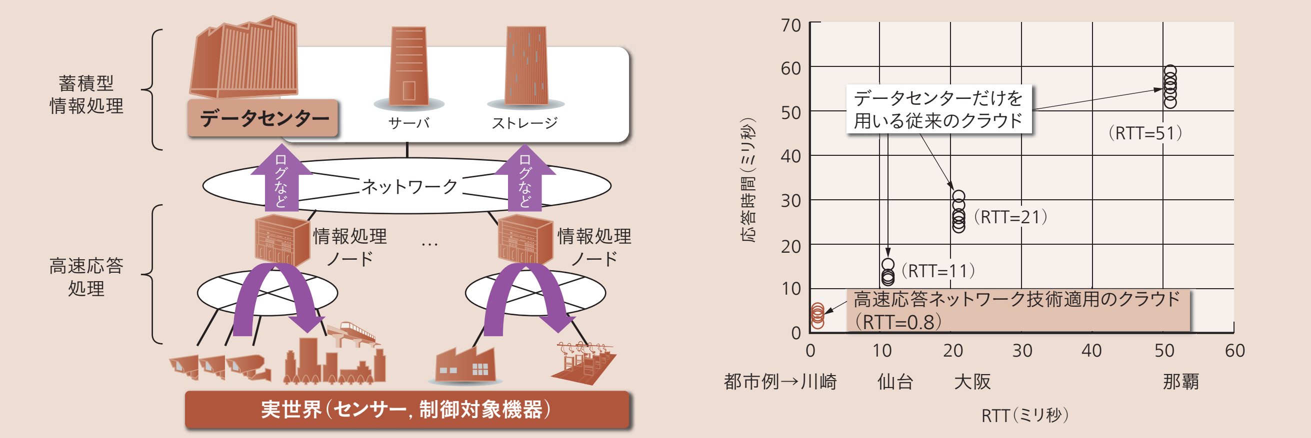
研究開発



注：略語説明　RTT（Round Trip Time）

1 高速応答ネットワーク技術

1 クラウドによる社会インフラ向けM2Mの高速応答ネットワーク技術

開発した高速応答ネットワーク技術は，電力，交通，都市などの社会インフラ分野のM2M（Machine to Machine）サービスをクラウドコンピューティングで実現する。

この技術は，実世界近傍のネットワーク上に分散配置した情報処理ノードと遠方の従来のデータセンターを併用し，高速応答を必要とするセンサデータの処理に情報処理ノードを，データマイニングなどの蓄積型情報処理にデータセンターをそれぞれ用いる。クラウドにセンサー・制御対象を登録する際，処理能力に余裕があり，かつ，通信遅延がサービスの要求値以下となる情報処理ノードを自動探索し，該当センサーや制御対象の処理に割り当てる。これにより，データセンターだけを用いる従来のクラウドに比べて通信遅延が低減されるため，高速な応答を実現できる。

川崎（神奈川県）と仙台（宮城県）の両拠点に情報処理ノードを，川崎に模擬センサー・制御対象を，仙台にデータセンターをそれぞれ配した実証実験を行ったところ，模擬センサー・制御対象の処理のために，同じ拠点の情報処理ノードが自動選択され，10ミリ秒以下の高速応答を確認できた。今後，実サービスに近い状況に対応できるよう技術の拡張を進める。

なお，この研究の一部は，総務省委託研究「セキュアクラウドネットワーキング技術の研究開発（インテリジェント分散処理技術）」，および「広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発（高信頼クラウドサービス制御基盤技術）」の成果である。

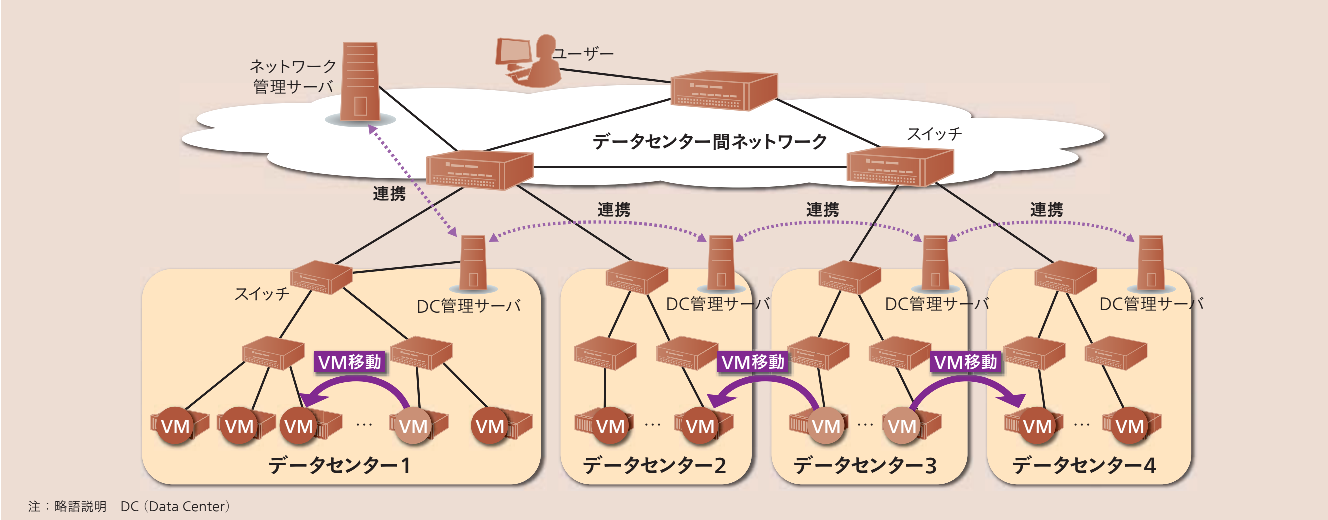
2 クラウド省電力化技術

クラウドを構成するデータセンターの省電力化に向けては，深夜などサービス利用の少ない時間帯にVM（Virtual Machine：仮想マシン）をサーバ間で集約し，余分なサーバの電源を遮断する方式が実現されている。クラウドにおいてより大きな省電力効果を実現するためにはデータセンターをまたがってVMを集約する必要があるが，ネットワークの通信状況を考慮しないと，集約後に通信容量を超過したデータの送受信が発生し，サービス品質の低下を招くおそれがある。

今回，通信品質を維持しつつ，サービス利用が減少した際にVMの集約を決定する技術を開発した。この技術は，各データセンターの稼働状況を管理するサーバと，ネットワークの通信状況を管理するサーバを連携させ，VMを移動する際にはネットワーク側の通信容量が確保できる移動先を選択する。模擬的に構築した4地域に分散する1,000台の仮想サーバから成る大規模クラウドシステムを対象とした実証実験では，VMの集約方法を6分以内に決定することで，約30％の省電力化を実現した。

今後は，クラウドサービスの通信品質の改善や，社会インフラをサポートする通信の信頼性向上など，開発した管理技術の省電力化以外への適用拡大をめざす。

なお，この研究の一部は，総務省委託研究「広域災害対応型クラウド基盤構築に向けた研究開発（環境対応型ネットワーク構成シグナリング技術）」の成果である。



注：略語説明　DC（Data Center）

2 クラウド省電力化技術

3　石英ガラス内部にDVD並み容量のデジタルデータを記録・再生する技術

IT（Information Technology）社会の進展に伴い，情報記録がアナログからデジタルへ移行する中，デジタルデータの長期的保存技術の確立が求められている。この要求に対して，耐熱性・耐水性に優れた石英ガラスにレーザでデジタルデータを記録し，光学顕微鏡で再生する技術を開発した。

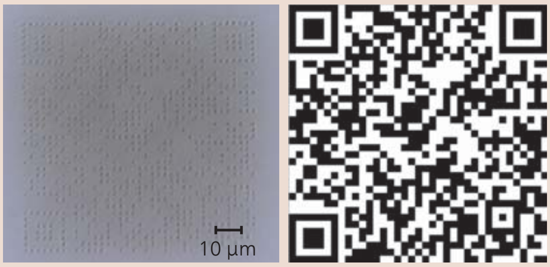
記録では，フェムト秒チタンサファイアレーザを用いた石英ガラス内部への多層記録技術と，空間位相変調器を用いた多点高速記録技術によって26層サンプルを作製し，DVD（Digital Versatile Disc）並みの記録密度（約270 Mバイト／$inch^2$）を達成した。また，再生では，超長期保存後の簡便な再生手段として，一般的な光学倍率20倍の顕微鏡を採用し，アンシャープマスキング処理などの再生信号処理を行うことで，S/N（Signal-to-Noise）は全層においてエラーゼロ相当の15 dBを達成した。作製したサンプルは，耐火金庫と同等の1,000℃，2時間の耐熱性を有し，常温での寿命が3億年以上であることを確認している。

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。

4　無線LANを用いた映像監視システムの高品質伝送技術

近年，安全・安心な社会の構築に向け，映像監視システムの導入が進められている。現在は有線ネットワークの活用が主流であるが，今後，カメラの設置自由度を高め，より広範囲な映像監視を実現するために，無線ネットワークによる映像監視システムが期待されている。しかし，無線LAN（Local Area Network）を用いた従来のシステムでは，スマートフォンやPC（Personal Computer）などの無線LAN対応機器による電波干渉を受け，監視映像にコマ落ちなどの劣化が生じていた。

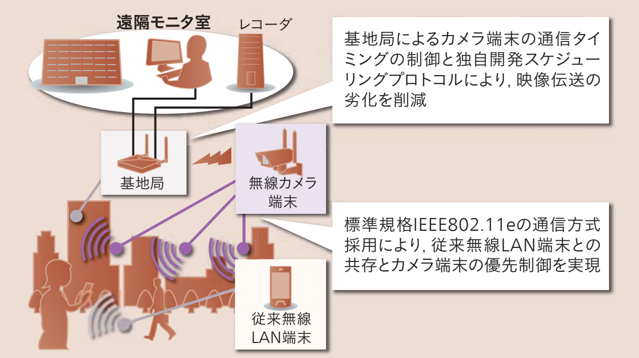
今回，日立製作所中央研究所と株式会社日立国際電気が共同で，無線LAN標準規格IEEE802.11eの通信方式HCCA（Hybrid Coordination Function Controlled Channel Access）を映像監視システムに適用するとともに，映像の劣化を抑制する独自の通信プロトコルを新たに開発した。開発した技術を適用した無線映像監視システムを構築して検証実験を行ったところ，映像のコマ落ち間隔が従来の数分から9時間以上となり，コマ落ち頻度を$\frac{1}{100}$以下に低減できることを確認した。この技術により，経済性に優れ，信頼性の高い無線映像監視システムが実現する。



右のQRコード*を読み取ると，左のサンプルに記録された情報が表示される。

注：＊は「他社登録商標など」（146ページ）を参照

3 26層サンプルの13層目顕微鏡像（左）と記録パターン（右）

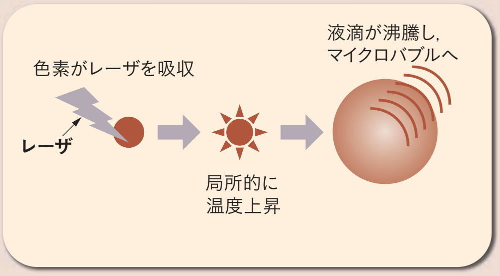


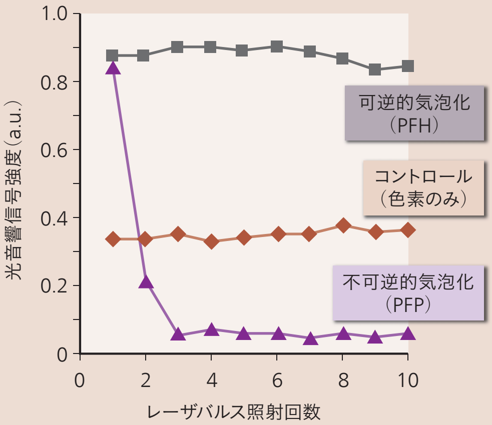
4 無線LANによる無線監視カメラシステムのイメージ

協力：日本信号株式会社

協力：株式会社日立パワーソリューションズ

5 爆発物探知技術を組み込んだ搭乗ゲート（上），手荷物検査装置（下）のプロトタイプ





注：略語説明　PFH（Perfluorohexane），PFP（Perfluorophenanthrene）

6 光超音波造影剤の原理（上），複数回パルスを照射したときの光音響信号強度（下）

5 自動サンプリング爆発物探知装置

開発した爆発物探知技術は，カードや手荷物に付着した微量な爆発物成分を高速で自動検査するものであり，空港や鉄道など公共施設の安全強化を目的としている。空気流を用いて検査対象物の表面から剥離した微粒子を，短時間で効率よく濃縮するために，サイクロン方式の遠心分離濃縮技術を導入している。また，センサー部に独自の高感度技術を導入した質量分析センサーを採用することで，微量な爆発成分を高速に検査することが可能になった。空港や駅での使用を想定し，この技術を組み込んだ搭乗ゲート，手荷物検査装置のプロトタイプを開発しており，今後，実用化に向けた検討を進める予定である。

なお，この研究は，文部科学省の「社会システム改革と研究開発の一体的推進」事業における「安全・安心な社会のための犯罪・テロ対策技術等を実用化するプログラム」の成果である。

6 高感度な光超音波イメージング用造影剤の基本技術

がんの早期発見診断・治療に向け，生体深部の微細な腫瘍の発見に適した光超音波イメージング用の高感度造影剤技術を開発した。

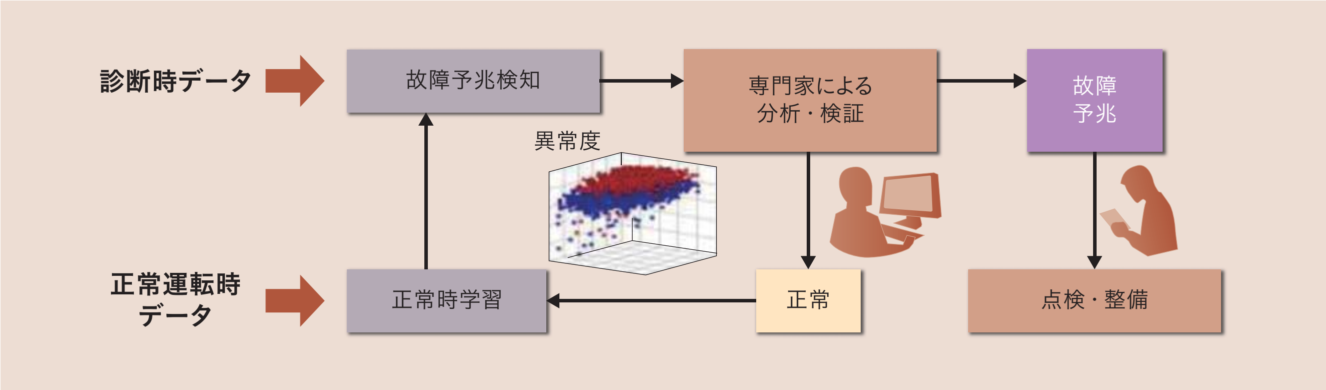
開発した造影剤技術は，従来，超音波の造影・増感剤として開発を進めていたナノメートルサイズの液滴（以下，ナノ液滴と記す。）に，光を効率よく吸収する層を加えた構造を持つ光超音波イメージング用のナノ液滴を用いる。このナノ液滴にレーザ光を照射すると気泡化し，超音波を発生させることができる。今回，光超音波イメージング用のナノ液滴の成分や粒径の制御を行い，レーザ照射時に繰り返し発泡して音波を生成する構造を有するナノ液滴を開発した。それにより，従来の光超音波イメージング用造影剤に比べ，約3倍程度感度を高めることができた。

この造影剤技術は，繰り返し撮像を行いレーザ光で生体深部を感度よく画像化することによって，これまでは困難であった早期がんの発見や治療の可能性をひらくものである。

7 社会インフラ設備の計画外停止を回避する予兆診断手法

安定稼働が求められる社会インフラ設備向けに，データマイニング技術の1つである機械学習を応用した予兆診断手法を開発した。

センサデータを閾（しきい）値判定する従来手法では十分な異常検知性能が得られなかったが，開発手法では異常を早期に検知できるため，故障による想定外の停止を回避できる。この手法では，設備のいつもの状態（正常状態）を学習し，診断時の状態とのずれを異常度として出力する。あらかじめ正常状態を学習することで，設備の設置環境に



7 機械学習技術を応用した予兆診断手法

依存せずに高い検知性能を実現できる点が特長である。

この技術は，日立パワーソリューションズの予兆診断システム「HiPAMPS」に採用されている。

8 PCS/UPS用高効率アモルファスリアクトル

日立製作所日立研究所と株式会社日立産機システムが共同で，400-kVAクラスのUPS（Uninterruptible Power System：無停電電源装置）の構成部品の一つであるフィルタリアクトルにおいて，新構造のアモルファス鉄心を開発した。

アモルファス軟磁性材の磁気損失（鉄損）は従来材料の$\frac{1}{3}$～$\frac{1}{2}$であり，インバータ搭載機器の高効率化に有用である。しかし，現行製品のケイ素鋼板リアクトルと同様の鉄心構造の場合，アモルファス材特有の高い靭（じん）性によって十分な加工精度が得られず，想定どおりの損失低減が難しい。今回の開発では，アモルファス薄帯を円環状に巻いたトロイダル鉄心を組み合わせて立体三相磁脚を構成する方式を考案し，その問題を解決した。また，薄帯の積層状態を考慮した損失モデルを構築し，三次元電磁界解析による損失の評価誤差を30%から10%以下に低減した。このモデルを用いた最適設計により，現行品に比べて損失半減と体積20%減を達成し，UPS効率の0.55%向上を確認している。

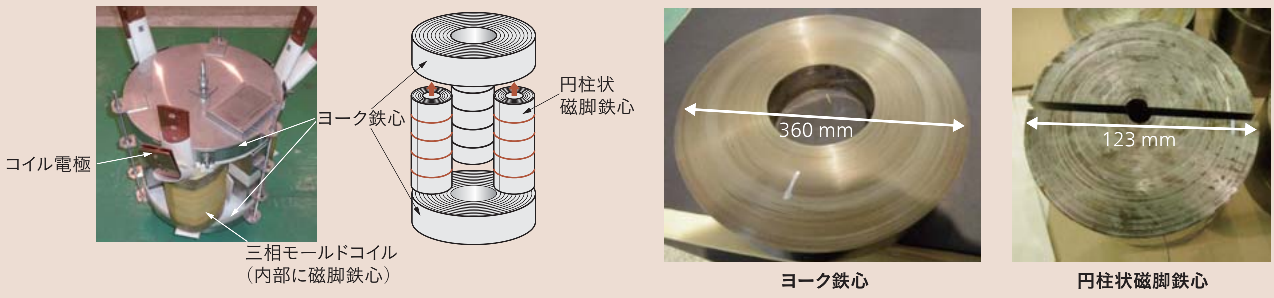
開発したアモルファス鉄心は，風力・太陽光発電用PCS（Power Conditioning Subsystem）にも適用可能であり，適用初号器となる100-kW太陽光PCSの生産を日立産機システムが2014年4月に開始する予定である。

9 鉄道車両における衝撃吸収構造の評価技術

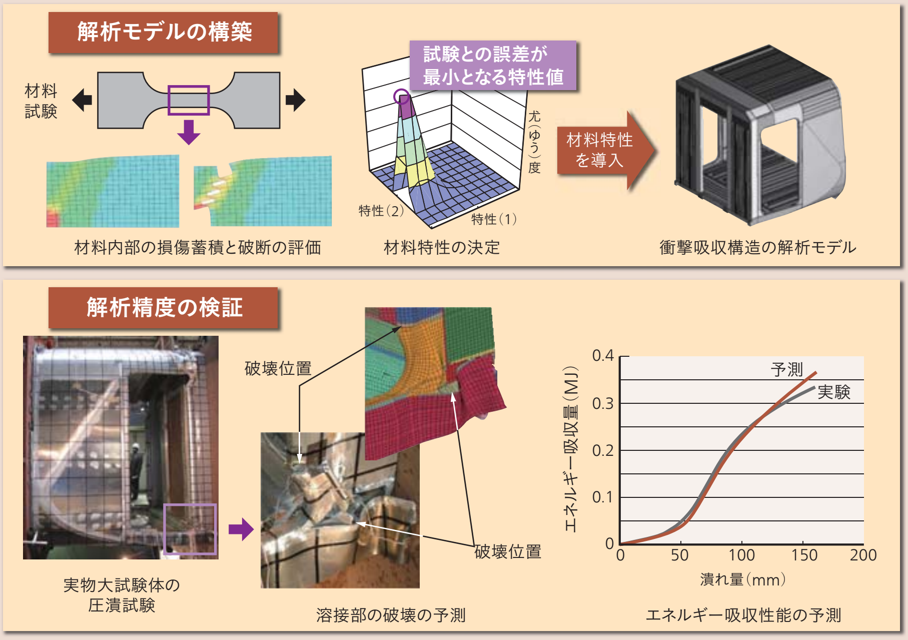
海外向けの鉄道車両では，車両どうしや障害物との衝突を想定した設計が規格化されており，塑性変形によって衝突エネルギーを吸収する衝撃吸収構造を配置する必要がある。衝撃吸収構造のエネルギー吸収性能を高めるためには，衝突時に構成部材や溶接部を破壊することなく塑性変形させることが有効である。したがって，設計段階で破壊を正確に予測し，破壊を防止することが重要である。

開発した衝撃吸収構造の評価技術の特徴は，材料内部の微小な損傷の蓄積を考慮した衝突解析モデルを活用する点と，損傷蓄積に影響を及ぼす材料特性を材料試験から決定する手法を構築した点である。これにより，衝突時の破壊発生箇所と衝撃吸収構造のエネルギー吸収性能を高精度に予測することができる。今後は，設計段階において破壊の発生する領域を低減し，衝突性能の高い衝撃吸収構造を設計することが可能となる。

この評価技術は，海外向け鉄道車両の衝撃吸収構造の開発に適用されている。



8 UPS用フィルタリアクトルの外観と鉄心の構造



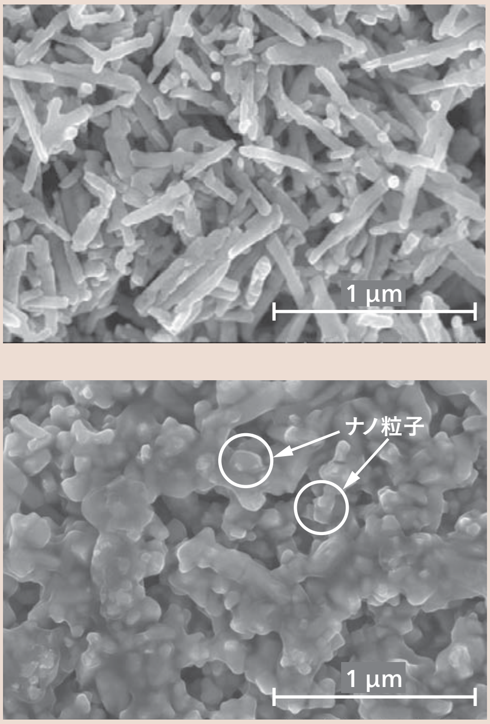
9 衝撃吸収構造のエネルギー吸収性能の評価例

10 リチウムイオン電池用高容量負極

スマートフォンなどの携帯機器や電動車両の利便性向上のため，リチウムイオン電池のさらなる高エネルギー密度化が求められている。このニーズに応えるためには，現行のリチウムイオン電池に用いられる黒鉛の理論容量の372 Ah/kgを超える高容量の負極材料を開発する必要がある。開発した負極は，資源量が豊富で環境負荷が小さく，低コストの酸化鉄を用いており，1,000 Ah/kg以上の高い容量を示すものである。

酸化鉄負極は，高容量であるものの充放電による容量の低下が大きく，充放電効率が低いという課題があった。今回，充放電効率の向上を目的に，酸化鉄にLi（リチウム）をプレドープする技術を開発した。開発したLi含有酸化鉄は，充放電での結晶構造変化をLiのプレドープによって安定化し，また，粒子をナノサイズの微粒子化することで，従来の酸化鉄よりも充放電反応の抵抗を低減している。その結果，課題であった酸化鉄の充放電効率は，従来材の70％ から80％に向上した。

今後は，結晶構造と充放電機構の関係をより詳細に解析するとともに，リチウムイオン電池の高エネルギー密度化に貢献する。



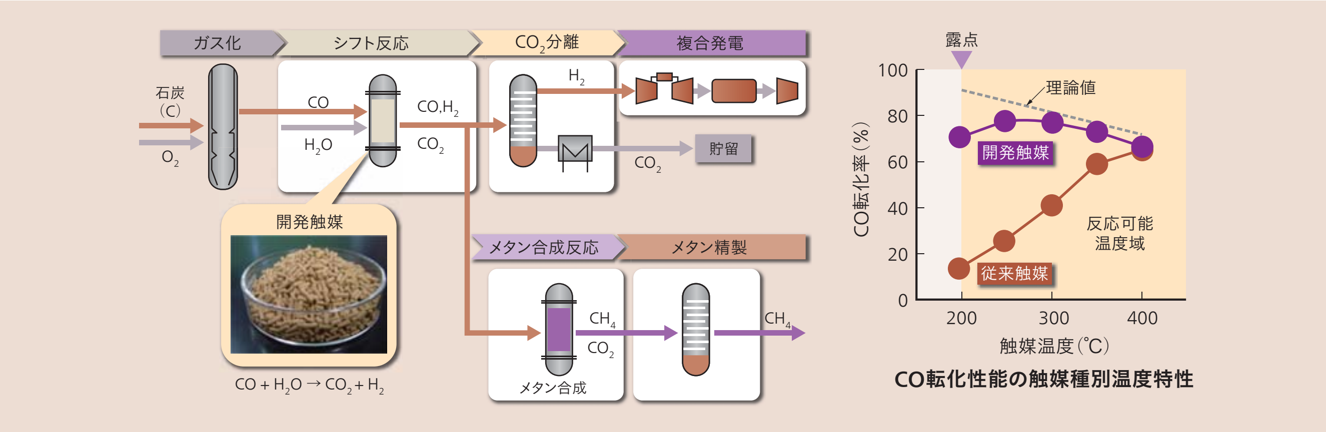
10 従来材の酸化鉄（上）とLi含有酸化鉄（下）における粒子形状

11 低温作動型シフト触媒

石炭ガス化市場は，発電プラント市場と，石炭をガス化してから軽油やメタンガスを製造する燃料合成プラント市場から成る。シフト触媒は，石炭ガス化炉で作る石炭ガス化ガスに含まれるCO（一酸化炭素）と水蒸気からH_2（水素）とCO_2を作るものであり，発電プラントではCO_2の回収・貯留，燃料合成プラントでは合成に適したH_2/CO濃度に調整するために用いられる。

開発した低温作動型シフト触媒は，反応活性点を担体上に高分散化させるとともに，反応活性点を効率よく生成することで反応速度を高めている。これにより，運転温度域の下限温度（200℃）での性能が，従来触媒に比べて飛躍

研究開発



11 シフト触媒の適用プロセスと開発した触媒の温度特性

的に向上する。その結果，反応を促進するために過剰に供給していた水蒸気量を低減することができた。このシフト触媒は，石炭火力発電における高効率化とCO_2排出量削減の両立や，石炭を原料としたクリーンな合成メタンガスや合成軽油の製造におけるコスト低減を可能にする。

今後は，実システムでの触媒の信頼性検証を経て，実用化を推進する。

12 移動支援ロボット ROPITS

ROPITS（Robot for Personal Intelligent Transportation System）は，超高齢化社会の到来に向け，「ラストワンマイル」近距離交通手段として高齢者などの交通弱者の移動支援を想定したロボットである。携帯情報端末に表示された地図で指定した位置に自動走行する任意地点自律送迎機能を備えている。

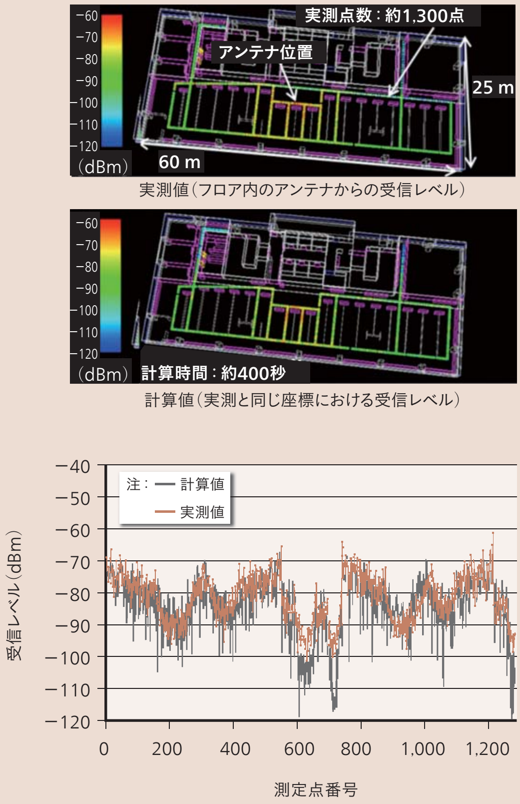
ROPITSは，歩道標高付きの高精度な三次元環境形状地図を持ち，レーザ距離センサーで計測した周囲の環境形状と照合することで高精度に自己位置を推定する。これにより，屋内，立体交差，歩道などを含めた都市の歩行空間で，正確に目的地まで走行することが可能となった。この三次元環境形状地図は，ROPITSが歩道を走行して得た環境形状データと，国土地理院の電子地図や高精度GPS（Global Positioning System）から取得した歩道標高データを高精度に融合する技術によって実現している。

今後は実用化をめざし，移動支援サービス機能のさらなるレベル向上に取り組む。

12 移動支援ロボットROPITSと携帯情報端末予約用画面の例

13 無線ネットワーク設計支援ソフトウェア

現在，スマートフォンやタブレット端末の急速な普及により，大容量データ通信時代のスループットを考慮した無線エリア設計が求められている。従来の手作業による方法



13 電波伝搬シミュレータによるフロアモデルと実測比較例

研究開発

は，現地における試行錯誤を含む調整工数が膨大になることが課題であった。

開発した無線ネットワーク設計支援ソフトウェアは，企業のオフィスなどにおいて無線ネットワークを構成する際に，通信アンテナの最適な配置設計をガイドするものである。より少ないアンテナ数で安定した無線通信を提供する高品質なアンテナ配置設計を可能にする。

このソフトウェアは，無線電波の反射・透過を高速・高精度で計算する電波伝搬シミュレータと，その結果を活用するアンテナ配置探索プログラムから構成される。シミュレータは，電波伝搬を光に近似して推定するレイトレース法と，電磁波の方程式を直接解く FDTD（Finite-difference Time-domain）法を併用している。また，配置探索プログラムは，シミュレーション結果を適用して探索範囲を限定することにより，83％の探索時間削減を可能にした。その結果，無線ネットワーク全体の設計・施工期間を最大で半分※）に短縮することができ，コスト低減にも貢献できる。

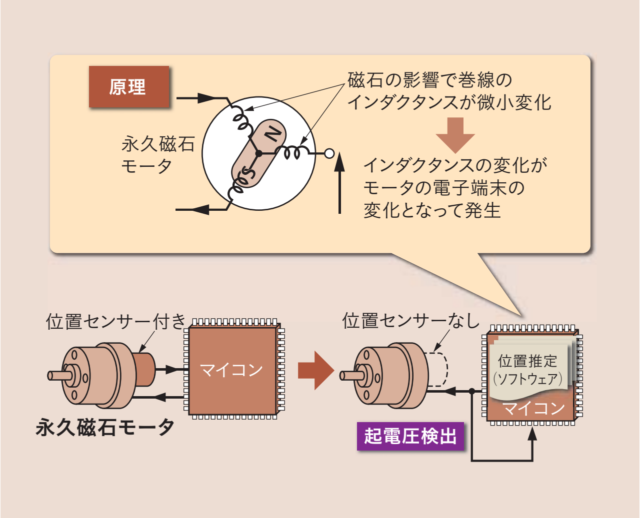
※）日立製作所調べ。

14 永久磁石モータの位置センサーレス制御技術

近年，省エネルギーや環境配慮への意識の高まりにより，高効率な永久磁石モータのニーズが高まっている。しかし，永久磁石モータを駆動するには，回転角を検出する位置センサーが原理的に必要であり，このセンサーの取り付け調整作業や，センサー自体の信頼性などに課題があった。

開発した制御技術は，位置センサーを用いずに，停止・低速状態から素早くモータを起動し，高いトルクで駆動するものである。この技術によって位置センサーが不要となり，装置の小型化や据付け・メンテナンス作業の簡略化を図ることができる。また，低速から高いトルクを得られるため，産業用インバータをはじめ，家電，自動車機器など，多様な製品への応用が可能であり，高効率な永久磁石モータの用途拡大に貢献する。

この技術は，モータ駆動時の巻線に発生する電圧が，回転子の位置角に応じて微小変化する現象を利用した独自の位置推定方式を用いており，さまざまな構造のモータに適用できるという特長がある。日立が開発したレアアースを用いないアキシャルギャップアモルファスモータにも適用し，零速度近傍での定格トルク駆動を確認した。



14 位置センサーレス制御の原理

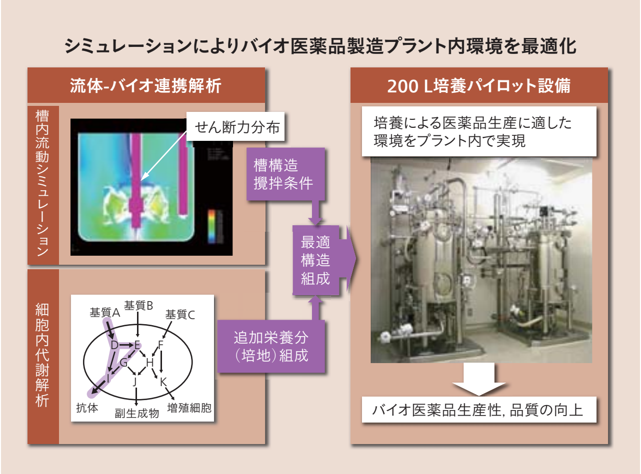
15 流体－バイオ連携解析技術

抗体医薬をはじめとするバイオ医薬品は，治療効果が高く副作用が少ないという特長があり，近年需要が高まっている。バイオ医薬品は，遺伝子組み換え動物細胞を培養することで生産される。培養槽を中核とするプラントのプロセス設計では，高い生産性と品質が得られるよう，細胞の培養環境［攪拌（かくはん）による流体力，溶存酸素，溶存二酸化炭素，混合均一性，発泡］を適正化することが重要となる。従来の培養プロセス設計では，培養槽内の流体解析と培養実験により，培養環境が細胞に及ぼすダメージを最小化できる培養槽構造と攪拌翼形状を選定してきた。

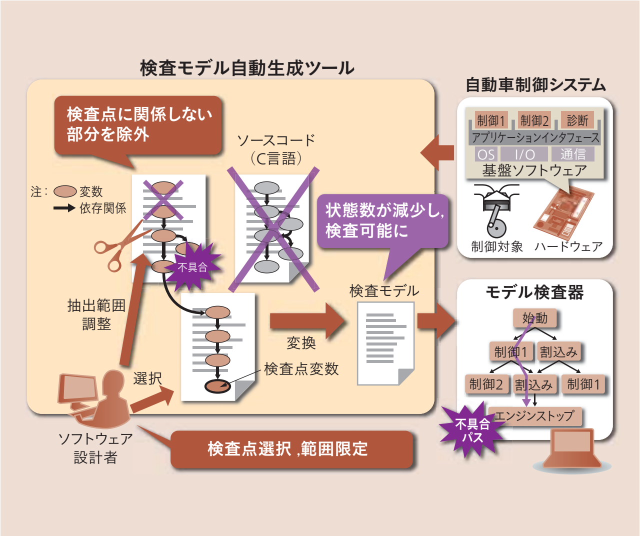
今回開発した流体－バイオ連携解析技術は，細胞増殖に悪影響を及ぼす代謝物の生成と，流体力の空間分布が細胞代謝に及ぼす影響を踏まえ，適切な培養槽構造，攪拌翼形状，および追加添加する栄養の組成を選定する。この技術によって設計した培養プロセスでは，従来法と比較し，生産性が50％※）向上することを3 L培養槽と200 L培養槽で確認している。

日立は，バイオ医薬品生産のためのプロセスの統合・プラットフォーム化を目的とする「次世代バイオ医薬品製造技術研究組合」（経済産業省認可）に参画している。今後も技術力を発揮し，その活動をリードしていく。

※）日立製作所調べ。



15 流体－バイオ連携解析技術



注：略語説明　OS（Operating System），I/O（Input/Output）

16 ソースコードからの検査モデル自動生成技術

16 形式手法を用いた自動車制御ソフトウェアの高信頼検査技術

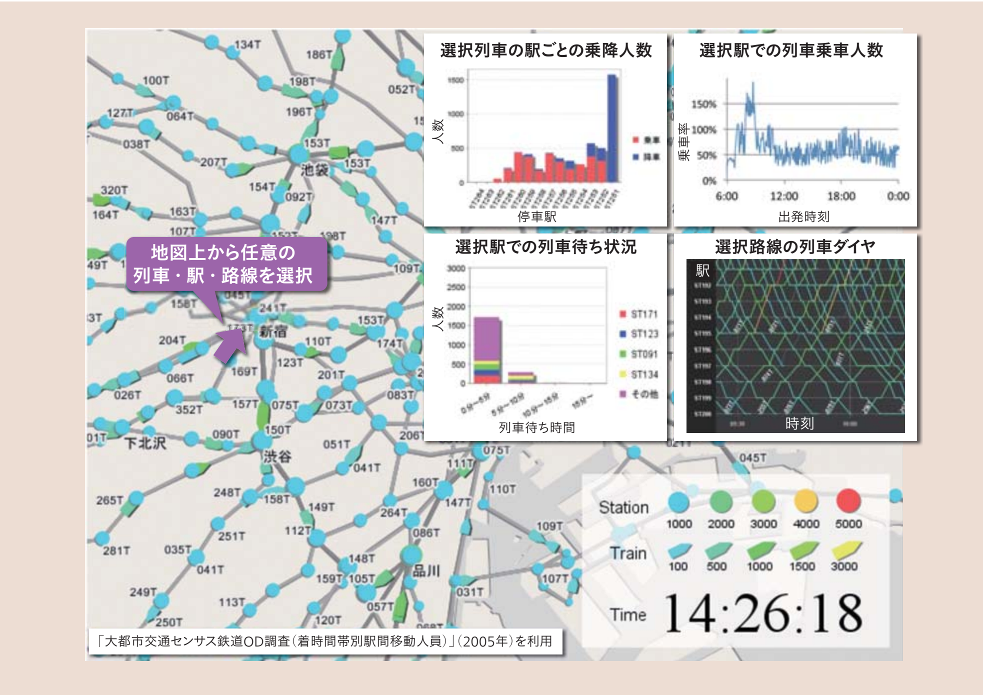
形式手法は，要求仕様とこれに基づく設計を厳密に意味づけられた言語を用いて記述するものである。モデル検査は形式手法の一つであり，ソフトウェアの設計に関するモデルから，ソフトウェアの動作時に取りうる状態を計算機が網羅的に調べ上げることで，設計時には予期されていない動作を検出できる。従来テストでは発見が難しい不具合を発見できる利点がある一方，ソフトウェアの規模が大きくなると調べる状態数が膨大になり，計算機のリソースが不足して検査しきれないという課題があった。

モデル検査を実用化するため，ソースコードに現れる変数間の関連性（依存関係）を解析し，検査項目に関連するコードのみを抽出して検査モデルに変換することで，検査モデルの状態数を大幅に削減する技術を開発した。これにより，量産規模の数十万行に達するソフトウェアでもモデル検査の対象とすることに成功した。機能安全規格ISO 26262にて特に安全性が求められるASIL（Automotive Safety Integrity Level）-C/Dの製品開発に対し，形式手法（モデル検査）の適用を順次進めている。

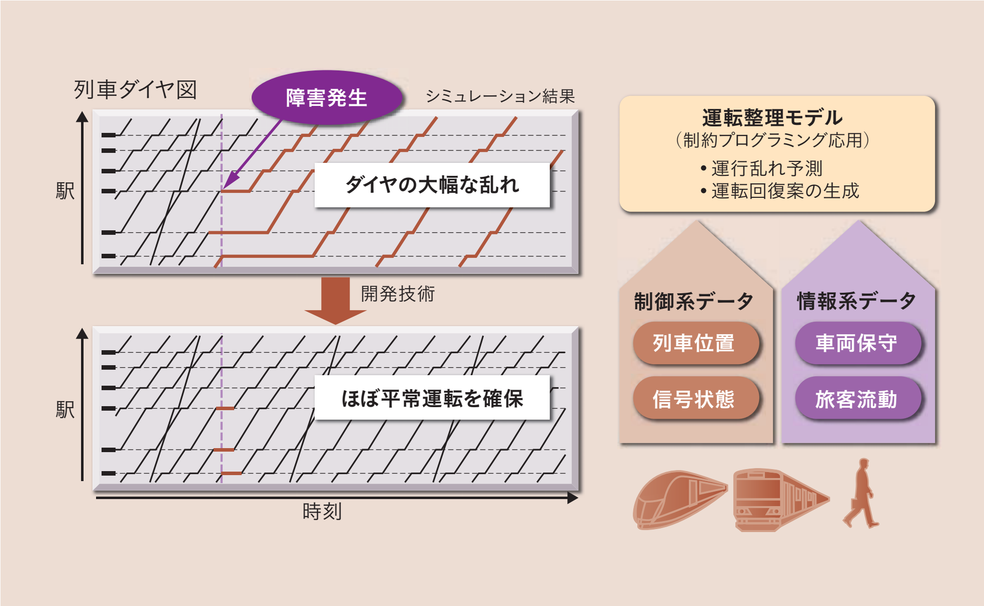
17 旅客流動シミュレータ

近年，環境に配慮した交通手段として世界各国で鉄道インフラの整備計画が進められており，旅客の移動ニーズを考慮した運行を実現する鉄道システムの提案が求められている。しかし，無数の旅客が複雑な路線網を乗り継いで移動する大都市圏では，旅客の移動ニーズを把握することは容易ではなかった。

今回開発した旅客流動シミュレータは，ダイヤにのっとって運行する列車と，所要時間や乗り換え回数などを合理的に選択して移動する旅客の相互作用をモデル化し，列車数万本規模の複数路線の列車運行と，列車運行に合わせて移動する数千万人旅客の移動状況を秒刻みで推定することができる。また，従来評価が難しかった列車単位での乗車率や乗降人数を網羅的に評価できるため，突発的な輸送障害の影響や，旅客の移動ニーズの変化の影響などを検証できる。さらに，一部の列車の出発時刻を最適化することで列車の乗車率平準化を支援する機能も備えているため，列車遅延の原因とされる混雑による乗降時間拡大の抑止も期待できる。



17 旅客流動シミュレータの機能概要



18 鉄道運行管理スケジューリング技術

18 鉄道運行管理スケジューリング技術

複雑で広域な鉄道路線では，列車ダイヤが乱れた際の回復手配に時間がかかるため，旅客サービスの低下が懸念される。

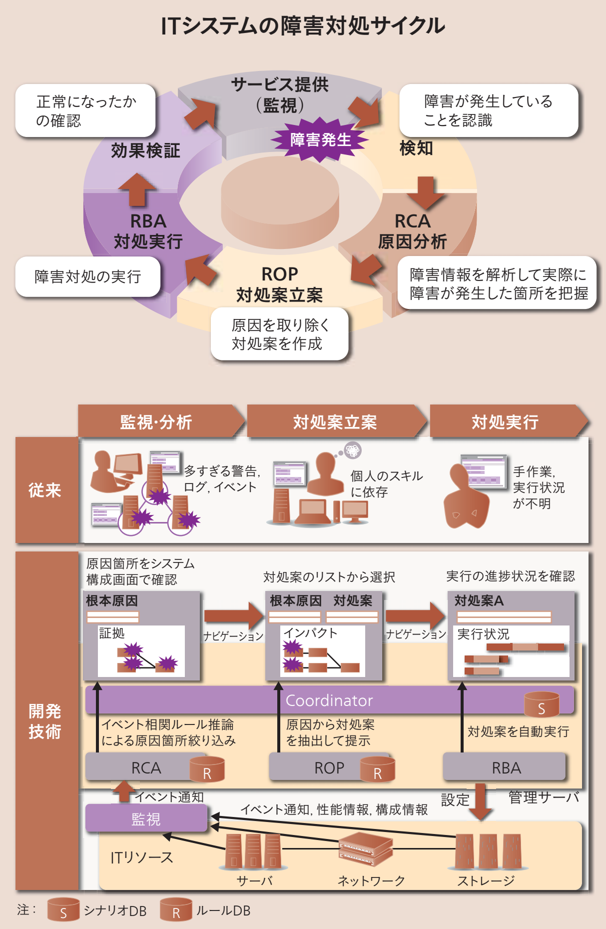
開発した技術は，現在時刻以降の未来の列車運行乱れを予測する方式に関して，運行乱れがあっても列車ダイヤを最大限に順守しつつ駅構内や線路上で列車どうしが競合せずに走行するための制約条件を数学的にモデル化し，数理計画技術の一種である制約プログラミングを用いて予測演算を高速に実行する方式である。また，大幅な遅延を回復するために追い越しなど列車ダイヤを変更する方式に関し，同じく制約プログラミングを用いて遅延列車本数を低減する列車ダイヤ変更方式を開発した。世界最大規模の路線（総延長約1,100 km，列車数8,000本）を対象としたシミュレーション実験において，従来比約$\frac{1}{10}$の処理時間で演算可能であることを確認し，英国で受注した鉄道運行管理システムのプロトタイプにこの技術を適用した。

今後は，国内の高密度運行で培ったこの運行管理スケジューリング技術について，海外鉄道路線の実態に合わせたさらなる実用化を図る予定であり，国内外で高密度な列車運行を支えていく。

19 自律IT運用技術を用いた障害対処支援システム

自律IT運用技術の3Rは，ITシステムの監視・分析から，分析に基づいた対処案の立案，立案した対処案の実行までを自動で行う。

3Rは，ITリソースから通知されるイベントメッセージに基づいてイベントの原因を特定する根本原因解析技術（RCA：Root Cause Analysis），原因を取り除くための対処案としてシステム構成およびリソース配置を最適化する



注：略語説明　DB（Database）

19 自律IT運用技術を用いた障害対処支援システム

リソース最適化技術（ROP：Resource Optimization Planner），算出された対処案を自動実行する運用自動化技術（RBA：Run Book Automation）の3つを連係させた技術である。従来は数時間以上を要したITシステムの障害対処にこの技術を適用することで，あらかじめシナリオとして定義された障害パターンに対しては数分以内に対処案の実行を開始できるようになる。また，高度な判断と複雑な対処を要するものについても，運用管理者がRCAおよびROPが提示する情報に基づいて適切な判断を下せるようにナビゲートする。

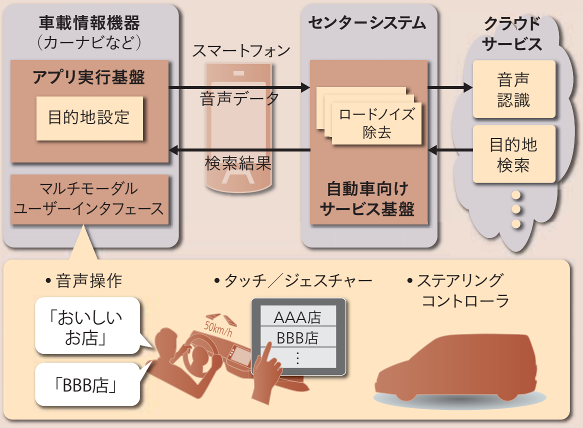
今後は，RCAおよびROPに組み込むルールを，装置・システムと障害パターンの両面で拡充し，日立の主要なハードウェア製品とミドルウェア製品に適用していく予定である。

20 次世代車載ナビゲーション向けマルチモーダル技術

カーナビゲーションやスマートフォンなど情報機器の自動車運転中における手操作は，米国を中心に厳格に規制されつつある。一方で近年，クラウドサービスが急速に普及し，運転中の利用ニーズが高まっている。

開発したクラウド型音声認識を中心とした自動車向けマルチモーダルユーザーインタフェースは，このような状況に対応するものである。運転中にクラウドサービスを快適に利用できるようにするため，音声認識前のロードノイズ除去など，クラウドサービスのフロントエンドとして自動車特有の処理を行える仕組みを備えている。また，車載情報機器におけるアプリケーション実行基盤により，クラウドサービスと連携した操作を行うことができる。これらにより，例えば「おいしいラーメンのお店」のような自然な話し言葉による目的地設定などを実現し，その一部をクラリオン株式会社のカーナビゲーションに搭載している。

今後，対話形式での運転者の意図の理解やジェスチャー認識などの複数の操作手段を組み合わせ，車載情報機器のユーザーインタフェースの観点から自動車の安全性向上に寄与していく。



20 クラウド型音声認識を利用した目的地検索システム

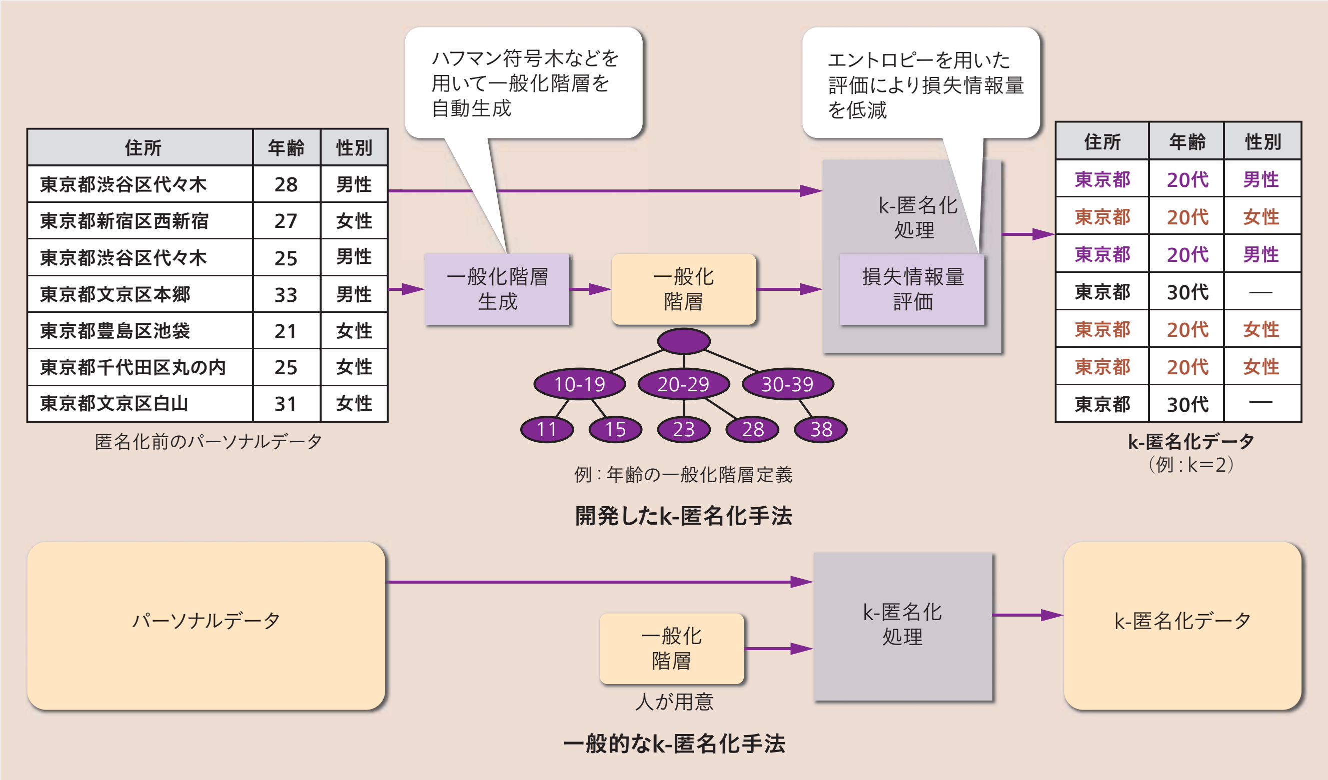
21 超音波診断装置向け胎児三次元映像表示技術

ボリュームレンダリング技術は，産婦人科用超音波診断装置向けに，妊婦やその家族に対して胎児の三次元映像を提供する。

産婦人科装置においては，医師や検査技師向けの診断用途の機能だけでなく，妊婦を対象とした機能も製品付加価値として重要である。胎児の様子をよりリアルに見せて妊婦に安心感や感動を与えることを目的とした機能でも，従来の技術では立体感や肌色の表現力が不足しており，かえって不安を与える可能性があった。こうした課題に対し，今回，光の散乱・吸収と陰影を表現する新しいレンダリング手法と，機械学習ベースの主観定量化技術によって生成した「かわいらしい」と感じるカラーマップを適用することにより，妊婦受容性の高い胎児の三次元映像を実現した。この技術は，日立アロカメディカル株式会社の超音波診断装置HI VISIONシリーズ（2013年4月販売開始）に搭載されている。

今後は，診断用途も見据えたさらなる画質の改善と，操作性向上を含めた高機能化の研究を進めていく。

21 超音波診断装置HI VISIONシリーズの外観（左），従来技術と開発技術による胎児三次元映像（右）



22 開発したk-匿名化手法

22 パーソナルデータ活用を支える匿名化・認証技術

分析などに用いるパーソナルデータから個人が識別されることを防ぐための手段として，k-匿名化技術がある。これは，個人を識別しうる項目群に関し，同一データが少なくともk件存在するようにデータを加工する処理である。k-匿名化では，データ加工に伴う情報損失が問題になる。これに対し，データを加工するための一般化階層を自動生成する処理，エントロピーを用いてデータ加工時の情報損失量を評価する処理を取り入れることにより，情報損失量を従来比約25％削減するk-匿名化手法を開発している。今後は，英国・マンチェスター地域でのヘルスケア実証プロジェクトを通じて実用化を進めていく。

特に機微なパーソナルデータである生体情報に関しては，より厳格に保護しつつ個人認証に用いることを可能とする技術に取り組んでいる。現在，電子行政や電子商取引において確実な本人認証を行う仕組みとして，電子署名を核とした公開鍵基盤（PKI：Public Key Infrastructure）が広く用いられている。しかし，本人性を証明するための「秘密鍵」の管理はIC（Integrated Circuit）カードやパスワードに頼っており，盗難や紛失，忘却といったリスクが残る。想定されるリスクをなくすうえに利便性も向上させる技術として，静脈パターンなどの生体情報を秘密鍵とする新たな電子署名技術を開発した。これにより，生体認証に基づく安全・安心・便利な個人認証基盤（PBI：Public Biometrics Infrastructure）が実現する。

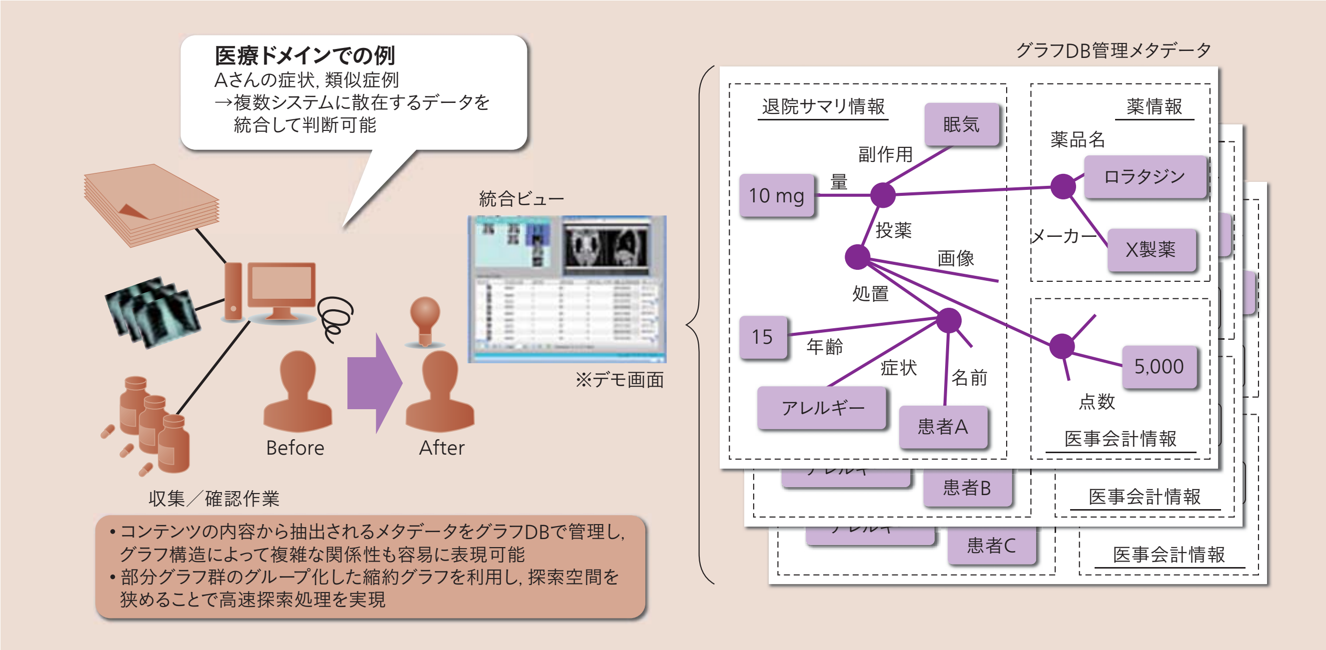
23 非構造化データ活用技術

企業などに蓄積されているテキスト，画像，音声といった非構造化データの業務への活用に対する期待が高まっている。現在，それを容易に可能とする非構造化データ活用基盤の研究開発に取り組んでいる。

この基盤は，メディア解析技術によって非構造化データのコンテンツの内容からメタデータを抽出し，グラフ構造でデータベース化する。これにより，メタデータによる非構造化データの絞り込み検索や分析を実現する。例えば，病院内の電子カルテや医療画像を対象にした場合，患者名や病名，診療履歴などの情報を抽出し，グラフ構造で管理する。これにグラフ構造の探索処理を応用することで，同じような症状を有する患者を検索する類似症例検索などが可能になる。

しかし，通常，グラフ構造で保持された情報の探索処理は，計算に長時間を要するという課題があった。それに対し，構造が近い部分グラフ群をグルーピングしてグラフ全体を縮約し，探索空間を狭めることで検索を高速化する技術を開発した。医療データに適用した実験の結果，従来比で100倍以上の速度を達成した。

今後は，診断支援などの高度な分析に向け，グラフ構造を活用した知識処理などの応用技術を開発する。



23 グラフデータベースによるメタデータの管理

24 ネットワークスイッチ製品のソフトウェアプロダクトライン型開発

日立金属株式会社のネットワークスイッチであるAPRESIAシリーズのソフトウェア開発では，顧客ニーズの多様化に伴う製品ラインアップ数の増加と，それによる開発工数の増大が課題となっていた。今回，ソフトウェアの部品化・再利用を特徴とするソフトウェアプロダクトライン型開発技術を導入し，製品ラインアップ全体での開発効率化を実現した。

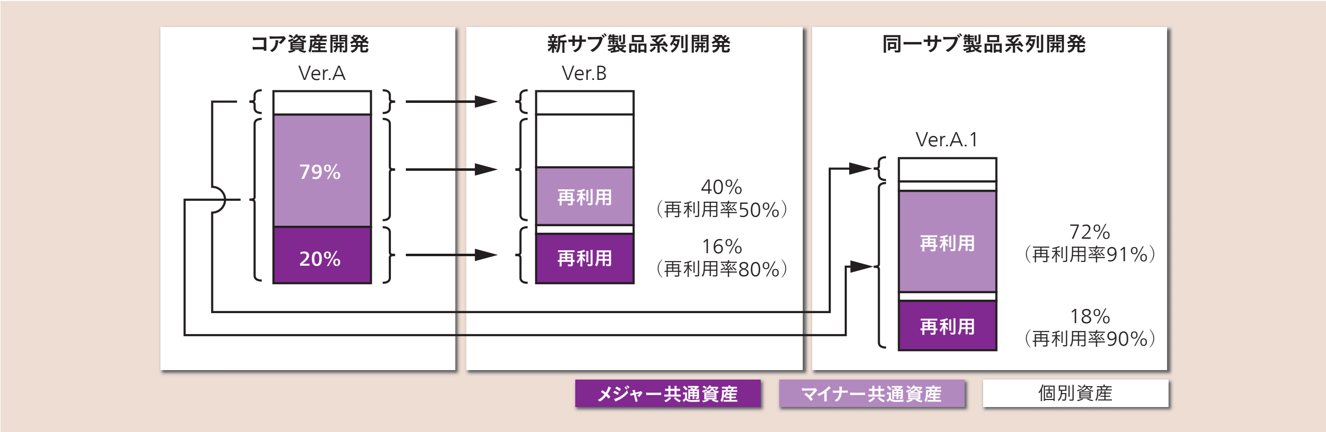
これまで製品個別に開発・管理してきたソースコードを統合・再構築し，全製品で再利用するメジャー共通資産（20％），各サブ製品系列内で再利用するマイナー共通資産（79％）の2階層から成るコア資産として部品化したことが，ソフトウェア再利用性を向上させ，開発が効率化した。このほか，単体テスト自動化環境の構築や，類似ドキュメントの統合などの施策も含め，あらゆるソフトウェア資産の再利用性を向上することで，ソフトウェアの開発コストを68％削減した。この成果を適用した製品が，2013年にリリースされている。

今後も引き続きシリーズ製品をリリースする予定であり，継続的なコスト削減効果が見込まれている。

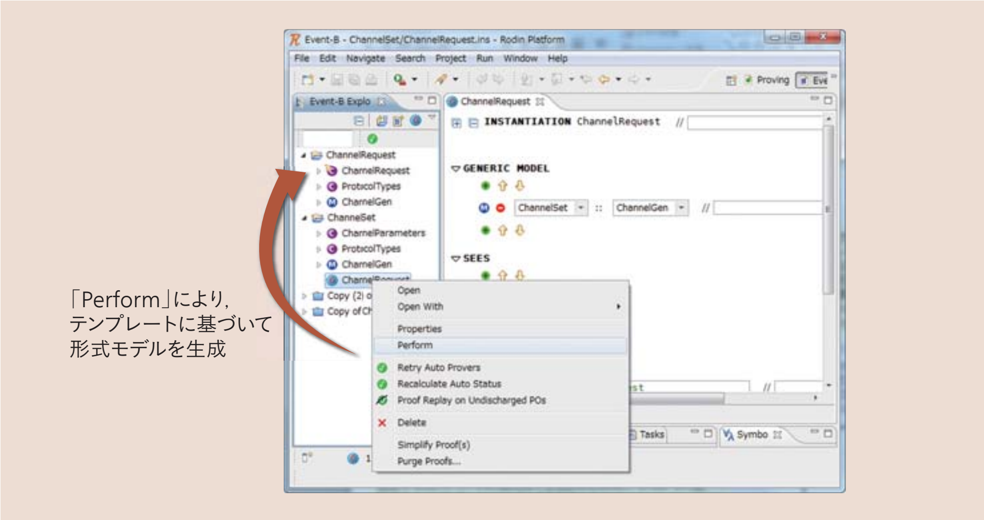
25 高信頼システム開発を実現する形式手法

社会インフラシステムでは，高いレベルの信頼性を確保しながらも，システムの大規模化・複雑化に対応できる効率的なソフトウェア開発技術が必要とされている。そのような技術として，近年，形式手法という技法が注目されている。形式手法は，ソフトウェアの高信頼性を保つことができる反面，ソフトウェアの設計仕様に相当する形式モデルを作成するたびに検証するため，検証作業工数が多くなり，開発期間が長くなることが課題となっていた。

これに対し，今回開発した技術は，あるシステムに対して作成・検証された形式モデルを，検証された状態を保っ



24 プロダクトライン型開発によるソフトウェア部品化と再利用



25 開発した形式検証支援ソフトウェア

たままテンプレート化することで，類似する他のシステムの開発に再利用できるようにするものである。これにより，モデルの作成・検証工程に要する時間が減少し，開発期間を短縮することが可能となる。社内のプロジェクトを題材とした適用評価では，そのつどモデルを作成する場合に比べ，形式モデル作成・検証に要する作業工数を約8割削減できることが確認された。

現在，この技術を実装した形式検証支援ソフトウェアをオープンソースとして公開中であり，今後，実適用に向けた改良を進めていく。

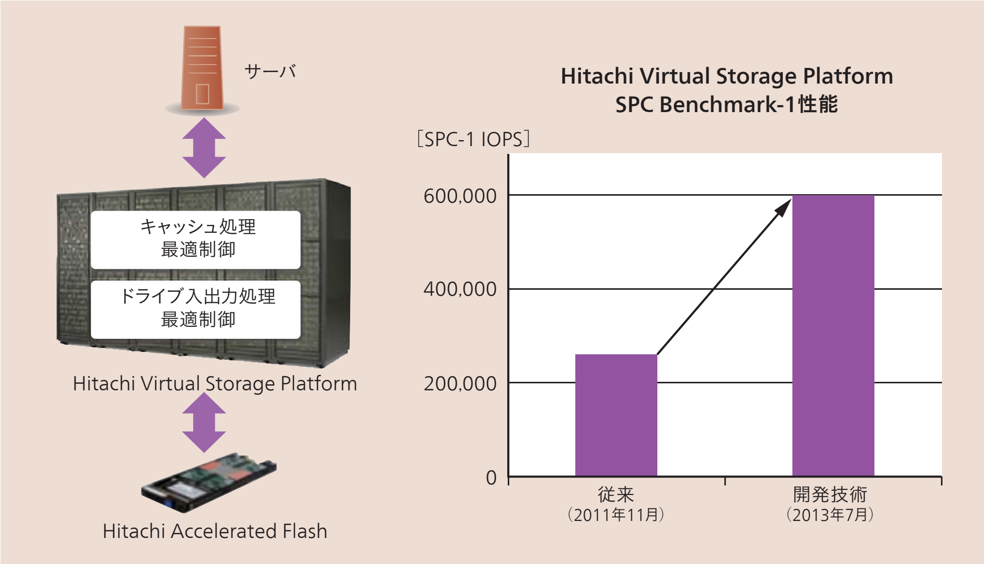
26 ハイエンドストレージ向け フラッシュ活用高速化技術

企業などのデータが爆発的に増加し，業務アプリケーションが多様化する中で，大容量化・多様化するデータの高速処理を実現するストレージシステムが求められている。日立は，ストレージコントローラとフラッシュドライブの両方を自製し，フラッシュドライブを活用した高速なデータ処理を実現するストレージシステムを展開している。

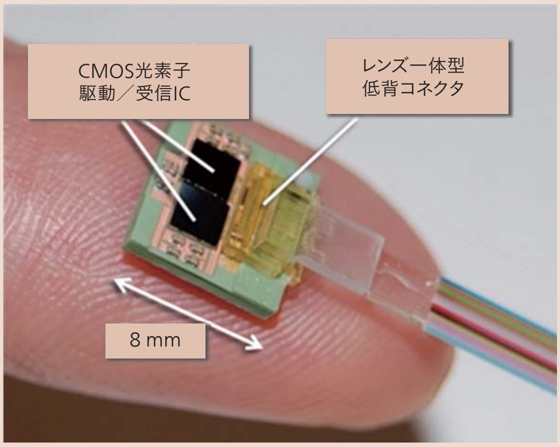
今回開発したデータ処理高速化技術は，フラッシュドライブとの連携動作により，ストレージコントローラのキャッシュ処理やドライブ入出力処理を最適制御するものである。日立独自のフラッシュドライブHitachi Accelerated Flashを搭載したハイエンドストレージシステムHitachi Virtual Storage Platformに開発したデータ処理高速化技術を適用することにより，Storage Performance Councilのベンチマークテストである SPC Benchmark-1において，ハイエンドストレージシステムとして世界最高の1秒当たりのデータ処理速度となる602,019.47 SPC-1 IOPS*を達成した※)。

今後も，両方を自製する強みを生かし，フラッシュドライブを活用したストレージシステムの高性能化技術を開発していく。

*は「他社登録商標など」(146ページ)を参照
※) 2013年7月11日時点。

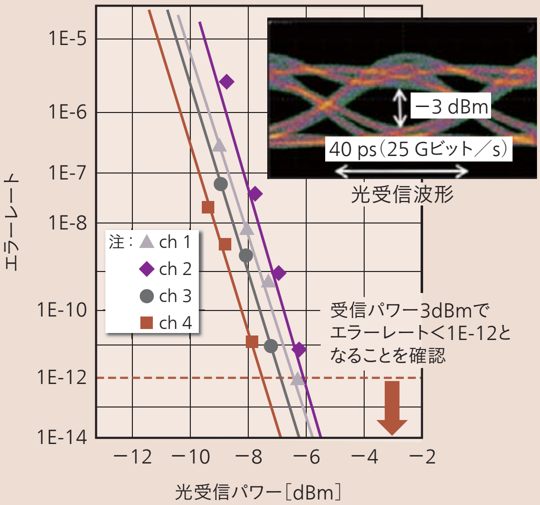


26 ハイエンドストレージシステムのデータ処理高速化技術



レンズ一体型低背コネクタとCMOSプロセスを用いた光素子
駆動／受信ICにより，小型化・低消費電力化を実現

開発した光モジュール



測定結果

27 高伝送密度・低消費電力光モジュール

27 機器内光伝送向け 高伝送密度・低消費電力光モジュール

情報機器の大容量化をめざし，高伝送密度・低消費電力光モジュールを日立製作所中央研究所，横浜研究所と日立金属が共同で開発した。

サーバやルータ，ストレージなどの情報機器の機器内信号伝送には，これまで電気信号が用いられてきた。しかし，大容量化のために伝送速度や配線密度を上げると信号ひずみが大きくなり，伝送が困難となる。一方，数十メートル以上の長距離では光伝送が用いられてきたが，モジュールサイズや消費電力の点で情報機器内伝送への適用には課題があった。

今回開発した光モジュールは，レンズ一体型低背光コネクタとCMOS（Complementary Metal Oxide Semiconductor）プロセスを用いた光素子駆動／受信ICを採用することにより，世界トップレベルの伝送密度と低消費電力を実現し，情報機器内への光伝送導入を可能にした。モジュールサイズは8 mm×8 mmであり，4つの入力および出力チャネルを持っている。各チャネルとも伝送速度25 Gビット/sでエラーフリー通信（エラーレート＜1E-12）を確認しており，全体で100 Gビット/sの容量を実現した。また，消費電力も従来の約$\frac{1}{2}$となる1.2 Wを達成し，実用化に向けて十分な特性を得た。

今後，情報機器内の光伝送化を推進し，大容量化に貢献する。

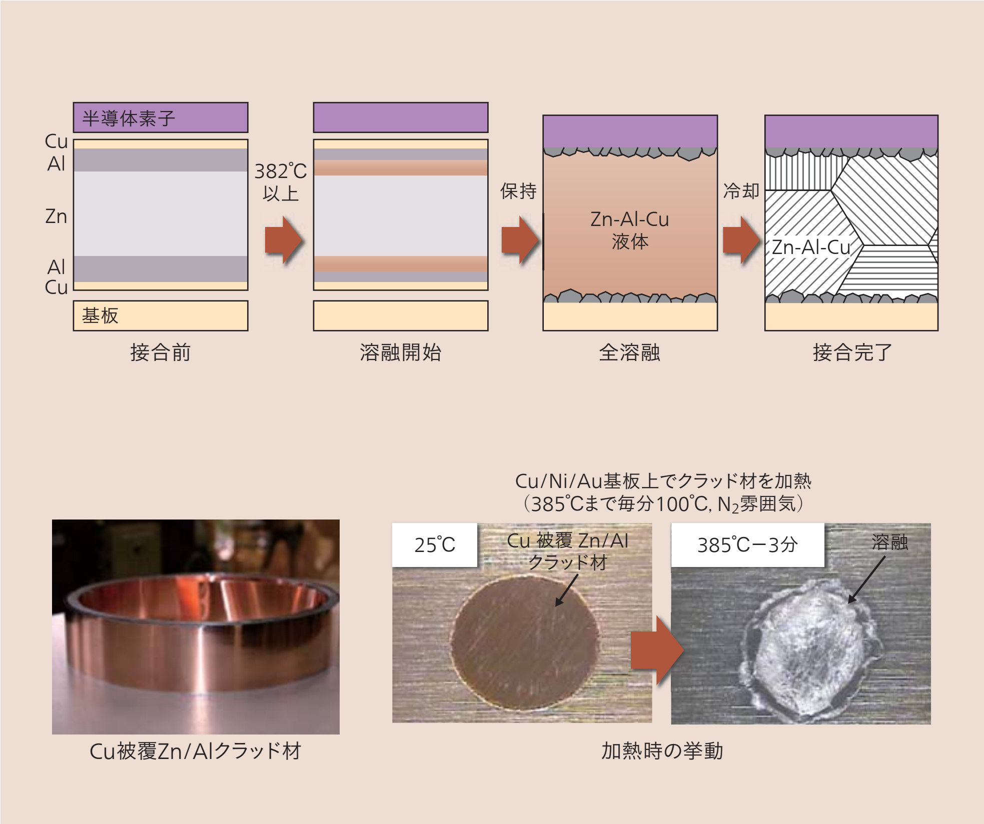
28 高耐熱接合用PbフリーCu被覆Zn/Alクラッド材

パワー半導体向けの高耐熱はんだとして，Cu（銅）被覆Zn（亜鉛）/Al（アルミニウム）クラッド材を日立製作所横浜研究所と日立金属が共同で開発した。

パワー半導体を接合するはんだとして，一般にPb（鉛）やSn（スズ）を主とする材料が用いられている。近年，環境保全の観点から，Pbを含まず，より高信頼の接合材料が求められている。このニーズに応えるはんだ材としてZn-Alはんだに着目したが，酸化しやすい材料であり，濡れ性・接合性に課題があった。

開発したCu被覆Zn/Alクラッドはんだ材は，クラッド圧延技術を応用している。これは，Zn，Al，CuをCu/Al/Zn/Al/Cuの順に積層した材料である。382℃まで加熱すると5層が混ざり合って溶融し，Zn-Al-Cuはんだとして機能する。表面のCu層が内部のZnとAlの酸化を防止する。また，CuとZnが接触する構造の場合，保管中にCuとZnが反応し，表面のCu層が消失するという問題があった。この材料では，Al層がCuとZnの接触・反応を防ぎ，Cu層の長期安定化を実現している。これらの効果により，材料の保管性および汎用装置での濡れ性・接合性を確保した。

開発した材料を用いて半導体素子を接合したところ，Pbはんだよりも温度サイクル寿命が長く，250℃環境下でも接合界面の健全性が維持された。Pbはんだの代替材や，高温動作SiC（炭化ケイ素）デバイス用のはんだとして期待されている。



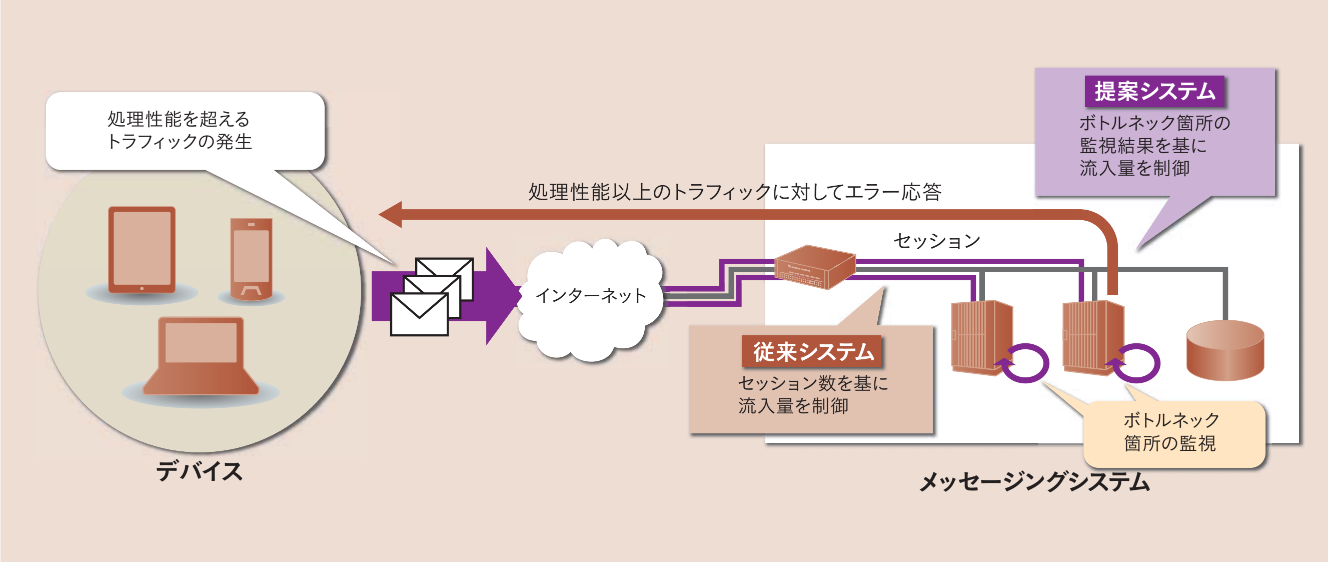
28 Cu被覆Zn/Alクラッド材の断面模式図と接合メカニズム

29 メッセージングシステム向け流入量制御技術

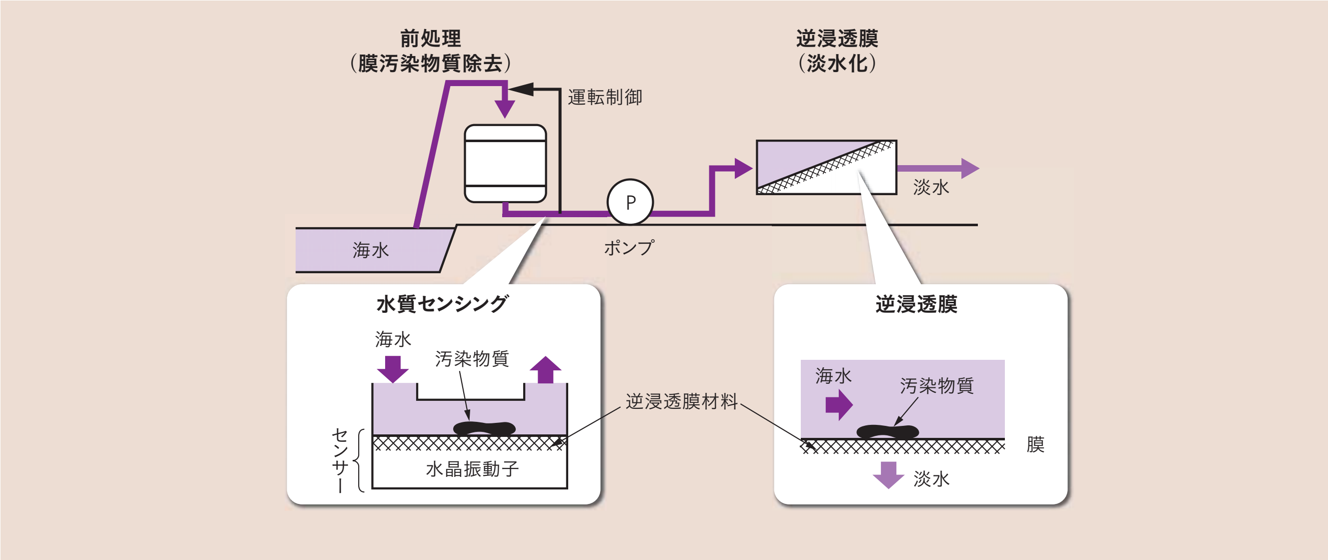
ビッグデータ時代には，大量のデバイスから膨大なメッセージトラフィックが送信されることが予測されている。こうした背景の中，メッセージを中継するメッセージングシステムでは，大量トラフィックによる過負荷状態でもシステムの安定稼働を行う必要がある。従来システムでは，処理性能を超えるトラフィックに対して，事前に設定したセッション数の上限値を基に流入量を制御する。しかし，システムの安定稼働を重視するメッセージングシステムでは，輻輳（ふくそう）の発生を防ぐため十分に余裕を持たせた設定値で流入量制御を行う必要があり，従来システムではシステムリソースの有効利用ができないという問題を抱えていた。

今回開発した技術は，メッセージングシステム内のボトルネック箇所を監視し，監視結果を基に流入量を制御する機能を有している。リアルタイムに取得される監視結果に応じた流入量制御を行うため，システムリソースを有効に利用しつつ，システムの安定稼働を実現する。

今後は，この技術をベースに，メッセージングシステムのさらなる高可用化をめざす。



29 メッセージングシステム向け流入量制御技術



30 海水淡水化プラントの模式図とセンサーの特徴

30 海水淡水化プラント向け水質センシング技術

海水淡水化プラントは，海水中の塩分を除去するために逆浸透膜を用いる。高効率運転には，海水中の有機汚染物質による逆浸透膜の目詰まりを抑制することが重要である。従来は海水中の有機汚染物質を直接検出する手段がないため，逆浸透膜に海水を送るためのポンプの圧力上昇によって目詰まりを確認していた。

開発した技術は，迅速かつ高感度に有機汚染物質をセンシングするものである。有機汚染物質が逆浸透膜の表面に吸着して目詰まりが起こることに着目し，高感度な水晶振動子マイクロバランスのセンサー上に逆浸透膜の表面を再現することで，有機汚染物質を選択的に捕捉する。開発したセンシング技術は圧力上昇との相関が0.95と高く，また，検出時間は，数日を要する圧力上昇に対して2時間以内と$\frac{1}{20}$以下である。これにより，海水中の有機汚染物質をあらかじめ検知し，例えば薬剤によって事前に除去することで，逆浸透膜への有機汚染物質の流れ込みを抑制し，高効率な運転が可能になると考えられる。

今後，検出精度の向上や自動測定方式の確立を図り，海水淡水化プラントの運転制御への適用をめざす。

研究開発