

ノートPCの高密度実装と堅ろう性向上を進める BGA補強技術

BGA Reinforcement Technology Improving High-Density Mounting and Durability of Notebook PCs

林山 晋也

菅井 崇弘

平元 修二

■ HAYASHIYAMA Shinya

■ SUGAI Takahiro

■ HIRAMOTO Shuji

ノートPC (パソコン) では、外力により内部の基幹部品であるプリント回路板に変形が生じた場合、もっとも壊れやすい実装部品であるBGA (Ball Grid Array) のはんだ接合部にかかるストレスを緩和するため、バックプレートなどによる補強が一般に用いられている。しかし、近年ノートPCのモバイルユース化はますます増えており、製品の更なる薄型化と高い堅ろう性が要求され、新たな補強構造が必要になっている。

東芝は、従来より薄く軽い製品でありながら高品質のノートPCを実現するために、L字型BGAサポートプレートの開発を行い、ノートPC dynabook™ R631などへの適用を2011年から開始した。

In order to protect the solder bumps of ball grid array (BGA) packages mounted on printed circuit boards in notebook PCs against mechanical stresses caused by accidental board bending, metal stiffeners such as back plates, etc. have been conventionally applied. However, with the increasing portability of notebook PCs, demand has been growing for novel reinforcement technologies to realize thinner profile, lighter weight, and more robust notebook PCs.

Toshiba has now developed a BGA reinforcement technology using L-shaped support plates that dramatically enhances the mechanical reliability of BGA packages, and applied this technology to the dynabook™ R631, a lineup of our thinnest and lightest notebook PC series, in 2011.

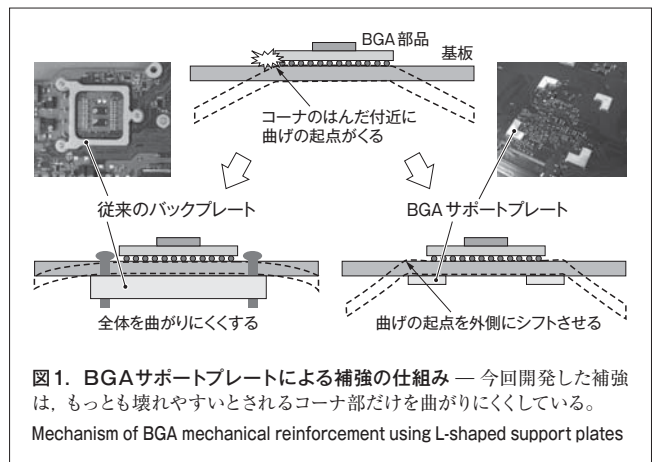
1 まえがき

東芝は、世界初のIBM PC互換ラップトップPCを1985年に製品化して以降、最先端の技術とノウハウを生かし、長年にわたり高性能・高品質ノートPCを作り続けている。

近年Ultrabook™(注1)やタブレットなどデジタルメディア機器のモバイル化はますます進んでおり、従来の据置き型と比べて持ち運ばれる機会が増え、落下など衝撃を受けるケースが多い。その際、内蔵されたプリント回路板がたわんで実装部品が損傷を受けることがある。特にBGA (Ball Grid Array) ははんだ接合部にダメージを受けやすい構造であり、補強することで信頼性を確保する必要がある。

従来このような部品の裏面にバックプレートを設置し補強してきたが、これにはプリント回路板にねじ穴が必要であり、設計自由度を大きく低下させる。また製品厚さにも影響を与えるため、高密度実装が要求される薄型・小型製品では構造設計の難易度が上がり、実装できる機能に制限ができる。そこで、このような課題を克服する新たな補強技術の開発を行った。

補強の仕組みを図1に示す。従来のバックプレートはBGA周囲のプリント回路板全体を曲がりにくくしていたのに対して、今回の補強はBGAのもっとも壊れやすいとされるコーナ部だ



けを曲がりにくくする構造である。プリント回路板裏面に金属片をはんだ付け実装することで、曲げの起点をBGAの外側にシフトさせコーナのはんだ接合部の負荷を軽減する。プリント回路板にねじ穴が必要なく、製品を薄型・小型化できる。

ここでは、今回の開発で実施した次の手順について述べる。

- (1) 有限要素法を用いた構造解析による、開発した補強構造の効果の検証、及び形状などのパラメータの絞込み
- (2) 最適化した形状でサンプルを作製し、温度サイクル試験及び落下試験による開発した補強構造の効果の検証
- (3) 従来のバックプレートとの比較

(注1) Ultrabookは、米国及びその他の国におけるIntel Corporationの商標。

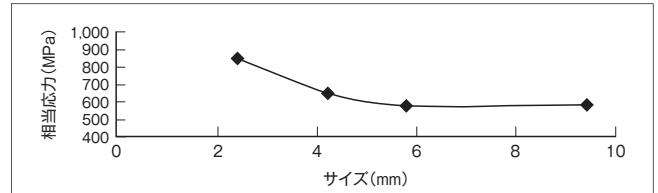
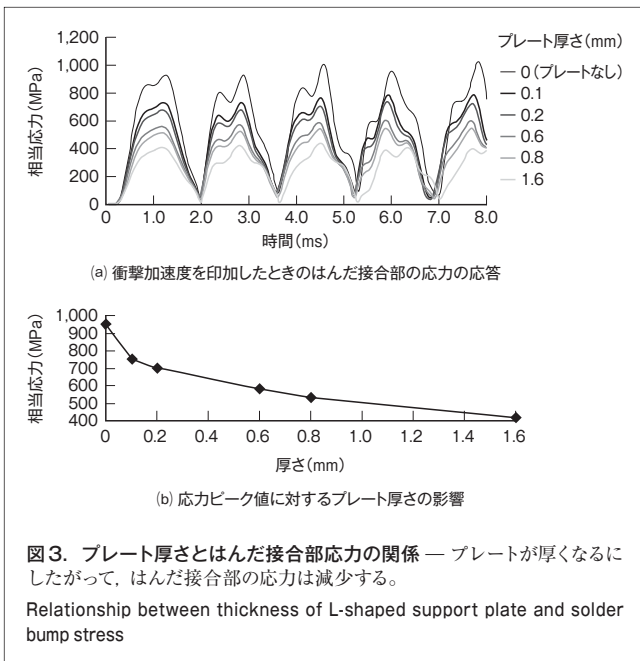
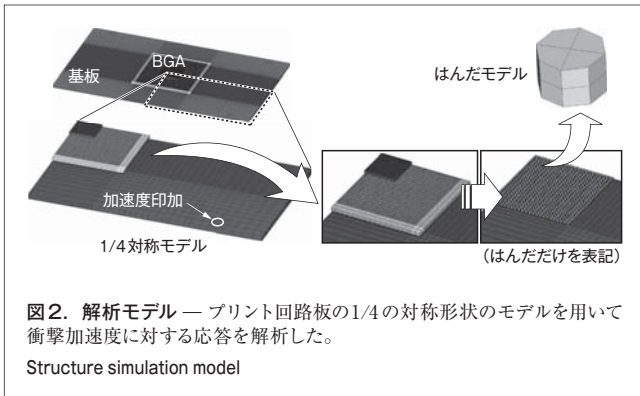
2 構造解析による検証

開発した補強構造の効果の検証及び形状の最適化を行うため、1/4対称モデルを用いて構造解析を実施した。解析モデルを図2に示す。

プリント回路板にピーク値1,500 Gで幅0.5 msの正弦半波状の衝撃加速度を印加したとき、コーナのはんだ接合部にかかる相当応力や、主応力、鉛直方向応力などの時間変化を検討した。

まずプレート形状を検討し、専有面積や重量なども考慮してL字型形状とした。次に効果を最大に発揮できる形状にするため、次のパラメータの検証を行った。

- (1) プレート厚 0.1～1.6 mmまで厚さを変えて解析を実施し、BGAコーナのはんだ接合部にかかる応力を求め、プレート厚と応力の関係を確認した(図3)。
- (2) プレートサイズ 同様に長辺長さを約2～10 mmまで変えて解析した結果、約6 mm以上で補強効果が一定



となることを確認した(図4)。

また、配置についても検証し最適化を行った。これらの結果と製品適用時のプリント回路板裏面に許容されるスペースを考慮して6(長辺)×0.6(厚さ) mmの試作サンプルを作製し、信頼性の検証を行うこととした。

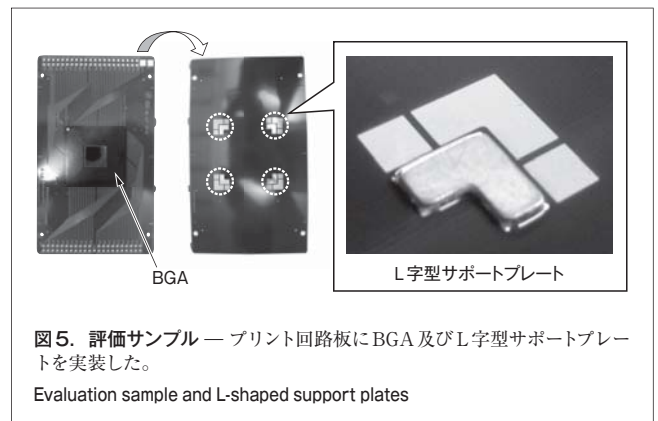
3 実験による検証

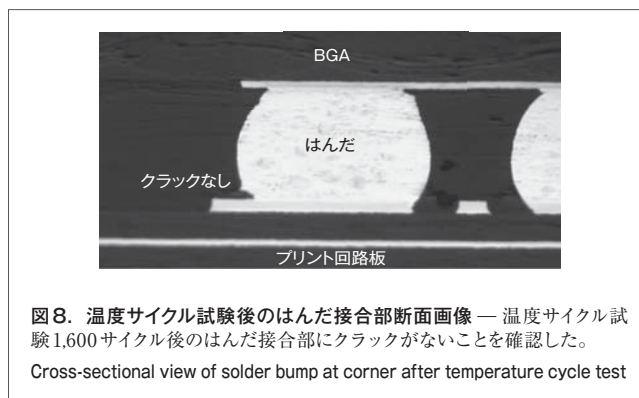
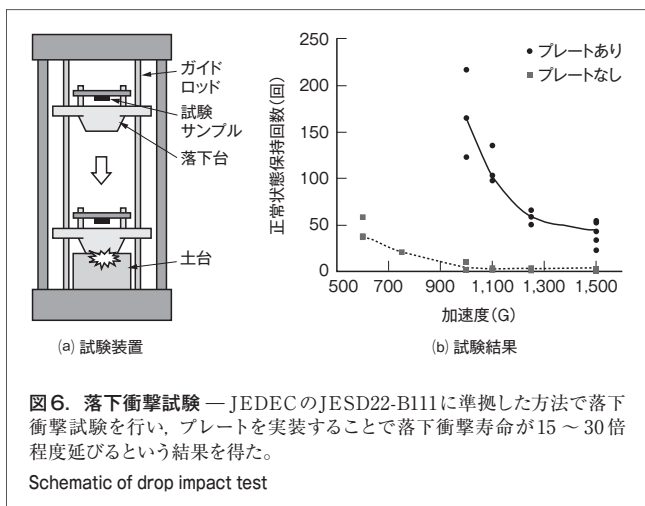
3.1 落下衝撃耐性

評価サンプルとプリント回路板裏面に実装したL字型サポートプレートを図5に示す。BGAは、外形40×40 mm、ボールピッチ0.8 mm、ボール数2,025、ボール組成Sn(すず)-4Ag(銀)-0.5Cu(銅)とした。プリント配線板は、材質FR-4(Flame Retardant Type 4)、外形132×77×0.85 mm、電極は水溶性プリフラックス皮膜のCuとした。

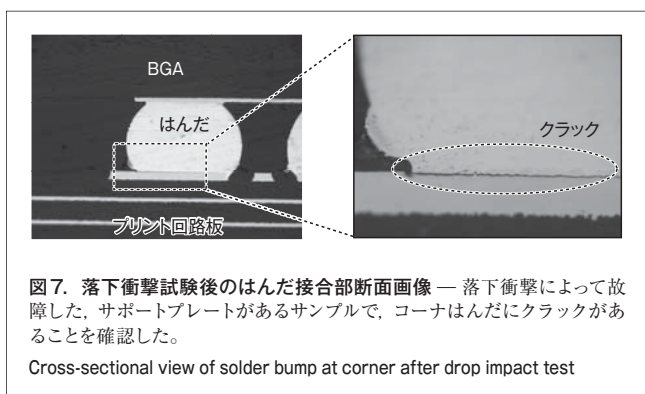
落下衝撃試験は、JEDEC Solid State Technology Association(半導体技術協会)規格JESD22-B111に準拠した方法で行った(図6(a))。落下台に与えられる衝撃波の波形が幅0.5 msの正弦半波となるように設定し、一定の加速度となるように落下高さを設定後、評価サンプルを落下台に固定して繰り返し自由落下させ衝撃を与えた。このとき、BGAはんだ接合部の電気抵抗を常時監視し、正常な抵抗値を保持できた落下回数で落下衝撃耐性を評価した。

落下衝撃試験結果を図6(b)に示す。L字型サポートプレートを実装したサンプルは、実装しなかったサンプルに比べて、





す。はんだ接合部にクラックなどの損傷は見られず良好な接続信頼性が得られることがわかった。



加速度1,000～1,500 Gの範囲で落下衝撃寿命が15～30倍程度延びるという優れた落下衝撃耐性を示し、構造解析による検証結果と同様の傾向を確認できた。

正常な抵抗値を保持できなくなるまで落下させたサポートプレートがあるサンプルのはんだ接合部断面画像を図7に示す。断面観察をした全てのサンプルで、BGAコーナのはんだ接合部だけでプリント回路板側電極界面にクラックが観察された。これは落下衝撃試験における一般的な現象であり、このことからサポートプレートを用いたことで異常な現象が起きないことも確認できた。

またサポートプレート端などコーナ以外のはんだ接合部について損傷状態を観察し、応力集中部がコーナ以外に移っていないことを確認した。

3.2 耐熱疲労性

3.1節と同様のサンプルを11枚作製し、補強なしサンプルと同時に-40℃/125℃(各30 min)の条件で、温度サイクル試験を1,600サイクル実施した。

L字型サポートプレートを用いたサンプルと用いなかったサンプルはいずれも、1,600サイクル経過に至るまで正常な抵抗値を保持できた。1,600サイクル経過後のL字型サポートプレートを用いたBGAのはんだ接合部断面の画像を図8に示

4 従来補強方法との比較

今回開発したL字型サポートプレートが従来のバックプレートと比較してどの程度効果があるかを調査するため、構造解析及び実験で検証を行った。

4.1 構造解析による検証

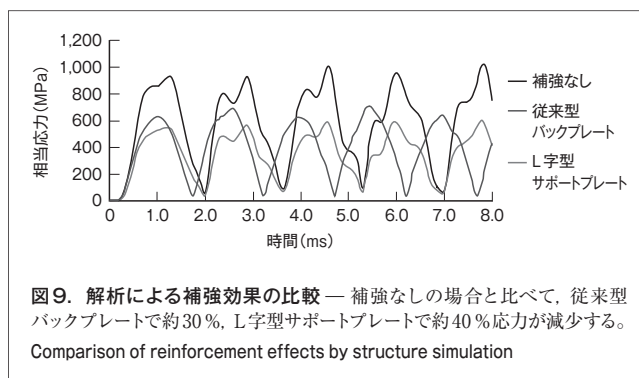
従来より適用されているものと同じ材料及び形状で作成したバックプレートモデル、6(長辺)×0.6(厚さ)mmのL字型サポートプレートモデル、及び補強なしモデルをそれぞれ作成し、落下衝撃解析を実施した。結果を図9に示す。

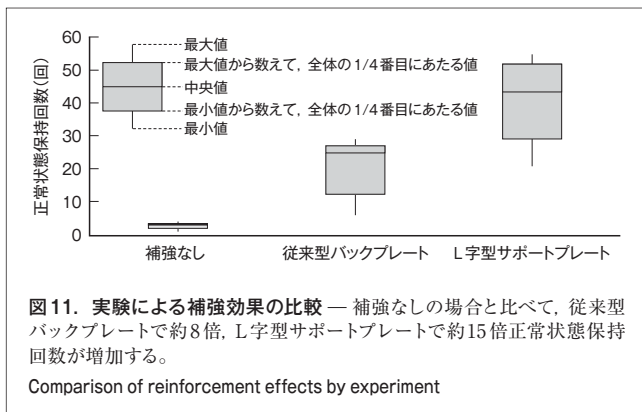
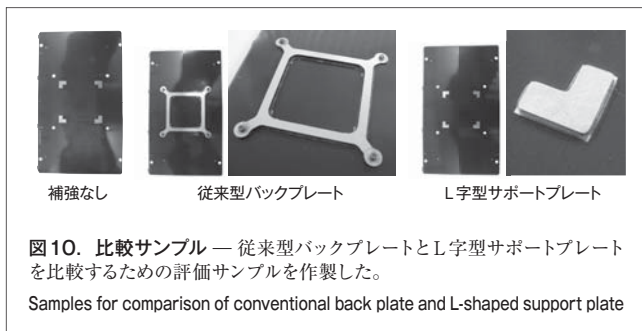
BGAコーナのはんだ接合部にかかる応力を比較すると、ピーク値は補強なしの場合に比べて、従来型バックプレートで約30%低減、L字型サポートプレートで約40%低減するという結果となった。

4.2 実験による検証

3章と同様のBGA及びプリント回路板を用いて、従来型バックプレート及びL字型サポートプレートのサンプルを作製し、落下衝撃試験を実施した。比較サンプルを図10に示す。

強度1,500 G、幅0.5 msの正弦半波で試験を実施し、正常な状態を保持できた落下回数を比較した。試験結果の分布を図11に示す。



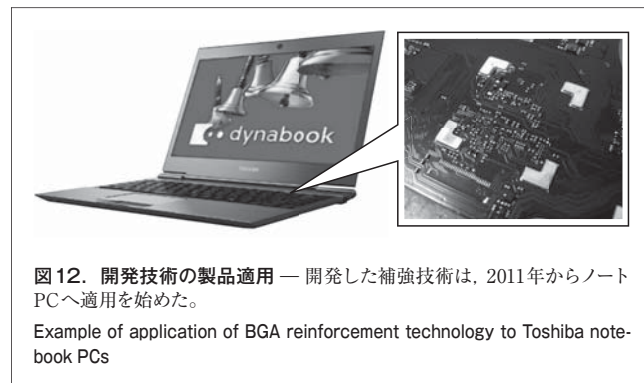


中央値で比較すると、補強なしで正常状態保持回数が3回だったものに対して、従来型バックプレートで25回、L字型サポートプレートで44回となった。この結果は解析結果とも傾向が一致しており、従来型バックプレートが適用できないような薄型・小型製品においても、今回開発したL字型サポートプレートを適用することで、従来方法と同等以上の補強効果が確保できることが確認できた。

5 製品評価

ノートPC実製品における信頼性及び堅ろう性を検証するため、次の製品評価を行った。

- (1) パームレスト加圧試験 パームレストを連続的に加圧し、内蔵デバイスへの影響を確認
- (2) 振動試験 XYZ軸の3方向にノートPCを揺さぶり、振動周波数をリニアに変動させて影響を確認
- (3) 一点加圧試験 ノートPC本体の一点に大きな圧力がかかった場合でも破損しないかを検証
- (4) 長作用・短作用衝撃試験 ノートPCを金属製及びゴム製の土台に落下させ、耐落下衝撃性を検証
- (5) 落下試験 76 cmの高さから製品を落下させ、その直後に電源を入れて正常に動作することを確認
- (6) 100 kgf面加圧試験 液晶カバー全面に均等に100 kgfの圧力を加え、その直後に正常動作を確認
- (7) HALT (Highly Accelerated Life Test) ランダム



に発生する強力な振動や急激な温度変化などが同時に起こる過酷な環境を作り出し、高レベルのストレスをかけ、品質に問題ないか確認

これらの評価から、製品においても信頼性及び堅ろう性に問題ないことが確認されたため、今回開発したL字型サポートプレートの当社製ノートPC dynabook R631などへの適用を2011年から開始した(図12)。

6 あとがき

高品質と低コストの両立、薄型・小型化、及び製造性を考慮したL字型BGAサポートプレートを開発し、補強効果及び耐熱疲労性について良好な結果が確認できた。また従来のバックプレートと同等以上の耐落下衝撃性が確認できた。

今後もノートPCやタブレットなどデジタルメディア機器の薄型・小型化のトレンドは続くと考えられる。当社は、高密度実装と堅ろう性という二律背反の課題の克服に取り組んでいく。

文献

- (1) 菅井崇弘 他. ノートPCの薄型・軽量化と堅ろう性を実現するBGA補強用接着剤. 東芝レビュー. 65, 6, 2010, p.52-55.



林山 晋也 HAYASHIYAMA Shinya

デジタルプロダクツ&サービス社 設計開発センター デジタルプロダクツ&サービス設計第九部主務。PCの実装要素技術開発に従事。

Design & Development Center



菅井 崇弘 SUGAI Takahiro

デジタルプロダクツ&サービス社 設計開発センター デジタルプロダクツ&サービス設計第九部。PCの実装要素技術開発に従事。

Design & Development Center



平元 修二 HIRAMOTO Shuji

デジタルプロダクツ&サービス社 設計開発センター デジタルプロダクツ&サービス設計第九部主務。PCの実装要素技術開発に従事。

Design & Development Center