

**第 3 回**  
**自然科学研究機構技術研究会**  
**集 録**

**日時** : 平成 20 年 7 月 24 日 (木) ~7 月 25 日 (金)

**主催** : 核融合科学研究所 技術部

**開催場所** : 核融合科学研究所



Proceedings of the 3rd NINS Symposium  
on Engineering and Technology  
24-25 July 2008, NIFS, Toki

Organized By Department of Engineering and Technical Services,  
National Institute for Fusion Science

Abstract

The 3rd NINS Symposium on Engineering and Technology was held on 24-25, July 2008 at National Institute for Fusion Science (NIFS), organized by Department of Engineering and Technical Services, NIFS. This Symposium is continuation of an annual series. The 1st one was held on 25-26 July, 2006 organized by National Astronomical Observatory of Japan. The 2nd one was held on 25-26 June, 2007 organized by Institute for Molecular Science. This proceedings is a compilation of papers presented at the symposium. 49 participants from 5 institutes of NINS attended this symposium and 23 papers were presented.

Keywords: symposium, technology, fabrication, device, diagnostic, control system, cryogenics, computer, data processing



### 第三回自然科学研究機構技術研究会の開催にあたって

核融合科学研究所技術部長 山内健治

自然科学研究機構が発足して5年を迎えました。大学共同利用機関の4機構のひとつとして異なる分野の天文台と4研究所が自然科学研究機構に組織されましたが、天文、生物、分子・化学、エネルギーと研究対象が大きく異なった研究所の組織ですので、そこに勤務する技術職員の業務や組織形態も随分異なっています。

法人化以前から大学共同機関の技術組織の代表が集まり、将来どのような技術組織形態、業務形態が望ましいかを議論してきました。法人化後も機構内の組織の代表者で「技術会議」を定例で開き、技術職員に関する問題について検討を行ってきました。

会議の中で天文台より、機構内の技術職員が互いの技術を研鑽する機会的一端として機構内技術研究会を設けてはどうかと提案があり、折りしも、機構内の「分野間連携研究」の事業が進められている時期であり、他の研究所の技術職員の業務についての知識に乏しいことがありましたので、連携研究への技術対応や機構の研究所の技術職員についての相互理解が必要との認識から進めることになりました。

理工学系の研究所では分子科学研究所、核融合科学研究所、天文台や大学が順番で年1度開催する技術研究会があり、生物系の生理学研究所、基礎生物学研究所では合同で生物技術研究会・生理学技術研究会を毎年開催しており、それぞれの内では理解がありましたが、理工系と生物系の技術職員が一堂に会して業務報告等をすることは無かったので、発表形式についても随分議論しました。

当初は、5研究所で研究支援の共通の技術である「データの可視化」を取り上げ、このテーマを中心として発表を行いました。反省として専門用語が互いに理解できないという意見が出てきました。従いまして2回目からは、極力専門用語を使わないか、あるいは使う場合には、用語を説明することを義務付けました。今回も実施する前に各担当委員が集まり理解できない用語がないか、注釈は付けられているかチェックしました。この様にして出来るだけ互いの業務や業務形態が理解できたら、次にその良い点を取り入れていくべきだと思います。また、もう一歩進んで機構内での技術連携が実施出来ることを目指していきたいと思います。

# 目 次

## 発 表

### 分子科学研究所

- |                               |                 |
|-------------------------------|-----------------|
| (1) 分子研装置開発室における先端加工技術開発の取り組み | 青山正樹.....1      |
| (2) 電子機器・ガラス機器開発技術班業務紹介       | 内山功一.....3      |
| (3) 分子研・低温施設の紹介               | 高山敬史、水川哲徳.....7 |
| (4) 分子研広報室の業務紹介               | 原田美幸.....9      |

### 国立天文台

- |                               |             |
|-------------------------------|-------------|
| (1) 石垣島天文台の建設と運用              | 宮地竹史.....11 |
| (2) 太陽観測所の紹介                  | 篠田一也.....14 |
| (3) 木曾紫外超過銀河(KUG)の探査観測とカタログ作成 | 宮内良子.....18 |
| (4) 国立天文台の安全衛生への取り組み 研修・教育等   | 坂本彰弘.....22 |

### 生理学研究所

- |                                    |             |
|------------------------------------|-------------|
| (1) 情報ネットワークを利用したセミナー等ライブ配信システムの構築 | 吉村伸明.....26 |
| (2) 認知実験用行動検査装置の開発                 | 戸川森雄.....28 |
| (3) マウス摂水量連続計測装置の開発                | 佐治俊幸.....31 |
| (4) 研究室における技術職員の技術支援について           | 伊藤昭光.....33 |
| (5) fMRI 実験用触覚刺激装置の製作              | 市川 修.....36 |

### 基礎生物学研究所

- |                             |             |
|-----------------------------|-------------|
| (1) 実験植物としてのアサガオの紹介         | 田中幸子.....40 |
| (2) 質量分析装置に用いるスプレーヤーの改良について | 高見重美.....44 |
| (3) タッチパネルを用いた情報提示システムの作成   | 中村貴宣.....48 |
| (4) 大型スペクトログラフと光生物学実験       | 東 正一.....51 |

### 核融合科学研究所

- |                                      |             |
|--------------------------------------|-------------|
| (1) 円形テーパ導波管&コルゲートテーパ導波管の内面加工方法      | 杉戸正治.....54 |
| (2) ガス入射装置のフィードバック制御回路の設計・開発         | 安井孝治.....58 |
| (3) LHD 計測データ保存ストレージの変遷と展望           | 小嶋 護.....62 |
| (4) LHD 実験に向けての負イオン源の準備              | 浅野英児.....64 |
| (5) 中性粒子入射加熱装置 (NB I) の粒子入射パワー評価について | 駒田誠司.....68 |

## 資料

- |                 |    |
|-----------------|----|
| 参加者名簿.....      | 73 |
| アンケート集計結果 ..... | 74 |
| 開催プログラム .....   | 76 |
| 編集後記.....       | 78 |

# 分子研装置開発室における先端加工技術開発の取り組み

青山 正樹

分子科学研究所 技術課 機器開発技術班

## 1. はじめに

分子科学研究所装置開発室は、機械技術を中心とした支援を行う「機器開発技術班」と電子回路およびガラス機器製作に関する技術支援を行う「電子機器・ガラス機器開発技術班」から構成され、「日常の実験研究に必要な部品及び機器の製作に迅速に対応すること」、「分子科学の新展開に必要な新しい装置および技術を開発すること」の2つの役割を担っている。機器開発技術班は現在4名の技術職員と2名の技術支援員の6名で業務を遂行している。所内からの工作依頼に対しては主に2名の技術支援員が対応し、年間200~300件の工作依頼業務を行っている。また新たな装置の設計・製作および開発においては、所内からだけでなく全国共同利用機関の一施設として所外からのニーズにもこたえ、研究者との密接な対話の元、市販にはない特徴ある装置の製作を行っている。さらに装置開発室独自の取り組みとして平成17年からマイクロ流体回路のニーズにこたえる製作技術の開発や脆性材料加工技術の高度化に向けた取り組みを行っている。

今回の報告では、マイクロミキサー、バイオセンサーおよびレーザー用光学部品などの製作に必要なマイクロ加工技術および超精密加工技術、また国立天文台に設置されている超精密非球面加工機を用いて国立天文台および名古屋大学と共同で製作を行っている硫化亜鉛 (ZnS) 回折格子の開発などの先端加工技術開発の取り組みについて報告する。

## 2. 各種マイクロ流体回路の製作

装置開発室では、基盤技術の一つとして各種マイクロ加工技術の確立を目指している。最近では機械加工における工具の微細化・高機能化が著しく進展し、MEMSなどの半導体製作技術やフォトファブ리케이션などで製作されてきたものが、一部機械加工においても製作が可能となってきた。当室では機械加工の形状自由度の高い創製加工の利点を積極的にマイクロ流体回路デバイスの製作に適用している。図1にガラス製マイクロチップの製作例を示す。電着砥石を用いてパイレックスガラスに溝幅100 $\mu\text{m}$ 、溝深さ400 $\mu\text{m}$ のY字流路の加工を行った例である。図2はマイクロ流路用の反転型を切削加工で製作し、PDMSに転写し製作したマイクロ流体回路である。図3はマイクロミキサー用流路の試作例である。マイクロミキサーは複数の液体をマイクロ流路内で混合する機能を有する装置であり、混合する異種液体間の距離が数十 $\mu\text{m}$ と短いことにより混合効率が非常に高い特徴がある。今回の試作では材質に Hastelloy を用い流路幅100 $\mu\text{m}$ 、流路壁100 $\mu\text{m}$ とした。今後はさらに流路壁を薄くすること、またガラス製のマイクロミキサーを製作することを検討している。

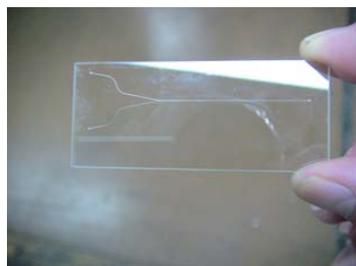


図1 ガラス製マイクロチップ

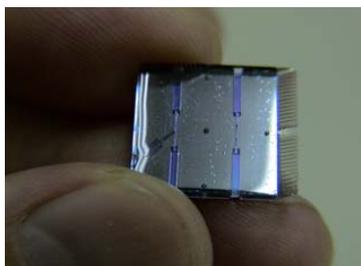


図2 PDMS製マイクロ流路

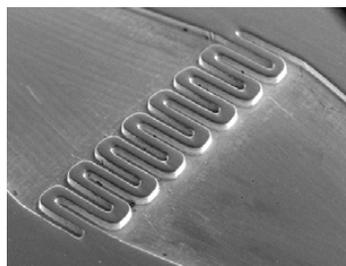


図3 マイクロミキサー用流路

## 3. マイクロ加工機の製作

これまでは従来からある一般的な工作機械を用いてマイクロ加工を行ってきた。そのため機械の挙動による加工誤差のため、加工精度を数 $\mu\text{m}$ とすることは困難であった。そこでステージ精度0.1 $\mu\text{m}$ の分解能を持つマイクロ加工用のCNC精密フライス盤を製作し、より高精度なマイクロ加工のニーズに対応している。図4に製作したCNC精密フライス盤の外観写真を示した。本装置により従来にくらべ高精度な加工が可能となったが、さらに精度

向上を目指し誤差補正切削が行えるように機上測定が可能なシステムを付帯することを検討している。

#### 4. 楕円振動切削によるステンレスの超精密切削加工

各種金属材料、脆性光学部材に対する超精密加工および微細形状加工技術に対する要素技術の蓄積および深化を目的として、平成 18 年度から名古屋大学全学技術センター、国立天文台先端技術センターおよび分子科学研究所装置開発室の共同で国立天文台共同開発研究費により超精密加工技術の開発を 3 年計画で実施している。図 5 は本課題において実施した SUS304 材の楕円振動切削法による R60 凸面鏡面加工の例である。これは高周波電子銃用やスピン偏曲電子銃の電極部品の製作を想定し実施したものであり、これらの構成部材であるチタン、モリブデンおよびステンレス鋼の楕円振動切削法による超精密加工について技術開発を行っている。

#### 5. ZnS のフライカットによる超精密溝加工

本課題も国立天文台共同技術開発研究により実施したものである。ZnS（硫化亜鉛）は赤外線に対し優れた透過特性を持つ光学材料であり、次世代赤外線観測機器用回折格子などへの適用が期待されている。そこで ZnS のダイヤモンド切削に関する臨界切込深さなどの基礎的な加工特性を調査するとともにグレーティング形状の加工を試みた。図 6 は直角バイトを用いてフライカット法により加工を行ったグレーティング形状の SEM 観察写真である。加工面粗さ  $Rq13nm$ 、加工長さ 1.1m のクラックのない良好な加工が可能となっている。

#### 6. おわりに

最近、ますますマイクロ加工を必要とする各種デバイスの製作依頼が多くなってきている。特にガラスおよびシリコンなどの脆性材料へのマイクロ加工、また PDMS などの軟質材料へのマイクロ加工への要求もある。このように研究者のマイクロ加工へのニーズは多様化している。さらにより精度の必要とされる超精密加工領域への要求も増えていくと考えられ、今後も継続して先端加工技術開発をおこない、研究者のニーズに迅速に対応できるような技術力を高めていきたい。



図 4 CNC 精密フライス盤



図 5 SUS304 の超精密切削

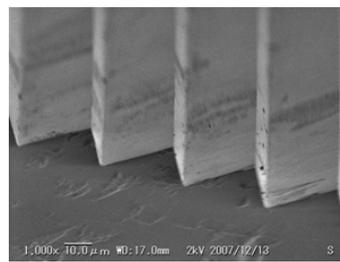


図 6 ZnS のグレーティング形状加工

#### 参考文献

- (1) 青山正樹、鈴木光一 マイクロ流体チップの機械加工による製作 平成 17 年度技術研究会報告集
- (2) 近藤聖彦 マイクロミキサー用マイクロ流路の製作 装置開発室 Annual Report 2007
- (3) 松下幸司他 フライカットによる ZnS の微細溝加工 2008 年度精密工学会春季大会 講演論文集

# 電子機器・ガラス機器開発技術班の業務紹介

内山 功一  
分子科学研究所

## 1. はじめに

分子科学研究所技術課は7つの技術班から構成されている。この内、機器開発技術班、電子機器・ガラス機器開発技術班の2班が装置開発室を構成・運営している。また電子機器・ガラス機器開発技術班は、電子機器開発係、ガラス機器開発係の2係から構成されている。今回は、電子機器・ガラス機器開発技術班の業務紹介と、電子機器開発技術係で製作した装置を紹介する。

## 2. ガラス機器開発係業務

ガラス機器開発係の主な業務としては、所内の研究者からの依頼業務であるガラスを使用した実験機器の開発・製作が挙げられる。また、ガラスに関する講習会を年1回実施している。内容としては、①ガラスの安全な取扱い、②ガラスの切断・端面処理実習、③直管の接合・曲げ・T字管作り実習を行っている。(写真1) 装置開発室の機械、回路、ガラスの各部署には常時持ち出し可能な標準部品を在庫しているストックルームが設置されており、出庫はPC端末とデータベースサーバにて管理されている。このガラスストックルームに在庫するガラスパーツの保守管理も行っている。

## 3. 電子機器開発係業務

電子機器開発係の主な業務としては、ガラス機器開発係と同様に所内の研究者からの依頼業務である電子回路による実験機器の開発・製作を行っている。また各技術職員が年単位でそれぞれテーマを持ち、基盤技術の育成を行っている。回路工作に関する講習会も年1回実施しており、内容として、①安全講習、②回路工作講習、③回路工作実習を行っている。(写真2) また回路ストックルームの保守管理、及び各部署のストック部品出庫を行っているソフトウェア、データベースの管理も行っている。



写真1. ガラス工作講習会風景

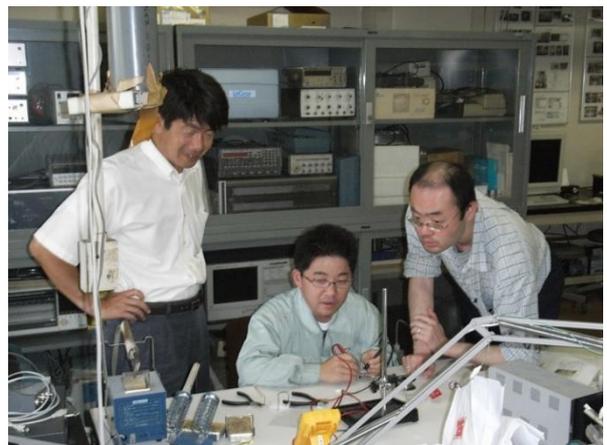


写真2. 回路工作講習会風景

## 4. 電子機器開発係で製作した装置

### 4.1 結晶作製用微小定電流電源

写真3に結晶作製用微小定電流電源を示す。これは、有機伝導体として知られる電荷移動錯体の結晶作製に用いるものである。仕様としては、出力電流0~50 $\mu$ A程度、出力チャンネル数10~50チャンネルで各チャンネルの出力は独立している。結晶作製にある程度の時間を要するため、条件の最適化までの時間を短縮できるように多チャンネル電源として製作することが多い。また、より多くの結晶を並行して製作するためにも多チャンネル電源は有効である。

写真4のようなガラス製セルに溶液と電極をセットし、そこに電流を流すことにより電極に結晶が成長していく。このガラス製セルはガラス機器開発係で製作したものである。



写真3. 微小定電流電源



写真4. 電荷移動錯体用セル

#### 4.2 自動分子定規作製装置

写真5に自動分子定規作製装置を示す。本体は2軸（Z軸200mm、X軸700mm）の駆動機構で、ケージサイズは幅1000mm×奥行き500mm×高さ600mmである。この装置で作成する分子定規とは、有機分子と金属イオンを交互に積層させて得られた自己組織化多層膜であり、超精密レジストとして利用される。分子定規は、分子が垂直に成長する性質を利用しているため、膜厚は分子長と層数によって決まる。この分子定規を利用することにより、精密なナノ構造制御が可能となる。分子定規によるナノリソグラフィーの手順を図1にて説明する。(a)金の親



写真5. 自動分子定規作成装置

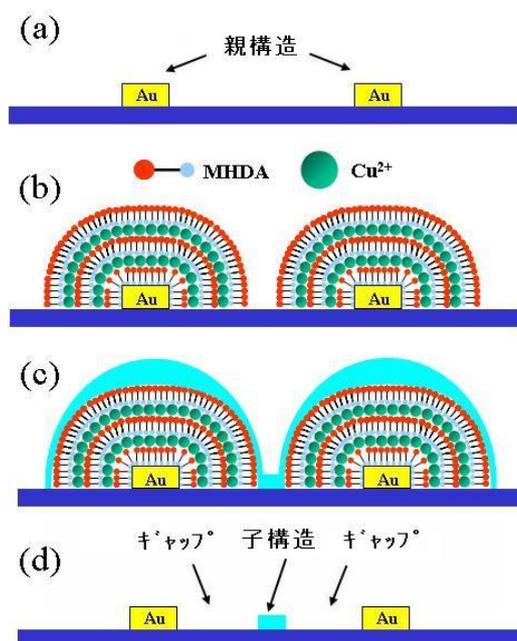


図1. 分子定規によるナノリソグラフィー

構造をリソグラフィー法によりSiO<sub>2</sub>基板上に作製する。(b)自己組織化単分子多層膜が親構造を覆う分子レジストとなる。(c)子構造となる金属を蒸着する。(d)分子レジストを化学的に取り除くことにより、非常に精密なギャッ

ブが親構造と子構造の間に得られる。分子定規の作製には1層目作製に24時間、2層目以降各層毎に約40分程度の時間が必要である。これらの分子定規作製に必要な、長時間かつ断続的な作業を自動化するためこの装置が製作された。この装置はUSB接続によるデジタルI/Oモジュールを用いて、ノートパソコン上のプログラムからシーケンス制御によって動作する。装置の動作を説明するため、図2にシーケンスの流れを示す。①有機分子溶液に基板を浸漬。②エタノールにて洗浄。③窒素をブローして基板から液体を除去。④金属イオン溶液に基板を浸漬。⑤エタノールにて洗浄。⑥窒素をブローして基板から液体を除去。⑦ステップ①に戻る。

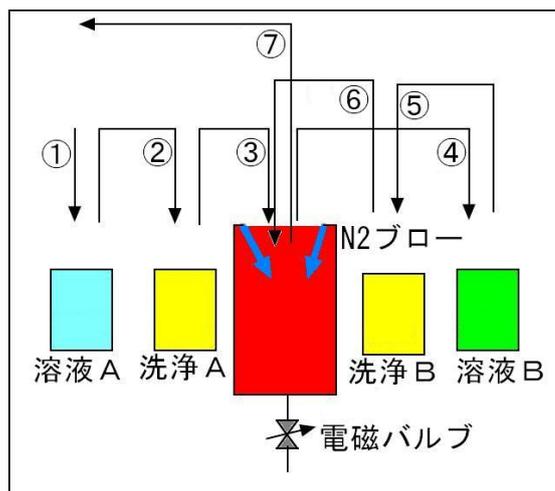


図2. 動作シーケンス

この装置の製作において、ケージ内の容器バスケット、サンプルホルダ、及び窒素ブロー部は機器開発技術班の協力により製作したものである。

#### 4.3 多次元同時検出器用回路

写真6、7に多次元同時検出器用回路を示す。これは東北大学多元物質科学研究所の研究者から製作依頼を受けたもので、電子運動量分光装置に用いるNIMモジュールECLゲート回路である。これは、電子を検出するMCPと3本のディレイラインからなる位置検出器および、解離イオンを検出する7個のイオン検出器の信号を同時計測するための回路である。各ディレイラインの両端から出力される6本の信号のどれか一つに、ライン長から算出される時間(400nsec)以内に二つのパルスが発生した場合、それを同時現象と判断し、その時のセッション情報をTDC(Time-to-Digital Converter)で取り込む。TDCでは各ディレイラインとイオン検出器から出力されるパルスとの時間差を測定する。検出器の分解能を上げるためにはTDCに高い時間分解能が要求されるため、同時計測回路は高速論理素子であるECLを用いて製作された。回路基板は2幅のNIMモジュール内に2枚収納されている。フロントパネルにはイオン検出器からの入力信号を取り込むゲート時間の調整用ボリュームとTTLモニタ端子、そして3つのECL入出力用リボンコネクタ端子が設置されている。またECLは消費電力が大きく発熱も大きいため、対策としてリアパネルに40mm角の空冷用ファンを2台設置してある。

この例のように、装置開発室では外部機関から施設利用という形体での製作依頼業務も行っている。



写真6. 同時計測回路 (外観)

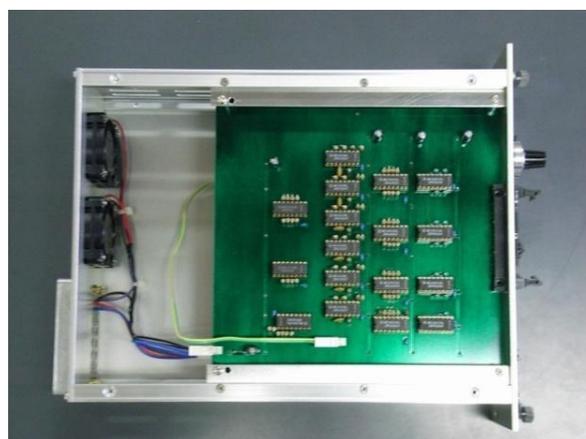


写真7. 同時計測回路 (内部)

## 5. 最後に

昨年度、バイオセンサーの開発を行っている研究グループからセンサ用アンプをマルチチャンネル化したいという要望があった。これを機会に、装置開発室ではアナログ集積回路の設計・製作技術の習得に向けて準備を始めた。現時点では東京大学にある VDEC (VLSI Design and Education Center) を利用し、バイオセンサー用 CMOS 増幅回路の開発を中部大学との協力で行っている。

# 分子研・低温施設の紹介 その1

○高山 敬史、水川 哲徳  
分子科学研究所 技術課 低温技術班

## 0 概要

分子研では、明大寺地区および山手地区において液体窒素・液体ヘリウムの供給を行っている。それぞれ方式が異なるため各供給システムの特徴を踏まえて、明大寺地区の高圧ガス製造施設の概要を紹介する。

## 1 寒剤の供給

寒剤の供給業務には以下に掲げる項目がある。

### 1.1 液体ヘリウムの供給

高分解能核磁気共鳴装置・電子スピン共鳴装置・各種物性機器など、超電導マグネットを有した実験機器の運転には必要不可欠な冷媒である。

### 1.2 液体窒素の供給

主にサンプルの冷却用に用いるが、液体窒素トラップによる不純物の除去、あるいは低温実験装置内部への輻射熱を抑える断熱を目的とした用途に用いられるなど使用用途は幅広い。

### 1.3 高圧ガス製造施設の管理

寒剤は高圧ガス保安法の対象となる物質であるため、高圧ガス製造施設としての保安の管理も重要な業務となる。

## 2 液体ヘリウムの供給

### 2.1 セルフサービス方式

ユーザー自身が液体ヘリウムを汲み出すシステムとなっている。

### 2.2 汲み出しの予約はオンライン方式

機器予約システム（通称名 **MARS**）による **Web** ブラウザーでのオンライン予約方式を採用する。

使用可能時間 平日 9:00 ~ 17:00

### 2.3 液体ヘリウムの汲み出しは完全自動化

ヘリウム容器のセットを行えば後は、『液体ヘリウム自動供給装置』によるパソコン制御 (**LabVIEW** 開発) によるため全自動で行われる。ボタンをクリックするだけの簡単操作で初心者でも取り扱うことができるのが特徴。

## 3 液体窒素の供給

### 3.1 セルフサービス方式

ユーザー自身が液体窒素を汲み出すシステムとなっている。

### 3.2 供給の予約は特に必要なし

勤務時間内であれば好きな時間に汲み出すことができる。

### 3.3 液体窒素の汲み出しは完全自動化

分子研ではすでに 25 年ほど前から自動化に対応している。両地区共通のバーコードによる管理情報の読み取り方式を採用。操作画面をタッチするだけの簡単操作で初心者でも取り扱うことができるのが特徴。

## 4 まとめ

**Foolproof&fail-safe** を理想とした寒剤供給システムの構築を目指している。

## 分子研・低温施設の紹介②

高山敬史・○水川哲徳

分子科学研究所・機器センター

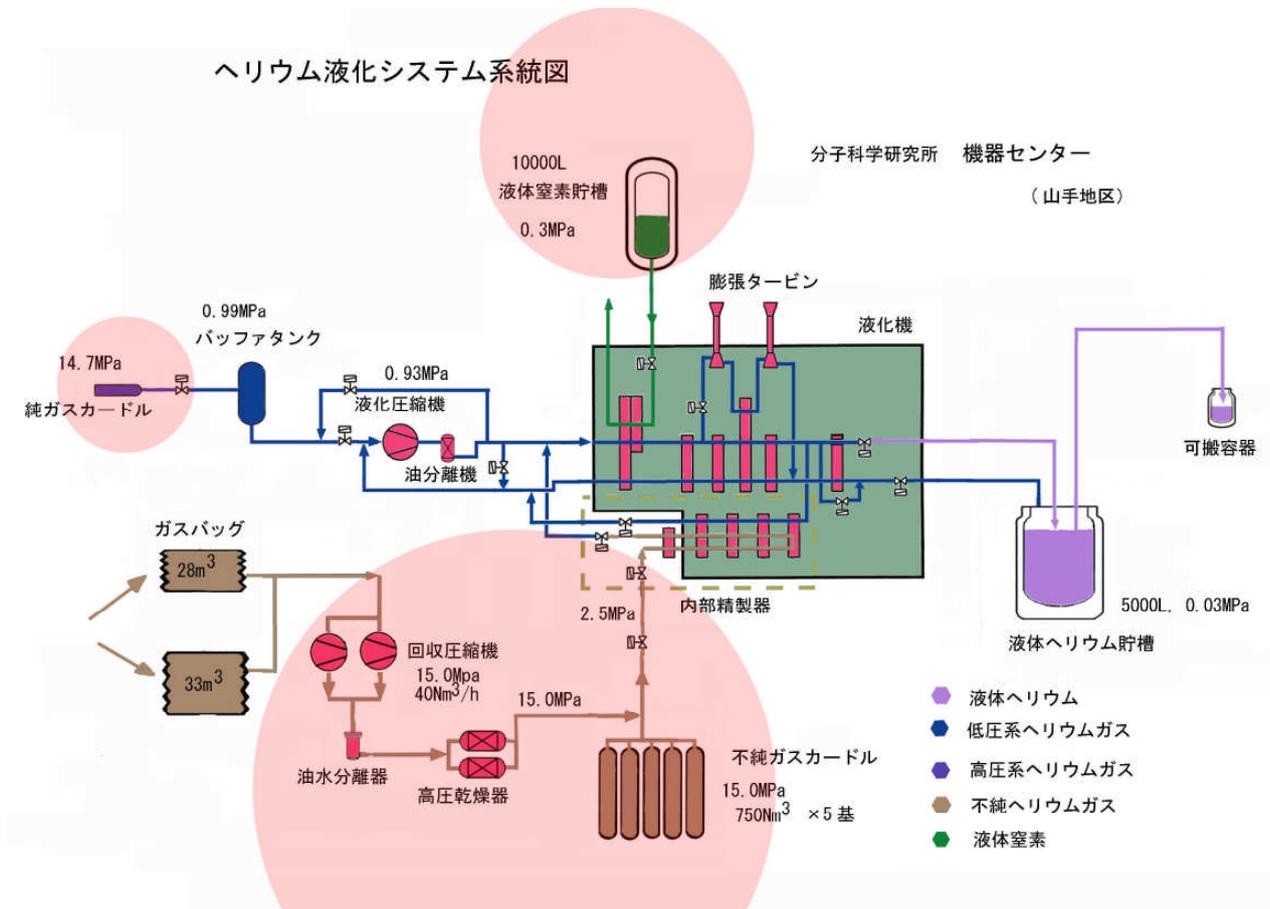
### 山手地区

山手地区のヘリウム液化施設の特異点は、ヘリウム貯槽と液化機が別フロアであり、三重管（液化機と貯槽を結ぶ管）の長さが 10m もあることである。山手 4 号館 1 階には電子顕微鏡が設置されている。電子顕微鏡は振動に対してデリケートであるため振動の少ない TCF-20 が選定され、なおかつ、モーターを有する装置は、電子顕微鏡に近接してない部屋に設置された。この TCF-20 の利点として液化圧縮機の吐出圧が 1MPa 未満（高压ガスに該当しない）ことが挙げられる。これは安全度が高いことを意味しており、高压ガス保安法にかかる規制が少ない。

反面、三重管が異常に長いこのシステムでは TCF-20 はパワーが劣るため、当初液化率（1 時間当たりに液化されたヘリウム量 L）が本来の数字の半分しか出なかった。そのため、タービン 2 個を本来のものからより高性能のものに取り替えねばならなかった。その交換の結果、本来の性能が出るようになった。

また、2005 年 4 月には、三重管が長すぎるため固化した空気が詰まり液化できないというトラブルが発生した。このトラブルはバックパージ（貯槽からきれいなヘリウムガスを管内に通す）により解決した。

図. 1 ヘリウム液化システム系統図



# 分子研広報室の業務紹介

原田美幸

分子科学研究所 学術支援班 学術支援係

分子科学研究所（以下 分子研）では広報室が中心となって研究所に関する広報活動を行っている。法人化以降、研究所は研究内容やその成果をまわりに広く理解してもらうことが、益々重要になってきた。これからの時代、学術研究の場における広報の役割は重要であり、広報室の業務は拡大している。

ここでは、分子研における広報活動の現状を新しい試みを中心に紹介する。

## 1. 分子研広報室の主な業務

分子研広報室は、広報室長ならびに副室長として教授2名(兼任)と技術職員1名、技術支援員1名で構成されている。主な業務を以下に列記する。

### 【アウトリーチ活動】

分子科学フォーラム（一般公開講座）、一般公開、機構シンポジウム、見学受入・職場体験の調整等

### 【出版物作成】

パンフレット、レターズ、レポート、Annual Review、総研大パンフレット

### 【ホームページ】

分子研ホームページ作成および運営

### 【プレスリリース】

資料作成、記者会見セッティング等

### 【総研大行事支援】

夏の体験入学・オープンキャンパス、ホームページおよびポスター作成等

### 【研究活動支援】

予算請求資料作成、大判ポスター印刷、看板作成等

## 2. 2008年度の新たな試み

広報活動のより一層の充実を目指し新たな試みとして行った活動を簡単に紹介する。

### 2-1. 分子科学フォーラム（一般公開講座）の有効活用

1996年度より分子科学の啓蒙活動の一つとして、豊田理化学研究所との共催として、「分子科学フォーラム」を年6回開催している。ここ近年、参加人数の伸び悩み、講演内容が研究者向けになりつつある等効果的な運営が困難になりつつある。そこで、広報室を中心とした広報委員会が運営する体制に改訂することとした。

第一弾としては、特別企画として5月21日にサントリー水科学研究所の樋口直樹所長およびチーフブレンダーの輿水精一氏をお迎えし、水とウイスキーについて講演をして頂いた。講演前のコーヒータイムでは、ジャズをBGMに、サントリーからご提供頂いたウイスキーの試飲会も開催した。参加人数は通常の3倍弱となり大盛況に終わった。

## 2-2. 分子研 HP リニューアル

現状の分子研 HP は情報があふれ、ユーザーに伝えたい情報が伝わりにくい構成となっている。また、ユーザーがほしい情報へ行きづらい導線となっている。これらの問題を解決するために、情報をおおきく3つに分け大幅な改訂を行っている。リニューアルは9月予定である。

## 2-3. 広報室ブログ発信

分子研では一般向けの冊子やホームページコンテンツが全くないのが現状である。そこで、広報室発信のブログを4月より開設、まずは1年間運営することとした。研究所の日常をラフに紹介している。一般向けで始めたが、どちらかというと分子研所員向けする内容が多いのが問題であるが、分子研には所内報がなく、所員が共有する情報がほとんどない状態であることを考えると、運営している価値はあると思われる。

## 2-4. プレスリリース資料作成

研究内容を少しでも記者の方に理解していただけるよう、広報室で資料作成を行っている。デザインは雑誌風にし、とにかく手にとって読んでいただけることを目標に、改良を続けている。

## 2-5. 分子研紹介ビデオ

数年ぶりに紹介ビデオを作成することになった。今回は、一般の方にも飽きずに見ていただける、研究って何か格好いい！と感じていただけることを目標に、コンセプトから取材、編集までかなり製作に関わり、斬新な作りとした。秋には分子研 HP にアップする予定であるので是非見ていただきたい。

## 3. 研究支援

### 3-1. 予算請求資料作成

分子研が予算請求する場合に必要な資料作成を行っている。主に表紙デザインを担当、インパクトがありかつ内容が伝わるデザインを目標に、担当の教員と話し合いながら作成している。

### 3-2. 大判ポスター印刷

研究者が学会で使用するポスター印刷を行っている。データを送っていただき、即試し刷りを行い、問題がなければ本印刷を行う。大変好評なサービスであるため、今後もサービス向上に努めていきたい。

## 4. 最後に

ここ数年、広報にとって転換期であり、ますます情報発信の重要性は高まるであろう。現時点では戦略的な広報活動が出来ていないが、近年中に行えるよう体制を整える必要がある。そのために、まずは業務の整理、拡充について話し合う拡充広報委員会を開催する予定である。

社会へ積極的に研究所をアピールできるよう今後も努めていきたい。

# 石垣島天文台の建設と運用

宮地竹史

国立天文台 水沢VERA観測所／石垣島天文台

## 概要

石垣島に、国立天文台がVERA計画で口径20mの電波望遠鏡を備える石垣島観測局を完成させたのは、2002年であった。当初認められた予算では、水沢局（岩手県奥州市）、入来局（鹿児島県薩摩川内市）、小笠原局（東京都小笠原村父島）の3観測局であった。翌年予算が認められた石垣島局の建設は、計画段階から候補地であった石垣島にとって、国立天文台の施設完成は待ちに待ったもので、その喜びは大変なものであった。

VERA開局を記念して開催された天体観望会には、250名を超える参加者があり、国立天文台が提唱する「旧暦の七夕に、ライトダウンをして星空をみよう」という「伝統的七夕」の企画にもいち早く賛同し、「南の島の星まつり」を企画し、第一回から2000名を超える参加者の集め、いまでは1万人を超える市民や観光客が集い、ライトダウンの元でいっしょに天の川を眺めるイベントとして全国に知られるようになっていく。

この星空に対する関心の高さが、石垣島天文台を建設する力となって、2006年に完成することとなった。建設の経緯も、その後の運用もユニークなこの石垣島天文台について報告する。



図-1 石垣島天文台と天の川（2008年8月）

## 1. はじめに

石垣島は、日本の南西端に位置する亜熱帯の島々、八重山諸島のひとつで、沖縄本島からも400km以上離れた場所にある。最南端の都市である石垣市は、人口4万7千人であるが観光客は年間75万人ほどあり、毎月人口を超える観光客が訪れていることになる。その魅力は、さんご礁の海など自然と島々の独自の暮らしと伝統的な祭りや歌謡や舞踊など文化にある。特に天文台としては、星見石や民話なども含めた星文化の豊かさ、星への関心の高さに驚かされた。石垣島天文台の建設は、このような島だからできたものといえるだろう。

## 2. VERA計画

当初は、文部省直轄研究所のひとつであった緯度観測所の地球回転を正確に測ろうという目的で計画されたもので、岩手県水沢と石垣島の2ヶ所に観測局を設置することが考えられていた。その後、東京大学の附置研究所であった東京天文台と合併して、大学共同利用機関・国立天文台を創設するところから、国内の電波天文関係者と研究計画の見直しが行われ、最先端科学としての電波による位相補償型VLBIによる位置天文学の研究として、銀河系（天の川銀河）の立体地図作りをめざす計画となり、観測局も前述の国内4ヶ所に設置するものとなった。

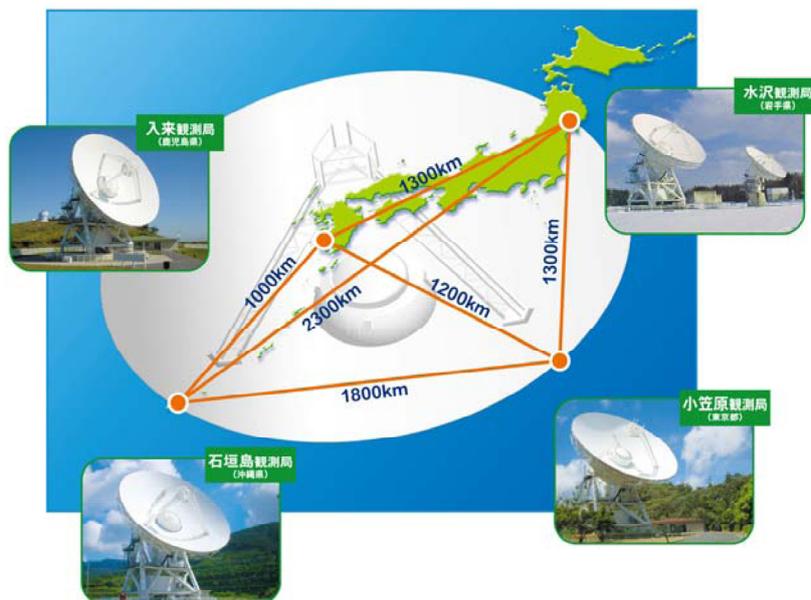


図-2 VERA計画の観測局の配置と各地の電波望遠鏡

しかしながら、予算は厳しく、ようやく認められたのは3局で、水沢局、入来局、小笠原局であった。幸いなことに関係者の並々ならぬ奮闘で、翌年に石垣島局の予算が認められた。緯度観測所で計画されてから、

20年近くたっており、3局のみが認められたときはほとんどあきらめていた石垣島にとって、その喜びは大変大きなものであった。

VERAは、試験観測の後、2005年から世界に先駆けて、本格的な銀河系の立体地図作りの観測を開始している。



石垣市は、VERA観測局の用地探しにも協力してくれ、その土地の提供だけでなく、道路整備や水道設備の整備なども行ってくれた。昨年7月、VERAプロジェクトでは、オリオン星雲などの位置を世界最高の精度で正確に決めたことや、天体の位置を直接測る距離では世界で最遠方になる銀河系の端にあるS269という天体の位置測定に再考したという初期成果を発表したが、偶然にもそれは、石垣市の市政60周年の日でもあり、共に喜べる成果であった。

図-3 銀河系の立体地図づくりが進む VERA計画

### 3. 石垣島天文台の建設

国立天文台が八重山星の会などと天体観望会などを開催するなかで、当然ながら、電波望遠鏡でなく、やはり自分たちの目で直接星が見られる天文台が欲しいということになる。しかし、ハワイ観測所を建設し、ALMA（チリに建設中の日米欧共同の電波観測所）計画を推進している天文台では、到底その要望を叶えることは出来そうになかった。

しかし、市長を先頭に市民らの熱心な要望に対して、天文台としては建設の条件として、石垣市や市民がそれ相応の負担をすることで話し合いをおこなったところ、石垣市が土地造成、進入道路、電気水道などインフラの設備を行う、運用スタッフの一名の派遣、星の会も市民向けの観望会などへの要員派遣などを行い、共同で建設と運用を行うことで合意ができたのだった。

これで、天文台建設の夢が実現できそうに思えたが市が負担する予算は4400万円、市民一人当たり1000円にもなるものとなり、市議会でも議論をよび結局否決されてしまった。ところが、このニュースを聞いて奮起したのが、地元の高校生たちだった。

野外学習でVERA観測局を見学し、星まつりでの天体観望会にボランティアで参加していた彼らが、「石垣島天文台は、島に必要だ」と自主的に署名活動を始めたのだった。島には三つの高校があるが、自分たちの高校だけでなく、他の2校にも呼びかけを行い3高校で、1400名を超える署名を集めたということがわかった、大人たちも「子供たちだけに任せられない」とスーパーマーケットの前など市内で署名活動を始めたのだった。この結果、次の議会に再び提案された予算案は、満場一致で採決され、建設が始まることになった。



図-4 市長に署名を渡す高校生たち

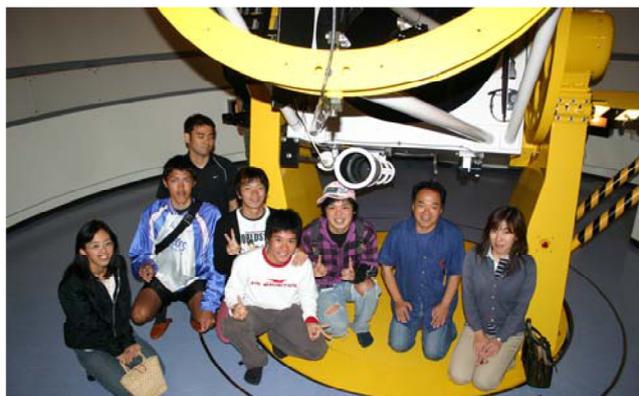


図-5 望遠鏡の元で、天文台の完成を喜ぶ高校生たち

2006年3月の完成式には、多くの来賓者の中にこの署名活動のリーダーだった高校生も参加してテープカットを行った。建設中は、標高197mの前勢岳に市民たちが、引切り無しに訪れ、完成を待ち望むようすが見られた。土日に開催される天体観望会は、今年の夏も予約でいっぱい状態で、毎日断りの電話だけでも数十本になっている。

自分の目で、土星の輪や木星の縞模様を見て、人喜びする市民や観光客を見ると、この石垣島に天文台を作って本当に良かったと思う。高校生たちの活躍にも、石垣市や市民のみなさんの熱意にも応えて行かなければと責任も感じる。

#### 4. ユニークな天文台とその運用

石垣島天文台の運用についても、法人化によって、国の施設では考えられないような方式をとることができた。運営に、石垣市、石垣市教育委員会、沖縄県立石垣少年自然の家、NPO八重山星の会に参加をしていただくことにしたのである（右図参照）。

国と県や市といった地方自治体、市民団体であるNPOにも、それ相応の分担と責任をもっていただき、共同運営をしようという試みである。

運営組織として、運営協議会を設置して、構成メンバーが委員となっている。これは、ただ名前を連ねるというものではない。構成団体は、連携して石垣島天文台の運営方針を立て、その責任を担うことになっている。このユニークな運営方式には、マスコミや地方自治体からのからの問い合わせが相次いだ。

天文台のある前勢岳山頂に至る林道の整備や、水道設備、給電設備は石垣市、観測所の職員の一人は、教育委員会からの派遣である。学校関係の天体観望会などは少年自然の家、土日の市民や観光客むけの天体観望会の際の駐車場係、受付から星空ガイドまでは、NPO八重山星の会が分担している。

こういった連携の元で、地元の高校生たちによる研究体験活動も2005年から行われており、2005年と今年には、新しい電波星を見つけるというVERAの研究にも貢献するような研究成果も生まれて、石垣島天文台の研究体験では、新しい小惑星を発見した。天文学者になることをめざして、大学に進学する高校生も出ている。琉球大学も、運営協議会のメンバーになっており、地元の大学で国立天文台の研究施設を活用した天文学教育を進めることを検討し始めている。

VERA観測局や石垣島天文台を建設し研究活動を行うことによって、沖縄、八重山諸島に新たな星文化を興すことになり、国立天文台と地元との連携は相互に有用な効果を生み出している。



図-6 運営には、自治体や市民団体が参加

図-7 北京オリンピックのニュースを抑えて、一面トップで、報じられた石垣島天文台での高校生の研究



#### 5. 最後に

国立天文台の施設は、全国各所に設置され、最近ではハワイや南米チリなどにも広がっている。技術の発達はめざましく、建設や観測装置の保守運用も昔に比べれば、苦勞することも少なくなっている。しかし、研究活動を進める上で、観測施設を置く地域の自治体や住人とより良い関係を持ち続けることは、今も昔も変わりなく重要で、苦勞も多い。

VERAプロジェクトに参加することで、国内4ヶ所での建設にかかわり、地域との渉外にも携わってきた。銀河系の立体地図作りが、やっと初期の成果を出し始めたが、このプロジェクトと共に地域でも天文台や天体にかかわるイベントなどが地域興しとして発展し、地域の教育や生涯学習にも役立っている。

VERAでは、今後さらに10年以上かけて観測をおこなうことになるが、地域からもその研究成果が期待され、親しまれる観測施設であり続けることは、なお一層重要である。

# 太陽観測所の紹介

篠田 一也  
国立天文台 太陽観測所

## 1. 太陽観測所について

2006年に打ち上げられた太陽観測衛星“ひので”は、今までにない観測画像を撮り続け、素晴らしい成果を上げているが、国立天文台太陽観測所では、地上からの太陽観測として衛星では出来ない継続的な周期観測を中心に、汎用性の高い複雑な観測や試験的な観測などを行っている。

### 1. 1 太陽研究グループ

国立天文台にある太陽研究グループは、観測手段で下図のように分けられている。各グループ同士は直接には関係ないが、それぞれに所属している研究者同士が集まり研究者連絡会を組織している。

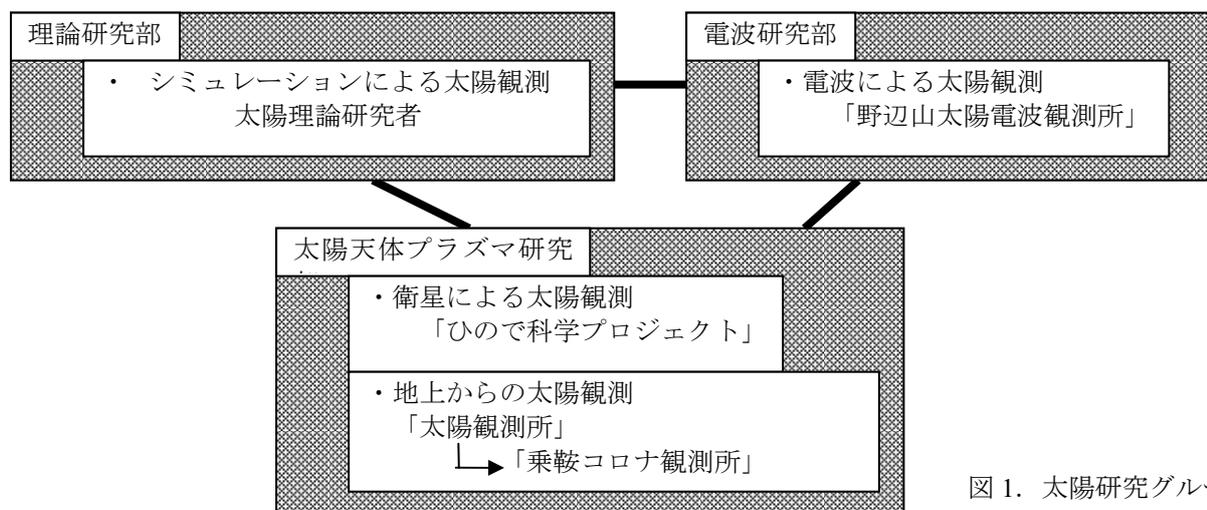


図 1. 太陽研究グループ

### 1. 2 技術系職員の役割

太陽観測所は三鷹キャンパスと乗鞍に観測施設があるが、右の表にあるように、規模の割には専任（常駐）研究者が極端に少ない。二つの観測施設は、技術系職員と契約職員で観測業務の他、運用など行っている。技術系職員の三鷹と乗鞍における主な役割を下記にまとめる。

研究系職員	5名（3）
技術系職員	8名
特定契約職員	3名
支援員	7名（1）
合計人数	23名（4）

表 1. 職員構成（括弧内は併任）

三鷹では

- ・ 毎日の観測業務（主に契約職員）
- ・ 観測装置の保守管理
- ・ 観測データの整理（実作業は契約職員）
- ・ 観測所運営のための雑務
- ・ 観測装置製作と測定試験

乗鞍では

- ・ 観測所での生活維持
- ・ 毎日の観測業務
- ・ 観測装置の保守管理
- ・ 共同利用者のサポート
- ・ 観測所運営のための雑務

表 2. は 6 月の観測当番表である。乗鞍勤務は一週間交代で、勤務中は休暇が取れないため、他の日に振り替えて休むことになる。3名の特定契約職員は、週に二日の割合で三鷹キャンパスの観測当番に入っているが、乗鞍が開所中の夏期は、三鷹で観測当番以外の業務を行う時間はほとんど無い。よって、観測装置開発などは冬期に集中することとなる。

## 6月の観測当番表

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
契約職員	乗	出	張																											
	三	鷹	観	測	当	番																								
	休	日	及	び	振	替																								
技術系職員	乗	出	張																											
	三	鷹	観	測	当	番																								
	休	日	及	び	振	替																								

表 2. 6月の観測当番表

## 2. 三鷹キャンパスの観測装置

三鷹キャンパスには、定期的に太陽を観測するための観測装置が5台あり、毎日観測当番が一人で全ての観測を行っている。

### 2. 1 太陽フレア望遠鏡

太陽フレアとは、太陽で起こる大爆発のことで、黒点近傍の磁場のひずみが原因で起こると考えられている。これを検証するために、口径 15cm と 20cm の望遠鏡が2本ずつ搭載され、太陽表面の磁場分布とガスの流れを計測すると同時に、黒点の形の変化、水素のH $\alpha$ 線によるフレアの観測を行ってきた。現在は、新しい観測装置、赤外マグネットグラフ搭載作業のため、観測を休止している。



図 2. 太陽フレア望遠鏡

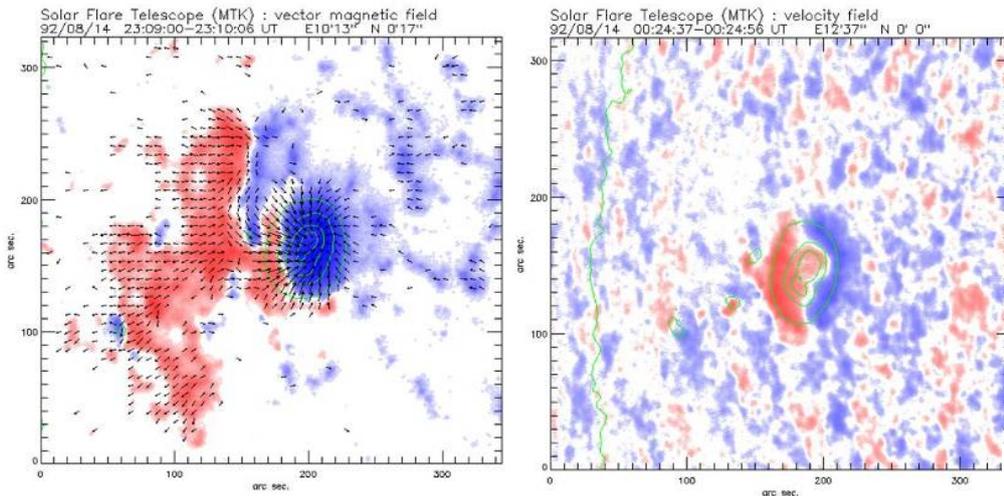
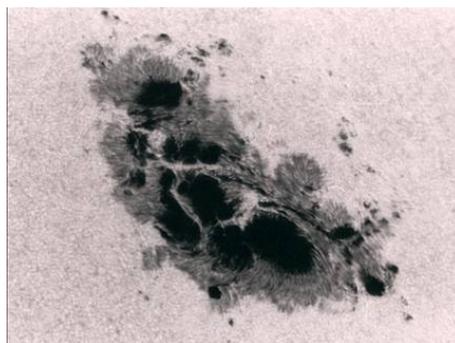
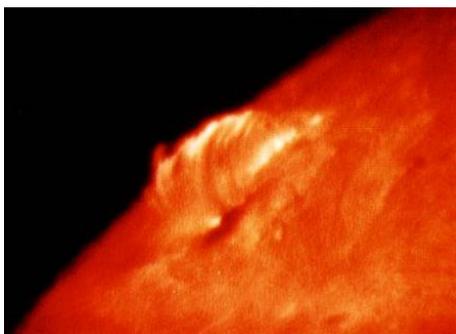


図 3. 観測例

左上：磁場分布、  
右上：速度場（ガスの浮沈）、

左下：H $\alpha$ 線による太陽フレア、  
右下：太陽黒点





### 3. 1 乗鞍の観測装置

淡い光の太陽コロナを観測するには、特殊な仕組みのコロナグラフと呼ばれる望遠鏡が必要である。乗鞍には 10cm コロナグラフ、自動コロナグラフ、25cm コロナグラフの 3 台のコロナグラフがある。2 台の有効径 10cm のコロナグラフは特殊なフィルタを用いて、太陽全面のコロナを観測している。25cm コロナグラフは大型回折格子を用いてコロナの分光観測を行っている。

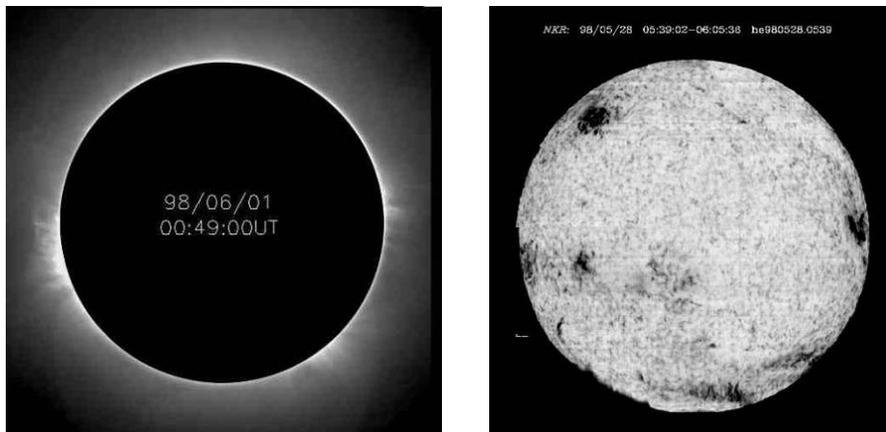


図 8. 乗鞍の観測例

左図:10cm コロナグラフによる太陽コロナ、  
右図:25cm コロナグラフによる赤外線(10830 Å)で見た太陽像、

### 3. 2 乗鞍での生活

1998 年より冬期期間は閉所し、5 月中旬から 11 月初めまでの夏期のみ運用となっている。勤務体制は、3 名ずつの一週間交代の出張による勤務となっている。通常の登下山は、麓の鈴蘭連絡所に置いてある公用車にて、観測所の玄関まで乗り入れることが出来る。開所・閉所時は積雪により通行不可能となるため、進入できるところまでは公用車で進入し、そこから先は徒歩にて登山する。

自動車による通行が可能な期間(7月～10月)のみ、食事作りのため業務支援員 2 名が交代で高山市から毎日通勤してきている。水道も夏場はトラックにより麓から運んでもらっているが、通行不可能な期間は雪を集めて溶かしている。その他、ライフラインは下記のようになっている。

#### ・乗鞍の主なライフライン

電気：ディーゼルエンジンによる自家発電、

水道：開所時は雪からの水作り、夏期は水道水を購入・搬入、

ガス：プロパンガス購入、

電話：自動車電話、

LAN：松本市との間で長距離無線 LAN を開通、

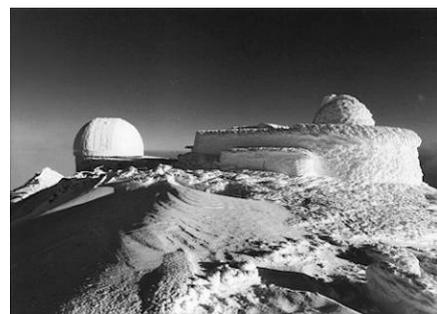


図 9. 厳冬期の乗鞍コロナ観測所

### 3. 3 最後に

来年開所 60 周年を迎えるが、来年度で共同利用としての役目を終える。厳しい自然環境の中、建物及び観測設備の老朽化が進み、年々維持運営が難しくなり、2006 年 9 月打ち上げられた太陽観測衛星「ひので」とのコロナ共同観測で成果を上げることで区切りとすることになった。

#### [参考文献・資料]

国立天文台太陽観測所の WEB サイト <http://solarwww.mtk.nao.ac.jp/jp/solarobs.html>

国立天文台 ひので ホームページ <http://solar-b.nao.ac.jp/index.shtml>

乗鞍コロナ観測所 40 年誌、及び乗鞍コロナ観測所 50 年のあゆみ

国土地理院 地図閲覧サービス (ウォッチず)

# 木曾紫外超過銀河 (K U G) の探査観測とカタログ作成

宮内良子

国立天文台 光赤外研究部

## 概要

東京大学大学院理学系研究科 天文学教育研究センター 木曾観測所のシュミット望遠鏡を使って紫外超過銀河（銀河のなかでも紫外線がより多く出ている青い銀河）の探査観測を行い、カタログを作った。

写真乾板による最後の探査観測である。観測後、写真乾板より紫外超過銀河を検出し、位置星表を使い位置測定をし、その他の情報と合わせて紫外超過銀河の表・図を作成した。

ほぼ、同名で木曾観測所の共同研究をしている。紫外超過銀河の研究の一環であるが、より技術的な面を取り上げて紹介する。

## ◎はじめに

- ・紫外超過銀河とは赤い色と青い色を比べると青い色が強い銀河 → 若い活動的な銀河
- ・探査観測とは空のある領域をくまなく観測してそこにある特定の天体をすべて拾い出す  
→ 詳しい情報を得る
- ・カタログとは個々の天体に対して細かく詳しい情報を表・図として著す。

## ○天文学におけるカタログとは？

天体の物理的量に関する資料集 → 星表

星表の与える天体の位置を図にしたもの → 星図

## ・主なカタログの種類

眼視用星図 Star Atlases and Charts for Visual Use

写真星図 Photographic Star Atlases

写真天図星表 Astrographic Catalogues

基本星表 Fundamental Catalogues

位置星表 Position Catalogues

彗星および小惑星のカタログ Catalogues of Comet and Minor Planets

人口天体のカタログ Catalogues of Artificial Satellites and Space Probes

流星に関する星図・星表 Charts and Catalogues about the Meteors

変光星カタログ Catalogues of Variable Stars

二重星・実視連星のカタログ Catalogues of Double Stars and Binary Stars

近接連星のカタログと数表 Catalogues and Tables of Close Binary Stars

三角視差・固有運動および視線速度の星表

Catalogues of Trigonometric Parallaxes, Proper Motions and Radial Velocities of Star

星の明るさと色の星表 Catalogues and Lists of Stellar Photometric Data

恒星総合カタログ Synthetic Catalogues of Stars

太陽スペクトル図表 Tables and Atlases of the Solar Spectrum

星雲・星団のカタログ Catalogues of Nebulae and Star Clusters

→ 銀河のカタログ Catalogues of Galaxies

電波源カタログ Catalogues of Radio Sources

X線源、ガンマ線源のカタログ Catalogues of X-ray and  $\gamma$ -ray Sources

赤外線源のカタログ Catalogues of Infrared Sources

紫外線源のカタログ Catalogues of Ultraviolet Sources

.....

・ 特に銀河のカタログについて

- \* 古典カタログ、明るい銀河のカタログ、シュミットサーベイに基づく暗い銀河のカタログ、銀河団・銀河群のカタログ、特異銀河のカタログ、紫外超過銀河のカタログ (KUG)、AGN とクエーサーのカタログ、.....がある。

○サーベイ (探査) 観測と解析方法

・ スペクトル写真を撮る方法

対物プリズムによるスペクトル解析

→・ 多重露出法

異なるカラーバンドで撮った写真の比較

・ ブリンク法

同じ天域を異なる日時に撮影した2枚の乾板をモニタースクリーン上に像が1秒に2~3回交互に切りかわって写し出す

・ ネガポジ重畳法

2枚の乾板のうち1枚をポジにしてもう1枚に精密に重ねる

・ コンピューターによる探査

エジンバラ天文台の COSMOS etc.

◎木曾紫外超過銀河 (Kiso Ultraviolet-excess Galaxies) の探査とカタログ作成

・ 木曾観測所のシュミット望遠鏡によって多重露出法で撮影された乾板から紫外超過銀河を探す。

・ シュミット望遠鏡の特徴

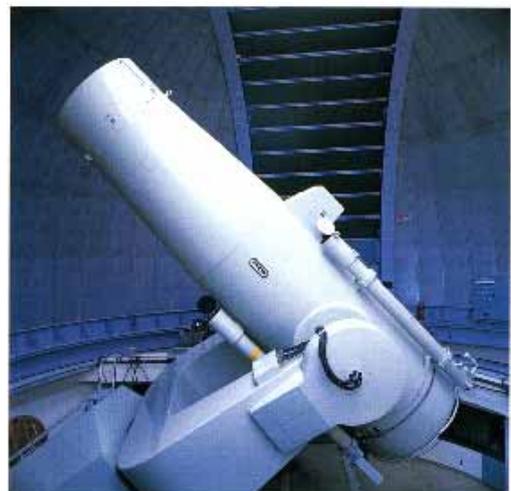
広い視野 6度 X 6度

・ 乾板の大きさ: 36 cm X 36 cm

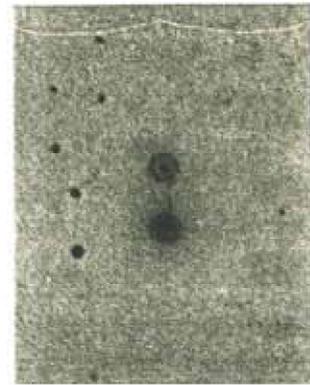
・ なぜ、青い銀河か?

青い光は赤い光に比べて振動数が高く、したがってエネルギーも高い。つまり、青い銀河はいろいろな意味でエネルギー豊かな銀河が含まれている。

シュミット望遠鏡 →



\* 探査方法：シュミット望遠鏡のフィルターを自動交換できるという特徴をいかして、U・G・Rの3色像（またはU・R2色像）を少しずらして露出する。露出時間を3（2）つの像がA0星で同じ黒みになるよう設定すると、U像が他の像より濃い銀河はA0星より青い色をもつUV放射の強い銀河ということになり、これらをKUGとして検出する。



← U 像  
← R 像

一例 →

NGC7742

\* 探査天域：当初 MKG との比較に関心があったので、MKG の検出数が多い天域から出発することにした。また、同時進行中であった KUV 探査グループが設定した天域との共通性を考慮して、銀経 180° に沿った天域も取り入れた。（図 1）

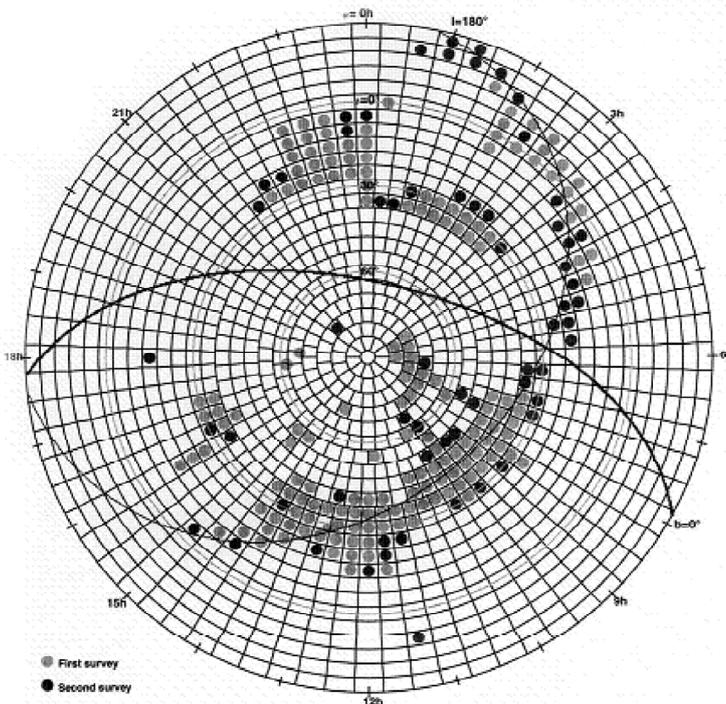


図 1 .

\* 形態分類：比較的明るい KUG サンプルについて、岡山 188cm での個別詳細観測を行う一方、Cassegrain II で 40 個のスペクトルを得た。この岡山の写真の他に、POSS（パロマーシュミットの掃天写真）の引き伸ばしを補充資料として加え、142 個の KUG を対象に、次のような形態分類を設定した。

- 1.1 : Ic (Irregular with clumpy HII regions)
- 1.2 : Ig (Irregular with a giant HII region)
- 2.1 : Pi (Pair of interacting components)
- 2.2 : Pd (Pair of detached components)
- 3.1 : Sk (Spiral with knotty arms)
- 3.2 : Sp (Spiral with peculiar bar/or nucleus)
- 4 : C (Compact)

\* 紫外超過度：UGR 3 点像写真の相対的な黒みから判定し、H(High)、M(Medium)、L(Low)の3段階に分けた。

\* カタログ：カタログは木曾天域 10 天域ごとに、上記の方法で、検出した KUG について、形態型・紫外超過度のほか、位置座標・サイズ・等級、および他カタログとのクロスレファレンス等の諸データをリストしたものである（表 1）。また、各 KUG の観測用案内星図(図 2)も付録した。なお、形態型で:を付したものはやや不確実、?は分類不能の銀河を示している。

# 表1

N. Miyauchi-Isobe and H. Maehara

Table 1-2a. List of KUGs (A0097)

No.	KUG-NAME	R. A. (1950.0)	DEC.	MOR. TYPE	APP. SIZE	APP. MAG.	UVX DEG.	OTHER NAME(S)
1	0935+653	9 35 13.8	65 19 45	Sp	0.6 X 0.3	16.5:	L	
2	0938+642	9 38 0.2	64 17 33	Sp	0.6 X 0.2	15.7	M	Z312.019,M+11-12-19
3	0938+633	9 38 34.3	63 23 36	Sp	0.8 X 0.2	15.6	L	Z312.020,M+11-12-20
4	0940+662	9 40 10.8	66 12 25	Sp:	0.5 X 0.3	14.1	H	U5188,N2909,MK119
5	0941+644	9 41 11.3	64 29 16	Sk	0.6 X 0.2	15.7	L	Z312.022,M+11-12-23
6	0942+652	9 42 49.1	65 16 50	Sp	0.6 X 0.3	16.0	L	M+11-12-24
7	0944+643	9 44 57.6	64 23 57	Sk	1.6 X 0.2	15.2	L	U5244,Z312.024,M+11-12-26
8	0945+644	9 45 23.2	64 25 41	Sp	0.6 X 0.2	15.9	M	Z312.025,M+11-12-027
9	0945+674	9 45 50.0	67 25 10	lc:	0.5 X 0.2	16.5:	L	K3309
10	0946+674	9 46 7.7	67 24 22	Sp:	0.4 X 0.2	15.5	M	Z312.026,Z2293,K3317
11	0946+647	9 46 46.1	64 43 20	Sp	1.3 X 0.2	16.0	L	U5260,M+11-12-29
12	0947+624	9 47 13.6	62 25 12	Sp	1.1 X 0.3	15.2	L	U5268,Z289.020,M+10-14-43
13	0947+657	9 47 46.8	65 43 33	Sk	1.2 X 1.0	15.3	L	U5277,Z312.028,M+11-12-30
14	0956+655	9 56 12.9	65 35 48	Sp:	0.6 X 0.2	16.0	L	M+11-12-31
15	1000+664	10 0 49.6	66 25 39	Sp:	0.4 X 0.1	17.0:	L	
16	1000+647	10 0 53.3	64 43 47	Sp:	0.4 X 0.2	17.0:	L	
17	1003+635	10 3 15.6	63 35 26	C:	0.2 X 0.2	17.0:	M	
18	1003+649	10 3 21.2	64 58 8	C	0.3 X 0.2	16.5:	M	
19	1005+626	10 5 34.5	62 38 17	C	0.2 X 0.2	16.5:	L	
20	1005+658	10 5 34.9	65 50 14	Sp:	0.7 X 0.2	16.5:	M	

The Second Kiso Survey for Ultraviolet-Excess Galaxies. I

87

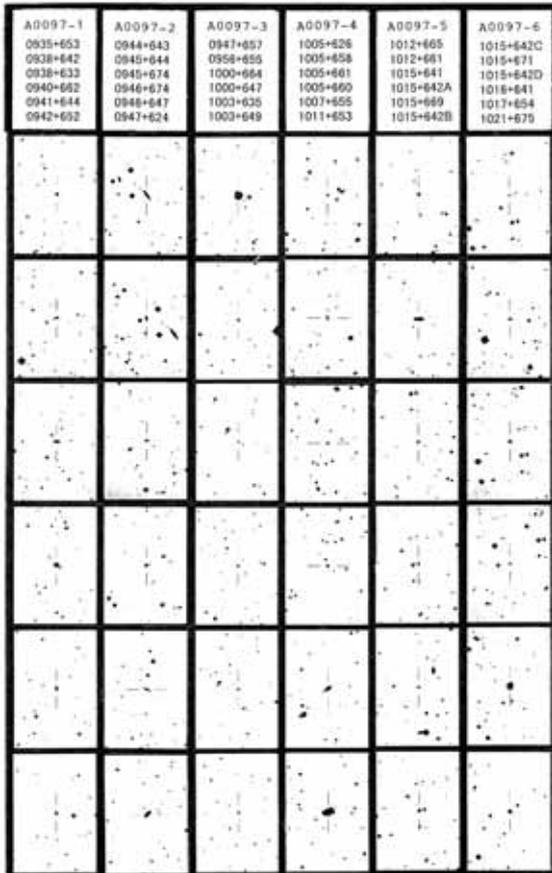


図2.

## ◎まとめ

カタログ I-XVIII (1984-1993) → 1st カタログ

・探査総数 8,968 個

(170 天域=5,100 $\square^\circ$ 、数密度=1.8 個/ $\square^\circ$ 、

限界等級=17~18.5)

重複を除く探査総数は 8,104 個

2nd カタログ I-VI (1998-2005)

・探査総数 2,052 個

(62 天域=1,860 $\square^\circ$ 、数密度=1.1 個/ $\square^\circ$ 、

限界等級=~18.0)

重複を除く探査総数は 1,994 個

# 国立天文台の安全衛生への取り組み 研修・教育等

坂本彰弘

自然科学研究機構国立天文台野辺山宇宙電波観測所

## Abstract

国立天文台が法人化して4年以上が経過した。われわれが法人化にどのように臨み対応してきたのか、さまざまな反省点が上げられる中で今後どのようなことがポイントとなるのか。我々の持つべき意識とは何かを中心に提起したい。

## 1 文部科学省国立天文台

法人化の1年ほど前に、国立天文台内に健康安全管理委員会を親委員会とした安全管理小委員会が組織され、人事院規則に従った現状から労働安全衛生法に準拠した場合の問題点を、1年掛けて洗い出しを行った。

安全管理小委員会は半年後の中間報告までに、すべての観測所を調査して必要な予算計上を行った。予算措置がなされると実行に移り法人化までに対応をほぼ終えることができた。事業所ごとに安全衛生コンサルタントの調査を行ったが、その結果は安全管理小委員会の結果と矛盾なかった。

## 2 自然科学研究機構国立天文台

法人化後国立天文台に安全衛生委員会が組織され活動が開始された。主な内容は以下の項目であった。

- ・ 充実した安全衛生組織とする
- ・ 危険有害業務従事の認定制度開始 (写真1 参照)
- ・ 安全衛生マニュアルの作成と整備 (写真2 参照)
- ・ 安全衛生講習会の定期開催
- ・ 安全衛生巡視と指導
- ・ 休憩室等の設置
- ・ 産業医健康相談の定期開催
- ・ 地域医療センターとの連携

## 3 四年経過した現在

現在以下の活動が定常的に行われている。

- ・ 安全衛生委員会は毎月一度開催され各事業所からの意見も取り入れている
- ・ 安全衛生講習会が毎年開かれ対象者は受講している
- ・ 普通／上級救命講習会が毎年企画され多くの者が救急対応できるようになった
- ・ 安全週間／衛生週間呼びかけを行い安全衛生への認識が深まった
- ・ 猛暑日などに熱射病等を注意呼びかけ対策などが周知されている
- ・ 各事業所にAED(自動体外式除細動器)を設置し緊急対応ができるようになった
- ・ 三鷹、野辺山地区において産業医による充実した健康相談が持たれている

## 4 安全衛生講習会

H20年に実施された安全衛生講習会のプログラムは以下の5項目が内容である。

- 09:00-09:10 開会にあたって
- 09:10-10:30 衛生管理
- 10:40-12:00 高圧ガス・寒剤取扱
- 13:00-14:00 有機溶剤・特定化学物質
- 14:05-14:10 マシンショップの紹介

### 4.1 安全衛生講習会定義

国立天文台安全衛生講習会は、法令に基づいた講習会である。新しく国立天文台で従事することになった職員（職種、雇用形態を問わず）・学生及び配置転換で新たに危険有害業務を行う者・他機関所属であるが国立天文台で作業を行う者が主な対象となり、希望者も再受講できる。

当該有害業務に従事することができる免許証や公的機関発行の技能講習修了証や特別教育修了証を所持し、実務経験が相当期間ある者（「本講習修了と同等」者）は、所定の手続きをし、認定されれば受講義務はない。

### 4.2 開会にあたって

三鷹地区総括安全衛生管理者（国立天文台安全衛生委員会委員長）が担当し、国立天文台での「安全」「衛生」の位置付け、「技術」の必要性、危険有害業務を行うにあたっての注意事項などについて説明を行う。

### 4.3 衛生管理

三鷹地区衛生管理者が担当し、「労働安全衛生法関連」「一般的な安全衛生の知識」「廃棄物の取扱等について」の内容で計1時間20分の講義を行う。

この講義は、新入職員・新入学生及び配置転換で新たに危険有害業務を行う人は必ず受講することとなっている。

### 4.4 高圧ガス・寒剤取扱

三鷹地区の高圧ガス製造保安責任者免状所有者や CE（コールドエバポレータ：液体窒素貯槽）保安講習会修了者が担当し、高圧ガス保安法と高圧ガスの性質・取扱等について1時間講義を行った後、CEの取扱実技（液体窒素の取り出し方、緊急時の連絡等）を20分行う。

この講習会を受講すると、危険有害業務従事認定のうち「寒剤及び高圧ガス取扱業務」「CE取扱業務」について認定証が交付される。

### 4.5 有機溶剤・特定化学物質

有機溶剤作業主任者や特定化学物質等作業主任者が担当し、関係法令（有機則、特化則）抜粋説明、有機溶剤・特定化学物質等の性質や取扱等、保護具・局所排気装置についてなど計1時間の講義を行う。

この講習会を受講すると、危険有害業務従事認定のうち「有機溶剤取扱業務」「特定化学物質等取扱業務」について認定証が交付される。

### 4.6 マシンショップの紹介

マシンショップ職員が担当し、マシンショップの紹介、その他一般的な安全な工作機械取扱について説明

される。

また別途、随時必要に応じて実技訓練を伴った講習会（短時間のボール盤講習や長時間の旋盤講習・フライス講習）が開催される。当該講習会は受講者の力量と経験によって講習時間を決定する。

#### 4.7 注意事項

- 「開会にあたって」「衛生管理」以外は、業務の必要に応じて受講する。受講した場合、出席票（名前、所属、出席した講座名を記入）を提出し委員会は必要期間これを保管する。
- この講習で認定する危険有害業務は、寒剤及び高圧ガス取扱業務、CE 取扱業務、有機溶剤、特定化学物質取扱業務に限り、その他の危険有害業務認定を希望する場合は別途講習会を企画する。
- 天文台で認定する危険有害業務の中で、免状・技能講習修了書及び特別教育修了書等を所有する方は、その業務について認定を行う。
- 認定証の申請は国立天文台ホームページから取得できる。  
認定の様式は、国立天文台職員と台外職員や学生とで異なっている。
  - ・ 台内職員の場合、「国立天文台危険有害業務従事担当者認定証交付願い（職員用）」と必要書類を提出。
  - ・ 台外職員・学生の場合、天文台所属の指導教職員又は受入教職員が「所属確認書」と「認定証交付願（台外職員、学生用）」を取りまとめて提出。特に学生の場合は、保険加入の有無と所属大学等以外の場所の事故でも補償がされることを受入又は指導教職員はしっかり調査してから提出。

## 5 現在の国立天文台の問題点

現在の国立天文台における安全衛生活動の問題点として、以下の5項目が考えられる。

- 総括安全衛生管理者の意識  
事業所ごとにいる総括安全衛生管理者の安全衛生委員会への出席率には差があり、委員会活動への認識にもとても大きな個人差がある。
- 危険有害業務従事者証着用率  
法人化直後はほぼ100%であった危険有害業務従事者証着用率が、現在4%~70%と事業所によって異なる。国立天文台では台内で行う作業について、危険有害業務従事者証を着用することで、労働安全衛生法などで規定されている免許証などを常時携帯することを免じているシステムをとっている。
- ヒヤリハット事象と事故報告  
ヒヤリハットや事故報告は、委員会でなされるが国立天文台の全構成員にフィードバックされているか疑問である。今後の事故防止を考える上でも是非とも何らかのフィードバックが必要と思う。
- 我々の意識  
事故のない安全な作業を行うために必要不可欠である「安全」「衛生」に、我々は高い関心を持っているだろうか。巡視などで指摘されず、「つい」「うっかり」とした作業を行っている大きなミスにつながる危険がある。
- 衛生管理者の育成  
各事業所における安全衛生活動は、衛生管理者や安全衛生推進委員が実働作業を行っている。しかし、異動や退職によって有資格者が減少し特定の者が常時担当することや、交代者がいない状態は正常な活動を阻害する危険がある。例えば、衛生管理者が長期に不在となる場合は、衛生管理者免許の有資格者の中から衛生管理代理者を任命しなければならないが、有資格者がいなければ問題である。

## 6 国立天文台が誇れるところ

法人化 4 年経過した現在までに大規模な労災が無いことは誇れることである。しかし、上記で指摘した問題点が今後も膨らんでゆくなら、大規模な労災が「まだ」無いだけなのかもしれない。

## 7 今我々が安全衛生について考えなければならないことは何か

安全衛生は、日常の仕事に比較するととかく軽視されがちである。しかし、「このままで良いのか」という気持ちを持って日々の勤務を行えばもっと違った安全衛生への意識が芽生えてくるのではないだろうか。

安全衛生については、自然科学研究機構で共通した問題でもあるので、例えば法人化前に会議を重ねたように「横の連携」が何らかの形で行われ、情報交換がなされると良いのかもしれない。

現在の国立天文台では、各事業所が独自に判断した安全衛生活動を行っている。したがって事業所の総括安全衛生管理者が「安全衛生活動は隙間仕事」と考えてしまえば、その事業所の職員学生の安全衛生への取り組みは、おろそかになってしまうかもしれない。

法人化後 4 年経過した今、私たちはもう一度、「安全」「衛生」について考えるときにいるのではないだろうか。



写真1 国立天文台危険有害業務従事担当者証

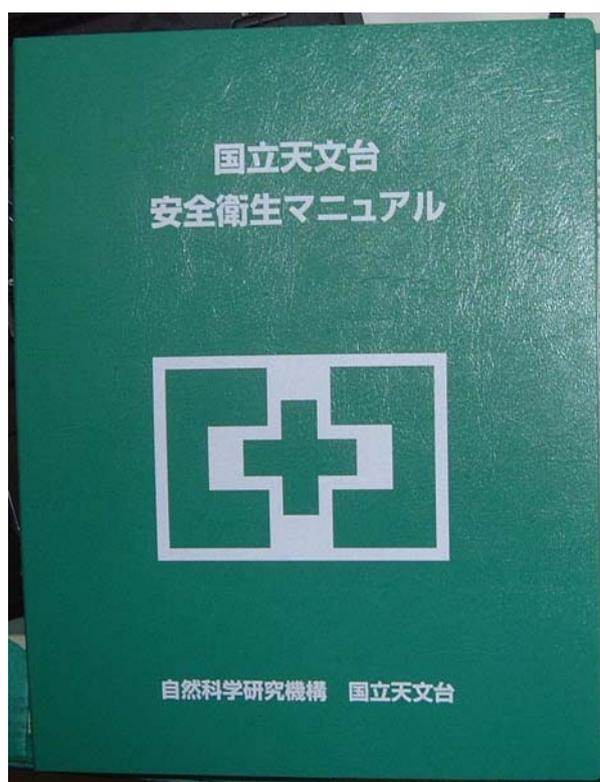


写真2 国立天文台安全衛生マニュアル

# 情報ネットワークを利用したセミナー等ライブ配信システムの構築

吉村伸明  
生理学研究所技術課

## 1. はじめに

岡崎3機関のキャンパスは地理的に離れたところ（～数百 m）に点在している。生理学研究所および関係施設において行われる研究会やセミナーは、明大寺地区、山手地区、岡崎コンファレンスセンタ(OCC)など、キャンパス内の各地で開催されている。これら会場の状況を、リアルタイムに情報ネットワークに接続したコンピュータで見たいとの要望が高まった。生理研棟会議室、講義室、および山手2号館2Fセミナー室から岡崎3機関向けのライブ配信システムを構築したので報告する。

## 2. 方法

一般的にライブ配信を行うには会場にPCを設置することになるが、通常PCの起動や終了には人による操作が必要となる。この煩雑な操作を避けるために以下のような仕様においてシステムを構築した。

- ・ 既存の音響システムと連動して起動停止できる。
- ・ システム終了の手順を追わず、いつでも電源断できる。
- ・ 映像はプロジェクタが投影するスクリーンのみとする。
- ・ カメラを新設し、スクリーンを直撮撮影するように固定する。
  - スライドプロジェクタ、OHPへの対応や、ポインターの動きを配信するため
- ・ 音声は既存の音響システムをから分岐入力する。
- ・ 同時に50端末以上へユニキャスト配信ができる。
- ・ Windows, MacOS, Linux等OSに依存しない受信を可能にする。
- ・ 無料の受信ソフトウェアが利用できる。
- ・ セットトップボックスを利用して民生品テレビでも表示可能とする。

これら仕様を満たすために、我々が日常的に管理している機器を設置している生理研棟電算機室にPCを設置し配信することとした。会場と生理研棟電算機室の映像および音声信号の伝送は、部屋との距離等の条件により、直接ケーブルを配線した所と、リアルタイムエンコーダとセットトップボックスとの組み合わせにより、情報ネットワークを利用した所がある。(図1)

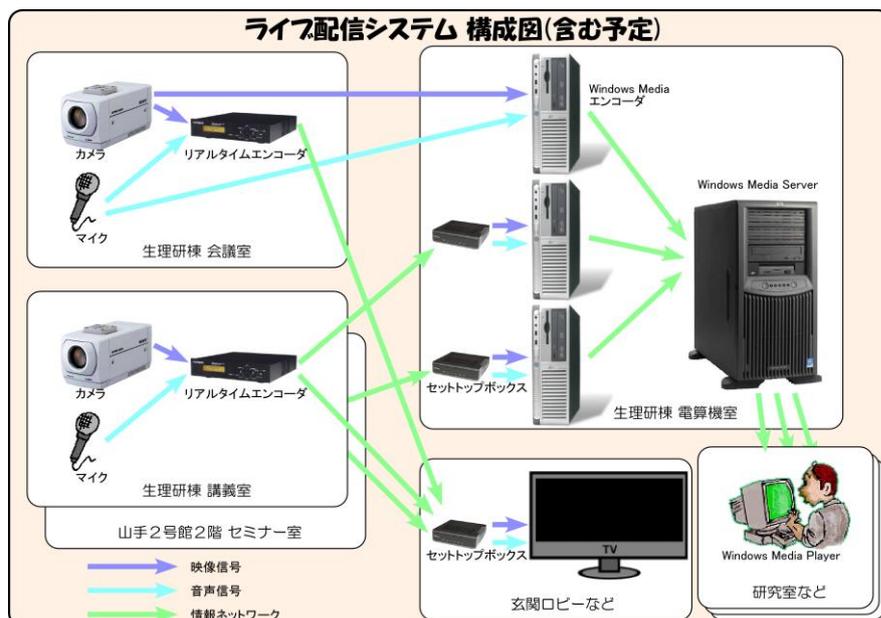


図1. システム構成

### 3. 結果

- 以下のように機器選定や各装置、情報ネットワークの設定作業により、会場側では特別な操作を行う事無くライブ配信が可能となった。
  - リアルタイムエンコーダ → セットトップボックス
    - マルチキャスト
      - Video: MPEG-4 6Mbps 720x480 4:3 29.97fps
      - Audio: 224Kbps 48kHz ステレオ
    - メディアエンコーダ → PC
      - ユニキャスト
        - Video: WMV8 2Mbps 640x480 29.97fps
        - Audio: WMA 128Kbps 48kHz ステレオ
  - 会場側のシステムは 1 つの電源スイッチのみでシステムの起動停止が行えるようにした。併せて、会議等で不要な配信をしないように、注意喚起の張り紙も併せて掲示した。これにより利用者側はセミナー内の個々の発表内容によっても配信の選択が可能になった。

### 4. 考察

- 会場側に PC を設置しないことで利用者への操作説明を大幅に簡略化できた。生理研電算機室には複数台の PC を設置することとなったが、日々の操作も必要なく稼働し続けている。これらによりシステム運用全体における保守性の向上やマンパワーの削減が実現できた。
- 受信ソフトは無料、セットトップボックスも比較的安価であるため受信環境の拡大は容易に行える。送信環境はカメラ、リアルタイムエンコーダ、工事費で百数十万円の予算が必要である。
- カメラがスクリーン固定のため、演者の映像を配信するには、演者にスクリーンの前に出てもらう必要がある。必要があれば主催者は予め演者にその旨を伝えなければならない。
- 生理研棟会議室以外では、2 回のエンコードを行っているが、圧縮方法の検討、ネットワーク帯域の確保等により、スクリーンに投影されたある程度細かな文字でも識別可能となった。しかし、多重エンコードを行っているため、配信される映像は数十秒のタイムラグを生じている。
- 今回のシステムは配信のみで、双方向性は無い。このシステムの配信側も受信側も、会場にて視聴するのか、研究室で配信を視聴するのか、その長所短所を十分理解した上で利用する必要がある。

# 認知実験用行動検査装置の開発

戸川森雄

生理学研究所 技術課

## 1. はじめに

物の色や明るさ、形、動きをどう知覚するかについてはこれまでに多くの研究がなされているが、光沢や透明感、金属感といった表面の質感に関する研究はあまりされていない。我々は、光沢の知覚において物体表面の光強度分布がどのように関与しているのかを WGTA（ウィスコンシン型汎用検査装置）と呼ばれる装置を用いて行動学的な調査を試みることにした。

WGTA は、半世紀程前に開発された装置でサルを被験体とする認知実験では現在も広く用いられている。この装置は、実験用ケージと物体提示部から構成されておりケージと物体提示部の間には不透明スクリーンが設けてある。これが降りている間は、サルは物体提示部を見たり、それに手を伸ばしたりすることができない。物体提示部には左右に2つの報酬穴があり通常の実験では報酬穴の1つに報酬を入れ、それぞれの報酬穴を物体で覆っている。サルは、課題に応じた手掛かりを用いてどの物体の下に報酬があるかを推測し正しい報酬側の物体を選択すれば報酬を得ることができる。今回、我々の実験に適合させるために WGTA をもとに新たに認知実験用の行動検査装置を製作し、更にシステム上の開発を行ったので報告する。

## 2. 方法

### (1) システム構成

製作した WGTA のシステム構成を図1に示す。装置全体は合板で箱形に仕上げ室内には照明と換気扇を取り付けている。物体提示部にはアクリル板のスクリーンを被験体側と実験者側に取り付け、被験体側は黒のアクリル板を使用し実験者側には透明なアクリル板に遮光フィルムを貼り一方視スクリーンとしたものを使用した。スクリーンの開閉にはリニアガイドを2組使用し、装置前面に取り付けたリニアガイドの可動部を上下することにより行う。また被験体側のスクリーンは、内部から開けられないようにソレノイドで施錠できるようにした。次に実験者の要望によりスクリーンが開いてから物体を弁別するまでの反応時間を計測できるようにした。このタイミングの検出にはマイクロ SW と光センサを使用している。そして弁別の正誤をサルが意識できるように物体提示部の天井にスピーカーを取り付け音の違いで知らせるようにした。またこの部分には物体提示部の照明光が均一になるようにディフューザーを取り付けている。これらのシステムはパソコンで制御を行い動作が連動して行えるようになっている。サルの行動は2台のカメラで逐次モニタし必要に応じて DVD レコーダに記録する。

### (2) モンキーチェア

通常 WGTA のシステムでは、サルをケージに入れたまま課題を行わせている。しかしサルをケージへ出し入れする時の危険性や手間を考慮してケージは使わずにモンキーチェアに乗せたまま課題を行わせることにした。図2に製作したモンキーチェアと装置に固定した時の様子を示す。チェアは、ステンレスパイプを骨組みにして首宛、腰板、座部を取り付け、自由に高さを変えられる構造である。製作条件としては、手が自由に使えてサルにあまりストレスを与えないようにということで開放的な構造になっている。装置へのセットはモンキーチェアの土台が装置の固定台に滑り込むようになっており2カ所のネジで簡単に固定することができる。また腰板と刺激提示部の高さが同じにしてあるのでサルは無理なく課題を行うことができる。

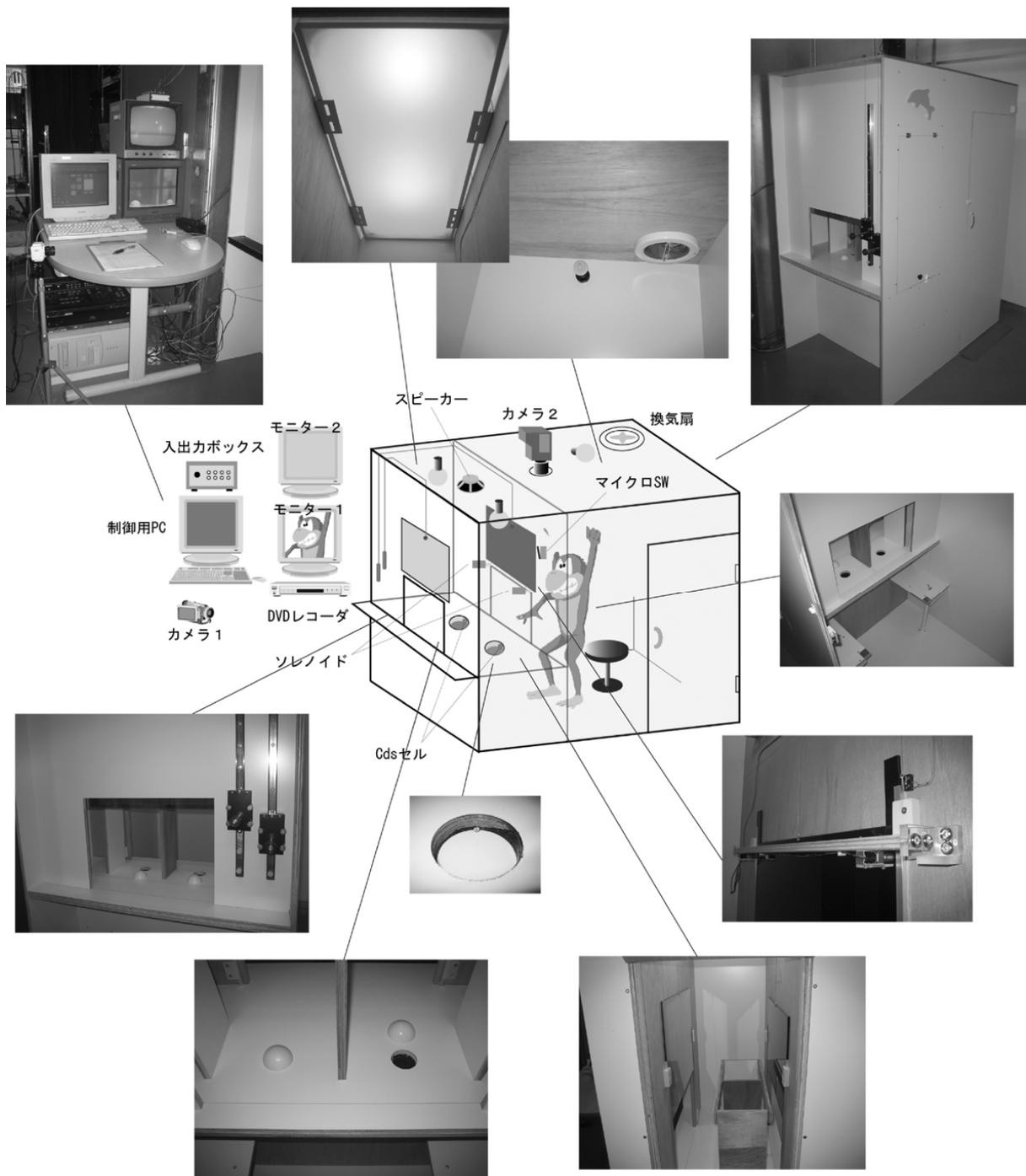


図1 システム構成

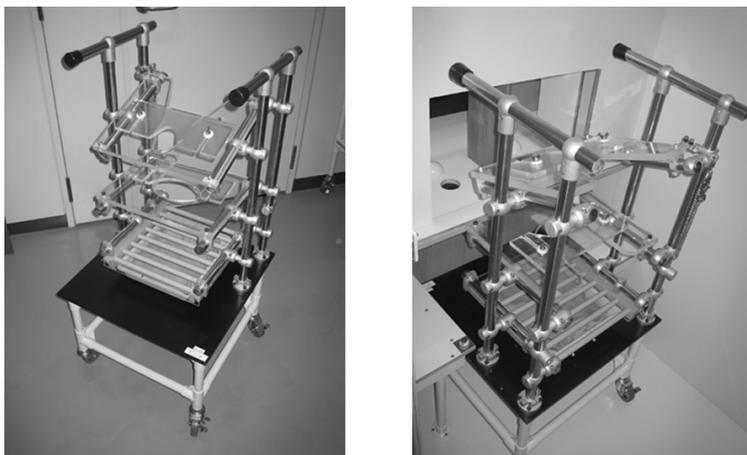


図2 製作したモンキーチェア

### (3) 制御プログラム

制御プログラムは、Borland C++Builder5.0 で開発を行い図3に示す制御画面上で操作する。ここにはスクリーンの閉じている時間を任意に変えられるタイマーとソレノイドをマニュアルで操作するための OPEN/CLOSE ボタン、そして試行の結果（トライアル回数・反応時間・タスク正誤・選択場所）をトライアル毎に表示している。現在1回の実験では、弁別課題を50試行行うことにしているので50試行終了した時点で画面に実験終了の表示が現れる。また画面上の SAVE ボタンを押せばエクセル形式でデータが保存されるようになっている。

### (4) 入出力制御

I/Oの入出力には National Instrument 社の DAQ システムを利用した。そして DAQ の端子台と繋がるのが図4に示す入出力制御ボックスである。端子台からの信号そのままでは、ソレノイドやブザー音を直接ドライブできないのでここでコントロールしている。ここではソレノイドを駆動するためのパルス変換回路、ブザー音を出力する発信回路、光センサの検出回路を組み込んでいる。

### (5) 刺激物体

図5は、弁別課題に使用している刺激物体である。これはステンレス製の半球面の形状物に塗装を施したもので、つや消しの塗料を段階的に調整して表面の光沢感を変えている。番号が大きくなるほど光沢が強くなっている。刺激物体は、この他にも形状、色、大きさの違いを弁別するものも用意している。

## 3. 結果

実際にサルに対してこの装置を使用したところ特に暴れることなくトレーニングを開始することができた。しかしシステム上の問題でソレノイドが正常に動作しなかったり、プログラム上のバグによりシステムが途中で止まってしまうなどのトラブルがあった。これらの問題点を修正し、現在は実験者が一人で操作できるシステムに仕上がり問題なく実験を行っている。

実験に関しては、リアクションタイムを測定可能にしたことで左右の場所による反応速度の違いや試行を重ねることによる学習の度合いを知ることができた。今後実験を重ねることでシステムの使い勝手を確認しより良いシステムに上げていきたい。

## 謝辞

本装置の開発にあたりご指導ご助言いただきました生理学研究所 感覚認知情報部門 小松英彦教授、平松千尋研究員に深く感謝いたします。

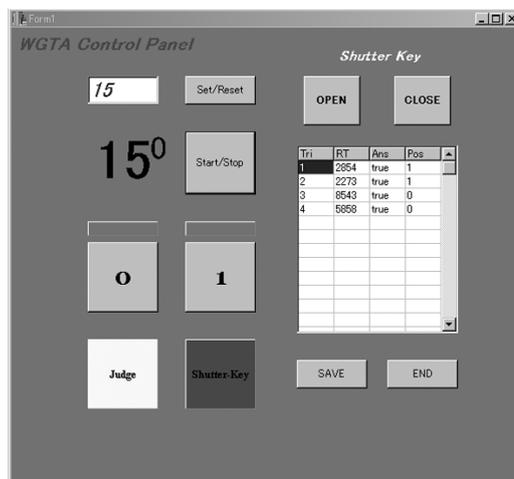


図3 制御画面

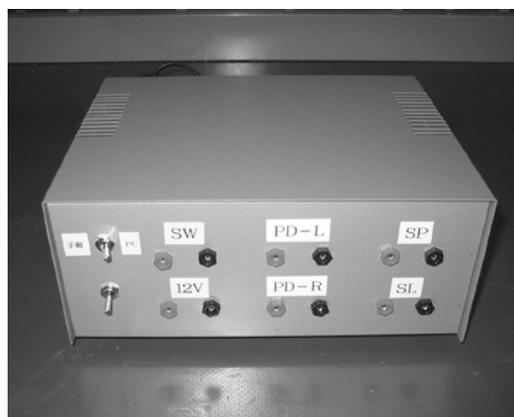


図4 入出力制御装置

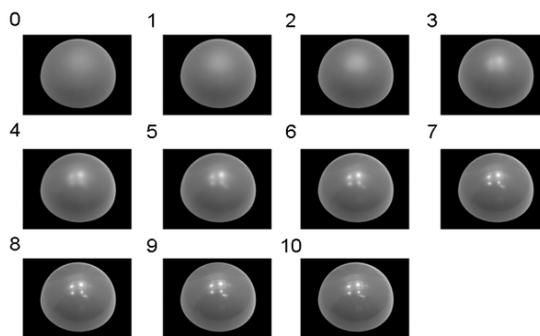


図5 実験に使用する刺激物体

# マウス摂水量連続計測装置の開発

佐治 俊幸

自然科学研究機構 生理学研究所 技術課

## 1. はじめに

実験動物の飲水量を計測することは、動物実験において一般状態観察における基本事項の一つであり、通常は代謝ケージを用いて計測されている。また、飲水量測定は、単に一般状態観察だけにとどまらず、腎臓疾患等の代謝系の動物実験には不可欠なパラメータであり、近年盛んに行われる行動解析におけるパラメータとしても有用な指標となっている。しかし、給水瓶を用いた飲水量計測では、必ず飲みこぼしが発生し、正確な飲水量の測定が困難である。このため、代謝ケージには、この飲みこぼした飲水を回収し計測値を補正する工夫が懲らされているが、多数の動物を用いたスクリーニングや行動解析実験に使用するには煩雑すぎる。また、代謝ケージでの飼育では単位時間当たりの飲水量を長期間にわたって連続的に測定出来ないだけでなく、大きなストレスが動物にかかり正確な測定が出来ない。そこで、通常の飼育ケージを用いて、容易にまた正確に飲水量の計測が可能な飲水量連続測定装置を試作した。

## 2. 飲水量連続計測装置の概要

近年、滅菌水パックに滅菌ノズルを刺入して給水する給水システム( hidroパック Lab Products 製<sup>\*)</sup> が考案され実用に供されている。この hidroパックを自然科学研究機構動物実験センターの協力の下に試用試験をしたところ、飲みこぼしをしないことが判った<sup>2)</sup>。そこで、飲みこぼしが無いことを前提にすれば、 hidroパックの重量のみの計測で飲水量を計測できると考え、この hidroパックを使用した飲水量連続測定装置(図1)を試作した。



図1 飲水量連続計測装置

## 3. 測定部の構造

ベース部の下部に電子天秤(A&D社製 FX1200i<sup>3)</sup>)を設置し、上部に飼育ケージ(夏目製作所製 KN-60101<sup>4)</sup>)を設置する。ケージ蓋は、 hidroパックを納めたバスケットが入る穴を加工する(図2)。このバスケットは、電子天秤の秤量皿上に設置されたアームに固定され、アーム及びバスケットを含めた hidroパックの重量が計測される。秤量皿、アーム及び、バスケットは、ベース部、ケージ及びケージ蓋に接触しないように設置される。バスケット及び蓋の加工作製には SUS304 を、その他にはアルミを使用した。



図2 ケージ蓋の加工

## 4. 制御部の構成

電子天秤は、通信用インターフェースとして、RS232C が搭載されている。この RS232C の信号を USB 信号に変換しコンピュータと通信を行う。変換には USB シリアルコンバータ(ラトックシステム株式会社製 REX-USB60F)を使用した。このため、理論的には127台までの制御が可能である。

制御プログラムは、Windows上で動作する VBA を用いて電子天秤を制御している。VBAのみでは、通信ポートの制御が困難であるため、EasyComm<sup>5)</sup>をインポートした。EasyCommは、シリアルポートを手軽に利用することを目的とした VisualBasic 系のモジュールであり、Office97(Windows版)以降の VBA に対応し、Excel97,2000,XP や Access,などで使用できる。USBポートにも対応しており、USBハブにより分岐された複数の USB 接続機器とのデータの授受が可能である。

今回は、5台の装置が制御可能な Access 用のプログラムを作製した。プログラム上から、使用ポート、測定インターバル、格納ファイルの設定が行え、逐次計測データのグラフ化も可能である。また、計測データは、ExcelのBook形式で出力が可能であるため、その後の解析やグラフ化が容易に行える。

## 5. 試用実験 —マウス飲水量の長期連続計測—

試験動物：ICR 4週齢 メス5匹

試験機材：試作した飲水量連続測定ケージ5台

試験方法：11週間の飲水量の連続測定

計測間隔は10分 8:00点灯 20:00消灯の12時間照明(明期 08:00-20:00 暗期 20:00-08:00)

## 結果および考察

図 3 は、5 匹のマウスの 1 時間当たりの平均飲水量を測定全期間にわたり時系列順に表示したグラフと 5-14 週齢全期間の時間当たりの平均飲水量であり、グラフのグレーの部分で暗期を示している。

測定の結果、時間当たりの飲水量は、右のようになった。10 分毎の計測が長期にわたり連続記録可能であった。また、計測途中でデータの欠落も発生しなかった。

		暗期	明期
ICR♀ n=5	Mean	0.40	0.14
	S. D	0.22	0.12

(4 週齢を除く)

一日当たりの暗期の飲水量	4.80ml
一日当たりの明期の飲水量	1.68ml
一日当たりの飲水量	6.48ml

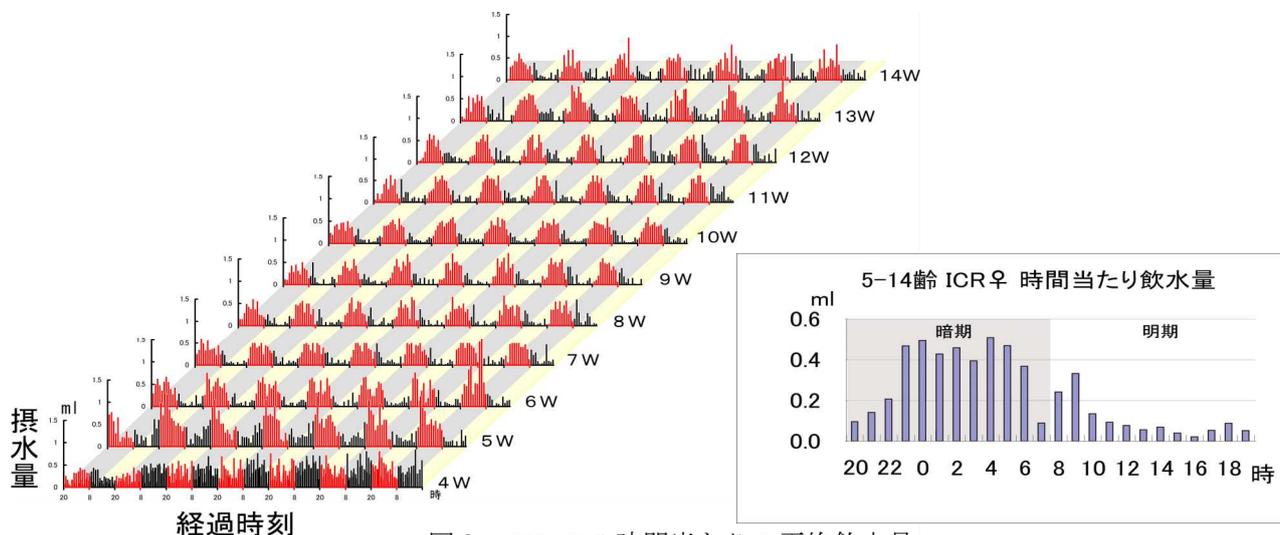


図 3 ICR の 1 時間当たりの平均飲水量  
(全時間データと 5 ~ 14 週齢の平均飲水量)

## 6. 摂水摂餌量連続計測装置

この計測装置の発展型として、摂餌量と行動パターンのビデオ録画も同時に行えるホームケージ行動解析装置の試作も行っている。試作器は完成しており、試用実験の準備を進めている。図 4 に摂水摂餌量連続計測装置の試作器を示す。装置の左部分にヒドロパックを用いた摂水量測定部、右部分に摂餌量測定部分があり、マウスは、共にケージ側面からアクセスできる。図 4 では、ビデオ撮影部分が搭載されていないが、ケージの上部にビデオカメラが搭載されたカバーを設置して実験を行う。



図 4 摂水摂餌量連続計測装置

## 7. まとめ

この摂水量連続測定装置を用いることで、一日当たりの摂水量の計測だけでなく、単位時間当たりの摂水量の計測が容易に行えた。電子天秤とコンピュータとの通信は、USB を使用するため、複数台の測定ケージを 1 台のコンピュータで制御することができる。これらのことから、摂水量連続測定装置は、行動解析学や代謝生理学の実験に使用可能と思われる。また、ホームケージ行動解析装置と組み合わせることで、表現型解析プロジェクトの推進に役立つと期待される。

## 謝辞

本装置の試作・実験に関し、自然科学研究機構動物実験センターのスタッフの皆様の協力を得ました。また、生理学研究所行動様式解析室の宮川剛客員教授のご助言を得ました。ここに感謝致します。

## 参考文献

- 1) Hydropac™ 参照 HP: <http://www.labproductsinc.com/>
- 2) Hydropac 給水システムの評価試験 第 40 回 日本動物実験技術者協会総会
- 3) A&D 社製 FX1200i 参照 HP: <http://www.aandd.co.jp/>
- 4) 夏目製作所製 KN-60101 参照 HP: <http://www.nazme.co.jp/>
- 5) EasyComm 参照 HP: <http://www.activecell.jp/>

本装置の開発は、平成 19 年度科学研究費補助金 (奨励研究 19924005) 及び平成 20 年度科学研究費補助金 (奨励研究 20929013) により進められています。

# 研究室における技術職員の技術支援について

伊藤昭光

生理学研究所 技術課

## 概要

生理学研究所における工学系の技術職員が研究室で行う技術支援は、生物・化学等の分野までおよび、幅広い技術を求められているのが現状である。そのような状況の中、個々の専門技術を生かすために、新しい技術の習得や指導等を試みている。

今回は、研究室で行った PIC を用いた刺激用パルス発生器の製作から始まり、研究所が推進している「生理科学実験技術トレーニングコース」への取り組みに至るまでを報告する。

## 1 技術職員の研究室における業務

生理学研究所における技術職員の技術支援体制は、研究系と施設系の2つに大きく分かれている。施設系は計算機や機械工作、分析機器など比較的技術や業務を把握しやすいが、研究系は研究室や研究内容により求められる技術が大きく異なるため、把握が難しいだけでなく技術の継承もままならないのが現状である。

### 1.1 日常業務

- ・ネットワーク管理、ホームページ保守
- ・コンピュータ・各種機器のセットアップ及びメンテナンス
- ・工作室整備、機械・電気工作
- ・7階・サル飼育室完成に伴う飼育室・前室・処理室・機械室の管理・保守・整備
- ・実験室設備計画・設計、地震対策
- ・手術準備、補助、動物の世話
- ・一般薬品、消耗品・備品等の発注、伝票の集約、予算管理
- ・毒劇物管理、薬品管理、備品管理、廃棄物処理
- ・研究会・講義・セミナー等のサポート、研究支援推進員の仕事の掌握

### 1.2 研究室外業務（技術課、共通業務等）

- ・技術課スタッフ会
- ・共通機器、共通業務（屋上純水装置更新、コピー機、大判プリンターの故障）
- ・研究会等のサポート

## 2 PIC を用いたプログラマブル刺激用パルス発生器の製作

### 2.1 製作目的

研究室で行っている生理科学実験技術トレーニングコース用に PIC を用いた実習準備の過程で、教授から実験で使用する刺激用パルスを発生する装置ができないかと依頼があった。実習で使用する回路は既にサンプルを準備してあったので、これを用いてプログラムの試作を行うこととなった。

製作では、PIC を用いることにより回路を簡略化できるだけでなく、パルスの間隔やタイミング、パルスの回数などを目的に合わせて簡単に設定できるようになる。また、将来トレーニングコースなどの実習でも利用できるように、回路設計や部品、部品の配置や配線などの検討も加え、海外での共同研究などにも持って行けるように、小型化にも配慮した。

去年の共同研究の海外使用の結果、いくつかの課題が分かり、その改良等を行ったので、今回の報告ではそれらの改良点と回路及びプログラムの特徴について報告する。

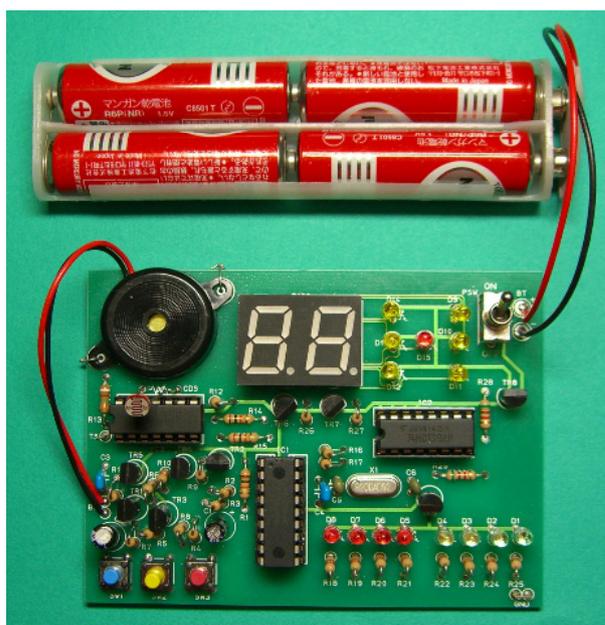


写真 1. 実習用ボード

### 2.2 改良点

- ①出力電圧の改良

出力電圧は製作当初0～5Vを考慮していたが、海外での使用時に、パルスを入力する装置により、別の電圧を要求するものや装置側では変更できないものもあったため、電池仕様だけでなくACアダプターも利用できるようにした。

### ②出力電圧の微調整機能

電池やACアダプターだけではちょうど良い電圧を得ることが出来ないため、出力電圧を微調整できるように調整回路を追加した。

## 2.3 回路の特徴

①使用PICにTimerを3つ備えるPIC16F88を選択することにより、タイミングチャート図の条件を実現しているが、開発言語にC言語を選択したことにより、開発、改良が比較的容易に行うことができることが1つの特徴で、3つのタイマーの組み合わせで、さまざまなパルスを発生できる。

②電源回路を改良したことにより、出力したいパルスの電圧に合わせて電池やACアダプターを自由に選択できる。海外での使用は、電池使用時にはさほど問題はないが、海外仕様のACアダプターを使用すれば、海外での利用も問題なく行える。

③今回の回路では、2チャンネル用に設計しているが、ポートの許す範囲での拡張が可能であり、回路製作には実験・評価用のPICボードを使用したことにより、PIC周りの回路配線が簡略化できていると共に、電源（電池、ACアダプター）の変更やポートのプルアップ・ダウンなどが簡単に行える。

動作テストを依頼した結果、大変よい評価を得ることができ、NYでの共同研究に使用されている。

## 2.4 PIC用Cコンパイラについて

研究室用の開発には製品版のCCS Cコンパイラ(CCS社)を使用しているが、フリー版や評価版のCコンパイラにもPICC Lite (HI-TECH)や統合環境を持つmikro C (mikroElektronika)など、実用的なものもある。

しかし、コンパイラ毎に関数などの仕様が異なり、対応しているPICや使用に制限があるため、コンパイラを選択するには注意が必要である。

上記のことからも分かるように、サンプルプログラムと異なるコンパイラを使用している場合、サンプルソースをそのまま使えないことが多い。同様の機能を実現するために、関数から作る必要がある場合も多い。

## 2.5 考察

今回のような簡単な回路でも手配線を行った場合、配線面の多くは煩雑になってしまう。これは、トレーニングコースなどで回路製作自習を行ったときなどに、うまく動作しないときの回路確認などで妨げになることが多い。また、所外からの問い合わせもあり、刺激パルス以外での応用もプログラム次第で利用できるため、プリント基板化してトレーニングコースや希望者に提供できたらと考えている。

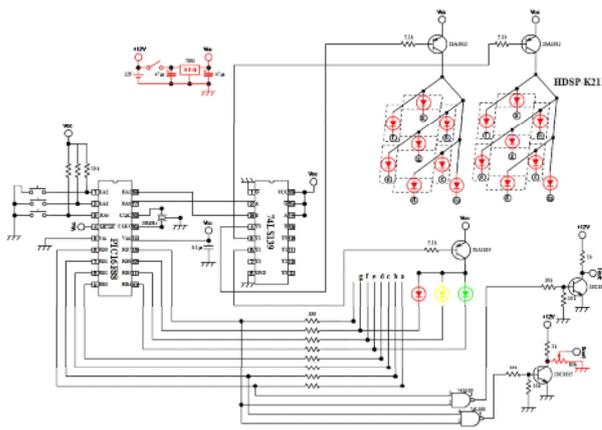


図 1. 回路図

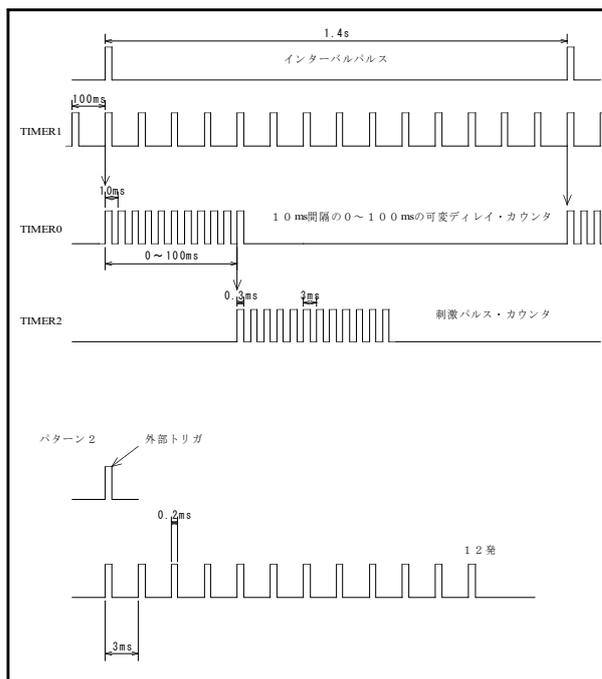


図 2. タイミング・チャート



写真 2. 改良版

### 3 生理学実験技術トレーニングコース

生理学研究所では、全国の若手研究員・大学院生・学部学生の教育・育成に多彩な形で取り組んでいる。

技術課でも早い時期から「生理学実験のための電気回路・機械工作」の一コースを受け持っており、数多くの人にトレーニングを行って来ている。

さらに二つ目のコースとして、「C言語によるPICプログラミング」を去年より行っている。

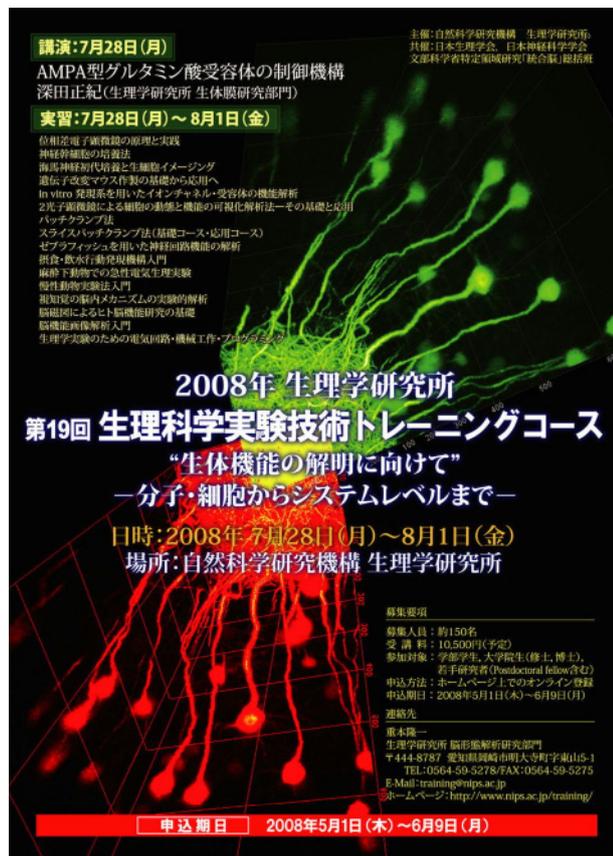


写真3. 第19回ポスター

### 4 技術課における研究所ミッションへの展開 (C言語によるPICプログラミング)

種々の実験の制御や計測に応用可能なPIC (Peripheral Interface Controller)を取り上げ、PICを応用するためのハードウェアとソフトウェアの基礎を学ぶことを目的に、ハードウェア実習ではPIC本体の構成と機能ならびに周辺部品の概要を学び、「PICマイコン学習キット」の作製を行う。ソフトウェア実習では、C言語のプログラミングの基礎を学習し、PICを制御するためのプログラムを作成する。作成したプログラムは、PICライターにて書き込みを行い、先に作製した「PICマイコン学習キット」を使って動作確認を行う。このような実践型の実習を通し、生理学実験に必要な実験機器の製作技術の基本と応用力の養成を目的とする。

現在は、工学系のトレーニングコースだけであるが、今後も技術課の特色を生かした取り組みを行って行けたらと考えている。

No.	タイトル
1	位相差電子顕微鏡の原理と実践
2	神経幹細胞の培養法
3	海馬神経初代培養と生細胞イメージング
4	遺伝子改変マウス作製の基礎から応用へ
5	in vitro 発現系を用いたイオンチャネル・受容体の機能解析
6	2光子顕微鏡による細胞の動態と機能の可視化解析法ーその基礎と応用
7	パッチクランプ法
8-1	スライスパッチクランプ法 (基礎コース)
8-2	スライスパッチクランプ法ー応用コース
9	ゼブラフィッシュを用いた神経回路機能の解析
10	摂食・飲水行動発現機構入門
11	麻酔下動物での急性電気生理実験
12	慢性動物実験法入門
13	視知覚の脳内メカニズムの実験的解析
14	脳磁図によるヒト脳機能研究の基礎
15	脳機能画像解析入門
16-1	生理学実験のための電気回路・機械工作・プログラミング(1) (PICマイコンによる温度コントローラとバスターンバーの作製)
16-2	生理学実験のための電気回路・機械工作・プログラミング(2) (C言語によるPICプログラミング)

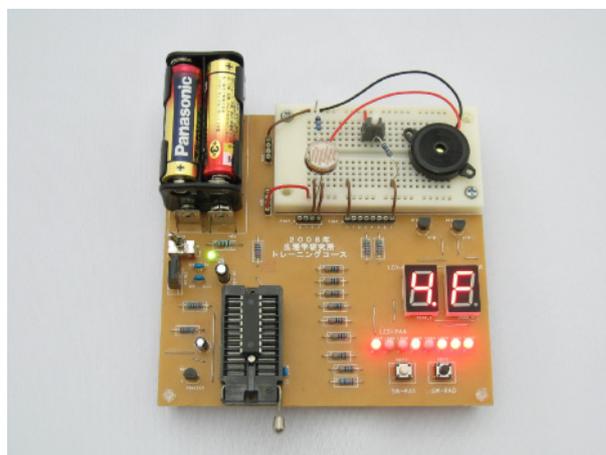


写真4. オリジナル・テストボード

# fMRI 実験用触覚刺激装置の製作

市川 修

生理学研究所 技術課

## 1. はじめに

心理生理学研究部門は、ポスドクや大学院生などを中心に総数二十数名で構成された研究室で、約 8 年前に導入された fMRI 装置により、人の高次脳機能を探求するため独自の実験研究を実施している。実験の要は、やはり独創的な研究を行なうための課題設計であるが、MR 撮影と並行して運転動作させる刺激装置や行動計測用のハードウェア、ソフトウェアも不可欠な要素である。筆者はこれまで、何種類かの刺激装置や計測装置等を製作し、生理学技術研究会等で報告してきたが、今回、聴覚と触覚に関連した時間差知覚に関する実験研究を目的に電気刺激方式による触覚刺激装置を製作したので報告する。

先ず、fMRI 実験の基本原理であるが、ヘモグロビンの酸化状態の違いによる磁性の変化を利用した BOLD コントラスト法が主体である。酸素が結合したオキシヘモグロビンと、酸素の外れたデオキシヘモグロビン（還元ヘモグロビン）の 2 つの状態があるが、各状態での磁性は全く異なる。デオキシヘモグロビンは、常磁性のため組織の局所磁場を不均一にするため緩和時間 (T2\*) が短く NMR 信号は小さい。オキシヘモグロビンは反磁性で、神経活動の結果、脳の組織に流入したオキシヘモグロビンにより NMR 信号は大きくなる。この結果、脳活動に関与した部分がコントラストを生じる。撮影された MRI データは 1 次画像処理した後、一般的に SPM (Statistical Parametric Mapping) を用いて、動きに対する補正、標準脳へのデータ変換、データの平滑化などの統計処理を行い、賦活箇所を示したサーフェースモデルの作成などが行われる。

## 2. 装置要件及び制約条件

- ・刺激の対象は人で、MRI 環境で動作すること。
- ・5-15Volt の電圧で短時間 (3 ミリ秒) のパルスを発生できること。
- ・刺激は撮影室 (MR マグネットルーム) で実施できること。
- ・操作室 (コンソールルーム) から刺激の調整、実行できること。
- ・磁場強度が 3T と強く漏洩磁界も広いいため、鉄など吸引力性材料は不可。  
高均一度な静磁場環境を乱す材料・装置も不可。
- ・NMR は周辺からの高周波ノイズには弱く、ノイズになる電磁波を発生する装置は不可。
- ・シールド貫通する銅線類原則不可 (電磁波侵入, 漏洩)。
- ・一方、MRI プローブからは高周波、傾斜磁場コイルからは電磁波、音響ノイズを発する。

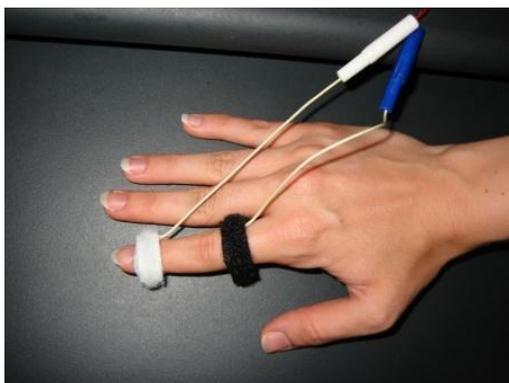


図 1. 触覚刺激用電極

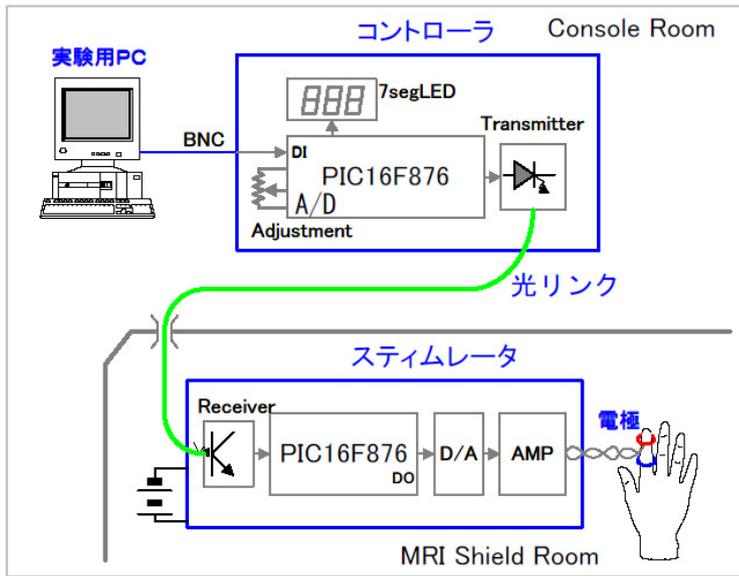


図 2. 触覚刺激装置のブロック図



図 3. 光部品

### 3. 方法

刺激に用いる電極は図 1 に示すように、一組の電極を指に巻き付け、10 Volt内外の波高値を持つパルス波を短時間、両極間に与えることにより指に触覚刺激を与える。これはドイツ製で、中を開けてみると、外装は木綿製のクロスにベルクロが縫い付けられたもので、電極材料にはスズメッキ網線が使用され、実験時は水で濡らし使用される。刺激は、操作室内から行うが、撮影室のシールド壁により隔てられているため、図 2 に示す光リンクによる構成で製作した。

特徴：刺激条件の設定操作を行なうコントローラ及び、刺激パルスが発生するスティムレータの 2 つのユニットで構成し、光部品 (TOSLINK : 図 3) とプラスチック製光ケーブルにより両者を接続して動作させる。製作に必要な部品類は可能な範囲で非磁性材料を使用した。

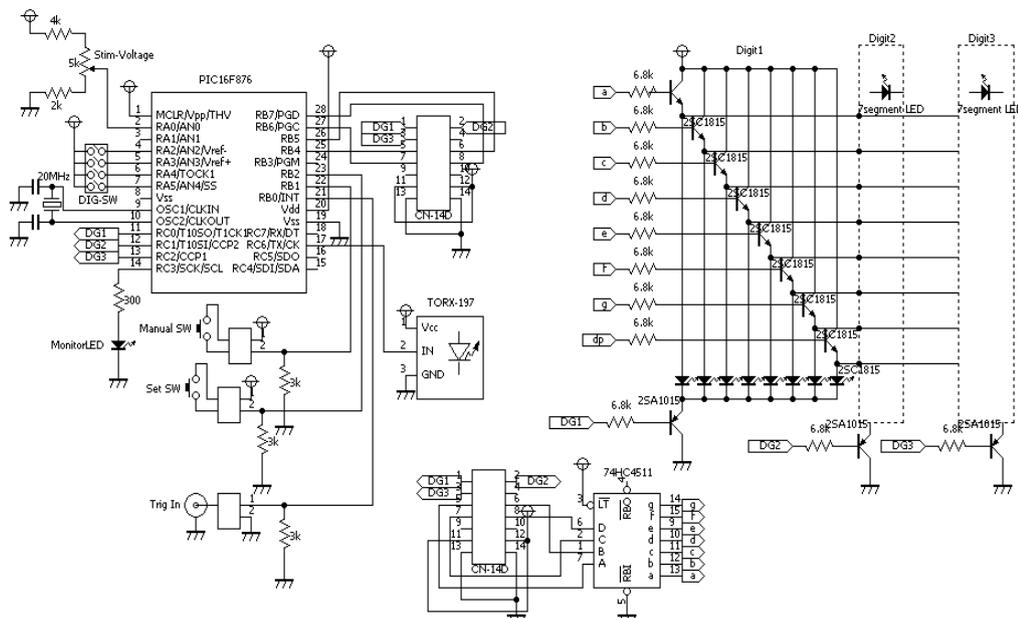


図 4. コントローラの回路図

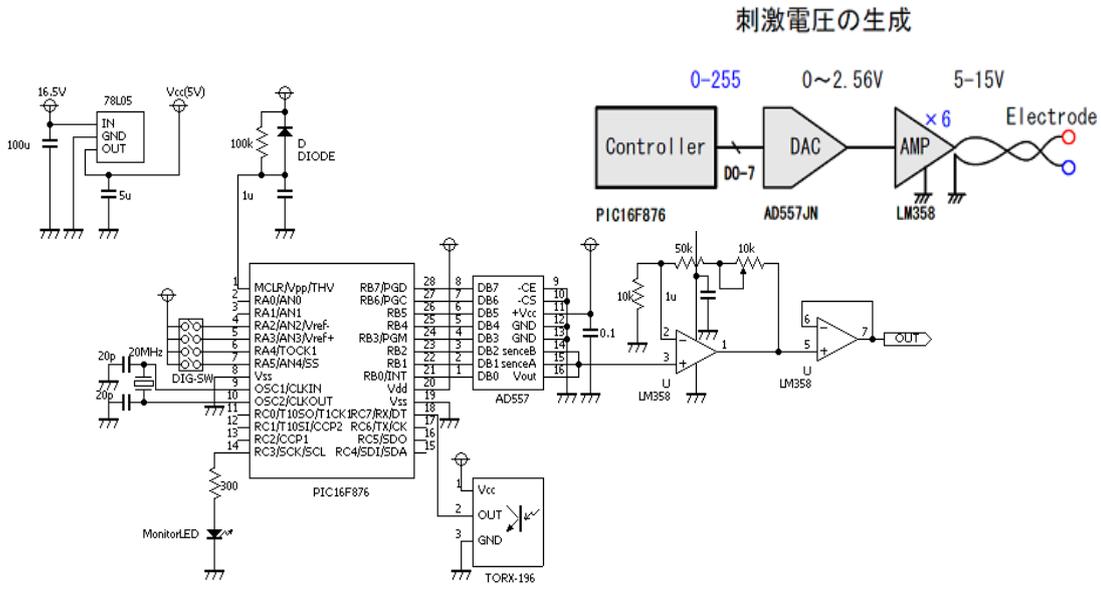


図 5. スティムレータの回路図

図 4 は、コントローラ側の回路図で、制御に 16F873 型 PIC コントローラを用いた。コントローラは、刺激電圧の調整・表示や外部トリガー信号（MR 用シナリオソフトにより制御）による刺激実行等の機能を受け持つ。刺激電圧の調整は、PIC に内臓の A-D コンバータに接続した可変抵抗器からの電圧を読み込んで行なうが、不用意に刺激電圧が変わらないよう専用のボタンを押した状態でのみ電圧変更が機能するように考慮した。刺激電圧の表示は PIC/I/O ポートの 7bit を使用し、ソフトウェアによるダイナミック点灯により 3 桁の 7segLED を駆動した。

図 5 は、スティムレータ部の回路図で、コントローラと同様に PIC により制御した。刺激電圧の生成には ANALOGDEVICES 社の 8bitD/A コンバータを使用した。この出力信号は、さらに 6 倍の非反転増幅器、ボルテージフォロワ回路を経て刺激電極に出力される。

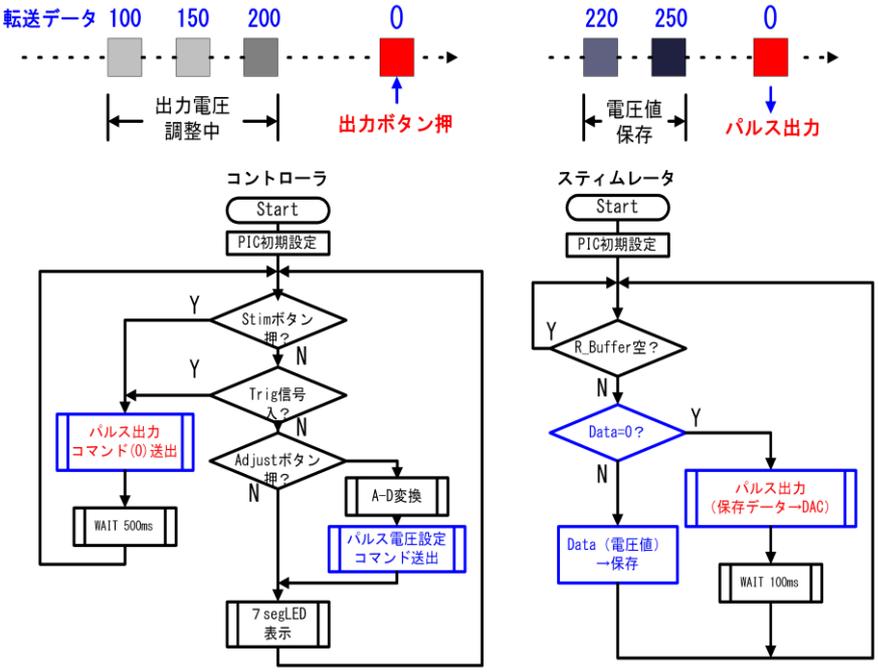


図 6. 制御ソフトウェアのフローチャート

図 6 上部は、光リンクを流れるデータを、左下はコントローラ側、右下はスティムレータ側の制御ソフトの動作フローを示す。コントローラ側では、刺激開始信号の監視と刺激電圧調整用ボタンの監視をしている。調整信号を検出すると可変抵抗器からの電圧を A-D 変換した後、スティムレータ用の 8bit 値に調整し、USART の送信出力、光送信モジュールを経て光リンクへ送出する。また、刺激開始信号を検出すると光リンクに数値のゼロを送出する。

スティムレータ側では、光受信モジュールを経て USART の受信端子に入力されるデータ信号を監視している。刺激電圧調整用のデータを検出するとそのデータをバッファに蓄え、刺激命令（ゼロ）が届いたときに備える。ゼロを受信するとバッファ内のデータを D-A コンバータへセットする。3 ミリ秒後に D-A へ数値ゼロを送り、刺激完了となる。

#### 4. 調整確認

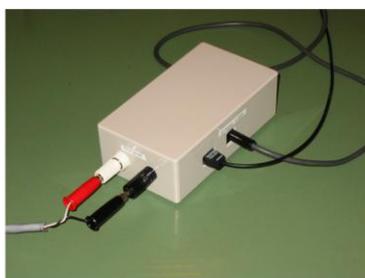
刺激装置の製作後、半固定抵抗器により刺激電圧を調整し機能の確認を行なった。パルス幅、刺激開始信号との遅延時間をオシロスコープにより確認した。結果の数値を以下に示す。

- ・刺激電圧設定機能 → 5V-15V : 0.1V step
- ・刺激継続時間 → 3.0 ミリ秒~3.1 ミリ秒
- ・刺激実行遅延時間など → 500 μ 秒±200 μ 秒

試作後の被験者による予備実験では、はじめ MRI の撮影シーケンスを動かさずに刺激を実行したところ、問題なく刺激を認知したが、次に MRI 撮影を開始すると、刺激を実行しない状態でも不規則に刺激を感じると訴えた。この原因は、MRI 傾斜磁場電源からの磁束が刺激電極のリード線と交差して電圧が誘導されたものと判断されたため、リードを 3-4 回ねじる事により回避した。右下の写真は、006P 型 9V 電池で、撮影室の隅にテープで固定し使用した。



コントローラ



スティムレータ



バッテリーBOX



#### 5. まとめ

fMRI 実験課題で用いる電気パルス方式の触覚刺激装置の制御に PIC を使用して、コンパクトに製作した。本装置を使用した触覚刺激課題実験は、研究者滞在期間中に予定を全て終了し、一定の研究成果が得られた。シールド内外の信号伝達に銅線を使わず情報転送可能な本方法（光リンクによる通信制御）は、電磁ノイズの多い環境でのデータ転送や制御など MR 環境以外でも使用できるインターフェースと考える。

# 実験植物としてのアサガオの紹介

田中 幸子

基礎生物学研究所 技術課

## 概要

アサガオは、我が国独自の園芸植物であり、昔から実験に用いられてきた植物でもある。多様な花や葉の色や模様、形態に関する突然変異体の多くは江戸時代に起源し、現在も保存されている。現在所属している基礎生物学研究所・分子遺伝学研究部門では、それらを用いて色や模様のしくみを遺伝子レベルで研究すると共に、ナショナルバイオリソースプロジェクト・アサガオのサブ機関として、アサガオの各種リソースの収集・保存・提供をおこなっている。これらの取り組みを含めた実験植物としてのアサガオについて紹介する。

## 1. はじめに

アサガオは日本人にとって大変なじみのある園芸植物であり、毎年春になると花屋に様々なアサガオの種や苗が売られる。また、アサガオは観賞用以外にも古くから、遺伝学、生理学の研究によく用いられてきた材料である。日本のアサガオの起源は、奈良時代ごろに中国から薬草（下剤）として日本に渡ってきたと言われている。渡来した当初は青く丸い花で三つに尖った形の葉の1種類しかなかった。しかし、江戸時代に現在知られている色や形の変わりものがほとんど出現し、アサガオの栽培が盛んに行なわれた。それから昭和にかけて、多くの愛好家の努力により、面白い変異体がたくさん保存されてきた。図1のように、形に変異のある物や、多様な花や葉の色、模様のある変異体が現在も保存されている。現在もこれらの変異体を用いて多くの研究が行なわれている。

## 2. トランスポゾンによる変異

この多様な突然変異体の多くがDNA型トランスポゾン(*Tpn1*ファミリー)によって誘発されている。トランスポゾンとはゲノムの中を動く遺伝子で、このトランスポゾンはゲノムの中に挿入したり、飛び出して、他の場所に挿入したりする。図2のように、遺伝子Aの中にトランスポゾンが挿入すると、遺伝子Aは働くことができなくなる。ここから、また、トランスポゾンが飛び出すと、この遺伝子Aはまた働くことができる。



図1 多様なアサガオの変異体

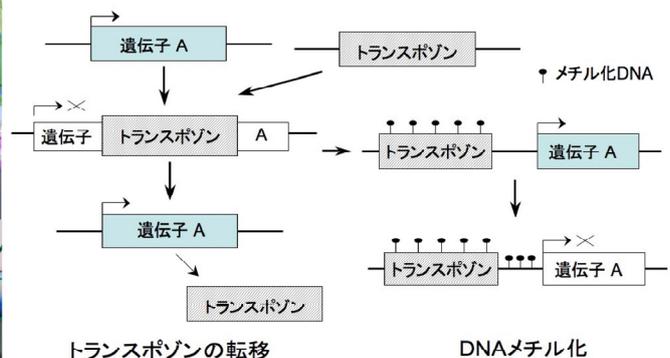


図2 トランスポゾンによる変異

植物にとって、トランスポゾンがゲノムの中を飛び回することは迷惑なことのため、植物の方もそれを防ぐためにトランスポゾンが飛び回ることをできなくする仕組みを持っている。トランスポゾン遺伝子の DNA をメチル化すると、トランスポゾンは飛び出すことができなくなる。そのとき、トランスポゾンの周辺の DNA までメチル化してしまう場合がある。たまたま、トランスポゾンのすぐ近くに遺伝子 A があると、トランスポゾンだけがメチル化されている場合は遺伝子 A は働くことができるが、その遺伝子が働くために必要な部分までメチル化してしまうと、遺伝子 A は働くことができなくなる。

このように、トランスポゾンが挿入してできる変異体と、トランスポゾンが挿入して、DNA のメチル化が起こることによってできる変異体とが存在する。また、この他にもいろいろ変異体ができるしくみがわかりつつある。現在では多くの変異体の表現型が、何の遺伝子のどのようなしくみによる変異なのかが解明されている。

### 3. 花の色

アサガオの野生型の色は青色で、アサガオの花の色の基本色に青、マゼンタ、紫、赤の 4 色がある。このほか、色のない白、くすんだ色の灰色や茶色、全体に薄い色や濃い色、花弁表面に光沢がある場合、無い場合もある。これらの組み合わせによって、数十種類の多様な色合いの花が存在する。

アサガオの花はアントシアニンという色素が主な色素で、図 3 の色素合成経路からできる。カルコンがまず合成され、順にいろいろな色素合成酵素によって合成される。野生型は右側の経路で最終的に青色のヘブンリーブルーアントシアニンを作る。途中のフラボノール 3' 水酸化酵素の遺伝子 (*F3' H*) に変異のあるものはペラルゴニジンのマゼンタ色になる。また、アントシアニンは細胞内で液泡に蓄積するが、アントシアニンは pH によって色が変わる色素で、アルカリ条件では青色だが、酸性になるにつれて紫、赤紫と赤い色になる性質がある。花が咲くときに液泡の pH が上昇するので、青色とマゼンタ色になるが、液泡の pH 上昇に係わる遺伝子 (*Pr*) に変異のあるものは液泡の pH が低いため、青が紫に、マゼンタが赤になる。この 2 つの遺伝子の変異の組み合わせにより、4 色の色ができる。

また、生合成経路の途中、ペラルゴニジン、シアニジン以降に着色するため、それ以前の生合成遺伝子、*CHS*, *DFR*, *ANS* に変異があると、色のない、白色になる。ペラルゴニジン、シアニジン以降の生合成経路に変異があると、くすんだ色の灰色や茶色になる。これらの変異の多くもトランスポゾンの挿入が原因となっている。このように、多様な色が存在するが、ほとんどがアントシアニン色素生合成経路過程の変異による。

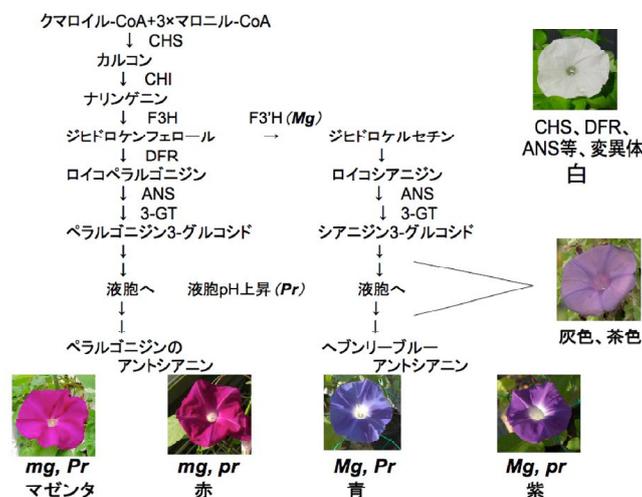


図 3 花の色素生合成経路と変異

#### 4. 花の模様

次に花の模様のしくみの例を紹介する。図4左側は、先ほどのトランスポゾンの転移によってできる変異である。もともと色素合成にかかわる遺伝子の中にトランスポゾンが入っていて、この遺伝子が働けなくなって白い花になる予定が、細胞が分裂して花卉が形成される過程で、一部分、トランスポゾンが飛び出す部分ができる。トランスポゾンが遺伝子の中から無くなることにより、この遺伝子がまた働くことができるようになり、色をつけることが可能となる。そのため、トランスポゾンが飛び出したあとの細胞は青くなり、飛び出す前の細胞は白のままとなり、白地に青の縞が入る。

別の例として、トランスポゾンが挿入している周辺がメチル化される場合がある。図4右側のように、トランスポゾンが色素合成にかかわる遺伝子の近くに挿入していることにより、細胞分裂して花卉が形成される過程で、この遺伝子が働くために必要な領域がメチル化されてしまい、この遺伝子が働かなくなる。その部分の花弁は白くなってしまい、青地に白の縞が入る。このようにして、花の模様の原因も分子レベルでわかりつつある。

#### 5. *in situ* ハイブリダイゼーション

以上のような研究をサポートする上で、細胞単位で遺伝子の発現を解析する必要性が増加している。そのため最近では *in situ* ハイブリダイゼーションという実験を行なっている。*in situ* ハイブリダイゼーションは、目的とする遺伝子の発現の時期や組織内での局在を細胞単位で調べるのによく用いられる手法である。アサガオでもシロイヌナズナやイネの手法を参考に条件検討を行ないながら実験をしている。いくつかの手順の検討を行って、図5のような結果が得られるようになってきている。これはアサガオの茎の断面で、外側からの第二層の細胞が染まっている。

また、立体的に観察するために、whole mount *in situ* ハイブリダイゼーションという方法も最近試してみた。利点としては、*in situ* ハイブリダイゼーションとくらべて、立体的に観察できることや数日を要する脱水、包埋、切片作成の手間と時間を省略できること、等がある。結果としては、アサガオの茎の輪切りを試したところ、あまり良い結果が得られなかった。細胞壁が固いためか、組織への試薬の浸透性が非常に悪く、浸透性を上げる処理を強めると、今度は組織がバラバラになってしまう問題が生じた。このため、現在はアサガオの茎は普通の *in situ* ハイブリダイゼーションで実験を行なっている。他の植物や組織でうまく行く場合もあったが、試薬の浸透性の悪い固い物は難しいようである。

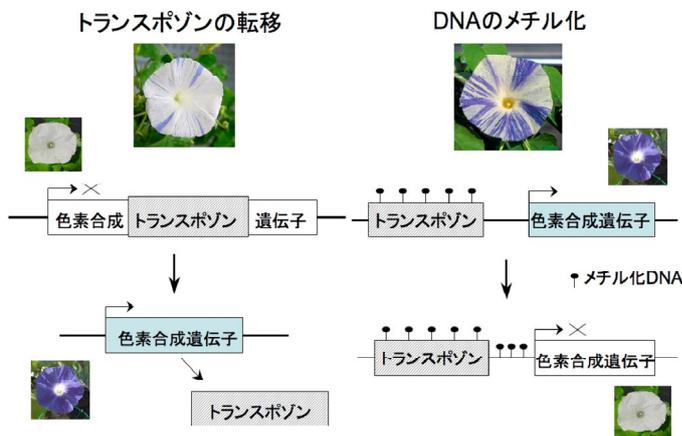


図4 トランスポゾンによる花の模様



図5 アサガオ茎断面の *in situ* ハイブリダイゼーションの例

## 6. アサガオ ナショナルバイオリソース

現在、存在する多くのアサガオの突然変異体はアサガオのナショナルバイオリソースプロジェクトが保存、運営を行なっている。ナショナルバイオリソースプロジェクトは、ライフサイエンス研究の基盤となる特定の生物の収集・保存・提供を行うとともに、その生物のゲノム等析や実験技術の開発を行うものである。アサガオでは九州大学が中核機関、基礎生物学研究所がサブ機関を担っている。九州大学が蓄積された約 1000 のアサガオ自然突然変異体とアサガオ近縁種やアサガオに関する情報、文献等を収集、保存、提供している。また、以前に作成された連鎖地図を参考に、分子マーカーを用いた詳細な連鎖地図の作成、情報提供を行なっている。基礎生物学研究所では、アサガオの EST ライブラリーやゲノムライブラリーの作成、収集、保存、提供をおこなっている。また、形質転換植物の作成が安定しておこなうことが可能なため、形質転換植物の作成、収集、保存、提供等も行う。私も EST ライブラリーの作成、シークエンスや他機関へのクローンの提供、形質転換植物の作成、栽培、等を技術職員として行なっている。

## 7. まとめ

このようにアサガオを実験植物としての扱うために必要とされる情報、実験手段等はかなりそろってきた。今後、さらにアサガオを実験材料として利用しやすいよう環境を整え、多くの方に利用されることを期待する。

## 謝辞

この報告に際し、ご協力いただいた基礎生物学研究所分子遺伝学研究部門の皆様へ深く感謝いたします。

# 質量分析装置に用いるスプレーヤーの改良について

高見 重美

基礎生物学研究所 技術課

## 概要

分析室では、多くの機器の維持管理を行っている。その中でも高度な技術を必要とする装置について、依頼分析として技術を提供している。

依頼分析の一つである質量分析の中で、2007年3月に分析室に新しく導入されたエレクトロスプレーイオン化 四重極-飛行時間型 質量分析装置 (ESI Q-TOF MS) の試料導入では、試料溶液をスプレーヤーで噴霧してイオン化している (ESI法)。このスプレーヤーには2種類あり、一方は組み立てが容易だがつまりやすく、他方はその逆であった。それぞれのメリットを取り入れ、組み立てが容易かつ安定した噴霧が継続できるスプレーヤーを試作したので報告する。

## 1. はじめに

分析室は、基生研・生理研の共通施設として運営され、技術職員5名、支援員1名の計6名で各機器の維持管理を行っている。分析室には、おおよそ60種、約100台の分析機器を備えており、それらは下記の5系統に分類される。

- ・ タンパク質・遺伝子解析装置
- ・ 分離分析装置
- ・ 物理化学的解析装置
- ・ 分光分析装置
- ・ 顕微鏡・画像解析装置



分析室職員

更に、以下の4つの依頼分析を行っており、装置の性能を維持し発揮できるように努め、高度な分析技術を提供している。

1. アミノ酸分析
2. プロテインシーケンス
3. ペプチド合成
4. 質量分析

今回は、質量分析装置の試料導入に用いるスプレーヤーの特徴と改良について報告する。

## 2. エレクトロスプレーイオン化 四重極-飛行時間型 質量分析装置 (ESI Q-TOF MS)

質量分析装置には、様々なタイプのものがあるが、今回報告するのは、2007年3月に分析室に新しく導入されたエレクトロスプレーイオン化 四重極-飛行時間型 質量分析装置 (ESI Q-TOF MS) (図1) である。

この装置は、試料溶液をスプレーヤーで噴霧するエレクトロスプレーイオン化 (ESI) 法を用い、得られたイオンを質量分析部で質量電荷比 ( $m/z$ ) によって分離し、各イオンの質量を測定する。

この質量分析装置で測定する試料は、主にペプチドまたはタンパク質を酵素消化した溶液である。



図1 ESI/Q-TOF MS

## ESI Q-TOF MSの測定の概略

- ① スプレーヤー内部に装備されたキャピラリーに試料溶液を流し、そこに高電圧をかけ帯電した液滴として噴霧させる。その液滴から溶媒を蒸発させて、試料分子のイオンを生成させる (図 2- a)
- ② 四重極では、特定範囲の質量電荷比 ( $m/z$ ) のイオンだけを選択できる (図 2- b)
- ③ 四重極で選択したイオンをコリジョンセルでアルゴンガスと衝突させて断片化させる (図 2- c)
- ④ 飛行時間型質量分析部では、イオンに高電圧をかけて加速させることで、イオンは検出器に向かって加速する。このとき質量の小さなイオンは早く飛行するので、質量の小さなイオンから先に検出器に到達する (図 2- d)

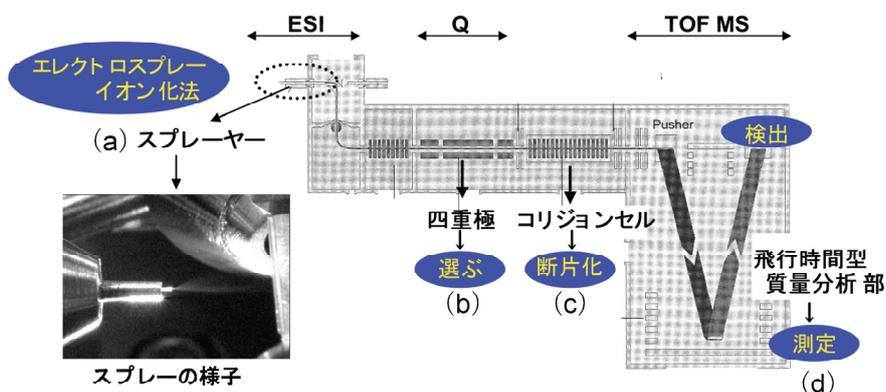


図 2 Waters Q-TOF Premier 概略図

## 3. 目的

ESI Q-TOF MS においてイオン化を行うためには、試料の安定した噴霧が必要である。スプレーヤーには2種類あり、その特徴を把握し、組み立てが容易でかつ安定した噴霧を継続するスプレーヤーに改良することを目的とした。

## 4. 2種類のスプレーヤーの特徴

### 4.1 ナノ LC タイプ (図 3- a)

このタイプは、外径  $90\mu\text{m}$  という細さのフューズドシリカキャピラリーを内部に通して使用する。コストは、1回分約 660円と安価である。切断には、写真のようにセラミックカッターを使用して、キャピラリーの表面に軽くキズをつけて折る。このときセラミックカッターで切断してしまうときれいな断面ができず、噴霧もきれいに行われず。切断の断面の出来が良いことが重要である。

フューズドシリカキャピラリーは、詰まりにくく、詰まっても先端を切れば数回使用が可能なので便利である。そのように使用すれば、約 1ヶ月使用できる。

組み立ては、多くの部品から成り立っているスプレーヤーに細いフューズドシリカキャピラリーを通すため、熟練を要する。

### 4.2 ユニバーサルタイプ (図 3- b)

このタイプは、外径  $360\mu\text{m}$  のガラスキャピラリーを使用する。コストは、1本数千円と高い。このガラスキャピラリーは、先端にいくほど内部が細くなる形状で詰まりやすい。1日で詰まってしまった経験があり、数回使用してその後はほとんど使用していないのが現状である。

組み立ては、ガラスキャピラリーを通し、2ヶ所で固定するだけで簡単である。

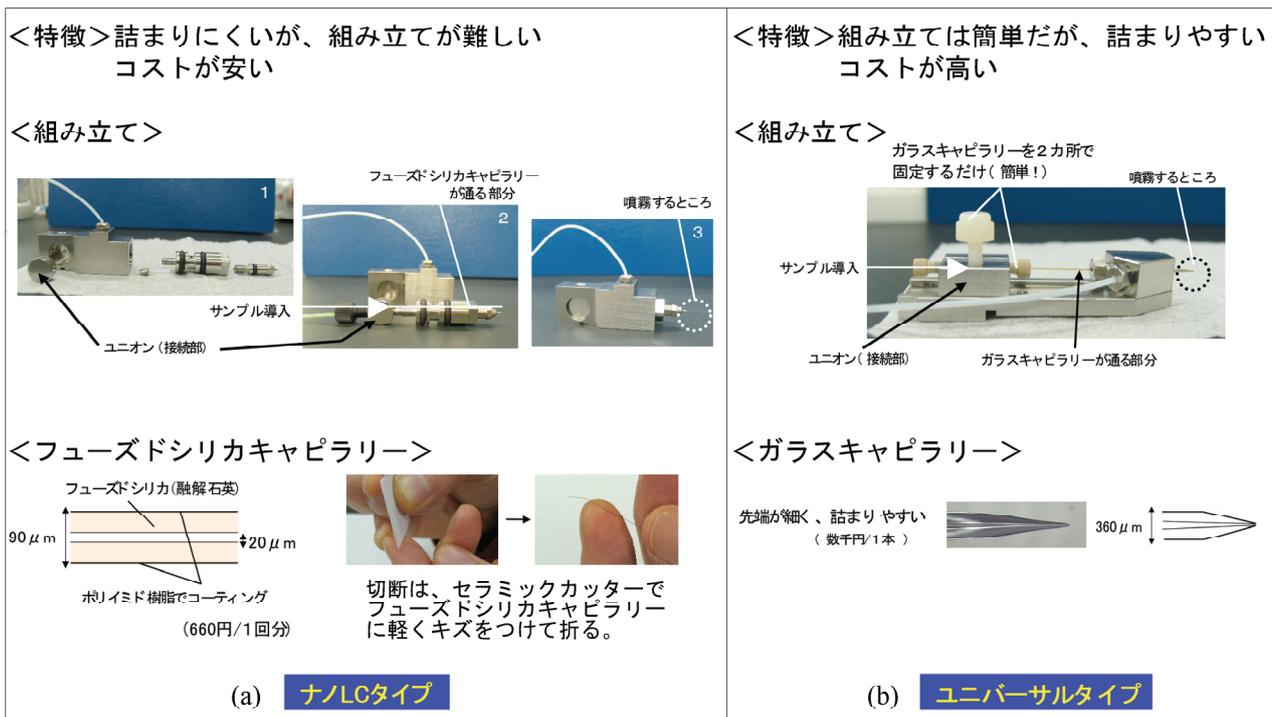


図3 各スプレーヤーの特徴と組み立て

### 4.3 スプレーヤーの比較

2種類のスプレーヤーの特徴を比較した。(表1)

ナノLCタイプ：組み立てに熟練を要するが詰まりにくい

ユニバーサルタイプ：組み立ては容易だが詰まりやすい

表1 各スプレーヤーの比較

パフォーマンス スプレーヤー	使用する キャピラリーのタイプ	組み立て	先端の詰まり	先端が詰まった 場合の対応	使用可能時間	コスト
<b>ナノLCタイプ</b>	フューズドシリカ キャピラリー	難しい	詰まりにくい	先端を切って 数回使える	約1ヶ月 (先端を切って使用した場合)	安い
<b>ユニバーサルタイプ</b>	ガラスキャピラリー	簡単	詰まりやすい	交換が必要	1日で詰まって しまうことがある	高い

## 5. 改良

### 5.1 それぞれのメリットを取り入れたスプレーヤーの作成

メーカーでは、それぞれのメリットを取り入れて改良したスプレーヤーを使用しているという情報を得たので、同等品の作成を試みることにした。

ナノLCタイプのメリット：詰まりにくいフューズドシリカキャピラリーを使用していること(図4-a)

ユニバーサルタイプのメリット：組み立ての簡単なスプレーヤーであること(図4-b)

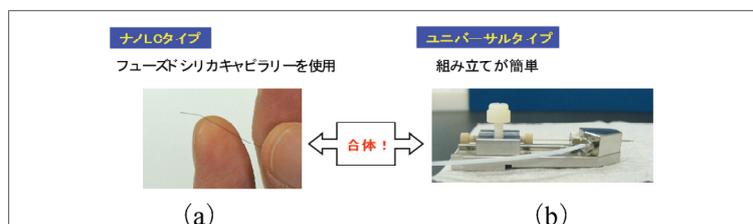


図4 各スプレーヤーのメリット

## 5.2 具体的な改良点

ユニバーサルタイプをもとに、変更したのは **1** キャピラリー **2** 接続部 (ユニオン) **3** フィッティングの 3ヶ所である。追加したのは、**4** 内径 125 $\mu\text{m}$  チュービングスリーブである。(図 5)

部品はすべてカタログ等から購入できる、市販品である。

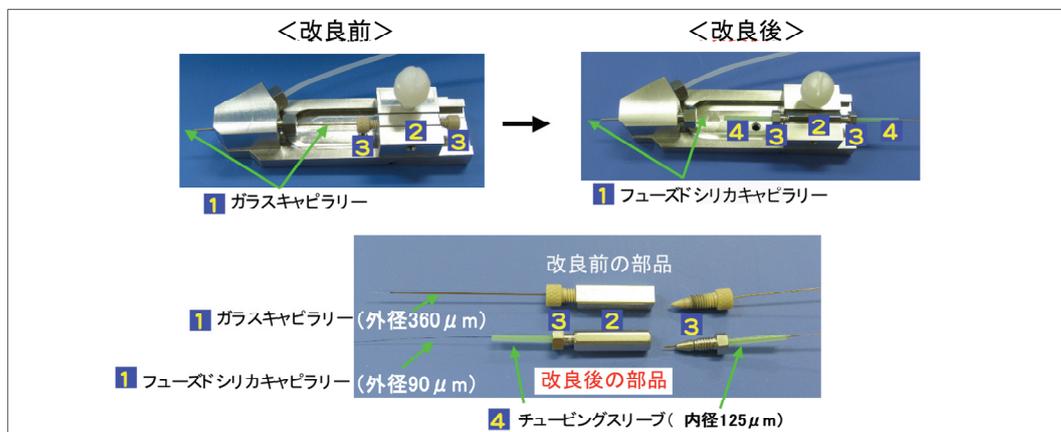


図 5 改良

## 6. 結果・考察

改良前と改良後の比較を示した。(表 2)

組み立ての簡単なユニバーサルタイプのスプレーヤーに、詰まりにくいフューズドシリカキャピラリーが使用できるように改良した。外径 360 $\mu\text{m}$  のガラスキャピラリーから外径 90 $\mu\text{m}$  のフューズドシリカキャピラリーに変更したので、細いフューズドシリカキャピラリーを締め付けられるように内径 125 $\mu\text{m}$  のチュービングスリーブを追加した。このチュービングスリーブにフューズドシリカキャピラリーを通すのはかなり手間のかかる作業だったので、改良後のスプレーヤーの組み立ては、やや難しくなった。

測定の合間に改良後のスプレーヤーの検討を行っているので、使用可能時間の検討は終わっていないが、いまのところ連続して 5 日間きれいな噴霧を確認できた。ナノ LC タイプと同等の約 1ヶ月の使用が可能と予想されるので、今後確認を行っていきたいと考えている。

表 2 スプレーヤーの比較

パフォーマンス スプレーヤー	使用する キャピラリーのタイプ	組み立て	先端の詰まり	先端が詰まった 場合の対応	使用可能時間	コスト
ナノ LC タイプ	フューズドシリカキャピラリー ( 外径 90 $\mu\text{m}$ )	難しい	詰まりにくい	先端を切って 数回使える	約 1 ヶ月 ( 先端を切って使用した場合 )	安い
ユニバーサルタイプ	ガラスキャピラリー ( 外径 360 $\mu\text{m}$ )	簡単	詰まりやすい	交換が必要	1 日で詰まって しまうことがある	高い
<b>改良後</b>	フューズドシリカキャピラリー ( 外径 90 $\mu\text{m}$ )	やや 難しい	詰まりにくい	先端を切って 数回使える	少なくとも 5 日以上 ( 更に、調べる予定 )	安い

## 参考文献

細胞工学別冊 最新プロテオミクス実験プロトコール 谷口 寿章著 秀潤社

# タッチパネルを用いた情報掲示システムの作成

中村 貴宣

基礎生物学研究所 技術課

## 概要

電子計算機室では、情報ネットワークやデータベースの構築をはじめ、所内の計算機環境のサポートを行っている。研究所の耐震改修工事を機に、玄関のリニューアル化の一環として、タッチパネル式の掲示画面を玄関受付に設置することが提案された。今回はごく普通の PC と、市販されているタッチパネルを使用し、特別なソフトウェアを購入すること無く安価で作成を行った。タッチパネルには、研究所内で行われるセミナーや研究会の予定を提示すると共に、職員の名簿情報を検索できるようにした。

## 1. 経緯

基礎生物学研究所では、2007 年の耐震改修工事を機に、玄関が改修されることになった。これにより、玄関で掲示していた物が撤去されることになった。そこで、耐震工事後に玄関での新しい掲示方法として、セミナー情報や職員名簿などの様々な情報を表示するモニターを設置すること（図 1）が要望にあがった。

また、このようなシステムを構築することに



図 1 基生研玄関とディスプレイ

対して、出来る限りハードウェアの構成を単純にすること、特別なソフトウェアの購入を控えること、表示するデータの更新に手間がかからないようにすること、等を考慮した。

## 2. システム概要

### 2.1 ハードウェア構成

Apple Mac Mini をメイン PC とし、ディスプレイとして Iiyama PLT481 タッチパネルディスプレイを使用した（図 2）。メイン PC の制御は直接キーボードやマウスを繋げることを避け、無線 LAN で研究所内のネットワークに接続して遠隔操作によって整備や調整を行えるようにした。



図 2 ハードウェア構成

左) Apple Mac Mini 右) Iiyama PLT481 CU-WOS

### 2.2 ソフトウェア構成

画面の出力表示には Web ブラウザ（Safari）を使用し、中身のデータは HTML ファイル等の Web ブラウザで表示できる形式にした。メイン PC は Web サーバとしても扱えるように設定を変更し、Web サーバ上で動作する様々なソフトウェアを使用可能にした。その一つである PHP を使用し、画面に表示する HTML ファイ

ルの出力を自動生成するようにした。PHP は MacOSX にバンドルされているために導入も簡単である。また、タッチパネル上でのウィンドウを制御する目的で Ajax を使用した。

### 2.3 ネットワーク構成

基生研の公式サイトにはセミナーやイベントの情報が書かれているが、これらは全て共通のデータベースからデータを取得している。そこで、メイン PC を研究所内のネットワークに接続し、この共通のデータベースからデータを参照することにより、最新のセミナーデータを得られるようにした。これにより、電子計算機室のスタッフが直接データベースを操作しなくとも、ディスプレイに表示される情報が常に最新の状態に保たれるようになり、更新の手間が軽減された。

## 3. 調整

システムを構築していくうちに、いくつかの点で調整が必要になったので、改善を行った。

### 3.1 フルスクリーン化

表示に Web ブラウザを使用したことで、画面の上部にメニューバーが表示されてしまうようになった。このままでは、使用者が誤った動作を起こしてしまう恐れがある。対策として、Cocoa アプリケーションで動作するプラグイン "MegaZoomer" (図 3) を使用した。Cocoa アプリケーションとは、MacOSX 上で動作するアプリケーション形式の一つであり、Safari も Cocoa アプリケーションである。"Megazoomer" は、Cocoa アプリケーションの機能拡張プラグインの一つであり、アプリケーションのウィンドウを最大化 (=フルスクリーン化) することができる。これを使用した結果、ウィンドウに表示される部分のフルスクリーン化が行われ、メニューバーを画面から消去することに成功した。

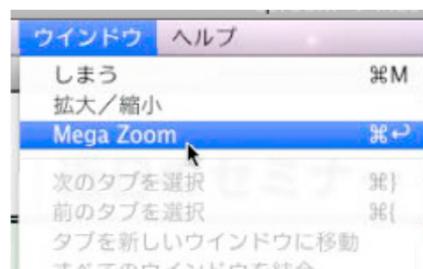


図 3 MegaZoomer

### 3.2 電源の自動管理

このシステムは、玄関が開いている時間に来所する人の利用を想定している。なので、玄関が開く時間になれば自動的に電源が入り、玄関を閉める時には PC の電源が自動的に切れるようにしなくてはならない。これを実現するために、MacOSX の環境設定メニューから『省エネルギー』項目 (図 4) を使用した。この値を適当に設定し、平日の勤務時間帯に電源が入るようにした。



図 4 省エネルギー項目

### 3.3 起動時の操作の自動化

ディスプレイドライバが正常に対応していなかった為、PC の起動時に確認ウィンドウが出るようになった。このため、ウィンドウの一部が隠れてしまい、使用者が困惑してしまう恐れがある。対策として、"Automator" を使用した。これは MacOSX にあるソフトウェアで、簡単なマクロを組むことができる。"Automator" を使用することにより、PC の起動時に出る確認ウィンドウを自動的に閉じ、PC を再起動した直後でも、使用者がすぐにシステムを利用できるようになった。

### 3.4 イベントハンドラの制御

ディスプレイドライバが正常に対応していなかった為、タッチパネル上の操作からクリックができなくなる現象がみられるようになった。この問題を回避するために、ウィンドウの切り替えや選択などのイベントを全て **OnMouseOver** で指定し、ポインタが触れたときにイベントを起こすようにした。また、中途半端にクリックやドラッグが起きないように、スタイルシートを用いて文字の選択をできないようにした。

## 4. これからの改良

現在表示している情報は、職員名簿・ネームプレート（図5）とセミナー・イベント情報（図6）のみであるが、利用者の意見を聞いた上で、これに加えてさらなる情報を表示できるようにし、操作性の改善も目指す。また表示方法が **Web** ブラウザであるので、他のサイトの情報を引用することも可能である。表示する情報を吟味し、利便性の向上に努めたい。



図5 職員名簿（ネームプレート）



図6 セミナー・イベント情報

# 大型スペクトログラフと光生物学実験

東 正一

基礎生物学研究所 技術課

## 概要

大型スペクトログラフ室は、世界で唯一の生物用大型分光照射装置として 30 年前に設立された。現在までに多数の共同研究を受け入れ、生き物に光が及ぼす影響の生理学的機能の仕組みの解明や分子機構の解明に寄与し、生理・生命現象の仕組みの解明を目的とする光生物学分野の発展に貢献してきた。今回は、スペクトログラフの装置と業務、および光生物学との関わりについて紹介する。また、より高純度、高強度の光源であるレーザー光源を用いた新照射システムの導入についても紹介する。

## 1. はじめに

基礎生物学研究所の大型スペクトログラフは、世界最大の生物用分光照射設備であって、光が生物に及ぼす様々な影響の仕組みを解明するために用いられている。

紫外線から赤外線に至るまで、太陽光より 2 倍以上強力な単色光を生物に照射することができる。試料の設置や光強度などの実験操作を簡素化省力化するために大幅にコンピュータ自動化が配慮されており、多数の照射実験を高効率・高精度で行うことができる。

1979 年に光生物学研究のための装置として設立され、以後 30 余年にわたり共同利用専用の装置として運用されてきた。1981 年度より公募による共同利用実験「大型スペクトログラフを用いた生体の光受容系の解析」を開始し、公募後採択審査を経て、通常年間 20~30 件採択され、マシンタイム：1500~2000 時間/年である。

## 2. 装置の特性について

### 2.1 装置の構成および特徴

装置の概観は図 1 の通りである。一見したところ卓上型のモノクロメーターであるが、基本的にそれを 20m 角の部屋に拡大したものと言える。

光源： 30kW キセノン ショート アーク ランプ  
分光器： 平面回折格子 (250nm と 500nm のダブルブレード、溝数 1200 本/mm)  
試料箱： 照射光強度・照射時間をコンピュータ制御も可能な設計  
搬送機： NC 制御による試料箱の波長位置設定が可能  
制御部： マイクロコンピュータによる自動制御が可能

### 2.2 性能

装置の性能は下記の通りである。

波長範囲： 250nm~1000nm      光強度 470nm において  $50\text{W}/\text{m}^2$  (入射スリット 50mm にて)  
逆線分散： 約  $0.8\text{nm}/\text{cm}$       波長純度：半値幅約 6nm (入射スリット 50mm にて)  
半値幅約 1nm (入射スリット 10mm にて)

### 2.3 メンテナンスについて：波長校正および光学部品の交換など

この装置は基本的に精密光学機器であるため、どの光学装置もそうであるように、定期的なメンテナンスが必要である。メンテナンスは基本的に必要な光学部品の交換や清掃を行い、最終的に分光制度は水銀灯の輝線と照射位置の波長を合わせる方法で校正を行う。当初は波長校正は月1回行っていたが、年1回の校正・保守調整で必要十分であると判断し現在は年1回行っている。

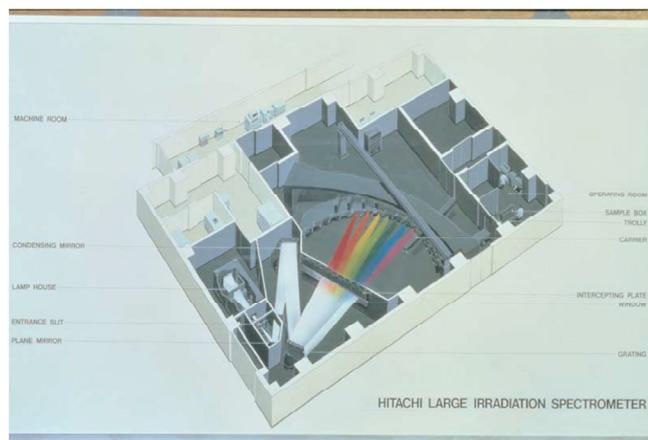


図1：大型スペクトログラフの概観

## 3. 光生物学実験

### 3.1 光生物学とは

光は植物にとっての「エネルギー源」（例：光合成）であり、動物にとっては眼による外界認識を可能にしてくれる。無くてはならない「信号源」である。動物だけでなく植物も光を「信号」として使っていることは日長をコントロールする「電照菊」栽培では光を使って、菊の花芽の形成時期をコントロールしていることや、暗いところで芽生えた植物は「もやし」になり少しでも明るい所へ出ようとして曲がりながらどんどん伸びていくことなどの例からわかる。また、害としては日焼けなどの紫外線の影響による障害が思い浮かぶ。このような光と生物の関わりについて単色光を使って細胞レベル、分子レベルで解析を行う。扱う学問分野は多岐にわたるが、その中でも生物と光の関わりを中心に研究を行っている分野である。

### 3.2 光生物学実験の手法

この装置を使用して光照射実験を行うにあたり、光は光源から単色光に分光されたきれいな平行光がやってくる。最も一般的な実験手法では、この平行光を水平方向から試料に当てたり、何らかの反射材で垂直上方から当てたりするが、必要な波長、光強度によっては光路に適切な光学部材を挟み込み集光・拡散などを行う。熔融石英のレンズや凹表面鏡などを用いることが多い。

### 3.3 照射箱を利用する方法

この装置は特定の波長の位置に箱を置き、効率よく単色光を照射することができる大型照射箱を多数備えている。この箱の中には入射した光を一定の割合で7段階に減衰できるように作られており、この照射箱を使用することにより多数の波長について、光強度を多段階に変化させた、波長と光強度の組み合わせを作り、照射実験を可能にしている。また、この箱には出射スリットを備え波長純度をコントロールすることが可能であると共に光強度を連続的に変更できる絞りを備え、入射する光を常時モニターできるため、決められた

照射量になるように自動的にシャッターの開閉をコンピュータ制御で行うことができる。しかし、研究の進展や方法の変化に伴い、大型の箱はコンピュータ制御があまりデリケートではなく実験者の感覚とのずれが生じたため、使いにくくなり、現在は光強度のみを7段階に減衰できる簡易型の小型照射箱の利用に移り変わっている。

### 3.4 光ファイバーなど光導管を使用し、他の部屋などへ光を引き回す方法

分光された単色光を光ファイバーに導入し、部屋の外へ引き出し、他の実験室で照射を行うことができる。ただ、この方法では現有大型分光器の光を導入した場合、光強度が極端に弱く、使用可能な実験系はかなり制限される。しかし、この方法が光を扱うことにかけては最も自由度が高く、より高強度な光源を用いることで光強度の問題も解決できるため、今後はこの方法の導入をすすめる方向である。

## 4. 高度化について

### 4.1 高度化の意義

本装置も創設後30年経ち老朽化および研究の進み具合に追いつかない部分が出てきたためできる範囲内で改修および新規装置の導入を行うことになった。例えば、(1)紫外線による細胞のダメージを研究するにあたり、1nmの違いでダメージを受ける部位が異なることから波長精度をあげる必要がある。(2)細胞全体に照射した場合とピンポイントで細胞内の部位に照射した場合とでは反応が異なることがあるので、光受容部位がどこにあるのかを確認するためにもピンポイントでの照射実験を行いたい。(3)現在の光強度では光が飽和せず十分に光強度が強いとは言えない。これらの要求を満たし、かつ21世紀的な光生物学研究を推進するための装置の改修が必要となった。

### 4.2 波長可変レーザー装置導入

これらの問題点を解決するために光源にレーザーを用い、照射システムに顕微鏡を応用したピンポイント追尾照射システムを導入し、レーザーも必要な各波長すべてを設置することはできない。そこで、省スペースを考えた場合、多波長を発信できる波長可変レーザーが最適であると判断した。機種選定を行い、2008年3月に購入した。現在このレーザーの立ち上げ調整と顕微鏡への導入部の設計を進めている。

## 5. 施設の仕事とまとめ

大型スペクトログラフの仕事としてはまず、装置の恒常性を保ち、共同利用の光生物学実験の要求に耐える性能を維持することである。次に、大型スペクトログラフ共同利用実験全般のアレンジを行い、研究課題がうまく完了するようにサポートすることである。

また、上記の2件が現在の人用と予算規模で可能なように勘案することが主な仕事である。

### 連絡先など

大型スペクトログラフの連絡先などは以下の通りである。

お気づきの点など有れば、ご連絡いただきたい。

TEL/FAX :0564-55-7630

e-mail : [higasi@nibb.ac.jp](mailto:higasi@nibb.ac.jp) or [ols@nibb.ac.jp](mailto:ols@nibb.ac.jp)

URI : <http://www.nibb.ac.jp/lspectro/>

# 円形テーパ導波管&コルゲートテーパ導波管の内面加工方法

杉戸正治

核融合科学研究所 技術部 製作安全衛生課

## 1. はじめに

当研究所ではマイクロ波を通すアルミ製のテーパ導波管、コルゲートテーパ導波管の角度や長さの違った円錐形状の導波管を数多く製作してきた。先端部の内径が小さい深穴のテーパ導波管（図1）の穴加工は長い柄を持つ刃物が必要であり、既成の刃物（市販品）で対応できるか検討するが、加工穴径と加工長さの割合が決まっており現状は無いに等しい。同じくテーパ導波管の内面に櫛状の溝を作るコルゲート管（図2）も、先端部に近づくほど深い溝構造であるため溝形状に該当する既成刃物が無い。これら諸条件を考慮した手製の中グリ刃物（中グリバイト）の形状工夫と加工方法を報告する。

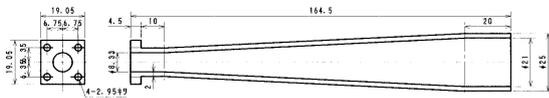


図1 テーパ導波管

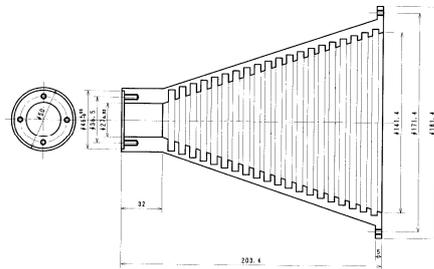


図2 コルゲート導波管

## 2. 中グリ(boring)

工作物にすでにあけられた穴を中グリバイト（穴削り刃・図3）で正しい寸法に仕上げる作業。図4は旋盤による中グリ加工を表す。

既成の中グリバイトを写真1〜3に示す。

この中でもスローアウェイ方式のバイトは刃先が欠損すれば簡単に刃先（チップ）のみ交換できる便利な刃物である。中グリバイトのシャンク（柄）の材質はSK（工具鋼）、刃先は超硬WC（タングステンカーバイド）とSKH（高速度工具鋼）に大別される。その他にTiコーティング材やシャンクと刃が一体のソリッドタイプの刃先がある。

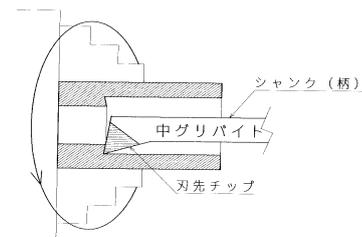


図3 中グリバイト



- ←ロー付溶接バイト
- ←ソリッドタイプ
- ←角型完成バイト
- ←丸型完成バイト
- ←突っ切りバイト

写真1 既成SKHバイトの種類

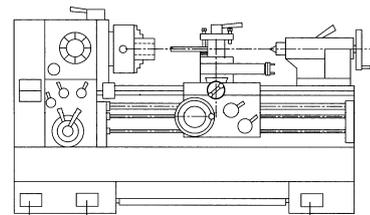


図4 旋盤による中グリ加工



写真2 超硬ロー付け溶接バイト&チップ



写真3 スローアウェイ式中グリバイト

### 3. テーパー穴加工

テーパー穴加工は図5のように普通旋盤なら刃物台を所定の角度に傾ければ切削加工できるが1度単位を目視のため精度は出せないがコルゲートテーパー管の角度が大きいテーパー面の荒加工は普通旋盤で切削した。高精度のテーパー穴加工はNC(数値制御)旋盤が有効である写真4。今回、使用したNC旋盤は通常、対話方式のプログラムで殆どの作業をこなしているが、図1の深穴テーパー加工は対話方式で行うと荒加工はZ軸の長手方向に切削シミュレーション(図6)されるためバイトシャンクの太さはφ6mm程度に抑えなければならない事から刃先の強度が得られない。

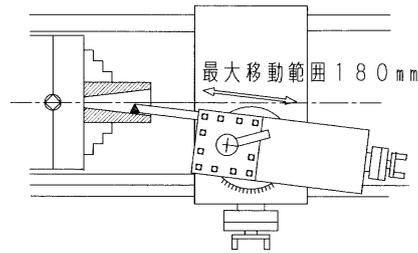


図5 普通旋盤のテーパー穴加工



写真4 NC旋盤

```

[PNO]材質 外径 内径 長さ 回転数 仕上-I 仕上-II 素材端面
0 アルミ40 8 170 1800 0.1 0.1 0.1
[PNO]モード RV FV 送り 切込 ギヤ RT FT
1 EDG 250 400 0.3 1 0 0-12-1
SEQ 始点-X 始点-Z 終点-X 終点-Z 粗サ S M
1 40 0.1 0 0 5
[PNO]モード加工部 切込点-X 切込点-Z RV FV 送り 切込 ギヤ RT FT
2 BAR IN 8 0 200 300 0.3 0.2 0 8-18-1
SEQ カタチ前コーナ 始点-X 始点-Z 終点-X 終点-Z 後コーナ 半径R 粗サ S M
1 LIN 21 0 21 20 5
2 TPR 21 20 8.33 150 5
3 LIN 8.33 165
[PNO]モード パーツカウント 復帰 ワークN。連続 回数 ソフト量
3 END 0 0 0 0 0 0
  
```

表1 NC旋盤対話式プログラム

### 4. バイトシャンクのたわみ量&突き出し量

バイトホルダーからシャンクを長く出せば刃先に切削圧が加わりたわみが生じる。たわみと突き出し量の関係式を下記に示す。

$$\delta = (64 \times F \times L^3) / 3 \times \pi \times E \times D^4 \dots (式1)$$

δ: 刃先たわみ量・F: 切削圧(N)・L: バイトの突き出し量

E: シャンク材の弾性係数(MPa)・D: シャンクの直径(mm)

シャンク直径φ6mm、シャンク材質(工具鋼) E=210000MPa

突き出し量 L=170mm、切削圧 F=10N を式1に代入すると

1. 2mm のたわみ量が生じる。バイトシャンクの突き出し量の目安は L/D=6 程度が限界である。

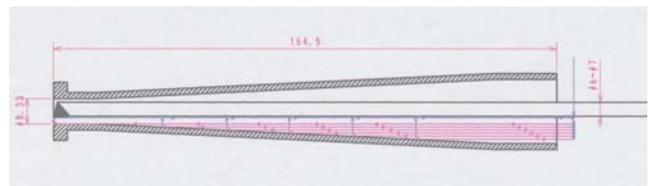


図6 切削シミュレーション

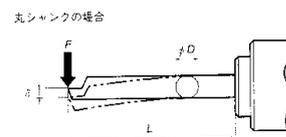


図7 シャンクのたわみ

## 5. 中グリバイトの形状工夫と加工方法

NCによるテーパ穴加工の工程は荒加工サイクルの後、仕上げは形状をならって切削を完了する。ならい切削サイクルで加工すれば強剛性のシャンクで中グリバイト(図8)ができると思い実行した。

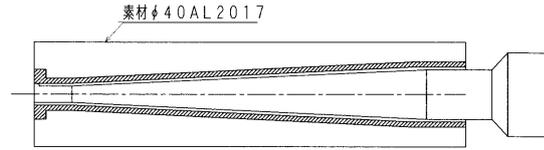


図8 テーパ型中グリバイト

仕上げテーパ寸法より 1mm 程度の隙間を

付けた同テーパ形状のシャンクを作る。シャンク材質は SK (工具鋼) 刃先は SKH φ8mm の完成バイトをシャンクの先端に銀ロー付け溶接する。刃先 R はラップ仕上げ程度とした。初めに加工図面より正規加工原点 X0Z0 から遠く離れた仮加工原点を求める、素材にドリルの下穴加工する図中にテーパシャンクのバイト図を載せ、下穴に干渉する位置を探す。バイトの刃先からテーパ管先端部の長さを拾い仮原点位置とする。NC加工は予め加工原点位置を制御画面に入れ込む事で運転できるが何百回の手作業は無理である。図9より仮原点から正規原点までの距離 54.5mm を 0.2mm のシフトで、ならい切削サイクルを作る。NCに演算機能が無いためパソコンで ISO/EIA の NC プログラムを作成(表2)、パソコンデータ通信で NC 運転させる。素材が AL2017 (ジュラルミン) により切屑は粉状である。運転完了するまでの所要時間は 5 時間であった。

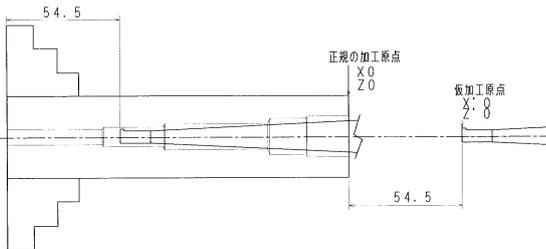


図9 テーパ型中グリバイトの使用法

Form1 - 1

```
Private Sub command1_click()
Open "B:taper2.dat" For Random As #1
Print #1, "%"
For n = 1 To 272
Print #1, "G50X7.5Z5.S1800:" ' スタート設定座標位置Max1800rpm
Print #1, "T0801:" ' 8番の工具、補正番号1
Print #1, "G96S80M3:" ' 周速80m/minに設定、正回転
Print #1, "M8G99:" ' 切削油ON、送りmm/rev
Print #1, "G1X2:F.2:" ' 直線切削、0.2mm/rev
Print #1, "Z-20.:"
Print #1, "X8.33Z-150.:"
Print #1, "Z-165.:"
Print #1, "X7.5:"
Print #1, "G0Z5.:" ' 早送り
Print #1, "G1W-.2F.2:" ' Z方向に0.2mm動く
Next n
Print #1, "M30:" ' プログラムEND
Print #1, "%"
Close #1
End Sub
```



写真6 深穴テーパ導波管&バイト

表2 ISO/EIA プログラム

## 6. コルゲートテーパ導波管内面溝加工

テーパ導波管内面に波状の溝を作ることによりマイクロ波の損失を小さくするのがコルゲートテーパ導波管である。これまでに製作してきたコルゲートテーパ管は先端の径は小さいがテーパ角度が大きいためテーパ穴加工は、前記のテーパ管よりも比較的容易であるがテーパ内面の溝加工は、狭い箇所に深い溝を作るとなると中々既存の刃物は見つからない、手製バイトを作るしか方法が無いのが現状である。ここに報告するコルゲートテーパ導波管(材質AL2017)は製作してきた中の最大の大きさで溝の形状は同心線上に平行な溝構造でテーパ径が小さくなるにつれ溝は深くなる。(図10)

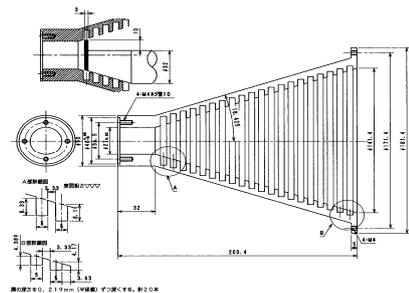


図10 コルゲート管加工図

溝の形状は溝幅 5mm、間隔 8.33mm、開口径側から最初の溝位置 φ137.309mm に深さ 4.17mm (半径値) の溝を作る。ここから 0.219mm ずつ深くして最終溝位 φ31.672mm では 8.33mm (半径値) の溝深となる。溝加工用のバイトは最終溝位置の状態からバイトの形状を設計する(図11)

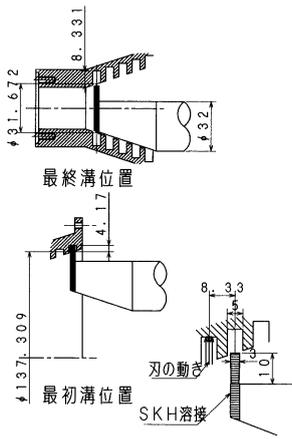


図 1 1 溝切り用刃物の設計

```

Form1 - 1
Private Sub command1_click()
Open "B:sukeral.dat" For Random As #1
Print #1, ""
Print #1, "G50X30,Z10,S1000:"
Print #1, "T0801:"
Print #1, "G96S60M4:"
Print #1, "M8:"
XX = 141.4: PZ = 8.63: PI = 3.1416
X0 = 1.6: DX = 50: S = 1
200 If S > 20 Then GoTo 410
PX = 2 * (Tan(18.425 * PI / 180)) * PZ
DX = Int(((XX - PX) + 0.0005) * 1000)
DX1 = DX + Int((2 * X0 + 0.0005) * 1000)
MX = DX - 200
DZ = PZ * 1000
Print #1, "G1X": MX: "F30:"
Print #1, "Z": -DZ: "F30:"
Print #1, "W1.F20:"
Print #1, "X": DX1: "F10:"
Print #1, "G0X": MX: ""
Print #1, "G1W-1.F20:"
Print #1, "X": DX1: "F10:"
Print #1, "G0X": MX: ""
Print #1, "W2.05F20:"
Print #1, "X": DX1: "F10:"
Print #1, "G0X": MX: ""
Print #1, "G1W-2.F20:"
PZ = PZ + 8.33
X0 = X0 + 0.219: S = S + 1
GoTo 200
410 Print #1, "G0Z10:"
Print #1, "X30.M30:"
Print #1, ""
Close #1
End Sub

```

- \*X0-I設定座標位置Max1000rpm
- \*ATC - 8番工具、補正番号1
- \*周速60m/minに設定、逆回転
- \*切削油ON
- \*変数XX=開口径141.4mm
- \*PZ=最初の溝Z軸位置、PI=円周率
- \*X0=溝深さ
- \*溝数20本加工したらEND
- \*テーパ角度18.425度の直角三角形から
- \*PX=最初の溝位置高さ
- \*DX=溝位置の半径値 μm
- \*DX1=溝深さの直径値 μm
- \*MX=溝切り始めの直径値 μm
- \*DZ=溝切りZ軸の位置 μm
- \*X軸・送り速度30mm/min
- \*Z軸・溝切り位置
- \*Z軸・インカシ9mm移動、送り速度20mm/min
- \*X軸・指定深さまで10mm/minの送り速度で切削
- \*X軸・早送りして切り始め位置まで戻る
- \*Z軸・インカシ9mm移動、送り速度20mm/min
- \*X軸・指定溝深さまで10mm/minの送り速度で切削
- \*X軸・早送りして切り始め位置まで戻る
- \*Z軸・インカシ9mm移動、最初の溝切り位置に移動
- \*Z軸溝切り位置に溝ピッチ8.33mm加算
- \*溝深さ0.219mm加算、溝切り回数
- \*シヤンク番号200にジャンプ
- \*Z軸スタート位置に戻る
- \*X軸スタート位置に戻りプログラムEND

表 4 溝加工用プログラム

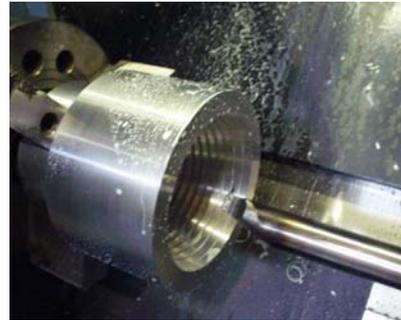


写真 7 テーパ内面溝加工



写真 8 コルゲートテーパ導波管

7. おわりに

今回報告した深穴テーパ管加工は NC 旋盤の仕上げ工程をヒントに考案した中グリバイトであるが、深穴テーパ管製作後、もっと深いテーパ穴の製作依頼がありました。最小径 8mm、開口径 25mm、長さ 225mm、加工形状を通過できる長さのテーパ型中グリバイトを製作し、同じ切削条件で 8 時間かけてテーパ穴を作りましたが、バイトの振動が起こり特に開口部近辺はビビリ面が酷く出てしまった。以上の結果、深穴テーパ加工の限界長の目安、コルゲート溝加工はより強度な刃物の考案を必要とする等、今後の製作の参考に生かしたい。

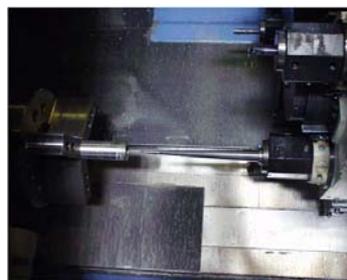


写真 9 最深穴テーパ加工



写真 10 最深穴テーパ管

# ガス入射装置のフィードバック制御回路の設計・開発

○ 安井孝治<sup>A)</sup>、宮澤順一<sup>B)</sup>

<sup>A)</sup> 核融合科学研究所 技術部

<sup>B)</sup> 核融合科学研究所 プラズマ制御研究系

## 概要

大型ヘリカル装置（LHD）のプラズマ実験において、ガス入射装置は燃料となるガスを入射する重要な装置の一つである。

そして、プラズマ実験は今年で12年目を迎え、各機器とも老朽化によるシステム入替えなどが必要とされている。ガス入射装置に関しても現在、システムや制御系の見直しが迫られている。

三年程前から、ガス入射装置のシステムを更新する検討、そして、制御系の設計・開発を行ってきた。その結果、ある程度実用システムとしての目途が立った。そこで今回、ガス入射装置のフィードバック制御回路について、設計・開発・改良点などについて報告する。

## 1 はじめに

ガス入射装置では、ガスの入射制御にピエゾバルブを使用する。これは、積層型圧電素子を使用したバルブで、印加電圧（最大 DC150V）によりガス流量を制御することができる。ガス入射装置では、ガス流量の異なる三種類のピエゾバルブをLHDの各ポートに多数設置している（図1）。そして、プラズマ実験に応じてポート、ガス種、ガス流量を使い分けている。

従って、ガス入射装置のシステムは、これらピエゾバルブとそれを制御する制御系からなる。

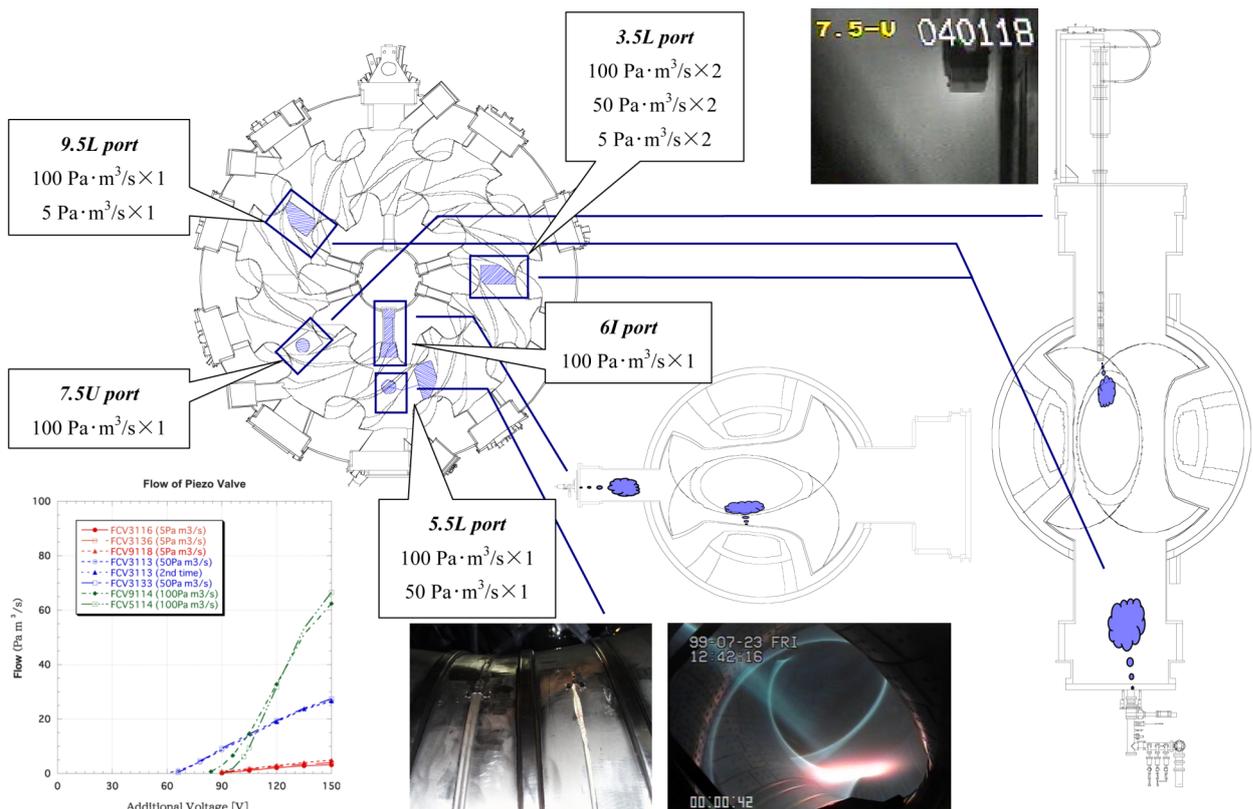


図1. ピエゾバルブの配置

## 2 システムの構成

プラズマ実験においては、プラズマ密度を制御することが重要であり、そのためガスの流量を細かく制御する必要がある。そこで、ガス入射装置では、プリプログラム・モードとフィードバック・モードという機能を搭載している。前者は、予め作成した波形データに応じてガスを入射するもので、後者は、目標とするプラズマ密度の波形データを予め作成しておけば、現在のプラズマ密度と比較し、目標のプラズマ密度となるよう自動的に調節し、ガスを入射するものである。従って、ピエゾバルブに印加する電圧は高精度に制御し、自動制御する部分はアナログ回路による高速演算処理が必要となる。このような観点から、ガス入射装置のシステムを図2のように構成した。

全体の構成としては、ハードウェアによる波形出力ユニット、それを制御する制御PC、波形出力ユニットの出力電圧を30倍に増幅するアンプ、そして、制御対象であるピエゾバルブからなる。

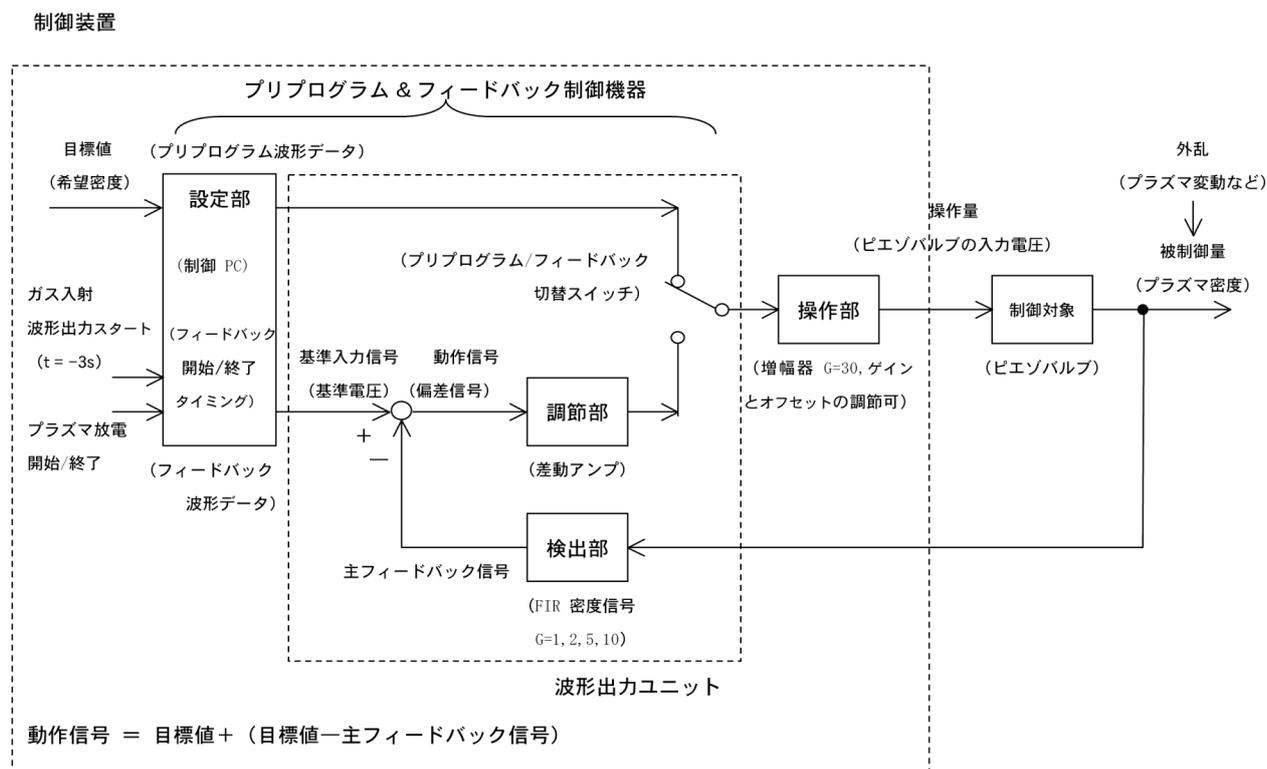


図2. ガス入射装置制御ブロック線図

実験シーケンスは主に3分周期で行われ、図3のようにプラズマ放電を0秒とすると、-2分30秒に開始し、30秒に終了する。ガス入射波形の出力タイミングは、-3秒のトリガにより開始し、プラズマ放電終了後に停止する。これらのタイミングは、外部から供給される。

### <3分周期の場合>

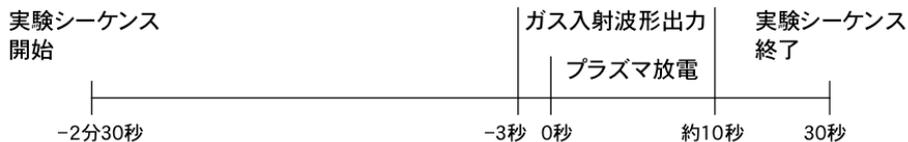


図3. 実験シーケンスとガス入射タイミング

制御PCには、4種類の日本製ボードを内蔵している。まず、出力電圧波形を高速・高精度で出力するため、16ビット4チャンネル高速・高精度DAボードを選定した。そして、汎用のDIOボードと、フィードバックの開始・終了タイミングを計るため、パルス発生ボードと32ビット・カウンタ・ボードを選定した。これは、決まった周波数のパルスのカウンタによりカウントし、設定した時刻になると波形出力ユニットのアナログ・スイッチを制御し、プリプログラム・モードとフィードバック・モードの切換えを行うものである。

制御PCでは、波形エディタによるプリプログラム波形データとフィードバック波形データを作成し、波形データの設定、フィードバック開始・終了時刻の設定などを行い、ガス入射波形の出力・停止タイミング信号に合わせて波形出力ユニットを制御する。

波形出力ユニットの出力電圧は0から5Vであり、30倍のアンプで増幅され、ピエゾバルブに印加される。その結果、ピエゾバルブは0から150Vで制御され、それに応じた流量のガスが入射される。

プリプログラム・モードでは、DAボードの出力が直接出力されるが、フィードバック・モードでは、遠赤外(FIR)干渉計により実測されたプラズマ密度が、電圧信号として波形出力ユニットに入力され、主フィードバック信号としてアナログ演算回路に取り込まれる。そして、フィードバック波形データを基準入力信号とし、主フィードバック信号との間で演算され、目標のプラズマ密度となるよう自動制御(比例制御)された電圧が出力される。

また、フィードバック・モードでは、プラズマ密度が下がるとガスの入射量を増加しようと働くため、プラズマが潰れたとき大量のガスを入射しようとする。しかし、大量のガスを入射すると、真空排気装置を破壊する恐れがあるため、これを防止するためのプラズマ・インターロック回路も波形出力ユニットに組み込まれている。

作成した波形出力ユニット(図4)と波形出力ソフト(図5)を示す。



図4. 波形出力ユニット



図5. 波形出力ソフト

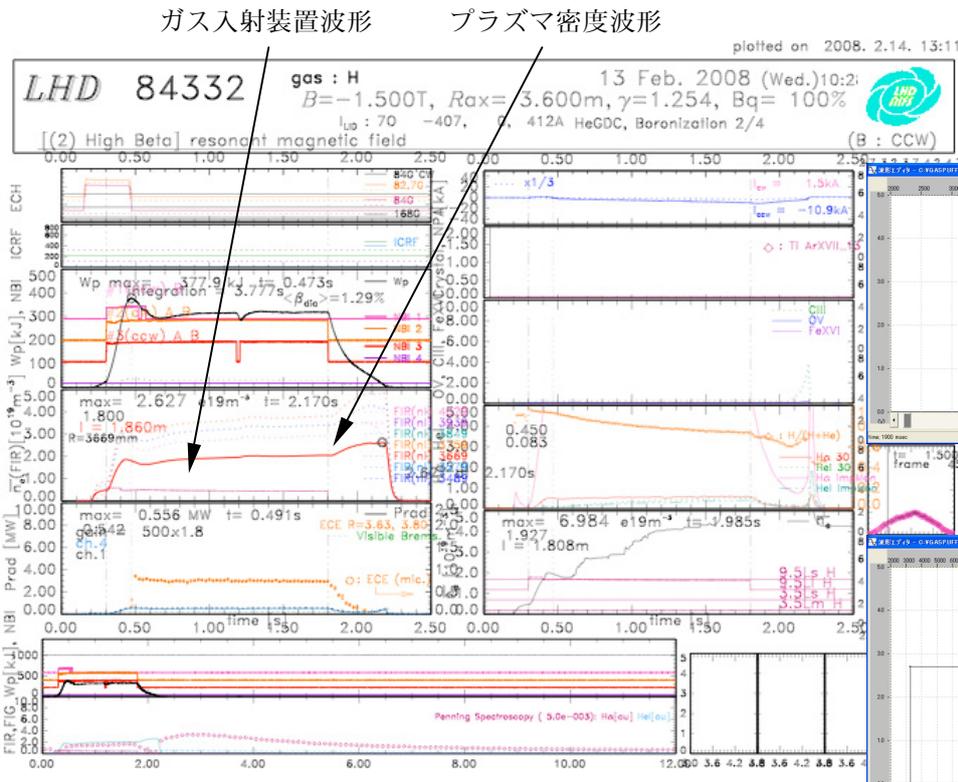


図6. 第11サイクルにおける実験番号84332のショットサマリー

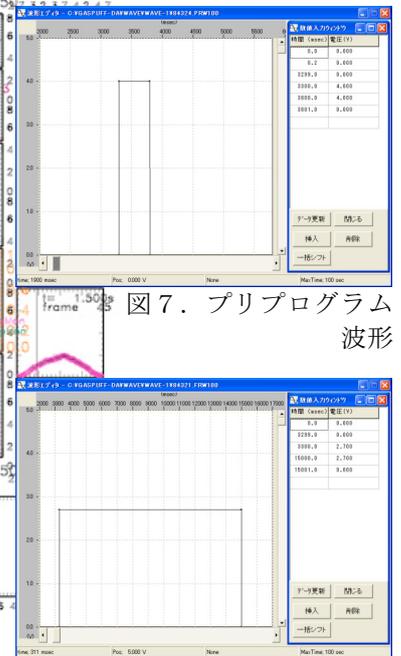


図7. プリプログラム波形

図8. フィードバック波形

### 3 結果

実際のプラズマ実験の一例であるが、目標プラズマ密度  $n = 2 \times 10^{19} [1/m^3]$  を得るため、プリプログラム波形を0.3から0.4sで4V(図7)、フィードバック波形を0.4から1.8sで2.7V(図8)に設定したとき、ショットサマリー(図6)において、FIR干渉計のプラズマ密度波形がほぼ  $2 \times 10^{19} [1/m^3]$  で推移しており、ガスの入射量が精密に制御されている様子が見える。

## 4 まとめ

制御 PC に最新の DOS/V 機 (OS は Windows XP、または、Vista) を使用し、制御機器の見直しを行った。そして、それに合わせて波形出力ユニットを再構築した。その結果、高速・高精度で制御できるガス入射装置を構成することができた。

開発したガス入射装置のシステムとしての仕様は、以下のようになる。

- ・時間分解能・・・0.1ms 以下 (分周比 100s [10kHz] の場合) であるが、  
DA ボードの性能から  $5\mu\text{s}$  まで上げることが可能
- ・電圧分解能・・・0.1mV 以下 (出力電圧は、0 から 5V)
- ・波形再生時間・・・分周比の設定により、100 から 25000s まで
- ・フィードバック応答速度・・・700kHz 以上
- ・フィードバック切換遷移時間・・・500ns 以下

## 5 今後の課題

開発したガス入射装置のシステムを実際にプラズマ実験に投入することにより、様々な問題点が見つかったので、次回の実験へ向けて現在改良中である。

まず、実験シーケンス中に波形出力停止・再開の操作依頼が希にあるが、波形出力ユニットの出力部に手動スイッチを設けることで対応した。

そして、プラズマが潰れたとき、FIR 干渉計のプラズマ密度波形が下がりきらない場合があり、そのときプラズマ密度に対応した電圧がプラズマ・インターロック回路のしきい値を切らず、インターロックが働かないことがあった。そこで、プラズマ密度の立ち上がりとしきい値が設定できるようなプラズマ・インターロック回路を改良中である。

また、図 3 において、プラズマ放電終了後、即座にトリガ待ち状態にしていたが、誤動作によるガスの入射を少しでも減らすため、プラズマ放電開始 10 秒前のタイミング信号を外部から供給し、このタイミングでトリガ待ち状態にするよう改良中である。

更に、波形出力ユニットの回路基板を外注作成することで、今後の増設に対応することや、現在はフィードバック信号として FIR 干渉計によるプラズマ密度を利用しているが、今後は別の信号も利用し、これら 2CH を切り替えられるような改良も行っている。



図 10. 新 波形出力ユニット (表パネル)

プラズマ・インターロック  
回路の改良、および、  
フィードバック信号の 2CH 化

-10 秒信号の  
入力コネクタ



図 9. 新 波形出力ユニットの回路基板 (左: プリプロ&フィードバック制御回路、右: プラズマ・インターロック回路)



図 11. 新 波形出力ユニット (裏パネル)

# LHD 計測データ保存ストレージの変遷と展望

○小嶋 護, 中西秀哉, 大砂真樹, 今津節男<sup>A)</sup>, 野々村美貴

核融合科学研究所

<sup>A)</sup>プレテック

## 1. はじめに

LHD プラズマ実験装置の計測データ収集・保存システム (LABCOM システム) は, Linux & Windows PC 群による長時間リアルタイム高速連続データ収集対応の大規模平行分散処理システムで, 現在, 核融合分野におけるデータ収集量世界一の記録を更新し続けている。LHD 実験で収集された計測データは, 大容量磁気ディスクアレイ装置 (RAID) と, 光記憶媒体を使用した長期データ保存ライブラリ装置 (光メディア・ストレージ) に保存され, データの所在を管理するデータベースと階層ストレージにより, クライアントに対してデータが提供される。以下, 光メディア・ストレージを中心に, その変遷と展望について報告する。

## 2. ストレージ・システム

LABCOM システムでは, 多数の計測器から出力されるアナログ信号を, CAMAC や CompactPCI などのデータ集録機器を使用してデジタル・データに変換してコンピュータに取り込み, 収集したデータを RAID と呼ばれる大容量のストレージ・プールに保存し管理する。2007 年度の第 11 サイクル実験では, 3 分に 1 回の短パルス放電実験 (1 ショット) あたり, 70 計測の合計で約 6.8GB の生データが生成されていたが, これらのデータはリアルタイムで 1/3~1/4 に圧縮処理されてから RAID に保存される。1 日に 160 ショット前後の実験が行われるので, 合計で 300GB を超えるデータが毎日保存されることになる。RAID は多数のハードディスクから構成されおり, その仕組み上, 長い間使い続けることはできないので, 長期間安定にデータを保存するための別のストレージ・システムが必要となる。LABCOM システムでは, この長期データ保存ストレージに, 一貫して光メディアを使用したライブラリ装置を採用している。光メディア・ストレージは, 書込み/読出し速度はハードディスクを使用した RAID に比べて遅いが, 長期保存性という意味では非常に優れている。また, テープメディアと違って, ランダムアクセスが可能のため, 単なるバックアップではなくニアライン・ストレージとしてデータ提供サービスも行っている。図 1 に階層ストレージ構成の概要を示す。

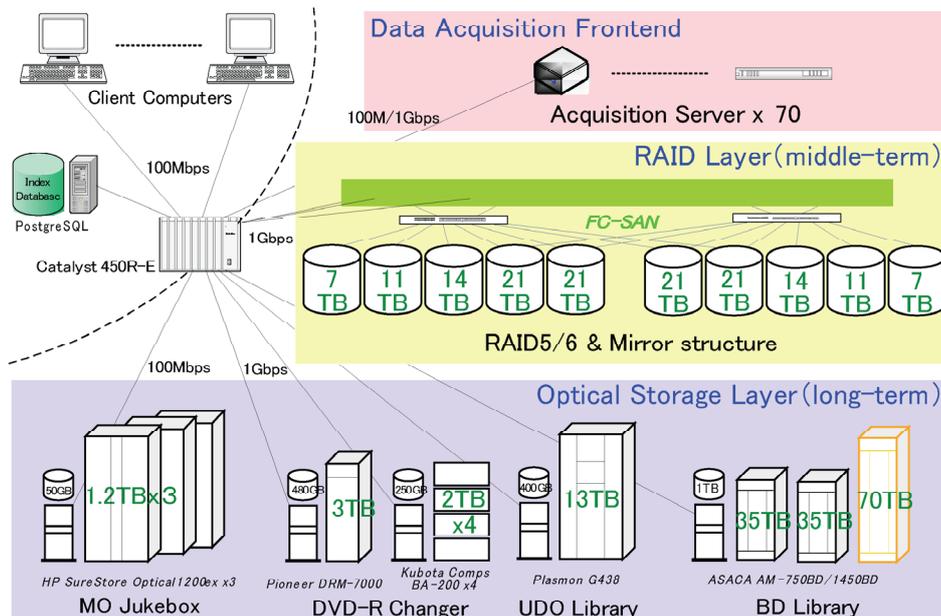


図 1. 階層ストレージ構成

### 3. 長期データ保存ストレージの変遷

複数枚の光メディア（光ディスク、光磁気ディスク）を収容可能な自動交換機能をもったライブラリ（オートチェンジャ、ジュークボックスとも呼ばれる）装置を光メディア・ストレージと定義している。光メディア・ストレージの特徴は、20年以上の長期に渡るデータ保存性に優れており、保存データへのランダムアクセスが可能で、記憶容量あたりの消費電力が少ない点である。表1にLABCOMシステムで使用してきた光メディア・ストレージの変遷を示す。

表1. 光メディア・ストレージの変遷

稼動時期	メディア種類	製品名	ストレージ呼称	記憶容量	メーカー	台数
1997～2001年	4.8GB 両面5インチMO	SureStore 1200ex	MO Jukebox	1.14TB/238枚	HP	3
2002～2003年	4.7GB 片面DVD-/R	DRM-7000	DVD Changer	3.38TB/720枚	Pioneer	1
2004年	9.4GB 両面DVD-R	BA-200	DVD Changer	1.88TB/200枚	Kubota Comps	4
2005年	30GB 両面UDO	G-438	UDO Library	13.14TB/438枚	Plasmon	1
2006年	50GB 片面2層BD-RE	AM-750BD	BD Library	35TB/700枚	ASACA	1
2007年	50GB 片面2層BD-RE	AM-750BD	BD Library	35TB/700枚	ASACA	1

最初に導入したMOジュークボックスは、ジュークボックス全体を1つの大きな仮想ボリュームとして見せるための階層型ストレージ管理（HSM）システムを採用していたが、内部がブラックボックスなので障害復旧に問題があった。次のDVDチェンジャは、安価なメディアと民生技術による低価格なシステムが魅力であったが、1ショットあたりのデータ量の増加と共に書き込みメディアの枚数が増加し、また、データの粒度が大きくなるに従ってメディアの使用効率が低下するという問題があった。UDOライブラリは、次世代DVDの本命が現れない状況の中で導入されたもので、結果的にはつなぎ的な位置付けとならざるを得なかった。2006年度、片面2層50GBのブルーレイ・ベアメディアを使用するライブラリのリリースを待って導入したBDライブラリは、国内初の第1号機であった。2008年度も1400枚対応のBDライブラリを導入することが決まっており、BD-Rの読み書き速度が現行の2倍の4倍速対応ドライブが搭載される。

光メディア・ストレージの導入・運用上のポイントをまとめると次のようになる。

- ・ 最新技術がライブラリで利用可能になるまでに時間がかかるため、必要な時点で最良のものを選択する
- ・ 光メディアへの書込速度は遅いため、ドライブの台数をできる限り増やすことで書込時間の短縮を図る
- ・ ドライブ内に目的のメディアが入っていない場合に交換に時間がかかるので、管理ソフトウェアのデータキャッシュ機能を活用する
- ・ 長期に渡ってオンラインでデータ提供サービスを継続するため、メディアは外部に取り出さず全てオンラインで管理する
- ・ HSMは使用せず、メディア管理をアプリケーション側で吸収し、メディア単位で独立に管理する
- ・ 災害対策として、メディアの複製を作成し、別の建物に保管する

### 4. おわりに

ハードディスクの容量は年々増加しており、2009年には2TBのものが出てくると予想されているが、それに比べて光メディアの1枚あたりの容量増加率は低いので、バックアップとして見た場合、バランスが悪くなっている点が課題である。情報を3次元的に記録するホログラフィック・ディスクは、まだ現実的ではなく、今の技術の延長にある4層100GBのブルーレイ・ディスクが見えているくらいで、その先がどうなるかは今後の技術革新を待つしかないであろう。一方、地球温暖化防止の観点から、CO<sub>2</sub>削減を目指したグリーンIT推進の機運も高まっているので、今後も光メディア・ストレージは業種を超えて導入が進むものと思われる。

# LHD実験に向けての負イオン源の準備

浅野 英児

核融合科学研究所 技術部

## 1. はじめに

核融合科学研究所ではプラズマの研究が進められている。そこで使われる実験装置として大型ヘリカル装置（LHD）が中心的な位置にある。その構成は、核となる装置本体をプラズマを制御する装置、プラズマを加熱する装置、各種計測装置が囲うように組み立てられている。技術職員はこれらの装置と密接に関わっており、装置の規模の大きいことそして特色も異なるため、装置ごとにまた業務の種別によって分担するよう配置されている。この研究会の開催される頃は、今年度のLHD実験に向けての準備が最終段階にある時期である。本報告では、担当する装置の概要と準備作業のひとつとして最近行ったものについて紹介する。

## 2. 担当している装置について

LHDの構成要素で分類するとプラズマ加熱装置ということになる。この装置はLHD本体内で閉じ込められたプラズマを高温度に加熱する働きをする。現在、3種類の加熱方法がLHDに適用されており電氣的に中性の高エネルギー粒子を入射する中性粒子入射加熱（NBI）、電磁波でプラズマ中の電子を共鳴的に加熱する電子サイクロトロン共鳴加熱（ECH）、そしてやはり電磁波を用いてイオンを共鳴的に加熱するイオンサイクロトロン共鳴加熱（ICRF）である（図1）。

これら3種の装置にそれぞれ専任のスタッフが配されており、私を含めて5名の技術職員がNBIを担当している。年々プラズマに注入する加熱パワーの増強が求められ、現状4基のNBIを備えるまでになった。1基当たり5MW級の大電力装置ともなると一人で扱いきれるものでなく、委託運転員に付いてもらうことは必須である。またビームの高効率化を目指して研究開発も研究者の手で進められており、そういった意味でもグループで運用していく規模の装置であるといえる。

ハードウェアの点からNBIを説明すると、LHD本体に繋がるものが中性粒子ビームを輸送する真空の容器ビームラインで、その上流端に高エネルギー粒子を生成する負イオン源が付いている。負イオンビームは容器内で、導入されたガスを通過させることにより中性化されてLHD本体内へ打ち込まれる。付帯設備がビームラインの直近や別のフロアーに設置されており、それは負イオンを生成して加速するための大電流・高電圧直流電源であり、容器内を高真空に保つための排気ポンプであり、ビーム生成・輸送部の熱負荷を除くための冷却水ポンプなどである。ビームラインの外観を図2に示す。

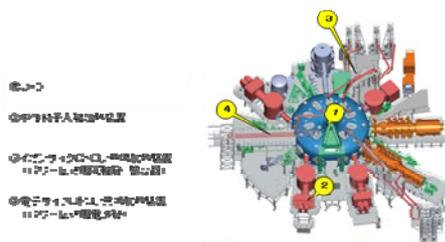


図1. 大型ヘリカル装置と加熱装置の配置



図2. NBI2号機の外観

### 3. 装置にまつわる年間の業務

NBI は LHD 装置の一つであるので、LHD の年間スケジュールに合わせた予定が組まれる。典型的な年間予定を表 1 に示す（注. プラズマ実験の期間は年度により多少の変動がある）。プラズマ実験が始まる一か月前（表では 9 月）から NBI は運転を開始し、高エネルギー加熱入射に向けて調整をしていく。プラズマ実験は約 4 ヶ月半続き、この間 NBI もプラズマ加熱を続けることになる。安定性を維持するには細心の注意を払って運転することは勿論のこと、日常の点検も大事となる。運転前後で必ず主要な個所の点検を委託運転員に励行してもらっており、異常が見つかった場合に直ぐに情報が上げられ対処できるようにしている。装置は長時間の運転に耐えうる様設計・製作されているが、イオン源にはビーム生成により消耗するものも付いており、これらを実験期間の中ごろに一度取り替えるようにしている。その後の立ち上がり具合がプラズマ実験に大きく関与することから、この中間メンテナンスの日は実験全体スケジュール策定段階で検討される。運転には技術職員もサポートをしてさらには研究者にもバックアップしてもらおう体制をとっている。実験期間終了日に NBI の稼働も止める。

休止期間に入るとまず実験期間の運転データを整理し、ベース真空度やビーム出力の推移を纏めて装置の状況を検証する。また運転中に起こった不具合を洗い出して整理することも大切な作業となる。LHD 本体の昇温が完了し真空容器が大気圧に戻されると（表では 3 月初め）、併せて NBI も大気開放し点検が始められる。装置が大きいため実作業はメーカーに依頼しており、技術職員は LHD の他の装置の点検作業と干渉せずに工程を進められるよう作業調整などを行っている。ビームラインやイオン源はまず内部の目視確認が行われ、問題となる箇所をリストアップして対策方法を検討し、年度を移してから改修・改造が行われる。付帯設備である受電盤、冷却水ポンプ、真空ポンプなどは点検から改修が続けて行われる。これらメーカーによる点検作業の合間に技術職員は計測システムの改良や運転環境の改善整備をしている。イオン源内部でダメージのあった箇所が修復されて送り返されてきた頃（表で 6～7 月）に次期運転の準備を始める。まずビーム生成に必要な部品の手入れをしたり新品を取り揃えたりして用意しておき、イオン源が再組立てされるまでの間に取り付ける。そして改修の済んだビームラインにイオン源を取り付ければ NBI 容器の真空排気ができる。大気圧からそれなりの真空度まで排気して真空リーク試験にパスするまでの一連の工程はそれなりに手間の掛る作業ではあるが、最終段階でかつ最も重要な工程であるので疎かにはできない。そして LHD 本体の整備完了を待って NBI を接続し万端整うということになる。

表 1. 装置の年間予定

		4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
大型ヘリカル装置							励磁試験	プラズマ実験					
							冷却						昇温
							真空排気						
NBI	運転						調整運転&ビーム入射						
							真空排気						
	メンテナンス			定期点検、改修・改造									定期点検
	(負イオン源)	精密点検		運転準備					中間メンテ				解体点検

#### 4. メンテナンス作業の紹介

前章で述べたように、運転休止期間は装置の点検、改修・改造そして次の実験サイクルのための準備に充てられる。この章ではNBIスタッフが中心となって行っている準備作業の一つとして「セシウム導入器の手入れ」を紹介する。

##### 4. 1 セシウム導入器

電氣的に中性な粒子ビームの素は、イオン源内で生成されたプラズマの構成粒子である負イオンである。これに負性の電界を掛けて加速させ、ガス中を通すことによりビームを中性化することができる。イオン源プラズマ中には負イオンの他に電子も含まれており、負イオンの引き出し効率を上げるにはプラズマ中の負イオンの割合を上げてやればよい。その働きをするものがセシウムであり、イオン源に取り付けてセシウムを添加できるようにした専用の機器を持っている。

導入器の構成を図3に示す。金属セシウム（数g）を詰めるタンク、作業用の仕切り弁、実際に添加するのにリモートで開閉できるように付けた空圧弁、イオン源に挿入される散布ノズルから成る。これらのパーツはコンフラットフランジで留められているので分解・組立てが容易である。負イオン源に添加する際は蒸気にしないといけないので各パーツにはヒーターが巻かれて、熱電対も埋め込まれている。導入器の温度制御を行うことで安定した送り込みを作ることができている。

実験が終わってイオン源が点検のために解体される時にこの導入器も取り外し、保管しておいて次の実験のための準備に入る頃に手入れを行う。

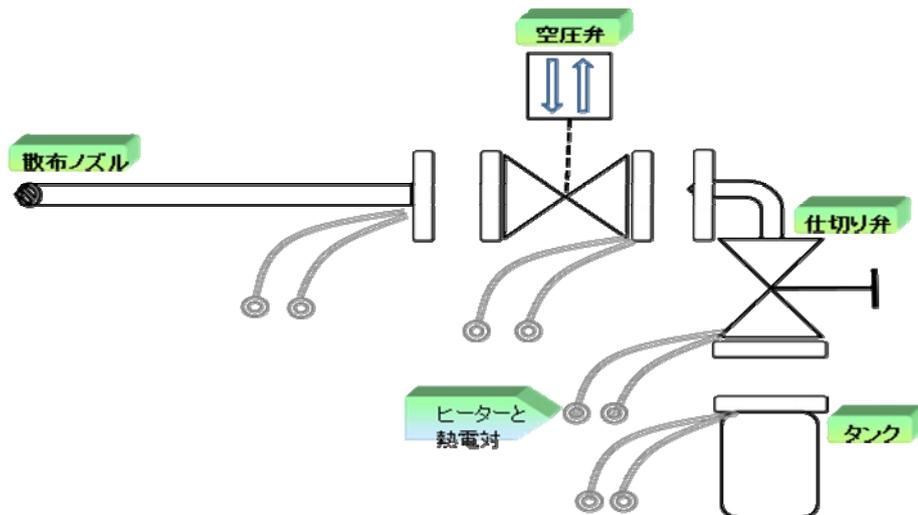


図3. セシウム導入器の構成

##### 4. 2 作業工程

運転で使った導入器をリフレッシュする作業の手順は次のようである。1) フランジ部を外してパーツに分解する。2) 不活性ガス密閉箱にてタンク内に残っているセシウムの量をチェックしておく。3) 超音波洗浄機を用いてパーツを洗浄する。4) 構造が開放型のパーツは高温槽で、複雑なものはヒートガンで手早く乾かせる。5) ノズルを除いた他のパーツを組み上げる。6) スクロールポンプに繋ぎ、パーツ自身のヒーターで数時間炙りながら水分をできるだけ抜き取る（ベーキングと呼んでいる）。7) 再度分解して、タンクに新しいセシウムを詰める。8) 導入器を完全に組み上げる。9) 真空リーク試験装置を使って導入器単体で漏れがないかチェックしておく。

#### 4. 3 用具の改良とその成果

導入器がこのタイプのものになって7年。この作業を何度も経験して手順を覚えると作業効率を上げることを考えるようになる。実験で使う導入器の数は12台。一つの工程でできるだけ複数のユニットを処理できた方がよい。洗浄機や高温槽は置くスペースが決まっているのでそでの処理は改善できないが、ユニットのベーキングには改良すべきところがあった。やり始めた頃は、あり合わせの用具即ちスライダックや温度計をパーツの数だけ集めてきて、温度を見て微調整しながら炙っていたのだが、そこから必要な用具を次のように改良した。

- ① 多出力のヒーターコントローラを製作した。
- ② 分配/切替えできる空圧管・排気管を整えた。

図4がそれらである。この改良により、2パーツの組上げを1ユニット分処理していたものが3パーツの組上げを2ユニット分一度にベーキングできるようになった。これは処理能力が倍以上に上がったことを意味する。また、コントローラに温度調節器とタイマーを組み込んだことで目を離して他の作業に手を回せるようになった。さらに、配線・配管が整然と纏まって交換時の誤りを防ぐことにもなっている。



図4. ベーキングの用具

#### 5. まとめ

大型ヘリカル装置 (LHD) ではプラズマを閉じ込めて保持する実験が行われる。プラズマの温度を上げるためには加熱装置が必要で、中性粒子入射加熱装置 (NBI) は主要な加熱機器として用いられている。数か月に及ぶプラズマ実験では、安定して中性粒子ビームを入射することが求められる。装置がトラブルを起こさず性能を発揮するためには実験期間外に十分整備しておくことが大事である。真空装置に付ける機器は小さな物でも整備するのに手間の掛るものであるが、作業性を良くするように工夫することを心掛けている。

# 中性粒子入射加熱装置（NB I）の粒子入射パワー評価について

駒田誠司

核融合科学研究所 技術部

## 1. はじめに

中性粒子入射加熱装置（NB I）は、水素原子を高速で入射することによりプラズマを加熱する。入射ポート通過パワー（入射パワー）は、NB Iの加速電圧、電流などのデータとLHDのプラズマ真空容器内のNB I入射対向面で測定された温度などをもとに評価され、プラズマ研究のためのデータとして、またNB I装置の運転や改良に利用される。この報告はその評価作業を紹介するものである。

## 2. 使用するデータと評価作業

NB Iの入射概念図を図1に示す。負イオン源で作られた水素負イオンビームは中性化セルで中性化される。その後、中性化されなかったイオンを去除かれて中性粒子ビームとなり、LHDの真空容器内に入射される。入射された中性粒子は真空容器内のプラズマ中で一部が電離してパワーをプラズマに供給する。残りは中性粒子のままプラズマを通り抜けて対向面に設置された保護板に衝突して保護板の温度を上昇させる。入射ポートを通過するビームのパワーと、負イオンビームの加速に使われた電力との比を入射効率と呼び、パワー評価では入射パワーと入射効率、プラズマへの供給パワーを計算する。

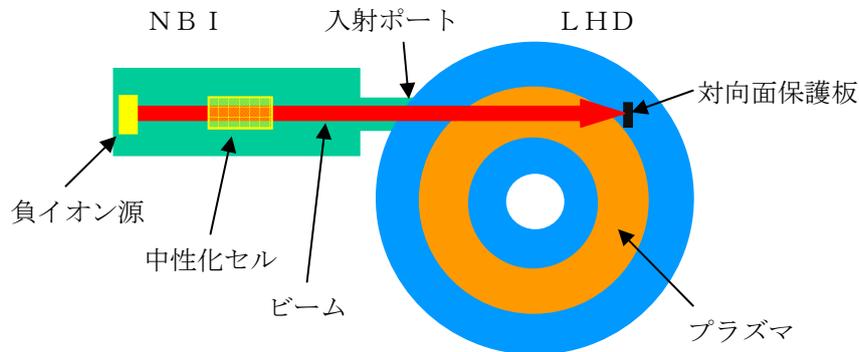


図1. NB I入射概念図

使用するデータを以下に示す。他に、NB I運転記録や実験ログ、実験報告書、プラズマ画像などを参考にする。

- ・ NB Iの加速電圧、引出電圧、加速電流など
- ・ 対向面温度  
対向面の保護タイルに埋め込まれた30個程度の計測チップ（モリブデン片）に取付けられた熱電対で測定された温度
- ・ プラズマの電子密度  
遠赤外線レーザー干渉計で測定されたデータ
- ・ 磁場、ガス、L I Dヘッド位置などの実験条件



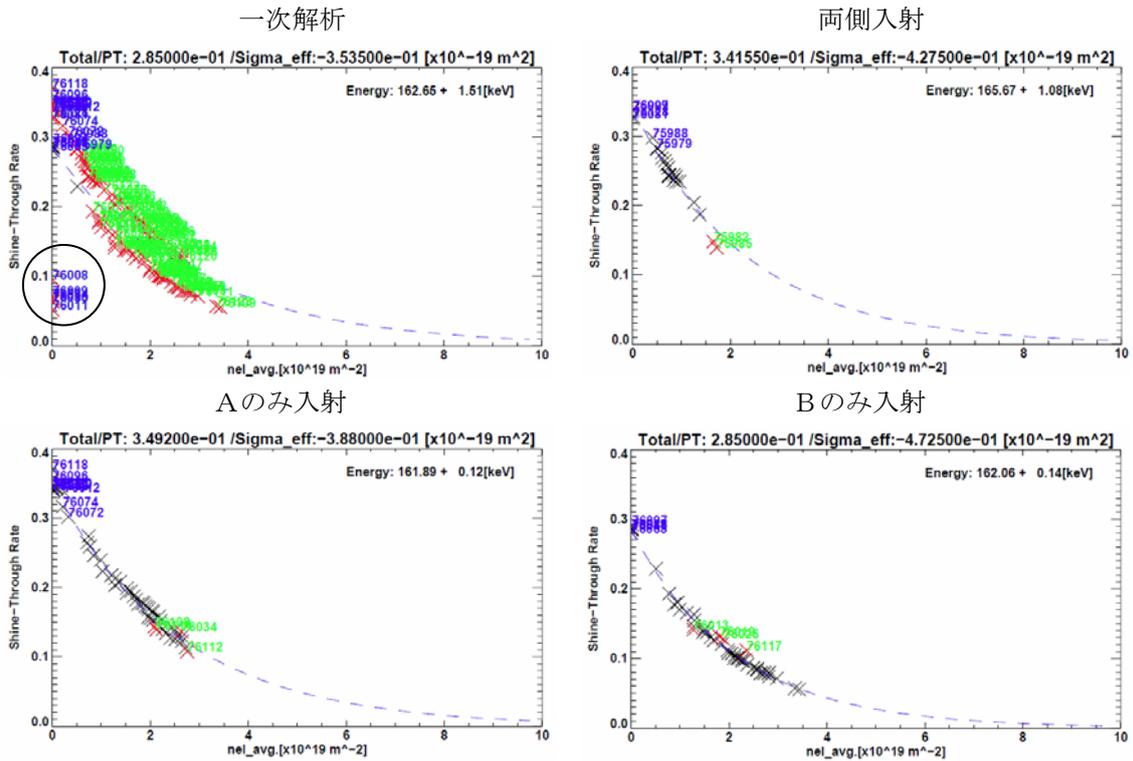


図4. イオン源両側、片側入射をした日の解析結果

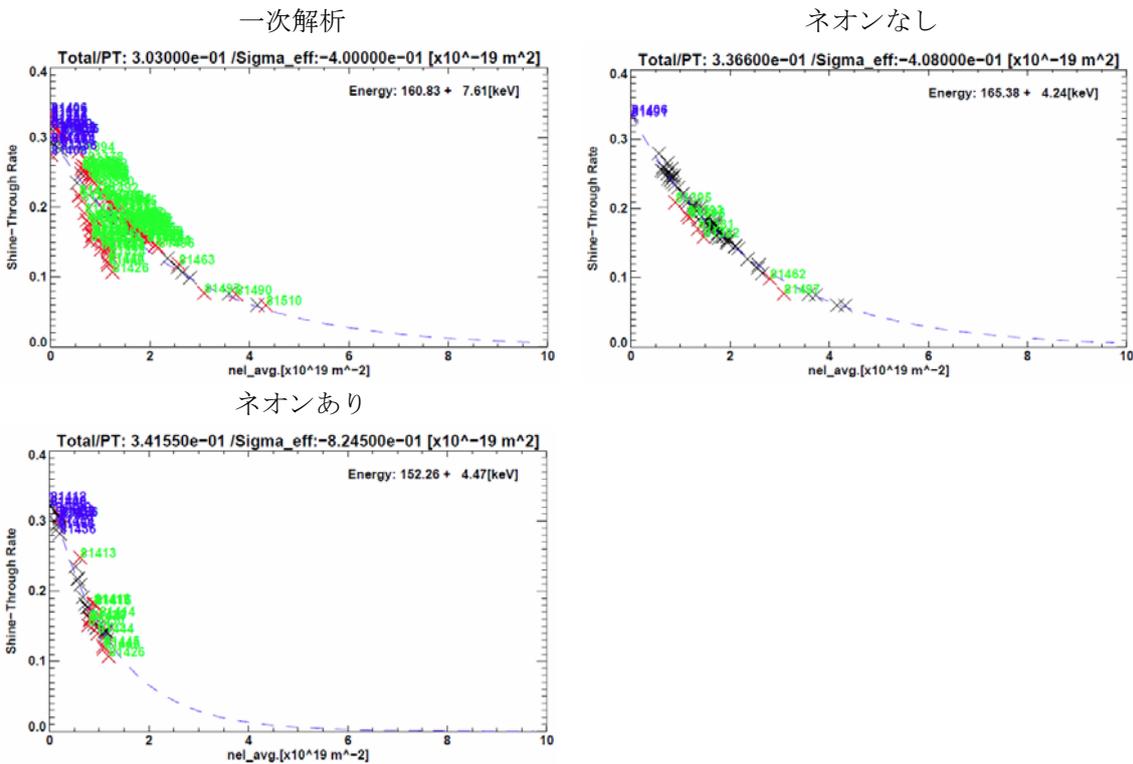


図5. ネオンを使用した日の解析結果

プラズマ実験では水素、ヘリウム、ネオンなどのガスを使用している。ネオンを使用して実験をした日の解析結果を図5に示す。一次解析のグラフと、ネオンを使用しなかったショット、ネオンを使用したショットに分けて解析した結果である。ネオンを使用したショットの方が同じ電子密度でのビームの対向面到達が

少ない。このように、実験に使用するガスによって、電子密度とビームの対向面到達との関係が変わる。

この他、NBIの高エネルギー運転と低エネルギー運転、実験磁場、LIDヘッド使用と不使用や、これらの組合せで分けることがある。実際にはいろいろな分け方を試してみることが多い。

#### 4. まとめ

対向面温度やプラズマ電子密度などを使って入射パワー評価を行い、入射パワーとプラズマへの供給パワーを登録している。解析は、実験条件やNBIの運転状態でショットを分けて行うが、一次解析結果を見てショットの適切な分け方を見つけることが大切である。しかし、いろいろな分け方を試しても分かりやすい結果が出ないこともある。



### 第3回自然科学研究機構技術研究会参加者名簿

#### 国立天文台

9名

川島 進  
宮地竹史  
岡田則夫  
篠田一也  
宮内良子  
坂本彰弘  
沖田喜一  
山崎利孝  
小矢野久

#### 生理学研究所

6名

大庭明生  
吉村伸明  
戸川森雄  
佐治俊幸  
伊藤昭光  
市川 修

#### 基礎生物学研究所

8名

古川和彦  
小林弘子  
田中幸子  
高見重美  
中村貴宣  
東 正一  
三輪朋樹  
森 友子

#### 分子科学研究所

6名

鈴木光一  
青山正樹  
内山功一  
高山 敬史  
水川 哲徳  
原田美幸

#### 核融合科学研究所

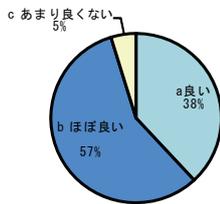
20名

山内健治  
飯間理史  
多喜田泰幸  
三宅 均  
谷口能之  
馬場智澄  
米津宏昭  
小林策治  
河本俊和  
高橋千尋  
杉戸正治  
安井孝治  
小嶋 護  
浅野英児  
駒田誠司  
加藤明己  
野村吾郎  
西村輝樹  
森内貞智  
船戸美納子

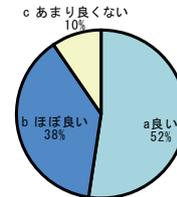
### 第3回 自然科学研究機構 技術研究会アンケート集計結果

技術研究会参加者にアンケート提出をお願いし、その結果について概要を報告します。

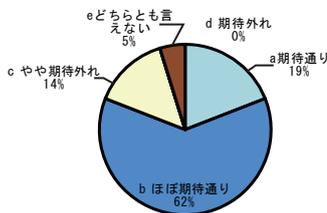
1. 技術研究会の運営は如何でしょうか？



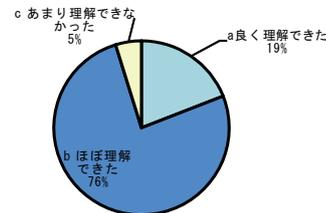
2. 開催場所の環境は如何でしょうか？



3. 研究会の内容は如何でしょうか？



4. 他研究所の発表内容は理解できましたか。



○次回以降に希望するテーマ等を是非御書き添え願います。

- ・ 共通テーマは難しいのでは。
- ・ 紹介が一巡したあとの方向性を考えるべきではないか。
- ・ 次回は5研究所で共通的な話題が1つずつあってもよい。
- ・ とりあえず5研究所が一通り開催するまでは各セクションの紹介を行う。
- ・ 共通テーマは難しい。
- ・ 特にテーマを設定せず、おたがいの技術紹介で良いと思う。
- ・ 多岐が良い。

○今回の技術研究会でお気づきの点や今後の技術研究会に関しましてご意見・ご要望等が有りましたら何でも結構ですご記入下さい。

- ・ 他研究所の取り組みが理解できた。
- ・ 異分野での発表には興味深いものがある。研究者のコラボレーションがやりにくい我機構の中で、技術職員のコラボレーションは十分可能との認識ができた。今後は人事交流も視野に入れた、交流も可能ではないか。世話人の方ご苦勞様でした。
- ・ 運営ありがとうございました。

- ・初めての参加者にとっては、少し案内不足も感じた。
- ・主催者側との交流の場がほしかった。
- ・今回の予稿集では難しい専門用語について「用語解説」を加えたのは良かったと思う。
- ・今後も「他分野の参加者にも理解しやすい 発表」を心がけてほしい
- ・十分な質疑応答の時間がとれるよう、発表時間を考慮してほしい。

次回も今回同様、座長が発表者に先立って、研究所の紹介と発表の概略を話して下さると、全体像が見え良いと思います。

# 技術研究会プログラム

平成 20 年 7 月 24 日 (木)

12:30～ 受付 (管理・福利棟 4階 第1会議室)

13:00～ 開会の挨拶 (管理・福利棟 4階 第1会議室)

挨拶 自然科学研究機構 核融合科学研究所 副所長 須藤 滋

13:10～ 特別講演 (管理・福利棟 4階 第1会議室)

講演題目 未来のエネルギー源 「核融合」

講師 高周波加熱プラズマ研究系 教授 中村幸男

14:00～ \*写真撮影、事務手続き

14:30～ 分子科学研究所 座長:機器センター 高山敬史

講演内容の概要 機器センター 高山敬史

1-1 分子研装置開発室における先端加工技術開発の取り組み 機器開発技術班 青山正樹

1-2 電子機器・ガラス機器開発技術班業務紹介 電子機器ガラス機器開発技術班 内山功一

1-3 分子研・低温施設の紹介 機器センター 高山敬史

水川哲徳

1-4 分子研広報室の業務紹介 学術支援班 原田美幸

16:00～ 休憩

16:10～ 国立天文台 座長:先端技術センター 岡田則夫

講演内容の概要 先端技術センター 岡田則夫

2-1 石垣島天文台の建設と運用 水沢 VERA 観測所/石垣島天文台 宮地竹史

2-2 太陽観測所の紹介 太陽観測所 篠田一也

2-3 木曾紫外超過銀河 (KUG) の探査観測とカタログ作成 光赤外研究部 宮内良子

2-4 国立天文台の安全衛生への取り組み 研修・教育等 野辺山宇宙電波観測所 坂本彰弘

17:40～ 休憩

18:00～ 懇親会 (管理・福利棟 1階 土岐っ子)

19:00～ 解散

## 平成 20 年 7 月 25 日 (金)

9:00～	生理学研究所	座長:技術課	市川 修
	講演内容の概要	技術課長	大庭明生
3-1	情報ネットワークを利用したセミナー等ライブ配信システムの構築	技術課	吉村伸明
3-2	認知実験用行動検査装置の開発	技術課	戸川森雄
3-3	マウス摂水量連続計測装置の開発	技術課	佐治俊幸
3-4	研究室における技術職員の技術支援について	技術課	伊藤昭光
3-5	触覚刺激装置の製作	技術課	市川 修
10:30～	休憩		
10:40～	基礎生物学研究所	座長:技術課	小林弘子
	講演内容の概要	技術課	小林弘子
4-1	実験植物としてのアサガオの紹介	技術課	田中幸子
4-2	質量分析装置に用いるスプレーヤーの改良について	技術課	高見重美
4-3	タッチパネルを用いた情報掲示システムの作成	技術課	中村貴宣
4-4	大型スペクトログラフと光生物学実験	技術課	東 正一
12:10～	休憩		
13:10～	核融合研	座長:技術部長	山内健治
	講演内容の概要	技術部長	山内健治
5-1	円形テーパ導波管&コルゲートテーパ導波管の内面加工方法	製作・安全衛生課	杉戸正治
5-2	ガス入射装置のフィードバック制御回路の設計・開発	装置技術課	安井孝治
5-3	LHD 計測データ保存ストレージの変遷と展望	計測技術課	小嶋 護
5-4	LHD 実験に向けての負イオン源の準備	加熱技術課	浅野英児
5-5	中性粒子入射加熱装置 (NB I) の粒子入射パワー評価について	制御技術課	駒田誠司
14:40～	休憩		
14:50～	施設見学 (LHD 実験装置等)		
16:00	解散		

## 編集後記

第3回自然科学研究機構技術研究会は7月24日～25日の日程で核融合科学研究所において開催されました。

この研究会は機構内の技術連携を図ることを目的として始められたものです。過去2回の反省を生かし、他の機構の技術職員がどのような仕事をされているか理解を深めるため、それぞれの仕事内容を解りやすい表現で紹介頂きました。

そのため今回は技術研究会に先立ち担当者会議を設け予稿集について難解な言葉がないか確認し、説明が必要な言葉については、予稿集に説明をつけて頂くこととなりました。これに伴い予稿集の改訂も必要となり、各御担当の方々には負担をお掛けする結果となりましたが積極的に対応いただき大変感謝しています。

技術研究会当日は、近隣の多治見市では数日猛暑日が続いており大変暑い時期に開催することとなり、お疲れでした。

また、公共交通機関の時刻の関係で、全体時間として非常にタイトなスケジュールとなっており、遠方からお越しいただいたかたがたには、もう少し時間の余裕を取ればと反省しております。

報告書の作成に当たっては夏休みと重なりましたが、皆様のご尽力により無事ここに出版することができました。

第3回の開催と報告書の出版に当たり、ご協力頂きました皆様に紙面をお借りしここに厚くお礼を申し上げます。

最後に、この自然科学研究機構技術研究会がこれからも会を重ねる事により、各研究所の技術部・技術課に所属する技術職員の職務の相互理解が深まり、機構全体のネットワークがより強固なものになっていくことを願っています。

(世話人代表 馬場智澄)

### 第3回自然科学研究機構技術研究会

#### 世話人

鶴田誠逸 国立天文台 RISE 月探査プロジェクト

市川 修 生理学研究所 技術課

小林弘子 基礎生物学研究所 技術課

堀米利夫 分子科学研究所 技術課

馬場智澄 核融合科学研究所 技術部

杉戸正治 核融合科学研究所 技術部

西村輝樹 核融合科学研究所 技術部