

---

IoT eラーニング

# IoTにおけるセンサーの活用

(センサーを活用した事例、センサー活用のポイント)

国立大学法人 琉球大学

---

## ● センサーを活用した事例

- スマートフォン、タブレット
- ロボット
- 家電製品
- 自動車
- 農業
- その他

## ● センサー活用のポイント

- 目的や条件に合ったセンサーを選ぶ
- センサーの性能指標
- 精度の高い測定値を得るよう工夫する
- キャリブレーション

# センサーを活用した事例

## ● スマートフォン、タブレット

IoTで最も身近なものの1つ。近年はセンサーが小型化され、スマートフォンやタブレットのような小型で薄い機器にも多数使われるようになった。

### ➤ スマートフォンに使われているセンサーの例

近接センサー、照度センサー、加速度センサー、地磁気センサー、GPS、タッチパネル、カメラ、マイク、メインプロセッサ、など

#### ● 近接センサー

物体が近づくことでON/OFFの切り替えを行うセンサー。非接触式で、センサーから磁界や光、音波などを発し、反射してきたエネルギーを検出することで、物体が近づいていること、あるいは近くにあることを検知する。

スマートフォンやタブレットでは、通話する際に顔が画面に近づくことを検知して画面を消灯し、誤動作を防ぐことなどに利用される。

#### ● 照度センサー

周囲の照度（明るさ）を検知するセンサー。光センサーの一種。

スマートフォンやタブレットでは、周辺の明るさによって画面の明るさを調節し、画面を見やすくしたり、明るさを落として消費電力を低下させたりすることなどに利用される。

# センサーを活用した事例

## ● スマートフォン、タブレット

### ➤ スマートフォンに使われているセンサーの例

以下の3つは、組み合わせて地図アプリのナビゲーション機能などに応用される。

#### ・ 加速度センサー

物体の加速度を検知することで、物体に働く重力や衝撃、振動などを計測することができる。

スマートフォンやタブレットでは、端末本体の向きを検知し、画面の自動回転などに利用される。また、端末がどの向きに移動しているかを検出する。

#### ・ 地磁気センサー

地球の微弱な地磁気を検出する。

スマートフォンやタブレットでは、端末がどの方角を向いているかを検出する。

#### ・ GPS

GPS衛星からの電波を受け取り、現在地を取得する。

スマートフォンやタブレットでは、端末の現在地の位置情報を検出する。

# センサーを活用した事例

## ● スマートフォン、タブレット

### ➤ スマートフォンに使われているセンサーの例

#### ・ タッチパネル

一種の近接センサー。人の指が近づくことを、静電容量の変化によって指の触れた位置を検出する。現在は複数の指によるタッチも検出することができる。

スマートフォンやタブレットでは、主力の入力方式である「タッチ入力」に使われている。

なお、手袋などによって絶縁された状態では反応しない、水や皮脂などの汚れで誤動作する、などの欠点がある。

#### ・ カメラ

一種の光センサー。レンズで光を集約し、それを電気信号に変換する。

スマートフォンやタブレットでは、画面側にあって操作している自分を撮影するインカメラと、背面側にあって自分以外を撮影するアウトカメラがある。インカメラはアウトカメラに比べて画素数が低いことが一般的。アウトカメラはより高性能のものが使われ、手ぶれ補正機能などが備わっているものもある。

# センサーを活用した事例

- スマートフォン、タブレット

- スマートフォンに使われているセンサーの例

- ・ マイク

- 一種の音センサー。音声を電気信号に変換する。

- スマートフォンやタブレットでは、通話に使用する。その他、音声で操作できるアプリケーションなどもある。最近ではAI（人工知能）と組み合わせて、端末の操作や検索、AIとの会話などを行うこともできる。

- ・ メインプロセッサ

- 端末の処理や制御を司る。内部の温度を検知する機能が備わっている。処理を行って負荷がかかるとメインプロセッサが発熱する。温度が上がりすぎると誤動作の原因になったり、ハードウェアが故障したり、ユーザーが端末に接触して火傷したりする。そのため、温度を監視して一定まで上昇したら、負荷を下げる、或いは強制的にシャットダウンする、などを行う。

# センサーを活用した事例

## ● ロボット

従来から工場で働いている産業用ロボットも多いが、最近ではASIMOやPepperのような人型のものが新たに登場している。この項目では、イベント会場や店舗、介護施設などで活躍している人型ロボットに使われているセンサーを紹介する。

### ➤ ロボットに使われているセンサーの例

カメラ、マイク、タッチセンサー、ジャイロセンサー、赤外線センサーなど

#### ・ カメラ

ロボットのカメラは撮影に使う場合もあるが、周囲の状況を認識したり、物体までの距離を測ったりすることに使う。

顔認証に用いたり、データベースと照合してその人に合った会話を始めたりする、などのことも可能。また、人間の目と同じように2つのカメラがあれば物体までの距離を測ることができる。

#### ・ マイク

周辺の音を入力したり、人間の声から音声認識を行ってそれに反応（プログラムを動作させる、何かを操作する、会話する、など）したりすることができる。

人間の耳と同じように2つのマイクを使うことで、音源の方向を認識することもできる。

# センサーを活用した事例

## ● ロボット

### ➤ ロボットに使われているセンサーの例

カメラ、マイク、タッチセンサー、ジャイロセンサー、赤外線センサーなど

#### ・ タッチセンサー

ロボットが物体に触れたことを検知する。ロボットの手に装着すれば、人間と握手をしたときに何か挨拶をさせる、などといった使い方もできる。

人間が柔らかいものをつかむときなどに加減するのは、「感触」というフィードバックがあるため、これをロボットで実現するためには、高精度なタッチセンサーが必要になる。

#### ・ ジャイロセンサー

ロボットがバランスを保ったまま移動するために使われる。人間の三半規管のような働きをする。特に二足歩行のロボットでは重要。また、人型ではないが、自動で走行する倒れない二輪車も開発されており、車体の傾きを検知して自律的に直立を保とうとする。

#### ・ 赤外線センサー

家電製品のリモコンのような通信のために使われるものもあるが、周囲の状況を検知してより安全に移動することに使われるものもある。



# センサーを活用した事例

## ● 家電製品

一般の住宅で使われている家電製品にも、様々なセンサーが搭載されている。

### ➤ テレビ、ビデオ、AV機器などの例

#### ・ 赤外線センサー

主にリモコンによる通信で用いられる。かつては、本体にもリモコンと同じようにいくつかのボタンがあって本体側でも操作ができたが、最近は搭載されている機能が多くなり、リモコンがないとできないこともある。

赤外線センサーは光の届く範囲で信号を受信するという制限があるので、リモコンの発光部を受信機側に向けないと動作しないという特徴がある。

また、信号の内容はメーカーによって決まっており、同じメーカーの機器であれば1つのリモコンを使い回すことが可能な場合もある。

なお、かつての携帯電話（フィーチャーフォン、いわゆる「ガラケー」）にも、撮影した写真やお互いの電話番号・メールアドレス等を送受信するために赤外線センサーが用いられていた。同じ機能が、2010年頃の国産Androidスマートフォンにも搭載されていたことがある。

# センサーを活用した事例

## ● 家電製品

### ➤ 電子レンジの例

#### ・ ドア開閉センサー

ドアの開閉状態を検知するセンサー。接触式と非接触式とがある。非接触式には、磁気式、電気式などがある。

電子レンジはマイクロ波を用いて調理を行う。ドアが確実に閉まっていないと動作しないようになっている。また、調理中にドアが開くと、事故防止のためにマイクロ波の放出を止める。しかし、経年劣化によってセンサーが故障していると、調理中にドアを開けたときにマイクロ波の放出が止まらず危険。

#### ・ 重量センサー

圧力センサーの一種。電子レンジ内のターンテーブルに載せられた食材の重量によって、自動的に調理時間を設定する機能がある。

#### ・ 温度センサー

加熱温度を検出して表示したり、注意を促したりする機能を持っている場合もある。

# センサーを活用した事例

## ● 家電製品

### ➤ エアコンの例

- **赤外線センサー**

冷房・暖房・ドライといった運転の切り替えや、温度の設定、風量の設定、オフタイマーなどの設定をリモコンで行う。

- **温度センサー**

室内の温度を計測し、自動で温度の調節を行う。

- **人感センサー**

人間の所在を検知するセンサー。赤外線、超音波、可視光などが用いられる。一般住宅用の機器の場合は、赤外線が使われることが多い。

エアコンの人感センサーは、人のいる方向に風を送ったり、人が入出したのを検知して運転を開始したりすることに使われる。

# センサーを活用した事例

## ● 家電製品

### ➤ 照明の例

- **人感センサー**  
人が近づくと自動で照明を点ける。部屋の照明や屋外の照明にも用いられる。
- **照度センサー**  
周囲の明るさによって、照明の明るさを調節する。

### ➤ ロボット掃除機の例

- **赤外線センサー**  
周囲の状況を把握したり、ゴミがあることを検知したりする。物体までの距離をピンポイントで検知する。
- **超音波センサー**  
周囲の状況を把握する。広い範囲を把握し、障害物があるかどうかを検知するが、障害物までの距離を測定することはできない。
- **レーザーセンサー**  
レーザーを用いて障害物の位置を検出する。

# センサーを活用した事例

## ● 自動車

自動車にはエンジンの制御などにセンサーが使われている。最近では安全支援機能や自動運転機能としても様々なセンサーが搭載されている。

### ➤ 走行制御などに関連した例

以下のようなものが利用されている。車種等によって利用されているセンサーは異なる。

- **アクセルポジションセンサー**

アクセルペダルがどの程度踏まれているかを検出。

- **カムポジションセンサー**

カムシャフトの角度を検出。

- **吸気温センサー**

吸入空気の温度を検出。

- **クランク角センサー**

クランクの角度やエンジンの回転数を検出。

- **空気圧センサー**

タイヤの空気圧を検出。

# センサーを活用した事例

## ● 自動車

### ➤ 走行制御などに関連した例

- **車速センサー**  
車の走行速度を検出。
- **水温センサー**  
エンジンの冷却水の温度を検出。
- **スロットルポジションセンサー**  
スロットルバルブの開度を検出。
- **ノックセンサー**  
ノッキング状態を検出。
- **バッテリー電圧センサー**  
バッテリーの電圧を検出。

# センサーを活用した事例

## ● 自動車

### ➤ 安全支援機能や自動運転機能などに関連した例

以下のようなものが利用されている。車種等によって利用されているセンサーは異なる。

#### ・ カメラ

周囲の状況を検出する。一般に複数のカメラを利用して、様々な方向の物体を検出する。路面の白線を検知してステアリング操作を支援する（車線維持）、前方の車を検知して運転者に警告音で知らせる（さらには自動でブレーキをかける）、ミラーの死角を映し出す、などに利用される。

#### ・ レーダー

雨や霧など、天候によって視界不良となっている場合に、カメラだけでは検知できない物体を見つけることができる。

#### ・ 超音波センサー

周囲の車両を検出する。走行中の車線に入ってくる他の車両を検知したり、駐車させる際のサポートとして利用したりする。

#### ・ GPS

カー・ナビゲーションシステムや駐車場所の特定などに利用。

# センサーを活用した事例

## ● 農業

農業では「経験」と「カン」に頼って作業が行われることが多い。近年は、こうしたベテラン農家の知見に加えて、温度や日照量等の環境データを取得し、根拠がはっきりした科学的な農作業により、生産性向上を目指している。

### ➤ 農業でセンサーを活用した例

土壌センサー、フィールドサーバー、収穫ロボットなど

#### ・ 土壌センサー

圃場の土に埋めて土壌の水分量や温度を計測する。取得したデータを基に、水やりのタイミングを決め、効率化・最適化を実現する。他に、土壌中の窒素濃度を計測して施肥の効率化・最適化を目指すものもある。

#### ・ フィールドサーバー

圃場に設置し、気温、湿度、土中温度、CO<sub>2</sub>濃度、日射量等の環境データを取得し、そのデータを遠隔のコンピュータなどに送信する。取得したデータを分析することで、様々な農作業を効率化・最適化し、生産性向上につなげる。

#### ・ 収穫ロボット

圃場内を自動で移動し、高精度なセンサーで収穫時期の来た作物を特定し、収穫する。大きさや形状など、収穫物を選別する機能を持つものもある。



# センサーを活用した事例

## ● その他

センサーを活用した事例は実に多数。以下、ごく一部を紹介。

### ➤ トイレ

- **満空状況の検知・通知**

列車や駅、ビルなどのトイレの個室が使用中かどうかを検知し、その状態を知らせる。ドアの鍵にセンサーが付けられており、鍵がかかると使用中と判断する。状態の表示には、トイレの入口に図面を掲示し、どの個室が使用中かをランプの点灯で示すものなどがある。その他、スマートフォンに通知するものもある。

単に満空状況の通知としてだけでなく、一定時間、連続して使用中になったままの場合にアラームを鳴らすなどの利用方法もある。

- **洗浄機能付き便座**

便座に座らないと、洗浄ボタンを押しても動作しない。座っていない状態で洗浄機能が働き、洗浄水が飛び散って周囲を濡らすことを防ぐ。

## ● その他

### ➤ ウェアラブルデバイス

人間が身に付けて利用する端末。スマートフォンと連動し、メールの通知を受け取ったり、ウェアラブルデバイス側でスマートフォンを操作したりできる。また、ウェアラブルデバイスにあるセンサーで様々なデータを取得し、スマートフォンで表示したり、パソコンなどに送信して蓄積したりすることもできる。

#### ・ 心拍センサー

装着者の心拍数を計測する。トレーニング中の心拍数を計測することでトレーニングの強弱を知ることができるため、より効率的なトレーニングが可能となる。

#### ・ アイトラッキング

装着者の視線の動きを検知する。メガネ型のデバイスで操作をすることなどに利用される。その他、運転者の注意が散漫になっていないか、などを検知することもできる。

#### ・ 脳波センサー

装着者の脳波を検知する。装着者がリラックスしているか、緊張しているか、などを計測する。近年では脳波で操作する端末も研究されている。

## ● その他

### ➤ ドローン

無人航空機。人間が搭乗しない、遠隔で操縦する、または自動操縦で飛行する航空機。UAV（Unmanned Aerial Vehicle）とも。複数のローター（プロペラ）で飛行する、比較的小型のものを指すことが多い。

ドローンにも、飛行制御などのために様々なセンサーが用いられている。

#### ・ 気圧センサー

気圧を測定することで高度を計測する。写真撮影やビデオ撮影に必要なホバリング（空宙で位置を保つこと）の制御に用いられる。

#### ・ ジャイロセンサー

ドローンの移動と姿勢を検出する。この計測値を基に、安定した飛行が実現している。

#### ・ 磁気センサー

ドローンがどちらを向いて飛行しているか、方位を検知する。

#### ・ GPS

ドローンの現在位置を検知したり、予め設定した経路を飛行させたりするのに用いる。

# センサー活用のポイント

IoTに活用されるセンサーは多種多様。目的や条件、コストなどに見合ったものを選ぶ必要がある。

## ● 目的や条件に合ったセンサーを選ぶ

センサーは、性能以上のものは測れない。さらに、スペック通りの性能を発揮するには条件がある。

### ➤ センサーの性能

測りたい値の範囲や精度に、センサーの性能を合わせる。即ち、使用するセンサーを選ぶ際に、測る値の範囲や精度を予め想定しておく必要がある。コストがたくさんかけられるなら、たくさんのセンサーを集めて実際に試してみて、目的に合ったものを探すこともできるが、手間がかかってしまう。

また、測定値の精度（分解能）や応答時間など、実際の使用目的に照らし合わせて選ぶ必要がある。不必要に高性能なものを選ぶとコストがかさむだけでなく、かえって使いづらいこともある。センサーが性能を発揮する条件にも注意する（動作温度に注意する、振動を与えない、など）。

### ➤ センサーの検知・測定方法

例えば温度センサーの場合、接触式と非接触式がある。接触式は測定対象となる物体に接触させ、センサー自体の温度が上昇することで温度を測定する。対象が小さかったり、熱に敏感だったりすると、センサーに触れることで形が変わってしまったり、センサーの熱で逆に物体の温度が変化したりしてしまう。

# センサー活用のポイント

## ● センサーの性能指標

センサーの性能指標には、以下のようなものがある。

### ➤ 分解能

検出できる変化の細かさ。例えば、 $10^{-3}\text{m}$ まで検出できるか、 $10^{-6}\text{m}$ までか、など。

### ➤ ゼロポイント

出力が0Vのときの測定値。0Vだからといって、測定値も0とは限らない。

### ➤ オフセット

測定値が0のときの出力。

### ➤ 感度

測定対象に対してどの程度敏感にセンサーが反応するかを表す。測定値と出力電圧の関係を示すグラフでは、その測定値の傾きに相当する。

### ➤ 測定範囲

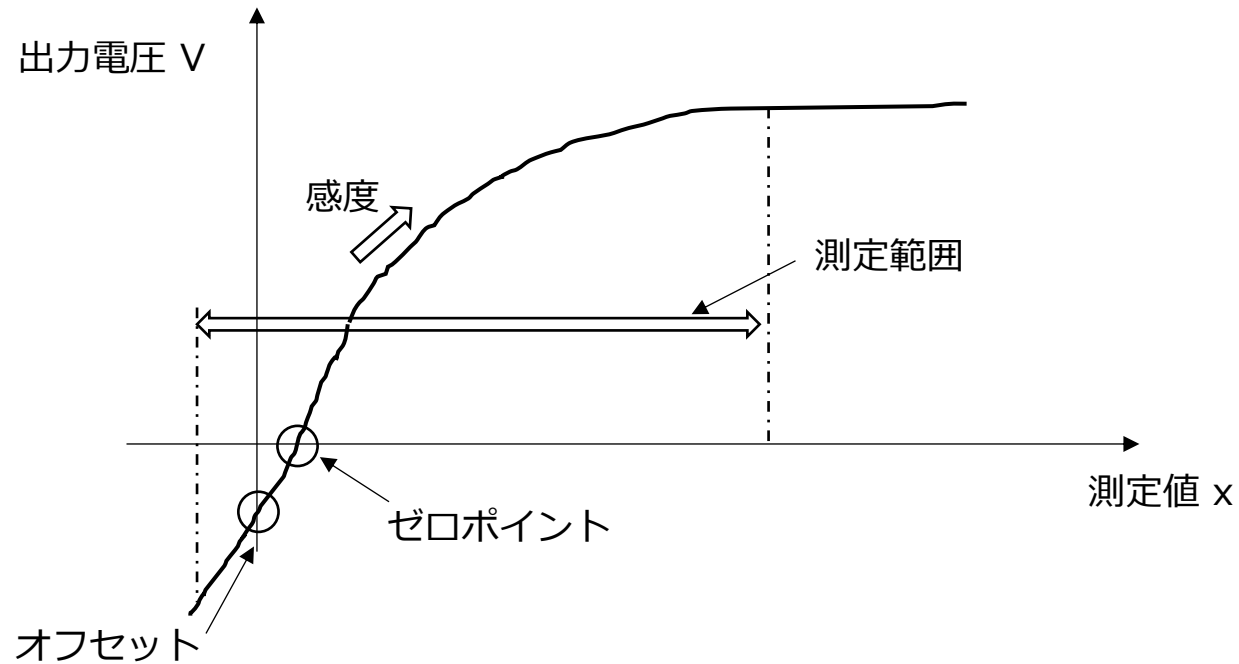
センサーが測定できる値の範囲。

### ➤ 再現性

同じ変化を繰り返し測定したときの、出力のズレの大きさ。

# センサー活用のポイント

- センサーの性能指標



# センサー活用のポイント

- **精度の高い測定値を得るよう工夫する**

せっかく高性能なセンサーで測定しても、その出力を得る際に値が劣化したら意味がない。

- **センサーの出力**

センサーの出力となる電気信号は、一般に微弱なものであることが多い。そのため、適切に増幅する必要がある。また、コンピュータで処理するためにはデジタル化する必要もある。これらの処理をなるべく手短に済ませ、ノイズが入り込む余地を残さないようにする。

はじめから増幅回路等と一体になっているセンサーもあるので、そちらの利用も検討する（フォトICなど）。

## ● キャリブレーション

キャリブレーションとは、測定したいデータとセンサーの出力値との関係を比較し、正確な測定結果が得られるように分析と調整を行うこと。キャリブレーションを確実に行っておかないと、測定値の誤差が大きくなりすぎてまともに使えないものになってしまう。IoTシステムは一度完成してしまうと修正が難しいため、企画・設計の段階で確実にリスクを解消しておく。

### ➤ 測定値と出力の関係

センサーからの出力は一般的に電気信号（電圧）である。従って、出力となる電圧がわかったとして、そこから測定値を知るためには何らかの変換が必要になる。

測定値と出力との間の関係は、比例関係など、単純な関係式で表せることは少ない。センサーのメーカーから提供されるデータシートを見ると、測定値と出力との関係を示したグラフが掲載されている場合があるが、大抵、測定値によって傾きの変化する曲線になっている。

### ➤ 個体差

実際には、同じメーカー、同じ型番のセンサー、同じ測定値であっても、センサーの個体によって出力がまちまちになる場合が多い。また、センサーを取り付けた基板の温度などによって測定値が変化してしまう場合もある。このような誤差の要因に対して安定的に測定を行うために、キャリブレーションが必要となる。



# センサー活用のポイント

## ● キャリブレーション

### ➤ キャリブレーションの実際

キャリブレーションは、以下の手順で行う。

- ① 基準となる測定値をできるだけ多く集めておき、それに対応した出力の実測値との関係をグラフにプロットする。
- ② プロットした点の中心を通る曲線の近似式を求める。

