消費者向けバイオメトリックの第二波がVCSEL業界を再構築

ギヨーム・ジラルダン、シルヴァン・ハレロー

いまだ指紋識別技術がバイオメトリック市場を独占する中、3D顔認識やその他の光工学を基盤としたセキュリティーアプリケーションが、大きな変化をもたらしている。

指紋認証は、初めて消費者向けに使用されたバイオメトリック技術である。その始まりは1892年、アメリカ連邦捜査局（FBI）が犯罪者の指紋データベースを構築する際にインクを使用したところまでさかのぼる。2013年、米アップル社（Apple）がiPhone 5sにTouch ID技術を導入したことで、指紋認証は大衆になじみのあるものとなった。以降、指紋検出が現在の消費者市場で用いられるバイオメトリック技術の中で最も中心的な技術であったが、その時代は終焉を迎えるかもしれない。

仏ヨール・デベロップメント社（Yole Développement）は、指紋を用いた消費者市場向けハードウエアソリューションが生み出す現在の年間収益を27億ドルと推定している。これは、消費者向けバイオメトリックハードウエア市場全体（2018年は48億ドル）の57%を占める。

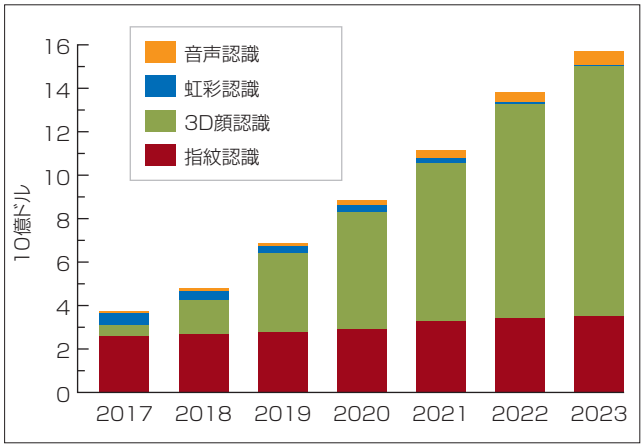

図2　3D顔認識市場とその他バイオメトリックによる方法の進化を定量化したもの。（提供：2019年消費者バイオメトリックレポート、ヨール・デベロップメント社）

指紋検出のように、3D顔認識は、完璧なバイオメトリック技術としてほぼすべての条件を満たしている。つまり（いくつか懸念はあるものの）、頑強で安定的、反復可能であり人工知能（AI）アルゴリズムの力を借りればほぼ時不変で、偽証しにくく唯一無二であり、利用や操作が容易で、ある程度利用者に負担をかけないものであることだ。

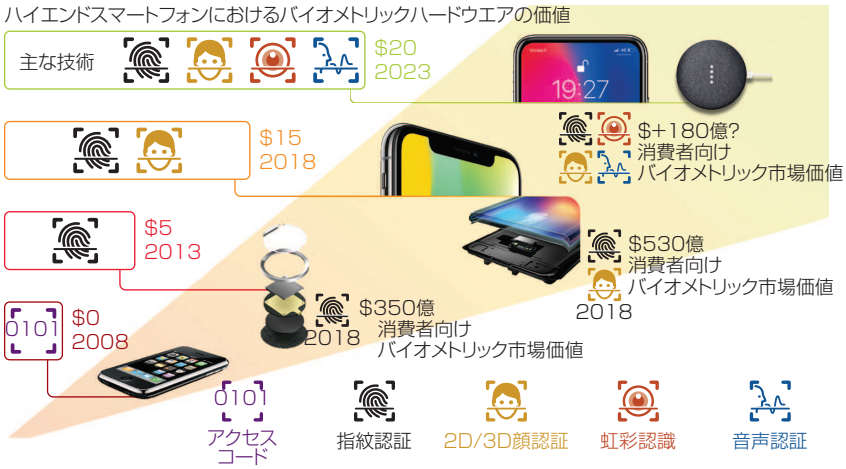

図1　バイオメトリックハードウエア市場は堅調に進化し、市場価値を高めている。（提供：2019年消費者バイオメトリックレポート、ヨール・デベロップメント社）

バイオメトリックの第二波

ヨール社による2016年中間予測の通り、このバイオメトリックの第二波は2017年末から勢いを増している。これは2013年に指紋検出技術で脚光を浴びた企業、すなわちアップル社のiPhone Xによるものだ。2013年にアップル社に買収されたイスラエルのプライムセンス社（PrimeSense）の研究を元にしたストラクチャード・ライト3Dセンシング（ステレオ方式やToF方式とは対照的）という特定の3Dセンシ

ングモジュールを組み込んだことで、3D顔認証機能が可能になった。

3D顔認識の導入と共に、アップル社は消費者市場にこの技術と3Dセンシングの使用事例の基準を確立した。同社は、3D顔認識を確実に実行するため、スイスのSTマイクロエレクトロニクス社（STMicroelectronics）の近赤外線グローバルシャッター機能を搭載したイメージセンサと共に、ストラクチャード・ライトの原理を用いて、カメラモジュールとVCSEL（垂直共振器面発光レーザ）光源を取り入れた複雑な部品を設計した。

バイオメトリックは高価な技術を用いているため、この第二波は2023年までに市場価値を150億ドルまで押し上げる。直接的な結果として、2018年は指紋センサがバイオメトリック技術市場を独占する最後の年になるだろう。（**図1**）

スマートフォン業界は大幅に減速しているが、ヨール社は3D顔認識の普及率は依然として高いと見込んでいる。企業は市場獲得のために最高レベルの機能を導入・提供する必要があるが、中国大手企業ファーウェイ社（Huawei）、オッポ社（Oppo）、ヴィボ社（Vivo）、シャオミ社（Xiaomi）は軒並み3D顔認識技術を採用しており、2018年は15億ドルであった3Dセンシングハードウエア市場は、2023年には115億ドルに成長する見込みだ（**図2**）。

3D顔認識技術は、特にVCSELやDOE（回折光学素子）などさまざまな主要小型部品を必要とするストラクチャード・ライトを検出するアプローチに基づいている。このDOEは3Dマップに再構築されるシーンにパターンを投影するために使用される。DOEはVCSELから来るコヒーレント光を回折し、特別なパターンを投影する。こうしたシーンからパターンの変形を分析することにより、そのアルゴリズムとIRカメラがシーンを3Dで再構築することができる。よって、VCSELはバイオメトリック市場に旋風を巻き起こす重要な部品であると言える。

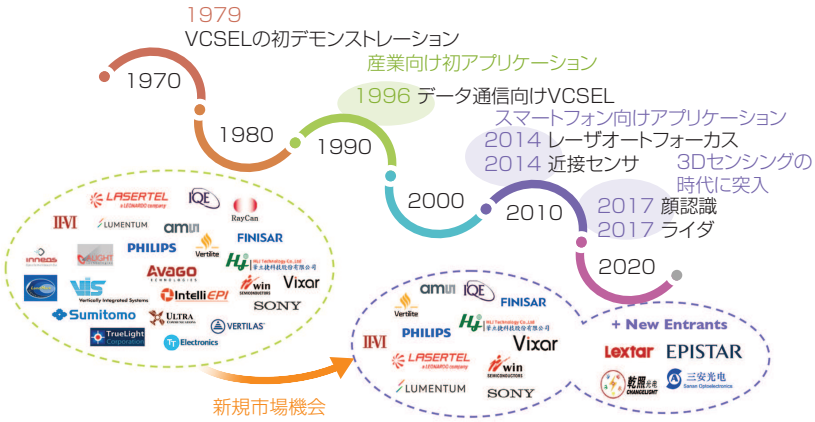

図3　VCSEL市場は新規アプリケーションの誕生と共に拡大している。（提供：2018年VCSEL、技術･産業･市場トレンド、ヨール･デベロップメント社）

VCSELブーム

1979年にデモンストレーションが行われて以降、VCSELは多様なアプリケーションに普及し、複数市場の規模と領域を変えてきた（**図3**）。VCSELを初めて導入した産業用アプリケーションは、光データ通信だ。端面発光レーザ（EEL）に比べて消費電力と価格が抑えられることから、VCSELはデータアプリケーションに浸透し、2000年に入ってからその売上げはデータセンターの開発に牽引されている。なお、レーザプリンターやオプティカルマウスといったVCSELの新規アプリケーションが誕生しているが、これらは高額市場ではない。

2014年、データ通信に初めて使用されてからおよそ20年になるVCSELは消

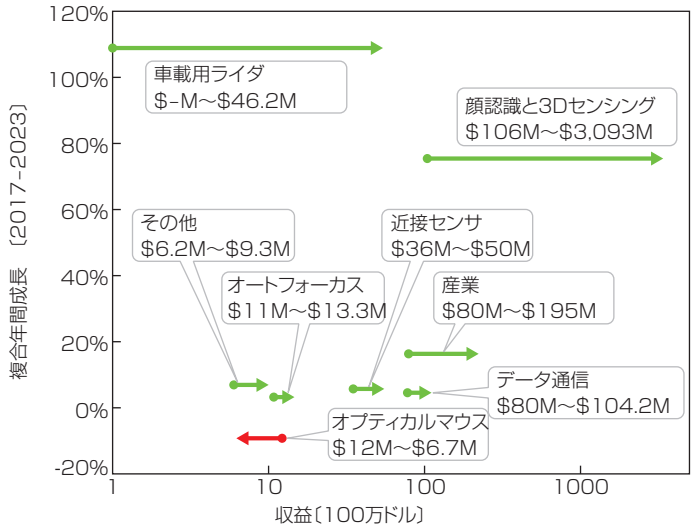

図4　2017年から2023年のアプリケーション別VCSEL成長トレンド。（提供：2018年VCSEL、技術･産業･市場トレンド、ヨール･デベロップメント社）

費者向け量産スマートフォンへの参入を開始した。始めは近接感知向けセンサとオートフォーカス機能に結合され、段階的に3Dセンシングアプリケーションへ使用されるようになった。2017年発売されたiPhone Xは、近接センサとFace IDモジュールに異なる3種のVCSELを取り入れ、これがVCSEL市場の爆発的な拡大の引き金となり、全体収益を約3億3千万ドルに押し上げた。

2017年末から2018年初めにかけたiPhone Xの好調な売上げが、他スマートフォンブランドのVCSELをベースとした3Dセンシング機能への関心をあおった。アップル社のこの主力製品発売から1年もしないうちに、競合他社は同じトレンドを追随し3Dセンシング技術の導入を開始した。中でもシャオミ社とオッポ社がそれぞれXiaomi Mi8とOppo Find Xを2018年第二四半期に発売し、最速だった。ファーウェイ社、ヴィボ社、韓国のサムスン社(Samsung)など、その他大手スマートフォンメーカーも、2019年までにVCSEL技術を取り入れる見込みだ。

このことから、2017年に始まったVCSELへの需要拡大は、今後5年間継続するとされており、ビジネスチャンスが10倍以上に増える可能性がある。この期間、自動車の光検知とライダやガスセンサへのアプリケーションなど、VCSELは新たな成長の原動力にもなり得るため、今後、投資、新規参入、M&Aといった形でVCSEL業界を更に後押しするだろう(**図4**)。

リバースエンジニアリングの発見

ヨール社のチームにより開発された戦略解析は、同社のパートナー企業である仏システムプラス・コンサルティング社(System Plus Consulting)の技術的専門知識の助力により完成した。長年に渡り、システムプラス・コンサルティング社は半導体製品向けのリバースエンジニアリングと原価計算技術を開発し、3D認識やToFセンサ向けVCSELを搭載した8種類以上のスマートフォンやシステムを分析してきた。

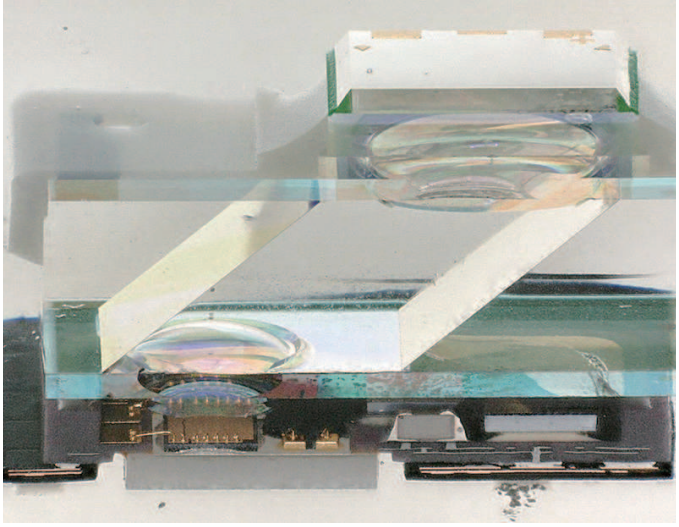

図5 アップル社のiPhone Xには、ヘプタゴン社のドットプロジェクターが搭載されている。(提供:2017年アップル社iPhone X、赤外線ドットプロジェクター、システムプラス・コンサルティング社)

アプリケーション、機能、光パワーに応じて、VCSELの表面積は、ToF近接感知向けの名目上0.02mm^{2}から、4m以内の距離でのジェスチャー認識感知向けの4mm^{2}以上に及ぶ。特に顔認識機能を搭載したスマートフォンへのアプリケーション向けVCSELの面積は、大抵0.5～2mm^{2}である。

こうした自社のスマートフォンシステムの分析を基に、システムプラス・コンサルティング社は市場のさまざまなヒット商品のモデルに搭載される、異なるVCSELの技術とメーカーを特定し、大手OEM向けに技術選択の深い見解を提供している。

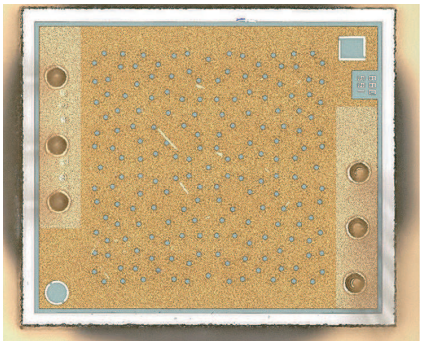

図6 オッポ社Find Xのドットプロジェクター内のルーメンタム社製VCSEL。(提供:2018年Oppo Find X内の米オーベック社(Orbbec)製フロント3D深度センサシステム、システムプラス・コンサルティング社)

ストラクチャード・ライトを主力商品であるiPhone Xに初めて導入した企業であるアップル社は、2種類の高額部品を搭載するという選択をした。1つ目は、複雑なウエハレベルの光学と回折格子を用いたオーストリアのアムス・ヘプタゴン社(ams/Heptagon)製のドットプロジェクターで、ランダムに320のキャビティが配置された米ルーメンタム社(Lumentum)製のVCSELアレイを組み込んである。2つ目は、SOI(Silicon-On-Insulator)回路基板を用いた近赤外線カスタムセンサだ。

シャオミ社は、同社製品Mi 8 Explorer Editionによりシンプルな選択をした。米プリンストン・オプトロニクス社(Princeton Optronics)製の950以上のキャビティを持つ2mm^2 VCSELからのVCSEL放射を塞ぐアレイパターンマスクの付いたカメラモジュールを使い、市販の近赤外線センサとマスクベースのドットプロジェクターを組み合わせたのだ。プリンストン・

オプトロニクス社製VCSEL内の分布ブラッグ反射器（Distributed Bragg Reflector）は、ルーメンタム社のものより層が20％多い複雑な作りであるが、二社共に穴の開口部を横方向から酸化させる方式を用いている。

オッポ社もFind X向けにシャオミ社と同様の方向性をとった。同じカメラモジュール構造を採用しつつ、ドットプロジェクターはマスクパターンではなくレンズ回折を用いた若干異なるものを採用した（**図6**）。ドットパターン、コードパターン、デジタルアルゴリズムなど、1つのコンポーネントでシステム全体が変わるため、OEMは実に1つずつその選択をしている。

各OEMは顔認識システムを完成させるため、異なるカメラを選択している。アップル社のようなハイエンドOEMは、STマイクロエレクトロニクス社が開発した近赤外センサを搭載。このセンサは、仏ソイテック社（Soitec）のSOI回路基板をベースに、30mm^{2}のダイサイズで1.5M画素を特徴とするFSI型（表面入射型Front-Side Illumination）を採用している。シャオミ社、オッポ社、ファーウェイ社などの中国企業は、米オムニビジョン社（OmniVision）の近赤外センサを導入し、20mm^{2}のダイサイズで1.07M画素を特徴とするFSIを採用。

3D顔認識モジュール向けに開発されたコンフィギュレーションやアプローチは、最先端技術と部品の複雑な組み合わせに基づいている。そのため、OEMは製造やサプライチェーンの課題に直面しており、これらの解決が競合の勝敗を左右する重要な側面であると言える。3Dセンシングモジュール関連製品の歩留まりの低さが、コストの上昇と部品の急増につながり、投資やM&Aの動きをより後押ししている。イノベーションと多額の資金が、この巨大な消費者市場を生き残るための鍵を握る。

著者紹介
ギヨーム・ジラルダンは、ヨール社のグループ企業ヨール・デベロップメント社のセンサ＆ディスプレイ部門のディレクター。e-mail：girardin@yole.fr　URL：www.yole.fr。シルヴァン・ハレローは、ヨール社のグループ企業システムプラス・コンサルティング社にてプロジェクトマネージャーを務める。URL：www.systemplus.fr

LFWJ