

薄型・軽量ノートパソコンの実装技術

Packaging Technologies for Slim and Light Notebook PCs

高木 伸行
TAKAKI Nobuyuki

小泉 文彦
KOIZUMI Fumihiko

八甫谷 明彦
HAPPOYA Akihiko

当社のノートパソコン(PC)は、この分野で世界一のシェアを誇っている。これを維持・拡大するために、最近要求が強まっているより薄型・軽量で、いつでも、どこでも使うことができる携帯型 PC の開発が必須(す)である。

当社は、いっそうの高機能・高性能化を追求し、かつ製品のより大幅な薄型・軽量化に大きな効果のある部品、ユニットの開発、筐(きょう)体実装・基板実装技術の開発によって、1998年6月に画期的な製品である Libretto SS 1000(A5 サイズ)、DynaBook SS PORTÉGÉ 3000/3010(B5 サイズ)、DynaBook SS PORTÉGÉ 6000/7000(A4 サイズ)の3機種を同時に発売した。

Toshiba holds the global No. 1 share of the market for notebook personal computers. In order to maintain and increase this share, it is necessary to develop much slimmer and lighter portable PCs which can be used anytime and anywhere.

In June 1998, Toshiba introduced three PC models (Libretto SS 1000, DynaBook SS PORTÉGÉ 3000/3010, and DynaBook SS PORTÉGÉ 6000/7000) on the market. These three models have higher performance and capacity and are much slimmer and lighter than our current products.

This paper outlines the components, units, and packaging technologies for magnesium cases and printed circuit boards which contribute to the realization of these slimmer and lighter PCs.

1 まえがき

ノート PC の高速・高性能化の進歩は非常に速く、より高速なプロセッサ、より大容量のハードディスクドライブ(HDD)、より長い電池寿命など機能と性能の強化が求められている。

一方、薄型・軽量化の要求も強まっており、PCを構成する部品・ユニットの小型・軽量化とこれらをいかに効率よく実装するか、そこから発生する熱をいかに効率よく PC 外へ逃がすか、いかに PC 内部のノイズ発生を抑止するか、発生したノイズをいかにして PC 外へ出さない機構にする

かなどの技術が重要となってきている。

当社は、これらの要求・要望に対して、従来の製品に比べて大幅に薄型・軽量化した Libretto SS 1000(A5 サイズ)、DynaBook SS PORTÉGÉ 3000/3010(B5 サイズ)、DynaBook SS PORTÉGÉ 6000/7000 (A4 サイズ)を98年6月に同時発売した(図1)。

2 ノート PC 3 機種の薄型・軽量化の概要

今回発売したノート PC 3 機種と、それぞれの機種を構成する主要ユニットの薄型・軽量化の概要を表1に示す。

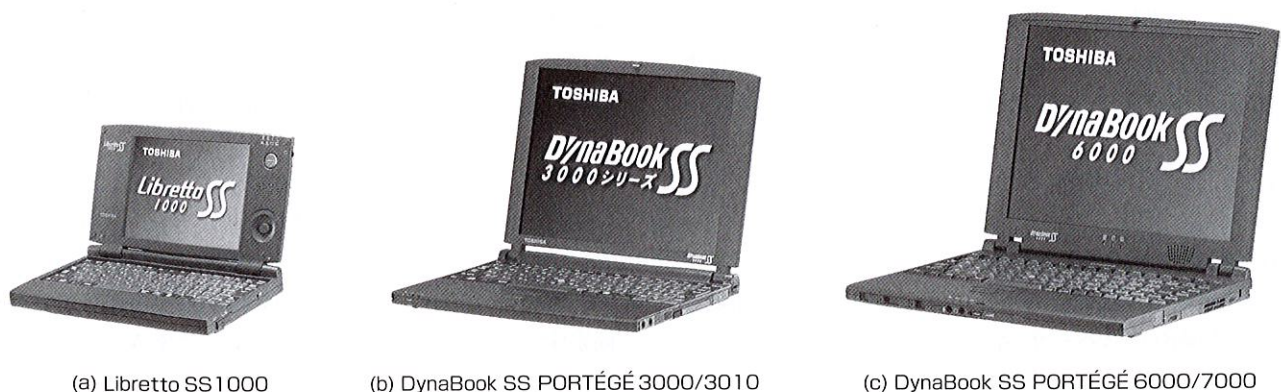


図1. 薄型ノート PC 高機能・高性能化を追求し、かつ大幅に薄型・軽量化した新 PC 3 機種。
Slim notebook PC models

表1. 薄型ノート PC3 機種仕様

Specifications of three new slim notebook PC models

	Libretto SS 1000	DynaBook SS PORTÉGÉ 3000/3010	DynaBook SS PORTÉGÉ 6000/7000
製品寸法 (厚み) (mm)	24.5	19.8	23.5/28.0 (前/後)
質量 (kg)	0.82	1.19	1.79
TFT-LCD (薄膜トランジスタ型液晶ディスプレイ)	6.1 型 7mm 厚	10.4 型 5.7 mm厚	12.1 型 5.7 mm厚
キーボード (ピッチ/厚み/ストローク) (mm)	15 / 4 / 1.5	18 / 4.8 / 2	19 / 8 / 3
2.5 インチ型 HDD	2.1G バイト 6.35 mm厚	2.1/4.3 Gバイト 8.45 mm厚	4.3 Gバイト 9.5 mm厚
電池	10 × 34 × 50 mm 角セル 3 個	φ 17 mm 丸セル 3 個	φ 17 mm 丸セル 6 個
Mg 筐体 (平均厚さ)	0.75mm	0.8mm	1.0mm
プリント配線板	1.0 mm厚 6 層ビルドアップ	1.0 mm厚 8 層貫通	1.2 mm厚 6/10 層ビルドアップ
冷却方式	自然空冷	自然空冷	ファン強制空冷

以下、特に薄型・軽量化に顕著に貢献したマグネシウム (Mg) 筐体、冷却技術、プリント配線板、部品実装技術について述べる。

3 筐体実装

3.1 構造関係

3.1.1 Mg 筐体の採用 筐体部品の軽量化と薄肉化を実現するために金属材料の Mg を大物筐体部品 3 点に採用した。これにより、シールド下部材の低減と、筐体部品が約 2mm とプラスチック部品に比較して、大幅に薄型化できた。

また、樹脂材料に比べて比重が 50% 大きくなっているが、0.75 から 1mm の薄肉成形を適用したことにより、重さを樹脂材料使用時と同等以下にすることができた。

さらに、剛性が対樹脂比 20 倍であるため、従来使用していた補強金属部品などを小型化でき、重量低減につながっている。

3.1.2 BGA パッケージへの衝撃対策 キーボードの薄型化と、キーボードと基板間寸法を 2mm から 3mm に抑えたために、剛性低下対策が必要となった。

キーボード操作時に基板のたわみが発生し、BGA (Ball Grid Array) パッケージのはんだ接合部に繰り返し応力が加わることにより、接合不良を引き起こすおそれがあった。

図 2 に、衝撃対策の例(キーボード打鍵(けん)対策)を示す。

BGA パッケージは、修理用のスペースとしてパッケージの周辺に実装禁止領域をもっている。今回は、この領域を利用して樹脂性のスペーサ(キーボードホルダ)を配置している。また、キーボードホルダの裏面側には筐体から受けリブを立て基板を支える構造とした。これにより、キーボード操作による BGA パッケージのはんだ接合部へのスト

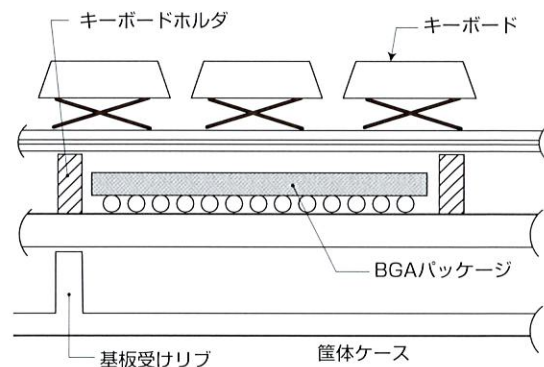


図2. キーボード打鍵対策例 BGA パッケージの周辺にプリント配線板とキーボード間を支える樹脂スペーサを配置し、裏面からは、基板の反り防止の受けリブで支える。

Solution to protect keyboard from typing stress

レスを緩和させている。

3.1.3 HDD への衝撃対策 19.8mm 厚と最薄型のモデル DynaBook SS PORTÉGÉ 3000 では、本体部のキーボード下側スペースが 6.4mm しか残らない。8.45mm 厚の当社製 2.5 インチ HDD を採用しているが、パームレスト部以外に配置スペースがなかった。ただし、パームレストはユーザーが手を乗せて作業をする部分であることと、ディスプレイ部を閉じたときの衝撃を受ける部分であるため、HDD の記録データ保護のために耐衝撃性を高める必要があった。

図 3 に、HDD 部の実装構造を示す。

HDD は、コネクタにより基板に接続され、約 1mm のスペースを設けて筐体部品のパームレストと底板に面している。製品の外部からの衝撃を吸収するため、HDD は筐体に固定することはせず、緩衝部材によって挟み込む構造とした。

筐体を通しての外力に対しても、HDD を筐体に固定していないため、筐体に変形する大きな力が加わってもコネク

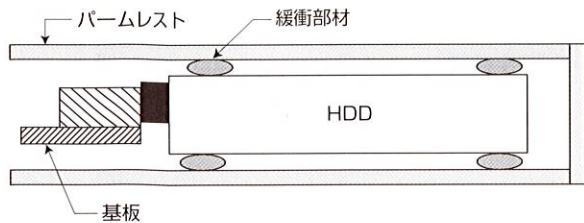


図3. HDD部の衝撃対策実装方法 HDDは筐体に固定すること
はせず、緩衝部材によって挟み込む構造とした。

Solution to protect HDD from shock

タによる一点支持構造により、HDD自身が移動して応力を緩和させることができる。

3.2 冷却関係

今回の薄型3モデルのうち、A4サイズ相当のDynaBook SS PORTÉGÉ 7000はファンによる強制空冷を、CPUに低消費電力のPentium®世代CPUを搭載したその他のモデルは、自然拡散空冷方式を採用した。なお、強制空冷モデルのCPU Pentium® IIでは、消費電力が9W相当、自然空冷モデルでは、max. 5W相当である。

強制空冷に関しては、ファンとヒートシンクを一体化した冷却ユニットを開発した。また、自然放熱に関してはシミュレーションを利用した伝熱、放熱の最適化を図った。

3.2.1 ファン・ヒートシンク一体型冷却ユニット 最新のインテル社製CPU MINI-CARTRIDGE(CPUユニット)を採用したDynaBook SS PORTÉGÉ 7000では、実装スペースとして残された高さ寸法が10.6mmに対し、CPUとコネクタの厚みだけで7.12mmを占めるため、後述するように中継基板を用いた配置を採用するとともに、薄型冷却ユニットを開発する必要があった。

図4に、冷却ユニットの構造を示す。

冷却ユニットには、寸法精度を上げるためにダイキャスト部材を採用した。また、ヒートパイプの熱接続加工性を上げるためにアルミニウム板を使用し、二つの部材をかしめ加工によって熱接続している。ヒートパイプによって、熱交換部分まで導かれた熱を、ファンの冷却エアを直接ダイキャスト部材に当てることによって冷却している。

この冷却ユニットの採用により、通常の使用温度環境下ではCPUをフルスペックで動作させることができた。

3.2.2 シミュレーションの活用 製品としての温度評価は、内蔵される各ユニットの使用温度限界が異なるため、単に均熱化をするだけでは不十分である。温度分布の最適化を図るため、今回のモデルでは開発当初から熱シミュレーションを繰り返し、対策事項の検討、確認を進めてきた。

シミュレーションツールとしては、I-DEAS™ Electronic System Coolingを使用し、2部門の研究所の協力を得て、

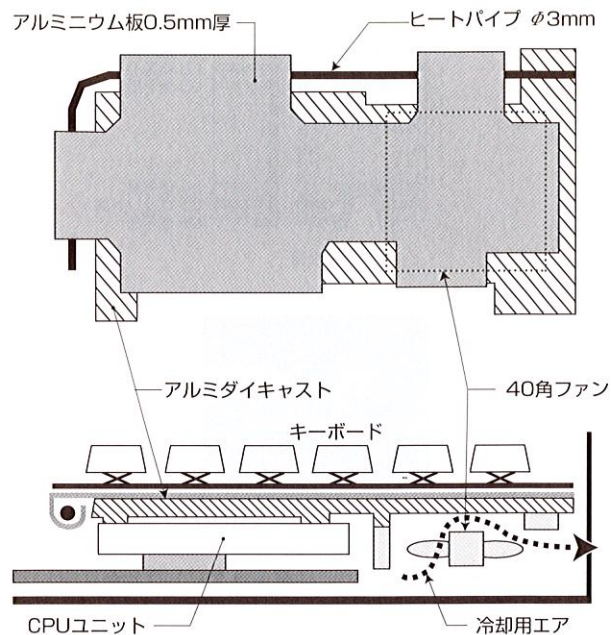


図4. 薄型冷却ユニット ファンとヒートシンクを一体化した冷却ユニットとしたことにより、通常の使用温度環境の下ではCPUをフルスペックで動作させることができる。

Flat cooling unit

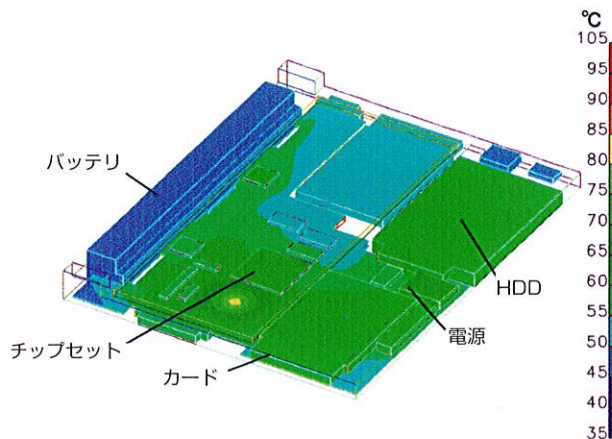


図5. 熱シミュレーション結果 DynaBook SS PORTÉGÉ 3000のシミュレーション結果で、本体部分の内部ユニット、基板の温度を表示している。

Result of thermal simulation

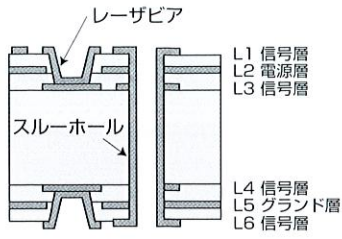
製品開発を進めた。

図5に、シミュレーションの一例を示す。

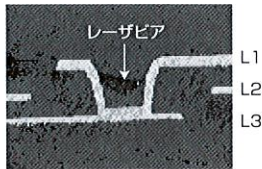
4 基板実装

4.1 プリント配線板

薄型ノートPCには、高密度設計が可能で電気特性に優れている1-3層接続ビルドアッププリント配線板を開発



(a)断面



(b)レーザービア断面写真

図6. プリント配線板の断面 高密度パターン設計が可能、ノイズ抑制に適している、軽量化できるの三つの利点がある。

Cross-sectional view of printed circuit board

し、採用した。このプリント配線板は、図6のように表層パターンと3層目の信号層間に2層目のグラウンド層または電源層を挟み込んだ構造となっている。この表層から3層目までの穴明けは、レーザー装置を使用したレーザービア方式を採用した。

このプリント配線板のメリットは次の3点である。

一つ目は、レーザービア径を0.1mm程度まで小さくでき、0.5mmピッチ部品のパッド中にもレーザービアを設けることができるため、高密度パターン設計が可能である点である。

二つ目は、ノイズ抑制に適している点である。信号スピードの高速化に伴い、プリント配線板上でのノイズ発生が問題となり、高速伝送を考慮したパターン設計が必須となっている。高速伝送を考慮した設計としては、特性インピーダンスの整合とクロストークノイズを削減することがポイントとなっており、1-3層接続ビルドアッププリント配線板は上記の問題点を回避できる構造となっている。

特性インピーダンスについては、絶縁層厚またはパターン幅の細かい調整により、全信号層をターゲット値である50Ω近傍に整合することができる。表層と3層目の層間クロストークについては、2層目のシールド層によって遮へいされることにより皆無にすることができた。

三つ目は、プリント配線板の軽量化である。従来のIVH(Interstitial Via Hole)の製法に比べ、銅めっき厚を薄くすることと絶縁材料中のガラスクロス削減などにより、10~15%の軽量化を実現している。

4.2 部品実装

薄型ノートPCには、基板全体を薄くするため、部品高さの低い部品を選定し、採用している。

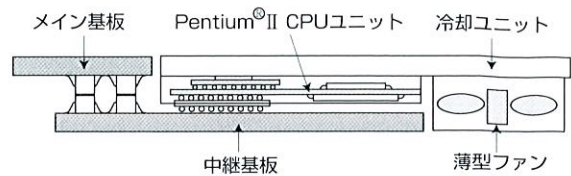


図7. Pentium II の実装構造 高さを抑えるため、中継ボードを用いて Pentium II とメインボードを接続している。

Packaging structure of Pentium II

CPUの実装については二つの方式があり、Pentium®は0.25mmピッチ320ピンTCP(Tape Carrier Package)を、Pentium®IIは240ピンBGAコネクタを使ったCPUユニットを採用している。図7にPentium®IIの実装構造を示す。この実装構造は、全体の高さを抑えるために中継基板を用いてメイン基板とCPUユニットを接続している。

Pentium®を採用しているチップセットには、1.27mmピッチ480ピンタイプと1.0mmピッチ552ピンタイプのT-BGA(Tape-BGA)を採用した。T-BGAの特長は、薄型(1.5mm以下)で多ピン化が可能なことである。構造はTCPに銅製カバープレートを張りつけ、はんだボールをリフローにより融着したものである。図8にT-BGAの構造を示す。

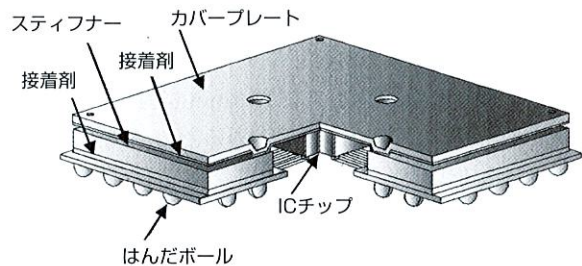


図8. T-BGAの構造 TCPに銅製カバープレートを張り付け、はんだボールをリフローにより融着した構造になっている。

Structure of Tape-BGA

T-BGAは、BGAボディとプリント配線板の線膨張率が異なることから、PCの使用環境やON-OFFサイクル時の経時変化により、はんだ付け部にストレスが加わり断線に至るおそれがある。これについては、温度サイクル試験および有限要素法(FEM: Finite Element Method)を用いた熱応力シミュレーション解析を行い、十分接続信頼性のあることを確認している。図9に熱応力シミュレーションモデルを示す。

一般的に高密度実装技術に注目が集まるのは、多ピンLSIやCPUであるが、抵抗、コンデンサなどの受動部品やコネクタなどの機構部品もプリント配線板上に多量に実装

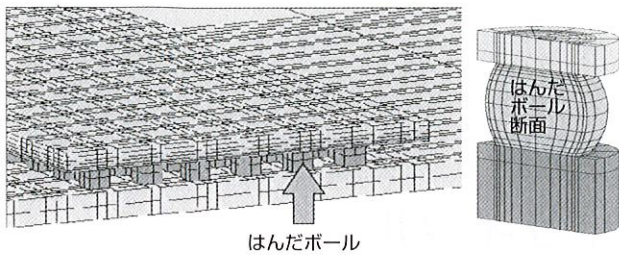


図9. 熱応力シミュレーションモデル T-BGA のはんだ付け部におけるストレスを解析し、十分接続信頼性があることを確認している。

Simulation model of thermal stress analysis

されている。今回のモデルでは、受動・機構部品についてプリント配線板上のパッドサイズや部品間隔を見直し、従来のノートPCよりいっそう高密度実装を可能とした。例えば、チップ部品では従来より約30%実装面積を縮小することができた。

この高密度設計にあたっては、はんだ付けの容易性、リペア性および接続信頼性などを確認し、十分量産に耐える設計を実現できた。

5 あとがき

今回発売した3機種のノートPCは開発着手から6か月という短期間で量産を開始させることができた。

使用した部品とユニットは、既存のものが使えず、まっ

たく新規に開発しなければならないものが多かった。部品・ユニットメーカーとの緊密な連携開発、デザイン部門とのコンカレント設計、三次元CAD/CAEを使った解析などにより、当初の予定どおりの納期で完了することができた。

今後はいっそうの薄型・軽量化、低消費電力化による理想の携帯型PCの実現、および開発期間の短縮に向けて努力していく。

文献

- (1) 八甫谷 明彦, 他, “ノートパソコンにおけるビルドアッププリント配線板の採用事例”, 第12回回路実装学会講演大会論文集, 回路実装学会編, 東京, 1998-03, 回路実装学会, 東京, 1998, p.205-206.



高木 伸行 TAKAKI Nobuyuki

パーソナル情報機器事業本部部長附。
パソコンの実装技術開発に従事。日本機械学会会員。
Information Equipment Group



小泉 文彦 KOIZUMI Fumihiko

青梅工場 パソコンハードウェア設計部主査。
パソコンの筐体設計に従事。
Ome Works



八甫谷 明彦 HAPPOYA Akihiko

青梅工場 実装技術部。
コンピュータ実装技術の開発・設計に従事。エレクトロニクス実装学会, IMAPS 会員。
Ome Works