

基盤・先端技術

基盤技術
先端技術



展 望

富士電機は、顧客価値を創出する圧倒的に強いコンポーネントやソリューションの開発に注力している。同時に、そのような開発を支える基盤技術や先端技術の研究開発にも精力的に取り組んでいる。

基盤としての材料技術においては、高耐熱性樹脂や絶縁材料、触媒などの狙った物性を短期間で確実に実現するために、シミュレーションによる材料設計技術を開発している。また、金属組織の変化や腐食などの劣化についてのシミュレーション技術も構築中である。

さらに、コンポーネントの開発・設計期間の大幅な短縮を狙い、試作回数を減らすためにモデルをベースにした設計手法をパワーエレクトロニクス機器や遮断器などで開発しており、随時、適用している。

顧客価値を創出するソリューションとして、IoT 技術が脚光を浴びており、富士電機でも“Small, Quick Start & Spiral-Up”をキーワードに、豊富なフィールドデバイスと特徴ある高度な解析技術を武器にソリューションの拡大を図っている。そのための基盤技術として、フィールドデバイスとしての組み込み機器の多機能化に対応するために、リアルタイム OS と汎用 OS などの異なる OS を単一のマルチコア CPU 上で動作させる技術を開発した。また、解析技術として、素早く目的に合致した解析を実行するために、その解析に適した形にデータを前処理するデータクレンジング技術を開発し、Quick Start の武器としている。さらに、具体的なソリューションを例にビッグデータの分析・解析技術を開発している。例えば、電力システム改革における新たなプレーヤーとして増加している新電力事業者向けの需給管理システムを開発した。金融工学を適用した市場取引・発電計画の作成や電力需要の予測が可能で、業務時間の大幅な短縮や収益の最大化を実現できる。

Si に比べ、絶縁破壊電圧や熱伝導率が高い SiC（炭化けい素）を用いた SiC-MOSFET を鋭意開発している。その低オン抵抗化や高信頼性を実現するために、放射光トポグラフィや各種分光分析などの最先端の分析・解析技術を駆使しており、また、新たな分析・解析手法も開発している。MOS 界面の構造を原子スケールの分解能で評価でき

る手法を開発し、理想的な界面設計モデルの構築に適用している。また、さらなる低オン抵抗の可能性のある GaN（窒化ガリウム）デバイスの開発にも注力している。

SiC デバイスを適用した先端的な装置としては、内閣府の戦略的イノベーション創造プログラム（SIP）に参画し、6.6kV 電力システムに変圧器なしで直接連系が可能な MMC 方式の無効電力補償装置（STATCOM）を開発中である。

火力発電プラントの差別化を実現するために、現在主流となりつつある蒸気温度を約 600℃にまで高めた USC タービン材料の劣化現象のメカニズムを解明し、劣化を予測する寿命計算式を構築、非破壊検査と組み合わせた高精度な余寿命診断技術を開発した。

顧客から強い要求がある開閉装置の小型・軽量化の実現のために、電流遮断技術を高度化している。消弧圧力解析技術や高精度な電磁場-熱流体連成解析技術などを構築し、大幅な小型・軽量化を実現した IEC 規格に準拠のガス絶縁開閉装置（GIS）を開発した。

新たな顧客価値を創出するセンシング技術として、複屈折フーリエ分光法を適用した高感度分光技術を開発した。この技術は、従来の分光器の約 100 倍の検出感度を実現でき、食品や薬品のオンラインでの異物検査やコンクリートの劣化計測など、これまでは不可能であった計測が可能となる。このほか、MEMS 技術を活用した特徴あるセンサとそのセンサを活用したソリューションも開発中である。

今後、増加することが予想されるデータセンター向けに、kV クラスの高圧交流から直流を直接供給できるマルチセル方式直接高圧入力回路技術を開発した。この技術により、受配電設備を省略でき、従来の電源システム構成に対して、システム全体で効率を約 12 ポイント向上させることができ、革新的な低コスト・高効率の電源システムを構築できる。

このように富士電機は、電気・熱エネルギー技術や環境技術の革新につながる先端技術に挑戦するとともに、製品開発を支える基盤技術をブラッシュアップしながら、圧倒的に差別化可能な顧客価値を創出するコンポーネントやソリューションを提供していく。

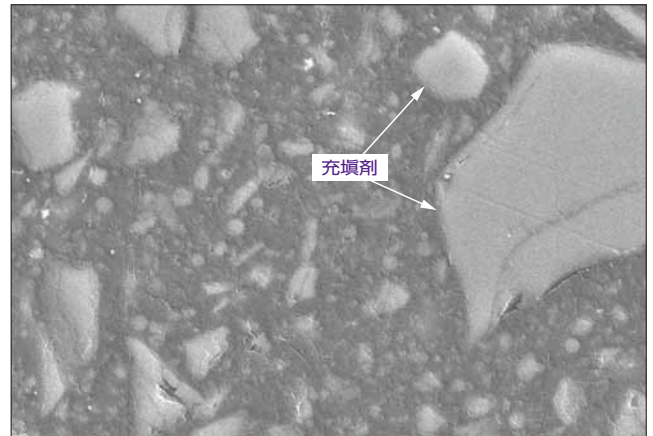
基盤技術

① キュービクルガス絶縁開閉装置（C-GIS）用絶縁樹脂封止技術

キュービクルガス絶縁開閉装置（C-GIS）の小型化のため、電気絶縁性に優れたエポキシ樹脂による真空遮断器（VCB）構成部品の固体絶縁化を推進している。

従来の高電圧機器用エポキシ樹脂では、線膨張係数が大きく、そのまま封止するとエポキシ樹脂にクラックなどの欠陥が生じるため、製品への適用が困難であった。そこで、高強度でありながら従来よりも線膨張係数の小さい充填剤を配合し、さらに、充填剤との密着性が向上する硬化剤を用いることにより、クラック発生を抑制し、低線膨張化と高強度化が両立できるエポキシ樹脂を開発した。今後、製品への適用を検討していく。

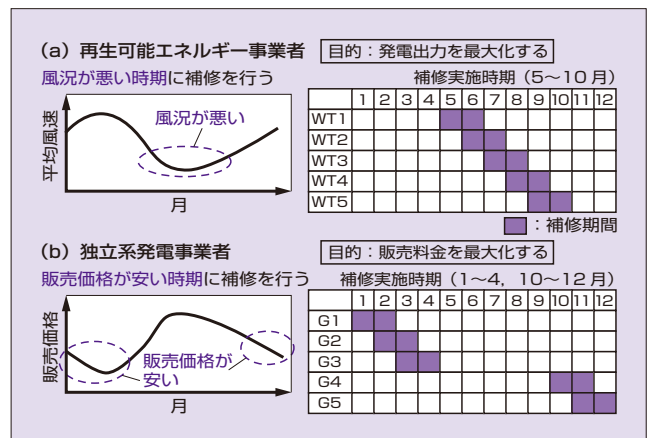
図1 エポキシ樹脂のマイクロ構造



② 発電機定期補修計画機能

電力システム改革により、発電事業者は、広域運用機関に発電機定期補修計画を提出する義務が生じた。発電機定期補修計画は考慮すべきさまざまな制約条件を満たしながら発電量の最大化や販売料金の最大化など、目的に合う計画を作成する必要がある。人手による検討では莫大な作業を要することから、支援機能が望まれている。富士電機は、計画者の負担低減を目的に発電機定期補修計画機能を開発した。本機能はさまざまなタイプの発電事業者（再生可能エネルギー事業者、独立系発電事業者など）に適用でき、目的に応じた計画の立案が可能である。従来の数理計画法では発電機台数が増加するに従って計算量が大幅に増加し、実用時間内での計画立案が困難であったが、タブーサーチを用いることで計算時間の高速化を図っている。

図2 補修計画の例



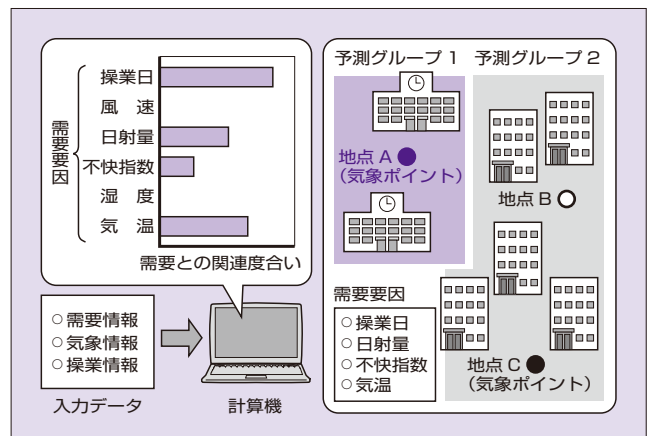
③ ビッグデータ分析技術を用いた電力需要予測の高精度化

電力事業者は、電力需要の予測値と実績値に差が生じると高いインバランス料金の支払いが生じるため、高精度な予測手法を求めている。電力需要は、さまざまな需要家の合計値であり、高精度な予測には、操業状況、気象状況、需要状況など多くの要因を適切に選定する必要がある。

富士電機は、この課題を解決するためビッグデータ分析技術を活用し、需要予測の高精度化を実現した。

- 膨大な候補データの中から電力需要に関連する要因を選定する。
- 需要家群の気象情報を用いた予測には、膨大な地点の中から最適な地点として気象ポイントを選定する。
- 膨大な需要家の中から類似する需要家を自動的に選定しグルーピングする。

図3 需要予測へのビッグデータ分析技術の適用例



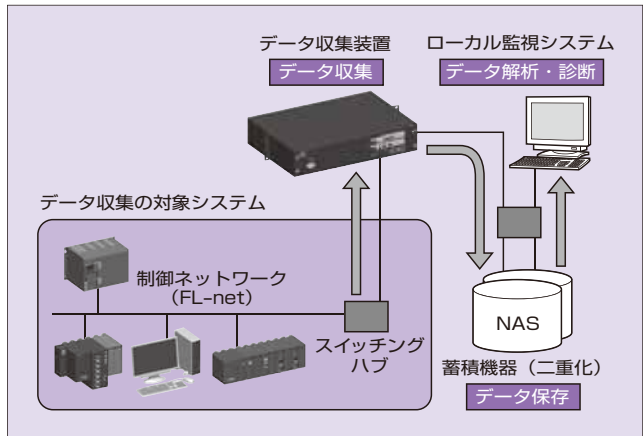
基盤技術

④ 産業プラント向けレガシー機器対応のデータ収集装置

産業プラント向けの監視制御システムにおいて、長期に稼動しているものは、機器増設や部分リプレイスなどを実施している。このため、世代の違う制御機器や多種多様なネットワークが混在しており、設備の安定稼動や運用コスト削減を実現する上でボトルネックとなっている。

監視制御システムの設備保全の容易化を目的に、種々のネットワークや制御機器などのレガシー機器に対応したデータ収集装置を開発した。本装置は、制御機器の改造やネットワークの増設を不要とし、既存システムに影響を与えずに着脱が可能である。また、大量の収集データの中から必要とする保全情報を選択するフィルタ機能、ならびに関連した複数のデータをまとめるサマリ機能により、データ量を削減し、長期間のデータ蓄積と傾向監視を実現する。

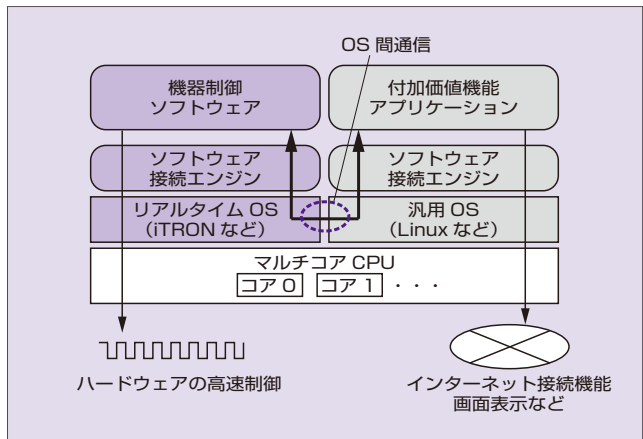
図4 データ収集装置の接続構成



⑤ 組み込み機器へのマルチ OS・マルチコア適用技術

近年、IoT への期待から組み込み機器に対する多機能化の要求が高まっている。リアルタイム OS と汎用 OS (Linux) などの異なる OS を単一のマルチコア CPU で動作させるマルチ OS・マルチコア適用技術を開発した。リアルタイム OS 上で動作する従来の制御機能と、汎用 OS の持つ付加価値機能（通信規格対応など）との連携動作や、複数コアでの同時実行による高速化を可能にすることで、組み込み機器の多機能化を容易にした。また、さまざまな言語で作成されたソフトウェアが OS に依存せず動作可能となるソフトウェア接続エンジンを開発した。これにより、組み込みソフトウェアがリアルタイム OS と汎用 OS のどちらでも動作可能となり、組み込み機器ごとに異なる性能要求に迅速かつ容易に対応することが可能となった。

図5 マルチ OS 適用時のソフトウェア構成の例

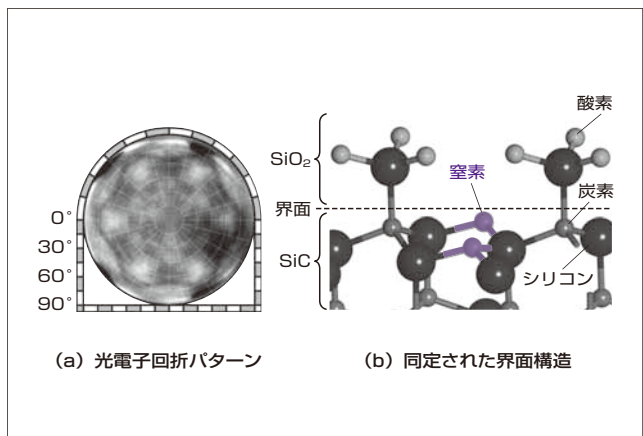


先端技術

① 光電子回折法による SiC 解析技術

SiC-MOSFET の低損失化には、MOS 界面 (SiO_2/SiC) の最適な設計が不可欠である。最適な界面設計を行うためには、界面を構成している元素の配列を原子スケールで知る必要がある。富士電機は、放射光 X 線を用いた光電子回折法により、特性が異なる実素子界面を評価した。光電子回折パターンから原子の位置を原子スケールの空間分解能で解析することにより、低損失化に寄与している窒素の原子配列が明らかになった。この情報を基に、理想的な界面設計のモデルを構築し、モデルに近づけるためのプロセス技術を適用することにより、従来よりも低損失の高性能 SiC-MOSFET を実現した。本研究の一部は、奈良先端科学技術大学院大学との共同研究で実施された。

図6 窒素の光電子回折パターンと同定された界面構造



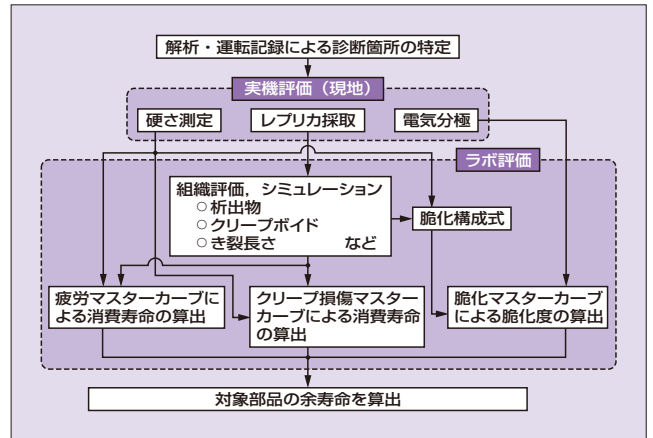
先端技術

② USC タービンの余寿命診断技術

火力発電プラントでは、高効率化のため蒸気温度を約600℃にまで高めたUSC (Ultra Super Critical) タービンが主流になりつつある。タービンを長期間使用すると、材料の経年劣化により、破損リスクが高まる。破損を未然に防止するためには、経年劣化を予測する余寿命診断技術が不可欠であるが、USC タービンでは劣化現象が複雑であるため、これまで精度の良い余寿命診断技術はなかった。

富士電機は、クリープや脆化などの劣化現象について、長時間試験やシミュレーションによってメカニズムを解明し、材料中の析出物の粒径などの変化から劣化現象を予測する寿命計算式の構築、および電気分極法などの非破壊検査法の適用により、高精度な余寿命診断技術を開発した。プラントの保守管理や安定的な発電に寄与していく。

図7 余寿命診断フロー

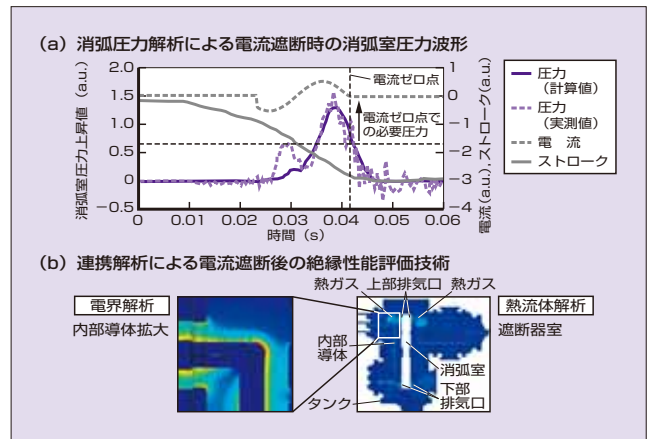


③ ガス絶縁開閉装置 (GIS) における電流遮断技術

富士電機は、IEC規格に準拠したガス絶縁開閉装置 (GIS) を開発した。この新型GISの開発では、新たな電流遮断技術を開発し、消弧室に機構部の操作力低減による小型・軽量化が可能な直列熱パuffa方式を採用した。

今回の電流遮断技術の開発では、ノズルのアブレーションを考慮した消弧圧力解析技術 (図(a))、可動接触子の移動や熱ガスの発生を考慮した高精度な電磁場-熱流体連成解析技術、電流ゼロ点でのコンダクタンス減衰過程推定による遮断性能予測技術、および熱流体解析と電界解析を連携して熱ガスによる絶縁ガスの密度低下を考慮した電流遮断後の絶縁性能評価技術 (図(b)) を構築した。これらの電流遮断評価技術を設計に展開することにより、第三者認証試験に合格した。

図8 構築した電流遮断評価技術

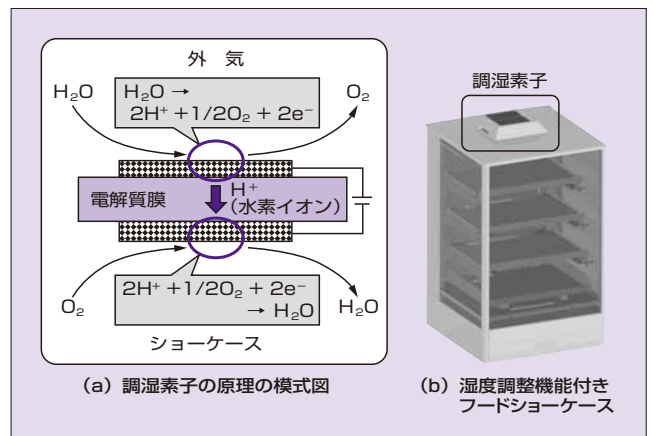


④ 湿度調整機能付きフードショーケース

食品の鮮度やおいしさを維持したまま、販売できる技術の要求が高まっている。富士電機では、保有する燃料電池の技術を生かし、フードショーケースの湿度を制御することにより、食品の鮮度やおいしさを保つ技術 (調湿素子) を開発している。図(a)に示すように、調湿素子に電圧を印加することで、外気に含まれている水分をO₂とH⁺(水素イオン)に分解する。生成したH⁺は、電解質膜を通して、ショーケース側に移動し水(水蒸気)を生成することができる。生成される水は原理的にきれいな水(水蒸気)であり、衛生的にフードショーケース内の湿度を制御することが可能となる。

今後、耐久性やメンテナンス性を向上させ、おいしさを維持できるフードショーケースの製品化を進めていく。

図9 調湿素子の原理と湿度調整機能付きフードショーケース



先端技術

⑤ 高圧交流直接入力をも可能としたマルチセル方式電源装置技術

富士電機では、データセンター向けに kV クラスの高圧交流を直接受電可能とし、中間変圧設備が不要となるマルチセル方式電源装置を開発した。主な特徴を次に示す。

(1) 高圧高周波変換回路

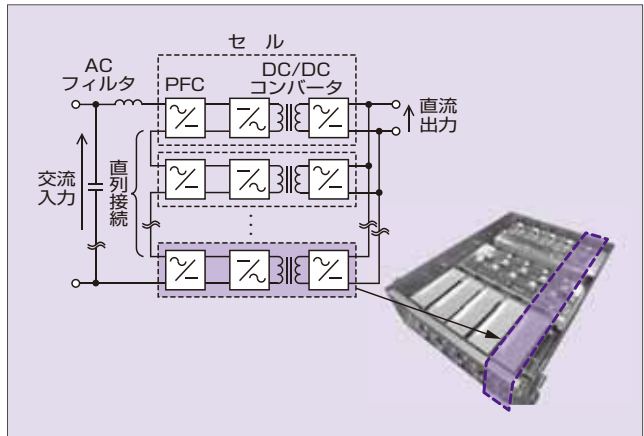
低耐圧スイッチング素子から成る変換回路（セル）の直列接続構成（マルチセル方式）で高周波動作を実現した。

(2) 小型化

マルチセル方式を利用したマルチレベル動作および 70 kHz の高周波スイッチングにより AC フィルタやトランスを小型化し、高耐圧にもかかわらずラックに搭載可能なサイズを実現した。

試作機の効率は定格出力時 96.0% であり、従来のシステム構成に対してシステム全体で約 12 ポイント向上した。

図 10 マルチセル方式電源装置の回路構成と外観



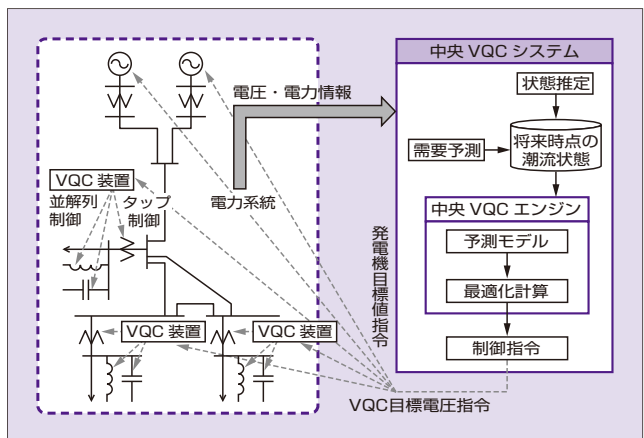
⑥ 次世代型中央電圧無効電力制御方式の最適化計算技術

発送電分離に向けて、送配電事業者には大幅なコスト削減要求が課されており、送電損失低減のための次世代型中央電圧無効電力制御方式（中央 VQC 方式）の導入が進むと予想される。中央 VQC 方式では、電力系統全体の送電損失の最小化を図るため、全系の電圧・電力情報の計測値を基に短時間で最適な電圧・無効電力制御目標値を計算する必要がある。富士電機では、目標値の計算を高速化する最適化計算技術の開発に取り組んでいる。特徴を次に示す。

(1) 最適化計算技術により、電力系統全体の送電損失が最小となる目標値を高速に算出できる。

(2) 需要予測や状態推定、VQC 装置の推定技術により、数分後の潮流状態を予測し、送電損失の低減効果を向上させる。

図 11 次世代型中央電圧無効電力制御方式

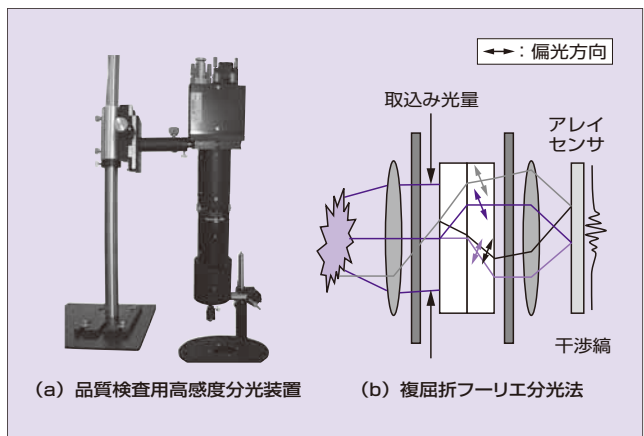


⑦ 非接触・非侵襲検査を実現する高感度分光技術

非接触・非侵襲で薬品や食品などの製造ラインのリアルタイム検査を実現する高感度分光技術を開発した。本技術には、複屈折フーリエ分光法を用いている。この方法は、スリットのない構造のため、光をむだなく集光することができ、微弱な光でも効率よく分光計測を行うことが可能となる。従来のスリットを用いる分散型分光器と比べて、検出感度は約 100 倍である。この技術により、今までオフラインで抜取りによって行っていた異物検査をオンラインでリアルタイムに行うことができる。

これらの特長を生かして薬品・食品の品質検査だけでなく、コンクリート構造物の劣化計測や生体の非侵襲計測などへの適用も進めている。

図 12 試作した高感度分光装置と複屈折フーリエ分光法





*本誌に記載されている会社名および製品名は、それぞれの会社が所有する
商標または登録商標である場合があります。