

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

 [連 絡 先] 久保田喜裕 (yokbt@icloud.com)
 [翻訳メンバー] 赤松 陽・岩本広志 (組版担当)・川辺孝幸(翻訳記事選択担当)・久保田喜裕 (連絡・組版担当)・小泉 潔・小坂共栄・小松宏昭・柴 正博 (翻訳記事選択・組版担当)・宮城晴耕・村山敬真・矢野孝雄 (翻訳記事選択担当)
 [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・ 矢野孝雄

# 編集者より Editorial

## (久保田喜裕 訳)

今号は、東欧の政治情勢、ウイルスの大流行、そして多くの読者が個人的に経験したであろう不安など、さ まざまな要因で発行が遅れ、NCGT ジャーナルへの投稿が大幅に減少した.また、編集の面では、さまざま なソフトウェアパッケージやコンピュータのオペレーティングシステムによるクラウドベースの文書保存保証 (cloud-based document storage policies) への移行により、問題がより複雑化し、NCGT ジャーナルの出 版方法の合理化が必要となった.

今号では、イタリアの研究者 Straser らによる、地震と太陽風のプロトン密度との間の地球物理学的な関連 性を分析した 2 つの追加論文を掲載している. James Maxlow は、NCGT ジャーナルでの前回の論文に引き 続き、膨張テクトニクスについて解説している。2021年12月の NCGT ジャーナル V9N4. で、Lev Maslow は、自然災害の増加を、大気の冷却がニュートンの冷却法則に従う周期的な氷河期-間氷期サイクルに関連し た大気の"沸騰"の特徴として解釈し、気候変動理論に明確さを加えている. V & L Gordienko は上部マント ル物理の研究を続け、大陸プラットフォーム上部マントルの一次元速度プロファイルとその近年の活動帯の事 例を紹介した. M.H. Asadiyan は、地形学的な要素を用いてジオダイナミクスを読み解く手法を説明した. 最後に G.G. Kochemasov が惑星物理学にもとづく波動現象テクトニクスの二つの解析について述べてい る.

世界のさまざまな大学において,数学や物理学でさえも政治的に利用され,"偽情報" を流布したとして学 者が検閲されるという,驚くべき学術検閲の傾向が見られるようになった.この傾向は,アメリカの地球科学 分野にもおよび,アメリカン・コンサーバティブ誌に掲載された「地球科学における人種差別のアンラーニン グ」と呼ばれる要求運動(the Urge movement)に発展した (https://www.theamericanconservative.com/ dreher/urge-woke- totalitarianism-in-science/, October 21, 2021).

おそらく、アメリカの国立科学財団とウッズホール海洋研究所は、表向きは"知的メリット"と"より広い 影響"(社会への利益)という二つの要件で助成申請を評価し、要求活動(Urge activism)に対して資金援助 を行っているようだ.しかし、上記のリンクから記事全体を読むと、一般的な科学それ自体にではないにして も、地球科学に何が起きているのかを理解することができる.我々は興味深い時代に生きているようだ.

日本の研究者の方々にとって興味深いのは、www.ncgtjournal.com の英語版並行して、NCGT ジャーナルの日本語版を www.ncgtj.org で発行していることである.

最後に,NCGT ジャーナルは,文化的・政治的背景を問わず,国際的な英語および日本語(オンラインのみ)の言語で投稿論文や科学的な論文を掲載しており,したがって,個々の著者,文化,政治的出自を優先させることはない.

Louis Hissink, M.Sc. M.IEEE M.AIG (記)

# 原著論文 ARTICLES

## 2022年3月13日~16日に地球規模で記録されたM6以上の 潜在的破壊力をもつ地震現象に関連する宇宙気象について

Space Weather related to M6+ potentially destructive seismic events recorded on a global scale between 13 and 16 March 2022

V Straser<sup>1</sup>, G Cataldi<sup>2</sup> and D Cataldi<sup>2-3</sup>

(1) Department of Science and Environment UPKL Brussel (B). valentino.straser@gmail.com

(2) Radio Emissions Project (I). ltpaobserverproject@gmail.com

(3) Fondazione Permanente G. Giuliani - Onlus (I). daniele77c@hotmail.it

## (久保田喜裕 訳)

要約:2022年3月13日から16日にかけて,世界規模の4つの潜在的破壊力をもつ地震が記録された(M6.4 フィリピン地震,M6.7 インドネシア地震,M6.0 日本地震,M7.3 日本地震).著者らは宇宙気象の状況を分析し,4つの地震現象は太陽風のプロトン密度が明らかに重大な増加をしている時に発生したことを見いだした:この相関は著者らが2011年に初めて観測したものである.

キーワード:宇宙気象,地震前兆,潜在的破壊力をもつ地震現象,M6+,太陽風プロトン密度

## はじめに

2012年から2021年にかけて,著者らが行った太 陽活動と世界のM6+地震活動に関する研究により, 地球上で発生する破壊的な地震活動の前には,常に 太陽プロトンフラックスの増加があることを立証す ることができた[1-37].この証拠は 2022 年にも確 認された.本研究では,2022年3月13日から16日に かけての潜在的破壊力をもつ地震地震活動(M6+) に先行した太陽活動の解析から得られた結果を紹介 する(図1).

## 方法とデータ

2022年3月13日から16日にかけて記録された潜在 的破壊力をもつ地震活動が太陽活動に関連している かどうかを理解するため,著者らは Advanced Composition Explorer (ACE)衛星が提供する太 陽イオンフラックスデータを用いて,以下の陽子エ ネルギー分率を参考として2022年3月12日から17日 の太陽イオン束の変調を解析した:115-196 (p/ (cm^2-sec-ster-MeV); 310-580 (p/(cm^2-sec-ster-



図1 –2022年3月13日から16日にかけて記録された M6+の地震活動の震源地.上の画像は、2022年3月13 日から16日にかけて記録されたM6+の震源の位置を示 す.出典: Radio Emissions Project, USGS.

MeV)); 1060-1900 (p/(cm^2-sec-ster-MeV).

データ解析の結果,2022年3月11日から17日にか けて,地球に高密度の陽子フラックスが到達し,G1 およびG2程度の地磁気擾乱が発生したことがわ



図2 -3月13日から16日にかけて記録された地球規模の 地震活動M6+に関連した太陽イオンフラックスとKp指 数の変化. グラフは, Advanced Composition Explorer (ACE) 衛星によって2022年3月10日から16 日の間にL1ラグランジュ点 (Lagrange point) で記録 された太陽風プロトン密度変動のデータを含む ; Kp-Indexの変化と同時期に記録されたM6+地震の時間マー カー(黒い縦矢印)、紫色の縦矢印は、プロトン密度の 「緩やかな」上昇の始まり(惑星間地震前兆の始まり) を示す.赤い破線で囲まれた黄色い領域は、M6+地震 に先行するKp-Indexの増加(地磁気性地震前兆)を示 す. プロトン密度変動とKp-Indexのデータは、iSWAか ら提供された. iSWAは、最新の宇宙気象モデルにもと づく予報と宇宙環境情報を同時に提供する、NASA関連 宇宙天気情報の柔軟なターンキー・ウェブベース(a flexible, turn-key, Web-based) の配信システムであ る. 地震活動に関するデータは米国地質調査所 (USGS) より提供された. 出典: Radio Emissions Project, USGS.

かった (図2).

Advanced Composition Explorer (ACE) 衛星 データを解析したところ,2022年3月11日 00:00UTC 頃から増加し始め,2022年3月13日 09:45UTC 頃に最大値に達したことが分かった. 2022年3月13日以降,プロトン密度は徐々に減少 し,2022年3月14日から15日にかけてわずかに増加 した後,再び徐々に減少し,3月18日14時10分 (UTC)に基底値となった(図2).このプロトン増 加の間,地球上では4つのG1-G2度の地磁気嵐 (NOAA Geomagnetic Storm Scale)が記録され た(図2):

```
1) G1=2022年3月11日から12日にかけて収録;
```

2) G2 = 2022年3月13日13:30UTCに記録;

3) G1 = 2022年3月13日16時30分(UTC)に記録;



図3 –2022年3月11日から18日にかけて記録された太 陽風の主要な速度、上のグラフは、ラグランジュ軌道 L1に位置するDSCOVR衛星が2022年3月11日から18 日の間に記録した太陽風の速度を示している、出典: iSWA.

#### 4) G2 = 2022年3月13日から14日の間に記録.

地磁気嵐は、非常に高密度の太陽イオンフラック スが地球の磁気圏に衝突することで発生する現象 で、2022年3月11日から17日にかけて記録された (図2). 図3をみれば、これまで述べてきたことを 確認できる:図3は、2022年3月11日から17日まで の太陽風速の推移を示したもの:最大速度(580.1 km/s)は2022年1月13日10時47分(UTC)に記 録、すなわち 2022年1月13日09時45分(UTC)に 記録した陽子の最大増分に約1時間遅れている:太 陽イオンフラックスと地球磁気圏の影響が中程度で あることを確認する一連のデータであることがわか る。地球の地磁気擾乱の後、一般的に太陽プロトン フラックスの増加や地球規模で記録された破壊的な 可能性のある地震の再活動を伴うため、著者らはこ れらが変動曲線と関連しているかどうかを理解する ために、2022年3月13日から16日に記録された潜在 的破壊力をもつ地震の時間データを分析した。相関 性解析の結果,4回のM6+地震は,太陽プロトン増 加開始後、いくつかの地磁気嵐の後に記録されたこ とが分かった(図2).2011年から今日に至るまで, 著者らが観測してきたことを確認することができ た:潜在的破壊力をもつ地震は、太陽活動と密接な 関係がある。とくに、地磁気擾乱やKp指数の単純 な上昇を引き起こすことができる太陽プロトンフ ラックスの上昇と密接に関係している.しかし、そ れだけではない。2022年3月13日から16日にかけて 発生した地震現象の変化は、2012年1月1日から 2021年12月31日の間に著者らが観測した変動曲線 に関する平均分布を確証させる(図4):潜在的破壊 力をもつ地震現象の50.15%は太陽プロトンフラッ クスの密度が最大に上昇した後、すなわちプロトン 密度の屈曲期(フェーズ "C")に発生しており、 2022年3月13日から16日に記録された4つの潜在的 破壊力をもつ地震現象は2022年3月13日に記録した 最大上昇直後に記録された(図2).

図4に見られる潜在的破壊力をもつ地震現象の分 布(割合)は,各年のデータを個別に分析しても, (多少の変動はあるものの)常に同じ比率を保って いる.このことは,地球規模で発生する潜在的破壊 力をもつ地震現象の分布が,太陽活動にもとづく規 則に従っていることを示している;残念ながら,現 時点では著者らはこの規則を解明できていないが, 仮説を立てることは可能である[19][21] [36][37]. 地球規模で発生する破壊的な可能性のある地震 (M6以上)の多くが,なぜフェーズ A(増加)と フェーズ C(減少)に主に分布しているのかは著者 にもわからない.しかし,この二つのフェーズは, 太陽風のプロトン密度変化が安定せず,急速に変わ りつつある瞬間を表していることは同意できるだろ う.

著者らの研究により,地球規模で発生する潜在的 破壊力をもつ地震現象は,必ず太陽プロトンフラッ クスの上昇に先行することが証明されたため,我々 は2020年9月から,潜在的破壊力をもつ地震現象に 先行する基準値からの太陽プロトンフラックス密度



Data sample: 1310 potentially destructive seismic events (M6+) recorded between 2012 and 2021

図4 -地球規模で記録された潜在的破壊力をもつ地震現 象(M6+)のプロトン変化曲線に対する分布.上のグ ラフでは「緩やかな」タイプのイベントの典型的なプロ トンカーブが再現されている.上のグラフは、2012年 1月1日から2021年12月31日までに地球規模で記録さ れたすべての破壊的地震現象の分布(割合)を、ラグラ ンジュポイントL1で同じ瞬間に記録された太陽プロト ンフラックスの密度値と比較して観察できる.出典: Radio Emissions Project, iSWA, USGS.



図5 –最大プロトン密度上昇率(MPDIR). 上のグラフ はプロトン増加に伴う地震発生前の期間に、太陽プロト ンフラックスの密度が達した最大増加率を示している. 出典: Radio Emissions Project.

#### の変化(上昇)率の計測を開始することにした.

著者らが用いた測定単位は (p/cm^3)/h であり, M6+地震発生前の基準値と地震が記録された時間間 隔内に達した最大値の間で測定された最大増加率を 表す(最大増加率が地震発生のタイムマーカーと一 致することもある).本研究の最初の結論は、2020 年9月から2022年3月までに発生した216件のM6+ 地震に先行する太陽プロトンフラックスデータを解 析し、地震の規模が大きくなるにつれて変化率が大 きくなることを明らかにしたことである(図5).こ の結果を、太陽プロトン束の密度上昇の始まり(特 定の破壊的地震発生に先行する基底レベル)とプロ トン上昇そのものに関連する地震発生との間に記録 された時間間隔に関するデータ(プロトン上昇1回 につき平均2.87回の地震発生に関連; 2012年1月1 日~2022年3月31日)と比較すれば(図4),著者ら が過去のいくつかの研究で仮説を立てたように、断 層の静的平衡の変化を引き起こす電磁相互作用存在 の仮説を支持することができる[19][21][36][37].

2022年3月11日UTC00:00頃に記録された陽子の 増加の開始から,2022年3月13日から16日にかけて 記録された4つのM6以上の地震現象が起こってい る:

- a) M6.4 フィリピン地震=17.5時間;
- b) M6.7 インドネシア地震=17.5時間;
- c) M6.0 日本地震=83時間;
- d) M7.3 日本地震=83時間

2012年から2022年3月までに記録されたM6+地 震活動に関連するすべての時間間隔分布の解析で は、平均時間間隔は約103.07時間であり、4.29日 に相当することが示されている。2022年3月13日か ら16日にかけて記録された4つの破壊的な地震イベ ントの場合,太陽風の変化を解析することによっ て、いつプロトン増加が始まったか(惑星間地震前 兆の開始点)を明瞭に理解できた、プロトン増加の 開始点を特定した時点から,M6以上の世界地震活 動の再開を予想したところ、平均103.07時間で回復 することが分かっている、このケースでは、最初の 2つの地震現象(フィリピン地震とインドネシア地 震)はプロトン増加の開始から17.5時間後に記録さ れた、これまで言われてきたように、破壊的な地震 活動の前には必ずプロトンが増加するため、太陽イ オンフラックス密度の変化を解析することは、M6+ 地震活動の再活動期を地球規模で把握するのに便利 な方法と考えられる.

#### 結論

結論として、2022年3月13日から16日にかけて地 球規模で記録された潜在的破壊力をもつ地震活動 は、太陽活動と密接に関連していると言える。これ は、著者らが2011年に初めて観測し、2012年から より詳細に解析した相関類型である[1]. 太陽活動の 詳細な解析により、2022年3月13日から16日にかけ て記録された4つのM6+地震現象の前には、太陽プ ロトンフラックスの密度が上昇し、いくつかの低~ 中程度の地磁気嵐が発生しており、それが4つの破 壊的な地震現象の前にも発生していたことを立証で きた. 陽子増加の開始と2022年3月13日から16日に かけて記録された地震現象間との時間間隔の分布 は、2012年1月1日から2022年3月に地球規模で記 録された潜在的破壊力をもつ地震現象と同じ分布に 追随している. 著者らは, 地球上で破壊的な地震活 動の再開が予想される時期を知るための簡便な方法 として、太陽イオンフラックスのプロトン密度変化 の詳細な解析を利用することを提案する.

## 文献

- [1] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2013). Variations Of Terrestrial Geomagnetic Activity Correlated To M6+ Global Seismic Activity. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2013, Geophysical Research Abstracts Vol. 15, EGU2013-2617, 2013, Vienna, Austria.
- [2] G. Cataldi, D. Cataldi and V. Straser. (2014). Earth's

magnetic field anomalies that precede the M6+ global seismic activity. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2014, Geophysical Research Abstract, Vol. 16, EGU2014-1068, Vienna, Austria.

- [3] T. Rabeh, G. Cataldi, V. Straser. (2014). Possibility of coupling the magnetosphere–ionosphere during the time of earthquakes. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2014, Geophysical Research Abstract, Vol. 16, EGU2014-1067, Vienna, Austria.
- [4] V. Straser, G. Cataldi. (2014). Solar wind proton density increase and geomagnetic background anomalies before strong M6+ earthquakes. Space Research Institute of Moscow, Russian Academy of Sciences, MSS-14. 2014. Moscow, Russia. pp280-286.
- [5] V. Straser, G. Cataldi. (2015). Solar wind ionic variation associated with earthquakes greater than magnitude M6.0. New Concepts in Global Tectonics Journal, V. 3, No. 2, June 2015, Australia. P.140-154.
- [6] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2015). Solar wind proton density variations that preceded the M6+ earthquakes occurring on a global scale between 17 and 20 April 2014. Geophysical Research Abstract, Vol. 17, EGU2015-4157-2.
- [7] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2015). Solar wind ion density variations that preceded the M6+ earthquakes occurring on a global scale between 3 and 15 September 2013. Geophysical Research Abstract, Vol. 17, EGU2015-4581, Vienna, Austria.
- [8] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2015). Solar wind proton density variations that preceded the M6,1 earthquake occurred in New Caledonia on November 10, 2014. Geophysical Research Abstract, Vol. 17, EGU2015-4167, Vienna, Austria.
- [9] V. Straser, G. Cataldi, D. Cataldi. (2015). Solar wind ionic and geomagnetic variations preceding the Md8.3 Chile Earthquake. New Concepts in Global Tectonics Journal, V. 3, No. 3, September 2015, Australia. P. 394-399.
- [10] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2016). Solar activity correlated to the M7.0 Japan earthquake occurred on April 15, 2016. New Concepts in Global Tectonics Journal, V. 4, No. 2, pp202-208, June 2016.
- [11] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2016). Tsunami related to solar and geomagnetic activity. Geophysical Research Abstract, Vol. 18, EGU2016-9626, Vienna, Austria.
- [12] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2017). SELF-VLF electromagnetic signals and solar wind proton density variations that preceded the M6.2 Central Italy earthquake on August 24, 2016. International Journal of Modern Research in Electrical and Electronic Engineering, Vol. 1, No. 1, 1-15. DOI: 10.20448/ journal.526/2017.1.1/526.1.1.15.
- [13] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2017). Solar wind proton density increase that preceded Central Italy earthquakes occurred between 26 and 30 October 2016. Geophysical Research Abstracts Vol. 19, EGU2017-3774, 2017.
- [14] V. Straser, G. Cataldi, D. Cataldi. (2017). Solar and electromagnetic signal before Mexican Earthquake M8.1, September 2017. New Concepts in Global Tectonics Journal, V. 5, No. 4, December 2017. pp600-609.
- [15] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2017). Solar and Geomagnetic Activity Variations Correlated to Italian

M6+ Earthquakes Occurred in 2016. EGU General Assembly 2017. EGU2017-3681, Vol. 19.

- [16] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2019). Solar wind ionic density variations related to M6+ global seismic activity between 2012 and 2018. Geophysical Research Abstract, Vol. 21, EGU2019-3067, 2019, Vienna, Austria.
- [17] G. Cataldi. (2020). Precursori Sismici Monitoraggio Elettromagnetico. Kindle-Amazon, ISNB: 9798664537970. ASIN Code: B08CPDBGX9.
- [18] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2019). Wolf Number Related To M6+ Global Seismic Activity. New Concepts in Global Tectonics Journal, Volume 7, Number 3, December 2019, pp178-186.
- [19] V. Straser, G. Cataldi, D. Cataldi. (2020). The Space Weather Related to the M7+ Seismic Activity Recorded on a Global Scale between 28 January and 25 March 2020. Acta Scientific Agriculture 4.12 (2020): pp55-62.
- [20] G. Cataldi, V. Straser, D. Cataldi. (2020). Space weather related to potentially destructive seismic activity recorded on a global scale. New Concepts in Global Tectonics Journal. Vol.8, No.3, pp233-253, December 2020. ISSN 2202-0039.
- [21] G. Cataldi. (2021). Radio Emissions Project A new approach to seismic prediction. Kindle-Amazon, ISNB: 9798709593411.
- [22] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to the Japan M7.1 earthquake recorded on February 13, 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 1, pp16-23. March 2021.
- [23] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to the Chilean M6.7 earthquake recorded on February 3, 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 1, pp3-9. March 2021.
- [24] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to M6+ global seismic activity recorded on February 7, 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 1, pp24-30. March 2021.
- [25] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space Weather and geomagnetic activity related to Ecuadorean M7.5 earthquake recorded on February 22, 2019. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 2, pp79-86. June 2021.
- [26] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Solar Activity and geomagnetic activity related to M6+ global seismic activity recorded on March 20, 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 2, pp87-93. June 2021.
- [27] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to M6+ global seismic activity recorded on 3-4 March 2021.

New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 2, pp94-98. June 2021.

- [28] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Solar activity and geomagnetic activity related to M6.0 South Sandwich Islands region earthquake recorded March 14, 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 2, pp99-105. June 2021.
- [29] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to the Vanuatu M6.3 earthquake recorded on March 20, 2019. New Concepts in Global Tectonics Journal, Vol. 9, No. 2, pp106-111. June 2021.
- [30] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to M6+ earthquakes recorded between 7 and 20 November 2017. New Concepts in Global Tectonics Journal, Volume 9, Number 3, September 2021. pp137-144. ISSN 2202-0039.
- [31] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to M6+ earthquakes recorded between 12 and 15 April 2012. New Concepts in Global Tectonics Journal, Volume 9, Number 3, September 2021. Pp145-154. ISSN 2202-0039.
- [32] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to M6+ earthquakes recorded between 13 and 16 April 2016. New Concepts in Global Tectonics Journal, Volume 9, Number 3, September 2021. pp158-163. ISSN 2202-0039.
- [33] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather and geomagnetic activity related to M6+ earthquakes recorded between 17 and 19 July 2017. New Concepts in Global Tectonics Journal, Volume 9, Number 3, September 2021. pp164-169. ISSN 2202-0039.
- [34] G. Cataldi, D. Cataldi, V. Straser. (2021). Space weather related to M6+ earthquakes recorded on June 24, 2019. New Concepts in Global Tectonics Journal, Volume 9, Number 3, September 2021. pp132-136. ISSN 2202-0039.
- [35] G. Cataldi, V. Straser, D. Cataldi. (2021). Space weather related to M6.1 Indonesia earthquake recorded on June 3, 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal. Volume 9, No 4, December 2021. Pp 185-193.
- [36] G. Cataldi, V. Straser, D. Cataldi. (2021). Space weather related to M6.0 Tonga earthquake recorded on March 17, 2020. New Concepts in Global Tectonics Journal. Volume 9, No 4, December 2021. Pp 206-214.
- [37] G. Cataldi, V. Straser, D. Cataldi. (2021). Space weather related to M8.2 earthquake recorded in Alaska on 29 July 2021. New Concepts in Global Tectonics Journal. Volume 9, No 4, December 2021. Pp 194-205.

# 2012年から2021年にかけて地球規模で記録された M6以上の潜在的破壊力をもつ地震現象に関連する宇宙気象

Space weather related to M6+ potentially destructive seismic events recorded on a global scale between 2012 and 2021

V Straser<sup>1</sup>, G Cataldi<sup>2</sup> and D Cataldi<sup>2-3</sup>

(1) Department of Science and Environment UPKL Brussel (B). valentino.straser@gmail.com

(2) Radio Emissions Project (I). ltpaobserverproject@gmail.com

(3) Fondazione Permanente G. Giuliani - Onlus (I). daniele77c@hotmail.it

## (久保田喜裕 訳)

要約:2012年から2021年の間に,地球上で1300回を超える潜在的破壊力をもつ地震現象(M6+)が記録さ れた:これは,過去10年間(2012年~2021年),第24太陽周期(SC24)の終わりと第25太陽周期 (SC25)の始まりに従った地震の回数であり,太陽活動をマクロ的に分析することで,このことと地球上で 発生する破壊的な地震イベントの回数との間に,一般的で客観的な相関を認めることができたと確証すること ができる.しかし,それだけではない.太陽活動をより詳細に解析することで,2012年から2021年にかけて 地球規模で記録された破壊的な地震活動が,太陽イオンフラックスの密度変化と密接に関係していることを明 らかにすることができた.

キーワード:宇宙気象,地震前兆,潜在的破壊力をもつ地震現象,M6+,太陽風プロトン密度

## 地球膨張テクトニクス:始生代から現在までの小さい地球モデル

Expansion Tectonics: Archaean to Present-day Small Earth Modelling

James Maxlow

Retired Professional Geologist, Australia james.maxlow@bigpond.com Free PDF copy of current book: book.expansiontectonics.com

## (久保田喜裕・村山敬真 訳)

要約:NCGT Journal Vol 9, No 3, September 2021 Page 123-131 および NCGT Vol 9, No 4, December 2021 Page 123-131 で簡単に紹介したように,地球膨張テクトニクス (Maxlow, 2018) は地球の大陸と海洋 の起源とその後の歴史に関する現代の地球観測データの新しい見方と認識である. このデータはこれまで,プレートテクトニクス研究をサポートするために収集されてきたため,今もなお,従来のプレートテクトニクス の観点以外から見られることはほとんどない.本論では,ユネスコ世界地質図委員会(1990)の許可を得て デジタル化した "世界地質図"を用いて,過去に遡って地質学をリバースエンジニアリング (reverse-engineer geology:逆解析地質学)を行うことを試みる. 海底地質と大陸地質の逆解析地質学は,地球物理学 ではなく地質学を使って,過去のプレート集合と古代大陸の配置を正確に把握することができる. その結果,太古の超大陸と海洋の正確な位置と配置を示す一連の地球の球体地質モデルを,始生代初期にまでさかのぼ

り,提示することができる.これらのプレート集合体は,太古の地球が地質学的な時間の始まりまで遡って規 制されていたことを示す初めての例である.このように,太古の地球の物理的特性に関する前提を変えるだけ で,大陸や海洋がどのように形成され,時代とともに発達してきたかを理解する上で,パラダイムシフトとな る新しい視点が提示された.

キーワード:膨張テクトニクス、プレートテクトニクス、グローバルテクトニクス

#### はじめに

私たちが信じさせられていることとは逆に、科学 は決して定まったものではない.新しい革命的なア イデアは、常に過去の定説を覆してきた.過去半世 紀にわたり、現代の地球観測データは、主に大陸移 動にもとづくプレートテクトニクスの観点から調査 されてきた.一見すると、大陸移動が地球テクトニ クスを理解するためのユニークで完璧なメカニズム として採用されたため、地球科学のすべてが解決さ れたように見えるのであろう.この間、事実、科学 界は従来の大陸移動にもとづくプレート理論が奨励 されたり、そこから大きく逸脱したりしたことがな いままである.というのは、受け入れられているプ レートテクトニクスの理解を超えて、現代の地球規 模のデータから何が見えてくるかが知りたいがため である.

1900年代半ば以降,あらゆる技術に革新が起こ り,地球に関する膨大な量の変動観測データが集め られ,保存され,解釈されることが可能になった. 宇宙技術,リモートセンシング,コンピュータ,マ スメディア通信の進歩により,これらの知識を利用 できる可能性は飛躍的に向上した.20世紀半ば,プ レートテクトニクスや歴史的な大陸移動説,地球膨 張説が展開され,その是非が検討されていた時代に は,これらのデータのごく一部しか利用することが できなかった.

現代の地球物理学的・海洋学的研究の出現によ り,海洋地殻は大陸地殻とはまったく別のものであ るとされている.この海洋地殻は,ほぼ全域が鉄分 を多く含む貫入した玄武岩質溶岩で構成されている ことが示されている.この海洋地殻は,冷却されて 露出したマントル岩石と考えることができる.一 方,大陸地殻は概して花崗岩であり,さらに太古の 花崗岩,変成岩,火山岩に由来する堆積岩,変成岩 の広大な領域で構成されている.このことから,シ リカに富む大陸地殻はその下にある鉄に富む上部マ ントル岩石とは化学的に区別され,同様に,鉄に富 む海洋地殻とも化学的に区別されている. 海洋地殻に関するこのような知識は、プレートテ クトニック以前の過去の考え方とは全く対照的であ る.そこでは、海洋地殻は沈水し海洋化した大陸の 岩石が地殻に覆われて大陸を形成し、その後、地殻 に周期的な下方撓曲と沈水が起き、海や大洋が形成 されたと長く考えられてきた.このような背景か ら、すべての大陸の位置は地球表面に固定されてい ると考えられていた.種の移動を可能にする大陸間 の連結は、さまざまな大陸をつなぎ周期的に現れる 陸橋の結果と考えられていた-が、その陸橋は今日 までの長期にわたり、謎のまま消滅してしまった.

#### 海底の磁気マッピング

1940年代後半から1950年代にかけて,第二次世 界大戦中に潜水艦を探知するために開発された空中 磁力計を応用した高感度磁力計が,海底に奇妙な磁 気パターンを発見するようになった.この発見は予 想外ではあったが,まったく驚くべきことではな かった.というのも,海底の地殻を構成する火山岩 である玄武岩には,鉄分を多く含む磁鉄鉱という鉱 物が含まれており,これが局所的にコンパスの読み 取りを狂わせることが知られていたからである.さ らに重要なことに,磁鉄鉱の存在によって玄武岩が 測定可能な磁気特性をもつため,あらたに発見され たこれらの海底磁気パターンは,各海洋における火 山岩の貫入分布を調べるための重要な手段となっ た.

1950年代から1980年代にかけて,海底地形図が 作成されるにつれて,これらの磁気パターンはラン ダムに発生するのではなく,予測可能なシマウマの ようなパターンがあることが判明した.この縞模様 は,図1に示すように,各海洋の中央に位置する海 洋中央海嶺に対して対称的に位置することがわかっ た.この地図から,磁化された玄武岩が海洋中央海 嶺の両側に交互に並走し,一方の縞模様が通常の磁 気極性を示し,隣接する縞模様が逆極性を示すこと が示された.この磁気の縞模様は当初は地球磁場の 反転とは関係ないとされていたが,後に Vine and



図1. 海底地殻の表層域における開裂と拡大の進行を示している海洋中央海嶺を中心とした対称的な地磁気縞模様.

Mathews (1963) によって、この関係が説明された. このように、正極性と逆極性に磁化された岩石が交互に並ぶ磁気パターンは、地磁気縞模様と呼ばれるようになった.

海底の拡大は, Carey (1958) と Heezen (1960) によって,初期の海底磁気マッピングで初めて認識 された. 1961年,アメリカの地質学者 Harry Hess を中心とする科学者たちは,海洋中央構造線 は構造的に弱いゾーンを示しており,海底は「海洋 中央海嶺の頂上に沿って縦に引き裂かれている」と 考えるようになった (図2). このことから,"地球 深部からの新しい溶岩は,この構造的に弱い地帯を 通って上昇し,最終的には海嶺の頂上に沿って噴出 し,海水によって押さえつけられ,あらたな玄武岩



図2.構造的に弱い海洋底地殻帯が中央海嶺の頂部に 沿って開裂し,あらたな海洋が形成されることを示す模 式断面. 質の海洋地殻を形成するはずだ"と提案した.

この海洋底拡大仮説は,主に磁気マッピングの証拠に基づいている.それはまた,年代測定,地震活動,水深調査など,当時入手可能だったいくつかの証拠によっても支持された.海洋地殻の岩石は,海洋嶺の頂部ないしその付近で非常に若く,海嶺の頂上から離れるにつれて,これらの岩石は次第に古くなっていくことが示された.海嶺の頂部にある最も若い岩石は,常に現在の正磁極を示す.海嶺の頂部 から離れると,海嶺に平行な岩石の縞模様は,正,逆,正など,磁極が交互に変化していることが示された. 転載の頂部

さらに,海洋地殻の岩石年代測定から,この作用 が何百万年にもわたって行われてきたことがわかっ た.その後のマッピングにより,この作用は,大洋 中央海嶺系の中央で延長6500kmの全域に沿って, 新しい海洋地殻を形成し続けていることが示され, 現在では海洋全域に存在することが知られている.

シマウマの縞模様のような磁気パターンと大洋中 央海嶺系の構築の両者を説明することによって、海 洋底拡大説は急速に"改宗"に成功した.さらに、 この海洋地殻マッピングは、地球磁場の反転の歴史 と各々の海洋拡大の歴史を記録した天然のテープレ コーダーであると、今では誰もが認めている.

この海底拡大観測の結果,あらたな溶岩が拡大す る大洋中央海嶺の全長すべてにわたって絶え間なく 貫入していることが示された.この観測は,当初, 地球膨張説を支持するものとして考えられていたこ とは興味深い.つまり,地球半径が大きくなった結 果,大洋中央海嶺であらたな地殻が形成されたと考 えられていた.その後のテクトニックな研究によ り,半径が一定の地球を基準にしたプレートテクト ニクス説が有力視されるようになった.そこでは, 大洋中央海嶺の拡大中心で生じた余剰地殻は,海洋 地殻の沈み込みによって,最後はいくつかの大陸縁 にある海溝に沿って消滅すると考えられている.

#### 世界地質図

1980年代に世界地質図作成委員会とユネスコが 行った磁気学的・海洋学的調査の完了により,世界 地質図(1990年)が出版された(図3は許可を得て デジタル化). この地図に描かれている各色の凡例を



図3. 世界地質図. 世界地質図作成委員会とユネスコ (1990)の許可を得てデジタル化した (Maxlow, 2001).



図4. 図3に示した大陸・海洋地殻年代を多色で示した地 質学的タイムスケールの凡例. 海洋地殻年代は,現在か ら数百万年前である (Maxlow, 2001).

図4に示す.

この地図の色は、磁気マッピングにもとづき、時 間に規制される地質を表している.たとえば、塗色 された海底の縞模様は、火山溶岩が大洋中央海嶺拡 大帯に沿って徐々に貫入し、現代の各プレートの成 長史として保存されていることを表している.

この地図では,海底縞模様の年代は,地質学上の 主要な年代の世や紀に一致しており,大洋中央海嶺 に沿った最新期のピンク色の更新世から,大陸に隣 接する最古期の淡青色のジュラ紀までの縞模様が描 かれている.

この地図からわかることは、たとえば、新期の赤 い縞と古期のオレンジの縞の間にある黄色の海底縞 模様は、530万年から2,300万年前の中新世に、古 期の大洋中央海嶺の拡大帯に沿って徐々に貫入した 溶岩を表している。

この間,新期の赤色とピンク色の火山岩はそれぞ れ存在していなかった.中新世になると,隣接する 2本の黄色い縞模様はすべての海洋で接合し,この 間,共通の大洋中央海嶺に沿って接合したまま時間 とともに徐々に拡がっていく.同様に,各大陸内の 色は,主要な地質年代の紀と代に形成された岩石を 表し,古代のクラトン,造山帯,盆地の分布に一致 している.

プレート論者は、この地図データを使って、半径 が一定の地球モデルにおけるプレートの集合を地質 学的に制約することはなく、古地磁気の見かけの極 座標漂移データのみに頼ることを好んでいる.



図5. 球形法で示された現在の世界地質図(1990)に基づく (Maxlow, 2001).

球状に図示された図5には、各海域には海洋中央 海嶺があり、これらの海嶺は各海域の中央に位置 し、ピンク色の更新世縞模様と一致していることが 示されている.これらの観測結果は海底地形調査に よってさらに実証され、海洋中央海嶺は広範囲にわ たって中心部に位置する海底山脈ネットワークの分 布と一致していることが示された.現代のプレート テクトニクス研究で知られているように、これらの 海洋中央海嶺は、地球の地殻全体を非常に大きな凸 面のプレート状の地殻断片に細分化している.各プ レートは一般的に大陸地殻と海洋地殻の両者を含 み、プレートは主に各大陸とその周辺に集中してい る.

図5の海底地殻年代のカラーパターンは、各海洋 中央海嶺にほぼ対称的で、海嶺から離れるにつれ て、年代が徐々に古くなることが示されている.こ のような年代分布が生じるのは、海洋中央海嶺の拡 大中心の全長に沿って、新しい溶岩が追加され続け ているためである.各海域で最も古い海洋地殻は ジュラ紀前期(淡青色域)のもので、これらの岩石 は主に現在の大陸縁に分布している. これらのこと から,各海洋の海底縞模様は,各海洋の表面積が時 間とともに増加し,すべての大陸が互いに遠ざかっ ていることを示している.

#### 海底面積とかつての地球半径の測定

1990年の世界地質図完成以前は、古地磁気学的 な手法以外に、かつての地球表面積や半径の増加を 定量化する方法がなかったため、当時の研究者は地 球表面積や半径を不変とする以外に方法がなかっ た. McElhinny and Brock (1975) などの古地磁気 学者は、古地磁気によるかつての地球半径の測定結 果から、"... かつての地球の半径には時間による大 きな変化はない"と結論づけた.しかし、"世界地 質図"の発行以降、塗色された海底縞模様の表面積 を直接測定できたことから、ジュラ紀前期までのか つての地球の半径を独自に決定する方法を容易に手 に入れることができた.

従来のプレートテクトクス変動モデルでは, 半径



図6 世界地質図の24ゴア正弦地図投影図. この投影法は地質図を歪みのない球形法で表示することができ, 地表面積測定や小型地球模型製作のための主要な基本図である (Maxlow, 2001).

が一定の地球モデルにおいて、プレート集合が可能 とされているが、地球表面積と半径が増大するよう な代替案が検討されたことはない.一方、時間と共 に表面積と半径が大きくなる地球では、海洋プレー トの外縁に大洋中海嶺の拡大中心に沿って貫入した 溶岩が保存され、追加されるという別の考え方もあ る.このように各プレートの表面積が増えること は、地球の半径が大きくなったことの直接的な結果 であり、沈み込み過程による余分な地殻の最終的な 廃棄は必要ない.換言すれば、海底の縞模様は、そ れぞれの海洋地殻の成長史が保存されていることを 表している.

あらたな玄武岩質海洋地殻の表面積の増加率を決 定するために,貫入した海底玄武岩質溶岩の表面積 の測定が,Garfunkel (1975),Steiner (1977),およ び Parsons (1982) によって実施された.いずれの 場合も,海洋地質図作成の初期バージョンが使わ れ,半径と表面積が一定の地球モデルを維持するた めには,同量の海洋地殻が他の場所に廃棄されなけ ればならないと仮定された.この技術をさらに発展 させ,海底の表面積を測定してかつての地球半径を 決定することは,Koziar (1980),後に Blinov (1983)によって先駆的に行われた.この研究は, 全海洋の海底地質図の作成が一段落したことを受け てのものである.

世界地質図(1990)の完成により,海底地殻の 累積表面積を測定することで,かつての地球半径を 比較的容易に求めることができるようになった.こ の地質図のより良い点は,海洋地殻の年代もわかる ので,これらの岩石が最初に形成された年代を正確 に特定することができることである。塗色された各 海洋地殻の縞模様の面積がわかったら,現在の地球 表面積から海洋地殻の累積面積を差し引き,かつて の地球半径が数学的に導き出される。

塗色された海底縞模様の表面積を測定するために は、岩石地質図からすべての投影歪みを除去し、よ り厳密に言えば、球面表示できることが必要であ る.そこで、既存の世界地質図を 24ゴア (gore: 短冊)の正弦投影図として表示する方法を採用した (図6).この正弦投影法は、球体を展開したような ユニークな投影法である.この正弦地図は、地図上 のどの位置からでも歪みのない原寸大の地質情報を 得ることができ、球体モデル上の正確で確実な情報 が可能である.

ゴア(短冊)の用語は簡単に言うと、それぞれの 曲線が、この図で赤道では経度15度を表し、各極で は経度0度の幅になるように先が細くなっているこ とを意味する.図6では、24本のゴアを用いて、メ ルカトル図法の原図領域を表現している.この地図 投影法のユニークな特徴は、模型製作の際に地球儀 に直接切り貼りできることである.

正弦マップを使用することで、塗色された海底縞 模様の輪郭を順番にデジタル化することも可能であ る.さらに、連続した区間の表面積を測定し、各年 代のかつての地球半径の見込みを導き出すことがで きる.

#### 海底地殻のモデル化



図7. ジュラ紀から現代までの半径増大する地球の小型球形モデル. 各モデルは, 海底地殻プレートの集合が 海洋底拡大や地質データと完全に一致し, 得られた古地球半径と一致していることを示す. (Maxlow, 1995).

世界カラー地質図は、古地球の表面積と半径を測 定することができるほか、すべての地殻プレートの 正確な位置を、最古の海洋底火山岩の年代である ジュラ紀前期まで遡って特定することができる独自 の手段を提供する.

確立された手順で海底の火山岩をそれらが来たマ ントルの元の場所に戻すことにより,各海洋の表面 積が徐々に減り,各大陸が互いに近づくにちがいな い.地球の半径が大きくなるモデルを採用するユ ニークな点は,既にある地殻がいつどこで発生した のか,同様に,地殻がどこへ行かなければならない のかを考慮する必要がないことである.必要なの は,海洋底地殻カラー地質図の構成によって,小さ な地球モデルの正確な地殻プレート集合体を決定で きるようにすることである.

半径増大する地球モデル,特に実証的な海底マッピ ングデータから決定される古地球半径の適用と現実 味をテストするために,まず現在と鮮新世初期,中 新世,漸新世,始新世,暁新世,後期白亜紀,中期 白亜紀,前期白亜紀,後期ジュラ紀,前期ジュラ紀 を表す一連の球形の小さな地球モデル(図7)が作 られた.これらの小地球模型は,正弦曲線図法ベー スの世界地質図に表示された海洋底地殻情報を用い て構築されたものである (図6).

#### 観察結果

完成した小型地球モデル(図7)では,着色され た海底のストライプが順番に徐々に取り除かれてい くにつれて,残った色のストライプがそれぞれの連 続したモデルできれいに接近していくことが観察さ れた.これは,すべての海が体系的に閉じていく過 程で,それぞれの地殻プレートがユニークで整然と した,予想通りの方法で集合することを示す.海底 のストライプを次々と取り除き,より小さな地球モ デルでプレートを再フィットさせると,それぞれの プレートがそれぞれの海嶺拡大軸に沿って正確に再 集合することが示され,各モデルで99%以上の適合 度があると推定された.残りの1%は,地図上の調 差,地図上の不一致,あるいは,モデル作成時に生 じた原因不明の地殻の歪みや図形の制限の影響によ るものである.

もし、地球の半径が増加していなかったり、部分 的または脈動的に増加していた場合は、すべてのプ レートと大陸のこのような独特な結合は起こらない であろうことは理解できるはずである. 同様に、地 球が半径を拡大していないとした場合、再構築され たプレートには大きな隙間や重なりが生じ,海洋底 地殻の証拠に対応するために大陸地殻と海洋底地殻 を断片化する必要性がますます高まるだろう.この ような隙間や重なりは,かつて沈み込んだ地殻があ ったと推定される領域の輪郭を描くことになる.

反対に,前期ジュラ紀から現在の小さな地球のモ デルは,地殻プレートの大きな隙間や重なりが発生 しないことを明確に示している.どのモデルでも大 きな隙間や重なりが生じないという事実は,カラー 海底マッピングがプレートの集合体を再構築し,少 なくとも前期ジュラ紀まで遡って過去のすべてのプ レートの唯一の結合状態を制約する貴重なツールで あることを示している.またこの海底地殻プレート の集合体は,半径増大する地球モデルの三畳紀まで さかのぼって,大陸地殻を含めてさらなる検討と調 査の必要性を示している.

#### 大陸地殻

大陸地殻は、比較的単純な海底地殻とは対照的 に、現在から始生代初期にまで遡るさまざまな岩石 で構成されている.古期の花崗岩、変成岩、火山 岩、より古い陸地から侵食された変形・変質した堆 積物、貫入・噴出したマグマ、さらに過去の低地で 堆積した新規の堆積物が何層にも重なっている.と くにこれらの新期の岩石は、古期の岩石の広大な領 域を覆っていることが多い.また大陸地殻の平均的 な組成は、花崗岩であることが他の研究から分かっ ている.すなわち、石英や長石のようなシリカやア ルミニウムを多く含む岩石である.この組成は、鉄 とマグネシウムが豊富な玄武岩が平均的な組成であ る海底地殻とは対照的である.

実際には、地球の大陸地殻の地質は、図3に描か れているよりもはるかに複雑である。海底地殻の縞 模様の色分けと同様に、この地図はさまざまな大陸 地殻の岩石の年代を、残された構造の歴史とともに 簡潔に示している。大陸移動説、プレートテクトニ ク説、地球膨張説が展開されていた1950年代から 1960年代には、このような地質情報、とくにこの 地図に示されている岩石の完全な世界分布は、ほと んど利用できなかった。

クラトン,造山帯,盆地と呼ばれる3つの主要な 地殻タイプからなる図3の地球規模で見ると,大陸 岩石は大陸地殻領域のモザイクとして可視化でき る. ・クラトンは、地殻が比較的安定し、岩石の変形が 少ない状態が長く続いている地殻の一部と定義され る.この定義からすると、クラトンは約24億年前ま でに地殻が安定し、それ以降は隣接する地殻の部分 と比較してほとんど変形していない。

・造山帯は、褶曲や変成作用、火成岩の貫入によっ て特徴づけられる岩石帯を指す.造山帯の岩石に は、火山岩や堆積岩だけではなく、古い初期に形成 されたクラトンの変形、侵食、再加工された部分が 含まれることがある.

・盆地とは、かなりの厚さの堆積岩に覆われた地域のことである。堆積岩は、堆積物の種類と変形史の両方において統一的な特徴を有している。盆地は通常、堆積盆と同義であり、一般に水で満たされた地域的な地表地形の落ち込みを表している。

大陸地殻の小地球モデル化では、これらの地殻領 域の物理的特性、およびその分布と構造史を認識 し、厳密に合わせる必要があると考えられている。 また、モデル構築の際には、各領域の一般的な形状 や配置は、既知の分布・構造史・年代に従って、地 球史全体にわたって厳密に保持される必要がある。

#### 地殻の伸張

地殻伸長とは、地殻の岩石が伸長力を受けて伸び て薄くなることである。半径が増大する地球では、 この伸長力が限界に達すると、最終的に地殻が破断 し、完全に破壊されると考えられている。地球の質 量・体積・半径が大きくなるにつれて、地球の表面 積が大きくなり、表面の曲率が変化したことが、こ の加えられた伸長力の直接の原因であると考えられ る。

半径が増大する地球では、古生代から先カンブリ ア時代にかけて毎年発生していた微小な地殻伸張 が、数十億年の地質学的時間をかけて数10~数 100kmに及ぶ地殻の伸張として累積されていく。先 カンブリア時代を通じて、地球の周囲は平均して1 年に1mm以下しか増加せず、それが古代の地球の全 周に分布していたと推定される。このような条件下 では、大陸地殻を構成するほとんどの岩石は、原子 スケールの弛緩、塑性流動、再結晶作用によって ゆっくりと伸びたり変形したりするのに十分な時間 であっただろう。そうでなければ、地殻の局所的な 部分に過剰な応力が徐々に蓄積され、地震活動期に 破断したかもしれない。 この文脈では、地殻は地表面積が大きくなると伸 び、地表の曲率が変わると変形するという性質があ り、それは地質学的な時間の長さと、地殻深部やマ ントルからの熱よる軟化効果に依存する.大陸地殻 を構成するさまざまな岩石の種類によって、地殻が どのように伸びるかが決まり、どの程度の時間があ れば、地殻がどのように変形するかが決まる

#### 先ジュラ紀地球半径の確立

原始地球の半径を決定するために採用した方法 は、基本的に非常にシンプルである.ジュラ紀以前 のモデルを構築する際、時間をさかのぼるごとに、 各先行モデルの半径を少しずつ減らしていく.そし て正弦曲線地図から、最も新期の堆積岩と火成岩の 相当領域を削除する.また、既存の堆積盆の世界的 なネットワークも徐々に縮小し、最も古い先カンブ リア時代の大陸の火成岩や造山岩だけが残るように なる.

この方法は、地殻のより新期の岩石が、古期のク ラトンや造山性地殻の岩石が形成された後に堆積・ 貫入・噴出した火成岩や堆積岩であることから、妥 当な方法であると言える.堆積盆やリフトゾーン は、新期の岩石が除去される過程で、伸張前または リフト前の形状に復元され、すべての堆積物や火成 岩は、それらが発生した古期地表・地殻・マントル などに戻されるだけである.

このむしろ主観的な構築方法を用いることによ り、約1,700kmの原始地球半径をもつ始生代小地球 モデルを最終的に構築することができる.この始原 的な小さな地球は,最も古いピンク色と赤色の始生 代クラトン破片と,カーキ色の初期原生代の造山岩 の残骸の集合体から構成されている(図3).この 1,700kmの始生代地球半径は,最も古い原始地球の おおよその限界半径を表している.

この原始地球の半径をもとに,地質時代のどの時 点においても潜在的な地球の半径を計算する数式が 確立される.この原始地球の小さな半径から,始生 代~三畳紀までの大陸地殻と,以前にモデル化され た初期ジュラ紀~現在の海洋地殻の数理モデル研究 を行うと,地球の表面積が指数関数的に増加するの に従って,潜在的地球半径の変化が増加することが わかる(図8).

古地球の半径の公式の導出は、次のように表され



図8. 古生代から現在までの地球半径の指数関数的な増加. このグラフは,海底マッピングから得られた三畳紀以降の地球半径の増加と,始生代の原始地球半径1,700 kmから得られたジュラ紀以前の半径の変化を示している. 構築された小地球モデルは,赤色の丸と四角で示されている. コア-マントル境界の推定値はまだ推測の域を出ない. (Maxlow, 2001).

る.

Ra = (RO-Rp) ekt + Rp

ここで, Ra=時刻tにおける古地球半径, R0=現 在の平均地球半径, Rp=原始地球半径=1,700キロ メートル 原始地球の半径=1,700キロメートル, e =自然対数の底, k=定数=4.5366×10-9/年であ る.

図8では、このグラフを制約するのに使われた始 生代~現在の小地球モデルの位置を、他の人々によ る地球物理学的手法と大陸の視覚的再構成の両方に 基づく古地球半径の歴史的推定値とともに、赤い点 と四角で示している.Koziar (1980) と Vogel (1990)の半径曲線は、ここで確立した約2億年前ま での古地球半径の推定値と正確に一致することが示 されている.これらの歴史的曲線の確立は、当時利 用可能な海底マッピングデータの初期バージョンに 限られており、著者らはジュラ紀以前の大陸地殻面 積の推定値のみを用い、それ以降の大陸地殻伸張の 可能性は考慮していない.

このグラフから,原生代初期から中期にかけて (約40億年前から16億年前まで),地球の古半径は 比較的一定で,24億年の間に約60kmずつ増えてい



図9 球状の始生代から将来の小地球地質モデル.モデルの年代は始生代初期から現在まで.加えて500万 年先を予測したモデルもある (Maxlow, 2001).

ることがわかる.その後,約16億年前の原生代中期 以降,地球は着実に,そして加速度的に半径を拡大 し,現在に至っている.この加速度的な増加は,ペ ルム紀後期におけるパンゲア超大陸地殻の分裂,そ の後の現海洋の出現,そして比較的最近の現海洋地 殻の発達に反映されている.

このグラフは、先カンブリア時代に、地球の半径 と表面積の増大が、古地殻の分子レベルの再配置と 伸長によって対応された可能性を示唆している.こ の伸長は、現在地表に露出している最も古い岩石 (片麻岩、片麻岩、葉状花崗岩など)にしばしば見 られる線状の岩石構造によって、地質学的岩石記録 として証明されている.このような分子レベルの地 殻伸長を吸収する大陸地殻の能力は、古生代に急速 に低下し始めたと考えられている.その結果、地殻 は全体的に弱まり、薄くなっていき、ペルム紀後期 から三畳紀にかけてついに伸長能力を超えることに なった.

この古生代後期の間に,大陸地殻は破壊され,分 裂し始め,最終的に現在の大陸を形成し,開いて現 在の海を形成するようになった.そして,その上に ある大陸地殻の本来の強度が失われることで,地球 の半径と表面積は現在に至るまで急速かつ加速的に 増加し、このプロセスは将来も続くと推測されてい る.

#### 大陸地殻のモデル化

ジュラ紀初期から始生代初期にさかのぼるまでの 半径の増大する地球模型を作るには,新期の大陸盆 地の堆積物や火成岩をすべて取り除き,それらの岩 石を古代の陸やマントルへ単純に戻すことである. そしてより小さな半径の地球モデル上で,それぞれ の大陸盆地と火成複合岩体は,伸長前または地溝形 成前の配置に戻される.時間を遡るにつれ,各堆積 盆地や火成岩体の隣接する縁は,そこに隣接するよ り古期のクラトンまたは造山性地殻の空間的完全性 を保ちながら,徐々に互いに近づいていく.

ここで紹介する始生代から三畳紀までの各小地球 モデルにおける大陸地殻の構築では,表面積と半径 が時間と共に指数関数的に増加する地球を想定して いる.

・大陸堆積盆に堆積した堆積物や、マグマ貫入、火 山噴火は、主に伸張する大陸地殻領域内に蓄積され た、新規の岩石または地殻を表している。 ・大陸盆地の堆積物・貫入岩・火山噴火は, 沈み込 みプロセスによって地表から除去されることはな く,現在進行中の他の地質プロセスと併せて,基本 的に岩石記録に保存される.

・時間を遡ると、より新期の堆積物や貫入岩はすべてそれぞれの元の場所に戻されなければならない。

・時間を遡ると,堆積盆や火成複合岩体の表面積 は,地溝形成前・伸長前・破砕前の構成に徐々に縮 小していかなければならない.

これらの地球半径の拡大が意味するところは、時間を遡ることによって、すべての堆積物を最初に侵 食された古代の土地に戻し、同様に、すべてのマグ マや火山岩を元来たマントルや地殻下部の領域に戻 さなければならないことである.地殻が伸長前や地 溝形成前の状態に戻ることをシミュレーションする ために、堆積盆や地溝帯の表面積も縮小する必要が ある.

モデル構築の際,一連の小さな地球モデル間で地 殻構造を切り貼りする際に必要な唯一の条件は,次 のとおりである.

・大陸の地殻プレートは、時間の経過とともに地球 の表面の曲率が徐々に変化することを可能にするた めに、小さな垂直方向と表面積の調整を受ける必要 がある。

ここで紹介する24個の小型地球モデル(図9) は、世界地質図(1990)に示された大陸地質と海 底地殻の地質に基づくものである.これらのモデル は、以前の海底地殻モデル(モデル13~23)に大陸 地質を加えて再現したものと、三畳紀以前のモデル (モデル1~12)を始生代年代初期までさかのぼっ て追加したものである.またモデル24は500万年後 まで拡張されている.

これらのモデルには、海底と大陸の時間軸での基 盤地質が表示されている.また、海底の火山岩、火 成岩、侵食された大陸の堆積物を徐々に取り除き、 これらの岩石や堆積物をマントルや古陸に戻した後 の古地球の相対的な大きさを時間経過とともに示し ている.

#### 結論

この論文の第一の目的は,すべての科学者が,従 来の大陸移動説に基づくプレートテクトニクスの考 え方を超えて研究の見通しを広げ,少なくとも現代 の地球観測データが提供する他のものに目を向け検 討することを奨励することにある。1960年代半ば 以降,従来このような最新のデータは地球半径を一 定とする大陸移動説に制約されてきたが,誰もこの データを検証して,プレートテクトニクスのメカニ ズムが地球半径の増大説に適しているかどうかを確 かめようとはしなかったのである。

ここでは公開されている世界地質図に大きく依存 して,海洋プレートと大陸プレートの両方の集合を 過去にさかのぼって制約している.そのために,地 球半径に関する先入観を単に排除し,古地球表面積 を測定するとともに,任意の時点における古地球半 径を決定する公式を確立することを目的としてい る.そしてこの基盤地図と古地球の半径のデータを もとに,約40億年前の始生代から現在までの球形小 地球モデル,さらに500万年先の未来までのモデル を構築するという,前例のない成果を達成した.

海洋プレートの集合は一貫して,各プレートが単 一に適合して集合し,すべてのプレートが中央海嶺 拡散ゾーンのそれぞれに沿って高精度で集合するこ とが示された.この集合体は,従来の大陸移動に基 づくプレートテクトニクス理論が提唱する,比較的 制約の少ない多数の超大陸集合体とは強い対照をな している.

もしこれらの小さな地球の地殻プレートの集まり が単なる偶然であれば、海底の地図や隣接する大陸 の地質学的・地理学的証拠は、どの小地球モデルで もプレート境界を越えて一致しないことが予想され ると考えられた.しかし、海底の岩石マッピングは プレート境界を越えて実際に一致しており、すべて の大陸の堆積盆は合体して古大陸海を形成し、造山 帯と褶曲帯は一致し、古地殻領域は正確に集合して いることが明らかになった.

地球半径の拡大プロセスを始生代初期まで遡って 定量化するためには,基本的な累積海洋地殻の前提 を大陸地殻まで拡張する必要があった.大陸地殻 は,主要な地殻要素であるクラトン,造山帯,およ び盆地を考慮して,三畳紀以前の小地球モデルに再 構築された.これらの小地球モデルを構築するため に,大陸堆積盆の確立されたネットワークの中で, 地殻の伸張と拡大の結果として生じる地球表面積の 増加をさらに考慮する必要があった.

過去にさかのぼって,新しい堆積岩やマグマ噴出

物を単純に除去し、それぞれの堆積盆の表面積を順 に減少させることによって、地殻伸長前,拡大前, または地溝形成前の構成に徐々に復元され、世界地 質図に示された実証的なデータと一致する.この過 程では、造山運動以前の構成に復元する必要がある まで、既存のすべての古代クラトンと造山帯の空間 的整合性は維持された.すべての盆地の堆積物や火 成岩を除去し、堆積盆地の表面積を徐々に減らすこ とによって、始生代初期に現在の月とほぼ同じ大き さである、半径約1,700kmの古代の最初の小地球が 実現された.この原始地球は、最も古い始生代のク ラトンと原生代の基盤岩の集合体であり、その他の すべての岩石、鉱物、元素は単純に元の場所に戻さ れた.

この実証的な小地球モデル化の結果から,地殻モ デル研究は,地球半径の増大する地球造構過程の妥 当性を十二分に定量化することができると結論づけ られる.小地球モデルにおけるすべての大陸および 海洋地殻のユニークな集合体は,地球の地質学的過 去の始まりである40億年前までさかのぼる,半径の 増加する地球が実際に実行可能であることを示して いる.また始生代から現在の小型地球モデルの全範 囲が示すのは,現在信じられているようなランダム で恣意的な,集合分散-集合循環地殻形成プロセス ではなく,半径の増加する地球モデルにおける地殻 形成が,代わりにシンプルで進化的,かつ予測可能 な地殻形成プロセスであることである.

#### 文献

BLINOV V. F. 1983. Spreading rate and rate of expansion of the Earth. In: Carey S.W. ed. Expanding Earth Symposium, Sydney, 1981. University of Tasmania, 297-304

- CAREY S. W. 1958. The tectonic approach to continental drift. In: Continental Drift, a Symposium. University of Tasmania, Hobart, 177-355.
- CGMW & UNESCO (1990) Geological Map of the World. Commission for the Geological Map of the World, Paris.
- GARFUNKEL Z. 1975. Growth, shrinking, and longterm evolution of plates and their implications for the flow pattern in the mantle. Journal of Geophysical Research 80, 4425-4432.
- HEEZEN B.C. 1960. The rift in the ocean floor. Scientific America, 203, 98-110.
- KOZIAR J. 1980. Ekspansja den oceanicznych I jej zwiazek z hipotaza ekspansji Ziemi. Sprawozdania Wroclawskiego Towarzystwa Naukowego, 35, 13-19.
- McELHINNY M. W. & BROCK A. 1975. A new paleomagnetic result from East Africa and estimates of the Mesozoic paleoradius. Earth and Planetary Science Letters 27, 321-328.
- MAXLOW J. 1995. Global Expansion Tectonics: The geological implications of an expanding Earth. Unpublished Master of Science thesis, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia.
- MAXLOW J. 2001. Quantification of an Archaean to recent Earth Expansion Process using Global Geological and Geophysical Data Sets. Unpublished PhD thesis, Curtin University of Technology, Perth, Western Australia. http://adt.curtin.edu.au/theses/ available/adt-WCU20020117.145715
- MAXLOW J. 2018. Beyond Plate Tectonics: Unsettling Settled Science. Aracne Editrice.
- PARSONS B. 1982. Causes and consequences of the relation between area and age of the ocean floor. Journal of Geophysical Research 87, 289-302.
- STEINER J. 1977. An expanding Earth on the basis of sea-floor spreading and subduction rates. Geology 5, 313-318.
- VINE F. J. & MATHEWS D. H. 1963. Magnetic anomalies over oceanic ridges. Nature 199, 947- 949.
- VOGEL K. 1990. The expansion of the Earth an alternative model to the plate tectonics theory. In: Critical Aspects of the Plate Tectonics Theory; Volume II, Alternative Theories. Theophrastus Publishers, Athens, Greece, 14-34.

# 全球的気候変動 –何が起こって何が期待されるか Global Climate Change – What is Happening and What to Expect

Lev A Maslov

CCCS Denver, Colorado, USA, lev.maslov@cccs.edu International University, Klaipeda, Lithuania, lmaslov@lcc.lt

(岩本広志 訳)

要約:異なった氷期-間氷期サイクルのメカニズムと現在の地球温暖化は考慮され議論されている:ミランコ ビッチ天文周期,惑星圏の自己組織化プロセス,太陽活動の変化,温暖化ガス濃度の上昇.

J.R. Petit, et al., (1999, 2001) のデータによると,現在の地球温暖化サイクルは,人類が最初の機械(非常に原始的なもの)を作るより何千年も前に始まっていることが指摘されている.また,メタンガスの大気中への放出は,地球温暖化によって引き起こされた不可逆的で制御不能なプロセスであることが指摘されている.また,地球温暖化によってメタンガスが大気中に放出されるのは,不可逆的で制御不能なプロセスであり,地球の大気は"沸騰"に近い状態にあると考えられている.このことは,ハリケーン,洪水,干ばつなど,さまざまな自然災害の数や深刻度が増していることを説明する.また,各サイクルにおいて,大気の冷却がニュートンの法則に従って行われることも示され,このプロセスの物理学に対する明確な概念的見解が示唆された.最後に,氷河期の終わりに大気の温度が急激に上昇するメカニズムを提案し,評価した.

キーワード:気候変動、周期的な激変

#### はじめに

我々の地球は温暖化に向かいつつある-氷河や氷 床が溶解し萎んで行き,海水準は上昇し,平均的な 惑星大気温度は高くなっていく.

図1は J.R. Petit, at al., (1999) のボストーク氷 床コアデータの水素同位体比から計算した地球大気 温度を示す.

図からごく最近の温度上昇は、約40,000年前から 始まっているように見える.地球の気温がプラスに なるまでに約1万年かかり、つまり、現在の間氷期 サイクル(地球温暖化)は、私たち人類に起因する ものではない.どうやら、このサイクルも私たちの 手によって終わるのではなさそうだ.

約40,000年前の最終極小氷期では、両極は氷床に 被われこれが幾らか北半球の大陸に延び氷床で被わ れた.過去2万年に渡って地球は自然に温暖化しそ して、この効果が逆転し、再び氷河期が訪れるま で、あと約1万年かかると予想されている。



図1 過去45万年間の氷期-間氷期サイクル(Petit, ほか, 2001)

地球気候のプロセスを理解するためには,"何が 我々の惑星の氷期と間氷期のサイクルを引き起こし ているのか"という問いに答える必要がある.そこ で,本論文では,地球気候の周期性を説明できるい くつかのプロセスを検討し,議論することを目的と する.すなわち,惑星軌道や地軸傾きの変化による 太陽放射強度の変化,惑星圏の相互作用による自己 組織化プロセス,太陽放射強度の変化,その他であ る.

#### 天文サイクル

氷河期から間氷期の気候変動の周期性を説明する ために、セルビアの地球物理学者で天文学者のミラ ンコビッチによって、天文サイクル仮説が提案され 検証されている.ミランコビッチ・サイクルは、数 千年にわたる地球の動きの変化が、気候に与える影 響をまとめたものである.

したがって、ミランコビッチ理論によれば、地球 が得る太陽エネルギーの総量は、すべての軌道要素 から得られるエネルギーの総和になる.

#### 太陽活動

天文周期による起因する日射量変化のほかに,太 陽放射はそれ自体強力な気候変動源である.図3は 西暦1610年から現在までの太陽黒点の数を示す.そ れらは我々の星の活動に関する最も長期間に渡る直 接的な測定である.1645年から1715年ころに太陽 表面に黒点がほとんど見られないことが指摘されて いる.この期間はマウンダー極小期と呼ばれ,15世 紀から19世紀中期に渡る"小氷期"と重なってい



図2 過去と未来のミランコビッチ・サイクル,5つの軌 道要素のバリエーション:自転軸の傾き,赤道傾斜角 ( $\varepsilon$ ),離心率(e),歳差インデックス( $e sin(\pi)$ )

・それぞれの緯度での歳差と自転軸の傾きにコントロー ルされた日射量:北緯65°での夏至の大気圏頂部での平 均日射量

・大洋堆積物と南極氷床に記録された過去の海水準と温度:底生有孔虫(広域の57地点), ヴォストークの氷床 コア(南極)

・縦の灰色の線は現在(西暦2000年)





https://en.wikipedia.org/wiki/Maunder\_Minimum#/ media/File:Sunspot\_Numbers.png

る.

1930年から2000年に渡る太陽活動期は地球温暖化 期と重なっていた.これは偶然の一致だろうか? 次に何が起きようとしているのか? John L. Casey の太陽活動についての研究(Casey, 2014) では、今後30年かそれ以上の間、地球温暖化フェー ズから逆に新たに寒冷化する太陽周期が発見され た."暗い冬"という本の中で:30年に一度の大寒 波をもたらす太陽の正体(Casey, 2014)として、 John L. Casey は次のような証拠を上げている:

•地球温暖化の終焉

•太陽の冬眠が始まり、太陽出力エネルギーの歴史 的減少

地球の温度の長期的低下

・数十年にわたる危険な寒冷への次の気候変動の始 まり

 記録的な地震と火山噴火の高い確率(Choi, Maslov, 2010)

#### 気候プロセスの自己組織化

ミランコビッチ学説(仮説)は、地球を受動系と して扱い、地球圏の相互作用を無視している.地 球上で観測された気候サイクルを数学的に研究す る試みが(Maslov, 2014)で行われた.気温変動 は、周期的で低周波の非線形振動成分と高周波の 確率的成分の2成分の和として表された.観測され た地球気温の変動をモデル化するために、3つの熱 力学関数に対して3つの非線形常微分方程式系を書 き、解いた.モデル化した結果を図4,bに示す.

図4(c)から、気温変動の自然対数は、各周期とも 直線でよく近似していることがわかる.これは、各 間氷期において、ニュートンの冷却の法則に従って 大気の冷却が起こっていることを意味している.

 $d(\Delta T)/dt = c \Delta T.$ 



図4 全球温度変化モデリング

(a) 温度変化の元データとトレンド(赤線), (b) 温度変化 ΔT, 微分方程式からの解, エントロピーの応答変化(赤), (c) t時間関数とした ln(ΔT) グラフ

#### 地球温度が急に上昇する説明

各氷期の終盤で地球温度が急激に上昇する説明に ついては、この過程で重要な役割を果たすのは、水 蒸気に蓄えられた潜熱の放出であると仮定した (Maslov, 2014). この仮説を検証し、大気の水蒸気 凝縮による温度上昇を推定するために、大気のエン タルピーHが循環を通して一定であるとする:

H=cp. T+q. L=const

この式において、cp は乾燥空気の比熱、T は温 度、L は水蒸気の凝縮熱、q は大気中の水蒸気の総 質量と乾燥空気の総質量の比である.(Trenberth and Smith, 2005)によると、現在では q = 0.00247である.気温の変動 $\Delta$ Tと大気中の水蒸気 の総質量と乾燥空気の質量の比 $\Delta$ qは、以下のよう に互いに補償し合う必要がある。

cp.  $\Delta T + \Delta q$ . L=0

cp=1.006 J/(g °C), L= 2500 J/g, Δq =0.00247 (水蒸気は水に凝縮される)では、ΔT ≈ 6.14°Cと なる.この試算はそれぞれの間氷期開始時期の温度 変化に近く妥当である。

このように、氷期-間氷期サイクルの最初の急激 な温度上昇のメカニズムと、ニュートンの冷却の法 則に従った地球規模の冷却のメカニズムは、氷期-間氷期サイクル全体の中で最も重要な2つの部分を 説明しているのである.間氷期のダイナミクスは別 に考えなければならない.

#### 地球温暖化ガス

これらは:

フッ素系ガス:ハイドロフルオロカーボン,パー フルオロカーボン,六フッ化硫黄,三フッ化窒素は 合成の強力な温室効果ガスで,さまざまな産業プロ セスから排出される.

二酸化炭素

二酸化炭素は主要な温室効果ガス.大気中で長寿 命である.

#### メタンCH4.

メタンは大変能力のある温室効果ガスで.シベリ アや北米で永久凍土が融解し、大量のメタンが大気 中に放出されている.このプロセスは、気温の上昇 によって引き起こされ、地球温暖化プロセスにおけ る正のフィードバックループを形成している.この ビデオ参照のこと:https://www.youtube.com/ watch?v=YegdEOSQotE

水蒸気 H2O.

水蒸気は強力な温暖化ガスで、このガスの濃度が 大きく大気温度によって支配されている。大気中の このガスの濃度が地球温暖化プロセスにおける正の フィードバックループを形成している。

CO2やフッ素系ガスの大気中への放出は、私たち 人類がある程度コントロールすることができるが、 現在大気中への放出が加速しているメタンや水蒸気 ガスについては、私たちには同じことをする力は絶 対にない。

#### 温度変化はマルチフラクタル

我々はハリケーンや洪水,干ばつというさまざま な気候・気象現象が増加し,深刻さの度合いが増し てきていることを観測している.同時に我々は図1 に過熱気味な温度の上下の鋭い変化を観測してい る.Maslov (2014)では,大気温度が沸騰する変動 は流体中の場合と同じ-大気が沸騰していることを 示している.流体の対流における理論及び実験的研 究 (Stavans, 1987; Glazier and Libchaber, 1988) は,対流する流体の温度変化が,振幅と周波数の異 なる振動の無限個(理論上)で表されるマルチフラ クタルであることを明らかにした.この意味におい て大気の温度は緩やかで滑らかな変化ではなく,あるときは"地球温暖化"として,またあるときは "地球冷却化"として解釈される急激な温度変化を期待しなければならない.

### まとめ

全球的気候変動のプロセスへの影響は以下の通り 1. 天文サイクルに起因した日射変化 2. 太陽放射の変化 3. 惑星圏の自己組織化プロセス

4. 地球温暖化ガス濃度上昇による大気温度の蓄積
 5. 人為的産業活動

それらの中の最初の4つは我々人間がコントロー ルできない。例えば、地球温暖化によってシベリア や北米の永久凍土の融解し、大量のメタンの放出さ れ、それが気温上昇と正のフィードバックループを 引き起こす。

現在の地球温暖化は、1-4のプロセスのうちどれ ひとつのだけが原因ではなく、これらのプロセスの 複合によってのみ、地球規模の気候変動を説明でき る.現在の間氷期(地球温暖化)のサイクルは、産 業活動に起因しない自然のプロセスで、このサイク ルの終末と地球寒冷化への移行は我々の意図とは関 係なく自然それ自身で行っているのであろう.

大気圏の温度変化は、あるときは"地球温暖

化",あるときは"地球寒冷化"として解釈できるマ ルチフラクタルなプロセスである.現在の間氷期と 大気圏の地球温暖化では、人為的な産業活動がこの プロセスにある程度関与することが、大気中の二酸 化炭素を削減することで気温の上昇を逆転させた り、止めたりできるかどうかは不明である.

#### 文献

- Casey J., Dark Winter: How the Sun Is Causing a 30-Year Cold Spell, Humanix Books, 2014.
- Choi, D.R., Maslov, L., Earthquakes and Solar Activity cycles. 2010, NCGT, 57. 85-97.
- Glazier, J. A., and A. Libchaber, Quasi-periodicity, and dynamic systems: An experimentalist's view, IEEE Trans. Circuits Syst., 1988, 35(7), 790–809.
- Maslov, L., Self-organization in Earth's climate system versus Milankovitch-Berger astronomical cycles. Journal of Advances in Modeling Earth Systems. AGU, Wiley, 2014, 6, 650-657 https://doi.org/ 10.1002/2014MS000312
- Petit, J. R., et al. (1999), Climate and atmospheric history of the past 420,000 years from the Vostok ice core, Antarctica, Nature, 399, 429–436.
- Petit, J. R., et al. (2001). Vostok Ice Core Data for 420,000 Years, IGBP PAGES/World Data Center for Paleoclimatology Data Contribution Series# 2001-076. NOAA/NGDC Paleoclimatology Program, Boulder CO, USA.
- Stavans, J., Experimental study of quasiperiodicity in a hydrodynamical system, Phys. Rev. A, 1987, 35, 4314–4328.
- Trenberth, K. E., and L. Smith, The mass of the atmosphere: A constraint on global analyses, Journal of Climate, 2005, 18, 864–875.

## 大陸の卓状地の最近の活性化帯の上部マントル速度構造

## Upper Mantle Velocity Structure of Recent Activation Zones of Continental Platforms

#### Vadim Gordienko and Lyudmila Gordienko

Institute of Geophysics, National Academy of Sciences, Kiev, Ukraine tectonos@igph.kiev.ua

(小泉 潔 訳)

要約:本論は、大陸の卓状地の上部マントルとその最近の活性化帯の一次元速度断面の研究である。予測は、 我々が明らかにしてきた深部過程の主張にもとづいており、熱モデルは地質理論(GT)と調和している地質学 的理論と整合性のある熱モデルによる。卓状地の上部マントルの熱モデルは、すべての大陸で地温計データと 調和的だった。上部マントルの速度断面と基本的に異なるタイプで特徴づけられる最近の活性化帯が、卓状地 上に広く存在する。すべての大陸の卓状地で、以前に構築された速度断面に基づくと、活動的でない領域が明 らかにされた。南アメリカの卓状地は例外である。ウクライナ領域内では、限られた深度レベルにのみ卓状地 固有の速度断面を我々は識別してきた。一方、地震波の走時曲線は、卓状地そのものや最近の活性化帯下のマ ントル内を伝播していることを明確に示している。ウクライナ領域下のマントルの特別な研究は、これらの地 帯が卓状地の約半分を占めていることを示している。他の大陸地域の卓状地と同様な状況で特徴付けられる。 すなわち、走時曲線はほぼ同じである。我々は、平均的で実験的な走時曲線に賛同し、卓状地のシミュレーシ ョン断面に基づいた GT (地質的熱モデル)と最近の活性化帯を平均した断面に近い速度断面を採用した。

キーワード:大陸の卓状地,最近の活性化帯,上部マントルの速度断面

### はじめに

この研究の目的は、卓状地の最近の活性化帯の上 部マントルの速度モデルを考察することである。卓 状地下の上部マントルに物質の物理的性質の分布を 参考として使うことができる。すなわち、結果とし て、活動的な造構過程を通じて様々なタイプの熱-物質移動による正負の異常を認めることができる。 特に、卓状地下のマントルにおける最近の活性化の 過程が、P波速度 (Vp)の負の異常(岩石の過熱によ る)と比較的冷たい地層や地殻のエクロジャイトの マントルへの沈み込みによる正の異常の主な原因で ある (Gordienko et al., 2020).

最近の活性化 (RA) の内因は,約80年前から知ら れている.とはいえ,その存在の事実だけでもまだ 議論の対象である.したがって,20世紀に当時のソ 連の地質学者たちの研究に基づいてこの概念に言及 するとき,著者が何を考慮しているのかを見極める 必要がある (Gordienko, 2017など). G.F.Mirchink は、卓状地段階に取って代わった 現象の最近の活性化における地殻の発展の新しい構 造を初めて記載した (Mirchink, 1940). 当初は、議 論すべき課題は断層で切られた山々の形成であった (天山など). V.V.Belousov は、それらの活性化イベ ントは地向斜や卓状地の"通常の"発展のタイプと は大きく異なり (Belousov, 1953ほか),"地殻の発 展における特別な新しい傾向,以前の地向斜や卓状 地の発展を継承する傾向を指摘している... 最近の活 性化の多くの現象は最新の地質の引張-新第三紀と 人類紀-で特徴付けられる"(Belousov, 1960, p.4) と書いた. つまり、"我々は、地向斜に少し似てい るが、本質的に地殻の歴史において全く新しい、こ れまで登録されたことのない、完全に異なる形態の 発展を扱っている".

この新しい発展形態は、卓状地(後原生代,後カ レドニア紀,後ヘルシニア紀と同様)やアルプス地 向斜領域に同様に現れ、"造構的な活性化現象に分 類できる"(Belousov, 1962, p.173).(造構性および マグマ性の)さまざまな活性化現象を通じて現れた 卓状地の質的再構築が,確かに地質学的過去に発生 した.

しかし,G.F.Mirchink によると、そのような現 象は古生代よりも強力であった.さらに、今まさに 起こっている地球の発展段階において、卓状地の活 性化は特に強く、様々な形で進行している (Nikolayev and Schulz, 1961).そのため、"構造 解析を行いながら、地殻の主要な構造部分(地向斜 領域と卓状地)内で、問題の地帯を特別な地帯とし て特定し、それに基づいて具体化したものでなけれ ばならない." (Bogdanov et al., 1963, p. 25)とし ている.

ここでは、当面の課題を解決するために重要で主要な特徴を記す.最近の活性化帯の造構圏における熱-物質移動のシェーマは、先地向斜またはリフトのほとんど似ていない年代の領域における過程とその現れの不完全さによる不確実さを伴っている.

最近の活性化を通じて,過熱した地殻下の領域 (約500~2500万年前に卓状地下の中間点から物質 が上昇する際に形成されたか,アルプスで活性化が 始まる前にそこにあった)から地殻内で部分溶融さ れている.部分溶融は深さ30~40kmの範囲(体積 の約半分を占める)と深さ20~30kmの範囲(体積 4分の1を占める)に移動する.そこで平均温度は 300±50℃上昇する.地殻下に潜り込んだ塩基性地 殻の岩石は,アセノスフェアに到達すると温度が約 120℃に低下する.地殻加熱は溶融したマントル物 質によって運ばれる流体によって加速され,エクロ ジャイト化作用の"引き金"となる.この流体は, 変成作用の角閃岩相の岩石が部分的に溶融する過程 で形成されたものである.

熱-物質移動モデルは、どちらのバージョンで も、上部マントルの基底の多形転移領域での大きな 温度低下は、カンラン石の高密度相に移行するには 不十分である.地殻の薄化は、地表の0.7 kmの沈降 の結果の可能性がある.(熱膨張係数が異なる)さま ざまな深度での両極端の温度変化によっても地表の 見積もられる隆起は、約0.8 kmに及ぶ.その差は 微々たるものだが、それでも地表の隆起を想定する ことができる.上記の評価は、先カンブリア紀の卓 状地上のRA(最近の活性化)に適用されている.す なわち、アルプス地向斜における最近の活性化にな ると、状況はさらに不確実になる.



図1 計算で求められた温度分布のモデル(A)と卓状地の 上部マントルと最近の活動化帯のP波速度(B). 最近の活 性化帯下のマントルにおいて,平均値は活性化幅60km を示している. TplとVp plは卓状地のマントルのパラ メータ, TRAとVp RAは活性化帯のマントルのパラメー タ, Solはマントル岩石の固相温度,Ol-Spはかんらん石 -スピネル多形転移のパラメータ,1は500~2500万年 前の年代範囲の温度とP波速度変化,2はVp(P波速度)の 平均値である.

最大に加熱された深度領域の熱モデルもほぼ同様 で、後述する地熱温計のデータと矛盾しない。明ら かに、二つの部分溶融帯はそのようなモデルに対応 する。それは、深さ50-60kmから90-100kmの範囲 のマントルの地殻下部のやや厚い地帯と、深さ 20kmよりやや深い下部地殻の薄い地帯である。後 者はマグマの地殻への貫入が、計算で推定された過 程の年代よりかなり前であれば、欠落している可能 性さえある。深さ5~10kmに酸性と中性マグマの 別々な貫入の形成により、この領域自体が地殻内移 流の材料となった可能性がある。

### シミュレーションモデル

予備的な解析は、上部マントルにおける深さ方向 の地震波速度の自然増(圧力・温度条件の変化と多形 転移による)が強い温度異常・溶融体の存在・地殻の ものを含む過剰な量のエクロジャイトによって歪め られている可能性があることを示している (Gordienko, 2010). 岩石の化学組成の実際の変化 はVp断面にハッキリと反映されず、P波速度のシ

表1 卓状地下 (1) と最近の活性化帯 (2) 下の上部マン トルにおけるP波速度の計算結果 (Gordienko, 2017, 2021ほか).

Depth, km	V <sub>P</sub> , km/s		Depth, km	VP	VP, km/s	
	1	2		1	2	
50	8.15	7.92	250	8.51	8.63	
100	8.32	8.18	300	8.56	8.82	
150	8.37	8.27	350	8.70	8.96	
200	8.44	8.43	400	8.76	9.16	



図2 地温計で検出された卓状地下の上部マントルの温度. Csh-カナダ楯状地, Bsh-バルト楯状地, Ush-ウクライナ楯状地, Sp-シベリア卓状地, Afp-アフリカ卓状地, Inp700/ド卓状地. 1.000



図3 地熱温計で検出された最近の卓状地活性化帯下の 上部マントルの温度.地域:西ヨーロッパプレート(ボ ヘミア山塊),東ヨーロッパ卓状地(モルドバプレートと メシアプレート),シベリア卓状地(ヴィティム山塊とア ルダン山塊).1-(500~2,500万年)現代の活性化帯の 中心部と端部における異常温度,2-地温計によるデー



図4 計算で求められた分布Tと地熱計データの偏差分 布のヒストグラム.

ミュレートされた変化は,結局最小 (数0.01km/s) になる.



図5 ウクライナとバルト楯状地帯における上部マント ルの熱モデル (低熱流と通常熱流). 1,2-計算で求められ たT, 3,4-地温計のデータ.

活性化帯とそれらの帯の外側にある卓状地下の上 部マントルの速度モデルは,互いに大きく異なって いる.その結果,"混ぜこぜにして"研究をしてそれ らの帯を一体化すると,必然的に"誤った"速度断 面を導くことになる.

実験的な速度が計算値と一致するという結論は, 活性化帯の外側の卓状地下の上部マントルで観測さ れたVp(P波速度)分布を用いて実証する必要があ る.同時に,深さ方向の温度と圧力の変化が適切に 考慮されているかどうかも評価されるべきである.

犬地と最近の活性化帯の上部マントルの熱モデ 予備的な検証をある程度行うことはできる.

算された曲線から地熱温計データの偏差のヒス ラムが、図2の情報によって図4に示されてい

→ 型的な偏差は±130℃で、それはマントル岩石 → 物学による温度決定誤差の約2倍である。一 方、多くのサンプルのデータが蓄積された場所の同 じ深さに設定された温度(T)の違いを考慮すると (図2)、平均100~300℃のズレがある。このような 変動は、地殻と上部マントルの岩石の発熱量や熱の 流れが顕著に異なる楯状地領域での物質の選択と関 連していると推定できる。このことは、図5のデー



図6 卓状地下と最近の活性化帯下のウクライナのマン トル上部層準の速度モデルの計算値と実験値の比較 (Gordienko et al., 2018; Kharitonov et al., 1993, 1995など).

タによっても示されている.

このように、記録された温度(T)データのばらつ きは、ウクライナとバルト楯状地の既述した断面に おける熱領域の特異性を考慮すると(図5)、きわめ て説明しやすく、合意点が明確に増加する.その平 均偏差は約90℃である.計算値の誤差と合わせて考 えると、この値は理解できる.最近の活性化卓状地 地帯における地温計で計算された温度を比較した結 果(図3)についても、ほぼ同じことが言える.

利用可能な実験的な温度データは、計算されたも のに反してはいないが、採用されたプロセスモデル を支持する決定的な論拠と見なすことは出来ないと 言うことができる.速度を計算することの不確かさ で識別された誤差を再計算すると、最大で0.1km/s に達する.

また,ウクライナのマントル上部層準における速 度分布が,限られた領域と限られた深度間隔で研究 され,その地域は,他の地域よりも高い確度で最近 の活性化帯が識別された (図6).

図6に示したVp(P波速度)の値は,異なる手法 使ってそれ並みの深度で確立された値を平均化した 結果として得られたものである.計算値と実験値と の一致は許容範囲内であることがわかる.

## 文献のデータ

世界中の卓状地下の上部マントルの速度断面について、様々な執筆者による公表されているデータが 収集された.

シベリアと東ヨーロッパ卓状地。 増加した熱流,



図7 上部マントルにおける速度分布に関するデータの
比較. 1-実験値、2-計算値、卓状地:① シベリア、②
東ヨーロッパ、③ 北アメリカ、④ アフリカ、⑤ 南極、
⑥ 南アメリカ、⑦ オーストラリア、⑧ インド、⑨南中
国.



図8 先カンブリア紀の卓状地 (1) とデータをモデリン グに使用した地震観測点 (2).

石油・ガスの存在,地震活動および最近の活動など のような活性化の兆候を考慮して,卓状地固有の断 面が選択された (地熱図..., 1991;鉱物地図..., 1992;国家..., 2004など).確かに,活性化の影響 は完全に排除できないが,それでも実験値と計算値 の平均的な差は,±0.04km/s 程度と小さい (Dec et al, 2014; Pavlenkova et al, 2014など).

いくつかの公表論文は、北アメリカ卓状地に関す るモデルを記載している. これらのモデルは最近の 活性化の兆候を示していないものを含んでいる (Weichert, 1968; Masse, 1973; Belyaevsky, 1981; Chu et al, 2012; Buehler and Shearer, 2016など). 一方, この特徴は、北ユーラシアにお けるものより信頼性が低く、明らかに "混ぜこぜ"



図9 (A) 卓状地下の上部マントルにおけるVp分布に関 して縮小した走時曲線と (5) 研究地域下のマントルの 速度断面:(A) 卓状地:3,北アメリカ,4,アフリカ, 6,南アメリカ,7,オーストラリア;Cal-採用した計算 で求めた走時曲線,Obs-平均実験走時曲線.図中の PГ расчётный график:計算グラフ, HГ наблюдательный график:観 測グラフ (5) 計算で求めた断面:1,非活性化卓状地, 2,最近の活性化帯と非活性化帯の卓状地断面間の中間 断面,3,採用した計算で求めた走時曲線に対応する断 面.

パターンをもつ速度断面である.

全体として,アフリカ卓状地はリフティングと最 近の活性化に関係している.それにもかかわらず, 我々はこの卓状地の南部に卓状地固有のマントルの 速度断面を持つ領域を明らかにした (Zhao et al., 1999; Julia and Nyblade, 2013 など).

南極卓状地(大陸東部)の場合,利用可能な速度 分布では,最近の活性化帯と不活性帯とを区別する ことができない(Watson et al., 2006).しかし,ひ とつ卓状地の典型的な速度断面があり,それは予測 されたものときわめて完全に一致している(Kuge and Fukao, 2005など).

南アメリカ卓状地に関して、卓状地下のマントル の典型的な利用可能な速度断面は存在しない。利用 可能なすべてのVp(P波速度)分布モデルは、むし ろ互いに近いものであり、領域のかなりの部分が最 近の活性化に関係していることを示している (Rocha et al, 2011, 2019; Chulick et al, 2013; Neto et al, 2019など).実験データは、卓状地の断 面と活性化帯の断面の中間の断面に相当する(下記 参照).これはウクライナの卓状地部分に関する結 論を裏付けるもので、活性化帯と非活性化帯はほぼ 同じ領域を占めている.

オーストラリア卓状地に関するデータから, 我々

表2 卓状地下の上部マントルにおけるP波速度の実験 値と計算値の平均偏差

Platform	V <sub>P</sub> , km/s	Platform	$V_P$ , km/s	Platform	V <sub>P</sub> , km/s
Siberian	0.06	African	0.04	Australian	0.07
East European	0.04	Antarctic	0.06	Indian	0.05
South Chinese	0.05	North American	0.06	South American	0.09

はその不活性な断片に関連するものを選んだ.しかし、これらのデータの中には疑問のあるものもある (Weichert, 1968; Masse, 1973; Belyaevsky, 1981; Bowman and Kennett, 1993; Hall and Spakman, 2003; Chu et al., 2012; Fishwick et al., 2012; Buehler, 2016 など).

インド卓状地下の上部マントルには,速度断面が 熱-物質移動がないことを示唆している領域がある (Belyaevsky, 1981; Bhattacharya, 1992; Krishna, 2004; Li et al., 2006; Kiselev et al., 2008).

南中国卓状地が関係している範囲では、上部マン トルの卓状地速度断面(深度200kmまで)の1つの断 片だけを発見した (Hearn et al., 2004, Zao, 2015).

表2は卓状地下の上部マントルにおけるVp(P波 速度)の計算値と実験値の分布を示している.

南アメリカ卓状地では,計算値と実験値の偏差が 他の地域の2倍になっている.この偏差は断面の上 半分と下半分で符号が反対になっており,そこにも う一つの内生的な領域があることを示している.速 度異常の符号は最近の対流する熱-物質移動を示し ている.

#### 実験データ

ウクライナ領域内の東ヨーロッパ卓状地下の上部 マントルのモデルとは別に、小さな深度間隔につい て、著者は他の卓状地の十分な情報を持っていな かった.これは、主に利用可能な実験データが限ら れていること (Bulletin of the International Seismological Centre (ISC), 2014, http://

表3 卓状地の走時曲線に使用された地震記録の数.

	Number of		Number of
Platform	earthquakes	Platform	earthquakes
North American	455	South American	95
African	497	Australian	913

www.isc.ac.uk) や、卓状地上に広く存在する活性 化帯に関する知識が不十分であったためである.

走時曲線は, ISC 会報に記載された深度までグラ フ化され,モホ不連続面 (35km)のレベルまで再計 算された.地殻の適切な速度断面が,異なる卓状地 で使用されている.走時曲線は,8.2km/sの速度ま で減速している.平均曲線からの個々の点の偏差 は,平均して1.5~2秒を超えてない.すなわち移動 平均ウィンドウは3°である.

シミュレートされた走時曲線は, I. Pshenchik と V. Cherveni (訳者註:この後の文献では, Cervený となっている) によるSEIS-83ソフトウェアで作成さ れた (Cervený et al., 1983, 訳者註:文献にない). 東ヨーロッパ・シベリア・南極・インドまたは南中 国卓状地では,走時曲線は作成されておらず,また はアフリカ卓状地の西部についても,走時曲線は作 成されていない.利用可能な情報が不十分なためで ある.残りの地域の走時曲線は互いに近く,不活発 な卓状地で計算されたものとはかけ離れている.こ れらは,実験材料の量に関して,きわめて有効であ る (表3).

個々の走時曲線の平均値からの偏差は小さい. そ れはおそらく入力データの誤差のためである. それ が平均的な走時曲線と計算で求めた走時曲線とを比 較した理由である (図9A参照). このようにして選 んだ走時曲線に対応する上部マントルの速度断面 は、卓状地の活動帯と非活動帯断面間の中間の断面 とに大きな違いはない (図9参照). これは、まさに よく研究されているウクライナ (東ヨーロッパ卓状 地) のように、活動的な断片が卓状地地域の約半分 を占めていると推定される. 十中八九, これらの断 片は地震観測所と震源間の距離 (5~23°) と比較す ると小さい.

#### 結論

多少の困難はあるものの、大陸プラットフォーム がマントルの上に乗っていると仮定すれば、そのマ ントルのブロックは、この深さ領域内の岩石の化 学・鉱物組成のモデルと熱モデルに対応するP波速 度分布で特徴付けられるので、プラットフォーム下 の上部マントルの速度モデルを構築できる (Gordienko, 2017など).後者は、ある深度レベル での放射性熱の発生と先カンブリア紀初期に始まり 現在も続いている(卓状地に関連した)熱-物質移動 を説明している.このモデルは、下部層準での部分 溶融の可能性は小さく、"典型的な" 卓状地の活性 化の確率によって、すなわち速度に対応する温度が 固相線を上回っていることを示唆している.

発見された活性化の有無による卓状地の大きさの 近似的な一致にもとづいて,我々は上部マントルの 岩石における発熱の変動を見積もることができる. これらの変動の事実そのものは疑いない.すなわち 顕生代のさまざまな時代に,卓状地の広い領域はリ フティングまたは一回限りの活性化の過程に関与し (Gordienko, 2017ほか),他の断片は受動的なまま であったからである.

卓状地下の上部マントルの岩石の放射性発熱量の 平均値 (0.043µW/m3) は、多くのデータサンプル より決定された。それにもとづき、世界中のすべて の楯状地の岩石年代と一致する先カンブリア紀全体 の卓状地下の深部過程のグラフが提案されている。 これらの地域の半分以内の領域で、発熱量が大きく なることが予想される。例えば、リフェアンおよび それ以降にドニエプル-ドネック盆地では、2段階の リフティングと1段階の最近の活性化があり、それ らは約3億5,000万年の時間間隔をおいている。これ らの出来事はほぼ同じエネルギー、すなわち約 5×1013J/m2 を必要とした. このような出来事ごと にマントルDDBでのさらなる放熱量は、約0.005~ 0.01 µW/m3 と見積もられる. したがって, この領 域下の上部マントルにおける総放熱量 (0.045~ 0.050 μ W/m3) は、同様な領域下と同様に、地向斜 下の熱量 (0.06 µ W/m3) にむしろ近いと言える. し たがって、この量は発熱量が最低の卓状地領域下で は、0.035~0.040µW/m3 に相当する可能性があ る.

これらの(確かに精緻化する必要はある)発見は, 先カンブリア紀のかなりの部分を含む大陸地殻のブ ロックの活動の違いを研究するための良い基礎とし て役に立つであろう.マントルの速度モデルの研究 は, ISC 会報 (http://www.isc.ac.uk) からの情報に 加えて,地域的なカタログからのデータに基づいて 行うべきである.

謝辞:本稿をロシア語から翻訳していただいたR. Schneider 氏と B. Shubik 氏に感謝する.

#### 文献

Belousov V.V. Basic questions of geotectonics. Moscow: Gosgeoltekhizdat. 1953. 606p. (in Russian).

Belousov V.V. Development of the globe and tectogenesis. Sov. Geology, 1960. 7. pp. 3-27. (in Russian).

Belousov V.V. Basic questions of geotectonics. Ed. 2nd, Moscow: Gosgeoltekhizdat, 1962. 608p. (in Russian).

Belyaevskii, N.A., The Structure of the Crust of Continents by Geological and Geophysical Data, Moscow: Nedra, 1981. 432p. (in Russian).

Bhattacharya, S., Crustal and upper mantle velocity structure of India from surface wave dispersion, Curr. Sci., 1992, vol. 62, no. 1, pp. 94-100.

Bogdanov A.A., Muratov M.V., Khain V.E. On the main structural elements of the earth's crust. Bull. MOIP, 1963, vol. 38, no. 3. pp. 17-29.

Bowman, J. and Kennett, B., The velocity structure of the Australian shield from seismic travel times. Bull. Seismol. Soc. Am., 1993, vol. 83, no. 1, pp. 25-37.

Buehler, J. and Shearer, P., Uppermost mantle seismic velocity structure beneath USArray, J. Geophys. Res., 2016, vol. 122, no. 1.

Chu, R., Schmandt, B., and Helmberger, D., Upper mantle P-velocity structure beneath the Midwestern United States derived from triplicated waveforms, Geochem., Geophys., Geosyst., 2012, vol. 13, no. 118. https://doi.org/10.1029/2011GC003818

Chulick, G., Detweiler, S., and Mooney, W., Seismic structure of the crust and uppermost mantle of South America and surrounding oceanic basins, J. Soc. Am. Earth Sci., 2013, vol. 42, pp. 260-276.

Dec, M., Malinowski, M., and Perchuc, A., A new model of the upper mantle structure beneath the western rim of the East European Craton, Solid Earth, 2014, vol. 5, pp. 523-535.

Fishwick, S. and Rawlinson, N., 3D-structure of the Australian lithosphere from evolving seismic data, Aust. J. Earth Sci., 2012, vol. 59, no. 6, pp. 809-826.

Gordienko, V.V., The nature of anomalies of seismic Pwave velocities in the upper mantle, Geophys. Journal, 2010, no. 2, pp. 43-63 (in Russian).

Gordienko, V.V. Thermal processes, geodynamics, deposits. 2017. 285 p. https://ivangord2000.wixsite.com/ tectonos.

Gordienko, V.V. and Gordienko, L.Ya., Velocity model of subcrustal mantle of Ukraine, Geophys. Journal, 2018, no. 6, pp. 30-51. (in Russian).

Gordienko V.V., Gordienko I.V., Gordienko L.Ya. et al. Zones of modern revitalization of the territory of Ukraine. 2020. Geophys. Journal, no 2, pp.29-52. (in Russian).

Gordienko V. From hypothesis to geological theory. NCGT Journal. 2020. no 3, pp. 217-230.

Hall, K. and Spakman, W., Mantle structure and tectonic evolution of the region north and east of Australia, Bull. Geol. Soc. Am., 2003, vol. 372, pp. 361-381.

Hearn, T., Wang, S., Ni, J. et al. Uppermost mantle velocities beneath China and surrounding regions, J. Geophys. Res., 2004, vol. 109, B11301.

Julia, J. and Nyblade, A., Probing the upper mantle transition zone under Africa with P520s conversions: Implications for temperature and composition, Earth and Planet. Sci. Lett., 2013, vol. 368, pp. 151-162.

Kharitonov, O.M., Krasovskii, S.S., Kuprienko P.Ya. et al. The lithospheric transect Vrancha–South-Ukraine NPP, Geophys. Journal, 1993, no. 5, pp. 23-31 (in Russian).

Kharitonov, O.M., Omel'chenko, V.D., Drogitskaya, G.M. et al. The lithospheric transect Bucharest– Chernobyl', Dokl. NANU, 1995, no. 5, pp. 84-87 (in Russian).

Kiselev, S., Vinnik, L., Oreshin, S., et al. Lithosphere of the Dharwar craton by joint inversion of P- and Sreceiver functions, Geophys. J. Int., 2008, vol. 173, no 3, p. 1106-1118.

Krishna, V., Propagation of regional seismic phases in the Indian shield: Constraints on crustal and upper mantle velocity models, Bull. Seismol. Soc. Am., 2004, vol. 94, pp. 29-43.

Kuge, K. and Fukao, Y., High-velocity lid of East Antarctica: Evidence of a depleted continental lithosphere, J. Geophys. Res. Solid Earth, 2005, vol. 110, no 6.

Li, C., van der Hilst, R., and Toksoz, M., Constraining Pwave velocity variations in the upper mantle beneath Southeast Asia, Phys. Earth Planet. Int., 2006, vol. 154, pp. 180-195.

Map of Mineral Resources in Russia and Adjacent Countries, Scale 1 : 5000,000 Il'in, K.B, Poluektov, V.N, Terent'ev, V.M, and Shcheglov, A.D., Eds., St. Petersburg, VSEGEI, 1992.

Map of Heat Flow of the USSR Territory, Gordienko, V.V. and Moiseenko, U.I., Eds., Kiev: IGF, 1991 (in Russian).

Masse, R., Compressional velocity distribution beneath central and Eastern North America, Bull. Seismol. Soc. Am., 1973, vol. 63, no. 3, pp. 911-935.

Mirchink G.F. The main patterns of the development of the earthly face. Bull. MOIP, dep. Geol., 1940.18, no. 3-4. P.53-60.

National Atlas of Russia, vol. 2: Priroda i ekologiya (The Nature and Ecology), Moscow: Gosgistsentr, 2004 (in Russian).

Neto, F., Julia, J., and Schimmel, M., Seismology uppermantle structure of the Borborema province, NE Brazil, from P-wave tomography: Implications for rheology and volcanism, Geophys. J. Int., 2019, vol. 216, pp. 231-250.

Nikolaev N.I., Shultz S.S. Map of the latest tectonics of the USSR. Izv. Academy of Sciences of the USSR, ser. Geogr., 4, 1961, pp. 52-64 (in Russian).

Pavlenkova, N.I. and Pavlenkova, G.A., The Structure of the Crust and Upper Mantle of Northern Eurasia According to Data of Seismic Profiling with Nuclear Explosions). Moscow: Geokart, GEOS, 2014 (in Russian).

Rocha, M., Schimmel, M., and Assumpção, M. Uppermantle seismic structure beneath SE and Central Brazil from P- and S-wave regional traveltime tomography, Geophys. J. Int., 2011, vol. 184, no. 1, pp. 268-286.

Rocha, M., Azevedo, P., Assumpção, M. et al. Delimiting the neoproterozoic São Francisco paleocontinental block with P-wave traveltime tomography, Geophys. J. Int., 2019, vol. 219, no. 1, pp. 633-644.

Watson, T., Nyblade, A., Wiens, D. et al. P- and Svelocity structure of the upper mantle beneath the Transantarctic mountains, East Antarctic craton, and Ross Sea from travel time tomography, Geochem., Geophys., Geosyst., 2006, vol. 7, no. 7. Weichert, D. Upper mantle structure under the Churchill province of the Canadian shield, east of the Yellowknife seismic array, J. Phys. Earth, 1968, vol. 16, special issue, pp. 93-101.

Zhao, D. Multiscale Seismic Tomography, Springer

Geophysics, 2015.

Zhao, M., Langston, C., Nyblade, A. et al. Upper mantle velocity structure beneath Southern Africa from modelling regional seismic data, J. Geophys. Res., 1999, vol. 104, no. B3, pp. 4783-4794.

# 地形学による地球力学的解読 Geodynamic deciphering using Geomorphology

#### Muhammad Hassan Asadiyan Falahiyeh

# Emeritus member of Payam-e Noor University, Ahwaz/Iran asadiyan@pnu.ac.ir

## (柴 正博 訳)

要約:地球は重力によって上から下へと螺旋状にねじれている。地球の表面は、直交するテクトニック・サイ クロン,すなわち作用と反作用のフォワード・シグモイド(FS)とリタード・シグモイド(RS)の干渉の結 果である.FSは北磁極に、RSは南磁極に終端している.この対の干渉は、一方では大陸を集め、他方では太 平洋を放棄する。この対の交点は、安定性の高いメッカ(地球力学の極)に一致し、反対側の縁辺は安定性の 低い火の輪(凹の海岸と凸の海岸)に一致し、FSとRSの終点は磁気的・形態的に逆極性すなわち、北半球の 南磁極と南半球の北磁極、北半球の水塊(北極海)と南半球の陸塊(南極大陸)である。黄道はFSの大円、 反黄道はRSの大円である。地球の大陸部分と海洋部分が、黄道と反黄道の2つの交差点に挟まれているのは、 ランダムなことではない.重力に加え、赤道と黄道の摩擦角が地磁気を動かしているようだ。地殻は Dahw-Arm(巻く・縮める)と Tahw-Arm(広げる・伸ばす)により螺旋状に蛇行している。この二つの手は、長 い期間では地球を東西方向に、短い期間では南北方向に分極し、対称性とカップリング性(二元性)を地球力 学の主役としている。これらの腕は、地球の中心から放出され、対称性の高いコアとマントルを作り、地表に 到達すると地殻を逆向きに蛇行させる、地球ダーウィング(巻くこと)により、北太平洋が赤道に沿って南太 平洋の下に突き刺さる. Dahw(巻き)とTahw(広げる)のフィールドは互いに同調し,地球力学の極から 外側に広がる. 重力に伴う摩擦(剪断抵抗角)により、地球は螺旋状に変形している. 減衰長(DL)とは、 極域シグモイドの前進セグメント(スピン軸)の変曲点(2)と後退セグメント(減衰点)の変曲点(S)のオ フセット距離のことである.

興味深いことに、DLと地球の半径(R)と摩擦傾斜角(地球の傾き)≒2DL/R の間には簡単な方程式が存 在する.このパラメータによると、地球の摩擦は赤道で約0.375、北極で約0.001875であり、コアでの摩擦は 極の約200倍である.ここでは、この面を構成する力学を理解するために、形態学的痕跡を強調する.最も重 要な結論は、テクトニック・サイクロンは、気象学におけるサイクロンや高気圧と類似しているということで ある.

キーワード:巻く (Dahw), 広げる (Tahw), 摩擦角, テクトニックサイクロン (TC), ジオダイナミックポール (GP), spiral, 極相 (sigmoid), カタストロフィックゾーン (CZ), 前進 (F/f), 後退 (R/r)

## 地球上のフリッシュと震える月:同じ軌道(太陽のまわりと銀河系内) に基づく二つの比較可能な波動現象(テクトニクス)

Terrestrial flysch and trembling Moon: two comparable wave phenomena (tectonics) based on equal (the same) orbits (around Sun and in Galaxy)

Kochemasov G. G.

IGEM RAS, Moscow, engineer–geologist, scientific worker. kochemasov36@mail.ru

## (柴 正博 訳)

要約:月の軌道上の周波数(太陽周辺と銀河系内)が結合して,センチメートル単位の微細な波紋を作り出している. "軌道は構造を作る".ひとつの太陽周回軌道には,月と地球という二つの天体が存在する.したがって,微細構造は両方の天体にあるはずだ,両者の大きさが違うことを考えると,地球の微細構造は"フリッシュ"である.この構造は惑星全体を覆っており,さまざまな年代,厚さ0.1-1.5メートルの特徴的な砂岩-アージライト(泥岩)の組成を繰り返している.

キーワード: Chang'E-3,4,5, 月, ファィンリップリング (fine rippling), 月周回数結合 (lunar frequencies coupling), アースフリッシュ (Earth' flysch)

## 地球と月に存在する微細な球体

Fine spherules in Earth and Moon

Kochemasov G.G.

IGEM RAS, Staromonetny35, 129323 Moscow kochemasov36@mail.ru

(柴 正博 訳)

要約:月面は,センチメートル単位の細かい波紋が網目状に交差している.その間に,球体のように見える小 さな多面体を形成する.アポロや中国のプロジェクトのすべての詳細な画像で観察することができる.同じ軌 道を回る地球は,同じような構造をもっている.大きさに比例してそれらは大きくなる.

キーワード:なし

## NCGTジャーナルについて

NCGT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回国際地 質学会議でのシンポジウム "Alternative Theories to Plate Tectonics"での議論から始まった。その名称は、 1989年にワシントンD.C.で開催された第28回国際地質学会議に関連して開催されたシンポジウムの名称に由 来している。NCGTニュースレターは1996年12月に創刊され、2013年にNCGTジャーナルに名称を変更し た。NCGTジャーナルの目的は以下のとおりである:

1. 地質学,地球物理学,太陽惑星物理学,宇宙論,気候学,海洋学,電気宇宙論 (electric universe),その他,地球の核から大気圏の上部に至るまで,地球上で起こっている物理過程に関連ないしは影響を及ぼしている分野において,新しいアイデアやアプローチを自由に交流するための国際フォーラムを提供すること.

2. 支配的なテクトニックモデルの範疇に収まらない創造的なアイデアのための組織的な目標を創り出すこと.

3. とくに検閲や差別があった場合には、そのような研究の転載と出版の基礎を構築すること.

■ 寄付については、ジオプラズマ研究所のブルース・レイボーン研究部長(leybourneb@iascc.org)まで、 お気軽にご連絡ください。NCGTジャーナルへの連絡・通信・原稿掲載には次の方法をご利用ください。

#### NEW CONCEPTS IN GLOBAL TCTONICS

1. Eメール: louis.hissink@outlook.com, 2. 郵便,航空便など, 33 Fields Road, Tanja, NSW 2550, Australia (MS Word か ODT ファイル,図はgif, bmp, tiff フォーマットで別ファイルで, 3. 電話 +61 419 283 775. 免責事項:このジャーナルに掲載されている意見,見解,アイデアは寄稿者の責任であり,必ずしも編集者や編集委員会の意見を反映しているわけではありません. NCGT Journalは国際的査読オンラインジャーナルで,3月,6月,9月,12月に発行されます.英文版 ISSN 番号: ISSN 2202-0039