

スマートフォンの防水/ 薄型技術への取組み

Technological Initiatives for Waterproof and Thin Smartphones

● 早川成廉 ● 藤井茂弘 ● 高橋次郎

あらまし

スマートフォンは、高機能化と長時間使用に対応した大容量電池の搭載、および見やすさを追求するための大画面化が進み、大型化の傾向にある。一方、日常生活で携帯して使用する端末であるため、持ちやすさ、コンパクト感や防水機能をはじめとする使いやすさや安心感も求められる。この相反する要求を両立し、更にはデザイン性を高めたトータルの商品性を向上させた製品を開発し、市場のニーズに応える必要がある。そのような多様化するスマートフォンの商品性を実現するためには、それぞれの商品コンセプトに合わせた技術開発が重要であり、薄型やデザインフォルムに合わせた防水構造、構成部品一つひとつの薄型化追求や部品レイアウトの効率化などの取組みを行ってきた。

本稿では、そのような市場環境にあるスマートフォン開発において、防水と薄型技術およびそれら技術の更なる進化についての取組みを紹介する。

Abstract

Smartphones are becoming larger with the use of higher-capacity batteries that allow for more sophisticated functions and longer operating times, and their screens are becoming larger so that the displayed items are easier to see. At the same time, however, people are essentially carrying them around for use in daily life, and this means smartphones must be easy to hold, compact and waterproof, and be able to be used free of worry since they are not easily damaged. By satisfying these conflicting requirements and enhancing the design aesthetics as well, smartphones with improved overall marketability must be developed to meet the needs of the market. In order to develop salable smartphones, a product which is becoming diversified, it is important to have technological development in line with individual product concepts. Accordingly, we have been working on giving smartphones a waterproof structure that suits their thinness and design while avoiding the restrictions that an ordinary waterproof structure places on a phone design in terms of its size, shape and such like. We have also worked to make each and every component as thin as possible, and give smartphones a more efficient component layout. This paper presents technologies for achieving waterproof and thin smartphones, which are in the market environment described above, and approaches to having those technologies further evolve.

ま え が き

富士通は、フィーチャーフォンでは、2006年にシリーズ最薄のF902iS、2007年に防水端末のF703iを発売して以降、薄型と防水において最先端の技術を採用した商品の開発を継続し、2011年には、厚さ6.7 mmの世界最薄防水スマートフォンdocomo NEXT series ARROWS μ F-07D/au ARROWS ES IS12Fを発売した。

その間、防水性能は、IPX5/IPX7^(注1)からIPX8^(注2)へ進化し、IP5X^(注3)の防塵にも対応、更にはお風呂でも使えるよう進化を遂げている。また、スマートフォンの薄型化においては、2010年冬モデルから2011年冬モデルまでの1年間で、11.9 mmから6.7 mmへと5.2 mmの薄型化を実現している。

その実現には、フィーチャーフォンからスマートフォンへの開発シフトにおいて、電池の大容量化と大画面化に伴う構造変更に対応するために、防水/薄型構造の新たな取組みが必要であった。

本稿では、富士通スマートフォンの防水と薄型技術、および今後の技術と性能の進化を紹介する。

スマートフォン防水構造の開発

スマートフォンは、ゴムであるパッキンを圧縮する、あるいは両面テープで貼り合わせることで水の浸入を防ぐ構造としている。パッキンによる防水構造は、主に電池カバー、インタフェース部のキャップおよび上下ケース間に採用しており、両面テープによる防水は、スマートフォン特有のタッチパネルやカメラパネルの貼付けに採用している。

ここでは、スマートフォンによる電池の大容量化に伴って進化を遂げた電池カバーのパッキン防

(注1) IPX5とは、内径6.3 mmの注水ノズルを使用し、約3 mの距離から12.5 L/分の水を最低3分間注水する条件であらゆる方向から噴流を当てても、電話機としての機能を有すること。

IPX7とは、常温で水道水、かつ静水の水深1 mのところに携帯電話を沈め、約30分間放置後に取り出したときに電話機としての機能を有すること。

(注2) 富士通においてIPX8とは、常温で水道水の水深1.5 mのところに携帯電話を沈め、約30分間放置後に取り出したときに電話機としての機能を有すること。

(注3) IP5Xとは、保護度合いを指し、直径75 μm以下の塵埃^{じんあい}が入った装置に電話機を8時間入れて攪拌^{かくはん}させ、取り出したときに電話機の機能を有し、かつ安全を維持すること。

水構造について解説する。

● 電池カバー防水構造の考え方

パッキンを圧縮する防水構造は、防水性能を保つためにパッキンの反発力に耐える剛性がカバーやケースに求められる。電池カバーは、薄いプラスチックであるため剛性は低く、電池カバー1枚で防水性能を保つことが難しい。したがってフィーチャーフォンでは、板金+プラスチックの2重構造とし、防水は板金で行い剛性を確保するとともに、外観はプラスチックカバーで対応していた。

しかし、スマートフォンは大容量の大型電池を搭載するため、電池カバーの面積も大きくなり、防水領域の拡大に伴い、更に高い剛性が必要となる。剛性確保のために板金と樹脂を厚くする対策では、重量の増加と薄型の妨げとなる。

スマートフォンの開発においては、大容量電池に対応する新たな電池カバー部の防水構造が必要となった。

このような背景から、電池カバーの防水構造開発は、大容量電池、画面サイズ、持ちやすさ、使いやすさ、小型・薄型など、多様化するスマートフォンに対応するために、薄型と狭幅の二つのテーマで検討を進めた。

薄型対応の電池カバーは、パッキンを縦方向に圧縮する縦圧縮方式を採用した。狭幅の電池カバーは、パッキンを横方向に圧縮する横圧縮方式を採用した。

● 電池カバー防水構造の開発

縦圧縮方式は、電池カバーを開閉する方向でパッキンを圧縮する。電池カバーは、薄型化のために薄肉成型技術を採用しており、剛性が著しく低い。その中でもパッキン圧縮の反発力に耐え、電池カバー浮きを防ぎ防水性能を確保するために、電池カバーとケースとの嵌合力^{かんごう}をアップするツメを増やした。単純にツメを増やしてしまうと電池カバーの着脱性が悪化する問題が起こる。そこで、防水性と着脱性を両立するために強度解析を駆使し、止水性能、ツメ嵌合力と操作性のバランスを最適化することで、電池カバーの着脱性を損なわずに薄型対応な電池カバーを実現した。

横圧縮方式は、電池カバーにパッキンを一体化するLIM (Liquid Injection Molding) によるインサート成形技術を取り入れた。インサート成形とは、

別で成形した電池カバーをパッキンの成形金型にセット（装填）し、ゴムをパッキンの成形金型に注入して一体化する。パッキンの成形は、流動性ゴムを高温で金型に注入し、電池カバーに密着させ一体化する。このパッキン成型時の温度により、電池カバーも高温となるため、外観面の品質確保が難しく採用が困難であったが、パッキン成型時の金型温度調整、電池カバーへの温度伝達、パッキンの流動および外観塗料の温度影響をひずみレベルまで解析することで、外観面の応力とひずみを低減し、狭幅対応可能な電池カバーを実現した。

このように、最先端のものづくり技術を取り入れ、解析技術によりスマートフォンに最適化された防水構造とすることで、小型・薄型とデザイン性を両立する独自性のある商品を創り出した（図-1）。

世界最薄防水スマートフォンの開発

フィーチャーフォンでは、薄型ナンバーワンの称号を継続保持していたが、スマートフォン化に伴い、立ちはだかる世界の高い壁に苦しんだ。富士通は、東芝との携帯電話端末部門の統合により、初号機となる防水スマートフォンT-01Cを2010年に発売したが、その厚さは11.9mmであった。同時期に発売された他社製品は、非防水ではあるが7.7mmの薄さであった。著者らは、薄型ナンバーワンの称号を取り戻すべく、国内だけに止まらずに世界最薄防水スマートフォンの開発に着手した。

ここでは、世界最薄防水スマートフォンの開発における取組みについて解説する。

● スマートフォンの厚み構成

スマートフォンは、表示画面側から順に、タッチパネル、ディスプレイ、背骨部品、回路基板、電池、電池カバーの六つ要素で厚み構成されるのが基本構造である（図-2）。

これら構成の中で、富士通が設計からものづくりまで携わるのは、背骨部品と電池カバーだけであり、そのほかは部品メーカーの製品である。

著者らは、世界最薄への挑戦として、構造部品の薄型化、薄型部品の採用、実装効率化による厚み構成要素の削減の三つの戦略を立てて挑んだ。

(1) 構造部品の薄型化

背骨部品は、文字どおり装置全体を支える構造部品である。この部品は、外装ケースの金型に大型板金をセットして一体成型するハイブリッド成形技術を採用し、背骨となる板金を外装ケースに張り巡らすことで、装置全体の堅ろう性を確保する。従来、この背骨となる板金は強度確保のために0.3mmの厚みとしていたが、0.1mmの厚みまで薄型化した。当然、薄くすることで装置全体の堅ろう性は低下するので、0.1mmの平面部に側壁0.3mmの異なる板厚を溶接した複合板金でハイブリッド成形し、剛性低下を抑えた（図-3）。

電池カバーは、プラスチック成形の限界へ挑戦した。スマートフォンの電池カバーのサイズでは、一般的に0.6mmが成形厚みの限界とされるが、電池と重なる部分だけを0.6mm未満にすることを試みた。薄肉成型に適した材料の選定から、成形射出速度・圧力・温度を流動解析により最適化し、実際の成形においては、高剛性材料の金型とその

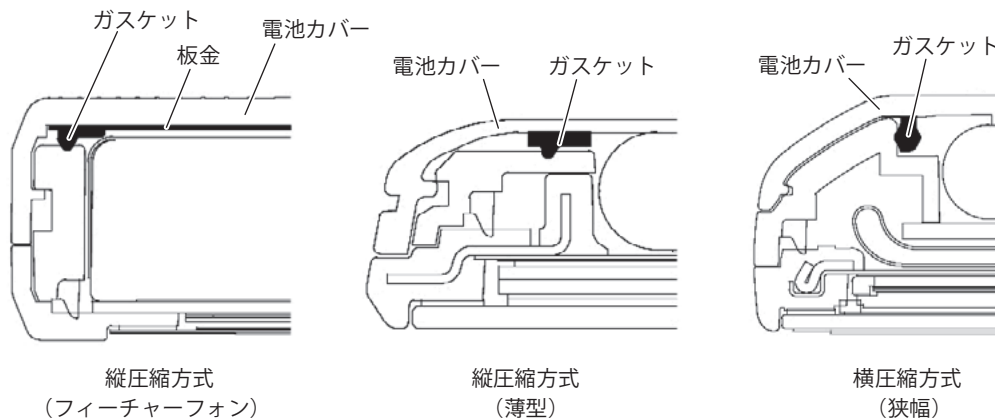


図-1 電池カバー防水

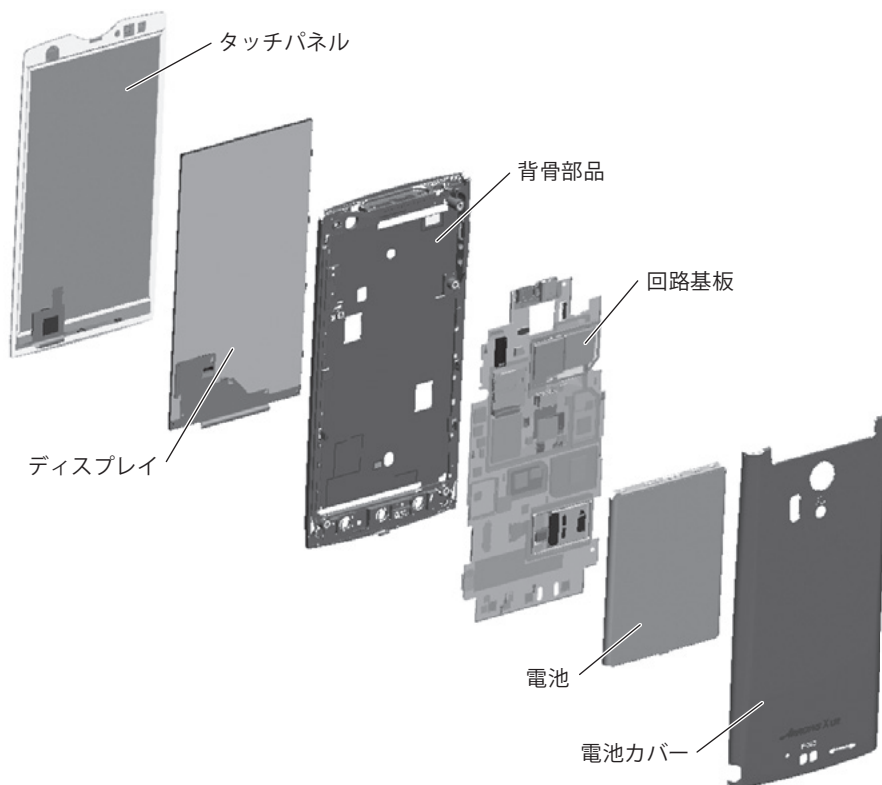


図-2 スマートフォンの厚み構成

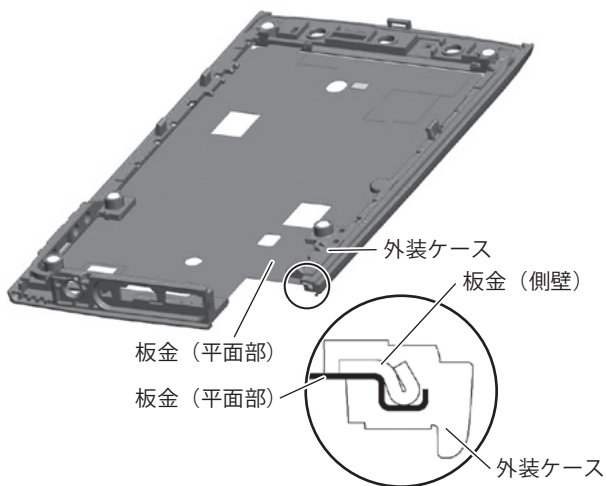


図-3 背骨部品

精密加工技術を有するメーカーと共同開発することで、0.45 mmまで電池カバーを薄くすることができた。

(2) 薄型部品の採用

電池は、メーカー開発の段階から参画した。電池の製造限界へチャレンジし可能な限りの薄型化を実施した。また、スマートフォンの大画面を利用

して、投影面積を広くすることで、薄型かつ大容量の電池を実現した。

ディスプレイは薄型化に有利な有機ELを搭載、タッチパネルも特殊強化ガラスを採用することで薄型化と強度の両立にこだわり、部品選定を行った。

(3) 実装効率化による厚み構成要素の削減

回路基板と電池の2階建て構造では、その分厚くなるのは避けられない。そこで回路基板と電池を並べて実装し、1階建ての平屋構造にすることを検討した。電池と並べることで回路基板の実装面積は減少するが、最新の製造設備の投入、精密はんだ付け技術、超小型部品の搭載で高密度実装化し、1階建て構造を実現した。その結果、回路基板は厚み構成要素から削減され薄型化を図ることができた。

● 世界最薄防水スマートフォンの誕生

世界最薄への挑戦の三つの戦略は、それぞれ課題を洗い出し、実現のための施策を検討・具体化することで、薄型化の骨格はできた。しかし、ただ薄くするだけでは装置全体の堅ろう性は低下す

る。そこで、富士通の持つ構造設計技術と解析技術の力を融合した手法を活用した。3D-CADで設計した基本構造の段階で強度解析を実施し、弱点を抽出して設計へフィードバックする。この解析と設計のフィードバックを繰り返すことにより、高い堅ろう性を確保する。また、必要最小限の補強とすることで、使いやすさやデザイン性を損なうことなく薄型化を実現した。更に外装ケースには、耐摩耗性を向上させたウルトラタフガード塗装を採用し、薄さと強さを両立させた。

こうして、世界最薄6.7mmウルトラスリム防水スマートフォンdocomo NEXT series ARROWS μ F-07D/au ARROWS ES IS12Fが誕生した。

防水/薄型の進化

スマートフォンは、全面タッチパネルというシンプルなスタイルであるため、フィーチャーフォンのような「形」での差異化は難しく、防水や小型・薄型はもはや基本機能の一つである。しかし、このスマートフォン時代において、常に他社の一歩先に立つためには「形」での差異化追求は必要であり、技術を磨き続け、防水/薄型を更に進化させることは必然である。

一例だが現在は、パッキンとは異なる防水材料を採用した小型・薄型化や狭幅接着技術による小

型化などの技術革新に取り組んでいる。

また、低コスト化への取り組みとしては、3D-CAD、解析技術に代表される「ものを作らないものづくり」による試作台数の削減や、製造・部品メーカーと協働した技術開発による開発費・部品費の低コスト化を従来にも増して強化している。

このように、防水/薄型の進化による商品性向上と低コスト化の両立を追求し続ける。

む す び

本稿では、富士通のスマートフォン開発における防水/薄型の取り組みと進化について解説した。

国内携帯電話市場がスマートフォンへシフトし、海外メーカーが国内市場に参入、勢力を拡大する中、差異化につながる技術を革新し続けることは、市場で戦うための絶対条件であることを確信した。

今後、世界市場で戦い抜き、ユーザにより良い製品を提供し続けるためには、防水/薄型だけではなく、使いやすさ、持ちやすさやデザイン性などトータルでの商品性向上が必要であり、マーケティングによりユーザニーズを的確に吸い上げ、顧客起点に基づく技術目標設定を徹底する。

今後も更なる技術革新にチャレンジし続け、時代をリードする魅力あるスマートフォンを市場に投入していきたい。

著者紹介



早川成廉 (はやかわ なりやす)

モバイルフォン事業本部モバイルフォン第一事業部 所属
現在、携帯電話機の機構開発に従事。



高橋次郎 (たかはし じろう)

モバイルフォン事業本部モバイルフォン第一事業部 所属
現在、携帯電話機の機構開発に従事。



藤井茂弘 (ふじい しげひろ)

富士通周辺機(株)
開発統括部モバイルフォン開発部 所属
現在、携帯電話機の機構開発に従事。