

物造りの原点 2014

Smartphoneの薄型化が招くカメラモジュールの超低背化



中條 博則 著

HIRONORI NAKAJO

予想されていたこととはいえ、業界に戦慄が走った。2013年9月、Microsoftは、一時世界の携帯電話、Smartphone市場で40%以上のシェアを確保し、長年にわたりこの業界に君臨していたNOKIAの買収を発表した。NOKIAの凋落は、2007年に新規市場参入したAppleのiPhoneを、以前からあったSmartphoneと類似のConceptのものと見誤ったことから始まっている。iPhoneは、ハードキーがほとんどなく、製品のほぼ全面を占める大画面の高精細Displayを搭載し、従来の携帯電話とは一線を画す斬新なデザインを実現していた。しかし最大の特徴は、その穏やかな外観とは裏腹なPCに通信機能を内蔵した強力なIT機器であるという点にある。さらに、タッチパネルを搭載し、ジェスチャーというユーザーフレンドリーな操作を可能とした革新的なUI (User Interface)を携帯電話で初めて採用した点も、従来の製品にない大きな特徴である。その後、同様なConceptでGoogleがリリースしたOpen SourceのOS「Android」が登場し、Samsung、LG、Huawei、ZTE、Lenovo、SMC、CoolPad、HTCなど海外の主要携帯電話メーカーや日本の全携帯電話メーカーが続々と採用を決め、この新ジャンルのSmartphoneが急激に市場規模を拡大している。

SmartphoneはPC機能がベースとなるため、従来のFeature phoneのiモード (NTT docomoのWeb Page閲覧などのInternet接続サービス)など一部地域でしか行われていなかったInternet接続が標準仕様として搭載される。そのため、Internetとの親和性が非常に高く、Web Page閲覧だけでなくInternetを通じてMultimedia DataをPC、Tablet PC、Ultrabook™、Smart TVなどの間で共有することが可能となる。とはいえ、このようなInternet環境におけるシームレスなデータのやり取りは、同じOSを搭載した機器間で行う方が容易であるため、iOS(AppleのOS)、Android、Windows Phone OS、BlackBerry (RIM) OS、その他OS間のシェア争いが熾烈になっていった。NOKIAとBlackBerryは、iPhone登場以前の“QWERTYキー付Smartphone”では2社で80%以上の市場シェアを占めていた。しかも、2010年半ばまで両社のシェアは、合計で70%程度あり、大きな変化もなかったため、新興勢力の地力を見抜けなかったようである。

しかし、Symbian OSからWindows Phone OSへの乗換えをMicrosoft出身のStephan Elop新CEOが発表した2010年半ば以降、NOKIAのシェアは奈落に向かって一直線に急落した。そして終に、この日を迎えたのである。

Internetを通じたさまざまな機器間のデータのやり取りは、サーバーサービスなどのCloud Computing環境を通じて行われる。また、Smartphoneは常に携帯できる機器であるため、単に概念に近かった「ユビキタス社会」が本格的に実現できるようになったのである。静止画、動画、音声などのMultimedia DataをCloud Computing環境内でシームレスにやりとりするためには、Data Formatなどが標準化される必要がある。その中、Camera機能が担う静止画・動画については、現状の通信速度の中ストレスなくやり取りできるData Formatとして、HD(1280 x 720 pixel: High Definition)/FHD(1920 x 1080 pixel: Full HD)が「標準化」されている。Cloud Computing環境内で「標準化」されたDataを扱うCameraとしては、Smartphone、Tablet PCのFront Camera、Ultrabook™のWeb Camera、Smart TVのFront Cameraなどが挙げられる。一方、

はじめに

Rear Camera は当初 3M/5M (2560 x 1920 pixel) が主流であったが、2010 年以降 8M (3264 x 2488 pixel) AF カメラモジュールが急増している。そして、2013 年には 13M (4200 x 3120 pixel) がメインストリームに加わっている。Smartphone 以前の Feature phone の Trend を参考にとすると、画素数は拡大の一途を辿ることが常識である。しかし、「ハードボタンがほとんどない、製品の全面近くを占める大画面を保有する」という最大の特徴は、裏返せば Smartphone は「画一的なデザイン」になってしまっていることを示している。そこで、最近では他社との差異化を図るため、Smartphone の薄型化が非常に重要な Trend となっている。そこで、Rear Camera は画素数の拡大に加え、低背化の推進が、より重要な課題となっている。具体的な要求寸法は、8M 品で $<5.0\text{mm} \rightarrow <4.5\text{mm} \rightarrow <4.0\text{mm}$ (13M 品で $+1.0\text{mm}$) と低減の一途をたどっており、この超低背化を QCD (Quality, Cost, Delivery) のバランスをとりつつ実現する手法・製法の確立が非常に重要となるのである(新人のころ、先輩に「金を掛けて高性能を追求するエンジニアは無能だ」と教えられた)。

8M の Rear Camera が増加し始めた 2010 年以降、Compact DSC の市場規模が急激に縮小している。Compact DSC は、画素数を 16M、20M、24M と拡大させユーザー離れの抑制を図ったが、減少に歯止めは掛かっていない。そこで、最近では Cell Size を大きくして画質の改善を図る動きが出てきている。そのため、最近では 12M、14M 程度の画素数の新製品が発売されており、画像品質で Smartphone の Camera との差異化を図ろうとしているようである。ユーザーが、単純に多画素を要求しているのではない点、この結果から推察される。Smartphone でも、Rear Camera の画素数を 16M 以上に増大させる動きがある一方、2013 年 9 月に発売された Apple iPhone 5 S は、Cell Size を従来の $1.4\mu\text{m}$ から $1.5\mu\text{m}$ に大きくして画質の改善を図ろうとする新たな流れが出てきている(同時発売の廉価機種 iPhone 5C は $1.4\mu\text{m}$ Cell)。

とはいえ、Smartphone の市場規模拡大が Rear Camera に従来以上の低背化を要求する Trend に変化はない(Sub Camera の低背化は Smartphone では重要な仕様ではないが、Cloud Computing 環境内で「標準的」な部品になると考えると Web PC で超低背化が要求されるため、結果的には同様である)。その結果、低背化の要求内容が常識的な光学設計では実現不可能な厳しいものになると見込まれる。以上のような環境の変化の中でも、カメラモジュールの低背化要求を満たしつつ、光学性能を確保し、コストを低減し、設備投資を抑制し、歩留まりを向上し、生産性が向上できるキーパーツを選定するための設計手法について徹底的に考察を加えた。本書が、多少なりとも各位の職務のお役にたてれば幸いである。

2013.10 中條 博則

物造りの原点 2014 目次

◆ はじめに

◆ 【第一章】市場分析

[1] 激変する携帯電話メーカーの勢力図	1 ~ 22
[1]・1: 激化する Closed Cloud Computing 環境内の覇権争い	4
[1]・2: 第3勢力、Smartphone 用新OS登場	7
[1]・3: 急成長するSmartphone の市場動向	7
[1]・4: さらに進むSmartphone Display の大型化と高解像度化	12
[1]・4・1: Smartphone Display 解像度の過剰境界	14
[1]・5: Smartphone で最大の差異化となる超薄型化技術	16
[1]・5・1: iPhone 4/4S の薄型化技術とその影響	18
[1]・5・2: iPhone 5 の薄型化技術(インセルタッチパネルなど)とその影響	19
[2] Smartphone 用カメラモジュールの Trend	23 ~ 28
[2]・1: 多画素化・超低背化・多機能化が進むRear Camera	25
[2]・2: 数量が急増し多画素化が進むFront Camera	26
[2]・3: 膨大な市場規模の固定焦点カメラモジュールのリフロー化の必要性	28
[3] 携帯電話以外の製品用カメラモジュールの動向	29 ~ 42
[3]・1: Cloud Computing 環境下におけるPC用カメラモジュール	30
[3]・1・1: Ultrabook™ が要求する超低背カメラモジュールを実現する技術	31
[3]・1・2: リフロー化が急拡大する Web Camera	33
[3]・2: 法制化により標準搭載が進む車載用カメラモジュール	34
[3]・3: Smartphone 市場の伸長と反比例する Compact DSC 市場	41

◆ 【第二章】商品戦略・事業戦略

[1] カメラモジュールの超低背化技術	43 ~ 54
[1]・1: カメラモジュールの超低背化を実現するための基礎知識	44
[1]・1・1: 光学サイズとは?	44
[1]・1・2: 光学サイズと光路長の関係	46
[1]・1・3: 低背カメラモジュールの設計手法	47
[1]・2: 固定焦点カメラモジュールの低背化技術	50
[1]・3: AF カメラモジュールの低背化技術 / Flip Chip 実装は万能か?	51
[1]・3・1: 5M Dual Stable AF カメラモジュール	52
[1]・3・2: 究極の超小型・低背AF カメラモジュール	53
[1]・4: カメラモジュールメーカーの動向	54
[2] カメラモジュールの超小型化技術	55 ~ 58
[2]・1: AF カメラモジュールの小型化技術	55
[2]・2: リフロー化による固定焦点カメラモジュールの小型化技術ほか	57
[3] 健全で効率的な事業運営の工夫	59 ~ 72
[3]・1: 汎用カメラモジュールを実現する超薄肉 Skeleton Socket	60
[3]・2: カメラモジュールの生産数量を平準化する工夫	65

[3]・3: 継続したコストダウンを実現する工夫	66
[3]・4: 低投資・高生産性を実現するカメラモジュールの工夫	69
[3]・5: AF カメラモジュールの汎用化実現の工夫	71
◆ 【 第 三 章 】 設計・製造の工夫既存製法編	
[1] 設計に必要な知識・姿勢	73 ~ 78
[1]・1: 既存製法カメラモジュールで必要となるさまざまな製造技術	73
[1]・2: 「部品鑑定士」のスキルが必要な既存製法カメラモジュール	75
[1]・3: カメラモジュールを設計する上で重要となる心得	77
[2] 開発期間短縮戦略	79 ~ 90
[2]・1: 理想的カメラモジュール開発フローと具体的手法	79
[2]・2: 既存製法カメラモジュールの製造フロー	83
[2]・3: 既存製法カメラモジュールの開発期間短縮手法	84
[2]・3・1: PCB 試作期間短縮手法	85
[2]・3・2: 機構部品試作期間短縮手法	86
[2]・3・3: Power Point を用いた簡易検討図による試作期間短縮手法	87
[2]・4: VRP 設計手法導入による開発期間短縮手法	89
[2]・5: 最短2ヶ月でSmartphoneが量産できる! - QRDの普及急拡大	90
[3] 接着技術の基礎知識	91 ~ 98
[3]・1: 接着の原理	91
[3]・2: 接着方法の工夫	95
[3]・3: 接着剤の管理方法	96
[3]・4: カメラモジュールに使われる接着剤	97
[3]・5: 接着の良否判定	98
[4] Dust起因不良低減策	99 ~ 106
[4]・1: 不良起因となるDustの種類	100
[4]・2: Dust不良を低減する設計・製造技術の工夫	102
[4]・3: 製造工程内のDust不良低減施策	104
[4]・4: IRCFを使用したDust Proof 構造事例	105
[5] Dust完全除去の洗浄技術	107 ~ 116
[5]・1: 洗浄の理論	108
[5]・2: 現状の洗浄装置の問題点とその打開策	112
[5]・3: カメラモジュールに最適な洗浄装置の考察	113
[6] 的確な製造設備選定	117 ~ 124
[6]・1: COB: Chip On Board	118
[6]・2: SMT: Surface Mount Technology	121
[6]・3: 既存製法カメラモジュールの適正な設備投資額ま?	124
[7] 完成品検査(FAT)の内容	125 ~ 132
[7]・1: FATの概要	125
[7]・2: 各検査工程の内容	125

[7]-3: 不良解析	127
[7]-4: FAT の必要性	128
[7]-5: FAT 関連基礎知識	129
[8] 多機能カメラモジュール	133 ~ 142
[8]-1: Auto Focus 機構	134
[8]-2: 手ブレ補正	139
[8]-3: AF カメラモジュールの Lens 組立品質向上策	139
◆ 【 第 四 章 】 設計・製造の工夫リフロー編	
[1] リフロー化の動向	143 ~ 160
[1]-1: カメラモジュールのリフロー化を阻害してきた要因	145
[1]-2: 携帯電話用キーパーツのリフロー化Trend	150
[1]-3: リフローカメラモジュールの分類	153
[1]-3-1: Si 貫通電極技術を利用した Image Sensor の CSP 化	156
[1]-3-2: リフローカメラモジュールの製造フロー	158
[2] 各種耐熱 Lens	161 ~ 180
[2]-1: 移動金型式 GMO の製法と特徴	162
[2]-2: Injection Mold 方式熱硬化性樹脂 Lens の製法と特徴	164
[2]-3: Hybrid Lens の製法と特徴	166
[2]-4: 「超薄型化」が可能な Casting Lens の製法と特長	170
[2]-4-1: Casting Lens の WLO 成型型製法の特長と他社比較	172
[2]-4-2: WLO の非球面測定法	176
[2]-5: 複屈折が解像度に与える影響とリフロー Lens の複屈折の実力	178
[3] Lens コスト比較	181 ~ 190
[3]-1: 各種 Lens の材料費比較	182
[3]-2: 各種 Lens の設備投資額比較	185
[3]-3: 熱可塑性樹脂 Lens のコストを凌駕する Casting Lens	187
[3]-4: 各種 Lens の Bench Marking	189
[4] Monolithic 樹脂の特長	191 ~ 202
[4]-1: Monolithic 樹脂の耐熱特性	191
[4]-2: Monolithic 樹脂の光学特性	194
[4]-3: Monolithic 樹脂を使用した Casting Lens の設計値との誤差	198
[4]-4: AJI(株)の独創的 Business model と他社比較	199
[5] S-WLCM 製造装置	203 ~ 212
[5]-1: Disc Master 製造装置・Casting Lens 成型装置	203
[5]-2: WLO 積層装置	204
[5]-3: チッピングレス・無洗浄で個片化可能な短 Pulse Laser Dicer	205
[5]-3-1: 現行の WLO 個片化技術の問題点	205
[5]-3-2: 非熱加工を実現する超短 Pulse Laser Dicer	207
[5]-4: S-WLCM 組立装置	211

[5]・5:S-WLCM 本格化による Business model の変化	211
[6] 耐熱AFの可能性	213 ~ 216
[6]・1: リフロー対応 Mechaless Actuator の考察	213
[6]・2: Magnet-less Dual Stable 超小型リフローAF カメラモジュール	215
◆ 【 第 五 章 】 キーパーツ選定に必要な知識	
[1] キーパーツの意味合い	217 ~ 220
[2] Image Sensor の技術動向	221 ~ 240
[2]・1: CMOS Image Sensor の特長	221
[2]・2: CMOS Image Sensor の市場と競合状況	223
[2]・3: カメラモジュール低背化を実現する Image Sensor 技術	227
[2]・4: カメラモジュールの小型化実現に必要な Image Sensor 技術	231
[2]・5: 微小 Cell Size の Image Sensor 用 Lens 設計のあり方	232
[2]・5・1: Image Sensor とカメラモジュールのMTF	235
[2]・6: 0.9 μ m 以下の超微小 Cell の解像度を Lens は引き出せるのか?	238
[3] Lens の設計・製造ノウハウ	241 ~ 262
[3]・1: Lens に求められる特性	242
[3]・2: プラスチック Lens 設計上の注意	245
[3]・2・1: 組立・調整時の注意	262
[4] 低発塵・多機能 PCB 技術	263 ~ 274
[4]・1: 最適な PCB の選定条件および部品内蔵基板動向	263
[4]・2: 部品内蔵基板の AF リフローカメラモジュールへの適用など	272
[4]・3: 各種 PCB の構造	273
[4]・4: Socket 仕様対応 PCB	273
[4]・5: 薄型 PCB について	274
[5] IRCF 選定のポイント	275 ~ 280
[5]・1: IRCF がカメラモジュールの高さに与える影響と対策	276
[5]・2: IRCF 起因 Dust 不良低減策	277
[5]・3: 低背カメラモジュールに最適な IRCF とは?	278
[5]・4: S-WLCM に最適な IRCF の考察	279
[5]・5: ナノインプリントによる反射防止構造「SWS」	279
[6] SMD の基礎知識	281 ~ 284
[6]・1: チップセラミックコンデンサの構造	281
[6]・2: チップセラミックコンデンサの分類と規格	281
[6]・3: チップセラミックコンデンサの容量拡大履歴	282
[6]・4: 薄型チップセラミックコンデンサ	283
[6]・5: チップセラミックコンデンサ特性面への配慮	284
[7] 理想的 FPC 仕様とは?	285 ~ 288
[7]・1: ポリイミドを後塗りする特殊製法 FPC	288

◆ 終わりに

第一章

市場分析

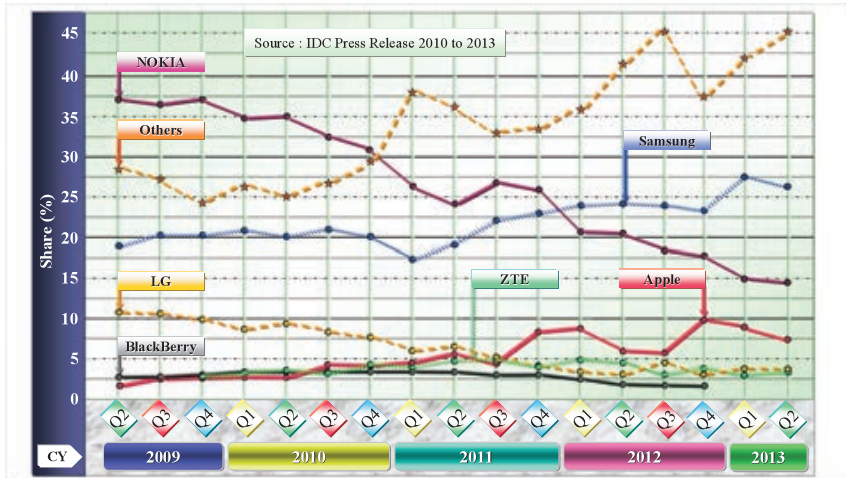
【 第一章 】 市場分析

【第一章】市場分析 【1】激変する携帯電話メーカーの勢力図

『祇園精舎の鐘の声、諸行無常の響きあり。娑羅双樹の花の色、盛者必衰の理をあらわす。驕れる者久しからず、ただ春の夜の夢の如し。猛き人も遂には滅びぬ、偏に風の前の塵に同じ』

世界の携帯電話メーカーの勢力の変化はますます激しさを増している。一時は、世界市場の40%以上のシェアを占拠し長年業界に君臨してきたNOKIAの昔日の栄光の面影は消滅した。そして、1998年から続いていた業界1位の座を、2012年Q1ついにSamsungに明け渡した。その後、両社のシェアの差はさらに広がり続けている。やはり、世に常なるものではなく、そして終に滅びの日はやってきた。2013年9月2日、MicrosoftがNOKIA買収を発表したのである。NOKIA低迷の要因は、図1-1-1のOthersを上下反転したカーブが、NOKIAの凋落カーブと酷似していることから、低価格携帯電話の成長が著しいインド、アフ

図1-1-1 : All Mobile Phone Top Vender Share推移



リカなど、従来 NOKIA が高いシェアを占めていた地域での失速が主だったものと推測する。さらに、2007年に彗星のごとく登場した Apple の Smartphone/iPhone の Concept の真髄を見抜けなかった点も、転落の重大な要因の一つであろう。Smartphone の原型は、1990 年代後半に登場した NOKIA、BlackBerry(旧 RIM)の QWERTY ハードキー付きのものであり、この 2 社が長年にわたり市場を制圧してきた。iPhone 登場後も、しばらくの間は両社の Smartphone の市場シェアに大きな変化はなく、『新旧含めた Smartphone 市場』が拡大基調に突入したかのようにみえた。ここに旧勢力の油断が生じたのであろう。しかし、iPhone と同様にタッチパネルを UI(User Interface)とした Google の Open Source OS/Android が 2007 年末にリリースされ、NOKIA、BlackBerry、Apple の 3 社を除いた世界中の携帯電話メーカーがなだれを打って、Android Smartphone を市場に投入した結果、旧勢力 2 社の Smartphone のシェアは急激に低下していった。そして、2013 年半ばには iPhone と Android OS 搭載機で Smartphone 市場の 90%強を寡占するに至っている。

続きは
完成版で
お楽しみ下さい。