

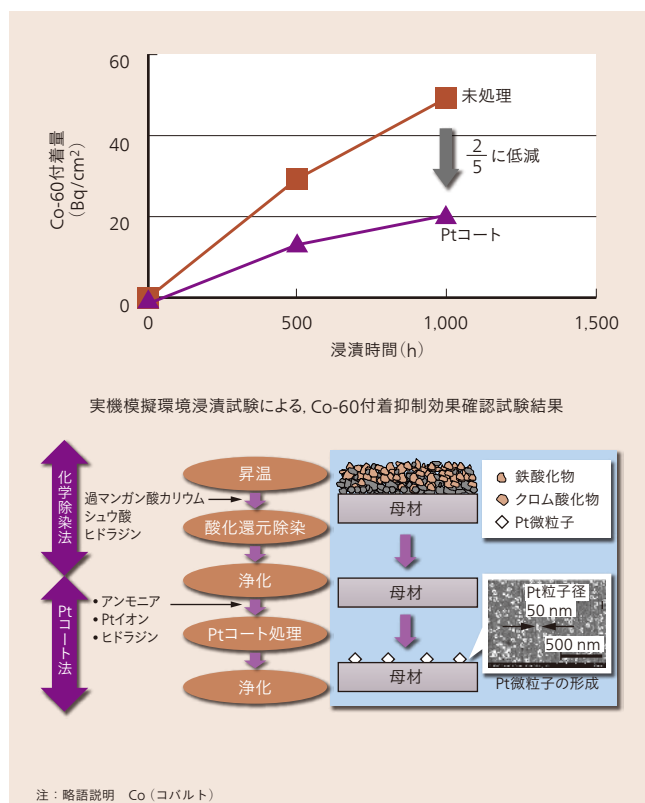
技術革新

1

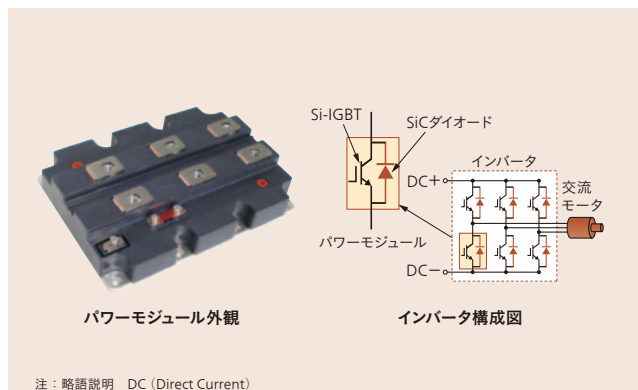
原子力発電所の配管内表面のPtコーティング技術 Ptコート

原子力発電所では、作業従事者の放射線被ばく線量低減が求められている。高温の原子炉水が循環する配管では内表面に酸化皮膜が形成され、そこに炉水中の放射能が取り込まれることで配管の外側に放射線を放出している。このため、大規模な保全作業の前には化学除染という作業で酸化皮膜を除去している。しかし、化学除染後の運転再開に伴い酸化皮膜が再形成され、配管周辺の線量率は増加するため、除染を繰り返す必要が出ている。この除染頻度を下げる目的で酸化皮膜の形成を遅らせる技術を検討し、着目したのが酸化物の触媒溶解作用を有するPt（白金）微粒子である。除染後の運転再開前に、配管表面へのPt微粒子を付着させる技術としてPtコートを開発した。ラボ試験で放射能付着抑制の効果と、 $\frac{1}{20}$ 規模実証試験装置でPtコートの施工成立性を確認した。

今後、この技術の実プラント展開を予定しており、作業従事者の被ばく線量低減に貢献していく。



1 Ptコートの放射能付着抑制効果確認試験結果（上）、Ptコート処理手順の概要（下）



2 3.3 kV/1,800 V SiC/Siハイブリッドパワーモジュール

2

鉄道車両用 3.3 kV/1,800 Aハイブリッドパワーモジュール

SiC（炭化ケイ素）半導体デバイスを用いて、3.3 kV耐圧で大容量の3.3 kV鉄道車両用パワーモジュールを開発した。パワーモジュールはインバータなど電力変換器の構成コンポーネントである。従来は、Si（ケイ素）半導体によるスイッチングデバイス（IGBT：Insulated Gate Bipolar Transistor）とダイオードで構成されてきた。

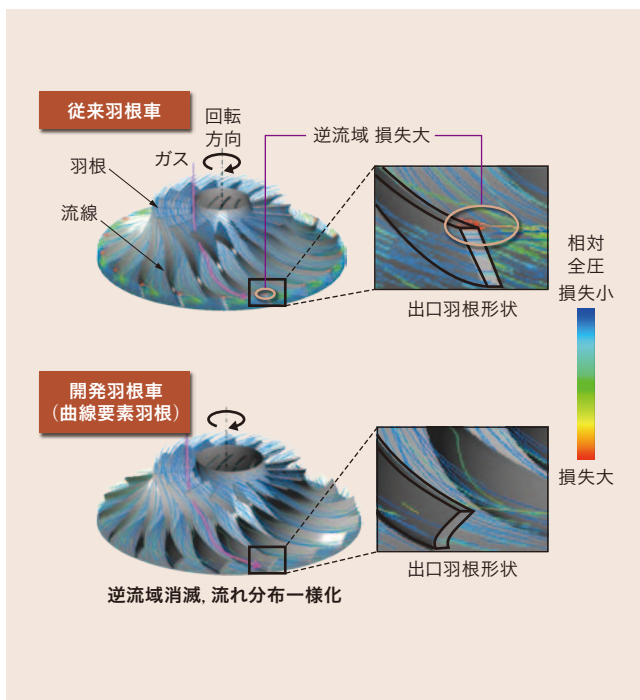
3.3 kV耐圧のSiCダイオードを株式会社日立パワーデバイスと共同開発し、SiC/Siハイブリッドパワーモジュールを実現した。SiCはSiに比べて低損失なため、より大きな電流密度で駆動しても発熱が抑えられる。このため、従来の1,500 Aモジュールと同サイズで1,800 Aモジュール（20%増）が可能になった。さらに、従来のSiモジュールによるインバータに比べてスイッチング時の損失が半減できた。これらの技術を用いて高効率なモータ制御を実現し、従来に比べて、鉄道車両の消費電力を4割程度低減した。

3

遠心圧縮機の高効率化を実現する 曲線要素羽根設計技術

各種工業プラントにおけるガスの昇圧、圧送に用いられる遠心圧縮機では、高効率化による運転コスト低減が求められる。そこで、遠心圧縮機の主要素である回転羽根車内部の流れを剥離発生限界まで整流化する、高効率化設計技術を開発した。

この技術は、10個という少数のパラメータのみで、羽根面の曲率を緻密に制御する遠心ターボ機械向け曲線要素



3 羽根車内部流線と出口羽根形状における比較

羽根形状の定義法、および、多数の設計パラメータを高速に最適化可能な多目的最適化アルゴリズムから構成される。これらの組み合わせにより、回転羽根車内部における逆流の発生を抑制した高効率な羽根形状を、短期間で設計することを可能とした。

その結果、開発した曲線要素羽根を有する遠心圧縮機で、従来機比2.4%の効率向上を実現した。

今後はこの技術を、さまざまな遠心圧縮機製品へ展開して行く予定である。

4

X線位相イメージングによる 充放電中リチウムイオン電池のイオン濃度リアルタイム解析

リチウムイオン電池において、充放電中の電解液内のイオン濃度分布をリアルタイムに解析できる技術を開発した。この技術は、充放電中のリチウムイオン移動に伴う電解液内のイオン濃度分布を、軽元素の可視化に有効なX線

位相イメージング法を適用して、位相変化として計測するものである。今回、正負極に挟まれた電解液内のイオン濃度分布が、充電中は正極側近傍に偏り、偏ったイオン濃度分布は、充電終了後もすぐには緩和しないことを明らかにした。これまで適切な計測法がないために、充放電中の電解液内のイオンの動的挙動は完全にブラックボックスであったが、今回明らかになった充放電中のイオン濃度分布が偏在化するという知見は、高速充放電の繰り返しが要求される車載用途の蓄電池開発に向けて重要となる。

今後、この技術をリチウムイオン電池だけでなく、鉛蓄電池のイオン移動挙動解析にも活用し、高出力対応の蓄電池開発に貢献していく。

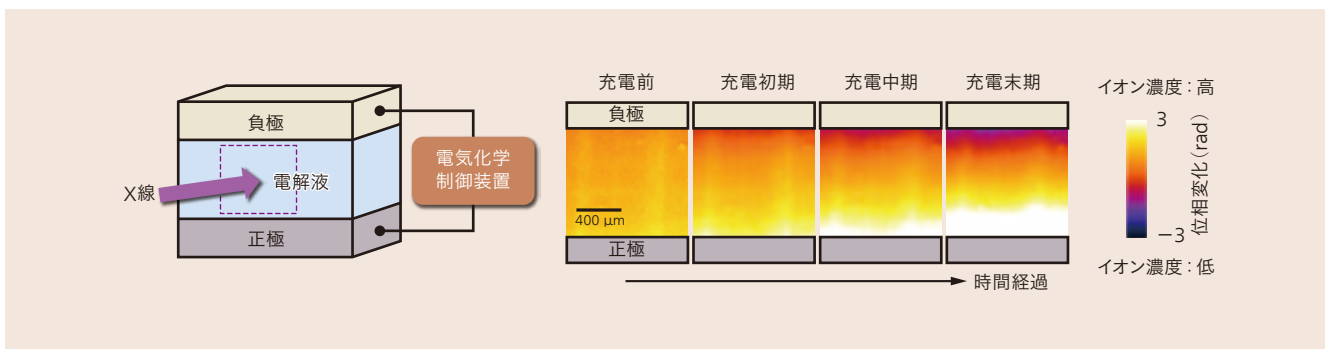
5

IoT向けリアルタイムデータ分析プラットフォーム技術

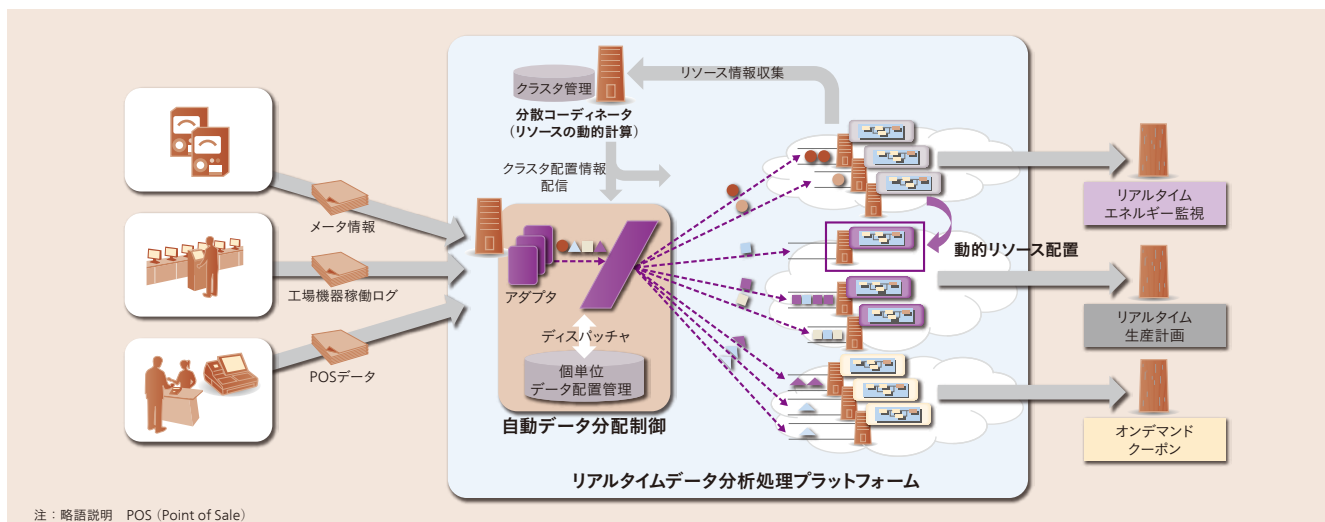
センサーやデバイスなどのIoT (Internet of Things) データのビジネス利用拡大に伴い、個の動きに着目してリアルタイムにデータを分析してビジネスアクションにつなげるニーズが高まっている。リアルタイムデータ分析では、日々発展するビジネス変化に合わせて、収集するデータ量や種類、分析処理の追加変更といった処理設計の変更と、処理要求に応じたシステムリソースの変更が頻繁に発生する。しかし、データや処理量の増加に従い、必要リソース量や個ごとのデータ配置が複雑化するため、システムリソースは迅速な変更が困難になる。

これに対して、分析処理ごとにデータ滞留数などの負荷状況に応じてサーバリソースを動的に計算し、配置したリソースの利用状況から個単位データの分配を自動決定するIoT向けリアルタイムデータ分析プラットフォーム技術を開発した。この技術により、処理要求に対して複雑化するシステム設計において、リソース配置とデータ分配を自動化して、サーバを追加するだけでシステムを容易に拡張することができる。

今後は、システム拡張に加えて分析処理の変更容易性を高めるため、フロー形式で可視化しながら設計できるモデ



4 X線位相イメージングによるイオン濃度リアルタイム解析



5 リアルタイムデータ分析処理プラットフォーム

リング設計手法を開発して、処理設計からシステム構築までのバリューチェーン全てを迅速化するソリューションの実現をめざす。

6 運転中のバッテリー交換を可能にした長時間バックアップ対応UPS

情報化社会の進展に伴い、IT (Information Technology) 機器へ安定した電力を供給することの重要性が高まっている。停電によるデータ損失や機能停止を防ぐため、UPS (Uninterruptible Power System：無停電電源装置) には供給信頼性の向上とバックアップ時間の長時間化が求められている。このような要求に対応するために、UPSの電力供給機能を停止することなくバッテリー交換できる高信頼なUPSの開発が望まれている。

本研究では、絶縁型の電力変換技術を適用することで、電源系統とバッテリーを絶縁したUPSを開発した。絶縁型の電力変換回路には高周波トランスを採用し、停電発生時

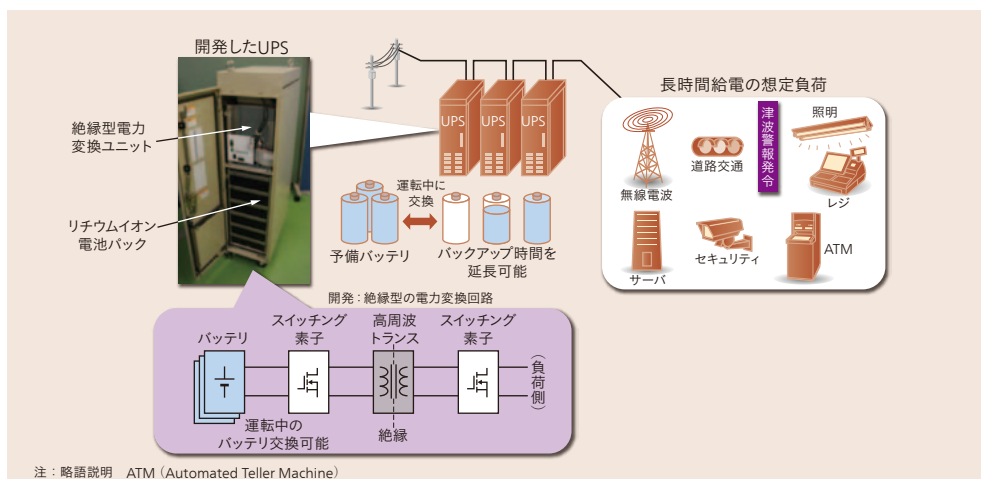
にバッテリーの放電動作を急速に立ち上げる制御アルゴリズムを組み合わせて、UPSが運転した状態でのバッテリー交換も実現した。これにより、複数台のUPSを順次給電させることで、バッテリー交換しながら電力供給し続ける長時間のバックアップ機能を可能とした。

今後、開発したバッテリー絶縁型UPSの特長を生かし、無線基地局などの通信インフラ設備や商業施設向けに展開していく。

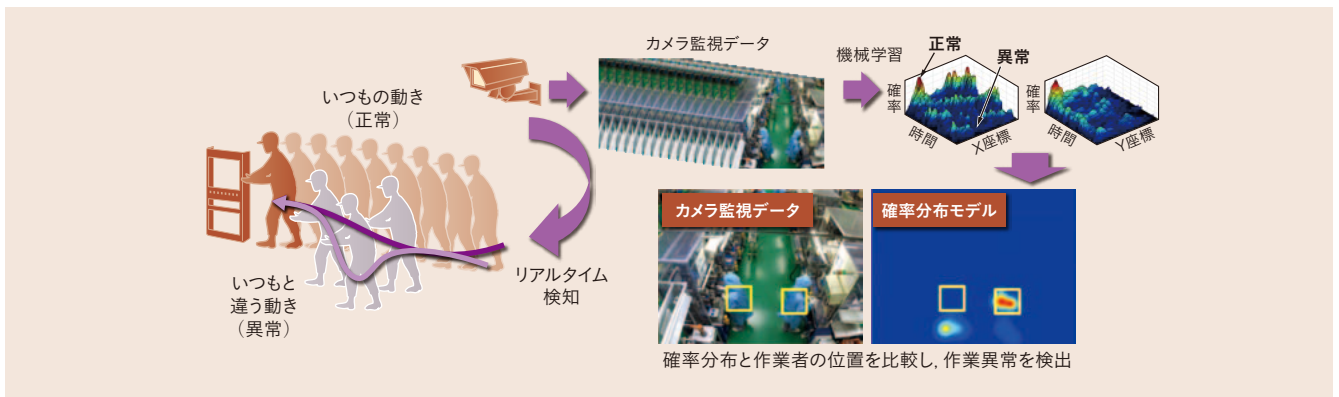
7 カメラ撮像データのビッグデータ解析による作業者の動態監視・異常検知技術

地産地消型生産が拡大する中、現地生産品の品質向上が喫緊の課題となっている。特に新興国の組み立て加工工場は、設備費の圧縮のために人手による作業が多いのが実態であり、作業者の教育や指示・監視の徹底に悩みを抱えている。

これに対し、作業起因の不良流出の未然防止をねらいと



6 バッテリー交換を可能にした長時間UPS



7 作業者の動態監視・異常検知技術のコンセプト

して、組み立て作業者の作業動線や作業動作を監視し、異常検知する技術を開発した。この技術は、カメラで撮像した組み立て作業のビックデータを基に、統計解析により作業者の正常な動きを確率モデル化し、生成した正常作業モデルを基に異常作業をリアルタイムに検知するものである。この検知結果を作業者や現場監督者にフィードバックするとともに、製品品質データも含めた解析に活用し、現地生産品の品質向上に貢献する。

今後は、社内製造事業部門への適用拡大を進めるとともに、自動車業界、精密機器業界など社外顧客向けの品質管理クラウドサービスとして事業化を進めていく。

8

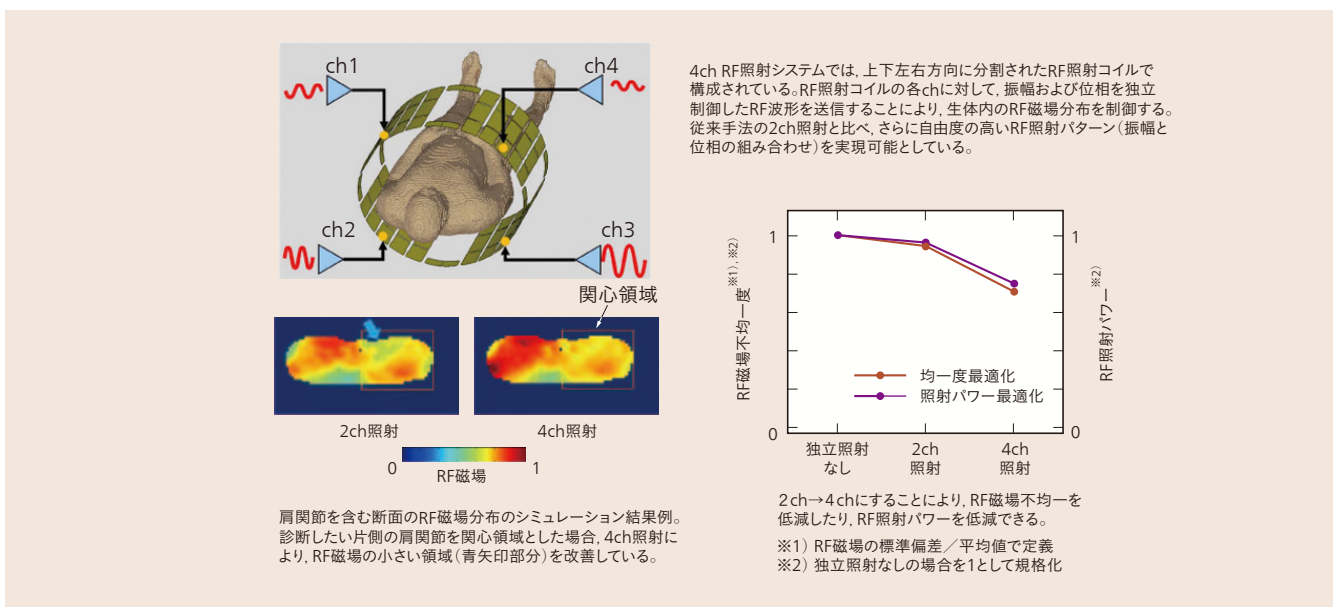
高磁場MRIにおける4ch RF独立照射技術

近年、MRI (Magnetic Resonance Imaging：磁気共鳴撮像) 装置開発において高磁場化が進んでいる。3テスラといった高磁場MRIにおいては、画像のSN (Signal to

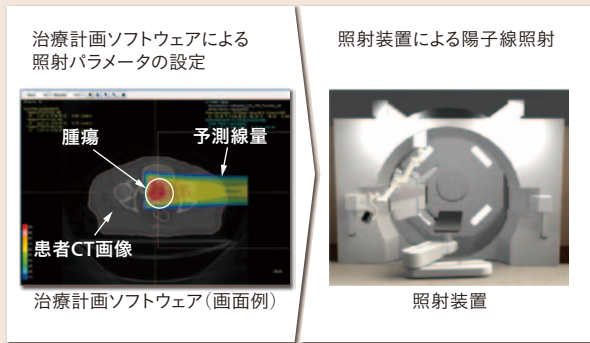
Noise：信号対雑音) 比が向上し、高画質・多機能化への高いポテンシャルを持つ。一方で、磁場強度に比例してRF (Radio Frequency：ラジオ波) 周波数も高くなるため、画像むらの原因となるRF磁場分布の不均一や、生体内RF吸収量の指標となるSAR (Specific Absorption Rate：比吸収率) の増大という課題を有する。

そこで、上記の課題を解決するため、4ch (channel) RF独立照射技術を開発した。この技術では、上下左右に分割されたRF照射コイルの各chに与えるRF波形の振幅および位相を独立制御する。この技術により、関心領域内のRF磁場不均一を低減することができた。また、RF照射パワーを低減することができ、それに伴い、SARも低減できる可能性を示唆している。

今後、画像評価などを進め、高磁場MRIでのさまざまな撮像を支える基盤技術の確立に貢献していく。

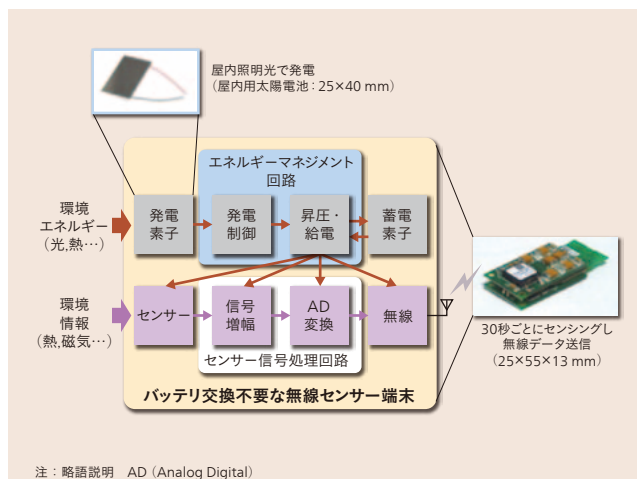


8 4ch RF独立照射システム



注：略語説明 CT (Computed Tomography)

9 陽子線がん治療システム向け治療計画ソフトウェア



注：略語説明 AD (Analog Digital)

10 バッテリー交換を不要にした無線センサー端末

9

陽子線がん治療システム向け治療計画ソフトウェアの体内線量分布計算の高速化

日立は、細いビームを腫瘍形状に合わせて走査することで腫瘍に線量を集中できるスキニング照射法を開発し、治療中の腫瘍の動きを把握する動体追跡技術と組み合わせることで高精度の治療を実現している。スキニング照射法での重要なパラメータであるビーム走査位置と照射量は治療計画ソフトウェア (TPS: Treatment Planning Systems) によるシミュレーションで最適化されるため、TPSには体内の線量分布計算精度が要求される。線量分布計算手法の一つに、個々の陽子線の挙動をシミュレートすることで高精度な計算が可能なモンテカルロ法 (MC: Monte Carlo method) があるが、汎 (はん) 用的なMCツールは患者1人当たり数時間の計算時間を要し、TPSへの適用は困難であった。

今回、日立はMCを改良した高速な線量分布計算手法を開発した。精度を決定づける散乱現象のみをMCに従って解析し、核反応などのほかの物理現象をモデル化することで、精度を損なうことなく計算時間を数分に短縮することができた。今後、TPSへの搭載を推進していく。

10

環境発電を用いてバッテリー交換を不要にした無線センサー端末

さまざまな社会課題の解決に、センシングビッグデータの収集と活用が期待されている。しかしながら、多数のセンサーを設置し、無線で情報を収集するシステムを構築する場合、電池交換などのメンテナンスの負担が大きく、普及の障害となっている。この解決のため、環境中の微小な環境エネルギーのみで動作可能な無線センサー端末を開発した。

太陽光で発電し、電池交換を不要とした無線センサー端

末は既に実用化されているが、屋外に適用シーンが限定されている。今回、微小な環境エネルギーを効率的に収集する環境エネルギーマネジメント回路と、高精度なまま低電力化したセンサ信号処理回路を開発することで、屋内照明光 (太陽光の $\frac{1}{500}$ 程度の明るさ) で無線センサー端末の動作を可能とした。

この技術を用い、産業機器の消費電流を測定する端末を試作し、工場環境で測定可能であることを実証した。

今後、産業機器のモニタリングや、ビーコンによる人流モニタリングへ展開し、センサーソリューションの提供に貢献していく。

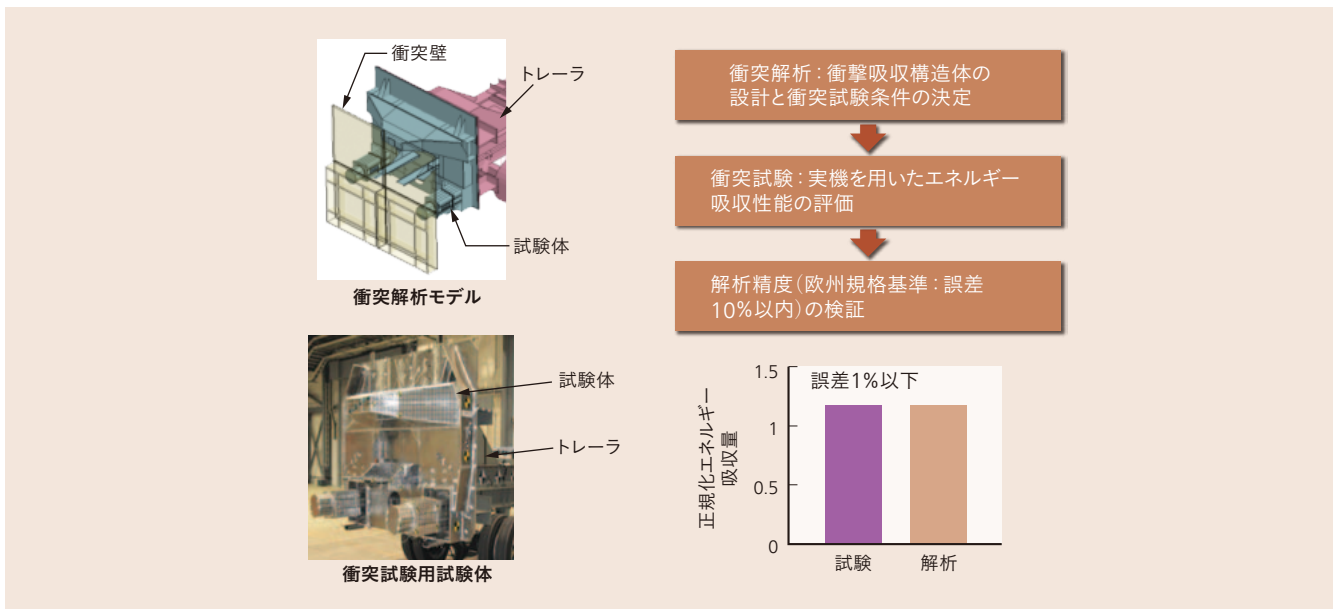
なお、この研究は、国立研究開発法人新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の共同研究業務「社会課題対応センサーシステム開発プロジェクト」の一環として実施したものである。

11

欧州向け鉄道車両の実機衝突試験による衝突安全性評価

欧州向け鉄道車両では、車両どうしや障害物との衝突を想定した規格が制定されており、車両端部に塑性変形によって衝突エネルギーを吸収する衝撃吸収構造体を搭載する必要がある。衝撃吸収構造体の設計に対しては、実機を用いた衝突試験によってエネルギー吸収性能を評価し、この試験を模擬した衝突解析において誤差10%以内の予測精度を達成することが規定されている。

そこで、衝撃吸収構造体を取り付けたトレーラを壁に衝突させる試験方法を確立し、試験設備まで含めた衝突解析モデルを構築した。事前の衝突解析によりデータ計測点を適切に決定することで精度検証に必要な試験データを確実に取得し、規格基準を満足する誤差1%以下の精度でエネルギー吸収量を予測することを可能とした。同時に、試験を試行錯誤的に繰り返し実施することを不要とし、試験の



11 実機衝突試験によるエネルギー吸収性能評価

期間短縮と低コスト化を実現した。

この試験技術は、欧州向け的高速車両および通勤車両の衝撃吸収構造の開発に適用されている。

12

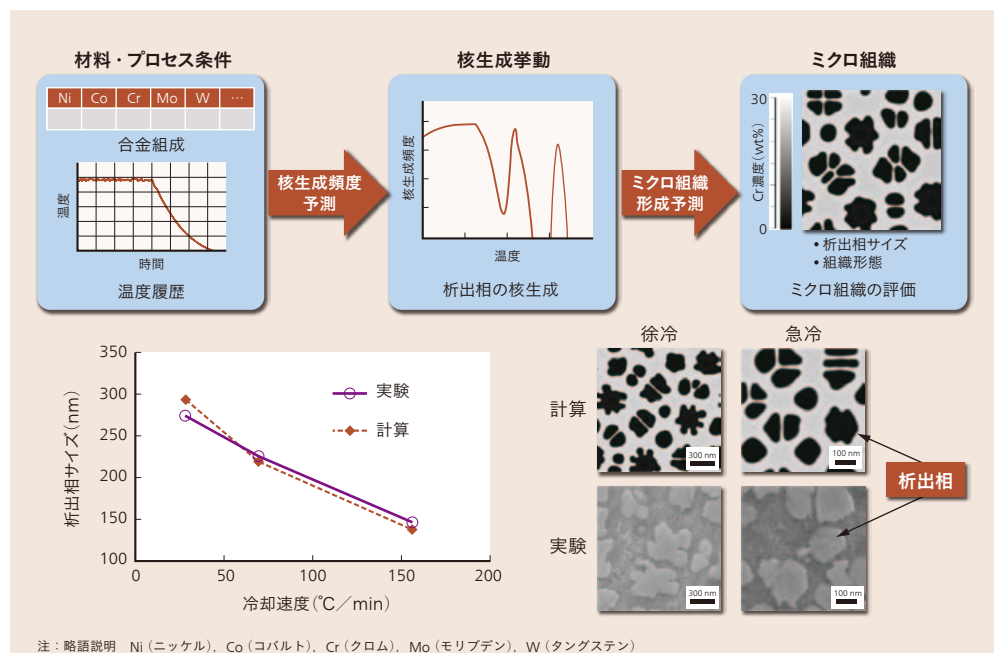
合金設計プロセスを加速するマイクロ組織予測技術

航空機エンジンや発電機のタービン材料に用いられる超耐熱合金は、激しい温度変化や高速回転などの過酷環境にさらされるため、低サイクル疲労、クリープ強さや高温強度などの特性向上が求められる。これらの特性は結晶粒径や析出相サイズなどの金属のマイクロ組織と強い相関を持

つ。マイクロ組織は、材料の組成や加工プロセスに応じてさまざまに変化するため、実験的アプローチに先立ちシミュレーションによる事前検討を行うことで合金設計が大幅に加速できる。

今回開発した技術は、核生成頻度予測とマイクロ組織形成予測の連携により、実験では観察困難な熱処理工程における金属のマイクロ組織変化過程を可視化し、材料の機械的特性を左右する析出相サイズや形態を評価可能にした。この技術による析出相サイズの計算結果は、異なる熱処理条件に対して実験値との誤差10%以内で一致した。

今後は、マイクロ組織の特徴量を用いて材料の機械的特性予測を行い、合金設計プロセスの期間短縮に貢献していく。



12 熱処理条件に依存したマイクロ組織形成過程の予測手法

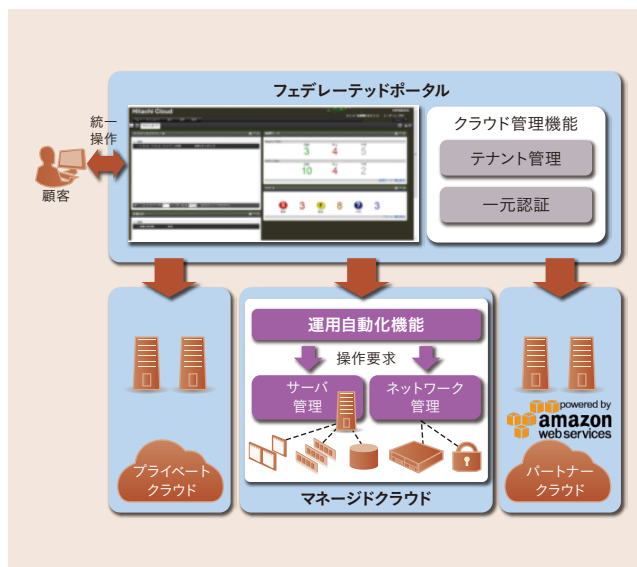
通信販売市場のグローバル規模での拡大や、消費者ニーズの多様化に伴い、今後の物流事業では、効率性に加えて、柔軟性が重要になる。専用設備による自動倉庫は柔軟性に問題があり、一方、人中心の作業は効率性に限界があった。

そこで、現場から得られるビッグデータを使って人とロボットを制御して柔軟性と効率性を両立する人工知能技術を開発し、未来のあるべき倉庫「ドリームウェアハウス」として株式会社日立物流の協力の下で構築した。この技術は日々業務モデルを更新する人工知能が行う人の作業の制御技術、人と小型低床式無人搬送車の協調作業の制御技術、人同等のピッキング作業を行う自律移動型双腕ロボットの制御技術と、それらの人工知能・ロボットによって制御される広大空間の経営・物理情報の全体俯瞰（ふかん）から詳細把握を支援するコックピット技術で構成される。

今後、開発した技術を統合し、さらなる効率性と柔軟性の向上や、生産、流通などほかの分野への技術展開を行っていく。



13 自律移動型双腕ロボットの動作（上）、コックピット技術（下）



14 フェデレーテッドクラウド技術の概要

14

フェデレーテッドクラウド技術

業務システムのクラウド導入にあたっては、顧客の要件に応じて各事業者から提供されるさまざまなクラウドを適切に使い分けることが重要になってきている。クラウドを使い分けることにより、1つの業務システムが複数の異なるクラウドに分散することになり、システムとして統合的に監視や管理をすることが必要となる。

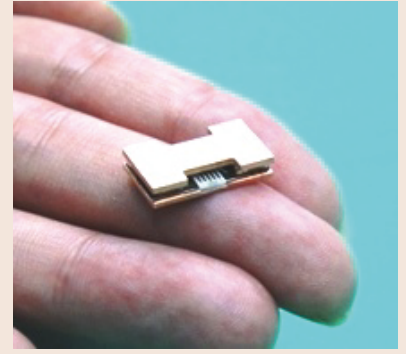
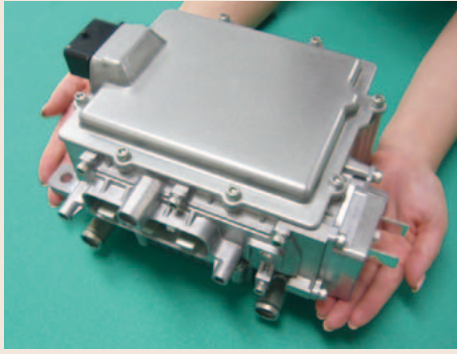
今回開発したフェデレーテッドクラウド技術は、顧客のプライベートクラウド、日立が提供するマネージドクラウド、およびAmazon Web Servicesのようなパートナークラウドのリソースを、顧客のシステムごとに論理的に分離して割り当て、これらのリソースの管理・監視を単一のアカウントで行うことを可能にする。また、フェデレーテッドポータルを介して入力される顧客のリソース操作要求に対して、サーバ管理やネットワーク管理機能などの個々の管理機能と連携し、業務システムの構築に必要なサーバのメモリやディスク、ネットワークなどのリソースの自動割り当てを実現する。これによって、顧客自身が、業務システムを構成する分散されたサーバを単一の画面で把握・操作できるようになり、利便性を大きく向上できる。

開発技術は、株式会社日立製作所・情報通信システム社のフェデレーテッドクラウドサービスに適用されている。

15

両面冷却型フルSiCパワーモジュールを用いた 環境対応自動車向け高効率インバータ

CO₂や窒素酸化物、粒子状物質などの削減を義務づけた環境規制は、米国、欧州などで段階的に強化されており、ハイブリッド電気自動車をはじめとする環境対応自動車で



15 第3世代インバータ（左）、両面冷却型フルSiCパワーモジュール（中）、チップ並列接続構造（右）の外観

は、電費改善と輸送力向上が求められている。これらの要求に応えるには、電動化車両に搭載されるインバータなどのコンポーネントの効율率化や高出力化が不可欠である。今回、先に開発したパワー半導体の並列実装技術と高い冷却性能を持つ両面冷却パワーモジュール技術を応用し、普及の進んでいる小さなSiC-MOSFET（Metal-oxide-semiconductor Field-effect Transistor）複数個を並列実装し、配線インピーダンスをそろえることで各チップに流れる電流を等しくする両面冷却型パワーモジュールを開発した。

これを用いた環境対応自動車向けインバータを試作し、SiC-MOSFETの低抵抗と高速スイッチング性能を引き出すことで、従来のSi-IGBTと比べ電流量を約2倍とし、インバータ損失を60%削減した。

16

経営リソース配分を最適化する サプライチェーンシミュレーション技術

近年、製造業では、市場のグローバル化や事業環境変化への迅速な対応が求められており、継続した利益・キャッシュの創出のためには、拠点の統廃合や在庫配置の適正化



16 サプライチェーンシミュレータのKPI（Key Performance Indicators）評価画面

など、広範囲にわたるサプライチェーンの迅速な見直しが重要な課題である。

これに対し、サプライチェーン改革効果を迅速に評価可能なサプライチェーンシミュレーション技術を開発した。

この技術は、サプライチェーンを構成する企業群を、あらかじめテンプレートとして定義しておくことで、シミュレーションモデル構築の容易性を高めている。

また、各企業における生産計画立案・出荷指示といった機能をエージェントとして実装しており、日立グループのノウハウに基づいた複数ロジックとの組み合わせによってさまざまな製品・サプライチェーン構成に対応が可能である。

今後は、社内製造事業部門への適用拡大を進めるとともに、社外顧客向けのソリューションとして開発を推進していく。

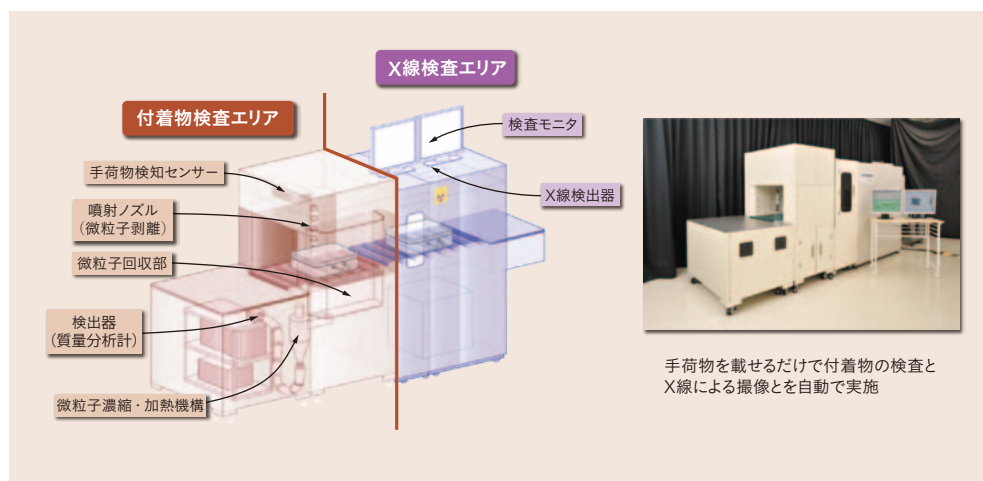
17

爆発物自動探知システム

隠蔽された爆発物を探知する方法の一つに、手荷物などの検査対象に付着している化学物質を分析し、爆薬の痕跡を見つける方法がある。しかし、従来の付着物の検査では、係員が検査対象の表面を拭き取る必要があり、検査に約20秒の時間を要していた。

そこで、拭き取りの工程を自動化した高スループットの爆発物探知技術を開発した。圧縮空気の噴射により検査対象（人、手荷物など）の付着物を吹き飛ばし、回収して即座に成分を分析する。検査は全て自動で行われ、検査時間は人が約3秒、出荷物は約5秒である。試作した爆発物探知装置をX線手荷物検査装置と直結しシステム化することにより、係員の負担を増やすことなく付着物の検査とX線による撮像を同時に行うことができる。

なお、この研究は文部科学省「社会システム改革と研究開発の一体的推進」により実施した。

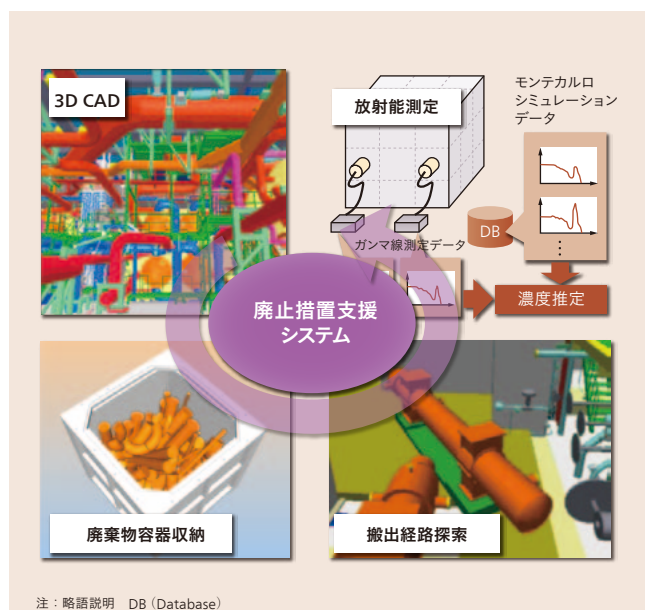


17 爆発物探知システム（手荷物検査用）

18 廃棄物量、解体工数を極小化する 廃止措置支援システム

原子力発電所の廃止措置で発生する数千トンの放射性廃棄物について解体・切断して廃棄物収納容器に収納したうえで運搬し、安全に管理するために廃止措置支援システムを開発している。

従来は設計図を基に解体・切断して廃棄物収納容器へ収納する方法や運搬経路を検討していたが、重量および放射性物質の情報を取り込んだ3D-CAD（Three-dimensional Computer-aided Design）モデルを基に、各種制約下での最適化計算による廃棄物収納容器への廃棄体の収納方法や必要廃棄物収納容器数を自動計算する技術と、ダイクストラ法経路探索およびマルチボディダイナミクスにより放射性廃棄物の累積線量を最小化し、かつ、機器・配管と建物・構造物・設備との干渉を回避する搬出経路自動探索技術を開発した。



18 廃止措置支援システム

開発した。さらに、複数のガンマ線測定データとモンテカルロシミュレーションデータから、事後確率最大化法を用いて廃棄物収納容器内の放射能濃度分布を推定し、容器内濃度を $\pm 20\%$ の誤差で評価可能とする技術を開発した。

今後もこれらの技術によって安全、確実、合理的な廃止措置を支援していく。

19 IT装置向け25 Gビット/sデータ伝送を実現する 送受信器

近年、爆発的に発生するデータを分析し、新たなビジネスやサービスを創出する動きが加速している。この膨大な情報処理に対応するため、IT装置では信号線1本当たりのデータ伝送速度を従来の10 Gビット/sから25 Gビット/sにする高速化が進められている。しかし、伝送損失が増大する課題がある。例えば、送信信号の振幅が1.0 Vで伝送損失が40 dB（デシベル）であると受信信号の振幅は



19 IT装置内の高速伝送

10 mVになる。これは電源線のノイズよりも小さい可能性がある。この課題を克服するために、25 Gビット/sで信号損失40 dBのプリント基板配線をデータ伝送できる送受信器の試作に成功した。

この送受信器は、基板伝送により劣化した信号を高精度に復元する判定波形等化器を搭載することで、複数のプリント基板をまたぐ信号損失が大きな配線においても、信号の誤り率(ビットエラーレート)が 10^{-14} 以下となる高品質なデータ伝送を可能としている。

この送受信器は標準規格IEEE802.3bjで規定された信号損失35 dBを上回る性能を得ており、次世代IT装置を実現するキー技術である。

20

信頼性アナリティクス

風力発電設備や建設機械など屋外で稼働するインフラ製品は、使用環境や使われ方によって製品の寿命が大きく変化する。したがって、信頼性の高い製品を提供するには、さまざまなサイトで稼働データを収集・分析して使用環境や使われ方を十分に把握し、それを信頼性設計に反映する必要がある。

今回、稼働データの情報を最大限に活用するため、計測データと製品知識を融合して未計測のデータを推定し、信頼性を分析する技術を開発した。また、データ分析の省力化のため、分析技術を幅広いユーザーが共有して利用できるアナリティクス基盤を開発した。

この基盤は、高度分析技術のライブラリと、高速データ分析・転送の機能を有するデータベースなどで構成されて

おり、クラウド上で24時間稼働している。ユーザーは任意の場所からWebブラウザのGUI(Graphical User Interface)を使ってクラウドにアクセスし、信頼性設計の専門家によって検証された方法でデータの分析や可視化を行うことができ、高信頼な製品設計を実現できる。

21

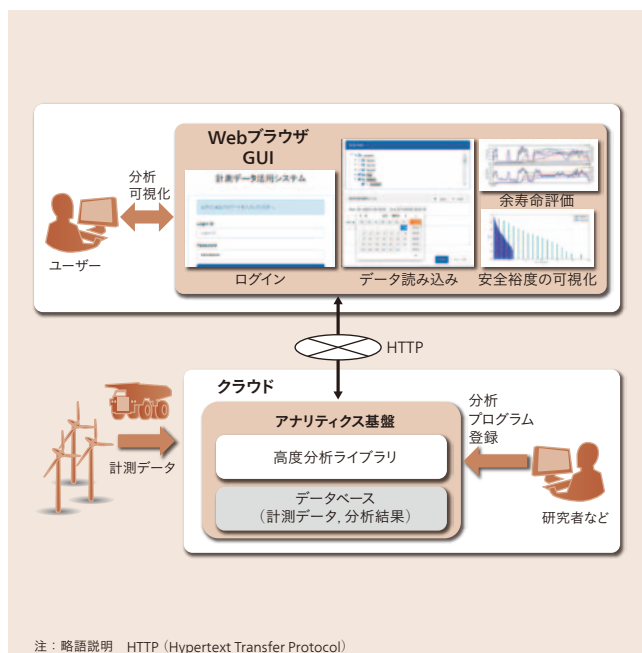
分子シミュレーションによる固体潤滑現象解明を通じた樹脂材料の低摩耗化

分子シミュレーションに基づき、低摩耗の樹脂・金属界面を効率的にスクリーニングできる技術を開発し、産業機器の信頼性向上に資する材料設計が可能になった。

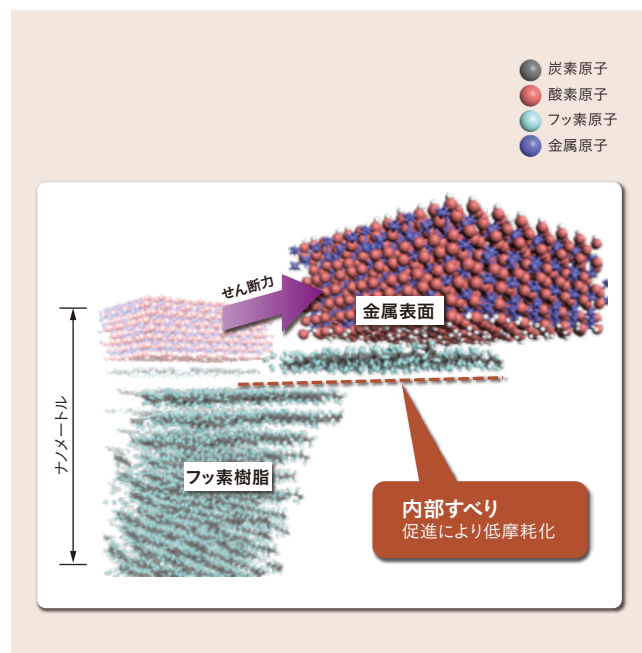
フッ素樹脂は、油を伴わない金属部材の固体潤滑に適し、空気圧縮機など産業機器のメンテナンスサイクルの延長を可能とする。しかし、湿度の低下がフッ素樹脂の摩耗を助長することがあり、機器の寿命を早める一因となっていた。

フッ素樹脂の低摩耗化を目的に、分子シミュレーション手法でフッ素樹脂と金属との摩擦を解析した。その結果、樹脂の内部にすべりを生じさせ、摩擦の低下をもたらす現象が固体潤滑の本質であることが分かった。大気中の湿気には、フッ素樹脂と金属との密着を強くし、内部すべりを促進する作用がある。一方、低湿度の環境では樹脂の内部すべりが起きにくいため、低摩耗化を図るにはフッ素樹脂を強く密着できる金属材料が必要である。得られた指針を基に、フッ素樹脂を低摩耗化する金属を材料設計し、空気圧縮機の摩耗耐久性を向上した。

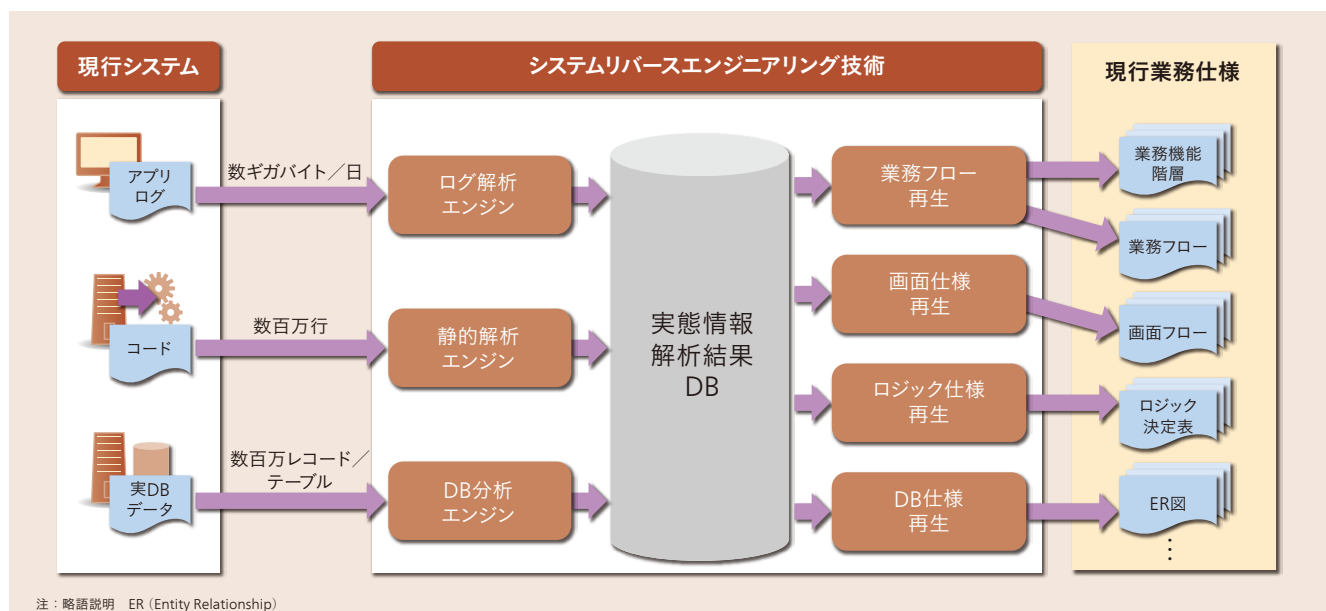
今後は、開発手法を複合樹脂材料の設計に応用し、自動車機器や家電製品などの高効率化、省エネルギー化にも貢献していく。



20 計測データを設計に活用するためのアナリティクス基盤



21 分子シミュレーションで観察されたフッ素樹脂の内部すべり現象



22 システムリバースエンジニアリング技術

22

システムリバースエンジニアリング技術

近年、企業情報システム開発プロジェクトの9割をリプレース案件が占めると言われている。リプレース案件では、顧客の新要件をシステム化するのと同程度あるいはそれ以上に、顧客の現業を担保する現行システムの移行が重要となる。しかし、度重なる保守や業務有識者の離職などに伴って現行システムの業務仕様が散逸してしまい、結果、リプレースの難度を高めているというシステムも少なくない。

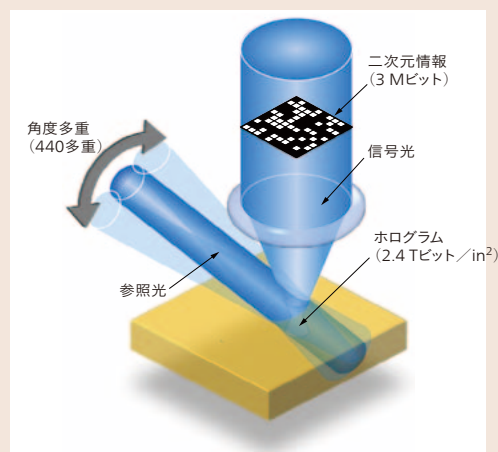
システムリバースエンジニアリング技術では、顧客の現行システムから得られる実態情報から業務仕様を再生することでこの課題を克服する。実態情報とは、システムが出力するログやデータベース上のデータ、ソースコードであり、大量の実態情報を自動解析することで業務仕様を再生する。従来のプログラム解析技術にログ・データベース解析技術を組み合わせたこの技術により、人間の知識や勘だけでなく、システムの実際の使われ方を根拠とする業務仕様をつまびらかにすることが可能となった。

この技術の適用を進め、システム開発の品質向上、納期達成に貢献していく。

23

大容量ホログラフィックメモリ

全世界で生成されるデジタルデータ量は2020年に40 ZB（ゼタバイト）に到達すると予測されている[※]。驚異的に増大する大量のデータを利活用するニーズが高まっており、長期にわたり低コストで安全に保管するストレージがITシステムに求められる。



23 ホログラフィックメモリシステム

光ストレージは長寿命・低ビットコストの特長があり、ビッグデータ時代のデータアーカイブを支えるストレージとして、大いに期待される。開発した大容量ホログラフィックメモリは、二次元の情報を持った信号光と参照光を重ね合わせたときに生じる干渉縞パターン（ホログラム）を記録媒体に角度多重記録する。

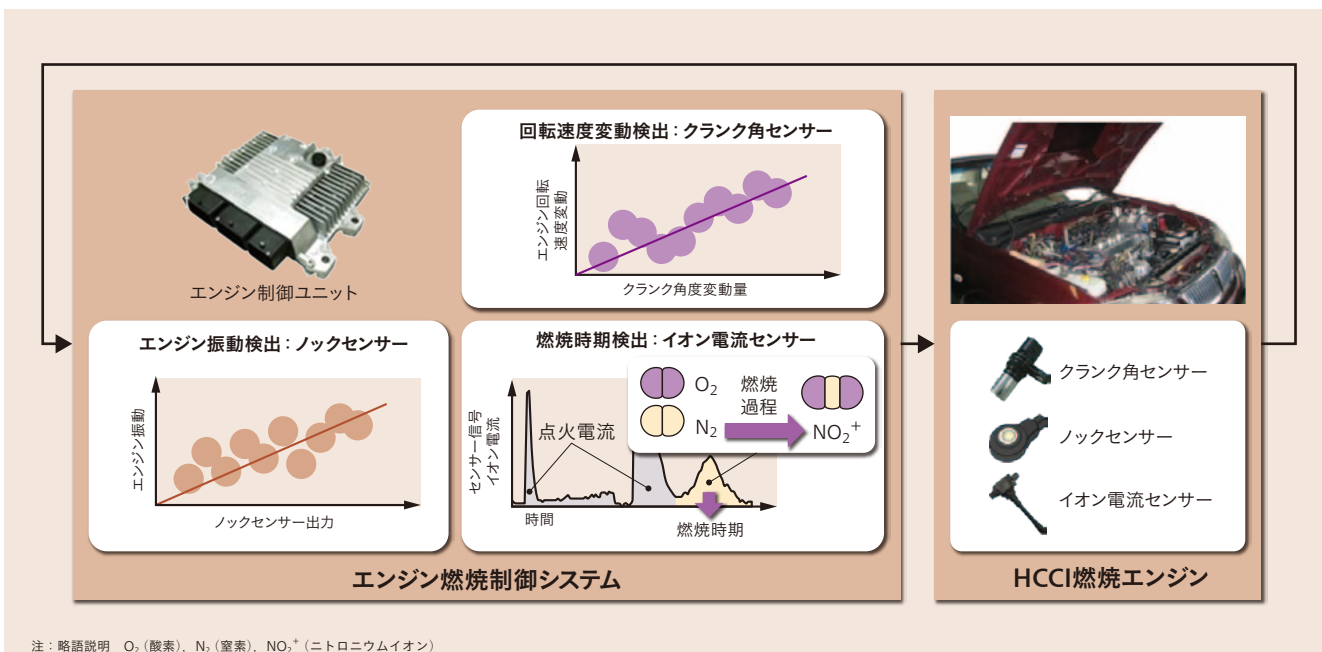
今回、試作機において記録媒体に440多重を行い、記録密度2.4 Tビット/in²を達成した。この開発技術により、ディスク1枚あたりテラバイト級の大容量光ストレージの実現が期待される。

※) THE DIGITAL UNIVERSE IN 2020 (IDC 2012.12) より。

24

次世代エンジン燃焼制御システム

火花点火燃焼に代わる圧縮着火（HCCI：Homogeneous Charge Compression Ignition）燃焼が研究され、将来の二



24 次世代エンジン燃焼制御システム

酸化炭素排出規制へ適合するガソリンエンジンの熱効率向上技術として注目されている。HCCI燃焼の採用で、現状35%程度のガソリンエンジンの熱効率を40%程度にまで向上できる見通しである。一方、HCCI燃焼には、使用環境（温度、燃料性状など）の変化に対して燃焼状態のロバスト性が低いという実用化に向けた課題があった。

この開発では、燃焼状態の悪化がエンジン回転速度変動やエンジン振動の増大、燃焼時期の変動として現れることに着目し、クランク角センサーによるエンジン回転速度変動検出、ノックセンサーによるエンジン振動検出、イオン電流センサーによる燃焼時期検出の各手法を考案した。既存センサーを応用することにより、燃焼状態検出のためのコスト増加を抑えた点が特長である。

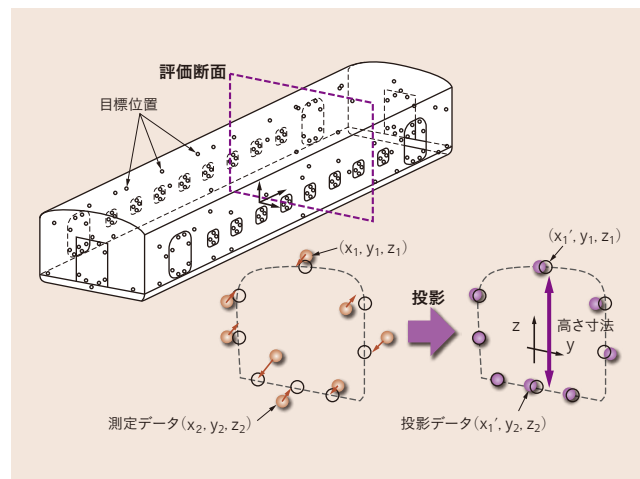
この技術を備えた次世代エンジン燃焼制御システムを構築し、高いロバスト性を備えたHCCI燃焼を実現することで、HCCIエンジン実用化への道筋を立てた。

25

三次元測定機を用いた鉄道車両構体寸法測定技術

鉄道車両の海外需要の伸びに伴い、顧客に近い海外での現地生産が拡大している。海外で、国内生産と同等の品質と生産効率を確保するためには、作業者の技能に依存しないモノづくりの確立が必要となっている。鉄道車両は、構体と呼ばれるボディ部分を溶接組み立てし、内装品や電装品などの部品を取り付けて製造するが、部品の取り付けには、作業者の経験に基づく調整作業が必要とされていた。

調整作業排除のために、構体寸法の高精度・高効率な測定技術と、測定データに基づく部品取り付けの作業指示技



25 寸法自動抽出技術

術を開発している。

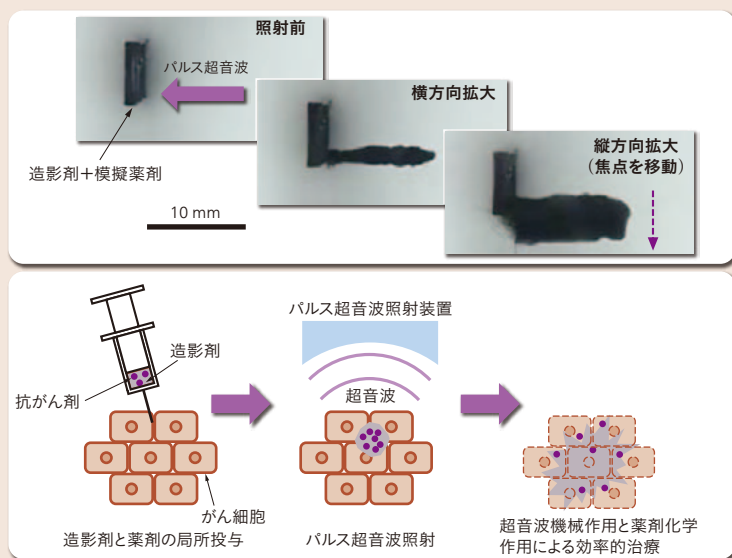
今回、接触式の三次元測定機を用いた構体寸法測定技術を開発した。実際の測定箇所とあらかじめ登録した測定目標位置とのずれの評価により誤測定を防止する測定箇所判定機能、測定データを評価断面に投影させて実際の寸法を抽出する寸法抽出機能により高精度な測定を実現した。さらに測定データの自動処理と作業指示を行う作業ガイダンス機能を開発し、構体の寸法検査への導入を実現した。

26

超音波による薬物分布制御を用いた新規がん治療

新規機序に基づくがんの低侵襲治療手法に関する原理検証を行った。超音波の機械作用を用い、腫瘍組織に局所投与した抗がん剤の効果を腫瘍組織全体で発現させるものである。

従来は、超高強度の超音波照射が必要であり適用が困難



26 透明ゲル中でのパルス超音波と造影剤による薬剤分布の制御(上)、新規がん治療のコンセプト(下)

であった。今回、日立が開発した手法では、高濃度投与が可能な液体微粒子から成る造影剤とともにパルス超音波を照射することにより、既存の超音波治療装置と同等の強度での効果生成が可能であることを明らかにした。

透明ゲル中で、超音波照射によりゲル組織構造が破壊されて薬剤分布が変化し、超音波照射方法に向かって薬剤が移動していることが確認できた。この手法は抗がん剤の副作用を抑えつつ低濃度での治療を可能にすると期待される。

27 サブミリメートルオーダーの欠陥を検出可能な2軸超音波検査技術

振動軸が直交する2つの超音波を用いる検査技術を開発した。圧延材料などの一部の金属には結晶構造があり、振

動軸が結晶軸に平行な場合と直交する場合で、超音波の伝播速度が異なる。その結果、各振動軸で得られる欠陥信号は、位置がずれて検出される。また、結晶界面で発生する反射ノイズのため欠陥信号の識別が難しくなり、従来法では、数ミリメートルオーダーの欠陥しか検出できなかった。

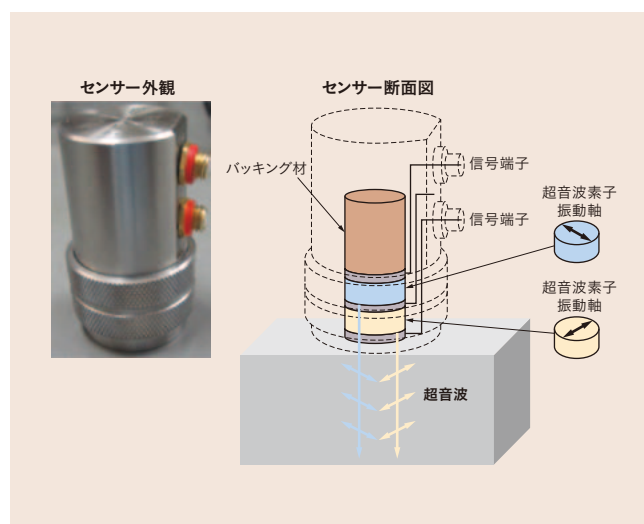
今回、2つの超音波素子(おのおのが各振動軸の超音波を送信・受信する)を使い、各軸の信号を個別に取得できるようにした。伝播速度の違いに応じて欠陥の位置情報を補正すると、欠陥信号の位置が一致しSN比が向上する。その結果、サブミリメートルオーダーの欠陥検出が可能となる。

今後、調達材料の受入検査などに適用する計画である。

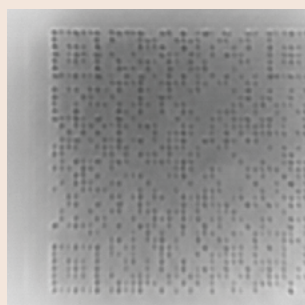
28 石英ガラス内部へのBlu-ray Disc並みの記録密度での記録再生技術

デジタルデータの長期的保存技術として、耐熱性・耐水性に優れた石英ガラスに、レーザでデータを記録し光学顕微鏡で再生する技術を開発している。京都大学との共同研究により、フェムト秒レーザを用いた石英ガラス内部への多層記録技術を開発した。石英内に100層サンプルを作製し、Blu-ray Disc^{*}並みの記録密度(約1.5 GB/inch²)での記録再生を達成した。作製したサンプルは耐火金庫と同等の1,000℃、2時間の耐熱性を有し、温度加速試験により常温での寿命が3億年以上であることを確認した。

この技術により、歴史上重要な文化遺産や公文書などの貴重なデータの半永久的保存が可能となる。この技術を用いた石英サンプルは、九州工業大学と鹿児島大学で開発した宇宙機「しんえん2」に搭載され、また神戸市立博物



27 2つの振動軸を持つ超音波センサー



10 μ m



28 100層サンプル (左), 「しんえん2」に搭載された石英ガラス (中), 大英博物館展サンプル (右)

館で2015年9月から2016年1月にかけて開催された「大英博物館展—100のモノが語る世界の歴史」において開催館が選定する101点目として展示された。

*は「他社登録商標など」(145ページ)を参照

29

駅構内人流シミュレータ

駅設備の最適な配置や旅客流動に応じた列車ダイヤの変更、混雑を緩和する旅客案内などを通して、より便利で快適な駅を実現するため、駅構内での人の流れを予測する駅構内人流シミュレータを開発した。

開発したシミュレータでは、複数の駅での現地調査を通して得た知見を基に、駅構内における人の行動をエージェントシミュレーションの手法を用いて汎用的にモデル化した。例えば、駅ホームにおける列車乗降の行動は、列車の停車位置やドア数、整列方法など駅によって異なるが、開発したモデルでは列車の発着に応じて3段階に分け、段階ごとに整列位置などを細かく設定することで列車乗降の行動を柔軟に再現できる。予測結果をより直感的に理解するための3D表示機能もあわせて開発した。

このシミュレータを活用することによって、既存駅のリニューアルや新線、新駅の建設などで生じる人の流れの変化を事前に検証することができる。

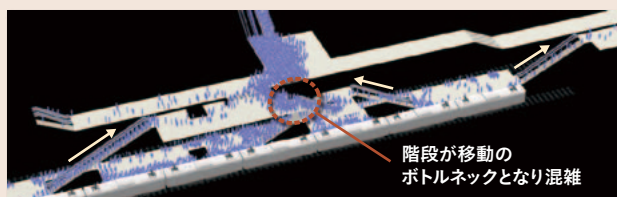
30

蓄電池システムのコスト・ベネフィット分析と制御戦略

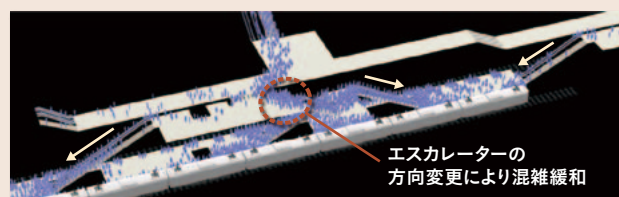
電力系統への再生可能エネルギーの導入が大規模に進められる中、電力の需要と供給を継続的に調整して系統の周波数を安定させる、即応性を備えた電源の必要性が高まっている。日立の蓄電システム (BESS : Battery Energy Storage System) は柔軟性と即応性を兼ね備えており、系統安定化の主要ソリューションとなり得る性能を有している。米国では電力系統事業者によって、周波数を所定の値に維持するためのリソースを補完する系統安定化サービス市場が形成されている。そして、エネルギー貯蔵の展開を推進する取り組みも複数実施されている。

BESSによる北米の系統安定化サービス市場への参入をめざし、据え付け式BESSを評価し、その設計と制御に関する課題を克服するためのコスト・ベネフィット分析シミュレーションツールを開発した。このツールは、日立が開発した蓄電池寿命予測、運用戦略設計、各種の最適化技術を搭載している。シミュレーションと最適化によって、BESSの性能と寿命の最大化を実現する最適な制御運用戦略の選択を支援する。

日立は米国ニュージャージー州に、1 MW/450 kWhの性能を持つコンテナ型リチウムイオンバッテリー蓄電システムを設置して、実証実験を開始した。その目的は、開発

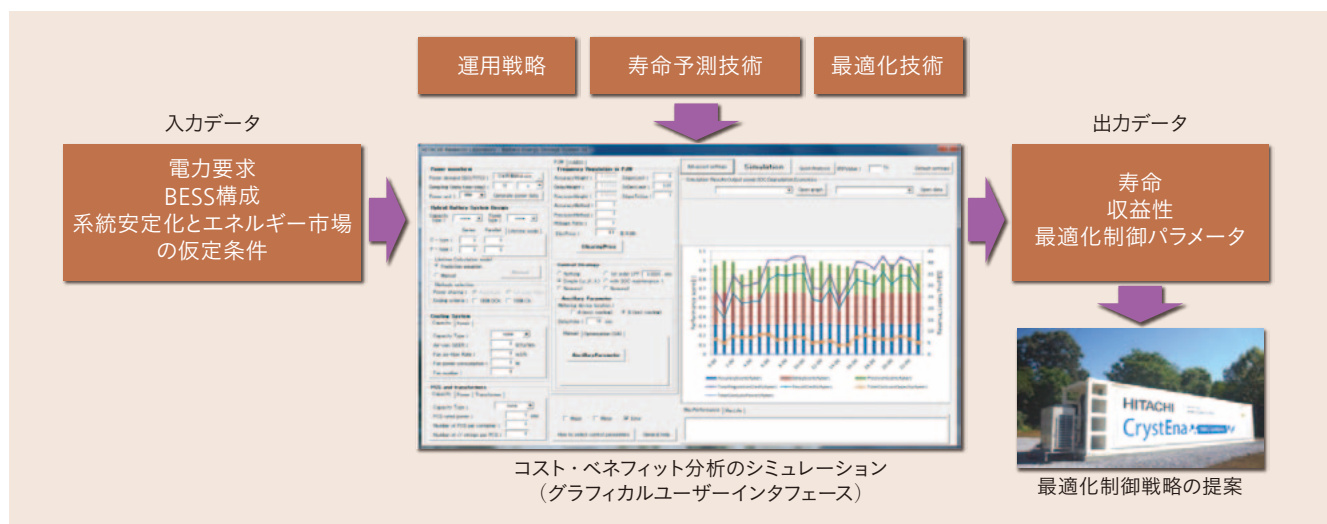


(1) 列車運行間隔 : 6.4分, エスカレーター : 昇り方向



(2) 列車運行間隔 : 6.4分, エスカレーター : 下り方向

29 駅構内人流シミュレータの予測結果の一例



30 コスト・ベネフィット分析シミュレーションツールの概念

した技術の効果の検証，商業的な実現可能性の確認，および周波数安定化サービスの提供に向けたシステム性能の試験である。

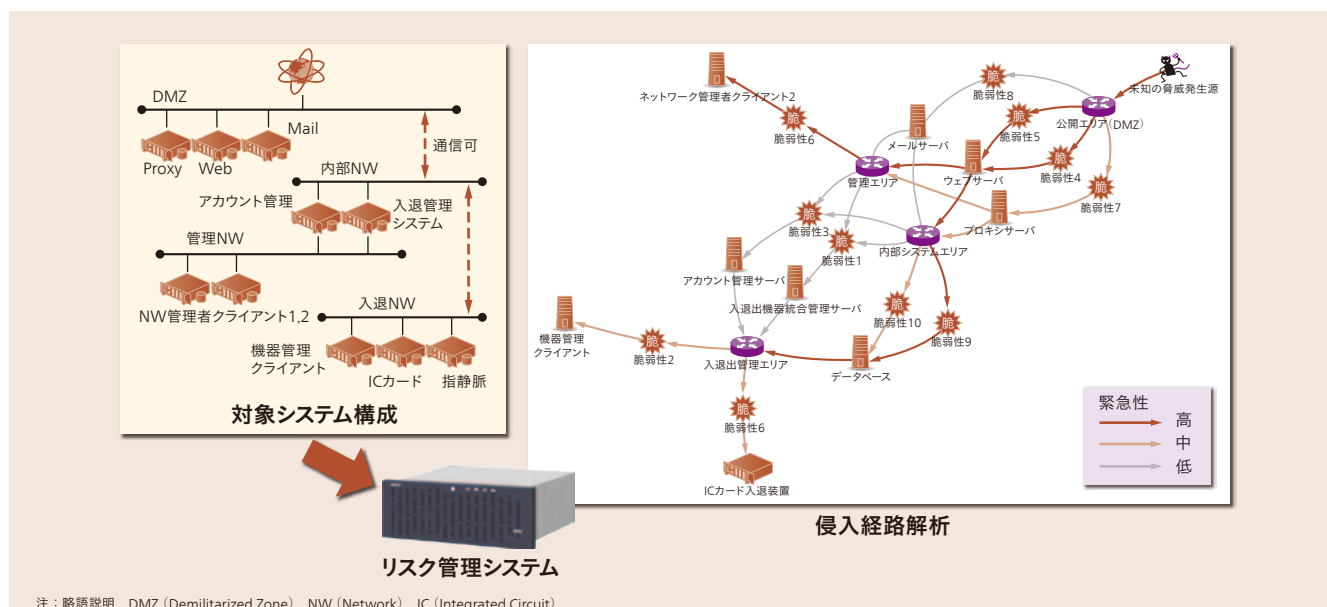
31 サイバー攻撃の侵入経路を考慮した セキュリティリスク評価技術

ITシステムの脆弱性の報告数は年々増加しており，2014年は米国NIST (National Institute of Standards and Technology：米国国立標準技術研究所) から約8,000件もの脆弱性情報が公開された。その中でも高い関心を集めた「Heartbleed」と呼ばれる脆弱性の場合，脆弱性情報の公開直後から同脆弱性を狙った攻撃が急増したため，企業などの情報システム部門は迅速な対処が求められた。このような場合，数多くの脆弱性の中から対処すべき脆弱性

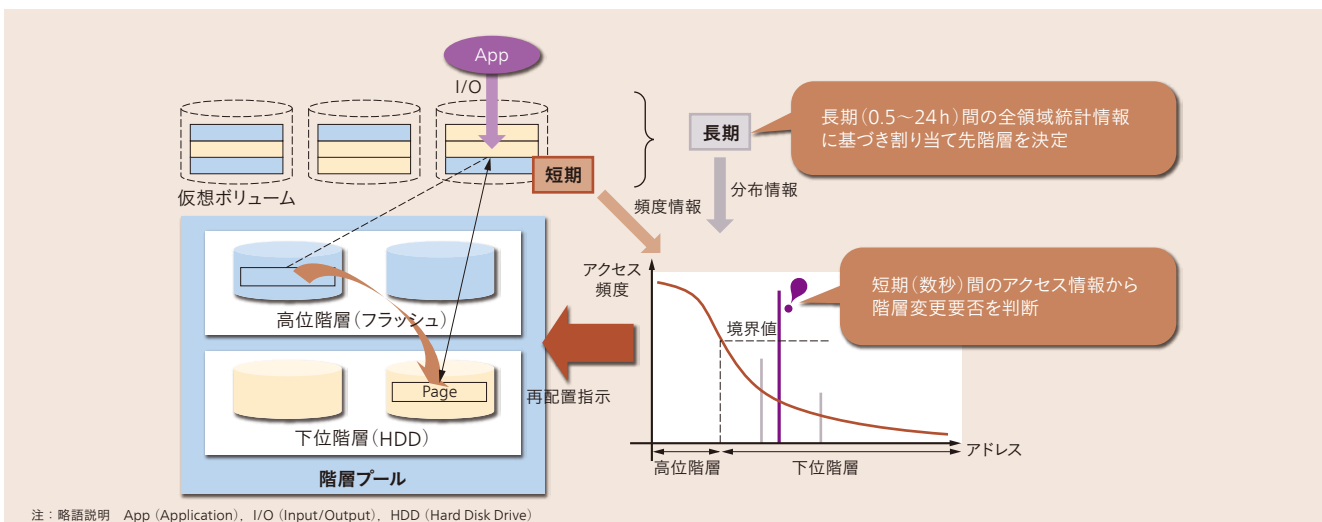
の特定や優先度付けが必要となり，高度な情報セキュリティスキルが求められる。しかし，個々の組織でそのような専門家の確保や育成は困難である。

そこで，日立では，システムの脆弱性を迅速に特定するとともに，予測されるサイバー攻撃の侵入経路を網羅的に抽出して優先的に対処すべき脆弱性を順序付けする技術を開発した。これにより，専門家不在の組織でも容易に対策の優先順位を明らかにすることができ，脆弱性への一律かつ迅速な対応が可能となる。

複雑さを増すサイバー攻撃に対処するため，セキュリティリスク評価技術を活用し，組織の情報システム部門やCSIRT (Computer Security Incident Response Team：コンピュータセキュリティインシデント対応チーム) におけるセキュリティ運用を支援するサービスを拡充していく。



31 サイバー攻撃の侵入経路予測による対策優先度付け



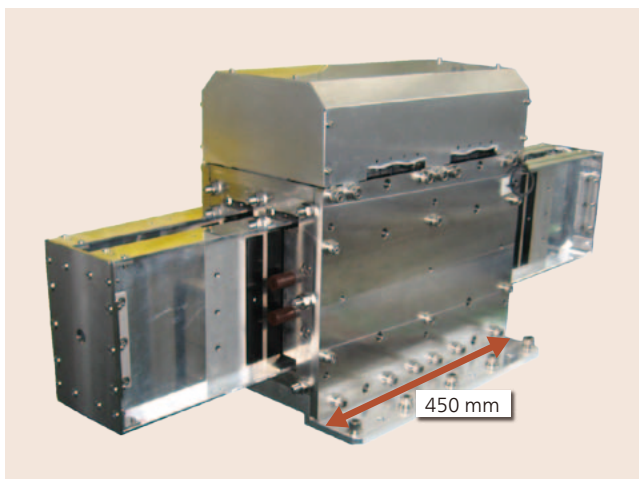
32 active flash技術の概要

32

Hitachi Virtual Storage Platform ミッドレンジファミリー向けデータアクセス高速化技術

多種多様なアプリケーションが同床するITシステムにおいて、時々刻々と変化するアプリケーションの特性に追従して、ITシステムの構成を見直すチューニング作業はシステム管理者にとって非常に難しく、煩雑である。

Hitachi Virtual Storage Platform ミッドレンジファミリー向けに開発された新技術「active flash」は、アクセスが集中しているハードディスクドライブ上のデータを即座に高速なフラッシュ媒体へ配置する自動チューニング機構を提供する。煩雑な管理・運用をすることなく業務負荷の変動に追従した迅速かつ自動でのデータ配置が可能となるため、管理者の負担を軽減することが可能となる。これにより、詳細なシステム設計の必要なく、データ量の増加にあわせてフラッシュ媒体を容易に追加できるほか、市場環境の変化などにより生じる予測困難なアクセス頻度の変動にも迅速に対応する。



33 加速度1,670 m/s²を実現したリニアモータ試作機

33

高速・高加速リニアモータ

半導体製造装置や工作機械では、近年、スループットを向上させる駆動機器の高速・高加速化の要求が高まっており、リニアモータの導入が進んでいる。リニアモータの高速・高加速化のためには、可動部の質量を軽量化しつつ大推力化と高強度化を実現する必要がある。そこで、日立は独自構造を採用した高速・高加速駆動を実現するリニアモータの試作機を開発した。

このリニアモータは、磁石両面の磁束を有効利用するために磁極間に可動子の磁石を配置する磁極対向構造を採用し、推力当たりの可動子質量を削減した。さらに、たわみを低減する2つの可動子を連結した2段組み構造を採用し、軽量で高強度な可動子を実現した。この結果、試作機による実証試験において、可動部の大幅な軽量化（自社従来比 $\frac{1}{3}$ ）を達成し、最大速度秒速14.0 mと自社従来比4.3倍となる加速度1,670 m/s²を実現した。

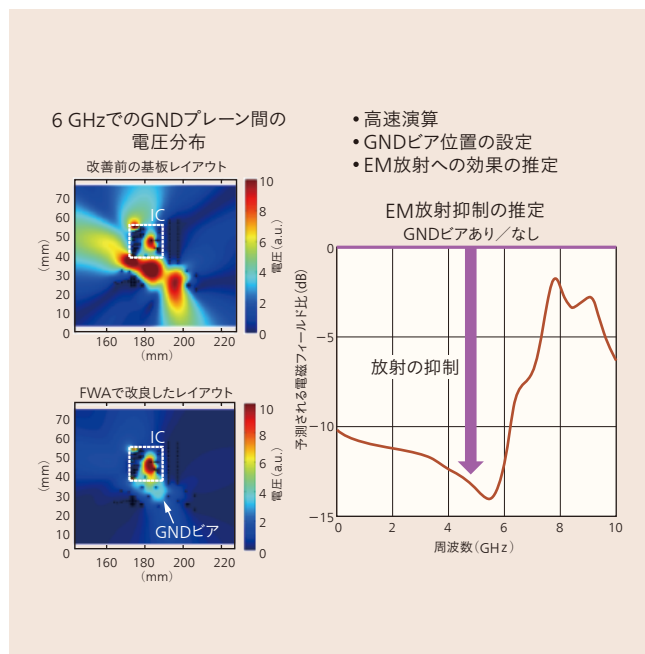
34

回路基板のEMC設計向け高速解析技術

動作周波数が1 GHzを超える回路基板のEMC (Electromagnetic Compatibility: 電磁両立性) 設計を行うためのFWA (Forward Wave Analysis) 技術を開発した。

LSIの同時スイッチングで発生するノイズは、回路基板の電源プレーン間を伝播し、基板端部から電磁波を放射し、ほかの電子機器に対して電磁妨害 (EMI: Electro Magnetic Interference) を引き起こす。こうしたノイズ放出を抑えるため、バイパスコンデンサ、GND ビアなど、各種のノイズバイパスデバイスが用いられる。

EMC設計における課題は、EM (Electromagnetic) シミュ



34 FWAによるレイアウト設計の改善とEM放射抑制の例

レーションに要する膨大な計算時間と、1 GHzを超える領域では高精度なコンポーネントモデルがないことである。

FWA (Forward Wave Analysis) は、非常に高速なノイズ伝搬計算 (従来の基板全体のシミュレーションの50~100倍) とレイアウト情報を組み合わせた近似ソリューションを実現しており、設計の上流段階でシミュレーションできる利点がある。通常ノイズ放射は基板の共振周波数の影響を強く受けるため、シミュレーションが困難であった。

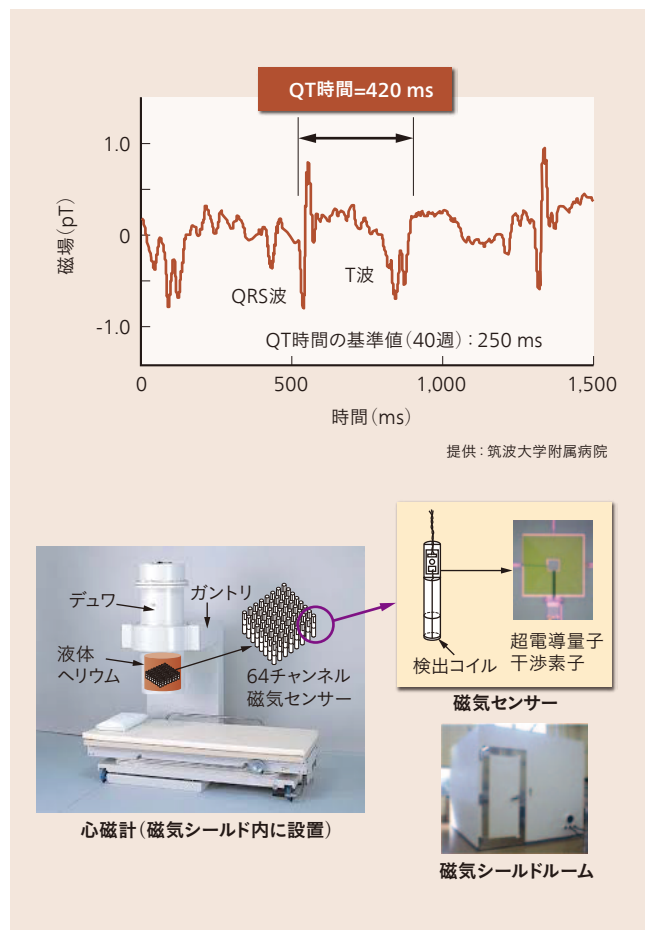
この開発ではノイズの振幅を統計的分布量として扱う手法により実用的な精度での計算を可能とした。また、この手法はノイズ源である集積回路の近傍のみについて計算すればよく、電源プレーンが無限大であると仮定したノイズ伝播式を用いることにより、高速に電磁ノイズを計算できる。これにより、ノイズバイパスデバイスの適切な位置を決定でき、放射電界抑制効果の推定を可能とする。

35

超電導量子干渉素子を用いた心磁計による胎児不整脈診断学の確立

筑波大学附属病院および国立循環器病研究センターと共同で、超電導量子干渉素子を備えた心磁計を用いて、これまで困難であった胎児の心臓からの電気生理学的情報に基づく胎児不整脈診断学を確立した。

超電導量子干渉素子を複数備えた心磁計は、胎児の心臓から発生する微弱な磁気信号 (地磁気の100万分の1以下の大きさ) を、母体腹壁上から良好なSN比で記録することができる。この心磁計を用いて、1,000例以上の多数の正常胎児の心磁信号を記録し、胎児不整脈の診断に重要な



35 QT延長症候群を伴った先天性2:1房室ブロック症例の胎児心磁図 (上)、株式会社日立ハイテクノロジーズ製の心磁計 (下)

時間指標、例えば、房室伝導時間、心室脱分極開始から心室再分極終了までの時間 (QT時間) などの妊娠週数に対する基準値を確立した。これらの基準値により、胎児期から致死的不整脈を合併し、原因不明の子宮内胎児死亡にも関与することがある先天性QT延長症候群などの診断が可能となった。

この診断学の確立により、今後、出生前治療や分娩後の治療計画の立案などの周産期医療への貢献が期待される。

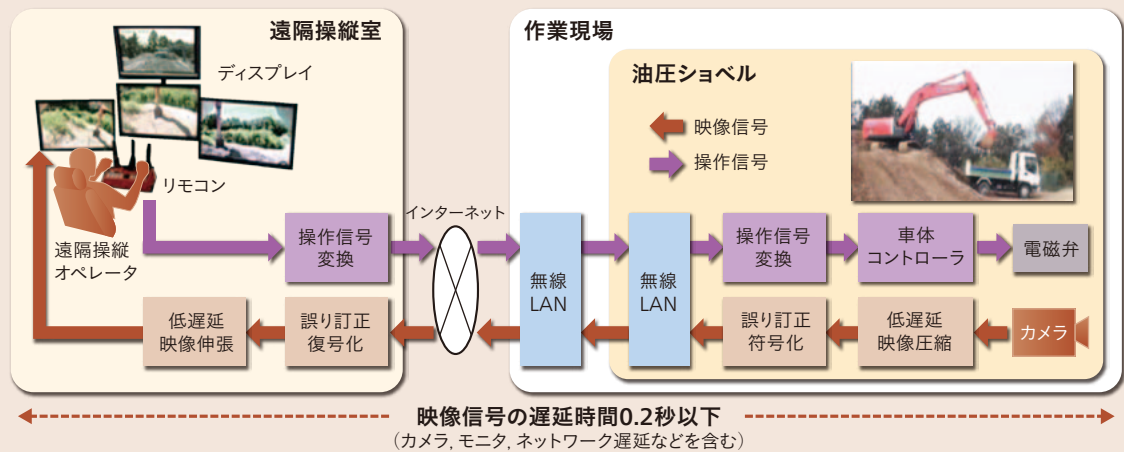
36

建設機械向け長距離遠隔操縦システム

建設機械の遠隔操縦は、災害復旧現場や海外大規模鉱山において、オペレータの安全確保や作業の高度化を実現するための主要技術として注目を集めている。

遠隔操縦では、オペレータがネットワーク伝送された現場映像を見ながら遠方から建設機械を操縦するが、その際、伝送中のデータ誤りによる画像の乱れや低解像度による臨場感の欠如、伝送遅延による作業効率の低下が技術課題であった。

今回、作業現場の高精細映像 [フルHD (High Definition)] の画質を維持しつつ低遅延で圧縮/伸張し、伝送状況に応



注：略語説明 LAN (Local Area Network)

36 建設機械向け長距離遠隔操縦システム

じてデータ誤りを訂正する低遅延映像伝送技術を開発した。また、この技術を用いて現場映像を高臨場で伝送することで、作業効率を維持した建設機械向け長距離遠隔操縦システムを構築した。実証実験では約800 km離れたネット回線で接続し、0.2秒以下で映像信号を伝送し、遠隔操縦できることを確認した。

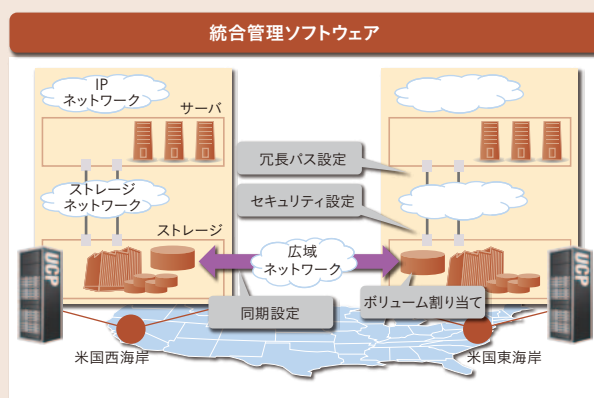
今後は、この技術のさらなる高性能化を図っていく。

37 Hitachi Unified Compute PlatformにおけるDR設定容易化方式

近年仮想化が進む企業情報システムにおいては、高可用で高信頼、かつ運用管理の容易な仮想化プラットフォームが求められており、DR (Disaster Recovery) も重要な要件

の一つである。従来、DR環境の構築において、ストレージ装置の設定には、専門の知識を持ったストレージ管理者が必要で、管理者間の調整などで運用管理工数が増大するという課題があった。そこで、仮想化システム向け統合プラットフォームにおけるDR設定の容易化方式として、仮想環境の情報に基づいたDR設定、ベストプラクティスに基づく自動化方式を開発した。これにより、DR設定に必要な設定項目数を86%削減し、かつハードウェア層の設定項目をなくすことで、統合管理者のみによるDR設定を可能にした。

提案方式により、管理者間の調整が不要になり、最小限の設定項目でDR設定できるようになることから、運用管理工数の削減が可能になると考える。



注：略語説明 IP (Internet Protocol)

37 Hitachi Unified Compute PlatformのDR設定容易化機能(左)、とHitachi Unified Compute Platformによる管理容易化(右)

