

2020

スマホ・車載カメラ 徹底解説

スマホ～Automated Car～IoT



共創企画 代表

中條 博則 著

発刊にあたって

カメラモジュールは、ノートPC、携帯電話、スマホなど、モバイル機器市場を中心に普及拡大してきました。さらに、ここ数年は急速に市場滲透する先進運転支援システム(ADAS)や技術革新が急進する自動運転の「周辺認知用センサ」の主役となる車載用カメラも急増しています。自動運転技術は、高度なAI技術「Deep Learning」プロセッサが低消費電力化により車載が可能になったこと、Networkを使ったProgramのUp Load/Down Loadが可能な「On The Air」機能搭載車がBEV(Battery EV)を中心に増加しつつあること、大量・高速・低遅延の5G高速通信サービスが開始されたこと、BaiduのOpen Platform「Apollo PJ」など、ハードウェア、ソフトウェアのノウハウを業界で共有化する仕組み作りが活性化していることなどから、今後飛躍的進化为期待されています。さらに、欧米、中国などで再生可能エネルギーが順調に増加しており、それとともない電力コストが急激に下がっています。欧米では、「カーボンフリー電力」を有効に活用すべく、BEV車用高速充電網の設置が始まっており(15分程度の充電で400kmの走行が可能)、今後その本格普及が見込まれます。さらに、再生可能エネルギー最大の欠点である「発電量の変動」を抑制するため、二次電池による蓄電システム構築だけでなく、水電解による水素を発電、化学品材料、燃料電池用などに活用する動きも進んでおり、既設の総延長数千kmにおよぶ水素パイプラインを有効利用する「**水素 Grid**」を構築する動きが活性化しています。また難易度は非常に高くなりますが再生可能エネルギー利用の海水電解による水素生成も研究されており、それが可能になれば砂漠地帯での燃料電池発電により副産物として水資源を作り出すことも可能になります。BEVは次世代自動車の大本命の一つですが、多大な電力を必要とする長距離バスや輸送用トラックなどには不向きな技術です。これらには、CO₂を発生しないうえ、ガソリンのように燃料補給が短時間で容易にできるFCEV (Fuel Cell EV:燃料電池車)が適しています。しかし、2019年に韓国、ノルウェーで相次いで発生した水素タンク、水素ステーションの『爆発事故』からみるように、安全性をより一層高めることが必須です。加えて、「万全」はあり得ませんので、人家の近くへの水素ステーション設置は回避すべきです。安全性をさらに高める施策を行い、用途は長距離移動・業務用に限定し、水素供給ステーションは更なる安全性に配慮した上で、周囲に人家がない郊外に設置するのが現実的なようです。

OnlineでEnergy供給可能なBEVに対し、Offlineで且つ危険が伴うFCEV、限定した範囲の業務用以外では完全に勝負はあったようです。

また、BEVイコール自動運転ではありませんが、Deep Learning Processor搭載、5G高速通信機能搭載、車内LANの高速・大容量化などを考慮すると、搭載Battery容量は多い方が有利です。さらに、ADAS、自動運転で搭載カメラ数が増加にともない、拡大し続ける映像情報処理の面でも有利です。自動運転技術は、通信・輸送・エネルギーのインターネットの高度な融合が必要であり、その構築はIoT全般の進展にも多大な恩恵を与えるものです。「眼の機能」であるカメラモジュールが果たす役割は、IoT全般に対しても非常に大きく、その普及に付随して、より一層のカメラモジュール市場規模拡大が期待されます。

IoTの一つの事例として、学習、訓練、旅行や現実的には不可能なことが疑似体験でき、人間の能力が短期間で効率的に向上できると期待されるVR機器が、2016年ころから続々と

発刊にあたって

登場しました。VR(Virtual Reality) Game機「PlayStation® VR」やスマホ用VRアダプターなどです。同年は「VR元年」と言われ、VR/ AR(Augmented Reality:拡張現実、車載HUDもこの分類) / MR (Mixed Reality)などの仮想現実技術が、今後さまざまな業種への恩恵が期待されています。これらの機器でも、3D Gesture、3Dマップ作成用など、カメラモジュールの果たす役割は大きいと、今後の大幅な市場規模拡大が見込まれています。

一方、カメラモジュール市場を牽引してきたスマホは世界中に行き渡り、その市場規模は5年ほど前から飽和しつつあります。とはいえ、カメラモジュールには小型化、低背化はもちろん、高速オートフォーカス、光学ズーム、OIS(光学手ブレ補正システム)などの多機能化、さらにDual ~ PentaカメラによるComputational Photography技術・AI機能の搭載などにより、一眼レフを超える高品位・高画質化が実現され、「本格的カメラ」としての期待が大いに高まっています。そのため、イメージセンサメーカーは今後も市場拡大の恩恵を享受することができます。しかし、「モジュール数」はスマホの動向に強く影響を受けるため、技術力・スピード感が劣るカメラモジュールメーカーはふるい落とされることになり、寡占化が進むと見込まれます。また、高感度技術BSI、低背カメラ用素子分離型、NIR高感度、多機能積層構造などのイメージセンサ、Binning技術など、スマホ用に開発された高感度、高性能技術が短期間で車載用に移植されており、他の製品への影響力は日に日に高まっています。

このように、カメラモジュールはさまざまな製品で重要な役割を果たし、多くのセンサの中、その地位を不動のものにしつつあります。それは、眼の誕生が脳機能の発達を促したことにより、生物の多様化が一気に進んだ「**カンブリア爆発**」を彷彿とさせます。IoTとは「カメラモジュールという“眼の機能”が“脳の機能”であるAI」の高度化を促し、技術・製品の高度化、多様化が一気に進む「**現在版カンブリア爆発**」と言えるでしょう。それを確たるものにするためには、膨大な数量のカメラを、高品質、廉価、そして円滑に供給できる体制の確立が必須です。その要求を満たせるものの一つとして、WLO(Wafer Level Optics)を採用したカメラモジュールがあります。その中でも、組立技術に依存しないWLCM(Wafer Level Camera Module: リフローカメラモジュール)は、従来のカメラモジュールでは絶対不可能だった超小型品(0.5 x 0.5mm)が血管カテーテル用に開発され、高度医療の信頼性向上に貢献しています。この例のように、カメラモジュールがサイズの束縛から解放されることにより、いまままで考えられなかった新たな、そして有益なApplicationが登場するでしょう。

本書では、大きく変わりつつあるカメラモジュールを取り巻く市場環境を、DSLRの置き換えを目指すスマホ用の多機能・高画質化、自動運転本格化に向かう車載用でのSensing技術の動向、そしてIoT本格化に向かう市場の流れなど、多方面にわたり徹底解説します。

新型コロナウイルスの影響による経済の停滞が続く中ですが、長期にわたり経済が停滞することはありえません。本書に記載した内容も進捗スピードが当面低下するかもしれませんが、復興後は今まで以上に加速されることと信じています。

2020年 06月15日

著者 共創企画 代表
中條博則

◆ 発刊にあたって

◆ 【第一章】スマホ、次世代自動車の Trend

【I】 革新的！スマホ Concept	1~16
[1] iPhone成功、3つの Key Words (<i>Fun to ownership</i>)	1
[1]-1: iPhone の源流「Apple Newton」	2
[1]-2: iPhone 成功の Key Word (I)「独自インフラ」構築	3
[1]-3: iPhone 成功の Key Word (II)「Interaction Design」確立	4
[1]-4: iPhone 成功の Key Word (III)「Localize Free」実現	7
[2] Apple の独自 Cloud Computing 環境に倣った競合	8
[3] 2009 年以降、急激に市場拡大したスマホ	9
[3]-1: 中国 Vender を Worldwide Brand に仕立てた「QRD」プログラムの威力	11
[3]-2: 2014 年以降、QRD の影響を受け中国市場での低迷が続く Samsung 電子	12
[3]-3: 2013~2015 年、中国 Vender を中心に急激に進んだスマホの薄型化	13
[3]-3-1: スマホの薄型構造設計の De facto になった「iPhone 4」	14
[4] スマホの新たな Concept は「カメラ機能重視」	16
【II】 ADAS から自動運転へ	17~38
[1] 運転支援システム ADAS の動向	17
[1]-1: ADAS とは	17
[1]-2: ADAS 普及を加速した「2010 国連国際交通安全宣言」	17
[1]-3: ADAS・自動運転に必須、多種類のセンサによる「Sensor Fusion」	19
[1]-3-1: ADAS 用、主要センサ市場動向	19
[1]-4: ADAS 用では De facto、Mobileye「EyeQ」システム	20
[2] Connected 機能の拡大	22
[2]-1: スマホ市場飽和を予知、車載 Infotainment に活路を求めた Apple、Google	22
[2]-2: 証明された Infotainment 機器の脆弱性	25
[2]-3: 自動車業界、独自 Infotainment OS で Apple、Google に対抗	26
[3] 自動運転の Trend	28
[3]-1: 自動運転の国際定義と意味合い	28
[3]-2: 実車自動運転で先行する Tesla	30
[3]-2-1: Mobileye との訣別が加速した自動運転技術「Auto Pilot」	31
[3]-2-1-1: Intel、Mobileye 買収、自動運転市場に本格参入	32
[3]-2-2: OTA、Fleet Learning で自動運転精度が向上し続ける「Auto Pilot」	33

[4] 激化する自動運転システム覇権争い	34
[4]-1: 自動運転の世界標準を目指す Baidu「Project Apollo」	35
[4]-2: Apple、Google が車載市場に参入した狙い	37
[4]-3: 自動運転実現に向け 5G の運用前倒し	37
[4]-4: 世界初、SAE Level 4 完全自動運転安全規格 ANSI/ UL 4600 発行	38

【Ⅲ】BEV 本格普及始動 39 ~ 56

[1] BEV 特許公開、市場拡大を牽引する Tesla の取り組み	39
[1]-1: 発電・充電・蓄電、Tesla が進める独自 Eco system	39
[1]-2: Tesla 独自高速充電仕様 ver.Up、新充電器設置増で BEV 普及促進	40
[1]-3: 上海 Giga Factory 3 (GF3) 始動・増設、独 GF4 も着工	41
[1]-4: 逆転の発想、廉価・低調達リスク、リン酸鉄 LiB、BEV 普通車で初の採用	41
[1]-5: Tesla の BEV Concept は自動車の「スマホ化」 (<i>Fun to ownership</i>)	42
[1]-5-1: Amazon 米 Start up「RIVIAN」に配送用 BEV 10 万台発注	43
[2] EU の BEV 開発・普及急加速	44
[2]-1: EU の BEV 普及 Concept、「限界費用 ZERO」に向かう再エネの有効活用	44
[2]-1-1: 各国の水素エネルギー活用の取組	46
[2]-2: Tesla の躍進で危機感 Up、Daimler 内燃機関新規開発中止	47
[2]-3: EU 独自の超高速充電仕様 Combo 350kW 充電器設置加速	47
[2]-3-1: Combo 350kW と既存高速充電規格との比較	49
[2]-3-1-1: 日本製 City Commuter BEV の LiB 選択の注意	50
[2]-3-2: 「時期尚早・危険論」を覆す Combo 350kW 対応への布石	51
[2]-4: FCEV の動向	52
[3] 自動運転を加速する AI 技術の動向	53
[3]-1: 「Deep learning」の急激・急速な進化	55
[3]-2: AI 技術の高度化、普及を促進する業界団体「Partnership on AI」設立	56

◆ 【第二章】カメラ、Display の Trend

【I】スマホ、カメラ・センサの動向 57 ~ 94

[1] カメラ機能が必要なさまざまな製品	57
[1]-1: 各種製品用イメージセンサ市場動向	57
[2] 携帯電話・スマホ用カメラの「世代(C*G)」変遷	61
[2]-1: 撮像機能と認識された C1G (携帯電話)、C2G (スマホ)	62
[2]-2: Compact DSC 代替と認知された C3G	63
[2]-2-1: AF 高速化、OIS 搭載で Compact DSC 並の性能・機能実現	64

[2]-3: C3G で必須になったカメラモジュール低背化技術	66
[2]-3-1: カメラモジュール高さを決定する重要な要素「光路長」	67
[2]-3-2: Lens 及びカメラモジュール設計の基準となる「光学サイズ」とは	67
[2]-3-3: 光路長の低背度合いを判定する「Height Rate(H/R)」	68
[2]-3-4: H/R を極大化するカメラモジュールの低背設計手法	71
[2]-4: DSLR の画質・性能キャッチアップを目指す C4G	74
[2]-4-1: DSLR 並の高画質、「Dual カメラ」急増	75
[2]-4-2: Front カメラにも Dual 仕様登場、高感度技術「Binning」採用	76
[2]-5: DSLR の画質・性能超越を目指す C5G	77
[2]-5-1: Triple カメラによる高画質化、高機能化	77
[2]-5-2: DSLR の祭典「フォトキナ」に Huawei スマホで初見参	78
[2]-6: DSLR の完全代替を目指す C6G	79
[2]-6-1: Penta カメラで打倒 DSLR の高画質・高性能追求「Huawei P40 Pro」	80
[2]-7: スマホ用カメラモジュールの市場動向	80
[3] スマホ用イメージセンサの動向	82
[3]-1: スマホの低背化に貢献、高 CRA 対応イメージセンサ	82
[3]-1-1: 「色シェーディング抑制」、高 CRA 対応 IRCF	85
[3]-2: スマホの低背化に貢献、イメージセンサの Cell Size 微細化 Trend	87
[3]-2-1: 多眼カメラ用、Sub-micron 特殊素子構造多画素イメージセンサ	89
[3]-2-2: 高画質の追求、「Big Cell」への回帰	90
[3]-2-3: 車載・IoT 用にも展開、微細 Cell でも高感度 BSI イメージセンサ	91
[3]-2-4: 車載・IoT 用にも最適、高感度「素子分離型」イメージセンサ	92
[3]-3: カメラ機能を向上させる超高速 1000fps/3 層イメージセンサ	93
[II] 車載他カメラ、センサの動向	95 ~ 114
[1] 自動車安全立法、ADAS 普遍化により急拡大する車載カメラ市場	95
[1]-1: 車載カメラの製品分類と市場動向	96
[1]-2: 主な車載カメラと搭載箇所	98
[1]-3: Viewing カメラおよび主要部品の市場動向と Supply Chain	99
[1]-4: Sensing カメラおよび主要部品の市場動向と Supply Chain	101
[2] 車載用イメージセンサの主要機能	103
[2]-1: 即時性が重要、Sensing カメラ用 HDR 機能	104
[2]-2: DSM(ドライバー監視モニター)では必須、Global Shutter 機能	105
[2]-3: Sensing カメラで多画素化進展 (7.42MP/ Binning 機能搭載)	106
[2]-4: 車載用では必須、LED フリッカ抑制技術、HDR 併用品も登場	107
[2]-5: 夜間歩行者検出用「超高感度」イメージセンサ	107

[3] 車載用で今後有望な特殊カメラ・イメージセンサ	110
[3]-1: 夜間運転で重要な役割を果たすFIR(遠赤外線)カメラの概要	110
[3]-1-1: FIRカメラの市場動向	112
[3]-1-2: 現行のFIRカメラ用Lensの種類と特徴	113
[3]-1-3: FIRカメラのコストダウン手法	114
[3]-2: SWS技術を応用した「Black Silicon」NIRイメージセンサ	118
[4] AR/VR/MR 機器でも存在感を示すカメラ機能	120
[4]-1: AR/VR/MR技術が期待される分野と用途	121
[4]-2: HMD/Smart Glassに搭載されるカメラ仕様	122

【III】スマホ・車載Displayの動向 123~146

[1] スマホ用カメラとDisplayの画素数の関係	124
[1]-1: Display Size・画素数・解像度の関係	125
[1]-2: Display 解像度の適正・過剰を判定する「視力」の基礎知識	126
[1]-3: 製品別適正解像度(視認距離3cm~over 100m Display)	128
[2] スマホ用Display、LCDからAMOLEDへの急激な移行	133
[2]-1: LCD主要メーカーが看過したスマホ用AMOLED本格採用の兆し	135
[2]-2: AMOLEDの市場動向、Keyとなる製造装置	136
[2]-3: AMOLED、車載用展開の可能性	138
[2]-4: 車載用に最適な印刷方式AMOLEDの量産始まる	139
[3] 静電容量式Touch Panelの分類	140
[3]-1: iPhone 5から採用されたIn-Cell Touch Panel	142
[3]-2: 効率的切断技術確立、iPhone 5から採用された薄型Gorilla® Glass	142
[4] Post AMOLED、次世代Displayの概要	144
[4]-1: マイクロLED、量子ドット(QD) Displayの開発動向	145

◆ 【第三章】主要部品の技術動向

【I】イメージセンサの技術動向 147~162

[1] CCDとCMOS、2種類のイメージセンサの動作原理と特徴	148
[2] イメージセンサの市場動向	152
[2]-1: スマホ用CMOSイメージセンサの市場動向	152
[2]-2: 車載用イメージセンサの過去の市場動向	155
[3] 特殊なイメージセンサ	156
[3]-1: Color Filter 不要、垂直色分離型イメージセンサ	156
[3]-2: 有機CMOSイメージセンサ	158
[3]-3: AppleがM&A、QDイメージセンサメーカー	160
[3]-4: Lens lessカメラ	161
[4] 次世代Displayとイメージセンサは共通技術への回帰	162

[II] Lensの設計・製法基礎知識	163 ~ 180
[1] Lens性能を左右する収差と今に生きる「基本設計」	164
[1]-1: Lens材料とその特徴	165
[1]-2: Lens設計上の留意点	167
[1]-3: 熱可塑性樹脂Lensの特徴と製法	169
[2] 車載カメラ用Lens樹脂化の可能性	172
[3] Lensの諸特性・MTF(伝達関数)	175
[3]-1: カメラモジュールのMTF	177
[3]-2: Lensが解像可能なCell Sizeの限界	179
[III] WLO、リフローカメラの動向	181 ~ 222
[1] 小型化・モジュール化に最適なWLOリフローカメラ	181
[1]-1: リフローカメラモジュールの分類	182
[1]-2: TSV技術確立により実現したCSP仕様イメージセンサ	183
[1]-3: リフローカメラモジュールの製造フロー	185
[2] リフローカメラモジュール用「耐熱」Lensの分類と概要	185
[3] 各種耐熱Lensの製法と特徴	187
[3]-1: 移動金型式GMOの製法と特徴	187
[3]-2: 熱硬化性樹脂Injection Mold Lensの製法と特徴	188
[3]-3: Hybrid WLO/Single Lensの製法と特徴	190
[3]-4: Casting WLOの製法と特徴	193
[3]-5: Casting WLO金型製法	195
[3]-5-1: Casting WLOとHybrid WLO製法比較	197
[3]-6: Casting WLO主な製造装置	199
[3]-7: WLOの非球面測定法	201
[3]-8: 複屈折が解像度に与える影響、各種Lensの複屈折の実力	202
[3]-9: 各種Lensの材料費・設備投資額比較	204
[3]-10: 各種耐熱性樹脂の特性	208
[3]-10-1: 耐熱性樹脂の光学特性	210
[3]-10-2: Casting WLO設計値との誤差	213
[4] 超短Pulse Laser DicerによるWLO非熱個片化技術	214
[4]-1: Hybrid WLO個片化技術の問題点	214
[4]-2: 非熱加工、超短Pulse Laser Dicer (旧ミシガン特許)	216
[5] 超小型具現を活かしたS-WLCMの新展開	218
[5]-1: WLCM新たな展開「顔認証用Dot Projector」に採用	219
[5]-2: 製法の特長を活かした医療用超小型S-WLCM量産始まる	220
[6] S-WLCM車載用への展開の可能性	221

[IV] 放熱仕様PCB	223 ~ 224
[1] 放熱効果も期待できる部品内蔵基板	223
[2] リジッド基板で、メタル基板の役割も兼ねる「銅インレイ基板」.....	224

◆ 【第四章】カメラ組立・実装技術

[I] カメラモジュールの組立技術	225 ~ 230
[1] 多岐にわたる製造技術が必要なカメラモジュール	225
[2] コスト、性能、品質を決定付ける部品選定	225
[3] カメラモジュールの製造フロー	226
[3]-1: リフロー実装技術	227
[3]-1-1: リフロー実装の主要技術	228

[II] 接着の基礎知識	231 ~ 236
[1] 接着の原理	231
[2] さまざまな接着方法	234
[2]-1: 品質向上に直結する接着剤の保管方法	235

[III] Dust不良削減方法と洗浄技術	237 ~ 242
[1] Dust不良削減、1つ目の工夫「持ち込まない」	237
[2] Dust不良削減、2つ目の工夫「出さない」.....	238
[3] Dust不良削減、3つ目の工夫「持ち出さない」.....	239
[4] Dust不良削減、「最後の砦」洗浄技術	240
[4]-1: 湿式洗浄の理論	240
[4]-2: 洗浄品質向上の鍵、浸漬洗浄では「引き上げはゆっくり」.....	242

[IV] 主要製造技術と設備	243 ~ 248
[1] COB/ Chip On Board	243
[2] SMT/ Surface Mount Technology	246

[V] 完成品検査(FAT)の概要	249 ~ 254
[1] FATの概要	249
[2] 各検査工程の内容	249
[3] FAT関連基礎知識	251

参考文献

著者

2020

スマホ・車載カメラ 徹底解説

スマホ～Automated Car～IoT



【第一章】スマホ、次世代自動車のTrend [I] 革新的！スマホ Concept

『携帯電話の再発明』の Concept で、スマホは誕生した。しかし、実際にはそのように単純なものではなく、以降他の製品に与えた影響は計り知れない。とくに IoT というキーワードに生命を吹き込んだ威力は絶大である。ただ、2007 年に登場した初代 iPhone の通信速度 (2G) は、その「Concept」を生かすには不十分だった。そのため、市場への浸透は非常にゆっくりであった (図 1-1-1)。さらに「Innovation のグル」クレイトン・クリステンセン HBS (Harvard Business School) 教授が、その「Concept」の本質を見抜けず『単なるおしゃれな携帯電話であり、大成功はないだろう』と誤った見解を示した。それも、スマホの市場浸透は遅れた。しかし 2008 年、より高速な「3G 通信規格」に対応した iPhone 3G が登場し、ス

図 1-1-1 : Transition of sales of iPhone & 1st. Android Phone

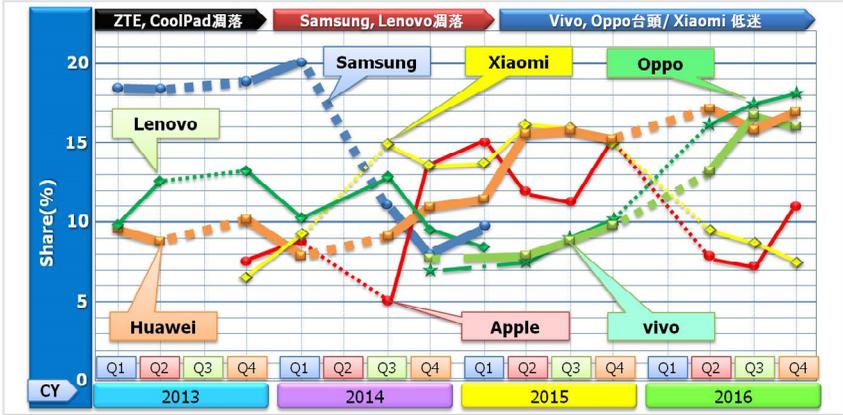


マホとは「おしゃれな携帯電話の皮を被った強力な通信機能付き PC」だ、と認識が改められ、普及拡大が始まった。さらに、2008 年後半に同じ Concept の Android 1 号機 (図 1-1-1/ T-Mobile G1) が市場投入され、スマホの本格普及が始まり、市場は爆発的に拡大した。

[1] iPhone 成功、3つの Key words (Fun to ownership)

「携帯電話」は 1990 年代に普及が始まり、2000 年代に入るとインターネットにも接続できるようになり、「持ち運び可能、便利な通信機器」として普及が進んだ。しかし 2010 年代に入ると、スマホの市場規模が後述図 1-1-6 のように急拡大し、今や通信機器の大勢を占めるに至っている。スマホを使いこなす世代にとって、それは「自身の一部」でもある。これは、携帯電話時代にはなかった現象である。単なる便利な機器はあくまで「道具」であり、自身の一部にはならない。「所有することによる楽しみ・喜び」(Fun to ownership) がスマホの最大の特長といえるのではないだろうか。それは、文明から文化への昇華とも言える。このような変化

図 1 - I - 9 : Transition of share of China Smartphone Market



界 2 位に付けている。中国市場では、2016 年時点の上位メーカー 5 社がそれ以降も上位を占め続けている。

また、インド市場は 2015 年に 1 億台を突破し、前述のようにその後も順調な規模拡大が続いている。Samsung 電子は、この市場で 30%を超える圧倒的なシェアを誇っていたが、2014 年 Q2 に地場の Micromax に 1 位の座を瞬間明け渡した。Samsung 電子は中国、インドでの結果を「反省」して筐体を高級感ある金属製に変更し、さらに 2015 年に発売した Galaxy S6 では iPhone 6 のような Flat デザインを取り入れ高級感を高めるなどの工夫を行った。このような努力にも関わらず、中国市場での復活は未だに果たせていない。一方、インド市場では 2015 年にはシェア 1 位に返り咲いた。同市場で一時元気がった地場スマホ Vender は凋落し、2016 年には Xiaomi, Lenovo, Oppo, vivo の中国勢が 2~5 位を占めた。そしてさらに躍進は続き、2019 年 Q4 には Xiaomi, vivo, Samsung の順で 3 強を形成している。加えて、Oppo, Realme の中国 2 Vender も 10%前後のシェアを確保している(この 2 社および vivo, VIP 専用スマホ「OnePlus」の 4 社は中国家電大手 BBK グループに属する。4 社合算の出荷数量でみれば Samsung 電子を凌駕する。ただし、Oppo, vivo の独立意識が高く、そのようなカウントはなされていない)。

中国 Vender は、「Apple 風」の Design を武器に世界市場でシェアを伸ばしてきた。しかし最近、Huawei, Xiaomi が独自開発の Mobile SoC の搭載を進めるなど、技術力の向上もともない、その存在感をさらに高めている。10 年前には Feature Phone 程度しか作れなかった Vender、それらが急激に力をつけた裏には QRD の存在があったのである。

[3] - 3 : 2013 ~ 2015 年、中国 Vender を中心に急激に進んだスマホの薄型化

ハードキーがほとんどないフル画面で、タッチパネル操作が基本のスマホは、「Simple で非常に斬新なデザイン」と評価された。ところが、その後スマホが普遍的になるにつれ、Simple がゆえに同じようなデザインばかりとなり、陳腐化が進んだ。そこで、他社との差別化

[1] 運転支援システム ADAS の動向

自動車先進国では、**ADAS** (Advanced Driver Assistance System: 高度運転支援システム)普及が進み、自動運転開発競争がし烈さを増している。しかし、それらは単なる技術競争ではない。「自動車の安全性を高め、交通事故死傷者を撲滅する」という目的のための手段の一つなのである。その安全機能実現に向け、カメラ機能の重要度が日々高まっている。

[1] - 1 : ADAS とは

ADAS の主な役割は 3 つある。1 つ目は走行時の事故防止を目的とした Driving Assist Systems、2 つ目は駐停車を支援する Parking Assist Systems、そして 3 つ目はドライバーや乗員の状況を把握して事故を未然に防ぐ In-car Sensing Systems である。ADAS の重要性を広く世界に知らしめたのは、『ぶつからない車』SUBARU の Driving Assist System『**Eyesight**』(図 1-II-1) である。これは、Stereo Sensing カメラの画像から先行車、

図 1 - II - 1 : ADAS 促進のきっかけとなった SUBARU Eyesight、De-facto 化が進む Mobileye

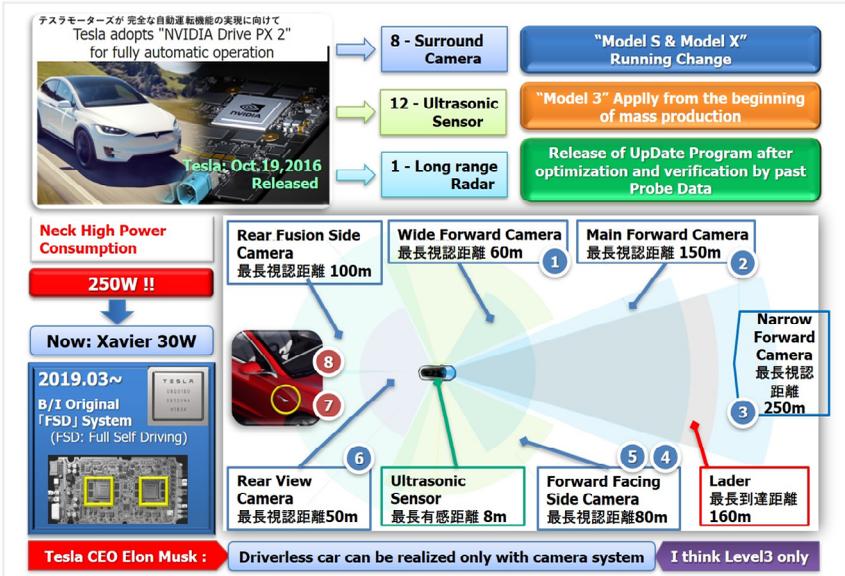


歩行者、障害物などを測距し未然に衝突を防止するシステムである。これは日本で 1991 年から国交省主導で進められている ASV(先進安全自動車: Advanced Safety Vehicle) 推進活動の極めて少ない成果の一つである。ASV 推進委員会は、多数の安全機能の中どのような機能を搭載するかは自動車メーカーに一任し、法制化も進めなかった。そのような背景下、自己判断・自己責任で孤軍奮闘してきた SUBARU の成果は高く評価されるべきである。

[1] - 2 : ADAS 普及を加速した「2010 国連国際交通安全宣言」

世界では、毎年 130 万人以上が交通事故で亡くなり(2008 年/ 2013 年は 125 万人)、5,000 万人以上が負傷している。毎年 26 万人の子どもたちが道路上で命を落とし、100 万人以上が重傷を負い、深刻な障害が残ることも少なくない。2000 年初頭、世界交通安全委員会は、この惨状打開に向け具体的アクションを起こすべきであると進言した。これを受け 2009 年 11 月、世界初の「交通安全に関する世界閣僚会議」がモスクワで開催され、2011~2020 年を

図 1-II-13 : Tesla独自の「Auto Pilot」システム、2019年の自社開発プロセッサ概要



のは、自動運転は「当初完全でなくとも」実車走行しながら学習して「成長」するものと考えているからである。いずれにしても、より高度な自動運転実現を求め基幹システムを毎年のように変更する自動車メーカーなど過去に例がない。

【3】-2-1-1: Intel、Mobileye 買収、自動運転市場に本格参入

Tesla との訣別を機に、2016 年 7 月、Mobileye、BMW、Intel は自動運転技術開発での提携を発表した。Intel は PC 用 CPU 市場では絶対的優位を占めている。しかし、スマホ用 Mobile SoC では完全な負け組である。さらに、Mobile 用 CPU では ARM の足元にも及ばない。さらに、Samsung、Docomo と共同開発した TIZEN のスマホ用 OS も不発に終わった。このように過去の歴史をみると、「Intel の基礎技術力は高いが、事業戦略、商品企画力は一流ではない」ように感じる。創立以来、事業の根幹であり続けるマイクロプロセッサにしても、その原点の「Intel 4004」は日本のビジコンに委託され共同開発(共同開発者: 嶋正利氏)したものであり、その基本構成は Intel のオリジナルアイデアではない。その Intel が 2017 年 3 月、Mobileye を 153 億ドルで買収すると発表した。Tesla が Mobileye と訣別したのは、EyeQ シリーズの Deep Learning 搭載が図 1-II-6 のように 2020 年と遅すぎることにある。そのため、Tesla は NVIDIA に乗り換えたのである。この乗り換えをきっかけに、自動車メーカーは雪崩を打って NVIDIA 採用に走った。SAE Level 3 以上実現は、Mobileye EyeQ4 では難しいと判断したのだろう。Mobileye は Intel と組むことにより、自動運転システムの開発を加速し、再度 De facto の座に返り咲きたいということだろう。

[1] BEV 特許公開、市場拡大を牽引する Tesla の取り組み

2014年6月、Teslaは保有するBEV特許すべてを公開すると発表した。これから分かることは、同社のBEV事業の目的が単にシェア拡大や目先の利益追求にあるのではなく、世界の内燃機関車からの排出ガスを極力早期に減少させることにある。中国 NIO、Byton、X-Peng などの Start Up が早期に Tesla-Like な BEV をリリースできたのは、この恩恵である。欧州、米国の自動車メーカー、Start Up も中国勢ほどではないにしても、BEV 開発上、ある程度の恩恵を受けただろう。個人の利益を追求し、一国の国家予算並みの資産を保有する「PC 業界の**成功者**」が居る一方、Tesla CEO Elon Musk の「地球と人類の未来を守る」という高邁な精神に対し、「Tesla を潰してはならない」と巨額の投資を惜しまない Google 前 CEO Larry Page のような「エンジェル」投資家が多数存在するのである。

翌、2015年1月、TOYOTAはFCEV(燃料電池車)関連特許を無償提供すると発表した。FCEV 普及には多額のインフラ投資も重要な要素であり、ファミリー作りを重視した戦略である。ただし、Tesla の「公開」とは異なり、無償で特許を使用する場合は契約が必要となる。さらに、無期無償な権利と期間限定無償権利とがあり、完全な Open 戦略ではない。

FCEV に関しては後述するが、Energy 輸送が Online の電力に対し、Offline になる点、貯蔵に伴う危険が露わになった点も BEV に対する大きなハンデである。

[1] - 1 : 発電・充電・蓄電、Tesla が進める独自 Eco System

欧州の自動車産業は、数年前から BEV 普及に向けた仕組み創りを進めている。その規模と順序こそ違いが Tesla が 10 年以上前から進めてきた「Eco System」を参考にしているようである。Tesla は BEV の本格普及には、航続距離の長さが重要な要素の一つであると判断した。そのため、同社の BEV は航続距離が最低でも 400km 以上ある。それを実現するため 60kWh 以上の大量の LiB(リチウムイオン電池)を搭載している。一般的には燃料がゼロに近づいた時点で給油するガソリン車とは異なり、BEV は駐停車時に少しずつ充電すれば良い(スマホと同様)ため、このような大容量でも普段は家充電で十分である。とはいえ、本格普及には長距離移動が不可欠であり、その実現には急速・高速充電インフラが必須である。急速充電仕様では BEV で先行した日本の CHAdeMO 規格が 2010 年時点では世界標準であった。その仕様は当面 50kW であった。これでは Tesla 車の場合、充電に 1 時間以上かかる。そこで、Tesla は 2012 年「自前」急速充電規格「Supercharger 120kW」を策定し、充電器の設置を開始した。その後、米国(COMBO/ CCS1)、欧州(COMBO/ CCS2)、中国(GB/T)も独自の急速充電規格を策定し 50kW の充電器の設置を開始した。

そもそも CHAdeMO 規格は当時の消防法に準拠し当面の最大出力を 50kW と設定した。「法令を守る」それは「手段」でしかなく、「**目的は BEV を普及させる**」ことであったはずである。「手段」が「目的」達成を阻害するのであれば、本来「手段」を変更しなければならない。「決まったことだから」というのは、卑怯な逃げであり**思考停止**でしかない。バブル崩壊以前の日本

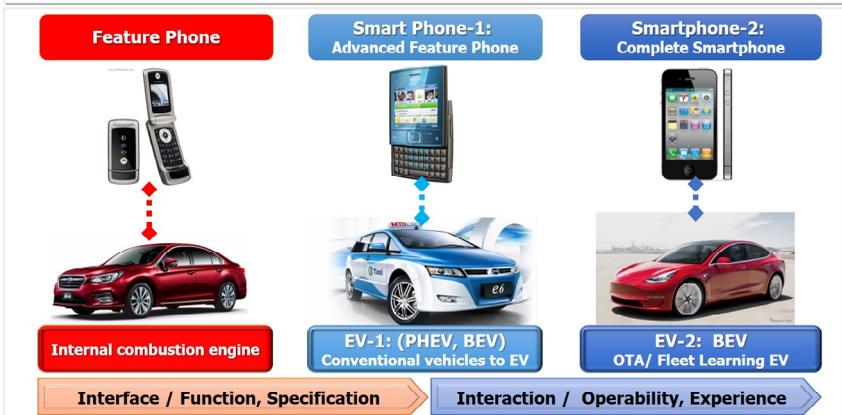
【1]-5: TeslaのBEV Conceptは自動車の「スマホ化」(Fun to ownership)

BEVの話題性は高まっているが、2019年の出荷台数は世界市場の2%弱を占めるに過ぎない。一方、中国では政府の後押しもありBEVが市場規模を拡大してきた。しかし、NEV(New Energy Vehicle/ BEV、PHEV、FCEV)の補助金が2019年7月に減額されたことから、BEVの出荷台数は前年の126万台に対し121万台へと若干停滞した。ところが、内燃機関車の減少が8.4%と多かつたため、2019年のBEV比率は前年の4.5%から4.7%に増加した。中国政府は、2020年7月の補助金減額を見送ると公表しており、BEVの継続成長が見込まれる。この中、中国市場におけるTeslaは、前述のように関税の影響もあり苦戦していたが、上海Giga Factory 3の稼働により2020年は大幅な出荷増が期待されている。他方、欧米では年間を通じ非常に好調であり、出荷台数を順調に伸ばしている。2019年の売上金額は、前年から3千億円以上増加し2兆7千億円弱になった。三菱自動車を抜き、業界19位である。これで、中堅自動車メーカーと呼ぶにふさわしい規模になったと言える。

環境負荷が低い自動車としてBEVは期待されている。未来の環境を改善しなければならない、と考える人々はBEVの選択を検討する。しかし、それが内燃機関車を電動化しただけのものであるなら、補助金がある、インフラが充実している、購入後の運用コストが安いなど、メリットがなければ積極的にBEVを選択することはない。中国市場の現状がそれを物語っている。そのような状況下、決して廉価でないTesla車が好調なのはなぜだろう。

50年前、Sharpの佐々木正氏が「発明」した電卓は世界を席卷し一大市場を形成した。40年前、東芝の森健一氏が「開発」した日本語ワープロも、日本で一大市場を形成した。しかし、「ソフト次第」でどんな装置にも化けるPCがそれから置き替わった。PCが電卓、ワープロと異なる点は、「老朽化していくだけのもの」なのか、「成長するもの」なのか、である。スマホも、それまでの携帯電話、Smart Phone(多機能 Feature Phone) が単に通信機能をベースにした便利な機器だが、購入後は「老朽化していくだけ」に近いものだったのに対し、「成長するもの」だったことが大ヒットにつながったのではないだろうか。スマホの流れを自動車と対比

図1-III-2: 携帯電話と自動車のConcept対比



[1] カメラ機能が必要なさまざまな製品

スマホが生み出した Cloud Computing 環境(先述 図 1-I-4)は着実に拡大している。すべてのものが Internet につながり相互に情報を交換し、エネルギーが適時・適所に供給され、目的の場所に自律移動できるなど、IoT 社会は着々と進化している。そこでは「眼の機能」が非常に重要な役割を果たす。その具現化のため、スマホ、Tablet PC、NotePC、自動車、Drone、Smart TV、Game、白物家電(エアコン、冷蔵庫、洗濯機など)などにはカメラモジュールが搭載されている(図 2-I-1)。一方、DSC、Security Camera、DVC、医療機器など

図 2-I-1: Application of Image Sensor/Camera Module



ではイメージセンサが使われている。これらの製品には「眼の機能」だけでなく、耳の機能を果たすマイクロフォン、声帯の機能を果たすスピーカ、皮膚の機能を果たすタッチパネルなども使われている。と言っても、「百聞は一見に如かず」の諺通り、視覚情報の情報量は圧倒的である。その結果、IoT 社会におけるカメラモジュール、イメージセンサなどの撮像部品、撮像素子の役割・重要性はますます高まっていく。

[1]-1: 各種製品用イメージセンサ市場動向

各種製品に使われているイメージセンサの数量は、図 2-I-2 のように携帯電話・スマホ、Tablet PC 用が際立っている。一方、金額規模では 2012 年ころまでは DSC 用が大半を占めていた(図 2-I-3)。その後、スマホ用カメラが Compact DSC を淘汰し始め、その金額規模は縮小し続けている。一方、Security、車載用は、数量規模は小さいが、金額規模は Tablet PC 用よりはるかに大きく順調に拡大している。また Tablet PC の市場拡大により、PC は「消滅の危機」が一時ささやかれていたが、「世界中の人が使い慣れた Cloud Computing 環境への Interface」として、今後も安定した市場規模が見込まれている。ただし、Windows PC が圧倒的に強く、Apple が目論んだ「Cloud につながる機器すべてを『iOS』で統一する」戦略は成立していない。とはいえ、Cloud 環境が本格的になると「Browser」が Cloud を覗く窓の役割を果たし、OS が何かはそれほど重要な意味を持たない。Google の Chrome Book は、「Mobile Browser」を Concept とした製品である。Android Phone も含め同社の Browser「Chrome」を「共通の窓」とすることで、本格的な Cloud Computing 環境の構築を

になると見なすことができる。たとえば、この技術を適用した 8MP 1.5 μ m のイメージセンサは 2MP 3 μ m の新たなものと見ることができる。スマホ用のイメージセンサ市場は図 2-I-2 のように、車載用とは比べものにならない大規模である。そのため、車載用より大幅に低コストである。そこで、このような仕様のスマホ用イメージセンサの車載用への転用検討も選択肢の一つかと考えていたところ、早くも、2018 年には車載専用のイメージセンサで、2 x 2 Binning 機能搭載品が発表された。この技術は監視用で感度アップのために開発されたものが基であり、監視用では 3 x 3、4 x 4 などさらに感度を向上させる仕様もある。いずれにしても Front Dual カメラはユーザーにとって有効な技術であり、Rear Dual カメラほどではないが今後市場は拡大すると予測されている(先述図 1-I-6)。

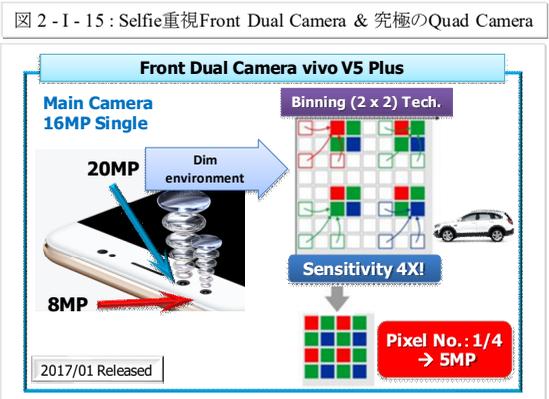


図 2-I-15 : Selfie重視Front Dual Camera & 究極のQuad Camera

でも Front Dual カメラはユーザーにとって有効な技術であり、Rear Dual カメラほどではないが今後市場は拡大すると予測されている(先述図 1-I-6)。

一眼レフをキャッチアップすべく Computational Photography 技術を導入した C4G であるが、図 2-I-4 の CIPA の統計実勢をみると DSLR は 2015 年、2016 年と過去の予想値をかなり下回っている。Dual カメラを搭載した成果が出始めているのかもしれない。

そして、DSLR を駆逐すべく 2018 年「第 5 世代のカメラ/ C5G」が登場した。

[2]-5 : DSLR の画質・性能超越を目指す C5G

DSLR のキャッチアップを目指した C4G であるが、Computational Photography 技術により予想以上の成果を上げているようだ。

[2]-5-1 : Triple カメラによる高画質化、高機能化

そして 2018 年 4 月に Huawei から「第 5 世代のカメラ/ C5G」と呼ぶにふさわしい P20 Pro がリリースされた。P20 Pro は図 2-I-16 のように、世界初の Triple カメラ搭載機種である。C4G の Dual カメラと同様、一眼レフ並のボケの設定や Re-Focus ができる Computational Photography 技術を駆使できるのももちろんのこと、広角カメラと狭角カメラの組合せによる 3X Zoom 機能を有する。さらに Digital Zoom 機能を加えると 5X Zoom まで可能である。また、単にカメラを 3 個搭載しただけでなく、これも業界初の AI 機能搭載 Mobile Processor 「Kirin 970」を搭載したのも大きな特長である。AI 機能により環境に最適な撮影特性をカメラが自己判断で設定することが可能であり、高品位が画像の撮影がますます容易になる。さらに性能・機能の向上に止まらず、より

【1】自動車安全立法、ADAS 普遍化により急拡大する車載カメラ市場

ADAS の世界的な普及拡大、自動運転開発加速、これらの技術的確立のため、自動車には多種類のセンサが搭載されている。その中、「眼の機能」を果たす車載カメラは、さまざまな安全機能で重要な役割を果たしている。現在、車載カメラが担っている主要な安全・運転支援機能を図2-II-1に、各略号の内容を表2-II-1に示す。同図の各機能にそれぞれ1つの車載カメラが対応しているわけではないが、それでも非常に多くの搭載数になることが分かる。自動運転SAE Level 3以上では搭載数が20個以上になるとの予測もある。日本では安全自動車「ASV 構想」が30年弱にわたる活動が行われていたが、実際に搭載されたものは

図2-II-1: ADAS/ 自動運転で車載カメラが果たす機能

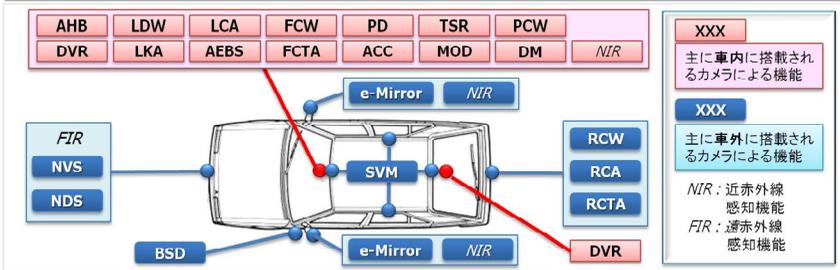


表2-II-1: カメラ機能を必要とするADAS ApplicationとCamera, Sensorの主な仕様

略号	正式名称	機能内容	Camera仕様		Sensor仕様						
			画素数	画角/H	FR	IR	FIR	HDR	GS	FS	
ACC	Adaptive Cruise Control	定速走行・車間距離制御装置	HD	S	30			○			
AEB	Automatic Emergency Braking	衝突被害軽減ブレーキ	HD	S	30			○			
AHB	Automatic High Beam	自動 High/Low ビーム切り替え	HD	S	30						○
APA	Automatic Parking Assist	自動駐車支援システム	HD	UW	30						
BSD	Blind Spot Monitoring System	死角障害物検出システム	HD	UW	30			○			
DVR	Driver Recorder	ドライブレコーダー	FHD	W	30			○			○
DSM	Driver Status Monitor	ドライバー状況監視	HD	S	60	○				○	
EMRR	e-mirror	電子ミラー	FHD	LW	60			○		○	
FCW	Forward Collision Warning	前方衝突警告	HD	S	30			○		○	
FCTA	Front Cross-Traffic Alert	交差点接近車両警報	HD	UW	30			○		○	
MOD	Moving Object Detection	移動障害物検知	HD	UW	30			○		○	
LDW	Lane Departure Warning	車線逸脱検出	HD	S	30			○		○	
LKA	Lane Keeping Assist	車線維持自動補助	HD	S	30			○		○	
LCA	Lane Change Assist	車線変更自動補助	HD	S	30			○		○	
NVS	Night Vision System	照射外遠方画像検出						○			
NDS	Night Detection System	夜間障害物検出システム						○			
PCW	Pedestrian Collision Warning	歩行者衝突警報	HD	S	30			○		○	
PD	Pedestrian Detection NV	夜間歩行者検出	HD	S	30	○		○		○	
RCTA	Rear Cross-Traffic Alert	出庫時近接車両警報	HD	UW	30						
RCW	Rear Collision Warning	後退時衝突警報	FHD	W	30						
RCA	Rear Collision Avoidance	後退時衝突回避	FHD	W	30						
RVM	Rear Vehicle Monitoring System	自動車後方監視システム	FHD	W	30			○		○	
SVM	Surround View Monitoring System	全周周視画像システム	HD	UW	30						
STRO	Stereo Camera	距離検出ステレオカメラ	FHD	S/W	30			○		○	
TSR	Traffic Sign Recognition	標識検出	HD	S	30			○		○	

HD: 1280 x 720pixel, FHD: 1920 x 1080 画角: S:50-60° ,LW: 90-100° ,W: 120-130° ,UW: 190-200°
FR: Frame Rate /sec., IR:: 近赤外線, FIR: 遠赤外線, HDR: High Dynamic Range, GS: Global Shutter, FS: Flicker Suppression

【第二章】カメラ、Displayの動向【II】車載他カメラ・センサの動向

マ」である。普通の企業であれば、画素数を増やすとか、Stereoにするとか、といった仕様アップを行い「コストアップさせた状態からコストダウン」を行いなんとかしようとする。しかしそれは製造側の都合であり、ユーザーはオーバースペックを望んでいない。ユーザー本位でない戦略は商品企画の体を成していないのである。このジレンマを解消するためにFLIRが採ったBusiness戦略は中々創意工夫に満ちたものである。まず1)*のセンサが高額である点については「画素」を減らした。画素数が減れば当然Chipの取り数が増えるのでコストは下がる。しかし、あまりにも少画素だと車載用には到底使えない。そこでFLIRは新市場を開拓すべく、iPhone 5/5s用サードパーティ・アダプター「FLIR One」を2014年から市場投入した。このアダプターには、同社が開発した「LEPTON」(画素数 60 x 80 pixel : 4800pixel)(図2-II-28A)と外形は同等という小型のFIRカメラモジュールが使われている。LeptonではFIRセンサをFLIRに供給しているULISが、Cell単位で真空封止する「Pixel Level Package」技術(図2-II-28B)を開発して2)*の高額なPackageコストの問題を解決した。しかし、これはPixelごとの封止であるため、画素数が多いと歩留まりの点で不利になる。この点でも「民生用」に的を絞って少画素からスタートした戦略は功を奏している。「FLIR One」の第一世代は画素数80 x 60 pixelと少なかったが、2015年の2号機は画素数が160 x 120 pixelと一気に4倍以上になった。これは歩留まり改善が図られたことを示唆している。また、1号機はiPhone 5/5s専用だったが、2号機はiPhone 5以降の全機種に対応するとともに、Android版も登場した。「際物」との見方が市場にはあったが、予想以上の売れ行きようだ(FLIRは販売台数を明確にしていないので実態は分からない)。また、Cell sizeは1号機が17 μ mだったが、2号機は12 μ mのFIRイメージセンサ最先端の微細Cellを採用している。前者の光学サイズが1/10.5inであるのに対し、後者は1/7inになった。しかし、この程度の光学サイズ差では、カメラモジュールサイズは1号機と同等で収まっていると思われる。

「FLIR One」は3)*、4)*のコストダウンを実現するため、Si-WLO (Wafer形状のSi集合

図2-II-28：低価格FIRカメラ“FLIR LEPTON”と採用例、車載Dual Cameraアイデア



2016年6月、自動車用「e-mirror」が解禁された(先述 図2-II-3)。運転者の死角を解消するため、カメラとDisplayの組合せで、ドアミラー、ルームミラーの役割を果たすものである。従来のDisplayはカーナビの地図表示、DVD再生、テレビ再生、などの表示が主であり、車外のSurround Viewによる駐車支援、Rear View Monitorによる後方確認用など、走行時の映像取得が目的ではなかった。ADAS技術は日々進化しており、多くのLevel 1、2自動車 が市販されている。しかし、このLevelでは運転の主体は運転者であり、ADAS技術は円滑、安全な走行を支援する機能に過ぎない。よって、このLevelまでは運転者の視覚情報量が自動運転機能のSensing情報量を若干下回っていても特に問題はない。一方、2017年末市販された世界初のLevel 3の自動運転車は、特定条件で運転の主体は自動車にある。ところが、なんらかの支障でFallback状態(System Performanceが低下した状態)となり運転者に運転を引き継ぐ場合、あるいは運転者が運転を望む場合には、手動運転に切り替えることができる(運転の主体が切り替ええる機能をOverrideという)。運転切り替え時、自動車が把握している映像情報が運転者のそれよりはるかに多い場合、「今まで見えていたものが見えなくなる」ため、危険な状況を招く可能性がある。そこで、Level 3の自動運転では、運転者の視覚情報量と自動運転車のSensing情報量に大きな差がないことが望ましい(Level 4はFallbackが起きないのが前提だが、Switch offできるため、死角の考え方は同じ)。両者の情報量の差が少なければスムーズで安全な交替ができる。そこで、Level 3の自動運転車では「運転者の死角解消」が目的のe-mirrorの役割が非常に重要になる。

e-mirrorの目的は、「カメラで物理的な鏡を置き換えること」ではなく、Displayを含めた「死角解消Interaction system」の構築である。スマホ用市場では、某LCDメーカーが市場での差別化を「解像度の高さ」に置き「人の目では判別不可能な無益な高解像度品」を提案し続けた。さらに、中国の中堅スマホVenderが超薄型化競争を展開する中、2014年ころからAMOLED(有機EL Display: Active Matrix Organic Light Emitting Diode)を採用し始めた「理由と将来性」を看過し、その後も無益な高解像度実現に向けて、将来有望で貴重な開発リソースを無益・無駄にあてがひ迷走は続いた。ところが2016年になり、Apple以外の世界Top6スマホVenderがFlagship ModelでAMOLEDを一斉に使い始めた。その目的は、それ以前に超薄型化を進めていたVender(現在のTop6に2社含まれる)と同じである。この段階で採用が急増したのは、唯一スマホ用AMOLEDが供給できるSamsung Display(以下SDC)の歩留まりおよび生産能力向上による。加えて、中国LCDメーカー数社がAMOLED量産準備を進めていたことで、将来的な調達面の不安が軽減された点も挙げられる。一方、某LCDメーカーはAppleが2018年モデルからAMOLEDを採用する可能性がある、との情報で2016年末漸く動きだした。ところがApple向け以外のAMOLED市場はすでにSDC、LG Display(以下LGD)や新規参入の中国勢に抑えられてしまっていた。スマホ用のAMOLEDの市場拡大は、コスト低減、品質の向上につながり、いずれは車載用にも展開される。とくにe-mirrorでは良好な視認性、高速な応答速度、かつ自由曲面にも搭載可能なフレキシブルAMOLEDが最適である。しかも、その特徴は車内Designの大幅な向上にもつながる。

【第二章】カメラ、Displayの動向 [III] スマホ・車載Displayの動向

Lens)を切断する超短 Pulse Laser Dicer 技術がベースになっており、それが強化 Glass の切断にも応用できたのである。この新開発超短 Pulse Laser Dicer は Cover Glass 外形の曲線部も一筆書きで加工できるため、必要な後加工はマイクロクラックを除去するための端面処理(バフ研磨等など)のみである。その結果、生産性が大幅に向上し切断時の歩留まりも大幅に改善され大幅なコストダウンが実現できたのである。

iPhone 5s は 0.4mm の第3世代 Gorilla® Glass(DOL: 40μm)を採用している。先に挙げた内部の部品高さ+0.3mmの見込みの半分は Cover Glass の薄型化(0.55→0.4 mm)で吸収している。さらに Rear カメラの Cover Glass(こちらは Sapphire Glass 採用)が座繰り仕様になっているなど、構造的な工夫(カメラモジュールも+0.3mm ではなく+0.2mm 位に工夫しているかもしれない)で iPhone 5 と同じ厚さを実現しているようである。さらに Cover Glass を薄くしたことにより、製品内部体積が増加した。その結果、iPhone 5 の Battery 容量が 1440mAh であったのに対し、iPhone 5s は 1560mAh に増

図 2-III-12: 平田機工(株)の強化Glass 切断装置(WLO Cutting技術の展開)

ガラス Cutting システム
高速・高精度で高DOLの強化ガラスおよびGorillaの切断、搬送、分断、移動を実現

【特長】

- 高速・高精度 高DOL40ミクロン以上の切断可能
連続切断スピード600mm/sec以上
Rなどの曲線加工も可
- 高品質・高精度 熱に弱いITO膜に影響が生じない
ガラス切断が可能、ガラスに
定盤や切削屑が接触しない構造
- トータルソリューションの提供 切断、搬送、分断、移動
まで対応可能
- 第2世代から第6世代 各世代に対応できる製品
まで対応 ゼラインナップ

iPhone 5s

Corning "Gorilla 3" t0.4

ディスプレイ用に供されている化学強化ガラスを切断、搬送、分断、移動するシステムです。
お気味までご連絡ください。各資料にご対応いたします。

<http://www.hirata.co.jp/products/view/180>

加している。Apple は装置メーカーや主要部品メーカーは公表していないが、iPhone 5s の Gorilla® Glass 切断には、WLO 切断用「超短 Pulse Laser Engine」を搭載した 2013 年半ば発表の平田機工「強化 Glass 切断装置」(図 2-III-12)が採用されたと推測する。

超薄型 Glass 基板や薄型強化 Glass を、高スループットかつ高歩留まりで加工する技術が開発されたことにより、化学強化 Glass の加工品が廉価になり、より多くの製品に使われるようになるだろう。また、より薄い強化 Glass も加工可能になると思われるが、あまりにも薄いといくら強化しても十分な強度が確保できない可能性がある。とはいえ、0.4mm は、薄型 AMOLED の 0.45mm とほとんど変わらないため、さらなる薄型化が必要になる。

【4】Post AMOLED、次世代 Display の概要

過去、光を電圧(電荷)に変換する撮像素子(部品)の主流が撮像管から CCD イメージセンサ(撮像部は Photo Diode: PD)に置き換わり、その後 CMOS イメージセンサ(PD が撮像部なのは前者同様)が主役になったように、電圧(電荷)から光を作り出す Display も主流がブラウン管から LCD になり、そしてこれから AMOLED の時代が始まる。それは、

イメージセンサには、CCD (Charge Coupled Device) と CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor) 2種類の主要な方式がある。1969年にベル研究所で発明された CCD イメージセンサは、当時放送機器用カメラで主流だった撮像管と異なり、通電後すぐに使えるなど格段の扱い易さから、短期間でそれから置き換わった。しかし民生用には、歩留まりの悪さ、高額な点で普及は進まなかった。月日は流れ 1980 年代後半、Sony が高歩留まり量産技術を確立し Video カメラに採用したことから、民生用でもようやく普及が始まった。そして 1990 年代後半 DSC にも採用されたことから、「撮像素子イコール CCD イメージセンサ」という「常識」が確立したのである。

一方、CMOS 方式の前身 MOS イメージセンサは 1970 年代前半に発明された。しかし、画質が悪く普及しなかった。その後、CMOS イメージセンサの原型が現れたのは 1990 年代に入ってからである。当初 CCD イメージセンサと同じ電荷転送方式 [PPS (Passive Pixel Sensor)] を採用したが、画質は到底及ばなかった。それを打開したのは、1993 年に NASA 研究所で発明された APS (Active Pixel Sensor) 方式の CMOS イメージセンサである。これは、Photo Diode (以降 PD) で発生した電荷をその場で電圧に変換してから転送する方式であり、基本原理は現在の CMOS イメージセンサと同じである。CMOS イメージセンサは、CCD イメージセンサと異なり汎用半導体製造プロセスで量産できる。その特徴を生かし「電圧増幅回路」を内蔵したことが、後々 CCD イメージセンサの画質を凌駕する下地になった。とはいえ画質は CCD イメージセンサより劣っており、さらに主要製品用として CCD イメージセンサが既に普及していたため、民生用に本格採用されるには至らなかった。そこで、廉価な点を活かし光学マウス用で大きなシェアを確保するに止まった。この閉塞感を打開したのは、2000 年 11 月に登場した「カメラ付き携帯電話」である。カメラ機能が携帯電話の市場拡大を牽引できると期待された日本市場で急速に普及した。しかも日本市場では、それを「DSC」と捉えたため、高性能、良好な画質、供給能力の高さ、などから CCD イメージセンサが選択された。一方、海外市場の多くは、それを「売りに繋がるおまけ機能」としか見なさなかった。そのためコスト重視で CMOS イメージセンサが主流になった。その後、海外市場でも「カメラ機能」が徐々に重要視され始め、CMOS イメージセンサの画質改善要求が高まった。そして CCD イメージセンサと比肩する高画質 CMOS イメージセンサが開発された。その結果、CMOS イメージセンサは海外市場で搭載率が急上昇した。その後、「**CCD イメージセンサ同等画質の CMOS イメージセンサ**」は日本市場でも評価が高まり、シェアも徐々に高まった。そして、2003 年前後には、ついに両者の世界市場規模は拮抗するまでになった。その後も CMOS イメージセンサのシェアは増加し続け、2008 年には日本市場の 2 機種を除きすべて CMOS イメージセンサが世界制覇するに至った。さまざまな Application 用イメージセンサ市場では、先述 図 2-I-2/2-I-3 のようにスマホ用が圧倒的なシェアを占めている。CMOS イメージセンサがその市場を制圧したことにより、2000 年代後半から他の製品でも、そのシェアは急激に高まった。その中、2010 年時点でも CCD イメージセンサの比率が高かった製品は、Compact DSC [一方、DSLR は、当初から CMOS イメージセンサの比率が高く 2010 年時点でほぼ 100%で

【第三章】主要部品の技術動向 [I] イメージセンサの技術動向

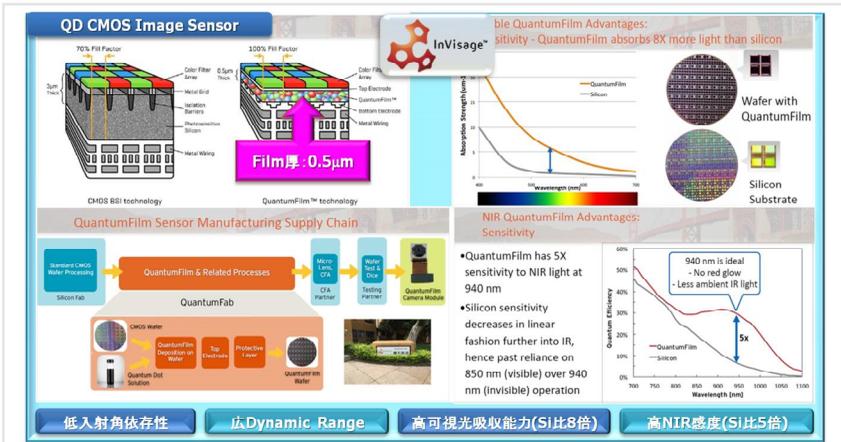
ジセンサ」である。内部構造は図 3-I-9 のように、Red と Blue は従来通り Color Filter + PD で構成し Green のみ有機感光膜で構成したものである。この構造にすることにより、微細 Cell の感度向上が実現できることが最大の特徴である。スマホ用の under 1.0 μm を目指した技術である。もちろん DSLR や Compact DSC にも高感度イメージセンサとして応用可能である。高感度の面では車載カメラにも理論的には適した方式であると思うが、有機感光膜の耐熱性・耐候性などの信頼性データがないと最終的な判断はできない。

[3]-3: Apple が M&A、QD イメージセンサメーカー

QD(量子ドット)技術を採用したイメージセンサを開発する Startup「InVisage」を Apple が 2017 年 11 月に買収した(図 3-I-10)。同社は QD 感光膜「QuantumFilm」を使った QD イメージセンサを開発した。構造は図 3-I-8 の有機 CMOS イメージセンサと似ている。

QuantumFilm は有機色素半導体膜と同じ 0.5 μm と薄いため、高 CRA 対応可能なこと、可視光吸収能力が Si の 8 倍と高いこと、NIR 感度が Si の 5 倍以上あること、Dynamic Range が広いこと、構造的に Global Shutter が容易(この点も有機 CMOS イメージセンサに似ている)など、理論的には多くの有望な特徴を持つ。ただし、InVisage はこの技術を 2010 年に既に発表しており、当初の予定では、2010 年中にサンプル出荷、2011 年には 5~8MP の量産を目指すとしていた。しかし、その予定は実行に移されなかった。その後、2015 年 6 月台湾・新竹に QD Film の蒸着工場 QFAB3 を設立し、同年末には QD イメージセンサを採用した 13MP カメラモジュール「Quantum13」の出荷を開始すると発表した。図 2-I-6 のように、2015 年以降 Rear カメラの画素数の主流が 13MP に移行する時期であり、Volume を求める戦略であることが分かる。しかし、市場実績がない最新技術の製品をいきなり Volume Zone に投入する戦略は大いに疑問である。Volume Zone は確かに数量も多いがコストも厳しい、普通はより多画素品を「お試し」で投入し市場評価が高まり、ある程度の実

図 3-I-10 : QD CMOS Image Sensorの概要



Lens の基本設計は特定の Application に依存せず、広く活用できるものである。とはいえ、今、Lens 市場を牽引しているのは、スマホであることは紛れもない事実である。スマホは先述 図 1-I-6 のように急激に市場を拡大してきた。ところがあまりの急成長ゆえに、2015 年以降「突然」市場は飽和した。一方、2015 年に Huawei が市場投入した「Dual Rear カメラ」搭載スマホは、2016 年に iPhone 7 Plus が追従したことにより、Flagship スマホの Trend となり、カメラ搭載数は急増している(先述 図 1-I-6)。さらに、Selfie 機能が重視されている中国では、Dual 仕様の Front カメラが登場し、2017 年には Front、Rear 共 Dual カメラ仕様のスマホまで現れた。とはいえ「カメラシステム」としては数量が増加するわけではなく、カメラモジュールメーカーの寡占化が進んでいる。一方イメージセンサは数量が増加するため、メーカーは恩恵を受ける。スマホ市場では、2014~2015 年中位 Vender が上位との差別化のため『超薄型競争』を激化させ、Rear カメラの超低背化要求が強まった。また、同時期 Rear カメラでは 13MP 以上の比率が急増した。しかし 2016 年ころから、上位 Vender は必要以上の多画素化は無益であるとの判断から、多画素化競争ではなく画質向上に方向転換した。その結果、Rear カメラの画素数の主流は、一時 12~13MP に落ち着いた(先述 図 2-I-6)。他方、中位 Vender は「差別化」のため 16MP 以上の比率を高めていた。そこで、Rear カメラは低背化と多画素化の相反する仕様を同時に求められる状況が続いた。さらに Selfie 機能重視の中国では、Front カメラが Rear カメラと同様な役割を担うため、「画素数」の重要性が高まった。中には、Front カメラの画素数が Rear カメラより多いスマホまであった。そのため、低背化の要求は Front、Rear カメラに関係なく強まった。その成否は、非常識とも言える「Height Rate 75」以下の超低背光学設計が実現できるかに掛かった。この領域では、Lens 設計だけで良好な光学特性を実現することは無論不可能であり、ISP の高度な「画像補正技術」が必須である。とはいえ、少なくとも Lens 設計・製造ができなければスマホ・商機はない。カメラモジュールの厳しい低背化要求の中、4~7 枚 Lens の特許を多数保有し、さらに膨大な成形装置を保有する Largan に注文が集中した。その後、Multi Camera が新たな Trend になる中、画素数の増加、低背化要求が再燃しており、Largan への依存度はますます高まっている。

開発期間が長かった Feature phone 全盛時代には、欧米の携帯電話 Vender がイメージセンサ や Lens の設計に強い影響力を持ち、自社で設計した Lens をカスタム品として Lens メーカーに製造させることもあった。ところがスマホ市場では、一部の Mobile SoC メーカー(Qualcomm、MediaTek など)が Reference Program を展開したことから、開発期間が大幅に短縮された(最短 2 か月)。ところが、この短期間で新規のイメージセンサは開発できないため、採用できるイメージセンサの品種は限定された。そのため、主要イメージセンサ、VCM Actuator、OIS に対応して設計された Lens メーカーの「標準品」が主流を占めるようになった。このような状況下では、Lens 設計力の高低以上に、高度な特許戦略、パートナー戦略や高品質な製造ノウハウ、膨大な数の成型機を保有する Lens メーカーが事業的に有利なことは言うまでもない。そのため、市場の要求に応えられる数少ない Lens メーカーに注文が集中し寡占化が進行した。さらに、2014

玉のみ GMO を使用したり、プラスチック Lens に強化コートを施したり、搭載箇所によっては Lens 前面に金属メッシュなどのガードを施したりする工夫が必要になる。

[3] Lens の諸特性・MTF(伝達関数)

イメージセンサの小型化、多画素化、低コスト化を実現するため、Cell Size 微細化が進み(先述 図 2-I-27)、2011 年には $1.1\mu\text{m}$ に到達した。 $1.1\mu\text{m}$ Cell に合わせ、微細化による S/N 悪化を解消する BSI 技術が開発された。次の世代の Cell Size は $0.9\mu\text{m}$ が目標だったが、難易度が高く中々実現できなかった。画質向上が実現できる BSI に匹敵する Major な Breakthrough 技術が開発されないかぎり、その実現は難しいようである。 $1.1\mu\text{m}$ は 8MP の画素数の世代に登場したものである。その後、Cell Size が変わらずに画素数は最大で 23MP まで到達してしまっている。一方、13MP から Mobile SoC の ISP を使用するのが一般的になり、イメージセンサは ISP がない RAW データ出力タイプが一般的になった。そのため、光学サイズは大きくなったが、13MP イメージセンサの Chip サイズは 8MP と同等だったため、同じサイズのカメラモジュールができた(高さ

図 3 - II - 10: 光の波動性による回折限界: (Airy Disc)

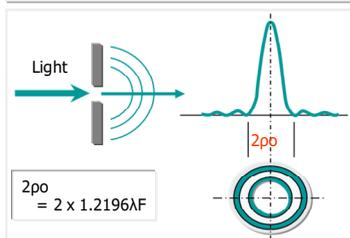


図 3 - II - 11: 回折限界に於ける分解能

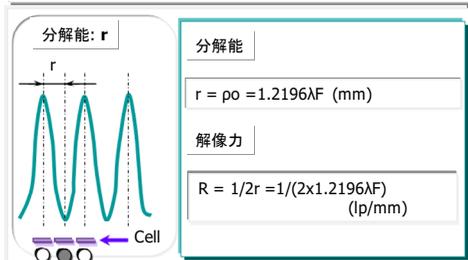
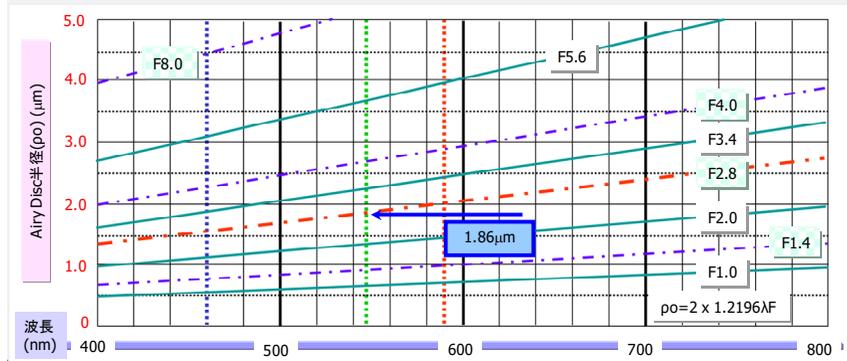


図 3 - II - 12: 分解能 (μm)



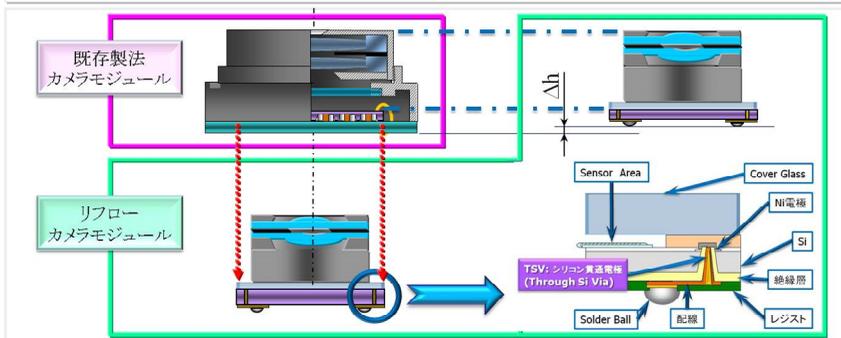
[1] 小型化・モジュール化に最適な WLO リフローカメラ

カメラモジュールを「独立した撮像部品」と捉えるか、「撮像機能を持った電気部品」とみなすかでその扱いは異なる。少なくとも、スマホでは後者とみるのが適当だと思う。

「電気部品」であるならば、リフロー実装が常識である。その実現には小型化、高耐熱性が必要条件である。それらをクリアした結果、本格量産が始まれば、高生産性、実装コストの大幅低減、省スペース、低背、低コストなど、多くのメリットが期待できる。

図3-III-1左下のように、リフローカメラモジュールではCSP仕様イメージセンサのサイズがそのままプリントになる。そのため同図の既存製法に対し、カメラモジュールの一边は約1.5mm程度小さくなる。縮小寸法はHousingの厚さに依存するため、既存製法カメラモジュールサイズに関係し、小型なモジュールほど縮小率は大きくなる。たとえば、4.5 x 4.5mmのイメージセンサを使った6.0 x 6.0mmの既存製法カメラモジュールは、リフロー仕様にすれば4.5 x 4.5mmになる。物理的な面積は56%に縮小される。一方、既存製法のカメラモジュールのMother Boardへの装着では、FPC仕様にするかソケットを使用する必要がある。たとえば、NOKIA 提唱の「SMIA 規格」では、「ソケット」が標準であり、カメラモジュール寸法+1.3 mm程度のものだった。SMIA 65(6.5 x 6.5mm)のソケットは7.8 x 7.8 mmであり、4.5 x 4.5mm リフローカメラモジュールの実装面積比は32%と、さらに大幅な省スペースが見込める。スマホでは、電池の長寿命化のため、Battery 体積を可能な限り大きくする工夫を行う。その結果、Mother Boardの面積は縮小傾向にある。そのため、カメラモジュールの実装面積縮小は非常に重要である。車載用でも、この実装面積の差はそのまま享受できる。さらに直接Mother Board上に実装可能なリフロー仕様は信頼性の面でも優れている。また、リフローカメラモジュールは他のSMD(Surface Mount Device)同様自動装着できる。そのため「汎用的な撮像部品」として扱える。よって、それらを複数使用してシステムモジュール化することにより「数量削減」でき、創意工夫により新たな機能を付加することもできる。

図 3 - III - 1 : 既存製法とリフローのカメラモジュールサイズ・高さの差異



【第三章】主要部品の技術動向 [III] WLO、リフローカメラの動向

同図②のように2枚ともWLOが使われた。Heptagonは2017年1月、オーストリアのイメージセンサやToFなどを手掛ける高性能アナログ集積回路設計会社AMS AGに買収されており同図のDot ProjectorはAMS AG社製である。WLOの製法は光ファイバーのTransceiverの光学系や回折格子の製造に適しており、目立たないところで市場が拡大する可能性が高い。

【5]-2: 製法の特長を活かした医療用超小型S-WLCM量産始まる

WLOリフローカメラモジュールの特長は高生産性、自動実装が可能、耐熱性が非常に高い、など多々ある。しかし、**唯一無二最大の特長は他の製法では絶対に実現できない超々小型化が容易にできる点にある。**以前、東芝が0.7x0.7mmの超々小型カテーテル用S-WLCMの試作を行ったことがある。画素数が少ないアプリケーションであればさらなる小型化は可能である。ただし欠点としては、**生産性が非常に高いこと**である。8in Wafer 1枚から40,000個以上の大量のイメージセンサが採れる。当然、コスト面でも有利である。反面、超小型のWLCMが大量に使用される市場がなければ事業的には成立しない。このような背景から東芝の超小型カメラは試作だけで終わった。

ところが、市場規模が小さく、その用途だけでは事業が成立しないと考えられていたのは日本市場だけの話であった。訴訟社会の米国や先端医療が進んだ欧州などでは、内視鏡のカメラおよびケーブル、処置具(ポリープなどを除去する部分)を使い捨てにすることが標準になっている。胃潰瘍、胃がん、大腸がん、などの2次感染リスクが消毒を徹底しても「0」ではないことによる。「医師が内視鏡は消毒しているので絶対安全」と言うのは「航空会社が飛行機は絶対落ちない」と断言するのと同じことだとも言われて

図 3 - III - 35 : WLO採用気管支鏡&カテーテル

The diagram illustrates the use of WLO sensors in medical devices. It shows a bronchoscope (1) and a catheter (4) with their respective sensor components. A 'More thinly' arrow points from the bronchoscope to the OVM6946 sensor specifications (2). A '3' in a red circle points from the OVM6946 specifications to the AMS AG / NanEye sensor specifications (3).

1

φ 4~6mm

気管支鏡 / Bronchoscope

2

OVM6946
OmniVision

Specifications:

- Camera Modul ----- **1.05 x 1.05 x 2.266mm**
- Sensor ----- 400 x 400 (pixel) / 1.75μm / Area: 0.714 x 0.707mm
- Optical ----- 1/18", FOV 120deg

4

Catheter

OVM6948
OmniVision

OVM 6948

Specifications:

- Chip size ---- **0.575 x 0.575mm**
- Module size --- **0.65 x 0.56 x 1.158mm**
- Sensor ----- 208 x 208 (pixel) / 1.75μm / Area: 0.364 x 0.364mm
- Optical ----- 1/36"

3

AMS AG / NanEye

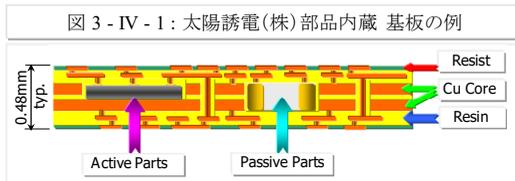
Specifications:

- Camera Modul ----- **1.03 x 1.03 x 0.68mm**
- Sensor --- 249 x 250 (pixel) / 3.0μm / Area: 0.714 x 0.707mm
- Optical ---- 1/16", FOV 90~160deg

[1] 放熱効果も期待できる部品内蔵基板

部品内蔵基板の基礎開発・製法特許は15年以上前から、数多く提案されており、分類も体系立って行われていた。内蔵する部品も様々検討されたが、性能が保証されたSMDあるいはパッケージの半導体を内蔵するタイプが主である。SMDの実装はTH(Through Hole)側壁接続タイプと表面実装方式の2つがある。後者では、内層PCBにSMDを実装し、さらにPCB表面にもSMD実装をするため、内蔵SMDのリフロー保証回数は一般仕様の倍になる。2008年半ば時点の部品内蔵基板の用途は、カメラモジュール用が全体の9割弱、ワンセグチューナー用が1割弱、その他が若干であった。しかし、実装密度向上、性能向上、高周波特性向上、信頼性向上などさまざまなメリットがあり、その後多くの製品で検討された。薄型化・高密度化が進むスマホ用でも採用されたことがある。一方、部品内蔵基板の市場を創出したカメラモジュール用では、2012年ころからスマホの薄型化が急激に進み始め、その低背化に不利だったため採用は激減した。そして、業界初の部品内蔵基板を量産した大日本印刷は、2013年末、その量産事業から撤退した。ただし、同社のB²it™部品内蔵基板は、ライセンサーのクローバー電子などが継続して事業を行っている。

このように部品内蔵基板は、スマホ用ではあまり重要視されなくなったが、車載用では重要度が高まっている。太陽誘電の「EOMIN™」がその用途に適したものである。2009年から量産を開始したこの基板の最大の特徴は、プリプレグではなくCu Plate(厚手のCu箔。標準は35μm)をコアにしている点である(図3-IV-1)。そのため、COB工法のカメラモジュールで不良の一因となるガラスクロスからのDust発生が回避でき、シールド効果があり、低インピーダンスであり、さらに薄型基板でも十分な機械強度が確保できる。基板厚は同図のように0.48mmが標準仕様だが、同社はセラミックコンデンサ、チップコイルなどの大手メーカーでもあるメリットを生かし0.15mmの薄型部品を内蔵した仕様では0.3mmの薄型化を可能としている。

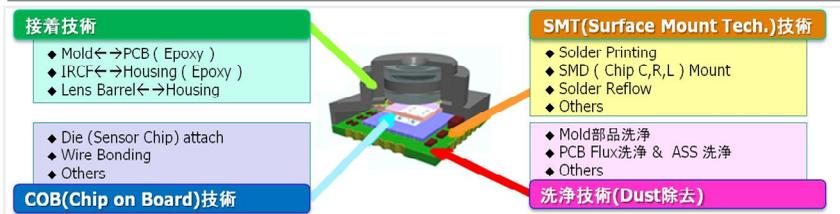


また大日本印刷方式が内蔵部品をリフロー実装するのにに対し、コア部分にSMD、LSIを埋め込み、表面からLaserで開孔して銅メッキで接続する製法である。ただし、端子に銅メッキを施した特殊仕様の内蔵部品を使用する必要がある。同社は、大手部品メーカーでもあるため、社内のメッキ工程でこの仕様が実現可能である。さらに内蔵部品はリフロー接続でないため、一般のSMDと同じリフロー保証回数でよい。また、この基板は放熱性が優れているため車載用、画像合成など消費電力が大きい回路にも向いている。しかし浮遊容量が大きいため、高周波特性は劣るがLow-ε材樹脂を絶縁層に使用などの工夫で改善することは可能である。この基板は車載用だけでなく、スマホ用で今後TrendとなるDualカメラにも適した仕様である。というのは、DualカメラではRe-Focus、超解像、画像合成など処理が重い機能が付加されるため消費電力が多く、当然発熱も大きいからである。

[1] 多岐にわたる製造技術が必要なカメラモジュール

「カメラモジュールは半導体パッケージに Lens が付いているだけのもの」、リフローカメラモジュールはまさにその通りであるが、一般的な製法のものはそのような単純なものではない。それは、非常に多くの製造技術・部品に関する知識を必要とする(図 4-I-1)。まずイメージセンサを PCB に Die attach した後、微細な Au あるいは Cu Wire で配線する Wire Bonding などの COB (Chip on Board) 技術が必要である。次に PCB に SMD (Surface Mount Device :CRL などのチップ部品) を搭載する SMT (Surface Mount Technology)技術も必要である。一方、家電製品、PC、DSC、DVC など、身の回りのほとんどの製品は、SMT 技術のみで製造されている。さらに、カメラモジュールは COB、SMT の両技術に加え、光学部品および成型部品の部品知識・設計技術などが必要であ

図 4-I-1 : カメラモジュール組立に必要な主な製造技術



る。さらに Les Assy の組立技術、Lens ホルダーと光学部品・メイン PCB などを接着する技術 (5MP 程度までは Passive Alignment で十分だが、より多画素化の AF、OIS 付きのものでは、6 軸調整 Active Alignment が必須)も必要である。さらに、最大の不良要因である部品、作業者、装置から発生する Dust に関して、最適な部品選定、影響を受け難い構造、最適な作業方法、などの工夫が必須である。とはいえ、「工夫」だけでは Dust 不良は解消できないため効果的な乾式、湿式洗浄が必要である。このように、多岐にわたる製造技術が必要なのである。その上「高度なカメラ機能」も必須であり、低コストの追求が重要な部品でありながら製品に近い特色を有する。

[2] コスト、性能、品質を決定付ける部品選定

組み立て方式のカメラモジュールでは、PCB、SMD などに付着あるいは発生するマテリアル Dust が「黒キズ、シミ」の不良原因となる。そこで、製法上 Dust の発生が僅少かつ低コストの PCB、SMD の選定が必須である。またこれら部品の小型化、薄型化などはメーカーのスキルに依存する。そこで、PCB の組成・製造方法、SMD 各社の製造方法、品質管理方法まで熟知していなければならない。つまり、カメラモジュールの設計者は同時に「部品鑑定士」でなければならない。スマホの Trend Maker である

カメラモジュールの組立ては、ネジを多用する他の製品とは異なり、ほとんど接着だけで行われる。「接着」は身近な技術であるため一見簡単そうに見える。しかし、実は非常に高度な製造技術なのである。たとえば接着した後、内部に Dust が入らないように気密性が高くなければならない。また、小型・低背化が Trend のカメラモジュールでは、わずかな接着代で必要十分な強度を確保しなければならない。しかも、不良原因となる接着剤の所定箇所外への流出をなくするため、量・粘度管理などを徹底しなければならない。さらに、リフローカメラモジュールでは、従来の組立技術に加えて接着剤の厚さで Focus 調整を行うなど、接着剤に重要な機能を付加する工夫も必要である。

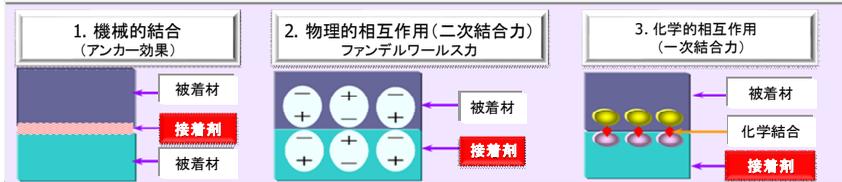
接着はこのように非常に高度な技術であり、原理・原則の理解が欠かせない。

【1】接着の原理

「接着」がどのような原理でなりたっているのかを、完全に説明できる理論はまだ確立されていない。とはいえ、関与する原理は非常に幅広くまた奥が深い。書籍学習、専門メーカーへのヒアリングなど、ある程度の理論的学習が必要である。

接着は単一の物理力だけで成立しているわけではない。1) 機械的結合、2) 物理的相互作用、3) 化学的相互作用、主にこれら3つの力の相互作用によると考えられている。機械的結合はアンカー効果、物理的相互作用は配向力(分子凝集力: ファンデルワールス力)、化学的相互作用は共有結合や水素結合によるものである。図 4-II-1 に概略イメージを示す。この中、1) の機械的結合は状態により異なり一概にどの程度の大きさとはいえないため、2) のファンデルワールス力、3) の共有結合、水素結合の接合力を比較する。共有結合/水素結合/ファンデルワールス力の比は、概略 100:10:1 と一桁ずつ異なる関係になる(表 4-II-1)。なぜ、相互力が大きく異なるのか簡単に触れておこう。図 4-II-2 のように、共有結合の場合には2つの原子が電子を出し合って最外殻を安定状態にする。この時、双方の原子は平等に電子を共有する。水素結合は、水素の K 殻の電子が相手側の

図 4-II-1 : 接着における主要3作用力



原子側に引き付けられ偏在した共有結合となる。そのため、水素原子核の露出状態が発生し、電気的な結合力で隣の分子と

表 4-II-1 : 結合の種類による相互力の差

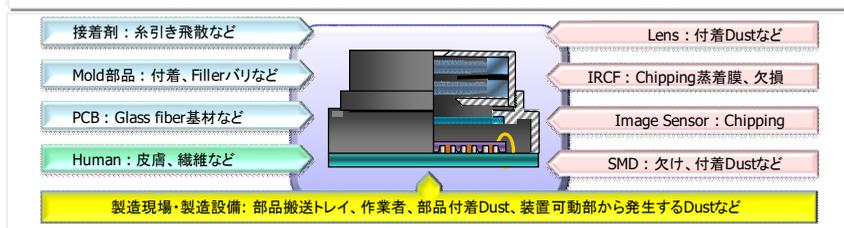
結合の種類	共有結合							ファンデルワールス力	水素結合 H+ O ²⁻
	C-C	C=C	C-H	C-O	O-H	C=O	C-Cl		
結合エネルギー (kcal/mol)	80	146	99	81	109	163	78	1~4	4~10

【第四章】カメラ組立・実装技術 [III] Dust 不良削減と洗浄技術

カメラモジュールの歩留りは画素数や機能により異なるが、各社の努力により 98~99%は達成していると推測する。不良要因にはDust 起因によるものの他、Lens 枚数が6~7P と多いRear カメラで主流の13~16MP 品では、Lens Assy の組立不良や解像度不足、Actuator 組立不良、Active Alignment による Lens とイメージセンサの Center 合わせ時の精度不足、などが主なものである。この中、Dust 起因不良は日々の改善活動だけでは撲滅が難しく、論理的に解析し、設計・製造・作業広範囲の改善が必要である。最も深刻なのは「Moving Dust」による出荷後の市場不良である。

「作業環境のクリーン度が Dust 対策上重要と考える人が多い。しかし、Dust 不良解析によるとパーティクルに起因する不良は皆無に近い。Dust 不良では、マテリアル、製造設備、そして作業員から発生するものがほとんどである。そのため、これらの低減が重要なのである。パーティクル起因不良が継続して僅少なら、本格クリーンルームで

図 4-III-1 : カメラモジュールに於ける主なDustの原因



製造する必要はない。本格クリーンルームは設備投資額が大きく、また生産量の急変動への対応が難しい。中国では半導体工場でも滅多に採用しない FFU 方式の超高級クリーンルームを設置しているメーカーもあるが非常に勿体ない。コスト低減要求が今後益々厳しくなる中、簡易クリーンルームで生産できる方式の検討も必要かと思う。

Dust 不良には、図 4-III-1 のようにさまざま要因があるが、「持ち込まない」「出さない」「持ち出さない」工夫が Key Word になる。

[1] Dust 不良削減、1つ目の工夫「持ち込まない」

Dust 不良を撲滅するため「持ち込まない」ことが最も重要である。「持ち込む場所」としては、工場、前工程、カメラモジュール組立工程がある。「持ち込み要因」としては、i) 部品の選定、部品の輸送・受け入れ、ii) PCB Assy、副資材のカメラモジュール組立工程への持ち込み、作業員のカメラモジュール組立工程への入室、組立作業、などがある。i) 部材の選定で特に重要なものとしては PCB と樹脂材料がある。多層仕様の PCB で Drill 加工が必要な方式のものは付着 Dust が非常に多いため採用しない方がよい。セラミック PCB あるいは機械加工が不要な多層製法のものが望ましい。樹脂材料としては電気部品などに広範に使われている成形性の良好な LCP がカメラモジュールでは好ましくない。その理由は、LCP 特有の『スキン層』が機械的な摺動(たとえば AF、OIS)で脱落して Dust 不良要因となるからであ

スマホ市場は飽和傾向にあるが、Dual、Triple、Quad カメラの搭載増加などもあり、カメラモジュールは順調に増加している。それとともに、カメラモジュールのコスト低減要求は厳しさを増している。その実現には、中期的な価格目標を設定してコスト低減施策を進めることが重要である。主要部品を低価格で購入することも非常に重要であるが、発注量が大幅に変わらない限り、購入方法だけでは大きな差は発生しない。一方、固定費のうち製造設備は選定方法により非常に大きな差がつく。既存製法のカメラモジュールに必要な技術は、半導体後工程技術のCOB (Chip On Board)技術、PCB組立技術のSMT (Surface Mount Technology)、光学組立技術、接着技術、洗浄技術、画像検査技術、など非常に幅広く、製造設備の種類も多岐にわたる。この中、COB 工程はイメージセンサの実装・配線だけであり、Pad Pitch も 80-125 μm 程度であるため、それほど高度な技術は必要ない。また、COB 製造設備は Wafer サイズに対応しており、半導体の品種とは関係ない。そのため COB 設備投資額に大きな差がでることは考え難い。一方、SMT は家電製品などで普遍的に利用され装置も千差万別である。TV の様に数千点の部品を使う製品がある一方、カメラモジュールのように十数点の部品しか使わない製品もある。そのため、カメラモジュールでは何百点もの部品を積載できる大型高速実装マシンではなく、中型・小型のモジュラータイプで十分である。さらに Class10000 程度とはいえ、「クリーンルーム内」に設置されるため、レイアウト自由度が高い小型の方がこちらの面でも適している。ただし、カメラモジュールの小型・低背化で差別化を図るため、0603、0402 など小型 SMD の搭載が必須であり、さらに今後はより小型の 0201 などの実装の可能性もあるため、最新鋭装置が望ましい。カメラモジュールの厳しいコスト低減に対応するには、効率良い物造りの推進、歩留り向上などに加えて、設備投資額抑制、高生産性装置の選択、設置面積の縮小化などが重要な要素になる。製造設備では SMT の選択が難しく、さらに投資額も大きい。中国の後発カメラモジュールメーカーの中には SMT を外注に依存する会社もあるが、賢い選択だと思う。というのは、中国では SMT を必要とする PC、AV 機器の製造が 20-30 年前から始まったため、大量の SMT 設備を保有する会社が多数存在するからである。難しい SMT 設備の選定を新たに行うより、外部の高度な実装技術の蓄積がある会社から Assy で購入した方が投資抑制、納期短縮、品質確保の面でも好ましい。とはいえ、原理・原則を知ることが重要である。以降、カメラモジュールの主要技術である COB、SMT について考察する。

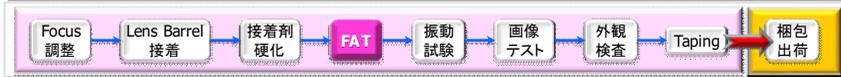
【 1 】 COB / Chip On Board

COB 工程は、SMT 工程後の PCB Assy にイメージセンサを Die Attach し、Bonding Wire で接続する(図 4-IV-1)。COB では、Wafer Dicing 工程、ダイボンディング工程、Wire Bonding 工程が特に重要である(COB 工程関連の主な装置メーカーを表 4-IV-1 に示す)。この中、ダイボンディング工程はカメラモジュールの性能を決定付けるため、特に重要である。イメージセンサの中心と Lens の中心が合致しないと画像品質が確保できないため、イメージセンサの搭載精度の向上が重要である。さらに、不要接着剤によ

[1] FAT の概要

カメラモジュール組立完了後、Focus 調整(WLCM では無調整タイプもある)を行った後、FAT(Final Assembly Test)を実施し最終の良否判定を行う。イメージセンサメーカーは出荷時に Wafer を全検し、さらに部品メーカーでも製造工程で全検、出荷検査、製造側での受け入れ検査を行っている。素直に組立てれば不良は出ないはずである。しかし、実際の製造工程では部品から発生する Dust に因る黒キズ、Lens センターとイメージセンサの画素センターの組立ズレに因る片ボケ、解像度不良、Lens Barrel への Lens 組込み時のセンターズレ、などにより発生する不良があり、これらは当面は検査により省くしかない。最終目標は、全数良品にしたいのであるから、FAT を単に不良を省く工

図 4-V-1 : FAT 前後の工程フロー



程と考えるのは間違いである。上記のようなばらつきの要因を FAT のデータから明確にし、ばらつきの発生原因を特定し、ばらつきを少なくする管理をどう行えば良いのか考慮し、前工程にフィードバックを掛けるための工程でもある。FAT は最終的には無駄な作業であるとの認識を常に持つていなければならない。データを体系的に管理し、部品のどんなばらつきが問題なのかを特定し、その結果に拠り部品メーカーの是正指導を定期的に行うことが重要である。さらに、設計的にばらつきを低減する工夫や、フルブルー設計に生かせるデータベースを構築するために生かさねばならない。FAT データを分類・分析し、継続して品質向上に生かせる工夫をしなければ、無為に不良を作り、それを排除する無駄の上塗り作業でしかない。生きた形の FAT とするためには、カメラモジュールの技術を十分理解し、FAT の各工程が何のばらつきを、どのように見つけようとしているのか徹底して分析しなければならない。まずは全体の流れを把握するために FAT 前後の工程フローを図 4-V-1 に示す。また FAT で行うテスト項目を表 4-V-1 に示す。そして、各検査項目の詳細を以降に示す。

表 4-V-1 : FAT 工程検査項目

Focus	Resolution	黒キズ/シミ	周辺光量比
AWB	色再現	感度/ S/N	消費電力 Standby電流

[2] 各検査工程の内容

【フォーカス調整】:Focus Focus 調整は、図 4-V-2 の ISO12233 解像度チャートを用いて行う。携帯電話用 FF カメラモジュールでは、およそ 20cm から無限遠まで、良好な解像感が要求される。従って、被写界深度を利用し 40cm に調整チャートを配置し

著者

書名 : 2020 スマホ・車載カメラ徹底解説

発行日 : 2020年 6月 15日

著者 : 共創企画 代表 中條 博則
Hironori Nakajo

URL : <http://www.reflowablecamera.com/>

E-mail : h1i9r5o4@yahoo.co.jp

* PDF 版は、指定範囲の販売も行います。範囲指定頂ければ見積します。

2020 スマホ・車載カメラ徹底解説



Co-Creation Value Planning

定価： 本体27,600円 + 税