The Clean Paper

WHAT THE PAPER SAYS · WHAT IT DOESN'T · WHY IT MATTERS

ニューメキシコの化石記録が、恐竜最後の章を少し複雑にする

Science の研究は、ニューメキシコ州 *Naashoibito Member* を小惑星衝突前の最後の数十万年に再年代決定した。これは重要だ。白亜紀末期の恐竜に関する最良の証拠の多くは、もっと北から得られているからだ。新しい南部記録は、北米西部で恐竜相が終末期まで地域ごとの違いを保ち、一つの均一で衰退する群集になっていたわけではないことを示唆する。世界中のすべての恐竜生態系が衝突まで繁栄していたと証明するものではない。地域的な化石記録だけから作ると、地球規模の物語が滑らかすぎるものになり得ることを示している。

Written by Cinzia Vaglio · Cross-checked by Lucio Vaglio and Vera Rubin · Edited by Michele Renda · Figures by Lucio Vaglio and Nova Vela · AI-assisted, human-reviewed

Paper: *Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality*, Andrew G. Flynn, Stephen L. Brusatte, Alfio Alessandro Chiarenza, Jorge Garcia-Giron, Adam J. Davis, C. Will Fenley IV, Caitlin E. Leslie, Ross Secord, Sarah Shelley, Anne Weil, Matthew T. Heizler, Thomas E. Williamson, and Daniel J. Peppe, Science 390, 400-404 (2025) · DOI: 10.1126/science.adw3282

終末期を見た南の証人

恐竜の最後の時代は、しばしば北部グレートプレーンズ —— モンタナ、ダコタ、ヘルクリークの世界 —— を通して語られる。そこには十分に良い化石記録があり、見慣れたものになった。そして、見慣れていることは、ときに「すべてを見ている」かのような錯覚を生む。歴史は、私たちのために均等に書類整理されて残ったわけではないので、化石も均等には分布していない。

Science に掲載された新しい論文は、南からの証人を加えた。著者らが調べたのは、ニューメキシコ州サンファアン盆地の Naashoibito Member という化石を含む地層で、その年代は何十年も議論されてきた。もし化石がもっと古いなら、小惑星衝突直前の時代について言えることは少ない。白亜紀の本当に末期なら、意味は大きく変わる。

論文の答えは後者だ。新しい地質年代学と磁気層序学を用い、Naashoibito Member の主要な恐竜化石層は白亜紀 - 古第三紀境界の約 **34 万年以内**に位置すると著者らは主張する。これは、ニューメキシコの恐竜を十分に終末期へ近づけ、古くからの問いに関係させる。恐竜はすでに長期衰退の途中だったのか、それとも衝突が起きたとき、多くの生態系はなお地域ごとの多様性を保っていたのか。

慎重な答えは「恐竜はみんな元気だった。そこへドンと衝突した」ではない。語呂はいいが、科学への礼儀が悪い。より狭く、より役に立つ答えはこうだ。北米西部では、年代がよく決まった南部の化石記録が、末期の恐竜相がなお地域ごとに異なっていたという像を支持する。どこでも同時に同じ低多様性の群集へ均質化し、衰えていたわけではない。

それで十分だ。もっと派手な帽子をかぶせる必要はない。

ニューメキシコ州の Bisti/De-Na-Zin Wilderness。サンファン盆地のより広い地域にあるバッドランド景観。これは背景説明用の画像であり、Science 論文の証拠そのものではない。研究の議論は景色ではなく、年代測定された化石含有地層に基づく。

Bob Wick / BLM California CC BY 2.0

ここで「34 万年以内」とは何を意味するのか

小惑星衝突と白亜紀 - 古第三紀境界は、およそ **6605.2 万年前**と年代決定されている。問題は、化石を含む岩石がその線からどこに位置するかだ。
著者らは恐竜の骨そのものを直接年代測定して、それで終わりにしたわけではない。Naashoibito の砂岩から、特にサニディンという火山由来の鉱物粒子を取り出し、**^{40}Ar/^{39}Ar 年代測定**を行った。さらに、それを**磁気層序学** —— 岩石に保存された地球磁場の反転記録 —— と組み合わせた。
短く言えば、一つの試料は最大堆積年代 **6687 ± 4 万年前**、別の恐竜化石を含む試料は **6638 ± 8 万年前**を示し、磁気パターンは地層上部を白亜紀最後の逆磁極期に置く。これらの制約を合わせると、主要な恐竜化石層は境界のごく近くに位置する。これは地質学的な時計であってストップウォッチではないが、議論を変えるには十分近い。

著者らが行ったこと

チームは、互いに必要となる二種類の研究を組み合わせた。第一に、Naashoibito Member の年代を絞り込んだ。この地層単位は、より古いカンパニアン期の岩石の上、初期暁新世の岩石の下にあるが、正確な年代については論争があった。以前の解釈には約 7000 万〜6900 万年前とするものもあれば、白亜紀最末期とするものもあり、一部には記録の一部を暁新世まで押し込む主張さえあった。著者らは地層断面を測定し、恐竜化石産地から試料を採取し、砕屑性サニディン粒子を^{40}Ar/^{39}Ar 法で年代測定し、その断面を既知の磁極期へ対応付けた。

第二に、動物相を文脈の中で調べた。北米西部の陸生・淡水性脊椎動物の出現データを、カンパニアン期、マーストリヒチアン期、初期暁新世にわたって集め、生態学・生物地理学的手法で、動物相が地域ごとに分かれていたのか、均一だったのかを検定した。重要な語は **provinciality（地域分化）**だ。どこでも同じ動物がいたのではなく、異なる地域が別々の群集を持っていたかどうか、という意味である。

これは重要だ。恐竜末期史の一つの見方では、北米西部はマーストリヒチアン期に均質化し、地域差が減り、より広域的な動物相になったとされる。均一で多様性の低いシステムなら、小惑星衝突以前から脆弱だったと想像しやすい。地域構造が残っていたシステムなら、違う物語になる。

分かったこと

鍵になるのは年代測定だ。恐竜を含む Naashoibito の二試料には、後期マーストリヒチアン期を示す制約がある。一つの砂岩試料 H08-Sand-08 は、最大堆積年代 **6687 ± 4 万年前**。部分的なランベオ

サウルス亜科ハドロサウルス骨格を含む「34-Bone Site」の試料は、最大堆積年代 **6638 ± 8 万年前**だった。これを磁極記録と合わせ、著者らは Naashoibito の主要な恐竜化石層を K-Pg 境界の約 **34 万年以内**に置く。

これにより、サンフアン盆地の記録は、さらに北にある有名なヘルクリーク動物相とおおむね同時代になる。また、Naashoibito の恐竜と最初期暁新世の Nacimiento 動物相の間には約 **70 万年**の差ができる。これは重要だ。非鳥類型恐竜をうっかり絶滅境界の反対側へ置きたい人はいない。それは整理が悪いだけでなく、間違いだからだ。

生態学的な結果がもう半分を構成する。著者らが解析した白亜紀最末期の各区間を通して、北米西部には**二つの生物地理区（bioprovinces）**が存在した証拠が得られた。恐竜だけを解析しても、研究対象となった白亜紀最末期の全時間区間で二つの生物地理区に分かれた。論文は、こうした地域差が小惑星衝突前に一つの均一な動物相へ単純に崩れていったわけではないと論じる。

その要因は、単純に北と南を分ける一本の線ではなかった。解析では、白亜紀の生物地理区を形成する主因は**気温**で、地理そのものは二次的だった。暖かい南部では竜脚類などの動物が有利で、涼しい北部ではハドロサウルス亜科などが有利だった可能性がある。要点は、すべての地域が同じように「健康」だったということではない。白亜紀末期の地図には、まだ構造が残っていたということだ。

この研究からは言えないこと

- 地球上の恐竜がどこでも小惑星衝突まで**繁栄していた**と証明したわけではない。著者ら自身、依然として主に北米の像であることを明記している。
- 一部の分類群、地域、あるいは解析で得られた**衰退の証拠を消す**ものではない。反論しているのは大陸全体をなめらかに一つの物語へする見方であって、絶滅前にストレスがあったというあらゆる可能性ではない。
- **小惑星が重要ではなかった**ことを示していない。衝突は境界における主要事件のままだ。この論文が問うのは、どのような生態系がその衝突を受けたかである。
- ニューメキシコを地球全体の**完璧な窓**にするものではない。北部サイトに偏っていた記録へ、欠けていた南部のデータ点を加えた。
- 「**衝突まで繁栄していた**」を安全な見出しにするものではない。それは主張を最も広げた形であり、結果を最もきれいに表した形ではない。

証拠をどう評価するか

Naashoibito の恐竜化石層の年代については、本文の証拠だけでも議論を動かすには十分強い。著者らは砕屑性サニディンの放射年代測定と磁気層序を組み合わせ、重要な年代は白亜紀最末期という解釈と整合する。これらの化石がもっと古いのか、白亜紀最末期なのか、あるいは暁新世にまで入るのかという過去の論争にも直接取り組んでいる。

ただし技術的な注意点は残る。詳細な年代測定、磁気層序の解釈、データ表は Science の補足資料

にある。本文には必要な主張と数字が載っているが、方法の細部まで確定事項として扱う前には、最終的な公開チェックで補足資料を確認すべきだ。

より広い生態学的主張については、証拠は示唆的で有用だが、モデルへの依存が強い。著者らは出現データ、クラスタリング、リサンプリングを使って生物地理区を推定する。問いに対して適切な手法ではあるが、結果は化石の採集偏り、分類学的な割り当て、時間区分、そして「見つからなかった」をどう扱うかにも依存する。化石記録は、歯の抜けたデータだ。

したがって最も安全な読み方は分けることだ。ニューメキシコには本物で重要な白亜紀末期の南部記録がある。北米西部が終末期まで地域的な動物相構造を保っていたという結論は、著者らの解析でよく支持される。そこから地球規模の恐竜の健康状態へ飛ぶのは避けるべきだ。

なぜ重要なのか

恐竜の衰退をめぐる古い論争は、恐竜だけの話ではない。一つの化石記録に、どれだけの重さを背負わせられるかという話でもある。

白亜紀末期の最良の記録が北部グレートプレーンズにあるなら、その記録を大陸全体の代理にし、さらにその大陸を世界全体の代理にしたくなる。効率的ではある。しかし、そうやって地域パターンは切符もなしにエレベーターへ乗り、地球規模の物語になってしまう。

ニューメキシコの結果は、その物語を少し凸凹にする。南を見よ、と言っている。境界に近い恐竜化石層がここにある。北部を単純に複製しない動物相がある。最後の時代にも気温と地域生態が意味を持っていた証拠がある。

それで小惑星衝突の破局性が弱まるわけではない。むしろ、破局はより鮮明になる。衝突が襲ったのは、単純化された一つの生態系の末期ではない。それぞれ独自の配置をまだ持つ、地域ごとの複数の世界だった。

この論文には、もっと静かな教訓もある。良い年代測定は物語を変える。確かな年代のない化石群集は、骨の付いた噂になり得る。時計の正しい位置へ置けば、同じ化石が証拠になる。

まとめ

Science の研究は、年代が長く議論されてきたニューメキシコ州の恐竜化石層 Naashoibito Member を再検討した。砕屑性サニディンの$^{40}Ar/^{39}Ar$ 年代測定と磁気層序学を用い、著者らは主要な恐竜化石層を白亜紀 - 古第三紀境界の約 34 万年以内に制約した。これにより、そこにいた恐竜は北米で知られる最後期の非鳥類型恐竜の一部となり、さらに北のヘルクリーク動物相とほぼ同時代になる。続いて、北米西部の脊椎動物出現記録を生態学・生物地理学的に解析し、白亜紀末期にも動物相の地域構造が残っていたと論じた。恐竜は二つの生物地理区に分かれ、その差を作る主要因の一つは気温だったとみられる。この結果は、小惑星衝突前に大陸全体が一つの低多様性恐竜相へ均一化し、一様に衰えていたという考えを単純化しすぎとして押し返す。ただし、地球規模の恐竜の健康状態を証明したわけでも、衰退をめぐるすべての議論を解決したわけでも、すべての恐竜が最後まで繁

栄していたと示したわけでもない。より良く年代決定された南部記録によって、北米の最後の物語が、より地域的で、より構造化され、より単純ではなくなったという研究だ。

冷静に見ると

論文が示したこと：ニューメキシコの Naashoibito Member にある恐竜化石層は白亜紀最末期で、おそらく K-Pg 境界の約 34 万年以内に位置する。また、北米西部の脊椎動物記録は、終末期にも地域ごとの生物地理区が残っていたことを支持する。

もっともらしいが、まだ証明されていないこと：多くの恐竜生態系が小惑星衝突直前まで頑健だったこと。気温が北部と南部の異なる動物相世界を維持する助けになったこと。単純な大陸規模の衰退という古い像が滑らかすぎること。

示していないこと：恐竜が世界中で繁栄していたこと。衰退していた分類群や地域がなかったこと。小惑星が主な絶滅要因ではなかったこと。ニューメキシコだけで白亜紀末期の地球規模の歴史を書き換えられること。

主な限界：地域的な化石記録。モデル依存の生物地理区解析。化石採集の偏り。詳細な年代学と出現データの方法については、Science の補足資料との最終確認がなお必要。

一般読者はどの程度信頼すべきか？ニューメキシコが重要な白亜紀末期の南部恐竜記録を提供することには高い確信を持ってよい。北米西部が終末期まで地域的な動物相構造を保っていたという点にもかなりの確信がある。一方、「恐竜は小惑星まで世界中で元気だった」と圧縮するのは信頼すべきではない。本当の結果のほうがよい。最後の章は、大陸全体で平らな一つの物語ではなかった。

出典

Flynn et al., Late-surviving New Mexican dinosaurs illuminate high end-Cretaceous diversity and provinciality, Science 390, 400-404 (2025)
https://doi.org/10.1126/science.adw3282