



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 : NCGT JOURNAL <ISSN 2202-0039 www.ievpc.org>

日本語版 Vol. 7, No. 2 (2019 年 6 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)
 編集委員: Bruce LEYBOURNE, USA (leybourne@iascc.org); Giovanni P. GREGORI, Italy (giovanni.gregori@idasc.cnr.it); Yoshihiro KUBOTA, Japan (kubota@env.sc.niigata-u.ac.jp); Leo MASLOV, USA (lev.maslov@cccs.edu); Per MICHAELSEN, Mongolia (perm@must.edu.mn); Karsten STORETVEDT, Norway (karsten.storetvedt@uib.no)

も く じ

■ 編集者から From the Editor	[小松宏昭 訳]	2
■ 手紙 Letters	V. Straser [角田史雄 訳]	3
Catastrophes and Mankind, Fake Truth and Mass Media, Science and Society: A Commentary. 大災害と人間, 偽の真実とマスメディア, 科学と社会: 論評	G. Gregori [久保田喜裕・矢野孝雄 訳]	4
On the Viscosity of the Material Making up the Tectonosphere of Continents and Oceans. 大陸と海洋の構造圏を作る物質の粘性について	V. Gordienko [小泉 潔 訳]	10
Essays on Global Tectonics, Number 5: On the Topic of Extinctions 無線方向探知システム; 全地球的な地殻診断に関する新見解	P. James [杉山 明 訳]	18
Publication of Book "Thermal Processes, Geodynamics, and Mineral Deposits" 新刊 線熱移動の地球物理学と鉱物の生成	V.V. Gordienko [小坂共栄 訳]	24
Seismic waves, water and electromagnetic background for DNA research on Mars. 火星における DNA 研究のための地震波, 水および電磁気的背景 <要旨>	V. Straser [矢野孝雄 訳]	25

EVPC へご寄稿を

国際地震火山予測センター (IEVPC) には, 大規模な地震と火山噴火を予測する最新の技術とプロセスを採用することで命を救うという重要な人道的使命があります。

<http://www.ievpc.org/donate.html>

IEVPC の CEO である Bruce Leybourne 氏 (メール @ ievpc.org) までお気軽にご連絡ください。 1. 電子メール: louis.hissink@bigpond.com; 2. メール, 航空速達など, 33 Fields Road, Nja, NSW 2550, オーストラリア (MS Word または ODT 形式のファイル, gif, bmp または tif 形式の図) を個別のファイルとして。 3. 電話, + 61 419 283775.

免責事項: このジャーナルに掲載された意見, 見解, およびアイデアは寄稿者の責任であり, 必ずしも編集者および編集委員会の意見を反映するものではありません。 NCGT Journal は, 四半期ごとに査読される国際的なオンラインジャーナルで, 3 月, 6 月, 9 月, 12 月に掲載されます。 Mac コンピューターユーザーの場合, pdf 形式のこのジャーナルは, Acrobat または Acrobat Reader で開く必要があります。 ISSN 番号 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

[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

(小松 宏昭 [訳])

NCGTJ の本号では、2つの哲学的題材と、造構運動の理解に重要な要素である上部マントルの粘性について記述された V. Gordienko の論文を扱っている。Cliff Ollier は気候変動に関する非政府組織 (NGIPCC) による最近の出版物を紹介している。そして Valentino Straser の Letter では、地震発生に果たす太陽の役割についての新たなシンポジウムが提唱されている。

6月の最終週には、いくつかのかなり極端な気象現象 (例をあげると、フランスの史上最高気温、コロラドの降雪、オーストラリアの低温など) をともなう、非常に数多くの地震が発生した。気候が顕著に変わりつつあるのか？ 人類が誘発したのだろうか？ この疑問への答えは人間の hubris 要素と、物理的気候モデルがいかに現実を再現した正確なものであるかに関わってい

るが、夏のコロラドでの降雪は予想外だという主要メディアの驚きをみれば、それは実に明白である。したがって、我々は地球の物理学や気象システムの物理を本当に理解していないといえるだろう。

気候科学は、地球の気象エネルギーの給源を全放射照度 (Total Solar Irradiance, TSI) だけに求めているが、IPCC の定義によって、人工的な気候強制に分類される太陽の電磁気プラズマの影響を無視している。この事実は、今年 (2019) のニューメキシコ州アルバカーキで開かれた「懐疑的観測者の集会」で注目された。その際に招聘者の Ben Davidson は、問題を2つのスライドに要約した。1つは公認された IPCC モデルとしての第1図、そして物理的事実としての第2図である。



図1 IPCCの標準モデル

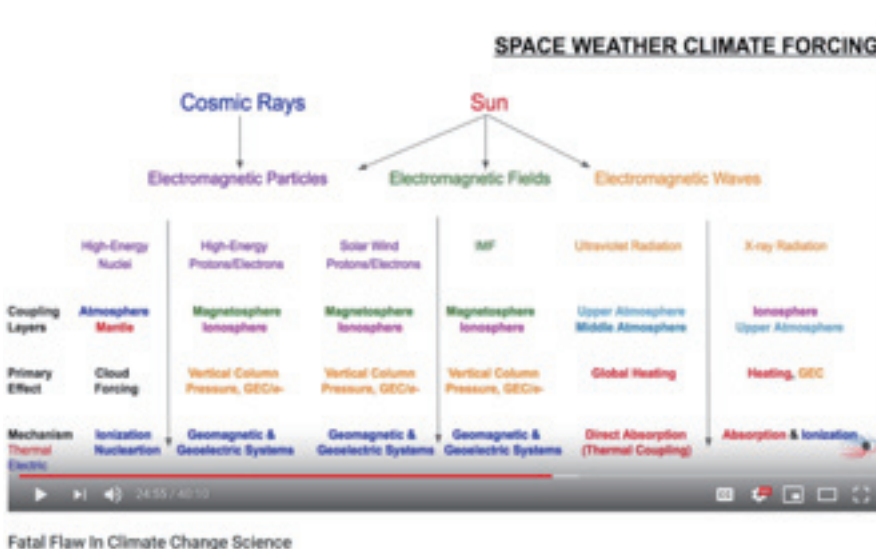


図2 実際

詳細は <https://www.youtube.com/watch?v=NYoOcaqCzxo&t=2s>

手 紙 LETTERS

編集長 御中 Dear Editor

Valentino Straser

(角田 史雄 [訳])

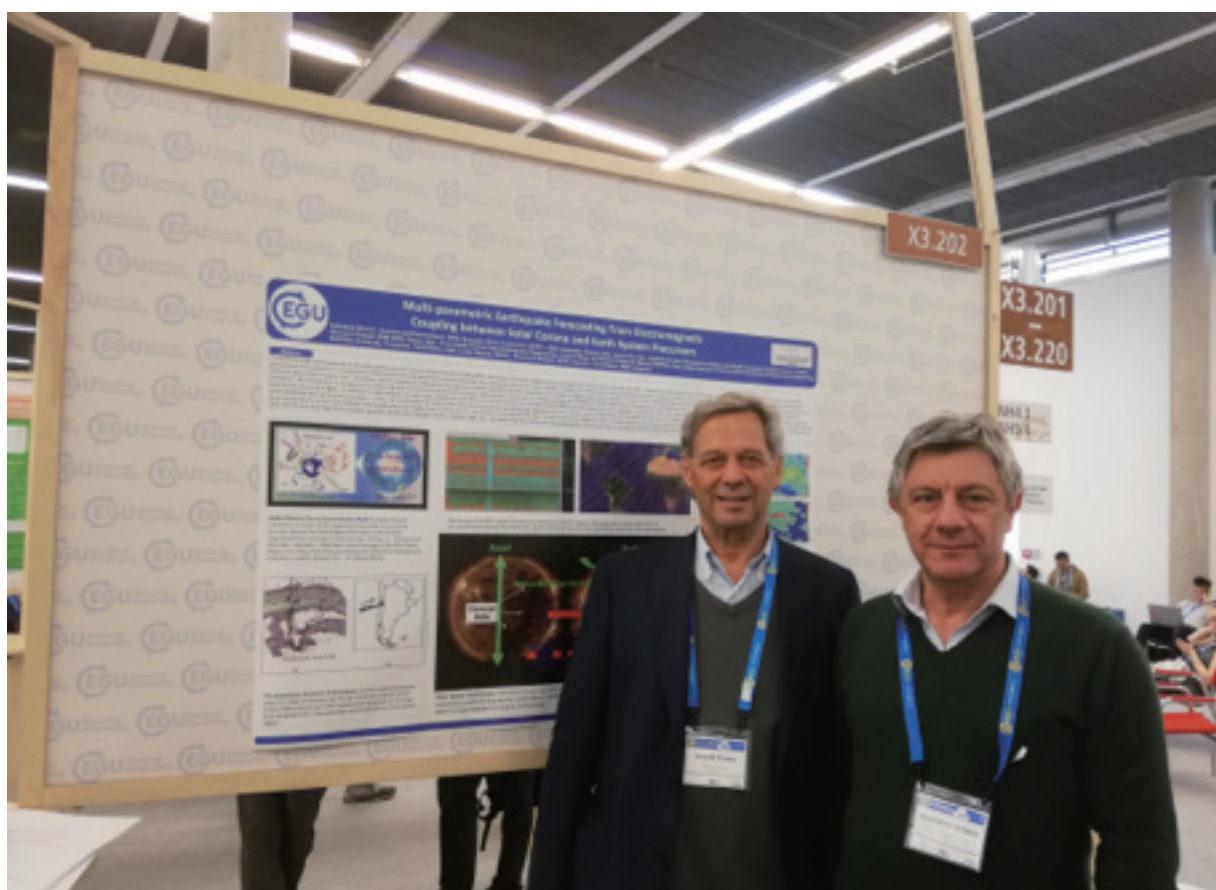
長いパイオニア時代を経て、太陽系の活動と地震活動との物理的な関係が広く受け入れられ、そして、「仮説」の段階から「真理」の段階へと進みつつある時代となった。

ウィーンでの EGU 2019 年総会における、地球科学の革新的テーマに参加した研究者は 113 ヶ国から 16273 余名だった。そして、地球科学の真に科学的なテーマについて、熱のこもった議論をたたかわした。そのなかでも、とくに衆目を集めたのが Gerald Duma と Friedmann Freund の講演だった。そのタイトルは「太陽のフレア活動が地球の地震の引き金になることは確実」という講演であった。なかでも、IEVPC チーム (Valentino Straser, Hong-Chun au, Arun Bapat, Natarajan Venkatanathan, Zhonghao Shou, Giovanni Gregori, Bruce Leyborne and Louis Hissink) によって検討された「太陽のコロナと地球系の運動に関連する電磁気学的カップリングをはじめとする、多重要素に基

づく地震予知」における「相乗作用」が注目された。

2019 年の講演では、これは「多重要素」という形で紹介された。まだ自然界での複雑な現象と理解しておく必要はあるが、多くの学問領域にわたる相乗作用といえる。こうしたことから現在は、地震研究が新しい目標を設定して、地殻変動を検討する新しいスタートラインにたてた段階といえる。この目標が達成できるかどうかは、偉大な J.H. Poincare が述べたように、「有益な意見交換なしには目標の達成は無理」である。今後は、こうした対話を続けていくことにかかっている。

ウィーン総会後の感想を言わせてもらえれば、「この格別なシンポジウムを組織できたことは慶祝に値することで、わが街・Parma はこの総会を歓迎できて喜ばしいことだった」といえる。



図版 1 Gerald Duma (左) と Valentino Straser (右). EGU 2019 の IEVPC ポスターの前で。

原著論文 ARTICLES

大災害と人間，偽の真実とマスメディア，科学と社会：論評 Catastrophes and Mankind, Fake Truth and Mass Media, Science and Society: A Commentary

Giovanni P. Gregori

formerly IDASC - Istituto di Acustica e Sensoristica O. M. Corbino (CNR)

[e-mail: giovanni.gregori@idasc.cnr.it]

now merged into INM - Institute of Marine Engineering (CNR) IEVPC

- International Earthquake and Volcano Prediction Center [<http://ievpc.org/index.html>]

ISSO - International Seismic Safety Organization, Rome, Italy

IASCC - Institute for Advanced Studies in Climate Change ICES

- International Center for Earth's Sciences

(久保田 喜裕・矢野 孝雄 [訳])

まず，一般に誤解されているいわゆる“科学”の正しい定義，および“科学”と社会との関係から始める。次に，偽の真実の影響，および判定者，立法者，および行政官への影響も含め，世論に対するマスメディアの役割について述べる。また，最近かつ最新の事例をいくつか紹介する。これらの事例は，さまざまな点で，非常に大きな懸念を抱いているマスメディアによってしばしば重要視されている。若き科学者は，メディアによる科学の誤解にしばしば惑わされる。

“科学”と社会

“最初に自然 (Nature) が書いた本を読み，後にひと (men) が書いた本を読みなさい”。この概念は，レオナルド・ダ・ヴィンチ（彼の“Codice Atlantico”）のメモで，さまざまな言語で非常に多く翻訳されている。彼はとても素晴らしい芸術家であった。むしろ，現在の認識によれば，彼は絵画を研究の道具と捉えた“科学者”であるとつよく感じられる。しかし，彼はアリストテレス的^{*}科学^{*}に依拠していた時代の荒れ狂う“科学界” (scientific community) の権威にたちむかわなくてはならなかった。現代の“科学者”と比較すれば，彼はアイザック・ニュートン公（1642-1727）が提案した認識論の枠組みを欠いていただけであり，しかもこの提案が行われたのはわずか2世紀後ことであった。

^{*} レオナルド（1452-1519）は生前，アリストテレス主義者とイタリアルネサンスの最も有名な芸術家の両者に起因する困難に何回か直面した。実際，他の芸術家と比較して，彼は希有な科学的洞察のために“異端者”になってしまった。彼は，アリストテレス的^{*}科学（当時のすべてのマスメディアに支持されて流布していた）による“文化的冒涇”がなくなる前，—ジョルダノー・ブルーノ（Giordano Bruno, 1548-1600）とガリレオ・ガリレイ（1564-1642）までの2世紀を待たねばならな

かった長く続いた戦争の間，科学の“闘争者”であった。事実，偉大なフランシスコ教会の神学と認識論の思想家の何人かは，レオナルドの1世紀以上前から，ガリレオに対する先鋭的な先駆者であった。すなわち，そのうちの何人かを挙げれば，Duns Scotus（～1265-1308），William of Ockham（～1280-～1347），Nicolas d’Autrecourt（～1300-1350年以降死亡），……彼らは真に平和的な人間であり，現在ではすべての人に共有されている考えを主張した。しかし，当時，これらの偉大な思想家たちは，時の支配者から，現在の私たちがテロリストに対処するのとほとんど同じように扱われていた。

実際，真の“科学”は3つの基本的な要素に依らねばならない。

第一に，“科学”は観察を必要とする。すなわち，我々は観察あるいは認識できるものだけを知ることができる。実際，“経験的制約”に挑まなければならない。つまり，検出器（すなわち，我々の感覚または我々がもつ測定器）で認識，測定できるもののみを観察しうる。たとえば，“暗黒物質”は，たとえそれを直接観察することができないとしても，最終的に，重力を介して観測される説明のつかない摂動によって，どこかに存在する物質と規定される。

第二に，“科学”には解釈が必要である。すなわち，認識論（gnoseology：知識と認知の哲学）の枠組みを構成することが必要がある。これは“探求的分析”として知られている（Tukey, 1977）。

第三に，“科学”には“証明のための解析”，すなわち，与えられた解釈が観察とどの程度一致するかを確認することが必要である。

三つの要素すべてが厳密に必要で，ひとつの要素だ

けでは“科学”にはならない。

自然はとても複雑で、解釈の余地が無いといったことはあり得ない。人間の限られた思考技量に合わせるために採用せざるを得ない“単純化”という近似のために、すべてのモデルにはある程度の限界がある。そこで、“証明のための解析 (confirmatory analysis)”が、提出された作業仮説を検証することになる。それとは逆に、“証明のための解析”がそれ自体だけで考察される場合には、新しい解釈は生まれない。むしろ、与えられたモデルが既存の観察を説明するのに不適切であることを示しうだけである。

事実、より良い解釈を発想するためには、観察を再検討し、“探求的分析 (exploratory analysis)”を向上させていくことが常に必要である。

アインシュタインが言ったとされる有名なことば、“理論家の理論は彼以外誰も信じない；実験結果は実験者を除いて誰もが信じている” (Galison, 2004 による)。

このことばは、一般によく知られ、賛同され、明白なことだと主張されている... 事実、現在社会には、聖書のリテラル (写実) 主義^{*}、平凡な地上社会 (flat Earth societies)、創造論者などの擬似科学が存在しているが、数値モデルまたはコンピューターモデルが、将来の変わりゆく現象に対して、信頼される予測を提供できる、と信じる人々もいる。

^{*} 宗教的な信念を持っている読者は、自らの信条に矛盾がないことに留意すべきである。ある者は厳格で正統的な信者であることを懸念している。しかし、彼は偽情報に依存している。実際、彼は科学的証拠と聖書に関連する宗教的信条との間の大きな論理的混乱に依存している。このような混乱の基礎は、“時間”の“絶対的な”意味へのよくある直感的な考えに起因する。“時間”は“絶対的”ではなく、“絶対世界”は永遠である。事実、この認識論的懸念は、聖書とヒンドゥー教の神聖な經典の誕生時に、実際に議論された (つまり、おそらく紀元前 1,500 年頃; Wezel, 2018)。後に、これらの神聖な經典は、教育を受けていない人々によると、“時間”への直感的感覚にしたがって書かれた。しかし、これらの經典の基本的な認識論の枠組みは時代を超越している。事実、現在の理論物理学のパラドックスもいくつかは、時代を超越した“絶対世界”に言及することによってのみ解決できることが示されている (Gregori et al., 2006a)。以下も参照。

そこで、認識論的枠組みに焦点を絞ってみよう。

現在のマクロ工学は、すべてニュートンの体系 (18 世紀初頭に提案; 時代の重要性に留意) に依拠している。彼は遠隔相互作用について推測したが、力を伝える信号の伝播速度については関心をはらわなかった。この体系は、急速な文明開化と現代“科学”の発展をもたらした。

科学の社会的影響はとてつもなく大きく、予測不可能であった。その当時、社会は全般にわたって絶対君主に支配されていた。すなわち、今日では誰もが自宅の周りに庭を所有しているように、王、皇帝、専制君主などは領地 (土地と住民) の“所有者”であった。この王室支配は、新たに誕生した“科学”の体系の前では時代錯誤であった。そのため、およそ 2 世紀後には帝国と体制は、それらが新しい文化に適応していなかったために、多くの事変にみまわれた。何よりも留意してほしいのは、それが文化やイデオロギーの“革命”の問題であったことである。

しかし、誕生したばかりの国家が、以前の絶対君主制を特徴づける“領土の所有権”という規範をふたたび採用したことは非常に不幸なことであった。こうして、その後の二度の世界大戦は、“科学”の誕生史を自滅させるような行為であり、苦しみと悲しみの源となった。それは、偽りの“科学”概念、すなわち文化汚染に支配されたものであった。

20 世紀の初めまでに、一般に受け入れられている“科学”と新たな観察との間に、幾つかの深刻な不一致が発見された。これは矛盾するもので、矛盾は“科学”とは両立しない。“科学”は常に論理に依拠する必要がある。

こうして、若き科学者の小グループは過去の教義を捨てて、“まず自然が書いた本を読む”ことに専念した。これは、相対論と量子力学、そして電子工学、宇宙科学などのすべての現在工学への応用につながる認識体系の大変革であった。日常生活は、瞬く間に、世界中で幅広い影響を受けるようになった。

しかし、いくつかの矛盾が今も解決を求められている。ニュートンの体系はもはや適用できないことは確かである。距離に依存しない作用は存在しない。むしろ、すべての相互作用は、ある有限の速度でつたわる“信号”に依存するはずである。したがって、基本的な認識論研究にあらたな変革が求められている。

“絶対時間”は存在しない。逆に、“絶対世界”には時間がない (Gregori et al., 2006a, および掲載参考文献)。かつては、この“無時間”概念について議論されたようだが、聖書や偉大な東アジアの古典的宗教などがつくられた時代を下ると、残念ながら遺棄されてしまった (Wezel, 2018)。

いくつかの事例

私は目的を明確にするために、まずもって、ふつうは学術的にのみ関心が払われる項目を扱う。次に、マスメディアでしばしば厳しく議論される事柄を扱う。時には、全く科学的議論ではなく、世間話のような論調で。

まず始めに、マスメディアで広く報道されている、よく知られたごく最近の素晴らしい 2 つの“発見”について言及しよう。私は、少し前まではほとんど不可能だった 2 つの実験について述べる。それらは、大変優れた技術といくつかの非常に鋭い思考力を求めている、2 つの非常に大きな多国籍チームの協力によって生まれた。

現在の理論物理学の矛盾のいくつかは、時間のない“絶対世界” (absolute world) を考えることによるのみ解決できる (Gregori et al., 2006a)。以下も参照。

以前の機器では検出されなかった重力信号の検出を可能にした大規模な重力観測機構 (LIGO, VIRGO など) が初めて観測したことがらを紹介する。それらは、一般に“重力波の発見”として報告された。その実験はノーベル賞を受賞した。

多国籍チームが運用した信じられないほど非常に素晴らしい実験により、世界のさまざまな場所にあるいくつかの天体望遠鏡による同時観測が可能になった。このように、彼らは初めて、その中心で強く、周囲で暗くならない、発光リングに囲まれた、比較的暗い中心領域を明確に表す光源の観察に成功した。これは一般に“ブラックホールの写真”として報道された。

“観察”と“解釈”が一致したことは明白である。“観察”それ自体は素晴らしく、信じられないほどだ。そして、“解釈”はまさに思索的推論である。

前述の最初の実験に際して、彼らはアインシュタインの一般相対性理論と、後の幾人かの傑出した科学者が著したすべての宇宙論的考察を記述した。

提案された解釈に対して、先験的に批判が行われることはない。しかし、アインシュタインでさえ、彼の理論にしたがった宇宙論的考察について幾分懐疑的だった、との報告を考慮すべきだ。彼は、より具体的なアプローチによって解決されるだろうと考えていたようだ。

つまり、“科学”の正しいアプローチは、常に厳密に評価されなければならない。観察は検証されるべきで、その際には“あらゆる”可能な解釈を考慮する必要がある。

たとえば、重力摂動は必ずしも“波”ではない。

さらに、暗い中心部の一部分を表す光源は、おそらく暗黒物質の中心部に関連している可能性がある。さらに、数人の傑出した理論物理学者は、なかでもノーベル賞受賞者でさえも、ブラックホールの存在に懐疑的であることを考えてみよう。

すなわち、“確実性”は決して“科学”的財産ではない。疑いの恩恵を常に享受し、常に慎重かつ厳密に

評価すべきだ。

マスメディアが、ひとつの解釈のみに過度に重点を置いていることに由来する混乱を考えてみよう。いかなる観点からも、誰かを批判する必要はない。むしろ、“科学”は、理解された現象よりも、多くの理解されていない事実を扱うことを常に重視しなければならない。

Rees (2004) * は、現代科学の“傲慢で、予想外の、誤解を招く”やり方が広まったことを強く批判している。

* マーティン・ジョン・リース (1942-)、ラドローのリース男爵、王室天文学者、2005 年クラフフォード賞受賞。

したがって、最も不幸な汚染は、学術的論争だけでなく、あらゆる点での文化的汚染（および偽の真実）である；しかし、他のトピックスを扱う場合、偽の真実も社会に実質的な影響を与える可能性がある。

非常に不幸な概念は、“確率”である。これは、（宝くじやゲームなどのように）、すべてのイベントが互いに比較可能な場合にのみ、正しく適用できる概念である。しかし、この仮定は自然現象では決して正しくはない。“科学”は、この用語を完全に排除すべきである。

たとえば、WHO（世界保健機関）によって作成された統計は、流行病の拡散に対する行動の予測技術を検証するのに適している。しかし、彼らは講じなければならない科学的手続きにはまったく言及していない。歴史地震も何ら科学的な兆候を示していない。むしろ、我々は地震 (EQ) が発生する前に地殻の状態を診断する必要がある。これは、医師が患者が亡くなる前などに、診断しなければならないのと同じである。

政策決定者、議員、判事らは“真実”を切望している。これは、公共的責任が大きい人々の場合の、認めがたい無責任な文化的汚染の明確で非常に一般的な例である。実際、“科学”には最終的真実は存在しない。すべての法律家や政策決定者は、常にわずかな可能性をも考慮しなければならない。そして、挑戦とは真正な (a bona fide) 科学的誤解であると考えなければならない。

自然災害で犠牲者がでることは、地球科学にとって、また学界の権威者たちにとって、大きな敗北である。しかし、多くの場合、最大の責任は議員と政策決定者にある。これは、現象の理解能力を欠いていることよりも、基本的には常識の問題であり、“文化的汚染”の現れである (Gregori et al., 2018 参照)。

非常に権威のある政策決定者でさえ、しばしば語られるように、EQ は予測できないと主張する (L'Aquila の事例史は非常に明確である)。これは、医学は患者がいつ死ぬかを予測できないので、医学はまったく役に

立たない、といった主張に似ている。

EQ についての具体的で実行可能な実用的研究は、4 つのレベルに区分される (Gregori et al., 2018 参照)。

もう 1 つの間違った概念は、EQ の特性評価をマグニチュードとして扱うことであり、これは全放出エネルギーを表すにすぎない。

実際、エネルギーは重要でない (たとえば、「サイレント」EQ または「スロー」EQ は、完全に無害でありながら、通常の EQ よりもエネルギーが大きい場合がある)。逆に、地殻振動の周波数スペクトル、および人工構造物や自然構造との共振を考慮する必要がある。共鳴は、エネルギー量よりもはるかに重要である。

もう 1 つのとても不幸な文化的問題は、地球物理研究者、地震研究者、地質研究者、技術者などの役割に混乱が生じていることである。というのは、さまざまなノウハウにはとても多様な専門性が必要であるからである。そして、あまりにも多くの人々が、「一般的に合意された」確信を述べるのではなく、自然現象を見るべき場合に「感覚」だけを表現している。これでは「科学」とは言えない。

これらはすべて“文化的汚染”である！

しかし、世界中のあらゆる社会に見られる最大の“文化的汚染”は、あらゆる文化的腐敗の中でぬきんでる政治的腐敗である。すべての国、すべての事例、例えば L'Aquila などは、いずれも別個の事象でありながら、基本的には同じ文化的傾向を共有している。しかし、その原因は科学にあるのではなく、私は科学者にあると判断している。

話題をかえて、気候変動にかかわる問題を論じよう。

気候変動は進行中である (世界の「平均気温」を定義することは不可能なため、「地球温暖化」という用語は使用しない)。

広く進行している魔女狩りは、主因を人為的 CO₂ だとする。

すべての良心的科学者はあらゆる種類の汚染に関心を持たなければならない、と私は確信している。しかし、道徳的義務のために、CO₂ の非難される効果に関する 2, 3 の重要な主張が公にされている。

1) 温室効果ガスに関していうと、地球の輻射バランスとその地質学的時間スケールでの変化は、地球規模の炭素循環の主要素の 1 つである。これは、地球科学のなかで最も困難で不明確な問題の 1 つである。

少なくとも少し前まで、専門家は水蒸気 (H₂O) が圧倒的な温室効果ガスであると主張していた。その後、流行が CO₂ にシフトした。しかし、最近の推論では、同じ濃度で、温室効果ガスとして、メタン (CH₄) が CO₂ の 20 ~ 23 倍も効果的であると主張している (ただし、大気中での滞留時間はいくぶん短い)。

a. 世界の大气中の CO₂ 濃度 (およびその時間変化) は、NASA の衛星 OCO-2 (下記参照) によって監視されている。

b. H₂O の全球大気濃度を監視することはできない (たとえば、機器のドリフトや衛星搭載センサーの再校正ができないため、雲量の年変化でさえ監視することができない)。

c. CH₄ の全球大気濃度、および時空の変動はまだ観測できていない。

火山からのガス放出を監視できる可能性はほとんどないことも考慮すべきである。(まれに) 火山が監視されている場合も、火山ごとに、あるいは、同じ火山のでも観測された時代によって、それぞれ、検出された放出ガス量にはひどく大きな変動幅がある。したがって、火山活動がはたしている役割はまったく不明である。そして、放出されるガス量は、人為的 CO₂ よりもはるかに多量であるとみられる。

2) 全地球気候モデルは、非常に高い演算能力をもつ高価なコンピューター設備を熟達した応用数学者が活用して実施する素晴らしい数学演習である。しかし、彼らは過度に単純化した仮定に依存していて、客観的現実とひどく乖離している。それらは、「分析の検証」にのみ利用されるべきである。

どちらかというと、気象学者は応用数学者でもある。予報技能を組織的にチェックしているために、彼らは非常に専門的である。最大で 5 ~ 6 日先まで正確に予報できる場合があるが、長期予報はすべてあてにならない。

対照的に、観測された世界的気候動向は、モデルで予測されていない結果になることがしばしばである。

信頼できない予測によって社会を恐怖に陥れる行為は、文化的テロリズムとよぶべき行動であり、社会的には科学と知識の信用を傷つけている。運命の預言者は、常に社会を感動させる役割をはたしている。

「科学」のまちがった発表は、若い科学者の将来選択と訓練に壊滅的な影響をもたらす。

3) 海面変動と氷床融解に関していうと、海面は最も信頼性の低い指標の 1 つであることに注意すべきであ

る。実際、各地の検潮記録は、未知の地殻変動による隆起または沈降（局地的である場合のほか、広域的または大陸規模の場合もある）の影響を受けている可能性がある。さらに、2019年6月のNew Concepts in Global Tectonics Journalの第7巻、2号のp. 9でも述べたように、4つの巨大な貯水槽、つまり海洋、大気、氷床、および地下水の総水量の時間変化を推定することはまったく不可能である。したがって、海面変動のもとづくすべての推論は、それ自体が信頼できない。

さらに、海洋の熱容量は大気の熱容量よりも3桁大きい。したがって、大気が海洋を温めるとの主張はまちがいである。

同様に、大気温度のわずかな上昇が氷床を溶かしたり、分割して冰山をつくる、といった主張はまったくばかげている。むしろ、地面からの内的エネルギー流量が増加し、いわゆる流出氷床（300～500 m / 年の標準速度）を加速することを考慮すべきである。

つまり、大気の温度変化と同じ駆動要因によって冰山が生じるが、海洋と大気の温度変化はより激しい全地球の現象の副産物としては小規模で、ほとんど意味をもたない。

4) 古気候学は、過去に激しい気候変動があったことを疑問の余地なく示す。

たとえば、地球の「鼓動」を考えてみよう。つまり、約27.4 Maごとに内因的エネルギーが数百万年間にわたって大量に放出され、1つまたはいくつかのLIP（巨大火成活動域）が形成される。

現在は1つの鼓動の最盛期で、現在のLIPとしてアイスランドが誕生した。現在の鼓動は、急速に進行している気候変動を完全に説明しうるものである。

最近の2つの鼓動、つまり約55 Ma前と4-5 Maには、北極氷床はなく、亜熱帯植生に覆われていた（そこから、現在、石油とガスが採掘されている）。ただし、現在の気候変動は必ずしも同様の状況に向かっているわけではないので、心配無用である。

もう1つのよく知られた特徴は、気温の「のこぎり」状変化である。つまり、観察された無数の事例にみられるように、気温は一定の最大値まで周期的に上昇し、その後急激に低下する。この現象は、いくつかのスケール範囲（時間と振幅の双方）で明確に観察され、つねに同じ鋸歯状トレンドを示す。この種の最もよく知られている現象は「終結」と呼ばれ、最後に氷河期を迎えることになる。

これらの事象は説明できないと主張されている。

私はそれを説明できる（現在仕上げをおこなっており8巻セットの著書で詳細が議論されていて、近日中の刊行が望まれる；Gregori, 2014を参照）。

5) しかし、現在の観測に関しては、大気中CO₂濃度の時間的変化のマッピングを目的とする優れたNASAの衛星OCO-2（前述）を考慮されたい。

この衛星は2014年7月に打ち上げられた。観測された季節マップは2015年8月に利用可能になった。

うまくいけば、これらのマップは、気候変動に対する人為的CO₂の影響における「決定的な証拠」を提供する。そのような証拠の1つは、数年前の気候に関するバリ会議を支援する優れた文書であった。ただし、証拠は期待とは逆であった（Gregori et al., 2018 およびその参考文献を参照）。

困惑は、国家的理由によって示唆される困難のために、よく理解できる。しかし、これは、「自然が書いた本を読む」必要がある科学者にとっての関心事ではなく、むしろ、患者に専念しなければならない医師の関心事である。それは道徳的問題である。

6) 若者は、しばしば「汚染と気候変動」に反対する世界的示威を実行する。良心的科学者は誰もが彼らの関心事を共有している。しかし、温室効果ガスを大量放出する火山噴火や地震の発生に対して、なぜ示威を行わないのだろうか？

学生たちは、気候変動の責任は人為的CO₂の放出によるものであるとして、逆の主張をするだろう。これは偽りの真実である！

ところが、“非常に多くの科学者”が人為的CO₂放出に起因することに同意している、と主張する人がある。これはまったく偽りの事実であり、メダルの一面を見て、もう一面を見ない人々の作為である。いずれにしても、この議論も科学的ではない。

気候変動は最高潮に達した地球の鼓動に由来し、異常な太陽周期（「ミニマックス “MinimMax”」）によっても強められた。ただし、この現象にはもっと詳細な解説が必要である。

7) つまり、理解しうる現象に比べて、理解されていない現象ははるかに多いのである。

科学はまずあらゆる観測から生まれ、次に現象の説明が論じられ、観測結果の将来予測が行われる。予測と観察の比較は、すべての想定される説明をチェックする唯一の方法である。

異なる説明が提案された場合、それらのすべての提案

に従って様々な予測に関する重要な観察を行う必要がある。

ところが得られた説明が1つだけといった場合は、常に、それを考えざるをえない。その検討には、少なくとも、観察に準拠しているかどうかを確認するための議論や反論などが必要である。

前述した古気候学、寒冷期の終焉 (termination) などの現象は、説明できないとの主張が一般的である。しかし、私には次のように説明することが可能である—そして確かに一人為的 CO₂ は、世界的 CO₂ バランスにはより小さい、無関係な役割しか果たしていないだろうことは明らかだ。

これらのすべての事象は、一義的には、倫理的・道徳的問題であることに注意する必要がある。確かに、当時の自称アリストテレス科学者にかかわってレオナルドが主張したように、いわゆる科学界は「一般的に合意された」信念とパラダイムを繰り返す「喧伝者 (trumpet)」の再生産の場である。

「科学」は民主主義ではなく、「科学」は独裁であり、独裁者は母なる自然であり、自然は厳しいが、友好的で寛大でもある。しかし、自然は尊重されなければならない、尊敬の最初の行動は「自然が書いた本を読む」ことであり、先入観にもとづくモデルや枠組みを課すことは避けなくてはならない。自然は常に正しい。

今日では、アリストテレス科学者は存在しない。しかし、現在、流行を示し、確立された学派の「独裁」のみを反映する「インパクトファクター」に拘束された研究課題を報告する新しい「喧伝者」にとってかわられている。数世紀前に比べて、新しくなっているわけではなく、主役が代わっただけである。

“La liberté est pour la Science ce que l’air est pour l’animal” (科学にとっての自由は、動物にとっての空気によく似ている) —Jules-Henri Poincaré (1854-1912), *Dernières pensées*, 付録 III.

思考の自由は「科学」の根本的要素である。「探索的分析」は、あらゆる制約や拘束がなく、完全に自由でなければならない (Tukey, 1977)。

若い科学者が自由で型破りであると感じられるように奨励すべきである (相対性理論と量子力学の革命を起こ

した若者のように)。若者は、単に流行しているだけのアイデアや高いインパクトファクター (impact factor) を避けるべきである。この警告は、これまでも、レオナルド以来、膨大な数の真に偉大な「科学者」によって強調されてきた。「出版するか消滅か」は有名なアインシュタインの金言であり、流行と確立された学派はしばしば真の「科学」の敵になるとの不満を彼は漏らした。私たちには、真の議論や強い論争を報告する「無料」のジャーナルを提供する責任がある。討論は常に、真にユーモアのある感覚と協力にもとづかなければならない。論争は知識の発展の「源」である [オッカムの William (約 1280- 約 1347)]。

これはすべて、人類の生存のための基本であり、偽りの真実についての議論よりもはるかに重要である。文化的汚染は人類にとって最悪の敵である。

文 献

- Galison, Peter, 2004. La bussola di Einstein, *Le Scienze*, (435), 66-69. Italian translation of *Sci. Am.*
- Gregori, Giovanni P., 2014. Climate and the atmospheric electrical circuit: the electromagnetic coupling between solar wind and Earth. *New Concepts Global Tect. Journal*, 2, (1), 99-112.
- Gregori, Giovanni P., Bruce Leybourne, and Louis A. G. Hissink, 2018. Natural “catastrophes”: “forecast” and management deontological obligation and common sense, *New Concepts Global Tect.*, 6, (3), 327-346.
- Gregori, Giovanni P., Neri Accornero, Bruno G. Gregori, and Marco Capozza, 2006. The foundations of physics, and the Bible. The thought and the brain. In Schröder (2006a), 53-126.
- Rees, Martin, 2004. *Il nostro ambiente cosmico* (Italian translation), 228 pp., Adelphi, Milano. English original, *Our cosmic habitat*, 240 pp., Princeton University Press, 2001.
- Schröder, Wilfried, (ed.), 2006a. Natural science, philosophy and religion (*Naturwissenschaft, Philosophie und Religion*). 163 pp., Science Editions, Bremen- Roennebeck.
- Tukey, John W., 1977. *Exploratory data analysis*. 688 pp., Addison-Wesley Publ. Co., Reading. Massachusetts, etc.
- Wesel, Forese Carlo, 2018. *Terra, pianeti e spirito. Il fenomeno geologico come simbolo di un fondamento immateriale*, 210 pp. Carabba, Roma.

大陸と海洋の構造圏を作る物質の粘性について

ON VISCOSITY OF THE MATERIAL MAKING UP THE TECTONOSPHERE OF CONTINENTS AND OCEANS

V. Gordienko

S.I. Subbotin Institute of Geophysics, Ukrainian Academy of Sciences, Kiev

(小泉 潔 [訳])

要旨: 本論では、主として上部マントルに関連した岩石の粘性についての実験データと推定データを議論し総合する。後述する物質の性質（粘性）について、温度・圧力・部分熔融および地震活動の影響を考慮している。大陸と海洋を特徴づける内因的体系を示す典型的地域という観点から、粘性分布モデルを構築した。その結果が、個々に構築された速度断面と相互に検証された。固体岩石と部分熔融岩石について決定されたパラメータは、かなり良い相関関係を示す。

キーワード: 力学的粘性、上部マントル、粘性モデル

はじめに

この研究では、深部作用が起こる地殻と上部マントルを意味する“グローバル構造圏”という用語を用いる。これらの作用は、（直接的研究に適している）地球の地表近くの地質学的現象に反映されている。上下部マントル間の遷移領域（深さ約 450 ～ 650km）も構造圏の一部と見なされてきた。それでも、その深度範囲内の岩石の性質に関する情報は、基本的に信頼性の低いデータから別々に導かれ、評価されてきた。

構造圏における熱と物質移動の過程を分析する際に、粘性（通例、動粘性 η ）を考慮することが不可欠であるだろう。そのため、筆者は、約 40 年に渡って、問題となっているパラメータを評価するためにさまざまな手法を繰り返し使用してきた [Gordienko, 1975, 1998, 2012 ほか]、そして彼が同時に開発した水平対流－多角形状仮説 (APH) * の要素と同様に、公表されたデータを使用した。粘性について、最近、岩石の組成・粒径・温度・圧力 (P)・差応力・熔融と流体・変形速度・振動などの影響を考慮に入れることができる多くの新しい実験結果と推定結果が報告されている。多くの既知のデータが再評価できるようになっている。筆者は地史の中の変動期における物質の転位についての自分自身の概念のいくつかも修正した。拡散成分に効果的に限定されていた粘性の初期の推定値をさらに特定することは意味がある。すなわち、計算は η の最大値に集中していた。

* 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/negt_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. <<https://www.ncgtj.org/NewsletterJ/NCGTJ3-2J.pdf>>

その後のすべての議論は、拡散適応と組み合わせた粒界滑りに基づく超塑性変形について、Barnhoorn et al. (2011) によって説明された概念の妥当性を仮定した。粒子内転位の影響を完全に無視することもできない。この設定では、実験データを最初に参照するように求められる。我々は次の 2 つの情報源からの情報を使用した。1) 氷河荷重の除去後または大地震の影響に続く地表の転位に関するデータに基づく媒質の粘性の推定と、2) アクセス可能な範囲の変形速度（および関連する微分応力）内の室内実験の結果である。2) のアプローチの場合、パラメータは、粘性についての従来公式の助けを借りて、実際の地質媒質上に外挿された [Turcotte et al., 1985 ほか]。現在使用されている式は、“…低応力での拡散クリープおよび高応力での転位クリープによって特徴づけられるマントル基盤のレオロジー特性をシミュレートしている” [Turcotte et al., 1985, p. 200]。 “マントルのレオロジーを理解することは非常に重要であるが、 $n=1$ と $n=3$ …のレオロジー方程式を区別する必要は特になく。マントルの流れへの影響に関しては、粘性係数の温度と圧力への依存性－両タイプのクリープで同じが、潜在的な応力への依存性よりもはるかに重要である” [Turcotte et al., 1985, p. 536]。

問題の多くの側面を分析した出版物 [Bürgmann et al., 2008 ; Gerya, 2010 ; Polukhin, 1982 ; Turcotte et al., 1985 ; ほか] は、本研究の結果に影響を与える一連の要因を選択するための基礎を作っている。より具体的には、システム構造の階層的な見方についてではなく、むしろ変動が起こりそうにないか、または十分に研究されていない媒質のパラメータを特定し、その後に検討されたパラメータに対処し、より詳細でさまざまな深度範囲ごとにそれ自身を明らかにすることの必要性について述べ

る。その結果、安定な先カンブリア時代の卓状地直下の上部マントルの粘性分布モデルを得、地殻と下部マントルへの遷移帯に関するパラメータの値を選び出した。また、下部マントルの様々な深度での活動的な熱および物質移動過程に先立つ、そして、移動過程での条件変化による η の値への影響を記録するための手法も検討された。また、マントルの速度断面に基づく粘性評価の可能性の予想も試みた。

研究に使われたパラメータに関する情報

以下にリストアップされているものは、我々が我々の計算に使用した特性であり、構造圏を構成する岩石の特性に慣例的に広く認められている。

下部地殻と上部マントル中の水の含有量は、いろいろな手法の助けを借りて決定される。普通、0.05 ~ 0.2% の範囲である [Kovalenko et al., 2006 ほか]。この自然加湿（加水）による粘性への影響はそれほど甚大ではないが、かなり認められる。乾燥（無水）岩石に関して得られた結果は再評価されるべきである。これは下部地殻とマントルの構造にも当てはまる。“氷床荷重除去 (10^{19-20} Pa·s) 地域における測地調査の助けを借りて得られた下部地殻岩石の粘性範囲は、水の存在下での斜長石-輝石を含む岩石の広がりに関連している可能性がある。実験室データの外挿では、900°C 以上に過熱した岩石を除いて、約 10^{-12} 秒⁻¹ のひずみ速度で、熔融してない水を含まない岩石の粘性が 10^{20} Pa·s を超えることを示している。約 0.05 ~ 0.1% のわずかな H₂O 量は粘性を下げるのに十分であるが、斑れい岩を熔融させないのは明らかである。著しく低い粘性 (10^{16-17} Pa·s) が得られたのは、岩石は石英を含み、流体を浸透でき、部分熔融している下部地殻の薄いチャンネルモデルであるが、それらは測地的に探査することはできない” [Bürgmann et al., 2008, p. 556]。下部地殻に広がるのは斑れい岩ではなく、むしろ塩基性のグラニュライト（大部分はざくろ石の成分を含む）であることに注意しなければならない。これらの岩石は 900°C 前後の温度ではまだ熔融しない [Yukhanyan et al., 1985]。

岩石の粒度は、古応力 (σ) の復元に重要な役割を果たす。下部大陸地殻または上部マントルから分離された捕獲岩の構造に関するデータによると、それらのさまざまな岩石組成における粒子サイズには多様性が大きいように見える [Bürgmann et al., 2008; Twiss, 1977; Van der Wal, et al., 1993]。一方、大きな結晶はマグマ溜まり中央の直上の領域でのみ優勢であるという効果には有効な意見がある。そのような領域は、上部マントル断面のたった 10% にすぎない [Gordienko et al., 2007 ほか]。時間が経過すると、このタイプの構造はより小さなものに分割される（後に、震源が再出現時以前に似

た構造に置き換えられる）。そのような進化は差応力とは関係しない。マイロナイトなどのような弱くなった領域における物質のパラメータが岩石の転位に大きな役割を果たすという事実を考えると、稀なケースでは 0.005 ~ 0.3 mm、まさに数 mm というより小さい結晶サイズを扱わなければならない。下部地殻中の斜長石と輝石の比 [Twiss, 1977] と上部マントル中の輝石とかんらん石の比 [Van der Wal et al., 1993] の観点から、岩石の σ を決定する際に粒径が考慮される。おそらく、そのような技術によって得られた結果は、類似していなければならない：下部大陸地殻の地質学的および地球物理学的データによると、そこには超塩基性岩が最大 30% を占める [Gordienko et al., 2005; ほか]。実験でのファヤライト fayalite の融点は基準を超えなかった。すなわち結果的にマグマ包有物の影響は除外された。（転位密度に関して）再結晶の影響は、変動帯におけるモホ不連続面付近の条件をおおよそシミュレートするアイソスタティックな圧力・温度条件における応力の変化の関数として分析された。得られた典型的な応力の推定値は $10 \div 50$ MPa になる [Chen et al., 2006; Dimanov et al., 2005; Hirth et al., 2003 ほか]。震源深度・地震モーメントまたは転位に関係なく、上記の推定値が地震の間に記録された推定値に非常に近いことは注目に値する [Yanovskaya, 2006 ほか]。わずか $1 \div 10$ MPa の偏差は、データグループが異なる過程に関連していることの疑いの余地のない指標とみなすことはまったくできない。前のグループの応力の各推定値の誤差範囲が数 10 MPa に達することは稀ではない。

マントルの岩石のひずみ速度 ($\dot{\epsilon}$, s⁻¹) と差応力との相関関係が分析された [Ashby, 1977; Che et al., 2007; Wilks et al., 1990 ほか]。それは近似的に線形関係 $\lg \dot{\epsilon} = \lg \dot{\epsilon}_0 + 3 \lg (\sigma - 1)$ で記述でき、それは $\lg \dot{\epsilon}_0 = 0.01T - 27$ である [Gerya et al., 2007]。そのような応力に対応するひずみ速度は、関連する深度範囲内（モホ不連続面の上下）で、 $10^{-11} \div 13$ s⁻¹ になる。前述したひずみ速度は、想定された転位のメカニズムに一致する（すなわち、クリープを決定するのは拡散のみではない）。

地殻下部の岩石では、800 ~ 900°C でのひずみ速度が $10^{-15} \sim 10^{-10}$ s⁻¹ の範囲なので、粘性は $5 \cdot 10^{20}$ Pa·s ~ $5 \cdot 10^{17}$ Pa·s の変化を示す。マントルの岩石では、同じ条件下（通常 30 ~ 35 km の深さで観測される圧力）で、粘性はほぼ 1 桁高い。

温度の影響は非常に重要である：5000°C* の増加は、 η が 2.0 ~ 2.5 桁減少することに相当する（図 1）。

* 訳者注 500°C のミスか？

図 1 中の実験的な点は、さまざまな領域の下の

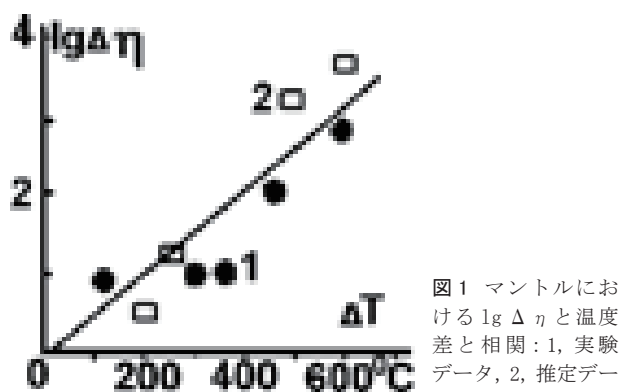


図1 マントルにおける $\lg \Delta \eta$ と温度差と相関: 1, 実験データ, 2, 推定データ

マントルに広がっている粘性に関する公表されているデータと熱モデルとの比較の結果である [Gordienko, 2012 ほか].

私たちは、温度の影響に比べると圧力の影響についてはほとんど知らないの、概ね推定された結果に頼らなければならなかった [Ashby, 1977; Syono et al., 1992; Tackley et al., 2012; ほか]. 実験データはそれらと矛盾するものではなく、またそれらはより狭い範囲のパラメータ内にあるので、それらをより正確にすることはできない。圧力に伴う粘性の平均的な増加は、50 ~ 450km の深さの範囲で 100km あたりほぼ 1.5 桁である。

別な地域における深さ約 50km でのマントルの岩石の粘性測定の結果は、500°C の温度で再計算され (図 2), 安定な先カンブリア時代の卓状地の上部マントルに関してプロットされた推定される粘性グラフの上限について最も可能性が高いと見られる。本論ではそれらのいくつかについては先に述べたとおりである。我々は他の研究からの情報をそれに追加した [Barnhoorn et al., 2011; Kenner et al., 2003; Sacek et al., 2013; Wang, 2007 ほか].

多くの研究者は、マグマの集中について、粒界が分離するとか、可動性クラスターを形成するとか、あるいは、粒界へ向かって剥ぎ取るとか、ひどく異なった見解をもっている [Dobretsov, 1980; Levin et al., 1996; Peltonen et al., 2002; Schmeling, 2000; and others]. それらの見積もりは 0.2 ~ 5.0% まで様々である。このばらつきは、何人かの著者が応力 (これにより、媒質の浸透率が桁違いに変化することがある) を無視して説明することを選択することの原因になっているのかもしれない。粘性に関しては液体の影響も要因となるのかもしれない。いずれにせよ、入手可能なデータは、(数%を超える) 高濃度の溶融物を含む物体が十分な長期間にわたって構造圏に存在する可能性を示唆していない。約 200 ~ 250km の深さから始まる溶融体の密度は、同じ組成を持つ固体岩石の密度を超えるので、その組成と深さが異なるとその流れは違ってくる。

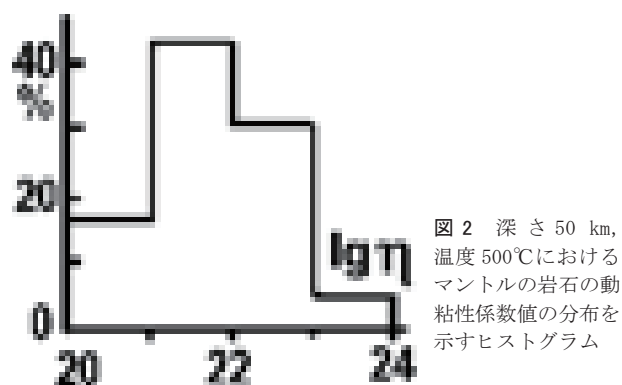


図2 深さ 50 km, 温度 500°C におけるマントルの岩石の動粘性係数値の分布を示すヒストグラム

溶融体中の水の濃度が低い場合、溶融体の粘性と温度との関係は、簡単に $\lg \eta = 15 + 0.013(1,000 - T)$ と、記述することができる [Persikov, 1984; Trubitsyn et al., 1997; Hack et al., 2011]. 溶融物の温度が固相線に近いと仮定する [Gordienko, 2012; ほか] と、アセノスフェア内の異なる深度における η の最大値は、 $\lg \eta = 14.4 + 0.013(0.0037H^2 - 3.914H)$ と決定できる。ここで、H は 50 ~ 450km の深度範囲である。上部マントル底部では、上に示したように推定される溶融体の密度は 10 ~ 20 Pa·s に減少する。圧力の影響は十分に理解されていない。約 70km の深度では、増加は約 1 桁である。しかしながら、より高温では、この効果は減少するかもしれない [Persikov, 1984]. これらの論点 (1,000 ~ 1,100°C の範囲の温度) での実際の溶岩の粘性測定では、 10^{3-5} Pa·s の値が得られたが、これは上記の値とほとんど相関がない。それでも、研究された溶岩流の中にはかなりの量の流体が含まれている場合がある。

溶融体が効力を発揮すると、媒質全体の実効粘性が急激に変化する [Persikov, 1984; Husson et al., 1976 ほか]. 低濃度の溶融体に関する影響はよく理解されていないが、5% の場合、Roscoe の式 $\eta_m = \eta / C^{12.5}$ を使用できる。ここで、C は濃度を表し、指数 “m” と “1” はそれぞれ混合物と液体を表している [Persikov, 1984]. 上述の溶融体の粘性の値を使用すると、マントル断面の上部でさえ実際に測定されたものよりも何桁も低いという結果が出ている。例えば、[Watson et al., 1990] で報告されているように、マグマ含有量 6.6% の層 (すなわち、Roscoe の公式がここで正式に適用される) が、ハワイ島下の深度 70 ~ 100km で検出された。温度は約 1550°C、粘性は $3.5 \cdot 10^{10}$ Pa·s であった。推定値は 10^{12-13} Pa·s である。

Roscoe and Hatschek の式の指数を比較すると (10% 以上の濃度の場合は後者), 溶融体濃度の減少によって、指数は少なくとも 5 に達すると推測できる (既知の理由により、深さの範囲が利用できる実験的証拠はない)。一方、変形速度の観点からのフリッシュの粘性の見積値は、岩石に数% の水分

が η 0.001Pa·s 含まれていると, 10^{17} Pa·s に達する [Encyclopedia..., 2005 ; ほか]. したがって, 混合粘性に関する評価公式中の指数は 10 程度でなければならない.

このような状況では, いくつかの利用可能な経験的データを強調することが良策である. 粒界上を覆っている少量 ($\leq 3\%$) の溶融体では, 粘性が 10 分の 1 に減少することが実証された [Dimanov et al., 2000]. [Scoppola et al., 2006] によると, アセノスフェアからホストマントルへの移動中に, 粘性が 1.5 桁増加する. この値はより現実的なようにみえる.

構造圈に関する粘性モデル計算

上に分析されたデータは, 異なる内因を持つ領域中のマントルに関する $\lg \eta$ の値を計算することを可能にする. その目的のために, 我々は APH (水平対流—多角形状仮説) の概念 [Gordienko, 2012 ほか] の観点から構築された熱モデルを使用した. 表は上部マントルにおける地震の P 波速度分布に関する情報と計算結果をリストしている. 後者は, [Gordienko et al., 2016] と同様に, この論文で部分的に引用されている. 補足すると, 個々に評価された粘性と速度のパラメータを比較することによって, 計算の質を評価するのに役立つ (下記参照). 若い大陸リフトのマントル内の速度分布

は, フランスの中央山塊 (Massif Central) と北米コルディレラのベースンアンドレンジ (Basins and Ranges) の平均値に基づいて決定された [Parsons, 1995; Sobolev et al., 1996].

我々は熱と物質の移動過程の開始に有利な条件を分析することを意図していた. そしてその理由のため, 我々は地角斜活動がいまだに起きていないと仮定された領域の温度と粘性分布モデルの計算に一致する純粋な物体 (まだ特定できない) を含めた.

表にリストされたデータに関しては, さらに別の注意を払う必要がある. 海盆下 50km の深さでは, Gordienko et al. (2016) の論文で引用されているものとは異なる温度 (および結果として生じる推定された粘性) を我々は使用した. その特別な場合では, 関連のある深度に関する実験と推定された V_p の値との間に矛盾が見られた. この矛盾は, 熱モデルが大西洋と太平洋での研究対象となった主要な海盆での最近の活動を考慮に入れていないという事実によるものである. その作用は, 数 10km から 70 ~ 80km の震度範囲の震源に由来する火成活動を伴っていた. 推定された速度が速すぎるのがわかったのも不思議ではない. 我々が深層作用を活性化の要素で補完した後, 実験と推定された地震の P 波速度を平均した.

完全な図を提示するには, さらに実際の粘性に影響

表 大陸と海洋で異なる内生領域をもつ地域の上部マントルの岩石の温度・粘性, および P 波速度 (V_p)

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
50	520	1,200	22.0	8.15	650	21.4	1,200	17.4	7.74	1,200	17.4
100	940	1,370	20.8	8.32	1,200	19.6	1,550	16.6	7.98	1,370	18.2
150	1,220	1,510	20.3	8.39	1,450	19.3	1,480	19.2	8.25	1,500	18.4
200	1,460	1,650	20.0	8.45	1,670	18.4	1,370	20.5	8.36	1,600	19.4
250	1,660	1,760	19.4	8.52	1,880	17.4	1,500	20.6	8.55	1,700	19.7
300	1,820	1,850	19.9	8.56	1,990	17.6	1,810	19.9	8.78	1,760	20.1
350	1,920	1,930	19.5	8.64	2,090	17.9	1,830	20.6	8.93	1,800	20.7
400	2,000	1,980	19.0	8.70	2,150	18.4	1,880	21.1	9.02	1,810	21.4
450	2,060	2,020	19.7	8.76	2,200	18.7	2,000	20.6	9.15	1,950	22.0
1	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
50	7.70	1,240	17.3	7.77	1,230	17.6	7.75	1,130	17.8	7.95	
100	7.90	1,550	16.6	7.89	1,410	17.2	8.00	1,410	17.2	7.95	
150	8.10	1,540	17.4	8.00	1,440	19.4	8.23	1,520	17.5	8.17	
200	8.29	1610	17.9	8.13	1550	19.7	8.33	1480	20.0	8.29	
250	8.50	1,680	19.1	8.32	1,710	19.7	8.59	1,460	20.8	8.35	
300	8.60	1,570	21.0	8.52	1,800	19.9	8.77	1,570	21.0	8.50	
350	8.65	1,560	21.8	8.82	1,750	21	8.90	1,630	21.5	8.70	
400	8.70	1,730	21.8	9.09	1,710	21.9	9.02	1,710	21.8	8.88	
450	9.18	1,950	22.0	9.33	1,950	22	9.12	2,080	21.0	9.15	

表の欄は次のパラメータを示す. 1, 深度 (km) 2, 卓状地下のマントルの温度 (T) (°C) 3, マントル岩石の固相線温度 (T) 4, 卓状地下のマントルの $\lg \eta$ (Pa·s) 5, 卓状地下のマントルの V_p (km/s) 6, 地角斜過程の始まる前のマントルの温度 T 7, 地角斜過程の始まる前のマントルの $\lg \eta$ 8, 現在の活動に続く地角斜過程最後のマントルの T 9, 地角斜過程の最後のマントルにおける $\lg \eta$ 10, アルプス地角斜 (及び島弧) のマントルの V_p 11, 海盆下のマントルの T 12, 海盆下のマントルの $\lg \eta$ 13, 海盆下のマントルの V_p 14, 中央海嶺 (MOR) のマントルの T 15, MOR のマントルの $\lg \eta$ 16, MOR のマントルの V_p 17, 縁海のマントルの T 18, 縁海のマントルの $\lg \eta$ 19, 縁海のマントルの V_p 20, 若い大陸リフトのマントルの T 21, 若い大陸リフトのマントルの $\lg \eta$ 22, 若い大陸リフトのマントルの V_p

を与えるもう1つの要因である地震活動度について言及する必要がある。転位のメカニズムが地震活動の有無の条件で同じであるとは確信できないので、定義の“影響”がここで使用されている。

原則として、地質媒質内の元素の相対的な転位は常に機能している。日周の“非理想的な弾力性のある”個体潮汐について言及すれば十分である。この過程が十分長く続くと(1~10⁴秒), マントルは実質的に弾力的な物体のように振る舞うとの意見がある[Turcotte et al., 1985]。しかし、粘性に関する潮汐の影響が発生した場合、それは第一の実験データに間接的に織り込まれている(「はじめに」参照)。地震に関しては状況が異なる[Bürgmann, 2008; Freed et al., 2006a, b]。これは、マグニチュード7.9, 震源深度約50kmの大地震の粘性率の効果を示す図3のグラフに示してある。この地震波はアラスカ南部で登録された。

その後まもなく、粘性が大幅に(2.0~2.5桁)減少し、数年間にわたってほぼそのレベルに留まりまった。これは確かに地質学的に有意な時間尺度からはかけ離れている。それでも、地震はアラスカや他の地震学的に活動的な地域で頻繁に発生するが、そのような強さではない。この地域の南部(図3の挿入図を参照)では、50年間にマグニチュード5以上の地震が75回発生した。震源は1~128kmの深度に位置していた。そのうち3つは特に強力で、マグニチュードは9.3, 7.1および7.9である。

地震に伴う粘性の変化の例はかなりある。しかしながら、この現象は他の地域では十分詳細に研究されてきていない。このように、ジャワ周辺での大地震の後、粘性は地震の前に長期間にわたって記録されていた $5 \cdot 10^{19} \text{Pa} \cdot \text{s}$ から $5 \cdot 10^{17} \text{Pa} \cdot \text{s}$ に変化した[Bürgmann, 2008]。

モホ面直上の地殻の粘性は、モホ面直下のマントルのものよりも約1桁小さく、圧力と温度は本質的に同じである[Chen, 2007; Dimanov et al., 2000;

2005; Kenner et al., 2003; Wang, 2007ほか]。堆積層が欠如している場合、表面近くの結晶質岩石の粘性は、下部地殻構造のものより2.5桁大きい。楕状地の固結した卓状地地殻では、 $\lg \eta$ は $23 \text{Pa} \cdot \text{s}$ から $20.5 \text{Pa} \cdot \text{s}$ まで深度とともに減少する。最大10kmの厚さの堆積層では、粘性は地殻のより深い部分よりも小さくなる[Gordienko, 2012ほか]。上で指摘したように、フリッシュ(粘性の中間値を持つ堆積層の要素)は、17のレベルの $\lg \eta$ によって特徴付けられる。深度約10kmに近いほど、粘性は対応する温度で結晶質岩の典型的な値に達すると思われる。例外として、地質的に非常に地震波速度が速く厚い堆積層を形成した若い岩石が知られていて、まだ明らかな後退的転位を経験していない。

上部マントルと下部マントルの間の漸移帯は、上にある構造体の典型的なものより3桁大きい粘性を持つ岩石で構成されている。事実上すべての活発な過程を通じて、その温度は固相線に達しない(それは漸移帯底部の700km以上の深度でのみ超えることができる)ので、粘性は浅い深度でも $10^{24} \text{Pa} \cdot \text{s}$ に達し、深さが増すとともに大きくなり続けている。

上部マントルにおける熱と物質移動

いっぽうの静穏な卓状地の地向斜活動に巻き込まれる前の領域との違い(表を参照)は、物質中の多角形-転位地帯の表面が約30kmまでサブダクションを受けることを示している。変位は温度の上昇に関連していて、これは対流熱伝達がなく放射加熱の影響下にある上部マントルの底部で特に著しい。この作用は緩慢であり、侵食が平坦化するので、地表隆起はできない。しかし、Rayleigh-Taylor不安定性の進展はこの範疇に入らない。ブロックの隆起力が、ブロック荷重の8%(0.3g/cm^3)が失われると、岩石強度をうわまわり、その結果、地震活動を伴う変位を引き起こす瞬間が来る。この種の開始条件下での熱減圧が重要な役割を果たすことはない:それはたった 0.01g/cm^3 である(図4)。これは、粘性が $10^{18} \text{Pa} \cdot \text{s}$ まで-アセノリスの転位の最初の部分で1

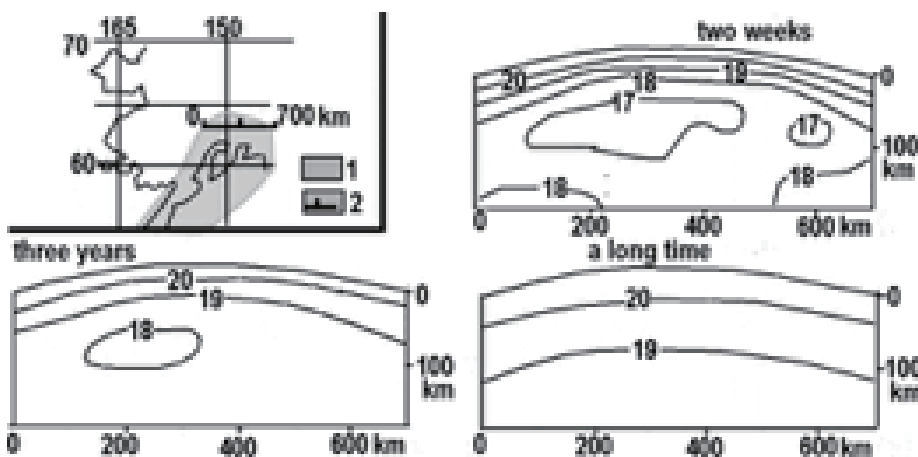


図3 2002年の地震後に経過した時間の関数としてのアラスカ南部の地殻と上部マントルにおける粘性($\lg \eta$)分布。挿入図は、1)地震の範囲、2)地震の震源、およびそれに沿う地震断面線を示す[Bürgmann et al., 2008 and Freed et al., 2006]。

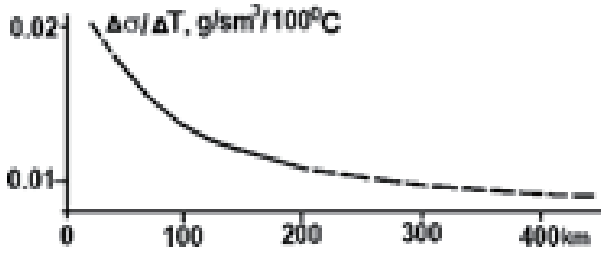


図4 深さの関数としてのマンツルの岩石密度に関する温度の影響。破線は既知のデータを外挿した結果。

析 - 振動しながら減少することが予想されるとき
の状況である。

地震活動によってかたちづくられた低粘性体の大きさは、平面的には130～250kmの範囲である。それらの厚さは約60kmである。言い換えれば、そのような大きさは構造運動の量の規模と一致している [Gordienko, 2012]。そのような情報は乏しいので、偶然の一致と判明するかもしれないが、地震活動はそのような量の形成に基づいた原因の1つであると仮定することができ、変位に關与する物体の大きさは上記の通りである。この場合、それらの平均異常密度は約0.15g/cm³になる。

ストークスの公式 ($v=1.5 \Delta \sigma \cdot g \cdot r^2 / \eta$, $\Delta \sigma$ は密度異常, g は重力加速度, r は運動物体の半分のサイズ) を使って単一量子の浮力を推定してみよう。約600m/年である。減圧は、多角形変換ゾーン上の15因数に減少している。しかしながら、粘性もほぼ一桁減少するであろう。さらに上昇すると、密度差が大きくなり、アセノスフェアの最上部付近で0.06g/cm³に達する。したがって、単一の量子が流体とマンツルの固体物質との間の密度差の符号が反転する深さに達するまでに約100年かかる。ここでは、より遅い(少なくとも2桁)閉じた熱対流について話しているとは結論するのが論理的だろう。ここで、 $v^2=ag \beta \sigma \Delta T \Delta H / 9 \eta$, a は熱伝導率, β は熱膨張係数, ΔH は対流層の厚さである。過程のデジタルシミュレーションでも同じ結果が得られている [Perchuk, 1997; Gerya, 2010; Gerya et al., 2007; ほか]。

とはいっても、移流速度と比較されるような有意な

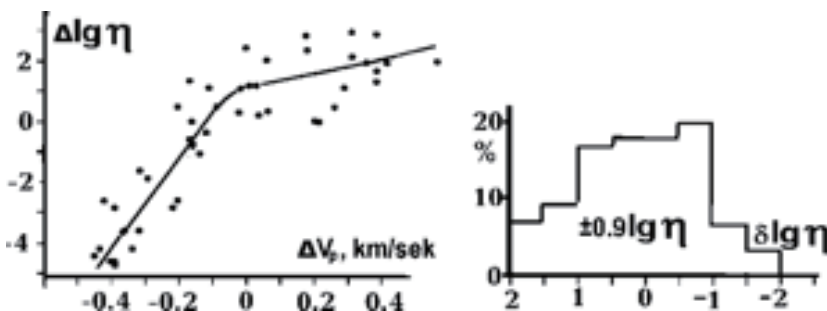


図5 (先カンブリア時代の卓状地下のマンツル内の前記パラメータの値に關する) 様々な地域下のマンツル内の粘性異常と地震のP波速度との間の相関および登録された線形關係からの粘性偏差の分布を示すヒストグラム。

値にもかかわらず、推定された対流速度は拡大帯から沈み込み帯への移行の過程で、厚いリソスフェアプレートの相当な冷却を可能にするには大きすぎることは注目に値する。そのような“旅”は何十万年もかかるであろう。地史的に活動的な時期における熱と物質移動の一般的な過程における、上記のアセノリス*転位の役割は明らかではない。大陸の地向斜およびリフトにおける地質現象を最も完全にシミュレートするような構造圏における物質移動のパターンを構築する際に、特に、過熱され部分溶融したマンツル岩石の部分に対して様々な上昇シーケンスを200kmより浅くする必要がある。厚い(200～450km)アセノスフェア(表参照)の存在は、内因的体制の大陸タイプをセットするために不可欠であると考えられている。したがって、200km以上の深度に達するであろう造構運動の量をまとめる以前に、部分溶融した岩石の混合における最初の段階として、最初のアセノリスの上昇(物質の補償量の沈み込みを伴う)を見ることができ。

* 訳者注 軟流岩体

上部マンツルにおける地震波速度異常の観点からみた粘性異常の評価

どちらのパラメータも温度に大きく依存するため、それらの間にはある程度の相関關係があると推定するのが合理的である。筆者らは上部マンツルの速度断面の計算に応用する形で使い、それを地震探査技術の助けを借りて得られたデータとクロスチェックした [Hirth et al., 2003; ほか]。すなわち、1. 安定な先カンブリア時代の卓状地の断面をベースラインとし、2. 卓状地と調査対象地域の熱モデルの違いを考慮して、各深度の調整を行った。この課題を設定する際に、我々は熱モデルを速度モデルに置き換え、そして粘性モデルの計算に後者を使用することを試みた。

表にリストされたデータは、卓状地とアルプス地向斜・大西洋中央海嶺・海溝・縁海 [Gordienko et al., 2016] と大陸リフト [Levin et al., 1996; Scoppola et al., 2006] を表すモデルについて、各深度での速度と粘性についての結果の違いを決定するために使用された。結果は図5にリストされている。それは、マンツル岩石の部分溶融地帯とその

ような地域の外側の地域における深度間隔に関する点のばらつきの違いを示していない。構築された粘性パターンは、粘性に関する部分溶融の影響の十分に良好な表現を提供するとみなしうる。速度モデルについて、この効果はかなりよく研究されており、それを考慮に入れると、“地震学的に”導き出された V_p 分布と熱モデルに基づいて得られたものとの間に誤差範囲内の相関関係が導かれる [Gordienko et al., 2016]。

表にリストされたデータに加えて、我々はまた、地角斜の活動以前に存在していた可能性のある理論的地域下の上部マントル全体に関して、熱モデルから決定された P 波速度の値を使うことを試みた。しかしながら、このアプローチは、地域下の上部マントルに関して無関係に調査された速度モデルを無視している。さらに、結果として得られた ΔV_p の値は狭い範囲内に入り、それらと $\Delta \lg \eta$ との相関関係は、図 5 と大きな違いはない。

上部マントルの特定の速度断面から導き出された粘性値は、卓状地に関してそれらの上下の速度について別々に決定されるべきであることは明らかである。パラメータの関連範囲内で相関する線形関係は、次のようになる。ヒストグラム (図 5) に示されているように、 $\Delta V_p > 0$ で $\Delta \lg \eta = 1 + 2.5 \Delta V_p$, $\Delta V_p < 0$ で $\Delta \lg \eta = 1 - 14.2 \Delta V_p$ 。平均 0.9 で、すなわち粘性の評価は約 8 倍の誤差を含んでいる。ヒストグラムは、正規分布に対応するヒストグラムとそれほど違いはない。実験データと推定値 (マントルの温度) の観点から地震の P 波の速度値の差は約 0.11 km/s であるため、値の分散は極めて自然に見える。それぞれの方法の誤差が等しい場合、それらは約 0.07 ~ 0.08 km/s になり、これは、 ΔV_p の不正確な推定のみ起因して、約 0.6 ± 0.6 の $\Delta \lg \eta$ 値のばらつきに等しい。上記のデータから判断すると、誤差は初速度モデルにおける誤差に由来する可能性がある。これは主に、マントル岩石の部分溶融が粘性に及ぼす影響を評価する際の不確実性に関連している。

我々の一般化は、問題に対処するための努力で達成された段階を強調し、そして我々がデータシード戦略を実践し、そして次にデータベースを修正すべきことを必然的に示唆している。うまくいけば、地震の P 波速度との相関に関する我々の仮説の助けを借りて、マントル物質の粘性決定における誤差を減らすことが、いずれ可能になるであろう。

結 論

公表された結果と筆者のデータは、微分応力と変形速度の実際の値から、大陸と海洋の構造圏における粘性分布に関する概念の定式化を可能にした。ま

た、求められているパラメータに関する温度と圧力の影響および融解などを考慮に入れることも重要である。確かに、そのようなすべての要因からかけ離れたものでも、ある程度の正確さで評価できる。しかしながら、上部マントル岩石の粘性は、熱と物質移動の過程をシミュレートする現代の多くの研究で想定されているよりもはるかに小さいと一般的には結論づけられる。従って、不安定岩体の変位速度は桁違いに高く、閉じた熱対流の概念とは実質的に両立せず、この概念は変位する物質が流れの水平部分でかなり冷えると仮定している。

速度断面の観点からのマントル岩石の粘性を評価するための方法が提起されている。それは理想とは程遠く、相当な誤差を伴い、そして安定な卓状地の下のマントルの典型的なものの上下の速度範囲に関するパラメータ間の類似してないタイプの関連を仮定している。それでも、筆者は、関連するデータの本体が蓄積するにつれて、将来的に手順の大幅な改良につながる可能性があると感じている。

謝辞：著者は本論文をロシア語から翻訳してくれた Rita Schneider 夫人に特別な感謝を表明したい。

文 献

- Ashby, M. and, Verall, R., 1977. Micromechanisms of flow and fracture and their relevance to the rheology of the upper mantle. *Philos. Trans. R. Soc. London*, vol. 288A, pp. 59-95.
- Barnhoorn, A., van der Wal, W., and Drurya, M., 2011. Upper mantle viscosity and lithospheric thickness under Iceland. *Journal of Geodynamics*, Vol. 52, issues 3-4, pp. 260-270.
- Bürgmann, R. and Dresen, G., 2008. Rheology of the Lower Crust and Upper Mantle: Evidence from Rock Mechanics, Geodesy and Field Observations. *Annu. Rev. Earth and Planet. Sci.*, Vol. 36, pp. 531-567.
- Chen, S, Hiraga, K, and Kohlstedt, D., 2006. Water weakening effect for clinopyroxene in the dislocation creep regime. *J. Geophys. Res.*, Vol. 111: B08203, <http://dx.doi.org/10.1029/2005JB003885>
- Chen, X., Lin, C., and Shi, L., 2007. Rheology of the lower crust beneath the northern part of North China: Inferences from lower crustal xenoliths from Hannuoba basalts, Hebei Province, China. *Science in China Series D: Earth Sciences*. Vol. 50, issue 8, pp. 1128-1141.
- Dimanov, A and Dresen, G., 2005. Rheology of synthetic anorthite-diopside aggregates: Implications for ductile shear zones. *J. Geophys. Res.*, Vol. 110: B07203, doi:10.1029/2004JB003431.
- Dimanov, A, Wirth, R, and Dresen, G., 2000. The effect of melt distribution on the rheology of plagioclase

- rocks. *Tectonophysics*, Vol. 328, pp. 307–327.
- Dobretsov, N.L., 1980. Introduction to global petrology. Novosibirsk: Nauka. 199p. (in Russian).
- Encyclopedia of Geology. Ed. Selley, R., Cocks, L., Plimer, I., Elsevier Academic Press. 2005. Vol. I-V.
- Freed, A., Bürgmann, R., Calais, E., et al., 2006. Stress-dependent power-law flow in the upper mantle following the 2002 Denali, Alaska, earthquake. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, Vol. 252, pp. 481–489.
- Freed, A., Bürgmann, R., Calais, E., et al., 2006. Implications of deformation following the 2002 Denali, Alaska, earthquake for postseismic relaxation processes and lithospheric rheology. *J. Geophys. Res.*, 111: B08203, <http://dx.doi.org/10.1029/2005JB003885>.
- Gerya, T.V. Introduction to Numerical Geodynamic Modelling. Cambridge University Press, 2010. 345 pages.
- Gerya, T.V. and Yuen, D.A., 2007. Robust Characteristics Method for Modeling Multiphase Visco-Elasto-Plastic Thermo-Mechanical Problems. *Physics of the Earth and Planetary Interiors*. Vol. 163, pp. 83–105.
- Gordienko, V.V., 1975. Thermal anomalies in geosynclines. Kiev: Naukova Dumka, 124 pages (in Russian).
- Gordienko, V.V., 1998. Deep-seated processes in the Earth's tectonosphere. - Kiev: IGP NASU, 85 pages. (in Russian).
- Gordienko, V.V., 2012. Processes in the Earth's tectonosphere. (Advection-polymorphic hypothesis). Saarbrücken: LAP, 256 pages. (in Russian).
- Gordienko, L.Ya and Gordienko, V.V., 2016. P-wave velocities in the upper mantle beneath oceans, *NCGT Journal*, Vol. 3, pp. 389-405.
- Gordienko, V.V., Gordienko, I.V., Zavgorodnyaya, O.V., and others, 2005. The Ukrainian Shield (geophysics and deep-seated processes). Corwin Press, Kiev, 210 pages. (in Russian).
- Gordienko, V.V. and Usenko, O.V., 2007. On geological and geophysical criteria for detecting the depths of magma chambers in the upper mantle. *Geophys. Journal*, Vol. 4, pp. 31-38 (in Russian).
- Hack, A., and Thompson, A., 2011. Density and Viscosity of Hydrous Magmas and Related Fluids and Their Role in Subduction Zone Processes. *Journal of Petrology*, Vol. 52, pp. 1333-1362.
- Hirth, G. and Kohlstedt, D., 2003. Rheology of the upper mantle and the mantle wedge: A view from experimentalists. - In: *Inside the Subduction Factory*, *Geophys. Monogr.* Vol. 138, Washington, DC: Am. Geophys. Soc., pp. 83–105.
- Husson, D., Edwards, P., Johnson, S. et al., 1976. Crustal structure of the Peru-Chili trench: 80-120 S. Latitude. - In: *Geophysics of the Pacific Ocean Basin and its Margin*, Vol. 19, pp. 71-85.
- Kenner, S. and Segall, P., 2003. Lower crustal structure in northern California: Implications from strain rate variations following the 1906 San Francisco earthquake. *J. Geophys. Res.*, Vol. 108, pp. 2011-2023.
- Kovalenko, V.I., Naumov, V.B., Giris, A.V., et al., 2006. Evaluation of average contents of H₂O, Cl, F, and S in a depleted mantle on the basis of composition of molten inclusions and quenched glass from the area of mid-ocean ridges. *Geochemistry*, Vol. 3, pp. 243-266 (in Russian).
- Levin, V., Kim, W., and Menke, W., 1996. Seismic wave velocities in the shallow crust of western New England and northern New York. *Bull. Seis. Soc. of America*, Vol. 85, 1. pp. 207-219.
- Parsons, T., 1995. The Basin and Range Province, Continental Rifts: Evolution, Structure, and Tectonics. Olsen, K., ed., Amsterdam, Elsevier, pp. 277-324.
- Peltonen, P., Kinnunen, K., and Huhma, H., 2002. Petrology of two diamondiferous eclogite xenoliths from the Lahtojoki kimberlite pipe, eastern Finland. *Lithos.*, Vol. 63, pp. 151-164.
- Perchuk, L.L., 1997. Geothermobarometry and the transposition of crystalline rocks in the Earth's crust and upper mantle. *The Soros Educational Journal*, Vol. 7, pp. 64-72 (in Russian).
- Persikov, E.S., 1984. Viscosity of igneous melts. - Moscow, Nauka, 160 pages (in Russian).
- Polukhin, P.I., 1982. Physical principles of plastic deformation. Moscow, Nauka, 584 pages. (in Russian).
- Sacek, V. and Ussami, N., 2013. Upper mantle viscosity and dynamic subsidence of curved continental margins. *Nature Communications Journal*, Vol. 4, Article number: 2036.
- Schmeling, H., 2000. Partial melting and melt segregation in a convecting mantle. *Physics and Chemistry of Partially Molten Rocks*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-25.
- Scoppola, B., Boccaletti, D., Bevis, M., et al., 2006. The Westward Drift of the Lithosphere: A rotational drag? *Geological Society of America Bulletin*, January/February, pp. 199-209.
- Sobolev, S., Zeyen, H., Stoll, G., et al., 1996. Upper mantle temperatures from teleseismic tomography of the French Massif Central. *Earth Planet. Sci. Lett.* Vol. 139, pp. 147-163.
- Syono, Y. and Manghnani, M., 1992. Rheological Structure of a Subduction Zone: Application of High P-T Viscous and Anelastic Properties of Mantle Rocks. Tokyo. TERRAPUB. DOI: 10.1029/GM067p0263.
- Tackley, P., Ammann, M., Brodholt, J., et al., 2012. Mantle Dynamics in Super-Earths: Post-Perovskite

- Rheology and Self-Regulation of Viscosity. EGU General Assembly, Geophysical Research. Abstracts, Vol. 14, EGU2012-6579.
- Trubitsyn, V.P., Rykov, V.V., and Trubitsyn, A.P., 1997. Convection and the distribution of viscosity in the mantle, *Physics of the Earth*, Vol. 3. pp. 3-10 (in Russian).
- Turcotte, D. and Schubert, J., 1985/ *Geodynamics. Geological applications of continuum physics*. Vol. 2, Mir Publishers, Moscow, 730 pages (in Russian).
- Twiss, R., 1977. Theory and Applicability of a Recrystallized Grain Size Paleopiezometer. *Pure and Applied Geophys.*, Vol. 115, pp. 227-244.
- Van der Wal, D., Chopra, P., Drury, M., and Fitzgerald, J., 1993. Relationships between dynamically recrystallized grain size and deformation conditions in experimentally deformed olivine rocks. *Geophys. Res. Lett.*, 1993, Vol. 20. pp. 1479-1482.
- Wang, K., 2007. Elastic and viscoelastic models of crustal deformation in subduction earthquake cycles. In: *The Seismogenic Zone of Subduction Thrust Faults*. Columbia Univ. Press, New York, pp. 540-575.
- Watson, S. and McKenzie, D., 1991. Melt Generation by Plumes: A Study of Hawaiian Volcanism, *Journal of Petrology*, Vol. 32, pp. 501-537.
- Wilks, K. R., and Carter, N. L., 1990. Rheology of some continental lower crustal rocks, *Tectonophysics*, Vol.182, pp. 57-77.
- Yanovskaya, T.B., 2006. *Basics of Seismology*. Saint Petersburg State University, 288 pages (in Russian).
- Yukhanyan, A.K. and Genshaft, Yu.S., 1985. An experimental study of xenoliths' melting from lavas of the Gegham Ridge basaltic crust. *Izv. Academy of Sciences of the Armenian SSR*, Vol. 1, pp. 39-44 (in Russian).

グローバルテクトニクスに関する随想 その5：絶滅現象について ESSAYS ON GLOBAL TECTONICS #5: ON THE TOPIC OF EXTINCTIONS

P.M. JAMES

(杉山 明 [訳])

地質学的記録は、先カンブリア以降5回の大量絶滅を示している。

- ・オルドビス紀末の440Ma
- ・デボン紀後期の365Ma
- ・ペルム紀末の約200Ma：このときは、地球上の動物の90%以上が失われた。
- ・それからわずか15Ma後の三畳紀末：このときには、海生生物の70%前後が姿を消した。
- ・白亜紀末(K-T境界)の65Ma：このときは、恐竜類が姿を消した。

これらすべてはある地質時代の末期に生じたように見えるかもしれない。これは、最初の地質時代年表を作ったキュビエ男爵*が、彼の区分を、化石群集が突然に終焉を迎え、上位の地層中で新しい群集に替わるという絶滅現象にもとづいた事実由来する。しかし、齊一説が19世紀の中頃に地質学的な合意となったとき、そのような‘切断’（または絶滅）は流行らなくなった。ロンドン地質学会の紳士たちは、これらの“突然の”変化を、はるかな過去を我々が短縮して見る結果であると説明した。実際に、これらの変化は、極めてゆっくりした進化的変化であると言われた。チャールズ・ダーウィンでさえ激変説を非難したが、彼の理由は、それが神による干渉

の匂いがあつたからであつた。

* キュビエ男爵 (Baron Cuvier)：フランスの博物学者 (1769-1832)。古生物学の基礎を築き、比較解剖学を創始した。化石群集の変化にもとづく生物の絶滅現象を天変地異で説明した。

冒頭のリストは、最後の5,000万年間に起こったことについては多くを語ってくれない。このことは多分、人々に、恐竜の絶滅後は激変的な絶滅があまりなかったと思わせるであろう。決してそんなことはない。深海コアでの知見は、磁気反転と関連した恐らくあまり重要ではない絶滅があつたことを示している。第二に、陸上における絶滅が恐竜類で終わらなかったことを示す更新世と完新世における十分な証拠がある。実際、更新世後期からの証拠は、ダーウィンの同時代人であるウォーレスに、“1ヶ所だけでなく、地球表面の半分以上で、それほど多くの大型哺乳類が死滅したという驚くべき事実は、これまでほとんど語られてこなかった”と言わせた。

そして、神話と文書という技術を持つ文明に影響を及ぼした最近の2つのイベントにより、完新世の間にもさらなる“絶滅”があつた。このように、我々は世界中の70ヶ国以上からの神話と、後には、す

べてが壊滅的な“洪水” – その最後の 1 つは、3,000 年よりそれほど古くはない青銅器時代の末期に生じている* – を記述している文書を有している。この最後のイベントは、古代ミケーネ人 (Mycenaeans) を一掃しただけでなく、後述するように、さらにグローバルな規模での暗黒時代 (Dark Age) を作り出したとして有名である。しかし、ミノア人 (Minoans) 以来、地球の挙動はかなり穏やかで、我々が、自分たちの惑星の一生が、大部分の間、極めて不安定であったという考えを理解しにくくしている。大規模な海水面変化や地質学的には最近の大変動という問題に戻ろう。しかし、まずは恐竜だ。

* 青銅器時代の末期に生じた洪水とは、シュメール (古代メソポタミア) の粘土板文書の一部 (ギルガメッシュ叙事詩) に記述されていた大洪水のこと。旧約聖書の「創世紀」に記載されているノアの方舟は、この洪水に運ばれたとされている。また、シュメールの都市国家ウル (Ur) で発見された“大洪水層”の年代から、それは紀元前 3,500 年頃に発生したとされている。

最近の絶滅というと、通常、K-T 境界と呼ばれる白亜紀末の恐竜絶滅に言及することを避けるわけにはいかない。それは、いかなる基準によっても、地球史上もっとも深刻な絶滅とはいえないが、恐竜の雄大なサイズと長寿のために、また、単一の天体の爆撃が原因であったという芝居じみたアイデアのために、最も通俗的になっている。1980 年代には、地球の大気をおそらく有毒な塵で充満させるほど大規模な天体の衝突と、それによって“核の冬”がもたらされたという提案によって、大衆の想像力がまっさきに掻き立てられた。この見解の手がかりの 1 つは、塵の雲が、イリジウムが濃縮または層の形で痕跡を残したことであった。通説では、イリジウムは地球上では希少であるが隕石には含まれている。ルイス・アルバレス^{*1}とパークレー大学のチームが K-T 境界の高イリジウム層を発見した人々である。ユカタン半島の衝突地点^{*2}が特定されてから間もなく、その解釈がスティーブン・ジェイ・グールド^{*3}によって取り上げられ、普及した。

^{*1} ルイス・アルバレス (Louis Alvarez) : アメリカ合衆国の素粒子物理学者 (1911-1988) で、ノーベル物理学賞の受賞者。息子の Walter Alvarez とともに、K/T 境界付近にイリジウム濃集層を発見し、それにもとづいて、1980 年に恐竜は隕石の衝突によって絶滅したといふ仮説を提案した。

^{*2} 1991 年に発見された直径 170 ~ 200km の巨大な衝突クレーター。直径 10km ほどの小惑星の衝突によるものとされている。

^{*3} スティーブン・ジェイ・グールド (Stephen Jay Gould) : アメリカ合衆国の古生物学者で進化生物学者 (1941-2002)。カンブリア紀のバージェス動物群を紹介した「ワンダフルライフ」を書いた科学エッセイストとしても知られる。

もちろん、イリジウムは火山活動に由来する可能性もあり、K-T 境界はデカンの溶岩流出の時期に当たるということを指摘した疑い深い者もいた。また、ラトレー^{*1}の鉱物学の基本 - 学部学生の時代を通して地質学者が必携したが、おそらく今は時代遅れの教科書 - にはイリジウムに関して短い記載がある。ラトレーはイリジウムが地球でそれほど希少なものではないと指摘している。それは、自然白金の中で、また、オスミウムとの合金としても生じる。それは、ウラル、ニュー・サウス・ウェールズ^{*2}、ブラジル、カナダで、金の洗浄液中に発見されている。それは、金より比重がわずかに重いので、濃縮された堆積物や層準にとっては理想的な鉱物であり、そのような堆積物は、タスマニアやオンタリオ州のような場所でも発見されてきた。ラトレーはこれらの産出年代を示していないが、イリジウムが言われるほど稀なものではなく、他方、大きな惑星の衝突は稀であると思われる。もう一点。ユカタン半島からそれほど遠くないテキサス州では、K-T 境界の年代を示すイリジウム層準はあるが、いかなる絶滅イベントも見られない。このことに言及したものが、グローバルな大異変に関する GSA のシンポジウム (1991) に見いだされる。この特定のケースでは、化石群集はイリジウム層準を切って変化なしに連続している。しかし、その層準から 50 万年前と数 10 万年後に、別の大規模な絶滅の証拠があった。いずれも、最初は大高海面、次は低海面という海面の変化に関連しているように見える。また、誰もがユカタン半島のその地点が衝突場所であることに同意しているわけではないし、野外地質研究者の中にはそれが火山起源であると解釈するものもいることに言及しておく必要がある。この問題に関する記事は最近の NCGT Journal ^{*3} に掲載された。

^{*1} ラトレー (Frank Rutley) : イギリスの地質学者で岩石学者 (1842-1904)。1874 年に、非常に使い勝手のよい鉱物学の小冊子を著したことで知られている。

^{*2} ニュー・サウス・ウェールズ (New South Wales) : オーストラリア南東部の州。

^{*3} James PM (2008) The massive Missoula floods. NCGT Newsletter, No. 48.

さて、“洪水”，あるいは、大規模な海水面変化という方が真実に近いが、その問題に戻ろう。そのことに関しては明白な証拠がたくさんある。例えば、白亜紀に戻ると、以下のような証拠がある。

- ・インド洋の東経 90 度海嶺での DSDP 27 の深部で発見された乾燥裂罅 (マッドクラック)、
- ・西アフリカ沖の大西洋の深海で掘削された ODP 661 が遭遇した無水物*。
- ・現在の陸地からは遠く離れた深海のコンゴ深海扇状地で蒸発岩の上に載っている白亜紀の堆積物など。

* 原文では DSDP661 となっているが、正確には ODP Leg 108 (Site 661)。その Initial Report には、白亜

亜紀層中に無水物 (anhydrite) の記載はない。anhydrite (硬石膏) の間違ではないかと思われるが、その産出も記載されていない。

これらの指標は1つだけではないので、当時、激的な環境変化、または、恐竜類を絶滅へと導く“核の冬”に匹敵するような変化があったと見ることができる。例えば、なぜ“核の冬”が、ワニ、カメ、カエル、何種類かの鳥類のような両生類と他の陸上動物 - そして、もちろん、彼ら自身を世界の最終的な支配者へと導くのに十分な数でそのイベントを生き抜いた小型の哺乳動物を絶滅させるのに失敗したのか、と疑問に思うかもしれない。この選択性に対する1つの可能な説明は、生き残った動物の大部分が、大型で足の速い捕食性の恐竜類とは異なる環境に住んでいた可能性があるということである。身体的な制約から、恐竜類は、高地および/または鬱蒼とした森林地域ではなく、どちらかという、開けた陸地、海岸部、そして浅い水域を選択するように仕向けられたであろう。このような地域は、(恐竜類より) 下層階級の連中に残された。したがって、激的な海水面変化を基礎にした環境が恐竜類絶滅にきわめて大きな役割を果たしたことが推測できる。大きな海面変化のメカニズムは以下で扱う。このような見解にもかかわらず、恐竜絶滅の原因が天体にあるという考えは非常に魅力的で、何人かの地質研究者が、もっと古い絶滅イベントを説明するための類似の衝突地点を探しだすべく送り出された。テレビ出演した地質学者は、現在の海水面よりずっと高い海食台地を指し示し、それが津波の証拠であり、事実上、隕石衝突の結果である可能性が高いと解説した。これは、津波がその通過後に、ほとんど何の地質学的証拠も残さないという希望的思考以上のものではない。確かに、津波は海食台地を形成する可能性はなく、それは長期にわたる高海面の産物である。

それでは、何らかの大きな海水面変化の背後にあるメカニズムとは何であろうか？

まず、海水層の薄さを頭に入れよう。地球を直径30cmの卓上地球儀のサイズとすると、海水層は良質のノートの紙の厚さ以上ではない。紙のシワは前代未聞の規模の津波を表すだろう。このことから、表面の海水が、何らかの極移動*か、歳差運動の揺らぎに対して直ちに反応するであろうと推測できる。確かに、歳差運動だけでも、回転する頂部の挙動に見ることができるように、角運動量の保存にもっと大きな効果があるだろう。揺らぎが増大すると、地球の回転速度は低下し、海はアメリカのように長く延びた大陸の西側に対して盛り上がるだろう。歳差運動が揺らぎの小さな状態に戻ると、回転速度は増大し、海は大陸の東側に盛り上がるだろう。

* 極移動 (polar wander) : 地理的北極 (または南極) の位置に別の地域が収まること。真の極移動 (true polar

wander) とみかけの極移動 (apparent polar wander) がある。前者は、何らかの原因 (大規模な地殻や氷床の増大・消滅など) で地球の重心が変化し、その結果、地殻全体が移動して極の位置が変わること。後者は大陸が移動してみかけの極の位置が変わること。

現代の科学者の大部分は、歳差運動を安定的な現象と捉えているが、実際には、コペルニクスが、自身の研究で、過去2,000年間に、最大で30%までの歳差運動の変化があったことを発見している。先史時代の歳差運動の変化は、正しい日に間違った場所で起こる異常月食によっても示された。古代ギリシャ時代からのいくつかをリストにしたものはJames (2016) が示した。

ところで、極移動の影響に関する追加的な疑問がある。地球が今日のようなサイズ、質量、回転速度であったとする。摩擦の問題と大陸の妨害を無視すると、そのような回転体上の海水層の分布の合理的なアイデアは、ポテンシャルエネルギーを運動エネルギーに等しいとすることによって得ることができる。

$$\text{ポテンシャルエネルギー } m \cdot g \cdot h = \text{運動エネルギー } 0.5 \cdot m \cdot v^2$$

ここで、 v = 角速度 極では0、赤道で最大 十分な量の海水があるとすると、結果として、この球体上の海水層の形は、図1の曲線Aiで与えられる。

現在の地球上の大洋の分布は、長方形Bで概略示されるような、深さ3.5km前後のほぼ一定の海水層によって与えられる。この海水層のかなり一定のレベルは、仮想的な球体上の海水量曲線を、曲線Ciに近いものに減少させるであろう。

少し重要なこと。もし、極がわずか20°変化したら、新たな求心的加速度のもとで、直ちに海水層からの反応があるだろう。海水は元の赤道の膨らみから流出し、おそらく極であったところで盛り上がるだろう。この曲線CiとCiiは、中緯度では、数kmのオーダーで海水面が変化する可能性があることを示唆している。そして、十分な時間があれば、地球体は新しい状況に反応し、おそらく事態はほぼ正常に戻るであろう。

極移動は、このように、海洋地形の謎 - 大陸斜面上の硬い結晶質岩石に発達する海底峡谷、陸上の河川と密接に関連した海底峡谷、現在の陸塊から数100kmも離れて数kmの深度の海底に存在するデルタ状に堆積した深海扇状地など - を説明するであろう。スケールの反対側では、地球の他の場所での、それに関連した隆起があったに違なく、これらはロッキー山系の比較的低い峠を越えるミズーラ“洪水”^{*1}をもたらししたようなイベントを説明できる (James, 2008)。それは標高3,800mのチチカカ湖^{*2}

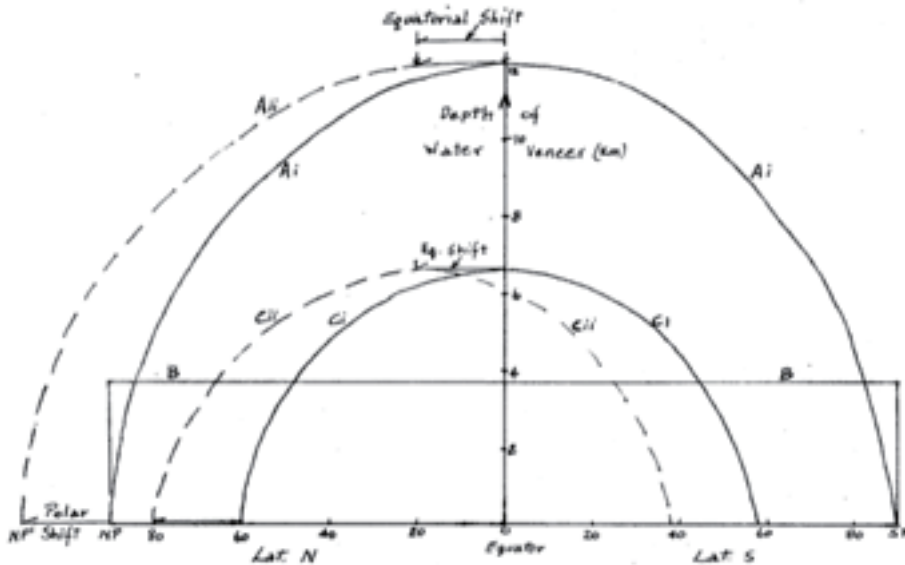


図1. 極における20°の仮想的変位が大洋の分布に及ぼす影響。

に海水と海生動物が存在することも説明できる。また、完新世の間に、とくに地中海周辺で記録された多くの文明が滅び、丘陵からやってきた“遅れた人々”がそれに代わったことも説明できる。散在していた優れたホモサピエンスのグループが、確立されていたすべての文明を追い出し、それらにとって代わったということを示唆する必要はもはやない。実際、彼らが行ったことは、大規模な海水面の再分配により空になったスペースを埋めることがすべてであった。

- * 1 ミズーラ洪水 (Missoula Flood) : 15,000 ~ 13,000 年前に、現在のアメリカ合衆国モンタナ州にあったミズーラ湖 (氷床湖) が決壊し、下流のコロンビア川一帯にもたらされたとされる洪水。
- * 2 チチカカ湖 (Lago Titicaca) : ペルーとボリビアにまたがり、アンデス山脈の標高 3,810m にある面積約 8,500km² (琵琶湖の 12 倍) の湖。最深部は水深 285m。塩分濃度が 0.1% あり、かつては塩湖であった可能性があるが、海生動物が存在すると書かれた資料はない。

ここで、この見解がどの程度正しいかを見るために、最近の絶滅イベントのいくつかを眺めてみよう。ネアンデルタール人の滅亡から始めよう。

ムステリア文明*の消滅は、一般には、今から 35,000 年前とされており、この消滅は、伝統的には、“より優れた”クロマニヨン人がヨーロッパに到達したからとされている。しかし、その時までにはネアンデルタール人は 50,000 年以上にわたってヨーロッパを支配していた。彼らは、また、その支配を、東はウラル山脈まで、南は南アフリカにまで広げた。彼らは現代の我々より大きな脳を持ち、半化石化した筋肉の痕跡は、平均的なネアンデルタール人の主婦が、おそらく、腕相撲でアーノルド・シュワルツネッガーを打ち負かすことができたことを示唆している。クロマニヨン人？クロマニヨン人

は、おそらく一族でヨーロッパを横断してやってきたので、ほとんど深刻な脅威にはならなかった。(実際、20,000 年ほど後も、彼らは、まだ、フランスやスペインの洞窟で穴居生活をしていた。合衆国は 1945 年以降、多くの出来事に出会ってきたので、本当に、皆さんは、戦争し、勝利することを期待して海外へ行くことはない。このことをもとに、乗っ取りの真の理由は環境であった可能性が最も高いと思われる。定着していたムステリアの住民は、より有利な低地に生活し、新たに参入したクロマニヨン人は、丘陵のようなもっと不利な環境へ追いやられた可能性が高い。丘陵では、もちろん、彼らは海面の急激な変化をうまく生き延びることができたであろう。

- * ムステリア文明 (Mousterian culture) : 今から 160,000 ~ 40,000 年前にネアンデルタール人がヨーロッパで広めた中石器文明。フランス南西部のル・ムスティエール (Le Moustier) の洞窟を模式地とする。

このことは、もう 1 項を必要とする。前述のように、この絶滅イベントの時期は、一般に、今から 35,000 年前とされている。これは、カナダとシベリアの両方で発見されたカチカチに凍ったバイソンやマストドン、その他の時代でもある。マストドンの中には、その胃の中に温暖な気候の植物さえ残っていることが発見され、気候が急激に変化したことを思わせた。これが、極移動によって引き起こされたのか、歳差運動の大きな揺らぎによるものかは分からないが、どちらも引きあいに出すことができ、どちらも海洋の再分配をもたらす可能性がある。様々な生活環境に対する後者の影響は、沿岸文明の全般的な終焉と、丘陵に住む (文化的に) 後れた人々の生き残りである。これは、実際、完新世のさらに後期の絶滅でも繰り返し見られる。

約 13,000 年前、“ミズーラ洪水”と呼ばれた、アメ

リカ北西部の、もう1つのさらに広く受け入れられた洪水があった。これは、かつて、そして今も、600m前後の高さ、または、所定の技術条件のもとに建設された現代の最も高いダムの上の2倍以上の高さの“氷のダム”が決壊したことによるとされている。ミズーラの氷のダムのケースは、カナダからの長い平坦な谷に沿って氷河として移動し、それが、ダムサイトとして求められた輪状の小さな山に達したとき、盛り上がりざるを得なかった。さらに、ミズーラ湖の上流の証拠は、水位が、このありそうにない氷のダムの最も高いレベルより20m以上も上にあることを示している。

すべての証拠は、実際には、太西洋が西側の大きなミズーラ盆地^{*1}へ流れ込むことで、ロッキー山系の5つか6つの低めの峠より高いところに達した結果である (James の前掲書)。これは、はるかに幅広いスケールで生じたことの一部にしか過ぎず、北米の大型哺乳類の大部分、数100万頭が同時に消滅したに違いない。大型動物、そしてネズミのような小型種も、その大規模な墓場が、アラスカと南米のアンデスの大西洋側のずっと高い地点で記録されてきた。そのようなイベントは、アメリカにおける先住民の占有の証拠をほとんどすべて一掃したに違いない。おまけに、そのため、より長い人類の歴史を指し示す手がかりが時折発見されてきたにもかかわらず、今日の人類学者は、最初の人間^{*2}は10,000年前もしくは11,000年前まではアメリカに到達しなかったと主張する。歴史は、ここオーストラリアでも同じ方法で始まり、最初の土着の人々は、最終氷期のほぼ同時期に到達したことになる。そして、このことは、北西部のブラッドショーの絵^{*3}が分析され、それが、より早期に焼きはらわれたという証拠により裏付けされたさらに古い時代、少なくとも40,000年前のものであることを何人かが見出すまで、異議が唱えられることはなかった。

^{*1} ミズーラ盆地という地名は地図上には見当たらないが、ミズーラ湖をかかえる低地のことか。

^{*2} アジア人がベーリング海峡をわたってアラスカに到着したのは10,000年前頃で、これが北米に出現した最初の人類とされてきた。

^{*3} ブラッドショーの絵 (Bradshaw painting) : オーストラリア北西部のキンバリー高原 (Kimberley Plateau) で発見された岩絵。26,500 ~ 20,000 年前にアボリジニーの祖先により描かれたといわれてきた。

上述したことにもかかわらず、進んだ人々による侵入という見方は、ヨーロッパと中東の完新世後期の間の大部分の文明の消滅に対して、まだ一般に受け入れられている。そのうちのいくつかを、以下に簡単に述べる。

海面下200mのオアシスのほとりに建設されたエリコ^{*1}は、完新世前期から繁栄の中心であり、最初

は7,200年前頃、そして、2度目は人類文明の王冠の宝石であったに違いない2世紀後に放棄された。2度目のときは、その4mの高さの壁が崩れ、街は浸食により深い溝になった。それが、今度は、無防備な村に住み、質素な陶器で生活する“(文化的に)遅れた人々”により再建された。トルコのコンヤ平原の標高1,000mにあるチャタル・ヒュック^{*2}は、エリコと同様に放棄された；地中海沿岸のハラフ文化^{*3}の中心であったビブロス⁴は、紀元前4,500年に破壊され、マルタ島もそれほど後ではなかった。破壊原因として可能性があるものが、現在のバグダッドの200km以上下流にあるウルで、厚い沖積シルトの堆積物の形で、レナード・ウーリー卿^{*4}により発見された。彼は、これがノアの洪水の証拠であると主張したが、それは1,000年も古いことが分かり、ウーリーの発見は馬鹿にされ、却下された。実際、シルトの年代測定の結果、その堆積物は、叙事詩に“低い海の門が破られ・・・(そして)神々でさえ大洪水に打ちひしがれた・・・本当に、昔日は粘土に還り・・・魚の卵のように、人々は海にあふれた・・・”と記述されているように、ギルガメッシュの洪水と同時代のものとされた。

^{*1} エリコ (Jericho) : パレスチナ東部、ヨルダン川西岸にあるオアシス都市。紀元前8,000年にはすでに石積みの防壁で囲まれた集落として存在。その後、何度か異なる文明を持つ人々が代わって定住したとされている。

^{*2} チャタル・ヒュック (Catal Huyuk) : 現在のトルコ共和国西南部のコンヤ (Konya) 平原で1958年に発見された新石器時代～金石併用時代の都市遺跡。

^{*3} ハラフ文化 (Halaf culture) : 現在のシリアの北東テル・ハラフ (Tell Halaf)、レバノンの海岸部のビブロス (Byblos) を中心に、中東地域に広まった新石器時代 (紀元前6,000年頃) の文化。

^{*4} レナード・ウーリー卿 (Sir Leonard Woolley) : イギリスの考古学者 (1880-1960)。メソポタミアのウルの遺跡発掘で知られる。

これは、エジプトに、ほぼ紀元前2,181 ~ 2,040年までの最初の暗黒時代をもたらした。このイベントの前には、エジプトの旧王国の中心は、住民数万人を擁するメンフィスであった。その後、これらすべての人々は、“遺棄された”ナイルデルタの肥沃な土地を残して、600 ~ 700km上流のテーベまで逃れた。その後、飢饉がやってきた。流行の考えに従って、以前の歴史家は、伝統的にこの暗黒時代の原因を、旧王国が墮落したので侵略者に脆弱になっていたからとした。しかし、いわゆる侵略者は“アジア人”のグループ - しばしばギリシャ語の“魚”に極めて近いヒクソス^{*}と呼ばれる - 以外にはなかった。しかし、“侵略者”が到達したとき、明らかにメンフィスには多くは残っていなかった。もし、侵略者がエジプト人を追い出したのなら、なぜ彼らは自分たちが入居できた寺院や建物をことごとく破壊したのであ

ろうか。

* ヒクソス (Hyksos) : エジプトの第2中間期に侵入したアジア系の民族。200年近くにわたってエジプトを支配したとされる。

さらなる手がかりはヘロドトスにある。彼が、最初の暗黒時代から半世紀後にエジプトを訪問したとき、司祭は彼に、地中海が盛り上がり、彼らの歴史上2回、太陽が西から昇ったという2つの出来事について語った。この突然の変化の最初のは、結局は落ち着き、テーベのエジプト人は再びナイルへ戻った - 明らかに、いかなる“侵略者”とも戦うことなしに。彼らは、事態がなお混乱していることを見出した。ナイル川はもはやかつてのように流れず、乾燥し、人々は堤から堤へ歩くことができた。紀元前1,990年に建てられたアメンメネス1世の埋葬室が掘り出されたが、その中にはナイル川の沖積堆積物が詰まっていた、これらの室を排水する現代のあらゆる試みは失敗した。だから、もしナイル川が乾燥していなかったら、エジプト人がこれらの埋葬室を透水性の高い沖積層中に建設するすべはなかった。では、何が起って川の水源地の雪原が融解したのだろうか？他の変化もあった。ネブヘベペット・レ・メントウホップ^{*1}と、それ後のセソストリス^{*2}の寺院は、どちらも西向きに建てられ、それによって寺院が東から昇る太陽に向き合うという旧王国の伝統を誇示した。次の2つのピラミッドは先例に従い、逆の慣例は紀元前1,775年までそのままであった。しかし、紀元前1,600年に近づくにつれて、ものごとは、今日の観測に密接に対応した正常な天文配置に戻っていったように見える。太陽崇拜は、唯一の信仰として、再び強化された

*1 ネブヘベペット・レ・メントウホップ (Nebhepet-Re Mentuhop) : エジプト第Ⅱ代王朝のファラオで、紀元前2061～2010年に在位。

*2 セソストリス (Sesostris) : 原文では Seostris となっているが、Sesostris の間違い。これはヘロドトスの「歴史」に登場するエジプト王の名前であるが、その後の研究で、実際は第12代王朝のセヌスレ (Senusret) Ⅲ世 (紀元前1897-1878年) であることが判明。

英国においては、この正常へ戻ったのと同じ時代に、明らかに今日の夏至の日の出の方位をとるストーンヘンジ^{*1}の最終ステージが建設された。それは、また、ブルターニュのカルナック列石^{*2}とともに、エジプトの最初の暗黒時代頃に遺棄されたことに言及しなければならない。ストーンヘンジは、その後、逆の方位のように見える形で改装された。他方、同じ時代の他の巨石建造物、横になった環状列石もまた、南西あるいは勝手な方位を示す。アバディーン近くのダビオットでは、発掘調査で40個ほどの赤ん坊の頭蓋骨の断片が見つかった。生贄の時代が始まった。

*1 ストーンヘンジ (Stonehenge) : イギリス南部のソー

ルスベリー近郊にある先史時代の遺跡。環状に並んだ直立巨石とそれを囲む土塁からなり、紀元前2,500～2,000年に建造されたと考えられている。夏至の日にヒールストーンと中心の祭壇石を結ぶ直線上に太陽が登るように設計されている。

*2 カルナック (Carnac) 列石: フランス北西部のカルナックにある数列の巨石群。紀元前3,000～2,000年頃に作られたとされている。

上述のことは、これらのトラウマの最後ではない。紀元前1,200年の直後に、“侵入した”ミケーネ文明^{*1} - しかし、実際はドーリア人^{*2} - は、ペロポネソスとクレタの丘陵地で数世紀にわたって生きてきたし、遅れた人々とみなされていた。また、あのパターンである。

*1 ミケーネ文明 (Mycenaean civilisation) : 青銅器時代の末期にギリシャ本土のミケナイ (Mycenae) を中心に広くエーゲ海の島々に栄えた文明。

*2 ドーリア人 (Dorian) : イオニア人と共に古代ギリシャを構成した集団。紀元前1,100年頃ギリシャに侵入し、ペロポネソス半島やエーゲ海の島々に定住した。

沿岸都市のウガリット^{*1}と、東地中海のヒッタイト文明^{*2}は同時期に消滅した。英国諸島に戻ると、太陽崇拜は紀元前1,200年頃には終息し、ストーンヘンジはソールズベリー平原 - とそのような環境 - を離れて放棄され、そこは再び丘陵に住んでいた“遅れた人々”に占拠された。ちなみに、これらの“遅れた人々”は、彼らの前任者と同じくらい、すぐに成熟した。

*1 ウガリット (Ugarit) : 現在のシリアの地中海沿岸にあった古代都市国家。紀元前16～13世紀に最も栄えたが、紀元前1200年頃に「海の民」の侵入により消滅したと言われている。

*2 ヒッタイト文明 (Hittite civilization) : 紀元前15世紀頃、アナトリア半島 (トルコ) に王国を築いたヒッタイト人の文明。鉄器文化を初めて築いた。

このように、人類の絶滅イベントの大部分は自然界における人為的な原因によるものではなく、地球が将来再びこのように異常な動きをすることは阻止できないことを示唆している。したがって、我々は、生物圏がこれらの過去のイベントを生き抜いたという事実に感謝し、もしそういう事態になれば、再びそうできるはずである。1つ違うことがある。我々の将来における絶滅イベントは、自然界における人為的な原因で生じるように見え、それは、おそらくはるかに厄介なものであろう。

文 献

Alt D (1978). Glacial Lake Missoula and its Humongous Floods. Montana Press Publ
Copernicus N (1473-1543). The Complete Works, Book

3. Also 2nd Edition. Polish Cultural Foundation (London), 1973
- James PM (1992). Very large changes in sea level. 6th Aus/NZ Geomech. Conf.
- James PM (1993). Earth in Chaos. Boolarong Publ., Brisbane
- James PM (2008). The massive Missoula floods. NCGT #48
- James PM (2016). Deformation of the Earth's Crust – Cause and Effect. (Copyright)
- Johnson PJ (2006). The Neanderthals. Sutton Publ.
- Rheinhardt J (1868). Bone caves of Brazil and animal remains. Amer. Jnl Science, Vol. XCVI, pp 264 .
- Sharpton VL & Ward PD (1991). Global catastrophes in world history. Geol Soc of Amer. Special Paper 247

- Shepard FP & Dill RF (1966). Submarine Canyons and Other Sea Valleys. Rand McNally
- Woolley Sir Leonard (1938) Ur of the Chaldees. Pelican Books

謝辞：前掲の資料の多くは地質工学，地球規模で日常的に利用されている分野から得られた。多くは，また，著者の本である「地球の地殻の変形 - 原因と効果」（著作権は Publ. Co. Brisbane）から付け加えた。これらのエッセーは，主要な地質過程に対する定量的なアプローチとして価値があり，おそらく，伝統的な地質カリキュラムへの定量分析の導入が有益であることを示唆するものと期待される。

新刊『熱移動の地球物理学と鉱物の生成』

Publication of Book "Thermal Processes, Geodynamics, and Mineral Deposits"

V.V. Gordienko

(小坂 共栄 [訳])

S.I. Subbotin Institute of Geophysics, the Ukrainian National Academy of Science department for tectonospheric research の website(<https://ivangord2000.wixsite.com/tectonos>) は、V.V.Gordienko 氏によって 2017 年に “Thermal Processes, Geodynamics, and Mineral Deposits” と題した書籍がロシア語版と英語版で出版されたことを紹介している。

(https://docs.wixstatic.com/ugd/6d9890_090e4a0466b94934b7d7af8c751a70bf.pdf) (ロシア語版)

(https://docs.wixstatic.com/ugd/6d9890_c2445800a51b49adb03b8f949f3d6abb.pdf) (英語版)

この書籍は，確実な事実に基づいて熱機関としての地球における熱移動メカニズムについて議論している。地球深部における熱移動について，これまで advection – polymorphism hypothesis (多相系 – 転移仮説) という言葉が使われてきた。地質科学の歴史の初期，この仮説によれば地球深部での熱の発生と移動はエネルギー保存の法則に則って説明されていた。しかし，この仮説では地球の 45 億年間におきた大陸・海洋やその遷移帯での歴史をうまく説明できないところがある。フィールドでの物理学的なおかしさを説明するためにはその問題をダイレクトに解くしかないのである。物理的異常の評価結果は，実験および観測の誤差の範囲内での観測値に合致する。鉱床の形成についても解析される。

この書籍は 14 の章からなっている。

1. 大陸，海洋，遷移帯に関して用いられるプレートテクトニクス論の歴史について分析し，それ

がそれぞれの地域において得られている地質学や地球物理学の基本的なデータを無視していることに焦点を当てている。それにもかかわらず，プレートテクトニクスは今なお造構論における主要な概念としての位置を占めている。このことが，筆者をして，再度プレート論に対する反論を行うことにさせたのである。

2. “Essential points of the advection-polymorphism hypothesis” の章で，この仮説を確かなものにするために求められていることは，現実的な事象であることが述べられている。この章に割かれているスペースはそれほど大きくはない。そのためこの仮説を受け入れる上では不満が残る。しかし，そのことはほかの章で以下のようなことを詳しく述べることで補完されている。すなわち，エネルギーの起源，Precambrian の platform，マントル内でのマグマだまりの深さ，Phanerozoic (顕生代) の geosyncline, rift, 海洋域での mid-ocean ridge, cauldron

troughs, island arcs and coast ranges, backarc basins などの形成, そこでの seismicity や hydrocarbons, geothermal resources, sulphide ores, and diamonds などのミネラルの起源などが記述されている。

これらに関する情報は、3～14章を通して紹介されているので、記述の多少の重複はやむを得ないことであろう。

火星における DNA 研究のための地震波, 水および電磁気的背景<要旨> Seismic waves, water and electromagnetic background for DNA research on Mars

Valentino Straser

International Earthquake and Volcano Prediction Center

(矢野 孝雄 [訳])

要旨 近年の最も驚くべき発見の1つは、コヒーレント構造の共鳴現象によって強調された水溶液中の DNA の伝達である。Luc Montagnier のチームが使用した議論の余地のある手法によって、7 Hz のバックグラウンド励起を使用して、純水中の DNA に由来するナノ構造の振動伝達を実行していた。この実験から、内部活動と太陽風の双方に由来する地磁気データの収集が2012年から行われてきた。これは M6 以上の地震に先行して、現在までに950以上のデータが収集された結果、地震の前には常に5Hz未満の異常があり、多くの場合、5～10HzのELF範囲で発生した。実験が行われたのは地球であるが、火星や太陽系の他の天体にも及ぶ可能性があり、

Montagnier の実験に続いて、特定の条件では水溶液中で DNA 伝達を引き起こす可能性のある周波数の生成のための天然の実験室であることが証明されている。最近では、火星の土壌層の下にある貯水池、隕石 ALH-77005 中での細菌の痕跡、および、地球の地震に匹敵する強さの火星地震の発生が発見されたことは、現在または過去における火星の生命の痕跡の研究に新しい道筋を拓くかもしれない。しかし、最も興味深いデータは、5～10Hzの範囲の周波数を生成した火星地震の可能性を示す記録である。

キーワード 火星、DNA、電磁波、水、火星の地震、太陽風、火星の生命