

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、東芝グループ経営方針である「利益ある持続的成長への再発進」に向け、「グローバル事業展開の加速」と「エコ・リーディングカンパニー」として必要となる技術の創出を目指し、スピード感を持って研究開発を進めています。

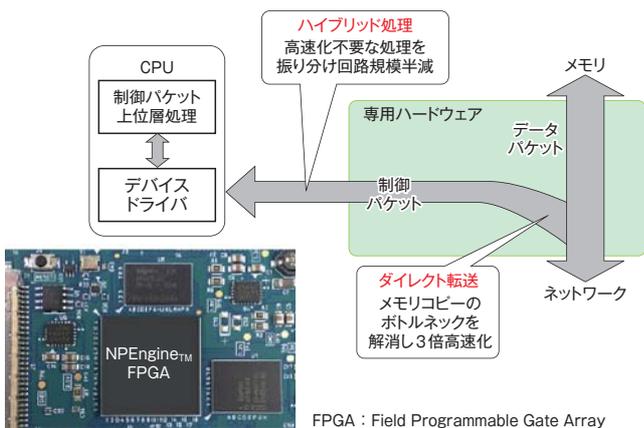
デジタルプロダクツ分野では、2D (2次元) 画像から3D用の多視点の画像を生成する2D3D変換技術を開発し^(注)、液晶テレビ (TV) レグザ (REGZA) X2シリーズとノートPC (パソコン) dynabookTMT550に搭載されました。また、専用眼鏡が不要な3Dディスプレイを開発し^(注)、2D3D変換技術とともに世界初のグラスレス3DレグザGL1シリーズに搭載されました。電子デバイス分野では、磁気記録装置の記録密度を大きく向上させる技術として、磁性体上にガイド溝を構築して自己組織化ドットの配列制御を行い17 nmピッチのビットパターンメディアを作製、動作を検証しました^(注)。社会インフラ分野では、世界的なリン枯渇問題を解決するため、下水中のリンを回収するリン吸着材の開発を地方共同法人 日本下水道事業団と共同で進めています^(注)。ソフトウェア分野では、ユーザー認証と暗号化機能を付加してセキュリティを強化したデータベース管理システムを開発し、社会インフラシステムに導入されました。生産技術分野では、半導体の加工形状と電気特性の関係を定式化したPCM (Process Compact Model) に基づいたプロセス制御方法を量産ラインに適用し、配線抵抗ばらつきを30%低減するといった成果を上げました。

(注) ハイライト編のp.4, 7, 8, 21に関連記事掲載。

執行役上席常務 研究開発センター 所長 須藤 亮

1 情報通信

● 超高速通信ハードウェア処理エンジンNPEngineTM



NPEngineTM 搭載 FPGA と内部構成

Top view and internal structure of NPEngineTM burned-in field-programmable gate array (FPGA)

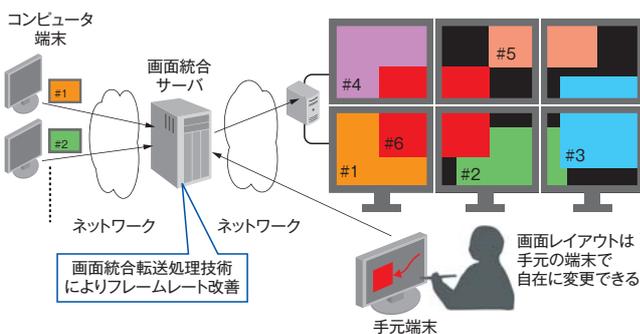
低消費電力で超高速通信を実現するTCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol) 通信ハードウェア処理エンジンNPEngineTMを開発した。

回路規模を削減するハイブリッド処理と、データ転送処理のボトルネックを解消するダイレクト転送により、1 Gビット/秒イーサネット向け構成では、32ビット組込みCPUによるソフトウェア処理と比べて1/20以下の消費電力で約80倍の伝送レートを、従来ハードウェアと比べて約1/2の回路規模で約3倍の伝送レートを達成した。また、10 Gビット/秒イーサネット向け構成では、動作周波数がわずか100 MHzで約10 Gビット/秒の超高速TCP/IP通信を実現した。

この技術は、放送局向けビデオサーバ VIDEOS neoTMに適用され、省電力化と通信高速化に貢献した。

関係論文: 東芝レビュー. 65, 6, 2010, p.40-43.

● 多画面統合システム



多画面統合システム

Multiscreen integration system

ネットワーク上に分散するコンピュータ画面を、一つの画面内に統合して表示する多画面統合システムを開発した。このシステムで6画面を4K2K (4,000×2,000画素) サイズの大画面に統合できる。

画面統合サーバが、端末から取得した画面を統合し大画面表示装置へ転送する。今回、マルチコアCPUによる並列処理に適した画面統合転送処理技術を開発した。この技術により、コア数が増加しても処理ブロッキングに伴う性能低下が小さく、1コアから8コアまでコア数に応じた画面転送フレームレートを実現した。

また、大画面内における各画面の表示レイアウトは手元の端末で自在に変更でき、利便性も向上した。

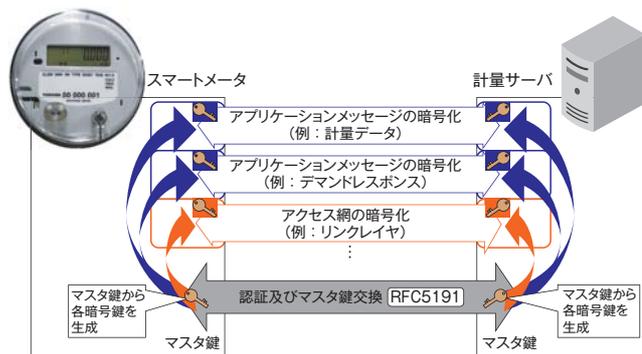
● スマートメータ セキュリティ機能の試作

計量機能を含む様々な情報サービスを実現するエネルギー機器として、機器認証や通信データ暗号化などのセキュリティ機能を持つスマートメータの需要が高まっている。

当社主導で標準化を行った認証方式RFC5191を拡張した統合鍵管理機能 AMSO™ (Advanced Meter Sign-On) を搭載した北米向けスマートメータと計量サーバとで構成されるプロトタイプシステムを、計器事業統合会社の東光東芝メーターシステムズ(株)と共同で試作した。

アプリケーションメッセージの暗号化やアクセス網の暗号化などで用いる暗号鍵を生成したり更新したりする際に、用途ごとに必要であった機器認証が AMSO™ により1回で済むようになり、鍵管理に必要な処理量が低減する。

関係論文：東芝レビュー. 65, 9, 2010, p.23-27.



試作した AMSO™ のプロトタイプシステムとスマートメータ

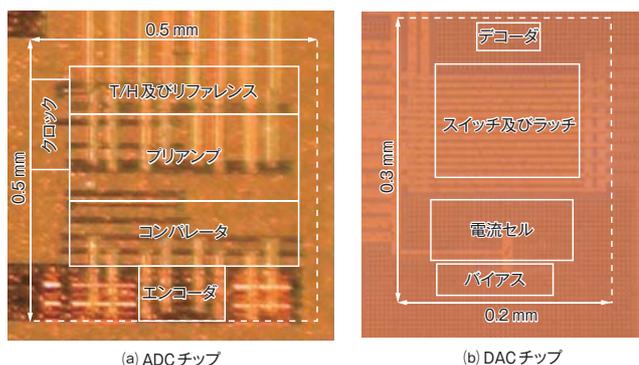
Prototype of AMSO™ (advanced meter sign-on) unified key management system with smart meter

● 高速 ADC 及び DAC

次世代の高速無線インタフェースとして期待されている 60 GHz 帯を用いたミリ波近接無線システムの実現には、サンプリング周波数が数 G サンプル/s の動作速度を持つアナログデジタル変換器 (ADC) 及びデジタルアナログ変換器 (DAC) が必須である。

ADC では、動作速度と精度向上の両立がしやすい新たな DC (直流) オフセット電圧誤差補正技術を採用し、動作速度 3 G サンプル/s、有効精度 4.3 ビット以上を確保することに成功した。

DAC では、高速動作時の主な誤差要因である配線寄生成分に強いレイアウト構造を考案することで精度を向上させ、動作速度 2.7 G サンプル/s、有効精度 5 ビット以上を確保することに成功した。



(a) ADC チップ

(b) DAC チップ

T/H : Track and Hold

高速 ADC 及び DAC チップ

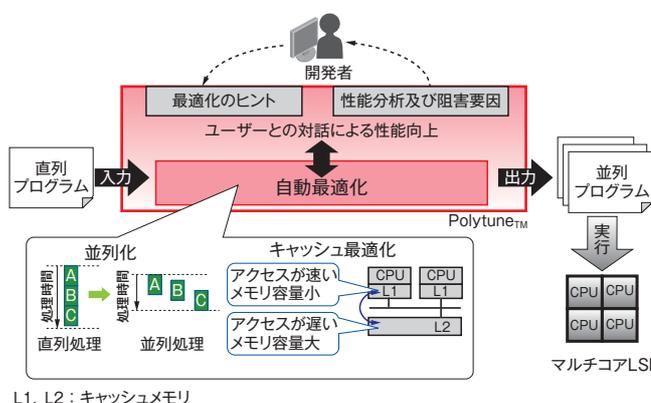
Analog-to-digital converter (ADC) chip and digital-to-analog converter (DAC) chip

● マルチコア向け 並列ソフトウェア開発環境 Polytune™

高性能なマルチコアタイプの LSI が携帯端末にまで普及してきている。その一方で、マルチコアの並列性能を引き出すためには、ソフトウェア開発者に並列化やキャッシュ最適化といった高度な作業が要求される。Polytune™ では、これらの作業の多くを自動化し、開発効率を向上させることを目標としている。

これまでの研究で、直列プログラムと開発者が与える簡単な最適化のヒントを基に、当社のマルチコア LSI 向け並列プログラムを自動生成する機能を実現した。

これを H.264 デコーダに適用し、手動で同じ性能の並列プログラムを開発した場合と比べ 73 % の工数削減が確認できた。

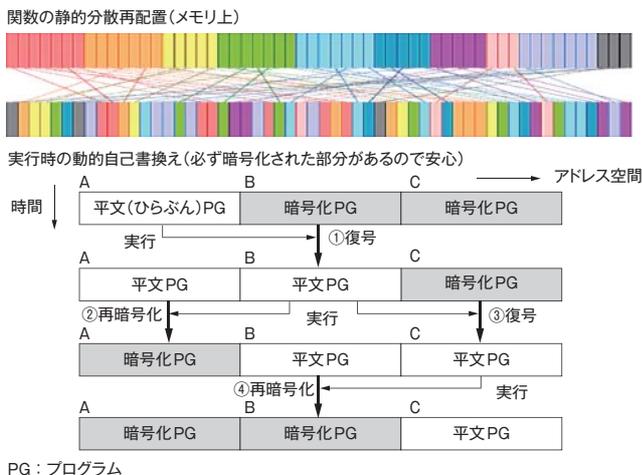


L1, L2 : キャッシュメモリ

Polytune™ の概要

Overview of Poly tune™ automatic parallel programming system for multicore large-scale integrations (LSIs)

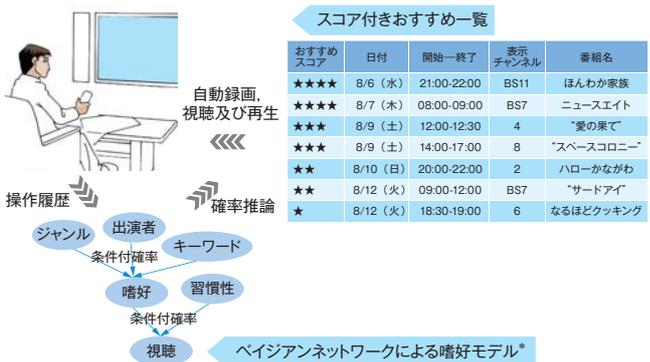
● 機械語プログラムの難読化技術



難読化方式の概念

Outline of software obfuscation method

● 番組推薦技術

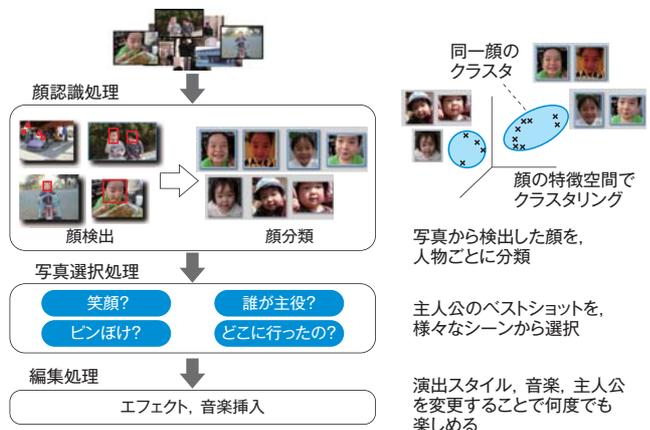


*不確実性を含む事象の複雑な因果関係を記述することによって、予測や意思決定、診断などに利用することのできる確率モデル

番組推薦システムの概要

Outline of TV program recommendation system for recommending programs according to viewers' interests

● 映像自動要約技術



映像要約処理の流れ

Flow of automatic digest movie generation

PCやデジタル機器のプログラムへのリバースエンジニアリングを困難にする技術を開発した。

機械語プログラムを断片化しメモリ上に分散して再配置する手法や、実行時の自己書換えなどの手法を適用して、逆アセンブルなどのリバースエンジニアリングが困難なプログラムに変換(難読化)する。パラメータ指定だけで難読化の強さ及び難読化に伴う実行時の速度低下の程度が調整でき、プログラム難読化の開発が効率化できる。

PCやデジタルTVなどにおけるコンテンツ不正コピー防止に必要なプログラム内蔵の暗号鍵秘匿やプログラム改ざん防止への適用に加えて、今後スマートグリッド(次世代電力網)など社会インフラにおける不正防止への応用も期待できる。

放送のデジタル化及び多チャンネル化に伴い多様な放送番組が飛躍的に増大することが予想される。そこで、AV機器利用者の嗜好(しこう)に適した放送番組を推薦するシステムを開発した。

このシステムでは、電子番組表の情報と視聴履歴情報を入力として利用者の嗜好を学習し、利用者が実際に好む番組を高精度に特定することができる。今回、利用者の嗜好と習慣のモデルに基づいて推薦の意外性を定量化する手法を考案し、利用者の習慣からは外れているが嗜好に適合したコンテンツをより多く推薦することができるようになった。

利用者の多様な嗜好や行動をモデル化するこの技術は、デジタルプロダクト以外の分野への応用も期待できる。

個人が保有している大量の写真から、めんどろな編集を行うことなく自動的に見どころを集めて短いムービーにまとめる技術を開発した。

これまでのフォトムービー作成支援ツールでは、表示する写真は手作業で選択する必要があった。今回開発した技術では、まず写真に写っている顔を検出し、同一人物にまとめる処理を高精度で行うことにより、主役と推定した人物を中心に写真を選択し、フォトムービーを自動作成することができるようになった。また、注目する人物を利用者が指定して別のフォトムービーを自動作成することもできる。

この技術を応用したソフトウェアは、既にPCにバンドルソフトウェアとして搭載されている。

関係論文: 東芝レビュー. 65, 10, 2010, p.19-22.

● カメラ画像向け事例ベース ノイズ除去方式

デジタルカメラに利用されるイメージセンサの微細化が進んだことに伴い、また暗部撮影や高速撮影をする際にも、センサに入射する光量の不足によりざらざらして見えるランダムノイズが撮影画像に発生する。このノイズを事例に基づいて除去する、事例ベース ノイズ除去方式を開発した。

この方式では、事前にノイズの少ない画像を大量に収集し、そこから画像を組合せ表現できる局所パターン群を統計的に分析して保持しておく。撮影画像を処理する際には、撮影画像の本来の画像を構成するパターンを局所パターン群から選別し、それらと相関の低い成分をノイズとみなして除去する。

これにより、デジタルカメラや監視カメラの画質を向上させることができる。

関係論文：東芝レビュー．65, 9, 2010, p.32-35.



(a) ノイズが発生した画像 (b) ノイズ除去処理を行った画像

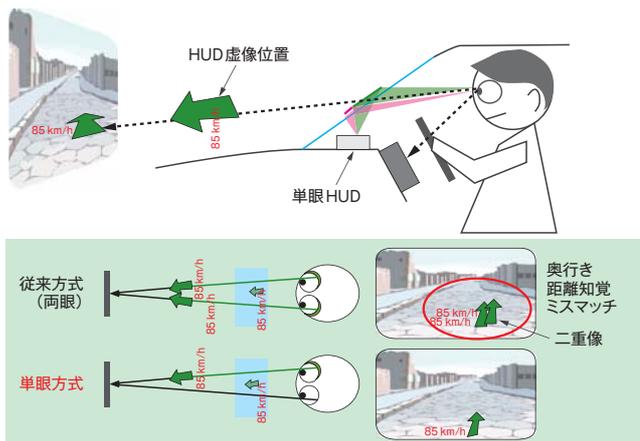
ノイズが発生した画像と、ノイズ除去処理を行った画像の比較

Noisy image (left) and image denoised by case-based noise reduction method (right)

● 車載向け単眼式ヘッドアップディスプレイ

ヘッドアップディスプレイ (HUD) は、ウインドーシールドを通して実際の道路上にガイド情報を矢印などで仮想的に重畳して表示する車載用拡張現実感 (AR) ディスプレイである。従来、奥行き位置の異なる仮想のガイド情報と実際の道路などの背景を両眼で見るため、運転しながらガイド情報と背景を同時に視認することができないという問題があった。

今回、単眼だけに仮想のガイド情報を表示することで、両眼で知覚される背景の奥行き位置に、ガイド情報が重畳して視認されるという新しい単眼奥行き知覚現象の発見に基づき単眼方式のHUDを開発し、背景とガイド情報の同時視認に成功した。



単眼HUDの原理

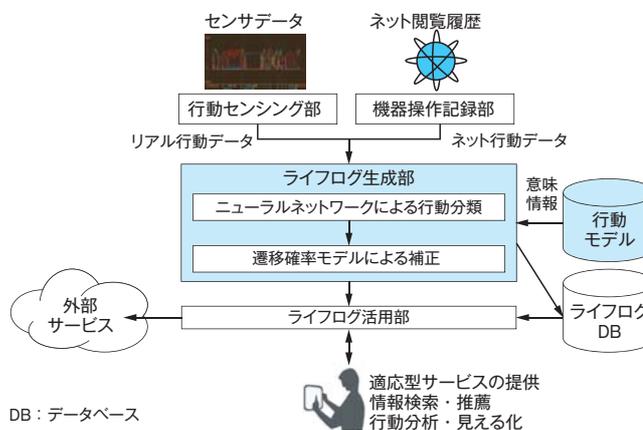
Principle of monocular head-up display (HUD) system

● 状況推定技術に基づくライフログ作成システム

ライフログとは、携帯端末に付属のGPS (全地球測位システム) や加速度センサの情報を用いて、端末を持ち歩く人の行動を自動的に記録したものである。近年、ライフログを活用した各種サービスの個人適応が進められている。

当社ではニューラルネットワークと遷移確率モデルを用いる独自の状況推定技術により、精度約90%で移動状況の推定ができるようになった。またこれを用いて、ユーザーの移動履歴や現在の状況に応じて交通乗換え情報を自動的に提示するサービスを開発した。

今後は、保守メンテナンス作業、医療や介護での現場作業など、フィールドでの非定型業務の支援への応用が期待されている。



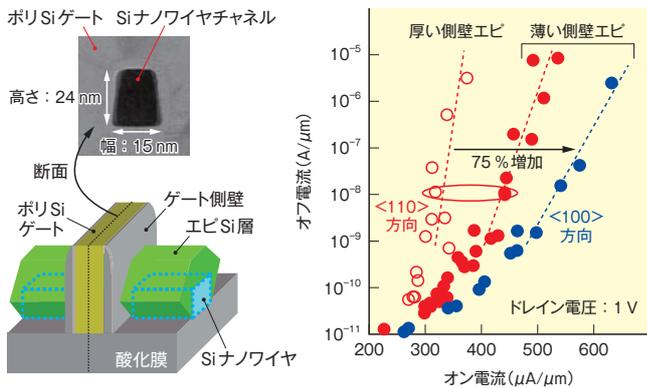
DB：データベース

ライフログ作成システムの概要

Outline of life-log system using context estimation method

2 電子デバイス・材料

● シリコン ナノワイヤトランジスタの寄生抵抗低減技術



ポリ：ポリクリスタル(多結晶)
エピ：エピタキシャル

ナノワイヤトランジスタの構造とオン電流ーオフ電流特性

Structure and on-current vs. off-current characteristics of fabricated nanowire transistors

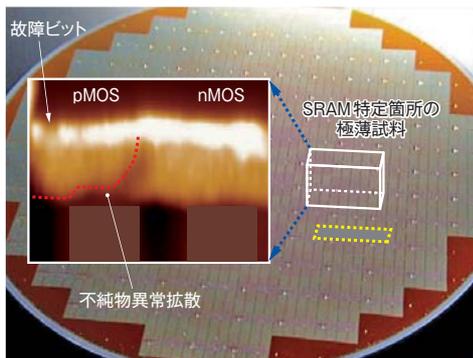
ナノワイヤトランジスタは、将来の超低消費電力LSIを実現するデバイス構造として期待されている。しかし、ナノワイヤ形状のソース及びドレインにおける巨大な寄生抵抗によるオン電流の劣化が課題となっていた。

今回、幅15 nmのナノワイヤチャンネルを持つトランジスタで、ソース及びドレインに薄ゲート側壁(厚さ10 nm)を介してシリコン(Si)の選択エピタキシャル成長を行い、かつチャンネル方向を<100>^(注)に最適化することにより、63%の寄生抵抗低減と75%のオン電流向上を実現した。

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)のプロジェクト「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」で実施したものである。

(注) 結晶の方向(原子の配列の仕方)を示す表現。

● SSRMによるナノLSIデバイス故障モードの解明と歩留まりの向上



SRAM : static RAM
pMOS : p(正孔)型金属酸化膜半導体
nMOS : n(電子)型金属酸化膜半導体

実回路故障ビットでのSSRM解析による原理解明と歩留まりの向上

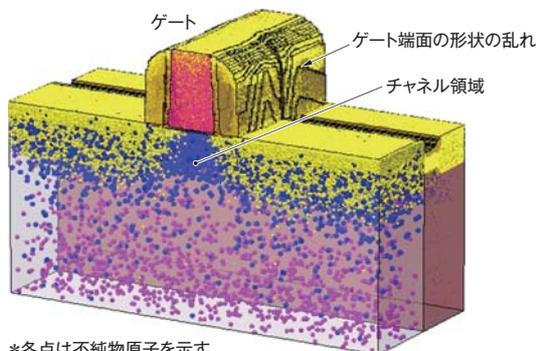
Mechanism clarification and yield improvement applying site-specific scanning spread resistance microscopy (SSRM) analysis to real circuit of static random access memory (SRAM)

近年、LSIの微細化に伴い、プロセス制御の困難さが増し、デバイス性能を左右するキャリア濃度のナノスケール2次元分布計測への要求が高まっている。これまでに高分解能(1 nm)走査型広がり抵抗顕微鏡(SSRM)技術を開発してきた。

今回、実回路の極微細な特定箇所を解析できるSSRM技術による評価手法を実現して、回路内で60 nm未満の極薄故障素子内部のキャリア分布の直接観察に成功し、プロセスに起因する不純物異常拡散による不良モード及びメカニズムを突き止めた。

この技術を用いて不純物ドーピング条件を最適化した結果、歩留まり向上に貢献した。

● トランジスタの特性ばらつきを予測する3次元シミュレータ



*各点は不純物原子を示す

特性ばらつきを予測する3次元シミュレータの出力例

Results of simulation of local variability of scaled transistor calculated by three-dimensional simulator

携帯端末やデジタルカメラなどに必須のMOS(金属酸化膜半導体)トランジスタは微細化技術を元に高速化と高密度化を進めてきた。しかし、トランジスタのゲート長が45 nmの世代を超えると、個々のトランジスタ特性のばらつき改善が必須の課題になってきた。特性のばらつきが大きくなると、回路を構成した場合に動作マージンが小さくなり、ひいては製造歩留まりを低下させるという問題が起きる。

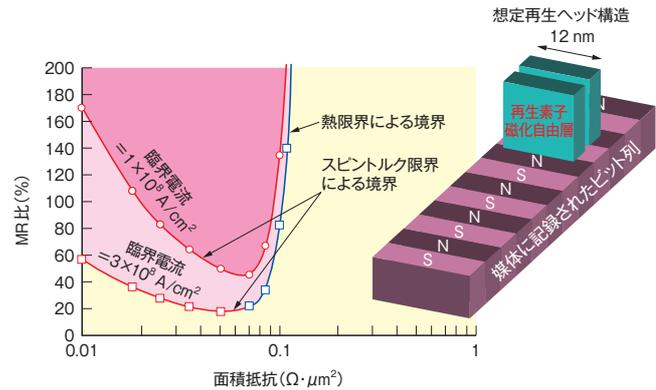
そこで、ゲート加工時に生じる端面の形状の乱れや、不純物の原子レベルの分布ばらつきを取り入れた3次元シミュレータを開発した。計算機上でMOSトランジスタの特性のばらつき予測ができ、更にばらつき抑止の工程設計もできるようにした。

● 5 Tビット/in²再生ヘッドの見積もり

高い面記録密度を持つ磁気ディスク装置 (HDD) を製作するにあたって、MR (Magnet-Resistance) 比と抵抗をどう設計するかがヘッド開発の基本となる。

今回、5 T (テラ: 10¹²) ビット/in²の面記録密度のHDDに必要な再生ヘッドの仕様を見積もることにより、再生ヘッドの開発方針を明確にした。また、スピントルク限界及び熱磁気ノイズ限界という新たなキーパラメータの限界値を明らかにした。

この研究の一部は、NEDOの「超高密度ナノビット磁気記録技術の開発 (グリーンITプロジェクト)」で実施したものである。



5 Tビット/in²の面記録密度のHDDに必要な再生ヘッドの仕様

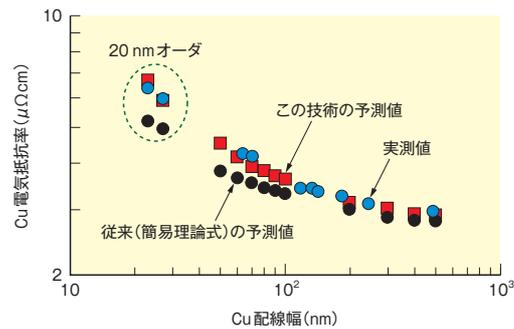
Performance of read head required for hard disk drive with surface recording density of 5 Tbits/in²

● 極微細配線の抵抗シミュレーション技術

先端LSIデバイスに用いられる微細金属配線の電気抵抗を高精度に予測するシミュレーション技術を開発した。

配線幅が50 nm以下の極微細な金属配線では、金属界面や結晶粒界での電子散乱によって抵抗率が增大し、断面積の縮小以上に電気抵抗が上昇することが知られている。配線技術開発ではこの抵抗上昇を高精度に予測することが重要であるが、従来用いられてきた簡易理論式は極微細配線に対して精度が劣化するという問題があった。

そこで、金属内での電子散乱を適切にモデル化した電子輸送シミュレータを独自に開発することで、高速かつ高精度な抵抗予測ができるようにした。この技術により、配線技術開発を効率よく行うことができるようになった。



Cu: 銅

抵抗率の配線幅依存性の実測とシミュレーションの比較

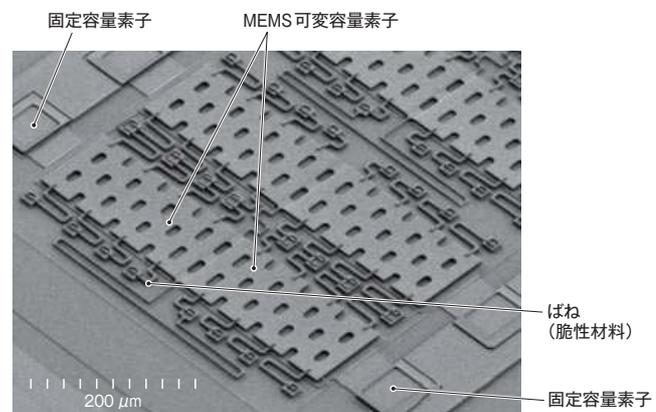
Comparison of measured and simulated wire width dependence of resistivity

● 次世代携帯電話向け 高耐電力RF-MEMS可変容量デバイス

次世代携帯電話の周波数チューニング素子として、高い耐電力を持つRF-MEMS (Radio Frequency - Micro Electro Mechanical Systems) 可変容量デバイスを開発した。

MEMS技術を用いた可変容量素子は、損失と歪み(ひずみ)が小さいため送信システムにも適用できるが、高い耐電力が求められる。

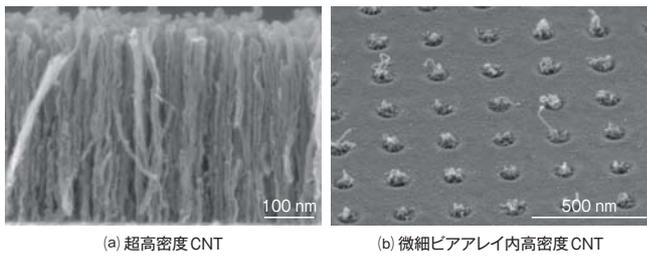
開発したデバイスは、固定容量素子2個とMEMS可変容量素子2個を直列に接続し、脆性(ぜいせい)材料のばね構造を採用したことで、低消費電力と高耐電力、高い機械信頼性(クリープ耐性)を実現した。その結果、携帯電話の送信システムに適用できる+36 dBmの耐電力と10億回以上のスイッチング回数を達成した。



RF-MEMS可変容量デバイスの走査型電子顕微鏡 (SEM) 写真

Scanning electron microscope (SEM) photograph of radio-frequency microelectromechanical systems (RF-MEMS) tunable capacitor device

● 半導体配線用超高密度CNT成長技術



超高密度CNT及び微細ビアアレイ(直径70 nm)のSEM写真
SEM photographs of closely packed carbon nanotube forest (left) and ultrafine via array (right)

LSIの微細化に伴い銅やタンゲステンなどの金属配線の電流密度耐性が限界を迎えつつあるなか、金属の1,000倍の電流密度耐性を持つCNT(カーボンナノチューブ)が代替材料として期待されている。

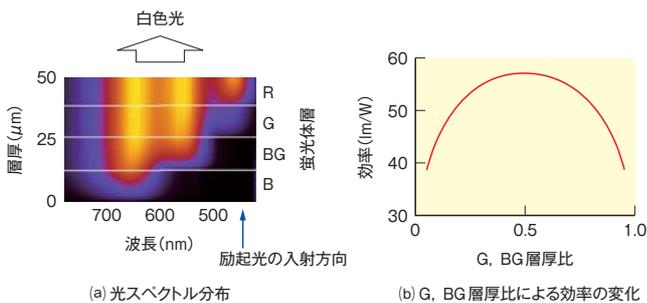
今回、CNT配線応用に不可欠である低温での超高密度CNT成長をプラズマCVD(化学気相成長法)を用いた4段階成長法で実現した。CNT密度は多層CNTでは世界最高値^(注)となる 2×10^{12} 本/cm²を達成(成長温度450℃)し、この技術を微細ビアホールに適用することでビア内高密度CNT成長にも成功した。

この研究は、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。

(注) 2010年9月現在、当社調べ。

関係論文: 東芝レビュー. 66, 2, 2011, p.46-49.

● シミュレーションによる白色LED塗布構造の設計



R: 赤 G: 緑 BG: 青緑 B: 青

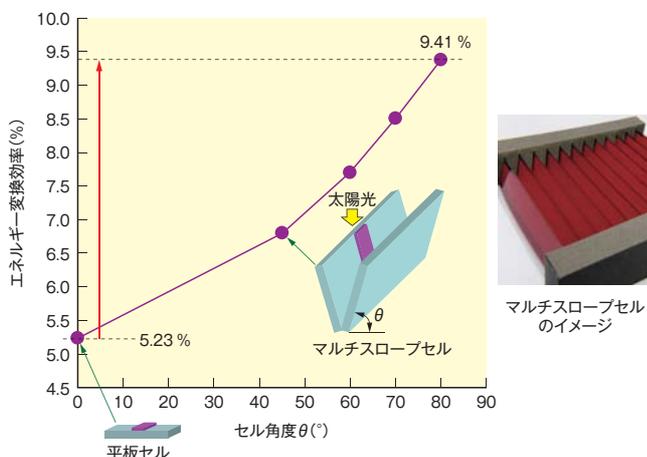
層状塗布構造内の光スペクトル分布とG, BG層厚比による効率の変化
Spectral distribution in multilayered phosphor resin (left) and luminous efficacy as function of green/blue-green (G/BG) layer thickness ratio (right)

高効率かつ高演色白色LED(発光ダイオード)のデバイス設計のためには、蛍光体樹脂層の塗布構造設計を正確に行う必要があるが、従来は多くの試作を繰り返すことによって最適構造を探索する必要がある。

今回、樹脂層内の蛍光体粒子による光吸収過程、発光過程、及び光散乱過程を取り入れた理論モデルを構築し、パソコン上でもシミュレーションできる技術を開発した。その結果、塗布構造の変更による光出力ロスをより正確に評価することができ、計算による塗布量や層構造の設計技術が得られた。

これにより、白色LEDの効率と演色性の最適化を、より短時間に行うことができるようになった。

● マルチスロープセル構造の有機薄膜太陽電池



マルチスロープセルのエネルギー変換効率
Power conversion efficiency (PCE) measured by multislope cell

有機薄膜太陽電池は、理論エネルギー変換効率がSi系太陽電池などと比較して高く、かつ印刷で素子を作製することで低コスト化が期待できるため、次世代太陽電池として研究開発が盛んに行われている。

今回、独自の有機半導体材料並びにセル構造による高効率化を検討し、光利用効率を高めることのできるマルチスロープセル構造を開発した。

これはセルを傾斜配置させたもので、光路長の拡大と、V字形状による光閉込め効果で、従来の平面セルに比べてエネルギー変換効率が格段に向上することを確認した。

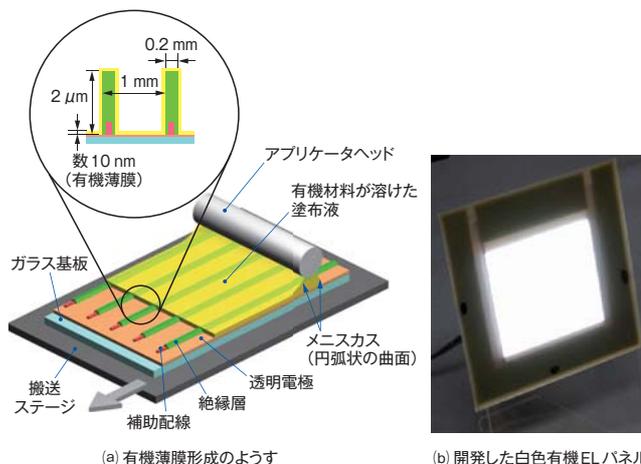
● 塗布型有機EL照明

有機EL (Electroluminescence) は新しい面光源として期待されており、真空プロセスで作製した蒸着型有機ELでは低消費電力で蛍光灯を上回る報告がされているが、低コスト化は実用化に向けた大きな課題の一つである。そこで真空を用いず簡易な作製プロセスにより低コスト化ができる、塗布型有機ELの開発に取り組んでいる。

今回、パネル面内での電圧降下を回避するために補助配線を持つ透明電極構造を設計し、この凹凸の透明電極構造上に有機薄膜を高精度に形成するメニスカス塗布法を適用することで、発光領域全面での高輝度発光を実現できた。

これにより、発光領域58×52 mm、輝度10,000 cd/m²という、塗布型照明用では最高レベルとなる輝度の白色有機ELパネルを開発した。

関係論文：東芝レビュー、65、11、2010、p.42-45.



有機薄膜形成のようすと作製した白色有機ELパネル

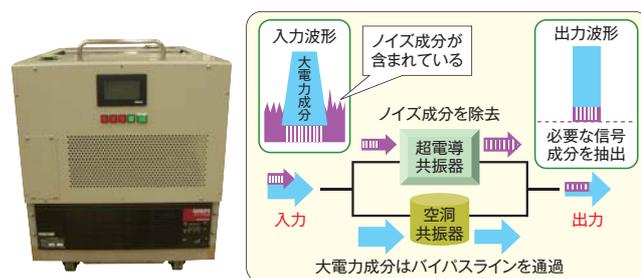
Schematic of thin organic film deposition onto transparent electrode with auxiliary electrode by meniscus coating method (left) and fabricated white organic light-emitting diode (OLED) panel (right)

● 気象レーダ用超電導フィルタ

周波数を有効に利用するために、電波干渉を抑制する技術が求められている。そこで、狭帯域性に優れた超電導共振器と耐電力性に優れた空洞共振器の長所を併せ持つ超電導ハイブリッドフィルタを開発した。

このフィルタは大きな電力が超電導共振器をバイパスする構成としたもので、今回、100 kWの耐電力特性と電波干渉の原因となるノイズを1/100以下に抑制する狭帯域特性を実証した。この技術は気象レーダに活用され、ゲリラ豪雨早期検出に向けた高性能気象レーダ網構築への貢献に寄与している。

この研究は、総務省の技術試験事務「5 GHz帯及び9 GHz帯レーダの周波数有効利用技術に係る調査検討」の一環として実施したものである。



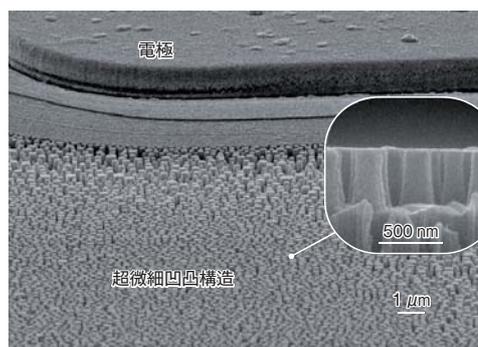
10 GHz帯送信用ハイブリッドフィルタとその機能構成
10 GHz-band transmitting hybrid filter and block diagram

● LEDの光取出し向上のための自己組織化ナノ加工

省エネの観点から、LEDには発光効率の向上が求められている。そこで、LEDチップ表面にナノスケールの超微細凹凸構造を形成することで、屈折率の高い発光層に閉じ込められてむだになっていた光を取り出す技術を開発した。

ナノスケールの超微細凹凸構造の形成には、材料が自然発生的にナノスケールの構造を形成する自己組織化という手法を応用した。これにより、通常の半導体微細加工プロセスで必要な大がかりな露光装置などを使わずにナノスケールの加工ができる。

この技術により、LEDの発光効率が向上することを確認した。



LEDの表面に施された超微細構造
Superfine columnar structure fabricated on LED surface

● 酸化物半導体 TFT



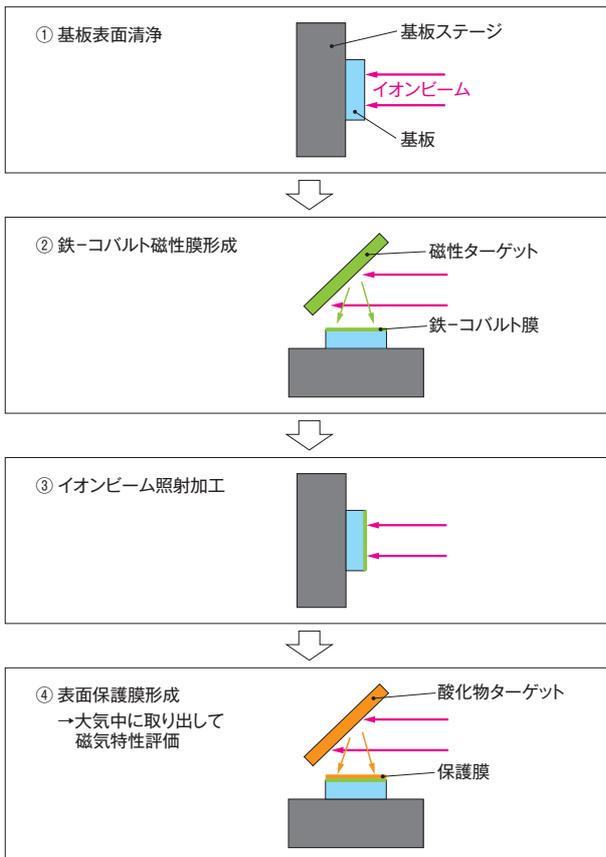
酸化物半導体 TFT で駆動した 3 型有機 EL パネル
3.0-inch OLED panel driven by oxide thin-film transistors (TFTs)

酸化物半導体 TFT (薄膜トランジスタ) は、次世代フラットパネルディスプレイの駆動素子として注目されている。しかし、信頼性、特にバイアス温度ストレスに対する安定性を向上させることが実用化に向けた大きな課題となっていた。

今回、素子劣化メカニズムの考察に基づき、酸化物半導体の成膜条件及びアニール温度を最適化するとともに絶縁膜の水素濃度を制御することで、ゲート電圧±20 V、温度70℃のバイアス温度ストレスをかけた2,000秒後のしきい値電圧変動量を50 mV未満に抑制した。

この高い信頼性の酸化物半導体 TFT を用いて、ゲートドライバ回路を内蔵した160×RGB (赤緑青)×120画素の3型有機ELパネルを試作した。

● 次世代記録ヘッド用磁極の加工



*①～④は同一イオンビーム加工装置内で行われる

イオン照射加工による磁気ダメージ評価用の実験装置及び実験手順
Experimental apparatus and sequence for magnetic-damage estimation using ion-beam etching

1 in² 当たりテラビット時代の超高記録密度 HDD に情報を記録するヘッドの性能発揮の鍵となる微細磁性体の加工条件を評価する基盤技術を開発した。

基板表面の清浄化から表面保護膜の形成までを一貫して真空中で簡便かつ制御性よく行える実験装置を開発し、記録ヘッド用鉄-コバルト磁性膜で10⁻⁹ m 程度のごく浅いイオン照射加工でも約0.1テスラの飽和磁束密度の低下を観測した。

これにより、イオン照射条件が記録ヘッドの特性発揮に重要であることを見いだした。この技術はテラビット時代の HDD 用ヘッド開発加速につながる。

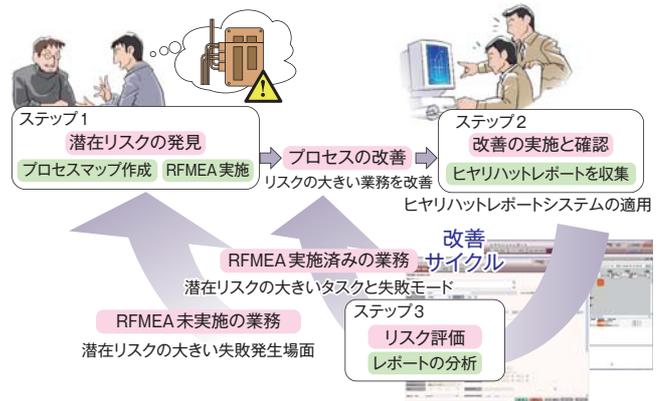
この研究は、文部科学省の委託研究「高機能・超低消費電力コンピューティングのためのデバイス・システム基盤技術の研究開発」の支援を受けて実施したものである。

3 システム技術・機械システム

● 業務プロセスの品質向上に向けたRFMEAによるリスク評価技術

保守・点検作業を対象に、定型作業をまちがえたことで発生する災害を防ぐ、リスク管理型のプロセス改善システムの要素技術を開発した。この技術は、保守・点検作業中に収集したヒヤリハット事項を、リスク分析技術と連動させることで重要リスクを抽出し、対策が必要な箇所を特定するもので、今回、医療業務プロセス分析で実績のある独自のリスク分析技術RFMEA (Risk Failure Mode and Effects Analysis) を適用した。

この技術を適用したプロセス改善システムは、プロセス分析から重要リスク抽出、対策効果の確認までを一貫して行える。電源系統保守などを行う東芝電機サービス(株)では、このシステムを試験導入し、フィールドで収集したデータに基づくプロセス改善サイクルの構築を試みている。



ヒヤリハットレポートを用いた保守・点検プロセスの改善サイクル
Improvement cycle of field service process

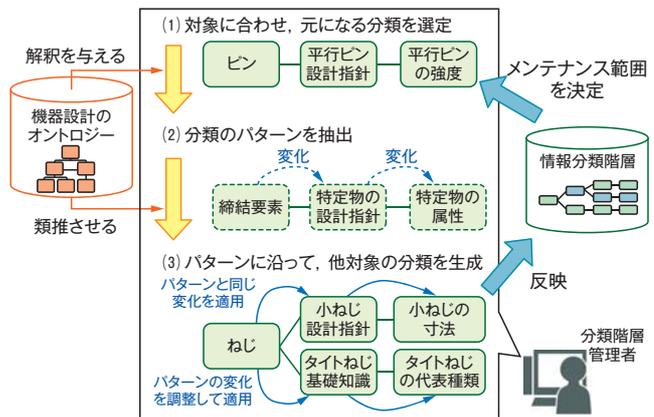
● オントロジーベースの情報分類管理技術 PathNavi

情報を階層的に整理する際、後の検索性を高める分類のパターンを発見し、整理の仕方を提案する技術PathNaviを開発した。

情報を探しやすい、追加しやすく整理するうえで、情報が関連する分野の知識は不可欠である。この技術は、関連分野の知識構造を表したオントロジー(注)に基づき、情報に含まれる意味に応じた分類パターンを求め、検索性の高い分類階層を提示する。

POS(販売時点情報管理)周辺機器に関するCAD情報の管理を対象に行った評価実験では、管理作業の正確さと効率を約2倍に向上させる効果を確認できた。また、設計経験の浅い技術者の作業を熟練者の作業結果に近づける効果も確認できた。

(注) 特定分野の概念を相互に関連付け、体系的にまとめたもの。



分野知識のオントロジーに基づく分類階層管理の枠組み

Framework for maintenance of hierarchical classification based on domain ontology

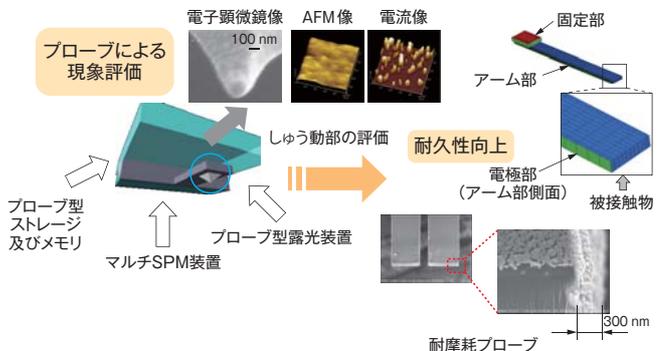
● N-MEMSプローブ

先端がナノレベルのN-MEMS (Nano-Micro Electro Mechanical Systems) プローブ(物理的特性を測定する検出器の探針)を備え、従来性能をしのぐ可能性を持つ露光装置や、ストレージ、メモリなどが提案されているが、プローブ先端と被接触物の信頼性から実用化が阻害されている。

今回、ナノの世界で現象が大きく変わる摩擦や摩耗を、しゅう動前後の電気的特性で定量的に評価する技術を開発した。この評価技術を活用し、機械的なしゅう動部と電気的な機能部を分離した耐摩耗プローブを開発した。摩耗特性を維持しながら、同レベルの原子間力顕微鏡用従来型プローブと比べ100倍以上の耐久性を持つことを実証した。

今後、これを搭載した各種装置の実用化を目指す。

なお、この研究の成果の一部は、独立行政法人新エネルギー・産業技術総合開発機構(NEDO)の委託業務の結果得られたものである。

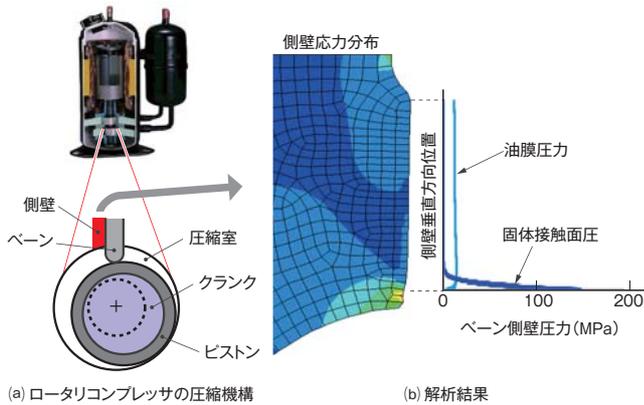


AFM: Atomic Force Microscope(原子間力顕微鏡)
SPM: Scanning Probe Microscopy(走査型プローブ顕微鏡)

ナノ領域の摩擦・摩耗特性の向上

Improvement of tribology characteristics in nano area

● エアコン・給湯機用コンプレッサの混合潤滑解析技術



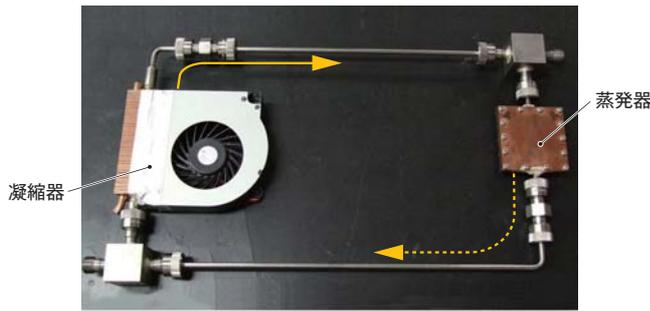
(a) ロータリコンプレッサの圧縮機構
(b) 解析結果
コンプレッサ機構部の混合潤滑シミュレーション
Numerical simulation of mixed lubrication for compression mechanism

エアコン・給湯機用コンプレッサの省エネ・高信頼性を目的に、その圧縮機構部品の混合潤滑解析技術を開発した。

圧縮機構のほとんどの部品はしゅう動面を持ち、接触・運動形態により様々な潤滑状態を示す。この解析では、しゅう動面の油膜圧力・弾性接触式に加え圧縮機構部品の力のつり合い・弾性変形式を連成させており、流体潤滑と固体接触の混在する混合潤滑状態での圧力分布を導出できる。潤滑状態を詳細に把握することで摩擦損失の予測や信頼性の評価ができるようになった。

この技術を自然冷媒二酸化炭素 (CO₂) のコンプレッサに適用し、高効率で信頼性の高い製品の実現に寄与した。

● 小型熱輸送デバイス



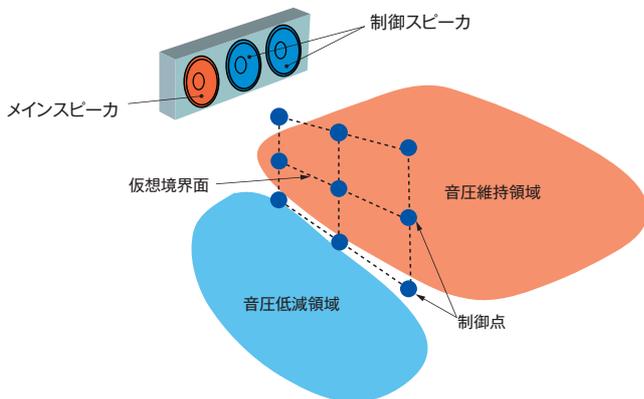
試作したLHP
Prototype of loop heat pipe (LHP)

半導体素子の発熱量増加に伴い、一般的な単管ヒートパイプ (HP) の熱輸送性能では機器の放熱設計が困難になりつつある。そこで、ノートPC (パソコン) に搭載できる小型LHP (Loop Heat Pipe) を開発した。

HPは管内壁の毛細管構造により単管内で液と蒸気を分離し対向させて流すために熱輸送量や管の曲げが制限されるが、LHPは蒸発器内の毛細管構造の毛細管力と蒸気の慣性力により冷媒を循環させるため熱輸送量を増加でき、管の曲げによる性能低下も小さい。ただし、液の逆流防止構造を追加する必要があるため小型電子機器で実用例はなかった。

今回、逆流防止構造を内蔵させた薄型蒸発器を開発して、同じ直径のHPに比べ約3倍の熱輸送性能を達成し、小型電子機器での実用化にめどが得られた。

● 一つの空間に異なる音圧の領域を生成する音場制御技術



側面領域の音圧を低減する音場制御
Sound field control for sound attenuation in side areas

スピーカにより再生される音場を対象として、音圧を維持する領域と音圧を低減する領域を一つの空間内に生成する音場制御技術の開発に取り組んでいる。

今回、メインスピーカと制御スピーカを近接配置した条件で、制御スピーカ数の削減と、正面の音圧維持領域の維持及び側面の音圧低減領域拡大ができる新たな制御方式を開発した。2個の制御スピーカを用いて制御点で構成した仮想境界面を設定することで、音圧維持領域では制御スピーカどうしで音を相殺させて、メインスピーカだけが音が聞こえるようにでき、音圧低減領域ではメインスピーカと制御スピーカで音を相殺させて、音圧低減領域を拡大できることを確認した。

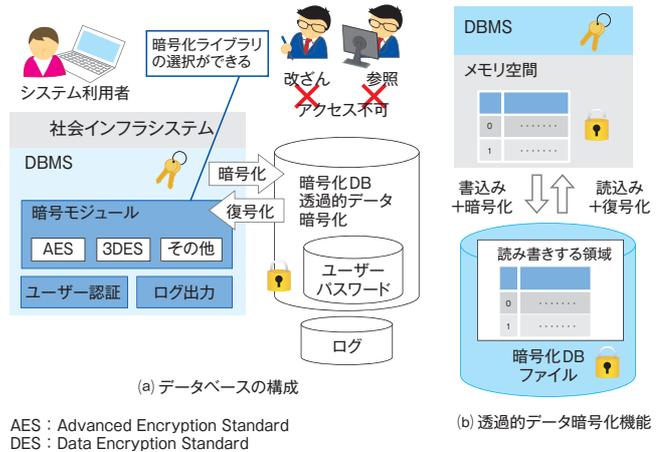
4 ソフトウェア

● 組み込みデータベースのセキュリティ技術

ユーザー認証及び暗号化機能を付加することでセキュリティを強化したデータベース管理システム (DBMS) を開発し、社会インフラシステムに導入された。

暗号化データベース (DB) のファイルからデータを読み書きすると同時に、暗号化や復号化を実行する透過的データ暗号化手法を用いている。そのため、DBを利用するソフトウェアの変更なしに暗号化ができる。この手法によって、暗号化されたデータをメモリ空間に取得した後で復号化するという手間を減らし、暗号化による速度性能の劣化を最大8%に抑えることができた。

暗号モジュールはDBMSから独立しており、暗号化ライブラリの置換えは容易にできる。



社会インフラシステムにおけるDBの構成と透過的データ暗号化機能
Database architecture for social infrastructure system and transparent data encryption

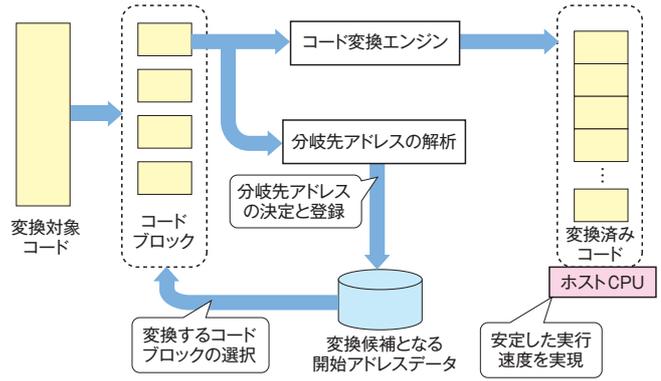
● 異種CPUエミュレーションにおけるコード事前変換技術

汎用CPU上で異なるCPU用のプログラムコードを動作させることのできる異種CPUエミュレータ^(注)は、プログラムテスト環境の構築などで適用される。

今回、応答時間の制約が厳しいリアルタイムシステムも異種CPUエミュレータ上で実行できるようにするため、実行時に行っていた異種CPU用プログラムコードの変換を実行前に行う技術を開発した。

プログラムコードの事前変換を行う際、実行時に初めて分岐先アドレスが確定する可能性があることが障壁となるが、コードの静的解析を行うことで分岐先アドレスを確定させ、実行される全ての命令列を抽出し変換できるようにする仕組みを構築した。

(注) 特定のコンピュータ向けに開発されたソフトウェアを他のコンピュータに使うことをエミュレーション、そのソフトウェアをエミュレータと呼ぶ。



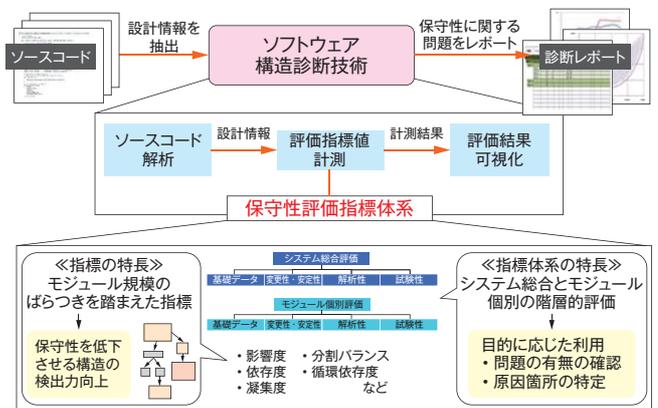
コード事前変換方式の概要
Outline of code preconversion system

● ソフトウェア構造診断技術

派生開発が続く製品では、ソフトウェア設計の保守性の良否が開発効率に大きな影響を及ぼす。そこで、構造診断技術として、保守性に関する評価指標群を整備し、それらを計測するためのツールを開発した。

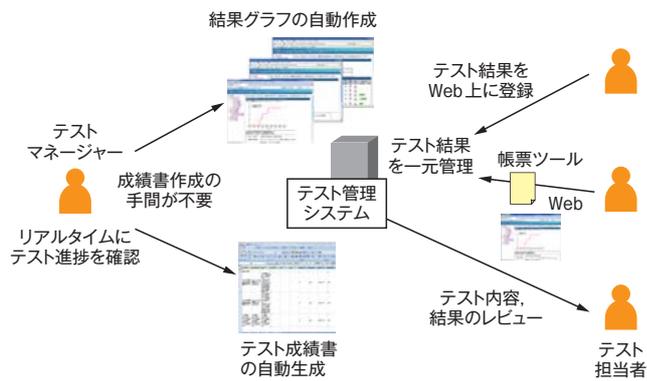
今回、凝集度や結合度などの従来指標を基に、モジュール規模のばらつきを考慮した新指標を定義した。製品のソフトウェアでは、モジュール規模が大きくばらつくため、これを算出式に加えることで、保守性の低下を招く構造をより正確に検出できる。

また、指標体系として、システム総合評価とモジュール個別評価を設けることで、問題の有無の確認及び原因箇所の特定を行いやすくしている。



ソフトウェア構造診断技術の特徴
Features of software structure diagnosis technology

● ソフトウェアのテスト管理技術



テスト管理システムの概要
Outline of test management system

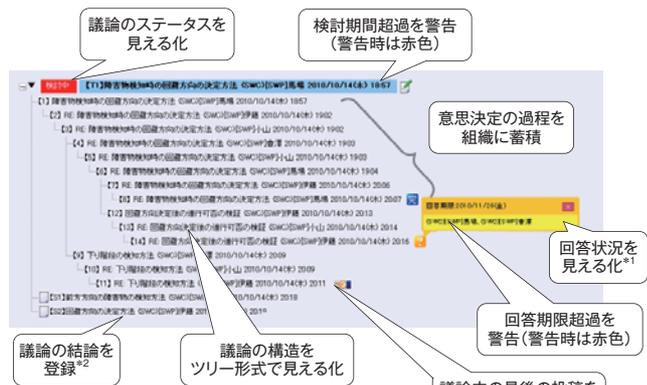
複雑化、高機能化するソフトウェア開発で、効果的なテストを実施するために、Web上でテスト結果を一元管理できるテスト管理システムを開発した。

このシステムでは、テストの内容やその結果を帳票ツールやWeb上で入力すると、テストの進捗状況や、不合格になったテスト項目の状況を自動的に集計し、専用のグラフをWeb上で即時に表示できる。また、テスト項目が不合格になった頻度を元に、テスト対象の品質の安定化傾向を可視化することができる。

これらの機能によって、常に変化するテストの状況を直観的に把握でき、テスト工程での進捗遅れや、テスト不合格への対応が取りやすくなった。

関係論文：東芝レビュー. 66, 1, 2011, p.32-36.

● コミュニケーション管理技術



*1：質問のための投稿には、質問相手の名前が表示される。
*2：議論のまとめを識別するためのアイコン(□)が付いている。

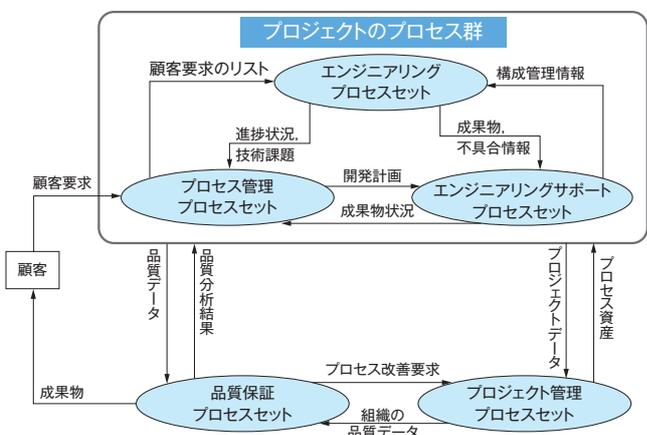
コミュニケーション管理ツールの特徴
Characteristics of communication management tool

ソフトウェア開発では、従来、プロジェクト関係者間の議論を電子メールで行うことが多かった。この場合、開発情報の伝達に関わる作業効率の低下や伝達の失敗、議論の放置などの発生が課題として挙げられる。そこで、ソフトウェア開発を主な対象としたコミュニケーションを管理するためのツールを開発した。

このツールでは、議論の処理状況や質問の回答状況などを可視化でき、効率よく把握することができる。更に、議論の検討期間や質問の回答期限を超過した場合に、警告を表示することができる。

これにより、プロジェクトの状況を効果的に管理しやすくなる。

● ソフトウェア開発標準プロセスの整備



ソフトウェア開発プロセスの全体像
Outline of software development process

W字モデル^(注)による定量的なソフトウェア開発を特長とした“ソフトウェア開発プロセス”を開発した。東芝グループのソフトウェア開発部門に必要な作業内容や手順をまとめたものである。

今回、プロジェクト運営の基本となる“エンジニアリング”と“プロジェクト管理”の推奨プロセスを構築した。また、そのプロセスに沿った作業を支援するための基本的なテンプレートを作成した。これらを参考に、各ソフトウェア開発部門のプロセスを改善することにより、ソフトウェア品質の更なる向上を図ることができる。

今後も“エンジニアリングサポート”、“品質保証”、“プロセス管理”のプロセスに関して順次開発していく。

(注) ソフトウェア開発の上流と下流の対応付けをしたV字モデルを改良し、開発と品質確保を多重化することにより、上流からの検証を重視したモデル。

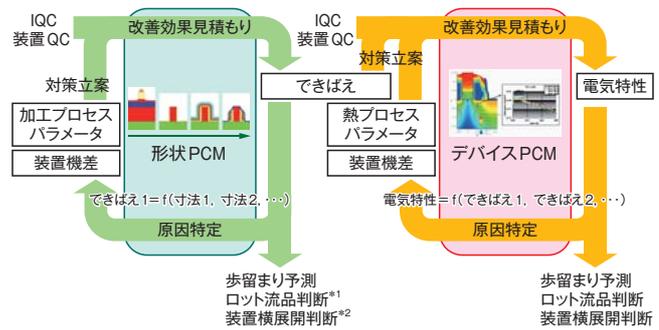
5 生産技術

● PCMによる量産プロセス制御手法

半導体の加工形状と電気特性の関係を定式化したPCM (Process Compact Model) に基づいたプロセス制御方法を確立し、当社で初めて量産ラインに適用した。

TCAD (Technology CAD) により配線形状加工にクリティカルな寸法パラメータを抽出し、これらのパラメータから統計的手法によりPCMを構築することで、加工形状と配線抵抗の相関を定量化した。

この配線抵抗PCMを40 nm CMOS (相補型金属酸化膜半導体) 量産ラインのAPC (Advanced Process Control) に適用し、前工程の加工形状から配線抵抗が一定となるように次の工程での加工形状を制御した。これによって、量産ラインでの配線抵抗ばらつきを30%低減することができた。



IQC: In-line QC
QC: Quality Control

*1: 製品ロットを製造工程に流してよいかの判断。
*2: 製造装置をプロセスが共通な他の工程に流用してよいかの判断。

量産におけるPCM活用方法

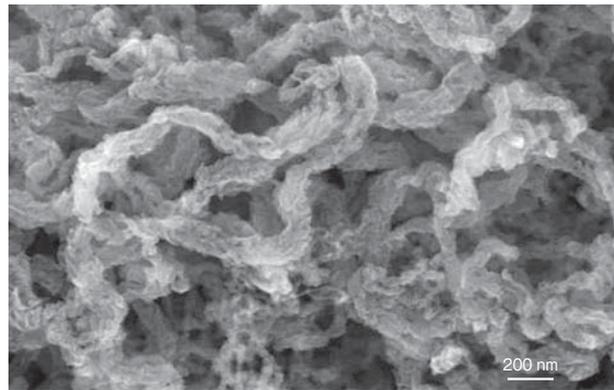
Utilization of process compact model (PCM) in mass production phase

● バイオマス ナノカーボンの安定生成

高機能素材として注目されるナノカーボンを、再生可能資源であるバイオマスから生成できれば、環境面及び原料の安定調達面などで優位である。そこで未利用間伐材などの木質原料からのナノカーボン生成に取り組んだ。

一般的な製法では原料となる炭化水素ガスが1種類であるのに対し、木質原料の熱分解ガスには、分子量の小さいものから大きいものまで多種の成分が含まれる。そのガス分析から着手し、製法の改良を重ねることで、連続して供給される木質チップから安定的にナノカーボンを連続生成できることを確認した。

また、先行開発したバイオエタノールを原料とする製法では、4か月にわたる中量試作に成功している。



生成したバイオマス ナノカーボンの電子顕微鏡像

Scanning electron microscope (SEM) image of nanocarbon produced from biomass

● 家電製品向け センサレス正弦波駆動IC TC7600FNG

エアコン室内外ファンや、ポンプ、換気扇、コンプレッサなど、家電分野用途をターゲットとするDC (直流) ブラシレスモータ用コントロールIC TC7600FNGに内蔵されるモータ駆動用チップを開発した。

これまで白物家電で培ってきたモータ技術のセンサレスベクトル制御をIC化することで、当社従来品と比べて高効率化^(注)、低騒音、及び低振動を実現できるとともに、回転子の位置センサ (ホールセンサ) が不要なのでシステムの低コスト化も図れる。また、内蔵メモリを書き換えることでICの設計変更ができる構成であるため、国内外の顧客要求に応じたカスタム (特定用途)ICを短期間で開発できる。

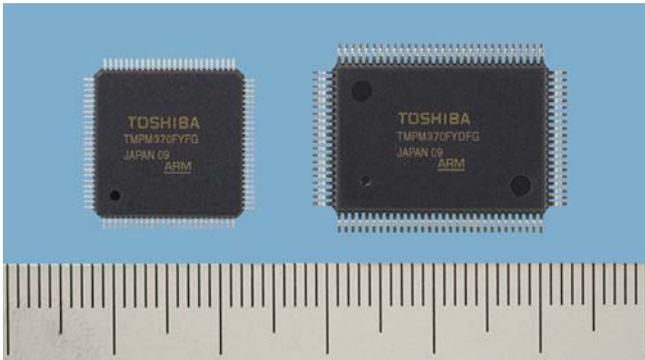
(注) エアコン室外機ファンモータにおいて低速域で効率6%向上。



センサレス正弦波駆動IC TC7600FNG

TC7600FNG sensorless sine-wave drive integrated circuit (IC)

● 家電製品向け モーター制御用マイコン TMPM370



家電製品向け モーター制御用32ビットマイコン TMPM370
TMPM370 32-bit microcomputer for motor control in home electrical appliances

新興家電メーカー向けにモーター制御用32ビットマイコン TMPM370を開発した。

開発したマイコンは、モーターを高効率で低騒音に駆動するための正弦波駆動用ベクトル制御をIP (Intellectual Property) 化したベクトルエンジン、変換時間 $2\mu\text{s}$ の12ビット高精度AD (Analog-to-Digital) 変換器、及び容量256kバイトのフラッシュROMを内蔵している。

従来のマイコンではソフトウェアで行っていたベクトル制御処理を、このマイコンではほとんどをハードウェアで処理できるようにデザインしているため、ユーザー側で作成するプログラム量は1/5で済み、開発負担を大幅に低減している。演算処理速度も従来と比べ5倍に向上している。

● 専用眼鏡なし3D LCDの貼合せ技術



3D LCD 貼合せ装置
Lens unit adhering equipment for three-dimensional liquid crystal displays (3D-LCDs)

専用眼鏡なしで立体映像が見られる3D (3次元) 液晶ディスプレイ (LCD) の貼合せ技術を開発した。

3D LCDのレンズユニットとLCDは、視域や解像度など3D特有の光学特性を実現するため、数 μm の位置精度で貼り合わせる必要がある。今回、製品のレンズ特性を利用した位置検出方法を開発し、高精度の貼合せができるようにした。また、減圧封止技術によりレンズユニットとLCDの間の密着性を向上させ、ギャップばらつきを抑えた。

この技術を搭載した装置を開発し、12型と20型の3D LCDの量産を行っている。

関係論文：東芝レビュー、65、10、2010、p.32-35。

● 2輪走行ロボット



2輪走行ロボット“Wheelie”
Wheelie self-balancing two-wheeled robot

工場や家庭の狭い通路で荷物を安全に運搬するための、倒立振り子型の2輪走行ロボットを開発し、東芝科学館で2010年3月から公開を開始した。現在、1日平均7回程度のデモ走行を行っている。

このロボットは、本体の傾き速度と車輪回転量の情報を基に安定な姿勢を維持するように制御されているため、1kg程度の荷物を積載して登坂もできる。また、遠心力に合わせて上体を傾けることで、転倒や荷物の脱落をすることなくコーナーを走行する。自動運転時は、レーザレンジファインダで目標や障害物を認識して走行軌道を生成し自律走行する。

電源には急速充電可能な二次電池SCiB™を搭載した。

● HDD事業海外生産拠点での生産システムの統合

当社は、富士通(株)とのHDD(磁気ディスク装置)事業統合及び完全子会社化に伴い、HDDを生産する海外量産拠点の生産計画システム^(注)の統一を進めている。

両社の生産システムの優れた機能を組み合わせることで、市場要求変動への柔軟性と製造仕掛り在庫の抑制を重視した統合生産計画システムを開発した。このシステムの特長は、富士通(株)仕様の詳細な計画立案機能をベースに、当社のモノづくりに要求される複数品種の生産に対応させたことである。

東芝ストレージデバイス(株)タイ社への導入を完了し、今後残る拠点に横展開していく計画である。

(注) 生産要求に対し、在庫や生産能力から出荷日を回答する仕組み。



HDD 海外生産拠点と統合生産計画システム

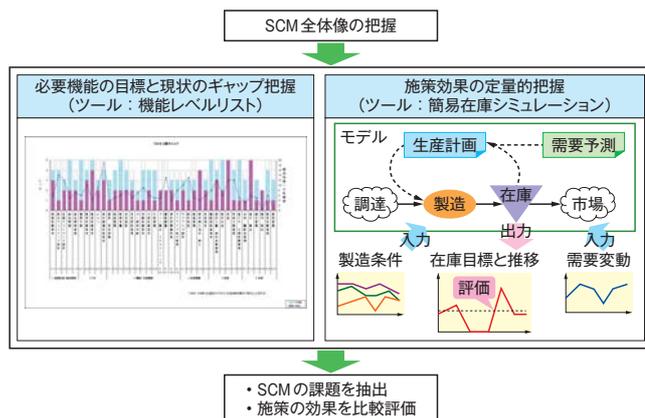
Global manufacturing sites and integrated manufacturing planning system for hard disk drives (HDDs)

● SCM診断手法の確立

規模が拡大する新興国市場や、ニーズが多様化する既存市場に製品をタイムリーに供給するため、SCM(Supply Chain Management)を継続的に適正化する必要がある。しかし、販売、生産、及び調達の拠点増加や拠点間業務連携の複雑化に伴い、課題抽出や施策評価が難しくなっている。

そこで、SCMに必要な各機能の目標(To Be)と現状(As Is)のギャップを明確にして課題の発見を促す“機能レベルリスト”と、各課題に対する施策の効果を比較評価する“簡易在庫シミュレーション”を柱とするSCM診断手法を確立した。

これにより、現在のSCMの課題抽出や施策評価を支援する枠組みを構築した。



SCM診断手法の概要

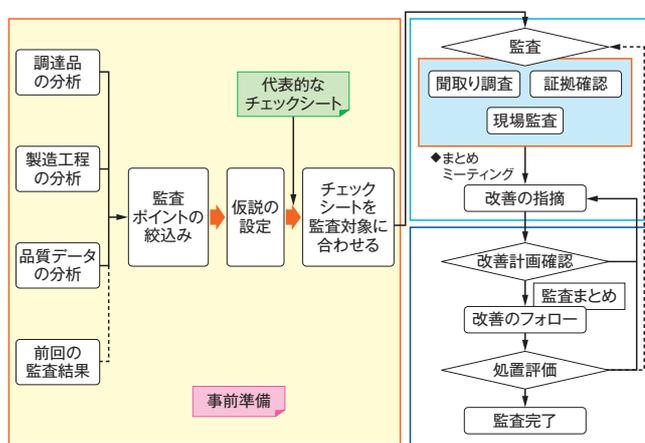
Outline of diagnosis method for supply chain management (SCM)

● 調達品の品質向上

調達品の安全と品質を確保するために、仮説検証型の取引先監査のフレームワークを構築した。

まず事前に、調達品、製造工程、及び品質データの分析を行い、調達品の特徴や製造工程及び品質管理のポイントを抽出し、監査ポイントとして絞り込む。次に、監査で検証すべき事柄を監査仮説として設定する。代表的な製造工程の管理ポイントをまとめたチェックシートを監査対象に合わせて使用することで、多様な調達品に展開できるようにした。

これに基づき、取引先と協力して監査を行うことで、効率的かつ実質的な改善を実行していく。このフレームワークを監査員育成講座としてまとめ、調達品の安全と品質向上に寄与していく。



監査計画に基づいた仮説検証型の監査のフレームワーク

Hypothesis verification type quality audit framework based on audit plan