

スピントロニクス研究会
20周年記念シンポジウム

スピントロニクス 研究会の20年と これから

佐藤勝昭（農工大）

東北大学片平キャンパスの秋



設立への経緯

- ▶ 私が、応用物理学会に「スピンエレクトロニクス研究会」新設の依頼文を提出したのは、2001年の4月である。
- ▶ 設立目的は「スピンに関連した電子現象を利用したエレクトロニクスデバイスをめざし、その材料の作製と評価およびデバイスの作製と・集積化について、最新の成果を交換し議論する場を提供し、次世代のエレクトロニクスの発展に貢献することを目的とする」とある。
- ▶ 当時、磁性の研究者は、基礎は日本物理学会に、応用は応用磁気学会（現：日本磁気学会）に発表していた。Fert, GruenbergらのGMR発見をきっかけとして、スピントロニクスという分野が新たに立ち上がり日本でも研究が盛んになった。
- ▶ 日本では宮崎らの室温TMRの発見があったが、これを受け、米国でMRAMが提案された。MRAMは磁気トンネル接合(MTJ)と半導体CMOS技術との融合技術であり、半導体集積回路の専門家が加わる場がなかったことがMRAMで米国の後塵を拝することになった。
- ▶ 私は、こういう課題を議論するのに応用物理学会こそが相応しい場であると理事会で述べた。
- ▶ これを受けて同年5月理事会は「スピンエレクトロニクス研究会」の設立を承認した。その後、本会は名称を「スピントロニクス研究会」に改め、現在に至っている。

スピンエレクトロニクス研究会新設申請書

1. 目的

- ▶ 「スピンエレクトロニクス研究会」は、スピンに関連した電子現象を利用したエレクトロニクスデバイスをめざし、その材料の作製と評価、およびデバイスの作製と・集積化について、最新の成果を交換し議論する場を提供し、次世代のエレクトロニクスの発展に貢献することを目的とする。

2. 背景と必要性

2.1 トンネル磁気抵抗効果からMRAMへ

- ▶ 最近、電子が持つ2つの性質である電荷とスピンの自由度の両方を利用したデバイスをめざす研究が盛んになってきました。
- ▶ その1つに、スピン依存トンネリング現象に基づく「トンネル磁気抵抗効果」(TMR)を利用した固体磁気記憶素子MRAMがあります。この素子は、一種の磁気メモリで電流による磁界により記録し、TMRとMOSトランジスタを用いて読み出す不揮発性メモリですが、TMR自体は面積に依存しないため、FeRAMと比較して高集積化が可能といわれています。また、書き込み・読み出しの速度が数ナノ秒と短いこと、繰り返し耐性が 10^{15} 以上とされ、非常に高い潜在能力をもったデバイスです。
- ▶ この研究は、日本における基礎研究が引き金になったにもかかわらず、集積化という点で米国に先陣を許してしまいました。米国では、2004年に256Mbitを実現するという「ロードマップ」さえ発表されています。

2.2 半導体スピントロニクス

- ▶ 電子のスピンを用いたデバイスをめざすもう1つの試みが、半導体スピントロニクスという分野です。
- ▶ 特に、III-V族半導体にMnを高濃度に導入した希薄磁性半導体においてキャリア誘起の強磁性を示すことが見出され、FET構造を作製してこのキャリア数を電氣的に制御することにより磁性が制御できることさえ実現されました。また、半導体にスピンを注入し輸送することができることもLEDからの円偏光発光によって証明されました。
- ▶ しかしこれまでの磁性半導体の泣き所は磁気転移温度が室温よりかなり低いことでした。しかし、最近になり、いくつかの磁性半導体において室温強磁性が報告され、実用化への期待が高まっています。
- ▶ この研究は、日本人研究者たちによって開始されたものですが、国際的な広がりを示しつつあります。
- ▶ 次世代の量子コンピュータの基礎となるQubitという概念もスピントロニクス抜きには考えられませんが、この面でも米国は一步先を進んでいると思われます。

2.3 応用物理学会こそ、スピントロニクスを論じるのに相応しい場

- ▶ 先般の春の応用物理学関係連合学術講演会においては、MRAMのシンポジウムと、半導体スピントロニクスのシンポジウムが企画され、いずれも教室に入りきれないほど多数の聴衆を得て盛会でした。多くの会員にスピントロニクスの存在とその重要性を印象づけました。
- ▶ スピントロニクスは、これまで応用磁気学会、物理学会などの場で討議されてきましたが、半導体集積回路の専門家が加わる場がなかったことが、MRAMで米国の後塵を拝することにつながったのではないかと考えています
- ▶ 。私たちは、応用物理学会こそ、スピントロニクスを論じるのに相応しい場を提供すると考えています。また、応用物理学会の外縁を広げ、本学会の発展にも寄与するものと信じております。

3・事業計画

3.1 予定存続期間：発足より3年間

3.2 事業内容

幹事会 3回/年
シンポジウム（学術講演会） 2回/年
研究会 1回/年

3.3 予算

収入	補助金	20万円	
	研究会費	10万円	(50名×2000)
支出	幹事会経費	6万円	
	研究会経費	12万円	
	論文集作成	10万円	
	事務費	2万円	

3.4 予定参加者数 約100名

4. 発起人



責任者
宮崎照宣 (東北大)



発起人代表
佐藤勝昭 (農工大)



安藤功児 (産総研)



秋永広幸 (産総研)



栗野祐二 (富士通研)



猪俣浩一郎(東北大)



大谷義近(東北大)



大野英男(東北大)



高柳英明(NTT基礎研)



田原修一(NEC)



宗片比呂夫(東工大)



吉野淳二(東工大)



その後のスピントロニクス研究会

本研究会は、最新のトピックスを学術講演会のシンポジウムとして紹介、日本磁気学会等との共催で研究会を開催するほか、折に触れスクールを開催し、若手の人材育成を図るなど、この分野を常にリードしてきました。

応用物理学会学術講演会でシンポ開催(1)

年	季	会場	タイトル	世話人・座長	所属
2002	春	東海大	スピントロニクスの進展と展望	橋詰富弘	日立基礎研
2003	春	神奈川大	スピン物性の制御はどこまで可能になったか？	宮崎照宣	東北大
2003	秋	福岡大	ナノスピントロニクスのデザインと創製	朝日一	阪大
2004	春	東京工科大	スピンエレクトロニクスの応用 ～MRAMから新機能デバイスまで～	宮崎照宣	東北大
2004	秋	東北学院大	スピンエレクトロニクスに期待される新材料と展開	宮崎照宣	東北大
2005	春	埼玉大	スピンの制御と検出の最前線	大野英男	東北大
2005	秋	徳島大	スピンエレクトロニクスにおける材料研究の最前線	宗片比呂夫 田中雅明	東工大 東大
2006	春	武蔵工大	スピントロニクスデバイスへ向けての最前線	宮崎照宣 新田淳作	東北大
2006	秋	立命館大	スピンエレクトロニクスの萌芽的研究と実用化研究最前線	榊間博 吉野淳二	松下 東工大
2007	秋	青山学院大	ナノスピントロニクスにおける量子効果と関連現象	宗片比呂夫 高橋茂樹	東工大 東芝

応用物理学会学術講演会でシンポジウム開催(2)

年	季	会場	タイトル	世話人・座長	所属	特記事項
2008	春	日大	スピントロニクスはどこまで進んだか	大野英男 川端清司	東北大 ルネサス	10. スピントロニクス 分科新設
2008	秋	中部大	半導体へのスピン注入とデバイス応用への展望	黒田眞司 鹿野博司	筑波大 ソニー	
2009	春	筑波大	Japan-Korea session: Progresses in the Spin-RAM, Domain wall new devices, and Spintronics	鈴木義茂 三谷誠司他	阪大 NIMS	
2009	秋	富山大	スピン流が生み出す新しい物性	田畑 仁 水口将輝	東大 東北大	
2010	春	東海大	スピントロニクスデバイスの新展開	安藤功兒 湯浅裕美他	産総研 東芝	
2010	秋	長崎大	スピントロニクス関連研究の現状と将来展望 ～今後の研究展開指針は何か？～	岡林潤 水口将輝	東大 東北大	
2011	春	神奈川 工大	スピントロニクス不揮発メモリ・不揮発ロジックの現状と展望	久保田均	産総研	
2012	春	山形大	これからのスピントロニクスを担う材料の新展開	安藤康夫	東北大	
2012	秋	愛媛大	スピントロニクスはこれから何を実現するのか	安藤功兒	産総研	



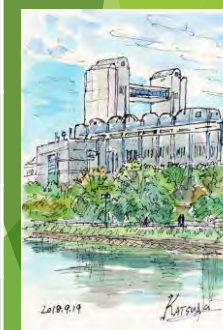
応用物理学会学術講演会でシンポジウム開催(3)

年	季	会場	タイトル	世話人・座長	所属	特記事項
2013	春	神奈川工大	スピンドイナミクス, スピン輸送現象の最前線	介川裕章 安藤康夫	NIMS 東北大	
2013	秋	同志社大	スピントロニクスデバイスの高性能化・多機能化への道	大野英男	東北大	
2014	春	青学大	スピン流物理の新展開	新田淳作	東北大	
2014	秋	北大	スピントロニクス材料・デバイスの最前線	関剛斎 千葉大地	東北大 東大	
2015	春	東海大	スピントロニクスの将来ビジョン ～スピントロニクスはこれから何をするのか?～	千葉大地 関剛斎	東大 東北大	
2015	秋	名古屋国際会議場	新規スピントロニクス現象と応用の可能性	鈴木義茂 三輪真嗣他	阪大	
2016	春	東工大	様々なスピン計測技術を用いたスピントロニクス材料開発の最前線	金井駿 中根了昌	東北大 東大	スピントロニクス分野に磁気応用
2016	秋	朱鷺メッセ	弱磁性物質への磁場効果を利用した材料プロセス	山登正文 山本 勲	首都大 横国大	



応用物理学会学術講演会でシンポ開催(4)

年	季	会場	タイトル	世話人・座長	所属	特記事項
2017	春	パシフィコ横浜	スピン伝導デバイスの進展と応用の最前線	金井駿 中根了昌	東北大 東大	
2017	秋	福岡国際会議場	光とスピンの織りなす研究の最前線	森山貴広 齋藤秀和	京大 産総研	
2018	春	早大	ニューロモルフィックハードウェアとはどんなものだろうか？	森山貴広 齋藤秀和	京大 産総研	10.2スピン基盤・萌芽デバイスに変更
2018	秋	名古屋国際会議場	スピントロニクス材料研究の新潮流 ～二次元系を中心に～	森山貴広 齋藤秀和	京大 産総研	
2019	春	東工大	IoT/IoH時代にむけたスピンデバイス	齋藤秀和 宗片比呂夫	産総研 東工大	
2019	秋	北大	新しいスピントロニクス材料と物性	揖場聡 小野輝男	産総研 京大	
2020	秋	オンライン	ここまで来た不揮発性メモリ技術 - スピン、相変化、抵抗変化、強誘電体、それぞれの強み	中根了昌 揖場聡 湯浅裕美	東大 産総研 九大	
2021	春	オンライン	スピンを利用した量子技術の最前線 - 量子デバイス開発から新材料探索まで -	関剛斎 野崎隆行 三輪 真嗣	東北大 産総研 東大	
2021	秋	オンライン	理論と実験の協奏：スピントロニクス材料・現象・素子	岡林潤 中村浩次 山ノ内路彦	東大 三重大 北大	
2022	春	青学大	スピントロニクスによるグリーンイノベーション	大兼幹彦 湯浅 裕美	東北大 九大	



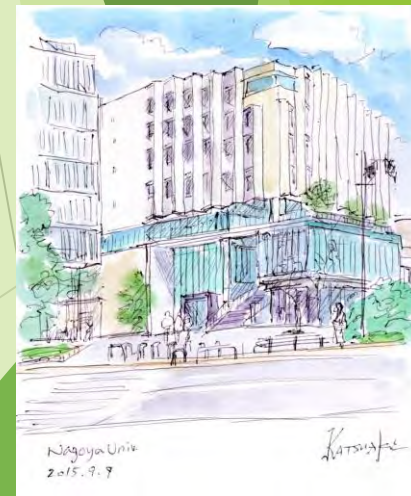
スピントロニクス入門セミナー(1)

年	月日	タイトル	会場
2002	12/9	第1回スピンエレクトロニクス入門セミナー	機械振興会館
2003	12/19	第2回スピンエレクトロニクス入門セミナー	機械振興会館
2004	12/10	第3回スピントロニクス入門セミナー 磁性の初歩からスピントロニクス材料, デバイスまで	阪大中ノ島センター
2005	12/8	第4回スピントロニクス入門セミナー 磁性の初歩からスピントロニクス材料, デバイスまで	東大本郷キャンパス
2006	12/5	第5回 スピンエレクトロニクス入門セミナー スピンエレクトロニクスの基礎から量子情報まで	東北大工
2007	12/5	第6回スピンエレクトロニクス入門セミナー	東大本郷キャンパス
2008	12/3-4	第7回スピントロニクス入門セミナー・若手研究会	アイアイランド (大阪)
2009	11/25	第8回スピントロニクス入門セミナー	ホテルクレセント (仙台)
2010	12/7	第9回 スピントロニクス入門セミナー	東大本郷キャンパス
2011	12/8-9	第10回スピントロニクス入門セミナー・若手研究会	関西セミナーハウス (京都)



スピントロニクス入門セミナー(2)

年	月日	タイトル	会場
2012	12/6	第12回スピントロニクス入門セミナー	東工大キャンパス イノベセンター
2013	?	第13回スピントロニクス入門セミナー	?
2014	12/17	第14回スピントロニクス入門セミナー	慶応大日吉キャン パス
2015	12/16-17	第15回スピントロニクス入門セミナー (International School on Spintronics and Spin-Orbitronics)	九大
2016	11/27	第16回スピントロニクス入門セミナー	筑波大文京校舎
2019	1/21-22	第17回スピントロニクス入門セミナー (International School on Spintronics)	名大東山キャン パス
2019	11/27	第18回スピントロニクス入門セミナー	農工大小金井キャン パス
2021	1/7-8	第19回スピントロニクス入門セミナー	Web開催
2022	3/29-30	第20回スピントロニクス入門セミナー	Web開催



さまざまな研究会(1)

年	月日	タイトル	会場
2001	12/19	第1回スピンエレクトロニクス研究会	東工大すずかけC
2003	10/23	スピンエレクトロニクス主催研究会	東工大大岡山C
2003	11/25 -27	International Workshop on Nano-Scale Magnetoelectronics	名大
2004	10/26	スピンエレクトロニクス主催研究会	東大本郷C
2005	7/21	スピンエレクトロニクス共催研究会「スピン注入の展 開」スピン注入の基礎から新しい展開まで	機械振興会館
2006	2/4	The 1st RIEC International Workshop on Spintronics -Spin Transfer Phenomena-	東北大通研
2006	10/17	スピンエレクトロニクス共主催研究会 「次世代スピデバイス基盤技術とTMRデバイス応用の最前線」	機械振興会館
2007	7/23	応用磁気学会スピンエレ専門研・応用物理学会スピンエレ研究会共同主催研究会 「スピン注入磁壁ダイナミクスと半導体スピントロニクスの新しい展開」	中央大駿河台記念館
2008	7/3	研究会「拡がるスピントロニクス」 ～核スピントロニクス、バイオ系スピントロニクス～	東大本郷C
2009	12/7	応用物理学会スピントロニクス研究会主催研究会 「次世代スピントロニクスデバイスをリードする基盤研究」	東工大百年記念館
2010	11/2	応用電子物性分科会・スピントロニクス研究会共同主催研究会 ～スピントロニクスデバイスの新展開～	機械振興会館



さまざまな研究会(2)

年	月日	タイトル	会場
2011	11/14-15	応用物理学会スピントロニクス研究会・日本磁気学会スピンエレクトロニクス専門研究会共催 「スピン流と熱効果の新現象」	東北大金研
2013	12/9-10	応用物理学会スピントロニクス研究会主催研究会 「第18回半導体スピン工学の基礎と応用」	阪大豊中C
2013	11/11	応用物理学会スピントロニクス研究会・日本磁気学会スピンエレクトロニクス専門研究会共同主催研究会 「元素戦略・環境調和を視野に入れたスピントロニクスの新展開」	東北大金研
2015	11/12	スピントロニクス研究会 共同主催研究会 「スピントロニクス素子・回路の新展開」	中央大駿河台記念館
2015	12/3-4	第20回 スピン工学の基礎と応用 (PASPS-20) (スピントロニクス研究会 共催)	東北大通研
2016	11/21	応用物理学会スピントロニクス研究会・応用電子物性分科会共催研究会 「スピントロニクス材料の新展開」	首都大東京 秋葉原サテライト
2017	11/22	応用物理学会スピントロニクス研究会 日本磁気学会スピンエレクトロニクス専門研究会 共同主催研究会 共催：科研費「新学術領域研究」ナノスピン変換科学 「反強磁性スピントロニクスの新展開」	中央大駿河台記念館
2019	11/22	応用物理学会スピントロニクス研究会 日本磁気学会スピンエレクトロニクス専門研究会 共同主催研究会 「スピンオービトロニクスの新展開」	中央大駿河台記念館



20年のスピントロニクス研究の発展

- ▶ 新原理・新現象→新分野開拓・新デバイス開発
 - ▶ スピン移行トルク(STT)による磁化反転の発見とSTT-MRAMの開発とユニバーサルメモリへの展開
 - ▶ 電流誘起磁壁移動(CIWM)の発見とレーストラックメモリの提案
 - ▶ スピントルク発振子 (STO)の発見とマイクロ波アシスト磁気記録 (MAMR)への応用
 - ▶ 逆スピンホール効果の観測とスピン流計測技術の確立
 - ▶ スピンゼーベック効果の発見とスピンカロリティクス分野への発展
 - ▶ 磁気スキルミオンの観測とメモリ応用の提案
 - ▶ 室温VCMA(電圧印加磁気異方性制御)の発見と高速磁化反転
 - ▶ スピン軌道トルク(SOT)による磁化反転とSOT-MRAMへの展開
- ▶ 材料探索範囲の拡大→新デバイス開発
 - ▶ MgOバリアTMR素子の開発と高密度磁気読み出しヘッドへの実用化
 - ▶ ホイスラー系ハーフメタルの開発とCPP-GMRへの応用
 - ▶ ダイヤモンドNVセンターを用いた高感度磁気センサー
 - ▶ トポロジカル物質によるスピン流の生成と特異な電磁応答
 - ▶ 半導体・グラフェンへのスピン注入と制御
 - ▶ 反強磁性スピントロニクス

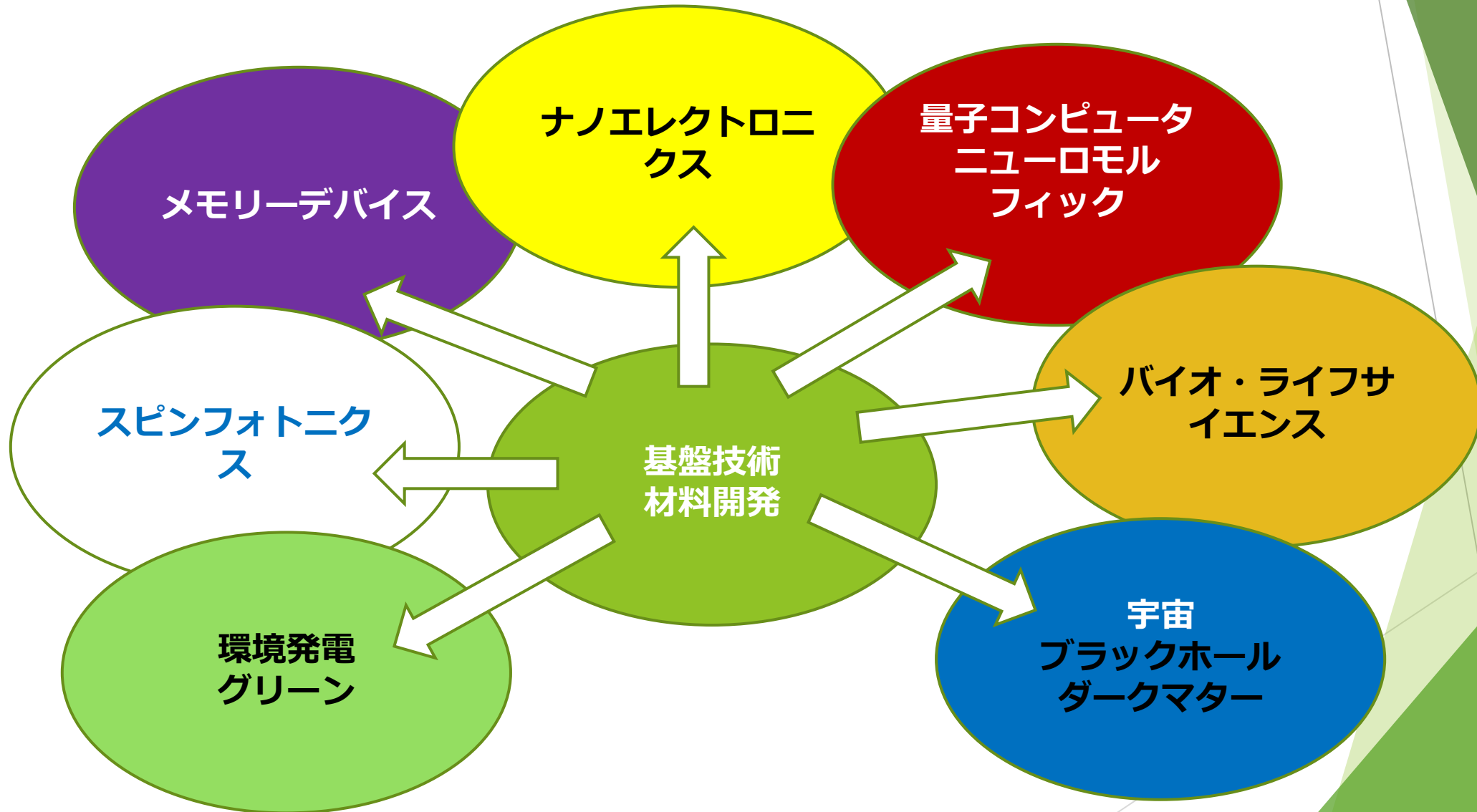
スピントロニクス関連プロジェクト

- ▶ 2007～2010FY 科研費特定領域研究「スピン流の創出と制御」（領域代表者：高梨弘毅）
- ▶ 2007～2013FY JSTさきがけ「革新的次世代デバイスを目指す材料とデバイス」（研究総括：佐藤勝昭）
- ▶ 2014～2018FY 科研費新学術領域「ナノスピン変換科学」（領域代表者：大谷義近）
- ▶ 2014～2018FY ImPACT「無充電で長期間使用できる究極のエコIT機器の実現」（PM：佐橋政司）
- ▶ 2014～2019FY JST ERATO「齊藤量子整流プロジェクト」（研究代表者：齊藤英治）
- ▶ 2015～2020FY JST S-イノベ「スピン流を用いた新機能デバイス実現に向けた技術開発」（PO：安藤功兒）
- ▶ 2018～2025FY JST 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）
- ▶ 2018～2023FY JSTさきがけさきがけ「トポロジカル材料科学と革新的機能創出」（研究総括：村上修一）

スピントロニクス研究会が1つのベースとなり、スピントロニクスのコミュニティが発展

- ▶ 日本学術会議マスタープラン2014, 2017(継続),
- ▶ 日本学術会議重点大型研究計画2020
- ▶ 文科省大型プロジェクトの推進に関する基本構想－ロードマップ2014、2020
- ▶ 2016概算要求：5大学（東大、東北、大阪、京都、慶応）にスピントロニクス学術連携研究教育センター（CSRN）設立
- ▶ このセンターを中心にスピントロニクス学術研究基盤と連携ネットワーク（Spin-RNJ）を形成し活動を継続中。

スピントロニクスの中から





瑞鳳殿

おわりに

- ▶ スピントロニクス研究会の20年を振り返ると、設立時の想いを超えて、常に新しい概念を取り込み、新しいものに挑戦し、生み出してきたことがよくわかります。
- ▶ 学会の枠を超えて、多くの連携活動を行ってきたことも、この分野の発展に寄与したものと確信します。
- ▶ スピントロニクスは、これからも半導体デバイスの高機能化をリードしていくとともに、グリーン・バイオ・ライフさらには宇宙まで、その役割を広げていくものと考えられ、この研究会の今後のリーダーシップに期待します。