

## 2021 年度中央大学共同プロジェクト 研究実績報告書

### 1. 概要

研究代表者	所属機関	理工学部	2021 年度助成額
	氏名	西田 治文	
	NAME	Harufumi Nishida	
研究 課題名	和 文	超高精細度新世代 3D イメージング顕微鏡の開発と応用—あらゆるものの内部構造に迫る	研究 期間
英 文	Invention of a new 3D imaging microscope for high resolution internal structure observations		
			2019～ 2021 年度※ (特例措置により 1 年間延長)

### 2. 研究組織

※所属機関・部局・職名は 2022 年 3 月 31 日時点のものです。

	研究代表者及び研究分担者		役割分担	備考
	氏名	所属機関/部局/職		
1	西田 治文	中央大学・理工学部・教授	研究代表者, 研究全般, 植物	研究代表者
2	福井 彰雅	中央大学・理工学部・教授	軟組織観察手法の開発主導	研究分担者
3	森山 侑輝	中央大学・理工学部・助教	軟組織観察手法の開発	研究分担者
4	久保田 彩	中央大学・理工学部・助教	手法開発, 古植物研究	研究分担者
5	伊庭 靖弘	北海道大学大学院・理学研究院地球惑星科学部門・准教授	装置・手法開発, 特許登録	研究分担者
6	中村 晃輔	北海道大学・理学研究院・技術部・技術専門職員	樹脂置換・包埋法, 研削・研磨法の開発	研究分担者
合計 6 名				

3. 2021年度の研究活動報告 ※行が不足する場合は、適宜、行を追加してご記入ください。

(和文)

本年度は新型コロナウイルス感染症拡大の影響により申請した延長年度である。本学及び共同研究先（北海道大学）の感染症拡大防止措置のもと、有人実施が不可欠であった実験・開発や試料分析等の作業を進め、以下の成果を得ることができた。

＜生物学への応用・3D顕微鏡の開発：福井・森山・久保田・伊庭・中村＞ 動物組織などの軟質生物標本に各種染色を施し、硬化させるプロトコルを開発した。さらにこれを安定的に表面加工する技術を確立した。本研究によって、生物内部の連続画像データを取得することが可能となった。また、植物化石観察に応用する大規模画像データ取得に必要な顕微鏡フォーカスとサーバーの安定化を行った。この結果、約100TBのデータを取得することに成功した。

＜古植物学への応用：西田・久保田＞動植物遺骸が大量に含まれる約4億年前～現在の各種岩石試料（炭酸塩コンクリーション、珪化古土壌）の採集、3D顕微鏡画像取得と観察、解析を行い、複数試料において生物学的に重要な新知見と成果を得た。そのうち炭酸塩コンクリーションは、断層像観察・探索と並行して、植物個体ごとの3次元復元作業を行った。炭酸塩コンクリーションは陸から流されて集積した大量の動植物遺骸が堆積物とともに硬化した岩石であり、堆積場周辺の生態系を反映した化石が含まれる。試料からは多様な分類群の木材、茎、種子、果実等のほか、これまで立体抽出が困難であった薄く広い葉や小型の花までもが立体的かつ高精度に抽出された（現在数百個体）。精細な化石情報のこのような大量抽出は、従来手法では不可能であった。本プロジェクトの網羅的な探索法により、生物の進化と過去の陸上生態系解明に寄与する大規模データが得られはじめている。なかでも、2020年度に続き、北海道産後期白亜紀コンクリーションから直径1-2mmの小型花化石を新たに2点（計3点、2種）発見したことは画期的成果である。北海道は、保存良好な植物化石が豊富に産出し、多数の分類群が報告・記載されてきた研究中核地域であるが、小型花化石の報告は本研究が初であり、今後新たな産出も期待される。現在、さらなる探索と、国際誌投稿の準備を進めている。炭酸塩コンクリーションからは、広葉樹の葉のような形態が複雑で脆弱な植物破片も大量に立体復元できた。このような葉は、植物破片の大半を占めるにもかかわらず、硬質な岩石から外部形態情報が抽出できず、研究の障壁となっていた。本研究手法により初めて、葉縁や葉脈等の外部形態が硬質岩石から立体かつ高精度に復元可能になり、植物化石群の全体像を抽出する新たな手法が確立した。このような相次ぐ花化石の発見や、広葉化石の3次元形態抽出は、現代の陸上生態系を支えている被子植物の進化過程解明に大きく寄与する成果である。また、後期白亜紀南極産珪化古土壌からは、針葉樹類の根に付随する直径約0.5mmの根粒を多数発見した。現生のほとんどの陸上植物は共生菌根を形成しており、植物-菌共生関係は、陸上生態系の進化史解明における最重要課題のひとつである。菌共生根粒の化石記録は世界でも非常に稀である。

上記のように、本研究で開発した超高精細度新世代3Dイメージング顕微鏡を用いた網羅的な探索法により、従来は見逃されていた潜在的な植物化石群の網羅的な発見が可能となり、多様な成果と将来的な研究課題が創出された。本研究の一部は、研究期間中の生命科学科卒業研究テーマ（2名）となった。各種成果は国際誌投稿準備中である。また、本研究成果の一部について2021年にNHKの取材が行われ、特集番組で公開予定（2022年）である。

(英文)

A new 3D imaging microscope was applied to paleontological and biological researches. Sequential high-resolution images of various rocks (400 million years ago to Present) exceeding 100TB were acquired and analyzed for fossil plant study. Massive plant debris such as angiosperm flowers and leaves were newly found and three-dimensionally reconstructed from Late Cretaceous calcareous nodules collected in Hokkaido. Minute fungal nodules associated with conifer roots were discovered from Late Cretaceous Antarctic silicified peat. Our novel method enabled to discover a large number of unknown plant organs, which have been overlooked because of its small size and fragility. In addition, their external and internal 3D morphology were reconstructed and analyzed. These new fossil records marvelously contribute to understanding evolutionary history of terrestrial organisms and ecosystems in time and space.

4. 主な発表論文等（予定を含む）※行が不足する場合は、適宜、行を追加してご記入ください。

<b>【学術論文】</b> 《著者名、論文題目、誌名、査読の有無（査読がある場合は必ず査読有りと明記してください）、巻号、頁、発行年月》
Ryo Taniguchi, Hiroshi Nishino, Hidehiro Watanabe, Shûhei Yamamoto, and Yasuhiro Iba (2021), Reconstructing the ecology of a Cretaceous cockroach: destructive and high-resolution imaging of its micro sense organs. <i>The Science of Nature</i> 108:45. 査読あり
Mehmet Oguz Derin, Takahiro Harada Yusuke Takeda, Yasuhiro Iba, Sparse Volume Rendering using Hardware Ray Tracing and Block Walking, 2021, SIGGRAPH Asia 2021 Technical Communications, Article No.19 1-4. 査読あり
<b>【学会発表】</b> （発表者名、発表題目、学会名、開催地、開催年月）
Harufumi Nishida, Aya Kubota, Yusuke Takeda, and Yasuhiro Iba, A possible new gymnosperm order based on a megasporophyll bearing numerous ventral ovules from the Albian of Hokkaido, Japan. 11th European Palaeobotany and Palynology Conference, June 2022, Stockholm, Sweden. (Abstract submitted) 査読あり
<b>【図 書】</b> （著者名、出版社名、書名、刊行年）
<b>【その他】</b> （知的財産権、ニュースリリース等）
NHK スペシャル「超進化」, NHK, 2022 年放映予定