

無線通信による電圧計測・データ収録システムの開発

○久島萌人、民田晴也、児島康介

教育・研究技術支援室 計測・制御技術系

1 はじめに

イオン電子ビームラインの高電圧監視システムを構築したのでその概要を報告する。イオン電子ビームラインはクリーンルーム内に構築され、電気絶縁と遠隔地でのモニタリングが可能な、無線通信を使用したデータ伝送システムが必要になる。今回は、12系統の高電圧発生器の出力監視をするために、無線通信モジュール XBee を用いて電圧値をクリーンルーム内の表示器とクリーンルーム外の PC に無線データ送信し、電圧のリアルタイム表示と PC データ収録をするシステムを構築した。

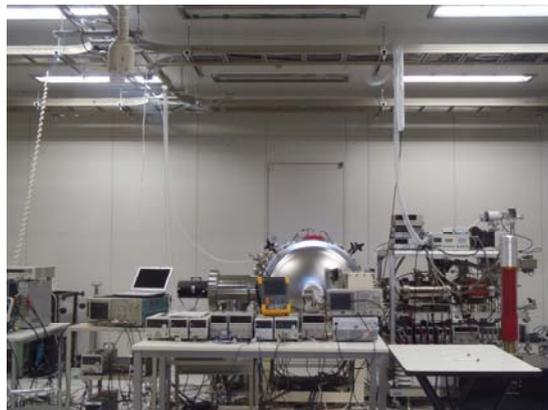


図 1. クリーンルーム内のイオン電子ビームライン

2 システム構成

システムは主に電圧計測部、無線転送部、LED 表示部、PC データ収録部の 4 つで構成される。システムの全体構成を図 2 に示す。監視対象となる機器の電圧モニター信号を電圧計測部のマイコンで AD 変換し、高圧電圧値に換算して無線転送部 XBee にデータを UART 送信する。XBee では受け取ったデータを電圧表示部とデータ収録部に無線データ転送する。無線通信モジュールには入出力の種類やライブラリの違い等で様々な種類があるが（例：東京コスモス電機 TWE-001）、今回は設置場所で使用実績があり依頼者の取り扱い経験もある XBee を使用した。XBee とは Digi インターナショナル社が販売している IEEE 802.15.4 通信モジュールで、2.4GHz 帯を使用し、低速・小電力で近距離での通信を想定されている。電圧表示部では無線受信したデータをマイコンで処理し、7セグメント LED で表示をする。データ収録部では TeraTerm を用いて PC にテキストデータとしてデータを保存している。

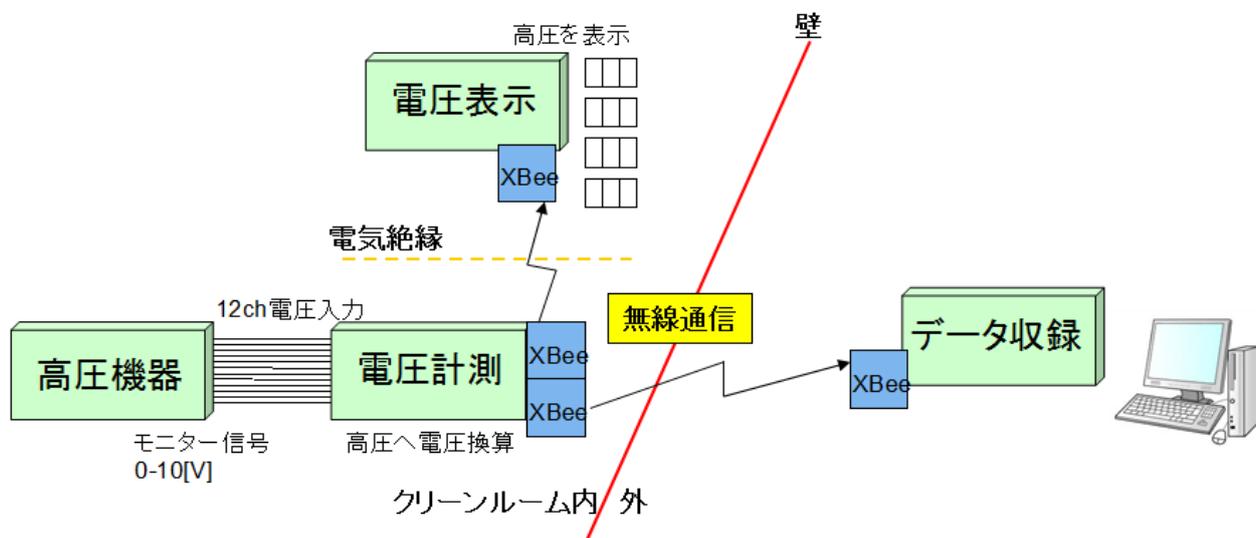


図 2. システム全体構成

2.1 電圧計測部

入力する高圧電圧（モニターは 0-5[V], 0-10[V]）の電圧値を無線送信する。12チャンネルの電圧値を AD 変換するためのマイコンとして、12ビットの AD コンバーターを 13チャンネル持ち、安価な PIC18F4523 を選定した。このアナログインプットに 12チャンネルそれぞれの電圧を入力するが、AD コンバーターのダイナミックレンジは 0-5[V]であるため、5[V]を超える電圧を入力する場合は抵抗で降圧してから入力する。各チャンネルの電圧レンジは最大 0-1000[V]までの間で様々であり、マイコン内でレンジに応じた倍率で真値の計算が必要になるため、マイコンは高電圧値に換算するための各チャンネル毎の換算テーブルを持つ。AD 変換のサンプリング周波数は 1[MHz]でノイズ対策のため 10 サンプルの平均を取り、1 秒間隔でチャンネル名と電圧値をテキストデータとして UART で XBee にシリアル出力する。



図 3. 電圧計測部ブロック図

2.2 無線転送部

無線転送には XBee を 2 ペア使用し、AT モード (透過モード) で通信を行う (AT モードの詳細はリファレンス参照)。当初は XBee 親機から LED 表示部と PC データ収録部の 2 箇所の XBee 子機にブロードキャストデータ送信する予定であったが、XBee 付属標準ライブラリでは親機から複数子機へのブロードキャスト毎にアドレススキャンを実行して時間を消費し、約 2 秒間隔をあけないとデータ転送できないという問題が判明した。1 秒間隔のデータ更新という依頼者の要望に応えるため、親機を追加し 1 対 1 の通信を 2 系統という形とした。マイコン-XBee 間と XBee 同士の通信速度 (ボーレート) は 115200 である。電圧計測と無線転送を行う基板を図 4 に示す。

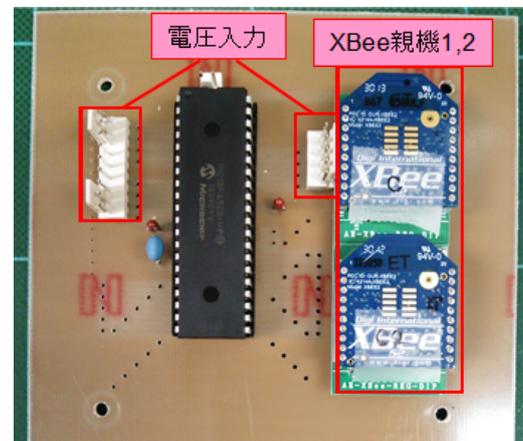


図 4. 電圧計測・送信基板

2.3 LED 表示部

電圧表示には遠隔や暗所でも視認性のよい、やや大型 (50x35mm) の 7セグメント LED を使用し、1チャンネルあたり 3桁で電圧を表示する。LED 表示制御には電圧計測部と同じマイコン PIC18F4523 を使用している。12チャンネル分の電圧を表示するには 36個の 7セグメント LED を制御する必要があるが、7セグメント LED デコーダとマルチプレクサを使用することによってマイコンの使用ピンを節約し、1つのマイコンですべての LED を制御している。これにより LED の消費電力低減にもつながっている。図 5 に LED 表示基板を示す。この基板を 3 枚用いて 12チャンネルを表示する。ただし、増設基板に XBee とマイコンは無く、3 枚の基板はケーブルでつながっている。

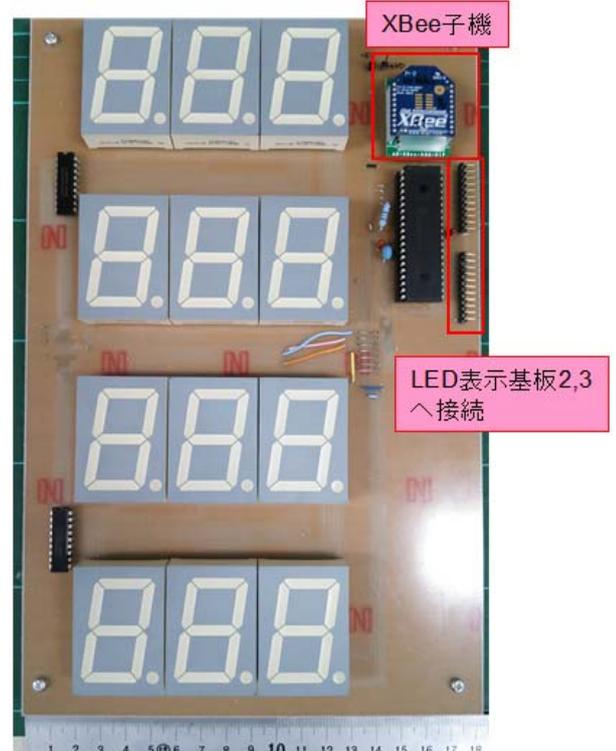


図 5. LED 表示基板

2.4 PC データ収録部

ChipSelect 社製の USB コネクタ基板を使用して XBee を PC に接続し、ターミナルエミュレータ TeraTerm で受信データの表示・収録を行う。TeraTerm にはログを保存する機能があり、データはテキストデータとして保存され、ファイルが一定サイズになると新しいファイルに更新する。尚、データ収録プログラムは今後、ユーザの希望に合わせて作成する。



図 6. USB コネクタ基板

```
20150219_163836.log - メモ帳
ファイル(F) 編集(E) 書式(O) 表示(V) ヘルプ(H)
[Thu Feb 19 16:38:37.424 2015] ch1:3.33ch2:1.64ch3:2.84ch4:3.02ch5:3.31ch6:3.45ch7:3.38ch8:3.33ch9:3.34c10:3.36c11:3.30c12:3.26
[Thu Feb 19 16:38:38.487 2015] ch1:3.38ch2:1.62ch3:2.86ch4:3.04ch5:3.29ch6:3.40ch7:3.44ch8:3.33ch9:3.32c10:3.37c11:3.32c12:3.25
[Thu Feb 19 16:38:39.922 2015] ch1:3.41ch2:1.62ch3:2.82ch4:3.10ch5:3.29ch6:3.36ch7:3.46ch8:3.37ch9:3.31c10:3.35c11:3.34c12:3.25
[Thu Feb 19 16:38:40.617 2015] ch1:3.43ch2:1.62ch3:2.78ch4:3.15ch5:3.32ch6:3.34ch7:3.44ch8:3.41ch9:3.30c10:3.32c11:3.37c12:3.25
[Thu Feb 19 16:38:41.683 2015] ch1:3.42ch2:1.64ch3:2.75ch4:3.15ch5:3.36ch6:3.33ch7:3.39ch8:3.43ch9:3.31c10:3.30c11:3.37c12:3.28
[Thu Feb 19 16:38:42.748 2015] ch1:3.40ch2:1.66ch3:2.74ch4:3.10ch5:3.39ch6:3.33ch7:3.36ch8:3.44ch9:3.33c10:3.29c11:3.35c12:3.31
[Thu Feb 19 16:38:43.811 2015] ch1:3.37ch2:1.67ch3:2.73ch4:3.06ch5:3.41ch6:3.37ch7:3.35ch8:3.41ch9:3.35c10:3.28c11:3.33c12:3.32
[Thu Feb 19 16:38:44.875 2015] ch1:3.33ch2:1.67ch3:2.73ch4:3.03ch5:3.41ch6:3.41ch7:3.34ch8:3.37ch9:3.37c10:3.30c11:3.31c12:3.32
[Thu Feb 19 16:38:45.942 2015] ch1:3.31ch2:1.67ch3:2.76ch4:3.02ch5:3.36ch6:3.44ch7:3.33ch8:3.35ch9:3.38c10:3.30c11:3.30c12:3.29
[Thu Feb 19 16:38:47.007 2015] ch1:3.32ch2:1.66ch3:2.81ch4:3.01ch5:3.33ch6:3.46ch7:3.38ch8:3.33ch9:3.36c10:3.35c11:3.29c12:3.27
[Thu Feb 19 16:38:48.072 2015] ch1:3.35ch2:1.64ch3:2.85ch4:3.03ch5:3.30ch6:3.44ch7:3.43ch8:3.32ch9:3.33c10:3.37c11:3.30c12:3.26
[Thu Feb 19 16:38:49.137 2015] ch1:3.39ch2:1.62ch3:2.85ch4:3.06ch5:3.29ch6:3.38ch7:3.45ch8:3.34ch9:3.32c10:3.37c11:3.32c12:3.25
[Thu Feb 19 16:38:50.202 2015] ch1:3.41ch2:1.61ch3:2.81ch4:3.12ch5:3.29ch6:3.35ch7:3.46ch8:3.38ch9:3.30c10:3.34c11:3.36c12:3.25
[Thu Feb 19 16:38:51.266 2015] ch1:3.43ch2:1.62ch3:2.77ch4:3.15ch5:3.33ch6:3.34ch7:3.42ch8:3.42ch9:3.30c10:3.31c11:3.37c12:3.26
[Thu Feb 19 16:38:52.332 2015] ch1:3.41ch2:1.64ch3:2.75ch4:3.13ch5:3.38ch6:3.33ch7:3.38ch8:3.43ch9:3.31c10:3.29c11:3.36c12:3.29
[Thu Feb 19 16:38:53.398 2015] ch1:3.39ch2:1.66ch3:2.73ch4:3.08ch5:3.41ch6:3.35ch7:3.35ch8:3.43ch9:3.34c10:3.29c11:3.33c12:3.32
[Thu Feb 19 16:38:54.461 2015] ch1:3.34ch2:1.67ch3:2.73ch4:3.04ch5:3.41ch6:3.40ch7:3.34ch8:3.38ch9:3.37c10:3.29c11:3.31c12:3.32
[Thu Feb 19 16:38:55.526 2015] ch1:3.31ch2:1.67ch3:2.75ch4:3.02ch5:3.36ch6:3.44ch7:3.34ch8:3.35ch9:3.38c10:3.33c11:3.30c12:3.29
[Thu Feb 19 16:38:56.591 2015] ch1:3.32ch2:1.66ch3:2.81ch4:3.01ch5:3.32ch6:3.46ch7:3.39ch8:3.33ch9:3.36c10:3.35c11:3.29c12:3.27
[Thu Feb 19 16:38:57.654 2015] ch1:3.36ch2:1.63ch3:2.85ch4:3.03ch5:3.30ch6:3.43ch7:3.43ch8:3.33ch9:3.33c10:3.37c11:3.30c12:3.26
[Thu Feb 19 16:38:58.722 2015] ch1:3.39ch2:1.62ch3:2.84ch4:3.06ch5:3.29ch6:3.37ch7:3.46ch8:3.35ch9:3.31c10:3.36c11:3.34c12:3.25
[Thu Feb 19 16:38:59.787 2015] ch1:3.42ch2:1.61ch3:2.79ch4:3.14ch5:3.31ch6:3.34ch7:3.45ch8:3.40ch9:3.30c10:3.32c11:3.36c12:3.25
[Thu Feb 19 16:39:00.852 2015] ch1:3.42ch2:1.64ch3:2.75ch4:3.15ch5:3.36ch6:3.33ch7:3.39ch8:3.43ch9:3.31c10:3.30c11:3.37c12:3.28
[Thu Feb 19 16:39:01.915 2015] ch1:3.40ch2:1.66ch3:2.74ch4:3.09ch5:3.40ch6:3.33ch7:3.36ch8:3.44ch9:3.33c10:3.29c11:3.34c12:3.31
[Thu Feb 19 16:39:02.980 2015] ch1:3.35ch2:1.67ch3:2.73ch4:3.05ch5:3.42ch6:3.39ch7:3.34ch8:3.39ch9:3.37c10:3.29c11:3.32c12:3.32
[Thu Feb 19 16:39:04.048 2015] ch1:3.31ch2:1.67ch3:2.75ch4:3.02ch5:3.37ch6:3.44ch7:3.34ch8:3.35ch9:3.38c10:3.32c11:3.30c12:3.30
[Thu Feb 19 16:39:05.113 2015] ch1:3.32ch2:1.65ch3:2.81ch4:3.01ch5:3.32ch6:3.46ch7:3.38ch8:3.33ch9:3.35c10:3.35c11:3.29c12:3.27
[Thu Feb 19 16:39:06.179 2015] ch1:3.36ch2:1.63ch3:2.85ch4:3.03ch5:3.30ch6:3.42ch7:3.44ch8:3.33ch9:3.33c10:3.37c11:3.31c12:3.26
[Thu Feb 19 16:39:07.243 2015] ch1:3.40ch2:1.62ch3:2.83ch4:3.10ch5:3.29ch6:3.37ch7:3.46ch8:3.36ch9:3.31c10:3.35c11:3.34c12:3.25
```

図 7. データ収録ファイル

3 まとめ

12 系統の出力電圧を監視をするため、無線通信モジュール XBee を用いてクリーンルーム内の 7 セグメント LED 表示器とクリーンルーム外の PC に無線データ送信し、電圧のリアルタイム表示と PC データ収録をするシステムを構築した。この業務を通じて XBee を用いたデータ通信技術を習得するとともに、mikroC を利用したマイコンプログラミング技術や PIC マイコンの取り扱いノウハウも習得した。

参考文献

- [1] Digi International Homepage(<http://www.digi-intl.co.jp/index.html>)
- [2] mikroC PRO for PIC User Manual