

# 世界No.1 ノートPC生産工場への取り組み

Leading the World in High-Quality PC Production

村上 浩 舘山 和樹

■ MURAKAMI Hiroshi

■ TATEYAMA Kazuki

家庭や企業におけるノートパソコン(PC)の普及に伴い、その製品品質の重要性はますます高まっている。製品の品質は、商品企画、開発、及び設計の段階で作り込まれ、これを具現化する部品調達、製造、及び製品出荷の段階では生産行為のミスによる品質の低下を極限まで抑え込み、製品出荷後の市場不良をゼロにすることを目標に様々な品質向上活動を続けている。

東芝ノートPCの量産工場である中国浙江省 東芝情報機器杭州社で行ってきた多くの製造品質向上活動の結果、従来をはるかにしのぐ製造段階での高品質を達成することができた。

With the wide dissemination of notebook PCs both in homes and in business and government establishments, the importance of PC quality has grown substantially. Good quality is an attribute that becomes part of a PC in the earlier stages of planning, development and design. In the later stages—during parts procurement, assembly and shipping—a number of activities aimed at improving quality are performed to minimize quality deterioration due to human error so as to ensure that poor-quality products do not find their way onto the market.

Toshiba Information Equipments, Hangzhou Co., Ltd., in Zhejiang, China, has been able to create remarkably high-quality notebook PCs through the development of a large number of improvement activities.

## 1 まえがき

東芝ノートPCラインアップの中で、差別化商品として位置づけている高機能PCは、中国浙江省杭州市に設立した当社工場(図1)で量産している。これら差別化商品は、テレビ視聴やHD DVD録画・再生、無線通信など機能バリエーションが多く、顧客の多用なニーズに細かく対応するためには多品種変量生産が必要とされる、という点が生産上の特徴である。一般に製造品質を高めるには、同じモノを同じ環境で大量に作り続ける“少品種大量生産”が近道であると考えられてきた。しかし、製品在庫を持たずに多品種変量生産を実現するには、必要な機能の製品を、必要なときに、必要な

数量だけ生産する受注生産方式のBTO (Built To Order)が不可欠となっている。

このような条件の下、従来をはるかに上回る高品質な製造を実現するために行った品質向上施策について述べる。

## 2 ノートPC製造プロセスの概要

ノートPCの製造は、大きく二つのプロセスに分けられる(図2)。第1のプロセスは、ノートPCの心臓部であるCPUなどの電子回路部品が搭載されたPCB (Printed Circuit Board: プリント板)を製造する“PCB製造工程”である。第2のプロセスは“FAT (Final Assembling and Testing: 最終組立てと試験)工程”と呼ばれ、ノートPCの主要部品である、液晶表示装置(LCD)やキーボード、及び磁気ディスク装置(HDD)やDVD装置をPCBとともに筐体(きょうたい)に組み付け、最終的なノートPCの形に作り上げる工程である。PCB以外の主要部品は、通常それぞれのメーカーから購入することになるが、当社においてはLCDやHDD、DVDなど多くの主要部品をグループ内で商品化しており、高品質な部品をグループ内で調達できるところに大きな強みを持っている。

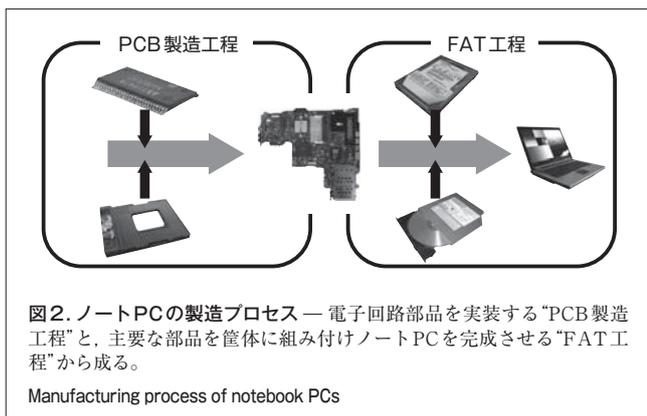
PCB製造工程は、2千個を超える電子回路部品をいかに正確に基板表面にはんだ付けするかが製造品質の鍵であり、多くの製造工程を自動化した装置型の製造になっている。

一方、FAT工程は、作業員による労働集約型の製造と位



図1. 東芝情報機器杭州社 — 多くの製造品質向上活動により、従来をはるかにしのぐ高品質のノートPCを製造している。

Toshiba Information Equipments, Hangzhou, Co., Ltd.



置づけられ、組立て技術に柔軟性を持たせ、オーダー単位のBTO生産に対応できるようにしている。

### 3 製造管理の4M

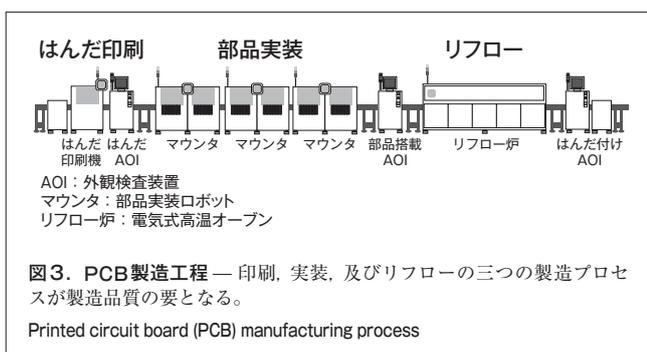
PCB製造工程かFAT工程かを問わず、製造管理のポイントの一つに4M管理がある。

- (1) 設備, 治工具 (Machine)
- (2) 方法 (Method)
- (3) 材料 (Material)
- (4) 作業員 (Man)

これら四つが製造での重要な管理対象であり、それぞれに対して継続した施策を打つことによって、製造品質の維持向上が図られることになる。当社工場でのノートPC製造に対して行ってきた品質向上施策を、この四つの切り口で述べる。

#### 3.1 設備・治工具 (Machine)

前述のとおり、PCB製造工程では多くの設備を使って製造しており、これらをいかに最良な状態で稼働させ続けるかが品質維持向上の必要条件であると言える。PCBの製造には、はんだペースト印刷、部品実装、リフローの三つのプロセスがあり(図3)、それぞれの“最適なプロセス条件を導き出し、その条件で“製造装置を良好な状態のまま稼働させ続ける”ことが重要となる。ここでは、後者に対する施策について二つの例を述べる。



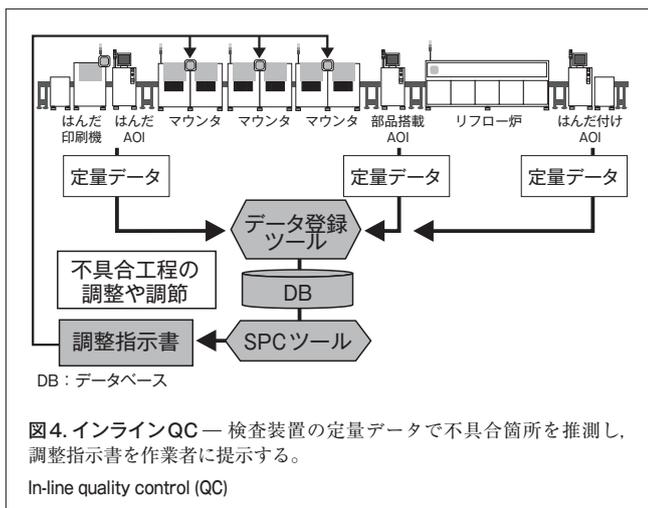
**3.1.1 設備保全のレベルアップ** 設備を良好な状態に保つ活動を設備保全と言う。一般的に設備保全のレベルを3～5段階に分けることが多く、初歩的な段階に“事後保全”, 中間段階に“予防保全”があり, 上位レベルに位置づけられるものに“予知保全”がある。事後保全とはその名のとおり, 故障が発生し, 装置が停止又は障害状態になった時点で故障箇所を修理する保全方法である。次の予防保全は, 定期点検や交換など, 時間的期限を設けて装置の整備や部品の交換を行う方法とされている。最後の予知保全は, 装置状態を測定するためのなんらかの手段を準備し, 頻繁に測定することで故障に至る前の兆候を察知し, 故障が起きる前に対処する保全方法である。図3に示すPCB製造装置は高額であり, その部品もたやすく交換できるものではない場合が多い。このため, 保全方法も事後保全になってしまう場合がみられ, 設備稼働に支障をきたすことがあった。

当社は, 以前から日本メーカー製のPCB製造装置を導入してきており, 装置メーカーとも極めて良好な関係を保ち続けている。今回, 品質と生産性を飛躍的に向上させることを目指して装置メーカーとの協業を行った。装置の保全作業全般にわたる診断を受けて弱点をすべて克服するとともに, 通常であれば装置メーカー自身が行う保全作業内容の技術指導を受けた。これにより, 事後保全から予防保全へのレベルアップが図れ, 後述する予知保全への足がかりにもなった。

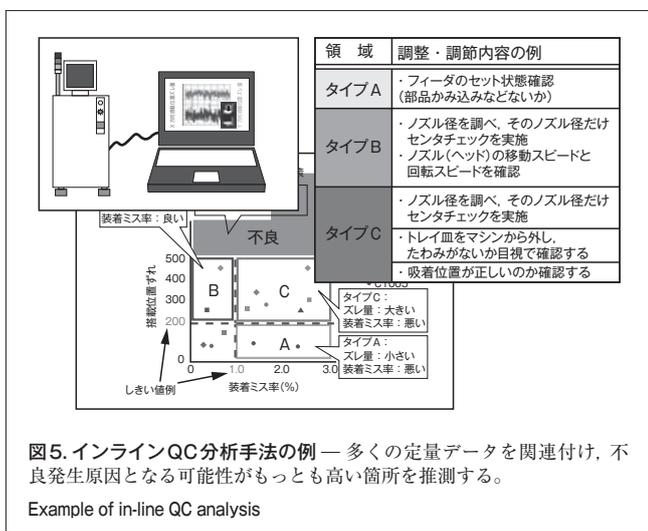
また, 特定のノートPC製造ラインに数か月の間は付き, 装置メーカーから見た理想的な製造プロセスの提案を現場に適用するとともに, ノートPC用のPCBの製造に既存装置の性能が不足している項目を洗い出すことで, これに対処する設備部品や保全方法を開発することができた。

**3.1.2 インラインQC** インラインQCとは、「定量データによるプロセスの統計的管理(SPC: Statistical Process Control)で高品質を維持する仕組み」と定義づけており, 当社の生産技術センターがPCB製造用のインラインQCを開発し, これを当社ノートPCのPCB製造工程に適用した。この手法は, 製造プロセス全体にわたる総合的な品質管理手法であり, 4M管理におけるMachineだけでなく, Man, Method, Materialのすべてに対して効果を上げることができた。特に設備保全では, 前述した予知保全を実現する手段として活用しており, これについて述べる。

適用したインラインQCは, 図4に示すようなシステム構成になっている。前述のとおりPCBの製造には三つの重要なプロセスがあり, それぞれ, はんだ印刷機, マウンタ, 及びリフロー炉と呼ばれる設備が行っている。そして, それら装置の後ろには外観検査装置(AOI: Automated Optical Inspection)を配備している。通常, これらのAOI装置は各製造プロセスの品質のできばえを合否判定し, 不良



品を後工程に流出させないための検査装置として使用するが、インラインQCでは、これら装置が計測したはんだや部品などの物理的な位置及び体積などの定量データを積極的に活用する。一方、過去の品質データと経験豊かなエンジニアのノウハウから、様々な不良現象とそれを引き起こす不良原因との関係性を導き出し、不良原因推定のアルゴリズムとして形式知化している。参考として、いくつかの分析イメージを図5に示す。



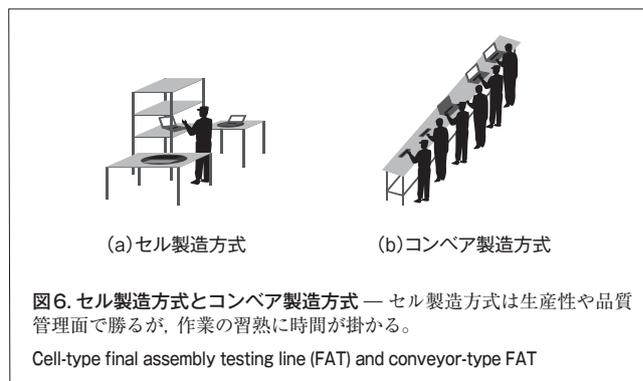
検査装置から取得した定量データを、形式知化したアルゴリズムに基づいて処理することにより、どの装置のどこを(何を)調整すべきであるかの“調整指示書”を自動的に出力し、装置保全作業者はこの調整指示書に従い装置の調整を行っている。つまりこの手法は、故障する前にその兆候を察知し、事前に設備保全ができる予知保全を実現している。今のところ、この調整指示書が提示する内容は、経験豊かなエンジニアの持っているレベルには到達しておらず、初級から

中級レベルにとどまっているものの、工場立地エリアでの人材確保や離職率の状況によっては、非常に有効なツールになると考えている。そのような観点からもインラインQCが作業員(Man)の管理・育成ツールとして機能しており、PCB品質の向上に直接的・間接的な効果を発揮している。

以上のような活動により、PCB製造ラインの一般的な品質性能指標である部品欠点率<sup>(注1)</sup>は、シングルppm(百万個に10個未満)の実装ミスを維持できるレベルに達している。

### 3.2 方法(Method)

製造方法に関する品質向上施策として、FAT工程での例を述べる。昨今の日本国内での製造ではセル製造方式(1人~数人のチームで、各人が多くの作業をこなす製造方法)の導入が進んでいる。一方、中国をはじめ低労働コストを強みとする地域では、百人以上の作業員がベルトコンベアに並んで作業する方式が採用されている。セル製造方式では、高い生産性が得られるばかりでなく、不良の発生を最小限にとどめることができる品質面での利点を持っているが、作業員には高い技量が要求される。ひとりひとりの作業が簡単になるベルトコンベア方式に比べ、作業の習熟には多くの訓練と時間が必要になることから、労働者の流動性が高い場合には対策が必要になる(図6)。



当社のノートPC製造では、実験を繰り返して両方の長短を組み合わせた製造方式を開発し、品質面においても生産性においても、そして作業員育成の効率面においても、バランスの取れた結果が得られている。

また、高品質なBTO製造を支える仕組みとして、当社独自開発の製造実行システム(MES: Manufacturing Execution System)が重要な役割を果たしている。BTO生産でのFAT工程は最小ロットが1台であり、また、ラインに流れる隣どうしのPCが異なるモデルであることも珍しくない。表示画面サイズの違い、メモリ容量の違い、HDD容量の

(注1) 部品欠点率は、実装不良部品数÷総実装部品数をppm単位で表わした品質指標であり、この数値が1けた台であることを“シングルppm”と呼ぶ。

違いなどすべての組合せを考えると、数百万通りを超えるノートPCの製造は情報システムの支援なしではとうてい行うことができない。顧客からの注文情報は需給管理システムで処理され、必要なタイミングでMESに引き渡される。この段階で既にPC1台1台の部品の種類が決定されており、FAT工程の先頭には、1台1台仕様が異なる製造指示書が発行される。すべての部品はバーコードで管理されており、まちがった部品を組み付けようとするとう製造が続けられない仕組みになっている。更に、どのPCを、誰が、いつ、どのラインで製造し、すべての試験に合格したか、を記録する仕組みになっており、不良の流出を防止するだけでなく、不良発生要因を分析できるものとなっている。PCBに実装された極小部品も含めて、1台1台のPCに使用された部品は、そのメーカー名やロット番号などがデータベースに記録されており、特定有害物質の使用を禁止したRoHS (Restriction of Hazardous Substances) 指令<sup>(注2)</sup>にも対応できるシステムになっている。

### 3.3 材料(Material)

材料に対する品質向上の取組み例として、FAT工程における製造不良対策について述べる。FAT工程は、前述のとおりPCを構成する主要部品を筐体に取り付ける作業が主であり、この作業工程で発生する不良は少ない。その中でももっとも多い不良は筐体への傷つけである。一般のユーザーでは気づかないレベルの傷であっても不良と判定し、すべて新品と交換している。製造中にPCをぶつけて傷を付ける可能性のある箇所はクッション材で防護し、作業者は毎日新しい手袋をはめ、作業者の服装やつめの長さの管理も行っている。また、作業手順を分析し、製品に触る回数や移

動する回数を最小限にしている。更に、不良品の傷部分を顕微鏡で拡大し、傷の物理的な形状特徴を分析することで原因を突き止め、根本対策を行っている(図7)。

傷が筐体メーカー(筐体専門メーカーから調達)によって付けられたものと判断した場合には、そのメーカーの製造ラインにまで入り込み、不良を発生させる工程の特定及び作業手順や治工具へのアドバイスなど、適切な対策を行う取組みを行っている。

### 3.4 作業者(Man)

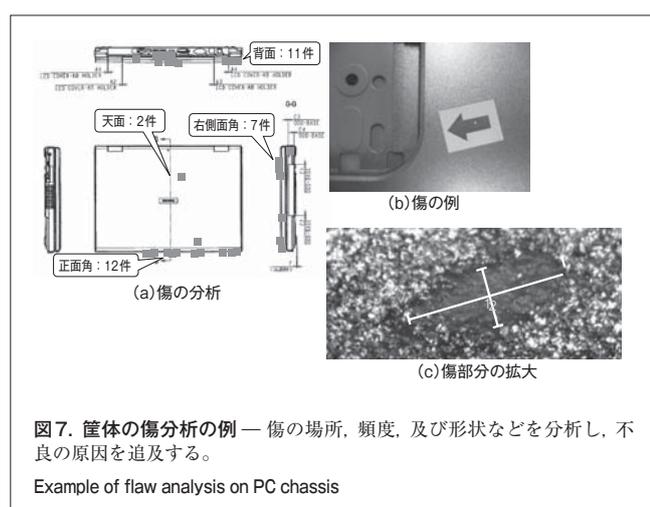
“モノづくりは人づくり”と言われるほど人の教育と育成は重要であり、品質管理の基礎は人の管理にあると言っても過言ではない。当社の中国PC工場では、社長を責任者とした教育センターを組織し、新人導入教育から始まり、製造の基本である5S(整理、整頓、清潔、清掃、及びしつけ)教育、各職種での専門知識教育やOJT(On-the-Job Training)など、また、教育する側となるトレーナー育成のカリキュラムでは、IE/TP(Industrial Engineering/Total Productivity)教育と実務演習、日本での最終強化訓練など、役職・給与体系と連動した教育カリキュラムを体系化し運営している。

更に、従業員の生活環境やメンタルケアにも力を入れている。従業員寮への全戸エアコン設置や自己学習支援のための教育クラス開講、及び専門者によるメンタル相談室を寮内に設けるなど、就業後における従業員の生活環境を整えることにより、健康でやりがいのある職場を作り、最終的には良い製品作りを目指している。

## 4 あとがき

以上述べたような各種の品質向上施策を継続して行ってきたことにより、当社の中国PC工場での製造品質は大きく向上したが、まだまだ満足のいくレベルではない。

極限まで品質を高め、最高の生産性を目指すための生産・製造イノベーションを更に推し進め、どこにも負けない世界No.1のノートPC工場を実現していく。



(注2) EU(欧州連合)が2006年7月1日に施行した規制で、電気・電子機器への特定有害物質の含有を禁止するもの。規制対象は、鉛、カドミウム、六価クロム、水銀、ポリブロモビフェニル、ポリブロモジフェニルエーテルの6物質である。



村上 浩 MURAKAMI Hiroshi

PC&ネットワーク社 生産統括センター グローバル生産技術部グループ長。ノートPCの製造技術開発に従事。Global Production & Logistics Management Center



館山 和樹 TATEYAMA Kazuki

生産技術センター 実装技術研究センター研究主務。鉛フリーはんだ実装技術、モジュール実装技術の研究・開発に従事。日本金属学会、エレクトロニクス実装学会会員。Electronic Packaging & Assembly Technology Research Center