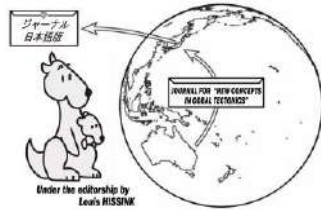


NCGT Journal, Volume 11, Number 3, September 2023

<http://www.ncgtjournal.com/>

『グローバルテクトニクスの新概念』日本語版 発行 2024 年 1 月

<https://www.ncgtj.org/>



編集長: Louis HISSINK (louis.hissink@outlook.com)

編集委員: Bruce LEYBOURNE, USA (leybourneb@iascc.org)

Giovanni P. GREGORI, Italy (giovannipgregori38@gmail.com)

Per MICHAELSEN, Mongolia (perm@must.edu.mn)

Lev MASLOV, USA (lev.maslov@cccs.edu)

Masahiro SHIBA, Japan (shiba@dino.or.jp)

目次

■ 原著論文 Articles

Sunken continents inferred from divergence dating based on molecular phylogeny of terrestrial animals

Masahiro Shiba

陸生動物の分子系統学による分岐年代から推定される沈んだ大陸 [柴 正博 訳] 58

Expansion tectonics: Benefits to science and industry

James Maxlow

膨張テクトニクス: 科学と産業への恩恵 [要旨のみ 柴 正博 訳] 75

Direct-prospecting methods of satellite and photos images frequency resonance processing:

results of approbation on Australia and New Zealand territories

Mykola Yakymchuk & Ignat Korchagin

衛星画像と写真画像の周波数共鳴処理による直接探査法: オーストラリアと

ニュージーランド地域での評価結果 [岩本広志・村山敬真 訳] 76

Analysis of possible electromagnetic seismic precursors related to the turkish seismic

sequence recorded on February 6, 2023

Valentino Straser, Gabriele Cataldi & Daniele Cataldi

2023 年 2 月 6 日に記録されたトルコ地震列に関連する電磁地震前兆の可能性の分析

[川辺孝幸 訳] 103

Experimentation of the rdf network for research on pre-seismic electromagnetic signals

Daniele Cataldi, Zamri Bin Zainal Abidin, Gabriele Cataldi, Valentino Straser, Abdul Aziz Siyad,

Mohd Shazwan Radzi, Ziyadat Hassan, Ahmad Najwan Zulkiplee, Mardinac Abdullah, Nurul

Shazana Abdul Hamid & Nurul Shazana Abdul Hamid

前震電磁信号研究のための rdf ネットワークの実験

[要旨のみ 柴 正博 訳] 115

On submersion of the oceanic crust in the subduction zone

Vadim Gordienko

沈み込み帯における海洋地殻の沈没について

[柴 正博 訳] 116

■ NGCT ジャーナルについて

..... 123

原著論文 Articles

陸生動物の分子系統学による分岐年代から推定される沈んだ大陸

Sunken continents inferred from divergence dating based on molecular phylogeny of terrestrial animals

Masahiro Shiba

Museum of Natural and Environmental History Shizuoka, Japan

shiba@dino.or.jp

[柴 正博 訳]

要旨: 本稿では、分子系統学の成果をもとに、おもに陸生動物の各大陸や島々との間の移動について、陸橋による説明を試みた。この陸橋の存在の可能性は、深海掘削果と地層形成メカニズムから推定したジュラ紀末以降の海水準上昇曲線により、過去の海水準の位置が相当に低かったことから導かれた。生物はそれらの自然環境の中に生息して生息範囲を拡大する。生物の移動や分布の分離については、その考えを基本に考えるべきである。本稿ではその考えをもとに大洋底に存在した陸生動物が渡った陸橋を推定した。これらの陸橋には、アフリカと南極までのスコチア陸橋、ニュージーランドから南アメリカまでの太平洋南極海嶺-東太平洋海膨、アフリカとマダガスカル間のデイビー海嶺、南アメリカからガラパゴス諸島までカーネギー海嶺、それとアフリカから南アメリカまでの大西洋中央海嶺がある。

Keywords: biogeography, land bridge, sea-level rise, migration of terrestrial animals, Molecular phylogenetics

はじめに

遺伝子情報を解析する分子系統学の発展は目覚ましく、現在では生息するほとんどすべての生物の遺伝子情報が明らかにされている。それを用いてそれらの祖先系統の分岐の順序やその分岐年代の推定が行われている。それらの結果によると、これまで分断説でよりどころとしていた大陸の分裂や衝突の時期と生物の分岐年代が一致しないことが多く、大陸の一度の分離だけで生物の分断を説明できないこともあることがわかってきた。多くの生物地理学者は生物の分布を説明するのにほとんど信頼ができないプレートテクトニクス説を否定しないまま、「ありそうもない、稀有な、不思議で奇跡的な」方法で生物は海上を移動したという海洋分散説に宗旨替えを始めた。

海洋分散説は、島への動物の移動について、ゾウやシカの遊泳能力と自然の筏による Sweepstake 分散 (Simpson, 1965) によってそれを説明するものである。海洋分散するとされる陸生動物には、哺乳類だけでなく、爬虫類や両生類、淡水魚なども含まれている。しかし、爬虫類や両生類、淡水魚が海洋分散をする可能性はとても少ない。「奇跡的な偶然」に頼る Sweepstake

分散は非科学的な考えであり、科学者である生物学者が信じるべきでない。

生物学者は、現在、生物の遺伝子系統学から分岐順序と分岐年代を推定できるようになった。そうであるならば、生物学者は、生物の移動を信頼ができない大陸移動説またはプレートテクトニクス説に頼るのではなく、また安易に海洋分散説を採用するのではなく、生物の自然分散、すなわち生物はそれらの自然環境の中に生息して生息範囲を拡大するという考えを基本に、現在の地形にこだわらずに生物の分布と古地理を考察すべきである。それによって、生物学者は、生命の進化とまだほとんどその実態がわかっていない大洋底の歴史について、統一した理解を考察できると考えられる。

本稿では、遺伝子系統学による分岐年代から、陸生動物の分布と進化について、それらが生息環境の中で陸橋を移動したと考える。そして、その陸橋が沈みし生息域が分断されたことにより系統が分岐したと考えて、それぞれの大陸間をつなげていた陸橋を推定する。本稿で示す水深データは、本論文で紹介する水深データは、NOAA の Bathymetric Data Viewer: <https://www.ncei.noaa.gov/maps/bathymetry> による。

海水準上昇と大陸の沈水

筆者は、中期更新世後期の今から 43 万年前の海水準の位置が現在より 1,000 m 低く、その後の陸域の隆起と海水準上昇により現在の地形が形成されたとした(柴, 2017a; Shiba, 2017b). そして、43 万年前以降の海水準上昇に対して隆起量が少なかった陸域は沈水して海底となり、それにより大陸と分断された島では、隔離された生物が島の固有種となったと推定した(柴, 2020 ; Shiba, 2020).

中期更新世後期以前の海水準の位置については、DSDP と ODP の深海掘削における浅海での堆積物または陸上を示す火山岩や深成岩などが回収されている地点の深度を調べた。そして、海水準の上昇または沈降は、層序形成の堆積メカニズムに基づいて、海水準の上昇または沈降曲線 (Haq et al, 1987) から推定された(柴, 2022 ; Shiba, 2022)。

深海掘削で回収された浅海または陸上を示す岩石の

深度分布から求められたジュラ紀末期以降の海水準の位置は、ジュラ紀末期で現在より 6 km 低く、中新世末期で 3 km 低いという結果であった。また、浅海または陸上の指示岩の水平分布では、大西洋やインド洋、太平洋の大陸縁辺地域と海台のほとんどがかつての大陸であり、水深 3,000 m より浅い海底のほとんどが始新世または漸新世までは陸域で、中新世以降に深い海底になったと考えられる。そして、それらかつての大陸は、地球の微小膨張による海底の隆起によって、段階的に海に沈んだと考えられている(星野, 1991; Hoshino, 2014)。

石油探鉱から明らかにされた地層形成モデル (Haq et al., 1987) は、地層は海水準変動と地殻の沈降によって形成されるというもので、同時に海水準上昇(海岸オンラップ)量を示して三畳紀以降の海水準変化曲線を提案した。筆者は、地殻の沈降を認めない立場から Haq et al. (1987) の海水準曲線を検討すると、この海岸オンラップ曲線の海水準降下は現象として大陸縁辺での隆起量と解釈でき、海水準上昇量は累積して上昇したも

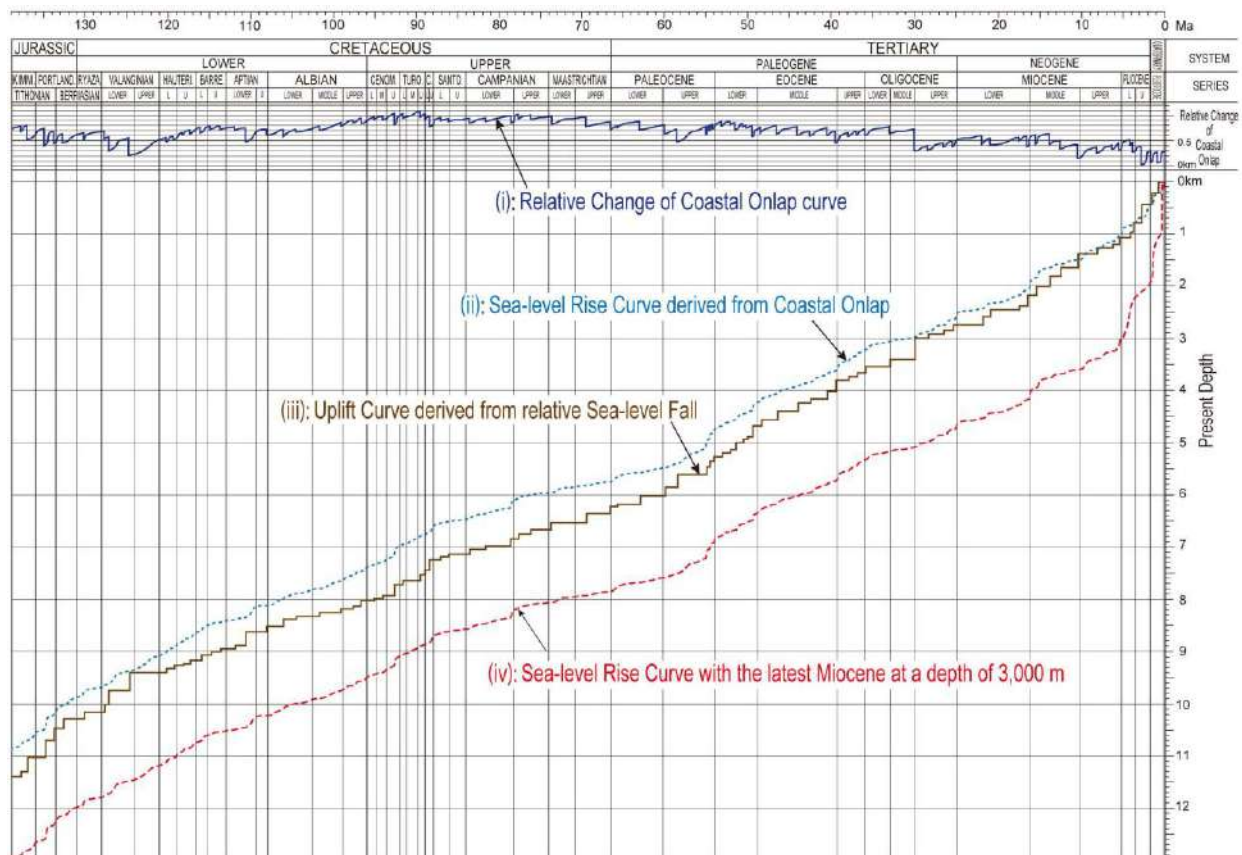


図1 Haq et al. (1987) による海岸オンラップの相対的变化から求めた相対的海水準をもとにしたジュラ紀以降の海水準上昇 (ii) と隆起曲線 (iii)。第4の曲線 (iv) は中新世末に水深 3,000 m とした海水準上昇曲線 (柴, 2022a; Shiba, 2022b)。

のと考えられる。この結果, Haq et al. (1987) のジュラ紀末期以降の海岸オンラップ量を累積したものに, 中新世末期の海水準の位置を深海掘削の結果から現在より 3 km 低かったとして, 図 1 の (iv) に示すような海水準上昇曲線として提案した (柴, 2022 ; Shiba, 2022) . この海水準曲線では, ジュラ紀末期の海水準の位置が現在よりも 12 km 低く, 現在にかけて海水準の位置が上昇している。このジュラ紀末期以降の 12 km の相対的沈降または海水準上昇は, メキシコ湾のジュラ紀蒸発岩層の埋没深度 (Sheridan et al., 1981) ととも一致する。

遺伝子分岐年代からの推定される大陸

初期の有胎盤類と後期白亜紀の海面上昇

哺乳類の有胎盤類は, DNA ゲノムシーケンスにより, アフリカに棲むアフリカ獣上目と, 南アメリカに棲む異節目, ローラシアに棲む北方獣類の 3 つにほぼ同時に 90-88 Ma (100 万年前) に分かれたとされている (長谷川, 2020) . このことは, 大陸移動説による 3 大陸の分断によるものとは考えられず, またまだそれほど離れていなかった南アメリカとアフリカの間の大西洋を初期の有胎盤類の先祖たちが島伝いに行き来したとも考えられない。

有胎盤類の 90-88 Ma の分岐については, 単純に 3 つの大陸をつなぐ陸橋が沈水したと考えるべきである。この 3 つの大陸が陸つづきでなくなった時期は, 後期白亜紀のトゥーロニアン期～コニナシアン期にあたりである。Haq et al. (1987) の海岸オンラップ曲線や筆者の海面上昇曲線 (図 1) からわかるように, この時期に比較的大きな海面上昇が継続して起こっていた。その海面上昇量はその期間の範囲だけでも約 300 m もある。この 3 つの大陸をつなげていた陸橋はどこにあったかについては, 具体的にわからない。しかし, ローラシアと南アメリカの接続は, 現在の北アメリカと南アメリカの間と, ユーラシアとアフリカの間にあった。そして, それに加えてアフリカと南アメリカをつなぐ陸橋もあった。

アフリカと南アメリカをつなぐ陸橋の候補としては, 現在の大西洋中央海嶺地域

の赤道付近にある比較的比較的小さい部分 (図. 2-(1)), またはアフリカ沖のワルビス海嶺と南アメリカ沖のリオグランデ海膨をつなぐルート (図. 2-(2)) が考えられる。また, その南のアフリカ南端ケープからアグラス海嶺を通り南緯 45 度付近の大西洋中央海嶺を経由してフォークランド海台に至るルート (図. 2-(3)) もある。

赤道大西洋中央海嶺地域ルート(1) は, 0°～北緯 10°の間の東西に水深 5,000 m より浅い海底が大西洋を横切るところにあたり, アフリカギニア沖のシエラレオネ海台から大西洋中央海嶺を経て, 南アメリカギアナ沖のセアラ海嶺から南アメリカのギアナまたはブラジル北部に至る。この海域では, 大西洋中央海嶺のドルドラムス断裂帯では花崗岩や花崗閃緑岩, 鉄はんれい岩など大陸地殻を構成する岩石が採集され (Kepezhinskis and Dmitriev, 1992) ている。赤道にはほぼ沿うロマンシェ断裂帯の西側頂部では中新世の浅海石灰岩で覆われ (Gasperini et al., 2001) . その東部では不整合面がみられ, その上を覆う中期晩新世～後期始新世のシルト層を構成する粗粒で角ばった石英粒子から近接した花崗岩質大陸の存在が示唆されている (Bonatti et al., 1996) .

ワルビス海嶺ーリオグランデ海膨ルート(2)は, アフリカのナミビア沖のワルビス海嶺から南緯 30°～40°の大西洋中央海嶺を経由してリオグランデ海膨から南ア



図 2 アフリカと南アメリカをつなぐ陸橋の位置。(1)～(3): 文章の中の陸橋のルート。水深約 4,000 m の等深線に沿って描かれている。黄色と緑が陸地, 水色が陸地または浅海, 青が深海。

メリカに至るものである。ワルビス海嶺の深海掘削地点 526 では前期漸新世と中新世の地層の間に不整合があり (Shipboard Scientific Party, 1984), リオグランデ海膨では花崗岩の露岩が発見されている (北里, 2014)。リオグランデ海膨では、さらに 22~5 億 4,000 年前の深成岩と変成岩類がドレッジされ、始新世に隆起してその頂部が陸上浸食されていたことが明らかになっている (Santos et al., 2019)。

ルート(3)のアフリカ南端のケープからアグルハス海嶺を通り南緯 45°付近の大西洋中央海嶺を經由してフォークランド海台に至るルートである。その中央海嶺南端部のブーベ三重合点に近い中軸部で、太古累代~前期原生累代の大陸基盤が推定されている (Kamenetsky et al., 2001)。フォークランド海台では、原生累代の基盤岩からなり後期白亜紀に陸上噴出した玄武岩溶岩が深海掘削で得られている (The Shipboard Scientific Party and Burns, 1973; Shipboard Scientific Party, 1988)。しかし、フォークランド海台以外での陸域の証拠は今のところない。

オーストラリアの有袋類

現在、有袋類は、南アメリカとオーストラリアに生息し、化石群の分岐系統と現生群の分子系統学的解析から、アメリカ有袋類 (アメリデルフィア) とオーストラリア有袋類 (オーストラリデルフィア) の 2 つのグループに大別されている。遠藤 (2018) によれば、後獣類 (有袋類) と真獣類 (有胎盤類) の分子遺伝学

からの分岐年代は 220-180 Ma (ジュラ紀) とされ、浅めの推定として 135 Ma (白亜紀初期) とされている。また、古い系統の化石としては、最古の後獣類はシノデフィスが 125 Ma, ホロクレメンテシアが 110 Ma, 北アメリカ・アジア系統では Kokoepkllia が 98 Ma に北アメリカに分布していて、真獣類では 160-110 Ma までの化石がある。分子遺伝学からの年代はこれら化石証拠と比較して、一見、古すぎる印象をうける、としている。

これらのことから、白亜紀には後獣類と真獣類が共存していたことになる。化石の証拠から有袋類は北アメリカで進化し、北アメリカと南アメリカは後期白亜紀のある時期に陸つづきになっていて、北アメリカの後獣類が南アメリカに移住して放散したと考えられている。

有袋類の進化の順序では、南アメリカの系統が最初に出現し、オーストラリア有袋類が南アメリカで発生した (Beck, 2008, 図 3)。そしてその後に、後期白亜紀から暁新世初期 (67-63.4 Ma) にかけて、南アメリカからオーストラリアへ移動したとされる。そして、南アメリカのパタゴニアの始新世の地層と南極半島の地層からオーストラリア有袋類の化石が産出していることから、オーストラリア有袋類は南極を経由したと考えられる (Beck, 2008)。

したがって、オーストラリア有袋類が南極を経由してオーストラリアに到着したのは、白亜紀と暁新世 (古第三紀) との境界付近の時期、いわゆる K-Pg 境界であ

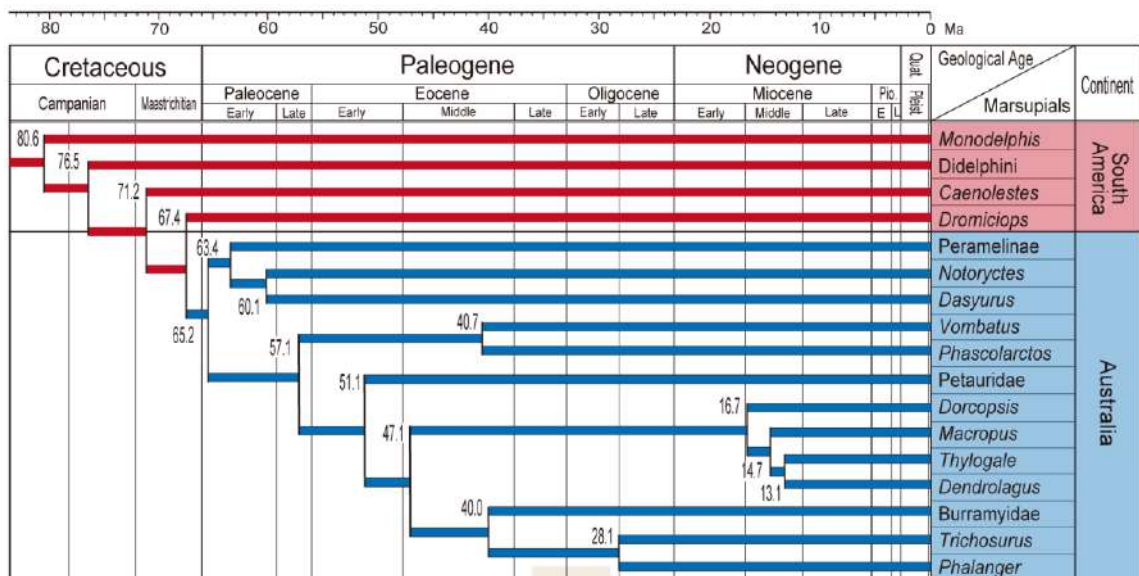


図 3 有袋類の分子系統と分岐年代 (Beck, 2008 による)。数字は分岐年代 (Ma)。

る。それ以降に南アメリカとオーストラリアの有袋類の交流がないことから、南アメリカと南極、または南極とオーストラリアが完全に海で隔てられたと考えられる。オーストラリア有袋類は、その後にオーストラリアまたは南極内で放散して、オーストラリアではとくに中期中新世の大陸の気候変化における草原の出現によってカンガルーなど草原性のグループの多様化が生じた (Martin, 2006)。

南極はいつ孤立したか

南アメリカと南極との間には、南アメリカ南端のフエゴ島からその東側のジョージア島、南サンドウィッチ諸島、そして西に折り返して南極のオークニ諸島から南極半島へと連なるドレーク海峡の島々、いわゆるスコチア弧がある。この島弧はかつての陸橋だったと古くから考えられていて、スコチア陸橋ともよばれる。一方、南極とオーストラリアの間をつなぐ隆起帯は、南極のロス海の西側から北西方向にのびて、太平洋南極海嶺の南西の延長部と交差して、オーストラリアのタスマン海膨の南に到達する。その隆起帯はタスマン海膨とは水深 4,500-5,000 m でなければ連続しないが、おそらくここにあった陸橋を有袋類は渡ったと考えられる (図 4)。

南極は現在、厚い氷床に覆われた氷の大陸であるが、南極に初めて氷床と山岳氷河が形成されたのは中期始新世のころで、始新世の中期と後期の境界では大規模な寒冷化が起こった (Prothero, 1994)。Prothero (1994) によれば、それは南極とオーストラリアの間のタスマン海に最初に浅い海洋循環が現れた時期にあたる。さらに初期漸新世には急激な寒冷化が起こり (Shackleton and Kennett, 1975 ; Wolfe, 1978), 中期中新世の 14 Ma に大規模な大陸氷床が発達したと推定されている (Kennett, 1982)。この後期始新世初め (約 37.8 Ma) の大規模な寒冷化は、南極とオーストラリアが完全に陸続きでなくなったことにより、南極が孤立した氷の大陸となった後に南極の周囲に形成され始めた南極循環極流によって引き起こされたと考えられている。

ペンギンはなぜ北極にいない

のペンギンは現在、太平洋の赤道付近のガラパゴス諸島に生息するガラパゴスペンギンをのぞいて、すべてが南極と南極周辺の南アメリカやアフリカ、オーストラリアの南端、ニュージーランドなどと南極圏の島々に生息している。

ペンギン目に一番近縁な現生鳥類はアホウドリなどが属するミズナギドリ目で、ペンギンとアホウドリは

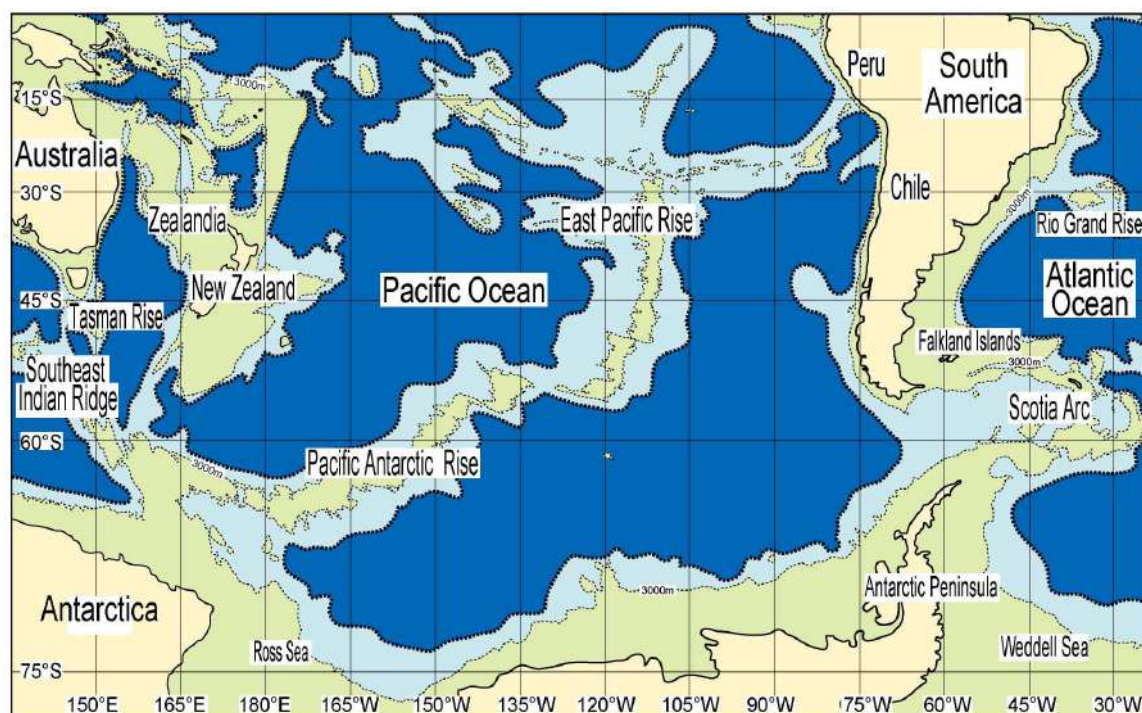
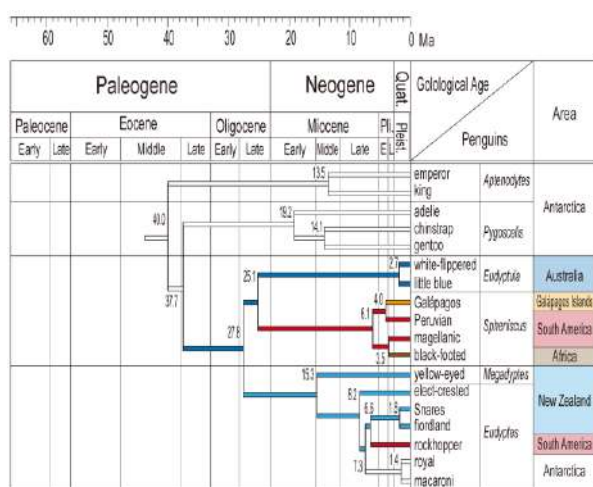


図 4 白亜紀後期の南極周辺の海底地形と南アメリカとオーストラリアを結ぶ陸橋の位置。水深約 4,000m の等深線に沿って描かれている。黄と緑が陸地、水色が陸地または浅海、青が深海。

約 71 Ma（白亜紀末期のマストリシチアン期）の共通の祖先を共有しているとされている。ペンギンの最古の化石は、ニュージーランドの約 62 Ma の前期暁新世の地層から発見されていて（Slack et al., 2006）、その骨格は現在のペンギンとよく似ている。暁新世の化石のほとんどはニュージーランドで知られているが、南極からも知られていて（Pelegrin et al., 2022）、暁新世から始新世にかけてニュージーランドと南極は同じ海岸線を共有していたと考えられる。

その後、ペンギンは中期始新世に南極でおもに進化して、地球規模の寒冷化にともない、南極の外に拡大していったと考えられる。ペンギンがなぜ北極にいないかは、ペンギンはもともと南極圏の寒冷な気候に適応することで、南極海の豊かな生物生産性を受益することができ、天敵となる他の肉食動物が適応できない寒冷地域に生息することにより進化・繁栄できたと考えられる。そのため、ペンギンはガラパゴス諸島を除いて温暖な北側の赤道地域まで生息範囲を広げられなかった。ペンギンが始新世から中新世に放散したときに、南と北の大陸がその時期に陸つづきになっていなかった（Prothero, 1994）ことも、ペンギンが北の大陸にいないことの原因だったと考えられる。

現在生息するペンギンの分子系統学の研究（Baker et al., 2005）では、南極に棲むオウサマペンギン属とジェンツーペンギン属と南極以外の南極圏に棲むその他の属との分岐年代が、今から 37.7 Ma（後期始新世）と示されている（図 5）。このことは、前述した南極環流が形成され、南極大陸が完全に孤立した時期（37.8 Ma）



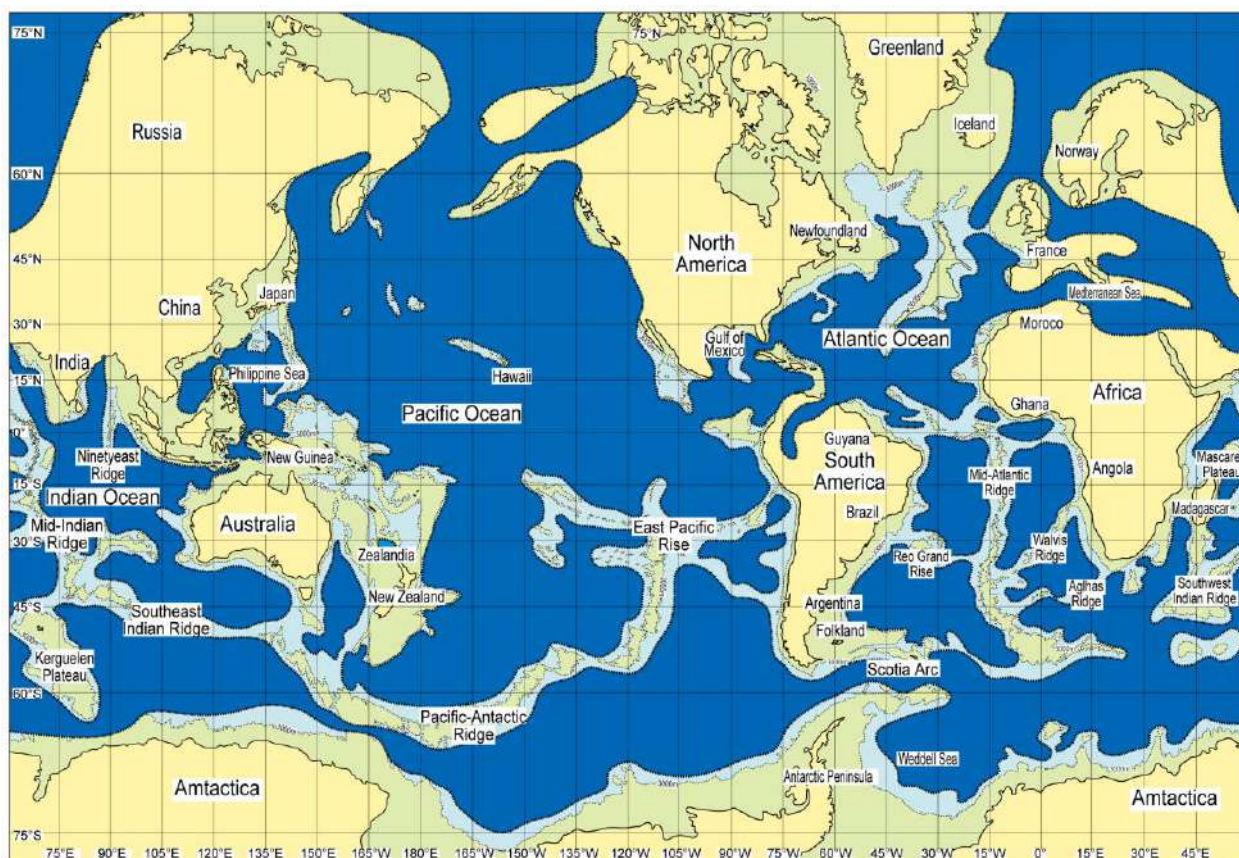


図 7 後期始新世から前期漸新世 (37.8–28.1 Ma) の大陸と海洋。太い点線で囲まれた水色と黄緑色の領域が陸地または浅海域で、青色の領域が海洋である。年代とともに、陸域は水没して減少し、海域の一部は隆起して陸域になる。

続していた可能性がある。このことから、オーストラリア有袋類が南アメリカから隔離されたとき (63.4 Ma) に沈水した陸橋は、南アメリカと南極をつないでいたスコチア陸橋と考えられる。そして、南極とオーストラリアまたはニュージーランドをつないでいた陸橋は、南極が孤立した 37.8 Ma には完全に沈水したと考えられる (図 7)。また、オーストラリア大陸とニュージーランドをつないでいた南極に面した陸橋は、27.8–25.1 Ma の間に沈水したと考えられる。

現在オーストラリアと南アメリカに棲むペンギンの祖先は、25.1 Ma に分岐したとされる。オーストラリアから南アメリカへの分散のために役割を果たした陸橋は、ペンギン以外の動物が利用できなかったと考えられ、おそらく遊泳するペンギンの生態を考えて島伝いの分散だった可能性がある。そのルートの候補としては、オーストラリア大陸の南側にある太平洋南極海膨とそれと連続する東太平洋海膨があげられる。筆者の海面上昇曲線 (図. 1-iv) では後期漸新世の海面の位置が約 5,000 m 低かったと想定されるので、それらの隆起帯は後期漸新世には連続した陸域または島々の連続として

存在した可能性があると考えられる。

始新世には、ニュージーランドの系統の多様化が顕著で化石も多数発見されていて、それらの近縁の化石が南アメリカのペルーの始新統からも発見されている。それらの化石から、ニュージーランドとペルーとのペンギン相が密接に関連していて、その関係は後期中新世まで継続していた (Pelegrin et al., 2022)。すなわち、その間にニュージーランドとペルーとの間をつないでいた陸橋は、東太平洋海膨の上にあった陸橋または島々が想定される。しかし、化石による分岐系統と現在生息するものの分子遺伝学的分岐では時代的な齟齬があり、今後さらなる検討が必要と思われる。

後期鮮新世～更新世以降に、ペンギンはアフリカや南極圏の島々に放散して分布するようになる。これはいわゆる更新世の氷河期になって南極周辺の急激な寒冷化と南極環流の劇的な発達と関連して、島伝いの移動によるものもあると思われる。

生物学者はしばしば島の固有種の海洋分散の方法として、海流による漂流をのべるが、現在のような海流はいつごろからあったのであろうか。海流は表層海水

の温度差や密度差、また海上の卓越風などによって形成される。現在のような地球の気候帯や海洋循環システムは、中期始新世以降に北大西洋のフェローズ諸島ーシェトランド諸島間の陸橋が沈水したことにより北極海の冷たい海水が深層水として大西洋を南下し、同時に南極のまわりに南極環流が誕生したことから形成されはじめた。そのような海洋循環システムが後期中新世に顕在化して、とくに更新世後半になって現在のような明確な気候帯や海流が形成されたと考えられる。したがって、始新世や漸新世、または中期中新世に、現在とまったく同じような海流があったわけではないと思われる。

走鳥類の進化と南極

ダチョウ (*Struthio*: *Struthionidae*) など飛べない鳥のグループは走鳥類とよばれ、南アメリカの飛べる鳥シギダチョウ類 (*Tinamus*: *Tinamidae*) も含めて古顎類に分類され、それ以外の現生鳥類すべてが属する新顎類と区別されている。この古顎類の鳥たちは、現在の分布ではダチョウがアフリカに、レア (*Rhea*: *Rheidae*) とシギダチョウが南アフリカ、エミュー (*Dromaius*: *Dromaiidae*) はオーストラリアに、ヒクイドリ (*Casuarus*: *Casuariidae*) はオーストラリアとニューギニアに、キーク (*Apteryx*: *Apterygiidae*) はニュージーランドに生息する。また、マダガスカル島とニュージーランドには人類がそこに渡ったところまでエピオルニス (*Aepyornithidae*) とモア (*Aepyornithidae*) という巨大な絶滅した走鳥類がそれぞれの生息していた。

これら現在生息する古顎類の鳥たちと、絶滅したエピオルニスとモアから核ゲノムの断片が回収され、古顎の信頼性の高い系統樹が再構築された (Yonezawa et al., 2017)。それによると古顎類の先祖は、小さな飛翔力のある鳥で、ローラシアに分布していたが、その中で現生古顎類に連なる系統の最初の分岐がおよそ 79 Ma (白亜紀コニナシアン期) にダチョウの祖先とそれ以外のものとの間に起こった。

ダチョウの祖先はその後ユーラシアで大型化して飛べない鳥となり、今から 20 Ma に陸つづきになったアフリカに進出して、ユーラシアでは最近になって絶滅した。もう一方のそれ以外のグループは、その子孫がゴンドワナ由来の南半球の大陸や島々に分布するので南方古顎類とよばれる。その南方古顎類の共通祖先

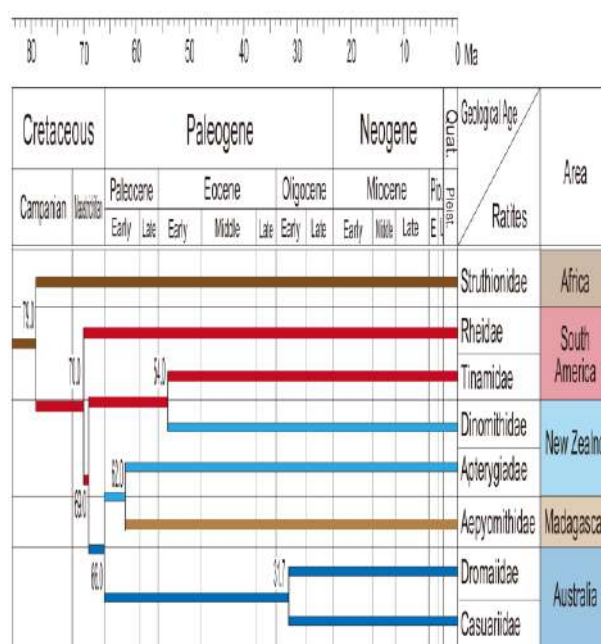


図8 走鳥類の分子系統と分岐年代 (Yonezawa et al., 2017 による)。数字は分岐年代 (Ma)。

はおよそ 70 Ma までに北アメリカから南アメリカに渡り、白亜紀と古第三紀の境界付近の時期に爆発的に種分化して南半球の大陸や島々に分散した (図8)。

南アメリカのレアの祖先がおよそ 7,000 万年前に最初に分岐し、残りのものの中でジギダチョウ+モアの祖先のグループと、エミュー+ヒクイドリ+キーク+エピオルニスの祖先のグループが 69 Ma に分かれた。前者のグループの南アメリカのシギダチョウの祖先とニュージーランドのモアの祖先が 54 Ma に分かれ、後者のグループの中からオーストラリアのエミューとヒクイドリの祖先が 66 Ma に分かれ、それ以外のものからニュージーランドのキークの祖先とマダガスカル島のエピオルニスの祖先がおよそ 62 Ma に分岐したと推定された。

南方古顎類のうちオーストラリア大陸のエミューとヒクイドリの祖先が白亜紀と古第三紀の境界付近の 66 Ma に分かれた時期は、オーストラリア有袋類が南アメリカから南極経由でオーストラリアに渡った陸橋が沈んだ時期と重なる。すなわち、オーストラリア有袋類と走鳥類のエミューとヒクイドリの祖先は、オーストラリア有袋類と同じ南極ルートを通して南アメリカからオーストラリアに渡ったと考えられる。

南アメリカ大陸のシギダチョウの祖先とニュージーランドのモアの祖先が 54 Ma に分かれたことから、ニ

ニュージーランドと南アメリカ大陸との結びつきが前期始新世まで継続していたことになる。そのルートはペンギンが漸新世に利用したニュージーランドの南から南アメリカ大陸のペルーにむかう太平洋南極海膨—東太平洋海膨とそれに連続する隆起帯が考えられる。筆者の海面上昇曲線では前期始新世の海面の位置が約 7,000 m 低かったと想定されるので、これらの隆起帯が陸上だった可能性がある。また、これら走鳥類の祖先はもともとある程度飛翔力をもっていて、島に隔離されて飛べなくなったとも考えられることから、他の動物が渡れなかった島伝いに、ペンギンと同じように分散できたのではないかとと思われる。

ニュージーランドのキウウィの祖先とマダガスカル島のエピオルニス祖先がおよそ 62 Ma (前期晩新世) に分岐したことについては、それ以前にニュージーランドとマダガスカル島が陸つづきになっていた可能性がある。そのルートとしてニュージーランドから南東インド洋海嶺と中央インド洋海嶺、マスカレン海台を經由してマダガスカル島に至る隆起帯が陸橋だった可能性がある。

マダガスカル島のキツネザルとレムリア大陸

マダガスカル島は、アフリカの南東のインド洋西部にある世界第 4 位の面積をもつ島で、アフリカ大陸とはモザンビーク海峡によって隔てられていて、その距離は約 400 km ある (図 9)。マダガスカル島は原生累代の花崗岩基盤からなる大陸で、霊長目の原猿類に属するキツネザル (レムール: Lemur) 類が棲む。このキツネザル類に近縁のサルがマダガスカル島だけでなく、そこから 5,000 km も東のアジアのスリランカ島やスマトラ島に生息することから、キツネザル類が分布するマダガスカル島から東南アジアにおよぶ広い地域が、かつて「レムリア大陸」とよばれた。

最古の霊長目は、ヨーロッパや北アメリカの暁新世の地層から化石として知られていて、分子遺伝学では他の哺乳類からの霊長目の分岐は白亜紀の中ごろまで遡るとされている。原猿類は、マダガスカル島にいるキツネザル類だけではなく、そのもっとも近縁とされるロリス類がアジアに生息するロリスとアフリカに生息するガラゴやポッターである。分子分岐学の研究 (Purvis, 1995) では、マダガスカル島のアイアイも含めてキツネザル類とガラゴやロリスなど他の地域の原

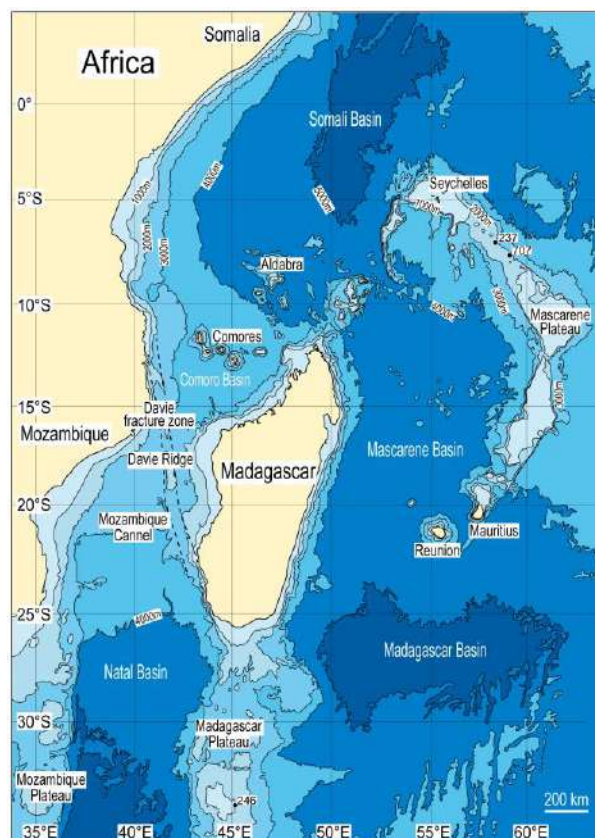


図 9 マダガスカル島周辺の海底地形。点線はアフリカとマダガスカルを結ぶデイビー海嶺。小さな黒丸と数字は深海掘削地点。

猿亜目との分岐は、約 40-20 Ma とされている。しかし、最近の分子分岐学の研究 (Federman et al., 2015) では、キツネザル類とロリス類が約 62 Ma (前期晩新世) に、アイアイとキツネザルが 55 Ma (前期始新世) に分岐し、36.5 Ma (後期始新世) にマダガスカル島のキツネザル類が大きく 3 つのグループに分かれて放散したとされた (図 10)。このことは、アイアイを含むキツネザルが 62 Ma から 55 Ma, あるいは 55 Ma から 36.5 Ma の間にマダガスカルに移動したことを示唆している。

プレートテクトニクス説によると、マダガスカル島はゴンドワナ大陸が前期白亜紀の約 120 Ma に分裂したときに、アフリカ大陸から分離したとされる。しかし、この大陸分裂の年代は、原猿類の分子分岐年代とは相当にかけ離れて古く、プレートテクトニクス説によってキツネザル類がマダガスカル島に隔離されたという説明はできない。

モザンビーク海峡にあるデイビー海嶺は、片麻岩やアルコース砂岩などの基盤岩からなり、この頂部では中期始新世 (約 45 Ma) から後期漸新世 (26 Ma) にかけて陸上浸食を受けていて、その期間にこの海嶺が陸

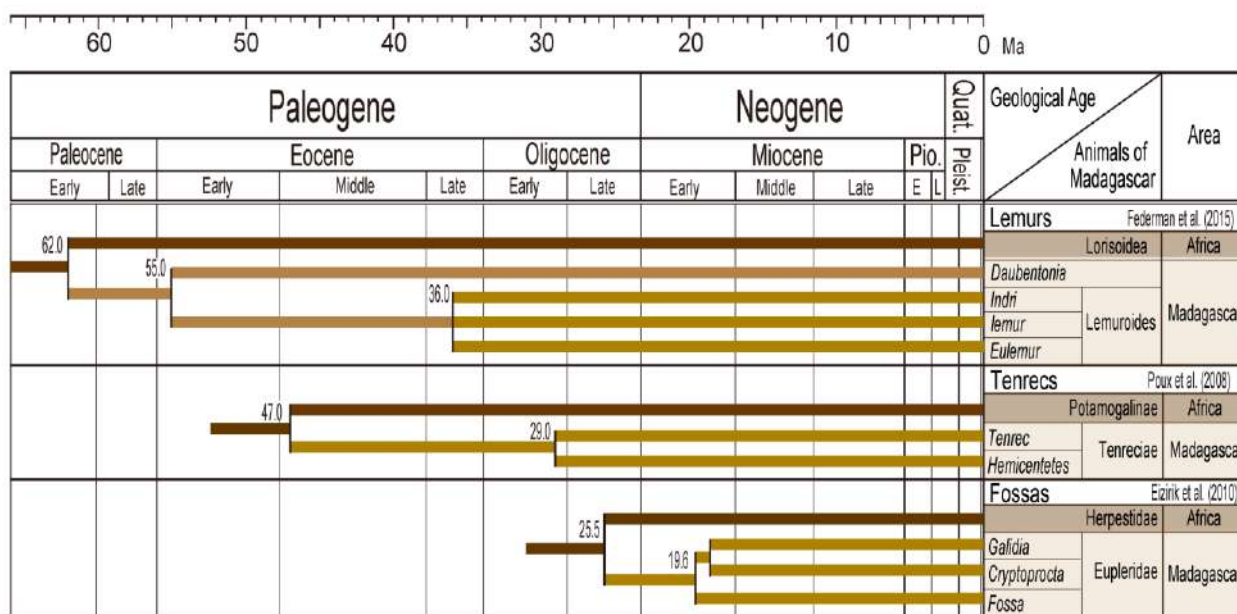


図10 キツネザル (Federman et al., 2015) とテンレック (Poux et al., 2008), フォッサとその他の肉食動物 (Eizirik et al., 2010) の分子系統と分岐年代. 数字は分岐年齢 (Ma).

橋の役割を果たしていた可能性がある (McCall 1997). おそらく, マダガスカル島のキツネザル類は, 今から約 40-26 Ma の間に, モザンビーク海峡のデイビー海嶺にあった陸橋を渡って, マダガスカル島に came と考えられる.

マダガスカル島のその他の哺乳類

現在, マダガスカル島には, キツネザル類のほかに, テンレック類, フォッサなどの食肉類, 齧歯類, コビトカバ, コウモリなどの固有の哺乳類が生息する. また, その他にゾウガメもいて, かつてはエピオルニス科の飛べない走鳥類もいた.

テンレックス類については, マダガスカル島のテンレック亜科とアフリカのポタモンガーレ亜科の分岐が約 47 Ma, マダガスカル島のテンレック類の内部における一番古い分岐が 29 Ma と推定されている (Poux et al., 2008). そのため, マダガスカル島のテンレック類の祖先は 47-29 Ma (中期始新世～前期漸新世) までの間にマダガスカル島に渡ったことになり, その渡来年代の期間はキツネザル類の渡来時期と重なる. なお, すでに絶滅したマダガスカルツチブタについては, 最近ではそれが管歯目のツチブタに属するものではなく, テンレックス亜科の祖先から進化したものであるとされている.

マダガスカル島には, 肉食獣のフォッサ, ワオマン

グース, マダガスカルジャコウネコなどがいる. この食肉目の動物は, 系統的にマダガスカルマングース科という一つのグループにまとまり, 一番近縁なものはマングース科になる. これら食肉目の動物の分子遺伝学的研究では, マングース科とマダガスカルマングース科の分岐年代が 25.5 Ma (後期漸新世) とされる (Eizirik et al., 2010). それはデイビー海嶺が陸橋だった最後の時期にあたる. それはデイビー海嶺の陸橋が沈水した時期と重なる.

ガラパゴス諸島とゾウガメ

ガラパゴス諸島は 13 の島々からなり, 赤道太平洋東部の中央アメリカからつづくココス海嶺の上にある (図 11). ガラパゴス諸島がのるココス海嶺は, プレートテクトニクス説では現在のプレートの湧き出し口とされ (Hay, 1977), もっとも古い島でも 3-5 Ma に形成されたといわれる (Cox, 1983). ガラパゴス諸島には, 海イグアナや陸イグアナ, 巨大な陸ガメであるガラパゴスゾウガメ, オオトカゲ, ヤモリ, ヘビなどの爬虫類とコウモリやネズミ, ダーウィンフィンチなど固有の陸生動物がいて, 固有の植物相もある. また, それぞれの動物はいくつかの島ごとに種や亜種に分化している.

そのうちゾウガメは, ガラパゴス諸島以外に, 南アメリカとバハマ諸島, アフリカ大陸, マダガスカル島,

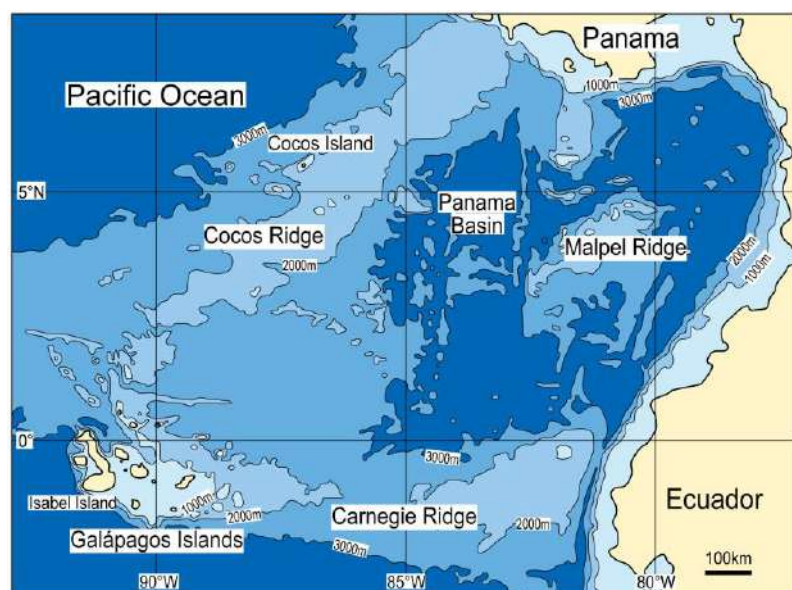


図 11 ガラパゴス諸島とその周辺の海底地形。南アメリカ大陸とガラパゴス諸島は等深線 3,000m で連続している。

西インド洋のセイシェル諸島やマスカレン諸島南部のモーリシャス島などに生息する (Vries, 1984)。ガラパゴス諸島のゾウガメは, *Chelonoidis niger* に含まれる 15 亜種が確認されていて, 同じ属のものは南アメリカとバハマ諸島に生息する (Kehlmaier et al., 2023)。

また, ネズミ類はガラパゴス諸島で 3 つの固有属が認められていて, それらは北, 中央, 南アメリカに生息しているネズミ類の極端に多様化したグループとされる (Clark, 1984)。ガラパゴス諸島の植物相は, その構成において近くの大陸のそれと非常に異なっていて, 近くの大陸で数多く重要ないくつかの植物相の科がこの諸島では欠如していて, 最近に漂流してきたものでないことを示している (Eliasson, 1984)。

地質学者はプレートテクトニクス説を用いて, ガラパゴス諸島が最近に形成された火山島だと説明し, 生物学者はそのような遺存種の祖先が筏にのって漂流してガラパゴス諸島に最近来たと説明している。筆者は, ガラパゴス諸島に生息する生物たちの祖先が古い起源をもつことという理由から, このような地質学者と生物学者のガラパゴス諸島とそこに生息する生物たち生い立ちについての説明がまったく信じられないものであると考える。

インド洋西部の島々のゾウガメ

ゾウガメの遺伝子のミトコンドリア解析の最近の研究結果 (Kehlmaier et al., 2023) から, ゾウガメ類がアフ

リカの近縁種から約 43.03 Ma (中期始新世) に分岐したことが明らかになった。そして, 最初にマスカレン諸島南部のモーリシャス島, ロドリゲス島, レユニオン島に生息していたゾウガメ (*Cylindraspis* 属) が, 多様なカメ属の群れと 39.10 Ma (中期始新世) に最初に分岐した。すなわち, *Cylindraspis* 属は, 最初に他のアフリカ, マダガスカル, セイシェル, アルダブラ環礁, インド, 南アメリカ, ガラパゴス諸島, バハマのリクガメと分岐した (図 12)。

つぎに分岐したのが, マダガスカル島ーアルダブラ環礁ーセイシェル諸島に生息するおもに *Aldabrachelys* 属のグループで, アフリカ, インド, 南アメリカ, ガラパゴス諸島, バハマ諸

島のカメ属を含む姉妹グループから 3,430 万年前の始新世最末期に分岐した。この最初と 2 番目の分岐は, すでにのべたマダガスカル島のキツネザル類などの哺乳類の分岐年代と重なり, アフリカ東岸とマスカレン諸島とマダガスカル島をつなぐ陸橋が, 海面上昇により沈水した結果と考えられる。

マダガスカル島と, アルダブラ環礁とセイシェル諸島のゾウガメ類は, 15.66 Ma の中期中新世にそれぞれの島で固有種として分岐した。このことは, マダガスカル島とアルダブラ環礁, セイシェル諸島が中期中新世まで陸橋でつながっていたことを示している。筆者の海面上昇曲線では, 中期中新世の海面の位置は現在の海面から約 3,800 m 低いことから, これらの島々はそのころまで陸地でつながっていた可能性がある。

コモロ諸島やマダガスカル島, セイシェル諸島にはカエルがいて, それらはアフリカからマダガスカル島にかけて, またマダガスカル島からセイシェル諸島にかけて漸新世～中新世の間に複数回の海洋分散を行った結果であると考えられている (Vences et al., 2003)。しかし, このカエルの分布については, アフリカからマダガスカル島を経てセイシェル諸島に至る陸橋を考えるべきである。カエルが通った陸橋は, ゾウガメが通った始新世～中期中新世の期間に存在したであろう。

南アメリカとガラパゴス諸島のゾウガメ

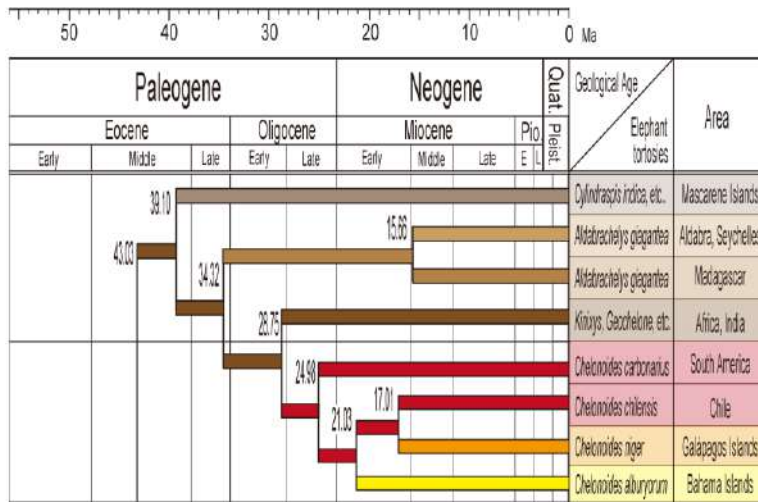


図 12 ゾウガメの分子系統と分岐年代 (Kehlmaier et al., 2023 による). 数字は分岐年代 (Ma).

ゾウガメの遺伝子解析の結果 (Kehlmaier et al., 2023)

では、アフリカとインドのゾウガメと、南アメリカとガラパゴス諸島のゾウガメの分岐年代が 28.75 Ma (前期漸新世末期) となっていて、南アメリカのカメとガラパゴス諸島とチリ・バハマ諸島のゾウガメとの分岐が 24.98 Ma (後期漸新世) となっている。このことは、ゾウガメが漸新世の 28.75-24.98 Ma の間に、アフリカから南アメリカに渡ったことを示している。この大陸間の移動、すなわち大西洋にかかっていた陸橋に関しては、同じころに大西洋を渡った南アメリカの広鼻猿類とカビモルファ齧歯類の項で議論したい。

南アメリカに渡ったゾウガメたちは、ガラパゴス諸島とチリ、バハマ諸島のカメの祖先のグループとそれ以外のグループに 24.98 Ma に分かれた。そして、ガラパゴス諸島とチリのグループと、バハマ諸島のグループに 21.03 Ma の前期中新世に分岐した。ガラパゴス諸

島のものとチリのものとの分岐は、17.01 Ma (前期中新世) に起こったとされる (Kehlmaier et al., 2023)。すなわち、ガラパゴス諸島のゾウガメが、チリのグループと分岐したときに、ガラパゴス諸島は南アメリカから孤立したとことになり、その時期は今から 17.01 Ma の前期中新世だったと考えられる。

ガラパゴス諸島は、中央アメリカのコスタリカからつづくココス海嶺の南端にあるが、南アメリカからはエクアドルの西側にあるカーネギー海嶺の西端にも位置している。おそらく、ガラパゴス諸島は前期中新世まで南アメリカとカーネギー海嶺の頂部にあった陸地であ

ながっていて、ガラパゴスゾウガメの祖先は、その陸地を渡ってガラパゴス諸島に来たと思われる。そして、前期中新世末期に起こった海面上昇によって南アメリカとカーネギー海嶺の間が沈水して、ゾウガメたちはガラパゴス諸島に孤立したと考えられる (図 13)。前期中新世にカーネギー海嶺またはココス海嶺の頂部にあった陸地に棲んでいたゾウガメは、海面の上昇によって、より高い限られた場所に生息するようになり、それが島となり、徐々に上昇する海面に対して、その島の隆起と火山活動により島でありつづけたところにゾウガメが生き残った。そのため、それぞれの島で亜種が生まれたと考えられる。すなわち、ガラパゴス諸島の地形断面は、まさにそこに生息する生物の系統樹でもある。

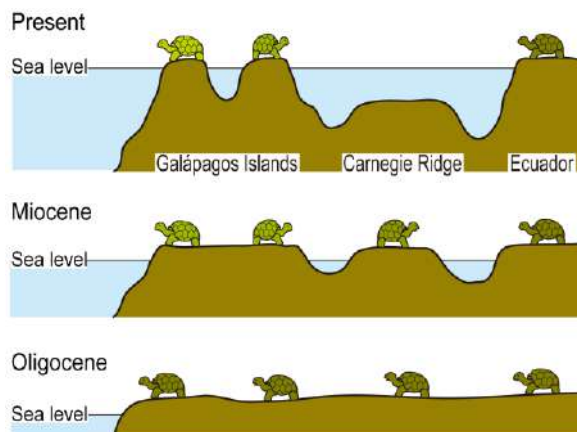


図 13 ガラパゴスゾウガメの祖先が渡った陸橋とその水没。

バミューダ諸島に陸ガメがいた

バミューダ諸島は約 150 のサンゴ礁と岩礁からなり、北アメリカ大陸から 1,200 km も離れた絶海の孤島である。バミューダ諸島は、北アメリカ大陸から水深 5,000 m の等深線でないとつながらないような深い海底に囲まれている (図 14)。こんなバミューダ諸島の更新世の地層から陸ガメの化石が発見され、この陸ガメは絶滅した北アメリカのニシガメ (*Hesperotestudo*) 属の新種とされた (Meylan and Sterrer, 2000)。ニシガメ属は、前期中新世から後期更新世にかけて北と中央アメリカに自生した絶滅した陸ガメで、甲羅の長さが現存するゾウガメよりも大きいものもある。

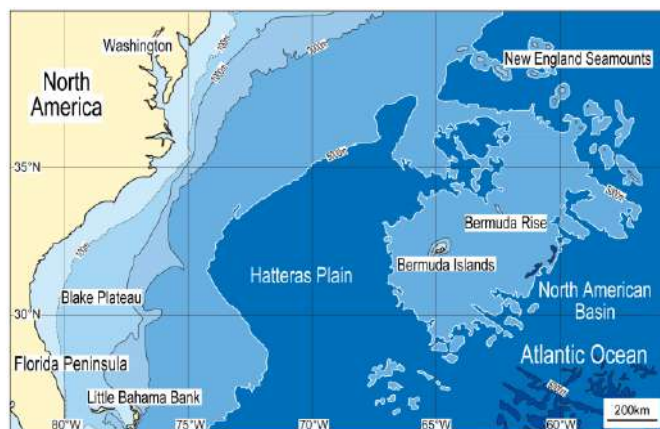


図 14 バミューダ諸島周辺の海底地形。水深 5,000 m の等深線（白線）がバミューダ諸島と北アメリカ大陸を結んでいる。

バミューダ諸島で陸ガメの化石を発見した研究者は、このカメが海洋分散をしてこの島に到達したと結論した (Meylan and Sterrer, 2000)。しかし、陸生動物が化石として保存される確率はとても少なく、化石があるということは、この島にはこの化石になったこの陸ガメがとても多く生息していたことになる。Van der Gree et al. (2010) は、島嶼の動物相が不均質と貧困を特徴としており、その特徴から島への渡来については強いフィルター作用があったとして、陸橋による渡来を否定している。しかし、それは島に渡来できる陸橋が形成されていた時間が短かったり、その自然環境が限られたものであったことと、さらに島嶼に隔離された後の島の縮小や環境変化などで適応できた種類が限られ、新たなニッチの構成によりその中で固有種が形成されてきたことが原因だったと考えられる (柴, 2020 ; Shiba, 2021)。

筆者の海面上昇曲線では、後期漸新世～前期中新世の初めの海面の位置は 5,100～4,800 m の範囲にあることから、この時期にバミューダ諸島の陸ガメの祖先が、北アメリカ大陸からその島に陸橋を渡って来きた可能性は否定できない。

大西洋を渡った新世界ザルとテンジクネズミ

南アメリカに現在、広く生息する真猿亜目の広鼻猿類と齧歯目のテンジクネズミ類のそれぞれの祖先が、始新世から漸新世の間に大西洋を渡ってアフリカから南アメリカに渡った (高井, 1995) とされている。現在生息する霊長目は、キツネザル類とメガネザル類からなる原猿亜目と、広鼻猿類と狭鼻猿類からなる真猿亜目の 2 つに分けられる。広鼻猿類は、オマキザルの

仲間からなり、鼻の穴が左右に広がっていることからその名が付き、南アメリカにのみに生息していることから、新世界ザルといわれる。

新世界ザルの化石が南アメリカから発見されるのは、今から約 25 Ma 以降の地層からで、それまで南アメリカには霊長類の化石がまったくない。このことから、新世界ザルの起源が謎とされてきた。新世界ザルの起源に関して、北アメリカから来たという説があるが、北アメリカには原猿類の化石はあるものの、真猿類の化石さえないことと、新世界ザルが誕生したところには北と南アメリカ大陸が陸でつながっていなかったということから、この説は採用されていない。もう一つの説として、アフリカの原始的な真猿類がアフリカから大西洋を渡って来たのではないかという説が、現在では有力視されている (高井, 1995)。

一方、南アメリカにはテンジクネズミ類が生息している。テンジクネズミ類には、モルモットやカピバラなどがあり、それらはヤマアラシ顎亜目に含まれる。このテンジクネズミ類が含まれるヤマアラシ顎亜目は、南アメリカとアフリカに分断されて生息していることから、齧歯類の祖先がアフリカから南アメリカに移動して多様化したことを示唆している。

化石記録と現生種の遺伝子解析の研究 (Poux et al. 2006) から、広鼻猿類が 37 と 16.8 Ma の間 (後期始新世～前期中新世) に、テンジクネズミ類は 45.4 と 36.7 Ma の間 (中期～後期始新世) にアフリカから大西洋を横断して、南アメリカで放散したと推定されていて、両者が同時に南アメリカに到着した可能性もある。

これら新世界ザルとテンジクネズミ類が南アメリカに渡ったときに、南アメリカはすべての大陸から孤立していたと考えられていることから、それらは流木の浮島のような筏にのって、今よりも両大陸間の距離が短かった大西洋を横切って移動した (ディケイロス, 2017) と考えられている。しかし、これまでのべてきたように、陸生動物が海を渡ることができないので、このような海洋分散説では新世界ザルとテンジクネズミ類の南アメリカへの移動は説明できない。

新世界ザルが渡った大西洋の陸橋

新世界ザルとテンジクネズミ類が同時にアフリカから南アフリカへ到達したとすると、遺伝子解析の研究

(Poux et al., 2006) が推測した両者の分岐年代から、その範囲が重なる後期始新世の 3700 万～3670 万年前の間となる。また、同じようにアフリカから南アメリカに渡ったゾウガメがアフリカのゾウガメとの分岐した年代、すなわち南アメリカへの到達年代の範囲は 2880 万～2495 万年前の間（前期～後期漸新世）である (Kehlmaier et al., 2023)。これら両者の年代にはずれが生じている。

分子遺伝学の解析からの分岐年代推定には、生物の各タクサの分岐順序はわかるものの、それらの分岐の年代についてはその系統の化石の産出年代と、分岐年代の解析方法が重要な要素となり、それらが異なると大きな差異が生じる。化石はいつの時代でもどこでも、どんな種類でも発見されるわけではなく、生物が化石として地層の中に残される確率は少なく、また保存のよい化石が発見されることも稀有なことである。そのため、化石の記録は不完全であり、分岐を考察する上で重要な化石が発見されていない場合、その分岐年代の精度もおおまかなものにならざるを得ない。

また、陸橋の存在期間については、陸橋の地域の隆起量と海面上昇量により、時期によっては一部沈水して陸橋が途絶えたり、再度つながったりすることもあったと考えられる。アフリカと南アメリカとをつなぐ陸橋については、図.2 の (1) の現在の赤道大西洋中央海嶺地域ルート、(2) のその南のワルビス海嶺ーリオグランデ海膨ルート、(3) のアグラス海嶺ーフォークランド海台ルートである。どれも現在水深 5,000 m より浅い海底で連続するところで、筆者の海面上昇曲線では後期始新世～漸新世末期までの海面の位置が現在より 5,700～4,700 m 低い範囲なので、古第三紀ころに大西洋を横断する陸橋が存在した可能性がある。

現在のところ、新世界ザルとテンジクネズミ類と、ゾウガメたちが渡った大西洋を横断する陸橋の正確な位置は不明である。しかし、始新世から漸新世の間に、これらの陸生動物たちが渡った陸橋が大西洋に存在したことは、現在の生物の分布から確かなことである。

カリブ海に沈んだ大陸

カリブ海は中央アメリカの東にあり、西インド諸島に囲まれた海である (図 15)。西インド諸島は、バハマ諸島と大アンティル諸島、小アンティル諸島から構成される。大アンティル諸島は、おもにキューバ島、イスパニョーラ島、ジャマイカ島、プエルトリコ島からなり、小アンティル諸島は北部のリーワード諸島と南部のウィンドワード諸島からなり、東カリブともよばれる。カリブ海にはその他にもユカタン半島や南アメリカ北部のベネズエラ沖合に多数の島々がある。

大アンティル諸島には、かつて 5 種類の新世界ザルが生息していて、現在、これらの霊長類はすべて絶滅している。また、その他にもアンティル諸島の陸生哺乳類の化石として、テンジクネズミ類、大型のナマケモノ、ソレノドン類の無盲腸類は、初期中新世までにすでにアンティル諸島の一つまたは複数の島に存在していたと考えられている。

化石とその DNA 解析から、大アンティル諸島のジャマイカ島から発見されたすでに絶滅した新世界ザルのひとつが今から 1,850 万～1,750 万年前の前期中新世にカリブ海地域に生息していたことが明らかになった (Woods et al., 2018)。そして、それらは、始新世から漸新世の間に、大アンティル諸島北部が南アメリカ北東部と陸つづきになっていたこと、そしてそれらは南アメリカからその陸地を渡って来たことが明らかにさ

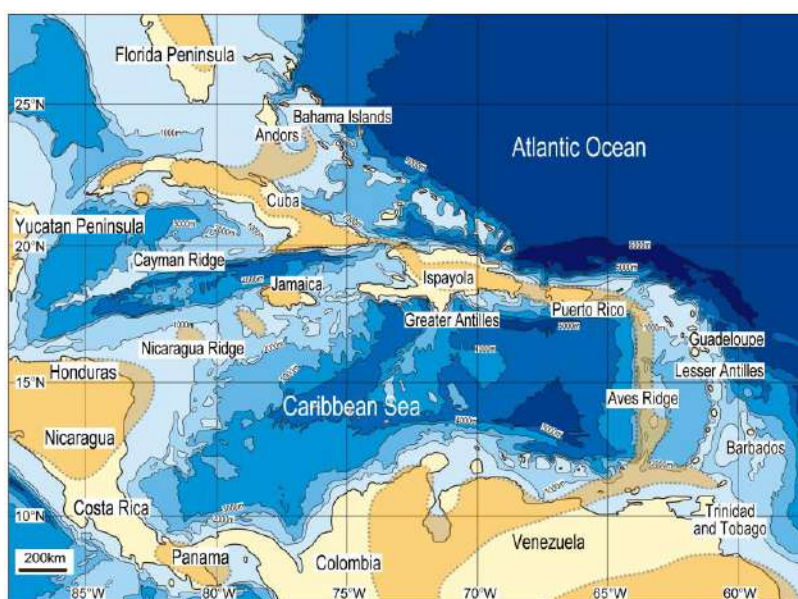


図 15 カリブ海の島々と海底地形。点線で囲まれた薄いオレンジ色の領域は Macphee and Iturralde-Vinenta (2000) が想定した始新世から漸新世の陸域である。

れた。この陸地は小アンティル諸島の西側に平行するアベス海嶺を含む半島状の陸地で、一時的につながっていたと考えられ、その陸地はゲールランディア (GAARlandia) とよばれる。この陸地は漸新世のころまで大規模な隆起をつづけ、その後は全般的に沈水したと考えられている (Ituralde-Vinent and MacPhee, 1999)。

大アンティル諸島および小アンティル諸島には、ゾウガメはじめ、120 種をこえるアノールトカゲも生息している。アンティル諸島のゾウガメは、前期中新世の 21.03 Ma にガラパゴス諸島とチリのグループとに分岐した (Kehlmaier et al., 2023)。このゾウガメの分布を考えると、おそらくカリブ海にあったゲールランディアは前期中新世まで存在していたと考えられる。しかし、カリブ海の島々の生物、とくにその陸生動物の起源と生態についてはまだ多くの未解決な問題が残されていて、生物地理学のホットスポットになっている。

陸生生物の分布と沈んだ陸橋

これまでみてきたように、陸生動物、とくに今から 66 Ma 以降の新生代における陸生動物の分布は過去の海水準の位置の変化、すなわち近似的には現在の水深分布と密接に関連していると考えられる。大西洋やインド洋、太平洋の大陸縁辺地域の水深 3,000 m より浅い海底のほとんどは、始新世または漸新世までは陸域であり、中新世以降に深い海底になったと考えられる。したがって、暁新世や後期白亜紀には現在の海底の広い部分が陸地（大陸）だった可能性がある。そして、それらかつての大陸は、地殻の隆起、すなわち星野 (1991, 2014) が述べた地球の微膨張による海面の上昇によって、段階的に海に沈んでしまったと考えられる。

現在の海底の広い部分が陸地（大陸）だったということは、現在の地球の海水量が変わらなかったとすると、その海水量を満たすために現在の大陸の部分が海底だったか、海底がより深かったということになる。過去の深い海底については、おそらく太平洋がその役割の多くの部分を担っていたと考えられ、とくに新第三紀以降の堆積物が海底をほとんど覆っていない北東太平洋の深海底 (ワシリエフ, 2006) はかつて相当深い海底だったと考えられる。

海底でも陸上と同じように隆起するところとあまり

隆起しないところ、またそれらが隆起する時期もさまざままで、隆起の時期とその時の海水準の位置との関係で、そこが陸上だったか海底だったかが決まる。また、隆起とともに火山活動がある場合もあり、火山活動で地形的に海面より高い火山島などの地形がつくられて、ガラパゴス諸島のようにそこに棲みつづけられた幸運な遺存種たちもある。

本稿では、最近の分子系統学の成果をもとに、おもに陸生動物の各大陸や島々との間の移動について、プレートテクトニクス説にもとづく大陸分断説と稀有な偶然による海洋分散説ではなく、陸橋による説明を試みた。この陸橋の存在の可能性は、深海掘削などの成果と石油地質学が明らかにした地層形成メカニズムから推定したジュラ紀末以降の海水準上昇曲線により、過去の海水準の位置が相当に低かったことから導かれた。生物はそれぞれの生息範囲の自然環境の中で分布を拡大する。生物の移動や分布の分離については、その考えを基本に考えるべきであり、本稿ではその考えをもとに大洋底に存在した陸生動物が渡った陸橋を推定した。

それらには、オーストラリアの有袋類と走鳥類が白亜紀末期に南極に渡ったスコチア陸橋と、南極からオーストラリアに渡った陸橋がある。その南極とオーストラリアをつなぐ陸橋は、南極が完全に海で囲まれて孤立した後期始新世までペンギンが利用した。ニュージーランドのペンギンが始新世に南アメリカに渡った太平洋南極海膨—東太平洋海膨の陸橋は、南アメリカの走鳥類も始新世にニュージーランドに渡るときに使ったらしい。アフリカ大陸とマダガスカル島の陸橋は、中期始新世から後期漸新世の間に陸だったモザンビーク海峡のデイビー海嶺と考えられ、それを使ってキツネザル類やテンレック類、フォッサなどの食肉類、齧歯類、ゾウガメのそれぞれの先祖が渡ったと思われる。ガラパゴス諸島のゾウガメの先祖は、前期中新世まで南アメリカとガラパゴス諸島を陸でつなげていたカーネギー海嶺を使って渡ったと考えられる。南アメリカの新世界サル類とテンジクネズミ類のそれぞれの祖先は、始新世から漸新世の間に大西洋中央海嶺にあった陸橋を渡ってアフリカから南アメリカに渡ったと考えられる。

文 献

- Baker, A. J., S. L. Pereira, O. P. Haddrath and K.-A. Edge (2005) Multiple gene evidence for expansion of penguins out of Antarctica due to global cooling. *Proc. R. Soc. B*, 273, 11-17.
- Beck, R. M. D. (2008) A dated phylogeny of Marsupials using a molecular supermatrix and multiple fossil constraints. *Jour. Mammalogy*, 89, 175-189.
- Bonatti, E, M. Ligiet, A. M. Boresetti, I. Gasperini, A. Negri and R. Sartori (1996) Lower Cretaceous deposits trapped near the equatorial Mid-Atlantic Ridge. *Nature*, 380, 518-520.
- Clark, D. A. (1984) Native land mammals. In: Perry, R. (ed) *Galápagos: Key Environments*, Pergamon Press, Oxford, 225-231.
- Cox, A. (1983) Ages of the Galápagos Islands. In: Bowman, R. I., M. Berson and A. E. Leviton (eds) *Patterns of Evolution in Galápagos Organisms*, American Association for the Advancement of Science, Pacific Division, 11-24.
- ディケイロス (2017) サルは大西洋を渡った 奇跡的な航海が生んだ進化史. みずす書房, 東京, 412p [柴田裕之・林 美佐子: de Queiroz, A. (2014) *The Monkey's Voyage. How Improbable Journeys Shaped the History of Life*. Basic Books, Massachusetts]
- Eizirik, E., W. J. Murphy, K.-P. Koepfli, W. E. Johnson, J. W. Drago, R. K. Wayne and S. J. O'Brien (2010) Pattern and timing of diversification of the mammalian order Carnivora inferred from multiple nuclear gene sequences. *Mol. Phylogenet. Evol.* 56, 49-63.
- Eliasson, U. (1984) Native climax forest. In: Perry, R. (ed) *Galápagos: Key Environments*, Pergamon Press, Oxford, 101-114.
- 遠藤秀紀 (2002) 哺乳類の進化. 東京大学出版会, 383p.
- 遠藤秀紀 (2018) 有袋類学. 東京大学出版会, 272p.
- Federman, S., A. Dornburg, D. C. Daly and A. L. Baden (2015) Implications of lemuriform extinctions for the Malagasy flora. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 113, 5041-5046.
- Gasperini, L., D. Bernoulli, E. Bonatti, A. M. Boresetti, M. Ligi, A. Negri, R. Sartori and S. Kalis (2001) Lower Cretaceous to Eocene sedimentary transverse ridge at Romanche Fracture Zone and the opening of the equatorial Atlantic. *Marine Geology*, 176, 101-119.
- Haq, B. U., J. Hardenbol and P. R. Vail (1987) Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic. *Science*, 235, 1156-1166.
- 長谷川政美 (2020) 進化 38 億年の偶然と必然—生命の多様性はどのようにして生まれたか. 国書刊行会, 東京, 415p.
- Hay, R. (1977) Tectonic evolution of the Cocos-Nazca spreading center. *Geol. Soc. America Bull.*, 88, 1404-1420.
- 星野通平 (1991) 玄武岩時代 地質学の諸カテゴリー. 東海大学出版会, 東京, 56p.
- Hoshino, M. (2014) *The History of Micro-Expanding Earth. History of the Earth from viewpoint of Sea Level Rise*. E. G. Service, Sapporo, 234p.
- Iturralde-Vinent, M. A. and R. D. E. MacPhee (1999) Paleogeography of the Caribbean region: implications for Cenozoic biogeography. *Bull. Amer. Mus. Nat. Hist.* 238, 1-95.
- Kamenetsky, V. S., R. Mass, N. M. Sushchevskaya, M. D. Norman, I. Cartwright and A. A. Peyve (2001) Remnants of Gondwanan continental lithosphere in oceanic upper mantle: Evidence from the South Atlantic Ridge. *Geology*, 29, 243-246.
- Kehlmaier, C., E. Graciá, J. R. Ali, P. D. Campbell, S. D. Chapman, V. Deepak, F. Ihlow, N.-E. Jilil, L. Pierre-Huyet, K. E. Samonds, M. Vences and U. Fritz (2023) Ancient DNA elucidates the lost world of western Indian Ocean giant tortoises and reveals a new extinct species from Madagascar. *Science Advances*, 9 (2), doi: 10.1126/sciadv.abq2574
- Kennett, J. (1982) *Marine Geology*. Prentice-Hall, Inc., Hoboken, 813p.
- Kepezhinskas, P. and D. Dmitriev (1992) Continental lithospheric blocks in Central Atlantic Ocean. *Ofioliti*, 17, 19-35.
- 北里 洋 (2014) 深海, もうひとつの宇宙—しんかい 6500 が見た生命誕生の現場. 岩波書店, 東京, 176p.
- MacPhee, R. D. E. and M. A. Iturralde-Vinenta (2000) *Short History of Greater Antillean Land Mammals: Biogeography, Paleogeography, Radiations, and Extinctions*. *Tropics*, 10, 145-154.
- Martin, H. A. (2006) Cenozoic climatic change and the development of the arid vegetation in Australia. *Jour. Arid. Environments*, 66, 533-563.
- McCall, R. A. (1997) Implications of recent geological investigations of the Mozambique Channel for the mammalian colonization of Madagascar. *Proc. R. Soc. London, B, Biol. Sci.*, 264, 663-665.
- Meylan, P. A. and W. Sterrer (2000) *Hesperotestudo* (Testudines: Testudinidae) from the Pleistocene of Bermuda, with comments on the phylogenetic position of the genus. *Zoolog. Jour. Linnean Soc.*, 128, 51-76.
- Pelegrín, J. S. and C. A. Hospitaleche (2022) Evolutionary and biogeographical history of penguins (Sphenisciformes): Review of the dispersal patterns and adaptations in a geologic and paleoecological Context. *Diversity*, 14, 255, doi: org/10.3390/d14040255
- Perry, R. (1984) The Islands and their history. In: Perry, R. (ed) *Galapagos: Key Environments*, Pergamon Press, Oxford, 1-14.
- Poux, C., P. Chevret, D. Huchon, W. W. de Jong and E. J. P. Douzery (2006) Arrival and diversification of caviomorph rodents and platyrrhine primates in South America. *Syst. Biol.*, 55, 228-244.
- Poux, C., O. Madsen, J. Glos, W. W. de Jong and M. Vences

- (2008) Molecular phylogeny and divergence times of Malagasy tenrecs: Influence of data partitioning and taxon sampling on dating analyses. *BMC Evolutionary Biology*, 8, 102.
- Prothero, D. R. (1994) *The Eocene-Oligocene Transition, Paradise Lost.*, Columbia University Press, New York, 291p.
- Purvis, A. (1995) A composite estimate of primate phylogeny. *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B*, 348, 405-421.
- Santos, R. V., C. E. Ganade, C. M. Lacasse, I. S. L. Costa, I. Pessanha, E. P. Frazao, E. L. Dantas and J. A. Cavalcante (2019) Dating Gondwanan continental crust at the Rio Grande Rise, South Atlantic. *Terra Nova*, 31, 424-429.
- Shackleton N. J. and J.P. Kennett (1975) Paleotemperature history of the Cenozoic and initiation of Antarctic glaciation: Oxygen and carbon isotope analyses in DSDP Sites 277, 279, and 281. *Init. Rep. DSDP*, 29, 743-755.
- Sheridan, R. E., J. T. Crosby, G. M. Bryan and P. L. Stoffa (1981) Stratigraphy and structure of southern Blake Plateau, northern Florida Straits, and northern Bahama Platform from multichannel seismic reflection data. *AAPG, Bull.*, 65, 2571-2593.
- 柴 正博 (2017) 駿河湾の形成—島弧の大規模隆起と海水準上昇. 東海大学出版部, 平塚, 406p.
- Shiba, M. (2017) Geology of the island arcs in the northwestern margin of the Pacific Ocean and their formation by a large-scale uplift and sea level rise - the formation of Suruga Bay. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 5, 532-548.
- 柴 正博 (2020) 島嶼固有動物の分布と中期更新世後期以降の 1,000 m の海水準上昇. *化石研究会会誌*, 53, 1-17.
- Shiba, M. (2021) Distribution of island endemic animals and the late Middle Pleistocene land bridges as evidence of sea level rise of 1,000 m since 430 ka. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 9, 60-78.
- 柴 正博 (2022) 深海掘削で発見される浅海堆積物とジュラ紀以降の海水準上昇—玄武岩時代の海水準の位置—. 星野通平教授追悼論文集, 21-76.
- Shiba, M. (2022) Distribution of shallow-water sediments founded in the records of deep-sea drilling and sea-level rise since the Jurassic period. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 10, 123-157.
- Shipboard Scientific Party (1984) Site 526. *Init. Rep. DSDP*, 74, 64-235.
- Shipboard Scientific Party (1988) Site 698. *Proc. ODP, Init. Rep.*, 114, 87-150.
- Simpson, G. G. (1965) *The Geography of Evolution.* Capricorn Book, New York, 249p.
- Slack, K. E., C. M. Jones, T. Ando, G. L. Harrison, R. E. Fordyce, U. Arnason and D. Penny (2006) Early penguin fossils, plus mitochondrial genomes, calibrate avian evolution. *Mol. Biol. Evol.*, 23, 1144-1155.
- 高井正成 (1995) 広鼻猿類の進化と系統分類の現状. *Anthropological Science*, 103, 429-446.
- The Shipboard Scientific Party and D. Burns (1973) Site 698. *Init. Rep. DSDP*, 21, 333-367.
- Van der Geer, A., G. Lyras, J. De Vos and M. Dermitzakis (2010) *Evolution of Island Mammals. Adaptation and Extinction of Placental Mammals on Islands.* Wiley-Blackwell, A John Wiley & Sons, Ltd, Publication, West Sussex, 479p.
- ワシリエフ, B. I. (2006) 太平洋の地質構造および起源. *地球科学*, 60, 185-196.
- Vences, M., D. R. Vieites, F. Glaw, H. Brinkmann, J. Kosuch, M. Veith and A. Meyer (2003) Multiple overseas dispersal in amphibians. *Proc. Biol. Sci.*, 270, 2435-2442.
- Vries, T. J. (1984) The giant Tortoises: A natural history disturbed by man. In: Perry, R. (ed) *Galápagos: Key Environments*, Pergamon Press, Oxford, 145-156.
- Wolfe, J. A. (1978) A Paleobotanical interpretation of Tertiary climates in North hemisphere. *American Science*, 66, 694-703.
- Woods, R, S. T. Turvey, S. Brace, R. D. E. MacPhee and I. Barnes (2018) Ancient DNA of the extinct Jamaican monkey *Xenothrix* reveals extreme insular change within a morphologically conservative radiation. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 115, 12769-12774.
- Yonezawa, T., T. Segawa, H. Mori, P. F. Campos, Y. Hongoh, H. Endo, A. Akiyoshi, N. Kohno, S. Nishida, J. Wu, H. Jin, J. Adachi, H. Kishino, K. Kurokawa, Y. Nogi, H. Tanabe, H. Mukoyama, K. Yoshida, A. Rasoamiramanana, S. Yamagishi, Y. Hayashi, A. Yoshida, H. Koike, F. Akishinonomiya, E. Willerslev and M. Hasegawa (2017) Phylogenomics and morphology of extinct paleognaths reveal the origin and evolution of the Ratites. *Curr. Biol.*, 27, 68-77.

膨張テクトニクス： 科学と産業への恩恵

Expansion tectonics: Benefits to science and industry

James Maxlow

Retired Professional Geologist, Australia

james.maxlow@bigpond.com

Free PDF copy of current book: book.beyondplatetectonics.com

[要旨のみ 柴 正博 訳]

表面積が増加する地球モデルにおける地殻の発達は、単純で、進化的で、予測可能な地殻プロセスであることが示され、科学や産業に大いに応用できる。

要旨：拡大テクトニクスの地殻プレート集合研究が科学と産業にもたらす主な利点は、古代の地球の正確なスケールモデルを提供することである。これらの球体モデルは安定した正確なプラットフォームを提供し、科学や産業界が現代の地球規模の様々な観測データを自信を持って表示し、モデル化することを可能にする。この観測データを球体モデル上に表示すると、地球の超大陸、大陸、海洋の起源について、まったく異なるストーリーが浮かび上がってくる。それは、非常にシンプルで、進化的で、予測可能で、理解しやすく、全体論的なプロセスであり、時間とともに地球の表面積と表面湾曲が徐々に変化していくというものである。地球テクトニクスを科学と産業のニーズに合わせ直すことで得られる長期的な恩恵は、地球という惑星が太陽系の中でユニークなニッチを占めていることを、常に私たちに思い起こさせるものとなるはずだ。テクトニクスの概念とその結果をよりよく理解することで、地球は統合された全体であり、ひとつの統一理論に押し込められることで制限される孤立した部分のランダムな集まりではないという考え方が強まるはずだ。テクトニクスの代替的な利点をよりよく理解するための世界的な努力は、地球科学界を団結させ、現在多くの異なる科学分野に課せられている制約を強調するために必要である。例えば、地球の有限な資源が人口増加によってさらにひっ迫する21世紀に向けて、地球科学者はダイナミックな地球をよりよく理解するための努力を促されなければならない。半世紀以上も前に提唱された時代遅れの概念に縛られた固定観念にとらわれることなく、テクトニクスの新たな発展を促進することで、長期的な利益を享受できるような機知に富んだ人間にならなければならない。

Keywords: Expansion Tectonics, Plate Tectonics, Global Tectonics.

衛星画像と写真画像の周波数共鳴処理による直接探査法： オーストラリアとニュージーランド地域での評価結果

Direct-prospecting methods of satellite and photos images frequency-resonance processing: results of approbation on Australia and New Zealand territories

Mykola Yakymchuk¹ and Ignat Korchagin²

¹ Institute of Applied Problems of Ecology, Geophysics and Geochemistry, Kyiv, Ukraine, yakymchuk@gmail.com

² Institute of Geophysics, NAS of Ukraine, Kyiv, Ukraine, korchagin.i.n@gmail.com

[岩本広志・村山敬真 訳]

要旨: オーストラリアとニュージーランド地域の様々なタイプの地質学的対象物において、衛星画像と写真画像の周波数共鳴処理のためのモバイルダイレクトプロスペクティング技術をテストした結果を紹介する。予察を目的とした調査は、ゴセス・ブラフ、ウルフ・クリーク、イルクルカ、ヤラバといった環状構造（クレーター）のある地域、沖合や陸上で炭化水素の試掘井戸を掘削している地域、活火山やいくつかの湖のある地域、天然水素探索のためのいくつかの地質単元で実施された。この移動可能で低コストの技術には、衛星画像や写真画像の周波数共鳴処理とデコード、断面の垂直電気共鳴サウンディング（スキヤニング）、大規模な試掘地質単元や鉱業権地域の石油・ガスの潜在的な可能性の総合的な評価方法などの改良法が含まれる。石油、ガス、ガスコンデンセート、金、亜鉛など、特定の物質を探索することが本質である。予察的な性格を持つ実験的研究の結果から、衛星画像や写真画像の周波数共鳴処理によるモバイル直接探査技術は、深部構造の研究、環状構造の形成の決定（確立）、様々なタイプの火山の研究、さらに地球上の様々な地域における可燃性鉱物や有用鉱物の探査に利用できると結論付けることができる。この実証済みの技術により、調査断面を特定の岩石（堆積岩、変成岩、マグマ質）で埋めることができ、また、鉱石や可燃性鉱物の探査に有望な断面の表面や区間を特定することができる。スーパーモバイル法は、大規模な探鉱鉱区や地方鉱区（競売にかけられた鉱区を含む）の石油・ガス（鉱石）の可能性の評価、探鉱・生産井の最適な位置（場所）の選定、断面の深部・超深部における石油・ガス鉱床発見の見込みの評価、化学元素・流体・鉱物質が断面の上部に移動する深層チャネルのあるゾーンの探鉱・特定などに利用できる。モバイルで低コストの技術の使用は、石油、コンデンセート、ガス、天然水素、鉱石鉱物の探査プロセスを大幅にスピードアップし、その実施にかかる財政コストも削減する。

Keywords: Australia, New Zealand, ring structure, volcano, lake, vertical channel, deep structure, cross-section, oil, gas, amber, hydrogen, gold, well, satellite data, direct searches, mobile technology, anomaly, remote sensing data processing, interpretation.

はじめに

衛星画像や写真の周波数共鳴処理とデコードのためのスーパーモバイル直接探査技術[1-2] は、地球上のさまざまな地域のさまざまな構造要素の深部構造を研究するだけでなく、さまざまな種類の鉱物を探索するための研究を行う機会を提供する。この技術は、太陽系の惑星や衛星のさまざまな構造複合体（天体）の構造的特徴を研究するためにも使われた。2019-2023 年にお

けるこの技術の大規模試験を行い賞賛を得たことで [3-24], 1) 地球の水素脱ガス過程における石油、コンデンセート、ガスの深部（生物起源）生成, 2) ガス（メタン）の移動, 3) 地球, 惑星, 太陽系の衛星, 炭化水素, 鉱石鉱物, 水の堆積物の構造要素の形成と地球, 惑星, 衛星の出現の「火山」モデル, および堆積物を支持する数多くの事実（証拠）が得られた。地球上のさまざまな地域で実施された研究の結果, 使用されたスーパーモバイル技術によって, 可燃性鉱物や鉱石,

水の探査プロセスを大幅にスピードアップし、最適化（低コスト化）することが可能であることも示された。

石油・ガスの含有量の見込みを総合的に評価するために、大小の探鉱ブロック内、火山複合体や様々なタイプのリング構造のある地域、地震探査プロファイルに沿った地域やサイト、太陽系のいくつかの惑星や衛星と同様に、移動式直接探査法の承認は、陸上および海上での石油・ガス掘削のための試掘井の地域やサイトで実施された。実施された実験的研究の結果は、雑誌記事や多くの科学会議の資料に掲載された[1-24]。

実験的研究の過程で、移動式直接探査技術の使用可能性が、目に見える水素の脱ガス領域における水素の蓄積の検出と局在化、およびその発生の深さ（間隔）の評価（決定）のために、さらに研究された。現在、天然水素の蓄積を探索し、その生産を組織化するという問題は、近い将来、二酸化炭素を排出しないエネルギーに転換するという世界社会の意向により、極めて重要な意味を持つ。断面における水素の蓄積を局在化させるために直接探査法を使用する可能性を研究する目的で、すでに実施された実験（機器測定）の主な結果は、[4, 6, 8, 13, 15-19, 22] で発表されている。

また、水素問題に関する調査や資料の出版を行うもうひとつの理由は、世界の多くの大企業（大手石油会社を含む）が、再生可能エネルギーを利用した「グリーン」な水素製造に取り組む意向であることが、数多く報道されていることである。現在、水から水素を製造する技術は開発され、テストされている。潜在的な投資家が投資できるのは、水素を消費する場所のすぐ近くに、水素製造のための技術複合施設を建設することだけである。残念なことに、水素問題に関する多くの分析レビューでは、天然（深層）水素の蓄積の探索、その製造、貯蔵、輸送、燃料としての利用という問題の枠組みにおける研究開発に関する情報は提供（言及）されていない。現状では、水素の探索と輸送のための効果的な技術の開発が遅れた場合、世界経済における地質産業は、環境にやさしい未来の燃料である水素の大規模使用のためのプロジェクト資金調達競争に敗れる可能性がある。

カーボンフリー・エネルギーへの移行に関する出版物は、オーストラリアにおける天然（「黄金」）水素ブームの始まりを示している[25-29]。そして、このような地質探査の方向性は、国の法律によって支持されて

いる。現在、オーストラリアと他の国々で、天然水素の探査と生産のための鉱区が、オーストラリアのいくつかの企業によって取得されている。そこで本稿では、超可動式直接探査手法・技術の可能性を実証するため、オーストラリアとニュージーランドで超可動式直接探査手法・技術（天然水素探査を含む）を用いた実験研究を実施する過程で得られた資料を紹介する。

研究手法

予察的で詳細な性質の実験的研究は、衛星画像や写真の周波数共鳴処理とデコード、様々な岩石複合体や採し出された鉱物の深さと厚さを決定（推定）するための断面の垂直走査（サウンディング）、地域や大きなブロックの石油や天然ガスの潜在的な可能性（鉱石含有量、含水量）の見込みの統合的評価方法などのモバイル方法を使用して、意図的に実施される[1-2]。使用される技術のいくつかの方法は、地球物理学的研究の「物質」パラダイムの原則に基づいており[24]、その本質は、特定の（個々のケースで検索可能な）物質（石油、ガス、ガスコンデンセート、金、鉄、水など）を検索することである。開発された手法は、ニコラ・テスラが 1899 年に地球の深部で発見した定在波に基づいている[30-31]。移動式技術は、全体として、また個々の手法と同様に、地質学的探査プロセスの初期段階で炭化水素の蓄積を探索するための試験モードで積極的に使用されており、これには、試掘や試掘井の掘削の局所的な領域だけでなく、大規模で到達が困難なブロックや地域の石油・ガスの可能性の総合的な評価も含まれる。

衛星画像や写真の周波数共鳴処理、および断面の垂直サウンディング（走査）の方法の修正版では、化学元素、鉱物、岩石、鉱物（特定のサンプル）のベース（セット、コレクション）が使用される[1]。したがって、機器測定に使用される石油サンプルのコレクションには 117 サンプル、ガスコンデンセートには 15 サンプルが含まれる[1]。

堆積岩の写真一式は 11 のグループで構成されている：1) 礫：プセファイト（ルーダイト）、単一鉱物よりなる礫岩（22 サンプル、セットのサンプル番号は 2-23）、2) 砂：プサマイト（アレナイト）（18, 25-42）、3) シ



図1 画像処理中に共振周波数が使用される岩石サンプルの写真[32]: a) 堆積珪質岩の第10グループ, b) 火成岩(超苦鉄質岩)の第7グループ, c) 花崗岩の第1グループ, d) 火成岩(斑れい岩と玄武岩)の第6グループ. 火成岩・変成岩の写真データベースには, 次の18のグループが含まれている: 1) 花崗岩と流紋岩(29サンプル, データベース内のサンプル番号は1-29)(Fig. 1c), 2) 花崗閃緑岩とデイサイト(7, 31-37), 3) 閃長岩とトラカイト(18, 39-56), 4) 閃緑岩と安山岩(14, 58-71), 5) ランプロフィア(14, 73-86), 6) 斑れい岩と玄武岩(32, 88-119)(図1d), 7) 非長石超苦鉄質岩(20, 121-140)(図1b), 8) 長石超苦鉄質岩(20, 121-140)(図1b); 8) 長石質と閃長岩フォノライト(23, 142-164); 9) 長石質斑れい岩と玄武岩類(6, 166-171); 10) 長石を含まない超苦鉄質岩と苦鉄質岩(10, 173-182); 11) キンバーライトとランプロアイト(20, 184-203); 12) 非珪酸質カーボナタイト(8, 205-212); 13) 変成花崗岩類(10, 214-223); 14) 変成片麻岩(26, 225-250), 15) 変成結晶片麻岩(44, 252-295), 16) 変成微結晶片麻岩(フィライト)(11, 297-307), 17) 変成粘板岩, 劈開砂岩(1, 308), 18) 変成粘板岩, 劈開シルト岩(1, 309).

ルト, 泥岩, 粘土(6, 44-49), 4)カオリナイト泥岩(6, 51-57); 5) カオリナイト粘土(10, 59-68), 6) 堆積-火山砕屑岩; 凝灰角礫岩(9, 70-78), 7) 石灰岩(24, 80-103), 8)ドロマイト(11, 105-115), 9) 泥灰岩(10, 117-126)(図2d), 10) 珪質岩(13, 128-140)(図1a), 岩塩.

図1には, 上記のセットから4つの岩石グループのみを示している. 各地で測定を行ったところ, 水素の周波数の応答は, 今のところこれらの岩石群からしか得られていない. 同時に, ほとんどの玄武岩から水素の信号が記録された.

使用した堆積岩, 変成岩, 火成岩の試料の写真は, 電子文書[32] から借用した. なお, 我々の出版物では, 文献[32]の著者によって提案された岩石分類も使用している.

使用した一連の移動式直接探査法で得られた以前の実験的研究の資料は, 出版物[1-23]に掲載されている. 同じ論文には, 開発された技術的手段を用いて衛星画像や写真を処理する際の測定の方法論的特徴が記述されている.

2019年から2021年にかけて, 記載された直接探査法を用いて多くの調査を実施した際, 最適な手順(処理グラフ, 一連の動作)が検討され(そして常に改善され), 調査ブロックやエリア内で作業を実施する際に使用された. 個別の衛星画像(またはそのローカル・フラグメント)に対し使用される処理グラフには, 以下の一連の動作(ステップ)が含まれる.

1. 石油, コンデンセート, ガス, 琥珀, オイルシェール, アルギリックブレッチャ, ガスハイドレート,

氷、石炭、無煙炭、水素、流水（深部）、滞留水、ダイヤモンド、褐炭、鉄鉱石、カリウムマグネシウム塩、塩化ナトリウム塩（以下、単に塩）。

2. 断面を構成する堆積岩、変成岩、火成岩のグループからの回答の登録。

3. 調査地域における様々な岩石群で満たされた深い溝（火山様）の存在の確認、火山位置の根の深さの決定。

5. オイル、コンデンセート、ガス、水（深部）の周波数で信号が記録されている岩石グループ（またはグループの個々のサンプル）の決定。

6. 深さ 57 km の地表（深部）における石油、コンデンセート、ガスからの反応の存在（不存在）-特定の岩石群で満たされた深層チャンネル（火山様）における炭化水素合成の境界-を確立する。

7. 表面（深さ）59 km, 68 km, 69 km における水（深部）からの反応の存在（不存在）の確立-ある種の火山における水合成の予測される境界。

8. 地表から 15 km までの異なるステップで断面をスキャンすることにより、深度間隔が決定され、その範囲内でオイル、コンデンセート、ガスの共鳴周波数で応答が記録される。より細かいステップで追加走査を行う間に、断面の炭化水素にとって最も有望な区間の位置の深さを絞り込む。

9. 調査海域の第 6 火成岩群（玄武岩）からの応答が検出された場合、玄武岩の上部境界（エッジ）の深さ、および玄武岩からの水素と流（ヒーリング）水の共鳴周波数での応答の記録開始深さの評価を行う。

10. 調査海域の第 11 火成岩群（キンバーライト）からの信号の存在を確認する場合、キンバーライトの上縁の深さを決定し、ダイヤモンド周波数で応答が記録される深さ間隔を決定する。

調査の予察的性格を考慮し、衛星画像を処理するための別個の手順一式は、すべての調査地域で実施されたわけではない。

もう一度、開発中の直接探査周波数共鳴法の特徴に注目する。古典的な物理学的手法とは異なり、使用される手法では、それぞれの具体的なケースにおいて、調査対象の断面を、そこに存在する堆積岩、変成岩、火成岩の複合体で埋めることが可能であり、また、可燃性鉱物や鉱石鉱物の検出に有望な断面の区間を、開発された機器や測定装置による測定（信号の登録）の

過程で（つまり、モデル化の段階を追加することなく）即座に、第一近似値で決定することができる（詳細化の段階で洗練される）。すなわち、機器による測定結果のモデリングや地質学的解釈を追加することなく）。この記事では、他の出版物と同様に、おもに測定結果の提示に重点を置いている。

また、開発された技術は、有用な信号の登録に周波数共鳴原理を使用していることにも留意する[24]。衛星画像や研究対象物の写真、岩石サンプル、鉱物、化学元素の写真は、原理的には、ニコラ・テスラが 1899 年に地球の深部で発見した定常電波の対節点である [30, 31]。

開発されたコンピュータ化された複合体を使用して機器測定を実施する場合、調査対象の衛星画像または写真画像のスペクトルは、岩石サンプル、目的の鉱物および化学元素のスペクトルと順次比較される。比較の過程で、測定ユニットは共鳴（電磁反応）を記録し、調査対象の断面における特定の岩石、目的の鉱物、化学元素の存在（不存在）について結論を導き出すことが可能になる。開発された衛星画像の処理と解読の方法のこのような特徴は、「周波数共鳴技術」（「周波数共鳴法」）という用語の使用の基礎となっている。

衛星画像や写真の処理は、現地での地質学的・地球物理学的研究を組織・実施することなく、実験室内で行われる。このため、地球上のどの地域でも迅速に調査を行うことができ、その結果、発展途上の技術は超機動的である。

前項で述べたことに加えて、次のことを付け加えておく。開発された測定装置を世界のさまざまな地域でテストし、実用化した結果、地球（および太陽系の他の惑星や衛星）の多くの構造要素、可燃性鉱物や鉱石鉱物（水素や水も）の堆積物の形成に関する「火山」モデルを支持する数多くの証拠（事実）が得られた。機器による測定では、さまざまな種類の岩石で満たされた 10 種類の火山複合体の存在が確認された。そして特徴的なのは、すべての火山の根が、同じ深さの断面をスキャンすることによって、ほとんど固定されていることである：すなわち、95-98 km, 214-218 km, 470 km, 723 km, 996 km である。

岩塩やドロマイトの火山の根の深さが 470 km や 723 km ということで、多くの専門家が拒否反応を示し懐疑的になるのはごく自然なことである。また、技術検証

の初期段階では、このような根の深さは実験の著者にとっても驚きであった。しかし、何百回もの測定実験において、このような深さの値がいたところで繰り返されていることから、さまざまな火山複合体の根の深さのこのような厳密に決められた値は、太陽系と銀河系におけるある種の波動過程によるものと仮定する根拠となる。

この点で、火山の根の深さに関するこのような懐疑論が、(詳細な検討や資料の分析なしに)自動的に、掘削可能な断面の上部における機器測定の結果に転嫁されていることは、遺憾としか言いようがない。

リング構造内での実験結果

写真の周波数共鳴処理という技術は、鉱物、岩石、水中の様々な化学元素や寄生虫(生物の表面や内部に生息する生物)の有無の判定に繰り返し使用されてきた。この技術をテストしたところ、鉱物、岩石、水のサンプルを使っても、そのサンプルの写真を使っても、処理結果は同じであることがわかった。

リング構造の写真と衛星画像の周波数共鳴処理を行い、個々の構造の起源(衝突クレーターなのか、火山複合体なのか)を明らかにするための追加データを得た!

クレーター(リング構造) ゴセス・ブラフ(オーストラリア)。このサイトに関する文献[33]には、オーストラリアのゴセス・ブラフ・クレーターサイトの写真が掲載されている(図2)。

この画像を地表から周波数共鳴処理したところ、第10グループの堆積岩(珪質岩、図1a)のみが応答として記録された。様々な深度の応答を固定することで、



図2 ゴセス・ブラフのリング構造(オーストラリア)。

これらの岩石で満たされたチャネル(火山様)の根元が深さ470kmに決定されたが、火成岩からの応答は得られなかった。

石油、コンデンセート、ガス、琥珀、水(滞留水を含む)からの信号も記録されなかった。130, 131, 132, 133, 135, 136, 137, 138 試料の珪質岩からの信号が得られた(図1a)。

表面からは、窒素、ケイ素、リン、フッ素といった化学元素のシグナル(応答)が記録された。

速やかに実施された調査の結果、オーストラリアのゴセス・ブラフのリング構造は火山性構造であることが示唆された。

ウォルフ・クリーク・クレーター(オーストラリア)。このサイトの文書[34]には、ウォルフ・クリーク構造物に関する情報が記載されており、その起源に関する既存の考え方によれば、衝突クレーターと考えられている。周波数共鳴処理には、遺跡に関する文献[34]から、この構造物の写真の断片(図3)を使用した。

図3の写真を地表から加工する際、第7火成岩群(超苦鉄質岩、図1b)のみの反応が記録され、堆積岩からの反応は記録されなかった。様々な深さ(50, 150, 250, 350, 450, 470 km)の応答を固定することにより、超苦鉄質岩の火山の根元が深さ470kmに決定された。

この構造内では、マグネシウム、アルミニウム、コバルト(強い)、ニッケル、銅(強い)、亜鉛(強い)、ガリウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、タンタルといった化学元素からの応答が地表から記録された。

水、「滞留した」水、カリウム・マグネシウム塩、ガスからの信号も表面から受信したが、石油、コンデンセート水素は記録されなかった。



図3 ウォルフ・クリーク・クレーターの写真(オーストラリア)[34]。の写真[33]。

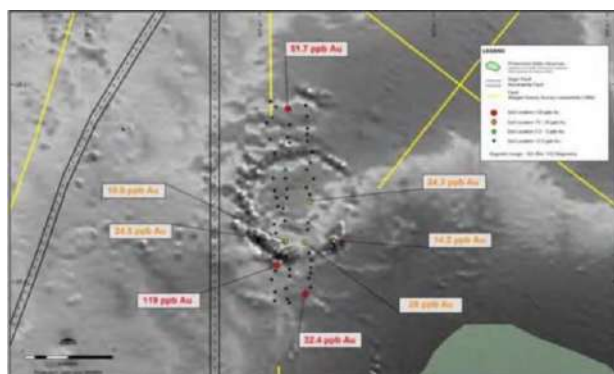


図5 ストラテジック・エレメンツ社の作業現場。

ガスとコンデンセートからの反応は 50 km と 57 km の表面でも記録されたが、これらの深度では石油からの信号はなかった。また、57.1 km の面でもガスとコンデンセートの信号は受信されなかった。

60 km の面では、水からの信号が受信されたが滞留水からの反応は無し。69 km の表面でも滞留水から水の反応が記録され、深さ 57 km まで応答が記録されたが、57.1 km の表面ではすでに応答はなかった。

57.1 km 面では、断面の下部から以下の化学元素のシグナルが得られた：水素、重水素（強い）、炭素、窒素（強い）、酸素、フッ素、ネオン、ナトリウム、マグネシウム、ケイ素、リン、硫黄、塩素、マンガン、鉄、亜鉛、ガリウム、ゲルマニウム、ヒ素、セレン、ガドリニウム、テルビウム、ジスプロシウム、ホルミウム、エルビウム、ツリウム、イッテルビウム、ルテチウム、ハフニウム、タンタル、タングステン、レニウム、オスミウム、イリジウム、白金、アクチニウム、プロトアクチニウム、ウラン、ネプツニウム、プルトニウム。

55km 面では、断面の下部からマグネシウム、ケイ素、リン、ニッケル、コバルトの信号を受信し、上部からはマグネシウム、アルミニウム、ケイ素、マンガン、コバルト（弱い）、ニッケル（強い）、銅（弱い）、亜鉛（非常に弱い）、ラジウムの反応が記録された。

調査域内の滞留水からの反応を固定化することに関連して、琥珀からの信号を記録する目的で追加調査が行われた。白、黒、青、緑、ドミニカの琥珀からの反応も水面から記録されたが、緑色の人工琥珀と伝統的な琥珀からの信号はなかった（図4）。

白、黒、青、緑の琥珀からの信号は 55 km 面でも受信され、57.1 km 面では応答がなかった。

鉄の周波数の信号は黒い琥珀から受信され、白い琥珀からの鉄の応答は固定されていない。

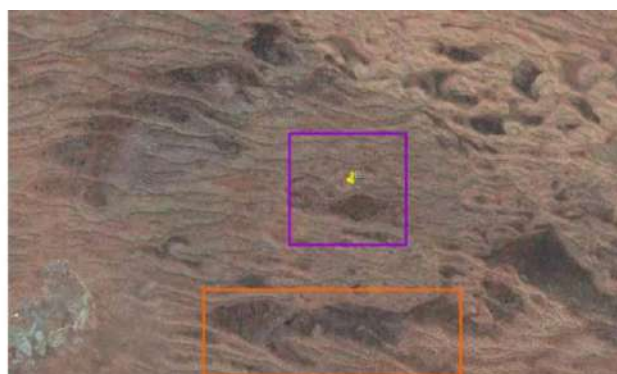


図6 ストラテジック・エレメンツ社の衛星画像（オーストラリア）。

イルクルカ・リング構造（オーストラリア）。同サイトの文書[33]は、Strategic Elements Company がギブソン砂漠（南オーストラリア州）のイルクルカ・リング構造（ベヒーモス・プロジェクト）内で掘削作業を実施する予定であることも伝えている。この会社のサイト（<https://www.strategicelements.com.au/>）には、座標参照図（図5）を含むリング構造に関する追加情報が掲載されている。これらの資料をもとに、調査地点の衛星画像を作成した（図6）。また、この画像の周波数共鳴処理を行い、リング構造の起源を決定した。

図6の画像を地表から周波数共鳴処理したところ、火成岩の第1グループ（花崗岩、図1c）のみが応答し、堆積岩の応答は記録されなかった。様々な面（50, 150, 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950, 990, 995, 996 km）の花崗岩類の応答を固定することにより、花崗岩類で満たされた岩脈の根元が深さ 996 km に決定された。

また、調査エリア内の地表からは、銅、亜鉛、ガリウム、エルビウム、金、水銀の化学元素の反応（シグナル）が得られた。

一般に、限られた量の実験結果から、調査されたリング構造も深さ 996 km に根を持つ火山構造であると結論づけることができる。また、金の共鳴周波数で応答が得られた事実は、掘削結果によって「確認」されたとも言える（図5）。

イルクルカ環状構造遺跡の追加研究。花崗岩で満たされたチャネル（火山様）の根元は深さ 996 km に位置することが上記で判明した。これは「古い」火山複合体である。次の質問も興味深い。この場所には、深さ 470 km に根を持つ「若い」火山があるのだろうか？この疑問に答えるため、衛星画像（図6）の追加処理を行い、深度の異なる個々の花崗岩試料からの信号（応答）を固定した。使用した花崗岩試料のセットを図1cに示

す。

これらの花崗岩の 1～11 と 12～19 試料からの信号が面から記録されている。

4 つの花崗岩試料（「若い」）からの信号は、2, 20, 200, 450, 470 km の表面（深さ）の断面下部から記録されているが、471, 480, 500 km の表面では応答がない。14 の花崗岩試料（「古い」）からの反応は、深度 570, 470, 450 km の断面下部から記録された。

このことから、イルクルカ構造内には「古い」チャネル（火山）と「若い」チャネル（火山）があり、異なる年代の花崗岩で満たされていると結論づけることができる。

これに加え、使用したコレクション（図 1c）の花崗岩試料 1～10 は「若い」年代であり、試料 11～19 は比較的「古い」年代であることが、他の花崗岩質火成岩で以前に確立されていることを付け加える。

さらに、金の共鳴周波数で固定される応答の間隔を決定するために、図 6 に長方形の等高線で示した 2 つの領域で断面走査を行った。

表面から画像の上側の断片（図 6 の上側の長方形）

内の断面を 10 cm のステップで走査すると、金の周波数での応答が次の区間から得られた：1) 11.50-49 m, 2) 125-164 m, 3) 206-252 m, 4) 334-398 m, 5) 456-504 m（それ以上の走査は行わなかった）。断面の下部からは、600 m, 1600 m, 1800 m, 1900 m の表面で金の深い反応が得られたが、2,000 m の表面では金のシグナルはすでになかった。

画像の下側の断片（図 6 の下側の長方形）内では、1,900m の表面で金の反応が得られたが、2,000 m の表面では信号も受信されなかった。この地点では断面走査は行われなかった。

イルクルカリング構造内の金鉱石鉱化ゾーンは、1,900-2,000 m の範囲の深さの断面に位置していると仮定することができる。

既知の大規模金鉱床との比較のために、ボディントン（オーストラリア）鉱床（図 8）とムルンタウ（ウズベキスタン）鉱床（図 9）で予察調査が実施された。

最古のヤラバ・クレーター

最近になって、オーストラリア最古のヤラバ・クレ

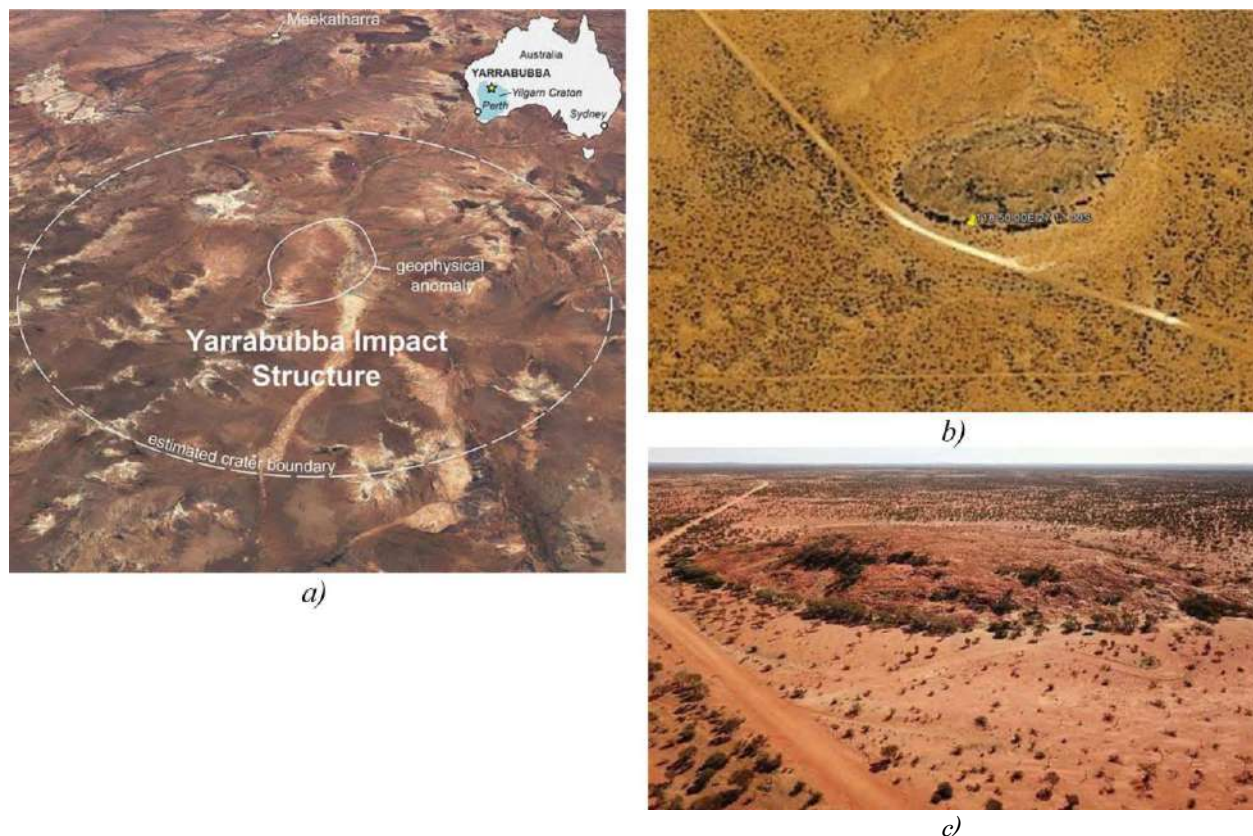


図 7 ヤラバ・クレーター周辺の衛星画像 (a, b) と写真 (c) (オーストラリア) [35-36].



図8 ボディントン金鉱床（オーストラリア）の採石場の写真 [37].



図9 ムルンタウ金鉱床（ウズベキスタン）の採石場の写真 [37].

ーターに関する情報が登場した[35-36]. このクレーターの衛星画像と写真を図7に示す.

図7aの衛星画像の周波数共鳴処理では、火成岩の第1グループ（花崗岩）の応答のみが受信された. 堆積岩のすべてのグループからの信号は記録されていない. 様々な面（50, 150, 250, 350, 450, 550, 650, 750, 850, 950, 990, 995, 996 km）で応答を固定することにより、花崗岩火山の根源が深さ 996 km に確定された.

50 km の地表では、「若い」花崗岩試料（図1cの1～10）からの応答は得られず、「古い」試料（図1cの11～19）からの応答が記録された.

このことから、ヤラバ火口内には深さ 470 km に根を持つ「若い」火山は存在しないと言える！

図7bの画像周波数共鳴処理でも同様の結果が得られた. 50 km, 450 km, 950 km, 996 km の表面の応答を固定することで、花崗岩火山の根源が深さ 996 km に確定された. 450 km の表面では、「若い」花崗岩試料（図1cの1-10）からは応答が得られず、「古い」試料（図1cの11-19）から信号が記録された.

また、様々な化学元素からの応答を記録するために、図7cの写真の周波数共鳴処理を行った. 写真処理中に、以下のベリリウム、スカンジウム、カルシウム、チタン、クロム、マンガン、銅の化学元素から応答が得られた.

ジルコンの写真は、ヤラバ構造の年代を確立した文献[36]に記載されている. この点で、[36]のジルコン画像を処理したときのジルコン周波数での応答が記録されていることに注目したい. しかし、図7の3つの画像をすべて処理すると、ジルコン周波数の信号が固定されない！

そして、もう一つ注意すべきことがある. 図7の3

つの画像すべてを処理したとき、金の周波数では信号が受信されなかった！金は「若い」花崗岩火山にのみ現れる可能性がある？！他の金鉱床でもこの方向で研究を続けることが望ましい.

ボディントン（オーストラリア）とムルンタウ（ウズベキスタン）の大規模金鉱床の予察調査

ボディントン（オーストラリア）とムルンタウ（ウズベキスタン）の金鉱床に関する情報（採石場の写真を含む）は、現地に関する文書[37]に記載されている. 実験の初期段階では、これらの鉱床の構造に類似した要素（特徴）が存在することを示す応答が得られた. その後の作業段階では、各フィールドで少数の測定が行われた.

ボディントン堆積物. 現地で採石場の写真を周波数共鳴処理したところ（図8右）、火成岩の1（花崗岩）、2, 4（弱）群からの応答が地表から記録され、堆積岩からの信号はなかった.

様々な深度（50, 450, 550, 520, 500, 470 km）の花崗岩類からの応答を固定することで、花崗岩チャネル（岩脈）の根元が深度 470 km に設定された.

画像処理の結果、「若い」花崗岩試料（図 1c の 1～10）から応答が得られ、「古い」試料（図 1c の 11～19）からは信号が得られなかった。

表面から 10cm ステップで断面を走査したところ、次の区間から金の反応が得られた：1) 50-86 m, 2) 93-134 m, 3) 187-(強い)-258 m, 50cm ステップ, 4) 450-765 m. 断面の下部からの金の信号は、1,000 m, 2000 m, 2,500 m の表面でも得られ、2,600 m と 3,000 m の表面ではすでに反応はなかった。

ムルンタウ堆積物. 現地で採石場の写真を周波数共鳴処理したところ（図 9），表層から 1（花崗岩類），2（火成岩類）の応答が記録され、堆積岩類からの信号は見られなかった。

様々な深度（50, 450, 550, 650, 950, 995, 996 km）の花崗岩の応答を固定することで、花崗岩チャネル（火山様）の根元が深度 996 km に設定された。

450km の地表では、「若い」（図 1c の 1～10）花崗岩試料と「古い」（図 1c の 11～19）花崗岩試料の応答が記録された。

表面から 50 cm のステップで断面をスキャンすると、金の反応が次の区間から得られた：1) 210-(良好)(400-強い)(強い-650)-780 m (それ以上のスキャンは行われなかった)。100 m から 10 cm ずつスキャンすると、205～207 m の区間から金の信号が記録され始めた。

断面の下部からの金の信号は、1,000 m, 1,800 m, 1,900 m の表面でも得られ、2,000 m 面での反応はすでになかった。この鉱床では、金鉱化の下部境界は 1900-2000 m の範囲に位置している。

以下の特徴に注目してほしい。

1. ボディントン鉱区は、深さ 470 km に根を持つ「若い」花崗岩チャネル（火山）内に位置している。また、ムルンタウ鉱床の領域では、深さ 470 km と 996 km に根を持つ「古い」花崗岩火山と「若い」花崗岩火山の存在が確認された。

2. 文書[37] を含む情報資料は、ムルンタウ鉱床が金の埋蔵量において世界最大であるというデータを提供している。これに、この鉱床の採石場の写真の周波数共鳴処理中に、金の周波数で最も強い信号が記録されたことを加える！

オーストラリアとニュージーランドの沖合および陸上における坑井掘削調査の現場



図 10 西オーストラリア州北西沖ブラウズ盆地の衛星画像。マークはブラットワースト 1 号井の位置を示し、長方形の輪郭は周波数共鳴処理を行った場所である。

陸上および海上での炭化水素の蓄積を探索するための直接探査技術テストの数多くの結果から、ほとんどの場合、石油、コンデンセート、ガスの共鳴周波数での応答は、特定の種類の岩石（堆積岩と火成岩）で満たされたチャネル（火山）内に記録されることが示されている。このようなチャネルの根は、194～219 km, 470 km, 723 km, 996 km の深さで記録された。これに関連して、オーストラリアとニュージーランド地域でこのようなチャネル（火山）を検出するために、これらの国の沖合と陸上の石油・ガスの有望地域で予察調査が実施された。

Bratwurst-1 号坑井掘削現場 (オーストラリア沖). インターネット上の文書[38]は、西オーストラリア北西沖のブラウズ盆地におけるガスとコンデンセートの「重要な」蓄積の検出に関する情報を提供している。炭化水素鉱床は、78 日間で掘削に成功した Bratwurst-1 号試掘井で発見された。Bratwurst-1 号井の座標（南緯 12°52'18.385", 東経 124°24'50.050"）は、あるインターネットサイトで発見された。これにより、開発したモバイル・ダイレクト・プロスペクティング技術をさらにテストするため、現地の掘削現場の衛星画像の周波数共鳴処理を実施することが可能になった。

この坑井座標を用いて、西オーストラリア北西沖のブラウズ盆地の断片の衛星画像を作成した（図 10）。画像中の坑井の位置はマークで示され、周波数共鳴処理の局所領域は長方形の輪郭で示されている。

また、この画像を作成する過程で、ブラウズ盆地のより大きな断片の石油とガスの見込みの統合評価を追加で実施することが決定された（図 10 参照）。さらに、さまざまな種類の岩石で満たされた化学元素、鉱物、流体の移動経路（チャネル）を検出し、特定するとい

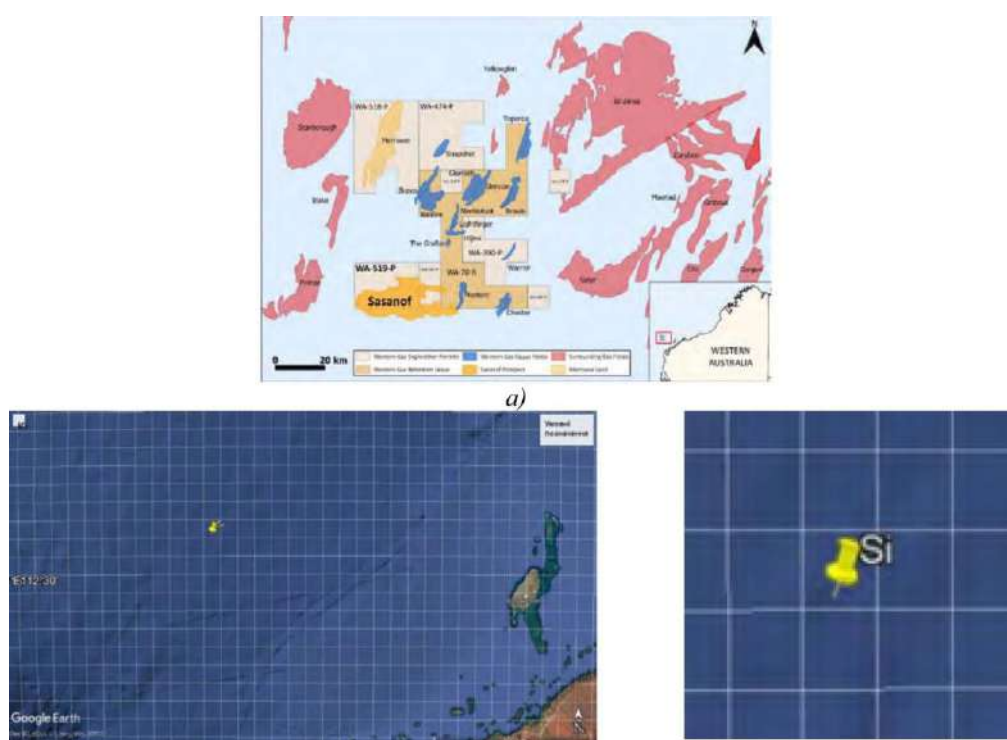


図 11 Sasanof プロスペクト（有望構造）と周辺ガス田 [40] の地域的位置 (a) と、オーストラリア沖の Sasanof-1 号井掘削地点の衛星画像 (b, c)。

う問題も解決された。

実験の初期段階では、図 10 に長方形の輪郭で示した坑井掘削現場の局所的な断片を衛星画像処理した。地表から坑井の領域における画像の断片の周波数共鳴処理中に、コンデンセート（弱）、ガス、水（弱）、滞留水（弱）の信号が記録された。石油、琥珀、オイルシェール、ガスハイドレート、水素、石炭、無煙炭、カリウムマグネシウム塩、塩化ナトリウム塩の反応は記録されなかった。

第 7 グループの堆積岩（石灰岩）の信号が記録され、火成岩からは応答が得られなかった。様々な深度（50, 150, 250, 350, 450, 550, 650, 722, 723 km）での応答を固定することにより、炭酸塩岩で満たされたチャンネル（火山様）のルートが深度 723 km に確立された。

深度 56 km 面では、断面の下部と上部からコンデンセートとガスの反応が得られ、石油の信号はなかった。57 km 面でもコンデンセートとガスの信号を受信し、水（淡水）と「滞留水」からは信号を受信しなかった。

地表から 1 m ステップの断面走査により、断面の以下の区間からガスの反応が記録された： 1) 1,830-2,015 m, 2) 3,400-3,830 m, 3) 4,585-5,615 m, 4) 7,550- (強い) (強い-8,450) -8,570 m (最大 10 km のトレース)。

図 10 の調査ブロック全体を画像処理したところ、地表からはオイル、コンデンセート、ガス、アンバー、オイルシェール、アルギライト角礫岩、ガスハイドレート岩、ガスハイドレート、氷、石炭、無煙炭、淡水、滞留水、褐炭、カリウムマグネシウム塩、伝統的な塩の周波数で信号を受信し、水素と鉄鉱石からは応答がなかった。

調査エリア内では、堆積岩の 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 グループと火成岩の 1, 2, 4, 7, 8, 9, 10 グループから信号を受信した。

様々な深さでの反応を固定することによって、以下のチャンネル（火山様）の存在とルートを確立し、決定した： 1) 1-6 グループの堆積岩-217 km, 2) 第 7 グループの堆積岩-723 km, 第 7 グループの火成岩-470 km. 岩塩の信号は、断面の上部から 20 km の表面でのみ得られた。カリウムマグネシウム塩からは、断面の上部と下部、深さ 56 km と 57 km の 20 km の地表で応答が記録されたが、57.1 km の地表では信号がなかった。

Sasanof-1 号井の掘削現場（オーストラリア沖）。

Sasanof-1 号井の掘削結果に関する情報は、2022 年 6 月 6 日にインターネットサイトに掲載されていた [39, 40]。ウェスタン・ガスは、西オーストラリア州オンズ

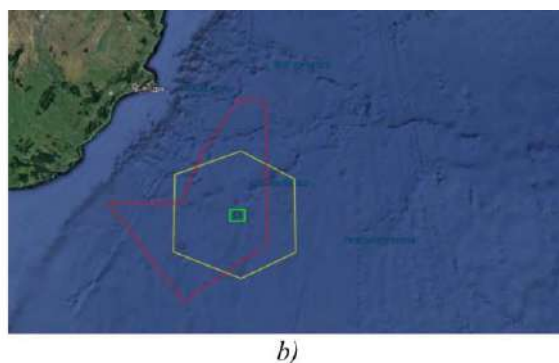
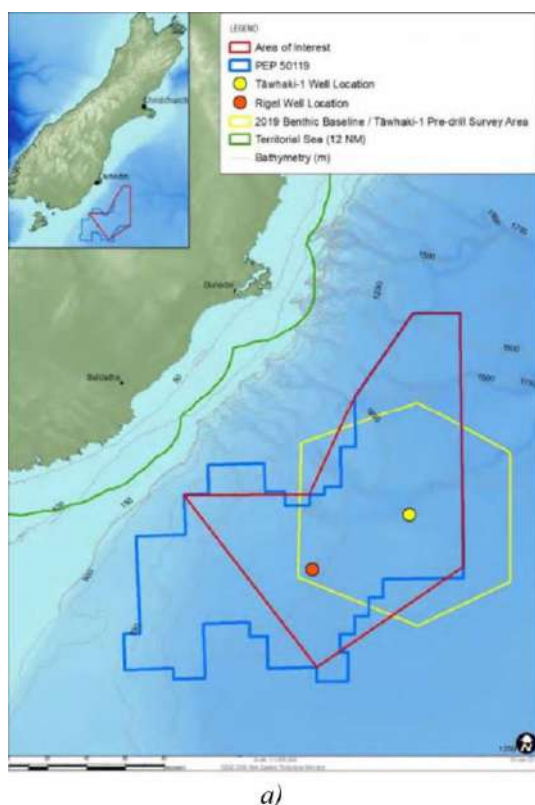


図 12 認可地域と Tawhaki-1 試掘井[41]の位置図 a) と、Great South Basin の Tawhaki-1 号試掘井の衛星画像。坑井のおおよその位置は長方形のコンター b) で示されている。

ローの北西約 207km にある Sasanof-1 号試掘井の掘削について、以下の最新情報を提供している[40]：

- ・ Sasanof1 号試掘井は、Valaris MS-1 リグにより深度 2390 m (RMDT: Rod Measured Depth Total 掘管計測深度合計) まで無事故で掘削された。
- ・ 商業炭化水素は発見されなかった。
- ・ 計画通り、この坑井はプラグで塞がれ、永久廃坑された。
- ・ その後、撤収作業が開始される。

オーストラリア北西陸棚における Sasanof 構造上隆起の位置を図 11a に示す。沖合のボーリング位置は以下の通りである：20°29'13".560S, 113°32'38".400E。坑井位置の衛星画像（図 11b, c）は 2022 年 6 月 9 日に作成・処理された。

図 8b の衛星画像の断片の処理中に、堆積岩の第 9 (泥灰岩) グループの周波数の応答が登録された。泥灰岩の信号は、泥灰岩火山の根元である深さ 1 km, 50 km, 99 km, 280 km, 480 km, 723 km で記録された。

泥灰土で満たされた火山では、炭化水素が合成される条件はなく、石油、コンデンセート、ガスの周波数での反応は記録されていない。

泥灰質の火山の輪郭で坑井を掘るのは得策ではない。掘削の結果、確立された規則性が再び確認された！

おもな結果 Sasanof-1 号井の位置で、比較的広い範囲の衛星画像が処理された。これにより、地震探査でマッピングされた Sasanof 構造隆起は、泥灰岩で満たされた火山構造によって形成されていると結論づけることができる。この点から、こ

の構造内でさらなる試掘作業や坑井掘削を行うことは得策ではない。

ニュージーランド沖の試掘井掘削現場。 情報文書 [41]は、OMV, Beach Energy, 三井物産が、Balclutha の南東沖 146 km のニュージーランド領海 (Great South Basin) に位置する Tawhaki 構造で試掘井を掘削する意向であることを示すデータである。計画中の試掘井の位置を図 12a に示す[42]。この図を使って、さらなる調査のために、南海盆の大きな断片の衛星画像が準備された (図 12b)。現地の掘削地点のおおよその位置は、この画像の長方形の輪郭で示されている。

坑井付近の衛星画像 (図 12b の長方形の輪郭) を処理すると、表面から石油、ガス、「滞留水」、カリウムマグネシウム塩の信号が記録された。コンデンセート、琥珀、オイルシェール、泥質角礫岩、ガスハイドレート岩、ガスハイドレート、氷、石炭、無煙炭、水素、淡

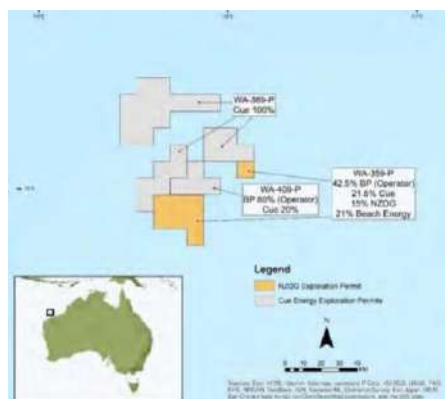


図 13 Ironbark 坑の位置図[43].

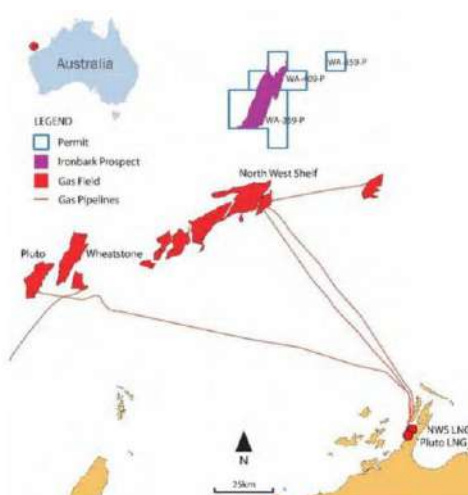


図 14 鉦区 WA-359-P の位置，西オーストラリア沖 [45].



図 15 Ironbark-1 坑井掘削海域のオーストラリア沖合の衛星画像.



水，褐炭，鉄鉦石，ダイヤモンド，塩化ナトリウム塩からの反応は受信されなかった。

第 7 グループの火成岩（超苦鉄質岩）からの応答のみが記録され，堆積岩からの信号は受信されなかった。様々な深度（50, 150, 250, 350, 450, 470 km）の応答を固定することにより，超苦鉄質岩の火山の根元が深度 470 km に決定された。

1,500 m から 1 m ステップの断面を走査したところ，次の断面区間から石油周波数での応答が得られた：1) 1,945-2,415 m, 2) 3,250-4,040 m, 3) 4,410- 4,970 m, 5 m ステップへの移行, 4) 6,860-7,940 m, 5) 10,190-12,640 m, 6) 14,500-16,970 m（それ以上は追跡せず）。

深度 48 km と 57 km の面では「滞留水」の反応が得られ，深度 57 km では淡水の信号は受信されなかった。

57 km 面では石油とガスのシグナルが得られたものの，深さ 57.1 km では応答がなかった。

図 10 の画像全体を処理する間に，石油，コンデンセート，カリウムマグネシウム塩，滞留水の信号が表面から受信された。

また，第 9-10 グループの堆積岩と第 7 グループの火成岩の応答が記録された。堆積岩第 10 グループのチャネルの根元は地表 470 km，火成岩第 7 グループは深さ 723 km で決定された。

Ironbark-1 号井掘削現場（オーストラリア沖合）。

Ironbark-1 坑井の掘削に関する情報は，文献[43-45]から入手した。図 13 は Ironbark-1 号井が位置する鉦区 WA-359-P 鉦区の位置，図 14 はこの地域に位置する Ironbark の大きな構造隆起とガス田のコンターである。

坑井の座標（116°04'35.80 "E, 19°09'34.01 "S）は，文献[44] から引用した。掘削地域の衛星画像を図 15 に示す。

2020 年 12 月，Ironbark-1 号井の掘削地点の衛星画像の断片（図 15 の矩形コンター）を周波数共鳴処理したところ，地表から石油，コンデンセート，ガス，リン（白）の信号（応答）が記録された。

堆積岩の第 7 グループ（石灰岩）のシグナルも登録されている。石灰岩で満たされたチャネルの根源は深

さ 723 km で確認された。

石油、コンデンセート、ガス、リン（白色）の信号が 57 km の炭化水素合成表面で記録された。

断面上部から 0 m の地点では、大気中への移行を示すガスとリンの反応が記録されている。

なお、掘削地点における断面の走査（サウンディング）は、2020 年 12 月時点では実施されていない。

おもな結論. 実施された予察（推定）調査の結果は、**Ironbark-1 号井の掘削範囲内で炭化水素鉱床が検出される可能性が高いことを示している。**

いくつかのコメント. 上記の結論は、モバイル・ダイレクト・プロスペクティング法のテストの過程で得られた以下のデータ（事実）を考慮してなされたものである。

1. 石灰岩で満たされたチャネル複合体は、57 km の境界（深さ）において石油、コンデンセート、ガスが合成される条件がほとんど常に形成されている。

2. 石油、コンデンセート、ガス、リン（白色）の周波数の信号（応答）が、57 km の合成境界と地表の両方で滞りなく記録された。

3. 機器測定により、ガス（メタン）とリンの大気中への移行が確認された。大気中へのガスの移動は、炭化水素フィールド内ではほとんど常に機器測定によって記録されていることを付け加えておく。

残念ながら、2020 年 12 月には、断面深部の炭化水素鉱床の存在を機器測定で確認するための断面のサウンディング（スキヤニング）は実施されなかった。諸般の事情により、筆者らはインターネットサイトで坑井掘削の結果に関する情報を見つけようとしなかったため、221 年の初めには掘削現場での断面走査は実施されなかった。

2023 年 8 月 20 日の追加研究. 2023 年 8 月、著者はオーストラリアとニュージーランドにおいて、衛星画像と写真の周波数共鳴処理のためのモバイルダイレクトプロスペクティング法の試験結果に基づく論文の作成を開始した。実施した機器測定の結果を分析する過程で、本章で上述した Ironbark-1 号井の現地掘削現場の調査結果を論文に含めることにした。この点に関して、2023 年 8 月 19 日、インターネットサイト[46,47]で Ironbark-1 号井が空になったという情報が見つかった！

上記の 2020 年 12 月の掘削現場調査の結果から、著



図 16 2021 年にオーストラリアの陸上で掘削された生産性の高い坑井の現場写真[28]。炭化水素合成深度 57 km では、第 1～6 グループの堆積岩、オイル、コンデンセート、ガス、アンバー、リン（黄色）、“活”水（弱い強度）の反応が記録された。深さ 59km で結合水と二酸化炭素の反応が記録された。

者らは、Ironbark-1 号井は生産可能な水平（区間）まで掘削されていないと結論づけることができた！この推定を確認するため、2023 年 8 月 20 日、掘削地点で断面の垂直走査（サウンディング）手順を用いた追加の機器測定が実施された。2020 年 12 月には、掘削現場での断面走査が行われなかったことに再度留意された。

掘削現場での調査の段階では、断面の走査は石油サンプルのみを用いて実施された。

機器測定の初期段階では、3 分間の測定の間、石油の周波数の信号は深度 5,630 m まで記録されなかった！

さらに、5,630 m から 7,000 m までの断面を 5 cm ステップで走査すると、石油の周波数での応答は次の区間から記録された：1) 5,634.5-5,824 m, 2) 5,843.5-6,252 m, 3) 6,368-6,718 m。

7～10km の区間では、石油の周波数の応答も記録された。石油の信号は、57 km の炭化水素合成の深さで再び記録された！

注意. 機器測定（断面走査を含む）を実施する際、**深度の読み取りが海面から行われることに注目した！**

おもな結論. 2023 年 8 月 20 日の機器測定により、**Ironbark-1 号井は生産性の高い水平（区間）まで掘削されていないという実験的研究の著者たちの推定が確認された！**

掘削現場でのスキヤニングの結果は、**Ironbark 構造内に主要な石油・ガス鉱床があることも示唆している！**この結論（仮定）は、移動式直接探鉱法を用いた、構造位置のエリアでの詳細な追加調査によって確認することができる！

図 14 から、マッピングされた Ironbark Rise の面積はかなり広い(この地域にあるガス田の面積に匹敵する)ことがわかる。この点から、その範囲内でさらなる試掘と坑井掘削を続けることが望ましい。

オーストラリアの Lockyer Deep-1 号井の陸上掘削現場。 文書[48] は、オーストラリアの陸上で深井戸を掘削した結果に関する情報を提供しており、ガスと石油の有望な 3 つの区間 (4,041~4,067 m, 4,172~4,214 m, 3,117~3,165 m) も示している。

生産性の高い区間の深さに関する情報は、断面垂直走査法を実用化するための方法を改善するために、追加的な承認(テスト)を行う機会を提供する。図 16 の掘削現場の写真を用いて、これらの区間を断面走査法で調べた。

周波数共鳴処理の結果。掘削現場の写真(図 16)の処理中に、石油とガスの周波数の応答が表面から記録されたが、コンデンセートの信号は受信されなかった。4,000 m から 10 cm ステップでスキャンすると、4,017- (4,030-強い) - (4,049-強い) - (4,061-弱い強度) -4,067 m の区間からガス反応が得られた。

4,150 m から 10 cm ステップでスキャンすると、4,175- (4,195-強い~4,207 強い)-4,214 m の区間からガス信号が得られ、4,168 m から 1 cm ステップでスキャンすると、4,169.90 m からガス反応が記録され始めた。

深度 4,040 m では、ガス(弱い強度)と石油の反応が断面の上部から得られた。そして、断面の上部から 3,110 m の表面では、堆積岩の第 8 グループ(ドロマイト)の応答が受信されたが、オイルとガスの信号はなかった。

断面の下部から 3,110 m の地表では、堆積岩、石油、コンデンセート、ガス、琥珀、リン(黄色)、二酸化炭素、オイルシェール、ガスハイドレート、無煙炭の第 1~6 グループからの信号が記録された。

第 1-6 グループの堆積岩のチャネル根は深さ 723 km で記録され、花崗岩からの信号は 7,23-996 km の区間で受信された。

3,110 m から 10 cm ステップで断面をスキャンすると、3,118-3,167 m の区間から石油周波数の信号が得られ、3,163 m からは 1 cm ステップで 3,166 m まで応答が固定された。

深度 3110 m の坑井施設のある広い範囲の写真を処理したところ、断面の上部から石油、ガス、琥珀、二



図 17 ホワイトアイランド(ニュージーランド)の火山の写真 [19]

酸化炭素、リン(黄色)、堆積岩の第 1~6, 8 グループの信号が得られた。

表面から 50 cm, 1 m, 10 cm のステップで断面をスキャンすると、深度 2,798 m で堆積岩の第 2 グループ(psammites)の上端が決定された。

坑井掘削現場での更なる機器測定は実施されなかった。

備考とコメント。 Lockyer Deep-1 坑井のガス流入に関する試験結果は、文書[49, 50]に示されている。

調査エリア内では、限られた機器による測定が行われた。

石油とガスの周波数で応答する区間を決定するための断面の走査は、掘削結果によって特定された 3 つの有望区間でのみ実施された。大きなステップ(50 cm, 1m, それ以上)でのスキャンでは、探索区間しか決定されないことに注意すべきである。油ガス層の位置を特定するには、1 cm 以下のステップで断面をスキャンする必要がある。

断面の深い層にある石油・ガス有望区間を探索するために、4.2~15.0 km の区間を調査することは興味深いかもしれない。

ホワイトアイランドの火山(ニュージーランド)

この火山の写真を図 17 に示す[51]。なお、火山の最後の噴火は 2019 年 12 月 9 日に発生し、その際に観光客が結合亡している。地表からの周波数共鳴画像処理中、堆積岩の第 7 グループ(石灰岩)の信号のみが記録された。火成岩の反応は記録されていない。様々な深さ(5, 50, 150, 250, 200, 210, 217, 216 km)の石灰岩の応答を決定することにより、火山の根は深さ 216 km の物質の塑性状態の層に決定された。

石灰岩で満たされた火山では、炭化水素からの信号



図 18 オーストラリアのリーク湖とエドワード湖のある地域の衛星画像 [52].

が記録されることがよくあるが、石油、コンデンセート、およびガスの周波数での応答は記録されなかった。

滞留水からの信号は、地表だけでなく、深さ 58 km と 59 km でも記録された。

湖の地域での予察調査

湖のある地域での実験作業は、そのような地域の深部構造を調査し、水の（流水と滞留水の）合成が行われる深さを特定するために行われる。このような実験の結果の一部は[9]に示されている。

オーストラリアの湖のある地域。 湖のある地域の位置の衛星画像(図 18)は、サイト[52] から取得された。画像の処理された断片は四角い枠で示され、図の中央にはリーク湖があり、右側にはエドワード湖がある。この場合、石油、コンデンセート、ガス、琥珀、水素、カリウムマグネシウム塩、普通の塩の応答は記録されず、水と滞留水の信号が受信された。

火成岩の第 6 グループ(玄武岩)からの応答のみが記録された。堆積岩（の面から）の信号は受信されなかった。

様々な深さ (50, 150, 250, 350, 450, 550, 470 km) の信号を決定することで、玄武岩で満たされたチャネル（火山様）の根が 470 km の面に特定された。

リーク湖 (中央の四角形)。画像の断片を処理すると、すぐに水素と玄武岩の応答が得られた。470 km の表面 (火山の根)にも玄武岩の信号が記録されている。

地表からは水と滞留水の応答が得られた。68 km と 69 km の面では水、59 km の深さでは滞留水の信号も受信

した。

地表では堆積岩の応答なし。

玄武岩（火成岩の第 6 グループ）の上部境界は深度 6~7 km に位置する。6,000 m から 50 cm 刻みで断面を走査すると、玄武岩の応答が深さ 6,600 m から記録され始めた。

堆積岩の第 7 グループ(石灰岩)の信号は、深さ 3-4 km から 5-6 km の区間から記録された。

エドワード湖 (右の四角形)。表面から、水素、玄武岩、水、滞留水、堆積岩の第 7 グループ(石灰岩)の信号が記録されたが、塩からは受信されなかった。

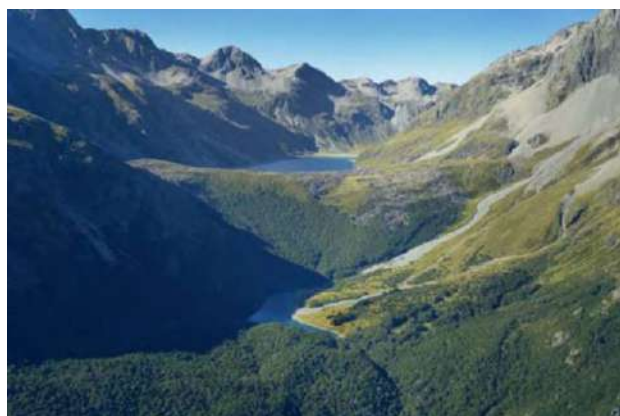
玄武岩の反応は 6-7 km の区間から記録され始め、石灰岩の信号はこの地表より上に記録された。面からの水素、玄武岩、水、滞留水の信号が記録されている。玄武岩の上部境界は深度 6-7 km に位置する。石灰岩の応答は、6 km, 2 km, 1 km, 500 m, 200 m, 100 m の断面の上部から記録された。

3 つ目の湖 (左の四角形)。表面から、水素、玄武岩、水、滞留水、堆積岩の第 7 グループ(石灰岩)の信号が記録されたが、塩からは受信されなかった。

玄武岩の反応は 6-7 km の区間から記録され始め、石灰岩の信号はこの地表より上に記録された。面から、水素、玄武岩、水、滞留水、堆積岩の第 7 グループ(石灰岩)の信号が記録されたが、塩からは受信されなかった。

玄武岩の反応は 6-7 km の区間から記録され始め、石灰岩の信号はこの面より上に記録された。

ニュージーランドで最も澄んだ湖のある地域。 その



a)



b)



c)

図 19 地上で最も澄んだ湖のある地域の写真(ニュージーランド) [53].

湖に関する情報は、サイト[53] の文書に記載されている。このサイトからの湖の画像(カルストの漏斗を含む)は図 19 に示されている。湖の地域での実験的な研究は、カルスト漏斗画像の断片を処理することから始まった(図 19c)。ここでは地表から、水、滞留水、および堆積岩の第 8 グループ(ドロマイト)の反応が記録された。炭化水素、琥珀、水素、塩、および火成岩の信号は決定されなかった。様々な深度(5, 50, 150, 250, 200, 217, 216 km)で反応を決定することにより、ドロマイトで満たされたチャンネルの根は 216 km の深さ(塑性状態の層内)に決定された。湖の写真(図 15b)の周波数共鳴処理中、水、滞留水、および堆積岩の第 7 グループ(石灰岩)の信号が記録された。石灰岩で満たされたチャンネルの根もまた、216 km の深さに位置している。流水の反応は、6 km, 68 km, および 69 km の面で記録され、滞留水の信号は 58 km および 59 km の深さで得られた。

オーストラリアにおける天然(「黄金」)水素の探査

移動式直接探査法の検証結果は、「黄金」水素探査プロセスの大幅なスピードアップとコスト削減が可能であることを示している！直接探査法を用いた実験的研究が、オーストラリアのいくつかのブロックと地域内の天然水素と炭化水素の蓄積を検出する可能性を評価するために実施された。

認可されたブロック 691 の測量結果。 オーストラリア南部の認可されたブロック 691[27,29] 内で、天然水素を探索・抽出することを目的とした地質学的・地球物理学的研究は、H2EX 社[29] によって実施されている。ブロック 691 内の水素の蓄積を検出する可能性を

評価するために、衛星画像の周波数共鳴処理の移動式直接探査技術を使用して予察研究が行われた。

機器測定のために、ブロック 691 の境界線(図 20a)を領域内の衛星画像(図 20b)にプロット(重ね合わせ)し、その結果、認可されたブロックの 3 つの断片(北部(図 21b)、中部(図 21c)、南部(図 21d)の画像を作成することができた。その後、予察(加速)モードで、画像の 3 つの断片の周波数共鳴処理を個別に実施した。実施された機器測定の結果は、次のように要約できる。

炭化水素の探査に有望な地域。地表からブロック 691 の北側部分(図 21b)の衛星画像の断片の周波数共鳴処理中に、石油、コンデンセート、ガス、琥珀、およびメタン酸化細菌の周波数で信号が記録された。

また、堆積岩の第 1~6、第 9 (泥灰岩) グループ、および火成岩の第 1 (花崗岩、古い)、第 11 (キンバーライト)、12~13 グループに関する応答があった。

断面下部から 50 km の面では、堆積岩の第 1~6 グループを除くすべての岩石グループから応答が得られた。



図20 オーストラリア南部におけるブロック 691 の位置づけ.

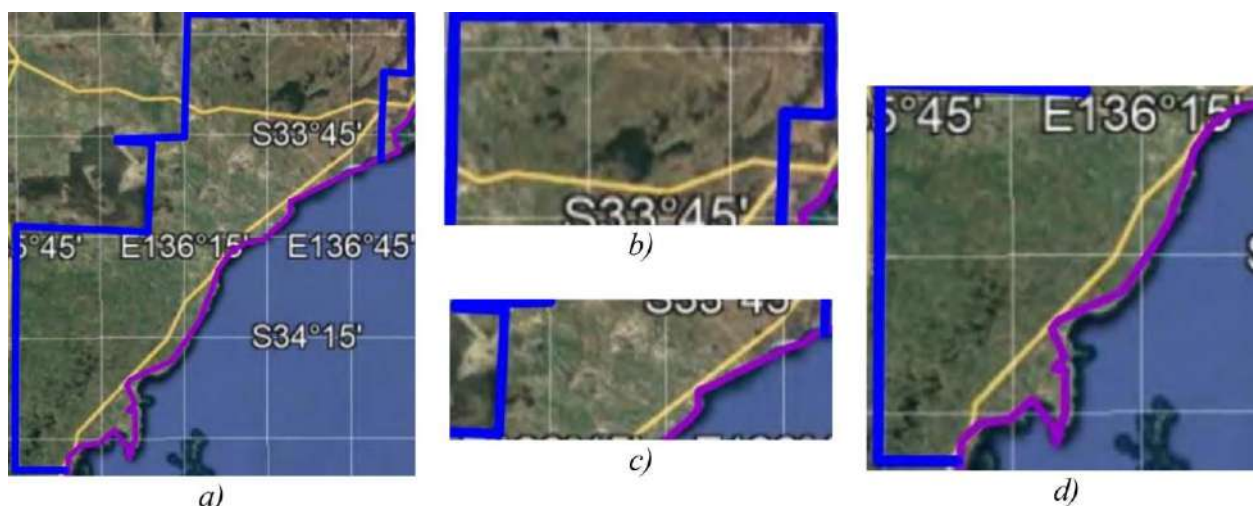


図21 周波数共鳴処理用に準備された、鉱業権供与されたブロック 691 の断片の衛星画像.

第1～6 堆積岩グループからの応答は、6 km までの区間でのみ記録された。

このブロックのこの部分では、水素と玄武岩の周波数の信号は記録されなかった。

炭化水素と水素の探索に有望でない地域。ブロック 691 の中央部の衛星画像 (図 21c) を地表から周波数共鳴処理する過程で、石油、コンデンセート、ガス、水素の周波数の信号が 60 秒間 (測定実施中の各成分について) 記録されなかった。

堆積岩の第9グループ (泥灰岩)、第10グループ (珪質岩)、火成岩の第11グループ (キンバーライト)、第12～13群から応答があった。

水素と玄武岩の周波数の信号は記録されなかった！

炭化水素探索の最も有望なエリア。ブロック 691 南

部の衛星画像の断片 (図 21d) を地表から周波数共鳴処理したところ、石油、コンデンセート、ガス、琥珀、メタン酸化菌の周波数の信号が記録された。

堆積岩の第1～6グループ、第7グループ (石灰岩)、第9グループ (泥灰岩)、第10グループ (珪質岩) から応答が得られた。

深度 57 km では、すべてのリストアップされた岩石群からの応答が、断面下部から得られた。

57 km の HC 合成面では、石油、コンデンセート、ガス、琥珀の周波数の信号が記録された。

水素と玄武岩の周波数の信号は記録されなかった！

主な結論と若干のコメント。予察調査の結果、以下のような結論が得られた。

1. 認可された鉱区 691 内の天然水素の蓄積を探索す

るための地質学的・物理学的作業は、推奨されない。

2. 認可された鉱区 691 の領域では、石油、ガス、ガスコンデンセートを探索するための地質学的・物理学的調査を実施することが推奨される。第 1~6 グループおよび第 7 グループ（石灰岩）の堆積岩で満たされた火山複合体では、石油、コンデンセート、ガスの周波数での反応が、圧倒的多数のケースで記録されている。

3. 南部の最も有望な地域内で、炭化水素探査を目的とした地質学的・地球物理学的研究を開始することが好都合である。

4. 移動式直接探査法の使用は、石油、ガス、天然水素の探査プロセスを大幅にスピードアップし、コストを削減する！

上に示した予察調査の結果に、以下のことを付け加えるのが適切である。鉱区 691 の 3 つの断片の衛星画像を用いた機器測定のプロセスで、水素の周波数と火成岩の第 6 グループ（玄武岩）の応答を確認することに主眼が置かれた。これは、地球上の様々な地域で、目に見える水素の脱ガスの大規模なゾーンや局所的なゾーンについての数多くの調査結果 [4, 6, 8, 13, 15-19, 22] による。論文 [16] では、得られた結果が次のような形で要約されている。

1. 玄武岩質火山の広大な地域や局所的な場所、異なる深さに根を持つ場所では、表面からの水素周波数の信号がほぼ常時記録されている。

2. 断面走査を行うと、玄武岩火山の上端から根元まで、実質的に水素の応答が記録される。この特徴は、玄武岩質火山が一種の流路であり、その流路を通じて水素が断面の上層へ、さらに大気中へと活発に移動していることを示唆している。

3. ある種の玄武岩質火山では、深さ 68 km や 69 km で深層流水が合成される。水素富化水は癒し効果があり、健康目的に利用できる。地球上で研究されている長寿のゾーンと地域はすべて [8, その 2], 玄武岩火山の（輪郭）内に位置しており、そこでは深さ 68 km または 69 km で合成された水が地表に移動し、給水や飲用に利用されていることに注目すべきである。

4. 水素鉱床は、玄武岩質の火山によって、玄武岩に隣接するキャップされた貯留層に形成されることがある。マリの水素生産地は玄武岩質火山の輪郭の外側に位置しており、井戸の位置で泥灰岩から水素の反応が記録された。他の地域では、ドロマイト（カルパチア

山脈、長寿の島イカリア島）、泥灰岩、石灰岩から水素の信号が得られた。

5. 玄武岩火山の近くの様々な種類の貯留層に形成された水素鉱床は、直接探査法（衛星画像や写真の周波数共鳴処理技術など）を用いた広域探査で、迅速に検出し、位置を特定することができる。

6. 結晶質岩（玄武岩を含む）中の貯留層の研究は注目に値する。直接探査法もこの目的に利用できる。

7. 多くの地域で実施された実験的研究が、衛星画像や写真を処理および解釈して、水素蓄積の領域を検出し位置を特定し予測される堆積物の深さを決定するために、直接探査周波数共鳴法を使用する可能性（および便宜性）を示していることが、根本的に重要であると考えられるべきである。この方向でのさらなる研究では、水素を蓄積できる貯留層の種類、および堆積物の保存に寄与するシール岩に注意を払うことが望ましい。

上記に関連して、世界のさまざまな地域で発見された玄武岩火山の範囲内で、炭化水素鉱床のガス（メタン）と同様に、機器測定によって記録された水素の大気中への移動の事実は、基本的に重要であると考えられるべきである。一般に、[4, 6, 8, 13, 15-19, 22]で示された研究結果は、地球惑星大気中への深部（生物起源）ガスと水素の大規模な移動に関する研究者の結論を裏付けるものである！

タスマニア島。 2021 年 8 月にタスマニア島の衛星画像（図 22）とその破片の予察モードでの周波数共鳴処理が行われた。

タスマニア島の衛星画像（図 22）の周波数共鳴処理では、地表からリン（赤・黄）、水素、水素細菌、流水・滞留水、深い玄武岩、コーサイト、カリウムマグネシウム塩、第 7 グループ（石灰岩）の堆積岩、第 1 グル



図 22 タスマニア島 (TAS) の衛星画像。



図 23 タスマニア島 (TAS) の脱ガス帯の衛星画像.

ープ (花崗岩), 第 6 グループ (玄武岩), 第 7 グループ (超苦鉄質), 第 8, 9, 10, 15 グループの火成岩の信号が記録された. 石油, コンデンセート, ガス, 塩化ナトリウム塩の反応は得られなかった.

図 22 の画像の断片を島のみ (隣接する水域なし) で処理すると, 表層から石灰岩, 花崗岩, 玄武岩の信号が記録された. 表面から 1 m ステップで断面を走査すると, 石灰岩の上端は深度 280 m に確定された.

様々な深度の応答を確定することにより, 石灰岩の下端は深度 99 km, 玄武岩火山は 470 km, 花崗岩火山は 996 km で決定され, 第 10 グループの堆積岩 (珪質岩) の応答は 99-723 km の区間で得られた.

図 1 の画像の島がない部分 (隣接する水域のみ) を処理したところ, 火成岩の 7, 8, 9, 10, 15 グループの信号のみが記録された.

タスマニア島の領域で, 水素の脱ガスが見られる領域 (図 23a) を調べたところ, 地表から堆積岩の第 7 グループ (石灰岩), 火成岩の第 6 グループ (玄武岩), 水素, 流水の信号が記録された. 玄武岩火山の根は深さ 470 km に確認された.

水素の応答は断面の上部から 0 m の地表で得られており, これは水素が大気中に移行していることを示している.

表面から断面を 1 m ステップで走査すると, 深度 116 m で玄武岩の上端が記録された. 深度 230 m から 1 m ステップで走査すると玄武岩からの水素の反応が記録され始め, 深度 280m から流水の反応が記録された. 160 m の面では, 断面の上部から水素と石灰岩の信号を受信した. 表面から 1 cm ステップで断面を走査した場合, 石灰岩からの水素の反応は次の区間から得られた: 1) 5.50- (9-集中) -12.50 m, 5 cm ステップの場合, 2) 38- (62-非常に集中) -76 m, 3) 147-165 m, 1 m. 仕

様: 160m から 1cm ステップで 165.5m までの信号を記録.

図 23b は, 水素脱ガスの見られるゾーンを拡大した衛星画像である. この画像の周波数共鳴処理中に, 火成岩の第 6 グループ (玄武岩), 第 6A グループ (ドレライトと安山岩), 第 6B グループ (ランプロアイト) の信号が記録された. 玄武岩火山の根は深さ 470 km で記録された. 地表 10 km では断面下部の 6A, 6B グループの応答が記録されたが, 深さ 14 km ではすでに信号がなくなっていた.

表面から 1 m ステップで断面を走査し, 深度 190 m で玄武岩の上縁を決定した. 断面上部から 190 m の地点で, 水素と堆積岩の第 7 (石灰岩) グループの信号が記録された.

また, 地表 0 m の断面上部からも水素の周波数の信号が記録されており, これは水素が大気中に移行していることを示している.

表面から 10 cm のステップで断面を走査すると, 石灰岩からの水素の反応は 90-128 m と 156-175 m の区間から得られた. 玄武岩からの水素の信号は, 190 m から 10 cm のステップで断面を走査すると 225m から記録され始め, 流水の信号は 245m から記録された.

水素細菌の反応も表面で記録された. 断面を 1 cm ステップで走査すると, バクテリアの反応はほぼ表面から 540 cm まで記録された.

コパール銅鉱床. 予察モードでは, コパール銅鉱床の位置する地域の衛星画像 (図 24) も処理した.

図 24 の画像を処理する際, 堆積岩の第 7 (石灰岩) グループの応答が地表から記録された. 石灰岩の下端は深度 99 km に記録されている. 99-218 km 区間と 218-723 km 区間からは, それぞれ堆積岩 (珪質岩) 第 10 グループと塩の周波数の応答が得られた.

水素, リン, 細菌 (水素を含む), 石油, 深部玄武岩の地表からの応答は得られなかった。

一方で銅, バナジウム, アルミニウム, ルビジウム, イットリウムの周波数の信号が地表に記録された (限られた化学元素の信号を固定する手順が実施された)。

地表から 1 km までの断面を 1 m ステップで走査すると, 石灰岩からの銅の周波数の応答は 90 m- (200 強い) -320 m の区間で記録された。

流水の応答は地表 46 km でのみ記録され, 滞留水の応



図 24 コバール銅鉱山地域の衛星画像.

答は深さ 48 km であった。

銅の信号は深さ 48 km で受信され, 48.1 km の地表では応答がなかった。

カンガルー島. カンガルー島を撮影した衛星画像 (図 25a) を加速モードで周波数共鳴処理したところ, 地表から塩と第 8 グループの堆積岩 (ドロマイト) の信号が記録された. 石油, コンデンセート, ガス, リン, 水素の反応は受信されなかった. 塩の反応は断面の下部から深さ 50 km で記録された。

水素の信号がないため, 島と隣接する水域を除いた写真のみを追加処理した (図 25b). 測定中, 塩とドロマイトの反応が得られた. 地表 50km では塩の反応はなく, 深さ 218 km でドロマイトの下端 (火山の根) が記録された. 218 km から 723 km の区間では, 堆積岩

の第 9 (泥灰岩) グループの応答が記録された。

地表から断面を 1 m のステップで走査すると, 120 m から塩の反応が記録され始め, 10 m のステップで 13430 m まで追跡された. この深さでは, 断面の下部からの塩の反応はなく, ドロマイトの反応が記録された。

カンガルー島の北と東の地域. 水素, リン, 玄武岩の周波数の信号を記録する手順のみで調査した. 図 26 のオーストラリア領域の画像を処理したところ, 深さ 470 km に根を持つ石灰岩の信号が記録され, 470-996 km の区間で花崗岩の応答が得られた. 水素, リン, 塩, 炭化水素の信号は受信されなかった。

水素, リン, 玄武岩の反応も, 図 27 の画像処理では記録されなかった. 表面から塩と石灰岩の信号が得られた。

新しい計測方法の特徴

衛星画像や写真画像の周波数共鳴処理技術を用いて, アイアンバーク構造隆起帯の追加的な研究を行う場合, 追加の (改善された) 機器測定方法を用いることができる. この点で, 我々は以下の特徴に注目している. 詳細なモードで探査地域の調査を実施する過程で, 炭化水素 (石油, ガス, コンデンセート) に関する機器測定を, 比較的長い時間間隔 (3 分以上) を考慮に入れて実施することが望ましい。

調査実施に際しては, 断面の上部から異なる深さ (最大 7~10 km) の炭化水素からの応答を固定するための機器測定も実施する必要がある. この手順によって, 炭化水素を含む断面の区間が (おおよそ) 決定される. そして, この区間を小さなステップで (下から上へ, あるいは上から下へ) 走査することで, 石油・ガスの飽和した貯留層 (非商用の炭化水素量の場合を含む) の深さと厚さを決定することが可能になる。

最近, 地震断面を周波数共鳴処理に追加利用する可



a)



b)



c)

図 25 カンガルー島の衛星画像.



図 26 カンガルー島北部の衛星画像



図 27 カンガルー島東部の衛星画像



図 28 ケニア地溝帯でのナガミア-1 油田の発見

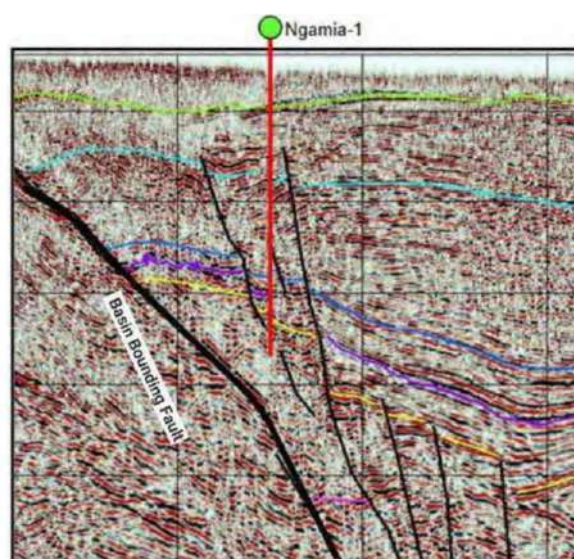


図 29 ナガミア-1 号井の地震断面図 [54].

能性を評価する実験的研究が行われている。地震断面の情報内容を追加的に評価するために、図 29 と図 30 の地震断面の写真画像の処理を予察モードで行った。ナガミア-1 坑井を通る地震断面 (図 29) [54]。写真画像の周波数共鳴処理中に、石油、ガスコンデンセート、ガス、黄リン、堆積岩の第 7 (石灰岩) グループの信号が記録された。

ナガミア-1 坑井掘削現場の写真 (図 28) [55]。掘削現場の写真を周波数共鳴処理したところ、石油、ガスコンデンセート、ガス、メタン酸化細菌、黄リン、堆積岩の第 7 (石灰岩) グループの信号が記録された。

プロファイルの 1 つに沿った地震断面図 (図 30) [54]。図 12 の地震断面を使用した岩石グループとともに周波数共鳴処理を行ったところ、堆積岩の第 9 グループ (泥灰岩)、火成岩の第 11 グループ (キンバーライト、ランプロアイト)、変成岩の第 12 グループ (カーボナタイト)、第 13 グループ (グラニュライト) と共通の信号が得られた。このような処理結果は、プロファイ

ルに沿った断面に、列挙されたグループの岩石が存在することを示している。

主な結論：有望な構造を通る地震セクションは、正確に構築され、提示された場合、周波数共鳴処理に有益であり、衛星画像および調査地域の写真の処理結果をさらに確認するために使用することができる。

オーストラリアとニュージーランド地域の予察調査プロジェクト

石油・ガスプロジェクト。 衛星画像と写真の周波数共鳴処理による直接探査技術の検証と実用化の結果から、石油・ガス鉱床の探索・探査の際にこれらを使用することで、探査プロセスを大幅にスピードアップし、最適化することができると合理的に結論づけることができる。世界のさまざまな地域 (オーストラリアやニュージーランドを含む) で大規模な鉱区の領域で迅速に実施された予察調査は、モバイル直接探査技術の潜在的な能力をさらに確認するものと考えることができ

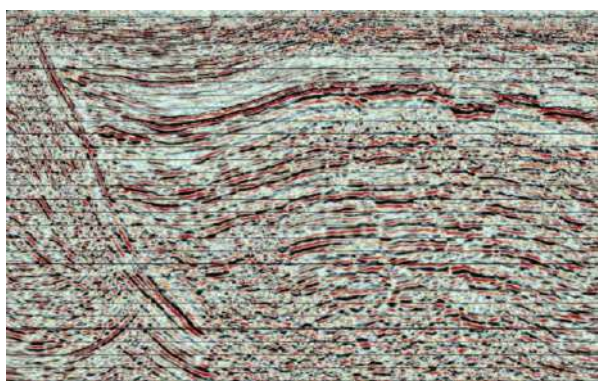


図 30 2023 年に受信されたプロファイルの 1 つに沿った地震断面図 [54].

る。一方で、大規模鉱区の調査結果は、オーストラリアおよびニュージーランドの全領域を調査し、石油およびガスの詳細な探査に最も有望なエリア（ブロック）を特定するための予察調査の潜在的な可能性を示唆している。

このプロジェクトを実際に実施するためには、オーストラリアとニュージーランド領域の衛星画像を別々のブロックに分割し、その周波数共鳴処理を個別に行うことが考えられる。南オーストラリア及びニュージーランド領域の衛星画像を分割するための可能な選択肢の一例を図 31 及び図 32 に示す。長方形の輪郭を持つこれらの画像は、69（南オーストラリア）と 83（ニュージーランド）の処理用の地域断片（ブロック）を示している。

衛星画像の断片 69（南オーストラリア）と 83（ニュージーランド）の周波数共鳴処理は、非常に短時間で実行できる。画像処理中に、以下の一連の測定手順を実行することができる：a) 表面からの石油、コンデンセート、ガスの周波数における異常応答の固定化 b) メタン酸化細菌（これらのバクテリアの集団は、MicroPro GmbH（ドイツ）による石油およびガスの微生物学的探

査の手法で分析される）の周波数における信号の登録；c) 深度 57 km の炭化水素合成のための条件が存在する調査海域内の火山構造の存在を確認し、この深度における石油、コンデンセート、ガスの反応を追加で固定する；d) 断面の深部で石油やガスが発見される可能性を評価するために、深度 5, 10, 15 km の断面の下部から、石油、コンデンセート、ガスの周波数での信号の固定。

列挙された測定手順は、地球上の様々な地域の陸地や陸棚および玄武岩火山の位置での試掘井の掘削地域（サイト）における直接探査方法の承認プロセスにおいて、その有効性と情報提供力を十分に実証している [4, 6, 8, 13, 15-19, 22].

備考. このプロジェクトの枠組みの中で、機器測定のための追加の手順とその実施の特徴は、オーストラリアとニュージーランドでその実施の便宜性が認められれば、定式化（明確化）することができる。

水素プロジェクト. 自然水素探索のための予察モードで、南オーストラリアとニュージーランド領域の画像（図 31 と図 32）の各断片の周波数共鳴処理中に、次のような性質の一連の計測が個別に実施される可能性がある。a) 第 6 グループの火成岩（玄武岩）の周波数の信号（応答）を記録するための手順、b) 玄武岩火山の根の深さを決定するための手順（玄武岩の周波数で表面からの応答を固定する場合）、c) 水素（リン（赤）と水素細菌）の周波数の信号（応答）を固定するための手順、d) 大気中への水素の移行（または以降のないこと）を確認するための計測。

調査期間中に記載された一連の機器測定手順を実施することの便宜性は、世界の様々な地域で実施された直接探査法の試験結果によるものである。a) 玄武岩火山群の輪郭における機器測定の間、水素の周波数にお



図 31 南オーストラリア（ビクトリア州とタスマニア）の衛星画像。



図 32 ニュージーランドの衛星画像。

ける応答がほとんどどこでも記録される。b) 赤リンは玄武岩火山にほとんど常に存在する。c) 水素細菌は、水素が大気中に移動する領域の断面の上部にコロニーを作る。

第2段階の作業を実施するために、2つの条件のうちの1つが満たされた。1つの調査断片内で水素を含む玄武岩複合体が発見され、赤リンと水素バクテリアの周波数での反応が記録された。地元鉱区内でのさらなる調査の継続は、少なくともオーストラリアとニュージーランドの企業1社が「プロジェクト」の実施に参加することによってのみ可能となる。

地元鉱区内でのプロジェクト実施の第二段階では、次のような性質の研究を行うことができる：a) 玄武岩火山の位置を特定し、水素のための試掘井の掘削に最も有望な場所（ゾーン）を選択するために、鉱区の衛星画像を詳細モードで処理することができる。b) 最も有望な地元ゾーンの輪郭で、玄武岩上部および玄武岩自体の中の水素貯留層の深さと厚さを決定するために、断面を詳細に走査する；c) 有望な地元ゾーン内では、詳細な断面を走査することにより、流水の貯留層の深さと厚さを決定し、断面を走査して特定された貯留層における流水（例えば water coning: 坑井付近のガス層圧または油層圧が低下し、層内に圧力の不均衡が発生し、高い圧力を持つ底水が圧力の不均衡を補うために坑底に向かって隆起してくる現象、岩本記）の治癒の特性も研究されるだろう。

地元鉱区の衛星画像を詳細に処理した結果に基づいて、最も有望な現地地域に試掘井を掘削することを決定する。掘削の初期段階では、坑井を断面の上層に水素が存在する貯留層を調査するために設計することができる。掘削中に、流水を含む貯留層も調査することができる。最初の坑井掘削の結果に基づいて、「プロジェクト」をさらに実施するための次の研究段階を決定することができる。

いくつかのコメントと結論

この論文は、オーストラリアとニュージーランド領域で、異なる時期に、加速モードによる機器測定を行った実験的研究の結果を紹介したものである。大きなブロックや局所的なエリアの調査を実施する際には、限られた測定手順のセットを実施した。

また、上記では測定結果のみを示した。時間的な問

題から、調査地域内の既知の地質学的・物理学的研究資料との比較は行っていない。このような比較は、機器測定的能力を持たない専門家でも行うことができる。

結論として、オーストラリアで調査されたすべての環状構造は火山構造（複合体）であることが、深さ 470 km と 996 km のチャンネルの根をその範囲内で確認した結果に基づいて示された。様々なタイプの活火山（泥火山を含む）でも、チャンネルの根は大深度で確認された。また活動中の泥火山（「若い」）の根は、深さ 194-219 km の、物質が可塑的な状態の層に位置していることが明らかになった。同時に古い火山構造物（深さ 470 km と 723 km に根を持つものを含む）も、活火山のある場所に位置する可能性がある。

この点に関して、O.B. Gintov [56, p. 139] の論文から抜粋する：「現時点では、1 つまたは別のリング構造を隕石クレーターとすることを可能にする 2 つの徴候があるのみである。すなわちクレーターと深部構造の間につながりがないことと、クレーター内に通常でない量の隕石物質が存在することである。ある構造 (...) 内で掘削された井戸は、側面部分でのみ乱されていない地下を明らかにしたが、中央部では破碎帯を通過しなかった。隕石物質については、隕石クレーターに関連すると思われる構造物の 10% でしか発見されなかった。」論文の著者の仮説、すなわち多くの環状構造が隕石クレーターではなく、火山性複合体である可能性が高いという考えは、この論文で紹介されている実験結果からも確認することができる。

オーストラリア沖とニュージーランド沖の調査海域では、57 km の境界線が存在することが確認された[4-9]。この境界より上では、石油、コンデンセート、ガス、琥珀（ある種のチャンネルのみ）の周波数で応答が記録され、それより下では水素と炭素の周波数で応答が記録される。

いくつかの地点では、水合成が行われる深さ 69 km 付近に境界の存在が確認されている。

深さ 470 km に根を持つ花崗岩火山（「若い」火山）でのみ、金の周波数での応答が記録されたという事実に注意することが望ましい。

天然水素の発見が期待されるオーストラリア地域や大きなブロックの地質構造の特徴については、[57-59] を含む多くの論文や会議資料で分析されている。割り当てられた有望地域内で、直接探査法を用いて追加的

な調査を実施するのが望ましい。

総じて、オーストラリアとニュージーランド地域のいくつかの地質学的な場所での実験的な研究の結果は、世界の様々な地域で調査された構造と鉱床の既存のデータベースを補完するものである。このデータベースに蓄積された研究資料は、可燃性および鉱石鉱物の探索に関する方法論的な推奨事項を統計的に裏付けるのに役立つ。行われた研究はまた、使用された超モバイル技術によって、可燃性および鉱石、水の探索プロセスを大幅に迅速化および最適化（低コスト化）することが可能であることも示している。

また、多くの研究者が、さまざまな種類の鉱物の探鉱プロセスを迅速化することの便宜性に注目していることにも注目したい。特に、論文[60]では、石油とガスの試掘調査のパラダイムを議論・分析し、試掘作業の新しいモデルを提案している。「石油・ガス産業は、困難な経済シナリオに直面し、新たなやりがいのある探鉱機会を提供しうる広大なフロンティア地域を探索する必要性に迫られているため、有望な手掛かりをより迅速かつ低コストで、より直接的な方法で特定・評価することに重点を置いた新たな探鉱モデルを採用する必要がある。この変化を実現するカギとなるのが、新しい技術である。幸いなことに、これらの技術のいくつかは現在利用可能であり、それらは効果的で、提案された新しい探索モデルに適合することが証明されている」 [60, P. 140]。

この論文[61]では、鉱物探索のための画期的な技術について論じている。この論文[61]の著者も、探査プロセスにおける地球リモートセンシング (ERS) データの利用の重要性に言及している。現代のリモートセンシングデータの処理と解釈の技術によって、地球[62]、火星[63]、金星[64]上のさまざまなタイプの何万もの火山構造を検出することが可能になった。これは、地球および太陽系の惑星や衛星の構造複合体の形成に関する火山モデルの立場を著しく強化するものである。

直接探鉱技術は、その個々の方法だけでなく、全体として、未探鉱・未開拓の探鉱鉱区や地域の石油・ガスの潜在的な可能性を予備的に評価するために、さまざまな地域で使われるべきである。この技術の使用は、非在来型貯留層（頁岩、石炭層、結晶質岩の分布地域を含む）における炭化水素の産業的貯留の探索に大きな効果をもたらすことができる。探鉱・試掘井の

地元掘削地域で、直接探鉱法を用いて速やかに実施される追加調査は、掘削成功率の向上（炭化水素の商業的流入を伴う坑井数の増加）に貢献する。垂直流体移動チャンネルが存在する地域に坑井を掘削すれば、炭化水素流出量の増加につながる。モバイル技術は、既知の石油・ガス田の中の未探査地域や鉱区を探索する際にもうまく利用できる。

文 献

- [1] Yakymchuk N. A., I. N. Korchagin, V. G. Bakhmutov and V. D. Solovjev (2019) Geophysical investigation in the Ukrainian marine Antarctic expedition of 2018: mobile measuring equipment, innovative direct-prospecting methods, new results. *Geoinformatika*, 1, 5-27. (in Russian).
- [2] Yakymchuk N. A. and I. N. Korchagin (2019) Integral estimation of the deep structure of some volcanoes and cymberlte pipes of the Earth. *Geoinformatika*, 1, 28-38 (in Russian).
- [3] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2019) Ukrainian Shield: new data on depth structure and prospects of oil, gas condensate, gas and hydrogen accumulations detection. *Geoinformatika*, 2, 5-18 (in Russian).
- [4] Yakymchuk, N. A., I. N. Korchagin and L. S. Pevashov (2019) Direct-prospecting mobile technology: the results of approbation during searching for hydrogen and the channels of migration of deep fluids, mineral substances and chemical elements. *Geoinformatika*, 2, 19-42 (in Russian).
- [5] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2019) Peculiarities of depth structure and of oil and gas perspectives of Ukrainian shield separate blocks by results of frequency-resonance sounding of cross-section. *Geoinformatika*, 3, 5-18 (in Russian).
- [6] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2019) Application of mobile frequency-resonance methods of satellite images and photo images processing for hydrogen accumulations searching. *Geoinformatika*, 3, 19-28 (in Russian).
- [7] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2019) Studying the internal structure of volcanic complexes of different type by results of frequency-resonant processing of satellite and photo images. *Geoinformatika*, 4, 5-18 (in Russian).
- [8] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2019) Technology of frequency-resonance processing of remote sensing data: results of practical approbation during mineral searching in various regions of the globe. Part I. *Geoinformatika*, no. 3, 29-51; Part II. *Geoinformatika*. (2019) no. 4, 30-58; Part III. *Geoinformatika* (2020) 1, 19-41; Part IV. *Geoinformatika* (2020) 3, 29-62; Part V. *Geoinformatika* (2021) 3-4, 51-88. (in Russian).

- [9] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2020) Approbation of direct-prospecting technology of frequency-resonance processing of satellite images and photo images at known hydrocarbon deposits in different regions. *Geoinformatika*, no. 2, 3-38 (in Russian).
- [10] Yakymchuk, N. A., I. N. Korchagin and K. P. Yanushkevich (2020) Approbation of frequency resonance methods of satellite and photo images processing on the geological structure "Chicxulub Crater". *Geoinformatika*, no. 2, 39-49 (in Russian).
- [11] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2020) On the possibility of application the frequency resonance technology of satellite images and photos images processing for studying objects of the solar system and far space *Geoinformatika*, no. 2, 98-108 (in Russian).
- [12] Yakymchuk, N. A., I. N. Korchagin and K. P. Yanushkevich (2020) Features of the depth structure and prospects of oil and gas potential of the Carpathian region by results of cross-section frequency resonance sounding. *Geoinformatika*, no. 2, 50-68 (in Russian).
- [13] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2020) Direct-prospecting technology of frequency-resonant processing of satellite images and photos images: results of use for determining areas of gas and hydrogen migration to the surface and in the atmosphere. *Geoinformatika*, no. 3, 3-28 (in Russian).
- [14] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2020) New evidence in favor of the abiogenic genesis of hydrocarbons from the results of the testing of direct-prospecting methods in various regions of the world. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. 2020. No. 9, 55-62. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2020.09.055> (in Ukrainian)
- [15] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2020) Direct-prospecting technology of frequency resonance processing of satellite images and photo images: potential opportunities and prospects of application for natural hydrogen accumulations searching. *Geoinformatika*, no. 4, 3-41 (in Russian)
- [16] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2021) Depth structure features of large zones of hydrogen degassing in various regions of the earth by results of frequency-resonance processing of satellite and photos images. *Geoinformatika*, 2021, no. 1-2, 3-42 (in Russian).
- [17] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2021) On the prospects of the technology of remote sensing data frequency-resonance processing using when conducting profiles geoelectric and seismic studies. *Geoinformatika*. no. 3-4, 18-50. (in Russian).
- [18] Yakymchuk, N. A., I. N. Korchagin and V. G. Bakhmutov (2021) Features of the deep structure of individual areas within the basalt complexes in Volyn. Problems of regional geology in the west of the East European Platform and adjacent territories: Proceedings of the III Intern. scientific conf., Rep. Belarus, Minsk, 15 Dec. 2021 / Belarus. state un-t; editorial board: O. V. Lukashev (editor-in chief) and others. - Minsk: BSU, 30-36.
- [19] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2021) Results of a reconnaissance survey of large zones of hydrogen degassing in various regions of the world. Reports of the National Academy of Sciences of Ukraine. no. 1. 79-91. <https://doi.org/10.15407/dopovidi2022.01.079> (in Ukrainian)
- [20] Yakymchuk N. A., I. N. Korchagin and A. Javadova (2022) Results of a survey by mobile direct prospecting methods in the location of the active Dashly volcanic complex in the Caspian Sea. *Azerbaijan Geologist*. # 25, 42-53. <https://www.azgeologist.com/geolog/>
- [21] Yakymchuk N. A., I. N. Korchagin, S. Levashov and V. Solovyov (2022) Volcanism and degassing processes in the structures of the Earth's polar regions (review based on the results of frequency-resonance studies). Dodo Books Indian Ocean Ltd. And OmniScriptum S.R.L Publishing group. 276 p. (in Ukrainian). ISBN: 978-620-0-63606-5 <https://morebooks.de/shopui/shop/search?q=978-620-0-63606-5&page=1>
- [22] Yakymchuk, N. A. and I. N. Korchagin (2022) Direct-prospecting technology of satellite images and photos images frequency-resonance processing: results of large blocks and hydrogen degassing areas surveying in Great Britain. *New Concepts in Global Tectonics Journal*. v. 10, no. 2, 120-155. <http://www.ncgtjournal.com/journals.html>
- [23] V. Soloviev, N. A. Yakymchuk and I. N. Korchagin (2023) Pockmarks, seep sources, and degassing processes in the polar region structures. *New Concepts in Global Tectonics Journal*. v. 11, no. 1, 35-47 <http://www.ncgtjournal.com/journals.html>
- [24] Levashov S. P., N. A. Yakymchuk, and I. N. Korchagin (2012) Frequency-resonance principle, mobile geoelectric technology: new paradigm of geophysical investigations. *Geofizicheskiy zhurnal*, v. 34, no. 4, 166-176 (in Russian).
- [25] Australia's latest 'gold' rush escalates. <https://www.upstreamonline.com/hydrogen/australia-s-latest-gold-rush-escalates/2-1-1269342>
- [26] CSIRO steps in to provide expertise for SA natural 'gold' hydrogen rush. <https://www.pvmagazine-australia.com/2022/08/02/csiro-steps-in-to-provide-expertise-for-sa-natural-goldhydrogen-rush/>
- [27] H2EX natural hydrogen exploration. <https://www.energymining.sa.gov.au/industry/energy-resources/regulation/projects-of-publicinterest/natural-hydrogen-exploration/h2ex-natural-hydrogen-exploration>
- [28] Natural hydrogen exploration 'boom' snaps up one third of South Australia. <https://www.pv-magazine-australia.com/2022/02/02/natural-hydrogen-exploration-boom-sees-one-third-of-south-australia-snapped-up/>

- [29] PEL 691. <https://h2ex.com.au/pel-691/>
- [30] Tesla N. Patents. – Samara (2009) Publishing House "Agni", 496 p. (in Russian).
- [31] Tesla N. Articles. - Samara: (2010) Publishing House "Agni", Moscow: Publishing House "Russian Panorama", 584 p. (in Russian).
- [32]. "Electronic petrographic reference book-identifier of magmatic, metamorphic and sedimentary rocks" for operational use in the creation of Gosgeolkart1000/3 and 200/2 for the territory of the Russian Federation. St. Petersburg, 2015. <http://rockref.vsegei.ru/petro/> (in Russian).
- [33] Meteor Impact Site In Australia Targeted For Gold And Rare Metals. <https://www.forbes.com/sites/timtreadgold/2019/12/12/meteor-impact-site-in-australia-targeted-for-gold-and-rare-metals/#1c0ecd9a43fb>
- [34] New findings from Australia's Wolfe Creek Crater shows large meteorites 'like a nuclear bomb' hit Earth every 180 years. <https://www.abc.net.au/news/2019-12-15/wolfe-creek-crater-younger-than-previously-thought/11786038>
- [35] World's oldest recorded meteorite impact: 43-mile wide crater in Western Australia was created by an asteroid strike 2.229 BILLION years ago. <https://www.dailymail.co.uk/sciencetech/article-7912325/Australias-Yarrabubba-impact-crater-oldest-world-scientists-confirm.html>
- [36] Yarrabubba crater in WA outback world's oldest recognised impact structure. <https://www.abc.net.au/news/science/2020-01-22/wa-crater-yarrabubba-meteorite-impact-worlds-oldest/11881786>
- [37] 10 largest gold deposits in the world. <https://goldenfront.ru/articles/view/10-krupnejshih-zolotyh-mestorozhdenij-v-mire/>
- [38] Shell Makes Significant Find Offshore Australia. https://www.rigzone.com/news/shell_makes_significant_find_offshore_australia-23-dec-2019-160645-article/?utm_campaign=DAILY_2019_12_24&utm_source=GLOBAL_ENG&utm_medium=EM_NW_F1
- [39] No Gas, Oil In Highly Anticipated Sasanof Well Off Australia. https://www.rigzone.com/news/no_gas_oil_in_highly_anticipated_sasanof_well_off_australia-06-jun-2022-69232-article/
- [40] WESTERN GAS: www.westerngas.com.au
- [41] NZ oil exploration hinges on Great South Basin. https://www.nzherald.co.nz/business/news/article.cfm?c_id=3&objectid=12298271
- [42] OMV cleared for Great South Basin drilling. <https://businessdesk.co.nz/article/omv-cleared-for-great-south-basin-drilling>
- [43]. BP nears primary target at Ironbark well. https://www.offshore-energy.biz/bp-nears-primary-target-at-ironbarkwell/?utm_source=subseaworldnews&utm_medium=email&utm_campaign=newsletter_2020-12-28
- [44] Ironbark-1 Exploration Drilling Environment Plan. <https://consultation.nopsema.gov.au/environment-division/5084/>
- [45] Cue Energy. www.cuenrg.com.au
- [46] Long-awaited 'world-class' Ironbark prospect disappoints. <https://www.offshoreenergy.biz/long-awaited-world-class-ironbark-prospect-disappoints/>
- [47] BP well comes up empty at promising Ironbark gas prospect off Australia. <https://www.reuters.com/article/us-bp-australia-exploration-idINKBN2930JS>
- [48] Mineral Resources Lockyer Deep-1 Gas Discovery. <https://investorinsight.com.au/mineral-resources-lockyer-deep-1-gas-discovery/>
- [49] Norwest Energy (ASX: NWE) Lockyer Deep-1 gas discovery well flows at 117 mmscf/d. <https://themarketherald.com.au/norwest-energy-asxnwe-lockyer-deep-1-gas-discovery-well-flows-at-117-mmscf-d-2022-03-28/> Page 212 New Concepts In Global Tectonics Journal Vol 11, N 3, September 2023
- [50] Norwest Energy Sees Incredible Results In Perth Basin Well. https://www.rigzone.com/news/norwest_energy_sees_incredible_results_in_perth_basin_well-28-mar-2022-168408-article/
- [51] What tourists don't get about New Zealand's White Island volcano. <https://edition.cnn.com/2019/12/14/opinions/white-island-volcano-risks-phillips/index.html>
- [52] <https://www.google.com.ua/maps/@-37.61359,140.6142459,11885m/data=!3m1!1e3>
- [53] Photos: The Clearest Lake on Earth <https://www.livescience.com/37587-photos-learestlake-on-earth.html>
- [54] Invictus Energy Ltd (ASX: IVZ). <https://www.invictusenergy.com/>
- [55] Ngamia-1 oil discovery in Kenya Rift Basin. <https://www.kenyaengineer.co.ke/kenya-oil-update/ngamia-1-oil-discovery-in-kenya-rift-basin-2/>
- [56] Gintov, O. B. (1978) The structure of the continental crust in the early stages of its development. K.: Naukova Dumka, 164 p. (in Russian).
- [57] Boreham, C. J., D. S. Edwards, K. Czado, N. Rollet, L. Wang, S. van der Wielen, D. Champion, R. Blewett, A. Feitz and P. A. Henson (2021a) Hydrogen in Australian natural gas: occurrences, sources and resources. The APPEA Journal 61, 163–191.
- [58] Boreham, C. J., J. H. Sohn, N. Cox, J., Williams, Z. Hong and M. A. Kendrick (2021b) Hydrogen and hydrocarbons associated with the Neoproterozoic Frog's Leg Gold Camp, Yilgarn Craton, Western Australia. Chemical Geology 575, 120098.
- [59] Frery, E., L. Langhi, M. Maison and I. Moretti (2021). Natural hydrogen seeps identified in the North Perth Basin, Western Australia. International Journal of Hydrogen

- Energy, v. 46, 31158–31173.
- [60] Jones, C. M. (2018) The oil and gas industry must break the paradigm of the current exploration model. *J. Petrol. Explor. Prod. Technol.* 8, 131–142. <https://doi.org/10.1007/s13202-017-0395-2>
- [61] Okada, K. (2022) Breakthrough technologies for mineral exploration. *Mineral Economics*, 35, 429–454. <https://doi.org/10.1007/s13563-022-00317-3>
- [62] “It’s just mind boggling.” More than 19,000 undersea volcanoes discovered. <https://www.science.org/content/article/it-s-just-mind-boggling-more-19-000-undersea-volcanoesdiscovered>
- [63] NASA Confirms Thousands of Massive, Ancient Volcanic Eruptions on Mars. <https://www.nasa.gov/feature/goddard/2021/nasa-confirms-thousands-of-massive-ancient-volcaniceruptions-on-mars>
- [64] Venus has thousands more volcanoes than we thought, and they might be active (85,000). https://www.livescience.com/venus-volcano-map?utm_term=44ECB896-8E87-4E40-BB4B378A1DAC13A3&utm_campaign=C8BE61D2-E32A-4D67-9F95-2269F88D92E6&utm_medium=email&utm_content=3B3942FA-8062-4397-8D72-42A55926B151&utm_source=SmartBrief.

2023 年 2 月 6 日に記録されたトルコ地震列に関連する 電磁地震前兆の可能性の分析

Analysis of possible electromagnetic seismic precursors related to the turkish seismic sequence recorded on february 6, 2023

Valentino Straser¹, Gabriele Cataldi², Daniele Cataldi²⁻³

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

² Radio Emissions Project (I), gabrielecataldi5994@gmail.com

³ Fondazione Permanente G. Giuliani - Onlus (I), danielle77c@hotmail.i

[川辺孝幸 訳]

要旨: 2023 年 2 月 6 日, トルコで高強度の一連の地震が記録された. M7.8 は 2023 年 2 月 6 日 01:17UTC に記録された. M6.7 は 2023 年 2 月 6 日 01:28UTC に, M7.5 は 2023 年 2 月 6 日 10 時 24 分 UTC に, M6.0 は 2023 年 2 月 6 日 10:26UTC と 2023 年 2 月 6 日 12:02UTC に, それぞれ記録された. 著者らは, この一連の地震に先立つ数時間および数日間の太陽イオン束の特性を分析し, 2023 年 2 月 6 日に記録されたトルコの一連の地震に先立つ太陽風密度の増加を発見した. RDF (Radio Direction Finding; 電波方向探知) 技術による自然電磁気学的バックグラウンドの分析により, 著者らはトルコの地震地域に一致する方位角で地震前の電波放射を検出することができた.

Keywords: space weather, seismic precursors, proton density, Radio Direction Finding, RDF, Turkey.

はじめに

2023 年 2 月 6 日, トルコで強い地震が記録され (図 1), 51,000 人以上の犠牲者と 120,000 人以上の負傷者が出た (データは 2023 年 3 月 1 日のもの).

- ・M7.8 2023 年 2 月 6 日 01:17 UTC の地震
- ・M6.7 2023 年 2 月 6 日 01:28 UTC の地震
- ・M7.5 2023 年 2 月 6 日 10:24 UTC の地震
- ・M6.0 2023 年 2 月 6 日 10:26 UTC の地震
- ・M6.0 2023 年 2 月 6 日 12:02 UTC の地震

この一連の地震は, アナトリア・プレート, アラビア・プレート, アフリカ・プレートの縁を結ぶ三重ジャンクションの近くに位置し, 長さ約 190 km, 幅約 25 km の区間を巻き込んだ. 主地震 (M7.8) は, イスケンデルンとエルデムリで記録された約 30 cm の津波を発生させ, キプロスのファマグスタ沖では小さな津波が記録された. 本研究の著者らは, 2023 年 2 月 6 日に記録された 5 つの破壊的な地震現象が太陽活動の上昇と関連しているかどうかを理解するために, トルコの一連の地震に先立つ数時間から数日間の太陽活動の変調

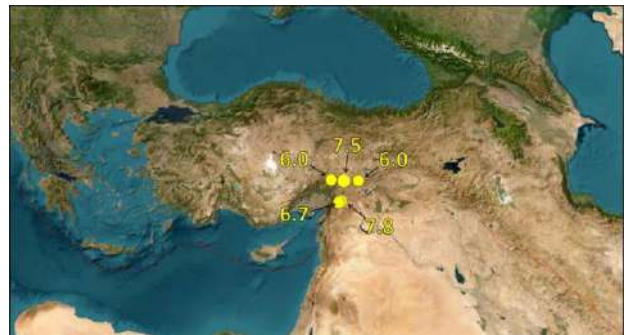


図1 2月6日にトルコで記録された5つのM6以上の地震の震源地. 2023. クレジット: 米国地質調査所 (USGS).

を分析した. 実際, 2023 年 2 月 4 日から 7 日にかけて地球を直撃した太陽イオン束密度の変動を分析したところ, トルコの一連の地震に先立ち, 著者らが 2012 年以来国際的な科学界に報告してきた [2-6] [8-15] [17] [19] [22] [23] [25] [31] [32] [39] [43] [45-52] [55-62] [64] [66] [67], 太陽風のプロトン密度の上昇, すなわち, 地球規模で記録される潜在的に破壊的な地震活動 (M6+) の前には, 常に太陽イオン束密度の上昇が先行するということを確認することができた (図 2).

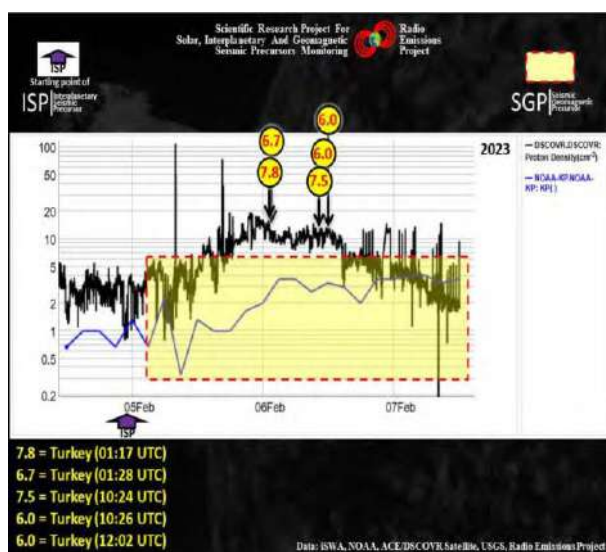


図2 トルコの一連の地震と太陽風プロトン密度変動. 先進組成探査衛星 (ACE) と深宇宙気候観測衛星 (DSCOVR) が 2023 年 2 月 4 日から 7 日にかけて L1 ラグランジュ点で記録した太陽風プロトン密度の変動, Kp-Index の変動, トルコの一連の地震の時間的マーカー (黒い縦矢印) のデータを含む. 紫色の縦矢印は, プロトン密度の “緩やかな” 上昇の始まり (惑星間地震前兆の始まり) を示している. 赤い破線で囲まれた黄色い領域は, 一連の地震 (地磁気地震前兆) に先行する Kp-Index の増加を示す. iSWA は, 最新の宇宙天気モデルに基づく予報と, 同時に提供される宇宙環境情報を組み合わせた, NASA 関連宇宙天気情報の柔軟でターキーな Web ベースの配信システムです. 地震活動に関するデータは米国地質調査所 (USGS) から提供された.

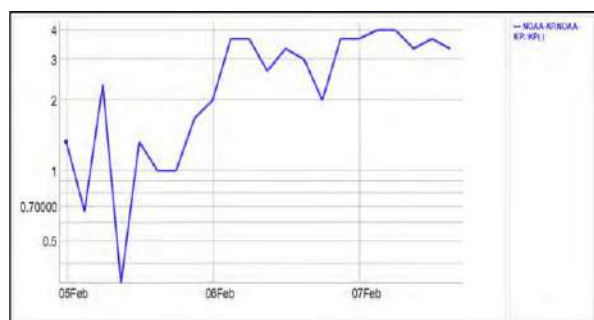


図2b Kp-指数. 上のグラフは, 2023 年 2 月 5 日から 7 日にかけての Kp-Index の推移を示している. Kp は地球磁場の擾乱の優れた指標であり, SWPC はこれらの擾乱の影響を受けるユーザーに対して地磁気警報や警告を出す必要があるかどうかを決定するために使用される. クレジット: iSWA.

方法とデータ

トルコの一連の地震に先行して太陽活動が増大したかどうかを理解するために, 著者らは, L1 ラグランジュ軌道に位置する 2 つの人工衛星から提供されたデータによって, 太陽イオン束の特性 (太陽風速, 太陽風密度, 動圧, 陽子・電子密度) を解析した (図 2-5) :

- ・ Advanced Composition Explorer (ACE) Satellite.
- ・ Deep Space Climate Observatory (DSCOVR) Satellite.

その後, これらのデータを米国地質調査所 (USGS) が提供した 2023 年 2 月 6 日にトルコで記録された破壊的な地震現象の時刻と比較し, トルコの一連の地震の前に太陽イオン束密度の増加があったかどうかを理解した. その結果, EPAM (Advanced Composition Explorer Satellite) の低エネルギープロトンフラックス (図 3-5) を解析することにより, トルコの一連の地震に先立ち, 太陽風のプロトン密度が 2023 年 1 月 31 日 16:40 (UTC) から 2023 年 2 月 6 日 13:00 (UTC) にかけて上昇していたことが分かった. 最大ピークは 2023 年 2 月 1 日 17:05UTC に記録された.

深宇宙気候観測衛星 (DSCOVR) から提供された太陽イオン束密度のデータ (図 2) を分析することにより, トルコの一連の地震の前には, 2023 年 2 月 5 日 05 時 58 分 (UTC) から 2023 年 2 月 8 日 08 時 18 分 (UTC) に終了した太陽風のプロトン密度の増加が先行していたことを確認することができた. この場合, 最大の増加は 2023 年 2 月 5 日 08:00 に記録され, “衝動的” タイプであり, 最大の “漸進的” タイプの増加は 2023 年 2 月 5 日 19:20UTC と 2023 年 2 月 6 日 01:13UTC の間に記録された.

これらのデータを通して, 2012 年以降に世界規模で記録された潜在的に破壊的な地震現象 (M6+) の全てに起こったように, トルコの一連の地震の前には太陽イオン束密度の増加が先行したことを理解することができた [2-6] [8-15] [17] [19] [22] [23] [25] [31] [32] [39] [43] [45-52] [55-62] [64] [66] [67]. 観測された太陽活動の増加は, 地球に到達した太陽イオン束密度の増加につながり, Kp-Index の増加を決定した. ACE と DSCOVR 衛星を通じて提供されたデータにより, 観測された増加 (惑星間地震前兆) と 2023 年 2 月 6 日にトルコで記録された最初の破壊的地震現象 (UTC 01:17 に記録された M7.8 の地震) との間の時間間隔を計算することが可能になった :

- ・ Advanced Comboposition Explorer (ACE) の使用 衛星データ: ~129 ore.
- ・ 深宇宙気候観測所 (DSCOVR) の使用 衛星データ: ~19 ore.

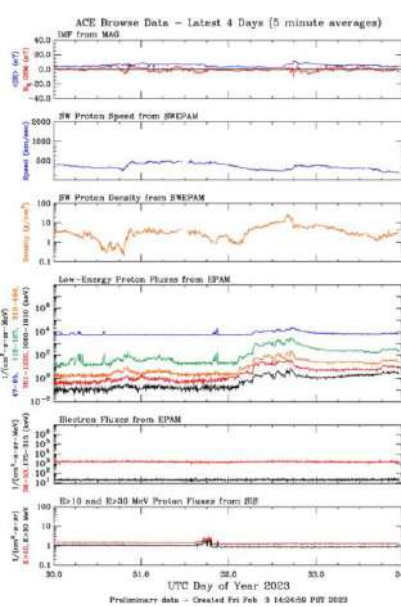


図3

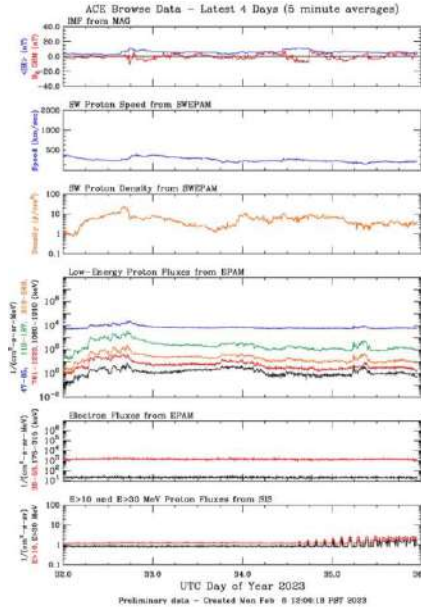


図4

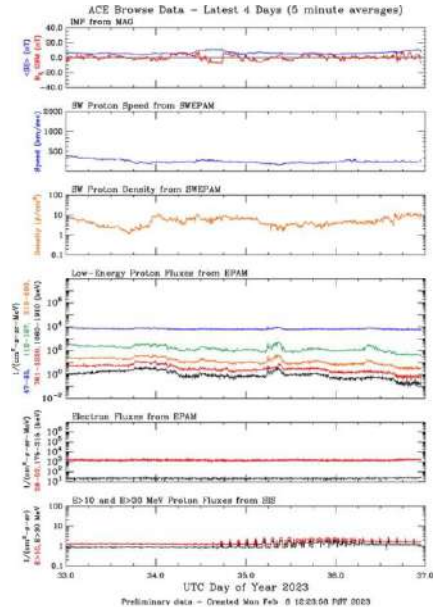


図5

太陽風のデータ。Fig. 3, Fig. 4, Fig. 5 と名付けられた 3 つのグラフは、2023 年 1 月 30 日から 2023 年 2 月 6 日にかけて、ACE (Advanced Composition Explorer) 衛星を通して記録された太陽風の技術的・物理的特性を示している。このグラフを見ると、トルコ地震の前に、47–65 keV, 112–187 keV, 310–580 keV, 761–1,220 keV, 1,060–1,910 keV のエネルギー分率に関する太陽陽子束の密度が増加していることがわかる。クレジット Advanced Composition Explorer (ACE) Satellite.

この 2 つの時間間隔の明確な違いは、著者らがすでに明らかにしたように、2 つの衛星が太陽イオン束密度の実体を決定するために使用する測定単位の違いによる。通常、" $\text{p}/(\text{cm}^2\text{-sec-ster-MeV})$ " (ACE 衛星) を使用すると、より大きな時間間隔を得ることができ、" cm^3 " (DSCOVR 衛星) を使用すると、より控えめな時間間隔を得ることができる。

このことは、太陽イオン束の増加の評価に基づく地震予知の革新的な方法 [2-6] [8-15] [17] [19] [22] [23] [25] [31] [32] [39] [43] [45-52] [55-62] [64] [66] [67]. の文脈で、ACE 衛星が提供するデータをより便利に考えることを可能にする。

トルコの一連の地震が太陽活動の上昇に先行していたことを裏付けるもう一つのデータは、Kp-Index に代表される (図 2, 2b) : 2023 年 2 月 5 日 9:00 UTC に、高密度の太陽風と地球磁気圏の相互作用によって Kp-Index が上昇し始める。

Kp-Index の上昇が M6+地震イベントに先行する場合、地震前兆とみなすことができる。実際、著者らは 2011 年に初めてこの種の相関を観測し、2012 年には地磁気イベントと M6+世界地震活動の間の最初の大規模な相関研究を行った。この研究の最初の結果は 2013 年に発表された[2]。この年に著者らは、潜在的に破壊的

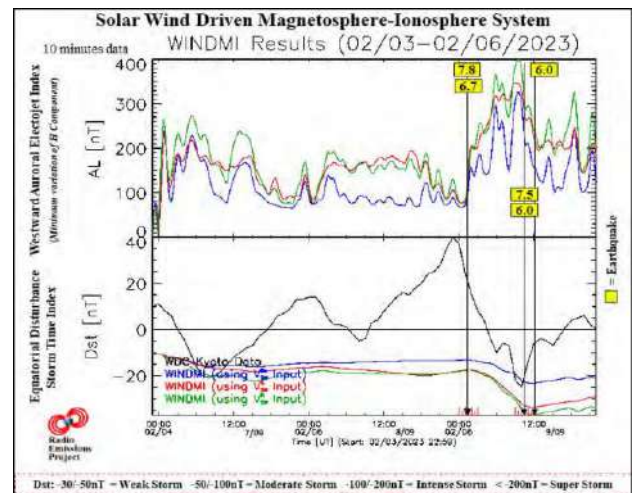


図 6 太陽風から磁気圏を通り電離層へのエネルギー移動の低次元モデル (WINDMI)。この図は、M6+地震が発生する前の時間における AL 指数 (上) と DST-指数 (下) の変化を示している。2023 年 2 月 6 日に発生した M6+地震の直前の数時間における AL-Index (上) と DST-Index (下) の変動。DST-Index は赤道環流による地球の地磁気水平 (H) 成分変動の直接的な指標であり、AL-Index (オーロラ下限) は常時、地磁気 H 成分の変動の最小値である。AL-Index (オーロラ下限) は、基準観測者によって記録された地磁気の H 成分の変動の最小値であり、そこに存在する電離層電流の増加によって生成されるグローバルな西向きオーロラエレクトロジェット (WEJ) の定量的な指標を提供する。WINDMI のデータ解析から、2023 年 2 月 6 日に発生したトルコの地震の前には、太陽活動と地磁気活動の上昇が先行していた。黒い 縦矢印は、2023 年 2 月 6 日に発生した M6 以上の地震の時間的な目印を示している。モデル テキサス大学オースティン校物理学核融合研究所開発。

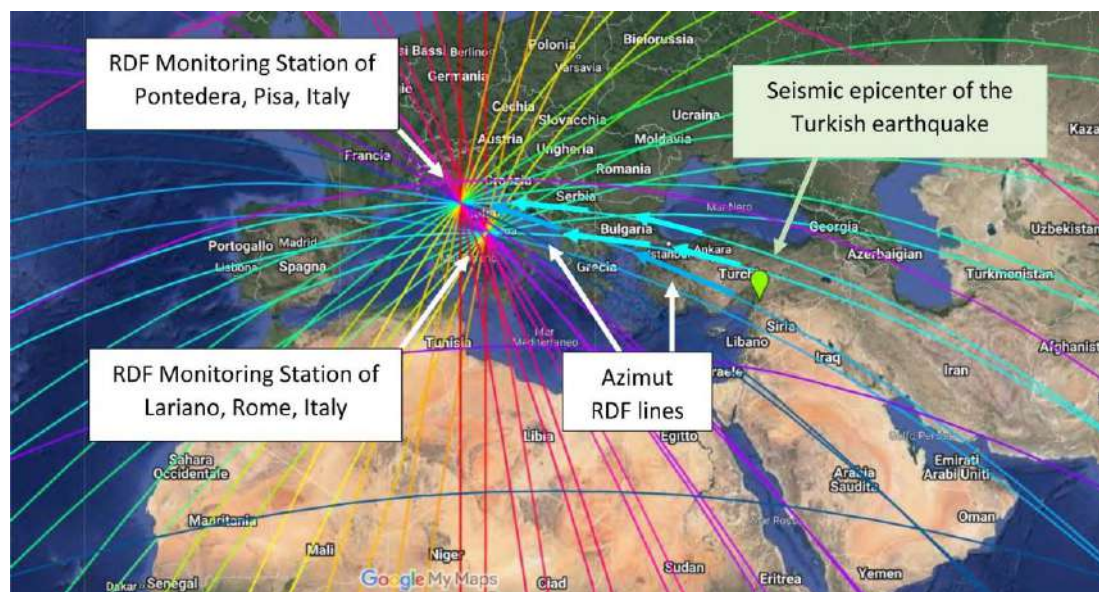


図7 イタリアのRDFネットワークの世界地図と、トルコで発生したMw7.5の地震の震源との相対位置。地図はラジオ・エミッション・プロジェクトによって開発されたRDFシステムの方位線を強調している。クレジット Radio Emissions Project, Google My Maps..

な地震現象 (M6+) に先行する地磁氣的性質の上昇を示す「地震性地磁気前兆 (Seismic Geomagnetic Precursors or SGP)」という用語を作り出した。

もうひとつ興味深いデータは、太陽風から磁気圏を経て電離層へのエネルギー移動の低次元モデル (WINDMI) の解析から得られた (図6)。図6から、2023年2月6日に記録されたトルコの地震列は、AL-Indexの上昇 (UTC00:00の直後に開始) 中に発生し、UTC~09:00に400nTに達したことがわかる。これはDST-Indexが-35nT以下 (弱い暴風雨) になったことから確認できる。

より詳細には、2023年2月6日に記録された最初の2つのM6+地震 (2023年2月6日01:17UTCに記録されたM7.8と2023年2月6日01:28UTCに記録されたM6.7) は、AL-Indexの上昇開始から約30分後に記録されている。次の2つのM6+地震 (2023年2月6日10:24UTCに記録されたM7.5地震と2023年2月6日10:26UTCに記録されたM6.0地震) は、記録されたAL-指数の最大増加の後に記録された。最後のM6以上の地震イベント (2023年2月6日12:02UTCに記録されたM6.0の地震) は、代わりにDST-Indexによって記録された最大偏差 (弱い地磁気嵐と互換性のある-35nTより低い値) とほぼ正確に重なるAL-Indexの下降中に記録された。

RDF モニタリング

この研究は、イタリアの著者らが開発した電磁検出システム、つまり2017年から活動しているRDF (Radio Direction Finding) ネットワーク[24]を使用して実施された、自然バックグラウンドの環境電磁モニタリングのデータに基づいています。このシステムは、SELF (超極低周波) 帯域とLF (低周波) 帯域の最初の部分の間で効率的に動作するように設計されたデュアルチャネル無線受信機を採用し、2つの直交する48kHz (拡張可能) の帯域幅で受信無線信号を増幅します。整列したループアンテナ。その後、コンピュータは時間変数に関連して捕捉された無線信号の方位角、強度、放射周波数を再構築することができ、これらの基準に基づいてスペクトログラムが生成されます。このシステムにより、著者らは、潜在的に破壊的な地震の震源地 (M6+) と一致する方位を持った電波放射を繰り返し検出することができ、場合によっては、中強度および中低強度の地震イベントが発生した地殻の領域が事前に特定されることもあった。その後 [26-31][33-38][40][42-44][53][54][65][68][69]を記録した。

RDF モニタリングシステムは、著者らによって、2023年2月6日に記録されたトルコの一連の地震の数日前とその最中に電波を分析するために使用された。この調査データは、2023年2月6日にトルコで記録さ

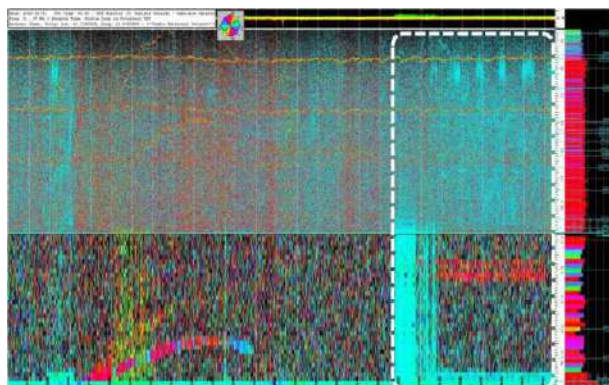


図8 2023年1月31日から2023年2月1日にかけて、イタリア、ローマのラリアーノの RDF モニタリング・ステーションが作成した動的スペクトログラム。上のスペクトログラムは、自然の電磁気的背景を飽和させることができた膨大な電磁気の増加を強調している。さらに、より高い帯域に強い信号の出現が観察される。横軸は UTC 時間、縦軸は記録された電波の周波数である。色の違いは、記録された電磁信号の方位角（到来方向）の違いを示している。クレジット 電波放射プロジェクト。

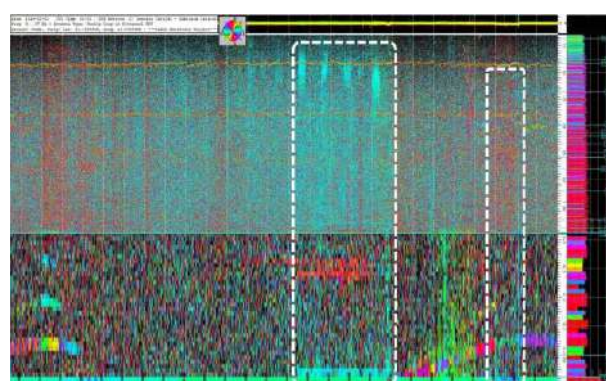


図9 2023年2月1日から2023年2月2日にかけて、イタリア、ローマのラリアーノの RDF モニタリング・ステーションが作成した動的スペクトログラム。自然の電磁背景を飽和させるほどの膨大な電磁波の増加と、より高い帯域での強い信号の出現を強調している。横軸は UTC 時間、縦軸は記録された電波の周波数を示している。色の違いは、記録された電磁信号の方位角（到来方向）の違いを示している。クレジット ラジオ・エミッション。

れた M6+地震の震源と方位角が一致する自然放射に関するユニークで正確な指標を提供した。本調査の実施に使用した RDF モニタリング・ステーションは以下の通りである：

- ・ RDF Station located in Lariano (Rome) – Lat: 41.728799 N; Long: 12.843205 E.
- ・ RDF Station located in Pontedera (Pisa) – Lat: 43.672445N; Long: 10.640100 E.

2023年1月31日、イタリア、ローマのラリアーノの RDF 局から、UTC22:45 から強い電磁気信号が記録され（図8）、SELF 帯（その信号は 0.001Hz から 7Hz の間で観測された）に強い電磁気ピークがあった。この強度は2時間10分続いたが、その後、0.04Hz の電磁波周波数での自然地磁気バックグラウンドの増加が何時間も続いた。これらのシグナルに続いて、電磁周波数 30Hz の他の電磁放射も現れた：

- ・00:30 UTC del 1 Febbraio 2023.
- ・01:45 UTC del 1 Febbraio 2023.
- ・02:45 UTC del 1 Febbraio 2023.
- ・03:50 UTC del 1 Febbraio 2023.
- ・04:55 UTC del 1 Febbraio 2023.

重要な電磁信号は、トルコの強い一連の地震が記録されるまで、何時間も、そして数日間にわたって出現した。図8と図9は、イタリアの RDF ネットワークによって記録されたスペクトログラムの一部を示し

ている。これは、トルコの地震震源地の地理的領域から来る自然の無線信号の到来方位を強調している。図9は、2023年2月2日から3日の間にラリアノ（RM）の RDF 基地によって記録された電磁放射のダイナミズムを示している。地磁気背景の強い増加が 0.01Hz の周波数で明らかであり、これは 02:30UTC と 07:00UTC の間に現れた、そして新たに増加し、0.01 ～ 0.5 Hz の周波数が約 10 分間続いた。その間、2023年2月3日の次の時間帯に、25～35Hz の周波数でさらなる電波異常が発生した。

- ・02:25 UTC,
- ・03:32 UTC,
- ・04:40 UTC,
- ・06:00 UTC.

トルコの強い地震が発生する前に、重要な電磁気信号が何時間も、そして数日間も出現していた。図8と図9は、RDF ネットワークによって記録されたスペクトログラムの一部で、震源地の地理的領域から到来した自然電波信号の到来方位を強調している。

図9は、2023年2月2日から3日にかけて、ラリアーノ（RM）の RDF ステーションで記録された電磁放射のダイナミズムを示している：地磁気バックグラウンドの強い増加は、0.01Hz の周波数で明らかであり、これは 02:30UTC と 07:00UTC の間に現れ、0.01～0.5Hz の電磁周波数を持つ新たな増加は、約 10 分間続いた。

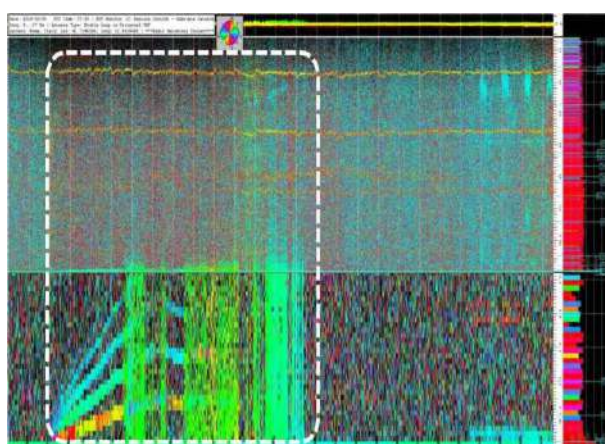


図 10 2023 年 2 月 1 日から 2023 年 2 月 2 日にかけて、イタリア、ローマのラリアーノにある RDF モニタリング・ステーションが作成した動的スペクトログラム。自然の電磁背景を飽和させるほどの膨大な電磁波の増加と、より高い帯域での強い信号の出現を強調している。横軸は UTC 時間、縦軸は記録された電波の周波数を示している。色の違いは、記録された電磁信号の方位角（到来方向）の違いを示している。クレジット 電波放射プロジェクト。

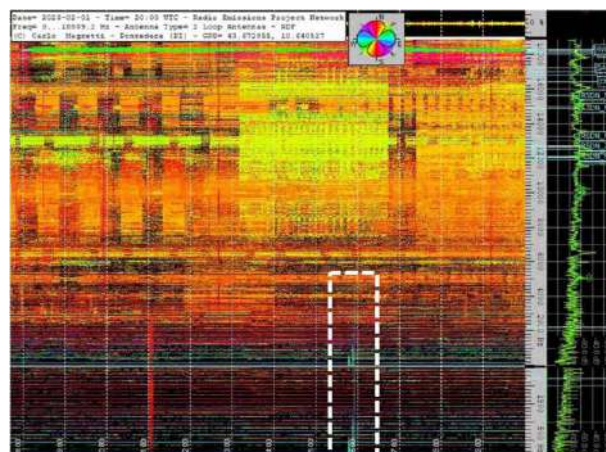


図 11 2023 年 2 月 1 日、イタリア、ピサのボンテデーラにある RDF モニタリング・ステーションで作成されたダイナミック・スペクトログラム。スペクトログラムは、0.0~5 kHz の自然電磁氣的背景に位置する電磁気信号をハイライトしている。横軸は UTC 時間、縦軸は記録された電波の周波数を示している。色の違いは、記録された電磁信号の方位角（到来方向）の違いを示している。クレジット 電波放射プロジェクト。

その間に、25Hz と 35Hz の間の周波数でさらなる電波異常が現れ、以下の時間に出現した：

- ・02:25 UTC on February 3, 2023.
- ・03:32 UTC on February 3, 2023.
- ・04:40 UTC on February 3, 2023.
- ・06:00 UTC on February 3, 2023.

また、図 9 では、0.001 Hz から 15 Hz の間（協定世界時 12:00 から協定世界時 13:10 の間）に自然起源の電磁波の増加があり、そのピークは 2023 年 2 月 2 日の協定世界時 13:05 頃に 5 分間続いた。その後、2023 年 2 月 4 日にも重要な増加が現れた（図 10）。これまでで最も重要な増加は、UTC 07:00 に現れ、UTC 19:30 頃に終わった。この場合、図 10 は、イタリア、ローマのラリアーノの RDF ステーションによって強調されたこの電磁放射を示している。

この場合のエミッションの周波数は 0.02Hz から 32Hz であった。この場合も、図 8 から図 9 に示した放射と同様に、トルコの震源の方位角を持っていた。

図 10 で強調されている 2023 年 2 月 4 日に記録された巨大な異常が、トルコの震源の方位をどのように示していたかを、より正確に理解することができる。自然背景の更なる電磁波の増加は、次の時間、2023 年 2 月 5 日 03:30UTC 頃に、UTC08:00 まで、0.05Hz の電磁波周波数で記録された（図 14）。この増加の後、30Hz

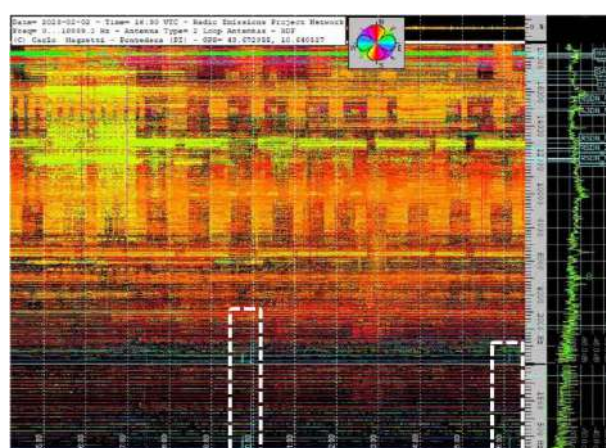


図 12 2023 年 2 月 2 日、イタリア、ピサのボンテデーラの RDF モニタリング・ステーションが作成したダイナミック・スペクトログラム。0.0~2 kHz の自然電磁氣的背景に位置する電磁気信号をハイライトしている。横軸は UTC 時間、縦軸は記録された電波の周波数を示している。色の違いは、記録された電磁信号の方位角（到来方向）の違いを示している。クレジット 電波放射プロジェクト。

の周波数までの一連の目に見える電磁氣的な増加が続いた。

2023 年 2 月 4 日に記録された強い電波異常は、主要な断層に大量の地殻変動応力が蓄積していることを示唆している可能性があり、著者たちにとって極めて明白なものであった。RDF ネットワークがこれほど広範で強い信号を記録することはまれである。

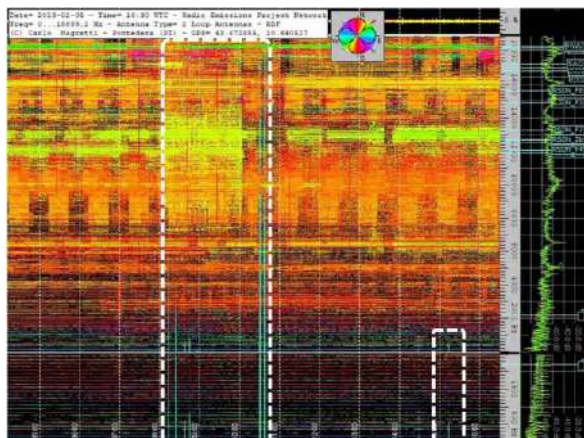


図13 2023年2月5日、イタリア、ピサのポンテデーラのRDFモニタリング・ステーションが作成したダイナミック・スペクトログラム。0.0~18 kHzの自然電磁気的背景に位置する電磁気信号をハイライトしている。横軸はUTC時間、縦軸は記録された電波の周波数を示している。色の違いは、記録された電磁信号の方位角（到来方向）の違いを示している。クレジット 電波放射プロジェクト。

すでに述べたように、トルコで発生した一連の地震の震源は、図7のトルコ石の青色方位の近くに位置しており、この場合、LarianoとPontederaのRDFステーションから提供されたデータのおかげで三角測量が行われた：RDFデータは、地中海（キプロス）と黒海の間、つまり正確にはトルコの広大な地域を示していた。確認となるのは、ポンテデーラ（イタリア、ピサ）のRDFステーションが記録した、SELF-VLF帯(0-15kHz)に位置する一連の非常に興味深い電磁波の増加である。

図11は、2023年2月1日15:45UTCの間に、0.0Hz~5kHzの周波数で現れたこの電磁波の増加（数分間続く脈動）を示しており、またこの場合、これらの放射は、このように広い帯域幅ではあまり顕著ではないものの、図7のトルコの震源地の方位を示すトルコブルー色をしており、5日後に発生した。

同じ電波異常は、帯域幅は低いものの、2023年2月2日にも、2023年2月2日9時45分(UTC)から2023年2月2日16時10分(UTC)の間に発生した(図12)。

その後、信号はトルコの強い地震のタイムスケジュールに近く、正確には(図13に見えるように)2023年2月5日のUTC08:00とUTC11:00の間に再び現れ、同じく2023年2月5日のUTC15:15頃に再び現れた。この場合も、これらの増加は、図7のトルコ石と天の方位角の方向のリソスフェアのレベルでの強い力学的エネルギーの蓄積を明確に示唆していた。

2023年1月31日から2023年2月5日の間にイタリアのRDFネットワークによって記録された電磁気信号は、トルコの一連の地震が記録される5日前に、トルコ地域に向かって地殻から来る強い自然放射の存在を強調した。RDFシステムは、約2174kmの距離、すなわちイタリアの2つのRDFステーションから、これらの増加を強調した。

議 論

太陽活動と地磁気活動の分析に、地球規模の地震活動の研究を組み合わせると、太陽イオン束密度（主に陽子密度）の変動と、地球規模で発生する(M6+)潜在的に破壊的な地震活動との間に密接な相関関係があることを理解させた[2-6] [8-15] [17] [19] [22] [23] [25] [31] [32] [39] [43] [45-52] [55-62] [64] [66] [67]。

残念ながら、現在の知見では、この密接な相関関係の理由はわかっていない。著者らは長年にわたっていくつかの仮説を提唱し、地球の地磁気の変動と地殻の地殻応力が蓄積する部分との間に電磁相互作用の一形態が存在する可能性に注目してきた。この仮説によれば、実際、地殻応力の蓄積は、地震準備地域に電荷の蓄積を生じさせることができる地殻の微小亀裂の形成につながる。地殻を、ローレンツ力によって地球の地磁気の変動に（機械的に）反応し、断層の静的平衡を変化させることができる帯電した物体に変えるのは、まさにこの巨大な電荷の集中（数十、数百、数千 km^3 に及ぶ）であろう。この種の証拠がまだ得られていないとしても、特に2012年以降に著者らによって得られた結果[2-6] [8-15] [17] [19] [22] [23] [25] [31] [32] [39] [43] [45-52] [55-62] [64] [66] [67]を踏まえると、もっともらしいと考えるのが妥当である：地球規模で記録されたすべての潜在的に破壊的な地震現象(M6+)前には、常に、その後の地球磁気圏との相互作用をもたらした太陽イオン束密度の増加が先行している。同じ相関は、2023年2月6日に記録されたトルコの一連の地震に対しても観察された。

2023年2月6日にトルコで記録された地震の準備地域におけるマイクロフラクチャー(図16)の形成の仮説を支持する著者らが収集したもう1つの証拠は、モニタリング・ネットワークの電磁波 RDF (Radio

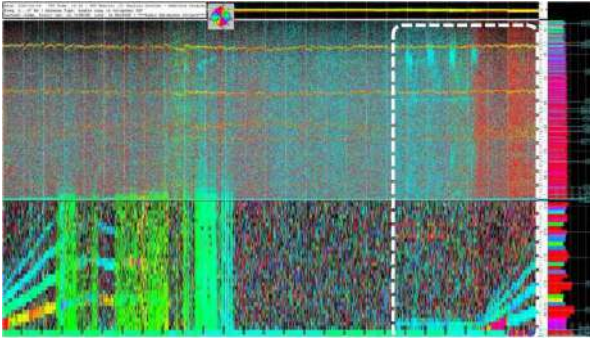


図 14 2023 年 2 月 4 日と 5 日の間にイタリア、ローマのラリアーノの RDF モニタリング・ステーションによって作成された動的スペクトログラム。自然の電磁気的背景を飽和させるほどの膨大な電磁気的増加と、SELF-VLF 帯域 (0.00 Hz - 35 kHz) の電磁気信号の出現を強調している。横軸は UTC 時間、縦軸は記録された電波の周波数を示している。色の違いは、記録された電磁信号の方位角 (到来方向) の違いを示している。クレジット 電波放射プロジェクト。

Direction Finding) を通じた地震前の電波周波数の分析によって表される。

2023 年 1 月 31 日から、イタリアの RDF モニタリング・ネットワークは、トルコの一連の地震が記録された地理的エリアを到着方位とする一連の電磁波増加を記録し始めた。著者らは、このタイプの電波 (そのスペクトルの刻印は、人為的な電磁気信号とは互換性がない) が何の前触れもなく現れ、自然の電磁気的背景と比較して高い強度を示していることを確認した。RDF のデータによると、これらの地震前の電波信号 (電磁地震前兆または ESP) は、イタリアの東 (図 7) : トルコの地震地域と一致する方位から来た。図 15 は、2023 年 2 月 6 日から 8 日にかけて記録されたトルコの一連の地震の位置を示しており、この一連の地震が記録されたエリアが、イタリアの RDF モニタリング・ネットワークが示す方位角方向、すなわち地中海と黒海の間広がる帯状の地理的エリアと一致していることを強調している。

RDF モニタリング・ネットワークは、低地震、中低地震、中地震、強震が記録された地理的地域に適合する方位角データをすでに他の機会に提供している[24] [26-31] [33-38] [40] [42-44] [53] [54] [65] [68] [69]。これにより、地震準備区域で微小亀裂が生じると高周波が発生するという仮説[1] [4] [7] [16-20] [23] [31] [43] [33] [63] [64]を支持する多くの証拠を得ることができた (Fig. 16)。地殻診断を行うために捕捉・分析できる高周波。

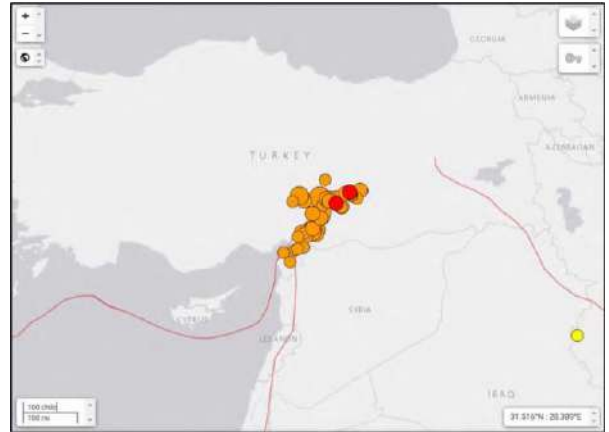


図 15 2023 年 2 月 6 日から 8 日にかけてトルコで発生した地震の地図。クレジット : USGS.

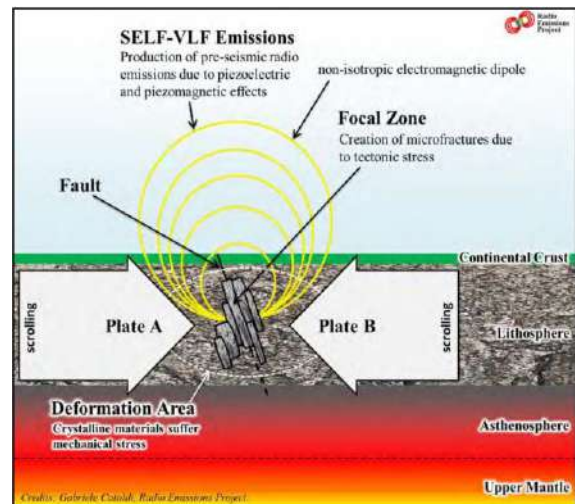


図 16 地殻応力による地震前の高周波発生メカニズム。クレジット : ラジオ・エミッション・プロジェクト。

著者らによって構築された RDF モニタリング・ネットワークのおかげで、自然の電磁気的背景を分析し、広い帯域幅で見えるそれぞれの電磁放射の方位角を理解し、2つ以上の RDF ステーションのデータを使って三角測量を行うことができる。これはまさに、2023 年 2 月 6 日に発生したトルコの一連の地震に対して行われたものである。

結 論

この研究の結論は、少なくとも 2012 年以来、著者たちが主張し続けてきたことを裏付けている[1] [2] [31] [43]。すなわち、太陽イオン束密度をモニターすることで、地球上で太陽エネルギーの回復が予想される潜在的に破壊的な地震活動 (M6+) を事前に理解すること

ができる。2012 年 1 月 1 日から 2023 年 2 月 6 日までに収集された太陽イオン束と M6+世界地震活動に関するデータに基づいて計算された平均時間間隔は、～103 時間に相当する。2023 年 2 月 6 日に記録されたトルコの一連の地震は、太陽イオン束密度の上昇に先行しており、この上昇はトルコの一連の地震の数十時間前から始まっていた（深宇宙気候観測衛星が提供したイオン・フラックスに関するデータを考慮した場合、～19 時間前、Advanced Composition Explorer Satellite が提供した太陽イオン束に関するデータを考慮した場合、～129 時間前）。

さらに、RDF（電波方向探知）技術によって実現された環境電磁気モニタリング（0～48kHz 帯）は、低、中低、中、高強度の地震現象が発生する前に、自然の電磁気ダイポールが発生する地表の領域があることを証明することができた[24] [26-31] [33-38] [40] [42-44] [53] [54] [65] [68] [69].. イタリアの RDF ネットワークは、2023 年 2 月 6 日のトルコの一連の地震が記録される約 5 日前に、トルコとシリアの間に位置する電磁気源を特定した。この結果は、地中海地域に設置された唯一の 2 つの RDF モニタリング・ステーションの方位角データを分析することによって得られた。

著者らによれば、今述べたことは、地震予知の分野における太陽活動モニタリングと環境電磁モニタリング（RDF 技術による）の可能性を明確に証明するものである（著者らがそのキャリアの中で提示した唯一の証明ではない）。実際、太陽イオン束密度のデータは、地球規模で破壊的な地震活動の再開が予想される時期の正確な指標となる[2-6] [8-15] [17] [19] [22] [23] [25] [31] [32] [39] [43] [45-52] [55-62] [64] [66] [67]。一方で、関係する地震地区に関する唯一の指標は、RDF データによって提供される。残念ながら、現在地表に設置されている RDF モニタリング・ステーションの数は非常に少なく、地中海地域に設置されている RDF ステーションの数はさらに少ない。もし、より多くの RDF ステーションが利用可能であれば、地震前の高周波分析は、環境的な観点からも、また、予測的な観点からも、より効率的なものになることは間違いない。したがって、将来の課題は、地震前の高周波の研究に特化した RDF 技術で実装された電磁気モニタリング・ステーションの大幅な増加である。著者らは、これは地震予知に特化したこの研究プロジェクトを改善する

ための重要な前提であると信じている。このプロジェクトは、可能性のある前兆信号のモニタリングに特化した他の研究プロジェクトがこれまでに得たことのない、真に重要な証拠を得ることを可能にした。

謝 辞

イタリアのラジオ・エミッション・プロジェクトに提供してくれたカルロ・マグレッティ氏に感謝する。

文 献

- [1] Cataldi, G. and D. Cataldi (2013) Reception of Natural Radio Emissions in the ELF Band. The INSPIRE Journal, 20, 12-16.
- [2] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2013) Variations of Terrestrial Geomagnetic Activity Correlated to M6+ Global Seismic Activity. EGU (European Geosciences Union) 2013, General Assembly, Seismology Section (SM3.1), Earthquake precursors, bio-anomalies prior to earthquakes and prediction, Geophysical Research Abstracts, 15. EGU2013-2617.
- [3] Cataldi, G., 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, 16, EGU2014-1068.
- [4] Cataldi, D., G. Cataldi and V. Straser (2014) Variations of the Electromagnetic field that preceded the Peruvian M7.0 earthquake occurred on September 25, 2013. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2014, Geophysical Research Abstract, 16, EGU2014-1075.
- [5] Rabeh, T., G. Cataldi and V. Straser (2014) Possibility of coupling the magnetosphere-ionosphere during the time of earthquakes. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2014, Geophysical Research Abstract, 16, EGU2014-1067.
- [6] Straser, V. and 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. 280-286.
- [7] Cataldi, G. and D. Cataldi (2014) Sismicità – Gas Radon – Elettromagnetismo – Radioattività. Reti di monitoraggio ufficiali e amatoriali. Stato dell'arte nella ricerca di segnali possibili precursori sismici. Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia, Protezione Civile. Comune di Pozzuolo Del Friuli, F.E.S.N. 44-49; 97-99.
- [8] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2015) Radio-anomalies: tool for earthquakes and tsunamis forecasts.

- European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, Natural Hazard Section (NH5.1), Sea & Ocean Hazard - Tsunami, Geophysical Research Abstract, 17.
- [9] Straser, V. and G. Cataldi (2015) Solar wind ionic variation associated with earthquakes greater than magnitude M6.0. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 3, 140-154.
- [10] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2015) Solar wind proton density variations that preceded the M6+ earthquakes occurring on a global scale between 17 and 20 April 2014. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, Vienna, Austria. Natural Hazard Section (NH5.1), Sea & Ocean Hazard - Tsunami, Geophysical Research Abstract, 17, EGU2015-4157-2.
- [11] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2015) Solar wind ion density variations that preceded the M6+ earthquakes occurring on a global scale between 3 and 15 September 2013. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, Geophysical Research Abstract, 17, EGU2015-4581.
- [12] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2015) Solar wind proton density variations that preceded the M6.1 earthquake occurred in New Caledonia on November 10, 2014. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2015, Geophysical Research Abstract, 17, EGU2015-4167.
- [13] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2015) Solar wind ionic and geomagnetic variations preceding the M8.3 Chile Earthquake. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 3, 394-399.
- [14] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2016) Solar activity correlated to the M7.0 Japan earthquake occurred on April 15, 2016. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 4, 202-208.
- [15] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2016) Tsunami related to solar and geomagnetic activity. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2016, Natural Hazard Section (NH5.6), Complex modeling of earthquake, landslide, and volcano tsunami sources. Geophysical Research Abstract, 18, EGU2016-9626.
- [16] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2016) SELF and VLF electromagnetic signal variations that preceded the Central Italy earthquake on August 24, 2016. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 4, 473-477.
- [17] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 1, 1-15. DOI: 10.20448/journal.526/2017.1.1/526.1.1.15.
- [18] Cataldi, D., G. Cataldi and V. Straser (2017) SELF and VLF electromagnetic emissions that preceded the M6.2 Central Italy earthquake occurred on August 24, 2016. European Geosciences Union (EGU), General Assembly 2017. Seismology (SM1.2)/Natural Hazards (NH4.7) /Tectonics & Structural Geology (TS5.5) The 2016 Central Italy Seismic sequence: overview of data analyses and source models. Geophysical Research Abstracts 19, EGU2017-3675.
- [19] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2017) Solar wind proton density increase that preceded Central Italy earthquakes occurred between 26 and 30 October 2016. European Geosciences Union (EGU), General Assembly 2017. Geophysical Research Abstracts 19, EGU2017-3774.
- [20] Cataldi, G., D. Cataldi, R. Rossi and V. Straser. (2017) SELF-ELF Electromagnetic signals correlated to M5+ Italian Earthquakes occurred on August 24, 2016 and January 18, 2017. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 5, 134-143.
- [21] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2017) Seismic signals detected in Italy before the Nikol'skoye (off Kamchatka) earthquake in July 2017. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 5, 391-396.
- [22] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2017) Solar and electromagnetic signal before Mexican Earthquake M8.1, September 2017. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 5, 600-609.
- [23] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2017) Solar and Geomagnetic Activity Variations Correlated to Italian M6+ Earthquakes Occurred in 2016. EGU General Assembly 2017. 19, EGU2017-3681.
- [24] Straser, V., D. Cataldi and G. Cataldi (2018) Radio Direction Finding System, a new perspective for global crust diagnosis. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 6, 203-211.
- [25] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2019) Solar wind ionic density variations related to M6+ global seismic activity between 2012 and 2018. European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2019, Short-term Earthquake Forecast (StEF) and multi-parametric time Dependent Assessment of Seismic Hazard (t-DASH) (NH4.3 / AS4.62 / EMRP2.40 / ESS11.7 / Gi2.13 / SM3.9), General Contribution on Earthquakes, Earth Structure, Seismology (SM1.1), Geophysical Research Abstract, 21, EGU2019-3067.
- [26] Cataldi, D., G. Cataldi and V. Straser (2019) Radio Direction Finding (RDF) - Pre-seismic signals recorded before the earthquake in central Italy on 1/1/2019 west of (AQ). European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2019, Seismology (SM1.1) General Contributions on Earthquakes, Earth Structure, Seismology, Geophysical Research Abstract, 21, EGU2019-3124.
- [27] Straser, V., D. Cataldi and G. Cataldi (2019) Registration of Pre-Seismic Signals Related to the Mediterranean Area with the RDF System Developed by the Radio Emissions

- Project. International Journal of Engineering Science Invention (IJESI), 8, 26-35.
- [28] Straser, V., D. Cataldi and G. Cataldi (2019) Radio Direction Finding (RDF) - Geomagnetic Monitoring Study of the Himalaya Area in Search of Pre-Seismic Electromagnetic Signals. Asian Review of Environmental and Earth Sciences, 6, 16-27.
- [29] Straser, V., D. Cataldi and G. Cataldi (2019) Electromagnetic monitoring of the New Madrid fault us area with the RDF system - Radio Direction Finding of the radio emissions project. New Concepts in Global Tectonics Journal, 7 43-62.
- [30] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2019) Namazu's Tail – RDF: a new perspective for the study of seismic precursors of Japan. Lulu Editore, 2019.
- [31] Cataldi, G. (2020) Precursori Sismici – Monitoraggio Elettromagnetico. Kindle-Amazon, ISBN: 9798664537970. ASIN Code: B08CPDBGX9.
- [32] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2019) Wolf Number Related To M6+ Global Seismic Activity. New Concepts in Global Tectonics Journal, 7, 178-186.
- [33] Straser, V., G. G. Giuliani, D. Cataldi nad G. Cataldi (2020) Multi-parametric investigation of pre-seismic origin phenomena through the use of RDF technology (Radio Direction Finding) and the monitoring of Radon gas stream (RN222). New Concepts in Global Tectonics Journal, 8, 11-27.
- [34] Cataldi, D., G. G. Giuliani, V. Straser and G. Cataldi (2020) Radio signals and changes of flow of Radon gas (Rn222) which led the seismic sequence and the earthquake of magnitude Mw 4.4 that has been recorded in central Italy (Balsorano, L'Aquila) on November 7, 2019. An international journal for New Concepts in Global Tectonics Journal, 8, 32-42.
- [35] Straser, V., Cataldi, G. and D. Cataldi (2020) Radio direction finding for short-term crustal diagnosis and pre-seismic signals. The case of the Colonna earthquake, Rome (Italy). European Journal of Advances in Engineering and Technology, 2020, 7, 46-59.
- [36] Straser, V., Cataldi and G. Cataldi (2020) Radio Direction Finding (RDF) - Geomagnetic monitoring study of the Japanese area related to pre-seismic electromagnetic signals. New Concepts in Global Tectonics Journal, 8, 119-141.
- [37] Rabeh, T., D. Cataldi, Z. Z. Adibin, G. Cataldi and V. Straser (2020) International study Italy Malaysia pre-seismic signals recorded by RDF – Radio Direction Finding monitoring network, before earthquakes: Mw 6.3, occurred at 111 km SW of Puerto Madero in Mexico and Mw 6.3, occurred at 267 km NW of Ozerovskiy in Russia, November 20, 2019. New Concepts in Global Tectonics Journal, 8, 105-118.
- [38] Cataldi, D., V. Straser, G. Cataldi, G. G. Giuliani, and Z. Z. Adibin (2020) Registration of Pre Seismic Radio Signals Related To The Russian And Jamaican Earthquakes With The RDF System Developed By The Radio Emissions Project. International Advance Journal of Engineering Research (IAJER),3, 1-30.
- [39] Straser, V., Cataldi, G. and 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, 55-62.
- [40] Straser, V., D. Cataldi, G. Cataldi, G. G. Giuliani and J. R. Wright (2020) Effects of Hurricane Laura On The New Madrid Fault Area - Results of Electromagnetic Monitoring Through The Rdf Network - Radio Direction-Finding And Arkansas Electromagnetic Monitoring Station. New Concepts in Global Tectonics Journal. 8, 187-218.
- [41] Cataldi, G., V. Straser and D. Cataldi. (2020) Space weather related to potentially destructive seismic activity recorded on a global scale. New Concepts in Global Tectonics Journal. .8, 233-253.
- [42] Straser, V., D. Cataldi, G. Cataldi and G. G. Giuliani (2021) Pre-Seismic Signals Recorded by The Italian RDF Network Before the Occurrence of Some Earthquakes in Northern Italy. International Journal of Software & Hardware Research in Engineering, 9, 63-76.
- [43] Cataldi, G. (2021) Radio Emissions Project – A new approach to seismic prediction. Kindle Amazon, ISBN: 9798709593411.
- [44] Straser, V., D. Cataldi and G. Cataldi (2021) Radio Direction Finding, A New Method for The Investigation of Presismic Phenomena. The Case of Japan. International Journal of Engineering Sciences & Research Technology, 10, 10-18. <https://doi.org/10.29121/ijesrt.v10.i2.2021>.
- [45] Cataldi, G., D. Cataldi and 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, 9, 16-23.
- [46] Cataldi, G., D. Cataldi and 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, 9, 3-9.
- [47] Cataldi, G., D. Cataldi and 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, 9, 24-30.
- [48] Cataldi, G., D. Cataldi and 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, 9, 79-86.
- [49] Cataldi, G., D. Cataldi and 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, 9, 87-93.

- [50] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 94-98.
- [51] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 99-105.
- [52] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 106-111.
- [53] Straser, V., D. Cataldi, G. Cataldi and G. G. Giuliani (2021) Electromagnetic monitoring of Italian volcanoes with the RDF Network, developed by the Radio Emissions Project. *International Journal of Social Relevance & Concern*, 9, 92-136. DOI: 10.26821/IJSRC.9.7.2021.9710.
- [54] Cataldi, D., V. Straser and G. Cataldi (2021) Crustal relaxing - a new seismogenesis phenomenon associated with seismic trigger on a global scale. *International Journal of Social Relevance & Concern*, 9, 137-163. DOI: 10.26821/IJSRC.9.7.2021.9711.
- [55] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 137-144.
- [56] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 145-154.
- [57] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 158-163.
- [58] Cataldi, G., D. Cataldi and 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*, 9, 164-169.
- [59] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2021) Space weather related to M6+ earthquakes recorded on June 24, 2019. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 9, 132-136.
- [60] Cataldi, G., D. Cataldi and V. Straser (2021) Space weather related to M6.1 Indonesia earthquake recorded on June 3, 2021. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 9, 185-193.
- [61] Cataldi, G., V. Straser and D. Cataldi (2021) Space weather related to M6.0 Tonga earthquake recorded on March 17, 2020. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 9, 206-214.
- [62] Cataldi, G., V. Straser and D. Cataldi (2021) Space weather related to M8.2 earthquake recorded in Alaska on 29 July 2021. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 9, 194-205.
- [63] Cataldi, D., E. Cavina, G. Cataldi and V. Straser (2022) Reverse Migration of the Wood Pigeons and electromagnetic emissions, before the Mw 3.7 earthquake occurred in Visso-Macerata, Central Italy on October 18, 2021. *International Journal of Social Relevance & Concern*, 10, 24-40.
- [64] Straser, V., D. Cataldi and G. Cataldi (2022) Pre-seismic phenomena that preceded the M7.0 earthquake recorded in Acapulco (Mexico) on September 8, 2021. *International Journal of Social Relevance & Concern*, 10, 41-57.
- [65] Cataldi, D., V. Straser and G. Cataldi (2022) "Terrestrial Flares" and presismic monitoring of the Radio Direction Finding network. Results of the experimentation carried out in Italy from 18 to 31 September 2021. *International Journal of Social Relevance & Concern*, 10, 72-90.
- [66] Straser, V., G. Cataldi and D. Cataldi (2022) Space weather related to M6+ potentially destructive seismic events recorded on a global scale between 13 and 16 March 2022. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 10, 3-10.
- [67] Straser, V., G. Cataldi and D. Cataldi (2022). Space weather related to M6+ potentially destructive seismic events recorded on a global scale between 2012 and 2021. *New Concepts in Global Tectonics Journal*, 10, 11-21.
- [68] Straser, V., D. Cataldi, G. Cataldi and G. Giuliani (2021) Electromagnetic Monitoring of Italian Volcanoes With the RDF Network. *Journal Emerging Environmental Technologies and Health Protection*, 4, 32-40,
- [69] Cataldi, D., G. Cataldi, V. Straser (2023) Experimentation of The Italian RDF - Radio Direction Finding - Network, In The Search For Electromagnetic Seismic Precursors. *International Journal of Social Relevance & Concern*, 11, 1-9.

前震電磁信号研究のための rdf ネットワークの実験

Experimentation of the rdf network for research on pre-seismic electromagnetic signals

Daniele Cataldi¹, Zamri Bin Zainal Abidin², Gabriele Cataldi³, Valentino Straser⁴, Abdul Aziz Siyad⁵,
Mohd Shazwan Radzi², Ziyadat Hassan², Ahmad Najwan Zulkiplee², Mardinac Abdullah⁶,
Nurul Shazana Abdul Hamid⁷, Nurul Shazana Abdul Hamid⁸

¹ Radio Emissions Project – Lariano, Rome, Italy (I).

² Radio Cosmology Research Lab, Department of Physics, Faculty of Science, University Malaya, Kuala Lumpur, Malaysia (MY).

³ Radio Emissions Project – Cecchina, Rome, Italy (I).

⁴ Department of Science and Environment UPKL Brussel (B).

⁵ Jamhuriya University of Science and Technology, Faculty of Engineering, Mogadishu, Somalia (SO).

⁶ Institute of Climate Change, Space Science Centre, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia (MY).

⁷ Department of Applied Physics, Faculty of Science Technology, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia (MY).

⁸ Institute of Climate Change, Space Science Centre, Universiti Kebangsaan Malaysia, Bangi, Malaysia (MY).

[要旨のみ 柴 正博 訳]

要旨: 2023 年 5 月 5 日, 日本でマグニチュード 6.2 の強い地震が発生した. この地震に先立ち, イタリア, マレーシア, ソマリアに設置されたラジオ・エミッション・プロジェクトによって開発されたラジオ受信機ネットワーク (RDF) によって, 地球の地磁気の変動が記録された. この地震現象は, 電磁放射だけでなく, 太陽活動によって生じるいくつかの変動によっても先行していた. この研究において, 研究者グループは, 地震の発生を予測できる可能性のある電磁気的な前兆現象の存在と, 地球近傍の宇宙空間で測定された陽子密度の変動の重要性を強調し, 特定の地理的な地域で地震が発生すると予想されるかどうかを理解するために使用できる革新的なモニタリング技術にすることを意図している.

Keywords: Australia, New Zealand, ring structure, volcano, lake, vertical channel, deep structure, cross-section, oil, gas, amber, hydrogen, gold, well, satellite data, direct searches, mobile technology, anomaly, remote sensing data processing, interpretation.

沈み込み帯における海洋地殻の沈没について

On submersion of the oceanic crust in the subduction zone

V. V. Gordienko

Institute of Geophysics, National Academy of Sciences of Ukraine, Kiev

GordienkoVadim39@gmail.com, 095 11 77 541

[柴 正博 訳]

要旨: 本稿では、プレートテクトニクス (PT) の概念が示唆する海洋と大陸への移行帯の地殻構造の基本的要素について論じる。それらのほとんどは、著者がすでに過去の出版物で言及し、批判的な評価を下しているため、詳細な論証は行わず、簡潔に記述している。沈み込み帯に沈んでいると PT が認識している海洋地殻の運命について、利用可能な情報をより詳細に論じる。これは、この現象が環太平洋火山帯とテチス火山帯という地球の主要な（噴出物質の量から見て）火山プロセスの起源において、また上部マントルや下部マントルへの遷移帯への水の輸送において、大きな役割を果たしていると考えられるためである。最初の事象は 2 番目の事象を除外しているが、プレートテクトニクスは両方とも実在すると考えている。著者によれば、地殻とマントルの交換は、時間的にも場所的にも近いかもしれないが、異なる結果をもたらす他のプロセスによってもたらされる。この問題の側面は、論文では分析されていない。後者のシナリオの出現は事実上の根拠がなく、原理的には考慮されないかもしれないが、焦点は海洋地殻がマントルや大陸地殻に沈み込むことの不可能性を実証することにある。しかし、太平洋の遷移帯において、両タイプの地殻の間隔が狭い断片における地震波の平均密度と速度の比較が行われた。当然、同じ地域の地殻下マントルもそうであるように、大陸のものは海洋のものよりも明らかに密度が高いことが判明した。

Keywords: plate tectonics, subduction zone, oceanic and continental crust.

はじめに

沈み込み帯は、プレートテクトニクス (PT) における深部プロセス構築の主要な要素のひとつである。しかし、そこで起こっている事象を知ることができるのは、ほとんど太平洋だけである。大西洋とインド洋では、比較的小さな断片によってのみ表される。これらの海洋と大陸の接点の大部分では、沈み込みは起こらない。しかし、太平洋では、PT 過程におけるその「埋没」も明確に示すことはできない。このような実証は、相反する信頼性の高い拡散帯と沈み込み帯の存在であり、その間に年代が連続的に増加する地殻の領域があるように思われる。後者は、プレートテクトニクスの支持者の意見に反して、帯状の磁気異常の助けを借りて行うことはできない。海洋地殻の 2A 層で顕著な強度を持つ一次磁化は、地質学的に短い期間しか持続しない (Pechersky et al., 1979 など)。第 4 層の蛇紋岩化した物体は、重要な異常を生み出すことができるが、直

接磁化でしか知られていない (Encyclopedia, 2007)。北緯 200 度以北では、太平洋西縁の沈み込み帯は東縁付近の広がり帯と対峙していない。もちろん、堆積層の下（「海嶺」Gorda, Juan de Fuca と Explorer を含む）や、北米西岸近くの奇妙な帯 (図 1) の南部にあるカリフォルニア半島沖の海溝の端で、そこから PT で帯状の磁気異常のカウントが始まるという、とんでもない主張を真に受けることはできない。

ここで「形成」されたプレートが、アラスカとアリューシャン列島の南に伸びるトラフではなく、それに沿って「移動」しているのだからなおさらだ。中央アリューシャン弧の西側で、プレートは南向きに回転している (?) —プレートテクトニクスでは考えられない操作である。西側にいくと、カムチャッカと千島諸島までは、帯状異常は見られない。太平洋岸北西プレートのこの部分の地殻組成は、典型的な海洋地殻とは異なる (Krasny et al., 1981, Lomtev, 2008 など)。これらの島弧の下にどのようなプレートが沈んでいるのかは不

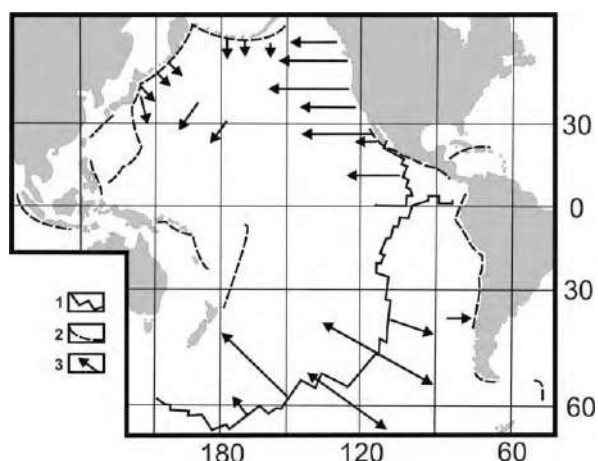


図1 太平洋の拡散帯(1)と沈み込み帯(深海海溝)(2)と、磁場帯状異常の走向データ(3)によるプレートの移動方向。ベクトルの長さは帯状異常の分布域の大きさに対応する。

明である。新生代とは無関係な中生代の帯状異常の場が千島列島南部から伊豆-小笠原弧の末端まで広がっている。異常値は、プレートが海溝(千島、日本、伊豆-小笠原)から海洋の中心に向かって、あるいは海溝に沿って「移動」していることを示している。海溝へのスラブの浸漬の状況はどこにも記録されていない。また、ハワイのマグマ活動のデータによれば、中部太平洋からのプレートはオブルチェフ海嶺(カムチャッカ海溝とアリューシャン海溝の接合部)に向かって移動しており、日本海溝の内側斜面の中生代の磁気異常と同様に、状況を完全に混乱させている。

この緯度より南では、帯状異常に関する情報は散発的になる。筆者が知っているデータによると、太平洋に残るすべての海溝、インド洋のスマトラ-ジャワ海溝、大西洋のアンティル海溝とスコシア海溝付近では、帯状磁気異常はプレートの沈降を示さないか、PTに対応する拡散帯、プレート、沈み込みの組み合わせが存在しない。例外はナスカプレートの海溝である。このように、正しい組み合わせは海溝の長さの約5%に存在し、正しくない組み合わせは35%に存在する。もちろん、プレートテクトニクスにおける運動スキームの要素の正しい組み合わせについての言葉は、自然界におけるスキームの正しさを示すものとして受け止められるべきではない。海溝の年代(Lomtev, 2011 など)は約0.5-1 Maであり、顕著な量の地殻物質が沈み込み帯に沈むことはない。

このような暗い状況にもかかわらず、帯状異常データに基づくプレート年代のマッピングは、PTの規範に

完全に合致し、かなり成功している(Müller et al., 2004)。年代を決定する際の誤差(帯状異常のない地域を含む)も計算されている。その誤差は100万年から1000万年である。

太平洋の背弧海におけるプレートテクトニック機構は、さらに奇妙に見える。島弧とジャワ-スマトラ海溝、フィリピン海溝、伊豆-小笠原海溝の間の空間には、中央大洋海嶺も、帯状磁場異常によって示されるプレート運動も存在しない。では、フィリピン海溝の近くに沈んでいる物質はどこから来たのだろうか?それは「散漫に拡散した」産物であることがわかった。つまり、この出来事を「説明」するために、プレートテクトニクスとは大きく異なる言葉による構造が作られるのである。平行する2つの海溝の間に拡散帯がない極端な例は、カムチャッカ海溝の分岐である。二重海溝は、オブルチェフ海峡からクロノツキー岬まで辿ることができる(Lomtev, 2011)。幅数十キロメートルの「仕切り」は、海溝の底から500 m以上高くなっている。

また、太平洋におけるプレートテクトニクスのメカニズムの実施に関連する不合理な点にも言及できる(Gordienko, 2017, 2018; Gordienko et al, 2018 など)。本稿では、大陸から海洋への移行帯における海洋地殻の沈没に焦点を当てる。沈み込みを考慮するプレートテクトニクスの提唱者の主題によっては、この現象は非常に重要視される(Peslier et al, 2017 など)か、あるいは全く言及されない(Cox et al, 1989 など)。後者の場合、リソスフェアプレートを地殻部分とマントル部分に分けることなく、リソスフェアプレートの沈没について話している。

プレートテクトニクスによるプロセスの性質

この変形の一般的な説明は文献に見られる: プレートが拡散帯から遠ざかるにつれて冷え、その下にある静止圏よりも密になる。定量的な分析や実験データは得られていない。実際、このような問題に対する解答は考えられないかもしれない。私たちが言及できるのは、

1) 中央大洋海嶺の縁辺台地の熱異常の無視について。海台の下には地殻下アステノスフェアはなく、リソスフェアの地震波速度は海嶺や隣接する盆地よりも高い(Gordienko et al, 2020.)。

2) ほとんどの海洋盆地が最近活性化し、その結果、若いマグマ活動がしばしばごく縁辺の海溝まで広がり、プレートは浅いアステノスフェアに覆われている。

3) このような状況で密度を推定する場合、加熱された岩石圏における斜長石とスピネルかんらん岩相の広がり方を考慮する必要性について。

まさに地殻の沈没に関する PT 支持者の意見は、ウェブ上の Quora プラットフォームで見つけなければならない。ここには、そのような質問がたくさんある。回答も同じようなもので、そのうちの 2 つを紹介しよう (Quora)。

「海洋地殻が沈むのは、より珪酸アルミニウムに富む大陸地殻よりも密度が高く比重が大きいからである。地球外核の対流と伝導によって、放射性同位体による熱はごく一部であるが、熱は伝導と対流の両方によって地表に到達する。鉄とニッケルは、天の川銀河に存在する 10 種類の元素の中で最も比重が大きい。海洋地殻が沈み込み、大陸地殻が沈み込む前に、より大きな力を加えなければならないのはこのためである。」

「油と水を混ぜたときのことを思い出してほしい。水の密度は油の密度より高いからである (水の密度は約 1.0 g/cm^3 、油の密度は約 0.9 g/cm^3)。平均密度 $2,700 \text{ kg/m}^3$ の大陸地殻と平均密度 $3,000 \text{ kg/m}^3$ の海洋地殻が衝突した場合、何が起ると予想しますか？同様に、鉛の薄板をテーブルに沿って滑らせ、アルミニウムの薄板と衝突させることを想像してみてください。どちらがもう一方の下を通過するか分かりますか？両方の板に圧力がかかっている限り、より密度の高い物質が下を通

過する。これが、海洋地殻が大陸地殻の下を通過する理由である。」

テキサス大学卒業生の一般的な博識には触れずに、議論中のテーマに焦点を当てよう。(この Quora の他のほとんどの断片と同様に) その特徴付けの中に、沈み込み帯の海洋地殻は前者の密度が高いために大陸地殻に沈み込むという記述がある。PT の創始者の一人であるロバート・ディーツが、プロセス・スキームの直感的な実証レベルについて書いていることから、このことが理解できる (Dietz, 1961)。それから 20 年以上経って、アラン・コックスが『プレートテクトニクス』の中で、「.....この本の直感的なスタイルにもっと沿ったアプローチ.....」と書いている (Cox et al., 1989, p. 381) と書くと、すでに奇妙に見える。しかし、現在でもプレートテクトニクスの支持者たちは、明白な事実ではなく、幻想で動くことを好んでいることがわかった。実際、海洋地殻が大陸地殻に侵食されているわけでも、大陸地殻に比べて地殻密度が高いわけでもない。また、大陸では海溝 (地向斜の前深部) の形成が詳細に観察され、長年研究されてきたこの構造が海洋構造 (ジャワスマトラトラフ) へと移行する様子もはっきりと見られる。

遷移帯の岩石の物理的性質

地殻と上部マントルの速度断面は、遷移帯の構造に関する自然なデータ源である。数は少ないが、問題を解決するには十分である。図 2 は、プロファイルの位

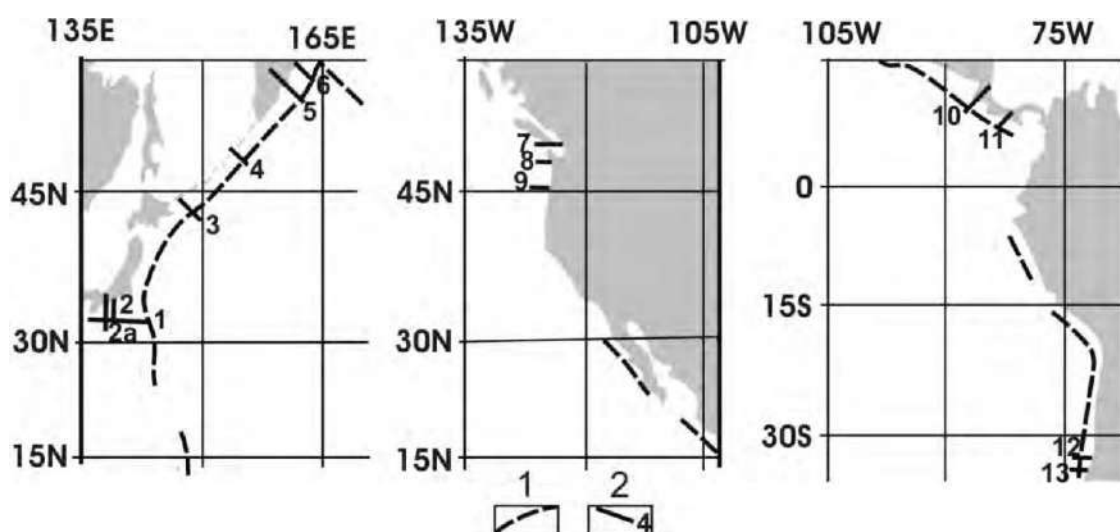


図 2 太平洋から大陸への移行帯における断面の位置。1-深海海溝の軸、2-海溝とその数。

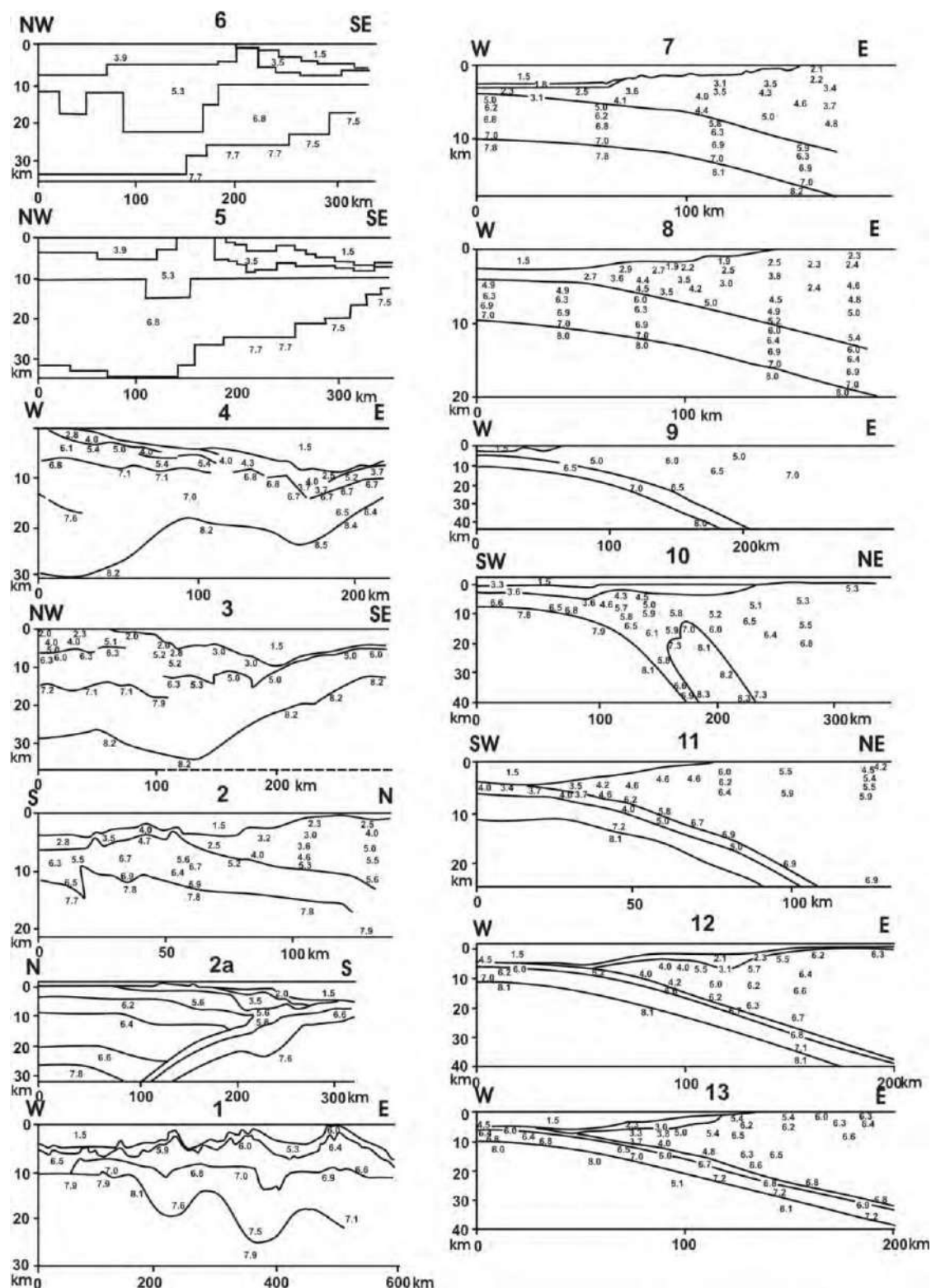


図3 太平洋から周辺大陸への移行帯における地殻の速度断面 (図1, 2 参照).

置を示している. しかし, 海洋地殻がプレートテクトニクスに従ってどのような媒体に「沈む」のかという疑問に対する答えは, 詳細な考察の前に明らかである. 海溝やスコシア弧のように, 地盤沈下が起こっている

場所が, 最も近い大陸地殻から何百キロも離れている場合もある. 沈没は海溝の外側から始めると一般に考えられている. 対応する計算を行った (Turkot et al., 1985) 著者によれば, その傾きは弾性曲げを除外したもので

ある。海溝の内壁は、島弧から運ばれた堆積物によってある程度補足された、同じ海洋地殻の断片によって表されている。このような場合、海洋地殻が沈み込み始める地点と大陸地殻の間には、少なくとも数十キロの距離がある。つまり、海洋地殻はマントルの中に「強制的に沈む」のである。

北米大陸の西端では、海溝も焦点面もない（地震の深さは稀な例外を除いて地殻によって制限されている）。沿岸海嶺マグマ活動は、アジア東縁の大陸と海洋の接触帯に典型的に見られるものとは組成が異なる。典型的な兆候がまったくないにもかかわらず、なぜ PT の支持者がアメリカ西海岸を沈み込み帯と考えるのか、理解できない。ベローゾフはこの構造を、（太平洋や大西洋のものとは対照的な）コロンビア型の移行帯と定義した（Belousov, 1982 など）。結局のところ、これは地向斜の同じ縁を表しているが、キンメリア時代（三畳紀後半: 240~200Ma）のものである。前地深部はすでに堆積物で満たされている。このような地域の岩石の特性を考慮することは、アルプス山脈の境界の地域（図 2, 3）と同様に理にかなっている（Pavlenkova et al., 2018; Suyehiro et al., 2002）。

異なる時代に異なる著者によって作成された速度断面の詳細は、同等とは言い難い。しかし、海洋地殻は大陸地殻の下に沈むべきだというような、モデルの適切な種類に関する同じ「直感的」な考えの影響は、しばしば顕著である。クラスター構造は大陸地殻とみな

される。そして海洋地殻は、明らかな干渉にもかかわらず、検出可能な厚さと速度を保つ層の形で広がっている。もちろん、これは比較のための材料の選択を困難にし、結果に主観性の要素を導入する。場合によっては（カスケード山脈など）、大陸地殻そのものの特徴を明らかにするために、図 3 の断面よりも海岸から離れた位置の断面のデータを使用する必要がある。いくつかの速度区間では、地殻の下層を特定し、その性質を確定することに問題があることが示されている。これは、調査対象の複雑さだけでなく、陸上観測所や海底観測所を含む実際の観測システムにも関連している。

また、厚い大陸地殻の岩石の密度が垂直方向に大きく異なることにも触れておかなければならない。この種の典型的な地殻では、海洋地殻の全厚さに匹敵する厚さの下部は、約 3 g/cm^3 の密度を持つ。このような環境では、地層を乗り越えても海洋地殻は自重で沈むことができない。

比較には海洋地殻（厚さ 15 km 以下）の速度データを用いた。堆積層の岩石は考慮しなかった。沈み込み帯に沈んでいるとは考えにくい。大陸縁の地殻に関するデータも、堆積物を考慮せずに選択した。また、図 2 と図 3 以外のプロファイルについても、いくつかの情報を含めて比較した（表 1 と表 2）。

2種類の地殻の性質を比較した結果は明らかである。大陸の方が密度は高い。このような値は、堆積層の外

表 1 遷移帯の海洋地殻における平均地震波速度 (km/s) と密度 (g/cm^3) (領域は図 2, 3 の番号に対応)。

No	Vp	D	No	Vp	D	No	Vp	d	No	Vp	D
1a	6.4	2.80	4	6.6	2.85	8	6.4	2.80	11	6.5	2.82
1b	6.8	2.91	5	6.0	2.69	9	6.7	2.88	12	6.6	2.85
2a	6.2	2.74	6	6.3	2.77	10	6.1	2.72	13	6.6	2.85
2b	6.3	2.77	7	6.5	2.82						
Averages: $6.5 \pm 0.2 \text{ km/s}$ $2.80 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$											

表 2 大陸-海洋遷移帯付近の大陸地殻の平均流速 (km/s) と密度 (g/cm^3)。

Region	Vp	D	Region	Vp	d	Region	Vp	D
Sakhalin	6.4	2.80	Kuriles	7.0	2.96	Rokol plate	6.5	2.82
Hokkaido	6.8	2.91	Honshu	6.4	2.80	Andes (a)	6.5	2.82
Tatar Strait	6.5	2.82	Coast range	6.5	2.82	Andes (b)	6.7	2.88
Kamchatka	6.9	2.93	Cascades	6.4	2.80	Appalachian	6.7	2.88
Averages: $6.7 \pm 0.2 \text{ km/s}$ $2.85 \pm 0.05 \text{ g/cm}^3$								

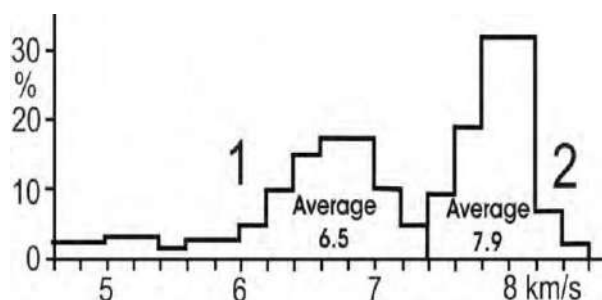


図4. 大陸-海洋遷移帯の海洋地殻(1)と地殻下マントル(2)における地震波速度の比較.

側の大陸に広く見られ、通常は基底化している縁辺部ではさらに一般的である。

上に示したように、海洋地殻の速度は、遷移帯の地殻下マントルの同様のパラメータと比較されるべきである。その結果を図4に示す。

もちろん、この変形では、海洋地殻の密度が下層の密度を上回ることによる沈没もありえない。

結 論

この論文で取り上げた、大陸と海洋の接点で起こる地質学的プロセスという特殊な問題の考察は、プレートテクトニクス概念と現実との間にある一連の類似した相関関係の中で、追加的な触れ込みとしてのみに注目し値する。この見解の体系では、著者の直観的な考えは、事実によって確認されるのではなく、揺るぎない仮定として確立され、現存するとされる現象の「証明」の基礎となる。このような虚構に反論するのは簡単だが、一般に受け入れられている地質学的プロセスの考え方や、PT 支持者の明白なことを無視する驚くべき能力である「分析」のスタイルに反するため、実行には移されない。

太平洋を取り囲む大陸縁辺部以外には、トラフや島弧などの遷移帯はほとんどない。なぜこのようなことが起こるのか？— という問いに対する答えは、PT 理論の信奉者しか納得できない。

南太平洋海嶺では約 14 万年間マグマが発生していないが、沈み込み帯ではプレートの移動とその沈み込みが（焦点面における地震から判断して）リアルタイムで発生している (Golubeva, 2009; Petrologichesk..., 1996)。

海洋地殻が適切な深さ（約 100 km）の沈み込み帯に沈むと、地殻は溶けて完全に水分を失い、「環太平洋火

山帯」の巨大な体積の火山活動を刺激する。しかし、同じプロセスによって、下部マントルへの遷移帯の深さ（400～700 km）には、海洋体積の数倍の量の水がもたらされることが判明した (Peslier et al., 2017)。どちらの記述も同じ出版物に含まれている。

全体として、この概念とプレートテクトニクスの存続中に蓄積された実験データとの間の矛盾の総和は、とっくの昔に臨界レベルを超えていると言える。プレートテクトニクスの存在は、正当化されていないといえ、通常のドグマを超える必要のない、その使用の単純さによってのみ支えられている。

文 献

- Belousov, V. V. (1982) Transitional zones between continents and oceans. Moscow: Nedra. 152p.
- Cox, A. and R. Yart (1989) Plate tectonics. Moscow: Mir, 427p.
- Dietz, R. (1961) Continent and ocean basin evolution by spreading of the sea floor. *Nature*. 190, 4779, 85-857.
- Encyclopedia of Geomagnetism and Paleomagnetism (2007) ed. D. Gubbins, E. Bervera. Springer. 1054p.
- Frolov, V. T. and T. I. Frolova (2011) Origin of the Pacific. 2nd ed., Moscow: MAKSPress, 52p. (in Russian): Geological structure and origin of the Pacific Ocean (2005) Ed. B. I. Vasilev. TOI FEB RAN. Vladivostok. Dalnauka. 167 p.
- Golubeva, E. D. (2009) Evolution of Pacific magmatism. Vladivostok: Dalnauka. 132p. (in Russian).
- Gordienko, V. V. (2017) Thermal processes, geodynamics, deposits. 283p. <http://ivangord2000.wixsite.com/tectonos>
- Gordienko, V. V. and L. Ya. Gordienko (2018) Plate movements and earthquakes. *Geology and korisni kopality svitovogo oceanu*. 4. 5-19. (in Russian)
- Gordienko, V. V. (2018) On the movement of lithospheric plates in the oceans and transition zones. *Geophysical Journal*, 4, 129-142. (in Russian)
- Gordienko, V. V. and L. Ya. Gordienko (2020) Velocity model of the upper mantle of the flanking plateaus of mid-oceanic ridges. *Geology and korisni kopality svitovogo oceanu*. 16, 19-31. (in Ukrainian).
- Quora. <https://www.quora.com/Why-does-the-oceanic-crust-sink-beneath-the-continental-crust-at-the-subduction-zone>
- International Geological and Geophysical Atlas of the Pacific Ocean (2003) / G. B. Udintsev (ed.). IOC (UNESCO), RAS ... M. - St. Petersburg.
- Krasny, M. L., Yu. P. Neverov and O. S. Kornev (1981) On the material composition of the rocks of the marginal oceanic bar of Hokkaido. - New. Aleksandrovsk: IMGG,

1981. 21p. (in Russian).
- Lomtev, V. L. (2008) New data on tectonics and magmatism of the NW Pacific. *Geology and korisni kopalny svitovogo oceanu*, 4. 93-105. (in Russian).
- Lomtev, V. L. (2011) To the structure and history of the Kuril-Kamchatka deep-sea trench (NW Pacific). *Geology and korisni kopalny svitovogo oceanu*, 3. 36-48. (in Russian).
- Müller, R. D., M. Sdrolias, C. Gaina and W. R. Roest (2008) Age spreading rates and spreading asymmetry of the world's ocean crust, *Geochemistry, Geophysics, Geosystems*, 9, 2004. Q04006, doi:10.1029/2007GC001743
- Pavlenkova, N. I., S. N. Kashubin, L. I. Gontovaya and G. A. Pavlenkova (2018) Deep structure and geodynamics of the Okhotsk region. *Regional geology and metallogeny*, 76. 70-82. (in Russian)
- Pechersky D. M., L. V. Tikhonov and B. P. Zolotarev (1979) Magnetism of Atlantic basalts. *Physics of the Earth*, 12. 25-33 (in Russian).
- Peslier A., M., Schonbacher, H. Busenmann and S. Karato (2017) Water in the Earth's interior: distribution and origin. *Space Science Reviews*, 212, 1-2. 743-810. DOI:10.1007/s11214-017-0387-z
- Petrological provinces of the Pacific Ocean. (1996) ed. Govorov, I. N., Moscow: Nauka. 439p. (in Russian).
- Suyehiro K. and K. Mochizuki (2002) Marine Seismology. In *International Handbook of earthquake and engineering seismology*. v. 81A, by the Int'l Assoc. Seismol. & Phys. Earth's Interior, Committee on Education. 421-437.
- Turkot, D. and J. Schubert (1985) *Geodynamics*. Moscow: Mir. 730 p. (in Russian)

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 TECTONICS. E メール：louis.hissink@outlook.com (MS Word か ODT ファイル、図は gif, bmp, tiff, png フォーマット) を別ファイルで送付、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 ジャーナル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
-

日本語版発行にあたって

本誌は、An international journal for New Concepts in Global Tectonics (NCGT ジャーナル) の日本語版であり、発行された NCGT ジャーナルの論文や記事を日本語版発行チームが選択して、それらの日本語訳を提供しています。その元となる NCGT ジャーナルについて、現在、投稿原稿の形式が詳細に定まっていないことなどから、項目立てや文献引用の仕方、引用文献の書き方が論文ごとに異なっている場合があります。NCGT ジャーナルの編集委員会では、ジャーナルの投稿フォーマットの統一については現在議論されていて、改善される方向にあります。日本語版では、編集にあたって、項目立てや文献の引用の仕方、引用文献の書き方について、できるだけ統一した形式になるように修正して、コンパクトな印刷媒体として提供しています。

An international journal for New Concepts in Global Tectonics 日本語版発行チーム

[連絡先] 柴 正博 (shiba@dino.or.jp)

[翻訳メンバー] 足立久男・岩本広志・川辺孝幸・小坂共栄・小松宏昭・柴 正博・宮城晴耕・村山敬真

[事務局メンバー] 足立久男・岩本広志・金井克明・川辺孝幸・柴 正博 (代表)・宮城晴耕