

# 無線通信モジュールを用いた計測機器の無線制御方法の習得

真野篤志

工学系技術支援室 装置開発技術系

## はじめに

中部シンクロトン光利用施設(仮称)の支援業務に加速器電子銃のように高電圧が印加されるなど有線接続が不可能な環境にある機器の制御が必要な場合や離れた場所に臨時の機器を設置する場合が想定された。これらの状況が発生しても対処可能なように無線による計測機器制御技術の習得を行った。

## 1. 無線通信モジュールの選定

無線通信モジュールは電子工作用キットから工業用製品まで多くの製品が販売されている。また、法規制や初期コスト、導入コストなど様々な条件も存在する。このため、適正なモジュールを選定することが重要となる。

必須条件は以下の2つである。

### 1) 電波法などに適合し、無届で使用できること

無線通信は混信、干渉が起きやすいため、電波法をはじめとした法規制が多数ある。使用周波数、出力によっては無線局としての登録や免許取得が必要となってしまう。免許取得などの手続きは時間がかかるため柔軟な運用に支障をきたす恐れがある。このため、無届で運用可能な微弱無線局または小電力データ通信システムに分類されることを条件とした。

### 2) PC 及び機器との接続が容易であること

機器制御は一般的に PC を用いて行われるため RS232 や Ethernet といった標準的な通信インターフェースにて演算処理なく入出力可能なことを条件とした。

また、以下の条件を満たしていることが望ましい。

### 1) 安価であること

機器増設が行いやすいため、安価であることが望ましい

### 2) 入手性が良いこと

納期が短いほど使い勝手よいため、複数の業者が在庫を有していることが望ましい

以上の条件を考慮した結果以下の3製品が候補になった。

### 1) 秋月電子 RS232C 全2重通信ユニット

電波法規制上は微弱無線局に該当。1式2万円程度。

送信ユニットと受信ユニットのペアで使用する必要がある。

インターフェースは RS232 で直接 PC などと通信可能。

1対1通信しかできない。

### 2) Bluetooth モジュール ZEAL

電波法上は小電力データ通信システムに該当。1式1.5万円程度

モジュール単体では1万円程度

ZEAL モジュール+Bluetooth アダプターの組み合わせで使用。  
インターフェースは UART。PC とはレベル(電圧)変換が必要。  
1 対 1 通信しかできないが接続相手の切り替えは可能。

### 3) XBee

電波法上は小電力データ通信システムに該当。1 式 1 万円程度。  
モジュール単体では 2,000 円程度。

インターフェースは UART。PC とはレベル変換が必要。

1 対 1、1 対多通信の両方が可能。デジタル入出力、アナログ入力あり  
価格、機能面より XBee を採用した。

## 2. XBee の通信規格の選定

XBee には 3 種類の通信規格がラインナップされている。各規格の特徴を次に挙げる。

### 1) IEEE 802.15.4 (XBee Series1)

ピアツーピア通信タイプ。XBee のメーカーである digi 社独自の拡張で 1 対多通信が可能ではあるが送信元 XBee の通信可能範囲内に宛先 XBee がいる必要がある。(図 1)  
設定は比較的簡単。

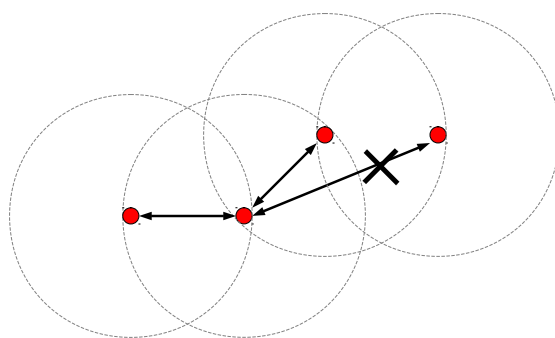


図 1. XBee Series1 の通信範囲

### 2) Zigbee (XBee ZB)

ネットワーク通信タイプ。自動中継機能を持ち、宛先 XBee が送信元 XBee の通信可能範囲外であってもネットワーク内の他の XBee が中継してくれるので通信ができる。(図 2)  
ネットワーク管理のために、設定はやや複雑。

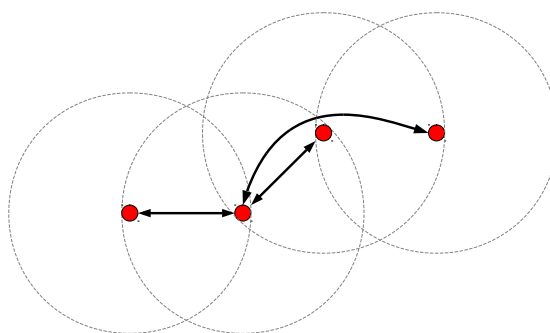


図 2. XBee ZB の通信範囲

### 3) Wifi (XBee Wifi)

無線 LAN を利用するタイプ。ほかの 2 規格に比べ PC との親和性が高いがモジュール価格がほかの約 2.5 倍と高価。

中継による長距離通信や障害物回避を狙えるため、Zigbee 規格の XBee Wifi を採用した。

## 3. XBee ZB の使い方

XBee ZB を使用するには以下の 3 つの要素を決める必要がある。

- 1) 有線部分通信方法
- 2) XBee の動作モード
- 3) Zigbee ネットワークの構成
- 4) XBee ZB の詳細パラメーター

まずは XBee ZB と PC や機器をどのようにつなぐかを決定する必要がある。

主な接続方法は以下のようになる。

- 1) 直接接続

3.3V 動作が可能なマイコンなどは直接 XBee ZB に接続できる。

- 2) レベル変換接続

3.3V 以外の電圧動作のマイコンは 3.3V 用の信号電圧に変換する必要がある。市販の電圧変換モジュールを使用するかトランジスタを用いた電圧変換を行う。

PC など RS232 インターフェースを持つ機器と接続したい場合は信号電圧の変換と論理の反転をする必要がある。MAX232 をはじめとする専用 IC やモジュールを利用する。基本的には外部電源が必要になる。

- 3) USB-シリアル変換

RS232 ポートのないノート PC などで行いたい場合には USB インターフェースへ変換すると便利である。PC 側のソフトウェアは RS232 の時と変わらない。

FT232 などの専用 IC やそのモジュールを用いる。バスパワー動作なので外部電源は不要。

次に XBee ZB の動作モードを決定する。XBee の動作モードとして透過モードと API モードの 2 種類がある。2 つのモードはファームウェアが異なる。

各モードの詳細は以下のようになる。

- AT モード (透過モード)

シリアル通信を単純に無線化するモード。通信相手は固定になる。デジタル入出力の遠隔制御などの利用もできない。

- API モード

XBee ZB の全機能が利用できるモード。デジタル入出力の遠隔制御や通信相手の指定が可能。ただし、通信には指定された書式の packets を利用しなければならない。

各モードの組み合わせ時の動作は以下のようになる。(図 3)

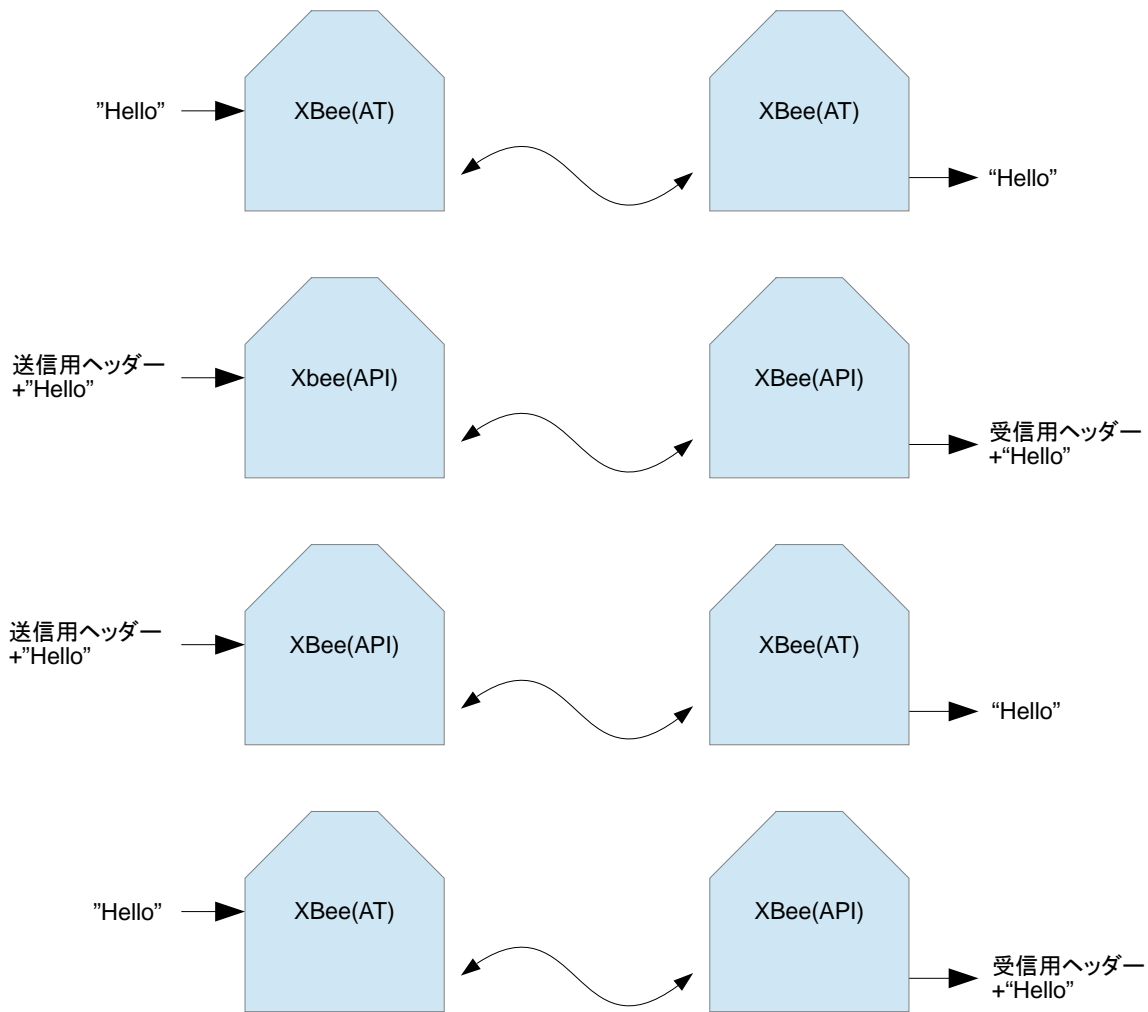


図 3. 各動作モード組み合わせ時の挙動

機器側に AT モード、PC 側に API モードの組み合わせを用いると 1 ポートで複数の機器の制御が可能になる。

3 番目に XBee ZB の通信規格である Zigbee のネットワーク構成を決定する。Zigbee ではネットワーク内の各 XBee（端末）ネットワーク管理のためにコーディネーター、ルーター、エンドデバイスのいずれかの役割が割り当てられる。

それぞれの役割は以下ようになる。

- コーディネータ  
ネットワーク制御を受け持つ端末。ネットワーク内に 1 つのみ存在する必要がある。スリープはできない。
- ルーター  
ネットワーク内で通信の中継を受け持つ端末。ネットワーク内に複数あっても良いし、無くてもよい。スリープはできない。
- エンドデバイス  
中継機能などのネットワーク機能を担わない端末。スリープを行うことが可能で省電力。

各々のファームウェアは違うのでどれをコーディネーターにするのか、中継機能を持つルー

ターとすべきか、省電力なエンドデバイスとすべきかといった判断が重要になってくる。

以上で、動作モード 2 種類、端末種類 3 種の計 6 種類のファームウェアのうちどれを使うかが決定するので、XBee ZB にファームウェアを書き込む。ファームウェアの書き込みには専用ソフト X-CTU を用いる。

最後に XBee ZB の詳細なパラメーターを設定する。

設定は X-CTU を用いる。

最低限設定すべきパラメーターは無線通信関係では以下の 2 点である。

- ID(PAN ID)

Zigbee ネットワークの認識 ID を設定する。ネットワークを構成する XBee ZB で統一した値にする。値自体は 0 以外なら何でもよい。

- SC(Scan Channel)

使用する電波のチャンネルを設定する。基本的にはデフォルトで良いがつかない場合にはネットワークを構成する XBee ZB で同一値に統一する必要がある。

ほかに接続機器に合わせて以下のシリアル通信関係の設定を行う。

- BD(ボーレート)

- NB(パリティ)

- SB(ストップビット)

AT モードで動作させる場合は通信相手を指定するため、以下のパラメーターを設定する必要がある。

- DH、DL(Destination Address High, Low)

それぞれ通信したい XBee ZB の SH,SL の値を入力する。

#### 4. 業務への応用例

中部シンクロトロン光利用施設(仮称)の光源加速器放射光モニターの調整機構制御に XBee ZB と Arduino を組み合わせて使用したので紹介する。

放射光モニターは偏向電磁石で発生した放射光をカメラで取り込み、蓄積リング内の電子ビームの揺れや広がりを監視するものである。

光学系の調整や改造が容易となるように遮蔽壁外にカメラを設置する必要がある。このため、放射光の取り出しには放射線遮蔽と設置費用削減のため、床から 2.5m の高さにある測量用の穴を流用している。

放射光を真空中に設置された水冷ミラーで跳ね上げた後、遮蔽壁内の第一ミラー、遮蔽壁外の第二、第三ミラーの 3 枚のミラーで遮蔽壁外の光学定盤に導入している。

この第一ミラーの調整は遮蔽壁内が立ち入り禁止となる加速器運転中に行う必要があり、無線制御が必要となった。また、高所に設置され調整が面倒な第二ミラーについても無電制御を行えるようにした。(図 4)

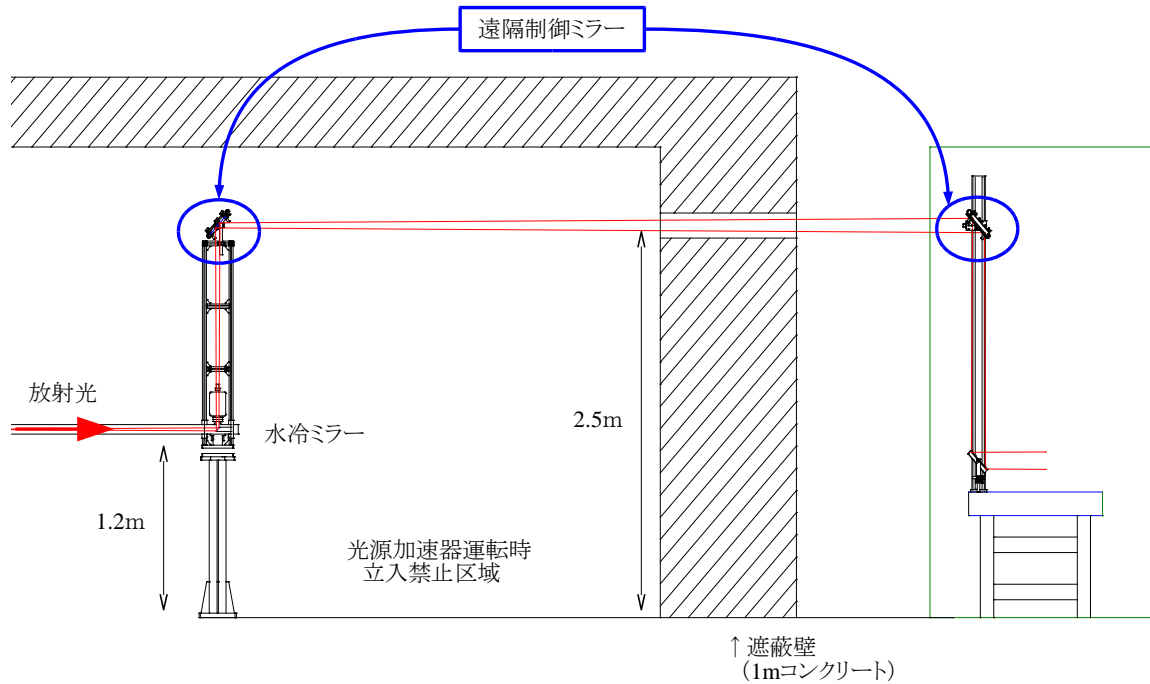


図 4. 放射光モニター光学系

ミラーの駆動には自作アクチュエーターを用いた（図 5）。そのステッピングモーターの制御に Arduino と 4chFET MP4410 を利用した。Arduino にはシリアル通信による相対移動、モーターの励磁停止、パルススピード調整機能を実装してある。

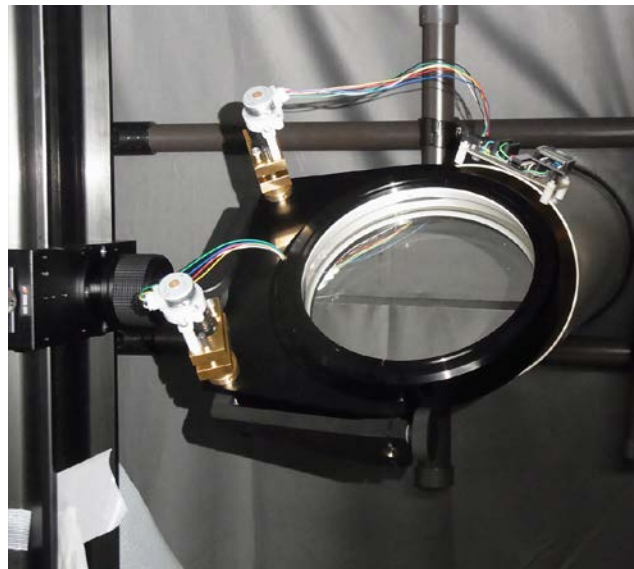


図 5. ミラー外観

Arduino と PC の通信を AT モードの XBee ZB で無線化している。また、遮蔽壁による減衰が激しく、遮蔽壁内と通信できるエリアが限定されたため、中継機能を利用し、光学定盤付近及び、運転制御室からの制御を可能とした。（図 6）

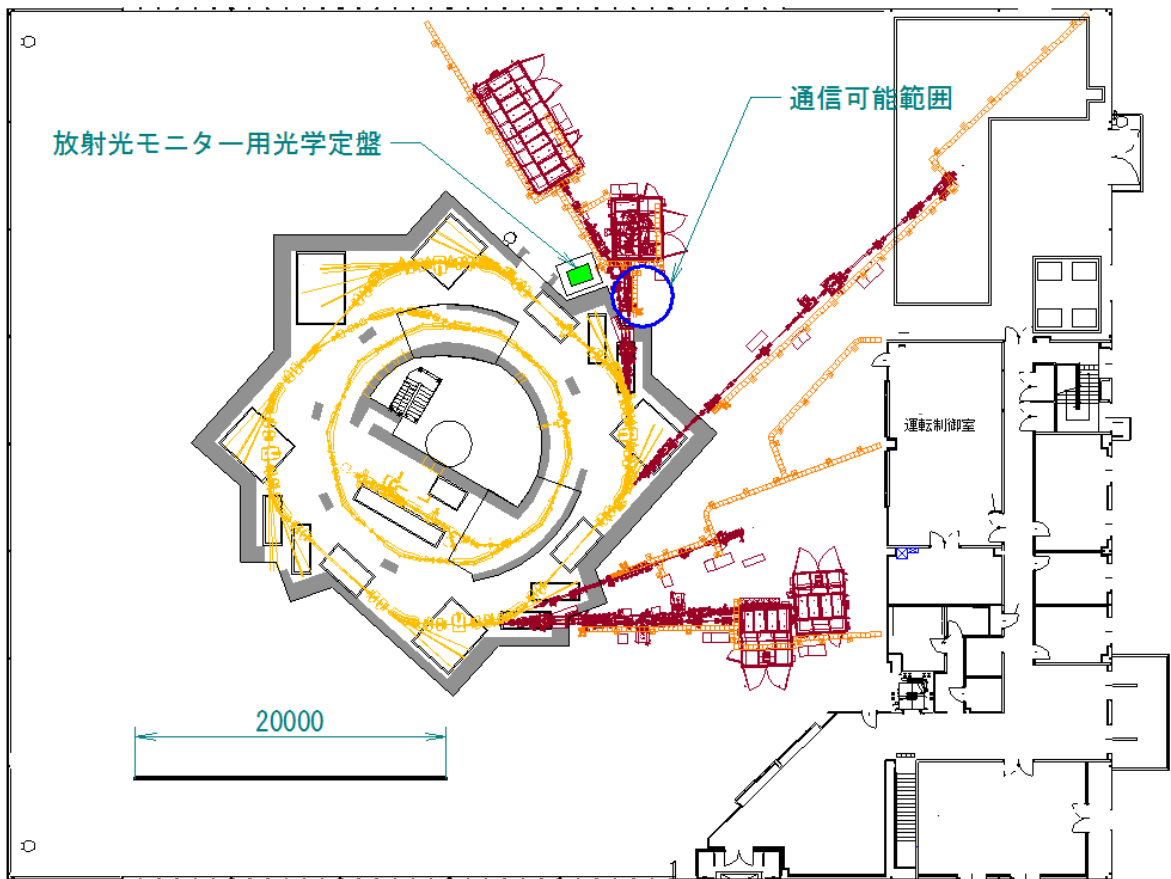


図 6. ミラー外観

## 5. まとめ

- 無線通信モジュール XBee を用いた機器無線制御技術を習得した。
- 中部シンクロトン光利用施設(仮称)の光源加速器放射光モニターに機器無線制御を応用した。