

Thin & Light PCの薄型・軽量化技術

Design and Evaluation of Thin and Light PC Chassis and Printed Circuit Boards

中島 雄二 山田 桂子

■ NAKAJIMA Yuji

■ YAMADA Keiko

東芝ノートパソコン(PC)の20周年記念モデルとして、ノートPCの機能を限られた面積に実装した libretto U100 と超薄型(厚さ9.9(最薄部)/19.8 mm)の dynabook SS SXを開発した。ノートPCの薄型・軽量化による強度、製造性、熱などの課題をレイアウト設計、PCB-CADとメカCADの連携による設計、シミュレーションによる構造解析、基板のひずみ分析・評価などの手法を用いて解決した。これにより、堅牢(けんろう)性を高めたノートPC dynabook SS MX, LXと共に、薄型・軽量をコンセプトとする“Thin & Light PC”のラインアップが一新した。

The ultracompact libretto U100 and ultrathin dynabook SS SX notebook PCs were developed as commemorative models for Toshiba's 20th anniversary in the notebook computer business. The structural design of thin and light PCs involves greater challenges due to their weaker chassis, more difficult manufacturing process, and less efficient thermal diffusion. These issues were solved by applying layout design, collaborative design with printed circuit board computer-aided design (PCB-CAD) and mechanical-CAD, structural analysis using computer simulation, and PCB strain measurement.

The libretto U100 and dynabook SS SX join Toshiba's "Thin & Light PC" lineup along with the robustly designed dynabook SS MX and dynabook SS LX models.

1 まえがき

モバイルPCの一般的な特長は高密度実装による薄型・軽量化した製品であるが、更に東芝は、高い剛性と堅牢性とを両立した製品を実現している。いつでもどこでも誰もがPCを使用できる環境を具現化しているため、ビジネスユースから一般ユースまで幅広い支持を得ている。

これらの商品ラインアップは、7.2型液晶ディスプレイ(LCD)の超小型PCである libretto U100, 超薄型(厚さ9.9(最薄部)/19.8 mm)の dynabook SS SX から光ディスク装置(ODD)と磁気ディスク装置(HDD)を内蔵した12.1型LCDの dynabook SS MX, 14.1型LCDの dynabook SS LX までとなっている。

ここでは、超薄型PCである dynabook SS SX と libretto U100 の構想・構造設計を中心に Thin & Light PC の特長技術について述べる。

2 目標性能

これらの製品に要求される性能のうち、最大の開発目標は次の2点である。

- (1) libretto U100は最小底面積の中でノートPCのすべての機能とインタフェースを実装する。

- (2) dynabook SS SXは12型LCDを用い製品厚さ9.9(最薄部)/19.8 mm, 最新チップセットでバッテリー寿命を従来機 dynabook SS S9 の2倍以上にする。

これらの性能はスタックビア基板(この特集のp.15-18参照)の開発・採用とともに、筐体(きょうたい)を含めた高密度実装設計技術により実現している。

3 レイアウト

3.1 基板の構成

限られた面積の libretto U100 と限られた厚さの dynabook SS SX は、基板の構成を工夫することで外部応力を逃がす構造とした。

libretto U100は、少ない底面積の中で基板面積を増やすため、基板を分割して重ねる構造とした。また、応力や熱ひずみなどの影響を少なくするため、基板間をフラットケーブルなどで接続している(図1)。

dynabook SS SXでは基板を本体後方に配置し、基板とコネクタの間の引き回しを最短にすることにより、基板面積の小型化を図っている。製品面積の約35%がスタックビア基板であり、15%が自由に変形できるフレキシブル基板の面積である。

これらによって、筐体外部から大きな力が作用し筐体が大

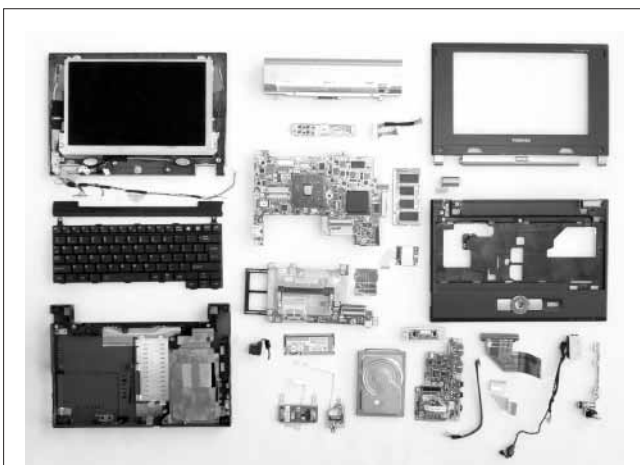


図1. Libretto U100の構成 — Libretto U100は数多くの基板で構成されている。

Disassembled libretto U100

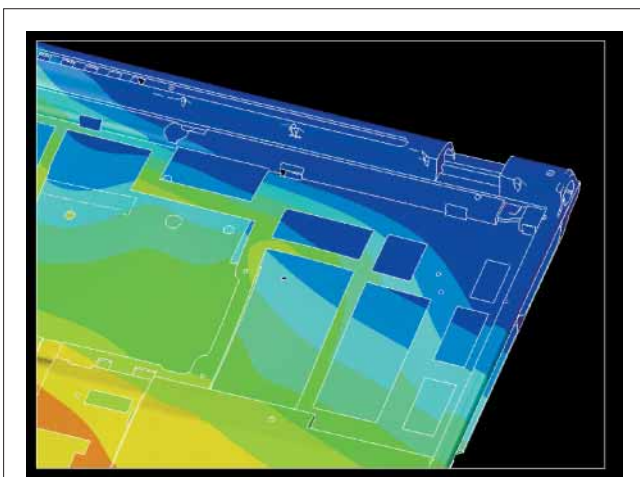


図2. dynabook SS SXの熱ひずみ解析結果 — 熱による筐体の変形を調査し、基板への影響を調べている。

Thermal strain analysis of dynabook SS SX chassis

大きく変形しても、スタックビア基板は面積が小さいため比較的平面が保ちやすい構造となっている。また、1枚当たりの基板質量が小さいため、衝撃時に加わる力は小さくなっている。

両機種ともに、外部応力、耐衝撃性、熱ひずみなどについては従来の同類機より優れた結果を得ている(図2)。

3.2 全体の構成

dynabook SS SXは、開発した薄型バッテリーを前面に配置することにより、LCD部を大きく開けたとき重量バランスがとれる構成とした。また、パームレストの下にバッテリーとHDDだけを配置することにより、パームレストが熱くならない配慮をしている。

dynabook SS MX/LXは、製品が厚くなる原因である

バッテリーを後方に配置し、前面部を薄くし本体部をやや前傾させるとともに、ODDの右側配置などにより、ユーザーの操作性を上げている。

Thin & Lightシリーズのすべての機種では、HDDをCPUなどの発熱の影響を受けにくい箇所に配置している。

3.3 実装部品のレイアウト

薄型PCでは、しばしば筐体の温度上昇が問題になることがある。これは、発熱量の大きいCPUやゲートアレイ、VGA (Video Graphics Array)などの冷却が不十分なためである。

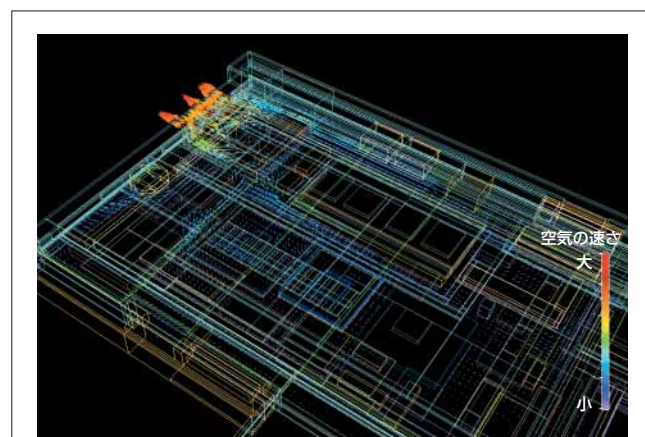


図3. 空気流動シミュレーション — 基板の部品配置を決めるうえで、空気の流れが良くなるように設計している。

Air flow simulation

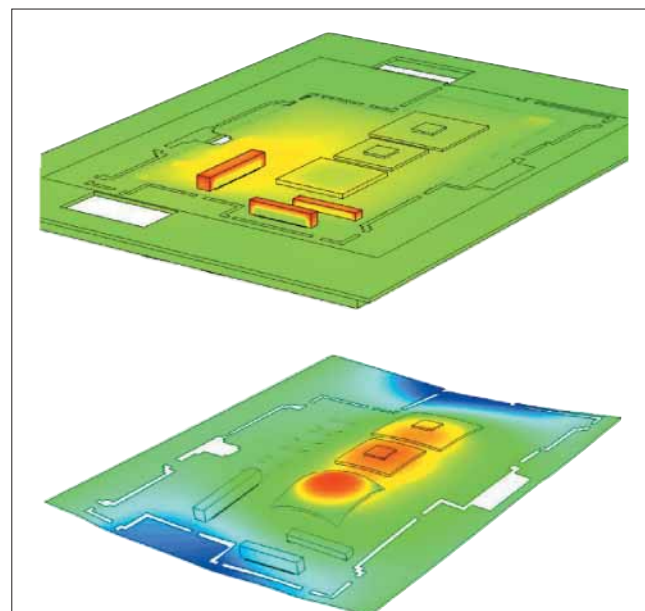


図4. リフローシミュレーター — リフロー炉ではんだを溶かすために熱風をあてる時、均熱になるようにするとともに熱変形量の調査を行い、最適な条件を見いだす。

Thermal deformation analysis by reflow simulator

具体的には、筐体内面と発熱体の距離が近く、この間に十分な空気流動が得られないことなどが原因である。空気流動を悪化させる要因としては、長尺のコネクタが空気流動方向と直交した配置になり流動を妨げることがあるため、初期の構想設計段階で基板上の空気流動をシミュレーションなどで検討を行い、実装部品のレイアウトを決めている(図3)。

また、空気の流れのよい基板は製造面でも有利である。表面実装の基板の製造は次の方法で行われる。まず、未実装基板のはんだ必要箇所にはんだペーストを印刷する。この上にICやチップ部品を載せ(マウントし)、リフロー炉ではんだを溶かしてはんだ付けを行う。空気の流れのよい基板は、リフロー時に熱風が短時間に均等に分布するためはんだ付け性が良好となる(図4)。

4 メカCADとPCB-CADの連携

従来の設計は構想設計で部品レイアウトを決め、これに基づき基板形状と基板の実装高さエリアを決めていた。これらの指示は図面(紙)によって取り交わしていた。この方法では人間系の作業が発生するため、1,500~2,000点に及ぶ数多くの実装部品の確認には限界があった。しかも100%正確とはいえない。

また、メカCADの3次元設計に対して、PCB-CADは基板の各層の2次元データを合わせたものであり、パターン作成を優先したCADである。このため、実装部品の高さについては設計者にゆだねる部分が大きかった。したがって、2次元データのPCB-CADと3次元データのメカCADの連携は困難であった。

当社はこの課題に対して、製品全体の高密度実装に対応するため、メカCADとPCB-CADとのデータ連携を取ることにした。まず、PCB-CADの基板部品データに高さ情報を付加したデータベースを作成し、PCB-CAD上で3次元の形状データを作成できるようにした。

構想設計段階でメカCADにより、主要部品配置を3次元的にレイアウトし、PCB-CADサイドに基板形状と実装制限エリアの3次元データを渡す。基板の設計者はこのデータを基に、部品選定と配置を行い、パターンを設計する。パターンの設計が一段落したところで、基板上の部品を立体化した3次元データとしてメカCAD側にデータを渡す。メカCADは、このデータを用いて更に設計を詳細に詰め、きめ細かな設計を行う(図5)。基板の部品実装データを取り入れたメカCADの設計画面を図6に示す。

図6に示すCAD画面にあるように、基板上の極小チップ0603(底面積0.6×0.3mm、高さ0.23mm)までモデリングされていることがわかる。

dynabook SS SXでは、この設計データを基にキーボード

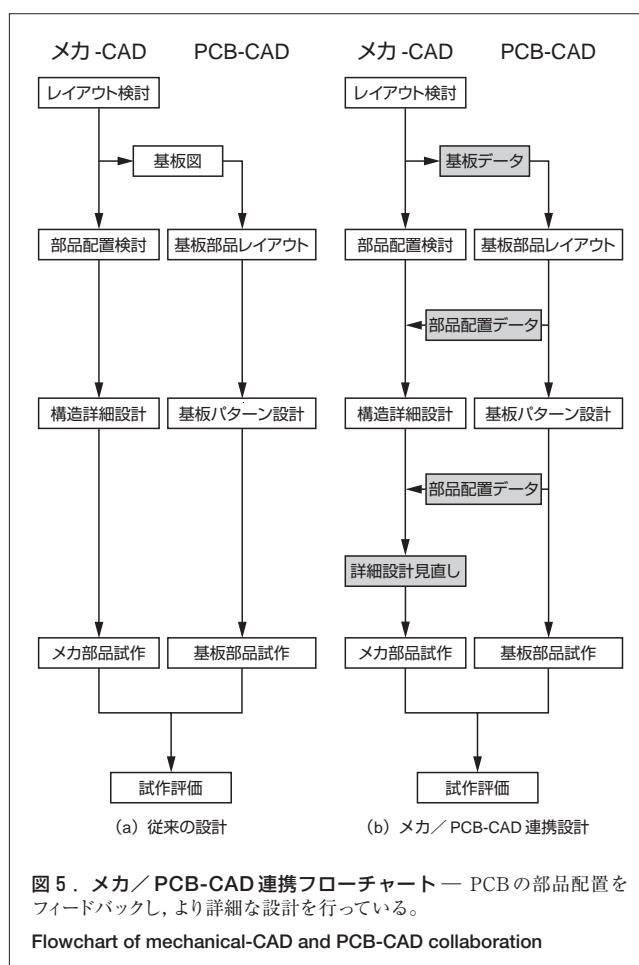


図5. メカ/PCB-CAD連携フローチャート — PCBの部品配置をフィードバックし、より詳細な設計を行っている。

Flowchart of mechanical-CAD and PCB-CAD collaboration

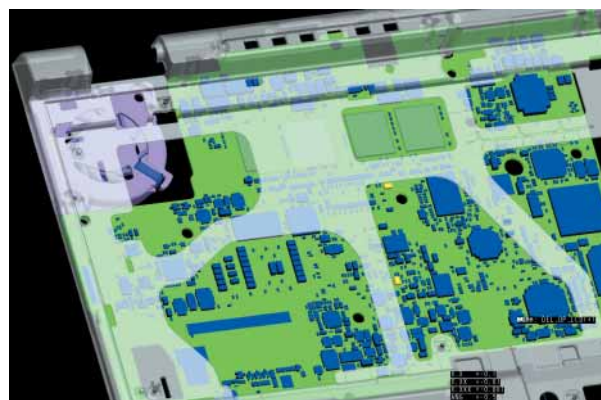


図6. メカ-CAD画面 — PCB-CADデータをメカCADに取り込み、より詳細な設計を行っている。

Mechanical-CAD display

下に梁(はり)を追加し(図7)、キーボードの剛性向上とキーボードの押し圧が基板に伝わりにくい構造設計を行うことで、製品の信頼性向上を図っている。

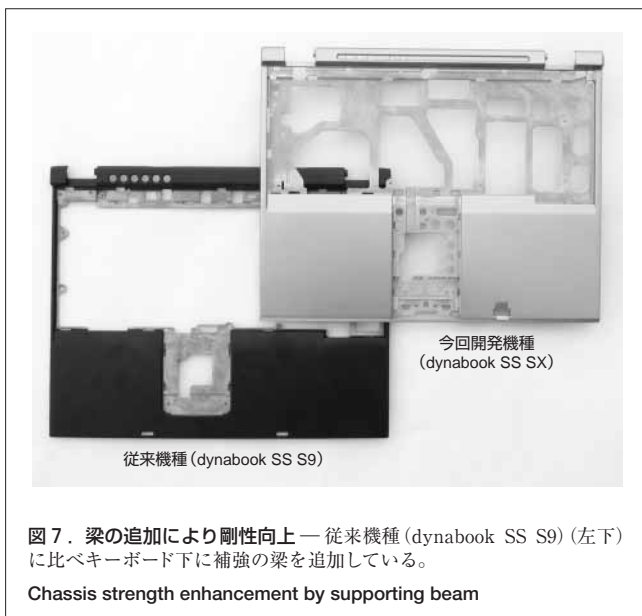


図7. 梁の追加により剛性向上—従来機種 (dynabook SS S9) (左下) に比べキーボード下に補強の梁を追加している。
Chassis strength enhancement by supporting beam

5 解析シミュレーション

設計初期段階で各部分の強度を知ることは、補強エリアを確保し最小体積を実現するために重要である。詳細設計中の3次元データそのものでリアルタイムに解析することにより、短納期でしかも必要に応じて高剛性・堅牢設計が可能となる。

ノートPCの構造設計では、設計者がみずから設計中の3次元CADデータに解析項目である荷重条件、拘束条件を入力し、解析を行い、結果を確認している。解析項目としてヒンジ強度(図8)、HDD外圧強度など7項目以上の解析項目を決め、金型出図前にシミュレーションを行い、断面形状



図8. 解析の一例—ヒンジのトルクが筐体を変形する量を求め、強度と軽量化を実現している。
Chassis deformation analysis

や偏肉などすべての設計データを盛り込んでいる。

解析結果を基に、libretto U100はHDDの下側を凸形状に、dynabook SS SXはフラット形状にしている。

6 筐体の製造方法

dynabook SS SX/MX/LXの筐体は、マグネシウム(Mg)合金でできている。成形方法は溶融したMg合金をコールドチャンバ法にて金型内に注入し、冷却し所望の形状を得るものである。コールドチャンバ法の特長は、ホットチャンバ法に比べ溶融Mg合金の注入温度が低く、高速、高圧で注入が可能なことである。

また、Mg合金の筐体は、成形時の溶融温度と室温との温度差が少なく、高圧で注入するほど熱ひずみの影響を受けにくい。また、高速注入によって、薄肉でも流入口と流動末端の温度差が小さくなる。これらにより、超薄肉形状でも熱ひずみが少なく、高品位で高量産性の製造を可能としている(図9)。

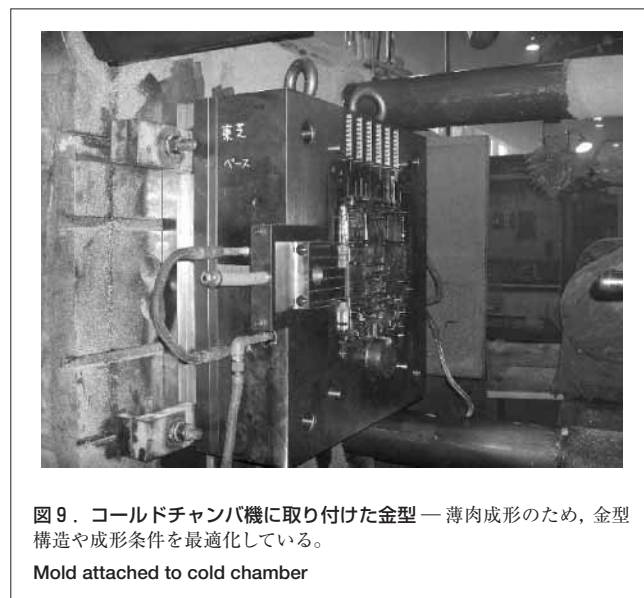


図9. コールドチャンバ機に取り付けた金型—薄肉成形のため、金型構造や成形条件を最適化している。
Mold attached to cold chamber

試作では、肉厚0.5mm以下でも成形可能であったが強度、剛性の向上を目的に0.6mm以上としている。また、熱ひずみが少ないため基本肉厚に対して厚さを変える偏肉が可能となる。このように必要な箇所の肉厚の増減を行うことによって、きめ細かな設計を可能としている。dynabook SS SXでは基本肉厚を0.6mmとしているが、CPU部(7章のひずみ測定結果への対応)とパームレスト部の肉厚を厚くし、剛性を上げている。

一方、libretto U100は高剛性、高靱(じん)性(粘り強い特性)材料であるアロイ樹脂を使用している。これは耐衝撃性に優れるポリカーボネイト樹脂に耐薬品性に優れる一般エ

ンブラ (ABS樹脂) を9:1で混成し、更に高靱性を増すためにタルク (TD) を10%添加した物である。

これにより非常に強く割れにくい筐体になっている。

7 実装信頼性向上のための基板ひずみ測定

当社では、PCの機械系製品評価として、振動試験、衝撃試験、自由落下試験、梱包 (こんぼう) 落下試験、外圧力試験、熱衝撃試験など、多岐にわたる試験を実施している。その一例として、基板のひずみ解析試験について述べる。

薄型・軽量PCは、ユーザーによる持ち運びが頻繁に行われるため、そのときにPCに加わる外力による影響も考慮した実装信頼性の評価を行う必要がある。特にCPUやチップセットなどの大型のBGA (Ball Grid Array) 部品は基板とはんだボールにより接続されているため、外力による基板の損傷が懸念される。

当社では、外力による基板へのダメージを検証する手段として、ひずみ測定手法を導入している。これにより、筐体に外力が加わったときに、内部に実装されている基板がどの程度変形したかを定量的に把握することが可能である。

ひずみ測定による信頼性評価においては、まず予備実験により、基板が損傷しないひずみ量の限界値を把握する。続いて製品基板の試作品において、CPU及びチップセットなどの大型BGA 部品の実装箇所の近傍にひずみゲージをはり付けてひずみ測定器に接続し、製品同様に筐体に組み込んだ状態で落下衝撃などの外力を加える。このように外力が加わったときの基板のひずみ量を測定して、先に決めた限界値との比較を行う。その結果から筐体や基板レイアウトに変更が必要かどうかを判断する。

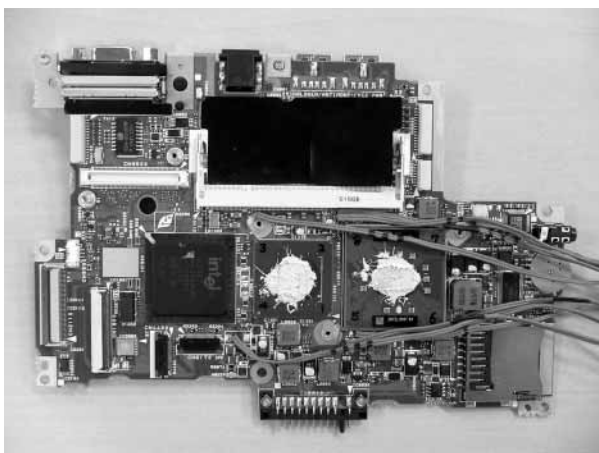


図10. ひずみゲージをはり付けた状態 — 基板上にひずみゲージをはり付けて、ひずみ量を測定する。

Strain gauges on PCB

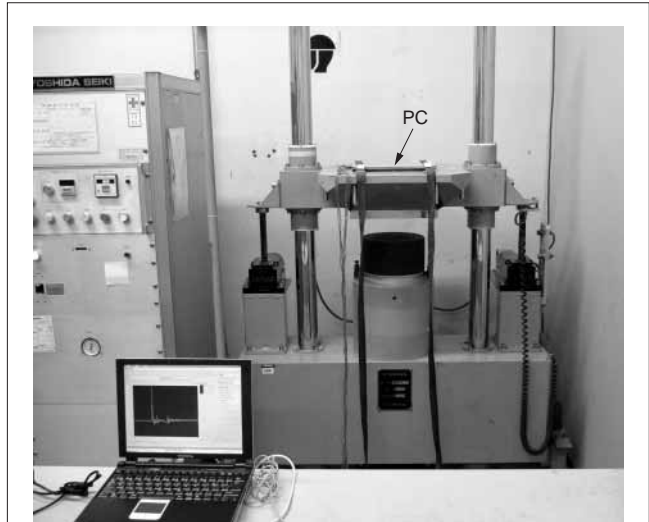


図11. 衝撃試験時のひずみ測定 — 衝撃を受けたときの基板のひずみを測定、結果を設計に反映させる。

Strain measurement in drop shock test

dynabook SS SXの試作品において、図10のように基板にひずみゲージをはり付けて衝撃試験を行った (図11)。

8 あとがき

Thin & Light PCの開発では、構想・構造設計段階におけるCAD解析により高精度な筐体構造設計を行った。また、筐体だけでなく内部にある基板の変形も考慮して、信頼性の高いPCを実現した。

今後は、更なるモバイル性の向上のために、より薄く、より軽く、しかも高強度で信頼性の高いノートPC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



山田 桂子 YAMADA Keiko

PC & ネットワーク社 PC開発センター 実装開発センター。ノートPCのPCB実装開発に従事。PC Development Center