

岡山理科大学プロジェクト研究推進事業 実施報告書（1年目）

様式II

所属	職位	研究代表者	応募年度	タイプ (○をして下さい)
古生物学・年代学 研究センター	教授	豊田 新	2020 年度	A・B・C・ <b>○D</b>
1. 研究プロジェクト名				
モンゴル国ゴビ砂漠の地質・化石調査から解明するアジア内陸域における生物多様性とその変遷				
2. 2020 年度研究費の支出状況（執行予定も含む）				(単位：円)
2020 年度予算	3,000,000 円	2020 年度執行額	1,015,210 円	
3. 2020 年度研究費で購入した機器備品				(単位：円)
品名	型式	数量	金額	
なし				
4. 2021 年度研究費の予算額				(単位：円)
(原則、1年目の1/2以下。ただし、研究推進上必要不可欠であれば、以下に必要理由を記載してください。)				
	金額	具体的な内容		
設備備品費	0 円			
消耗品費	685,000 円	ガラス器具 (150 千円) 分析用ガス (200 千円) 標準試料 (50 千円) 試料処理試薬 (145 千円) 調査用車両消耗品 (140 千円)		
旅費	1,950,000 円	現地野外調査旅費 6 名 1500 千円 標本調査旅費 2 名 300 千円 研究打合せ旅費 1 名 150 千円		
その他経費	850,000 円	調査現地謝金 200 千円 車借上料 200 千円 論文投稿費 100 千円 標本輸送料 250 千円		
合計	3,485,000 円			
※ 2021 年度研究費が 1 年目の 1/2 を超える場合は、必要理由を記載してください				
<p>本研究プロジェクトでは、モンゴルゴビ砂漠東部の Bayn Shire 層において、本研究グループが発見した、保存状態の良好な恐竜化石や新種の可能性の高い哺乳類化石を含む小型動物化石の密集層を対象に、系統的に発掘調査を行い、年代測定用の試料を採取することを重要な目標として、2020 年度の予算を計上した。ところが、新型コロナウイルスの感染拡大に伴い、この調査を 2020 年度には行うことができなかった。これを 2021 年度に行うことができるよう、準備を進めてきており、この重要な調査を行うために上記の費用を必要とする。現在、モンゴル国では、国の機関からの要請があれば、待機期間は必要とはなるものの、外国人の入国を許可するようになっており、日本側の新型コロナウイルス感染状況が著しく悪化するということがなければ、現地調査は行えるとの見通しとなっている。</p>				
5. 2021 年度研究プロジェクトメンバー（追加・辞退等がある場合、左欄○をしてください）				
	所属	職位	研究者名	研究プロジェクトにおける研究課題
辞退・追加	研究・社会連携機構	教授	豊田 新	ESR を用いた堆積物石英の特徴化と後背地推定
辞退・追加	生物地球学部	教授	能美 洋介	ジルコンを用いた堆積物の特徴化と後背地推定
辞退・追加	研究・社会連携機構	教授	石垣 忍	足跡化石による恐竜の歩行様式の解明
辞退・追加	研究・社会連携機構	教授	兵藤 博信	K-Ar 法による堆積層鉱物の分析
辞退・追加	工学部	教授	衣笠 哲也	数理モデルによる恐竜類の運動様式の復元

辞退・追加	理学部	准教授	高橋 亮雄	小型脊椎動物化石の分類
辞退・追加	生物地球学部	准教授	實吉 玄貴	地質調査による古環境復元
辞退・追加	理学部	准教授	青木 一勝	LA-ICP-MS を用いた U-Pb 年代測定
辞退・追加	理学部	准教授	今山 武志	二次的な元素移動の観察と年代測定への影響評価
辞退・追加	生物地球学部	講師	林 昭次	骨組織に基づく恐竜類の古生態復元
辞退・追加	生物地球学部	助教	千葉 謙太郎	化石の分類学的手法による動物種の適応放散
辞退・追加	モンゴル科学アカデミー古生物学研究所	所長	Khishgjav Tsogtbaatar	化石の分類学的手法による動物種の適応放散
辞退・追加	モンゴル科学アカデミー古生物学研究所	研究員	Buuvei Mainbayar	足跡化石による恐竜の歩行様式の解明
辞退・追加	研究・社会連携機構	教授	畠山唯達	古地磁気層序の確立と年代推定
2021 年度のプロジェクト人数		14 名		<input type="checkbox"/> 変更なし <input checked="" type="checkbox"/> 13 名 → 14 名

## 6. 研究目的及び計画の概要

モンゴル国ゴビ砂漠は、大陸内陸部の地層と化石記録を保存しており、沿岸部を中心とした欧米の化石産出域とは異なるという意味で、白亜紀末の大量絶滅に向かう重要な生態系の変遷を調べるのに重要である。しかし、化石種の生息年代は詳細に決定されておらず、北米などの化石記録と対比する大きな障壁となってきた。本研究グループでは、プロジェクト研究推進事業、私立大学研究ブランディング事業などにより、ゴビ砂漠での継続的な野外調査を進めてきた。レーザー-ICP 質量分析計を用いて化石含有層の新たな年代測定法を開発し、実際に絶対年代を求めるいった成果を得た。こうした経緯を踏まえ、本申請研究では、ブランディング事業において目標とし、かつ成果を挙げつつあった課題に取り組む。

### (1) 化石及び化石含有層の年代決定

本申請研究では、骨化石を対象としたアパタイトの直接年代測定の問題点抽出と、さらなる可能性の模索を行うとともに、今回有用性が確認された土壌性炭酸塩岩の年代測定手法をより広範な年代といわれる地層へ適用する。

### (2) 化石種の生理・生態の復元と現生生物との比較

化石として発見される絶滅動物の生理・生態を復元するために、現生種の骨の構造、足跡と生理、生態との関係を解明する。恐竜足跡を中心としてデータを蓄積し、数理モデルの再構成、ロボット工学における知見などにより、現生動物と対比させて、竜脚恐竜を中心とした大型四足生物の特殊な歩行様式、特に旋回動作に焦点をあてた歩行様式の解明をすすめる。

恐竜類と系統的に近いワニ類や鳥類の骨内部構造のデータをもとに、これら現生動物と恐竜類の骨外部・内部構造の比較、同位体の分析による恐竜類の成長・性差・脳容積のデータを蓄積し、化石種の生理・生態の復元を進める。さらに、恐竜化石の病理標本に対し X 線 CT スキャナーを用いて観察し、骨組織の復元過程を明らかにするといった挑戦的な研究課題に取り組む。

### (3) Bayn Shire 層の年代層序確立と化石動物相の解明

Bayn Shire 層は、ゴビ砂漠の他のより新しい地層に比べ、産出する化石標本は量・質ともに劣っていると思われてきたが、本研究グループは、保存状態の良好な恐竜化石や、新種の可能性の高い哺乳類化石を含む小型動物化石の密集層を発見した。一方、研究ブランディング事業の成果として土壌性炭酸塩岩から得られた Bayn Shire 層の年代（約 9000 万年前後）は、被子植物の多様化に伴い、様々な動物で現代型の分類群が適応放散した時期に相当する。前述のように、この時代の陸上化石記録は世界的にも乏しいため、本層で得られる化石動物相は、この時期の動物の進化史における最大の空白期を埋める鍵となる可能性が高い。本申請研究では、土壌性炭酸塩岩の年代測定をさらに積み重ね、本層から新たに発見される動物化石の分類学的検討を組み合わせることで、生態系的一大変革期の詳細を明らかにする。

### 2020 年度研究計画

- (1) モンゴルゴビ砂漠東部、中央部、西部から採取されている試料を対象に分析を進める。
  - a) 歯を中心とした化石の U-Pb 年代測定を行う。
  - b) 土壌性炭酸塩岩の U-Pb 年代測定を行う。

- c) 堆積物の石英、ジルコンの分析により、堆積層の対比や、環境変動と対応した供給源の変動を議論するのに必要なデータを得る。
- (2) モンゴルゴビ砂漠東部、Bayn Shire 層の分布する複数地域より化石を採取するとともに、年代測定用試料の採取、古環境復元に用いる地層記載を行う。本学で分析する試料を選別し、梱包、送付作業を行う。
- (3) すでに取得している足跡化石のデジタルデータの整理を行う。大型四足生物の特殊な歩行様式数値モデルの再構成、ロボットの実現を図る。すでに取得している化石を用いて、現生爬虫類等と恐竜類の骨外部・内部構造の比較、同位体の分析を進める。

## 7. 研究実績の概要

- (1) 歯の化石の U-Pb 年代測定を行うための標準試料を選定し、年代測定が行えることを確認した。実際の試料では、化石化の後、元素が移動していると思われ、年代を求めることには成功していない。炭酸塩岩についても、今年度分析した試料については、岩石の生成後、元素が中で移動したと思われ、初生の年代を得ることはできなかった。堆積物の石英の ESR 測定が、モンゴル化石産出域全体についてほぼ終了し、ほぼこれまでの年代区分ごとにそれぞれを信号の組み合わせで特徴づけることができることがわかった。今後、年代未知の層序の同定に応用できる可能性がある。計画にはなかったが、ゴビ砂漠の第三系に対し、古地磁気を用いた編年が有効に働く可能性を示すことができた。
- (2) 今年度は、モンゴルにおける現地調査、試料採取を行うことができなかった。
- (3) これまでに知られている竜脚類の旋回行跡について文献調査をするるとともに、軌道差の見られる旋回行跡について操舵様式の解析を行った。また、福山市立動物園の協力を得てアジアゾウの足跡を採取した。その結果、大型の四足歩行動物の旋回動作に見られる軌道差が直進時にも確認され、旋回動作と同様に四輪操舵車両との類似性を示した。また、恐竜類やゾウの旋回動作を水平面上のモデルで再現し、操舵比が荷重の逆比を取るとき慣性モーメントが最小になることをシミュレーションでも確認した。現地における試料採取はできなかったが、手元にある化石試料の解析を進めた。東部バインシレ層の卵化石の解析から、化石の発見されていないトロオドン類が生息していた可能性を示した。前年度に採取され、本学に送付された堆積物のジャケットを開封し、化石の取り出し作業を行ったところ、新種である可能性の高い哺乳類化石を新たに発見した。

## 8. 2021 年度の研究推進計画

- 2020 年度に行うことができなかった、モンゴルゴビ砂漠東部における現地調査を 2021 年度に行うように研究計画を変更する。現在、モンゴル国では、国の機関からの要請があれば、外国人の入国を許可するようになっており、現地調査は行えるとの見通しとなっている。
- (1) モンゴルゴビ砂漠東部、Bayn Shire 層の分布する複数地域より化石を採取するとともに、年代測定用試料の採取、古環境復元に用いる地層記載を行う。本学に試料を送付して解析を行うことを基本とするが、年度内に成果をあげられるよう、可能な作業をモンゴル側の研究所内で解析を行う。動物化石の分類学的検討を行い、被子植物の多様化に伴って起きたと考えられる、各動物種の適応放散について考察する。
- (2) 採取試料の一部についてはすぐに年代測定、後背地推定に関する分析を行う。データをまとめ、モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出堆積層全体について相互の関係、年代をできる範囲で議論する。
- (3) 足跡化石データ、採取した足跡データ、およびシミュレーション結果を比較することにより、恐竜の歩行様式の考察を行う。また、物理モデルとしてのロボットを実現するための検討をおこなう。恐竜化石の内部構造を解析することで、恐竜類の生理生態の解明を目指す。
- (4) 各研究ユニットの成果をまとめ、白亜紀後期における陸域の生態系の変遷の議論を行う。
- (5) 年度末にモンゴル側とこれまでの成果のまとめの議論を行う。成果を論文として発表する。

## 9. 研究発表（記載方法は、科研費報告書の記載に準ずる）

### 発表論文

- Setiyabudi, E., Kurniawan, I., Insani, H., Takahashi, A. (2021) Late Pleistocene fossil record of *Cuora amboinensis* (Testudines: Geoemydidae) from the Wajak site, East Java, Indonesia, and its paleozoogeographic and archeozoologic implications, *Paleontological Research*, 25, 25-31. (有)
- Brown, C., Herridge-Berry, S., Chiba, K., Vitkus, A. R., and Eberth, D. A. (2020) High-resolution (cm-scale) GPS/GIS-based 3D mapping and spatial analysis of in-situ fossils in two horned-dinosaur bonebeds in the Dinosaur Park Formation (Upper Cretaceous) at Dinosaur Provincial Park, Alberta, Canada. *Canadian Journal of Earth Sciences*, cjes-2019-0183. (有)
- Ekhtiari, S., Chiba, K., Popovic, S., Crowther, R., Wohl, G., Wong, A. K. O., Tanke, D. H., Dufault, D. M., Geen, O. D., Parasu, N., Crowther, M. A., and Evans, D. C. (2020) First case of osteosarcoma in a dinosaur: a multimodal diagnosis. *The Lancet Oncology*, 21(8), 1021-1022.
- Ishigaki, S., Tsogtbaatar, K., Tsujigiwa, H., Mainbayar, B., Takahashi, A., Aoki, K., Aoki, S., Buyantegsh, B., Byambaa, P., Bayardorj, C., Otgonbat, B., Saneyoshi, M., Hayashi, S. and Chiba, K. (2020) Report of the Okayama University of Science – Mongolian Institute of Paleontology Joint Expedition in 2019. *Bulletin of Institute of Frontier Science and Technology, Okayama University of Science*, 1, 1-5. (無)
- Wosik, M., Chiba, K., Therrien, F., and Evans, D. C. (2020) Testing size-frequency distributions as a method of ontogenetic aging: a life-history assessment of hadrosaurid dinosaurs from the Dinosaur Park Formation of Alberta, Canada, with implications for

hadrosaurid paleoecology. <i>Paleobiology</i> , 46(3), 379–404. (有)				
Isozaki, Y., Tada, R., Sun, Y., Zheng, H., Toyoda, S., Sugiura, N., Karasuda, A., Hasegawa, H. (2020) Origin of aeolian dust emitted from the Tarim Basin based on the ESR signal intensity and crystallinity index of quartz: the recycling system of fine detrital material within the basin, <i>Geological Magazine</i> , 157, 707-718. (有)				
網本真奈, 豊田新, 実吉玄貴, 高橋勇人, 寺田 智也, 石垣 忍, Tsogtbaatar Khishigjav, Mainbayar Buuvei, Buyantegsh Batsaikhan (2020) モンゴルゴビ砂漠の恐竜化石を産する白亜系堆積物の石英の酸素空孔量と堆積環境, <i>岡山理科大学紀要 A</i> , 56, 59-65. (無)				
Kurumada, Y., Aoki, S., Aoki, K., Kato, D., Saneyoshi, M., Tsogtbaatar, K., Windley, B. F., Ishigaki, S. (2020) Calcite U-Pb age of the Cretaceous vertebrate-bearing Bayn Shire Formation in the Eastern Gobi Desert of Mongolia: Usefulness of caliche for age determination, <i>Terra Nova</i> , 32, 246-252. (有)				
Aoki, S., Aoki, K., Tsujimori, T., Sakata, S., Tsuchiya, Y. (2020) Oceanic-arc subduction, stagnation, and exhumation: zircon U-Pb geochronology and trace-element geochemistry of the Sanbagawa eclogites in central Shikoku, SW Japan, <i>Lithos</i> , 358-359, 105378. (有)				
<b>書籍</b>				
土屋 健, 木村 由莉, 林 昭次, ACTOW (2020) パンダの祖先はお肉が好き！？－動物園から広がる古生物の世界と進化, 平凡社.				
<b>学会発表</b>				
Chiba, K., Ryan, M. J., Saneyoshi, M., Konishi, S., Yamamoto, Y. Mainbayar, B., Tsogtbaatar K.: Taxonomic re-evaluation of <i>Protoceratops</i> (Dinosauria: Ceratopsia) specimens from Udyn Sayr, Mongolia, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.				
Kobayashi, Y., Chiba, K., Chinzorig, T., Ganzorig, B., Tsogtbaatar, K.: A large non-ceratopsid neoceratopsian from the Upper Cretaceous Bayanshiree Formation in Mongolia, The Society of Vertebrate Paleontology 80th Annual Meeting Virtual 2020, October 12-16, 2020.				
高橋亮雄・嘉手納安頭 (2020) 沖縄島南部の近代遺跡 (首里真珠道跡) より発見されたクサガメ(カメ目イシガメ科)の骨遺存体とその考古動物学的意義. 日本爬虫両棲類学会第59回大会 (オンライン).				
高橋勇人・網本真奈・豊田新・Tsogtbaatar Kh.・Buyantegsh Ba.・実吉玄貴, 石英の酸素空孔を用いた上部白亜系 Nemegt層の層序解析, 日本堆積学会2020 オンライン大会				
Matsumoto, M and Aoki, K., Alkaline magmatism in a fore-arc region: igneous activity in relation to the Ashizuri igneous complex, SW Japan. JpGU-AGU Joint meeting 2020.				
S. Toyoda, Dating to provenance: ESR signals in quartz, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.				
S. Toyoda, ESR dating of quartz: issues on sediment dating and on thermochronometry, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.				
D. Haranosono, S. Toyoda, K. Nagai, T. Naruse, Detection of loess in the sedimentary sequence at Tsujita Site, JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.				
Hyodo, H.: Diffusion model of excess argon observed around an intrusive. JpGU – AGU Joint Meeting 2020, July 12-19, 2020, Online.				
豊田新, 青木一勝, 青木翔吾, 石垣忍, 西戸裕嗣, 能美洋介, 実吉玄貴, 林昭次, 千葉謙太郎, 高橋亮雄, 小林祥一, 辻極秀次, 衣笠哲也, 今山武志, 兵藤博信, K. Tsogtbaatar, B. Mainbayar, モンゴルゴビ砂漠恐竜化石産出層の年代測定の試み, 岡山理科大学OUSフォーラム2020, 2020年11月24日–30日, オンライン. (奨励賞受賞)				
<b>新聞記事</b>				
2020年4月1日 山陽新聞 社会面 化石年代決定詳細に				
2020年5月12日 山陽新聞 社会面 恐竜2属 同属だった				
2020年8月~9月 山陽、中国、毎日、朝日、日本経済、読売新聞 社会面、岡山面、全国版 恐竜のがん世界初確認				
毎月1回 山陽新聞さんたタイムズ 恐竜調査隊が行く				
10. 外部資金申請状況(次年度応募予定含む)				
1	プロジェクト名 : 豊田新 (代表) 第四紀堆積物の ESR 年代測定法の確立			
	申請先 : 日本学術振興会 科学研究費補助金 基盤研究 C			
	年度	期間	予算	採否
	2020-2022	2020年4月~2023年3月	3,400 千円	採択
2	プロジェクト名 : 実吉玄貴 (代表) 3,500 万年前の哺乳類化石を用いた化石分子系統解析手法の開発とその応用			
	申請先 : 日本学術振興会 科学研究費補助金 挑戦的研究 (萌芽)			
	年度	期間	予算	採否
	2020-2022	2020年4月~2023年3月	4,900 千円	採択
3	プロジェクト名 : 千葉謙太郎 (代表) 化石動物の性差・性別判定方法の確立			
	申請先 : 日本学術振興会 科学研究費補助金若手研究 B			
	年度	期間	予算	採否
	2019-2021	2019年4月~2022年3月	3,300 千円	採択
4	プロジェクト名 : 実吉玄貴 (代表) 後期白亜紀陸上動物相大変革の解明と自然科学教育を用いた ESD の開発			
	申請先 : 日本学術振興会 二国間交流事業			
	年度	期間	予算	採否
	2021-2022	2021年4月~2023年3月	4,000 千円	申請中

