

ノートPC筐体の品質施策と生産性設計の両立

Incorporating Quality and Productivity Design Measures into Notebook PC Chassis Production

中島 雄二

■ NAKAJIMA Yuji

ビジネス向けノートパソコン(PC)として、高品質と高信頼性を目指したdynabook Satellite Kシリーズを開発した。この機種は、企画及びレイアウトの段階から、いかに故障率を下げるか十分に検討し、それを基にPCの底面積の決定、部品配置、及び基板レイアウトを行った。構造設計としては、部品の固定方法やヒンジ、筐体(きょうたい)材料、筐体肉厚、防滴対策、塗装、製造性などあらゆる点でイノベーティブな設計を試みた。この結果、1枚基板化、ねじ本数削減、ハーネス長さの適正化などを行い、組み立てやすく、故障しにくいPCを開発することができた。

Toshiba's newly developed top-quality, highly reliable notebook PC "dynabook Satellite K series" is designed specifically for business use. From the earliest planning and rough drawing stages, every factor was examined to reduce the in-use failure rate, including size of the base, parts arrangement and printed circuit board (PCB) layout.

Every possible innovation was brought forward in designing the structure, parts fastening methods, hinges, chassis material, chassis wall thickness, leak-proof parts, painting and ease of assembly. Consequently, Toshiba has reduced the number of PCBs and screws, while extending the length of service life. The result is a more durable, yet easily assembled PC.

1 まえがき

ビジネス向けノートPCは、執務場所から会議室や外出先などへの移動がしばしば行われる。その結果、不慮の取扱いによる故障の可能性もある。また、PCの設定はカスタマイズしているものが多いため修理に出し、代替りのPCを借用しても仕事の効率は下がることがある。ユーザーの立場からすれば、故障してから対応するより故障しないことがもっとも重要である。

今回、高品質・高信頼性PCとしてdynabook Satellite Kシリーズを開発した。これは故障する可能性のある場所をあらかじめ予測し、この対策を施した設計を行った。更に組立てやすさにもっとも注力し、安定した製造ができることが高品質を維持できると考えた。

ここでは、dynabook Satellite Kシリーズの構造設計を中心に、品質差異化設計と生産性設計について述べる。

2 レイアウト

高信頼性のために、筐体の外部環境(応力、衝撃、熱、水滴、など)からの内部保護対策や壊れにくいレイアウト、部材選定、構造などを検討した(図1)。

2.1 底面積の決定

PCの底面積は、液晶ディスプレイ(LCD)ユニットの大きさでほぼ決まる。表示部より大きく本体部を設計してしまう

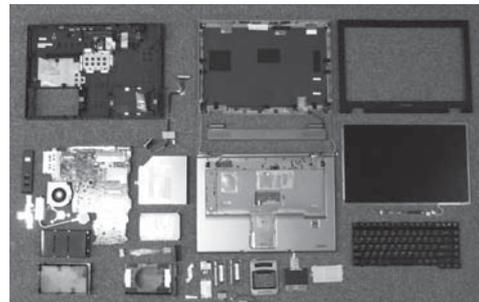


図1. dynabook Satellite Kシリーズの構成 — 高品質と高信頼性を目標として開発したノートPCである。

Inside a "dynabook Satellite K series" PC

と、画面の額縁の幅が広くなり見た目に貧弱な印象のPCになる。表示部より本体が小さい場合は衝撃などの外力が表示部に集中しやすく、壊れやすいPCとなる。この機種では、15.4インチワイドLCDユニットに衝撃の緩衝エリアを確保した寸法を表示部のサイズとした(図2)。

本体部のサイズは表示部よりわずかに大きくし、落下衝撃対策とした。これにより落下時にまず本体部が衝突し、この後に強度的に比較的弱い表示部が接触するようにした。

2.2 本体レイアウト

2.2.1 基板配置 この機種のように横に長いLCDを持つPCの筐体は、長手方向にたわみが生じやすい。基板を長手方向に配置すると、筐体の外力によるたわみの影

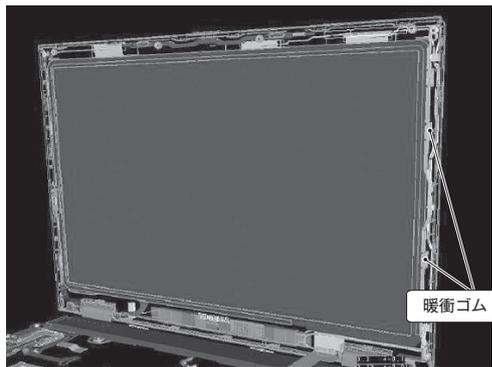


図2. 表示部実装 — 落下時の衝撃を緩衝するエリアを確保している。
Shock absorbing structure around the monitor

響を受けやすいことから短手方向に基板を配置した。複数の基板間をコネクタやハーネスで接続すると、コネクタ不具合や接触不具合の可能性がある。そこで、接続部品を介さない1枚のシステム基板で設計をし、信頼性を高めた(図3)。

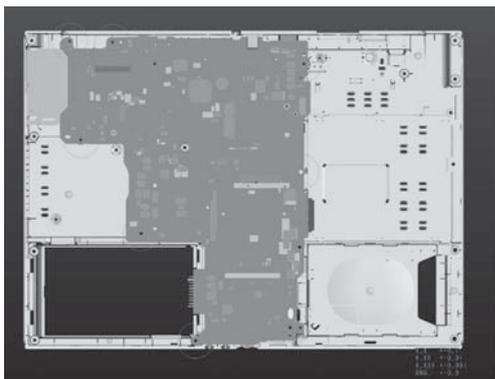


図3. 本体部実装 — 基板は外部応力を受けにくいように製品短手方向に配置している。
Impact resistant positioning of PCB on the base

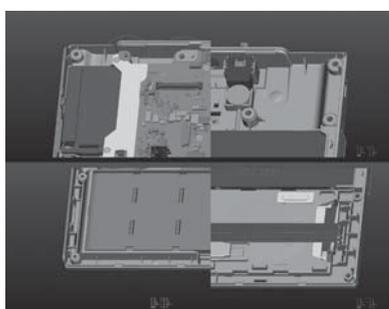


図4. 本体部角面の実装 — 本体部の4隅には、落下時の衝撃を緩衝するエリア確保のため、部品を実装していない。
No parts in the corner areas where deformation from accidental impact may occur

2.2.2 部品配置 自然落下時には角から落ちる可能性が高いため、本体部の4隅には部品を配置しない構造とした(図4)。

2.3 材料選定

筐体材料は、耐衝撃性に優れるポリカーボネイト樹脂と化学的安定性のあるABS(アクリロニトリルブタジエンスチレン)樹脂を9対1で混合したアロイ樹脂とした。これに剛性向上のため強化材を5%添加したものと20%添加したものを採用した。この結果、曲げ弾性率は通常樹脂で2,400~2,600 MPaに対し、強化材5%のものは3,200 MPa(約1.3倍)、20%のものは5,900 MPa(約2.3倍)となる。特長は破断時の変形量が極めて多い、すなわち靱(じん)性が非常によい点にある。

3 詳細設計

3.1 堅ろう設計

堅ろう設計を行ったことにより、鉄鋼板上への自由落下70 cmテストに合格している。ここでは、プリント板(PCB)、LCDユニット、磁気ディスク装置(HDD)の3点の実装方法について述べる。

3.1.1 PCBと筐体間の設計 筐体の第一の目的は内部保護である。PCが落下による衝撃や振動、及び筐体とPCBの熱膨張率の違いによる熱応力を受けた場合、PCBにはねじ止め部であるボスを介して応力が伝わる。ボスから伝わった応力はひずみとなり、ボスを中心に分布することがシミュレーションやひずみゲージを用いた実験でわかっている。(ひずみ)×(長さ)が変位量であるため、ボス付近には長尺もののコネクタやBGA(Ball Grid Array)のように部品が大きいはんだ付け面積が小さいものを置かない回路部品配置となるよう、基板設計部門と調整した(図5)。詳細はこの特集の論文“High Quality PCを支えるプリント板実装設計技術”(p.14 - 17)で紹介する。

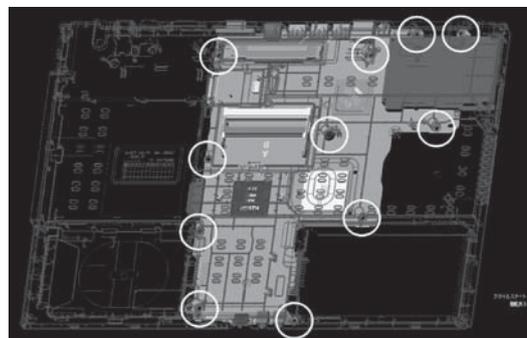


図5. ボス周囲の実装制限 — 外部応力や熱応力の影響を受けるボス周囲には、長尺もののコネクタやBGAを実装していない。
Areas restricted around busses, where mechanical or thermal stresses may occur

3.1.2 表示部実装 LCDユニットの構造は、薄いガラス2枚と導光板を金属フレームで保持しているため強制変形や外力に弱い構造となっている。これを保護するため、表示部の上側筐体は剛性の高い強化材20%の樹脂を採用している。LCDユニットは、両サイドからステンレス板金で保持し、これを筐体にねじ止めするだけでなく、周囲を緩衝ゴムで保持している。これは、強い衝撃が掛かったとき応力緩和の役割をしている(図6)。

3.1.3 HDD部実装 HDD天面に荷重が掛かると、比較的簡単にケース板金とHDDスピンドルが接触する。HDDスピンドル回転時にケースが接触すると、データが読み取れないだけでなく、スピンドルの偏心や摩耗粉によりデータを破壊する可能性がある。そこで、HDD部の底面に剛性の高い強化材20%の樹脂を用いた。更に、筐体とHDDとのクリアランス確保と応力拡散のため、筐体をドーム形状とした(図7)。

耐衝撃対策として、HDDの保持はいったん板金で囲い、これを緩衝ゴムで支えている構造とした。更にHDDとPCBの

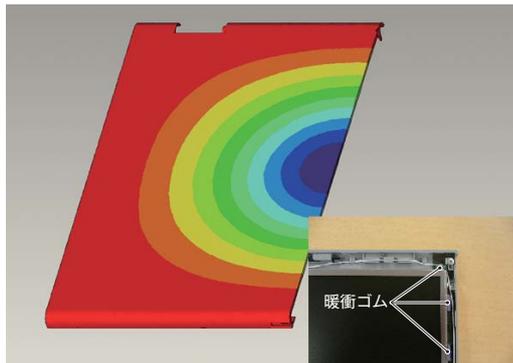


図6. LCD部実装 — 耐衝撃のためLCD保持の緩衝ゴムがはってある。
Shock absorbing rubber supports attached to LCD ends

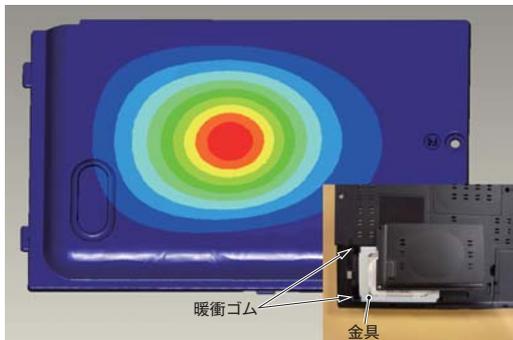


図7. HDD部実装 — 筐体をドーム形状とし、耐衝撃のためHDD保持金具と緩衝ゴムが組み込まれている。
Dome roofed anchors for HDD to withstand thrust forces

間に、互いに衝撃エネルギーや曲げ応力が伝わらないようにハーネスで接続している。

3.2 防滴設計

ユーザーが不注意で、キーボード(KB)やタッチパッドに水などをこぼすことがある。この対策としてKBとタッチパッド、指紋認証センサなどの周囲を防滴設計している。

この機種では、防滴リブを2重にして両面テープの接着面積を増加させることで、より強靱な保護をしている(図8)。

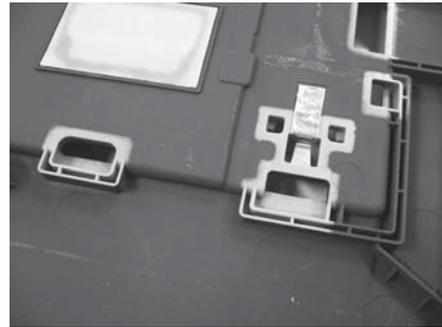


図8. 防滴設計 — 防滴リブを2重にし、信頼性を向上させている。
Double ribbed leak-proof design

3.3 ヒンジ

ノートPCの表示部は、ヒンジ2点だけで支えている。このヒンジの剛性が不足すると、表示部のふらつきの原因となる。また、ヒンジの耐久性が製品の品質にはもっとも重要な要因である。

この機種では、新規に開発したステンレス製大径ヒンジを採用した。ヒンジ径を大きくすることにより剛性を上げること、及びブレーキ性能と耐久性を向上することができる。材料のステンレス鋼は非常に粘り強い材料であるため、多少変形しても欠損しない特長がある(図9)。



図9. ステンレス製大径ヒンジ — 剛性向上とブレーキ安定性のため大径ヒンジを採用した。
Large, solid hinges are made of stainless steel

3.4 塗装

塗料は1液タイプと2液タイプに分類できる。1液タイプの塗料は、母材、色素材料、及び揮発材(シンナー)で構成している。シンナーが材料をわずかに侵すことでアンカーとなり、シンナーの揮発で色素材料を含んだ塗料母材が密着する。2液タイプの塗料は、母材を固めるための硬化剤が追加となる。これにより塗膜強度の高い塗装が可能である。この機種では2液タイプの塗料を用いている。色素材料として、シルバー系のはアルミニウム粉末を含有させている。

この塗料をキーボードの手前にあるパームレストに使用すると、手に付着したちりやほこりで塗膜表面が削られ、アルミニウム粉が表面に露出し、汗などで腐食し黒く変色することがある。この機種ではこれを回避するため、つや消しクリア系の塗料をシルバー系塗料の上から塗っている。

4 生産性設計

組み立てやすいことがもっとも重要な品質施策と考えた。これは、製造ラインでわずらわしい組立作業を削減することで、より品質に特化した作り込みができ、品質が安定したPCを市場に投入できるからである。

4.1 錦帯プロジェクトとねじ削減

4.1.1 錦帯プロジェクト 山口県岩国市に観光名勝として錦帯橋がある。この橋は、敵からの防御と自然災害への対応としてくぎなして設計されているため、簡単に分解ができる特長を持つ。ノートPCの設計も錦帯橋に倣って、極めてねじの少ない試作機を作成する錦帯プロジェクトを発足した。この試作の結果、ねじの使い方を大幅に見直すことができた。

つまり、従来はねじで力を受ける構造であったが、このプロジェクトでは部品の形状で力を受け、ねじは抜け防止としてかんぬき構造にした。

4.1.2 ねじ削減と品質向上 1本のねじが緩むと他のねじ止め箇所に応力が掛かり壊れる可能性がある。錦帯PJの結果、部品の形状で力を受けるような設計に改善した。この方法ならねじが緩む方向に力が掛からないだけでなく、かりにねじが緩んだとしても力を受けていないため、傷害が発生しにくくなる構造となっている。

ねじの使用方法を見直したことにより、ねじ本数が46%削減できた(図10)。

4.1.3 ねじの締付け方向 ねじの締付け方向は組立て性の良い上から下への方向とした。HDDや光ディスク装置(ODD)のように側面にねじのある物は、いったん金具を介してから上下方向に止めるようにした。

各ユニットの外形寸法公差があるため、金具を介してねじ止め方向を90度変更することにより寸法公差をキャンセルでき、ユニットに負担が掛からなくなるからである。

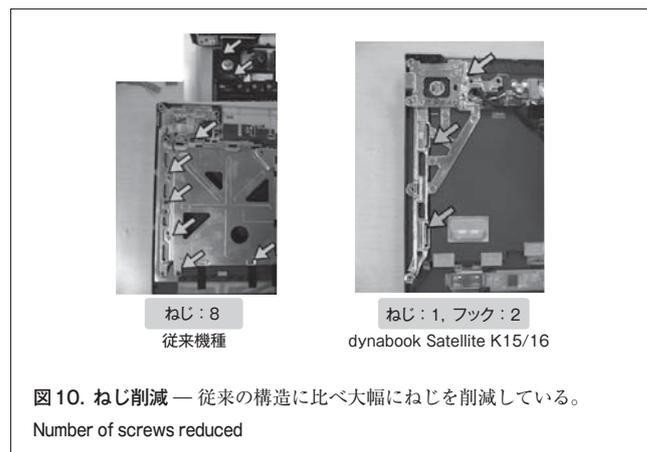


図10. ねじ削減— 従来の構造に比べ大幅にねじを削減している。
Number of screws reduced

4.2 LCDハーネス

組立て性改善のため、LCDハーネスをLCD開閉による長さを考慮したうえで可能な限り短くした。LCDハーネスを短くすることで組立て時の挟み込み防止となるだけでなく、LCDハーネスからノイズが発生したり信号内にノイズが乗ったりしにくくなり、品質も向上する。

4.3 組立て性

ねじ削減、1枚基板によるハーネス接続箇所の削減、LCDハーネスの長さ最適化などにより、組立て時のわずらわしい作業を削減している。これらは、製造部門の技術者とモデル作成段階から検討した。この結果、組立て時間が短縮できただけでなく、組立てミス防止などの品質向上にも効果が出た。

5 あとがき

高品質で高信頼性のノートPCの設計として、基本構造の検討から詳細設計、表面処理までイノベーションをもって取り組んだ。また、構造設計の早い段階から回路設計者、製造技術者や他部門の設計技術者とともに開発を進めてきた。この結果、各ユニットの固定方法、塗装、ねじの配置など多くの設計見直しを行った。

製品は比較的単純な部品構成となり、組立て性の良いPCとなった。今後はこの技術を多機種に展開するとともに、筐体強度による品質と小型・軽量化の二律背反の克服を目指し、更に高品位で携帯性に優れたPCの開発を目指していく。



中島 雄二 NAKAJIMA Yuji

PC & ネットワーク社 PC 開発センター メカニカル開発センターグループ長。ノート PC の構造・筐体設計に従事。PC Development Center