

戦略的創造研究推進事業

－ 個人型研究（さきがけ）－

「構造機能と計測分析」

研究領域事後評価用資料

2010. 3. 8

1. 戦略目標

名称

新たな手法の開発等を通じた先端的な計測・分析機器の実現に向けた基盤技術の創出経緯

文部科学省は平成16年度に「新たな手法の開発等を通じた先端的な計測・分析機器の実現に向けた基盤技術の創出」という戦略目標を設定した。本戦略目標は広範な先端科学技術分野において根本かつ普遍的な価値を有する基盤技術を確立するものであり、国家として戦略的・長期的に取り組む必要があると述べられている。

科学技術振興機構（以下JST）はこの目標達成のために、CRESTに「物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」研究領域と「生命現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」研究領域、“さきがけ”に「構造機能と計測分析」研究領域（以下本研究領域）の3研究領域を発足させた。平成17年度は“さきがけ”に「生命現象と計測分析」研究領域を発足させた。

具体的な達成目標

全く新しい発想に基づく技術開発、新原理の探索を通じた新たな手法の開発等、多方面の先端科学技術分野における創造的な研究活動を支える新たな計測・分析機器の実現に向けた基盤技術の確立を目指す。

特に、細分化、多様化が進む先端分野の研究開発において、画期的な進展もたすため、あるいは全く新しい領域を切り拓くため、従来技術では不可能であった現象や事象について、新たな方法論の開拓と多分野の技術の融合等を併行して進める。具体的には、例えば、以下のような領域について、先端計測分析機器の開発につながる基盤技術を確立する。

無機材料や有機材料、生体・環境試料中に含まれる極微量物質の化学形態を計測・分析する基盤技術の確立

無機材料や有機材料、生体・環境試料の固体－固体界面、固体－液体界面の状態を計測・分析する基盤技術の確立

2. 研究領域

「構造機能と計測分析」（平成16年度発足）

<研究領域の概要>

本研究領域は、新現象の発見と解明のために欠くことのできない計測・分析技術に関して、個人の独創的な発想に基づくこれまでにない革新技术の芽の創出を目指す研究を対象とするものである。

具体的には、生体物質の構造や機能に関する分析技術や生命現象の計測技術、原子・分子レベルにおける物理・化学現象や物性および表面・界面の構造や機能に関する計測・分析技術、また環境や生態の計測・分析技術などに関して、新たな方法論の創出や、

技術展開の契機となるような研究を対象とする。

また、計測・分析技術に関してブレークスルーをもたらすことが期待される試料前処理、試薬、ソフトウェア等の重要な関連技術をも対象とする。

3. 研究総括

氏名 寺部 茂

(兵庫県立大学 名誉教授)

4. 採択課題・研究費

平成16～18年度の採択課題40件の研究者の所属・役職、研究課題、研究費を下表に示す。平成18年度採択の吉田裕美研究者は平成20年度にライフイベント休職したため、研究期間を1年延長し平成23年3月終了とした。本資料の「9. 研究領域のねらいに対する成果の達成状況」～「11. 総合所見」は、吉田裕美研究者の実績を反映しない。

採択 年度	研究者	所属・役職 上段：研究終了時（18年度採択者は平成22年1月末時点） 下段：応募時	研究課題	研究費 （百万円）
16	阿部 肇	富山大学大学院医学薬学研究部 助教 富山医科薬科大学薬学部 助手	極性基が配列した低エントロピー型分子認識アレイの開発	38
	井原 敏博	熊本大学大学院自然科学研究科 准教授 同上 工学部物質生命化学科 助教授	プローブ間の協同性を利用した高感度遺伝子解析法	45
	上田 宏	東京大学大学院工学系研究科 准教授 同上 助教授	二量体検出原理による新規免疫測定法の開発	44
	浦野 泰照	東京大学大学院薬学系研究科 准教授 同上 助手	細胞生命現象解明に向けた高次光機能性分子の精密設計	45
	小比賀 聡	大阪大学大学院薬学研究科 准教授 同上 助手	三重鎖核酸形成を基盤とする革新的DNA分析	39
	影島 賢巳	大阪大学大学院工学研究科 准教授 同上 助教授	生体単一分子ダイナミクスの多次元計測法	32
	栞原 正靖	群馬大学大学院工学研究科 助教 群馬大学工学部 助手	修飾DNAをセンサ素材とする新しいバイオセンサの開発	41

採 択 年 度	研究者	所属・役職 上段：研究終了時（18年度採択者は平成22年1月末時点） 下段：応募時	研究課題	研究費 （百万円）
16	佐藤 守俊	東京大学大学院総合文化研究科 准教授 東京大学大学院理学系研究科 助手	生体情報分子の先端的可視化計測法の開発	40
	島野 亮	東京大学大学院理学系研究科 准教授 同上 助教授	高感度テラヘルツ光学活性計測技術の開発	40
	鈴木 拓	（独）物質・材料研究機構ナノテクノロジー基盤領域量子ビームセンター 主任研究員 （独）物質・材料研究機構ナノマテリアル研究所 研究員	スピン偏極ーイオン散乱分光法の開発	49
	辻 幸一	大阪市立大学大学院工学研究科 准教授 同上 助教授	高感度3次元蛍光 X 線分析装置の開発	41
	新倉 弘倫	科学技術振興機構 さきがけ研究者 JSPS 博士研究員	再衝突電子を用いたアト秒分子内電子波束の測定	51
	長谷川 健	東京工業大学大学院理工学研究科 准教授 日本大学生産工学部 助教授	多角入射分解分光法の構築：光計測の新たな概念	36
	林 久史	日本女子大学理学部 准教授 東北大学多元物質科学研究所 助手	状態選別 X A F S 分光	36
	林田 修	九州大学先導物質化学研究所 准教授 九州大学先導物質化学研究所 助教授	超分子化学に基づく修飾タンパク質の蛍光分析法の開発	42

採 択 年 度	研究者	所属・役職 上段：研究終了時（18年度採択者は平成22年1月末時点） 下段：応募時	研究課題	研究費 （百万円）
16	火原 彰秀	東京大学生産技術研究所 准教授 東京大学大学院工学系研究科 講師	マイクロ流体界面計測法の開発	39
	平野 研	産業技術総合研究所四国センター健康工学研究センター 研究員 産業技術総合研究所四国センター単一分子生体ナノ計測研究ラボ 研究員	核酸ポリメラーゼ解析と DNA 1 分子シーケンスへの応用	36
	廣田 俊	奈良先端科学技術大学院大学物質創成科学研究科 教授 京都薬科大学大学院薬学研究科 助教授	光解離性修飾基を用いた蛋白質の構造と機能の新規研究法	50
	福澤 健二	名古屋大学大学院工学研究科 教授 同上 助教授	先端的ナノトライボロジー計測による情報記憶装置の革新	38
	間瀬 一彦	高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所 准教授 同上 助教授	コインシデンス分光法による複合表面解析	41
	御園 雅俊	福岡大学理学部物理科学科 准教授 福岡大学理学部応用物理学科 助教授	原子時計精度での超高分解能レーザー分光計測	43
	三輪 佳宏	筑波大学大学院人間総合科学究科 講師 同上	生細胞内分子を見るデグロンプロープの開発	39
	八木 一三	(独)産業技術総合研究所固体高分子形燃料電池先端基盤研究センター チーム長 北海道大学大学院理学研究科 講師	界面のキラリティを捉える非線形顕微分光の開発	40
	山口 央	東北大学大学院理学研究科 助教 同上 助手	新規分離・分析場としてのナノチャンネル集合体	39

採 択 年 度	研究者	所属・役職 上段：研究終了時（18年度採択者は平成22年1月末時点） 下段：応募時	研究課題	研究費 （百万円）
17	栗 辻 安 浩	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 准教授 京都工芸繊維大学工芸学部 助教授	フェムト秒時空間画像計測システムの創成	44
	今 西 未 来	京都大学化学研究所 助教 京都大学化学研究所 助手	新規時計関連タンパク質の探索法の開発	40
	河 野 行 雄	（独）理化学研究所基幹研究所 研究員 東京大学大学院理学系研究科 助手	近接場 THz 光と電位の複合顕微鏡開発：電子輸送の新観察法	43
	小 寺 一 平	（独）科学技術振興機構 さきがけ研究者 北海道大学電子科学研究所 研究員	ゲノム DNA の超迅速な塩基配列決定法	46
	竹 内 昌 治	東京大学生産技術研究所 准教授 東京大学生産技術研究所 助教授	リポソームアレイによる膜タンパク質の機能解析法	44
	一 二 三 恵 美	大分大学先端医工学研究センター 教授 県立広島大学生命環境学部 助教授	インフルエンザウイルスを計測・除去可能な「スーパー抗体酵素」	36
	由 井 宏 治	東京理科大学理学部 准教授 東京理科大学理学部 講師	電子増強振動分光法の開発と応用	42

採 択 年 度	研究者	所属・役職 上段：研究終了時（18 年度採択者は平成 22 年 1 月末時点） 下段：応募時	研究課題	研究費 （百万円）
18	荒船 竜一	科学技術振興機構 さきがけ研究者 東京大学大学院新領域創成科学研究科 産学官連携研究員	非弾性光電子分光による表面・界面 振動解析	44
	安 東秀	科学技術振興機構 さきがけ研究者 東京大学物性研究所ナノスケール物性研究部門 リサーチフェロー	ナノスケール分解能スピン共鳴原 子間力顕微鏡の開発	44
	石濱 泰	慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科 准教授 慶応義塾大学大学院政策・メディア研究科 助教授	オミクス解析用超微小エレクトロ スプレー法の開発	41
	大野 雅史	科学技術振興機構 さきがけ研究者 東京大学大学院工学系研究科 特任助手	高速超伝導転移端マイクロカロリ メータの開発	47
	迫野 昌文	科学技術振興機構 さきがけ研究者 理化学研究所前田バイオ工学研究室 基礎科学特別研究員	毒性型アミロイドオリゴマーの高 感度検出	45
	佐藤 記一	東京大学大学院農学生命科学研究科 助教 同上 助手	マイクロバイオブロットイング分 析システムの開発	40
	初井 宇記	理化学研究所 X 線自由電子レーザー計画推進本部 チームリーダー 自然科学研究機構分子科学研究所 助手	価電子をその場観測する顕微鏡 X 線発光分光法の開発	42
	松田 康弘	東京大学物性研究所国際超強磁場科学研究施設 准教授 東北大学金属材料研究所 助教授	時間分解 X 線磁気円二色性分光法 の開発	32
	吉田 裕美	京都工芸繊維大学大学院工芸科学研究科 准教授 同上 助手	タンパク質の新規電気化学定量法 の開発	研究継 続中

5. 研究領域のねらい

新しい計測・分析法の開発とは、見えないものを見えるようにすることである。対象が持つ有用な新規の物理情報、化学情報または生物情報を読み取ることが出来る方法の開発とも言える。計測・分析の原理としてこれまでに利用されていない物理現象、化学反応、生命現象等を新たな手段として利用することにより、革新的な計測・分析技術が開発される可能性がある。新規な発想に基づく先端的計測・分析法の研究開発を行う。

一方、すでに計測手段として利用されている計測・分析手法も、新分野に適用することにより新現象の発見を導く可能性がある。また、既存の計測・分析法の性能を増強して、たとえば感度または分解能（分離能）が 100 倍向上すれば、新しいものが見えるようになり、応用分野での新展開に貢献できる。このように既存の方法の新分野への展開や、飛躍的性能向上に関する研究も行う。

分析には高価な最新の機器は必ずしも必要ではなく、分析化学における新規な化学反応を利用して、簡便で実用性の高い優れた分析法の開発も可能である。すなわち高性能試薬の開発も分析化学における重要分野である。また、新材料または新技術により試料の前処理に革命をもたらすような研究開発も必要である。このように、試薬や前処理法等の研究開発も本研究領域に含まれる。

計測・分析機器の性能向上において、機器の潜在能力を存分に引き出すことが出来るソフトウェアの開発はハードウェアの開発と同様にきわめて重要である。対象に隠されている物理情報、化学情報または生物情報を信号処理技術により引き出す研究も、見えないものを見えるようにする研究であり、本研究領域に含まれる。

本研究領域では、さまざまな分野の若手を中心とした個人研究者がその専門知識・技術を駆使して、計測・分析法を飛躍的に発展させることを期待した。

6. 研究課題の選考について

6-1 選考の基準

選考の基本的な考えは、研究課題が計測・分析の戦略目標に合致した方法論の開発であり、新規な計測・分析法の芽を創出するまたは既存の方法と比べて技術の飛躍的展開に発展する可能性があること、ならびに研究期間内に目標を実現する戦略があることである。また、研究計画の規模が個人研究の枠内であることと、将来の発展可能性という観点で現役の研究者であることも重視した。

上記の本研究領域の狙いにしたがって公募を行ったが、平成 16、17 年度で採択された課題に生命系研究の基礎ツールとなる分離分析、質量分析、試料前処理が少なかったため、平成 18 年度の公募ではこの分野の応募を促した。

6-2 選考方法と結果

- (1) 選考は本研究領域に設けた領域アドバイザー12名(平成17年度および平成18年度の採択時は13名)と研究総括で行う。

- (2) 選考方法は、1 応募課題につき 3 名以上の領域アドバイザーが書類審査し、書類選考会議において面接選考の対象者を研究領域の採用予定者数の 2 倍程度までに絞り込んだ。続いて、面接選考および総合選考により採用候補者を選定した。さらに、JST および各省庁間で調整後、理事会にて決定した。
- (3) 選考結果は、添付資料の「1. 応募件数・採択件数」に示す。

7. 領域アドバイザーについて

領域アドバイザーの人選にあたっては本研究領域が幅広い研究分野を含むことから、物理系、化学系、生命系のバランスを考慮しつつ、それぞれの分野で創造的な研究業績を有しかつ現在も現役研究者として活躍している専門家に就任を依頼した。下表に示すように物理系の領域アドバイザーは 5 名、化学系は 6 名、生物系 3 名、計 14 名である。研究者にとっては専門分野の領域アドバイザーによる助言は勿論のこと、専門外の領域アドバイザーによる新鮮な視点からの指摘は、研究を進める上で大きな刺激となった。大島領域アドバイザーと北森領域アドバイザーは元さがけ研究者であり、折に触れて研究者に自らの体験を語らい、さがけ研究者らしい独創的研究について問いかけた。神原領域アドバイザーと坂入領域アドバイザーは企業の立場から、将来研究成果を社会に還元する視点からの助言を行った。田中通義領域アドバイザーは、戦略目標が同じである CREST 研究領域の研究総括として、助言すると共に交流を促進した。同じく戦略目標を共有するさがけ「生命現象と計測分析」研究領域の森島績研究総括は、本研究領域の主催する領域会議等にほとんど参加し、領域アドバイザーに準じる活動を行った。

領域アドバイザー名	所属	現役職	任期
家 泰弘	東京大学物性研究所	所長・教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
大島 忠平	早稲田大学理工学術院応用物理科	教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
大橋 裕二	茨城県量子ビーム研究センター	コーディネーター	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
神原 秀記	(株) 日立製作所	フェロー	平成 18 年 11 月 1 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
北森 武彦	東京大学大学院工学系研究科応用化学専攻	教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
坂入 実	(株) 日立製作所中央研究所	主管研究長	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日

領域アドバイザー名	所属	現役職	任期
庄子 習一	早稲田大学理工学術院電子光システム学科	教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
白木 靖寛	東京都市大学	副学長	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
鈴木 孝治	慶応義塾大学理工学部応用化学科	教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
田中 信男	京都工芸繊維大学 ジーエルサイエンス株式会社技術開発部	名誉教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
田中 通義	東北大学 CREST「物質現象の解明と応用に資する新しい計測・分析基盤技術」領域	名誉教授 研究総括	平成 17 年 7 月 7 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
馬場 嘉信	名古屋大学大学院工学研究科化学・生物工学専攻	教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
前田 瑞夫	(独) 理化学研究所基幹研究所前田バイオ工学研究室	主任研究員	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日
渡會 仁	大阪大学大学院理学研究科化学専攻	教授	平成 16 年 7 月 11 日 ～平成 22 年 3 月 31 日

8. 研究領域の運営の状況について

8-1 研究領域のマネジメント

(1) 研究計画

全研究期間にわたる研究計画書は応募時の提案を基礎として、研究者が具体的研究内容、日程、予算計画を作成した。さらに各年度で研究計画書をベースとして年次研究計画書を作成した。研究計画書および年次研究計画書は研究総括の承認を得て実施された。研究計画に修正が必要な場合は当初掲げた目標の基本は変更しないことを前提に、実現性やインパクトの変化を勘案して、研究総括が変更を承認した。

(2) 予算配分

できる限り研究計画に沿った予算配分に配慮した。化学、生命系では予算の不足が生じて、他の方法が可能な場合が多く研究計画を大幅に変更することは少なかったが、物理系の装置開発テーマでは計画段階の予測より増加せざるを得ない場面が目立った。最終的には研究計画の妥当性や研究者本人の熱意を勘案して研究総括が判断した。また、研究者の研究進捗状況を見て大きな成果が期待できる場合や、設備トラブルの生じた場

合は、研究総括の判断で随時支出した。また、研究期間中に所属を移動した研究者の研究実施環境の整備についても研究が円滑に推進できるように配慮した。

（３）研究の進捗把握と推進

研究者は半期毎に研究進捗報告書を提出し、研究進捗と成果、外部発表、特許出願の状況をまとめて報告し、今後の研究予定を申告した。研究総括は進捗を確認すると共に今後の研究予定について承認ないし必要に応じて提案を行った。研究者は、外部発表（論文、招待講演、口頭発表、ポスター発表、出版）する時は事前に研究総括に連絡し、承認を受けて発表した。論文掲載時には、研究総括は研究者より提出された掲載論文を受け取り、研究進捗を把握することができた。

また、研究総括および技術参事は必要に応じて研究者訪問を行い研究現場で直接研究進捗を確認し、研究推進に係る諸問題について打ち合わせを行った。

（４）研究の評価の手続き

研究者の課題別評価報告書を基に、領域アドバイザーの意見を参考にして研究総括が評価を行った。評価項目は、研究計画書の目標に対する研究課題の達成度；得られた研究成果の科学技術への貢献（計画外成果も含む）；外部発表（論文、口頭発表等）、特許など研究成果の発信状況（添付資料 2-1.主要論文・特許出願件数、3.受賞等）・招待講演など外部からの評価状況である。最終評価に至るまでの評価の流れは下記の通りである。

①終年度領域会議（4～6月）非公開

中間評価を実施し、コメントを研究者にフィードバック

②最終年度研究報告会実施（12月）一般公開

最終評価を実施し、コメントを研究者にフィードバック

③研究報告書および研究課題別評価書提出（2月）

④研究総括による最終評価に基づき領域活動・評価報告（3月）

8-2 研究支援活動

（１）非公開シンポジウムの開催

研究領域運営にあたっては、進捗状況を報告し議論する領域会議を年2回開催し研究の進捗状況と今後の計画についての発表・討論をおこなった（添付資料 4-1. 領域会議開催実績）。領域会議では、研究総括、領域アドバイザーの出席のもと、研究者が泊り込みで議論を行った。この会議は非公開で最新のデータを発表し合うが、領域アドバイザーだけでなく他研究領域の研究総括、海外の一流研究者も招待し、議論の幅を広げた。

領域会議に対する研究者と領域アドバイザーの意見を紹介する。「さまざまな分野の人から普段は聞けないような研究の話を聞けるのがありがたい」（研究者）。「さきがけでは異分野の人にも理解し、議論してもらうため、よりわかりやすい発表を工夫する」（研究者）。「研究者に教えることなど、私にはありません。だから議論する時も、彼らと道場で真剣にもみ合い戦っているような気持ちでいます。それでこそ、意味ある議論

になるのではないのでしょうか」(領域アドバイザー)、「研究成果よりむしろこうした議論の場を提供することにこそ” さきがけ” の意味はある」(領域アドバイザー)。このような意見が、ここに臨んだ研究者と領域アドバイザーの真摯な姿勢を表している。

「生命・計測分析合同研究会」(添付資料4-2. 生命・計測分析合同研究会開催実績)を、「生命現象と計測分析」研究領域と合同で、生命に集中した討議を行う目的で開催した。本研究領域の生命系の専門以外の研究者にも参加を積極的に促した。第3回より、「生命システムの動作原理と基盤技術」(中西重忠研究総括)所属の研究者も参加した。共通の話題で結びつきたいいくつかの研究者のコミュニティができたことも意義深いと考える。

(2) 研究成果の対外発信

(公開シンポジウム開催)

研究成果の対外発信の場として、各研究者の終了年度末に一般公開の研究報告会を開催した(添付資料4-3. 研究報告会開催実績)。平成16年度採択研究者(一期生)の研究報告会では「構造機能と計測分析」研究領域の24件の課題を物理系と化学・生命系に日を分けて発表した。平成17年度採択研究者(二期生)の研究報告会は「生命現象と計測分析」研究領域(森島績研究総括)、「代謝と機能制御」研究領域(西島正弘研究総括)と”3領域合同研究報告会”として開催した。平成18年度採択研究者(三期生)の研究報告会は物理系が中心となる8課題であるため、「構造機能と計測分析」研究領域単独の研究報告会として開催した。研究報告会では、戦略目標を同じくするCRESTの研究総括や研究代表者の特別講演を同時開催し、計測分析全体としての戦略目標への取り組みをアピールした。参加者の約半数は大学・企業などの一般参加者であった。

(広報)

社会貢献が明確な研究成果、主要論文に掲載されたインパクトの大きい研究については、広報担当と連携して新聞記者会見、テレビ取材などの広報活動を積極的に行った(添付資料5-1. 広報活動状況(新聞、雑誌、テレビ等))。また、インパクトの大小に関わらず研究成果、表彰、産学官連携活動などを研究領域ホームページを利用してPRに努めた。

(国際交流活動)

研究者は専門分野の国際学会などを通じて海外研究機関との交流を頻繁に行っているが、日米先端工学シンポジウム、日独先端科学シンポジウム、日英合同シンポジウム、日本-スウェーデンジョイントシンポジウムなどを通じて更に広い視野の国際交流活動へ参加することを推進した。JST 戦略的創造研究推進事業国際強化支援策による共同研究や国際シンポジウムの開催も行われた(添付資料5-2. 国際交流活動状況)、5-3. 産学官連携活動および研究開発の展開)。

研究開発ツールが研究のレベルを規定する一方、先端的研究でのニーズが新しい計測・分析の概念を育てる。自ら開発した手法を自ら利用して実証することも必要である

が、他の先端研究や企業の応用開発にそれらを提供し、活用を進めることも基盤技術構築の上で重要である。産学官連携活動の最終目標は成果の社会還元、端的には産業応用であるが、一方でそれら活動を通じ、初めて研究成果が実際に役に立つ基盤技術に成長できると考えた。

多くの専門分野の研究者が集合している本研究領域の強み生かして、さきがけ他研究領域、CREST、先端計測分析技術・機器開発事業などとのJST内交流、更には先端技術をアピールするための内閣府主催の産学官連携推進会議若手科学者説明会、国際ナノテクノロジー総合展・技術会議、ライセンス可能な特許に基づく新技術を公開するJST新技術説明会、イノベーション・ジャパン2009－大学見本市等への参加を積極的に行い、幅広い分野の大学・企業研究者へ新規な計測分析技術をアピールした。また研究期間終了後はJST地域イノベーション創出総合支援事業、先端計測分析技術・機器開発事業などを利用して積極的に実用化を推進する研究者も数多く見られた（添付資料 5-3. 産学官連携活動および研究開発の展開状況）。

（３）特許出願支援

特許出願を研究領域の重点施策として取り組んだ。特許は、場合によれば論文より10年以上早くアイデアが公開されている。論文を出しかつ特許を取得することで真の独創性が証明され、社会貢献への姿勢も明確なものとなる。論文も特許も他より先んじて始めて評価される。日常の研究者との接触において、「発明の発見」を素早くすることに最大限努力した。特許としてマーケットが大きい外国出願を重要視したが、実用性に直結するデータが少ない場合は断念した。国内出願後に応用実験を発明者に要請し、よいデータが得られた場合に外国出願対象とした。また、外国特許出願に当たっては、先行例調査により新規性・進歩性を有することを確認し、JSTの出願審査において特許専門家の承認を受けて出願した。

出願実績件数は、国内46件、外国18件（添付資料 2-1. 主要論文・特許出願件数）であった。特許性のある考案は原則として研究者の所属機関からの出願を優先したが、所属機関が出願しない重要特許はJSTから出願した。JST出願は国内11件、外国7件で、外国出願およびその基礎となる国内出願がほとんどであった。JST出願については発明者と弁理士がクレーム、明細を作成し、技術参事がチェックした。国際予備調査などへの対応は技術参事が中心となり方針を検討した。方法特許のみのクレームにならないように、物質・構成特許として記述するなど審査過程～侵害審判までを想定し、権利強化を徹底した。そのための追加実験、分析解析なども必要に応じて発明者に要請した。米英独のような計測・分析機器の市場の大きい科学技術先進国を中心に出了願したが、マイクロチップのように一般向けの展開が期待できる発明はアジアの主要国である中国・インドにも出願した。

（４）研究現場確認および討議

バーチャル・インスティテュートである本研究領域の運営において、非公開シンポジ

ウム開催や日常的な研究者間の交流などとともに、研究者訪問による研究現場での確認および討議がより重要な機能を果たした。個々の研究は研究者の所属する大学などの機関で実施されたが、研究総括および技術参事は必要に応じて研究者の所属機関を訪問し、実験装置を前にして疑問点や方法論について討議することにより、具体的に進捗を把握することが可能となった。重要課題については、解決策を研究総括から提案することも多かったが、それ以上に研究総括がより最適な専門家を紹介してノウハウ取得や交流を側面的に支援することが多かった。また、安全対策など研究現場でしか分からないことでは、必要な場合は実施機関の責任者と交渉を行った。さきがけ研究が原因である場合は、施設改造費の支出を行い安全性を確保した。研究補助者や研究に参加する学生とも懇談し、研究室の雰囲気への把握に努めた。また、転勤などにより研究課題の一部変更を認める場合も必ず新所属の責任者との打ち合わせ、実験現場の視察を行って課題の本質から外れていない限り研究計画の変更を承認した。

特許申請に関わる助言・指導のための技術参事の訪問も随時行った。事務参事は、購入物品の納入状況把握のため、全ての研究場所を随時訪問し、経理処理の適切な運用について注意を喚起した。

9. 研究領域のねらいに対する成果の達成状況

研究課題を物理系、化学系、生命系に大別し、さらに課題が属する「計測・分析分野」、課題が実現しようとする「主な狙い」で区分した表を下記に示す。ただし、この分類は任意性が高く便宜的な分類であることを断わっておく。また、それぞれの研究者の研究目的と結果および評価をこの表に従って記述する。

系	計測・分析分野	主な狙い	研究者	課題名
(A) 物理系	(A-1)原子・分子レベルにおける物理・化学現象や物性に関する計測・分析技術	高精細化	御園雅俊	原子時計精度での超高分解能レーザー分光計測
		高分解能	新倉弘倫	再衝突電子を用いたアト秒分子内電子波束の測定
			大野雅史	高速超伝導転移端マイクロカロリメータの開発
	(A-2)表面・界面の構造や機能に関する計測・分析技術	高感度化	島野亮	高感度テラヘルツ光学活性計測技術の開発
			鈴木拓	スピン偏極ーイオン散乱分光法の開発
			林久史	状態選別XAFS分光
			福澤健二	先端的ナノトライボロジー計測による情報記憶装置の革新
			安東秀	ナノスケール分解能スピン共鳴原子間力顕微鏡の開発
			由井宏治	電子増強振動分光法の開発と応用

系	計測・分析分野	主な狙い	研究者	課題名
	(A-2)表面・界面の構造や機能に関する計測・分析技術	高感度化	初井宇記	価電子をその場観測する顕微軟 X 線発光分光法の開発
			松田康弘	時間分解 X 線磁気円二色性分光法の開発
		小型化	火原彰秀	マイクロ流体界面計測法の開発
		高機能化	長谷川健	多角入射分解分光法の構築：光計測の新たな概念
			八木一三	界面のキラリティを捉える非線形顕微分光の開発
			荒船竜一	非弾性光電子分光による表面・界面振動解析
		可視化	栗辻安浩	フェムト秒時空間画像計測システムの創成
		複合化	間瀬一彦	コインシデンス分光法による複合表面解析
			河野行雄	近接場 THz 光と電位の複合顕微鏡開発：電子輸送の新観察法
(B)化学	(B-1)化学分析	小型化	辻幸一	高感度 3 次元蛍光 X 線分析装置の開発
	(B-2)分離分析、質量分析	高感度化	石濱泰	オミクス解析用超微小エレクトロスプレー法の開発
		小型化	(吉田裕美)	タンパク質の新規電気化学定量法の開発 (平成 22 年度終了予定)
			山口央	新規分離・分析場としてのナノチャンネル集合体
			佐藤記一	マイクロバイオブロットティング分析システムの開発
(C)生命	(C-1)生命現象の計測技術	可視化	浦野泰照	細胞生命現象解明に向けた高次光機能性分子の精密設計
			佐藤守俊	生体情報分子の先端的可視化計測法の開発
			三輪佳宏	生細胞内分子を見るデグロンプローブの開発
	(C-2)生体物質の構造や機能に関する分析技術	高精細化	今西未来	新規時計関連タンパク質の探索法の開発
		高感度化	影島賢巳	生体単一分子ダイナミクスの多次元計測法
			廣田俊	光解離性修飾基を用いた蛋白質の構造と機能の新規研究法
		小型化	竹内昌治	リポソームアレイによる膜タンパク質の機能解析法
	(C-3)生体物質の定量	高機能化	阿部肇	極性基が配列した低エントロピー型分子認識アレイの開発
			井原敏博	プローブ間の協同性を利用した高感度遺伝子解析法

系	計測・分析分野	主な狙い	研究者	課題名
(C) 生 命	(C-3) 生体物質 の定量	高機能化	林田修	超分子化学に基づく修飾タンパク質の蛍光分析法の開発
			上田宏	二量体検出原理による新規免疫測定法の開発
			迫野昌文	毒性型アミロイドオリゴマーの高感度検出
			栞原正靖	修飾DNAをセンサ素材とする新しいバイオセンサの開発
			一二三恵美	インフルエンザウイルスを計測・除去可能な「スーパー抗体酵素」
		高感度化	小比賀聡	三重鎖核酸形成を基盤とする革新的DNA分析
			平野研	核酸ポリメラーゼ解析とDNA1分子シーケンスへの応用
		迅速化	小寺一平	ゲノムDNAの超迅速な塩基配列決定法

(A)物理系

(A-1)原子・分子レベルにおける物理・化学現象や物性に関する計測・分析技術分野では、

御園雅俊研究者は、分光計測の高精度化に不可欠な高精度の波長目盛を持つ安定化した光周波数コムの実現を狙い、GPSに搭載した原子時計を利用して手軽に高精度を得るというユニークな発想の光周波数コムの開発に取り組み、1オクターブ以上にわたって周波数同定が可能な装置開発に成功した。今後、この装置を用いた超高分解能分光システムによりさまざまな多原子分子のダイナミクス解析が可能となると期待される。**新倉弘倫**研究者は、分子や原子の中を動く電子の運動の直接観測を目指した。強い短パルスレーザー電場を気相の原子または分子に照射することにより生成させた再衝突電子により生じる高次高調波スペクトルの測定に成功し、計算により分子内電子波束運動を明らかにした。分子の中の電子の挙動の可視化が本研究により実現に近づいている。原子物理から化学反応の基礎的な研究に画期的な情報をもたらすと強く期待する。**大野雅史**研究者は、超伝導体の急峻な転移領域を利用した温度計（TES）と電熱フィードバック（ETF）を組み合わせたETF-TESマイクロカロリメータによりシリコン半導体検出器より2桁以上優れたエネルギー分解能と早い応答速度を実現し、またTESピクセルをアレイ化しアレイイメージングを行うために、カリフォルニア大で取得したSQUIDで複数の検知部からの信号を識別する技術の応用を試みている。

(A-2)表面・界面の構造や機能に関する計測・分析技術分野では、

主たる目的が高感度化である研究として、**島野亮**研究者は、テラヘルツ領域での光学活性計測、磁気光学効果測定を可能とする高感度テラヘルツ周波数帯エリプソメトリー

の開発を行い、ミリラジアン以下の高感度偏光回転計測を実現した。この分光法を用いた磁気光学測定により、従来は困難であった低キャリア濃度半導体の非接触キャリア濃度評価、低温強磁場中の半導体のサイクロトロン共鳴周波数領域のスペクトル測定に成功している。**鈴木拓**研究者は、イオン中性化のスピンの依存という物理現象に着目して、独創的なスピン偏極イオン散乱分光計測システムの開発に挑戦した。He⁺偏極率25 %の生成に成功し、それを用いて表面から2~3 原子層の元素の識別とそのスピン状態の計測に成功した。既存の分析手法では不可能な表面・界面のスピン配列解析を可能とするもので、スピンエレクトロニクス等の電子スピン応用技術の進展に寄与することが強く期待される。この研究はJST先端計測分析技術・機器開発事業（要素技術プログラム[応用領域]）に採択され継続している。**林久史**研究者は、Spring-8の強力X線源と「孔雀型」分光器と名づけた高感度・高分解能分光器を組み合わせ、状態選別XAFSの実用化に挑戦した。自動車用銅酸化物触媒をサンプルとして用いた測定により局所的なクラスター構造の解明に成功した。また、高温超伝導体や巨大磁気抵抗材料の単結晶をサンプルとして、スピンを選別したXAFSが可能であることを実証した。この研究は高く評価され、堀場雅夫賞を受賞しており、JST「先端計測分析技術・機器開発事業」（要素技術プログラム[一般領域]）へ発展している。今後、材料分析分野の基盤技術としての有用性はますます高くなると考えられる。**福澤健二**研究者は、ハードディスクとヘッド間の極薄潤滑膜のナノトライボロジー計測技術の開発を行った。0.01 nNオーダーの水平力測定、1 μ Nオーダーの鉛直力測定、水平力・鉛直力の同時測定等を可能とするプローブを開発し、1 nmオーダーのすきまでの潤滑剤分子と固体表面との相互作用、潤滑剤の極性による粘弾性・流体挙動などの測定に成功した。これらの成果は高く評価され日本機械学会船井賞（業績賞）などを受賞しており、JST「先端計測分析技術・機器開発事業」（要素技術プログラム[応用領域]）に発展している。マイクロ化学チップ、生体内流動など分析化学、生命科学分野においても有用な知見をもたらすと考えられる。**安東秀**研究者は、電子スピン共鳴吸収法に原子分解能を有する原子間力顕微鏡の手法を応用し、探針直下の試料表面近傍の局所領域のみに高周波磁場を印加し、探針から直接スピン共鳴信号を検出することでスピン検出の空間分解能をナノスケールにまで飛躍的に高めることを狙った。局所領域でのスピン共鳴検出には電気的手法と機械的手法の2法の開発を並行して進めた。電気的手法による方法では、試料の境界条件によるスピン波のモードは検出したが、ナノスケールでの検出にはさらに高感度化が必要である。**由井宏治**研究者は、電子を分子に付加することで分子の分極率を大きく変化させ、赤外吸収やラマン散乱能を飛躍的に高めるという独創的な振動分光法に取り組んだ。理論計算により水中での電子付加により赤外・ラマン活性が著しく増強される結果を導出し、本法を金属表面と吸着水クラスターの不均一界面の振動分光などに適用して増強スペクトルの測定に成功した。更に未解明の部分を解明し、局所的な環境や構造情報を敏感に反映する構造決定の重要なツールとして発展することが期待される。

高精細化を狙った研究として、**初井宇記**研究者は、放射光から得られる軟X線を用い顕微軟X線分光法を構築し、荷電子が発現するその場で観測できるようにすることを目的に、透過型回折格子分光器を用い高感度軟X線分光器を構築した。塩酸フタロシアニン膜のX線発光スペクトルを測定し、結晶膜のNK α 発光のみに共鳴非弾性散乱構造が現れることを明らかにした。また、DNA分子の電子状態スペクトルの測定にも成功した。水溶液測定も可能とする方法を開発中であり、他の方法では測定できない情報が得られると成果が期待できる。**松田康弘**研究者は、元素選択的に電子・磁気状態を計測できるX線磁気円二色性分光(XMCD)分析に超小型パルス磁場発生技術を導入し未踏強磁場を発生させ、強磁性体のみならず、常磁性体や反強磁性体も測定可能とすること及びパルス磁場励起における緩和過程ダイナミクス計測も目的とした意欲的な研究を行った。40 Tパルス磁場を用い価数揺動現象を示すEuイオンのXMCDが強磁場領域で価数依存となることを発見し、XMCDメカニズムが価数によって異なることを見出した。今後連続パルス磁場を用い時間分解XMCD測定もねらっている。この研究には本多記念研究奨励賞が授与されている。

小型化を狙った研究として、**火原彰秀**研究者は、マイクロチップの油水2相流界面における振動・波動現象を計測する顕微レーザー分光法を開発し、マイクロ流路内での油水2相流界面における剪断応力を変化させて界面の特性を測定し、強制振動波の伝搬現象の観測に成功した。これにより、ナノ流体液液界面でのずり流動によりマイクロ流体の特異流れが説明できることを明らかにした。本研究がもたらす界面現象に関する新しい知見は、化学マイクロチップの設計指針として性能改善に貢献することが期待される。これらの研究に対して日本分析化学会奨励賞が授与されている。

高機能化を狙った研究として、**長谷川健**研究者は、薄膜・吸着分子の構造異方性解析を目的とし、仮想的な縦波光を考えた全く新しい計測理論に基づいて多角入射分解(MAIR)分光法を開発した。これまで不可能だった非金属基板上での純面外振動スペクトルの測定と、光学定数不要の分子配向解析が本分光法により可能であることを証明した。この方法により面内、面外スペクトルともに完全同一試料から測定することが始めて可能となった。この研究は世界的に高い評価を受け、米国Coblentz Society (振動分光学)からThe Craver Award、山崎貞一賞など国内外で各種の賞を受賞した。特許も取得し、装置が市販されている。**八木一三**研究者は、非線形顕微分光を用いたキラル界面の高感度な分析方法に挑戦し、金単結晶の表面キラリティをSHG回転異方性測定により明確に識別し、かつキラリティ数の定量化を可能とした。さらに、Binol薄膜のキラリティを可視-赤外SFG分光により明確に識別した。本計測法により、従来キラリティ分子の密度が低いため界面キラリティ計測が困難であった触媒、生体分子、ナノ材料などの分析が可能となることが証明された。界面における光学活性分子研究への応用の拡大が期待される。**荒船竜一**研究者は、光電子分光における光電子放出過程において電子と振動素励起の非弾性相互作用に注目し、その相互作用機構の解明に取り組んだ。レーザーを励起

源とした光電子分光をCu(001)-c(2x2)COに対して行い、光電子放出現象に振動励起過程が含まれていることを観測し、振動励起非弾性相互作用における「選択律」を明らかにした。この非弾性光電子放出過程が共鳴散乱であると結論し、フォノン励起（脱励起）アシステッド光電子放出モデルを提案した。これは表面振動分光法に新奇計測法を提供するものであり、時間分解法への展開も期待される。

可視化を狙った研究として、**栗辻安浩**研究者は、フェムト秒レーザーパルスとホログラフィーとを組み合わせた光動画像計測の実現に挑戦した。3次元光拡散体の中を伝播する光パルスの波面全体から拡散光を発生させ、それを物体光とするホログラフィーシステムを開発し、世界で初めてフェムト秒光パルスが伝播する様子を3次元動画像として観察することに成功した。この手法は、光の物理現象の計測ツールとして幅広い分野で新規な現象の発見や解析に貢献すると思われる。この研究により堀場雅夫賞を受賞している。

複合化により新規な計測を可能とする研究として、**間瀬一彦**研究者は、固体表面へのX線照射により生成する光電子、オージェ電子、イオンを同時に測定する2つのエネルギー分析器と質量分析器を搭載したコインシデンス分光器を完成し、それを用いてSiO₂/Si界面、SiO₂超薄膜表面の局所荷電子状態、Si表面に凝縮した有機シリコン化合物のサイト選択的イオン脱離解離などを解明し、本装置の有用な応用例を示した。今後は、更なる改良とともにこの方法の特性を利用した応用例を拡大し、一般化を進めていくことが期待される。**河野行雄**研究者は、近接場THz光顕微鏡と走査型電位計を複合化した電子輸送の新たな観察法の開発を目指した。カーボンナノチューブ量子ドットを活用した高感度かつ測定周波数制御が可能なTHz光検出素子、アパーチャー・近接場プローブ・半導体を一体化した検出器の開発などを行い、近接場イメージングにおいて回折限界を突破する9 μmの分解能を実現した。走査型電位計との複合化は未完成であるが、この成果を応用する方向性は見えてきた。幅広い応用分野の物性研究の新規ツールとして発展することが期待される。これらの研究は高く評価され日本物理学会若手奨励賞、文部科学大臣表彰若手研究者賞他を受賞している。

(B)化学系

(B-1)化学分析分野では、

辻幸一研究者は、3次元元素分布測定が可能な小型蛍光X線分析装置の開発を狙い、X線照射及び検出にポリキャピラリーレンズを用いる共焦点蛍光X線装置を開発し、軽元素から重元素までの高感度微量分析に成功した。また、リング状ターゲットと、発生する蛍光X線を集光するポリキャピラリーレンズを用いて、装置の小型化にも成功した。当初計画のリング状X線光源の開発には至らなかったが、実用的な3次元元素分布測定が可能な小型蛍光X線分析装置の開発に向かって着実に有用な技術を積み重ねた。

(B-2)分離分析・質量分析分野では、

石濱泰研究者は、オミクス解析のための試料前処理法の開発、微小エレクトロスプレ

一法の開発によるLC-MSの高感度化、開発技術の網羅的プロテオーム解析への応用を目指した。試料前処理法としてリン酸化ペプチドの選択的濃縮法、膜タンパク質分解ペプチドの選択的抽出法を、分離法としてはナノ液体クロマトグラフィー、質量分析計 (MS) とのエレクトロスプレーインタフェースの最適化などを行い、とくに翻訳後修飾であるリン酸化タンパク質の解析ではそれまで世界で知られていた2倍以上のタンパク質を検出同定するという注目すべき成果をあげた。一連の研究は今後のプロテオミクスにおける方向性を示したと言える。

この分野で小型化に重点をおいた研究として、**山口央**研究者は、ナノチャンネルの特異性を利用した物質の空間的・時間的分離手法に取り組んだ。分離分析場として最適な構造を有するアルミナ及びシリカナノチャンネル集合体の開発に成功し、それを用いてナノチャンネル内の物質拡散挙動の計測を可能とした。当初の目標であるナノチャンネルの特異性を利用した物質の分離手法の確立には到っていないが、ナノ空間の新たな特異性を明らかにしており、着実に目標に向かって進歩している。応用面の進展も含めて分析分野の基盤技術として期待は大きい。この研究により日本分析化学会奨励賞を受賞した。**佐藤記一**研究者は、生化学研究で必須の分析法として広く利用されているサザンブロッディング法、ノーザンブロッディング法、及びウェスタンブロッディング法のそれぞれについてマイクロチップ化による迅速分析法の実現を目的とした。3種のブロッディング分析法をマイクロチップ電気泳動を利用して実現するための基盤技術の開発に取り組み、チップ材料や電気泳動液条件の最適化、多分岐電場制御用流路の作成など創意工夫を重ねて、3種のブロッディング法実現の可能性を示した。実用化に向けた更なる研究の進展を期待したい。

(C)生命系

(C-1)生命現象の計測技術分野では、

生命現象の可視化をねらう研究として、**浦野泰照**研究者は、生体内反応を可視化するために目的に応じて発光する合成小分子蛍光プローブの開発を行った。光誘起電子移動過程による消光に基づいて、蛍光プローブ母核となる蛍光団TokyoGreen類の開発に成功した。この手法を用いて15種類を超える有用な蛍光プローブを開発し、設計理論の汎用性を実証した。さらに、早期がんのイメージングに展開し、がん細胞のみが強い蛍光性を示すプローブを実現した。本研究で確立した方法論は、将来バイオ・医療応用分野に大きな革新をもたらすと考えられる。一連の研究成果は高い評価を受け、文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞し、JST戦略的創造研究推進事業・研究加速課題へと発展している。**佐藤守俊**研究者は、独自の可視化法によって種々の生体情報分子の動態を明らかにするプローブ開発を行った。その結果、生体脂質の細胞内動態、リン酸化の細胞内動態、神経伝達物質NO等を超高感度で可視化する蛍光プローブを開発し、細胞でのタンパク質の局在活性の時空間可視化に成功した。また、プローブ設計理論の有用性を証明する新規性の高いいくつかの知見も得ており、今後、生化学や生物学、生理学の研究分

野に対して大きなインパクトをもたらすことが期待できる。これらの成果に対し、日本化学会進歩賞、日本分析化学会奨励賞、文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞している。**三輪佳宏**研究者は、生体内の薬物等の分布を可視化するプローブ開発を展開し、プローブを全身に発現したマウスを作り、薬物のin vivo イメージングに成功した。また、各種蛍光タンパク質をタンパク質分解制御タンパク質に結合したプローブを作製し、感度、バックグラウンド、時間分解能の改善を図りつつ、生体内薬物動態を可視化する蛍光イメージングの信頼性を高めた。このプローブによる生命現象研究に応用面でも興味深い進展を見せた。このプローブ概念の一般化を大いに期待したい。

(C-2) 生体物質の構造や機能に関する分析技術分野では、

今西未来研究者は、ジンクフィンガーの配列特異性と柔軟なモジュール構造を利用した時計タンパク質の新たな探索法に取り組んだ。飛躍的に配列選択性を高めた6-ジンクフィンガータンパク質、DNA中の不連続な塩基配列を検出可能とするジンクフィンガーモチーフ間リンカーなどの開発に成功し、時計遺伝子の発現リズムが増強される現象を確認にすることに成功している。時計タンパク質の探索だけでなく一般性の高い分析手法への応用も期待される。

分析の更なる高感度化を狙う研究として、**影島賢巳**研究者は、AFMの磁場変調を利用してタンパク質単一分子の構造相転移に伴う粘弾性応答の計測に挑戦した。コネクチン分子を用いて巨大たんぱく質の粘弾性プロファイルを測定し、高次構造をもつタンパク質の力学特性の概要を明らかとした。さらに、1 MHzまでの幅広い帯域でタンパク質のコンフォメーションの精密測定に成功している。今後、高分子物理学の進展に寄与することが期待される。**廣田俊**研究者は、光解離性修飾基をタンパク質に導入し、光パルスでタンパク質の構造形成を開始させる全く新しい研究手法に挑戦し、リフォールディング過程を極初期から詳細に追跡することに成功した。さらに、修飾基脱離後にアポプラストシアニンが自然状態に戻る現象を解析して、フォールディング過程にタイムスケールの違う3段階があることを証明した。本成果の適用範囲を拡大しタンパク質の立体構造を光制御する方法の開発へと発展することを期待したい。

竹内昌治研究者は、細胞の内外の物質輸送に重要な役割を果たしている膜タンパク質の機能解析法に取り組み、エレクトロフォーメーション法、接触法による脂質2重膜形成法等のリポソーム形成の基本技術とともに、脂質膜チャンバ形成法、ダイナミックマイクロアレイ技術、イオンチャンネルの複数同時計測技術などのマイクロ流路技術を活用した実用技術開発にも成功した。これらを用いた膜タンパク質の機能解析法は、次世代の創薬、生体イオンセンサー開発などへ及ぼす波及効果はきわめて大きい。これらの研究成果は高く評価され文部科学大臣表彰若手科学者賞、日本学術振興会賞を受賞している。

(C-3) 生体物質の定量分野では、

定量における高機能化を狙った研究として、**阿部肇**研究者は、分子認識に伴うエント

ロピー低下を抑制するというユニークな設計理念による新しい人工ホスト分子と、それを利用した糖認識系の開発を行った。ピリジンまたはフェノール誘導体をアセチレン結合で連ねた親油性および親水性各種ポリマーを合成し、それを用いて塩化メチレン中または水中でも糖のキラリティまで識別できることを実証した。とくに水中で糖認識に成功したことは特筆すべきである。将来診断、環境、食品などの分野に安価で信頼性の高いセンシング技術が提供されることを期待する。これらの研究成果は高く評価され文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞している。**井原敏博**研究者は、複数の機能性DNAプローブが協調して働くと、単一のプローブでは見られなかった種々の高度な機能を発揮する現象に着目して標的遺伝子のラベル化を狙った。遺伝子中の繰り返し配列を選択的に検索するプローブ設計の一般則を見だし、DNA上での希土類金属イオンの錯形成を利用した蛍光プローブによる多色アレル解析に成功した。今後は高効率化、高選択性などの実用レベルの課題解決を図る研究に進展することが強く期待される。**林田修**研究者は、アセチル化などの翻訳後修飾を受けやすいヒストンおよびその翻訳後修飾を特異的に認識する人工ホストの開発を行った。レゾルシナレンオリゴマーのクラスター効果を利用してヒストンの認識を可能とした。また、蛍光性ホストを用いてヒストンの酵素によるアセチル化反応の追跡にも成功した。大腸癌などの疾患に関わっているとされるヒストンの異常メチル化などに対する分析法として期待される。**上田宏**研究者は、小分子からタンパク質までを1回の反応洗浄サイクルで検出を可能とする非競合的免疫測定法の完成を目指した。分子量300程度であるカビ毒などの数種の化合物を対象にオープンサンドイッチ法による高感度定量に成功した。また、ペプチドを認識し高い結合能を示す V_H/V_L を取得し、これをマイクロチップに応用して血清のペプチド濃度の測定に成功した。これらの成果によりハイスループット化と応用範囲の拡大を可能とした。この方法は先端計測分析技術・機器開発事業（要素技術プログラム[一般領域]）に採択され、生体物質や環境汚染物質の検出などの基盤技術として発展することが期待される。**迫野昌文**研究者は、分子シャペロンプレフォルディンを利用してアルツハイマー病の原因物質であるアミロイド β ($A\beta$)オリゴマー全部を一度に定量する独創性の高い分析手法の開発を目指した。プレフォルディンは生体中の可溶性 $A\beta$ オリゴマーを選択的に認識するが、高感度定量のためには結合が不十分であったが、プレフォルディンの特異性を利用した高感度定量法の開発が望まれる。**栗原正靖**研究者は、低分子化合物に対して抗体様機能をもつDNAアプタマーの開発を目指した。各種修飾ヌクレオシド三リン酸を合成し、そのPCRを可能とする寛容性と反応忠実性を両立させるDNAポリメラーゼの選択に成功した。さらに、修飾DNAライブラリを用いてR-サリドマイド誘導体などの低分子化合物に特異的に結合するアプタマーを取得した。本成果はアプタマー創製の方法論として、医薬や検査薬への応用が期待できる。これらの研究により文部科学大臣表彰若手科学者賞を受賞した。**一二三恵美**研究者は、抗体でありながら抗原を特異的に分解する「スーパー抗体酵素」の創製を目指した。インフルエンザウイルスのHA抗原のコンセンサス

配列を基にいくつかの抗原モデルを見出し、A型インフルエンザウイルス全般に反応可能な抗体酵素の導出に成功した。また抗体酵素を大量に取得できるベクターを見出し、これを用いた抗体酵素の効率的調製法を確立した。今後、酵素活性のメカニズムをさらに解明し、この成果が「スーパー抗体酵素」に結実することが期待される。

高感度化を主たる目的とした研究として、**小比賀聡**研究者は、標的となる2重鎖DNAと結合して三重鎖らせん構造を形成し、かつ連鎖的な化学反応をDNA上で誘導する人工核酸による配列特異的検出法の確立を目指した。架橋型人工核酸を開発し、三重鎖核酸形成における課題であったC-G, T-A塩基対の認識を実現した。また、蛍光基と消光基を導入したオリゴヌクレオチドを合成し、標的DNAを短時間で検出できることを示した。実用化に向けたさらなる評価実験が必要であるが、特定遺伝子の解析法において幅広く応用が進展することが期待される。**平野研**研究者は、DNA 1分子を試料として4種の蛍光標識ヌクレオチドを用いてポリメラーゼ反応を起こさせ、これを検出する研究に挑戦した。蛍光色素のリアルタイム検出が可能な全反射顕微鏡を完成し、各種蛍光標識への対応性の最も高いラット由来のDNAポリメラーゼを用いて3種の蛍光標識dNTPの合成反応のリアルタイム検出に成功した。この方式のさらなる進展に期待したい。

小寺一平研究者は、DNA解読反応を多数分子の同時1分子蛍光観察により、飛躍的に高速なDNA解読の実現を狙った。解読反応の高効率性と正確性を両立する制限酵素とDNAリガーゼの組み合わせの導出に成功し、さらに酵素反応を最適化するマイクロ流路やガラス基板コーティング、プリズム型全反射照明装置などの技術開発に総合的に取り組み、DNA解読の基本システムを完成させた。本技術は医療や生命研究など様々な分野に大きな変革をもたらす可能性があり、今後の更なる研究の深化が期待される。

以上の成果は、384件の論文（研究期間内）で発表された。各研究者の主要論文の要旨を添付資料「2-2. 研究者別代表的な論文とその概要」に示す。

10. 科学技術上の進歩に資する成果、社会・経済・文化的な価値創出への期待

39の研究課題は、物質の構造やその機能の定性分析や定量分析において、将来必要とされる計測技術のごく一部を包含するに過ぎない。また、39の研究課題は独創性、波及効果、実現性で特に評価された個々の研究課題の集まりであって、特定の研究対象に対して設定されたわけではない。研究領域内で有意義な意見交換や自然発生的な共同研究はあるものの、基本的に研究は個人研究者の研究計画にしたがってそれぞれ独立して推進された。成果は、あえて言えば、広い計測分析のニーズのあるポイントに僅かではあるが将来の基点となる芽を育てたことである。先端的な計測・分析機器の開発に発展する可能性のある新原理、分析・計測に利用できる可能性のある新材料の探索、それらを通じた新規分析・計測法へと発展させる方法論の芽が含まれる。それらの中で、成果が具体的に見え始めた研究を選択して、下記に説明する。

物理系では、テラヘルツ分野で、**島野亮**研究者が、テラヘルツ周波数帯の高感度な光学活性計測に成功し、従来は困難であった半導体の非接触キャリア濃度評価を可能とし、強相関電子系のスピン構造解析に進展させた。平成19年10月よりJST/ERATOに参加し、強相関電子系のスピン構造をプローブする手法という波及効果の大きい開発に展開している。また、**河野行雄**研究者が、テラヘルツ領域のオールインワンチップ検出器を開発し、近接場THzイメージングにおいて回折限界を突破する $9\mu\text{m}$ の分解能を実現した。共にテラヘルツ分野の物性研究に貢献することが期待される。

また、**松田康弘**研究者が、超小型パルス磁場発生技術を開発し、放射光X線を用いてX線磁気円二色性分光測定を可能とし、価数選別した磁気偏極度の測定を可能とした。**鈴木拓**研究者はスピン偏極イオン散乱分光計測法を完成させ、スピン偏極ビームの脱励起や中性化の基本的メカニズムを解明し、表面・界面の磁気構造計測を可能とした。研究成果は、物質表面構造分析装置としてオメガトロン社より実用化され、今後スピントロニクス研究の進展に寄与することが期待される。さらに優れた装置開発を目指しJST先端計測分析技術・機器開発事業（要素技術プログラム[応用領域]）で研究が進展している。

林久史研究者は、Spring-8の強力X線源と「孔雀型」分光器と名づけた高感度・高分解能分光器を組み合わせ、状態選別XAFSの実用化に成功し、酸化亜鉛上の酸化銅ナノクラスタ構造など種々の有用な応用例を示している。この研究もJST先端計測分析技術・機器開発事業（要素技術プログラム[一般領域]）でシミュレーターの開発研究に進展している。

実用化に直結する小型化という狙いで**火原彰秀**研究者が著しい研究成果をあげている。火原彰秀研究者はマイクロ流路内の液液界面での特異流れを解明した。未知の研究領域であるマイクロ多相流に関して、ダイナミックな基礎物性に関する知見を着実に把握しつつあることは高く評価できる。また、**長谷川健**研究者は非金属基板の面内、面外振動スペクトルを同一試料から測定することを可能とした。開発された技術は“分子配向解析装置”（略称MAIRS）に応用され2007年にサーモ・フィッシャー・サイエンティフィック（株）より製品化された。

福澤健二研究者は、ハードディスクの高記憶容量化に必要な、ディスク表面とヘッド間の極薄潤滑膜のナノトライボロジー計測技術の開発を行った。実用機器の稼働下での計測を目指し、先端分析技術・機器開発事業（要素技術プログラム[応用領域]）で研究が進展している。

化学系では、**石濱泰**研究者が開発した、リン酸化ペプチドの選択的濃縮法、脂溶性膜タンパク質の選択的抽出法はリン酸化タンパク質及び膜タンパク質の網羅的解析法に飛躍的進歩をもたらした。また、ナノ液体クロマトグラフィーとナノエレクトロスプレー質量分析法の開発により、1度の分析で1991個の大腸菌タンパク質を同定した。繰り返し解析によりマクロアレーデータで知られていたタンパク質の1.15倍のタンパク質

を同定した。いずれも今後のオミクス解析法を先導する研究成果である。また、成果の一部は製品化された。

生物系では、浦野泰照研究者、佐藤守俊研究者が生体内反応の可視化する研究で顕著な進展を見せた。浦野泰照研究者は合成蛍光プローブを用い、光誘起電子移動過程による消光に基づいて、目的に応じて発光する蛍光プローブの精密設計法を完成させた。学術的に独立性が高く、しかも波及効果が大きいという点で高く評価したい。蛍光プローブの幾つかが実際に市販されるに到っていることも特筆に値する。この研究はJST戦略的創造研究推進事業・研究加速課題としてさらなる展開が行われている。佐藤守俊研究者は、種々の生体情報分子の動態を可視化法する数種のGFP由来のプローブ開発を行った。これらの成果は、いずれも世界最高性能を有するプローブ開発によるものであり、細胞でのタンパク質の局在活性の可視化の幅広い展開は極めて高く評価できる。今後、生化学や生物学、生理学の研究分野の進展に与える影響は大きい。竹内昌治研究者は、リポソーム作成について革新的な技術を開発し、膜タンパク質の機能解析ツールを実現した。今後、膜タンパク質の機能解析の進展が期待できる。またMEMSを巧みに利用した独自性の高い計測・分析手法は、生命現象などの基礎研究のみならず、センサー、創薬などへの幅広い応用が期待される。

1.1. 総合所見

本研究領域の物理系・化学系の課題では、生命系研究関連の物質を測定対象とした研究が多く、生命系の課題では測定に先端的な光学手法や分離分析手法を導入するケースが多く見られた。研究者と領域アドバイザーの専門分野が広範囲にまたがっているために、研究者間ならびに領域アドバイザーも含めた交流も日常的に行われ、そこで触発されて成果に結びついたケースが多かったと思われる。

研究成果の指標としての論文は研究期間で平均一人9.8報、そのうち約8割が国際論文である。研究に対するアプローチにおいてもユニークな研究者が数多く含まれていたが、積み上げた実績に基づき着実な研究計画を立てていたケースでは、研究の進捗はスムーズで計画通りの成果を示している。しかし、概してチャレンジ性の高い研究課題ほど、論文数や特許件数という指標で見ると限り件数は少ない場合が多いが、それでも貴重な手がかりやヒントとなるデータを得た研究者は多く見られる。特許出願件数は研究期間で平均一人1.6件(各国展開数を含まない)であったが、ほとんどの特許はまだ審査中で、現時点では権利評価をすることはできない。しかし、初めて出願した研究者も特許出願のプロセスにおいて、技術参事とともに他メーカとの係争など実用化時の諸問題を意識して取り組んだことは、今後の出願に対して意義深い経験になったと考える(添付資料2-1. 主要論文・特許出願件数)。

専門色の強いラボ用途ではあるが、成果が製品化につながったケースも見られた。実用化されたというもののその改良の余地は大きく、技術レベルとしては基盤技術への発

展途上である。研究者はこれらの成果の波及効果をより具体化するため、活発な活動を続けている。その一つが、国内外の幅広い分野の専門家との研究交流である。研究の質を高め実用的な技術に発展させるためには、相互の技術結合・補完が不可欠である。共同研究に至ったケースも見られた(添付資料 5-2. 国際交流活動状況)。産学官連携による企業化への展開活動も活発に行われた。このような活動を通じて研究成果をアピールすることが、研究成果の社会還元の糸口すなわち実用化・汎用化さらには産業応用の契機になるものとして重視した(添付資料 5-3. 産学官連携活動および研究開発の展開状況)。

研究成果の対外発信として広報は重要であり、顕著な論文成果などを中心に広報活動を進めた。多くの成果がプレスリリースされたり、マスコミに取り上げられて報道されたりした。また、結果としてこのような総合的な活動が、研究者自身に数多くの受賞や昇格異動のチャンスをもたらした(添付資料 5-1. 広報活動状況(新聞、雑誌、テレビ等)、添付資料 3. 受賞等)。

本研究領域の活発な活動には、領域アドバイザーの存在が非常に大きい。多忙な日程を調整して領域会議や研究報告会に出席し、討議しかつ数多くの提案を行った。それぞれの深い専門分野の最新動向を踏まえた厳正な評価は極めて貴重であり、研究者に今後の研究の指針としてフィードバックするとともに、研究評価の重要な基礎となった。

専門領域の異なる物理、化学、生物と広い学問分野から参加した39名の研究者がそれぞれの分野で個人の独創的な発想に基づくこれまでにない革新技术の創出を目指して研究を行ってきた。研究者にとって3年半という短期間ではあったが、3分の1程度の研究者は目標を達成した。目標達成には至らなくとも、どの研究者も継続して課題解決に取り組んでおり、近い将来に次世代新規計測・分析技術の創出、技術展開が期待できる。各研究者が本研究領域での研究を契機に計測・分析技術の進展に一層貢献することを期待したい。

最後に本研究領域が計測分析技術開発の基礎研究に関する初めての「さきがけ」であり多くの若手研究者のこの分野での研究を支援できた。本領域の終了後も引き続きこの分野の若手研究者を支援し、将来我が国における計測分析技術の革新のためにこの分野での「さきがけ」が行われることを強く希望する。