

社会イノベーションの基盤を支える 日立グループの計測・分析技術

Measurement and Analysis Technologies for Social Innovation

土井 秀明

Doi Hideaki

佐藤 雄司

Sato Yuji

奥本 豊治

Okumoto Toyoharu

河原井 直美

Kawarai Naomi

伊東 祐博

Ito Sukchiro

松森 伸夫

Matsumori Nobuo

社会の課題解決に向けたキーテクノロジー

計測・分析技術は、社会の課題解決に向けたテクノロジーやソリューションを創出するための共通的な研究開発基盤である。また、先端的な計測・分析技術の開発は、製品開発や製造、製品評価などの現場と連携し、新しい原理や材料の発見、画期的な技術開発を支えている。一方、材料開発や、環境、食品、産業インフラにおける安全・安心の確保などを実現するためには、既存の計測・分析技術・機器だけではなく、現象の把握・分析や可視化のための新しい技術や、利用シーンに合った計測・分析結果が得られるシステムソリューションが重要になる。

日立グループは、電子顕微鏡や分析装置をはじめとする計測・分析技術をコアに、研究開発や社会の課題からユーザーニーズを捉え、時代の要請に合わせた計測・分析ソリューションの開発に取り組んでいる。

社会ニーズと計測・分析技術の研究開発

日立グループでは、1960年代より流量計、光度計などの物理計測、微細計測としての電子顕微鏡の事業を開始し、時代のニーズに応える形で分光分析からDNA (Deoxyribonucleic Acid) シーケンサや血液自動分析装置、電子顕微鏡から半導体プロセス管理ツールとしての測長SEM

(Scanning Electron Microscope：走査電子顕微鏡) など専用機化によるソリューション提供に製品群を拡大し、社会・産業の発展に大きく寄与してきた。また、発電機などの製品品質管理を目的にX線や超音波による探傷技術を開発し、その製品化によって製造品質管理にも寄与してきた。計測技術は科学技術発展の底支えであるとともに、安全管理や製品品質管理において必要不可欠な機器となっており、近年、その対象範囲は広がる一方である。

計測対象は多岐にわたり、またその使用目的に応じて適切な手法を複数組み合わせることも重要となる。前者においては、技術の進歩をリードする形で常に高性能化が要求され、また、新たな計測手法の開拓と安定性など実用化に向けた研究開発が不可欠である。例えば、ナノテク分野では、サブナノメートルでの高分解能観察に加え、いわゆるソフトマテリアルと呼ばれる構造的にもろい材料の評価、あるいは、ライフサイエンス分野における、乾燥させずに生体状態を保ったままでの観察など、従来手法では対応困難な計測が求められている。後者においては、作業の簡便化などに加え、多数のサンプルに対応するには専用機化も重要となる。例えば、部品交換・校正作業の容易化、適切な前処理技術の提供や、血液自動分析装置など専用機化の事例においても免疫機能の同時計測追加など顧客ニーズに応える機器開発が求められてい



図1 | 中国大連市にある分析装置の開発センター
中国国内における理化学機器の現地ニーズを把握し、ニーズに合った装置やアプリケーションを開発する。

る。いずれにおいても、社会ニーズの早期発掘が必要であり、日立グループは、顧客や大学・研究機関とのコラボレーションにより、革新的製品やソリューションを生み出し、社会の発展に貢献している。コラボレーションをより広げるために、各種装置のデモルームを設立し、顧客協創の場を設けている。

一方、的確な分析を効率的に行うためには、従来手法にとらわれない適切な分析手法の開発、あるいは複数手法を併用することが必要な状況となってきた。このため、株式会社日立ハイテクノロジーズは、グループ内の分析機器事業を、株式会社日立ハイテクサイエンスに統合する。日立ハイテクサイエンスは、セイコーインスツル株式会社より日立ハイテクノロジーズが全株式を取得したエスアイアイ・ナノテクノ

ロジー株式会社が前身である。X線、熱分析、イオン光学、物理計測、走査型プローブ顕微鏡など、それぞれが培ってきた多様で競争力の高い分析技術を集約することで、複雑化、多様化する分析ニーズに応えていく。

また、グローバルな事業展開に向けた取り組みの1つとして、日立ハイテクノロジーズは、現地のニーズを取り込み、製品やソリューション開発に反映することを目的に、2011年6月より中国大連市にある現地生産法人日立儀器（大連）有限公司に、分析装置の開発センターを運営している。同センターは、製薬・食品・環境などの分野で、中国顧客向けのアプリケーションサポートや共同研究を行うことが目的で、そこから得られた知見を中国向けの新製品開発にも生かしていく（**図1**参照）。

イノベーションの礎となる計測・分析技術

ナノテク材料研究を加速する走査電子顕微鏡

SEMは、試料表面の形態観察だけでなく物質組成情報の観察や寸法の計測に幅広く利用され、半導体解析分野をはじめ、ナノテク材料の材料解析ツールとして進化している。観察対象は多種多様で、日立グループは、微細化の進む半導体デバイス、ナノテク材料、耐久性が求められる電池材料、複合化の進む有機材料などの分野で、高性能・高機能化のニーズに応えてきた。最新のセミインレンズの**FE-SEM^(a)**では、信号弁別により試料最表面情報を抽出する技術や、ビーム照射ダメージの少ない極低照射電圧観察が実現され、今後解析ツールとしての応用が期待されている（**図2**参照）。

SEMは、研究・開発から生産現場のQC（Quality Control）に至るまで、幅広い用途で使われ、その用途は単なる形態観察だけにとどまらない。特に、水分を含んだ生物試料をSEM観察するには、固定、脱水、置換、乾燥といった、複雑で、手間のかかる試料前処理が必要だった。日立ハイテクノロジーズの電子顕微鏡用イオン液体「IL1000」は、真空中でも液体で蒸発せず、

(a) FE-SEM

Field Emission- Scanning Electron Microscopeの略。電界放出形走査電子顕微鏡。SEMは電子源から発生した一次電子線を試料上に細く絞って走査し、試料から発生する信号電子を検出して拡大像を得る装置。FE-SEMは、その電子源として、輝度が極めて高く高分解能を得られるFE電子源を用いている。



図2 | 新型の電界放出形走査電子顕微鏡（FE-SEM「SU8200シリーズ」）

高倍率観察と多彩な信号検出系により材料解析を実現する最新の高分解能SEM（Scanning Electron Microscope）である。

高い親水性と高い浸透圧を有している。これを用いることで、水を含んで脆（ぜい）弱な生物試料でも脱水、置換、乾燥という通常の前処理を省略してSEM観察可能になる。このほかにも、さまざまな観察ニーズに応えられるように、電子顕微鏡装置本体だけでなく、試料前処理から、最適なソリューションを提供していく（図3参照）。

走査型プローブ顕微鏡による産業計測技術

走査型プローブ顕微鏡（SPM）^(b)はサブナノメートルの高分解能で試料の形状測定や局所的な機械的・電磁氣的物性測定が可能な装置である。日立ハイテクサイエンスは、産業計測向けにSPMに白色干渉計を複合した走査型プローブ顕微鏡「AFM5400L」を開発した。

SPMは、研究開発分野での評価ツールとして使用されることが多かったが、各種デバイスの細密化により、LED（Light Emitting Diode）やパワーデバイスなどで使用される化合物半導体や、フォトマスク製作用のガラス基板、太陽電池や有機EL（Electro Luminescence）などで電極パターンに用いられるITO（Indium Tin Oxide）薄膜、ナノインプリントのモールド材や造形物成形品などで求められる数nm～数百nmの三次元形状の計測などに用途が広がっている（図4参照）。

原子吸光法による安全・安心を支える元素分析技術

人の生活と密接な関係にある大気、土壌、河川、海水などに含まれる物質の正確な分析・把握は、環境問題の課題解決のために重要となる。特に昨今の環境や食品に対する安全意識の高まりや、二次電池などに用いられる機能性材料の成分比・純度に対する要求の厳しさから、元素分析への要望が年々高まっている。日立ハイテクトロジーズの原子吸光度計^(c)は、金属元素に焦点をあて、簡便に高感度・高精度の分析が可能である。

原子吸光度計「ZA3000シリーズ」は、従来からの偏光ゼーマン法とデュアル検知

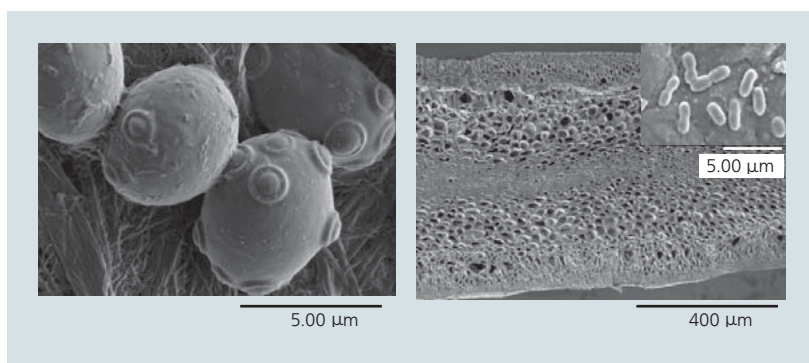


図3 固定後、イオン液体を処理した生物試料の観察例
パン酵母（左）と、海藻（inset：海藻表面に付着した細菌）（右）の観察例である。

方式による信頼性を継承したほか、グラフィットファーンエス分析における「ツインインジェクションテクノロジー」など、高精度分析を実現する機能を搭載している（図5参照）。

なお、1970年代に発売した「170-70形日立偏光ゼーマン原子吸光分光光度計」は一般社団法人日本分析機器工業会と一般社団法人日本科学機器協会が行う「分析機器・科学機器遺産」認定事業において、2013年9月に分析機器・科学機器遺産として認定された。

(b) SPM

Scanning Probe Microscopeの略。探針と試料間に働く相互作用を利用して表面形状の測定や機械物性、電磁気物性などの測定を行う顕微鏡の総称。

(c) 原子吸光度計

主に金属成分の定量分析に用いられる分析装置。溶媒抽出法を併用することによって超微量分析を行うこともできる。加熱して原子化した試料に光を照射し、その光の吸収スペクトルによって試料に含まれる元素の定性と定量を行う装置。



図4 走査型プローブ顕微鏡「AFM5400L」
AFM5400Lはオプションで白色干渉計の複合が可能である。



図5 原子吸光度計
フレーム・グラフィットファーンエス両用機「ZA3000」（左）と、グラフィットファーンエス専用機「ZA3700」（右）の外観を示す。



図6 | X線異物解析装置「EA8000」
X線異物解析装置「EA8000」の外観を示す。

蛍光X線分析技術

蛍光X線分析法（XRF：X-ray Fluorescence Analysis）は、物質にX線を照射し、二次的に発生するX線（蛍光X線）を用いて元素の定性・定量分析を行う方法である。蛍光X線分析法の特徴は非破壊かつ迅速な測定にある。

近年、電子・電気機器や自動車部品に含まれる環境規制物質や、食品の安全・安心を確保するための有害物質管理のニーズが高まっている。日立ハイテックスサイエンスは、保有する蛍光X線分析技術をベースに、簡便かつ迅速な有害物質管理を提案している。例えば、食品中の有害物質検査に特化した蛍光X線装置の開発により、前処理不要で迅速かつ低コストな検査を実現している。また、グリーンイノベーションの重要な要素の1つであるリチウムイオン二次電池や燃料電池の安全性と品質管理について、高速で高解像度なX線透過イメージング技術と蛍光X線分析技術を融合させ、



図7 | 細菌数の迅速計測装置「カセットラボONE」
カセット式の簡単操作、培養法を用いずに細菌数を計測、90分で迅速計測の3つの特徴を備えた卓上の細菌数迅速検査装置である。

歩留りと品質の確保に貢献している（図6参照）。

細菌および病原体の迅速計測技術

食生活の安全性確保に向けて、食品中の細菌検査のニーズも高まっている。従来、食品などの細菌検査では、寒天培地で細菌を培養して、生存している細菌数を算定する培養法が用いられてきたが、短時間での計測が困難だった。日立グループは、培養法を用いずにマイクロ流体制御を活用した迅速でかつ定量的な細菌数計測技術を開発した（図7参照）。

また、環境空間の安全確保に向けては、ウイルスなどの病原体による呼吸器感染症のパンデミックのおそれ、大気中を浮遊している微小粒子状物質（PM2.5）による呼吸器疾患などが問題となっている。こうした環境空間の安全確保に向けては、呼気中から環境空間に放出された病原体を捕集して、標識化されたミスト抗体との結合で、病原体を迅速に検知する技術の開発を行っている。

社会・産業インフラの安全・安心のための検査技術

材料開発や環境分野、食品など人の健康に関わる計測・分析技術のほかに、社会インフラや産業に関わる施設の安全・安心に関わる分野にも広く活用されている。

産業用X線検査装置

医療分野の診断などに用いられるX線は、産業分野では非破壊検査などに応用されている。産業用X線画像技術は、医療用X線機器の技術を発展させたもので、空港の手荷物検査、電子部品の非破壊検査、製品に混入した異物検査、鋳造品のひび割れや巣の検査、缶ビールなどの入味量検査、実験用X線照射などの用途がある（図8参照）。

株式会社日立パワーソリューションズは、産業用X線検査装置の製造・販売・保守を担っており、X線照射装置、X線液面検査装置、X線手荷物検査装置など、装置

サイズや性能をカスタマイズし、標準品だけでは満たせない検査ニーズにも柔軟に対応させ、効率的かつ高精度な検査を実現している。

非破壊検査技術

産業インフラの安全・安心のための検査技術として、さまざまな非破壊検査技術の中でも、超音波探傷技術は、部材内部の欠陥を検出する手法としてX線と並んで広く用いられている。このうちフェイズドアレイ探傷法は、1980年代ごろから医療分野で発展した技術であり、1990年代以降は、原子力、鉄鋼、航空機、鉄道車両など、さまざまな産業分野に応用されている（図9参照）。

オープンなイノベーションで課題解決へ

日立グループは、社会や顧客が抱える課題を見だし、グループ内外でのオープンイノベーションにも力を入れ、多様なニーズに応えるソリューションを提供していく。高精度な分析技術や実社会で簡便に活用できる計測・分析技術をコアに、先端の科学技術分野はもちろん、人々の生活・健康や、社会・産業分野における安全・安心の確保などに貢献していく。

参考文献

1) 原子吸光分析技術の進歩，日立評論，59，1，41（1977.1）

執筆者紹介



土井 秀明

1982年日立製作所入社，株式会社日立ハイテクノロジーズ 研究開発本部 所属
現在，全社研究開発企画に従事
技術士（電気電子，総合技術監理）
IEEE会員，電気学会会員，日本技術士会会員



奥本 豊治

1985年日立製作所入社，株式会社日立ハイテクノロジーズ 科学・医用システム事業統括本部 科学・医用システム設計開発本部 科学システムセンタ 所属
現在，先端解析・分析設計部門の設計開発に従事



伊東 祐博

1984年日立那珂珂精器株式会社入社，株式会社日立ハイテクノロジーズ 科学・医用システム事業統括本部 科学・医用システム設計開発本部 先端解析システム設計部 所属
現在，SEMおよびSEM周辺機器の設計開発に従事
日本顕微鏡学会会員



佐藤 雄司

1980年日立製作所入社，株式会社日立ハイテクノロジーズ 科学・医用システム事業統括本部 科学・医用システム設計開発本部 所属
現在，電子顕微鏡，分析装置，生化学自動分析装置やDNAシーケンスの設計開発マネジメントに従事
日本顕微鏡学会会員



河原井 直美

1982年日立計測エンジニアリング株式会社入社，株式会社日立ハイテクノロジーズ 科学・医用システム事業統括本部 科学・医用システム設計開発本部 分析システム設計部 所属
現在，分析設計部門の設計開発に従事



松森 伸夫

1978年株式会社第二精工舎入社，Seiko Instruments USA 科学機器事業部長，エスアイアイ・ナノテクノロジー株式会社 応用技術部長，SII NanoTechnology USA社長などを経て，2013年より株式会社日立ハイテクサイエンス 取締役 技術本部長



図8 | 産業用X線装置の装置群

産業用X線装置の装置群を示す。

開発年度	1991	2001	2005(販売中)	2008(販売中)	2013(販売中)
装置名	E320	ES3100	ES5000	ES3500	ES1000
外観					
特徴	アナログ走査，産業用1号	デジタル走査，汎用型	高周波，高分解能	コンパクト型，高性能	ポータブル型，高性能
周波数／励振数	2 MHz，5 MHz／16素子	1 MHz～10 MHz／24素子	25 MHz～75 MHz／32素子	0.5 MHz～20 MHz／32素子	0.5 MHz～10 MHz／16素子
適用例	 ・レール継ぎ目，ボルト穴 ・ボイラ管台	 ・タービンダブテイル ・車軸（鉄道） ・グラファイト材 ・PD認証	 ・半導体電子部品 ・車載用電子デバイス ・薄板鋼板	 ・タービンダブテイル ・RIPノズル ・航空機，鉄道車両 ・PD認証	 ・ショベルアーム ・車輪・レール ・アルミニウム鋳造品

図9 | フェイズドアレイ超音波探傷装置の沿革

フェイズドアレイ超音波探傷装置の沿革を示す。