

機器開発

電子機器・  
ガラス機器

光

機器利用

計算科学

低温

学術支援

分子科学研究所 技術課

# Activity Report 2010

# CONTENTS

|           |   |
|-----------|---|
| 巻頭言 ..... | 1 |
|-----------|---|

## 2010 年度ハイライト

|                  |    |
|------------------|----|
| 機器開発 .....       | 2  |
| 電子機器・ガラス機器 ..... | 4  |
| 光 .....          | 6  |
| 機器利用 .....       | 8  |
| 計算科学 .....       | 10 |
| 低温 .....         | 12 |
| 学術支援 .....       | 13 |

|               |    |
|---------------|----|
| 技術課活動報告 ..... | 14 |
|---------------|----|

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 技術レポート・<br>技術課活動レポート ..... | 17 |
|----------------------------|----|

|            |    |
|------------|----|
| 編集後記 ..... | 67 |
|------------|----|



### 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 38 名(平成 23 年 4 月時点)

機器開発技術班

電子機器・ガラス機器技術班

光技術班

機器利用技術班

計算科学技術班

低温技術班

学術支援班



# 技術職員との四半世紀

加藤 政博

かとう まさひろ

〔分子科学研究所 教授・極端紫外光研究施設長・装置開発室長〕

このたびの東日本大震災で被災された多くの方々に心よりお見舞い申し上げます。分子科学研究所は幸い直接の被害はありませんでしたが、東海地方の原子力発電所が政府の要請で停止する事態となり、電力供給に不安が出てきました。また、この地域では近い将来の大規模地震の発生も予想されております。今回の未曾有の事態を教訓に、我々の研究活動も、幅広い観点から見直していくべきときに来ているのかもしれません。

さて、私は2010年6月より極端紫外光研究施設長、また、2011年4月より装置開発室長を併任することになりました。分子科学研究所は世代交代の時期を迎え、比較的短い期間に何人もの教授の先生方が退職されることになりました。その結果、私のような未熟者まで駆り出されて、管理職を務めております。上記の2つの施設合わせて17名の技術職員の方々と一緒に仕事をする事になりました。分子研全体で38名の技術職員がおられるとのことですので、その半数弱ということになります。

私は、学生時代は宇宙科学研究所でお世話になり、高エネルギー物理学研究所に職を得て14年を過ごした後、今から約10年前に分子科学研究所の極端紫外光研究施設(UVSOR)に参りました。いずれも大型の研究設備を有する全国共同利用機関であり、通常の大学の研究室とは大きく異なる雰囲気のある場所です。これらの研究施設に共通するのが、職員のおよそ半分が技術職員であるということです。大型装置の運転維持管理や大規模な実験の遂行は研究者や学生だけでは不可能で、高度な技術や長年の経験を有する技術職員は必須の存在です。私は、そういった技術職員の方々に助けをいただきつつ、教えていただきつつ、また、ご迷惑をおかけしつつ、四半世紀を過ごしてきたことになりました。

技術職員に囲まれて長年過ごしてわかったことの一つは、技術職員というのは極めてスペクトルが広い、ということです。学歴一つとっても、高卒、大卒、さらには修士号や博士号を持っている方もおられます。持っている技能・技術の種類や水準も様々ですし、仕事に対する考え方も本

当に様々です。こういった人たちを束ねて、適材適所で活用していかなければいけない技術課長はさぞかしご苦労が多いことと思います。これに比べると教員・研究員というのは、個性的な人は確かに多いですが、仕事に対する考え方は遥かに画一的だと思います。

大型施設、大規模プロジェクトでは、否応なしにチームの一員として所定の役割を果たすことを求められます。チームの規模が大きければ大きいほど、求められる役割も多種多様となり、自分の特長が活かせる役割を見つけることも比較的容易です。大きな装置を稼働させたり、大きな研究プロジェクトを成功させたりと、目標もはっきりしており、自分の仕事の意義について悩むことも少ないと思います。分子科学研究所でも、UVSOR施設はそのような一面があると思います。一方、装置開発室では、ひと月ほど皆さんの仕事を眺めた程度ですが、単独で仕事をしていることが多いようです。おそらく分子研のその他の部署の技術職員もチームを組んで仕事をする機会は少ないのではないのでしょうか。こういった方々が、業務の遂行や技術力向上に対する意欲をどのようにして維持しているのか、大変に興味のあるところです。

毎年発行されるこの「鼎」は、技術課の活動を所内外の人たちに知ってもらうための報告集だと思いますが、技術職員の皆さんにとっても、報告を執筆することを通じて、1年間の自分の仕事を振り返り、自分自身の技術を今後どのように磨いていくのかを考えるよい機会になっているのではないかと思います。これまで以上に多くの技術職員と一緒に仕事をさせていただくことになりましたので、私もじっくりと読ませていただこうと思っております。

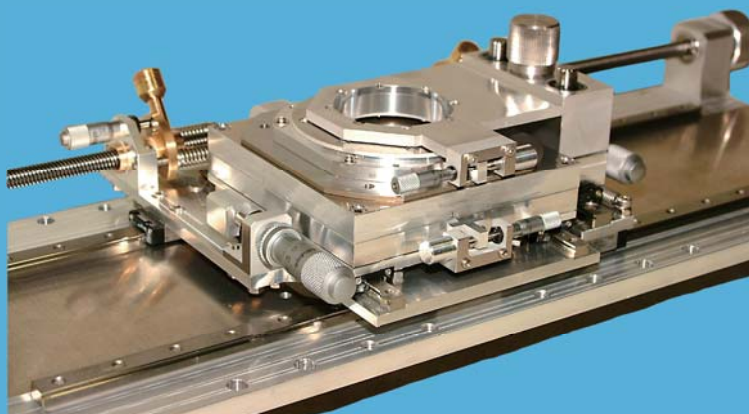
技術職員はどうあるべきか、いろいろな考え方があると思いますが、私自身は、この人はこれをやらせるとすごい、こういった仕事はこの人に任せておけば大丈夫、と言われるように、しっかりした技術・技能を何か一つ身につけているといいな、と思っています。何か一つ土台になる技術をしっかりと身につけて、それをとことん深めると、意外な広がりを持つようになるんじゃないかと思います。

2010年度ハイライト

# 機器開発 技術班

担当施設：装置開発室

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



機器開発技術班は、分子研の研究施設である装置開発室において機械工作・設計技術を基盤とし、「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」および「実験研究に必要な機器の設計・製作への迅速な対応」を主業務とし、5名の技術職員と2名の技術支援員により研究支援を行っています。平成22年度に所内研究者から持ち込まれた工作依頼は330件でした。この内、7割程度は機械設計を必要としない早急な対応が求められる部品製作や既存部品の修正加工です。2割程度は研究者との詳細な打ち合わせを何回も行い、我々が設計および製作を行っていくものです。残りの1割程度は研究者と一緒に比較的長期にわたって研究開発を行うものです。工作依頼リストと代表的な製作例については、装置開発室 Annual Report 2010 (<http://edcweb.ims.ac.jp/event.html>) を参照して下さい。

## 卓越した技能による迅速な対応

研究者が効率的に研究を推進するために、研究現場からの多様な製作依頼に対して、迅速に要求される機器を具現化することが重要であると考えています。そこには、多様な基盤となる知識と優れた技能を持つテクノロジストの存在が重要であるとともに、常に腕を磨き続けることにより迅速な工作支援が可能となっています。



超高真空用スリット機構

分子研内放射光施設（UVSOR）創設以来、何台もの分光器を手がける中、今回製作した放射光用スリットは、機械式スリットとして、最も小型なものとなりました。

技術レポート P.18

## 先進的な技術による支援

先端的な研究に必要なデバイスや実験機器の開発要求に応えるため、日進月歩の成長を遂げる最先端の加工技術を取り入れて対応することを心がけています。そのために外部からのいろいろな刺激や情報を取り入れることを積極的に行っており、他の研究機関や企業との超精密加工に関する共同開発研究を実施しています。また、装置開発室独自で机上測定可能な小型精密フライスを開発し、微細形状加工を試みています。さらに、バイオセンサー用基板の作製においてはナノインプリント、フォトリソグラフィ、X線リソグラフィなどの微細加工技術にも挑戦しています。その他にも、非球面・非対称マジックミラーの製作要求に応えるべく、レーザープローブ式非接触3次元測定機を使用して、加工誤差量の測定を行い、要求精度内で加工できたかを判断しています。



微細加工用精密フライス装置Ⅱ号機

マイクロ流体デバイス、微細加工、その他のマイクロ加工の依頼が急増し、それに応えるために精密フライス装置Ⅰ号機を製作しました。このⅠ号機を使用して、マイクロ加工を行いその過程において、いくつかの改良案が出てきました。そこで、Ⅰ号機を改良して、さらに高効率、高精度のマイクロ加工が行えるⅡ号機の製作を行いました。

技術レポート P.19

## 非球面ミラー

分子研内放射光施設（UVSOR）から工作依頼を受け、マジックミラーの製作を行いました。

技術レポート P.21



## 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    |
| 宮下 治美* | MIYASHITA, Harumi |
| 杉戸 正治* | SUGITO, Shouji    |

\*技術支援員



## 分子科学コミュニティへの貢献

装置開発室では、平成17年度後期より所外への分子科学研究者からの装置設計製作に関する技術支援を行っています。これは分子科学研究所の実験装置作りで蓄積してきた技術を活かし共同利用機関法人の一施設として所外にも貢献すること、技術領域を広げて職員の技術レベルを向上させることを目的としています。昨年度の実施例については、装置開発室Annual Report 2010に掲載していますので参照して下さい。

産業技術研究所では、現在半導体製造プロセス技術を使った微細加工技術を模索しています。既存のFIB微細加工装置に搭載できる回転機構を製作しました。

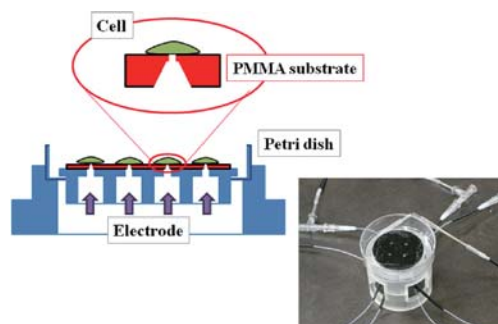
技術レポート P.23



FIB微細加工装置用回転機構

## 研究者と一体となった技術開発

研究者から要求される実験装置の開発には、様々な基礎技術に習熟することは勿論のこと、その研究内容を深く理解することがよりよい装置作りには不可欠であると考えています。そのため我々は、一人の技術職員が設計・製作、さらには、研究者と一緒に装置を用いて実験までを一貫して行うことにより、理解を深めています。これにより部分的な判断力にとどまることなく、広い視野を持った装置開発技術者として研究支援が実施できるよう心がけています。また、研究を牽引できるような革新的な装置を生み出し提供することを目指し、研究室との協同研究による技術開発を積極的に推進しています。現在、名古屋大学の宇理須特任教授（旧 生体分子情報研究部門）と共同で多チャンネルのイオンチャンネルバイオセンサーの開発を行っています。



### 4チャンネルの培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサー

宇理須特任教授と共同で、多チャンネルの培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサーの開発を、各種の精密加工技術を組み合わせて行っています。

技術レポート P.25

## 発表報告

### 応用物理学会等で発表

多チャンネルの培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサーのプラスチック基板開発について、学会や技術研究会で発表を行いました。

## 報道報告

### テレビ取材を受けました

今年度、岡崎高校SSH部から実験装置製作の依頼があり、電子機器開発技術班とともに協力しました。いつもと違ったのは、地元の放送局である東海テレビが高校生とともに取材にやってきたことでした。いつになく緊張の中、打合せが行われ、その模様が後日、「びーかんテレビ」の中で紹介されました。



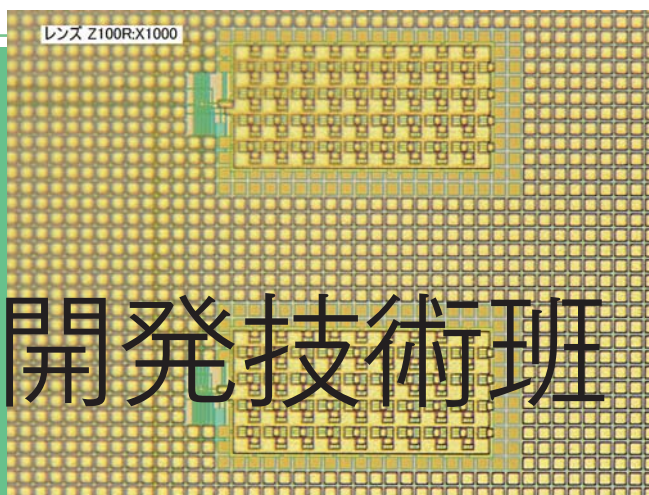
※活動の様子は、分子研ホームページ <http://www.ims.ac.jp/topics/2010/100702.html> よりご覧いただけます。

2010年度ハイライト

# 電子機器・ガラス機器開発技術班

担当施設：装置開発室

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



電子機器・ガラス機器開発技術班は、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。電子機器開発技術係は、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しています。ガラス機器開発技術係はガラス部品の加工による科学機器の製作に加え、安全衛生管理室の安全衛生管理者として週に1度、明大寺地区と山手地区の実験室の巡視を行い所内の快適な職場環境作りのための業務を行っています。

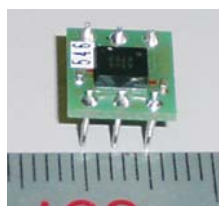
## MIセンサを用いた磁場キャンセル装置の開発



磁場キャンセル装置は、ワンチップ・マイコンを応用した磁場計測回路と磁場生成回路をパソコン上で稼働する制御プログラムにより、コイル空間の磁場を自動制御する装置です。本装置は依頼者である物質分子科学研究領域電子

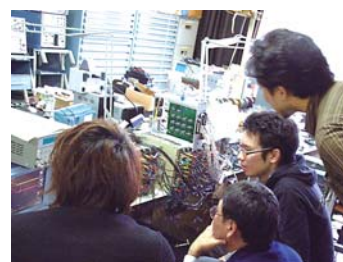
構造部門の中川助教の技術協力により、全体のシステム設計及びハードウェア設計を吉田が行い、磁場計測装置と3次元磁場の自動制御プログラムを豊田が開発しました。装置は当初の目的である地磁気キャンセラーとして十分に仕様を満たしています。今後は単発的な外乱にも対応できるようにシステムの高速化を検討する予定です。

技術レポート P.27

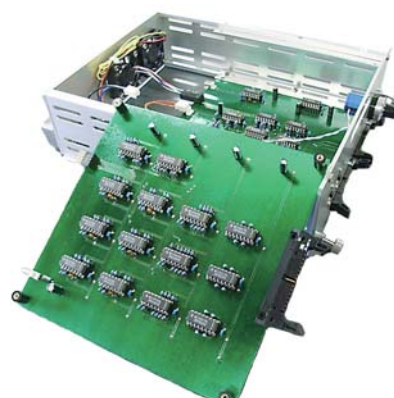


## 電子線コンプトン散乱の時間分解反応顕微鏡の開発による物質内電子移動の可視化

この研究課題は東北大学多元物質科学研究所の高橋正彦教授らにより、装置開発室の施設利用として提案されたものです。これは、時間分解反応顕微鏡に用



いる多重同時計測回路を開発することで、世界に類を見ない過渡系電子波動関数が時間発展する様をスナップショット的に観測することが可能になるというものです。この多重同時計測回路の開発を、電子機器開発技術係で行いました。この回路の開発により、電子線コンプトン散乱で生成する2電子を一つの検出器によって検出することに世界で初めて成功しました。



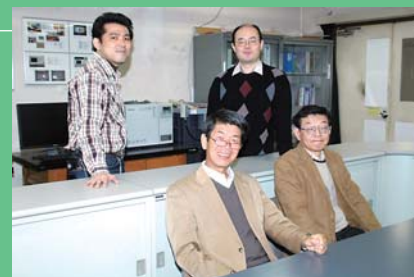
## 出張報告 水銀リサイクル工場見学を終えて

8月末、北海道で行われた大学等環境安全協議会のオプションツアーで水銀廃棄物処理リサイクル工場を見学する機会を得ました。見学の報告と水銀取り扱いの注意を「水銀リサイクル」にまとめ、P.62に掲載します。



## スタッフInformation

|       |                  |
|-------|------------------|
| 吉田 久史 | YOSHIDA, Hisashi |
| 内山 功一 | UCHIYAMA, Koichi |
| 豊田 朋範 | TOYODA, Tomonori |
| 永田 正明 | NAGATA, Masaaki  |



## CPLDを用いた高速シリアルデータ転送回路の開発

昨今の画面TVやパソコンのグラフィックカードなどの高速デジタル回路には、FPGAという大規模プログラマブルロジックICが使用されています。電子機器開発技術係ではFPGAや小規模プログラマブルロジックICであるCPLDを分子科学研究に活用することを追及しています。一例として、オートコリレータ発振器に組み込んだ高速シリアルデータ転送回路を紹介します。

オートコリレータ発振器は1 Hzから199 Hzの低周波でスピーカを駆動させ、レーザー研究システムの微調整を行う装置で、分子制御レーザー開発研究センターの岡野技術職員の依頼を受けて開発されました。本装置にはCPLDで構築した高速シリアルデータ転送回路が組み込まれています。DDSの初期化、レジスタ演算、データ転送処理を1個のCPLDに集約しています。技術レポート P.29



## 熊本大学総合技術研究会発表一覧

2011年3月に開催された技術研究会で以下の発表をしました。

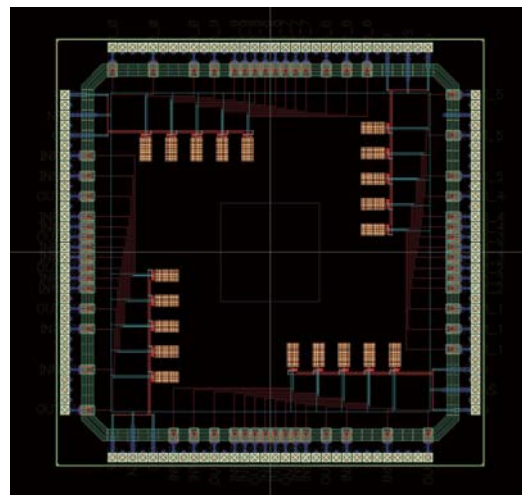
|      |                  |
|------|------------------|
| 吉田久史 | PICマイコンの応用例と活用方法 |
| 内山功一 | LSI設計技術習得への取り組み  |
| 豊田朋範 | 地磁気キャンセラーの製作     |

## TOPICS

### LSI設計技術習得に向けて

電子機器開発技術係では、昨年度からアナログ集積回路設計技術を習得するための本格的な取り組みを開始しました。これは、近年CMOSアナログ回路設計の技術情報が豊富になってきたことや、LSI試作サービスを利用することでカスタムICの製作が比較的容易になってきたこと、また所内からもバイオセンサーにおいて回路集積化の要望があったことが要因です。昨年までに準備段階として、CADやシミュレータなどの開発環境の構築、LSI設計講習会への参加やCMOSアナログ回路設計の勉強会を行いました。今年度は次のステップとしてオペアンプを集積化したCMOSアナログ回路の試作を行いました。

技術レポート P.31



## 2010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/>



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。主な業務は放射光供給支援、利用支援、レーザ技術支援です。

《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・保守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、質の高い観測実験が行われるように維持、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・更新や実験機器の開発・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。

《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、今後はUVSORにおいてコヒーレント光発生への支援も期待されています。

## 2010年度活動報告

|         |                        |
|---------|------------------------|
| 2010年7月 | 機構技術研究会参加              |
| 8月      | 職場体験（岡崎市立竜海中学生4名）      |
| 8月      | 東京工業大学機器分析技術研究会参加      |
| 10月     | 職場体験（岡崎市立竜南中学生1名）      |
| 10月     | エクストリームフォトリクス研究会参加（理研） |
| 2011年1月 | 放射光学会参加（つくば市）          |
| 3月      | 九州工業大学情報技術研究会参加        |
| 3月      | 熊本大学総合技術研究会参           |



## 見学の対応

UVSOR施設への見学の受入は技術職員が広報と連携し、手配及び説明を行っています。平成21年度の見学件数は17件（のべ約179人）の見学を受け入れました。

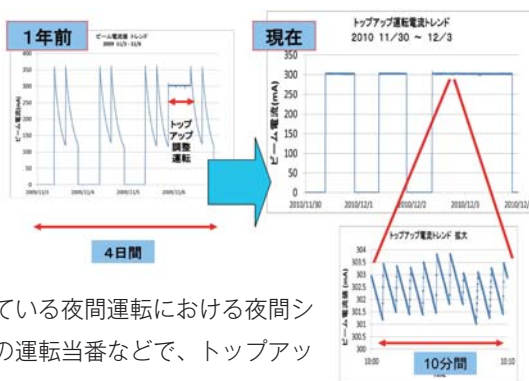
活動レポート P.65

職場体験 真空槽の立ち上げ体験中 活動レポート P.64

## トップアップ運転について

UVSORのような放射光施設では、ユーザー運転開始前にビーム入射を行い、その後（放射光の利用実験中）は電子ビームの寿命に応じて蓄積ビーム電流値が減少していく運転形態が普通でした。近年、トップアップ運転と呼ばれる運転モードがいくつかの放射光施設で取り入れられており、それは少しずつ減少していく電子ビームを適当な間隔（例えば1分毎）で逐次補充（電子ビームを入射）するものです。こうすることで加速器やビームラインにかかる熱負荷などの変動が小さくなり運転や測定の安定化が期待できるとともに、平均の蓄積電流値が大きくなることによって放射光の平均強度を上げることができるなど、大きなメリットがあります。UVSORにおいても、そのために必要なハードウェアの整備に加えて放射線関係の申請等を行い、2008年10月に許可を得、以後定期的に試行運転を行ってきました。そこでの経験を踏まえて、2010

年6月からは全てのユーザー運転をトップアップで行っています。技術職員も、木曜日に設けられている夜間運転における夜間シフト勤務や日中の運転当番などで、トップアップ運転に全面的に協力しています。



## スタッフInformation

|        |                     |
|--------|---------------------|
| 堀米 利夫  | HORIGOME, Toshio    |
| 蓮本 正美  | HASUMOTO, Masami    |
| 山崎潤一郎  | YAMAZAKI, Junichiro |
| 中村 永研  | NAKAMURA, Eiken     |
| 酒井 雅弘  | SAKAI, Masahiro     |
| 林 憲志   | HAYASHI, Kenji      |
| 近藤 直範  | KONDO, Naonori      |
| 岡野 泰彬  | OKANO, Yasuaki      |
| 禿子 徹成* | TOKUSHI, Tetsuzou   |

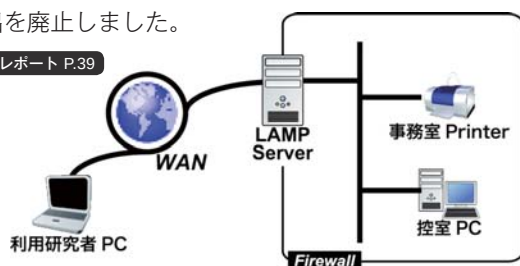
\* 技術支援員



## 報告書自動作成システム構築

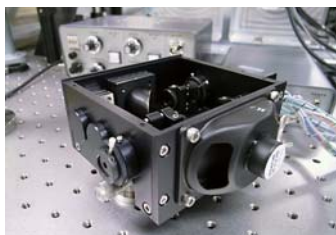
UVSORでは、ユーザに対して、施設利用後、ダウンロードによるファイル配布を行い、実験実施報告書の記入・返送をお願いしていました。事務の省力化や報告書の書式修正に伴い、電子化をさらに進めるべく報告書自動作成システムを構築しました。システムはLAMPによる入力フォーム・T<sub>E</sub>XによるPDF自動作成・サーバからの自動出力から成るシステムです。これに合わせ手書きによる報告書の提出を廃止しました。

技術レポート P.39



## レーザー評価装置の製作

光分子科学研究では、物質の診断・制御・機能発現をはじめとして多岐にわたり先端レーザーを用いた研究が行われています。最近、パルス幅が10 fsを切るような数サイクルレーザーが導入されたこともあり、超広帯域のレーザーパルスに対応したパルス特性評価機器の必要性が高まってきました。この様な需要に対応すべく、拡張性や実験装置との親和性の高いモジュール型のフリンジ分解自己相関計を製作しました。



## 日常点検の重要性

技術支援員の協力のもとに行われている日常点検は、安定した加速器運転において大切な業務の一つです。例えば、循環冷却水の水位の変化による水漏れの早期発見が可能です。日常点検の記録において突発的な水位の変化がある時は高い確率でどこかで水漏れが起こっており、大きな事故になる前に対処できる重要な情報となっています。今年度も2回の事例がありました。

## TOPICS

## 750MeV 電子蓄積リング改造



“量子ビーム基盤技術開発プログラムの高度化ビーム技術開発課題”におけるアンジュレーター設置の直線部

を創出するため、入射点の移動作業を行いました。作業は3月から3ヶ月間のシャットダウン期間を設け、入射路の改造や入射点の移設に伴い機器の配置換え（高周波加速空洞・セプトマグネットなど）を行いました。5月下旬には加速器の調整運転、6月上旬には観測系の立ち上げ調整を行い、6月下旬にはユーザー運転を再開しました。このような加速器改造工事は、作業マネジメントも含め光源加速器グループが担当しています。

技術レポート P.34

## 発表報告

## 放射光学会で発表

放射光学会は毎年1月に行われています。今年度は4名が出席し、5件のポスター発表をしました。加速器関連では、ストレージリングの入射点移設を中心とした改造に関する報告とトップアップ運転の現状について、放射光実験関連では、テラヘルツ光源開発に伴う装置の設計、分光器の光学素子再コーティングの報告並びに、分光器とアンジュレーターの同期測定について発表しました。



2010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・測定支援などの業務を行っています。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センターの小型機器が統合されて平成19年4月に発足した研究施設で、所全体で共通で利用するNMRやESR等の汎用測定装置を有しています。これらの設備は所内はもとより、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を大別しますと(1) 化学分析、(2) 磁気・物性、(3) 分子分光に分けられます。所有設備は以下の様になっています。

## (1) 化学分析

NMR (400, 500, 600MHz)、Mass (MALDI-TOF-Mass)、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波長可変レーザー、高感度蛍光分光光度計、ラマン分光装置、円二色性分散計、可視紫外分光光度計

※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ます。(発足当時の名称は「化学系研究設備有効活用ネットワーク」) 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。

### 出張報告

#### 「粉末X線回折」に関する勉強会に参加

「粉末X線回折を用いた有機結晶構造解析の実際」に参加してきました。

以前は構造解析と言っても、リートベルト法による構造精密化をすることが多かったのですが、回折装置やプログラムの進歩により、近年は実験室系でも初期構造の決定から、本来の意味での未知構造解析が出来るようになってきています。新しい方法として、Charge Flipping法(ある閾値以下の電子密度の符号を反転させる)という不思議な方法も出てきました。

機器センターには微小結晶用の単結晶X線回折装置もありますが、この装置でも測定出来ない小さい結晶を持ち込まれる場合もありますので、粉末X線の方面からフォローが出来ればと思っています。(藤原 基靖)

### 出張報告

#### 平成22年度技術職員合同研修に参加

7月に三重大で開催された、平成22年度東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修に参加させていただきました。人工臓器の講義では、人工弁など様々なものを実際に触らせていただき、そのようなものでヒトのからだを補えることが興味深かったです。選択した実習「授業に使える食品の加工及び食品衛生基礎知識」では、小麦粉の成分の化学変化を学ぶ目的で、うどんとパンを作らせていただきました。付属の農場で行ったのですが、そこには様々な作物や家畜だけでなく直売所もあり、大学にとって地域貢献も重要であることを感じました。パワーポイントを使って自己紹介をする時間もあり、研究室内で働く方から農場や牧場など外で働く方で様々な分野で活躍されている技術職員の方と交流するよい機会となりました。(中野 路子)

#### スタッフ Information

|       |                    |
|-------|--------------------|
| 山中 孝弥 | YAMANAKA, Takaya   |
| 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    |
| 齊藤 碧  | SAITO, Midori      |



#### TOPICS

機器センターで新たに導入された装置を以下に紹介します。

### 600MHz 核磁気共鳴装置 (担当：中野 路子)

機器センターには既に400 MHz、500 MHz のNMRがあり所内外の利用者に御利用いただいておりますが、今年度あらたに600 MHzのNMR、JEOL 製 ECA600が導入されました。400 MHz、500 MHzと600 MHzの装置の大きな違いは前者が溶液用のNMRであるのに対し今回の装置は固体測定用のプローブも備え、固体NMRの測定が行える事です。この装置は2011年度4月より施設利用装置として外部に公開されています。

### 顕微レーザーラマン分光装置 (担当：齊藤 碧)

平成22年3月に新たにRENISHAW社製の顕微レーザーラマン分光装置 (inVia Reflex ラマンマイクロスコップ) が導入されました。試料にレーザーの単色光を当てると当たった光が四方に散乱されます。散乱されたほとんどの光は元の光ですが、この他に入射光が試料中の分子の振動準位や回転準位、結晶の格子振動などと相互作用し波長が変化した微弱な散乱光が発生します。入射光と散乱光の波長の差分が「うなり」として赤外領域に光として観測されるものがラマンスペクトルです。原理は異なりますが赤外吸収スペクトルと相補的な情報が得られます。サンプルは固体・液体・気体を問わず非破壊で測定可能です。今回導入された装置には低温測定用のオプションも付属しており液体ヘリウム温度までの温度可変スペクトルが測定可能です。

技術レポート P.44



### 高感度蛍光分光光度計 (担当：上田 正)

機器センター所有の蛍光分光光度計が平成22年3月、SPEX社製 Fluorolog 3-21に更新されました。可視紫外分光光度計のような吸光分光法が入射光と透過光のわずかな差を検出しているのに対して、分光された励起光により発せられる蛍光をゼロレベルに対する光量で検出する蛍光分光法は、原理的に低濃度のサンプルでも高感度で測定できるという特徴があります。本装置では更に検出部に光電子増倍管を備えた光子係数法を用いている為、超高感度の測定が可能です。また検出波長領域も250 nm-1500 nmと近赤外の領域まで測定可能な事も特徴となっており、全国的にも設置台数が少ない貴重な装置です。

技術レポート P.47



2010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、文字通り計算科学研究への技術支援を主たる業務とする技術集団であり、計算科学に必要な不可欠なコンピュータと、その周辺技術に関する様々な業務を行っています。その内容の一部を紹介すると、岡崎共通研究施設 計算科学研究センターにおいて共同利用に供している大型計算機の管理・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や検討、アプリケーションのプログラミング、チューニング、ライブラリおよび可視化等のソフト開発や支援、さらに情報ネットワークインフラや情報サービスなどの整備・管理・運用および通信ツールやコンテンツ管理・提供環境の開発、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、コンピュータに関わる幅広い技術支援を目標としており、いわゆる情報通信技術と呼ばれる内容にとどまらず、計算科学研究に直結する周辺技術までを守備範囲に設定しているところが特徴だと考えています。

今回は、この中から可視化とビデオ配信に関わる技術内容について紹介します。可視化に関しては、

立体視による三次元グラフィックスを取り上げます。この実現のため、OpenGLを使ったコンピュータグラフィックスのプログラミングや、グラフィックスカード、三次元表示デバイスの検討を行ったものです。もう1つのビデオ配信に関しては、HD (High Definition) 映像のコンテンツ化を取り上げます。これまでコンポーネント等のアナログ信号からしか行えなかったビデオキャプチャが、HDMIのデジタル信号から可能な製品が安価に登場してきたことを受け、HD映像による鮮明な動画ファイルを作成するためのエンコード帯域や映像フォーマットなどの検討を行ったものです。

## HD 配信システム

技術レポート P.54



## スタッフ Information

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



## 3D表示システム

技術レポート P.51



## 2010年度発表一覧

### 次世代ナノ統合シミュレーション ソフトウェアの研究開発 第5回公開シンポジウム

2011年2月に開催されたシンポジウムで以下の発表をしました。

|      |                                      |
|------|--------------------------------------|
| 水谷文保 | 密結合環境の開発                             |
| 岩橋建輔 | 科学技術計算プログラム用入力支援ツール<br>Nano-Ignition |

### 熊本大学総合技術研究会

2011年3月に開催された技術研究会で以下の発表をしました。

|      |                            |
|------|----------------------------|
| 水谷文保 | 汎用アプリケーション間データ変換環境GIANTの開発 |
| 手島史綱 | プライベートクラウド構築に挑戦            |
| 内藤茂樹 | 高速ファイル転送プログラムHSCPの開発状況     |
| 岩橋建輔 | 高速通信ソフトウェアhscp普及への取り組み     |
| 澤 昌孝 | フルHD環境のビデオオンデマンドデータの作成と配信  |
| 松尾純一 | ダイナミックVLAN導入その後            |
| 長屋貴量 | センタースパコンで実行されたジョブの分析       |

2010年度ハイライト

# 低温技術班

## スタッフ Information

高山 敬史 TAKAYAMA, Takashi

水川 哲徳 MIZUKAWA, Tetsunori

担当施設：機器センター

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



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ます。平成21年5月、明大寺地区のヘリウム液化機が故障してから現在に至るまで、山手地区のバックアップを得て液体ヘリウムの供給が行われています。明大寺地区では、平成21年度の寒剤供給量は、それぞれ液体ヘリウム38,970ℓ、液体窒素19,758ℓ、山手地区では、液体ヘリウム13,011ℓ、液体窒素43,167ℓを供給しています。

## 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す。

**山手地区からの供給：**現在、明大寺地区のヘリウム液化機が故障しているため、液体ヘリウムは山手地区にあるヘリウム液化機TCF20により完全なバックアップを受けて、暫定的な供給方法で賄っています。共通に使用できる容器は50ℓ×2台、100ℓ×16台がありこれらを使用して、ヘリウムユーザーへの貸し出しを行っています。ヘリウム容器の持ち出し期間が長くなると、使用できる容器に余裕がないため液体ヘリウムの供給に支障が出てしまい、更に、液体ヘリウムを完全に空になるまで使用すると、ヘリウム容器は室温まで温まってしまうため、この場合、容器はすぐには使えなくなるので注意が必要です。

**ヘリウムガスの回収：**回収されたヘリウムガスは、12本組カードル4基に充填されて山手地区に輸送されます。

**液体ヘリウムの持ち出し自動化システム：**ヘリウム容器の持ち出しは、『液体ヘリウム供給自動システム』によりパソコン制御で行うため完全に全自動で管理されています。システムに付随するタッチパネルとスキャナで必要な情報の読み込みを行うだけで、初心者でも簡単に扱うことができるのが特徴です。

## 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です。

**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ます。

**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ます。

**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ます。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。操作画面に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です。

## 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です。液体ヘリウム製造装置、ヘリウムガス回収装置、液体窒素貯槽はどれも高圧ガス保安法に則り有資格者が管理をしています。

## ヘリウム液化機の更新

明大寺地区のヘリウム液化装置の更新が決まりました。液化機・液化用圧縮機・液体ヘリウム貯槽・バッファタンク・ガスバッグ・回収用圧縮機・中圧ガスドライヤーおよび周辺装置が、平成23年11月末には新しくなる予定です。新装置の主な特徴は、今までの機器と比較して省エネ型になっています。具体的には、ほぼ同じ液化率に対して、液化用圧縮機の電動機が旧型410KWに対し、新型では160KWの能力で実現できる等、今の時代に相応しい環境エコロジーを意識したものとなっています。

技術レポート P.59

2010年度ハイライト

# 学術支援班

## スタッフInformation

責市 幹大 URUICHI, Mikio  
南野 智 MINAMINO, Satoshi  
原田 美幸 HARADA, Miyuki  
寺内かえで TERAUCHI, Kaede  
中村 理枝\* NAKAMURA, Rie

\* 技術支援員



担当施設：広報室、史料編纂室、研究室

学術支援班は4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2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

今年度は特にプレスリリースを積極的に行いました。13件のプレスリリースが行われ、内11件は研究グループからの研究成果でした（他：プロジェクトからの成果1件、展示室開設1件）。研究所の研究成果を広く一般の方々に情報発信する趣旨から、平成23年2月からは、岡崎市政記者会だけでなく、文部科学省記者会、科学記者会、その他記者クラブに所属しない科学ニュース系メディアへもプレスリリース資料配布を行いました。また、ホームページ掲載は、日本語ページだけでなく、英語版HPへもできる限り掲載することを目指し、研究者に協力を呼び掛けています。研究成果を分かり易く情報発信することを目指してノウハウを蓄積すると共に、研究者へ情報提供をお願いしてきたいと思います。

## 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）が失われないよう、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法、X線結晶構造解析、磁化率測定など、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。これらの支援には機器センターに所属する共通機器も利用しており、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。

技術レポート P.61

## 開催報告 分子科学フォーラム運営に携わって

今年度の分子科学フォーラムでは宇宙航空研究開発機構の川口淳一郎教授、ノーベル物理学賞受賞者の益川敏英教授をお招きしました。通常のポスター作成、HP作成等以外に駅看板、新聞掲載等今まで以上に広報活動に力を入れました。当日は両講演合わせて1200名以上の市民の方々が参加してください、かつてないほどの大盛況のフォーラムとなりました。今回の経験を今後のフォーラムに活かし、益々多くの市民の方々に参加していただけるフォーラムを目指します。



# 技術課活動報告

技術課長 鈴木 光一



平成22年度の技術課の状況をします（内容は平成23年3月31日現在で記述）。

## 技術職員の配置状況および人事異動

技術課の職員数は昨年度（平成21年度末）に報告した7技術班15係、職員数は技術課長を含め38名で班の構成についても変更はありません。異動については平成22年10月1日付けで以下に示す主任への昇任人事を行いました。

矢野 隆行（機器開発技術班 機器開発技術1係主任）  
近藤 聖彦（機器開発技術班 機器開発技術2係主任）  
内山 功一（電子機器・ガラス機器開発技術班 電子機器開発技術係主任）  
林 憲志（光技術班 極端紫外光技術2係主任）  
岡野 芳則（機器利用技術班 機器利用技術2係主任）  
原田 美幸（学術支援班 学術支援係主任）

## 技術課運営

技術課職員は各研究施設および研究部門で、各人が持つ専門技術で研究支援を業務として行う事が使命です。各部署の技術分野は多岐に渡っているが、その技術者を一つの集団として技術課が組織されています。技術分野ごとには技術課に技術班として7班が組織され、その中で各々の技術を中心とした会議や打ち合わせ等を班長・係長によって行われ、組織運営されています。一方、技術課を運営するには班を超えた横のつながりが重要で、技術課内の班長・係長らで「技術課運営会議」および技術職員全員による「技術課全体会議」を定期的に持ち、組織運営を行っています。

## 職員の評価制度

法人化以降、技術職員には適正な勤務評価および人事評価制度を導入することが大きな課題となっていました。従来まで本誌「かなえ」を元に評価に結びつけていましたが、新たに業務報告は別途前年度の12月1日から翌年度11月30日までの業務内容をまとめ、報告書として提出するようにしました。この業務報告書を元に個別面談を実施し職員の評価に結びつけることとしました。一方、分子研の技術課として、ありきたりな評価制度の導入で済まずのでは

なく、分子研における将来の技術者組織の有り様を見据えた評価制度の検討をするため、中堅層の技術職員らによって「人事検討タスクフォース」として平成21年度発足させ、中間報告を行い、現在も引き続き検討を進めているところです。

## 技術の向上・習得の取り組み

技術職員の技術向上と技術修得のために各種研修会、技術研究会、講習会等への参加を積極的に行っています（詳細や各施設での個別な参加については本誌記事を参照）。平成22年度の主な研修等について以下に示します。

### 放送大学による職員研修

自然科学研究機構では職員研修の一環として放送大学の講義を利用して、職員研修を行っています。例年第1学期は4月から、第2学期は10月から開始しています。今年度の受講者数と受講科目を以下に示します。

|                   |    |          |    |
|-------------------|----|----------|----|
| 第1学期 「物質・材料工学と社会」 | 4名 | 「社会技術概論」 | 1名 |
| 第2学期 「分子生物学」      | 3名 | 「実践英語」   | 2名 |

### 東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修ほか

平成22年度の東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修への参加状況を以下に示します。

|            |      |    |
|------------|------|----|
| （生物・生命コース） | 三重大学 | 2名 |
| （情報処理コース）  | 金沢大学 | 1名 |

東海・北陸地区ブロックの研修として技術職員を主として対象とした研修以外に新規採用した若手職員を対象とした以下の職員研修への参加を行いました。

東海地区国立大学法人等職員基礎研修：1名

### 技術研究会

平成22年度開催の他機関で開催された各技術研究会への参加状況を以下に示します。（生物学・生理学技術研究会は省略）

機器分析技術研究会（東京工業大学）H22 9/2-9/3：  
口頭発表：1名、聴講参加：3名

総合技術研究会（熊本大学）H23 3/9-3/10：  
口頭発表：7名、ポスター発表：2名

### 自然科学研究機構技術研究会

自然科学研究機構の5研究機関の持ち回りで毎年開催し、22年度は6月23日～24日に生理学研究所が担当機関となり岡崎で開催されました。以下の4技術班からそれぞれに行っている業務および技術発表を行いました。

機器開発技術班：「装置開発室における施設利用について」

機器利用技術班：「920MHzNMR装置の紹介」

計算科学技術班：「3D表示システムの現状と方法」

光技術班：「LAMPとTEXによる実施報告書自動作成サーバーの構築と運用」

### 各種講習会

それぞれの研究施設において、必要とされる専門技術について、他機関および民間が開催する講習会へ参加し、技術研鑽を行っています（詳細については本誌記事を参照）。

### 奨励研究（JSPS）および所長奨励研究

技術職員が業務の中で遭遇した問題点や開発業務における課題解決のために、奨励研究に応募し、また、分子研

所長奨励研究といった制度を利用し、専門技術を高める自主的努力を行っています。平成22年度は奨励研究採択が1件、所長奨励研究は24件採択され、研究費が配分されました。

### 技術交流（受入研修）

全国の大学・研究機関の技術職員を受け入れ、技術課の職員と他機関の技術職員が持っている技術を通して、互いの技術向上および交流を目的として行っています。また、受け入れ研修も引き続き実施しています。今年度は以下の内容で受け入れを実施しました。

### 技術課セミナー

他機関の技術職員を受け入れて技術研修を行っていますが、法人化以降は受け入れ側の負担や新技術獲得に大きく寄与していないため、受け入れ件数も徐々に少なくなってきました。2008年頃から外部より講師を招きセミナー形式とし、そのセミナーに他機関の技術職員も交えることで受け入れ研修としています。平成22年度は下記の要領で「技術課セミナー」を開催しました。このセミナーには商工会議所などを通じて講演内容に興味ある民間企業の方々にも広く声をかけており、所内および所外から併せて65名の参加者がありました。

### 技術課セミナー「ナノ・マイクロ加工技術の基礎と応用」

平成23年3月23日午後1:30～

【基調講演】「集束イオンビームとナノインプリントによるナノ構造形成技術」  
松井真二教授（兵庫県立大学 高度産業科学技術研究所）

「2層保護膜形成法を用いた高アスペクト比Siエッチング技術とその応用」  
大原淳士氏（株式会社デンソー 基礎研究所）

「超精密加工機におけるナノ・マイクロ加工の最新動向」  
廣瀬智博氏（株式会社不二越 開発事業部）

「ナノ・マイクロ加工用ダイヤモンド切削工具の最新動向」  
小嶋一志氏（株式会社アライドマテリアル ダイア営業部営業技術部）



## 機械工作技術研修

国立天文台より1名、分子研の機械加工技術について以下の内容で技術研修を行いました。

・H23 2/21-2/22 超精密加工技術研修

「超精非球面加工機を用いた光学結晶材料の非球面レンズ加工技術開発」における治工具の検討

## 研究活動の支援

技術課は分子科学研究への直接的な技術支援だけでなく、専門技術を基盤に研究所の様々な研究活動への支援も行っています。例えば研究所の安全衛生に関する実務を分担して行っています。その他、研究活動の支援業務として広報室で展開されている研究アウトリーチ活動があります。広報室の職員も一昨年度増員し、研究活動の広報に様々な企画立案、情報発信を行っています。また、地域の職場体験学習への協力や見学イベントなどにも各部署の技術職員が協力し活躍しました。詳細は本誌の担当者報告を参照して下さい。

## その他

昨年度の「かなえ」にも技術課の役割の中に研究所の事務的支援業務があることを話題に触れました。平成22年度も同様に、多くの業務を技術職員や非常勤の事務支援員を動員して対応することになりました。中でも一昨年度から引き続き実施されている分子研実験棟耐震改修工事は第2期が実施され、実験室移転や第1期工事後の実験室立ち上げに伴う整備を技術課で行い、業務全体に占める比率は大きかったのですが、第1期工事で諸事対応には一度経験しているせいもあり、比較的順調に進められたのは幸いでした。

本来の業務の中に、技術課および技術職員の様々な課題を解決していく仕事も大きな業務の一つと考えています。平成23年の1月に高エネルギー加速器研究機構で「平成

22年度技術職員シンポジウム」が開催されました。シンポジウムのテーマは「第2期中期計画における技術組織の進め方」、「技術職員の人員計画」「技術の継承・人材育成」となっており、KEKから分子研の現況でよいので報告してほしいと依頼を受けました。これらのテーマは分子研技術課として、明確な方向性がまだ決まっていないのが現状ですが、重要な位置づけの課題であることは間違いありません。そこで、研究所における技術職員のめざす技術者像について、少々不完全ではあるが自分なりの考えを発表させて頂きました。23年度はもう少し技術課の中で議論しながら技術職員の将来を探って行ければと思います。

# 技術レポート

## 機器開発技術班

|                       |       |    |
|-----------------------|-------|----|
| ICF70用スリットの設計製作       | 水谷 伸雄 | 18 |
| 精密CNCフライス装置Ⅱ号機の製作     | 近藤 聖彦 | 19 |
| マジックミラーのテスト加工結果について   | 青山 正樹 | 21 |
| FIB微細加工装置用回転機構        | 矢野 隆行 | 23 |
| 多チャンネル神経細胞ネットワーク素子の開発 | 高田 紀子 | 25 |

## 電子機器・ガラス機器開発技術班

|                       |       |    |
|-----------------------|-------|----|
| MIセンサを用いた磁場キャンセル装置の開発 | 吉田 久史 | 27 |
| CPLDを用いた高速シリアルデータ転送回路 | 豊田 朋範 | 29 |
| LSI設計技術習得にむけて         | 内山 功一 | 31 |

## 光技術班

|                                            |       |    |
|--------------------------------------------|-------|----|
| 量子ビーム技術開発に向けて～電子蓄積リング改造(1)                 | 山崎潤一郎 | 34 |
| LAMPとT <sub>E</sub> Xによる実施報告書自動作成サーバの構築と運用 | 酒井 雅弘 | 39 |
| コラム 真空部品の洗浄 中村 永研                          |       | 43 |
| 制御・測定プログラムの改良 近藤 直範                        |       |    |

## 機器利用技術班

|                                    |      |    |
|------------------------------------|------|----|
| 顕微レーザーラマン分光装置(inVia ReFl ex)       | 齊藤 碧 | 44 |
| 高感度蛍光分光光度計(SPEX Fluorolog 3-21)の紹介 | 上田 正 | 47 |
| コラム 多環芳香族炭化水素類のジェット分光 山中 孝弥        |      | 50 |

## 計算科学技術班

|                              |       |    |
|------------------------------|-------|----|
| 立体視による三次元グラフィックスの現状          | 岩橋 建輔 | 51 |
| HD動画コンテンツのオンデマンド配信システム       | 澤 昌孝  | 54 |
| コラム スパコンで実行されたプログラムの解析 長屋 貴量 |       | 57 |
| カテゴリー7対応ケーブルは買わない方が良い 松尾 純一  |       |    |
| 高速ファイル転送プログラムHSCP 内藤 茂樹      |       |    |
| クラウドコンピューティング 手島 史綱          |       |    |

## 低温技術班

|                  |       |    |
|------------------|-------|----|
| 分子研山手地区液化システムの改善 | 水川 哲徳 | 59 |
|------------------|-------|----|

## 学術支援班

|                     |       |    |
|---------------------|-------|----|
| 赤外・ラマン分光法による電子状態の研究 | 売市 幹大 | 61 |
|---------------------|-------|----|

# 技術課活動レポート

|                     |       |    |
|---------------------|-------|----|
| 水銀リサイクル             | 永田 正明 | 62 |
| 職場体験報告：光の速さをはかる     | 岡野 泰彬 | 64 |
| UVSOR施設の見学対応について    | 蓮本 正美 | 65 |
| コラム 語学研修に参加して 牧田 誠二 |       | 63 |

# ICF70用スリットの設計製作

水谷 伸雄

機器開発技術一係

キーワード：超高真空、小型機械式、新スリット機構

今回設計製作したスリットは、UVSOR 堀米氏、新潟大学彦坂氏の依頼による。装置開発室では、SOR リング建設当初より何台かの分光器を手掛けてきた。筆者もその過程で幾種類かのスリットを設計製作してきたが、今回製作したスリットは、機械式スリットとしては、最も小型なものとなった。

設計当初に与えられた条件は、

- ・既存のICF70のビームダクト（内径 $\Phi 38$  mm）内に納まること。
- ・スリット開幅0～1.5 mm、スリット（ビーム）長10 mmを確保すること。
- ・ビームダクト周辺が狭隘なためビームダクトからの突出量を150 mm程度にすること。

等が求められた。基本設計が進む中ビームダクトへの取付けには、UVSORで標準的に使われている面間距離130 mmの十字管又は、T字管を使うこととなりビーム中心からフランジ面までは65 mmになった（図1参照）。

スリットの開閉運動は、市販のマイクロメーターヘッドを利用し、スラストベアリングと溶接ペローズを介して真空内機構（図2）へと伝えられる。伝えられた直線運動は、片側1/10の勾配を持つクロ

スローラーガイドの内側レールを押し引きする（外側レールは、固定）。つまり、内側レールは、横方向に10 mm移動した時、縦方向にも1 mm移動することになる。スリットブレードは、この内側レールに取付けられておりレールの移動に合わせて横に移動しながら開閉する。クロスローラーガイドは、両側とも1/10の勾配をつけてあるためスリットブレードの開閉量は、マイクロメーターヘッドの目盛の1/5になる。

1号機は平成22年1月からUVSORで使用され、現在2号機が、新潟大学彦坂氏に提供されている（図3）。

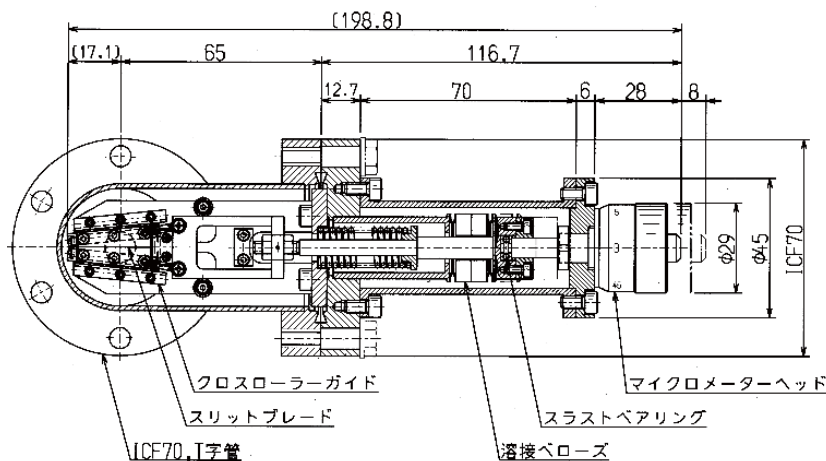


図1 ICF70用スリット組立図

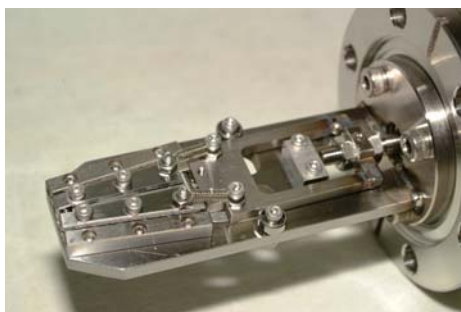


図2 真空内機構



図3 ICF70用スリット全景

# 精密CNCフライス装置Ⅱ号機の製作

近藤 聖彦

極機器開発技術二係

**キーワード：**精密フライス、マイクロ加工、単結晶ダイヤモンド、機上測定、空気静圧軸受け

近年、医療バイオ分野においては、化学エッチングなどの微細加工技術を用いて基板上に形成した微細流路（以後マイクロ流体デバイスと記述する）を使用し、その内部において化学分析や細胞操作などが行われている。この流路幅は数 $\mu\text{m}$ から数百 $\mu\text{m}$ の範囲内であるが、アスペクト比の大きな流路形状が要求される場合がある。この化学エッチングなどの方法はアスペクト比を大きくすることが困難であり、さらに廃液処理などの問題が発生する。このようなことから、切削によるマイクロ加工が注目を集めている。所内においても、このマイクロ流体デバイス、微細穴加工、微細形状を有するPDMSを製作するための型など様々なマイクロ加工の依頼が急増している。

このような背景から、マイクロ加工の挑戦を図1に示す旧型NCフライス盤を使用して数年前から開始している。しかし、この機械では、その挙動などにより加工誤差が生じるため、加工精度を数 $\mu\text{m}$ 以内にすることが困難である。また、この機械本体はワークサイズに対して大きく、マイクロ加工には不向きである。このように従来の旧型NCフライス盤では精密加工に限界があるため、高性能のフライス装置の購入を要求しているが、高価で購入することが難しい。そこで、2008年に旧型NCフライス盤よりも加工

精度が向上するサブミクロンの位置決め精度を有するXYZステージを利用した精密CNCフライス装置Ⅰ号機（図2参照）の製作<sup>1)</sup>を行った。このⅠ号機を使用して、マイクロ加工を行いその過程において、いくつかの改良案が出てきた。そこで、Ⅰ号機を改良して、さらに高効率、高精度のマイクロ加工が行えるⅡ号機の製作を行ったので報告する。

Ⅱ号機の製作において、特に重視した3つの改良点は（1）位置合わせ精度と加工精度の向上、（2）表面粗さの向上、（3）切削速度の向上である。これらの改良は以下に示す方法で行った。

（1）Ⅰ号機はスピンドル中心とワーク原点（XY軸）の位置あわせを目視で行っていたが、ワークの真上から位置が観察できるように機上測定用の顕微鏡を設置し、ワーク原点をより正確に調整できることで、位置合わせ精度を向上させた。これにともない、サブミクロンフィードバックX軸ステージは可動距離50 mmから200 mmのロングストロークのタイプに交換した。さらに、加工中にワークを取り外すことなく、ワーク形状を測定することが可能になり、加工誤差を補正することで、加工精度を向上させた。

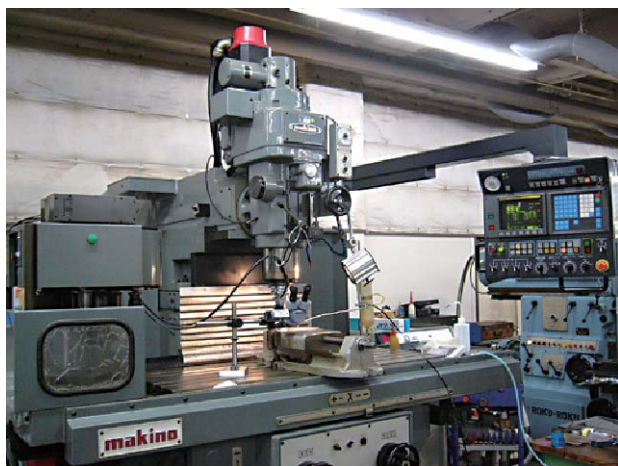


図1 旧型NCフライス盤

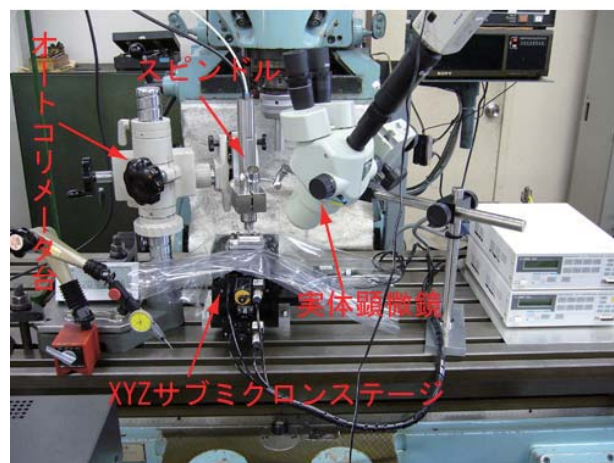


図2 精密CNCフライス装置Ⅰ号機

(2) ラジアル軸受式スピンドルを空気静圧軸受式スピンドルに変更することにより、硬度、耐磨耗性、熱伝導性などの点で非常に優れている単結晶ダイヤモンド工具が使用でき、工具磨耗の減少、工具寿命が長くなり、表面粗さの向上効果が期待できる。

(3) 主軸回転数を40000 rpmから80000 rpmに変更することで、切削速度が2倍になることにより、より微小径の工具を使用することができる。

上記3点に加え、汎用のフライス盤のXテーブルから分離し、卓上で加工できるようにした精密CNCフライス装



図3 精密CNCフライス装置Ⅱ号機

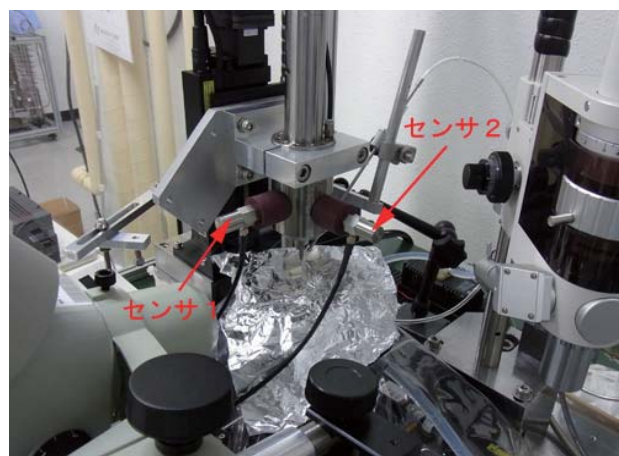


図4 振動測定の様子

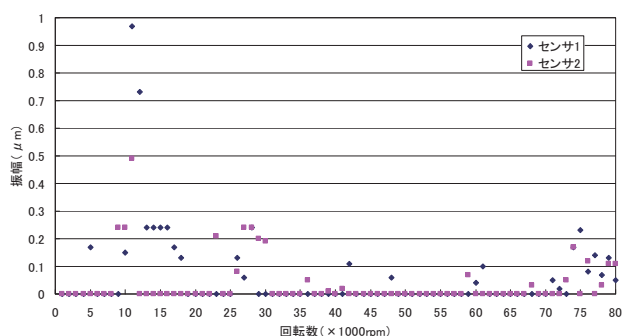


図5 主軸振動測定結果

置Ⅱ号機を図3、その仕様を表1に示す。一般に、精密加工を行う場合、熱、振動、摩擦の外乱要素を極力排除する工夫が必要となる。熱対策として、Ⅱ号機は空調設備のある部屋に設置し、温度変化を極力小さくしている。振動対策として、防振材の上に設置した。しかし、機械固有の振動など様々な振動が発生することが考えられる。そこで、特に回転運動をするスピンドルの振動をフィールドバランサー（シグマ電子工業製：SB-7700）を使用し測定した。図4に示すようにエンドミルを取り付けたスピンドル本体に2つのセンサを直角に設置し、回転数を変化させてその時の振幅を測定した。図5に測定結果を示す。10000 rpm付近で最大1 μm程度振動し、50000 rpm～70000 rpmの領域で振動が減少することがわかった。摩擦対策として、サブミクロンフィードバックステージに使用されているLMガイドに空気を流し摩擦熱の低減を行うなどの方法を考えているが、これについては検討事項である。

今後は、旧型NCフライス盤との性能比較を行いどの程度性能が向上したかを検証する予定である。

#### 参考文献

- 1) 近藤聖彦：精密フライス装置の製作, アニュアルレポート2008, P48

表1 精密CNCフライス装置Ⅱ号機仕様

|        |                |           |
|--------|----------------|-----------|
| ストローク  | X 軸            | 200 mm    |
|        | Y 軸            | 50 mm     |
|        | Z 軸            | 5 mm      |
|        | 粗動 Z 軸         | 50 mm     |
| 分解能    | X 軸            | 0.1 μm    |
|        | Y 軸            | 0.1 μm    |
|        | Z 軸            | 0.1 μm    |
| 最大移動速度 | X 軸            | 20 mm/sec |
|        | Y 軸            | 10 mm/sec |
|        | Z 軸            | 10 mm/sec |
| 駆動モータ  | 5 相ステッピングモータ   |           |
| 移動ガイド  | LM ガイド         |           |
| 工具回転数  | 1000～80000rpm  |           |
| 本体外観寸法 | 600×500×650 mm |           |
| 入力電源   | AC100V         |           |

# マジックミラーのテスト加工結果について

青山 正樹

機器開発技術班

キーワード：精密加工、非球面、誤差測定

## はじめに

UVSORからの工作依頼によりマジックミラーの製作を行っている。マジックミラーは、線光源である放射光（SR）を1点に集光するための非球面・非対称の集光鏡であり、今回製作するマジックミラーはテラヘルツSRの集光で利用されるもので10  $\mu\text{m}$ の形状精度が求められている。ナノ分解能を有する超精密加工機と単結晶ダイヤモンド工具を用いたナノ切削加工を適用すれば比較的容易に達成することが可能な精度であるが、そのような設備を有していないため、既存の一般的な切削加工機による製作を試みている。要求精度を達成するために、機械精度を把握するためのテスト加工および形状精度測定を行った。その結果、使用する機械自身の持つ避けることのできない誤差を十分に把握するとともに、切削過程で生じる様々な誤差を如何に小さくするかが要求精度達成のカギとなることを確認した。

## テスト加工方法について

加工機にはNCフライス盤を使用し、ボールエンドミル工具によるミーリング加工を行った。テスト加工用ワークは150 mm  $\times$  80 mmのアルミ合金5052板を用いた。またボールエンドミル工具の回転中心部が切削に関与しないようにするために、15度の傾斜ステージにワークをネジ固定して加工を行った。図1にテスト加工時の写真を示した。

ボールエンドミルを使用して曲面加工を行う場合の工



図1 テスト加工写真

具経路は、ミラー面形状の座標値から工具半径分だけ補正した軌跡を通る必要がある。そのため各表面座標点におけるX方向Y方向の傾きを求め、形状表面の法線方向に工具半径分だけオフセットした位置を工具経路とした。座標点は2 mmピッチで指令し、直線補間により加工を行った。また加工条件は表1に示す。

表1 加工条件

|       |              |
|-------|--------------|
| 主軸回転数 | 1500 rpm     |
| 送り速度  | 100 mm/min   |
| 切り込み量 | 0.2 mm       |
| 使用工具  | 超硬ボールエンドミルR5 |
| ワーク板厚 | 15 mm、75 mm  |

## 加工結果について

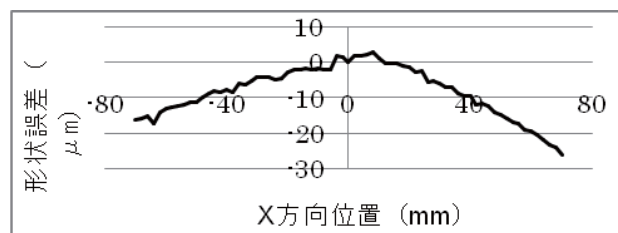
加工後の形状精度測定は、レーザプローブ式3次元形状測定機（三鷹光機NH-3SP）を用いて、X方向Y方向それぞれの断面形状測定を行った。図2はX方向およびY方向それぞれの、断面形状測定値からミラー表面計算値を引いた形状誤差量として表している。X方向では約30  $\mu\text{m}$ の誤差、Y方向では約70  $\mu\text{m}$ の誤差と大きな形状誤差が生じた。これは今回使用したワークの板厚が15 mmと比較的薄かったため、ワークをネジ固定したときに生じる歪みに起因しているものと考えられる。そこでワーク板厚を75 mmと厚くして固定時の変形による誤差が発生しないようにして再度テスト加工を行い、機械精度に起因する形状誤差を確認した。図3に測定結果を示した。X方向Y方向ともに10  $\mu\text{m}$ 以内の形状誤差に収まっている。この誤差は、切削過程で生じる誤差も含まれるが、大部分は機械精度に起因する誤差と考えている。また、X方向の中心付近では5  $\mu\text{m}$ 程度の段差が生じており、これはステージ送りネジのバックラッシュに起因する誤差であり、凹面形状加工でステージ送り方向が途中で反転するため、避けることが出

来ない誤差である。図4にテスト加工を行ったワークの外観写真および3次元測定結果を示す。

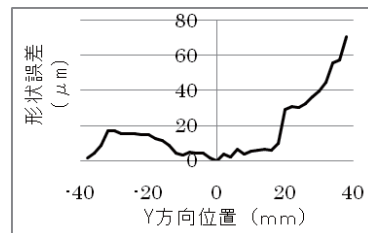
## おわりに

テスト加工結果から、今回の使用した装置開発室所有のNCフライス盤の機械精度は、5  $\mu\text{m}$  ~ 10  $\mu\text{m}$  程度であることが分かった。また以前実施した検証から室温1度の変

化に対して3  $\mu\text{m}$ の機械変動が確認されている。このような熱に起因する誤差や、ワーク固定時の応力、切削反力による工具の撓みおよび材料の残留応力などに起因する誤差を如何に小さくするかが重要である。またバックラッシュの生じない加工方法および加工経路についても現在検討を行っている。これらのテスト加工結果を踏まえ、マジックミラーの製作を進めていく予定である。

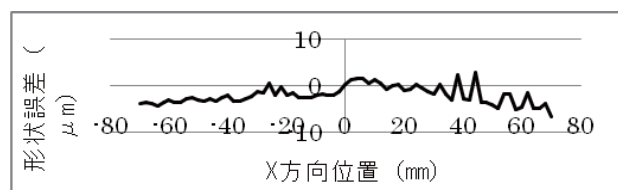


(a) X方向断面形状誤差

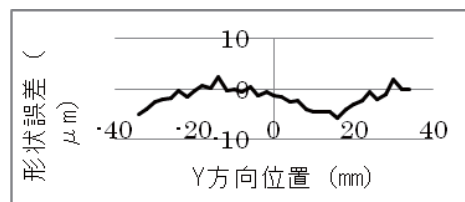


(b) Y方向断面形状誤差

図2 形状精度測定結果

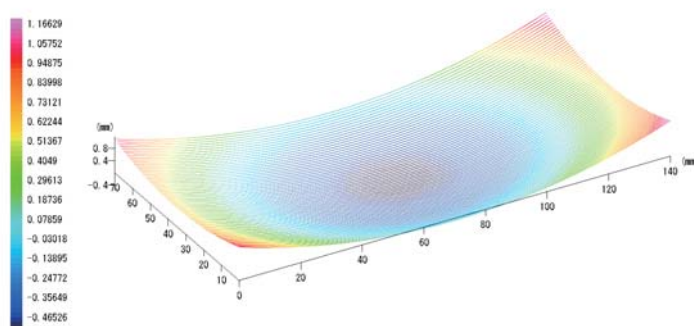


(a) X方向断面形状誤差



(b) Y方向断面形状誤差

図3 板厚75 mmワーク形状精度測定結果



|                                                                       |                        |              |                        |
|-----------------------------------------------------------------------|------------------------|--------------|------------------------|
| ファイル名 : C:\nh-3\data\kaoyama\マジックミラーテスト加工3 (20100908)\¥140X70P1mm.nh3 |                        |              |                        |
| データ名 :                                                                |                        |              |                        |
| 測定開始点X :                                                              | -70401 $\mu\text{m}$   | 測定開始点Y :     | -35564.8 $\mu\text{m}$ |
| 測定終了点X :                                                              | 69604.9 $\mu\text{m}$  | 測定終了点Y :     | 34435.4 $\mu\text{m}$  |
| 測定範囲X :                                                               | 140006 $\mu\text{m}$   | 測定範囲Y :      | 70000.2 $\mu\text{m}$  |
| 測定ピッチX :                                                              | 1000 $\mu\text{m}$     | 測定ピッチY :     | 1000 $\mu\text{m}$     |
| A/Fゲイン :                                                              | 10                     | A/Fセンサー :    | Select                 |
| 対物レンズの倍率 :                                                            | 50倍                    | レーザー・オフセット : | 5                      |
| 測定方法 :                                                                | 詳細                     | 測定日時 :       | 2010/09/09 11:19       |
| 視点位置 (水平) :                                                           | 30.0 °                 | 視点位置 (垂直) :  | 30.0 °                 |
| Z軸表示オフセット :                                                           | 0 $\mu\text{m}$        | Z軸倍率 :       | 10                     |
| データ数 :                                                                | 10011                  |              |                        |
| 最大値 :                                                                 | 1166.29 $\mu\text{m}$  | 最小値 :        | -574.03 $\mu\text{m}$  |
| 平均値 :                                                                 | 0.228058 $\mu\text{m}$ | RMS :        | 390.841 $\mu\text{m}$  |
|                                                                       |                        | 平面度 :        | 1740.32 $\mu\text{m}$  |

図4 テスト加工ワーク外観写真と3次元測定結果

# FIB 微細加工装置用回転機構

矢野 隆行

機器開発技術一係

キーワード：FIB、微細加工、回転機構

本課題は、産業技術総合研究所（以下、産総研）との施設利用として採択された課題の一部である。

産総研では、半導体製造技術を用いた微細加工技術を模索している。その一つとして、FIB 微細加工装置（エリオニクス：EIP-5400 表1、図1）を用いて光ファイバーなどの円筒表面に螺旋構造を製作するための回転機構が必要となり設計製作を担当することになった。

表1 FIB 微細加工装置の仕様

|           |                                             |
|-----------|---------------------------------------------|
| イオン源      | Ga 液体金属イオン源                                 |
| イオン加速電圧   | 40,30,20,10 kV                              |
| ビーム電流強度   | $2 \times 10^{-12} \sim 1 \times 10^{-7}$ A |
| イオンビーム径   | $\phi 30$ nm $\sim \phi 8$ $\mu$ m          |
| 描画可能領域    | X-方向 60 mm $\times$ Y-方向 60 mm              |
| 最大装着試料サイズ | $\phi 3$ インチウェハー試料、または3インチ マスク試料            |



図1 FIB 微細加工装置

## 回転機構の仕様

今回提案された回転機構の仕様を表2に示す。

## 回転機構の構成

回転機構の主要部分には模型メーカーから販売されて

いる4速ギヤーボックスセットを利用した。ここで問題になるのが真空中での動作であるが、こちらが所有する真空試験装置により  $1.4 \times 10^{-4}$  Pa までの動作を確認し、実際に螺旋構造を製作する加工は産総研で行った。製作した回転機構を図2に示す。

表2 回転機構の要求内容

|                  |                |
|------------------|----------------|
| 加工円筒（光ファイバー）径    | $\phi 0.2$ mm  |
| 加工有効範囲（軸方向側）     | 20 mm 程度       |
| 回転機構の全高（台座部分は除く） | 30 mm 程度       |
| 回転数              | 1 $\sim$ 2 rpm |
| 留意点              | 極力振れのないこと      |

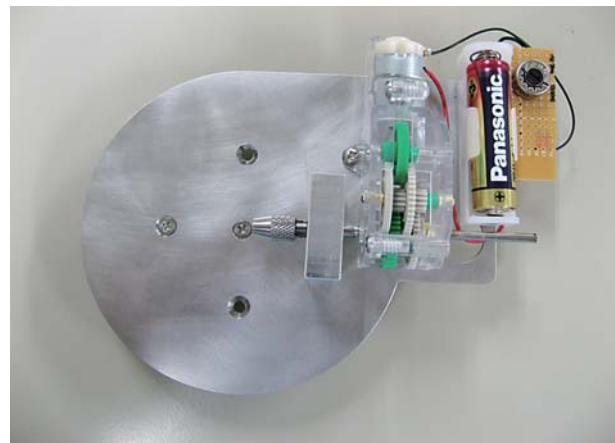


図2 製作した回転機構

## 回転機構の問題点

製作した回転機構には、光ファイバーを固定する部分に市販のピンバイスを用いた結果、光ファイバーの回転中心と回転機構本体の中心が一致していなかった。また、回転機構の軸方向への振れが生じているため、単純に光ファイバーが一周した時、加工始点に正確に戻らないということがあった。

## 回転機構の改良

先の問題解決のため改良を加えた。軸振れの問題に関しては、ギアボックス等の軸固定にボールベアリングを付加し、できる限りの振れを抑えるとともに、光ファイバー固定用コレットをワンチャッキング方式によって製作することで全体の振れを $\pm 12 \mu\text{m}$ まで低減した。さらに片持ち梁型の構造により光ファイバーが変形し、振れの原因となるため、線接触による回転ガイドを数パターン用意して検討した。

片持ち型の梁において想定される振れは図3に示すようなものである。そこで回転ガイドの形式として、(1) 円形

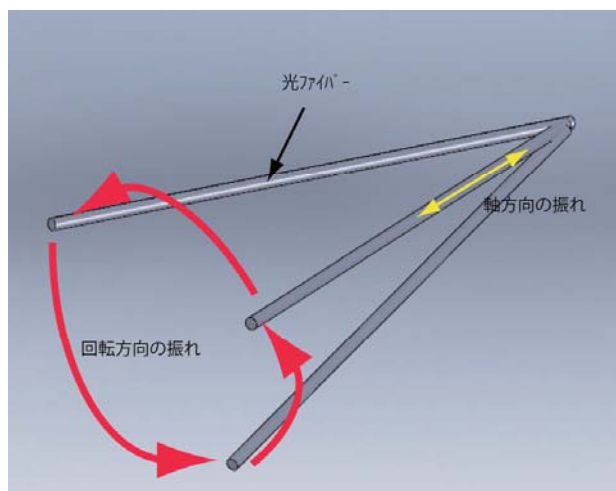
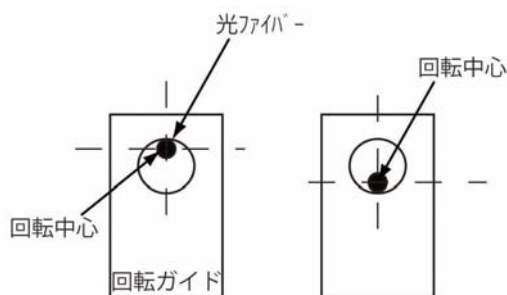
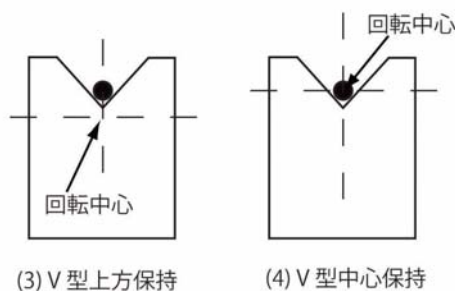


図3 光ファイバーの軸振れ



(1) 円形穴型上方保持 (2) 円形穴型下方保持



(3) V型上方保持 (4) V型中心保持

図4 光ファイバーの保持方法

穴型上方保持、(2) 円形穴型下方保持、(3) V型上方保持、(4) V型中心保持の4つのパターンについて検討した。具体例を図4に示す。

(1)、(2) について加工は比較的容易であるが、(3)、(4) に比べると一か所による線接触となりV型の二力所による線接触に比べ安定性が問題となるため採用を見送った。また(4) については、回転した時に光ファイバーが軸中心を支点にして太鼓型（縄跳び型）に回転する可能性がある。そこで今回は、(3) V型上方保持を採用した。図5に示すように光ファイバーは多少上向き斜めに保持されることになるが、軸の振れが最も少ない保持方法になると推定されることがその理由である。また斜めになった軸に関しては、FIB微細加工装置側で補正を行うことにした。改良を加えた回転機構を図6に示す。

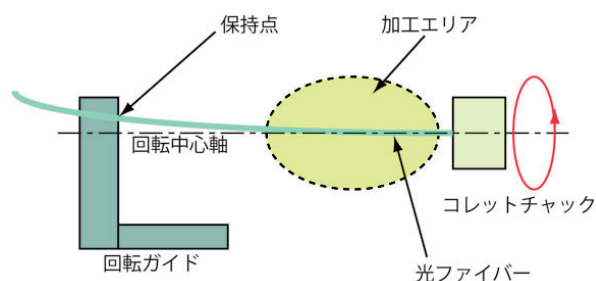


図5 回転ガイドの設置方法



図6 改良を加えた回転機構

## まとめ

今回、光ファイバーの円筒表面に螺旋構造を製作するための回転機構を製作した。初期型の回転機構では軸振れなどの多くの問題があったが、その都度改良することで要求に対応してきており今後もさらなる改良が必要であると考えられる。現在、産総研では改良した回転機構でテスト加工が行われている。

# 多チャンネル神経細胞ネットワーク素子の開発

高田 紀子

機器開発技術二係

**キーワード：**多チャンネル、培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサー、プラスチック、ホットエンボス、フォトリソグラフィー

## はじめに

昨年に引き続き、分子科学研究所 宇理須グループから依頼を受けている、多チャンネル培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサーの製作に多く携わった。パッチクランプバイオセンサーは、細胞のイオン電流を計測するのに使用される計測装置で、ピペットを用いたパッチクランプ法が現在すでに電気生理学の分野で広く使用されている。これを、基板上で細胞を培養し、微細貫通孔を通してイオン電流を計測するプレーナー型にすることで、一定の培養期間を必要とする神経細胞の電流計測や、多チャンネル化によるスクリーニングへの応用が期待できる。これまでに宇理須グループと装置開発室とでは、1チャンネルの培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサーを開発し、<sup>1,2)</sup>イオン電流の計測にも成功している。現在はこの多チャンネル化を目標としており、まずは4チャンネル型の製作を進めている。その際、サブミクロンレベルの微細構造を必要とする基板の材料には、加工方法と機能の多様性に優れている点から、プラスチック（PMMA）を選択した。今年は主に、(1) ホットエンボスによるプラスチック基板上の微細構造（厚さ10 μm以下の薄膜部分）の製作、(2) フォトリソグラフィーとウェットエッチングによる流路構造を持つ電鋳用マスターの製作、(3) 光受容イオンチャンネル

の培養細胞への導入とクローニング等を行った。その中でここでは、(1) と (2) について報告する。また、これらの実験結果をもとに、技術研究会や学会で発表をする機会をもつことができた。

## ホットエンボスによるプラスチック基板上の微細構造の製作

多チャンネルの培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサーを開発するにあたって、上面にマイクロ流路構造を、下面に電極構造を有するプラスチック基板の開発を、各種の精密加工技術を組み合わせて行っている。ここでは、プラスチック基板に対して両側から金型で熱成形を行う両面エンボスを主要な技術とする（図1）。エンボスで用いる金型は、一つは薄膜部分の成形のためピラミッド型の突起構造を有するもので、理化学研究所が所有する超精密多軸加工機での切削加工により製作を行っている（Mold2）。もう一つは細胞のパターニングのための流路構造成形のためのもので、電鋳による製作を進めている（Mold1）。また、センサー構造として必要なφ1～2 μmの微細貫通孔の形成には、兵庫県立大学が有する放射光施設 New SUBARU において、Deep X-ray Lithography（DXL）による製作を予定している（図1）。

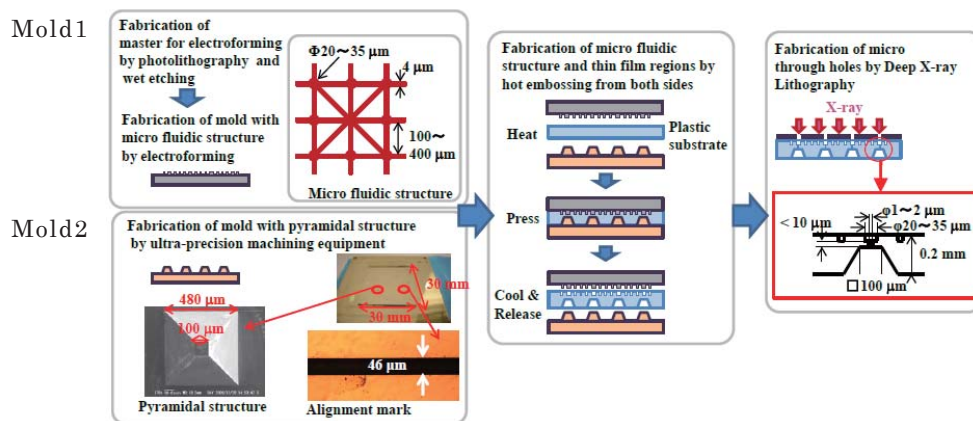


図1 両面エンボスとDXLによるプラスチック基板上の微細構造の製作工程

これまでに、Mold2を用いた片面からのホットエンボスにより、適切な加熱条件とプラスチック基板の厚さを選択することで、目標とする厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下でクラックのない薄膜部分の製作に成功した(図2)。また、Mold1に関しては、電鍍用のマスターをフォトリソグラフィーとウェットエッチングにより製作し、電鍍を外注した段階である。

### 流路構造をもつ電鍍用マスターの製作

標的細胞を微細貫通孔の上に高い確率で設置することは、プレーナーパッチクランプバイオセンサーを開発するにあたって、重要な技術課題の一つである。そのために我々は、マイクロ流路構造をホットエンボスによりプラスチック基板上に製作する方法を進めている。流路構造をもつ金型(Mold1)には、切削での加工は難しくコストも高いことが予想されるため、電鍍を選択した。電鍍の技術はまだ装置開発室にはないため、電鍍を専門とするメーカーへ依頼した。電鍍用のマスター(図3(a))の製作は分子研内の設備を利用して行った。幅 $4\text{ }\mu\text{m}$ の流路構造(図3(c))は、ポジ型のフォトレジストを用いたリソグラフィーにより製作した。また、両面エンボスを行うためには、Mold1とMold2の正確な位置合わせが必要である。そのためのアライメントマークとして、Mold2には幅 $46\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ $2\text{ mm}$ の一本線、Mold1には間隔 $54\text{ }\mu\text{m}$ 、長さ $2\text{ mm}$ の2本線を製作した(図3(b))。その際、CCDカメラによる観察を容易にするため、アライメントマークはV字の突起にすることが望ましい。レジストパターンではV溝の製作が難しいため、アルカリ溶液によるシリコンの異方性エッチングを利用して、(111)面を斜面とするV溝を製作した。今後は、Mold1とMold2を使用した両面エンボスと、DXLによる微細貫通孔の製作を進めていく予定である。

### 謝辞

超精密多軸加工機による金型の製作でご協力頂いている理化学研究所 大森整博士、八須洋輔協力技術員、また、ホットエンボス加工およびDXLでご協力下さっている産業技術総合研究所 銘荻春隆博士および兵庫県立大学 内海裕一先生、廣瀬義人技術支援員に、紙面を借りてお礼申し上げます。

### 参考文献

- 1) Toshifumi Asano, Hidetaka Uno, Koji Shibasaki, Makoto Tominaga and Tsuneo Urisu: *Transaction of Materials Research Society*, **33** (2008) 767-770.
- 2) Tsuneo Urisu, Toshifumi Asano, Zhenlong Zhang, Hidetaka Uno, Ryugo Tero, Han Junkyu, Isoda Hiroko,

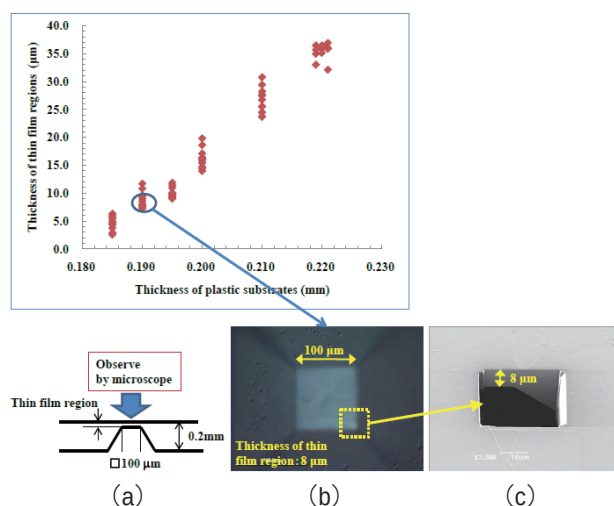


図2 ホットエンボスによる厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の薄膜部分の成形  
(a) 一定荷重で成形を行った時の、プラスチック基板の厚さと薄膜部分の厚さとの関係  
(b) 厚さ $10\text{ }\mu\text{m}$ 以下の薄膜部分の光学顕微鏡写真  
(c) 薄膜部分の一部をFIBで切断後 $45^\circ$ 傾けて撮影した画像

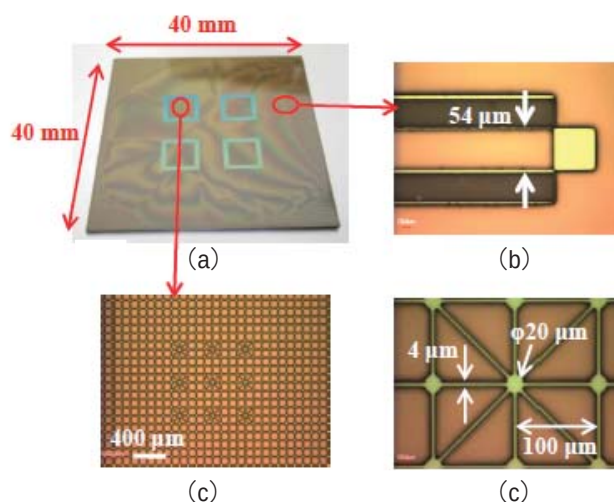


図3 フォトリソグラフィーによる流路構造の製作  
(a) 電鍍用マスターの写真  
(b) アライメントマークの光学顕微鏡写真  
エッチングによるV溝部分が黒く見えている  
(c) 流路構造の光学顕微鏡写真 レジスト厚さは約 $10\text{ }\mu\text{m}$

Yusuke Arima, Hiroo Iwata, Koji Shibasaki, Makoto Tominaga: *Analytical and Bioanalytical Chemistry*, **391** (2008) 2703-2709.

# MI センサを用いた磁場キャンセル装置の開発

吉田 久史

電子機器・ガラス機器開発技術班

キーワード：MI センサ、マイコン、dsPIC、磁場制御、Visual Basic

## はじめに

X、Y、Z 軸に配置したコイルの発生する磁場により、コイルで囲まれた空間の地球磁場をキャンセルする装置の製作依頼を受けた。我々は小型・高精度磁気センサである MI センサを用いた磁場測定回路とプログラマブルなコイル電流駆動回路を製作し、それらを組み合わせた磁場の制御装置を開発した。これにより、地磁気や外部磁気による磁場変動をキャンセルすることだけでなく特定の磁場を生成する装置としても使用可能である。

## MI センサ

MI センサは、アモルファス磁性金属ワイヤの MI 効果 (Magneto Impedance Effect) を応用したもので、数ガウス程度の微小磁場を高精度 ( $10^{-6}$  G) に測定できることから地球磁場の測定や生体磁気の計測等に応用されている。使用した AMI302 (愛知製鋼) は、 $3.5 \times 4.0$  mm 角のチップの中に X、Y、Z 軸の 3 つの磁気センサとそれらを駆動するための電子回路が集積されている。使用法は、IC の電源端子に 2.6 V ~ 3.6 V の電源を供給し X、Y、Z を指定するロジック信号を与えるとそのセンサによる磁場強度がアナログ電圧で出力される。AMI302 の外観を図 1 に磁気特性を表 1 に示す。MI センサを使用する際の注意点は、磁気感度 (mV/G) と原点 (オフセット) 電圧がセンサ毎で大きくばらつくことである。従って、出力電圧から磁場強度

への換算式を、センサに添付されるデータシートを参照し補正する必要がある。我々は、磁場データを取得するマイコンのプログラムを使用するセンサ IC に応じて書き換えることで対応させた。

## 磁場キャンセル装置の構成

本装置のブロック図を図 2 に示す。装置は MI センサによる磁場計測回路と DA 変換器を用いたコイルの電流駆動回路、そして制御プログラムを動かすためのホストコンピュータ (ノートパソコン) で構成されている。計測回路は Microchip 社製のマイコン dsPIC30F4013 を用い、内蔵する 12 ビットの AD 変換器で MI センサが出力するアナログ信号を取り込む。MI センサの出力電圧が最大約 2.7 V であることから、AD 変換器の基準電圧を 3.0 V に設定した。従って、AD 変換器の分解能は 0.73 mV/Bit である。これは磁気センサの感度特性から 0.0019 ~ 0.0046 G/Bit の分解能となり今回の仕様では十分な値であった。ちなみに、地磁気の大きさは東京付近で約 0.45 G である。

磁場計測のためのマイコン処理は、周期的に X、Y、Z のセンサ出力をスキャンし、指定回数のアベレージングを行って結果を LCD 表示器に表示することである。また、ホストコンピュータからの要求があれば、計測したデータをホストコンピュータに送信する処理も行う。直径約 95 mm、長さ約 580 mm の円筒形のミューメタルを用いた磁

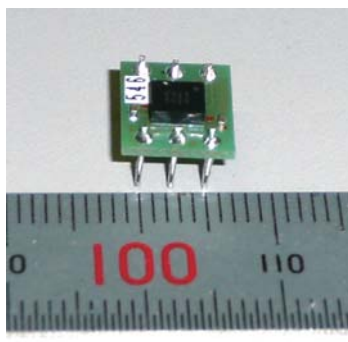


図 1 AMI302 外観

表 1 AMI302 磁気特性

| 項目         | 記号     | 条件             | Min. | Typ. | Max. | 単位   |
|------------|--------|----------------|------|------|------|------|
| 動作範囲       | Rm     | CS = "H"       | ± 2  | —    | —    |      |
| 出力直線性      | Lin    | CS = "H"、± 2 G | —    | 1.6  | —    | %FS  |
| ゼロ磁場での出力電圧 | Vofs   | CS = "H"       | 800  | 1500 | 1900 | mV   |
| 感度         | deltaV | CS = "H"       | 160  | 240  | 380  | mV/G |
| 周波数応答      | Fr     | CS = "H"       | —    | —    | 1    | KHz  |

(動作条件: Ta = +25 °C、VDD = +3.00 V、VDD - GND 間に 10 μF)

気シールドの環境下で磁場測定を行った結果、64回のアベレーシング処理を行った時の出力電圧（磁場）のばらつきは約5 mV（0.02 GTyp.）であった。

コイル電流駆動回路は、12ビットのDA変換器とパワー・オペアンプによる電圧・電流（V-I）変換回路で構成した。X、Y、Zの3軸分のDA変換器が必要となることから、DA変換器にはシリアルデータ入力タイプのDAC8512（Analog Devices）を用い、データ設定に必要な信号線の数进行限り減らす工夫をした。このDA変換器は0～4.095 Vのユニポーラ出力であり、分解能は1 mV/Bitとなる。後段のV-I変換回路は、1 mVを1 mAの電流値に変換する回路とした。DA変換器のデータ設定は、ホストコンピュータからの指令によりマイコンの割り込み処理で実行される。

なお、今回は地磁気をキャンセルすれば良いことから、磁場を生成するためにコイルに流す電流の向きは片方向のみで良い。

ホストコンピュータは、磁場計測回路から送られて来たデータと目標値との誤差を計算し、各コイルに流す電流量を割り出してコイル電流駆動回路に送信する。この時のシリアル通信はUSBの仮想COMポートを使用し、そのためにマイコン側にはUSB-RS-232C変換ICであるFT232BM（FTDI）を搭載した。また、ホストコンピュータの制御プログラムはVisual Basicで開発を行った。

## おわりに

製作した磁場キャンセル装置の外観を図3に示す。約30 cm<sup>3</sup>の立方体の各面にコイルを10回巻き、その空間のほぼ中央にMIセンサを配置して本機のテストを行った。磁場をキャンセルするように自動制御を行った所、各軸での変位は2.5 mV（0.01 G）以内であることが分かった。制御プログラムのサンプリング周期は、最大約18 msであった。ホストコンピュータとマイコン間のデータ転送時間は1 ms以下で終了し、その大部分が自動制御のための演算に要する時間である。磁場精度と制御速度共に今回の目的では十分であるが、今後さらに性能を向上させるための検討を行いたいと考えている。

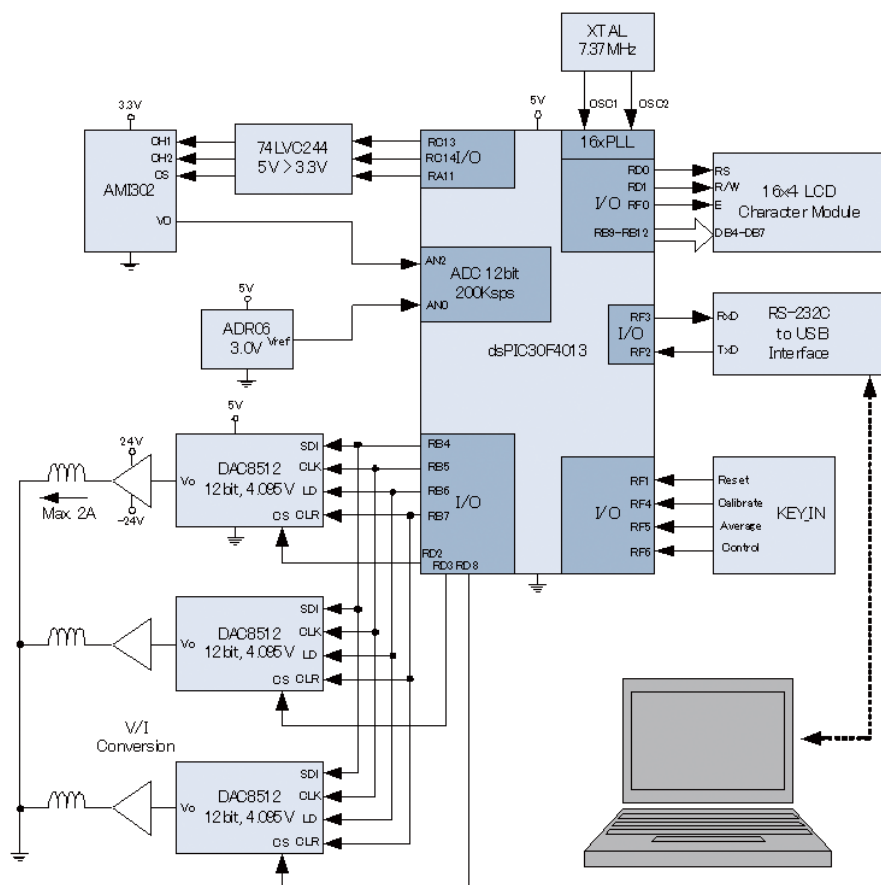


図2 磁場キャンセル装置のブロック図



図3 磁場キャンセル装置の外観

# CPLDを用いた高速シリアルデータ転送回路

豊田 朋範

電子機器開発技術係

キーワード：CPLD、DDS、ステートマシン、VHDL、Quartus II

## はじめに

今回、近年のファンクションジェネレータで採用されているDDS（Direct Digital Synthesizer）方式の発振器ICの初期化やデータ転送に用いるシリアルデータ転送回路をCPLDで構築したので報告する。

一般的にこのような回路はマイコンで製作するが、CPLDで構成すると（1）高速転送が可能であること、（2）開発言語の環境依存性が低いこと（C言語はしばしば開発環境ごとに異なるヘッダファイルの読み込みや関数の変更が必要とされる）、（3）ピン数が多いため多くの入出力に対応できること、（4）秘匿性が高いことなどのメリットがある。

## 装置の概要

今回用いたCPLDキットと発振器ICを図1に示す。CPLDキットは昨年度の技術報告で使用したXC95144XL-TQ144-10C（Xilinx社）と比較して内部回路の容量が約5倍（570ロジックエレメント）で基板サイズが小型のEPM570T100C5N（Altera社）を使用した。当初はXC95144XL-TQ144-10Cを使用していたが、後述する周波数設定値のデータ変換処理回路を組み込んだところ内部回路の容量が不足したため、EPM570T100C5Nに切り替えた。



図1 使用したCPLDキット(左)と発振器IC(右)

入出力や動作の決定はAltera社が提供する無償のIDE（統合開発環境）であるQuartus IIでVHDLを用いてプログラミングし、コンパイルして作成した回路構成ファイルをJTAGインターフェースでCPLDに転送することで行う。PCとCPLDの接続にはソリトンウェーブ社のMAX IIマイクロキットを用いた。

発振器ICはAD9833BRM（Analog Devices社）を用いた。AD9833BRMは2.3 V～5.5 V単一電源で動作し、DDS方式により最高12.5 MHzの周波数を28 bitの分解能で出力できる。3線式SPIインターフェースを採用しており、送信クロックsclk、イネーブルfsync、送信データsdataを所定のタイミングで操作することで内部の16 bitレジスタにデータを転送する。

製作したDDS波形発生器のブロック図を図2に示す。CPLDで構築した制御回路は、周波数設定を行う3桁サムホイールスイッチの値（1～199 Hz）をAD9833BRMの内部レジスタ用のデータに変換し、Enterスイッチで転送する。また、波形選択スイッチの状態でサイン波、方形波、三角波を選択し、所定のデータをAD9833BRMに転送する。

制御回路は電源投入後、図3の状態遷移図に従って装置の初期化を順次行う。まずINIT1で16 bit×8個のデータを転送してAD9833BRMを初期化する。PAUSE1で12クロッ

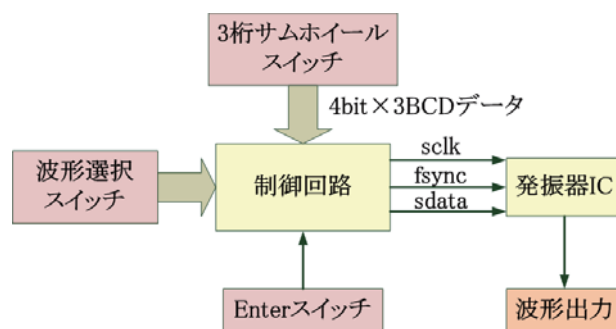


図2 DDS波形発生器のブロック図

ク分待機した後、INIT2で周波数設定に使用する内部レジスタ番号を指定する16 bitデータを転送する。PAUSE2で再び12クロック分待機した後、FREQで現在の3桁サムホイールスイッチの値を16 bit×2個のデータに変換して転送する。

次に、PAUSE3で12クロック分待機した後、現在の波形選択スイッチの状態でSINE\_PRE→SINE（サイン波）、PULSE\_PRE→PULSE（方形波）、TRI\_PRE→TRI（三角波）のいずれかに分岐する。分岐後はそれぞれ波形を指定する16 bitデータを転送する。最後にPAUSE4での12クロック分待機を経てREADYに遷移して装置の初期化を完了する。以降はEnterスイッチと波形選択スイッチを監視し、操作すると所定の状態遷移を行いREADYに戻る。

### VHDLによるシリアルデータ転送回路の記述

図3に沿って順次データを転送し、スイッチの位置によって異なる状態に遷移する回路はステートマシンで構成している。AD9833BRMのリセットデータ、内部レジスタ番号選択データ、周波数設定値の内部レジスタ変換データ、波形選択データを転送するためにそれぞれprocess文による回路ブロックを構成しており、ステートマシンで制御する内部フラグの変化を受けて動作することで、所定のデータを順次転送する。

128 bitシリアルデータ転送用process文の一部を図4に示す。パワーオンリセット入力reset\_inがリセット処理を行う内部フラグflag\_resetが0になると、内部カウンタcount\_databit1を127にプリセットし、かつsclkに接続する内部信号pre\_sclkを0にする（227～229行）。flag\_resetが1になると、システムクロックclkの立ち上がりごとにpre\_sclkを反転して（232行）、count\_databit1が0であれば0で固定し（233～234行）、0でなければpre\_sclkが1の時に1つダウンカウントする（236～238行）。あらかじめ定義した128 bitデータにおいてcount\_databit1の値で示される位置のbitをsdataとすれば、clkを1/2分周したsclkに同期してsdataが順次出力されるシリアルデータ転送回路が実現できる。

この回路による初期化データの出力波形を図5に示す。

### おわりに

これまでCPLDを用いてデジタル回路の集積化に取り組んできたが、今回はステートマシンと複数のprocess文の連携による複雑な制御系を構築した。今後は演算処理の充実や回路の最適化を図り、高機能と高い操作性を両立するデジタル回路の構築を進めていきたい。

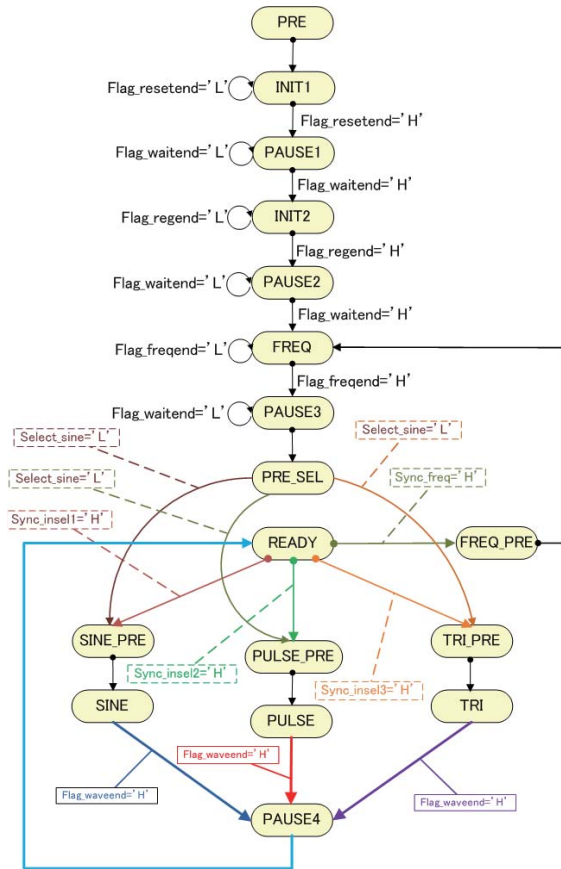


図3 制御回路の状態遷移図

```

226 | -- Send Reset sequence ↓
227 | process (reset_in, flag_reset, clk) begin
228 |   if (reset_in = '0' or flag_reset = '0') then
229 |     count_databit1 <= 127;
230 |     pre_sclk <= '0';
231 |   elsif (flag_reset = '1') then
232 |     if (clk'event and clk = '1') then
233 |       pre_sclk <= not(pre_sclk);
234 |       if (count_databit1 = 0) then
235 |         count_databit1 <= 0;
236 |       else
237 |         if (pre_sclk = '1') then
238 |           count_databit1 <= count_databit1 - 1;
239 |         end if;
240 |       end if;
241 |     end if;
242 |   end if;
end process;

```

図4 VHDLによる128 bitシリアルデータ転送回路

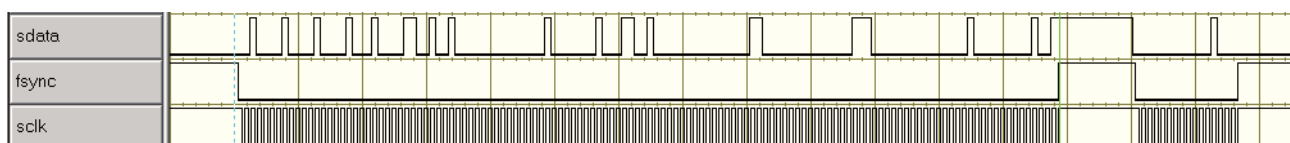


図5 シリアルデータ転送回路の出力波形

# LSI設計技術習得にむけて

内山 功一

電子機器開発技術係

キーワード：LSI設計、VDEC、半導体プロセス、Linux、シミュレーション

## はじめに

装置開発室エレクトロニクスセクションでは、技術開発として大規模集積回路（LSI）設計手法の習得を掲げている。我々は昨年度より、この技術習得のための準備を行ってきた。今年度、当初の目標であるCMOSプロセスによるアナログICの試作設計までを行うことができた。そこでここまでの経緯を含めて報告する。

## LSI設計のための準備

LSI設計を行うにあたって、半導体設計及びプロセスに関する知識を得るための勉強会を週一回のペースで行った。これは昨年の11月から開始し、現在も継続している。LSIの設計、試作については東京大学の大規模集積システム設計教育研究センター（VLSI Design and Education Center、以下VDEC）を利用することとした。VDEC提供の設計ツールは、基本的にLinux（UNIX）上で動作するため、LSI設計環境として専用のLinuxマシンを用意しセットアップを行った。エレクトロニクスセクションスタッフは、普段Windowsマシンしか使用していなかったためLinuxには慣れておらず、設計環境構築に手間取ることもあった。またCMOSアナログLSI設計の流れを学ぶため、VDEC主催の「VDEC環境におけるトランジスタレベル設計講習会」にも参加した。昨年度までに以上の準備を行った。

## 集積回路技術講習会

半導体プロセスについて深く学ぶため、今年の7月26日～31日の6日間、豊橋技術科学大学にて行われた第30回集積回路技術講習会に参加した。参加者は例年20名前後のところ、今年は6名で内2名が分子研からの参加であった。受講した講習会は日程が1週間であるため、製造に数ヶ月を必要とする複雑なCMOSプロセスではなくNMOSプロセスで実習が行われた。講習会のほとんどの時間はLSIプロセスの実習作業に当てられている。実習で製作するチップはTEG（Test Element Group）と呼ばれるものに



写真1 講習の様子



写真2 クリーンルーム内での作業

相当し、通常LSIチップの特性評価に用いられる素子群である。製作したTEGの内容は、EMOS（エンハンスメント型MOSFET）、DMOS（デプレッション型MOSFET）、E/DMOSインバータ評価回路、31段リングオシレータ、4ビットカウンタ、ポリシリコン・n+拡散抵抗評価素子、C-V特性測定用MOSダイオードとなっている。NMOSプロセスの実習で行う作業は、主にフォトリソグラフィによるマスクパターンの生成である。それ以外の酸化膜生成、イオン拡散、アルミ配線蒸着等の工程は、すでにセッティングされた装置にて行うため装置にウェハを入れる以外は、ほとんどが説明を受けるのみであった。講義は、半導体デバイスの基礎、MOS集積回路の基礎と製造技術、最新の集積回路技術について受講した。また短い時間であったが、Cadenceのツールを使用したCAD講習も行われた。完成したチップは全て正しく動作し、特性のよいものが得られた。今回は参加者が少なく時間に余裕があったため、チッ

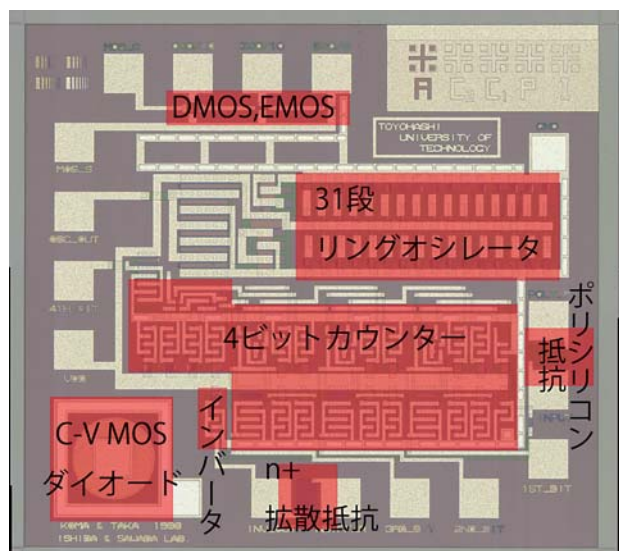


写真4 製作した集積回路(チップ拡大)



写真3  
製作した集積回路  
(ウェハ)

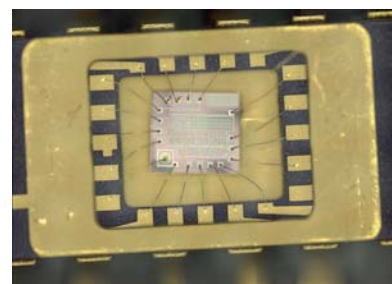


写真5  
ICパッケージ

プをパッケージ化する際に行うボンディング作業の体験を行うことができた。また、最終日に今回製作したチップをICパッケージにボンディングしたものを持ち帰ることができた。今回の講習会に参加し、実習を行うことでLSIプロセスへの理解が深まった。

## CMOSアナログ回路試作設計

本年度の所長奨励研究費を利用してCMOSアナログ回路の試作を行った。今回試作するLSIは、3種類の差動入力オペアンプを複数個実装することとなった。3種類のオペアンプは利得がそれぞれ20 dB、40 dB、60 dBとして設計を行った。最初に設計したオペアンプの基本回路を図1に示す。それぞれの利得に合わせて最適化を行いトランジスタパラメータの設定を行った。設計したオペアンプをチップにレイアウトする際、入出力とボンディングパッドとの間にESD対策を施したI/Oを入れる必要がある。このI/Oは、チップを静電破壊から守るために必ず入れる必要がある。そこでチップレイアウト前にI/O段を追加し、この状態で再度シミュレーションを行った。シミュレーションの結果、オペアンプの帯域幅が2桁も下がっていることが確認された。入出力に接続したI/Oに使われているESD対策用保護回路はクランプダイオードで構成されている。このクランプダイオードが大きな容量性負荷となっているため、これを考慮せずに最適化処理を行ったことが原因と考えられる。対策としてオペアンプの出力に増幅段を追加し、この状態で再度最適化処理を行った。増幅段を追加した回路図を図2に示す。ここから、I/O段を接続して最終的なシミュレーションを行いどれだけ影響があるかを検証した。図3にI/O段接続前と後のシミュレーション結果を示す。I/Oの無

い状態でのシミュレーション結果とI/Oを接続した結果を比較すると、20dBで100MHzから27MHz、40 dBで980 KHzから918 KHz、60 dBで130 KHzから124 KHzとなった。40 dB、60 dBに比べて20 dBは明らかに大きな帯域の低下が見られる。容量性負荷の見積もりが甘く、20 dBの条件では増幅段に十分なドライブ能力がなかったことがわかる。しかし、この時点で締め切りまでの時間があまり残されていなかったため、これ以上の最適化処理を諦めチップのレイアウトを行うことにした。

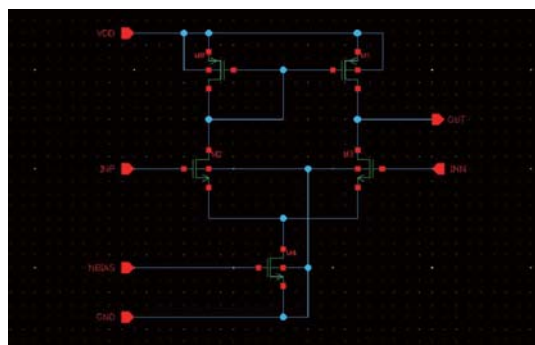


図1 差動入力オペアンプ回路図

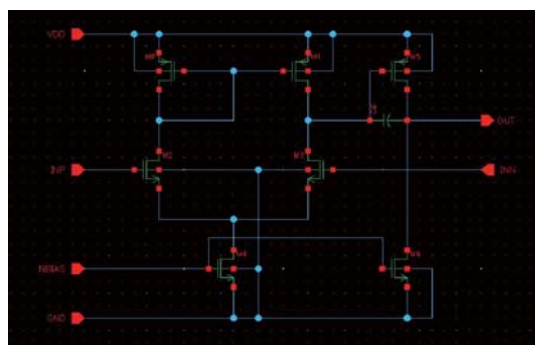


図2 増幅段付オペアンプ回路図

| Outputs          |       |                                     |                          |              |
|------------------|-------|-------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Name/Signal/Expr | Value | Plot                                | Save                     | Save Options |
| 1 OUT            |       | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | allv         |
| 2 Gain           | wave  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |
| 3 DC Gain        | 20.51 | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |
| 4 Band Width     | 100M  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |

| Outputs          |        |                                     |                          |              |
|------------------|--------|-------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Name/Signal/Expr | Value  | Plot                                | Save                     | Save Options |
| 1 OUT            |        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | allv         |
| 2 Gain           | wave   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |
| 3 DC Gain        | 40.23  | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |
| 4 Band Width     | 980.4K | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |

| Outputs          |        |                                     |                          |              |
|------------------|--------|-------------------------------------|--------------------------|--------------|
| Name/Signal/Expr | Value  | Plot                                | Save                     | Save Options |
| 1 OUT            |        | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | allv         |
| 2 Gain           | wave   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |
| 3 DC Gain        | 60.3   | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |
| 4 Band Width     | 130.5K | <input checked="" type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |              |

左：位相補償無し  
右：位相補償有り

図3 シミュレーション結果

図4に20 dBオペアンプのレイアウト図を示す。向かって左側がオペアンプを構成するトランジスタ、右側に50個並んでいる四角が位相補償用コンデンサである。他のオペアンプもトランジスタサイズが異なるだけで、同様のレイアウトとなっているため割愛する。各オペアンプのレイアウト作業後、LVSとDRCにてチェックを行う。LVSはLogic vs. Schematicの略で、回路図とレイアウトの整合性のチェックを行う。DRCはDesign Rule Checkの略で、レイアウトがデザインルールに則っているかのチェックを行う。この段階で何度もエラーが発生し、修正を行った。すぐにわかるエラーだけではなく、エラー原因の特定が難しいものもあった。その都度設計ルールを調べ、ルールファイルを解析しながら該当箇所の修正を行ったため、この段階でかなりの時間を費やすこととなった。

最終的なチップレイアウトを図5に示す。チップレイアウトの外周にボンディングパッドが並び、その内側に電源ラインが配置されている。図の中央、上下左右に5組ずつ並んでいるのがオペアンプで、先程の電源ライン上に配置されたI/Oを通してボンディングパッドに接続されている。

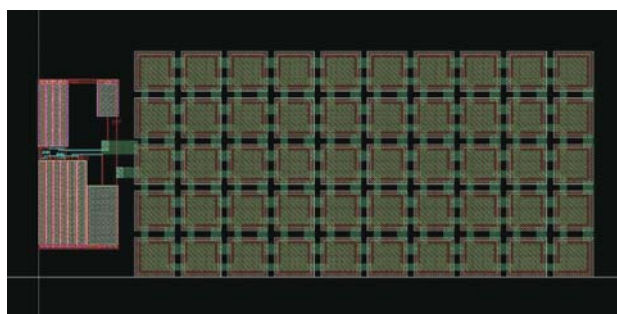


図4 オペアンプレイアウト図

オペアンプは向かって下側に20 dBが5個、左側に40 dBが5個、残りの10個が60 dBとなっている。この状態で再度LVS、DRCによるチェックを行い、エラーが無いことを確認する。エラーが無くなった状態で、メタル密度ルールに従いダミーメタルを配置して試作データの完成となる。

今回のLSI試作により設計作業で必要とされるツールのオペレータを一通り理解することができた。今後は、試作チップの性能評価試験、プロセスルールの再検討、次期試作チップの準備を順次行っていく予定である。

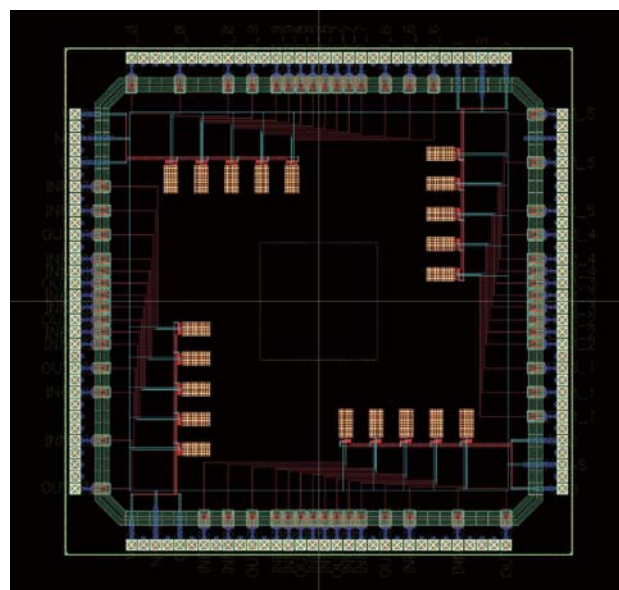


図5 チップレイアウト図

# 量子ビーム技術開発に向けて ～電子蓄積リング改造(1)～

山崎 潤一郎

極端紫外光技術二係

**キーワード：**量子ビーム、電子蓄積リング、ビーム輸送路、アンジュレータ、コミッションング

## はじめに

UVSOR-IIでは、レーザーと電子ビームを用いた光発生とその実用化を目指した研究のために、2010年春に約3ヵ月間運転を停止し、入射点を移動して、挿入光源を設置するための新しい直線部を創出した。偏向電磁石3台を追加することで入射路を延長し、入射用パルス電磁石、高周波加速空洞など機器の配置換えを行った。改造後の立ち上げ、調整は順調に進み、6月末からユーザー運転を再開し

た。これまで試験的にユーザータイムの一部に導入していたトップアップ運転を、全てのユーザータイムに拡張して運転を行っている。

本報告では、入射点移設に伴う新しい入射路及び光源リングを構成する機器配置の変更など、加速器改造の詳細について述べる。また2011年春に予定されている改造について述べる。

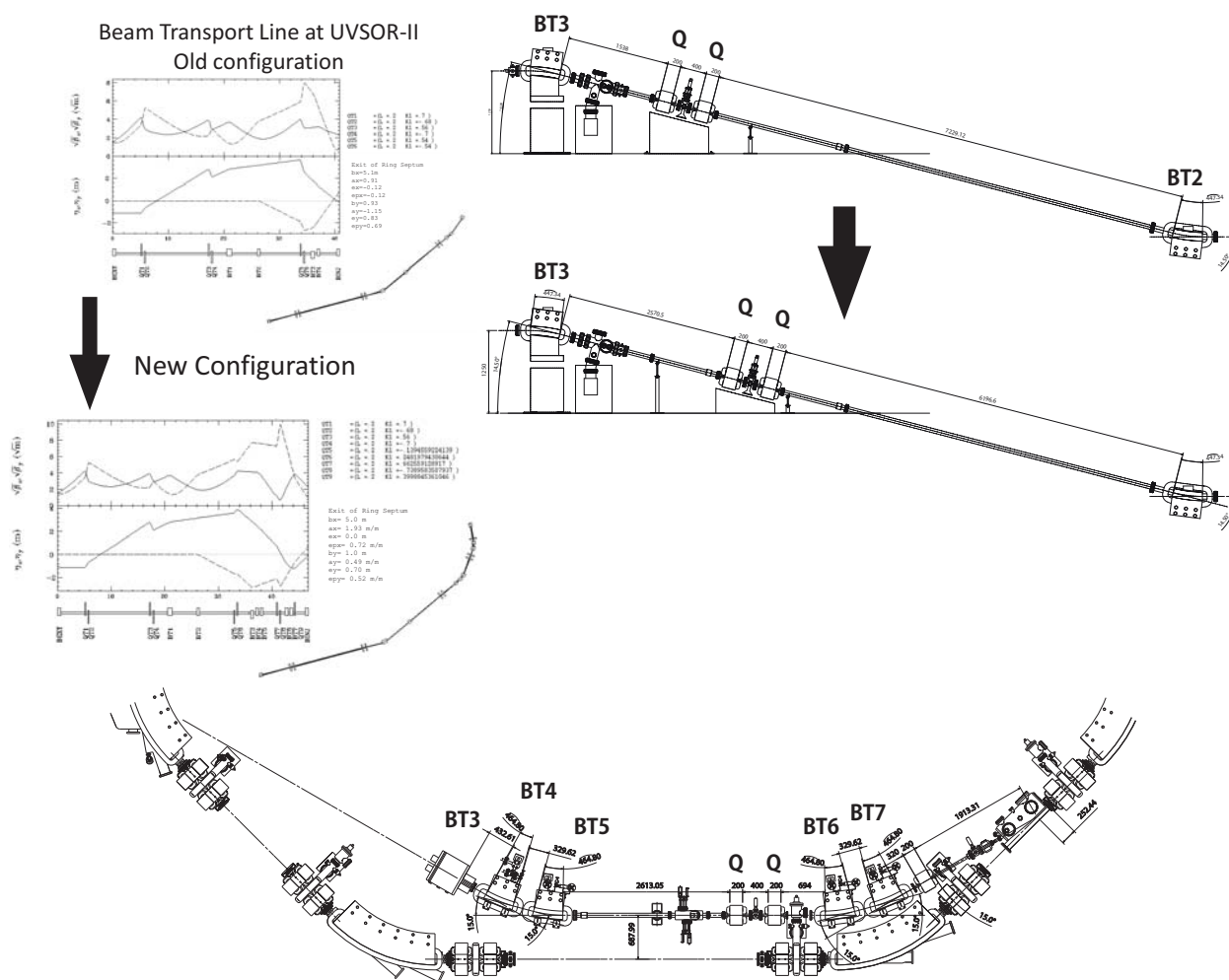


図1 培養型プレーナーパッチクランプバイオセンサー

## 新ビーム輸送路の検討

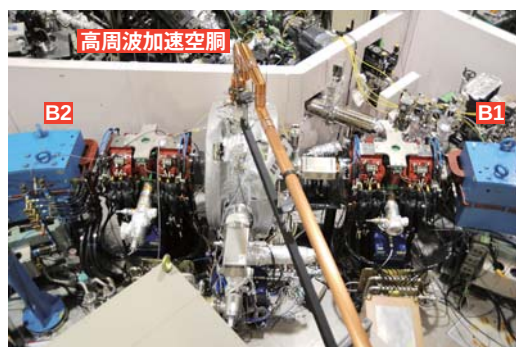
セプタムをB1-B2間に移設し、B1-B8間に4 mの直線部を作り出して光源開発専用の挿入光源を設置するために次の2点を検討した。

- 1) 新ビーム輸送路のオプティクスを検討し、四極電磁石の配置と新規に製作する四極電磁石のスペックを確定する。
- 2) BT6直前の四極をBT6側へ移動するのはスペース的に困難であることが分かったので元の位置で再計算する。

上記2点を検討した結果、既設四極電磁石と同じ仕様のもを新規に3台追加することで、現状とほぼ同じビームパラメータで入射点まで導くことが可能であることがわかり、その新入射路設計図を図1に示す。BT2～BT3の四極ダブレットは1032.52 mm上流側へ移設する。

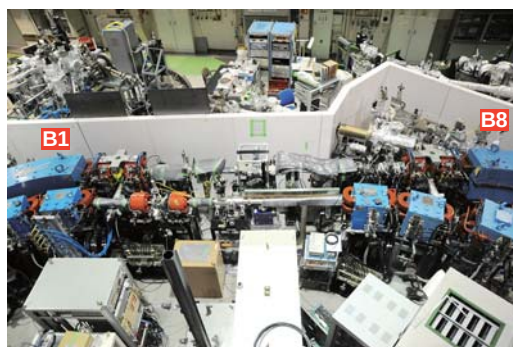
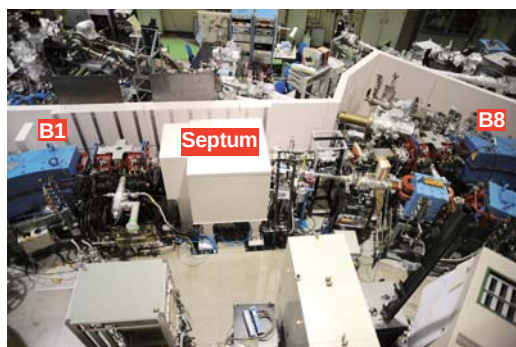
## 新ビーム輸送路の建設と入射点移設

電子蓄積リングB8～B1長直線部に可変偏光アンジュレータを設置するための準備として、2010年3月から2010年6月にかけて入射点移設工事を実施した。可変偏光アンジュレータは2011年5月に設置予定である。本移設工事に伴いビーム輸送路も新たに建設した。現状のパラメータで入射点までビームを導くために、偏向電磁石3台、四極電磁石3台を新規に追加し、一部既設四極電磁石の移設を行った。また高周波加速空洞および高調波加速空洞、Kickerパルス電磁石、RF-KO、ビームスクレーパー、DCCTの配置換えも行った。

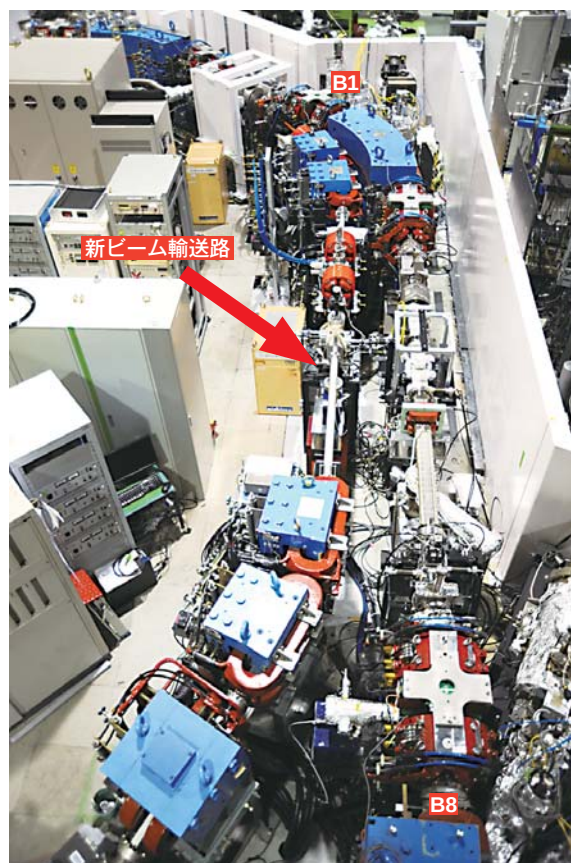


B1～B2短直線部の改造

新ビーム輸送路ダクトがリング四極電磁石ターミナル端子とブスバーに干渉するため、ダクトが通るようにターミナル周りを改造した。



B1～B8長直線部の改造



入射点移設前(左)と入射点移設後(右)のB1～B8

## 来年度春期の電子蓄積リング改造について

2011年3月末～6月上旬にかけて行う加速器改造について次の機器を予定している。

### 量子ビーム技術開発用アンジュレータ

本装置(可変偏光アンジュレータ、写真1)は、永久磁石を用いた磁気回路部を組み込むことで、水平直線偏光、垂直直線偏光及び左円偏光の波長可変アンジュレータ光を生成できる。主仕様は以下の通りである。アンジュレータ真空槽を写真2に示す。

- ・磁気回路部：APPLE-II方式
- ・磁場周期長：84 mm
- ・磁石列全長：1065 mm (予定)
- ・磁極間隙可変範囲：24 mm ～ 200 mm
- ・一次光波長：800 nm 以上 (600 MeV)

### B1、B2偏向部ダクト更新

- ・B1偏向部ダクト

テラヘルツ実験ライン新設およびFELライン移設に伴い新規に設計した(図2)。排気系はB2と同じ仕様とし、テラヘルツ光を効率的に集光させるミラーを配置する。

- ・B2偏向部ダクト

B1ライン新設に伴い、BL1AラインをB2に移設するため新規に設計した(図3)。排気系は、旧ダクトは内部にイオンポンプセルを搭載していたが、これを排気速度の高いNEGポンプに置き換え、さらにカートリッジ式NEGポンプを別ポートより追加して排気能力を強化する。

### 電流モニター更新

Bergoz社のIn-flange型電流モニター(DCCT)に更新予定(写真3)。円偏光アンジュレータ真空槽の下流側に設置する。

### ビームスクレーパー改造および移設

既存のビームスクレーパーチャンバーが移設先スペースより長い為、挿入可能なチャンバーを新規に製作し、円偏光アンジュレータ真空槽の上流側に設置する。

### Laser-Compton実験用チャンバー移設

レーザー導入用ポート(ICF114)を増設し、S1長直線部からS4短直線部に移設する。

### B4およびB8偏向部ダクト相互入れ替え

既設のFELラインを量子ビーム技術開発ラインへ移設するため、FEL取り出しポート付きのB4偏向部ダクトをB8に移設し、B8偏向部ダクトをB4偏向部へ移設する。

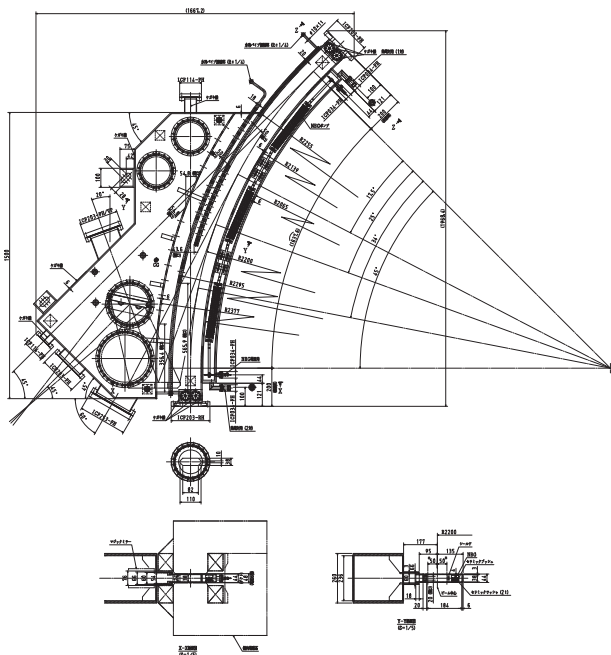


図2 B1偏向部ダクト

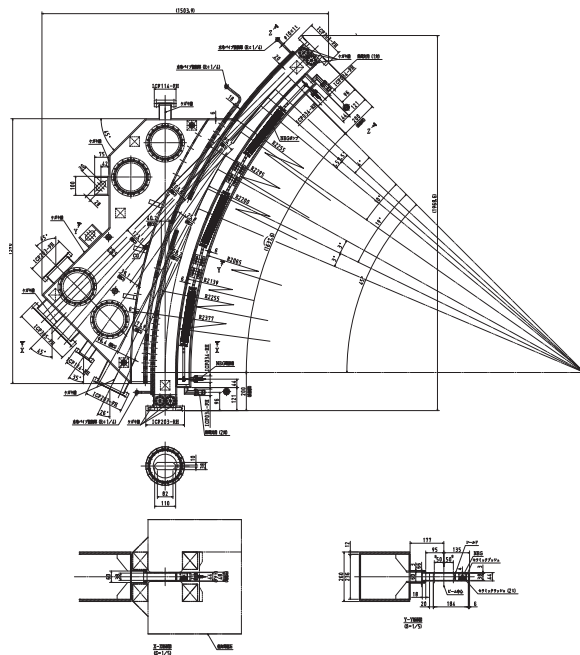


図3 B2偏向部ダクト

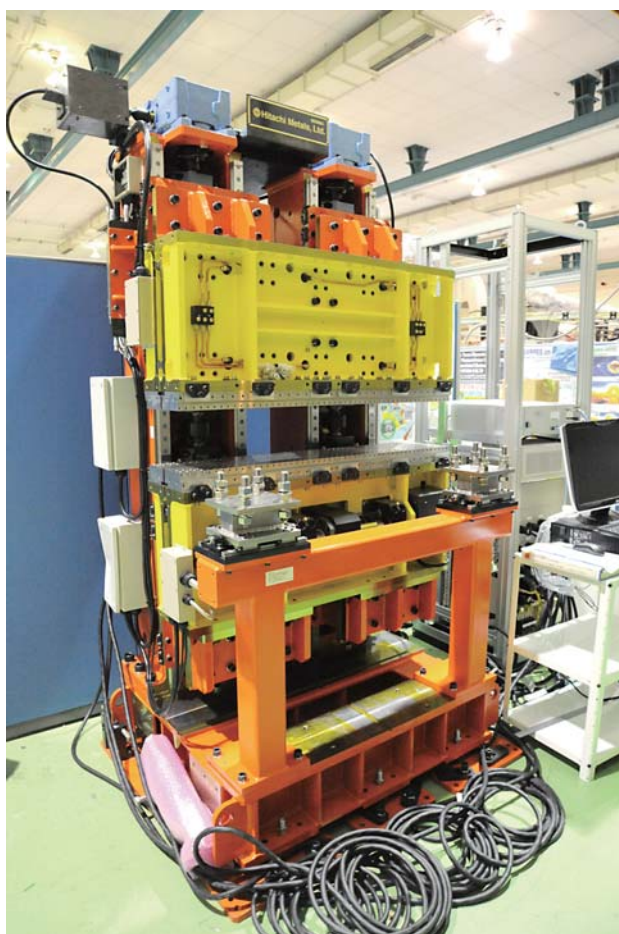


写真1 量子ビーム技術開発用アンジュレータ

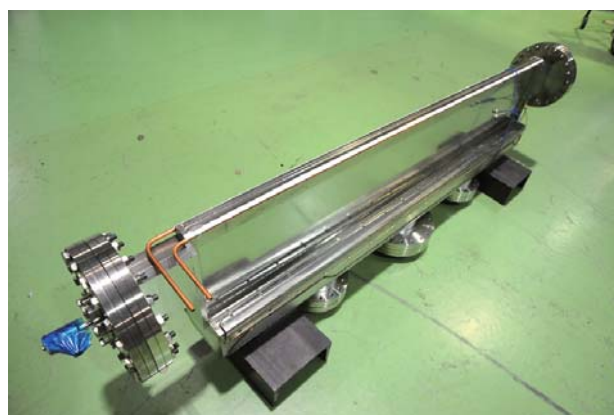


写真2 アンジュレータ用真空槽

In-flange.NPCT to mount in the beam line



写真3 更新予定の電流モニター

## 最後に

これら加速器改造工事を進める上で最も重要なのが、共同利用スケジュールに影響があってはならないということである。作業を効率よく消化し、共同利用実験を計画通り再開させるためにもスケジュール管理は重要なものとなる。

作成した工程表を下に示す。停止期間が少しでも短縮できるよう極力努力した。今回の改造工事においては工事後の加速器コミッショニングにおいても順調に進み、予定より1週間早く共同利用を再開することができた。

2010年3月～6月Shutdown予定表（3月分案）

2010.2.22更新 山崎

[illegible]

2010年3月～6月Shutdown予定表（4月分案）

2010.4.21更新 山崎

[illegible]

2010年3月～6月Shutdown予定表（5月分案）

2010.5.7更新 山崎

[illegible]

2010年3月～6月Shutdown予定表（6月分案）

2010.1.26 山崎

[illegible]

# LAMPとT<sub>E</sub>Xによる実施報告書 自動作成サーバの構築と運用

酒井 雅弘

極端紫外光技術三係

キーワード\*: LAMP、T<sub>E</sub>X、PDF

## はじめに

極端紫外光研究施設（UVSOR）は分子科学研究所の大型実験施設であり、シンクロトロン光（放射光）と呼ばれる強力な光を利用した研究が行われている。この放射光を取り出し実験装置に導く部分はビームラインと呼ばれ、現在UVSORでは12本設置されている。それぞれのビームラインでは、取り出されるエネルギー領域・光強度・分解能に特色を持っており、所内のみならず大学等研究機関に所属する研究者（所外研究者）にも無償で公開されている。利用申請の公募は年2回行われ、審査の上1課題につき1～3週間のマシンタイムが割り振られる。UVSORでは、マシンタイム終了後利用研究者に対して実験実施報告書の記入・返送をお願いしている。報告書は、(1) 控室等での報告書類（ペーパー）配布 (2) ダウンロードによるファイル配布 等の方法により配布されていたが、書式変更に伴い電子化を進めるべくLinux環境でのWeb+DBシステム（Apache+MySQL+PHP）による入力フォーム・T<sub>E</sub>XによるPDF自動作成・サーバから事務室プリンターへの自動出力から構成される報告書自動作成サーバを構築した。システムの概要と現在の状況について報告する。

## システムの構成と仕様

図1に本システムの構成を示す。ServerとPrinterはNetwork接続されている。所外からのアクセスに対してServerでは、http（Port:80）およびhttps（Port:443）が開

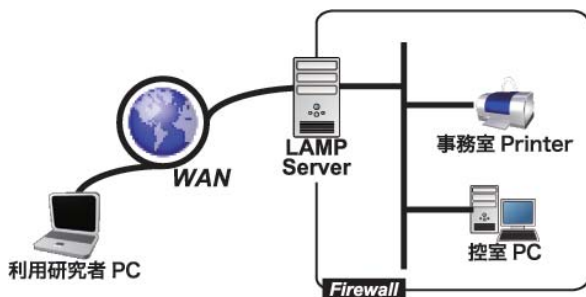


図1 ネットワーク配線図

いている。一方Printerは、Firewallにて所外から全てのアクセスが禁止されている。以下はそれぞれの仕様である。

### ■ Server [Linux Mania 夏目坂モデル]

|                      |                                                                        |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------|
| CPU                  | Core2 Duo                                                              |
| Memory               | 4 GB                                                                   |
| Hard Disk            | 500 GB                                                                 |
| OS                   | Fedora 8 [64 bit 版]                                                    |
| Application Software | Apache 2.2, MySQL 5.0, PHP 5.2, teT <sub>E</sub> X, dvipdfmx, dvips など |

### ■ Printer [富士 Xerox DocuCentre-III Color 4405]

PostScript 3 対応

なお、dvipdfmx, dvips はteT<sub>E</sub>Xが作成するdviファイルをもそれぞれPDF, PostScriptファイルに変換するソフトウェアである。今回利用したソフトウェアのほとんどはブレイインストールされていたため、最新版への更新のみを行った。

## データベース・テーブルの作成

今回のWeb + DB システムで利用するデータベース名称を「hokoku\_db」とし、2つのテーブルを定義した。

### ① テーブル名「beamline」

ビームライン名など4つのフィールドで構成

### ② テーブル名「expreport」

利用者所属、名前、PDFファイル名など40フィールドで構成

両テーブルには、(1) 新規登録時にuniqueな番号が自動的に付加されるIDフィールド、(2) データの有効/無効を表すフラグフィールドも定義した。

```

CREATE TABLE `beamline` (
  `mid` int(4) NOT NULL auto_increment,
  `mno` int(4) NOT NULL,
  `mname` varchar(20) default NULL,
  `mdisp` int(1) default NULL,
  PRIMARY KEY (`mid`),
  KEY `keyM_No` (`mno`)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=ujis;
  
```

図2 テーブル「beamline」の作成

## DB連携の報告書作成とWeb配信

実施報告書作成とのフローチャートを図3に示すとともに、それぞれの処理内容について簡単に記述する。

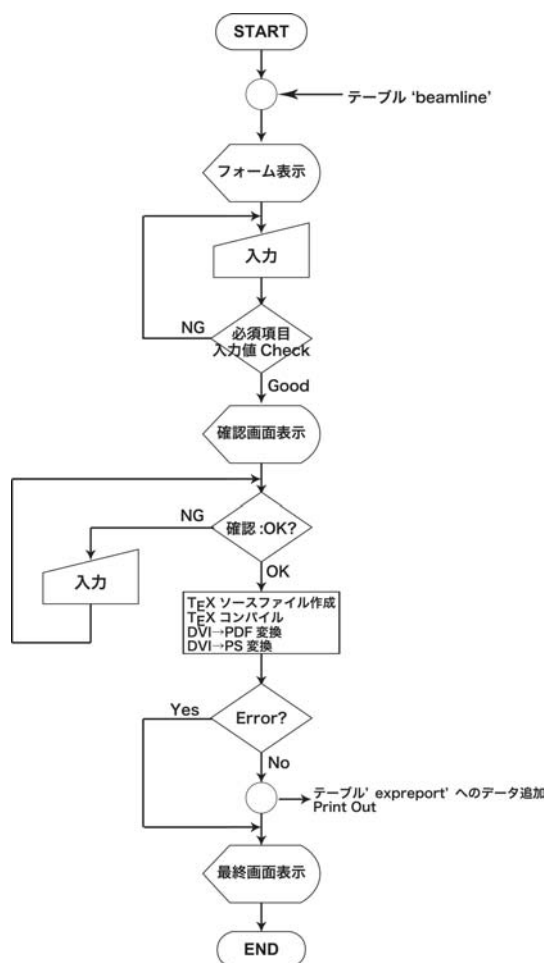


図3 実施報告書作成フローチャート

## 報告書入力画面

「オンライン実施報告書」ページから「実施報告書作成」をクリックすると、図4に示す入力フォームが表示される。HTMLに埋め込まれたPHPにより、

◎現在時刻から年度および前後期の回答選択メニュー (<select> ~ </select>) の構築

◎データベースに接続してテーブルbeamlineから有効フラグのみを抽出して回答選択メニューとして表示

を実現している。TeXの日本語処理の関係上、ヘッダ内で文字コードをEUCと設定している。POSTメソッドによりフォームデータを次ページ（確認画面）に渡す。その際利用人名など必須項目の未記入／不正入力をJavaScriptによりチェックを行い、チェックにパスしない場合はエラーダイアログを表示する。

図4 実施報告書入力画面

## 確認画面

Postメソッドで渡されたデータの確認ページである。一部項目に関しては、データの加除修正を可能としている。前述の「報告書入力画面」と同様、JavaScriptによる必須項目のチェックが行われ、PostメソッドによりPDF作成処理にデータが渡される。

図5 実施報告書作成成功時の最終画面

## TeXによるPDF・PSファイルの作成

「確認画面」から渡されたデータは下記処理によってPDFに加工される。

- ① uniqueなファイル名作成
- ② TeXソースファイルの書き出し
- ③ TeX コンパイル
- ④ dvipdfmx による DVI→PDF 変換
- ⑤ PDF ファイルを指定ディレクトリへ移動
- ⑥ dvips による DVI→PostScript 変換

ファイル名は、年度、前後期がわかるように以下のルー

ルに従うようプログラミングした。

年度+英字+6桁の乱数

例1) 平成22年度前期の場合: 22F000000

例2) 平成22年度後期の場合: 22B000000

同名ファイルが既に存在する場合は、uniqueなファイル名になるまで乱数を発生させてファイル名を決定する。研究報告などtextboxフォームデータが8行以上ある場合は、報告書全体がA4・1ページで収まるように文字間隔を行数に応じて変えるようにした。

## DBへの登録、自動印刷

「PDF・PSファイル作成」に成功すると、報告書入力フォームデータをPDFファイル名とともにテーブル「expreport」へ登録する。またlprコマンドを用いて、PSファイルを事務室プリンターに送り印刷も実行する。

## 最終画面

「PDF・PSファイル作成」に成功し「DBへの登録・自動印刷」が終了すると図5に示す画面が表示される。PDFと書かれたアイコンをクリックすると作成した実施報告書(図6)のダウンロード/表示が可能である。受取状況確認ボタンをクリックすると図7に示す画面を表示する。「PDF・PSファイル作成」に失敗した場合は、カラの実施報告書をダウンロード促すページが表示される。

18B6833270  
課題番号 18-0 7U  
平成21年1月25日

平成18年度(後期) UVSOR施設利用実施報告書

極端紫外光研究施設長 殿

所属 分子科学研究所  
(提案代表者) 職名 技術職員  
氏名 酒井雅弘

下記のとおり UVSOR施設利用を実施しましたので、報告いたします。

記

1. 研究課題名  
EuO超微粒子状態のフェルミ面マッピング

2. 来所記録

| No. | 氏名     | 所属・職名        | 来所期間              |
|-----|--------|--------------|-------------------|
| 1   | 水戸光樹   | 水戸黄門大学/学長    | H19.1.12          |
| 2   | 佐々木勘三郎 | 水戸黄門大学理学部/教授 | H19.1.12~H19.1.13 |
| 3   | 藤美穂之進  | 水戸黄門大学理学部/教授 | H19.1.12~H19.1.14 |
| 4   | /      | /            | /                 |
| 5   | /      | /            | /                 |
| 6   | /      | /            | /                 |
| 7   | /      | /            | /                 |
| 8   | /      | /            | /                 |

3. 研究報告(約200字)  
試料のへき間がうまくいかず、滑移表面が得られなかったためマッピングができなかった。

4. その他(本実験結果の学会発表予定、施設への要望・質問等、お書きください。)  
春の物理学会で発表予定

・Activity Reportの締切は UVSOR施設ニュースにてお知らせします。  
・本研究による論文の刊行は必ず UVSOR事務室宛にお送りください。  
・本研究を論文にされる場合は分子科学研究所の共同研究として行われたことを明記してください。  
例) Part of this work was supported by the Use-of-UVSOR Facility Program of the Institute for Molecular Science.

図6 自動作成された実施報告書

## 管理者用ページ

2つのテーブル操作もWeb画面で行えるように管理者用ページを作成した。ただしこのページは、IPアドレスおよびパスワードによるアクセス制限を行っている。管理者用ページの例として「受取状況メンテナンス」画面を図8に示す。利用者側の受取状況画面(図7)と異なり、すべての報告書の閲覧が可能となっている。

| Beamline | 所属                | 氏名    | 受取日        |
|----------|-------------------|-------|------------|
| 1A       | 早稲田大学             | 山本知之  | 2008-12-12 |
| 1A       | 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 | 中川昌道  | 2009-01-18 |
| 1A       | 福岡大学理学部           | 栗崎 敏  | 2008-10-30 |
| 1A       | 大阪府立大学            | 中平 敏  | 2008-11-04 |
| 1A       | 埼玉工業大学            | 有谷 博文 | 2008-12-19 |
| 1A       | 大阪府立大学            | 中平 敏  | 2008-12-12 |
| 1B       | 大阪府立大学理学系研究科      | 河相武利  | 2008-12-20 |
| 1B       | 福井工業高等専門学校        | 北浦 守  | 2008-10-18 |
| 1B       | 岐阜大学 工学部          | 山家光男  | 2008-12-10 |
| 1B       | 徳州大学工学部           | 伊藤 敏  | 2008-11-10 |
| 5U       | 東北大学 多元物質科学研究所    | 江島文雄  | 2008-12-07 |
| 5B       | 岐阜大学              | 林 浩司  | 2008-12-29 |
| 5B       | 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 | 中川昌道  | 2009-01-18 |
| 6B       | 名古屋工業大学           | 柿本健一  | 2008-12-18 |
| 7U       | 名古屋大学エレクトロニクス研究科  | 竹内恒博  | 2008-10-24 |
| 7U       | 大阪大学大学院基礎工学研究科    | 関山 明  | 2009-01-20 |
| 7U       | 分子研UVSOR          | 寺嶋健成  | 2008-11-27 |
| 7B       | 明治大学 理工学部         | 松本結永  | 2009-01-06 |
| 7B       | 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 | 中川昌道  | 2009-01-18 |
| 8B1      | 福岡大学理学部           | 栗崎 敏  | 2008-10-30 |
| 8B2      | 鳥根大学              | 田中仙君  | 2008-12-08 |

図7 受取状況確認画面

| 表示 | Beamline | 課題番号 | 所属                | 氏名    | PDF Name     | 受取日        |
|----|----------|------|-------------------|-------|--------------|------------|
| 有効 | 1A       | 507  | 早稲田大学             | 山本知之  | 20080491263  | 2008-12-12 |
| 有効 | 1A       | 804  | 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 | 中川昌道  | 2008032034   | 2009-01-18 |
| 有効 | 1A       | 504  | 福岡大学理学部           | 栗崎 敏  | 20080443954  | 2008-10-30 |
| 有効 | 1A       | 506  | 大阪府立大学            | 中平 敏  | 2008150303   | 2008-11-04 |
| 有効 | 1A       | 502  | 埼玉工業大学            | 有谷 博文 | 20080308934  | 2008-12-19 |
| 有効 | 1A       | 802  | 大阪府立大学            | 中平 敏  | 20081519238  | 2008-12-12 |
| 有効 | 1B       | 806  | 大阪府立大学理学系研究科      | 河相武利  | 20080860172  | 2008-12-20 |
| 有効 | 1B       | 805  | 福井工業高等専門学校        | 北浦 守  | 20080762637  | 2008-10-18 |
| 有効 | 1B       | 514  | 岐阜大学 工学部          | 山家光男  | 20080762637  | 2008-12-10 |
| 有効 | 1B       | 511  | 徳州大学工学部           | 伊藤 敏  | 20080544728  | 2008-11-10 |
| 有効 | 5U       | 529  | 東北大学 多元物質科学研究所    | 江島文雄  | 20080215844  | 2008-12-07 |
| 有効 | 5B       | 519  | 岐阜大学              | 林 浩司  | 200803252836 | 2008-12-29 |
| 有効 | 5B       | 523  | 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 | 中川昌道  | 200803477793 | 2009-01-18 |
| 有効 | 6B       | 539  | 名古屋工業大学           | 柿本健一  | 20080970911  | 2008-12-18 |
| 有効 | 7U       | 551  | 名古屋大学エレクトロニクス研究科  | 竹内恒博  | 200804749099 | 2008-10-24 |
| 有効 | 7U       | 549  | 大阪大学大学院基礎工学研究科    | 関山 明  | 20080410498  | 2009-01-20 |
| 有効 | 7U       | 819  | 分子研UVSOR          | 寺嶋健成  | 20080357428  | 2008-11-27 |
| 有効 | 7B       | 817  | 明治大学 理工学部         | 松本結永  | 20080365622  | 2009-01-06 |
| 有効 | 7B       | 541  | 神戸大学大学院人間発達環境学研究科 | 中川昌道  | 20081293344  | 2009-01-18 |
| 有効 | 8B1      | 557  | 福岡大学理学部           | 栗崎 敏  | 20080405652  | 2008-10-30 |
| 有効 | 8B2      | 821  | 鳥根大学              | 田中仙君  | 20081228167  | 2008-12-08 |

図8 受取状況確認画面(管理者用)

## 過去に発生したトラブルについて

平成20年6月よりテスト運用を始め、同9月より正式運用を開始した。いままでに3件のトラブルが発生している。

- (1) SELinux を有効にするとPDF自動出力ができない
- (2) dvipdfmxが日本語フォントを参照できない。
- (3) ボットによるイタズラ

(1) に関しては、ユーザ名 `apache` からの `lpr` 実行がSELinuxによってブロックされていると推測している。しかし明確な解決方法がわからないので現在SELinuxは無効化している。(2) に関しては計画停電後の再起動の際、`ghostscript` のバージョンが最新版に更新されたため、シンボリックリンク先が消滅した形となり日本語フォントが参照できなくなったと判明した。シンボリックリンクを張り直すことによりPDF変換が正常に行われるようになった。(3) に関しては幸運にもDBへの書き込みエラーによりシステムへの被害はなかった。しかし今後ともApache LogやMySQL Logによりボットの監視が必要である。

## 提出期限の厳守

利用者には「実施報告書の提出は実験終了後30日以内」とアナウンスしている。実際のところ複数の課題を採択されている利用者が多いため厳密には守られていない。そこで今回各期運転終了後30日以上経過してから提出された報告書数を調べた。その結果を表1に示す。サンプル数が少ないが、各期25%程度の報告書が運転終了後に届いていることがわかった。本システムの導入により効果があったかは疑問が残っているので、今後はこの数字の推移に注目して；できる限りゼロに近づくようアナウンス等の方法を検討していきたい。

## まとめ

LinuxでApache+MySQL+PHP+TeXというオープンソースソフトウェアを利用した実験実施報告書自動作成・自動印刷システムを構築した。TeXのコンパイルやデータベースへの登録・検索が思いのほか高速だったので、ストレスなく報告書作成画面が切り替わってくれている。当初10

件に1件の割合で古いPDF書類に手書き記入された報告書が郵送されていたが、現在では郵送・手書きともゼロになった。提出期限の厳守に関しては、効果があったかどうかは疑問である。利用研究者からの要望として、「作成された報告書を別ウィンドウで表示してほしい」、「作成された報告書を指定したメールアドレスに送付する機能がほしい」などが寄せられている。これら機能追加については、平成23年度中にソフトウェアアップグレードと合わせて行なうとともに、セキュアでかつ利用研究者も施設側も負担の少ない使いやすいシステムの構築を目指したい。

最後に本システムの構築にあたり萩原久代さん(UVSOR秘書)をはじめUVSORスタッフの皆さんから多大な協力・助言などを頂きました。ここに深く感謝します。

## 参考文献

- 1) ミッチー b@rootbox, “TeX+PHP+データベースによるPDF自動生成サーバの構築／運用”, 技術評論社, 2004

## \* キーワード

LAMP :

Linux (OS)、Apache HTTP Server (Webサーバ)、MySQL (データベース)、PHP (スクリプト言語) を総称した頭文字から成る造語で、動的コンテンツを含むウェブサイト構築に適したオープンソフトウェア群である。

TeX :

ドナルド・クヌースが作られた組版処理ソフトウェア。

PDF :

Portable Document Format の略称。2008年に00-1として標準化された。

表1 実施報告書提出状況

|          | 提出件数 | 30日以上経過後<br>提出された件数 | 割合 (%) |
|----------|------|---------------------|--------|
| 平成20年度前期 | 61   | 16                  | 26.2   |
| 平成20年度後期 | 65   | 19                  | 29.2   |
| 平成21年度前期 | 42   | 9                   | 21.4   |
| 平成21年度後期 | 42   | 9                   | 21.4   |

## コラム 真空部品の洗浄

極端紫外光技術三係

中村 永研

UVSORではカーボンコンタミネーションの低減を目標に、有機溶媒と純水高温洗浄の光学デバイスへの影響を調査している。機械加工部品における脱脂は、アルカリ洗剤と有機溶媒を用いた洗浄にて、到達真空度は十分に得られた。ただし、分圧測定においては、有機溶媒特有の分圧が確認された。有機溶媒の分圧は、純水洗浄しただけでは無くす事は出来ない結果を得た。これらを踏まえて、アルカリ洗剤と純水洗浄のみによる洗浄方法をためした。結果、分圧測定においては十分な結果をえた。ただし、真空引きに関しては溶媒洗浄に比べて数倍の時間を要すようである。これは、水の分圧が影響していると考ええる。洗浄方法には、一長一短はあるが、清浄な真空を必要とするならば、後者を用いることで進めていきたい。純水洗浄が全てのデバイスに用いられるかの検討すべき課題となった。

## 放射光照射の影響

アルカリ洗剤での洗浄後、有機溶媒を用いて洗浄したデバイスに放射光を照射した場合、照射個所にはコンタミが発生した。同様の洗浄物を水道水にて洗浄した場合は、コンタミの退色の変化が見られた。純水にて洗浄した場合は、短時間照射ではコンタミは目視できない。しかし、四重極分析では有機溶媒の痕跡が残った。60度の純水洗浄では四重極分析での有機溶媒の分圧が少なくなった。結果、高温の純粋洗浄は有効であると思われる。

コラム 制御・測定  
プログラムの改良

極端紫外光技術一係

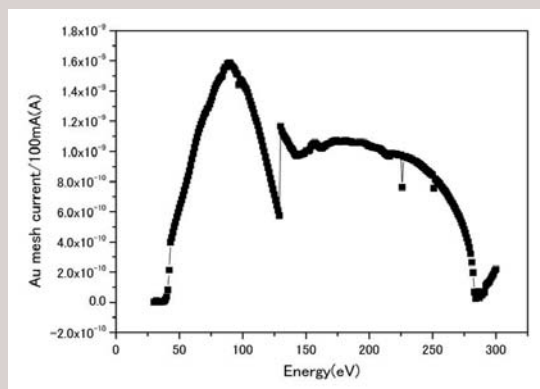
近藤 直範

ビームライン6Uは可変偏角不等刻線回折格子型分光器を使用している。しかし、これまで測定をする際は偏角固定で使用していた（スキャンするエネルギー範囲で最適な偏角に固定）。測定範囲が狭ければほとんど問題なかったが、広い範囲では測定開始エネルギー値での最適な偏角と測定終了エネルギー値での最適な偏角で大きな差があった。偏角を可変しながらエネルギーをスキャンするように測定プログラムを改良したので報告する。

偏角を可変しながらエネルギーをスキャンするには平面鏡M1と回折格子Gの両方を同時に動かす必要がある。しかしM1とGがある方向に回転すると衝突する。衝突を回避するため（Gの回転角）－（M1の回転角）＜5.5度を常に満たすように動作するようにした。

プログラムはLabVIEWを使用。M1、Gの回転はパルスモータにより行われ、ツジ電子製16CHパルスモータコントローラPM16C-04XDLにより制御。パルスモータコントローラとPCとはTCP/IPで繋ぐ。また、M1、Gの位置はHeidenhain製リニアエンコーダで測定し、同社製のエンコーダ値表示器ND281とPCをRS-232Cで繋ぎ、数値を取り込む。

改良したプログラムで測定した分光分布（30～300 eV）を図に示す。



最適な偏角は光学系のパラメータから計算した。今後は各エネルギーで出力が最大となる偏角を測定しその結果をもとにエネルギー-最適な偏角の近似式を作成したい。その近似式を使用した測定結果と今回の測定結果の比較もしてみようと考えている。

# 顕微レーザーラマン分光装置 (inVia Reflex)

齊藤 碧

機器利用技術一係

キーワード：ラマン分光、スペクトル、顕微鏡

## はじめに

物質に光を照射したとき、散乱された光の波長を分析すると、入射された光の波長とは異なる波長の光が含まれることが分かる。これはラマン効果と呼ばれており、入射光と散乱光のエネルギー差は、入射した光が結晶や分子の回転、振動などによって変調された結果生じるものである。このエネルギー差は結晶や分子の構造に応じた値をとるため、これを分析することで物質の同定や構造解析に用いられている（ラマン分光法）。

## 顕微レーザーラマン分光装置

平成22年3月に機器センターに新たに顕微レーザーラマン分光装置（inVia Reflex ラマンマイクロスコープ／RENISHAW製）が導入された。その外観を図1に示す。本装置は大きく分けて顕微鏡部分、ラマン装置本体部分、CCD検出器とレーザー発振器（図1の裏側）から構成され

ている。また、ラマン分光装置本体部分は図2に示したように、ミラー、フィルタ、スリット、分光器などから構成されている。

本装置は488 nm、532 nm、633 nm および 785 nm の計4本のレーザーを搭載しているが、これら励起レーザーの切り替えと光学構成の変更、および光学系のアライメントの最適化はマウスをクリックするだけで可能となっている。さらに顕微鏡でのサンプル観察とともに、レーザーが試料に照射されている点も観察が可能で、試料の測定箇所を確実におさえることができる。また、スペクトルの測定モードとの切り替えも自動で可能となっているなど、通常の測定作業が簡素化されており、大変使いやすくなっている。

また、顕微ラマン分光法のため、原理的にはレーザー光の照射部分に試料があれば測定が可能であり、微量しかない試料にも対応できる。



図1 RENISHAW inVia Reflex ラマンマイクロスコープの外観

## ■主な仕様

|        |                                                                                  |
|--------|----------------------------------------------------------------------------------|
| 機器レーザー | 488 nm、532 nm、633 nm、785 nm                                                      |
| 分光器    | シングルモノクロメーター、 $f=250\text{ mm}$                                                  |
| 測定波数範囲 | $100\text{--}4000\text{ cm}^{-1}$ (785 nm のみ $100\text{--}3200\text{ cm}^{-1}$ ) |
| 検出器    | $578 \times 386$ チャンネル CCD 検出器                                                   |
| 対物レンズ  | 5、20、50、100、50（長焦点）倍                                                             |
| ステージ   | 自動ステージ                                                                           |

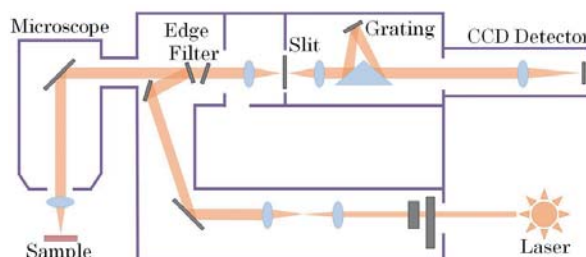


図2 光学系概略図

## 測定例

図3に標準サンプルであるSiのラマンスペクトルを示す。Siは赤外分方法では検出不可能な無極性分子であるが、ラマン散乱と赤外吸収の選択則が異なるため、ラマン分光法は威力を発揮することが分かる。また、図4に示したカーボン系サンプルのラマンスペクトルからは、化学結合や結晶構造の情報が直接得られることがわかる。例えば $sp^2$ 混成軌道をとる炭素のみからなる高配向性熱分解黒鉛(HOPG)は $1581\text{ cm}^{-1}$ に単一のラマンバンドを有しているが、構造に乱れがある非晶質カーボンでは、 $1580\text{ cm}^{-1}$ 付近のラマンバンドは高波数側にシフトし、 $1360\text{ cm}^{-1}$ 付近には新たにラマンバンドが現れていること、さらにラマンバンドの幅は広がっているといった情報が得られる。一方、 $sp^3$ 混成軌道をとる炭素のみからなるダイヤモンドは $1332\text{ cm}^{-1}$ にシャープなバンドを示し、 $sp^2$ 混成軌道をとる炭素に由来するバンドと、 $sp^3$ 混成軌道をとる炭素に由来するバンドは、別々のバンドを示すことが確認できる。

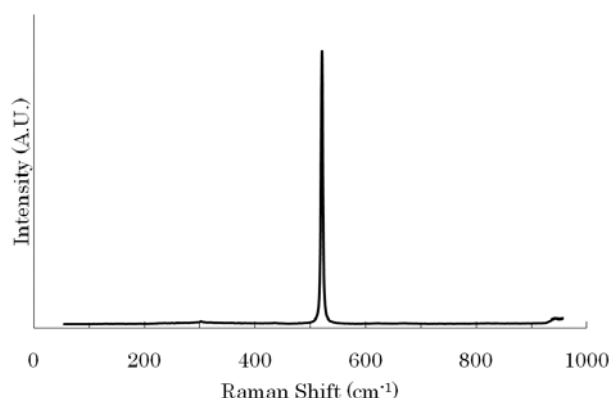


図3 Siのラマンスペクトル

(Excitation: 532 nm, Grating 1800 l/mm, Exposure time: 10 sec, Accumulations: 1, Laser power: 0.66 mW.)

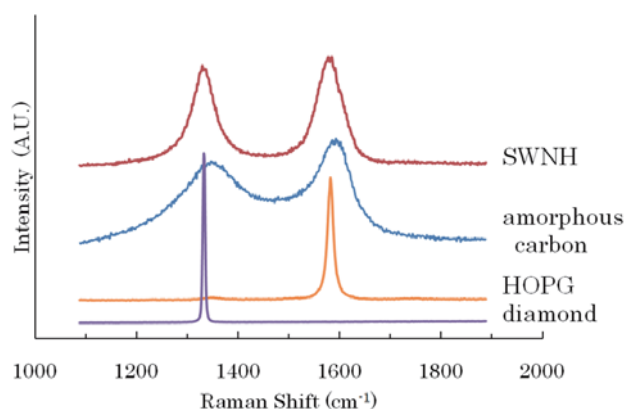


図4 カーボン系サンプルのラマンスペクトル

(Excitation: 532 nm, Grating 1800 l/mm, Exposure time: 10 sec (SWNH & a-carbon), 120 sec (HOPG & diamond), Accumulations: 1, Laser power: 1.15 mW (SWNH), 1.97 mW (a-carbon), 10.1 mW (HOPG), 0.86 mW (diamond).)

## 低温測定

本装置では、顕微鏡部分にオックスフォード・インストルメント社のクライオスタットを取り付けることで、液体ヘリウム温度までサンプルの冷却が可能となっており、低温でのラマンスペクトルも測定することができる。本クライオスタットには、バキュームローディング型の液体ヘリウム連続フロー方式が採用されており、広い温度範囲で利用可能となっている。また、クライオスタットを一度室温まで暖めてから真空ケースを取り外すことで、サンプル交換も簡単に行うことができる。

図5に実際に様々な温度で測定した(TTM-TTP) $I_3$ 結晶のラマンスペクトルを示す。高温では一つであった $1500\text{ cm}^{-1}$ 付近のバンドが、温度の低下に伴って2つに分裂していく様子がとらえられている。

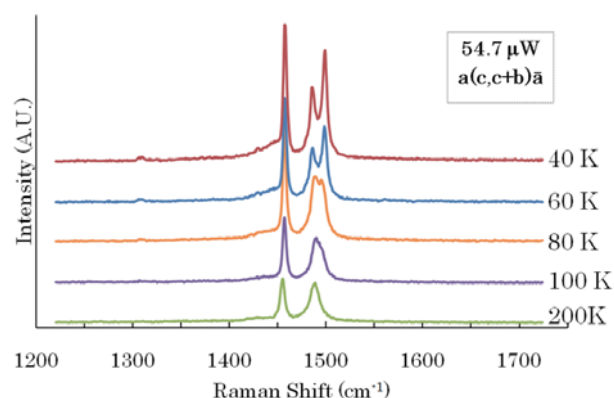


図5 (TTM-TTP) $I_3$ 結晶のラマンスペクトル

(Excitation: 785 nm, Grating 1200 l/mm, Exposure time: 180 sec, Accumulations: 1, Laser power: 54.7  $\mu$ W.)

## ラマン分光の特徴

ラマン分光では、固体、液体、気体などサンプルの形態を問わず、水溶液をはじめ、強酸、強塩基の溶液でも測定が可能である。測定には特別な材質のセルを必要とせず、石英セル以外にガラスセルやプラスチック容器も使用できる。サンプルは基本的には前処理の必要がなく、非破壊、非接触で分析ができるが、有機物などの場合はレーザーの照射によって焦げる場合があるので注意が必要である。ラマン分光法は同じ振動分光法である赤外分光法と比較されることが多く、上に挙げたような点が赤外分光法に対するラマン分光法の特徴となっている。また、赤外分光法では苦手とされる、無極性分子やカーボン系の黒色のサンプルの分析もラマン分光法は得意としている。一方、ラマン分光法の短所には、蛍光などの強い発光があるサンプルに対しては適用できないことが挙げられる。蛍光やりん光によるバックグラウンドがラマン散乱光を隠してしまい、測定

が不可能になることを覚えておきたい。ラマン散乱と赤外吸収では選択則が異なるため、両者はお互いの弱点を補い合うことができ、複合的に解析することによってより詳細な分子振動に関する情報を得ることが可能となる。したがって、赤外分光法を含む他の分析方法の長所、短所と比較したうえで、それらとの併用も考慮されながら、ラマン分光法を研究に役立てていただきたい。

## おわりに

本装置の施設利用装置としての外部公開が平成23年4月より始まった。

近年、レーザーラマン分光法は最先端研究で重要な分析手法の一つとなっている。材料科学分野では、半導体の

ストレス解析や微小異物分析、有機EL材料や有機薄膜太陽電池材料の分析に用いられており、他にも高分子や医薬品関係、鉱物・宝石学や法科学に应用されている。このように応用範囲は多岐にわたっていることから、様々な分野の研究者からの利用を期待している。施設利用手続きに関しては、所定の利用申請（機器センター HP <http://ic.ims.ac.jp/> 参照）を行った後、大学連携研究設備ネットワークの予約システム <http://chem-eqnet.ims.ac.jp/> をご利用いただきたい。

## ■ 参考

レニショー株式会社 ラマンカタログ

# 高感度蛍光分光光度計(SPEX Fluorolog 3-21)

上田 正

機器利用技術二係

**キーワード：**光子計数法、高感度蛍光分光、ダブルモノクロ分光器、近赤外、3D測定

## はじめに

機器センターが所有する分光光度計の中から、平成22年3月に更新された高感度蛍光分光光度計を紹介する。

分光法は数多く存在するが、物性の測定や物質の定量・同定のための蛍光分光法は、高感度な測定が可能のため最もよく用いられる分析法の1つである。それを用いた蛍光分光光度計は、例えば吸収分光法による可視紫外分光光度計と比べても、はるかに高い感度で測定可能であることが知られ、応用範囲も広い。本蛍光分光光度計においては、光子計数法を用いているため一般的な蛍光分光光度計とは違い、更に超高感度の測定が可能となっている。加えて、近赤外の領域まで測定できる検出器も備えているため、全国的にも設置台数が少なく貴重な装置である。また、高速スキャン化によって測定時間を短縮できるため、時間とともに劣化したり光照射により変化する試料についても、より信頼性の高いデータを得る事ができるようになった。

## 装置の概要

米国のSPEX社製でモジュール方式の蛍光分光測定装置である。本装置の写真を図1に、光学配置を図2に示す。



図1 高感度蛍光分光光度計(外観写真)

各モジュールは、(1)光源部(2)励起側分光器(3)試料室(4)観測側分光器(5)光検出器から成り、それらを組み合わせた光学系と、(6)データ収集・制御用コンピュータから構成されており、紫外から赤外領域に至る広い波長範囲で蛍光スペクトルを測定することができる。

### (1) 光源部

空冷ハウジング内に450 WのキセノンCWランプを配置、測定波長域において最大の効率が得られるよう非軸ミラーによって集光、焦点合わせができる。

### (2) 励起側分光器

パソコンから制御可能な入口・出口のスリット、及び330 nm ブレーズの回折格子(1200 gr/mm)を用いたダブルグレーティング方式によって、高い分解能0.3 nmと共に波長精度 $\pm 0.5$  nmを実現している。

### (3) 試料室

溶液測定時には光路長10 mm角の標準セルホルダーや、固体試料を保持するための試料ホルダー等を備えており、

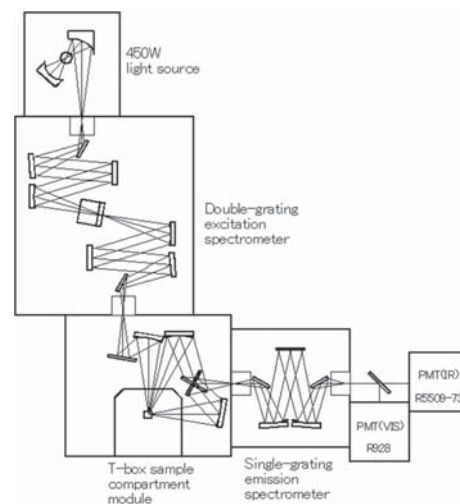


図2 光学系概略図

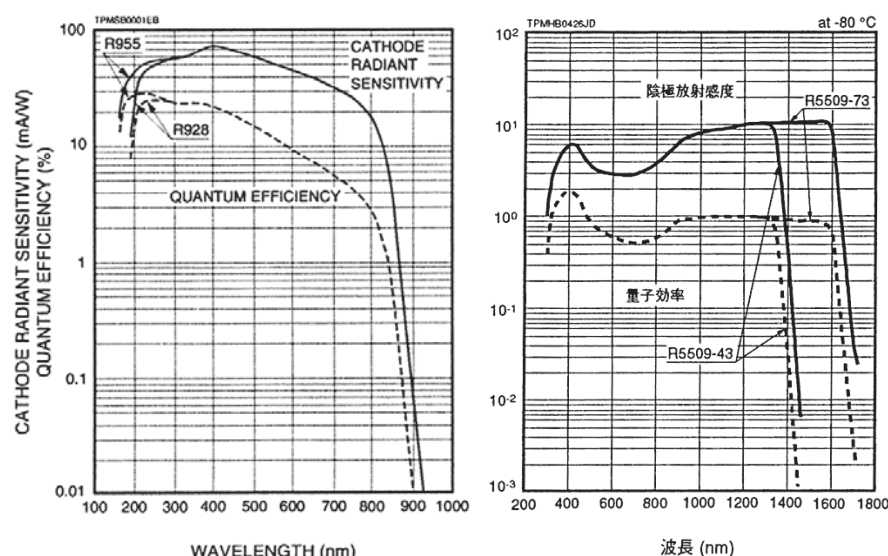


図3 放射感度特性  
(左:可視用 R928、右:近赤外用 R5509-73)  
(浜松ホトニクス(株) カタログより引用)

サンプルに応じた実験に対応できる。また、励起光分光強度分布を補正するため、リファレンス検出器を備えている。

#### (4) 観測側分光器

入口・出口のスリットは、パソコンから制御可能である。回折格子は、可視域測定用に 500 nm プレーズ, 1200 gr/mm、近赤外域測定用に 1  $\mu$ m プレーズ, 600 gr/mm を用意しており、広い波長範囲に対応できる。出口の後ろにある切替ミラーによって、光検出器を脱着することなく可視用、或いは近赤外用の光検出器へ導入できる。

#### (5) 光検出器

波長域によって効率のよい2種類の光電子増倍管 (PMT: Photomultiplier Tube) を備えている。いずれも浜松ホトニクス製で、紫外から可視域では R928、近赤外域では R5509-73 を使用し、250 nm ~ 1.5  $\mu$ m の範囲で蛍光測定が可能である (図3の放射感度特性参照)。蛍光の測定方式は、光子計数法であるため低濃度試料でも解析が可能である。また、PMT の暗電流を大幅に減少させるため、紫外可視域では R928 を電子冷却装置で冷却している。近赤外域でも R5509-73 を液体窒素による冷却器によってマイナス 75 度に冷却し、かつ温度コントローラにより一定の温度に保たれているため、周囲の温度変化に影響されことなく安定に測定を行うことができる。また電界・磁界のシールドにより外来ノイズも低減し高い S/N が得られ、シングルフォトンレベルのような微弱光でも測定が可能である。

#### (6) データ収集・制御用コンピューター

Windows Xp 上で、データ解析・グラフ作成に定評のあ

る「Origin」ベースの新しいソフトウェア「FluorEssence」によって、データ収集、及びハードウェアの制御 (分光器波長スキャン・励起側/観測側分光器スリット制御・PMT 用高圧電源の印加電圧調整等) を行っている。励起/蛍光マトリックススキニングも可能であり、3D 表示と扱いやすい操作体系を実現している。

本装置の主な仕様を以下に記す。

#### ■主な仕様

|                    |                                                          |
|--------------------|----------------------------------------------------------|
| 検出方式               | 光子計数法                                                    |
| 励起光分光器             | ダブルモノクロ分光器                                               |
| 信号対雑音比率            | 4000:1                                                   |
| 検出波長範囲             | 250 nm ~ 1500 nm<br>※近赤外領域での測定も可能                        |
| 波長精度               | $\pm 0.5$ nm                                             |
| 光電子増倍管             | 浜松ホトニクス社製<br>紫外可視用 R928 (電子冷却)<br>近赤外用 R5509-73 (液体窒素冷却) |
| 光源                 | 450 W Xe ランプ                                             |
| スキャンスピード           | 最大 150 nm/sec                                            |
| リファレンス検出器付き T 型試料室 |                                                          |

#### 測定例

##### 水のラマンスペクトル測定

蛍光分光装置において、水のラマンスペクトル測定は、性能評価のひとつの目安となる。性能比較のため、平成 11 年に本装置が導入された当時の水 (水道水) のラマンスペクトルの測定結果を図4に示す。上段が紫外可視用 PMT で観測した結果、下段が近赤外用 PMT で観測した結果である。更新後についても、同様な測定条件で実験を行った。結果を図5に示す。上段が紫外可視用 PMT、下段

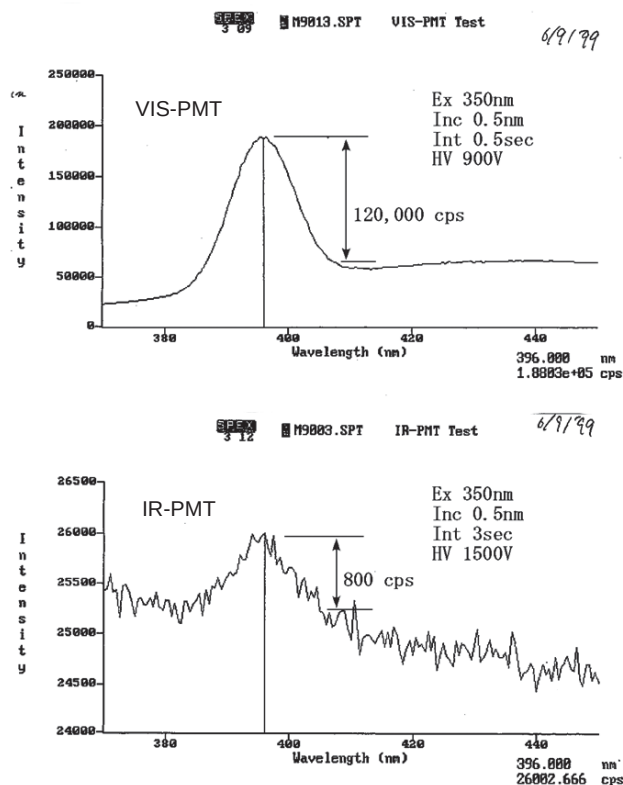


図4 導入当時 (H11) の水のラマンスペクトル

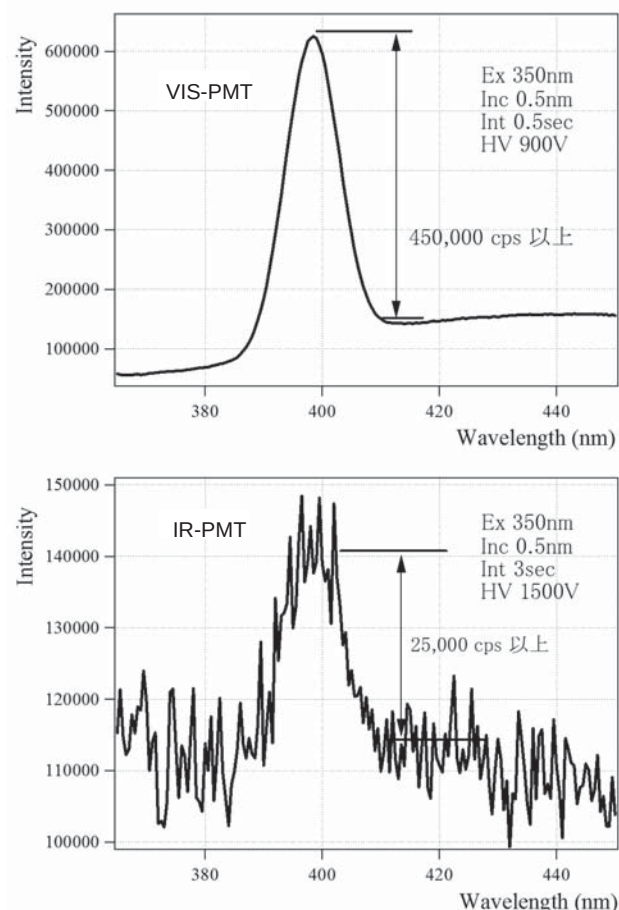


図5 更新 (H22) 後の水のラマンスペクトル

が近赤外用 PMT の結果である。なお、蛍光波長は 365 nm ～ 450 nm、励起側・蛍光側のスリットは 5 nm、励起光と蛍光の角度は 90 度設定とした。

ラマンの信号振幅を比較すると、更新によって紫外可視域では 3 倍以上、近赤外域については 1 桁以上、感度が良くなっていることがわかる。

参考までに、蒸留水でのラマンスペクトル測定結果を図 6 に示しておく。なお、水のラマン光の S/N（信号対雑音比率）比は、

$$\frac{\text{ピークシグナル値} - \text{バックグラウンド値}}{\sqrt{\text{バックグラウンド値}}}$$

で定義されており、ラマン光シグナルが現われない波長 450 nm をバックグラウンド値としている。グラフから、

$$\frac{512,690 - 4010}{\sqrt{4010}} = 8033$$

となり、S/N 8033:1 であった。

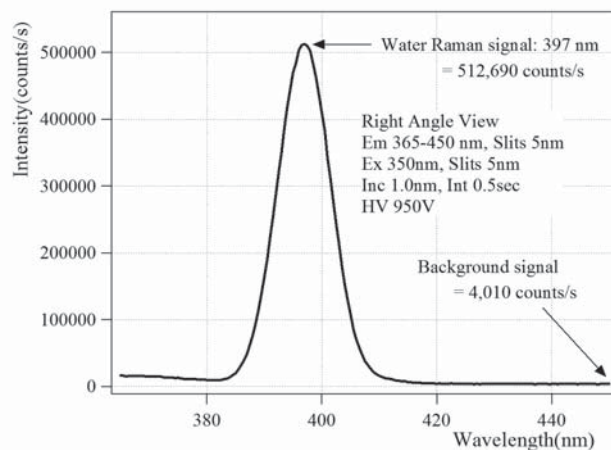
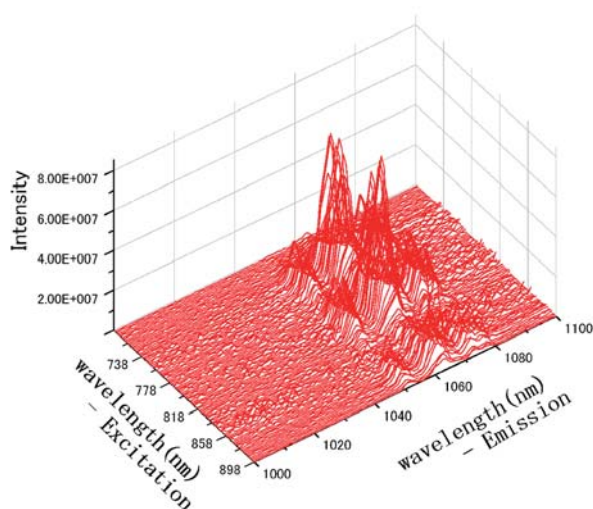


図6 蒸留水のラマンスペクトル

### 励起／蛍光スペクトル測定 (3Dマトリックススキャン)

本装置は、近赤外領域の測定にも対応できるという特徴を持っている。そこで、レーザー媒質として最もよく使われている YAG:Yttrium Aluminum Garnet にネオジウムをドープした Nd:YAG の結晶 ( $Y_{3-x}Nd_xAl_5O_{12}$ ) を用いて、3D マ

トリックスキャンの測定を行った。この媒質は、ネオジウムイオンが $0.73\ \mu\text{m}$ と $0.8\ \mu\text{m}$ 付近の光を吸収して基底状態から高いエネルギー準位に遷移し、その後速い無放射遷移を経て $1.06\ \mu\text{m}$ でレーザー発振が起こることよく知られている。励起波長を $700\ \text{nm} \sim 900\ \text{nm}$ 、蛍光波長を $1000\ \text{nm} \sim 1100\ \text{nm}$ として測定した結果を図7に示す。3D表示によって、励起波長に対する蛍光波長のピーク( $1064\ \text{nm}$ )がよく見て取れる。また、「Origin」によって、データ解析やグラフ作成、データ管理等も手軽に行うことができる。勿論、スキャン範囲などの設定条件を入力すれば、後は自動測定となる。なお、高速スキャン化によって、今回の測定時間は、1時間程度(Increment:  $2\ \text{nm}$ )の短時間で終わることができた。



## おわりに

光子計数方式による高感度測定は他の機種には無く、本シリーズ(SPEX製Fluorolog)のみである。本装置においては、励起側にダブルグレーティング分光器も採用しており低迷光・高分解能を実現、超微弱蛍光、及び蛍光励起スペクトルの観測に威力を発揮できる。また、近赤外領域用のPMTも装備されているため、近年のカーボンナノチューブ等に関する研究にも供するものと考えている。ソフトウェアも最新バージョンとなって、扱いやすいシステムとなった。所内外の多くの研究者の方に利用して頂けるよう、利用環境の整備に努めていきたい。

なお、利用予約方法については、所定の施設利用申請手続きの上、「大学連携研究設備ネットワーク」予約システム、(<http://chem-eqnet.ims.ac.jp/>) をご利用頂きたい。

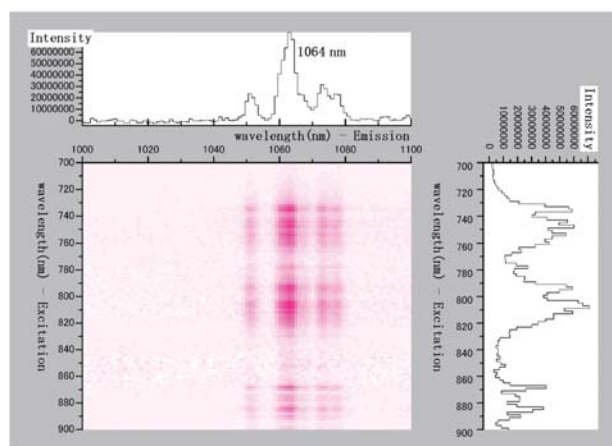


図7 Nd:YAGの励起/蛍光スペクトル

## コラム 多環芳香族炭化水素類のジェット分光

機器利用技術班 山中 孝弥

機器センターのレーザー及び分光装置における共同利用実験の推進をはかるために、ジェット分光装置の構築を行い、装置の概要及び得られた結果については本報告集で毎年紹介してきたとおりである。また、これら装置を用いた研究成果については各研究者から報告されており、機器利用班の技術者として引き続き、先進的測定装置の開発を行い、それらをユーザーに提供し、学術研究の支援及び推進を行っている。本報告ではこれら業務の中で行ってきた実験の中から、最近得られた孤立ピレン分子に関する実験結果を簡単に紹介する。

今回の実験では、ジェット冷却されたピレンの蛍光励起スペクトルと単一振動レベル励起の分散蛍光スペクトルを測定した。蛍光励起スペクトルにおいて、 $b_{1g}$ バンドは著しく強

く、 $S_2^1B_{2u}$ 状態との振動相互作用が強いことを示唆している。 $S_2 \leftarrow S_0$   $0_0^0$ バンドが $31150\ \text{cm}^{-1}$ で観測され、 $S_1$ と $S_2$ 状態とのエネルギーの違いは $3946\ \text{cm}^{-1}$ にすぎなかった。分散蛍光スペクトルでは、過剰エネルギーの増加により、明らかにブロードな発光成分が強くなっている。これら測定されたスペクトルは、ピレンの $S_1^1B_{3u}$ 状態において、 $730\ \text{cm}^{-1}$ を超える振動準位でIVRプロセスが著しく速いことを示している。

これら実験結果からピレン孤立分子の $S_0^1A_g$ と $S_1^1B_{3u}$ 状態における振動構造について、 $S_0$ と $S_1$ 状態の振動エネルギーはよく似ており、完全な対称型の $a_g$ 振動バンドは $0_0^0$ より弱い。これは、ピレンの安定な幾何学的構造が両状態においてほとんど同じであることを示唆しているとの結論を得た。

# 立体視による三次元グラフィックスの現状

岩橋 建輔

計算科学技術二係

キーワード：3D, OpenGL, stereo, 3D Vision, 3D テレビ

## はじめに

近年、3Dテレビ等で立体感のある映像を見る機会が増えてきているかと思います。しかし、実際にどのような機器を購入して、どうすれば研究に役立つ立体映像を見られるのか、よく分からない科学者も多いかと思います。そこで、筆者がこれまでに得た知見を以下にまとめます。

## ステレオ画像の準備と必要なグラフィックスの種類

まずは左目用と右目用のステレオ画像を用意する必要があります。写真ではカメラの視点を左右の目の幅だけずらしたものを用意します。これを立体で見るには、Windowsのアプリケーションでは、ステレオフォトメーカー等を使います。座標等の数値データを可視化するものでは、描画ライブラリーにOpenGLを使って描画させることが重要です。プログラムがステレオ表示に対応していない場合でもOpenGLの知識があれば比較的簡単にステレオに対応させることができますが、対応しているものを選ぶ方が容易です。分子やタンパク質の描画では、pymolや

vmd等がステレオ表示に対応しています。

ステレオ写真を見るだけなら安価なグラフィックスが使えますが、OpenGLを使う場合、Quad-bufferをサポートしているグラフィックスを選択しなければなりません。NVIDIA製のグラフィックスの場合、GeForceシリーズはあまり役に立たず、最低でもQuadro FX 370以上の製品（15,000円前後～）が必要となります。Linuxの場合、後に説明しますが、Quadro FX 3700以上の製品（90,000円前後～）を選ぶと表示方法の選択肢が広がります。

## 3D映像の方式と映像機器

準備した左右の映像を表示させる方式には様々な種類があります。代表的な4つの方式について説明します(図1)。

視差バリア方式は画面の一部を適切に遮蔽して左目と右目で異なる映像が見えるようにする方式です。パソコンのモニター用には現在は発売されていませんが、任天堂の3DSがこの方式です。見る位置が限られるので1人で見る用途に限定されます。

レンチキュラーレンズ方式は画面の表面にレンズがあ

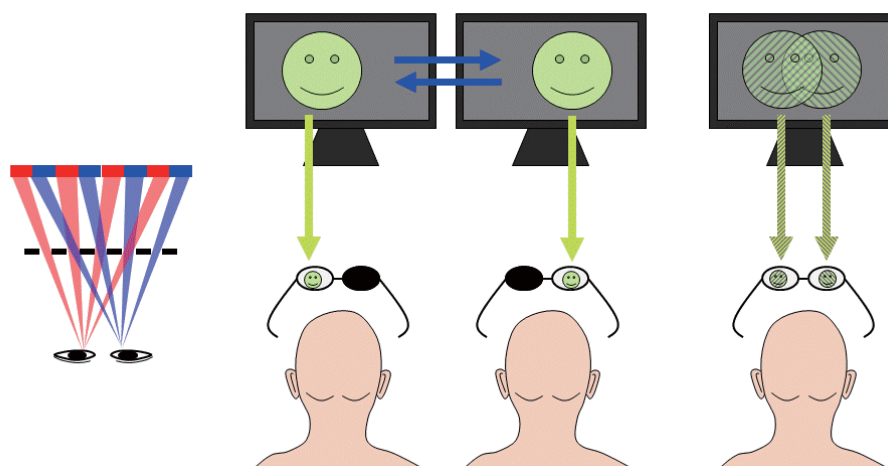


図1 左は視差分割方式、中央が時間分割方式、右が変更方式の模式図  
レンチキュラーレンズ方式は割愛した

り、光の屈折によって左目と右目で違って見えるようにする方式です。東芝の3Dテレビがこの方式になります。専用眼鏡なしで立体視できるため、この方式の技術進歩が目覚しく、立体で見える位置が複数存在するようになってきています。

時間分割方式は眼の残像を利用します。モニターでは左目用と右目用の映像が短時間で切り替わり、専用眼鏡ではモニターと同期して片方ずつ遮蔽され、それぞれの目に対応する画像だけが見えます。Sharp、Panasonic、Sony等の3DテレビやNVIDIA 3D Visionとその対応モニターや対応プロジェクターがこの方式になります。シャッター方式であるため映像が暗いのと専用眼鏡が高価（数千円～）なのが欠点です。また、2011年4月の最新のビデオドライバーを使っても非インターレースのOpenGLの映像を3Dテレビに出力させて立体視することはできませんでした。3Dテレビで立体視するためには、サイドバイサイドで出力したものをテレビ側で3Dモードに切り替えなければなりません。NVIDIA 3D VisionをLinuxで使う場合は、USBケーブルで接続する以外に3ピンステレオケーブル（販売店経由でNVIDIAから提供してもらいました）で接続する必要があります、より上位のビデオカードを用意しなければなりません。

偏光方式は左目用映像と右目用映像で異なる偏光となるように出力し、偏光眼鏡でそれぞれの目に対応する映像を見る方式です。2台のプロジェクターから直交する偏光フィルムを透過させて左右の映像をシルバースクリーンに映すシステムや左右の映像がインターレースで表示されるLGやZalman等の3Dモニターがこれに属します。プロジェクタータイプを自作する場合、プロジェクターはDLP方式でなければなりません。液晶方式のプロジェクターはレンズを通過する前に既に偏光になっているため今回の目的には使えません。

## どのようなコンピューターが必要か

ノートパソコンでも法人向け最上位モデルにQuadroのグラフィックを搭載したものもありますが、ノートの液晶パネルが3Dに対応していませんし使い勝手が悪いと思われます。今回はデスクトップパソコンに絞って重要な点について述べます。

3D表示を行うときのボトルネックはグラフィック自体にあると思われるがちですが、ビデオカードとPCI Expressの間のバスの速度がボトルネックになる場合があります。そのため、現状ではPCI Express 2.0搭載のものを選ぶべきです。電源についても注意する点があります。当然パソコンに必要なワット数以上であること以外に、多少の電圧

低下にも耐えられる電源である方が好ましいです。筆者は仮設電源を使ってPC本体とプロジェクター2台のシステム（合計1200W）を起動させたところ、起動途中でPCの電源断を経験しました。原因は電源電圧が90Vまで低下していたためでした。そのため、急遽100V専用の電源ではなく、100-240Vの電源に交換して展示を乗り切ったことがあります。CPUに関しては演算がボトルネックにならないように、ある程度数core数と高速なものが必要となりますが、どれだけ必要かは表示させたい系に依存します。

## どの3D映像方式を選ぶべきか

代表的な方式を紹介しましたが、どれも万能ではありません。そこで、使用方式別に推奨できるケースを述べます。

時間分割方式のNVIDIA 3D Visionとその対応モニターが最適なケースとしては、日々のデータ解析で細部までじっくり見る必要がある場合です。偏光方式のモニターが最適なケースとしては、1ライン毎に間引かれた表示でも許容できる場合や不特定多数に対して小規模な無人の展示を行う場合です。ちらつきが無いので目の負担が軽い分、画像のデータ量が半分になります。偏光眼鏡が安い（数十円～）ので、万一紛失した場合にも安心です。偏光方式のプロジェクターが最適なケースとしては、一般公開など大規模な展示を行う場合です。画質やコスト面でも優れています。これ以外の場合については、研究の中に取り入れるのは現状では難しいと思われます。その理由として、セミナーや発表を行う場合、個人のノートパソコンを使うことが多いかと思います。しかし、ノートパソコンと呼ばれているもののほとんどがQuadroを使っていないからです。

## 分子科学研究所一般公開の展示への応用

2009年10月の分子科学研究所一般公開の展示の1つとして、リアルタイムで水分子クラスターの分子動力学計算を行いながら分子の立体視表示を行うものを出展しました。体験型の展示とするため、見学者がWiiリモコンで仮想的に水分子を投げられるようにしたところ、まずまず好評でした。

対象が不特定多数の大人数向けでしたので、偏光方式のプロジェクターを使ったものを採用しました。今回のシステムは、図2のようにDLP方式のプロジェクター2台（合計約14万円）、シルバースクリーン（約14万円）、偏光フィルム（約4千円）、偏光眼鏡（1個50円）、Intel Core2 Duo E6600搭載のパソコン一式（ビデオカードのNVIDIA Quadro FX3700 約14万円を含む）、設置台を組み合わせで自作しました。

水分子クラスターをスクリーンに映した全体像が図3ですが、実際に動いている様子はYoutubeで見ることができますので、ぜひ一度ご覧ください。

(<http://www.youtube.com/watch?v=NfU1QURHVqw>)

偏光フィルムを通すとスクリーンに映し出された映像がどのように見えるかを示したものが図4です。左下半分は偏光フィルムを通して見ていて、右上半分は直接見ている状態を写真に収めたものです。左目用と右目用に映像が分割できていることが分かります。



図2 分子研一般公開で構築した3D映像システム

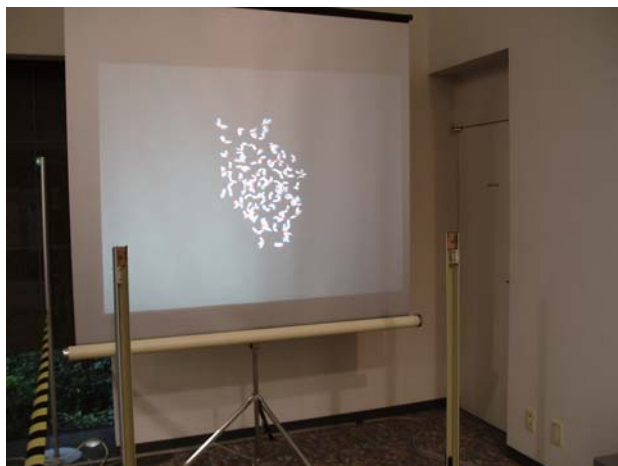


図3 スクリーンに映し出された水分子クラスターの写真  
水クラスター部分がぼやけているのは、左右両方の映像を重ね合わせているため

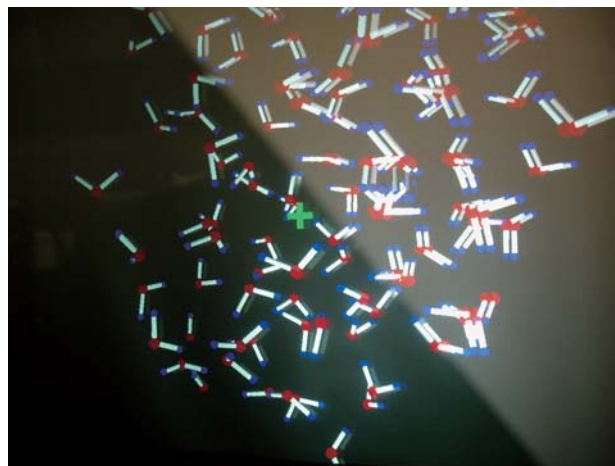


図4 水分子クラスターを拡大し、左下半分だけ偏光フィルムを通した実際の写真

# HD 動画コンテンツのオンデマンド配信システム

澤 昌孝

計算科学技術一係

キーワード：HD（高精細度）、MPEG4、ビデオ・オン・デマンド

## はじめに

計算科学技術班は主に計算機およびネットワーク関連の支援をメインに活動していますが、マルチメディアもIT関連として扱うため、ビデオ撮影も一環として携わることが多くあります。ビデオ撮影は分子研で年に4回開催される「分子研フォーラム」などの一般公開イベントにて行うことが多く、近年では所内ネットワークの充実によりLAN限定でライブ中継配信もビデオ撮影と平行して実施していました。最近ではテレビ及びビデオ環境もアナログからデジタルに移行しており、一部機器においては、さらに高精細度（High Definition. 以下、HD）環境に移行しつつあります。今回はオンデマンド型配信システムの構築と配信に適した動画設定の検証を中心にをご紹介します。

## 分子研のビデオコンテンツ配信環境

分子研のWebでのビデオコンテンツについては、岡崎コンファレンスセンターで実施される分子研及び岡崎地区イベントを、ライブ中継でキャンパスLAN内限定にて配信していました。オンデマンド型配信については最近まで用意されていませんでしたが、昨年、総合研究大学院大学のe-learning用にセミナー配信システムが導入されたのを機に、ストリーミングサーバ（Windows Media Service）にアーカイブ機能が追加されたため、オンデマンド型配信の環境が整いました。ただ、Windows Media Serviceでは再生時にメディアプレイヤーが必須となるため、最近のYouTube等の動画サイトに比べるとユーザフレンドリーではないところがあります。こういった状況もあり、ブラウザ上で動画再生できるビデオオンデマンドサービスの構築を試みました。

## ブラウザ上での動画再生させる仕組み

通常、Webページ上にある動画ファイルのハイパーリンクをクリックすると、ローカルにダウンロード後、メディアプレイヤーで再生されます。ただ、メディアプレイヤー側で

ダウンロードした動画のコーデックがない場合だと、ユーザに対応コーデック入手もしくは対応したメディアプレイヤー入手の手間が生じます。YouTube等の動画サイトではJavaScriptを用いてブラウザ上にFlashプレイヤーを起動させ、Flashプレイヤーで動画を再生させる仕組みになっています。FlashプレイヤーはFLV/H.264/MP4/WebM等多くの動画フォーマットに対応しており、配布元のAdobe社の統計で9割以上のPCにインストールされているので、ユーザ側の手間が生じることは起きにくく、非常に利用されやすいシステムとなっています。こういったWebページにFlashプレイヤーを起動させるサーバは、一般的なApacheやIIS等のWebサーバに「JWPlayer（非商用フリー）」や「FlowPlayer（フリーソフト）」等で配布されているFlashプレイヤーとJavaScriptファイルを置いて設定することにより、自前で用意することができます（実際の構築例は後述）。

## デジタルキャプチャの選択

次に映像・音声の取り込みについて考えます。従来のアナログでの取り込みはビデオのRCA端子やD端子など外部出力から映像・音声データ別々に取り込んでいました。デジタルの場合は一本のケーブル（IEEE1394やHDMI等）でデジタルまま映像・音声を纏めて取り込むのが主流になっています。HDDやDVDプレイヤーなども接続できるIEEE1394の方が、PCの入力インターフェースとしての普及率は高いのですが、転送速度がHDMIの方が優れており、HDMI1.4以降では超高解像度の4K2K（4096×2304）も扱えるので、将来性で言えばHDMIに軍配があがります。こういった状況から、今回の実験はHDMIでキャプチャすることにしました。

HDMIキャプチャについては現在のところ、PCI-Express接続のものがほとんどで、備え付けのPCもしくはサーバであれば問題ないのですが、撮影場所の自由度を考慮すると、持ち運びができるノートPCに接続できるインターフェース（USB、ExpressCard等）のHDMIキャプチャであ

る方が都合良く、採用したのは紹介ページの「HD 配信システム」の図の左下側に写っているUSB接続のリアルタイムエンコーダ（SKNET MosterHD264。以下、HD264）となりました。

## MPEG4 動画の考察

HD264で出力される動画ファイルはMPEG4（以下、MP4）です。MP4は動画・音声デジタルデータとして扱うための規格で、動画圧縮にはH.264が採用されています。H.264の圧縮効率は従来利用されていたMPEG2の2倍以上であり、圧縮された動画ファイルのサイズが同じでも、MP4の方が質の良い映像が得ることができます。つまり、帯域で問題が出やすく、なるべくデータサイズを抑えたいビデオ配信には適した規格と考えられます。まずは配信する前に、視聴に影響ないレベルを保ちつつ、どれほどMP4ファイルサイズが小さくできるかを検証が必要です。H264できるMP4の主な設定は「出力解像度」、「フレームレート」、「ビットレート」及び「描画方法」です。この内サイズに直接影響が出る設定は後半の2つで、「ビットレート」は一秒あたりの映像・音声データの情報量を示し、数値が大きければ画質が良くなりますが、ファイルサイズが増えます。一方の「描画方法」には「インターレース走査（一画面を半分ずつ二回に分けて描写）」と「プログレッシブ走査（一括描写）」があります。フレームレートが同一であれば、ファイルサイズについてインターレース走査はプログレッシブ走査の半分になりますが、半分ずつの描写となるため、チラツキが発生しやすくなります。

以上より、検証の設定条件は、動きの滑らかさに影響を与える「フレームレート（1秒あたりの映像数）」は30 fpsに固定でビットレートを変化させながら、インターレース走査でカメラ（Sony HDR-AX200）にて外部出力できる最大解像度1920×1080（以下、1080 i）の場合と、プログレッシブ走査でカメラ外部出力できる最大解像度：1280×720で（以下、720 p）の場合の2つにしました。なお、1080 iと720 pのファイルサイズはビットレートが同一なら、 $1920 \times 1080 / (1280 \times 720 \times 2 \text{（プログレッシブ走査の分）}) = 1.125$

となるため、ほぼ同じとなり描写方法による画質の影響が比較しやすくなっています。

## 出力されるファイル映像の検証

撮影は、解像度の指標として用いられるモノスコープパターンを背景に回転する風車を被写体にして行いました。なお、画質比較の際にはケース2の画像の倍率を75%、ケース1の画像を50%にし、縮尺を合わせた上で行っています。

### （ケース1）1080 iの場合

- ・ビットレートが10 Mbps未満の場合、回転している羽付近からブロックノイズが観測される。
- ・動いていない背景のモノスコープパターンにもノイズの影響が出て、確認できる垂直及び水平解像度が500本未満ぐらいまで低下した（図1、ビットレート1 Mbps時）。

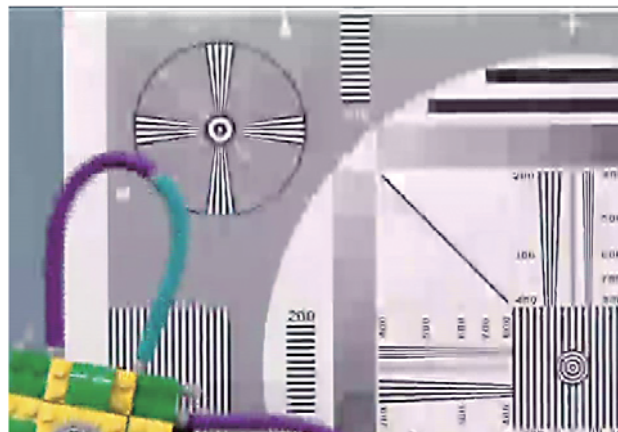


図1

### （ケース2）720 pの場合

- ・ビットレートを5 Mbps程度にしても、回転部分からブロックノイズは観測されず。
- ・ビットレートが1 Mbpsではブロックノイズが発生するが、1080 iの同一ビットレート時と比較してもノイズの大きさは小さく、垂直及び水平解像度の600本程度と低下が少ない（図2）。

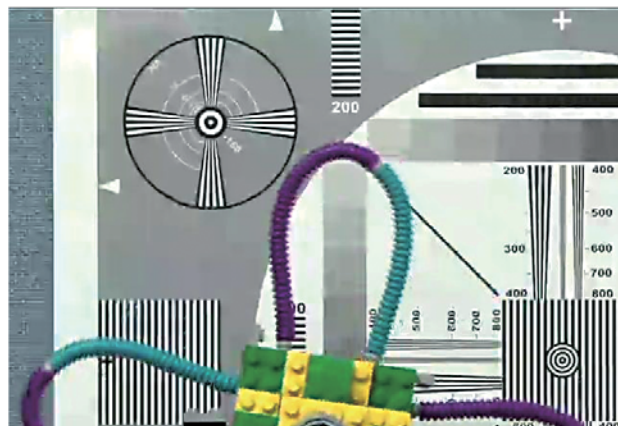


図2

一分間撮影した際のケース毎の出力MP4ファイルのおおよそのサイズの結果（5回ぐらいの撮影データの平均）と、その際のブロックノイズの有無（色が付いた個所でブロックノイズが発生）について表1にまとめました。配信するにはできるだけデータ量は少ないことが望ましいことから、ビットレートが少な目でもノイズの影響が出にくいプログレッシブ描画の動画が望ましいという結果になりました。

表1

|         | 1080 i | 720 p  |
|---------|--------|--------|
| 1 Mbps  | 9 MB   | 8 MB   |
| 2 Mbps  | 17 MB  | 16 MB  |
| 5 Mbps  | 39 MB  | 39 MB  |
| 10 Mbps | 77 MB  | 75 MB  |
| 15 Mbps | 112 MB | 114 MB |
| 20 Mbps | 145 MB | 150 MB |

## 配信用の動画ファイル調整

先の検証では、HD264で予めビットレートを絞った状態でMP4ファイルを生成していますが、セミナーやイベント等では保存用になるべく最高品質（HDTVレベル以上）でMP4ファイルを作ります。そうしますと、サイズは大きくなりますが、FFMPEG等を利用して配信用に解像度・ビットレート・フレームレートなどの設定を落として再エンコードします。ここでは、下り通信速度が遅い場合や再生するPCが古い場合も考慮して、以下のように3段階で再エンコードを行いました。

- ・ 720 p (1280 × 720), 5 Mbps, 30 fps
- ・ 480 p (852 × 480), 1 Mbps, 15 fps
- ・ 360 p (640 × 360), 768 kMbps, 15 fps

FFMPEGでの変更方法は上記の480 pに再エンコードする例として、

```
ffmpeg -i input.mp4 -acodec copy -vcodec libx264 -vpre medium -b 1000000 -r 15 -s hd480 output-480p.mp4
```

となります。なお、FFMPEGでのオプションについてはバージョンによって大きく変わることがありますので、事前に使用するFFMPEGのヘルプヘルプメッセージ（ffmpeg -h）で調べて置くなどの注意が必要です。こういったCUI的な方法を好まない場合は、いくつかFFMPEGをGUIで動かせるソフトもありますので、そちらをご利用すると良いでしょう。

## 配信サーバの構築例

今回は「JWPlayer」を使ってFlashプレイヤーのWebページを発信する配信サーバの方法を紹介します。JWPlayerの配布ページからダウンロードしたアーカイブから必要なものは「player.swf」（フラッシュプレイヤー）と「swfobject.js」（JavaScript）のみです。この2つのファイルを動画再生させたいHTMLファイルが置いてあるページにアップロードします。後はHTMLにJavaScriptを適用させる構文（色の付いている箇所）を入れるだけです。以下に同じフォルダにMP4ファイル（output.mp4）を置いて、ブラウザ上で

再生させたHTMLファイルの中身を示します（図3は実際にブラウザで表示したもの）。

```
<html><head> <title></title>
<meta http-equiv="Content-Type" content="text/html;
charset=shift_jis">
<meta content="MSHTML 6.00.2900.6049"
name="GENERATOR"></head>
<body>
<script type="text/javascript" src="swfobject.js"></script>
<div id="mediaspace1">This text will be replaced</div>
<script type="text/javascript">
var so = new SWFObject('player.swf','ply','470','320',
'9','#000000');
so.addParam('allowfullscreen','true');
so.addParam('allowscriptaccess','always');
so.addParam('wmode','opaque');
so.addVariable('file','output.mp4');
so.write('mediaspace1');
</script>
</body></html>
```



図3

## ダウンロードしながらの動画再生

先に示したようにブラウザ上で動画が再生できるようになりましたが、普通のMP4ファイルでは、再生できるまでにデータのダウンロード完了を待つ必要があります。ダウンロードしながらの再生する方法は「プログレッシブダウンロード」と呼ばれ、MP4ファイルの場合、MP4Box等でヒントトラックを追加することにより実現できます（以下、

MP4Boxでのコマンド例)。

```
MP4Box -hint input.mp4 -out output.mp4
```

GUIで行いたい場合はWindowsではmp4UIがありますので、そちらで処理できます。なお、ヒントトラックの追加処理は処理対象のMP4ファイルが2 GB以下である必要があります。

## おわりに

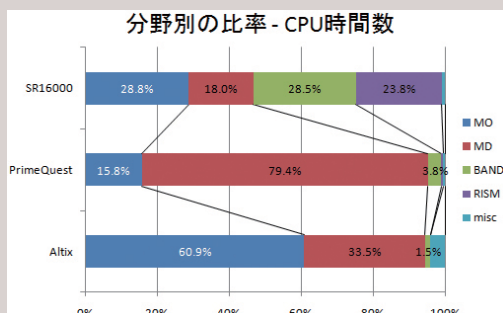
今後の予定としては、計算科学研究班が分子研のイベント等でビデオテープに録画し続けてきた動画をファイル化して、ビデオコンテンツの充実化を目指しています。

### コラム

## スパコンで実行されたプログラムの解析

計算科学技術二係 長屋 貴量

昨年度、当センターの共同利用マシン（スーパーコンピュータ）の利用傾向の把握と、webサービスの仮想マシン化を行ってきた。当センターには、スパコンが3システム設置されており、その利用ログを各種収集しているが、その利用傾向を可視化したことはなかった。そこで、昨年度初めて、ログを取り纏め、各システムの利用傾向を分析した。特に、計算プログラムの種別（MO/MD）、プログラムの実行時間、同時利用CPU数などについて、岩橋さんの助言を得つつ、統計を取った。例として、図に、昨年4月～12月末の間で集計した、各マシンで実行されたプログラム種別の比率の結果を示す。得られた結果を総合すると、各システムはそれぞれ特色ある利用傾向が見られ、こちらの設計意図通りに各マシンが利用されていることを確認できた。これにより、次期スパコンの機器選定に有用な情報を提供することができた。また、一昨年に計算センターのHP及び技術課HPを仮想化したのに引き続き、技術情報ネットワークのマシンも仮想化した。その結果、以前に比べ検索時間など体感速度が向上したと考えている。



### コラム

## カテゴリ 7 対応ケーブルは買わない方が良い

計算科学技術三係 松尾 純一

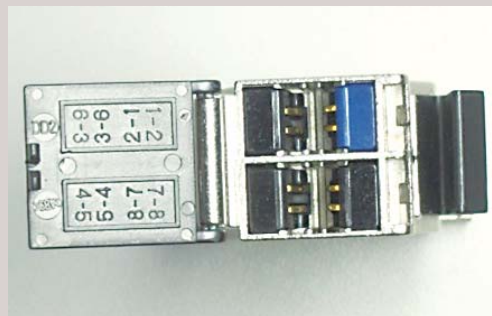
なぜならばそれは”自称カテゴリ 7” だからだ。

最近になってやっと本物のカテゴリ 7（以下CAT7）が規格化されたが、コネクタ形状が今までとは違ったものとなった。たしかに周波数特性は良作りになっているだろうから特別な用途で使用するならば良いかもしれ無いが、通常用途では値段が高いだけ。

さらに言うと、CAT7を使用しなくてはならないLANの規格はまだ無い。10GBASE-Tは？と思われるかもしれ無いが、実はCAT6Aを使うこととなっている。値段が高いケーブルじゃないと10Gに対応していないように宣伝されているので注意が必要だ。

話が変わるが、CAT6Aには規格がCAT6A(EIA/TIA)とCAT6A(ISO/IEC)の2種類がある。文字上の違いは“A”が大きい小さいかだけなのでわかりにくいですが、経路の規格は統一しておかなくてはならないので、10GBASE-Tで接続する際には知っておく必要が有る。

写真はCAT7のコネクタ1つ。TERA規格のメスソケット。



## コラム 高速ファイル転送プログラムHSCP

計算科学技術三係 内藤 茂樹

計算科学研究班では、遠距離で大容量のファイルを高速転送するためのHSCPというプログラムを開発している。その特徴はデータ通信にtcpではなくudpを利用している点にある。tcpは一定間隔でデータを受け取ったことの確認を要求する。そのために転送するデータが巨大になると、その確認回数が増えてしまい転送速度が上がらない。一方udpは確認が無いのでタイムロスを少なくできる。実際のプログラムであるが、基本的な通信はsshによって確保されたsslコネクションを使うことでサイト間通信で認証等のセキュリティを確保し、データ通信にudpを非暗号化で使うことにより高速化を実現している。そしてscpのファイル転送部分をUDTと言うudpでファイル転送を行うプログラムに置き換える形で実装している。hscpについては<https://ccportal.ims.ac.jp/software/hscp>もしくは<http://sourceforge.net/projects/hscp>を参照して貰いたい。これらのサイトからバイナリ、ソース両形式でダウンロードできる。そして実際に転送実験を行ったところ、途中経路に問題が無ければ帯域の9割前後の転送速度を出せた。1000BASE-Tでの転送なら900Mbps、従って凡そ110MB/sの転送速度であり、DVD一枚（4.7GByte程度）のデータなら40秒程で転送可能である。

## コラム クラウドコンピューティング

計算科学技術一係 手島 史綱

昨年あたりから、コンピュータ系の雑誌やWEBの記事などでよく見かける単語にクラウドコンピューティングがある。コンピュータのいろいろなサービス（アプリケーションやハード資源など）をインターネット経由で受けるものである。サービス提供の形態にはいろいろあるが、計算科学技術班として興味を示しているのは、ネットワーク経由でコンピュータシステム基盤を提供（IaaS：Infrastructure as a Service）し、組織（ファイアーウォール）内でクラウドを構築するプライベートクラウドである。最近になって、これらを可能にするオープンソースのミドルウェアの開発が活発であり利用できるようになってきている。その中で、米NASAを中心に開発が進められているOpenStack（多数の日本企業も参加）と欧州で開発が進んでいるOpenNebulaが代表的だといえる（日本国産でもWakame-VDCというものがある）。コンピュータシステムの高可用性やGUIによる管理という点ではOpenNebulaが一步進んでいるようである。我が班では、昨年情報収集・調査をして、いくつかのオープンソースクラウドミドルウェアをテストしてきた。今後は、高可用性なOpenNebulaを使用してプライベートクラウド形態のIaaSを構築し、WEBサーバやメールサーバなどを運用できるように技術習得と実運用を目指していく。

# 分子研山手地区液化システムの改善

水川 哲徳

低温技術係

キーワード：三重管、バックパージ、回収率

## 概要

分子研山手地区のヘリウム液化施設におけるヘリウム液化率は、約23 ℓ/hrであるが、それに対して三重管の長さは10 mときわめて長い。そのため詰まりやすく、詰まったら対処しにくいものである。これまでは液化運転停止後バックパージをすることによりこのトラブルを回避してきたが、今回三重管（戻り側）に詰まりが生じたのでその状況および対応について報告する。



況および対応について報告する。

また、回収率が従来75%程度と低い状態で推移していたがこれを飛躍的に向上させることが出来たのでそのことについても報告する。

写真1 三重管

## 三重管の詰まり

### (1) 状況

液化運転時、通常はJT弁（戻り側）付近の圧力PI112≒貯槽圧だが、このときは液化運転開始後12時間でPI112=0.03 MPa、貯槽圧=0.05 MPaと甚だしく乖離していた。液化率は通常23 ℓ/hrに対し約15 ℓ/hr。そしてさらに、液面計の数値が甚だしく不安定であった。三重管の戻り側が不純物により詰まってしまったと判断した。

### (2) 対処

通常は三重管を貯槽から抜いて不純物除去作業を行うのであるが、当センターの三重管は10 mもの長さがあるため、その方法では業者に依頼する必要があり多額の費用がかかってしまう。そこで次の方法で解決を試みた。

i) PI112の分岐にガスポンペを配管する。



写真2 PI112

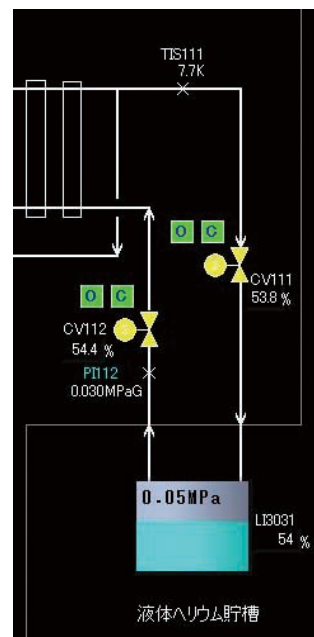


図1 フロー

ii) 貯槽横のバルブHV3034を開き、貯槽圧を抜き0.035 MPaに降圧する。

iii) ガスポンペから三重管に暖かいガスを貯槽圧が0.04 MPaになるまで流す。

iv) HV3034を開き、貯槽圧を抜き0.035 MPaに降圧する。

v) iii) ~ iv) の操作を3回繰り返した。

### (3) 結果

この結果、三重管のつまりは解消された。PI112≒貯槽圧で安定し、液面計の数値も安定した。但し、貯槽内のガス温度が上昇したため、運転開始後2日間ほど液化率が悪く、その後23 ℓ/hrに回復した。

### (4) 今後の対応

今まではバックパージ2（戻り側）は6時間程度しか実施していなかったが、今後12時間以上実施するようにする。

変更後のバックパージ手順は以下の通りである。

- i) 液化機外槽に窒素ガスを入れ（4 ℓ×4）、真空を破る。
- ii) ガスバッグ放出弁を開き液化機のガス抜きをする。
- iii) CV111を開き、貯槽から液化機内部に蒸発ガスを24～48時間流す。このときタービン入り口弁も開けておく（バックパージ1）。
- iv) CV111を閉め、CV112を開き、貯槽から液化機内部に蒸発ガスを12～24時間流す（バックパージ2）。

## 回収率の向上

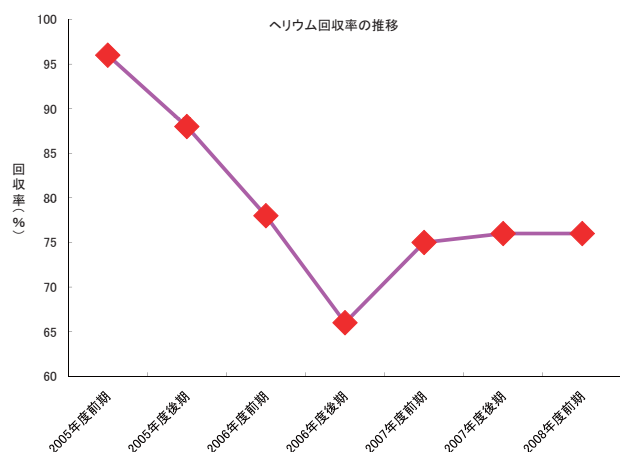


図2 2008年度以前のヘリウム回収率

分子研山手地区のヘリウム回収率は75%程度で推移していた。この回収率低下の原因は分析計（乾燥器および液化機）からの大気への散逸によると思われる。

そこで、以下のように対策をした。

#### (1) ヘリウム乾燥器の露点計

対策前：

不純Heガス→回収圧縮機→乾燥器→長尺ボンベ  
↳露点計→大気放出

対策後：

不純Heガス→回収圧縮機→乾燥器→長尺ボンベ  
↳露点計→ガスバッグ



写真3 ヘリウム乾燥器

#### (2) ヘリウム液化機の分析計

対策前：Heバッファータンク→液化圧縮機→液化機  
↳分析計→大気放出

対策後：Heバッファータンク→液化圧縮機→液化機  
↳分析計→ガスバッグ



写真4 液化機の実験計

その結果、表1に示すようにヘリウム回収率が飛躍的に向上した。

| 年月      | ヘリウム回収率 (%) |
|---------|-------------|
| 2009年4月 | 99          |
| 2009年5月 | 100         |
| 2009年6月 | 97          |
| 2009年7月 | 100         |

## まとめ

(1) 三重管が詰まったが、費用をかけることなく解消できた。詰まりの原因は不純物であるが、長尺ボンベのガス純度に応じて適切なバックパージをする必要がある。

(2) ニカ所の分析計からのヘリウムガスの大気放出を解消することにより回収率を向上できた。これらの量は単位時間あたりでは少量であるが、積算すると回収率に大きく寄与するのでおろそかにできないことがわかった。

# 赤外・ラマン分光法による電子状態の研究

売市 幹大

学術支援係

キーワード：分光法、電荷移動塩、相転移、電子状態

## はじめに

様々なテーマで他大学との協力研究を行った。赤外反射およびラマン分光法、X線結晶構造解析、磁化率測定を用いて電荷移動塩の電子状態を明らかにした。それらの成果は国内の学会および国際学会ICSM2010で発表され、あるものは論文誌に掲載された。

## $\alpha'$ -ET<sub>2</sub>IBr<sub>2</sub>の電荷秩序相転移の研究

$\alpha$ -ET<sub>2</sub>I<sub>3</sub>を冷やしていくと結晶の対称性の低下と電荷の秩序化を伴う構造相転移を起こして金属から絶縁体となる。それに対し非常によく似た構造の $\alpha'$ -ET<sub>2</sub>IBr<sub>2</sub>では200 K付近で半導体-半導体転移を起こし、その違いの由来も電子状態も不明であった。

磁化率の測定の結果、200 K付近だけでなく160 K付近にも異常が観測された。また室温から200 K付近までの高温相も常磁性を示しており、電荷の局在が見られることを明らかにした。この結果と赤外およびラマンスペクトルの解析結果を合わせてYue（分子研）らは、IBr<sub>2</sub>塩では室温で既に電荷の不均化が起こっており、200 K付近で電荷の秩序化が起きるが、その揺らぎは160 K付近まで残っているために異常が観測されるという、I<sub>3</sub>塩と異なる電子状態の変化の起きていることを明らかにした（Yueら2010年化学会春季年会、薬師ら2010年物理学会春季大会、Yueら2010年ICSM、Yueら2010年物理学会秋季大会）。<sup>1, 2)</sup>

## $\alpha$ -ET<sub>2</sub>MHg(SCN)<sub>4</sub>塩の電子状態

$\alpha$ -ET<sub>2</sub>MHg(SCN)<sub>4</sub> (M=NH<sub>4</sub>, K, Rb, Tl)の低温下の赤外・ラマン測定について比江島（東工芸大）らと協力研究を行った。この系の塩がMを変えることで低温での電子物性の大きく異なる原因について、赤外反射およびラマンスペクトル測定の結果から対称性の破れに伴う電荷秩序揺らぎの発生の違いによることを見出した（比江島ら、2010年ICSM）。<sup>3)</sup>

## TTFおよびTTP類縁体の振動スペクトル

TTP類縁体であるBTM-TTPやTTFの類縁体であるTP-EDTT、EDO-TTFモノクロ口誘導体およびDMEDO-EBDT、そしてそれらのラジカル塩について分子振動に関する情報を得るためラマンスペクトルを測定した。この結果に対し中野（京大）らがB3LYP/6-31G(d,p)法での振動解析に基づき振動スペクトルの帰属を行った。スペクトルの温度依存性と合わせることでそれぞれのドナーの電荷分離の状態と相転移の関係について明らかにした（石川ら2010年化学会春季年会、中野ら2010年化学会春季年会、村田ら2010年ICSM、中野ら2010年ICSM、石川ら2010年分子科学討論会、平松ら2010年分子科学討論会）。<sup>4-7)</sup>

## 非局在型一重項ピラジカルの強い分子間相互作用の実験的説明

久保（阪大）らはこれまでにフェナレニルという不對電子と $\pi$ 共役系を融合させることで高い非局在化能を有する安定な一重項ピラジカル種の研究を行ってきた。その中でも結晶中で $\pi$ - $\pi$ 一次元鎖を形成した化合物は分子間の不對電子環相互作用の働いていることが構造解析の結果予測された。電子スペクトルの測定を共同研究で行い、溶液中よりも大幅な低エネルギー領域に吸収を与えることを明らかにした。また $\pi$ 共役系の長さを変えた類縁体と比較することで固体中の分子集合体としての長波長シフトとピラジカル性の関係が明らかになった。<sup>8)</sup>

### 参考文献

- 1) Y. Yue et al., Phys. B: Cond. Mat., 405, S232 (2010)
- 2) Y. Yue et al., Phys. Rev. B, 82, 075134 (2010)
- 3) T. Hiejima et al., Phys. B: Cond. Mat., 405, S153 (2010)
- 4) T. Murata et al., Phys. B: Cond. Mat., 405, S45 (2010)
- 5) T. Murata et al., Chem. Mat., 22, 3121 (2010)
- 6) Y. Nakano et al., Phys. B: Cond. Mat., 405, S49 (2010)
- 7) Y. Nakano et al., Phys. B: Cond. Mat., 405, S198 (2010)
- 8) A. Shimizu et al., JACS, 132, 14421 (2010)

# 水銀リサイクル

永田 正明

ガラス機器開発技術係 安全衛生管理室（併）

キーワード：リサイクル、水銀、廃棄物、アマルガム

## はじめに

私は北海道大学で開かれた第26回大学等環境安全協議会技術分科会に出席し、施設見学では北見市にある野村興産イトム力鉱業所を訪問しました。

野村興産イトム力鉱業所はかつて日本最大級の水銀鉱山でしたが、現在は全国で唯一水銀処理施設を有する事業所として、電池や蛍光灯に含まれる水銀のリサイクル処理を行っています。

本稿では、電池や蛍光灯のリサイクル処理工程と水銀の危険性並びに漏洩した水銀の回収手法について紹介します。

## 施設見学報告

乾電池と蛍光灯は別々の工場で処理されていました。

### 電池処理工場

乾電池のリサイクル工場には、全国から廃棄電池が搬入されます。マンガンやアルカリの乾電池とニッケルカドミウムをはじめとする二次電池が、混合した状態で処理工程に投入されます。

まず、形状と内容物による自動選別を行います。さらに目視による選別を行い（写真1）、抽出された二次電池は



図1 目視による電池の選別

別の専門業者に引き渡されてリサイクルされます。

その後、乾電池を多段式焙焼炉で焙焼します。この工程で水銀を蒸気として取り出し、濃縮・精製して出荷します。焙焼された乾電池は解砕・磁選されて内容物の亜鉛やマンガンと外缶の鉄に分別して出荷され、各種製品としてリサイクルされます。

作業員は水銀蒸気の対策として、ゴーグル、防毒マスク、ゴム手袋を装着していました。

### 蛍光灯処理工場

蛍光灯は破損防止のため箱に入った状態で搬入され、処理前に箱から出して破砕機に投入します（写真2）。破砕された蛍光灯を洗浄し、異物を除去した後、乾電池と同様に多段式焙焼炉で焙焼します。この工程で蒸気として取り出して回収した水銀を濃縮・精製して出荷され、再び蛍光管の製造等に使用します。

蛍光灯はかつて1本あたり50 mg程度の水銀を使用していました。使用量は次第に削減され、現在は1/10程度の約5 mgまで削減されています。蛍光灯に使用されるガラスや電極も、ガラス原料やアルミ原料として各種工業用品にリサイクルされます。



写真2 搬入された蛍光灯と処理工程への投入口

最近では水銀の回収量が出荷量を上回り、精製した水銀を保存しているそうです。それでも、蛍光灯の全製造数の約4割しかこの工場に回収されていません。

ここでも、作業員は水銀蒸気の対策でゴーグル、防毒マスク、ゴム手袋という教科書通りの姿で作業を行っていました。

## 水銀の危険性と回収手法

### 水銀の危険性

水銀は常温で容易に気化するため呼気として人体に入りやすく、人体に吸収されると表1に示す症状を呈します。また、水銀化合物は、皮膚に付くと皮膚炎を起こし、皮膚から体内に吸収される可能性があります。そのため、水銀が漏洩した場合は徹底的に回収する必要があります。

表1 水銀が人体に吸収された際の症状

|      |                                                 |
|------|-------------------------------------------------|
| 急性中毒 | 腹痛、嘔吐、下痢、歯肉炎、肺炎、腎障害、循環器障害                       |
| 慢性中毒 | 歯肉炎、手のふるえ、頭痛、不眠、倦怠感、脱力感、食欲不振、歯肉出血、腎障害、聴力障害、視野狭窄 |

### 水銀の回収手法

水銀を使用する所では水銀回収キットが常備されていると思いますが、キットの備え付けは義務ではありません。キットが不足している、もしくはキットが存在しない場所

で水銀の漏洩が発生した際には、次のような手法で回収することが可能です。

ゴム手袋、マスク、防護メガネは、作業者の安全を守るために絶対必要です。そのうえで水銀を回収する瓶（金属缶は水銀と合金を作るので使用できません）、被覆を除いた銅線、希塩酸を準備します。

大きな水銀の粒はチリトリ等で丁寧に回収します。細かい水銀の粒は、希塩酸で表面を洗浄した銅線とアマルガム（水銀と他の金属の合金）を作ることにより付着させ、回収瓶に回収します。回収を繰り返すうちに水銀が銅線に着き難くなってきたら、希塩酸で銅線を軽く洗って活性化させます。回収が終了したら、懐中電灯等を使って水銀粒が無い事を確認します。

最後に希塩酸と銅線も回収瓶に密閉して、廃棄物貯蔵所に搬入します。

## まとめ

乾電池と蛍光灯のリサイクル処理施設を見学して、水銀処理は多くの手間と危険を伴うものであることを目の当たりにしました。電池や蛍光灯はつつい不燃物として安易に捨ててしまいがちですが、分別回収に積極的に協力する必要性を痛感しました。

また、水銀の危険性や回収の難度を踏まえると、水銀を使った実験は極力行わないようにすること、水銀を使う必要がある実験でも水銀の使用量を出来る限り削減することを、研究者に協力を求めて進めていきたいと思います。

## コラム 語学研修に参加して

機器利用技術一係 牧田 誠二

技術課に属する技術職員として職務遂行に必要な一般的知識、専門的知識及び技術等を修習させ職員としての見識、資質の向上を図ることを目的とする研修として「東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修」、「放送大学を利用した職員研修」が毎年行われている。私も過去に数回参加し、通常業務では修得することが出来ない貴重な知識、経験を得る機会に恵まれてきた。しかし、その一方で研修内容が職務と大きく懸け離れてしまっているケースや短期間の研修のため充分な教養を得る前に終了してしまうケースがあることも事実である。そんな折、昨年度は新たに語学研修が開催され参加の機会を得たので、こちらについて報告する。近年、外国

人留学生が増え職務において接することも少なくない。そのため、語学の必要性は常に感じてはいたが、現実的に修得となると困難さも伴うこともあり、今回の研修は絶好の機会としてとらえることができた。具体的には英会話スクールに週2回（1回あたり50分間レッスン）英語のみで行われるレッスンに半年間通った。もちろん良くも悪くも受験英語は修得してきてはいるが、実践会話のような生きた英語は経験によってのみ培われるので、通い続けることにより自身の向上が実感できるものであった。半年間という短い期間であったが、技術職員としての職務の幅を広げるために可能であれば継続的な研修になることを強く望みたい。

# 職場体験報告：光の速さをはかる

岡野 泰彬

光計測係

キーワード：職場体験、光速、パルスレーザー

## はじめに

技術課ではアウトリーチ活動の一環として近隣の中学校から職場体験生徒を受け入れており、光技術班でも年に2回ほど受け入れている。近年のプログラムは極端紫外光研究施設（UVSOR）での見学や作業体験を中心に編成されていたが、今年度は更にレーザー関連のプログラムが追加された。ここでは10月21日に岡崎市立竜南中学校より生徒を受け入れた職場体験のなかで、筆者が担当したレーザー関連プログラムについて紹介する。

## 体験テーマについて

職場体験にあたって事前に取りられたアンケートから、体験生徒は研究所での仕事だけでなく研究そのものにも興味を持って職場体験に臨んでいることが分かった。そのため、本体験プログラムではレーザー計測の基本技術に触れてもらうことを目的とし、超短パルスレーザーを利用した光速測定を体験テーマに設定した。さらに、実際に機器に触れての“実験”と得られたデータの“解析”を通して、研究にかかわる一連の作業を体験できる内容とした。

今回の体験で用いる超短パルスレーザーは、過渡的な物性の診断、制御、機能発現をはじめ光分子科学研究において欠かせない実験装置の一つである。一般に、レーザー装置を用いた研究ではミラーやレンズなどの光学素子を配置した光学回路を構築して実験が行なわれており、パルスレーザーを用いた光学回路を構成する基本要素の一つに光学遅延回路がある。光学遅延回路は光の空間的な移動量の差（光路差）から光の到達時間を制御する機構であり、パルス光のタイミング制御には欠かせない機構である。本体験では、この機構を応用して光路差と光の到達タイミングのずれから光の速さを見積もる実験を行った。

## 体験プログラムの内容

本テーマに割り振られた時間は1時間40分であり、その内の前半は、光の基礎知識や体験テーマに関連した背景

について雑談を交えて説明を行った。後半は、実験室に移動して機器に触れながら研究体験を行った。また、他の職員に補助を依頼するなど実験室での生徒の安全面については十分配慮した。

実験は以下の方法により行った：①レーザー光源から射出するパルス光を二つに分け、それぞれの光の通る距離に差（光路差）をつける。②高速フォトダイオードでそれぞれのパルス光を検出し、光の到達するタイミングをオシロスコープで計測する。③得られた検出信号の時間差と光路差の関係から光の速さを求める。

体験では、光路長の変更とオシロスコープを用いた光の到達時間差の計測を生徒に担当してもらい、測定した光路差と検出信号の時間差のデータを方眼紙上でグラフ化し光の速さを見積もる解析を行ってもらった。グラフなどの解析データは記念に持ち帰ってもらったためここでは示すことができないが、実験精度に見合った光速度を求めることができた。

## おわりに

研究所における職場体験は、生徒にとって先端科学研究の一端に触れる貴重な機会である。このような体験は生徒の科学や研究に対する意識形成に少なからず影響を与えている。そのため、生徒の興味

を引き出すことを心がけて本体験プログラムに取り組んだ。体験後に頂いたお礼状によれば、興味を与える機会とすることができたと推測される。しかし、本体験の実施に当たっては準備不足だった局面もあり、この体験を教訓として今後はより一層洗練された内容としていきたい。

体験を行うに当たってレーザー光源をはじめとした実験環境を提供して頂いた大森教授に感謝いたします。



実験室での風景  
(測定法について説明)

# UVSOR施設の見学対応について

蓮本 正美

極端紫外光技術一係

キーワード：放射線、入退出管理、光と電子

## はじめに

平成10年度から平成22年度までの12年間、UVSOR施設の見学を担当しました。UVSOR施設内で見学者を引率して見学者の記録が残っていた、平成12年度から平成22年度までの所外からの見学対応について報告します。

## 見学の受け入れ

自然科学研究機構岡崎3機関の見学者の受け入れは、事務センターの総務課企画評価係が窓口になって行っており、その中で分子科学研究所の見学については、技術課学術支援班学術支援係が見学のスケジュールを作成しています。学術支援係からUVSOR施設見学の受け入れ要請があり、希望する見学日時が見学可能であるかを検討して見学の受け入れを決めています。毎週月曜日のマシンスタディーや1年間に数週間あるマシンスタディーの日は、原則見学は受け入れないことになっているが、できるだけマシンスタディーの中断時間が短くなるように学術支援係と見学時間の調整を行って、マシングループに見学を許可していただき、極力見学を断らないようにして広報活動に協力するよう努めました。

## 見学の手続き

UVSOR施設のストレージリング室は放射線管理区域となっているので、放射線作業従事者でUVSOR入退室カードを持っている者しか入室することができませんが、事前に見学者名を記入した見学届に放射線管理責任者と放射線取扱主任者の捺印をもらって、安全衛生管理室に見学届を提出することによって、見学者のストレージリング室への入室が可能となります。事前の手続きのために、見学日の1週間前までに見学者の名簿を提出してもらうには、学術支援係の協力が欠かせませんでした。

見学当日は放射線の被ばく量を計るポケット線量計を安全衛生管理室から借り、施設のパフレットを人数分用意して、見学者の引率をしてストレージリング室への入退

室の管理をきちんと行っています。許可される見学時間は30分以内ですが、リング室全体を見渡せるテラスの上での見学は、床上での放射線量（約0.3  $\mu\text{Sv/h}$ ）より高い（約3  $\mu\text{Sv/h}$ ）ために見学時間は15分以内に制限されているので、時間をオーバーしないように気を配っています。見学終了後、ポケット線量計の値を見学届に記入して、ポケット線量計を安全管理室に返却して見学の対応は終了します。

## 見学の内訳

図1は平成12年度から平成22年度までに対応した見学の見学件数と見学者数を描いたものです。法人化された直後の平成15年度と16年度は見学者の数は大きく減っていますが、それ以外の年では100人以上の見学者があり、多い年では250人以上の見学者がありました。

11年間の見学者の総数は1940人、年間平均は約180人でした。

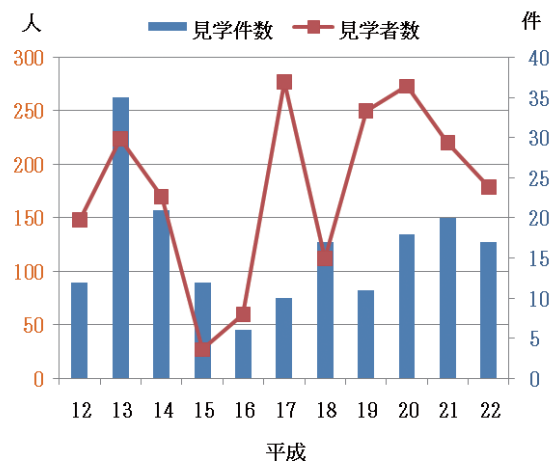


図1 見学件数と見学者数の推移

図2は見学者の人数の内訳で一番多かったのは高校生で全体の20%で363人、次に大学生の16%で291人、理科の先生が5%で91人となっており、学校の先生と生徒で全体の約4割を占めていました。企業関係者が20%で

360人、研究者が12%で228人、文部科学省等の職員が8%で137人、大学や研究所の技術職員が7%で135人、機構や大学の事務職員が4%で80人でした。

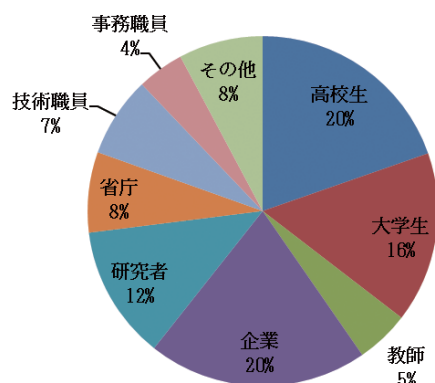


図2 見学者の内訳

図3は見学件数の内訳で、文部科学省等の職員の見学件数が一番多くて全体の35%を占めています。次に研究者が14%、企業関係者が10%、高校生が7%、大学生が7%、事務職員が7%、技術職員が5%、学校の先生が3%でした。

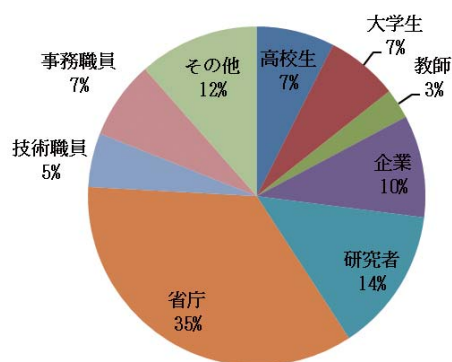


図3 見学件数の内訳

## 見学者への説明

見学者への説明は自分で行ったり、施設の教授や准教授の方に説明を分担してもらっています。そして2年ほど前から高校生や企業の人たちへの説明は、自分で行う機会を少しずつ増やしていくようにしました。

以前の説明は施設の概要や機器の性能や運転状況や利用状況を中心に行っていましたが、それらのことは施設のパンフレットに記してあるので、最近は、特に高校生に対しては、科学は不思議で面白いという興味を湧くようにしたいという思いがあって、以下のことを中心に説明するように心がけました。

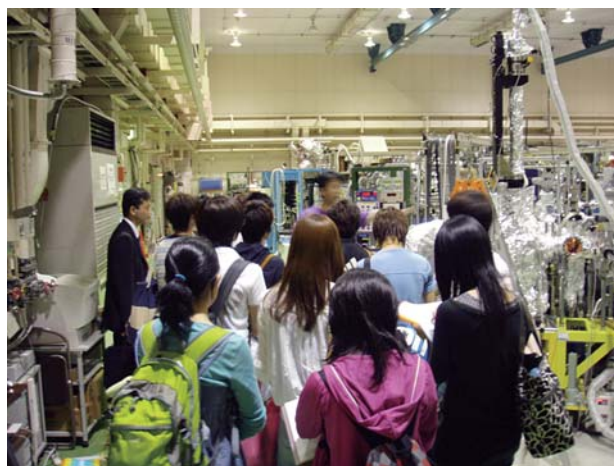
- ・光とは何か

- ・光は波でもあり、粒子でもある
- ・光のエネルギーは振幅ではなく波長によって決まる
- ・なぜ光を使って実験するのか
- ・光と電子のエネルギーのやり取りについて
- ・物質の性質は電子によって左右される

光は身近でありふれたものなのに常識では理解できない不思議なものだと感じてもらえたら幸いです。

## おわりに

一方的に説明するだけでは興味を掻き立てることはできないので、日常ではなかなか経験できないことを体験すれば興味を持ってもらえるだろうと、いろいろ思案しています。その中の一つとして、直径3 cmのネオジム磁石を鉄板にくっつけると手では引き剥がすことができないことを体験してもらって、ネオジム磁石の磁力の強さに驚いてもらい、これと同様の磁石が強力な光を発生させるために、ストレージリングの挿入光源に使用されている。また、ネオジム磁石の強力な磁力はモーターの性能を大きく向上させ、モーターの小型化や省エネに大いに役立っている。こういった磁性を詳しく調べる研究にも光を使った実験は欠かせないものである。というように体験から話を広げていけば、もっと見学を楽しんでもらえて、科学への興味を持ってもらえるのではないかと思います。



UVSOR 見学風景

## 編集後記

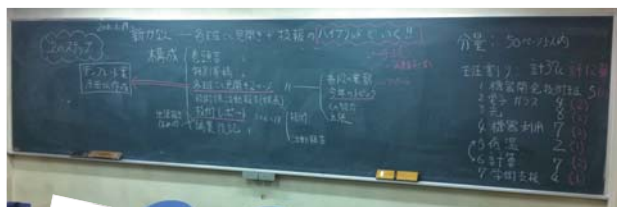
「かなえ」は研究職員と事務職員、そして我々技術職員が3本足となって研究所を支えるのだという意気込みを投影して命名され、発行されてきました。ところが独立行政法人への移行後は業務報告集としての色彩が強まり、研究所の技術職員以外の方には縁遠くなってしまった感がある、との声をいただきました。

そこで、「身内」以外の方にも気軽に手に取って読んでいただける本にしようと、今回若手職員を中心に紙面の大胆な刷新に着手しました。

読み手の興味を引く紙面構成やレイアウトとはどんなものか。とかくこの手の本では単調になりやすい色彩を工夫したほうが良い。目的の記事に素早くアクセスできるようにしよう。……編集会議で自由闊達に出された数々のアイデアをじっくり議論し、技術職員が原稿を執筆し、1つの本として集約した結果が今回の「かなえ」です。個人的には、数々のアイデアを十分に練り上げて織り込んだ自信作だと自負しています。

今回の「かなえ」を読んで記事へのご意見ご質問などあれば、執筆者も編集会議のメンバーも喜びます。批判も今回の「かなえ」を読んでいただけた証ですから真摯に受け止め、次回の「かなえ」作りに反映していきたいと思っています。

編集担当 永田 正明



第1回編集委員会の板書



レイアウト案

## 分子科学研究所技術課 Activity Report 2010

発行年月 平成23年6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  
編集 かなえ編集委員会  
堀 米 利 夫 (委員長)  
永 田 正 明 (編集担当)  
近 藤 聖 彦  
林 憲 志  
岡 野 芳 則  
内 藤 茂 樹  
原 田 美 幸  
印刷 株式会社コームラ

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 2010**

〒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/>