

High Quality PCを支えるプリント板実装設計技術

PCB Mounting Design Technology Supporting High Quality PCs

八甫谷 明彦 今野 俊和

■ HAPPOYA Akihiko

■ KONNO Toshikazu

“High Quality PC”を実現するためには、プリント板(PCB: Printed Circuit Board)の品質向上は必須である。PCBには、CPU、チップセット、メモリなど数多くの電子部品が実装されている。PCBはノートパソコン(PC)の心臓部とも言える重要なユニットである。

今回、High Quality PCを実現するにあたり、PCBの品質として、電気的特性に加え、二つの製造品質及び機械的信頼性の向上に取り組み、ノートPCの量産に適用を進めている。

The printed circuit boards (PCBs) play a vital role in the quality of a notebook PC. It is essential to make improvements in the quality of PCBs used in the manufacture of higher-quality PCs. Various electronic components, such as the CPU, a set of chips and memory modules, are mounted on the PCBs, making them the core of a notebook PC.

In order to produce high-quality notebook PCs, Toshiba takes a proactive stance on the improvement of manufacturing quality and of mechanical reliability, in addition to that of the electrical quality of PCBs.

1 まえがき

ノートPCのPCBは、CPU、チップセット、メモリなど、PCの構成要素として不可欠な電子部品が数多く実装されたものであり、PCの心臓部とも言える重要なユニットである。

PCBの品質には、電気的特性、プリント配線板(電子部品が実装されていないもの)へ部品を実装するときとPCBをPCの筐体(きょうたい)に組み込むときの製造品質、及び筐体へ組み込まれた状態での機械的信頼性などがあり、これらPCBの品質を向上させることが、PCの品質向上に直結すると言える。

ここでは、“High Quality PC”を支えるPCBの品質向上施策、及びそれを支える実装技術について述べる。

2 PCBの電気的特性

ノートPCのPCB上の周波数は年々高くなってきており、PCI (Peripheral Component Interconnect)バスに代わるPCI-ExpressのようなGHz以上の伝送線路になると、信号パターンを単なる接続線と考えているだけでは十分な波形品質を保てなくなる。このため、プリント配線板内のパターンにおける特性インピーダンスを管理する必要がある。特性インピーダンスは、パターンの幅と厚み、絶縁体の厚みと誘電率などのパラメータにより決定される。これらパラメータの最適値をシミュレーションにより決定し、最適なパターンレイアウト設計を行っている。

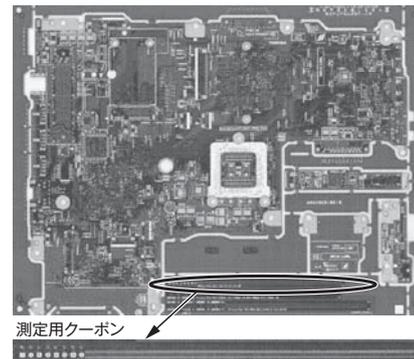


図1. 特性インピーダンス測定用クーポン— プリント配線板の端材部に測定用クーポンを設置し、実測することにより、品質管理ができるようになっている。

Test specimen attached to PCB to assure the quality of impedance

この特性インピーダンスについては、プリント配線板の端材部に測定用クーポン(図1)を設置して実測することにより、品質管理ができるようになっている。

3 PCBの製造品質

前述のとおり、High Quality PCにおいては、プリント配線板に部品を実装するときの製造品質、及びPCBをPCの筐体に組み込むときの製造品質の両方を確保する必要がある。つまり、この二つのDFM (Design For Manufacturing)を実践することが重要である。

3.1 部品実装工程での製造品質

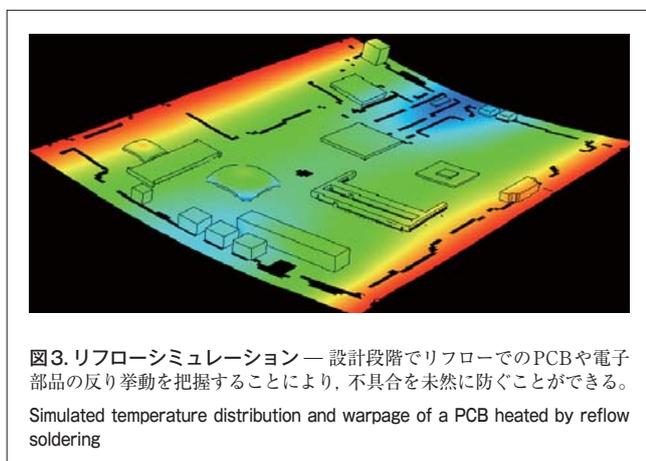
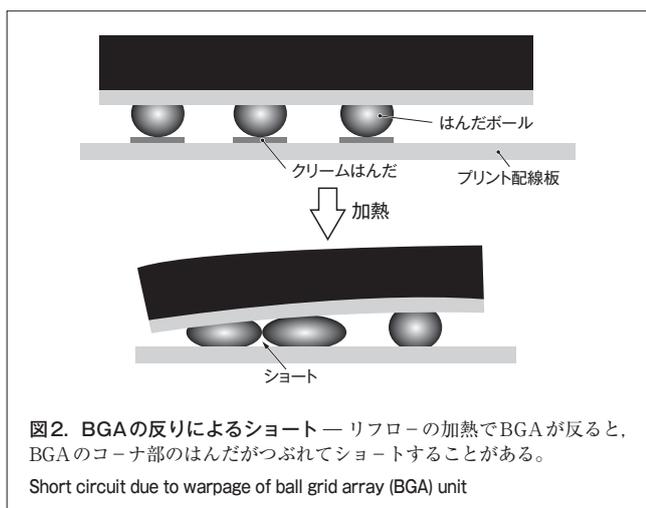
ここでは、PCBの品質の生命線とも言えるはんだ付け品質を確保する施策について述べる。

はんだ付け品質を確保するには、特に困難度の高い技術が必要とする狭ピッチでかつ多ピンの部品であるBGA (Ball Grid Array)部分の事前シミュレーションと、外部コネクタなどのスルーホール挿入部品における高品質はんだ付け技術の2点が重要である。

3.1.1 BGAにおけるはんだ接合安定性向上

プリント配線板へのBGAの実装においては、リフローで加熱したときのプリント配線板や電子部品の反りが、大きくはんだ付け品質に影響する。図2は、BGAがリフロー工程の加熱で反り、BGAのコナ部のはんだがつぶれてショートした事例である。

このような不具合の発生を防ぐには、リフロー時の加熱によってプリント配線板や電子部品がどのような反り挙動をするか把握する必要がある。そのため、図3のようなリフローシミュレーションを用いて温度分布や反り量を把握している。



更に、実測を使った方法としては、リフローの温度プロファイルと同じような加熱・冷却が模擬できる、レーザ変位やモアレ干渉の原理を使った装置でBGAとプリント配線板の反りの挙動を測定する。次に、それぞれの測定結果を重ね合わせ、反り量がショートなどの不具合が発生するおそれがあると判定された場合は、防止のための改善を行っている。

改善の一例として、プリント配線板については、剛性が高い層構成の設計や、端材部との接続部を最適化することにより、リフロー工程ではんだ接合の安定性を更に向上させ、製造工程における部品の接合不良などの発生を回避している。

3.1.2 ピンスルーリフロー実装

ノートPCのPCBは、表面に部品を多数実装しているが、USB (Universal Serial Bus)コネクタやRGB (赤、緑、青)コネクタなどの外部インタフェースについては、こじりなど外部応力に対する強度を確保する必要があるため、スルーホール挿入部品を採用している。

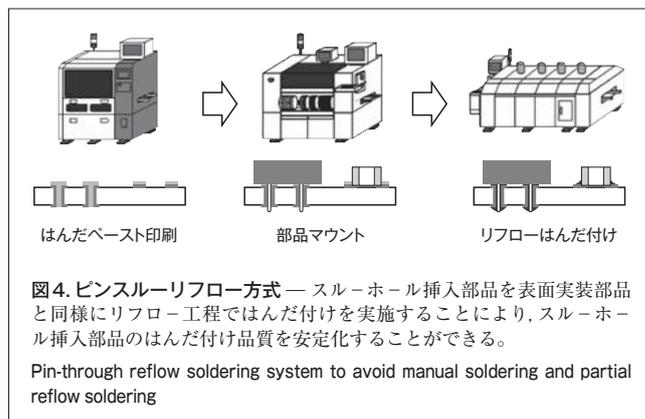
従来は、このような表面実装部品とスルーホール挿入部品を混在させて実装する場合のはんだ付け工程は、まず両面リフローによる表面実装部品のはんだ付けを実施し、次に部分フロー又は手はんだ付けによるスルーホール挿入部品のはんだ付けを実施していた。

部分フローの場合は、噴流はんだの影響を避けるために近くの表面実装部品の配置距離に制限があり、余分な面積を必要としたり、はんだ付け部の目視検査や手はんだ付けによる修正が必要になる場合があった。また、手はんだ付けを実施する場合は、人手による作業のばらつきが発生していた。

これら課題を解決し、更なる品質を向上させるために、スルーホール挿入部品を表面実装部品と同様にリフロー工程ではんだ付けを実施するピンスルーリフロー方式を積極的に採用している。手はんだ付け工程をなくすことでスルーホール挿入部品のはんだ付け品質の安定化を図っている。ピンスルーリフローの工程を図4に示す。

3.2 機器組立て工程での製造品質

ここでは、部品を実装したPCBをPC筐体に組み込む工

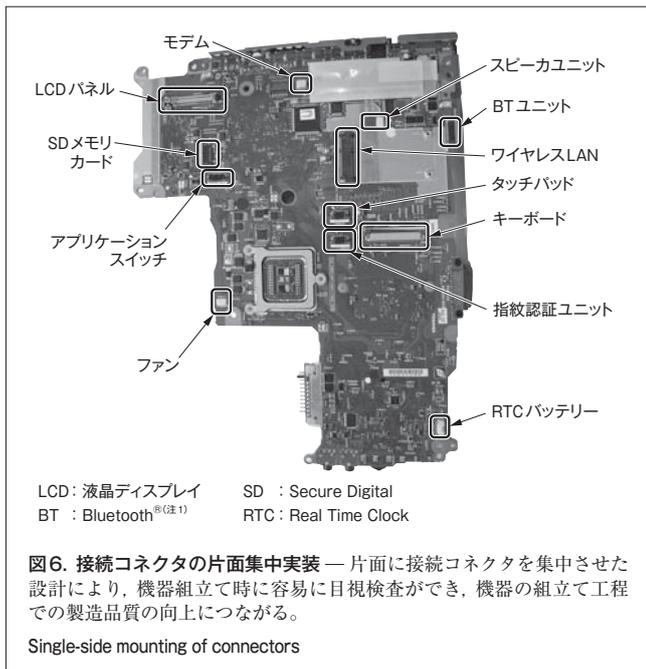
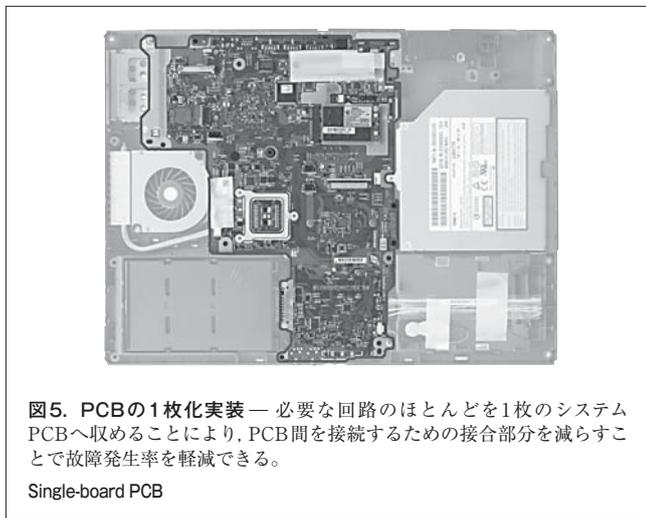


程、つまり機器組立て工程での品質を確保するための施策について述べる。

3.2.1 PCBの1枚化 PCの実装設計において、各機能を複数のプリント配線板へ分割して実装すると、実装設計の自由度が増すという利点が得られる。しかし、複数のPCBが存在するという事は、必ずPCB間を接続するための接合部分が必要となる。この接合部分を減らすことで接合による故障発生率を軽減できる。

接合部分を減らすために、高密度実装技術を駆使し、必要な回路のほとんどを1枚のシステムPCB(図5)へ収める設計を実施している。

3.2.2 コネクタ片面集中実装 PCBと各ユニット間はコネクタを介して接続される。機器組立て時にこれらの接



続コネクタを容易に目視検査ができるように、片面集中実装の設計をした(図6)。

これにより、PCB実装設計の工夫が、機器組立て時の製造品質向上にも貢献できることになる。

4 PCBの機械的信頼性

ノートPCは、ユーザーによる持ち運びを前提としている。ユーザーによる持ち運びと言ってもわきに抱えて持ち運ぶ、かばんに入れて持ち運ぶというように多様な手段を考慮する必要がある。この持ち運ぶという行為により、PC本体に多様な外部応力が掛かる。この外部応力に対しても、PCBのはんだ付け品質が確保される必要がある。

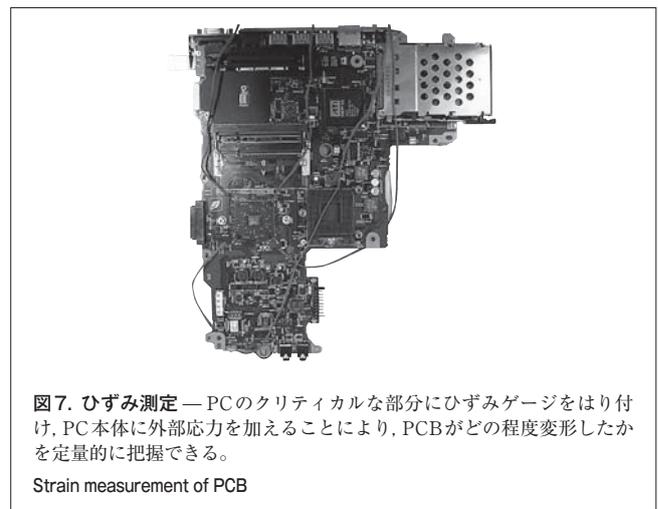
4.1 PCBのひずみ測定技術

PC本体に加わった外部応力がPCBにどのように伝播(でんぱ)し、PCBのはんだ付け品質にどのような影響を及ぼすかを確認する必要がある。

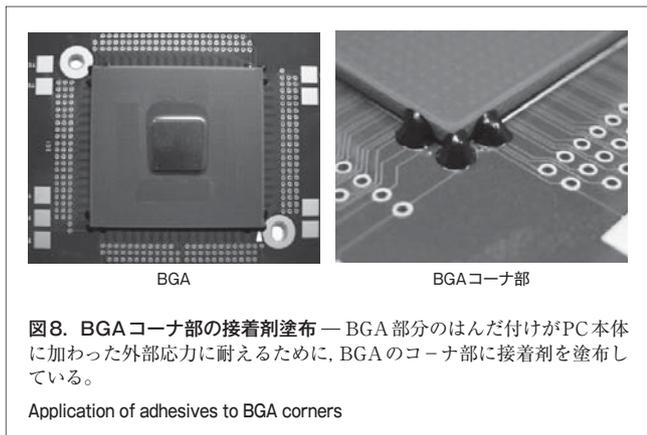
具体的な検証手段として、ひずみ測定の手法がある。この手法は、PC本体に外部応力が加わったときに、PCBがどの程度変形したかを定量的に把握できる。

まず最初に、PCB単体で破損しないひずみ量の限界値を把握する。その後、製品試作のPCBに実装されている電子部品の近傍にひずみゲージをはり付け、PC筐体へ組み込んだ状態で落下試験などにより外部応力を加え、PCBに伝播するひずみ量を測定する(図7)。

PC筐体へ組み込んだ状態で外部応力を加えたときにPCBへ伝播するひずみ量と、最初に把握したPCB単体でのひずみ量の限界値との比較を行う。前者が後者を超える場合は改善施策が必要になる。



(注1) Bluetoothは、その商標権者が所有しており、東芝はライセンスに基づき使用。



改善例として、図8のように、BGA部分のはんだ付けがPC本体に加わった外部応力に耐えるために、BGAのコーナ部に接着剤を塗布している。

これにより、BGAのはんだ接合部に加わるひずみを低減し、信頼性を確保している。

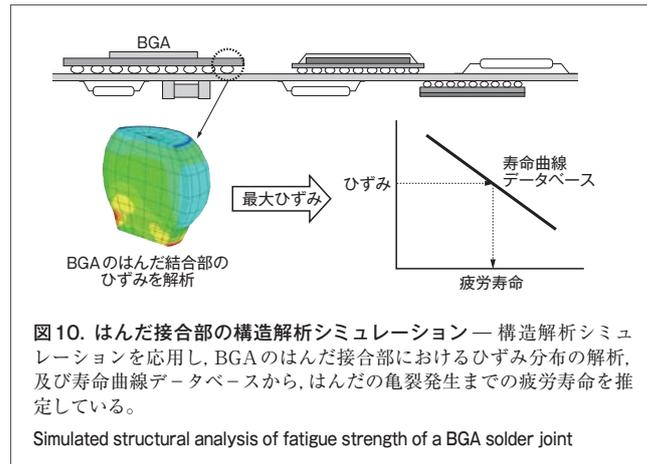
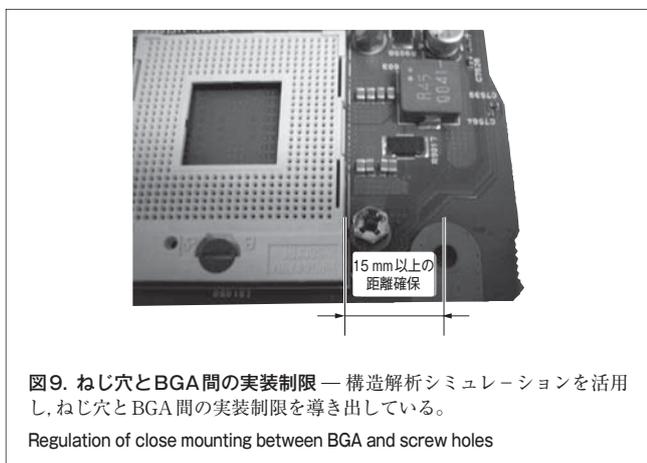
4.2 機械系CAEの活用

早期設計段階で事前検証ができる、機械系CAE (Computer Aided Engineering)によるシミュレーション技術の活用が不可欠になってきている。

具体的には、構造解析シミュレーションを用いている。このシミュレーションでは、実装設計段階で、外部応力によるPCBへの応力伝播のようすや、部品配置データと部品の消費電力を基にした発熱量と熱伝導などを事前に把握している。

この構造解析シミュレーションを駆使し、外部応力のPCBへの伝播を解析することで、PCBへの外部応力の入り口となる筐体への固定ねじ止め部周辺に、はんだ付け品質確保の難易度が高いBGAや長尺コネクタの実装制限を導き出している。ねじ穴とBGA間の実装制限に準拠した設計例を図9に示す。

そのほかに構造解析シミュレーションを応用した例として、図10に示すように、BGAのはんだ接合部におけるひず



み分布の解析、及び寿命曲線データベースから、はんだの亀裂発生までの疲労寿命を推定している。

この疲労寿命が製品品質仕様を満足しない場合には、はんだ付け部のパッドの形状やはんだ量などの改善を行っている。

5 あとがき

今回は、PC本体の品質向上という目標に対して、PCBで実践した品質向上施策について述べた。PCの品質向上は永遠のテーマであり続ける。

今後も、PCBの更なる品質向上に取り組み、High Quality PCの実現に貢献していきたい。

文献

- 森 郁夫, ほか. 電子・電気機器への鉛フリーはんだ適用技術. 東芝レビュー. 56, 8, 2001, p.24-28.
- 原 悟他, ほか. 設計の後戻りを削減する実装基板の仮想設計技術. 東芝レビュー. 58, 7, 2003, p.7-10.
- 中島雄二, ほか. Thin & Light PCの薄型・軽量化技術. 東芝レビュー. 60, 8, 2005, p.6-10.
- 八甫谷明彦. 製造容易性や機械的信頼性が高いプリント基板の設計テクニック. Design Wave. 2, 2007, p.68-75.



八甫谷 明彦 HAPPOYA Akihiko

PC & ネットワーク社 PC 開発センター 実装開発センターグループ長。PCのプリント配線板及び実装技術開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。
PC Development Center



今野 俊和 KONNO Toshikazu

PC & ネットワーク社 PC 開発センター PC 設計第一部グループ長。ノート PC の開発・設計に従事。
PC Development Center