

研究開発 Research and Development

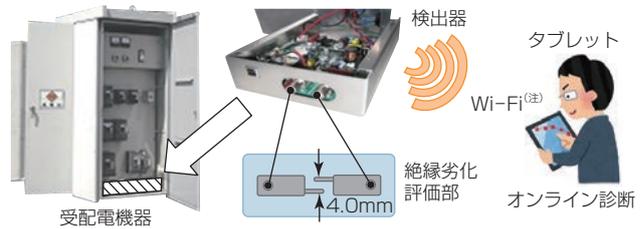
受配電機器絶縁物のオンライン劣化診断技術

Online Degradation Diagnostic Technology of Insulators for Power Distribution Equipment

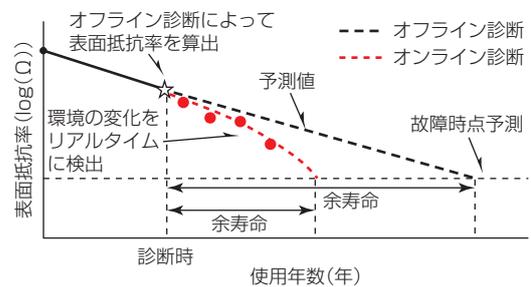
受配電機器は電気エネルギーを工場や建物へ供給する設備であり、長期間にわたり信頼性、安定性を確保して稼働することが要求される。受配電機器の効率的な保全や電気室の設計等を実施するために、機器の寿命を決定する絶縁物の余寿命診断技術が求められている。従来のオフライン診断では、機器の停止時に絶縁物の劣化状態を診断して余寿命を推定するため、湿度や大気中の酸性ガス濃度等の環境変化に対応できないことが課題であった。

今回、受配電機器絶縁物と同じ材料に一对の電極を形成した絶縁劣化評価部と検出器で構成する、オンライン絶縁劣化診断・余寿命推定システムを開発した。絶縁劣化評価部と検出器を受配電機器に設置し、絶縁劣化評価部に電圧を印加することで絶縁物の表面抵抗率を求め、余寿命を推定した。これによって、環境変化に対応してオンラインで絶縁物の余寿命を精度良く推定することが可能になった。

このシステムは既設の受配電機器を対象に、2017年度に製品化予定である。



オンライン絶縁劣化診断・余寿命推定システム



オフライン診断とオンライン診断での故障時点予測方法の違い

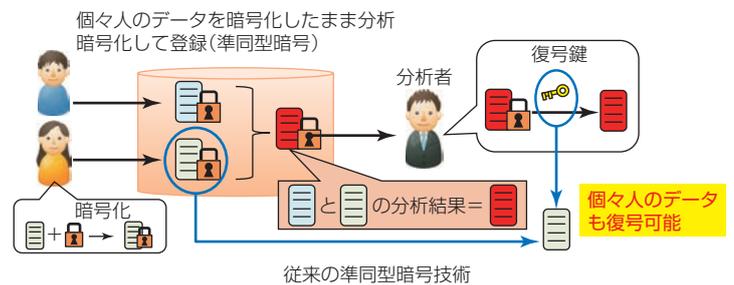
安全なデータ分析のための準同型暗号技術

Homomorphic Encryption Technology for Secure Data Analysis

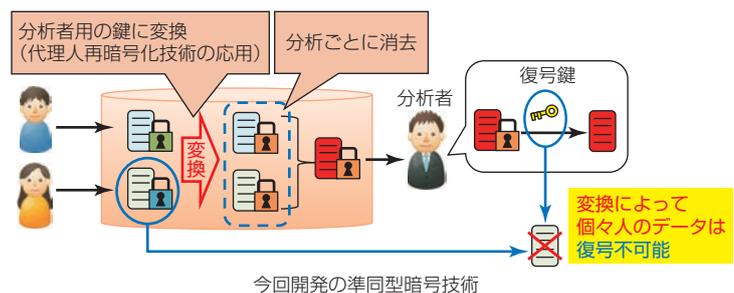
マルウェアによる被害増加に伴い、暗号化によるデータ保護の必要性が高まる一方、クラウドコンピューティングを利用したビッグデータ分析の要求も高まっている。このような背景から、データの暗号化と分析を両立させる準同型暗号が盛んに研究されている。準同型暗号を用いると、個人情報を暗号化した状態で複数の個人情報の分析処理が可能になる。しかし、従来の準同型暗号は、分析に用いた個々の暗号文を、分析者が復号できてしまう。つまり、暗号化したまま加算や乗算を行い分析する機能はあるものの、復号する範囲を分析結果だけに限定できない課題があった。

今回、分析者は、分析結果だけを復号でき、分析に用いた個々の個人情報は復号できない高い安全性を持つ新たな準同型暗号技術を開発した。具体的には、代理人再暗号化という暗号技術を用い、準同型暗号を拡張して解決した。代理人再暗号化は、通常の暗号化の機能に加え、復号せずに暗号文の復号者を変更する機能を持つ。この機能を応用し、個人情報の暗号文を分析可能な暗号文へと変換した上で分析処理を行い、分析者は分析結果しか復

号できない準同型暗号を開発した。変換された暗号文は分析実施ごとに削除することで、分析者は個々の暗号文は復号できず、強固な安全性が達成される。



従来の準同型暗号技術



今回開発の準同型暗号技術

分析権限制御可能な準同型暗号

公共交通シームレス化ソリューション

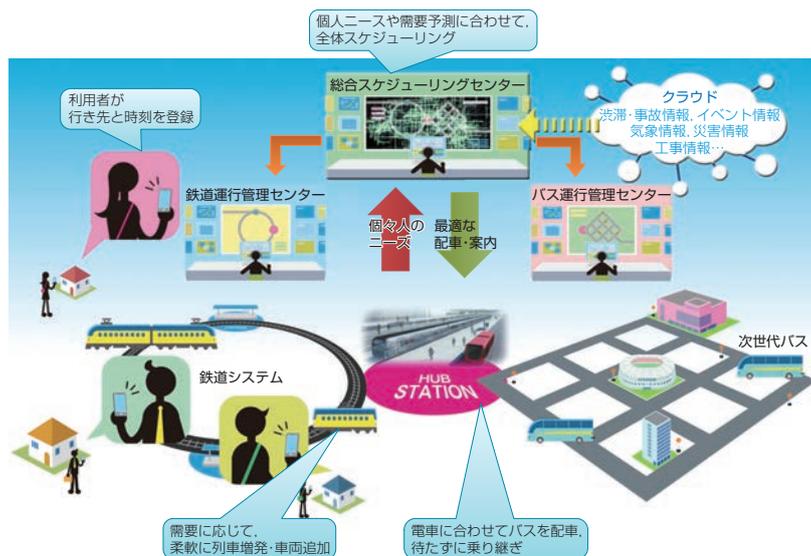
Solution to Seamless Transfer of Public Transportation

人口集中・高密度化が進む都市で、高齢者や障がい者も含む全ての人が安全・快適に生活するためには、交通システムの進化が不可欠である。無人運転自動車の技術進展に期待が高まる一方で、大規模移動需要や、渋滞・環境問題を考慮すると、大容量輸送を担う鉄道・バスなどの公共交通の活性化も不可欠である。そこで、将来のコンセプトとして、公共交通シームレス化ソリューションを提案する。

これまでの公共交通では、固定された運行計画に利用者が合わせている。しかし、このコンセプトでは複数の公共交通機関が連携し、利用者のニーズに合わせてオンデマンドに運行計画が変わる移動サービスを提供する。このサービスによって、乗換えの煩わしさ・待ち時間が解消され、移動が快適になり公共交通の活性化が期待される。

そのために、公共交通を横断的に管理する“統合スケジューリングセンター”で、利用者の移動リクエストを集約する。そこで、利用者の総移動時間をできるだけ短くするよう

に、鉄道やバスの全体最適スケジューリングを行う。個人々のニーズをできるだけ満たすには、鉄道やバスの隊列走行や完全無人運転技術による柔軟な運行の実現が鍵となる。さらに、状況変化に応じて適切な情報を利用者に伝える情報提供などの要素技術も併せて、このコンセプトの実現を目指す。



公共交通シームレス化ソリューション

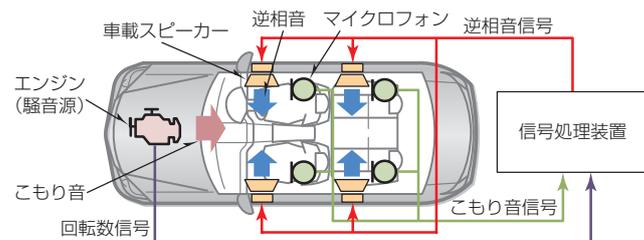
静かなクルマを実現するアクティブノイズコントロール

Active Noise Control to Realize Quiet Vehicle

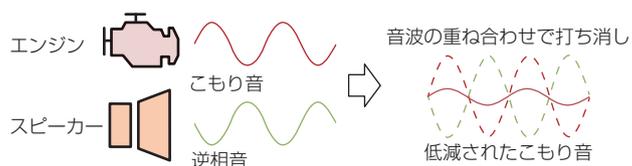
低燃費車では、エンジンの高効率化や車体の軽量化によるエンジンのこもり音の対策として、アクティブノイズコントロール技術の導入が進められている。この技術はスピーカーから再生する逆相音でこもり音を相殺するので、制振材や遮音材を用いる防音対策に比べ、質量の増加を伴わないため静音化と低燃費化の両立が可能となる。

しかし、従来の技術は低周波数域(30~150Hz)に限定され、より高い周波数域では効果が得られなかった。低周波数域ではこもり音の波長が長く座席間の位相差が小さいため逆相音の重ね合わせが容易だが、高周波数域では位相差が大きくなり、重ね合わせが難しくなるためである。

当社は各座席上に設けたマイクロフォンの信号の差分から座席間のこもり音の位相差を検出し、高周波数域のこもり音に対して精密な逆相音を生成する信号処理方式を開発した。これによって有効な周波数域を従来の約2倍の30~300Hzに拡大した。これはエンジン回転の2倍の周波数で発するこもり音に対して、回転数900~9,000回転に相当し、ほぼ全回転数域への対応を達成した。



アクティブノイズコントロールシステムの構成



アクティブノイズコントロールの原理



低域音と高域音の検出

研究開発 Research and Development

高解像度乱流解析による空力騒音の予測技術

Prediction Technique for Aeroacoustic Noise by High Resolution Turbulence Analysis

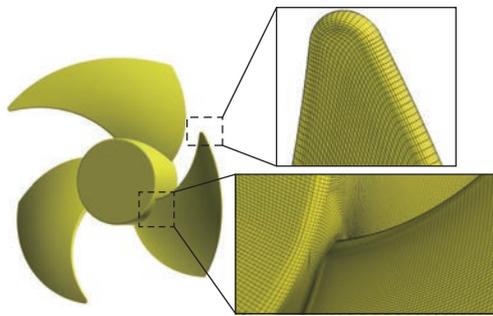
近年、空調機などの製品開発に数値解析技術の適用が進んでいるが、空力騒音はまだまだ実験評価が主流であり、試作・評価に多くの開発コストが費やされている。数値解析で空力騒音を予測するには、音源となる気流の乱れ(乱流)を高解像に解析することが必要である。

今回、スーパーコンピュータ京^(注)を活用し、計算負荷の高い送風機の空力騒音を高精度に予測することを試みた。送風機周りの気流を計算によって再現するには、計算格子と呼ばれる要素を用いて空間を分割しておき、送風機の回転に合わせて計算格子も一緒に回しながら流れの方程式を解く必要がある。

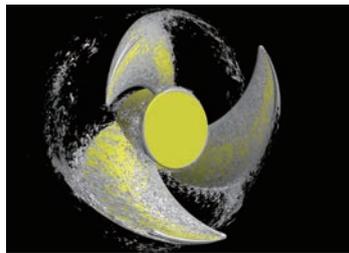
この開発では、高精度に計算するために次のような工夫

を行った。第一に、音源となる乱流を捉えられるよう、送風機の翼周りに発生する乱流のサイズを理論推定することで、表面や近傍の空間を適切に分割した。第二に、気流の向きや変化を精度良く捉えられるよう、多くの複雑な曲面を持つ翼に対して、極力、歪(ひず)みのない高品質な計算格子を作成した。第三に、計算格子自体の回転に伴って生じる数値誤差を低減できる解析モデルを導入した。これらによって、広い周波数範囲での高精度な予測(±5 dB以下、従来20dB以上)を実現することが可能となった。

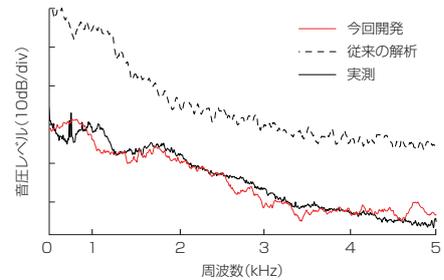
今後、更なる予測精度の改善を行うとともに、空力騒音が問題となる製品開発への適用を順次進める。



送風機周りの計算格子



スーパーコンピュータ京によって解析した送風機周りの乱流

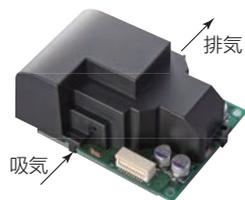


音圧レベルの周波数特性

PM2.5の濃度を高精度に検出する空気質センサ

High-precision Air-quality Sensor for PM2.5

レーザー光を利用して空気中のPM2.5^(*1)の濃度を高精度に検出するとともに、花粉やほこりの識別も可能にした世界初^(*2)の小型の光散乱方式空気質^(注)センサを開発した。微粒子から全方位に広がる散乱光を2個の集光ミラーで効率よく検出する独自開発のダブルミラー構造は、集光ミラー1個だけと比べて約1.8倍の散乱光を集光し、光検知器で微弱な散乱光をより正確に捉えることができる。さらに、センサ内部に空気を安定に供給する流量制御機能を搭載した。これによって、光検知器が一定流量中の粒子数を正確にカウントし、業務用測定器と同等の高精度な検出能力(相関係数R=0.98)を発揮できる。また、レーザー光による散乱光の偏光特性の違いから、粒子の大きさが同等で形状が異なる花粉やほこりを識別する。空気の流量制御とレーザー光の光

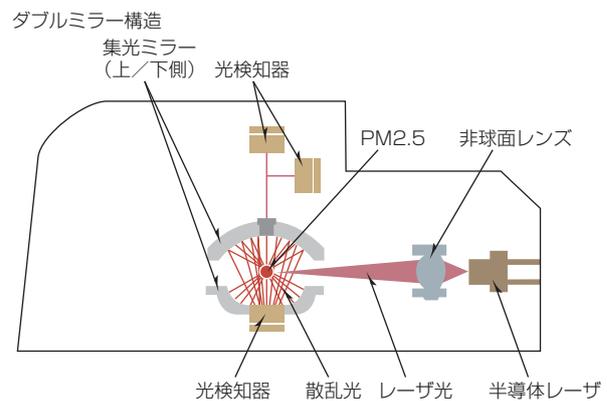


外形寸法 W67×D49×H35(mm)

空気質センサ(開発試作品)

路をともに確保するよう構成部品を適正に配置し、1つの小型光学系システムでPM2.5と花粉・ほこりの検出を可能にした。空調機器と連携し、空気質に応じた運転制御など、快適な生活空間づくりに貢献する。

- *1 粒径2.5μm以下の粒子状物質
- *2 2016年2月8日現在、当社調べ



空気質センサの構造(吸気側の垂直断面図)

次世代超大型望遠鏡TMTの分割鏡交換ロボット

Segment-handling Robot for Next-generation Thirty Meter Telescope(TMT)

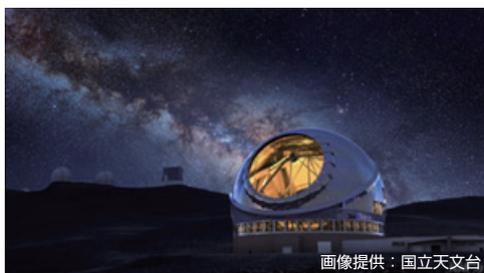
TMT^(注)(Thirty Meter Telescope)は、従来の望遠鏡の10倍を超える圧倒的な集光能力を実現するために、492枚の分割鏡から構成される口径30mの主鏡を備えている。この集光能力を維持するためには、1枚250kgある分割鏡を2年に1回全て交換することが必要である。

今回開発した“分割鏡交換ロボット^(*)”は、人の“目”となるビジョンセンサ技術と“手”となる力覚制御技術で構成している。ビジョンセンサ技術は、センサ周辺のチェッカーマークを鏡に映すことによって、計測が困難な鏡の位置と姿勢を正確に計測する。また、力覚制御技術は6軸の力覚センサによって、分割鏡にかかる1kg以下の反力を

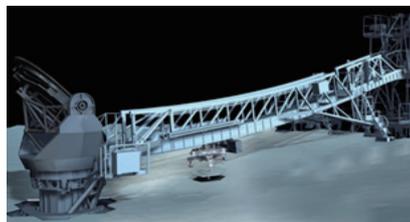
検出し、鏡への負荷が小さくなるようにロボットの位置と姿勢を制御する。また、250kgの分割鏡の重さで発生する構造変形の影響も考慮することで、わずか0.5mmの隙間の取付け軸に、過大な負荷をかけずに鏡を交換できる。この技術によって、交換作業に10人以上必要であるところを3人に省人化できるとともに、交換時間を60%削減でき、より多くの観測時間の確保に貢献できる。

この技術開発は、大学共同利用機関法人自然科学研究機構国立天文台との契約の下で実施された。

*1 2016年度グッドデザイン賞で、グッドデザイン・ベスト100とグッドデザイン特別賞(未来づくり)を受賞した。



ハワイ島マウナケア山頂のTMT建設イメージ
画像提供：国立天文台



分割鏡交換システム(主鏡にかかる15mのブリッジとブリッジ下を走行する分割鏡交換ロボット)



分割鏡交換ロボット

観測軌道変動に頑健な合成開口レーダ技術

Robust Motion Compensation Algorithm for Synthetic Aperture Radar

合成開口レーダは、昼夜天候によらず地表の画像を取得できる利点があり、災害発生時の迅速な状況把握手段として期待されている。しかし、直線軌道を飛行して取得した受信信号の合成を前提としているため、ヘリコプター等の小型航空機に搭載した場合、軌道が直線から外れて受信信号に誤差が生じ、画像がぼける。

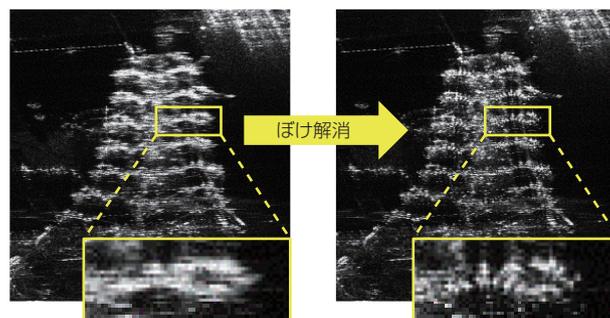
観測領域の一地点を基準点として誤差補償する従来法では、基準点付近だけ焦点が合い、水平・高さ方向に基準点から離れた地点ではぼけるという課題があった。今回、まず観測領域を平面と仮定し、平面上の各地点で誤差を補償することで水平方向のぼけを解消した。さらに、平面の高さを複数設定して平面ごとに画像を生成し、生成した画像から焦点の合った領域を抽出して合成することで、高さ方向のぼけを解消した。



航空機搭載合成開口レーダによる観測

各画像から焦点の合った領域を抽出するには、焦点が合うほど画像の自己相関係数が小さい特性を利用し、自己相関係数が小さい画像領域を抽出した。

実際に合成開口レーダを航空機に搭載して取得した受信信号に今回開発した技術を適用したところ、従来法でぼけが生じた高さ200mの鉄塔でも焦点が合うことを確認した。今回開発した技術によって、小型航空機に合成開口レーダを搭載しても、観測領域内全てで焦点の合った画像が得られる。



従来方式

開発方式

鉄塔(高さ200m)の画像比較

研究開発 Research and Development

高熱伝導性絶縁シート適用ヒートシンク一体型パワーモジュール

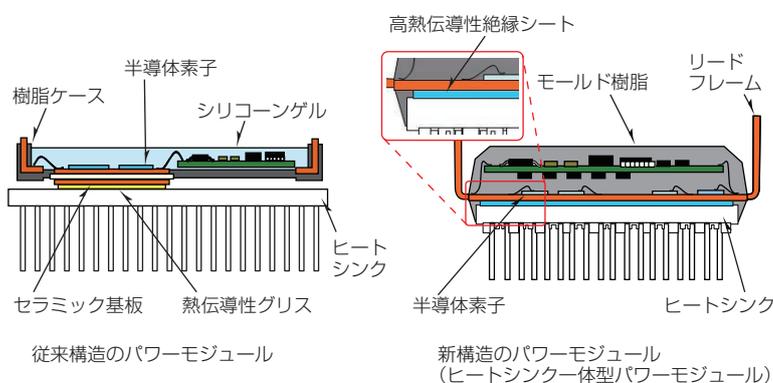
Heat-sink-integrated Power Modules with High Thermal Conductivity Insulating Sheet

高熱伝導性絶縁シートを適用したヒートシンク一体型パワーモジュールを開発した。

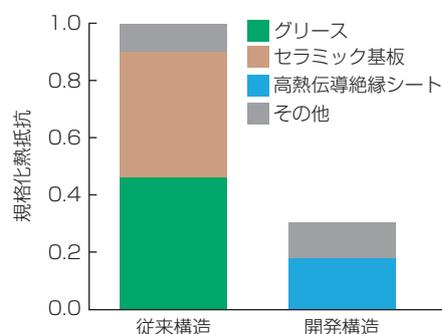
従来構造のパワーモジュールでは、熱伝導性グリスを介してヒートシンクに放熱していたが、モールド樹脂封止を採用した新構造のパワーモジュールでは、モジュールとヒートシンクを一体化することで放熱性と信頼性を向上させた。半導体素子が実装されたリードフレームとヒートシンクとの一体化を実現するには、高熱伝導性絶縁シートが

必要である。絶縁シートは、高熱伝導化することで接着性が低下して剥離しやすくなるため、絶縁シートの最表面の樹脂量を制御することで接着に対する信頼性を改善した。その結果、放熱性の指標となる熱抵抗を67%低減することができた。モールド樹脂で封止することによって、従来品と比較してパワーサイクル試験での信頼性が向上し、寿命が2.5倍となった。

開発したヒートシンク一体型のパワーモジュールは、当社の汎用インバータに量産適用している。



パワーモジュールの構造比較



熱抵抗の比較

プラズモニクス技術による波長・偏光検知非冷却赤外線センサ

Wavelength and Polarization Selective Uncooled Infrared Sensors Using Plasmonics Technologies

従来の非冷却赤外線センサでは不可能であった、特定の波長及び偏光を検知するセンサを開発した。このセンサでは、受光部表面に金属周期構造を形成し、赤外線で誘起される表面プラズモン(光電磁波と金属電子の共鳴振動)を制御するプラズモニクス技術によって、特定の波長と偏光だけを吸収する。

図1に示すように、波長4 μm 及び7 μm だけをそれぞれ吸収する波長選択型赤外画像センサを作製し、波長4 μm で

発光する光源を撮像したところ、この波長の光だけを検知する画素領域で画像を得ることに成功した。さらに、図2に示すように、一次元周期的に形成された金属溝構造を吸収体に用いた単画素センサを作製し、X方向及びY方向の電界だけを持つ赤外線(X偏光及びY偏光)に対するセンサの分光感度特性を測定したところ、溝方向に対して垂直なX偏光だけを広帯域に検知することに成功した。このように、プラズモニクス技術を用いてセンサ受光部の表面構造を制御するだけで、特定の波長及び偏光を検知することが可能になった。

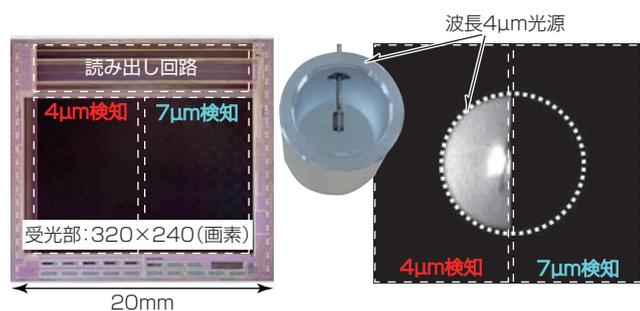


図1. 波長選択赤外画像センサと撮像画像

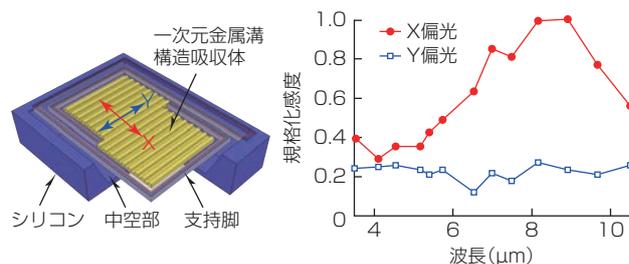


図2. 偏光選択画素構造と偏光特性

Office 365活用によるグローバルIT基盤の整備

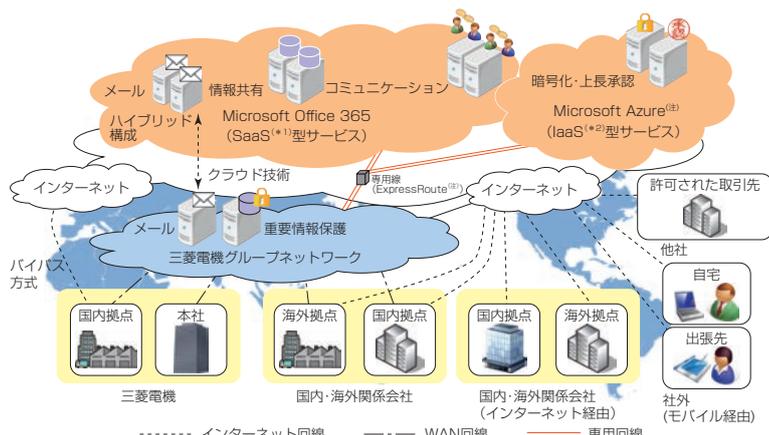
Upgrading Global IT Platform by Making Most Use of Office 365

当社グループ全体のセキュリティ強化と業務生産性向上を目指し、日本マイクロソフト(株)の統合型情報共有クラウドサービスであるOffice 365^(注)を活用したグローバルIT基盤を整備した。

当社グループでは、これまで事業個別に最適化された情報共有・コミュニケーションの基盤を構築して独自の運用を行っていたため、統一的なセキュリティ対策が困難、拠点間や組織間連携に時間を要するという課題があった。そこで、全世界で導入実績が多いOffice 365をグループ統一のIT基盤とすることで、この課題の解決を図ることとした。しかし、Office 365は優れたセキュリティや業務生産性向上を図るツール群を包括したサービスを提供しているが、当社の独自要件を満たしていない。そのため、当社設備とIaaS(Infrastructure as a Service)型サービスである日本マイクロソフト(株)のクラウドプラットフォームMicrosoft Azureを組み合わせ、Office 365だけで実現できない当社独自要件で

ある自動暗号化や上長承認等の機能を実装した。また、外部サービスの利用に伴う通信量増加や品質保証の懸念に対しては専用線接続、バイパス方式で解決した。

今後、海外を含めて当社グループ約300社(約14万人)に対して順次展開し、グループ全体のセキュリティ強化と業務生産性向上を図る。



*1 Software as a Serviceの略。必要な機能が必要な分だけ、サービスとして利用できるようにしたソフトウェア又はその提供形態。
*2 ハードウェア、ネットワーク等のインフラストラクチャーを、インターネットを通じたサービスで提供する形態。

三菱電機のグローバルIT基盤サービス

製品の性能・生産性向上を支える高精度・高速調芯技術

High-precision and High-speed Alignment Technologies for Improving Performance and Productivity

当社の製品群のうち、レーザ・複写機などの光学機器、圧縮機・サーボモータなどの回転機器、衛星用アンテナ・粒子線加速器などの電磁気機器は、光軸・回転軸・電波軸をマイクロメートルオーダーの高精度に組立て調整することで、要求される性能・品質を確保している。この軸の調整組立てを調芯といい、従来、熟練者による手作業で行っていた。近年、製品の高性能化の要求が高まっていることから、一段高いレベルでの精度と生産性が求められている。当社は、図1に示す調芯要素のうち、自動化に適した①計測技術、②調整アルゴリズム、③高精度の調整機構・プロセス、④調整位置からのずれを抑える固定技術を、複数製品に共通する基盤技術として確立した。ばらつきを含め従来技術・熟練ス

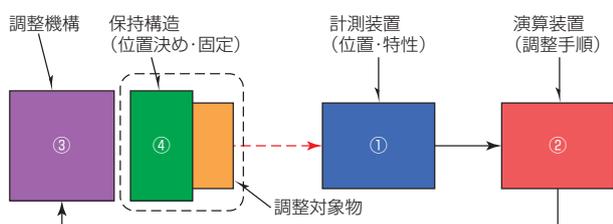


図1. 調芯の要素とフロー

キル以上の精度と速度を両立可能なことを実証し、図2に示す対象製品群の製品構造と製造設備に順次適用してきた。

今後、工程間のデータ連携機能の強化や人工知能の応用によって精度・生産性の更なる高度化を図るとともに、適用対象製品を拡大していく予定である。

<p>光軸</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 光通信モジュール ● 映像用レーザ光源 ● レーザ加工機 ● 密着イメージセンサ ● 衛星搭載望遠鏡 	<p>集積型 TOSA</p> <p>CO₂レーザ加工機</p>
<p>回転軸</p> <ul style="list-style-type: none"> ● サーボモータ用エンコーダ ● 空調用圧縮機 ● 換気扇 	<p>サーボモータ用エンコーダ</p>
<p>電波軸</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 衛星用アンテナ ● 粒子線加速器 	<p>衛星用アンテナ</p>

TOSA: Transmitter Optical SubAssembly

図2. 調芯技術の適用製品群