

ティラノサウルスの様に手指が2本しかない新種の恐竜発見

～獣脚類における指の減少進化を解明～

ポイント

- ・ 特異な二本指のテリジノサウルス類「デュオニクス・ツクトバアタリ」の新種を命名。
- ・ 中型以上の獣脚類では世界で初めて三次元的に保存された角質の爪を確認し、その機能が明らかに。
- ・ 手が三本指である一般的な獣脚類恐竜の中で、恐竜の手指の減少が5回にわたって収斂進化。

概要

北海道大学総合博物館の小林快次教授（筆頭著者）率いる国際研究グループは、モンゴルのゴビ砂漠に位置する白亜紀後期（約9,500万～8,960万年前）のバヤンシレ層から、テリジノサウルス類の新種「デュオニクス・ツクトバアタリ（*Duonychus tsogtbaatari*）」を発見しました（図1）。

この新種は、テリジノサウルス類としては初めて、二指性（Didactyly）の手を持つという特異な特徴を示しており、保存状態が極めて良好な角質の爪が確認されました。従来、テリジノサウルス類は三指性（Tridactyly）の手を持ち、植物を掴むために発達した大きな鉤爪が特徴とされていました。しかし、デュオニクスはティラノサウルスの様に手の第3指が消失し、二本指のみを持つ独自の形態を示しています。特に、保存された爪は、恐竜化石として非常に稀な三次元構造をほぼ完全な状態で保っており、これまで報告のなかった「中型以上の獣脚類での角質の爪鞘保存」の貴重な例となります。

テリジノサウルス類は、白亜紀にアジアと北アメリカに生息していた植物食性または雑食性の獣脚類恐竜で、通常は三本指と大型の鉤爪を持ち、枝を引っ掛けて口元に引き寄せる機能を持っていました。しかし、今回のデュオニクスの発見は、獣脚類における前肢や手の形態縮小に関する新たな知見をもたらし、二指性の進化が獣脚類内で、複数のクレードにおいて収斂進化として独立に現れたことを示しました。特に、デュオニクスの手の鉤爪は、左手の第1指を覆う立体的な角質構造を持っており、強く湾曲した爪と極端な屈曲性により、わずか二本の機能的な指だけでも高い把握能力を有していた可能性があります。この特異な形態は、デュオニクスが植物を掴んで引き寄せるといった動作に優れていたことを示唆しています。

今回の発見は、恐竜の進化や行動に関する新たな洞察をもたらし、特に二本指を持つ恐竜の進化メカニズムや、指の減少と特定の機能への適応に関する理解を深める重要な手がかりとなりました。

なお、本研究成果は、日本時間2025年3月26日（水）、*iScience* 誌にオンライン公開されました。

【背景】

テリジノサウルス類 (Therizinosauria) は、白亜紀時代 (約 1 億 4,500 万~6,600 万年前) にアジアや北アメリカに生息していた、植物食性または雑食性の獣脚類恐竜です。このグループは、長い首と小さな葉状の歯、そして三本指の手と大きな鉤爪 (かぎづめ) を持つ独特の形態で知られています。特に、モンゴルで発見された大型種「テリジノサウルス (*Therizinosaurus*)」は、映画『ジュラシック・ワールド』にも登場し、一般にも広く知られています。また、日本では、北海道中川町で「パラリテリジノサウルス・ジャポニクス (*Paralitherizinosaurus japonicus*)」が発見されています (詳細:【関連するプレスリリース】①参照)。

テリジノサウルス類の三本指の手は、摂食行動において重要な役割を果たしていたと考えられています。特に、大きな鉤爪は、木の枝を引っ掛けて口元に引き寄せる機能を持っていた可能性があります。しかし、化石の中でも手が完全な形で保存されている標本は非常に少なく、特に生前の爪を覆っていた「角質の爪鞘」が保存されている中型以上の獣脚類の例は、これまで世界でも報告されていませんでした。

これまでに知られているすべてのテリジノサウルス類は三本指を持っており、この形態は獣脚類全般における原始的かつ典型的な特徴です。一方で、二本指 (Didactyl) の手を持つ恐竜としては、世界で有名な「ティラノサウルス (*Tyrannosaurus*)」が知られています。ティラノサウルスの小さな前肢と二本指は、その強力な顎と対照的であり、特定の機能に特化した進化の一例とされています。

こうした背景を踏まえ、新種の恐竜「デュオニクス・ツクトバアタリ (*Duonychus tsogtbaatari*)」の発見は、テリジノサウルス類における手の進化や、指の減少メカニズムの解明に新たな視点をもたらす重要な機会となります。本研究では、この新種の形態的特徴や保存状態の良い角質の爪鞘の分析を通じて、恐竜の進化や行動に関する新たな洞察を提供します。

【研究成果】

・デュオニクスは派生型のテリジノサウルス類 (テリジノサウルス科) の新属新種

デュオニクス (*Duonychus tsogtbaatari*) は、他のテリジノサウルス類には見られない独自の特徴を持つことから、新属新種であることが明らかになりました。この恐竜の特徴には、以下のようなポイントがあります。

- ・背骨の特徴：長い神経棘を持つ背側椎骨、追加の板を持たない厚い中心横突起板、側腔を欠く背側椎骨、第 2~第 4 仙椎が平坦な腹面を持つこと、後部の背側椎骨には弱い腹側の稜があること。
- ・肋骨の構造：背側肋骨には空気嚢が見られること。
- ・前肢の形態：第 1 及び第 2 遠位手根骨が癒合しており、内背側突起を持つ半月形の手根骨、橈骨と手根骨の間に小さな角度があること、縦に細長い第 3 中手骨、第 3 指が欠如していること、第 1 指と第 2 指の手の爪骨が同じ大きさであること、屈筋窩の欠如または縮小、手の指節骨の近位端にある背側突起の縮小など。

また、デュオニクスは同じバヤンシレ層から発見されている他のテリジノサウルス類 (エルリコサウルス *Erlikosaurus*、エニグモサウルス *Enigmosaurus*、セグノサウルス *Segnosaurus*) と区別される点が多くあります。このことから、デュオニクスは既存のどのテリジノサウルス類とも異なる、独自の分類群として認識されることが示されました。

さらに、系統解析の結果、デュオニクスはテリジノサウルス科 (Therizinosauridae) の派生的なクレードに位置づけられ、同じ地層から発見された他の 3 種とは異なるクレードに属することが確認されました。この発見により、モンゴルのバヤンシレ層におけるテリジノサウルス類の種多様性が、これまで考えられていた以上に豊かであったことが示唆されました。

・学名の意味

学名「デュオニクス・ツクトバアタリ (*Duonychus tsogtbaatar*)」の属名「*Duonychus*」は、ギリシャ語の "Duo" (2) と "onykus" (爪) を組み合わせたもので、「二つの爪」を意味します。これは、この恐竜が二指の手を持つ独特の特徴に由来しています。種小名「*tsogtbaatar*」は、モンゴル・ウランバートルにあるモンゴル科学アカデミー古生物学研究所の元所長で、長年にわたり古生物学に多大な貢献をしてきたキシグジャヴ・ツクバートル (Khishigjav Tsogtbaatar) 博士に敬意を表して名付けられました。したがって、「*Duonychus tsogtbaatar*」は、「二つの爪を持つ、ツクトバートル博士に捧げられた恐竜」という意味を持ち、この恐竜の解剖学的特徴と命名に込められた敬意の両方を表現しています。

・デュオニクスの体重と成長段階

デュオニクスは中型のテリジノサウルスで、推定体重は約 260 kg とされています (具体的には、尺骨に基づく推定が 268 kg、第 2 中手骨に基づく推定が 259 kg)。このサイズは、同じバヤンシレ層から見つかったエルリコサウルス (約 278 kg) とほぼ同じですが、エニグモサウルス (約 567 kg) やセグノサウルス (約 1,469 kg) など、他の大型テリジノサウルス類よりは体重が軽いです。また、デュオニクスの骨格を詳しく調べたところ、六つの背側椎骨、五つの仙椎のうち二つ、そして一つの尾椎において、神経中枢縫合 (neurocentral sutures) がまだ癒合していないことが確認されました (図 2)。このことから、発見されたデュオニクスの個体は、まだ完全に成長しきっていない、成長途中の若い個体であったことが明らかになりました。

・デュオニクスの爪の機能

デュオニクスは、保存状態の良い手 (前肢) と立体的な角質の爪を持つ恐竜で、その手の使い方について新たな手がかりをもたらしました。分析によると、デュオニクスの爪は、物を掴んだり (グリップング)、枝を握ったり (グラスピング) する機能を持っていたことが示唆されています。特に、デュオニクスは植物食性で中型サイズだったことから、主に植物の枝を握って引き寄せるために爪を使っていたと考えられます。他のテリジノサウルス類には見られない、爪がほぼ 90 度に曲がり、非常に強くカーブしているという特徴も確認されました。この独特な形状により、デュオニクスは直径約 10 cm までの枝や植物の束を掴むことが可能だったと推測されています。さらに、デュオニクスの手の構造は、植物を「かき集める」や「引っ掛けて引き寄せる」といった動作に適していたことを示しています。この研究により、デュオニクスがモンゴルのバヤンシレ層に生息していた恐竜たちの中でも、これまで考えられていた以上に多様な生活を送っていた可能性が示され、恐竜の生態や行動の理解に新たな視点を提供しました。

・デュオニクスの「二本指の手」と進化の謎

デュオニクスは、恐竜の中でも特に珍しい「二本指の手 (機能的二指性)」を持つことで注目されています。一般的に獣脚類恐竜の手 (前肢) は三本の機能的な指を持つことが多い中、デュオニクスは第 1 指と第 2 指の二本だけを使用する特別な形態を示しています。この発見により、獣脚類の中で少なくとも 5 回、異なるグループで「第 3 指の減少または消失」が独立して進化したことが明らかになりました。

五つの恐竜グループでの独立した進化: 「二本指の手」は、特に「アヴェテロポダ類 (Avetheropoda)」と呼ばれる恐竜のグループで確認され、それぞれ独自に進化したと考えられます。具体的には、アロサウルス上科 (Allosauroidea) / 例: *Gualicho* (グアリチヨ)、ティラノサウルス科 (Tyrannosauridae) / 例: ティラノサウルス (*Tyrannosaurus*)、アルヴァレズサウルス科 (Alvarezsauridae) / 例: モノニクス (*Mononykus*) (【関連するプレスリリース】②参照)、テリジノサウルス科 (Therizinosauridae) / 例: デュオニクス (*Duonychus*) (本研究)、オヴィラプトロサウルス類 (Oviraptorosauria) / 例: オクソコ (*Oksoko*) の五つのグループです。

また、指の数の減少と手の役割について、デュオニクスは植物食恐竜であり、手を使って「植物を掴んで引き寄せる」役割を果たしていた可能性があります。他の恐竜の中には、指を減らして特定の機能に特化したものもあります。例えば、肉食恐竜のティラノサウルス科は、獲物を捕まえるよりも強力な顎での捕食に特化するため、前肢を小さくし、三本指から二本指へと進化しました。昆虫食のアルヴァレズサウルス科は、進化の極致として一つの巨大な爪を持ち、昆虫の巣を掘ることに特化しました。このように、異なる恐竜たちは食性や生活様式に応じて、前肢や指の構造を変化させていたことが分かりました(図3)。

今回の発見は、デュオニクスが初めて見つかった「二指のテリジノサウルス類」であり、恐竜たちがどのように手の機能を変化させ、進化してきたのかを示す貴重な手がかりとなりました。この新しい知見は、恐竜の進化の多様性を示すだけでなく、異なるグループで似たような形態が独立して進化する「収斂進化」の優れた例でもあります。

【今後への期待】

本研究の成果をもとに、今後の期待としては「恐竜の進化と適応戦略の新たな解明」が挙げられます。デュオニクスの発見は、これまで三本指が基本とされてきたテリジノサウルス類において、初めての二本指の存在を示しました。この発見によって、獣脚類における指の減少進化が、単なる形態変化に留まらず、特定の生態的役割に適応するための重要な進化的戦略であった可能性を示唆しました。今後、さらなるフィールド調査や既存標本の再分析を通じて、他のテリジノサウルス類や関連する獣脚類でも同様の特徴が見つかれば、指の減少進化が収斂進化としてどのように複数の系統で独立に起こったのか、より詳細に検証できる可能性があります。

特に、機能形態学的なアプローチやバイオメカニクスの解析を加えることで、指の減少が摂食行動や環境適応に与えた影響を定量的に評価することが期待されます。さらに、モンゴル・バヤンシレ層は、今回の発見をきっかけに「恐竜進化のホットスポット」として注目を集める可能性があります。同層には既に複数のテリジノサウルス類が確認されていますが、新たな発見や未記載の標本の再評価により、この地域の恐竜コミュニティの構造や、同時代の生態系全体の理解が進むことが期待されます。

【関連するプレスリリース】

- ①北海道大学・岡山理科大学・中川エコミュージアムセンター共同プレスリリース「北海道中川町の恐竜化石を新属新種「パラリテリジノサウルス・ジャポニクス」と命名 ～恐竜類テリジノサウルス科の爪の進化～」

発表日：2022年5月9日

URL：https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/220509_pr3.pdf

- ②北海道大学プレスリリース「鳥のように眠る新種の恐竜をモンゴルで発見 ～恐竜の生態から明らかになる、鳥類への休眠行動の進化～」

発表日：2023年11月16日

URL：https://www.hokudai.ac.jp/news/pdf/231116_pr.pdf

論文情報

論文名 Didactyl therizinosaur with a preserved keratinous claw from the Late Cretaceous of Mongolia (モンゴルの後期白亜紀後期から発見された、角質の爪が保存された二指のテリジノサウルス類)

著者名 小林快次¹、Darla K. Zelenitsky²、Anthony R. Fiorillo³、Tsogtbaatar Chinzorig⁴ (¹北海道大学総合博物館、²カルガリー大学、³ニューメキシコ自然史博物館、⁴ノースカロライナ大学・モンゴル科学アカデミー古生物学研究所)

雑誌名 iScience (米国の Cell Press が発行するライフサイエンス、物理科学、地球科学など、幅広い分野の研究を対象とするオープンアクセスの学術雑誌)

DOI 10.1016/j.isci.2025.112141

公表日 2025年3月26日(水)(オンライン公開)

お問い合わせ先

北海道大学総合博物館 教授 小林快次(こばやしよしつぐ)

TEL 011-706-4730 メール ykobayashi@museum.hokudai.ac.jp

配信元

北海道大学社会共創部広報課(〒060-0808 札幌市北区北8条西5丁目)

TEL 011-706-2610 FAX 011-706-2092 メール jp-press@general.hokudai.ac.jp

【参考図】



図1. 茂る葉を食べるために枝を寄せるデュオニクス復元画。©服部雅人

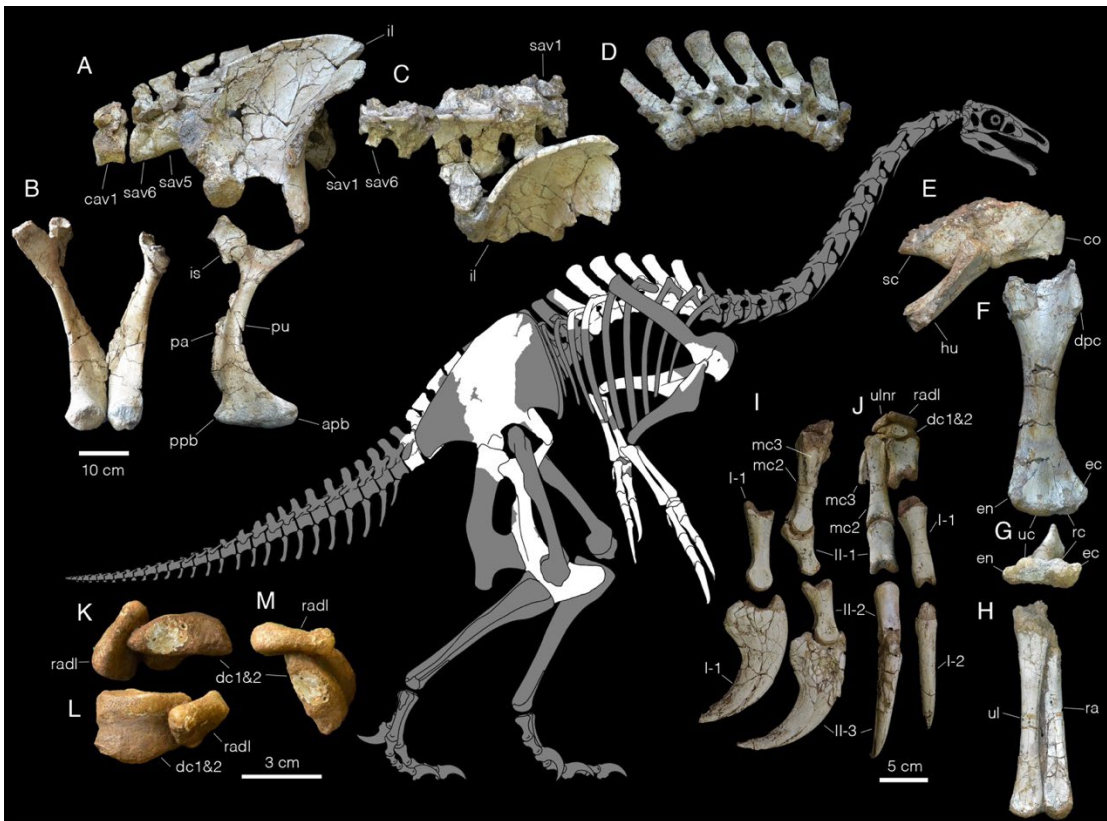


図 2. デュオニクス・ツクトバアタリの復元骨格と主要な骨要素。中央の復元骨格では、発見された骨が白色で示されている（提供：増川玄哉氏）。

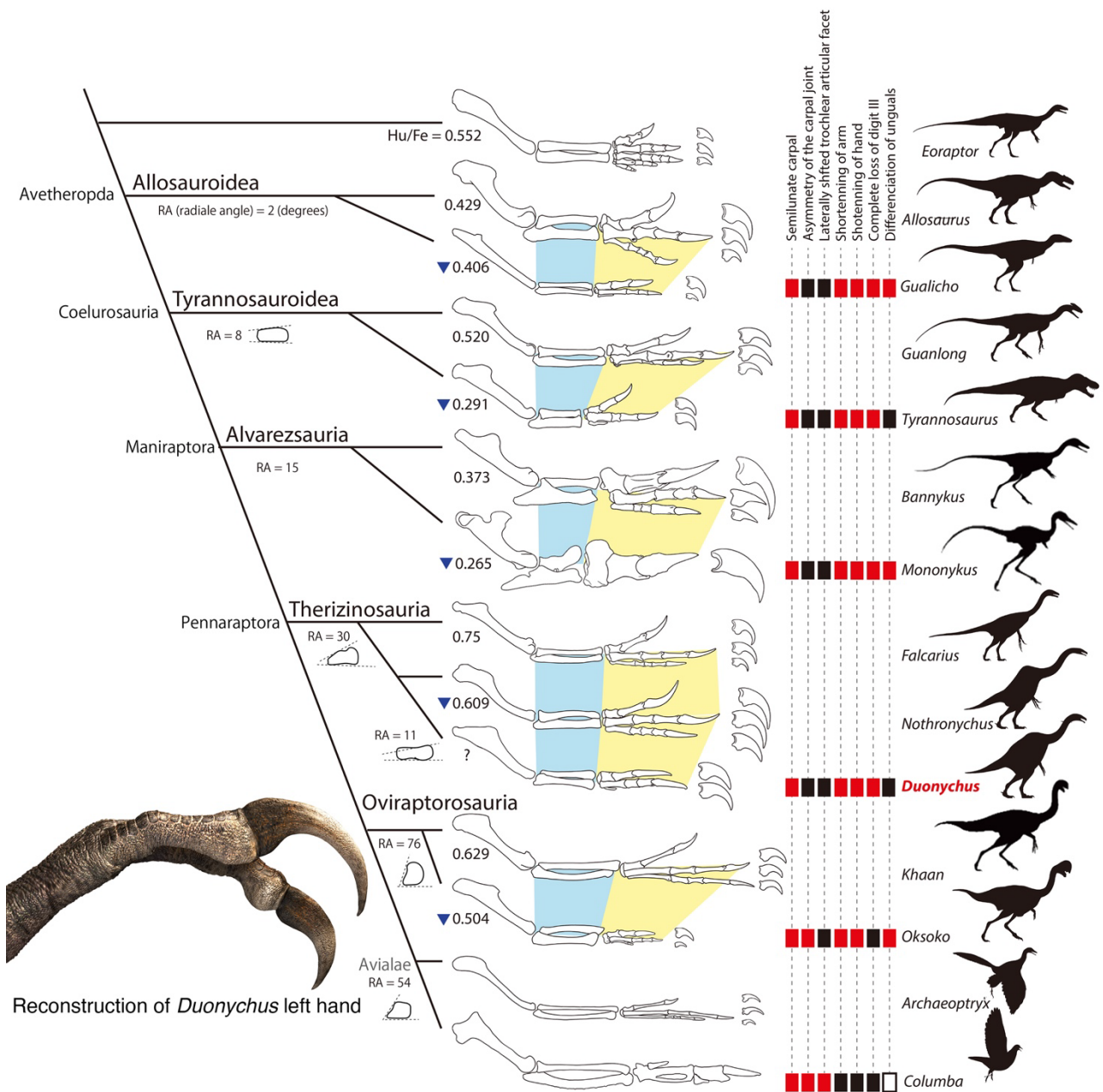


図 3. 前肢の短縮化と第 3 指の消失を示す、主要な獣脚類の簡略系統樹。アロサウルス上科 (Allosauroidae)、ティラノサウルス上科 (Tyrannosauroidae)、アルヴァレズサウルス類 (Alvarezsauria)、テリジノサウルス類 (Therizinosauria)、及びオヴィラプトロサウルス類 (Oviraptorosauria) における、前肢の短縮化と機能的な第 3 指の消失が示されている。