美しいデザインの軽薄ボディと堅ろう化技術

Development of Chassis Which Has Beauty, Lightness, Thinness, and Toughness

● 大西益生　　● 軽石　毅

あらまし

近年，スマートフォンやタブレット端末の台頭により情報処理端末を持ち歩くシーンが増えている。このような流れの中で，モバイル端末としての役割を担ってきたノートパソコンにおいても可搬性の重要な要素である薄型化・軽量化・堅ろう性が求められている。また，持ち歩きのシーンが増えるに伴い，他社との差別化ができる美しい外観・デザインも商品価値を決める重要な要素となっている。お客様が求める商品を提供するためには，この二つの要素の両立は不可欠である。

本稿では，ともすれば相反しがちな美しいデザインを表現しつつ，軽薄ボディと堅ろう性を実現する技術を紹介する。

Abstract

People have increasingly come to carry about information-processing devices along with the rise of smartphones and tablets in recent years. Under such circumstances, there is a need to make notebook computers, which have served as mobile devices, robust, thin and light; this is an important element that affects their portability. Accompanying an increase in usage scenes where people carry devices around, another important element that determines their commercial value is whether or not they have a beautiful appearance and design that differentiates them from competitors' products. In order to provide products that customers demand, Fujitsu must develop notebook computers that have both these elements. This paper introduces technology to achieve both these elements, although they tend to conflict with each other: a robust, thin and light chassis with a beautiful design.

ま　え　が　き

パソコン市場は，2011年にインテルが提唱したUltrabookという薄型・軽量ノートパソコンの新カテゴリに多くのベンダが新製品を投入した。Ultrabookは，起動時間やバッテリでの稼働時間と同時に液晶サイズに応じて装置の厚みを規定することでモビリティを加速させた。ユーザにとってもUltrabookは，使い勝手や可搬性に重点を置いて開発された装置であることが分かりやすく，市場の伸びも堅調である。

また，タブレットの伸長により情報端末を持って歩くことが一般化し，タブレット端末の出荷台数は2014年には2012年の倍増と予測されている。[1] これらは従来，文章作成や画像・動画編集など様々な作業において性能的にも使い勝手も十分であったパソコンが全ての作業を賄っていたものが，スマートフォンやタブレット端末の台頭によって，閲覧時や簡単な作業にはそれに特化した端末を使用するという二極化が進んできたことの表れでもある。このような流れの中でノートパソコンも市場での立場を維持するためには性能的な軽さ（サクサク感）とともに軽薄化（軽量・薄型化）・堅ろう性が従来にも増して必要となっている。

本稿では，これらの可搬性を実現するための技術と多様化するお客様の要望に応える美しいデザインを両立させる技術を紹介する。

ノートパソコンの軽薄化・堅ろう性技術

● 強度材料の使用

一般にノートパソコンの軽薄化には比重の軽い材料の採用やカバーの薄肉化を行う。使用される筐体材料の比重は，主なものでPC＋ABS（ポリカーボネート＋アクリロニトリル・ブタジエン・スチレンの共重合体）→ガラス繊維強化PC（ポリカーボネート）→ガラス繊維強化ナイロン→マグネシ

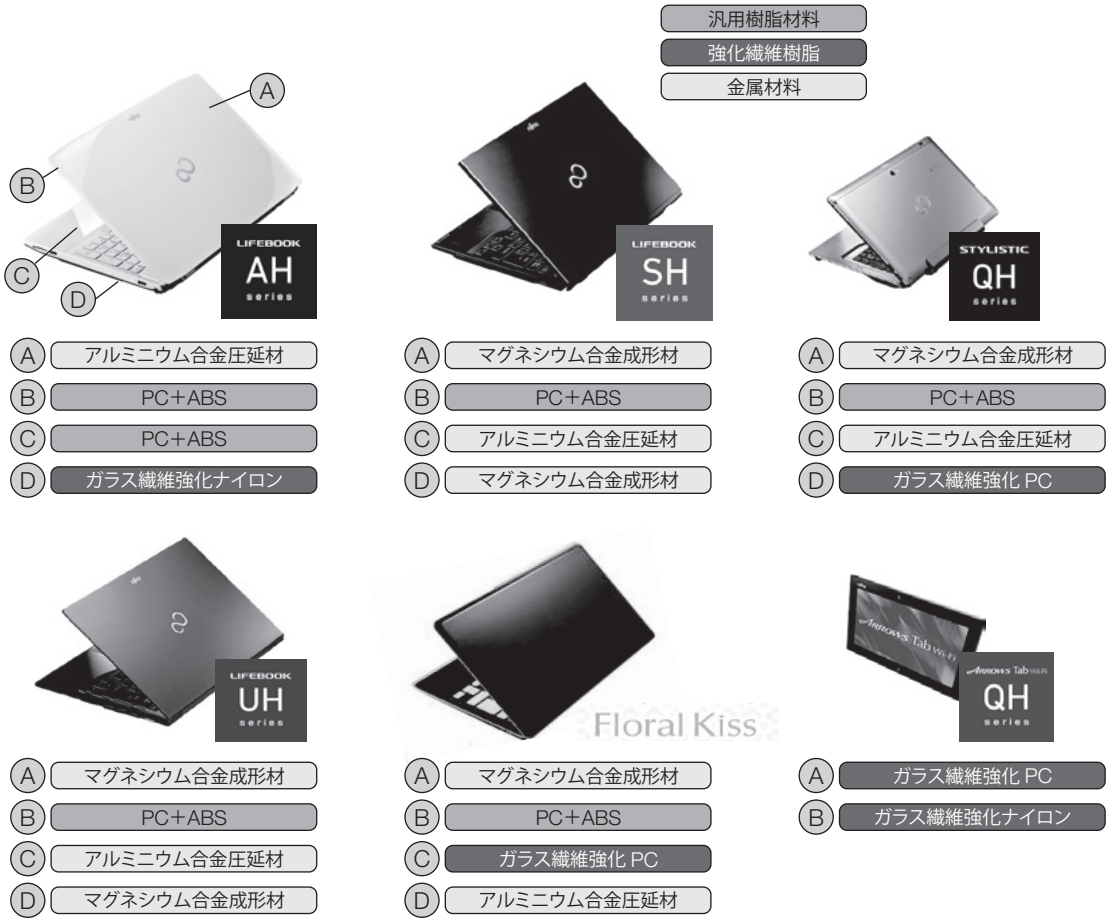


図-1　カバー材料と使分け

ウム合金→アルミニウム合金の順で強度とともに重くなっていき，部位や製品群によって使い分けている（**図-1**）。比重は単位体積あたりの重さを表す数値であり，比重の軽い材料である汎用樹脂は軽量化に優れているが，強度においては強化繊維入り樹脂や金属より劣るという性質を持っている。そのため持ち運ぶ際に圧迫される恐れのある天面カバーや底面カバーなど強度が要求されるカバーなどに使用する場合，板厚を増すことや補強形状を追加することで強度を補うため，結果的に重量の増加やカバーの厚みが増すこととなってしまう。

そこで軽薄化の取組みとして，比重は汎用樹脂に比べ重くなるが強度が高いためカバーの厚みを減らすことが可能な様々な強化繊維の入った樹脂や金属材料を使用する装置が増えてきている。特に据え置き使用に重点を置いたA4系ノートパソコンよりも，持ち運んで使用することを想定した14インチ液晶以下クラスのモバイル系ノートパソコンはここ数年金属材料の使用が顕著である。

比重は，一般的に筐体カバーとして使用されている樹脂であるPC＋ABSの1.2に対して，強化繊維としてガラスを20％使用したPC（ポリカーボネート）で約1.4，金属材料であるマグネシウム合金（AZ91D）が1.8，アルミニウム合金に至っては2.5～2.8となっている。

従来，PC＋ABSを使用していた筐体カバーは，強度と軽さ・薄さのバランスから厚みを1.8 mmにしていた。それらを比重は重いが強度のあるマグネシウム合金に置き換えることでカバーの厚みを1/2～1/3に薄肉化し，結果的に装置の軽薄化を実現させている。ここでマグネシウム合金のヤング率（弾性係数）は一般的なPC＋ABSの約10倍以上あるため1/3の薄肉化を図っても十分な強度を保つことができる。金属カバーの例としてマグネシウム合金（AZ91D）を使用した場合の軽薄化効果を説明する。

筐体カバーの面積を一定（A）とした場合，PC＋ABSとマグネシウム合金を使ったカバーのそれぞれの場合での厚さ・軽さの比較を行う。

【PC＋ABS（t＝1.8 mm）の場合】

A（面積）×1.8 mm（板厚）×1.2（比重）＝2.16 A［g］

【マグネシウム合金（t＝0.6 mm）の場合】

A（面積）×0.6 mm（板厚）×1.8（比重）＝1.09 A［g］

となり，厚みで1/3，重量で1/2の効果を得ることができる。

また近年，様々な開発が行われている強化繊維入り樹脂も強化繊維を混入することで比重は重くなるが，強化繊維の強度によって板厚を薄くしても同様の効果を得ることができる。強化繊維としては，ガラスが価格と性能の観点から一般的に使用されているが，ガラスのヤング率（弾性係数）はマグネシウム合金より高く，アルミニウム合金とほぼ同等（**表-1**）のため，材料の堅ろう性材料として使用範囲が広がっている。

● 負荷分散化

もう一つの技術として広い面で荷重を受けることで負荷分散を行い，部品を圧力から守る，または局所的な撓（たわ）みをなくすことで使用感をあげるという対策をとる。

従来の装置の負荷低減の対策としては外装カバーと実装物の間に外部からの負荷が掛かって撓んでも触れない十分な空間を確保していた。しかし，装置の薄型化を進める上で実装物のない空間は真っ先に削除しなければならない空間であった。ところが，カバーとユニット類の間隙を縮めると負荷が掛かった際に局所的にユニットに荷重が加わり，画面上への白点やプリント基板のはんだ剥離や部品破損などが生じる原因となる。

そこで外部から加わった負荷を広い面積に広げ，ユニット類に伝わったときには単位面積あたり小さな負荷になるような対策を施した。

LIFEBOOK-UHでは，HDD搭載機で世界最薄(注)の15.6 mmを達成するために間隙を極限まで削減したためキーボードとプリント基板の間に十分な空間が取れずにキーボード押下時にプリント基板に局所的負荷が掛かる懸念があった。それを解決

表-1　各材料のヤング率

材料	ヤング率［GPa］
ポリカーボネート	2.45
マグネシウム合金	45
アルミニウム合金	69
ガラス	65-90

（注）　2012年5月9日時点。当社調べ。

するためにキーボードとプリント基板を極限まで近づけた後にできた空間のみに樹脂製負荷分散グリットを介在させることでキー押下時の負荷はしっかりと受けるが，プリント基板と負荷分散グリットで上からの押下時の負荷を受けるためプリント板への局所的負荷低減を図れる構造を実現した（**図-2**）。

図-3に示すようにキーの下には必ず格子が配置されるようにすることでキーボード押下の負荷がプリント基板に掛からないだけでなく，キーの沈み込みも防ぐため押下時の操作感を良くする効果もある。プリント基板には樹脂製負荷分散グリットを受ける箇所には部品を載せないことで部品への影響も排除した。また，この部品はファンが生み出す冷却流路も阻害しない形状とすることで間隙がなくなった際に冷却能力が低下することをも防いでいる。

これを実現するためにはプリント板の設計と構造設計，冷却設計が常に同期しながら進まなければならず，それぞれが部分最適で進められた場合，構造部品と実装部品の干渉や冷却の阻害，または負荷低減不足といった問題が起こってしまう。富士通のノートパソコンの開発においては，それら全ての設計を開発拠点である川崎工場で行っており，構造設計の3次元CADとプリント板設計のCADを連携させることによって装置全体としての最適な構造を可能にできた。また，製造も国内の島根富士通で行っているため，製造での不具合が即座に設計にフィードバックできるスキームが構築されており，設計からものづくりまでを通して常にQCDにおける最適な構造を実現することができる。

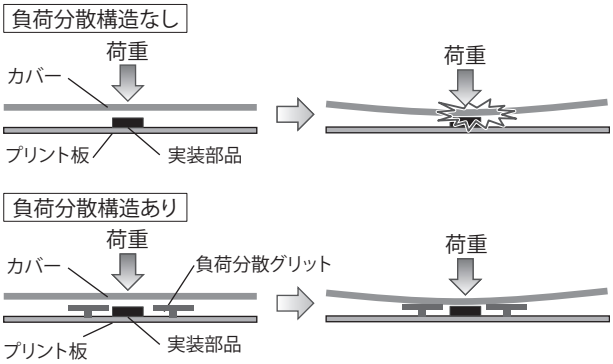
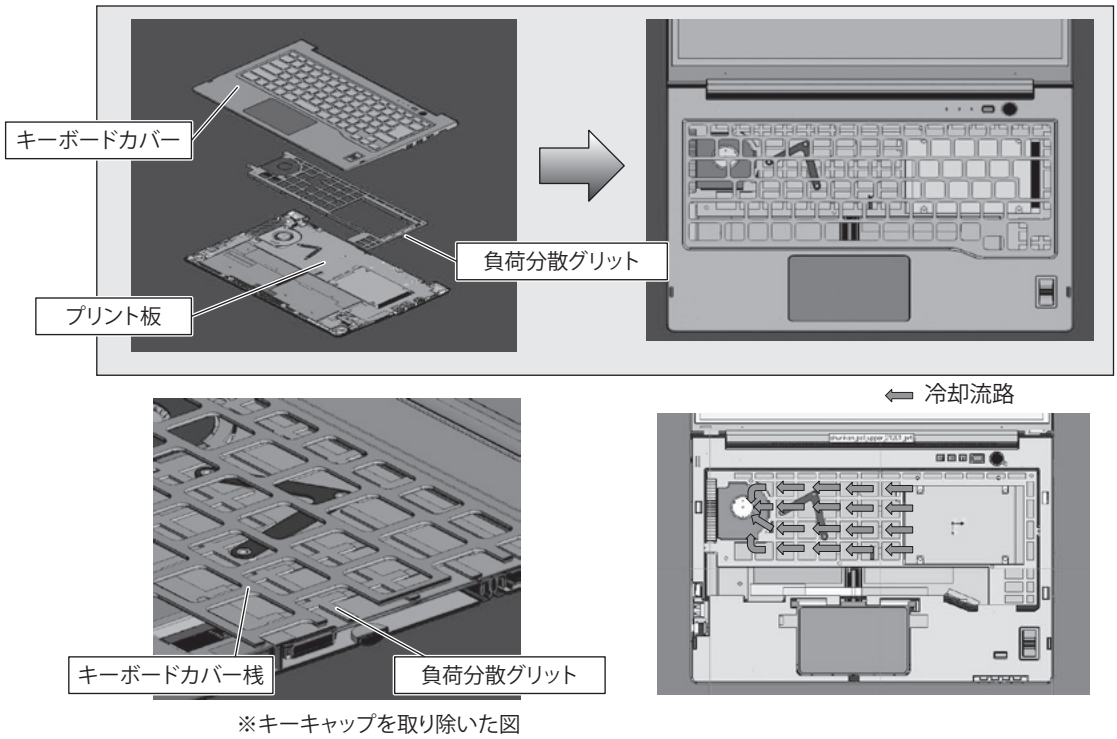


図-2　負荷分散構造概略図



※キーキャップを取り除いた図

図-3　負荷分散樹脂製格子部材

これまで述べたように金属材料の使いこなしや新技術導入による最小間隙の実現，設計製造の連携によりLIFEBOOKは，軽薄化・堅ろう性を兼ね備えた製品となっている。

美しいデザインと軽薄化・堅ろう性の共存

本章では，軽薄化材料として注目を浴びているもののうち，加飾・質感からも適用比率が増している金属材料の使いこなしについて触れる。金属材料は先に述べた軽薄化・堅ろう性だけでなく，手に触れた際の剛性感や触感からもデザインの一部として要求が高まっている。

● 金属材料の課題

数年前までは装置外装への金属カバーの使用は液晶背面のリアカバーのみの使用が多かったが，近年では本体部トップカバーや底面のカバーも金属を使った3面金属カバーの装置も増えている。それら金属もマグネシウム合金やアルミニウム合金の成形品や圧延材と，材料，製法も多岐にわたっており，最近ではアルミニウム合金の切削品も各社採用している状況である。

一方，金属はそのシールド性から電波を発信/受信するアンテナ近辺に使えないという問題があった。そのため，アンテナ周辺のカバーは樹脂を使用し，金属のカバーと溶着により一体化するという手法を取っていた｛**図-4**（a)｝。この従来の方法ではカバー外観部にアンテナ部とそれ以外の境界線につなぎ目が生じるため美しいラインを持ったカバーを実現する上での阻害要因となっていた。更には別々に成形したカバーを後工程で溶着する必要があるため製造工程も増えるという問題があった。

● ハイブリッド成形の採用

そこで，先に溶解温度の高い金属カバーを成形し，その成形されたカバーを金型にセットして樹脂を一体成形するというハイブリット成形を富士通のモバイル機では積極的に採用している｛図-4（b)｝。

これは外観に2種の材料のカバーのつなぎ目が見えないため，ユーザからは一体型カバーに見えるがアンテナが搭載されている箇所には導通のない樹脂カバー，それ以外は金属カバーを使うことで軽薄化と堅ろう性を実現しつつ美しいシームレスなデザインを実現することが可能となる。

ここで金属カバーにマグネシウム合金の成形品と高性能ポリアミド樹脂のハイブリッド成形の例を紹介する。

(1) マグネシウム合金を成形（その際，ポリアミド樹脂との接合面にアンカーが入り込むための穴形状を作製）
(2) 樹脂成形用の金型に成形されたマグネシウム合金をセット
(3) 金型に樹脂を射出（その際，マグネシウム合金の穴形状にアンカーが成形される）
(4) 成形品を取り出す

これにより**図-5**の断面の製品ができ上がり，接合部が成形により一体となる。金型内で二つの材料を一体化することでアンカーがマグネシウム合金の穴に噛み込んでいるため，強度を保つことが

（a）金属カバーとアンテナカバー 溶着の例

（b）金属カバーとアンテナカバー ハイブリッド成形の例

図-4　筐体カバー構造の違い

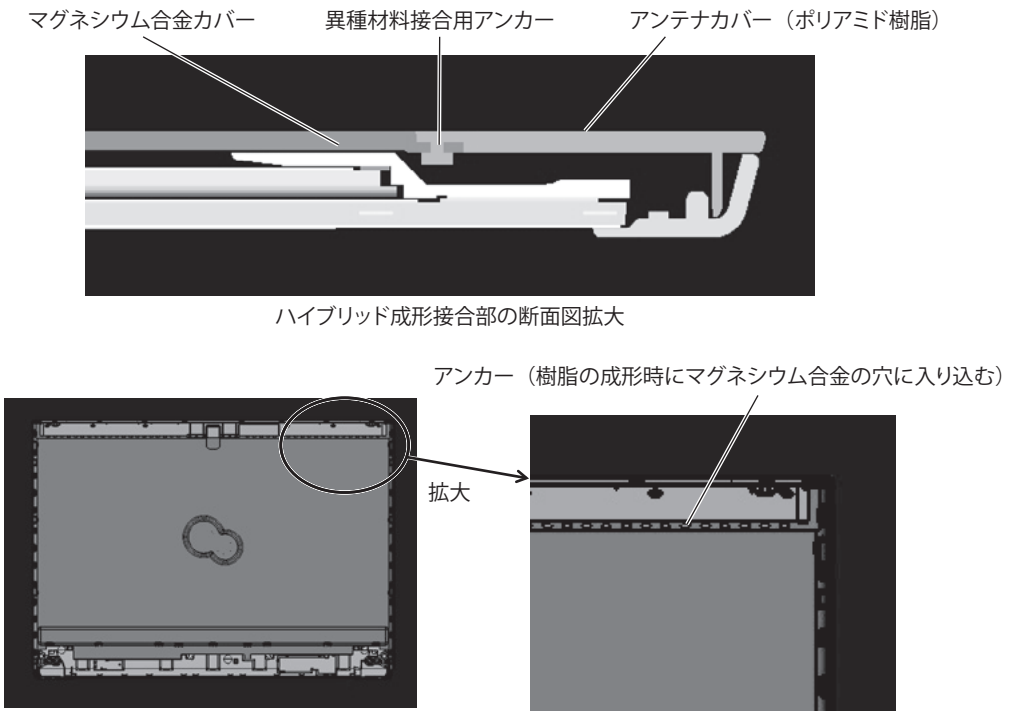


図-5　アンカー構造

できる。また，接合部に接着層や溶着用の形状が不要なため，薄型化にも優れている。

意匠面側は別部品を合わせた場合と違い，マグネシウム合金と金型の間にできた間隙に樹脂が入り込むため，材料違いのパーツ間の溝をなくすことが可能となる。しかし，一方では異種の材料を成形で一体にするために材料間の収縮の違いにより接合部にギャップなどの外観的欠陥が生じるという問題があった。金属の圧延材やカーボンの板材を金型にインサートして樹脂材とハイブリッド成形する例は以前からあったが，今回の技術は金属の成形品のため寸法精度が出にくい，ソリが生じやすいといった樹脂成形する際により難易度が高くなるものであった。また，ハイブリッド成形した後に外観表面に塗装を施すが，マグネシウム合金の塗装乾燥温度は樹脂の塗装乾燥温度より高いため，通常の塗料だと乾燥できないという問題があった。

それらの問題を解決するために試作実験を繰り返し，最適な材料の組合せと製造条件を導き出した。また，マグネシウム合金用の低温乾燥塗料を開発することで高性能ポリアミド樹脂用塗料の乾燥温度でも乾燥可能とし，単一の塗装で表面処理を可能にした。これは，デザインを優先するために単一材料でカバーを製造し，アンテナ特性を犠牲にしている事例やアンテナカバーと天面カバーをデザイン的に分けている事例に比べて，大きなアドバンテージとなる。

このように機能とデザインを両立させる機能美の考え方はパソコンのみならず様々な分野にも生かされる。富士通で開発している事例として杖とクラウドを連携させたナビゲーションシステムなどが挙げられる。

今後の生活にはICTが無意識のうちに入り込んでいることが必要であるが，来るべき高齢化社会に向けて歩行が困難な人が使用する杖にもICTが生かされている。従来の杖はあくまでも歩行の際の補助道具でしかなかった。しかし，杖本来の機能を考えると持ちやすく，かつ疲れない形状・重さであるべきである。また，杖＝歩行の道具と考えると杖にナビゲーションシステムが組み込まれていることは，高齢の方を見守る家族の安心になるとともに自らで歩く気力にもつながり，健康面からもプラス要素が大きい。

上記に挙げた取手としての形状・ナビゲーションとしての機能を両立させるために**図-6**に示した

図-6　ナビゲーション杖デザイン

デザインが採用されている。これらを実現するために軽薄化・堅ろう性に優れた材料開発や製造方法の確立，また，より複雑な形状でもシームレスな美しいデザインを可能にする技術開発を始めている。このようにパソコン開発で培われた技術と思想をもとに人々の生活を豊かにする従来にはなかった価値ある杖が完成する。

む　す　び

パソコンの軽薄化はICTが人々にとってより身近なものになるためには必須な技術であり，かつ身近になればなるほど堅ろう性や美しいデザインは必然的に求められるものである。

それらを共存させるには解決しなければならない課題も多いが，富士通は企画・設計・製造を日本で行う数少ないパソコンサプライヤであり，この国内におけるものづくり体制の強みを生かして，お客様が持って歩くだけで愛着が湧く製品を常に提供し続けるよう日々開発を進めていく。

参考文献

(1) Gartner, Inc.：Gartner Says Worldwide PC, Tablet and Mobile Phone Combined Shipments to Reach 2.4 Billion Units in 2013. April 4 2013.
http://www.gartner.com/newsroom/id/2408515

著者紹介

大西益生（おおにし　ますお）
パーソナルビジネス本部第一PC事業部所属
現在，ノートパソコンの構造開発に従事。

軽石　毅（かるいし　たけし）
パーソナルビジネス本部第一PC事業部所属
現在，ノートパソコンの構造開発に従事。