



HOKKAIDO UNIVERSITY

Title	MACROEVOLUTION AND MACROECOLOGY OF THE MESOZOIC DINOSAUR BODY SIZE : INVESTIGATING THE INFLUENCE OF PALEOENVIRONMENTAL CHANGE
Author(s)	清水, 洲平
Description	この博士論文の全文は利用可能日以降に公開されます。
Degree Grantor	北海道大学
Degree Name	博士(理学)
Dissertation Number	甲第16753号
Issue Date	2026-03-25
DOI	https://doi.org/10.14943/doctoral.k16753
Doc URL	https://hdl.handle.net/2115/99598
Type	doctoral thesis
File Information	Shuhei_Shimizu_abstract.pdf, 論文内容の要旨 https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/



学 位 論 文 内 容 の 要 旨

博士の専攻分野の名称 博士 (理 学) 氏 名 清水 洲平

学 位 論 文 題 名

MACROEVOLUTION AND MACROECOLOGY OF THE MESOZOIC DINOSAUR BODY SIZE:
INVESTIGATING THE INFLUENCE OF PALEOENVIRONMENTAL CHANGE
(中生代恐竜類における体サイズのマクロ進化とマクロ生態：古環境変動による影響の解明)

動物の体サイズは、代謝、生態、機能形態、多様化速度など、生物の多様な側面と関連する重要な形質である。特に、体サイズは周囲の環境に対し密接に関連する形質であり、気温との関係は内温動物と外温動物で応答が異なることが知られている。恐竜類は中生代を通じて広範な体サイズ多様性を有し、その進化要因と代謝機能は長く議論の中心であった。しかし、従来の研究の多くは時間軸(マクロ進化)に焦点を当てており、空間的な分布パターン(マクロ生態)との統合的な理解は進んでいなかった。本博士研究は、中生代の恐竜類から網羅的に 605 種の体サイズデータを収集し、その進化が古環境変動とどのように関連していたかを、時間軸と空間軸の両面から解明することを目的とした。

まず、恐竜類全体の体サイズ進化のテンポとモードを、マクロ進化モデルを用いて検証した。7 つの進化モデルを比較した結果、体サイズ進化速度と古気候の変動を関連づけるモデルのサポートは弱く、気候変動が恐竜類全体の進化を直接駆動した証拠は限定的であった。もっとも強く支持されたのは Pagel's κ モデルであり、推定された κ パラメータの値が 0.5 以下であったことから、恐竜類の体サイズ進化は時間経過に伴う漸進的な変化(Anagenesis)ではなく、種分化イベント(Cladogenesis)で生じる断続並行的なパターンであった可能性が示唆された。

この結果を受け、次に恐竜の種分化動態そのものの要因を解析した fossilized-birth-death process に基づき、系統樹全体の種分化速度と絶滅速度を推定し、古環境変数との相関を検証した。その結果、恐竜全体の純多様化速度はジュラ紀後期から緩やかな減少傾向を示したが、クレード別では鳥盤類が低下する一方、竜脚形類と獣脚類はむしろ増加傾向を示した。鳥盤類の中で、世界的な分布を見せていた植物食恐竜のハドロサウルス類でも減少傾向が見られ、このハドロサウルス類の減少が、白亜紀末期の恐竜全体の生態系を脆弱にしていた可能性が考えられる。種分化速度と最も強く相関したのは、海水準変動であった。一方、古気温プロキシ($\delta^{18}\text{O}$, pCO_2)との有意な相関は見られなかった。これは、恐竜の多様化が海水準の上昇による大陸の分断化によって促進されたことを示唆し、温度変化への直接応答ではなかった可能性が高い。

さらに、マクロ生態の観点から、体サイズと古気候の関係を検証し、恐竜の空間的な体サイズ分布と代謝機能の関係について考察した。竜脚形類は、ジュラ紀後期には気温と正の相関(外温動物型パターン)を示したが、白亜紀後期になると一転し、カンパニアン・マーストリヒチアンにおいて気温と有意な負の相関(内温動物型パターン)を示すようになった。同様に、白亜紀後期には獣脚類獣脚類のティラノサウルス類、トロオドン類、鳥類、および鳥盤類のハドロサウルス類とアンキロサウルス類においても、体サイズと気温と正または無相関から負への相関の遷移が確認された。

最後に、恐竜が三畳紀後期になぜ他の競合的爬虫類を抑えて台頭できたのかを、初期の多様化動態と形質進化の観点から検証した。解析の結果、恐竜の種分化速度は、古緯度と正の相関、古気温と負の相関を示した。また、体サイズと種分化速度が正の相関を持つことも明らかになった。一方、ワニ型類は環境依存性を示さなかった。また、恐竜の体サイズ進化は、環境レジームごとに異なる最適値を持つマルチレジームの Ornstein-Uhlenbeck モデルにもっとも良く適合し、その最適体サイズは低温・乾燥環境下で最大となった。

以上の成果は、中生代の恐竜類の体サイズ進化が、海水準変動で説明される種分化速度と密接

に関連していたことを明らかにした。一方で、恐竜全体の時間軸でのマクロ進化解析では、従来の研究と同様に、体サイズ進化と古気温変動との間に明確な相関は見られなかった。しかし、本研究で新たに取り入れたマクロ生態的な空間の視点では、白亜紀後期になるとティラノサウルス類、ハドロサウルス類、アンキロサウルス類、ティタノサウルス類といった複数の主要クレードにおいて、現生内温動物と同様の寒冷地ほど大型化するパターンが独立に出現していたことが確認された。これは、恐竜全体のマクロ進化解析で気温の影響が検出されなかった従来の知見が、恐竜内の各クレード、各時代での代謝機能の多様性によって、異なるシグナルがマージされた結果であることを強く示唆するものであると考えている。加えて、恐竜類は三畳紀の初期段階から、競合するワニ型類とは異なり、比較的寒冷で乾燥した高緯度環境において活発に大型種が誕生する独自の適応戦略を進化させていたことも明らかになった。

以上の成果は、恐竜類の体サイズ進化における適応戦略の多様性を、時間軸と空間軸の統合という新しい視点から解明したものである。