み始めたであろう。前述のパラメータが 10<sup>22-23</sup> Pa・s に達すると、そのようなアセノスの底部は、現在までに、地球全体のアセノスフェアの最上部に到達した可能性がある。その変動が深度 500 ~ 700km で地震を引き起こした可能性がある。

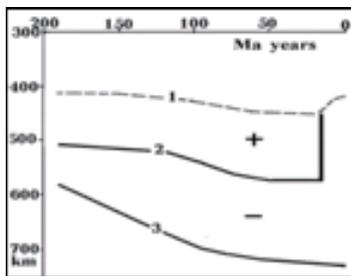


図 7 研究地域における相転移による岩石容積の変化帯  
1- 01 α → 01 β 変換が始まる深度. 2- 経時的な温度変化が兆候 (sign) を反転させる境界領域. 3- 温度変化がゼロ、または地球全体のアセノスフェア表面の境界領域. + と - は岩石の膨張と収縮領域.

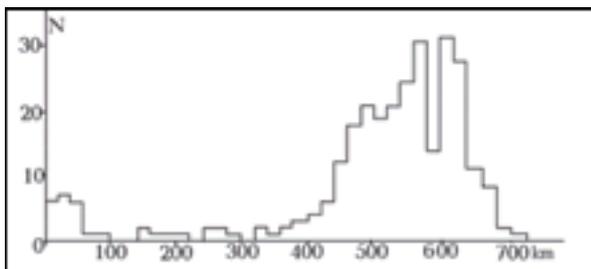


図 8 震源深度の頻度分布

しかしながら、この特殊な場合では、相転移の最前線は伝導熱容量に影響された速度で進み、その作用は発熱反応で、反応を加速する流体は関わっていない。ほとんどの場合、密度の変化と応力の緩和はその変化に応じたものになる。

したがって、震源の実際の分布と深度は良く一致すると結論づけられる。

多角形状相転移の領域における温度のみの変化は現在のところ重要ではなく、壊滅的な熱弾性応力を生じさせることも、運動可能な固結ブロックを生成することもできない。十分に強い応力は、相転移の過程で、岩盤の体積が急激に収縮することのみに関連している可能性がある。このことは、図 7 に示すように、下層の個々のセグメントで発生する可能性がある。固結したブロックはある種の地震を引き起こす可能性がある (Kalinin et al., 1988 ; Kuskov, 1987 ; Burnley, 1989 ; Schubnel et al., 2013 ; ほか)。ゲルマニウムかんらん石の物理的転移のシミュレーションデータによれば、大森の法則が成り立たないのはまさにそのような条件下のことである (Schubnel et al., 2013)。

それはあたかも深度 550 ~ 700 km の媒体が、同様に非圧密の上載層からの圧力増大によって、さらに補完されるわずかな多角形状圧密 (minor polymorphic compactions) が長期にわたる蓄積作用のために準備される。より具体的には、密度異常を伴うようなブロックの顕著な変位は起こらない。地震が起きた瞬間に、相転移を受けている鉱物の量は激減する。温度が逆のパターンでは、体積異常はそのようすが変わる。1962 年から 2015 年にかけて得られた実験データから、予測された震源の深度を比較してみよう (52 ÷ 56 ° N および 152 ÷ 156 ° E に限定された長方形の領域に関する情報が収集された) - 図 8。

上記の考察は、正確な結論を引き出すには確かに不十分である。それでも、それらはさらなる研究のための方向性を模索するのに役立つ。おそらく、余震は現在の活動の先史に関連しており、現実の地震のメカニズムは一般的に想定されている地殻ブロックの変位に基づくものとは異なるという仮説に対して、より具体的な証拠を得ることができるだろう。

### 速度構造と地震活動

上部マントル (および上部 / 下部マントル遷移帯) の速度モデルと震源分布との関連は興味深い。このモデルでは、速度異常が信頼できる範囲で抽出されるはずだ。最良の方法は、異なる著者によってある地域で作成された、上部マントルまたはその一部の速度断面を比較することである。

Gontovaya et al. (2006) は、水平対流 - 多角形状仮説

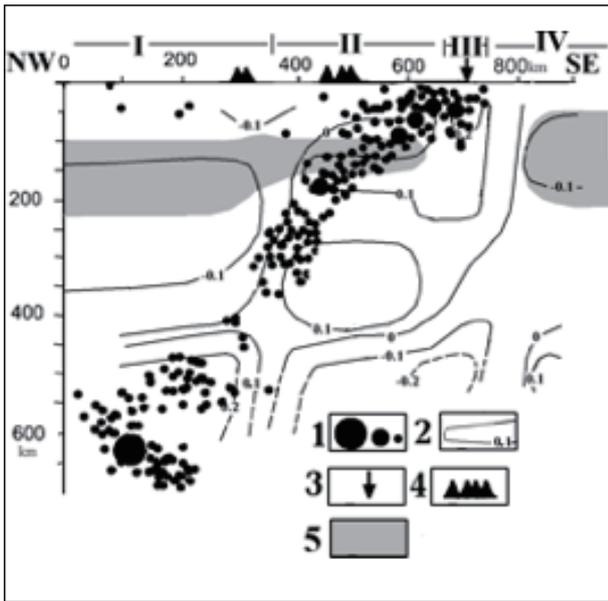


図9 カムチャツカ南部と隣接海域下の遷移帯～上部マントルの速度異常分布 (各深度の平均値からの偏差—図1参照: Gordienko et al., 2016; ほか) および震源.

1- さまざまなエネルギーカテゴリーの地震. 2-P波の速度異常 (km/s); 3- 深海の海溝軸. 4- カムチャツカ火山; 5- マントル岩の部分熔融域. 領域: I- オホーツク海とカムチャツカ西部下の活動的な後キンメリア期プレート, II- カムチャツカ東部の島弧 (活動的アルプス地向斜), III- 深海海溝, IV- 北西太平洋プレート. 採用した技術の制約で 450-500 km 以深の断面作成ができなかったため、それ以深の速度異常は APH の観点から見積もられた (破線等値線).

によって支持された深部過程様式にもとづく三次元トモグラフィモデル断面を比較した. 平均不一致 (mean discrepancy) は 0.12km/s になった. 各方法の誤差が等しい場合, 平均誤差 (mean error) は約 0.08km/s になる. 前述の断面の中から, 最初のを Zhao et al. (2010) と比較すると, 平均不一致は 0.17km/s になる. したがって, 断面の誤差 (Zhao et al., 2010) は 0.15 km/s となる. 筆者らは, その地域のデータを使って, 海洋盆 (oceanic hollows), 周縁海溝, 島弧, 背弧海盆の一次元速度モデルを構築した (Burnley, 1989). その結果と APH の枠組みの中で推定された結果との相関関係を調べたところ, 誤差は 0.06 km/s に達した. このように小さな誤差値は, 結果として得られるモデルの平滑化に起因する可能性があるが, この試みでは, それらの異常も小さいように見える (図 9). そのため, 公表された構造を地震活動と関連付けるために, 作成された断面の中から複数 (assemblage) を選択した. それらの幅は, 図 1 に示されている断面がカムチャツカを横切って走っている地域に対応している.

他のモデルでは速度の変動を確実に識別することができないため, 異常の強度は誤差の 3 倍に達する. よって, 我々の選択は適切だったに違いない. 一見すると, 抽出された正の異常はプレートテクトニクスの概念と一致しているように見える. しかし, この見解は詳細な解析によって変わり得る.

1. プレートテクトニクス理論では, 海洋リソスフェアプレートの潜り込みは, 中央海嶺 (MOR) から海溝までの経路上でプレートが冷却されるために, 海溝外縁から開始しなければならない. しかし, 実際にはプレートは活性化されており, そこでは新第三紀-第四紀火山活動が支配的であり, そしてアセノスフェアの頂部の深度は約 50km に達する (Gontovaya et al., 2006). 計算によると (Turcotte et al., 1985), 海溝外縁の傾斜角は大きすぎるため, プレートの弾性曲げでは説明できない. さらに, 潜り込みが開始された場所の断層は, それ自体が持続的に再生しなければならない. ここでは通常, 地震活動を伴う. しかしながら, そこでは地震が発生したことはない. 彼らは震源帯の交差部を検討した (strike) が, ごくわずかだった. 地震は, プレートが海溝の外側斜面で湾曲するためではなく, 主に Zenkevich 海膨縁 (北海道) の北西太平洋のプレートの活性化 (マグマ活動を含む) に伴って発生している.

2. プレートテクトニクス説では, 震源はプレートの上面と下面とくに数多く存在する. しかし, もしそうであればプレートは海溝の下に潜るのではなく, 100km 以上の長距離を, 海溝と島弧の外側部分の直下を水平方向に移動することになる. 震源の深度が増し始めるのは, 海溝からだけである.

浅い地殻下のマントルからの蛇紋岩化した超塩基性岩の上昇は, 海溝の内側斜面下の地震活動の主な原因となる可能性がある (Ringwood, 1981 ほか). 水平対流-多角形状仮説によると, 現在の状況はそのような転移を支持する. 温度は深度 30 km で 600 ~ 700°C, 50 km で 900 ~ 1100°C になる. ほぼ垂直の変位方向は地震の発震機構に一致している (Balakina, 2002).

3. 検討中の断面では, 250 ~ 400 km におよぶ震源域における地震活動の空白域は, 他の交差部より明瞭ではないが, まだ認識できる程度のため, 完全なプレート運動があれば, 観測されているような空白域はなくなるはずである.

4. 2013 年の強烈な地震周辺の震源群は, より浅部の震源群に直交している. プレートが完全に潜り込んできた場合には, そのような現象は起こるはずはない.

5. 年間 5 ~ 10cm 前進するプレートが, 前述の変位に適合するためには 36 ~ 72 年かかる. したがって, 単位表面積に必要なエネルギー条件は 30 ~ 60 W/m<sup>2</sup> で, この値はその場の熱流量よりも 3 桁大きい. 典型的な中深発地震 (K=13) の場合, 変位は 14 ~ 28 年間で 2.1m である. エネルギー源の容量は約 15 ~ 30 W/m<sup>2</sup> である. 明らかに, そのような地質体を探す

のは無意味であろう。というのも、知られている自然の作用ではそのような強力なエネルギー源を作り出すことができないからである。100 万年を超える摩擦熱は 4000 ~ 5000°C に達する（深度、すなわち通常背景温度に依存する）。

結論はあまりにも明白である：プレートテクトニクスの支持者によって仮定されたような潜り込みは不可能である。

APH の観点から言えば、深発地震を発生させる圧縮帯における熱効果は、それほど大きいものではない。

これは、500 万年にわたって 30mW/m<sup>2</sup> ずつ熱流が増加するのにはほぼ等しい。

### 深発地震の偏在性

深発地震が海洋化作用の特定の段階に規制されている、という結論に関する比較的包括的な情報は、オホーツク海で収集することができる（図 10）。とくに、南オホーツク海盆の状況がそれを物語っている。

新生代堆積層の厚さは、漸新統／中新統の境界面付近で急速に増加し始める。漸新世の堆積層は、もっぱら局所的な断層帯トラフ内で形成される。2 回目のマグマ活動に続いて、その作用は約 2000 万年の間、やや安定した速度で進行する。およそ 500 万年前（より具体的には、ちょうど鮮新世初期）に、急激に加速し、基盤深度を 2 倍にした（図 10）。

それでは APH の観点から、堆積盆地における熱的モデル発達史の結果を順次分析していこう。最初のアセノリス（asthenolith）が上部マントルの底部から深度範囲 50 ~ 100 km に上昇した後、地殻直下に部分熔融層が形成される。マントル熔融帯が地殻内へ貫入し始め、変成作用という角閃岩相の岩石も融け始める。その後、中性組成のマグマ（この段階での酸性マグマ生成の可能性は、もともと本質的に塩基性の地殻組成のために制約されている）が、中

部～上部地殻へ連続的に上昇した。下部地殻の塩基性岩はエクロジヤイト化作用を受けており、マントル岩石の密度を超えるブロックは地殻中へ急落する。中部地殻に生じた塩基性岩と（“花崗岩質”）上部地殻の一部は、削剥によって完全に破壊される。

以下の解析は、一連の事象（観察されている地質現象における熱と物質移動の現れ）である。

1. 最初に、マントル上層部の過熱によるドーム隆起（doming）が現れる。その影響を推定する一方で、それに対応する下部マントルの冷却も考慮に入れるべきだ。しかし、対応する深度毎の熱膨張率はほぼ 0.01g/cm<sup>3</sup>/100°C と異なるため、地殻の上昇を扱うことにする。上昇の振幅（amplitude）は 0.9km に達する。上昇は、活発化した地域よりも広い領域に影響するため、実際の振幅はかなり小さい。地殻下の温度は上部マントルの底部よりも速く変化し、上昇はより小さくなる。侵食がさらに進むと、地質学的には短期間で準平原になる。

2. 第一段階の終わりまでに、地殻の塩基化とエクロジヤイト化を引き起こす海洋化作用がかなり効果的に働く。転移速度の正確な値は不明である；しかし、おおよその推定値は Korolyuk et al. (2004) の表から得ることができる。その作用は、開始後、およそ数 100 万年で完了する可能性がある。

マントルから地殻浅部への蛇紋岩化された超塩基性岩（superbasites）の上昇は、海溝内側斜面下の地震の主な原因となるはずだ（Ringwood, 1981 ほか）。APH モデルに従えば、そこでの支配的な状態はそのような転移に有利である。深度 30 km での温度は 600 ~ 700°C になり、深度 50km では 900 ~ 1100°C に達する。ほぼ鉛直方向の変位は、発震機構解に一致している（Balakina, 2002）。

3. 海盆内の初生的地殻の厚さは 32 km。薄化後には、厚さ 13 km の結晶質岩が残された（観測された地殻の厚さは、火山岩と層間水を挟む新生代の堆積物を差し

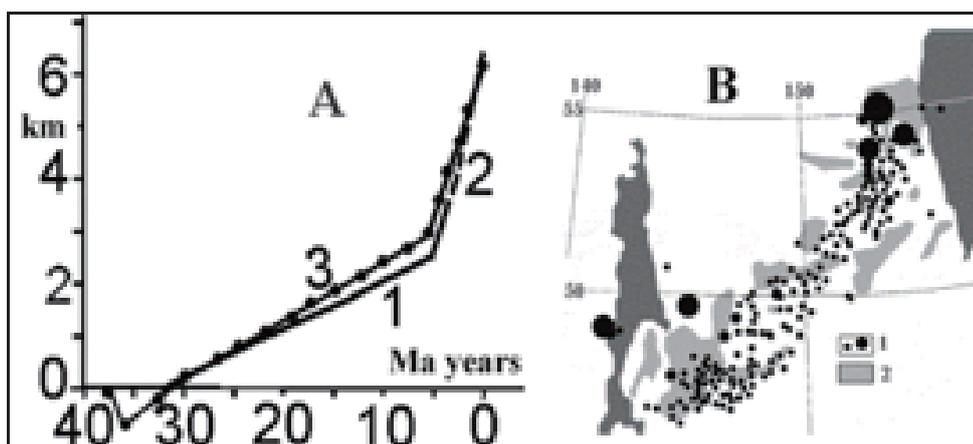


図 10 (A) 先新生代基盤の南オホーツクへの潜り込み、および (B) オホーツク海の深発地震帯

A: 1- 地質データに基づく堆積層の層厚変化；2- 鮮新世～第四紀における海盆底部での未補償潜り込み；3- 底部に推定された潜り込み。B: 1- 深度 400 ~ 700 km の震源。2- 新期堆積物の層厚の合計が 3 ± 1 km、および最下層の深度の合計が 1 ± 0.3 km の領域。

引いた 19km である)。マントルに潜り込んだ転移した地塊の初生密度は  $2.9 \sim 3.0 \text{ g/cm}^3$  で、 $0.4 \sim 0.5 \text{ g/cm}^3$  増加した。対応する潜り込みは  $2.8 \sim 2.9 \text{ km}$  である。残りの地殻では、少なくとも深度 9km で密度が約  $0.1 \text{ g/cm}^3$  変化した (塩基性化：深部地震探査で記録された速度分布から判断)。対応する潜り込みは  $0.3 \text{ km}$ 。この海域における改変以前の初生的な地殻の厚さが推定できないので、下部地殻の物質が海盆周辺へ移動したかどうかは不明である。深部地震探査は個々の膨張を認識した (Tectonic Zoning ..., 2006; Tectonosphere..., 1992 ほか)。それらの起源は異なるかもしれない。いずれにせよ、島弧下の膨らみや引張 (swelling or expansion) は、おそらく地向斜の初期過程の結果であろう。

4. 上部マントル底での多形状相転移を促進する状態は、初生熱と物質移動事変 (mass transfer episode) を伴い少なくとも 1000 万年前、厚さ約 40 km の層内で獲得された。その時まで、以前みられた強い負の T 異常の比較的速い変化の期間は終わった。そこでの岩石の圧密は約 8% に達した。対応する表層の潜り込みは  $3.2 \text{ km}$ 。これにより、問題となっている影響を 500 万年前から現在までの時間間隔を考慮することによって、地殻表層の潜り込みの評価を終えることができる。その結果は、独自に導き出されたデータから得られた結果と完全に一致している (図 10A)。しかし、マントルかんらん石が、上部マントル深部で、スピネル構造をもつ鉱物に転移する速度について、我々は知らない。「拡散に関する実験データとモデルシミュレーションを用いた計算では、最初の数万年内に、元素と同位体の両者の部分的均質化が達成されることを示している」(Shulyatin et al., 2012, p. 34) との見解もあり、その意見も考慮されるべきである。

堆積物の供給源から遠く離れたところでは、上述の海洋化作用によって、太平洋西部に典型的なプレートが形成されるだろう。その深度は約  $5.5 \text{ km}$ 、堆積・火山岩層は  $0.5 \text{ km}$ 、およびモホ面の深度は  $13 \text{ km}$  になるだろう。

南オホーツク海盆下への地下への潜り込みに関する見積もりおよび実験データは、完全に一致する (図 10A の曲線 1, 2 および 3)。そこでの岩石の多形状相転移は完了しており、地震活動はない。それは、TINRO・Shelikhov トラフ下の北緯  $55^\circ$  の北方にはもはや存在しない：そこにある新期堆積物の層厚は約  $6 \sim 7 \text{ km}$ 。すなわち、南オホーツクトラフのアイソスタシー未補償の部分は堆積物の下にある。さらに、新期堆積物の層厚が  $3 \text{ km}$  未満の海域では地震の発生源もない。速やかな補償が成立しない潜り込みに先立つ段階は、率直に言って存在しない。深発地震活動の最も可能性のある領域には (広くはない

が)、およそ厚さ  $3 \text{ km}$  の堆積層がすでに存在し、ここでは補償されていない潜り込みが始まっていて、そこでの水深は  $1 \text{ km}$  ほどである (Tectonic Zoning ..., 2006) - 図 10B。

プレートテクトニクス説の観点から言えば、背弧海盆の起源はプレートの移動とは全く関係がなく、むしろおそらくプレート上部で起こる“散乱拡散”というある種の現象に関連している。潜り込みの規模や速度についての定量的な説明もない。

## 結論

我々は、深発地震帯と隣接する水域 (オホーツク海) の構造圏で起こっている深部過程を解析した。これにより、内生的条件の固有な様式 (a specific type of endogenic conditions = 海洋化) と上部マントルの地震波速度異常との関連を立証した。また、基盤の潜り込み速度と最終振幅 (ultimate amplitude) のほか、マグマだまりの深度も数値化できた。初期の研究では、その深部過程への考察によって、熱流量のレベル、マントル内の重力異常、および縦走方向の総伝導率を十分な精度で、モデルのパラメータを合わせることなく説明できることが示されている (Gordienko, 2017)。

上記の結果は、その過程を提示した概念図の信頼性を裏付けており、研究中の地震の原因を示している：マントル上部 / 下部漸移帯におけるマントル物質の多角形状相転移。それらはまた、上記の現象が支配的な領域を特定するのにも役立つ。深発地震活動で特徴づけられる前述のほとんどの領域では、その原因となる作用は上記のそれに類似している。しかし、ハンカ地塊 (ロシア極東地域) とボリビア平原 (the Bolivian Antiplano) は例外で (Gordienko et al., 2008)、それらの地域の具体的な情報を詳細に分析したデータと結果が得られた際に、さらに議論したい。

プレートテクトニクスの概念は、大陸・海洋漸移帯の震源領域 (focal area) における地震活動の説明には適していないことを示した。

謝辞：ロシア語を翻訳していただいた Rita Schneider 女史に特別の感謝の意を表す。

## 文献

- Aki, K., 1975. The Mechanism of Earthquakes. Upper Mantle, Moscow, Mir Publishers, pp.199-213 (in Russian).  
Balakina, L.M., 2002. Subduction and Mechanisms of Earthquakes. Controversial Aspects of Plate Tectonics and Possible Alternatives. The Russian Academy of Sciences (IPE RAS) Moscow, pp. 120-141 (in Russian).

- Burnley, P., 1989. "Anticracks" in the Mantle Create Deep Earthquakes. *New Science*, Vol. 1689, p. 33.
- Chebrov, V.N., Kugayenko, E.A., Vikulina, S.A., et al., 2013. The 24.05.2013 Deep-Focus Earthquake with a Magnitude of 8.3 – Powerful Seismic Events off the Coast of Kamchatka over the Period of Detailed Seismological Observations. Reports of the Kamchatka Regional Research Center Association, Earth Sciences, Vol. 21, No. 1, pp. 17-25 (in Russian).
- Enescu, B., Mori, J., Miyazawa, M., and Kano, Y., 2009. Omori-Utsu Law c-Values Associated with Recent Moderate Earthquakes in Japan. *Bulletin of the Seismological Society of America*, Vol., 99 (2A), pp. 884-891.
- Frolova, T.I., Perchuk, L.L., and Burikova, I.A., 1989. Magmatism and the Earth's Crust Transformation in Active Peripheral Areas. Moscow, Nedra, 260 pages (in Russian).
- Gazizova, S.A., 2009. On Comparative Analysis of Troughs around the East European Platform. The Cis-Dobruja Peripheral Trough. Collection of Geological Papers, Institute of Geology, the Russian Academy of Sciences Ufa Research Center, No. 8, pp. 88-93 (in Russian).
- Govorov, G.I., 2002. Phanerozoic Magmatic Zones and Formation of the Sea of Okhotsk Geological Block Structure. Vladivostok: Dal'nauka Publishers, 203 pages (in Russian).
- Gontovaya, L.I. and Gordienko, V.V., 2006. Deep-Seated Processes and Geophysical Models of the Mantle beneath Eastern Kamchatka and Kronotsky Bay. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, No. 2, pp.107-121 (in Russian).
- Gontovaya, L.I., Gordienko, V.V., and Gordienko, L.Ya., 2009. On the Nature of Mid-Ocean Seismicity in Transition Zones of Pacific Type. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, No. 1, pp. 38-45 (in Russian).
- Gordienko, V.V., 2017. Thermal Processes, Geodynamics, and Mineral Deposits. See site [https:// docs.wixstatic.com/ugd/6d9890\\_c2445800a51b49adb03b8f949f3d6abb.pdf](https://docs.wixstatic.com/ugd/6d9890_c2445800a51b49adb03b8f949f3d6abb.pdf) of the Institute of Geophysics Tectonosphere Section, Ukraine's National Academy of Sciences, 283 pages.
- Gordienko, V.V., 2014. Deep-Seated Processes and Seismicity. *Geophysical Journal*, No. 1, pp. 19- 42 (in Russian).
- Gordienko, L.Ya. a Gordienko, V.V., 2016. P-Wave Velocities in the Upper Mantle Beneath Oceans, *NCGT Journal*, No. 3, pp. 389-405.
- Gordienko, V.V. and Gordienko, I.V., 2008. On the Nature of Deep-Seated Seismicity in Transition Zones from Continents to Oceans. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, No. 3, pp. 56-64 (in Russian).
- Gordienko, V.V. and Logvinov, I.M., 2011. On the Global Asthenosphere. *Izvestiya, Physics of the Solid Earth*, No. 2, pp. 107-116.
- Kalinin, V.A., Tomashevskaya, I.S., and Morozov, V.N., 1988. A Potential Role of Polymorphic Transitions as Triggers of Earthquakes. The Current State of Seismological Research in Europe. Moscow, Nauka, pp. 247-251 (in Russian).
- Kanamori, H., 1977. The Energy Release in Major Earthquakes. *J. Geophys. Res.*, Vol. 82, pp. 2876–2881.
- Korolyuk, V.N., Lepegin, G.G., and Korsakov, A.B., 2004. Reconstruction of the Thermal History of Metamorphic Rocks Based on Exchange-Diffusion Zoning in Minerals. *Geology and Geophysics*, No. 4, pp. 501-512 (in Russian).
- Koronovsky, V.N., 1976. Brief Course in Regional Geology of the USSR, Moscow, MGU, 398 pages (in Russian).
- Krasnyy, M.L., 1990. Geophysical Fields and the Deep-Seated Structure of the Okhotsk-Kurile Region, Vladivostok: Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 162 pages (in Russian).
- Krylov, S.V. and Duchkov, A.D., 1996. Strain-Strength Zoning of the Earth's Deep Crustal Layers. *Geology and Geophysics*, No. 9, pp. 56-65 (in Russian).
- Kuskov, O.L., 1987. Topology of Mineral Systems' Phase Diagrams and Deep-Focus Earthquakes. *Geochemistry*, No. 8, pp. 1093-1107 (in Russian).
- Lomtev, V.L., 2018. The Structure of the Kurile-Kamchatka Trench Northern Flank. *Geology and Mineral Resources of the World Ocean*, No. 2, pp. 15-29 (in Russian).
- Petrophysics, 1992. Ed. N. B. Dortman, Vol. 1, Moscow, Nedra, 391 pages (in Russian).
- Prytkov, A.S., Vasilenko, N.F., and Frolov, D. I., 2015. Contemporary Geodynamics of the Kuril Subduction Zone Based on the GPS/GNSS Observation Data. *Tectonics and Geodynamics of the Northwestern Pacific*, Moscow, Nedra, pp.124-128 (in Russian).
- Ringwood, A.E., 1981. The Structure and Petrology of the Earth's Mantle. Moscow, Nedra, 584 pages (in Russian).
- Shulyatin, O.G., Andreyev, A.I., and Belyatsky, B.V., 2012. The Age and Stages in the Formation of Magmatic Rocks Making Up the Mid-Atlantic Ridge Based on Geological and Geophysical Data. *Regional Geology and Metallogeny*, Vol. 50, pp. 28-36 (in Russian).
- Schubnel, A., Brunet, F., Hilairet, N. et al., 2013. Deep-Focus Earthquake Analogs Recorded at High Pressure and Temperature in the Laboratory. *Science*, Vol. 341, pp. 1377-1380.
- Tectonics of Ukraine, 1988. Ed. Kruglov, S.S. and Tsytko, A.K., Moscow, Nedra, 254 pages (in Russian).
- Tectonic Zoning and Hydrocarbon Potential of the Sea of Okhotsk, 2006. Ed. K.F. Sergeyev. Moscow, Nauka, 131 pages (in Russian).
- Tectonosphere of the Asia-Pacific Margin, 1992. Ed. K.F. Sergeyev, V.V. Gordienko, and M.L. Krasnyy. Vladivostok, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, 238 pages (in Russian).
- Turcotte, D. and Schubert, G., 1985. *Geodynamics: Applications of Continuum Physics to Geological Problems*, Vol. 2. Moscow, Mir Publishers, 730 pages (in Russian).
- Yanovskaya, T.B., 2006. *Basics of Seismology*, St. Petersburg State University, BBM, 288 pages (in Russian).
- Zhao D., Piraino, F., and Liu, L., 2010. The Structure and Dynamics of the Mantle beneath Eastern Russia and Adjacent Regions. *Geology and geophysics*. 2010. 9. p.1188-1203. (in Russian).

## 海水面データの開かれた公正な見直しの必要性 THE NEED OF AN OPEN, FAIR PEER REVIEW OF SEA LEVEL DATA

Albert Parker<sup>1,\*</sup> and John O'Sullivan<sup>2</sup>

<sup>1,\*</sup> Independent Scientist, Bundoora, Australia, Email albert.parker@jcu.edu.au

<sup>2</sup>Principia Scientific International, London, UK

(柴 正博 [訳])

**要旨**：海水位記録の多くは単一の測定ではないことがしばしばある。そのために、それらは、いくつかの検潮計からえられた異なる記録を合成した結果である。ごくまれに2つのセグメントがうまく結合できず、別個の検潮セグメントが継ぎ合わされているため、ひどく混乱した（または偏った）結果を生み出している。検潮計データベースは、セグメント化された記録で満たされている。ひとつの例がアデンである。PSMSLは7年以上にわたって、海面上昇速度と加速度が大きく違った3つのバージョンの複合記録を提供しつづけてきた。最近査読中の同一検潮記録の解析結果は、PSMSLによって提案されたパターンとは実質的に異なるパターンを示唆している。この最新の分析をPSMSLへコメントする選択肢もあるが、筆者らに発言の権利がない。残念ながら、これは科学を進歩させる最善の方法ではない。

**キーワード**：sea level measurements, sea level rate of rise, sea level acceleration

## 随 筆 ESSAY

### 全地球テクトニクスに関する随筆 #3 いくつかの地質学分野の聖域について ESSAYS ON GLOBAL TECTONICS ESSAY #3: ON SOME GEOLOGICAL SACRED COWS

P. M. James

BSc, MSc(Eng), PhD, DIC petermjames35@gmail.com

(矢野 孝雄 [訳])

先の2つの随筆では、プレートテクトニクス移動論モデルへの今日的批判を結論づけた。次のステップは、どれだけ神聖であるかを検証するために、古くからある地質学分野の聖域のいくつかを分析することである。アイソスタシーからはじめよう。

#### アイソスタシー

19世紀後半にアメリカの地質学者C. E. Duttonが褶曲山脈の深い根を説明しようとする試みの中で、1つの推測としてアイソスタシー概念が地質学に導入された。褶曲山脈は、より高密度のリソスフェア上でアイソスタシー均衡を保って「浮かんでいる」と仮定された。実際、この種の提案が1750年に初めてなされたが、その考えを広く受け入れたのはArthur Holmesの古典的な物理地質学であった。Holmesは、高山が侵食によって低くなると、荷重が減少して隆起をひきおこすと提案・修正した。同時に、侵食された堆積物が低地に堆積し、沈降を促すだろうと付け加えた。こうして、この考え方が確立されたが、それには量的検証がなかった。

私は、学部生であった時に与えられた次の説明を思い出す：沈降がつづき、地向斜に堆積物が累積する

と、堆積物よりも高密度の伏在リソスフェアが急に隆起しはじめ、その上に堆積物が積み上げられる。一種の永久機関である。地殻短縮が褶曲山脈の形成に含まれるとの説明を私は一切聞いていない。

アイソスタシーについてはとても多くが語られてきたが、その実態としては、元々のDuttonの考えが一般に受け入れられている。そのため、大地の相対的垂直変位のほとんどすべての証拠は、さらなるコメントや研究が行われることもなく、アイソスタシーと呼ばれている。いいかえれば、ほとんどの地質研究者は大地がヨーヨーのように挙動することを好んで受け入れているのである。しかし、海ではどうだろうか？ 極が固定されているとみなすのと同様に、海は恒久的であると一般には思われている。私たちは極移動を扱ってきたので、いくつかの簡単な分析を概観して、実際にはアイソスタシーに合理的な裏付けがないことを以下で説明しよう。

ハワイのような大規模海山は、リソスフェアへのもっとも大きい地殻荷重だろう。リソスフェアを大規模な土台のように扱えば、それへの負荷は、Moho面下の温度よりも低いと考えられる温度における岩石クリープ強度の約半分に過ぎない。したがって、海山はいかなる沈降域をもつくりださない。この見解は別の見地からも合理的である。海山は、高温のリソスフェアやホットスポットから供給されるマグマに含まれる深部からの高温高压揮発性物質の上昇によって形成される。このより高温のリソスフェアは、通常のリソスフェアよりも強度が小さいだろう。しかし、私が知る限りでは、より熱くて力学的に弱い条件にある海山基盤が崩壊したという記録は報告されていない。したがって、物質が最終的に冷えきるまでに、海山はさらに安定化するに違いない。

多くの権威者は、海山をとりまいている帯状凹地がたわみによる沈下でできたと解釈している。沈降は通常、弾性的たわみによって起きることはなく、とくに脆性基盤の上で起きるとは考えられない。したがって、たわみによる沈降がこれらの環状凹地の原因ではないとするのが合理的だろう。海山の場合には、海山形成のためにリソスフェアから大量のマグマが供給されるといった、別の十分な理由がある。この深層での体積減少は、鉱山の地盤沈下に似た状況を生み出すのは確かだろう。ここでは、環状凹地の外縁がおそらく通常の採掘沈下における「引込み縁」に相当するだろう。

これは太平洋の海山列においてより古い海山が長らく存在しているために安定して低高度にあるという主張と調和的である。もちろん、これは、海山列内のすべての海山が「ホットスポット」を通過するときに同じ高さで形成されたという仮定を前提にしているという点で、推測を重ねたにすぎない。

アイソスタシーの提案について続けよう。高山状態の地質工学的研究は、褶曲山脈は「浮遊」せず、非常に大きな荷重をリソスフェアが支えていることを明らかにした。ちなみに、これについてはケンブリッジ大学のLionel Jefferies卿がモホ面下の強度を見積もる際に注視したはずで、それは氏が移動論の陣営に追い越され、無視される以前のことであった。とにかく、リソスフェアはこれらの山岳荷重を支えていて、私自身の計算によると、山岳地帯の非常に深い河谷侵食は山岳地帯の荷重を「浮遊」するほどまで減少させるには不十分であることは明らかである。したがって、それらの結果として山岳が隆起することはないだろう。さらに、山岳地帯のほぼ全面的侵食といった最も深刻な場合でさえも、何らかの隆起が生じるには、克服すべき作用力として大きな摩擦抵抗が依然として存在するはずである。

同様の考え方にしたがって、アイソスタシーに反対

する見解を正当化するためには、南極大陸をとりあげるのがよい。更新世のヨーロッパ大陸を押し下げていたと主張されているほど大規模な氷床が、南極大陸では少なくとも1500万年間にわたって継続的に存在した。アイソスタシーが作用しているならば、南極大陸にはそれ以降の沈下の証拠があり、現在も沈下が進行中であるはずである。しかし、南極横断山脈では、海拔1,000m以下の高度にわずか10000年前の化石が存在する。静水圧的沈降の事例は、このようにほとんど存在しない。

### 割れ目噴出玄武岩類と関連する諸現象

地球上で最も大量に存在する火山岩である玄武岩は海洋底の大部分を覆い、ハワイ・サモア・アイスランドなどでは海の盾状火山として、ところどころで海面上に顔をだしている。大陸環境では、玄武岩の溶岩流が地質史を通して溢流し、今では地表面を何百万km<sup>2</sup>にもわたって覆っている：スペリオール湖のKeeweenaw溶岩流（先カンブリア紀）、南アフリカのStormberg溶岩流および南アメリカのParana溶岩流（ジュラ紀）、アメリカ北西部コロンビア州のスネーク川溶岩流（中新世）...そして最も有名なインドのデカン溶岩流（白亜紀-始新世）は、50万km<sup>2</sup> x 厚さ1kmの規模を誇る。重要なことは、これらの溶岩流の大部分（全部ではないにしても）が大陸の盾状地に分布していることである。この関係性には、記憶にとどめる価値がある。

流出した溶岩、それらの給源岩脈、そして、それらのシルの鉱物組成はすべて、深部のはんれい岩の組成とたいへんよく一致する。これは、リソスフェアと地表部との間の断続的ではあるが直接的なつながりがあることを示す。岩脈についてのこれまでの地質学的説明は地殻内の引張力にもとづくメカニズムであった。たとえば、専門家たちは、岩脈自体は大陸地殻をおし拡げて貫入することはできないので、リソスフェアから地表に達する既存の引張裂罅へ貫入したはずだという。

しかし、このような張力による説明がかかえている問題は、地殻底部での水平応力が鉛直応力よりも小さいことである（ちなみに、鉛直応力は通常、単純な上載荷重の約10%以内である。）水平応力がこのように小さい状況では、より高密度の玄武岩質マグマを低密度のシアル質地殻を通して押し上げる推進力は存在しない。さらに、水平応力が小さい状況では、シルを水平方向に注入する別個の推進力も存在しない。岩脈の熱によって堆積岩母岩に起きる蒸発がシル注入へ抵抗を減少させるという事実を考慮に入れたとしても、注入に対する摩擦抵抗をうわまわるためにはかなり大きな圧力が給源岩脈からもたらされる必要があろう。このような分析によって、そして、たとえ分析がされなくても、裂罅玄武岩は基

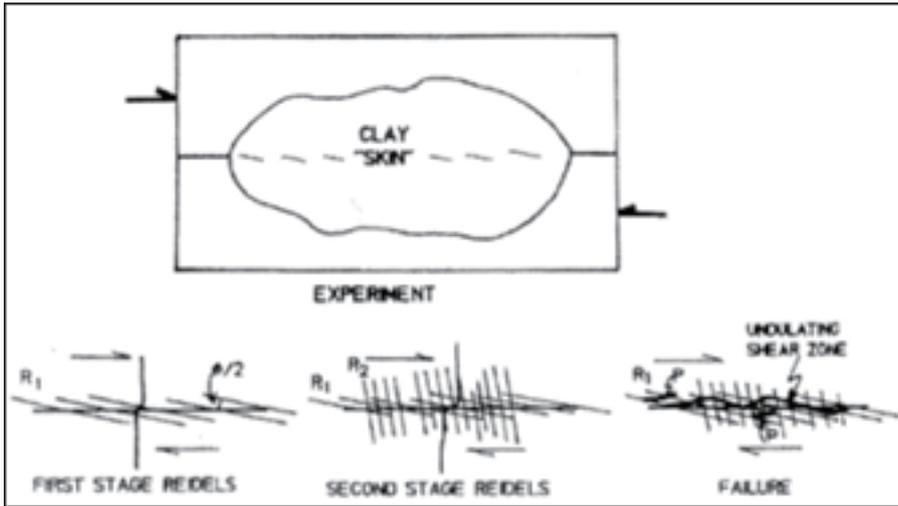


図1 リーデル剪断の発達史

盤を構成するリソスフェアにおける大きな水平応力条件の産物であると考えるのが合理的であろう。いかえれば、これは引張裂隙がどこに形成されるかという問題を提起する。それを説明するために、リーデル剪断 (Reidel Shears) についての研究を考慮する必要がある。

1960年代にインペリアル・カレッジ・ロンドンの John Tchalenko は、若い Nordie Morgenstern による提案にしたがって、隣接する2枚の板の上に湿った粘土薄層を塗りつけた後、一方を他方に対してゆっくりと一定速度で移動させた。筆者も別途カオリナイトをつかって同じ実験を試み、すばらしく良い結果をうる事ができた。板が動くとき、2段階のリーデル剪断が現れた。これらの結果は図1に示される。

変形が小さい場合には、第1リーデル\* (R1) が運動方向に対して角度  $\theta/2$  で成長する。カオリンの場合、その角度は約  $10^\circ$ 、摩擦角  $\theta = 20^\circ$  を示し、合理的である。変形が続くにつれて、第2リーデル (R2) が現れる。これらは、第1リーデルに対して  $90-\theta$  の傾きをもつ開口型あるいは引張型断層を形成する。(\* 英語版の Reidel は Riedel)

天然素材がこのような挙動する理由は私には不明であるが、リーデル剪断と同じパターンが地震現象にも見られる (Tchalenko, 私信)。第2リーデル剪断は、材料物質の完全剪断強度に近いと考えられている。しかしながら、それ以上の運動は上記のリーデル幾何学には従わない。つまり、破壊が起きる衝上剪断という様式をとる。衝上剪断は既存のリーデル剪断を利用するために、屈曲した走向移動断層が生じる。

見方を変えると、この実験の上記の関係は、リソスフェアを覆う大陸地殻または楕状地をあらわすことになる。そのような設定で、大きな水平 (圧縮) 応力、たとえばジオイド応力を受けるとすると、楕状地や大陸地殻は降伏しないが、その下にある可塑性

が大きいリソスフェアはクリープを起こしやすくなる。このようにして、実験室でのリーデル剪断の実験結果と同じ構造が生まれる。

リーデル剪断のステージ1の長い発達過程は、本質的に、地殻からリソスフェアへ緩傾斜で連続しているリストラクチャー断層の由来を説明するだろう。つづいてリーデル剪断のステージ2は、ステージ1の剪断に  $90^\circ$  の角度をもち、鉛直に近い傾斜で延びていく。このようなステージ2の開口剪断は、圧縮場にあるリソスフェアから地殻へマグマが湧昇する際の導管となる。マグマが地表まで上昇し、岩脈群が地表に達すると、そこで溢流することは明らかである。

しばしば発生する全般的圧縮場で引張性の開口型リーデル剪断が形成されることは、くりかえし強調しておく価値がある。岩脈がそうであるように、それらは一つの群として生じる。そして岩脈内を湧昇するマグマが地表に達すると、溶岩流になる。相対的に塑性的なリソスフェアをおおっている大陸楕状地は、リーデル剪断の発生に理想的環境である。

シルについて少し追加したい。岩脈が地表近くに達し、しかも、依然として高压である場合、その圧力で上載物質を隆起させるとシルができる。一般に水平な堆積岩類であればシルができやすく、上下の地層面にかかる摩擦抵抗が岩脈をつくるマグマの圧力レベルに達するまで、層理面に沿ってシルが侵入する。この過程で、隣接する第2リーデルからの別の岩脈とシルが合流する場合には、当然のことながら、侵入距離が延びるだろう。ただし、ある時点で、シルは摩擦抵抗によって停止する場合もある。そうになると、岩脈は上へ延びやすくなるだろう。おそらく、それは上載荷重が減少する別の一定の層準に達するまで。そこでは、もう1つのシルを注入する可能がうまれる。

上記の解釈からさらに推論をすすめると、割れ目噴出玄武岩流は高緯度環境に形成されやすく、そのよ

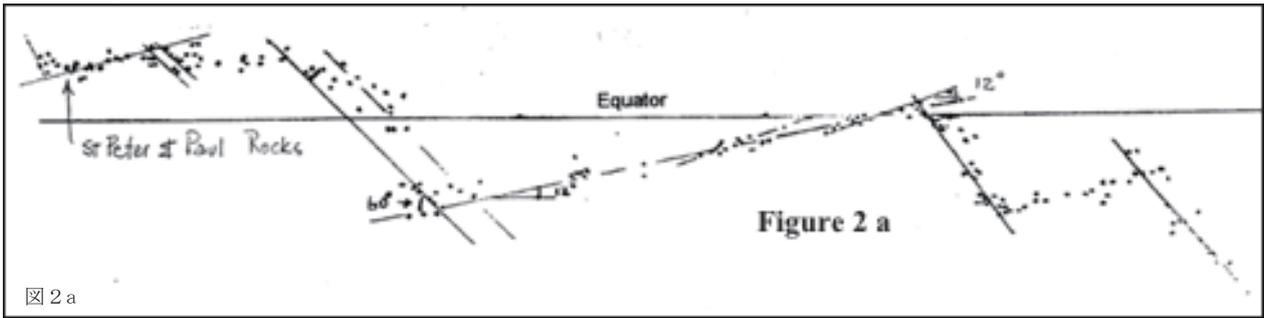


図 2a

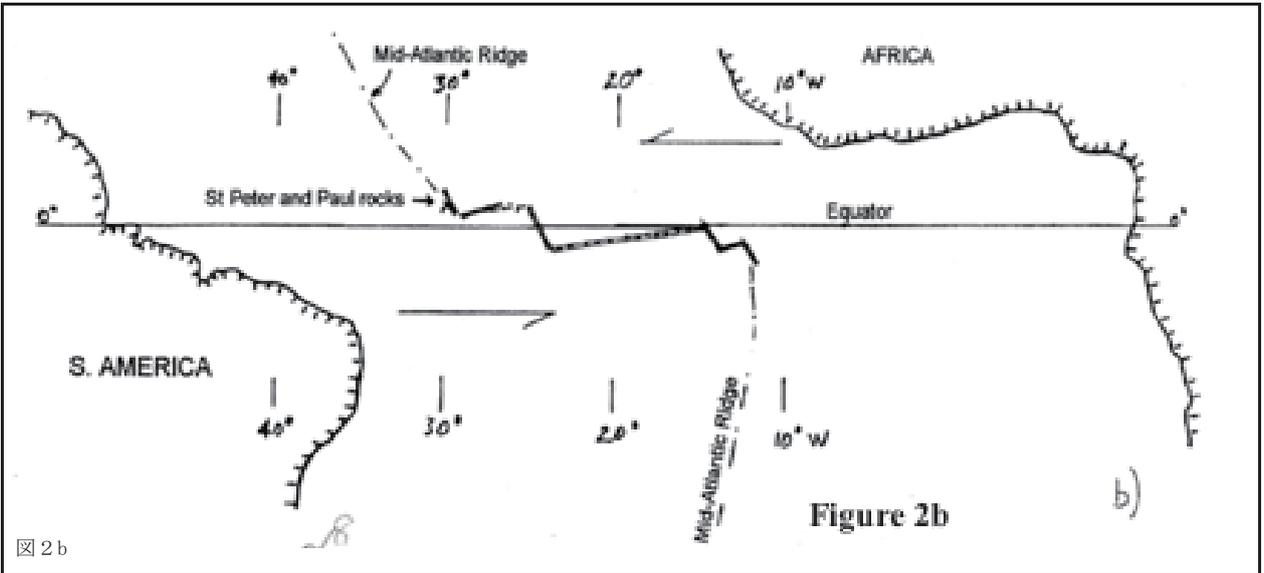


図 2b

うな環境では適切な圧縮場をもたらすだろう。世界的にみて大規模な溢流玄武岩のいくつかはこの推論を支持している。たとえば、南アフリカの Stormberg 溶岩はジュラ紀に溢流したもので、この大陸の古地磁気データによると、当時の南極はケープタウンのすぐ南東にあった。同じくジュラ紀の Parana 溶岩の場合、当時の赤道環境はかなり北のメキシコ周辺にあり、この溶岩も高緯度にあったことを示す。インドのデカン溶岩は白亜紀～始新世のもので、ヒマラヤ山脈の隆起の直前、あるいは同時期の圧縮場で噴出した。

移動論概念にかかわる海底拡大のもう1つの問題、すなわち赤道大西洋の中央海嶺をとりあげる必要がある(図2a)。そこには、通常中央海嶺の代わりに長さが1000 kmを超え、赤道に12~15°斜交した Romanche 断裂が存在する。M≥4の通常の Romanche 地震は、記録によると、ほとんどの場合は深度約10kmで発生する。つまり、これらの浅い地震は、おそらく地殻もしくはリソスフェア最上部で発生している。

Romanche 断裂の存在は疑わしく、第1リーデルと考えられる。その配列は両端で鈍角にまじわる直線的地震帯に断たれ、図示されているようにそれぞれの端に”ステップ”を形成する。この断裂はどのようにして形成されたのだろうか？

赤道が最近まで現在の位置にあったと仮定する(つま

り、最終”氷期”に、北極点はしばらくの間バフィン島付近に位置していた。それは当時の赤道がその大西洋では約15°南へ下がっていたことを意味する)。その後、現在の赤道は赤道バルジ(equatorial bulge)によって、いくぶん拡大あるいは伸長しただろう。ところが、現在の赤道大西洋での赤道バルジの形成は、東部では西アフリカの、西部では南アメリカのアマゾン地帯の大陸によって拘束されていたと考えられる。これらの赤道両側の大陸という防壁は、赤道の理想的な伸長を妨げる不動対として機能した。このような構造環境がリーデル剪断実験に類似することは明らかである。

第1リーデル剪断と考えられる Romanche 断裂は、赤道に対して12~15°斜交していて、地殻またはリソスフェア最上部の底面では $\theta \leq 30^\circ$ の摩擦角が示唆される。この値は、延性状態の硬岩に類似する。Romanche 断裂の両端を切断している鈍角の剪断は、第2リーデル剪断にぴったり合致する。ここで、R2剪断角とR1剪断角の交角は $90^\circ - \phi$ であり、言いかえると $\theta = 30^\circ$ となる。このような構造の形成に必要なのは、海洋底拡大概念説での2000kmの移動ではなく、赤道バルジに沿うおよそ2~3kmの鉛直歪だけである。これは、セントピーターおよびセントポール岩礁(図2a)の存在にも適合する。

最後に、もう1つの聖域、すなわちトランスフォー

ムまたは走向移動断層について簡単にふれておく。走向移動断層は通常、不連続の片方の押しと、対をなす反対側への押しが逆向きであると説明される。しかし、リーデル剪断実験に示されるように、その走向移動断層運動はより単純で、同一の走向移動断層に発生する可能性がある。海洋 / 大陸地殻境界のような場合には、不連続面の片側だけが移動することもある。走向移動断層のもう 1 つの特徴はその表層性にあり、サンアンドレアス断層沿いでは、15km 以深の地震はまれである。

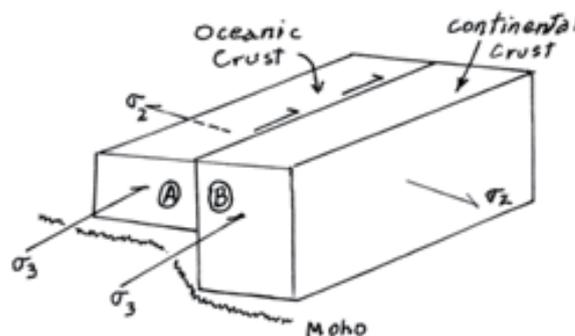


図3 圧縮状態にある走向移動断層

私が提案したいのは、走向移動断層が単一の不連続面を横切って逆方向の応力をもたらすのではなく、ジオイド応力場によって一方向の押しが大陸地殻と海洋地殻の境界面に作用するということである。そのような状況では、ジオイド応力場に由来する一方向の押しが、厚い大陸地殻には影響しないが、反対側の薄い海洋地殻を変形させる可能性が高い。この提案は図 3 に示され、 $\sigma_3$  がジオイド応力である。

もう 1 つの重要な点は、この地殻境界面に沿う摩擦抵抗  $\sigma_2$  が減少すると、変形がより容易に伝播されることにある。これは、不連続面を横切る法線応力が小さい場合、あるいは引張応力の場合にさえも想定される。後者の状態はこれまでも知られていて、B.D. Martin (1992) によって記述されたサンアンドレアス断層の一部での現地調査結果として報告され、Global Tectonics in New Concepts (Texas Tech Univ. Press) に公表されている。モントレ

地域のサンアンドレアス断層の主要変位は鉛直方向で、海洋側が急激に沈下している。さらに、モントレキャニオンがサンアンドレアス断層の主要地形を横切るところでは、ほとんど変形・変位していない鮮新世堆積物が存在する。サンアンドレアスの移動論的解釈が妥当であるとする、この峡谷の変位痕跡には数百 km 規模の大きなキンクが存在するはずである。事実には、北アメリカ西海岸全域の水系にそのような変動の兆候は認められない。

#### 文献

Analyses of the above proposals are given in the author's book Deformation of the Earth's Crust – Cause and Effect. Copyright Publ. Co., GPO Box 2927, Brisbane, Q 4001. Email: info@copyright.net.au.

---

## 適合世における地球システムの航跡 TRAJECTORIES OF EARTH SYSTEM IN THE ADJUSTOCENE

**Albert Parker<sup>1,\*</sup>**

<sup>1,\*</sup> Independent Scientist, Bundoora, Australia,

Email albert.parker@jcu.edu.au

( 岩本 正志 [ 訳 ] )

---

**要旨**：誰もその気温や海水準がどうだったかを知らないに、Josh が継続した傾向として気候科学実践の時代として述べた漫画に描いて以来、適応世という用語が広く用いられている。たとえパリ協定で求められた二酸化炭素放出量を達成したとしても、我々の地球は彼らが「温室地球」と呼ぶ状態に既に入っていて、気温は産業革命前の気温よりも 4-5°C 高く、今日よりも海水準が 10-60m 高い状態で長期安定するといったことは、現実世界の事実には少くもサポートされたコンピューターゲームの仮想現実には他ならない。これらの傾向は、困惑以外の何物でもない。

---

# 国際会議 CONFERENCE

---

ヨーロッパ地球科学連合 EUG 2019 年次総会

期間：2019年4月7-12日、

会場：オーストリアセンター ACV（オーストリア、ウィーン）

**2019 Annual General Assembly of the European Geoscience Union (EGU).**

**April 7-12, 2019 at the Austria Center (ACV) in Vienna, Austria**

（矢野 孝雄 [訳]）

---

この会議にはすべての国の科学者が参加できる。すべての会議会場は車椅子での利用が可能である。

招聘者：Vladimir Anokhin, Paolo Diviacco, Biju Longhinos, Kristine Asch

新設のセッション “Conceptual Tectonics: Proof and Refutation in Tectonic Knowledge [テクトニクス概念：テクトニクス知識における証明と反論]” (TS12/ESSI1.10) が TS (Tectonics and Structural geology) と ESSI (Earth and Space Science Informatics) の共同領域で開催される。

このセッションの目標は、テクトニック（ジオテクトニクス）概念の表現と形式（数学-論理的基礎）にもとづくテクトニクス（ジオテクトニクス）概念の徹底的な分析にある。とくに興味深いのは、ジオテクトニクスの新しい概念で、私たちは地球力学・地球発達史、地球構造の専門家に独自の見解を世界の地球テクトニクス学界へ発信するよう呼びかける。

ここ数十年の驚くべき理論的進歩により、地質学だけでなく、地球規模のテクトニクスは、記載学的学術分野にとっても非常にユニークな状態に近づいている。すなわち、物理学、化学、代数、幾何学の理論のように、精密度と成熟度が非常に高い状態になっている。ただし、地球規模のテクトニクスをこの状態にするためには、やるべきことがたくさん残っている。このセッションは知識エンジニアと地質学者のエキサイティングな学際的作業であり、それは地球を理解するための極めて新しい地平を拓き、それに関する科学的協働に新しい質をもたらすだろう。

しかし、これまで「高度な形式化」を経てきたすべての分野とは大きく異なるため、テクトニクスには特別な形式的処理が必要であり、そのためには伝統的な述語論理を補完する特別な論理数学的形式が必要である。したがって、このセッションの範囲は非常に分野横断的であり、野外地質研究者、実験者とモデラー、ITの専門家とコンピュータ科学者、論理学と数学の研究者が協働する知的旅行が催行される。

このセッションのテーマは次のとおり：

- ジオテクトニクスにおけるデータと知識の区別
- さまざまな論理ツールの応用
- 実証主義ジオテクトニクス
- 非伝統的な考えや理論
- 取って代わる解釈と議論
- ジオテクトニクスにおける知識表現
- 矛盾する用語や論理的基礎のためのソフトウェアソリューション

---

## NCG ジャーナルについて

## ABOUT THE NCGT Journal

---

グローバルテクトニクスの新概念ニュースレター（現在の NCGT ジャーナルの前身）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" 後の討論にもとづいて生まれた。その名称は、1989 年にワシントンで開催された第 28 回万国地質学会に連携してワシントンのスミソニアン研究所でひらかれた先行するシンポジウムにちなむ。NCGT ニュースレターは、2013 年に NCGT ジャーナルに改称された。2017 年 3 月には、NCGT ジャーナルの発行が商業化された。

目的は次のとおりである：

1. 地質学, 地球物理学, 太陽・惑星物理学, 電子宇宙学,

天文学, 気象学, 海洋学, ならびに, コアから大気圏外縁までの地球にかかわる物理的諸作用に密接に関係しているその他の研究分野における新しい考え方と研究を自由に交流する国際的な討論の場を提供する。

2. 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独創的な考え方にあわせる。
3. そのような研究成果を掲載・出版するための学術基盤を設ける。とくに検閲と排除が行われている領域において。
4. 破局的地震の予知に予知に貢献する優れた方法と概念の交流を進めるための出版の場を創造する。既存の通信網では疎外されてきたそのような考え方と研究成果を討論するためのフォーラム。