photonics applied

モノのインターネット

フォトニクスーモノのインターネットの 基盤となる実現技術

ゲイル・オバートン

フォトニクスがなければ、物理的なデバイスの相互接続と、それらが周囲の 環境に関する情報を共有して解析する能力は成り立たない。

ウィキペディアによると、モノのインターネット(IoT: Internet of Things)とは「物理的なデバイス、車両(「コネクテッドデバイス」や「スマートデバイス」とも呼ばれる)、建物、および、エレクトロニクス、ソフトウエア、センサ、アクチュエータ、ネットワーク接続に組み込まれたそのほかの要素を、相互に接続することにより、それらのオブジェクトがデータを収集して交換できるようにする仕組み」だという。

しゃべる冷蔵庫など別に欲しくない という人もいるだろうが、ネットワー クで接続された環境がどれほど強力に なり得るかという事実を見落としては いけない。仏オプティクスバレー (Opticsvalley)のビジネスおよびイノ ベーション担当プロジェクト責任者を 務めるローラ・クーティラ氏(Lola Courtillat)は、European Framework/ Photonics21プログラムのパートナー兼 コーディネーターであり、国際技術交流 のファシリテーターも担う人物である。 同氏は、米マサチューセッツ工科大 (MIT: Massachusetts Institute of Technology)のAuto-IDセンターの共 同創設者で所長を務めるケビン・アシ ュトン氏(Kevin Ashton)が、米プロ クター・アンド・ギャンブル社(P&G: Procter & Gamble) に対して行った 1999年の講演を振り返った。アシュ トン氏はその講演で、「人間の力を借 りることなく収集したデータを使用し

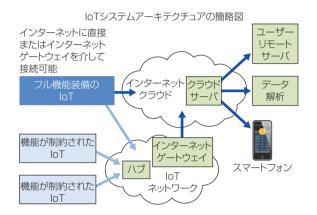


図1 IoTの世界では、個々のすべてのオブジェクト、動物、人間、または電子機器がシステムネットワークに加わって、一連のデータを供給することができる。データは送信され、クラウドで解析され、環境に返される。(画像提供:www.iotroadmap.com)

て、モノに関するすべての情報を把握 できるコンピュータがあれば、あらゆ るものを追跡および計数し、無駄、損 失、コストを大幅に削減することがで きるだろう」と述べた。

「それから20年もたたないうちに、デバイスは相互にやり取りして、人間よりもうまくデータを共有できるようになった」とクーティラ氏は付け加えた(図1)。「機械間通信(M2M:Machine to Machine)が実現され、デバイスは互いにコマンドを送信し合い、利用可能なネットワーク(モバイル、有線、または無線)にアクセスし、身の回りの個々の要素と個別にやり取りするという人間の古い習慣に変化をもたらしている」。

IoTアプリケーションで使用される、イメージセンサ、光学部品、光ファイバ、位置決め装置、ソフトウエアを思い浮かべれば、フォトニクス IoT の世界を拡大するうえで、それらのコンポ

ーネントがどれだけ重要な役割を担うかが、さほど深く考えることなく理解できる。フォトニクスがどのようにしてIoTを実現しているかを理解するための最良の方法はおそらく、いくつかの最も重要なフォトニクスIoTアプリケーションを見てみることである。たとえば、通信、輸送、環境監視、スマートホーム、工場、機器などがある。

通信

急速な成長を遂げる業界として、世界市場が2015年の約5500億ドルから、2020年までに7500億ドルを超えると予測されるフォトニクスは、欧州委員会(EC: European Commission)によって欧州の6つの「鍵となる実現技術」(KET: Key Enabling Technologies)の1つに挙げられている $^{(1)\sim(3)}$ 。この数千億ドルのうちの大きな割合を占めるのが、通信インフラに使われるレーザと光ファイバである。

「チャールズ・クエン・カオ氏(Charles K. Kao)は、『光通信のためのファイバ内の光伝送に関する(1960年代からの)画期的な業績』が称えられてノーベル物理学賞を受賞した」とクーティラ氏は述べ、「それは、通信を多用するほとんどすべてのIoTアプリケーションにおける光学部品の永続的な役割を保証し、接続に関する私たちの理解を再定義するものである」とした(4)。

「インターネットを支える高帯域幅 の光通信ネットワークが、光ファイバ と強力な半導体レーザ光源を拠り所に することは、誰もが知っている。しか し、多くのIoTアプリケーションにと って重要なのは、発光ダイオード (LED: Light Emitting Diode) によっ て実現される、より小規模でプライベ ートなネットワークである。従来の低 効率 (5~10%) な白熱電球やハロゲ ン電球を置き換えることをこれまで目 的としていたLEDは、消費電力が非 常に低く、寿命が長く、サイズが小さ いので、シンプルな照明にとどまらな い可能性を秘めている」とクーティラ 氏は述べた。同氏はさらに、仏オーエ ルイーディーコム社 (Oledcomm)の最 高経営責任者(CEO)で、2017年まで フランスのSyndicat de l'éclairageの ディレクターを務めていたベンジャミ ン・アズレ氏(Benjamin Azoulay)の発 言に言及した。アズレ氏は、LEDが エネルギー性能の面で引き続き素晴ら しい躍進を遂げるならば、次なるステ ップは当然ながら、LiFi またはLi-Fi (Light Fidelity)システム、つまり、 他の装置と通信する照明器具による接 続であると強調した(**図2**) (5)。

LiFiにおいて、信号は、LEDが放射する光の変調によって伝送される。 独フラウンホーファー・ハインリッヒ・ ヘルツ研究所(Fraunhofer Henrich



図2 仏ルシベル社 (Lucibel)は、LiFi技術を 搭載する初めての照明器具 を開発した。特殊なLED照 明器具は、コンピュータと データを交換するが、イン ターネットへのアクセスは、 光線の範囲内のみで有効な 双方向のブロードバンドデ ータ伝送によって行われる ので、データ伝送全体の保 護が保証される。(画像提 供:ルシベル社、https:// goo.gl/EHhP6wを参照)

Hertz Institute: HHI)の研究者らは、従来のLED電球を使用して実験室環境において3Gビット/秒のデータ伝送を行った。(ある見本市における)実環境では、それと同じシステムで500Mビット/秒の伝送が可能だった $^{(6)}$ 。

LiFi通信は、個々のすべての電球を、 展示会や見本市の会場のような、無線 周波数ノイズであふれるエリアにおけ るネットワーク接続に転換する。機内 や病院内など、過敏な電子機器への干 渉を防ぐために無線周波数が禁止され る場所に理想的である。クーティラ氏に よると、2018年2月にパリで開催された 第1回Global LiFi Congress (www.lifi congress.com)で発表を行った研究者 らは、LiFiネットワークは、ピギーバ ッキングを防止するので、標準の無線 接続よりもセキュリティが高いと主張 したという。ピギーバッキングとは、 無線LANへの不正アクセスのことで、 Wi-Fi スクワッティングとも呼ばれるこ ともある。さらにLiFiには、Wi-Fiル ーターでよく見られる、隣接ネットワ ークの干渉がないという。

LiFiに加えて、第5世代の無線通信技術 (5G)が、多数の IoT アプリケーションの実装を成功させるうえで不可欠になる $^{(7)}$ 。遅延が低く (1ms)、帯域幅が広く、デバイスを接続する能力が高い5Gは、2018年の CES (Consumer

Electronics Show) における中心テーマだった。米インテル社 (Intel)の IoT / コネクテッドデバイス/次世代ネットワーク事業を統括するアシャ・ケディー氏 (Asha Keddy) は、「CES 2018 is where you'll start caring about 5G (CES 2018は、5G に関心を抱き始めるきっかけに) と題した記事で、5G が実現される未来では、「 $6\sim7$ 億人の人々が接続されるだけでなく、数百億ものモノが接続される。スマートフォン、照明、自動車、建物、家電製品など、ありとあらゆるモノが接続される」と述べた。

輸送

光通信は、輸送や移動の環境に不可欠である。そして、光ファイバとLED・レーザ光源だけでなく、フォトニクスは、先進運転支援システム(ADAS: Advanced Driver Assistance System)と完全自動運転車の両方に搭載されているライダ(lidar:light detection and ranging)、ToF(Time of Flight)、視覚計測器のネットワーク接続を通して、車載IoTアプリケーションにも多大な影響を与えている。

「自動車アドホックネットワーク (VANET: Vehicular Ad-Hoc Network)の分野で得た知識を生かし、モ ノのインターネットの新しい技術を活

• photonics applied **₹**ノのインターネット

用することにより、『Internet of Vehicles、略してIoV』という新しい分野が、 車車間·路車間通信(V2X: Vehicle to Everything) のユビキタスな通信を中 心として形作られつつある」とクーテ ィラ氏は述べる(図3)(8)、(9)。「受動 的または能動的なフォトニクスセンシ ング技術(主にカメラとライダ)は、物 体・障害物検出、衝突回避、識別・分 類と追跡、死角検知(BSD:Blind Spot Detection)、車線維持、アダプティブ・ クルーズ・コントロール(ACC: Adaptive Cruise Control)、駐車支援、そ して最終的には完全自動運転を可能に する。フォトニクスがなければ、接続に 依存するこうしたモビリティアプリケー ションは存在し得ない」(クーティラ氏)。 おそらく、究極の自動運転車は必ず しも個人の移動手段ではなく、農業に ある。ライダを装備して自動運転を行 い、レーザ測距デバイスを装備して田 畑を均等に耕して適切に配水を行い、 センサを装備して土壌の水分、作物の 状態、農薬のレベルを検出するトラク ター、耕作機、収穫機を想像してほし い。当然ながら、相互接続されたIoT アプリケーションとして、そのセンサ のすべてが、データを解析のためにク ラウドに送信し、それを基に、田畑の どの部分に注意や人間の介入が必要か



図4 データグローブ「DigiGlove」は、光ファイバセンサ(ファイバ・ブラッグ・グレーティング [FBG])とフォトニクス部品を使用して3Dモーションキャプチャを行い、耳や言葉の不自由な人 がスマートフォンを介して会話できるようにするもの。バッテリで動作するこのコンパクトなモニ タリングユニットは、デジタル手話ジェスチャを言語に変換し、Bluetoothを介してスマートフォンに送信して表示するか、「Siri」などのソフトウエアを使用して音声に変換する。受信者は、スマートフォンで直接返信するか、スマートメガネにテキストを表示させることができる。(画像 提供:ウルフギャング・シャーデ氏 [Wolfgang Schade] / フラウンホーファー HHI)

環境監視

自動運転車を実現するのと同じライダ原理が、環境を監視するIoTネットワークにも実装されている。米海洋大気庁(NOAA: National Oceanic and Atmospheric Administration)は、ライダのデータが、洪水や高潮のモデリング、流体力学モデリング、汀線マッピング、緊急時対応、海洋観測、沿岸域脆弱性解析などの活動を支えており、それによって科学者らは、より正確な汀線マップや、自然環境と人工環境の両方に関する高精度な三次元情報を作成できると規定している(10)。

多くの企業が、環境監視IoTの人気 の高まりに目を付けて、自社が販売す る特定の通信ネットワークの素晴らし さを主張している。たとえば、低消費 電力広域ネットワーク (LPWAN:Low Power Wide Area Network)技術を 提供する米リンク・ラブズ社(Link Labs)は、大気、水、土壌、森林、自 然災害、漁業、降雪量、データセンタ ー環境の温度と湿度という、環境監視 の応用事例上位8件に関する情報を公 開している。当然ながら、これらのア プリケーションに対する最良のソリュ ーションとして、LPWANを推奨して いる。LPWANは、コストが低く、バ ッテリ寿命が長く(5~10年)、伝送 距離が長く(500m~10km)、衛星バ ックホールが利用できるためだという。

別のLPWAN供給企業であるロシアのWAVIoT社は、自社のIoT環境監視ソリューションを、「従来の遠隔監視の頭痛の種である、ポイントツーポイントの無線電波、衛星リンク、VPN、サーバ、ストレージ、ソフトウエア」を取り払うものとして宣伝して

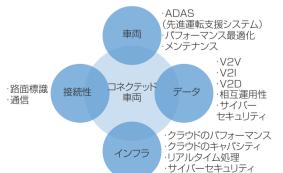


図3 コネクテッド車両の環境を表現した図の一例。(画像提供:ポール・ステファノ氏[Paul Stefanut] /オプティクスバレー)

を農機に通知することができる。

いる。WAVIoT社は、LPWANネットワーク装置、クラウドユーザーインタフェースシステム、通信バックエンド管理システムを提供するだけでなく、水流やガスのスマートセンサ、電気メーター、土壌水分測定器、サーマルメーターなどのIoTハードウエアも販売している。

「IoT環境監視」をちょっとGoogle 検索にかけるだけで、リンク・ラブズ 社やWAVIoT社のような、ハードウ エアとソフトウエアの両方のソリュー ションを提供する多数の企業が表示さ れる。たとえば、独ハイクエスト・ソ リューションズ社(HyQuest Solutions)は、海洋、気象、空気品質を専 門としている。米ヴァラーム社 (Valarm)はソフトウエア企業で、分 散光ファイバ、位置およびイメージセ ンサ、分光計などのさまざまな電子セ ンサや光学センサを用いた、堤防、地 下水利用、工業用タンク内の化学物質 レベル、橋梁拡張継手、大気汚染レベ ルの遠隔監視など、自社が手掛けた多 数の顧客のIoTアプリケーションをホ ームページに列挙している。

スマートホーム、オフィス、機器

米IoTオンラインストア社(IoT Online Store)によると、2020年までに500億台のデバイスがインターネットに接続され、そのほとんどがスマートホームとウェアラブル市場向けの機器になるという。この2つは、あるウェブ解析で、最も人気の高いIoT市場の上位2件にランクインしている。

ウェアラブル市場については、ウェアラブルフォトニクスを取り上げた本誌の前号の記事で、光る衣服やセンサなどのさまざまなウェアラブルデバイスを紹介したが、IoTの力は、それらのデバイスの相互接続にある。個人レ



図5 スマートホームは、ユーザーのすべてのデバイスを接続して機能とセキュリティを最大限に高めるが、データネットワークがハッキング可能でないことが前提である。(画像提供:シエロ・ウィグル社)

ベルでは、パルスオキシメーターによ って、セントラルパークをジョギング する人が自分のフィットネス状態を把 握することができる。しかし、ニュー ヨーク市全体でジョギングする数百人 の人々のパルスオキシメーター測定値 を、中央データベースでモニタリング して標準値と比較すれば、保健機関に 汚染問題の可能性を通知したり、測定 値が急に低下した場合に、毒ガステロ 攻撃などの呼吸器関連の警報を発動し たりすることさえ可能になることを想 像してほしい。また、耳や言葉の不自 由な人が、手のジェスチャによってス マートフォンを介して会話できること は、もはや想像する必要もない。その IoTアプリケーションに対応する製品 として、フラウンホーファー通信技術 研究所 (フラウンホーファー HHI) は、 光ファイバセンサが組み込まれた 「DigiGlove」を開発した(図4)。

スマートホーム分野では、フォトニクスデバイスを搭載する製品が、次々と市場に投入されている。「Ring Doorbell」は、ナイトビジョンHDカメラを使用して、昼夜を問わずどこからでもスマートフォンで玄関の応対ができるドアホンである。「Momit Thermostat」は、液晶画面を装備し、家の中の温度をスマートフォン、タブレッ

ト、ノートPCからリモート制御することができる。「Zipato Smart Home Control」は、カメラとWi-Fiを使用して、ユーザーのすべての電子機器を制御し、ライブ映像によって家の中を監視し、セキュリティ侵入があった場合はモバイルアラートを送信する。また、米シエロ・ウィグル社(Cielo WiGle)は、すべてのスマートホーム機能を制御するスマートフォンソフトウエアを提供している(図5)。

IoTの当初の目的は、デバイスをネ ットワーク接続して無駄、損失、コス トを削減することだったが、その有効 性を誰もが確信しているわけではな い。サイバーセキュリティは大きな懸 念であり、量子情報ネットワークに対 する関心が高まっているのもそのため である。リモートドアホンや、安全性 を確保した配送サービスは魅力的に聞 こえるかもしれないが、そうしたシス テムがハッキング可能であることは、 すでに報道されているとおりである。 The Late Late Showの司会を務める ジェームズ・コーデン氏 (James Cor den) は最近、スマート冷蔵庫について、 カメラなどが搭載されていると、卵が 切れていることを思い出させてくれる 点では非常に便利だとコメントした。 しかし、冷蔵庫が自分のフィットネス モニタと通信して、アイスクリームを 取り出そうとすると冷凍庫のドアをロ ックするようになるのは困ると述べた。

参考文献

- (1) See https://goo.gl/UnYHwY.
- (2) See https://goo.gl/WbZh8i.
- (3) See https://goo.gl/scAyV4.
- (4) See https://goo.gl/kbxnBp.
- (5) See https://goo.gl/5Xm3a5.
- (6) See https://goo.gl/FPTyJq.
- (7) See https://goo.gl/qmB5ZP.
- (8) See https://goo.gl/fKUiLV.
- (9) See https://goo.gl/qWm4Ar.(10) See https://goo.gl/pce99D.

LFWJ