

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“創造的成長”に向けて、バリューイノベーションで飛躍的な社会変化をもたらすまったく新しい価値を創造することに挑戦し、新しい事業の種を創出するコア技術の研究開発に取り組んでいます。

社会インフラシステム分野では、資源供給リスクの高いジスプロシウムをいっさい使用しないサマリウムコバルト磁石の室温磁力 280 kJ/m³を独自の熱処理プロセスで実現しました^(注)。医用システム分野では、ガラスレス3Dレグザの開発で培った裸眼3D（立体視）表示技術を応用し、専用眼鏡を使わずに3次元のX線CT（コンピュータ断層撮影）画像を3次元のまま観察することができる医療用裸眼3D表示技術を開発しました^(注)。コミュニティソリューション分野では、青果物などをカメラで撮影して品種を見分ける一般物体認識技術を開発し、POS（販売時点情報管理）端末でのバーコードなしの高速な読取処理を実現しました^(注)。ソフトウェア分野では、異なる複数のデータベース（DB）を仮想的に一つのDBとみなして検索できるDB統合エンジンを開発し、スマートコミュニティの各制御システムで管理する大量データの統合的な活用を可能にしました。生産技術分野では、LED（発光ダイオード）ランプの光学性能と放熱性能を予測し構造を適正化する設計技術と、放熱性能に優れたピン型放熱器や輝度むらを低減したグローブ形状の設計により、水銀ランプを代替するLEDランプを開発しました。

（注） ハイライト編のp.8, 9, 12, 15, 16, 18, 21に関連記事掲載。

研究開発センター所長 斉藤 史郎

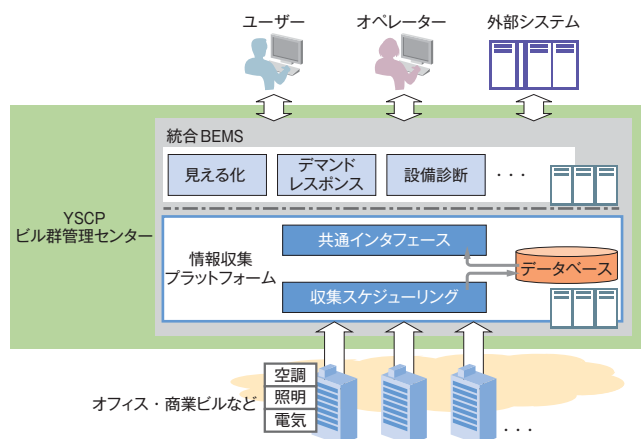
1 情報通信

● YSCP統合BEMSの情報収集プラットフォーム

従来のビルシステムでは、同時処理データ数は数万点程度で、その10倍以上の規模になるビル群管理を一つのシステムとして統合することが困難であった。

今回、通信負荷を平滑化してビル設備データを定刻に取得する収集スケジューリング技術及び、収集データを各種のサービスが容易に利用できる共通インターフェース技術を開発した。これら技術の統合BEMS（Building Energy Management System）への適用を進めて、横浜スマートシティプロジェクト（YSCP）における実証システムの情報収集プラットフォームを構築し、ビル群のデータ統合を可能にした。

今後、デマンドレスポンスなどの新しいコミュニティサービスの早期提供を実現していく。



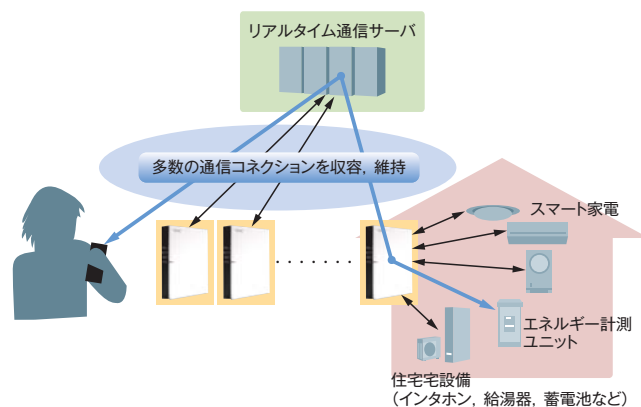
統合BEMSの情報収集プラットフォームの概要

Outline of information service platform for clustered building energy management system (BEMS) of Yokohama Smart City Project (YSCP)

● スマート家電制御用 リアルタイムWeb通信システム

宅外からでも、スマート家電や住宅設備の状態監視及び制御をリアルタイムで行うことができるWeb通信システムを開発し、当社HEMS（Home EMS）のクラウド型サービス“フェミニティ倶楽部TM”に導入した。

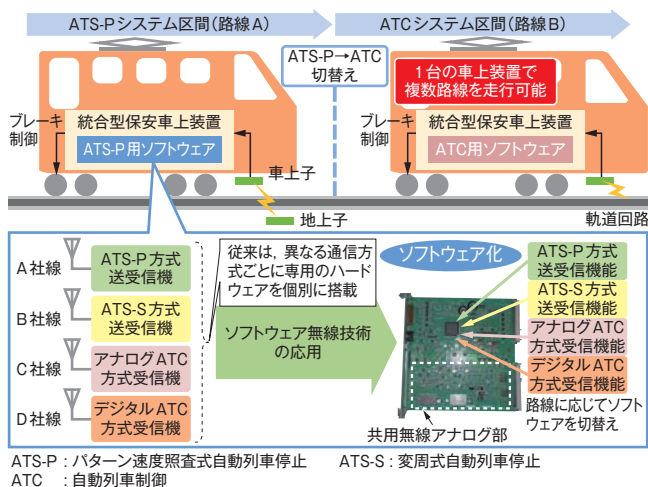
従来、マンションなどの多くの宅内通信環境では、遠隔制御を行うために、宅内機器からサーバに15分に1度定期的に問い合わせる方式をとっていた。今回開発したシステムは、宅内機器とサーバを常時接続する通信方式IETF（Internet Engineering Task Force）RFC（Requests for Comments）6455 “The WebSocket Protocol”を採用することで、多様な通信環境のユーザーに対してリアルタイム性の高い遠隔制御・監視サービスを提供することが可能になった。



東芝HEMSサービス用リアルタイムWeb通信システム

Overview of real-time Web communication system for Toshiba cloud type home energy management system (HEMS) services

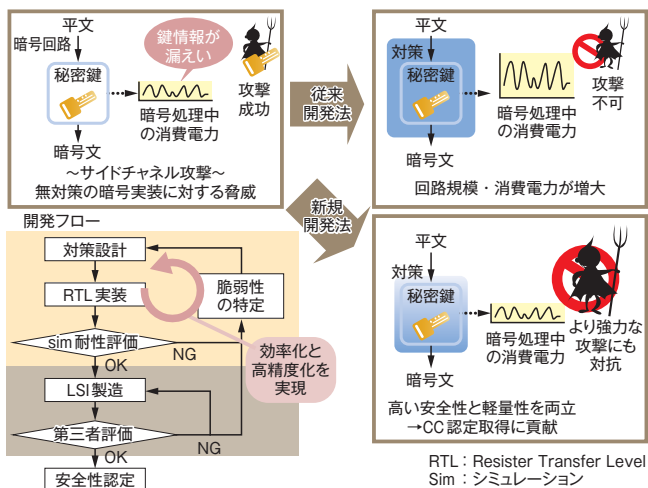
● ソフトウェア無線技術を応用した統合型列車保安車上装置



ソフトウェア無線技術を応用した統合型保安車上装置

Integrated onboard equipment for train control systems utilizing software-defined radio technology

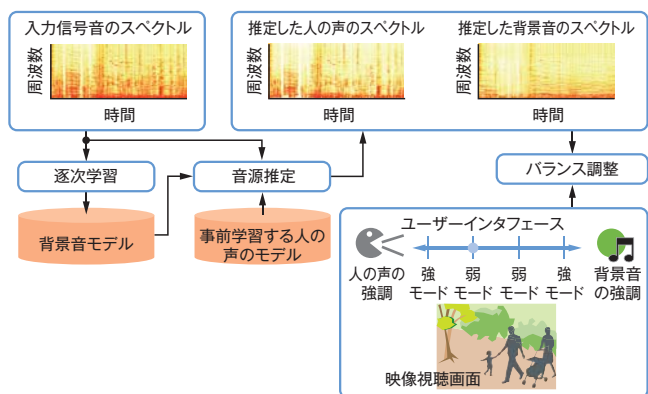
● ICカード向け AES 暗号耐タンパー軽量実装技術



耐タンパー暗号実装の開発コンセプト

Tamper-resistant cryptographic intellectual property (IP) for smart cards

● 映像コンテンツ視聴向け 音源分離技術



音源分離技術の概要

Outline of audio source separation technology

携帯電話などで培ったソフトウェア無線技術を鉄道分野に応用し、異なる列車保安システムの各通信方式に対応した統合型列車保安車上装置を開発した。

列車保安システムでは、地上と車上の間の無線通信により自動速度制御が行われる。路線ごとに通信方式が異なるため、相互乗入れする列車には各方式に対応した列車保安車上装置を個別に搭載する必要があった。

今回、無線アナログ部の共用化及び各通信機能のデジタル化を可能にするソフトウェア無線技術を応用し、汎用化した車上装置を実現した。ソフトウェアを切り替えることで、1台の車上装置で周波数や変調方式が異なる複数の通信方式に対応できる。これにより、1車上装置だけで相互運転を可能にし、50%以上の小型化を実現した。

ICカードへの暗号機能の実装では、暗号処理中の消費電力などを利用して秘密鍵を解読する攻撃に対する安全性確保が必須要件である。年々進化する攻撃への対策強化は、回路規模や消費電力の深刻な増大を招く。

そこで、軽量性を保ちつつ高い安全性を実現するための開発手法を構築した。脆弱(ぜいじゃく)性の要因となる論理素子の特定とその影響度を定量的に見積もるシミュレーション耐性評価手法を開発することで、設計・評価時間の大幅な短縮が可能となり、対策を最適化したAES (Advanced Encryption Standard) 耐タンパー軽量実装を実現した。

これを搭載した次期セキュリティICは、情報セキュリティ国際標準規格CC (Common Criteria) 認定の最新耐性評価基準に対してEAL5+を取得した。

人の声を聴き取りやすくする、あるいはスポーツの臨場感を高めるといった様々な視聴ニーズに対応できる高音質化機能を実現するため、入力信号音から人の声と背景音の音源信号を推定する音源分離技術を開発した。

これまででは、映像シーンや音の収録方式など、入力信号音の特性によって効果が劣化する課題があった。そこで、入力信号音から背景音の情報を逐次学習しながら音源信号を推定することで、多様なコンテンツに対して高音質化の効果を発揮できるようになった。

この技術は、音源別ボリューム調整機能として、タブレットやパソコン、新興国向けテレビに採用されている。

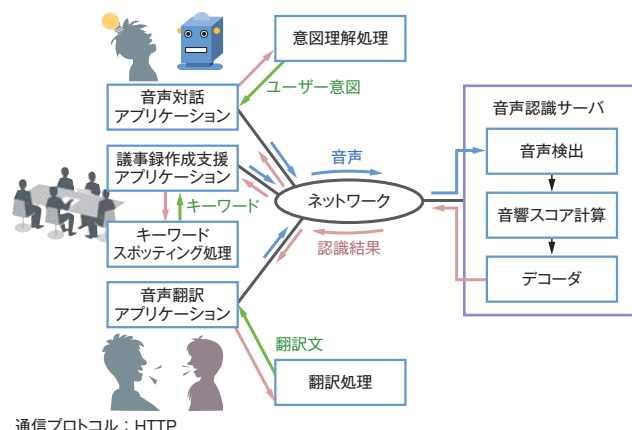
関係論文: 東芝レビュー. 66, 9, 2011, p.26-29.

● クラウド音声認識サーバ

ユーザーの発話をテキスト変換するHTTP (Hypertext Transfer Protocol) ベースのクラウドサービス用音声認識サーバを開発した。

開発した音声検出方式、音響スコア計算方式、デコード方式と、Webなどから収集した大量のテキストデータを基に構築した言語モデルを導入し、従来比約2倍の計算速度で、ていねいな話しことば発話に対し実用的な性能を達成した。

このサーバをバックエンドとして利用し、アプリケーション側で認識結果に対してキーワードスポッティングや翻訳、意図理解などと組み合わせることによって、議事録作成支援や音声翻訳、音声対話などの音声アプリケーション・サービスが可能になる。



通信プロトコル：HTTP

音声認識サーバを利用したアプリケーションとサービスの概要

Overview of applications and services utilizing speech recognition server

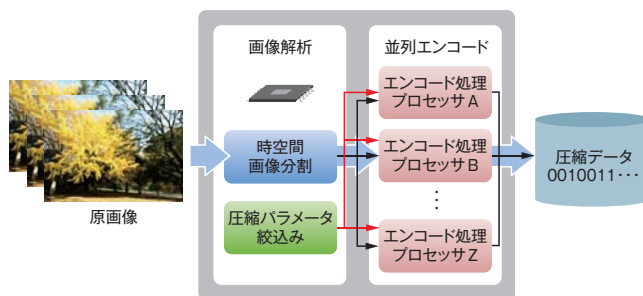
● 4K-HEVCリアルタイムソフトウェアエンコーダ

H.264/AVC (Advanced Video Coding) の2倍の圧縮効率を持つHEVC (High Efficiency Video Coding) に準拠し、60フレーム/sの4K (3,840×2,160画素) 画像をリアルタイムかつ高画質にエンコード可能なソフトウェアエンコーダを開発した。

従来、繰り返し評価する必要があった圧縮パラメータ選択処理を分離し、画像解析により最適なパラメータを事前を選択することで、画質を維持しつつ演算量を削減した。また、画像を時空間で分割して並列エンコードすることにより実時間処理を実現した。

この方式は、次世代放送や画像配信サービスなどのアプリケーションに応じて柔軟にアルゴリズムを拡張できる。

関係論文：東芝レビュー．68，4，2013，p.58-59.



HEVCリアルタイムソフトウェアエンコーダの概要

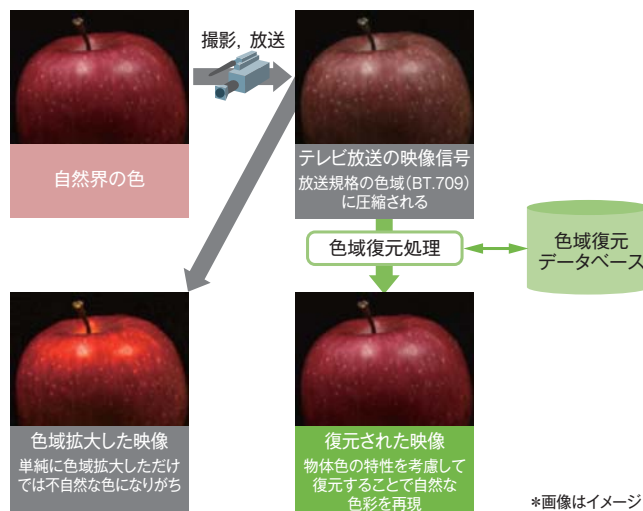
Outline of HEVC (High Efficiency Video Coding) real-time software encoder

● 色域還元技術

テレビ放送の色域に圧縮された色を被写体本来の色に還元する色域還元技術を開発した。

自然界は広い色域を持っているが、テレビ放送では放送規格の色域 (BT.709) に圧縮されるため、広色域ディスプレイに表示すると不自然な色になることがある。この技術では、被写体本来の色と圧縮後の映像信号が対応付けられたデータベースを用いて色を還元する。このデータベースは物体の反射光の明るさ限界 (最明色) が考慮されているため、本来の物体にはない色には還元されず、自然で鮮やかな色彩を再現できる。

この技術は、液晶テレビ〈レグザ〉Z8, J8シリーズに搭載されている。

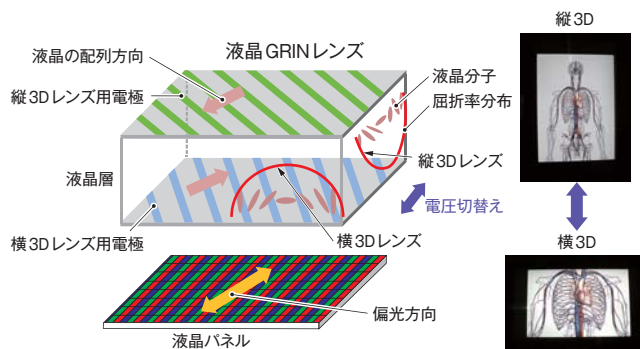


*画像はイメージ

色域還元技術の概要

Overview of color gamut reconstruction technology

● 液晶 GRIN レンズによる縦横 3D 切替技術



液晶 GRIN レンズによる縦横 3D 切替えディスプレイ

Rotatable three-dimensional (3D) display with liquid crystal gradient index (LC GRIN) lens

専用眼鏡が不要で、横画面でも縦画面でも広い角度から明るい 3D 映像を楽しめる縦横 3D 切替技術を開発した。

従来はプラスチック製レンズを用いていたため、3D 表示ができる画面の向きが一つに限られていた。当社は、画面の向きに応じて電氣的にレンズの屈折率分布を変化させてレンズの向きを切替え可能な液晶 GRIN (Gradient Index: 屈折率分布型) レンズを開発し、縦横両画面の 3D 表示を実現した。液晶 GRIN レンズの液晶分子の配列方向とレンズの角度を縦横両画面に対して最適化することで、液晶 GRIN レンズの視野角特性を広げ、広い角度から 3D 映像を見ることが可能になった。

この技術により、医療や、アミューズメント、教育分野などへの応用拡大を目指す。

関係論文：東芝レビュー. 68, 12, 2013, p.38-41.

● プロジェクタの視認性改善技術



プロジェクタの視認性改善技術の概要

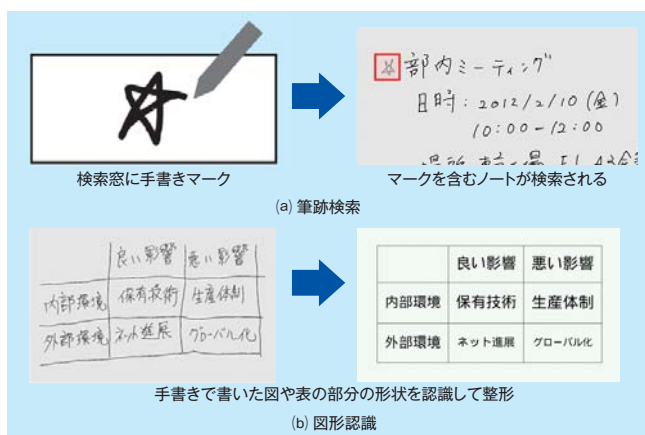
Outline of visibility compensation technology for projection images

プロジェクタの小型化により、どこでも気軽に映像を楽しめるようになりつつあるが、小型プロジェクタは明るさが不十分のため、部屋の明るさや壁の反射率によって映像が暗く見にくいという課題があった。

そこで、投影環境に応じて投影像を補正するプロジェクタの視認性改善技術を開発した。

この技術では、部屋の明るさ、投影面の反射率及び、プロジェクタのピーク輝度から推定した実際の投影像の明るさと、理想的な環境での投影像の明るさの差が小さくなるように、画像の領域ごとに階調変換を行う。これにより、明るい部屋や暗い壁でも見やすくきれいな映像を投影できるようになった。

● ペン入力タブレット向け 筆跡処理技術



筆跡処理技術の概要

Outline of handwriting processing technologies for tablets with pen input

ペンによる手書き入力が可能なタブレット用に、筆跡検索及び図形認識の二つの筆跡処理技術を開発した。

筆跡検索は、書きためた過去の手書きデジタルノートを、手書き筆跡を用いて検索できる技術である。文字での検索だけでなく、従来できなかったマークなどの文字表現困難な筆跡による検索が可能になる。

図形認識は、手書き図形や表の形状を一通り書いた後で、それらをまとめて認識し整形する技術である。手書き図形をオフィス文書として利活用することができる。

これらの技術により、紙のノートを超越するデジタルならではの新たな付加価値の提供が可能になった。この技術はレグザタブレット AT703 に搭載されている。

● かざすユーザーインターフェース技術

目の前の対象物にカメラ付き携帯端末をかざすだけで、クラウドシステム上の豊富なコンテンツへシームレスにつながり、その対象物に関連する情報を手軽にすばやく取り出せる“かざす”ユーザーインターフェース技術を開発した。

既に普及しているバーコードやQRコードなどのマークは、かざす対象となる物のデザインを損ねる問題があった。そこで、特別なマークなしで、カメラをかざした対象物が事前に登録されたものかどうかを高速で精度高く認識できる、領域ベースエッジ特徴量を適用した画像認識技術を開発した。スマートフォンやタブレットなど携帯端末で、数千枚の登録画像に対し、わずか0.5秒の間に認識率99%で対象物を見分けることが可能になった。

関係論文：東芝レビュー. 68, 12, 2013, p.42-45.



対象物にかざすだけで関連情報を取り出せるユーザーインターフェース
Attention-focusing user interface technology to search for related information

● 量子アクセスネットワーク技術

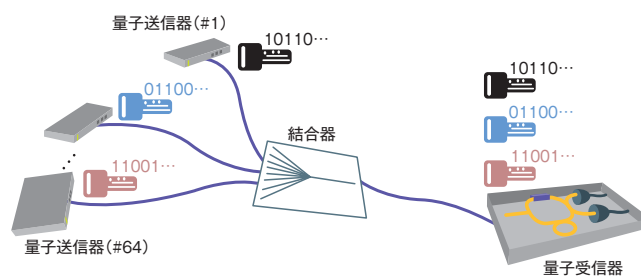
盗聴を確実に検出できる量子暗号鍵配信システムを、より広汎に利用するための量子アクセスネットワーク技術を開発した。

1 ns間隔で高速に光子の検出が可能な受信器の特性を生かし、複数の送信器と1台の受信器を接続したシステムを世界で初めて^(注)実証した。標準的な光ファイバ部品を用いて、最大64ユーザーまで同時接続でき、安定で連続的な通信が行えることを確認した。

この技術は、スマートコミュニティにおける複数の重要な社会インフラ拠点からのデータ収集をはじめとして、高い秘匿性が要求されるデータ通信への応用が期待される。

この研究の一部は、独立行政法人 情報通信研究機構の委託研究「セキュアフォトリックネットワーク技術の研究開発」の一環として実施した。

(注) 2013年5月時点、当社調べ。



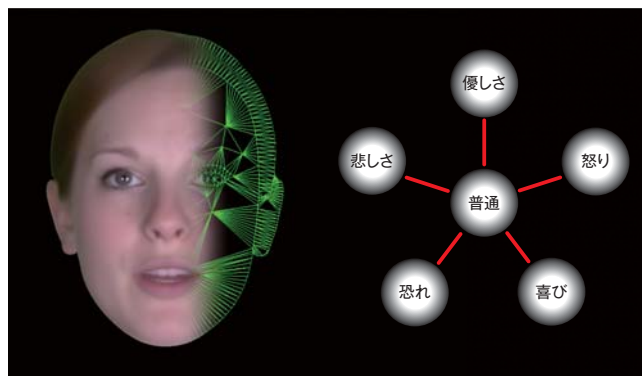
量子アクセスネットワークの概要
Overview of quantum access network

● 感情付き音声・顔画像合成技術 XpressiveTalk™

コンピュータや機械とのインタラクティブユーザーインターフェースをより自然で身近にするため、音声と表情で感情を表現するアバターを開発した。

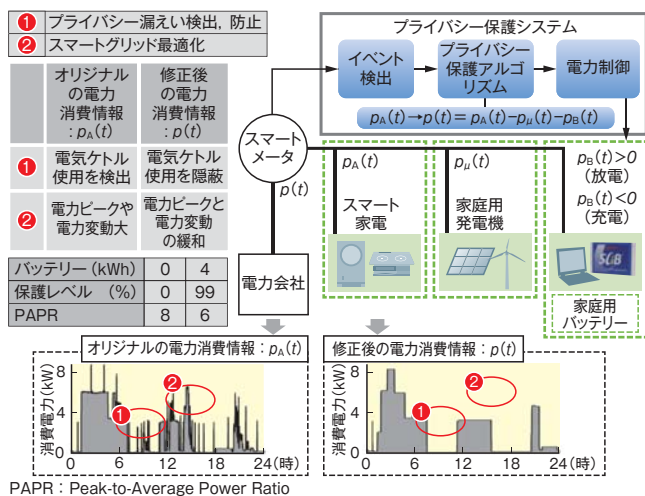
感情表現を実現する手段として、話者や感情の違いを複数のクラスタとして表し、各クラスタにおいて選択された分布の重み和によって、音声波形と顔画像を同時に生成するCAT (Cluster Adaptive Training) 法と呼ぶ方法を適用した。

ユーザーが入力したテキストに付与したい感情として、普通の感情のほかに、優しさ、怒り、喜び、恐れ、及び悲しさを選択することで、よりリアルにメッセージを伝えることが可能になり、デジタルサイネージや電子秘書などへの応用が期待される。



基本メッシュ構造を重ねたXpressiveTalk™の顔モデルと感情制御画面
Face model with underlying shape mesh using XpressiveTalk™ system for creating realistic face animations for text-to-speech systems, and emotion control bar display

● スマートメータのプライバシー保護技術



プライバシー保護技術の概要

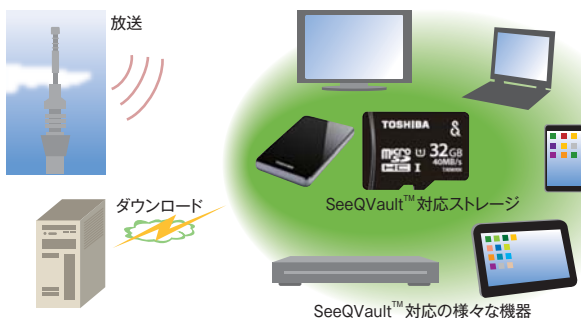
World's first privacy protection system to perturb electrical events while improving energy efficiency

スマートメータで収集される電力消費情報から漏れてしまう各家庭のプライバシーを守るため、バッテリーを用いた世界初^(注)のプライバシー保護システムを開発した。

このシステムは、多くの内部事情をさらしている消費電力の変動をバッテリーを利用して隠蔽し、かつ配電網内の需要変動を低減しピークを抑制することにより、スマートグリッドの最適化に寄与する。コアであるプライバシーアルゴリズムは、スマートメータデータを解析して行動パターンを見だし、プライバシー情報を検証することで、非定常な、あるいは大きな電力消費によるプライバシー情報の漏えいを防止できる。更に、バッテリーへの充放電を決定する際に、このアルゴリズムは、電力会社のエネルギーキャップなどに対する方針や、どの家電利用を隠すかなど、ユーザーの嗜好に基づいた制御ができる。

(注) 2013年12月時点、当社調べ。

● NAND型フラッシュメモリ向け軽量セキュアID方式とSeeQVault™規格



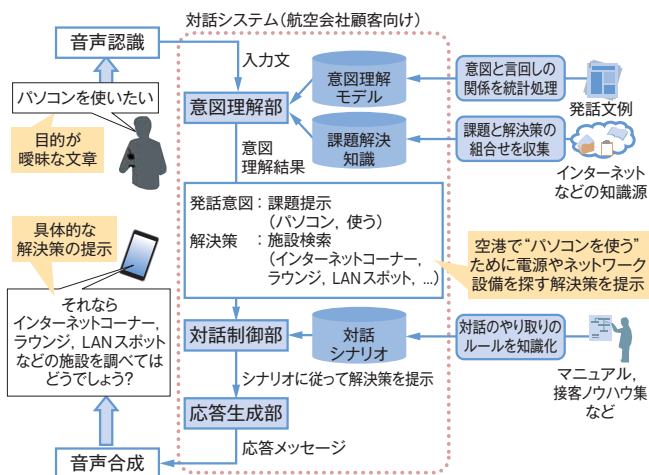
SeeQVault™対応ストレージと対応機器

Storage and other devices compliant with SeeQVault™ content protection standards

商用コンテンツを記録する際には、複製防止のためにメディアに固有のID (Identifier) を用いて暗号化する手法が広く使われている。今回、NAND型フラッシュメモリを用いたメディアにコンテンツを安全に記録するため、回路規模を増大させることなく、軽量かつ複製困難な固有のID (セキュアID) を実現する方式を開発した。

この方式は、NSM Initiatives LLCがライセンスするSeeQVault™規格に採用されており、SeeQVault™対応のmicroSDHCメモリーカードが2013年10月に商品化されている。SeeQVault™は既にデジタル放送の録画用途としても認められており、今後は様々なコンテンツの記録への利用が期待される。

● 課題解決型対話技術



課題解決型対話技術の概要

Outline of problem-solving spoken dialog system

人と機械との自由で自然な対話の実現を目指し、ユーザーが曖昧に話しかけても、ユーザーの意図を推定し、解決策を提案する対話技術を開発した。

対話システムの実現に重要な役割を果たす課題を解決するための知識を、大規模データから人の意見や経験を“対象、動作、理由”の三つ組の形で収集する当社の目的情報抽出技術を応用して、構築した。これにより、ユーザーが困り事を話しかけると、人と相談したときのようなやり取りでユーザーを解決に導くことができる。

今後、知識構築作業の自動化に取り組み、対話技術を活用した新しい製品やサービスの実用化を目指す。

関係論文: 東芝レビュー. 68, 9, 2013, p.14-17.

2 電子デバイス・材料

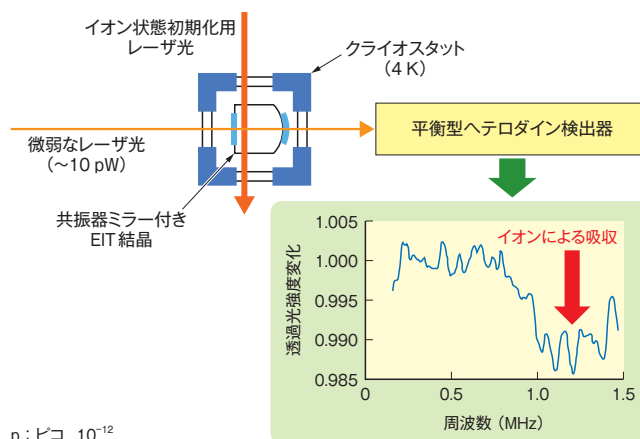
● 量子コンピュータ実現に向けたEIT結晶の超精密分光技術の確立

量子コンピュータは、量子力学的な重ね合わせの状態を利用して超高速計算を可能にすることができる。EIT（電磁波誘起透明化）結晶^(注)は、その重ね合わせの状態を長く保持できることから、量子コンピュータに適している。しかし、量子コンピュータを実現するうえで結晶中の個々のイオンの観測が不可欠であり、現在大きな課題となっている。

今回、光共振器によって増強されたイオンによる光吸収を、微弱光の高精度検出で測定するという独自の分光技術を確認し、これまで観測できなかった少数のイオンの観測に成功した。また詳しい測定によって、イオンのエネルギー分布に関する新法則も発見した。

今後は単一イオンの観測に取り組んでいく。

(注) $\text{Pr}^{3+}:\text{Y}_2\text{SiO}_5$ 、酸化物結晶 Y_2SiO_5 中にプラセオジムイオン(Pr^{3+})を分散させたもの(Y: イットリウム, Si: シリコン, O: 酸素)。



p: ピコ, 10^{-12}

光共振器による光吸収増強効果を利用したEIT結晶の超精密分光

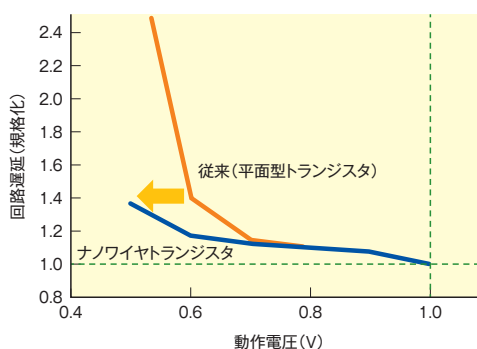
Cavity-enhanced absorption spectroscopy of electromagnetically induced transparency (EIT) crystal for quantum computers

● ナノワイヤトランジスタによる超低消費電力LSIの実現

将来の超低消費電力でかつ高性能なLSIを実現するうえでナノワイヤトランジスタが有望視されている。

今回、実測データから抽出したデバイスパラメータを用いてナノワイヤトランジスタの回路性能シミュレーションを行い、オフリーク電流抑制とオン電流向上の結果として、低電圧化による回路遅延が従来の平面型トランジスタに比べて大きく改善することを確認した。電源電圧を140 mV低減しても従来の動作速度を維持できるため、ナノワイヤトランジスタを用いることで動作時の消費電力を20%削減することができる。

この研究の一部は、独立行政法人 新エネルギー・産業技術総合開発機構 (NEDO) の「ナノエレクトロニクス半導体新材料・新構造ナノ電子デバイス技術開発」プロジェクトの委託を受けて実施した。



ナノワイヤトランジスタ回路の低電源電圧化のシミュレーション結果

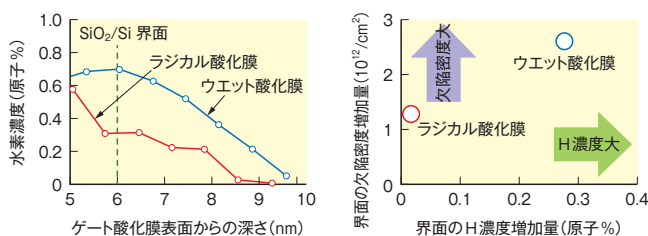
Low-voltage performance of silicon (Si) nanowire transistor analyzed by circuit simulation using device parameters extracted from measurement data

● 核反応法を用いたゲート酸化膜中の水素挙動と信頼性劣化との直接関連の実証

LSIの構成要素であるトランジスタのゲート酸化膜は、シリコン (Si) 基板との界面に凝集する水素 (H) によって信頼性が劣化するというモデルが提案されているが、実験による実証はなされていなかった。

今回、異なる酸化法で作製したゲート酸化膜を持つトランジスタへ、高エネルギーの窒素イオンビームを制御しながら照射し、ゲート酸化膜とSi基板の界面へHを凝集させた。そして、イオンビーム照射後の電気的な評価による界面欠陥密度増加量と、イオンビーム照射を用いた核反応法 (NRA) によるH濃度増加量の評価結果から、ゲート酸化膜の信頼性劣化をもたらす界面欠陥量と界面のH量の相関を世界で初めて^(注)定量的に明らかにした。

(注) 2013年9月に2013 International Conference on Solid State Devices and Materialsで発表, 当社調べ。

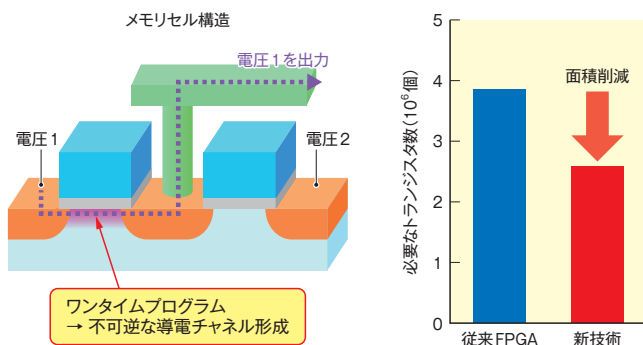


SiO_2 : 二酸化ケイ素

NRAによる界面領域の凝集後のH深さ分布 (左) と、H濃度増加量と界面欠陥密度増加量の相関 (右)

Depth profiles of accumulated hydrogen at interface regions estimated by nuclear reaction analysis (left) and correlation of increments of hydrogen concentration and interface trap density (right)

● 新型ワンタイムスイッチを用いた小面積FPGA



新型ワンタイムスイッチを適用したFPGAの面積削減

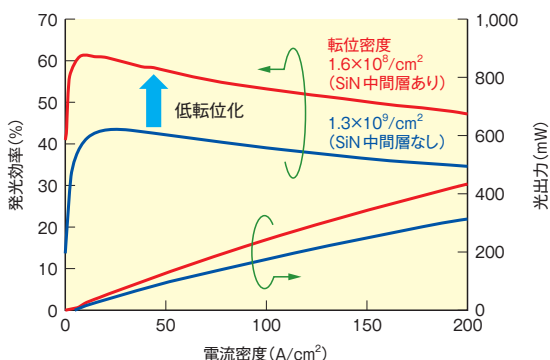
Area reduction of field-programmable gate array (FPGA) using one-time programmable switches

カスタムLSIの開発コスト増大に伴い、製造後に論理情報を書込みできるFPGA (Field Programmable Gate Array) の需要が高まっている。しかし従来のFPGAではチップ内のメモリを構成するために多数のトランジスタが必要のため、チップ面積が増大するという問題があった。

今回、トランジスタのチャネルを不可逆的に導通状態にすることでワンタイムスイッチを実現する独自技術を開発した。この技術は特殊な製造プロセスを必要とせず、かつ少数のトランジスタでメモリを構成できる特長がある。

このワンタイムスイッチをFPGA内のメモリに適用することで、回路面積を従来のFPGAに比べて30%削減することに成功した。

● Si基板上のGaN層の低転位化による青色LEDの特性向上



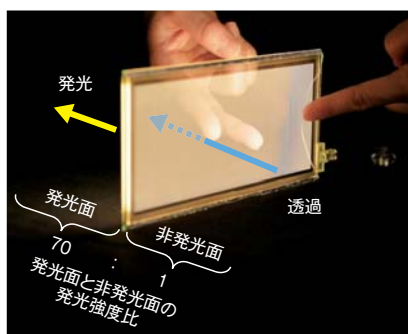
Si基板上のGaN層を用いた青色LEDの発光効率と光出力特性

Luminous efficiency and light output power of gallium nitride (GaN)-on-Si-based blue light-emitting diodes (LEDs)

Si基板を用いて形成した青色LED (発光ダイオード) 素子は、高効率かつ低コストの白色LED照明用光源として期待されている。しかし、Si基板は、青色LED素子の材料である窒化ガリウム (GaN) 結晶との格子定数の差が大きいため、素子中に結晶欠陥の一つである転位が生じやすいという課題があった。

今回、窒化ケイ素 (SiN) 中間層を用いる独自の低転位化技術を開発し、従来のサファイア基板上に形成したGaN層と同等の転位密度 $1.6 \times 10^8 / \text{cm}^2$ のGaN層を、Si基板上に形成することを可能にした。この技術を適用した青色LED素子において発光効率の向上が確認できた。

● 透過型片面発光OLED照明



透過型片面発光OLEDパネル

Transmissive one-side-emission organic LED (OLED) panel

有機EL (OLED : Organic Light-Emitting Diode) 照明は、やわらかな面発光で、透明にできるなど、LEDにはない照明の新しい価値を提供できることから、LEDに続く次世代照明として期待されている。今回、この透明という特長に着目して新たに透明なOLEDを開発した。

従来の透明OLEDは透明な陰極を用いているため、点灯時にはパネルの両面が発光するため透明に見えないという課題があった。そこで、目では認識できない100 μm 程度の微細な反射陰極を形成することで透明性を実現した。

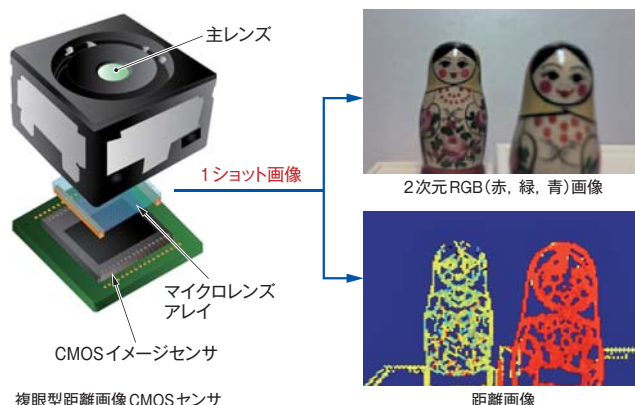
この構造は、片面発光であることから、照らされた対象物をパネル越しに透かして見ることができる。更に透明固体封止構造を採用することで、パネルの透過率を従来比で18%向上させた。

● 複眼型距離画像CMOSイメージセンサ

スマートフォンやタブレットなどの携帯機器に搭載可能で、被写体までの距離が撮影画像からわかる小型CMOS（相補型金属酸化膜半導体）イメージセンサモジュールを開発した。

マイクロレンズアレイを用いた独自の光学構造と距離推定アルゴリズムにより、1台のカメラで撮影した1ショット画像データから、被写体までの距離計測ができ、撮影後にフォーカス位置を変更したり、被写体だけを切り出したりするなどの機能を実現した。

また、3次元的な動きのある被写体にも対応できるため、ジェスチャ入力などの認識精度向上が見込めることから、スマート家電やFA（ファクトリオートメーション）用途などへの応用も期待できる。



複眼型距離画像CMOSセンサ

複眼型距離画像CMOSイメージセンサモジュールの概要

Complementary metal-oxide semiconductor (CMOS) compound eye image sensor module providing depth map

● 有機薄膜太陽電池の高効率化

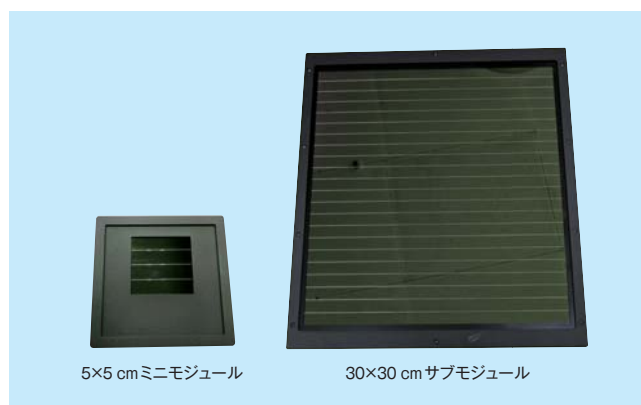
有機薄膜太陽電池（OPV）は、軽量かつフレキシブルな特長から、塗布印刷で様々なものに形成できる可能性がある。

今回、独自のp型材料とメニスカス塗布を用いた高精度な印刷技術によって20×20 cmのサブモジュールで6.8%、5×5 cmのミニモジュールで8.5%の世界最高^(注)効率を達成した。また、30×30 cmのサブモジュールも試作し動作を確認した。

OPVは室内照明下で効率が高いことも特長であり、LED照明下で結晶Si及びアモルファスSi太陽電池よりも高効率であることを確認した。

この研究の一部は、NEDOの委託を受けて実施した。

(注) 2013年12月現在、「Solar cell efficiency tables (version 43)」による、当社調べ。



5×5 cmミニモジュール

30×30 cmサブモジュール

世界最高効率の5×5 cmミニモジュールと試作した30×30 cmサブモジュール

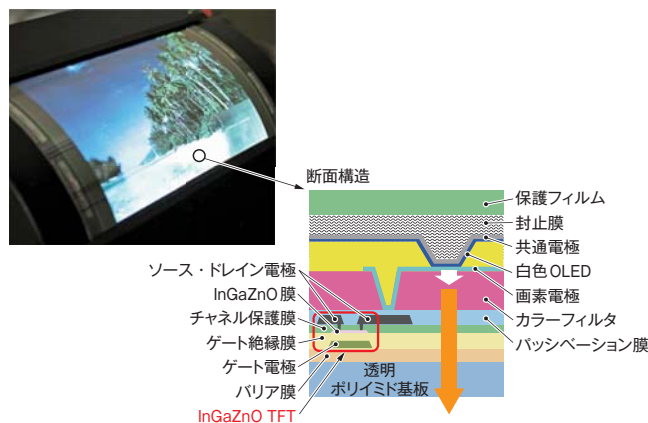
5 x 5 cm organic photovoltaic (OPV) submodule with world's highest conversion efficiency and 30 x 30 cm OPV submodule

● 高精細OLEDシートディスプレイ

紙のように軽くて薄いシートディスプレイは、モバイル機器の軽量・薄型化を実現するだけでなく、ディスプレイの利用シーンを大きく広げる可能性がある。

今回、酸化物半導体（InGaZnO）^(注)薄膜トランジスタ（TFT）を用いて、画素とともにゲートドライバをプラスチック基板上に形成した10.2型OLEDシートディスプレイを試作した。カラー表示は、TFT上に形成した4色（赤、緑、青、白）のカラーフィルタと白色OLEDを組み合わせで行った。フルハイビジョン映像を表示できる1,920×1,200画素で、精細度が223 ppi (pixels per inch) となる高精細なシートディスプレイを実現した。

(注) 酸化インジウム（In₂O₃）、酸化ガリウム（Ga₂O₃）、及び酸化亜鉛（ZnO）から成る複合酸化物の半導体。

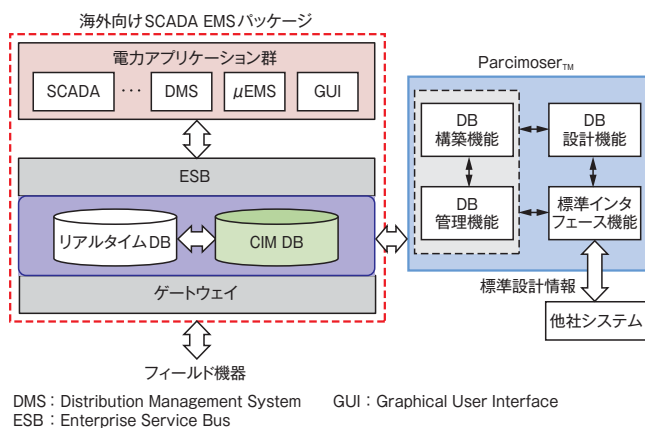


InGaZnO TFTで駆動した10.2型高精細OLEDシートディスプレイ

10.2-inch high-resolution active matrix OLED sheet display driven by indium gallium zinc oxide (InGaZnO)-based thin-film transistors (TFTs)

3 システム技術・機械システム

● IEC CIM規格に対応したEMS DBプラットフォーム Parcimoser™



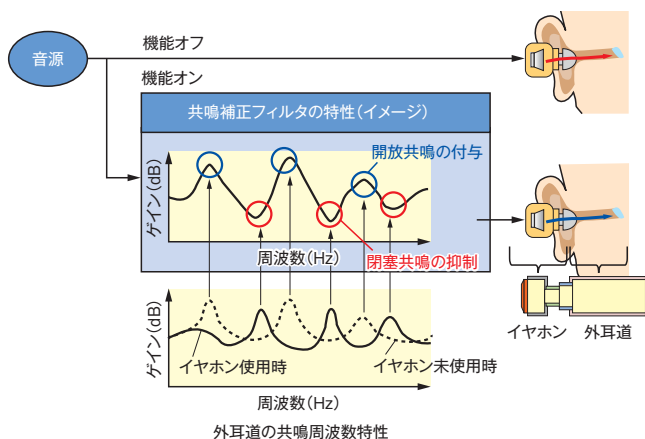
Parcimoser™に基づく海外向けSCADA EMSパッケージ

Supervisory control and data acquisition (SCADA)/energy management system (EMS) packages for global market based on Parcimoser™

海外の電力システムの多くは複数ベンダーの製品が共存しており、異なるEMS (Energy Management System) 製品間の情報交換が必要なため、これを実現するCIM (Common Information Model: 共通データモデル) 規格への対応が必須となる。

そこで、当社主導で国際標準のIEC 62656-3 (国際電気標準会議規格 62656-3) を開発し、それに基づき、CIM DB (データベース) の設計、構築、及び管理と標準情報の交換を効率的に実現する、EMS DBプラットフォームParcimoser™ (パーシモザ) を構築した。更に、このプラットフォームに基づいて、海外向けに送配電監視制御とEMSの機能を提供するCIM規格に対応した海外向けSCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) EMSパッケージを開発し、このパッケージの海外市場への進出が可能になった。

● イヤホンの高音質化技術



イヤホンの外耳道共鳴補正フィルタの概念

Outline of resonance correction filter for earphones to adjust resonance characteristics in ear canal

イヤホンの種類や個人差に影響されず、こもり感のない自然でクリアな音を聞くことができる高音質化技術を開発した。

イヤホンを使用すると、イヤホンが反射体となって不要な閉塞共鳴音が発生し、ふだん聞いている開放共鳴音を失うためにこもり感を感じる。そこで、イヤホンと外耳道空間を対象とした音響伝搬解析を用いて、イヤホン使用時の閉塞共鳴音から開放共鳴音を予測する技術を開発し、閉塞共鳴の抑制と開放共鳴の付与により、こもり感を解消した。また、予測した外耳道の1次共鳴特性を強調することで、イヤホンの種類によらず誰でも効果を実感できる補正法を実現した。

2013年4月に国内及び海外 (欧州除く) 向けに商品化されたB2C (Business to Consumer) 向けパソコンで実用化されている。

● エンタープライズ向けHDDの短距離シーク制御技術



短距離シーク制御技術を搭載したエンタープライズ向け2.5型HDD

2.5-inch hard disk drive (HDD) for enterprise use equipped with newly developed short-span seeking control

HDD (ハードディスクドライブ) のアクセス性能を向上させるには、ヘッドを目標トラックへ移動するシーク動作の中でも、実行頻度の高い短距離シーク^(注1)の高速化が重要である。しかし従来、ヘッドの残留振動がリード/ライト動作の開始を遅延させ、高速化を妨げていた。

今回、ヘッドを駆動するモータ電流をシークのたびに逐次修正することで残留振動を抑制する短距離シーク制御技術を開発した。その結果、4kバイトランダムリード/ライト動作で、エンタープライズ向け2.5型HDDとしては業界最高レベル^(注2)となる405/350 IOPS (Input/Output per Second) を達成した。

(注1) 移動距離が最大シーク距離の約30%未満のシーク制御。

(注2) 2013年10月現在、回転数15,000 rpmのHDDとして、当社調べ。

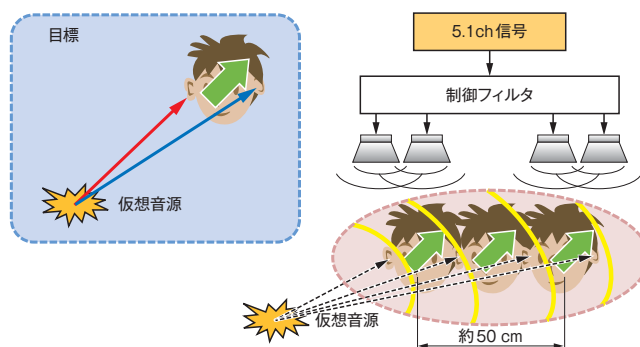
● 立体音響技術

前方スピーカだけで、スピーカがない左右や後方に音源を感じさせる立体音響技術において、聴取領域を拡大できる制御方式を開発した。

現在主流の制御方式は、両耳に立体音響信号を忠実に再現するため、テレビなどスピーカの個数と配置間隔が限定される条件下では聴取領域が限られ、頭を動かすと後方音を失うなどの難点があって、聴取領域の拡大が課題であった。

そこで、立体音響信号を両耳で忠実に再現せず、両耳間の複素音圧比^(注)を再現する制御方式を開発し、聴取領域が従来の5倍(約50 cm)に拡大できることを実証した。この技術は、5.1 ch(チャンネル)サラウンド音響や、意図した方向からの音声ガイドの提供などに応用が期待できる。

(注) 位相も含めた意味での右耳と左耳の音圧の比。



両耳間複素音圧比に着目した立体音響技術

Hi-Fi three-dimensional (3D) sound reproduction technology based on complex ratios of interaural sound pressures

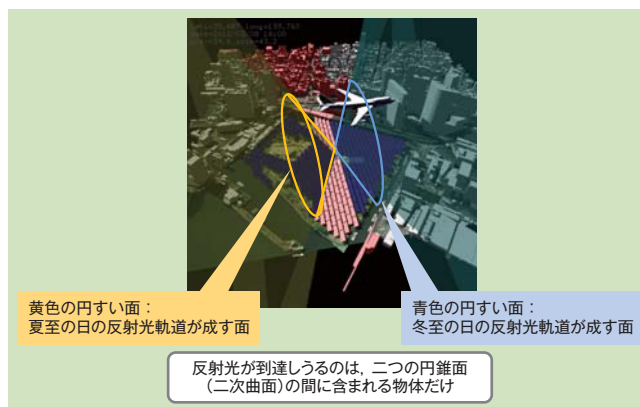
● 二次曲面検索を可能とする高速空間索引技術

3次元空間中の物体の集合から、指定した範囲内にある物体を高速に検索できる空間索引技術を開発した。この技術は、地理情報やインフラ監視などのシステムにおいて、空間データの解析基盤となる。

二次曲面体と直方体の干渉を高速に判定する独自アルゴリズムにより、物体の影の範囲や太陽反射光の到達範囲など、二次曲面体で表現される範囲の解析ができる。また、全処理をメモリ上で行う設計により、既存のデータベース PostgreSQLTMと比べて10倍以上の検索性能を実現した。

メガソーラー発電システムの設計ツールや、東芝ソリューション(株)が開発したデータストア基盤GridStoreTMに搭載されている。

関係論文：東芝レビュー．68, 6, 2013, p.8-11.



空間索引技術の利用例：メガソーラー発電システムにおける反射光到達範囲リアルタイム解析

Example of application of spatial indexing technology to sun reflection analysis for large-scale solar power plant

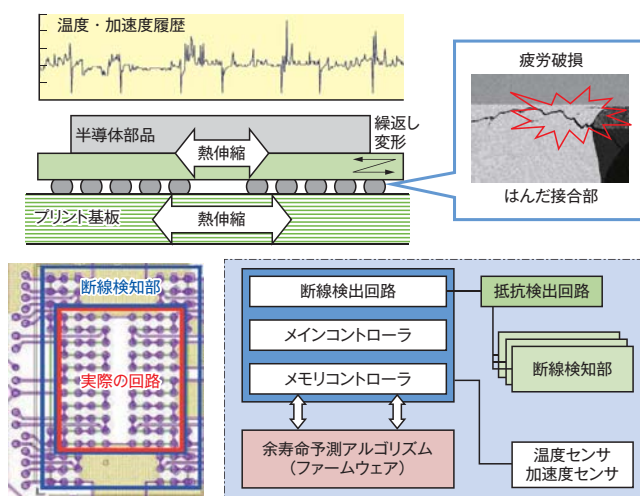
● 電子機器のはんだ接合部の余寿命予測技術

半導体部品と基板を結ぶはんだ接合部は、過度な温度変動や、想定以上の振動などの機械的負荷により、使用期間中に疲労破損するおそれがある。

そこで、断線検知部を設け、そこでの断線を検知し、実際の回路に断線が起こる時期を予測することが可能な余寿命予測技術として、“カナリア寿命予測技術”を開発した。この技術を適用することで、破損時期の予測精度を従来の約3倍にすることが可能になる。また、実際の回路よりも断線検知部が確実に先に破損するように、検知部の構造設計にあたっては、大規模構造解析と加速寿命試験により、両者の寿命ばらつきを考慮した。

この技術により、電子機器の可用性と保守サービス力の向上が期待できる。

関係論文：東芝レビュー．68, 4, 2013, p.50-53.

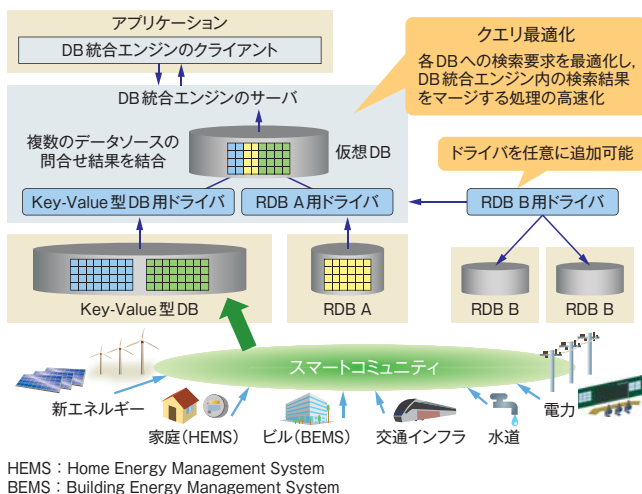


電子機器のはんだ接合部のカナリア寿命予測技術

Outline of fatigue life estimation technology for solder joints of electronic devices using canary circuit

4 ソフトウェア

● スマートコミュニティ向け分散データベース技術



DB統合エンジンの概要

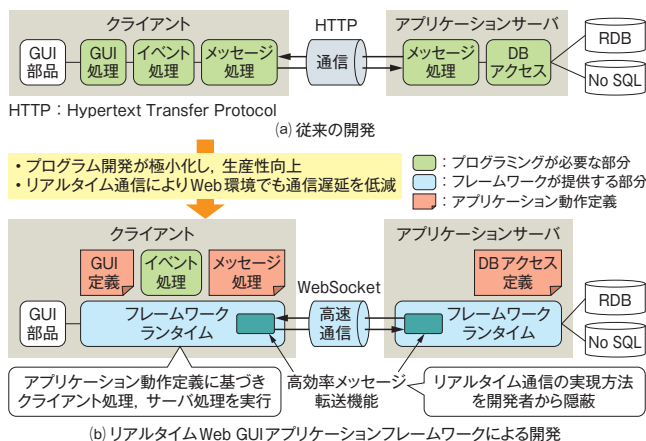
System architecture of database integration engine for smart community system

スマートコミュニティでは従来型のリレーショナル データベース（RDB）だけでなく、Key-Value型DBやインメモリDBなど、より高速に処理できる新たなDBが用途に応じて活用されている。

当社は、スマートコミュニティの各制御システムから発生した大量のデータを活用するため、分散DB技術を開発した。この技術は、Key-Value型DB向けに従来のRDB同様の高度な検索を高速に行うSQL（Structured Query Language）機能と、異種DBに対し横断的に検索できるようにするDB統合エンジンから成る。これにより、異なるDBを仮想的に一つのDBと見なして、データの結合や、並び替え、集計などを単一のSQLで容易に行えるようになった。

関係論文：東芝レビュー. 68, 9, 2013, p.56-57.

● リアルタイムWeb GUIアプリケーション フレームワーク



リアルタイムWeb GUIアプリケーションフレームワークによるWebアプリケーションの開発

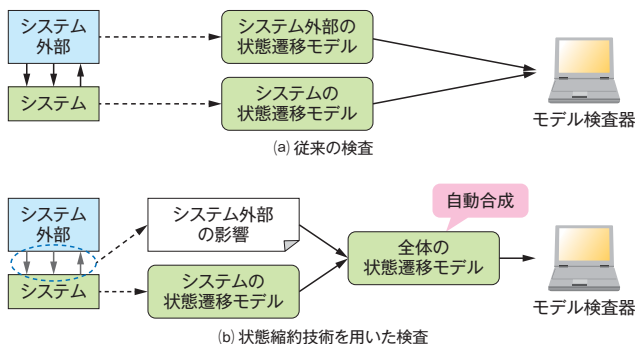
Development of Web application using real-time Web graphical user interface (GUI) application framework

リアルタイム性の高い監視制御システムの画面をWeb化し、Webアプリケーションとして構築するためのGUI（Graphical User Interface）フレームワークを開発した。

クラウドコンピューティングやリアルタイム表示が可能なHTML5（Hypertext Markup Language 5）技術の普及により、社会インフラシステムをWebアプリケーションとして開発する動きが広がっているが、クライアントからサーバまで一貫した効率の良い開発手法が提供されていなかった。このフレームワークは、アプリケーションの動作の多くを画面、データ、及び通信に関する簡易な定義だけで記述できるようにすることで、開発の生産性を大幅に向上させた。

今後、この技術を社会インフラシステムのWebアプリケーション化に広く適用していく予定である。

● モデル検査における状態縮約技術



状態縮約技術の概要

Overview of state-space reduction technology without use of state transition model of external systems

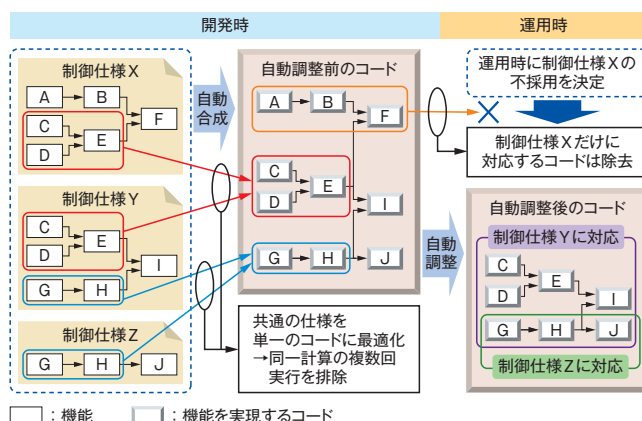
モデル検査は、検査対象システムのふるまいを状態遷移モデルで記述し、仕様との不整合を発見する技術である。しかし、センサやアクチュエータなどシステム外部の影響を考慮した検査では、システム外部のふるまいも状態遷移モデルとして扱うため、状態の数が膨大になり検査できないことがある。

そこで、システム外部の値や状態の変化など検査に影響する情報を抽出し、これを検査対象システムの状態遷移モデルと自動合成して検査する状態縮約技術を開発した。これによりシステム外部を状態遷移モデルとして扱う必要がなくなるため、検査で扱う状態が減り、モデル検査可能なシステムの規模を従来の10倍程度に拡大できる。

● 制御ソフトウェアの自動合成技術

社会インフラで利用される制御システムでは、運用時に発生する設備構成の変更に応じた制御仕様の変更に対応することが重要である。一方、この際必須となる制御実行の速度最適化には多くの時間が必要となる。

今回、制御仕様の変更に対応する時間を短縮するため、制御システムの開発と運用のそれぞれの段階で実行速度の最適化を可能にする、制御ソフトウェアの自動合成技術を開発した。開発時には複数の想定制御仕様の類似箇所に着目し、性能低下の要因となる冗長性を持つコードを削除する。更に、運用時に変更された制御仕様に合わせてコードを自動調整する。このため、変更に対して運用時に手動による速度の最適化が不要になり、迅速な対応が可能になる。



制御ソフトウェア自動合成技術の概要

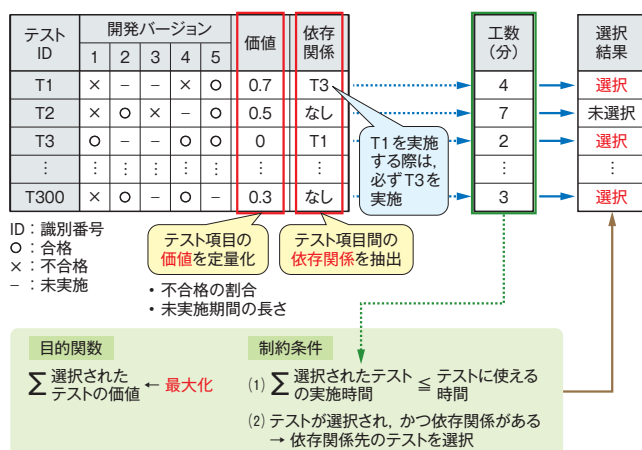
Outline of automatic synthesis technology for control software

● ソフトウェア開発におけるテスト計画最適化技術

ソフトウェアの開発において多くの工数を要するテスト工程を効率化するために、テスト間の依存関係や過去のテスト履歴などから導出したテスト項目の価値を考慮して、制約条件付きの数理最適化問題として定式化し、最適なテスト計画を導出する技術を開発した。

この技術によって、テスト実施履歴を利用して、大量のテスト項目の中から、テストに使える時間内で実施の可能な不具合検出の可能性が高いテスト項目群を選択できるようになった。

この技術はテスト管理システムの機能として組み込まれ、リグレーションテストにおける計画の立案と実施の管理で活用され、実施期間3か月分のテスト項目の中から約30%のテスト項目を選択し、不具合の流出ゼロを達成するなどの成果を上げている。



数理計画モデルに基づいたテスト計画最適化技術

Test plan optimization technology based on mathematical programming model

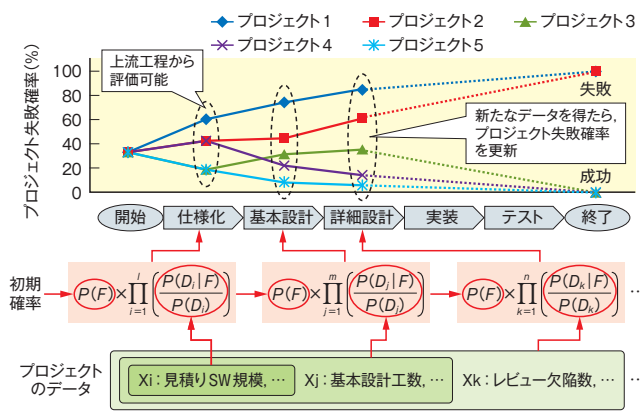
● プロジェクト失敗リスク予測技術

過去のソフトウェア開発プロジェクトのデータから、進行中のプロジェクトが将来失敗する確率を予測し、問題の予兆を早期に検知する技術を開発した。

ベイズ統計の応用の一つであるナীবベイズ手法を適用し、過去のデータの特徴を学習して予測モデルを構築し、進行中のプロジェクトのデータを予測モデルに入力することでプロジェクトの失敗確率を計算する。ベイズ統計の特徴である確率を動的に更新する仕組みにより、上流工程から評価が可能で、かつ、新たに得られたデータを用いて予測精度を改善することができる。

今回開発した最適変数としきい値の探索アルゴリズムにより、モデル構築の効率化と予測性能の向上を実現し、実データによる実験で、85%以上の予測正答率を達成した。

関係論文: 東芝レビュー, 69, 1, 2014, p.47-50.

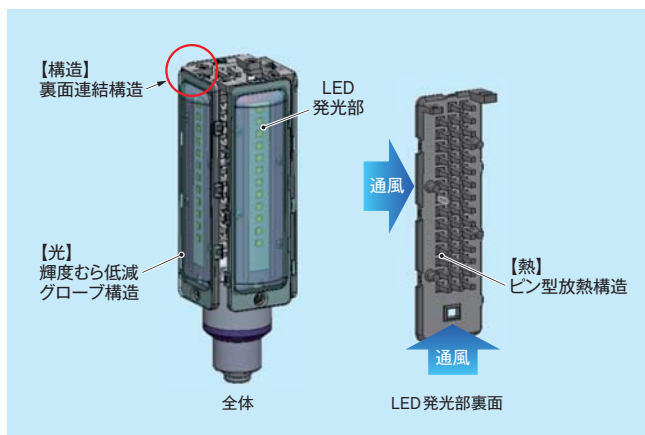


プロジェクト失敗確率の動的更新のようす

Trends in dynamic updating of project failure risks

5 生産技術

● 水銀ランプ代替 100 W 級 LED ランプ向け 製品設計技術



試作したランプの構造

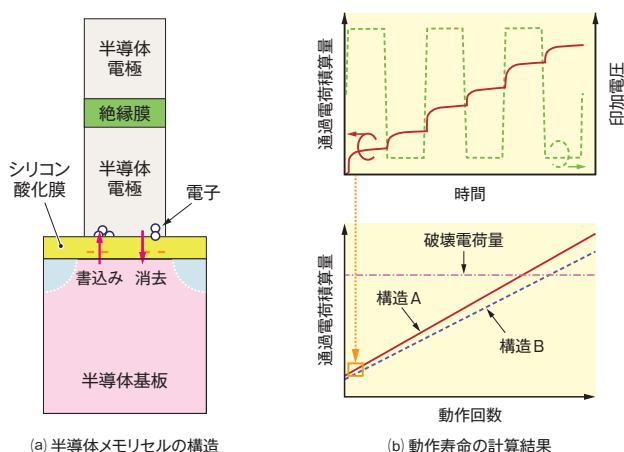
Structure of newly developed light-emitting diode (LED) lamp for replacement of mercury lamps

水銀ランプを代替するLED（発光ダイオード）ランプには、既存の器具に取り付けられる小型形状、水銀ランプと同等の発光分布、及びランプの向きによらずLEDの温度上昇を抑えることができる放熱性能が求められる。

これらの要求に対応するため、設計段階で光学性能と放熱性能を予測し、試作することなく構造を適正化する設計技術を開発した。また、この技術を用い、放熱性能に優れたピン型放熱器、輝度むらを低減したグローブ形状、及び発光部面積の最大化と発光部周囲の通気性確保を両立させる裏面連結構造を設計し、適正化した。

この技術に基づいて試作したLEDランプは、消費電力 32 W で水銀ランプと同じ明るさ 4,200 lm を実現し、照明の低消費電力化と水銀フリー化に貢献することが期待される。

● 半導体メモリセルの信頼性シミュレーション技術



(a) 半導体メモリセルの構造

(b) 動作寿命の計算結果

半導体メモリセルの構造と動作寿命の計算結果

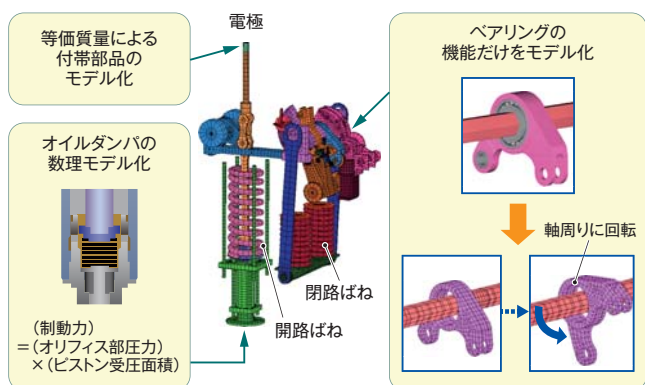
Structure of memory cell and results of breakdown simulation

TCAD (Technology Computer Aided Design) 技術を活用して、書き込みや消去などの動作による半導体メモリセルの劣化をモデル化し、寿命を予測する信頼性シミュレーション技術を開発した。

半導体メモリセルの劣化要因の一つであるシリコン酸化膜の劣化は、主に動作時に膜に印加される電界の強さと、膜を通過する電子の数などによって決まることが知られている。この技術では、メモリセル動作時の電界と電子の数をTCADデバイスシミュレーションによって求め、これらの積算と絶縁膜寿命の関係から、メモリセルの絶縁膜が破壊するまでの動作回数（寿命）を求める。

この技術により、半導体メモリセルの構造や寸法の影響を考慮した信頼性の予測が可能になった。

● ガス遮断器の弾性変形を考慮した機構解析技術



ばね操作機構の動作をモデル化する技術

Technology for modeling movement of spring operating mechanism of gas circuit breakers

ガス遮断器は、開路動作時に、強力なばねによって複雑な操作機構を高速に駆動させる。そのため、実器試験による性能評価だけでは、ガス遮断器全体の振動によって生じる各部品への負荷を定量的に把握して、強度設計へ反映させるのに時間を要する。

そこで、有限要素法を用いて弾性変形を考慮することで、ガス遮断器の振動挙動を高精度に予測できる機構解析技術を開発した。また、膨大な計算コストを削減するため、ベアリングの機能だけを抽出するなど、ばね操作機構の動作を適切かつ簡略にモデル化する技術確立した。

これらの技術によって、ばね操作機構の開発期間を短縮することができた。

● SCiB™向け 高速レーザ溶接

アイドリングストップシステム向けの当社製二次電池 SCiB™ 3 Ahセル向けに、電解液を注入する注液口をレーザで高速溶接する技術を開発した。

SCiB™セルは溶接で完全封止する構造であるため、長期使用においても液漏れが発生しないなど、高い信頼性が求められる。しかし、SCiB™セルのケースに用いられるアルミニウムは溶接が難しく、従来は、出力の低いパルスレーザしか適用できなかった。

今回、出力が約10倍のkW級の連続発振レーザを用いて溶接を高速化する技術を開発し、生産性を改善した。更に、アルミニウムは溶接部に汚れがあると溶接欠陥が発生しやすいため、溶接前に汚れを除去する工程を追加して、信頼性を高めている。



SCiB™セルとレーザ溶接による注液口封止部
SCiB™ battery cell and injection hole shielded by laser welding

● 油圧駆動双腕ロボット

重量物のハンドリングなど高難度組立作業の自動化に適した油圧駆動双腕ロボットを開発した。

人手による作業を自動化する場合、小型で器用な作業が可能な、電動モータのアクチュエータを使用したロボットが活用されているが、小型ロボットでは重量物のハンドリングが困難であった。今回開発したロボットは、アクチュエータに油圧サーボシリンダを使用することで、人と同等のサイズでありながら、最大50 kgまでの重量物をハンドリングできる。また、電動の手首機構とステレオカメラによる位置検出機能を搭載し、双腕を使った器用な作業を実現した。

今後、様々な製品分野において、組立製造ラインへの適用を目指す。



油圧駆動双腕ロボット
Hydraulically driven dual-arm robot

● エレベーターの板金パネル部品自動製造ライン

エレベーターのかごや乗り場ドアを構成する板金パネル部品に、補強材を自動で組み付ける製造ラインと製造設備を開発した。

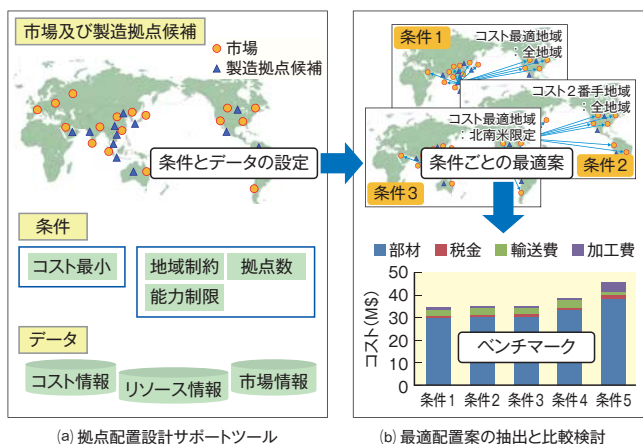
板金パネル部品の剛性、強度、及び組立精度を損なうことなく、自動化に適した製造プロセスと構造の設計、及び設計の標準化による板金パネル部品と補強材の品種削減を、製品設計部門及び製造部門との協調により実現した。こうした製品開発と多関節ロボットを活用した新たな組立技術の開発により、生産性向上、製造リードタイム短縮、及び人員削減を同時に実現できる自動製造ラインを構築した。

この製造ラインは、現在、東芝エレベータ(株)府中工場稼働中である。



板金パネル部品の自動組立設備
Parts assembly equipment for elevator automatic production line

● 拠点配置設計サポートツール



拠点配置設計サポートツールとその活用方法の概要

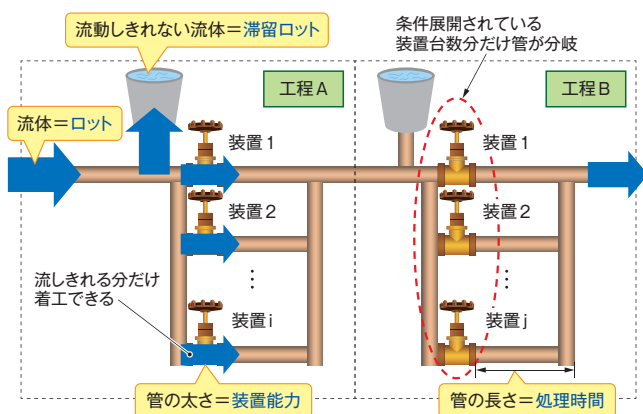
Overview of application of facility location design support tool

最適化手法を活用し、販売を見込む各市場へのコスト最適な供給拠点の選択（拠点配置）を、生産能力などの制限を考慮して効率的に実施する技術を開発した。

事業のグローバル化により市場や供給拠点候補が拡大しており、拠点配置の選択肢が増加している。選択肢の絞り込みには、拠点配置案のコスト計算とともに、各種制限を満たしているかを確認することが必要となる。このような作業は、ノウハウのある経験者しかできない暗黙知の作業であり、選択された配置が最適かどうかの判断も難しい。

このように非常に多くの選択肢の中から有力案を絞り込む作業を自動化することで、幅広い可能性を考慮したベンチマークの実施が可能になる。

● 半導体生産制御のための高速シミュレータ



流体モデルを適用した高速シミュレータの概要

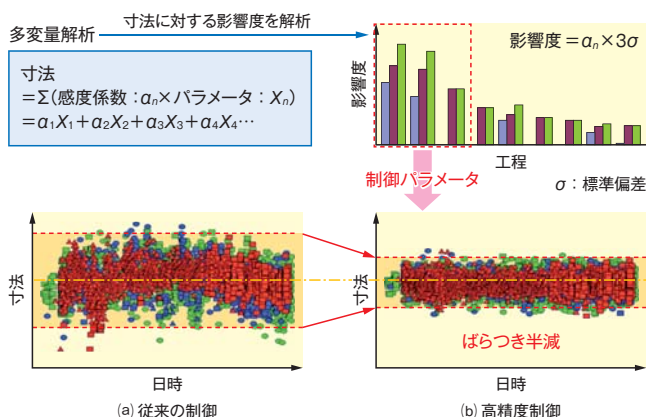
Outline of high-speed fluid simulator applying fluid model

半導体の生産では、需給や生産の変動に対応しながら、生産数量を高水準に保つ必要がある。変動に応じて生産計画を変更するために、短期間で生産シミュレーション結果を提示する必要性が増している。そこで、流体モデルを適用した高速シミュレータを開発した。

既存のシミュレータはロットごとに工程の流れを詳細に計算するのに対し、開発したシミュレータはロットを流体として捉え、近似的に計算することで計算速度の向上を実現している。

当社の半導体生産規模において計算速度を約15倍向上させたことで、月単位の長期シミュレーションも可能になり、ボトルネックとなる設備の抽出など、マクロ的な生産状況の把握に活用されている。

● A19 nm NAND 型フラッシュメモリ向け 高精度プロセス制御技術



多変量解析を活用した高精度プロセス制御

Overview of ultrafine process control technology applying multivariate analysis

NAND型フラッシュメモリの微細化により、配線寸法の1 nm程度のばらつきでも歩留りに大きな影響を及ぼすようになってきた。このため、量産ラインを急激に立ち上げるには、配線寸法のばらつきをどこまで低減できるかが課題となっている。

この課題に対し、加工後の寸法測定結果や前工程の情報を加工条件に反映させるなどのプロセス制御技術を高精度化してきた。初期では制御パラメータは一つであったが、寸法ばらつきと相関のある因子を多変量解析によって抽出し、影響度の大きい複数の因子を制御パラメータとすることで、寸法のばらつきを大幅に低減できた。

最新のA (Advanced) 19 nm NAND型フラッシュメモリの製造にもこの技術を適用し、歩留りと生産の安定性向上に寄与している。