



NIFS-MEMO-66

第8回自然科学研究機構技術研究会集録

平成25年6月6日（木） - 6月7日（金）

核融合科学研究所 技術部

Proceedings of the 8th NINS Symposium on Engineering
Technology by Department of Engineering and Technical Services,
NIFS, 6-7 June 2013, NIFS, Toki
Department of Engineering and Technical Services, NIFS

Dec. 20, 2013

第 8 回
自然科学研究機構技術研究会
集 録

日時 : 平成 25 年 6 月 6 日 (木) ~6 月 7 日 (金)

主催 : 核融合科学研究所 技術部

開催場所 : 核融合科学研究所

**Proceedings of the 8th NINS Symposium
on Engineering Technology
6-7 June 2013, NIFS, Toki**

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

Abstract

The 8th NINS Symposium on Engineering and technology was held on 6-7, June 2013 at National Institute for Fusion Science (NIFS), organized by Department of Engineering and Technical Services, NIFS. This Symposium is continuation of an annual series. This proceedings is a compilation of papers presented at the symposium. 80 participants from 5 institutes of NINS attended this symposium and 21 papers were presented.

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



第8回自然科学研究機構技術研究会 集合写真

第8回自然科学研究機構技術研究会の開催にあたって

核融合科学研究所 技術部長 飯間理史

2004年の法人化に伴い自然科学研究機構が発足し、2006年から開催された本技術研究会も今回で8回を数えることになりました。各研究所から多くの技術者においでいただき、開催することができたことは所長をはじめ関係諸氏のご協力とご努力に感謝すると共に御礼申し上げます。

自然科学研究機構が異分野の研究所を統合し発足したことから、機構内技術者がどのような業務に従事しているか想像できない状態から出発し、今では相互理解が進んでいるように感じます。経験のない異分野を理解することは多大な労力と時間を必要としますが、技術屋同士すぐに分かり合えることも多いと思います。また異分野だからこそ経験のない新たな技術応用の発見があると思います。

法人化され9年が経ち、財政的にも、人材的にも厳しい中、すぐに結果を要求される風潮に屈することなく技術を極めていただき、技術者同士が気軽に相談できる仲間同士となり、新たな視野が開けたらと思います。

今回も前回分子研でおこなわれた研究会を踏襲し、お互いにわかりやすい説明を心がけていただき、用語説明とキーワードの記入、深い内容を短い時間でわかりやすく、専門用語をできるだけ使わずに発表することなど過去の経験が生かされています。

また各研究所の方々も近年の地域連携、中学生、高校生の職場体験、さらには一般公開などでの経験をされ、素人への説明がわかりやすくなっていると感じます。開催中に、機構内職場体験ができたらな、という声を聞きました。理工学系技術者も生物系技術を体験してみたい、ひょっとしたら生物系技術者も理工学系技術を体験してみたいのかなど。この研究会がそういったことを気づかせたのであれば、それだけでも機構内研究会を続ける価値があると感じました。

まだ至らぬことがあるとは思いますが今後とも各研究所のご支援をいただき、本機構内技術研究会が契機となって技術交流、技術連携さらには技術者派遣共同作業までできるようになればと願っています。

目 次

基礎生物学研究所

1. レーザーマイクロダイセクションを用いたエンドウヒゲナガアブラムシの
卵巣小管由来の組織回収 牧野由美子 . . . 1
2. 遺伝子改変マウス生殖細胞を用いた突然変異頻度定量法の紹介と実際
水口洋子 . . . 5
3. jQuery プラグインを用いたWeb 画像拡大・縮小・ガイド表示機能の作成
西出浩世 . . . 9
4. プレゼンテーションにおける視覚表現に関する研修のアンケートについて
水谷健 . . . 11

国立天文台

1. 野辺山宇宙電波観測所の技術系職員の業務について 和田拓也 . . . 15
2. ALMA 受信機の開発と量産 伊藤哲也 . . . 18
3. 社会に役立つ暦計算室 片山真人 . . . 21
4. エジプトコッタミア天文台支援 小矢野久 . . . 24

核融合科学研究所

1. 曲面ミラーの製作 岡田光司 . . . 29
2. プラズマ電子加熱技術の紹介 伊藤哲 . . . 31
3. LHD 計測データストレージシステムの構築 小嶋護 . . . 35
4. 冷却水棟改修工事と運転監視モニターツール作成 土伏悌之 . . . 40
5. 核融合科学研究所の危険物管理 横田光弘 . . . 45

分子科学研究所

1. タッチラリーシステムの構築とその効用 長屋貴量 . . . 50
2. 装置開発室エレクトロニクス・セクションの工作依頼業務の紹介
吉田久史 . . . 56
3. 7軸調整位置合わせステージ及び薄型X-Y ステージの製作 水谷伸雄 . . . 59
4. 真空紫外光を使う実験の試料導入方法 堀米利夫 . . . 63

生理学研究所

1. Wii Board を使った重心移動計測プログラムの作成 伊藤嘉邦 . . . 66
2. ラット大脳皮質における神経細胞の多重蛍光染色 山口登 . . . 70
3. VGAT-Venusラット脊髄GABA/glycineニューロンの組織学的定量解析
石原博美 . . . 72
4. 帯電防止位相板を作製するためのいくつかの試み 小原正裕 . . . 75

資料

- 参加者名簿 . . . 79
- 開催プログラム . . . 80
- 編集後記 . . . 81

レーザーマイクロダイセクションを用いた エンドウヒゲナガアブラムシの卵巢小管由来の組織回収

牧野 由美子

基礎生物学研究所 技術課

1 はじめに

レーザーマイクロダイセクションシステムは、組織を薄切してスライド上に貼付した組織切片などから、顕微鏡観察下で目的領域の微少な組織をレーザーで切り出して回収する装置である。回収した組織からは RNA やタンパク質を抽出することができ、抽出した RNA は遺伝子の配列解析や発現量の解析などに用いられる。

今回、エンドウヒゲナガアブラムシの卵巢小管を構成する **germarium**（胚腺）という組織を、レーザーマイクロダイセクションシステムを用いて回収することになった。通常用いられる組織切片ではなく、解剖して調製した生の **germarium** を用いた。

レーザー照射条件は組織切片用に設定されているため、生の **germarium** を回収するために最適なレーザー照射条件を検討する事が必要となった。

2 レーザーマイクロダイセクションシステム

用いた装置は、組織を切断する UV レーザーに加え、IR レーザーが搭載されていることが特徴的である。目的領域の組織は、これらの2種類のレーザーを用いて切り出され、回収キャップに回収される。

組織回収方法の概念図を図1に示す。組織切片は外枠が金属であるフレームメンブレンスライドの内側のメンブレン部分に貼付ける。そこにガラススライドを重ねて装置にセットする。次にメンブレン上に置かれた回収キャップは直接組織に触れないので、コンタミネーションを防ぐ事ができる。

組織を切り取り回収する流れは次の通りである。

- ①熱可塑性樹脂が表面にコーティングされた回収キャップを、組織切片が貼付けられたメンブレン上に置く。
- ②操作画面上で、組織を切り取り回収する領域を描く（描線はUVレーザーが照射される線）と、自動でIRレーザーが照射される部分が表示される。
- ③動作をスタートさせると、最初にIRレーザーが上方より照射され、回収キャップの熱可塑性樹脂を溶かしてメンブレンに吸着させる。
- ④UVレーザーが下方より照射され、描線に従い組織とメンブレンを切断する。
- ⑤回収キャップを取り出すと、吸着した組織が回収される。

Frame Membrane Slides

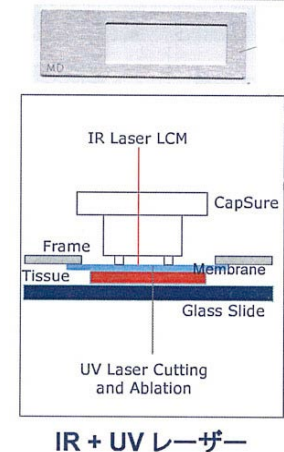


図1. 組織回収の概念図

3 エンドウヒゲナガアブラムシと *germarium* について

アブラムシは世界に約 4,000 種、日本に約 700 種生息する。エンドウヒゲナガアブラムシ (図 2) は日本の殆ど全土で見られる。メスの体長は 4.5~5.0mm くらいである。遺伝子の配列情報が既知であるので、遺伝子解析に有利である。

回収する組織は、卵巢 (図 3) を構成する 7 本の卵巢小管 (図 4) の各端にあり、卵子形成のもとになる卵原細胞を蔵する大きさ 25~40 μm の *germarium* という微小な組織である。回収した *germarium* からは RNA を抽出する。



図 2. エンドウヒゲナガアブラムシ

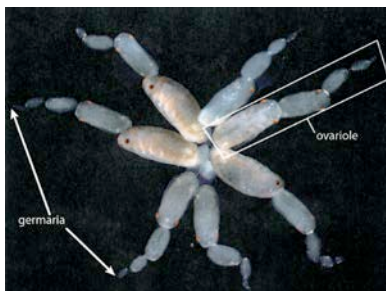


図 3. 卵巢

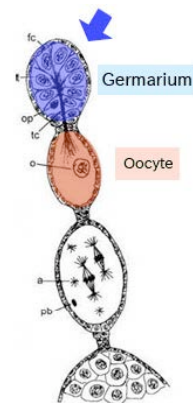


図 4. 卵巢小管

4 生の *germarium* を用いたレーザーマイクロダイセクション

germarium は分離抽出等での精製が困難であるため、微小な組織の回収に優れ、回収後に RNA の抽出が行えるレーザーマイクロダイセクションを用いた。また、今回は組織切片としての *germarium* ではなく、生の *germarium* を用いた。その試料調製は、解剖して得た卵巢を PBS (リン酸緩衝生理食塩水) に入れ、エタノールに交換して固定し、フレイムメンブレンスライド上で卵巢小管をバラし、乾燥させるだけである。

生の *germarium* を用いる利点は以下の通りである。

- *手順が少ないため RNA の分解が抑えられる。
- *1 枚のスライドに 30 程度の *germarium* をのせられ、ほぼ全ての数を 1 つの回収キャップに回収できるため、抽出される RNA の濃度が高い。
- *組織切片を作製する手間と時間がかからない。
- *組織切片の場合、*germarium* が判別しにくい。

5 検討事項

標準である組織切片用のレーザー照射条件では、UV レーザーで切断を行うための描線 (図 5) と実際に切断された線との間にずれが生じた。また、IR レーザーによる樹脂の吸着面積も大きかった。

生の *germarium* に適したレーザー照射条件の検討として、UV レーザーについてはフォーカス調整と出力調整、IR レーザーについては出力調整を行った。



図 5. *germarium* 切断のための UV レーザー (実線) と IR レーザー (○) 設定

6 結果

(1) UV レーザーのフォーカス調整

描線と実際に切断された線とのずれを小さくするためには、照射による面積を小さくする必要があります。

照射による形が小さな円になるように、出力 100% でフォーカス調整を行ったところ、最初は直径約 11.8 μm であったが、最終的に約 5.6 μm となり、直径を約 2 分の 1 まで小さくすることができた (図 6)。



図 6. UV レーザーのフォーカス調整

(2) UV レーザーの出力調整 1：設定値の変更

照射出力を、100, 50, 31, 15, 3% と変更して照射したところ、それぞれ直径約、5.0, 4.8, 4.6, 3.2, 2.4 μm の円形であった。

フォーカス調整前の 11.8 μm に比べ、レーザー出力を下げることにより、15% では直径は約 4 分の 1、3% では約 5 分の 1 に小さくすることができた。

(3) UV レーザーの出力調整 2：メンブレンの切断

描線と実際の切断線とのずれが小さく、かつ確実に切断できる出力値を検討した結果を図 7 に示す。

100% と 50% では描線と実際に切り取られた線とのずれが大きかった。15% まで下げるとずれは小さく、3% では殆どずれなかった。しかし、3% ではメンブレンが切断されないことがあったため、確実に切断される 15% を採用した。

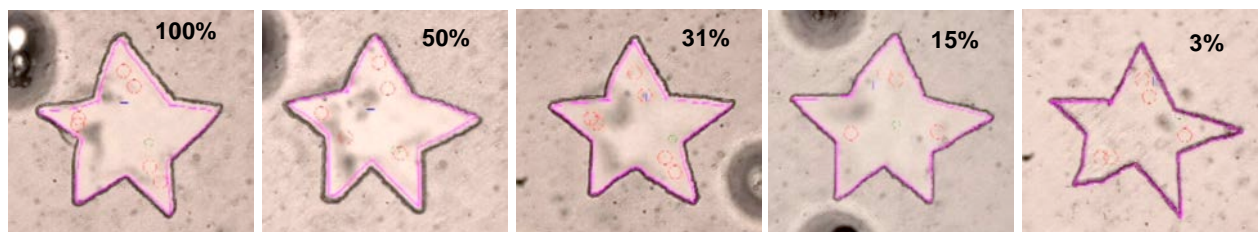


図 7. 外側の濃い星形の線は実際の切断線、内側の薄い星形の線は描線

(4) IR レーザーの出力調整

回収キャップの熱可塑性樹脂が IR レーザーにより溶けて伸張し、試料に貼付くと黒く観察される。その面積が減少するように、標準の設定値として約 90 であった出力値を段階的に小さくして検討した。何回か行ったうちの 3 回分を図 8 に示す。

照射した場所の状態などにより、吸着の面積の変化は一定ではなかった。3 回とも確実に吸着したなかで最小の出力値である 70 を採用した。

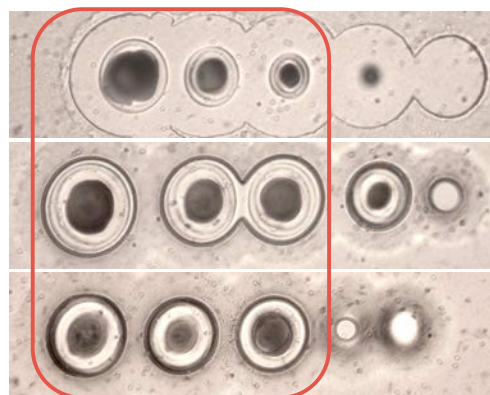


図 8. IR レーザーによる樹脂の吸着状態
左から出力値 80, 75, 70, 65, 60

7 問題点と解決策

得られたレーザー照射条件で *germarium* を回収することができた。しかし、試料やスライドなどの状態に

よっては回収できないことがあり、状況に応じて解決策を検討した。

(1) Germarium が未成熟な場合

未成熟な germarium である場合（図 9）、隣の組織と繋がっている面積が大きく切断されにくかった。

解決策としては、繋がっている部分に UV レーザーを往復させて複数回照射した。この操作により切断することができた。



図 9. 未成熟な germarium

(2) IR レーザーの照射で樹脂が吸着しない場合

IR レーザー照射による試料への熱可塑性樹脂の吸着面積が状態によって変化し、得られた出力値では吸着しない事があった。

解決策としては、初めに germarium の近傍に IR レーザーの出力を上げて照射して確実に吸着させる（図 10）。次に操作画面で germarium と吸着させた部分を含む領域を切断線として描き、後は通常通りに回収を行った。この操作により、回収する事ができた。

8 まとめ

生の germarium を回収するためのレーザー照射の最適条件が得られた。そのレーザー照射出力値は標準値より小さくなっており、組織へのダメージが抑えられると思われる。

試料によっては得られた条件で回収できなかったが、照射方法を工夫することにより回収できた。

これらにより、多くの germarium を回収できた。また、回収した germarium より高い濃度の RNA を得ることができた。



図 10. IR レーザーを強めの出力値を用いて吸着させた様子

謝辞

条件検討など多岐に渡り多大なるご協力を頂きました北海道大学の小川浩太氏と、germarium 回収のプロトコルを採用させて頂きました基礎生物学研究所の重信秀治准教授と Princeton 大学の Dayalan Srinivasan 博士、そして、組織切片に関してご協力を頂きました基礎生物学研究所の小峰由里子助教に感謝致します。

遺伝子改変マウス生殖細胞を用いた突然変異頻度定量法の紹介と実際

水口洋子

基礎生物学研究所 技術課

1 はじめに

生殖細胞は子孫に遺伝情報を伝達する唯一の細胞群である。もし生殖細胞に突然変異が生じると時には種の進化を後押しするが、変異は次世代に伝達されて多くの場合個体の生存や種の存続に重大な影響を及ぼすと考えられている。従って、生殖細胞ゲノム DNA の突然変異を定量することは極めて重要な課題である。体細胞に比べ生殖細胞の変異率は非常に低く、現存の DNA シークエンサを用いて変異を直接検出することは不可能である。しかし、近年マウスゲノムに外来遺伝子を挿入し、その機能欠損を指標に突然変異頻度を高感度かつ定量的に検出する手法が開発されてきた。本報告では、その手法の1つである Big Blue®システム¹⁾を用いた、マウス生殖細胞における突然変異頻度の検出と解析の実際について述べる。

2 機能欠損を指標にした突然変異頻度定量法

遺伝子は「4種類ある塩基が文字のように配列されて組まれた『プログラム』である」と捉えると、遺伝子の突然変異はプログラム中の文字の配列、すなわち塩基配列に間違い（エラー）が生じることである。プログラムにエラーが生じれば、多くの場合その異常プログラムが作動しないのと同じように、遺伝子に突然変異が生じると、機能不全や欠損となる場合が多い。

マウスの全ゲノム DNA は約 3×10^9 塩基対から成る。一般に、生体内での DNA 複製時のエラー率は1塩基あたり 1×10^{-10} と見積もられており、突然変異が生じたゲノム DNA を持つ細胞はごくまれに存在しているものと考えられる。しかし、現存の DNA シークエンサによる解析では、1つの細胞から調製したゲノム DNA の配列を調べ、ごく僅かに存在する変異細胞がどの程度存在するかを知ることはできない。そこで、変異 DNA を持つ細胞を、配列を確認することなく遺伝子の機能欠損を指標に同定する系が開発された。本報告で用いた Big Blue システム（アジレント社）はその系の1つである。この系を用いると、DNA に生じた突然変異を視覚的・定量的に検出することができる。

Big Blue システムは、マウスゲノム DNA に挿入された外来遺伝子である *lac I*（大腸菌ラクトースオペロンの構成因子の1つ）遺伝子産物の機能を指標にする。*Lac I* 遺伝子は全長 1,080 塩基対から成っている。この塩基配列中には、変異が生じるとその機能が欠損する箇所が 349 カ所存在する。細胞から *lac I* 遺伝子を取り出し、大腸菌に感染するλバクテリオファージとして回収した後、βガラクトシダーゼ遺伝子（*lac Z*）を発現する大腸菌に感染させ、プラークとして検出する。X-gal という試薬の存在下で培養すると、*lac I* が正常に機能するファージに由来する多数の白色プラーク中に、*lac I* 遺伝子産物（タンパク質）の機能を欠損したファージ由来の青色プラークが混在する。全プラーク数に対する青色プラーク数の割合を定量化し、突然変異頻度として評価することで、突然変異頻度を定量化することが可能となる。

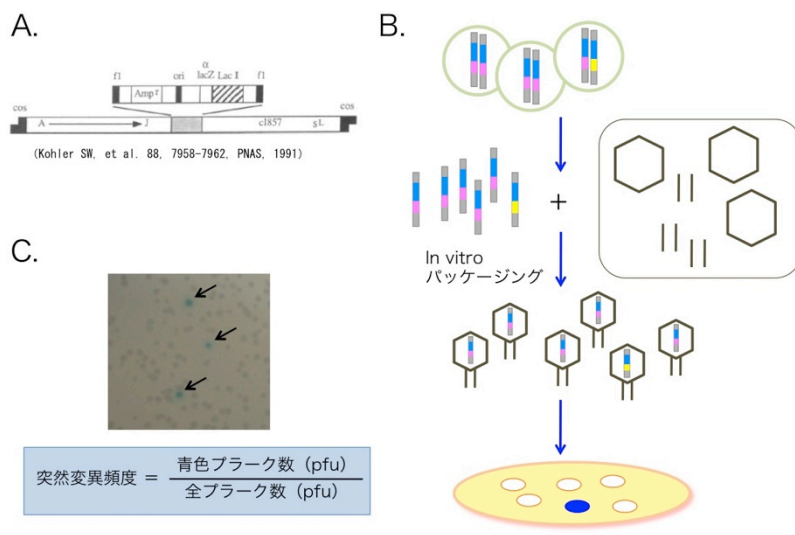


図1 Big Blue システムの概要
 A. ゲノム上に挿入されているλファージベクタ DNA。あらかじめ大腸菌 *lac I* 遺伝子が挿入されている。 B. Big Blue®システム。変異を生じた *lac I* 遺伝子をもつファージに由来するプラークのみが青色を呈する。 C. 形成されたプラーク。矢印は青色プラークを示す。

3 マウス生殖細胞の突然変異頻度の定量

(1) 突然変異の導入

Big Blue®システムを備えた遺伝子改変マウス（アジレント社）を用いた。マウスは基礎生物学研究所・モデル動物研究支援室にて飼育・繁殖を行った。

突然変異を導入する薬剤（ブスルファン（Sigma-Aldrich 社、B-3625））を、ジメチルスルフォキシド（DMSO）／リン酸緩衝液に溶解し、8週齢のマウス4～6匹に1回、腹腔内投与した。ブスルファン投与 21 日、42 日、63 日後に精巣を採取した（図2）。採取した精巣は重量を測定した後に半割し、ゲノム DNA 調製用の試料とした。



図2 実験スケジュールの概略

(2) 突然変異頻度の定量化

精巣から調製したゲノム DNA を用いて大腸菌 *lac I* 遺伝子をλバクテリオファージとして回収し、大腸菌 SCS-8 株に常法（取扱説明書）に従って感染させ、プラークを得た。大腸菌及びファージの培養は X-gal（終濃度 400μg/ml）存在下で、250 mm×250 mm 角型ディッシュを用いて行った。1 ディッシュにつき得られたプラーク数は、6,000～10,000 であった。

青色プラークを得た場合には、そのプラークからファージを回収し、再度大腸菌に感染させてプラーク色を再確認した。

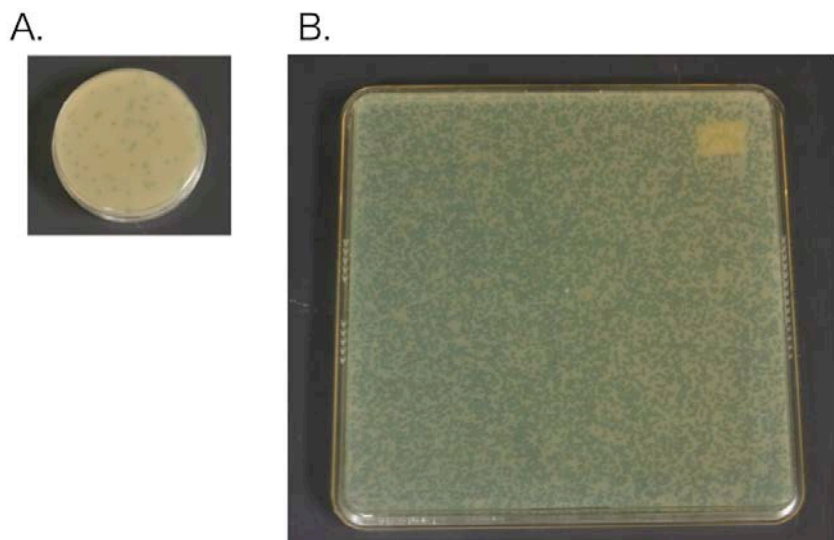


図3 突然変異頻度定量の実際
A. 生物学実験で汎用される直径 100 mm ディッシュ。 B. 本報告で用いた角型ディッシュ。一辺 250mm。ディッシュ底面の濃淡はプラーク（淡い部分、直径 1~1.5mm）と大腸菌（濃い部分）。

(3) ブスルファン投与後の突然変異頻度の推移

ブスルファン投与群及び対照群の各群で、マウスは2~3個体を使用した。全群で機能欠損した *lac I* 遺伝子を持つファージ由来の青プラークが得られた。

ブスルファン投与群の精巣ゲノム DNA における突然変異頻度は、対照群に比して高い傾向を示した。また、ブスルファン投与群の突然変異頻度は、投与後日数が経過するにつれ上昇傾向を示した。

A.

投与後日数	ブスルファン濃度 (mg/kg)	青プラーク数	全プラーク数	突然変異頻度
21	0	2	63,958	3.13×10^{-5}
21	5.0	2	39,736	5.03×10^{-5}
42	0	1	34,556	2.89×10^{-5}
42	5.0	3	46,988	6.38×10^{-5}
63	0	3	55,423	5.41×10^{-5}
63	5.0	4	51,000	7.84×10^{-5}

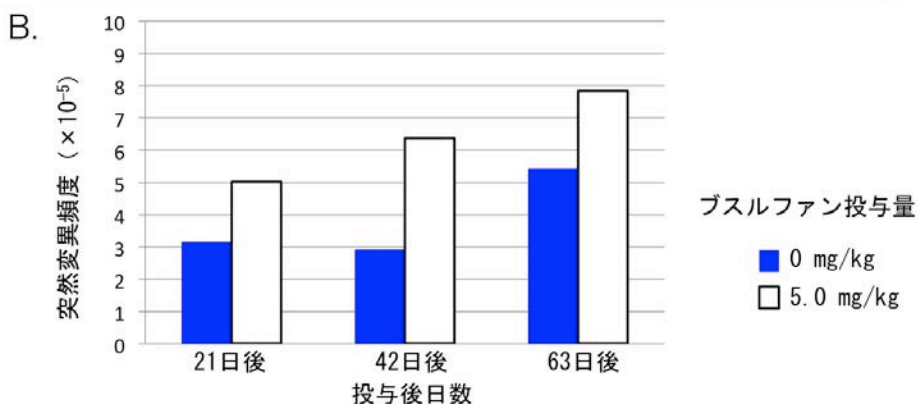


図4 突然変異頻度の推移
A. 得られたプラーク数と突然変異頻度。 B. ブスルファン投与群の突然変異頻度は対照群に比して、投与後すべての日数において高い傾向を示した。

4 考察

本実験に用いた Big Blue 法は、遺伝子の機能欠損を指標にして突然変異が生じた細胞の有無及び突然変異頻度を定量できる手法である。この方法は、生体にとって有害な化学物質や薬剤等の遺伝子の突然変異への

影響を調べることができる。また、必要な機器・器材は一般的な分子生物学実験を行う環境で通常備わっているものであるため、特殊な環境を特に必要としない。

本報告では、DNA アルキル化剤であるブスルファンの精巣に対する影響を Big Blue 法で検証することができた。ブスルファン 5.0 mg/kg 投与後 21 日、42 日、63 日で精巣を採取し、突然変異頻度の経時変化を検討したところ、ブスルファン投与群は対象群に比して突然変異頻度の上昇が認められた。このことから、5.0 mg/kg ブスルファンの投与が、ゲノム DNA に変異を導入することが示された。また、ブスルファン投与群における突然変異頻度は、ブスルファン投与から日数を経るに従って上昇することを観察できた。今後、各群のマウス個体数を増やし、突然変異頻度の経時変化の差を正確に評価したい。また、投与後半年あるいは 1 年後など、長期にわたる変異頻度の推移を追跡することも興味深いと考えられる。さらに、次世代に遺伝子を伝える主役である精子の突然変異についても同様の解析を進める予定である。

謝辞

本実験を行うにあたり、ご指導・ご助言を頂きました基礎生物学研究所・生殖細胞研究部門 吉田 松生教授並びに研究室のみなさまに感謝申し上げます。この研究は平成 24 年度文部科学省科学研究費補助金（奨励研究、課題番号 24924007）の助成を受け実施しました。

参考文献

1) Kohler. SW.. et al, (1991) Spectra of spontaneous and mutagen-induced mutations in the lac I gene in transgenic mice. Proc. Natl. Acad. Sci. USA 88: 7958-7962

jQuery プラグインを用いた Web 画像拡大/縮小/ガイド表示機能の作成

西出 浩世

基礎生物学研究所 技術課

概要

jQuery とは JavaScript と HTML の相互作用を強化する軽量な JavaScript ライブラリであり、フリーかつオープンソースである。ブラウザに依存しない DOM オブジェクトの操作・変更、CSS 操作、エフェクト・アニメーションなどの機能を簡単に実装でき、高度な Web ページを作成することができる。また機能を簡単に拡張することも可能で、多数のプラグインが公開されている。この jQuery とその公開プラグインを用いて Web 上の画像を拡大・縮小表示する機能ならびに表示場所のガイド機能を実装した。

1 方法

対象の画像はオーソログ遺伝子（異なる生物に存在する相同な機能を持った遺伝子群）のアライメント図である（図 1）。画像は png 形式で 150 枚ほどあり、1 枚あたりには大量の情報が含まれている。一般的なモニタのサイズでは全体を表示すると画像が小さすぎて詳細を見ることができない。また、画像はフォント情報を持たず、画像内のエリアを指定した大量のクリックブルマップ（それぞれの遺伝子情報 Web ページへのリンク）も含まれている。そこで、以下の機能を持つページを作成した。

- (1) 画像の拡大・縮小
- (2) 画像をドラッグで移動
- (3) クリックブルマップの拡大・縮小
- (4) 位置ガイド表示機能

Web 画像の拡大・縮小表示を可能にする jQuery プラグインは多数公開されている。いろいろなプラグインを試した結果、1 つの画像ファイルのみで拡大・縮小が可能で、クリックブルマップの自動書き換えも可能な「jQuery zoomable plugin」を採用した。

拡大および縮小機能をそれぞれボタンに割り当て、初期表示状態に戻すためのリセットボタンも設置した。実装にあたってはかなりの改造を施した。主なものは、i)スケール段階数の調整、ii)拡大・縮小起点を画像の中央から上端左端に変更、iii)画像のドラッグ範囲を限定して画像が見切れてしまうのを防止 等。

画像を拡大・縮小、ドラッグして眺めると「現在表示しているのは画像全体のどの辺りか」を知る必要ができたため、「位置ガイド表示機能」も当プラグインに追加した（図 2）。

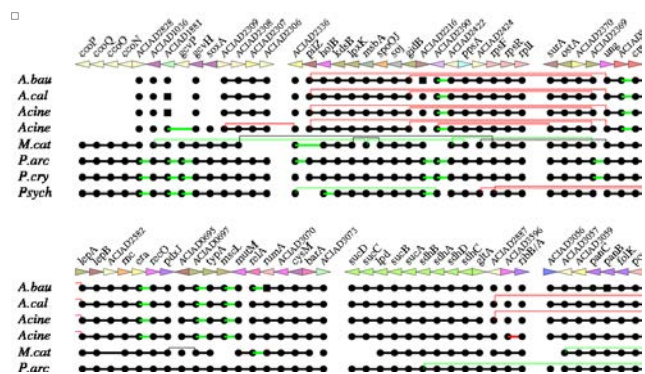


図 1. 対象画像の例

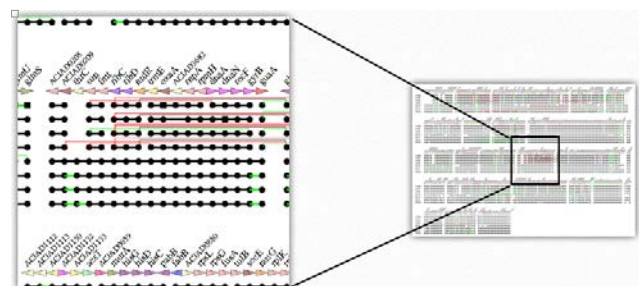


図 2. 位置ガイド表示機能

画像の右脇に全体の縮小画像を表示し、「現在表示されている部分」を四角（表示ガイド窓）で囲んで表示されるようにした。さらにこの窓と画像が連動してドラッグできるようにし、見たい部分を自由に移動することを可能にした。

実際のページの表示には「どの画像を表示するか」の情報が必要になるため、URL から引数（表示画像名とクリックブルマップファイルの選択）を受け取れるよう、全体ページの作成には PHP を用いた。

2 結果

想定していたものとほとんど同じ機能を持たせて完成させることができた。ページの様子を図 3 に示す。

画像スケール段階は 3 つに限定した。画像を拡大した場合の表示を図 4 に示す。ガイド機能では画像本体（図 3, 4 左側の画像）をドラッグしても表示ガイド窓（図 3, 4 右側の画像上にある四角表示）が移動し、表示中窓の方をドラッグしても画像全体の表示を移動させることが可能となった。プラグインに追加した位置ガイド表示機能では、表示ガイド窓のサイズ、現在表示している位置などをプラグイン内の変数から流用している。Web ソース本体は PHP ファイルとなっており、URL から引数を受け取って Web サーバ上でファイルを選択し、選択した画像からサイズを取得して JavaScript を含む HTML を生成させている。当初画像サイズ取得を JavaScript にやらせようとしたが、画像を読み込み終わる前にサイズを取得しようとする不具合に陥



図 3. 完成したページの初期状態

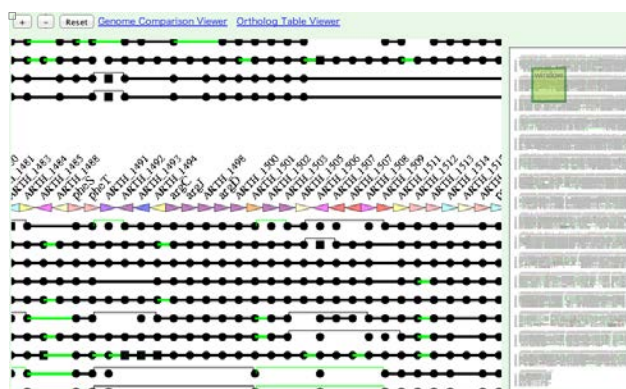


図 4. 画像を拡大した表示

ったため、サーバ側にその機能を持たせるように変更した。

3 考察

jQuery を利用した JavaScript の書き方は独特なものが多く最初は苦労したが、慣れると様々な機能が最小限の記述で実現できることがわかり、今後の Web 作成にも役立つようである。JavaScript を書いていると全てを Web ブラウザ (Web クライアント) にさせるような記述をしてしまいがちだが、Web サーバ上で動くスクリプトと併せるなどしてサーバ・クライアントに適切な仕事を割振るのが重要である

4 参考サイト

- 1) jQuery zoomable plugin :
<<http://www.doogal.co.uk/zoomable.php>>
- 2) jQuery 日本語リファレンス :
<<http://semooh.jp/jquery/>>

「プレゼンテーションにおける視覚表現に関する研修」 のアンケートについて

水谷健

基礎生物学研究所 技術課

概要

平成 23 年度末から 24 年度頭にかけて、自然科学研究機構の技術職員に対して、「プレゼンテーションの視覚表現に関する研修」を講演によって行った。その際技術職員からアンケートとった。最も参考になったと回答があったのは、色覚のバリアフリーであり、少なかったのは、文字の一般論であった。発表が苦手、発表時に緊張する者の割合はいずれも 8 割弱であった。苦手の理由は、緊張、構成がまとまらないとする回答が多かった。

1 はじめに

本研修は 2002 年に、基礎生物学研究所技術課において課内研修として実施したものがベースとなっており、プロジェクターを用いたプレゼンテーションにおける視覚表現は、どの様にあるべきか解説したものである。また受講した技術職員には、アンケートを実施した。その結果と傾向について、本研修の概略と併せて報告する。

2 研修実施までの経緯

研修実施までの経緯は、以下の通りである。第 6 回自然科学研究機構技術研究会における、三輪朋樹基生研技術班長による基生研での研修の報告がきっかけとなり、自然科学研究機構の技術職員に対して、研修を行う事となった。

- 2002 年 1, 2 月 基生研技術課 課内研修
- 2003 年 3 月 第 14 回生物学技術研究会話題提供
- 2004 年 5 月 名古屋大 農学部 特別講演
(以後毎年実施 対象：学部 1 年)
- 2011 年 5 月 第 6 回自然科学研究機構技術研究会
- 2011 年 12 月 核融合研 技術職員研修
- 2012 年 2 月 国立天文台 技術職員研修
- 2012 年 5 月 岡崎 3 機関 技術職員研修
(基生研、生理研、分子研)

3 講演内容

講演は以下の 6 つのセクションに分け、質疑を含め 90 分で行った。それぞれのセクションの最後にまとめ

と質疑の時間を設けた。

(1) 背景の一般論

視認性を良くするためには、どの様に背景を設定すると良いか。

(2) 文字の一般論

文字の視認性を向上させるには、文字をどの様に設定したら良いか。

(3) 色覚のバリアフリー

色覚の多様性について考え、色彩活用の盲点について学ぶ。

(4) 情報伝達と記憶

記憶のメカニズムを考え、効率のよい情報伝達を心がける。

(5) ビジュアル化

読ませる表現から見せる表現への変換によって、より情報の伝達効率を向上させる。

(6) アニメーション

アニメーションの具体例により、その効果的な使い方を学ぶ。

4 アンケート結果

(1) PCによるプレゼンテーション経験

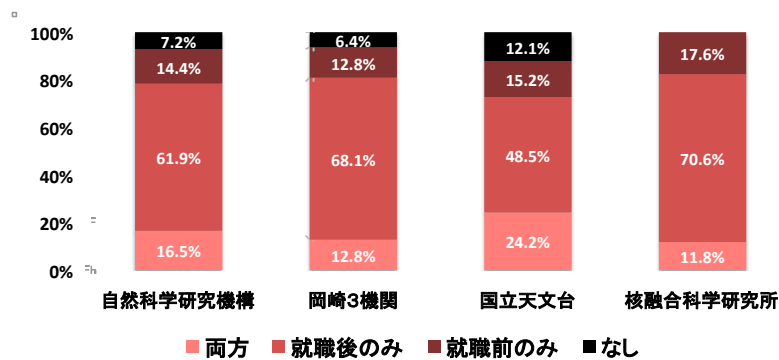


図1. PCによるプレゼンテーション経験

PCによるプレゼンは、大半の者が経験している。就職前に経験している率は、国立天文台が最も高い。この結果から国立天文台は、若年層が他の研究機関に比べ、多いものと推察される（図1）。

(2) 発表は得意か・発表時に緊張するか

全般的に苦手な者が多いが、国立天文台は得意とする者の比率が他より高く、核融合研は得意とする者が少なかった（図2）。また発表時に緊張するという回答は、どの研究機関でも8割前後であった。

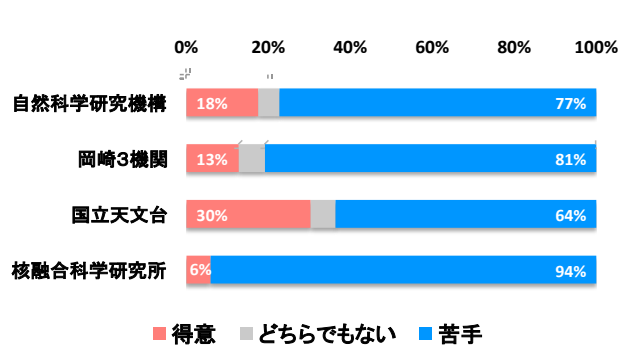


図2. 発表が得意か

(3) 経験 vs 得意 vs 緊張

就職前と就職後の両方で、PCによるプレゼンを経験している群では、発表を得意とする者の割合が高い（図3a）。しかし経験を積んでも緊張する者は減っていない（図3b）。また発表を苦手とする群では緊張する者が9割だったが、発表を得意とする群では、緊張する者としなない者がほぼ同数となった。

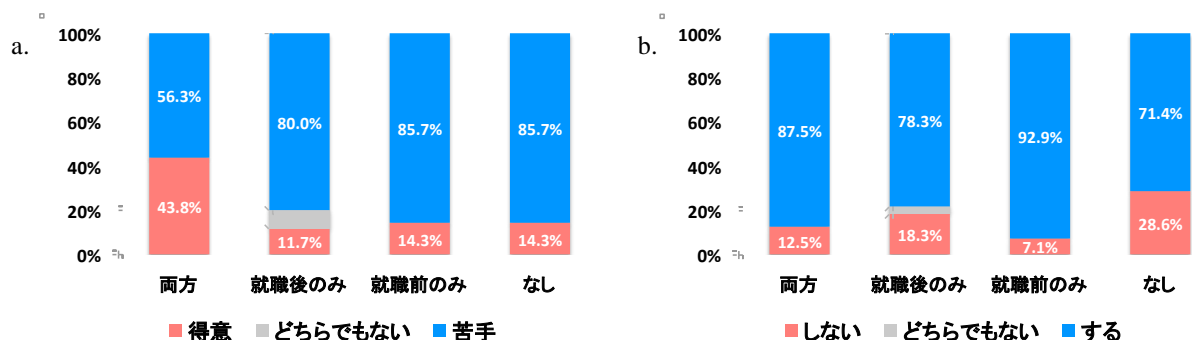


図3. PC プレゼン経験と、発表の得意さ・発表時の緊張

(4) 発表を苦手とする理由

緊張・あがる、話の構成・表現が下手、が多かった。他の回答には、自信不足・人前が苦手、準備に手間取る、発表時間に追われる、等があった。得意とする理由には、好き・楽しい、緊張しない、が多かった。

(5) 参考となったセクション

国立天文台は、全体的に参考になったとする割合が高かった。核融合研は前半3セクションが参考となったとする割合が高く、岡崎3機関は後半の3セクションで高い傾向が見られた（図4）。

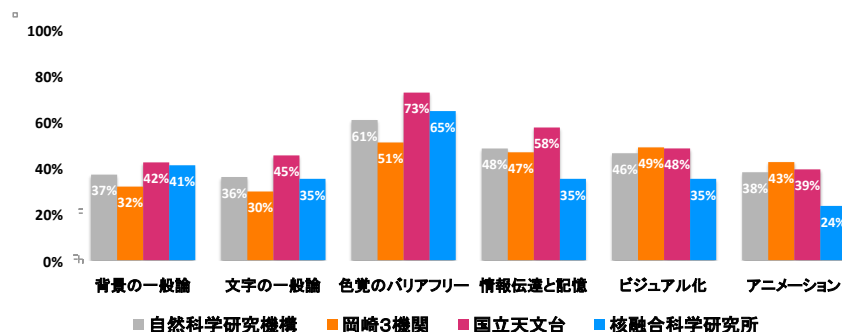


図4. 参考となったセクション（研究機関別）

就職後のPCプレゼン経験者では、ビジュアル化、アニメーションに対し参考になったとする割合が高く、非経験者では、背景の一般論、文字の一般論が参考になったとする割合が高かった（図5）。

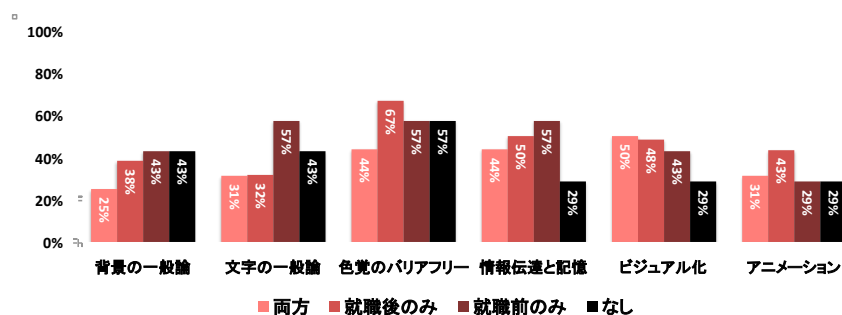


図5. PC プレゼン経験と参考となったセクション

(6) 緊張対策

多い回答は、練習・準備をする、であった。他の回答は、聴衆を意識しない、開き直る・ポジティブシンキング、聴衆とのコミュニケーション、自然体を心がける、自己暗示、場数、自己客観視等であった。

(7) 他にプレゼンで知りたいこと

圧倒的にプレゼンでの話し方が多く、次いでプレゼンの構成が知りたいという意見が多かった。

5 考察とまとめ

多くの者がプレゼンを苦手とする理由に緊張を挙げている。しかしプレゼン経験が多いとプレゼンを得意とする者は増えるが、経験を多く積んだからといって緊張から解放されている訳では無い。緊張をポジティブに捉え、集中力を高めその状況を楽しむ心構えが、大事ではないだろうか。これらの対策とともに、要望の多いプレゼンの話術や構成について、今後研修等が行えるか検討していきたい。

6 参考文献

- 1) 水谷健 (2003) プレゼンテーション技術論 生物学技術研究会報告 第14号 : 56-63
- 2) 水谷健, 大川敏生 (2013) プレゼンテーションにおける視覚表現に関する講演への取組み 平成24年度愛媛大学総合技術研究会報告集 : K10-0025

野辺山観測所の技術職員の業務

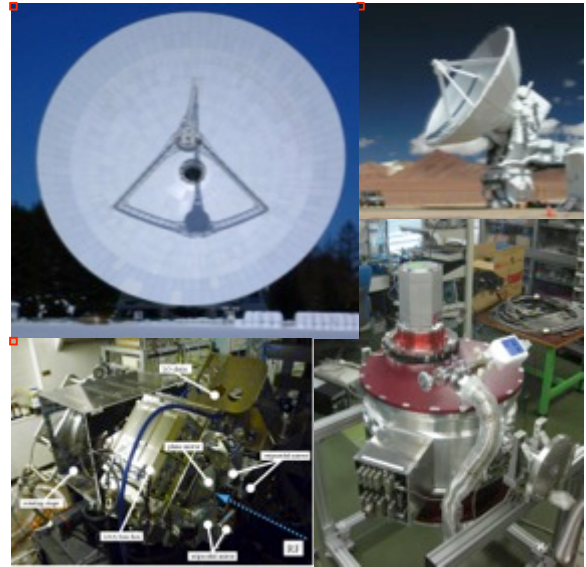
-環境モニタリングシステムの導入-

和田 拓也

国立天文台 (野辺山宇宙電波観測所)

1. はじめ

野辺山宇宙電波観測所は、昨年 30 周年という節目を迎えた今日においてもミリ波帯の電波天文学を支える最先端の観測を現在も進められている。今日においても、45m 電波望遠鏡の観測性能を更に向上させる為に新たな受信機の開発[1]や広帯域高分解分光計、それに関連したシステムの開発[2]を推進している。また、近年三鷹キャンパスでのリモート観測を実現する為の活動が活発化する中で、サイトのモニタリングの多機能化や向上が求められており、2012 夏から、電波シーイングモニタおよび雲モニタの 2 つのシステムを導入し試験運用を始めた。今回は、技術職員の業務の紹介とともに、その具体例として、これら 2 つのシステムの紹介を行なう。



(a) 野辺山宇宙電波観測所/ 45m 電波望遠鏡と ASTE 望遠鏡

2. 野辺山観測所について

2.1. 観測所について

野辺山宇宙電波観測および野辺山太陽電波観測所は、1982 年(太陽電波観測所は 1969 年)に長野県南佐久郡南牧村に設置された。

宇宙電波観測所では、主にミリ波帯の電波天文観測が国内外の研究者による共同利用観測(また一部、所内ないし天文台内部のプロジェクト観測)が行なわれている。主要観測装置は、望遠鏡は 45m 電波望遠鏡、受信機としては複数の周波数帯(約 20~115GHz)の受信機を使い分けられている。また今年度より天文台内部の組織改組前では南米チリの ASTE(Atacama Sub-millimeter Telescope Experiment)の運用も行なわれていたが、現在は搭載するサブミリ波カメラの開発のみを行なっている。

太陽電波観測所は、観測天体を太陽に限定し、解像度に特化した観測機器である電波干渉計の太陽ヘリオグラフ、強度と偏波を観測する偏波計が太陽の日の出から日の入りまでを 365 日観測している。



(b) 太陽電波観測所/ 太陽ヘリオグラフと太陽強度偏波計

Fig.1 野辺山宇宙電波/太陽電波観測所

2.2. 技術職員の構成と業務

野辺山観測所の常勤技術系職員は、宇宙電波 7 名および太陽電波 1 名で構成される。これらの技術職員は、それぞれ 45m 電波望遠鏡運用グループ、ASTE カメラグループ、太陽電波観測所の 3 つのグループに所属し、以下の様な業務を日々行なっている。

- 望遠鏡保守点検および性能向上
- 受信機保守点検および性能向上
- 計算機/ネットワーク維持
- 45m 電波望遠鏡共同利用アシスタント業務

e. ASTE 望遠鏡サイトのインフラ維持

上記の d.は、宇宙電波 45m 電波望遠鏡の共同利用観測では研究者が実際に野辺山に赴き観測する際のトラブルや観測開始時のフォローを行なう。

3. シーイングモニタ

3.1. 電波シーイングについて

地上観測においては、アンテナに電波が到達するまでに大気の中を伝搬するため様々な悪影響を受ける。この影響により、望遠鏡での集光効率が低下し、受信強度が低下する。これは様子すなわち位相面が揺らぐ事を示し、また時間的、空間的に変化する。この時間変化する位相揺らぎをモニタリングするのが、今回紹介する電波シーイングモニタである。

3.2. システム

電波シーイングモニタでは、3台の 1.5m オフセットパラボラアンテナを用い、人工衛星からの電波 ($f_{RF}=1.9GHz$)を受信し、ダウンコンバート(扱い易い周波数に落とす)を行ない、データを収録する。その概要を Fig.2 に示す。

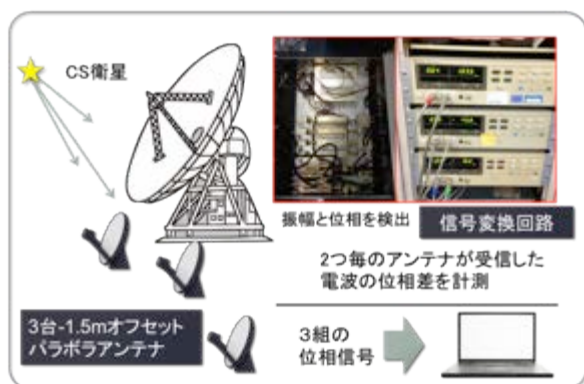


Fig.2 シーイングモニタシステムの概要

2つのアンテナで受信した電波の位相差を調べるには、ベクトルボルトメータと呼ばれる計測器を用いて、そこから出力されるシグナルを PC に取り込む。現在のシステムではアンテナが 3 台で構成されているので、ベクトルボルトメータを 3 台用いて、計 3ch 分のデータを収録している。

4. 雲モニタ

4.1. 概要

雲モニタとは、熱画像カメラを用いた気象モニタである。大気中の雲は、その他の水蒸気の希薄な部

分に比べて温度が高い。また、通常の可視光カメラとは異なり、雲を熱として捉える為、昼夜問わずモニタリングする事が出来る。



Fig.3 雲モニタの外観

4.2. システム

雲モニタシステムは、大きく分けカメラ及び撮像光学系のモジュールと、データ取り込みを行なうモジュールがある。

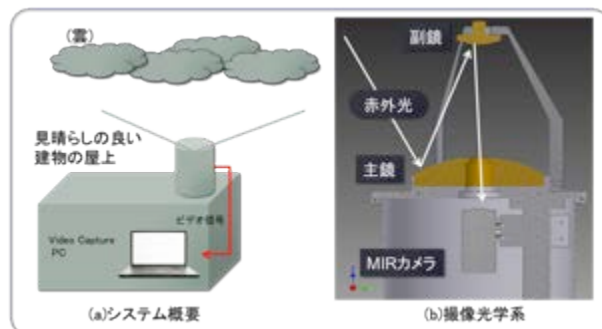


Fig.4 雲モニタシステム

撮像光学系には、非球面の金コートミラーを向かい合わせる形で配置し、カメラが収められている筐体内部へ導かれる。筐体内部へ送られた赤外光は、Ge レンズによって、カメラセンサに集光され、結像する。視界としては天側の約 10 度程度は副鏡似遮られるものの地側については概ね天頂から約 70 度程度の視界が有る。方位方向については、360 度の視野を有す。カメラは、熱画像カメラ ARTCAM-320 を用いた。検出波長などは以下の表に示す。

表.1 カメラの主な仕様

センサ	非冷却マイクロボロメータ
素子数	320x240
検出波長帯	8~14 μ m
温度測定レンジ	Lレンジ：-40~150°C Hレンジ：0~540°C

熱画像カメラは、USB とアナログビデオ信号の出力を持ち、本システムではアナログビデオ信号を汎用の USB ビデオキャプチャケーブルを用いて PC に収録している。

5. 収録(解析)および公開環境

5.1. 開発環境

a. Python[4]

Python は Windows、Linux/Unix、Mac OS X などの主要な OS で動作するスクリプト型のプログラミング言語です。データを処理するライブラリだけでなく、他の言語の DLL などを読み込む為のライブラリも多く存在し、測定器メーカーの用意する他の言語の DLL をそのまま読み込む事が出来る。

電波シーイングモニタでは、入力には外部 DLL 利用のため ctypes モジュール、解析およびグラフ表示には Numpy および Matplotlib(PyLab)を用いている。また、雲モニタシステムでは OpenCV を用いた。

b. OpenCV[5]

OpenCV は、Intel 社が公開している画像処理のライブラリである。対応しているプラットフォームは C/C++、C# や Python など多岐にわたっている。画像の処理だけでなく、画像入力に関する関数も整っており、一般的な USB カメラであれば簡単に画像の取り込みが出来る。

5.2. モニタデータの公開

現在、観測者向けの公開は所内サーバに限定している。それぞれの収録 PC からデータ処理結果のプロットおよび収録画像を定期的にアップロードしている。(電波シーイングモニタは 6 時間分のデータを 2 時間置きに更新し、生データはその日の終わりにアップロードされる。雲モニタについては、正分時点の画像を逐次アップロードし、1 日過ぎたら上書きをして、24h 分の確認は出来る様にした。)



Fig.5 観測者向け公開システム

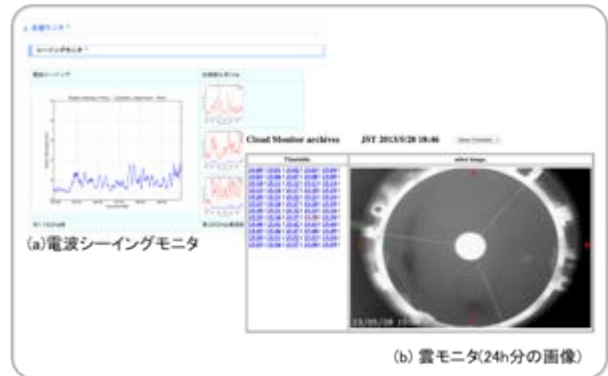


Fig.6 公開ページの一例

6. まとめ

今回の技術研究会では、野辺山観測所の紹介と技術系職員の業務の概要を述べた。業務の一例として、45m 電波望遠鏡共同利用観測向けの環境モニタリングシステムの導入について述べた。今後としては、作る事に精一杯だったので、使い易さを向上する為の UI やこれらのシステムに関するドキュメント作成を進めていきたい。

参考文献

- [1] 中島拓, 野辺山 45 m 望遠鏡搭載用超伝導受信機の開発 世界最大のミリ波望遠鏡新たな 10 年へ, 天文月報, p. 263, 2013
- [2] 半田一幸, 45m 電波望遠鏡新観測システム用高速 AD 変換装置の開発, 自然科学研究機構研究会
- [3] <http://www.python.jp>
- [4] <http://opencv.willowgarage.com/wiki/>

ALMA 受信機の開発と量産

伊藤哲也^{A)}

^{A)} 国立天文台 先端技術センター

概要

ALMA (アタカマ大型ミリ波サブミリ波干渉計) は南米チリのアタカマ高地にアンテナを 66 台並べる電波望遠鏡である。各アンテナに搭載される 10 種類の周波数帯の受信機のうち、日本では 3 種類の受信機の生産を担当している。これらはすべて、三鷹の国立天文台先端技術センターで製造・性能評価試験したのち、出荷されている。私の所属する Band 4 (150GHz 帯) チームは現在までに約半数の受信機を出荷し、今年中の全数出荷を目指している。ALMA の概要とともに、受信機の開発と量産の経緯を報告する。

1 ALMA の概要

ALMA は北米・ヨーロッパ・東アジアの国際協力で南米チリのアタカマ高地、標高 5000m に建設が進む干渉計である。干渉計は多数の望遠鏡を同じ天体に向け、それぞれで受信されたデータを相関処理することで高解像度の電波画像を得るしくみである。アンテナ群は、米欧が担当で口径 12m のアンテナ 50 台の Main Array と、日本が担当で口径 12m のアンテナ 4 台と 7m のアンテナ 12 台の計 16 台の組み合わせである



図 1. アタカマ高地に並ぶアンテナ群

Atacama Compact Array (ACA) の 2 種類に大きく分かれ、合計で 66 台のアンテナを備える。

また、すべてのアンテナに設置される受信機には、10 の周波数帯で 30GHz から 950GHz までの天体からの電波を観測する。このうち日本は Band 4 以外に 400GHz 帯 (Band 8)、900GHz 帯 (Band 10) の開発・生産を担当している。ここで受信機とは各観測周波数帯を 6GHz 帯の中間周波数 (IF) にヘテロダイン変換する部分 (フロントエンド部) をさす。

日本担当分のアンテナはすべてチリで運用を開始しているものの、受信機はまだ半数程度が出荷された状態で量産を続けている。66 台のアンテナはすべてはまだ揃ってはいないものの、5000m に設置されたアンテナに、アメリカやカナダが担当した周波数帯の受信機を用いて、科学観測が始まっている。すでに世界で最も性能の高い電波望遠鏡として成果が出始めており、今年 3 月にはチリ現地での開所式も盛大に行われた。



図 2. Band 4 受信機カートリッジ

2 ALMA 受信機の構成と開発

日本が製造を担当する 100GHz 以上の高周波帯では、天体からの信号を直接増幅するアンプがない。このため、天体からの信号は導波管回路による偏波分離の後、すぐに周波数変換を行うミキサ素子に導かれる。このミキサ素子はニオブによる超伝導を用いるもので、天文台内のクリーンルームで内製されている。超伝導を実現するため、各受信機のミキサ素子部は 4 K (-296°C) まで冷却して使用する。IF アンプも 4K に冷却して雑音を下げ、構造体だけでなく配線や導波管についても冷却効率の向上のために材料や設計の工夫をしている。機械部品はその特性などにより、先端技術センター内の ME ショップで内製しているものと、我々が設計し外部に発注している物に分かれている。

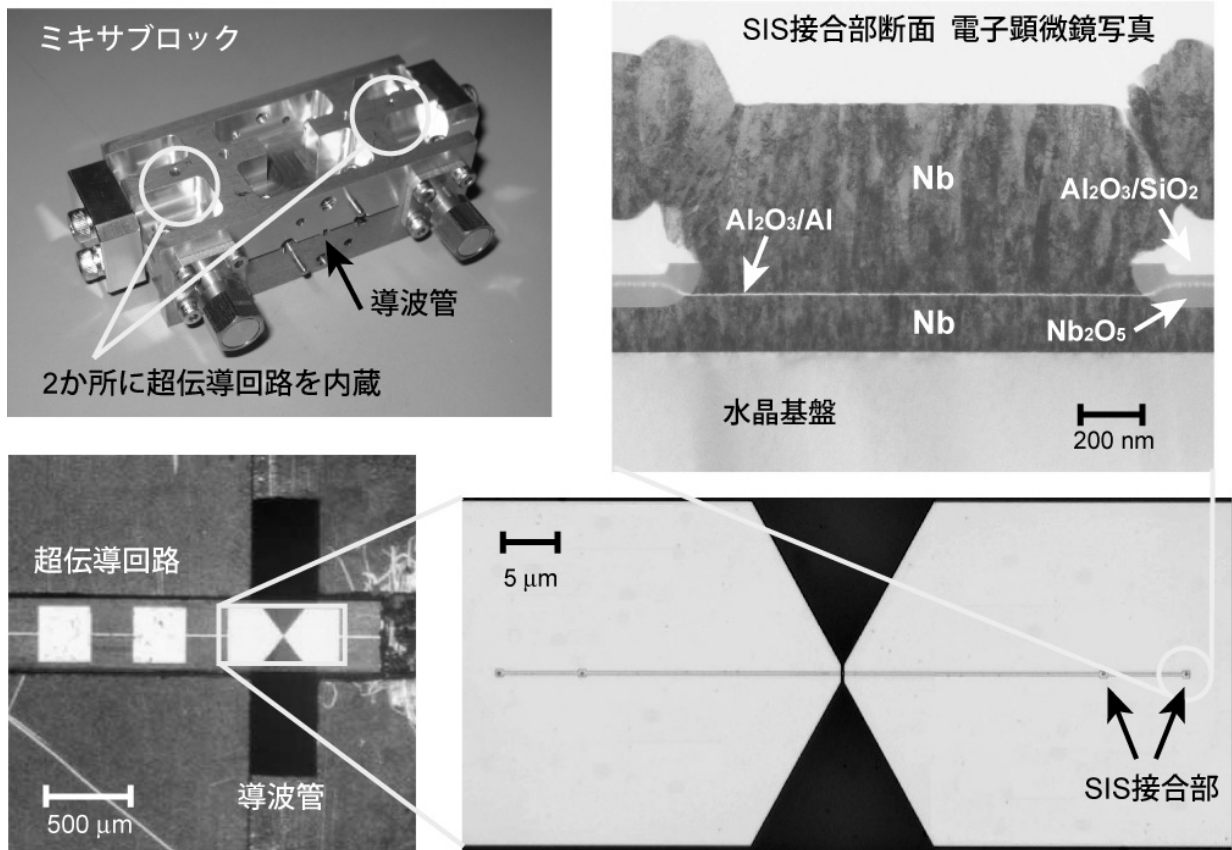


図 3. 超伝導ミキサ素子

2002 年に日本での ALMA の受信機開発が開始され、2006 年・2009 年・2012 年の国際的な設計審査会を経て量産に入った。受信機の組立は天文台内で行っており、その全数について、感度（雑音温度）や指向性（ビームパターン）など、大別して 12 項目にわたる性能評価測定を行っている。厳しいスペックへの適合を示すレポートを提出して初めて出荷が許される。この性能評価装置も受信機と同様、年月をかけて開発してきたものである。各周波数帯の受信機は予備も含め 73 台ずつ量産する。これまでに Band 4 受信機は 38 台を出荷しており、2013 年中の全数出荷を目標としている。

表 1. 性能評価測定項目の三鷹と FEIC での比較

	三鷹	FEIC
雑音温度特性	○	○
IF周波数特性	○	○
IF出力の時間安定度	○	
利得直線性(GC)	○	
サイドバンド除去比(IRR)	○	
LO定在波	○	○
ビーム特性	○	○
位相の時間安定度	○	
偏波特性	○	
IF出力のEL安定性		○
ビーム特性のEL安定性		○

受信機製造の作業手順としては組立、常温診断、冷却性能評価試験、ALMA Front End IPT(FE IPT) による性能評価試験データの出荷前審査、出荷という流れとなる。この出荷された受信機は、昨年までは世界の 3 カ所（米国、英国、台湾）にある Front End Integration Center (FEIC) のいずれかに送られ、そこで他の周波数帯の受信機とともに 10 周波数帯分のカートリッジが入る大型真空冷却デュワ (ALMA Cryostat) に組み込まれ、組み合わせた状態での性能評価試験が行われた後、チリへ送られていた。現在は建設フェーズの終了に伴い、FEIC もチリに集約され、受信機も直接チリに出荷されている。

3 海外への技術指導

2012年夏、英国のFEICでBand 4・Band 8 の性能評価試験を開始するにあたり、受信機パラメータ最適化方法・測定手法習得のため技術指導を要請された。Band 4 / Band 8 両方の経験がある筆者が7月下旬の2週間にわたって派遣された。現地のチームは英国人だけでなく、広くヨーロッパ・アフリカからも参加した国際チームとなっており、ALMA が国際プロジェクトであることを再認識するとともに、グローバル化の時代を実感した。FEIC ではこれまで、他周波数帯の受信機評価を長く行っており、経験が十分であるにもかかわらず、Band 4, Band 8 の測定では多くの問題を生じスムーズに測定は進まず、多バンドの測定の困難さを痛感した。多くの問題点は文書による情報が行き届いていなかったことにあり、現場レベルでの情報共有の重要性を再認識した。

4 まとめ

ALMA は開所式を行い、運用を開始している。日本担当分の受信機の量産は Band 4 をはじめとして各バンドとも順調に進捗しており、今後、年内の出荷完了に向け着実に生産・性能評価測定を続ける。受信機の量産においては品質管理の重要性を再認識した。さらに、今後は納入した受信機に不具合が発生した際のメンテナンス体制をどの様に確立するかが大きな課題となる。すでに交換部品の手配を始めており、さらに、メンテナンスにおいて必須のドキュメント整備に力を入れていきたい。

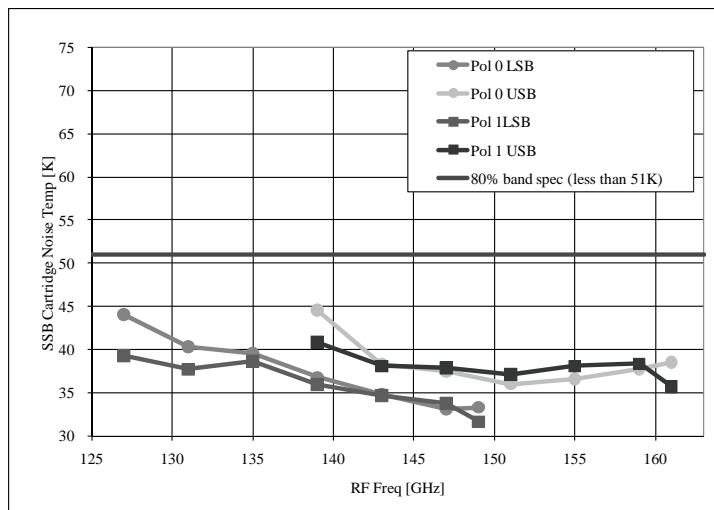


図 4. 性能評価の一例。横軸は周波数、縦軸は受信機の感度を表す雑音温度で、値が低いほど感度が良い。スペックの 51K（図中の横線）より十分よい性能を示している。



図 5. 英国 FEIC チームのメンバーと。前列左端が筆者。

社会に役立つ暦計算室

○片山真人、松田浩

国立天文台 天文情報センター 暦計算室

概要

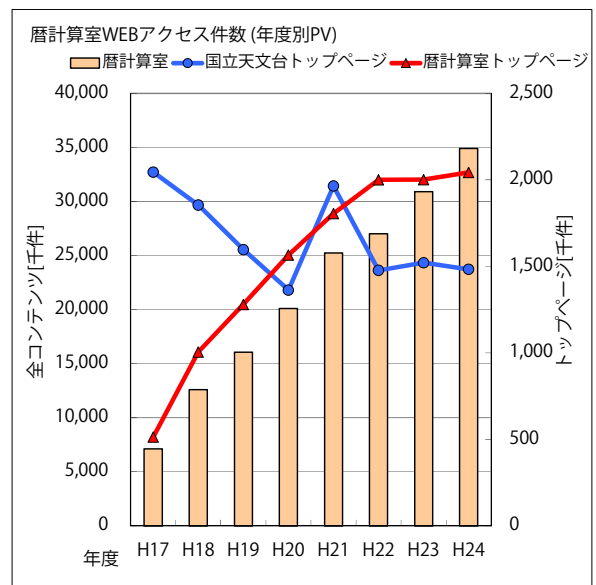
天文台でこよみを作っているという話をすると、いぶかしげに思われることが多い。世間一般はもちろん、国立天文台の中でもそうだ。それくらい暦計算室は小さく目立たない部署であるが、じつは春分・秋分の日、日の出入り、日月食の情報などを通じて、さまざまな形で社会に貢献している。ここでは、そんな「社会に役立つ暦計算室」の活動について紹介してみたい。

1 暦計算室の概要 <http://eco.mtk.nao.ac.jp/koyomi/>

我々の所属する天文情報センターには広報室、普及室、ミュージアム検討室・・・などの部署があり、常勤・非常勤あわせて約 40 名からなる。そのうち、暦計算室は平成 22 年度から加わった新天体グループをあわせて人日計算してもたかだか 2 名程度、予算も年間 100 万円程度ときわめて小さい部署となっている。一方、その任務は国立大学法人法施行規則の国立天文台の目的に書かれている「暦書編製」であり、そのルーツは東京天文台が設立した明治二十一年勅令第八十一号にまで遡ることができる。

おもなプロダクトは暦象年表、暦要項（官報に掲載）、理科年表（暦部）であり、野辺山や海上保安庁海洋情報部へのデータ提供も行なっている。また、Web においても、日の出・日の入り、今日のほしぞら、日月食などの一般向けコンテンツや暦象年表 Web 版などを公開し、たいへん好評を博している。

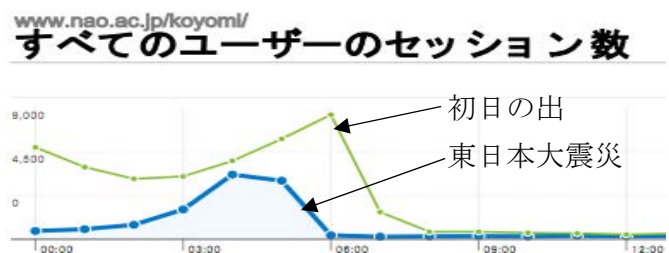
なお、国民の祝日に関する法律には春分の日は春分日、秋分の日は秋分日としか書かれていないが、これらの日付を地球の運動をもとに決定、発表するのも我々の役割となっている。



2 東日本大震災

暦 Web のアクセスが最も多くなるのは初日の出のときである。しかし、3.11 東日本大震災の夜、それに迫る勢いのアクセス増がみられた。いったい何が起きたのか？その答えは twitter にあった。

その夜、明かりもなく不安な夜をすごしている人たちを励まそうと、明けぬ夜はない、もう少しの辛抱です、がんばれ、などといった励ましのことばとともに、たくさんの日の出情報がツイートされていた。ところが、当初出回った情報が夏至の日の出時刻だったため、訂正情報 正しくはこちらという形で暦計算室が紹介され、それが爆発的なアクセス増につながったようである。我々の仕事が社会の役に立ち、活用された



ことを明確に示す出来事であった。

その後は貞観地震との類似性、明治三陸地震津波の規模、放射性元素の半減期など、理科年表が引用される機会が増加した。これを受けて理科年表を一部無償公開すると、今読みたい、知の老舗の英断など、丸善出版に対してではあるが、賞賛の嵐が巻き起こった。さらに、さまざまな分野の先生方が携わる理科年表ならではの特徴を活かして平成 24 年版では 40 ページ以上にわたる震災特集を掲載、そして被災地の全高校に 1 冊ずつ理科年表机上版を寄贈、といった事業を展開した。

3 ICT活用のグッドプラクティス

<http://www.code4lib.jp/selection/>

図書館関係のプログラマ・システム技術者を中心としたコミュニティ Code4Lib Japan では、図書館における ICT 活用の優れた実践例をグッドプラクティスとして選定する事業を行なっている。我々は図書館ではないはずであるが、なぜかこれに選出されている。

◆6. 国立天文台 – 天文情報センター暦計算室
 Google カレンダーを使用して暦情報を提供し、Google カレンダー利用者が暦を自分のカレンダーに取り込めるようにしている。それに際して、カレンダーに入力する項目の記述にも一定程度の配慮が見られる点を特に評価する。

4 一般社団法人 日本カレンダー暦文化振興協会（暦文協） <http://www.rekibunkyo.or.jp/>

暦文協は暦にまつわる文化や科学の啓蒙、暦文化の保護・継承・支援、関連情報の収集・共有などをめざし、産業界・学界が結集して平成 23 年 2 月に設立した文化交流団体である。国立天文台からも古在元台長が最高学術顧問、片山が理事として参加し、講演会、イベント、会報などを通じて協力している。



5 季節のことば 36 選 <http://24setuki.com/>

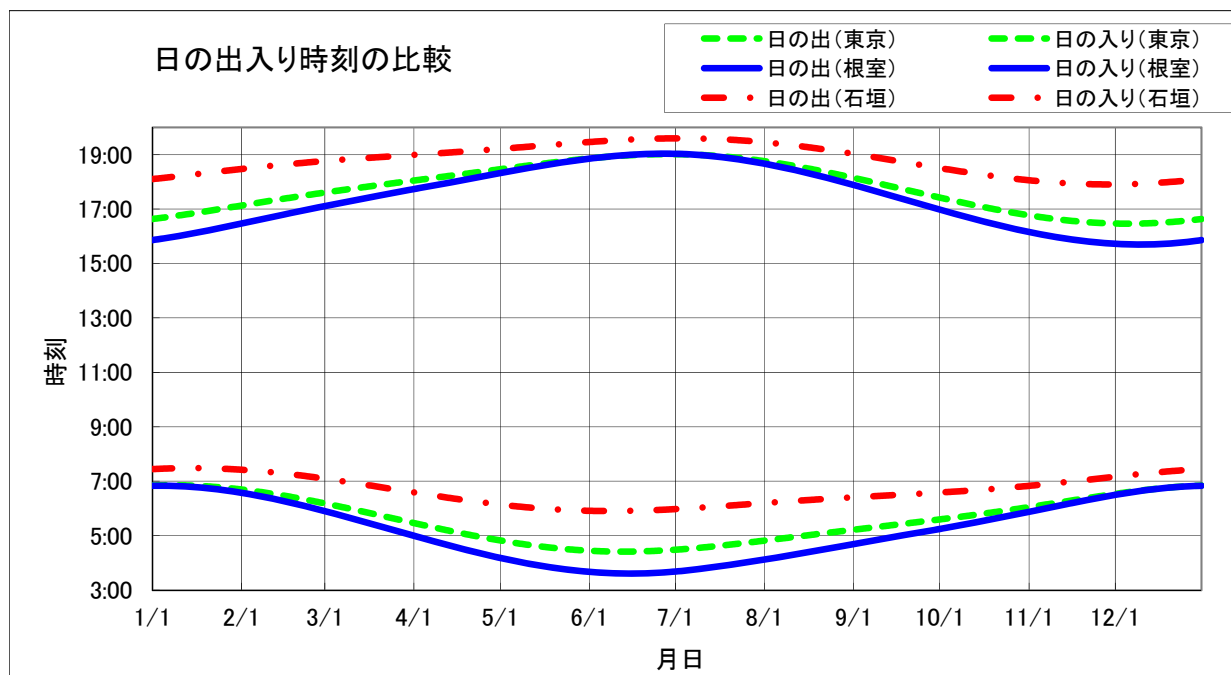
ももとは日本版二十四節気を作るといううたい文句で、日本気象協会が立ち上げた企画である。最初はどうなることかと思いつつ委員として会議に臨んだが、1 回目の会合であっさり日本版二十四節気提案は放棄、季節を感じることを募集・選定する方向に切り替わった。最終的に選定された「季節のことば 36 選」、二十四節気のひとこと解説は下記のとおりである。

冬		秋			夏			春			冬		気象学
12月	11月	10月	9月	8月	7月	6月	5月	4月	3月	2月	1月	月	
除夜の鐘	クリスマス 冬将軍 時雨 七五三 木枯らし1号	冬支度 秋祭り 紅葉(もみじ)前線	お月見 虫の声 いわし雲	朝顔 流れ星 原爆忌(広島と長崎)	夏休み 入道雲 ひまわり 蝉しぐれ 蛭舞う	梅雨 あじさい 卯の花	鯉のぼり 風薫る 春眠	花吹雪 入学式 おぼろ月	なごり雪 ひな祭り 春一番	春一番 バレンタインデー 節分	雪おろし 寒稽古	初詣	季節のことば 36 選
冬		秋			夏			春			冬		群学・文学
冬至 大雪 雪が降る 屋がいちばん短いころ	小雪 初雪(はつゆき)	立冬 冬の生まれるころ 霜降 肌寒さを覚える 早霜(はやしも)	秋分 秋のなかば 白露 露が白々と結ぶ	処暑 暑さが衰える 立秋 秋の生まれるころ	大暑 暑さ極まるころ 小暑 暑さが厳しくなる	夏至 昼がいちばん長いころ 芒種 麦の熟れるころ	小満 若葉の輝くころ 立夏 夏の生まれるころ	穀雨 穀物が芽吹くころ 清明 麗か(うららか)	春分 春のなかば 啓蟄 地中の虫が目覚める	雨水 春の雨が降り始めるころ 立春 春の生まれるころ	大寒 寒さが極まるころ 小寒 寒さが厳しくなる	二十四節気 ひとこと解説	
12月	11月	10月	9月	8月	7月	6月	5月	4月	3月	2月	1月	月	
冬	秋			夏			春			冬		気象学	

*1 *2 関東地方の統計値を参考 *3 ベルセウス流星群の極大(8月12~13日)

6 最近のニュースから) 日本の標準時「2時間早く」 都知事が提案、政府検討へ

一般に日の出入りは北へ行くほど夏と冬の差が激しくなるから、北海道で夏時間を検討することは理にかなっているといえる。また、北海道は東経 135 度線からだいぶ東に離れているので標準時を早めようという話もありだろう。各地の日の出入りを調べてみると、困ったことに、東京のカーブは根室のカーブにかなり近い。しかし、日本は狭いといえども南北・東西に長く伸びており、たとえば石垣のカーブはこれらと大きく異なっている。暦 Web のツールを活用しつつ、各地でどれだけ違いがあるか調べてみてはいかがだろうか。



7 なかにはこんな利用例も

(ア) 風俗営業等の規制及び業務の適正化等に関する法律

第十三条 風俗営業者は、午前零時から日出時までの時間においては、その営業を営んではならない。

(イ) 狩猟解禁！

狩猟による危険防止を図るため、狩猟期間内であっても日没後から日の出前までの時間帯における銃猟は禁止されております。なお、この日没・日の出の時刻とは、実際の日光の明暗ではなく、暦による日没・日の出の時刻とされております。

(ウ) 月の満ち欠け

新月の日に新しいことを始めたり、満月の夜にお財布をふりふりしたりすると、運気がよくなるのだとか。

8 Google カレンダーの設定について

グッドプラクティスとしてお褒めにあずかった Google カレンダーだが、2012 年 11 月 17 日に突如「大樹の学会」という謎の項目が現れた。まったく身に覚えのない内容だったので確認すると、Google カレンダーの招待状という機能により、デフォルトでは、第三者が送った招待状が勝手にカレンダー上に表示されるようになっていることが判明した。

これを防ぐには、「辞退した予定を表示: いいえ」、「招待状をマイ カレンダーに自動的に追加: いいえ、返信した招待状だけを表示します」のように設定する必要がある。Google カレンダーを公開している方は今すぐこの設定を確認することをお勧めする。

エジプトコッタミア天文台支援

小矢野 久, 佐々木 敏由紀, 野口 猛^{*1}, 関口 和寛

国立天文台, ^{*1}元国立天文台

I. はじめに

コッタミア天文台(写真1)はカイロ東方約60kmの砂漠帯の小山に位置し、岡山天体物理観測所の望遠鏡と姉妹機でGrubb-Parsons製の188cm望遠鏡がある。(写真2.)晴天率200夜/年の報告データがあるが、300夜という研究者もいる。1990年代中頃主鏡蒸着中に油拡散ポンプの油が逆流して主鏡に油が附着、アルミニウム蒸着後の反射率が50%以下となり、1997頃主鏡、主鏡セルをCarl-Zeiss製に一新、制御システムも更新したが、得られる星像が不安定で、欧州・米国や韓国等の支援を受けてきたが、改善されずここ10数年はほとんど使用されていない状況にあった。この間も岡山天体物理観測所とコッタミア天文台との技術・科学的協力は色々と続いていた。そして2009年エジプトより国立天文台に望遠鏡診断・修復の派遣要請があり、6月に佐々木敏由紀・野口猛両氏が派遣された。2009年10月の2回目より小矢野も参加し、計3回の光学系不具合調整支援作業を行った。1回目は主な原因である主鏡アキシャルサポートおよび同固定点の設定不具合を改善し、一夜にしてエジプトのヒーローとなった人たちと、(写真3.)私の参加した後半の2回をまとめて報告する。

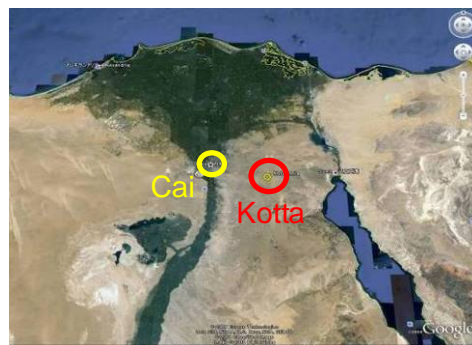
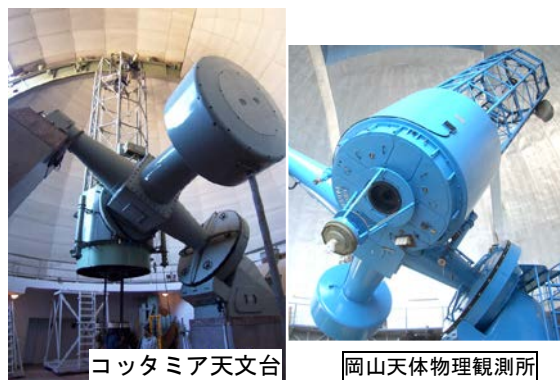


写真1. コッタミア天文台



(写真2.) 188cm 望遠鏡

II. 作業項目 (三回)

(2009年06月・11月・2010年11月)

第一回 (2009年06月)

- ① 主鏡パッド高さ調整
・ 固定点の調整



第二回 (2009年11月)

- ① 主鏡パッド高さ調整
・ シートの交換
- ②、主鏡パッド荷重測定
・ すべての荷重を測定にした。
- ③、ニュートン副鏡支持機構の調査
・ ニュートン焦点 CCD 撮像機能の調整
- ④、ハルトマン・テストの実施
- ⑤、ニュートン及びカセグレン副鏡蓋の製作
- ⑥、ドームフラットスクリーン及び同光源の設置場所の検討
- ⑦、CO2 スノー鏡面洗浄装置の設置検討
- ⑧、液体窒素、CO2 用シリンダーのコネクター調査



写真3. 表彰とメダル



写真4. 主鏡セルの取り外し

- ⑨、プリウエット法を用いたアルミ蒸着方法及び同蒸着装置の検討調査
- ⑩、カセグレン光学バツフル取り付け位置の検討・調査の作業を行った。

1. 前回より仮使用している 188cm 望遠鏡主鏡アキシヤルサポートおよび同固定点の高さ調整に用いたプラスチック板を、岡山天体物理観測所で自作した金属板に交換するため主鏡セルを取り外した。(写真 4.) しかし、主鏡を取り出したパッド上のプラスチック板は無くなっていた。(写真 5.) 乗せていただけなので隙間が出来て落ちてしまったのか、あるいは故意に取り払ったのか・・・結論は出ていない。その後金属板を取り付けようとしたが、目的としたパッドとセルを繋いでいる 3 個のボルトは、専用工具でないと緩められない事が判明、工具の所在は不明、簡易工具の製作もコッタミア天文台では不可能なので、急遽前回も使用したプラスチックシートを成形し、パッド最上部の保護シートの下に入れて固定点の高さに合わせることにした。(写真 6.) その後ダイヤルゲージ測定を行い、高さが調整範囲内で有ることを確認した。(写真 7.) 次に前回問題になっていた、カウンターウェイトの動作を制限するリミット穴を拡大した。(写真 8.) これは各パッドの高さがまちまちな事で、カウンターバランスに繋げているバーがリミット穴で止まってしまい、パッドと鏡の間に隙間(空間)が発生していた為である。これには超合金が使用されており、電動ではあるがヤスリしか使用できず重労働であった。工場があり作業機器もある程度動作するが、材料や付随する工具が無く使用できなかった。十数年来の停滞で技術者が 1 人も居なくなっていた。

2. 前回の懸案であったカウンターバランスの接地圧測定を行った。
主鏡を支えるパッドの圧力バラツキも星像不安定要因の一つと考え、今回固定点以外の内輪 6 台、外輪 9 台の合計 15 個を測定した。想定される重りを調整して、トライアンドエラーでカウンターウェイトのバランスが取れる位置を検出し重量を算出した。計算上では 90 kg 前後だが、80-100 kg (±1割強) のバラツキが有った。本意ではないが Carl-Zeiss 社、あるいは何れかの技術的指示かも知れず(確認が取れない)、仕様書も無い為今回は調査のみで次回の課題とした。(写真 9.)

3. 今回の支援前に望遠鏡の位置による星像の移動(写真 10.) が連絡された為、ニュートン及びカセグレン副鏡構造の調査、検討を行った。主鏡アスが改善され星像がシャープになり、星像の不安定要素が分離された物と思われる。望遠鏡の方向と高さにより画面上で星像位置が変化しているので、主鏡あるいは副鏡に傾きが発生していると考えられる。主鏡と副鏡の原因分離は、それぞれカセグレン及びニュートン鏡で撮像すれば一目瞭然だが、副鏡の交換は非常に長い時間を要するため目視のみの調査となった。両副鏡のセル蓋を外して調査し、ガタ・傾きや移動がないことを確認した。(写真 11.) 星像移動の原因の一つとしてニュートン副鏡支持機構のゆるみも考えられるので、調査したところ回転中心調整用のボルトの締



写真 5. 主鏡セル



写真 6. シートの挿入



写真 7. 高さ測定

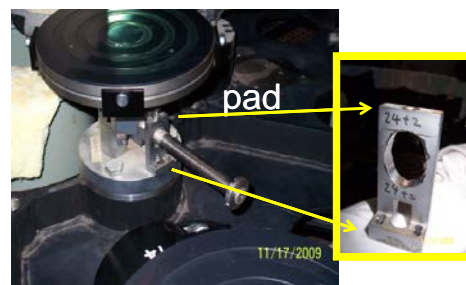


写真 8. リミット穴の拡大



写真 9. 各パッドの圧力調

め忘れを発見した。(写真 12.) このボルトはニュートン副鏡の回転軸中心を導き出すものである。傾き調整は別の機構で行うが、これで調整をした可能性が大きい。このゆるみは重力方向に作用し、星像の移動に起因したと思われる。ボルトを堅く締め直した後、星像チェックをしたところ星像移動は発生しなかった。何時誰が動かしたかも不明で、諸悪の根源はこれに起因する可能性も大きいと思われる。また鏡筒の南側(写真 13. での下側)に取り付けられていた CCD カメラを西側に移動した(写真 13. では横方向)。これまでは副鏡交換時に CCD カメラを一旦取り外す必要があった。コッタミア天文台の副鏡交換は鏡を 2 階南側の作業床に降ろし、そこから各副鏡と支持機構を手作業で出し入れを行っているので、1 日掛かりになる事が多々発生する。この移設で CCD カメラを取り外さなくて副鏡交換が出来るので、CCD カメラの安定性と作業時間が大幅に短縮された。



写真 10. 望遠鏡位置変化による星像移動

4. 以上で光学系の調整を完了しハルトマン・テストを実施し、0.32 秒角を確認した。若干大きい値ではあるが、本格的にコマフリー等の光軸調整を行えば、値はもう少し下げられると思っている。そして過去何度となく動かしている可能性が有るため、金輪際主鏡支持機構の固定点を動かさないよう注意喚起の為、今回使用出来なかった自作の金属板に、英語とアラビア語で「固定点は動かさないで」と記入し、主鏡セルに取り付けた。(写真 14.)



写真 11. ニュートン鏡とカセグレン鏡の調査

5. ニュートン及びカセグレン副鏡蓋の製作
岡山の各副鏡に使用している同様の蓋を製作し取り付けを行った。

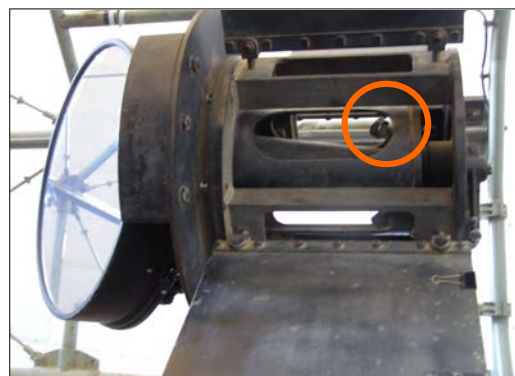


写真 12. ニュートン鏡回転軸中心調整機構

6. ドームフラットスクリーン及び同光源の設置場所
観測精度を上げるため、次回ドームフラットの設置を目標に検討し見通しをつけた。

7. CO2 スノー鏡面洗浄装置の設置検討

コッタミア天文台は砂漠の中にあり、鏡の上に砂が頻繁に積もりアルミ鏡の反射率を悪くする。そこで、CO2 スノー鏡面洗浄装置を設置し、積もった砂を吹き飛ばすことを検討した。日本と違い、非常に乾燥した場所なので有効だと判断した。

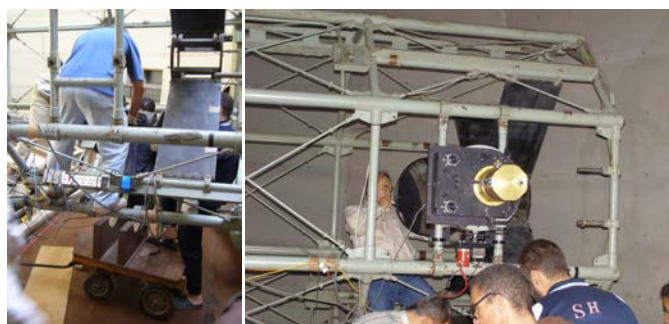


写真 13. CCDカメラの移設

8. 液体窒素、CO2 用シリンダーのコネクター調査

先の CO2 スノー鏡面洗浄装置の設置に関連して、日本の装置を参考にしているため、現地のコネクター調査を行った。

9. プリウエット法を用いたアルミ蒸着方法の検討及び同蒸着装置の調査

アルミ蒸着の現地蒸着要請があり検討中である。最近アルミ蒸着作業を現地で行ったとの説明はあったが、何時誰がと言う具体



写真 14. 注意喚起

的な説明はなく、担当した作業者も不明である。そこで、プリウエット作業をエジプトと日本のどちらで行うのかも含め検討の必要があった。

10. カセグレン光学バッフル取り付け位置の検討・調査を行った。

これも岡山観測所で自作取付けの為、設計図作りの寸法取り等を行った。

第三回 (2011年11月)

- ①、主鏡 パッドの高さ調整
- ②、主鏡 パッドの重さ調整
- ③、ニュートン鏡の調整
- ④、Hartmann Test
- ⑤、Dome Flat 光源取り付けと遠隔操作



(写真 15.)

1. 主鏡パッドの高さ調整

前回ではほぼ終了しているが、調整用のスペーサにプラスチックシートを利用していた為、今回岡山で自作し金属製(写真 15.)のシート(真鍮とアルミ合金) 0.1, 0.2, 0.3, 0.5, 1.0mm 厚の 5 種類で再測定し、高さを確認しながらスペーサを挿入して高さを揃えた。手順は昨年と同様なので、比較的スムーズに行えた。但し足場の悪い中、中腰で重いバランスウェイトを上下するのは大変な作業である。又ダイヤルゲージを使った高さ測定なので、測定点が固定でなく(写真 16.)に示すように変動する為、バランスウェイトを水平にし、平均値を取ることになる。18 個のパッドを固定点の高さに数十 μ の誤差で抑えようとするので、これもかなり足腰に負担が掛かる。



(写真 16.)

2. 主鏡パッドの重さ調整

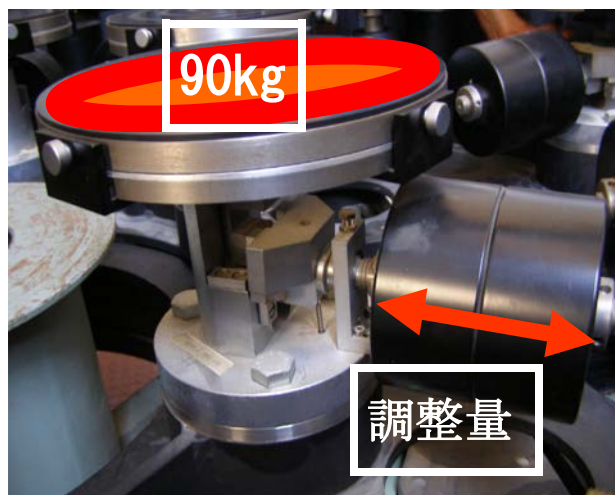
主鏡を支える軸方向主鏡サポート支持力の接地圧力がバラ付いているのも星像不安定要因の一つと考え、主鏡 1620kg を 18 点の軸方向サポートで支えている為平均 90kg と計算した(写真 17.)。軸方向主鏡サポートではテコの原理を応用して錘を錘軸で支え支持力にしている。今回固定点(3 個)以外の 15 個(内輪 6 個、外輪 9 個)、を 90kg に設定した。90kg の錘をパッドの上に載せ、カウンターバランスが水平になるよう錘を前後に移動しナットで固定した。(写真 18.)ただ錘軸の長さが足りず調整でき無い所があった。急遽あり合わせの錘を手作業で加工し何とか間に合わせたが、Carl-Zeiss 製とは思えなかった。



(写真 17.)

3. ニュートン鏡の調整

これは前回発見したニュートン鏡回転枠の軸ズレを修正し光軸中心を機械軸の中心へ戻し、(写真 19.)コマ中心を観測装置の CCD カメラの中心へ移動することになった。その為にはニュートン鏡の光軸調整及び観測装置の XY 軸移動



(写真 18.)

と傾き調整が必要である。これらの調整を完了するには2～3日を必要とするが、今回の訪問中に終了することは難しいと判断したが、軸は傾いているもののコマフリーセンター（直径2分角）を捉えておりニュートン鏡の調整は合わせることにした。



(写真 19.)

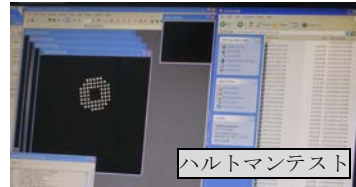


(写真 20.)

(写真 21.)

4. Hartmann Test

これで望遠鏡の改修を終了し、ハルトマンテスト（写真20-21.）による検証を行った。結果はハルトマン値最良0.168秒角（光量80%像直径で最良0.4秒角）Carl-Zeissでの研磨時の値に比べると大きいですが、望遠鏡に取り付けた状態ではなかなか良い値である。望遠鏡を振るとコマフリー星野（直径2分角）が天頂距離30-45度で約1分角動くが、望遠鏡指向解析で補正する範疇に入っている。



ハルトマンテスト

5. Dome Flat 光源取り付けと遠隔操作

今回の光学系の作業でハルトマン値最良0.168秒角を達成し完了した。本格的な観測体制に移行する為にはCCDカメラ用のドームフラット補正システムが必要になる。コントロール系は佐々木氏が製作し、光源の部分は小矢野（写真22.）が自作し望遠鏡に設置した。



(写真 22. スタッフ一同)

III. まとめ

1. 主鏡サポートは正常に動作し、光学系の不具合（アス等）は無くなり、上質な画像が取得できた。（写真23.）
2. ニュートン鏡回転軸調整機構クランプ締め上げで、星像移動が無くなった。
3. サポート重量調査でバラツキを確認し、全て90kgに設定した。
4. ハルトマンテストで0.168秒角を達成。（研磨時の値0.12秒角）
0.67（2009/06）→0.32（2009/11）→0.168秒角（2010/11）

この先、測光高精度観測のための改善は必要だが、望遠鏡光学系の基本機能修復という点では今回を含め、3回の訪問作業で完了とした。ただ自身2回の参加は、何も最先端だけが技術ではないことを実感した有意義な支援業務であった。今回の不具合は私にとってはごく当たり前のことであったが、なぜ10数年間もこの不具合が発見出来なかったのか不思議でならない。この間ヨーロッパ・米国や韓国より一級の技術者が送り込まれていた筈で・・・。

又技術職員の皆無となった職場は悲惨だと思った。工作機器は動くのに付属部品や材料が手配できない為使えない。又単純な作業でも手が出せない。「継続は力なり」とはよく言った物だと思ふ。せめて基盤技術（常駐の技術職員）が継承されていればこのような事態に至らなかったと思われる。

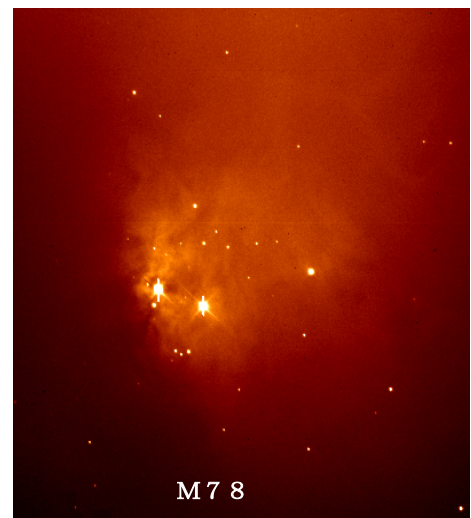


写真 23. 調整後の画像

曲面ミラーの製作

○岡田光司^{A)}、小林策治^{A)}、西村輝樹^{A)}、久保伸^{B)}

^{A)} 自然科学研究機構 核融合科学研究所 技術部

^{B)} 自然科学研究機構 核融合科学研究所 高周波プラズマ研究系 電子加熱研究部門

概要

核融合科学研究所技術部では、大型ヘリカル装置（以下 LHD）におけるプラズマ実験で使用される実験装置の製作を行っている。技術部製作技術課機械工作室には 1 年間に 200 件以上の製作依頼があり、製作部品点数は 1000 点ほどである。今回報告する曲面ミラーは我々が製作する実験装置の中でも年間 10 件以上と比較的製作依頼件数が多いものである。平成 18 年に機械工作室へ導入した CAD/CAM を使った曲面ミラーの製作について報告を行う。

1 曲面ミラー

今回報告する曲面ミラーは、LHD においてプラズマの加熱や温度計測に使用されるマイクロ波を集束・発散させるものである。ミラー曲面部分の形状は特定のビームを研究者の意図した形状で集束・発散させる特別な形状を持つものである。

2 CAD/CAM によるモデリング

ミラー曲面部の形状は、研究者が複雑な計算を行って得た座標データを点群として提供していただくこととした。

(図 1) 座標データは最大で 1 万点にも及ぶ。点群座標データを 3 次元 CAD に読み込み点群を包括する面を作成する。作成した面に対して製作するミラーの形状を与えソリッドを作成する。(図 2) NC データの作成は CAM によって行う。仕上げ加工は、X 軸方向への走査線加工とする。Y 軸方向のピッチは 0.1mm とする。

3 マシニングセンターによる曲面加工

使用する工作機械は、X 軸移動量 1600mm・Y 軸移動量 650mm・Z 軸移動量 650mm で主軸最高回転速度 6000 min^{-1} と X 軸移動量 600mm・Y 軸移動量 530mm・Z 軸移動量 510mm で主軸最高回転速度 10000 min^{-1} のマシニングセンター 2 台である。製作する曲面ミラーの大きさによって使い分ける。使用する工具と切削条件は、工具メーカーの協力によりテスト工具を使用し試作を繰り返して決定した。主軸回転速度 20000 min^{-1} (ハイスピンドル使用)、テーブル送り 1000mm/min である。切削加工終了後、磨き作業を行う。これは、曲面ミラーが実験で使用される前にレーザーによる光軸

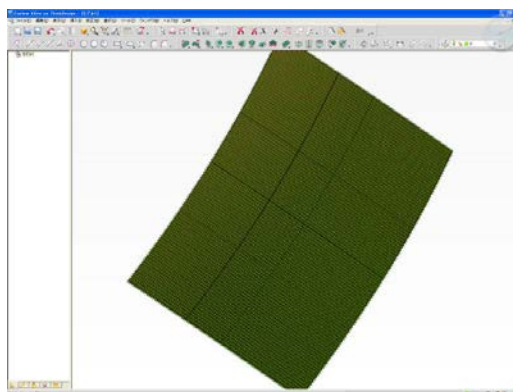


図 1 ミラー曲面部形状 (点群)

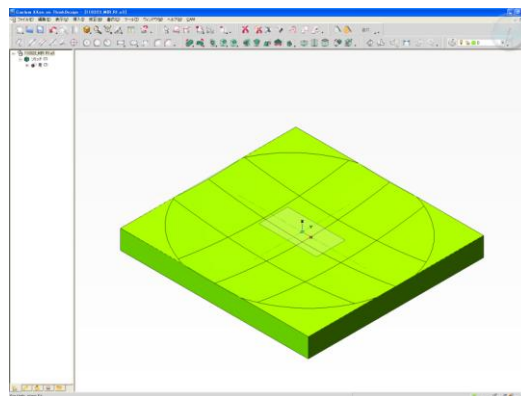


図 2 ミラーのモデリング

調整を行う必要があるためレーザーが乱反射しない程度の鏡面が要求されているためである。(図3)

製作した曲面ミラーには、切削加工時の熱の影響による歪みは見られない。(図4)

4 提出に関して

製作した曲面ミラーの中で最大のものは外形が楕円形状で大きさは 500mm×450mm である。加工時間は 26 時間であった。

過去に機械工作室において同形状の曲面ミラーを加工したデータが残っていた。加工時間は 192 時間となっていた。

我々は、曲面ミラーの形状について点群データを使用し CAD/CAM によるモデリングを行うことでデータを受け取った翌日にはマシニングセンターによる加工を行うことができる。大幅な時間短縮によりコスト削減が実現できていると言えると思う。

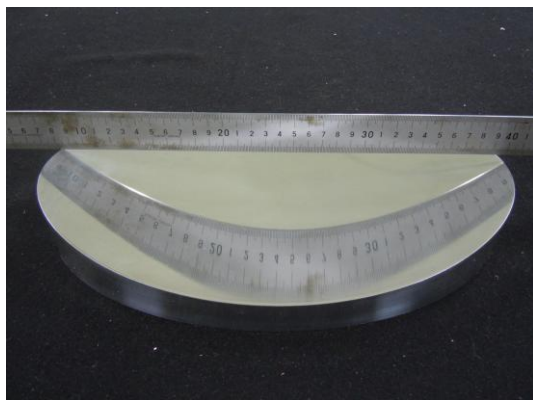


図3 曲面ミラー

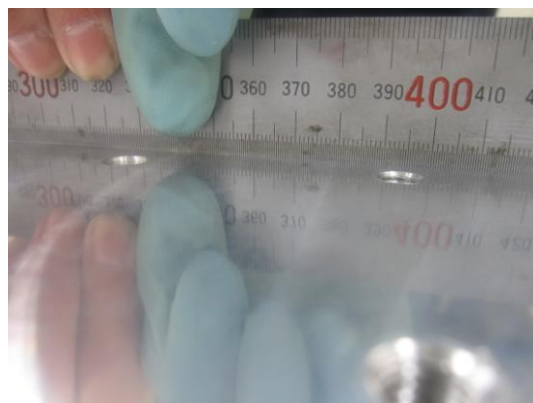


図4 歪みの確認

プラズマ電子加熱技術の紹介

○伊藤 哲、小林 策治、水野 嘉識、岡田 宏太

核融合科学研究所

概要

核融合科学研究所では、原子が高温で電離した状態であるプラズマの実験を行なっている。我々のグループではこのプラズマを生成し、その性能を上げるために重要な加熱機器を運用している。具体的には機器にて周波数 100GHz 付近のハイパワー（約 1MW）マイクロ波を生成しプラズマ実験装置へと入射を行なっている。今回はそのシステムおよび、その関連技術において各機関に関係のありそうなことをいくつか簡単に紹介する。

1 プラズマと加熱

我々の身の回りにある通常の物質には3つの状態がある。個体、液体、気体でこれらは体積、圧力を変えずに温度を上げれば個体から順に変化していく。もっと細かい見方をすると温度とは分子の運動エネルギーと同等で、運動エネルギー＝速度を上げることで温度を上げることができる。では気体状態の分子（または原子）に更に速度エネルギーを与えてあげると分子原子の状態からさらに電離し、イオンと電子の状態になる。これがプラズマである。我々は気体状態の原子に運動エネルギーを与えて更に温度を上げ、プラズマにすることで原子同士の核融合反応を起こさせる前段階の実験を行なっている。この加熱方法（運動エネルギーの授与）と必要な機器、関連技術と他の機関の方々にも応用できそうなことを順に述べていく。

2 電子共鳴加熱

プラズマを加熱する方法は多々あるが、我々のプラズマ放電装置 LHD(Large Helical Device : 大型ヘリカル実験装置)ではこれに適した3種類の加熱装置を使用している。1つは高エネルギーの粒子を直接プラズマに入射し、そのエネルギーをプラズマに与えて加熱する方法、もう1つはプラズマ中のイオンの共鳴周波数（うなりのようにある波に対して同じ周波数の波を重ね合わせて強度を上げられる周波数帯）に合わせた MHz 帯の電磁波を入射しプラズマを加熱する方法、最後にプラズマ中の電子の共鳴周波数に合わせたマイクロ波を入射しプラズマを加熱する方法である。私が携わっているのは最後の、電子を加熱するためのマイクロ波を使った電子共鳴加熱（ECRH:Electron Cyclotron Resonance Heating または単に ECH とも言う）という加熱方法である。これはよく同じマイクロ波を使った電子レンジに例えられる。一例として電子レンジに円形の蛍光灯を入れて加熱した場合を考えてみる。レンジで蛍光灯を加熱し始めるとマイクロ波が蛍光灯内の電子に作用し電子の運動エネルギーが上がり（加熱され）活発に動き出す。この時蛍光灯内に塗られた蛍光塗料に電子が勢い良く衝突し、結果として蛍光灯に電気を供給していなくても電子の衝突で光り始める。これがプラズマ（＝蛍光灯）と電子加熱（＝電子レンジ）の関係を説明するもので、次から実際のプラズマ実験装置 LHD と電子加熱装置 ECH の機器や関連技術を説明する。

3 電子加熱装置 (ECH システム)

電子加熱装置とプラズマ放電装置 LHD との関係を図 1 に示す。右側が LHD で左が加熱装置の内、マイクロ波を作り出す発振器のジャイロトロンで、その間に導波管 (図の赤、青色などの線) といわれるマイクロ波を伝送するための伝送路が敷かれている。発振器ジャイロトロンから出力された高出力のマイクロ波 (電磁波) はロスを抑えるために内面を特

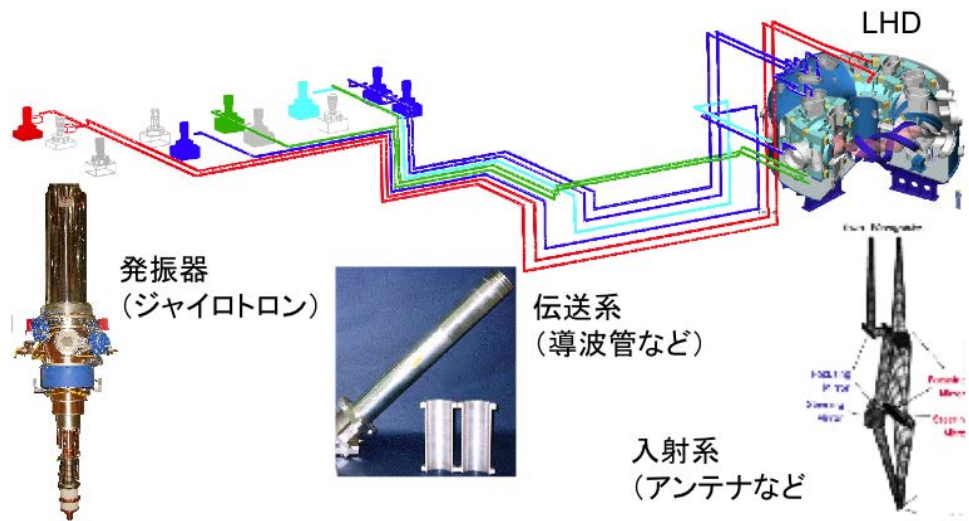


図 1 LHD と ECH 加熱システム

殊加工された円形の導波管による伝送路 (約 100m) を通って LHD に入射されプラズマを加熱する。プラズマを効率よく加熱する (温度がよく上がる点を精度良く狙う) ために LHD 内には準光学系の入射アンテナが設置されている。

我々の用いているマイクロ波はプラズマを効率よく加熱できるように周波数が決まっている。電子をプラズマ中に閉じ込めるための磁場強度が LHD の場合 $\sim 3\text{T}$ (テスラ) と決まっており、実験で最もよく使われる磁場強度とその共鳴周波数帯によりマイクロ波の発振周波数が決まる。発振器の周波数は容易に変えられないため通常はよく使われる磁場強度に合わせて発振器を製作する。我々の場合は周波数 77GHz, 154GHz, 84GHz, (168GHz) の 3 つ (168GHz は所有しているが使用していない) で出力 0.1 \sim 1.5MW の強力なマイクロ波 (その波長からミリ波とも言う) を扱っている。この高周波数高出力のマイクロ波を放電防止の為真空に引かれた伝送路を通り入射アンテナによってプラズマ中の最適の位置を狙って加熱し、実験を行なっている。次にそれぞれの関連した機器について述べる。

4 加熱関連機器

このような特殊な電磁波を扱うため一般的な機器では対応できず、我々で製作していることが多い。これらのうちの幾つかを簡単に紹介する。

まずハイパワーのマイクロ波のパワーを測定するにはどうしたらいいか。高電力のマイクロ波を直接測定するのは難しいので、マイクロ波の持っているエネルギーを吸収率の良い水に吸収させその温度上昇から熱量を測定する。このとき水の表面の温度上昇が激しいので常に水を循環させ、また 1 箇所マイクロ波を集中させてしまうとすぐに沸騰してしまうのでまずマイクロ波を散らして水に吸収させる。これらを 1 つの容器で行なってパワーを測定するためのものがダミーロード (模擬負荷または水負荷) と呼ばれ、ECH 関連ではよく用いられている。我々の所では機器の最適化を進めるためほとんどの物を自作している。

伝送路中のマイクロ波の状態 (きちんと送れているか) を見るにはどうしたらいいか。伝送路中に何箇所か前述のダミーロードを設置してパワーを順に調べればいいが、コストと手間がかかる。そのため我々は伝送路 (マイクロ波) モニターを開発した。まず伝送路は直線では設置できないので図 1 に示すようにマイタ

一ベンドと呼ばれる 90 度ベンド (45 度ミラー) を設置して向きを変えている。これをいくつか使って発振器から LHD まで伝送路を接続しており、このマイターベンドの反射板に当たるマイクロ波の一部を取り出すことでその伝送成分をモニターしている。図 2 のように反射面につけたスリットを通り抜けたマイクロ波の一部が波長の異なる行程を進むことでお互いに強めあったり (進行方向: 同じ周期のため倍の強度になる) 弱めあう (反射方向: 半周期異なるので打ち消される) ことで副導波管から伝送マイクロ波の信号を取り出すことができる。これを伝送路の何箇所にも設置することで全体のマイクロ波の伝送状態をモニターしている。

ではこの伝送されたマイクロ波をどうしたらいかに効率よくプラズマに入射させられるか。高周波数帯のマイクロ波は自由空間中では準光学的な振る舞いをするので、伝播による拡散を考慮した光学ミラー系で伝送させるのが良い。

LHD への入射系では 2-4 枚の調整 (平面) 鏡と収束 (凹

面) 鏡を組み合わせたものを使っている。200mm~300mm のアルミニウム合金またはステンレス材を用い、定常入射での温度上昇を避けるために水冷され、かつ調整鏡はプラズマ中の 3 次元位置を狙えるように 2 軸同時に駆動できる構造になっている。駆動部は真空と切り離すために伸縮ベローズを用いて外部から軸導入端子にて動作させている。これらは一部内作 (技術部製作技術課による) されており、LHD 入射口 (ポート) から干渉のない範囲でプラズマ面を上下左右 $\pm 15-30$ 度の範囲で狙えるよう遠隔操作され効率よく加熱できるように運用されている。

5 加熱からの派生技術

これらの他に派生技術として、遠隔温度監視、高熱伝導材開発、熱伝導解析などがある。遠隔温度監視とは表面が高温 (50°C 以上) になっており、直接触れず温度計をつなげられないものを測定する方法である。我々の所では一般的な赤外線カメラ (サーモグラフィ) を使って運転中の発振器ジャイロトロン各部の温度上昇を監視している。これは高電圧がかかり運転中は接近できない部分を離れて測定したいためである。高熱伝導材は、特に LHD 入射口 (ポート) に使用され LHD 真空と伝送路を切り離すための入射窓として用いられているが、なるべくこの窓で透過するマイクロ波のパワーを吸収せず (発熱しない)、また熱除去のため高熱伝導材を使用する必要がある。この材質は長年開発が進められてきたが、ある機関により最も熱伝導率の良い人工ダイヤモンド材が開発されたことにより、ハイパワーマイクロ波を使う所ではこれを用いられることが主流となった。熱伝導解析ではこのような人工ダイヤモンド材を使用しないときに熱負荷に耐えられるかどうかを計算 (シミュレート) させる方法である。我々の研究所では一般的な有限要素法を使ったソフトウェア ANSYS を所有している。これは複雑な物体をある大きさのブロック (有限の要素) に細かく分割してそれぞれの要素にかかる力や熱の相互関係を計算することで全体だけでなく個々 (ある部分) での結果を知ることができる方法である。これを用いて先の入射窓の熱解析や入射アンテナ (ミラー) の熱解析、高さ 10m 近くになる伝送路を設置するための塔 (架台) の地震 (振動) 解析などを行った。これを元に実

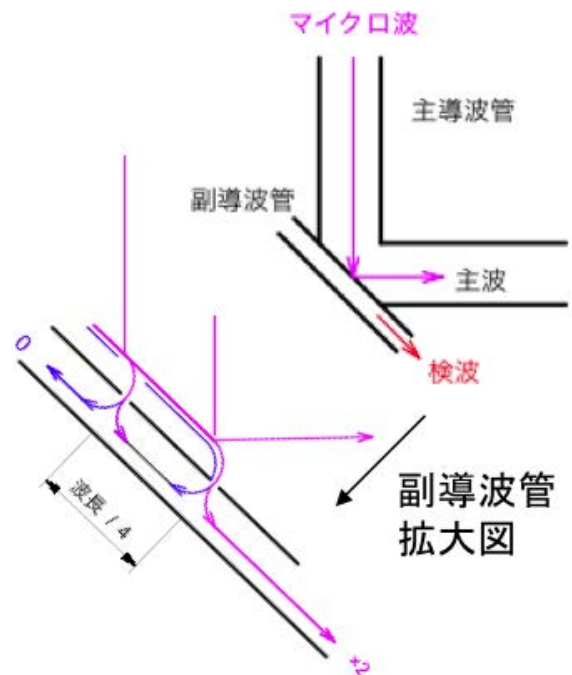


図 2 マイクロ波モニター

際に LHD に設置できるか検討したり、破損などがあった時に力のかかり具合から原因を探るような方法で使用している。

また、他の機関と同様我々の研究所でも年に2回（秋に土岐の研究所、春に東京の日本科学未来館にて）オープンキャンパス（一般公開）を行っており、その時にプラズマ電子加熱技術の応用としてセラミック折り紙というイベントを行なっている。これは地元（土岐市）との共同研究で開発したマイクロ波を用いた陶芸窯で焼き物（陶土を織り込んだ折り紙）を焼くというものである。図3が焼きあがった折り紙とマイクロ波陶芸窯である。この釜の特徴はマイクロ波を用いることで陶器を内部から加熱でき、内部と外部での温度差によるひび割れや破損をなくすることができる。さらに通常の釜より早く加熱できるため熱効率が良くなり、電気代が節約できる。また折り紙は地元の特許で、陶土を練り混んであるので少し折りにくいが小さなお子さんでも普通の鶴を折るように作ることができる。これに写真のように絵付をしてマイクロ波窯を使えば約1〜2日で焼き上がる。その後梱包などを含め一般公開当日から2〜4週間ほどで製作者へ届けるようにしている。これら一連の作業も業務の一環として行なっている。

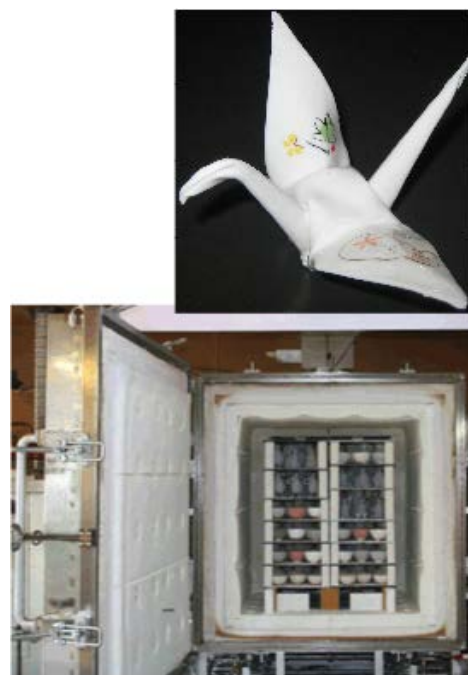


図3 セラミック折り紙（上）
とマイクロ波焼成窯（下）

6 まとめ

我々核融合科学研究所では未来のエネルギー核融合実現のため、その前段階の実験をするためのプラズマ放電実験を行なっている。核融合反応に必要な高性能プラズマを目指すためには条件の1つとして高温プラズマが必要不可欠で、またその加熱のため主要な方法の1つとして ECH を用いている。ECH では高周波数高出力マイクロ波を扱っており、それを測定したり、制御するために様々な技術が必要としている。特に我々のような分野では携わっている技術者が少ないため情報の共有や質疑に対する応答がなく自分たちで開発や解決を進めなくてはならず、苦勞することが多い。それでも特殊だが様々な用途、分野で使われている機器はある程度汎用性があり、有効な使用方法など議論できることがあるように思われる。また、それをきっかけにして異分野間での交流（機構内での交流）を深めていくことも不可能ではないと思われる。今後はそのようなことも考慮して業務を進めて行きたいと思う。

LHD 計測データストレージシステムの構築

○小嶋護^{A)}、中西秀哉^{A)}、大砂真樹^{A)}、野々村美貴^{A)}、今津節男^{B)}、長山好夫^{A)}、居田克巳^{A)}

^{A)} 核融合科学研究所

^{B)} プレテック

1 はじめに

大型ヘリカル実験装置（LHD）の計測データ処理システムでは、実験の進捗とともに高速・大容量化するデータを取り扱うため、実験サイクル毎にシステムの増強・更新を行ってきた。3分周期で繰り返される短パルス実験1回あたりの収集データ量は、実験開始時から比べると約800倍に増加した。これらの計測データを保存するストレージシステムは、大量の計測データを高速に保存し、直ちに読み出せるようにするとともに、長期に渡ってデータを消失することなく提供し続ける必要がある。ストレージシステムは、ハードウェア技術の進歩とともに様々な変遷を経て、現在では、合計400テラバイト以上のデータを管理・運用するまでに至っている。

2 計測データ処理システム概要

LHD 実験では超伝導コイルを使用するため、1年の中で3~5カ月の期間に集中して実験が行われる。短パルス実験では、3分周期で10秒程度のプラズマを生成し、1日で~180回程度の実験が行われる。計測データ処理システムは、プラズマ実験において各種計測器から生成される計測データを高速に収集し、収集したデータを永続的に保存し、研究に供するシステムである。常に最新のハードウェア技術を取り入れつつ、独自にアプリケーションソフトウェアを開発することにより、システムを構築・運用している。図1に、計測データ処理システム構成の概要を示す。

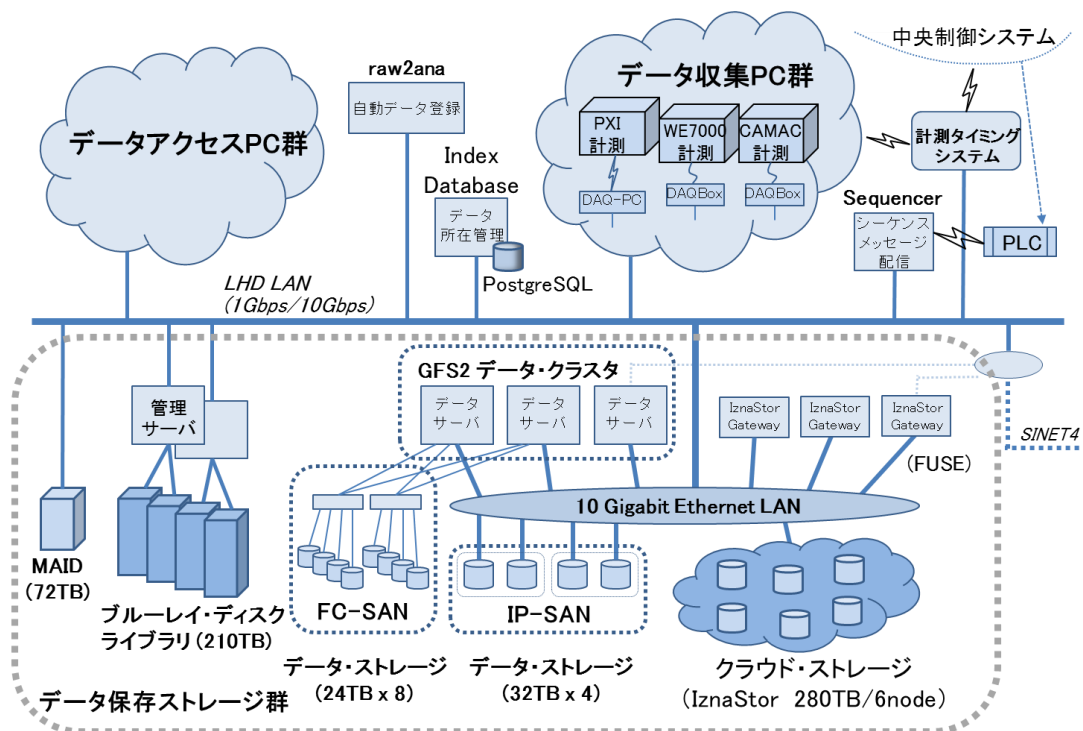


図1. 計測データ処理システム構成概要

3 データ収集システム

計測信号は、CAMAC、WE7000、PXI などのデジタイザフロントエンドと呼ばれるデータ収録装置を経由して収集コンピュータに取り込まれ、光ファイバで接続されたネットワークを介してデータサーバに転送される。平成 24 年度の第 16 サイクル実験での実稼働計測数は 105 計測、総収集チャンネル数は 5000 チャンネルを超えた。これらの物理計測とは別に、月／年単位で連続運転される制御データの収集も行っており、こちらは 10 分間隔で連続的に収集データを保存している。LHD 実験以外にも、九州大学 QUEST 実験装置、筑波大学 GAMMA10 実験装置の遠隔データ収集も行っており、収集データは学術情報ネットワーク（SINET）を利用して核融合研にリアルタイムで転送・保存される。

図 2 に 1 回の実験（1 ショット）あたりの収集データ量と総データ量の推移を示す。1998 年度の実験開始以降、収集データ量は着実に増加しており、この 15 年間で約 800 倍に増加した。1 ショットの合計データ収集量は、短パルス実験で 17GB を超え、定常長パルス実験においては、世界記録となる 1 ショットで 328GB の収集データ量を記録している。近年では多チャンネル収集計測も増加し、例えば、第 16 サイクル実験から稼働した閉ダイバータ計測では、290 チャンネルで総収集データ量が 1.45GB／ショットと非常に大きくなっている。収集データは、ネットワーク使用帯域やストレージ使用量を削減するため、収集コンピュータ上でデータ圧縮してから転送される。しかしながら、計測の高度化にともない圧縮率も徐々に悪化し、平均で 40%を超えるようになっている。

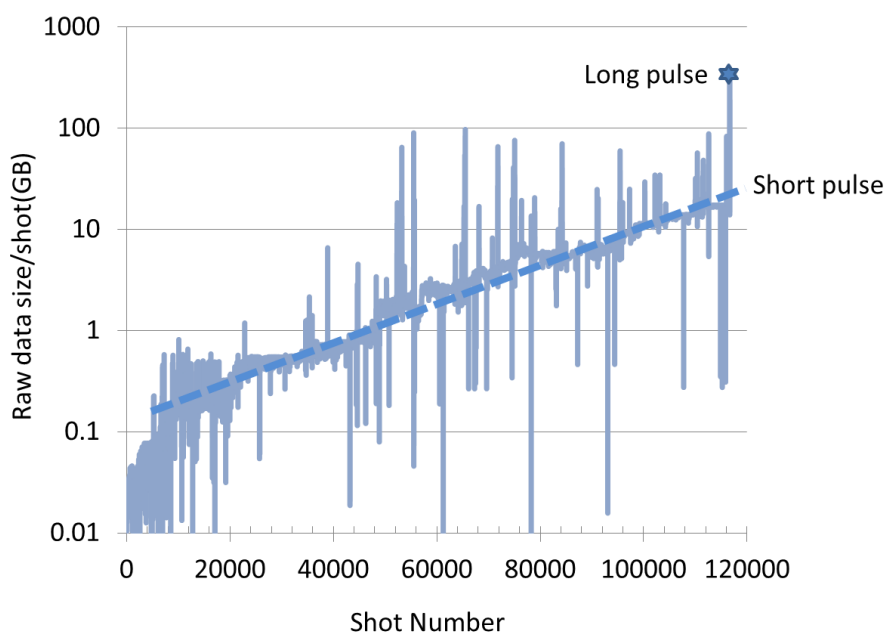


図 2. 1 ショットあたりの総収集データ量の推移

4 データ保存ストレージ

データ処理システムの中におけるデータ保存ストレージは、計測器から生成される大量の生データを遅滞なく保存し、解析処理をスムーズに行えるように保存したデータを 24 時間×365 日、継続して提供できることが求められる。ストレージシステムは、高い I/O 性能が要求されるプライマリストレージと、長期保存用のバックエンドストレージから構成され、これらが階層的に配備される。階層化されたストレージ上のデータ所在は、データベース（PostgreSQL）により一元管理される。ストレージシステムのハードウェアは、収集データ量の増加に対応するため、その時々最適なものを選定し増強してきた。

4.1 階層ストレージ構成

ハードディスクドライブ (HDD) を使用したプライマリストレージは、初期の SCSI インターフェースによる直接接続型の RAID から、FibreChannel によるストレージエリアネットワーク (SAN)、Ethernet を使用した IP-SAN、10GbE スイッチで相互接続されたクラウド型ストレージ (IznaStore) に至るまで、運用を継続しながら部分的に統廃合を進めつつ拡張されてきた。これらストレージ上のデータ管理も、初期のオブジェクトデータベース (O2, ObjectStore) に始まり、OS のファイルシステム+RAID コントローラのハードウェアミラー、障害時に自動切替可能なアクティブスタンバイ方式の Windows サーバクラスタ (MSCS)、共有ストレージ方式の Linux クラスタ (GFS/GFS2) などを経て、クラウドストレージの 1 つである IznaStor へと変遷してきた。

一方のバックエンドストレージは、光磁気ディスク (MO) を使用したジュークボックスに始まり、DVD+R ドライブ+DVD-ROM チェンジャ、両面 DVD-R チェンジャ、両面 30GB UDO (Ultra Density Optical) メディアを使用した UDO ライブラリ、片面 2 層 50GB の BD-R メディアを使用した BD ライブラリへと移り変わってきた。しかし、データ量の増加ペースに対して、BD メディアの記録容量や書込速度の向上ペースが追いついて来ないため、現状スペックのままでは増設することが難しかったので、2012 年度は、代替候補として電源管理型ディスクシステム (MAID ストレージ) を試験的に導入した。MAID ストレージは、記録メディアに HDD を使用するため、長期保存性と省電力性は劣るが、書込み/読出し速度は BD と比べて高速で、1 ボリュームあたりの容量もより大きな単位で構成できるため、使い勝手やデータ管理の面ではアドバンテージがある。ただし、一般的な RAID 装置と比べると、テラバイト当たりの単価はかなり高いものとなる。バックエンドストレージとしての MAID ストレージの評価は難しく、もう少し長期的・総合的な視点から判断する必要があるであろう。なお、2012 年度に限っては、BD ライブラリでオフライン保管用バックアップメディア作成のみを行ったが、1 日分のバックアップに必要な BD メディアは、最終的に約 30 枚であった。図 3 にプライマリストレージ (IznaStor ストレージノード群) とバックエンドストレージ (ブルーレイライブラリ装置) の写真を示す。



図 3. プライマリストレージ (左) とバックエンドストレージ (右)

4.2 クラウドストレージ

クラウドストレージは、ストレージノードの追加により、容量と性能のスケールアウトが容易にできるため、計測データ処理システムのプライマリストレージとして適している。2011年度より、キーバリューストア (KVS) 技術を使用したクラウドストレージである IznaStor の実運用を開始した。IznaStor を採用した大きな理由は、REST API 以外に FUSE (Filesystem in Userspace) 経由で一般的なファイルシステムとしてもマウントできたため、既存のアプリケーションを改造する必要がなかったことである。

図 4 に、短パルス実験時の IznaStor ストレージ負荷の例を示す。10 秒間のプラズマ放電終了後に、収集処理を完了した収集 PC から一斉にデータが転送されてストレージに書き込まれ、ただちに内部的に複製 (レプリカ) が作成される。書き込まれるタイミングは、計測ごとにデジタイザフロントエンドの種類やチャンネル数、収集 PC の処理能力、圧縮処理にかかる時間などが異なるため厳密にはランダムとなる。データ書き込みが完了すると同時に、データの所在情報 (インデックス) に IznaStor 保存データへのエントリが登録されるので、この時点でデータ解析クライアントからの読み出しが可能となる。図 4 では負荷のピークが繰り返されているが、これは短パルス実験の 3 分周期に同期している。この負荷の中には表れていないが、解析データの書き込みや過去データの読み出しなど、実験とは非同期に入出力が行われるため、負荷変動はこのようにほぼ一定ではなく動的に変化する。

その後、IznaStor は多重ノード障害に対する復旧処理に問題があることが判明し、さらにメーカでの開発もストップして十分なサポートが受けられなくなった。そのため、次期プライマリストレージとして、オープンソースの分散ファイルシステムを検討・評価し、最終的に GlusterFS を採用することに決定した。現在、IznaStor に保存されているデータの GlusterFS ボリュームへの移送が完了したので、IznaStor から GlusterFS へボリュームを組み替えて、次の実験に向けて準備を進めている。

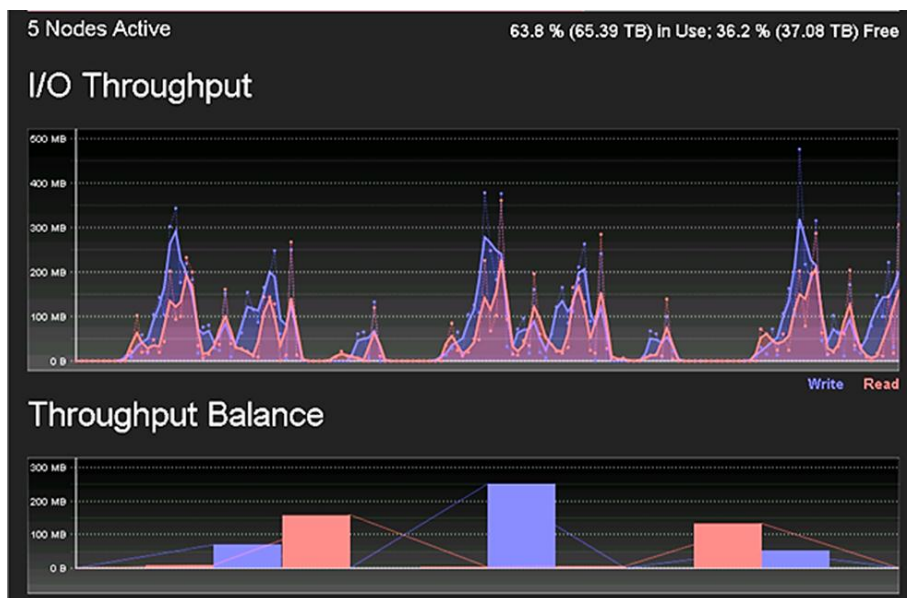


図 4. 短パルス実験時の IznaStor ストレージ負荷例 (青色 : 書き込み / 赤色 : 読出し)

5 今後の課題

核融合実験のデータ保存ストレージシステムに求められる要件は、実験時には大容量データを並列・高速に書き込みができると同時に、遅滞なく読み出し要求に対応できることと、かつ、長期間に渡って安定的にデータを消失することなく、継続的に提供できることである。これまで、一元的なデータ管理手法とストレージ階層化を組み合わせるとともに、最新技術も取り入れつつ、バランスとコスト面に考慮しながらシステム

を拡張してきた。このため、現状のストレージシステムは、新旧の技術（例えばプライマリストレージでは、FC-SAN, IP-SAN, 分散 KVS など）に依るところの複合的なシステムとなり、保守・管理が複雑になってきた。また、光メディアストレージについては、2008 年度末までに Blu-ray に一本化したのが、導入から 5 年を経過し、収集データ量の増加に BD メディアの容量と書き込み速度が追従できず、限られた時間内にデータを保存することが難しくなった。これらの問題を解消するため、ストレージシステム全体を見直す時期にきており、将来的に増加するデータ量にも対応可能な高い拡張性を持ち、かつ、信頼性を確保した上で TCO（Total Cost of Ownership）を削減できるシステムを新たに構築しなければならない。

6 おわりに

これまでに、400 テラバイト以上のデータを扱う大規模なストレージシステムを構築・運用してきた。さらに大容量化するデータを継続して扱うためのシステムを構築するには、新しいアイデアや技術的なブレークスルーが必要となるであろう。将来性や経済性に加え、災害対策も含めて、持続可能なストレージシステムを構築するための検討を更に進めたい。

冷却水棟改修工事と運転監視モニターツール作成

○土伏悌之, 横田光弘, 小川英樹, 林 浩己

自然科学研究機構 核融合科学研究所 技術部

概要

核融合科学研究所の大型ヘリカル装置における基幹装置の一つに本体冷却水装置がある。この装置は設置・運用開始から18年が経過しており、各箇所では経年劣化が生じ、さらに部品調達が困難になるという状況が発生している。そこで、今後の冷却水装置の運用を検討しながら装置を段階的に改修し、さらに装置の運転を監視するツールを作成した。

1 冷却水の使用状況

本研究所における大型ヘリカル装置（Large Helical Device 以下、LHD）関連で使用される冷却水には主に以下の3系統で使用されている。

- 1) LHD 本体廻りの装置（本体真空容器冷却系、排気ポンプモータ冷却、計測機器の冷却など）：1-a系
- 2) LHD 関連設備（He 液化冷凍設備の He 圧縮機冷却、超伝導コイル電源装置の冷却など）：4系
- 3) プラズマ加熱用設備（排気ポンプ・伝送管の冷却など）

今回、本報告で該当するのは1)の1-a系および2)の4系で使用されている冷却水である。

2 冷却水循環の構成機器

1-a系および4系とも冷却水循環の構成機器としてはロードポンプ、密閉式冷却塔そして水処理装置から成る（図2参照）。ロードポンプは小ロードポンプ（保守用）1台と大ロードポンプ3台から構成されている。運用時は小ロードポンプ1台と大ロードポンプ1台の並列運転を行い、各ロードポンプから吐出された冷却水は、LHD 関連の各装置において熱を吸収し、屋外に設置されている密閉式冷却塔に戻ってきて冷却される。この循環水の一部は水処理装置へ廻り、イオン交換樹脂と脱気膜を経由して元の冷却水に合流する。各系における構成機器の性能を表1に示す。



図1. 本体冷却装置冷却塔の外観

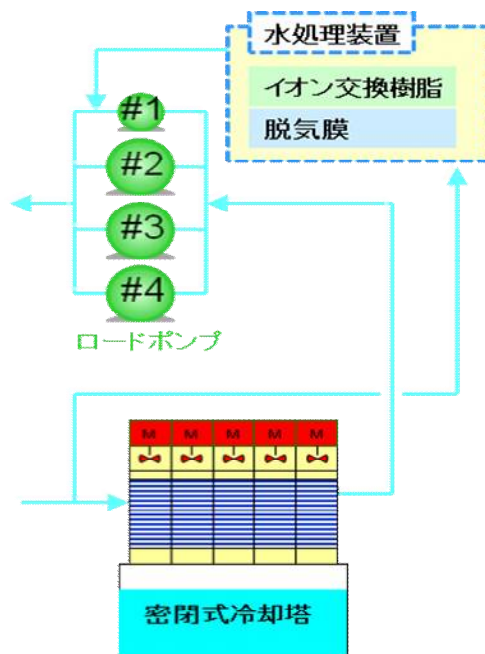


図2. 冷却水循環の構成機器

表 1. 構成機器の性能

系統	吐出量 定格出力		冷却塔の冷却能力	水処理装置 の処理能力	送水圧力
	小ロードポンプ	大ロードポンプ			
1-a系	6.0 m ³ /h 1.5 kW	27.0 m ³ /h 5.5 kW	400 RT (1560 Mcal/h) × 2基	2 m ³ /h	0.5 MPa
4系	29.3 m ³ /h 5.5 kW	87.7 m ³ /h 16.0 kW	600 RT (2340 Mcal/h) × 4基	6 m ³ /h	0.5 MPa

3 冷却水棟における本体冷却装置の改修工事概要

本体冷却装置の改修工事は、複数年で消耗が激しい箇所では通常点検整備ができないもしくは点検整備の実施が困難な箇所を重点的に更新するものである。工事期間は平成23年度から3年間かけて計画的に行う予定である。ただし、各年度ともプラズマ実験期間は工事を行わず、実験休止期間中のみに工事を行う。各年度の改修工事概要としては表2のとおりである。

表 2. 改修工事概要

年度	工事対象	
	屋内	屋外
1年目(H23年度)	無し	冷却塔1/2更新
2年目(H24年度)	運転監視装置更新	冷却塔1/4更新
3年目(H25年度) 予定	計測器更新	冷却塔1/4更新

冷却塔については、散布水によるスケールの付着やバルブの腐食などの経年劣化が激しく生じており、冷却塔全体を改修工事対象とした。また、ロードポンプ等の主装置は年次点検を行っているため今回の改修工事からは除外したが、冷却水棟内に設置されている全ての装置を監視および制御する運転監視装置のメインフレームについては年次点検を行っているものの使用から18年経過しており、内部電子部品が故障しても代替え品が無い状態である。このメインフレーム停止はすなわち本体冷却装置停止であり、その影響はLHDにとって被害が甚大である。したがって、故障が発生する前にメインフレームを更新することにした。さらに、電装計測器に関しても電源部分などの電子部品において経年劣化による故障が生じたため、圧力計および流量計を中心としたメイン計測器を更新する予定である。

4 冷却塔改修工事

冷却塔は主にファン・熱交換器（銅配管）・充填材・バルブ・配管・散布水ポンプから構成される。これら機器では散布水によるスケールの付着と錆による腐食が著しく進行しており、ファン以外の交換ができる部材



図 3. 冷却塔スケール付着状況

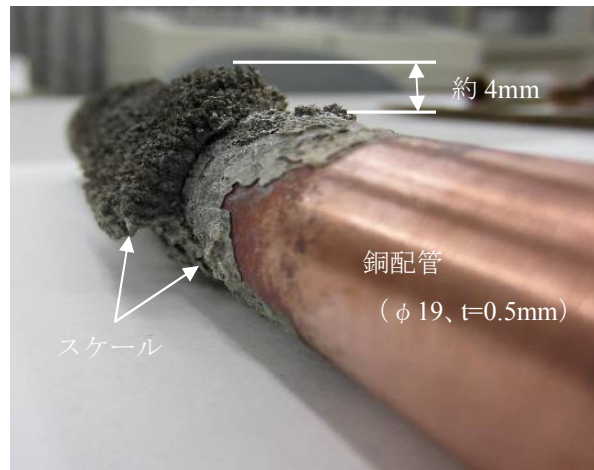


図 4. 銅配管におけるスケール付着状況

は全て新品に交換した。また、交換できない部分についてもケレン等の清掃および塗装作業を実施し、今後10年間以上の連続運転に支障が無いように保守整備を行う。昨年度（H23年度）の冷却塔改修工事は600RTの冷却塔3基分（冷却塔全体の1/2）であった。

スケールの付着は充填材と熱交換器の銅配管で特に顕著であった（図3参照）。特に熱交換器へスケールが付着した場合、スケールの熱伝導率は銅配管に比べて1/100~1/1000しか無いため、熱交換効率に大きな影響を及ぼす。平成23年度行った改修工事で交換した銅配管におけるスケール厚さは最大4mm以上になるものもあった（図4参照）。

冷却塔改修工事終了後、平成23年度と平成24年度で同等の外気温・湿度における同程度の負荷熱量を加えた循環水の送水温度を測定した。その結果、全体的に循環水温度が下がり、冷却塔改修工事による冷却能力の改善が認められた。

5 運転監視モニターツールの作成

運転監視装置は本体冷却装置の全ての機器を監視および制御するものであり、その構成としては運転操作PCと運転操作盤および警報・計器監視盤から成る。そのうち、今回の改修工事で更新対象となったのは運転操作PCと警報・計器監視盤の一部である（図5参照）。

基幹設備である本体冷却水装置の運用はプラズマ実験そのものに直結しており、その運転に関しては本体冷却水装置の独立性を確保するために冷却水棟内で閉じた制御を行っている。そのため、運転監視装置のみでは冷却水棟内に設置された運転操作PCの前でしか運転監視を行うことができない。これでは実用的ではないので、場所に限定されずに遠隔でも監視出来るように特別な運転監視モニターツールを導入している（図5参照）。このツールと運転監視装置の接続に際しては、本体冷却水装置の独立性を保持するためにRS-232C

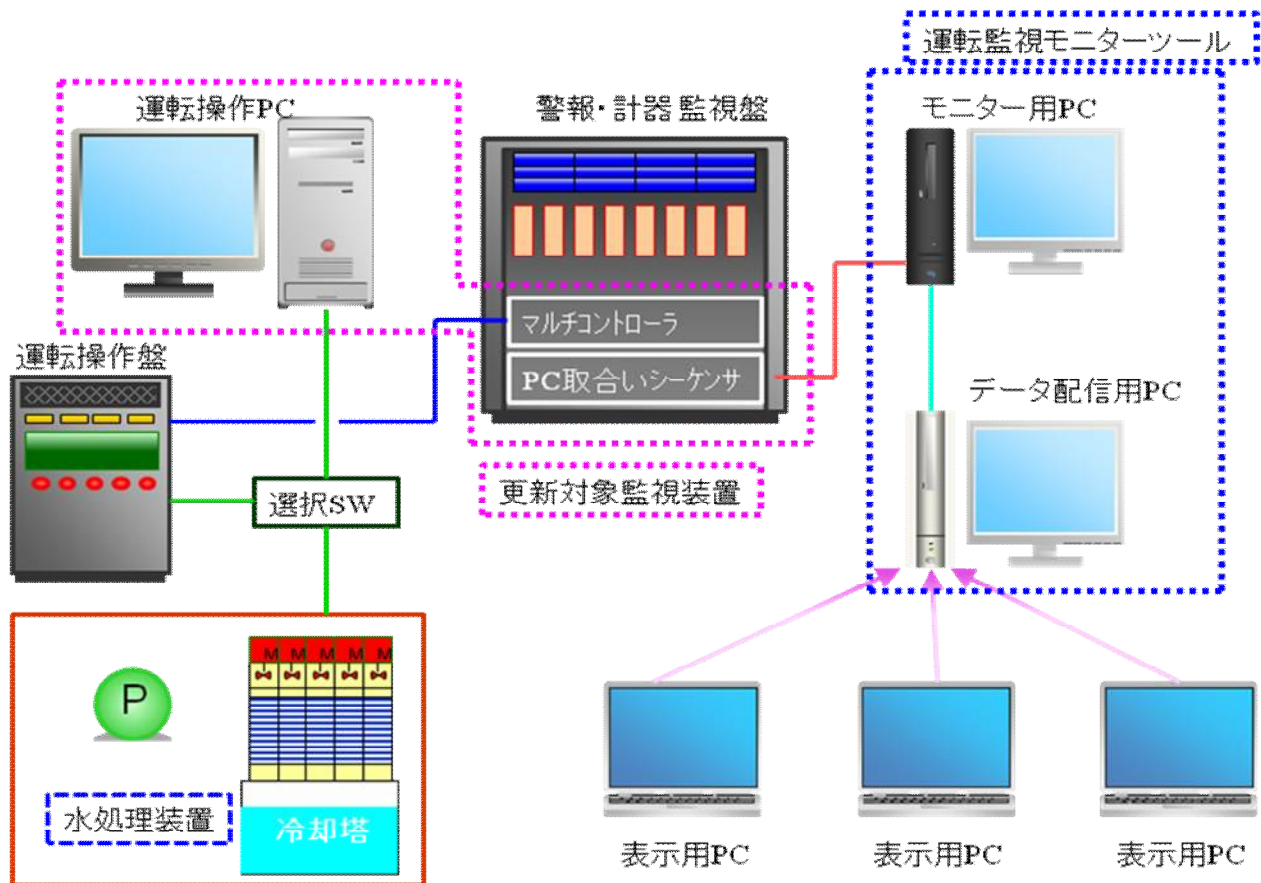


図5. 既設運転監視装置およびモニターツール構成図

経路とし、データも運転操作 PC から一方的に運転監視モニターツールで受け取る方式とした。このツールによって、専用ソフトを使用して所内ネットワーク経由で本体冷却装置の運転状況が確認でき、さらに異常発生時に登録メールアドレスへ警報メールを配信することが可能となった。しかしながら、今回の改修工事で運転操作 PC を更新するため、運転監視モニターツールの接続方法もデータ取得方法も変更を余儀なくされ、新たに運転監視ツールを更新しなくてはならなくなった。この運転監視ツール更新に関し、経費削減とツールの機能の追加・拡張性をもたせるため、技術部職員で作成することにした。

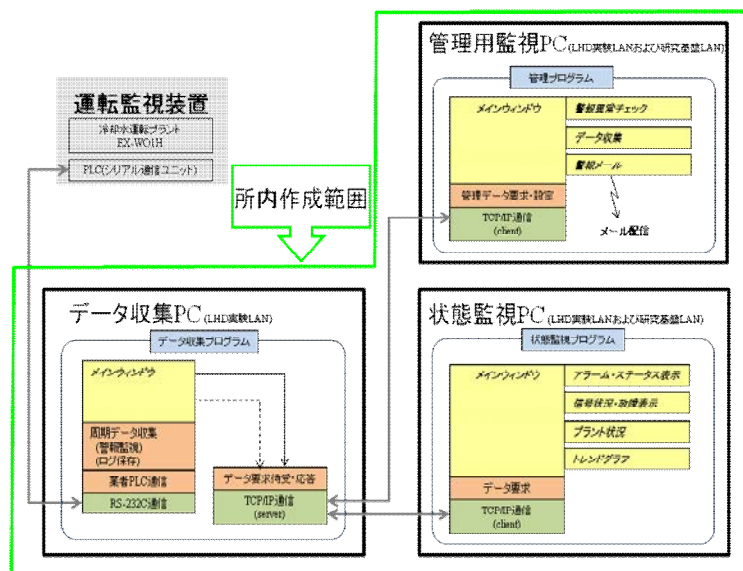


図 6. 新規運転監視モニターツールのソフトウェア概略図

監視装置への接続については、警報・計器監視盤へ新たに PC 取合いシーケンサを追加することで運転モニターツールと接続することにした。また、新規運転監視モニターツールは、モニターするデータとしてアナログ信号で 50 点、デジタル信号で 400 点取り込み、さらに現在の運転状況に対応した表示が行えるように機能の割り振りを中心に構成を見直した。その結果、新たに構築する運転監視モニターツールのソフトウェア概略図を図 6 に示す。データ収集と管理機能を分けることでデータの独立性を高めることができ、かつ警報発生時の対応や個別データ収集（日報・月報作成）などに関して柔軟な運用ができると考えられる。

これら新規運転監視モニターツールの開発には、画面デザインに Microsoft Expression Blend、ロジックは Microsoft Visual Basic2010 を用いた。図 7 は作成した新規モニター画面である。今回、我々がツールを作成したことにより、機能のみならず画面レイアウトなどの自由度も高めることができた。

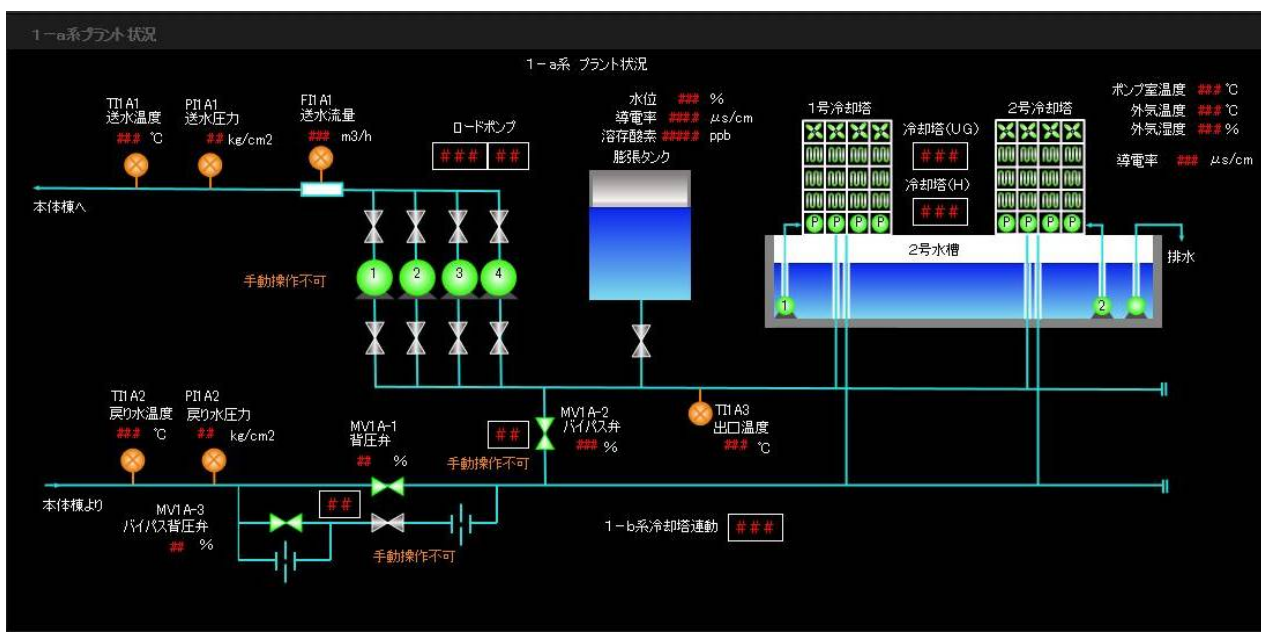


図 7. 新規運転監視モニター画面

6 作業の取り組みについて

本改修工事はプラズマ実験計画と冷却水使用装置運用状況に合わせて行われるため、実施時期は冬期となった。熱交換器の交換時などにはポンプを停止して冷却水の循環を停止しなくてはならないのだが、夜間は氷点下になるため、工事期間中は絶対冷却水循環を止めないようにするなどの凍結防止対策が必要となった。そのため、工程には事前に綿密な検討と調整が必要であった。

また、冷却塔の改修工事自体は業者作業であるが、作業の実施内容や範囲は技術部職員主体で決定した。装置にとって経年劣化は避けられないリスクであるが、使用状況や頻度、環境などから総合的にそのリスクを見極めて対策を講じることも保守作業の重要な仕事の一つである。冷却塔改修作業はまだ継続しており、今回の改修を通じて経年劣化の主な原因と有効な対策を見つけていきたいと考えている。

運転監視モニターツールの作成では技術部職員で作成することにより、今後の機能の拡張性を持たせることや利便性を向上させることができる。もちろん作成を通じて各種スキルも向上も望め、今後の運用に大いに役立つはずである。

基幹設備である冷却水を今後さらに安全・確実に運用するために、これらの経験を生かしていきたいと考えている。

核融合科学研究所の危険物管理

○横田光弘^{A)C)}，青柳美和^{A)}，西浦正樹^{B)C)}，浅野英児^{A)C)}，谷口能之^{A)C)}

A) 核融合科学研究所 技術部

B) 核融合科学研究所 ヘリカル研究部

C) 核融合科学研究所 安全衛生推進部

概要

核融合科学研究所では、平成16年4月の法人化時に安全衛生推進部が発足し、安全衛生推進部長の下に十の管理室が設置された。そのなかの一つである危険物質管理室は危険物、毒劇物、特定産業廃棄物などの危険物質の管理を行っており、平成17年頃から入手および保有する危険物質に対してICタグを使用した管理を検討し始め、平成20年からこれを導入している。昨年度からは紙面で行っていた危険物質の各種書類申請のweb化準備を始め、今年4月末から運用を開始した。

1 危険物の管理

核融合科学研究所では、危険物・化学薬品・有害物質とその排水の管理については危険物質管理室が行っている。消防法による危険物、労働安全衛生法の危険物、有機溶剤及び特定化学物質、毒物及び劇物取扱法及び化学物質排出把握管理促進法（PRTR法）で定められた物質とその他、人体の健康及び生活環境に有害な物質を危険物質と定め、これらの入手、移動、廃棄の各段階において申請書類を提出してもらうことにより危険物質の保管場所及びその種類と数量の管理を行っている。

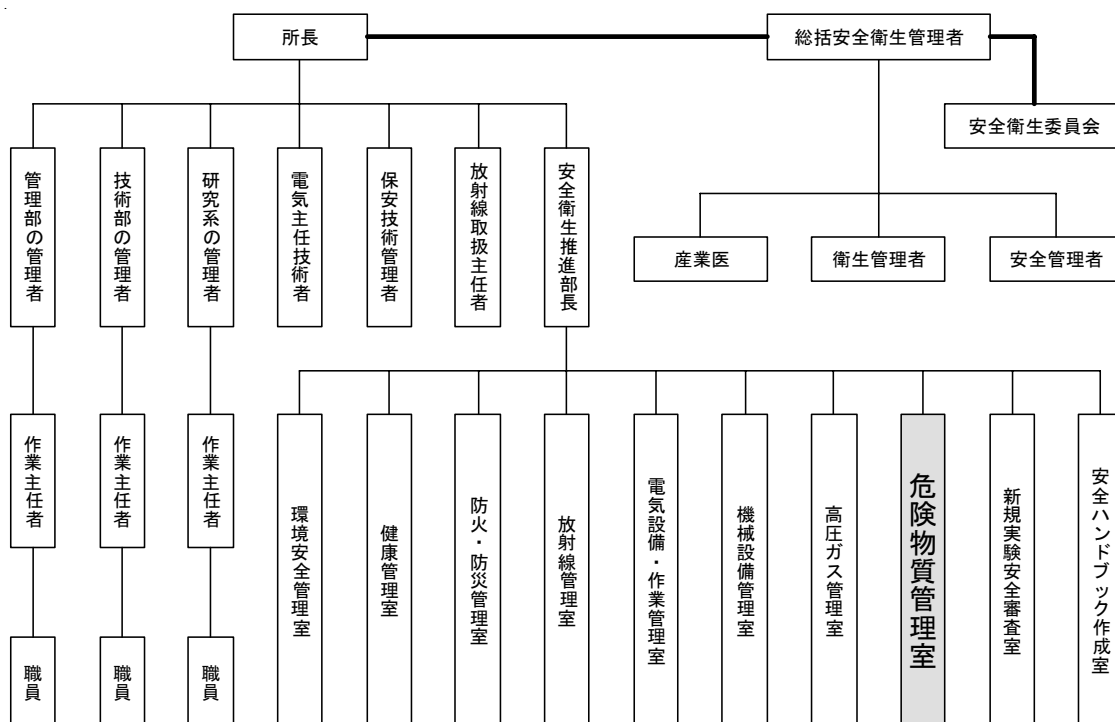


図1. 労働安全衛生管理体制

危険物質管理室は、建物と所属に応じて任命された 15 人の危険物質保管庫責任者と危険物屋内貯蔵所（危険物倉庫）の管理者である危険物質管理者及び管理室長と一般産業廃棄物管理責任者（財務担当）の 18 人で構成されている。15 人の保管庫責任者は各建物の排水管理担当者を、危険物質管理者は研究所の排水管理者及び特別管理産業廃棄物管理責任者を兼ねている。

2 管理の流れ

危険物質の使用を希望する人は、使用する建物の危険物質保管庫責任者宛

に申請を行う。購入、持ち込み、譲受けの場合は入手願を提出し IC タグの発行を受ける。以後、IC タグの管理番号を用いて、建物（保管庫）間移動の場合は移動願を、使用が終わった廃液等の処理を希望する場合は廃棄願を提出する。当該物質の指定数量を超える時は、危険物倉庫に保管するため入庫願又は出庫願を提出する。

申請の流れは以下の通りである。

①危険物質を使用する人は、使用（保管）する建物の保管庫責任者（以下 保管庫責任者）に必要事項を記入した申請書と当該物質の MSDS（Material Safety Data Sheet）を提出する。IC タグ発行済のものは、タグ No. を記入する。

②申請書には使用者名と所属、品名、数量、危険性、保管場所及び使用目的等が記載されており、保管庫責任者は、使用（保管）することに問題なければ、書類に承認サインをし、危険物質管理者へ転送する。

③危険物質管理者は、問題ないと判断した場合は、書類に承認サインをし、書類の写しを保管するとともに、IC タグ未発行のものには申請された危険物の容器毎に IC タグ（承認タグ）を発行及びタグ No. を記入し、その書類と IC タグを保管庫責任者に返送する。

④保管庫責任者は書類の写しを保管し、使用者に書類と IC タグを返送する。

⑤使用者は危険物質の納品後、保管（使用）場所に MSDS 掲示、容器に IC タグを貼り、使用開始する。

廃棄の場合は、①～③の申請後、廃棄願の写しを容器に貼付け危険物倉庫へ移動する。危険物質管理者は廃棄待ちの危険物質が溜まったら、専門処理業者に処分を依頼する。

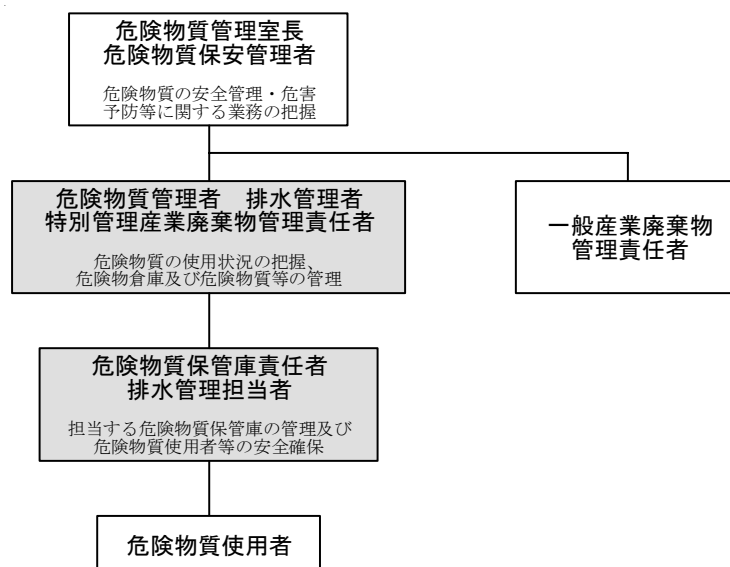


図 2. 危険物質管理室組織

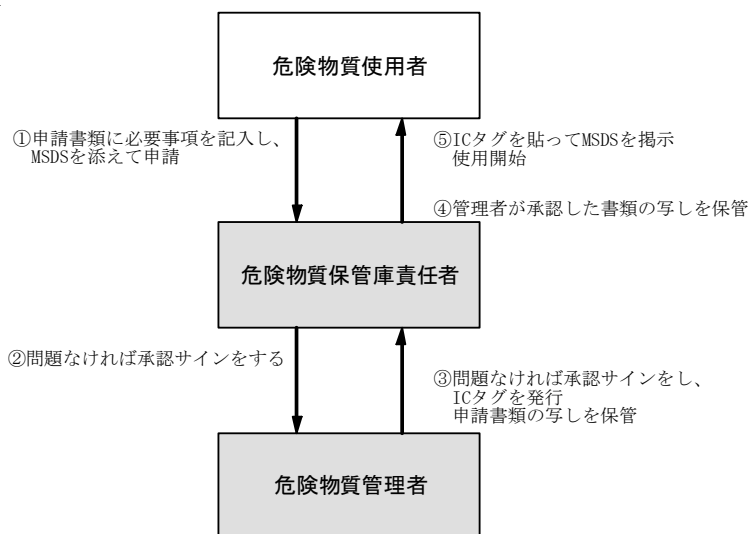


図 3. 危険物質使用申請の流れ

3 IC タグを使用した管理

平成 20 年以降、IC タグでの管理は、容器毎に IC タグを発行し貼り付けることで行ってきた。使用しているのは日立製作所製 μ チップで、IC タグ自身にデータを書き込むことはできない。IC タグは専用のリーダーを使って、固有の ID 番号を読むことができ、これに必要なデータを紐付けすることで容器毎の使用者や品名、保管場所等の情報を管理している。IC タグ表面には個別の管理番号が印刷されており、専用のリーダーがなくても、その管理番号を使って管理することも可能となっている。各種申請書類にはこの管理番号を記載することで、容器の判別を行っている。

IC タグは長さ 7cm、幅 2cm 程の紙シールに 1mm 角の IC チップとアンテナが取付けられた構造で、金属容器にそのまま貼り付けると専用リーダーで固有の ID を読み取ることができない。このため、入手時には容器材質記載欄を設け、金属缶の場合は 1mm 厚のスポンジを挟んだ両面テープを容器との間に挟むことにより ID の読み取りを可能にしている。また、前述のように、紙シールに IC チップとアンテナが取付けられており、使用済容器のタグを剥がすと、紙シール部分が破れてしまうため、タグの再利用は行っていない。IC タグでの管理が始まってからの 4 年間で約 600 件の危険物質が出入りしている。

4 申請のオンライン化

昨年度からは紙面で行っていた危険物質の各種書類申請のオンライン化準備を始め、今年 4 月末から運用を



図 4. IC タグを貼った薬品容器

危険物質入手願	
氏名	<input type="text"/>
所属	<input type="text" value="【一覧に該当なし】"/> *学生の方は担当教官に申請を依頼して下さい
E-mail	<input type="text"/>
電話番号	<input type="text"/>
メーカー	<input type="text"/> (例)日本薬品
品名	<input type="text"/> (例)アセトン
規格	<input type="text"/> (例)純度90%
MSDS	<ul style="list-style-type: none"> ・MSDS(PDFファイル)を添付して下さい。(ファイル名は『品名_メーカー名.pdf』にして下さい) 参照... ・サーバーにあるMSDSを添付する場合は以下から選んでください。(MSDSの中身を閲覧する) 【選んでください】
容器容量	<input type="text"/> (例)500ml
容器数	<input type="text"/> *半角数字のみ
容器材質	<input checked="" type="radio"/> 金属 <input type="radio"/> 金属以外
危険性	<input type="text" value="【補注】危険物(該当なし)"/> <input type="text" value="【労働安全衛生法】有機溶剤(該当なし)"/> <input type="text" value="【労働安全衛生法】特定化学物質(該当なし)"/> <input type="text" value="毒物劇物(該当なし)"/> <input type="text" value="PRTR(該当なし)"/> その他の法規制(PCB等) <input type="text"/>
排水規制の有無	<input checked="" type="radio"/> 有 <input type="radio"/> 無
保管場所	<input type="text" value="【一覧に該当なし】"/> 部屋名等 <input type="text"/>

図 5. 危険物質申請ページ

開始している。

2章で記した管理の流れに従い、紙媒体で行っていた五種類の入手願、移動願、廃棄願、入庫願、出庫願をweb経由で申請してもらうことにより、使用者と保管庫責任者及び危険物質管理者間の所内便を使用した書面の行き来を無くし、手続きの迅速化と、申請書類の一元管理が期待できる。

3章で書いたように、所内全ての危険物質は、ICタグで管理を行うため、登録（承認）された時点でICタグ（管理番号）が発行されている。申請のオンライン化に当たり、ICタグがないものは、入手願又は廃棄願申請だけが可能で、その他の移動願、入庫願、出庫願申請はICタグがあるもののみを可能とする。

危険物質の入手、移動及び廃棄処理を希望している人は、以下の手順で申請を行う。

①使用者が申請ページから危険物質容器のICタグ管理番号で検索すると、登録内容が表示される。登録内容に変更が生じた箇所を変更入力し、送信ボタンを押す。ICタグがない場合（入手願又は廃棄願）は申請画面に氏名、E-mailアドレス、使用建物（保管場所）、薬品名等の必要事項を入力し、当該品のPDF化されたMSDSを添付し送信する。

②システムが使用者と保管庫責任者及び危険物質管理者に、申請があった旨のメールを送信する。

③送信が成功すると、仮データファイルに申請情報を書き込む。

④申請メールを受取った保管庫責任者及び危険物質管理者は、管理ページからIDとパスワードを入力してログイン、申請内容とMSDSを確認し、問題ないと判断した場合は承認ボタンをクリックする。

⑤システムは二人の承認が揃った時点で、PDF化された承認書面を生成し、承認メールに添付して

危険物質管理者ページ

危険物倉庫 横田光弘 でログイン中
ID検索

現在申請中

	保管庫責任者	管理者	前責任者	管理番号	使用済	保管建屋	保管場所	メーカー
入手願(購入)	承認	承認		121106115958		工務棟		日本ホート...
廃棄願	未承認	承認		458_102057	一般	計測実験棟	環境物質測定室	
廃棄願	未承認	承認		453_102257	一般	計測実験棟	環境物質測定室	
廃棄願	未承認	承認		456_102512	一般	計測実験棟	環境物質測定室	
廃棄願	未承認	承認		457_102610	一般	計測実験棟	環境物質測定室	
廃棄願	未承認	承認		437_103406	一般	計測実験棟	環境物質測定室	

危険物申請WEBサイトTOP >> 管理者ページ

図6. 管理ページ

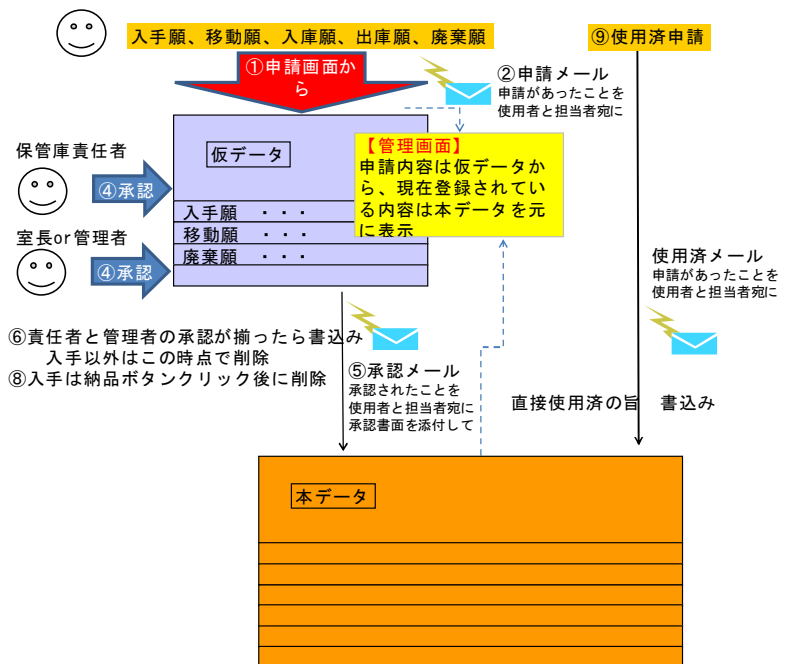


図7. システムの処理

使用者と保管庫責任者及び危険物質管理者宛送信する。

⑥送信が成功すると、本データファイルに申請情報を書き込み、承認書面を保存する。

⑦承認メールを受取った危険物質管理者は、システムが発行した管理番号の IC タグを保管庫責任者経由で使用者に送る。

⑧IC タグが容器に貼られたことを確認した保管庫責任者は、管理ページから納品確認登録を行う。システムは、納品確認登録がされた時点で仮データファイルから該当する申請情報を削除する。

当所で使用されている危険物質の多くは、洗浄用アルコールや真空ポンプ潤滑油で、洗浄やポンプに充填した時点で容器は空になる。このように使い終わって空になった容器は、各使用者が申請ページから容器に貼られた IC タグの管理番号を入力して使用済申請を行った後に廃棄する (⑨)。

5 現状

危険物質申請サイトは、所外からアクセスのできない技術部のソフトウェア開発マシン上の Windows 7 + Apache + PHP 環境で開発とテストを行った。昨年 10 月からは、紙面による申請と平行して関係者数名でテスト運用を行った。特に申請ページは所内の様々な方の使用が予想されるため、安全衛生推進部事務室員にも御協力頂き、現状の紙媒体申請と同じ内容を web 申請システムに入力してもらうことで、問題点の洗い出しがスムーズに進んだ。1 月には、危険物質申請サイト専用マシンに移植、危険物質保管庫責任者に公開し、使用感や問題点等の修正を行った。今まで見つかった問題の多くは、管理画面の見易さに関するものであった。

そして 4 月末に職員に使用方法を説明し、本運用に入っている。

タッチラリーでめぐる一般公開

○長屋貴量、岩橋建輔、水谷文保、鈴木光一

分子科学研究所 計算科学技術班

概要

昨年度行われた分子科学研究所 一般公開にて、ICカードを用いたタッチラリーシステムを構築した。このシステムにより、今まで掴めなかった来場者の所在位置をほぼリアルタイムに把握することができ、さらに来場者の流れを後から解析することが可能になった。解析した結果、来場者の動きに興味深い傾向があることが判明した。

1 目的

3年に一度開催している分子科学研究所 一般公開では、毎回多くの来場者に来て頂いている。しかし、今までの一般公開では、来場者の総数は把握できていたものの、それ以外の来場者の情報、例えば何か所の展示を見ていただけたのか、展示の見学時間、あるいは現時点での見学者数、各展示での混み具合、総滞在時間などを把握することは困難であった。

そこで、ICカードを用いたタッチラリーシステムを構築し、来場者がタッチラリーを楽しんでいただく一方、来場者が訪れた展示箇所と時間と、来場者に渡したICカードの番号を記録するようにした。この記録したデータから、一般公開 運営者にはほぼリアルタイムで入場者の動向情報を提供できるようにした。また、ICカードとアンケート用紙を紐付けることで、一般公開終了後に、精度の良い来場者のデータを得られるようにした。



図 1: タッチラリーの端末



図 2: 来場者のタッチ

2 詳細

一般公開に来ていただいた来場者には、まず受付にてICカードと渡し、各地に散らばり計35か所ある展示を各々めぐっていただく。各展示には、図1のようにタッチ用PCとICカードリーダーライターがあり、これに図2のようにICカードをかざすと、図3のようなビンゴゲームの画面が表示される。画面横には、未訪問地が近い順に3つ表示され、どこがまだ訪れていないのかわかるようになっている。もし、ビンゴゲー



図 3: カードタッチ時の画面 左:通常 中央:ビンゴ時 右:ビンゴ時

ムの表示がリーチやビンゴになれば、音と画面表示が変わるようになっており、ビンゴならば、受付でチェックした際に、景品として“一家に一枚 周期表”を持ち帰っていただいた。

来場者がビンゴゲームを楽しんでいる裏では、図 4 のように、IC カードにその展示場所を訪れたことを示すフラグが書き込まれ、さらに中央のデータベースサーバーにも時間、展示場所、IC カードの ID が記録される。このデータベースより、展示場所/時間帯ごとで人数を毎分集計し、HTML に変換した表を運営者に見せることで、来場者がどの展示に多く来ているのかを把握することができるようにした。

さらに、来場者に渡すアンケート用紙には IC カードの ID を予め書き込んでおき、人の動きとアンケート結果の相関を解析することもできるようにした。

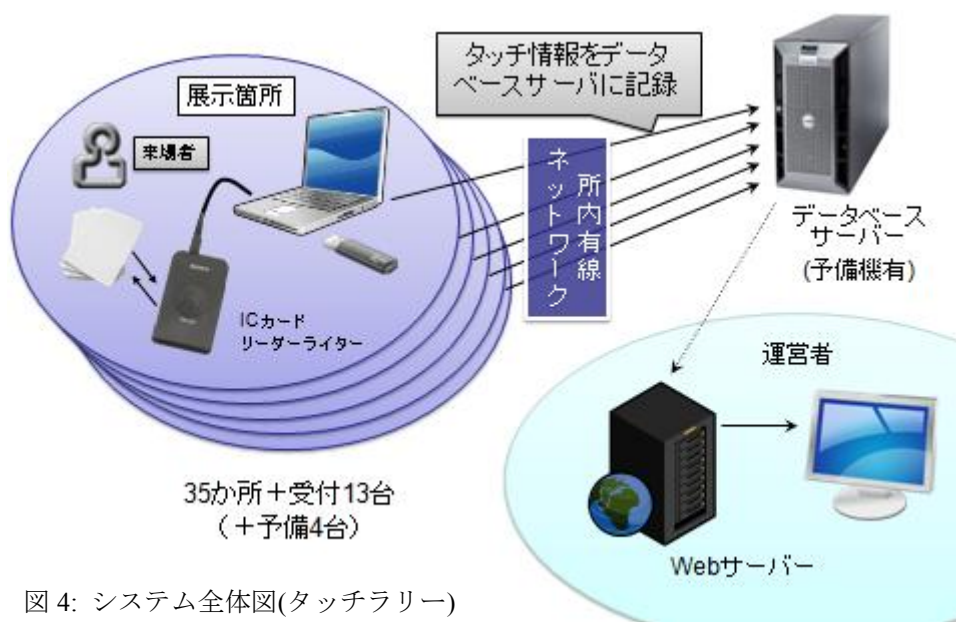


図 4: システム全体図(タッチラリー)

なお、今回のシステムは、第 18 回 分子科学研究所 技術研究会 “フリーな実装を使った RFID の活用” (岩橋) を転用しており、IC カード部分のライブラリとして libnfc を用いて構築した。また、タッチラリー端末を全台自前で準備することは難しかったため、各研究室に端末を提供していただいた。そのため、端末に何らかのソフトウェアのインストールすることは避けるべく、CD より起動可能である Linux の Knoppix を用いて構築した。タッチラリー及びビンゴゲームの部分は、フルスクラッチで構築した。

タッチされた日時を記録・送信するため、各端末の時間を統一するべく、起動時に ntpdata コマンドで時間をそろえた。また、あまりに古い端末でネットワーク接続の登録がない端末については、一時的にアカウントを発行してもらい、一般公開の間のみ所内ネットワークに接続できるようにした。また、来場者を 2,000 人と予想し、アンケート用紙と IC カードの紐付を 30 人態勢で 1 時間半かけて行った。

3 解析

タッチの情報を後から解析したところ、いくつか興味深い動向があることが分かった。

総来場者数は 1076 人であった。

(ア) 滞在時間

所内の見学にかかった時間だが、最短 57 秒、最長 6 時間 49 分 49 秒であり、平均は 2 時間 26 分 34 秒であった。あまりに短い滞在時間は、タッチを間違えて 2 回してしまったというミスの可能性が考えられる。

滞在時間を 10 分ごとに集計した図 5 を示す。平均より少ない人の方が、平均より多い人より多く、予想通りの分布をしていたと言える。

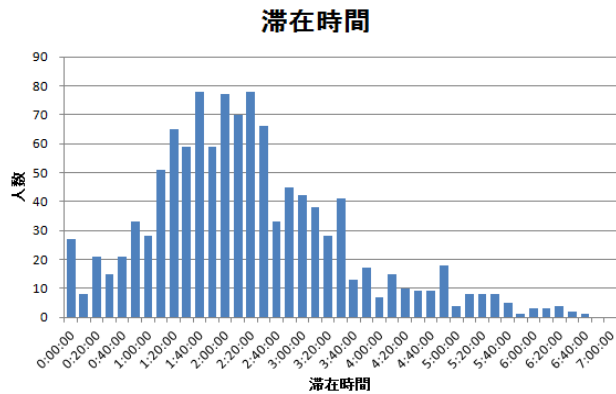


図 5: 滞在時間ごとの人の分布

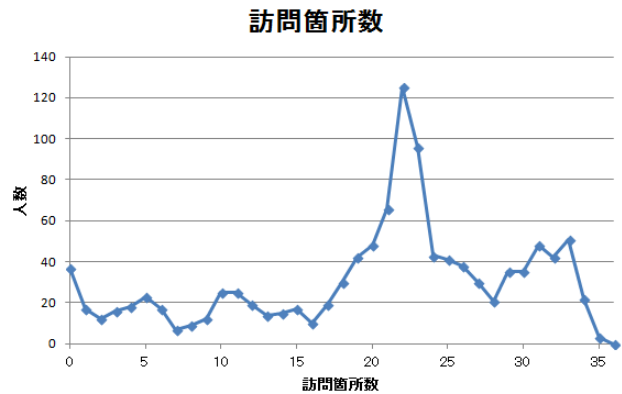


図 6: 訪問箇所ごとの人の分布

(イ) 訪問箇所数

参加者の訪問箇所は、平均 21.9 箇所であったが、訪問箇所数で集計を取ったところ、平均より多くの箇所をめぐる人が多いことが判明した。これは予想外の分布であった。その図を図 6 に示す。

なお、訪問時間と訪問箇所数の両方でプロットしたものを図 7 に示す。赤点は平均時間、箇所数を示す。

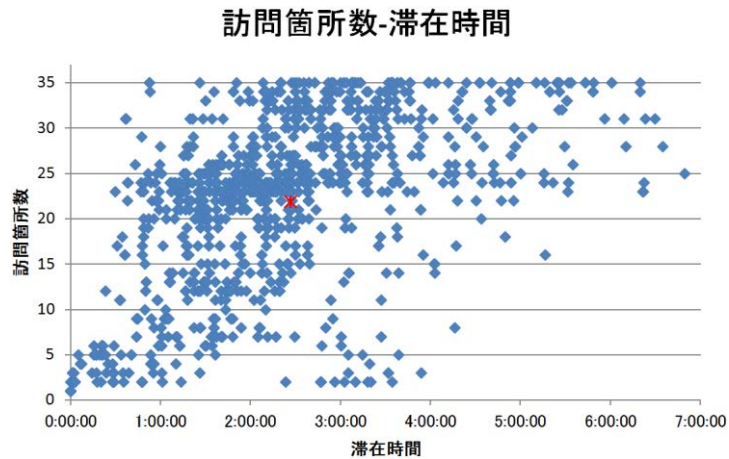


図 7: 訪問箇所数-滞在時間プロット

(ウ) 受付場所

受付は会場内に次ページ図 8 のように 3 か所存在する。この受付場所ごとに、来場者数をカウントしたところ、駅に最も近い受付 1 で来場者の 65% が訪れていることが分かった。受付 1 は電車を利用して来場された方、受付 2 や 3 は自家用車で来場された方と考えられるので、電車利用の方が多くことがうかがえる。

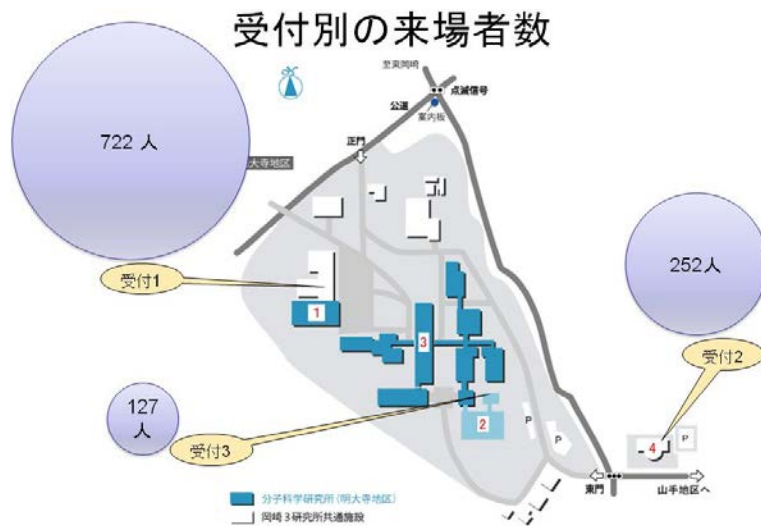


図 8: 受付地点とそこで受付を行った来場者数

(エ) 展示をめぐる順

各受付から、どのように展示をめぐる方が多かったのか、数を数えた。

数を荒く数えるため、見学場所を建物ごとにまとめ(全4棟)、この4棟の間をどう移動したかをカウントした。なお、以下の図9で、紫色が最初の見学場所での人数、オレンジが2番目の見学場所へ移動された人数、黄色が3番目の見学場所に移動された人数、赤色が4番目の見学箇所へ移動された人数である。

① 受付1から開始した場合

受付1を訪れた来場者は、同じ棟の見学から始め、徐々に受付3の方へ移動するのが分かった。ただ、受付3の建物を訪れた来場者(黄色)のうち、半分が受付2まで移動されたのに対し、残り半分の方は、ここで見学を終えて帰られてしまっていた。(2つの赤)

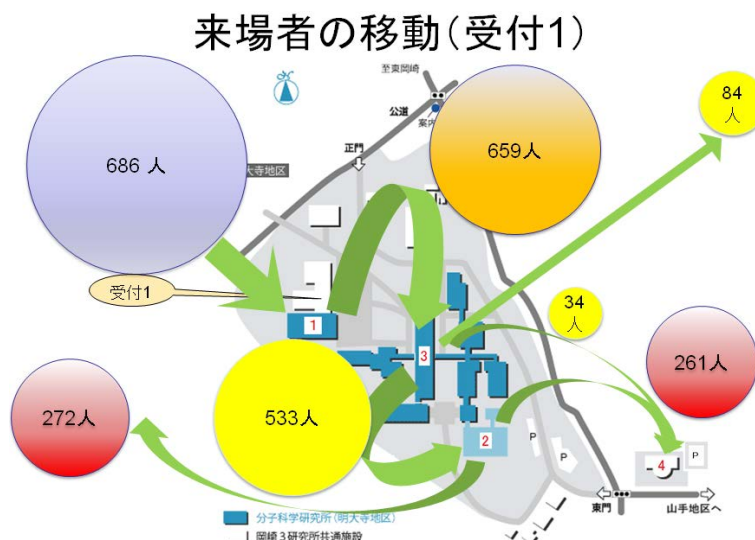


図 9: 受付1から見学を開始した人の流れ

② 受付2から開始した場合

受付2を最初に訪れた参加者は、まず隣接する見学箇所を見学後、2/3の方は受付1の方向へ移動されたのに対し、1/3の方は、そのまま帰られてしまっていた。受付2と3の間には、何らかの壁があるように思われた。

来場者の移動(受付2)

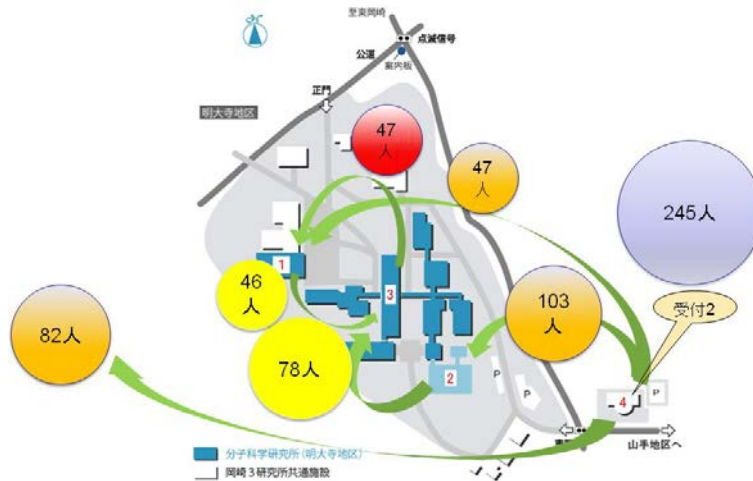


図 10: 受付 2 から見学を始めた人の流れ

③ 受付 3 から開始した場合

受付 3 を最初に訪れた方は、やはりまず隣接する見学箇所を見る方が多かったが、あまり大きな流れは見いだせず、参加者はおおよそ、散らけて見学されていたことが分かった。

来場者の移動(受付3)

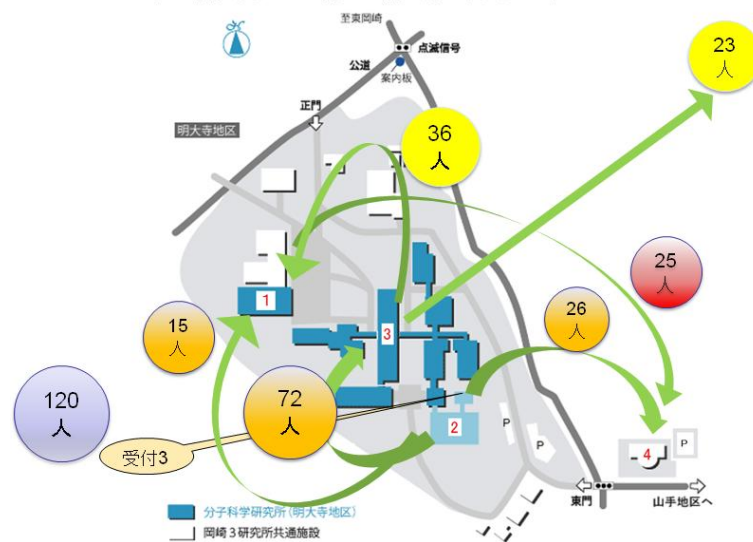


図 11: 受付 3 から見学を始めた人の流れ

(オ) 見学開始場所とその後に見学箇所数

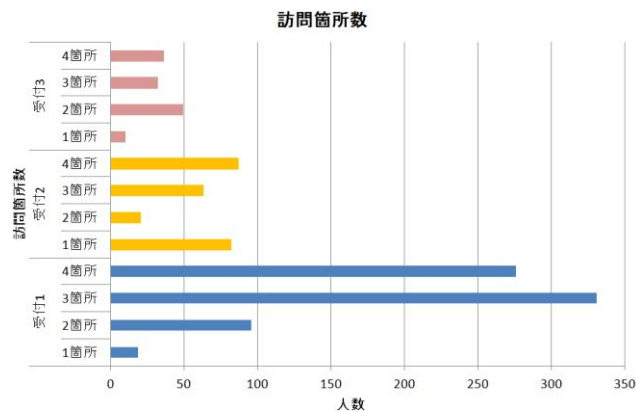


図 12: 見学開始受付と訪問地点

(エ) の人数を、棒グラフに書き直したものである。(エ) では示せなかった、別の移動パターンを取られた方もカウントしている。

どの受付でも、隣接する見学箇所をみただけで帰られた方がいらっしゃるが、特に受付 2 から始めた方では顕著にいらっしゃる事が分かる。

駅から近い受付 1 から始めた方は、4 棟とも見学された方も多いが、1 棟だけ見学されずに帰った方も多く、道路をまたいだ先にある見学箇所に足を運んでいただくのは困難な点があるように思われた。

(カ) アンケート結果とタッチ情報

回収したアンケートと、カードのタッチ情報の調査、統計数理研究所 加藤直子さんに行っていた。来場者の半数が市内からお出でになっていた等、カードのタッチ情報と絡めた考察結果は数少なかったが、理系の大学を出ている等、文化的資本の高い人ほど見学時間が長いという傾向が見られた、との報告があった。

4 結果及び考察

システムの運用開始後、いくら待っても、タッチ情報が送られて来ない地点が一か所だけあり、実物を確認したところ、LAN ケーブルが抜けかけていたことが判明した。また、途中からタッチ情報を連投してくる地点があり、こちらも確認したところ、ソフトウェアが暴走して情報を乱投していたようだった。

IC カードを来場者に渡していたが、一般公開終了後、何枚か IC カードが足りなくなっていた。これは持ち帰られてしまったと考えられた。

来場者数が予想より少なかったため、一般公開の終了しばらく前から、ビンゴゲームの景品はどなたにも渡すようになった。そのため、その時点でビンゴの意味がなくなってしまったが、それでも終了直前まで、各展示を駆け足で巡る児童が見られ、ビンゴの魅力の強さを見せつけられた。

ビンゴゲームの裏で、タッチした情報を集められるようにしたことで、来場者はゲームを楽しむべく各展示を回っていただき、運営者はその様子をつぶさに把握でき、来場者の動きをスタッフに指示できるようになった。

これだけでも十分効果があるのだが、それ以上に、来場者の動向を後から緻密に把握／解析できるようになり、次回の一般公開に向けて様々な知見を得ることもできた。

5 参照文献

平成 23 年度 分子科学研究所技術研究会 岩橋建輔 「フリーな実装を使った RFID の活用」

平成 24 年度 愛媛大学総合技術研究会 長屋貴量 「IC カードを使ったタッチラリーシステムの開発」



図 13: タッチする直前の参加者

装置開発室エレクトロニクス・セクションの工作依頼業務の紹介

吉田久史

分子科学研究所 技術課 電子機器開発技術班

概要

分子科学研究所の附属施設である装置開発室は、分子科学の先端的な研究に必要な実験装置の開発を研究者と協力しながら行っている。筆者の所属するエレクトロニクス・セクションは、電子回路のハードウェア設計・製作のみならずパソコンによる自動計測のためのソフトウェア開発に至る広範な回路技術で研究の支援を行っている。本報告では過去の工作依頼の受付状況をその技術内容で分類し紹介する。また、分子科学研究所において需要の高い高速高電圧パルサーについて、パルス発生のための回路構成から製作事例までを紹介する。

1 回路工作依頼について

図1は2007年度から2012年度までの工作依頼をその作業内容で分類したものである。円グラフは、アナログ回路、デジタル回路、高電圧回路、ソフトウェアなどの技術内容によって大まかに色分けしてある。また、その技術分類の中でも件数が纏まっているものは、円グラフの一つの要素に細分化して示した。

分子研における工作依頼の特徴は、その多くが1つの研究室にある実験装置に特化した電子回路であり、依頼毎に仕様が異なるものの回路規模としてはそれほど大きくはない。その中で、光計測回路、微小電流回路、シーケンス制御回路、高電圧・高速パルス回路等は比較的件数が多く、分子科学の研究分野で使用される実験装置の特色を示すものである。エレクトロニクス・セクションにおいては、永年に亘りこれら電子回路の製作を行うことでノウハウを蓄積してきた技術分野である。また、短時間作業と故障修理に関する工作依頼が全体の3割程度を占めていることも特徴的である。それらは、実験中に発生するトラブルや共同研究者の来訪中における対応など緊急性が望まれることが多く、突発的に依頼される業務だが重要なサービスであると受け止めている。

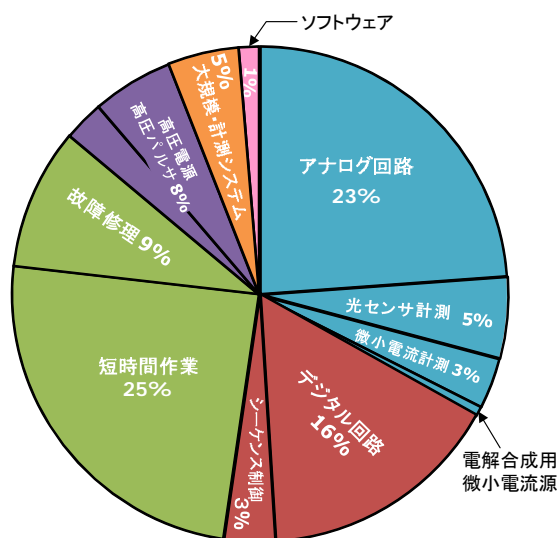


図1. 工作依頼内容の分類
(2007年度～2012年度)

2 高速高電圧パルス発生回路

分子科学研究所の創設期から絶えず需要のある装置として、高速高電圧パルサーがある。パルサーの利用目的は、ポッケルス・セルの駆動回路、 piezo・アクチュエータの駆動回路、質量分析装置のための加速電圧、MCP検出器のゲート電圧などで、負荷としては比較的軽いもの(高抵抗と数 pF～数十 pF の微小容量の並

列回路)である。出力パルスは、ナノ秒オーダーの立ち上がり時間、数KV~数十KVの振幅、数nS~数mSのパルス幅といった仕様が多く、また、レーザー等の装置に同期させるために、外部トリガー信号の入力と数Hz~数十Hzの繰り返しを求められることが多い。

高電圧パルス発生回路は、図2に示すように高電圧電源とスイッチング素子で構成される。出力を外部トリガー信号に同期させるために、スイッチング素子には電圧(または電流)制御型のデバイスを使用する。図2の回路の動作は、トリガー入力 V_{in} がLoの時には下段のスイッチが閉じて負荷がグラウンドに接地され、また逆に、Hiの時には上段のスイッチが閉じて出力は高電圧電源側に接続されることになる。従って、パルス出力は、図中のパルス波形(黒色実線)のようにトリガー信号と等価な幅のパルスとなる。しかしながら、現実にはスイッチに使用するデ

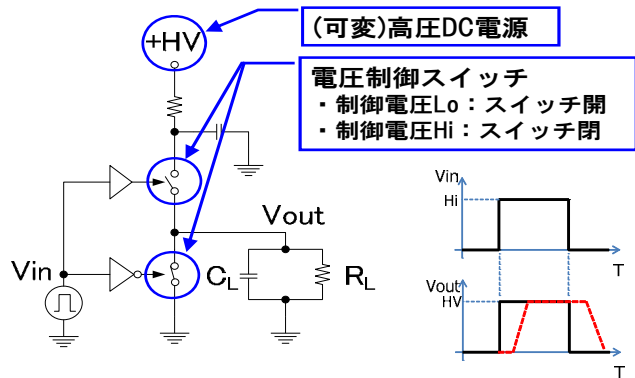


図2. 高電圧パルス発生回路(原理図)

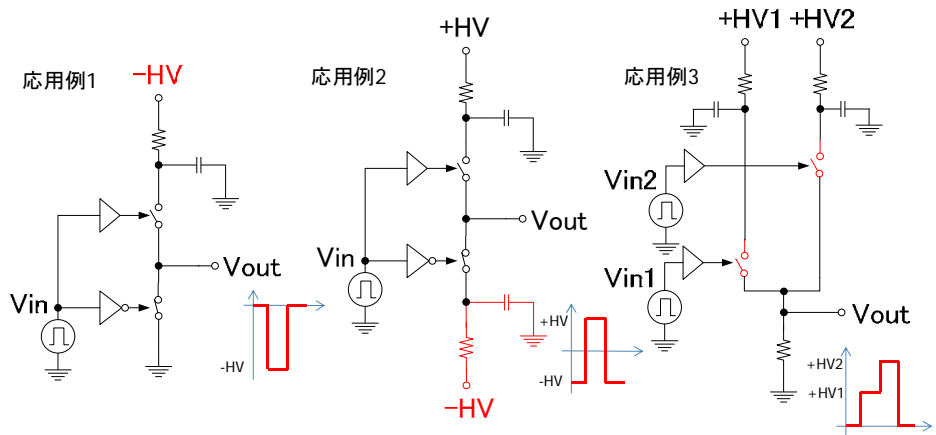


図3. 種々の高電圧パルス発生回路(原理図)

バイスの電気的特性により、有限のターン・オン(オフ)・ディレイ時間や立ち上がり(立ち下がり)時間のパルス(赤色破線)となる。この高電圧パルス発生回路を基本として、高電圧電源とスイッチの組み合わせで様々なパルス発生回路を製作することができる。その一例を図3に示す。

ナノ秒オーダーの高速スイッチング素子として、パワーMOSFET や高電圧・高速半導体スイッチ (Behlke社)がよく利用される。パワーMOSFET は、電圧 1.5KV 程度のものまでが入手可能である。このデバイスでパルス回路を製作する場合、図2では上段のパワーMOSFET のゲート信号を回路のグラウンドとは絶縁する必要が生じる。このため、ゲート駆動回路は原理図よりかなり複雑になってしまう。その点、Behlke 社の高電圧・高速半導体スイッチはモジュール内にスイッチの駆動回路を内蔵し、ユーザーは低電圧(3~5V)のトリガ

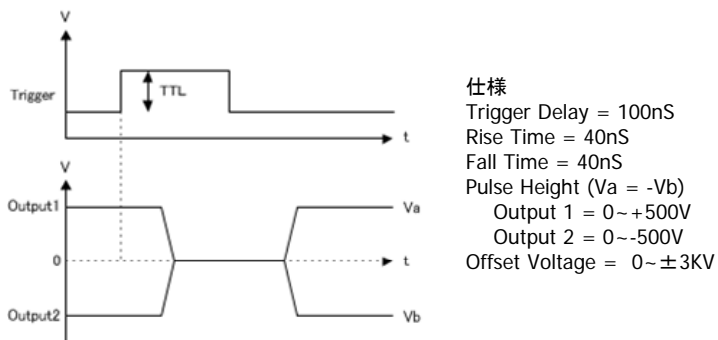


図4. バイポーラ高電圧パルサーの外観とパルス出力波形

一信号を用意すれば良い。また、高速半導体スイッチを2個内蔵したプッシュ・プル型の製品もあって、これを利用すれば図2のパルス発生回路を1台のモジュールで製作することができる。

図4および図5は、工作依頼で製作した高電圧パルサーの代表例を示す。図4は、パワーMOSFETで構成した正負の両極性パルスを同時に出力するバイポーラ高電圧パルサーである。図中のパルス波形で示すように、出力1は正電圧(最大500V)から0Vに立ち下がる負論理のパルスを、出力2は負電圧(最大-500V)から0Vに立ち上がる正論理のパルスを発生する。また、外部電源により、この出力信号は±3KVまでのオフセット電圧が印加できるように設計されている。

図5は、Behlke社の高電圧・高速半導体スイッチを2個使用した2段式高電圧パルス発生器である。この回路は、図3にある応用例3の回路で構成されている。一方のスイッチには負電圧電源(最大-500V)が、もう一方には正電圧電源(最大4.5kV)が接続されている。外部トリガー信号の入力により、最初にマイナス電源側のスイッチが開閉し、引き続いてプラス電源側のスイッチが開閉するように半導体スイッチへのトリガー信号をロジックICを用いて製作した。パルス出力波形が示すように、一つのトリガー信号により負電圧パルスと正電圧パルスが連続的に出力されているのが分かる。ここに紹介した二種類のパルス発生器は、いずれも市販品にはない分子科学研究所の実験装置に特化した独自のパルス発生器である。



仕様
Trigger Delay = 200nS
Rise Time
初段 = 40nS
後段 = 40nS
PULSE Height
初段 = 0~-500V
後段 = 0~+4.5KV

図5.2段式高電圧可変パルス発生回路の外観とパルス出力波形

3 終わりに

近年、パソコンや携帯端末の普及に伴ってデジタル信号処理に関連する電子回路技術の進歩が特に著しい。一昔前は標準ロジックICであるTTLを使って20MHz程度のクロックで動作させていた回路が、現在ではFPGAを使って200MHzを超える速度で動かすことが可能となった。これにより、従来はアナログ回路でしか処理できなかった回路が高速なデジタル回路でも処理できるようになった。また、デジタル信号処理にすることで、より精度の高い信号処理や複雑な処理を組み合わせることも可能である。エレクトロニクス・セクションでは、このように日々進歩する電子回路の技術情報の収集を常に行い、同時にそれら先端技術の取得に努めている。そして、数々の工作依頼を受けて蓄積した回路技術上のノウハウと共に最適な電子回路の設計・製作が提供できるように心掛けている。

7 軸調整位置合わせステージ及び薄型 X-Y ステージの製作

水谷伸雄

分子科学研究科 技術課 機器開発技術班

はじめに

機器開発技術班では、所内研究者からの工作依頼として年間約280件、所外からの施設利用で年間約10件、また、これらの依頼から派生した関連技術の向上や独自技術の開発を日常の業務としている。

今回は、所内研究者からの工作依頼として受けた二件の手動位置合わせステージの移動機構について紹介する。一件は、16 (4×4) チャンネル培養型バイオセンサー製作時に、放射光エッチングを利用してアクリル基盤上に $\phi 2 \mu\text{m}$ 程度の穴あけをする時にマスクとアクリル基板を位置合わせし固定するためのステージで、兵庫県の放射光施設での使用も考慮し小型で簡便な操作をめざした。もう一件は、研究グループが開発した近接場光顕微鏡に組込む薄型X-Yステージで、既存のシステムに納まる小型化が求められた。

1 7 軸調整位置合わせステージ (製作目的)

16 チャンネル培養型バイオセンサー (図 1、図 2) の構成部品であるアクリル基板の細胞を配置する部分にはホットエンボス加工による凹みと薄膜部 ($50 \mu\text{m} \times 50 \mu\text{m} \times 10 \mu\text{m}$) が 16 ヶ所あるが、それぞれの中央に直径 $\phi 2 \mu\text{m}$ の貫通穴をあける必要がある。この $\phi 2 \mu\text{m}$ の穴あけを放射光エッチングの手法を用いることでアクリル基板の量産化を目指した。そのため、アクリル基板とエッチング用マスクの位置合わせ精度はすべての点で $10 \mu\text{m}$ 以下が求められた。

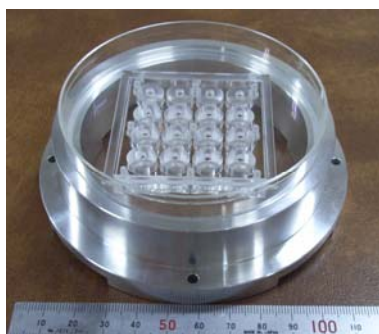


図 1 16 チャンネル培養型バイオセンサー構成部品

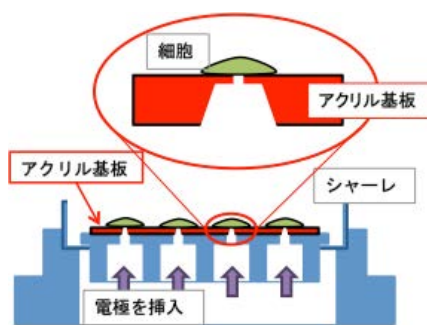


図 2 16 チャンネル培養型バイオセンサー断面図

2 ステージの構成

顕微鏡を含む全体の寸法は、幅 542 mm、奥行 300 mm、高さ 303 mm となり、ステージ単体での寸法は、幅 542 mm、奥行 160 mm、最大高さ 94.5 mm で、中央に 60 mm×60 mm の開口部を持つ。左側のアクリル基板+ホルダ用の 3 軸調整ステージ (X.Y. θ) と、右側のエッチングマスク用の 4 軸調整ステージ (X.Y. θ .Z) を一体化した 2in1 型の 7 軸調整ステージである。(図 3) 出張先での使用を考え、持運び可能なサイズを目指し調整機構はすべて手動式で最小限の調整量にとどめた。剛性を損なわないように注意しつつステージと顕微鏡は分割式にし、ステージ単体での使用も考慮した。(図 4)

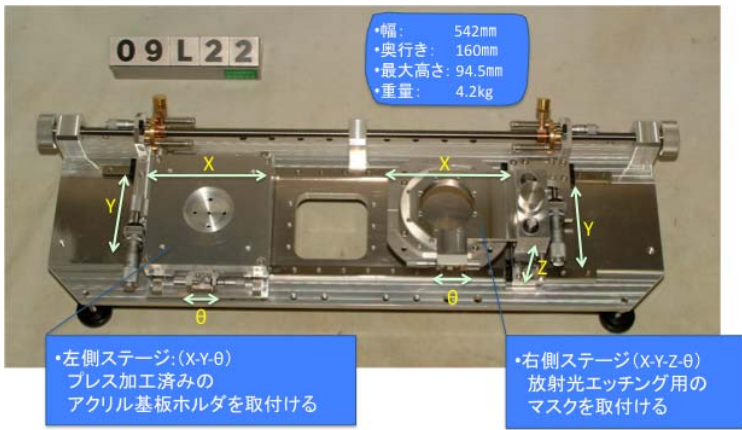


図3 3軸+4軸の2in1型7軸調整ステージ

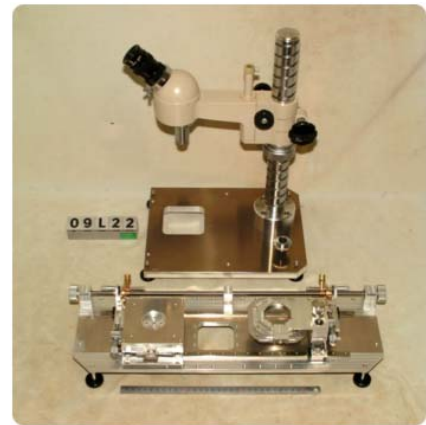


図4 分割式の顕微鏡とステージ

3 移動機構部品の紹介

移動機構には、LMガイド、ボールスプライン、超薄型ベアリング、早送り用4条ネジ、微調整用マイクロメーターヘッドなどの市販品を活用したのでそれらについて紹介する。(図5)

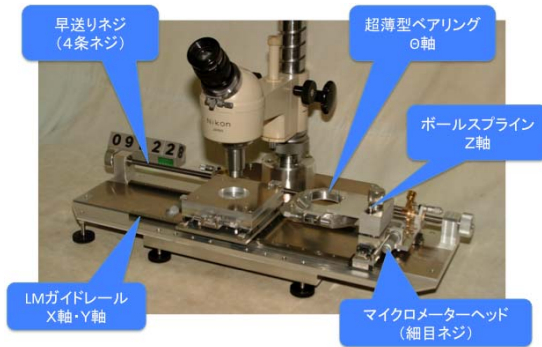


図5 市販品の活用箇所

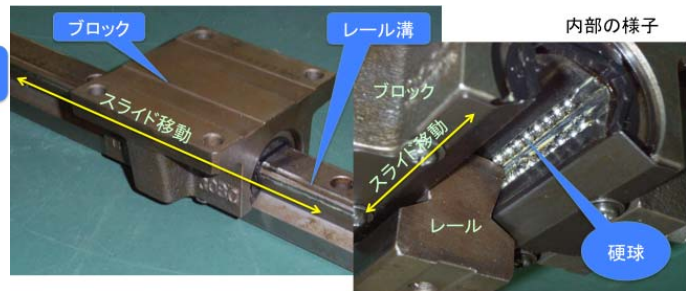


図6 LMガイドの例

・LMガイド

ステージ移動用のX軸Y軸用レールとして使用した。図6に大型の物の写真を示す。レール上の溝をブロック内の硬球が転がることで、高剛性でなめらかな動作を得る。硬球はブロック内を循環するのでレール長に応じて無限長の移動ができる。

・ボールスプライン

図7に示すボールスプラインは、ボールプッシュの軸に硬球用の溝を設けることで軸と硬球が点接触から線接触になり剛性を高めたもので、LMガイドと同様、軸長に応じて無限長移動ができる。

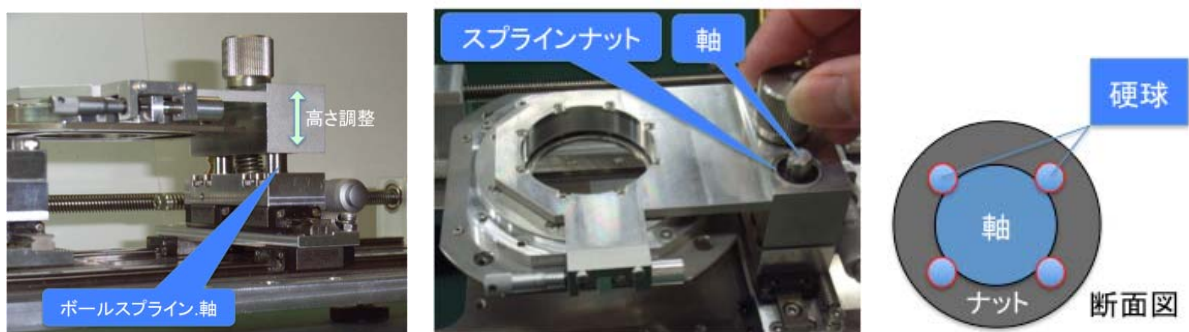


図7 ボールスプライン使用例と断面図

・超薄型ベアリング

左右のステージの角度調整用に組込んだ。(図 8)

厚さ僅か 5 mmながら内径φ50 mmで外径もφ61 mmに抑えられており、本ステージでは顕微鏡観察用窓や下部照明用として広い開口部が得られ高さも低くできた。このベアリング内部には、硬球ではなくコロが組込まれガタの無い高剛性な動きを得ている。



図 8 超薄型ベアリング使用例

・早送り用 4 条ネジ

左右のステージを素早く移動させるために 4 条ネジを利用した。(図 9)

外径 8 mmの標準的なネジ (M8 ネジ) は、外周に刻まれる溝は 1 本のみで隣同士の溝間隔 (ピッチ) は 1.25 mmのため 1 回転で進む距離も 1.25 mmだが、同じ外径 8 mmの 4 条ネジは外周に 4 本の溝が平行に刻まれており隣同士の溝間隔 (ピッチ) は 1.5 mmだが 1 本の溝が 1 回転で進む距離 (リード) は 6 mmになる。(図 10)

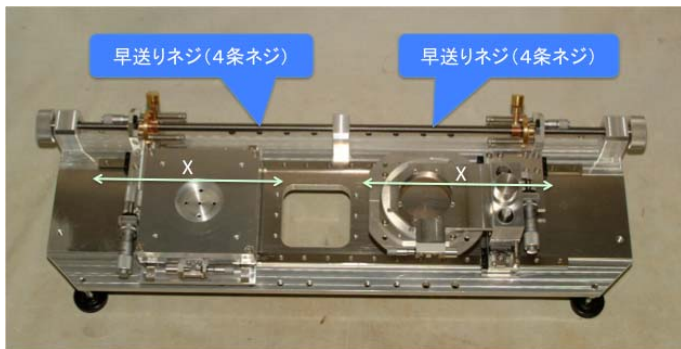
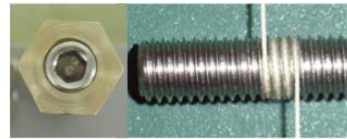


図 9 4 条ネジを利用した早送り機構

標準ネジ



4 条ネジ

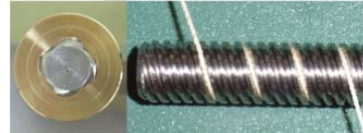


図 10 標準ネジと 4 条ネジ

・微調整用マイクロメーターヘッド

ステージの微調整には、マイクロメーターヘッドを利用した。

マイクロメーターヘッドは、内部にピッチ 0.5 mmの細目ネジを有し、つまみの外周に 50 分割した目盛を付けたもので、微細な移動や位置決めに用いられる。(図 11) X 軸では、早送り用の 4 条ネジとマイクロメーターヘッド (細目ネジ) を組み合わせることでステージの素早い移動と微調整を両立した。(図 12)



図 11 マイクロメーターヘッド (細目ネジ)



図 12 X 軸移動機構

4 薄型 X-Y ステージ

研究グループが開発中の近接場顕微鏡に組み込むための薄型ステージで、既存のアライメントを崩さないように限られたスペースへの組み込みが求められた。ステージの大きさは、幅 188 mm、奥行 206 mm、突起部を含む高さは 16 mmだが、顕微鏡に組み込むステージ本体部分は、幅、奥行とも□130 mmで、中央に□50 mm×50 mmの開口部を設け厚さを 6 mmにした。また、市販のガイドレールが利用出来ないためアリ溝機構を製作した。

設計にあたり、アリ溝と調整用のマイクロメーターヘッド、バネの高さをできるだけそろえ、ステージの中央で左右対称になるように配置することで摺動部に余計なモーメントが発生しないようにした。なお、部材の強度不足は、既存の構成部品で補った。(図 13)

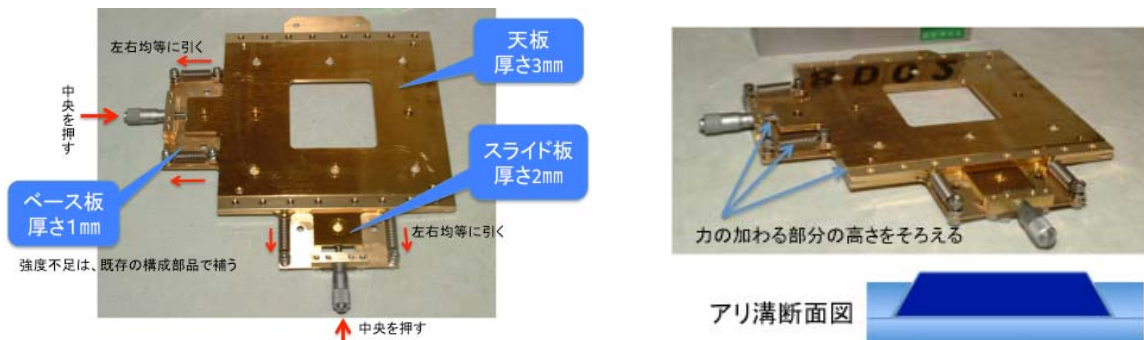


図 13 薄型 X-Y ステージ

5 おわりに

現在、7軸調整ステージは、製作依頼者の転出にともない後の改良や関連機材の製作を“施設利用”の形で継続している。薄型 X-Y ステージは、全体のシステムを再構築しながら仕様の異なる 2 台の近接場顕微鏡に用いられている。

今回は主に、2 台のステージの移動機構部品について紹介したが、設計製作にあたり注意した点を以下に示す。

- ・ 力の加わる点をできるだけ同一平面上に配置することで、安定した動作と構成部品の小型化を目指した。
- ・ 摺動部には、移動方向と平行な力のみ作用するような部品配置をし、余計なモーメントが発生しないようにした。(今回の例ではないが、超高真空内の駆動部分など、十分な潤滑が期待出来ない場所では特に重要になる。)
- ・ 後回しにされがちなバネの選定と配置位置を優先的に考えた。
- ・ 市販品を活用し製作時間の短縮と精度向上に役立てたが、設計上の制約が増え納期にも注意が必要だった。
- ・ よりコンパクトな設計とするために、カタログ寸法値や規格品の寸法値は参考程度にとらえ、組立用ねじなども含め可能な限り部品を実測して設計した。
- ・ 組立手順や使用する工具の寸法、取り回し等も考慮して設計した。

真空紫外光を使う実験の試料導入方法

堀米 利夫

分子科学研究所 技術課

1. はじめに

分子科学研究所 極端紫外光研究施設は、愛称 UVSOR と呼ばれている小型の放射光施設です。

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

2. 真空環境の必要性

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

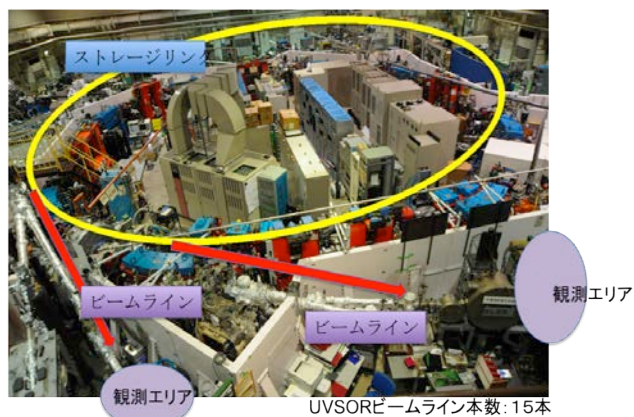


図1 UVSOR ストレージリング室

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

3. 真空紫外光を使う実験

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

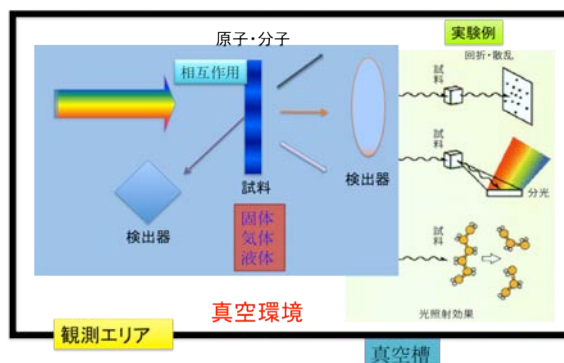


図2 真空紫外光を使う実験

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

3.1 固体試料

個体試料は、気体、液体と比べると真空中には取り扱い易い試料ですが、試料の表面に残存する（付着した）分子が問題となる場合があります。たとえば、試料を観測エリアに配置し、真空排気ポンプで排気したのみの場合、空気分子などが表面に残る。この状態で光を当てると試料との反応の前に表面の分子と反応し、正確な試料の観測ができないことが起こります。このような問題を解決する手段として様々なことが行われますが、一般的な手法として、ベーキングが行われます。ベーキングとは、温度を上げてやることです。温度を上げると表面についた分子が動きやすくなり、排気しやすくなり表面が洗浄される方法です。

他にも、放電洗浄、電子線洗浄などの洗浄方法が行われます。

このように個体の試料の場合は試料の洗浄が大変重要になります。また、大気などを嫌う実験などはサブエリアを設けて、この中で試料の加工や洗浄などを行い、観測エリアに搬送します。試料搬送には、トランスファーロッドと呼ばれる真空内を自由に移動させる腕の役目をする機器が使用されます。

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

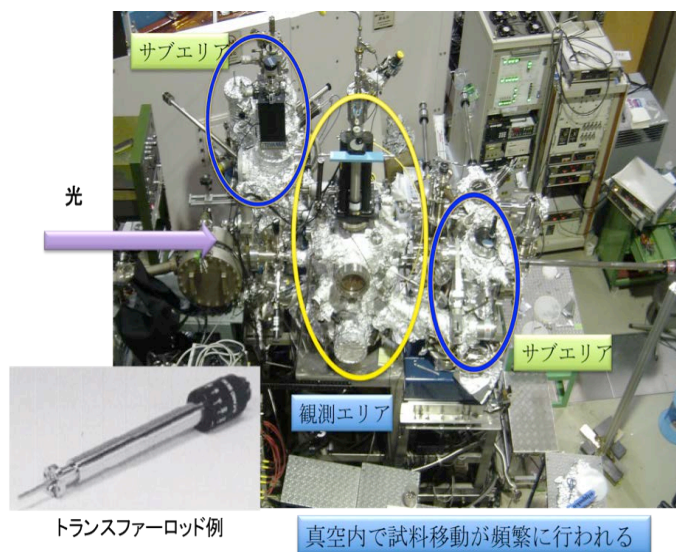


図3 固体試料の実験装置例

3.2 気体試料

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

また、噴射するガスも連続的に行うのではなく、パルス状にするなど噴射ガス量をできるだけ制限する努力が行われます。それでもビームライン側への影響は大きいので、それを抑えるために差動排気システムという手法が採られることが多々あります。

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

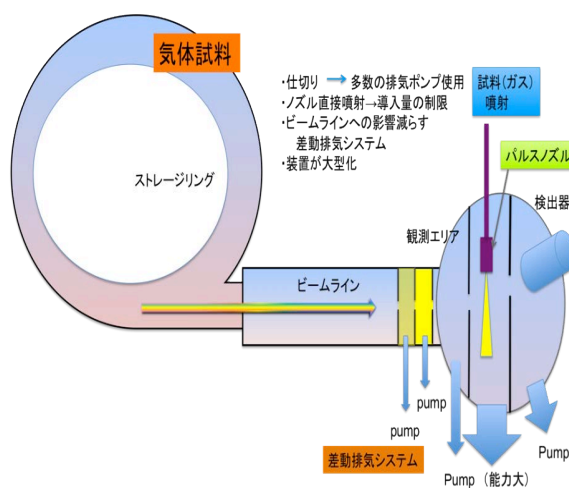


図4 気体試料観測の模式図

3.3 液体試料

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

図5にメンブレンについて、図6にUVSORで製作した透過型液体試料観測用装置の模式図と装置例をそれぞれ示します。

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

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

4.まとめ

真空紫外光は、ストレージリングで作られる人工の光(放射光)に含まれており、真空環境の中でのみ存在する光です。依って、この光を使う実験では真空維持が最も重要であり、試料の状態(固体、気体、液体)によって、真空を維持するための試料導入方法や観測装置に工夫が要求されます。

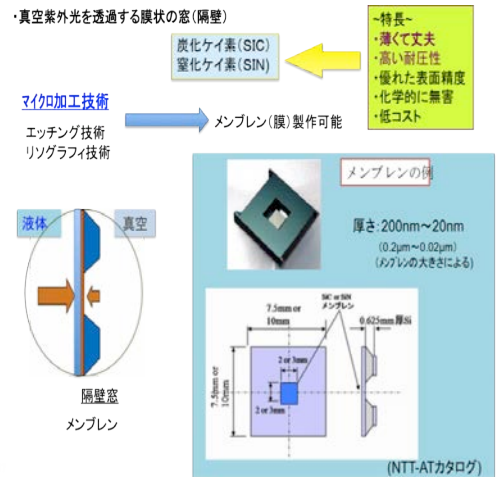


図5 メンブレンについて

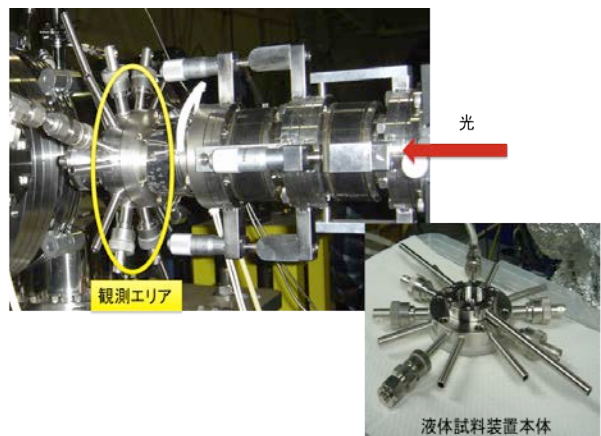
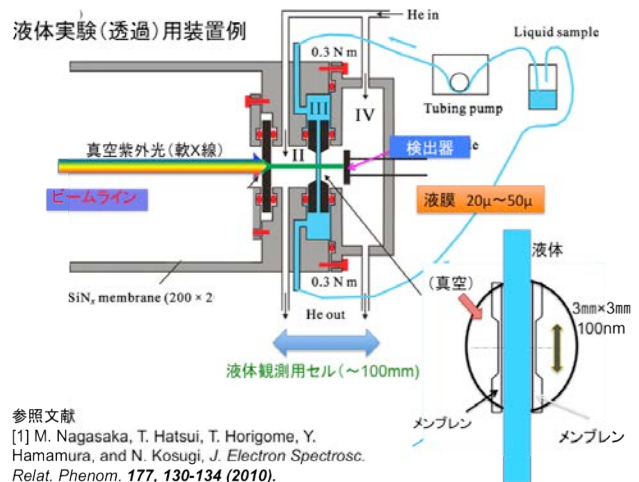


図6 透過型液体試料観測装置例

Wii Balance Board を使った重心移動計測プログラムの作成

伊藤 嘉邦

生理学研究所 技術課

1 はじめに

生理学研究所心理生理学部門では、人の精神活動の解明に関する研究を行っている。近年は、特に人のコミュニケーションの能力に関する研究を中心に行っている。この研究の中で、「人が近い距離で互いに向き合った時、体はどのように動くか？」というテーマで実験を行うことになった。

これまで部門では、人間の動作の計測・解析を行うのにモーションキャプチャ・システムを用いてきた。しかし、モーションキャプチャ・システムは、動きを捉えたい箇所に赤外線反射球を付ける必要があり、計測前には被験者ごとにキャリブレーションを取る必要がある(図1)。また、複数台の赤外線カメラを用いるため、システムを設置した部屋でしか計測できない等の制約がある。

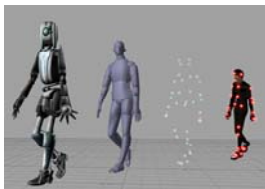
そこで、人間の動きを計測するより簡便な方法として、重心の移動を計測するシステムを重心動揺計を用いて開発することにした。なお、重心動揺計には、(株)任天堂の Balance Wii Board (以降、Wii Board と略す)を用いた(図2、図3)。

モーションキャプチャ・システム



人の動きを捉える装置として、研究室にはモーションキャプチャ・システムがある。

この装置は、複数の赤外線カメラを用いて5[msec]間隔で動きを捉えることができる。

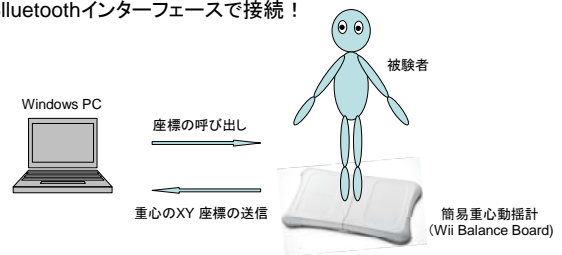


(出典: Wikipedia)

図1 モーションキャプチャ・システム概念図

Wii Balance Board を用いた実験

Bluetoothインターフェースで接続!



Windows PC の Bluetooth インターフェースで Wii Balance Board を接続し、プログラムからは WiimoteLib 関数で重心のXY座標を読み出し、記録する。

図2 Wii Balance Board を用いた実験概念図

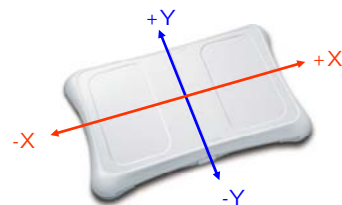
2 方法

(1) Wii Board とは

重心動揺計として用いた Wii Board は、(株)任天堂が自社の家庭用ゲーム機 Wii のために開発したヒューマン・インターフェースの一つである。図3に示すように長方形の板状をしていて、人間が上に乗って立ち、体を傾けたりすることでゲームを操作することができるようになっている。その仕組みは単純で、ボードの四隅に内蔵された圧力センサーにかかる重量の分配状況から重心の位置を求めている。

また、Wii Board と計測用の Windows PC は、Bluetooth インターフェースで接続することができ、フリーで提供されている関数ライブラリ (WiimoteLib) を用いることで、重心の XY 座標値を直接得ることができる。

Wii Balance Boardで重心の座標値を得る



ライブラリ関数を使用して重心のXY座標値を読み出す。

図3 Wii Board による重心の XY 座標値の計測

(2) プログラムの開発および動作環境

【開発および動作環境】

- ・ PC の仕様 Core i7-960 (3.2GHz)、SSD 128GB
- ・ OS Windows7 Professional (x86、32bit)
- ・ 開発環境 Microsoft Visual Studio 2010 (C#)
 WiimoteLib

【追加インターフェース】

- ・ 重心動揺計 : 任天堂 Wii Balance Board
- ・ Bluetooth : Buffalo 3.0
- ・ タイマ割り込みボード : Interface 社 PCI-6103

タイマ割り込みの使用に関して

重心のXY情報読み出しは、タイマ割り込みを使用した。

①C#のタイマ割り込みは、16[msec]ごとに割り込みが起きた。

②タイマボードは、10[msec]ごとに割り込み処理ができる。

時間	X座標	Y座標	時間	X座標	Y座標
16	0.982023	-0.27357	10	-1.204148	0.180028
32	0.951685	-0.286	20	-1.20415	0.182775
48	0.987956	-0.26943	30	-1.23636	0.180226
54	0.926147	-0.27563	40	-1.20556	0.192221
.

①C#タイマ割り込み使用時

②タイマボード割り込み使用時

図 4 タイマ割り込みの違いによる計測結果

①Wii Board のプログラム開発を行うことができるフリーのライブラリはネットワーク上にいくつか発表されている。今回のプログラムは、複数の Wii Board をサポートする WiimoteLib を使用して作成した。

なお、WiimoteLib は、C#の他に標準で Visual BASIC をサポートしている。ライブラリのソースプログラムも公開されているので、Bluetooth がサポートされていれば他の言語で使用することも可能である。

②Interface 社のタイマ割り込みボード PCI-6103 は 32bit の OS 上でしか動作しないため、OS には Windows7 Professional 版 (x86、32bit) を使用した。ボードのタイマ割り込みの使用には、ボードに付属するサンプルプログラムを参考にした。

③重心位置の計測間隔は、モーションキャプチャ・システムの計測間隔 5[msec] にできるだけ近づけることを目標とした。当初、C# 標準のタイマ割り込み関数を用いて計測を行おうとしたが、16[mec] おきにしか割り込みを行うことができなかった。そこで、Interface 社のタイマ割り込みボード PCI-6103 を使用して 10[mec] で割り込みを行うようにした (図 4)。同ボードを使用して 5[mec] で割り込みを試みたが、計測時間が安定しないため最終的に 10[mec] で使用することにした。

(3) プログラムに関して

①ファイル名入力以外は、上部に配置した操作ボタンをマウスでクリックすることで計測できるようにした (図 5)。

②1 台の計測用 PC に最大 4 台の Wii Board を接続することで、4 人の重心座標値を同時に計測することができるようにした。ボードによるタイマ割り込みにより、10[mec] ごとに 4 台の Wii Board から重心座標値を取得し、それぞれ対応する 4 つの画面内に重心の位置を赤い光点で表示する。「記録開始」ボタンをクリックすると、予め入力したファイル名にて CSV 形式でデータファイルの記録を開始する。決められた時間が経過するか「記録停止」ボタンをクリックすると記録を停止する。

③実験時の操作ミス (ボタンの押し間違い) を防ぐため、動作状況に応じて操作ボタンの有効・無効をプログラムから制御するようにした。図 5 では、上部に配置したボタンで、この状況で選択できるボタンは黒字で表示され、選択できないボタンは黒抜きで表示される様子を示している。(なお、この表示形式を有効にするには、Windows の表示モードをクラシックに設定する必要がある。)

プログラム内で操作ボタンの有効・無効を設定することにより、人為的なエラーの発生を防ぐことができた。また、結果的に操作時のエラーに関してコーディングする必要が無くなったため、プログラミングを簡単にすることができた。

④データの記録時にファイルの上書きを防ぐため、入力ファイル名のチェックと自動的にリネームを行う機能を実装した。

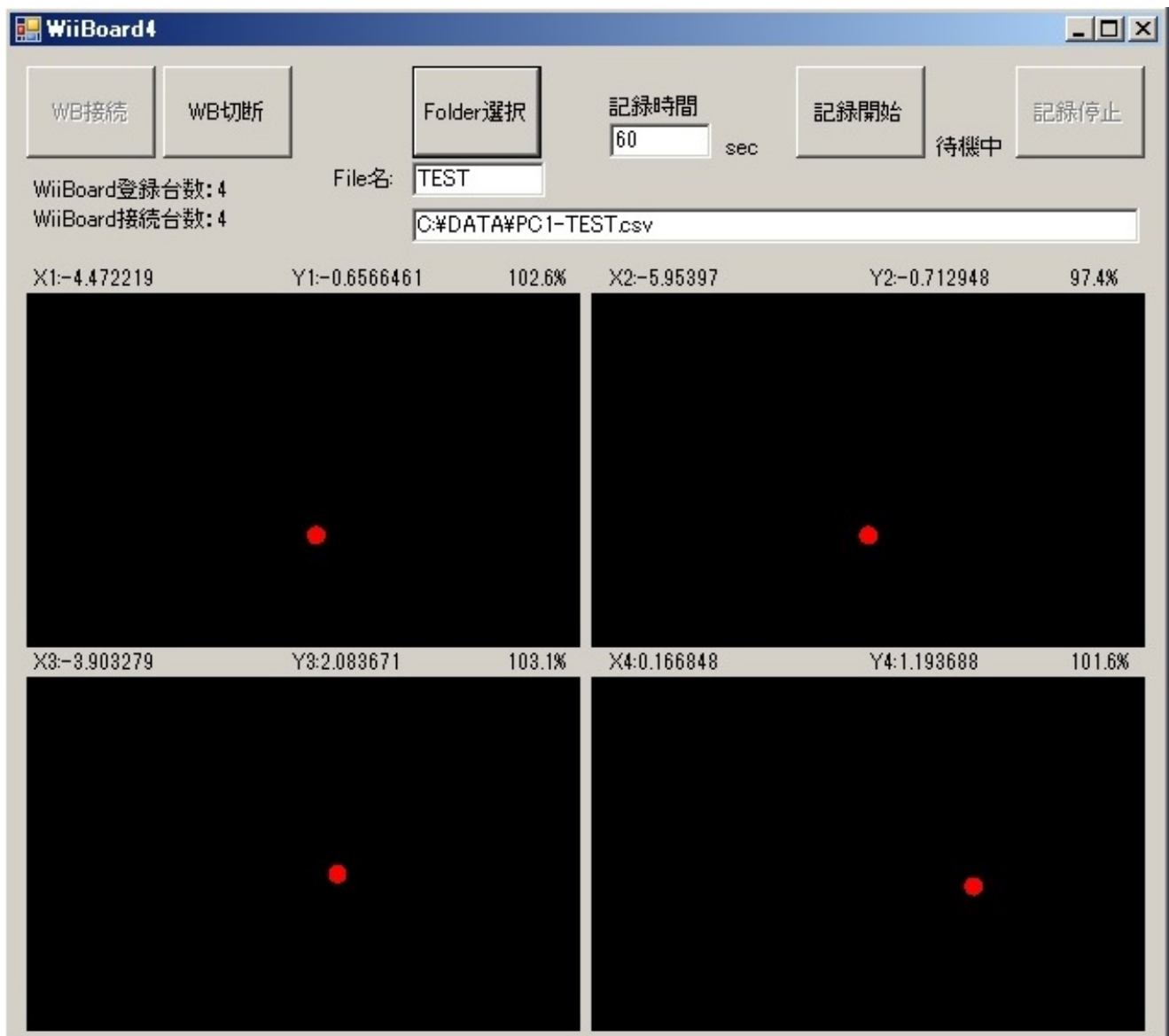


図5 プログラムの操作画面

3 結果とまとめ

①開発したプログラムは、最初にモーションキャプチャ・システムと同時に計測を行い、解析に使用できる測定データを得られることを確認した。

②PC 2 台と Wii Board 8 台を使って、同時に 8 人の重心座標値の移動を計測する実験を行った。これにより、複数の PC を用いても問題無く実験が行えることを確認することができた。

③作成したプログラムは、汎用の実験に使用することができるもので、実験のデザイン（実験内容、人の立ち位置等）を変更することで様々な実験に使用することが可能である。

④共同研究を行っている国内の大学や研究所に配布する予定で、すでに鳥取大学に同様の実験システムを 5 セットほど納入した。

⑤このプログラムによる計測とデータの解析方法に関して、特許出願の手続きを行った。

4 今後の課題

研究所以外の場所で実験を行う時に、移動や実験準備の容易さ等から、ノート PC を使いたいという要望がある。解決策としては、次の2つの方法が考えられる。

- ① C#標準タイマ関数とは、別のタイマ関数（高精度タイマ等）を使用する。
- ②ノート PC にタイマ割り込みカードを追加する。

今後、Wii Board を使用する実験が増えていくことが考えられるため、動作の検証を進め対応していきたい。

謝辞

プログラムの動作の検証とこの報告をまとめるにあたり、心理生理学研究部門の定藤規弘教授をはじめ、岡崎俊太郎研究員、小池耕彦助教、伊藤竜樹技術支援員にお世話になりました。また、プログラム開発にあたり、神奈川工科大学 情報学部 情報メディア学科 小阪研究室のホームページで公開されているサンプルプログラムを参考にしました。

ここに感謝します。

参考文献

- [1] 「WiiRemote プログラミング」2009 オーム社開発局 白井暁彦・小坂崇之・木村秀敬・くるくる研究室
- [2] 小阪研究室のURL <http://www.kosaka-lab.com/tips/>
- [3] Wiimotelib ホームページ <http://wiimotelib.codeplex.com/>

ラット大脳皮質における神経細胞の多重蛍光染色

山口 登

自然科学研究機構 生理学研究所 技術課

1. はじめに

生理学研究所大脳神経回路論研究部門では動物の高次の脳機能を司る大脳皮質前頭前野を中心に、局所神経回路網の研究を行っている。複雑な神経回路網を構成する神経細胞には興奮性神経細胞と抑制性神経細胞があり、それぞれ形態的、機能的に多種多様なタイプが存在している。それらの細胞タイプを同定する方法の一つとして、細胞に特異的に発現している化学物質（神経ペプチド、Ca結合タンパク質など）を調べる方法がある。化学物質は免疫組織化学を用いて蛍光ラベルすることで可視化でき、それを顕微鏡下で観察することで細胞タイプの判別が可能となる。また、数種の発現化学物質を同一試料上で重ねて蛍光ラベルできる多重蛍光染色を用いることで、さらに詳細な同定が可能となる。そこで、多重蛍光染色法を用いて、様々な神経細胞の同定を試みている。また、大脳皮質前頭前野は6層に分かれた層構造を作り、各層に分布する細胞ごとにその機能が異なる特徴を持っている。そこで、細胞タイプの同定とともに同定した神経細胞の各層における分布状況についても解析を試みている。今回の報告では抑制性神経細胞を例に多重蛍光染色法による神経細胞の同定法と大脳皮質内層構造の確認法について報告する。

2. 多重蛍光染色法による抑制性神経細胞の同定

抑制性神経細胞にはCa結合タンパク質や神経ペプチドなど様々な化学物質が発現している。主な発現物質としてはCa結合タンパク質ではparvalbumin (PA)、calretinin (CR)、calbindin (CB)など、神経ペプチドではsomatostatin (SOM)、neuropeptide Y (NPY)、vasoactive intestinal polypeptide (VIP)などがある。またその他の化学物質では神経細胞の細胞骨格に発現する α -actinin-2(AAc)などがある。

今回、発現物質を調べるために用いる方法は免疫組織化学を用いた多重蛍光染色法である。免疫組織化学は抗原抗体反応の特異性を利用して、抗原である目的の発現化学物質を検出する方法である。蛍光染色法は抗原に結合する抗体に蛍光色素を結合させることで、目的の化学物質を顕微鏡下で可視化できるようにする方法である。多重蛍光染色法はいくつかの化学物質を同一試料上で色別（赤、緑、青）に染め分けることにより、発現パターンを調べることができ、より詳細な同定が可能となる。

一般に用いられる蛍光染色法は間接法と呼ばれる方法であり、二つの抗体を重ねて結合させる方法である。最初の抗体を一次抗体、二番目の抗体を二次抗体と呼び、一次抗体は目的の化学物質（抗原）に特異的に結合する抗体で、二次抗体は一次抗体のホスト動物特有の免疫タンパク質に特異的に結合する抗体である。蛍光色素は二次抗体に結合されている。本報告では発現化学物質の例としてSOM、NPY、AAcをそれぞれ赤、青、緑の3色で染め分ける多重（3重）蛍光染色のプロトコルについて紹介する。

3. 多重蛍光染色のプロトコルと蛍光像

下記にSOM、NPY、AAcの多重蛍光染色のプロトコルを示す。また、このプロトコルで染色した多重蛍光染色像を図1に示す。

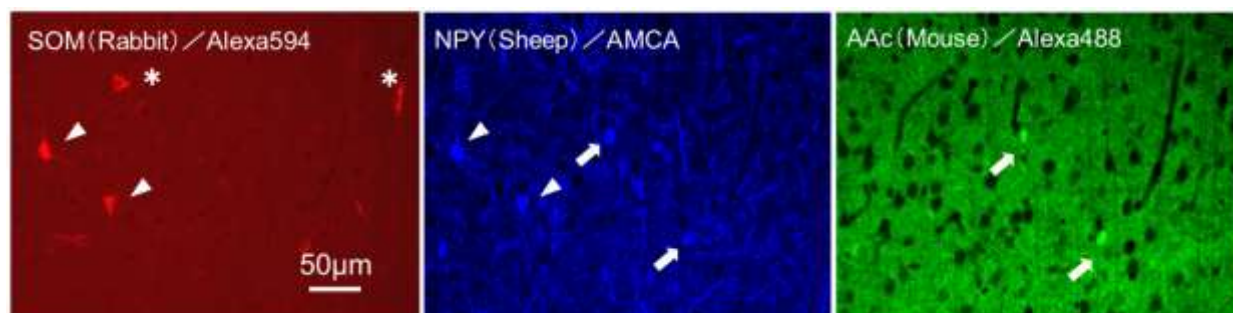


図1 SOM/NPY/AAcの多重蛍光染色像

多重蛍光染色プロトコル

動物：ラット（Wistar、8週令、♂）

固定：4% paraformaldehyde, 0.2% picric acid, 0.1% glutaraldehyde / 0.1M PB で灌流固定

薄切：クライオスタットで厚さ 8μm に薄切

染色：①0.05M TBS で wash（10分 3回）

②一次抗体（4℃、一晚）

anti- SOM(rabbit)

anti- NPY(sheep)

anti- AAc(mouse)

③0.05M TBS で wash（10分 3回）

④蛍光二次抗体（室温、2~3時間）

Alexa594（赤） anti-rabbit IgG

AMCA（青） anti-sheep IgG

Alexa488（緑） anti-mouse IgG

⑤0.05M TBS で wash（10分 3回）

⑥0.05M TB で wash（10分 1回）

⑦スライドガラス上に貼り付け・封入

⑧蛍光顕微鏡観察・写真撮影

図1の蛍光像は赤色が蛍光色素 Alexa594 でラベルした SOM、青色が蛍光色素 AMCA で蛍光ラベルした NPY、緑色が蛍光色素 Alexa488 で蛍光ラベルした AAc である。この画像から確認できる細胞タイプは矢頭で示す SOM と NPY を発現している神経細胞、*印で示す SOM のみを発現している神経細胞、そして矢印で示す NPY と AAc を発現している神経細胞の3種類となる。

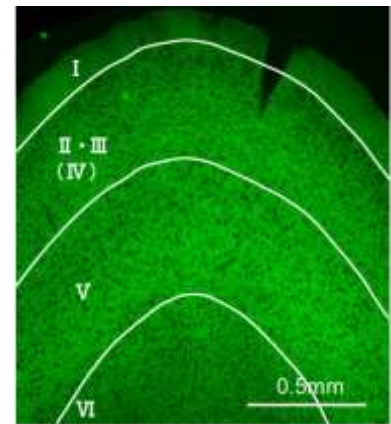


図2 AAcの蛍光像と層構造

4. 大脳皮質層構造の確認と発現細胞数の計測

層構造内の各層ごとの発現細胞の分布数を調べるためには、まず各層の境界を確認する必要がある。その目安となる情報が各層に分布する神経細胞（主に興奮性神経細胞）の細胞体の密度と大きさである。それらの判断に利用できるのが図2に示す AAc を蛍光ラベルした画像であり、緑色に染まらず黒く抜けた粒が細胞体にあたる。表層から順に細胞体がほとんどない層が I 層、比較的小きな細胞体の層が II~IV 層、細胞体が大きい層が V 層、そして一番深部で小さく細胞体の層が VI 層である。II~IV 層の違いは細胞体の密度の変化であるが、変化を定量的に判断することは困難であるため、今回の計測では II~IV 層を一つの領域とし、図2に示すとおり4層の領域に分け行っている。

図3に3章で染色した多重蛍光染色像と層構造の境界線を示す。この画像を基に、3章で同定した細胞タイプごとに各層領域における発現細胞数をカウントし、各層の特徴について解析を行っている。

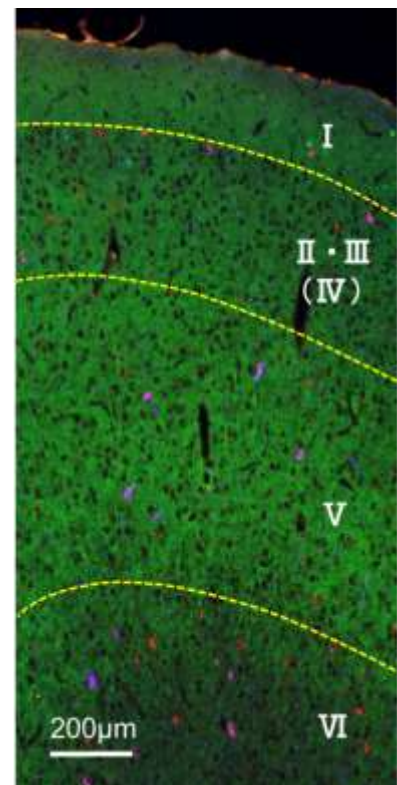


図3 多重蛍光染色像と層構造

5. まとめ

今回報告した免疫組織化学を用いた多重蛍光染色法により、神経細胞に特異的に発現する化学物質の発現パターンを確認することができ、これまでいくつかの神経細胞の同定を行うことができた。しかし、抑制性神経細胞に比べ、興奮性神経細胞の同定は進んでおらず、今後は興奮性神経細胞を中心に同定・計測を進める予定である。

謝辞

今回の実験・報告をまとめるにあたりご指導、ご助言をいただきました生理学研究所大脳神経回路論研究部門の川口泰雄教授、ならびに研究部門の方々に感謝いたします。

VGAT-Venus ラット脊髄 GABA/glycine ニューロンの組織学的定量解析

石原博美

生理学研究所 技術課

概要

神経細胞の働きを知る実験系において、記録している細胞が興奮性か抑制性の神経かを判断する事は、とても重要である。生理学研究所では、抑制性の神経を容易に識別する目的で、抑制性神経に特異的に蛍光物質を発現する VGAT-Venus ラットが飼育されている。VGAT-Venus ラットは、群馬大学の柳川先生により作出されたトランスジェニックラットである。VGAT (小房型 GABA トランスポーター) は、抑制性神経の伝達物質である GABA をシナプス小胞内に取り込むタンパク質であり、抑制性神経にのみ発現する。従って、その遺伝子のプロモーター下に蛍光タンパク質である Venus の遺伝子を組み込むと、Venus 分子が抑制性の GABA ニューロンに特異的に発現し、抑制性神経細胞の識別が可能となる。しかし、トランスジェニック動物は組み込んだ遺伝子が在来遺伝子のどこに組み込まれるか、また、どれぐらいの割合で組み込まれるかは、作出した系統により異なる。その為、導入する遺伝子が実際に目的の細胞に組み込まれたかを確認する必要がある。VGAT-Venus ラットの大脳皮質では、Venus 発現細胞が抑制性の神経である事がすでに確認されているが(Uematsu ら 2008)、脊髄では不明である。そこで、VGAT-Venus ラット脊髄の Venus 発現細胞が抑制性の神経であるかどうか、検証を行ったので報告する。

1 VGAT-Venus ラット脊髄における Venus 分子の発現の確認

VGAT-Venus ラット脊髄で Venus 分子が発現しているかを確認するため、4% PFA で固定した VGAT-Venus ラットの脊髄を 50 μ m で薄切し、蛍光顕微鏡で観察した。その結果、脊髄に Venus 分子を発現する細胞が観察された(図 1)。Venus 分子を発現する細胞は、脊髄後角の第 II—III 層に分布し、この分布は抑制性の神経の分布とよく一致した。

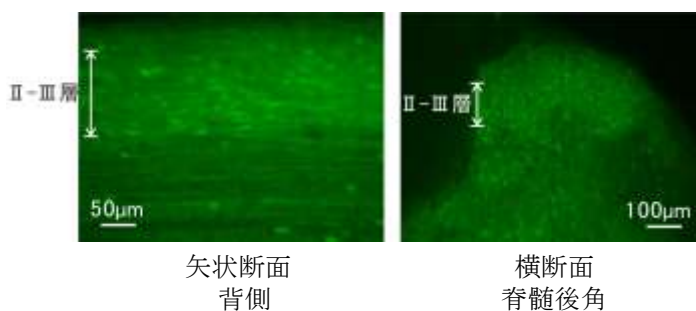


図 1. VGAT-Venus ラット脊髄における Venus 分子の発現

2 蛍光抗体法による二重染色

今回、抑制性の神経の伝達物質である GABA を発現する細胞と、蛍光タンパク質の Venus を発現する細胞の局在を明らかにする為、抗体の特異性を利用して組織を染め分ける、蛍光抗体法による二重染色を行った(図 2)。

まず、組織切片中に発現するタンパク質 (GABA や Venus) に対する抗体を一次抗体として組織切片に反応させ、抗原に抗体を結合さ

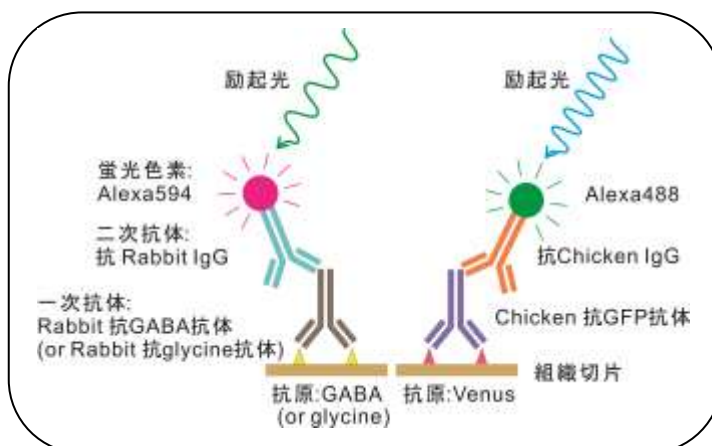


図 2. 蛍光抗体法による二重染色の原理

せる。GABA の検出には一次抗体に Rabbit 由来の抗 GABA 抗体を使用した。一方、蛍光タンパク質 Venus は、Venus が GFP に変異を導入して作製されたものなので、一次抗体に Chicken 由来の抗 GFP 抗体を用いた。次に、二次抗体は、一次抗体の作製に使用された動物種に対する抗体、GABA 抗体には抗 Rabbit 抗体、Venus 抗体には抗 Chicken 抗体を用いた。二次抗体は一次抗体に結合し、二次抗体には予め蛍光物質が結合している。二次抗体の蛍光物質の色がそれぞれ異なるものを使用すると、発現する 2 つのタンパク質を分けて検出できる。今回、Venus の検出には、青色の励起光で緑色の蛍光を出す Alexa488 を用い、GABA の検出には、緑色の励起光で赤色の蛍光を出す Alexa594 を用いた。

3 VGAT-Venus ラット脊髄後角における GABA と Venus の蛍光二重染色

染色した組織切片は、蛍光顕微鏡で観察し、CCD カメラ オリンパス DP71 で撮影を行った。蛍光画像は画像ソフト ImageJ を用いて 8bit に変換後、画像を合成し、GABA のみ、Venus のみ、あるいは両方のタンパク質が発現する細胞をカウントした (図 3)。

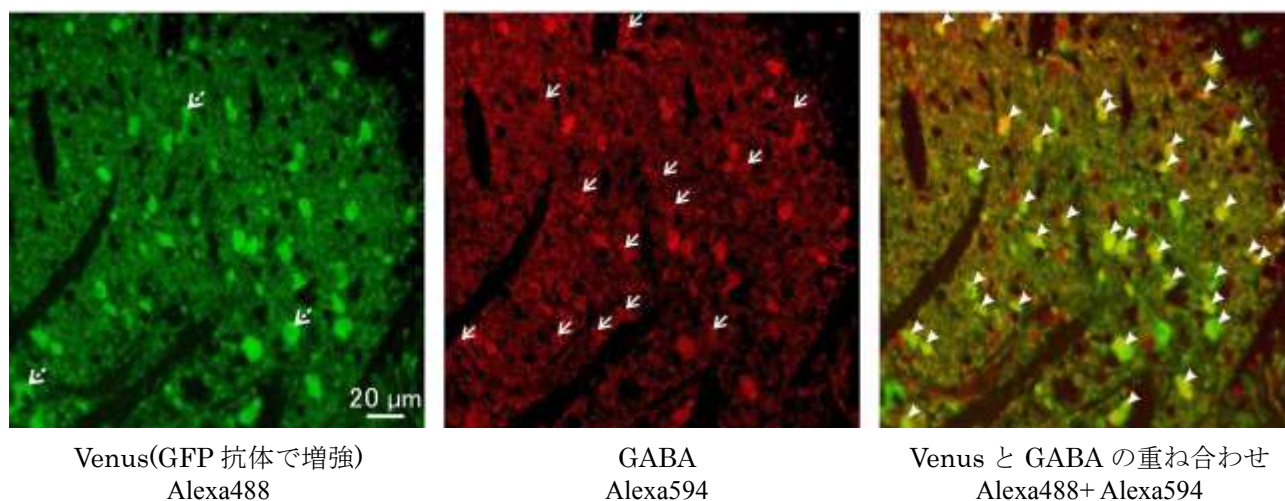


図 3. VGAT-Venus ラット脊髄後角における GABA と Venus の蛍光二重染色

破線矢印 (左側写真) : Venus のみを発現している細胞
 実線矢印 (中央写真) : GABA のみを発現している細胞
 矢頭 (右側写真) : Venus と GABA を共に発現している細胞

今回、動物を 5 匹使用し、1 匹当たり比較的染色の良い 3-4 枚の切片を任意に選んで脊髄後角を撮影し、それぞれの蛍光で標識された細胞をカウントした。合計 1597 個の細胞をカウントし、GABA および Venus が発現する細胞を識別したところ、脊髄後角において、GABA を発現している細胞中、Venus を発現している細胞の割合 (Venus/GABA) は $82.3\% \pm 7.0\%$ 、逆に Venus を発現している細胞中、GABA を発現している細胞の割合 (GABA/Venus) は $94.1\% \pm 4.1\%$ であった。Uematsu らの報告では、大脳皮質の GABA 発現細胞中の Venus 発現細胞の割合は $97.6 \pm 2.8\%$ 、Venus 発現細胞中の GABA 発現細胞の割合は $98.7 \pm 1.8\%$ である。VGAT-Venus ラット脊髄後角では、GABA 発現細胞中の Venus 発現細胞の割合が 82.3% 、Venus 発現細胞中の GABA 発現細胞の割合が 94.1% と大脳皮質に比べて多少低い、Venus の分布と GABA の分布は脊髄後角においても充分一致していると言える。

4 VGAT-Venus ラット脊髄後角における glycine と Venus の蛍光二重染色

次に、脊髄のもう1種の抑制性の神経、glycine を伝達物質として発現する細胞についても同様の染色を行い、発現細胞のカウントを行った(図4)。glycine の検出には一次抗体に Rabbit 由来の抗 glycine 抗体を使用した。

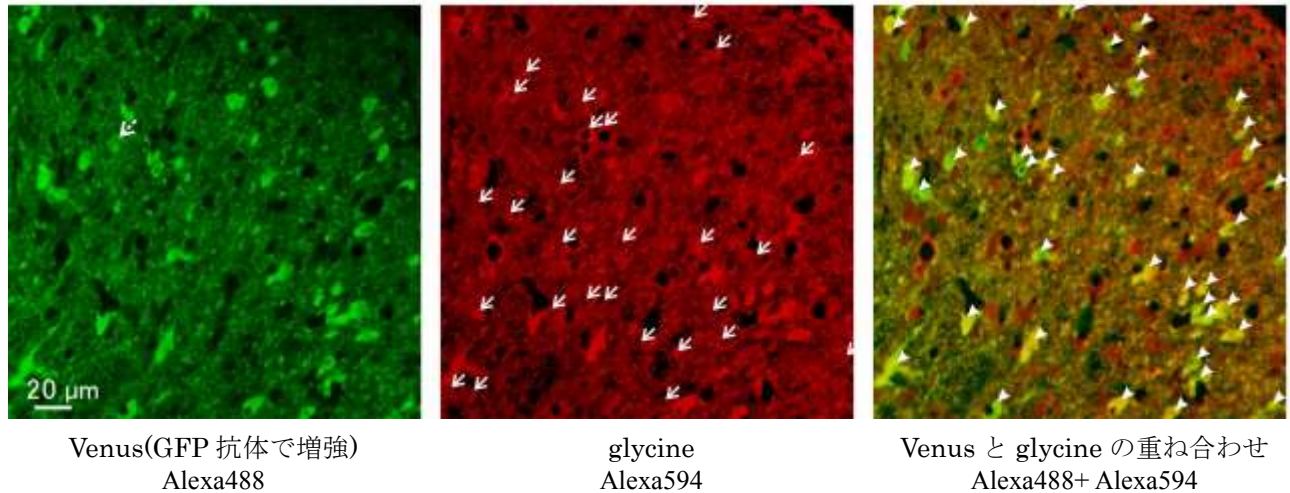


図4. VGAT-Venus ラット脊髄後角における glycine と Venus の蛍光二重染色

破線矢印(左側写真): Venus のみを発現している細胞
実線矢印(中央写真): glycine のみを発現している細胞
矢頭(右側写真): Venus と glycine を共に発現している細胞

glycine についても動物を5匹使用し、1匹当たり比較的染色の良い3-4枚の切片の脊髄後角を撮影し、細胞のカウントを行った。合計1906細胞をカウントし、glycine および Venus が発現する細胞を識別したところ、脊髄後角において、glycine 発現細胞中、Venus 発現細胞の割合(Venus/glycine)は $61.6\% \pm 10.4\%$ 、Venus 発現細胞中、glycine 発現細胞の割合(glycine/Venus)は $93.8\% \pm 3.0\%$ であった。

5 まとめ

今回の実験から、VGAT-Venus ラットの脊髄後角において、Venus 発現細胞の約94%が抑制性の神経細胞である事を確認した。従って、VGAT-Venus ラットを用いた実験で、Venus の蛍光を発する細胞から記録を行えば、そのほとんどすべての細胞が抑制性の神経であると知ることができる。今回得られた脊髄からの基礎的データは、今後神経の機能を明らかにする生理学的研究の発展に大いに貢献出来るものと考えている。

謝辞

本研究を行うにあたり、実験のご指導を行って頂きました生理学研究所 神経シグナル研究部門 井本敬二教授、古江秀昌准教授、VGAT-Venus ラットの提供や染色に関してご指導を賜りました生理学研究所 大脳神経回路論研究部門 川口泰雄教授、山口登技術職員に深く感謝します。

参考文献

Uematsu M, et al. Quantitative chemical composition of cortical GABAergic neurons revealed in transgenic Venus-expressing rats. *Cerebral Cortex* 18:315-330(2008)

帯電防止位相板を作製するためのいくつかの試み

小原正裕

生理学研究所技術課 電子顕微鏡室

1 はじめに

位相差電子顕微鏡法は、軽元素 (C, N, O) からなる生物試料の無染色観察に対しては圧倒的なコントラストであるが、これに使用する炭素薄膜位相板は長い間帯電問題を抱えている。位相板に帯電が起きると像がぼけて十分な解像度が得られないばかりか、正常な標本の形状が観察できないなどの問題が生ずる。

この帯電の原因として、ゴミの付着、炭素薄膜と支持基板との接触問題、炭素薄膜自体の状態などが考えられ、その対処方法がいろいろ取られてきた。

今回は、これまで行われてきた具体的な位相板の帯電問題解決方法と、現在行っている位相板の作製方法について報告する。

2 位相板の帯電原因と解決方法

位相板は、図1に示すように直径2 mm、厚さ20 μm のモリブデン製グリッドに、直径100 μm の穴を200 μm 間隔で5×5個の計25個あけた特注品で、そこに吸収の少ない炭素薄膜を張り、100 μm それぞれの穴の中央に300~700 nmの穴をあけたものである。この25個のうち四隅は穴径のテスト用として使用するため、実際に位相板として使用できるのは残りの21個となる。

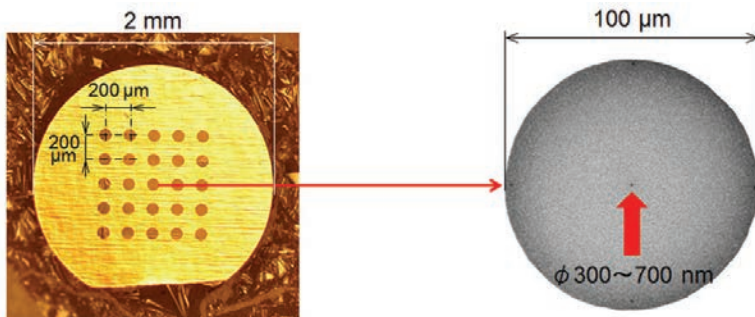


図1 位相板用グリッド

位相板の帯電問題の原因として現在までに考えられているのは、前述のように (1) 付着ゴミ (2) 炭素薄膜-支持基板接触不良 (3) 炭素薄膜自体の導電性問題 の3つである。以下にそれぞれの原因に対する具体的な解決策を記す。

(1) 付着ゴミ

位相板の製作過程で炭素薄膜 (以下、コア膜) に付着するゴミで、おもに有機物、無機塩、酸化物などが考えられる。当初はコア膜だけで位相板としていたので、 $\pi/2$ ラジアン位相をずらすために膜厚は24 nm前後と厚めであった。その後両面に炭素蒸着 (ラッピング) を施して付着ゴミを封じ込めることで帯電防止を行う (帯電シールド 2005年解決法) が、最終的な膜厚を24~28 nmとするために、コア膜の厚さは10 nm程度としている (図2)。

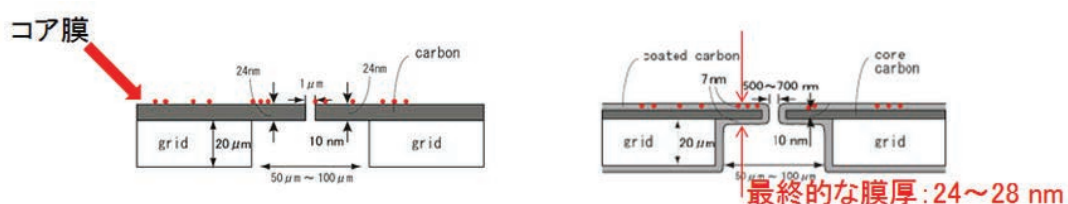
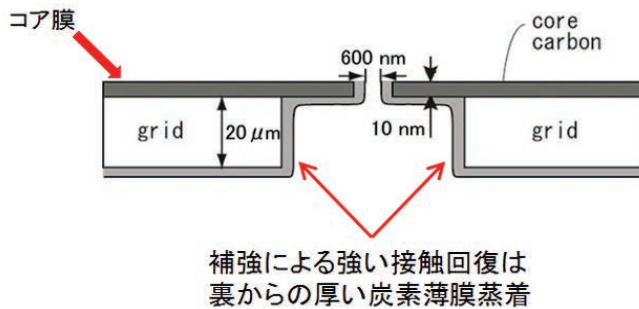


図2 炭素薄膜両面ラッピングにより帯電シールド (2005年)

(2) 炭素薄膜-支持基板接触不良

炭素薄膜の両面ラッピングにより一時は帯電問題が解決したかに思われたが、何度も位相板を作製する中でやはり帯電問題は完全には払拭できていないことがわかった。その原因は、コア膜である炭素薄膜と基板のモリブデングリッド間の接触が悪いために、コア膜上の電荷が速やかにグラウンドに逃げないのではないかと考えた。そこで、コア膜の厚さはそのまま（10 nm 前後）に、両面ラッピングを一時取りやめて裏面だけに厚めに炭素蒸着を行うことで、炭素蒸着による強い接触回復を試みた（図3）。



ここまで説明した両面ラッピングや裏打ち蒸着膜を行うためには、真空蒸着装置にローテータという回転装置を本体とベルジャーの間に装着し（図4左）、その回転部に専用のグリッドホルダーに入れたグリッドを約 20° 傾けて装填し、毎秒約 1 回転程度で回転させながら通常通りの真空蒸着を行う。

図3 基板と炭素薄膜間の接触不良は厚い裏打ち蒸着膜で解決(2011年)

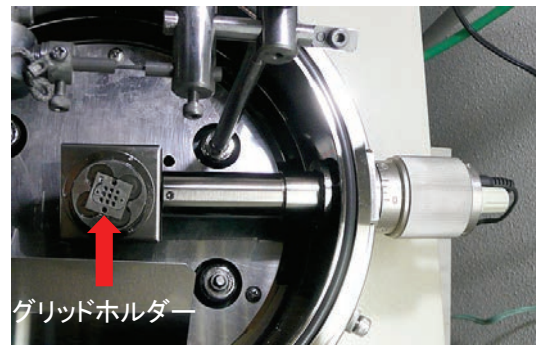


図4 ローテータを装着した真空蒸着装置(左)とその回転部に装填したグリッドホルダー(右)

(3) 炭素薄膜自体の導電性問題

位相板の帯電問題は、炭素薄膜の両面ラッピング、或いは炭素薄膜と基板間の接触不良問題を厚い裏打ち蒸着膜を施すことで解決したと思われたが、依然として帯電問題は残った。そこで次に考えたことは、炭素薄膜自体の導電性に問題があるのではないかとということであった。その解決策として、コア膜を真空蒸着する際にマイカ板自体を加熱することにした。これは、炭素薄膜の有機物による汚れ防止と、加熱によりマイカ板に落下する炭素粒子が電気的に安定した状態で堆積するのではないかと考えたからである。

今回は簡易的に、安価で手に入りやすい 500 °C まで加熱可能なセラミックヒーターを3枚並べ、アルミ板で上下から挟んだ加熱装置を作製した(図5)。実際の加熱温度は、装置の安全性を考慮して 400 °C とした。

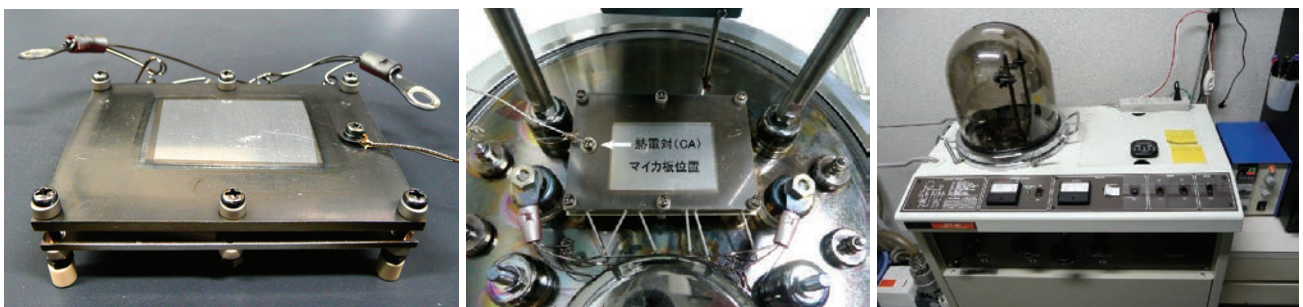


図5 マイカ板加熱装置(左)、真空蒸着装置内に設置(中)、加熱用電源と真空蒸着装置全体(右)

3 炭素薄膜位相板作製手順の概略

ここまで、帯電防止位相板を作製するための問題点と解決策を見てきたが、図6にこれまで行ってきた通常の炭素薄膜位相板の作製手順の概略を記す。

今回検討した帯電の解決方法は、図中最後のラッピングの段階で両面炭素薄膜蒸着を行うか裏面に厚い裏打ち蒸着膜を作製するかという工程と、最初から2番目の炭素薄膜形成時に 400 °Cに加熱しながら炭素蒸着を行う工程である。

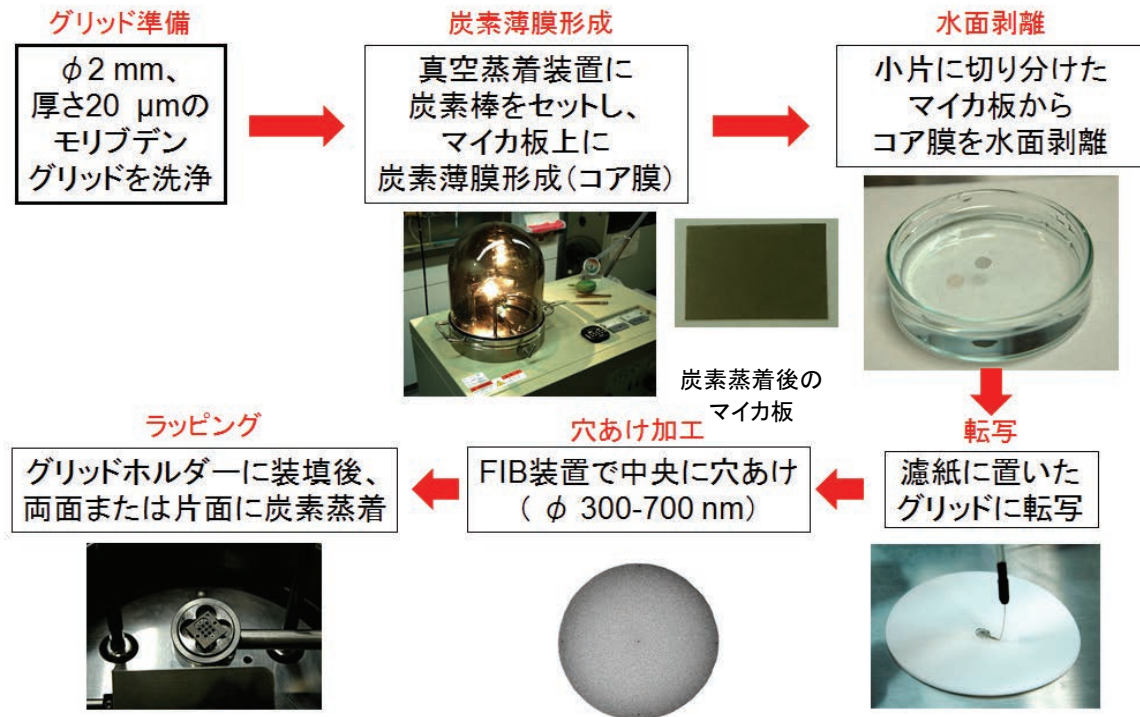


図6 炭素薄膜位相板の作製手順概略

4 まとめ

今回示した位相板の帯電原因と解決方法では、項目 2「帯電の原因と解決方法」中の (1) と (2) は十分効果があると思われた。しかし (3) の炭素薄膜自体の状態は、炭素薄膜を 400 °C加熱で形成すれば有機物などの付着を防ぐとともに、炭素がマイカ基板上で安定した状態で堆積することで導電性が改善されると考えたが、加熱蒸着による炭素薄膜は作製に時間を要するばかりでなく、位相板としての性能もこれまでと比べ殆ど改善が見られなかった。

現在は、図7の作製詳細図に示すように、常温蒸着した炭素薄膜を両面炭素蒸着(コーティング)したグリッドにコア膜を転写後穴あけし、最後に両面炭素蒸着(ラッピング)するという方法で位相板を作製している。いずれにしても、位相板の作製はいかにゴミが少ない環境で一連の作業を行うかということが重要である。

図8は以上の方法で作製した位相板の性能評価図である。評価は、炭素薄膜のフーリエ変換像の Thon Ring から判定する方法で行った。

図左は良好な位相板で、Thon Ring が円形で低い空間周波数の特性が位相板によって改善され(中心部分が 2 nm リングあたりまで白く見える)、高い空間周波数では約 0.75 nm まで分解能が維持されている。

一方、右は汚れている位相板の例で、帯電のために Thon Ring が楕円形に歪み、低い空間周波数の特性も良くない(中心部の一部分のみ白い)ことがわかる。

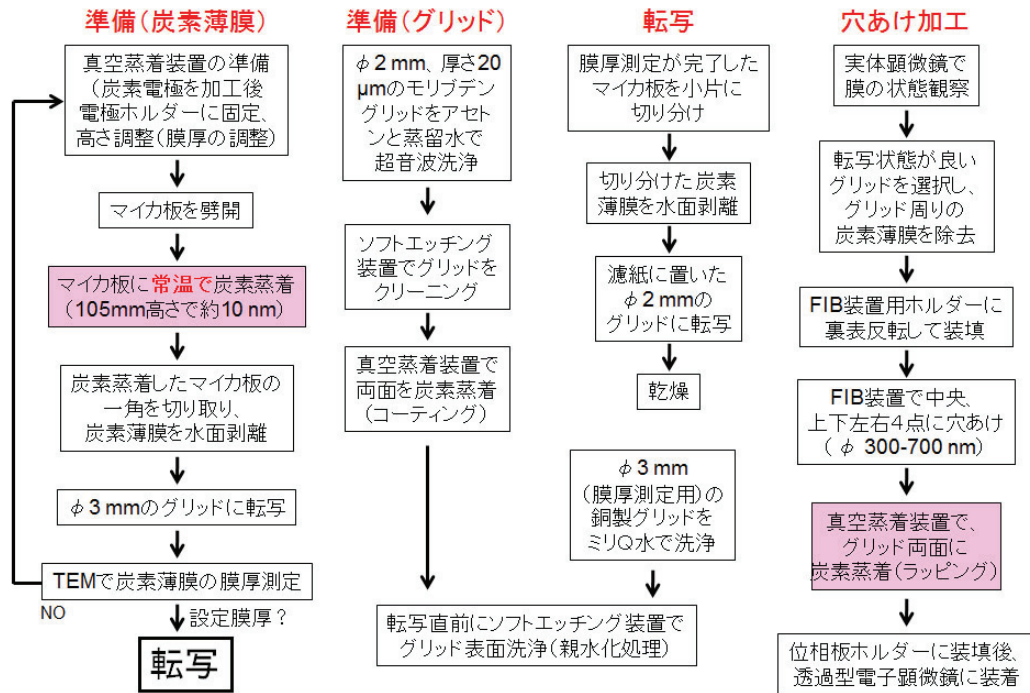


図7 現在の炭素薄膜位相板の作製手順の詳細

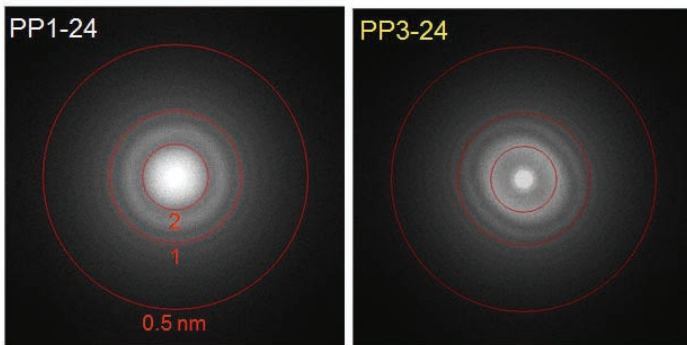


図8 炭素薄膜位相板の Thon ring

図9は、イネ萎縮ウイルス(RDV)の電顕像である。通常のデフォーカス位相コントラスト像と比べ、帯電がない良好な位相板で撮影したゼルニケ位相コントラスト像は、RDVの構造をはっきり観察することができる。

今後は、このような無帯電位相板を安定して作製できる技術の確立と環境整備が課題である。

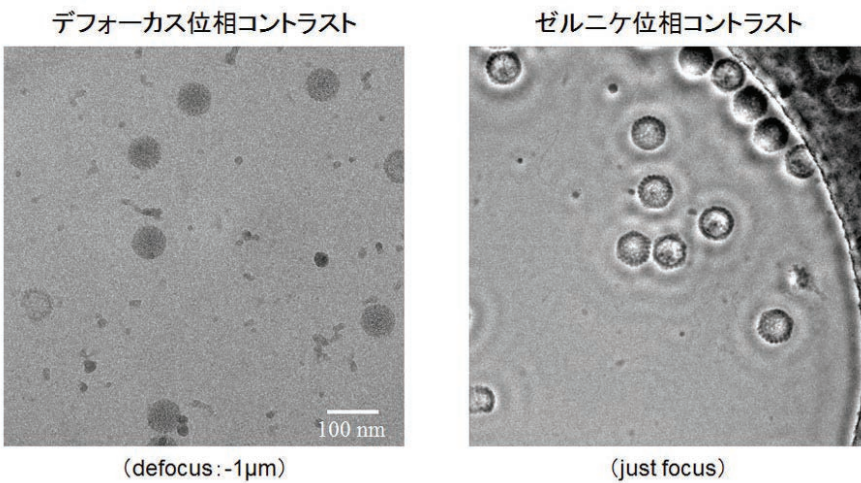


図9 デフォーカス位相コントラスト像(左)とゼルニケ位相コントラスト像(右)の比較
試料: イネ萎縮ウイルス (RDV)

謝辞

位相板作製と評価に関し多くのご助言をいただきました 永山國昭特任教授、形態情報解析室 村田和義准教授、宮崎直幸研究員、テラベース(株) 伊藤俊幸氏、斉藤善平氏に感謝いたします。

第8回自然科学研究機構技術研究会参加者名簿

国立天文台

伊藤哲也	岡野芳則	谷口能之
片山真人	山中孝弥	森内貞智
小矢野久	豊田朋範	岡田光司
和田拓也	上田正	伊藤康彦
佐藤克久	鈴木光一	西村輝樹
長山省吾	水谷文保	加藤眞治
岡田則夫	澤昌孝	加藤ひろみ
	永田正明	土伏悌之

基礎生物学研究所

牧野由美子	生理学研究所	安井孝治
水口洋子	伊藤嘉邦	長原一樹
西出浩世	石原博美	鈴木直之
水谷健	小原正裕	古田紘己
古川和彦	山口登	村瀬尊則
小林弘子	大河原浩	伊藤哲
三輪朋樹	市川修	水野嘉識
大澤園子	佐藤茂基	近藤友紀
田中幸子	伊藤竜樹	佐藤守
壁谷幸子	山本友美	渋谷真之
竹内靖		岡田宏太
諸岡直樹	核融合科学研究所	小嶋護
内海秀子	飯間理史	関口温朗
近藤真紀	馬場智澄	大砂真樹

分子科学研究所

長屋貴量	米津宏昭	横田光弘
吉田久史	林浩己	中村洋斗
水谷伸雄	小林策治	大場恒揮
堀米利夫	浅野英児	鷹見重幸
青山正樹	三宅均	井上知幸
	林浩	中村修

第8回自然科学機構技術研究会 プログラム

(会期:平成25年6月6日～7日 会場:核融合科学研究所 管理棟4階第1会議室)

6月6日(木) 12:30～

12:30～ 受付

13:00～13:10 **開会の挨拶** 小森所長、飯間技術部長

13:10～14:00 **特別講演**

「核融合研究の最前線 - ヘリカルが切り拓く未来のエネルギー」 竹入主幹

14:00～14:30 **写真撮影・休憩**

14:30～ 研究所技術セッション 基礎生物学研究所 (司会:小林弘子)

- | | |
|---|--------|
| 1. レーザーマイクロダイセクションを用いたエンドウヒゲナガアブラムシの卵巣小管由来の組織回収 | 牧野 由美子 |
| 2. 遺伝子改変マウス生殖細胞を用いた突然変異頻度定量法の紹介と実際 | 水口 洋子 |
| 3. jQuery プラグインを用いた Web 画像拡大・縮小・ガイド表示機能の作成 | 西出 浩世 |
| 4. プレゼンテーションにおける視覚表現に関する研修のアンケートについて | 水谷 健 |

16:00～16:10 休憩

16:10～ 研究所技術セッション 国立天文台 (司会:佐藤克久)

- | | |
|----------------------------|-------|
| 1. 野辺山宇宙電波観測所の技術系職員の業務について | 和田 拓也 |
| 2. ALMA 受信機の開発と量産 | 伊藤 哲也 |
| 3. 社会に役立つ暦計算室 | 片山 真人 |
| 4. エジプトコッタミア天文台支援 | 小矢野 久 |

17:40～17:45 移動

17:45～19:00 **懇親会 (土岐っ子)**

6月7日(金) 9:30～

9:30～ 研究所技術セッション 核融合科学研究所 (司会:小林策治)

- | | |
|---------------------------|-------|
| 1. 曲面ミラーの製作 | 岡田 光司 |
| 2. プラズマ電子加熱技術の紹介 | 伊藤 哲 |
| 3. LHD 計測データストレージシステムの構築 | 小嶋 護 |
| 4. 冷却水棟改修工事と運転監視モニターツール作成 | 土伏 悌之 |
| 5. 核融合科学研究所の危険物管理 | 横田 光弘 |

11:00～11:10 休憩

11:10～ 研究所技術セッション 分子科学研究所 (司会:鈴木光一)

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

12:40～13:40 昼食

13:40～ 研究所技術セッション 生理学研究所 (司会:市川修)

- | | |
|--|-------|
| 1. 技術課の概要 | 大河原 浩 |
| 2. Wii Board を使った重心移動計測プログラムの作成 | 伊藤 嘉邦 |
| 3. ラット大脳皮質における神経細胞の多重蛍光染色 | 山口 登 |
| 4. VGAT-Venusラット脊髄GABA/glycineニューロンの組織学的定量解析 | 石原 博美 |
| 5. 帯電防止位相板を作製するためのいくつかの試み | 小原 正裕 |

15:10～15:20 図書館棟1階AV室へ移動

15:20～16:20 **見学 中央制御室、本体室、液化機室**

16:20 解散

編集後記

第8回自然科学研究機構技術研究会は核融合科学研究所キャンパスで6月6、7日の2日間にわたり開催されました。開催期間中は、天候にも恵まれ、皆様の協力により無事、研究会を開催することができました。特別講演においては、竹入康彦実験統括主幹による「核融合研究の最前線—ヘリカルが切り拓く未来のエネルギー」の題目でとても分かり易く講演していただきました。核融合研以外の参加者からは、核融合科学研究所における核融合の研究内容を初めて理解できたという方が多くとても好評でした。この場を借りてお礼申し上げます。

機構技術研究会の報告内容は、他研究所にとって難解な言葉があり内容を理解し難いとの意見がありましたが、研究会の開催回数（8回）を重ねるにつれそれも理解できるようなプレゼンテーションが多くなりました。さらにプレゼンテーション技術においても年々向上しているように思われました。各人の仕事内容を分かりやすい表現で説明することで、技術や研究内容を理解してもらおうとする意識があるものだと思います。研究会の趣旨でもあるように、各研究所の技術職員の技術・業務について相互の理解が深まり、技術職員の間での技術交流ができたと思います。

本研究会の開催と報告書の出版にあたり、ご協力いただきました各研究機関の世話人の方々、及び発表者の皆様には深く感謝いたします。また岡崎の3研究所におかれましては、岡崎よりバス移動での多くの参加ありがとうございました。

（世話人 代表 林浩己）

第8回自然科学研究機構技術研究会 世話人名簿

浅野英児	核融合科学研究所
林 浩己	核融合科学研究所
小矢野久	国立天文台
青山正樹	分子科学研究所
三輪朋樹	基礎生物学研究所研
市川 修	生理学研究研