

グローバル トップレベルのモノづくりを目指して

Toward Realizing Manufacturing Technologies with Top-Level Global Competitiveness

久保 智彰 佐々木 賢司 森 郁夫

■ KUBO Tomoaki ■ SASAKI Kenji ■ MORI Ikuo

グローバルな競争力を持ったトップレベルの複合電機メーカーへ構造を転換するためには、グローバルなマーケットに対して、ニーズに応じた製品を競争力のある価格とスピードで供給していく力を獲得する必要がある。

東芝は、これを達成するために必要なモノづくり力の強化策として、①製品企画・設計段階でコストを作り込むDFM (Design for Manufacturability) の更なる推進、②生産準備段階で生産性を作り込む生産エンジニアリング力の強化、及び③製造を実行している段階でラインの最大能力を発揮するための現場管理の仕組み強化、の三つを掲げている。そして、これらの活動を通し、新工法の採用による製品の小型化、プロセスシミュレーションによる重要管理項目の明確化、製造ラインシミュレーションによるライン設計チェック機能の強化、及び加工モデリングによる加工効率の向上などで成果を上げている。

In order for Toshiba to become an even stronger global contender, the ability to introduce products meeting the needs of the global market with competitive cost and speed is required.

We are promoting the strengthening of our manufacturing technologies through three schemes: (1) design for manufacturability (DFM) taking product cost into consideration in the planning and design phases, (2) manufacturing engineering to design productivity in the production preparation phase, and (3) manufacturing control to extract the maximum capabilities of production lines at the production stage. The results achieved through these activities include product downsizing by the application of new manufacturing methods, clarification of critical control parameters using technology computer-aided design (TCAD) simulation techniques, strengthening of production line design verification through the use of simulation tools, and improvement of machining efficiency by the modeling of processes.

モノづくり力の強化に向けて

東芝は、中期計画のビジョンとして、“グローバル競争力を持ったトップレベルの複合電機メーカーへの構造転換”という目標を掲げた。それは、人々に新しい生活スタイルを提案するとともに、環境に優しい社会を作り出す製品やサービスをグローバルなマーケットにいち早く次々と投入し、かつそれらをトップシェアが確保できる競争力のある事業に確実に育て上げる力の獲得を意味する。

■事業背景

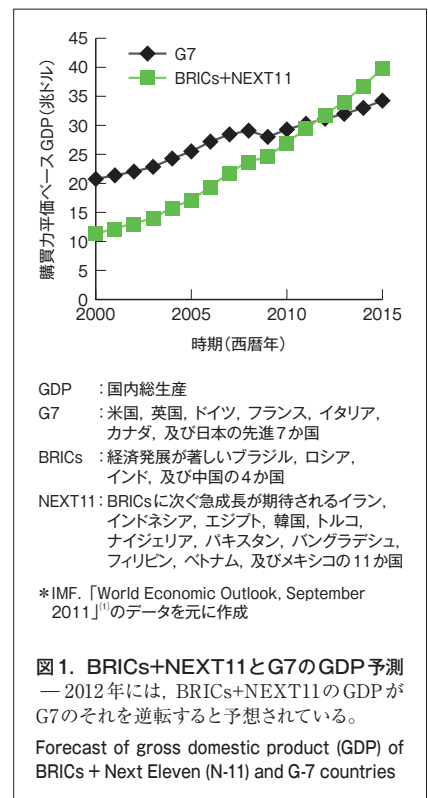
ここで、その力の一端を支えるモノづくりのグローバルな環境に目を向けると、まず、製造については、超円高と呼ばれる為替環境のもと、デジタルプロダクツや家庭電器などの組立系製品を中心に、多くのモノづくり企業が、安価な製造リソースを求めて新興国へ製造拠点を

シフトする動きを猛烈に加速している。

更に、グローバルなマーケットに製品を供給するという面でも、製造拠点のグローバル展開は重要な戦略となっている。そのマーケット規模の伸びは、先進国に比べて新興国のほうがはるかに大きく(図1)、新興国への製造拠点展開をより強く動機付ける要因となっている。この傾向は、世界における液晶テレビの生産・販売状況(図2)にも明白に表れている。

このように、海外の製造拠点を活用したモノづくり力の強化は、グローバルトップを目指すモノづくり企業にとって、最大の課題の一つである。

また、グローバルなマーケットに価値を供給していくためには、それぞれのマーケットにフィットした機能を、それぞれのマーケットにフィットした価格で製品に作り込むというように、製品開発のグローバル化へ構造転換を図ることも



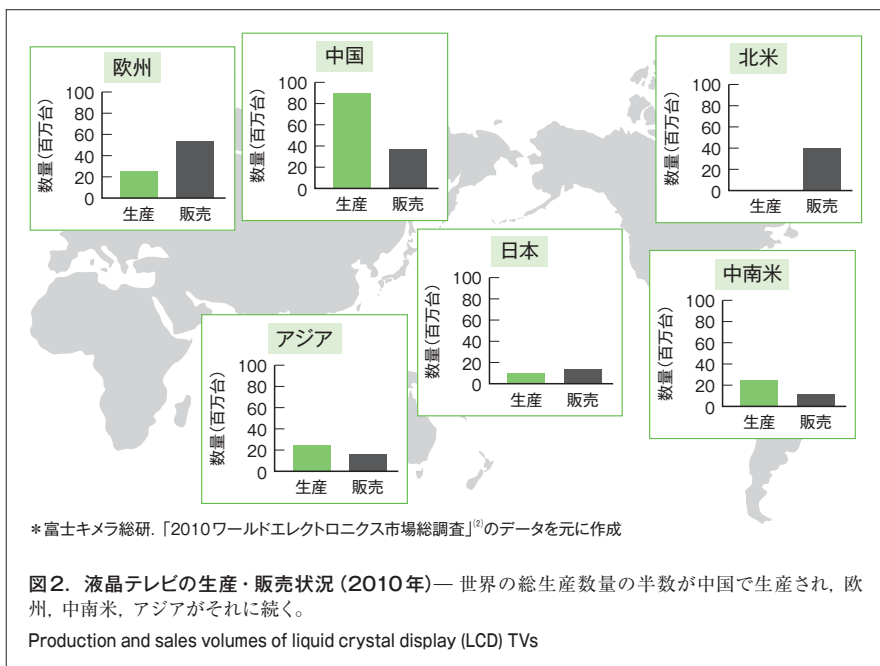


図2. 液晶テレビの生産・販売状況 (2010年) — 世界の総生産数量の半数が中国で生産され、欧州、中南米、アジアがそれに続く。
Production and sales volumes of liquid crystal display (LCD) TVs

必要になる。これを効率よく行うために、一部の製品では開発拠点をマーケットに近い場所へのシフトが進むものと予測される。したがって、海外の開発拠点を活用したモノづくり力の強化も、当社の重要な課題になりつつある。

一方、製造設備による加工が中心となる半導体などの電子デバイスでは、コスト低減、大容量化、及び映像機器の高精細化などのために微細化が続いている。特に半導体デバイスでは、露光技術の光学限界を超えた超微細化が繰り返されており、各世代製品の安定した量産をいかに短期で立ち上げるかが事業競争力に大きな影響を及ぼしている。これに対して製造の視点では、膨大で複雑な製造プロセスにおける製造パラ

メータと製品のできばえの関係を明確にし、ロバスタな製造工程を設計する活動、及び製造しやすくするための工夫を製品設計に盛り込む活動が重要となる。

■三つの強化策

前述の背景のなかで、モノづくり企業として更なる成長を成し遂げるためには、製造、その上流段階である製造準備、及び製品開発において、モノづくり力を総合的に強化していく必要がある。

当社のモノづくり力の強化策を整理して図3に示す。これらは、①製品企画・設計段階でコストを作り込むDFM (Design for Manufacturability) の更なる推進、②生産準備段階で生産性を作り込む生産エンジニアリング力の強

化、及び③製造を実行している段階でラインの最大能力を発揮するための現場管理の仕組み強化、の三つから成る。

次章以降では、この3点の強化策について、事例を交えながら述べる。

製品企画・設計段階でのコスト作り込み

グローバルなマーケットでビジネスを拡大するためには、消費地のニーズに合った製品をグローバルな競争力がある価格で市場投入することが不可欠である。そのためには、製品の企画・設計段階において、モノづくりの視点で徹底した低コスト化の施策を打っておくことが、従来にも増して重要となる。当社は、この活動をDFMと定義している。

製品企画・設計段階でのコスト削減では、直接材料費 (以下、直材費と略記) と加工・組立・検査費を削減するための施策を、製品設計に徹底して織り込んでおくことが重要である。この活動のキーとなる施策、それを実施するうえでの技術課題、及びその技術課題を解決する手法について図4を用いて述べる。

■直材費の削減

直材費削減でまず重要なことは、部材の使用量そのものを削減することである。そのためには、例えば、製品の構造部材を極限まで薄くする、あるいは製品自体を小型化するなど、製品を軽薄短小化することで大きな効果が得られる。当然ながら、これらは、製品の

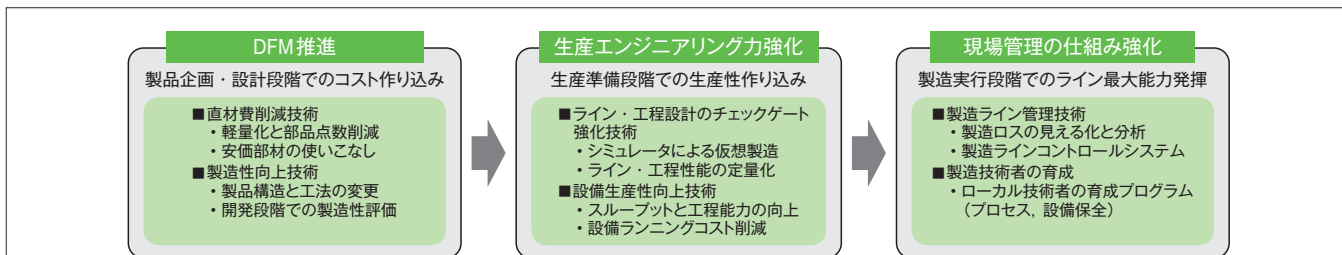
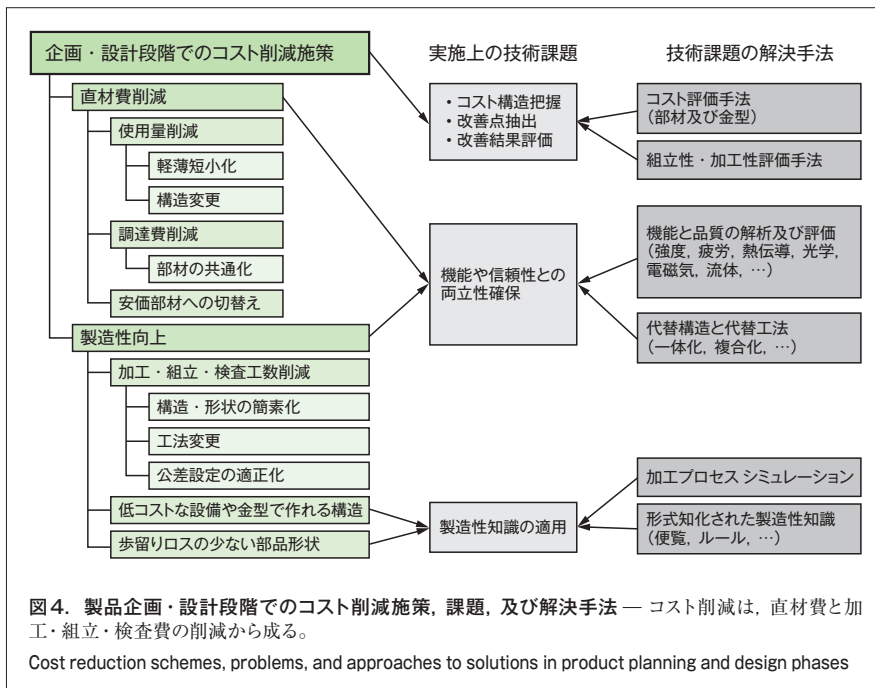


図3. グローバルトップのモノづくりを目指す東芝の三つの強化策 — 製品企画・設計段階でのコスト作り込み、生産準備段階での生産性作り込み、及び製造実行段階でのラインの最大能力発揮、という三つの強化を目指し、技術の向上を進めている。

Three strengthening schemes aiming at acquisition of top-level global competitiveness in manufacturing



機能, 信頼性, 及びデザインなどの設計意図を損なわないように行うことが必要である。また, 新しい製品実装技術を開発することで部材の削減を実現するアプローチも有効である。

この特集では, その一例として, 電子部品の電磁ノイズシールド性能を向上することで, 従来用いられていた板金シールドカバーのサイズを縮小し, 機器の小型化に貢献した事例を紹介する (p.7-10 参照)。

次に, 同じ部材であっても, より低コストで調達できるよう工夫することにより効果が上がる。製品の機種間あるいは異種製品間で使用部材を共通化することなどがその典型例となる。

更に, 従来使用していた部材を, より安価なものに切り替えることも効果的である。そのためには, 一部の部材の品質低下やばらつき増加をある程度受け入れ, これを製品設計全体のマージンでカバーすることにより, 製品全体としての機能や信頼性を損なうことなく, トータルの直材費を削減するというアプローチが必要となる。なお, 安価部材への切替えの典型的な施策として, 現在, 海外部材の採用が積極的に進めら

れている。

加工・組立・検査費の削減

加工・組立・検査費の削減では, 各工数を削減できる製品や部材の構造を適用することが重要である。そのためには, 構造や形状を簡素化すること, 及び工法を変更することが有効である。また, 製品を構成する各部品への加工公差の配分を適正化し, 過剰な加工精度を要求しないようにすることが必要である。更に, 低コストの設備や金型で加工し成形するための工夫や, 加工しやすく, 歩留りロスのない部品形状を工夫することも必要である。

これらの施策を実施するには, 製品のコスト構造を把握し, それに基づいて改善効果の高い項目を抽出し, 更に改善案の実施効果を評価することが必要になる。そのためには, 部材や金型などのコスト評価手法, 及び組立性や加工性を定量的に把握する手法が必要である。また当然ながら, これらの施策を実施する際には, 製品の機能や信頼性と両立させることが必要であり, そのためには, 強度, 疲労, 熱伝導, 光学, 電磁気, 流体など製品機能に関わる

様々な物理特性を解析し, 評価する手法が求められる。

更に, 異種部材の一体化や機能の複合化など, 代替構造及び代替工法の開発も重要である。また, 低コストの設備と金型で加工や成形ができる形状, 及び歩留りロスのない形状を見いだすためには, 加工や製造に関する知識の適用が不可欠である。そのためには, 加工プロセスシミュレーション及び設計標準や設計ルールなど, 形式知化された製造知識が必要になる。

この特集では, 製品性能に対する部品形状の感度分析技術と加工・組立コストの評価技術から成る評価手法, 及びこれらをエアコン用ロータリコンプレッサの設計に適用して部品の設定公差を適正化した事例を紹介する (p.11-14 参照)。

生産準備段階での生産性作り込み

新製品の市場投入プロセスにおける生産準備の役割は, 即時に最大能力で立ち上がる, 高効率な製造ラインを短時間で設計することである。当社は, これらの活動を生産エンジニアリングと定義している。

高効率な製造ラインとは, ばらつきや変動に強く, かつ設備の生産性が高いラインである。ここで言うばらつきや変動とは, 加工や組立などライン内部あるいは部品調達先の工程に起因する加工精度のばらつき, 需要や部品供給の変動など事業に関連する外部環境のばらつき, 及び製品品種の増減といった事業計画に起因する変動などを指す。また, 設備生産性とは, 投資効率のほか, 設備の保有及び稼働に関わるコストなどを指す。生産準備の作業は, 工程設計及びライン設計から成る。

工程設計

工程設計とは, 製品の製造過程を個別の加工プロセスや作業に分解し, 設

備や治工具の仕様、作業手順、及び管理項目とその基準値などを確定していく作業である。

このうち、管理項目とその基準値の設定では、各工程における加工パラメータと加工のできばえの相関関係を把握し、かつ加工プロセスで予想されるできばえのばらつきから、各工程の工程能力を予測することが必要である。しかし、半導体デバイスのように、工程数が多く、かつ各工程における加工メカニズムが複雑な製品の加工では、この作業自体が極めて難しいものとなる。

この特集では、半導体デバイスの製造においてTCAD (Technology CAD) 形状シミュレーション技術を活用することで、加工パラメータと、製品の形状、寸法、及び特性など加工のできばえの関係をモデル化し、実際の製造ライン

で前者がばらつくことによる後者のばらつきを予測する手法を紹介する (p.15 - 18参照)。これによって、加工寸法のばらつきに影響が大きい危険工程を明確化し、開発の早い段階から危険工程の工程能力を改善することで、量産後のプロセスマージン不足による歩留りと品質のロスを最小化している。

また、工程設計では、製造装置を短期間に開発することも課題である。この特集では、3D (3次元) CADデータを設計から加工、組立、納入、立上げまで一貫して活用することにより、製造設備の開発リードタイムを短縮する取組みについて紹介する (p.19 - 22参照)。

■ライン設計

ライン設計はラインレイアウト設計とライン運用設計から成る。

ラインレイアウト設計とは、個々の工程に関わる加工・組立・検査設備や、搬送・部品供給設備、人員、治工具、倉庫などの、製造フロアにおける物理的な配置を決める作業である。また、ライン性能評価とは、このラインレイアウトに基づき、生産性などの指標について、定常状態での値、あるいは前述した様々なばらつきや変動のもとでの値を評価する作業である。

ライン運用設計とは、生産実行計画の策定とそのコントロール、及び設備や治工具の保全などを行うための人員体制やルールなどを設計する作業である。

これらの作業では、製造実行段階で発生するおそれのある様々なロスを可能なかぎり事前に予測し、ライン設計において、また、場合によっては製品設計にまでさかのぼって、それらに対する対策

設備及び金型のTPM教育への取組み

設備及び金型の保全は、製造ラインの最大能力を維持し続けるための基本である。東芝は、各国の製造拠点向けに教育プログラムを開発し、国内製造で蓄積した設備及び金型の保全知識を各拠点に伝えている。

最初はインストラクターを定期的に日本から派遣し、製造拠点のトレーナーを育成している。育成されたトレーナーは、保全活動を実践すると同時に講師として教育活動を行い、拠点内のスキル保有者を増やしている。

設備の保全には、機構や、電装、ソフトウェアの基礎知識のほか、図Aに示すよ

うな様々な設備要素に関する知識が必要である。また、金型の保全には、機構に加え、金型構造や成形プロセスの知識が必要である。育成受講者のレベルを計画的に引き上げていくために、表Aに示すように、4段階の育成レベルを定義している。

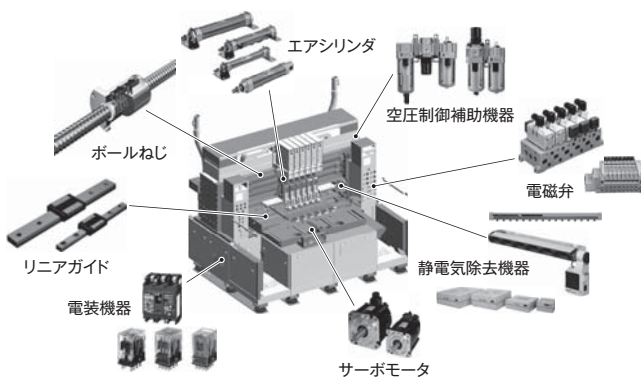
教育では、座学(図B)と実習に加え、実際に拠点で使うための教材やマニュアルの作成(図C)なども行っている。また、各レベルの教育を終了するときには理解度テストを行い、受講者の学習レベルを定量的に把握している。

表A. 設備TPMのスキルレベル

| レベル | 定義 |
|------|-------------------------|
| レベル4 | 設備の修理と改善のスキル |
| レベル3 | 設備の状態と製品品質の関係の理解 |
| レベル2 | 設備の機能と構造の理解 |
| レベル1 | 設備保全の基礎(清掃、異常の発見と対処)の理解 |



図B. 座学による基礎知識習得のようす



図A. 設備TPMの対象となる設備要素の例

| | Charg | False Brimming | Crack Brimming | Sealing | Indentation |
|----|-------|----------------|----------------|---------|-------------|
| 現象 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 原因 | ... | ... | ... | ... | ... |
| 対策 | ... | ... | ... | ... | ... |

図C. 受講者が調査してまとめたベアリングの破損原因と対策(タイ語版)

を打っておくことが重要である。

■チェックゲート機能

前述のように、工程設計からライン運用設計までの一連の作業では、製造プロセス、製造設備、作業管理、物流管理、計画管理、及び製品設計など、多岐にわたる専門家が知恵を出し合っていくことが必要である。

一例として、組立系製品の生産準備段階で行うべき評価及び確認の視点と項目を表1に示す。これらの作業を抜けないように行うためには、生産準備の各ステップで評価・確認状況をチェックする、チェックゲート機能を充実させることが重要となる。そのために

表1. 生産準備段階で行うべき評価と確認の視点及び項目

Aspects and items to be evaluated and verified in production preparation phase

| 評価及び確認の視点 | 評価及び確認すべき項目 |
|-------------|---|
| 工程の視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・組立手順 ・作業工数 ・作業性(手の動線、歩行の動線、作業時間など) |
| ラインレイアウトの視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・構内物流の効率 |
| ラインバランスの視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・スループット ・ボトルネック工程 ・工程滞留量 |
| ライン総合性能の視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・生産能力 ・仕掛り数 ・稼働率 ・スペース効率 ・部材同調率 |
| ライン運用の視点 | <ul style="list-style-type: none"> ・稼働時間 ・歩留り ・設備稼働率 ・品種切替え ・部材調達を加味した生産管理 |

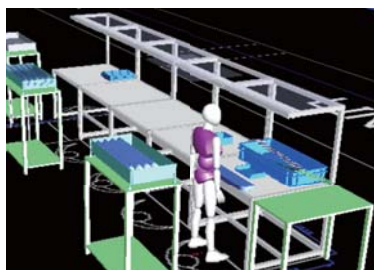


図5. 製造ラインシミュレーター 専門を異にする技術者が製造ラインの様態を共有し、生産準備段階において様々な視点から評価と確認を効率的に行う。

Example of production line simulator display

は、専門を異にする技術者が製造ラインの様態や特性を共有することが肝要である。当社は、そのための1手段として、コンピュータ上に仮想製造ラインを構築する製造ラインシミュレーター(図5)が有用であると考えている。この特集では、この手法の活用事例について紹介する(p.23-26参照)。

製造実行段階でのライン最大能力発揮

製造実行段階では、生産準備段階で設計した製造ラインを、その設計意図どおりに稼働させることのほか、事前には予期できなかったばらつきや変動への対処を継続的に行うことが重要である。改善の対象は、生産計画の策定と管理、加工プロセス条件の管理、設備やプロセスの保全、及び調達部品の管理など多岐にわたる。また、この活動の起点となる、ラインにおけるロス要因の発見には、稼働状況のモニタリング及びそのデータ分析が有力な手段となる。

この特集では、加工プロセス条件の管理手法例として、切削加工のモニタリングやシミュレーションを用い、加工点と加工装置で起きている物理現象を把握することにより、加工メカニズムに基づいて改善する手法を紹介する(p.27-30参照)。

製造のグローバル化が進むなか、製造ラインの維持・改善活動は、製造拠点の人員により常態的に行われていかなければならない。これを実現するためには、国内で培った生産技術を積極的に製造拠点の技術者に伝えていくことが必要である。例えば、設備や金型のTPM(Total Productive Maintenance: 全員参加型生産保全)技術者を育成するために、海外拠点の技術者向けに教育プログラムを開発し、国内のインストラクターが定期的に現地に出向いて教育を行っている(囲み記事参照)。

グローバルトップを目指すモノづくりに向けて

最先端の製品をグローバルで支えるモノづくり力の強化策として当社が掲げている、①製品企画・設計段階でコストを作り込むDFMの更なる推進、②生産準備段階で生産性を作り込む生産エンジニアリング力の強化、及び③製造を実行している段階でラインの最大能力を発揮するための現場管理の仕組み強化、について考え方と事例を述べた。

これらの活動領域それぞれに対して描いたあるべき姿の完成に向けて、更なる技術開発を進めていく。

文 献

- (1) IMF, "World Economic Outlook, September 2011". World Economic and Financial Surveys. <<http://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2011/02/weodata/index.aspx>>, (参照2011-12-27).
- (2) 富士通カメラ総研. 2010 ワールドワイドエレクトロニクス市場総調査. 富士通カメラ総研, 2010, 423p.



久保 智彰
KUBO Tomoaki, D.Eng.

生産技術センター技監, 博士(工学)。
DFM, 品質制御, メカトロ機器の技術開発に従事。計測自動制御学会, 応用物理学会, 日本経営工学会会員。
Corporate Manufacturing Engineering Center



佐々木 賢司
SASAKI Kenji

生産技術センター参事。
パワーエレクトロニクス関連技術の企画・開発に従事。電気学会会員。
Corporate Manufacturing Engineering Center



森 郁夫
MORI Ikuo

生産技術センター 生産技術企画部長。
生産技術に関する研究・開発活動の企画・管理に従事。溶接学会会員。
Technology Planning & Coordination Dept.