

IoT におけるデータ取得手段と通信方式の選択について

水矢 亨, 長尾 達明, 奥田 誠 (情報・生産技術部 システム技術グループ)

中島 岳彦 (情報・生産技術部 試作加工グループ)

佐々 知栄子 (情報・生産技術部 デザイン・設計グループ)

1. はじめに

IoT (モノのインターネット) やインダストリー 4.0 (第四次産業革命) では、サービスやものづくり等のライフサイクル全体において、ICT (情報通信技術) 活用による最適化や高度化が期待されている⁽¹⁾。当初はモノをネットワークに接続する部分や、データ収集の部分に興味集中する傾向があったが、最近は IoT 本来の目的であるデータ活用に関心が移りつつある。AI (人工知能) に対する社会的関心が大きくなる中、様々なデータを収集し、そのデータに対して AI による分析や判断・制御を行うことへの期待が高まっている⁽²⁾。

その一方で、IoT を導入するには IP (インターネットプロトコル) 通信ネットワークやサーバなど ICT 分野の知識が必要であり、身近な環境で IoT を試してみることも必ずしも容易ではない。さらに、IoT に対応させたい機器やデバイスのネットワーク対応状況に応じて IoT の実現手段を選択する必要があることも IoT を始める際の課題となっている。実際、通信用インターフェースの有無、利用可能な通信手段等の条件は、機器やデバイスごとに異なっていることが多い。

そこで、IoT 導入において課題となりうる点を予め抽出しておき、それらに対する検討手順を設けておくことが、IoT 導入のハードルを下げることに繋がると考えられる。本研究では、機器やデバイスからのデータ取得手段や、IP 通信プロトコルの選択等における考え方と具体的な候補について示し、実際のシステム構築での適用事例と合わせて報告する。

2. 機器やデバイスの IoT 対応

IoT では、データを“集め”、IP ネットワーク上での通信によりデータを“運び”、必要に応じてデータを“使う”という3つの段階が基本的である。それらを実現する上では、データの供給源となる“モノ” (機器やデバイス)、“モノ”をネットワークに接続するための通信インターフェース/ゲートウェイ (中継機器)、データ処理を行うためのサーバが基本的な構成要素である。

IoT を導入/試す際、最初に必要となるのは、機器やデバイスからのデータ取得手段について確認して、IP 通信ネットワークへの接続の方法を決めることである。機器やデバイスからのデータ取得手段については、IP 通信的

手段、非通信的手段の3通りに分類することができる。なお、“取得手段なし”という場合は、基本的に IoT への対応は不可であるため、ここでの検討対象としないこととする。先の3つのデータ取得手段に関して、IoT 対応に必要な条件は、次のようになる。

[1] **IP 通信的手段**：IP 通信用のインターフェースがあり、データ取得用の IP 通信方式 (プロトコル) が開示されていれば、その機器やデバイスは、IP 通信による IoT 対応が可能である。

[2] **非 IP 通信的手段**：シリアル通信や USB などが、ここでの非 IP 通信に該当する。非 IP 通信用のインターフェースがあり、データ取得用の通信プロトコルが開示されていれば、その機器やデバイスからのデータ取得は可能である。ただし、IoT 対応するためには、IP 通信ネットワークへのデータ送信するためのゲートウェイを別に確保する必要がある。

[3] **非通信的手段**：データ通信以外の手段で電圧や光などの信号を物理的に取得する。機器に設置された三色灯から光 (或いは色) の信号を取得できる場合⁽³⁾が、その一例である。このような場合に IoT へ対応をするには、取得可能な物理信号に応じたセンサや、そのセンサデータを IP 通信ネットワークに送信するためのゲートウェイが必要となる。

以上のように、機器やデバイスの IoT 対応にあたっては、

- 通信によるデータ取得
- 物理的信号の取得
- ゲートウェイによる IP ネットワークへの中継

の3点について確認・検討することが重要であり、IoT 対応に必要な条件をまとめると表1のようになる。

表1. 機器やデバイスのデータ取得手段と IoT 対応の条件

データ取得手段	IoT 対応に必要な条件
IP 通信	<ul style="list-style-type: none"> ・ IP 通信インターフェース ・ 通信プロトコルの開示
非 IP 通信	<ul style="list-style-type: none"> ・ 非 IP 通信インターフェース ・ 通信プロトコルの開示 ・ (IP 通信との)ゲートウェイ
その他 (非通信)	<ul style="list-style-type: none"> ・ 信号を扱うセンサ ・ (IP 通信との)ゲートウェイ

3. ゲートウェイの選定

既存の機器やデバイスにおいて、IP 通信でのデータ取得に対応しているものは必ずしも多くはない。そのため、データを IP 通信ネットワークへ中継するゲートウェイが必要となることも多く（表1の「非 IP 通信」と「非通信」の場合が該当）、ゲートウェイの選定や用意が IoT 対応の成否において重要となる場合も多い。

ゲートウェイについては、機器やデバイスからのデータ受信、センサ等の信号からデータへの変換、および IP 通信ネットワークへのデータ（中継）送信等の機能が必要となる。そのゲートウェイは、必要な通信機能をもつハードウェアとそれらを制御するためのソフトウェアから構成されるのが一般的であり、既製品の選定だけでは不十分で個別の案件に応じた開発が必要な場合もある。

ゲートウェイの選定においては、次のような事項を検討する必要がある。

- IP 通信の機能・性能
- 対象の機器やデバイスとの接続性
- 必要な（IP および非 IP）通信方式のサポート

これらのうち、機器やデバイスとの接続性については、（デジタル IO やアナログ IO を含む）GPIO、シリアル通信、I²C 通信、USB 等での接続のサポートが望まれる。また、できるだけ多くの通信方式をサポートすることも望まれるため、内部の制御ソフトウェアを必要に応じて柔軟に追加・書換え可能なものは有力な選択肢である。以上をふまえると、イーサネットポートを持つボードコンピュータは、ゲートウェイ用に利用可能である。IoT の分野で広く使われている Linux ボードコンピュータ Raspberry Pi⁽⁴⁾もその1つである。また、産業系のシステムではイーサネット対応の PLC も選択肢となる。

図1は、ゲートウェイとして Raspberry Pi を利用した例である⁽⁵⁾。図1中のスカラロボット（水平多関節ロボット）は、USB 接続のみが可能であり、USB HID デバイスとして USB 経由で制御できるが、イーサネットポートは備えておらず、表1の非 IP 通信の場合に該当する。そのため、ゲートウェイが必要であり、Raspberry Pi を用いている。なお、本例のゲートウェイでは、IP 通信としてはソフトウェアを変更することで OPC UA⁽⁶⁾、MQTT⁽⁷⁾および HTTP などへの対応が可能である。また、必要に応じてプログラムを作成することで USB の他、GPIO や I²C 等への対応も可能である。



図1. スカラロボットと
（ゲートウェイとしての）Raspberry Pi

4. IP ネットワーク上の通信方式の選択

先に述べたように、IoT では、IP ネットワーク上での通信によりデータを“運ぶ”ことが必要である。この部分では、利用する IP 通信のプロトコルを検討・選択する必要がある。

まず、利用する IP ネットワーク環境において通信プロトコルに対する制約や要求事項があるかどうか確認する必要がある。特に、ファイアウォールを介して、インターネット等の外部ネットワークに接続している環境では注意が必要である。ファイアウォールが介在していても、Web で用いられる HTTP 通信は許可されていることが多い。その場合は、HTTP 通信が有力な候補となる。また、既存の制御機器等との通信が必要であれば、Modbus TCP/IP⁽⁸⁾の利用が有力である。

データの授受が 1:1（1対1）、1:n（1対多）或いは n:m（多対多）のいずれか、という観点も重要である。1対1のデータ授受については、サーバ/クライアント方式のプロトコルを用いればよいが、多対多の場合は MQTT のような Pub/Sub 型のメッセージング通信が適している。

さらに、通信品質やセキュリティに対する要求がある場合は、それに適したプロトコルを検討する必要がある。例えば、QoS（Quality of Service）に対する要求がある場合、先にあげた MQTT では、QoS を確保するための仕組みとして、Subscriber への配信が最大1回の QoS0（届かない可能性あり）、最低1回は配信される QoS1（複数回届く可能性あり）、正確に1回だけ配信される QoS2 の3段階の QoS を指定することができる⁽⁹⁾。一方、セキュリティに関しては、Industrie 4.0⁽¹⁰⁾で推奨規格とされている OPC UA⁽⁴⁾が有力な選択肢となる。

一方、データの構造に応じた通信プロトコルを検討することも可能である。特に、階層構造をもつ構造化データをネットワーク上で送受信する場合は、それに適した通信プロトコルを用いることが望ましい。OPC UA は、その一例である。

表2. IoT の IP 通信で用いるプロトコルの候補

IP 通信 プロトコル	利用が検討される主なケース
HTTP	<ul style="list-style-type: none"> ・ファイアウォールあり ・Web ブラウザでの閲覧 ・XML や JSON の送受信 （Restful API の利用）
Modbus TCP/IP	<ul style="list-style-type: none"> ・制御機器等との通信
MQTT	<ul style="list-style-type: none"> ・軽量のメッセージ配信 ・多対多のデータ配信 ・QoS の確保（Subscriber への配信回数）
OPC UA	<ul style="list-style-type: none"> ・構造化データの送受信 ・Industrie 4.0 への対応 （推奨規格の使用） ・セキュリティ確保 ・コンパニオン仕様で決められた データ構造を使用する場合

OPC UA では、通信対象のデータ構造（アドレス空間）を情報モデルにより定義することができるが、OPC Foundation が他の業界団体等と連携して定めたコンパニオン仕様において定義された情報モデルを用いることも可能である。

なお、ここで取り上げたプロトコルについて、その利用が検討・想定されるケースをまとめると表 2 のようになる。

5 IoT システムの構築事例

ここでは、実際の IoT システムの構築事例について紹介する。1 例目は、所内にある既存の試験設備を対象としたものである。図 2 の家具耐久試験機は昭和 49 年製であり、通信用インターフェースは備えていない。本試験機は、椅子の試験機であり、図 2 右側にあるフレーム内部に据え付けた椅子を 4000 回または 5000 回負荷をかけて揺らすという耐久試験を行うものである。

本試験機については、耐久試験の進行状況（負荷回数）を確認するには、図 3 左側にある制御盤のカウンタ値を見る他なく、試験担当者には、離れた場所からでも進行状況を確認（遠隔監視）できるようにしたいとの要望があった。これが、本試験機を IoT 対応する動機であった。

既に述べたとおり、本試験機には通信用インターフェースは備わっていない。一方で、制御盤（図 3 左側）内部にはアクセス可能で、各種電気信号を取得することは可能である。本事例では、カウンタへの入力となっている電気信号を用いることとした。よって、本試験機は表 1 の「非通信」に該当する。IP 通信ネットワークへの接続には、ゲートウェイが必要となるが、先に紹介した Raspberry Pi を用いることとした。IP 通信で用いるプロトコルについては、遠隔監視の UI に Web ブラウザを用いるため、Raspberry Pi で対応可能な HTTP を用いることとした（表 2 参照）。

以上の検討を経て、Raspberry Pi に GPIO の入力機能や Restful API を使用した Web サーバ(HTTP サーバ)の実装を行い、図 3 のように制御盤背面にゲートウェイ (Raspberry Pi) を付加した。なお、制御盤から取得した電気信号を Raspberry Pi の GPIO に入力可能な 3.3V の信号に変換するためにリレーを用いている。図 4 は、本事例で作成した Web 画面であり、デザイン担当職員が作成した。なお画面



図 2. 家具耐久試験機

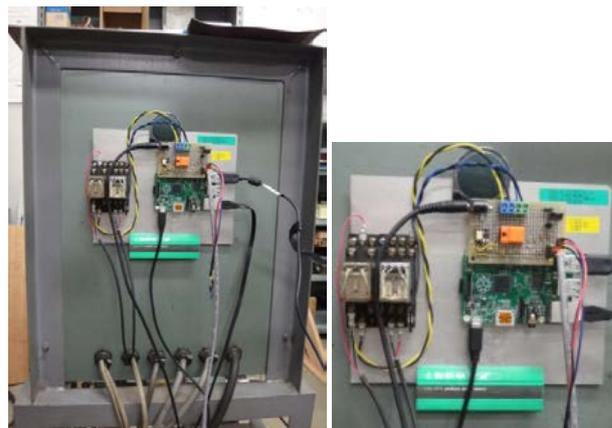


図 3. 制御盤背面へ付加したゲートウェイ (Raspberry Pi) (右図は追加部の拡大図)



図 4. 監視用画面

デザインの過程で、当初の要望（カウンタ値の確認）に加え、試験機の状況も遠隔で確認したいとの要望があったため、Raspberry Pi に USB カメラを接続し、撮影した映像を Web ブラウザで閲覧することも可能となっている。このような追加の要望に応じることができたのは、Linux ボードコンピュータである Raspberry Pi をゲートウェイに用いており、ソフトウェアの追加や変更が可能だからである。

次の例は、産業用コントローラである PLC を含む IoT システム構築の事例である⁽¹¹⁾。本事例のシステムは搬送システムを模擬したものであり、図 5 に示すように、スカラロボット 2 機、ベルトコンベア 2 台、インデックステーブル 1 台からなっている。2 機のスカラロボットは、図 1 で紹介したものと同型であり表 1 の「非 IP 通信」に該当する。それ以外のコンベアとインデックステーブルは、IO 経由で制御するものとなっており、表 1 の「非通信」に該



図 5. 搬送システム

当する。本事例は、産業用システムを模擬していることから、ゲートウェイには Raspberry Pi だけでなく PLC も用いることとした。Raspberry Pi はスカラロボット 2 機と USB 接続されるゲートウェイとして、PLC はコンベア 2 台とインデックステーブルにデジタル IO 接続されるゲートウェイとなっている。本事例では、PLC との通信が必要だが、その IP 通信には Modbus TCP/IP ではなく、OPC UA を用いている。

これは、OPC UA を推奨規格としている Industrie 4.0⁽¹⁰⁾ を意識し、OPC UA 通信用のライブラリが提供されている PLC を採用したことによるものである (表 2 参照)。この場合は、利用する IP 通信ネットワーク環境において、通信プロトコルに対する制約や要求事項があり、それに応じて IP 通信プロトコルを選択している場合に相当する。

以上の 2 例では、機器やデバイスへのアクセスの形態と IP 通信プロトコルの選択について、表 1 と表 2 を用いて検討した。これにより、機器やデバイスへのアクセスの類型化や、IP 通信プロトコルの選択の手順が実際のシステム構築に対して適用可能である。また、このような検討を行うことで、IoT システムの構成を明確化しやすくなっている。

6 . まとめ

本研究では、機器やデバイスからのデータ取得手段や、IP 通信プロトコルの選択等における考え方と具体的な候補を明らかにし、実際のシステム構築に対して適用可能であることを示した。

今後は、本研究では対象としなかった IP 通信で送受信するデータの構造等についても検討を行うことが必要である。その場合には、カメラで撮影した画像データや、CPS(Cyber Physical Systems)や物理シミュレーションシステムで用いられる 3D データなどサイズが大きくなりがちなデータの扱いが課題になると考えられる。

【参考文献】

1. 経済産業省, 製造業の新たな展開と将来像, 2015 年版ものづくり白書, 156-216(2015).
2. 第 5 期科学技術基本計画, (2016).
3. 経済産業省, 価値創造に向けた Connected Industries の推進, 2018 年版ものづくり白書, 129-183(2018).
4. Raspberry Pi Foundation Website, <https://www.raspberrypi.org/>
5. T. Mizuya, M. Okuda, T. Nagao, A Case Study of Data Acquisition from Field Devices using OPC UA and MQTT, Proc SICE Ann. Conf. 2017, 611-614, (2017).
6. OPC Foundation Website, <https://opcfoundation.org/>
7. MQTT.org Website, <http://mqtt.org/>
8. Modbus Organization, Modbus Application Protocol Specification V1.1b3, (2012),
9. OASIS, MQTT Version 3.1.1, <http://docs.oasis-open.org/mqtt/mqtt/v3.1.1/os/mqtt-v3.1.1-os.html>, (2014).
10. ZVEI, The Reference Architectural Model Industrie 4.0(RAMI 4.0) version 1.0, (2015).
11. 奥田, 水矢, 吉田, PLCopen OPC-UA Client FB を利用した機器制御に関する研究, 第 5 回計測自動制御学会制御部門マルチシンポジウム, Fr31-3, (2018).