

コンプトン・ベルコビッチにおける月花崗岩バソリスの遠隔検出

Remote detection of a lunar granitic batholith at Compton–Belkovich

学部 3 年 秋岡奏真

紹介論文

Siegler, M.A., Feng, J., Lehman-Franco, K. et al., 2023, Remote detection of a lunar granitic batholith at Compton – Belkovich., Nature 620, 116 – 121 (2023).
<https://doi.org/10.1038/s41586-023-06183-5>

要旨

花崗岩は、地球以外の太陽系にはほとんど存在しない。マグマ系で花崗岩の組成を得るには、多段階の融解と結晶分別が必要であり、これによって放射性元素の濃度も上昇する。地球では、豊富な水とプレートテクトニクスがこれらの過程を促進し、再融解を助けている。月ではこのような促進因子は存在しないが、小さな花崗岩のサンプルが見つかった。しかしそれらの起源やシステムの規模に関する詳細は不明である。

本研究では、コンプトン・ベルコビッチとして知られているトリウムに富む地域について行ったマイクロ波波長測定の結果について報告する(図 1)。この地域では、直径約 50 km の花崗岩システムが地下に存在し、異常に高温な地熱源となっていることが考えられる。中国の月周回衛星、嫦娥 1 号と嫦娥 2 号のマイクロ波観測装置によって、1 平方メートルあたり約 180 ミリワットの熱流束のピークを測定することができた。これは平均的な月の高地で観測される熱流束の約 20 倍である。この測定値の大きさと地理的な広がり、月において、特にプロセルム(嵐の大洋)領域の外側で、地球のような進化した花崗岩システムが想定されていたよりも大きく存在することを示唆している。さらに、これらの方法は一般化可能であり、パッシブ放射計データを同様に利用することで、月や他の惑星の地熱プロセスに関する知識を大きく広げることができる。

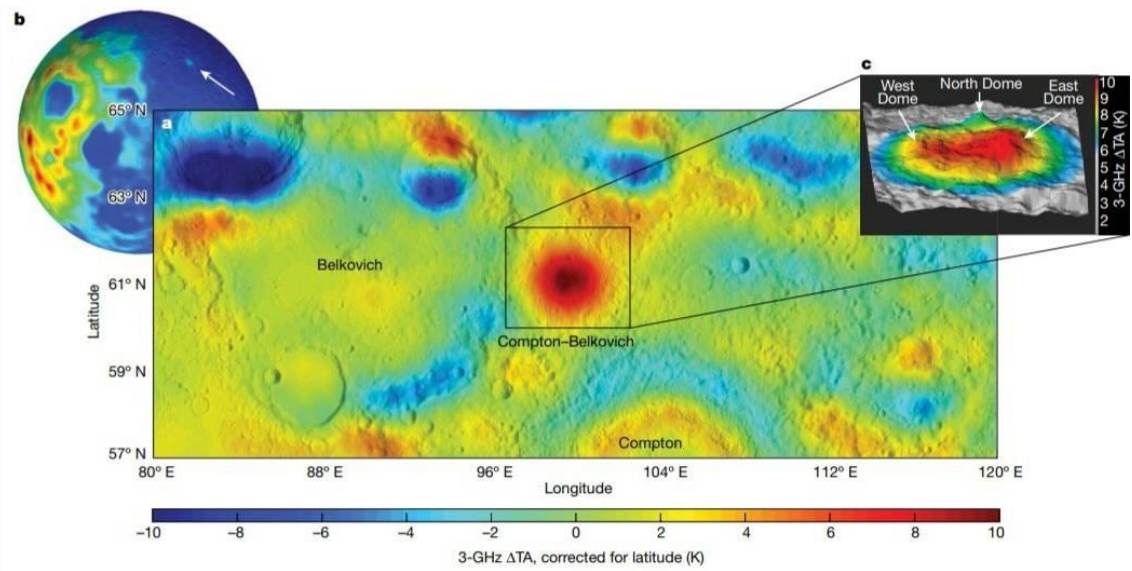


Fig. 1 | Latitudinally corrected 3-GHz TA shown at midnight local time.
a. These data show a clear localized TA enhancement of about 9 K centred on the mapped Compton–Belkovich topographic feature. This feature is not explainable by topography, surface rock distribution or material properties

and is seen at all frequencies and times of day (Methods). **b,c.** The context globe shows Lunar Prospector-measured Th, scaled 0–35-ppm Th (**b**) and the perspective view shows the TA superimposed on the central CBVC caldera topography (**c**).

浅発地震と深発地震における類似の地震モーメント解放プロセス

Similar seismic moment release process for shallow and deep earthquakes

学部 3 年 原悠介

紹介論文

Xin Cui, Zefeng Li and Yan Hu., 2023. Similar seismic moment release process for shallow and deep earthquakes. *Nature Geoscience*, **16**, pp. 454-460.

DOI: <https://doi.org/10.1038/s41561-023-01176-5>

要旨

地下深部の岩石は流動性を持つと考えられるため、60 km より深い場所で発生する地震の発生機構については未だ謎が多い。しかし、これまでの研究により、深さ 0–60 km の浅発地震 (shallow earthquakes) と深さ 60-300 km の稍深発地震 (intermediate-depth earthquakes)、深さ 300-700 km の深発地震 (deep-focus earthquakes) の間には区別可能な様々な破壊特性があることが明らかになってきた。この論文ではそうした違いが異なる破壊プロセスによるものなのかを検証するため、マグニチュードの異なる様々な地震からなるデータセットに対しランダムフォレストなどの機械学習による分類法を適用した。

その結果、震源特性を左右しているのは主に震源周囲の媒質の剛性であり、媒質効果を補正すると分析したすべての地震が類似のモーメント開放プロセスを示すことが分かった。よって破壊の持続時間、破壊長、そして関連する応力の低下は深さによって変化する剛性とともに変化しているといえる。この結果はすべり量と破断長の比率(ひずみと同義)が核形成メカニズムによらず全ての深さで概ね一定であるとする constant strain drop 仮説を支持するものである。また、媒質剛性を補正した地震の自己相似性が異なる深さと母岩の種類に対して成立することも示唆している。

Fig.5:

Corrected definition of earthquake self-similarity under the constant strain drop hypothesis

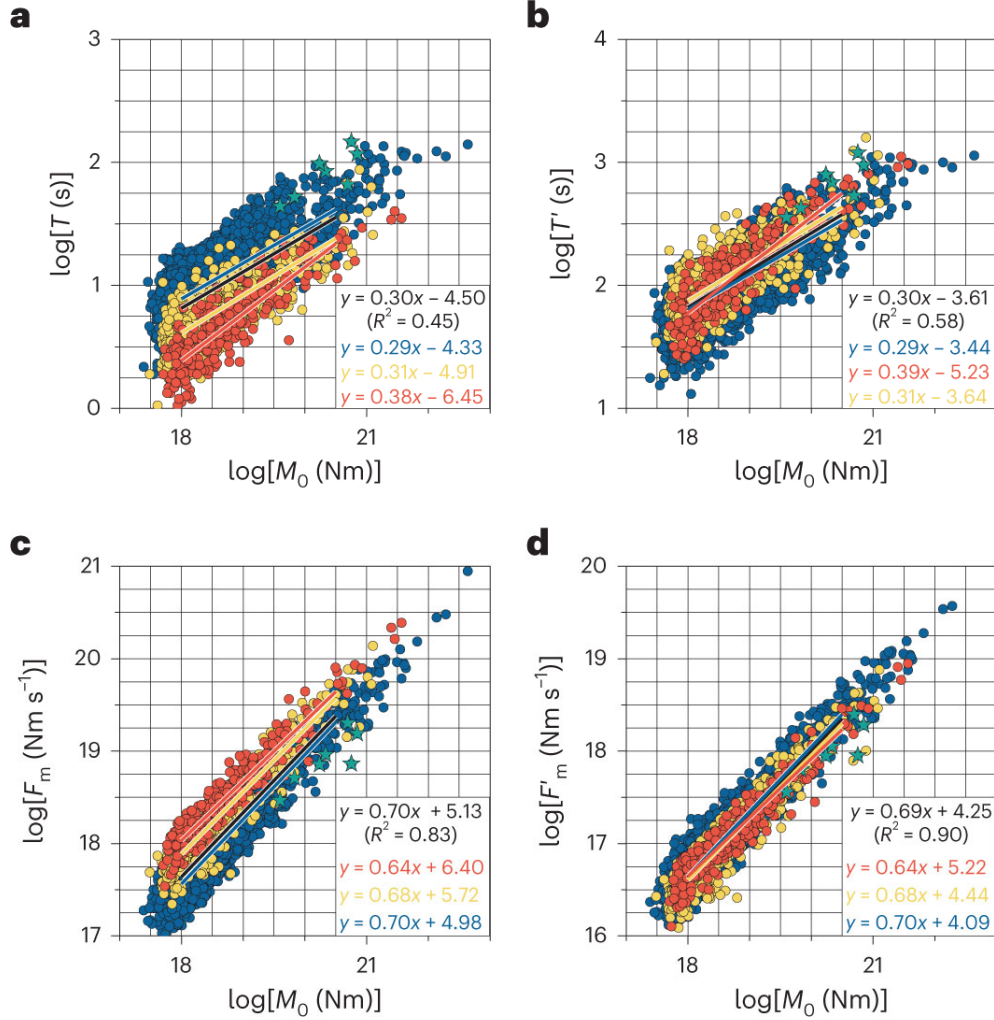


Fig. a–d, T (STF duration, **a**), rigidity-corrected T' (**b**), F_m (peak of the STF, **c**) and rigidity-corrected F'_m (**d**) as a function of seismic moment. Blue, yellow and red dots represent shallow, intermediate-depth and deep-focus earthquakes, respectively. Stars represent large tsunami earthquakes. Best-fit linear lines represent the scaling laws for shallow earthquakes (blue), intermediate-depth earthquakes (yellow), deep-focus earthquakes (red) and all earthquakes (black). Note that before correction, the three categories of earthquake follow different scaling laws, whereas after correction, they collapse into one.

カーニアン多雨事象に関する近年の層序学的検討
The recent stratigraphic research on the Carnian Pluvial Episode

地質・古海洋グループ 修士 2 年 大坪拓史

紹介論文

Lu, J., Zhang, P., Dal Corso, J., Yang, M., Wignall, P. B., Greene, S. E., ... & Hilton, J. (2021). Volcanically driven lacustrine ecosystem changes during the Carnian Pluvial Episode (Late Triassic). *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 118(40), e2109895118.

<https://doi.org/10.1073/pnas.2109895118>

Tomimatsu, Y., Nozaki, T., Onoue, T., Matsumoto, H., Sato, H., Takaya, Y., ... & Rigo, M. (2023). Pelagic responses to oceanic anoxia during the Carnian Pluvial Episode (Late Triassic) in Panthalassa Ocean. *Scientific reports*, 13(1), 16316.

<https://doi.org/10.1038/s41598-023-43525-9>

要旨

三畳紀は全体として高温で乾燥した時代として知られているが、そのうちのカーニアンにおいては約 200 万年間にわたって長雨が続いたことが知られている。この事象はカーニアン多雨事象(the Carnian Pluvial Episode : CPE)と呼ばれており、複数の生物群の絶滅や進化・多様化とタイミングが一致することなどから当時の環境や生態系に大きな影響を与えた重要なイベントであったと考えられているが、高解像度な記録が不足していることなどから不明な点も多く残っている。そこで本発表ではカーニアン多雨現象に関し、大きく 2 本の論文を紹介することで、近年得られた様々な記録をもとにその詳細や要因に関して現状明らかになっている点を議論する。

Lu et al. (2021) は、中国北部に位置する Jiyuan 盆地において新たに得られたカーニアンの U-Pb 年代や $\delta^{13}\text{C}$, Hg などをはじめとした詳細な記録をもとに、カーニアン多雨現象がさらに大きく 4 回に区分でき、原因として、火成活動が密接に関わっている可能性が高いことを示した。

Tomimatsu et al. (2023) は日本の 5 つの研究地域においてカーニアンにおける $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}$ の記録を復元し、大規模な火成活動がカーニアン多雨現象を引き起こしたとする新たな根拠を示した。また、U, V などの元素を指標として用い、これらの濃集から火成活動の末期にパンサラッサの深海底が無酸素状態にあった可能性が高く、この無酸素状態がコノドントなどの種の減少の原因となった可能性を示した。

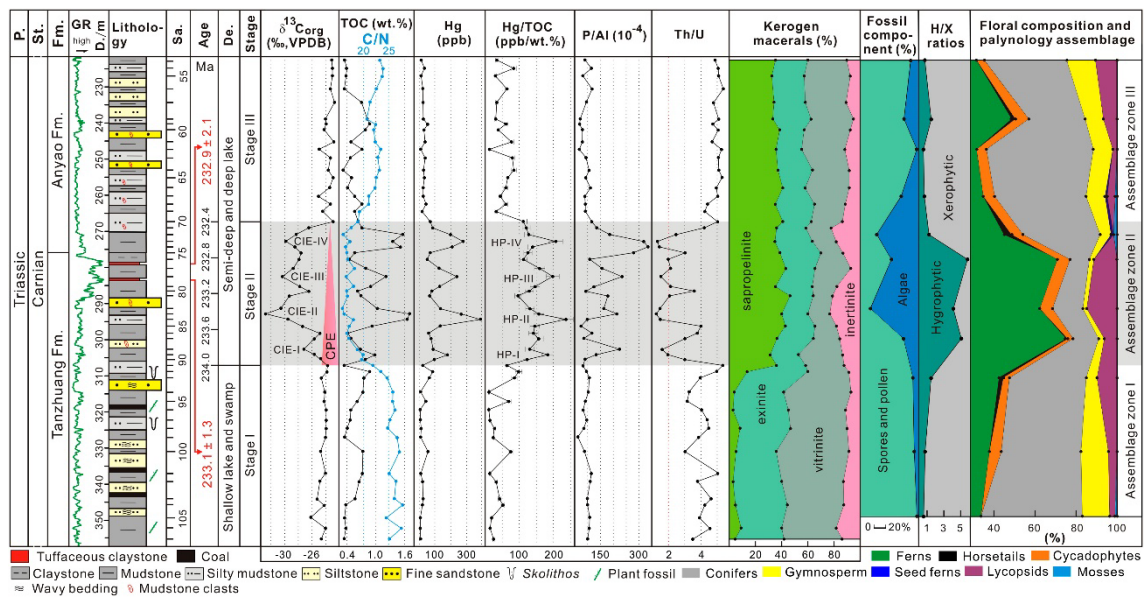


Figure1. (Lu et al., 2021)

Results of zircon U–Pb dating, $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$ values, TOC contents, atomic C/N ratios, Hg concentrations, Hg/TOC ratios, P/Al and Th/U ratios, kerogen macerals, fossil component, hydrophytic/xerophytic (H/X) ratios, floral composition, and palynology assemblage from the studied borehole in the Jiyuan Basin.

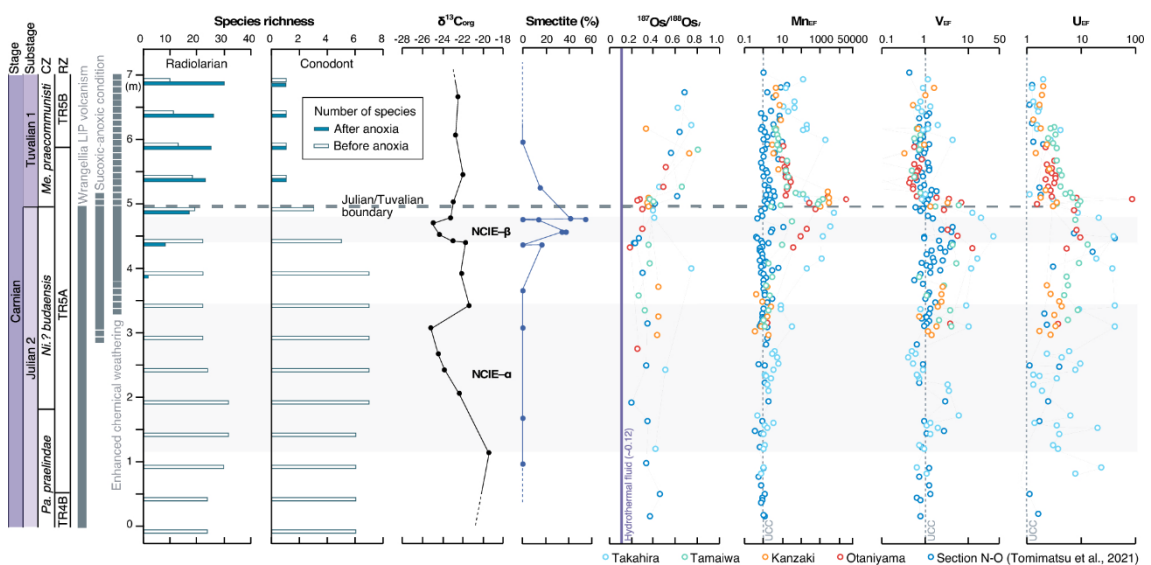


Figure2. (Tomimatsu et al., 2023)

Geochemical and biotic changes in the Panthalassa during the CPE. Faunal compositions of conodont and radiolarian species, and chemostratigraphic records of $\delta^{13}\text{C}_{\text{org}}$, $^{187}\text{Os}/^{188}\text{Os}_i$ ($t = 230 \text{ Ma}$), and enrichment factors of redox-sensitive elements (Mn_{EF} , V_{EF} , and U_{EF}) in the studied sections projected onto a composite section for the Carnian.

地質温度計を用いたマイロナイトの変形温度の推定

Estimation of Deformation Temperature of Mylonite using Geothermometer.

断層・地殻力学分野修士 2 年 渡部海翔

引用論文：

Zhou, B.J., Liu, J.L., Chen, X.Y. and Hou, C.R., 2022, Fluid-enhanced grain-size reduction of K-feldspar from a natural middle crustal shear zone in northern Beijing, China.

Tectonophysics, **838**, 229478.

<https://doi.org/10.1016/j.tecto.2022.229478>

Taylor, J.M., Teyssier, C., Whitney, D.L., *McFadden, R.R. and Barou, F., 2023, Linked microstructural and geochemical evolution of mylonitic quartzite during exhumation of a core complex. Journal of Structural Geology, **169**, 104846.

<https://doi.org/10.1016/j.jsg.2023.104846>

マイロナイトは、断層の活動時に断層近傍で塑性変形してできる断層岩である。微細構造の特徴の 1 つとして、動的再結晶と呼ばれる、鉱物の粒界移動プロセスが挙げられる。動的再結晶した鉱物は、変形時の温度や圧力などの条件を保存しているため、詳細に分析することでマイロナイト化時の情報を復元できる。マイロナイトの変形条件を推定することは、産出地域周辺の過去の運動像の解明や、地殻レオロジーの理解に繋がる。今日ではマイロナイトの変形時の温度推定の手法として、動的再結晶石英の結晶配列の利用など、様々な方法が提案されている。本発表では、その推定に適用可能な地質温度計に関して紹介する。

2 長石温度計 (Two-feldspar Geothermometer) は、Stormer (1975) によって考案された地質温度計である。異なる 2 種類の長石類 (主に、カリ長石と斜長石) の存在比率を測定し、その比率が温度に相関していることから、温度計として適用し変形温度を計算するという手法である。Zhao et al. (2022) では、中国の雲蒙山変成岩コア複合体中の Shuiyu 剪断帯に含まれる、花崗岩質マイロナイト中のカリ長石ポーフィロクラストを主に研究の対象としている。本論では、マイロナイトの変形温度を、含有鉱物の微細構造や動的再結晶石英の c 軸ファブリック、2 長石温度計を組み合わせることで制約している。

チタンインクォーツ温度計 (Ti-in-Quartz Geothermometer) は、Wark and Watson (2006) によって考案された地質温度 (圧力) 計である。石英中に含まれる微量元素 Ti の濃度 [Ti] を測定し、変形時の温度を推定するという手法である。Taylor et al. (2023) では、アイダホ州の Pioneer 変成岩コア複合体中のマイロナイト質石英岩を研究の対象としている。本論では、石英の微細構造と石英中の Ti 濃度を相関させ、チタンインクォーツ温度計を用いた石英の動的再結晶過程と Ti 移動度との関連について提案している。

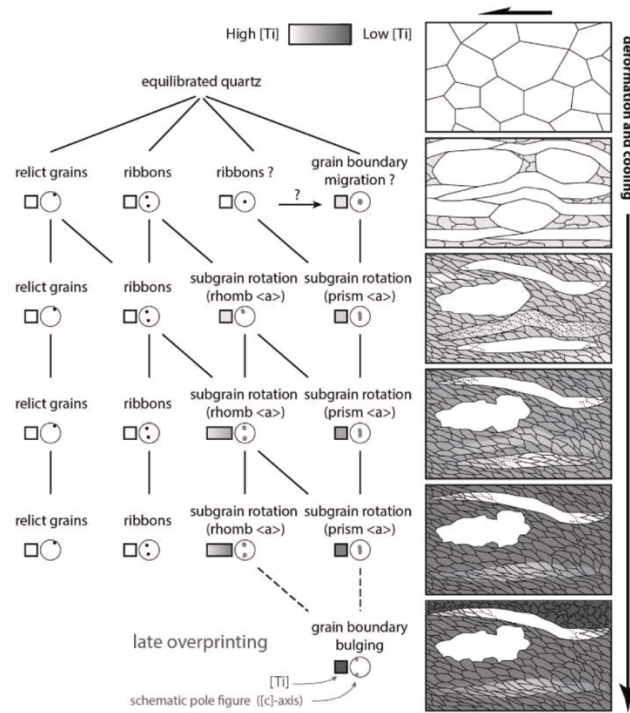


Fig. 11 in Taylor et al. (2023)

Schematic of $[Ti]$ equilibration and micro- structure evolution with progressive deformation. High-Ti quartz starting material undergoes mylonitic deformation by subgrain rotation (and possibly grain boundary migration), which reset $[Ti]$ in recrystal- lized quartz. Grains poorly oriented for easy slip resist deformation and maintain high $[Ti]$, becoming relict grains. Some relict grains transform into quartz rib- bons via plastic deformation, still maintaining high $[Ti]$. Some quartz ribbons undergo subgrain rotation recrystallization, beginning at ribbon ends. Ongoing recrystallization gradually resets $[Ti]$ in former rib- bons, resulting in a gradual decrease in $[Ti]$ away from ribbon ends as well as regions of recrystallized quartz with relatively high $[Ti]$ that represent former ribbons. Late overprinting by grain boundary bulging may continue to equilibrate some regions to lower $[Ti]$.