

# 科学における未解決問題に対する 計測ニーズ俯瞰ワークショップ 趣旨説明

**モデレーター：佐藤勝昭**

**JST-CRDS (研究開発戦略センター)**

計測技術に関する横断グループ

# 議事次第

※詳細は資料1をご参照ください

敬称略

- 13:00～13:05      オーガナイザー挨拶
- 13:05～13:20      **モデレーター挨拶**
- 13:20～15:30      セッション 1 分野別の講演／討議  
(話題提供: 伊藤 隆司、田沼 繁夫、桜井 貴康、山形 与志樹)
- 15:30～17:40      セッション 2 計測横断討議  
(コメント: 二瓶 好正、一村 信吾、澤田 嗣郎、岩槻 正志)
- 17:40～18:00      ワークショップ総括(オーガナイザー)
- 閉会**
- ※WS終了～      懇親会(1時間程度、会費制)

主催：JST-CRDS 計測技術に関する横断グループ

オーガナイザ：吉川弘之(センター長)

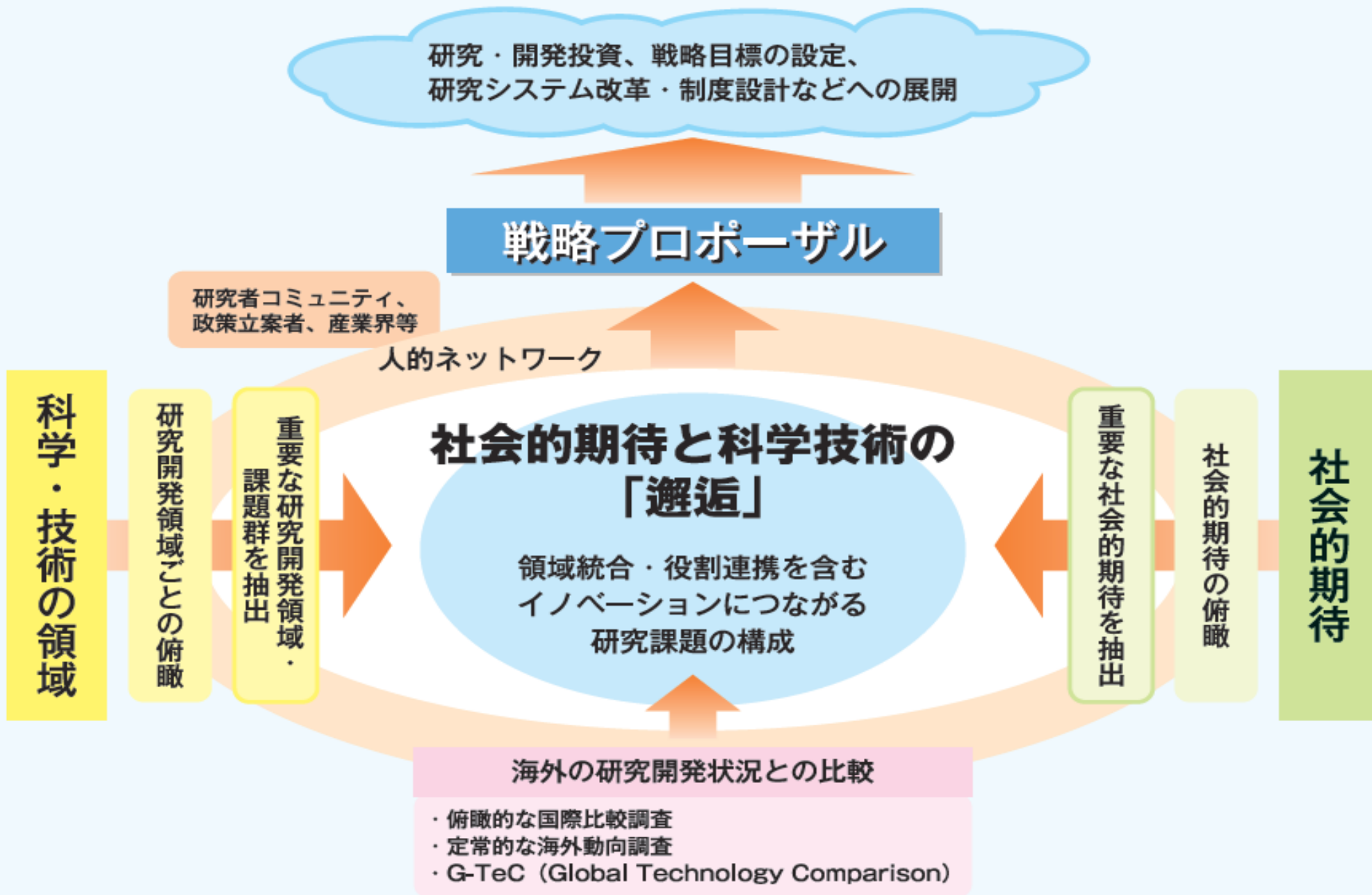
モデレータ：佐藤勝昭

メンバー：川口 哲(ライフサイエンス)、永野智己(ナノテク・材料)、  
金子健司(電子情報通信)、丸山浩平(環境・エネルギー)

# CRDSにおける研究開発戦略立案と 俯瞰ワークショップの位置づけ

- CRDSの設立趣旨：
  - JSTの研究開発戦略の立案機能を抜本的な強化、ファンディングエージェンシーとしての体制強化、我が国全体の研究開発戦略立案への貢献を目的に2003年7月に設立
- ビジョン：
  - 社会ニーズを充足し社会ビジョンを実現する科学技術の有効な発展に貢献
- ミッション：
  1. 政策・戦略の立案者と研究者の意見交換の場の形成
  - 2. 科学技術分野全体の俯瞰**
  3. 重要となる分野、領域、課題、研究開発の推進方法等を抽出
  4. 我が国の研究開発状況および技術レベルを海外諸国と比較
  5. 研究開発戦略を提言

# CRDSにおける研究開発戦略の立案プロセス



# CRDSの 提言の位置付け



# 科学における未解決問題 に対する計測ニーズ (調査・検討の背景・目的)



# 計測技術俯瞰方針

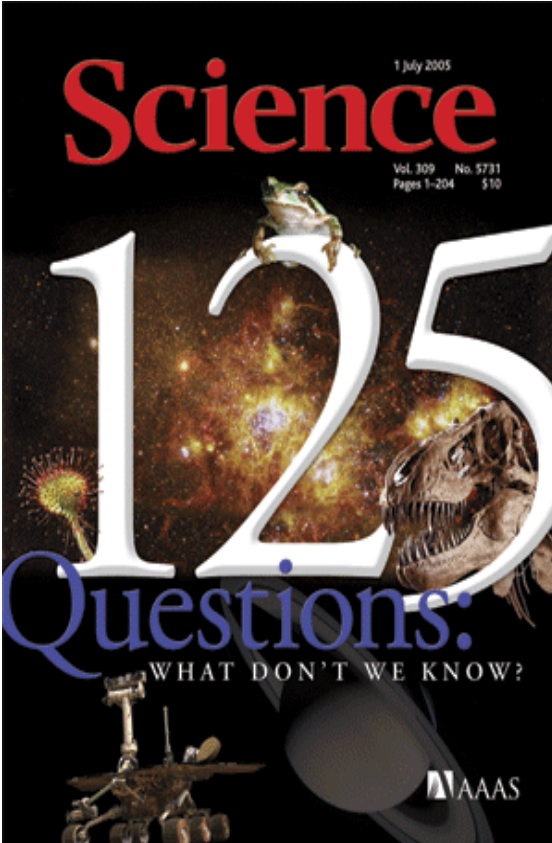
- 吉川弘之CRDSセンター長の考え方：
  - 計測はmother of science。計測があって科学の発展がある。科学のフロンティアには計測が不可欠。科学における「**未解決問題に対する計測ニーズ**」を示し、それらのシナリオを検討した上でグローバルな視点をもちつつ「**日本における計測のストラテジー**」を提言したい。
  - 計測技術は、使われる各分野の歴史や流れに沿って発展を遂げてきた。分野ごとに現時点での水準レベルの違いがあるだろう。したがって、計測技術の研究開発は、**対象とする科学技術分野ごとに分けて考える**ことが肝要であり、目標を定め、シナリオを考えていくべき。

# 計測技術が関連する研究開発

	(基幹) 国家技術	(基礎) 先端技術	(応用) 産業技術
計測を 基盤とする 他分野 (測ることを利用)	公共インフラ、テロ対策、防犯等の安心・安全の保障	<div style="background-color: yellow; padding: 5px; transform: rotate(-15deg); display: inline-block;">2010年度はここに注力</div> 生命、ナノ・物質、情報・通信、環境・エネなど基礎科学の進展	医療、食品、素材、資源、電子機器、輸送機械等の産業発展・ベンチャー創出
計測分野 (測ることが目的)	長さ、重さ等の計量標準の設定	計測科学(計測工学、分析化学、ナノ計測、計測システムなど)の進展	計測(機器、分析サービス等)の産業発展・ベンチャー創出



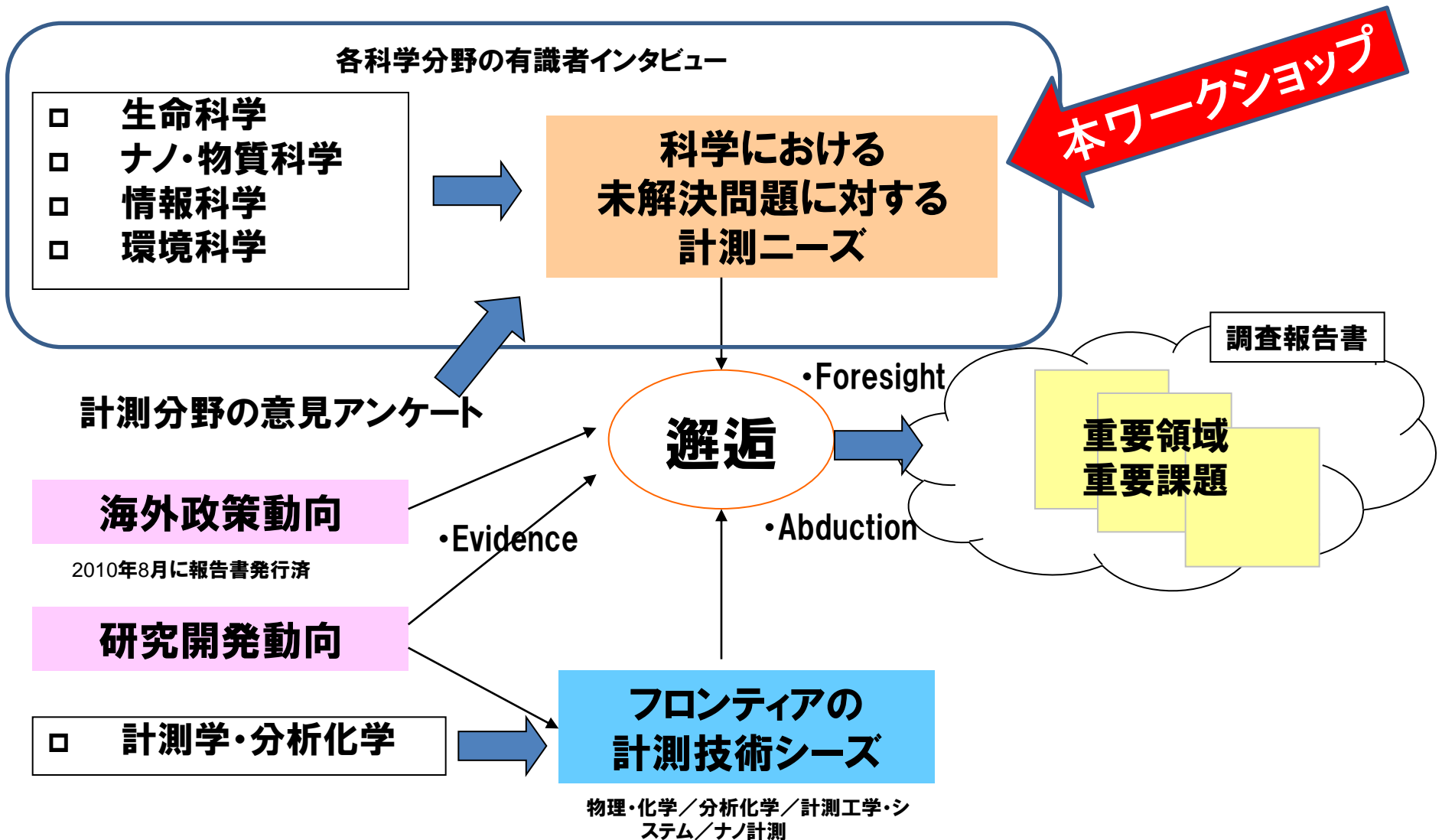
# 計測技術が関連する研究開発

<p>言語 基礎 他 (測るこ)</p>		<p>科学の未解決のナゾ125を選出 米サイエンス誌 創刊125周年 (2005年7月)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・「意識」の生物学的な意味は何か？</li> <li>・人間の寿命はどこまで延ばせるのか？</li> <li>・記憶はどのように格納され検索されるのか？</li> <li>・宇宙は何から作られているのか？</li> <li>・コンピューティングの限界は？</li> <li>・地球温暖化によって世界はどこまで暑くなるのか？</li> <li>・安い石油を代替可能なものは何か？</li> </ul> <p>など</p>	<p>用) 技術</p> <hr/> <p>素材、資 器、輸送機 発展・ベン 創出</p> <hr/> <p>測 新サービス 発展・ベン 創出</p>
----------------------------------	--	---	---

## What Don't We Know?

# 本ワークショップの位置づけ

— 科学における未解決問題に対する計測 —



# 本WSの開催目的

- 今回開催するワークショップでは、「**生命**」、「**ナノ・物質**」、「**情報・通信**」、「**環境・エネ**」の4つの**科学分野**における**未解決問題**は何か？ **そこで必要とされる計測ニーズ**は何か？ について、インタビュー・調査結果を踏まえ、さらに各分野の有識者と、計測分野の有識者が議論することによって**俯瞰的に共通認識**し、**重要課題の抽出**を検討するものです。
- さらに次のステップで、その計測ニーズを達成するための**技術シーズの構成**、**必要な人員**や**研究推進体制**、**企画立案から実行にわたるシナリオ**等について議論する予定であります。

# このWSに期待するアウトプット

1. 「生命」、「ナノ・物質」、「情報・通信」、「環境・エネ」の4つの科学分野における**未解決問題**と、そこで必要とされる**計測ニーズ**の**俯瞰**ができればありがたい。
2. 4つの科学分野における**計測の水準(特徴)・トレンド**を**俯瞰**し、**共通の課題**を抽出したい。
3. 今後、日本にとって重要となる計測技術の研究開発の**ポリシー作り**の1ステップとしたい。

# 未解決問題に対する計測ニーズ 調査リスト

# 未解決問題に対する計測ニーズ インタビュー調査項目

## 1. 専門分野における未解決問題

(例:イオン分離の微視的メカニズムを明らかにしたい)

海水淡水化用逆浸透膜の塩透過率を0.1%以下まで低減化したい)

## 2. その問題解決に向けた、現状の計測・分析・解析の状況

(例:新たな材料を試作しては、塩透過率を評価し、また、膜の表面をTEMによって分析)

## 3. あったら良いと思う計測技術 (計測ニーズ)

(例:塩を分離している動的状態を直接観察したい)

## 4. 計測技術開発に必要な研究者、技術者の協力(解決手段)

(例:理論物理学者と分析化学者、光学専門家、数理科学者の分野融合)

# 未解決問題に対する計測ニーズについて インタビューした有識者の方々

分野	氏名	所属・役職	担当
生命	小安 重夫	慶應義塾大学 医学部 教授	川口
	菅野 純夫	東京大学 医科学研究所 教授	川口
	中西 真人	産業技術総合研究所 ジーンファンクション研究センター グループ長	金子
	入来 篤史	理化学研究所 象徴概念発達研究チーム チーム長	金子
ナノ・物質	筒井 哲雄	JSTさきがけ 研究総括	永野
	川合 知二	大阪大学 教授	永野
	土佐 正弘	物質・材料研究機構 微少材料工学グループ グループリーダー	金子
	居城 邦治	北海道大学 電子科学研究所 教授	金子
情報・通信	中野 義昭	東京大学 先端科学技術センター 所長	金子
	竹内 繁樹	大阪大学 産業科学研究所 招聘教授	金子
環境・エネ	安井 至	製品評価技術基盤機構 理事長	丸山
	大垣 眞一郎	国立環境研究所 理事長	丸山



# 科学における未解決問題に対する計測ニーズ(案)

## ◆生命

科学における未解決問題	計測ニーズ
生体内における分子の構造変化をリアルタイムで観察したい	タンパク質-分子解析(糖鎖修飾などの計測・評価)、微量水溶液中の分子の原子レベルでの解析技術。
生体分子の体内動態を経時的に観察したい	生体分子のイメージング技術、分子の非ラベル化技術、微量タンパク質・ペプチド等の定量化技術
細胞に存在する無数の分子の相互作用を定量的に解析したい	細胞機能変化の定量化技術、細胞内タンパク質の可視化および微量計測技術、タンパク質ネットワーク解析技術、細胞内2原子分子の可視化技術
生体膜での分子反応を定量的に解析したい	膜タンパク質の解析技術、微量ペプチド等の定量化技術、膜タンパクおよび関連分子のリアルタイム計測技術
細胞の特性を器官毎に明らかにしたい	単一細胞での微量タンパク質計測技術
生体(微小)環境と幹細胞との相互作用を可視化したい	細胞間メディエーターの可視化技術、細胞分化の定量化およびモデル化技術
細胞が分化したり、器官等への誘導される仕組みを定量的に解明したい	器官発生に関与しているタンパク質の相互作用解析技術、細胞間メディエーターの可視化技術、組織表現型の定量化技術、発生機構のモデル化技術
細胞の生体内での動態をリアルタイムで知りたい	一細胞マーキング技術、細胞の持続的可視化技術、
脳の機能を化学的に理解したい	活動神経回路の可視化技術、脳内タンパク質の定量化技術
微生物が感染したり共生したりする仕組みを解明したい	難培養微生物の培養技術、ゲノム間相互作用の解析技術、タンパク質シーケンス技術

# 科学における未解決問題に対する計測ニーズ(案)

## ◆ナノ・物質

科学における未解決問題	計測ニーズ
耐久性と高い物性値を兼ね備えた材料を創出したい（有機半導体）	劣化の原因を解明する技術。「有機物質のあらゆる計測を研究現場でリアルタイム且つコンパクトに」おこなえることが必要。有機半導体材料の研究開発の現場(グローブボックス内やパイロットプラント)に持ち込めるような小型機器(e.g., NMR)が求められる。有機半導体材料の標準物質。「純度・ピュアさを示す計測技術とセットで物質を標準化すること」が世界で勝つためには必要。
ナノ・マクロレベルの凝集体の機能を予測したい	原子・分子サイズと、ナノ・マクロレベルの凝集体の同時計測(可視化)。現実の計測とセットで、計算科学によるシミュレーション技術が解釈のためには必要(例えばナノワイヤのような単なる集合体ではないもの。非平衡開放系の散逸構造。巨大計算で指針が必要)。
雰囲気下での動作状態を可視化したい	例えばメモリRe-RAM、酸化還元系なので雰囲気の影響を受ける(非真空)。大気下で測定できるSIMS。
生体物質や環境成分(混合系・多成分系)を分離せず、ダイレクトに分析したい	10 $\mu$ mスケールの3次元計測技術。界面・表面の効果が極めて大きい
ナノ構造体の材料特性を定量化したい	材料強度や熱物性の精密測定。ナノインデンテーションによる弾性率、降伏強度、破壊強度、靱性、疲労特性などの測定。ナノ領域の親水性、疎水性計測。ナノマニピュレーション、微小引っ張り試験デバイス、熱伝導率測定デバイス。

# 科学における未解決問題に対する計測ニーズ(案)

## ◆情報・通信

科学における未解決問題	計測ニーズ
量子コンピュータを実現したい	電子、光子、イオン、原子等の量子状態(波動関数、密度行列)の精密、高速測定
爆弾など微量物質の情報を非破壊に検知検出したい	中赤外線、テラヘルツ領域の計測技術
老人や子供など弱者を見守りたい	ユビキタス・センサー・ネットワーク(体温、脈拍センサ、RFタグ、スマートメータなど)
生体表面の情報から体内状態を推察したい	脳波、心電図、筋電図など総括して計測する技術
人工物が人間に与える影響を明らかにしたい	身の回りの電磁束の分布
道路、橋梁など建築物の寿命を計りたい	ユビキタス・センサ・ネットワーク(ファイバーセンサ、加速度センサ、運転ログ)
微少で複雑な回路の電流分布	数億オーダーの一括電圧計測、電流の可視化技術

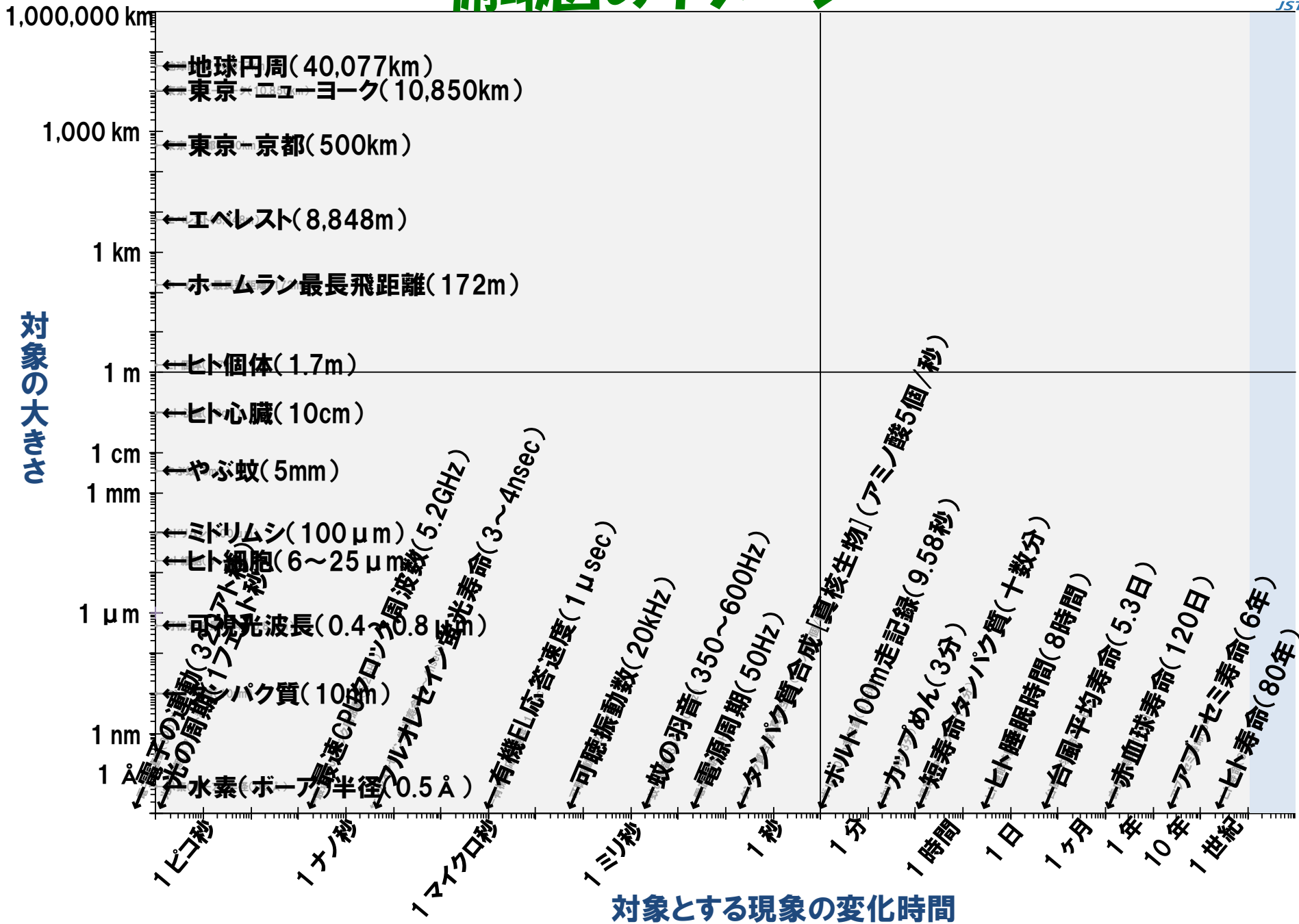
# 科学における未解決問題に対する計測ニーズ(案)

## ◆環境・エネ

科学における未解決問題	計測ニーズ
未発見の「生物による有効成分」はどれ程あるか？	タンパク質を片っ端から機械的に分析できる技術(DNAシーケンサーのように)。
蓄エネデバイス(蓄電池等)の性能の限界はどこか？	In-situでイオンの状態と流れ、変化を計測する技術。Spring-8での計測ニーズは高くなっているが、プローブがないために用途が限られている。
材料の寿命を決める普遍的原理は開発できるか？	マイクロ・クラックの外観検査、破壊進行の理論・シミュレーション技術、蓄積型熱劣化センサ
地域における侵略的外来種は防除可能か？	DNA情報を遠隔から判別する技術
地震、津波等の災害に対して野生動物は予知の仕組みを持っているか？	環境変化に対する人体の感受性を解明する技術(指標開発)。脳の活性化や、自然免疫指標との相関
環境リスクは、胎児、子どもに対する環境リスクは、大人になった時に影響を及ぼすだろうか？	人間の状況(行動、表情、変化など)をモニタリングして周囲環境自体を定量化。体に取り付けて常時計測するユビキタス・センシング・ネットワークのような技術。小児の曝露した環境を定量評価(活動環境、行動パターン、肺換気量、食物摂取量、化学物質等)。
飲料水の汚染被害をなくすことができるか？	環境水における微量な微生物の存在、また増殖状況を遠隔から計測する
微気象の予測精度はどこまで向上出来るか？	小さくて自発電で遠隔から多機能の気象を観測できる計測システム
地下水の流れ・循環のメカニズムを可視化することは出来るか？	余分な肥料が地下水へ浸透するモデル構築とシミュレーション技術の開発。植物の施肥に対する変化の動的状態を直接観察したい。
膜がイオンを分離する微視的なメカニズムを知ることは出来るか？	逆浸透膜が塩を分離している動的状態を直接リアルタイムに観察する技術
地球環境問題に対する惑星限界(プラネタリー・バウンダリー)を科学的に指標化できるか？	生物種の絶滅を測る技術、地球規模のCO2濃度を測る技術、窒素濃度を測る技術など

# 計測ニーズ俯瞰図と 未解決問題のマッピング

# 俯瞰図のイメージ

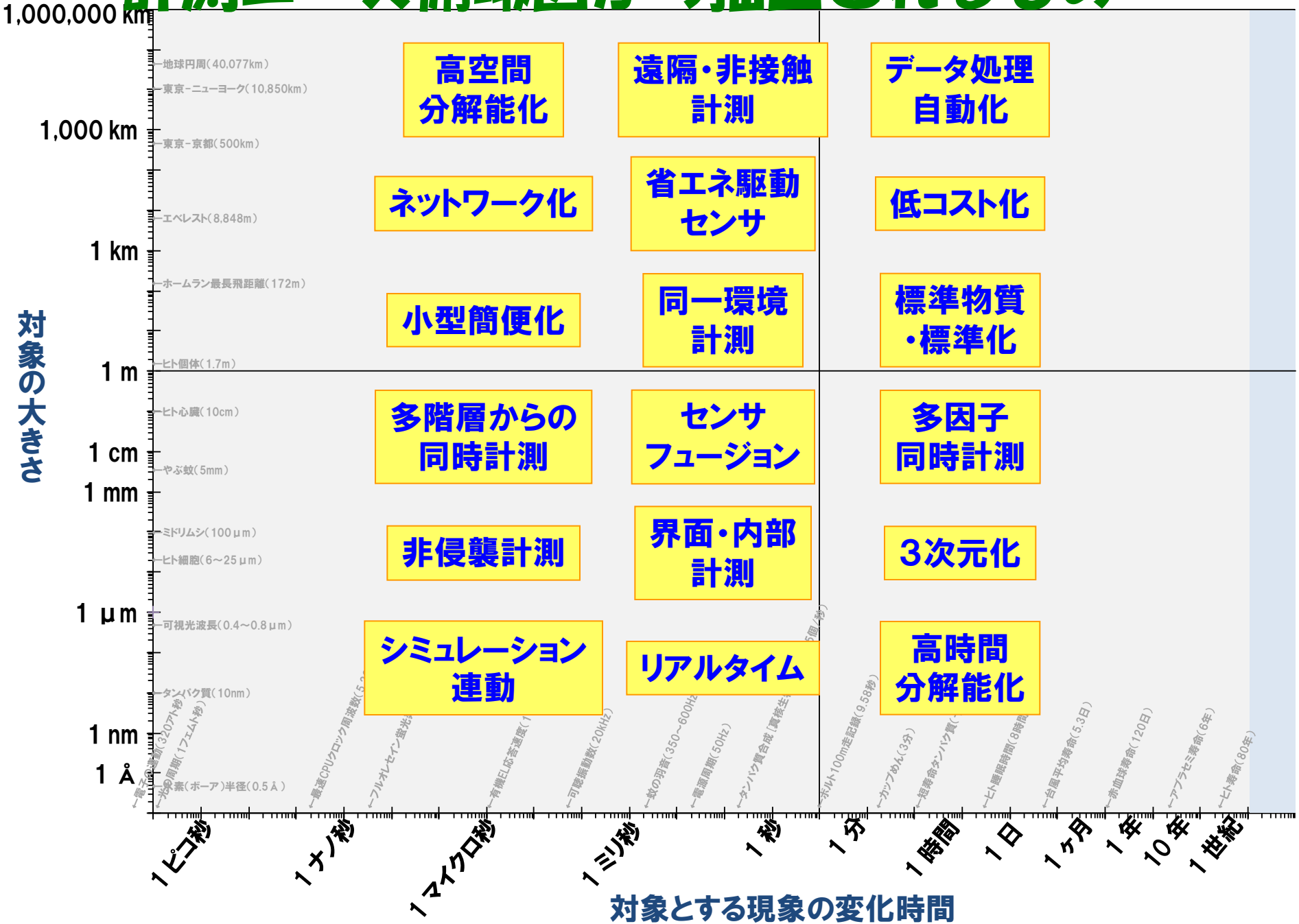








# 計測ニーズ俯瞰図から抽出されるもの



# 科学分野ごとの計測の水準（特徴）・トレンド（案）

分野	水準(特徴)	トレンド
生命	<p><b>生命現象の解明、人間の理解</b>とそれを基本にした科学技術や社会システムの開発を目指した総合的な学問。<b>未解決問題多い</b>。</p> <p>物質の存在よりも物質間の関係から現象の意味を理解(<b>関係計測</b>)。</p>	<p>界面・内部、非侵襲、リアルタイム、標準化</p>
ナノ・物質	<p><b>自然界の現象とその性質</b>を、物質とその間に働く相互作用によって観測し、<b>理解</b>すること。物理計測と一体化。</p> <p>あらゆる原理・物理現象を応用して、極限までの物質の存在・現象の解明を追及(<b>存在計測</b>)。</p>	<p>多階層からの同時計測、多因子同時、リアルタイム、3次元化</p>
情報・通信	<p><b>通信・計算・制御などの情報処理の科学</b></p> <p>数学を含めすべての学問のツール、データマイニングや複雑系といった計算科学との新たな融合と、人文・社会科学分野を含めて多面的展開を見せている。</p>	<p>高空間分解能、シミュレーション連動、小型簡便化、ネットワーク化、複雑系</p>
環境・エネ	<p>①公害、地球環境問題などの課題解決、②その予防機能の向上、および③諸現象の環境の規定に関する総合的な学問。<b>環境科学の課題は実用性を持つ</b>。</p> <p>対象とする空間が大きく、また、ゆっくりと変化する現象を扱うため、計測データと数値計算シミュレーションとの統合(<b>シミュレーション連動</b>)によって理解。</p>	<p>遠隔・非接触計測、シミュレーション連動、小型化、ネットワーク化、省エネ駆動センサ、高空間分解能</p>

**ご発表、ご討論でお願いしたいこと**

# 話題提供頂きたい内容

- **幾つかの具体事例をご提供願います**
  - 分野における**未解決問題**と、そこで必要とされる**計測ニーズ**について
- **ご自身のお考えを発表願います**
  - 分野における**計測の水準(特徴)、トレンド**について
  - 分野における**未解決問題に対する計測ニーズのリスト、俯瞰図(案)の過不足**について
  - 分野における**重要領域(3つ程度)**について(理由も)
  - 分野において、諸外国と比較した日本の科学レベルと、計測技術レベルの状況について
  - あるべき推進方策について(役割連携、分析的研究者と構成的研究者など)

# 俯瞰ワークショップ参加者へのお願い

- ワークショップは異分野横断で行っており、政策立案機関などの参加もあるので、分野の違う方にもわかるよう**一般的、平易な表現**でのご説明をお願いします。
- ワークショップは**非公開**形式での実施です。知り得た**個人情報**や**知的財産権に関わる情報**等について、**守秘**の徹底をお願いします。
- CRDSでは、今回の議論を踏まえて、**今後、報告書等**としてまとめ、広く科学技術政策関係機関、研究者コミュニティへ向けて**発信**していく予定です。
- 著作物・個人情報に関する情報取り扱いについてご了承いただき、会場にて**ご署名**をお願いしております。



日本国キログラム原器



「SPring-8」

ご清聴ありがとうございました。



走査型プローブ顕微鏡



X線回折分析装置

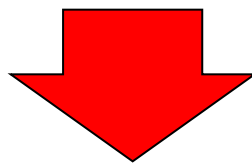
**参考**



# 研究開発戦略センター概要

## 研究開発戦略センター設立までの経緯

- ✓ JSTの研究開発戦略の立案機能を抜本的に強化
- ✓ JSTのファンディングエージェンシーとしての体制強化
- ✓ 我が国全体の研究開発戦略立案に貢献



**平成15年7月に設立**

# 研究開発戦略センター(CRDS)の ビジョン・ミッション

## ビジョン

社会ニーズを充足し、社会ビジョンを実現する科学技術の有効な発展に貢献する

## ミッション

1. 場の形成: 科学技術政策・戦略の立案に携わる人達と研究者との意見交換ができる場を形成する。
2. 俯瞰: 科学技術分野全体を俯瞰する。
3. 抽出: 今後重要となる分野、領域、課題、およびその研究開発の推進方法等を系統的に抽出する。
4. 比較: 我が国の研究開発状況および技術レベルを海外諸国と比較し、俯瞰・抽出に活用する。
5. 提言: 社会ビジョンの実現および科学技術の基盤充実とフロンティアの拡大を目指した**研究開発戦略を提案**する。

そして、得られた成果については、外部に積極的に発信する。

# 計測技術の研究開発動向

# 諸外国の政策動向まとめ

※「計測・分析技術に関する諸外国の研究開発政策動向調査」より

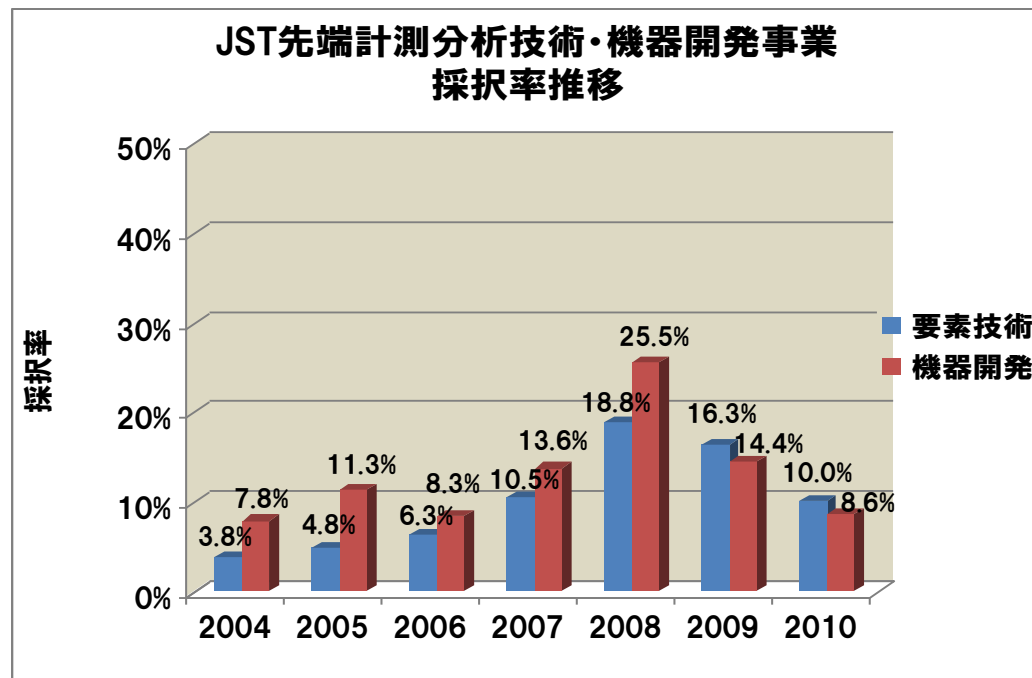
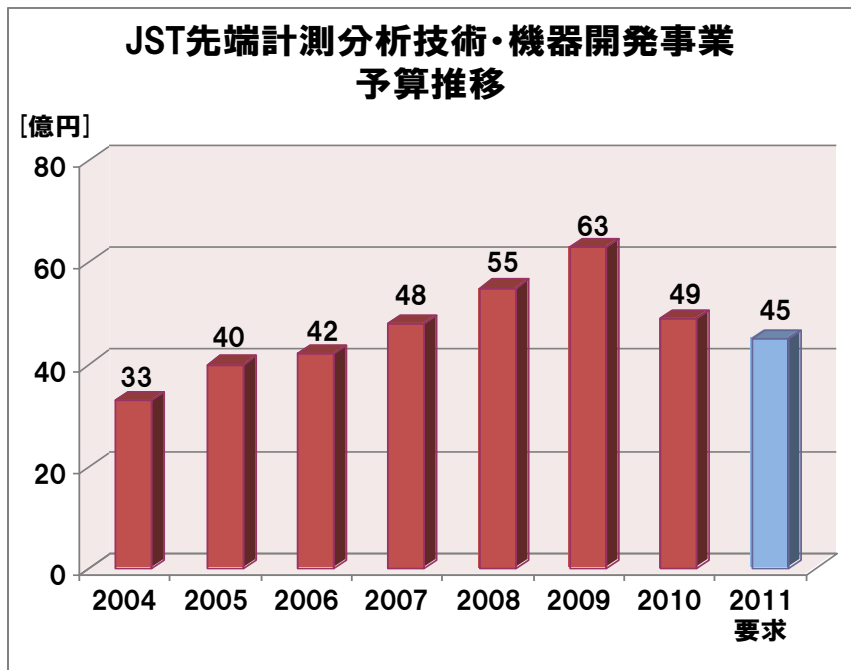
- **(ポリシー)** 諸外国では、先端的な**計測技術**の研究開発は、国家における**科学技術競争力、イノベーション創出の強化**につながる**との認識の下、戦略的に研究開発投資**を行っている。
- **(ニーズ共有化)** 欧米は、「**未解決の計測ニーズ**」を大規模に意見集約し、その**ビジョンや戦略、ロードマップ等の共有化**(計測に関わる全てのステークホルダー)を目指している。
- **(重点分野)** 欧米における計測技術に係るファンディングは、ここ1～2年では、**低炭素社会の構築に向けて、「環境・エネルギー分野」**を強化する傾向がある。
- **(連携)** 欧米では、増加する「計測ニーズ」のすべてを、一つの国や機関で対応することが**困難になってきており、外部との協力体制の構築**を積極的に推し進めている。

# 先端計測分析技術・機器開発の関連事業

**事業期間:** 2004年度～

(2010年度から産学イノベーション加速事業【先端計測分析技術・機器開発】と名称変更)

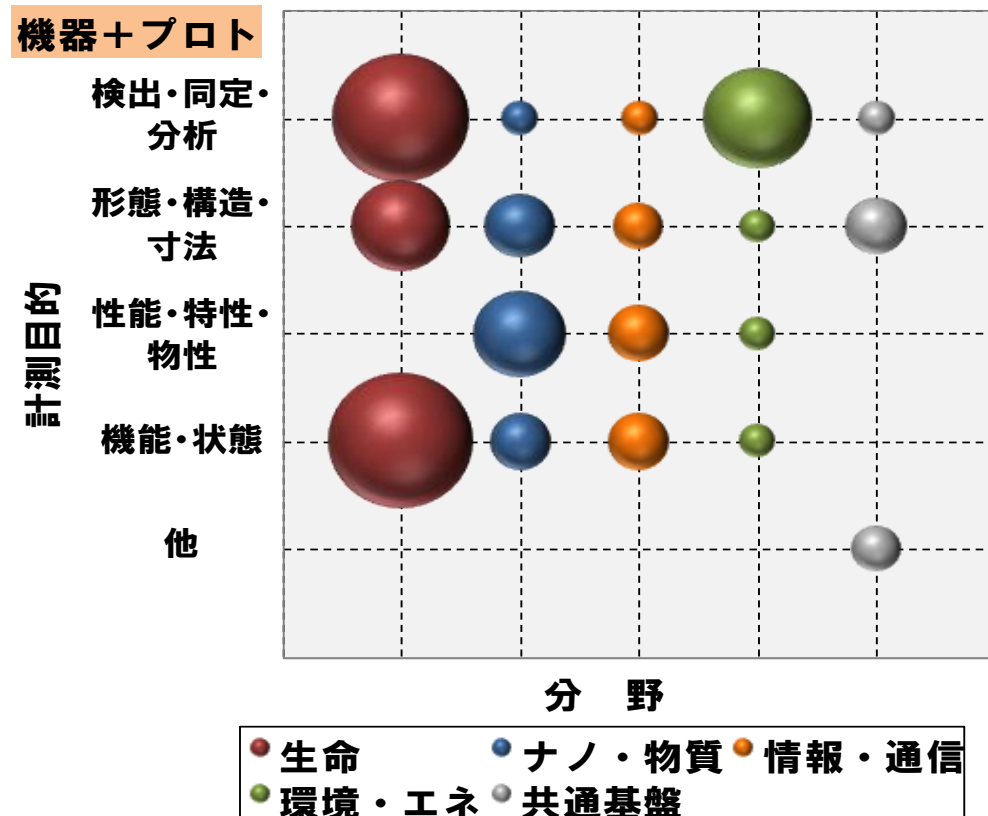
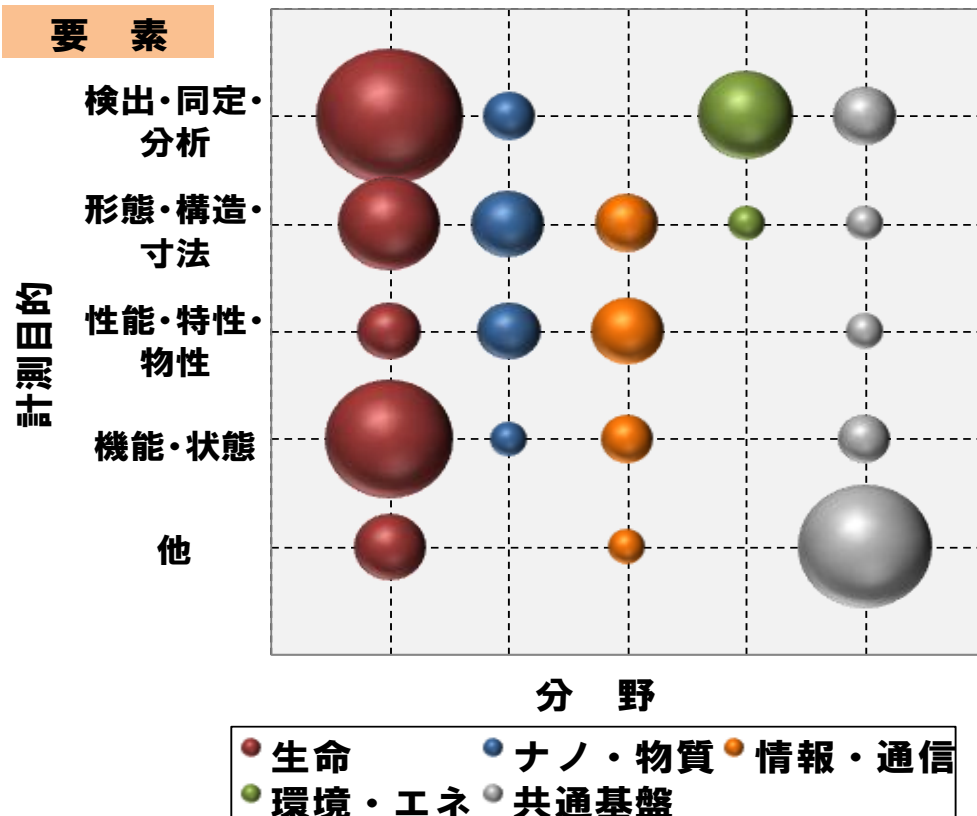
**事業目的:** 最先端の研究や、ものづくり現場でのニーズに応えるため、将来の創造的・独創的な研究開発に資する先端計測分析技術・機器及びその周辺システムの開発を推進する。



# 先端計測分析技術・機器開発の関連事業

## 事業成果:

推進課題数: 114課題(要素 45、機器 32、ソフト 13、実用化 24)  
 終了課題数: 60課題(要素 32、機器 28、ソフト 0、実用化 0)



検出・同定・分析	あるか無いか分からないものを見つけ出すこと、定量すること
形態・構造・寸法	対象のかたちに関する解析
性能・特性・物性	対象の性質や能力に関する計測
機能・状態	対象が備えている働きや、ある時点でのありさま