

第2章：IoT基礎（センサー）

Chapter
1

- 第1章：導入

Chapter
2

- 第2章：IoT基礎（センサー）

Chapter
3

- 第3章：マイクロコントローラ（Arduino）の基礎

Chapter
4

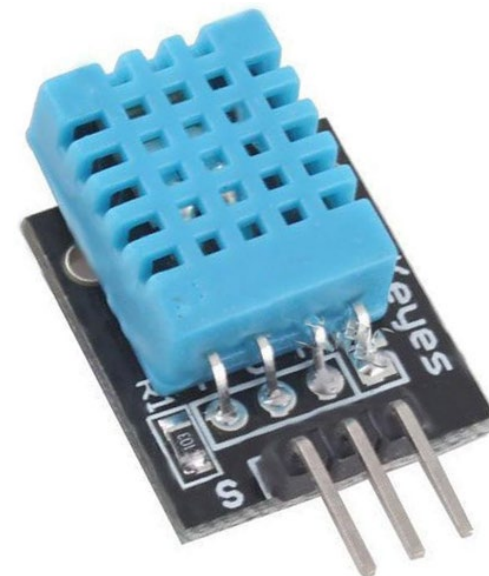
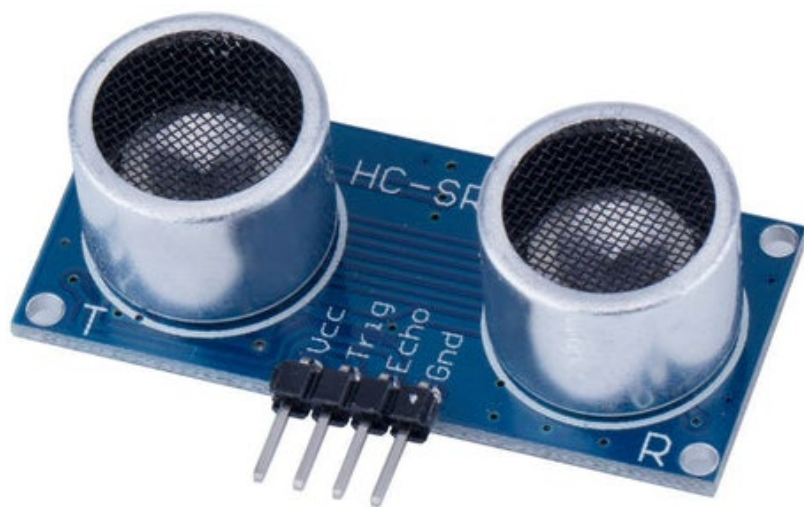
- 第4章：計測データ解析の基礎

Chapter
5

- 第5章：計測データ処理(IoT)の応用

センサーとは何か？

物理的な変化（光・温度・圧力など）を検知し、それを電気信号などのデータに変換する装置



センサーとは何か？

物理的な変化（光・温度・圧力など）を検知し、それを電気信号などのデータに変換する装置

身の回りのセンサーの例：

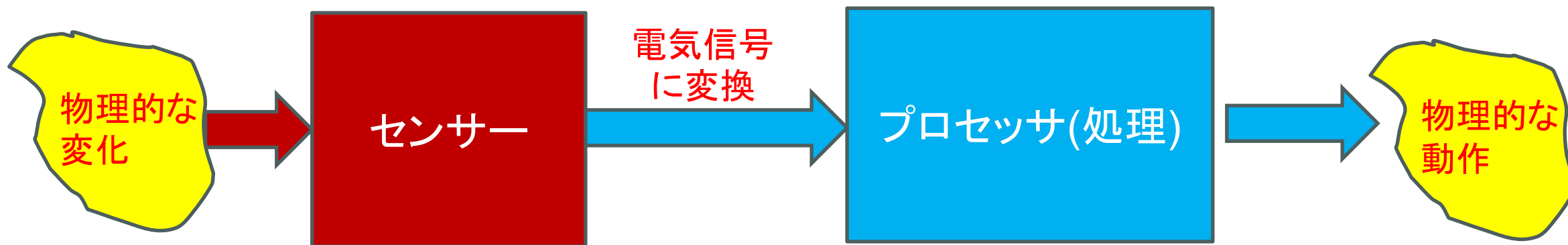
- スマホの加速度センサー（傾き検出）
- エアコンの温度センサー（室温調整）
- 自動ドアの近接センサー
- 車のバックセンサー（障害物検知）



なぜIoTにとってセンサーが重要なのか

IoTシステムでは、**センサー**と**アクチュエータ**の働きにより、「情報の収集とデバイスの制御」を可能にしている。

IoTシステムの基本構成：



多種多様なセンサーが存在
（例：加速度センサー、温度センサー、湿度センサーなど）



センサーの選定や評価において重要となる指標：

- **精度**（実際の物理的変化をどのくらい**正確**に計測できるか）
- **感度**（検出可能な最小の変化量。**微少な変化**を検出できるほど感度が高い）
- **応答時間**（物理的変化が起きたときに、どれだけ**速く**反応し計測できるか）
- **消費電力**（バッテリー駆動のIoT機器では**低消費電力**であることが求められる）

本演習のハードウェア(Arduino MKR IoT Carrier)には以下のセンサーを搭載

- 温度・湿度センサー
- 気圧センサー
- 照度センサー (Ambient Light Sensor)
- 静電容量式タッチパッド
- 加速度センサー
- 近接センサー
- 土壌水分センサー（付属品）



本演習で利用するセンサー

温度センサー

種類：

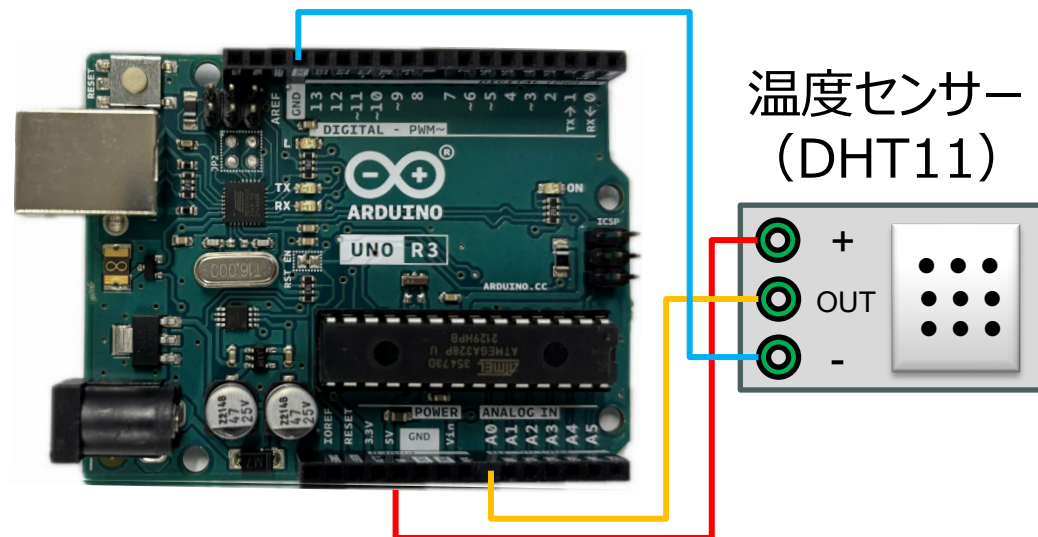
- サーミスタ、熱電対

動作原理：

- サーミスタ：温度変化により抵抗値が変化
- 熱電対：異なる金属の接合点で温度差が生じると電圧が発生

用途：

- 気象観測装置
- HVACシステム（空調）
- 医療機器
- 家電（冷蔵庫、エアコンなど）



Connecting to Arduino

項目	熱電対	サーミスタ
動作原理	温度差による電圧変化 (ゼーベック効果)	温度変化による抵抗の変化
測定範囲	-200°C to +2300°C	-50°C to +150°C
精度	中程度 (±1~2°C)	高い (±0.1~0.5°C)
応答速度	遅い (seconds)	早い (milliseconds)
コスト	低から中程度	低い
耐久性	頑丈 (過酷な環境でも使用可能)	脆弱 (高温や衝撃に弱い)

熱電対：工業用炉やエンジンなど過酷な温度環境向け

サーミスタ：電子機器の温度管理や家庭用温度計等の狭い範囲で高精度な温度測定が必要な用途向け

※ 本演習のMKR IoT Carrierには、上記とは異なる方式のIC型デジタルセンサー（IC内の半導体素子の特性を利用したセンサー）が搭載されている。

光センサー

種類：

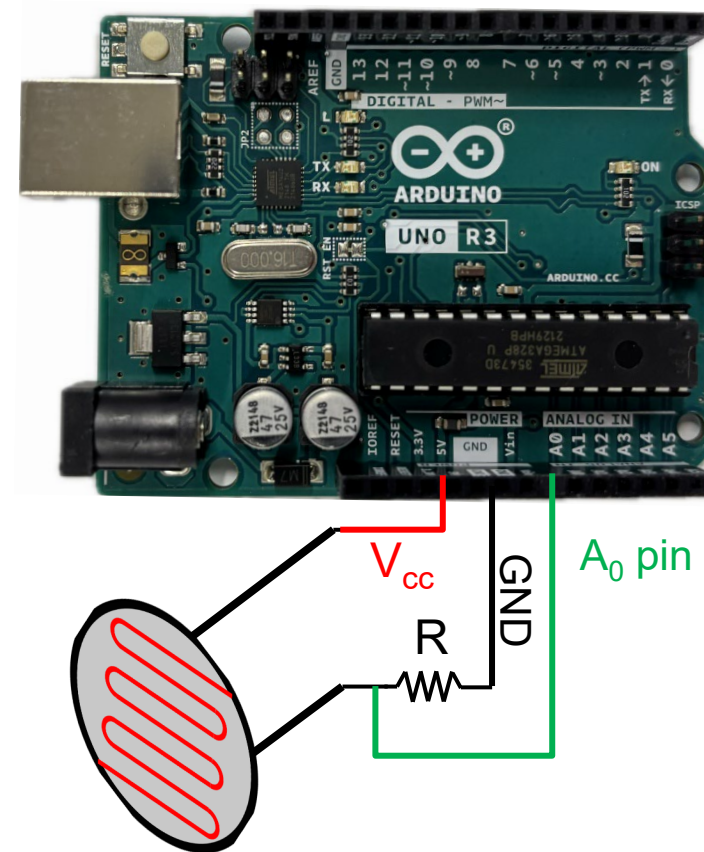
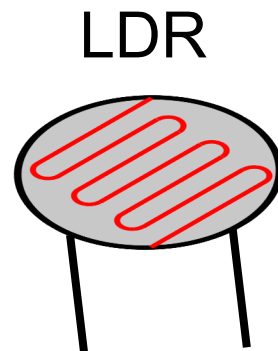
- Light Dependent Resistor (LDR)、フォトダイオード

動作原理

- LDR：光の強さの変化に応じて抵抗値が変化
- フォトダイオード：光に応じた電流（光電流）が発生する

用途：

- 自動点灯システム（街灯、屋内照明など）
- スマートフォンの画面輝度調整
- 侵入検知・防犯装置
- 照度に応じた精密な照明制御



Connecting to Arduino

特性	LDR	フォトダイオード
動作原理	光抵抗の変化 （光の強さに応じた抵抗変化）	光電流の発生 （光電導または光伝導の原理）
主な用途	環境光の検出	高速な光の検出、距離センサー、 通信、IoT用途など
感度	低い	高い
応答速度	遅い（ミリ秒～秒）	早い（ナノ秒）
コスト	低い	中程度からやや高価

LDR(安価かつ扱いやすい)とフォトダイオード(高感度・高速性)は代表的な2種類の光センサー
それぞれ得失が異なるので、用途に応じて使い分けることが適切

※ 本演習のMKR IoT Carrier では、フォトダイオード方式に基づくIC光センサー（Ambient Light Sensor）を搭載している。

タッチセンサー

種類

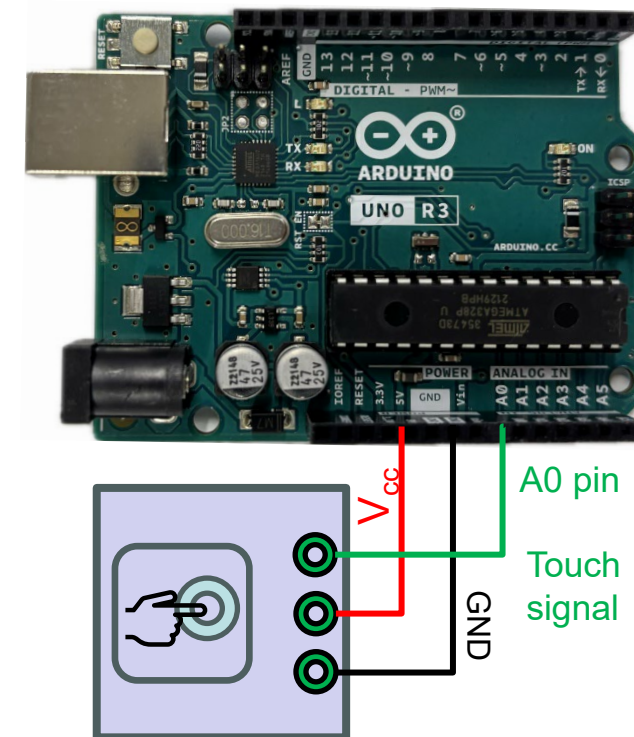
- 静電容量式、抵抗膜式

動作原理

- 静電容量式：指などの導電体が近づくとき、センサーの静電容量が変化
- 抵抗膜式（Resistive）：圧力をかけると2つの導電層が接触し、電気的な経路を形成

用途

- スマートフォンやIoTデバイスの操作パネル（静電容量式）
- 銀行ATM、産業機器のタッチインターフェース（抵抗膜式）



項目	静電容量式タッチセンサー	抵抗膜式タッチセンサー
動作原理	静電容量の変化 （電界変化）	抵抗変化 （圧力による接触）
マルチタッチ対応	可能	不可
感度	高い	中程度
入力方式	導電体（例：指など）	任意の物体 （例：スタイラス、手袋など）
コスト	高い	低い

- 静電容量式は感度が高く、スマートフォンやタブレットなど直感的な操作が求められる用途に用いられる
- 抵抗膜式はコストを抑えたい場合や、手袋やペンなどでも操作したい場合に適する。

※ 本演習のMKR IoT Carrier には「静電容量式」のタッチセンサーが搭載されている。

カラーセンサー

種類

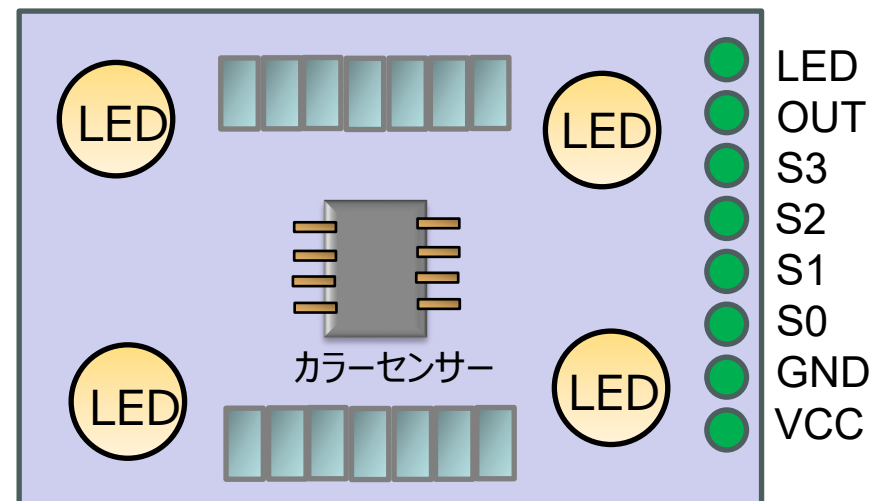
- RGBセンサー、スペクトルセンサー

動作原理

- RGBセンサー：赤・緑・青の光の強さを検出
- スペクトルセンサー：広範な波長範囲の光を検出

用途

- 産業用ソーティング（分類作業）
- ディスプレイの色補正（キャリブレーション）
- 材料の識別、カラーメーター（色計測）



項目	RGBセンサー	スペクトルセンサー
動作原理	赤・緑・青の光の強度を検出 (フォトダイオード+フィルター)	より広い波長範囲を検出 (フォトダイオード+分光フィルター)
波長分解能	限定的	高い
精度	中程度	高い
補正	簡易（赤・緑・青の3波長に対応すればよく、簡易な補正で十分）	複雑なキャリブレーションが必要
コスト	低い	高い

RGBセンサー：低コスト＆測定範囲は狭め。簡単な色識別や照明制御等のコスト重視の用途向け

スペクトルセンサー：精密な色判定が必要な場合向け（高精度の色測定や品質管理等）

※照明環境やセンサーの個体差により検出結果にばらつきが生じるため、キャリブレーションによって正確な色情報の取得を実現している

※MKR IoT Carrierに搭載されているカラーセンサーはRGBセンサーに分類され、赤・緑・青の光強度に加えて環境光の検出も可能。
本演習の光センサーとしては、照度計測用のAmbient Light Sensorを利用している。

圧力センサー

種類

- 圧電センサー、ひずみゲージ

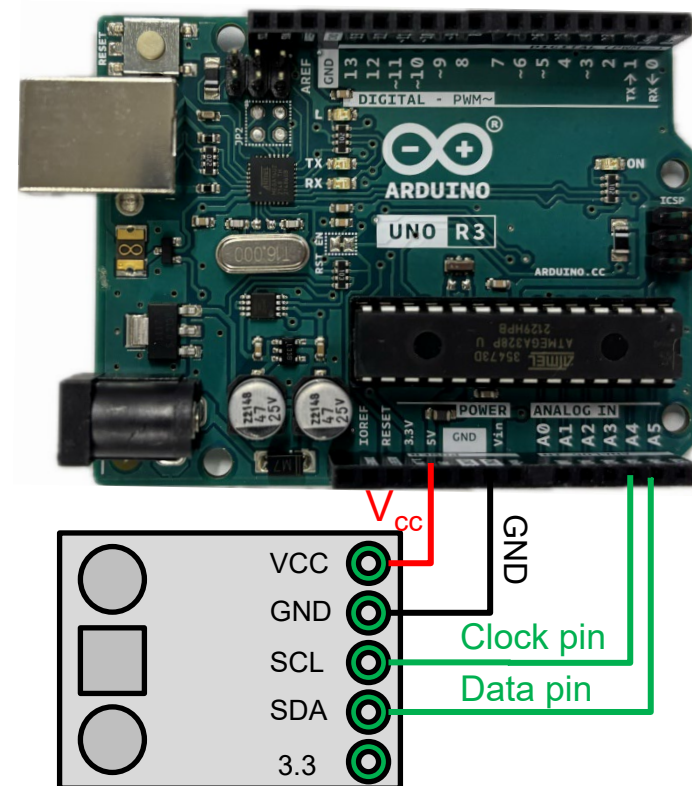
動作原理

- 圧電センサー：機械的な力に比例して電氣的な電荷を発生
- ひずみゲージ：変形により電気抵抗が変化

用途

- タッチセンサー、機械の振動検出（衝撃）
- フロアや階段の足音エネルギーの回収
- ウェアラブルデバイス、構造物の健全性モニタリング（例：橋など）

Connecting to Arduino



Barometric pressure sensor

項目	圧電センサー	ひずみゲージ
動作原理	機械的な圧力により電荷を発生 （圧力に比例した電圧を生成）	応力の変化によって材料の電気抵抗が変化 （圧力に比例して抵抗が変化）
計測タイプ	動的（振動、衝撃などの変化）	静的またはゆっくりとした変化の測定にも対応
温度感度	低い	高い（温度補正が必要）
電源要件	自給式	外部電源が必要
コスト	中程度～高	低～中程度

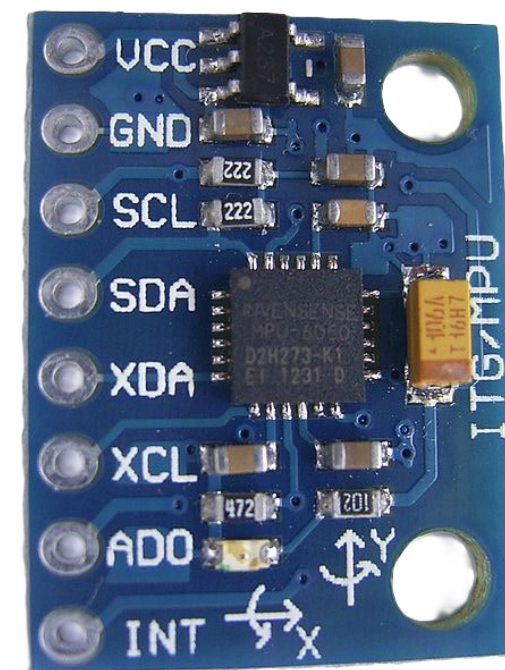
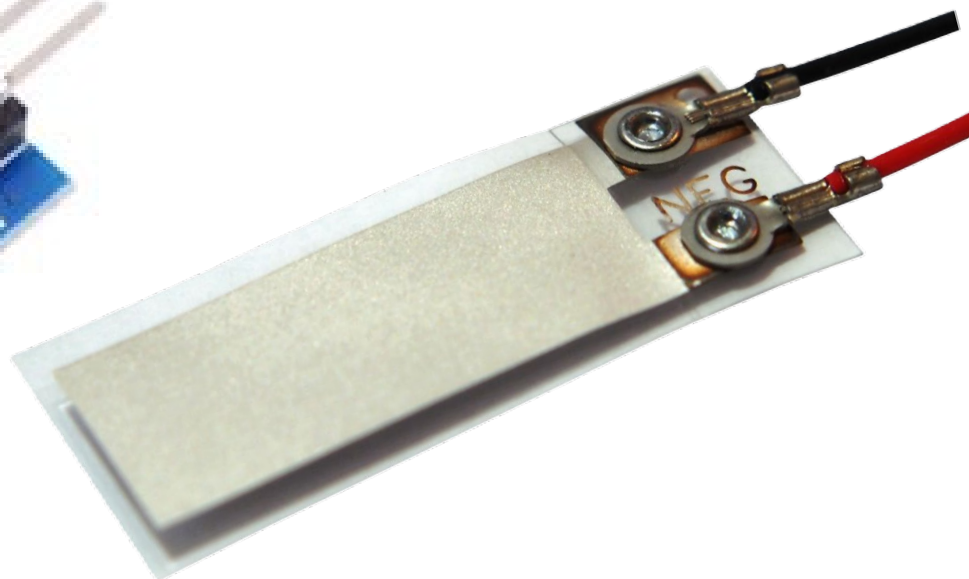
圧電センサー：衝撃や振動などの短時間の力の変化の検出に有効

ひずみゲージ：構造物の長期的な変形などの定常的な圧力検出に適する

※ 本演習のMKR IoT Carrier には圧力センサーは搭載されていない。

姿勢・傾き・方向センサー

- 傾き
- 振動
- 回転



傾きセンサー

種類

- ボールベアリング型、水銀スイッチ型（環境的に望ましくない）

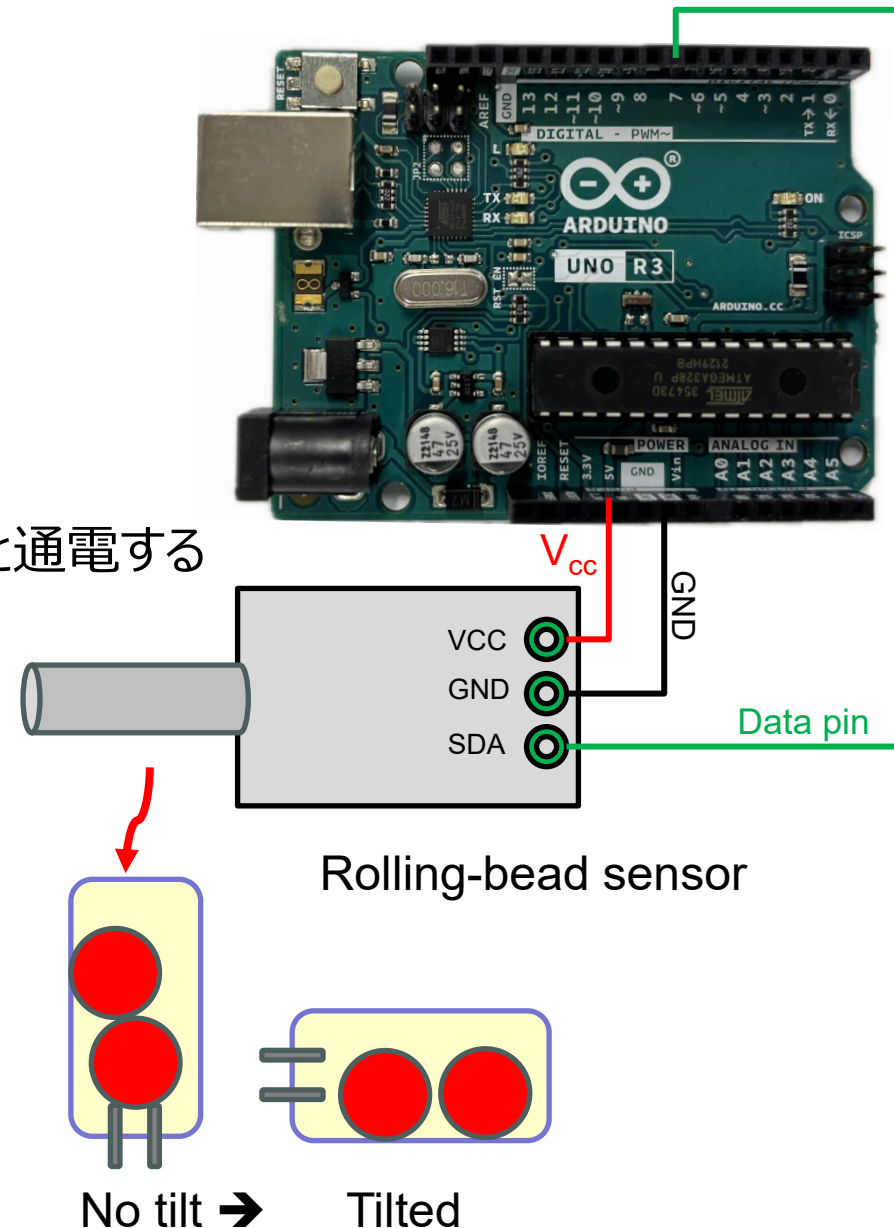
動作原理

- ボールベアリング型：ケース内の金属球が転がり、電極に接触すると通電する

用途

- セキュリティシステム
- ゲームコントローラー、傾き操作が必要なIoT機器
- おもちゃ、ロボット、アーケードゲーム機など

本演習のMKR IoT Carrierには専用の傾きセンサーは搭載されていないが、Inertial Measurement Unit（慣性計測装置：回転センサー＋加速度センサー）を利用して傾きの検知は可能



近接センサー

種類：

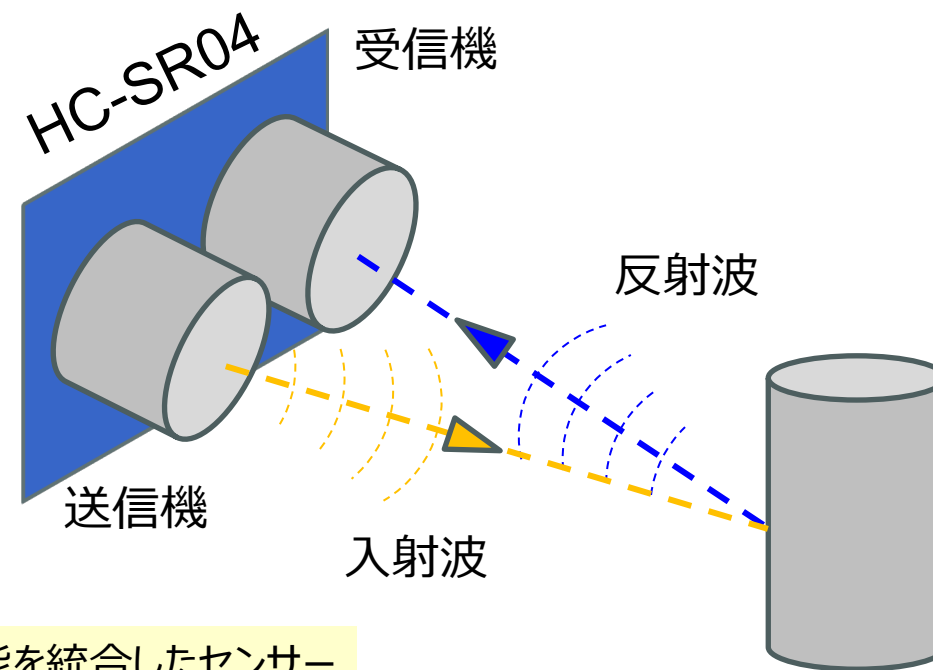
- 赤外線（IR）、超音波（Ultrasonic）、静電容量型（Capacitive）

動作原理：

- 赤外線：赤外線を照射し、**反射光**を検出
- 超音波：音波の**反射時間**を測定

用途：

- ロボットの障害物検知
- 駐車支援システム



- 本演習で使用するMKR IoT Carrierには近接・照度・カラーセンサー機能を統合したセンサーが搭載されており、赤外線方式により近接検出が可能である（照度・カラー検出機能も含む）。
- 反射の強度を観測して距離（近接度合い）を検出する。

土壌水分センサー

種類

- 静電容量型、抵抗型、時間領域反射率型

動作原理

- 静電容量型：水は高い誘電率を持つため、
水分量による静電容量の変化を検出
- 抵抗型：土壌の水分によって導電率が変化、
それによる抵抗値の減少を検出
- 時間領域反射率型：パルスの反射・伝搬速度から、
水分量や構造を測定

用途

- 精密農業（作物の水分に応じた灌漑）
- 土壌の健康状態の監視



本演習で使用するMKR IoT Carrierには、写真の静電容量方式の土壌水分センサーが付属している

振動センサー

タイプ：

- 圧電型振動センサー
- 加速度センサー

動作原理：

- 圧電センサー：機械的な応力により電圧を発生
- 加速度センサー：振動による加速度の変化を検出

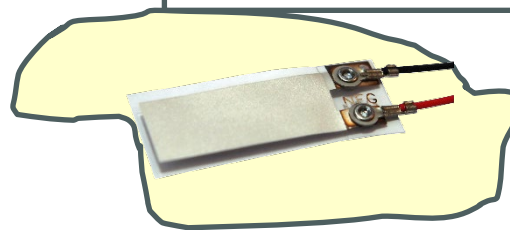
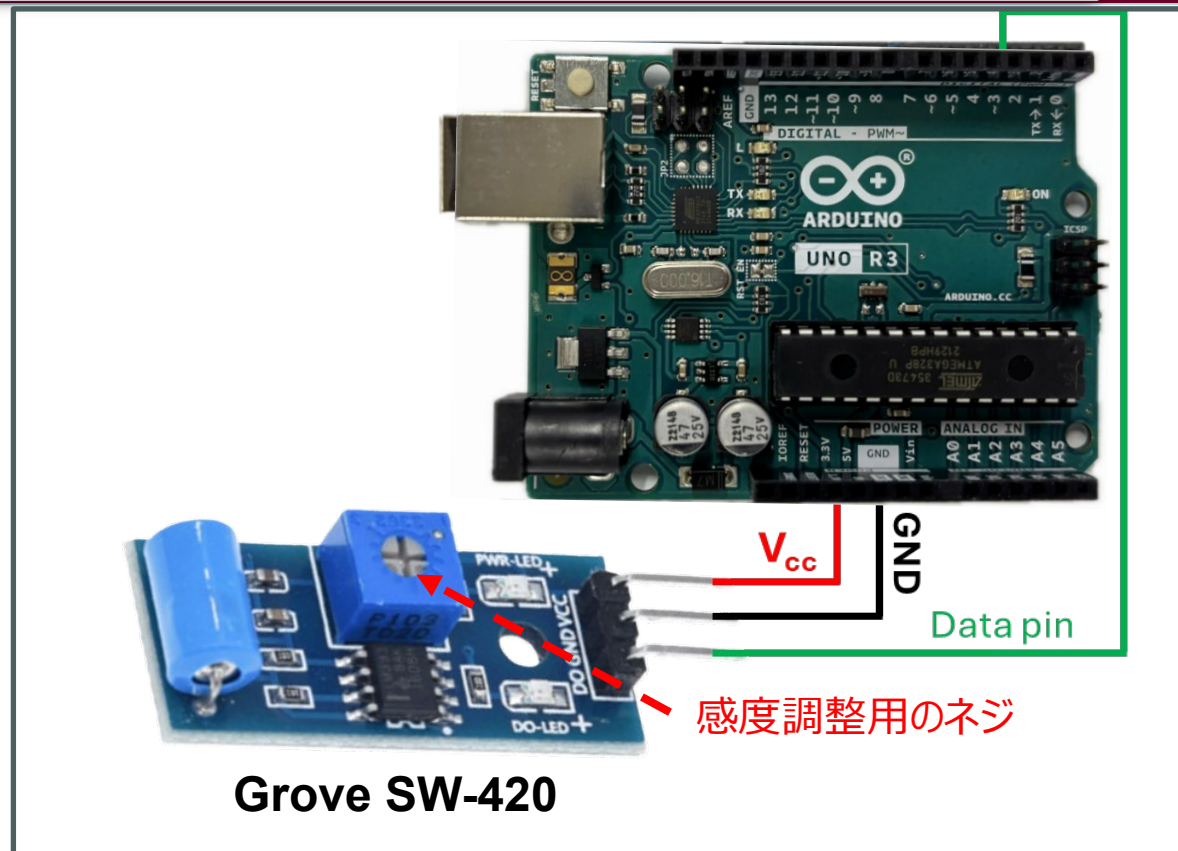
用途（Applications）：

- 防犯アラーム（例：自転車、車）
- 機械設備の予防保全

例（Example）：

SW-420（振動スイッチ）

LDT1-028K（振動センサー）



振動が発生すると、バネで支えられた導電性の重りが動き、電極に接触して電気回路の開閉が起こる。
このON/OFFの信号をマイコンが検知することで、振動の有無を判断

MKR IoT Carrierには加速度センサーを含むIMU（慣性計測装置）が搭載されており、加速度の変化として振動や揺れの検出が可能である。

ジャイロ스코プ（回転センサー）

種類

- MEMS、光ファイバージャイロ

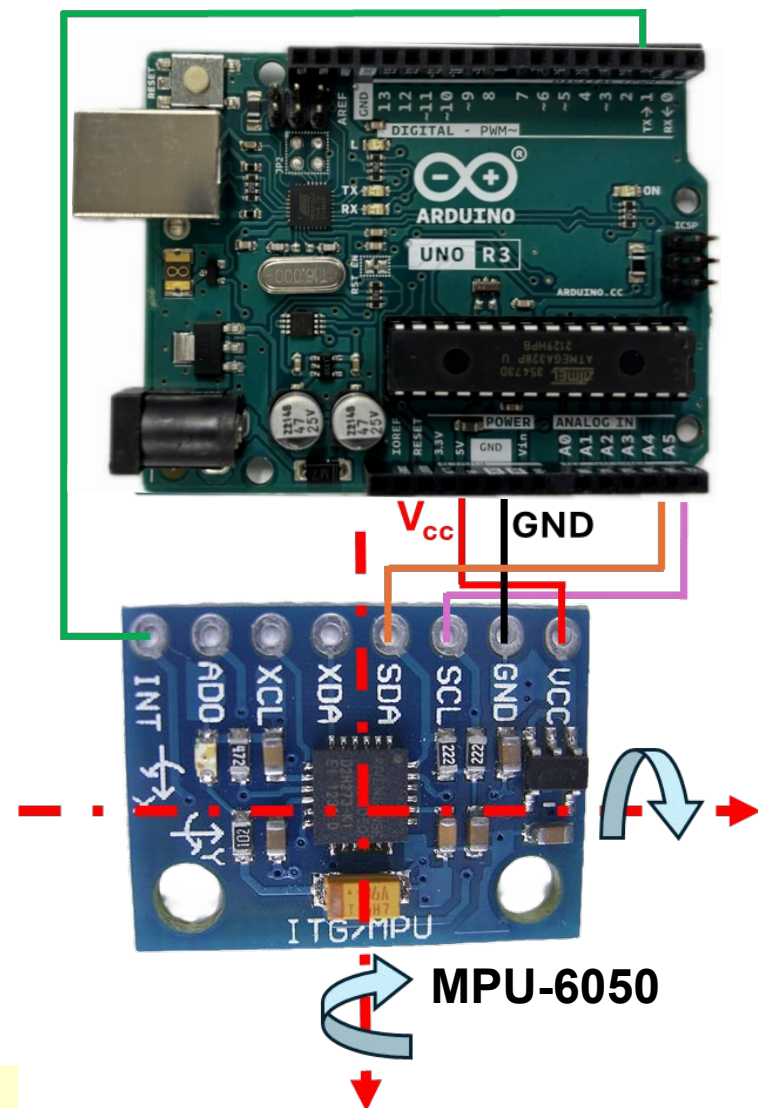
動作原理

- MEMS：実効角速度を計測、容量変化を利用して角速度を検出
- 光ファイバー：光ファイバーを通るレーザ光の干渉を利用して角速度を検出
光の位相差から角速度を測定

用途

- ドローン（安定飛行）、ウェアラブル（姿勢認識）
- スマートフォンの画面回転、VRヘッドセットの向き認識
- 航空機・ミサイル・衛星などの航空宇宙分野

MKR IoT Carrierに搭載の Inertial Measurement Unit（IMU: 慣性計測装置）には、ジャイロ스코プ（回転センサー）や加速度センサーの機能が含まれている。



ガスセンサー

種類

- 半導体型、赤外線

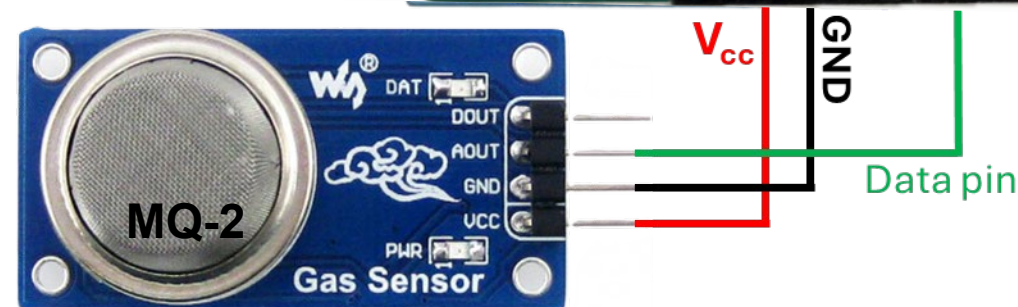
動作原理

- 半導体型：ガスがセンサー表面に吸着することで抵抗値が変化
- 赤外線型：ガス分子が特定の赤外線波長を吸収する特性を利用
検出器が吸収された光の強度を測定してガスの濃度を判断

用途

- 空気質の監視、煙の検出
- 配管などのガス漏れ検知
- 土壌中のガス濃度を測定し、作物の収量を最適化

- MKR IoT Carrierにはガスセンサーは非搭載
- 家庭用ガス警報器では安価で広く普及している半導体型が一般的だが、産業用や医療用では高精度な電気化学式センサーが使われる場合もある。



本章では、IoTにおけるセンサーの役割とその重要性について述べた。センサーは、環境や物理的現象をデータとして取得する機能を有し、IoTシステムに不可欠な構成要素である。

ここでは、代表的なセンサーの用途として、近接、温度、光、圧力、タッチ、カラー、ガス、姿勢・加速度、振動、土壌水分等を示した。

次章では、IoTデバイスの中核であるマイクロコントローラ(マイコン)の基礎について述べる。