

調査・研究報告書の要約

書名	平成 17 年度次世代計測・分析システムに必要となるシステム化技術に関する調査研究報告書				
発行機関名	社団法人 日本機械工業連合会・社団法人 日本分析機器工業会				
発行年月	平成 18 年 3 月	頁数	195 頁	判型	A4

[目次]

序

調査の概要

第 1 章 次世代計測・分析システムに要求される性能・機能調査

- 1-1 分析機器に対するニーズ
- 1-2 本調査の対象とする要素に対する課題
- 1-3 まとめ

第 2 章 次世代計測・分析システムに必要となる技術の現状

- 2-1 サンプリング技術の現状と動向
- 2-2 前処理技術の現状と動向
- 2-3 検出技術の現状と動向
- 2-4 データ解析技術の現状

第 3 章 次世代計測・分析システム構築の開発課題の抽出と提言

- 3-1 次世代計測・分析システムに対する社会の要請
- 3-2 次世代計測・分析システムと IT 技術
- 3-3 開発課題の具体例

附属資料

[要約]

第 1 章 次世代計測・分析システムに要求される性能・機能調査

アンケート調査の結果を基に纏めた

1-1 分析機器に対するニーズ

調査は対象分野、対象とする材料、分析目的の順で行った。まず、対象分野を 12 項目に分類して調査を行った。ニーズは、多い順に①物質材料・ナノテク、②環境資源、⑥食

品・農業、④製薬開発、③遺伝子検査で、過半数を占めた。その他の内容として、生命工学、農業、メタボノミクス、触媒表面、分析機器のユビキタス対応、電子部品、爆発物などの指摘もあった。次に対象とされる物質・材料では分析対象・物質を7項目に分類してニーズを調べた。主な結果は以下のようになった。工業材料では、ナノ材料、半導体、セラミックの三種で過半数を占めた。生体試料では、生体、タンパク質・遺伝子、血液・尿の3つで、全体の過半数を占めた。医薬・食品材料では13種の物質が挙げられた。他、化粧品、環境試料、エネルギー資源等について調査結果を示した。

分析目的についてはニーズの内容を、生体、極微量、局所、構造、物性、機能性、均一性、前処理の8通りに分けたが、過半数を占める「極微量」あるいは「局所」の内容を見ると、「生体」に係わるものが最も多かった。

1-2 本調査の対象とする要素に対する課題

課題があるとして挙げた要素の内では、“サンプリング・前処理”が最も多く、次いで“センシング及び検出技術”であった。サンプリング・前処理の課題では“操作性”の向上に対するニーズが最も多く、次に“微量化”、“迅速化”が挙げられた。“微量化”には、処理する試料のマイクロ化に伴う微小（微少）試料のサンプリングに関する内容も含まれており、また“再現性”の向上には、繰り返し再現性の他に、装置間差・個人差がないことなども含む。センシング及び検出技術では“高感度化”、“微量化”の他に、目的成分に特異的な検出法（“特異性”）を課題として多く挙げられた。続いて、“小型化”により“携帯性”を良くすること、目的成分のより精密な検出法（“高分解能”）“無侵襲・非破壊”検出が挙げられた。データ解析 “操作性”の向上に対するニーズが最も多い。“データ処理”に関しては、異なった複数機器からの情報処理（“多変量解析”）、“データベース”の充実、“再現性”、汎用PCで解析できること（“汎用解析ソフト”）、“処理能力向上”、“自動化”が挙げられておりニーズは多岐にわたっている。

システム化技術でもやはり“操作性”の向上に対するニーズが最も多く、次に“迅速化”、“再現性”などに対する要求があった。続いて“自動化”、“小型化・携帯性”、データの規格統一（“標準化”）、診断・履歴管理、多機種 of 統括管理（“ネットワーク”）などが挙げられた。

次に、大切な具体的要素技術については、サンプリング・前処理、センシング及び検出技術、データ解析、システム化技術の順となった。サンプリング・前処理の内では、処理能力向上が最も多く、続いて高感度化、微量化、操作性の順であった。センシング及び検出技術では高感度化が最も多く、続いて処理能力向上、微量化、迅速化、操作性の順であった。

データ解析では多変量解析法等のソフトが最も多く、共通化・標準化、自動化、評価技術の順であった。システム化技術では自動化が最も多く、ライブラリ・DB、共通化・標準化の順であった。

1-3 まとめ

分析の対象となる分野は物質・ナノテクが一番多く続いて環境資源、食品・農業、創薬と続いているが、最大の物質・ナノテクでも全体の占める割合は25%強であり多岐に及んでいることがわかる。物質・材料面からみると多いほうから工業材料、生体試料、医薬・食品材料となり、グローバル化した世界で我が国の強みを示す必要のあるものばかりである。これらの対象となる物質・材料の分析目的については極微量分析、局所分析への要求が大きい。

今回の調査対象とした要素技術では、解決すべき課題が多いのは前処理技術であり、続いてセンシング技術、データ処理技術となった。前処理技術では処理能力向上、高感度化、微量化の順に要望が強く、センシングについては高感度化、処理能力向上、微量化が、データ解析では多変量解析に続いて共通化、標準化に対する要望が強かった。

第2章 次世代計測・分析システムに必要となる技術の現状

2-1 サンプルング技術の現状と動向

試料と検出方法の多様化に伴い、サンプルング方法も多様化してきた。これまでの分析では、試料は均質あるいはそれに近い性状であるとされていた。従って、均質性に問題がある試料については、粉碎・縮分などの操作を経て均質試料としていた。樹脂などのように粉碎が困難な試料は凍結粉碎などが採用されてきた。生体試料やナノテク材料については、このような前提は適用できなく、測定目的、測定対象に応じたサンプルング方法が必要となる。試料導入では生体高分子のように貴重で量的にも制限がある試料の取扱いや分析計の感度向上に伴って、試料導入量が微小化している。このため微小液滴を正確に吐出する方法として、ピエゾ素子を用いたインクジェットデバイスが注目され、 μ TAS (Micro Total Analytical System) やDNA マイクロアレイでの試料配置、HPLCの溶離液を電気泳動へ導入するシステムなどに応用されている。固体試料の場合、溶解後にその液の一部を分取して注入する方法が一般的に行われているが溶解しないで直接ICP-MSへ試料導入する方法として、レーザアブレーション法があり多様な方法が提案されている。

2-2 前処理技術の現状と動向

分離技術については一般的なカラム分離は別として、DNA や蛋白質などの生体高分子の分離に優れた性能を持つ電気泳動法が活用されている。目的に応じて SDS ゲル電気泳

動や密度勾配ゲル電気泳動、等電点電気泳動と SDS ゲル電気泳動を組み合わせた二次元電気泳動などが選択されている。抽出技術は被測定成分をマトリックスや共存成分から分離するのに使われる重要な前処理方法であり、溶媒抽出（液—液抽出、固—液抽出、ガス抽出）や固相抽出、超臨界抽出などが目的に応じて使われてきた。しかしながら、近年、分析においても試薬使用量の削減や環境への排出防止、抽出の迅速化など観点から見直し・改善が検討されており、溶媒抽出においてもソックスレー抽出に変わる方法として、高速溶媒抽出法や高速流下抽出法が提案されている。一方、環境試料やバイオ関連試料においては、溶媒抽出から固相抽出（主として固相マイクロ抽出 SPME）への切り替えが進んでいる。SPME は、省溶媒化、省力化、マイクロ化、ハイスループット化などを指向したものであり、有機溶媒を殆ど使用せず、迅速・簡便にサンプリング・目的成分の抽出と濃縮・クロマトグラフへの導入までを自動化することが可能である。濃縮技術は高感度分析を目指す時、有効な方法であり、GC, HPLC, IC あるいは FIA などでは従来から濃縮カラムが採用され高感度化の成果を挙げている。例として ASV 法を用いた濃縮を紹介した。

流れ分析における前処理は流れ分析計を試料の前処理として利用し、高感度な検出器に導く手法である。フローインジェクション、シークエンシャルインジェクション、分析フローのほか個々の分析操作をチップ上に構築された溝（チャンネル）で実現し、検出までを実施する高感度なトータルシステムである μ TAS を前処理技術をとして活用する方法も多く例が報告されている。マイクロチップの応用という点では、キャピラリー電気泳動をマイクロチャンネルで実施するマイクロチップ電気泳動 (MCE) の実用化が最も進んでおり、既に多くの専用装置が市販されている。MCE は従来のキャピラリー電気泳動の高分解能と超微量分析という利点に加えて、分析の高速化とチャンネルの並列化によるハイスループット化の利点を兼ね備えており、多くの報告がある。マイクロチップを用いた前処理装置は、装置が小型・高速・省エネルギー等の特長があり、オンサイト・リアルタイム前処理法として優れた特性を持つので、これからの環境汚染やセキュリティの面でオンサイトモニタリングへの活用が有効であろう。

蛋白質の結晶化技術も前処理の一環として極めて重要である。少量の溶液（ $1 \mu\text{L}$ からでも可）から、短時間で結晶化を可能にする方法としてフェムト秒レーザーの照射によるものや、蛋白質結晶化チップの開発等の報告があった。

その他、超微量分析技術の進歩により使用する器具からのコンタミネーション除去・低減が極めて重要となっている。ガラス状カーボン樹脂は、気体・液体の不透過性、耐食性、耐熱性、純度、熱伝導性に優れ、超微量分析に適している。また、超微量分析で多用されるフッ素系樹脂、合成石英、窒化ホウ素も溶出量が少なく、微量分析に適している。また、

生体組織を生きた状態で観察することは、その機能を解析する上で不可欠な技術である。その要求を満たす方法として急速凍結・ディープエッチング法、急速凍結・免疫エッチングレプリカ法などの前処理技術が開発されている。

2-3 検出技術の現状と動向

2-3-1 主要な検出装置の現状

1) 質量分析法

質量分析法は、GC や LC 等の分離分析法と繋げて微量の分析に使用されバイオへの利用では LC-MS の技術進歩が顕著なので、LC-MS のイオン化に絞って纏めた。LC-MS のイオン化法としては現在、大気圧イオン化 (API) 法やエレクトロスプレーイオン化 (ESI) 法が主として利用されているが、対象とする物質、材料の多様化により大気圧光イオン化、porous flow-through electrode による ESI 法、 μ APCI によるイオン化法、噴霧グロー放電イオン化 (SGDI) 法、metastable atom bombardment 法、大気圧ペニングイオン化 (atmospheric-pressure Penning ionization) 法、イオン付着法 (ion attachment mass spectrometry; IAMS) などが報告されている。また、LC-MS 以外の質量分析において注目されるイオン化法については MALDI-MS、ポーラスシリコンを用いるレーザ脱離イオン化法、コールドスプレーイオン化 (CSI-MS)、レーザ多光子イオン化法、レーザアブレーション法、ECR イオン源 (電子サイクロトロン共鳴イオン源) 等が報告されている。

一方、原子・分子からクラスター領域、超微粒子領域までをカバーできる広い質量範囲と高い質量分解能への要求も増加しており、フーリエ変換型イオンサイクロトロン共鳴質量分析装置 (FT-ICR-MS、図 2-6, 2-7) がこの様な要求を満たす可能性がある。ESI-FT-ICR-MS 法を用いて、蛋白質全体を眺めた上で、各アミノ酸残基がどのような修飾をどの程度受けているかを明らかにする解析方法としてトップダウン法が確立されつつある。この方法は、蛋白質を高純度に精製できなくても、装置の高分解能を利用して分子関連イオンをおよびその断片イオンを高分解能で測定することによって解析をすすめる方法である。

質量分析計の小型・モバイル化の検討も進んでおり、ガス用の質量分析計が既に市販されている。ガス用の質量分析計以外では、Q-MS の小型化・モバイル化の検討が進んでおり、 m/z 0~50, 0~100, 0~650 amu の範囲で、バッテリー駆動で2時間稼動する装置が開発されている。水中の VOC 測定において、0.5 ppb の感度を有す。

2) レーザ分光法

レーザ分光法は一般的な分光法にくらべると①高感度である、②化学種の選択性が高い、

③ *in situ* 計測や遠隔計測、局所計測が可能などの利点がある。レーザー誘起蛍光法 (LIF) はレーザー光の高輝度・高コヒーレンス性・単色性を利用した極めて高感度な分析法であり、広い分野で使用されている。レーザー誘起蛍光法は、非蛍光性の試料や蛍光量子収率の悪い試料への適用は困難であるため、蛍光性試薬で修飾して測定する。そのために、多くの蛍光プローブが開発されている。熱レンズ分光法は熱レンズ顕微鏡法 (TLM) として μ TAS において、マイクロチップでの高感度検出器としてレーザー励起蛍光法(LIF)と共に多く使用されている。物質は吸収した光エネルギーを光(蛍光、りん光)あるいは熱(無輻射遷移)として放出する。放出された光を検出するのが LIF 法であり、熱放出による変化を検出するのが TLM である。現在ではマイクロレンズとファイバーオプティクス技術を用いてポータブル型の熱レンズ分光分析装置が開発されている。

界面やナノ空間といった制限された特殊環境において、分子や分子集合体の構造、挙動、機能発現の解析は今後、ナノテクノロジーや生命科学を支える基盤技術になると思われる。特殊環境における分子集合体の分析において、光散乱分光法は、その構造や動的過程に係わる物理・化学的情報を取得することが可能な優れた測定法の一つであり、非弾性的に散乱した光、特に、格子振動や分子振動と光との相互作用に起因するブリルアン散乱とラマン散乱は測定対象の内部構造や運動状態を知る上で重要な手掛かりを与える。時間分解準弾性レーザー散乱法 (time resolved quasi-elastic laser scattering TR-QELS)、表面増強ラマン散乱法 (surface enhanced Raman scattering ; SERS)、表面増強共鳴ラマン散乱 (surface enhanced resonance Raman scattering ; SERRS) 電子増強ラマン散乱分光法 (electron enhanced Raman Scattering ; EERS) 等が開発されている。レーザー分光法は他の分析法に対して、*in-situ*・局所・経時といった付加的な情報や化学種構造・機能に関する情報を与える。ただし、現在 350nm より短い波長領域で発振する小型・安価で操作性に優れるレーザーが少なく、今後の課題の一つである。

3) 走査プローブ顕微鏡 (SPM)

走査トンネル顕微鏡 (scanning tunneling microscope, STM) は原子レベルで表面の凹凸や電子状態に関する知見を得ることが可能な方法であるが、化学的な選択性は無い。しかし、SPMの金属探針を有機分子などで化学的に修飾(分子探針)して使用すると、分子探針と試料中の特定の化学種あるいは官能基と水素結合や配位結合あるいは電荷移動などの相互作用を形成し、トンネル電流が変化する。このような分子探針を用いれば、化学選択性を持たせることが可能となり、一塩基多型の検出などへの応用が期待される。原子間力顕微鏡 (atomic force microscope ; AFM) はカンチレバーと呼ばれる弱い板バネの端に探針を装着し、原子間力を検出する。空間分解能という点では、これまでは AFM は STM

に劣っていたが、最近是非接触モードでも原子分解能が得られるようになった。走査型電気化学顕微鏡 (scanning electrochemical microscope ; SECM) は、試料が設置されているセルと4個の電極 (試料側の電極、対極、参照電極、プローブとしてのチップ電極) と電極信号の検出・制御用のバイポテンショスタットから構成される。SECMは試料表面や探針の電気化学反応に起因するファラデー電流を検出する。STM や AFM に比べると、SECM は、解像度においては 100nm 程度と劣っているが、試料局所領域の化学反応に関する定量的な情報を *in situ* で与える、局所領域に化学反応を誘起することができるという特長があり、試料表面の化学的性質の評価や画像化することで、形状や構造とは異なる情報入手が期待される。

4) 顕微分光法

シンクロトロン放射光を利用するシンクロトロン (SOR) 顕微分光の開発により構造解析技術が飛躍的に発展した。例えば、測定に必要な蛋白質の結晶は、従来 $0.3 \times 0.3 \times 0.3 \text{mm}$ 程度の大きさが必要であったが、平行性のよい SOR 光を使用することで数十 μm の結晶でも回折測定が可能である。更に、検出器としても、従来の写真感板ではなく、イメージセンサーや CCD 検出が多用されている。これにより、数時間必要であった測定が数分で終了する。従来は困難であった膜蛋白質 (脂質に埋め込まれた蛋白質) 複合体の構造解析や超分子蛋白質複合体であるウィルスとリボソームの構造解析が可能となった。蛋白質の結晶解析で得られた立体構造は Protein Data Bank (PDB) とよばれるデータベースに登録されており、構造解析時に効力を発する。PDB への登録件数は急激に増加しており、2000 年以降は、年間 3000~5000 件登録されており、累積で、約 3 万件の登録がある。

5) 近接場分光法

エバネッセント波は波長 λ の 0.1~1 の距離しか伝播しないため、光の回折限界以下の分解能で計測が可能である。エバネッセント波を利用した分析手法としては主に近接場光学顕微鏡と全反射蛍光法や全反射吸収法などがある。近接場分光法は従来の far-field 分光では得られなかった界面や局所的な分析に有効な手段として期待される。

6) 非線形分光法

界面に形成される非常に薄い原子・分子層を直接的に評価する手段として、第二高調波発生 (second harmonic generation ; SHG) や和周波発生 (sum frequency generation ; SFG) などの二次の非線形光学現象を利用したレーザ分光法が注目されている。この分光法はコヒーレントな分光法であるために界面化学種の配向状態を鋭敏に捉えることが可能であり、極端パルスレーザを用いることによって非常に高い時間分解能を達成できるなど優れた特性を持っている。

7) テラヘルツ時間領域分光法 (terahertz time domain spectroscopy ; THz-TDS)

THz-TDS は、THz パルスをサンプルに入射させ、サンプルを透過した後の THz パルス波の波形を時間分解計測し、その波形をフーリエ変換することにより周波数ごとの振幅と位相を得るといった新しい分光法である。これまでの分光装置において計測されるのは光の強度に関する情報であったが、THz-TDS 電磁波の波形そのものを計測する点が異なっている。THz-TDS では、従来の赤外分光で検出される分子の振動エネルギー領域より低い振動モードが検出できる。このため、新たな情報として今後の展開が期待される。

2-3-2 センシングデバイス

1) イオンセンサー、電気化学センサー

ニュートラルキャリアを用いるイオン選択性電極は継続して研究が進められている。2000 年以降に開発された電極は金属イオン、硫酸イオン、炭酸イオン、ハロゲン化物イオン、硝酸イオン、チオシアン酸イオン、有機イオンセンサーがあり、いずれも検出下限が 10^{-6}M 程度である。また、生体中でのイオンチャンネルの概念を導入したボルタンメトリーに基づくイオンチャンネルセンサーが開発され、DNA、グルタミン酸、リン酸イオン、高親水性物質などのイオンチャンネルセンサーの報告がある。また、電気化学センサーでは、金属含有三元錯体を導電性ポリマーに取り込むことにより新たな電気化学センサーやバイオセンサーへの展開が可能となった。その他、ウェアラブル化学センサー等が開発されている。

2) ガスセンサー

QCM (Quartz Crystal Microbalance) センサーは、測定化学種に選択性のある感応膜を選ぶことにより特性が異なる様々なセンサーを容易に作成することができ、ガスセンサーとして数多く利用されてきた。QCM センサーは溶液中での計測が可能となり、環境モニタリング法としての利用が増加している。一例を上げると、環境中のダイオキシン簡易測定がある。更に、QCM センサーは高感度な生体高分子間の相互作用解析や分子認識法として注目を浴びている。その他、球面上を伝播する表面波は、自然に細い平行ビームを形成して多重周回することがあり、これを利用して高感度なガスセンサー (ボール SAW (Surface Acoustic Wave) センサー) が開発されている。

近年、匂いセンサーである嗅覚受容体の遺伝子群が見つかり匂い認識の分子基盤が明らかになってくると共に、動物間の理想的な情報伝達手段であるフェロモン受容体の構造と機能が明らかになってきた。匂いセンサーの仕組みは、特性の異なる複数のセンサーの出力パターンをパターン認識することである。人工電子鼻は、環境モニタリング、医療診断・健康モニタリング、自然生産物の同定、食品・飲料品の鮮度監視、品質管理や産地識別、

化粧品品質管理、地雷探索など広範囲な応用が期待される。

一方で生体材料の機能を維持しながら気相計測を行うことが可能なガスセンサー（バイオスニフアー）が開発され、生体臭計測に応用されている。報告されているバイオスニフアーには①酸素電極の感応部にアルコール酸化酵素の固定化膜を装着したアルコールガスセンサー ②薬物代謝酵素をセンサーに組み込み、嗅覚にて認識できない化学物質を計測するセンサー ③酸素感応型光ファイバーとアルコール酸化酵素とを組み合わせた光ファイバー型アルコールガスセンサーなどがある。

3) ナノデバイスおよびナノプローブ

ナノテクノロジーを応用したナノバイオデバイスの研究領域が急速に展開され、化学、生化学、創薬、医療などの分野で、従来技術では不可能であった生体関連物質を簡易・高感度・高選択性で計測するために新たな機能材料が開発されている。これらの機能材料とそれらを用いたセンサーについて、ナノポア、カンチレバー、ナノ粒子とマイクロギャップ電極、ナノピラー、量子ドット、DNA ナノピンセット、マイクロバルブ、マイクロミキサー、マイクロメッシュフィルターについて概要を述べた。

共焦点レーザー走査顕微鏡や走査プローブ顕微鏡においては解像度の向上や新たな化学的情報の取得、あるいは生体高分子の濃度分布やその可視化などを目的とした各種のプローブが開発されている。代表的な蛍光プローブ、蛍光プローブと類似した目的で使用される蛍光蛋白質について述べた。質量分析用プローブ、表面増強ラマン散乱（SERS）用ナノプローブ、SPM プローブ、SPM マルチプローブについて概要を纏めた。

4) バイオセンサー

マイクロあるいはナノテクノロジーを用いた新しいバイオセンサーについて述べた。マイクロチップ、SELDI-TOF-MS (surface-enhanced laser desorption and ionization time-flight mass spectroscope) について概要を説明した。表面プラズモン共鳴 (SPR) センサーは基礎研究から創薬のスクリーニングまでの広い範囲で用いられている。SPR センサーの現時点における利点と限界についてまとめた。SPR バイオセンサーのハイスループットスクリーニング (HTS) は、現在、研究者が期待するハイスループット性が得られてはいないものの、今後多チャンネルに対応できるマイクロ流路系の開発技術の進歩により HTS に対応する SPR バイオセンサーが開発され、有効な創薬ツールとして活用される可能性は高い。

2-3-3 単一分子（単一細胞）計測技術

細胞や生体高分子の機能を解析するために、単一の分子や細胞を検出する技術が必要になってきた。しかし、単一の分子や細胞の観察を実現するためには一層の高感度化が要求

され、現在では限られた装置・手法のみが実現している。

2-3-4 食品の安全に関する計測

微生物や有害化学物質は処理能力が課題であるのに対し、放射線照射の有無判定はセンシング技術に課題がある。放射線照射食品の計測の現状と課題について述べた。日本は別として、世界的には食品照射技術の実用化が進んでいる。そしてかつては不可能と言われた照射処理の判別についても欧州を中心に研究が進められている。しかしながら、現状では検知には多くの課題を残している。例えば、ESR法や熱ルミネセンス法などで検出する項目は経時的にシグナルが減衰する性質のものであり、流通期間の長い例えば香辛料などでは完全に検知できてはいないし、他の方法においても、検査結果が陰性であっても、“放射線照射がなされていないこと”を保証するまでには至っていない。更に、加工食品中に混入した照射原料の判別や禁止されている再照射の識別も現状では極めて困難である。迅速で高感度な検出方法が必要とされる。

2-3-5 ユニバーサルデザイン

これまでに述べた高機能・高性能な分析・計測システムとは異なる観点から次世代分析・計測システムを目指した研究が展開されている。それは、熟練技術者の育成不足から各種産業界で各種製品のユニバーサルデザイン化といわれるものであり、鉄鋼分析のスキルフリー化などがそれに該当する。更には、少子高齢化や身障者支援といった幅広い層を対象とした分析機器の創案や創製および普及の必要性が指摘されている。

2-3-6 イメージング

ここでは機能情報、生理・生化学情報の取得を目指したイメージング技術の現状と動向について陽電子放射断層画像撮影法（positron emission tomography PET）、電子線トモグラフィ（3D-TEM）、光トモグラフィ、蛍光分子性トモグラフィ（FMT）、Stimulated Emission Depletion (STED)について概要を述べた。

2-4 データ解析技術の現状

データ解析技術は最近のインフォマティクスの発展により、多変量解析によるデータ解釈技術を分析結果に適用させるところまで発展してきている。特にバイオインフォマティクスの領域では[ゲノムワイドな遺伝子多型解析、網羅的な遺伝子発現解析やタンパク発現解析が進められている。更に、多変量解析技術を二次元画像データに応用したものとして、画像のパターン認識技術が発展してきている。パターン認識を用いる方法は、画像の形状やコントラストから対象物の自動認識を行うコンピュータ技術として有用であり、従来の単純な粒子解析等と異なり、対象物の位置認識や、複数の種類への分類やさらにモデルとしてあらかじめ登録されている画像と相違する部分を認識する技術にも有効である。更に

その認識アルゴリズムにニューロンの知覚・認識のメカニズムを模したニューラルネットを用いたパターン認識技術も発展している。例えばニューラルネットを用いたパターン認識による蛋白質の立体構造の解析が行われている。重要な点はこれらの技術[2]～[5]が数理統計学上の一貫した理論の上に展開されている点である。バイオインフォマティクス、ナノインフォマティクスの分野をデータ解析の視点から見れば、基本的なデータ解析・主成分分析・クラスタリングの機能を計測機器のエンドユーザーに如何に分りやすく提供できるかにある。現在はまだ一般に利用できるレベルでなく、一部の研究機関で先端的に開発されている状況であり、個々の問題に最適化することがまず急務である。それによって今後強力な武器として登場しうるシステム技術の一つであろう。

第3章 次世代計測・分析システム構築の開発課題の抽出と提言

3-1 次世代計測・分析システムに対する社会の要請

21世紀の課題である「安心・安全で快適な社会」作りを支えるという視点から分析・計測技術開発について、ライフサイエンス、環境、ナノテク、社会基盤の4つの項目に分けて纏めた。

①ライフサイエンス

- a. 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
(単一分子の計測、単一細胞の計測と機能解析、生体高分子の機能解析等々の基礎研究を可能にする分析・計測技術)
- b. 予防医学を進める高度な検査技術
- c. 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
(光CTやマイクロ・ナノセンサー、高精細画像伝送)
- d. 食の安全を確保する高度(高速)な検査機器

②環境

- a. 地球規模の環境センシングと環境流通ネットワーク(自然環境情報、生体情報、廃棄物情報、化学物質管理情報などの様々な環境情報を計測・センシング)
- b. 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
- c. グローバルな機器の供給(簡易で優しい環境分析機器の提供と保守)
- d. 嗅覚や味覚といった人間の感性を代替するセンシング技術

③ナノテク

- a. ナノ材料の評価が出来る分析・計測技術

- b. ナノ構造を構築する・加工・計測・分析システム
- c. ナノデバイス等の生産をサポートする極超微量分析技術

④社会基盤

- a. 防犯、防災、危機管理の高度化を支える計測・センシング技術
- b. 高度交通システムを支える計測・センシングシステム

3-2 次世代計測・分析システムと IT 技術

次世代計測・分析のターゲットは、ナノテクノロジーやバイオテクノロジーと IT 技術の融合によって、今まで見えなかったもの、測りにくかったものの計測・分析となる。従って、次世代計測・分析のキーワードは「曖昧な対象物から定性・定量性を測りだす」といえる。

それは対象としての曖昧物や複雑系の定性・定量計測であり、実現手段としてデータ・マイニングなどのデータ解析技術やユビキタス技術である。これを実現する為には、最新のインフォマティクス技術の適用が不可欠である。そして、近未来にはインターネットを利用した遠隔計測技術とデータ解析や画像認識技術との合体による、計測・分析技術のユビキタス化が予想される。このため次世代計測・分析システムの最も重要な技術はネットワーク化である。ネットワーク化とは単に情報が遠隔地に容易に転送できるということではなく、必要な情報が、有効な利用の出来る場所に、適宜配信できることと、情報を安全に配信することと、不必要な配信を行わないこととであり、特に後者の部分は大変重要なこととであり、高度な IT 技術が要求される。ネットワーク化により計測・分析機器の機能は、装置モジュール（ディテクター、センサー）、分析サーバ、遠隔のオフィスに居て作業するオペレータ、計測結果のデータベースから分析結果を利用する分析者というように、分散環境での計測システムが実現する。

次世代計測・分析システムを構築するためには、分析・計測システムのインターフェイス仕様の標準化が必要となる。この標準化により計測機器メーカー、アプリケーション・ソフトウェア・プロバイダー、計測機器利用者のそれぞれが恩恵をこうむる。最低限標準化が必要なものとして、分析サーバ上のミドルウェアの持つ標準インターフェイスと分析サーバと装置モジュール間の標準インターフェイス、GxP^{*4}、21CFR Part11 対応、サンプル・レシピ・サンプルIDの標準化があげられる。必要とされるシステム化技術としては、主にネットワーク化と標準化技術のIT側面として分析サーバ用ミドルウェアの開発やアプリケーション・ソフトウェアの充実化、XMLやIPv6^{*5}の技術が上げられる。

3-3 開発課題の具体例

4例を示した。

- 1) 現場で使用する携帯型・モバイル型分析システム
- 2) 原子・分子 1 個を対象とする分析技術
- 3) 曖昧な対象物から定性・定量性を測りだすコンピュータを援用した新しい分析手法
- 4) ヒトや実験動物（マウス、ラットなど）の体内における特定細胞および分子の *in vivo* イメージング技術

KEIRIN



この事業は、競輪の補助を受けて実施したものです。