

戦略的創造研究推進事業
－さきがけ(個人型研究)－

研究領域
「力学機能のナノエンジニアリング」

研究領域事後評価用資料

研究総括：北村隆行

2025 年 1 月

目 次

1. 研究領域の概要	1
(1) 戦略目標	1
(2) 研究領域	1
① 概要	1
② 達成目標	1
③ 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像.....	1
④ 具体的な研究例.....	2
⑤ 国内外の研究動向.....	2
⑥ 検討の経緯	3
⑦ 閣議決定文書等における関係記載.....	3
⑧ その他	4
(3) 研究総括	4
(4) 採択研究課題・研究費.....	5
2. 研究総括のねらい	7
(1) 領域設定の経緯、研究領域の位置づけや領域設定を踏まえて定めたねらい.....	7
(2) 研究領域で実現をねらったこと、研究成果として目指したこと.....	8
(3) 科学技術イノベーション創出に向けて目指したこと.....	8
3. 研究課題の選考について	8
(1) 1期生の選考結果について	9
(2) 2期生の選考結果について	10
(3) 3期生の選考結果について	11
4. 領域アドバイザーについて	12
5. 研究領域のマネジメントについて.....	14
(1) 領域内活動	14
① 領域会議	14
② 研究会	15
③ 自主研究会	16
④ サイトビジット.....	17
(2) 「一歩外へ」の領域活動.....	20
① 他研究グループとの交流.....	20
② 国際交流支援.....	23
(3) 予算増額	24
(4) 成果	25
① 論文・発表・特許出願など.....	25

② プレスリリース.....	25
③ 受賞	27
④ 昇任・異動者	29
(5) 成果展開	30
① 知財化支援（JST 知的財産マネジメント推進部事業知財支援グループによるサポート）	30
② JST 新技術説明会（企業等への説明・連携相談）での発表	32
③ JST 企業連携活動支援	32
④ 学会等アウトリーチ活動.....	33
⑤ 公開シンポジウム.....	36
⑥ さきがけ研究終了後の展開.....	36
6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について.....	38
7. 総合所見	41
(1) 研究領域のマネジメント.....	41
(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況.....	42
(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性.....	42
(4) 今後への期待、展望、課題.....	43
① 期待	43
② 展望	43
③ 課題	44
(5) 所感	44

1. 研究領域の概要

(1) 戦略目標

「ナノスケール動的挙動の理解に基づく力学特性発現機構の解明」

(2) 研究領域

「力学機能のナノエンジニアリング」(2019 年度発足)

① 概要

材料の力学特性をコントロールするためには、原子・分子レベルの局所的な構造変化や化学変化を捉え、それらがマクロスケールの力学特性とどのようにつながっているかを理解することが必要である。近年、ナノスケールの動的挙動を計測する技術やナノスケールとマクロスケールの現象を統合的に解析する技術の進展が顕著であり、原子や分子の動的挙動やモルフォロジー変化と力学特性との関連が明らかになりつつある。

このため、本戦略目標では、物質の内部や界面で生じる原子・分子の運動、微細組織の構造変化や化学変化等のナノスケール動的挙動を解析・評価する技術をさらに発展させ、マクロスケールの力学特性を決定している支配因子や作用機構を解明することを目指す。さらに、金属・セラミックス・ポリマー等の各種材料領域において蓄積された知見を融合することによって類似点と相違点を見出し、特定の材料に依存しない普遍的な学理を構築することを目指す。これによって、力学特性や劣化挙動等を制御するための指針が得られ、材料の高機能化や信頼性向上につながるだけでなく、新たな力学機能を有する革新的材料の創出が期待できる。

② 達成目標

本戦略目標では、ナノスケール動的挙動の解析・評価を通じて力学特性の発現機構を解明するための研究を推進し、マクロスケールの力学特性を制御するための指針を獲得することを目指す。具体的には、以下の3つの達成を目指す。

- 1) 力学特性の支配因子と作用機構の解明
- 2) 動的ナノスケール評価技術の確立
- 3) 新たな力学機能につながる材料設計指針の確立

③ 研究推進の際に見据えるべき将来の社会像

「達成目標」の実現を通じ、確固とした学理に基づく新しい材料設計指針を獲得し、国が掲げる「超スマート社会」を支える基盤技術として強化すべき材料技術を発展させることにより、以下に挙げるような社会の実現に貢献する。

- ・ 構造材料の軽量化や低摩擦化による省エネルギー性能の向上を通じた持続可能な社会

- ・力学特性可視化技術や自己修復機能による製品信頼性の向上を通じた安全・安心な社会
- ・力学特性制御により付加価値の高い革新的材料が生み出され、新たな産業が創出される社会

④ 具体的な研究例

1) 力学特性の支配因子と作用機構の解明

金属・セラミックス・ポリマー等の各種材料において、力学特性が発現する機構をナノスケール動的挙動との相関に基づいて解明し、さらに、特定の材料に依存しない共通学理を構築する。具体的には以下の研究等を想定。

- ・各種材料の組成や組織、微細構造等の動的挙動をナノスケールで制御することによる、力学特性との相関の解明
- ・ナノ構造変化や化学変化等、実環境下において摩擦・摩耗等の力学現象の裏側に潜む支配因子を抽出することによる作用機構の解明
- ・材料科学分野において用いられている経験則をナノスケール動的挙動から見直すことによる、新たな理論式の導出

2) 動的ナノスケール評価技術の確立

その場計測技術やマルチスケールシミュレーション技術等を発展させ、力学特性の指標化につながるナノスケール動的挙動の解析評価技術を確立する。具体的には以下の研究等を想定。

- ・ナノスケールの動的挙動や、破壊・腐食・摩耗等の複合現象における化学反応等の素過程を可視化するための計測・シミュレーション技術の開発
- ・計測・計算技術により得られた情報から力学性能の支配因子を抽出し、力学特性の評価指標につなげる方法論の確立

3) 新たな力学機能につながる材料設計指針の確立

トレードオフ関係にある力学特性の両立、自己修復による長寿命化、力学特性や劣化状態の可視化等、複合材料を含めた新たな力学機能材料の設計指針を確立する。具体的には以下の研究等を想定。

- ・各種材料において、従来はトレードオフ関係にあると考えられていた複数の力学特性を両立するための材料設計指針の確立
- ・力学特性の可視化技術や自己修復機能により、製品寿命や資源サイクルまで含めて設計された、これまでにない革新的な力学機能材料を実現するための新たな指針の提案

⑤ 国内外の研究動向

(国内動向)

SIP「革新的構造材料」、ImPACT「超薄膜化・強靱化「しなやかタフポリマー」の実

現」、東北発素材技術先導プロジェクト「超低摩擦技術領域」等において、材料分野と機械分野の研究者が協働して産業応用を指向した材料開発が推進されている中で、力学現象の本質的理解につながるナノスケール動的挙動の重要性が認識されつつある。また、CREST「情報計測」により微小な物理量や現象に対するリアルタイム計測技術の開発が進み、本戦略目標の推進に必要な基盤技術が整いつつある。

(国外動向)

米国「Materials Genome Initiative」や欧州「Horizon2020」において、力学材料を含む新素材開発が進められており、中国においても「中国製造 2025」における重点分野として新素材（ナノ素材）が位置付けられている。また、ナノスケールとマクロスケールの現象を一体的に取り扱うマルチスケールシミュレーションが、計算科学系の学会を中心に大きく発展している。しかしながら、国の施策としてナノスケールの動的挙動と力学特性とを一体的に捉えた取り組みはなく、日本が先導的な役割を確保できるものと期待される。

⑥ 検討の経緯

「戦略目標等策定指針」（2015 年 6 月 8 日科学技術・学術審議会戦略的基礎研究部会決定）に基づき、以下のとおり検討を行った。

- 1) 科学研究費助成事業データベース等を用いた国内の研究動向に関する分析及び研究論文データベースの分析資料を基に、科学技術・学術政策研究所科学技術予測センターの専門家ネットワークに参画している専門家や科学技術振興機構（JST）研究開発戦略センター（CRDS）の各分野ユニット、日本医療研究開発機構（AMED）のプログラムディレクター等を対象として、注目すべき研究動向に関するアンケートを実施した。
- 2) 上記アンケートの結果及び 2017 年 12 月に開催された JST 科学技術未来戦略ワークショップ「メカノファンクショナルマテリアル」での議論（2019 年 2 月戦略プロポーザル「トランススケール力学制御による材料イノベーション」発行）を参考にして分析を進めた結果、マクロな力学特性を決定づけているナノスケール動的挙動の理解が重要であるとの認識を得て、注目すべき研究動向「新機能につながるナノスケール力学制御」を特定した。
- 3) 2018 年 11 月に、文部科学省と JST は共催で、注目すべき研究動向「新機能につながるナノスケール力学制御」に関係する産学の有識者を招聘してワークショップを開催し、注目すべき国内外の動向、研究や技術開発の進展が社会的・経済的に与え得るインパクト、実施期間中に達成すべき目標等について議論を行った。そこでの議論等を踏まえ、本戦略目標を作成した。

⑦ 閣議決定文書等における関係記載

「第 5 期科学技術基本計画」（2016 年 1 月 22 日閣議決定）

第 2 章 (3) 2 ii)

- ・革新的な構造材料や新機能材料など、様々なコンポーネントの高度化によりシステムの差別化につながる「素材・ナノテクノロジー」

「科学技術イノベーション総合戦略 2017」（2017 年 6 月 2 日閣議決定）

第 2 章 (2) [B] 2 ii)

- ・新たな機能や特性を有する構造材料、機能材料、バイオマテリアル等の材料技術

「ナノテクノロジー・材料科学技術研究開発戦略」（2018 年 8 月第 9 期ナノテクノロジー・材料科学技術委員会策定）

4 (1) (ii)

- ・構造材料：（前略）ナノスケールで材料の表面や界面を制御し、ナノの特性をマクロにつなげていくことや情報科学の活用が重要である。

⑧ その他

2016 年度に発足した CREST/さきがけ「情報計測」において、ナノスケールの情報をマクロスケールの材料特性へとつなげるために必要な基盤計測技術の研究を推進しており、本戦略目標と、成果の活用や技術交流による連携等が望まれる。また、高強度レーザーや大規模情報処理に代表される先進的な解析技術や、学术界と産業界が一体となった材料開発における膨大なデータを保持する欧米諸国との連携により効率的な研究推進を期待する。

上記詳細は、以下 URL をご参照されたい。

JST 公開資料「新規研究領域の事前評価」

https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_h31.pdf

(3) 研究総括

北村隆行（京都大学 名誉教授）

(4) 採択研究課題・研究費

表1 直接経費（採択後の増額を含む・百万円）

採択年度	研究者	所属・役職 (採択時 ²⁾)	研究課題	研究費 ¹
2019 年度	稲邑 朋也	東京科学大学・教授 (東京工業大学・教授)	無拡散変態ナノ組織の幾何と形状記憶特性	40
	畝山 多加志	名古屋大学・准教授	疑似自由度を用いたメソスケール粗視化モデリング	31
	近藤 俊之	九州大学・准教授 (大阪大学・講師)	金属薄膜の強度発現を担う外的・内的寸法効果の解明	40
	篠崎 健二	産業技術総合研究所・主任研究員 (産業技術総合研究所・研究員)	ナノスケールの組成ゆらぎ設計による超低脆性ガラスの創製	46
	鈴木 凌	横浜市立大学・助教	タンパク質結晶の転位論に基づく力学特性の解明	40
	多根 正和	大阪公立大学・教授 (大阪大学・准教授)	ゆらぎ誘起原子シャッフリングの格子動力学と変形挙動との相関	55
	垂水 竜一	大阪大学・教授	材料多様体のマルチスケールメカニクス	57
	都留 智仁	日本原子力研究開発機構・研究主席 (日本原子力研究開発機構・研究副主幹)	転位芯の局所自由度を有する力学理論に基づく新奇機能の創出 変形・破壊現象の原子スケール解析	36
	栃木 栄太	東京大学・准教授 (東京大学・助教)	変形・破壊現象の原子スケール解析	45
	中村 篤智	大阪大学・教授 (名古屋大学・准教授)	無機半導体材料の力学特性に及ぼす光環境効果のマルチスケール計測と機能開拓	60
	三輪 洋平	岐阜大学・教授 (岐阜大学・准教授)	イオン架橋の動的特性制御によるポリマー材料の高機能化	41

2020 年度	市川 裕士	東北大学・准教授	固相粒子接合界面のナノメカノケミストリー	41
	伊藤 伸太郎	名古屋大学・教授 (名古屋大学・准教授)	界面相互作用計測による高分子境界膜の潤滑機構解明	48
	菊池 将一	静岡大学・准教授	周期マイクロ強度勾配制御による多機能材料設計	42
	木村 康裕	九州大学・准教授 (名古屋大学・助教)	電子流による原子拡散に基づくナノワイヤ結晶性デザイン	46
	塩澤 大輝	神戸大学・准教授	接着接合ナノ構造の非破壊力学強度解析技術の確立	37
	柴田 暁伸	物質・材料研究機構・上席グループリーダー (物質・材料研究機構・グループリーダー)	高強度鋼における水素脆性クラック伝播挙動のマルチスケール解析	40
	高橋 航圭	北海道大学・准教授	ナノ界面の疲労損傷検出と抑制による複合材料の超長寿命化技術	50
	中島 祐	北海道大学・准教授	未踏高分子材料群「極限伸長網目」の学理構築	42
	中田 伸生	東京科学大学・教授 (東京工業大学・准教授)	ナノスケール内部応力制御による鉄鋼強靱化	40
	楽 優鳳	産業技術総合研究所・主任研究員	層構造を持つソフトマテリアルの力学特性と革新的機能創出	40
2021 年度	石田 忠	東京科学大学・准教授 (東京工業大学・准教授)	ハイドロゲル摩擦のナノ潤滑機構の流体力学的解析	46
	大塚 雄市	長岡技術科学大学・准教授	疲労摩耗のスケールアップ過程のマルチモーダル計測	40
	加藤 和明	東京大学・特任研究員 (東京大学・講師)	緩やかな拘束を用いた高分子樹脂の強靱化	45

	小椎尾 謙	九州大学・准教授	二軸伸長変形下におけるマルチスケール構造解析による非晶性高分子の分子鎖凝集構造と変形メカニズム	40
	柴沼 一樹	東京大学・准教授 (東京大学・講師)	高温クリープ損傷のマルチスケールフィジックス	40
	玉手 亮多	物質・材料研究機構・独立研究者	超高分子量ポリマーに基づく新奇機能開拓	40
	松中 大介	信州大学・教授 (信州大学・准教授)	第一原理機械学習手法によるナノ異材界面の力学特性の解明	36
	南谷 英美	大阪大学・教授 (分子科学研究所・准教授)	構造トポロジー情報を応用した靱やかな機械学習力場の構築	33
	雷 霄雯	東京科学大学・准教授 (福井大学・准教授)	幾何学と力学融合に基づく回位制御による材料機能設計	40
	譚田 真人	物質・材料研究機構・主幹研究員 (物質・材料研究機構・主任研究員)	多自由度界面での変形伝播制御に基づく強化指針創出	30
			総研究費	1,307

¹各研究課題とも研究期間の総額、進行中の課題は予定を含む(2024年12月20日現在)

²変更/移動のあった場合、下段に括弧つきで記載

2. 研究総括のねらい

(1) 領域設定の経緯、研究領域の位置づけや領域設定を踏まえて定めたねらい

ナノスケールの実験および解析技術は急速に進展しており、それらを使って複雑な材料の力学機能を根本から理解することがベースと考えた。これには、力学特性をもたらす力学因子や機構の解明の技術そのものを発展させる研究も含んでいる。

一方、力学特性は、歴史的に金属、セラミックス、ガラス、ポリマー、ゲルなどの材料ごとに研究が進められてきた。とくに、微視的な構造や組織の違いや各材料の実用条件に起因する力学の知見に顕著な濃淡が認められるのが現状であった。また、それらの基本となる変形や破壊の一般固体力学は、それらと個別に関わりつつも全体を俯瞰するような進展が見

られなかった。さらに、複雑な力学特性においては単純境界条件においてさえナノ機構への合理的なアプローチにも困難があった。ナノスケールからの微視力学を軸としたさきがけ研究者間の融合によって、材料の力学機能の学理や設計の進展に新たな扉を開くことをねらった。

(2) 研究領域で実現をねらったこと、研究成果として目指したこと

将来に向けて各材料の機能向上や実用範囲の拡大が必須であり、他材料や種々の力学現象について、解明が進んでいる他分野の実験解析技術や力学数理物理やシステム設計に接することが、機構解明や新たな力学機能設計のためのインスピレーションとなると考えた。すなわち、アドバイザーの知見を含めて材料間を横断する各研究者の力学コミュニケーションを密にすることに工夫と労力を投入することによって、歴史的な縦割り構造の材料研究を突破する成果を目指した。

(3) 科学技術イノベーション創出に向けて目指したこと

力学機能は、環境等の重要な社会課題の解決の為の基盤であるのみならず、信頼性を通じて安全安心の確保に不可欠なものである。材料の豊かな多様性が新たな発展をもたらす一方、複雑な要求に応え得るものの開発には合理的な選択が大切である。さきがけでは、まずは力学因子や機構の解明が第一であるが、それに基づくシステムティックな材料選択に結びつける設計指針に繋げることを目指した。これは、さきがけ終了後の将来における最適化法等を組み合わせた新たな材料設計学への発展を潜在的な視野に入れて、新機能材料の論理的・合理的開発に繋がることを意識した。

3. 研究課題の選考について

本研究領域は、材料の力学特性の発現機構をナノスケールから理解することやナノスケールの変形や構造変化に由来する力学特性を利用した新たな材料機能を創出すること（ナノエンジニアリング）によって、ナノスケールの力学学理の展開と発展性の高い材料設計指針を獲得することを目指している。各年度の選考においては、本研究領域が多くの専門分野によって構成されていることを考慮して、今までの専門分野を基礎に新規課題に取り組む独創性・積極性の高い提案を重視した。とくに、

- (1) 力学特性のナノスケールにおける発現メカニズムの解明
- (2) ナノ力学機構を基礎としたマクロ材料の高機能化
- (3) ナノスケール構造に由来する特有の力学特性と機能の追求
- (4) 力学特性に起因するナノスケール・マルチフィジックス機能の創出

に着目して選考を行った。

表 2 応募・採択件数（ ）内は女性数

採択年度	応募件数	書類選考 採択件数	面接選考 採択件数	採択率（％）
2019	189 (13)	28 (2)	11 (0)	5.8
2020	104 (7)	19 (2)	10 (1)	9.6
2021	70 (3)	20 (2)	10 (2)	14.3
合計	363 (23)	67 (6)	31 (3)	8.5

(1) 1 期生の選考結果について

新たに発足した本研究領域には 189 件もの応募があり、力学を基盤とする広領域課題への関心の高さを感じた。幅広い材料（金属材料、無機材料、有機材料、生体材料など）における力学特性や力学機能について、ナノスケールの機構に基づく多様な提案があった。また、実験、計測・観察、モデル化、シミュレーションなどの研究手法もバラエティーに富んでおり、まだ見ぬ他分野採択者との知識交換による一層の研究の飛躍を望むものなど、申請者の新たな学術領域に挑戦する熱い意欲を感じた。

選考は 13 名の領域アドバイザーと 3 名の外部評価者の協力を仰ぎながら進めたが、書類選考によって面接選考を行う 28 件に絞るのに苦勞し、種々の制約等から選外にせざるを得なかった優秀な提案が多数あった。面接選考における選択はさらに困難をきわめ、厳しい検討によって 11 件の採択を決定した。各選考過程では、利害関係にある領域アドバイザーは評価から外すなど、公平かつ公正な審査を行った。なお、採択率は 5.8% と狭き門となったが、質の高い優れた提案が採択できた。採択課題は材料機能や研究手法に尖った独創性を有するものを選定し、20 歳代研究者を含む多彩な採択陣容となった。

研究課題としては、各材料（金属・無機化学・高分子・ゲル）の変形破壊の素過程に関する内容が多くあり、独創的な実験方法や解析方法の開発を含めて多様な課題を選ぶことができた（図 1）。さらに、学術的基盤の形成の貢献が期待されるとともに高分子や形状記憶合金に対して産業化に近い基礎研究も採択することができた。

一方、優れた提案にもかかわらず採択に至らなかったものが多数あり、広専門領域での審査の難しさを痛感した。

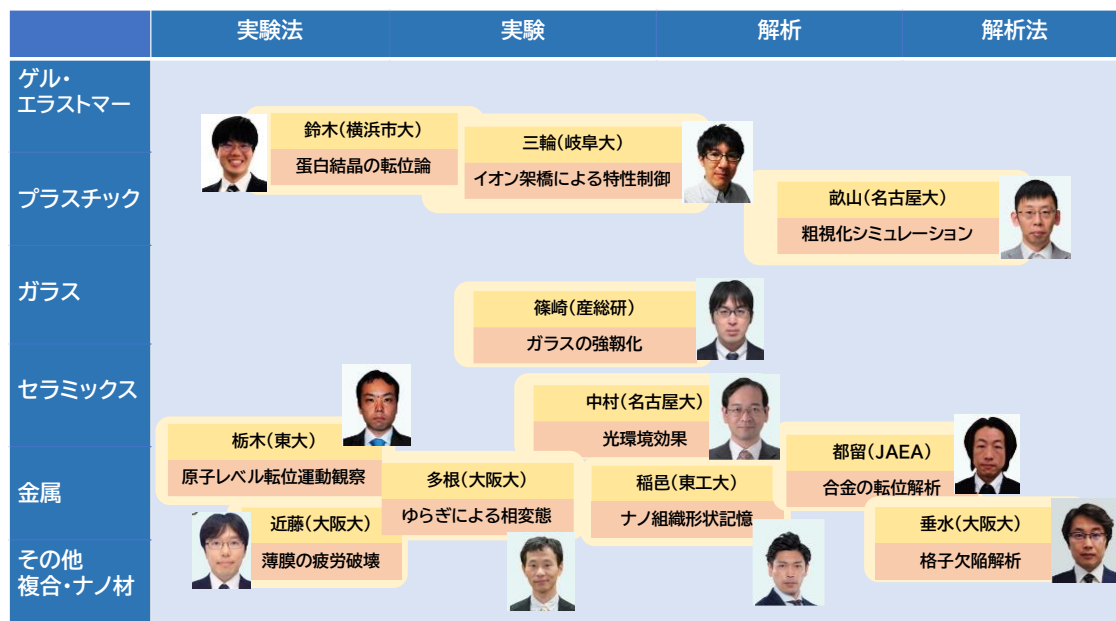


図1 1期生選考結果分布

(2) 2期生の選考結果について

前年度に、「研究者も自分の専門領域を広げる「一歩外への精神」に基づく提案にぜひ挑戦して下さい。」とのメッセージを残した。それは、

- ・各材料に特徴的な微視構造を反映した力学特性のナノスケールにおける発現メカニズムの解明や高機能化（図2）

については広い領域をカバーすることができたが、

- ・求められる力学特性の複雑性に関するナノ力学機構の解明やそれに基づく材料の高機能化

については、不十分な点があったためである（図2の小丸）。

2年度目には104件の応募があり、前年より数は減少したものの力学を基盤とする広領域課題への関心の高さを感じた。選考は13名の領域アドバイザーと3名の外部評価者の協力を仰ぎながら進めたが、書類選考によって厳しく選別して面接選考は19件に絞った。コロナの為にインターネットを用いた面接となったが、問題なく進めることができた。厳しい選考によって10件の採択を決定した。採択率は9.6%と狭き門となった。とくに、前年度と比べて材料の複雑構造や現象の複雑性に着目した課題の提案が多くあった。採択課題は、材料機能や研究手法に尖った独創性を有するものを選定し、これら複雑構造・複雑現象を含む多彩な採択陣容となった。前年度における不採択コメントを参考にして内容を格段に充実させた提案も多く、研究の構成に工夫を重ねたことが伺えた。結果的に、複雑現象や複雑構造に対する力学特性についての課題を採択することができ（図2）、1期生とは特徴の異なる構成になった。

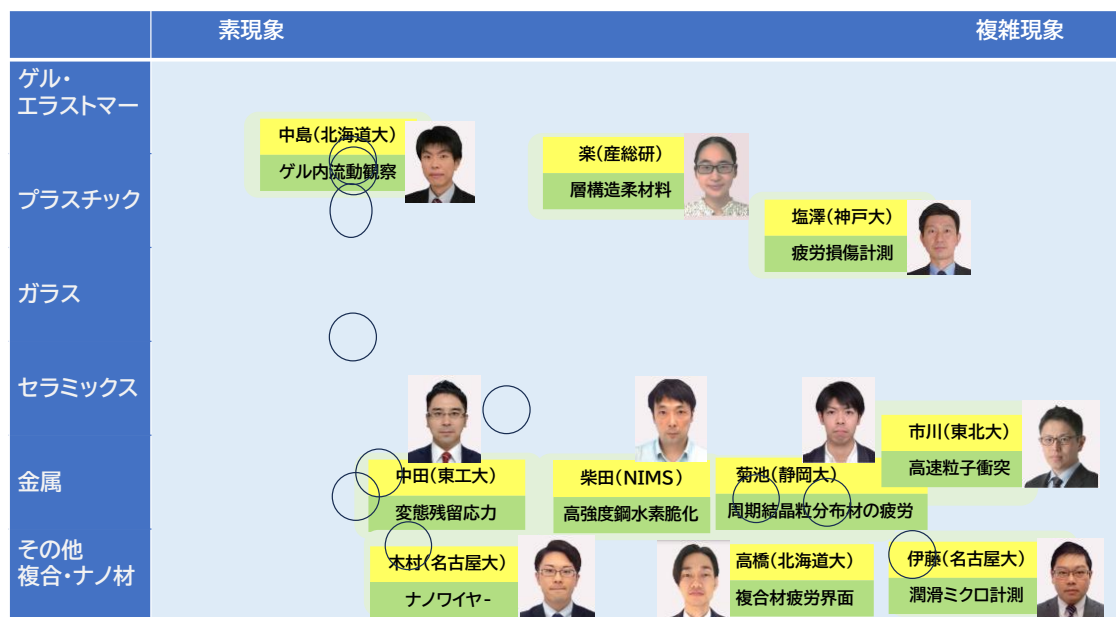


図2 2期生選考結果分布（小丸は1期生の分布）

(3) 3期生の選考結果について

本研究領域最後の募集である3年度目には70件の応募があり、初年度や2年度目より応募数は減少したものの力学を基盤とする広領域課題への関心の高さを感じた。前年度と同様に、書類選考によって面接選考は20件に絞り、インターネットを用いた面接によって10件の採択を決定した。

1、2期の選考の結果、材料と力学現象の多様性について広い領域をカバーすることができたため、アドバイザーの先生方と相談して、今期は実験方法、解析方法、現象の捉え方などにおいてユニーク、かつ、発展性の高い提案を重視することにした。結果的に、材料と現象についてもバラエティのある独創性の高い課題を採択することができた。

	実験法	実験	解析	解析法
ゲル・エラストマー		石田(東工大) ゲル内流動観察	玉手(NIMS) 超高分子量材料	
プラスチック		小椎尾(九州) 二軸伸長メカニズム	加藤(東大) 2要素相互作用による強靱化	
ガラス				
セラミックス				南谷(分子研) 構造トポロジー解析
金属	大塚(長岡技科大) 疲労摩耗観察		譚田(NIMS) 転位と粒界の相互作用異材	柴沼(東大) 粒界拡散クリープ
その他 複合・ナノ材				松中(信州大) 界面の力学特性
				雷(福井大) カーボン低次元材料の回位

図3 3期生選考結果分布

4. 領域アドバイザーについて

本研究領域は、材料（高分子、無機化学、金属、複合材料など）、力学現象（引張り、多軸、疲労、摩耗など）、方法（実験、理論、計算）に究めて幅広い多様性を内包している。そこで、ひとつの分野で超一流であることはもちろんであるが、関連する分野についても精通した研究者を選んだ。また、個別分野を越えた交流を目指していることから、情熱を持って丹念に異分野のさきがけ研究者の相談にのれる教育者としての人柄を重要視した。

さらに、領域の特徴から工業応用にも大きな多様性がある。金属やセラミックスを基本とした大型機械等への工業応用、高分子全般にわたる工業応用、シミュレーションを多用した材料選定など、企業研究所における研究開発の経験が深い研究者も選定した。

また、今後の研究発展方向は機能に対する最適化設計が大切になることを考慮して、設計学最適化法を専門とする研究者も加えて、システムティックな材料設計学への発展に対する助言をもらうこととした。

伊藤アドバイザーは CREST 研究領域「革新的力学機能材料の創出に向けたナノスケール動的挙動と力学特性機構の解明（ナノ力学）」研究総括であり、CREST 研究グループ（とくに、若手研究者）との緊密な連繫を意図した。

全てのアドバイザーが当該実施期間中、非常に精力的に領域運営をサポートいただいたことが、本研究領域成功の大きな要因の一つと考えている。

表3 領域アドバイザー () 内は変更/異動後

領域アドバイザー名 (専門分野)	着任時の所属 ¹	役職	任期
荒井 政大 (複合材料)	名古屋大学大学院工学研究科	教授	2019年4月 ～2025年3月
幾原 雄一 (材料科学・電子顕微鏡)	東京大学大学院工学系研究科	教授 (特別研究教授)	2019年4月 ～2025年3月
伊藤 耕三 (高分子材料学・超分子化学)	東京大学大学院新領域創成科学研究科 (兼 物質・材料研究機構)	教授 (特別教授 兼フェロー)	2019年4月 ～2025年3月
岩崎 富生 (物性理論・計算科学・材料力学)	日立製作所(株) 研究開発グループ 材料イノベーションセンタ	主管研究員 (シニア所員)	2019年4月 ～2025年3月
加藤 仁一郎 (有機合成化学・有機化学・高分子加工)	旭化成(株) 富士支社 (AJS(株) デジタルイノベーション事業部)	支社長 (理事・事業部長)	2019年4月 ～2025年3月
栗村 隆之 (破壊力学・材料科学)	三菱重工業(株) 総合研究所	主席研究員	2019年4月 ～2025年3月
志澤 一之 (材料力学・計算力学・機械工学)	慶應義塾大学理工学部機械工学科	教授 (名誉教授)	2019年4月 ～2025年3月
渋谷 陽二 (機械工学・固体力学・計算力学)	大阪大学大学院工学研究科 (信州大学)	教授 (特任教授)	2019年4月 ～2025年3月
田中 勝久 (固体化学・無機化学)	京都大学大学院工学研究科	教授	2020年6月 ～2025年3月
津崎 兼彰 (鉄鋼材料組織学・機械材料学・材料強度学)	九州大学大学院工学研究科 (物質・材料研究機構)	教授 (フェロー)	2019年4月 ～2025年3月
西脇 眞二 (構造最適化・計算力学・機械設計)	京都大学大学院工学研究科	教授	2019年4月 ～2025年3月
平尾 一之 (無機材料科学・応用物理学・理論化学)	京都大学学際融合教育推進センター	特任教授	2019年4月 ～2020年5月

平山 朋子 (機械工学・機械要素学・トライボロジー)	京都大学大学院工学研究科	教授	2019 年 4 月～ 2025 年 3 月
吉江 尚子 (化学・高分子科学)	東京大学生産技術研究所	教授 (副学長・教授)	2019 年 4 月～ 2025 年 3 月

5. 研究領域のマネジメントについて

各研究者の活動を活発化して研究内容を発展させるため、自らの研究課題を深く追求するための丁寧なコミュニケーションの機会を、領域会議のみならずサイトビジット（全研究者 3 回実施、1 回 2～3 時間のディスカッション）等において数多く設けた。また、他の材料、現象、実験解析法に関する最新の研究をその概念から理解する機会を設けるため、十分な時間をかけた徹底討論会（45 分発表、1 時間ディスカッション）や自主研究会を開催した。これらによって、根本からの各課題のシナジー効果を高めることができた。さらに、「一歩外へ」の標語を作り、学会や国際関係における積極的な活動のほか、CREST「ナノ力学」の若手研究者とのシンポジウムや他さきがけ研究領域「複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学（複雑流動）」との合同研究会を開催するなどの外部との活発な連繋活動を行った。また、学会誌における特集解説記事（全研究者）などアウトリーチ活動も行うことができた。これによって、研究者同士の強固なコラボレーションを作り上げることができた。

(1) 領域内活動

① 領域会議

各研究課題の研究進捗および研究目的の達成状況を把握するとともに、議論を深め研究を推進して、研究成果の展開及び事業運営の改善に資することを目的として、各年の春と秋に領域会議を開催した（合計 11 回）。コロナ禍のため対面ができなかったことや、人数制限がある時期があった。リモート会議を活用するとともに、地区ごとに参加者を絞って開催するなどの工夫を凝らして対処した。アドバイザーと研究者全員参加で活発な議論を行い、切磋琢磨と同時に良い研究者間の交流の機会を作ることができた。また、アドバイザーに講演を頂いた回もあり、全体を俯瞰した知識を得ることができた。なお、リアル開催の場合には、夜の交流会の後にも研究者グループに分かれての自主的議論が毎回遅くまで続き、将来発展を含めた貴重な人間関係が形成された。

表 4 領域会議

回・日程	場所	方式	参加者
① 2019/10/2～3	クロスウェーブ幕張	リアル	研究者 11 名・AD13 名
② 2020/6/14	—	リモート	研究者 11 名・AD13 名
③ 2020/11/11 ～12	—	リモート	研究者 21 名・AD13 名
④ 2021/4/4・11	—	リモート	研究者 21 名・AD13 名
⑤ 2021/10/3・8 ～9	—	リモート	研究者 31 名・AD13 名
⑥ 2022/5/19～22	5/19：メルパルク京都	リアル・リモート	研究者 30 名・AD9 名
	5/21・22：JST 東京別館	リアル・リモート	研究者 31 名・AD13 名
⑦ 2022/11/3～5	AP 市ヶ谷	リアル・リモート	研究者 31 名・AD13 名
⑧ 2023/5/18～20	レクトーレ湯河原	リアル・リモート	研究者 20 名・AD12 名・ 卒業生 10 名
⑨ 2023/10/19 ～21	TKP 札幌駅前	リアル・リモート	研究者 20 名・AD10 名・ 卒業生 8 名
⑩ 2024/6/21～22	ラフォーレ伊東	リアル・リモート	研究者 10 名・AD13 名・ 卒業生 19 名
⑪ 2024/10/4～6	ラフォーレ那須	リアル・リモート	研究者 10 名・AD12 名・ 卒業生 19 名

② 研究会

ナノ力学研究会は、多岐に渡る分野が個別に発展してきた経緯もあり、用語を含めて基本的な部分で誤解が生じることがあった。このため、基本的な基盤事項についての歩調を合わせるために企画した。2 期生以降は 1 期生からの伝授により、開催の必要がなくなった。

徹底討論研究会は個人発表 45 分、質疑応答 60 分で、各研究者の研究課題や方法論のみではなく、その考え方の根本まで説明して議論することを目指してリモートで開催した。とくに、専門から遠い分野には質問しにくい傾向があるため、討論開始直後には「素人質問コーナー」を設けることによって、多くの質問が出る雰囲気を醸成した。その結果、既定の 1 時間では十分ではなくなり、時間を超過することが頻発することになった。最終的には、チャットやショートメッセージを用いた延長討論に発展している。回を重ねるごとに、他分野の研究者に理解しやすくするための発表者の工夫が意識されるようになった。これも次第に議論が活発となった要因である。

これらを通じて、隣接他分野の研究が自らの研究進展のためのインスピレーションを与えてくれることが明らかとなり、領域内のムードやコミュニケーションの意識が大きく変化したことを実感した。

表 5 研究会

	名称	講演者	参加者
① 2020/01/05	ナノ力学研究会 1 @京都大学	北村研究総括：力学チュー ーリアル 西脇 AD：トポロジー最適 化と構造設計	研究者 11 名・AD6 名
② 2020/05/10	ナノ力学研究会 2 (コロナ顔見世)	参加者が「ナノ材料力学 の定義や基盤となる考 え方」を発表	研究者 10 名
③ 2020/11/23	徹底討論研究会 1	畝山 1 期生・三輪 1 期生	研究者 21 名・AD6 名
④ 2020/12/2	徹底討論研究会 2	多根 1 期生・都留 1 期生	研究者 20 名・AD6 名
⑤ 2021/3/13	徹底討論研究会 3	栃木 1 期生・中村 1 期生	研究者 19 名・AD7 名
⑥ 2021/6/20	徹底討論研究会 4	垂水 1 期生・篠崎 1 期生	研究者 19 名・AD9 名
⑦ 2021/11/27	徹底討論研究会 5	稲邑 1 期生・中田 2 期生	研究者 28 名・AD9 名
⑧ 2022/3/16	徹底討論研究会 6	楽 2 期生・鈴木 1 期生	研究者 29 名・AD11 名
⑨ 2022/8/3	徹底討論研究会 7	近藤 1 期生	研究者 24 名・AD7 名
⑩ 2022/10/10	徹底討論研究会 8	伊藤 2 期生・木村 2 期生	研究者 26 名・AD10 名
⑪ 2022/12/22	徹底討論研究会 9	中島 2 期生・菊池 2 期生	研究者 21 名・AD5 名
⑫ 2023/3/21	徹底討論研究会 10	市川 2 期生・柴田 2 期生	研究者 25 名・AD7 名
⑬ 2023/7/12	徹底討論研究会 11	高橋 2 期生・小椎尾 3 期 生	研究者 23 名・AD10 名
⑭ 2023/11/29	徹底討論研究会 12	南谷 3 期生・松中 3 期生	研究者 24 名・AD5 名
⑮ 2024/1/20	徹底討論研究会 13	加藤 3 期生・柴沼 3 期生	研究者 24 名・AD9 名
⑯ 2024/3/19	徹底討論研究会 14	塩澤 2 期生	研究者 23 名・AD3 名
⑰ 2024/12/25	徹底討論研究会 15	大塚 3 期生	研究者 16 名・AD7 名
⑱ 2025/1/7	徹底討論研究会 16	雷 3 期生・譚田 3 期生	研究者 18 名・AD6 名
⑲ 2025/1/14	徹底討論研究会 17	石田 3 期生・玉手 3 期生	未定

③ 自主研究会

当初、安易な考えに基づく研究会を禁止した。実験解析方法や他材料特性の本質を知らないまま、表面的な突き合わせ共同研究が行われることを憂慮したためである。領域の企画を

通じて、他研究者の考え方まで理解した上で共同研究へ向かうように指導した。自主研究会は、その誘導の一環として奨励したものであり、参加者や日時場所や課題内容などは、研究者に任せた。1回のみの開催のものもあるが、その後も部分集合による非公式な会があったと聞いている。

また、個別訪問やリモートでの相談やディスカッションは日常的に多数ある。結果的に、他研究者への分析依頼や計算依頼といった「依頼型」共同研究ではなく、解析法や実験法を自分で行うための交換指導を行う「交換型」共同研究が主流となった。これは、今後の研究革新へのエンジンになると期待している。

表 6 自主研究会

名 称	コアメンバー	開催回数
コントロールされた不均一構造研究会 →JSPS 学術変革領域(B)に発展	1 期生：篠崎 2 期生：菊池・中島 3 期生：加藤	7 回
異種材料ナノ力学実験法研究会	1 期生：中村・篠崎・栃木・三輪 2 期生：塩澤 3 期生：石田	4 回
理論系研究会	1 期生：垂水・稲邑・畝山 3 期生：松中・南谷・雷	3 回
界面のナノ力学研究会	2 期生：伊藤・高橋 3 期生：小椎尾・石田・大塚	1 回

④ サイトビジット

1 年に 20 研究者のサイトビジットを行い、該当分野のアドバイザーにも同行をいただいた。他研究者の参加を許容した例もある。いずれも、研究経過を聞くとともに、2～3 時間の研究に関するディスカッションを通じて、研究思想まで掘り下げることが心がけた。表面的な成果に留まらず、学術的体系性や応用の観点からの議論を行った。とりわけ、予想外の結果に苦しんでいる研究者に対して、結果の別の見方を提示することや、解決方法を一緒に考えることで、難関の突破口となった例が少なくない。また、順調に進展している研究においても、視野を広げる方向を示唆することによって研究が深まった。

研究者のみならず、研究総括としても「コーチング」の重要性を認識する機会となった。

表7 サイトビジット

氏 名	日 付	場 所	同行者
稲 邑 朋也	①初回：2019/11/21	東京工業大学	—
	②中間：2021/8/20	オンライン	津崎 AD・西脇 AD
	③最終：2023/2/2	東京工業大学	雷研究者
畝山 多加志	①初回：2019/11/18	名古屋大学	—
	②中間：2021/8/11	オンライン	伊藤 AD・澁谷 AD・吉江 AD
	③最終：2023/2/9	名古屋大学	—
近藤 俊之	①初回：2019/11/11	大阪大学	—
	②中間：2021/8/14	オンライン	栗村 AD・平山 AD
	③最終：2023/3/1	大阪大学	木村研究者
篠崎 健二	①初回：2019/11/12	産総研関西 C	—
	②中間：2021/8/13	オンライン	加藤 AD・田中 AD
	③最終：2023/3/3	産総研関西 C	—
鈴木 凌	①初回：2019/11/7	横浜市立大学	—
	②中間：2021/8/6	オンライン	荒井 AD・津崎 AD
	③最終：2023/2/1	横浜市立大学	伊藤研究者
多根 正和	①初回：2019/11/11	大阪大学	—
	②中間：2021/8/4	オンライン	幾原 AD・澁谷 AD
	③最終：2023/2/17	大阪公立大学	松中研究者
垂水 竜一	①初回：2019/11/12	大阪大学	—
	②中間：2021/8/5	オンライン	幾原 AD・岩崎 AD・志澤 AD
	③最終：2023/3/1	大阪大学	木村研究者・雷研究者
都留 智仁	①初回：2019/11/14	JAEA	—
	②中間：2021/8/25	オンライン	岩崎 AD・志澤 AD
	③最終：2023/2/3	JAEA	雷研究者
栃木 栄太	①初回：2019/11/21	東京大学	—
	②中間：2021/8/12	オンライン	荒井 AD・栗村 AD・平山 AD
	③最終：2023/2/2	東京大学	中田研究者・雷研究者
中村 篤智	①初回：2019/11/18	名古屋大学	—
	②中間：2021/8/18	オンライン	伊藤 AD・田中 AD
	③最終：2023/3/1	大阪大学	木村研究者・雷研究者

三輪 洋平	①初回：2019/11/19	岐阜大学	—
	②中間：2021/8/19	オンライン	加藤 AD・西脇 AD・吉江 AD
	③最終：2023/2/10	岐阜大学	—
市川 裕士	①初回：2021/1/6	オンライン	—
	②中間：2022/9/16	東北大学	澁谷 AD・田中 AD
	③最終：2024/2/20	東北大学	—
伊藤 伸太郎	①初回：2020/12/10	オンライン	—
	②中間：2022/7/6	名古屋大学	岩崎 AD・平山 AD
	③最終：2024/3/15	名古屋大学	小椎尾研究者
菊池 将一	①初回：2020/12/24	オンライン	—
	②中間：2022/9/1	静岡大学	津崎 AD
	③最終：2024/3/14	静岡大学	小椎尾研究者
木村 康裕	①初回：2020/12/23	オンライン	—
	②中間：2022/7/6	名古屋大学	岩崎 AD
	③最終：2024/3/15	名古屋大学	小椎尾研究者
塩澤 大輝	①初回：2021/1/14	オンライン	—
	②中間：2022/7/15	神戸大学	加藤 AD
	③最終：2024/2/7	神戸大学	—
柴田 暁伸	①初回：2021/1/13	オンライン	—
	②中間：2022/7/21	NIMS	幾原 AD
	③最終：2024/2/26	NIMS	—
高橋 航圭	①初回：2021/1/8	オンライン	—
	②中間：2022/8/10	北海道大学	荒井 AD・吉江 AD
	③最終：2024/3/08	北海道大学	市川研究者
中島 祐	①初回：2021/1/16	オンライン	—
	②中間：2022/8/9	北海道大学	荒井 AD・吉江 AD
	③最終：2024/3/8	北海道大学	市川研究者
中田 伸生	①初回：2021/1/20	オンライン	—
	②中間：2022/9/8	東京工業大学	志澤 AD・西脇 AD
	③最終：2024/2/27	東京工業大学	—
楽 優鳳	①初回：2021/1/19	オンライン	—
	②中間：2022/7/22	産総研	伊藤 AD
	③最終：2024/2/26	産総研	—
石田 忠	①初回：2022/5/12	東京工業大学	—

	②中間：2023/10/16	東京工業大学	伊藤 AD・岩崎 AD
	③最終：2025/1～3 予定	東京科学大学	未定
大塚 雄市	①初回：2021/11/18	長岡技術科学大学	—
	②中間：2023/8/1	長岡技術科学大学	澁谷 AD・田中 AD
	③最終：2025/1～3 予定	長岡技術科学大学	未定
加藤 和明	①初回：2021/12/23	NIMS	—
	②中間：2023/8/29	東京大学	荒井 AD・志澤 AD
	③最終：2025/1～3 予定	東京大学	未定
小椎尾 謙	①初回：2022/1/7	九州大学	—
	②中間：2023/9/22	九州大学	加藤 AD・吉江 AD
	③最終：2025/1～3 予定	九州大学	未定
柴沼 一樹	①初回：2022/5/12	東京大学	—
	②中間：2023/8/9	東京大学	幾原 AD・西脇 AD
	③最終：2025/1～3 予定	東京大学	未定
玉手 亮多	①初回：2021/12/22	NIMS	—
	②中間：2023/8/28	NIMS	荒井 AD・吉江 AD
	③最終：2025/1～3 予定	NIMS	未定
松中 大介	①初回：2021/11/19	信州大学	—
	②中間：2023/8/2	信州大学	澁谷 AD・田中 AD
	③最終：2025/1～3 予定	信州大学	未定
南谷 英美	①初回：2021/12/3	分子科学研究所	—
	②中間：2023/9/19	大阪大学	岩崎 AD・平山 AD
	③最終：2025/1～3 予定	大阪大学	未定
雷 霄雯	①初回：2022/1/14	福井大学	—
	②中間：2023/8/18	東京工業大学	西脇 AD・志澤 AD・栗村 AD
	③最終：2025/1～3 予定	東京科学大学	未定
譯田 真人	①初回：2021/12/23	NIMS	—
	②中間：2023/8/28	NIMS	荒井 AD・津崎 AD
	③最終：2025/1～3 予定	NIMS	未定

(2) 「一歩外へ」の領域活動

① 他研究グループとの交流

CREST「ナノ力学」は関連性が深く、体系的でレベルの高い研究チームである。当該領域

の伊藤研究総括と相談の上、領域会議の自由聴講を許可していただいた。

また、CREST「ナノ力学」各チームには若手研究者が数多く含まれており、本研究領域さきがけ研究者と同年代であることも考えて、伊藤研究総括と相談して「ナノ力学若手交流会」を企画した。さきがけ研究者が企画を担い、特別講演、研究者発表、ポスターセッションを1泊開催した。熱気が溢れる刺激的なセッションであり、夜遅くまで議論が続くことになった。

表8 ナノ力学若手交流会

日 付	場 所	基調講演 ・ 口頭発表	ポスター発表	CREST 若手参加者	さきがけ研究者参加者
2023/9/30 ～10/1	L stay&grow 晴海	16 件	53 件	43 名	25 名
2024/9/8 ～9	L stay&grow 晴海	7 件	37 件	29 名	14 名



図4 第1回ナノ力学若手交流会（集合写真）

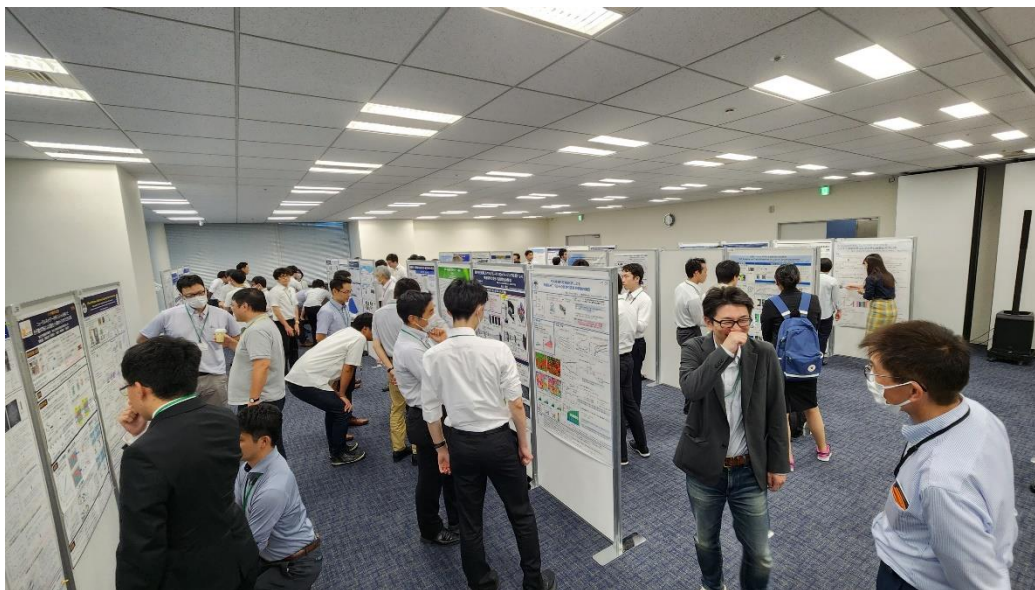


図5 第1回ナノ力学若手交流会（ポスターセッション写真）

また、他さがけ研究領域「複雑な流動・輸送現象の解明・予測・制御に向けた新しい流体科学（複雑流動）」との合同研究会をリモートで開催した（表9）。この研究領域は流体力学を基盤としており、主に固体材料の力学を対象とする本研究領域とは対象は大きく異なるものの、「力学」の根本概念においては通底している。さらに、液体と固体の界面やそれらの混合に対する研究は今後の発展が求められており、そのためには「力学」基盤の拡大が重要と考えた。そこで、後藤晋（複雑流動）研究総括と相談し、共同研究会を企画した。とくに、幹事会に相当するコアになるメンバーはリアル、他はリモートで開催した。なお、研究の将来方向性によって研究者の興味の度合いが大きく異なることが予想されたため、研究員は自由参加とした。活発な議論が行われ、コアのメンバーを中心として領域を越えた研究課題についての議論が継続されていると聞いている。

表9 ささがけ「複雑流動」との合同研究会

日 付	名 称	講演者	参加者
2024/8/12	さがけ「複雑流動」との共同研究会第1回	垂水1期生・岩崎AD 田川教授・辻准教授	北村研究総括・後藤研究 総括 参加者45名
2024/10/23	さがけ「複雑流動」との共同研究会第2回	柴沼3期生 小林准教授 後藤晋研究総括	北村研究総括・後藤研究 総括 参加者40名

② 国際交流支援

領域発足直後からコロナのために国際活動は、きわめて大きな影響を受けた。国内での活動ができるようになった後も、国際学会の企画や参加等に制限が残り十分な活動ができなかったのが残念である。

なお、領域としての支援活動の他、さきがけ研究者が中心となってセッションを企画したものとして、

- ・ Materials Research Meeting 2023 (MRM2023) December 11-16, 2023
- ・ The 14th Asia-Pacific Conference on Fracture and Strength (APCF 2024) November 25-29, 2024

などがあげられる。

表 10 国際交流支援

氏 名	日 程	渡航先/招聘元	内 容	支援金額(千円) ・(出所区分)
中村 篤智	2022/6/12 ～6/19	(渡航) ドイツ /ダルムシュタット大 学	外部環境制御下の ナノスケール転位 挙動理解のための 国際連携構築	1,020 (国際強化支援)
	2022/8/4 ～ 8/18	(招聘) ドイツ /ダルムシュタット大 学 Xufei Fang グリー プリーダー	外部環境制御下の ナノスケール転位 挙動理解のための 国際連携構築	641 (国際強化支援)
畝山 多加志	2022/11/5 ～12/1	(渡航) オーストラリ ア /クインズランド大学	非線形非平衡統計 力学の粗視化理論 開発への応用	811 (国際強化支援)
三輪 洋平	2023/3/5 ～ 3/18	(渡航) USA /テキサス州立大学	物性発現メカニズム を基にしたイオン性 エラストマーの化学 構造の精密制御	831 (国際強化支援)
市川 裕士	2023/3/4 ～ 3/12	(渡航) USA /コーネル大学	マイクロ微粒子衝 突試験の実施並び に実験技術取得	660 (国際強化支援)
高橋 航圭	2022/12/8 ～ 2023/5/31	(渡航) フランス /CEMEF	有限要素法による 応力解析に向けた 高分子材料の構成 式開発	2,000 (通常経費 500, 総括裁量経費 1,500)

(3) 予算増額

JST の予算追加施策として、総括裁量経費、スタートアップ支援、終了者支援を活用して予算追加が必要な研究者を支援した。所属機関が変更した異動者へは装置の移設や研究立ち上げをスムーズに行うためスタートアップ支援を行った。また、研究進捗が著しい研究者、および、異動に伴って実験装置に支障が生じる研究者に予算増額を行って、円滑かつ一層の研究進展をサポートした。

表 11 予算増額

氏 名	年 月	内 容	金額（千円）	出所区分
篠崎 健二	2022/7	ガラスサンプル作成・試験機器導入	2,895	成果展開 (シーズ研究加速・発展)
	2022/11	ロータリーキルン装置導入	3,500	総括裁量経費
多根 正和	2021/4	異動に伴う機器移設・導入	12,370	スタートアップ支援 9,870 総括裁量経費 2,500
	2021/11	クライオスタット・コンプレッサー修理費用	1,000	通常経費
	2022/11	歪測定オプション導入	500	総括裁量経費
垂水 竜一	2021/10	GPU 導入	3,000	通常経費
	2021/12	大型計算機導入	6,000	通常経費 5,800 総括裁量経費 200
	2022/11	大型計算機導入	8,000	通常経費 2,496 総括裁量経費 5,504
栃木 栄太	2021/10	光学顕微鏡用デジタル撮影システム導入	1,000	通常経費
	2021/11	異動に伴う機器移設・導入	9,669	スタートアップ支援
中村 篤智	2021/4	異動に伴う機器移設・導入	13,200	スタートアップ支援 10,000 総括裁量経費 3,200
	2021/10	キセノン光源装置機器導入	1,800	通常経費

	2021/12	曲げ試験用試験機 および圧縮試験用 高温炉導入	3,100	通常経費 1,300 総括裁量経費 1,800
菊池 将一	2023/11	正立金属顕微鏡導 入	2,080	総括裁量経費
高橋 航圭	2021/10	大型放射光施設使 用費用	1,000	通常経費
	2023/7	MRM 海外講演者招聘	700	通常経費
	2023/8	ピエゾアクチュエ ータ修理	850	総括裁量経費
中島 祐	2023/11	引張試験用治具・シ ャフト導入	2,000	総括裁量経費
中田 伸生	2023/7	MRM 海外講演者招聘	300	通常経費
石田 忠	2022/11	超長距離ズームレ ンズ・高倍率対物レ ンズ導入	3,150	総括裁量経費
	2024/7	共焦点顕微鏡の購 入	2,000	総括裁量経費
加藤 和明	2024/10	小型引張試験内蔵 卓上走査型電子顕 微鏡導入	5,000	総括裁量経費

(4) 成果

① 論文・発表・特許出願など

領域全体の成果として、原著論文は 199 件（国際 172 件、国内 27 件）、招待講演は 204 件（国際 64 件、国内 140 件）、口頭発表は 414 件（国際 96 件、国内 318 件）、特許出願は 12 件（国際 5 件、国内 7 件）であった。

② プレスリリース

図 6 に一例としてあげた 2 期木村研究者の Science 掲載論文に代表されるように、質の高いプレスリリースを行うことができた。

電子流による原子拡散に基づくナノワイヤ結晶性デザイン
木村 康裕(九州大学 准教授)

Science論文の概要:
革新的材料として注目される金属ナノワイヤは、合成法が確立された半導体ナノワイヤと異なり、金属原子の供給が制限されるため大量合成法が未熟であった。原子供給を担う拡散現象を開発したナノスケール応力場制御により促進し、狙った箇所に金属ナノワイヤを大量合成させる新技術の創出に成功した。

研究成果とインパクト:
局所的応力場形成が金属ナノ材料合成に有効であることを数値解析で示し、力学特性を支配する微細構造の操作に基づくナノスケール応力場制御により、金属ナノワイヤの大量合成に世界で初めて成功した実験成果である。本数密度を半世紀ぶりに千倍以上上回る金属ナノワイヤ合成を実現した先駆的技術である。

今後の展開:
本成果は材料の力学特性制御により誘引された原子拡散促進効果を活用したボトムアップ金属ナノワイヤ合成法である。解明した原理は元素を選ばない普遍性を有することから、超スマート社会を実現するための基幹技術となるナノスケール材料開発技術として、有機材料のカーボンナノチューブや半導体ナノワイヤに続く、ナノスケール金属モノづくりの出発点になることが期待される。

Science Vol. 385 (2024) 641-646. Y. Kimura, et al.,
NANOMATERIALS
Growth of metal nanowire forests controlled through stress fields induced by grain gradients
Yasuhiko Kimura^{1,2,*}, Yi Cui¹, Takamasa Suzuki¹, Yuki Tanaka¹, Takaaki Tanaka¹, Yuhki Toku¹, Yang Ju^{2,3,†}

Pure metal nanowires (NWs) are one-dimensional nanomaterials with distinctive properties for various applications. Nevertheless, mass-growth forests have not been developed because of vapor pressure limitations, chemical reduction problems, or both. We succeeded in the mass growth of aluminum (Al) NW forests at desired locations by controlling atomic diffusion within the solid film. Whereas prior attention has focused only on how to increase the driving force, we show that focused ion beam irradiation created localized regions of high stress, which provided pathways for atomic diffusion as well as nuclei and driving forces for vertical NW growth. The underlying growth process could in principle be extended to other metals.

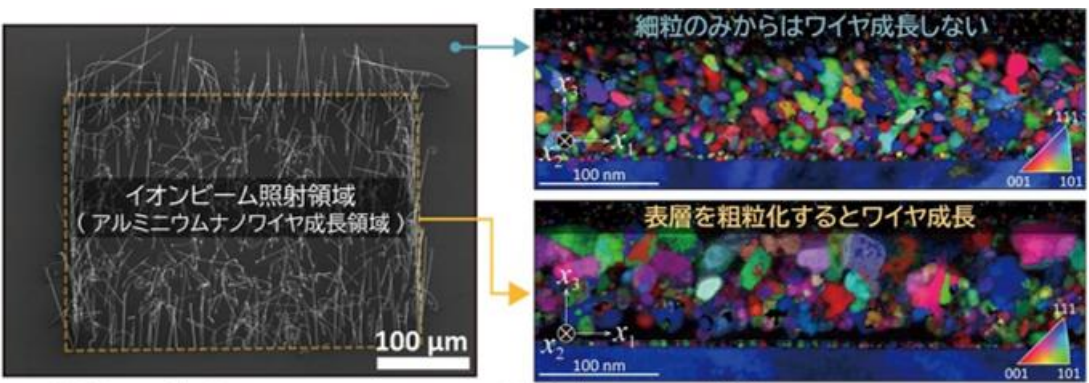


図. (左) 狙った箇所にアルミニウムナノワイヤを大量合成した電子顕微鏡像。
(右) ワイヤ合成に資する原子拡散に不可欠な局所的応力場形成を、イオンビーム照射による微細構造(結晶粒径)の操作により実現したことを示す電子顕微鏡解析結果。

図6 木村研究者成果概要

表12 プレスリリース (JST 関与のみ)

氏 名	年月日	題 名	論文発表先
中村 篤智 栃木 栄太	2021/2/8	光の中で半導体のナノ運動とフォースを読む！	Nano Letters
菊池 将一	2021/6/30	“加熱しない” 短時間窒化プロセスの開発	Advanced Materials
三輪 洋平	2022/7/25	15分程度で自己修復するエラストマーを実現	Scientific Reports
玉手 亮多	2022/10/20	超高分子量ポリマーの絡み合いで簡単に創製できる自己修復ゲルを開発	Science Advances

都留 智仁	2023/2/1	結晶粒超微細化により、酸素に起因したチタンの低温脆性を克服	Nature Communications
鈴木 凌	2023/2/20	たった1%のゲル添加でタンパク質結晶の強度が10倍に！	ACS Applied Bio Materials
南谷 英美	2023/8/23	トポロジー×機械学習で拓く物性シミュレーション	The Journal of Chemical Physics
三輪 洋平	2024/3/5	“空気を読んで”、性質を変化させるポリマー材料	Communications Materials
雷 霄雯	2024/6/21	カーボンナノチューブバンドル構造体のねじり変形による回位生成を発見	Carbon
木村 康裕	2024/8/9	金属ナノワイヤの大量成長を実現、その原理を解明！	Science

③ 受賞

南谷研究者が凝縮系科学における優れた業績をあげた若手研究者を対象とした2024年ミレニアム・サイエンス・フォーラム 第26回サー・マーティン・ウッド賞を受賞（女性初）するなど、多数の受賞があった。

ミレニアム・サイエンス・フォーラム 第26回サー・マーティン・ウッド賞 受賞

南谷英美(大阪大学産業科学研究所・教授)

受賞研究題目「不均一な凝縮系におけるナノ構造と輸送特性の相関」

- ◆ 英国の科学機器メーカーであるオックスフォード・インストルメンツ社より寄せられた寄附金を基に、日本で優れた研究を行っている若手研究者に対して、更なるインセンティブを与えることを目的として創設された賞
- ◆ 凝縮系科学(凝縮系物理学、無機・有機固体化学、材料科学、表面・界面科学)における優れた業績をあげた45歳以下の研究者に与えられる。国籍不問
- ◆ 受賞者には賞状、賞金50万円、記念メダルと英国のいくつかの大学への講演旅行の機会が与えられる
- ◆ 賞の贈呈式は駐日英国大使館にて開催(2024年11月15日)



図7 南谷研究者受賞概要

表 13 受賞

氏 名	年月日	受賞名	表彰団体名
稲邑 朋也	2021/09/14	日本金属学会論文賞	日本金属学会
	2022/03/15	Most Viewed Presentation Award	ICOMAT 2022
篠崎 健二	2021/06/3	21 世紀記念 倉田元治賞	日本セラミックス協会
鈴木 凌	2019/12/10	第 48 回結晶成長国内会議 講演奨励賞	日本結晶成長学会
多根 正和	2020/3/17	第 78 回日本金属学会功績賞	日本金属学会
	2021/2/21	Outstanding reviewer award 2020	Acta Materialia and Scripta Materialia
都留 智仁	2022/2/1	MSMSE Emerging Leaders 2021	英国物理学会
	2022/4/1	Outstanding reviewer award 2021	Acta Materialia and Scripta Materialia
垂水 竜一	2022/3/4	日本機械学会賞（論文）	日本機械学会
栃木 栄太	2021/11/27	優秀講演賞	日本セラミックス協会 東海支部
	2022/9	2022 年秋期講演大会 第 39 回ポスターセッション 優秀ポスター賞	日本金属学会
中村 篤智	2021/10/25	2021 Ceramographic Competition Award First Place	The American Ceramic Society
	2022/1/27	The Robert W. Cahn Prize	Journal of Materials Science
	2022/10/2	Poster award (1st prize)	The German Ceramic Society
	2022/9	2022 年秋期講演大会 第 39 回ポスターセッション 優秀ポスター賞	日本金属学会
三輪 洋平	2020/5/21	第 11 回ブリヂストンソフトマテリアルフロンティア賞	日本ゴム協会
	2020/12/9	江野科学振興財団賞	江野科学振興財団
	2022/5	第 28 回 CERI 最優秀発表論文賞	日本ゴム協会
	2022/5	高分子学会広報委員会パブリシティ賞	高分子学会
菊池 将一	2021/3/15	生体・医療材料部門委員会 令和 2 年度研究奨励賞	日本材料学会
	2021/5/28	疲労部門委員会 論文賞	日本材料学会
	2024/11/5	優秀ポスター賞	日本材料学会
木村 康裕	2022/3/4	日本機械学会賞（論文）	日本機械学会

	2023/9/5	世界的課題を解決する知の「開拓者」育成事業優秀講演表彰	東海国立大学機構
	2023/9/28	材料力学部門 優秀講演表彰	日本機械学会
塩澤 大輝	2023/6/8	2022 年度非破壊検査協会 論文賞	非破壊検査協会
柴田 暁伸	2021/3/16	日本金属学会 功績賞	日本金属学会
高橋 航圭	2022/6/10	日本複合材料学会林賞	日本複合材料学会
	2023/6/27	日本複合材料学会論文賞	日本複合材料学会
中島 祐	2021/2/19	北海道大学令和2年度教育研究総長表彰	北海道大学
	2021/4/6	令和3年度科学技術分野の文部科学大臣表彰	文部科学省
	2022/5/12	2021 年度日本レオロジー学会奨励賞	日本レオロジー学会
中田 伸生	2020/11/6	本多記念奨励賞	本多記念会
	2021/3/16	第79回「功績賞」(学術部門)	金属学会
	2022/3/18	The most viewed presenter	ICOMAT2022
	2023/3/8	澤村論文賞	日本鉄鋼協会
	2023/3/8	卓越論文賞	日本鉄鋼協会
	2024/3/13	澤村論文賞	日本鉄鋼協会
玉手 亮多	2022/9/4	Early Career Researcher Award in Honor of Dr. Daniel King	13th International Gel Symposium
	2023/9/27	2023 年度高分子学会レゾナック賞	高分子学会
雷 霄雯	2023/4	学術奨励賞	日本材料学会
	2023/11	物質理工学院・創生研究奨励賞	東京工業大学

④ 昇任・異動者

さきがけ開始後の昇任者は、下記表のように多数にのぼっている。

表 14 昇任・異動

日 付	研究者	前所属・役職	新 職
2020/4/1	都留 (1 期生)	JAEA・研究副主幹	JAEA・研究主幹
2024/4/1			JAEA・研究主席
2021/4/1	中村 (1 期生)	名古屋大学・准教授	大阪大学・教授
	篠崎 (1 期生)	産業技術総合研究所・研究員	産業技術総合研究所・主任研究員
2021/4/1	多根 (1 期生)	大阪大学・准教授	大阪公立大学・教授
2024/4/1			大阪大学・教授

2021/10/16	栃木（1期生）	東京大学・助教	東京大学・准教授
2022/4/1	三輪（1期生）	岐阜大学・准教授	岐阜大学・教授
2022/4/1	中田（2期生）	東京工業大学・准教授	東京工業大学・教授
2023/4/1	加藤（3期生）	東京大学・講師	東京大学・准教授
2022/4/1	松中（3期生）	信州大学・准教授	信州大学・教授
2022/9/1	南谷（3期生）	分子科学研究所・准教授	大阪大学・教授
2023/4/1	柴田（2期生）	NIMS・グループリーダー	NIMS・上席グループリーダー
2023/4/1	近藤（1期生）	大阪大学・講師	九州大学・准教授
2023/4/1	雷（3期生）	福井大学・准教授	東京工業大学・准教授
2024/4/1	譚田（3期生）	NIMS・主任研究員	NIMS・主幹研究員
2024/9/1	木村（2期生延長）	名古屋大学・助教	九州大学・准教授
2024/12/1	伊藤（2期生延長）	名古屋大学・准教授	名古屋大学・教授

(5) 成果展開

① 知財化支援（JST 知的財産マネジメント推進部事業知財支援グループによるサポート）

実質的な知財形成に到達した研究があり、企業が強い興味を示している実用に適する結果が出ている。この成果を基にして、実際に企業との共同研究に発展している例もある。

代表例として、炭酸ガスを利用してポリマー材料の力学機能を制御することに成功した三輪研究者（1期生）の例を示す。ここでは炭酸ガスを利用するものを示しているが、この成果を基に他のガスを含めた気体による力学機能制御に拡大した研究に発展しつつある。

イオン架橋の動的特性制御によるポリマー材料の高機能化

三輪 洋平(岐阜大学・教授)

研究概要:

ポリマーに付加したイオン基どうしの凝集によって形成されるイオン架橋は、その形成と解離に基づく“動的な”特性によって、自己修復性、強靱性、CO₂ガス応答性などの様々な力学機能をポリマー材料に付与する。本研究では、それら機能発現のメカニズムのナノスケールからの説明を通して、その機能発展を実現した。

研究成果とインパクト:

常温・常圧のCO₂を作用させることで① 軟化、② 強靱化、もしくは③ 硬化し、その力学機能を大きく変化させる固体ポリマー材料群を発明した。この成果は、新しい機能材料の開発にとどまらず、“材料機能制御へのCO₂利用”の実現によって社会課題である“CO₂有効活用用途の開拓”に寄与するものである。

今後の展開:

CO₂応答性固体ポリマー材料(特許出願済)に関して、民間企業2社と実用化を目指した共同研究を現在実施している。今後、CO₂応答性固体ポリマー材料という新規学術分野の開拓による科研費獲得、また、CO₂有効活用を促進する新たな機能材料開発によってNEDO、CREST等の大型資金獲得を目指す。

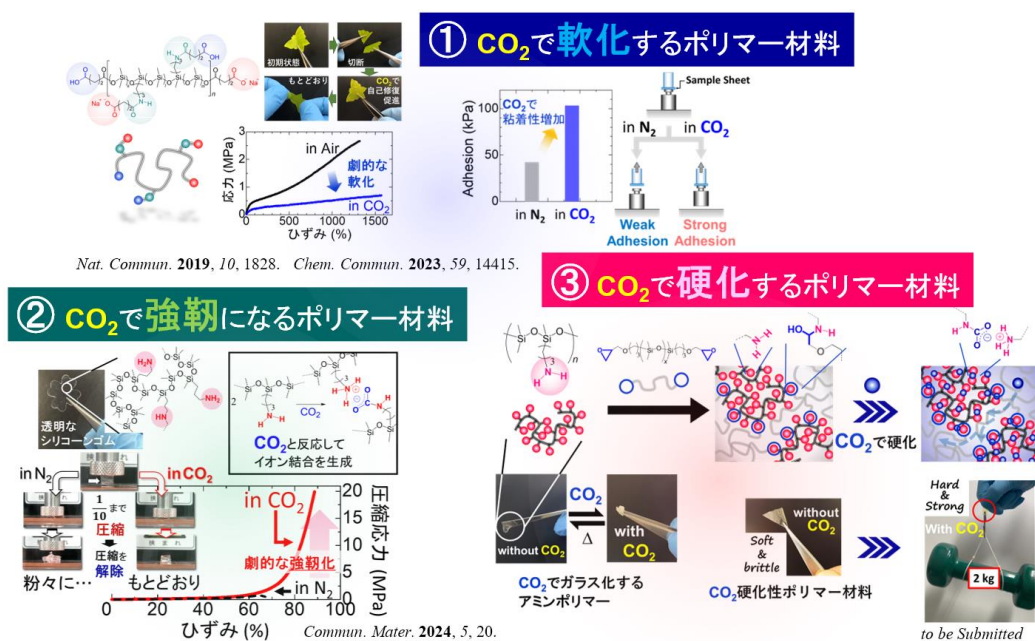


図8 三輪研究者成果概要

表15 JST 知財化支援

氏名	年月	テーマ	サポート内容	結果
三輪 洋平	2020/11 ～2021/2	・炭酸ガス応答性 ポリマー ・弗素系自己修復 ポリマー	先行文献調査・出願内 容アドバイス	特願 2021-197411 特願 2022-196322

中村 篤智	2021/8～ 9	力学的緩衝能を持つ半導体材料	先行文献調査・出願検討	出願保留（産業上の利用対象要検討）
伊藤 伸太郎	2022/3～ 2022/4	熱膨張・熱収縮によるステージ面の変位を抑制する温度制御ステージの構造	先行文献調査・出願内容アドバイス	特願 2022-175241
木村 康裕	2022/9～ 2022/10	アルミ酸ケイ化物のナノワイヤ	先行文献調査・出願内容アドバイス	特願 2024-010984
玉手 亮多	2022/12～ 2024/10	超高分子量ポリマーに基づく新奇機能開拓	先行文献調査・出願内容アドバイス	特願 2023-209262
雷 霄雯	2024/7	カーボンナノチューブ束のヤング率の推定方法および算出プログラム	JST からの特許出願検討	JST からの出願は見送り

② JST 新技術説明会（企業等への説明・連携相談）での発表

実用材料機能を格段に高めるアイデアや製造方法の核心的な工夫など、企業の関心が高い具体的な材料設計法に結びついているものがある。

表 16 JST 新技術説明会での発表

氏 名	発表日	タイトル	聴講者数
木村 康裕	2021/11/26	電流のみで駆動するナノワイヤ製造装置	企業関係 224 名
篠崎 健二	2023/12/8	微量の添加物でガラスの靱性を大幅に向上	企業関係 115 名
玉手 亮多	2023/12/8	簡便に作成可能な自己修復性を持つイオン伝導性ソフト材料	企業関係 89 名

③ JST 企業連携活動支援

JST の企業連携活動支援制度を利用して、企業との連携に発展したものもある。

表 17 JST 企業連携活動支援

氏 名	年 月	支援内容	支援金額 (千円)	連携結果
篠崎 健二 (1 期生)	2022/7	ガラスサンプル作成・試験機器導入	2,895	4 社と共同開発・秘密保持契約準備中

④ 学会等アウトリーチ活動

本プロジェクト全体として参画した学会活動を以下に示す。この中でも、日本材料学会誌「材料」において、全員が1報（5ページ前後）ずつの解説記事を執筆しているものは反響が大きかった。これは、アドバイザーやCREST「ナノ力学」若手研究者も特集号に含み、「ナノ力学」という横断分野のアウトリーチ活動としての価値も高い。



図9 日本材料学会誌「材料」表紙

ナノ力学とインスピレーションの源泉

日本科学技術振興機構 さきがけ「ナノ力学」研究統括
京都大学 北 村 隆 行

ナノ力学特集号は3回目を迎えた。さきがけプロジェクトの研究者による解説として始まった本特集は、昨年にはCREST「ナノ力学」の若手研究者が加わり、今年はアドバイザーの先生方にも執筆していただけるまでになっている。材料の種類や対象とする現象を越えて、材料科学およびその力学の根本変革を先導する魁としての熱意に溢れており、論文総数は39件に達した。著者および関係者の方々のご尽力に深く感謝している。

萌芽の方向性は、量子力学や統計力学の導入、現象モデルのスケール間の相互作用や連結性、複雑現象の境界条件の考え方、多彩な材料機能の相互作用、実験計測や解析の先進手法などであり、新機軸に基づく発展の端緒は羨むばかりの可能性である。昨夏に開催した合同研究会においてCRESTの若手中堅研究者からも大きな熱量を浴びて、広々とした材料科学と力学の協働世界に喜びを感じた。ここで、若手のみならず中堅やシニアも熱気の輪に入っていることが基盤分野として大切なところである。

流が可能になった。入出力と微視組織を生のままでも話合っていては、相違ばかりが目についたに違いない。システムと考えることが共通基盤としての力学であり、材料を微小な多数要素からなるシステムと理解するのが材料力学、と私は考えている。これは、イメージとしては材料科学集合と力学集合の積集合ではない。材料科学研究者はその研究対象の中に力学を内包する、力学研究者は材料科学を内包するイメージを持ちつつ、自他の研究を交換することが、インスピレーションを産み出す。

さて、“新知識へのアプローチ（一歩外へ）にはインフラとして何が必要なのだろうか？”

元来、新しい方向性や熱意は上滑りしやすい一面がある。魅力的な新語にとらわれたり、気の利いたストーリーに幻惑されたりして、学術知識の獲得行動が弱くなってしまうことが懸念される。一歩外へ出て分野形成・開拓に取り組む場合には、地に足をつけるために時間をかけた詳細な議論が必須である。それは、恩師の研究室に在

図 10 研究総括による巻頭言例

第一原理機械学習手法によるナノ異材界面の力学挙動の解明

松中大介^{*,**}

Elucidation of Mechanical Properties of Nano-Scale Interfaces by First-Principles Machine-Learning Calculations

by

Daisuke MATSUNAKA^{*,**}

Key words: Machine-learning interatomic potential, Interface, Artificial neural network, First-principles calculations

1 緒 言

系のサイズがナノスケールになるとマクロスケールとは異なる材料特性が発現する場合がある。例えば、ナノスケールの結晶性固体材料において初期に内在する欠陥の枯渇による強度の増加や転位の生成・運動に対する表面効果の増大などがある。一方で、マクロな材料特性が下位スケールでの物理現象に由来しており、多様な材料の振る舞いを理解するためにナノスケールの根源的なメカニズムを解明することも重要である。材料にとってナノスケールは原子論的描像の離散性が顕著になる空間的寸法であり、原子集団の挙動を支配する重要な要素が電子状態によって決定される原子間相互作用である。

異なる固体材料間の界面はナノスケールでの取り扱いが必要なものの一つである。界面をまたぐ方向の微小

が示されている^{3),4)}。

材料中でのナノスケールの力学挙動を解析する手法として、原子系の運動を物理法則に基づいて追跡する分子動力学法(MD)は強力である。原子に働く力を決定する原子間ポテンシャルはMDシミュレーションの結果を左右する重要な要素であるが、従来から用いられている経験的原子間ポテンシャルでは材料の化学結合の様式や物理モデルに基づいた関数形が採用されている。その関数形が妥当な範囲では高い精度を持つことになるが、異材界面では構成する組成が変化して固有の電子状態が生じており、単純な関数形に固定された従来のタイプの原子間ポテンシャルでは精度向上や適用対象の拡張に限界がある。一方で、機械学習の技術を導入して原子間ポテンシャルを開発する試みが近年注目を集めており多くの研究がなされている。表面系や固体電解質など

図 11 研究者投稿例

表 18 学会等アウトリーチ活動

日 付	名 称	場 所	講演者/執筆者
2019/11/2	日本機械学会 M&M2019 材料力学 カンファレンス さきがけ「ナ ノ力学」特別セッション	九州大学	北村研究総括 1 期生：近藤・多根・都留
2019/12/9	日本学術会議第 5 回理論応用力 学シンポジウム特別講演「ナノ 力学 CREST/さきがけプロジェ クト」	日本学術 会議講堂	北村研究総括
2021/1	日本金属学会会報「まてりあ」 vol. 60 No. 1	—	AD：志澤 1 期生：都留・中村・栃木
2021/9/16	日本機械学会 M&M2021 材料力学 カンファレンス さきがけ「ナ ノ力学」特別セッション	名古屋大 学	オーガナイザー：北村研究総括・ 荒井 AD 2 期生：市川・菊池・木村・塩澤・ 高橋
2021/10/13	日本材料学会第 7 回材料 WEEK 「次世代構造材料のマルチス ケール力学」委員会講演	京都テル サ	委員：志澤 AD 1 期生：多根・稲邑・都留
2022/8	日本材料学会誌「材料」71 巻 8 号 解説記事	—	北村研究総括巻頭言 1 期生：垂水・都留・畝山 2 期生：柴田・市川・菊池
2022/9	日本材料学会誌「材料」71 巻 9 号 解説記事	—	1 期生：稲邑・中村・鈴木・篠崎・ 三輪 2 期生：木村・中島
2023/8	日本材料学会誌「材料」72 巻 8 号 解説記事	—	北村研究総括巻頭言 1 期生：近藤・栃木 2 期生：楽 3 期生：加藤・雷
2023/9	日本材料学会誌「材料」72 巻 9 号 解説記事	—	1 期生：多根 2 期生：伊藤・中田
2024/8	日本材料学会誌「材料」73 巻 8 号 解説記事	—	北村研究総括巻頭言・田中 AD 2 期生：高橋 3 期生：松中・南谷・譚田・柴沼
2024/9	日本材料学会誌「材料」73 巻 9 号 解説記事	—	平山 AD 2 期生：塩澤 3 期生：大塚・石田・玉手

⑤ 公開シンポジウム

領域外研究者や企業技術者等への成果展開、研究交流を促進することを目的に、1 期生、2 期生、3 期生の研究成果発表会として 3 年連続開催した。いずれも多く参加者があり、盛況であった。

表 19 公開シンポジウム

年月日	名 称	場 所	内 容	登録者数
2022/10/22 ～23	第1回CREST/さきがけ 公開シンポジウム	AP 西新宿	1 期生（11 名）成果 発表会	198 名
2023/11/25 ～26	第2回CREST/さきがけ 公開シンポジウム	AP 西新宿	2 期生（10 名）成果 発表会	152 名
2024/12/14	第3回さきがけ公開シ ンポジウム	AP 市ヶ谷	3 期生（10 名）成果 発表会	74 名

⑥ さきがけ研究終了後の展開

研究終了後においても、多くの次期プロジェクトへの採択、受賞、論文、特許など、継続して活発な活動が続いている。

ここでは、多数ある中の代表的な数例を示す。

次期プロジェクトの例

- ・ JST 創発的研究支援事業採択者：都留研究者（1 期生）、木村研究者（2 期生）、中島研究者（2 期生）、柴沼研究者（3 期生）、南谷研究者（3 期生）
- ・ JSPS 科学研究費補助金 学術変革領域研究(B)
篠崎研究者（1 期生：無機材料）、中島（2 期生：ゲル）、菊池（2 期生：金属）、加藤（3 期生：ポリマー）の 4 人による材料を越えたプロジェクト

受賞の例

- ・ ICG Prize in Memory of Prof. Vittorio Gottard 2024：篠崎研究者（1 期生）：図 12

ICG Prize in Memory of Prof. Vittorio Gottardi 2024 受賞

産業技術総合研究所 篠崎健二

- ◆ ガラスの分野で卓越した業績を上げた 40 歳以下の若手研究者に毎年 1 人授与される賞
- ◆ 授賞母体: International Commission on Glass (国際ガラス委員会)
- ◆ 分野等の概要説明: ナノスケールの不均一性設計による新規ガラス・ガラスセラミックスの開発に関する業績が認められ受賞



図 12 篠崎研究者受賞概要

6. 研究領域としての戦略目標の達成状況について

他の材料における知見、先進的実験観察およびシミュレーション方法、力学理論解析の進展を共有できたことにより、優れた成果を得ることができた。以下に典型的なものとして、材料学の観点からの進展例（1期生、篠崎研究者によるガラスの強靱化）、複雑現象に対する微視観察と材料開発例（2期生、伊藤研究者による潤滑現象）、力学的解析法の進展と強度メカニズムの解明例（3期生、南谷研究者）を示す。

ナノスケールの組成ゆらぎ設計による超低脆性ガラスの創製

産業技術総合研究所 篠崎健二

研究概要:

ガラスの脆さは均質で単純弾性体であることに由来する。ガラスの脆さを解決するため、ガラスの組成などの力学的特性の異なるゆらぎ・不均一をナノからサブミクロンのスケールで設計する新規アプローチを行い、その学理構築のための研究を行った。

研究成果とインパクト:

ガラスの脆さは均質で単純弾性体であることに由来する。本研究ではナノスケールからサブミクロンスケールのガラスの力学的不均質を設計することで、従来のガラスの力学特性の限界にブレークスルーをもたらし、飛躍的な靱性向上を実現した。

今後の展開:

さきがけでの研究成果を積極的に展開し、企業との共同研究や、新しい学術として科研費学術変革(B)採択などにつなげている。今後、学術と社会実装の両面で研究を進め、さらなる性能向上と大面積のバルクを合成する手法を確立し、早期の社会実装を目指す。

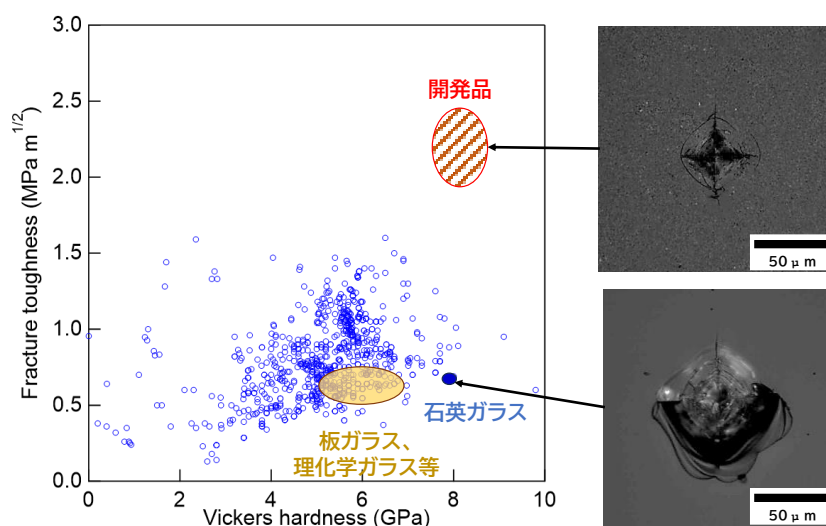


図. 国際ガラスデータベース INTERGLAD®によりサーベイした様々なガラスの硬さと破壊靱性の関係に開発品の物性をプロット。右図にダイヤモンド圧子を押し込んだ時に生じるき裂が抑制される様子の顕微鏡像を示す。

図 13 篠崎研究者成果概要

界面相互作用計測による高分子境界膜の潤滑機構解明

伊藤 伸太郎(名古屋大学・准教授)

研究概要:

CO₂の削減目標の達成において、潤滑技術の発展は不可欠である。研究代表者は、高分子境界膜の潤滑機構を解明して、「超潤滑技術(摩擦係数0.01以下)」の実用化を目指している。本課題ではその基盤的計測法として、ナノ力学計測、中性子線を用いた界面ナノ構造計測、X線反射率計測法による摩擦面のその場観察を達成した。これらの成果に基づき、ナノスケールの力学物性と構造の相関に着目して、多角的かつ階層的な潤滑現象の解明を進めた。

研究成果とインパクト:

高分子境界膜の厚さはナノメートルオーダー(ナノ薄膜)である。独自開発のナノ力学計測法により、その力学物性を定量化して、摩擦特性との相関を明らかにした。またナノ薄膜の界面構造を中性子反射率計測で明らかにし、膜が二層構造を形成する場合に潤滑性と耐摩耗性能が向上することを発見した。これらの成果は、従来の境界潤滑や流体潤滑とは原理が異なる新しい潤滑技術の確立に繋がるものである。

今後の展開:

これまでに構築した計測法を駆使して、分子設計に基づく高分子境界膜の最適化を実現し、超潤滑技術の実用化を目指す。高分子の多様な特性を活かして、摩擦特性だけでなく電気特性や環境負荷を考慮に入れた潤滑設計により、電気自動車やスマートモビリティでの社会実装に挑戦する。さらなる現象解明や実証実験にあたっては、NEDOやCRESTへの応募および関連企業との共同研究を積極的に検討する。

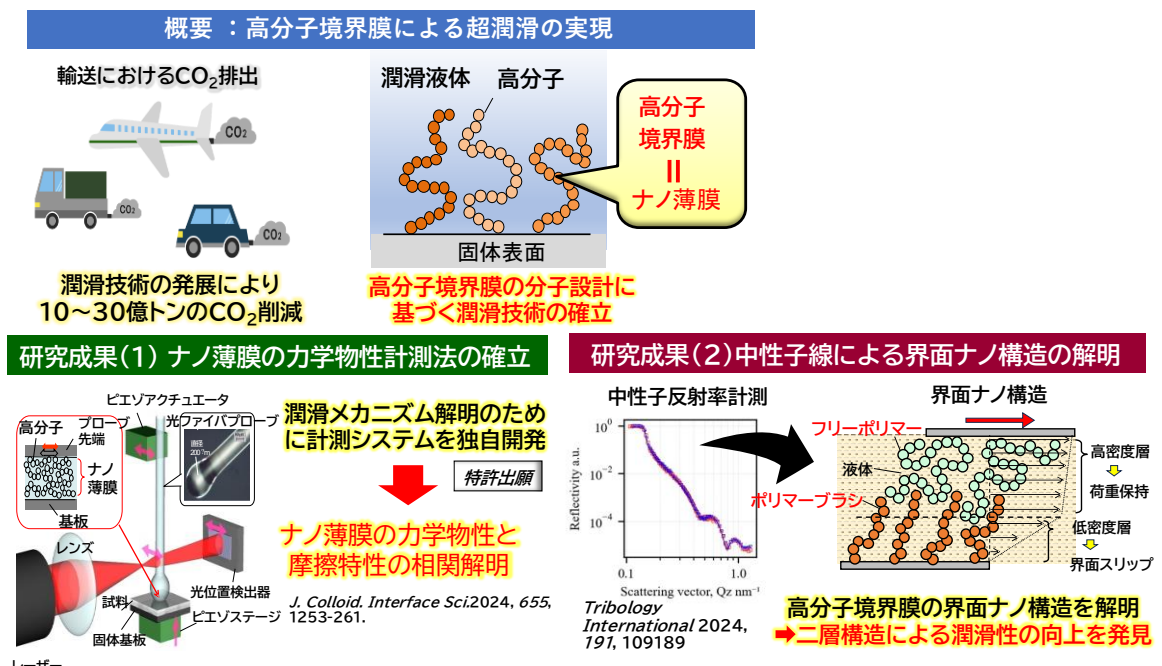


図 14 伊藤研究者成果概要

構造トポロジー情報を応用した靱やかな機械学習力場の構築

南谷英美(大阪大学産業科学研究所・教授)

研究概要:

乱れた構造の特徴を、数学のトポロジーの考え方に基づいたデータ解析手法の一つ、パーシステントホモロジーによって捉えることに着目した。機械学習を応用したシミュレーション技術と結びつけることで、アモルファスにおける構造と特性の相関を捉えること、高効率な物性予測を実現した。

研究成果とインパクト:

パーシステントホモロジーの計算結果からアモルファス Siの熱伝導率やアモルファス Cのポテンシャルエネルギーを予測する機械学習モデルの構築に成功した。特に、前者においては、アモルファスにおける長年の謎であった中距離秩序と構造と物性の相関が明らかになり、物質科学に広くインパクトを与えた。

今後の展開:

現在、アモルファスの力学特性への展開を進めており、論文投稿中である。次のテーマとしては塑性変形などの材料力学として重要な破壊プロセスへの応用と、多元素系への拡張のためのより高度なパーシステントホモロジー理論の応用を予定している。産業界からも成果が注目され、企業との共同研究にもつながっている。

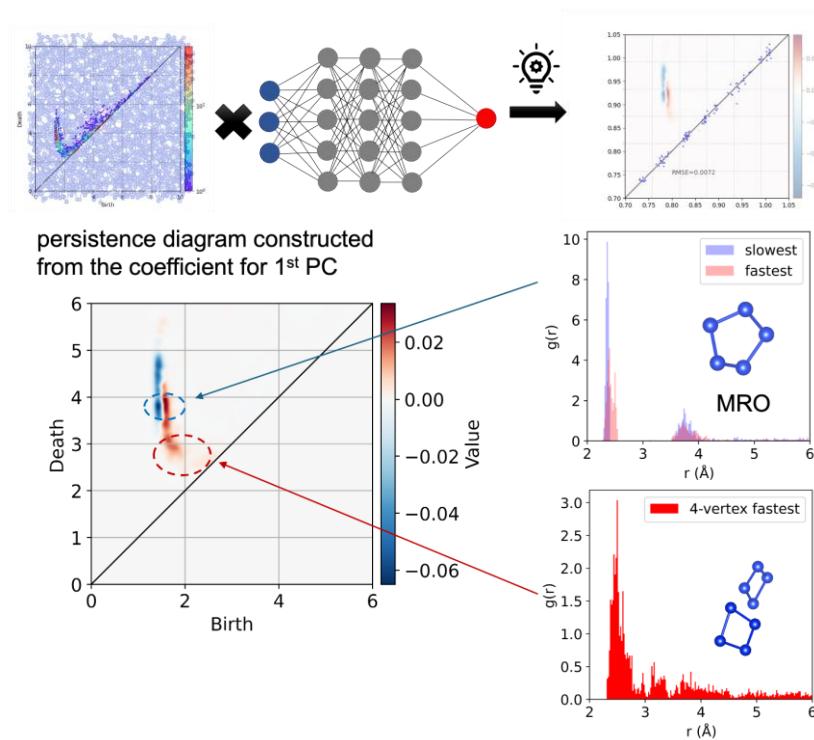


図 15 南谷研究者成果概要

7. 総合所見

(1) 研究領域のマネジメント

レベルの高い研究者が集うさきがけにおける指導は、

- ・アドバイザーの効果的なアドバイスを活かしながら研究総括が根気よく各研究者の状況に合ったコミュニケーションを行うこと、
 - ・根本的な研究発想まで掘り下げた研究者間の議論を引き出すこと、
- が最も大切と考えた。

そこで、サイトビジットにおけるほぼ時間無制限の実質的濃密な議論より、「考え方：研究思想」まで掘り下げた研究指導を行った。また、必要に応じてリモートや電話で個別指導を行うなど、時間と労力を惜しまないマネジメントを心がけた。これによって、本来地力のある採択研究者が順調に成果をあげることができたと考えている。

さらに、徹底討論会は他の研究者の研究思想の理解を目標に、討議に「質問義務」や「素人質問時間」を設定するなどの工夫をいくつも織り込むことによって実質的・有用な意思疎通が可能となった。これも、労力と時間を惜しまないことが大切であった。

一連の活動によって、分野を越える本質的な理解への融合効果があった。ひとつの例として数理解析を主とする柴沼研究員（3期生）の共同研究の状況を図16に示す。これは、自主研究会によるものではないハブスポーク型共同研究である。1、2期生を含めて多くの研究員と多様な材料や現象について共同研究を行っている。

これらは、モットーであった、「力学の追求」、「研究者個々のバックボーン強化」、「一歩外への積極性」の取組が功を奏したと考えている。

さががけを契機とした共同研究（柴沼一樹 3期生）



図 16 さががけを契機とした共同研究例

(2) 研究領域としての戦略目標の達成状況

本戦略目標では、ナノスケール動的挙動の解析・評価を通じて力学特性の発現機構を解明するための研究を推進し、マクロスケールの力学特性を制御するための指針を獲得することを目指し、

- ①力学特性の支配因子と作用機構の解明
- ②動的ナノスケール評価技術の確立
- ③新たな力学機能につながる材料設計指針の確立

を中心課題としてきた。研究者ごとに対象とする材料強度現象が異なっているため、各個人によって①と②についての重点度合いは異なっているが、各個人の研究課題はほぼ目的を達成している。それを基に③の指針は確立されている。

多くの研究者が材料の力学機能の研究成果に基づいて新たな設計指針を開拓してくれたことによって、日本の材料力学に新たな分野を切り拓くことが出来た。戦略目標の達成についても十分に実現できた。

なお、現代の設計学においては、体系的に対象を選別・最適化する方法が求められる。とくに、実用面に関しては、その重要性が高くなる。本研究領域の研究においては、課題によって実用面との距離感は異なっている。距離の近いものは指針を越えて設計学としての体系的なアプローチに進んでおり、企業からも即戦能力を注目されている。

(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性

普遍性を追求する方向性をもつ「力学」を軸として、次の3つの「多様性」に関する材料機能の解明と発展を目指してきた。

- ・材料の多様性を越える
- ・現象の多様性を越える
- ・内部組織の多様性を越える

その根本は、原子・分子スケールに基づいてトランススケールを見ることにあった。ただし、開始時点の2019年においては、トランススケールによる材料設計指針は机上の空論というイメージであった。しかし、これらは力学機能に留まらず多くの材料機能の最重要な研究最前線となっており、本研究領域の研究者が力学を強力な軸として、このトレンドを先導している状況である。このことは本研究領域設定の意義の高さと妥当性の証左と考えている。

(4) 今後への期待、展望、課題

① 期待

材料、現象、内部組織の多様性を越える知的交流や共同研究が始まっている。また、終了前の現段階において、研究者からの要望を受けて来年度以降に全員対象の卒業領域会議の毎年開催を企画している。研究者間の自発的な交流によって、この分野がいっそう発展することを祈っている。

② 展望

(A) マルチスケール（トランススケール）のみならずマルチフィジックスへの本格展開

本課題は、主に固体の強度機能を中心に展開してきた。一方、力学は固体をベースにするものの他に熱や流体や固体運動学を対象とするものがある。また、化学反応や電磁気等の相互作用もある。もちろん、実際面で材料に要求される機能はこれらに広がっている。総合的な観点から力学を捉えた力学機能をその根源である原子・分子スケールから解明する方向性は共通しているが、対象現象を拡大した研究課題が大切となろう。

(B) 複雑性の合理的な理解と材料の系統的な設計法への展開

材料の多様な機能の根源が内部の微視組織にあることは、よく知られている。現時点では複雑と見える内部組織を統一的に理解する（秩序を見つける）方向の研究が大切である。力学に関する数理解析と材料の知識の普遍的な融合する学理への発展が必要な分野である。これは、材料開発のブレークスルーになる可能性があり、その学理に基づく最適化法による系統的な材料設計法を導くことになろう。

(C) 極限環境材料開発への展開

超高温、超高压、水素雰囲気などの外的な環境条件に対する強度を持つ材料開発のみならず、それを利用した新奇材料特性の獲得も考えられる。また、通常的环境条件ではあっても過去の材料とは異なる性質（例えば、超長寿命）を発現する超高耐久材料なども、環境負荷

や実用範囲の拡張の観点からは極限材料の範疇であろう。

③ 課題

3 つの多様性を越えることは、上述(A) (B) (C)に共通した課題である。ここで、本さがけで実があがったような、分野を越える視点としての力学の総合的理解が不可欠である。これについては、力学を専門とする研究者においても不十分な点が少なくないため、今後の努力が必須である。

(5) 所感

力学や数学などの横断分野の活用が、新規材料開発に新たな視点を与えてくれる。その意味で本研究領域の視点の「新鮮さ」は目を見張るものがあった。一方、多くの分野を横断する研究者をチームとして纏めることは、並大抵ではないことも実感している。既存の対象学術が幾つにも分かれているため、アドバイザーと個人研究者群を束ねる研究総括に大きな負担がかかる。プレイングマネージャーでは困難な面が多く、分野の統括運営に専任できる人材の育成が必須である。とくに、優れた若手研究者を集めるさがけにおいては、労力と時間を惜しまないコーチング（スポーツでは、一流選手であってもコーチを雇ってその意見や示唆に耳を傾けて、能力を一層上昇させる）についての理解が大切である。

さがけは、分野を越えた交流によって狭い了見に陥りがちな若手・中堅研究者に広い視野と研究思想をもたらす素晴らしいプロジェクトである。私自身が「若い時代にさがけを獲得していれば、研究者人生が変わっただろう」と思い、本研究領域の研究者を羨ましく感じたことも再々あった。今後の継続発展を心から祈っている。

最後になったが、JST の支援体制はとても優れていた。心より感謝申し上げる。とくに、本研究領域担当一同には事務等の多くのことについて懇切に助けていただいたことを記して謝意を表す。

以上