

CREST

# トポロジカル材料科学に基づく革新的 機能を有する材料・デバイスの創出

研究総括

上田 正仁

東京大学 大学院理学系研究科 教授

2019年 4月15日



科学技術振興機構

# アジェンダ

---

## ■はじめに

- 背景と戦略目標、領域概要

## ■想定する研究分野

## ■選考方針

- 基本方針
- 成果イメージ
- 研究実施に係る体制や規模

## ■領域運営方針

## ■まとめ

# 背景

## Society5.0が目指す超スマート社会

- 高度な画像処理技術など  
高性能情報処理技術
- 高性能センサ技術

## 従来のシリコンCMOS技術

- 「Mooreの法則」の終焉
- 性能向上の限界



トポロジカル材料に着目し、革新的デバイスを創出

新たな価値の創造や新たな市場の創出等に繋げる

# 平成30年度戦略目標

## トポロジカル材料科学の構築による革新的材料・デバイスの創出

### (達成目標)

- トポロジカル材料科学の理論体系の構築
- トポロジカル材料の設計、創製、計測・評価技術の創出
- トポロジカル材料を応用した革新的デバイスの創出

# 領域概要

- 連続変形に対する不変性に着目した新たな物質観であるトポロジーに着目
- 新規な機能発現に関する現象の解明、新規機能・新原理・新規構造に基づいた材料・デバイスの創出
- 既存の技術では実現できない革新的機能を有する材料・デバイスの創出
- 結晶成長技術、構造や物性の解明と制御のための計測・解析、加工プロセス技術、部素材・デバイス設計技術等の技術基盤の創出やこれらに関する基礎学理の構築

# 想定する研究分野

## (1) トポロジカル材料の理論体系構築

- 新たなトポロジカル相の探索とその理論の構築
- マヨラナ粒子など物質中の準粒子の発見
- フォトニクス材料やソフトマターへの展開も対象
- 材料物性の基盤となるバンド理論、第一原理計算、分子動力学
- 量子力学や相対性理論とトポロジカルな概念の融合
- 新たな量子物性理論の確立
- 統一的な数学理論による分野融合の材料科学の構築も対象

## (2) トポロジカル材料の設計、創製、計測・評価技術の創出

- 原子レベルの分解能を有する新規分析技術・評価技術などの計測技術
- 原子層レベルの結晶成長、ヘテロ構造積層、原子レベル界面制御、ナノ加工・接合技術などの加工技術
- トポロジカル材料の探索・創製を目的とした機械学習などのマテリアルズインフォマティクスの活用も奨励

# 想定する研究分野

## (3) トポロジカル材料を応用した革新的デバイスの創出

- トポロジカル絶縁体を用いた超低消費電力電子デバイス
- トポロジカル超伝導体のマヨラナ粒子を用いた量子コンピューティング法の開発と設計
- トポロジカル量子材料に基づく新規量子電子デバイスの創製
- スキルミオンを用いた超高密度データ記録デバイスや医療用超高感度磁気センサ
- トポロジカル磁性材料に基づく新規磁気デバイスの創製
- トポロジカル光学構造による単一方向伝搬光導波路
- 光遅延技術を用いた光メモリデバイス
- 低損失高速通信技術
- トポロジカル光学材料に基づく新規光学デバイスの創製
- トポロジカル高分子材料による超弾性素材や新規ソフトマターなどの創製

**以上は例に過ぎません。独創的で革新的なアイデアを募集します**

# 想定する研究分野

## 重要なポイント

(1)の理論体系構築と、(2)の材料探索、加工・計測技術を有機的に繋ぎ(3)の**革新的デバイス創出**において、**従来技術では実現できないどのような機能を狙い社会的課題に貢献するのか**について、明確な記述をお願いいたします。

**従来の研究の単純な延長ではない、分野横断的で革新的なアイデア**を高く評価します。



# 選考方針

## 基本方針

- 本研究領域では、確固たるサイエンスに基づいた原理追究や指導原理の確立を基軸として、提案された新技術のシーズによりどのような革新的デバイスの創出を目指すのかを意識
- 「なぜ、このトポロジカル材料でなければならないのか」というこだわりをエビデンスベースで明確に
- エビデンスに基づく新たな切り口やアイデアの提案を幅広く歓迎
- 研究開始当初は必ずしも十分なデバイスイメージが明確化されなくても、研究開始から3年後程度には目指すべきデバイスがある程度設定
- そのために必要な最低限の条件はクリアできていることを目標

# 選考方針

## 成果イメージ

- 超スマート社会では高性能計算機能力や低消費電力動作の強い要求
- 新たな機能を実現する革新的デバイスにも大きな期待
- シリコンCMOS技術では実現できないどのような機能を活用する事でエネルギー問題や超スマート社会に資するのか、明確に
- 採択に当たってはベンチマークの記載も重要視
- 想定するデバイスについて、その想定達成時期に既存のデバイスや他の手法に比べて優れていると予想される点を明確に
- 提案する研究チームが既に達成している学術的成果などから世界的な標準に照らし合わせて十分に優位に立って研究を遂行できると思われる点など客観的に記載

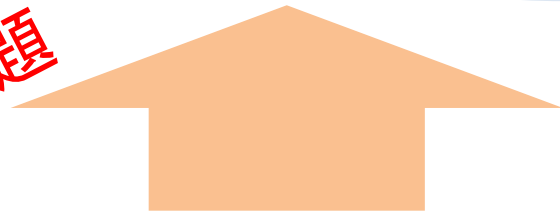
# 選考方針

世の中の課題

Society5.0 超スマート社会

高性能計算機能力、低消費電力動作

CREST提案課題



既存技術や  
他の手法との  
ベンチマーク

どの様な機能により資するか、明確に

Seeds

加工技術

トポロジカル材料

評価技術

サイエンスに基づいた原理追究

こだわり 学術的成果

# 選考方針

## (3) 研究実施に係る体制や規模について

- 研究提案者自身の構想の実現に向けて、それを補完できる最適な研究チームを編成
- 参加メンバーの共同研究が生み出すCRESTならではの独創的な研究提案を高く評価
- 材料探索に当たってはマテリアルズインフォマティクスチームの参画を歓迎するが、**必須ではない**
- **単独グループ**によるチーム編成であっても、目的に沿うものであれば問題ない
- 関連する分野を今後**国際的かつ中長期的に先導**できる研究人材の活躍の場とすることを望む
- **21世紀の科学技術を切り拓こうという意欲**ある提案を期待

# 選考方針

## (3) 研究実施に係る体制や規模について

- 研究チームとしての取組をもちろん重視しつつも、**他との連携を十分に**
- 特に高額な製造加工装置などは、全国の**共用設備**(つくばイノベーションアリーナや文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム)**の利用**や関連研究室との共同研究を検討
- 研究領域としても、これらの**関連機関や団体との連携・協働**を促進
- 計上された予算項目およびその金額の合理性は採択における重要なポイント
  
- 研究期間は**5年半以内**
- 研究費総額は1課題あたり**3億5千万円を上限**

# 領域運営方針

- 平成26年度発足のCREST「二次元機能性原子・分子薄膜の創製と利用に資する基盤技術の創出」、平成28年度発足のCREST「量子状態の高度な制御に基づく革新的量子技術基盤の創出」およびさきがけ「量子の状態制御と機能化」との連携を推進
- 効率的かつ効果的な領域運営を行い、多くの興味深くかつ意義深い研究構想が、本研究領域で取り込まれるようにしたい
- 国際化も重要であり、海外との共同研究を奨励すると同時に国際ワークショップ開催など国内外の関連コミュニティとの連携を推進

# 領域アドバイザー

	氏名	所属
総括	上田 正仁	東京大学 大学院理学系研究科 教授
アドバイザー	安藤 陽一	ケルン大学 物理学科 教授
	伊藤 耕三	東京大学 大学院新領域創成科学研究科 教授
	尾松 孝茂	千葉大学大学院工学研究院 教授
	川崎 雅司	東京大学 大学院工学系研究科 教授
	小磯 深幸	九州大学 マス・フォア・インダストリ研究所 教授
	富永 淳二	産業技術総合研究所 ナノエレクトロニクス研究部門 首席研究員
	中村 志保	東芝メモリ株式会社 メモリ技術研究所 フェロー
	前野 悦輝	京都大学 大学院理学研究科 教授
	村上 裕彦	株式会社アルバック 未来技術研究所 所長
	萬 伸一	理化学研究所 創発物性科学研究センター コーディネーター

# CREST「トポロジカル材料科学に基づく革新的機能を有する材料・デバイスの創出」研究領域 H30年度採択課題のポートフォリオ

		物質	原理	計測
エレクトロニクス スピントロニクス	量子ビット		<p>【特定課題調査】 東京大学 河東 泰之 教授 (55) トポロジカル理論構築</p>	 <b>東北大学 佐藤 宇史 教授 (43)</b> ナノスピ ARPES装置
	メモリ等	<p>東京工業大学 Pham Nam Hai 准教授 (38) スピン軌道トルクMRAM</p> 		
	センサ等		<p>東北大学 塚崎 敦 教授 (41) ホールセンサ、六方晶物質群 の新奇界面</p> 	
クス フォトニ	光素子	<p>物質材料研究機構 胡 暁 MANA主任研究 者 (56) トポロジカルレーザ</p> 		
高分子	構造材料等			

応募総数 42件



# まとめ

---

- 従来技術では実現できない**どのような機能を狙い社会的課題に貢献するのか**について、明確な記述をお願いいたします。
- **従来の研究の単純な延長ではない、分野横断的で革新的なアイデア**を高く評価します。
- **21世紀の科学技術を切り拓こうという意欲ある提案**を期待します。