

○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」の下の研究領域

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

研究総括：伊藤 耕三（東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授）

#### 研究領域の概要

本研究領域は、材料技術の発展により、持続可能で新たな産業が創出される社会の実現に資するため、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を見出し、その作用機構の解明を行うとともに、新たな力学特性を有する革新的力学機能材料の設計指針を創出することを目指します。具体的な研究分野としては、金属材料、無機材料、有機材料、およびそれらの複合材料などの各種材料において、マクロな力学特性とナノスケール動的挙動の相関に基づき、接着・摩擦・摩耗・劣化・破壊等の作用機構や新たな力学特性について解明することに加え、そのために必要なナノスケールの動的挙動や化学変化等を可視化するためのその場計測・マルチシミュレーション技術等の開発なども対象とします。これら各種研究分野の複合的な連携や、金属材料、無機材料、有機材料、複合材料などの各種材料で得られた知見を融合することによって、これまで未解明であった各種材料における力学特性発現機構の解明や特定の材料に依存しない共通的な学理を構築するとともに、トレードオフ関係にある力学特性を両立する材料や新たな力学機能をもつ材料の設計指針の創出に取り組みます。

またすでにご案内の通り、今年度（2020年度）は、フランス国立研究機構（ANR）との共同公募を実施します。

#### 募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

##### 1. 背景

わが国の輸出品目の上位は、素材産業および機械産業などが占めており、具体的には自動車およびその部品、半導体をはじめとする電子部品、鉄鋼、原動機、プラスチック、有機化合物などがあげられます。持続可能な社会の実現が求められている中、素材産業や機械産業に対する高機能化などの要求が高まっていますが、電子デバイスではムーアの法則の限界が見え始めているなど、従来の設計コンセプトの限界が各分野で顕在化してきています。このような中、社会的な要望に応えるための高性能・高機能な材料開発や、機能発現メカニズムの本質的な理解を通じた材料の物性、例えば、余寿命などを精密に予測する新しいサイエンスを構築し、材料イノベーションを通じて従来の機械機器設計に革新を起こすための道筋を示していく必要があります。そのためには、現象論的なマクロ特性の解析のみならず、

ナノスケールにまで立ち返って 詳細な力学特性の発現機構を解明することが急務であると考えられます。しかしながら現状では、機械工学などのマクロスケール現象を取り扱う研究者と、化学や物理などのナノスケール現象を取り扱う研究者が同じ目標に向かって協働することが少なく、研究が進展しているとは言えない状況にあります。そこで本領域においては、空間・時間のスケールや材料種の枠を超えた研究開発を推進することを目指します。

## 2. 募集・選考の方針

### (1) 基本方針

本研究領域では、金属材料、無機材料、有機材料、複合材料などの各種材料において蓄積された知見を融合することにより、特定の材料に対する研究の深化および特定の材料に依存しない学理の構築を目指します。そのため、材料の種類にとらわれず幅広い分野を対象とします。ただしどのような材料種においても、ナノスケールの現象解明に留まらず、ナノスケールのダイナミクスや動きがマクロと繋がり、マクロスケールの特性を支配する要因をナノスケールの動的挙動から理解・解明することを目指した研究を推進します。そのため、提案においても、ナノスケールとマクロスケールを繋げるための研究計画および戦略について示してください。

### (2) 想定する研究分野

#### ア ナノスケール-マクロスケール力学特性の支配因子と作用機構の解明

(ア) ナノスケールにおける原子・分子の動的挙動とマクロな力学特性の相関の解明

(イ) 摩擦・摩耗・接着・接合・剥離・劣化・自己修復等の各種力学現象の裏側に潜むナノ構造の変化やダイナミクス、化学反応等の支配因子の解明

(ウ) これまで経験則であった材料の力学特性向上に関する学理・理論体系の構築

#### イ ナノスケールにおける動的挙動計測・評価・シミュレーション技術の創出

(ア) ナノスケールの動的挙動や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

(イ) 非平衡・散逸・非定常状態における、ナノスケールからマクロスケールを繋ぐマルチスケール計測・シミュレーション技術

#### ウ 新たな力学機能の実現につながる材料設計指針の創出

(ア) 力学特性のトレードオフを打破する材料設計指針の確立

(イ) 力学特性の支配因子の可視化技術や自己修復機能等を利用した、これまでにない革新的な力学機能材料の設計指針の確立

今回ウに示す材料設計指針の創出には、アやイに示すような新たな機構解明、計測・評価

技術に裏付けられた、理論的な根拠に基づく指針の創出を推奨します。

### (3) 研究実施体制について

提案にあたっては、各種材料における力学特性発現機構の解明やナノスケールにおける動的挙動計測・評価技術の創出、革新的力学機能材料の設計指針を創出するといった本研究領域の目標を達成するため、研究提案の実現に向けた最適な研究チームを編成してください。

例えば、特定の材料における実験・解析・理論が連携した研究チームや、ある力学現象の解明に向けた金属材料、有機材料等の材料をまたぐ研究チーム、幅広い材料・力学現象に適用可能な基盤的な計測・シミュレーションを行う研究チームなどが考えられます。特定の材料に限定されない共通の学理の構築や、既存の特定の分野の研究では成し遂げられない研究テーマなど、分野横断的な提案を推奨します。

### (4) 選考方針

ア ナノスケールとマクロスケールをつなぐための斬新かつ独創的な戦略が明記されていること。

イ 研究のアウトプットである「材料設計の指針」が提案書から読み取れ、目標が具体的に絞り込まれていること。

ウ 目標が達成された場合の学術的または社会的価値が大きいこと。

エ 提案の中で異なる領域が有機的に連携していること。

オ 挑戦的、魅力的かつ斬新な提案であること。申請者の従来の研究の単なる延長でないこと。

カ 研究期間の後半では、企業による産業適用性の検証を受けることになるが、その可能性があること。

## 3. 研究期間と研究費

当初研究費は1課題あたり、総額3億円(直接経費)を上限とします。研究期間は2020年度から2025年度(5年半以内)とします。また、フランスANRとの共同提案においても、ANR側の予算規模にかかわらずCRESTの基準で応募してください。

## 4. 領域の運営方針

本領域では、特定の材料におけるナノスケールとマクロスケールの統合的理解の推進のみならず、異なる材料間における、各種研究分野の連携も推奨しています。領域内のみならず、同じ戦略目標の下に実施する、さきがけ「力学機能のナノエンジニアリング」を始めとする、領域外との連携によるコミュニティ作りを積極的に行い、異分野融合による現象解明に向けた研究の深化や異なる材料間での共通学理創出を期待しています。

また、研究期間後半には、企業の協力も仰ぎながら、本領域で解明された力学特性の支配因子と作用機構の汎用性、創出された計測・評価技術や材料設計指針の産業適用性の検証についても本来の基礎研究と同時に積極的に進めたいと考えています。例えば、企業などから出てきた力学特性の具体的な課題について、複数の研究チームに協働してもらい、前半で開発されたそれぞれの成果や基礎的知見を集中的に適用することで、力学機能材料のイノベーションにつながるようなブレークスルーが短期間で達成されることを期待しています。そのため、他の研究分野との連携等が有用であると認められる場合、研究総括より共同研究の推進やチーム体制の見直しなど、研究計画の変更をお願いすることがあります。ただし、日仏共同プロジェクトの場合、フランス側の研究計画変更には ANR の承認が必要となります。詳細は応募 HP にて、ご確認ください。