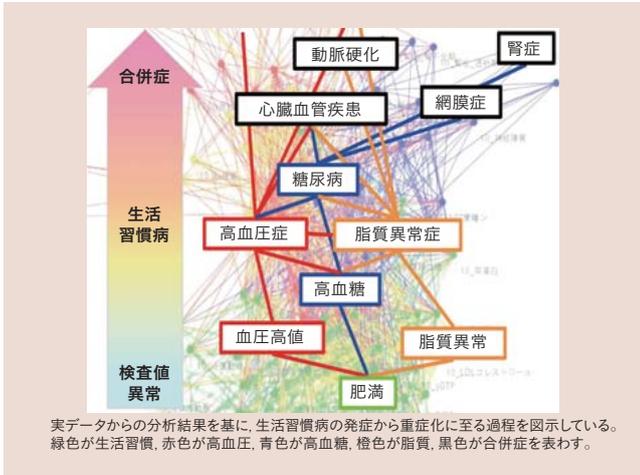


# 研究開発



1 開発技術によって構築した生活習慣病の予測モデルの一例

## 1 特定健診とレセプトデータから生活習慣病の発症率と医療費を予測するモデル

健康保険組合（健保）による費用対効果の高い保健事業の実現を目的に、健保が保有する特定健康診査（特定健診）と診療報酬明細書（レセプト）の情報を用いて、将来の生活習慣病の発症率と医療費を予測するモデルを開発した。

開発技術は、データに潜むパターンや規則性などを自動で導き出す機械学習を用いて、検査値、問診結果、傷病名、診療内容、診療報酬点などの多数の項目間の関連性を計算することで、疾病の発症から重症化に至る過程をモデル化するものである。これにより、従来の疾病別のモデルとは異なり、例えば、糖尿病、高血圧症、脂質異常症との間の影響など、疾病相互間の影響を考慮したモデル構築を可能にした。

日立健康管理組合の約11万人のデータを用いて開発した技術の有効性を検証したところ、平均誤差5%以内で生活習慣病の医療費総額を予測できる見通しを得た。このモデルの活用により、健保の加入者の健康課題の抽出や、将来の医療費に基づく保健事業の選択が可能になり、より高い医療費抑制効果が期待できる保健事業を実現できる。

## 2 脳の神経変性疾患の早期診断を支援するMRI計測技術

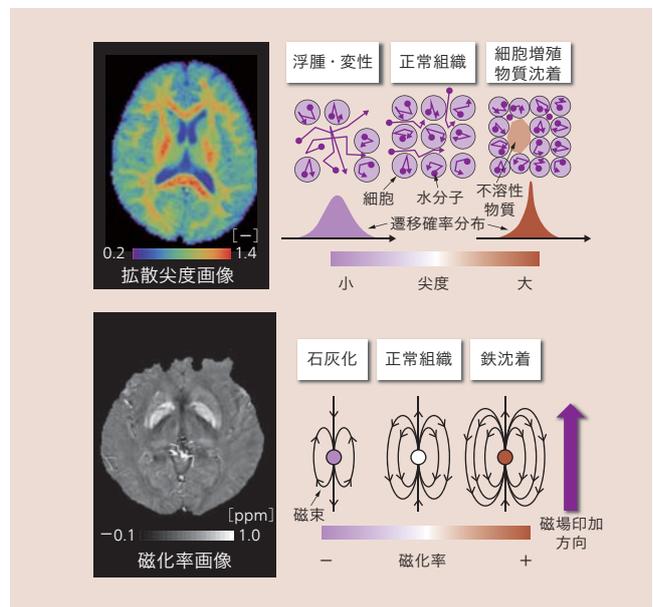
脳の神経変性疾患の早期診断を目的としたMRI (Magnetic Resonance Imaging) の診断アプリケーションとして、DKI

(Diffusion Kurtosis Imaging) およびQSM (Quantitative Susceptibility Mapping) を開発した。

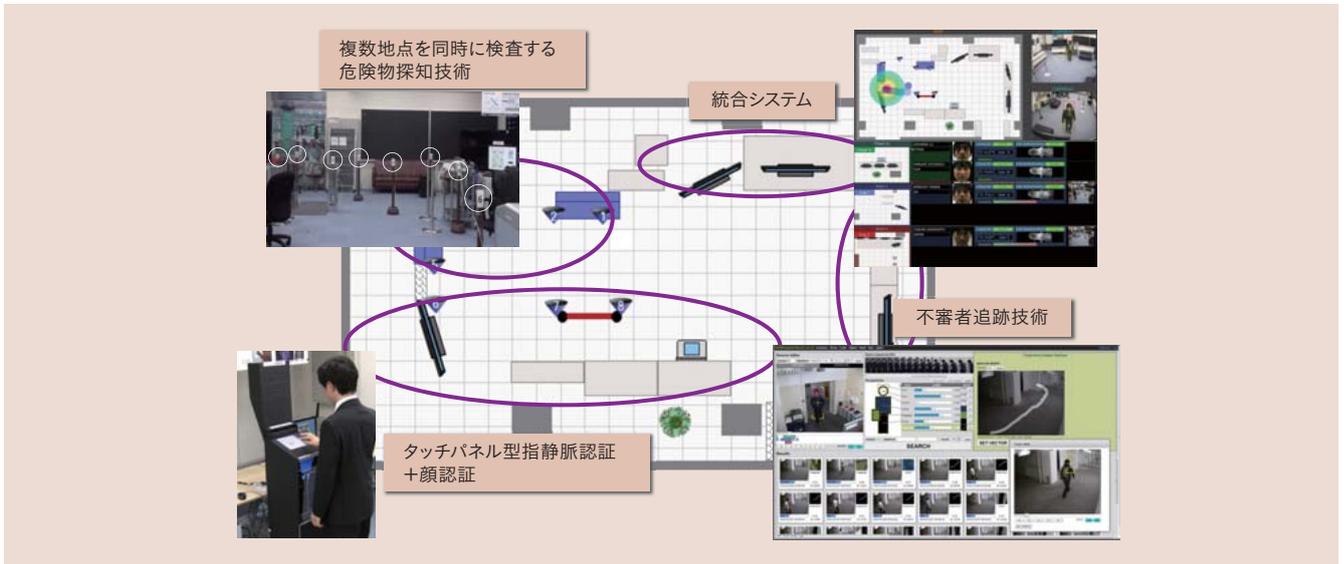
パーキンソン病やアルツハイマー病などの神経変性疾患は、発症初期の身体的な症状が類似している疾患が多く、早期に鑑別する診断技術が求められている。これまでは、脳が大きく形態変化しているMRI所見で診断していたため、病気が進行した状態でしか鑑別診断することができなかった。

DKIは、水分子の拡散運動が組織構造によって制限される度合いを、遷移確率分布の尖（せん）度 (kurtosis) によって評価する手法であり、組織内の細胞密度の増減や不溶性物質の多寡を可視化することができる。一方、QSMは、局所の磁場の乱れ（磁化率）を定量的に算出する手法であり、組織内鉄濃度の変化などを可視化することができる。DKIおよびQSM解析によって、発症初期で起こる白質・灰白質構造の軽微な変化を可視化することで、複数の神経変性疾患を網羅的に早期鑑別する手法の確立が期待されている。開発技術を一般の臨床検査で実現するため、誤差伝搬解析によって計算誤差が最小となる撮像条件を抽出することで撮像時間を短縮し、さらに可視化演算時におけるアーチファクト（偽像）を抑制する高速・高精度な画像処理アルゴリズムを開発した。

現在、岩手医科大学と共同で臨床研究を進めており、早期鑑別診断の有用性を検証中である。



2 DKI (上) と QSM (下) の概要



3 トレーサブルフィジカルセキュリティのプロトタイプ

### 3 大規模重要施設向け 本人認証・危険物検知・不審者追跡技術

テロや凶悪犯罪が発生する昨今、社会の安全・安心を保証するためのセキュリティシステムに対する期待が大きい。そのため、人や物に対する安全性を認識する仕組みや、蓄積されたデータの中から適切な情報を迅速に抽出する手段が必要とされている。

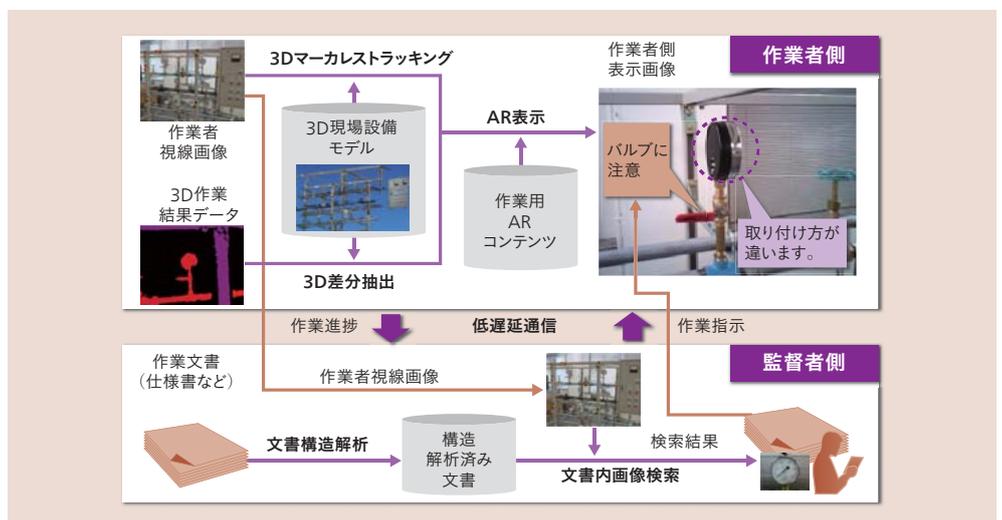
これらを実現する場として大規模公共施設を想定し、その際、高いセキュリティ性と利便性という相反する特長を両立するために必要な機能について検討した。人に対する安全性を保障する仕組みを、トレーサブルフィジカルセキュリティという概念でまとめた。プロトタイプでは、タッチパネル型指静脈認証装置と顔画像認証の連携による個人認証技術、多点サンプリングによるエリア内の爆発物検知システム、エリア内のセキュリティ状況を一元管理できる

情報統合ビューワ、監視カメラの蓄積映像に対して多角的に不審者を検索できるマルチパースペクティブサーチを組み合わせて構築した。

### 4 ARと3Dデータ処理を用いた遠隔作業支援技術

近年、海外の現地技術者や作業者を日本から支援したいというニーズが高まっており、この課題を解決する手段として遠隔作業支援技術が注目されている。

開発した遠隔作業支援技術では、作業者の視野に情報を直接表示するAR (Augmented Reality: 拡張現実) 技術を用いることにより、現場作業者と遠隔地の監督者がAR映像と作業進捗情報をリアルタイムで共有することができる。また、AR映像中の設備や部品の画像を検索キーとして監督者が検索したマニュアルなどの情報や作業指示を、



4 ARと3Dデータ処理を用いた遠隔作業支援システム

作業者の視野に直接表示することが可能である。さらに、作業完了時に想定される3D(三次元)データと現場で取得した3Dデータの比較技術を用いて適切な状態で作業が進捗しているかをリアルタイムで判定することにより、監督者による作業状況の確認を支援する。

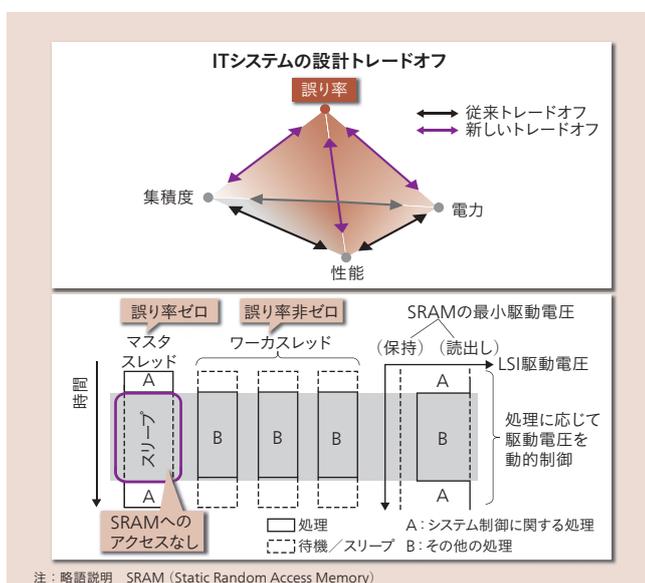
開発技術は、精度の高い遠隔作業支援を実現できるとともに、今後、減少が懸念されている熟練技術者の技術・技能の伝承にも貢献できると期待される。

## 5 許容誤り率に応じてLSIの駆動電圧を最適化するITシステム省電力化技術

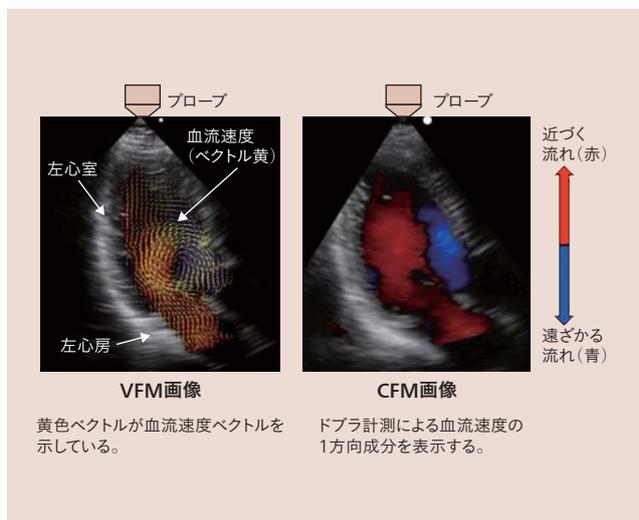
IT (Information Technology) システムの性能向上を牽引(けん)引してきたLSI (Large-scale Integration) の微細化は、今やナノメートルのオーダーに近づき、内部のトランジスタ特性のばらつきによるビットエラーが問題となっている。ビットエラーはLSIに高い電圧を加えることで防ぐことができるが、低電力化の障壁となる。

このような背景の下、従来考慮されてきた性能、電力、LSI集積度に加え、アプリケーションのサービス価値を維持できるデータ誤り率(許容誤り率)をパラメータとすることで、LSI駆動電圧を最適化して電力効率を向上するITシステム的设计指針を考案した。また、これを実現する技術として、システム制御に関わる処理は誤り率がゼロになるよう駆動電圧を維持し、他の処理は許容誤り率に応じて駆動電圧を低減することで、システム障害を起こさずに電力効率を向上する処理方式を開発した。

開発した技術により、今後LSI微細化に伴う物理デバイスのばらつきが避けられない中で、ITシステムの大幅な電力低減が実現できる。



5 ITシステム的设计指針(上)、許容誤り率に応じてLSI駆動電圧を制御する処理方式(下)



6 左心房から左心室へと流れる血流を表示した血流可視化技術

## 6 心臓超音波VFM技術

心疾患の早期診断を目的として、心臓内の血流速度ベクトルを非侵襲的に可視化する超音波VFM (Vector Flow Mapping) 技術を製品化<sup>\*1)</sup>した。

従来技術であるCFM (Color Flow Mapping) は、血流速度ベクトルの1方向成分しか計測できなかった。開発した技術では、CFM計測結果と流体力学モデルを組み合わせることでその課題を解決し、血流速度ベクトル算出を可能とした。

VFM技術の実用化には、算出した速度ベクトルの精度検証が必須であったが、心臓内の血流速度を精度よく計測する手段がなかった。そこで、心臓内の流れ場をレーザによって可視化するため、拍動する透明<sup>\*2)</sup>な模擬心臓を作成し、超音波計測とレーザ計測との比較が可能な検証システムを構築した。これにより、VFM技術の製品化が大きく前進した。

今後、臨床現場からの声を反映させることでVFM技術を発展させ、医師や患者にさらなる価値を提供していく。

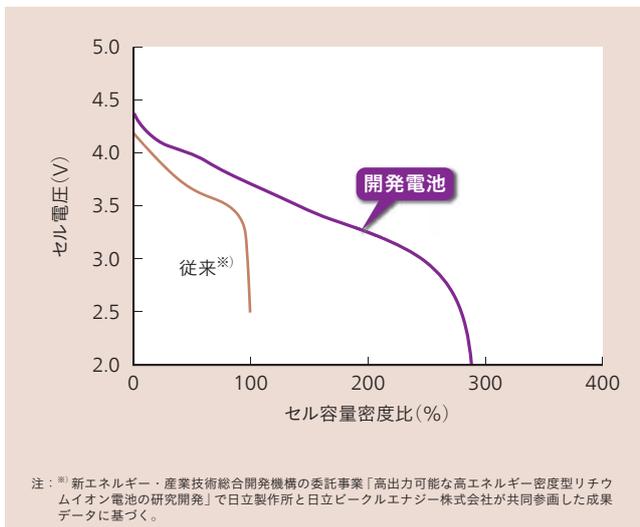
\*1) 2013年7月に日立アロカメディカル株式会社より製品化。

\*2) 模擬血液と模擬心臓の光学的な屈折率を一致させている。

## 7 電気自動車用高エネルギー密度型リチウムイオン電池

電気自動車用リチウムイオン電池の高エネルギー密度化要素技術として、セルの容量密度を向上するための高容量正負極材料技術および材料の電極化・厚膜化技術を開発し、セル容量密度比を従来に対して約2.8倍に向上させた。

この要素技術を適用した30 Ah級セルにおいて、エネルギー密度335 Wh/kg、出力密度1,600 W/kgを達成してい



7 開発した高エネルギー密度型リチウムイオン電池の放電特性

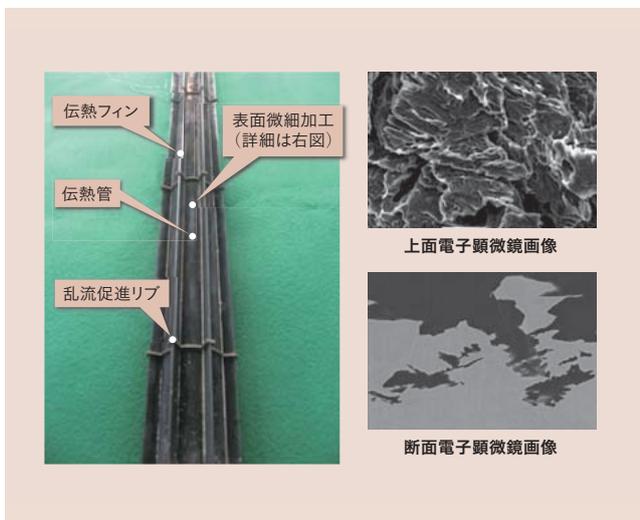
る。これは、エネルギー密度に換算して約2.6倍に相当し、電気自動車の航続距離の大幅な増大が期待される。

今後も、開発した要素技術を用いてリチウムイオン電池の長期信頼性などの評価と課題解決に努め、電気自動車の普及のための研究開発に取り組んでいく。

なお、この研究は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の助成事業「リチウムイオン電池応用・実用化先端技術開発事業」の一環として実施している。

## 8 原子炉の固有安全化技術

大規模自然災害が発生した場合でも、ポンプやファンなどを駆動する電源を用いることなく原子炉を長期間冷却し、放射性物質の環境への放出の抑制に寄与する、原子炉の固有安全化技術を開発している。具体的には、空気の自然循環力を用いた空冷システムと、ポンプなどを駆動する



8 空気の除熱性能向上技術を適用した伝熱管

電源を用いない水冷システムとを組み合わせたシステムを検討している。

通常、空気による除熱性能は低く、空冷システムを実用化するには、空気による除熱性能を向上させ、空冷熱交換器を合理的なサイズまで小型化することが必要である。そこで、熱交換器を構成する伝熱管に、マイクロメートルサイズの微細な凹凸を生成（表面微細加工）するとともに、空気の流れを攪拌（かくはん）するミリメートルサイズの突起（乱流促進リブ）、空気の流れを阻害しない鉛直方向の伝熱フィンを設置することで、空気による除熱性能を約2倍に向上できる技術を開発した。

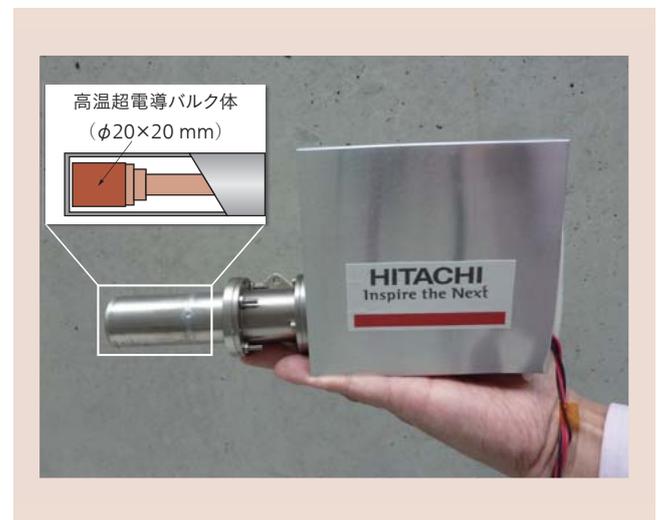
この技術により、原子炉の冷却に必要な伝熱管の本数が約半分となり、空冷熱交換器の体積を約 $\frac{1}{2}$ と合理的なサイズまで小型化することが可能となった。

## 9 超小型超電導バルク磁石

MDDS (Magnetic Drug Delivery System) での利用を想定した、手のひらサイズの超電導磁石を開発した。

MDDSとは、患部へ磁場を印加し、磁性体含有した薬剤を患部に集中させて薬効を向上させる手法である。この手法では、ナノメートルオーダーの磁性体を誘導するため、強い磁場を発生でき、かつ取り回しのよい小型超電導磁石が必要となる。そこで、従来の超電導体と比べて高い温度で超電導化する高温超電導バルク体を使用することで、冷却能力が低い小型の冷凍機での冷却を可能とした。これにより、手のひらサイズで医療用MRI並みの3テスラ以上の静磁場を発生する超小型超電導バルク磁石を実現した。

今後は、MDDSだけでなく、別用途への応用も検討していく。



9 超小型超電導バルク磁石



10 EMIEW2の曲がり角の死角を避ける様子(左)、対話する様子(右)

## 10 人間共生ロボットEMIEW2

EMIEW (Excellent Mobility and Interactive Existence as Workmate) 2は、公共空間での案内サービスを目的に開発した人型ロボットである。今回、人との親和性向上のために、機械学習を用いて、回避技術と対話技術を進化させた。

進化した回避技術では、移動環境内の人々の歩行位置と速度を学習し、センサーで見える歩行者だけでなく、曲がり角の向こう側など、センサーでは見えない「死角」からの人の飛び出しをあらかじめ推定して回避する。死角に近づかざるを得ないときは安全のため減速する。

また、対話技術の進化により、質問への柔軟な回答が可能になった。この技術ではDeep Learningを用いて学習した質問理解モデルにより、想定外の質問であってもその対象と属性を認識し、適切な回答をする。さらに、うなずきや首をかしげる動作から相手の理解度を推定し、自然な回答を行う。

今後も、実用的なサービスを実現する技術の開発に努める。

エネルギー効率約93%を達成する11 kWアモルファスモータの試作に成功している。今回、産業用モータの国際高効率規格の最高レベルであるIE5<sup>※</sup>)を達成するアモルファスモータを開発した。試作した11 kWアモルファスモータは、従来モータの体格以下で、IE4クラスのモータから損失をさらに3割低減し、96%の効率を実現できることが確認できた。

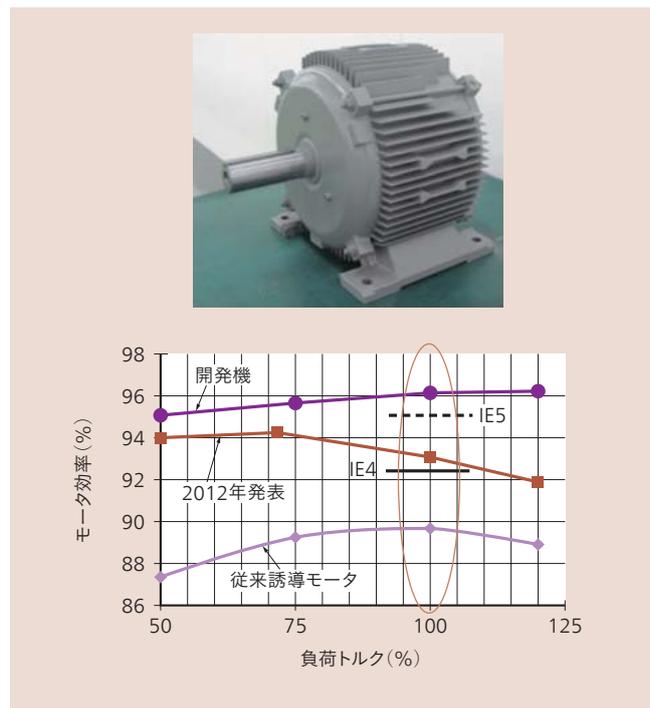
なお、この技術の一部は独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構の「希少金属代替・削減技術実用化開発助成事業」を受けて実施し、実用化開発の過程において、さらなる電力削減要求へのニーズに対応して開発したものである。

※) IEC (国際電気標準会議) のIEC60034-30/31で示されているモータの効率ガイドライン。

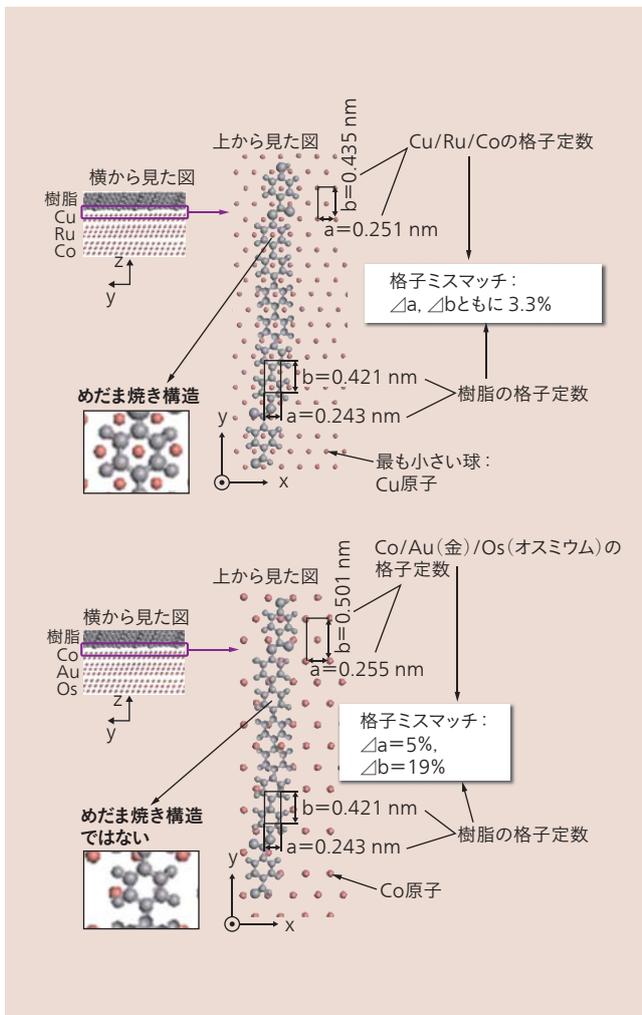
## 11 国際効率規格IE5を達成したアモルファスモータ

近年、地球温暖化などの環境問題に対する社会的関心の高まりから、電気機器の効率を高める技術が注目されている。モータにおいては、米国で2010年からIE3以上のモータ使用の義務づけられており、日本でも2015年度から同様の規制が開始されるなど、省エネルギー化の観点から、産業用機器などにおける高効率モータのニーズが各国で高まっている。

日立は、アモルファス金属を鉄心に採用し、モータの効率を大幅に高めることができる、アキシシャルギャップモータの開発を推進してきた。2012年には、IE4<sup>※</sup>)に適合する



11 IE5の効率レベルを達成した11 kWモータ試作機の外観(上)、11 kW試作機のモータ効率比較(下)



12 樹脂とCu/Ru/Co が接合された密着強度の高い界面(上)および樹脂とCo/Au/Os が接合された密着強度の低い界面(下)での原子配列計算結果

## 12 直交表と分子シミュレーションを応用した樹脂/金属界面の高密着化

樹脂材料は、軽量化に適していることから、電子部品から電力機器に至るまでさまざまな製品に使われている。しかし、金属やセラミックスなどの無機材料とは密着性が低くなってしまふ場合が多い。そこで、直交表と分子動力学シミュレーションを組み合わせ、樹脂との密着強度に優れた金属材料を効率的に設計できる技術を開発した。

この技術を用いて、密着強度を高めるうえで最も重要な因子を特定した結果、樹脂と金属の格子ミスマッチが重要であり、これが小さいほど密着強度が高くなることを明らかにした。格子ミスマッチとは、原子配列の不整合性を示すパラメータであり、単位格子の短辺 $a$ と長辺 $b$ の相対的な差として $\Delta a$ と $\Delta b$ が定義できる。半導体に用いられるポリフェニル樹脂との密着強度に優れた金属積層膜を設計した結果、Cu(銅)、Ru(ルテニウム)、Co(コバルト)を積層した場合に樹脂との格子ミスマッチが3.3%と小さくなり、Cuのみでできている薄膜と比較して密着強度が30%向上することが分かった。ベンゼン環の中央にCu原

子がのぞき込めるような「めだま焼き構造」が連続して並ぶことで、分子間結合を強め合うことが高密着性の機構である。

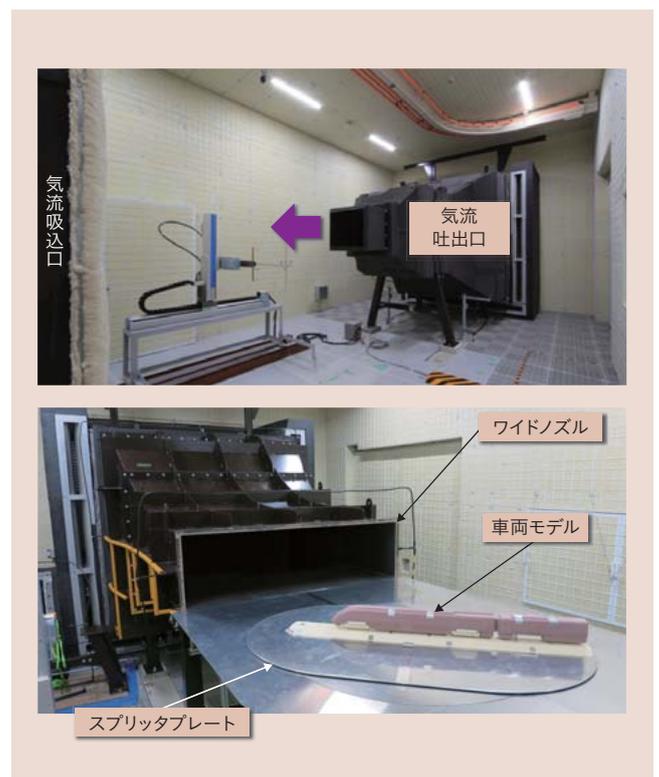
今後は、モータ用エナメル線、リチウムイオン電池用電極などの設計にも適用していく予定である。

## 13 高速鉄道車両や欧州向け鉄道車両の開発強化に向けた風洞設備

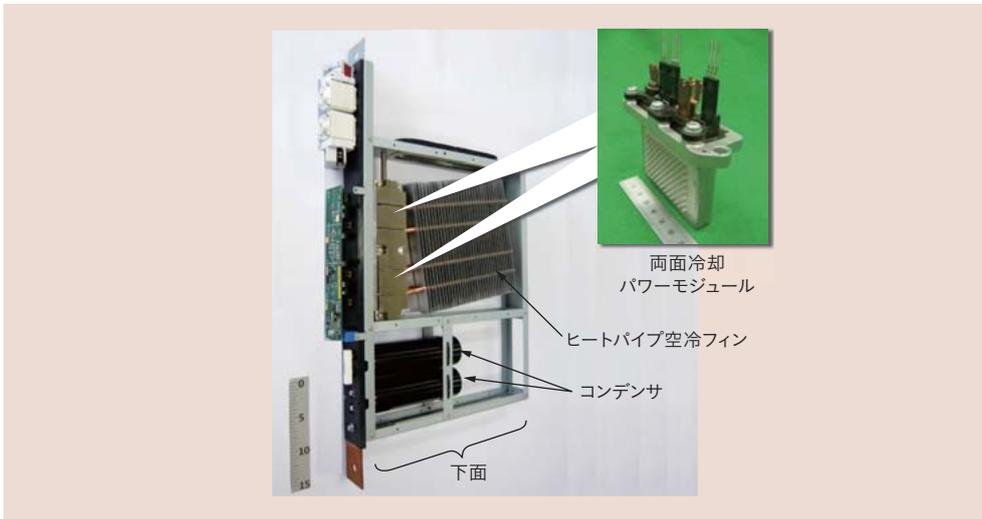
高速鉄道車両の騒音低減や、欧州向け鉄道車両の強風に対する安全性向上を目的とした風洞設備を開発した。

この風洞設備は、車両の走行によって発生する気流を再現し、その気流から発生する騒音を予測するものである。今回、気流を作り出す送風機の性能向上に加え、送風機から気流の吹出口に至る気流路の形状について最適化を図ることにより、気流の最大速度を従来の時速180 kmから時速420 kmまで高速にすることが可能になった。これにより、高速鉄道が最高速度で走行する際に発生させる気流の状態に近づかせることができ、走行によって発生する騒音を高精度に予測できる。また、この風洞設備は、欧州規格EN14067-6で定められている安全性評価仕様に準拠した車両安全性評価試験設備も有しており、欧州向けの車両開発に必要な、強風に対する車両安全性の事前検証が可能となった。

今後、開発した設備を活用し、より安全・快適・省エネルギーな鉄道車両の開発を推進していく。



13 開発した風洞設備の測定室(無響室)内(上)、車両安全性試験設備(下)



14 モジュラー型電力変換ユニット (左), 両面冷却パワーモジュール (右)

## 14 両面冷却パワーモジュールによる産業用電力変換器の小型化技術

冷却性能に優れた両面冷却パワーモジュールを用い、さまざまなシステムに共通に適用可能なモジュラー型電力変換ユニットを開発した。

近年、電力変換器の開発では、機器の小型化による省スペース化やメンテナンス時間の短縮による設備稼働率の向上が求められている。今回、従来の片面冷却パワーモジュールよりも放熱性が優れ、体積が小さい両面冷却パワーモジュールを用いることで、電力変換ユニットの小型化と、異なる機種間での主回路部品の共通化を同時に実現した。開発したモジュラー型電力変換ユニットでは、両面冷却パワーモジュールの両放熱面に、熱伝達性に優れたヒートパイプを配置する独自の放熱システムを採用することで、フィン自体の体積を従来に比べて半減し、並列配置が容易な幅5 cmの薄型構造を可能にした。

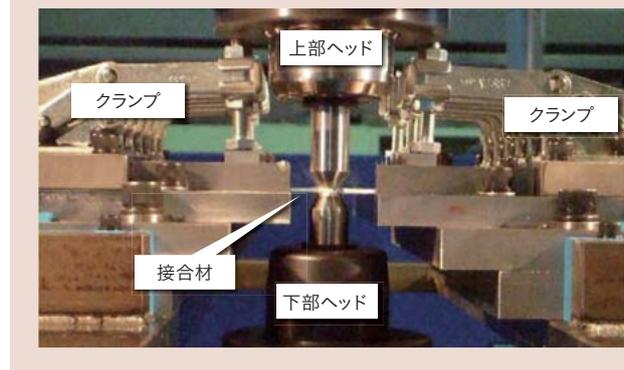
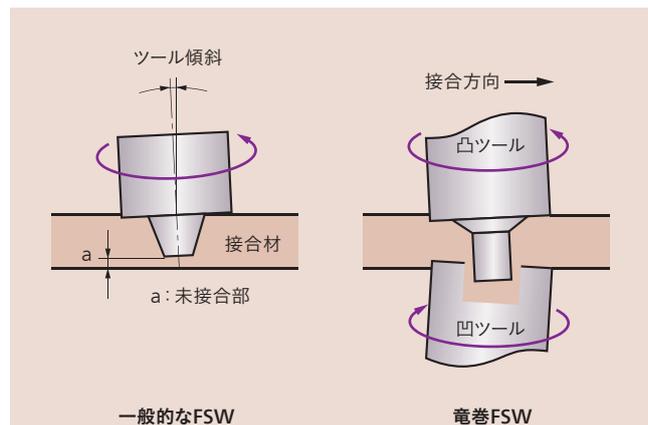
このモジュラー型電力変換ユニットを次期UPS (Uninterruptible Power System: 無停電電源装置) の開発に適用し、日立製従来器よりも盤体積を30%削減するとともに、部品交換時のメンテナンス性を向上させることができた。

## 15 竜巻FSW

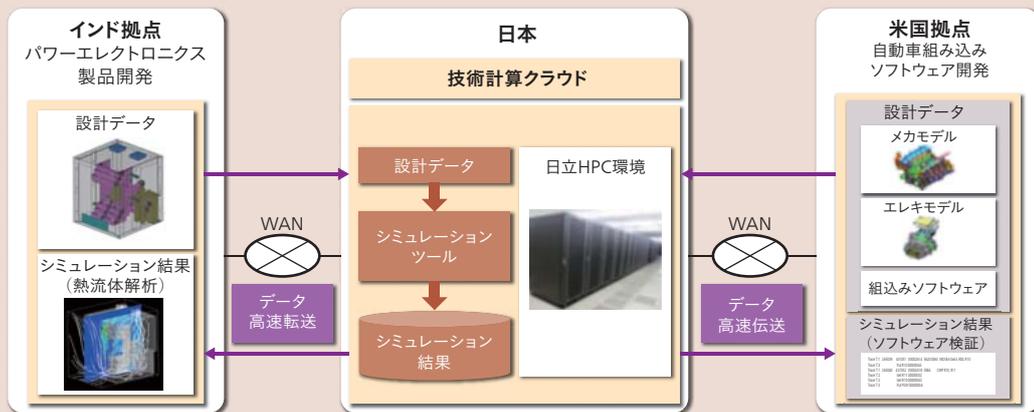
FSW (Friction Stir Welding: 摩擦攪拌接合) は、ツールと呼ばれる円柱状部材を回転させながら接合材に挿入し、接合部に沿ってツールを移動させることで接合する方法である。接合材とツールの間で発生する摩擦熱で接合材を軟化させると同時にツールの回転によって材料を混ぜ合わせることで接合する。

竜巻FSWは、凸ツールと凹ツールで接合材を挟むように対向させることが特徴である。両ツールの間隔や回転方向・回転速度を自在に選定できるため、一般的なFSWよりも高速接合が可能であり、1 mm以下の薄板を接合できるといった特長がある。最大の特長は未接合部が残らないことであり、接合部に曲げと引っ張りの複合荷重が作用しても破断しにくい。このため、接合材を圧延することも可能であり、連続圧延のための接合機などに応用できる。

この技術は、三菱日立製鉄機械株式会社において、アルミニウム合金厚板の素材製造装置の実用化検討中である。



15 接合の概念図 (上), 接合時の様子 (下)



注：略語説明 WAN (Wide Area Network), HPC (High Performance Computing)

16 設計クラウドの構成

## 16 海外から日本の技術計算環境を自在に使える基本技術

設計・開発・研究業務の海外現地化にあたっては、海外製品の信頼性や性能の確保が重要となっており、そのためには、日本と同様の設計環境や技術計算環境を整える必要がある。

このような背景の下、海外の設計・開発・研究拠点から、日本に設置されたスーパーコンピュータなどの技術計算環境を日本国内の拠点と同様に利用できる基本技術（設計クラウド）を開発した。日立が有するネットワーク高速化技術とエンジニアリングデータ圧縮技術を組み合わせ、回線帯域の大きい日本・米国拠点間のほか、回線帯域の小さい日本・インド拠点間においても、従来比100倍以上の高速通信を実現した。これにより、米国やインドにおいても、日本に設置された技術計算環境を利用することが可能になった。

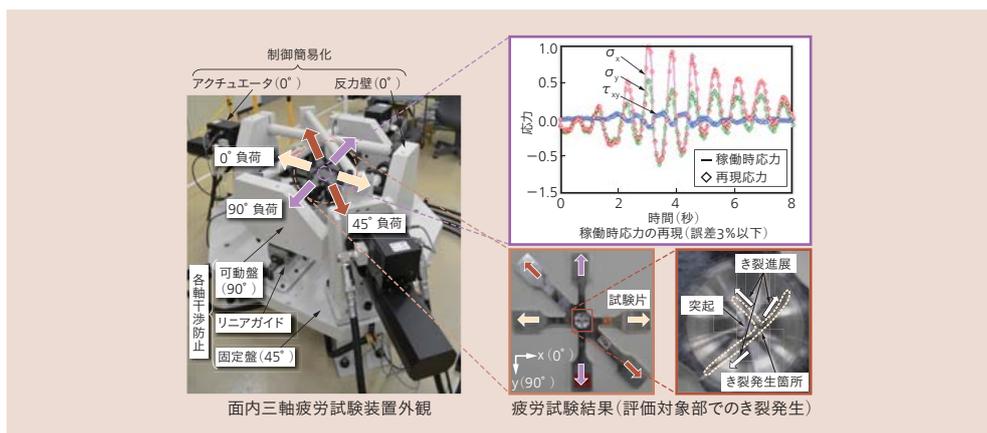
今後は、世界各国でこの環境を検証・整備し、設計・開発・研究部門におけるIT・業務システムのグローバル標準化・集約化を推進する。

## 17 実機稼働時の疲労現象を再現可能な三軸試験技術

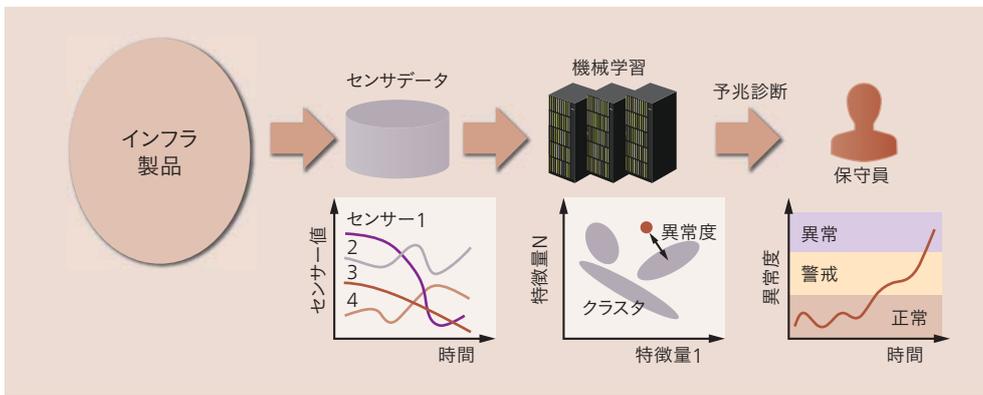
輸送機械などの稼働時に発生する複雑な負荷により、機械構造物の疲労は加速される。複雑負荷による疲労現象の解明に向け、疲労破壊の起点となる機械表面に発生する応力（面内応力）を再現可能な試験技術を開発した。

この技術の最大の特徴は、面内応力が3成分の応力で表されることに着目し、3方向（0度、45度、90度）から独立負荷を与える構成によって任意の面内応力を再現可能としたことである。片側アクチュエータ方式による制御の簡易化やリニアガイドによる各軸の干渉防止により、評価対象となる試験片中央部で最大応力を発生させることができる。開発技術を用いて建設機械の稼働時に測定した複雑応力の再現を試みたところ、誤差3%以下での再現に成功した。また、疲労試験では評価対象部において疲労き裂の発生を確認した。

今後は、実機稼働時の複雑な応力で生じる疲労現象を高精度に予測する技術を開発し、高信頼な社会インフラ分野の製品の開発に貢献していく。



17 実機稼働時の疲労現象の再現



18 機械学習を活用したインフラ製品の保守サービスの高度化

## 18 インフラ製品の保守サービス向けアナリティクス手法

新興国を中心としたインフラ製品のニーズに対応するため、保守サービスの高度化・効率化をめざし、機械学習を中心とした予兆診断手法VQC (Vector Quantization Clustering)を開発した。

この手法は、センサデータを個別に閾(しきい)値判定する従来手法に比べて精度がよく、製品の異常を早期に検知できるため、予防保全に寄与できる。正常時の振る舞いを状態ごとにクラスタとして学習し、クラスタと現在の状態の関係を異常度という1つの尺度に置き換えることで製品の状態を判定できる。

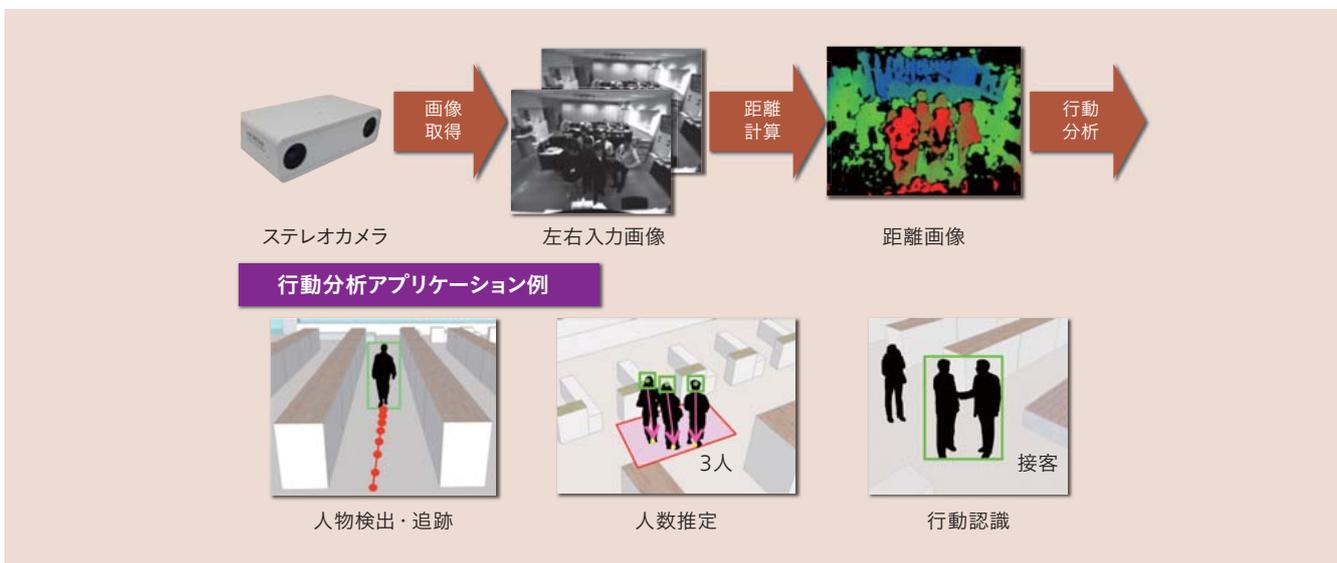
開発した手法はデータの処理速度が速いため、製品そのものに組み込むオンボード診断も可能であり、通信のよくない環境にも適用できる。クラウドと連携させることにより、さまざまなインフラ製品を一括で管理しながら、個別の製品に適応した保守サービスを提供できる。

## 19 三次元映像解析による人間行動分析技術

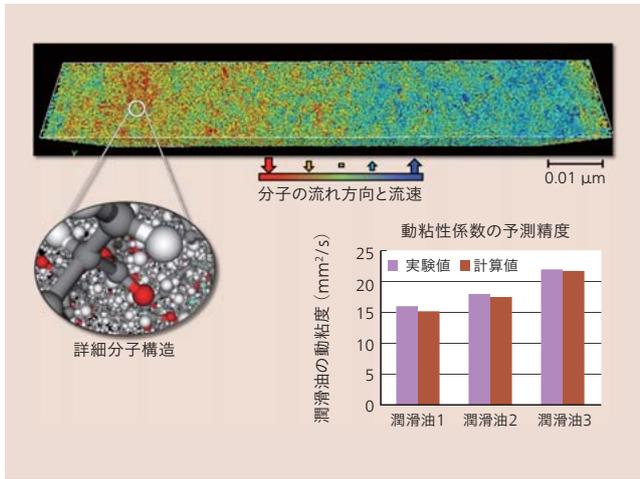
近年、オフィスや商業施設の人の流れや行動を計測することで、新たな価値を見出すサービスが注目されている。

今回、ステレオカメラによる三次元映像解析技術により、人間行動を分析する技術を開発した。従来の単眼カメラによる映像解析技術は、カメラの撮影条件によっては認識性能が大幅に低下する場合があった。開発した技術は、ステレオカメラから得られる左右の映像を用いて距離を計測し、撮影環境の三次元情報を取得することで、人物の検出や追跡、人数推定、特定行動認識などのアプリケーションを実現するものである。三次元情報を利用することで、複数人物の分離や位置計測のロバスト性を向上させることに成功し、人間行動をより安定して計測することを可能にした。

今後は、人間行動解析を用いた店舗・オフィスの業務効率化、セキュリティシステムなど、付加価値の高いソリューションの提供に貢献していく。



19 ステレオカメラによる行動分析アプリケーション



20 潤滑油の分子スケール流動計算による現象把握と物性予測

## 20 摺動部における潤滑油物性を予測する大規模分子シミュレーション技術

エネルギー問題が深刻化する中、駆動機器の摺（しゅう）動部におけるエネルギー損失低減は重要な課題である。この低減のために、摺動部表面の改質や、潤滑油と添加剤の選定などが行われているが、さらなる省エネルギー設計のためには、摺動部界面（摺動部表面と潤滑油の境界における0.01 μmから10 μm オーダーの領域）における潤滑油の分子スケールでの流動挙動の可視化が有効である。

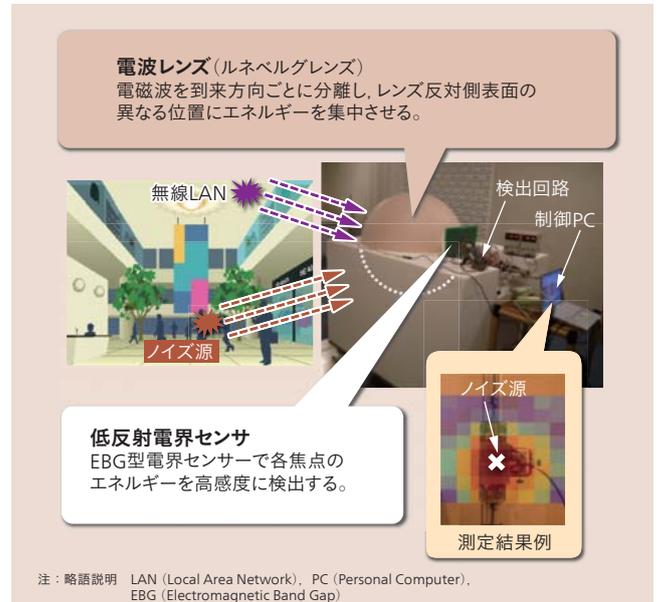
今回開発した技術は、スーパーコンピュータを駆使することで、実験では観察困難であった摺動部界面を可視化し、摺動部の圧力や温度などの環境で変化する潤滑油の物性予測を可能にするものである。この技術による潤滑油動粘度の計算結果は、実験値と誤差10%以内で一致した。

今後は、摺動部界面の潤滑油だけでなく添加剤との混合による物性予測を実現し、より適した材料選定に向けた詳細な分子構造の解析を行う。また、摺動部界面での現象解明を進め、製品設計および開発期間短縮に貢献していく。

## 21 電磁波到来方向可視化技術

近年、スマートコミュニティの普及に伴い、無線通信技術を用いた各種データ収集および収集データを用いたマネジメントサービスが増加している。無線機器間の干渉を抑制し、途切れることのない無線通信サービスを実現するために、設置現場におけるノイズ源位置を特定する技術が求められてきた。

これに対し、光の到来方向を認識できる人間の目に着目し、水晶体と類似した機能を持つ電波レンズ（ルネベルグレンズ）と網膜の役割をする電界センサーで構成した電磁波源の位置特定・可視化技術を開発した。電磁波の到来角



21 電磁波可視化装置

に応じて異なる位置に焦点を結ぶルネベルグレンズを用いて、微弱な電磁波のエネルギーを焦点に集め、 $-65.6$  dBm/m<sup>2</sup>の高い感度を実現している。さらに、この焦点位置に微小な金属セルから成る低反射電界センサーを設けることで、高い角度分解能（2.54度）を確保した。

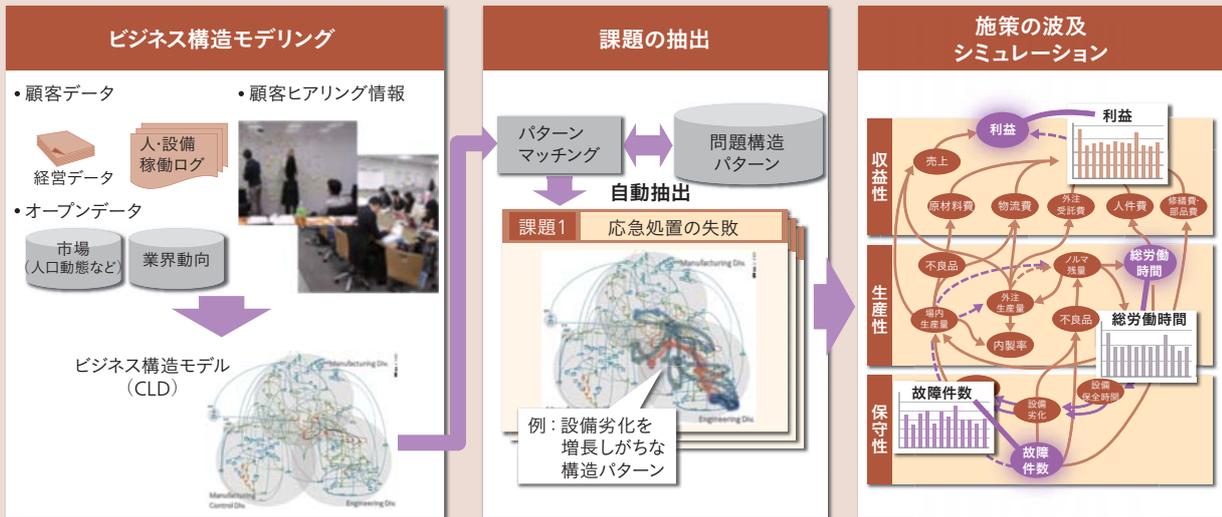
無線を活用する社会インフラの信頼性や安全性の向上をめざし、今後、無線設置現場での実証実験を進める予定である。

## 22 ビジネスダイナミクス

市場のグローバル化や異業種間M&A (Mergers and Acquisitions) などの環境変化から、ビジネスでは迅速な意思決定がますます重要となっている。しかし、人々を取り巻く環境では、さまざまな要因が相互に作用しながら次の変化を生み出すため、意思決定を難しくさせている。

ビジネスダイナミクス<sup>※</sup>は、これらの変化を生み出す構造を解明するものである。これは、ビジネスの影響要因間の因果関係をモデリングしたビジネス構造モデルから、構造的な特徴を把握し、変化を事前把握する技術である。

ビジネス構造モデルは、顧客データやオープンデータ、顧客のヒアリング情報など、さまざまな視点から見える情報をつなぎ合わせ、CLD (Causal Loop Diagram) と呼ぶ有向グラフで表記する。CLDは、大規模・複雑な構造となるため、パターンマッチング技術によって課題を自動抽出する機能を開発した。さらに、発見した課題に対する施策が、どのような変化を起こして波及するかを定量シミュレーションし、誰にとって、いつ、効果につながるのか、それとも逆効果となるのかといった傾向を把握する。



複雑なグラフ構造から課題を自動抽出し、施策がもたらす波及をシミュレーションする。

22 ビジネスダイナミクスによる分析の流れ

この技術は、これまでに製造、金融、物流、電力などの約30件に適用してきたが、今後も実適用に基づいたブラッシュアップを図っていく。

※) 米国Massachusetts Institute of Technology (MIT) が発祥。日立は本手法に関して豊富な適用実績があり、本手法の迅速かつ容易な適用を実現する独自のノウハウを有し、ソフトウェアや業種ごとのテンプレートなどを開発している。

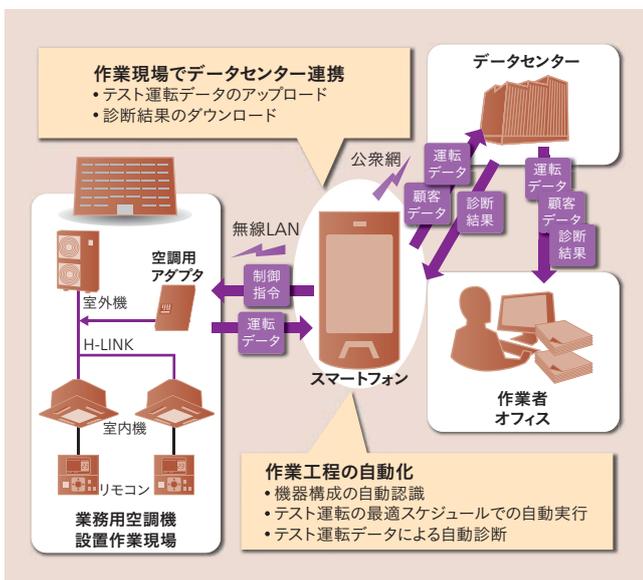
題がある。

このような中、業務用空調機向け通信ネットワーク(H-LINK)への接続を実現する空調用アダプタを利用し、汎用端末であるスマートフォンとの連携によって設置作業を容易にする業務用空調機設置サポートシステムの開発を進めている。

データセンターへネットワーク接続できなかった業務用空調機においても、スマートフォンの仲介によって作業現場からのデータセンター連携を可能としたシステムを活用することで、複数空調機の機器構成の自動認識、テスト運転の最適スケジュールでの自動実行、テスト運転データによる空調機の自動診断などの自動化を実現し、各作業工程を簡単に行えるようになる。これにより、専門的な知識がない作業による設置作業の効率化に貢献できる。

## 23 業務用空調機設置サポートシステム

室内機や室外機、リモコンから構成される業務用空調機の設置作業では、作業コストの削減を進めるにあたり、専門的な知識なしでは作業の効率的な実施が難しいという課

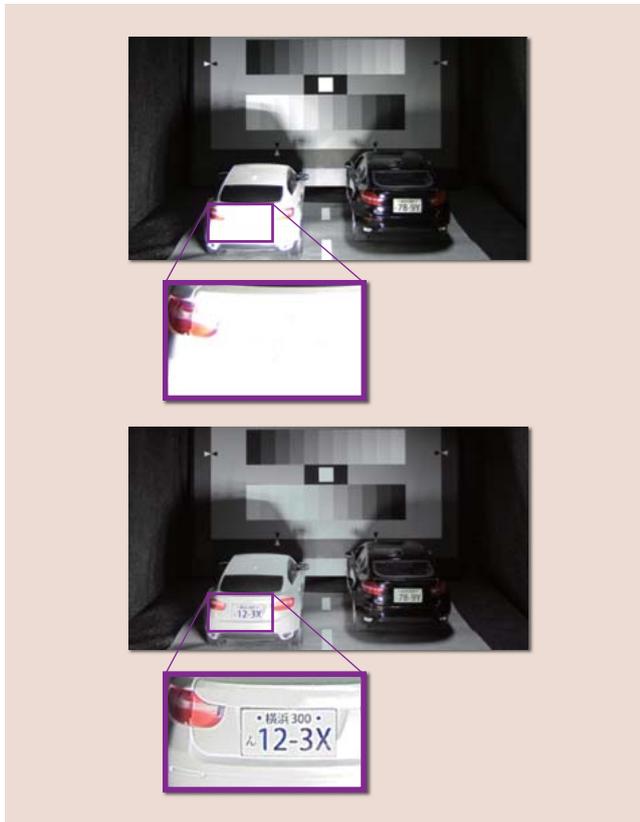


23 スマートフォンと空調用アダプタによる業務用空調機設置サポートシステム

## 24 強い光による白とびを瞬時に補正するカメラ撮像技術

近年、社会の安全・安心に対する関心の高まりから、監視カメラに対しては、暗闇や逆光など被写体が見えにくい環境下での高い視認性が求められている。

今回、暗闇の黒つぶれを改善するコントラスト拡大およびノイズ低減技術と、瞬時に露出を調整する技術とを組み合わせることで、暗闇におけるヘッドライトあるいはヘッドライトの反射などの強逆光下での悪環境にも対応する高視認化技術を開発した。白とびが起きないように瞬時に露出を調整し、かつ従来のような合成処理を行うことなく補正できるため、突然明るい被写体が入った場合でも最大0.23秒の処理時間で鮮明な映像を撮影することが



24 補正前の画像(上)と瞬時にぶれなく白とびを補正した画像(下)の比較

できる。

この技術は、北米や欧州向けに提供している株式会社日立産業制御ソリューションズの監視カメラモジュールDI-SC231(2014年9月発売開始)の機能の一つとして搭載されている。

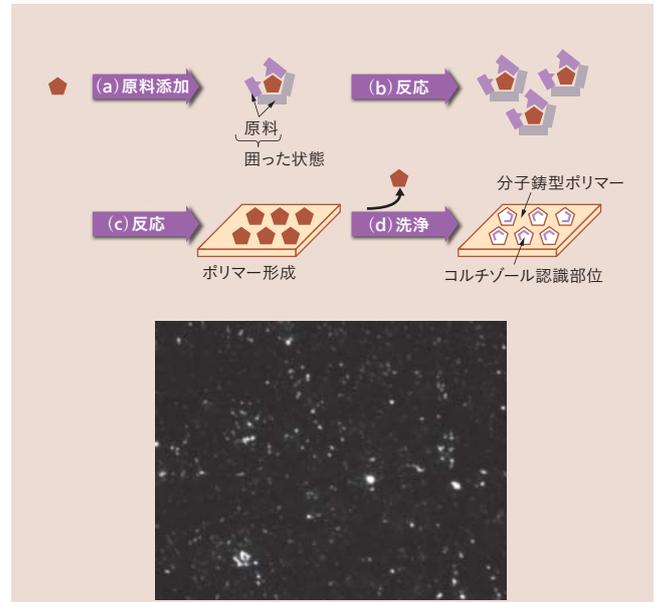
今後も、コントラスト拡大とノイズ低減技術をさらに向上し、鮮明な映像撮影を可能とする監視カメラおよび映像監視ソリューションを実現していく。

## 25 ストレス関連ホルモンの検査キット向け分子鑄型ポリマーの作製技術

ストレスに関連するホルモンであるコルチゾールの高感度検出を実現する分子鑄型ポリマーの作製技術を開発した。

分子鑄型ポリマーは、検出対象とする分子の立体構造や性質に応じて、高い確率でターゲット分子を認識できるように表面を設計したポリマー(分子が多数結合した高分子材料)である。今回、コルチゾールをその場で検査することを目的に、認識力に優れる分子鑄型ポリマーの作製技術を開発した。

作製したポリマーをその場検査に応用するためには、コルチゾールが吸着したことを確認する手段が必要である。そのため、高感度検出に有効なことが知られている蛍光分子で標識化したコルチゾールの合成法についても確立した。蛍光標識化コルチゾールと分子鑄型ポリマーを組み合



25 分子鑄型ポリマー作製の概念(上)、蛍光標識したコルチゾールの蛍光顕微鏡像(白色が強いほど蛍光量が高い)(下)

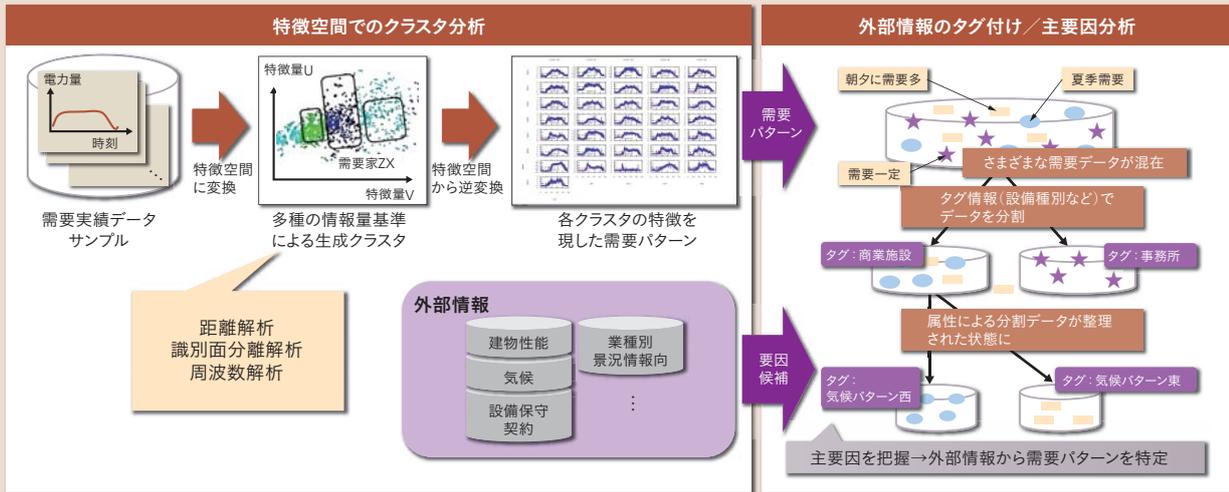
わせることで、分子鑄型ポリマーによるコルチゾール吸着の定量化を実現した。

開発した技術は、従来のように生体から分離・精製したたんぱく質抗体を準備する必要がなく、高い感度でコルチゾールを検出できるため、今後、唾液中に存在するストレス関連ホルモンをその場で検査できるキットの実用化に道をひらくものである。

## 26 電力需要分析技術

2016年からの電力の小売全面自由化に向け、電気の生産や販売を行う企業には、全国のおおのの需要家に合った、無理なく省エネルギーができて経済的でもある料金メニューの提供が期待されている。そのため、産業用や家庭用といった大枠での需要の分類だけでなく、いづれだけ電気を消費するかという需要の実勢における特徴の分析が必要である。

電力需要分析技術では、需要実績データを特徴空間上のデータに変換し、数十分単位の特徴から年間を通しての特徴まで、特徴の近いデータどうしからクラスタを生成する。このとき特徴空間の次元とクラスタの数を複数の情報量基準から決定することで、需要の特徴を必要十分に表す良質な需要パターンをクラスタから得ることを可能にした。また、クラスタに属するサンプルについての外部情報を需要パターンにタグ付けし、外部情報を使って需要パターンが作られる主要因を分析することで、サンプル以外の需要家については、外需情報からの簡易な電力需要分析を可能としている。



26 電力需要分析技術

## 27 クラウドデータセンター向けSDN技術

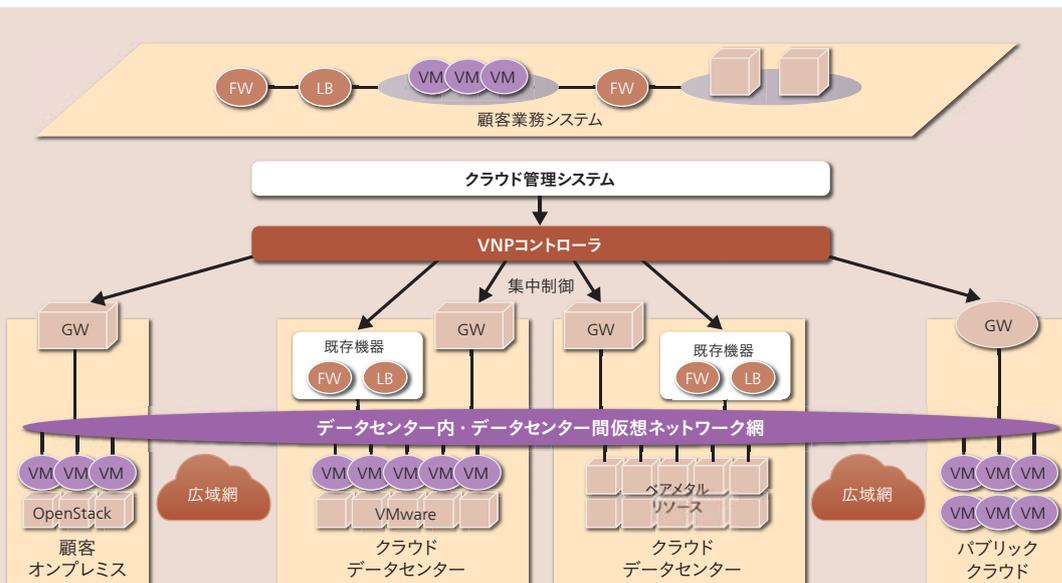
クラウドや企業のデータセンターでは、手作業でのネットワーク構成変更に伴う運用工数や運用ミスの削減のため、ネットワークを集中制御する仮想ネットワーク技術SDN (Software Defined Network) への期待が高まっている。しかし、従来のSDNは、OpenFlow\*などの新規格に対応した機器や、特定ベンダーのサーバ仮想化技術を用いたデータセンターでしか利用できなかった。

開発したクラウドデータセンター向けSDN技術は、ファイアウォールやロードバランサなどを抽象モデル化するこ

とで多様な既存機器を集中制御可能とする。また、通信をカプセル化するゲートウェイを集中制御してデータセンター間やクラウド間を接続することで、サーバ仮想化技術に依存しない柔軟な仮想ネットワークを実現する。これにより、既存機器環境、複数データセンターや異種クラウドが混在する環境において、数時間から数日かかっていたネットワーク構成変更の運用を自動化できる見込みを得た。

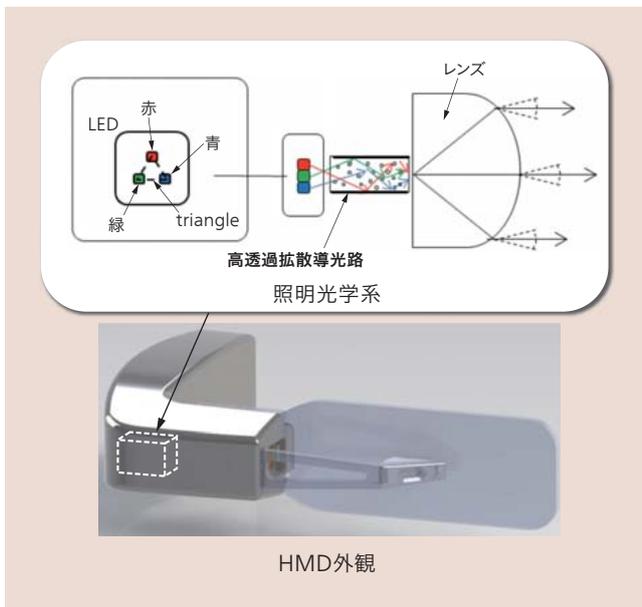
これらの開発技術は、日立製作所情報・通信システム社のデータセンター向け仮想ネットワーク基盤ソフトウェア Virtual Network Platform for Data Center (VNP-DC) に順次適用されている。

\*は「他社登録商標など」(146ページ)を参照



注：略語説明 FW (Firewall), LB (Load Balancer), VM (Virtual Machine), VNP (Virtual Network Platform), GW (Gateway)

27 クラウドデータセンター向けSDN技術



28 多重屈折導光路

## 28 高視認性小型HMD用光学エンジン

近年、製造ライン、保守管理、物流の棚卸しなどの現場において、作業の複雑化に伴い、高効率化、誤差やミスの低減などが要求されている。そのためには、作業者が携わる現場の情報と課題を、管理者がリアルタイムに共有することが重要である。このため、ハンズフリーで作業を中断させることなく情報の共有が可能なHMD (Head Mounted Display) の活用が注目されている。しかし、就業時間や屋外作業での活用を考えた場合に、8時間の長時間連続使用が可能なことや10万lxの外光に負けない明るさを実現する必要がある。

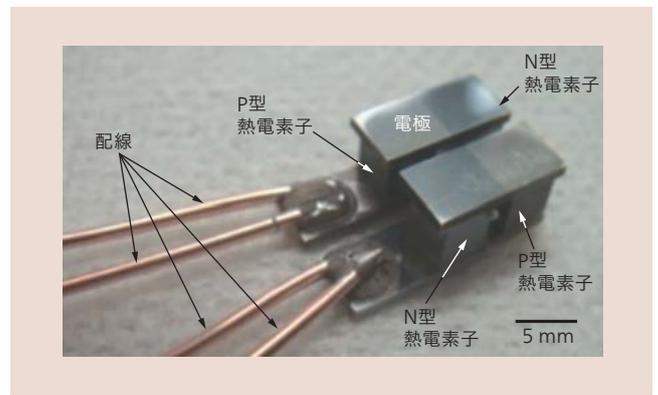
今回開発したHMD用光学システムでは、光の重畳反射による輝度均一化と高い光利用効率を両立できる。日立製作所横浜研究所と日立化成株式会社が共同開発した業界初<sup>※)</sup>の高透過な拡散導光路と、高次非球面レンズを用いた、損失の少ない光学系により、他社製品に比べて8倍<sup>※)</sup>の光利用効率を実現した。これにより、低消費電力でありながら、屋外環境下においても視認性の高いHMDを実現することができた。

今後は、開発した光学システムを搭載したHMDを活用し、アプリケーションユーザーと協力しながら実証実験を進め、幅広い分野への展開を図る。

※) 日立製作所調べ。

## 29 高温対応熱電変換モジュール

従来ほとんど活用されていなかった発電所や工場、自動



29 2対熱電変換モジュール

車などからの排熱を電気に変換できる熱電変換技術は、環境に配慮した発電方法として注目されている。

熱電変換モジュールはモジュール上下面の温度差が大きいほど効率よく発電できるが、高温環境下では、熱電素子と電極間の接合信頼性の確保が最重要課題となっていた。そこで、接合材にアルミニウムを用いた高信頼接合技術を検討した。

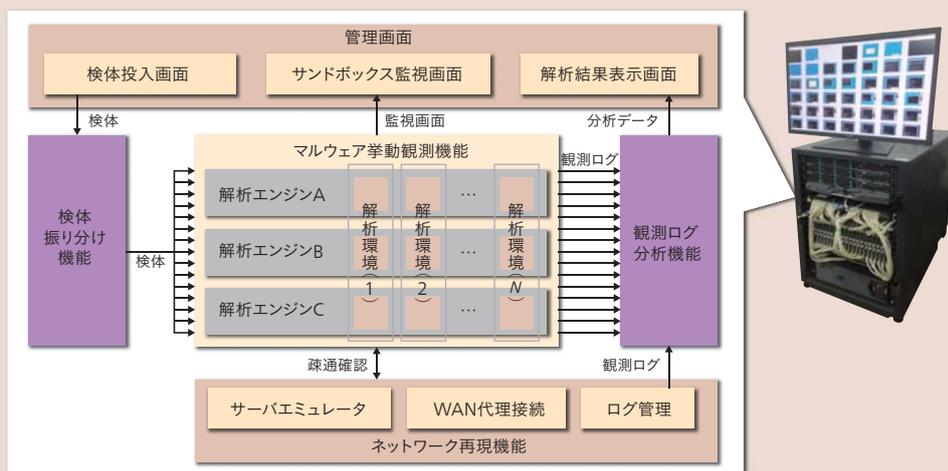
この技術は、接合時にアルミニウムを化合物化させることで、再度アルミニウムの融点 (933 K) となっても接合部が再溶融しないことが特長である。開発した技術を用いて素子4個からなる2対熱電変換モジュールを試作し、接合強度が従来比4倍、923 K環境下で1,000 mWの出力が得られることを確認した。高温環境で使用可能な熱電変換モジュール実用化への大きな貢献が期待できる。

引き続き構造最適化などを推進し、製品適用をめざした高効率モジュールを開発する。

## 30 多重環境によるマルウェア解析自動化技術

近年ではマルウェアが既存のウイルス対策で検知できずに組織内に侵入してしまうケースが増えている。この場合、マルウェアの特性を解明し、被害拡大防止策を早急に講じる必要がある。マルウェアの特性を解明する手法として、マルウェアを特殊な解析環境で実行して挙動を観測する動的解析手法が用いられているが、最近のマルウェアは実行環境を限定することで解析環境での解析を逃れるタイプが増えている。

このような背景から、複数種類の動的解析環境を用いてマルウェアを多角的に解析する技術の研究開発を行っている。環境の構築にあたっては、公開された脆弱(ぜい)弱性情報や攻撃傾向に基づいてマルウェアが動作および観測しやすい環境を選定している。また、マルウェア解析のノウハウをスクリプト化することで、観測結果からマルウェアの挙動を自動抽出する技術を開発した。この技術により、



30 多種環境マルウェア動的解析システムと機能概要

マルウェアによるネットワーク接続などの不正行動を容易に解明することができ、被害の発生や拡大の防止に役立つことができるようになる。

これにより、数秒間隔で到着するセンサデータを毎秒100万件以上の速度でデータベースにロードする高速データロードと、ロードされたデータから必要な履歴データを数秒以内に取得する即時検索を両立した。さらに、アーカイブされたデータに対する単一SQL (Structured Query Language) によるアクセス機能を提供することにより、大量のセンサデータの保存コストの一桁削減を達成した。

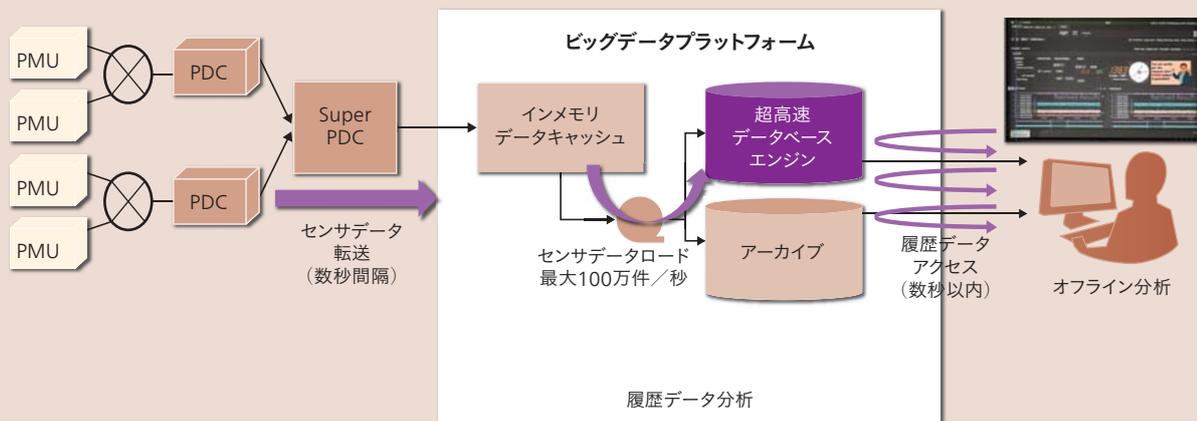
### 31 大量時系列データに対応するビッグデータプラットフォーム

IoT (Internet of Things) の普及に伴うセンサデータの分析など、大量時系列データの活用ニーズが高まっている。今回、大量の時系列データを遅滞なく蓄積し、即時検索を可能とするためのビッグデータプラットフォーム技術を開発した。

現在、海外の電力系統運用会社をターゲットに、開発したプラットフォームの広域電力系統監視システムへの適用を推進している。実用化に向け、顧客への提案と技術の継続的な改良を進めていく。

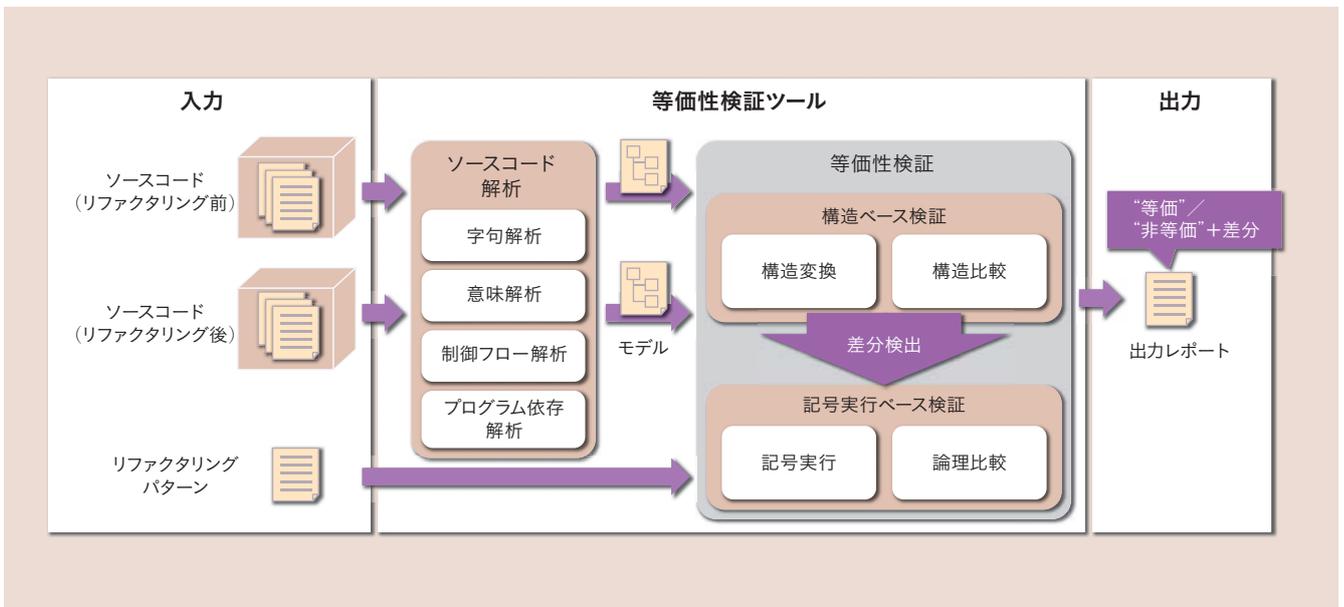
開発したプラットフォーム技術は、高頻度で到着するセンサデータをインメモリキャッシュに一時的にキャッシュし、超高速データベースエンジン<sup>※)</sup>に一括して取り込む。

※) 内閣府の最先端研究開発支援プログラム「超巨大データベース時代に向けた最高速データベースエンジンの開発と当該エンジンを核とする戦略的サービスの実証・評価」(中心研究者：喜連川 東大教授/国立情報学研究所所長) の成果を利用。



注：略語説明 PMU (Phasor Measurement Unit), PDC (Phasor Data Concentrator)

31 ビッグデータプラットフォーム



32 記号実行技術を用いたプログラム等価性検証

## 32 プログラム等価性検証技術

ソフトウェア開発を効率的に進める秘訣は、常にソフトウェア構造を美しく保つことにある。そのためのプログラムの構造改善はリファクタリングと呼ばれ、製品開発現場での活用が進められている。しかし、プログラムの変更には不具合が混入しがちであり、リファクタリングによる構造改善も例外ではない。

これに対し、リファクタリング前後のソースコードを解析し、動作への影響の有無を検証する技術を開発した。この技術では、記号実行と呼ばれる手法を用いることにより、プログラム入出力の論理的な等価性を検証する。大規模なソフトウェアを検証可能とするため、リファクタリングのパターンに従って構造を変換・比較することで、検証範囲を効率的に絞り込む。

開発した技術をサーバ製品ソフトウェアに適用した結果、リファクタリングの75%を正しく検証することができた。この技術により、リファクタリングによる不具合混入リスクが低減され、製品開発現場におけるソフトウェアの構造改善の取り組みを効果的に進めることができる。

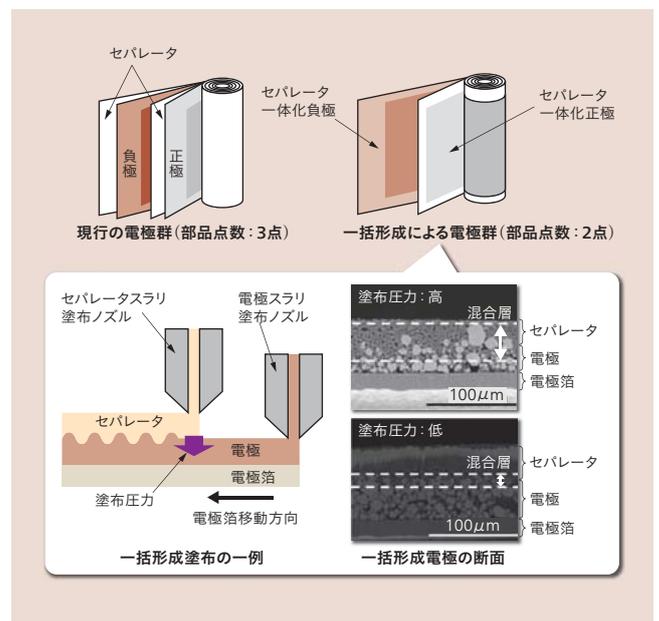
## 33 リチウムイオン電池の革新的製造プロセス

リチウムイオン電池の普及が急速に進む中、ユーザーからの低コスト化への要求が高まっている。低コスト化には部品点数の削減が有効であるが、現行の電極群は、正・負極とセパレータの3部品を組み合わせて構成している。

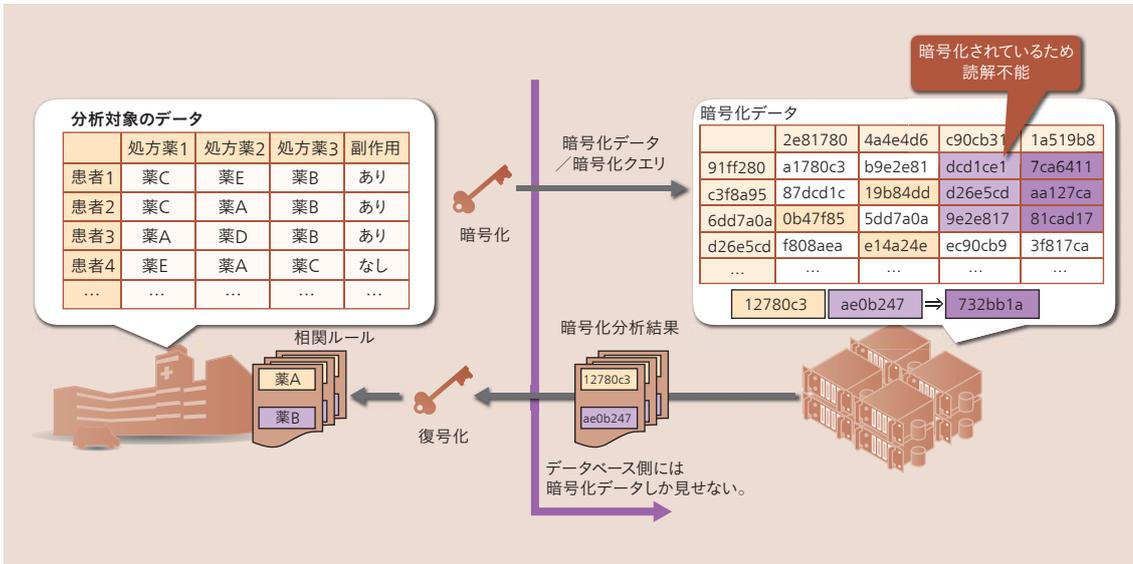
これに対し、開発したセパレータ・電極一括形成プロセス

により、セパレータを電極と一体化することで2部品での構成が可能となる。セパレータ・電極一括形成プロセスでは、電極スラリを塗布した直後にセパレータスラリを塗布するため、電極とセパレータの混合層が発生する。混合層が厚くなると正・負極の短絡が発生するため、混合層の厚さ低減が課題である。今回、セパレータ塗布時の圧力制御とセパレータスラリの組成を最適化することにより、混合層の厚さを制御した。その結果、一括形成電極の混合層の厚さは短絡発生のないレベルに低減できた。

このプロセスは株式会社日立ハイテクファインシステムズの開発装置に搭載しており、実用化に向けた検討を進めている。



33 現行の電極群と一括形成による電極群、および一括形成塗布の一例と電極の断面



34 秘匿分析のシステム構成

## 34 秘匿分析技術

近年、データベースから機微な情報を含むデータが大量に持ち出されるといった事件が頻発しており、ビッグデータ利活用の妨げとなっている。この対策としてデータを暗号化することが考えられるが、暗号化されたデータに対して分析などの処理が実行できないという問題が発生する。

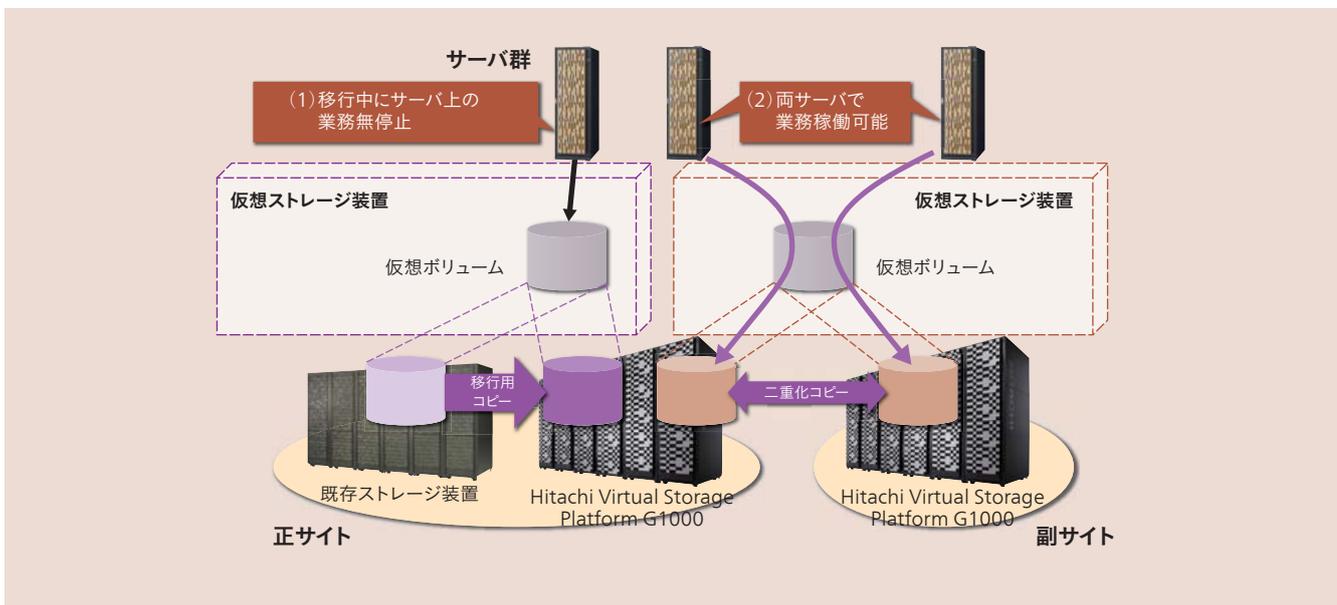
この課題の解決に向け、暗号化状態を解かずにデータの一致判定が可能な検索可能暗号により、暗号化したまま集計分析や相関ルール分析を行う秘匿分析技術を開発した。実験では10万件規模の暗号化データに対して約10分で相関ルール分析を完了し、実用的な時間で分析処理ができることを示した。この技術を用いることで、元のデータをデー

タベース側に開示することなく分析処理を実行することが可能となり、データが持ち出された際のリスクを低減しつつビッグデータを利活用することができる。

## 35 稼働継続性を向上させる新ストレージ仮想化技術

市場のグローバル化の進展とともに企業には24時間365日継続したサービス提供が求められており、ストレージ装置にも高い稼働継続性が必要とされている。

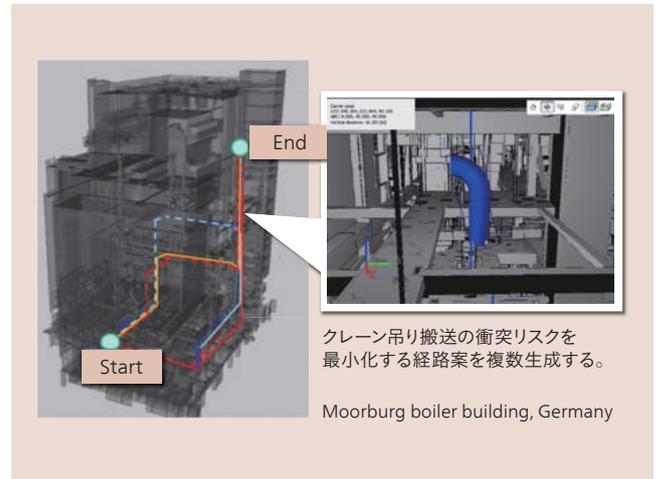
今回、複数のストレージ装置を仮想的に1台のストレージ装置としてサーバに認識させる新たなストレージ仮想化技術を開発した。この技術により、以下の2点において稼働継続性が向上する。



35 新ストレージ仮想化技術

(1) 既存ストレージ装置と新ストレージ装置を1台に仮想化することで、ストレージ装置変更に伴うサーバ停止が不要になり、業務を中断することなく新装置に移行できる。  
 (2) サイトをまたがったシステム二重化環境で両サイトのストレージ装置を1台に仮想化することで、副サイトのサーバでも業務を常時稼働できるようになり、障害や災害発生後のシステム切り替えが高速になる。

開発した技術はエンタープライズストレージHitachi Virtual Storage Platform G1000に適用済みであり、今後はミッドレンジストレージへの採用をめざしていく。



36 プラント部品の搬入出経路探索システムの適用例

## 36 プラント部品の搬入出経路探索システム

プラントの保守やリニューアル作業では、大型なプラント部品の搬入出経路の計画に多大な時間とコストを費やしていた。

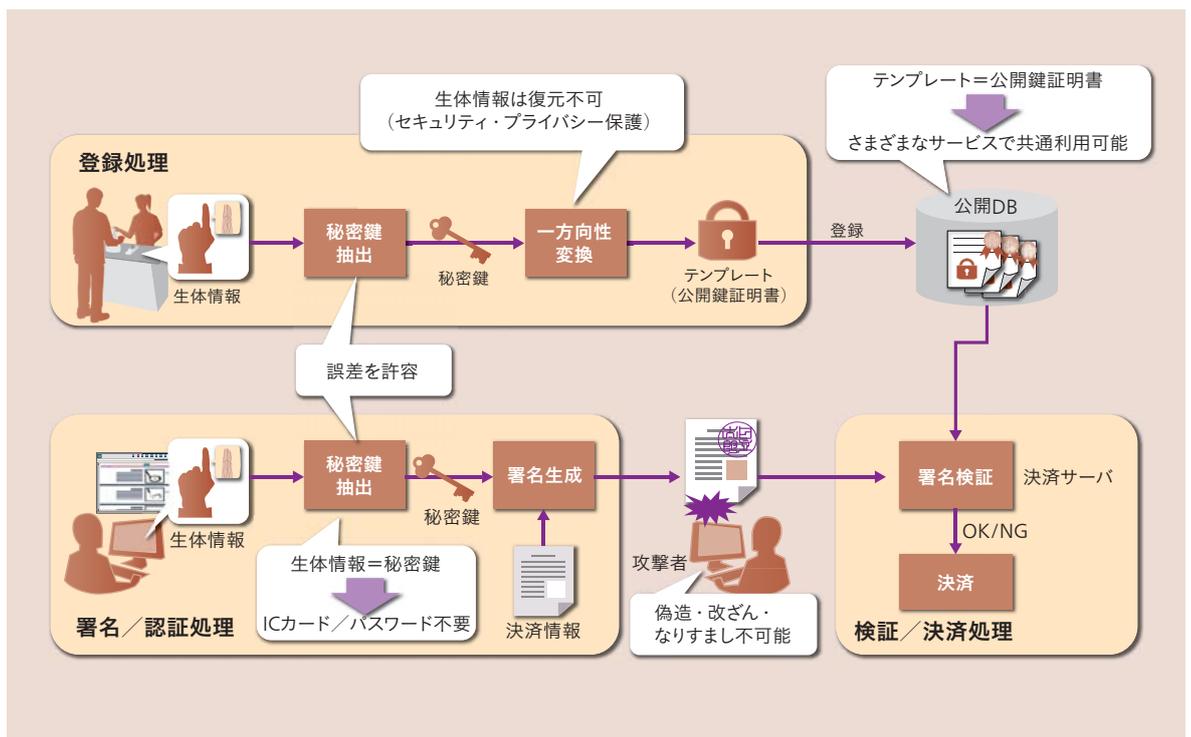
これに対し、建物とプラント部品の三次元モデルを入力とし、干渉のない空間を計算機上で自動認識し、プラント部品と建物との衝突リスクを最小化する経路と姿勢を高速に自動探索する搬入出経路探索システムを開発した。これにより、5時間を要していた経路生成が1分間に短縮され、海外石炭火力プラントの部品交換では、作業コストを25%低減した(2013年)。この経路探索技術の特長は、クレーンのレール乗り換え回数や衝突リスクなどの複数の目的関数を階層的に最適化する点である。

今後、原子力プラント廃止措置や保全での廃棄物搬送作

業において、作業被ばくを最小化する経路生成への適用(2017年を予定)を計画している。

## 37 指静脈情報を用いた電子決済向け生体署名技術

インターネットを介した電子決済の規模が拡大する一方、不正取引による被害も増加している。これを防ぐにはマルチウェア対策などに加えて、PKI (Public Key Infrastructure) に基づく相互認証や、電子署名による取引情報の改ざん防止が重要となる。しかし、鍵管理のためIC (Integrated Circuit) カードやハードウェアトークンが必要となり、利便性の低下やコストの増加を招く。



37 PBIに基づく安全・便利な電子決済

これに対し、指静脈パターンなどの生体情報を秘密鍵とすることで鍵管理を不要とし、便利で低コストなPKIを実現するPBI (Public Biometrics Infrastructure) の研究開発を進めている。具体的には、生体情報のように揺らぎを持つデータを秘密鍵とする電子署名技術(生体署名技術)の原理を開発し、その安全性を数学的に証明した。また、実際の指静脈データから、生体署名技術に適した揺らぎの小さな特徴データを生成する特徴変換技術を開発することで、実用レベルの認証精度(他人受入率100万分の1, 本人拒否率0.2%)を達成した。さらに、この技術を指静脈認証装置に適用し、指静脈情報を秘密鍵とする決済向け電子署名システムを試作した。

これらの成果は、PBIを用いた安全・便利な電子決済の実現の可能性を示すものである。

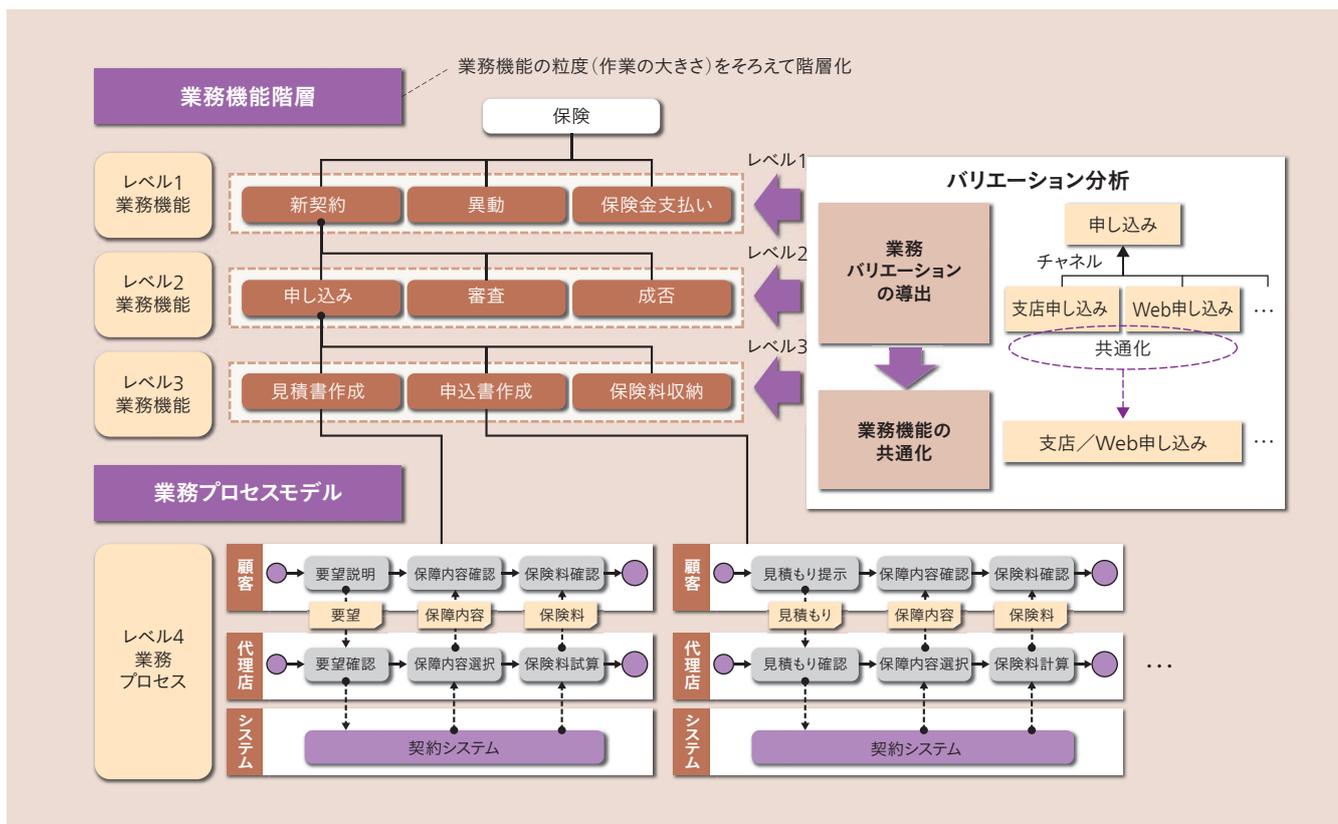
程の大幅なコスト増につながるため、業務要件定義の品質向上が重要である。これを実現する技術として、業務をモデルによって可視化・構造化する業務モデリングが注目されている。一方で、金融などの複雑な業務のモデリングには多くの工数を要するという問題がある。

これに対し、工数増の要因である業務バリエーションに着目した工数削減の手法を開発した。具体的には、業務機能の階層構造に着目し、各階層の粒度に合わせた業務バリエーションの導出観点を設定することで、業務バリエーションを漏れなく導出し、モデリングの手戻りを削減した。また、業務で扱う情報と担当者の役割などに着目して業務プロセスの類似性を分析し、業務バリエーションによって生じる類似の業務機能を共通化することで、類似業務モデルの重複開発を削減した。この手法を保険会社のシステム開発案件に適用したところ、モデリング工数が3割低減した。

今後は、適用案件で蓄積した業務ノウハウをリファレンスモデルとして整備し、これを用いてモデリングのさらなる効率化をめざす。

### 38 階層型業務バリエーション分析による業務モデリング技術

システム開発では、業務要件定義の誤りが下流の開発工



38 階層型業務バリエーション分析による業務モデリング技術