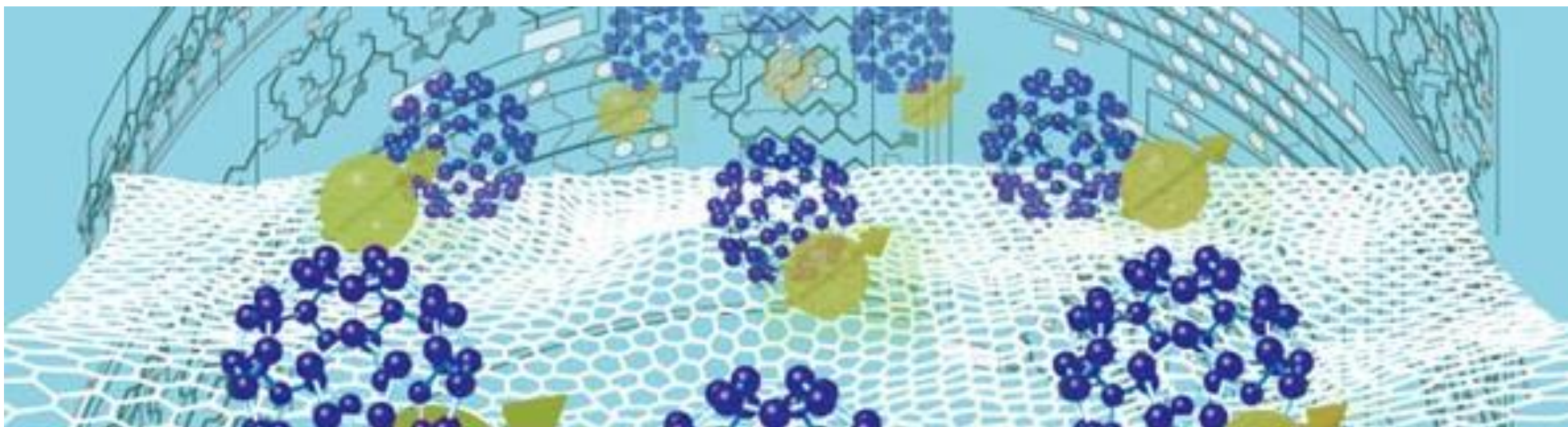


戦略的創造研究推進事業さきがけ

「革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス」 研究領域事後評価・研究総括プレゼンテーション



研究総括

東京農工大学名誉教授

佐藤 勝昭

はじめに：領域の終了に当たって

- さきがけ「革新的次世代デバイスをめざす材料とプロセス」領域は、2007年3月に公募が開始され、同年10月から5年半にわたり研究が実施されました。本年3月に終了するに当たって実績を総括します。
- 実績(Performance)の自己評価にあたり、「評価論」の区分に従い、**過程**(制度・体制・運営)および**成果**(アウトプット、アウトカム、インパクト)に分けて、プレゼンテーションをいたします。

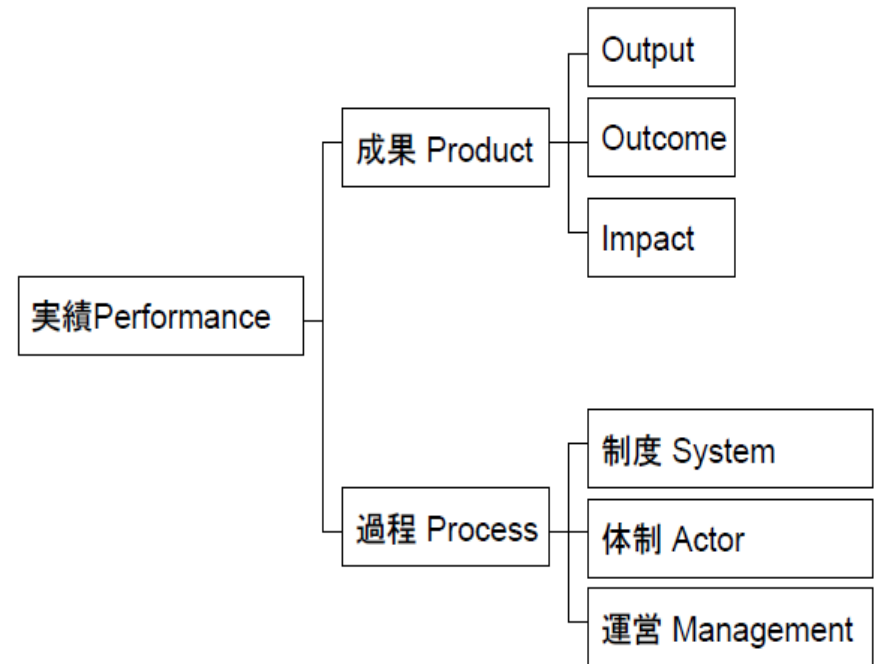


図 実績の標準的な概念区分

平成17年度科学技術振興調整費報告書「研究開発のアウトカム・インパクト評価体系」第1章

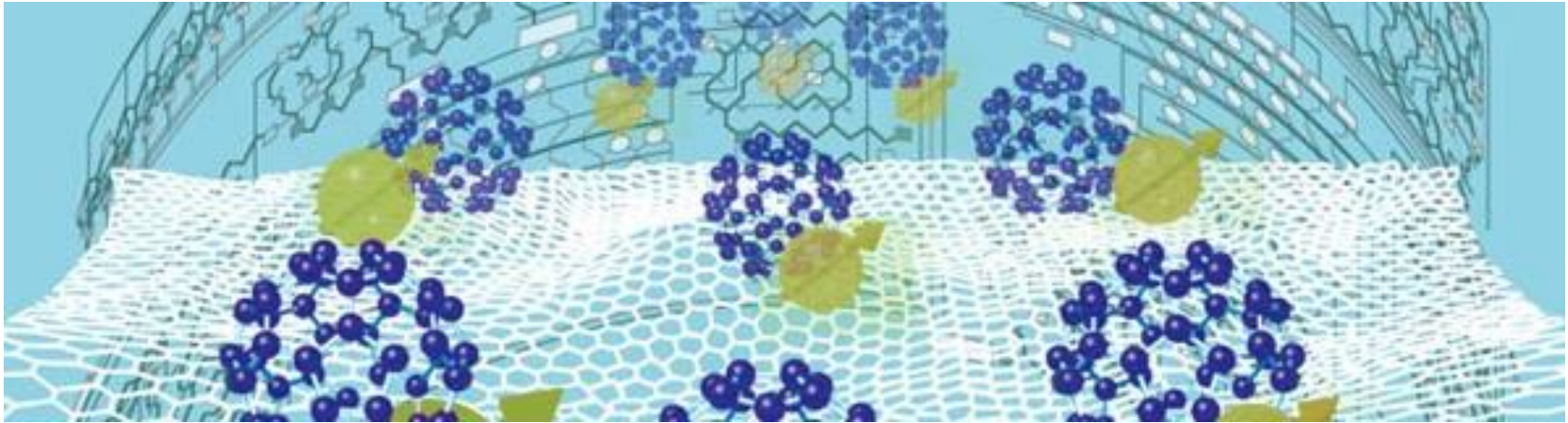
CONTENTS

• 研究推進の過程(Process)

1. 制度(System)
 - さきがけについて
 - 戦略目標/戦略目標の背景
2. 体制(Actor)
 - 領域および総括の選定
 - 領域アドバイザーの選定
3. 運営(Management)
 - 公募・選考・採択
 - 領域の運営
 - サイトビジット
 - 領域会議・ミニワークショップ
 - アウトリーチ

• 研究の成果(Product)

1. アウトプット(Output)
 - 外部発表・特許
 - プレス発表
2. アウトカム(Outcome)
 1. 科学技術の進歩への貢献
 2. 具体的応用への展開
 3. 科学技術イノベーションに資する成果
 4. 将来性見込まれる挑戦的課題の成果
 5. 次世代を担う人材は育ったか？
昇任、受賞、本の出版、研究会主催
 - 戦略目標に資する成果は上がったか
3. インパクト(Impact)
 - 産業技術への展開



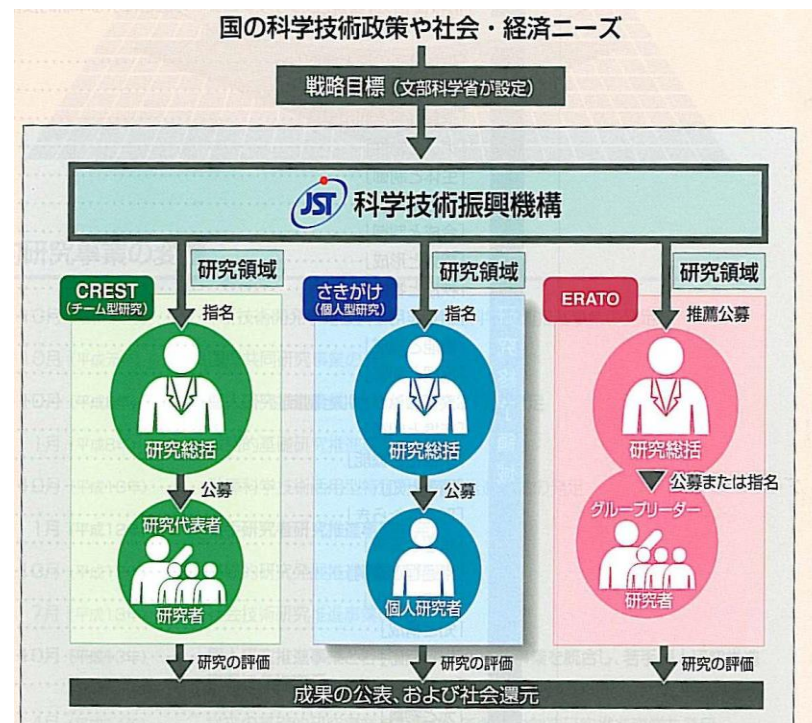
研究推進の過程(Process)

(1)制度

- ・さきがけについて
- ・本プロジェクト発足の経緯

「さがげ」について

- JSTは、国の政策や社会的経済的ニーズをふまえ、国の定めた戦略目標の達成にむけた目的指向型の基礎研究プログラム「戦略的創造研究推進事業」を実施しています。
- これには、ERATO, CREST, さがげの3タイプがあります。
- さがげは、研究総括のもと、公募で採択された研究者が行う**個人型の研究**です。
- **科研費**は、多様な学術の振興を図るために、個々の研究者の自由な発想による提案の中から選ばれた**学術的に優れた**独創的・先駆的な研究に対する**補助金**です。
- **さがげ・CREST**は、国の政策目標にそった**イノベーションのシーズ**を創成するために、研究総括のもと、研究内容に応じた形で研究者を動員して、集中的に研究を推進する**JSTの事業**です。



戦略目標名:

新原理・新機能・新構造デバイス実現のための材料開拓と ナノプロセス開発

- 本戦略目標は既存のシリコンデバイスの特性を超越する新概念・新構造に基づく次世代デバイスの創製を目指すものであり、「ナノ・材料」分野の戦略重点科学技術のうち、次の3つに密接に関係する。
 - ①イノベーションを生む中核となる革新的材料・プロセス技術
 - ⑤デバイスの性能の限界を突破する先端のエレクトロニクス
 - ⑨ナノ領域最先端計測・加工技術
- 背景としては、ITRS2005に代表される国際的な動向があります。

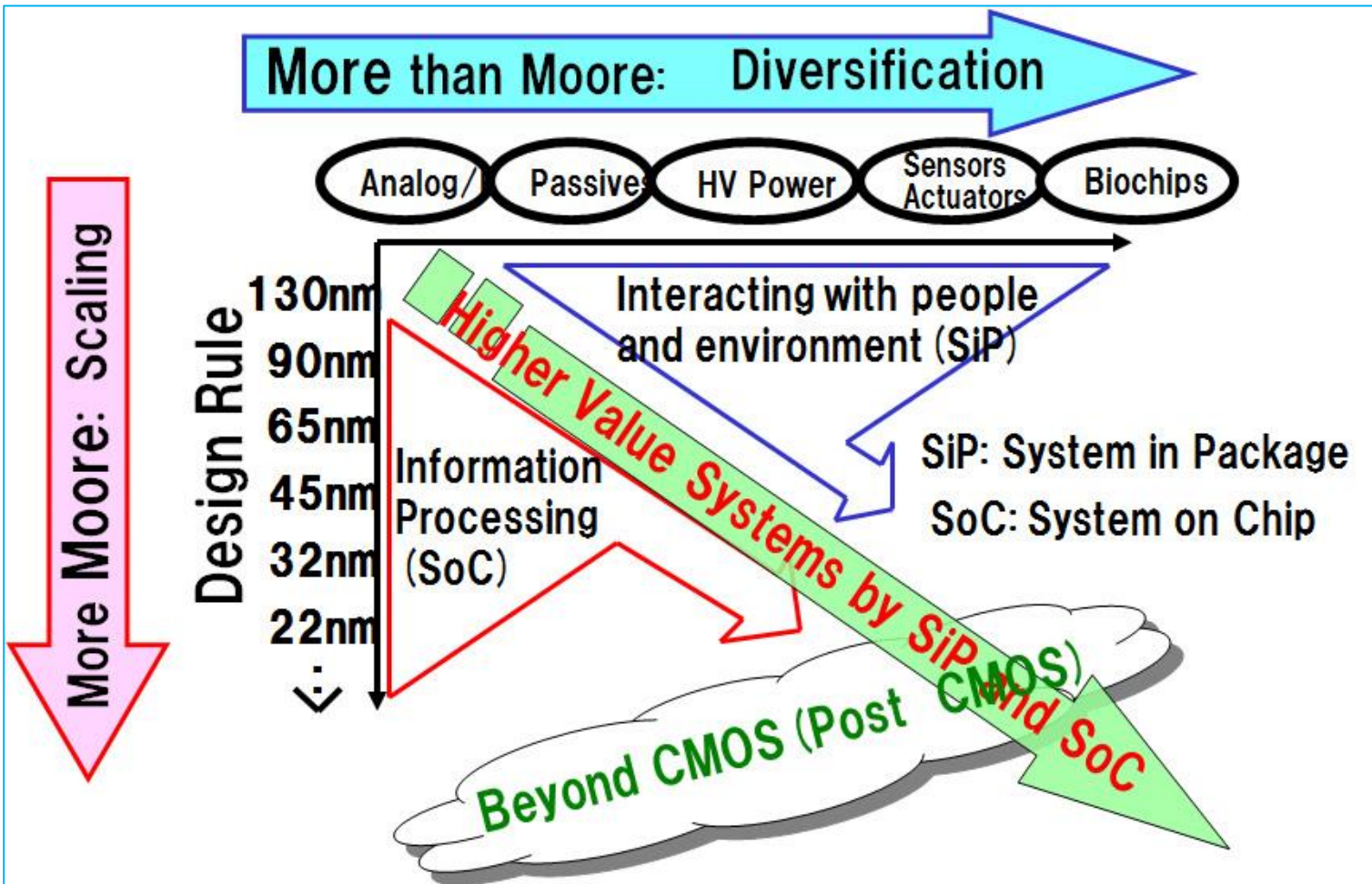
戦略事業実施期間中に達成を目指す研究開発目標

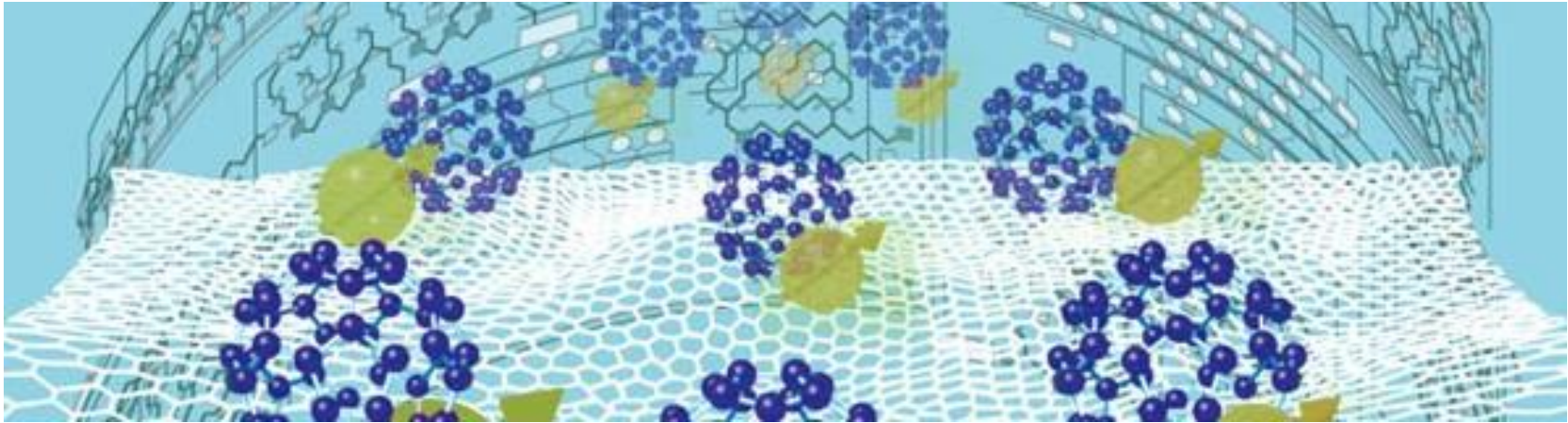
- この戦略では、下記の技術領域における**材料開拓**と**デバイス化**に向けたプロセス開発により、**次世代ナノエレクトロニクスデバイスの実現につながるイノベーション**を創出することを目標とする。
 - (1) **非シリコン系半導体**(Ga-As, In-Sbなどの化合物半導体、GaN, AlN、ダイヤモンドなどのワイドギャップ半導体)による従来のCMOSを超える次世代デバイス用材料の開拓とプロセス開発
 - (2) **光・電気・磁気機能の多元的な融合・変換**を利用して新規なデバイスの構築を可能にする材料の開拓とプロセス開発
 - (3) **ナノレベル・分子レベルでの加工**により新規なデバイスの構築を可能にする材料の開拓とプロセス開発
 - (4) **薄く、軽量で、湾曲性・屈曲性ならびに耐衝撃性**を有する携帯デバイス用の材料開拓とプロセス開発

戦略目標が出されたいきさつ

- この戦略目標は、2005年にITRSロードマップが、半導体デバイスの微細化がハーフピッチ22nmの極限を迎えるに当たって掲げた3つの戦略、すなわち、
 - ① Mooreの法則をさらに伸ばす「More Moore」
 - ② 従来の半導体デバイスにない機能を付加する「More than Moore」
 - ③ シリコンCMOSを超える新しい原理を取り入れる「Beyond CMOS」のうち、beyond CMOSに焦点を当て、その材料開拓とプロセス開発を進めることを目標として策定されたものでした。

ITRS roadmap 2005





研究推進の過程(Process)

(2)体制

プロジェクト推進の体制

研究領域および研究総括の選定

- **領域の選定**: 戦略目標はbeyond CMOSに焦点を当て、その材料開拓とプロセス開発を進めることであります。研究推進部では、これに基づき「革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス」という研究領域を立て、シリコンCMOSの延長ではない次世代エレクトロニクス・デバイスの実現に結びつく新しい材料の開拓、デバイス構造やプロセス開発を目指し、半導体・金属・セラミクスから有機材料までを扱う課題を幅広く採択することとしました。
- **総括の選定**: 推進部では、この領域をマネージする研究総括として、佐藤勝昭を選定しました。選定理由は、企業における研究開発の経験をもち、基礎研究と技術開発との連携の重要性を熟知していること、大学において磁気光学と半導体光物性を専門とし、結晶工学、超伝導体、青色発光材料、太陽電池、液晶材料など幅広い研究経験があること、応用物理学会理事などを経験し、研究者コミュニティの認知度が高いこと、東京農工大学理事・副学長を経験し、マネージメント能力があることなどであるということです。

領域アドバイザーの人選

- 領域アドバイザーは、研究総括を支え、課題の採択、領域の運営、研究面のアドバイスを分担していただきました。
- アドバイザーの人選に当たっては、以下を考慮しました。
 - 領域のねらい記載の研究分野を網羅するように**広い研究分野**から選任する。
 - 選考会議・領域会議にできるだけ出席できる**時間をとれる方**を選任する。
 - 若く優秀な研究者をアドバイスできる**指導力**を持っている方を選任する。
 - 大学関係者だけでなく、企業、独法など**広い研究機関**の関係者を選任する。
 - **女性**を含めること。

領域アドバイザー

領域アドバイザー名	所属	現役職	選任時の職	専門	備考
栗野 祐二	慶応義塾大学	教授	富士通研究所	半導体デバイス・ナノカーボン	
岡本 博	東京大学	教授	東京大学	強相関	元さきがけ研究者
小田 俊理	東京工業大学	教授	東京工業大学	半導体デバイス	元さきがけ研究者
工藤 一浩	千葉大学	教授	千葉大学	有機デバイス	
五明 明子	科学技術振興機構	研プロ主任調査員	日本電気株式会社	半導体結晶工学	
小森 和弘	産業技術総合研究所	副研究部門長	産業技術総合研究所	光物性	元CREST研究代表者
高梨 弘毅	東北大学	教授	東北大学	スピントロニクス	
谷垣 勝己	東北大学	教授	東北大学	ナノカーボン・スピントロニクス	元さきがけ研究者
名西 徳之	立命館大学	教授	立命館大学	ワイドギャップ半導体デバイス	
波多野 睦子	東京工業大学	教授	日立製作所	半導体デバイス	
藤巻 朗	名古屋大学	教授	名古屋大学	超伝導工学	元CREST研究代表者

結果的に、さきがけ経験者3名(岡本、小田、谷垣)およびCREST経験者2名(小森、藤巻)が含まれており、自身の経験を踏まえた適切なアドバイスをいただけ、領域運営に効果的でした。

研究分野も、研究総括が把握するスピントロニクスを始め、半導体、ナノカーボン、強相関系、光、超伝導、有機など広い分野の研究者を人選でき、目的にかなったアドバイザーの参加を獲得できました。

技術参事・事務参事

- さきがけのマネジメントは、研究総括を支える技術参事・事務参事によって支えられています。
- 技術参事として、NECからの推薦を受けた泉弘一博士にお願いしました。泉氏は東大工学部助手の経験をもつX線・放射光による結晶評価の専門家で、NECにおいては研究の傍ら知財関係の仕事にも従事されて来られました。領域と研究者とを結ぶ役割を果たしていただきました。
- 事務参事としては、三菱化学で管理部門におられた前田謹一郎氏がアサインされました。前田氏は、さきがけ「ナノ製造」領域の事務参事を兼務していただきました。

組織体制



研究総括



事務局

泉技術参事
前田事務参事

研究推進部スタッフ
横田→橋本

研究者



Yuji Awano



Hiroshi Okamoto



Shunri Oda



Kazuhiro Kudo



Akiko Gomyo

領域アドバイザー
11名



Kazuhiro Komori



Koki Takanashi



Katsumi Tanigaki



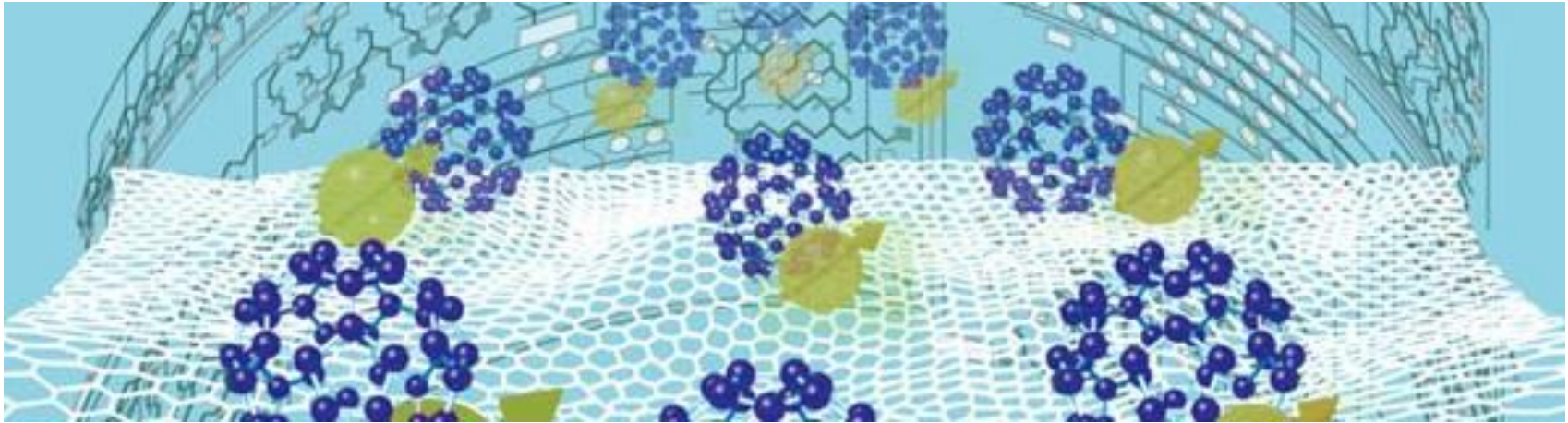
Yasushi Nanishi



Akira Fujimaki



Mutsuko Hatano



研究推進の過程(Process)

(3) マネージメント

公募・選考・採択

募集にあたっての研究総括の方針

- この研究領域は、CMOSに代表される既存のシリコンデバイスを超える革新的な次世代デバイスを創成することを目標として、**環境やエネルギー消費に配慮しつつ**高速・大容量かつ高度な情報処理・情報蓄積・情報伝達を可能とする新しい材料の開拓およびプロセスの開発を図る挑戦的な研究を対象とするものです。
- 具体的には、高移動度ワイドギャップ半導体材料、スピントロニクス材料、高温超伝導体を含む強相関係材料、量子ドット材料、ナノカーボン材料、有機半導体材料などが挙げられますが、これらに限らず、**将来のデバイス化を見据えた新しい材料または構造及びプロセスの開拓に向けた独創的な研究が含まれます。**

選考について

選考については、戦略目標に沿って領域の概要にあるように広い分野から採択できるように配慮しました。

- **初年度**は、研究総括の専門分野であるスピントロニクスに関する応募が7割をしめ、採択者もスピントロニクスに関するテーマの研究者が多数となりました。
- **第2年度**は、領域アドバイザーを等通じて広くワイドギャップ半導体関係の研究者に周知していただき、その分野の応募が増えました。
- **最終年度**は採択者が少なかった分子および有機関係のテーマについて、積極的に公募を周知し、結果として有機／分子に関する研究テーマの課題を採択することができました。
- **全体として、当初計画した研究分野の課題を網羅**できました。

書類審査・面接審査の2段階評価

- 研究総括は、アドバイザの意見を参考に審査の方針を決め膨大な応募書類を**書類審査**しました。
 - － 各申請課題は**3名以上の査読者**によって評価しました。申請者と所属が異なり利害関係のないアドバイザまたは外部評価者によって**きわめて厳正に**査読。このため、他領域に比べ多くの外部評価者をお願いしました。ダイバーシティにも配慮しました。挑戦的課題を採択するため、評価がBBBなど平均的なものよりACCなどAが1つでもあるものを優先しました。書類審査で、採択数の2倍程度の候補者を選考し面接することになりました。
- **面接審査**では挑戦性と計画の妥当性を厳しく審査
 - － 単純な合議制ではなく研究総括のリーダーシップのもとで、特徴ある研究者を厳選しました。
- **研究者採択の段階で本プロジェクトの成否は60%決まるといって過言ではないでしょう。**



書類選考会



面接選考会

採択課題と研究者 第1期生 (応募108, 採択11)

研究者	所属(採択時)	課題名	研究費
葛西 誠也	北大准教授	確率共鳴を利用した新しい情報処理のためのナノデバイスと集積化	42
齊藤 英治	慶大講師	誘電体スピントロニクス材料開拓とスピン光機能	65
白石 誠司	阪大准教授	分子を介したスピン流の制御	49
高橋有紀子	NIMS主研	スピントロニクスデバイス用室温ハーフメタルの探索	39
谷山 智康	東工大准教授	スピン偏極の外的操作制御とチューナブルスピン源の創製	47
塚本 新	日大講師	フェムト秒パルス・レーザによる超高速スピン制御・計測	45
深田 直樹	NIMS主研	縦型立体構造デバイス実現に向けた半導体ナノワイヤの開発	47
村上 修一	東工大准教授	デバイス応用に向けたスピン流と熱流の結合理論	28
安田 剛	九大助教	π 共役高分子鎖内の超高速電荷輸送を利用した有機トランジスタ	42
山口 明啓	慶大助教	ナノ磁性体集結群の新奇な磁気特性の究明	40
若林 克法	広大助教	計算科学手法によるナノカーボン素子の設計と物性予測	32

単位100万円

採択課題と研究者 第2期生 (応募98, 採択10)

研究者	所属(採択時)	課題名	研究費
片山 竜二	東大助教	極性ワイドギャップ半導体フォトニックナノ構造の新規光機能	47
川山 巖	阪大助教	ナノ構造制御した光生成磁束量子デバイスの創製	40
寒川 義裕	九大准教授	オンチップ光配線用窒化物基板の創製とシステム熱設計支援	40
小林 航	早大助教	サーモエレクトロニクスを指向した基礎材料の開発	33
須崎 友文	東工大准教授	ワイドギャップ酸化物における界面機能開発	40
竹中 充	東大准教授	光配線LSI実現に向けたGeナノ光電子集積回路の開発	51
中岡 俊裕	東大特任准教授	量子ドットを用いた単電荷・スピン・光機能融合デバイス	39
浜屋 宏平	九大助教	Si系半導体ナノ構造を基礎とした単一電子スピントランジスタの開発	45
福村 知昭	東北大講師	ワイドギャップ強磁性半導体デバイス	(38)*
水落 憲和	筑波大講師	ワイドギャップ半導体中の単一常磁性発光中心による量子情報素子	46

単位100万円

*3年目に最先端若手に異動

採択課題と研究者 第3期生 (応募120, 採択12)

研究者	所属(採択時)	課題名	研究費
海住 英生	北大助教	スピン量子十字素子を用いた新規な高性能不揮発性メモリの創製	52
組頭 広志	東大准教授	ナノキャパシタ構造を用いた低環境負荷メモリの開発	38
高橋 和	阪府大講師	フォトニック結晶ナノ共振器シリコンラマンレーザーの開発	43
富岡 克広	JST専任	Si/III-V族半導体超ヘテロ界面の機能化と低電力スイッチ素子の開発	36
中野 幸司	東大助教	分子配列制御による有機トランジスタの高性能化	38
中村 浩之	阪大特任助教	誘電体トランジスタを用いたスピン操作	38
西永 慈郎	早大助教	有機・無機半導体ヘテロ構造を用いた新規デバイスの開発	37
野口 裕	千葉大助教	光制御型有機単一電子デバイスの開発	37
野田 優	東大准教授	各種ナノカーボン構造体の自在実装	40
東脇 正高	NICT主研	III族酸化物/窒化物半導体複合構造の界面制御とデバイス応用	35
町田 友樹	東大准教授	グラフェン量子ドットを用いた新機能素子の実現	34
山本 浩史	理研専任研	電子相関を利用した新原理有機デバイスの開発研究者	43

総研究費: 1,366

1課題あたり研究費: 414

単位100万円

研究分野

熱



Wataru Kobayashi



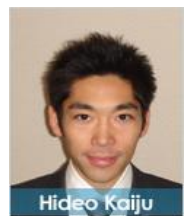
Yoshihiro Kangawa



Shuichi Murakami



Hiroyuki Nakamura



Hideo Kaiju



Jiro Nishinaga



Tomoki Machida



Naaki Fukata



Hiroshi Yamamoto



Masataka Higashiwaki



Seiya Kasai



Takeshi Yasuda



Hiroshi Kumigashira

スピン



Masashi Shiraishi



Katsunori Wakabayashi



Akinobu Yamaguchi



Eiji Saitoh



Y.K. Takahashi



Kohei Hamaya



Iwao Kawayama



Katsuhiro Tomioka



Tomotumi Susaki



Suguru Noda



Arata Tsukamoto



Yutaka Noguchi

電荷



Tomoyasu Taniyama



Tomoteru Fukumura



Toshihiro Nakaoka



Norikazu Mizuochi



Mitsuhiro Takenaka



Ryuji Katayama



Yasushi Takahashi



Koji Nakano

光

研究対象

酸化物



誘電体



半導体



有機



ナノ
カーボン



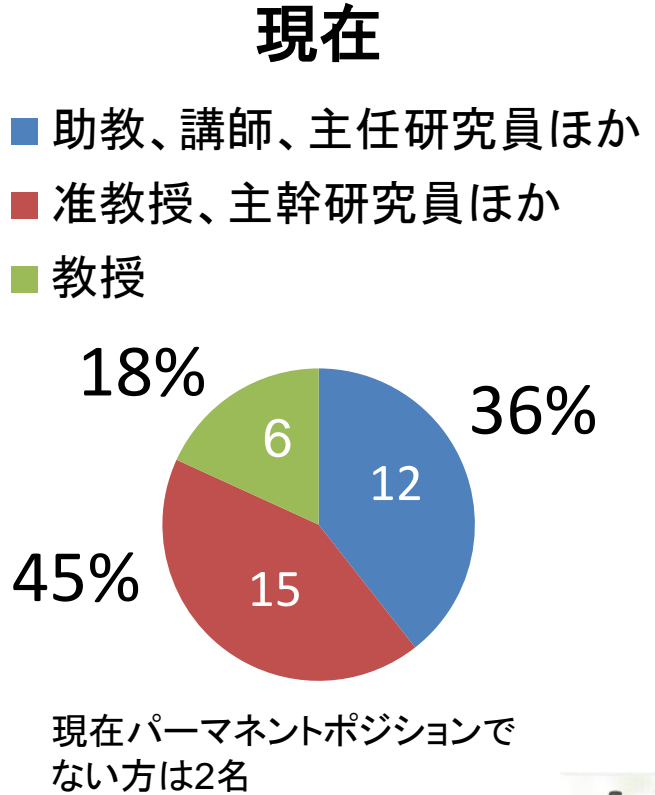
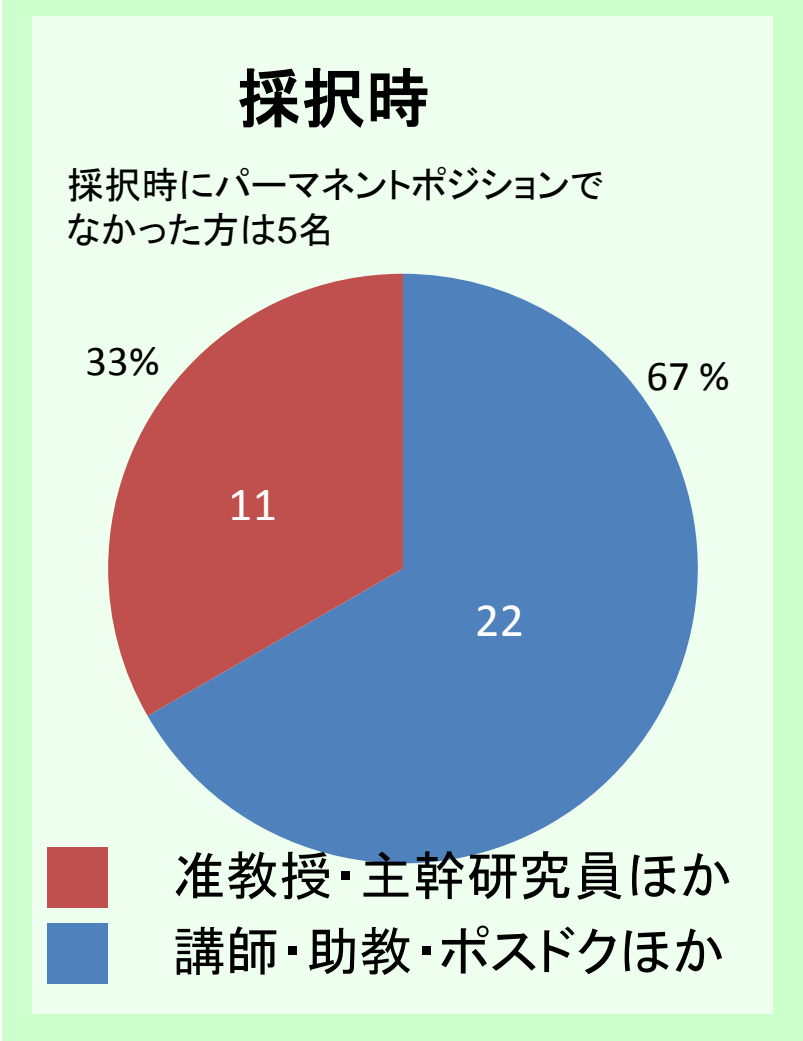
超伝導



金属



採択状況(1)採択時役職

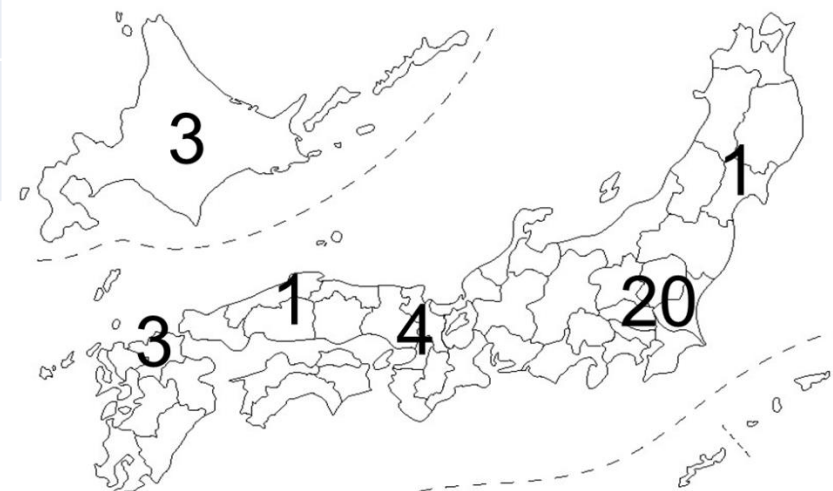


採択状況(2)研究者が所属する機関

	国大	私大	公大	独法*
開始時	22 (旧帝大16)	5	1	5
終了時	19 (旧帝大13)	5	1	8
現在	19 (旧帝大13)	4	2	8

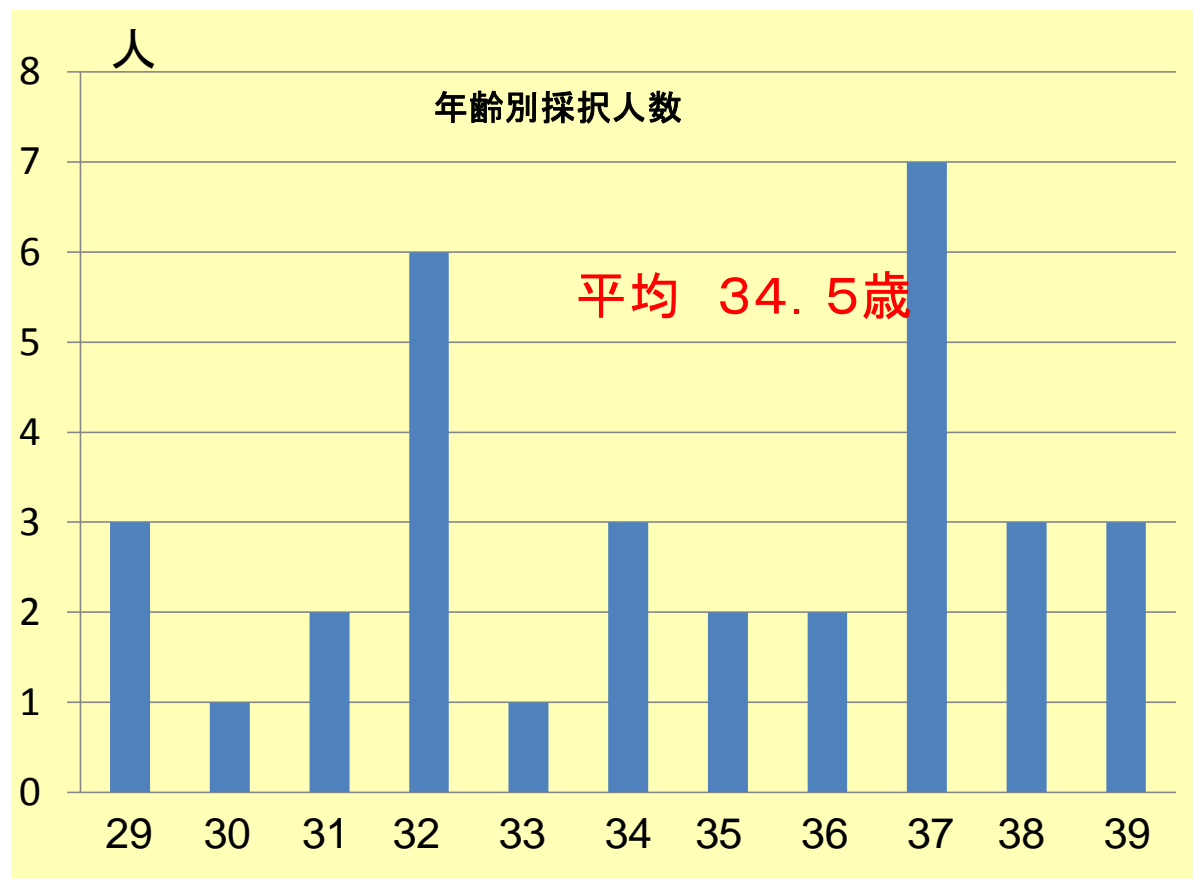
*JST専任研究者を含みます

所属機関は全国に分布

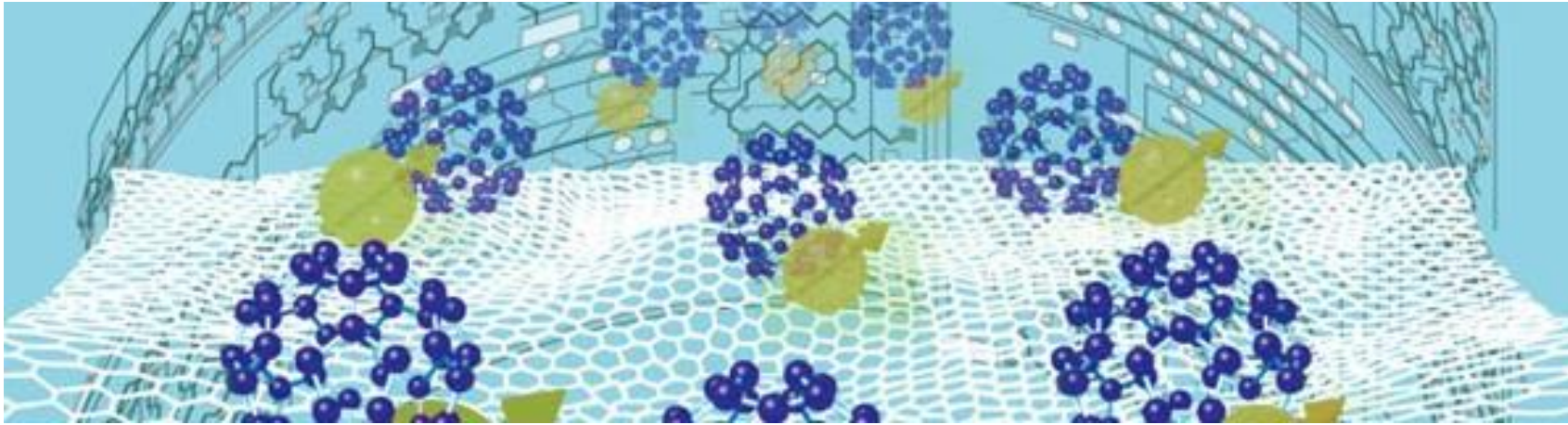


その他(アメリカ)1

採択状況(3) 採択時年齢分布



男性 32人
女性 1人



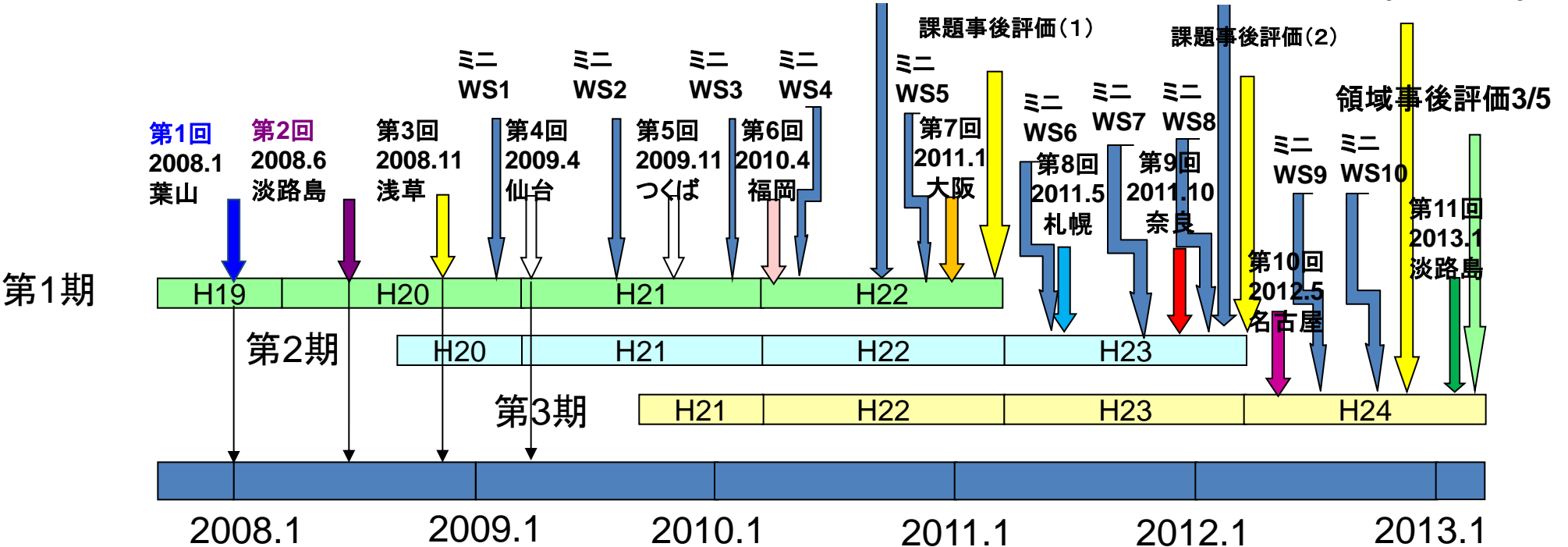
研究推進の過程(Process)

(3) マネージメント

領域の運営

さがけ佐藤領域の歩み

- 第1期生：卒業
- 第2期生：卒業
- 第3期生：卒業



サイトビジット

研究開始直後および異動や配置替えの時のサイトビジットに加え、**最終年度**に研究の進捗状況把握と残期間の研究方針検討のため、**サイトビジット**を行っている。また、**技術参事**による研究状況確認のための**サイトビジット**も行っている。

研究開始直後

33回(1期生11回、2期生10回、3期生12回)

異動／配置換え後

(別の訪問機会にすることもあり)

11回(1期生5回、2期生5回、3期生1回)

最終年度

29回(1期生8回、2期生9回、3期生12回)

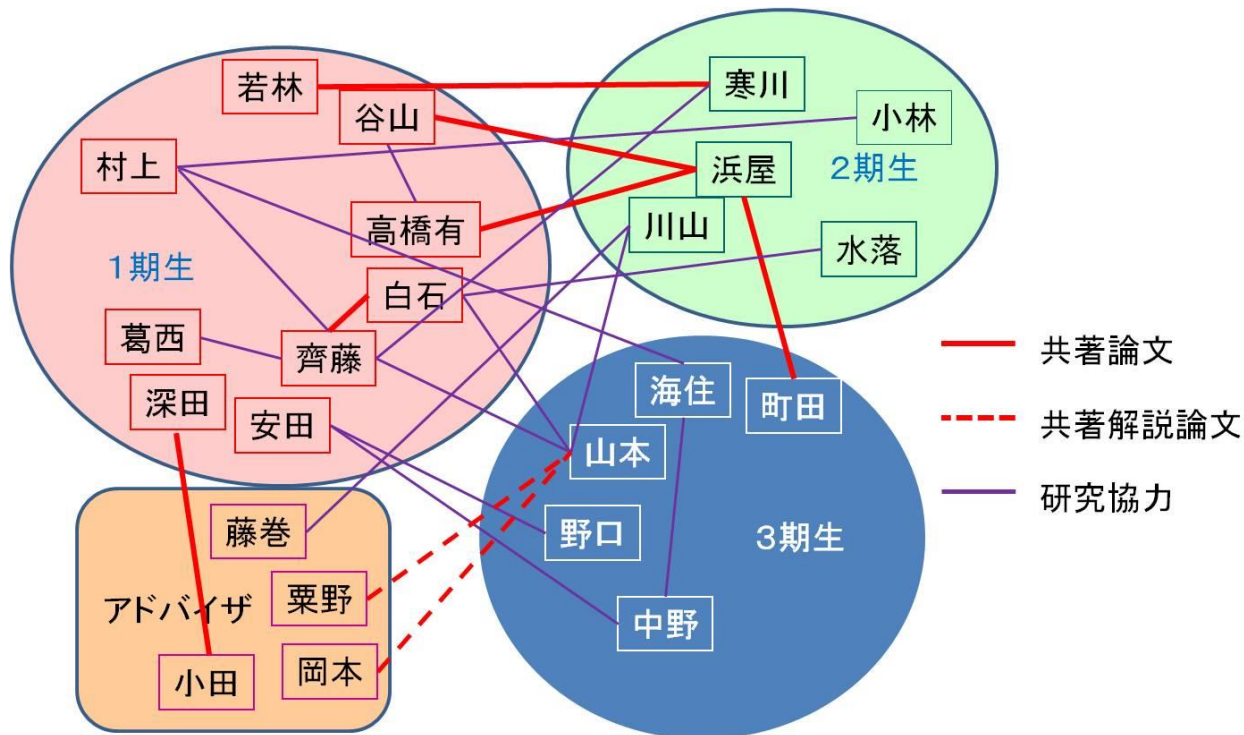
技術参事による状況調査

7回



共同研究の推進

研究者自身の自主的な共同研究活動に任せることなく、研究総括自ら提案し、積極的な共同研究を模索しました。たとえば、第2回ミニワークショップにおいては、スピンドル回路の新研究領域の可能性を議論したり、領域会議において積極的な協力研究の提案を行いました。また、領域内にとどまることなく、研究に必要であれば、外部の研究者を紹介して、さきがけ研究を進める方向づけをしました。



共同研究の成果

研究者	協力者	内容	論文等
浜屋宏平	谷山智康	Fe _{3-x} Mn _x Si/Ge薄膜の磁気特性の測定	Phys. Rev. Lett. 102, 137204 (2009).
高橋有紀子	浜屋宏平	Co ₂ FeSiのスピンの偏極率測定	J. Appl. Phys. (submitted).
寒川義裕	若林克法	SiC表面におけるグラフェン成長の初期過程の研究	Jpn. J. Appl. Phys 50 [3] 038003-1 (2011).
浜屋宏平	町田友樹	強磁性電極/量子ドットにおけるスピンのブロッケイドに支配された電気伝導の観測	Phys. Rev. Lett. 102, 236806 (2009).
齊藤英治	白石誠司	分子性半導体単結晶への強磁性共鳴誘起純スピンの注入	Phys. Rev. Lett., accepted.
山本浩史	栗野アドバイザー	モットFETの室温動作	日本応用物理学会 (2011/9/1)
山本浩史	岡本アドバイザー	光誘起モット転移	日本物理学会 (2013/3/26)
深田直樹	小田アドバイザー	ナノワイヤーのスピンのバルブ	J. Appl. Phys. 109, 07C508 (2011). Applied Physics Express 5 045001 (2012).

研究者	機関名	国名
葛西誠也	中国科学院 吳南健教授、賈鋭准教授	中国
	Prof.N.G. Stocks(Univ. of Warwick)	英国
	Prof. S. W. Hwang (Korea Univ.)	韓国
	Prof. L. B. Kish(Texas M&A Univ.)	米国
齊藤英治	Dr. T. Trypinotis (ケンブリッジ大).	英国
	デルフト大学	オランダ
	サラゴサ大学	スペイン
	ケンブリッジ大学	英国
	Prof. Hillebrands (Univ. Kaiserstrautern)	ドイツ
白石誠司	Prof. Cuniberti教授 (Techn.Univ. Dresden)	ドイツ
	Dr. V. Dediu (ISMN-CNRボローニャ)	イタリア
	Prof.Appelbaum(Maryland大学).	米国
	Prof. R. Kawakami(カリフォルニア大学リバーサイド校)	米国
塚本新	Prof. Theo Rasing (Radbout Univ)	オランダ
	York大学	英国
	放射光施設BESSYII	ドイツ

研究者	機関名	国名
深田直樹	ジョージア工科大	米国
	ボローニャ大学	イタリア
村上修一	Prof. G. Bihlmayer (ユーリヒ国際研究機構)	ドイツ
安田剛	Prof. Dr. W. Brütting (Univ.Augsburg,)	ドイツ
若林克法	Manfred Sigrist(スイス連邦工科大学教授)	スイス
	Young-Woo Son(KIAS)	韓国
	Roman Fasel 教授(EMPA)	スイス
寒川義裕	Dr. M.Epelbaum (Erlangen-Nürnberg大)	ドイツ
小林航	M. Peyrard教授	
	G. Casati教授	
	Prof. M.Karppinen(ヘルシンキ工科大学)	フィンランド
水落憲和	Dr. A. Pautrat(クリスマット研究所)	フランス
	Prof. Wrachtrup(シュトゥットガルト大学)	ドイツ
	Prof. F. Jelezko(ウルム大)	ドイツ
	Dr. A. Gali(ブダペスト科学技術・経済大学)	ハンガリー

研究者	機関名	国名
須崎友文	ウイスコンシン大	米国
	Dr.Vlado Lazarov (York大学)	英国
竹中充	Prof. Miller (Stanford大学)	米国
	Dr. Radamson (KTH)	スウェーデン
海住英生	Prof. J.F. Donegan (Trinity College Dublin)	アイルランド
中村浩之	Prof. Harold Hwang (スタンフォード大学)	米国
野口裕	Prof. W. Wruetting (アウグスブルク大)	ドイツ
	Prof. C. D. Frisbie(ミネソタ大)	米国
	Prof. W. Bruetting(アウグスブルク大)	ドイツ
野田優	Dr. Noe(Rice大)	米国
	Prof. Wardle (MIT)	米国
東脇正高	Dr. K. Ploog(元Paul Drude Institut所長、)	ドイツ

CRESTさきがけ 合同ワークショップ



CREST遠藤研究者



さきがけ富岡研究者

ナノワイヤトランジスタ



CREST李研究者



さきがけ竹中研究者

Ge デバイス

同じ戦略目標を共有するCREST渡辺領域・さきがけ佐藤領域の初の合同ワークショップを2012.10.26に開催し、情報交換をしました。今回のテーマは「集積化システムのための次世代デバイス技術」

領域会議



さきがけでは、年2回の領域会議を行うことになっています。本領域では、交通の便はよく、しかし討論に集中できるように都市中心部から離れている場所で開催しました。討論の時間を可能な限り増やすため、会議、宿泊、食事等は同一の施設で行えるよう工夫しました。

回	開催日	開催地	会場	特別講演	イベント
1	08.1.13	湘南国際村	IPC生産性国際交流センター		
2	08.6.5	淡路島	淡路夢舞台国際会議場	名西 愷之	
3	08.1.30	東京都	浅草セントラルホテル		「ナノ製造」との合同会議
4	09.4.23	仙台市	KKRホテル仙台	高梨弘毅	
5	09.11.26	つくば市	東雲ホテル	工藤 一浩	「物質と光作用」と領域交流
6	10.4.16	福岡市	チサンホテル博多	小田俊理	「界面の構造と制御」と領域交流
7	11.1.11	大阪市	チサンホテル新大阪	藤巻 朗	「光創成」「界面」と領域交流
8	11.6.1	千歳市	ホテルグランドテラス	粟野祐司	
9	11.10.31	大和郡山	ビジネスホテル大御門		CREST「次世代デバイス」と領域交流
10	12.5.14	名古屋市	邦和セミナープラザ	波多野睦子	「ナノシステム」と領域交流
11	13.01.14	淡路島	淡路夢舞台国際会議場	岡本 博	

ほぼ毎回、アドバイザーに、各分野の最先端の話題について講演してもらいました。

領域会議は異分野交流の場

- 領域会議では、最新の研究成果のナマの情報が報告され、研究者同士がつっこんだ意見交換をします。研究総括とアドバイザーがメンター役を果たします。
 - 渡しきりのファンディングではなく、研究結果が**厳しい議論**にさらされるので、研究者は非常に**活性化**します。
 - 採択までは互いに知らなかった異分野の研究者間に、**交流**を通じて、**研究協力の芽**がはぐくまれます。



研究者同士の議論が活発

夜遅くまで研究論議が続く



フルメンバー33名が3日にわたって熱い討論と研究交流を行う。

ミニワークショップ

佐藤領域の
独自取り組み



領域会議では、研究者の持ち時間が少なく、十分な議論ができません。これを補うため、研究総括は、発表を2～3人の話題提供者に限定して、深く突っ込んで議論する場を設けました。原則として、複数の研究者からの自発的提案により、事務局が設定します。共同研究や、今後の研究の方向性などが決まることがあり、研究遂行に有効な会合でした。

	日程	場所	話題提供者	テーマ
第1回	2009.2.26	JST三番町ビル	塚本、山口	スピンダイナミクス
第2回	2009.7.7	東北大金研	葛西、齊藤	確率共鳴とスピントロニクス
第3回	2010.2.24	JST三番町ビル	浜屋、福村	半導体と磁性
第4回	2010.5.12	JST三番町ビル	白石、野田、町田	ナノカーボン
第5回	2010.2.9	JST三番町ビル	村上、小林、海住	熱物性
第6回	2011.4.11	JST三番町ビル	須崎、東脇、片山	ワイドギャップ
第7回	2011.10.14	JST上野事務所	水落、中岡	量子通信
第8回	2012.1.23	JST五番町ビル	西永、野口、中野	有機デバイス
第9回	2012.7.19	JST五番町ビル	高橋(和)、竹中	光インタコネクション
第10回	2012.10.18	JST五番町ビル	富岡、中村	ナノデバイス

研究テーマのカテゴリー分類

研究者および領域アドバイザーを、研究対象および研究手法等により表のように分類し、適切なアドバイス／指導ができる体制をつくりました。ミニワークショップの開催や領域会議／成果報告会の講演依頼、共同研究の推奨など、分類を広く利用しました。

材料による分類 研究分野による分類	酸化物、WG半導体、ダイヤモンド	半導体ナノ構造	金属・合金・複合	分子、有機	アドバイザー
強相関・超伝導エレクトロニクス	川山			山本	藤巻、岡本、谷垣
フォトンクス・フォトスピニクス	片山	中岡、高橋_和	塚本	野口	五明、小森、岡本
スピントロニクス	齊籐、谷山、福村、水落、中村	浜屋	高橋_有、村上、谷山、山口	白石、海住	高梨、粟野、谷垣
ナノデバイス	須崎、組頭、東脇	葛西、深田、中岡、竹中、富岡		若林、安田、町田、野口、中野、西永、山本	五明、波多野、小田、小森、名西
サーモエレクトロニクス	小林		村上	村上	波多野、粟野
プロセス	寒川	富岡		安田、野田、中野	工藤、名西
アドバイザー	藤巻、岡本、名西、粟野	小田、五明、波多野、小森、	高梨、谷垣	工藤、岡本、粟野、谷垣	

研究費配分にめりはり

- 研究総括は、研究の進展が見られる課題に対し本部と相談の上研究費の増額をしました。このとき、四半期報が役に立ちました。

研究者	年度	変更額 (千円)	理由
齊藤英治	H21	14345	異動のため、使用できなくなった装置を購入するために増額
齊藤英治	H22	10700	YIG成長LPE装置およびスピネルチェ効果測定用ヒートカメラなどの増額
白石誠司	H21	11560	研究進捗によるsub-femtoamperメーター購入のための増額(研究総括主導の加速案件)
谷山智康	H21	4590	研究進捗による光学定盤ほか購入のための増額
塚本新	H21	4820	研究進捗による電子増倍CCDカメラ導入のための増額
深田直樹	H21	6800	研究進捗による半導体デバイスアナライザー購入のための増額
片山竜二	H22	5640	研究進捗による増額
竹中充	H22	8600	研究進捗によるEB Siセルほか購入のための増額(研究総括主導の加速案件)
山本浩史	H22	4200	データ取得を加速するための増額
高橋和	H24	3000	ラマンレーザー動作波長拡大のため、精密な膜圧測定が必要になったための増額

情報共有

佐藤領域の
独自取り組み

四半期報告

研究推進部に提出する研究進捗報告とは別に、その中間時期に四半期報告を研究者から提出してもらいました。予算見直しや共同研究など、緊急性を要する対応に有効だったと思います。

ホームページ

領域のホームページには、研究者の異動や受賞などタイムリーで広い情報発信に心がけました。また研究総括が独自に「研究総括のページ」を設けて、活動状況の発信に努めました。

ニュースレター

領域のホームページにニュースレターのページをおき、研究者およびアドバイザーが自由に投稿して、情報共有できるようにしました。



アウトリーチ活動（活動を広く紹介）

- 研究総括が研究会、国際会議等で領域の紹介等を行い、広く広報活動に努めました。
- また、プレスリリース、JSTニュース、JST動画サイト（サイエンスニュース）などの場を通じて、研究成果のアウトリーチにつとめました。
- 最終年度には、TIA(つくばイノベーションアリーナ)との意見交換会も行いました。

研究総括によるアウトリーチ

年月日	講演	学会塔
2007/12	講演「結晶工学が拓く次世代材料－若手研究者への期待」	応用物理学会結晶工学分科会年末講演会
2008/3	講演「JST・さきがけ”革新的次世代デバイスを目指す材料とプロセス”について」	応用物理学会学術講演会シンポジウム(デバイスイノベーションに向けたナノエレクトロニクス研究の新展開)
2009/10/5-10	招待基調講演「革新的次世代デバイスの研究開発」	第5回機能性材料国際会議(International conference Functional Materials 2009(ICFM2009) (Simferopol, Ukraine))
2010/9/28-30	招待チュートリアル講演「次世代デバイスを目指すスピントロニクス」	第17回三元及び多元化合物国際会議 (Baku Azerbaijan)
2011/2/16-18	The role PRESTO program played in oriented basic research	JST戦略的創造研究事業の第2回国際的評価委員会
2011/6/16	「さきがけ」研究が果たしてきた役割	JSTシンポジウム「世界を魅せる日本の課題解決型基礎研究」
2011/6/21-24	さきがけの紹介	国際会議MORIS2011 (Nijmegen Netherlands)
2011/12/8-10	招待チュートリアル講演「磁性とスピントロニクスの基礎」	第10回スピントロニクス入門セミナー (京都)
2012/8/26-9/4	招待基調講演「JSTさきがけ”革新的次世代デバイス”の研究成果」	18th ICTMC (Salzburg, Austria)

プレスリリース

- JSTの広報課の協力で研究成果の公開を積極的に行いました。
 - 成果をプレス発表したり、プレスレクチャーしたりするためのお手伝いを研究総括主導で行いました。
 - 総括は、JSTの月刊誌JST Newsでの成果や研究者の紹介に努めました。
- サイエンスニュースとして動画でも発信しました。
 - 科学コミュニケーションセンターの動画配信専門スタッフの協力を得ました。



アウトリーチ活動

プレス発表

年月日	研究者	タイトル
2007/10/31	深田直樹	『～半導体素子の3次元立体化による高性能化技術の確立～ 「シリコンナノワイヤ《研究最前線》』
2009/12/28	高橋和	光ナノ共振器を高度化 -Q値記録を更新-
2010/3/11	齊藤英治	「絶縁体に電気信号を流すことに成功」
2010/7/15	深田直樹	「直径20nmのゲルマニウムナノワイヤでの不純物分光に成功」一次世代縦型トランジスタ材料の新しい評価技術の確立-
2011/2/4	深田直樹	『1/50000 mmの直径のシリコンナノワイヤ中で上純物の挙動を捕らえることに成功 * 次世代縦型トランジスタおよびナノワイヤ太陽電池材料の実現に向けて *』
2011/5/27	福村知昭	「電圧で磁気を制御できる新しいトランジスターの開発に成功」 -室温での電気的な磁性のスイッチングに道-
2011/7/15	組頭広志	「強相関電子を2次元空間に閉じ込めることに成功-新たな高温超伝導物質の実現や、電子素子作りに道を拓く-
2011/10/12	水落憲和	量子メモリーの原理実験に成功 - ダイヤモンドと超伝導量子ビットを直接組み合わせたハイブリッド系の量子状態制御に世界で初めて成功 -
2011/12/12	高橋和	「光閉じ込める「フォトリック結晶」内 光のキャッチボール成功」
2011/12/19	高橋和	「光メモリー2個連動」
2012/1/13	高橋和	「次世代高機能チップ実現へ一歩」
2012/1/16	深田直樹	ナノシリコンを使って太陽電池発電量を100倍にできる技術を開発した
2012/2/19	高橋和	「光を自由にやりとり 京大院 野田教授ら技術開発」
2012/4/13	水落憲和	「ダイヤモンドLEDで光子を1個ずつ室温発生させることに世界で初めて成功～盗聴不可能な量子暗号通信への応用に道～」
2012/6/7	富岡克広	「トランジスタの理論限界を突破 次世代省エネデバイス実現へ」

先端人

情報通信研究部 工学研究科
東協 正高氏



日本発、産業展開に意欲

「先端人」インタビュー
東協正高氏（工学研究科）
正高氏は、工学研究科の
情報通信研究部で、半導体
工学の分野で活躍している。
彼は、半導体工学の分野で
多くの研究成果を挙げ、
国際的なレベルで活躍している。
彼は、半導体工学の分野で
多くの研究成果を挙げ、
国際的なレベルで活躍している。

酸化ガリウムのペーパー半導体

「酸化ガリウムのペーパー半導体」
正高氏は、酸化ガリウムのペーパー半導体の開発に取り組んでいる。この技術は、従来の半導体と比べて、製造コストが大幅に削減できるという特徴がある。また、柔軟性や透明性にも優れているため、ウェアラブルデバイスや透明ディスプレイなどの応用が期待されている。

半導体の材料は、シリコンやゲルマニウムが主流だが、酸化ガリウムは、シリコンよりも電子移動度が大きく、また、透明な特性がある。これにより、透明な半導体デバイスや、柔軟な半導体デバイスを開発できる。正高氏は、酸化ガリウムのペーパー半導体の開発に取り組んでいる。この技術は、従来の半導体と比べて、製造コストが大幅に削減できるという特徴がある。また、柔軟性や透明性にも優れているため、ウェアラブルデバイスや透明ディスプレイなどの応用が期待されている。

半導体素子
消費電力ほぼゼロに
東大など開発 室温での動作実現
「消費電力ほぼゼロに」
東大など開発 室温での動作実現
半導体素子の消費電力をほぼゼロに抑えることが、省エネルギーデバイス開発の鍵となる。東大などの研究チームは、室温で動作する半導体素子の開発に成功した。この技術は、従来の半導体素子と比べて、消費電力が大幅に削減できるという特徴がある。また、室温で動作するため、冷却装置を必要としないという利点もある。

電子含む金属酸化物の膜

100原子層積み重ね技術

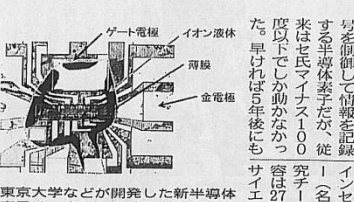
「100原子層積み重ね技術」
東大などの研究チームは、電子を含む金属酸化物の膜の製造技術を開発した。この技術は、従来の膜形成技術と比べて、膜の厚さを100原子層単位で精密に制御できるという特徴がある。また、膜の組成や構造も自由に制御できるため、さまざまな応用が期待されている。

室温超電導へ期待

「室温超電導へ期待」
高工本研は、室温超電導の実現に向けて研究を進めている。超電導は、電流をゼロ抵抗で伝導できるという特性があるため、電力伝送や磁気浮上などの応用が期待されている。高工本研は、室温で超電導状態を実現するための材料開発に取り組んでいる。この技術が実現できれば、エネルギー効率の大幅な向上が期待される。

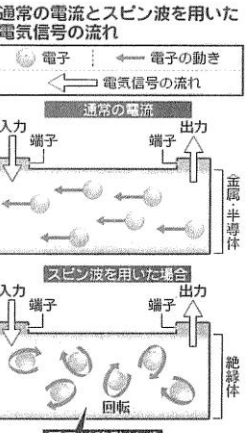
光子を発生

「光子を発生」
大阪グループ成功
大阪大学の研究グループは、光子を発生させる技術を開発した。この技術は、従来の光子発生技術と比べて、発生効率が高く、安定に動作するという特徴がある。また、光子の波長も自由に制御できるため、さまざまな応用が期待されている。



絶縁体で電気信号伝達

「絶縁体で電気信号伝達」
北大金属材料研究所の研究チームは、絶縁体を用いた電気信号伝達技術を開発した。この技術は、従来の導体を用いた伝達技術と比べて、信号の漏れが少なく、伝達速度が速いという特徴がある。また、絶縁体を用いることで、デバイスの小型化や集積化も可能になる。



夢の8割省エネ

「夢の8割省エネ」
金属材料に電流を流すと、電子の移動に伴って熱が発生する。しかし、金属材料の熱伝導率が高いため、熱がすぐに逃げ去る。一方、絶縁体は熱伝導率が低いため、熱が蓄積される。研究チームは、金属材料と絶縁体を組み合わせた構造を開発した。この構造は、金属材料の熱伝導率を下げ、絶縁体の熱伝導率を上げることで、全体の消費電力を8割削減できるという特徴がある。

半導体の集積回路

「消費電力10分の1」
スマートフォンの電池長持ちに
半導体の集積回路の消費電力を10分の1に削減することが、スマートフォンの電池長持ちの鍵となる。研究チームは、集積回路の構造を最適化することで、消費電力を大幅に削減することに成功した。この技術は、スマートフォンの使用時間を大幅に延ばすことが期待されている。

北大など素子開発

「北大など素子開発」
北大などの研究チームは、新しい素子を開発した。この素子は、従来の素子と比べて、動作速度が速く、消費電力が低いという特徴がある。また、製造コストも低いため、大規模な生産が期待されている。

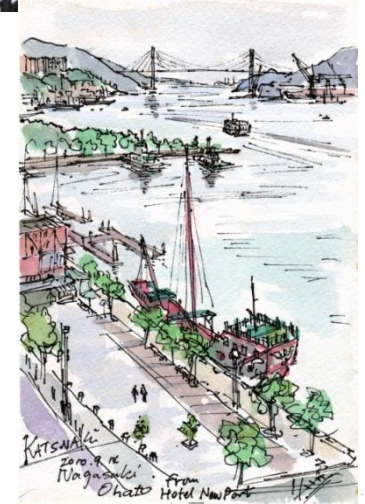
メディアへの登場

年月日	研究者	メディア	内容
2010.6.4	齊藤英治、白石誠司	JSTニュース2010年第3号	特集「スピントロニクスはシリコンデバイスを超えられるか？」
2010.6.11	齊藤英治	サイエンスニュース	「絶縁体で電気信号を伝える電子スピン流」
2011.2.3	葛西誠也	サイエンスニュース	「確率共鳴を利用する電子ナノデバイスの開発」
2011.3.25	村上修一	日経サイエンス2011年5月号	「フロントランナー挑む」で紹介
2011.10.20	齊藤英治	NHKEテレ「サイエンスゼロ」 18:55～19:25、	「絶縁体中のスピンゼーベック効果」
2012.4.24	水落憲和	JSTのトップページのコンテンツ ニュース	「量子暗号通信が身近に?!」
2012.7.2	高橋有紀子	JSTニュース2012年第7号	「先駆ける科学人」コーナーで「社会の役に立つ新材料を発見したい」として紹介されました
2012.8.2	富岡克広	JSTニュース2012年第8号	特集「トンネルトランジスタ」で道が開けた！理論限界を突破する省エネデバイス」

成果報告会



- 応用物理学会シンポジウムの中で実施
 - 第1期生：第71回 応用物理学会学術講演会
(長崎大学 2010.9:150名)
次世代革新的デバイス創成を指向した物理とテクノロジーの探索
 - 第2期生報告会：第59回応用物理学会関係連合学術講演会(早稲田大学2012.3:150名)
ポストケーリング時代における次世代革新的デバイスおよび材料の探索



成果報告会(最終年度)

次世代革新的デバイスのパラダイムシフトを目指して

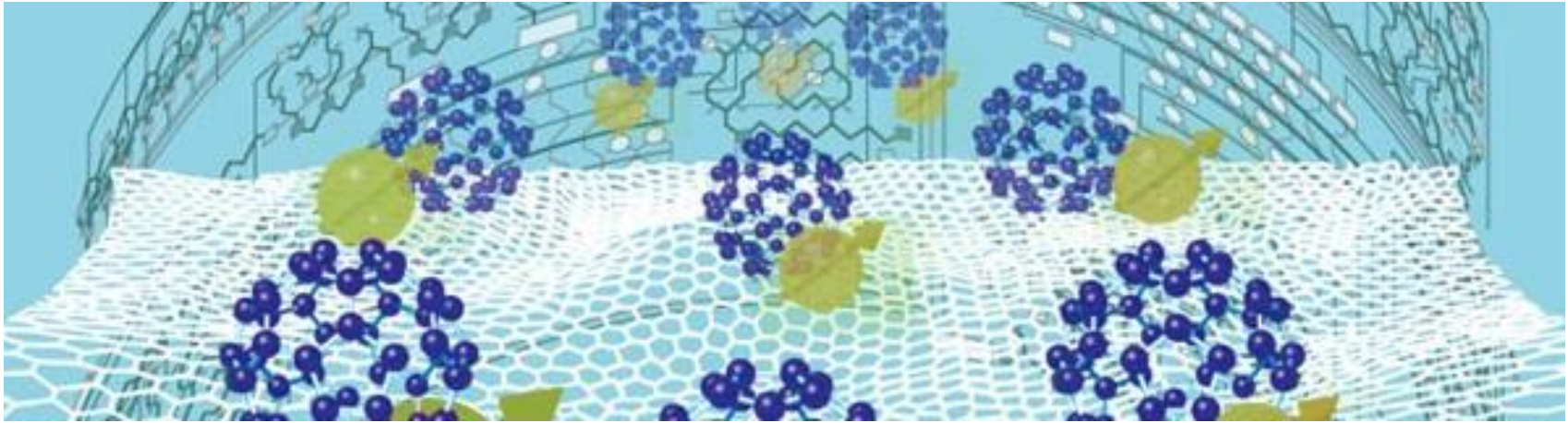
- 最終年度の成果報告会は、2012.11.14～15に、富士ソフトアキバホールで開催。
- スピントロニクス分野および半導体分野の著名な研究者2名(大谷・平本教授)に、次世代デバイス領域の研究の現状についての特別講演をお願いしたほか、終了した1期、2期の研究者も含め、2日間にわたって討議を行いました。
- 単独開催にもかかわらず140名にのぼる研究者が参加し、質疑応答も多く行われ、参加者からは大変良かったという評価をいただきました。



JSTとTIAの意見交換会(12/27)

- JSTの戦略創造事業の成果を切れ目なくイノベーションにつなげるべきだとの中村理事長の意向を受けて、JSTさきがけ「次世代デバイス」領域とCREST「革新材料・プロセス」領域の研究者と、産総研GNC、LEAP、PETRAのメンバーとの初めての意見交換会がつくばの産総研構内にあるTIA(つくばイノベーションアリーナ)において行われました。





研究の成果(Product)

アウトプット

外部発表・特許件数(採択別)

	論文		口頭		出版物		招待講演		合計 (除特許)	国内 出願	海外 出願
	国際	国内	国際	国内	国際	国内	国際	国内			
H19採択	194	8	159	234	1	37	107	75	815	26	5
H20採択	77	5	97	159	0	6	42	23	409	10	2
H21採択	68	10	95	176	6	7	46	24	432	16	9
合計	339	23	351	569	7	50	195	122	1656	52	16

外部発表 特許(期別)

外部発表および特許出願数(半期ごと)

	論文		口頭		出版物		招待講演		合計 (除特許)	国内 出願	海外出 願
	国際	国内	国際	国内	国際	国内	国際	国内			
07下合計	28	1	9	26	0	5	11	5	85	4	1
08上合計	18	3	14	29	0	4	7	10	85	6	1
08下合計	26	0	27	36	1	5	16	11	122	5	0
09上合計	30	1	51	66	0	2	16	14	180	4	2
09下合計	45	1	52	100	1	10	19	22	250	5	1
10上合計	47	3	49	92	0	7	34	22	254	5	2
10下合計	51	6	39	68	0	10	20	16	210	3	0
11上合計	41	1	51	35	1	2	16	1	148	13	1
11下合計	32	4	24	66	1	5	20	4	156	5	1
12上合計	19	2	24	38	2	0	18	13	116	2	7
12下合計	2	1	9	13	1	0	14	4	44	0	0
13上合計	0	0	2	0	0	0	4	0	6		
合計	339	23	351	569	7	50	195	122	1656	52	16

特許出願

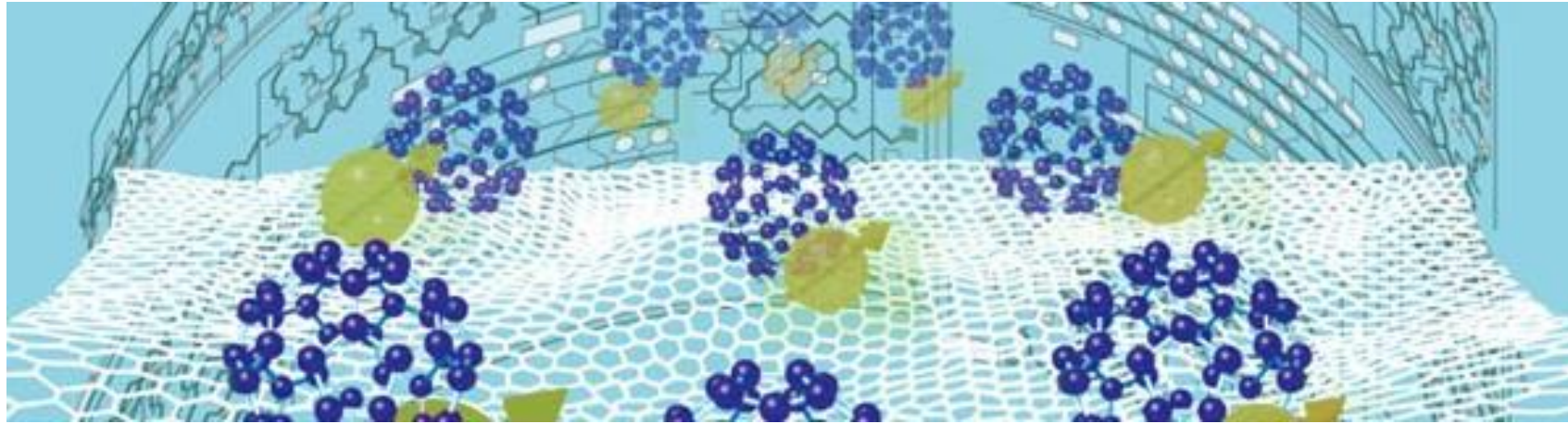
領域事後評価用資料 添付資料p.1
2-1. 外部発表および特許出願数

添付資料5-5. 特許出願

- バイドール法によって特許申請は原則として研究者の所属機関で行うべきものでありますが、昨今の大学の財政状況は、維持経費不足から特許取得に十分な支援が得られないケースが多々あります。
- このため、いくつかの場合において、技術参事が間に立って、JSTにおいて特許出願するためのお手伝いをしました。
- 特に、成果が大きなものについては包括的なパッケージを検討するなど、積極的に取り組みました。出願特許については添付資料5-5 . 特許出願にあるとおりです。

PCT出願 抜粋

内/外	研究者	出願番号	出願日	発明の名称	発明者
外	葛西誠也	12/920091	2008/09/02	信号再生装置	葛西 誠也(100%)
外	葛西誠也	PCT/JP 2008/065758	2008/09/02	信号再生装置	葛西 誠也(100%)
外	齊藤英治	PCT/JP 2009/060225	2009/06/04	誘導体スピントロニクスデバイス及び情報伝達方法	齊藤英治、内藤建一、梶原瑛祐、安藤和也
外	齊藤英治	PCT/JP 2009/060317	2009/06/05	熱電変換素子	齊藤英治、内藤建一、梶原瑛祐、中山裕康
外	野田優	PCT/J P2012/054810	2012/2/27	基板上へのグラフェンの製造方法、基板上のグラフェン、および基板上グラフェンデバイス	野田優(70%)、高野宗一郎(30%)
外	富岡克広	PCT/J P2010/005862	2011/04/25	トンネル電界効果トランジスタおよびその製造方法	富岡克広(45%)、田中智隆(10%)、福井孝志(45%)
外	富岡克広	PCT/J P2010/003762	2010/6/4	発光素子および製造方法	富岡克広、福井孝志



研究の成果(Product)

アウトカム

(1) 科学技術の進歩への貢献、(2) 具体的応用への展開、(3) 将来の科学技術イノベーションに資する成果、(4) チャレンジングな課題であり、将来性が見込まれる成果、(5) 次世代を担う人材の輩出

(1) 科学技術の進歩への貢献

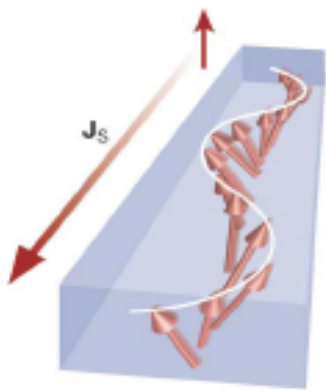
- 齊藤研究者：絶縁体におけるスピン流の概念を確立、また、スピンゼーベック効果を発見
- 白石研究者：グラフェンにおいて純スピン流の注入と、巨大磁気抵抗効果を室温で検証しました。
- 福村研究者：室温磁性半導体TiO₂:Coにおいて、電界制御による磁性の変化を実現
- 浜屋研究者：シリコンスピントロニクス分野において、スピン注入の問題点を明らかに

誘電体スピントロニクス材料開拓とスピン光機能

金属や半導体のみに限定されていた**スピントロニクス**の研究の殻を破り、誘電体(絶縁体)を中心据えた新しいスピントロニクスの体系を切り拓く。



電流から切り離され**スピン流のみ**を利用した「**究極のスピントロニクス**」の実現



スピン波とは磁性体中の磁化の波であり、ある種のスピン波はスピン流(スピン角運動量の流れ)を運ぶことができる。

齊藤 英治(東北大)

代表論文

Nature **464**, 262-266 (2010).

Nature materials **9**, 894-897 (2010).

Nature materials **10**, 655 -659 (2011).

受賞

サーマーティンウッド賞

日本学術振興会賞

日本学士院学術奨励賞

IBM科学賞

昇任

慶大講師→東北大教授

特記事項

Spintronics for Next-Generation

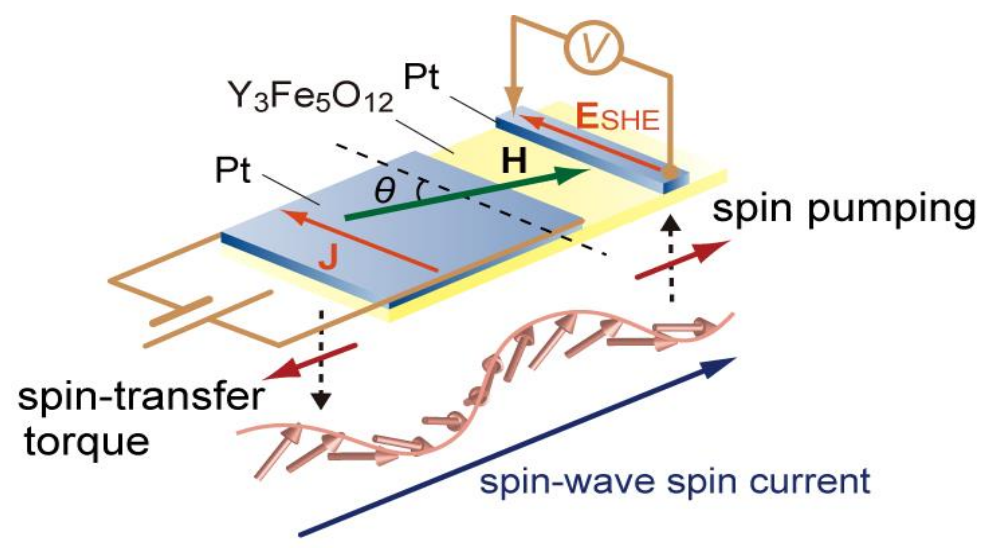
Innovative Devices (John Wiley)

(佐藤総括とともにeditorとして編集)

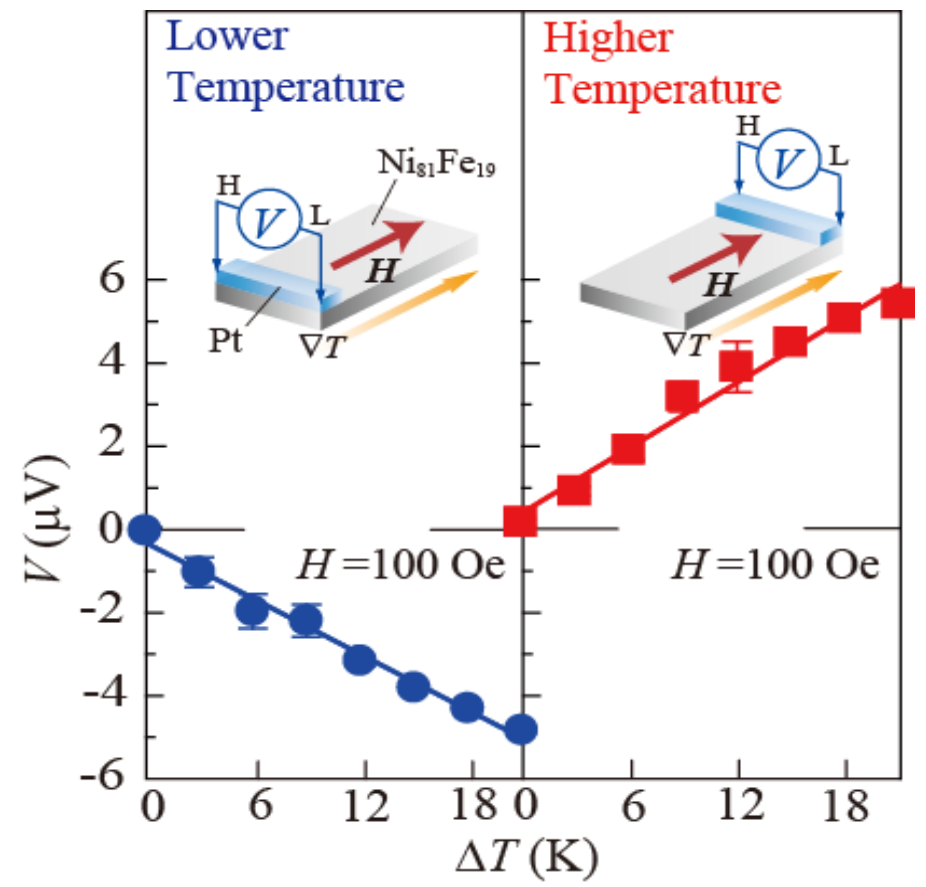
アウトリーチ

記者レク, JST News, Science News

絶縁体に電気信号を流す



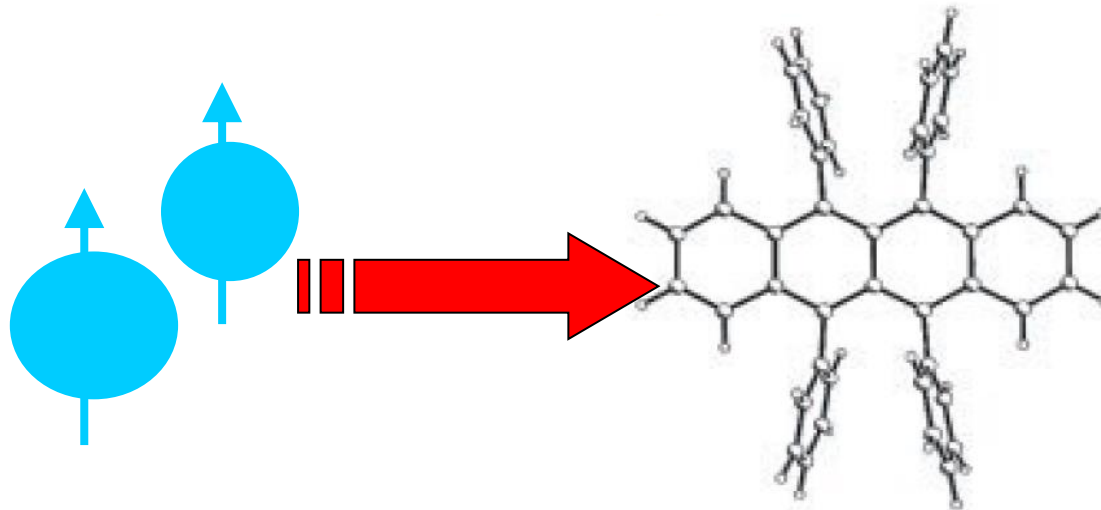
スピンゼーベック効果



分子を介したスピン流の制御

分子材料を介したスピン流の制御と、スピントランジスタなどのbeyond CMOS型新機能素子の創出を目指すことを目的とする。

対象材料: グラフェンやフラーレンなどのナノカーボン分子、ルブレンなどの分子性単結晶半導体。



白石 誠司(阪大)

代表論文

Adv. Func.Mat. **22**,3845(2012).

Appl.Phys.Lett. **99**,043505 (2011).

受賞

応用物理学会論文賞

昇任

准教授→教授

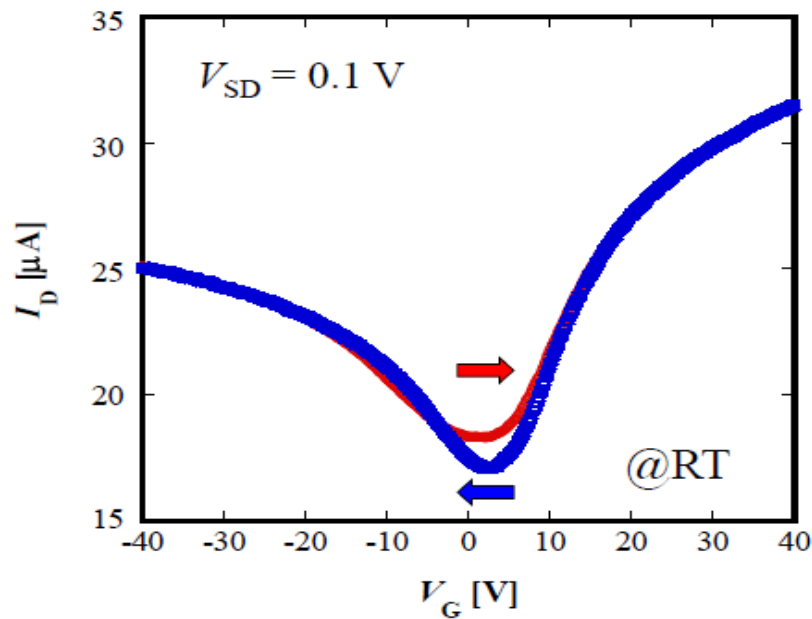
アウトリーチ

JST News

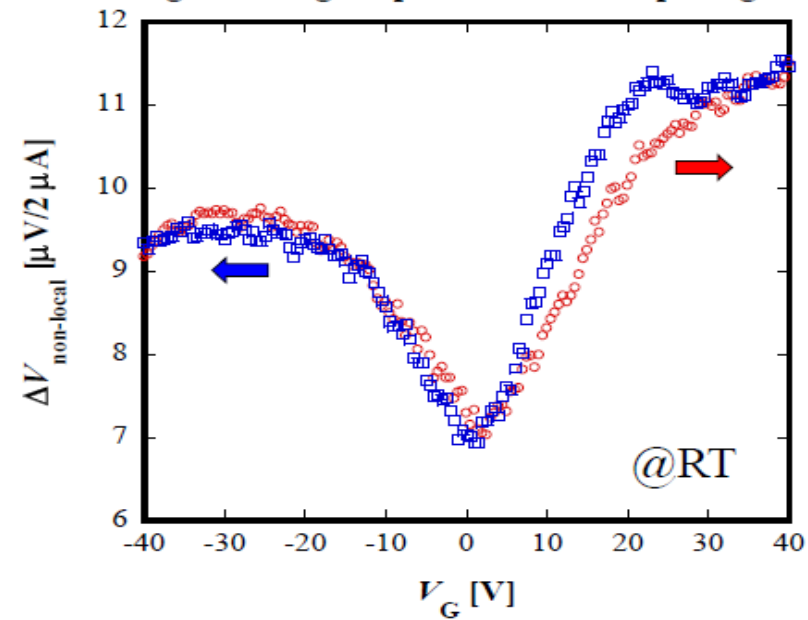
グラフェンを介したスピン流の制御

(単層グラフェンを用いてスピントランジスタの試作)

FET characteristics between Co electrodes



A gate voltage dependence of the spin signal



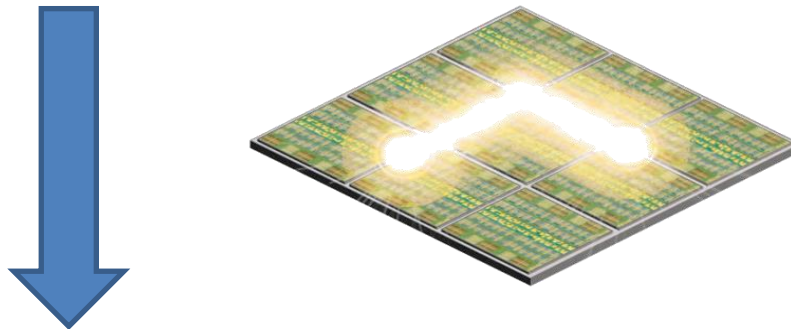
単層グラフェンのスピントランジスタ的動作の観測。左がコバルト電極間での電界効果トランジスタ動作であり、右が“スピン注入信号の”ゲート電圧依存性。両者で良い一致を示している。

(2) 具体的応用への展開

- 竹中研究者: Geチャネル高性能MOSTランジスタとGeフォトディテクタをモノシックに集積化
- 富岡研究者: Si/InAsナノワイヤトンネルFETにおいて世界最高性能のSS値21mV/decを達成
- 塚本研究者: サブピコ秒の超高速光誘起磁化反転機構を解明、次世代磁気記録の原理を確立
- 町田研究者: グラフェン量子ドットを用いて高感度テラヘルツ検出器を実現

光配線LSI実現に向けたGeナノ光電子集積回路の開発

Si基板の上にGeをチャネル材料とした高性能MOSTランジスタとGeフォトディテクタをモノリシックに集積化することで、スケーリング則破綻後においても高性能化を可能とする光配線Ge LSIの実現を目指す。



スーパーコンピュータをワンチップ化した超高性能LSIや高度な光信号処理が可能な光ルーターチップなどを実現するための基盤技術を確立

竹中 充(東大)

代表論文

IEEE Electron.Dev.Lett,**21**,1092
(2010).

Jpn.J.Appl.Phys.**50**,010105
(2011).

Optics Exp.Lett. **20**,8718 (2012)

受賞

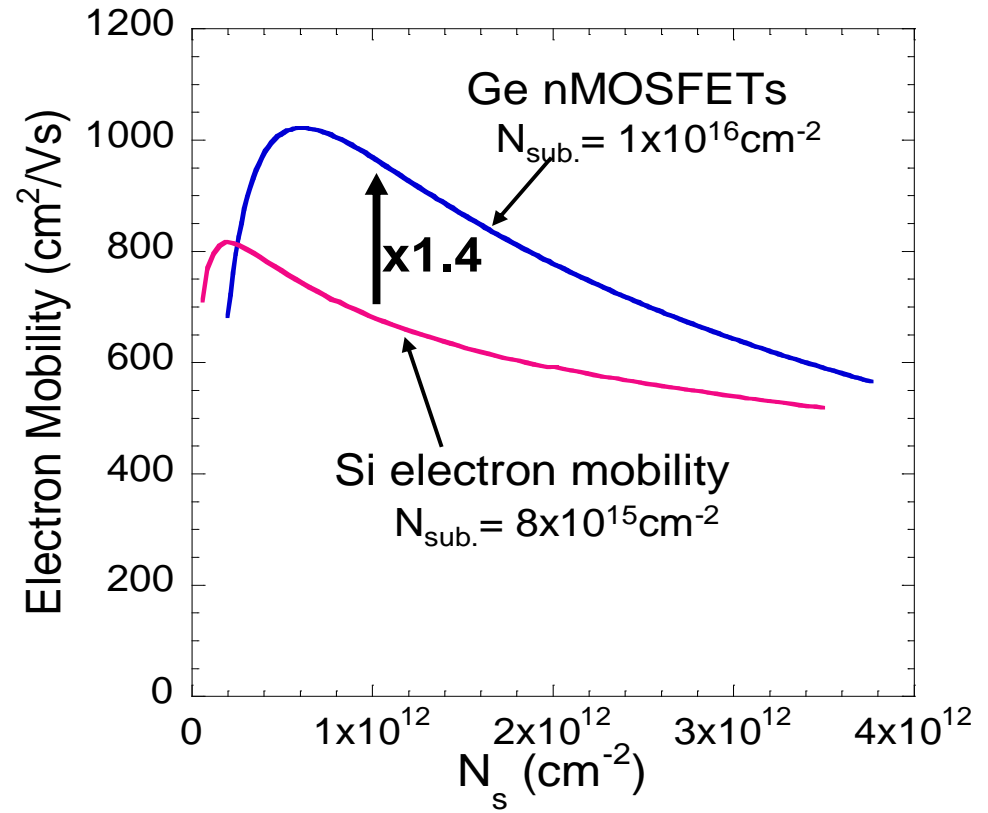
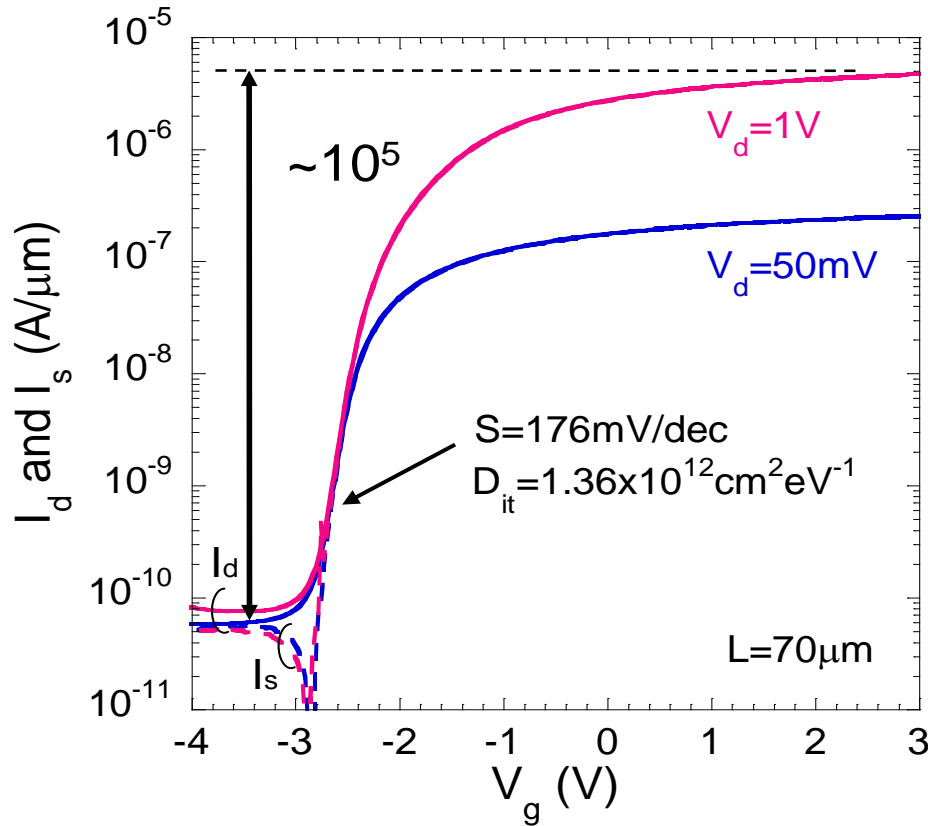
第3回応用物理学会シリコンテクノロジー分科会論文賞

特記事項

二期生の成果報告会を企画

高性能Ge CMOSの実現

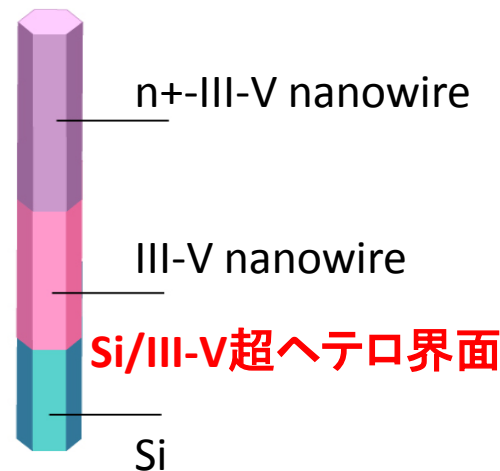
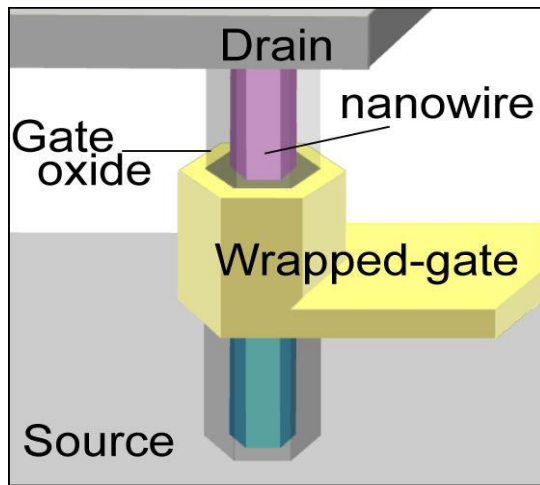
- ・トランジスタのオン・オフ比は世界最高の5桁以上の値
- ・実効移動度がSiを上回る性能を世界で初めて実証



気相拡散で形成したGe n型トランジスタの電気特性および実効移動度

Si/III-V 族半導体超ヘテロ界面の機能化と低電力スイッチ素子の開発

従来のMOSFET特性の理論限界を超えるトンネルスイッチ素子を開発する。また、Si-CMOS技術と整合性の高い次世代3次元集積プロセス技術の確立を目指す。



富岡 克広
(北大ーJST直雇用)

代表論文

Appl.Phys.Lett.,**98**, 083114
(2011)

Nature **488**, 189 (2012)

IEEE VLSI Technol. 2012 Tech. Dig.
47 (2012)

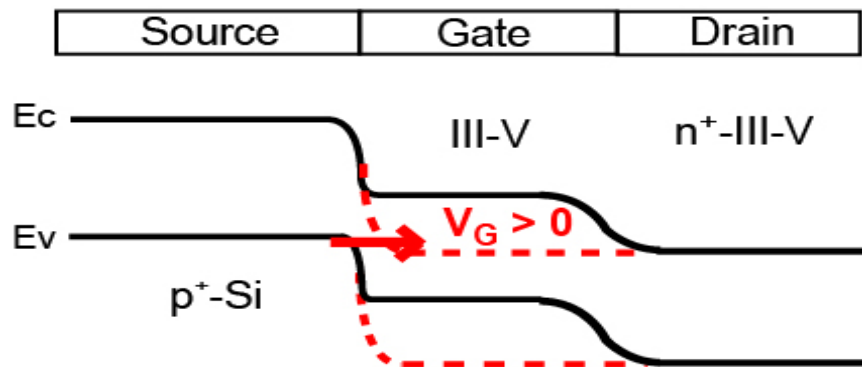
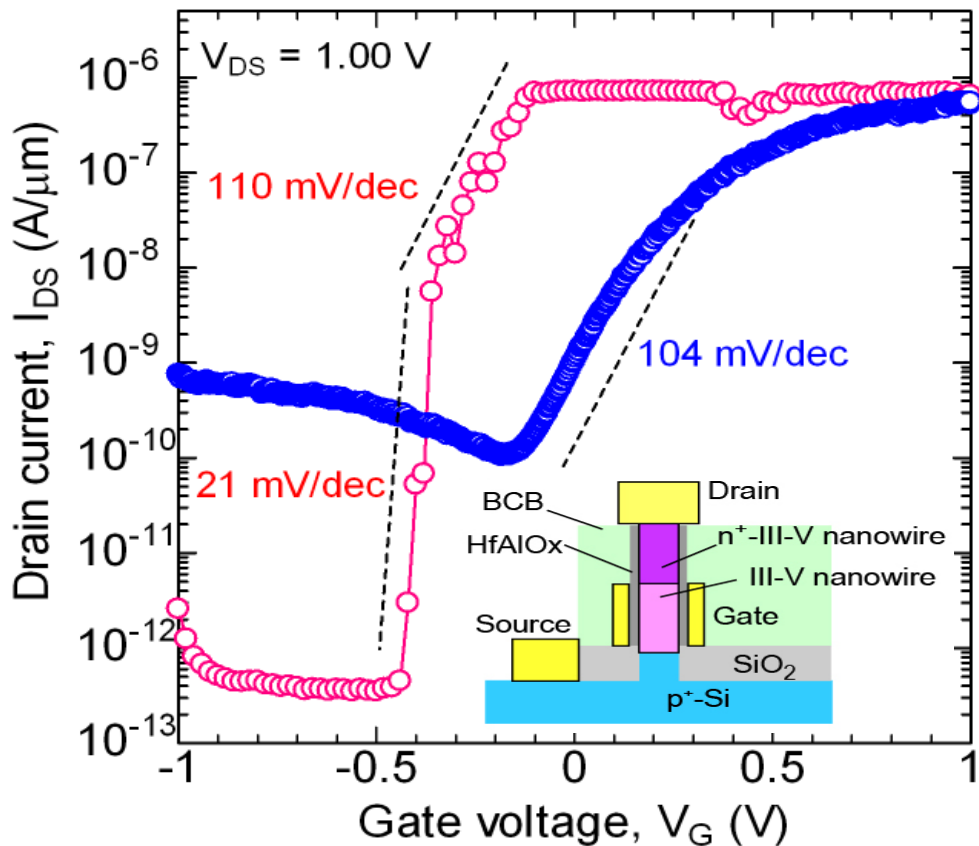
受賞

応用物理学会講演奨励賞

アウトリーチ

記者レク, JST News, Science
News

急峻なサブスレッショルド特性の観察



InAs/Siヘテロ接合型トンネルトランジスタにおいて、従来のMOSFETの物理限界(60mV/dec)を突破(最小SS = 12 mV/dec, 平均SS = 21 V/dec)

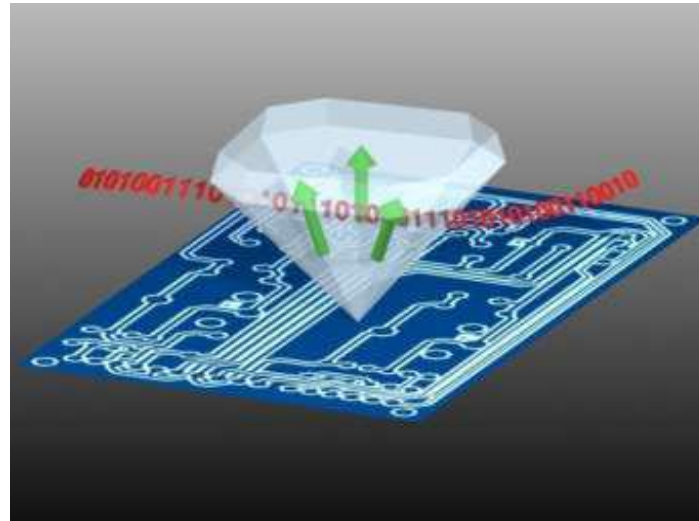
Si/InAs固相界面を利用したトンネルトランジスタの伝達特性(青色:InAsナノワイヤ縦型トランジスタ、赤色:トンネルトランジスタ)

(3) 将来の科学技術イノベーションに資する成果

- 水落研究者：ダイヤモンドLEDを用いて室温で動作する量子情報通信用の単一光子光源を創出
- 高橋和研究者：フォトニック結晶のもつ高いQ値を使い、シリコンラマンレーザの発振に確かな見通しを得ました。
- 野田研究者：新手法“エッチング析出法”を考案、石英ガラス上に金属フリーグラフェンを直接形成することに成功しました。

ワイドギャップ半導体中の単一常磁性発 光中心による量子情報素子

室温動作が期待でき、コヒーレンス時間の長い
スピンをもつ発光中心(常磁性発光中心)を有する
ダイヤモンド等のワイドギャップ半導体に注目し、
通信に用いられる“光”と計算や記録に用いられる
“スピン”を量子ビットとして用い、**室温動作、
多量子ビット化、
電氣的制御、
量子もつれ状態の
生成と操作の実現**
を目指す。



水落 憲和(阪大)

代表論文

Nature Photonics, **6**, 299
(2012).

Nature **478**, 221 (2011)

Phys.Rev.**B80**,041201(R)
(2009)

受賞

丸文研究奨励賞

永瀬賞

昇任

筑波大助教→阪大准教授

アウトリーチ

記者レク

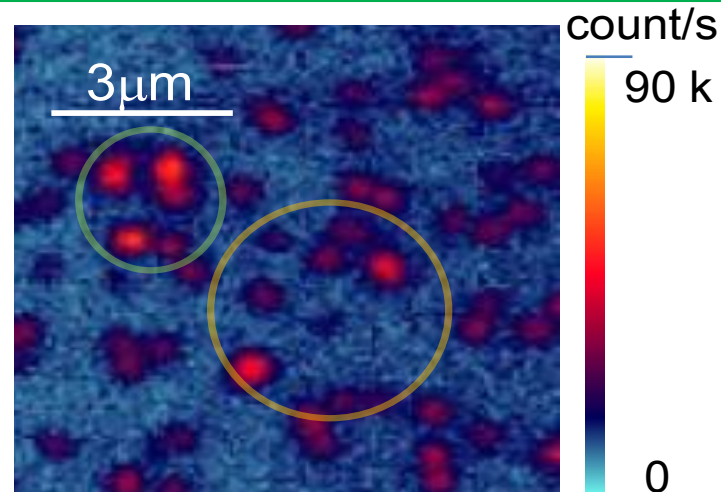
室温で初めての電流注入による単一光子発生

電流注入で初の室温動作する単一光子発生



単一キャリアと単一光子のインターフェイス

- 発光とスピン状態の光による操作
(初期化)の独立かつ並行操作
- 発光機構の違いにより局所的な操作などへの期待



単一NV中心のEL像。
いくつもの単一のNV中心が電流注入により発光している様子が観測されている

・ダイヤモンド・超伝導量子ビットハイブリッド系の量子状態制御

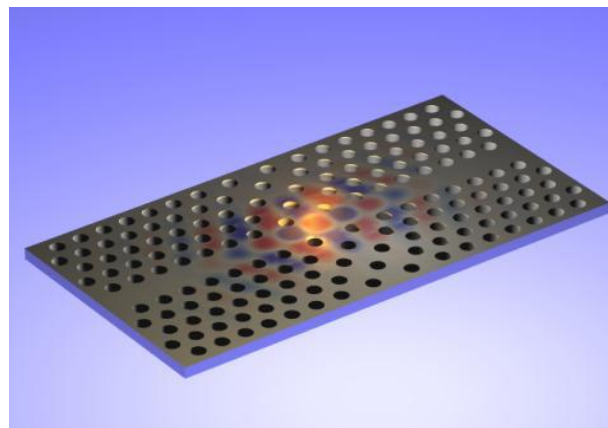
超伝導量子ビットとNV中心のスピン間との相互作用及び状態間の振動を観測。

超伝導量子ビットの重ね合わせ状態をダイヤモンド結晶中のNVスピン集団へ保存した後に再び読み出せることを意味しており、量子状態を保存可能な量子メモリの実現にとって、ダイヤモンドが極めて有望な候補であることを実証。*Nature Photonics*に掲載。

フォトニック結晶ナノ共振器シリコンラマンレーザーの開発

研究のねらいは極微小サイズと超高Q値を併せ持つフォトニック結晶ナノ共振器を用いて極微小・超省電力Siラマンレーザー素子を実現することである。

CMOSチップ上の光集積回路の実現に向けた新たな道筋を与えると同時に、様々なシリコン微小光素子研究を誘発すると期待される。



高橋 和 (大阪府大)

代表論文

Opt.Exp. **19**, 11916(2011)

Nature Photonics **6**, 56
(2012)

Optics Express **20**, 22743
(2012)

(4) チャレンジングな課題であり、将来性が見込まれる成果

- 山本研究者：有機系で世界で初めてとなる相転移トランジスタの作製に成功
- 野口研究者：有機分子被覆金ナノ粒子（数nmφ）と微小色素分子を用いた単電子素子を創製。
- 西永研究者：GaAsの結晶中に欠陥なしにC₆₀を導入、電荷の蓄積・放出を利用した新規量子デバイス作製の可能性があることを明らかに。

電子相関を利用した新原理有機デバイスの開発

強相関物質ならではの特性を有機エレクトロニクスに適用し、高効率のフレキシブルデバイスを開発することをねらいとした。



有機系で**世界初**となる『相転移トランジスタ』を2種類開発することに成功

- ・界面においてモット転移を起こすモット型電界効果トランジスタ(Mott-FET)
- ・超伝導を誘起する超伝導FET

山本浩史(分子研)

代表論文

Phys. Rev. B **84**, 125129
(2011).

Nature Commun. **3**, 1089
(2012).

Inorg. Chem. **51**, 11645
(2012).

昇任

理研専任研究員→
分子研教授

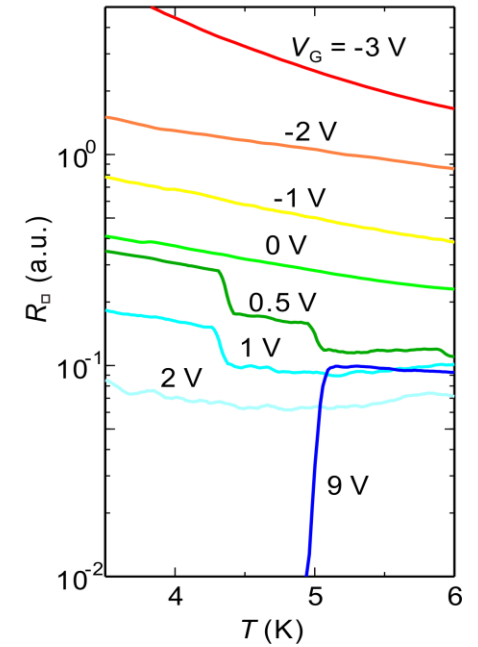
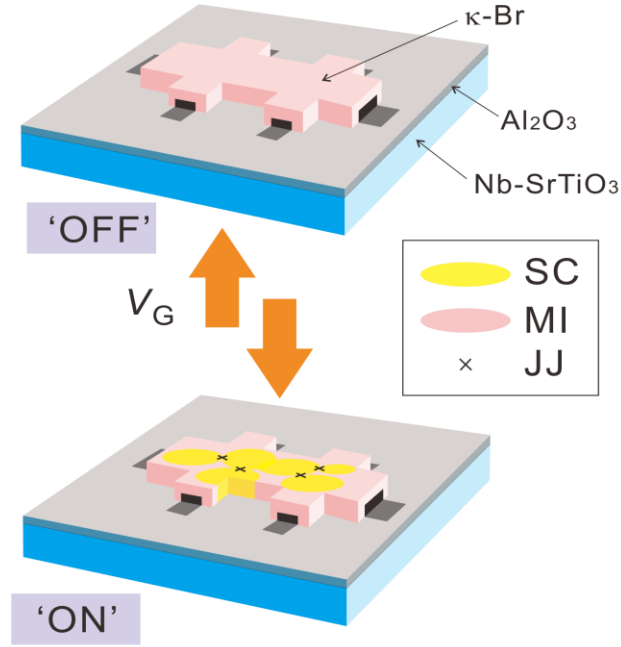
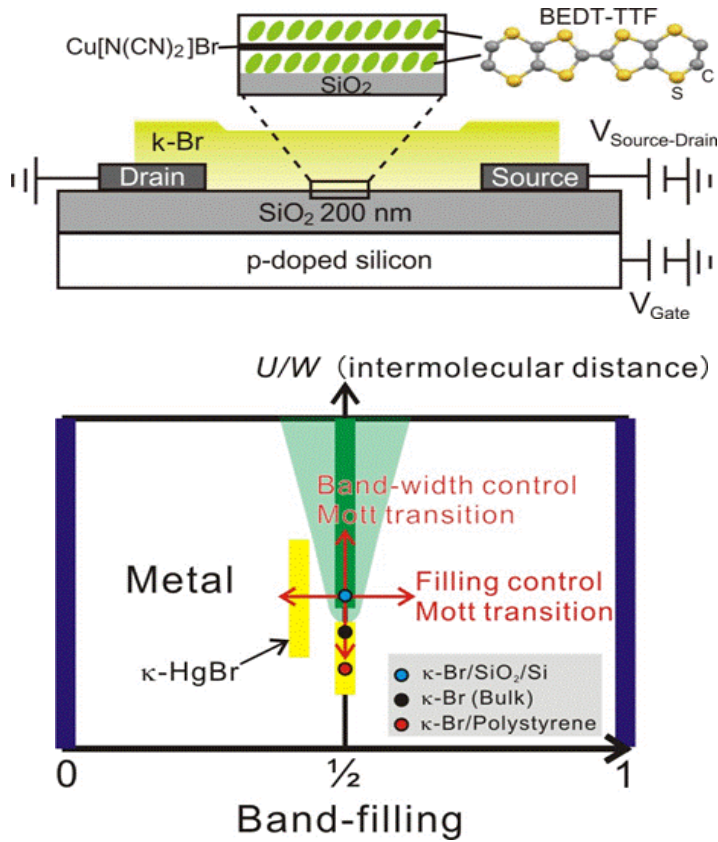
アウトリーチ

応物学会誌に解説記事

有機モットFET

電場誘起超伝導

電子相変化(相転移)による劇的なON/OFFのスイッチング特性が可能となる。



ゲートによってジョセフソン接合のスイッチングを行うことを可能とする

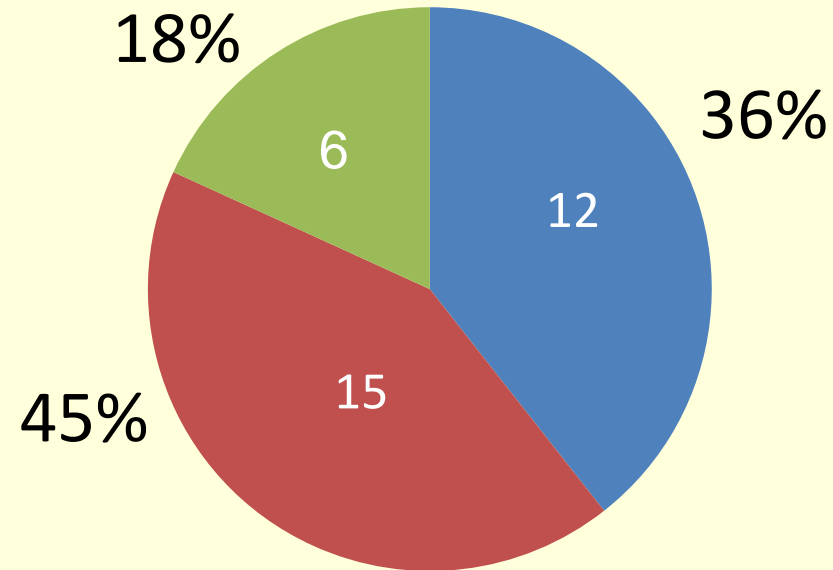
(5) 次世代を担う人材は育ったか？

- 本領域から、各分野における次世代のリーダーとなるべき若手人材がたくさん育ちました。
 1. さきがけの業績が認められ6名の教授が誕生しました。
 2. 日本学士院賞・IBM科学賞・Sir Martin Wood賞・文科大臣表彰をはじめ55件の受賞・表彰がありました。
 3. 齊藤研究者と私がエディターとなって提案、本領域の研究者11名とアドバイザー1名が執筆するスピントロニクス of 書物が、John Wiley & Sonsの厳しい事前審査を経て刊行の運びになりました。
 4. 何人もの研究者が、学協会の研究会や国際シンポジウムなどを主導したり、本のエディターになったりしています。

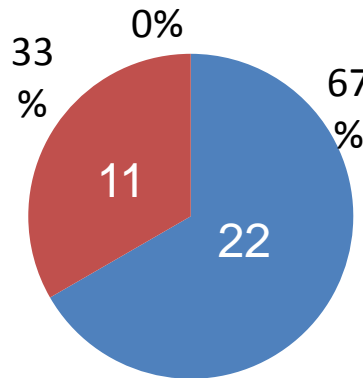
昇任

現在

- 助教、講師、主任研究員ほか
- 准教授、主幹研究員ほか
- 教授



採択時



受賞



本多記念学術奨励賞授賞式



日本学術振興会賞授賞式



日本IBM科学賞授賞式

本領域研究者の研究成果に対する評価は大きく、Sir Martin Wood賞2名、日本学術振興会賞3名、日本学士院研究奨励賞1名、IBM科学賞2名を始め、のべ55名が受賞している。



Sir Martin Wood賞授賞式

主な受賞・表彰

氏名	年月日	名称			
齊藤英治	2008.11.12	第10回Sir Martin Wood賞	高橋有紀子	2011.5.13	第32回本多記念研究奨励賞
	2011.2.3	第7回学術振興会賞		水落憲和	2012.4.17
	2011.2.14	第7回日本学士院学術奨励賞	若林克法		2012.9.28
	2011.12.2	第25回IBM科学賞		2010.4.6	平成22年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞
	2011.4.12	平成23年度 科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞			2011.4.12
	2011.4	第10回船井学術賞		中岡俊裕	
村上修一	2010.2.19	第31回本多記念研究奨励賞	福村知昭	2011.2.3	第7回学術振興会賞
	2010.10.6	第12回Sir Martin Wood賞			
	2011.12.2	第25回IBM科学賞			
	2012.12.18	第9回日本学術振興会賞			
	2010.4.6	平成22年度科学技術分野の文部科学大臣表彰 若手科学者賞			

本の出版

- 総括と齊藤研究者がエディタとなり本領域のスピントロニクス関係者を中心とした執筆者による英文の書籍「**Spintronics for Next-Generation Innovative Devices**」を、英国のJohn Wiley & Sonsから「Materials for Electronic and Optoelectronic Applications」シリーズの1巻として出版することになりました。



Spintronics for Next-Generation Innovative Devices

Editors: Katsuaki Sato and Eiji Saitoh

John Wiley & Sons (Blackwell Publishing Limited)

1. Introduction

1. Katsuaki Sato

2. Materials for Spintronics

1. Yukiko Takahashi: Spintronics materials with high spin-polarization
2. Masashi Shiraishi: Molecular semiconductor and graphene for spintronics
3. Kohei Hamaya: Silicon spintronics

3. Spintronics functions

1. Koki Takanashi: Magnetoresistance
2. Eiji Saitoh: Spin Currents –from metal to multiferroic materials
3. Shuichi Murakami: Spin Hall effects and topological insulator

4. Akinobu Yamaguchi: Spin torque (domain wall drive, magnetization reversal)
5. Sebastian Goennenwein : Spin pumping
6. J.Xiao: Spin Seebeck effect
4. Tomoyasu Taniyama: Tunable Spin Sources and spin LED
5. Hiroyuki Nakamura: Electric-field control of spin-orbit interactions
6. Tomoteru Fukumura: Electric-field control of magnetism in ferromagnetic semiconductors
7. Norikazu Mizuochi: Spin quantum information processing using NV center in diamond
8. Arata Tsukamoto: Ultrafast light-induced spin reversal in amorphous rare earth-transition metal alloy films

青は本領域の研究者、赤はアドバイザー

研究会の主催等(1)

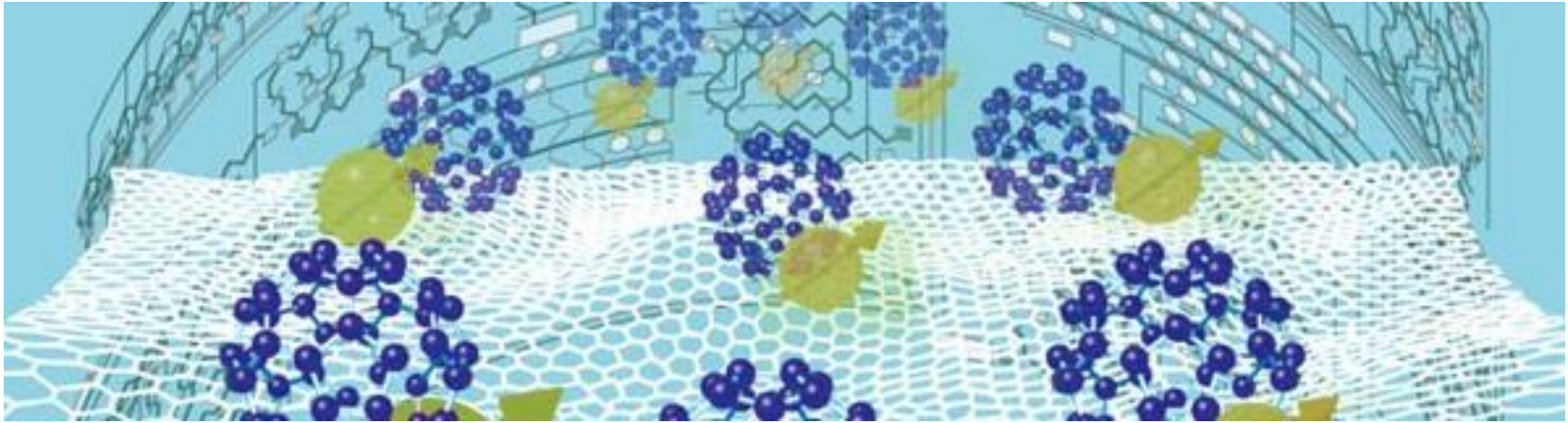
研究者	役割	企画名称	時期	場所等
葛西誠也	企画	第22回マイクロプロセス・ナノテクノロジー国際会議 技術セミナー「ナノ・バイオ・ITの融合」	2009.11	
葛西誠也	オーガナイザ	電子情報通信学会総合大会 パネルセッション「量子およびナノデバイスロードマップ」	2009.3	
葛西誠也	オーガナイザ	電子情報通信学会総合大会 チュートリアルセッション「雑音の解析・抑制・応用に関する最先端技術」	2011.3	
葛西誠也	企画・取りまとめ	電子情報通信学会電子デバイス研究会特別ワークショップ「電子デバイスと集積システムにおける雑音の解析・抑制・応用」	2012.3	
葛西誠也	オーガナイザ・運営	電子デバイス・シリコン材料デバイス合同研究会「機能ナノデバイスと関連技術」	2008.2、2009.2、2010.2、2011.2、2012.2、2013.2	
葛西誠也	書籍企画・執筆	"INTRODUCTION TO NOISE-RESILIENT COMPUTING"	2013出版予定	Morgan & Claypool publishers
齊藤英治	オーガナイザ	International Workshop on Spin Currents	2010年	Snedai
齊藤英治	プログラム委員長	Spintech	2011年	Shimane
齊藤英治	オーガナイザ	Spin Caloritronics IV	2012年	Sendai
白石誠司	Organizer	KINKEN Workshop "Group IV Spintronics"	2009/10/5-6	Sendai
白石誠司	Chair	日本磁気学会国際ワークショップ "International Workshop on Group-IV Spintronics"	2012/1/20	Osaka
白石誠司	Co-Chair	Germany-Japan Workshop on Nanoelectronics	2012/12/11-13	Dresden
白石誠司	Co-Chair	5th Topical Meeting on Spins in Organics Semiconductors	2014/10/...	Himeji, Japan

深田直樹	企画	2012年春の応用物理学会「ナノワイヤ研究の最新動向-2012春 MRS-JSAPジョイントセッションプレシポジウム-」	2012年3月15日(木) 13:00-17:45	早稲田大学
深田直樹	企画	ナノワイヤ研究グループ 第1回研究会「ナノワイヤ・ナノ構造における熱電変換」	2012年11月9日(金) 13:30-18:00	名古屋大学
安田剛	世話人代表で企画	応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会講習会～有機半導体薄膜の機器分析～	2011年11月11日	(独)産業技術総合研究所
安田剛	世話人代表で企画	応用物理学会 有機分子・バイオエレクトロニクス分科会 第2回 有機分子・バイオエレクトロニクスの未来を拓く若手研究者討論会	2011年9月5日(月)～9月7日(水)	九州大学 筑紫キャンパス
若林克法	提案者	日本物理学会 2010年第65回年次大会 領域7,4,6,9合同シンポジウム「グラフェンの生成・評価と物性-最前線と展望-」	2010年3月22日午後	岡山大学
若林克法	組織委員	Graphene Workshop in Tsukuba, 2011, at Okura Orgnizing Committee Chairmans	2011, Jan. 17-18	Frontier Hotel Tsukuba
若林克法	組織委員	Workshop on Dirac Electron Systems Co-chairman Chairmans	2011, Jan. 19, 2011	Namiki Site, NIMS
寒川義裕	世話人	第5回九大グラフェン研究会～グラフェンナノ構造の形成と物性～	2013.1.18	九州大学
寒川義裕	実行委員、プログラム委員	第42回結晶成長国内会議(NCCG-42)	2012.11.9-11	九州大学
寒川義裕	現地実行委員	第36回結晶成長討論会	2012.9.26-28	唐津市
寒川義裕	世話人	第4回九大グラフェン研究会～グラフェンナノ構造の形成と物性～	2012.1.27	九州大学
寒川義裕	現地実行委員	第3回窒化物半導体結晶成長講演会	2011.6.17-18	九州大学
寒川義裕	世話人	第3回九大グラフェン研究会～エピタキシャルグラフェンの形成と物性～	2011.2.4	九州大学
寒川義裕	世話人	第2回炭素系ナノ構造に関する基礎研究～エピタキシャルグラフェンの形成と物性～	2010.1.29	九州大学
寒川義裕	実行委員	2nd Super High Efficiency Solar Cell Workshop (SHESC-3)	2009.12.5	九州大学
寒川義裕	世話人	低次元カーボン系材料の最新動向-C60、カーボンナノチューブ、グラフェン	2009.1.23	九州大学

研究会の主催等(2)

小林航	企画	第46回化合物新磁性材料研究会「インターカレーション化合物の最近の進展」	2013年3月15日(金) 13:30 - 16:30	筑波大学筑波キャンパス
須崎友文	企画	第75回表面科学研究会「電子放出素子の最近の展開」	2013/3/8	東京工業大学すずかけ台大会館
浜屋宏平	主催	第17回半導体とスピン工学の基礎と応用	2012年12月19日(水) ~ 20日(木)	九州大学伊都キャンパス 稲盛財団記念館
福村知昭	プログラム委員	The 17th International Conference on Molecular Beam Epitaxy (MBE2012), 分科: Spintronics, Novel Materials	23-28 Sept. 2012	Nara, Japan
福村知昭	国際学術誌編集委員	Chemistry Letters 誌	(2013年1月 ~)	
組頭広志	企画	応用物理学会2012年 第50回応用物理学会スクール「機能性酸化物入門～理論、加工・計測技術、応用～」		
組頭広志	企画	応用物理学会2012秋季講演会(愛媛大・松山大)シンポジウム「酸化物超構造による強相関電子制御の最前線」		
中野幸司	co-organizer	IUMRS-ICEM2012 「Next-Generation Conjugated Materials with Super Hierarchical Structures」	2012/9/23-28	Yokohama
野口裕	世話人	第72回応用物理学会学術講演会 特別シンポジウム「有機EL研究開発25年:これまでとこれから」	2011年8月29日	山形大学
野口裕	代表	「分子接合におけるエネルギー準位接続と電荷輸送特性」	2012年度～2014年度, No. 24510148	科学研究費補助金基盤研究◎
野口裕	代表	「配向分極した有機膜を含む有機EL素子における素子特性と劣化機構の解明」	2010年度～2011年度, No. 22750167	科学研究費補助金若手研究(B)

野田優	企画	化学工学会 第16回高校生のための現代寺子屋講座 「ありふれた元素で豊かな未来へ: 炭素繊維とナノチューブ」	2010年7月31日	
野田優	企画	化学工学会 反応工学部会 CVD反応分科会 ミニシンポジウム「ナノカーボン製造プロセスとエレクトロニクス応用」	2011年5月20日	
野田優	企画	化学工学会 反応工学部会 CVD反応分科会 第18回シンポジウム「各種透明導電膜の特徴と製膜技術」	2013年2月26日	
東脇正高	世話人	ランブセッション The International Conference on Compound Semiconductors 2013 (ISCS2013) タイトル: "Future Compound Semiconductor Materials" (仮)	2013/05/19-23	
東脇正高	世話人	チュートリアルセッション 2013秋電子情報通信学会ソサエティ大会 タイトル: 「化合物半導体電子デバイスのためのデバイスシミュレーション技術」(仮)	2013/09/17-20	



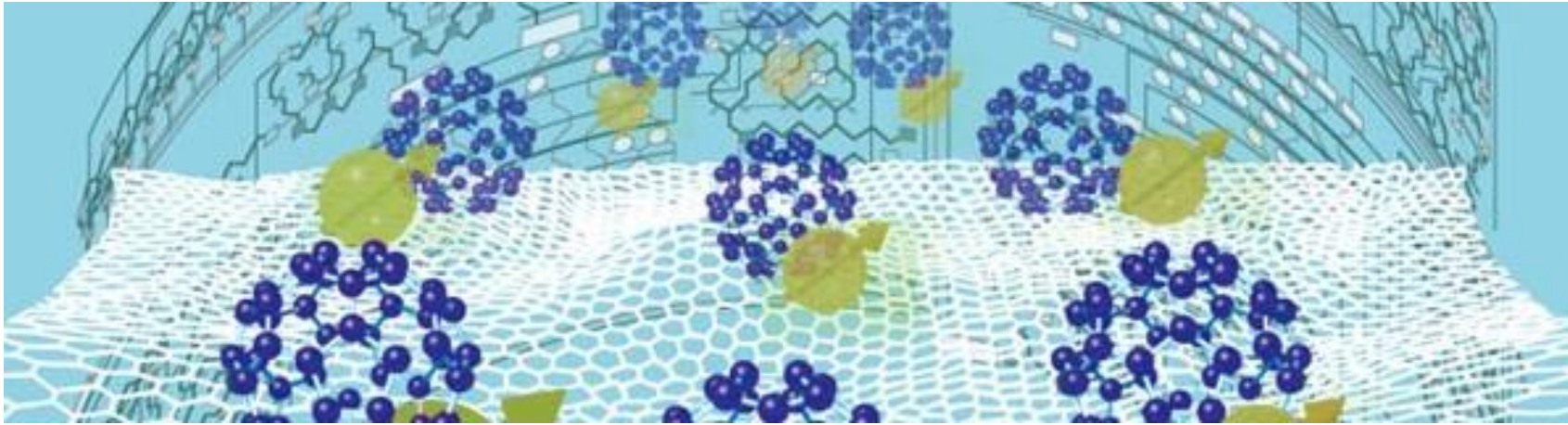
研究の成果(Product)

インパクト・アディショナルリティ

産業技術への展開

研究者	交流者	交流内容
葛西誠也	NTT物性科学基礎研究所 西口克彦氏	単電子ダイナミクス計測とその確率的動作の情報処理応用について討論
葛西誠也	パナソニック先端技術研究所上田路人氏	確率共鳴理論解析法に関する解説
葛西誠也	豊田中央研究所	確率共鳴の基礎に関する共同研究
白石誠司	TDK	Si中の純スピン流の創成・Hanle効果の観測に成功。成果発表済み。
高橋有紀子	NECの大嶋博士	磁壁電流駆動メモリ用の薄膜のスピンの偏極率測定
安田剛	出光興産株式会社	共同研究契約を締結(平成20年10月1日～平成21年9月30日、さきがけ研究に使用する有機半導体供給のため)
若林克法	Hosik Lee(NEC)、宮本良之(NEC)	グラフェンナノリボンにおける磁性状態の理論に関する論文執筆
寒川義裕	日本サーマルコンサルティングの浦山憲雄氏	ドイツのLinseis社に示差熱分析によるその場観察が可能なAlN成長坩堝ユニットの開発を斡旋
須崎友文	浜松ホトニクス	LaAlO ₃ /SrTiO ₃ 積層構造による仕事関数制御表面について訪問あり(非公開情報)

研究者	交流者	交流内容
竹中充	Wissmar氏(スウェーデンACREO社)	酸化濃縮や、それを利用した歪印加技術についての議論
竹中充	住友化学	酸化濃縮基板に関する共同研究
水落憲和	NTT物性科学基礎研究所超伝導量子物理研究グループ (リーダ: 仙場浩一博士)	共同研究
野口裕	IBM research Zurich, Nanotechnology group (Leader: Dr. H. Riel)	研究室見学とセミナー発表
野田優	民間企業1社	グラフェンの公知技術に関する共同研究
野田優	民間企業複数社	CNT技術に関する共同研究
東脇正高	タムラ製作所	Ga ₂ O ₃ 系半導体素子についての共同研究(特許出願(PCT/JP2012/072896、PCT/JP2012/072897、PCT/JP2012/072899、PCT/JP2012/072900、PCT/JP2012/072902))
東脇正高	20社あまりの国内外の企業の訪問を受け、6社に関しては、共同研究協議中	Ga ₂ O ₃ パワーデバイス研究開発



研究の成果(3)

戦略目標に資する成果・総合所見

戦略目標の達成に資する成果

(1) 非シリコン系半導体による beyond-CMOS材料の開拓

- InAsナノワイヤ縦型トランジスタ(富岡)
- Ge-nMOSFET(竹中)
- C₆₀ドープGaAs薄膜(西永)
- Ga₂O₃パワーデバイス(東脇)
- GaNの極性反転制御によるSHG(片山)

(2) 光・電気・磁気機能の多元的な融合・変換利用による新規デバイス材料の開拓

- スピン流デバイス(齊藤)
- ダイヤモンドNVセンター(水落)
- 室温強磁性半導体(福村)
- 高いスピン分極率材料(高橋有)
- 超高速光磁気記録(塚本)

(3) ナノレベル・分子レベルでの加工により新規デバイスの構築を可能にする材料の開拓

- シリコンラマンレーザ(高橋和)
- グラフェン量子ドット(町田)
- ナノギャップ単電子デバイス(野口)

(4) 薄く軽量で湾曲性・屈曲性ならびに耐衝撃性を有する材料の開拓

- 有機強相関FET(山本)
- 誘電体上のグラフェン成長(野田)
- グラフェンスピントロニクス(白石)
- アセン系有機半導体の設計と作成(中野)

総合所見

- 以上述べたように、本領域は、戦略目標に資するあるいは、それ以上の成果を打ち立てることができました。
- これは、戦略目標に沿った形で極めてタイムリーに研究領域を選定することができ、また、この領域を推進するための運営体制が適切であったことが、本領域の成功につながったと考えます。
- 戦略目標が立てられた時点では、半導体の微細化はハーフピッチ32nm以下は難しいとされましたが、現在では22nmが当たり前となり、実験室レベルでは8nmというところまで現れていますが、戦略目標に示されたbeyond-CMOSの必要性は決して無意味なものではなく、真に微細化の限界が来ている今こそこの領域を設定したことの重要性を増していると考えています。

研究領域のマネージメント

- 研究領域のマネージメントは、課題の採択、領域の運営、成果のアウトリーチ、すべての面で適切に行われたと考えています。
 - まず、3期にわたる選考を通じて採択された課題は、戦略目標に記された分野をほぼカバーするように配慮されただけでなく、研究総括のリーダーシップのもと、beyond-CMOSを意識した未来志向で**チャレンジングな課題**が選ばれており、平均35歳という理想的な年齢構成によって、研究者間にある種の競争意識と、共通認識が醸成されたと思います。
 - 次に、毎回の領域会議において、総括が「領域の位置づけと方向性」を明示し、アドバイザー・技術参事が研究者間の活発な意見交換が進むよう配慮した自由度の高い運営をしたことが、**エキサイティングな領域会議**につながり、全体が活性化したと感じています。
 - また、「**ミニワークショップ**」という独自の会合を研究者の自主性に任せて運営したこと、1期・2期の成果報告会を研究者のイニシアティブによって応用物理学会のシンポジウムとして開催したこと、研究者の状況を四半期報で把握し、タイムリーな支援をおこなったことも、本領域の活性化につながったと感じています。

アウトカム

- デバイスを意識したからこそ得られた数多くの科学的観点からの成果がありました。絶縁性磁性体の中を伝わるスピン流の概念の確立、単層グラフェンへのスピン注入現象の理解、室温磁性半導体における磁性の起源解明、有機分子における相転移の電氣的制御などです。
- これまでにないコンセプトのデバイスにつながる成果として、確率共鳴を用いた高い応答性をもつ電子回路が自動車会社等との共同研究に発展していること、 Ga_2O_3 を用いたパワーデバイスがNEDOの助成を得て進められていること、高密度のCNTがビア配線に応用されること、シリコン基板上に選択成長したInAsナノワイヤを用いた縦型のトンネルFETで $SS=21\text{mV/dec}$ という従来法での理論限界を超える世界最高のトランジスタ特性を達成したこと、困難だと考えられていたGeのn-MOS-FETができたこと、高いQ値をもつフォトリック結晶を用いてシリコンでラマンレーザーへの確かな一歩などがあげられます。
これらは、いずれも、従来のコンセプトを根本的に変える成果ですから、必ずイノベーションにつながると期待しています。

おわりに

- さきがけ次世代デバイスは5年半の期間に、多くのアウトプットがあり、イノベーションに資する多くのアウトカムが得られました。
- 研究意欲が旺盛な平均年齢35歳の若い研究者たちが、適切な額の助成と熱く語り合える場を与えられ、志の高い研究者たちと接して想像以上に大きく成長しました。
- このようなさきがけ研究領域の場に研究総括として立ち会う機会を得たことは、私にとって何物にも代えがたい経験でした。
- 本領域を支えた研究者たち、アドバイザー各位、領域事務所、研究推進、広報、科学コミュニケーションを支えるJSTの職員各位に深く感謝します。