

# 装置の監視システムの開発に向けて ～様々な研修を通して～

嶋頼子

筑波大学研究事業部研究事業課（プラズマ研究センター）

〒305-8577 茨城県つくば市天王台 1-1-1

## 概要

プラズマ研究センターでは、プラズマ閉込実験を行っている。プラズマパラメータの上昇に伴い、制御装置側の状況の監視とデータの蓄積が課題となってきた。特に制御装置と運転室（実験棟）が別の建物にあることにより、ネットワークを使った監視システムが必要であった。昨年度の分子科学研究所での技術研究会でPIC (peripheral Interface Controller) と小型デバイスサーバ Xport を用いた装置の監視システムを知り、プラズマ研究センターでもこのシステムでの監視装置を提案した。システムの開発には、今まで受けた研修や他研究機関との交流が大いに役に立ったので、システム開発に向けての経緯を報告する。

## 1. はじめに

様々な製品の開発や、技術の向上により、技術職員も自らの技術力の向上と、分野を問わない開発力が求められる機会が多いのではないかと思う。しかしながら、業務が特殊であったり、時間がなかったり、また組織的に確立されていなかったりなどの理由で、技術力の向上に悩む事が多いのではないかと思う。私自身、装置の設計や運用において、悩んできた。技術力の向上の手段は、それぞれに工夫するしかないが、一つの手段として研修も有用であると考える。今回、様々な研修を受け、一つのシステムの設計に至れた。

短時間大電力を得る為の電動発電機の担当をしているが、近年、様々な実験パラメータ（加熱シーケンス）で実験が行なわれるようになってきた。それに伴い、装置の状況を監視し、実験状況やショット番号などのデータと装置の状況の関係を調べる事が重要となっている。そこで、ネットワークを通じての監視システムを提案した。監視システムは、分子科学研究所（愛知県）にて昨年3月に行なわれた第17回分子科学研究所技術研究会で多くの報告がなされたPICとXportを用いてのシステムを取り入れた。監視するのは、プラズマ閉込装置のコイルに流れる電流を制御する装置の一部である直流電流アンプ（DCCTアンプ）の状況と、実験進行状況（通電までの残時間等）である。

DCCTアンプのバイアス電流値は、現在は職員が現場に数値を読みに行っている。DCCTアンプは職員が常時実験を監視・制御する実験棟とは別の建屋にある。職員がそれぞれのグループの仕事と実験の統轄作業を兼任していることから、いつでも何処でもアンプの値をモニターできる事を望んでいた。また、通電までの残時間や、ショット番号をネット

ワーク上に流す事により、安全な実験の遂行と、自由なデータ取り込みができるようになる。

このシステムを設計するのにデータベース（DB）やPICに関する知識が必要であるが、今まで受けた研修や、行き詰って受けた研修など、他機関との交流が役に立った。受けた研修・技術交流を以下に示す。

- ・核融合科学研究所 技術交流
- ・筑波大学 情報処理化研修
- ・高エネルギー加速器研究機構 受け入れ研修

## 2. 核融合科学研究所 技術交流

### 2.1 核融合科学研究所

岐阜県にある大学共同利用機関法人自然科学研究機構・核融合科学研究所（NIFS）は、平成元年に文部省核融合科学研究所としてスタートした研究機関である。プラズマ研究センターも同じ分野なので様々な面で関わりも多い。

技術部は5課で構成され、人数は52人。研究所には大型のプラズマ実験装置があり、技術職員は装置建設に関しての施行管理や各種周辺装置の設計、製作、実験期間中は実験装置の運転、装置の維持・管理や新装置の開発、新しい装置の制御やデータ収集部の設計・製作またソフト開発なども行なっている。

### 2.2 技術交流

NIFSの技術部<sup>1</sup>では、装置の設計・製作や、コンピュータのプログラム制作等を通して互いに技術の向上を目指す目的で技術交流が行なわれている。

技術交流の内容は交流プログラムにより分類される。技術部ホームページ（HP）より抜粋した交流プログラムを表1に示す。ほとんどの交流が関連業務に携わるもの、もしくは興味を示すものという条件で受ける事が出来る。担当者と連絡を取り合い、自分の希望・状況などを伝え実施することができる。

### 2.3 内容

電子回路工作を平成14年度に、パーソナルコンピュータ（PC）を用いた計測・制御技術を平成15年度に受けた。電子回路工作の時は1名での受講だった。私自身、電子回路の製作はあまりやったことがなく経験させて頂く意味での技術交流だった。その後、私がプラズマ研究センターで担当している計

<sup>1</sup> <http://etmikan.nifs.ac.jp/jap.html>

表 1. 技術交流プログラム (NIFS 技術部 HP より抜粋)

技術交流項目	交流人数	期間
NC 加工技術	1～2 名	3 日～1 週間
電子ビーム溶接加工	1 名	3 日～1 週間
電子回路工作	1～2 名	1～2 週間
PC を用いた計測・制御技術	1～2 名	1～2 週間
構造解析シミュレーション技術	1～2 名	1～2 週間
3 次元 CAD シミュレーション技術	1～2 名	1～2 週間
低温技術	1 名	3 日間
真空技術	1～2 名	1 週間
大電力高周波技術	1～2 名	2 週間
バースト放射線計測及び環境放射線監視技術	1～2 名	5 日間程度
PC を用いた大規模装置の制御技術	2～3 名	1 週間
メカトロニクス技術	2～3 名	1 週間
電子出版関連技術	会議形式	1 週間
安全衛生管理について	会議形式	2 日程度
技術組織について		

測装置の関係で「PC を用いた大規模装置の制御技術」のテーマで申し込んだ。内容は VisualBasic を用いた制御プログラムの作成である。プラズマ研究センターの実験状況は PostgreSQL を用いた DB サーバに保存されており、その DB と計測したデータを組み合わせて利用したい事などを伝えた。その結果、内容としては VisualBasic を用いた DB へのアクセスというものになった。他大学の方との2名での受講であったが、その方は装置の制御が目的で、2日目以降は個別の内容で実施された。

研修の期間は4日間であり、VisualBasic の導入から PostgreSQL のインストール、実習を行なった。

DB というものがどのように構築されているか分からなかったが、インストールから経験する事により段々と理解ができた。また、研修は Windows マシンを用いて行い、access からの簡単な DB へのアクセスも経験した。その後、センターの DB へ実際にアクセスし修正なども行なえるようになった。

### 3. 筑波大学 事務情報化研修

平成15年度第IV期事務情報化研修 専門研修＝CGI 基礎(PHP)コースを平成16年2月に受講した。受講のきっかけは、NIFS での技術交流の際に DB へのアクセスならば VisualBasic よりもこれからは PHP の方が楽だろうと雑談の中で出たことである。

#### 3.1 内容

研修は、WebOffice などの業務の情報化・ペーパーレス化に有用な Web 型のオンライン業務システムの開発促進のため、ホームページ作成に必要な PHP 言語の基礎的な知識及び開発技術を習得させる目的で、総務部情報処理課が開催しているものである。研修期間は2日で専門の講師による指導で、PHP の概要

から基本文法を学び、実践を通し掲示板を作っていくというものであった。テキスト1冊を2日で終わらせるというもので、内容は濃く、進むスピードも速かった。最後の掲示板の作成までは出来なかったが、Web アプリケーションというものを理解できた。

研修終了後、プラズマ研究センターのサーバで PHP を利用してみたが、PostgreSQL への接続は試せなかった。

### 4. KEK 受け入れ研修

高エネルギー加速器研究機構<sup>2</sup> (KEK) では、他の研究機関・大学等の職員を受け入れての研修を行っている。平成17年度の筑波大学技術発表において、KEK の職員の方と知り合い、遠隔システムに興味があるならば、研修を受けてみないかとアドバイスをいただいた。そこでどうしてもうまく動作しなかった PIC に関して12月に研修を実施してもらった。研修は通常の業務に影響が小さいよう、午前のみを3回行った。

#### 4.1 内容

担当の方は PIC に詳しいわけではなかったが、シリアル通信等に精通しており、ピンの動作を1点1点 LabVIEW にて確認し、動作が何処まで正確であるかを確認した。LabVIEW を扱うのは始めてであったがプログラムの方法から教えてもらい、PIC の動作を知る事ができた。

午前のみという事で次回までに確認できたところまでを修正し動作を確認、更にプログラムを改造し研修と言う進め方で行った。次回研修までに実施する事が多く大変であったが、その分進みは速かった。

この研修で PIC のシリアル通信の部分が分かり、実際に PC と繋ぐところまで確認することができた。

<sup>2</sup> <http://www.kek.jp/ja/index.html>

## 5. 研修の成果

### 5.1 埋め込み SQL 用 C プリプロセッサによる DB の利用

NIFS での技術交流の際に少し PostgreSQL について触れてもらったので、それを参考にプラズマ研究センターの DB をコマンドで操作することからはじめた。この DB はショットの時間・加熱条件など実験状況が記入されているものである。

センターでは、プラズマ生成実験中はショットのトリガに合わせて様々なデータが、AD 変換機 (CAMAC) よりワークステーションにバイナリデータで送信される。したがってショット中のプラズマの様々なデータは、このワークステーションに蓄積されている。ユーザーは様々なデータを計算し解析している。データの中には常時監視し、その変動をつかむのが必要なものもある。装置の真空度もその一つで、通電中のある時間の値を Fortran で計算し、その変動を監視している。しかし、通電状況などは DB に保存される為、測定値と実験状況を手で書き写しながら監視をしている。

より安定した監視の為、データを組み合わせて新たな DB を作る事を考えた。PostgreSQL の参考書とインターネットで調べた結果、埋め込み SQL 用 C プリプロセッサ (ECPG) というものを使う事にした。これは C 言語から PostgreSQL へアクセスするというものである。ecpgtype.h と ecpglib.h の 2 つのライブラリを使用する。プログラムの記述は非常に簡単で、DB にアクセスする SQL のコマンドは exec sql に続けて SQL コマンドを記述するだけである。以下に、そのプログラムの一部を載せる。

```
/****** データベースに接続 *****/
/*何らかのエラーが発生した場合は関数 error_exit()
をコールする*/
exec sql whenever sqlerror do error_exit();
exec sql connect to
tcp:postgres://192.168.11.1:5432/DBname user NAME
using PW;
/*DB に書き込み*/
exec sql insert into vacdata
(indexno,shotno,ee,ea,eb,cc,wa,wb,we,datetime) values
(:indexno,:shotNO2,:EE,:EA,:EB,:CC,:WA,:WB,:WE,:
datetime);
exec sql commit;
exec sql disconnect;
```

Fortran で書かれた既存のプログラムを C 言語に書き換え exec sql の記述を追加し sql の拡張子を付けて保存する。ECPG を実行するとコンパイル可能な C ファイルが作成される。ショット番号が実験状況の DB とワークステーションのデータの両方に入っているため、これを連携させ、通電時刻は実験状況の DB から取り込み、真空度はワークステーションのデータを計算している。これらのデータを新たな DB に入れている。コンパイルした C ファイルを動かすと、DB にはショットの進行に応じ新しいデータが書き込まれる。更にこの結果を Web に表示するようにした。表示している画面を図 1 に示す。項目の左か

らショット番号、通電時刻、7 箇所真空度を表している。表示するプログラムは PHP で書いており、大学の情報化研修の際に配られた参考書のプログラムをそのまま移植したものである。ただ、ECPG のプログラムがセグメンテーションエラーで止まってしまうことが度々あるため、現在 C 言語を勉強しながらプログラムを見直している。

DB にデータを保存することにより、新たに備考や、通電のタイミング以外のデータも加えることができる。また、PHP で表示する場合、サーバで JpGraph を動かせるようにすれば自動的にグラフ表示も行なう事ができるようになる。

shot番号	通電時間	ee	ea	eb	cc	wa	wb	we
202702	2006-10-07 09:24:00	-1.15e-8	2.22e-8	-1.14e-8	8.88e-8	8.88e-8	-1.14e-8	-1.15e-8
202701	2006-10-06 22:04:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202700	2006-10-06 21:52:00	2.22e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	4.44e-8	3.11e-8	3.11e-8
202699	2006-10-06 21:24:00	2.66e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.33e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202698	2006-10-06 21:12:00	2.22e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	8.88e-8	2.66e-8	2.66e-8
202697	2006-10-06 20:41:00	2.22e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.66e-8
202696	2006-10-06 19:27:00	2.66e-8	4.44e-8	7.55e-8	1.29e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.66e-8
202695	2006-10-06 19:15:00	2.22e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	8.88e-8	2.66e-8	2.66e-8
202694	2006-10-06 19:03:00	2.22e-8	4.44e-8	7.10e-8	1.33e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.66e-8
202693	2006-10-06 18:51:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	8.88e-8	2.66e-8	2.22e-8
202692	2006-10-06 18:39:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	4.44e-8	2.66e-8	2.66e-8
202691	2006-10-06 18:27:00	2.22e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.33e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202690	2006-10-06 17:39:00	2.66e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.22e-8
202689	2006-10-06 17:27:00	2.66e-8	4.44e-8	7.55e-8	1.29e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.66e-8
202688	2006-10-06 17:15:00	2.66e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202687	2006-10-06 17:03:00	2.66e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.55e-8	2.66e-8
202686	2006-10-06 16:43:00	2.66e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202685	2006-10-06 16:31:00	2.66e-8	4.00e-8	7.55e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202684	2006-10-06 16:19:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.24e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.66e-8
202683	2006-10-06 16:07:00	2.66e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.11e-8	2.66e-8
202682	2006-10-06 15:56:00	2.66e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	8.88e-8	3.11e-8	3.11e-8
202681	2006-10-06 15:44:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.24e-7	8.88e-8	2.66e-8	2.22e-8
202680	2006-10-06 15:32:00	2.66e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.24e-7	4.44e-8	3.11e-8	2.66e-8
202679	2006-10-06 15:20:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.29e-7	4.44e-8	2.66e-8	2.66e-8
202678	2006-10-06 15:08:00	2.22e-8	4.00e-8	7.10e-8	1.24e-7	8.88e-8	2.66e-8	2.22e-8

図 1. PHP によるデータ表示

ECPG を用いて新しく作った DB を PHP で表示した。

### 5.2 監視システムの設計と現状

KEK での研修などを通し PIC でのシリアル通信ができるようになり、Web からの DB のアクセスも分かってきたので、発電機周辺機器の状況を監視するシステムを考えた。

DCCT アンブの値の変動には、温度の依存性があるのではという意見が出ていた。そこで、温度とアンブ出力の両方を監視するシステムを設計した。設計したシステムを図 2 に示す。監視システムは、技術研究会での発表を元にワンチップマイクロコンピュータである PIC と Xport で構成し、PC 上のブラウザにて装置の状況を監視できるもの考えた。装置自体は整流器棟地下に設置されており、そこからの出力は整流器棟 1 階の制御盤の端子から取れるようになっている。地下の室温を温度測定素子 (LM35) で電圧値として取り出し、1 階の DCCT 出力と共に PIC で取り込むシステムである。PIC で取り込んだデータは Xport によりネットワーク上で監視できるよ

うにする。整流器棟にはLANは設置されていなかったため、整流器棟と実験棟を光ファイバーでつなぐことにした。共同溝を通り実験棟と結ぶもので、140mのケーブルを用意した。1月に光ファイバーの設置を終えた。DCCTアンプの電流値は抵抗を接続し、端子間の電圧を計り、電流値を出している。PICにてそのまま電圧を取り込むとアースの問題が出てくる為、絶縁アンプを入れる必要がある。現在は、クランプ式の小型電流センサーを使ってDCCTアンプ側の配線に接することなく電流を測定することを検討している。電流計測の試験中の様子を図3に示す。測定対象の電流が4mAという微小であり、その1%以下の変動を知りたい為、分解能を考慮しなければならず、電子回路の問題が残っている。モニターしたDCCTアンプの値をDBに入力する部分はJAVAで行なうため、JAVAの知識も習得する課題も残っている。

また、プラズマの計測機器の多様化などにより、従来のCAMACに頼らない取り込みが増えてきたため、正確な実験の進行状況が必要となっていた。そこで、発電機を制御するPLC(Programmable Logic Controller)とリレーの出力をPICに入れ、今まで監視デスク上と実験室でしか分からなかった、ショット番号・ショットまでの残時間をXportでネットワーク上に流し、VisualBasicなどで自由に利用してもらうよう考えた。これにより、より正確に取り込みが行なえるようになり、更により安全に実験が行なえるようになる。現在、配線などを行ないながら、PIC

のプログラムを検討している。

課題点はいくつかあるが、NIFSでもXportに関するシステムを考えていることから、技術交流を2月に行なう事になっており、共に勉強しあうことになっている。



図3. 実験中のPIC

電流センサーの出力をPICに取り込み、電流値を計算し、LCDに出力してテスターの値と比較する。

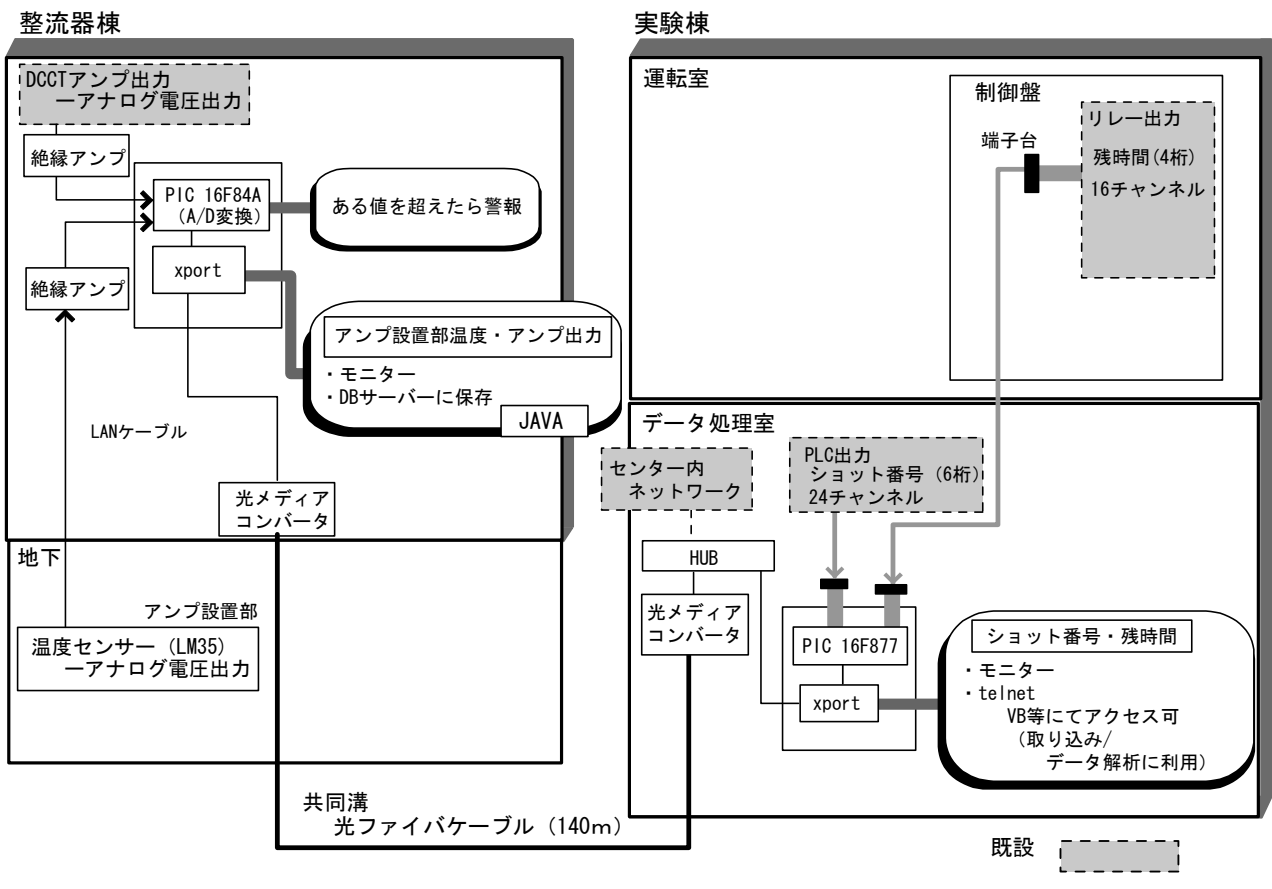


図2. 装置の監視システム図

PICにセンサーやPLC・リレーの出力を取り込み、Xportにてネットワーク上から装置の状態・実験状況を監視する。

## 6. まとめ

いくつかの研修を受け、監視システムの設計を行った。システム自体は新しいものではないが、装置の監視技術に関して全く知識のなかった状態から低価格でのシステムを設計できるようになった。最初はまばらに受けていた講習もどこかでつながり、今回のシステム構築にまで至る事ができた。

このシステムでは全て DB の利用と、Web でのモニターを前提にしており、この点では様々なサーバに対する設定が必要となる。これに関して実験的なサーバを利用する事ができ、設定に関してもほとんど管理者に依頼すれば可能であった。PLC の出力を取るにしても図面の見方も分からなかったが、担当教員の指導と技術職員の協力により図面の解読と接点の利用にこぎつけることができた。作業に関しても協力を頂いている。このような恵まれた環境もシステム設計が行なえた背景である。

技術力の向上には、様々な方法があり現在の社会ではインターネットでの情報収集も手である。今回のシステムでも ECPG や JpGraph などはインターネットで見つけた。しかしながら様々な研修を通し様々な方の意見を聞くことにより、自分自身が思っ

てもいなかったアイデアが思い浮かんだりするし、また仕事の励みになるのではないかと思う。

研修や交流会、発表会等を通じ、得た知識を自分の職場で生かすには周囲の職員の協力なくしては出来ない事である。これからも、研修で得たものを業務に活かしていきたい。

## 謝辞

本報告書作成にあたりご指導頂いた板倉先生、周囲の技術職員の方、プラズマ研究センターの皆様に深く感謝いたします。

## 参考文献

- [1] 大津直史, 佐藤和弘, X-PORT を利用した携帯電話による装置監視の試み, 第 17 回分子科学研究所技術研究会講演報告書 (2006) 80-83.
- [2] Richard Stones, Neil Matthew, エキスパートから PostgreSQL 活用テクニック, 株式会社インプレス, 東京, 2002.
- [3] 後閑哲也, C 言語による PIC プログラミング入門, 株式会社技術評論社, 東京, 2002.