

ノートPC用プリント配線板の高剛性化とインピーダンス整合技術

Improvement of Rigidity and Impedance-Matching Technology of Printed Wiring Board in Notebook PCs

原口 輝久

中島 雄二

古賀 裕一

■ HARAGUCHI Teruhisa

■ NAKAJIMA Yuji

■ KOGA Yuichi

モバイルノートPC（パソコン）に対するユーザーの要望は、薄さや軽さ、長時間バッテリー、高品質、優れた耐衝撃性、高セキュリティ、ネットワーク常時接続性能など多岐にわたる。東芝はこれらの要望に応じて、2007年6月に商品化したdynabook™ SS RX1（以下、RX1と略記）に、長年にわたる技術とノウハウを結集させた。

今回、RX1で実現した薄型、軽量、長時間バッテリーを維持しつつ、堅ろう性の更なる向上を目指したdynabook™ SS RX2（以下、RX2と略記）を開発した。ノートPCの基幹部品であるプリント配線板（PWB：Printed Wiring Board）の剛性はRX1と比べて約40%向上し、高温環境下での反り量は約50%低減した。また、高剛性化に伴う材料の変更による電気特性への影響に対し、構造的パラメータを最適化してインピーダンス整合も両立させた。

Users of mobile notebook PCs have many requirements including a thin profile, light weight, long battery life, high quality, shock durability, high security, and network connectivity at all times. To meet these requirements, Toshiba released the dynabook™ SS RX1 in June 2007.

We have newly developed the dynabook™ SS RX2, whose durability has been improved while maintaining the features of the RX1 such as a thin body, light weight, and long battery life. The rigidity of the printed wiring board (PWB), which is one of the basic components of a notebook PC, is about 40% greater in the RX2 than in the RX1. Moreover, the amount of PWB bowing at high temperature in the RX2 is about 50% lower than in the RX1. Impedance matching is also achieved by optimizing the specifications to maintain the functionality.

1 まえがき

東芝は、1985年に世界初のラップトップPCであるモデルT1100を商品化して以降、最先端の技術とノウハウを生かして高性能で高品質なノートPCを作り続け、現在に至るまでリーディングカンパニーとして市場を拡大しけん引してきた。

ノートPCには様々なカテゴリーの製品があるが、特にモバイルノートPCでは、製品の薄型・軽量化と堅ろう性の両立が必要であり、高い開発技術が求められる。

今回当社は、2007年に商品化したモバイルノートPC RX1で実現した薄型、軽量、長時間バッテリーを維持しつつ、堅ろう性の更なる向上を目指したRX2を開発した。

ここでは、RX2の概要と基幹部品であるPWBの高剛性化とインピーダンス整合の両立、きょう体と連携した堅ろう設計技術、及び環境調和技術について述べる。

2 dynabook™ SS RXシリーズにおけるPWB開発

2.1 RX1のコンセプト

モバイルノートPCに対するユーザーの要望は、薄さや軽さ、長時間バッテリー、高品質、優れた耐衝撃性、高セキュリティ、ネットワーク常時接続性能など多岐にわたるが、2007年6月

表1. RX1の厚さと質量

Thickness and weight of RX1

RX1のラインアップ		質量 (g)	厚さ (mm)
光学ドライブ非搭載	フラッシュメモリドライブ搭載	768 (世界No.1)*1	19.5
	HDD搭載	879 (世界No.1)*2	19.5
光学ドライブ搭載	フラッシュメモリドライブ搭載	848 (世界No.1)*3	19.5 (世界No.1)*5
	HDD搭載	959 (世界No.1)*4	19.5 (世界No.1)*5

*1：2007年6月現在、12.1型ワイド液晶PCとして、当社調べ。
 *2：2007年6月現在、HDD搭載の12.1型ワイド液晶PCとして、当社調べ。
 *3：2007年6月現在、光学ドライブ搭載の12.1型ワイド液晶PCとして、当社調べ。
 *4：2007年6月現在、光学ドライブ及びHDD搭載の12.1型ワイド液晶PCとして、当社調べ。
 *5：最薄部（最厚部は約25.5mm）。2007年6月現在、光学ドライブ搭載の12.1型ワイド液晶PCとして、当社調べ。

当社は、これらの要望に応じて、RX1を商品化した。RX1は、“true mobility”をコンセプトに、当社のノートPC史上最高の技術とノウハウを投入し、当時、世界最薄、最軽量、及び最長時間バッテリーという三つの世界一を実現した真のモバイルノートPCである⁽¹⁾（表1）。

また、RX1では以下の三つの点において世界初も実現している。

- (1) 12.1型の半透過型液晶ディスプレイを採用
- (2) 厚さ7mmのDVDスーパーマルチドライブを搭載
- (3) 大容量64Gバイトのフラッシュメモリドライブを搭載（フラッシュメモリドライブ搭載モデルだけ）

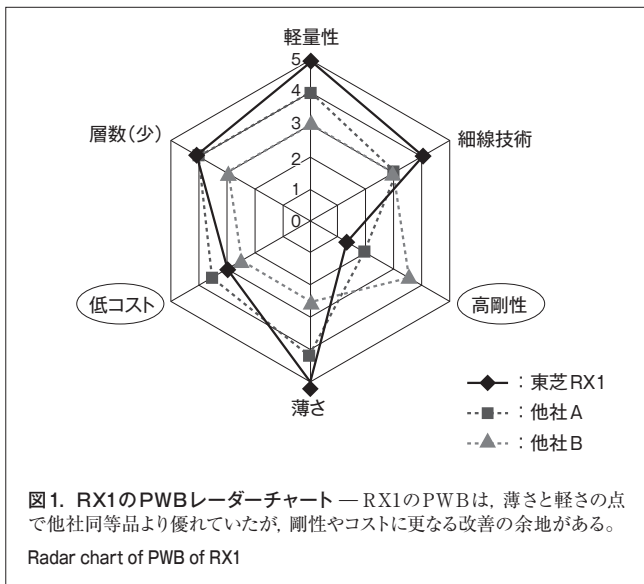
RX1でのメインPWBの開発にあたって、東芝グループで活用している開発・設計のためのシックスシグマ手法DMADV (Define, Measure, Analyze, Design, Validate) を用いて最適化設計を行い、薄型・軽量化を徹底的に追求した⁽²⁾。その結果、当社従来機種に比べて板厚を約10%薄くして0.7 mm以下、また質量を約20%削減し、ノートPC向け8層PWBとして世界最薄、最軽量(単位面積質量)^(注1)を実現した。

2.2 新機種RX2のコンセプト

2008年に開発を始めたRX2のコンセプトは、RX1の薄さ、軽さ、及び長時間バッテリーを維持しつつ、堅ろう性を更に向上させることであった。

RX2用PWBの開発にあたり、当社の強みと弱みを明確にするため、他社製PCのPWBを調査し比較した。比較の対象は、RX1と同じく薄型・軽量モバイルノートPCのほか、近年注目を集めているネットブックPCなど5機種である。

比較の結果、他社製PCのPWBの多くは、RX1よりも層数が多く厚かった。また、ネットブックPCのPWBは、軽薄短小技術よりもコスト重視という印象であった。RX1と仕様がもっとも近い他社製PCのPWBとの比較で、RX1のPWBは、薄さと軽さなどのほとんどの項目で優れていたが、剛性やコストに更なる改善の余地があることがわかった(図1)。これは、RX2の製品コンセプトとも一致しているため、PWBも剛性の向上を図り、コスト低減と同時に進めることにした。



- (注1) 2007年6月現在、当社調べ。
- (注2) 1層ごとに積層、穴あけ加工、配線形成などを繰り返すことによって作製された多層PWBの構造。
- (注3) 多層構造のPWBの層間を電氣的に接続させるため、レーザーで加工後、めっきなどで導通させた微細穴。
- (注4) 複数のレーザービアを上下に積み重ねて層間接続する方法。より高密度な配線が可能となるが、技術的に難しい。
- (注5) 複数のレーザービアを上下に積み重ねず、ずらして層間接続する方法。

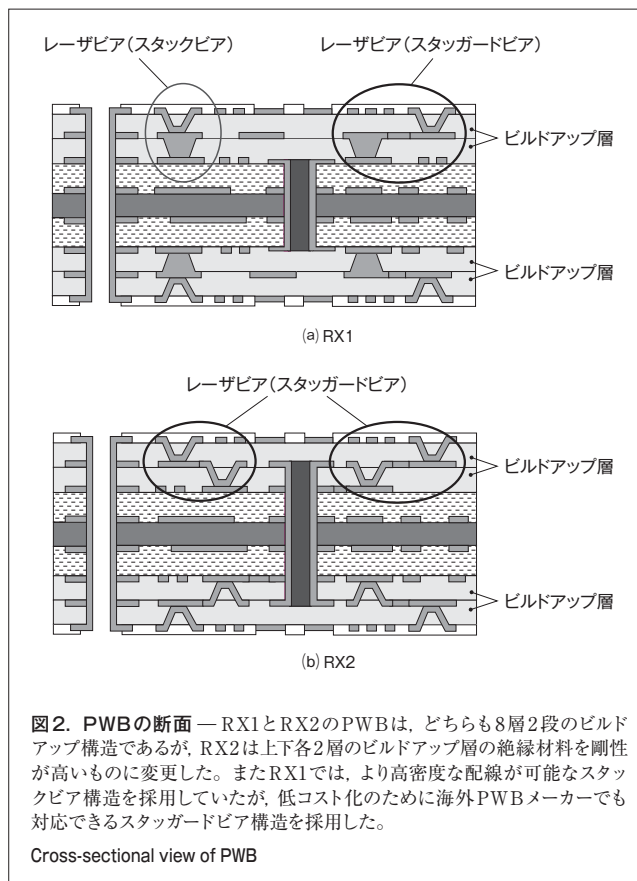
3 PWBの高剛性化とインピーダンス整合の両立

3.1 高剛性化

PWBを高剛性化する方法の一つとして、板厚を厚くする考えがあるが、RX2をRX1と同じ板厚0.7 mm以下という薄さに維持したまま高剛性化するためには、材料を変更する必要がある。

RX1とRX2のPWB断面を図2に示す。これらはどちらも8層2段のビルドアップ構造^(注2)であるが、RX2では上下各2層のビルドアップ層の絶縁材料を剛性が高いものに変更した。これにより、質量はRX1と比べ約10%増加するものの、剛性を向上できる。一方で、材料変更に伴い、材料の誘電率も変化したため、電気特性への影響を考慮する必要があるが、この詳細については次節で述べる。

また、RX2ではPWB仕様をRX1から一部変更した。一つは、ビルドアップ層でのレーザービア^(注3)である。RX1では、レーザービアを重ねて配置し、より高密度配線が可能なスタックビア^(注4)構造を採用し、ビルドアップ層に軽量化材料を使用して国内PWBメーカーで製造していたが、RX2ではレーザービアをずらして配置するスタガードビア^(注5)構造を採用した。これは製造しやすい構造であるため、中国に製造拠点を持つ海外のPWBメーカーでも製造でき、低コスト化が実現できた。



そのほか、RX2では層間ビアの形成方法を工夫して銅めっき回数を減らし、比重の大きい銅が減ることによる軽量化と、工程数減によるコスト低減を実現した。また、これは配線自由度を確保することにも有効である。

3.2 インピーダンス整合

近年信号の高速化が進むなか、PCの誤動作などを防ぐため、PWB設計でのインピーダンス整合は不可欠な技術である。

インピーダンスは仕様で定めた狙い値に調整する。インピーダンスを決定するパラメータには、パターン幅や、パターン間隔、絶縁層厚、絶縁材料の誘電率などが挙げられる(表2)。前述したとおり、RX2ではビルドアップ層の材料を高剛性な材料に変更したが、これにより誘電率が変化するため、このままでは、インピーダンス値も変化し、狙い値から外れてしまう。狙い値から外れたインピーダンス値を調整するため、パターン幅、パターン間隔、及び絶縁層厚で調整する必要がある。

しかし、これらの調整は自由に行えるわけではなく、すべてに制限がある。例えば、RX2はPWBのサイズや板厚などの基本仕様がRX1と同等であるため、配線密度や板厚を大幅に

表2. インピーダンスと各パラメータの関係
Relationship between impedance and parameters

パラメータ	インピーダンス	
	大	小
パターン幅	細い	太い
パターン間隔	広い	狭い
絶縁層厚	厚い	薄い
誘電率	小	大

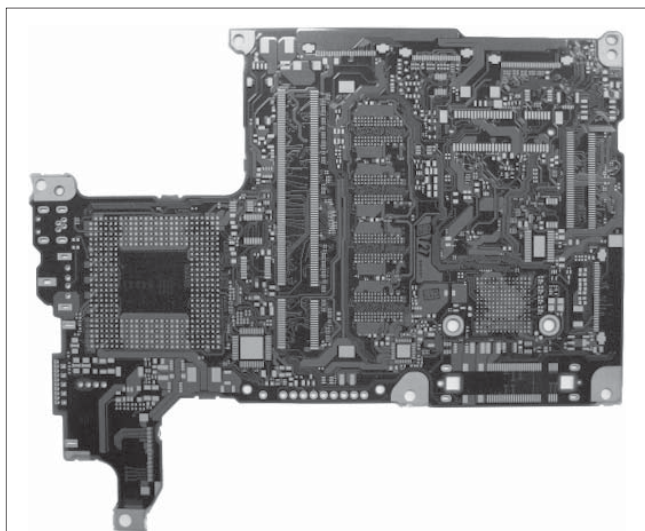


図3. RX2用PWB — RX1開発時に使用したDMADV手法を適用し、薄型・軽量を維持したまま、高剛性化とインピーダンス整合などの開発目標を満足する最適条件を導出した。

PWB of RX2

変更できない。また、PWBメーカーの製造能力による制限などもある。このように、絶縁材料の誘電率の変化に伴い、これらの制限を考慮して各パラメータを最適化する必要がある。

PWB仕様を決定するにあたり、RX1開発時に使用したDMADV手法を適用して、薄型・軽量を維持したまま、高剛性化とインピーダンス整合などの開発ターゲットを満足する最適条件を導出した(図3)。

4 堅ろう設計技術

4.1 PWBの機械・熱応力評価

ノートPCのPWBに対する応力として、キーボードの繰返し打鍵や、コネクタの挿抜、振動、衝撃、落下などによる機械応力が考えられるほか、部品実装時のはんだ溶融熱や、PCの電源オン/オフによる温度変化などの熱応力も考えられる。このような応力でPWBや、電子部品、はんだ接合部が損傷を受けると動作に多大な影響を与える。

DMADVを用いた最適化で決定した仕様を基に製造したRX2用PWBについて、機械・熱応力の評価を行いRX1のPWBと比較した。

機械応力評価として、サンプリングしたそれぞれ3枚のPWBについて限界曲げ試験を行った結果を図4に示す。試験条件は、3点曲げ、90 mmスパン、荷重スピード10 mm/minである。その結果、RX2のほうがRX1よりも平均で約40%剛性が向上していることがわかった。

また、熱応力評価として、高温環境下でのPWBの反り量を評価できるモアレ試験を行った。試験の温度プロファイルは、部品実装時のはんだ溶融(リフロー)の際の温度を想定したもので、最大温度は250℃である。各PWBの反り量の分布を図5に示す。RX2は全体的に反りが少なく、RX2の最大反り量はRX1と比べて約50%減少していた。

これらの結果から、RX2用PWBはRX1に比べ、機械・熱応力に対して強く、剛性が向上していることが確認できた。

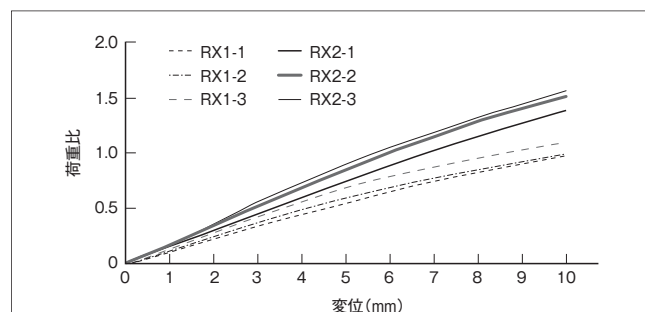


図4. 変位-荷重比曲線 — サンプリングしたそれぞれ3枚のPWBについて限界曲げ試験を実施した結果、RX2のほうがRX1よりも平均で約40%剛性が向上している。

Relationship between displacement and load ratio

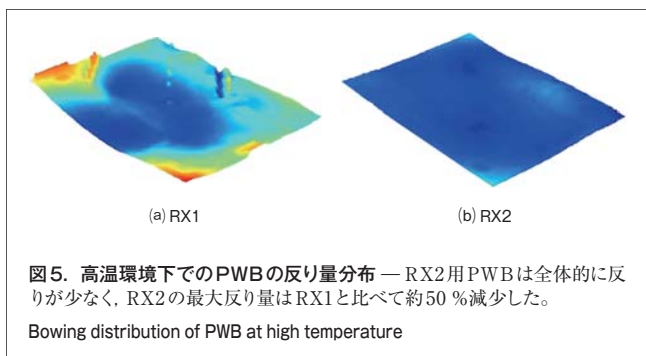


図5. 高温環境下でのPWBの反り量分布 — RX2用PWBは全体的に反りが少なく、RX2の最大反り量はRX1と比べて約50%減少した。

Bowing distribution of PWB at high temperature

4.2 きょう体と連携した堅ろう設計

製品全体として、PWB設計ときょう体設計を連携させてシミュレーションを行うなどして堅ろう性を向上させた。きょう体裏面のリブを細くし本数を増やす補強など、RX1で採用した厚さ0.45 mmのマグネシウムきょう体を部分的に薄くすることで、質量を増やすことなく高剛性化を図った。その結果、製品全体としてねじれ剛性が約30%向上した(図6)。

そのほか、ユーザーが使う様々な状況を考慮した試験や、衝撃、落下、浸水など予期しないトラブルを想定した厳しい試験を設計段階で行い、高品質・高信頼性を実現している。

また当社では、2006年からノートPCに対し、高加速寿命試験HALT (Highly Accelerated Life Test) を実施している⁽³⁾。HALTは振動や急激な温度変化をランダムに発生させ、経年変化で起こる不具合を短時間で検証できる試験である。HALTの導入で、従来の試験方法では数週間～数か月を要した設計上の品質改善が、わずか2～5日間という短期間で発見できるようになった。その結果、品質改善が速やかに設計や製造にフィードバックされるようになった。

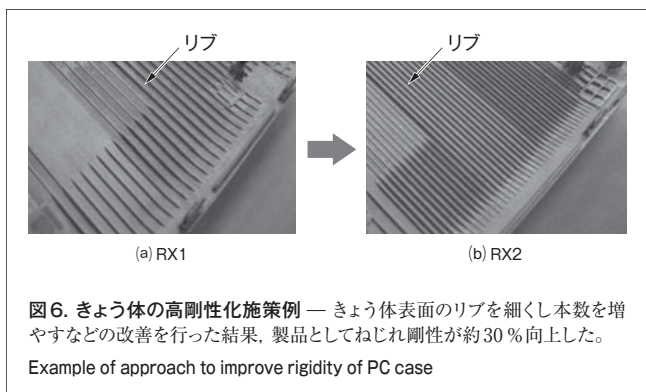


図6. きょう体の高剛性化施策例 — きょう体表面のリブを細くし本数を増やすなどの改善を行った結果、製品としてねじれ剛性が約30%向上した。

Example of approach to improve rigidity of PC case

5 環境調和技術

当社では、環境調和に配慮したノートPC作りを推進し、PWBを含めた製品全体が、特定有害物質の使用禁止を定めた欧州連合RoHS指令(電気・電子機器中の特定有害物質の使用制限に関する指令)に対応し、JIS規格のJ-Moss(電気・

電子機器の特定の化学物質の含有表示方法)で規定されているグリーンマークにも適合している。

PWBでは、RoHS指令対応のほか、難燃剤として含まれ、焼却時に毒性の強いダイオキシン類を発生させる危険があるハロゲンや人体に有害なアンチモンを含まない、環境調和型PWBを採用している。

これらの環境調和技术と、薄型かつ軽量の追求による省資源、半透過液晶の採用などによる省電力、堅ろう設計による長寿命化、及び様々なリサイクルの促進施策などを積極的に推し進めたことで、米国の環境アセスメントEPEAT (Electronic Products Environmental Assessment Tool)で、RX1の海外モデルであるPortégé R500が最上位評価のゴールドを獲得した。このように、米国で認められている当社の優れた環境調和技术をRX2でも同様に用いている。

6 あとがき

ユーザーの要望に応じていくために、dynabook™ SS RXシリーズの後継機種では、いっそうの高密度化、薄型化、及び軽量化など差異化技術が必要になると考えられる。今後もこれらの技術課題を乗り越え、魅力ある製品作りを進めていく。

文献

- (1) 島本 肇, ほか. 薄型・軽量・長時間駆動を実現したモバイルノートPC dynabook SS RX1. 東芝レビュー. 62, 11, 2007, p.44-47.
- (2) 白井浩司, ほか. 新MI手法 DMADVによる開発・設計イノベーション. 東芝レビュー. 62, 9, 2007, p.38-41.
- (3) 梶 健二, ほか. ノートPCにおける高加速寿命試験 (HALT) の活用技術. 東芝レビュー. 62, 4, 2007, p.18-21.



原口 輝久 HARAGUCHI Teruhisa

PC&ネットワーク社 PC開発センター 実装開発センター。
PCのプリント配線板の開発に従事。エレクトロニクス実装学会会員。
PC Development Center



中島 雄二 NAKAJIMA Yuji

PC&ネットワーク社 PC開発センター PCシステム設計部
参事。ノートPCの構造及びきょう体設計に従事。
PC Development Center



古賀 裕一 KOGA Yuichi

PC&ネットワーク社 PC開発センター PCシステム設計部
主務。PCのハードウェア開発に従事。
PC Development Center