

機器開発

電子機器開発

光

機器利用

計算科学

学術支援

# 分子科学研究所 技術課 Activity Report 2013



ISSN-0919-9233



大学共同利用機関法人 自然科学研究機構  
分子科学研究所



2 3  
分子研について 研究 利用案内

研究 分子研の研究者 研究会-セミナー  
What's new  
2014/04/17 「2015年度

# CONTENTS

巻頭言 ..... 1

## 2013 年度ハイライト

機器開発	2
電子機器開発	4
光	6
機器利用	8
計算科学	10
学術支援	12

技術課活動報告 ..... 13

技術レポート ..... 16



### 分子科学研究所 技術課について

分子科学研究所(愛知県岡崎市)は、昭和50年に創設され、同時に、技術分野での研究支援を目的として技官を組織した技術課が発足しました。技術課は所長直属の技術者組織であり、各個人のもつ高い専門的技術により支援しています。

技術課の役割は研究の動向により変化していくので、これからも幅広く柔軟に技術支援体制を構築していきます。

分子科学研究所長

#### 技術課

技術職員計 35 名(平成 26 年 5 月時点)

機器開発技術班

電子機器開発技術班

光技術班

機器利用技術班

計算科学技術班

学術支援班



## 山本 浩史

やまもと ひろし

【分子科学研究所 教授・装置開発室長】

今年度から装置開発室長を拝命しました。これまで技術課には、主にユーザーとしての立場で色々なことをお願いしてきましたが、これからは装置開発室の一員としてより近いところから関わって行きたいと思います。まだ室長にはなったばかりですので、機器開発技術班・電子機器開発技術班はもとより、他の班についても分かってないところは多々ありますが、せっかく「かなえ」の巻頭言を書く機会を頂きましたので、現時点で感じていることをここに記したいと思います。

技術課に関連してまず初めに感じるの、分子研における研究支援体制の充実と、研究者との距離の近さです。他の大学や研究機関をそれほど多く知っている訳ではありませんが、前号巻頭言で富宅先生が記されているように多くの大学で工作室が困難な状況にある中で、分子研では今も確固とした支援体制が残されており、分子研の技術課を頼って他機関からわざわざ依頼が来ることもまれではありません。また研究所のサイズも寄与しているのでしょうか、研究者と技術系職員の距離が近く、こうした距離感は今まで双方が培ってきた信頼関係がその土台となっていることを感じます。このようなすばらしい体制を築かれてきた先人の努力に敬意を表するとともに、こうした組織と関係性を未来に向かって発展させていく責任を感じています。

さて、技術課の今後を考えた場合にはどのような要素が必要でしょうか。様々なとらえ方が可能でしょうが、今回は「持続可能な組織作り」という切り口で考えてみたいと思います。昨今聞かれるようになった持続可能性(sustainability)という言葉は、もともと資源枯渇や(温暖化などの)環境破壊とそれに伴う文明生活の崩壊を防止するために提唱された概念ですが、最近は広く社会制度にまで使われるようになってきています。技術課についてもその運用・マネジメントにおいて組織としての「持続可能性」がきちんと考えられていることが、将来の発展につながるるとともに、現職員の意識や責任感を高め、内外環境の変化に対する準備を進める基礎となるのではないかと私は考えています。特に分子研の技術課職員は、課長となった場合には総務としての役割も担するという非常に特殊な位置付けがされているため、各種装置や計算機ネットワークで分子研を支えるという事の他に、総務業務を分担できる人材を輩出するという重責も担っています。

このような状況を考えた場合、きちんとした技術職員のキャリアパスに対する方針策定とその人材育成を、各施設長と技術課長がしっかり話し合いながら進める必要があり、技術の継承・発展はもとより、管理職人材の育成、年齢構成の適格化、組織のシステム化・見える化など、風通しがよく、各職員が自ら成長を実践・実感できる組織作りが大事だと思っています。そしてその見通しに従って新しい人材を登用し、教育して行く必要があります。キャリアパスに関して言えば、おそらく大きく分けて3つのコースがあり、(1)一つの部署に居てプロフェッショナルを極める(2)いくつかの異なる業種を経験して視野を広げ、個々の業務に従事するとともに、各部署をつなぐネットワークの構築と知識の交流を推進する(3)多くの職種を経験しながら最終的にマネージャーとなって労務管理を行う、といったいくつかの場合に分けた考え方が必要だと思っています。そしてそれぞれ必要に応じて、技術研修・管理職研修を含めた勉強を継続して行くべきでしょう。こうした配置転換や人事交流は事務センターや通常の企業では普通に行われていることであり、技術課でももう少し頻繁に行われて良いように思います。またキャリアパスという視点だけではなく、例えば部署間交流に関しては、装置開発と機器センターが人材交流することによって、測定装置の改良・修理・自動化・安全性向上などが独自のオリジナル技術によって促進されるといった、相乗効果も期待できるのではないのでしょうか。

民間の企業がさらされている環境変化に比べると、分子研の技術課はかなり無風に近い状況かもしれません。もちろん基礎研究の支援というのは落ち着いた環境でこそ出来ることですから、ある意味理想的な環境とも言えるでしょう。しかし、このような恵まれた状況が未来永劫続くかどうかは全く分かりません。日本という国も分子研も、時代に合わせて変わりゆくものであり、とりわけグローバルに人・モノ・情報が移動する時代には、変化のスピードが速くなっています。そのような中でも個々の職員が働く喜びを感じられる組織作り、そして様々な波が来ても十分対応可能な足腰の強い組織作りを、私なりに皆さんと一緒に取り組んで行きたいと思えます。利用者の皆様は引き続きご利用、アドバイスを、技術課内の皆様はご理解・ご協力をよろしくお願いいたします。

# 機器開発 技術班



機器開発技術班は、「実験研究に必要な機器の設計・製作への迅速な対応」と、「分子科学の新展開に必要な新しい装置および技術の開発」を主たる業務とし、実験研究機器の製作を行っています。また大学共同利用機関である分子科学研究所で展開される施設利用を通して、分子科学分野を中心とする全国の研究者からの製作依頼も受けて、広く研究者への支援を行っています。今年度からリソグラフィー技術による「マイクロストラクチャー製作・評価支援」をナノテクノロジープラットホームを窓口として大学・研究機関および民間企業に対して行っています。

担当施設：装置開発室  
http://edcweb.ims.ac.jp/

## 製作依頼

2013年度の所内製作依頼は242件で例年並みの依頼がありました。スピーディーな対応が求められる部品製作や装置部品の改良のほか、実験装置の構想段階から研究者と綿密な打ち合わせを行いながら長期にわたり設計・試作を行うも

のや、技術的な開発・試行錯誤を伴う以下のような製作課題も行っています。また施設利用などによる外部研究機関からの製作・利用については、14件（施設利用8件、ナノテクノロジープラットホーム利用6件）の依頼に対応しました。



30度の鋭角スキマーの製作には、高度な加工技術が要求されます。装置開発室では、大小様々な形状のスキマーを製作しており、加工ノウハウを蓄積してきました。製作の勘所などについて他大学からの技術指導依頼にも応えています。（水谷）

技術レポート P.17 水谷

先端径  $\phi$  1.5 mm 鋭角スキマー



放電加工によりクロム板材から1mm角のロッド状に加工を行いました。加工により素材表面にクラックが生じないように、条件検討を行い、またプローブ作成に適した加工方向や形状を材料組織観察なども検討しながら、STMプローブの作成に協力しました。（矢野）

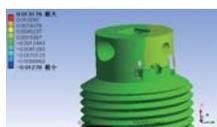
STM用クロムプローブの放電加工



18テスラ超伝導マグネットシステム内に引張応力を超伝導線材に負荷させ、臨界電流測定を行うためのプローブです。ボア径52mmに収まるよう、簡便なリンク構造による引張り荷重機構や、アジャスト可能な歪測定機構を考案しました。（近藤）

技術レポート P.19 近藤

高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブ



次世代UVSORのための電子銃開発に関する機器製作に協力しています。

<カソードプラグ>  
背面からレーザー照射することができる超伝導電子銃用フォトカソードプラグや弾性ヒンジ機構による結晶サンプルプラグを製作しました。（青山、水谷）  
<ピンホールアレイNi箔>  
 $\phi$ 20 $\mu$ mのピンホールが多数配列したNi箔と、厚み5 $\mu$ mNi箔に均一にテンションを負荷しながら挟み込むためのホルダーを設計・製作しました。（高田）

超伝導電子銃開発のための実験機器



高圧環境下で金属試料の輸送特性を調べるために使用する高圧アンビルセルを製作しています。アルミナ製アンビルの上面には、リソグラフィー技術により窒化ニオブミランダパターンを成膜して製作を行っています。現在アルミナと窒化ニオブ膜の密着性などいくつかの改善について検討しています。（高田）

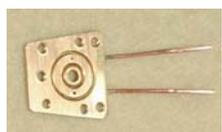
技術レポート P.20 高田

高周波共鳴用NbNミランダパターン付アンビルセル



SEM内において、ヒータで試料を加熱し、その様子を観察するための試料ホルダーと配線導入用ポートの製作を行いました。SEMステージ側への熱流入を抑えるために、ヒータの固定方法などを検討し製作を行いました。（近藤）

SEM用試料加熱ホルダー



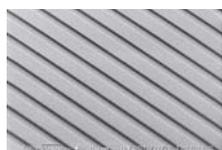
非常に狭い空間に液体セルを設置するため、本体の厚みが2mm以下となっています。そのため通液のためのパイプは $\phi$ 0.81mmと細く、本体とパイプとの口付けには、ロウ材が通液部をふさがないように細心の注意を払い製作しました。（矢野）

in-situ液体フローセル



先端レーザー開発部門で進められている各種研究機器開発に協力しています。各種モジュールの小型化に関する設計やハウジング、結晶水冷ホルダーなどレーザー実験機器を製作しました。（水谷・近藤）

レーザー開発研究機器の設計・製作



心筋細胞・心線維芽細胞を培養ディッシュに配向するための、PDMS製スタンプを製作しました。Si基板上にレジストパターンを作り、PDMSモールディングを行うことで、幅10 $\mu$ m高さ5 $\mu$ mの直線状のマイクロスタンプを製作しました。またスタンプは酸素プラズマ処理を施し、親水化処理を行いました。（高田）

心筋細胞・心線維芽細胞マイクロプリント用PDMSスタンプ



マイクロ波イメージング用7 $\times$ 7chアンテナアレイを製作しました。方形ピラミッド状ホーン部の加工は、特殊な工具とジグを用いて製作しました。本支援は機構連携イメージングサイエンスで実施されている課題です。（杉戸）

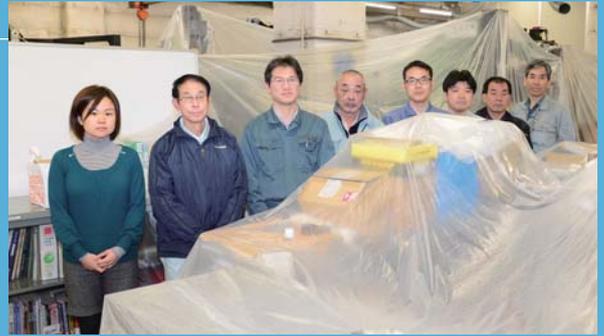
マイクロ波イメージング装置

その他にも、技術レポートP.22（矢野）、P.24（青山）のような技術支援・技術研鑽も行っています。

### スタッフInformation

青山 正樹 AOYAMA, Masaki  
水谷 伸雄 MIZUTANI, Nobuo  
矢野 隆行 YANO, Takayuki  
近藤 聖彦 KONDO, Takuhiko  
高田 紀子 TAKADA, Noriko  
杉戸 正治\* SUGITO, Shouji  
和田 照美\* WADA, Terumi  
石田 優二\* ISHIDA, Yuji

\*技術支援員



## 技術開発

装置製作技術の高度化を目的に以下のテーマで技術開発を進めています。

### 超精密加工

超精密加工技術によるMgF<sub>2</sub>非球面レンズ製作に取り組んでいます。製作過程で必要となる精密形状測定技術や、加工時の微小振動測定およびレンズ集光評価装置製作など周辺技術にも取り組んでいます。(近藤)

### レーザー加工機開発

装置開発室に依頼される微細な加工に対応するため、アブレーション加工が可能となるピコ秒レーザー加工装置および加工技術の開発を行っています。平成26年3月26日に技術課セミナー【レーザー加工技術の基礎と応用】を開催しました。(矢野)

### フォトリソグラフィ技術の推進と高度化

シュツットガルト大学（ドイツ）飯塚研究員と高周波共鳴NbN蛇行パターン高圧アンビルセルの開発を行っています。また今年度から新たな支援業務として始まったナノテクノロジープラットフォーム「マイクロストラクチャー製作・評価支援」に対応するため、リソグラフィに関する様々な技術の高度化・推進に取り組んでいます。(高田)

## その他活動報告

### －受け入れ研修 / 中学生職場体験－

【非切削加工技術および走査型電子顕微鏡操作に関する研修】

平成25年6月17日から21日

受講者：名古屋大学 叶 哲生 担当者：矢野隆行、近藤聖彦、高田紀子

【ワイヤー放電加工機の取り扱い実習とワーク加工物の精度測定技術研修】

平成25年9月9日から13日 受講者：舞鶴高専 桜井一樹 担当者：矢野隆行

【実験機器製作物の測定および観察】豊田市立上郷中学校（2名）、平成25年6月13日 担当者：水谷伸雄、青山正樹

【研究用装置を設計してみよう】

岡崎市河合中学校（2名）、平成25年7月26日 担当者：近藤聖彦

### セミナー企画開催

【共同開発セミナー「超精密加工」】

平成25年6月19日 分子研研究棟402号室

【微細加工に関する技術サロン会】

平成25年11月21、22日 分子研研究棟201号室

### 技術発表

(1) 水谷伸雄「7軸調整位置合わせステージ及び薄型X-Yステージの製作」第8回自然科学研究機構技術研究会、平成25年6月7日

(2) 近藤聖彦「MgF<sub>2</sub>非球面レンズ製作における脆性面改善の検討結果について」共同開発セミナー「超精密加工」平成25年6月19日

(3) 青山正樹「マイクロストラクチャー製作・評価支援の紹介」分子物質合成プラットフォーム技術研修会、平成25年8月23日

(4) 高田紀子「高周波共鳴用窒化ニオブによるミアンダパターンの製作」、第2回微細加工に関する技術サロン会、平成25年11月21日

(5) 近藤聖彦「高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの開発」平成25年度核融合科学研究所、技術研究会、平成26年3月13日

## TOPICS

### ナノテクノロジープラットフォーム「マイクロストラクチャー製作・評価支援」



平成25年度より、リソグラフィ技術を使ったデバイス製作に関するサポートをナノテクノロジープラットフォーム「マイクロストラクチャー製作・評価支援」として展開することになりました。これまで機械工作を中心にモノづくりを行ってきましたが、非機械加工での機器製作もサポートしていきます。

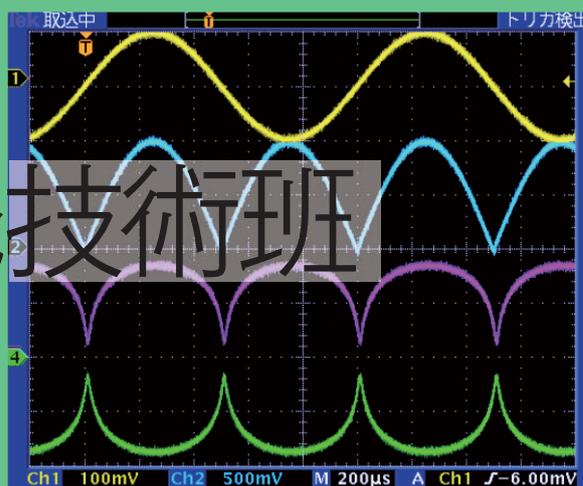
フォトリソグラフィに関する作業（基板洗浄、各種レジスト塗布、露光、現像、アッシング、エッチングなど）により、フォトマスクの作成、マイクロ流路の作成、その他リソグラフィ技術を用いた微細加工などができます。

利用についてのご相談・お問い合わせは、micro@ims.ac.jp まで。(担当：青山、高田、近藤)

主要設備	
マスクレス露光装置	ナノシステムソリューションズDL-1000/IMC
3次元光学プロファイラー	ZYGO Nexview
段差計	KLA-Tencor P-7
マスクアライナー	ミカサ MA-10
スピナー	ミカサ MS-A100
局所排気装置	ダルトン エッチングブース 1200mm

# 電子機器開発技術班

担当施設：装置開発室  
<http://edcweb.ims.ac.jp/>



## 電子機器開発技術班の紹介

電子機器開発技術班は、分子科学研究所の研究施設・装置開発室にあって、所内外の分子科学分野の先駆的な研究に必要な実験装置の開発を行っています。

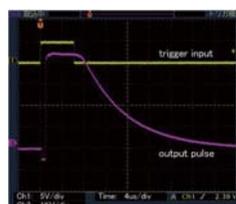
私達は、基盤技術の育成および先端的な新しい回路技術の導入の両面から技術向上に努めています。近年では、大規模集積回路設計製作技術、機器組み込みマイコン応用技術、カスタム・ロジックIC設計技術に重点を置いて取り組み、その成果は本誌の技術レポートや技術研究会等で報告されています。

## 2段式高速高電圧パルス発生器

分子科学研究所において、従来から継続的に工作依頼があるニーズの高い電子機器の一つに高速高電圧パルス発生器があります。その利用目的は、主に、電気光学素子であるポッケルス・セルの駆動、ピエゾ・アクチュエータの駆動、飛行時間型質量分析器の加速電圧源、MCP検出器のゲート印加電圧などです。

ここで紹介する2段式高速高電圧パルス発生器は飛行時間型質量分析器に使用するためのもので、高速高電圧半導体スイッチ・モジュールを2個組み合わせることによってトリガー信号に対して負電圧パルスと正電圧パルスを連続して出力するものです。ここで紹介する製作例のように、電子機器開発技術班では分子科学の実験装置に特化した独自の電子機器の開発を行っています。

技術レポート P.25 吉田



## AVRマイコンを用いたオープン温調器のリノベーション

真空装置を製作したり改造した後は、100℃以上の高温で数十時間加熱することで完全に乾燥させます。これにより、真空を構築するためにリボンヒータを巻きつけて数日加熱するベーキングという作業を効率的に行えます。真空装置は複数の部品から構成され、中には一抱えはある大型のものもありますから、乾燥させるオープン温調器も大型のものが用いられます。

UVSORで長年使われてきたこのオープン温調器が、リレーの接点の寿命により使用不能になりました。大型の筐体と温度を計測する熱電対は使用可能であり、これらを流用すると共に、これまで出来なかったことー加熱時間の設定や視認性の向上といったことを加えて使いやすいもの出来ないかという相談を受けました。

現在、オープン温調器が製造された時代とは比較にならないほどICは小型高性能化しました。特にマイコンは外部機器との通信からA/D変換まで1個で出来るようになりました。今回はAVRマイコンを用いて、オープン温調器を現代風に復活させるリノベーションに取り組みました。



技術レポート P.27 豊田



## スタッフ Information

吉田 久史 YOSHIDA, Hisashi  
内山 功一 UCHIYAMA, Koichi  
豊田 朋範 TOYODA, Tomonori



## データベースサーバの更新と装置開発室ホームページの移行

装置開発室では、工作依頼伝票管理やストックルームの出庫管理を円滑に行うために2002年度からデータベースサーバの運用を行っています。システム構築から昨年までの約10年間運用を続けてきましたが、ハードウェアの老朽化やOSのサポートが切れることでセキュリティに問題が生じることから運用を継続することが難しくなりました。この問題を解決するためにサーバを刷新し、OSやデータベースのバージョンも新しい物に更新しました。また8月には、装置開発室ホームページを外部に公開しているサーバが電源故障により起動しなくなりました。



外部公開サーバの運用は、セキュリティを厳格化する必要性や、それともなう管理の負担が増加していくことが考えられます。これらのことから部署内の外部公開サーバを廃止し、計算科学研究センターが所内向けに提供しているWebホスティングサービスに装置開発室ホームページを移行しました。

技術レポート P.29 内山

共同利用機関として 他大学から製作の依頼を受け入れています。

### 2013年度【後期】製作依頼実績

施設利用申請課題名	申請機関名
高電圧高速パルススイッチング回路の開発	新潟薬科大学

## 高電圧高速パルススイッチング回路の開発

新潟薬科大学の星名賢之助教授からの申請であるこの課題は、MALDI-TOF-MS装置の制御に用いるための高電圧高速パルス発生器です。星名研究室では、マトリックス支援レーザー脱離イオン化(MALDI)過程が起きる領域に別のレーザーを照射することにより、感度の飛躍的な向上を目指した研究を行っています。製作するパルススイッチング回路は、生成されたイオンを検出器に引き出すための加速電圧として使用され、パルス電圧:0~MAX.6KVまたは-6KV、立ち上がり時間:≤20nS、外部トリガー(TTL)同期といった性能が求められます。現在、3個の高速高電圧半導体スイッチを内蔵した3系統のパルススイッチング回路を製作中です。



発表報告 2013年度の研究会発表は以下のとおりです。

平成25年度機構技術研究会	「装置開発室エレクトロニクス・セクションの工作依頼業務の紹介」	吉田 久史
14 <sup>th</sup> International Conference on Accelerator & Large Experimental Physics Control Systems	「Turn-by-turn BPM system using coaxial switches and ARM microcontroller at UVSOR」	豊田 朋範 コラム P.31 豊田
平成25年度実験・実習技術研究会 in イーハートブいわて	「ARMマイコンとフルカラーLEDを用いたpHインジケータの開発」	豊田 朋範

2013年度ハイライト

# 光技術班

担当施設：

極端紫外光研究施設 (UVSOR)

<http://www.uvsor.ims.ac.jp/>

分子制御レーザー開発研究センター

<http://groups.ims.ac.jp/organization/LC/>



0.75 GeV電子シンクロトロン

光技術班は極端紫外光研究施設 (UVSOR) と分子制御レーザー開発研究センターに所属する技術職員8名によって構成されています。主な業務は放射光の供給支援、利用支援、レーザー技術支援です。

《放射光供給支援》安定したシンクロトロン光を供給するための加速器の運転、管理、保守を主な業務としています。コヒーレントシンクロトロン光発生・自由電子レーザー実験などの光源開発研究の技術支援も行っています。真空技術・制御技術・維持管理技術などが要求されます。

《放射光利用支援》シンクロトロン光を利用し、質の高い観測実験に関与できるように維持、保守、改良、開発、技術支援を主な業務としています。共同利用ビームラインにおいては各担当者がユーザ実験の世話をを行い、スムーズに実験が行われるようにサービスを提供しています。また、液体ヘリウムなど寒剤準備、真空機器・観測計器の管理・更新や観測用プログラムなどの製作・更新・実験機器の開発・製作などの業務を行っています。真空技術・制御技術・放射光ビームライン光学技術・低温技術・機器設計技術などが必要とされます。

## 報告 職場体験 (金属蒸着体験)

2013年度は、6月に豊田市上郷中学校2名、7月に岡崎市河合中学校2名、8月に岡崎市北中学校2名の合計6名の中学生を職場体験として受け入れた。6月と7月の職場体験では、ガラス板への金属蒸着による鏡の作成を体験していただいた。真空槽にガラス板を装着し、フランジ締め後、排気ポンプを作動させて真空環境を作り出した。銅が置かれているポートを抵抗加熱し、ガラス板に銅が徐々に付着して分子研ロゴマークが現れてくるのを観察。次に、アルミニウムが入っているポートに電極をつなぎ直し、アルミニウムを蒸着させ鏡面を作成した。アルミニウム蒸着面は天井の模様を綺麗に映し出していました (写真の白い部分)。



《レーザー技術支援》分子制御レーザー開発研究センターに所属する技術職員はセンター所有の共通機器管理やセンターに関わる業務全般を担当しながら、光分子科学研究領域やUVSORの研究グループに対してレーザー関連の技術支援を行っています。また、凝縮系におけるコヒーレント制御を目指した計測システムをはじめ、各種開発業務も行っています。

## 2013年度活動報告

2013年6月	機構技術研究会参加 (核融合研)
6月	「加速器に係る安全管理体制の構築」に関する打ち合わせ参加 (Spring8)
6月	職場体験 (豊田市上郷中学生2名)
7月	職場体験 (岡崎市河合中学生2名)
8月	加速器学会参加 (名古屋市)
8月	職場体験 (岡崎市立北中学生2名)
8月	ナノテクノロジープラットフォーム分子・物質合成プラットフォーム技術研修会参加 (京都市)
9月	アジアオセアニアフォーラム (AOFSSR 2013) 参加 (姫路市)
9月	機器・分析技術研究会参加 (鳥取大学)
10月	Joint Accelerator School (JAS '13) 参加 (静岡県 (コラムP.40 林))
10月	第73回岡崎コンファレンス参加 (分子研)
12月	UVSOR30周年記念行事&シンポジウム2013 参加
2014年1月	放射光学会参加 (広島市) (コラムP.34 山崎)
1月	レーザー学会学術講演会参加 (北九州市)
3月	実験・実習技術研究会参加 (岩手大学)
3月	技術研究会参加 (犬山市)

## 報告 新人紹介

2013年5月に技術職員1名 (異動) と技術支援員2名 (新人) が着任した。技術職員は、計算科学技術班より手島史綱氏が異動し、2つのビームライン (BL1BとBL6Bでいずれも赤外光を利用したライン) を担当している (コラムP.42 手島)。技術支援員は、林 健一氏と水口あき氏である。林氏は、日々の設備点検・保守業務を主に担当しています。一方、水口氏は、ストレージリングへのビーム入射等の加速器運転業務を担当しています。

### スタッフInformation

堀米 利夫 Horigome, Toshio  
 蓮本 正美 Hasumoto, Masami  
 山崎潤一郎 Yamazaki, Junichiro  
 酒井 雅弘 Sakai, Masahiro  
 林 憲志 Hayashi, Kenji  
 近藤 直範 Kondo, Naonori  
 手島 史綱 Yeshima, Fumitsuna  
 岡野 泰彬 Okano, Yasuaki  
 禿子 徹成\* Tokushi, Tetsuzou  
 林 健一\* Hayashi, Kenichi  
 水口 あき\* Minaguchi, Aki

\* 技術支援員



## TOPICS

### 電子蓄積リング用高周波加速空洞不具合調査を実施

技術レポート P.32 山崎

2011年に発生した共同利用運転時における高周波加速空洞の真空圧力が徐々に悪化する現象について原因を解明するために、2013年度春期にシャットダウン期間を設け調査が行われました。調査を行うためには高周波加速空洞が設置されている電子蓄積リングの1/4を大気開放して、空洞本体を電子蓄積リングから取り出す必要があり、一方、共同利用運転の停止も余儀なくされるため、本調査の実施にあたっては難しい決断が必要とされました。



### 放射光技術

技術レポート P.35 堀米

技術レポート P.38 林

UVSORでは、SR光（主に真空紫外光）を使い色々な実験が行われています。SR光は大気中には存在しない光です。よって、SR光を利用する実験は真空環境の中で行われます。観測装置の製作に当たっては真空環境の維持が最も大切な条件になります。また、使われる試料も固

実験試料による実験装置の違い

試料状態	固体	気体	液体
真空度	超高真空	高真空	高真空
装置の大きさ	中型	大型	小型
特徴	サンプル移動機構 表面洗浄	差動排気 大型排気装置	真空隔離 液膜の調整難

体・気体・液体の試料が利用され、一般的ですが、試料によって実験装置に要求される真空度・装置の大きさなどに違いや特徴がでます。最近では、液体試料の観測も可能となり実験分野を広げつつあります。

また、光ファイバを用いたビームロスモニタの配備に向けたテストを開始しました。光ファイバを加速器のビームダクトに沿って配置します。電子ビームの一部がダクトに衝突して失われると、ダクトを突き抜けた電子が光ファイバを横切るときにチェレンコフ光という光を発生します。微弱な光ですが、ファイバ末端に光電子増倍管を設けることで、オシロスコープ等で観察できるようになります。この信号の大きさやタイミングを解析することで、入射された電子ビームがリングの何周回目のどの位置でどの程度失われたのかを探ることが可能になります。

## 報告 UVSOR30歳

極端紫外光研究施設（UVSOR）は1983年11月に電子蓄積リングの運転に成功し、その放射光発生から2013年11月で30年目を迎え、12月には30周年記念行事が岡崎コンファレンスセンターで開催されました。UVSORは1985年度より本格的に共同利用をスタートさせ、今日まで数多くの研究成果を上げてきました。今後も技術職員は、研究の更なる発展に技術支援していきます。



2013年度ハイライト

# 機器利用 技術班

担当施設：機器センター

<http://ic.ims.ac.jp/>



機器利用技術班の技術職員は機器センターに配属され、センターの所有する装置の維持管理、利用者の受入・測定支援等の業務を行っています。機器利用技術班は平成25年度に低温技術班と合併されて、現在の機器利用技術班となりました。また、機器センターとは分子スケールナノサイエンスセンターと分子制御レーザー開発研究センターの汎用機器が統合されて平成19年4月に発足した研究施設で、所全体において共通で利用するNMRやESR等の汎用測定装置を有しています。更には、新たに低温冷媒の供給施設も加わり、充実した研究支援体制を構築することが出来ました。これらの設備、所内はもとより、所外からも「施設利用」「協力研究」の形で利用されています。装置によっては元素分析等の様に、所内限定ですが依頼測定を受け付けている装置もあります。

機器センターの所有する設備は(1)化学分析、(2)磁気・物性、(3)分子分光、(4)寒剤供給、に大別出来、それぞれ以下の様な設備を備えています。

## (1) 化学分析

NMR (400,500,600,800,920MHz)、質量分析計(MALDI-TOF-MS)、有機微量元素分析装置、蛍光X線分析装置、熱分析装置

## (2) 磁気・物性

ESR、SQUID、単結晶X線回折装置、粉末X線回折装置、15T超伝導磁石付希釈冷凍機

## (3) 分子分光

ナノ秒およびピコ秒パルス光波長可変レーザー、高感度蛍光分光光度計、顕微ラマン分光装置、円二色性分散計、可視紫外分光光度計、赤外分光計、各種小型機器

## (4) 寒剤供給

液体ヘリウム供給装置、液体窒素供給装置

※詳しくは<http://ic.ims.ac.jp/>をご覧ください。

また、2007年度よりスタートしたプロジェクト「大学連携研究設備ネットワーク」の全国事務局としての業務も行っていきます。このプロジェクトは全国の大学の所有する各種汎用測定設備を相互に利用することで設備の有効活用を目指すものでコンピューターネットワークを利用した設備の予約システムを構築しています。

さらに、機器センターでは、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ます。両地区の寒剤供給体制は統合的に確立されており、非常に使いやすいものとなっているのが特徴です。明大寺地区においては、平成24年度の寒剤供給量は、液体ヘリウム43,258ℓ、液体窒素25,613ℓ、山手地区においては、液体ヘリウム11,014ℓ、液体窒素33,477ℓをそれぞれ供給しています。

両地区ともに、寒剤の供給システムは完全に自動化されており、初心者でも簡単操作で取り扱う事が出来るのが特徴となっています。

各職員の活動報告を掲載しましたので、詳細は別枠の報告書をご覧ください。

### 出張報告 「質量分析技術者近畿ブロック研究会」、 「有機微量分析ミニサロン」に参加

7月に奈良先端科学技術大学院大学にて「第9回質量分析技術者近畿ブロック研究会」、10月に京都大学にて「第34回有機微量分析ミニサロン」の各研究会に参加しました。

機器センターの業務は、細分化されており(質量分析)(元素分析)を主に担当していますが、自身の知識、経験を向上させるためには、積極的に外部に向けて視野を広げる必要があります。当研究会では、同じ業務に携わる分析従事者が、情報交換や技術発表を行い技術力の向上、技術開発に貢献することを目的としており、当研究会に参加して得られた経験を今後の業務に役立てたいと考えています。

(牧田 誠二)

#### スタッフ Information

高山 敬史	TAKAYAMA, Takashi
水川 哲徳	MIZUKAWA, Tetsunori
岡野 芳則	OKANO, Yoshinori
上田 正	UEDA, Tadashi
牧田 誠二	MAKITA, Seiji
藤原 基靖	FUJIWARA, Motoyasu
中野 路子	NAKANO, Michiko



#### TOPICS

### 電子-核二重共鳴測定 (担当：藤原 基靖)

電子-核二重共鳴 (ENDOR: Electron-Nuclear DOuble Resonance) 測定は、ESR (電子スピン共鳴) 遷移を誘起するマイクロ波に加え、NMR (核磁気共鳴) 遷移を誘起するラジオ波を用いる手法です。電子スピンと核スピンの相互作用がある系では、ESRスペクトルは複雑になり、複数が重なり一本に幅広なスペクトルになりますが、ENDOR測定を行うことで、ESRの高感度とNMRの高分解能を同時に実現することが可能です。

機器センターでは、3台のESR装置を所有しており、それぞれに特徴があります。これらのESR装置および多数のオプションは所外公開されており、全国的にも貴重な施設となっています。

技術レポート P.43 藤原



### 600MHz NMR装置 (JEOL ECA600) (担当：中野 路子)

機器センターでは、分子構造解析に必須な分析装置として、核磁気共鳴装置 (NMR) を所有しています。JEOLの400MHz、500MHz、600MHz、920MHzの4台の装置に加え、今年度理化学研究所からBrukerのNMR装置2台が移設され、計6台を運営していくことになりました。NMR装置は基本的には、磁場が大きいほど感度と分解能が向上します。しかしどのようなスペクトルが得られるかは、磁場だけではなく、分光器やNMRの心臓部ともいえるプローブの性能にも大きく依存します。今回はその1例として、JEOLの600MHz NMRについて新しいRoyalデジタルプローブを中心にその特徴を紹介します。

技術レポート P.45 中野



2013年度ハイライト

# 計算科学 技術班

担当施設：計算科学研究センター  
<https://ccportal.ims.ac.jp/>



計算科学技術班は、計算科学研究を支えるHPC（High Performance Computer）や研究活動に不可欠なICT（Information and Communication Technology）機器の運営およびソフトウェア開発を始めとして、システムの立案、調査、分析、研究に携わる情報工学系技術集団であり、現在6名の班員によって構成されています。主な業務を以下に示します。

## 計算科学研究センター業務

岡崎共通研究施設である本センターでは、分子科学にとどまらず、生理学、基礎生物学にも開かれた計算科学研究の共同利用に供しているHPCの管理・運用を主軸として、ハードウェア環境およびオペレーションシステム、ミドルウェア等のソフトウェア環境における技術調査、アプリケーションのプログラミング、チューニング、ライブラリ、可視化、通信ツール等のソフトウェア開発や支援を行っています。

## 岡崎情報ネットワーク管理室業務

自然科学研究機構岡崎キャンパス全体の情報ネットワークインフラの運用管理を行っている当室において、SINET等の外部ネットワークとの接続、Firewallを始めとしたセキュリティ管理、情報通信サービスなどの整備およびコンテンツ提供環境の運用、ネットワーク網管理に関わるソフトウェア開発などを行っています。

## 分子科学研究所ネットワーク業務

分子科学研究所職員の情報通信に関する相談や調査の窓口となり、情報通信サービスの運営管理を始めとして、TV会議やビデオ配信の様な応用技術への積極的な取り組みなど、コンピュータと情報通信に関わる幅広い技術支援を行っています。また共同利用研として重要なサービスである共同利用申請をWebで行うためのソフトウェア開発や、技術課の活動として技術職員の研鑽の場でもある技術研究会報告集のデータベース開発なども行っています。

TOPICS

## 係員配置換え

本年度のトピックは、3つあります。1番目は、係員の配置換えを今年度初頭に実施しました。計算科学技術班では、上に示した3つの業務を遂行するために、3つの係を配していますが、その係員をローテーションさせました。HPCとICTでは必要とする技術分野が異なることから、情報工学を広く見渡せる技術者に成長して頂くために、配置換えにより業務を入れ替えることで異なる技術分野に挑戦しています。異なるとは言っても情報工学技術範囲内であり、週1のミーティングでピアレビューしていますので、これまで全く無縁な状況ではありません。当研究所に必要な情報工学分野の業務に広く対応し、さらに加速的に新たな技術が発生するこの分野において順応しつつ対応し続ける技術者に成長するには必要なことだと考えています。前業務の経験を生かしながら新たな業務を行った状況について、活動レポートをご覧ください。 **技術レポート P.49 長屋**

### スタッフInformation (左から)

松尾 純一 MATSUO, Junichi  
澤 昌孝 SAWA, Masataka  
岩橋 建輔 IWAHASHI, Kensuke  
内藤 茂樹 NAITO, Shigeki  
長屋 貴量 NAGAYA, Takakazu  
水谷 文保 MIZUTANI, Fumiyasu



## 節電対応

2番目のトピックは、節電対応についてです。昨年、一昨年度とHPCサーバが更新した結果、演算性能は20倍程度向上しましたが、これに伴い消費電力量が2倍近く増加しました。このため単純に電気代が跳ね上がり、ランニングコストを強く意識せざるを得ない状況になりました。そこでサーバールーム内に天井から床までの長さの透明なカーテンを設置して廃熱が混ざらないようにしました。さらに、電力量、温度・湿度、稼働率等の情報をリアルタイムに収集しグラフ化してモニタするだけでなく、サーモグラフィーを導入して実際のサーバールームの温度分布を空間的に把握するなど、様々な可視化を行いながら、消費電力量を可能な限り抑える努力をしてきました。可視化に向けての情報収集については、活動レポートをご覧ください。また可視化や節電の効果については、今年度の技術研究会で報告していますので、ご参照頂ければ幸いです。 **技術レポート P.51 松尾**



コンピュータの前面をカーテンで囲むことで、床下から吹き出す冷気に、背面の廃熱が混ざらない様になっています。

## セキュリティ

最後のトピックは、セキュリティに関することです。本年度は自然科学研究機構のほぼ全研究所において、セキュリティインシデントが発生してしまいました。その1つが、計算科学研究センターが運用するHPCサーバで発生しました。この原因を調査する中で判明したことは、従来サーバを攻撃することでそのサーバを不正利用する事例がほとんどでしたが、今回は電子メール等を利用しているPCクライアント側を攻撃して情報を入手することによりサーバを不正利用した事象が発生しました。サーバ側に攻撃の予兆が無かった点で、これまでとは全く異なる事例でした。これを受けてサーバの認証方法を変えるなどのサーバ側の対策だけでなく、同じ事例を発生させないために、所内のPCクライアント側の環境を見直すなどの対策について、今後継続的な検討を続けていく必要を感じています。

**2013年度発表一覧** 2014年3月に開催された核融合科学研究所技術研究会で以下の発表をしました。

内藤茂樹	情報セキュリティ・ポリシー改定作業に参加して
岩橋建輔	FEFSファイルシステムのディスクアクセス速度の改善
澤 昌孝	配信でよく利用される動画圧縮規格の現状と後続規格
松尾純一	計算科学研究センターにおける夏季の電力ピークカット対策
長屋貴量	技術研究会報告集データベース構築完成後の取り組み

# 学術支援班

担当施設：広報室、史料編纂室、研究室

## スタッフ Information

責市 幹大 URUICHI, Mikio  
南野 智 MINAMINO, Satoshi  
原田 美幸 HARADA, Miyuki  
中村 理枝\* NAKAMURA, Rie

\*技術支援員



学術支援班は3名の技術職員が広報室、史料編纂室、研究室にて、日々研究所をソフト面よりサポートしています。

## 広報室

広く一般の方々に分子研の研究活動や役割を分かり易く伝えることの重要性が益々増加しています。このような広報活動を進める組織として、分子研には広報室が設置されており、技術職員が1名配置されています。主な業務内容は以下のとおりです。

情報発信：プレスリリース、分子研ホームページ運営、展示会出展等

各種作成：出版物、ポスター・ホームページ等

その他：見学対応、学会発表ポスター印刷、写真撮影等

今年度は分子研HPのリニューアル作業を行いました。広報室長の大島教授のほか3名の教員に加わって頂き、1年にわたり議論、改定を行いました。技術職員としては、普段の運営方法や今まで寄せられたご意見をお伝えする、今後の運営を含めた提案等を行い、作成は外部に委託しました。最後は時間がなくなってしまったため、研究者紹介のバナーを私の方で作成しました。突貫工事でしたが、なかなか好評でほっとしました。

今回は、MTタイプで作成しましたが、テスト運営ではかなり快適にホームページを更新することが出来ました。リニューアルは2014年4月ですが、作った後の運営も重要で、今まで以上にマメに更新するために情報をいかに集めるか、ソフト面を検討し始めています。

## 史料編纂室

平成18年1月、分子研・史料編纂室が設けられ、分子研創設に至る十数年にわたる長い歴史を物語る多数の資料(史料)が失われないうち、関連史料をできるだけ収集・保存するため、アーカイブズ活動を進めています。学術支

援班では、史料目録の作成やホームページの作成等技術的サポートを行っています。

## 研究室

学術支援班では様々なテーマで各大学との共同研究・協力研究を行い、大学共同利用機関として分子研の果たすべき役割を担っております。分子研・研究室では赤外反射およびラマン分光装置、X線結晶構造解析、磁性測定など、一つの大学や研究室ではすべてを負担するのが困難な機器を相互に補完して利用に供することで多くの研究者達の電子物性の解明につながる研究をサポートしております。さらに平成24年度よりナノテクノロジープラットフォーム事業が始まり、支援要素が機器センターから移行しております。機器センターとナノプラットの有機的な運用により、分野領域を超えて若い研究者達がそれまで触れたことのない測定機器や分析法に対する知見を広げる役も果たしております。それによって得られた成果は国内外での学会で発表されております。

## TOPICS 妊娠から復帰まで思うこと

秋に長男を出産、3か月ほどお休みを頂きました。妊娠中に思ったこと、つわりが酷くて酷くて働くことがとても大変で何故つわり休暇がないの？産休中に思ったこと、とにかく会社に出勤する主人が羨ましいー。復帰後、子供に癒されヤケ酒をしなくなった！（今のところ）

出産3か月後、無事職場に復帰（この職場には保育園が所内にあり、生後2か月から預けられるのです！）。預けた初日は泣いてしまいましたが（私が）、親子とも徐々に慣れ、仕事の後は子供に会える喜びを毎日堪能する日を過ごしています。

今の日本は女性に「産め」「働け」と言っているように感じます。私は今のところ両立することが出来ていますが、両立出来る環境、理解し合える環境を男女で作り上げることが大切だと思っています。

産休中に広報活動を支えてくれた広報室の皆様、技術職員の皆様、この場をかりてお礼を申し上げます。（原田美幸）

# 平成25年度の技術課について

技術課長 鈴木 光一



技術課は技術分野に応じて6つの技術班があります。本誌「かなえ」は平成25年度の各班の業務実施の状況や成果等を報告していますが、ここでは各技術班や研究施設ごとの技術レポートではなく、技術課として実施した主な活動を紹介いたします。また、研究所の共通的な業務も技術職員が協力しながら担っており、その部分についても併せて紹介します。

## 各種技術研究会への参加

大学や研究機関の技術職員が主体となって企画し開催する技術研究会、研修会の案内が近年多く届くようになり、これらに技術課職員も積極的に参加し技術情報の発信や、新たな技術などを習得する機会が増えてきました。このような研究会は専門分野の学会とは違い、研究・教育支援の中での技術開発や、その現場での技術諸課題に対する解決策など、広い分野に渡って技術職員が活動している事を発信しています。分子研でも同じように技術課が主催して開催する研究会として研究所創設の頃から実施してきた「技術研究会」がありますが、国立大学法人と研究機関が持ち回りで開催となっており、平成25年度は核融合科学研究所主催で愛知県犬山市にて開催されました。ここでは主に平成25年度中に他大学、他機関で開催された研究会への参加状況について右表に示します。

## 技術課セミナー

技術職員研修の一環で開催している「技術課セミナー」の今年度のテーマはレーザー加工に着目しました。現在、装置開発室と機器センターが協力してレーザー加工機を開発し、これらの開発を通して技術を蓄積しています。この技術をこれから分子研の共同利用や分子科学研究に提供するため、広報の目的を含めセミナーを企画しました。所外から4名の講師の方々を招き、なるべく平易な解説で他の分野の技術職員にも理解できる内容での講演とし、技術職

### 技術課セミナー「レーザー加工技術の基礎と応用」

開催日：平成26年3月26日（水）

「光の輻射圧が創る螺旋ナノ構造」

尾松孝茂（千葉大学大学院融合科学研究科 教授）

「超短パルスレーザーによる微細加工」

松岡芳彦（株式会社実用技術研究室 代表取締役）

「金属と樹脂のレーザー直接接合」

早川伸哉（名古屋工業大学工学部機械工学科 准教授）

「DMDを用いたマスクレス露光技術とその応用」

木村一彦（株）ナノシステムソリューションズ 技術マネージャー

平成25年6月6日～7日 機構技術研究会（核融合科学研究所）

□頭発表4件

1. タッチラリースシステムの構築とその効用
2. 装置開発室エレクトロニクス・セクションの工作依頼業務の紹介
3. 7軸調整位置合わせステージ及び薄型X-Yステージの製作
4. 真空紫外光を使う実験の試料導入方法

平成25年9月12日～13日 機器・分析技術研究会（鳥取大学）

ポスター発表2件

1. 気相分子イオン核磁気共鳴装置における技術開発について
2. 多種多様な情報配信を可能とする次世代対応型ブックレットのモデル開発

平成26年3月13日～14日

平成25年度 実験・実習技術研究会（岩手大学）

□頭発表1件

1. ARMマイコンとフルカラーLEDを用いたpHインジケータの開発

平成26年3月13日～14日

平成25年度 核融合科学研究所技術研究会（愛知県犬山市）

□頭発表1件

1. 情報セキュリティ・ポリシー改定作業に参加して
- ポスター発表5件
1. 技術研究会報告集データベース構築完成後の取り組み
  2. 計算科学研究センターにおける夏季の電力ピークカット対策
  3. 配信でよく利用される動画圧縮規格の現状と後続規格
  4. FEFSファイルシステムのディスクアクセス速度の改善
  5. 高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プロトタイプの開発

員の研修にもなるようお願いしました。

レーザー加工機の開発はスタートしたばかりで、技術的には未熟で手探り状態でしたが、このセミナー全般を通してレーザー加工の今後の計画について考える良い機会となりました。



## 技術職員研修等

### 受入研修

全国の大学や研究機関の技術職員を受け入れ、技術課の職員と互いの技術向上および交流を目的として、平成25年度は以下の受入研修を実施しました。

受入研修については全国の大学・高専・大学共同利用機関

の技術職員に向けて、それぞれの専門技術について実施しています。この研修は受入側の分子研技術課職員に対しても研修となるよう、相互の課題解決型の企画に重点を置いています。

所属	氏名	内容
岩手大学	加賀 亨・竹田洋一	共同開発「超精密加工」
名古屋大学	鈴木和司・鳥居龍晴・立花健二・大西崇文	共同開発「超精密加工」
名古屋大学	叶 哲生	非切削加工技術および走査電子顕微鏡に関する研修
岩手大学	古舘守道	学生実験等に向けたArduinoプロトタイピングにARMマイコンへの適用に関する研修
舞鶴高専	櫻井一樹	ワイヤー放電加工機およびその他のCNC加工機の技術研修

### その他の研修

平成25年度の技術課の職員は研修として、前述した研究会等以外に「放送大学による職員研修」「東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修」にも参加しています。また、奨励研究（科研費）の採択、所長奨励研究費（所内制度）による研究活動も行われました。さらに、研究施設ごとに必要とされる専門技術について、例年どおり他機関や民間が開催する講習会等へ参加し、技術の研鑽に努めています。詳しくは本誌の技術レポート等を参照して下さい。

## 共通支援業務

### 中学生の職場体験学習

職場体験学習は文部科学省でも学校教育の活動として推奨しており、分子研も体験先の事業所として協力しています。毎年多くの岡崎市を中心とした中学校から受入希望が寄せられ、技術課は年間4校程度まで受け入れ、研究所での体験学習を技術職員が対応することにしています。平成25年度の様子は下記に示します。

### 研究環境の整備

技術課は分子科学研究に関する直接的支援や、研究施設

の管理・運用に関係した技術的支援を担う役割の他に、事務方との協力体制で研究所の業務を行う事が多くあります。平成25年度は特に教員人事の大きな動きに伴う研究室・実験室の研究環境整備や、インフラの老朽化改善のための多くの改修工事が生じました。このような整備事業には施設建築の事務部署が大きく関係しますが、技術課も研究所マネジメント業務の一つとして深く関わり取り組みました。

平成25年度の施設整備の計画は夏頃から本格的にスタートしましたが、様々な要因でほとんどの業務予定が年度末に集中してしまい、事務センターの施設建築部署のみならず財務部署とも連携して、平成26年度事業に繰り越す作業なども行いました。特に業務の進みが遅れた要因として、新しく着任する教員に関連する部分は人事が確定するまでは本格稼働ができなかったこと、年度途中で新規事業が採択され、それに関する整備事業が増えたことなどがありました。さらに、これらは新築や増築ではないため、改修工事に該当しない研究室や実験室は研究業務を続けてもらう必要があり、そういった部分の所内調整は技術課の職員の協力でなんとか切り抜けてきました。平成26年度も積み残し事業や中長期計画に係わる事業が集中しているので、来年度も技術課職員の協力はさらにならなければならないと思われま

### その他技術課に関すること

技術課の業務分担と班や係の名称が一致なくなってきたため、平成25年7月に技術課の班および係の名称を部分的に変更しました。その変更部分や詳細は省略しますが、大きなところではガラス工作に関する部署名がなくなり、さらに年度末には従来からガラス工作を担っていた職員の定年退職と、非常勤職員で工作をしていた方も退職したことにより工作室もなくなりました。

人事関係では、5名の主任への昇任人事も行いました。併せて2名の職員の配置換えも行っています。

表 平成25年度職場体験受入状況

日程	受入学校	担当部門/施設	内容
6/12～6/13	豊田市立上郷中学校	UVSOR装置開発室（機器開発）	光を作る、真空を作る。自然界の放射線測定。実験機器製作物の測定および観察。
7/25～7/26	岡崎市立河合中学校	UVSOR装置開発室（機器開発）	光を作る、鏡を作る。研究用装置を設計してみよう。
8/6～8/7	岡崎市立竜海中学校	計算センター装置開発室（電子回路）	コンピュータネットワークを敷いてみよう。回路工作および動作検証
8/8～8/9	岡崎市立北中学校	機器センターUVSOR、レーザーセンター	分子の質量を測定する。光を作る、光を操る。
8/22～8/23	岡崎市立常盤中学校	機器センター計算センター	分子の構造を考える。コンピュータネットワークを敷いてみよう。

## コラム：技術課長の宣言——分子研・技術職員のこれから

本誌「kanae」も通算すると29巻目になります。ただし年に2巻制作していた時代があり創刊したのは1993年です。この年は分子研の創設（1975年）からまもなく20年の節目を迎えようとしていた頃です。技術課の中で「kanae」という活動報告冊子を作る動機には多くの出来事や思惑が要因になっています。しかし、その当時を振り返って考えてみると、おそらく技術組織がそろそろ何らかの変革が必要と感じ始めた時期だったという背景があったと思います。その「変革が必要」について記述してみようと思います。

研究所の創設（1975年）から7～8年は立ち上げの創設期といわれています。その頃は教員も技術職員も人員が増えていく時代で、研究所創設と同時に発足した技術課の定員の8割ぐらゐまでがこの時期に集まり技術課組織の形が整いました。その後10年間の研究所成長期と言われていた時代の最期、ちょうど「kanae」創刊の時代には技術支援体制も安定した状態になりつつある頃で、技術職員個々の技術が高まり、独自に研究所の技術業務をこなせるようになってきたと思います。おそらく技術課組織の役割分担も明確になり、組織としては安定飛行の状態になった時期だったのでしょう。そのまましばらく安定状態を続けていくことも可能だったはずですが、そうしたくない、何か変えようという考えの人々がいたため、この冊子が出来たのだと考えます。私自身も当時はそんな意識があって冊子づくりにはけっこう意欲的（高尚な意識というよりはノリノリという表現が適切）でした。冊子は年次報告として技術職員の活動を記録に残すことや他の技術分野の職員との交流を促進すること、また所内外の教員との関わりを深めるなどの役割も果たしています。しかし、少し別な見方をすると「kanae」制作は何かを変えたいという気運を受けとめた小さな「変革」だったのではと感じます。

さてその後、この時代を境に技術職員の活動が盛んになっています。例えば、現在全国的な広がりで開催されている「機器・分析技術研究会」も、この時期に独立した研究会として発足しています。その発足の立役者には分子研の技術職員がいました。その研究会の前身は分子研で開催した「技術研究会」に新たな技術分野として「化学分析技術」分科会を設置したという記録があります。同じ技術分野の他大学や研究機関の技術職員からの後押しもあったかもしれませんが、自らの技術分野をさらに向上させようとする活動的な様子が覗えます。他にも技術職員の業務環境

の変化が技術職員の活動を変えた例がありました。「所長奨励研究」制度がその1つです。当時の伊藤光男所長の配慮で、技術職員が所内での自主的な技術的活動を助成する研究費申請を行い、経費の配分を受ける制度ができました。これも活性化に一役買い、よし悪しはさておき現在でも続いています。また、装置開発室では「IMSマシン」プロジェクトが開始されるなど、これも業務スタイルの変化がありました。1997年には研究所も組織改編があり分子制御レーザー開発センター、分子物質開発研究センターの設置に伴って技術職員の配置が変更され、研究所と共に技術職員も時代の変化の渦に巻き込まれています。とにかく「kanae」ができた時期と重り、技術職員の周辺には「変革」が生じていました。

とある経営論で、組織の発展段階には草創期、成長期、成熟期、衰退期、変革期、があるという説があります。「kanae」が創刊された時代をきっかけに技術課がわずかながら変革したとすると、そこから現在までおよそ20年が経過し、今の技術課は再び同様の段階を経て衰退期の状態と言えます。もう1つ重要な点は、技術職員と教員との関係の距離もコミュニケーションが少なく密接というよりやや離れているような感じですが、最近の15年ぐらゐの研究所は山手地区への展開や新センター設置、2007年には研究系を統合して4つの研究領域となり、さらに2013年4月には研究領域をまたがるような新しいセンターが設置されています。この様にめまぐるしく研究所が変化しているはずなのに、技術職員や技術支援体制はほとんど変化なく過ごしてきたと思います。熱い湯が入った鍋にカエルを入れると飛び出しますが、水が入った鍋にカエルを入れてゆっくり沸かすと、カエルは水の温度上昇に気づかず最後に茹であがってしまうというたとえ話で出てくる「ゆでガエル現象」があります。人も組織もゆっくりした環境変化は気づきにくく、最後には致命的な状態になってしまうという警鐘です。衰退期に入り、研究所の変化にもついて行けてない技術課は、どうやらゆでガエル現象に陥っていると言えます。従って、まさに今は「変革が必要」という状況であることは間違いないと思います。

平成25年度には技術課の組織を若干変更し配置換えも一部行いました。それは「変革」とはほど遠く、ほんのささやかな対処療法を行ったに過ぎません。次年度はとりあえず、技術課の「変革」の年になるよう働いてみるつもりです。

# 技術レポート

## 機器開発技術班

切削加工による分子線スキマーの製作	水谷 伸雄	17
高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの設計	近藤 聖彦	19
窒化ニオブによるミアンダパターンの製作	高田 紀子	20
経年変化による工作機械の機械精度調査について	矢野 隆行	22
脆性材料基板への穴加工について	青山 正樹	24

## 電子機器開発技術班

2段式高速高電圧パルス発生器	吉田 久史	25
AVR マイコンを用いたオープン温調器のリノベーション	豊田 朋範	27
データベースサーバの更新と装置開発室ホームページの移行	内山 功一	29
コラム サンフランシスコ見聞録—ICALEPCS2013ポスター発表—	豊田 朋範	31

## 光技術班

電子蓄積リング用高周波加速空洞の不具合調査および2014年春期電子蓄積リング改造計画について	山崎潤一郎	32
真空紫外光を使う実験装置（試料別）	堀米 利夫	35
UVSORにおける光ファイバビームロスモニタ	林 憲志	38
コラム 第27回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムへの発表参加報告	山崎 潤一郎	34
真空槽内照明器の試作	堀米 利夫	37
Joint US-CERN-JAPAN-Russia Accelerator School (JAS'13)に参加	林 憲志	40
スクロールポンプの寿命等について	蓮本 正美	41
BL2Bの真空インターロックシステムについて	近藤 直範	41
新しい部署にて	手島 史綱	42
LAN対応ヘリウム純度計の設置について	酒井 雅弘	42
光関連機器の貸し出ししています	岡野 泰彬	42

## 機器利用技術班

電子-核二重共鳴測定	藤原 基靖	43
600MHz NMR装置（JEOL ECA600）	中野 路子	45
コラム 高分解能透過電子顕微鏡を担当	上田 正	47
SQL：文字列の集約関数	岡野 芳則	48
寒割関係のパソコンの更新	水川 哲徳	48

## 計算科学技術班

I所内ネットワーク関連の業務に移り変わってから	長屋 貴量	49
環境データの見える化	松尾 純一	51
コラム パスワード認証から公開鍵認証への移行	岩橋 建輔	54
PGPでメールの暗号化	内藤 茂樹	54
そのチェック、そのまま大丈夫ですか？ ～フリーソフトをインストールする際にはご注意を～	澤 昌孝	54

# 切削加工による分子線スキマーの製作

水谷 伸雄 機器開発技術一係

キーワード：スキマー、分子線、旋盤加工、ステンレス304

## はじめに

超音速ノズルとコーン型スキマーの組合せによる分子線源の開発は、1950年代から始まり、装置開発室においても、1980年頃から製作に関わってきた。その間に研究者の方々から寄せられた情報を含め、これまでに製作してきたスキマーについて報告する。なお、今回報告するスキマーは、ステンレス304丸棒を旋盤加工で製作した。

## 先端穴径

分子線源の開発には高真空チャンバーが必要不可欠だが、1980年頃の真空装置は油拡散ポンプが主流で、現在と比べると排気速度や到達真空度において決して充分なものではなかった。このような状況で求められたスキマーは、超音速ノズルから放射状に噴出し続ける大量のガス(分子)の直進成分のみを切り分けつつ、測定室の真空度を悪化させないように差動排気の役割も持つため、先端穴径は $\phi$ 数十 $\mu\text{m}$ 程度のものが求められた。筆者が最初に手がけたスキマーも先端穴径 $\phi 70\mu\text{m}$ を求められたが満足は行く物ができず、 $\phi 100\mu\text{m}$ 以上の穴径になったと記憶している。このように理論的には小さな穴径を必要としたスキマーだが、切削加工での小径穴加工は難しく、エッジ部に平面部分が残ったり、穴形状がいびつな場合などは、衝撃波の発生により直進しようとする分子の進行が乱され、検出器へ到達する分子の量が減少してしまうばかりか、エッジ部分に不純物が堆積して穴を塞いでしまうこともあった。このような状況から確実に直進成分の分子を取込むために、スキマー先端穴径は $\phi 0.2\text{mm} \sim \phi 1.0\text{mm}$ 程度の物が求められるようになった。なお近年では、排気ポンプやパルスバルブノズルの性能向上もあり先端穴径 $\phi 1.5\text{mm} \sim \phi 3.0\text{mm}$ の製作依頼が多い。

## 先端穴形状

穴の形状と仕上りの良し悪しは分子の切り分けに大きく影響する。穴は円形で、分子の流れに対し垂直に位置し、

厚みのない鋭いエッジ形状が望ましく、穴内面は、円筒部分のないテーパ形状が良い。図1にスキマー先端穴部分、図2にスキマーのカットモデルと分子の飛行イメージを示す。

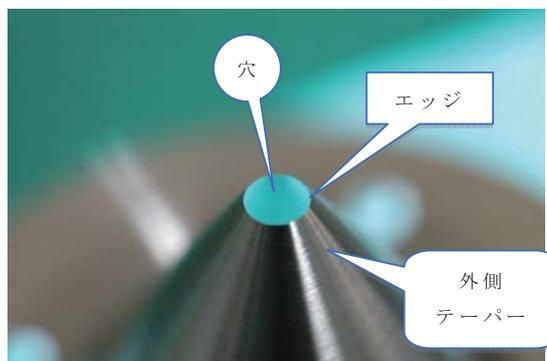


図1 スキマー先端穴部分  
(先端穴は、外側テーパと内側テーパが交差しエッジを形成する)

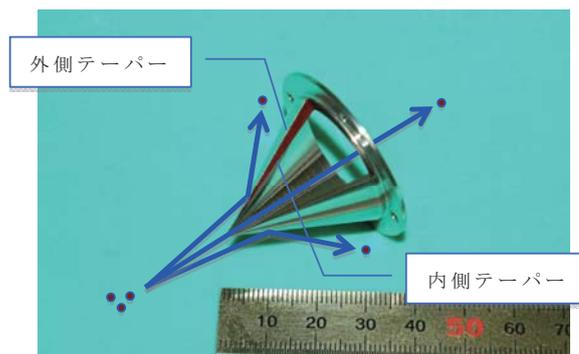


図2 カットモデルと分子の飛行イメージ

## テーパ角度

スキマーのテーパ角度は、良質の分子線を得る上で大切な要素である。ノズルから噴出した分子をまともに受ける外側のテーパ角度は鋭い(小さい)ほど良い。これは、スキマー先端に衝突した分子のうち、外に弾かれる分子をスムーズに切り離すことで、穴を通過しようとする分子の流れを乱しにくいからである。逆に外側のテーパ角度が

鈍角（大きい）の場合、穴周辺で発生する衝撃波の影響により直進しようとする分子の流れを乱してしまう。

一方、内側のテーパ角度は大きいほど良く、テーパ角度が小さい場合は、スキマーの穴を通過した分子のうち、穴のエッジ部分に接触して進路の乱れた分子がテーパ内壁上でさらに乱反射し、直進する分子の妨げになるからである。これらを踏まえ、当初は、テーパ外角65度、内角56度が良いとされ製作していた。また、装置設計時に寸法上の制約がある場合でも、おおむね40度～70度の範囲で製作してきた。

### 鋭角スキマーの製作

図3に示すようにこれまでいろいろなタイプのスキマーを製作してきたが、テーパ角度はほぼ同じであった。今回、光分子科学第一部門、大島グループ、水瀬賢太助教より依頼を受け、外側テーパ角度30度、内側25度のスキマーを製作した（図4）。前述の通り、外側テーパ角度を鋭くすることは、分子の切り離しに有利だが、内側テーパ角度が鋭くなるのは、エッジ形状が不完全な場合、内面反射が生じて不利である。加えて、製作段階においても、内角が鋭いと穴近辺の作業性が悪くなり、仕上げ加工が難しくなる。穴内面の仕上りの良し悪しは、エッジの出来映えを大きく左右するため慎重な作業が求められた。

今回製作した穴径は $\phi 1.5\text{mm}$ と $\phi 3.0\text{mm}$ の2種類で穴径としては比較的大きく、満足の行くエッジ形状に仕上がったが、さらに鋭いテーパ角度や小さな穴径が求められた場合は、製作方法の見直しも必要であろう。ただ、分子線源の開発は、スキマーの形状もさることながら、ノズルや加速電極などの配置、排気系との組合せも重要であり、これらバランスの良い装置製作に助力して行きたい。

### おわりに

東北大学多元物質科学研究所 高橋正彦教授より、先端穴が楕円形状のスキマー製作が打診されている。これは、既存の実験装置に組込まれている円形スキマーと置き換えることで、測定性能の向上を目指すものだが、寸法の制約もあり新たな課題になっている。



図3 各サイズ分子線スキマー例



図4 鋭角スキマー

# 高磁場超伝導線材の引張歪印加機構プローブの設計

近藤 聖彦 機器開発技術二係

キーワード：高磁場、超伝導マグネット、臨界電流特性、引張歪

民生・医療・エネルギーなどの分野において、高磁場超伝導線材の適用を考慮した研究活動が活発になっている。高分解能の分子構造解析に用いるNMRの実現は、25テスラの高磁場環境を容易に作り出す必要があり、そのためには高性能な高磁場超伝導線材が要求される。ただし、超伝導線材は僅かな歪によって、臨界電流（超伝導状態で通電できる最大の電流量）特性が劣化することが知られているため、高磁場マグネットの設計製作は、線材の許容歪量で制約されている。このような背景から、次世代の高磁場超伝導マグネットを使用した装置の実現に向けて、臨界電流特性が向上する超伝導線材の開発が重要となっている。この開発には、高磁場中で超伝導線材に歪を印加した時の臨界電流を測定する装置が必要となる。そこで、装置開発室は超伝導線材開発に実績のある核融合科学研究所と共同で、図1に示す簡易的な引張歪印加機構を備えた臨界電流測定プローブを設計した。

高磁場超伝導マグネットに使用される超伝導線材には、強大な電磁力が作用する。そのため、超伝導線材にはこの力などに耐える十分な機械的強度と、極低温において臨界電流の劣化が小さい特性が要求される。このような高磁場かつ極低温という極限的な環境下で実験するために、物質・材料研究機構のソレノイド型18テスラ超伝導マグネットシステム（以後、高磁場装置と呼ぶ）を使用することにした。

高磁場装置は、ボア径がφ52mmと小さいため、この径内に収まる大きさでプローブを設計する必要があった。また、高磁場装置のマグネット中心はその挿入口となるNW63フランジ面から約2m下方にある。この位置で線材に引張歪を印加できるように、図1右に示すNW63フランジと引張歪印加機構をステンレス製パイプで接続するので、本プローブの全長は2mより長くなった。図1左に示す概略図は線材に通電する電流リードなどを省略している。この機構は最大外径50mmで、負荷機構ネジを回転することにより、引張力発生軸が押し下げられ、この発生軸とリンクバーで連結されている銅ターミナル固定台

が、ガイドに沿って水平移動するので、線材に引張荷重が負荷される構造となっている。負荷機構ネジを回転するのに、NW63フランジの上部に設置したステッピングモータを使用し、最大2.5%まで引張歪を印加できる。また、線材の変位測定には、クリップゲージを使用し、この一端を位置調整ブロックに取り付けることで、プローブ上部のNW63に取り付けている校正用ロッドを上下方向に移動させるだけで、歪ゲージ出力の変化を校正できる構造となっている。今後、プローブの製作ならびに実験を行う予定である。

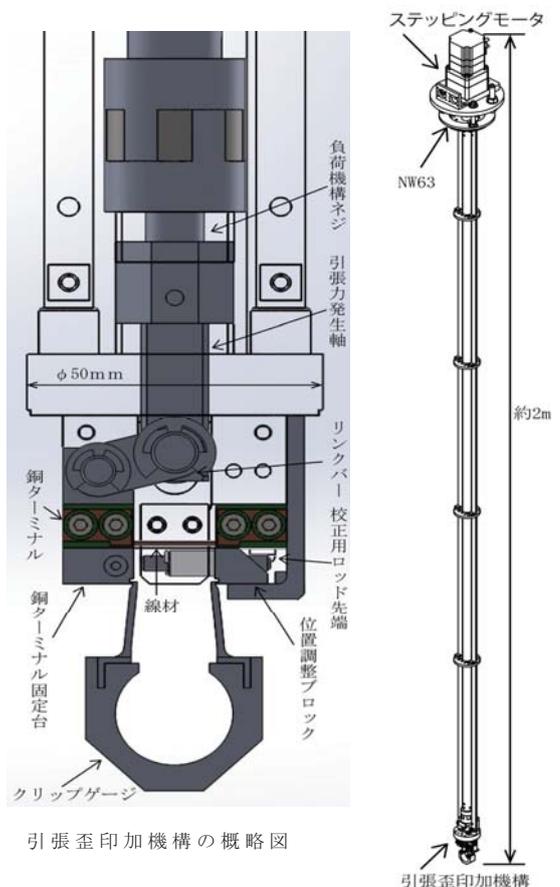


図1 引張歪印加機構プローブ

# 窒化ニオブによるミアンダパターンへの製作

高田 紀子 機器開発技術二係

キーワード：アルミナアンビル、窒化ニオブ、ミアンダパターン、リフトオフ、超伝導

## 1. はじめに

研究者から技術相談を受けて、高圧環境下で金属試料の輸送特性を調べるために使用する高圧アンビルセルの製作を行っている。高圧アンビルセルは図1に示すように、2個のアンビルでガasketを押しつぶすことで試料空間を高圧にする実験装置である。アンビルの材質には、強度の点からダイヤモンドが使われることが多いが、今回は強度に加え誘電率の点からアルミナで製作を行っている。また、アンビルの上面（試料と接する面）に対して、試料と共鳴するマイクロ波を発生させるためのミアンダ（蛇行）パターンを配置する必要がある。ミアンダパターンの材質には、高圧環境においても超伝導状態を維持するとされる窒化ニオブ（以下、NbN）を選択した。

今回はテスト加工として、大きさ7×4(mm)のアルミナ基板に対して最小幅25μmでNbNのパターニングを行ったので、それについて報告する。

ノテクノロジープラットフォームを通して北陸先端科学技術大学院大学（以下、JAIST）で行った。レジストの種類には、断面形状の点からリフトオフに適しているとされるリバーサルレジストAZ5214E (AZ ELECTRONIC MATERIALS)を使用した。また、NbNの成膜には、JAISTが所有する三極スパッタリング装置（アルバックサービス/SMR2304E）を使用し、厚さ200nmになるように成膜した。

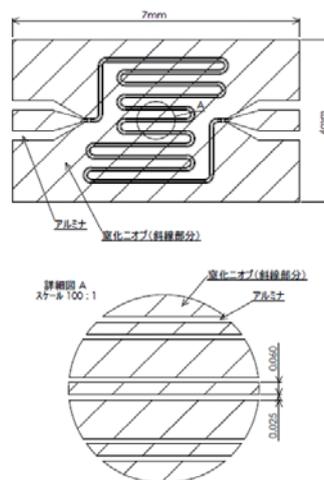


図2 製作したミアンダパターン（単位：mm）

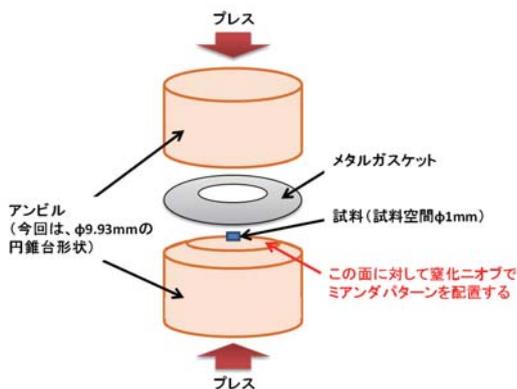


図1 高圧アンビルセル

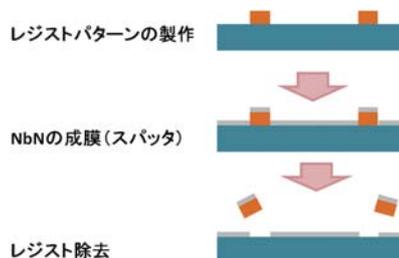


図3 製作工程（リフトオフ法）

## 2. 製作

今回製作したパターンの図面を図2に、製作工程を図3に示す。製作工程には、レジストパターン製作後NbNを成膜、最後にレジストを除去することでNbNのパターンを得るリフトオフ法を用いた。レジストパターンは当研究所でコンタクト露光により製作し、それ以降の工程は、ナ

## 3. 評価

製作したサンプルは、分子研内にある測定機器を使って、光学顕微鏡・SEM・AFMによる観察、寸法測定、表面粗さ測定、またSQUIDによる超伝導転移温度（以下、

Tc) の測定を行った。

まず、顕微鏡で観察した全体の画像と寸法測定の結果を図4に示す。この結果から、断線などの大きな欠陥はないこと、また、寸法は大きくて±1μm程度の誤差でできていることが分かった。

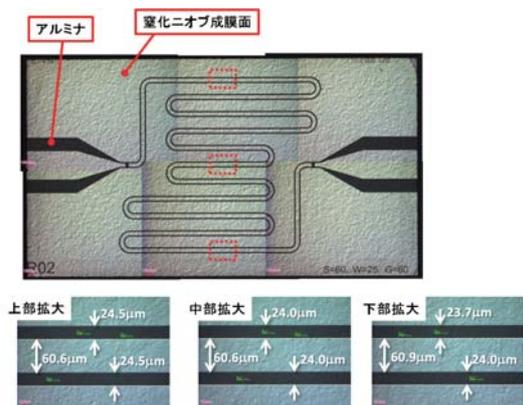


図4 光学顕微鏡による観察と寸法測定

次に、SEMとAFMで観察した画像をそれぞれ図5と図6に示す。SEM観察では、パターン縁がギザギザになっている箇所が見られた。これはリフトオフの際よく見られる現象で、レジスト除去時に金属の薄膜が引きちぎられることが原因で起こるとされている。AFM観察では、未処理のアルミナ基板とNbN成膜面とを観察し比較を行った。アルミナ基板には、表面粗さRa0.03μm程度に研磨したものを購入して使用しているが、アルミナは多結晶体であるため、大きさ5μm程度の粒子間の隙間が穴として確認された。これは、NbN成膜面にもそのまま表れることが分かった。

最後に、機器センターで所有するSQUIDを使って基板全体におけるTcを確認したところ、11.5K付近で超伝導転移することが分かった(図7)。ちなみに、JAISTで酸化マグネシウム(MgO)基板に対してNbNを成膜したサンプルは、およそ15Kで超伝導転移している。このようなTcの違いは、基板と成膜する材質とでの結晶構造や格子定数から影響を受けるようであるが、始めに述べた

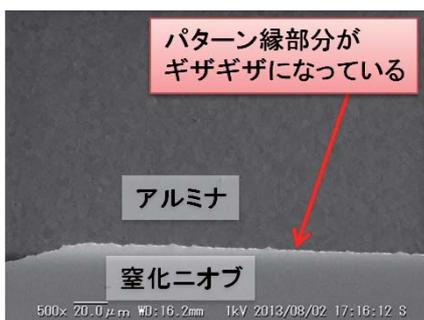


図5 SEM画像

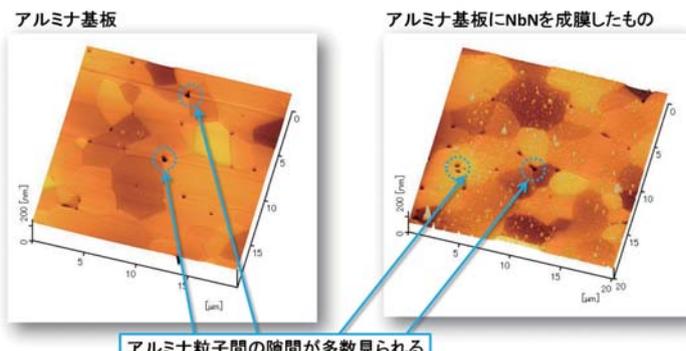


図6 AFM画像

通りアルミナである重要性は高いので、依頼者と相談しながら進めていく必要がある。

#### 4. 今後の予定

今後は、アルミナアンビルへのパターニングを進めていく。また、依頼者からの要望により、ミアングパターンの最小幅を現在の25μmから2μmまで細くする予定だが、その際アルミナ粒子間の隙間の影響が懸念される。このことから、粒子径の細かいアルミナアンビルを購入し、現在パターニングを進めているところである。

謝辞

リフトオフの実験で大変お世話になりました、JAISTの赤堀誠志准教授、村上達也技術職員に紙面を借りてお礼申し上げます。

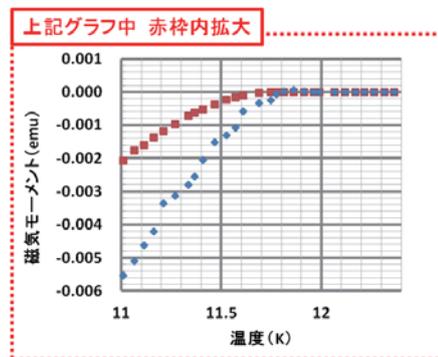
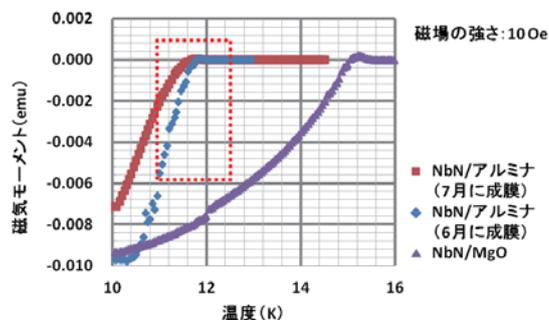


図7 SQUIDによるTcの確認

# 経年変化による工作機械の機械精度調査について

矢野 隆行 機器開発技術一係

キーワード：工作機械、電気加工、測定

## はじめに

本課題は、今年度行われた技術職員研修時に使用したワイヤ放電加工機で加工したテストピースが、予定されていた寸法よりも小さく加工されていることが判明した。そこでワイヤ放電加工機について工作精度検査を行ったので報告する。

## 加工機について

装置開発室にはワイヤ放電加工機として三菱電機製 DWC-90H(図1)とシャルミー社製ROBOFIL 2020Si(図2)の2機が設置されている。2機の違いは、DWC-90Hがジェットノズルで加工液を吹き付けながら加工をするのに対し、ROBOFIL2020Siは加工液(水)中に加工物を沈めて加工をするという点にある。DWC-90Hは1988年3月に、ROBOFIL 2020Siは2002年3月に導入された。

## 加工上の問題点

今年度行われた技術職員研修には、導入から25年を経過したDWC-90Hを使用した。詳しい結果は、装置開発室Annual Report 2013を参照して頂くことにして、測定結果をみると、加工形状の2つの場所で顕著な結果を得た。一つは凸部形状で設定値に対して小さめの、もう一つは凹部形状で設定値に対して大きめの数値を得た。この結果を受け、同様の形状の再加工と測定を行った。ただし、今回はデジタルマイクロメータで測定を行うため、およそ3倍程度形状を拡大して製作した。製作した形状を図3に示す。

## 結果 (1)

加工したテストピースの測定結果を表1に示す。図3に示すように凸・凹部ともに上面から2.5mmおきに測定点(A~C)を設け測定を行った。材料にはアルミ合金(A5052:t10)を使用した。なお、この加工は技術職員研修と同じく1<sup>st</sup> Cut(一回加工)のみとした。また、加工



図1 三菱電機 DWC-90H



図2 シャルミー ROBOFIL 2020Si

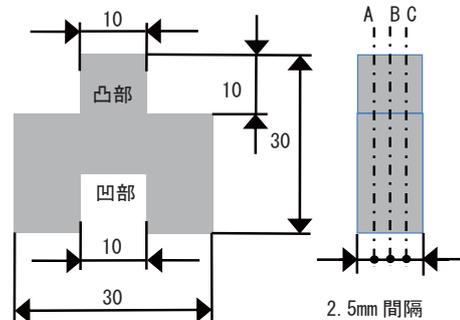


図3 テストピース形状

表1 テストピース加工結果

測定点	オフセット量	凸部		凹部	
		実測値	設定値	実測値	設定値
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]
A	140 $\mu$ m	9.941	10	10.047	10
B		9.943		10.043	
C		9.945		10.046	

時間は、28分45秒であった。

測定の結果、今回の結果からも50~60 $\mu$ mほど設定した寸法から差が生じる結果となった。これに関しては、加工条件表にも記載されているが、加工条件によって、オフセット量がある程度の範囲を持っており、加工の事前準備として適切なオフセット量の値を確定すれば、それほど重大な問題ではないと考える。また、本来のワイヤ放電加工機の使用方法から考えると、寸法精度が必要な加工は1<sup>st</sup> Cutで終了せず、2<sup>nd</sup>~3<sup>rd</sup> Cutを行うのでそのオフセット量調整で十分対応できる。

現状では、加工機の精度が出ているかどうかの判断ができないため、ワイヤ放電加工機の精度検査を行うことにした。

## 加工テスト

加工テストには、本来JISB6360に規定されている工作精度検査を行うのが妥当と考えられるが、接触式の三次元座標測定器や真円度測定器がないため断念した。その代わりに、アジェ・シャルミー社がテスト加工に用いている方法と形状を採用した(図4)。テストピースの材質はステンレス鋼(SUS304)とし、ワークピースの厚みは25mmとした。これをDWC-90HとROBOFIL2020Siの両加工機で製作し、図4に示すA~Iの寸法を上部(基準面から20mm)、中間点(基準面から12.5mm)、底部(基準面から5mm)の3箇所に分けて測定した。許容範囲は

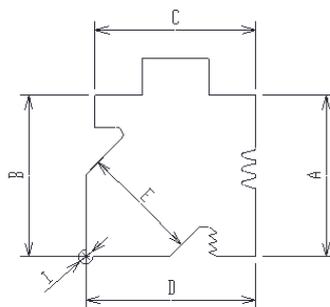


図4 テスト加工形状

各部位とも $\pm 10\mu$ mである。

なお、加工は3<sup>rd</sup> Cutまでとし、それぞれの機械に付属する加工条件表に従い行った。

また、測定にはデジタルマイクロメータを使用した。

## 結果(2)

加工後の測定結果を表2に示す。DWC-90HもROBOFIL2020Siも許容範囲である $\pm 10\mu$ mの範囲に入っていることがわかった。傾向として、DWC-90Hが事前にオフセット量の調整なしに加工を行うと寸法よりも小さめに製作されることがわかる。これに対しROBOFIL2020Siの方は寸法よりも大きめに製作される傾向がある。製作する立場から考えると、ROBOFIL2020Siの傾向は修正加工を実施することで寸法精度を得られることから、作業効率の良い工作機といえる。参考までに加工に費やした時間は、DWC-90Hで11時間30分、ROBOFIL2020Siで2時間40分となった。

表2 テスト加工形状測定結果

DWC	A	B	C	D	E	I
-90H	34.5mm	34.5mm	34mm	36mm	25mm	3mm
上部	-0.006	-0.005	-0.007	-0.007	-0.005	-0.008
中間点	-0.004	-0.002	-0.004	-0.004	-0.005	-0.006
底部	-0.002	-0.002	-0.002	-0.002	-0.004	-0.007
2020Si	A	B	C	D	E	I
	34.5mm	34.5mm	34mm	36mm	25mm	3mm
上部	0.000	0.000	0.010	0.008	0.009	0.003
中間点	0.000	0.008	0.010	0.008	0.010	0.001
底部	-0.001	0.008	0.006	0.005	0.007	-0.001

## まとめと今後の課題

今回の結果から、DWC-90Hで寸法精度を追求する場合、一度オフセット量の検討が必要となるが、工作機械に起因する重大な加工誤差はないと判断できる。今後JISB6360を用いた工作精度検査を実施すると共に、工作機械メーカーで実施している静的精度・動的精度の診断プランを検討したいと考えている。

<sup>1</sup> 仕上げ寸法に、放電ギャップとワイヤ径を見込んだ数値。

# 脆性材料基板への穴加工について

青山 正樹 機器開発技術班

キーワード：脆性材料 小径穴加工 石英ガラス

## はじめに

石英ガラスや単結晶シリコンおよびサファイヤなどの基板材料は硬く脆いため、機械加工を行うことは容易ではない。これら脆性材料の加工には、水などに混合した砥粒を、超音波振動を付与した工具と加工物の間に介在させて衝撃破砕を行う超音波加工が一般的である。しかし超音波加工には専用の加工装置が必要となるため、我々は一般的なミーリング装置にダイヤモンド電着工具を取り付けてドリル加工を行っている。この加工方法によりホウケイ酸ガラスに対しては、マイクロ流体デバイスの試薬導入用の穴加工に適用して良好な結果を得てきた。本報告では、今後製作依頼の持ち込まれそうな石英ガラス、単結晶シリコン、サファイヤなどの基板材料について、本加工が適用可能かどうかテスト加工を行ったので紹介する。

## テスト加工方法

テスト加工には装置開発室で自作した精密フライス盤を使用した。本装置は最高回転数40,000rpmの主軸用スピンドルモーターとX-Y-Zステージで構成されており、ステージは0.1 $\mu$ m分解能で動作する。加工試料はX-Y-Zステージ上に取り付けられたバイスに固定し、Z軸ステージを上昇させることにより加工を行った。加工動作はZ軸ステージを試料に対して10 $\mu$ m切り込んだ後、加工開始位置まで戻し、さらに先ほどより10 $\mu$ m切り込んだ後、また加工開始位置まで戻すという動作を0.8mm/minの移動速度で繰り返し行い、厚み0.5mmの基板に対して貫通穴加工を行った。これを工具が破損するまで、あるいは穴周辺部が著しく大きく欠けるまで繰り返し行い、多数個の穴加工を行った。

## テスト加工結果およびまとめ

図1は石英ガラスに主軸回転数20,000rpmと40,000rpmで $\phi$ 0.3mmの加工を行った時の加工回数と基板裏側と表側に発生した欠けの面積を示した。20,000rpmでは、5回目の加工で加工物の両面で著しく大きな欠けが発

生じた。40,000rpmでは7回加工後でも欠けの面積は大きく増加することなく良好な加工結果が得られた。図2に単結晶シリコンのテスト加工結果を示した。石英ガラス同様に欠けは基板裏側、表側ともに0.02mm<sup>2</sup>程度生じたが15回加工を行っても欠け面積の増加は見られなかった。サファイヤは、1回目の加工で図3に示した通り基板裏側に大きな欠損が生じた。また工具も電着ダイヤモンド層がはがれ2回目以降は加工ができなかった。サファイヤについては加工条件についてさらに詳細に検討を行う必要があるとともに、別の加工方法についても調査する必要がある。

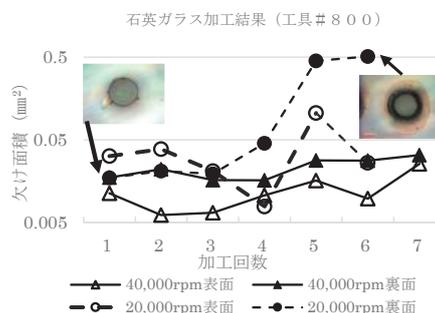


図1 石英ガラス加工回数と欠け面積

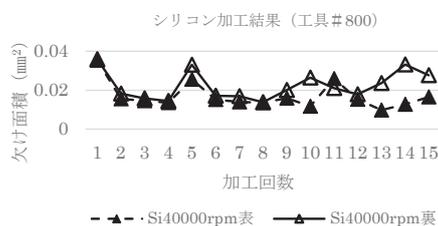


図2 シリコン加工回数と欠け面積

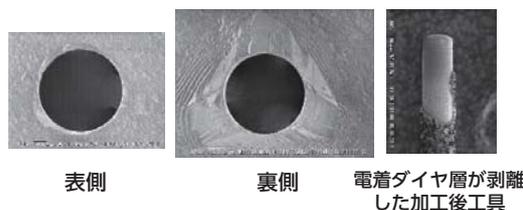


図3 サファイヤ穴加工結果

# 2 段式高速高電圧パルス発生器

吉田 久史 電子機器開発技術班

キーワード：高電圧・高速半導体スイッチ、モノステーブル・マルチバイブレータ、時定数

## はじめに

分子科学研究所において、パルス振幅:数KV, 立ち上がり時間:数nSの高速高電圧パルス発生回路は、毎年数件の製作依頼が入るニーズの高い装置である。その利用目的は、電気光学素子であるポッケルスセルの駆動回路、飛行時間型質量分析器の加速・偏向電極の電圧源、マイクロ・チャンネル・プレートによる選択的イオン検出のためのゲート電圧などである。この報告では、最近製作したものの中でも特徴のある2段式高速高電圧パルス発生器について報告する。これは負電圧と正電圧の高速高電圧パルスを連続的に発生するもので、不要イオンの除去の後、目的のイオンのみを取り出し分析する実験に使用される。

## 高電圧スイッチング素子とパルス発生器の仕様

高速高電圧パルスの発生に必要なスイッチング・デバイスとして、高電圧リレー、高速半導体スイッチ、スパークギャップ・スイッチなどが挙げられる。分子研で使用されるパルサーは、(1)数pF～数十pFの微小な容量性負荷の駆動が主であり比較的小電力のスイッチが良い。(2)レーザー等の外部装置に同期した出力が求められる。このことから、トリガー遅延やジッターの少ないトランジスタやパワーMOSFET等の半導体スイッチをよく使用している。また近年では、外部装置の周波数が向上したことで数kHz～数十kHzの繰り返し周波数が求められるようになった。

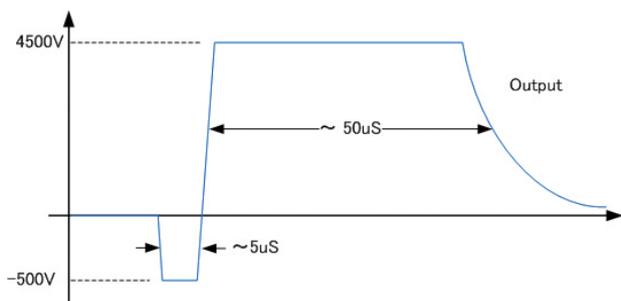


図1 2段式高電圧パルスの波形

これにより、スイッチング素子にはより大電流で長寿命の特性が必要になってきた。

高電圧・高速半導体スイッチとしてベールケ (Behlke) 社のモジュールがよく知られ、我々もこれを利用する事が多い。これはパワーMOSFETを多段接続した高電圧スイッチとその駆動回路を内蔵したモジュールで、5VDC電源とTTLレベルのトリガー入力を与えるだけで高電圧スイッチのON/OFF制御が行えるものである。また、入出力段が電氣的に絶縁されていることで、ハイサイドまたはローサイドのスイッチとして使用する際に回路上の特別な考慮を必要としない。

図1は2段式高電圧パルス発生器に要求される出力波形である。パルサーは外部トリガー信号を受けて、振幅:最大-500V, パルス幅:最大5μsの負電圧パルスと振幅:最大4500V, パルス幅:最大50μsの正電圧パルスを連続して出力する。また、パルスの立ち上がり時間:数nS～数十nS, 立ち下がり時間:数十μs～数百μs, 繰り返し周波数:100Hzが電氣的仕様として必要となる。

## 2段式高電圧パルス発生回路

図2は設計・製作した高電圧パルス発生回路のブロック図である。この回路は正・負の高電圧電源、2個の高電圧半導

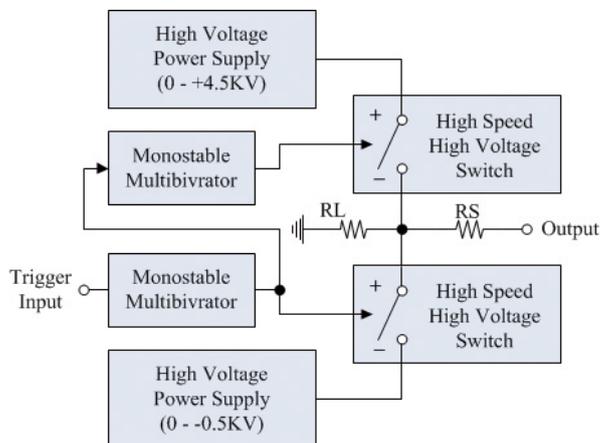


図2 パルス発生回路のブロック図

体スイッチ，そのスイッチのトリガー信号を生成するためのモノステーブル・マルチバイブレータ(モノマルチ)回路で構成されている。高電圧スイッチの両方がOFFの時、出力は抵抗RLで接地されグラウンドレベルにある。どちらか一方の高電圧スイッチがONの時、出力は高電圧電源に接続され負荷容量をその電位まで充電する。また、両スイッチが同時にONとなる状態は禁止で、それが起きないようにハードウェアの設計を行う。前段のモノマルチは、外部トリガー信号の立ち上がりでパルスが発生し負電圧側のスイッチをONする。同時に、このパルスは後段のモノマルチのトリガー入力となり、その立ち下がりで発生するパルスにより正電圧側のスイッチがONとなる。高圧パルスの立ち上がり時間を決める時定数は、(高電圧スイッチのON抵抗+電流制限のための抵抗RS)×負荷容量である。一方、パルスの立ち下がり部分の時定数は、(RL+RS)×負荷容量である。抵抗RLはパルス発生器の負荷となるので、立ち下がり時間を短くするだけの理由でむやみに小さくはできない。高圧電源の電力容量や出力パルスの平坦部の電圧降下(サグ)などを考慮に入れた上で抵抗値を決める必要がある。

高電圧スイッチは、どちらも最大5KVの電圧が加わることになる。そこで、ベールケ社のHTSシリーズの中から耐圧6KVのHTS61-03を選択した。高圧電源は松定プレジジョン製の組込型高圧電源モジュールを使用した。この出力電圧は、フロントパネルに取り付けた10回転ポテンシオメータで設定する。モノマルチ回路ブロックはTTLの標準ロジックICと高速MOSドライバで構成した。この出力パルスの幅もフロントパネルのポテンシオメータで可変でき

る。この回路基板は、高電圧スイッチが発生するスイッチング・ノイズを避けるためにアルミ製ダイキャストボックス内に収めた。図3にモノマルチ回路を、図4に製作した高電圧パルス発生器の外観とその入出力波形を示す。



図3 モノマルチ・バイブレータ回路

### おわりに

製作した2段式高電圧高速パルス発生器の仕様を表1に示す。これはRL=100KΩ, RS=47Ωで、出力端子:オープン(無負荷)の条件で測定した時の値である。

ベールケの高電圧スイッチを利用することで、高速高電圧パルスをこのように簡単な回路構成で製作することができる。それは2節で述べたように、高電圧スイッチの駆動回路を設計・製作する必要が無く、そのON/OFF制御をTTLレベルのトリガー信号だけで行える点にある。一方、このモジュールはディスクリート部品に比較してはるかに高価である。今後は、個別半導体を多段接続することでスイッチの高耐圧化を図ったパルサーについても同時に検討して行きたいと考える。

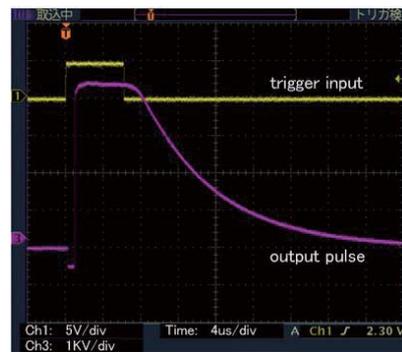


図4 2段式高電圧パルス発生器の外観と入出力波形

表1 2段式高電圧高速パルス発生器の仕様

トリガーパルス入力	レベル:5V(TTL)、最小パルス幅:100nS
トリガーディレイ	200nS
パルス出力(初段)	振幅:0~500V、パルス幅:650nS~6uS、立ち上がり時間:40nS
パルス出力(後段)	振幅:0~4.5KV、パルス幅:5uS~50uS、立ち上がり時間:40nS、立ち下がり時間:30uS

# AVRマイコンを用いたオーブン温調器のリノベーション

豊田 朋範 電子機器開発技術係

キーワード：AVRマイコン、位相制御、トライアック

## 序論

洗浄した真空装置の乾燥のためにUVSORで長年使われていたオーブン温調器（写真1）が、リレーの接点の寿命により使用不能になった。修理か改造かを議論した際、(1) 大型の真空装置を投入できるので筐体は流用したい (2) 加熱時間を設定できるようにしたい (3) 視認性や操作性を向上したい—など多様な要望が出された。そこで、オーブン温調器の筐体とヒータと熱電対のみを利用し、その他の温調回路を新しく設計することにした。

今回、AVRマイコンを用いてオーブン温調器のリノベーションを行った。主な機能は (1) 温度測定 (2) 位相制御を用いた加熱制御 (2) タイマを用いた加熱時間計測—の3点である。本稿では、主にAVRマイコンによる制御の全体像とAC電源の位相制御について述べる。

## 回路の構成と動作

回路のブロック図を図1に示す。

制御の大半はAVRマイコン1で行う。AVRマイコン1だけではタイマとI/Oピンが不足したため、後述するヒータ加熱のための位相制御はAVRマイコン2で行った。

リノベーションしたオーブン温調器は (1) 位相制御出力 (1 ~ 100% : 分解能1%) (2) 加熱温度 (40 ~



写真1 オーブン温調器 (改造前)

200℃ : 分解能1℃) (3) 加熱時間 (1 ~ 99時間 : 分解能1時間) の設定モードを有する。すべての設定を完了し7セグメントLEDに「Go」と表示させた状態で「切替/決定スイッチ」を押すと、加熱制御を開始する (図2)。これらの値や文字はすべて7セグメントLEDにリアルタイムで表示される。位相制御出力の設定値は、UARTでAVRマイコン2に送信される。

加熱制御を開始すると、AVRマイコン1は加熱時間の計測とK型熱電対による温度測定を実行する。温度測定は、K型熱電対を接続した熱電対アンプの出力電圧を64回A/D変換した平均値から換算して決める。測定温度 $T_m$  (℃) と設定温度 $T_s$  (℃) を比較し、 $T_m < T_s$  であれば、AC同

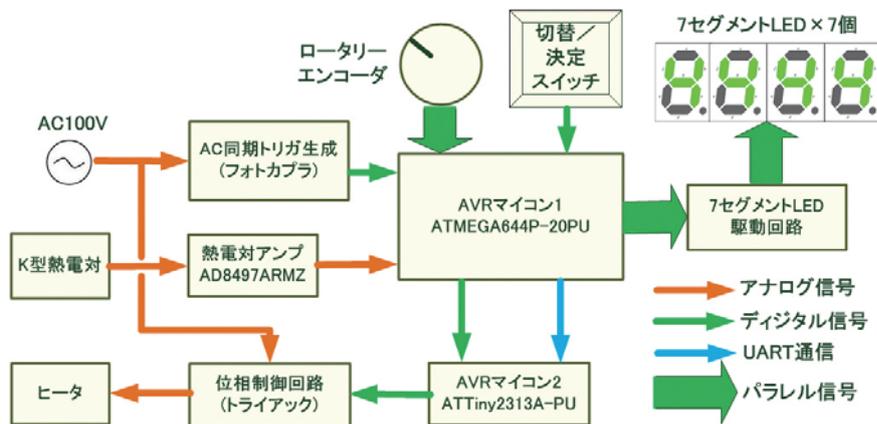


図1 リノベーションしたオーブン温調器のブロック図

期トリガを生成してAVRマイコン2に与える。AVRマイコン2はこの信号のタイミングを基にヒータの加熱を行う。

加熱制御中は、測定温度と残りの加熱時間をリアルタイムで7セグメントLEDに表示する。温度表示は「切替/決定スイッチ」を押すごとに測定温度と加熱温度が入れ替わり、加熱温度の表示中はロータリーエンコーダで設定値を増減できる。

### AC電源の位相制御

今回、ヒータに印加するAC電源には、AVRマイコン2によって位相制御された電源を使用した。位相制御とは、AC電源の半周期ごとに所定のタイミングで制御素子(トライアック)をONする制御方式である。

今回構築した位相制御の動作を図3に示す。

まず、フォトカプラでAC電源の波形をパルス波形に変換する。AVRマイコン1は、このパルス波形の立ち上がりを検出し、加熱が必要な時にAC同期トリガを発生する。AVRマイコン2はこのトリガ信号によって外部割込みがかかり、その割り込み処理の中で位相制御のためのトライアック制御パルスを発生する。

ここで、AC同期トリガとAC電源のゼロクロス点の時間差 $T_z$ は、60Hzの場合1.6msecと実測している。AC電源の半周期は33msecであり、トライアック制御パルスの幅 $T_w$ は10msecである。位相制御出力の設定値から演算した遅延を $T_d$  (msec) とする。

AVRマイコン2は、AC同期トリガの立ち上がりを基準として、 $T_z$ と $T_d$ を加算したタイミングでAC電源の負側をONするトライアック制御パルスを出力する。続いて33msecから $T_w$ を減算した時間後に、AC電源の正側をONするトライアック制御パルスを出力する。

### まとめ

長年稼働してきた機械式リレーによるON/OFF制御のオープン温調器を、AVRマイコンを用いた位相制御でリノベーションした。リノベーションしたオープン温調器は、高輝度の7セグメントLEDが見やすく、操作性も良いと好評で、真空装置の乾燥に多用されている(写真2)。

古くなって故障した装置も、現在の技術を用いることで生まれ変わり、再び活躍できる可能性がある。技術分野を特定せず、常に技術全般にアンテナを広げて習得に励む必要性を感じた。

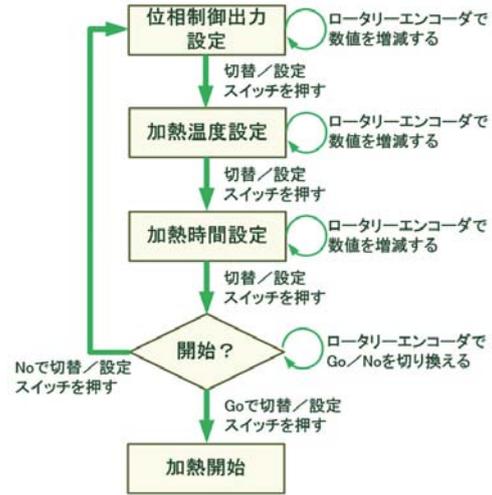


図2 各種設定のフローチャート

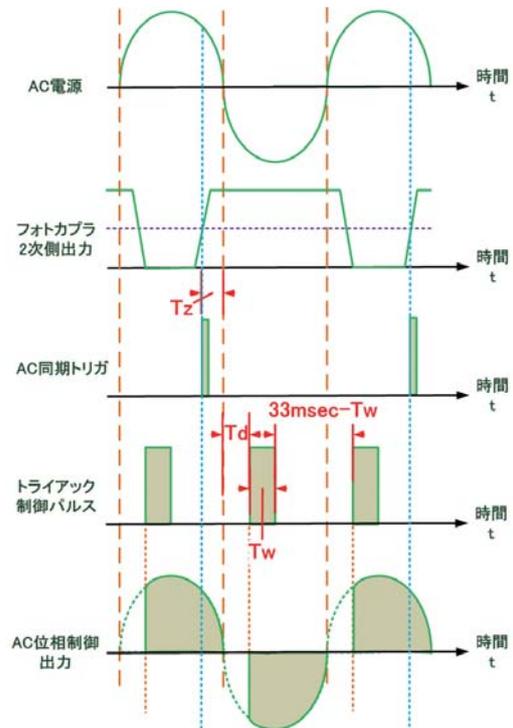


図3 位相制御回路の動作



写真2 リノベーションしたオープン温調器のパネル

# データベースサーバの更新と装置開発室ホームページの移行

内山 功一 電子機器開発技術係

キーワード：Webホスティングサービス、SQLServer、64bit OS、BASP 21

## はじめに

装置開発室では、2002年度より工作依頼伝票管理（図1）およびストックルーム出庫管理（図2）を行うためのデータベースサーバを運用している。また、装置開発室ホームページを外部公開するためのWebサーバも2009年度から運用している。今回、老朽化によりデータベースサーバの更新を行った。また、Webサーバを廃止し外部公開ホームページを分子研のホスティングサービスに移行したので報告する。

## 分子研ホスティングサービスへの移行

今年の8月、装置開発室のホームページが閲覧できなくなったことから、Webサーバの電源が故障していることがわかった。故障箇所が電源だけならば問題は少ないが、電源が壊れる際に他のパーツを巻き込む事例も多く被害が思ったより大きいことも想定される。またWebサーバが外部公開のため、昨今増加しているネットワークインシデントに対してセキュリティを厳格化する必要があるため、サーバ管理の負担が増す事も考慮しなくてはならない。そこで今回は、計算科学研究センターが所内向けに提供しているWebホスティングサービスへ装置開発室ホームページを移行し、Webサーバを廃止することにした。このWebホスティングサービスは、SFTPやSCPでデータをアップロードすることで、簡単にWebページが公開できる環境を提供するものである。Webサーバ上の全てのデータをホスティングサービスに移行し、2013年8月末から公開しており従来と同じURLで閲覧することができている。

## データベースサーバの更新

データベースサーバのOSはWindowsServer 2000であり、すでに2010年でサポートが切れている。この状態では所内の利用に限定しているとしても、セキュリティ上問題があるため早急に更新する必要がある。使用しているデータベースも2013年4月にサポートが終了する

### 操作メニュー

新規伝票入力画面へ  
 分類  選択

伝票操作画面(作業時間・外注内容・部材出庫)へ  
 伝票番号   
 分類  選択

注:必ず伝票番号を入力してください。

グループ   
 品名キーワード   
 日付 開始 年 月 日 ~ 終了 年 月 日  
 分類   
 支払期 年度 前期 後期

以上の条件でリスト表示  選択

※日付条件について。  
 ・開始の年を省略すると、もっとも近いデータから終了まで検索します。  
 ・開始の年以外を省略すると、月は4月、日は1日に設定されます。  
 ・終了の年を省略すると開始から本日まで検索します。  
 ・終了の年以外を省略すると、月は12月、日はその月の最終日(28, 30, 31)に設定されます。  
 注:標準は最初の日です。  
 ・開始、終了を共に年以外に指定すると開始年度から終了年度までの検索になります。  
 ・日付の条件が入力できない場合、現時点から1年前までの検索になります。

図1 工作依頼伝票管理システム

ストック出庫(回路)出庫画面(Electronics Section)

グループ(Your Group)	部門:装置開発室 グループ名:施設グループ
部門合計(Total Price)	円(Yen)
氏名(Your Name)	内山功一
※最初に入力方式を選択してください Please choose the input system at first.※ ※入力途中で切り替えることも可能ですが、その場合は最初からになります※ Although changing in the middle of input is possible, it consists of the beginning in that case.	
<input type="radio"/> カテゴリー選択による入力 The input by category selection	
<input type="radio"/> 4桁のコードを直接入力 The direct input of code of 4 figures	
カテゴリ(Category)	回路基板 Circuit Devices 半導体 Semiconductors 光電子 Opto-Electronic Devices
品名(Item Name)	<input type="text"/>
単価(Unit Price)	出庫数(Quantity) or 長さ(Length)
金額(Sub Price)	
下の「強制終了」ボタンをクリックすると、部門・グループ選択/氏名入力画面に戻ります。 強制終了(Compulsory End)	

Produced&Programmed by E

図2 ストックルーム出庫管理システム

SQLServer 2000であるため、こちらの対応も行う必要がある。そこで今回、10年の稼働で老朽化したサーバマシンを新調し、OSはWindowsServer 2008へ、データベースはSQLServer 2008へ更新を行った。サーバに関しては、CPUをCeleronからXeonへと向上させ、HDDは1TBへと容量を増大させた。サーバはメンテナンスでのシャットダウンを除いて停止する事無く稼働させるのが

原則である。そのため通常は、不測の事態に備えてハードウェアに冗長性を持たせる。旧システムでは、電源の二重化、ネットワークの二重化、HDDをRAID5といった冗長性を持たせて運用してきた。しかし、ハードウェアに冗長性を持たせた場合システム管理も煩雑になるため、我々の様な内部利用かつ小規模な運用ではデメリットの方が大きいとの結論に達した。そこで新しいサーバは、電源とネットワークボードは単一構成としてRAIDも5から1に変更した。

更新においての最大の懸案事項はOSが32bitから64bitに移行するため、これまで稼働していたシステムがそのまま移行可能かという事である。このシステムは、IIS上で動作するASPのVBScriptで組まれたプログラムとSQLで構築されている。また、スクリプトから利用可能なBASP21※1というフリーウェアの汎用コンポーネントを利用している。このBASP21は32bitシステムにしか対応しておらず、64bitシステムで動作するのは有料のBASP21Proを用意する必要があった。BASP21で使用しているメソッドは、Form、FormFileName、FormSaveAsとSendMailの4種類だけでメソッドのほとんどは未使用である。これだけのために有料版を導入することができなかつたため、フリー版が64bit環境で利用可能かどうかを調べることにした。調査の結果、IISの設定による64bit環境への導入事例が確認されたため、システムの移行作業を行った。しかし、導入事例の記述通り設定を行ってもBASP21を認識しなかつた。具体的な設定方法は、IISマネージャからBASP21を利用するサイトに対応するアプリケーションプールの「32bitアプリケーションの有効化」をTrueに設定するだけである。しかし、Trueに設定したにもかかわらずBASP21を認識できない場合や、そもそもTrueに設定できないアプリケーションプールがあるなどの問題があった。さらに調べてみると別の事例でBASP21のdllファイルがSysWOW64フォルダにあることを明示するためにレジストリに登録したとの記述を発見した。そこでレジストリへ登録を行ったところ、すべてのアプリケーションプールで32bitアプリケーションの有効化を設定することが可能になり、無事BASP21を認識しシステムの動作を確認することができた。

## 更新後の問題

最初に問題になったのは、BASP21を利用したSendMailからメール送信ができないという事であった。旧システムでは問題無く動作していたため、更新されたIISかBASP21を64bitシステムで動かしているための不具合だと推測した。プログラムコードとSendMailメソッ

ドのリファレンスを比較したところ、コード側の引数の設定でSMTPサーバ名とポートを省略していることがわかつた。旧システムではこの引数を省略してもメール送信ができていたため、省略可能な引数と思込み発見が遅れることになった。

次に、工作伝票管理システムでファイルのアップロードができないという問題が発生した。このファイルアップロードは、製作物の写真や図面等を記録するために用意されたものである。原因は、IIS7.5のアップロード可能なデータサイズがデフォルトで30MBに設定されていたため、写真などの30MBを超えるファイルのアップロードができなかつた。これに対しては、要求フィルタのmaxAllowedContentLength値を2GBに設定し、念のためIISマネージャの「要求フィルタリング」内の「要求制限」>「許可されたコンテンツの最大長」の値も2GBに設定することで解決した。

最後に問題となったのは、部門データを管理しているデータテーブルの更新ができないという事である。これは、データベースのIDENTITY設定したフィールドに明示的に値を書き込もうとしていたことが原因であった。これも旧システムで問題なく動作していたプログラムであるが、システム変更によりクエリーが厳格になったため発覚したと考えられる。

## 最後に

今回、外部公開サーバの故障によりサーバをWebホスティングサービスに移行したことで、管理コストの削減を行うことができた。また、データベースサーバの更新作業により、セキュリティが向上したサーバシステムの設定、管理、運用を理解することができた。

※1：BASP21 (<http://www.hi-ho.ne.jp/babaq/basp21.html>)

2013年2月某日、1通のメールが届いた。ICALEPCS2013－正式には14th International Conference on Accelerator & Large Experimental Physics Control Systems 第14回加速器と大規模実験物理制御システムに関する国際会議－からの案内状だった。旅費は所長奨励研究費から支出可能との見解を得て、ポスター発表で参加を申し込み、準備に勤しんだ。筆者が海外に赴くのは4年前、宇理須教授（現在名古屋大学特任教授）に同行して中国に赴いて以来のことである。もう海外に行く機会はないだろうと踏んでいたが、勢いというものは恐ろしい。

まずICALEPCS2013や発表について述べる。ICALEPCS2013は2013年10月6日（日）～2013年10月11日（金）の日程で、サンフランシスコのフェリー乗り場にほど近いハイアット・リジェンシー・サンフランシスコで開催された（写真1）。ホスト機関はローレンツ・リバモア国立研究所。「水爆の父」エドワード・テラーが提案し、所長を務めたことがある、米エネルギー省所轄の研究所である。

筆者は「Turn-by-turn BPM system using coaxial switches and ARM microcontroller at UVSOR」なるタイトルでポスター発表を行った。昨年度つくば市で開催されたIBIC2012では概要程度にとどめたBPM切替器に焦点を絞り、ハードウェアとソフトウェア両面からより詳細に述べた内容である。ポスター発表当日の10/10（木）は、ポスター以外にiPadに提出間もないプロシーディングスや開発資料のPDFを入れて臨んだ（写真2）。1時間半の発表時間中、日本語7名、英語3名と質疑応答を行った。質問はBPM信号の切替や制御の手法が主で、通常の加速器運転では使用しないこと、限られた時間でLAN経由の切替制御を実現するため、HTTPサーバに出来るmbedで制御したことを説明した。この日本語7名以外、期間中は聞くも話すも全て英語であったが、問題なくやり取りできた。

次に、ICALEPCS2013期間中の体験談を1つ述べる。筆者にとってポスター発表と並んで参加の大きな目的であったNIF(National Ignition Facility：ICALPECS2013を主催したローレンツ・リバモア国立研究所所管のレーザー核融合研究施設)ツアーに参加したが、そこではバス搭乗前のカメラ没収に始まり、バス搭乗時、入構証受け取りのための必要事項記入前、入構証受け取り時、バスへの再搭乗時の計4回パスポートの提示を求められた（よって写真は一切ない）。NIF敷地内は米エネルギー省のワッペンを付けた軍服姿の屈強な警備員が複数パトロールしており、彼らは大口径の拳銃をも所持していた。そのような警備員が入構証受け取りの際に両隣にいては、隠し撮りなど考えもしなかった。

復路の飛行機が計器トラブルにより離陸30分で燃料を捨てて引き返し、余分な1泊を余儀なくされるなどハプニングは多数あった。それでも初の単独海外渡航を重大なトラブルもなく終えられた。自らの成果を海外に発信すること、日本の習慣や文化とは異なる異国に赴くこと、英語によるコミュニケーションなど、このような機会を得られる糧は非常に多いと感じた。

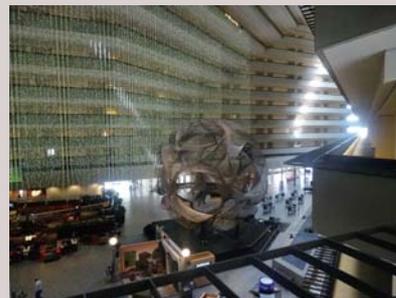


写真1 会場となったハイアット・リジェンシー・サンフランシスコ

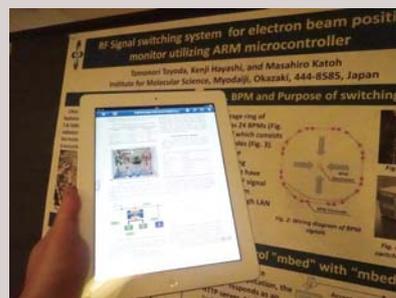


写真2 提示したポスターとiPad

# 電子蓄積リング用高周波加速空洞の不具合調査および2014年春期電子蓄積リング改造計画について

山崎 潤一郎 極端紫外光技術二係

キーワード：高周波加速空洞、アンジュレータ、マルチパクタ、パルス六極電磁石

## はじめに

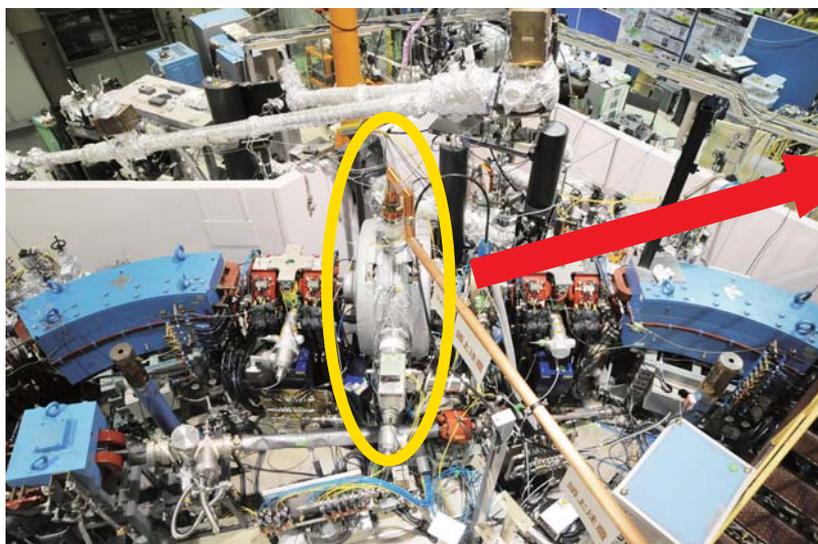
UVSOR施設では、2013年春期に電子蓄積リングの更なる低エミッタンス化を目的とした偏向電磁石の高度化、6台目となるアンジュレータの設置、一方ビームラインにおいては軟X線で高いエネルギー分解能と高フラックスが得られる顕微分光ライン設置等の施設高度化改造を行い、加速器はUVSOR IIからUVSOR IIIと改名され現在順調に稼働している。また2014年春期には円偏光アンジュレータの高度化およびこれに伴う電子蓄積リングB4~B5長直線部の改造を予定している。本報告ではこれら高度化改造計画について述べるとともに、2013年春期シャットダウン期間中に実施した電子蓄積リング用高周波加速空洞の不具合調査についても述べる。

## 電子蓄積リング運転時における高周波加速空洞の真空悪化問題について

2011年末に共同利運転時において、高周波加速空洞の真空圧力が徐々に悪化する現象が確認され、進行を抑えるために運転電力を数%増加させれば一時的に悪化を防ぐ

ことが可能であったが、真空圧力の悪化速度が上昇し始めたため、運転電力も更に上げなければならず、最終的に高周波増幅器の能力に接近したため、2012年春期のシャットダウン期間中に空洞本体の真空リーク試験、更にカプラー部も交換したが改善されず、真空圧力の悪化を抑えるために、悪化前の1.4倍の投入電力が必要であった。このまま空洞の運転を継続した場合、更に状況が悪化して共同利用実験への影響が懸念されるため、2013年春期に共同利用実験を停止して、高周波加速空洞がインストールされているB7~B8短直線部を大気開放し、高周波加速空洞を電子蓄積リングから切り離して内部点検を行った。

高周波加速空洞を分解した結果、高周波加速空洞内部(写真1)、高周波加速空洞上流側ベローズ付きテーパダクト内部および下流側ベローズ無しテーパダクト(写真2)にそれぞれ異物付着が目視で観測された。ベローズ付きテーパダクトの付着物については高級脂肪酸エステル、ベローズ無しテーパダクトの付着物については主成分ジメチルポリシロキサンのシリコン樹脂系、空洞側およびフランジ側の付着物についてはシリコンオイルであるこ



電子蓄積リング用高周波加速空洞 (左) と空洞取り出し作業 (右)

とが分析の結果判明した。真空排気における粗引きについては、全てスクロールポンプ等のドライポンプを使用しており、また空洞製作時の機械加工油はシリコン系オイルの使用は無いとのことなのでこれらシリコン系成分についても浸入経路は不明である。

図1に高周波加速空洞内部調査前と調査後における印加電圧に対する真空度を示す。空洞立ち上げ時の真空度悪化については、調査後真空悪化が抑えられており、共同利用

運転で使用する印加電圧86kV~119kVで真空度が安定しており、問題発生前の状態に回復した。状況が改善された理由については明らかではないが、マルチパクタ共鳴領域以外で空洞内部の異物付着に由来する放電現象が発生したことによるものではないかと推測する。現在共同利用に影響する問題は発生していないが、恒久的な対策について検討中である。

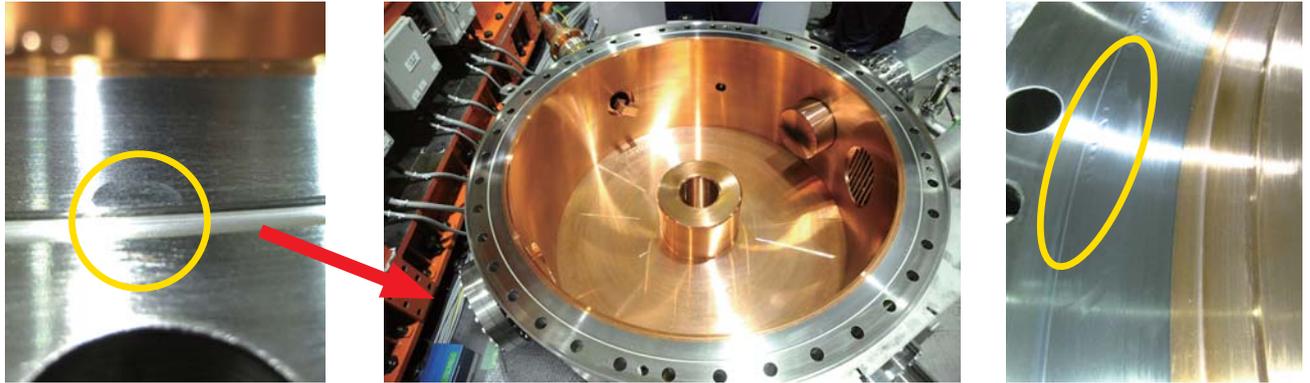


写真1 高周波加速空洞内部付着物（左）およびフランジ蓋側付着物（右）

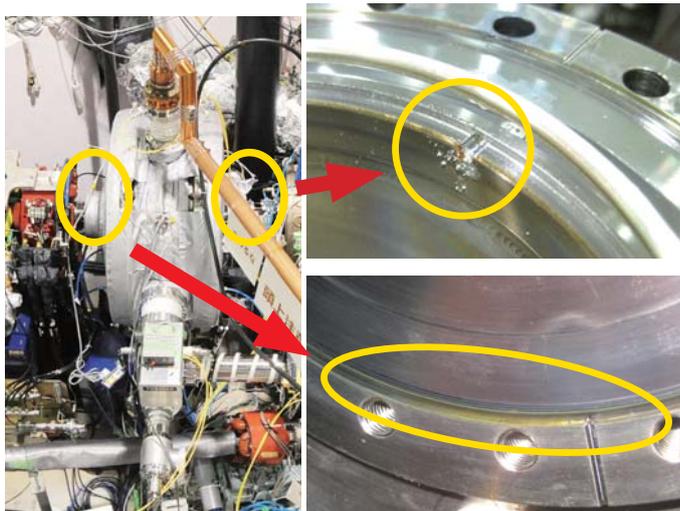


写真2 空洞上流側テーパダクト（右上）および下流側テーパダクト（下）の内部付着物

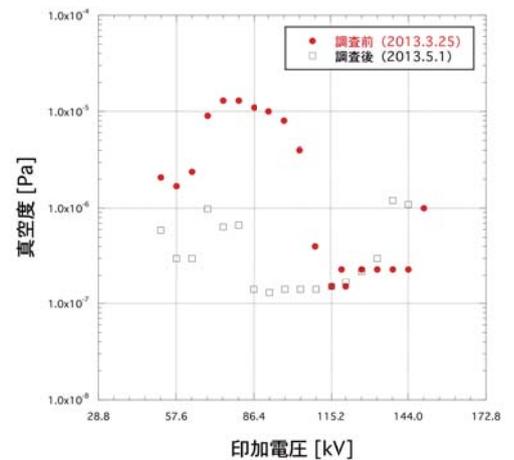


図1 高周波加速空洞内部調査前と調査後における印加電圧に対する真空度

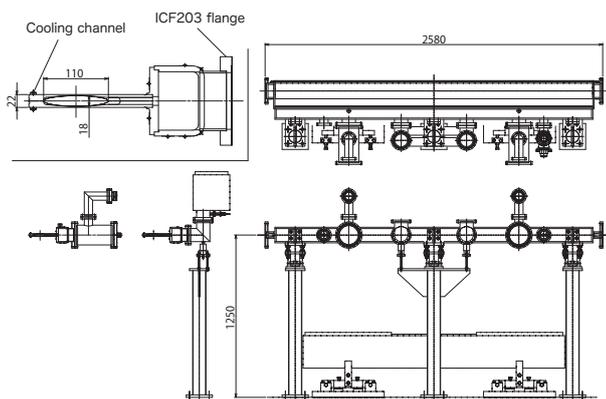
## 2014年春期に予定している電子蓄積リング改造について

アンジュレータ真空槽の更新並びに加速器機器配置換えを計画している。アンジュレータ真空槽においては、下限を13.3eVとするエネルギー範囲で水平直線偏光のアンジュレータ基本波を、下限を27.7eVとするエネルギー範囲で垂直直線偏光のアンジュレータ基本波を、また、下限を21.2eVとするエネルギー範囲で左右円偏光のアン

ジュレータ基本波を生成可能ものとするため、磁極間隙最小値を24mmにする必要があり、現在は30mmが限界で、既設アンジュレータ真空槽では対応出来ないため新規製作を予定している。一方、排気系も増強する予定で、現在NEGモジュール内蔵型のAnte-chamberであるが、排気能力の観点からこの方式を廃止し、新規真空槽にはNEGポンプおよびSIPをそれぞれを2台ずつ配備出来るようにする予定である。また当直線部にパルス六極電磁石も追加

する計画で、2012年春期にパルス六極電磁石用セラミックス製真空ダクト1基をB2~B3長直線部にインストールして、2012年9月末に一時的ではあるがビーム入射試験を行った結果、入射速度はこれまでより遅いものの本システムにより電子が蓄積されることを確認している。現在は再度キッカー電磁石に戻しユーザー運転を行っているが、このキッカー電磁石を用いた入射システムでは入射時にビーム振動が発生してしまうので、トップアップ運転時

において、蓄積ビームが振動しないようにするためにもこのシステムの導入が急務となっており、今回の直線部改造で2台体制とし、共同利用運転に支障のない方を選択する。なお本改造の実施報告は次号にて述べる。



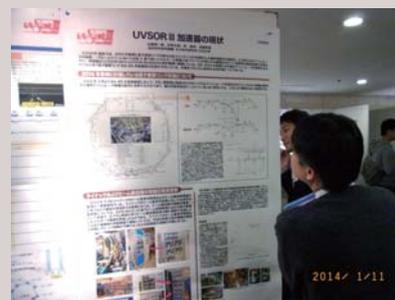
新規に製作したU5アンジュレータ用新真空槽

コラム 第27回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウムへの発表参加報告

山崎 潤一郎

毎年1月に開催される日本放射光学会年会に今年も発表参加しました。2000年より本年会・シンポジウムでの発表を開始し、今年度で13回目の発表となりました。今回は平成26年春に実施するUVSORにおける加速器高度化改造および現在の加速器の稼働状況についてポスター発表を行いました。一方、Spring-8、佐賀LS、PF、共同利用を開始したあいちシンクロトロン光センター等からの発表も数多くあり、他施設の動向を把握することが出来ました。また日常生活において放射光が用いられている技術を紹介する一般市民向けの講座も開催され、チョコレートのおいしさを放射光で解き明かすユニークな講演も行われました。

本年会・シンポジウムへの参加はUVSORでの加速器運転で発生したトラブルの解決方法や加速器への新技術導入のヒントが数多くあり、毎年欠かせない学会となっています。



# 真空紫外光を使う実験装置（試料別）

堀米 利夫 光技術班

キーワード：放射光 (SR)、真空紫外光、真空環境、試料形態、観測装置

## 1. はじめに

極端紫外光研究施設 (UVSOR) では、ストレージリングにより発生する放射光 (SR光) を使い、種々の研究 (実験) が行われます。主に真空紫外光 (軟X線) を利用した実験が行われますが、真空紫外光は大気中には存在しない光のために、光の獲得から実験まで真空環境が必要です。実験に於いても観測される試料形態 (固体・気体・液体) によって真空を維持しながら取り扱うことが求められます。また、試料によって観測装置の構成や構造に違いがでます。今回は、UVSORの観測装置製作の経験をもとに、真空環境の必要性と試料による観測装置の違いなどについて紹介します。

## 2. 真空環境の必要性

ストレージリングは、偏向電磁石 (ベンディングマグネット) と呼ばれている磁石を周回にいくつか配置し、その間をステンレス製の真空ダクトで繋ぎ、リング状にした加速器です。(正確には複雑な装置ですが単純に表現しています。) 放射光は、この真空ダクトの中に電子を一定のエネルギーを維持しながら周回させて、偏向電磁石の磁界によって電子の方向を変えることによって接線方向に電磁波 (放射光) が発生します。電子のエネルギーを一定に維持するために大気は障害となるためにストレージリングは真空環境が維持されています。

発生した放射光は、広い範囲の波長を含んだ光 (UVSORでは大まか1mm~1nmの波長を含んだ光を発生) であり、実験に必要な波長を分光器によって得ることができます。分光器は、ストレージリングと観測エリア (実験を行う所) をつなぐビームラインと呼ばれる場所に設備されています。UVSORで主に使用される真空紫外光は、波長区分でX線と紫外線の間に位置する領域の光で、波長的には約1nm~180nm付近の光を指す。この波長帯域の光は、酸素分子や窒素分子によって吸収されるために大気中を通過できず、真空状態でのみ伝搬することから真空紫外光と呼ばれています。そのためビームライン及び観測エリアも

真空環境が維持されている。UVSORのストレージリング室を図1に示します。

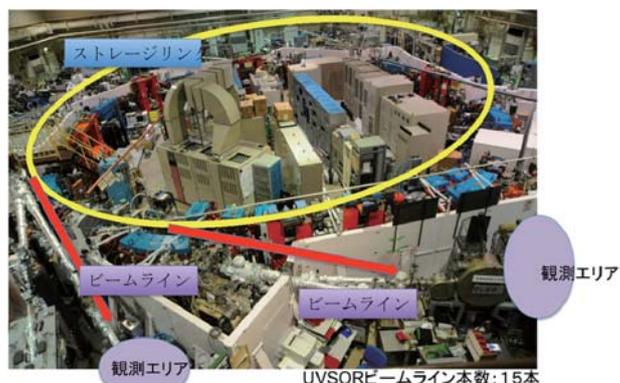


図1 UVSORストレージリング室

## 3. 真空紫外光を使う実験

真空紫外光を使う実験は、真空紫外光を試料に照射して、光 (電子) と試料の原子・分子の間の相互反応を検出器で観測する実験が多く行われます。実験方法には、回折・散乱・蛍光・吸収・分光など様々な種類があり、使用される試料も固体・気体・液体があります。

実験は、全てステンレス製の真空槽 (チェンバー) と呼ばれる真空環境の中で行われます。その真空を維持するために、試料の取り扱いや観測装置に工夫が必要となります。それぞれの試料ごとに簡単に特徴を紹介します。真空紫外光を使う実験の概念を図2に示します。

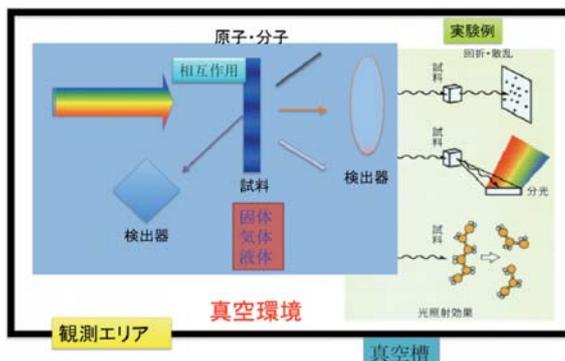


図2 真空紫外光を使う実験

### 3.1 固体試料

固体試料は、気体、液体と比べると真真空的には取り扱い易い試料ですが、試料の表面に残存する（付着した）分子が問題となる場合があります。たとえば、試料を観測エリアに配置し、真空排気ポンプで排気したのみの場合、空気の分子などが表面に残る。この状態で光を当てると試料との反応の前に表面の分子と反応し、正確な試料の観測ができないことがおこります。このような問題を解決する手段として様々なことが行われますが、一般的な手法として、ベーキングが行われます。ベーキングとは、温度を上げてやることです。温度を上げると表面についていた分子が動きやすくなり、排気しやすくなり表面が洗浄される方法です。他にも、放電洗浄、電子線洗浄などの洗浄方法が行われます。このように個体の試料の場合は試料の洗浄が大変重要になると同時に、真空は超高真空が要求されます。また、大気などを嫌う実験などはサブエリアを設けて、この中で試料の加工や洗浄などを行い、観測エリアに搬送します。試料搬送には、トランスファーロードと呼ばれる真空内を自由に移動させる腕の役目をする機器が使用されます。

固体試料を取り扱う観測装置の特徴は、試料を真空内で移動させるような構造に観測装置が構成される傾向があります。固体試料の実験装置例を図3に示します。

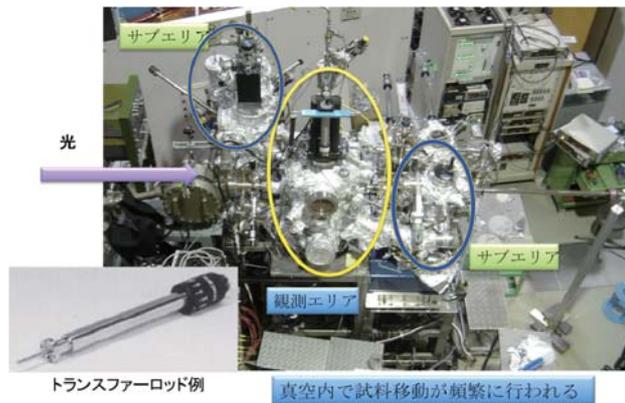


図3 固体試料の実験装置例

### 3.2 気体試料

気体試料の場合は、試料を直接、観測エリアに噴射する手法が取られます。しかし、そのままだとビームライン、ストレージリングの真空への影響がでますから仕切りをつけ、仕切られた区画ごとに真空排気します。しかし、完全に仕切ってしまうと光が入ってきませんので、仕切りに光が通る窓、具体的には穴を開けます。反対の検出器側にも同様に反応した分子が通る方向に穴が開けられています。

また、噴射するガスも連続的に行うのではなく、パルス状にするなど噴射ガス量をできるだけ制限する努力が行わ

れます。それでもビームライン側への影響は大きく、それを抑えるために差動排気システムという手法が採られることが多々あります。

このように気体試料を取り扱う観測装置は、排気ポンプをたくさん取り付けるなどのために、装置がやや大型化する傾向があります。気体試料観測の模式図を図4に示します。

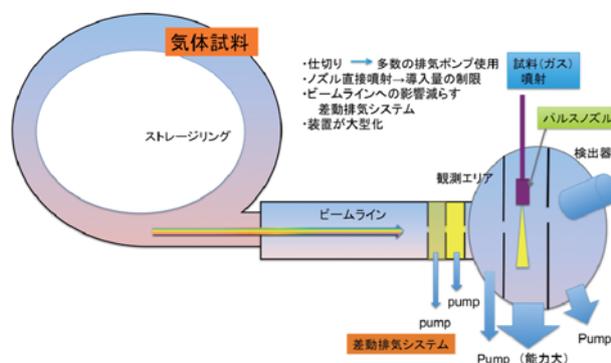


図4 気体試料観測の模式図

### 3.3 液体試料

液体試料の場合は、気体の様に直接観測エリアに噴射することはできないので、液体と真空を完全に分離する工夫が必要となります。完全に分離をしてしまうと光を導入できませんから、透過効率は低いですが真空紫外光を透過する素材、炭化ケイ素 (SIC)、窒化ケイ素 (SIN) を窓材として使用します。これらの素材は、薄くしても非常に丈夫で、高い耐圧性がある優れた特徴を持っています。マイクロ加工技術によって製作されメンブレンと呼ばれています。メンブレンは10mm角、0.632mm厚の素材中心部に2mm角、或いは3mm角の部分に膜状にした物です（状況により色々ありますが厚さ20nm～200nmと薄い物ものです）。これを配置して真空と液体試料の隔壁とします。図5にメンブレンについて、図6にUVSORで製作した透過型液体試料観測用装置の模式図と装置例をそれぞれ示します。

この装置では、液体試料と真空を分離するためにメンブレン (100nm) を2枚両側に配置し、その間に液体試料を流す構造になっています。注意することは、真空紫外光は弱い光ですから、液体試料が厚いと液体に吸収されて検出器で何も検出されないことになるため（透過実験の場合）、液体の膜を薄く安定にコントロールすることが要求されます。この装置では、液体の膜は20μm～50μm程度の厚さに調整されます。

液体試料を取り扱う装置は小型であるが、液膜などのコントロールが難しい傾向があります。さらに、問題になるのは、装置が小型過ぎて製作が困難になることです。

#### 4. まとめ

真空紫外光は、ストレージリングで作られる人工の光（放射光）に含まれており、真空環境の中でのみ存在する光です。依って、この光を使う実験では真空維持が最も重要であり、試料形態（固体、気体、液体）

例によって、真空を維持するための試料導入方法や観測装置に工夫が要求されます。近年、UVSORでは、液体試料を使う観測装置の登場により実験分野が広がりました。

（なお、この技術レポートは第8回機構技術研究会での発表を編集して掲載しました。）

・真空紫外光を透過する膜状の窓（隔壁）

炭化ケイ素(SiC)  
窒化ケイ素(SiN)

～特長～

- ・薄くて丈夫
- ・高い耐圧性
- ・優れた表面精度
- ・化学的に無害
- ・低コスト

マイクロ加工技術

エッチング技術  
リソグラフィ技術

→ メンブレン(膜) 製作可能

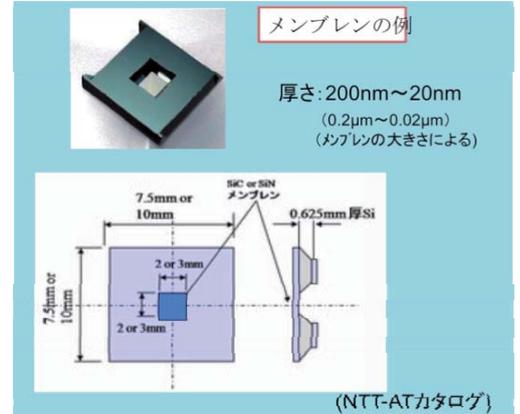
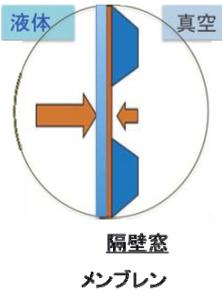
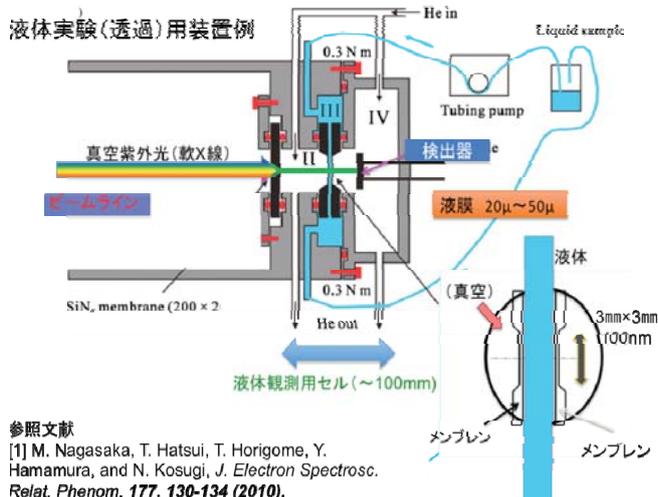


図5 メンブレンについて



参考文献

[1] M. Nagasaka, T. Hatsui, T. Horigome, Y. Hamamura, and N. Kosugi, *J. Electron Spectrosc. Relat. Phenom.* **177**, 130-134 (2010).

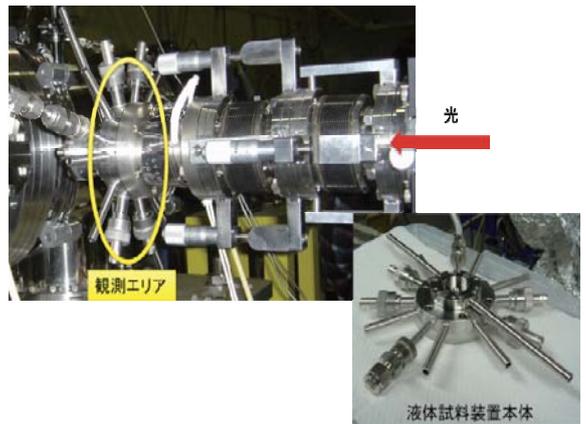


図6 透過型液体試料観測装置例

#### コラム 真空槽内照明器の試作

光技術班 堀米 利夫

真空チャンバーを使う実験に於いて位置合わせやサンプルセットなどの作業時にチャンパー内の照明が必要になることが多くあります。そのような時には懐中電灯やスタンド照明などで対応されるが、的確な照明にならない場合もある。

今回、真空チャンパー専用のLED照明器を装置開発室と共同で試作しました。この照明器は、ビューイングポート固定ボルトの頭にLEDランプを固定して使用します。照度は140ルーメン (max. 白色光) のLEDを2個使用しています。

1台のコントローラで4系統までのランプが接続可能で、個々の照度を調整できます。製作費は約6万円 (内訳 ランプ4個、コントローラー1台) 程度です。

現在、性能や形状等の改良を行い、使いやすいLED照明器を追求しています。興味があり、評価して頂ける方はお知らせください (UVSOR 堀米まで)。

コントローラーとLEDランプ



# UVSORにおける光ファイバビームロスモニタ

林 憲志 極端紫外光技術二係

キーワード：放射光施設、光ファイバ、ビームロスモニタ、フォトマル

## はじめに

近年、光ファイバを用いたビームロスモニタが多くの放射光施設で用いられるようになってきています。光ファイバを加速器のビームダクトに沿って配置すると、電子ビームの一部がダクトに衝突して失われる際ダクトを突き抜けた電子が光ファイバを横切りチェレンコフ光という光を発生します。微弱な光ですが、ファイバ末端に光電子増倍管（フォトマル）を設けることで、オシロスコープ等で観察できるようになります。この信号の大きさやタイミングを解析することで、入射された電子ビームがリングの何周回目のどの位置でどの程度失われたのかを探ることが可能になります。

## 動機

光ファイバビームロスモニタには、以下のような特徴があります。

- ・ 周回ごとに入射ビームが失われる場所が分かる有効なモニタである。
- ・ (失われていない) ビームの位置を知ることができる Turn-by-Turn BPMと相補的に活用できる。
- ・ プログラム等を整備して簡便なものにできれば、非破壊 (意図的にビームをロスさせるわけではない) であるため 日常のユーザー運転においても有効に活用できる。

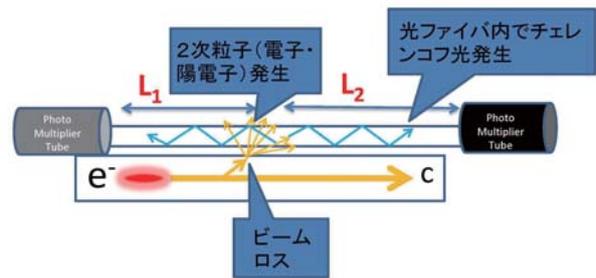
これらのことから導入の動機として、

- ・ ビーム入射の高効率化を図る (UVSOR-IIIのユーザー運転の現状：50～70%)。
- ・ UVSOR-IIIでは複数のアンジュレーターギャップの組み合わせによって入射効率が低下する問題があるが、これに対しても有効な情報をもたらし得る。
- ・ UVSOR-IIIではビームが何らかの原因によりビーム電流が数mAから場合によっては100mA以上失われる現象が起きており、そうした未解明な現象の理解にも役立つと考えられる。

といったことを目標としています。

## 方法

ビームロス位置の特定方法としては、まず光ファイバの両端にフォトマルを設置すれば、それぞれに届く信号の時間差から位置が特定できます (図1)。実用上は、ロス位置の分かっている信号または他の基準信号 (BPM等) があればそのタイミングを基準にしてビームロス位置を推定できます (図2)。



$$T1-T2 = (L1-L2) / c \times n \quad (c: \text{光速})$$

(n: 石英の屈折率~1.5)

図1 TOF (飛行時間差) による位置の算出法

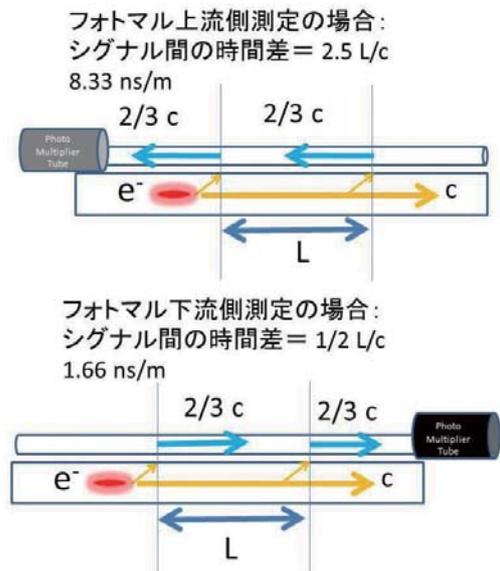


図2 信号の時間差による位置の算出法

## セットアップ

測定のセットアップとしては、光ファイバは口径600ミクロンの太い光ファイバ(Thorlab社 FT600UMT) (図3左) を用いました。フォトマルは、高圧回路内蔵で簡便・安価なモジュール式のもの(浜ホトH10721-110) (図3右) を用いました。設置は、なるべくビームダクト表面に接するようにビームダクトに沿って貼り付けます(図4)。



図3 使用した光ファイバ (左) とフォトマル (右)

当面、光ファイバ2本で蓄積リング全周をカバーするように設置しました(図5)。そこで得られる信号は、図6のようなものです。ここで、BPM信号はビーム周回のタイミングの基準となります。フォトマル信号の大きさが、ビームロスの大小を表します。

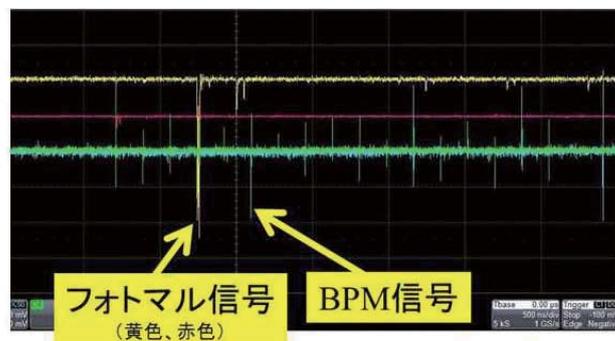


図6 オシロスコープでの信号例

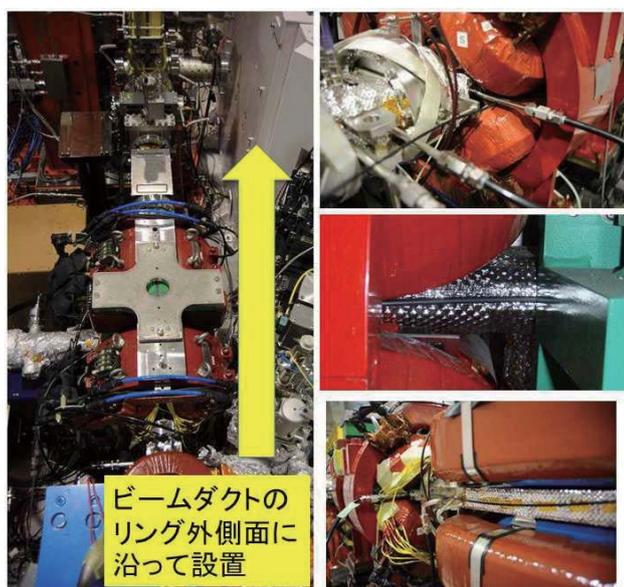


図4 光ファイバの設置状況

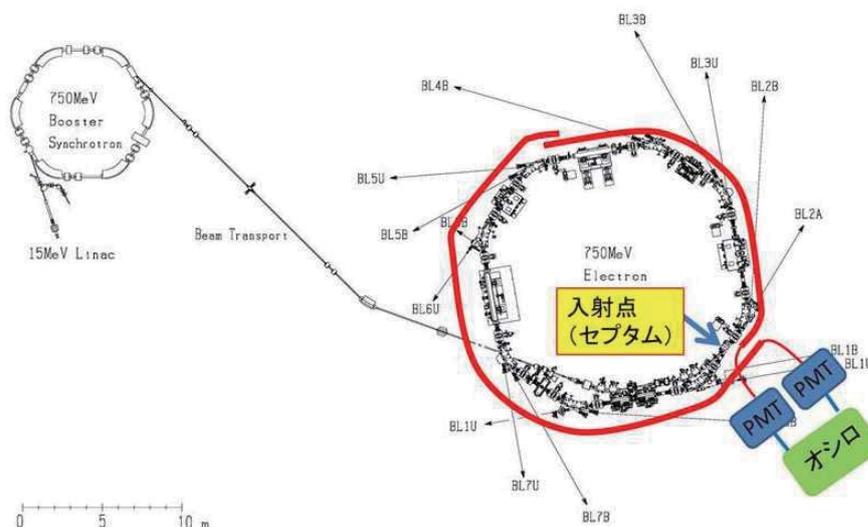


図5 光ファイバの設置状況 (2)

結果

データの解析例を以下に示します (図7)。“x10”と書かれている色つきの部分は実際には10倍の大きさであり、シグナルの大きな周回を示しています。解析結果から、偏向電磁石(B2,B3,B4,B5)の位置でビームロスが大きいことが分かりました。これは、図8に示すように、垂直方向のβ関数が大きい場所に相当します。

まとめ

このように、光ファイバビームロスモニタは有用な情報をもたらすことがわかったものの、実用に供するためには課題もあります。今後、

- ・データ自動処理プログラムの作成を検討し、日常的に使用できるツールとしたい。
- ・入射路、ブースターシンクロトロンへ適用したい。
- ・ロスの定量化 (どこで何%失われているか) が可能になれば有効性が大幅に向上する。
- ・Turn-by-Turn BPMのデータ取得等と合わせてビームの理解を進めたい。

といったことを目標に整備・開発を続けていきたいと思っています。

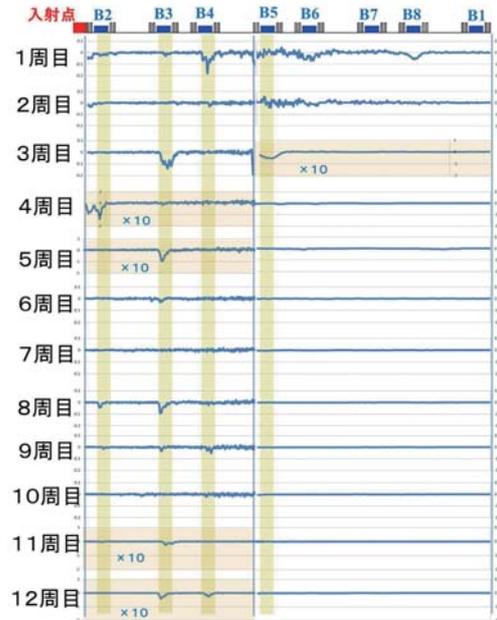


図7 入射ビームのビームロス図 (12周分)

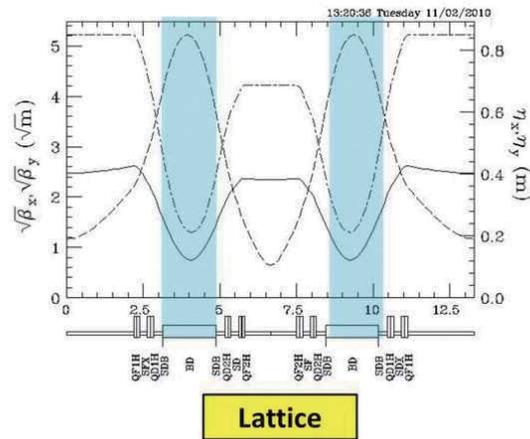
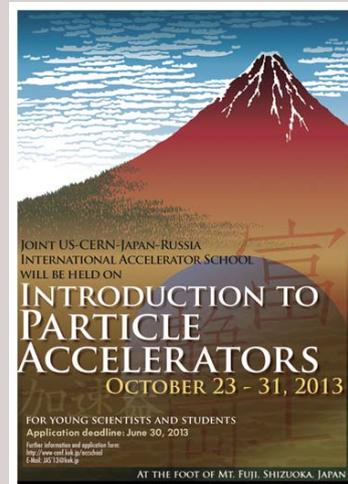


図8 UVSOR-IIIのラティス図 (1/4周分)

コラム Joint US-CERN-JAPAN-Russia Accelerator School (JAS' 13)に参加

極端紫外光技術二係 林 憲志

2012年10月23日から31日まで、富士の裾野市で行われたJoint US-CERN-JAPAN-Russia Accelerator School (JAS' 13)に参加してきました。これは主に若手研究者や学生、そして技術者を対象としたもので、今回は加速器全体についての概説的な内容でした。会場は人里離れた研修所に缶詰め、約80名の受講者のうち日本人はわずか数名で、日本に居ながら非常にアウェイ環境を味わいました。期間中は講義に次ぐ講義で、これだけ密に勉強することは日頃にはない体験でした。英語を話さざるをえない環境なので、英語脳も (一時的にですが……) 活性化です。一方で、付近にある唯一の娯楽施設である銭湯で外国人に銭湯の入り方を教えるなど異文化コミュニケーションを図ったり、きれいな手書きイラスト (まんが) で受講生プレゼンを行った人やルービックキューブの達人 (目隠しをしてもできる!) など特殊技能 (?) を持つ人々を目にして、参加者の多様さに驚いたりもしました。このように、参加するだけでも貴重な経験をすることができたのですが、さらにここで得た知識を発展させてこれからの職務につなげていけたらと思っています (なお、本件は大塚所長奨励経費にて参加させていただきました)。



## コラム スクロールポンプの寿命等について

極端紫外光技術一係 蓮本 正美

UVSORでは10年程前からロータリーポンプを順次スクロールポンプへ置き換えることを進め、現在ではほとんどのロータリーポンプをスクロールポンプへ交換しました。担当しているビームラインでも、ここ10年間でアネスト岩田製のISP-250Bを3台とバリアン製SH-100(後継機はSH-110)を7台程使用してきた経験から、スクロールポンプの寿命について感じたことを報告します。SH-100(SH-110)は排気速度100L/min、カタログに記載されている最大到達圧力7Paですが、実際は1Pa程度まで到達します。運転時間が5千~6千時間まで到達圧力は1Pa程度を維持しますが、その後到達圧力は少しずつ悪くなり1万時間程で3Pa~5Pa、1万3千時間を超えるとチップシールがちぎれて排気不能となりました。運転時間5千~8千時間間隔でチップシールを交換していたものは3万時間以上まで問題なく使用できましたが、4万時間に達する前にみんな故障してしまいました。メーカーではオーバーホール等のメンテナンスは行っておらず、再生品との交換という形での修理となり、価格が新品の5割~8割程かかるので修理しないで新品を購入しました。メーカーがベアリング交換等のオーバーホールを行ってくれば、もっと長く使えると思うのですが残念です。また運転時間が1万時間を越えるまでチップシールを交換しなかったものは、ポンプ内部の擦れあう面に傷が付いたり、チップシールをはめる溝が変形や破損した影響で、チップシール交換後、数百~3千時間程で到達圧力が10Paまで悪くなり、チップシールの寿命が短くなってしまいました。長く使うためには到達圧力が悪くならなくても、運転時間6千時間程度の間隔でのチップシールの交換をお勧めします。アネスト岩田製のISP-250Bは排気速度250L/min、到達圧力はカタログ上では1.6Paですが、実際は0.3Pa程度まで到達します。チップシールのみの販売は通常行っておらず、チップシールの交換を含めて運転時間1万時間間隔でオーバーホールをすることが求められています。3台のISP-250Bは8千~1万3千時間間隔でオーバーホールを行い、運転時間は3台とも6万時間近くまで達しています。5万時間を越えたあたりから運転時の音が大きくなってきたり、ポンプ本体の温度が通常より5~10℃高くなってきたので、寿命が近いかなと感じるようになり買い換えることにしています。

定期的にオーバーホールを行ってれば、かなり長く使えるようですが、1回のオーバーホールの費用が15万~25万円必要なのが難点なので、次はメンテナンスの費用が安く済みそうなエドワーズ製の新型のスクロールポンプnXDS 15iを購入する予定です。

## コラム BL2Bの真空インターロックシステムについて

極端紫外光技術一係 近藤 直範

これまで休止していたビームライン2B (BL2B) は今年度分光器を修理し、エンドステーションを移設するなどして立ち上げ直した。既設の真空インターロックシステムを使用する予定だったが故障しており、そのため今回の移設作業中にチャンパーを誤ってリークしてしまう事故を起こしてしまった。加えてインターロックシステムに組み込まれていない圧空作動式ゲートバルブも存在しているなど不備も存在していた。既設のシステムはリレーで構成されており改造による機能の拡張や更新が容易ではないので、新たにPLCとタッチパネルで構成するインターロックシステムを作成した。

PLCへステータスを取り込む機器、制御する機器は以下の通りである(入出力はPLCからみた場合)。

PFEIFFER製 コンパクトゲージ用真空測定制御ユニット(真空計) MaxiGauge TPG256A(入力6点) 1台

VAT製 圧空作動式ゲートバルブ(入力2点、出力1点) 4台

今回使用した真空計は1台で最大6個の真空ゲージを制御できる。今回は5個の真空ゲージを使用した。セットポイントは真空計本体で設定し、設定値より圧力が低くなったら接点(リレー)が閉じる。ゲージのセットポイントを設定できる接点が6点、エラーを示す接点が1点あり、今回はセットポイントの接点5個とエラー接点1個の計6点使用した。PLCの構成は以下の通りである。

三菱電機製

CPUユニット Q00CPU、電源ユニット Q61P

入力ユニット(2台) QX40、出力ユニット QY40P

基本ベースユニット Q35B、タッチパネル GT1585-STBA

今回は予算とスペースの都合でタッチパネルを12.1型にした。インターロックシステムの写真を示す。



現在システムは問題なく稼動している。比較的低予算でサイズも小さくできた。このシステムで真空計は接点のステータスのみを取り込むので、圧力のログを取ることが出来ないという欠点がある。ただ、真空計の圧力の外部出力はデジタルI/Oであったり直流電圧であったり機種(メーカー)によってまちまちだ。接点は開閉の状態を取り込めればいいので、使用する真空計の機種にあまり依存しないという利点がある。このシステムをベースにして、インターロックの整備が不十分なビームラインに真空インターロックシステムを配備していきたいと思う。

コラム **新しい部署にて**

極端紫外光技術一係 **手島 史綱**

2013年5月に計算科学研究センターから極端紫外光研究施設(UVSOR)に異動しました。今まで約25年間コンピューター運用を行ってきましたが、自ら希望してUVSORに異動し、今まで行っていない技術が必要になりました。業務上必要な玉掛け、クレーンの資格取得から始まり真空の扱いやCADもーからの勉強となりました。ただ、高校の時に必死になってとった電気工事士の資格が少なからず役にたちそうです。その資格を活かして認定電気工事士の資格も取得しました。2013年10月からは赤外のビームライン2つを担当することになりました。初めて見る機器類に慣れるためにも操作練習などを行っています。液体ヘリウムのトランスファーにも慣れてきました。そういう中、ビームラインを利用者が利用出来ない状況があったりし、シャットダウン期間を利用して改修と改造を行う必要も出てきて、先輩達に聞きながら作業を進めています。UVSORに異動して嬉しいのは利用者の顔が見えコミュニケーションを取りながら仕事出来ることです。色々初めての事が多く日々勉強と失敗の連続ですが前向きに楽しくやっています。

コラム **LAN対応ヘリウム純度計の設置について**

極端紫外光技術三係 **酒井 雅弘**

液体ヘリウムを使用するビームラインには、回収ヘリウムガスの純度測定用にガス純度計が設置されている。各々の純度計で設定されたThreshold 以下になるとAlarm (発報) するが遠隔でモニタされていないので、実験ホール入室禁止時や休日時には、純度低下の発見が遅れることになっていた。

近年ツジ電子株式会社より、ヘリウム純度およびセンサ外壁温度のデータをLANで読み取り可能な HPM-02型ヘリウム純度モニタ (写真1) が発売されたばかりでなく、UVSOR 木村真一准教授(現大阪大学教授)の要求によりE-mail送信(最大3アドレスまで)機能が付加された。

実験ホール内で液体ヘリウムを利用するビームライン(11カ所)にHPM\02を設置し、図1のように分子研LANに接続するため設置変更を行った。Display Serverでは各 HPM-02 に定期的にヘリウム純度およびセンサ外壁温度の取得コマンドを送り表示するとともに、外部のPCやiPadへWeb ServerやData Dashboardを通してデータを提供するようプログラミング中である。

本モニタシステムにより、どのビームラインでいつから純度低下しているかの特定ができる。またセンサ外壁温度モニタから、センサ自体の故障による純度表示異常かを遠隔で判別できるようになる。



写真1 HPM-02型ヘリウム純度モニタ

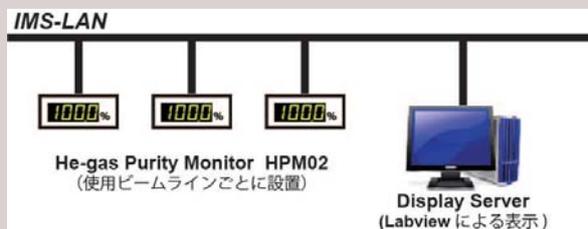


図1 実験ホールにおけるヘリウム純度監視システム概念図

コラム **光関連機器、貸し出ししています**

光計測技術係 **岡野 泰彬**

レーザーセンターが小型機器などの貸出業務から離れて久しいですが、ここ数年、光にかかわるセンター内共通機器を所内向けに貸し出すサービスを行っています。大々的に周知をすることはなかったのであまり知られた活動ではありませんが、保護ゴーグルのような小物から、光スペアナ、レーザーパルス評価装置、またセンター内で開発した装置などを貸し出しています。内容によっては技術的な相談やサポートも行っています。最近では、光領域やUVSOR、技術課内から依頼を受けていますが、形式張った手続きなどはありませんので、何かありましたら気軽にお声掛け下さい。

# 電子-核二重共鳴測定

藤原 基靖 機器利用技術一係

キーワード：電子スピン共鳴 核磁気共鳴 多重共鳴

## はじめに

原子は、電子と原子核から構成されます。電子スピン共鳴 (ESR : Electron Spin Resonance) は不対電子を、核磁気共鳴 (NMR : Nuclear Magnetic Resonance) は原子核を対象にした磁気共鳴法です。磁気モーメントをもつ不対電子もしくは原子核のエネルギー状態は、磁場中に置かれるとゼーマン効果によって、一定の差を持った状態に分裂、また電子と原子核の磁気モーメントが相互作用 (超微細相互作用) することで、さらに分裂します。この差に相当する電磁波を加えると共鳴吸収が起こります (図1左)。この共鳴現象を観測することで、不対電子や原子核の存在している環境を調べることができます。

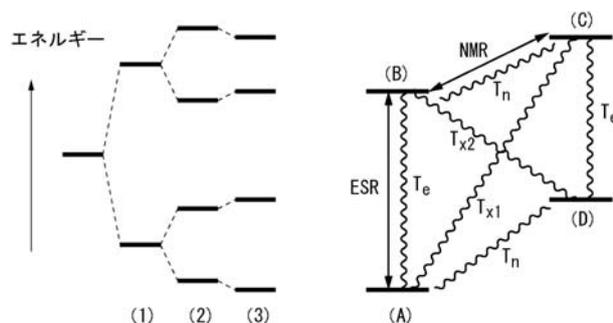


図1 エネルギー準位  
(1) 電子のゼーマン相互作用  
(2) 核のゼーマン相互作用  
(3) 超微細相互作用

## 電子-核二重共鳴

電子の磁気モーメントは、核の磁気モーメントに比べて大きいため、高感度で測定できる一方、磁氣的相互作用の及ぶ範囲も大きくなります。1つの不対電子の近くに超微細相互作用をもった核がある場合、1本のESR信号は2本に分裂し、相互作用する核が2、3、・・・、N個と増えると $2^2$ 、 $2^3$ 、・・・、 $2^N$ 本と分裂の数も増えます。そのため分子内で多くの核との相互作用を含む場合、ESR信号が複数に分裂し重なり合うことで、幅広なESR信号と

なり重要な情報が埋没してしまうことになります。しかし電子-核二重共鳴 (ENDOR : Electron-Nuclear DOuble Resonance) 測定では、1つの核に対して1対の信号しか観測されないため2N本に分裂するのみで、幅広なESR信号を高分解することができます (図2)。

ENDORの概略を図1右に示します。1つの不対電子と1つの核の場合、電子、核のゼーマン相互作用および超微細相互作用のため4つの準位にエネルギー状態が分裂します。まず、強いマイクロ波を照射すると(A)⇔(B)のESR遷移が起こりますが、準位間の電子数に差がなくなると遷移が起こらなくなります (飽和)。次に、ラジオ波を照射すると(B)⇔(C)のNMR遷移が起こります。その結果、(A)と(B)の電子数に差が生まれ飽和がとけて、ESR遷移が回復することになり、このESR遷移の回復はラジオ波の周波数の関数としてなり、(A)⇔(B)と(C)⇔(D)の1対の信号として観測することができます。

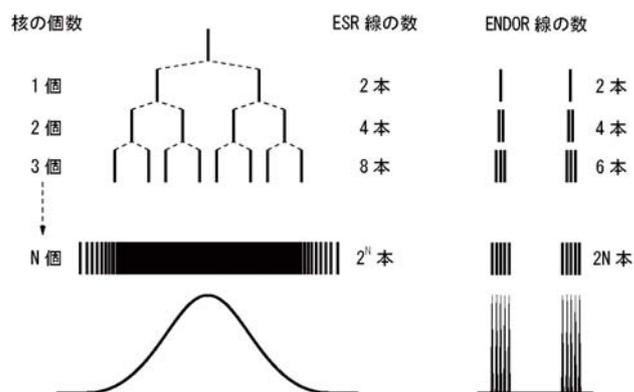


図2 ESRとENDORの共鳴線数の比較

## 装置の概要

ENDOR測定は、ラジオ波 (NMRを起こす周波数帯) 発振器およびラジオ波アンプ (発振器からの出力を増幅) を、ESR装置に追加することで可能となります。

## 測定例

PNT (Perynaphthalene) ラジカルの測定例を示します。PNTは等価なプロトンを2組持っています(サイト1とサイト2)。ESRスペクトルは、6つの等価なプロトン(サイト2)により7本のESR信号に分裂し、さらに3つの等価なサイト1)によりそれぞれが4つに分裂します(図3)。このENDOR測定を行うと、プロトンのラーモア周波数を中心に超微細構造定数  $a_1$ 、 $a_2$  だけ離れた2組の単純なスペクトルを示します(図4)。図5、6にTRIPLEスペクトルを示します。TRIPLE法は、ENDOR(マイクロ波とラジオ波を利用)に加え、さらにもう1つラジオ波を追加します。TRIPLEはspecial TRIPLEとgeneral TRIPLEに大別されます。special TRIPLEは2つのNMR遷移を同時に照射する手法で、ENDOR信号強度の拡張、核の個数を

調べるのに用いられます。general TRIPLEはENDORで測定された共鳴線の1つにラジオ波を印引した状態で、別のラジオ波を掃引する手法で、ENDOR信号の符号を決定するために用いられます。TRIPLEの結果より、強度比から核の数が1:2であること(図5)、2つの超微細相互作用定数は異符号であることが分かります。さらにEIE(ENDOR Induced EPR)測定を行うことで、ENDOR信号の帰属も可能です。

## おわりに

機器センターでは、3台のESR装置を所有しており、それぞれに特徴があります。研究内容に応じて使い分けたいだけのように今後も整備していきたいと思えます。

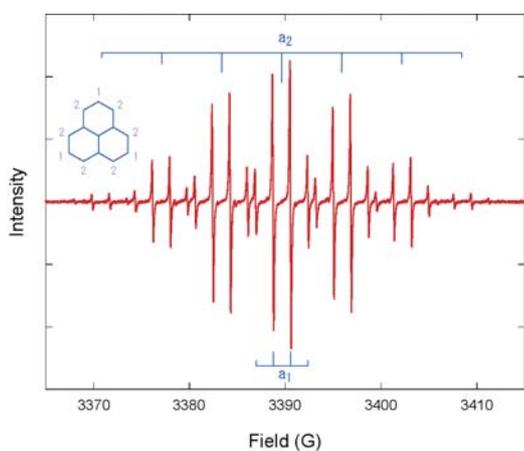


図3 ESRスペクトル

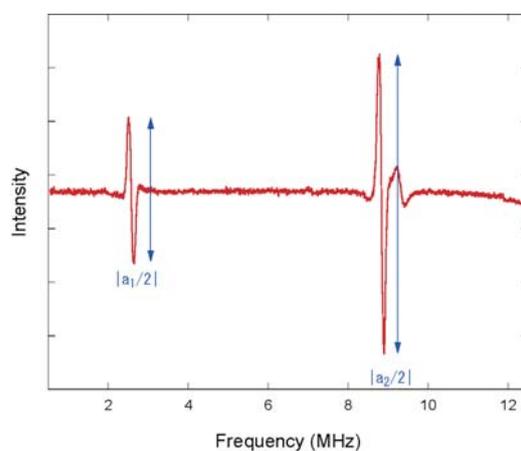


図5 special TRIPLEスペクトル

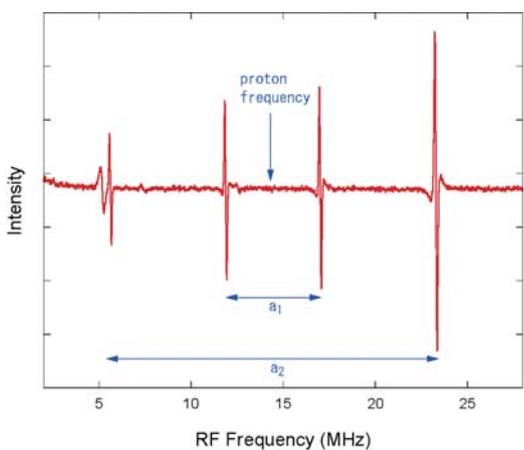


図4 ENDORスペクトル

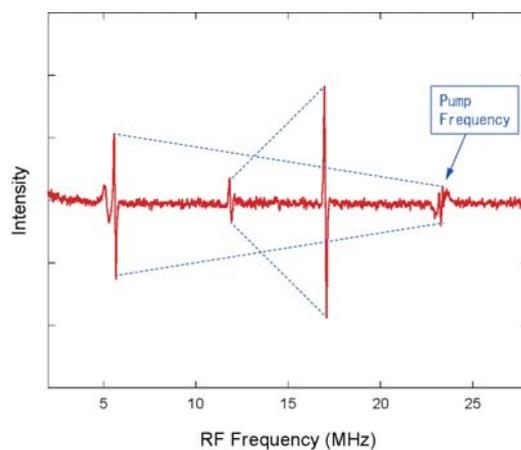


図6 general TRIPLEスペクトル

# 600MHz NMR装置 (JEOL ECA600)

中野 路子 機器利用技術二係

キーワード：NMR、スペクトル、プローブ

## はじめに

機器センターでは、分子構造解析に必須な分析装置として、核磁気共鳴装置 (NMR) を所有している。JEOLの400MHz (ECS400)、500MHz (LA500)、600MHz (ECA600)、920MHz (ECA920) の4台の装置に加え、今年度理化学研究所からBrukerのNMR装置2台 (600MHz、800MHz) が移設され、計6台を運営していくこととなった。各磁場のNMR装置をラインナップしており、溶液から固体まで多様な測定に対応できる体制となった。

今回紹介するECA600は、これまで測定対象を主に生体高分子に特化した構成で運営を行ってきたが、平成24年度末に新しいプローブが納入され、様々な合成化合物にも対応できるようになった。ECA600に納入されたRoyalデジタルプローブは、ルーチン測定に利用されているECS400のTH5ATプローブと目的は同じだが、磁場以上のメリットがある。NMR装置の概要は、Activity Report2010でECS400について紹介したため、ECA600については、新しいRoyalデジタルプローブを中心に、ECS400と比較して紹介する。

## ECA600の主な仕様と特徴

この装置は山手5号館1階に設置されている (図1)。



図1 JNM-ECA600概観

## ■主な仕様

磁場	14.1T
感度 (S/N)	Liquid : (Royal) $^1\text{H} \geq 850$ 、 $^{13}\text{C} \geq 330$ (HCNFG3) $^1\text{H} \geq 1050$ Solid : $^{13}\text{C} \geq 280$
プローブ	Liquid : Royal、 HCNFG3 Solid : 4mm-CPMAS
システム	OS : Windows7、 Software : Delta5.0.3

## ■オプション

### <デジタルAutotuningユニット>

各核種のチューニングが自動で可能なため、簡単に多核測定ができる。さらにデジタル化されてtuning値を自動的に認識できるようになったため、電源を落とす度に必要だったAutotuningのセットアップが必要なくなり、プローブ交換の際の手間もなくなった。

### <低温VTユニット>

液体窒素を利用して-100℃までの低温測定が可能である。液体窒素の入った30Lのメタルデュワとデュワアダプタを接続して、液体窒素を加熱して一定量の窒素ガスを発生させ、プローブヒータで加熱制御することによって目的の温度が得られる。ただし、30Lの容器で連続測定可能な時間は、Mレンジ (-40～50℃) で13～14時間、Lレンジ (-100～-40℃) で5～6時間が目安となる。

上記とは別に、冷凍機を用いた長時間低温測定ユニットを備えており、-30℃までであれば、時間制限なく長時間の低温測定が可能である。冷凍機 (FTS) を利用したエアーに切り替えて、プローブヒータで加熱制御する (図2)。



図2 長時間低温VTユニット

## ECA600のプロープ

ECA600では、溶液用2本、固体用1本、計3本のプロープを所有しており、目的に応じて各自で交換して使用することができる（図3）。プロープはサンプルに電磁波を与えて、サンプルからの弱い信号を検出する最も重要な役割を持つ。プロープによって、測定できる核種や測定感度は大きく左右される。今回新しく追加されたのが、Royalデジタルプロープであり、このプロープをデフォルトとして装着している。



図3 ECA600のプロープ（左から、Royalデジタル、HCNFG3、4mm-CPMAS）

### ・Royalデジタルプロープの特徴

$^1\text{H}/^{19}\text{F}$ および $^{15}\text{N}$ (60MHz)～ $^{31}\text{P}$ (243MHz)の多核測定ができる、最も一般的なプロープである。ECS400やLA500で標準装備している多核測定可能なTH5ATプロープは、多核測定を可能にするために、感度の良い $^1\text{H}$ を犠牲にしていた。しかし、このRoyalプロープは $^1\text{H}$ と多核の観測感度を同時に保持し、1本のプロープで多核測定も、 $^1\text{H}$ 観測の2次元測定（特に感度の悪いNOESYや、HSQCのような異種核相関測定）も感度よく測定できる

ようになった。可能な温度範囲も $-100^\circ\text{C}\sim 150^\circ\text{C}$ と広く、Autotuningにも対応している。

### ・HCNFG3プロープの特徴

タンパク質などの生体高分子に特化したプロープで、 $^1\text{H}$ - $^{13}\text{C}$ - $^{15}\text{N}$ の溶液3重共鳴測定ができる点が最大の特徴である。 $^1\text{H}$ の感度はRoyalプロープの1.2倍よく、安定同位体ラベルした生体分子の2D測定や3D測定に最適化されている。測定温度範囲は $-20^\circ\text{C}\sim 80^\circ\text{C}$ と少し狭い。

### ・4mm-CPMASプロープの特徴

固体試料の様々な多核測定ができる、最も標準的なプロープである。4mmサンプルチューブを使用し、6kHz～18kHzで高速回転して測定することができる。回転速度は付属のMASコントローラーで自動制御できる。室温～ $80^\circ\text{C}$ で温度可変測定が可能である。

## Royalプロープでの測定例

ECS400とECA600は同等の分光器とソフトウェアを備えているため、同じ測定をした場合、スペクトルの違いは、磁場の大きさの違いとプロープ性能の違いの2つを反映している。そこで、ECA600のRoyalプロープを使用した場合と、ECS400のTH5ATプロープを使用した場合を、実際のスペクトルで比較した。仕様値では $^{13}\text{C}$ で1.5倍、 $^1\text{H}$ で3倍もの感度が期待できる。 $^{13}\text{C}$ の感度上昇は磁場の大きさで期待できる感度上昇だが、 $^1\text{H}$ でその倍の感度を実現している。

標準サンプル（2% AGE/CDC13）で $^1\text{H}$ の1Dを測定してみると、あまり大きな差はないように思える（図4）。これは標準サンプルが十分に濃度の濃いサンプルであり、 $^1\text{H}$ の1D測定はNMR測定の中で最も感度の良い測定だからである。このような場合は、感度上昇にメリットを感じないことを意味している。しかし、信号を拡大してみると、ECA600のほうが1本1本の信号の線幅がシャープになり分離がよくなっていることがわかる。分解能の上昇は磁場による最大のメリットである。

次に、タンパク質の標準サンプル（1mM  $^{13}\text{C}/^{15}\text{N}$ -Ubiquitin/10%  $\text{D}_2\text{O}$ ）の測定例を示した（図5）。 $^{13}\text{C}$ -HSQC測定は $^1\text{H}$ と $^{13}\text{C}$ の相関を $^1\text{H}$ 観測で得られる測定手法であり、タンパク質だけでなく合成化合物でもよく測定される。タンパク質としては十分に濃い濃度ではあるが、それでもECS400での測定では感度・分解能ともに不十分であることがわかる。感度の低い測定方法になるほど、感度上昇に大きな意味がある。濃度の薄いサンプルや感度の低い測定にとって、3倍の感度上昇は一晩かかっ

ていた測定が1、2時間で可能になるほどのNMR測定としては劇的なことである。

濃度が薄いサンプルしか準備できない場合や、感度の低い測定を行う場合、小さな信号を観測したい場合など、ECS400で十分なスペクトルが得られなかった場合にECS600で測定してみる価値がある。

## 最後に

NMR装置は基本的には、磁場が大きいほど感度と分解能が向上する。しかしどのようなスペクトルが得られるかは、磁場だけではなく、分光器やプローブの性能にも大きく依存する。今回は1例として、ECS400とECS600の溶液プローブについて比較した例を示したが、それぞれの装置とプローブの特徴を知っていただいて、サンプルにとって最適な装置とプローブをご利用いただければと思う。

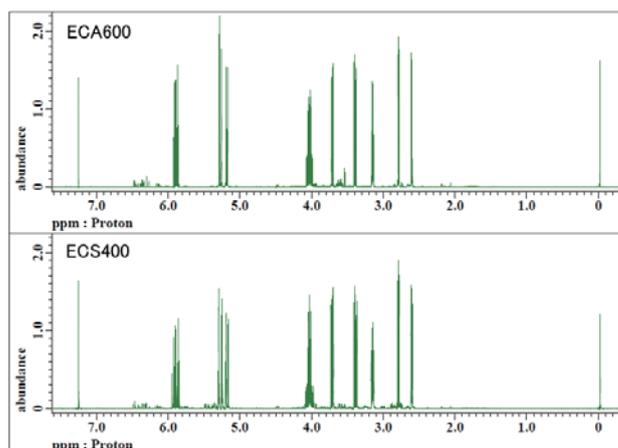


図4  $^1\text{H}$  1Dスペクトル (ポイント: 64k、積算: 1回、測定時間: 1分)

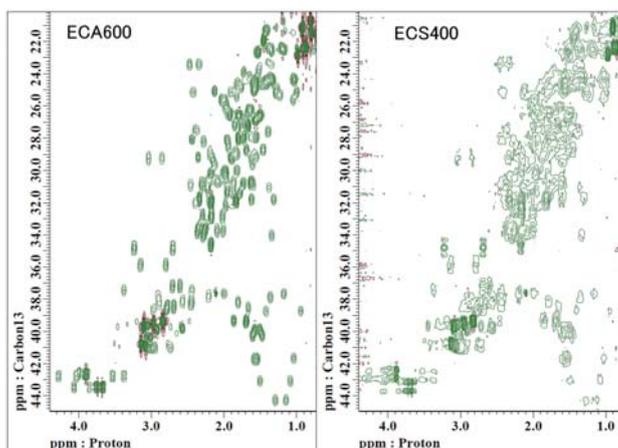


図5  $^{13}\text{C}$ -HSQCスペクトル (ポイント: 1024×256、積算: 8回、測定時間: 2時間)

## コラム 高分解能透過電子顕微鏡を担当

機器利用技術二係 上田 正

本年度より、高分解能透過電子顕微鏡 (TEM) を担当することになりました。知識も経験もない全くの素人の私が急遽、昨年度末2週間ほどで引継ぎました。当初は分からないことばかりで恥ずかしい思いをすることもしばしば。試しにと、サンプルを持ってきてご教授下さる先生もみえ、大変有難く思っています。始めたばかりの時、「この画像では20点だね」との評価も。しばらくして「これなら95点だよ」と合格点を頂いた時は、少し自信を持ってました。そんな6月のある朝、TEMがダウン。「じゃじゃじゃ!!」。メーカーに何十回も電話しました。専門用語は勿論のこと、モニタ表示の意味、プレーカーやスイッチ類の名称・場所さえも分からず非常に困りました。恥を忍んで色々聞きまくり、復旧に必死であったことを思い出します。(電話対応して頂いた業者の方が困っていたと思いますが……)。もうすぐ1年、最近では「きれいな画像だ」とおっしゃって頂けることもあり、モチベーションも上がります。

新しいことを始めると思うように進まず大変なことも多いですが、その分発見や問題を乗り越えた時、高評価を頂いた時の感動も大きくやり甲斐も生まれます。依頼測定という利用形態のため、得られる画像は担当者である私の腕次第です。業者の方が、「ここは駅が近いですから……」。ちっ近い? この距離で電車がTEMに影響するとは驚きでした。そんな高分解能のTEM、まだまだ勉強不足で十分に使いこなせておりませんが、よい画像が撮れるよう努めて参ります。どうぞご利用ください。

## コラム SQL : 文字列の集約関数

機器利用技術二係 岡野 芳則

常々、SQLの集約関数で、単純に対象文字列を連結してくれる関数がないかと思っていたが、PostgreSQLのver9.0よりこのような集約関数ができる様になっているようである。集約関数とは複数の対象データから平均値や最大値を取得する機能で、テーブルのデータ数を見る時に

```
select count(*) from テーブル名
```

とやる「count()」も集約関数の一つである。1つの設備に紐づいた複数の予約データから予約日の最大値を取ればその装置の最新の利用日となるし、累積の利用件数を出したりもする。これと同じ感覚で装置の管理者（複数名）を1行で取得出来ないか、という事を考えているわけである。

集約関数 : string\_agg(expression, delimiter)

というものがあり、expressionにフィールド名、delimiterにカンマ等の区切文字を指定してやれば

```
設備名      設備管理者  
500MHz-NMR  岡崎明, 西郷光也
```

という風に1行で出力が得られるようである。

このような機能を使わない場合、普通にSQL文を書くと

```
設備名      設備管理者  
500MHz-NMR  岡崎明  
500MHz-NMR  西郷光也
```

と、複数行のデータが出力され、表示前のデータ加工が必要になる。あるいは1つの設備毎に設備管理者を取得するSQL文を発行してもよいが煩雑である。

調べてみた所、現在稼働中のDBはこの機能をサポートしていないようである。何かの折にバージョンアップして使える環境が整えられればと思う。

## コラム 寒剤関係のパソコンの更新

機器利用技術二係 水川 哲徳

山手地区液体ヘリウム供給システムは2004年より稼働している。このシステムには4台のパソコン（液化機制御及び監視用2台、液体窒素供給管理用1台そして液体ヘリウム供給管理用1台）と1台のサーバーが含まれている。外部にネットで接続されているのはサーバーのみである。パソコンのOSはWindows2000及びXPである。これらのパソコンの内2台が秋から冬にかけて相次いで故障した。そこで、この機会にOSを更新することを試みた。液化機用のパソコンは幸いなことにWin7でも8でも問題なく作動することがわかった。しかし、液体窒素用のパソコンはWin7(XPモードでも)では誤作動することが判明した。一方、類似のソフトウェアの載っている液体ヘリウム供給管理用パソコンはWin7でも大丈夫であった。

現在の構成は液化機制御及び監視用にWin7が2台、液体窒素用XP、液体ヘリウム供給管理用XPである。XPのパソコンは予備機があるので液体窒素用には当面XPを運用していく予定である。

# 所内ネットワーク関連の業務に移り変わってから

長屋 貴量 計算科学技術一係

キーワード：参加登録サイト、Drupal、ネットワーク

昨年5月より、この所内のネットワーク全般について面倒を見るようになった。この間に、気づいたことや主だったことについて2つ述べる。

## Webページ～参加登録サイトの設置手伝い

今年度現在の仕事に就いて以降、時々問い合わせがあったのが、何らかのイベントの参加登録ページの設置依頼である。

研究所で定期に開催している、分子研フォーラムのような通常のイベントの告知ページの作成は広報室の管轄であり、広報室の技量で充分作成である。しかしイベントの参加登録フォームのリクエストがあった場合、cgiスクリプトなどを設置してファイルをアップロードできる環境を整備する、というのは広報室の技量をやや超えるレベルであったようで、広報室は所外にCakePHPの参加登録サイトを構築・運用されていた。また、参加者に要項などファイルの提出を求める場合には、別途ファイル送付先メールアドレスにファイルを送信して頂く場合もあった。

参加登録フォームは、技術的には研究所の公式Webサーバー上で作成することが可能であるが、参加登録を受け付けるプログラムないしスクリプトを設置する手間があった。また要旨ファイルを参加者から提出していただく際に、ウィルス付ファイルをアップロードされて、公式Webサイト上にてウィルス配布できてしまう事を恐れたため、所外に構築したサイトにて受け付けるようになったと思われる。

そのため、参加登録を受け付けたいイベントの場合、

- ・この広報室の所外の参加登録サイトを用いる
- ・別の部門にて構築されていた参加登録サイトに相乗りし借用させてもらう
- ・自前でWebサーバーを構築し、以前に別機関にて構築された参加登録サイトのプログラムを転用する等々、対応がばらばらであった。

そのため今回、コンテンツ・マネージメント・システム

(CMS) の1つであり、当技術課サイトでも利用しているDrupalのバージョン7 (Drupal7) とそのモジュール(拡張プラグイン) であるWebform モジュールを活用し、所内の仮想マシン上のWebサーバーにて参加登録フォームサイトを構築した。

Drupalは一旦セットアップすれば、デフォルトで最低限のWebサイト構築ができるようになっており、またWebformモジュールも導入しているために参加登録フォームが構築できるようになっている(図1)。また、参加登録フォームで尋ねる内容は図2のように管理者が好きなように修正・設定でき、参加登録者の一覧入手も図3のように容易に入手することができる。

The image shows a web browser window displaying the registration page for registration.ims.ac.jp. The page has a blue header with navigation links: Home, Registration, Programs, and Registration Page. The main content area is titled '登録ページ' (Registration Page) and contains a form with several sections:
 

- 個人情報 (Personal Information):** Fields for Name (姓), First Name (フリガナ), Gender (性別), and Email (Eメール).
- 所属 (Affiliation):** Fields for Institution Name (機関名), Department Name (部署名), Postal Code (郵便番号), Address (住所), and Phone Number (電話番号).
- 発表の旨 (Statement of Intent):** A text area for the presentation topic and a checkbox for '発表者' (Presenter).

 On the right side, there is a sidebar for 'ユーザーログイン' (User Login) with fields for Username (ユーザー名) and Password (パスワード), and a 'ログイン' (Login) button. A '送信' (Submit) button is located at the bottom of the form.

図1



図2



図3

このため、参加登録フォームのみならず通常のイベント告知ページも、イベントのWeb担当者、つまり管理者が好きなように作成できるようになった。また何らかの機能追加、例えばサイトのデザインをデフォルトのものではなく別のものに変更しようと望めば、目的に合ったテーマファイルやモジュールを検索し、Web管理画面からアップロードし有効にすることで、望みの機能の追加が簡単にできるようになっている。

つまり、広報室に様々な要望を依頼して実現してもらうのではなく、管理者が自分の都合の良い時に都合のようにサイトないし参加登録フォームを作成できるようになった。

このようにして作成したWebサイトは、現在9サイトを数えるに至っている。この分だけ、広報室の肩の荷を軽減できたと考えている。

なお、今後の検討課題として、ユーザーインターフェイスが付け加わったため操作・用語に少し慣れる必要がある点がある。また、Drupalのモジュールは非常に数多く、Drupal7向けには現在8,500モジュールほど登録されている一方、日本語の解説ページは極めて少なく、管理者が望む機能は何のモジュールを導入すればよいかわかりにくい点が挙げられる。この点は、Drupalに慣れ親しんでいる私が代わりに調査・助言することで対応している。今のところ、こちらの想定内の質問・リクエストばかりであるため要望に応じる事が可能であり、一安心している。

## サーバーマシンの引っ越し

次いで、業務として強く記憶に残っているのが、サーバーマシンの引っ越しである。

これは、サーバーマシン筐体を違う場所へ移す、という事ではなく、サーバーが故障したためサービスを新マシンに乗せ換えたり、あるいは実マシンをイメージ化(仮想化)して別のマシン上で動作を開始させたりすることを意味している。

1つの例としては、当センターの全ユーザーに対してメールを送信するために用いているメーリングリストサーバーにて、HDDが不調になり起動が最後まで進まなくなったことである。この時は、マシンのイメージ化を行いセンター運用のクラスターサーバーにて稼働させることを少し検討したが、マシン自体が9年前のものでありOSもサポートが切れかかっていたものであった。そのため、古いマシンをコンバートするのではなく、新しく仮想マシンを構築し、最新のOSで基幹システムをリニューアルする方を選択した。新しい基幹を構築できた後に、故障したマシンの設定ファイル及び必要なプログラム・データをコピーして、新しいマシン上でかつての設定が問題なく反映されていることを確認した。この状態で一週間ほど稼働させ、ひどいエラーが発生しなかったことを確認後、古いマシンと置き換えた。

置き換える際には、ネットワークの設定、特に名前⇄IPアドレスのところに注意したが、大きな問題は発生せずに移行は成功し、一安心できた。

なお、全く別のマシンでネットワーク設定を変更した際に、名前⇄IPアドレスの解決部分の設定手順のミスで、二日間ほどそのマシンへの所外からのアクセスが不調になってしまった、ということがあった。ネットワーク管理で操作ミスをするるとどのような影響が表れるか、思い知る出来事であった。

以上、この業務に就いてから有った、印象深い出来事について二三振り返ってみたが、ネットワークは所員のインフラの一部であり、その業務の幅広さに驚嘆することがある一方、こちらにお寄せ頂く質問の内容がさまざまであり、どのように返事すると質問者は納得されやすいか考えさせられることもあった。また、ネットワークの設定不備でユーザーにご迷惑をお掛けすることもあり、自分の未熟さを思い知らされると共に、ネットワークの深淵をうかがい知ることができた1年であった。

# 環境データの見える化

松尾 純一 計算科学技術二係

キーワード：環境データ、ネットワーク、グラフ化

エネルギー問題が叫ばれ一層の節電やピークカットが求められる昨今、実際に節電対策等を行う前には、まず現状がどの程度で対策後はどう変わったかを把握できるように“環境データの見える化”を行っておく必要があるかと思えます。今回、私が所属する計算科学研究センターにおいても“環境データをネットワーク経由で収集しグラフ化、WEBから常に現状が把握できるように”という方針の下構築を行いましたのでその方法等をご紹介します。

まずは温度と湿度の測定についてですが、市販されているネットワーク対応の温湿度計というものは意外に少なく、一般的に高価なようです。RaspberryPi等のワンボードマイコンを使って自作すればネットワーク対応の温度センサのようなものは1万円もかからずに自作できるのでしょうが、時間と信頼性の問題により安価な部類の市販品を購入することにしました。

採用したのは、T&D社の「おんどとり」TR-71W、TR-72W、TR-702NWです（図1）。

これらは他の端末からWEBアクセスすることで現在の温度、湿度を見ることが出来るという製品です。これらのデータをサーバに収集するためにはWEBページを解読して温度、湿度データとして取り出す必要が有りますので、スクリプトを作成しました。TR-71W、TR-72Wは温度や湿度がテキストデータとして存在するのでその部分を切



図1

り出すだけでよかったのですが、TR-702NWではデータファイルがBASE64エンコードされておりデコードと多少の数値変換が必要でした。

TR-7\*Wのデータファイル (<http://おんどとりのIP/B/crrntdata/cdata.txt>)

```
MachineCode=1
Name=----
Time=2014/02/17 10:44'30
Unit=0
cTemperature1=19.0
cTemperature2=22.4
wState=0
```

TR-702NWのデータファイル (<http://おんどとりのIP/current.inc>)

```
{
'C02': '1392634146',
'D20': 'AAAAAAAAkmoBU5JqAVMi6QFTDQAA
AAAAAAAZBQDwnGr3UtAAAAAAAAAAkQA8
Jxq91JkMDwA',
'D21': 'AQAAADwACgAQDjU4NzQwMzZD',
'C03': '1392634146'
}
```

TR-702NWの変換スクリプト(perl)

```
$target = D20のデータ部;
$decode_data = decode_base64($target);
$buf = unpack("H*", $decode_data);
```

```
@hex_buf = $buf =~ /.{2}/g; # 2文字ずつに分割
$temp = hex($hex_buf[27].$hex_buf[26]);
$humidity = hex($hex_buf[43].$hex_buf[42]);
$temp = ($temp-1000)/10;
$humidity = ($humidity-1000)/10;
```

次に消費電力の測定を紹介します。大電力に対応しネットワークにも繋がる電力計となるとビル管理システムの中の1つのような扱いで、単独で使用出来なかつたり高価だつたりというものになってしまうようです。しかし、昨今のこういう状況を受けて東大グリーンICTプロジェクトが発足し、オープンな次世代ビル管理システム用プロトコル“IEEE1888”が策定されました。この規格に対応していればセンサや管理サーバ等が限定されるということが無くなり、価格競争により機器価格が抑えられるようになるだろうとのことなのですが、今回の用途ではプロトコルがオープンに公開されているという点を活用し、センサ部分だけそれを使わせて貰いました。まだまだこの規格に対応した製品は多くありませんが、今回はフタバ企画社の「IEEE1888エネルギー診断メータ」を購入しました（図2）。



図2

これは一定時間毎にサーバに測定データをIEEE1888プロトコルでWRITE（送信）する機械ですので、サーバ側に受信プログラムを作成し待ち受けさせています。IEEE1888通信における受信は一般的なTCPパケットの受信プログラムで良く、XML形式のテキストデータが得られますので受け取ったら応答メッセージとしてHTTPサーバを模擬し下記のようなデータを返しておけば良いです。

「IEEE1888エネルギー診断メータ」への応答データ例

```
HTTP/1.1 200 OK
Date: Fri, 31 Jan 2014 02:24:00 GMT
```

```
Content-Type: text/xml;charset=UTF-8
Vary: Accept-Encoding
Transfer-Encoding: chunked
```

53

```
<transport xmlns="http://gutp.jp/
fiap/2009/11/"><header><OK /></header></
transport>
```

0

「IEEE1888エネルギー診断メータ」からの受信データ例

```
POST /axis2/services/FIAPStorage
HTTP/1.1 Content-Type: text/xml charset=UTF-8
User-Agent: FIAPUploadAgent (Arduino HCU)
Host: 192.168.0.101
SOAPAction: "http://soap.fiap.org/data"
Content-Length: 1181
```

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<soapenv:Envelope xmlns:soapenv="http://
schemas.xmlsoap.org/soap/envelope/">
<soapenv:Body>
<ns2:dataRQ xmlns:ns2="http://soap.fiap.org/">
<transport xmlns="http://gutp.jp/
fiap/2009/11/">
<body>
<pointSet id="http://192.168.0.101/">
<point id="http://192.168.0.101/VA0">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
<point id="http://192.168.0.101/VA1">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
<point id="http://192.168.0.101/VA2">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
<point id="http://192.168.0.101/VA3">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
```

```

<point id="http://192.168.0.101/VA4">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
<point id="http://192.168.0.101/VAS0">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
<point id="http://192.168.0.101/VAS1">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
<point id="http://192.168.0.101/VAT">
<value time="2014-02-03T15:52:00+09:00">
0</value>
</point>
</pointSet>
</body>
</transport>
</ns2:dataRQ>
</soapenv:Body>
</soapenv:Envelope>

```

るのですが、今回温度や湿度と言ったそれ以外のデータを大量に扱った所データの取りこぼし等が発生したため、収集スクリプトを使っているものに関してはCactiを経由せず直接RRDToolにデータを渡すようにしました。また、定期的にグラフを作成しWEBページ化するという機能はCactiが既に持っていますが、1画面に収まるようにするためRRDToolコマンドを使って複数のデータを重ね合わせたグラフを生成させるスクリプトを作成し、図3のようなWEB画面を構築しています。

また、今まで説明してきたWEB化とは異なりますが、サーモグラフィカメラも導入しています。広い部屋の中で数点だけの温度計測データからはなかなか見えてこない熱が集中している場所等をサーモグラフィ映像より確認し分散するように空調を調整したりすることに使用しています。

参考までに図4のサーモグラフィを示します。これからは熱が発生しているラックの位置と、奥の電源盤からも熱が出ていることなどが分かります。サーモカメラは日本アビオニクス社の“G120EX”を使っています。

これらの”環境データの見える化”により、計算科学研究センターでは2013年度夏に20%の電力ピークカットを成功させ、その後の節電対策も進んできています。

今回、収集したデータの保管とグラフ化WEB化を行うサーバ部分には次世代MRTGとも言われるCacti + RRDToolを使って構築しました。RRDとはRound Robin Databaseの略で、エンドレスカセットテープのように任意の時間分のデータベースを作成しそこに書き込み続けそれが一杯になると一番古いデータから新しいデータに自動的に上書きされるという特殊なデータベースのことです。そのデータベースを作成、管理すると共にデータベースの情報よりグラフの生成までを行うことが出来るソフトウェアがRRDToolで、それをバックエンドで使う事を前提として作られたフロントエンドがCacti(カクタイ)というソフトです。このソフトはSNMPを使ってデータを収集することを基本としており、SNMPから得られるデータであればとても簡単に設定からグラフ生成まで行え



図3

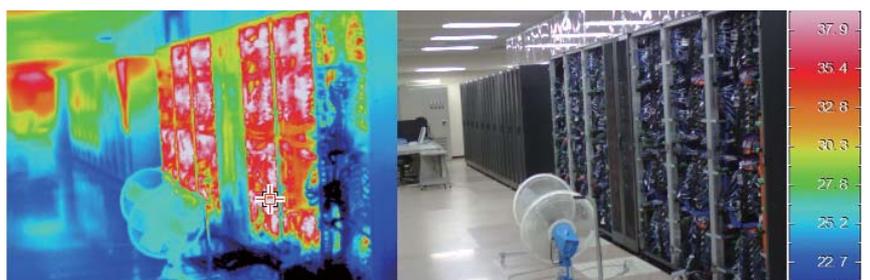


図4

## コラム パスワード認証から公開鍵認証への移行

計算科学技術二係 岩橋 建輔

2014年4月からsshによる計算科学研究センターの計算機システムへの接続方式が公開鍵認証のみとなり、これまでのパスワード認証は使えなくなりました。この変更は2013年に日本のコンピューターセンターが不正アクセスされたことに関連し、公開sshサーバーの認証方式を公開鍵認証のみにするという岡崎3機関の機関CIOの通達を受けてのものです。

公開鍵認証は、端末となるパソコンで作成された公開鍵と秘密鍵の対のうち、公開鍵をサーバー上の指定された場所に配置することで、端末の秘密鍵とサーバー上の公開鍵が対となっているかを認証できるようにするものです。

公開鍵認証さえ行えば、本当に安全なのでしょうか。答えは安全ではありません。最近の傾向では、パソコンのセキュリティが守られていないことが不正アクセスを引き起こしています。パソコンがウイルスに感染した場合、キーロガーが仕掛けられたり、簡単な暗号化しかされていないパスワードなどが抜き取られたりする場合があります。その後、盗まれた正しいパスワードが使われて、サーバーは不正アクセスされます。公開鍵の対となる秘密鍵の管理やパソコンのセキュリティ管理などは、ユーザーへの「お願い」事項であり、サーバー管理者は担保することができません。管理者側でも可用性を保ちながら安全を高める方法を引き続き検討していきますが、皆様の端末のセキュリティの向上を改めてお願いします。

## コラム PGPでメールの暗号化

計算科学技術三係 内藤 茂樹

電子メールは基本的に平文で送られる。これは葉書と同じで、第三者に内容を読まれる可能性がある。読まれなくするには封書にすれば良く、電子メールだと暗号化になる。その電子メールの暗号化に使われる方式としてPGPがある。もしメールクライアントとしてThunderbirdを使っていたら、拡張機能としてEnigmailを利用することをお勧めする。あとはGnuPGがあれば、電子メールの暗号化と電子署名ができる。Thunderbird、Enigmail及びGnuPGはフリーで使用できる。PGPは公開鍵暗号方式で、公開鍵で暗号化し秘密鍵で復号化する。したがって、電子メールを暗号化して送るには、送信先の方の公開鍵を入手しておく必要がある。また暗号化した電子メールを受け取りたい場合には、送信元の方に自身の公開鍵を予め渡しておく必要がある。勿論、相手もPGP(OpenPGP)が使えなければならない。自分自身の秘密鍵、公開鍵と他人の公開鍵は、Thunderbird上のEnigmailで一括管理可能である。

電子メールの暗号化の使い方として、他人に知られたくない情報、例えばパスワード等を、自分自身への暗号化メールとして送ることもできる。情報は暗号化されて他者には読めず、しかもその情報が必要になったら受信しておいた暗号化メールを読むだけである。Enigmailは操作も簡単且つフリーなので、是非お勧めしたい。

キーワード：メール 暗号化 セキュリティ

## コラム そのチェック、そのままで大丈夫ですか？～フリーソフトをインストールする際にはご注意を～

計算科学技術三係 澤 昌孝

昨年末、日本語変換ソフト「Baidu IME」が利用者に無断で入力した文字情報を外部送信していたというニュースは記憶に新しいと思います。岡崎3機関でも外部通信していた端末の記録が発見されたため、各部署管理者を通じて調査したところ、確かにBaidu IMEがインストールされていましたが、端末のユーザは入れた覚えがない。では、Baidu IMEはウイルス感染などで勝手入ってきたのでしょうか？

実はそうではなく、他のフリーソフトに抱き合わせで入っており、他のフリーソフトをインストールする際に、「Baidu IMEをインストールする」のチェックが入った状態になっていたのが真相のようです。Adobe ReaderやオラクルJavaなどの有名なフリーソフトでも、Google ChromeやMcAfee Security Scan Plusなどの抱き合わせソフトのインストールのチェックが標準で有効になっています。フリーソフトをインストールする際は、少なくとも始めからチェックが有効になっている項目は内容を理解してから「次へ」を押すようにすれば、不要な抱き合わせソフトのインストールはある程度は回避できますが、見つけにくい箇所に抱き合わせソフトのチェックがある場合もあります。

念のため、フリーソフトをインストールした後は、「プログラムのアンインストールと変更」で現在インストールされているソフトを確認した方が良いでしょう。

---

## 分子科学研究所技術課 Activity Report 2013

---

発行年月 平成26年5月  
発行 大学共同利用機関法人 自然科学研究機構  
分子科学研究所 技術課  
〒444-8585  
愛知県岡崎市明大寺町字西郷中38  
デザイン 原 田 美 幸  
印刷 株式会社コムラ

---

本誌記載記事の無断転載を禁じます



大学共同利用機関法人 自然科学研究機構

分子科学研究所 技術課 **Activity Report 2013**

〒444-8585 愛知県岡崎市明大寺町字西郷中 38 番地 <http://www.tech.ims.ac.jp/>