

科学研究費助成事業 研究成果報告書

令和 5 年 6 月 1 日現在

機関番号：12601

研究種目：新学術領域研究（研究領域提案型）

研究期間：2018～2022

課題番号：18H05475

研究課題名（和文）ミルフィーユ構造の材料科学（研究に関する総括）

研究課題名（英文）Materials science of millefeuille structure (Management group)

研究代表者

阿部 英司 (Abe, Eiji)

東京大学・大学院工学系研究科（工学部）・教授

研究者番号：70354222

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 268,410,000 円

研究成果の概要（和文）：総括班は、様々な分野から計画研究・公募研究へと集う研究者間の連携を緊密化・活性化し、領域研究を加速的に推進することを主目的として様々な支援活動を実施した。本領域研究期間のおよそ半分がコロナ禍の影響を受けたが、総括班からいち早く全メンバーへオンライン会議ソフトライセンスを配布し、連携研究の促進を後押しした。本領域研究は金属・高分子・セラミックスに跨る三大材料展開を掲げたが、異なる材料分野間の共同研究が活発に展開され、高分子材料の新しい強化法の発見へとつながった。国内学会シンポジウム開催、国際会議開催、領域研究会、多数の勉強会、広報活動、若手武者修行など、コロナ禍に負けず領域研究を強く推進した。

研究成果の学術的意義や社会的意義

我が国で長周期構造型Mg合金において見いだされた「キンク強化」現象を、硬質層と軟質層から構成されキンクを誘発する特異な層状構造群を「ミルフィーユ構造」として普遍化しようとする独自性の高い試みを、世界へ向けて発信することをができた。特に、ものづくりが先行しがちな材料科学分野において、現象理解を深め理論を構築し、そこからさらに多様な材料展開を目指す、いわゆるモノ・コトの両面展開の学術的重要性を示すことができた。日本が、材料科学分野で再び世界をリードする一翼を担うことができた。

研究成果の概要（英文）：The main objective of the project team was to promote closer collaborations among researchers from various fields as planned and publicly solicited research, and to accelerate the progress in this research area through various support activities. Although approximately half of the research period was affected by Covid-19 disaster, the project team was quick to distribute online conference software licenses to all members to promote collaborations. The research area was aimed at the development of three major materials spanning metals, polymers, and ceramics, and joint research between different material fields was actively developed, leading to the discovery of a new strengthening method for polymer materials. The area research was strongly promoted by holding symposiums at domestic academic societies, international conferences, research meetings, numerous study groups, publicity activities, and training programs for young researchers, not to be outdone by the Covid-19 disaster.

研究分野：材料科学，構造科学

キーワード：ミルフィーユ構造 キンク強化 三大材料 材料強化理論 軽量構造材料 転位・回位 異分野融合研究

科研費による研究は、研究者の自覚と責任において実施するものです。そのため、研究の実施や研究成果の公表等については、国の要請等に基づくものではなく、その研究成果に関する見解や責任は、研究者個人に帰属します。

1. 研究開始当初の背景

我が国で見出された新奇な LPSO 構造を持つ高強度 Mg 合金の理解を深めるべく「シンクロ LPSO 新学術」(H23~H27 年度)が実施され、期待以上の成果が得られるとともに、世界から大きく注目され、日本発の新たな学術領域を打ち立てることに成功した。LPSO 型 Mg 合金に関する研究は国内外で一つの学問分野として認知され、日本発の新しい学問領域が世界展開する稀有な例となっていたのである。このように、我が国で開発された高強度 LPSO 型 Mg 合金をさらに次世代軽量構造材料創製へと展開するため、LPSO 構造の上位概念である硬質層・軟質層の交互積層であるミルフィーユ構造と、そのキンク強化現象の学理構築が強く望まれている。このような背景のもと、「シンクロ LPSO 新学術」の後継プロジェクトとして本領域「ミルフィーユ構造の材料科学」を立ち上げ、最先端の知的・技術的資源を組織的に結集することに期待が高まっていた。

ミルフィーユ構造のキンク強化理論の確立と新材料創製を目指して、組織的かつ有機的な領域研究を推進するため、以下の点に留意しながら本総括班活動内容を着想するに至った。

- ・材料工学、力学、構造科学、物理学、化学、数学等の異分野間の有機的な連携促進。
- ・領域展開のための異分野学術交流・産学官交流・国際交流の活性化。
- ・領域の持続的発展のための若手人材育成。
- ・研究成果発信のための組織的な広報活動と、産業化のための知的財産の確保。
- ・大型量子ビーム施設や最先端電子顕微鏡装置群等、共同利用施設の積極的活用。
- ・研究成果データベースの構築とその領域内共有化の促進。

2. 研究の目的

本領域は「ミルフィーユ構造の材料科学」に関する新学術領域を打ち立てることによって、我が国が主導して世界の材料科学をリードすることを目指す。以下、具体的な目標を掲げ、総括班はこれら領域研究を加速的に進捗すべく、多様な側面からの支援を実施する。

ミルフィーユ構造の基本理論の確立と新材料創製による学理構築

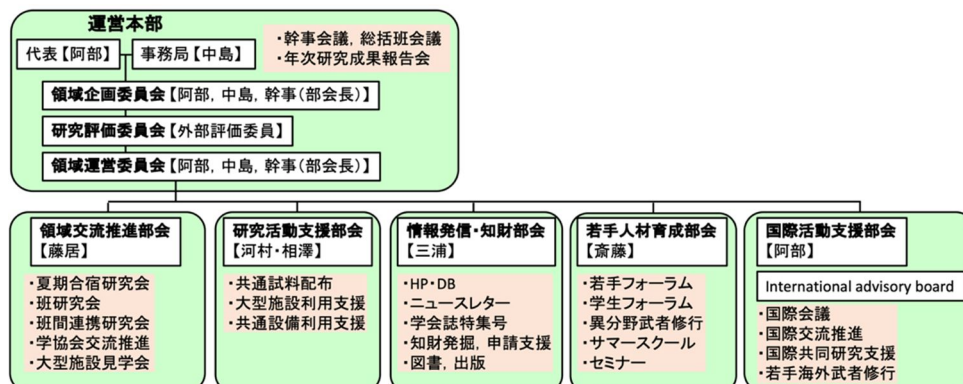
- ・キンク強化原理の確立と理論構築。
- ・新材料創製可能性の実証：従来 LPSO 型を凌ぐ高強度・軽量の新規 Mg 合金を実現する。また、新規金属・セラミックス・高分子系材料を含めた材料全般で高強度構造材料の可能性を示す実証例を複数実現する。
- ・本領域研究の成果をベースに、材料科学に新境地を切り拓く専門書を出版する。

上記学理構築に不可欠な専門分野が融合した新学術の領域構築

- ・新学術領域研究者組織の強化と若手人材育成：本新学術研究の研究会を複数学会に立ち上げる。
- ・国内・国際ネットワークの拡大と情報発信による日本発の研究領域の形成：国際会議(主催・共催)の実施、および国内関連学会にてシンポジウム等を開催する。また、産官学交流会を開催する。新学術領域の形成は、材料科学の深化と基礎学問分野に大きなインパクトを与え、新しい科学技術や学術水準の向上・強化に資する。

3. 研究の方法

図に示すように、運営本部として「領域企画委員会」「領域運営委員会」「研究評価委員会」を設置し、効果的な領域企画・運営と研究評価・アドバイス機能強化を図った。また、5つの部会「領域交流推進部会」「研究活動支援部会」「情報発信・知財部会」「若手人材育成部会」「国際活動支援部会」により、組織的な総括班活動の推進を図った。



4. 研究成果

領域運営

- ・領域代表と事務局との密な連携，および定期的な総括班会議による情報共有を通して，領域研究は滞りなく進めることが出来た．
- ・毎年の合宿研究会，年度末成果報告会では研究報告書冊子を刊行した．
- ・領域全体会議（合宿研究会，年度末成果報告会）では，評価員の先生方にも出席いただき，全ての計画研究・公募研究の進捗に関する些細な助言を頂きながら研究評価を実施した．
- ・本新学術領域研究が掲げた，異分野結集による学理構築，それを基にした新材料創製，本領域の推進による次世代若手研究者の育成，創出領域の国内外での発展等を目指して，総括班メンバー一丸となって領域運営を行い，概ね達成することができた．

領域交流の促進

- ・年2回の領域全体研究会（夏期の合宿形式，年度末の成果報告会）を実施した．
- ・班間連携・公募との連携を促進する個別の研究会・勉強会が非常に多数開催された．
- ・各学会での研究部会の設立，および本領域が主催する多数のシンポジウムを企画した．
- ・J-PARC, Spring-8 などの大型量子ビーム施設の見学会を実施し，連携研究を促した．
- ・コロナ初期にいち早く領域メンバー全員にオンライン会議ソフト（zoom）を配布したことで，コロナ禍の時期であっても上記企画をオンライン・対面とのハイブリッド等で対応し，全て滞ることなく開催できた．

研究活動の促進

- ・Mg 合金，新規金属材料（Ti 合金, Al 合金），セラミックス（MAX 相），高分子材料（ポリエチレン等）について共通資料を配付し，連携研究を促進した．
- ・J-PARC, Spring-8，全国共用電子顕微鏡（東大，九大）の利用支援を実施した．
- ・総括班予算を用いて，高速度ビデオカメラ（東大），繰返圧延による強ひずみ加工圧延機（千葉工大），アーク溶解炉（熊本大）に導入し，共通試料の作製に活用するとともに，領域内メンバーに共用設備として開放して，計画研究と公募研究を支援した．

領域の公開・広報活動・出版活動

- ・領域のホームページ（日本語版と英語版）を作成し，国内外へ研究活動を発信した．
- ・ニュースレター（Vol.1 ～ Vol.9）を発行した．
- ・Materials Transaction にて，特集号（2020，2023）を刊行した．
- ・本領域研究の傑出した学術的成果をベースとする英文専門書の刊行を，Springer Nature 社と企画した．2023 年度以内の刊行を目指している．

若手人材育成

- ・異分野研究へ触れる機会提供，異分野交流の機会提供，自己啓発を促し研究モチベーション向上の機会提供，等を目的として，「若手国内異分野武者修行」，「若手・学生フォーラム」，「スクール・セミナー」の3つの活動を実施した．
- ・領域研究会や領域主催国際会議では，ポスター発表により大学院生を含む若手研究者の研究報告を促し，厳正なる審査のもと，優れた成果を挙げた発表者を表彰した（受賞者の中には，受賞をきっかけとして研究に対するモチベーションが上がり，博士進学を決意した院生もあった）．
- ・本領域の若手研究者が，JST 等の他のプロジェクト（さきがけ，CREST）にても活発に研究を展開した

国際活動

- ・国際会議（2018 年（対面），2021 年（オンライン），2022 年（ハイブリッド：対面参加が9割強）を企画，実施した．
- ・大型量子ビーム利用を主として，国際共同研究の展開を促した．
- ・International Advisory Board と密に連携し，有益なアドバイスを得た．
- ・コロナ禍の影響を最も受け，若手海外武者修行が1件に留まってしまった．

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計0件

〔学会発表〕 計0件

〔図書〕 計0件

〔産業財産権〕

〔その他〕

ミルフィーク構造の材料科学
<http://www.mfs-materials.jp/>

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	中島 英治 (Nakashima Hideharu) (80180280)	九州大学・総合理工学研究院・教授 (17102)	
研究分担者	河村 能人 (Kawamura Yoshihito) (30250814)	熊本大学・先進マグネシウム国際研究センター・教授 (17401)	
研究分担者	相澤 一也 (Aizawa Kazuya) (40354766)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 J - P A R Cセンター・研究主席 (82110)	
研究分担者	藤居 俊之 (Fujii Toshiyuki) (40251665)	東京工業大学・物質理工学院・教授 (12608)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	齋藤 拓 (Saito Hiromu) (90196006)	東京農工大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (12605)	
研究分担者	三浦 誠司 (Miura Seiji) (50199949)	北海道大学・工学研究院・教授 (10101)	
研究分担者	山崎 倫昭 (Yamasaki Michiaki) (50343885)	熊本大学・先進マグネシウム国際研究センター・教授 (17401)	
研究分担者	染川 英俊 (Somekawa Hidetoshi) (50391222)	国立研究開発法人物質・材料研究機構・構造材料研究拠点・グループリーダー (82108)	
研究分担者	萩原 幸司 (Hagihara Koji) (10346182)	名古屋工業大学・工学(系)研究科(研究院)・教授 (13903)	
研究分担者	君塚 肇 (Kimizuka Hazime) (60467511)	名古屋大学・工学研究科・教授 (13901)	
研究分担者	伊藤 浩志 (Ito Hiroshi) (20259807)	山形大学・大学院有機材料システム研究科・教授 (11501)	
研究分担者	榎 学 (Enoki Manabu) (70201960)	東京大学・大学院工学系研究科(工学部)・教授 (12601)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	寺田 大将 (Terada Daisuke) (80432524)	千葉工業大学・工学部・准教授 (32503)	
研究分担者	Stefanus Harjo (Stefanus Harjo) (40391263)	国立研究開発法人日本原子力研究開発機構・原子力科学研究部門 J- PARCセンター・研究主幹 (82110)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計4件

国際研究集会 Mini-workshop on MFS materials	開催年 2021年～2021年
国際研究集会 LPS02018	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 RJISAM-IV	開催年 2018年～2018年
国際研究集会 LPS0/MFS2022	開催年 2022年～2022年

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関			
米国	Drexel University			
オーストラリア	Monash University			
ロシア連邦	ITMO University			