

# 観る、測る、そして知る—最先端計測・分析技術が拓く世界—



日時:平成23年5月20日(金) 13:00~17:30

場所:日本学術会議講堂(東京都港区六本木7-22-34)

参加:無料/要事前登録

## 【開催趣旨】

科学技術の基盤である「計測・分析技術」は、我が国が欧米諸国と並びトップレベルにあります。近年のアジア諸国の発展に伴い、激しい国際競争が繰り広げられています。こうした競争に勝ち抜くためには、高度な計測・分析技術の開発が喫緊の課題となっています。そこで、「計測・分析技術」開発の最前線で活躍され、最先端研究開発プロジェクトの研究リーダー、及び現在話題となっている「はやぶさ」が持ち帰った小惑星試料の分析担当の先生方に今後の「計測・分析技術の展望」を述べていただくこととしました。

この講演会は、科学技術全分野の研究者・技術者の他、科学技術の将来を担う大学生・大学院生を対象として開催し、科学技術への興味・関心の惹起、理解と関心を得るために実施します。

なお、本行事は「世界化学年」日本委員会の活動の一環として実施いたします。

13:30~13:40

開会挨拶

岩澤 康裕 日本学術会議 第三部 部長

13:40~14:25

「電子の波で見る量子の世界」

長我部 信行 (株)日立製作所 中央研究所 所長

14:25~15:10

「質量分析で医療・創薬に貢献する」

田中 耕一 (株)島津製作所フェロー

15:10~15:30

「先端計測・分析技術による知的創造基盤の強化」

二瓶 好正 東京大学 名誉教授

15:30~15:50

休憩

15:50~16:35

「1分子計測技術でDNAを観る」

川合 知二 大阪大学産業科学研究所 特任教授

16:35~17:20

「最先端計測分析で挑む「はやぶさ」採集試料の分析」

ゆりもと  
塚本 尚義 北海道大学大学院理学研究院 教授

17:20~17:30

閉会挨拶

澤田 嗣郎 化学委員会 分析化学分科会 委員長

主催:日本学術会議 化学委員会 分析化学分科会

共催:科学技術振興機構

お問い合わせ:科学技術振興機構 産学基礎基盤推進部 先端計測担当

電話 03-3512-3529 E-mail: [sentan@jst.go.jp](mailto:sentan@jst.go.jp)

参加申し込みは <http://www.sci-news.co.jp/110520sympo/index.html> まで

日本学術会議・科学技術振興機構 公開シンポジウム

観る、測る、そして知る—最先端計測・分析技術が拓く世界—

平成23年5月20日(金)

13:30 ~ 17:30

日本学術会議講堂（東京都港区六本木7-22-34）





日本学術会議・科学技術振興機構 公開シンポジウム  
観る、測る、そして知る－最先端計測・分析技術が拓く世界－

## 開催趣旨

科学技術の基盤である「計測・分析技術」は、我が国が欧米諸国と並びトップレベルにあります。近年のアジア諸国の発展に伴い、激しい国際競争が繰り広げられています。こうした競争に勝ち抜くためには、高度な計測・分析技術の開発が喫緊の課題となっています。そこで、「計測・分析技術」開発の最前線で活躍され、文部科学省・最先端研究開発プロジェクトの研究リーダー、及び現在話題となっている「はやぶさ」が持ち帰った小惑星試料の分析担当の先生方に今後の「計測・分析技術の展望」を述べていただくこととしました。

この講演会は、科学技術全分野の研究者・技術者の他、科学技術の将来を担う大学生・大学院生を対象として開催し、科学技術への興味・関心の惹起、理解と関心を得るために実施します。

なお、本行事は「世界化学年」日本委員会の活動の一環として実施いたします。

平成23年5月20日

日本学術会議 化学委員会 分析化学分科会

科学技術振興機構 産学基礎基盤推進部  
先端計測分析技術・機器開発担当

**【講演プログラム】（敬称略）**

- 13:30 ~ 13:40 開会挨拶  
藤嶋 昭（日本学術会議 化学委員会委員長）
- 13:40 ~ 14:00 「先端計測・分析技術による知的創造基盤の強化」  
二瓶 好正（東京大学 名誉教授）
- 14:00 ~ 14:45 「質量分析で医療・創薬に貢献する」  
田中 耕一（（株）島津製作所 フェロー）
- 14:45 ~ 15:30 「電子の波で見る量子の世界」  
外村 彰（（株）日立製作所 フェロー）
- 15:30 ~ 15:50 休 憩
- 15:50 ~ 16:35 「1分子計測技術でDNAを観る」  
川合 知二（大阪大学産業科学研究所 特任教授）
- 11:35 ~ 11:55 「最先端計測分析で挑む「はやぶさ」採集試料の分析」  
塚本 尚義（北海道大学大学院理学研究院 教授）
- 11:55 ~ 12:00 閉会挨拶  
澤田 嗣郎（日本学術会議 化学委員会 分析化学分科会 委員長）

# 先端計測・分析技術による知的創造基盤の強化

東京大学名誉教授 二瓶 好正

## 1. 人間の世界観を広め、新しい学問を創出する計測・分析技術

人類は古来より「測る」ことにより世界を広げてきた。古くは太陽の日の出の方向から夏至と冬至を知り暦を創った。1609年ガリレオは前年に発明された「望遠鏡」を改良し「月」「木星」「金星」等の惑星を観測し、金星の満ち欠けから地動説を確信した。「顕微鏡」の発明が、17世紀の「赤血球」「細胞」や「バクテリア」の発見をもたらし、生物の本質の理解を深めた。18世紀～19世紀の「近代化学」の成立は、多くの定量的な計測と分析技術の賜物である。20世紀には、ノーベル賞が創られたが、その化学賞と物理学賞の優に15%以上が計測分析機器に関する分野に与えられている。特に、1953年X線構造解析による「DNAの二重らせん構造」の発見は生命科学の発展に大きな貢献をしている。まさに“To measure is to know”である。

## 2. 科学技術・イノベーションに貢献し国際競争力を支える計測・分析技術基盤

科学技術は自然現象を解き明かし、その「知」が生み出す成果を社会に還元する役割を担っている。ものづくりにおいては革新的プロセスを生み出し、社会生活を豊かなものにする。それらの実現のためには、現象を記述し可視化する新たな計測分析技術が必要となる。先端的な計測分析技術の開発は、それを利用する研究者と連携することにより、幅広い研究開発分野における新原理・新材料の発見を先導し、画期的なイノベーションを創発する。世界最先端の研究はオリジナルの計測分析技術・機器から生まれることは世界の常識であり、優れた計測・分析技術は国際競争力を生み出す源泉といえる。

## 3. 安全な社会を支える計測・分析システム

本年3月に発生した巨大地震による原子力発電所事故は世界最大級であり、我が国社会の安全を大きく揺るがす結果を招いた。これらの経験から、緊急時に確実に動作し早期に警戒情報を発信する「無電源計測送信システム」や「高信頼性多点常時モニタリングシステム」など、高い信頼性を有する「計測・分析システム」の必要性と重要性が強く認識された。

## 4. 全ての研究分野の基盤を強固にする「知的創造プラットフォーム」の構築

プラットフォーム概念とは、誰でも何時でも参加でき、幅広く役立つことを必須条件とした、機能発現・便益共有・情報（価値）共有システムである。これを知的創造基盤に係わる研究開発に適用したものが「知的創造プラットフォーム」である。

科学技術・イノベーション政策を推進するためには、先端計測・分析技術による知的創造基盤の整備・強化が極めて重要である。

# 質量分析で 医療・創薬に貢献する

(株) 島津製作所 フェロー 田中 耕一

## [概要と目的]

質量分析は現時点でも様々な分野に活用されているが、とりわけ医学・薬学への更なる貢献が大いに期待されている。「最先端研究開発支援プログラム”FIRST”」30テーマの1つとして 2010 年3月に開始された「次世代質量分析システム開発と 創薬・診断への貢献」では、島津製作所・京都大学・JST の産学官連携で、

- \* 生体内に含まれる極微量の化合物を特異性高く選出できる [前処理技術]
- \* 極微量の化合物を高感度・高効率でイオン化できる [イオン化技術]
- \* MS<sup>n</sup>も可能なイオン分離・検出・測定用 [ハードウェア]
- \* 複雑な構造情報データをも解析可能な [ソフトウェア]

を新規に開発し、従来よりも**10,000倍高性能なシステム**として、大部分が未解明と言われている生体内メカニズムを解析し、文字通り **創薬・診断へ貢献**することを目的としている。

## [研究開発の進捗状況]

4年強の FIRST 研究開発の中で、初年度の末には **若手**を中心とした約80名の研究体制構築がほぼ完成し、システムとしての大幅性能向上が大いに期待できる要素技術を 多数開発することができた。

--- 具体的な内容は 2011/9/13-15 大阪で開催の 第59回質量分析総合討論会で発表予定

## [期待される効果と波及効果 そして 将来への展望]

本 FIRST 研究開発では、質量分析システムの応用分野として、まずは**乳がん**や**アルツハイマー病**の基礎研究等への貢献に的を絞っているが、その手法を他の疾患研究へ適応することは容易である。さらに構築したシステムは、その高性能質量分析能力を活かし、波及効果として下図の様な様々な分野への応用が期待できる。

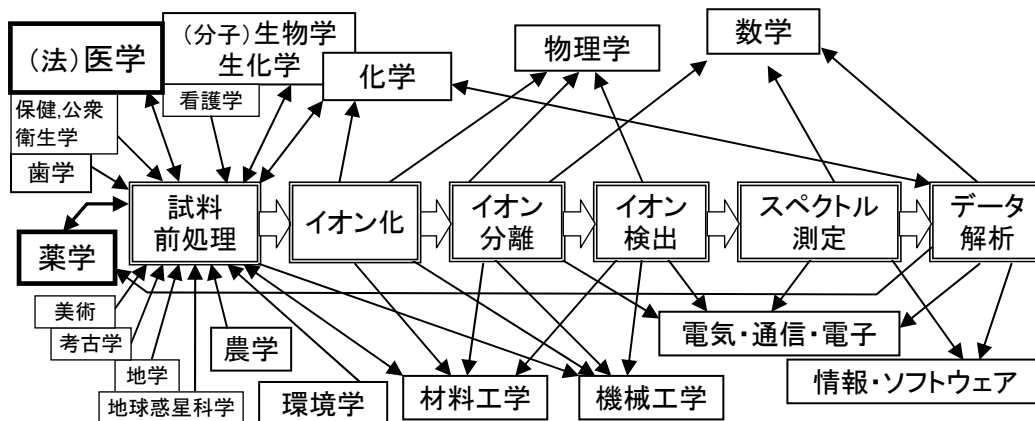


図1 質量分析学と主な学術の関連図

# 電子の波で見る量子の世界

(株) 日立製作所 フェロー 外村 彰

電子は、“電荷を持った粒子”である。だが、この電子も、速度と進行方向を揃えて電子線バイプリズムに次々と入射させると、波の振舞いを示す。バイプリズムの両側を通った電子線が、後方で重なり合い、そこに干渉縞が現れる。

電子の波長はきわめて短い。1MVに加速した電子は、何と0.009Åという長さである。顕微鏡で観察できる限界は波長で与えられるので、電子を使った顕微鏡では、光学顕微鏡よりも10万分の1以下もの小さな世界が観察できることになる。電子の波長が短いのは、電子が質量をもっているからである。光学顕微鏡でも、エネルギーの高い光を使えば、波長が短くなるので分解能は向上する。だが、問題はレンズである。かつて、紫外線を使った顕微鏡が開発されたが、わずかな分解能向上の割には石英のレンズを使ったりして高価なものになった。

電子顕微鏡の場合にも、レンズが問題で、分解能は波長にはほど遠い1Å近傍でレンズ収差によっておさえられている。軸対称の磁場で凹レンズは作れないため、光のように凹凸レンズを組み合わせることで収差を取り除くことが出来ない。ホログラフィーは、レンズ収差を光学技術を使って補償して電子顕微鏡の分解能の壁を破る目的で考案された。最近ではレンズを必要としない新たな結像手法も考案され、短波長光を用いた回折模様から周期性を持たない生体物質の像再生に成功し、X線自由電子レーザーを用いた原子レベルでの像観察に期待が寄せられている。電子顕微鏡の方も、軸対称を破った球面収差のないレンズが実用化され始め、新しい時代を迎えた。サブオングストローム分解能の実現も射程範囲に入り、今、欧米で国家プロジェクトが競って行われている。

本講演では、電子線でどんな新しい世界が開けてきたかを振り返りながら、将来を語ってみたい。



# 1 分子計測技術でDNAを観る

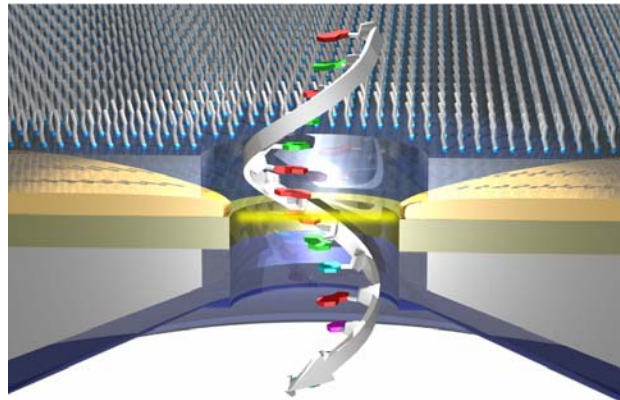
大阪大学 産業科学研究所 特任教授 川合 知二

## 概要と研究開発の目的

私たちの細胞の中にある DNA には、4 種類の塩基 (ATGC)の並び方によって、さまざまな体の情報が書き込まれている。この DNA の鎖を 1 本だけ取り出して、それをプローブ顕微鏡やその発展計測技術である細い穴に通して塩基配列を読む最新の方法について話をします。さまざまなバイオ分子を計測することができるナノメートルサイズのこのデバイス装置は、” ゲーティングナノポア (ゲート電極が付いたナノメートルの細い穴) と呼ばれる。この装置を用いて、10 万円で各個人のゲノム情報を読み解くことができるといわれており、この最先端計測技術の最前線について、世界での競争の様子と我々の研究成果を紹介する。

## 研究開発の進捗状況

この技術の原理は、数ナノメートルの間隔で向かい合う鋭く尖った電極間に流れるトンネル電流で分子の電子状態を検出し、対象分子種を識別することに基づいている。高分解能走査トンネル顕微鏡 (STM) と真空中パルスインジェクションによる DNA 分子の直線配列化の組み合わせにより、一つ一つの DNA 塩基分子の識別とシーケンシング (特にグアニン) に成功した。ゲーティングナノポア法は、ナノスケールのポア (穴) に溶液中連続して DNA を通し、ポア中のナノ電極間電流で分子を識別する手法であり、STM の発展系である。電子ビームリソグラフィなどのシリコン微細加工法により、図に示すゲーティングナノポアデバイスを組み上げ、これにより、ナノ粒子の検出を行えることを示した。向かい合うナノ電極間に ATGC 塩基分子および DNA オリゴマーを導入し、トンネル電流の値から塩基識別を可能にした。



ゲーティングナノポアデバイス

## 期待される効果と波及効果、将来の展望

この 1 分子計測技術は、DNA だけでなく、様々なバイオ分子に適用できる。分子の持つ性質 (電子状態や形態) およびそのダイナミックスを 1 分子の単位で動的に計測することができ、今後、様々な分野で用いられていくと思われる

## 参考文献

- (1) T. Kawai et al, *Nature Nanotechnology*, 4, 518-522, (2009)
- (2) T. Kawai et al, *Appl. Phys. Lett.*, 95, 123701-123703(2009)
- (3) T. Kawai et al, *Nature Nanotechnology*, 5, 286-290 (2010)
- (4) T. Kawai et al, *Nature Communications*, 1:138 (2010).

## 最先端計測分析で挑む「はやぶさ」採集試料の分析

北海道大学大学院理学研究院・教授

ゆりもと  
塚本 尚義

2010年6月12日、小惑星探査機「はやぶさ」は、7年間の往復60億kmにおよぶ小惑星「イトカワ」への旅を終え、無事、サンプル回収容器を地球に届けた。サンプル回収容器は、宇宙航空研究開発機構JAXAのキュレーションセンターにあるクリーンチャンバー内で、地球の汚染を最小限にする環境のもと注意深く開封された。

サンプル回収容器内部は、一見、打上前の状態と変わらない様に見えたが、その後の観察により、多数の微粒子が入っている事が確認された。これまでに回収された岩石質の微粒子は約1500個である。このうち、大きな微粒子（約20~100 $\mu$ mの大きさ）約40個を用いて、初期分析が2011年1月22日に開始され、現在も続行中である。

現在の太陽系形成理論では、小惑星は、地球や火星のような惑星になりそになった天体であり、太陽系形成当初の物質が天体上にそのまま保管されていると考えられている。地球に落下する隕石は、これら小惑星の破片だと考えられている。しかしながら、隕石は一種類ではなく、多様性があることが知られており、小惑星についても、これまでの天文観測やフライバイによる宇宙探査器観測から多様性が知られている。はやぶさミッションは、これまで想像されてきた小惑星と隕石の関係について、直接結びつける証拠をあげる事ができる人類史上初めての機会である。そのためには、まず、サンプル回収容器中にあった微粒子が、イトカワで採集されたものである事を証明することが必要不可欠である。

初期分析は、サンプル回収・保管・配分のために試料をカタログ化する時に必要な情報を得る目的で行われている。そのため、形状分析・化学組成分析・同位体分析・有機物分析といった一般的な分析項目が設定されているが、対象試料が微粒子であるため、従来の分析方法では不十分で、放射光を用いたり開発されたばかりの分析機器を投入したりした最先端計測分析をオールジャパン体制で構築し、実施している。

初期分析の中間結果の第一報は2011年3月に開催された第42回月惑星科学会議で11報の報告として発表された。この結果を一言で要約すると、「はやぶさの採集試料は確かにイトカワ表面で採集されたものであり、一つの種類の隕石とイトカワタイプの小惑星の関係が解明された」という事であった。今後、これらの結果が世界の研究者による詳細分析に発展することにより、太陽系の天体の多様性についての物質科学的な理解が進み、我々太陽系の起源と進化についての新事実・新理論が展開されていくことと期待している。

[お問い合わせ先]

〒102-0075

東京都千代田区三番町5番地 三番町ビル5階

科学技術振興機構 イノベーション推進本部

産学基礎基盤推進部（先端計測担当）

TEL 03-3512-3529

FAX 03-3222-2067

E-mail [sentan@jst.go.jp](mailto:sentan@jst.go.jp)



## [参考]

### 日本学術会議との共催による公開シンポジウム

(観る、測る、そして知る—最先端計測・分析技術が拓く世界—)

開催日：平成23年5月20日(金)

会場：日本学術会議 講堂

主催：日本学術会議・科学技術振興機構

来場者数：200名程度

概要：日本学術会議 化学委員会 分析化学分科会との共催により、計測分析技術の重要性・有用性を広く周知するための講演会を実施した。対象は大学院生以上の科学技術の研究者・技術者としたが、個人や非専門家も多く来場した。国の最先端研究開発プロジェクトで計測分析に深く関わる研究リーダー3名(外村彰\*、田中耕一、川合知二の各氏)、「はやぶさ」が持ち帰った「イトカワ」の試料分析を実施した、本事業の元チームリーダー(塚本尚義 北大教授)に加え、国が進める計測分析技術に係る政策につき、二瓶好正氏から講演がなされた。本行事は世界化学年関連行事であり、複数社から取材があった。

\* 長我部信行氏が代行

