

報告番号	※	第	号
------	---	---	---

## 主 論 文 の 要 旨

論文題目 Thermal contraction of the oceanic lithosphere and oceanic intraplate earthquakes

(海洋リソスフェアの熱収縮と海洋リソスフェア内地震)

氏 名 篠島 僚平

## 論 文 内 容 の 要 旨

海嶺で誕生した海洋リソスフェアは、その後の冷却過程によって、体積にして約 3%に及ぶ熱収縮をしている。この熱収縮に伴い生じる熱応力が、海洋リソスフェアに低頻度で発生するプレート内地震（海洋リソスフェア内地震）を引き起こしている事が分かっている。本研究では、海洋リソスフェアの熱収縮変形と海洋リソスフェア内地震に関する現象の研究を行い、以下の三つの事柄を明らかにした。

一つ目は、海洋リソスフェアの熱収縮変形の異方性の発見である。海洋リソスフェアが水平方向にどの程度自由に熱収縮しているかは、これまで良く分かっていなかった。この現象を解明することは海洋リソスフェアが置かれている力学的な境界条件を知ることに関わり、プレートの力の釣り合いやマンテル対流の原動力を解明する上でも重要な問題である。そこで本研究では、海洋リソスフェア内地震によるリソスフェア内の応力解放を定量的に調べることで、海洋リソスフェアの熱収縮変形の推定を試みた。その結果、若い海洋リソスフェア (5-15 Ma) において、地震による応力解放に強い異方性があることが分かった。海嶺軸方向の引張差応力解放は、プレート拡大方向の引張差応力解放の約 6 倍にも上り、一方で海嶺軸方向の圧縮差応力解放は、プレート拡大方向のわずか約 0.15 倍であった。この観測結果は、等方的な熱収縮では説明ができない。そこで、数値シミュレーションを用いて、海洋リソスフェアがそれぞれの方向にどの程度熱収縮していれば、観測された応力解放を説明できるのかについて調べた。その結果、若い海洋リソスフェアは、プレ

ート拡大方向にはほぼ力学的に自由に熱収縮している一方で、海嶺軸方向にはプレート拡大方向の収縮と比較してわずか 0-30%しか収縮していないという結果が得られた。考察の結果、若い海洋リソスフェアは、海嶺での強度の弱さとアセノスフェアの低粘性によりプレート拡大方向には力学的にほぼ自由に収縮している一方、海嶺軸方向には幾何学的な拘束のために自由に収縮できずに、引張の応力が卓越している事が示唆された。海嶺軸方向の引張応力の卓越は、既存の研究で示唆されていたトランスフォーム断層の強度の弱さを引き起こすメカニズムの一つである可能性がある。

二つ目は、海洋断裂帯 (fracture zone) に沿って発生する地震の原因に関する研究である。De Long et al. [1977]は、海洋リソスフェアの拡大方向の累積熱収縮が、海洋断裂帯を挟んだ若い側と古い側で僅かに異なるため、海洋断裂帯に沿って、トランスフォーム断層とは逆のセンスの横ずれ変位が生じるという仮説を提唱した。本研究は、De Longらの仮説を検証するために、まず海洋断裂帯周辺の海洋リソスフェア内地震の応力解放のうち海洋断裂帯に沿った横ずれ成分を調べた。その結果、10 Ma より若い年代における 82%の地震が、De Long らの仮説と整合的なセンスの横ずれ成分を持っていることが明らかになった。次に、熱収縮の数値シミュレーションを用いて、De Long らの仮説から期待される全世界の海洋断裂帯における変位レートを推定し、1964-2015 年に観測された全世界の海洋断裂帯周辺の地震による地震モーメント解放の断裂帯に平行な横ずれ成分の総和との比較を行った。その結果、この期間に観測された総地震モーメント解放量は、モデルから期待される量の約 30%に相当する事がわかった。これは、観測されない小さな地震や非地震性クリープの寄与を考えると、おおよそ妥当な値である。以上の事から、海洋断裂帯の水平変位と応力場は、De Long らの仮説によるメカニズムでおおまかに説明できることが明らかになった。

三つ目は、海洋リソスフェア内地震の  $b$  値 (マグニチュード-頻度分布の傾き) の応力蓄積速度依存性の発見である。本研究で海洋リソスフェア内地震の  $b$  値を調べた結果、海洋リソスフェア内地震の  $b$  値が海底年代と共に急激に増加する現象を発見した (2-15 Ma において  $b=1.07\pm 0.10$ 、15-30 Ma において  $b=1.64\pm 0.26$ 、30-180 Ma において  $b=1.94\pm 0.27$ )。  $b$  値の年代依存性の要因として、年代とともに増すリソスフェアの厚さ (温度構造)、及び、年代とともに減少する熱応力生成速度 (応力蓄積速度) が考えられる。そこで、  $b$  値の年代依存性の要因を特定するために、古い海洋リソスフェア (50-110 Ma) でありながら歪み速度・地震活動が異常に高いインド-オーストラリアプレート変形領域領域の地震の  $b$  値を調べた結果、  $b=0.93\pm 0.12$  という結果を得た。この値は、最も若い年代 (応力蓄積速度が最も速い) における海洋リソスフェア内地震の  $b$  値に近い小さな値である。このことは、海

洋リソスフェア内地震の  $b$  値の年代依存性は、温度構造ではなく、応力蓄積速度への依存性によって引き起こされている事を示唆している。また、海洋リソスフェア内の応力蓄積速度を推定した結果、 $b$  値の応力蓄積速度依存性は約 25 Pa/year よりも遅い応力蓄積速度下においてのみ存在する事が明らかになった。地震の  $b$  値が応力速度や歪み速度に依存するという現象は、これまでに報告の無い新しい発見である。本研究では、 $b$  値の応力蓄積速度依存性のメカニズムとして、次の二つの仮説を提唱した。一つは、非常に遅い応力蓄積速度下では、局所化された溶解・析出クリープ等による応力の不均質の進行速度の方が応力蓄積速度を上回り、その結果増加する応力の不均質が高い  $b$  値を生み出すと言う仮説。もう一つは、非常に長い地震の再来期間によって、リソスフェア内の断層が完全にヒーリングして大きな弱面が存在しなくなることにより、大きな地震が相対的に起きにくくなることで高い  $b$  値を生み出すという仮説である。非常に遅い応力蓄積速度下でのみ見られる本現象は、非常に長い時間スケールを持った地震・断層に関わる現象を明らかにする上で重要な手がかりとなると考えられる。