

センサ

Sensor

温度などの物理量や水分などの化学量を計測し、電気量に変換してアウトプットするためのツール。計測対象の情報を得るために欠かせないことからIoT社会に必須とされる。

社会の隅々にまで行きわたっているセンサ。室内ではTVや冷蔵庫、スマートフォンなど、屋外でも自動ドアやエレベータ、券売機や自動改札など、電気駆動の設備や装置の多くにセンサが使われています。

しかも、センサは年々高度化しています。かつての空調機は温度や風量の調整がメインでしたが、現在は温度センサや湿度センサを複合的に調整することでより快適な環境を実現できるようになりました。赤外線センサなどを搭載するモデルでは、人がいる場所を検知し、そのエリアの温度や湿度を使用者の希望に合わせて管理することで、快適さと省エネルギーを同時に実現しています。

視覚や聴覚はセンサに、脳はコンピュータに相当

センサという呼称が使われ始めたのは1980年代のことでした。それまではトランスデューサ(変換器)と呼ばれるものが、現在のセンサの役割を包含していました。

トランスデューサとは対象から得る情報を電気信号に変換し、それを再び別の種類の信号に変換する装置のこと。

IoT社会の実現に必須 先進センサのテクノロジー

物流を取り巻く技術を紹介する「物流テック基礎知識」。第2回はIoT社会の到来に伴い、注目度が高まっている「センサ」を取り上げます。センサはどのようなところで活用され、これからどのように発展していくのか、東京大学の名誉教授であり科学技術発展に寄与する公益財団法人の常務理事も務める工学博士の山崎弘郎氏に話を聞きました。

■人間の五感にセンサを例えると…



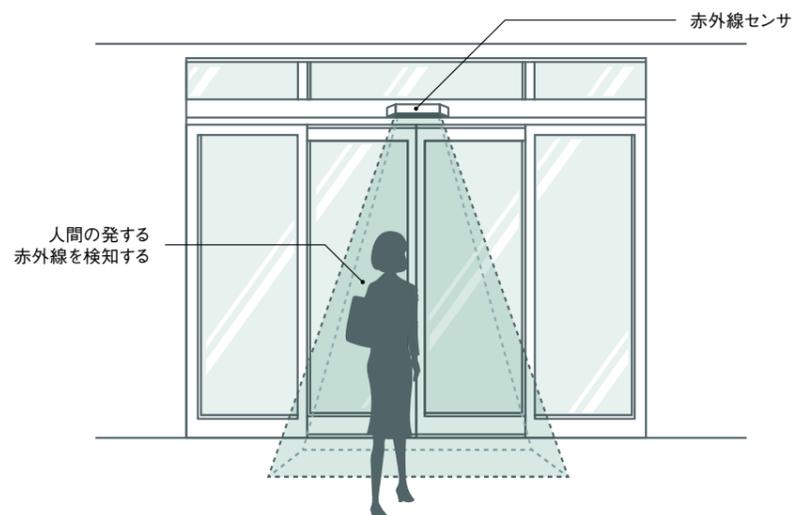
例えば、音を空気圧の変化として検知し、それを電気信号に変換して増幅・出力する拡声器などがそれにあたります。しかし、技術発展に伴って検知できる対象は多様化し、動作の機構も複雑化してきたため、信号を検知する部分はセンサ、対象に働きかける部分はアクチュエータとして区別するようになったのです。

センサはしばしば人間の五感に例え

られます。視覚は光や画像を検知するセンサ、聴覚は音響や超音波を検知するセンサ、触覚は接触センサ、味覚は液体成分センサ、嗅覚は気体成分センサといった具合です。

人間は五感で得た情報を脳で総合的に処理しています。例えば、「おいしさ」は味覚だけでなく、視覚や嗅覚なども影響するため、目隠しや鼻をつまんだ状

■自動ドアは赤外線センサで人間の存在を検知する



自動ドアはドア上部に設置してあるセンサで人間が発する赤外線を検知し、ドアを開閉する仕組み。日照の赤外線のような緩やかな変化には反応しないように設計されている。

■センサの種類

フィジカルセンサ	●温度や圧力などの物理量を検知するセンサ 変位センサ、温度センサ、磁気センサ、画像センサなど
ケミカルセンサ	●特定の化学物質に反応するセンサ pHセンサ、イオンセンサ、ガス漏れセンサ、車の排気ガスセンサなど
バイオセンサ	●生物学的な情報を活用するセンサ 酵素センサ、微生物センサなど

態で食べると、何を食べているかを正確に当てることは容易ではありません。風邪のときに味がしないと感じた経験がある人は多いのではないのでしょうか。

機械も同様で、センサで得たさまざまな情報を電気信号に変換し、情報処理システムで解析して初めて、センシング情報の意味を理解して、次の状況を予測することができます。

ここで重要なのは何を検知するかということ。例えば、自動ドアは人が近づくと開きますが、風でゴミ袋などが飛んできて反応しません。自動ドアの上部に赤外線センサが設置されていて、赤外線を発する人間が通ると一定時間ドアが開くのです。

赤外線の方式以外に、人体が光線を遮るのを光センサで検出する方式も考えられますが、光は太陽光や照明の加減で反応する可能性があるため調整に工夫が必要です。

このようにセンサ設計では対象の特徴として何を検知するかが重要で、自動ドアの場合は人間を「赤外線を発するもの」と見なし、モデル化を図りました。そのため、老若男女を問わず、人間が近づけばドアが開きますが、人間が通り過ぎた後に犬が来ても閉じたままです。必要ときに駆動し、人以外では反応しない。このセンサの選択性が重要です。

種類豊富なフィジカルセンサ 今後に期待のバイオセンサ

センサにはさまざまな種類があります。大きく分けると、温度や圧力などの物理現象を検知するフィジカルセンサ、特定の化学物質に反応するケミカルセンサ、

位置情報を与えることで 画像をデジタルで表現

センサ史の転換点といえば、イメージセンサの実用化でした。それまで視覚情報を記録するにはフィルムやテープなどアナログの手法のみでしたが、イメージセンサは画像を明るさと色を持つ点(画素<ピクセル>)の集合と見なし、画像の中での位置を示す「住所」を与えることで、それらを数値で表現することに成功したのです。これにより画像をコンピュータで処理できるようになりました。

イメージセンサは視覚情報を電気信号に変換することで、デジタルカメラを筆頭とするさまざまな製品に劇的な進化をもたらしました。1970年代から徐々に製品化が始まり、80年代には一般的なデジタル機器に使われ始め、90年代には携帯電話にデジタルカメラが搭載されて話題を呼びました。このときのカメラは11万画素で解像度は低く、画像は白黒でした。現在のスマートフォン搭載カメラの多くは2,000万画素級で、多彩な色や光を表現することができます。

監視カメラもイメージセンサの進化で様変わりしました。かつては被写体の体形や服装が何となく分かる程度でしたが、最新機器は顔の表情まで読み取れる精度を誇ります。記録用コンピュータが大容量化したこともあって、多数の監視カメラが撮影した膨大な情報から共通の特徴を持つ画像を速やかに抽出する技術が完成して、防犯対策や犯罪捜査などに活用されるようになりました。

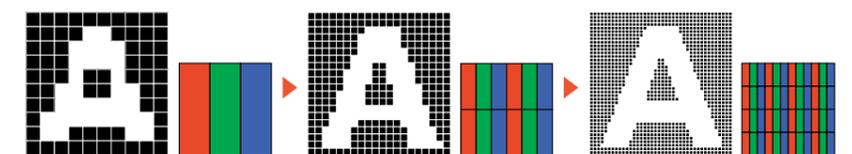
酵素や免疫など生物学的な要素を活用するバイオセンサの3タイプです。

最も歴史があるのはフィジカルセンサです。温度や湿度などの物理現象は情報として扱いやすく、さまざまな種類が実用化されています。

ケミカルセンサはアルカリや酸の検知に使われ、応用先も広いと期待されています。温度や湿度などの物理現象は情報として扱いやすく、さまざまな種類が実用化されています。ケミカルセンサはアルカリや酸の検知に使われ、応用先も広いと期待されています。特定の物質に選択的に反応することが特徴ですから、物質ごとにセンサをデザインしなければなりません。一口に「糖」といってもグルコースとショ糖とは化学的性質が異なるので、それぞれにセンサが必要。複数の物質を同時に計測できれば便利ですが、検出された化合物が酢酸なのか、それとも塩酸なのかを判別できなければ、精度の高い結果が得られず、個別開発が必要になるのです。

バイオセンサは生体内の分子識別機構を持つ酵素や抗体などを活用して目的の物質を検出します。すでに糖尿病患者の血中成分の血糖値モニタリング用など、実用化されているセンサもありますが、生体内のメカニズムは非常に複雑ですから、こちらも今後の発展が期待される分野だと言えます。

■イメージセンサの進化



イメージセンサ登場以前は風景を撮影する場合、フィルムカメラのようなアナログな手法しかなかったが、画像を数値で表現する技術が確立されたことでデジタルで扱えるようになった。初めは左の図のように画像が粗かったが、画素数が増えていくとともに、明るさや色調の表現も多様化し、より精緻な画像表現が可能になった。

IoTにおける
活用例

複雑な活用法が増え
考えるセンサが求められる時代へ

センサとその周辺技術の進化はとどまるところを知りません。当初は温度など対象が発するエネルギーを受ける受動型センサがほとんどでしたが、現在はレーダのように、対象にエネルギーを照射してその反応を測定する能動型センサも活用されています。

また、信号のノイズ処理や増幅、デジタル変換など、センサで得た情報の加工技術も進化。さらに気圧や温度、風向、風速、日照などのセンサ情報を、人間が直観的に理解しやすい地図と重ねて表示する気象情報システムのような複雑な活用法も増えています。

今後センサはどのように発展するのでしょうか。一つの方向性はセンサの知能化（インテリジェントセンサ）です。例えば、自動運転車ではイメージセンサなどを使って周辺状況を確認しますが、安全のためにはその画像が何を意味するかを把握する必要があります。画像を数値化するだけでなく、その信号の持つ意味を理解するセンサが求められているのです。

自動車が普及する前の馬車の時代、御者が居眠りをしても崖から落ちることはありませんでした。馬の感覚と知能が崖を危険なものだと認識し、その手前で踏みとどまるからです。

センサにこのような知能を付与できれば、情報の意味を理解するだけでなく次に起こることを予測できるようになり、センサ活用の可能性はますます広がるでしょう。

活用シーン 1 物流センター

設備の入出力信号などを収集
遠隔監視で設備のダウンタイムを短縮

物流施設にはさまざまな設備が導入されています。設備が故障して稼働停止した場合、一刻も早く復旧しなければなりません。大規模なシステム、高度に自動化されたシステムでは、どのような状況で故障が発生し、またなぜ故障したのかを早期に特定するのは容易ではありません。そこで注目したいのが、動作が正常か異常かを捉えるセンサの活用です。設備に故障が発生した際、故障前後のセンサの入出力情報と現場の映像を組み合わせて分析することで、離れた場所においても故障が発生した場所や状況、原因を早期に特定できます。さらに設備のセンサの入出力情報を自動で収集、解析して設備の異常を予兆する仕組みも登場しています。



センサの入出力情報や現場の映像を遠隔監視。

活用シーン 2 工場

センサによる生産現場の見える化で
プロセス管理や業務改革を推進

工場などの生産拠点では「見える化」が喫緊の課題です。既にさまざまなセンサの導入・活用事例が増えてきました。例えば、作業棚に人感センサを装着し、人感センサのオン・オフの時間変化を見れば、そこでの作業状況が明らかになります。

ある工場ではセンサの情報から、作業者が度々棚から離れることが分かりました。現場の作業状況を確認したところ、部品の供給が追いつかず作業者が受け取りに行っていたことが分かり、スムーズなオペレーションのために作業工程の見直しを図ることになりました。問題の発見や解決には人の洞察力が必要ですが、センサは設置する場所や検知する情報の組み立て方次第で、さまざまなデータを得ることができます。



セル台車(作業棚)に人感センサを設置して、それぞれの作業状況をリアルタイムで把握。

活用シーン 3 運輸

先導する有人車両に無人車両が追従走行
ドライバー不足の解決につながると期待

運輸・物流業界では人手不足への対応策として、自動運転による無人走行を検討しています。すべてのトラックを無人走行可能な完全自動運転にするのは遠い将来の話ですが、1台目を有人とし、2台目以降を無人とする隊列走行は現実味を帯びてきました。日本国内でも高速道路を使った実証実験が行われています。

ポイントは車車間のコミュニケーション。トラックには周辺の物体を検知するレーダやカメラなどが搭載されるほか、トラック同士は車車間通信で“つながって”います。1台目は人間が運転し、2台目は車載機能と車車間通信を生かして1台目を追従走行します。技術的にはまだまだ課題があるそうですが、実用化が楽しみな取り組みです。



国内でも実証実験が進む、トラックの後続無人隊列走行。

センサなくしては語れない
いよいよ始まるIoT社会

あらゆるものがインターネットにつながるIoT(Internet of Things)社会。家庭にもネット接続を前提とする機器が増えています。測定データをクラウドに自動送信する体重計や、家電の操作ができる情報端末はもはや珍しいものではなくなりました。IoT社会では、使い勝手がよい設計が求められ、タッチパネルのような、ユーザーインターフェース技術の重要性がさらに増すでしょう。もちろんこの仲介の技術にはセンサが必須です。では、今なぜIoTが叫ばれているのでしょうか。

現在の社会はスケジュールドリブンです。職場も学校もあらかじめ決まっているスケジュールに従って作業や授業が進行し、通勤・通学の時間帯が決まっています。電車に乗るなら時刻表に合わせて移動する必要があります。自分の都合ではなく、社会システムやスケジュールに自分を合わせる必要があるのです。

しかし、社会はイベントドリブンへ移行しつつあります。テレワークが導入され、インターネットは社会のインフラとなり、カーシェアリングやネットショッピング、宅配便など個人の希望で起動するサービスの利用が増えています。個人はワンクリックで自分の意思を社会に伝えられるようになってきているのです。

IoTはイベントドリブンのライフスタイルを支援するものです。将来的には仕事も移動も、医療や教育サービスも、自分の望むタイミングでできるようになるでしょう。その実現のために、人の意思や要望を受け取るセンサの活用も増えていくことでしょう。

山崎 弘郎 (Hiro Yamasaki)

東京大学名誉教授 工学博士
公益財団法人大河内記念会 常務理事