

1 研究 Research and Development

研究開発センター・ソフトウェア技術センター・生産技術センター

本社研究開発部門は、東芝グループの経営方針である“利益ある持続的成長への再発進”に向けて、未来技術の種出しと差異化・競争力強化の両輪をマーケット志向で推進することにより“イノベーションの更なる進化”を生み出すとともに、“地球内企業”として持続可能な地球の未来に貢献することを目指して研究開発を行っています。

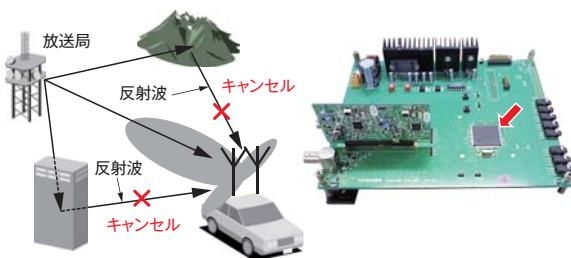
情報通信分野では、液晶テレビ“CELLレグザ™ 55X1”への搭載に向けて、大量のコンテンツから互いの関連性に基づいて直感的な番組検索を可能にする“ローミングナビ™”，ネットで配信される低画質の映像を高画質化する技術^(注)，などを開発しました。電子デバイス・材料分野では、電力変換装置の省エネ・小型化に期待がかかる炭化ケイ素（SiC）パワーデバイスの導通時損失を大幅に低減する技術を開発し、1.2 kV級MOSFET（金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ）で世界トップクラスの特性を実証しました^(注)。システム技術・機械システム分野では、製品が発生する音を付加価値と考え、製品開発時にこころよい音を実現するデザイン技術^(注)を開発し、クリーナの開発に適用しています。ソフトウェア分野では、デジタル機器に搭載されたデータベースの検索を高速化する多次元インデクシング技術や、プロダクトライン型ソフトウェア開発を考慮した効率的な派生開発を実現するプラットフォームの再構築と活用技術を開発しました。また、生産技術分野では、世界で初めて実用化した可変磁力モータを洗濯乾燥機に搭載し業界No.1の省エネ達成に貢献するとともに、組立てコスト削減を実現するウェーハレベルプロセスを適用した0603サイズチップ部品のパッケージング技術を開発しました。

（注） ハイライト編のp.5, 11, 29に関連記事掲載。

執行役常務 研究開発センター所長 須藤 亮

1 情報通信

● FMチューナLSI向け 時空間等化方式



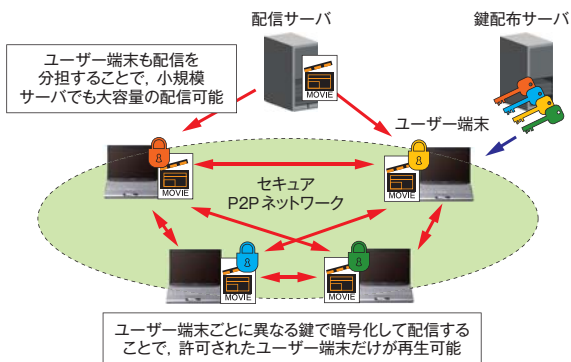
時空間等化技術（左）と評価ボードに搭載されたLSI（右）
Space-time equalizer (left) and LSI on evaluation board (right)

FM (Frequency Modulation) チューナLSI向けに時空間等化方式を開発した。FM放送波は建物などに反射し、様々な遅延時間を持った反射波が重なりあって受信機に到達するため、FM放送の音質を大きく劣化させていた。等化とは、反射波をキャンセルすることで、このひずんだ波形を元の波形に戻す技術である。

今回は、従来の時間軸の等化処理に加え、複数の受信アンテナを用いた空間的な信号処理も併用する時空間等化方式を採用することで、広いエリアにわたって音声のひずみ率を1/6（他社同等製品比）に低減することに成功した。

また、外乱の多い車載環境でも安定に動作させる方式を開発し、自動車の中でもCD並の音質を提供可能なLSIが製品化された。

● セキュアP2Pコンテンツ配信技術



セキュアP2Pコンテンツ配信の概念
Concept of secure peer-to-peer (P2P) content delivery

小規模なサーバでも高画質な大容量コンテンツを配信でき、しかも、不正視聴を許さないセキュアP2P (Peer-to-Peer) コンテンツ配信技術を開発した。

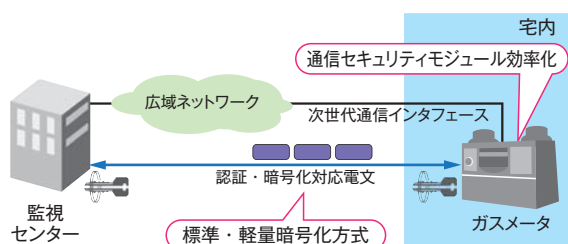
サーバだけでなくユーザー端末も配信を分担することで、低いサーバ負荷で大容量配信ができるP2P配信技術では、コンテンツが共有されるため不正視聴の課題があった。そこで、異なる鍵で暗号化して配信することで、許可されたユーザー端末だけが再生可能な保護を実現した。機器169台の実験環境を用いて、保護された配信が全配信量の5%程度のサーバ負担でできることを確認した。

強力なコンテンツ保護と低いサーバ負荷により、高画質な映画コンテンツの配信などへの適用が期待できる。

● ガスメータの次世代通信インタフェース向け 通信セキュリティソフトウェア

通信セキュリティ技術について、ガスメータの次世代通信インタフェース向けに、より高効率化したソフトウェアを開発した。

メータ機器のプロセッサ処理能力や搭載メモリ容量に制約があるうえ、長期電池駆動など厳しい要件のなかで、メータから監視センターまで広域ネットワークを介して安全な通信ができるように、暗号化や、認証、鍵更新、再送攻撃などに対応可能な標準・暗号化セキュリティソフトウェアを開発し、実機での動作検証を終了した。この通信セキュリティモジュールは、実機のハードウェア仕様と動作環境に基づき、組み込み機器向けの各種の最適化処理技術を適応させることで、処理速度及びメモリ使用量ともに約30%程度の効率化を実現した。

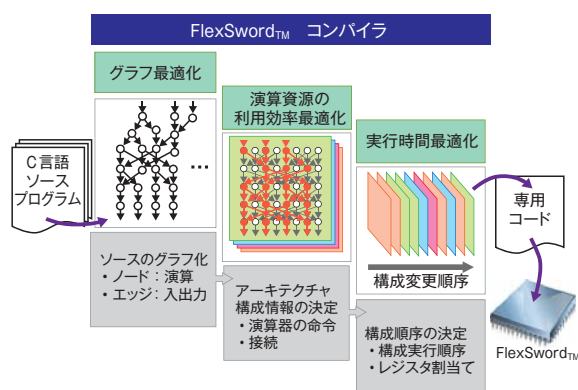


ガスメータの次世代通信インタフェース向け 通信セキュリティ
Next-generation network security for gas meters

● 動的再構成アーキテクチャ FlexSword™ 用コンパイラ

FlexSword™は、近年増加している携帯機器での動画処理やソフトウェア無線処理向けの動的再構成可能LSIアーキテクチャで、柔軟性、低消費電力、及び低面積を実現している。このFlexSword™に適用するソフトウェアの開発を容易にする目的で、C言語から専用コードを自動生成するコンパイラを開発した。

コンパイラがC言語ソースコードからアーキテクチャ構成情報とその構成順序を自動的に決定することにより、アーキテクチャを意識しないソフトウェア開発が可能になり、開発期間を大幅に短縮できた。また、手作業で最適化したコードと比較して十分な性能が得られることを確認できた。



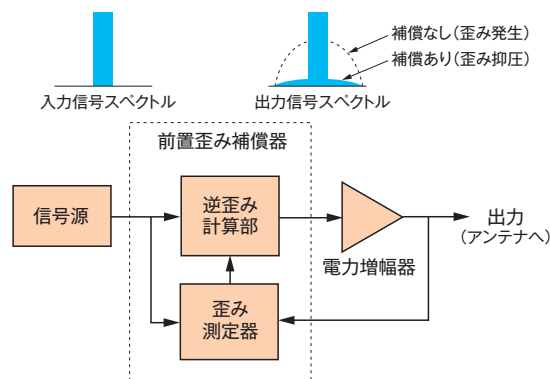
FlexSword™コンパイラのイメージ
Outline of FlexSword™ compiler

● デジタル信号処理による電力増幅器の前置歪み補償技術

無線機の消費電力を削減するため、電力増幅器の動作効率を改善するデジタル前置歪み(ひずみ)補償技術を開発した。

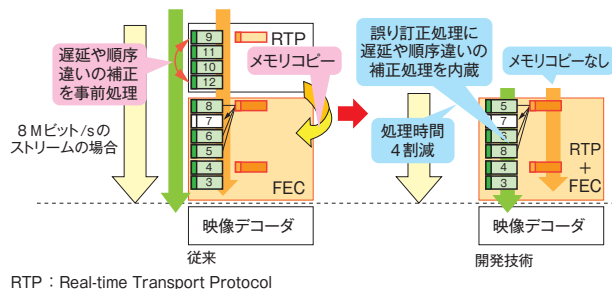
無線機の消費電力の多くは電力増幅器が消費している。電力増幅器は、その消費電力を無理に削減すると出力信号が歪み、ほかの通信システムの妨害となる漏えい電波が増加したり、自システムの通信品質を著しく劣化させる性質があり、消費電力の削減が難しかった。

消費電力を減らして動作させた増幅器の歪みを測定し、デジタル信号処理を用いて送信信号に増幅器と逆の歪みを与え、この信号を電力増幅器に通すと歪みのない無線信号が得られる。従来のアナログ歪み補償方式に比べ、消費電力を3割削減できた。



デジタル信号処理による電力増幅器の前置歪み補償技術
Digital predistorter for power amplifiers

● IPTV 受信機向け 伝送誤り訂正ソフトウェア



低中位機種向けのFEC処理実用化技術

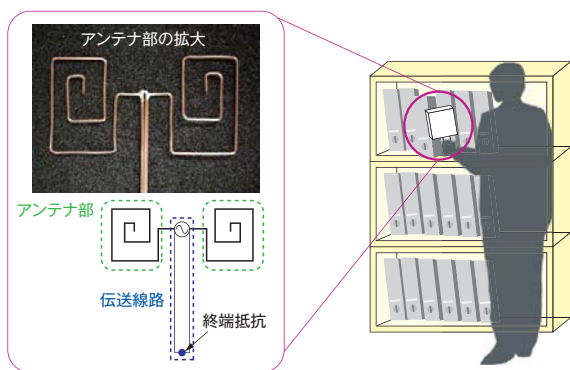
Forward error correction (FEC) for low-end-model TV sets

IPTV (Internet Protocol Television) は、ネット配信で高品質な放送やビデオ オン デマンドを実現するサービスである。IP通信のため低コストであるが、パケット損失による映像音声の乱れも懸念される。そこで、この課題を解決するFEC (Forward Error Correction) 処理の実用化技術をTVやパソコンなどの低中位機種向けに開発した。

パケット到着の遅延や順序違いの補正とパケット欠損を補う処理を一体化するアルゴリズムにより処理時間を4割減らし、処理バッファの削減でメモリ使用量を半減させた。

このソフトウェアは、端末のプラットフォームを問わず、特別な部品追加などのコストアップなく搭載ができ、端末の処理能力や実装に応じて処理方法を柔軟に調整できる。

● RFIDリーダライタ向け一括読取りアンテナ技術



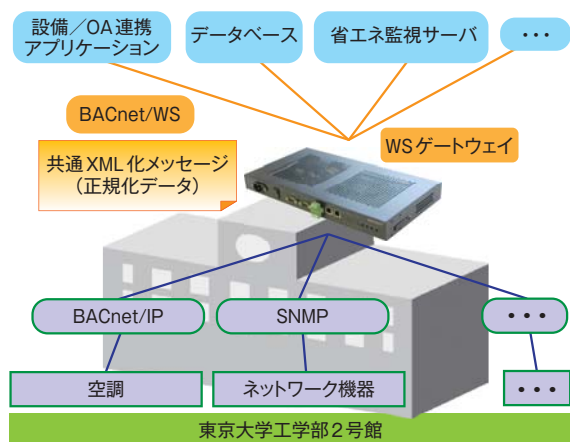
リーダアンテナの構造とタグ読取りシーン

Structure of reader antenna and application to document control

UHF (Ultra High Frequency) 帯RFID (Radio Frequency Identification) を用いた重要書類管理システム向けに近傍界結合型リーダアンテナを開発した。

書類管理用途では、想定した範囲外のタグは読ませないよう、不要電波の放射を抑制することが要求される。また複数のタグが狭い間隔で配置された状態で読取りが必要である。開発したアンテナは、反射を防ぐ終端抵抗を端部に実装した伝送線路と、スパイラル形状のアンテナ部から構成される。単体では電波を放射せず、タグが近接するときだけ近傍界結合により複数のタグに一括して電力を供給することができる。このアンテナを用いて、リーダモジュールの出力が500 mWのとき、一度の読取り動作で30枚のタグの読取りに成功した。

● グリーン東大工学部プロジェクトにおけるBACnet/WSゲートウェイ



XML : Extensible Markup Language
SNMP : Simple Network Management Protocol

BACnet/WSゲートウェイの概要

Outline of BACnet/WS gateway deployed at The University of Tokyo

グリーン東大工学部プロジェクト (GUTP) は、オープンなマルチベンダー環境におけるIT (情報技術) を活用した省エネ "Green by IT" の実現を目的とした、現在31企業11団体が参画するプロジェクトである。GUTPでは、東京大学工学部2号館をテストベッドとした実証実験が行われており、現在開発中のBACnet (A Data Communication Protocol for Building Automation and Control Networks)/WS (Web Service) ゲートウェイを設置した。

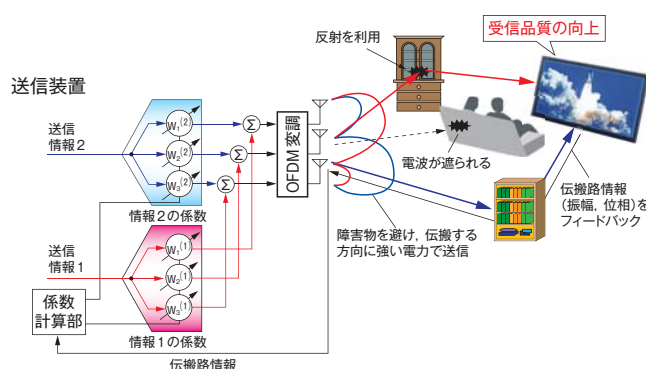
このゲートウェイは、既存の設備機器プロトコル群を、インターネットを介して遠隔地のデータにアクセス可能な設備機器管理プロトコルであるBACnet/WSへと変換する。この実証実験で、マルチベンダー/マルチプロトコル環境での稼働を立証した。また、設置から半年以上にわたり、安定稼働を継続している。

● 高速無線LAN用送信ビームフォーミング技術

無線通信では、障害物や人の影響により伝搬路が変動し、利用する場所や時間によって通信品質が変化する。この問題を解決するため、IEEE 802.11n（電気電子技術者協会規格 802.11n）に準拠した高速無線LAN用送信ビームフォーミング技術を開発した。

送信ビームフォーミング技術では、変動する伝搬路の状態に応じて送信方向とその強弱を適応制御することにより、従来に比べ通信品質の向上を図ることができる。実際の伝搬環境で試作機を用いた評価を行い、通信品質を6 dB以上改善できることを実証した。

この技術により、伝送速度の向上を図りつつ、より安定した無線通信システムの提供を実現できる。



OFDM：直交周波数分割多重

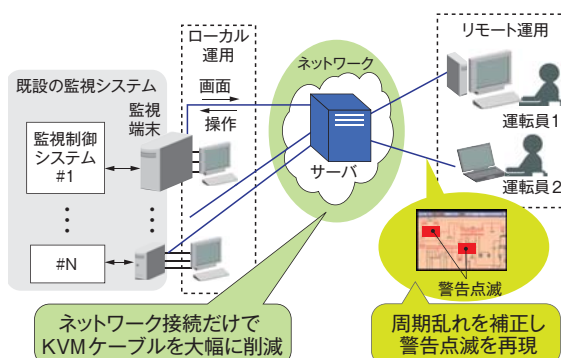
IEEE 802.11n 送信ビームフォーミング技術の原理

Principle of transmit beamforming in IEEE 802.11n standard

● ソフトウェアKVMスイッチシステム

既設の監視制御システムをリモートで運用できるようにする際、KVM (Keyboard Video Mouse) スwitchなどの専用装置を用いる代わりに、汎用サーバとネットワーク接続で実現するソフトウェアKVMスイッチシステムを開発した。

このシステムは、画面データや操作信号をLANなどネットワークで送受するため従来のKVMケーブル配線が不要で、ケーブル総量を大幅に削減できる。また、サーバで画面データと操作信号の中継と切替えを行うとともに、更新画面データの送信タイミングを調整する機能を実現した。通常、ネットワークで画面データを送受すると画面上の警告点滅などは周期が乱れて表示される。この機能でその乱れを防ぐことにより、監視用途の誤認識を防止できる。



ソフトウェアKVMスイッチシステム

Software keyboard video mouse (KVM) switching system

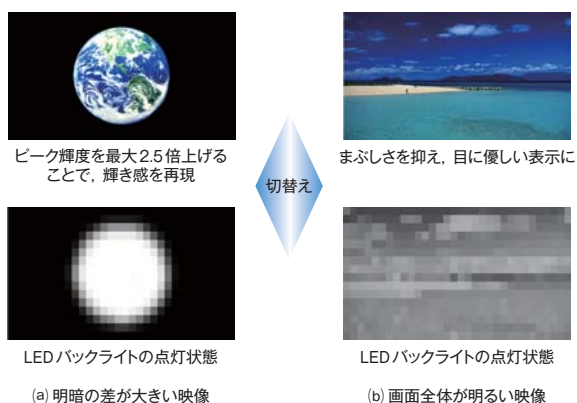
● LCD向け ピーク輝度制御技術

入力映像に応じて、LED（発光ダイオード）バックライトの画面領域ごとに明るさを制御し映像を補正することで、LCD（液晶ディスプレイ）に輝き感のある映像を再現するピーク輝度制御技術を開発した。

この技術は、画面全体が明るい映像ではまぶしさを抑え、明暗の差が大きい映像では、明るい領域のピーク輝度が従来の液晶TVの2.5倍まで向上するように、バックライト輝度を制御する。更に、映像の明るさをLEDバックライトの約4倍の分割数で細密に検出することで、500万：1のダイナミックコントラストを備えたLCDを実現した。

この技術は液晶テレビ“CELLレガザ 55X1”に搭載され、輝く白と引き締まった黒を再現している。

関係論文：東芝レビュー，64，6，2009，p.27-30.



液晶TVのピーク輝度制御技術の概要

Outline of peak luminance control technology for LCD TV

● dynapocket™で動作する日中英3言語6方向音声翻訳



日中方向で動作中の音声翻訳アプリケーション

Speech-to-speech translator running on dynapocket™ translating Japanese speech into Chinese

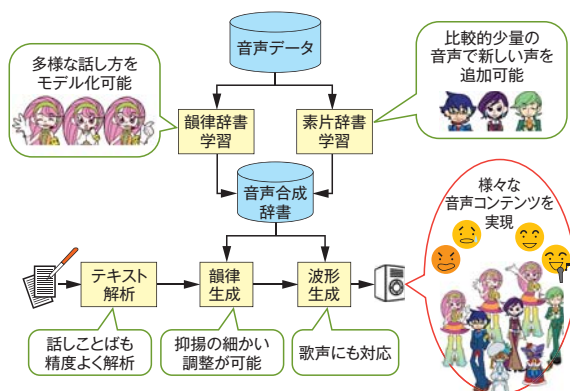
当社のスマートフォンdynapocket™上で動作し、日本語、中国語、及び英語の相互通訳が可能な音声翻訳を開発した。ここでは、①周辺雑音に強く、様々な処理能力の機器に搭載可能な“多言語連続音声認識”、②話しことばが持つあいまい性を理解できる“統語森駆動口語翻訳”、③国際コンペティションで世界トップレベルの精度を実証している“統計翻訳”、④自然で聞き取りやすい音声を生成する“複合素片選択融合音声合成”といった独自技術を用いて、性能を損なわずに小型・高速化した。

海外などでのことばの不安や不便を軽減できることから、dynapocket™に搭載された日英2方向アプリケーションは、CEATEC JAPAN 2009で米国記者が選ぶInnovation Award Finalistを受賞するなど、社外からも高い評価を得ている。

関係論文：東芝レビュー. 64, 2, 2009, p.26-29.

東芝レビュー. 64, 10, 2009, p.66-67.

● 多様な音声を実現する音声合成システム ToSpeak™V2.0



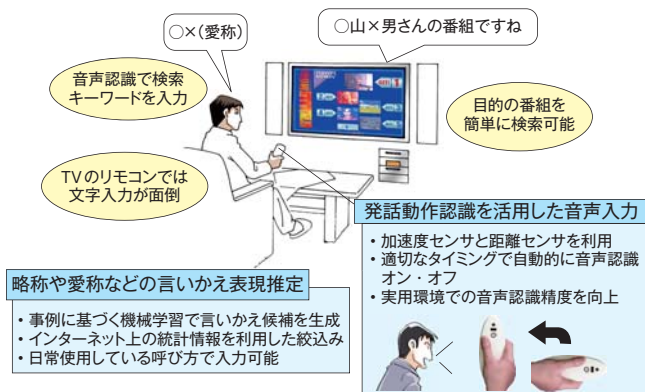
多様な話者の個性と話し方を実現する音声合成 ToSpeak™ V2.0

ToSpeak™ speech synthesis system featuring speaker and speaking-style variety

特定の声で読み上げる調子の従来の音声合成に対して、話者の個性や話し方などのバリエーションを拡張し、多様な音声を実現する音声合成システム ToSpeak™V2.0を開発した。

このシステムは、収集が容易な比較的短い音声データから、その話者の特徴を再現する音声合成辞書を学習するため、話者の個性や話し方の拡張が容易である。また、制御タグ付きのテキストを入力して、アクセントなどを細かく調整した高品質な音声を作成したり、声の高さや発話速度、強調度合いなどを部分的に指定して音声コンテンツを作り込んだりできる。スタジオでの音声収録の代わりに、このシステムを用いて、ユーザーが自由に音声コンテンツを作ることができる。

● マルチモーダル音声認識検索システム



マルチモーダル番組検索

Outline of multimodal TV program search

TVなどキーボードが使えない機器でも、手軽にコンテンツ検索や情報検索を行うことができるマルチモーダル音声認識検索システムを開発した。

加速度と距離の二つのセンサを用いて、ユーザーがリモコンを持って口に近づけるとい、自然な発話動作を認識する技術により音声入力を開始することで、音声認識精度を向上させた。また、略称や愛称などの言い換え表現を的確に推定する自然言語処理技術により、日常使用する単語での音声認識を実現した。

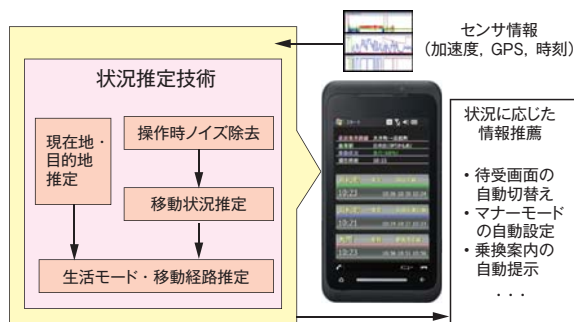
スクリーンキーボードとリモコン操作による従来の番組検索に比べて、所要時間を約40%短縮でき、高齢者も容易に使えることを実験的に検証した。

● センシングに基づく状況認識技術

携帯電話業界などで、行動支援型サービスに対する期待が高まっている。今回、センサから得られる各種情報に基づいて、ユーザーの行動状況をリアルタイムに認識する技術を開発した。

この技術は、GPS（全地球測位システム）や加速度センサによるセンシングデータを入力として、ユーザーの歩行中、乗車中などの移動状況や通勤中、勤務中などの生活シーンを認識する。特に、モバイル機器で求められる低消費電力化に関しては、この認識処理を間欠的に動作させる方式を導入することで、動作時間を従来比で2.1倍に伸ばすことに成功した。

行動支援型サービスの普及に向けたキー技術の早期実用化により、モバイル事業などへの貢献を目指す。



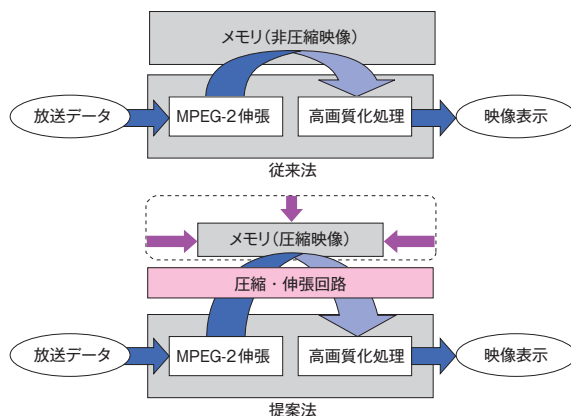
状況認識技術の概要

Outline of context recognition technology

● 映像処理LSI向け ビジュアルロスレス画像圧縮技術

近年、地上デジタル放送の普及などにより、一般家庭でも高精細な映像を手軽に楽しむことができるようになった。一方、扱われる映像データ量の大幅増加によって、デジタルTVの心臓部をつかさどる映像処理LSIではメモリ使用量が増大し、これが負担になっている。

この課題を解決するため、視覚的な劣化を伴わない無歪みに近い状態（ビジュアルロスレス）で、圧縮率を悪くすることなく画像ライン単位に高速処理する独自の画像圧縮技術を開発した。この技術を用いることで、映像処理LSIのメモリ容量とデータ転送量を1/2に削減でき、デジタルTVの低コスト化や消費電力の削減が可能になる。



MPEG-2 : Moving Picture Experts Group - Phase 2

ビジュアルロスレス圧縮によるメモリ削減

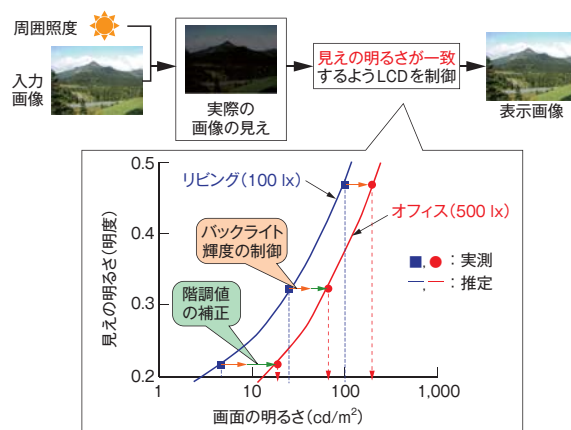
Memory reduction using visually lossless compression (top: conventional method; bottom: proposed method)

● 携帯端末向け 視聴環境適応技術

暗い部屋でも明るい屋外でも、携帯端末のLCD画面を見やすく表示する視聴環境適応技術を開発した。

この技術は、人の網膜に存在する、暗い場所で働くかん体細胞と明るい場所で働くすい体細胞の応答モデルを使って、周囲の様々な明るさに対するLCD表示画像の視覚的明るさを推定する。その結果を使って、見えの明るさが、周囲の明るさによらず、基準となる平均的リビングの明るさでの表示画像と一致するようにLCDのバックライト輝度を制御し、更に、より暗い部分に階調補正も行う。

これにより、明るく画面が見にくい晴天日陰 (3,700 lx) 環境下でも、平均的なリビング (100 lx) と同等の見やすい画面を表示する携帯端末を実現した。

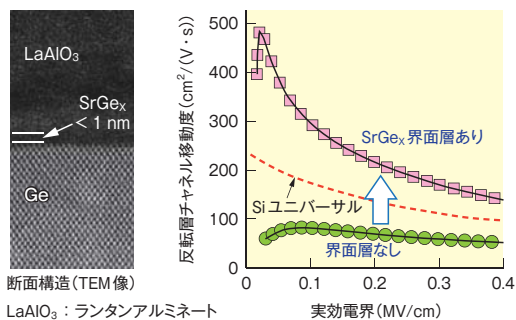


視聴環境適応技術の概念

Concept of adaptive display technology under wide range of viewing environments

2 電子デバイス・材料

● High-k/Ge MISFET 向け 新規界面層形成技術



LaAlO₃/SrGe_x/Ge *p*-MISFETの断面構造及びキャリア移動度の実効電界依存性

Cross-sectional transmission electron microscope (TEM) photograph and dependence of carrier mobility on effective field in LaAlO₃/SrGe_x/Ge *p*-type metal-insulator-semiconductor field-effect transistor (*p*-MISFET)

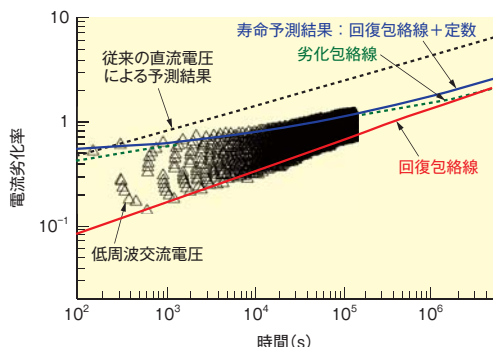
次々世代の高速・低消費電力LSIを実現するため、シリコン (Si) よりも低抵抗なゲルマニウム (Ge) をチャネル材料に用いることが検討されている。

今回、ストロンチウム (Sr) とGeの化合物層をGe MISFET (金属絶縁膜半導体型電界効果トランジスタ) のチャネルとHigh-k (高誘電体) 絶縁膜の界面に用い、ゲートリーク電流の低減とキャリア移動度の向上を両立できることを実証した。

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 (NEDO) の「次世代半導体材料・プロセス基盤 (MIRAI) プロジェクト」で実施したものである。

関係論文: 東芝レビュー. 65, 2, 2010, p.36-39.

● 実動作時の負バイアス温度不安定性の高精度寿命予測手法



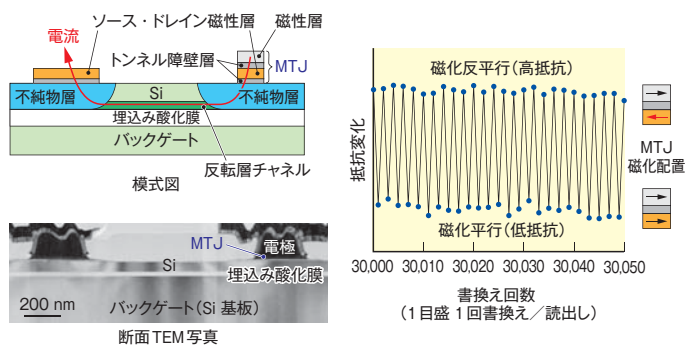
低周波交流電圧下でのNBTIによる電流劣化率の時間変化

Time evolution of degradation in device current under low-frequency alternating current negative bias temperature (AC-NBT) stress

LSIの高集積化に伴うトランジスタのゲート絶縁膜の極薄膜化の一方で、信頼性劣化が深刻化している。特に加熱動作時にトランジスタ特性が劣化する負バイアス温度不安定性 (NBTI: Negative Bias Temperature Instability) が顕著になっている。NBTIには電圧を下げると回復する現象があるため、従来の直流電圧による寿命予測では、実動作時の交流電圧の寿命予測が困難であった。

そこで、簡便かつ高精度な実動作時のNBTI寿命予測を可能にする手法を開発した。低周波交流電圧を印加しつつデバイス特性の時間変化を測定して回復の包絡線を求め、これを外挿することで、より高精度な実動作時のNBTI寿命予測ができる。

● 再構成可能なLSIを実現するSiスピンMOSFETの動作を実証



MTJ: 磁気トンネル接合

独自構造スピンMOSFET (バックゲート型) (左)
スピン注入磁化反転による書換え繰返し耐性試験 (右)

Read/write endurance test of Toshiba original back-gate type spin metal-oxide-semiconductor field-effect transistor (MOSFET) (left) by spin-transfer torque switching (right)

Si LSIは、スケーリング則の物理的限界に直面しつつあり、新規素子による高性能化が期待されている。スピンMOSFET (金属酸化膜半導体型電界効果トランジスタ) は電極に磁性体を用いたメモリ機能を持つ新型トランジスタであり、記憶不揮発性や、高安定性、高信頼性、高速動作、高集積可能などの特長がある。

今回、微細化可能な独自構造のSiスピンMOSFETを試作評価し、読出し動作及び、スピン注入磁化反転による磁化書換えを得たことで、総合基本動作と繰返し耐性を実証できた。スピンMOSFETを再構成可能なLSIに用いると、回路面積が大幅に縮小され、低消費電力LSIが実現できる。今後は素子特性向上へ向けて技術開発を進め、応用回路の可能性を追求していく。

この研究の一部は、NEDOの「高スピン偏極材料を用いたスピンMOSFETの研究開発」プロジェクトで実施したものである。

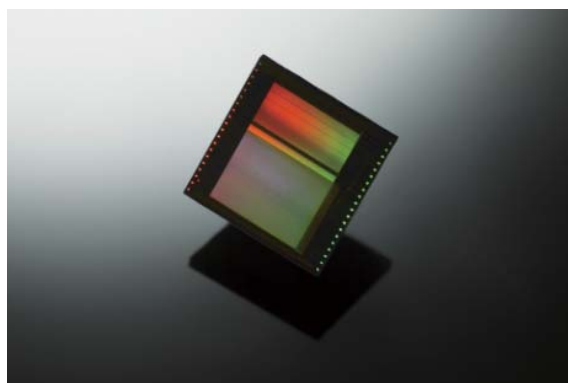
関係論文: 東芝レビュー. 65, 1, 2010, p.64-65.

● 非冷却赤外線イメージセンサ

外界のわずかな温度差を検出して画像化する、7万画素の非冷却赤外線イメージセンサを開発した。

センサ自体に独自のチップ温度補正回路を組み込むことで、外界の変動にかかわらず、信号を増幅し読み出すことに成功した。これにより、これまで欠かせなかったチップ温度を一定に保つための温度コントローラを不要にすることができ、飛躍的な小型化を実現した。

更に、センサ素材に低コストで量産性の高いSiダイオードを採用したことにより、セキュリティ分野をはじめ、様々な場面で活用できるようになった。

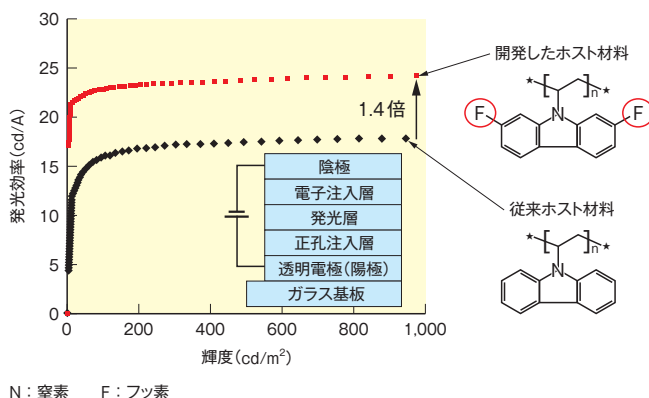


非冷却赤外線イメージセンサチップ
Uncooled infrared radiation image sensor chip

● 有機ELの発光効率向上

有機EL (OLED: Organic Light-Emitting Diode) は新しい照明として期待されており、真空蒸着で作製した有機EL素子では発光効率が蛍光灯を上回る報告がされているが、低コスト化は容易ではない。そこで真空蒸着を用いず材料使用効率の向上による低コスト化が可能な、印刷で作製する有機ELの開発に取り組んでいる。

今回、発光層を構成する発光分子とホスト材料のうち、ホスト材料にフッ素を導入し励起準位を発光分子より高めるように、量子化学計算によってホスト材料を設計し、合成することで、発光分子の励起エネルギーの閉込めが改善され、効率よく発光させることに成功した。この材料を用いて有機ELを作製した結果、従来の材料を用いた場合に比べて1.4倍の発光効率を達成した。



N:窒素 F:フッ素

印刷で作製した有機ELの素子構造とホスト材料の発光効率

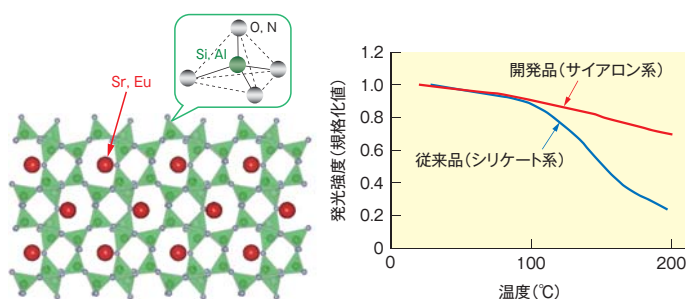
Power efficiency of printing-processed organic light-emitting diode (OLED)

● 高効率の高演色性白色LED用Srサイアロン蛍光体

白色LED (発光ダイオード) の高効率化が進み、照明への応用が本格化している。効率の高さに加え、今後は色の見え方の指標である演色性への要求が高まると予想される。

そこで、演色性の高い白色LEDを可能とする、サイアロンを母体とした2種類の新規蛍光体を開発した。青色LED光を外部量子効率67%で緑色に変換する蛍光体 ($\text{Sr}_3\text{Si}_3\text{Al}_3\text{O}_2\text{N}_{21}:\text{Eu}^{2+}$) と、外部量子効率59%で赤色に変換する蛍光体 ($\text{Sr}_2\text{Si}_7\text{Al}_3\text{ON}_{13}:\text{Eu}^{2+}$) である。開発した蛍光体と青色LEDを用いて、発光効率72 lm/W (20 mA駆動)、平均演色評価数85の白色LEDが得られた。この蛍光体は温度特性にも優れ、デバイス温度の上昇が問題となる高電流駆動下でも高効率を維持できるのが特長である。

関係論文: 東芝レビュー, 64, 4, 2009, p.60-63.



Eu: ユーロビウム Al: アルミニウム O: 酸素

緑色サイアロン蛍光体の結晶構造 (左) と温度特性 (右)

Crystal structure (left) and temperature dependence (right) of new green sialon phosphor

3 システム技術・機械システム

● 行動応答型家庭向け省エネホーム



BeHomeSの構成

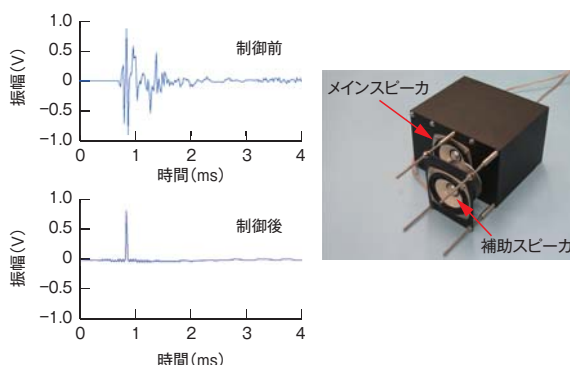
Architecture of behavior-based home monitoring and energy-saving system (BeHomeS)

住宅に設置された家電機器やセンサ情報から生活状態を判断し、機器の省エネ制御を合理的に行う生活行動応答型省エネシステムBeHomeSを独立行政法人 産業技術総合研究所ほかと共同で開発した。

消し忘れの照明や空調などの自動停止だけでなく、生活シーンに合わせた調光や温熱制御、沸上給湯量の自動制御を行うことで、人が気づかないエネルギー消費のむだを生活者に負担をかけずに削減する。家庭での生活パターンデータを収集し、BeHomeS稼働時のシミュレーションを行った結果、約12%の省エネ効果を確認した。2009年には、このシステムを稼働させた居住実験を実施した。

この研究は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合機構 (NEDO) のエネルギー使用合理化技術戦略的開発／先導研究フェーズ「生活行動応答型省エネシステム (BeHomeS) の研究開発」で実施したものである。

● 音忠実再生技術



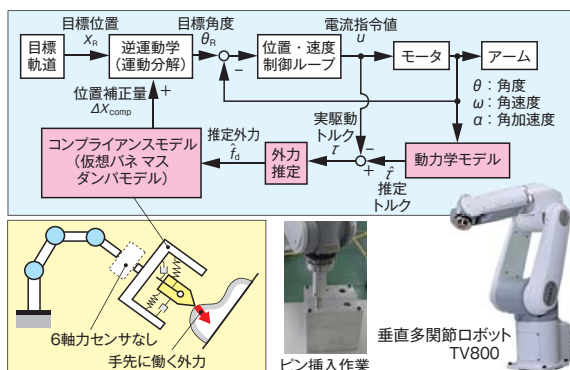
波形整形結果（左）と原理検証スピーカシステム（右）

Impulse response without/with auxiliary speaker (left) and experimental speaker system (right)

小型で薄型のAV機器に一般的に使用される薄肉プラスチック樹脂筐体（きょうたい）におけるスピーカ実装では、十分な筐体・支持剛性が維持できないため、忠実な原音再生が困難になってきている。そこで、入力した電気信号と同じ波形の音響信号を忠実に再生する音忠実再生技術を開発した。

メインスピーカに取り付けた補助スピーカを、インパルス応答最適化によりアクティブに制御して、筐体を回折してくる音や、筐体・支持剛性不足のため発生した不要な音を打ち消し、スピーカ出力波形を時間領域で忠実に整形した。

● 産業用ロボット向け センサレス コンプライアンス制御技術



センサレス コンプライアンス制御

Force-sensorless compliance control for industrial robot

ロボットアームの手先にかかる外力を高精度に推定して、力覚センサを使わずに、目標力に応じて手先を柔らかく動かすコンプライアンス制御技術を開発した。

これは、ロボットの運動方程式に基づく動力学モデルで算出した関節駆動トルクとモータの実駆動トルクとの差から、アームでの外力を推定する方法を用いている。摩擦など非線形な特性をモデル化し、パラメータを精度よく同定することで、力覚センサに匹敵する性能を実現した。

この技術は、組立てなど力を扱う作業が低コストで行えるロボット知能化制御技術として、東芝機械(株)が新規に事業化する6軸垂直多関節ロボットに搭載された。

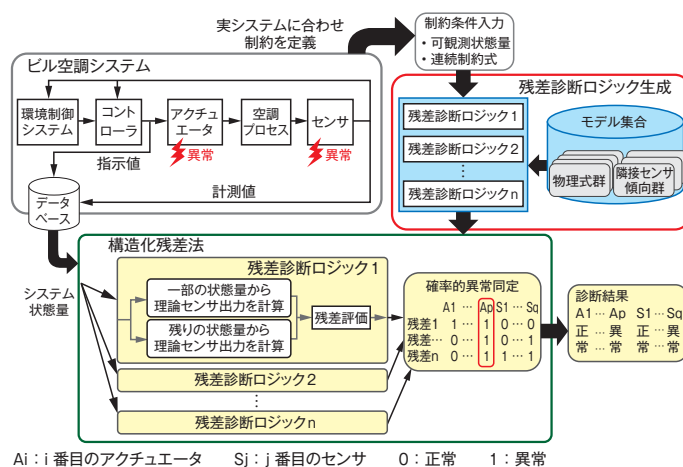
関係論文：東芝レビュー 64, 1, 2009, p.52-55.

● 構造化残差法によるセンサなどの異常診断技術

ビル空調システムのセンサやアクチュエータの健全性を、隣接センサ傾向やエネルギー保存則などをモデルとした構造化残差により診断する技術を開発した。

システムの制御を維持するためにセンサなどの点検が必要であるが、従来は全数を点検するため多大な作業時間を必要とした。構造化残差法は、システム状態量から、複数の残差診断ロジックを用いて異常診断する手法である。

開発した技術の特長は、実際のビル空調システムには構成の差異や観測状態量の制約があるため、入力された制約条件下で診断パフォーマンスの期待値を最大にする残差診断ロジックを生成することである。この診断方式の導入で点検すべきセンサなどを事前に絞り込むことができ、作業時間を60%短縮できた。



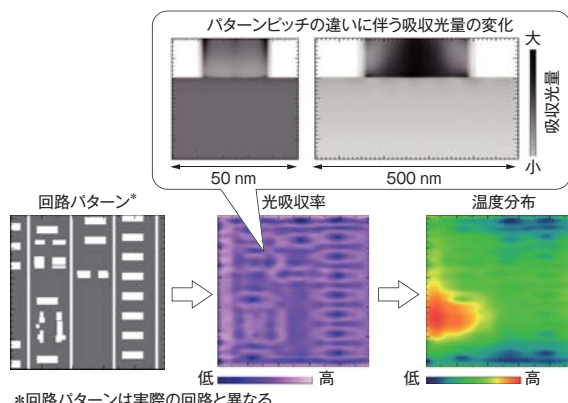
構造化残差法による異常診断技術の特長

Features of fault diagnosis technology using structured residual method

● 光波解析技術による光アニール工程中のウェーハ温度分布予測

半導体チップの回路寸法微細化に伴い、不純物をウェーハ表面に高濃度にとどめたまま活性化する光アニール技術 (Spike - RTA (Rapid Thermal Anneal) 方式) が使われるようになった。しかし、回路パターンによる回折の影響で、照射光に強度むらが生じ、温度むらが発生していた。特性バラツキを抑えた高性能なチップ作製のためには、温度むらの抑制が重要である。

そこで、ベクトル光波解析及び熱伝導解析に基づく高精度な温度分布予測シミュレータを開発した。解析結果は実測とよく一致し、問題の解消に活用された。また、温度むら抑制のために回路設計チェックルールを策定し、高性能な半導体チップ設計への適用を進めている。



光アニールの吸収光量と温度分布の解析例

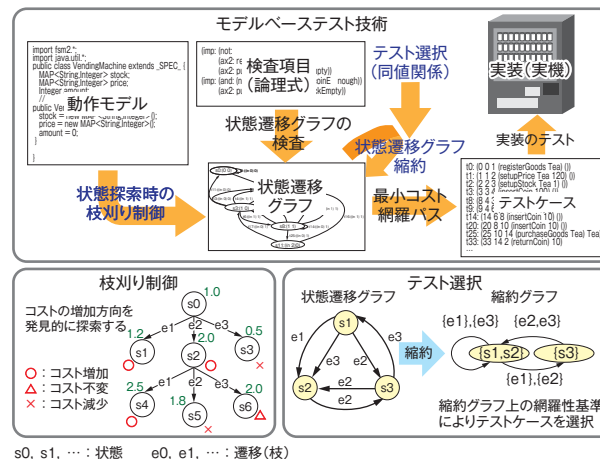
Example of calculation of absorption and temperature distribution in optical annealing process

● モデルベーステスト技術の応用展開

モデルベーステストは、テスト対象の動作モデルから効率的なテストケースを生成するテスト技法である。当社の方式は、テスト対象の状態空間を選択的に探索する枝刈り制御と、状態遷移グラフの縮約を用いたテスト選択に特長がある。

前者モデルベーステストを大規模なシステムへ適用する際に必要となる技術で、今回、与えられた状態コストを最大化する動作を発見的に調べる技術を開発した。開発成果を、大規模な状態空間 (単純計算で10の1,600乗程度) を持つ制御用ファームウェアのテストに適用して、従来のランダム試験では見つけられなかった不具合を見つけることができた。

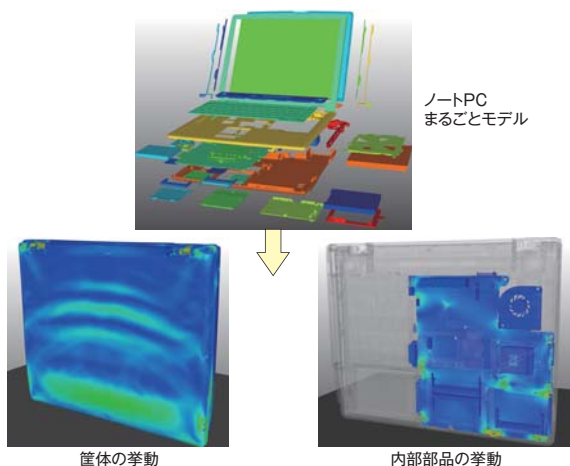
関係論文: 東芝レビュー, 64, 8, 2009, p.24-27.



モデルベーステスト技法の技術的特長

Technical features of model-based testing method

● 大規模構造解析技術



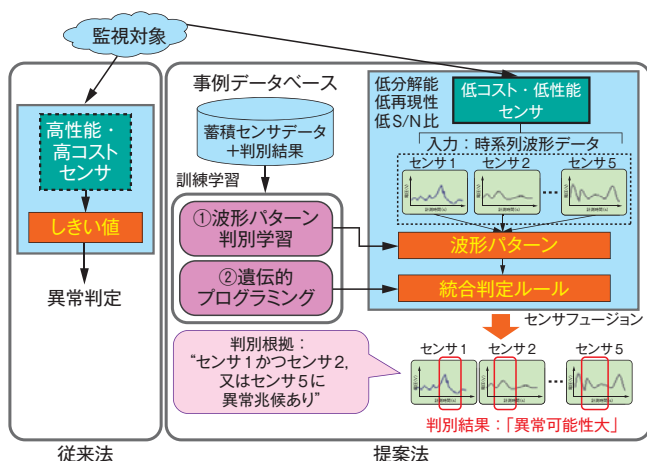
ノートPCの大規模構造解析

Large-scale structural analysis of notebook PC

ノートPC（パソコン）などハードウェア製品の機械的な強度は信頼性の要であり、設計段階でタイムリーに精度よく強度が評価できる数値解析技術が必要とされている。そこで、モバイル機器の堅ろう設計に対して3次元CAD（Computer Aided Design）データをそのまま利用し、機器をまるごと扱える大規模構造解析技術を開発した。

形状を細部までモデル化することによって、温度変動や機械的な負荷に対する製品のふるまいをより忠実に再現し、部品の応力やひずみを的確にとらえることができた。これにより、信頼性に優れた魅力ある製品の創出や設計の効率向上が期待される。

● 訓練学習型センサフュージョンによる異常検出技術

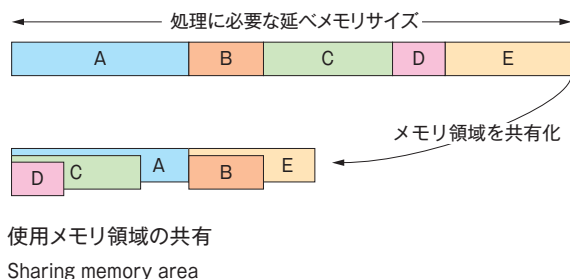


S/N比：信号とノイズの比

訓練学習型センサフュージョン方式と従来方式との比較

Comparison of learning-based sensor fusion and threshold-based method

● ストリーム処理用メモリの最適配置技術

使用メモリ領域の共有
Sharing memory area

AV機器が実行する再生や録画といったストリーム処理どうしの排他関係を利用して、使用するメモリ領域を可能な限り共有化し、必要なメモリサイズを最小限にする“メモリ割当て設計図”を高速に算出する技術を開発した。

この技術は、部分問題の解から必要メモリサイズを推定する手法、及び不要な探索をチェックし打ち切る“枝刈り”を駆使した深さ優先探索アルゴリズムにより、1秒未満で最適なメモリ割当て設計図を算出できる。人手でメモリ割当て設計図を作成する場合に比べ、設計工数を大幅に削減でき、ストリーム処理用メモリのサイズを10%強削減した例もある。

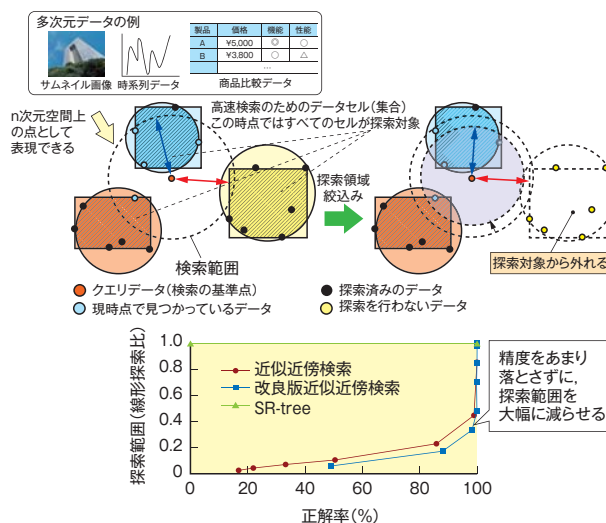
4 ソフトウェア

● 多次元インデクシング技術

デジタル機器内のサムネイル画像などの多次元で表現されるデータを高速に検索する、組込みデータベース向け多次元インデックス機能を開発した。

多次元検索では、高速検索のためのインデックスをつけても、次元数が増えるとデータ間の距離の区別がつきにくくなり、多くのデータが探索対象となり探索効率が低下する。これを避けるため、探索結果の完全性を保証しない代わりに、探索領域を絞り込み高速な検索を可能にする近似近傍検索をSR-tree (Sphere/Rectangle-Tree) と組み合わせ、組込みデータベースシステム上で実現した。更にデータの分布状況によって、探索領域の絞り込み度合いを調整し、検索精度と性能のバランスをとる機能を同時に開発した。

関係論文：東芝レビュー. 65, 1, 2010, p.66-67.



近似近傍検索による効率化

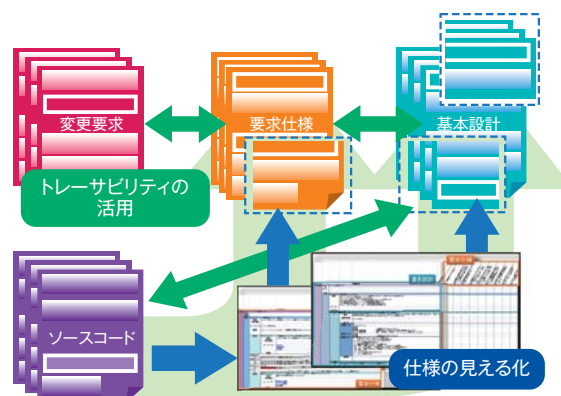
Expedited search using approximate nearest neighbor

● 既存ソフトウェアをベースとしたプラットフォームの再構築と活用技術

派生開発の積重ねが長く続いている製品では、ソフトウェアプラットフォームの構造劣化を食い止めることが課題となっている。

これを解決するため、既存ソースコードをベースに仕様書から抜けていた設計・要求仕様が網羅し、わかりやすく厳密な形式でまとめる仕様の「見える化」手法と、トレーサビリティの活用により効率的に変更部分を特定し、プラットフォームの品質を維持しつつ要求分析、設計、及び実装を行うことができる運用手順を開発した。

この手法を社会インフラ製品での仕様変更に応用し、現行比で3倍の効率改善を確認した。



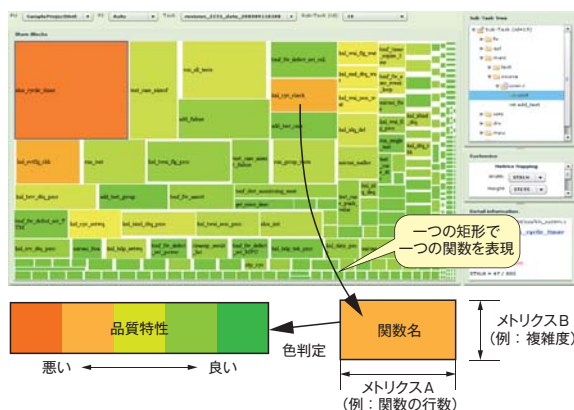
仕様の網羅的な可視化とトレーサビリティの活用

Visualization technique allowing visual representation and traceability of requirements and design specifications

● 情報視覚化のための高速矩形レイアウト配置手法

二つの数値を矩形(くけい)の縦と横の長さに対応させ、矩形を平面上に配置することにより大量のデータの特徴を概観する情報視覚化技術がある。この場合、複数の矩形を重ねるのしないように並べる矩形配置問題の計算が必要になり、一般的に厳密解の計算量は大きい。

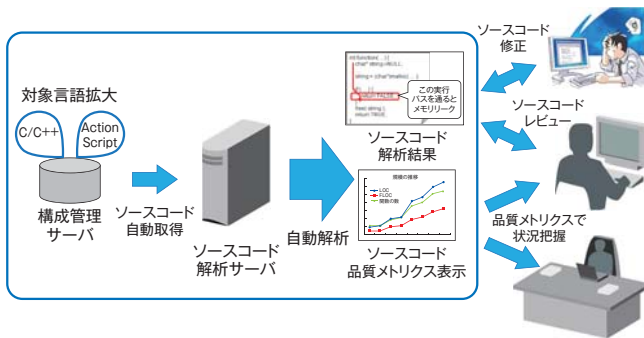
今回、矩形配置問題の近似解を高速に求める高速矩形レイアウト配置手法を考案した。矩形の数を n とすると、時間計算量はオーダー $n \times \log(n)$ になる。これをプログラムソースコードの品質メトリクス(評価尺度)に適用することにより、いろいろな組合せで視覚化してその特性を一目で把握できるようになり、ソースコードの品質特性を分析しやすくなった。



ソースコード品質メトリクス視覚化

Visualization of source code metrics

● ソースコード解析技術



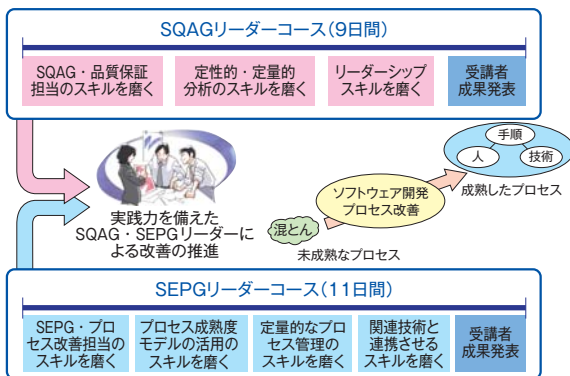
ソースコード解析ツールの運用イメージ
Source code analysis system

ソフトウェア開発の実装工程で、品質向上の手段として注目されているソースコード解析技術により、重大なバグの要因となる構文エラーや記述ミスなどを検出するとともに、その利用を促進し効率化するツールを開発した。

これまでにプログラミング言語C/C++を対象として、構成管理と連携した解析実行の自動化、ソースコード品質メトリクスの表示などによる運用の効率化を達成してきた。今回は更にFlash®のGUI(グラフィカルユーザーインターフェース)を作成するプログラミング言語ActionScriptに対応させた。コーディングルールを遵守しているか静的にチェックすることに加え、静止画などのリソース解放漏れを動的に検出することで、多面的な解析ができるようになった。

関係論文：東芝レビュー 64, 4, 2009, p.44-47.

● ソフトウェア開発プロセスを改善するSQAG及びSEPGのリーダー育成

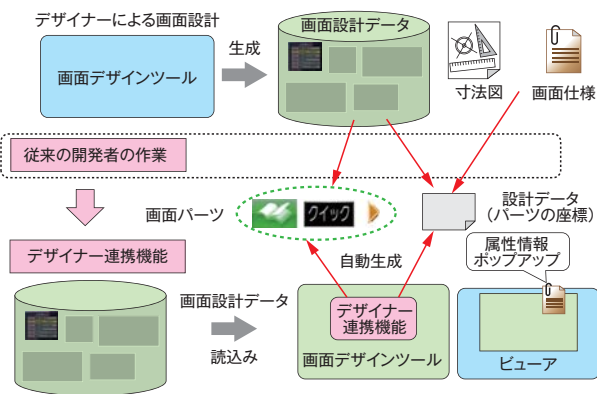


SQAG/SEPGリーダーコースによるソフトウェアプロセス改善の強化
Strengthening of software process improvement activities by SQAG/SEPG leader course

ソフトウェア開発は、開発プロセスの改善によって効果的に効率的に行うことができる。当社は、この改善をSQAG (Software Quality Assurance Group) とSEPG (Software Engineering Process Group) が両輪となって推進している。これらのリーダーを育成するためトレーニングコースを開発し、普及に努めている。

SQAGリーダーコースは、2009年度に開発を完了し、第1回を9日間で開催した。SEPGリーダーコースは、8年間継続して11日間で開催してきた。プロセス改善推進のために役だつ実践的な知識を習得できるほか、様々な社内カンパニーから参加するリーダーの相互交流やネットワーク構築の効果もある。これまでに、改善の推進と活性化に貢献できる200名以上のリーダーを育成してきた。

● Cellレグザ™のGUI開発効率改善のための技術



GUI開発効率化(画面デザイン～画面実装)
Improvement of graphical user interface (GUI) development efficiency (from GUI design to GUI programming)

CellレグザのGUI開発の効率を改善するため、画面デザインから開発、実装までのシームレス化と、GUI実装時の開発効率を向上させる機能開発を行った。

デザインデータのGUI開発環境へのシームレスな取込み機能は、①デザインデータからGUI部品の座標情報や、色情報、テキスト情報、アイコンなどのパーツ情報を抽出して、設計データの出力及び、アイコンなどのパーツの切出しを自動的に行う機能と、②座標情報などの設計データを画面デザインを確認しながら参照できるビューア機能から成る。これによりこの機能にかかわる開発工数を削減できた。

また、GUI実装時の開発効率向上のため、イベント管理やアニメーション表示機能を共通フレームワーク化した。これにより使用メモリが削減できるとともに、アニメーションの動作タイプやスピードの調整などGUI実装時の開発効率が向上した。

5 生産技術

● 洗濯乾燥機用 可変磁力モータ

洗濯乾燥機は、洗濯物が入るドラムとモータを直結して駆動する機構となっている。駆動には洗いと脱水の二つの場合があるが、回転数とトルクが大きく違うため、ともに高効率に駆動することは難しい。

そこで、運転の段階ごとにモータ内の磁石の磁力を変える可変磁力モータを開発した。洗濯乾燥機の限られた奥行きに合わせ、多極薄型構造に向けた磁石配置を新たに考案し、家電製品として許容される電力で、磁力が可変できる新製法のサマコバ磁石を用意した。この可変磁力モータは2009年9月から生産が開始され、世界で初めて^(注1)これを洗濯乾燥機TW-G500に搭載した。またTW-Z9000では、業界No.1^(注2)の省エネ(前年機種比22%減)を実現した。

(注1) 2009年10月時点、当社調べ。

(注2) 2009年12月現在、当社調べ。



開発したモータと搭載洗濯乾燥機

Newly developed motor and drum-type washer-dryer equipped with it

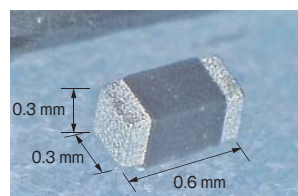
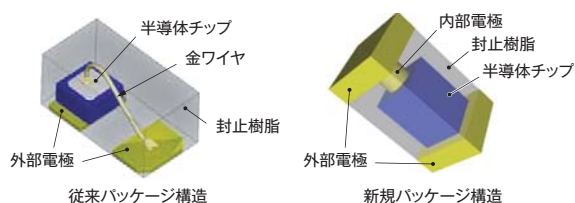
● 小型ダイオード用ウェーハレベルパッケージング技術

モバイル機器に搭載する0603サイズの小型ダイオードパッケージを低コスト化するため、一括組立てが可能なウェーハレベルパッケージング技術を開発した。

この技術では、従来用いていたダイマウントやワイヤボンディング工程を廃し、銅めっきによる電極形成技術やウェーハモールド技術を適用することで、ウェーハ状態での一括組立てを可能にし、生産性を大幅に向上させた。この技術を実現するため、ウェーハ反り量の低減と高強度を両立するウェーハモールド用封止樹脂を新たに開発した。

この技術により、従来と比較して組立てコストを大幅に低減することができる。

関係論文：東芝レビュー. 65, 1, 2010, p.43-46.



ウェーハレベルプロセスによるダイオードパッケージ

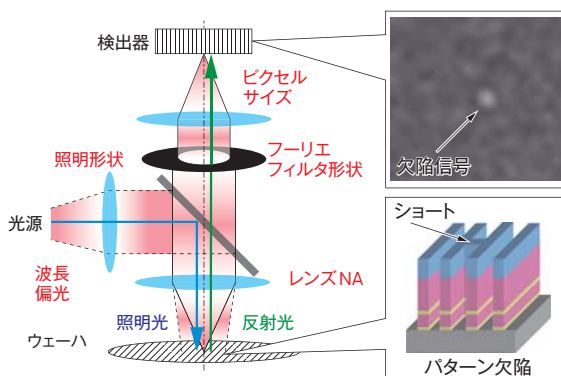
Diode package assembled by wafer-level process

● 光学式ウェーハ欠陥検査シミュレーション

NAND型メモリの光学式ウェーハ欠陥検査で、光学条件ごとのパターン欠陥検出可否を判断するためのシミュレーション技術を開発した。

数十nmの微小欠陥と光の相互作用を計算するFDTD (Finite Difference Time Domain) 法シミュレータと、検査装置の光学系を模擬する独自の結像計算プログラムを組み合わせ、検出器の欠陥信号強度を予測する。45 nm世代のNAND型メモリで、入射波長依存性や偏光依存性が実測と一致することを確認した。

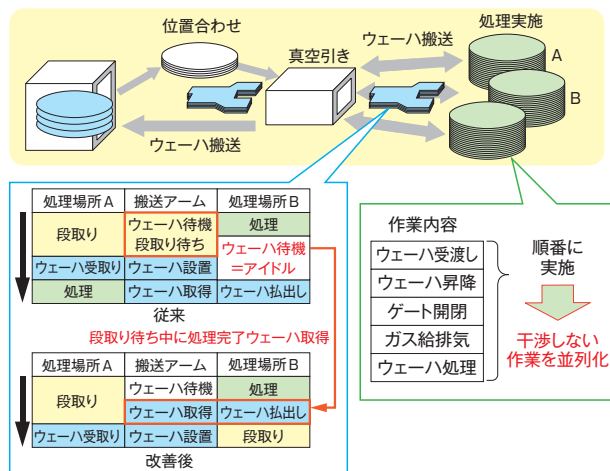
この技術を、量産現場での光学条件選定や、次世代NAND型メモリで必要とされる光学系の検討に適用していく。



赤色：光学条件 NA：開口数

光学式ウェーハ欠陥検査装置の光学系
Optical system for defect inspection

● 半導体製造装置のムダ作業可視化による生産能力向上



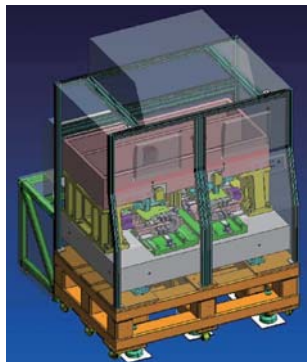
半導体製造装置内の作業例

Examples of works in semiconductor production equipment

高額な装置を使用する半導体製造では、装置の生産能力向上による製造コストの削減や投資抑制が必要である。半導体製造プロセスは、ウエーハを特殊な雰囲気中で処理する工程が多く、製造装置内ではウエーハの搬送やガスの吸排気など、多くの作業が自動的に行われる。装置能力の向上として、これまで実施されてきた装置の処理時間自体の短縮や非稼働時間の削減に加え、今回、装置内の個別作業のムダ削減に取り組んだ。

メモリ製造でのボトルネック装置を対象に、装置作業時間の詳細データを装置間の差や時系列変化などに着目して分析することで、ムダを発生させる作業とその要因を明らかにした。この結果から、作業の並列化やウエーハ搬送装置の作業順序などを適正化して、ボトルネック装置の生産性を向上させ、生産規模増大のための投資抑制を果たした。

● インクジェットプリンタ用オリフィス加工装置



オリフィス加工装置

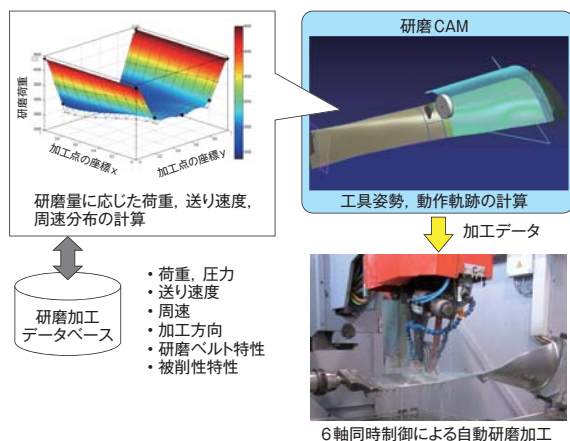
Orifice processing equipment

ポリイミド樹脂のプレートにエキシマレーザを用いたアブレーション加工で、インクジェットプリンタヘッドのオリフィス孔を形成するレーザ加工装置を開発した。

オリフィス孔の形状精度と位置精度は、インクジェットプリンタの印字品質に大きく影響する。加工光学系とプロセス条件の適正化で、真円度と断面形状精度の高い穴加工が可能になった。また、高精度な位置決めステージと独自のアライメント技術を開発することで、誤差数 μm 以下の加工位置精度を実現した。

この装置で加工したプリンタヘッドは2009年2月から出荷され、業務用プリンタに搭載されている。

● 蒸気タービン長翼の自動研磨加工



蒸気タービン長翼の自動研磨システム

Numerically controlled grinding system for last-stage buckets

蒸気タービン長翼の翼面研磨作業を、3次元設計データから研磨加工データを作成するCAM (Computer Aided Manufacturing) 技術と6軸制御加工技術により自動化し、量産に適用した。

研磨加工は砥粒（とりゅう）の摩滅により研磨量が時間変化するため、周速や研磨圧力などの加工条件を定式化して安定した品質を確保することが困難なことや、ばらつきのある研磨代に対して一定の条件を適用できないことから、人手作業に依存していた。

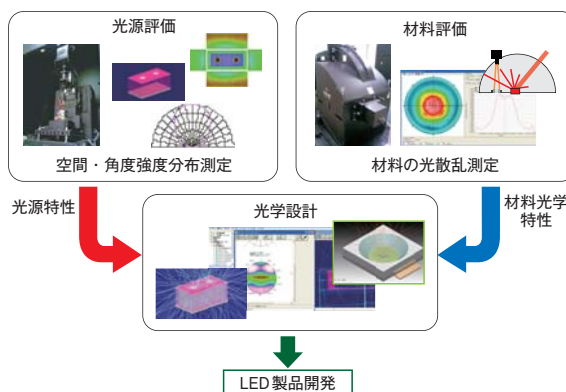
この技術では研磨量の時間的変化を加工条件ごとに実験で定量化し、研磨量に応じた適正条件を指令するとともに、弾性体工具の姿勢及び荷重を制御した。

● LEDの光学特性測定と光学設計

LED（発光ダイオード）製品の信頼性向上と開発期間短縮を目的として、LEDの光学測定装置を用いた高精度な光学設計手法を開発した。

これまでのLED製品の開発では、設計、試作、及び評価の結果、所定の特性が得られず設計への後戻りが生じることがあった。後戻りの原因の一つは、光学設計モデルに設定する光源の特性と材料の光学特性が正確に測定されていなかったことにある。

そこで、LEDの光源特性と材料光学特性の測定装置を導入し、光学シミュレータとの連携や測定方法の工夫により光源の正確な空間・角度強度分布や材料物性をシミュレータに適用できるようにすることで、光学設計の精度が向上した。



光源特性と材料特性測定を利用した高精度な光学設計手法

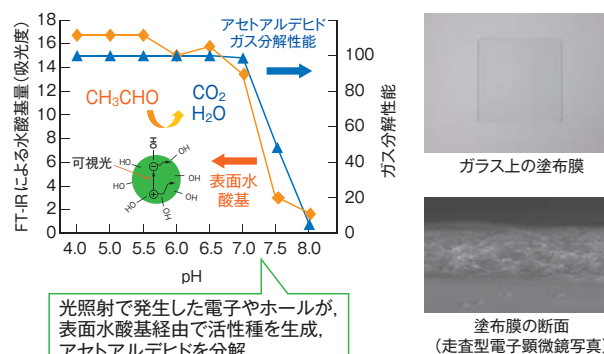
Optical design with high accuracy using measurement of light source characteristics and material optical characteristics

● 可視光反応型光触媒の塗布膜形成技術

可視光反応型光触媒ナノ粒子を持つ新材料を塗布膜に形成する技術を開発した。

この技術は、ナノ粒子触媒表面の物理的・化学的反應をプロセスで制御することで、抗菌及び抗ウィルス、有害ガス分解などの効果を持つ光触媒膜を作成する。

光触媒は、光によってナノ粒子表面で反応が起こる。膜形成プロセスで表面反応を阻害しないで固定化することが必要である。新材料は水分散時の共存イオンなどの影響により粒子表面水酸基が変化して触媒作用の発現に関与することを明らかにし、これを制御できる塗布膜作成プロセスを確立した。



光照射で発生した電子やホールが、表面水酸基經由で活性種を生成、アセトアルデヒドを分解

FT-IR : フーリエ変換型赤外分光 CO₂ : 二酸化炭素
pH : 水素イオン指数 H₂O : 水
CH₃CHO : アセトアルデヒド OH : 水酸基

ナノ粒子表面を制御して形成した光触媒膜と特性

Photocatalytic reaction of coating film