

研究成果のポイント

- ・兵庫県丹波篠山市に分布する篠山層群大山下層（約1億1000万年前）から植物食恐竜（角竜類）化石を発見し、新属新種「ササヤマグノームス・サエグサイ」と命名
- ・系統解析の結果、ササヤマグノームスは北アメリカの原始的な角竜類と近縁であることを解明
- ・アジアで誕生した角竜類が北アメリカへと渡った時期が、1億1000万年前頃であった可能性を指摘
- ・白亜紀中頃に、ベーリング陸橋の形成と極端な地球温暖化が同時に起こったことが、原始的な角竜類の生息域拡大を可能にしたという仮説を提示

概要

兵庫県立大学、兵庫県立人と自然の博物館、岡山理科大学、カールトン大学の国際研究チームは、兵庫県丹波篠山市から発見された恐竜化石が既知の角竜類とは異なる特徴を持つことを明らかにし、この恐竜を新属新種「ササヤマグノームス・サエグサイ」と命名しました。属名は「篠山の地下に隠された財宝を守る小人」を意味し、種小名は丹波地域の恐竜化石発掘調査を指揮してきた故・三枝春生博士に由来します。ササヤマグノームスの化石は17個の骨を含み、そのほとんどは同一個体に由来する可能性が高いと考えられます。脛骨の薄片を作成し、骨内部の微細構造を観察したところ、ササヤマグノームスは成熟しきっていない若い個体だったと推測されます。系統解析の結果、ササヤマグノームスは北アメリカの原始的な角竜類と近縁であり、アジアで誕生した角竜類が北アメリカへと渡った時期が1億1000万年前頃であった可能性が示唆されました。この時期、ユーラシア大陸東部と北米大陸西部が「ベーリング陸橋」によって繋がり、動物が陸伝いに両大陸を行き来できるようになりました。また、極端な温暖化が起っていたため、当時の北極圏には広大な森林が存在していたと考えられます。ベーリング陸橋の形成と地球温暖化という2つの大きなイベントが重なったことで、白亜紀中頃、角竜類のアジアから北アメリカへの生息域拡大が促進されたと考えられます。

研究の背景

角竜類は、頭部に大きなツノや襟飾りをもつ植物食恐竜のグループで、後期ジュラ紀～白亜紀の終わり頃まで北半球に広く分布していました。代表的な角竜類として北アメリカのトリケラトプスが挙げられますが、最も古い化石は中国に分布する後期ジュラ紀の地層から発見されていることから、角竜類はもともとアジア起源の恐竜だと考えられています。角竜類がいつ、どのように北半球に広がっていったのかについては諸説あり、これまでの研究では、約1億2600万年前～約1億年（前期白亜紀バレミアン期～アルビアン期）のどこかで北米大陸へと渡っていったと考えられていました。

化石発見の経緯

兵庫県丹波地域には前期白亜紀（約1億1000万年前）の地層（篠山層群・大山下層）が分布しており、国内最大級の恐竜化石産地として知られています。2006年に竜脚類タンバティタニスが発見されて以来、同地域に点在する複数地点において、故・三枝春生博士^{*1}（元・兵庫県立人と自然の博物館研究員）を中心として化石発掘調査が行われてきました。2007年10月中

旬、地元の地質愛好家・足立冽氏^{※2}により、丹波篠山市宮田にて小型脊椎動物化石が密集する地層と数点の骨格化石が発見されました。人と自然の博物館が詳しく調べた結果、これらはトカゲ類や恐竜類の化石であることが分かりました。同年11月～12月に足立氏と人と自然の博物館研究員らによって予備調査が行われ、トカゲ類化石に加え、植物食恐竜のものと思われる化石が産出しました。これらの恐竜化石は三枝博士によって調査され、角竜類、特に原始的なネオケラトプス類のものであることが明らかとなりました。しかし、当時は角竜類の頭骨化石が3点見つかったただけで、それ以上の詳しいことは謎のままでした。

翌2008年5月に宮田での化石発掘調査が行われ、化石を含む岩塊がひとへは恐竜ラボへと搬入され、化石剖出技師による化石クリーニング作業が行われました。その結果、トカゲ類、恐竜類、哺乳類を含む脊椎動物化石が多数確認され、2013年には新属新種の哺乳類ササヤマミロス・カワイイが、2015年には新種のトカゲ類パキゲニス・アダチイが発見されました。2022年11月には再び発掘調査が実施され、新たな化石含有層や、角竜類を含めた新たな化石が発見されています。これまでに宮田から発見された骨化石は、計5000点を超えています。

2007年の発見以降、ひとへは恐竜ラボでの化石クリーニング作業が進み、発見当時の3点に加え2023年までに14点の角竜類化石が確認されました。宮田からこれまで発見された角竜類の骨格化石17点を詳しく調べた結果、15点が頭骨で、1点が鳥口骨（肩の骨）、1点が脛骨（後ろ足の骨）であることが分かりました。多くの頭の骨はしっかり関節して組み上がることから、これらのほとんどは1個体分の角竜類に由来するものであると考えられますが、鼻の骨が重複していることから、少なくとも2個体以上の骨格が混合していることが分かります。



図1. 兵庫県丹波篠山市宮田の発掘現場。(A) 丹波篠山市宮田の位置、(B) 宮田の地質柱状図、(C) 宮田の化石発掘現場。点線で囲まれた場所で角竜類化石が発見された。

研究の成果

宮田産の角竜類化石を詳しく調べた結果、頭骨および烏口骨に他のどの角竜類にも見られない3つの特徴をもつことが分かりました。そのため、この化石はネオケラトプス類のなかでも新属新種の角竜類だということが明らかとなり、「ササヤマグノームス・サエグサイ *Sasayamagnomus saegusai*」と命名されました。属名には「篠山の地下に隠された財宝を守る小人」という意味があり、篠山層群の脊椎動物化石密集層から発見された小さな角竜類であることにちなみます。また、種小名は長年に渡って篠山層群の調査・研究を先導してきた故・三枝春生先生に献名されました。

ササヤマグノームスはこれまで日本で発見された角竜類化石では最も保存状態の良い標本であり、角竜類におけるユーラシア大陸最東端の化石記録です。原始的な角竜類であるため、大きなツノやフリルを持たず、全長は約 80cm だったと推定されます。また、脛骨を切断し、薄く削って骨内部の微細構造や成長輪を観察したところ、ササヤマグノームスはまだ成長途中の若い個体であったこともわかりました。

系統解析^{*3}を行った結果、ササヤマグノームスは北アメリカの原始的な角竜類と極めて近縁であり、アジアで誕生した角竜類が北アメリカに渡った時期は白亜紀中頃の1億 1000 万年前頃（前期白亜紀アプチアン期とアルビアン期の境界付近）である可能性が示唆されました。北アメリカでみつかると最古の角竜類化石記録をみると、この時間範囲とほぼ一致することからも、この仮説は支持されます。

約1億 1000 万年前の地球は、極端な温暖期となった時代です。現在の北極域は陸地が巨大な氷で覆われていますが、白亜紀中頃は世界的な温暖化によって気温と二酸化炭素濃度が高まり、当時の北極域には針葉樹を主とする森林が広がっていたと考えられています。また、この時期はユーラシア大陸東部と北米大陸西部が地続きとなる「ベーリング陸橋」が形成されました。白亜紀中頃の1億 1000 万年前頃、温暖化とベーリング陸橋の形成という大きな2つのイベントが重なったことによって、ササヤマグノームスのようなアジアの原始的な角竜類は高緯度地域まで北上し、陸伝いに北米大陸までその生息域を広げることができた可能性が考えられます。

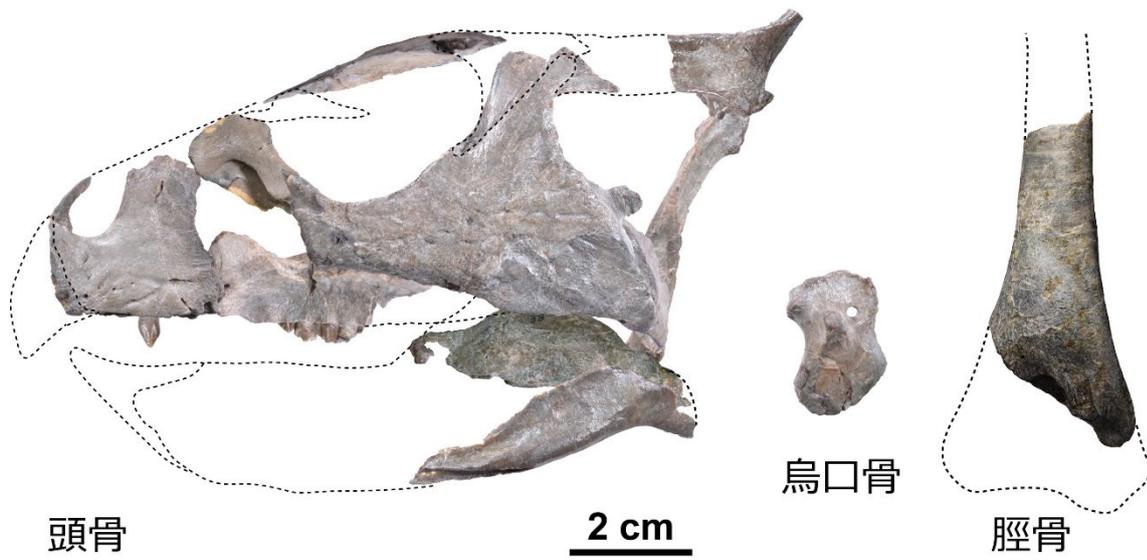


図2. ササヤマグノームスの化石. 頭骨, 烏口骨, 脛骨がバラバラの状態で見つかった. 推定される頭骨の大きさは, 長さ約 13cm, 高さ約 8 cm.

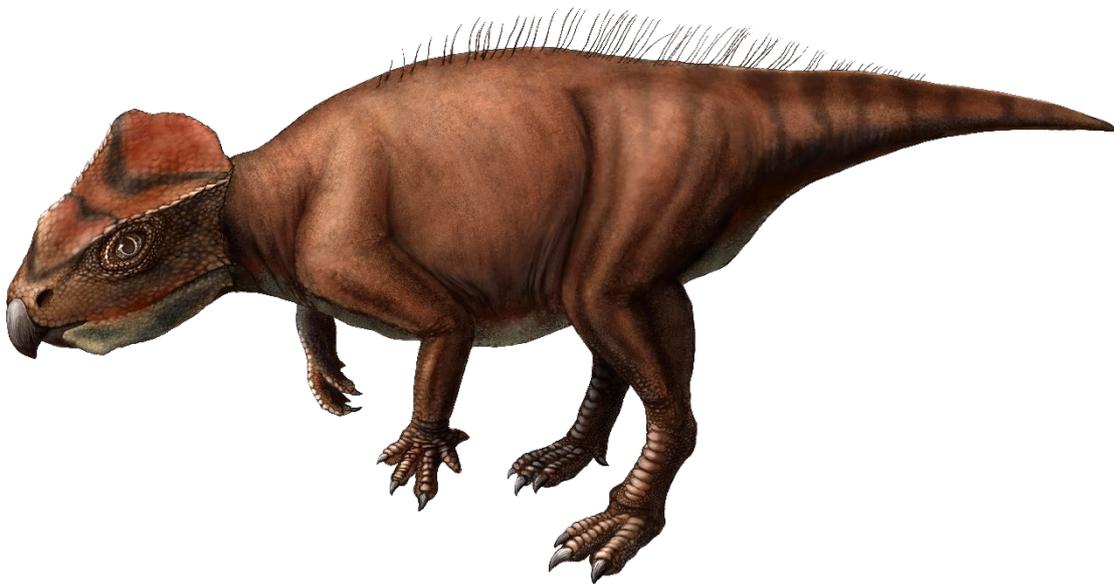


図3. ササヤマグノームスの復元画 (©田中花音). 推定全長は約 80cm.

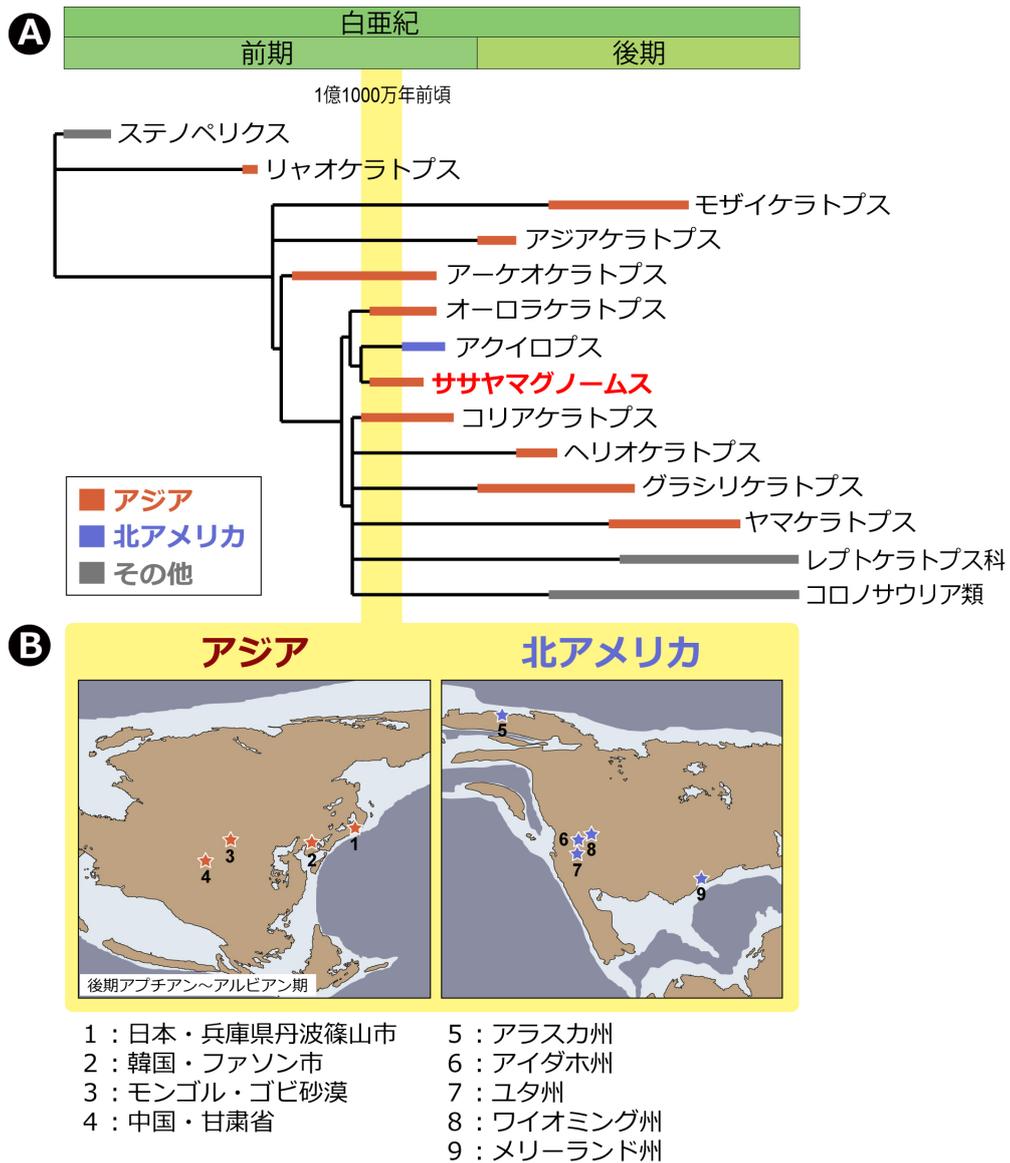


図 4. (A) ササヤマグノームスの系統的位置. ササヤマグノームスは北アメリカの最初期の角竜類・アクイロプスと極めて近縁であることが分かる. 黄色ハイライトされた部分 (1 億 1000 万年前頃) は, 角竜類がアジアから北アメリカへ渡ったと推定される時期. (B) 1 億 1000 万年前頃の地層から発見されるアジアおよび北アメリカの原始的角竜類の化石記録. この時間的範囲は, 北米大陸最古の角竜類化石記録とほぼ一致する.

まとめと今後の研究

ササヤマグノームスの発見によって、白亜紀中頃のユーラシア大陸東縁部における原始的角竜類の多様性や北アメリカの角竜類との近縁関係が明らかとなりました。この研究結果は、篠山層群から産出する脊椎動物化石における系統分類学の重要性を示唆するものです。篠山層群は約1億1000万年前の地層であり、この時期はベーリング陸橋の形成によってアジアと北アメリカの動物相の交流が始まる重要な時期として知られます。兵庫県丹波地域からは白亜紀中頃の恐竜類や両生類、爬虫類、哺乳類などの化石が数多く発見されており、いまだ系統的位置が不明な分類群が数多く存在し、当時の北アメリカの動物相との関係は分かっていません。今後、篠山層群産化石群の系統分類学的な研究を進めることによって、アジア東縁部と北米大陸との生物相の類似性や、白亜紀中頃における動物の生息域拡大ルートの詳細について明らかにできる可能性があります。

※1：足立洌氏

元・兵庫県の高校教諭。2006年8月7日、丹波市山南町上滝の篠山川沿いにて全長10数メートルの竜脚類タンバティタニス（通称・丹波竜）を発見した1人。

※2：三枝春生氏

1990年3月に兵庫県教育委員会に採用され、兵庫県立人と自然の博物館の設置と開館に大きく貢献した。2006年に発見された丹波竜の発掘調査を先導し、篠山層群から産出する化石の研究に尽力。2022年1月12日に永眠。享年63歳。

※3：系統解析

その生物の進化の道のりや近縁関係を調べる解析手法。ここでは骨格の特徴をもちいた系統解析を行っている。