

戦略的創造研究推進事業
—CREST(チーム型研究)—

研究領域

「情報担体を活用した
集積デバイス・システム」

研究領域中間評価用資料

研究総括：平本 俊郎

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
(3) 研究総括	1
(4) 採択研究課題・研究費.....	2
2. 研究総括のねらい.....	3
3. 研究課題の選考について.....	4
(1) 研究課題の選考方針.....	4
(2) 選考結果	6
4. 領域アドバイザーについて.....	8
5. 研究領域のマネジメントについて.....	9
(1) 領域会議	9
(2) サイトビジット	10
(3) 担当アドバイザー制.....	12
(4) さきがけ「情報担体」との連携.....	13
(5) 研究成果のアピール.....	14
① 大学見本市 2024 領域セミナー	14
② 日本光学会年次学術講演会 シンポジウム.....	15
③ CEATEC 2023	16
④ 第 24 回(令和 6 年度)山崎貞一賞受賞.....	16
6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について.....	17
(1) 研究課題「非古典スピン集積システム」齊藤チーム.....	17
(2) 研究課題「触覚の価値を創造する深化型マルチフィジックスセンシングシステム」高尾チーム	19
(3) 研究課題「極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム」三宅チーム	20
(4) 各チームの社会実装への道筋について.....	22
7. 総合所見	25
(1) 領域運営のマネジメント.....	25
(2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況.....	25
(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性.....	26
(4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題.....	26
(5) 所感、その他	26

1. 研究領域の概要

(1) 戦略目標

「情報担体と新デバイス」

(2) 研究領域

「情報担体を活用した集積デバイス・システム」(2020 年度発足)

(3) 研究総括

平本 俊郎 (東京大学生産技術研究所 教授)

上記詳細は、以下 URL をご参照ください。

国立研究開発法人科学技術振興機構(JST)公開資料「新規研究領域の事前評価」

<https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/index.html>

令和 2 年 (2020) 度新規研究領域の事前評価

https://www.jst.go.jp/kisoken/evaluation/before/hyouka_r2.pdf

(4) 採択研究課題・研究費

表 1 採択研究課題・研究費

採択年度	研究代表者	所属・役職 (採択時 ²)	研究課題	研究費 ¹ 百万円
2020 年度	齊藤 英治	東京大学・教授	非古典スピン集積システム	293 (290)
	高尾 英邦	香川大学・教授	触覚の価値を創造する深化型マルチ フィジックスセンシングシステム	309 (290)
	高木 信一	東京大学・教授	強誘電体分極と電荷の相互作用を利用した新デバイス・システム	302 (270)
	竹内 昌治	東京大学・教授	嗅覚受容体を活用したバイオハイブリッド匂いセンサ	316 (290)
	田中 雅光	名古屋大学・教授 (助教)	人工スピンで作る柔らかさ可変の担体による高エネルギー効率情報処理	291 (290)
	千葉 大地	大阪大学・教授	集積スピンスイバーフィジカルシステムの構築	310 (290)
2021 年度	小野 輝男	京都大学・教授	3次元磁気メモリの開発	306 (290)
	中塚 理	名古屋大学・教授	狭ギャップIV族混晶による赤外多帯域受発光集積デバイス	326 (290)
	納富 雅也	日本電信電話株式会社・センター長	空間・時間・波長自由度を活用する光電融合演算基盤の開発	293 (290)
	富士田 誠之	大阪大学・准教授	時空間分布制御テラヘルツ集積デバイスシステムの創成	308 (290)
	三宅 美博	東京科学大学(東京工業大学)・教授	極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム	319 (290)
2022 年度	香川 景一郎	静岡大学・教授	実世界をサブナノ秒光信号で見る電荷領域計算イメージセンサ	294 (290)
	好田 誠	東北大学・教授	波動性情報担体を用いた固体多重情報基盤の創出	308 (290)
	高橋 有紀子	物質・材料研究機構・センター長(グループリーダー)	サーマルマネージメント多値磁気記録システムの開発	304 (290)
	柳田 剛	東京大学・教授	固体テンプレート界面材料による堅牢な人工嗅覚デバイス	304 (290)
			総研究費	4,583 (4,330)

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 11 月 18 日現在)、括弧内は初期値

² 変更/異動のあった場合、採択時の情報を括弧つきで記載

予算配分にあたっては、所属機関等のバイアスを極力なくし、他の競争的資金制度と不合理な重複・過度な集中にあたらないかについても考慮した。また、研究期間中の予算見直しにおいては、サイトビジット・領域会議・年次報告・中間評価等の機会を活かし国際共同研究促進や進捗状況に応じた研究支援等、研究総括の判断により、「研究総括裁量経費」を必要に応じて柔軟に支援している。さらに CREST 全体の予算状況に応じて、研究の進捗に応じた予算の増額を行っている。

2. 研究総括のねらい

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する。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ある。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る。

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た。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する。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する。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

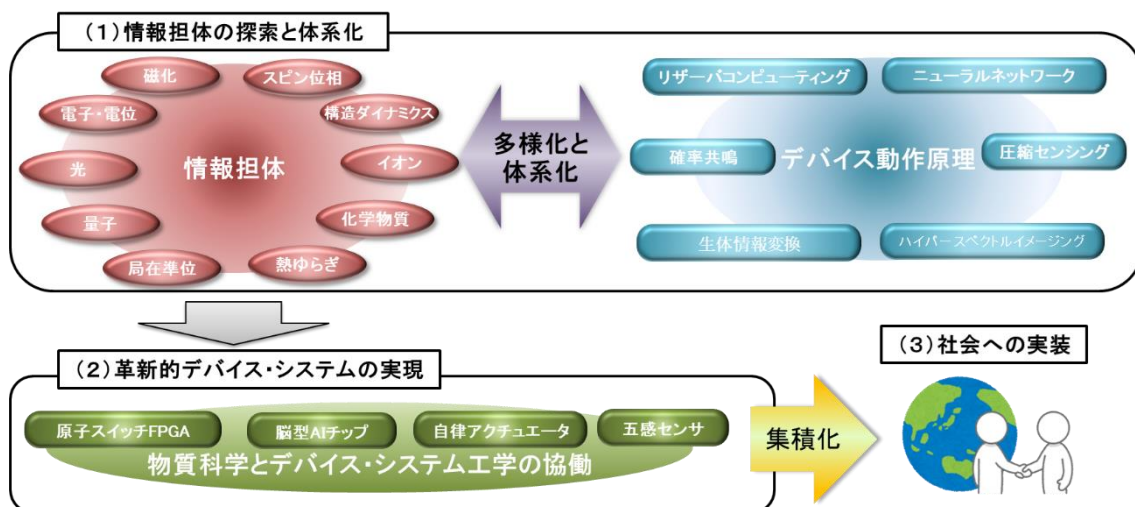


図1 本研究領域の狙い

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する。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す。

またこの過程で実現された省エネルギーでかつ高機能な革新的なデバイス・システムを社会実装することにより、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、サイバー空間(仮想空間)とフィジカル空間(物理空間)を効率的に密接に繋ぎ、次世代情報化社会の実現に寄与する。

3. 研究課題の選考について

(1) 研究課題の選考方針

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る。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る。つまり、フィジカル空間とサイバー空間を結合したサイバーフィジカルシステム(CPS)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る。また、情報システムの進化を支えてき

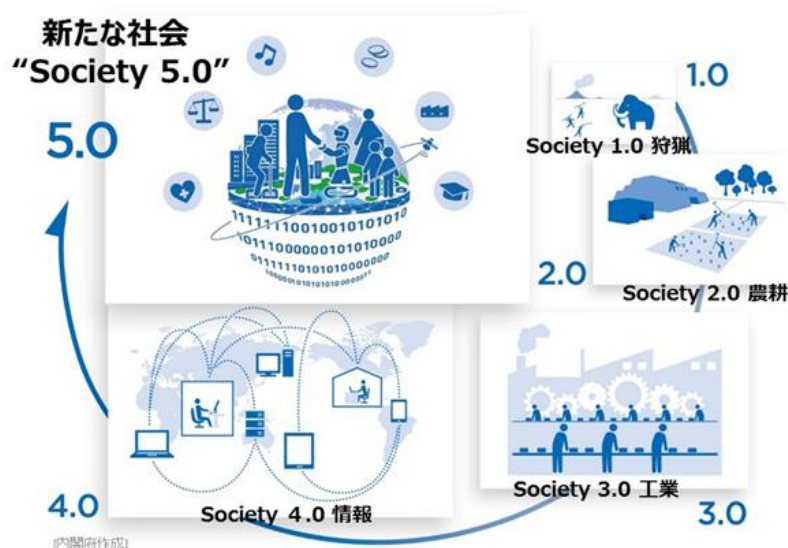


図 2 Society5.0

(内閣府 HP より : https://www8.cao.go.jp/cstp/society5_0/)

た半導体デバイスの2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る。

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た。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する。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う。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る。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た。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た。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指定しておらず、電荷を情報担体としても構わないこととした。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わないこととしている。ただし、単体デバイスにおける機能創出に留まる研究は対象とせず、必ず集積化あるいはシステム化まで研究期間内に発展しうる研究を対象とした。

情報担体やデバイス技術、集積化技術等をコアとしてシステム化まで関連分野を垂直統合し、CPSやIoT社会への貢献、環境エネルギー問題、超高齢化問題、安全・安心な生活の実現といった社会課題への貢献を目標とした提案を広く歓迎した。

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、下記について明確な記述及びその学術的・社会的意義を示すことを求めた。

1. 情報担体：何が情報担体で、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. デバイス技術およびその集積化技術：情報担体の特性を引き出すためにどのような材料でどのようなデバイスを構築・集積し、どのような機能を発現させるのか
3. システム化技術、あるいはすでに確立されている周辺技術との接続可能性
4. 既存技術との定量的なベンチマーク
5. 研究終了時の達成目標とその後の社会実装を目指す戦略

6. 研究終了時の実デバイス・実システムによるデモンストレーションの概要

本研究領域は、Society5.0などの次世代情報処理社会で活躍するデバイス・システムの創出を掲げており、研究開発体制としても材料・デバイス・システム・アプリケーションなど多様なレイヤーの有機的な融合を果たした提案を求めた。研究代表者においては、自身のチームのコア技術の価値を最大限に高めるよう、多様なレイヤーの共同研究者と連携してシナジー効果を生み出しうる研究開発体制を構築し、幅広い視点でマネジメントすることを強く期待した。この中には単にデバイス創出だけでなく、学理としての情報担体の深耕や、集積化・モジュール化・システム化への展開も広く含む。また、提案の成果が我が国の産業競争力の向上に資するよう知財戦略や適当な産業界との連携についても吟味した提案を望んだ。

研究終了後の成果展開戦略として、研究の最終フェーズで実デバイスによる機能実証の実施を必須とした。集積化した実デバイスによる新規機能のデモンストレーションやプロトタイプシステムのデモンストレーションなど実証形式は問わないが、社会実装へ向けたロードマップと照合し最大限のインパクトを持つ実証計画を提案書に必ず記載させた。

(2) 選考結果

2020年度から2022年度までの3回の募集にあたっては、何が情報担体か、どのような材料・デバイスを集積してどのような機能を実現させるのか、既存技術とのベンチマーク、システム化や社会実装を目指す戦略、実デバイスや実システムによるデモンストレーションなどを記載した提案を求めた。

その結果、第1回目となる2020年度の募集では、情報担体として電荷・スピン・光・イオン・分子構造などを含む合計41件の応募があった。12名の領域アドバイザーの協力を得ながら研究内容の新規性・独創性、戦略目標や領域方針との一致の有無、社会実装の可能性などの観点から書類選考を行い、10件の面接対象課題を選定した。面接選考では上記の観点に加えて、具体的な研究計画の実効性、研究体制の妥当性等について質疑を行い、本研究領域におけるポートフォリオの観点も加味した総合評価の結果、6件の研究課題を採択した。

採択課題には、スピンの非古典相関状態を生成する磁性ドット集積により室温で動作するコプロセッサの実現を目指す研究、摩擦や凹凸など複数機能を集積した触覚センサにより触覚価値の数量化を目指す研究、強誘電体材料の物性を多角的に利用して極低消費電力のAIシステム実証を目指す研究、嗅覚受容体を使った匂いセンサで匂い情報をデータベース化するシステム構築を目指す研究、単一磁束量子回路に新たに柔軟かさ可変の情報担体を導入することにより大規模超伝導集積回路の高エネルギー効率化を目指す研究、フレキシブル基板上の集積スピンセンサにより実空間での動き検出を目指す研究が含まれており、従来のエレクトロニクスを越えて社会実装へ貢献する研究成果が期待される。

2回目となる2021年度の募集では、情報担体として電荷・スピン・光・分子・構造など

を含む合計 36 件の応募があった。11 名の領域アドバイザーの協力を得ながら研究内容の新規性・独創性、戦略目標や領域方針との一致の有無、社会実装の可能性などの観点から書類選考を行い、10 件の面接対象課題を選定した。面接選考では上記の観点に加えて、具体的な研究計画の実効性、実現したときの社会貢献等について質疑を行い、本研究領域におけるポートフォリオの観点も加味した総合評価の結果、5 件の研究課題を採択した。

採択課題には、記録層/磁壁層で構成される人工強磁性体からなる高密度 3 次元磁気メモリの実現を目指す研究、高品質 IV 族混晶半導体による中・長波赤外の多帯域受発光デバイスシリコン集積プラットフォーム上へ融合することを目指す研究、集積ナノフォトニクス技術による光積和演算器と電子回路を接続して光電融合型の演算器の実現を目指す研究、テラヘルツ波の発生と検出に関する時空間分布を制御して超大容量無線通信や高分解能センシングを可能とする集積システムを目指す研究、ワイドレンジで 3 軸を検知する CMOS-MEMS 加速度センサにより生体の加速度から微弱筋音までを計測して病理診断支援を目指す研究が含まれており、高度で有用な機能の実現により現実社会へ貢献する研究成果が期待される。

3 回目となる 2022 年度の募集では情報担体として電荷・スピン・光・分子・構造などを含む合計 26 件の応募があった。11 名の領域アドバイザーの協力を得ながら研究内容の新規性・独創性、戦略目標や領域方針との一致の有無、社会実装の可能性などの観点から書類選考を行い、10 件の面接対象課題を選定した。面接選考では上記の観点に加えて、具体的な研究計画の実効性、実現したときの社会貢献等について質疑を行い、本研究領域におけるポートフォリオの観点も加味した総合評価の結果、4 件の研究課題を採択した。採択課題には、光電荷操作により「時間相関演算」と「空間フィルタ」機能を持つ電荷領域計算イメージセンサの研究、記録層を 3 次元化することにより多値記録を実現しハードディスク (HDD) の大幅な記録密度の向上を目指す研究、高温・多湿等の過酷環境下で揮発性分子群を検出できる堅牢な人工嗅覚センサの研究、光偏波・電子スピン波・マグノンの波動性を相互接続し多重化された情報をそのまま並列演算・不揮発記録する技術の研究が含まれており、高度で有用な機能の実現により現実社会へ貢献する研究成果が期待される。

応募件数は 2020 年度から 2022 年度まで合計 103 件であり、合計 15 件の先進的な研究課題を採択することができた。図 3 は横軸を対象とする情報担体、縦軸をその分野とし、本研究領域における研究課題のポートフォリオを 2 次元にマッピングしたものである。

●は各分野の 2020 年度から 2022 年度合計提案数を示したものである。

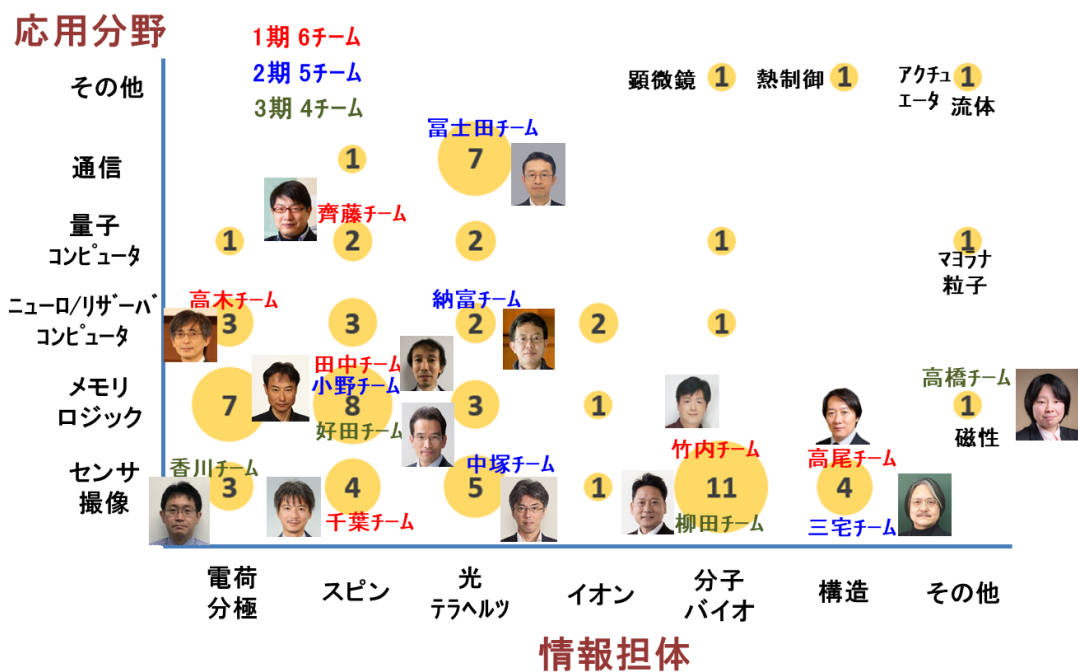


図3 本研究領域のポートフォリオ

4. 領域アドバイザーについて

「情報担体」として様々な媒体を想定し、また研究対象はデバイス開発からシステムの構築まで多岐多様にわたるため、領域アドバイザーは様々な分野の専門家を招聘した。また、社会実装、社会課題解決についての領域運営を意識しており、産業界の領域アドバイザーを多く委嘱している点が本研究領域の特徴の一つと言える。

表2 領域アドバイザー

領域アドバイザー名 (専門分野)	着任時の所属 ¹	役職 ¹	任期
浅井 哲也 (新探求アーキテクチャ、脳と人工知能、非線形科学)	北海道大学	教授	2020年4月 ～2028年3月
折井 靖光 (半導体パッケージング技術、出口戦略)	長瀬産業株式会社	執行役員 室長	2020年4月 ～2023年2月 (終了)
川中 繁 (メモリデバイス、システム、プロセス技術)	キオクシア株式会社	部長 (所長)	2020年4月 ～2028年3月

瀬山 倫子 (バイオセンシング・生体センシングデバイス)	日本電信電話株式会社 (NTT プレシジョンメデ ィシン株式会社)	主幹研究員 (担当部長)	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
多田 宗弘 (半導体デバイスインテグレーション、多層配線、不揮発ロジック・メモリ)	ナノブリッジ・セミコン ダクター株式会社	取締役	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
知京 豊裕 (マテリアルズインフォマティクス、新材料開発)	物質・材料研究機構	参事役 (特命研究員)	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
角村 貴昭 (新装置研究開発、事業化企画)	東京エレクトロン株式 会社	エキスパート	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
西村 佳壽子 (イメージセンサ、センシングシステム)	パナソニック株式会社 (パナソニックホールデ ィングス株式会社)	課長	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
廣井 聡幸 (低消費電力 SoC、システムアーキテクチャ)	ソニー株式会社 (ソニーグループ株式会 社)	VP (技監)	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
堀江 健志 (ICT システム、コンピューターシステム)	富士通株式会社 (日本電産株式会社)	執行役員常務 (常務執行役員)	2020 年 4 月 ～2021 年 5 月 (終了)
湯浅 新治 (スピントロニクス、磁性材料、金属薄膜)	産業技術総合研究所	研究センター長	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月
若林 整 (微細 CMOS、集積エレクトロニクス)	東京工業大学 (東京科学大学)	教授	2020 年 4 月 ～2028 年 3 月

1 変更/移動のあった場合、現状を下段に括弧つき記載

5. 研究領域のマネジメントについて

(1) 領域会議

領域主催のイベントとして年一度、領域会議を実施し、枠を超えた情報交換の場を設けている。開催実績を表に示す。

当初は社会情勢の要求から、Zoom を用いた Web 会議としていたが、2022 年以降は会場に集まる対面の会議を主として Web 会議を併設する形を取った。これにより研究者とアドバイザーのより密接な会話を可能とし、またチームをまたぐ研究者間の交流をより活発にした。

表 3 領域会議実施状況

	実施日	実施場所	実施内容	研究者の参加人数
第 1 回	2020 年 12 月 17 日 (木)	Web 会議	1 期キックオフ会議 領域紹介、運営方針説明 各チームの研究説明	約 140 名
第 2 回	2021 年 10 月 26 日 (火)	Web 会議	2 期キックオフ会議、領域運営方針説明 各チームの進捗報告	約 85 名
第 3 回	2022 年 11 月 22 日 (火) 2022 年 11 月 29 日 (火)	JST 東京本部別館 +Web 会議	3 期キックオフ会議、領域運営方針説明 各チームの進捗報告	約 90 名
第 4 回	2023 年 5 月 19 日 (金) 2023 年 5 月 20 日 (土)	JST 日本科学未来館 +Web 会議	各チームの進捗報告	約 105 名
第 5 回	2024 年 6 月 24 日 (月) 2024 年 6 月 25 日 (火)	JST 東京本部別館 +Web 会議	各チームの進捗報告	約 75 名

(2) サイトビジット

各年研究室を選び、積極的に実施している。2020 年度、2021 年度は Web 会議での実施だったが、2022 年度以降は現地に赴き、各回 3 時間程度の開催とし、研究環境の視察、デモンストレーションの見学などを行っている。

現地訪問の際も、Web 会議は継続し、当日現地を訪れることのできなかつたアドバイザーや研究参加者の参加を可能としている。

表 4 サイトビジット実施状況

実施年度	実施日	訪問先	訪問場所/実施形式	備考
2020 年度	2021 年 1 月 14 日 (木)	高尾チーム	Web 会議	2020 年採択初回
	2021 年 1 月 18 日 (月)	齊藤チーム	Web 会議	2020 年採択初回
	2021 年 1 月 22 日 (金)	田中チーム	Web 会議	2020 年採択初回
	2021 年 1 月 22 日 (金)	竹内チーム	Web 会議	2020 年採択初回
	2021 年 1 月 28 日 (木)	千葉チーム	Web 会議	2020 年採択初回
	2021 年 2 月 1 日 (月)	高木チーム	Web 会議	2020 年採択初回
2021 年度	2021 年 11 月 15 日 (月)	小野チーム	Web 会議	2021 年採択初回
	2021 年 11 月 22 日 (月)	納富チーム	Web 会議	2021 年採択初回
	2021 年 11 月 30 日 (火)	中塚チーム	Web 会議	2021 年採択初回

	2021 年 12 月 7 日 (火)	富士田チーム	Web 会議	2021 年採択初回
	2021 年 12 月 7 日 (火)	三宅チーム	Web 会議	2021 年採択初回
2022 年度	2023 年 1 月 13 日 (金)	高橋チーム	物質・材料研究機構 千現地区	2022 年採択初回
	2023 年 2 月 8 日 (水)	柳田チーム	東京大学 本郷キャンパス	2022 年採択初回
	2023 年 2 月 27 日 (月)	好田チーム	東北大学 青葉山西キャンパス	2022 年採択初回
	2023 年 3 月 1 日 (水)	香川チーム	静岡大学 浜松キャンパス	2022 年採択初回
2023 年度	2023 年 7 月 10 日 (月)	竹内チーム	東京大学 本郷キャンパス	課題中間評価該当
	2023 年 7 月 13 日 (木)	齊藤チーム	東京大学 本郷キャンパス	課題中間評価該当
	2023 年 7 月 25 日 (火)	田中チーム	名古屋大学 東山キャンパス	課題中間評価該当
	2023 年 8 月 17 日 (木)	千葉チーム	大阪大学 吹田キャンパス	課題中間評価該当
	2023 年 8 月 23 日 (水)	高尾チーム	香川大学 林町キャンパス	課題中間評価該当
	2023 年 10 月 12 日 (木)	納富チーム	日本電信電話株式会社 厚木研究開発センタ	
	2023 年 10 月 20 日 (金)	三宅チーム	東京工業大学 すずかけ台キャンパス	
	2023 年 10 月 24 日 (火)	小野チーム	京都大学 宇治キャンパス	
	2023 年 11 月 21 日 (火)	中塚チーム	名古屋大学 東山キャンパス	
	2023 年 11 月 24 日 (金)	富士田チーム	大阪大学 豊中キャンパス	
2024 年度	2024 年 9 月 9 日 (月)	富士田チーム	東京工業大学 大岡山キャンパス	課題中間評価該当
	2024 年 9 月 10 日 (火)	小野チーム	早稲田大学 早稲田キャンパス	課題中間評価該当
	2024 年 9 月 12 日 (木)	中塚チーム	産業技術総合研究所 つくば中央事業所	課題中間評価該当
	2024 年 9 月 30 日 (月)	納富チーム	産業技術総合研究所 つくば西事業所	課題中間評価該当
	2024 年 10 月 4 日 (金)	三宅チーム	東京科学大学 すずかけ台キャンパス	課題中間評価該当
	2024 年 11 月 7 日 (木)	高木チーム	東京大学 本郷キャンパス	課題事後評価該当

(3) 担当アドバイザー制

各チームへのきめ細やかなフォローアップのため、各チームに対して担当アドバイザーを置いた。表5にアドバイザーの担当を示す。

表5 担当アドバイザー

領域 AD/ 研究 Team	齊藤 T	高尾 T	高木 T	竹内 T	田中 T	千葉 T	小野 T	中塚 T	納富 T	富士田 T	三宅 T	香川 T	好田 T	高橋 T	柳田 T
平本総括		1人で 主担当													
浅井 AD	2人で 分担								1人で 主担当						
川中 AD							1人で 主担当	2人で 分担							
瀬山 AD				1人で 主担当							1人で 主担当				
多田 AD			1人で 主担当							2人で 分担					
知京 AD						2人で 分担									1人で 主担当
角村 AD					1人で 主担当	2人で 分担									
西村 AD								2人で 分担				1人で 主担当			
廣井 AD										2人で 分担			1人で 主担当		
湯浅 AD	2人で 分担													1人で 主担当	
若林 AD															

担当アドバイザーについては領域全体会議やサイトビジットだけに留まらず、個別のディスカッション等の機会を設けることを意識した。下表に個別ディスカッションの実施状況を示す。

表6 領域アドバイザーと研究チームの個別ディスカッション実施状況

年度	研究チーム	アドバイザー	日程	形式
2022 年度	小野チーム	川中 AD、平本研究総括	10 月 20 日	リモート
	千葉チーム	知京 AD、角村 AD、平本研究総括	1 月 27 日	リモート
2023 年度	小野チーム	川中 AD	5 月 25 日	リモート
	高橋チーム	湯浅 AD	5 月 26 日	リモート
	柳田チーム	知京 AD	6 月 14 日	リモート
	中塚チーム	川中 AD、西村 AD	6 月 16 日	リモート
	富士田チーム	廣井 AD、多田 AD	6 月 22 日	リモート
	好田チーム	廣井 AD	10 月 19 日	対面

2024 年度	齊藤チーム	湯浅 AD、浅井 AD	6 月 24 日	対面
	高尾チーム	平本研究総括	6 月 24 日	対面
	千葉チーム	知京 AD、角村 AD	6 月 25 日	対面
	三宅チーム	瀬山 AD	6 月 25 日	対面
	中塚チーム	川中 AD、西村 AD	6 月 25 日	対面
	納富チーム	浅井 AD	6 月 25 日	対面
	高木チーム	多田 AD	6 月 25 日	対面
	小野チーム	川中 AD	6 月 25 日	対面
	好田チーム	廣井 AD	6 月 25 日	対面
	香川チーム	西村 AD	6 月 25 日	対面
	柳田チーム	知京 AD	6 月 25 日	対面
	田中チーム	角村 AD	6 月 25 日	対面
	富士田チーム	廣井 AD、多田 AD	7 月 10 日	リモート
	竹内チーム	瀬山 AD	7 月 10 日	リモート
	高橋チーム	湯浅 AD	7 月 18 日	リモート
	好田チーム	廣井 AD	10 月 31 日	対面

(4) さきがけ「情報担体」との連携

CREST・さきがけ事業における本研究領域の位置付け

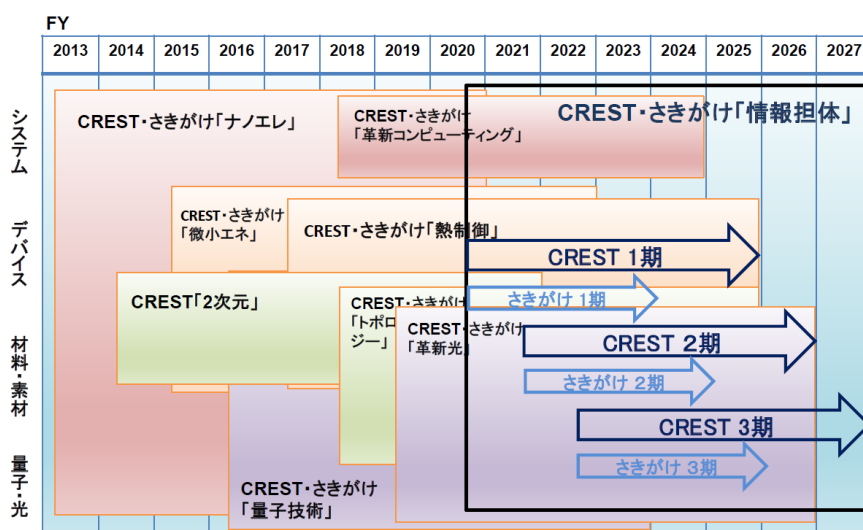


図 4 CREST・さきがけ事業における本研究領域の位置付け

研究総括の平本は同戦略目標下で設定されたさきがけ「情報担体とその集積のための材料・デバイス・システム」（「情報担体」）領域に領域アドバイザーとして参加しており、さきがけ「情報担体」の研究総括である東京科学大学若林教授には CREST「情報担体」領域アドバイザーとして参加いただいている。さきがけ「情報担体」領域会議への本研究領域関係者の陪席を認めるなど、両研究総括含め、常に CREST、さきがけ間での密な情報連携を実施している。

(5) 研究成果のアピール

① 大学見本市 2024 領域セミナー

2024 年 8 月 22 日に東京ビッグサイトで開催された、JST 主催「大学見本市 2024」において、「次世代超高密度磁気記録技術への挑戦：材料開発と関連技術の最前線～CREST 情報担体～」と銘打ち一般来場者向けに領域セミナーを実施した。当日は予め設定していた上限となる 300 名から聴講希望登録があり、セミナー会場内 120 席は満席となった。

研究総括の平本から領域の概要を説明したほか、研究代表者高橋、高橋チーム研究参加者である物質・材料研究機構佐々木独立研究者より、CREST 研究成果についてのアピールを行った。

報告の表題は以下の通りである。

「CREST 情報担体領域の紹介」研究総括 平本俊郎

「3 次元磁気記録に向けた材料開発と関連技術」研究代表者 物質・材料研究機構磁性・スピントロニクス材料研究センター センター長 高橋有紀子

「高速磁化ダイナミクス測定とその応用」研究参加者 物質・材料研究機構磁性・スピントロニクス材料研究センター 独立研究者 佐々木悠太



図 5 大学見本市 2024 領域セミナー



図 6 大学見本市 2024 領域セミナー 研究総括 平本

② 日本光学会年次学術講演会 シンポジウム

2023 年 11 月 29 日に北海道大学で行われた日本光学会 2023 年度年次学術講演会 Optics & Photonics Japan(OPJ)2023 内において、研究代表者である香川を中心としてシンポジウム「新しいイメージングを実現する最先端 CMOS イメージセンサ」を企画し、日本光学会情報フォトニクス研究グループ+CMOS ワーキンググループとともに、本研究領域からも後援を行った。開催当日は約 40 名の聴衆が本シンポジウムに参加し、CMOS イメージセンサに関する新技術を俯瞰するとともに、光学領域における新しい応用を模索した。



図 7 シンポジウム「新しいイメージングを実現する最先端 CMOS イメージセンサ」

主な報告内容は以下の通りである。

「電荷領域時間圧縮 LiDAR イメージセンサ」研究代表者 香川景一郎

「イメージセンサ画素に適したプラズモニックフィルタ」研究参加者 静岡大学電子工学研究所 教授 小野篤史

「誘導ラマン検出のためのロックイン CMOS イメージセンサ」研究参加者 静岡大学電子工学研究所 特任准教授 Lioe De Xing

③ CEATEC 2023

2023 年 10 月 17 日から 20 日まで幕張メッセで行われた CEATEC にて高尾チームが「香川大学-CREST 繊細な指先の感覚を可視化する技術を開発する JST-CREST プロジェクト」として出展し、本研究領域での研究成果を広く周知した。高密度機能集積によるマルチフィジクス・ナノ触覚センサの技術紹介、皮膚硬さ分布をリアルタイム表示するスキンケア・スキャナー等のデモンストレーションを実施し、当ブースには 700 名以上の来場があった。

また、本展示は「CEATEC AWARD 2023 デバイス部門グランプリ」を受賞した。

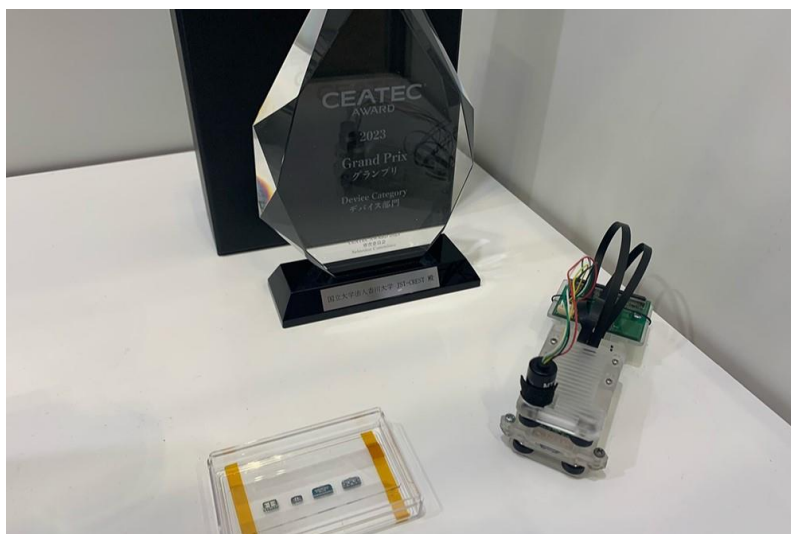


図 8 CEATEC 2023 デバイス部門グランプリ受賞

④ 第 24 回(令和 6 年度)山崎貞一賞受賞

2024 年 9 月一般財団法人材料科学技術振興財団の主催する山崎貞一賞の半導体及びシステム・情報・エレクトロニクス分野を研究代表者である高尾が受賞した。受賞の題目は『指先の触感覚を超越可能な半導体ナノ触覚センサと各種センシングシステムの創成』である。

本賞は科学技術および産業の発展に対する功績、人材の育成に対しての貢献を記念し、論文の発表、特許の取得、方法・技術の開発等を通じて実用化につながる優れた創造的業績を上げている人物が対象となる。



図9 山崎貞一賞

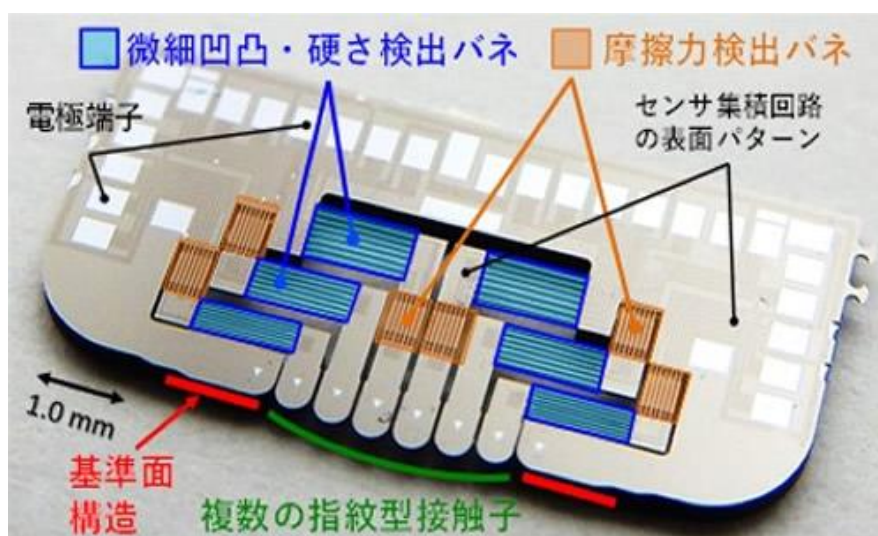


図10 受賞対象となった半導体ナノ触覚センサ(第二世代)

山崎貞一賞 HP 引用：

<https://www.mst.or.jp/Portals/0/prize/japanese/winners/semiconductor/semiconductor2024.html>

6. 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況について

本研究領域では、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の創成を目指すことを目的として、15の研究課題に取り組んでおり、研究成果の科学的・技術的な観点および社会的・経済的な観点から、特筆すべき研究成果、および、今後の展開が期待される研究例を以下に示す。

(1) 研究課題「非古典スピン集積システム」齊藤チーム

本研究課題は、非古典相関を有する情報担体の学術とデバイス技術を研究開発し、コヒーレンスを利用した集積化デバイスを構成して量子情報機能の一部を室温で実行できるコプ

ロセッサの実現を目指している。磁性体中の磁化ダイナミクスの位相情報を磁気ダンピングの時間スケールよりも長い時間にわたって引き出す方法を発見し、その物理原理を明らかにした。この機構は古典量には現れない非古典な相関に起因するものであり、非古典情報担体による量子計算の基礎となるとともに、磁性物理研究のマイルストーンの一つになり得る成果である。

また、当初想定していなかった成果として、非古典スピンの特徴を活かして物理系と自由エネルギー原理を直接的に結びつける熱平衡機械学習を提唱し、本研究にて開発した磁性体パラメトロンを利用して同じ目的関数を持つ物理系のダイナミクスからのサンプリングでニューラルネットワークによる重み算出が実行できることを実証した。古典・非古典相関機能を探求しており、新たな計算機の開拓に向けて各要素技術の研究が進んでいることも高く評価できる。今後は社会実装への道筋を立てることを期待する。

代表的な論文

“Deciphering quantum fingerprints in electric conductance” Nature Communications (2022)

概要：低温でナノサイズの金属の電気伝導度を測定すると、外部の磁場に関して複雑で再現性のあるパターン、すなわち電気伝導度の量子指紋が現れる。このような複雑なパターンは、伝導電子の量子力学的な干渉によるものである。熱的な乱れが微小で、電子のコヒーレンスが試料全体にわたって広がると、量子干渉パターンは、結晶の欠陥や試料の形状などの微細構造を反映し、複雑な干渉を生じることがある。干渉パターンはこのような微細な情報を持っているが、非常にランダムに見えるため、情報担体として利用されていなかった。ここで、齊藤チームは機械学習が量子指紋を解読することを可能にすることを示した。

“Triplon current generation in solids” Nature Communications (2022)

概要：トリプロンは、量子1次元スピン系における基本的な励起に対応する角運動量 $S=1$ を持つ素励起を指す情報担体である。このような系は磁気秩序がなく、量子揺らぎでスピンの揺らぐ系として長らく研究されてきた。トリプロンは、シングレット相関を持つ両スピン系における熱的および磁氣的性質で中心的な役割を果たしていることがわかっていたが、トリプロンによって運ばれるスピン角運動量の流れはまだ検出されていなかった。そこで、本研究ではスピン-ペイエルス系の CuGeO_3 を使用して、トリプロンスピン流によって誘起されるスピントラップ効果を実験的に発見した。

“Observation of nuclear-spin Seebeck effect” Nature Communications (2021)

概要：原子核がもつ核スピンは外部の物理系と非常によく分離されていることに起因して、秒単位の長いコヒーレンス時間を有し、量子情報担体として利用が期待されている。本研究では固体中の核スピン情報担体によって引き起こされる電圧発生、すなわち核スピントラップ

ベック効果を発見した。試料は、 ^{55}Mn 核の大きな核スピン ($I=5/2$) および強いハイパーファイン結合を有する反強磁性材料 MnCO_3 と Pt 電極からなり、核スピン励起による熱電信号が 100mK の極低温まで増大し続ける様子を観測することに成功した。

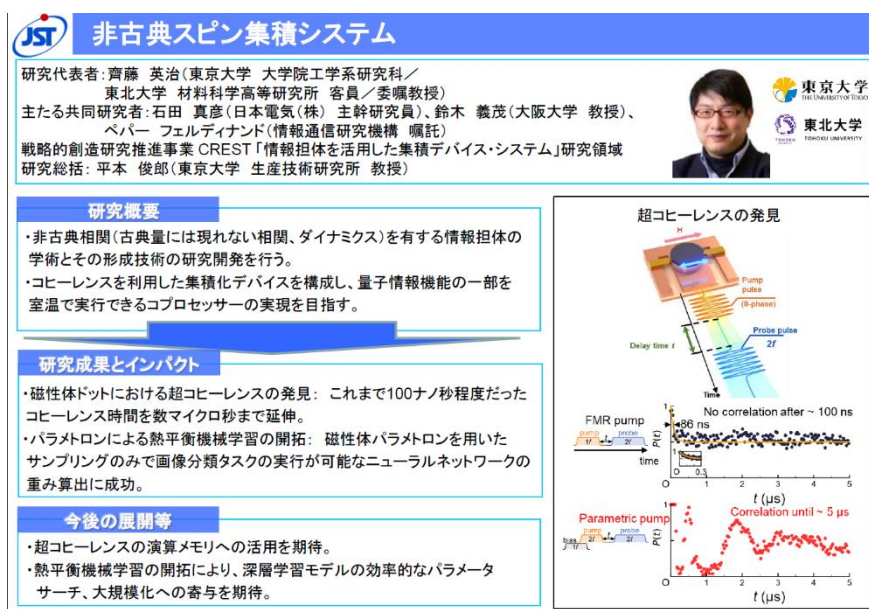


図 11 非古典スピン集積システム 研究代表者 齊藤

(2) 研究課題「触覚の価値を創造する深化型マルチフィジックスセンシングシステム」高尾チーム

本研究課題は、対象とその価値を認識できる人間の触認識能力を司る情報担体を明らかにし、その知見を新しい概念に基づく深化型センシングシステムの形で実現することを目指している。従来の「凸凹感」「摩擦感」「硬軟感」に加えて、温もりを表す「冷温感」を高い空間分解能で可視化し、さらに「乾湿感」のセンシングにも成功し、五大触覚因子のデバイス集積化を実現した。

ナノ触覚センサと人工知能の協働による触覚識別能力の研究においては指先を超える高い触覚識別能力を実現するナノ触覚センシングシステムを実証した。これまで数値化できず感覚で行っていた分野に対して、高感度センサによるセンシングとデータ駆動型手法を組み合わせることにより新しい領域を開拓している。デバイス構造について戦略的に特許化されていることも評価できる。研究開発のロードマップ、シーズ技術の深化と社会要求に呼応する実装が明確に示されており、PoC の完成度も高いと認められる。複数の企業との連携を進めながら様々なユースケースの検討が進められており、社会実装のフェーズに移行されつつある。企業からの社会的ニーズも高い技術であり、実現されれば触覚価値をベースとした市場を生み出す可能性がある。今後の実用化展開、さらなる応用の広がり可期

待する。

代表的な論文

“Neural-Network-Based Tactile Perception System Using Ultrahigh-Resolution Tactile Sensor” IEEE Transactions on Haptics (2023)

概要：人間の指先以上の超高分解能を有する MEMS 触覚センサを用いた官能評価用触覚システムを世界で初めて開発した。官能評価は、「滑らか」など 6 つの評価語を用いた意味差分法により、17 の布地について行った。触覚信号は 1μm の空間分解能で得られ、官能評価結果は回帰モデルとして畳み込みニューラルネットワークで実現した。未知の生地データで得られる推定スコアを官能評価の結果と比較したところ、計測長さ 300mm で 89.2% の予測精度での数値化に成功した。また、生地のどの部位が各触感に影響を与えるかをヒートマップで可視化し、理想的な製品触感を実現するための設計方針を導き出すことができる。

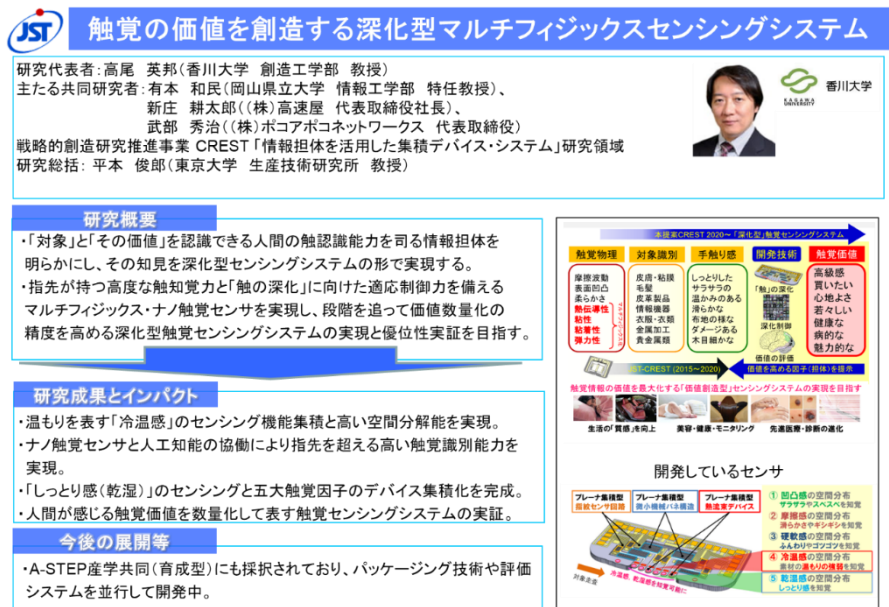


図 12 触覚の価値を創造する深化型マルチフィジックスセンシングシステム 研究代表者 高尾

(3) 研究課題「極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム」三宅チー

ム
本研究課題は、情報担体として「振動」を検知する MEMS 加速度センサにおいて、新たな「極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム」を提案する。
材料・デバイス・回路・モジュール・情報解析の各レイヤーの強い連携のもと、金 (Au) を錘とした、マイクロ G から 10G までのワイドレンジデバイスを実現。加えて、小型高感度 1 軸 CMOS-MEMS の構築という中間目標を達成した。さらに、パーキンソン病という神経性難病を

対象として、その疾患を特徴づける筋肉の微弱振動としての微小筋音を、高感度加速度センサを用いて世界で初めて計測することに成功した。

さらには研究終了時の達成目標として筋音と振戦以外の複雑な身体運動のマルチモダリティ計測を可能にする、小型で低ノイズ($100 \mu\text{G/Hz}^{1/2}$ 以下)な単一 Au 錘 CMOS-MEMS 加速度センサを実現しシステム化する。

本システムによるリアルタイムの生理情報取得を実現するとともに、ゲノム情報の蓄積を進め、パーキンソン病の超早期診断サービスの実現を目指す。

本研究課題で開発される加速度センサは医療用途に限らず、様々な分野への適用が期待される。

代表的な論文

“Suppressed Drift and Low-Noise Sensor Module with a Single-Axis Gold Proof-Mass MEMS Accelerometer for Micro Muscle Sound Measurement”, Japanese Journal of Applied Physic, 61, SD1028, (2022)

概要：本論文は加速度データに観察されるドリフト現象のメカニズムとその解決策を示したものである。実際にモジュールを作製し、ドリフト現象の基礎データの収集を行うために TPD(Temperature Programed Desorption)分析を実施した。MEMS デバイスの構造を構成する材料による水の影響によるドリフト現象のメカニズムを明らかにした。本検討では、1 軸 MEMS 加速度センサについてドリフト現象のメカニズムを検討した。MEMS デバイス構造からの脱離水が存在し、この水が、 OH^- のような負の電荷としてドリフトに関連している可能性を明らかにした。以上より、MEMS 加速度センサモジュールのノイズ特性において水がドリフトに関連している可能性を確認し、ドリフト現象の改善の手法の見通しを得られることを示した。

“Impurity Analysis of Electroplated Gold Components with Multi-Layered Structures by Thermal Desorption Spectrometry toward Application in Gold Micro Electro Mechanical System Capacitive Accelerometers”, Micro and Nano Engineering, 21, 100226, (2023)

概要：金 MEMS 加速度センサの構造部材である金めっき材料中の不純物を、TDS 測定によって評価した。TDS 測定により、Au ベースの部品からの主な脱離ガスは水素分子(H_2)と水(H_2O)であることが明らかになった。これらの脱離ガスは、電解めっきされた金系成分中の不純物に由来するものであり、熱処理工程によってその量は大幅に抑制された。結論として、本研究は、電解めっきされた金構造部材には製造工程に由来する不純物が含まれており、これら

の不純物は熱処理工程によって除去できることを実証した。



極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム

研究代表者: 三宅 美博 (東京科学大学 情報理工学院 教授)
 主たる共同研究者: 伊藤 浩之 (東京科学大学 教授)、曾根 正人 (東京科学大学 教授)
 戦略的創造研究推進事業 CREST「情報担体を活用した集積デバイス・システム」研究領域
 研究総括: 平本 俊郎 (東京大学 生産技術研究所 教授)




研究概要

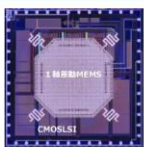
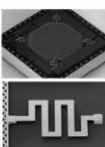
- 情報担体として「振動」を検知するMEMS 加速度センサにおいて、新たな「極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム」を提案。
- マイクロGからGまでのワイドレンジ低ノイズCMOS-MEMSセンサを実現、これらデバイスにより複数の振動を同時に計測、パーキンソン病(PD)の早期予測に深く関わる筋音と振戦(手の震え)に注目し、世界で初めて人体の神経系のシグナルの繋がりを「意味理解」する手法を構築。

研究成果とインパクト

- 金を錘として用いる高感度1軸CMOS-MEMS加速度センサを実現、小型加速度センサとして世界最高の分解能を達成。
- 上記高感度加速度センサを用い微小筋音を世界で初めて検出。PD患者と健康高齢者を92%を超える精度で分類することに成功。
- 頸動脈脈波の計測による頸動脈狭窄の検知への水平展開を実施。

今後の展開等

- 東京科学大学の医学系学部との協業の強化。
- さらに高感度な小型3軸CMOS-MEMS加速度センサを実現し、筋音と振戦以外の複雑な身体運動を計測可能に。
- リアルタイムの生理情報取得を実現するとともに、ゲノム情報の蓄積を進め、PD超早期診断サービスを実現。

CMOS-MEMSデバイスの写真 SEM 写真

CMOS-MEMS1軸差動センサデバイス



脳波 筋音

CMOS-MEMSセンサによる短指屈筋の筋音計測および脳波測定による、筋音-脳波の相関分析

図 13 極微振動計測デバイスによるマルチモダリティ情報担体システム 研究代表者 三宅

(4) 各チームの社会実装への道筋について

新しい学理の追求とともに、社会実装への道筋を明らかにすることを求めている点が本研究領域の大きな特徴である。以下に社会実装に向けた現時点での状況を示す。

齊藤チーム

- 磁性体のコヒーレンス時間を数倍伸張する原理と方法、および非古典スピン集積デバイスの構成方法について IBM Corporation、ソフトバンク株式会社との共同研究を通じて、超伝導量子コンピュータとの融合利用や、生成 AI の学習プロセスへの活用を検討している。
- 研究当初より日本電気株式会社が主たる共同研究者として参加している。

高尾チーム

- 牛乳石鹼共進社株式会社と肌計測の価値評価に関する共同研究を開始している。
- パナソニック株式会社との共同研究が進展しており、本研究課題の成果をもとにした毛髪質感評価システムをパナソニック株式会社で開発することが決定している。
- ウレタンサンプルの各種手触り感評価について東ソー株式会社との共同研究を進めている。
- 人間が感じる触覚価値を数量化して表す触覚センシングシステムの共同研究をユニ・チャーム株式会社と進めている。布地 17 種類の触覚価値を 6 種の官能評価で数値化したデー

タを教師として、高分解能ナノ触覚センサによる計測データを学習したニューラルネットワークベースのセンシングシステムを構築した。

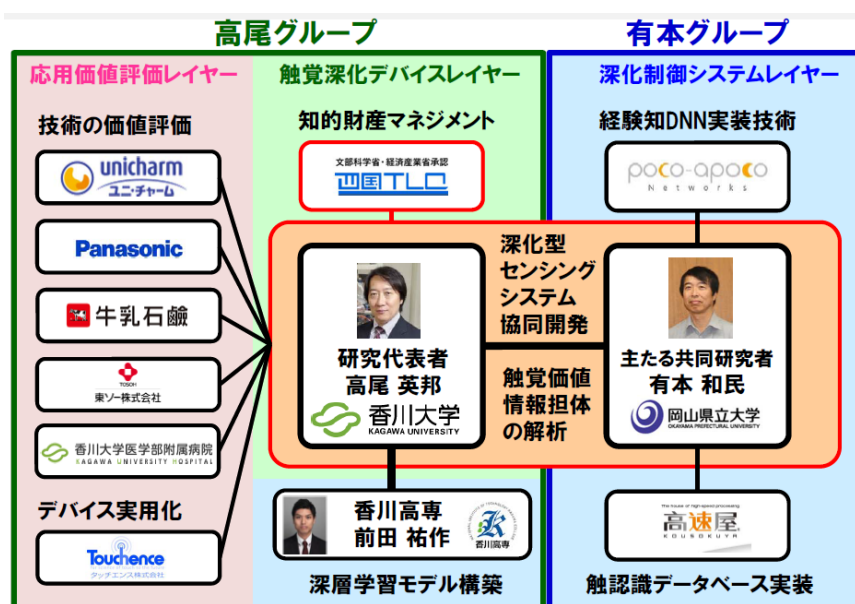


図 14 社会実装を見据えた研究体制の例 高尾チーム

高木チーム

- ・本研究課題で開発した薄膜 HZO MFM キャパシタを用いた低電圧 FeRAM の実用化に向けて、極薄膜 HZO を用いた 1T1C FeRAM メモリアレイ実証の検討を進めることを、富士通セミコンダクターメモリソリューション株式会社、ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社と協議している。
- ・正圧電応答顕微鏡法をベースとした新型の圧電評価装置の実用化に向けて、リードテクノ株式会社と協議を進めている

竹内チーム

- ・住友化学株式会社が主たる共同研究者として参画しており、嗅覚受容体を利用する匂いセンサの開発を進めている。
- ・細胞センサ技術を活用し、昆虫嗅覚受容体を利用する匂いセンサについて民間企業との共同研究を開始している。

千葉チーム

- ・株式会社イシダが研究参加者として参画しており、ロードセルへのスピン力学センサの搭載を目指して研究を進めている。
- ・圧力センサへのスピン力学センサの搭載を目指し、株式会社鷺宮製作所との共同研究を進めている。

中塚チーム

- ・2023 年度より日本電気株式会社が主たる共同研究者として参画しており。実用化に向けた研究を進めている。

三宅チーム

- ・社会実装に向けて、早期診断システム検証、早期診断サービス検証等の分野で複数の民間企業との協業を開始、次の段階としてゲノム情報分析技術等の分野で、民間企業、他学との協業体制作りを計画。

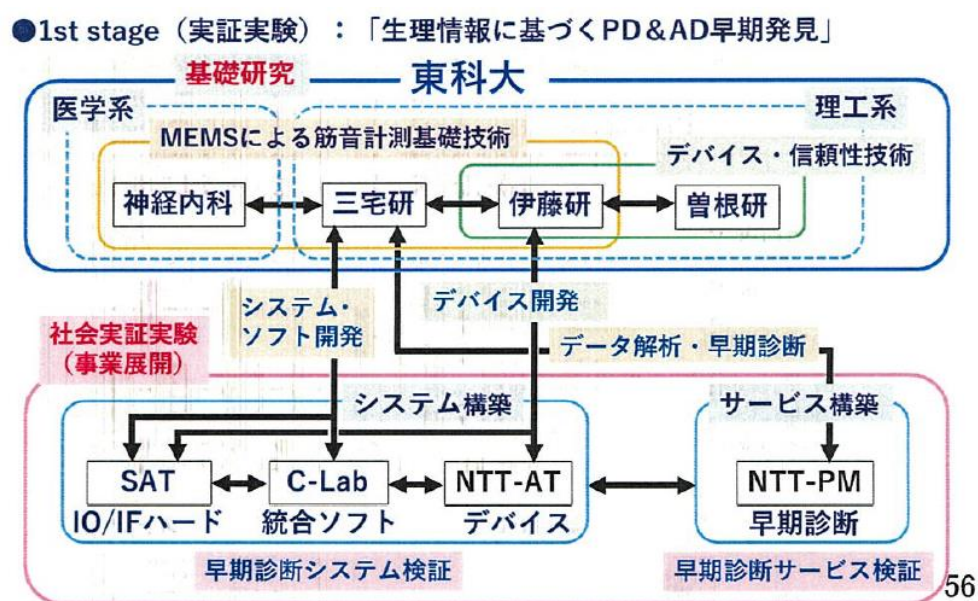


図 15 社会実装を見据えた研究体制の例 三宅チーム

納富チーム

- ・光積和演算技術の社会実装に向けて、民間企業との共同研究を進めている。

富士田チーム

- ・ローム株式会社が研究参加者として参画しており、技術移転を進めている。ローム株式会社からは業界最小のテラヘルツ波発信デバイス・検出デバイスのサンプル提供を開始した。
- ・デバイス作製技術について複数の民間企業と共同研究を進めている。

柳田チーム

- ・研究の初期からアドバイザーとして複数の民間企業に参加を頂いている。



図 16 社会実装を見据えた研究体制の例 柳田チーム

7. 総合所見

(1) 領域運営のマネジメント

本研究領域では、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することを目指している。領域会議やサイトビジット等の場を通じて研究総括、領域アドバイザーから、基礎学理の追及のみではなく、「社会実装」「社会課題解決」を意識した研究をするよう伝えている。論文や特許としての成果のみに留まらず、研究終了時点では社会実装への道筋を示す何等かのデモンストレーションを求めている。すべての研究チームが「社会実装」「社会課題解決」を意識した研究活動を行っており、多くのチームが研究領域内での議論や産業界との共同研究等を通じて、その道筋をつかみ始めている。

(2) 研究領域としての戦略目標の達成に向けた状況

本研究領域の活動方針も各研究チームに浸透し、情報担体の特性を活用した高性能・高機能デバイスの創出、集積化・システム化することによる社会実装可能な情報システム基盤技術の創成に貢献する研究成果が着実に創出され始めている。今後とも研究総括、領域アドバイザーによる適切なアドバイスと総括裁量経費による予算支援を行い、戦略目標の達成に

向けて前進する。

(3) 本研究領域を設定したことの意義と妥当性

本研究領域は Society5.0 の実現のためフィジカル空間とサイバー空間を結合した CPS の構築に貢献すべく、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目的として発足した。この目的を産む社会情勢は未だ変わることは無い。

前述のように、この目的を達成すべく多くの研究成果も出始めており、本研究領域を設定したことの妥当性を裏付けている。

(4) 科学技術イノベーション創出に向けた、今後への期待、展望、課題

本研究領域の 15 課題はほぼ当初の目標を達成し、期待に応える成果を創出している。今後の研究の進展に伴い、研究成果の社会への貢献が期待される。そのためにも事業化も含めて見据えた最終目標の達成が重要となる。各チームは本研究領域の最終的な狙いである「社会実装」へのアプローチに難しさを覚えているが、引き続き研究総括、領域アドバイザーも含めた議論の場を積極的に設け、着地点を定める。

(5) 所感、その他

本研究領域「情報担体を活用した集積デバイス・システム」は、文部科学省の戦略目標「情報担体と新デバイス」を元に 2020 年に発足したものであるが、本研究領域の特徴は下記の 2 点に集約される。

① 「集積化」の重視

戦略目標「情報担体と新デバイス」は新たな情報担体の探索と革新的デバイスの創出、および学理の構築に力点が置かれた戦略目標であった。本研究領域の第一の特徴は、これらの目標に「集積化」を付け加えたことである。情報担体の探索と単体の革新デバイスの創出が重要であることは論を俟たないが、エレクトロニクスの歴史を俯瞰すると、これらを集積化することによって付加価値が飛躍的に発展してきており、集積化が極めて重要な技術であることがわかる。そこで、研究領域の名称は戦略目標の名称に「集積」を加えて「情報担体を活用した集積デバイス・システム」とするとともに、提案締め切り前に実施された領域説明会でも、「集積化」が必須であることを強調した。

② 社会実装の重視

本研究領域の第二の特徴は、研究が学理の追究のみに終始することがないよう、研究成果の「社会実装」を重視する姿勢を明確にしたことである。領域アドバイザーに企業所属の研究者・技術者を多く入れて社会実装の観点から提案課題を評価するとともに、研究終了時に成果を実際に目に見える形で実証する「デモンストレーションの実施」を必須条件とするこ

とにより、社会実装を常に意識しながら研究開発を進めるよう促した。

「集積化」を必須とし「社会実装」を重視したことは、提案者にとって大きなハードルとなると予想されたが、学術的な研究を志向する研究者に向けては、集積化の専門家や社会実装を得意とする研究者を共同研究者として加えてチームを構成するよう促した。結果的には計 15 件の非常に優れた研究課題を採択することができた。いずれも、学術的な情報担体の研究で秀でているだけではなく、その革新デバイスを集積化するアイデアを有するとともに社会実装の道筋も明確な研究提案である。どんなに学術的な革新デバイスの基礎研究であっても、集積化および社会実装を予め念頭に置き、それらの専門家と意見交換を行いながら研究を進めることが、研究の発展に非常に有効に寄与することを端的に示す研究領域となったと考えている。

一方、本研究領域が発足した 2020 年は、まだ我が国では半導体が国を挙げて注力すべき重要技術分野であるとは認識されていなかった。その後、2021 年 6 月に経済産業省が半導体・デジタル産業戦略を取りまとめ、さらに 2022 年 11 月に Rapidus 株式会社と技術研究組合最先端半導体技術センター (LSTC) の設立が公表されてから、一気に半導体が戦略物資であり産業競争力の要の技術であることが広く認識されるようになった。また、驚くべき性能を有する生成 AI が広く普及し、その性能が半導体技術に大きく依存していることが世に知られたのは 2023 年である。本研究領域には、いわゆるシリコン半導体の本流というべき研究課題は必ずしも多くないが、集積化を軸とし社会実装を目指した半導体エレクトロニクスの研究領域が 2020 年の時点ですでに立ち上がっていたということは、まさに現在の半導体隆盛の時代を先取りしたものであったと自負している。本研究領域の成果が我が国の半導体産業の復権に大きく寄与することを期待する。

参考資料：経済産業省 半導体・デジタル産業戦略 (PDF 形式：24, 051KB)

(P. 93～P. 95, P. 158～P. 159, P. 187～P. 188, 他)

以上