

○戦略目標「情報担体と新デバイス」の下の研究領域

## 情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム

研究総括：若林 整 （東京工業大学 工学院 教授）

### 研究領域の概要

本研究領域は、デバイス内で情報の鍵を握る「情報担体」の特性を活用した高性能・高機能デバイスを創出し、さらにこれらを集積化・システム化することにより社会実装可能な情報システム基盤技術を創成します。超スマート社会やさらにその先の次世代情報化社会を実現するには、情報処理を担うデバイスやシステムのさらなる高度化が不可欠です。一方で、CMOS の微細化に代表される従来のエレクトロニクスでは情報処理能力向上に限界が見え始めており、限界を突破するための新しい材料・デバイス技術やそれらをシステム化するための革新的な基盤技術が求められています。

そこで本研究領域では、デバイス内での情報処理の鍵となる情報担体に着目します。ここで情報担体とは、状態変数として定義される情報を表す物理量や物理系のネットワーク構造・分子構造等、広く情報を担い得る自由度を包含した概念とします。本研究領域では、多くの既存デバイスで情報担体の役割を果たしている電荷に限らず、スピン状態や分子構造、物質相変化、量子、構造ネットワークといった情報を担いうるあらゆる情報担体を対象とします。情報の取得、変換、記憶、演算、伝達、出力等のデバイス機能の根幹をなす多様な情報担体を深く掘り下げ、かつ高度に利用することによって革新的なデバイスを創出します。さらに社会実装可能なシステム構築へと導くため、単体デバイスによる機能発現にとどまらず、集積化・システム化を行うことにより、回路・アーキテクチャ・システム・アプリケーションレイヤーとの協働を進め、革新的な情報システム基盤のイノベーションを目指します。特に本研究領域では、個人のアイデアにもとづいた挑戦的な材料・デバイス・システムの基礎研究に注力します。

### 募集・選考・領域運営にあたっての研究総括の方針

#### 1. 背景

あらゆるモノやヒトがネットワークでつながり、今までにない新たな価値を生み出す Society5.0 の実現に向けて、フィジカル空間（物理空間）とサイバー空間（仮想空間）との密接な結合が求められています。さらなる結合の進展には、フィジカル空間の多様な情報を幅広く収集し、高度な情報処理による価値抽出や、フィジカル空間への物理的なフィードバック手法の開拓が必要となります。つまり、フィジカル空間とサイバー空間を結合した CPS

(サイバーフィジカルシステム)を構築するために、基盤となる各種デバイスの性能向上や新たな機能開拓、インターフェイスの多様化などが求められます。

また、情報システムの進化を支えてきた半導体デバイスの二次元微細化・低コスト化技術は限界も見え始めており、従来の情報処理システムやそこに用いられる材料・デバイス・回路集積・アーキテクチャなどの質的な転換、新たな概念や基盤技術の創出、それらを支える学理の構築が必要になると考えられます。

## 2. 募集・選考の方針

そこで本研究領域では、デバイスにおける情報処理の鍵となる情報担体に注目し、情報担体の特性を最大限に引き出した革新的なデバイス創出と、その集積化・システム化による情報基盤技術の創成を掲げます。ここで情報担体とは、情報を発現しうる物理量・物理状態・物理現象等を広く意味するものとし、一般にデバイスは、情報担体を用いて情報を表現し、それらを操作することにより各種情報の処理や伝達を行います。従来の多くのデバイスにおいて情報担体は電荷であり、電荷を用いてビットやアナログ量を表現し、電荷を操作することで各種の情報処理を行っています。どのような情報担体を、どのような材料や構造でどのように集積化し、デバイスの機能や特性を引き出すのか、さらには、センシング、コンピューティング、アクチュエーション、通信、表示、エナジーハーベスティングといった異なる機能をどのように融合し、システムとしての効率性や性能を高めるのか、原理に立ち返りつつ、集積化・システム化までカバーし、情報システム基盤イノベーションに繋がりうる挑戦的な研究を募集します。特に電子、量子、スピン、イオン、物質相変化、素子構造、物理系ネットワーク構造などの多様な情報担体の活用法を探索し、それらを効果的に制御するデバイス動作原理、デバイス構造、回路構成、システムアーキテクチャ、またそれらの信頼性保証技術などを追求する独創的な提案を歓迎します。

本研究領域では、どのような情報担体やデバイス機能を対象とするかは問いません。電荷を情報担体としても構いません。また、研究提案のコアとなるブレークスルー技術は、情報担体そのものであっても、情報担体の特性を引き出すデバイス技術であっても、それらの集積化・システム化技術であっても構いません。特に、研究代表者の自由な発想に基づく独創的な提案を歓迎します。

以下に具体的な研究課題を例として示しますが、これらに限らず材料・デバイス・集積回路・アーキテクチャなど様々なレイヤーの立場や、物理学、化学、工学、生物学、情報科学、数理科学などの多彩な学問分野から、従来のエレクトロニクスや学問領域にとらわれない驚きのある研究提案を歓迎します。

### (1) 多様な情報担体の探索、およびその特性と機能に関する学理構築

・量子、スピン、イオン、分子構造、物質相変化、物理系ネットワーク構造等の特性を物理

的・数理的に理解し、情報担体の多様化を実現する研究

- ・情報担体を特徴づける、物質の組成、構造、物理量、状態変数等と、特定の環境下において発現する機能・現象の関係性について解明する研究

#### (2) 情報担体の制御手法確立と革新的デバイス動作原理の創出

- ・情報担体やその状態を把握・制御するために必要な計測技術、情報入出力技術、アルゴリズム等の開発
- ・電子・スピン・光・量子等の情報担体間で情報を高効率に相互変換する技術の開発
- ・情報担体の最適化による環境・生体などの外部情報を効率的に取得・変換・記憶・演算・伝達・出力等するデバイス動作原理の創出
- ・生体内の情報処理機能をデバイスとして具現化する研究

#### (3) 革新的デバイスの創出

- ・大規模なデータを高速かつ省エネルギーでリアルタイムに処理するデバイスの開発
- ・単一デバイス内において情報の取得・演算・制御を同時に実現するアクチュエータ等の自律型デバイス開発

### 3. 応募にあたっての留意点

提案にあたっては、解決したい社会課題や機能の目標を設定し、ボトルネックを明確にした上で、下記について明確に記述してください。また、その学術的・社会的意義を示してください。特に1.の「情報担体を明確に記述する」ことは大変重要なポイントです。

1. 情報担体：何が情報担体だと考え、従来の情報担体の情報表現・情報操作と何がどのように異なるのか？
2. 対象領域の設定と、独創技術の優位性
3. 既存技術とのベンチマーク
4. 研究終了時の達成目標とその後の社会実装イメージ

本研究領域では、革新的なデバイス創出に資する情報担体の原理や学理、制御手法などについて、独創的なアイデアやチャレンジングなテーマを期待します。そのためには、国際的な研究動向を明示し、従来の研究と比較した優位性・独創性を研究提案の中で明確にしてください。

さらに、さきがけ期間内での計画の達成は前提としつつ、近い未来での社会的課題への解決に資する応用への展望がされるような、新たなサイエンスの源流を開拓する意欲的な研究提案を期待します。また、個人研究という設定を踏まえつつも、将来の領域内外との共同研究体制を目指したビジョン設定を心がけて下さい。

#### 4. 領域運営の方針

本研究領域では、成果最大化や社会実装に向けた取り組みとして以下の運営方針を掲げます。

- ・同時期に開始される CREST「情報担体を活用した集積デバイス・システム」領域と緊密に連携して領域運営を行います。また、さきがけ領域内での積極的な共同研究を推奨します。

- ・領域主催イベントにより、各種レイヤー間の融合の機会を提供することを計画しています。

- ・社会実装を目指すには研究のチーム化と企業との連携が不可欠となりますので、研究開始後に知財やオープンイノベーションに関する研究推進ノウハウを共有する勉強会を実施し、さらに、外部の産学連携コンソーシアム等において研究進捗を紹介することで、産業界の方からの研究への関心を喚起し、企業連携を促進することを目指します。

#### 5. 研究期間および研究費

本研究領域の研究期間は 2022 年度から 2025 年度（3.5 年以内）とし、研究費は 1 課題あたり総額 4 千万円（直接経費）を上限とします。