

計測技術分野に関する動向について

(独) 科学技術振興機構 研究開発戦略センター

環境技術ユニット

(丸山浩平、武内里香、嶋林ゆう子、安藤健)



独立行政法人科学技術振興機構 研究開発戦略センター
Center for Research and Development Strategy Japan Science and Technology Agency

**1. J S T 研究開発戦略センター (CRDS) における
計測技術への取組み**

2. 計測技術俯瞰マップ

3. 計測技術分野の国際比較調査

アドバイザー委員会



センター長
吉川弘之

首席フェロー
野依良治
井村裕夫
上席フェロー
黒田昌裕



中国総合研究センター
センター長 藤嶋 昭



副センター長
有本建男
植田秀史

事務局長
植田秀史 (兼)

事務局

企画運営室
室長 植田秀史 (兼)

戦略推進室
室長 石正 茂

技術分野別

電子情報通信ユニット
上席フェロー 丹羽邦彦

物質・材料ユニット
上席フェロー 田中一宜

ナノテクノロジーユニット
シニアフェロー 曾根純一

環境技術ユニット
上席フェロー 安藤 健

ライフサイエンスユニット
上席フェロー 安藤 健(代行)

臨床医学ユニット
首席フェロー 井村裕夫

横断的

政策・システムユニット
副センター長 有本建男

海外動向ユニット
上席フェロー 永野 博

G-TeCユニット
副センター長 有本建男

戦略プロポザル
作成チーム

変化適応システム
チーム

地球環境情報
技術チーム

地域環境予測
モデルチーム

メタインフォマ
ティクスチーム

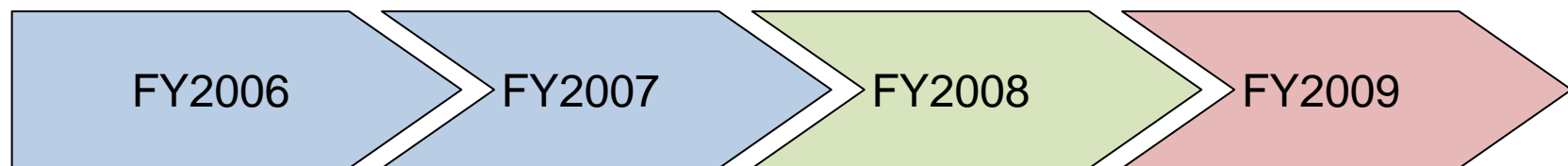
空間空隙制御・
利用技術チーム

融合分子
技術チーム

ファイト(PHYTO)
テクノロジーチーム

シングルセル
計測チーム

これまでのCRDSにおける計測技術への取組み



< 先端計測・産業技術 >
井上孝太郎 上席F

< 計測技術 >
安井至 上席F

< 環境技術(計測技術) >
安藤健 上席F

俯瞰活動

俯瞰図

2008年2月「先端計測技術分野 科学技術・研究開発の国際比較 2008年版」

俯瞰図

2009年6月「先端計測技術分野 科学技術・研究開発の国際比較 2009年版」

戦略プロポーザル

2007年5月「ものづくりイノベーションのためのハイスループット先端計測」

2007年4月「社会インフラの劣化診断・寿命管理技術」

実環境4D計測チーム

2009年3月 Dynamic ObservationとModelingの協奏による「界面現象の実環境動的先端計測」

シングルセル計測チーム

20XX年XX月

計測技術ユニットの検討状況

	2008年度				2009年度
	4 - 6月	7 - 9月	10 - 12月	1 - 3月	4 - 6月
俯瞰活動	俯瞰活動計画	WS設計・企画	俯瞰WS開催 (10/26-27)	報告書発行 「計測技術俯瞰WS報告書」 俯瞰図の完成 戦略スコープ 「シングルセル計測」	シングルセル計測チーム
常設研究会	●	●	● ●	●	
国際比較調査			中綱目の検討、執筆依頼、編集		国際比較 2009年版発行 「先端計測技術分野」(6月)
戦略プロポーザル作成 (実環境4D計測T)	ニーズ調査	ヒアリング	WS設計・企画 深掘WS開催 (1/8)	報告書発行 「戦略WS報告書」 プロポーザル発行 「界面現象の実環境動的先端計測」	

● ワークショップ、フォーラム

● 海外調査

● 戦略プロポーザル

計測技術俯瞰ワークショップ (2008年10月26日・27日開催)

- 俯瞰マップに関する議論を実施。
- 5つの分野ごとに、計測技術分野における研究開発戦略の方向性を議論。

氏名	所属/役職	(敬称略、 はセッションリーダー)
----	-------	-------------------

主催

安井 至	JST-CRDS計測技術ユニット	上席フェロー
------	------------------	--------

コーディネータ

北森 武彦	東京大学 大学院工学系研究科 / 教授	JST-CRDS計測技術ユニット / 特任フェロー
-------	---------------------	---------------------------

Separation / Pre-treatment

寺部 茂	兵庫県立大学 / 名誉教授
------	---------------

岡田 哲男	東京工業大学 大学院理工学研究科 / 教授
-------	-----------------------

竹内 豊英	岐阜大学 工学部応用化学科 / 教授
-------	--------------------

田中 信男	京都工芸繊維大学 繊維学部高分子科 / 教授
-------	------------------------

Spectroscopy

今坂 藤太郎	九州大学 大学院工学研究院 / 教授
--------	--------------------

嶋田 一夫	東京大学 大学院薬学系研究科 / 教授
-------	---------------------

瀬藤 光利	浜松医科大学 分子解剖学研究部門 / 教授
-------	-----------------------

藤岡 洋	東京大学 生産技術研究科 / 教授
------	-------------------

吉田 佳一	島津製作所 基盤技術研究所 / 所長
-------	--------------------

Imaging / Microscopy

河田 聡	大阪大学 大学院工学研究科 / 教授
------	--------------------

安藤 敏夫	金沢大学 理工研究域数物科学系 / 教授
-------	----------------------

掛川 誠	浜松ホトニクス / 顧問
------	--------------

田村 守	北海道大学 先端生命科学研究院 / 招聘教員 客員教授
------	-----------------------------

Reagent / Molecular Recognition

長野 哲雄	東京大学 大学院薬学系研究科 / 教授
-------	---------------------

小澤 岳昌	東京大学 大学院理学系研究科 / 教授
-------	---------------------

佐藤 守俊	東京大学 大学院総合文化研究科 / 准教授
-------	-----------------------

鈴木 孝治	慶應義塾大学 理工学部 / 教授
-------	------------------

谷 知己	北海道大学 電子科学研究所 / 准教授
------	---------------------

前田 瑞夫	理化学研究所 基幹研究所 / 主任研究員
-------	----------------------

宮脇 敦史	理化学研究所 脳科学総合研究センター / コア長
-------	--------------------------

Instrumentation / Nanomaterials / Microfabrication

馬場 嘉信	名古屋大学 大学院工学研究科 / 教授
-------	---------------------

神原 秀記	株式会社日立製作所 / フェロー
-------	------------------

斎木 敏治	慶應義塾大学 理工学部 / 准教授
-------	-------------------

民谷 栄一	大阪大学 大学院工学研究科 / 教授
-------	--------------------

藤田 博之	東京大学 生産技術研究所 / 教授
-------	-------------------

科学技術・研究開発の国際比較 (2009年5月発行)

- 俯瞰マップに基づき、計測技術分野を「7分野 42中綱目」にわけ、国際比較を行った。
- 注目すべき研究開発の動向について、調査を行った。

	氏名(所属) 敬称略
総括責任者	北森武彦(東大)
分野リーダー	
分離精製法分野	寺部茂(兵庫県立大)
分光分析法分野	今坂藤太郎(九大)
構造解析法分野	吉田佳一(島津)
センサと検出分野	鈴木孝治(慶大)
試薬とプローブ分野	佐藤守俊(東大)
複合分析法分野	馬場嘉信(名大)
各中綱目執筆者	計測分析専門家:40名

1. JST-CRDSにおける計測技術への取組み

2. 計測技術俯瞰マップ

3. 計測技術分野の国際比較調査

個人の衣食住をサポートする分析機器
 高度交通システムを支える計測・センシングシステム
 防犯、防災、テロなどの危機管理の高度化を支える計測・センシング技術

社会基盤

ライフサイエンス
 生命現象の解明に向けた基礎研究に資する分析・計測システム
 予防医療を進めるスクリーニング検査技術および先端医療のため高度検査機器
 遠隔診断・在宅医療を支える分析・計測技術およびネットワーク化
 食の安全を確保する高度(高速)な検査機器

環境

地球規模の環境センシングと環境流通ネットワーク
 ヒトや自然の生態系を有害な化学物質の計測とモニタリング
 嗅覚や味覚といった人間の感性を代替するセンシング機器
 簡易その場環境モバイル分析機器

ナノテクノロジー

ナノ材料の評価が出来る分析・計測技術
 ナノ構造を構築する・加工・計測・分析システム機器
 新たなエネルギー生産をサポートする分析機器
 「次世代計測・分析システムに必要なシステム化技術」に関する調査研究報告書(社団法人日本分析機器工業会)より

社会のニーズ例

付加的な情報・技術
 * グローバル情報
 * 地域情報
 * 時間変化・位相情報
 * モデリング・予測

計測・分析情報

生物種、化学種、量(濃度)、場所(3次元)、形状・構造、基礎物理量

ガスクロマトグラフィ	液体クロマトグラフィ	電気泳動	マイクロチップを用いる分離分析	試料前処理(抽出濃縮)	微粒子分離	原子スペクトルラマン分光	紫外可視分光	蛍光分析	赤外ラマン分光	光熱変換分光	レーザー分光	質量分析法	X線・線分光	単一分子検出	近接場検出	ラマン検出	近赤外検出	ケミカルセンサ	バイオセンサ	ガスセンサ	電気化学センサ	光学顕微鏡	電子顕微鏡	近接場顕微鏡	走査型プローブ顕微鏡	走査トンネル分光法	X線イメージング	NMR・ESR	蛍光タンパク質	有機蛍光試薬	タグプローブ試薬	量子ドット技術	生物発光タンパク質	イメージングプローブ試薬	核酸試薬	ハイフネーテッド分析	マイクロチップ分析法	ハイスループットスクリーニング法	マイクロアレイ法	DNAシークエンシング法	ナノデバイス	新しい分析手法
分離精製法				分光分析法				検出とセンサ				イメージング				試薬とプローブ				複合分析																						

試料形体や条件
 場(気相、液相、固相、界面、三相界面)
 極限計測(超高温、超高压、超高真空、超短時間、超光密度など)
 実環境(大気圧下、水中、in situ、in vivo、in processなど)

性能の向上を実現するためのキーワード
 高分解能、超高感度、超高選択性、ハイスループット
 多次元化、ナノ加工、集積化・MEMS
 ハンドリング技術、分子操作技術

インスツルメンテーション

分離濃縮 分子(元素)認識 検出 位置認識

技術レイヤー

化学、物理化学、物理、数学、などの基礎科学

応用技術

サポート技術

- * 試料前処理技術
- * マンマシンインターフェース
- * インフォマティクス
- * 効率化
- * 環境配慮
- * 分析のバリデーシオン
- * 経済性
- * 簡便性

基礎的研究 / 応用開発 / 製品開発

1. JST-CRDSにおける計測技術への取組み

2. 計測技術俯瞰マップ

3. 計測技術分野の国際比較調査

1. 分離精製法分野

現状についての比較		近年のトレンド	
	非常に進んでいる		上昇傾向
	進んでいる		現状維持
	遅れている		下降傾向
x	非常に遅れている		

分野		分離精製法分野											
中綱目		ガスクロマトグラフィ		液体クロマトグラフィ		電気泳動		マイクロチップを用いる分離分析		その他の分離分析(粒子分離)		試料前処理(抽出・濃縮)	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究												
	技術												
	産業												
米国	研究												
	技術												
	産業												
欧州	研究												
	技術												
	産業												
中国	研究												
	技術	x								x		x	
	産業	x								x		x	
韓国	研究			x				x					
	技術			x		x		x				x	
	産業			x		x		x				x	

•日本は、分離分析を研究する大学の研究室が少なく、研究水準では、一部の分野を除いて欧米に後れをとっている。

•ほぼすべての分野で米国のレベルが高い。医薬品分野の試料前処理分野は市場が大きいですが、米国主導になっている。

•過去、新しい吸着用カラムを開発したものの、実用化に結び付かなかったといった例があったが、現在新規シリカモノリスカラムの開発が進行中であり、今後の期待もある。

•マイクロチップを用いる分離装置は、まだ応用範囲が限定されており市場も小さいが、今後の発展が期待される。

•粒子分析は今後重要な分野であるが、まだ研究の域を出ない。

•UPLC (Waters社の登録商標) で採用されているマイクロカラムは、30年以上前になされた日本の基礎研究に起源がある。

•最近注目を集めているシリカモノリスカラムも日本で研究開発されたが、日本では実用化できずMerck KGaA社(独)が製品開発を行った。

2. 分光分析法分野

現状についての比較		近年のトレンド	
非常に進んでいる		上昇傾向	
進んでいる		現状維持	
遅れている		下降傾向	
x	非常に遅れている		

分野		分光分析法分野															
中綱目		原子スペクトル・プラズマ分光		紫外・可視分光		蛍光分析		赤外・ラマン分光		光熱変換分光		レーザー分光		質量分析法		X線・線	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究																
	技術																
	産業																
米国	研究																
	技術																
	産業																
欧州	研究																
	技術																
	産業																
中国	研究																
	技術	x		x		x		x		x		x		x			
	産業	x		x		x		x		x		x		x			
韓国	研究																
	技術	x		x		x		x		x		x		x		x	
	産業	x		x		x		x		x		x		x		x	

• ニーズが明確な分野 (例えば、鉄鋼、半導体、材料分野など) では今は日本が強いが、ビジネスリスクが低いために、アジア諸国が国家レベルで資金、人材を投入し始めており、一部では、日本を追い抜いているところもある。

• 波長可変で小さく安く消費電力の少ないレーザー素子が光源として強く望まれている。もし開発されれば、その市場はこれまでと桁違いである。

3. 構造解析法分野

現状についての比較		近年のトレンド	
非常に進んでいる			上昇傾向
進んでいる			現状維持
遅れている			下降傾向
x	非常に遅れている		

分野		構造解析法分野							
中綱目		質量分析法		X線		NMR		光電子回折	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究								
	技術								
	産業								
米国	研究								
	技術								
	産業								
欧州	研究								
	技術								
	産業								
中国	研究							x	
	技術	x				x		x	
	産業	x				x		x	
韓国	研究	x							
	技術	x		x		x			
	産業	x		x		x			
	豪州								

- 質量分析法による糖鎖解析などで日本が優位であるが、一般的に見れば、欧米、特に欧州が強い。
- ハイエンド機の開発と解析用のソフトウェアが日本の弱点。
- パルス型2次元検出器の開発：京大の谷森らが開発中のMPGC (Micro Pixel Gas Chamber) は潜在能力としては高く、日本発の技術として今後の開発に期待したい。
- 米国では、放射光を用いたタンパク質単一分子、あるいは微小結晶の構造解析を目指して開発が動き始めている。
- NMR構造解析法の研究水準は、日米欧が拮抗しているが、ここ数年ドイツを中心として研究コアが形成され、より優れた成果が出始めている。

4. センサと検出分野

現状についての比較		近年のトレンド	
非常に進んでいる			上昇傾向
進んでいる			現状維持
遅れている			下降傾向
x	非常に遅れている		

分野		センサと検出分野															
中綱目		単一分子検出		近接場検出		ラマン検出		赤外検出		ケミカルセンサ		バイオセンサ		ガスセンサ		電気化学センサ	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究																
	技術																
	産業																
米国	研究																
	技術																
	産業																
欧州	研究																
	技術																
	産業																
中国	研究																
	技術				?			x			x						
	産業	x		x	?			x			x					x	
韓国	研究					x											
	技術					x											
	産業	x				x					x						

•全世界的なバイオブームの中で、特にDNAの計測に関する研究開発が数多く、高速の超ハイスループットを目指したセンシング技術から、超高感度1分子DNA光検出の装置化まで進んできている。

•ケミカルセンサでは、ガスセンサ、イオンセンサのいずれにおいても、日本オリジナルの技術水準は高い。

•センサの多くは第二世代に入ってきており、安価かつ高性能を目的とした新たなセンサの開発競争が始まっている。欧州の主要各国のセンサ技術開発は、日本とほぼ同程度であるが、実用化に向かう技術開発姿勢は強いものがある。

•中国で急速に伸びている分野でもあり、今後の動向を注視すべきである。

5. イメージング分野

現状についての比較		近年のトレンド	
非常に進んでいる	上昇傾向		
進んでいる	現状維持		
遅れている	下降傾向		
x 非常に遅れている			

分野		イメージング分野							
中綱目		走査型プローブ顕微鏡		電子顕微鏡		光学顕微鏡		蛍光・発光バイオイメージング	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究								
	技術								
	産業								
米国	研究								
	技術								
	産業								
欧州	研究								
	技術								
	産業								
中国	研究								
	技術	x		x					
	産業	x		x				x	
韓国	研究					x			
	技術			x		x			
	産業			x		x		x	

•欧州が優位にある。

•米国は、ナノテクノロジー全体の中の戦略として強化が図られている。欧米は、依然として新しい計測技術を生む土壌があって、進歩を先導している。

•日本は、近接場ラマン分光、電子顕微鏡、蛍光・発光バイオイメージングなどの分野で優位性を維持している。

6. 試薬とプローブ分野

現状についての比較		近年のトレンド	
非常に進んでいる		上昇傾向	
進んでいる		現状維持	
遅れている		下降傾向	
x	非常に遅れている		

分野		試薬とプローブ											
中綱目		蛍光タンパク質		有機蛍光試薬		量子ドット		生物発光タンパク質		イメージングプローブ試薬		核酸試薬	
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究												
	技術												
	産業												
米国	研究												
	技術												
	産業												
欧州	研究												
	技術												
	産業												
中国	研究							x					
	技術	x				x		x		x			
	産業	x				x		x		x		x	
韓国	研究	x											
	技術	x								x			
	産業	x				x		x		x			

•下村脩・米ボストン大名譽教授によるクラゲの緑色蛍光タンパク質のように、もしも優れた物質が発見されれば、そのインパクトは大きい。

•先端医療の観点から期待が大きい。

•この分野の基礎研究は欧米に肩を並べているが、産業応用については優位性があるとはいえない。

•米国では数多くの研究チームとベンチャー企業に取り組んでいるのに対して、我が国では限定的である。

•蛍光タンパク質を用いたイメージングプローブについては、蛍光タンパク質の産業応用について妥当なライセンス料を設定する国産企業が台頭していることもあり、我が国においても、その産業応用が急速に進む土壌がある。

7. 複合分析法分野

現状についての比較		近年のトレンド	
非常に進んでいる			上昇傾向
進んでいる			現状維持
遅れている			下降傾向
x	非常に遅れている		

分野		複合分析法分野											
中綱目	フェーズ	ハイフネーテッド分析				マイクロチップ分析		ハイスループットスクリーニング		マイクロアレイ		DNAシーケンシング	
		プロテオミクス解析・メタボロミクス解析	メタロミクス解析・オミックス解析	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
国・地域	フェーズ	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド	現状	トレンド
日本	研究												
	技術												
	産業												
米国	研究												
	技術												
	産業												
欧州	研究												
	技術												
	産業												
中国	研究					x							
	技術	x				x							
	産業	x				x		x				x	
韓国	研究												
	技術	x											
	産業	x						x					

•各国が国家プロジェクトとして国力をあげて取り組んでいる研究課題の解決に必要な計測技術

- ゲノム解析・プロテオーム解析などの大規模生体分子解析
- 創薬における超高性能スクリーニング
- iPS細胞など幹細胞の機能性・安全性評価

•日本が国家プロジェクトとして注力している領域においては、欧米として優勢あるいは対等な技術力を有している。

•日本の国家プロジェクト終了とともに国際技術力が米欧と比較して低下しているものもある。

- プロテオミクス解析のような大規模解析
- マイクロチップ分析・マイクロアレイ法

•DNAシーケンシング法では、大型予算を投入した米国が優位に立っている。

•創薬におけるハイスループットスクリーニング (HTS) 法は創薬研究に重要であるが、この領域では日本のレベル低下が著しい。

国際比較の傾向として

- ノーベル賞の受賞からも明確なように、日本の計測技術分野は、基礎研究者が非常に強い。基礎研究から機器開発への流れは、需要がある程度期待できる製品以外の機器開発は遅れがちである。
- 製品化段階では、投資リスクの大きな新規装置の開発に積極的に取り組むベンチャー企業の存在により、欧米が圧倒的に強い。日本は、装置の使い勝手を支配するユーザーインターフェースだけでなく、データ処理ソフトも欧米に劣るケースが多い。

社会ニーズと連動した計測技術の大きな流れ

- 公害対策(1950～1960年代)
- 原子力技術(1960～1970年代)
- バイオブーム:遺伝子の時代(1980年代～)からゲノムの時代へ(2000年前後～)
- 半導体エレクトロニクス:真空管からトランジスタ、IC、LSIへ

- バイオ・医療
 - ポストゲノムの時代:
 - 1分子研究・1細胞レベルの解析
 - 新たな医療(予防医療、テーラーメイド医療等):
 - スクリーニング検査技術、光CTやマイクロ・ナノセンサー、高精細画像伝送
- エレクトロニクス・材料
 - 次世代エレクトロニクス(Beyond CMOS)
 - 製造その場検査技術
- 食の安全
 - 残留農薬のスクリーニング検査
 - アレルギー物質
- 安全・安心な社会
 - 防犯、防災、テロなどの危機管理
 - テラヘルツスペクトルなど新波長領域を利用した分光、イメージング技術
 - 高度交通システム
- 環境
 - 環境汚染物質(RoHS指令対応検査等)
 - その場環境モニタリング
 - 地球規模の環境センシング

出典:

・平成20年度計測技術俯瞰WS報告書(CRDS)

・「ナノ計測」検討会報告書(CRDS)

・「次世代計測・分析システムに必要なシステム化技術」に関する調査研究報告書(社団法人日本分析機器工業会)