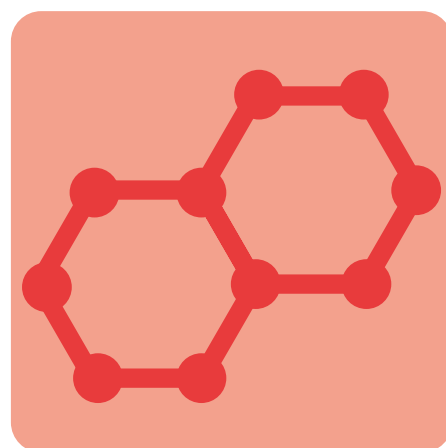
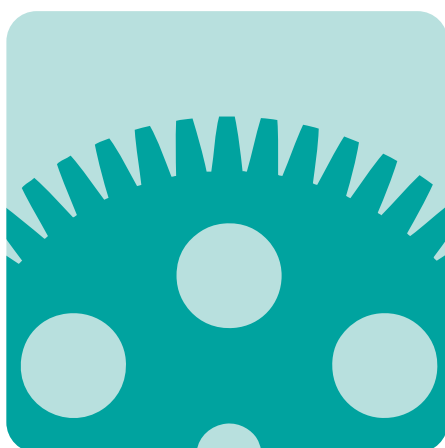
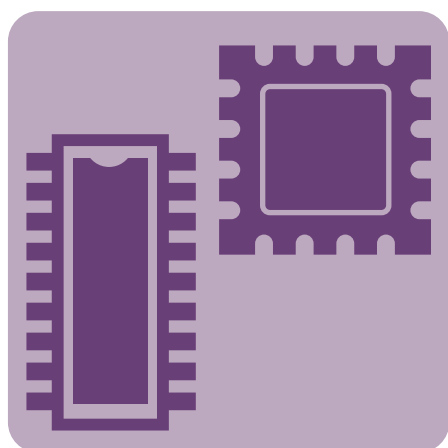


Annual Report 2017



Equipment Development Center

【ミッション】

「研究者にとって一番身近な技術者集団となる」

【ビジョン】

・学ぶ ・挑戦 ・貢献 ・リーダーシップ

【バリュー】

- ・ 自然科学に興味を持ち、科学的考え方と発想を身につけ、分子科学研究所の発展につながる次世代技術に挑戦します。
- ・ 研究機器の設計製作および関連する技術分野において、室員一人ひとりが主体的な心構えを持ち高度な技術力を身につけます。
- ・ 研究者と協働する意識を持ちディスカッションを重ね、要望に近づく装置づくりを目指し、所内の先駆的な研究を支援します。
- ・ 所外の大学・研究機関からの設計製作依頼に応え、自然科学研究に関する技術ネットワークを拡充し、分子科学研究に役立つ技術ノウハウを集約するハブとしての役割を担います。

「愚者は経験から学び、賢者は歴史から学ぶ」という言葉がありますが、我々はともすると自分の経験した一回の失敗にこだわりすぎて本来踏み込むべき場面で「また失敗するかも」という恐怖に打ち勝てないことがあります。しかし、科学者の皆さんであればご存じのように、失敗というのは「こうするとうまくいかない」という情報をもたらしてくれるものであって、このような失敗なしには成功にたどり着くことができません。また最近の人工知能では、ディープラーニングと言われるパターン学習が重要ですが、ここで読み込ませるパターンとして、やはり「きちんとした失敗」のデータが欠かせないと言われています。ただし、失敗は失敗でも、準備が手抜きだったり、失敗した後に何が悪かったのかを考えなかったりすると、せっかくの失敗は無意味となり、同じ失敗をまた繰り返すことになるでしょう。ですから新しいことを始める際には「賢く失敗する」ということが何よりも欠かせないことになります。

装置開発室ではこれまでにリソグラフィ、3D プリンタ、シミュレーションといった新しい技術にチャレンジしてきました。当初はそんなことやって意味あるの？という向きもあったように聞いていますが、途中で色々な失敗を重ねつつも、今では立派な支援業務の柱に育ちつつあります。少なくとも新しいことを始める気概や勇気を失った組織は、いずれつぶれる、というのは歴史の教えるところでもあるでしょう。装置開発室では、これまでの技術を継承しつつも、失敗を恐れず、しかし賢くチャレンジを続けて行きたいと思っています。

昨年はメンバーの動きがだいぶありました。3月には長年回路班を支えて下さった吉田さんが定年退職されました。7月には特任専門員の小杉さんが民間企業に移って行かれました。8月には JAXA に出向されていた青山さんが戻ってこられました。12月には、3D プリンタを立ち上げてくれた中野さんが退職されました。そして、10月には装置開発室と技術課を長年支え続けて下さった鈴木さんが天文台に異動されました。今年も、新たに特任専門員の採用などを予定しています。昨今の好景気と少子化で、益々人材確保が課題となりつつありますが、何とか人も技術も充実させて行きたいと思っています。

2018年1月

山本浩史

目次

構成スタッフ	1
イベント in 2017	2
セクション報告	6
主要設備	9
研究会発表一覧	10
利用者報告	11
申請課題一覧	18
技術報告	19
トピックス	32
特集	34
分子科学研究所技術討論会	
ワイヤ放電加工機の更新	
2017 年 製作品	37
2017 年 工作依頼リスト	43
特別編 退職にあたって	47



(後列左から) 小杉優太、水谷伸雄、豊田朋範、近藤聖彦、田中隆、吉田久史
(前列左から) 浦野宏子、高田紀子、山本浩史、木村幸代、中野路子、澤田俊広

装置開発室長（併任）			
	山本浩史	YAMAMOTO, Hiroshi	協奏分子システム研究センター 教授
技術職員			
機械グループ	青山正樹	AOYAMA, Masaki	技術班長（※ 2017 年 7 月出向満了）
	水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長
	近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	係長
	高田紀子	TAKADA, Noriko	
	中野路子	NAKANO, Michiko	
電子回路グループ	吉田久史	YOSHIDA, Hisashi	技術班長（※ 2017 年 3 月まで）
	豊田朋範	TOYODA, Tomonori	主任
特任専門員			
	木村幸代	KIMURA, Sachiyo	
	小杉優太	KOSUGI, Yuta	（※ 2017 年 7 月まで）
技術支援員			
	田中隆	TANAKA, Takashi	
	澤田俊広	SAWADA, Toshihiro	
	吉田久史	YOSHIDA, Hisashi	（※ 2017 年 4 月より）
事務支援員	浦野宏子	URANO, Hiroko	

イベント in 2017

1月

10日
～27日 技術課研修（木村、小杉）

2月

15日 分子科学研究所技術討論会（岡崎コンファレンスセンター）（吉田、豊田）
（記事 34 ページ参照）

16日 第28回生物学技術研究会
～17日 （岡崎コンファレンスセンター）（高田、中野）（写真1）

20日 段差計オペレーショントレーニング

27日 出張（JAXA）（近藤）
～3月2日

27日 出張（JAXA）（小杉）
～3月3日

3月

8日 総合技術研究会 2017 東京大学（東京大学本郷キャンパス）
～10日 （水谷、近藤、豊田、高田、木村、小杉）（写真2,3,4）



写真1：多数の参加者で賑わう会場

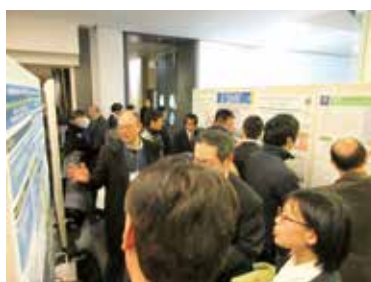


写真2：ポスターを前に参加者に説明する豊田氏 写真3：成果や課題を発表する木村氏 写真4：スライドを使って熱心に発表する小杉氏

16日 第12回情報技術研究会（九州工業大学飯塚キャンパス）（豊田）（写真5）
～17日 **（記事 32 ページ参照）**

22日 出張（JAXA）（豊田、高田、中野）（写真6）



写真5：自作の教材を手に熱弁する豊田氏



写真6：ロケットの実物大模型と並んで

31日 吉田久史氏 定年退職・再雇用

4月

17日
～21日 ワイヤ放電加工機研修(ROBOCUT 基本)
(ファナック(株)トレーニングセンター)(小杉)

5月

15日
～18日 2017 5th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D integration
(東京大学本郷キャンパス)(近藤) **(記事 32 ページ参照)**

6月

7日
～8日 回路工作講習会(豊田、吉田)(写真 7,8)

14日 中学校職場体験(岡崎市立竜海中学校 2名)(豊田、吉田)(写真 9)



写真7: 回路技術全般に関する講義の様子



写真8: 回路工作実習の様子



写真9: テキストを読みながらんだ付けに取り組む中学生

14日 OpenCAE トレーニング **(記事 32 ページ参照)**

23日 日本ものづくりワールド第28回設計製造ソリューション展(東京)(中野)

7月

7日 出張(東京大学本郷キャンパス)(近藤、高田)

13日
～14日 第12回自然科学研究機構技術研究会(岡崎コンファレンスセンター)
(青山、水谷、近藤、高田、中野、木村、小杉、豊田、吉田)(写真 10,11)



写真10: 聴講者からの質問に答える高田氏



写真11: パネルディスカッションに臨む近藤氏(左から2人目)と豊田氏(左端)

イベント in 2017

18 日 出張（（株）エリオニクス）（高田）

31 日 青山正樹氏 JAXA 出向満了（記事 33 ページ参照）

31 日 小杉優太氏 退職

8 月

3 日 出張（東京大学生産技術研究所）（青山）

25 日 出張（岩手大学）（豊田）

9 月

6 日 出張（オーエスジー（株））（青山、水谷、近藤、高田、木村、田中、澤田）（記事 33 ページ参照）

13 日
～ 15 日 受入研修（岩手大学 千葉氏、藤崎氏、古舘氏
九州工業大学 修行氏）（豊田）（写真 12）
（記事 33 ページ参照）

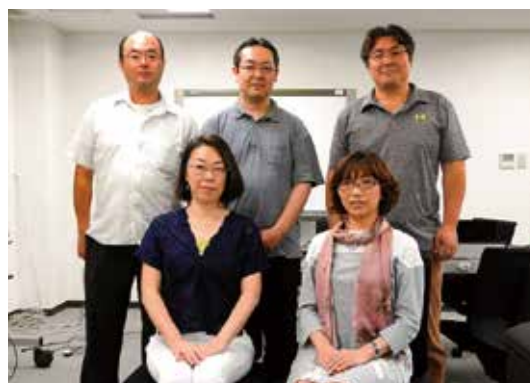


写真 12：集中開発と討議の合間に全員で記念撮影

10 月

8 日 出張（東京工業大学）（近藤、高田）

12 日
～ 13 日 出張（JAXA）（青山、木村）

27 日 出張（岩手大学）（豊田）

30 日～
11 月 2 日 受入研修（東京大学物性研究所 伊藤氏）（豊田）
（写真 13）

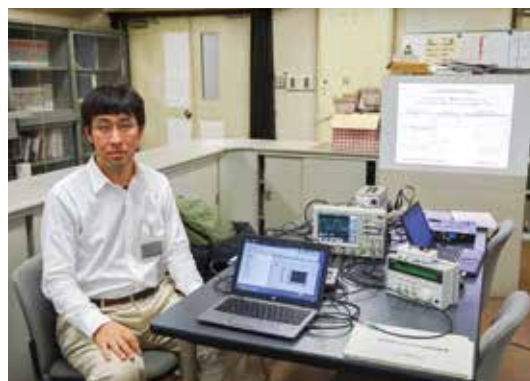


写真 13：測定器に囲まれて記念撮影に臨む伊藤氏

11月

10 日 出張（中部 CAE 懇話会）（木村）

15 日 中学校職場体験（岡崎市立北中学校 2 名）（豊田、吉田）（写真 14）



写真 14：真剣な表情で配線の導通チェックをする中学生

17 日 出張（岩手大学）（豊田）

22 日 装置開発室運営委員会

27 日～
12 月 1 日 受入研修（名古屋大学 西村氏）（中野）

28 日 出張（（有）セルコトロン）（青山、近藤、木村、吉田）

12月

3 日 出張（大阪大学産業科学研究所）（豊田）

メカトロニクス・セクション報告

近藤 聖彦

メカトロニクス・セクションは、主に機械加工・設計技術、フォトソグラフィ技術、デジタルエンジニアリング技術を有する技術職員の集団である。これらの技術を利用して、分子科学研究に必要とされる実験機器の設計製作、マイクロレベルの微細形状を有するデバイス製作、設計過程で必要となる構造、磁場などに関する解析をおこなっている。さらに、このような技術支援は所内研究者に対してだけでなく、全国の大学および分子科学分野を中心とした研究機関の研究者も対象としている。また、近年はミッションステートメントを制定し、ミッションを達成できる技術者集団を目指して活動をおこなっている。

1. 製作依頼件数

平成 29 年 1 月～12 月の所内製作依頼は 247 件で、過去 5 年ほぼ同件数であった。依頼内容については、1 週間以内で完了する部品加工が 7 割程度、設計製作、試作など開発要素が含まれ、完了までに 2 週間以上必要な依頼が 3 割程度であった。

機器開発技術班が分子研で培ってきた技術（真空技術、光学技術、低温技術など）を有効に活用でき、さらに技術職員の技術向上をはかるため、これらの技術を所外の研究機関、大学にも利用していただくことができる制度がある。これは、ナノテクノロジープラットフォームにおける協力研究から申請が可能である。ただし、所内と所外の依頼件数の比重を考慮することが重要となり、事前に製作内容を確認し技術向上も考慮した上で、引き受けている。表 1 に示すように、所外の技術支援は 17 件であった。その内、完成までに 3 週間以上要する依頼が 7 件であった。このようなエフォートが大きくなる依頼については、今までの設計製作の経験に加え、試作テストなどをおこない、製作を進めている。

表 1 の民間企業については、ナノテクノロジープラットフォームから申請できる 3 次元光学プロファイラーシステムの利用件数 4 とタンパク質の 3D 造形の依頼件数 1 を合わせた件数である。所内においても、この装置は、高精度に表面性状を測定できることから利用が多くなっている。使用を希望する場合は事前の予約を推奨する。

表 1 2017 年所外依頼の申請機関と件数

機関名	件数
名古屋大学	5
東邦大学	2
東京工業大学	1
理化学研究所	1
奈良先端科学技術大学院大学	1
統合バイオサイエンスセンター	1
基礎生物学研究所	1
民間企業	5
合計	17

2. 製作依頼内容

・機械加工・設計

依頼者から提供される部品図をもとにして設計製図をおこなった後に加工する依頼内容は、レーザ、真空に関する実験部品、スキマー、サンプルホルダー、水冷ベース、アスペクト比の大きい細穴加工、テーパ形状をしたコイルなど、多品種であった。図 1 に繰り返し依頼を受けたレーザ結晶ホルダーを示す。このような部品加工については、納期と依頼件数の状況を考慮しながら内作と外作を振り分けている。

開発要素を含み部品を組み合わせて製作する依頼内容は、図 2 に示すような超高真空内で使用するスリット開閉機構、接合装置に使用するサンプルホルダー、希釈冷凍機に使用するアダプタなど、真空、接合、低温に関する高度な技術を必要とする設計依頼が多かった。

その他に、液体窒素容器、放射光施設で使用するサンプルホルダー、真空容器内のサンプル交換に必要なサンプルバンク、蒸着ホルダーなどの依頼があった。全般に制限された空間内で装置を組み込む設計が多く、設計の自由度も制限されるために多くの時間を必要とした。

・フォトソグラフィ

第 28 回生物学技術研究会に招待され口頭発表をおこなった。会場に設置された展示ブースにおいては、製作品についての紹介をおこない、他機関の多くの技術職員に興味を持っていただくことができた。

依頼内容は、これまでと同様、金属薄膜による電極やスリット構造のパターニング、PDMS やガラスへの溝および流路構造の製作が多かった。



図 1：レーザ結晶ホルダー



図 2：超高真空用スリット機構

新規としては、図 3 に示すようなグレースケール露光を用いた断面形状が半円状のパターン製作、小型 2 源 RF スパッタ装置を用いて、Au、Nb に加え、Ti、ITO、SiO₂、NbN の成膜があった。ITO についてはシート抵抗と透過率を測定、NbN は SQUID を用いて超伝導転移温度を確認、さらに成膜中熱処理をおこなうことで超伝導転移することを確認した。

パターン製作に限らず、液体を導入するためのコネクタを付帯したデバイス作製の依頼にも取り組んでいる。このような依頼については、所内でガラス板に穴を加工し、コネクタを接着し製作をおこなっている。このように、コネクタを付けた付加価値の高いデバイス製作についてのノウハウも蓄積している段階である。

所内外からの様々な依頼に対応するには、接着剤の選定、接合技術について、特に技術蓄積を行うことが課題であると考えます。そこで、ガラスの接合技術を習得するため、東京大学の北森 G と共同研究契約を締結し技術向上を目指す予定である。

- ・デジタルエンジニアリング

今年度は、コイル設計をするために磁場解析が必要となり、Femtet と呼ばれているソフトを導入した。Femtet で解析した結果が実験結果にどの程度一致するかについて検証をおこなうため、図 4 に示すような鉄心に角形状の電磁コイル 2 個を設置したモデルを製作し、実験検証をおこなった。図 5 にこのモデルを磁場解析した結果を示す。この結果は、モデルを使用して磁束密度を測定した結果と同程度の値になることがわかった。

また、コイル設計以外の設計に必要となる構造、熱解析については、Ansys と呼ばれているソフトを使用している。このソフトを使用して基礎的な解析をおこなうことができるようになった。しかし、複雑な解析をおこなう場合は、習熟に時間が必要となり、迅速な対応が難しい状況である。

そこで、色々な解析分野のエキスパートから情報を得ることにより、少しでも所内の要望に応えられる解析手法のヒントを得ることを目的とし、解析技術に関するネットワーク構築と情報収集をおこなっている。

3. 展望

先に記述したように、所内外からの依頼を受けて活動しているが、技術支援に対するニーズも多岐にわたるようになってきており、3次元金属造形並びに電子ビーム露光などについても装置開発室で取り組むべき技術として検討を始めている。将来は、さらに多様化する研究内容の製作ニーズに応えること、設計製作に限らず、技術コンサルタントをプラスした総合的なエンジニアリングセンターに発展をすることが理想であると考え。

4. その他

＜口頭発表＞

- (1) 第28回生物学技術研究会 口頭発表 (高田、中野)
(2) 総合技術研究会 2017 東京大学 口頭発表 (木村、小杉)

＜研修・トレーニング＞

- | | |
|----------------------|---------|
| (1) 技術課研修 (図 6) | (木村、小杉) |
| (2) 段差計オペレーショントレーニング | (高田、中野) |
| (3) ワイヤ放電加工機研修 | (小杉) |
| (4) OpenCAE トレーニング | (近藤、木村) |

＜受け入れ研修＞

- (1)名古屋大学 西村氏 (中野)

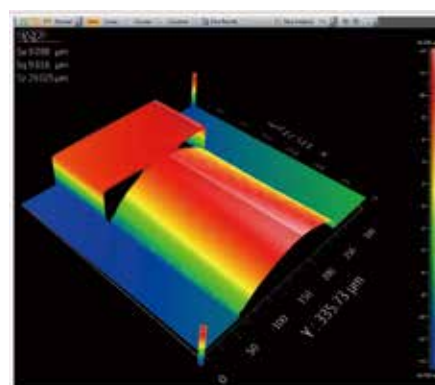


図3：グレー露光で製作した流路形状
パターンの一部分



図 4：磁場解析モデル

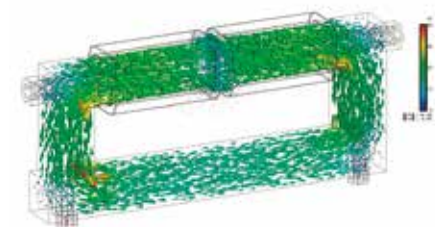


図 5：磁場解析結果



図 6：技術課研修の様子

エレクトロニクス・セクション報告

豊田 朋範

1. 概要

エレクトロニクス・セクションでは、所内外からの工作依頼を受け、研究者と協力しながら分子科学の先端的な研究に必要な実験装置の設計・製作を行っている。

製作する電子回路はアナログ回路からデジタル回路およびそれらの複合回路まで、ソフトウェアはハードウェアに付随したハンドラープログラムから実験に必要な計測・制御のためのアプリケーションに至るまで、広範な回路技術で支援を行っている。

研究者の要求に応えるために、技術職員は日頃から基盤となる回路技術の育成と共に最新デバイスや新しい回路技術の情報収集に心掛け、それらをいつでも応用できるように技術の習得に努めている。特に「エレクトロニクス技術の3本の柱」(以下「3本の柱」)として、FPGAに代表されるプログラマブルロジックデバイス(PLD)の製作技術、機器組み込み用マイコンの応用技術、並びにアナログ回路製作技術に重点を置いて取り組んでいる。(図1)

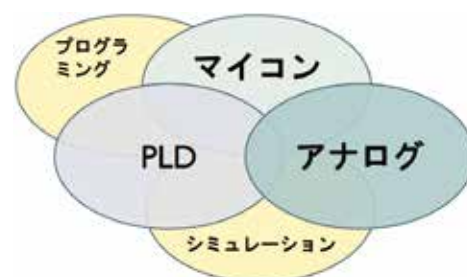


図1: エレクトロニクス技術の3本の柱

2. 工作依頼件数の推移と状況

図2は2004年からの工作依頼件数の推移である。2017年は43件の受付を行った。全体として、近年は人員の減少に対して工作依頼件数は高水準の傾向が続いている。

内訳は、回路やプリント基板の設計・製作を伴うものが31件(72.1%)、故障・破損した機器の修理など突発的なものが12件(27.9%)である。近年の工作依頼は複合的な技術要素を要するものが殆どで、技術分野を明確に区分することは難しいため、このように分類した。

依頼元を所内と所外で分類すると、所内が33件(76.7%)、所外が10件(23.3%)である。他大学における工作技術支援が衰退する中、装置開発室の工作技術支援はエレクトロニクス・セクションにおいても一定の存在感を得ていると思われる。

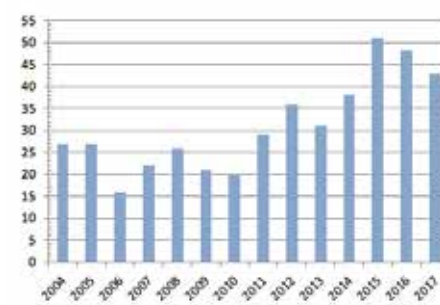


図2: エレクトロニクス・セクションの工作依頼件数の推移

3. その他の活動

岩手大学技術部と共同で昨年出願した特許の優先権主張を行った。また、岩手大学技術部と共同開発した機器について、メーカーとも共同開発に向けた緊密な打ち合わせを行った。これらについては本誌トピックスを参照いただきたい。(P.33)

6月7日、8日には、電子回路工作に関する講習会を開催した。本年は2日間で計6名の受講者を受け入れた。6月7日の講習の受講者は全員外国人であったため、昨年に引き続き午前の講義において英語版のスライドを使用したのに加え、午後の実習の説明や質問対応も基本的に英語で行った。今後は講義も英語で行えるようにしたい。また、6月14日並びに11月15日には、アウトリーチ活動としてそれぞれ中学生2名の職場体験を行った。

4. エレクトロニクス・セクションの今後

卓越した技術と広範な知識で長年にわたりエレクトロニクス・セクションを牽引してこられた吉田久史・電子機器開発技術班班長が、本年3月31日付で定年退職された。吉田氏には引き続き再雇用職員として勤務いただき、工作依頼業務や講習会などで強力な支援をいただいている。一方、2018年4月より待望の新任職員採用が見込まれている。エレクトロニクス・セクションは、大きな変化の時期を迎えつつある。

新任職員の育成にあたっては、高度化・複雑化が著しいエレクトロニクス分野において、最先端の研究現場に対応できる技術力をつけてもらうため、図1の「3本の柱」を基にした座学と実践を両立するカリキュラムの編成を行っている。また、大学共同利用機関の職員としてエレクトロニクスのみならず大学の現状や課題、ひいては技術職員のあり方を俯瞰できる視野を培ってもらうため、岩手大学をはじめとする他大学での研修などを構想している。無論、在籍中の職員は引き続き技術と知識の取得・研鑽・向上に努めていく所存である。

新任職員の育成カリキュラムの編成と合わせて、電子回路工作に関する講習会と職場体験で使用する教材の更新や新規導入を検討している。このうち、マイコンの教材として開発したFMラジオ受信機キットは、第12回情報技術研究会の演習テーマに採択され、好評を得た(P.32参照)。この成果と反省をフィードバックして、所内の教材としても活用する準備を進めている。

メカトロニクス・セクション

工作機械

種別	形式
精密旋盤	RBL-50 (理研製鋼)
普通旋盤	LR-55A (ワシノ機械)
	LEOG-80A (ワシノ機械)
	LS 450 × 550 (大隅鐵工所)
	TAL-460 (滝澤鉄工所)
NC 旋盤	SUPER QUICK TURN 100MY (Mazak)
タッピングボール盤	BT13RL (日立工機)
フリーボール盤	DMB (帝人製機)
ボール盤	TYPE DD-4300 (日立工機)
	KID-420 (KIRA)
	NRD-340 (KIRA)
フライス盤	KSAP (牧野フライス)
	VHR-SD (静岡鐵工所)
	RUM-5 (碌々産業)
NC フライス盤	BN5-85A6 (牧野フライス)
	SBV400 (遠州工業)
	AEV-74 (牧野フライス)
ワイヤ放電加工機	α-C400iB (FANUC)
形彫放電加工機	A35R (Sodick)
切断機	ファインカット HS-100 (平和テクニカ)
抵抗溶接機	NRW-100A (日本アビオニクス)
ノコ盤	HB-200 (フナソー)
コンターマシン	VA-400 (AMADA)
シャーリング	SHS3 (コマツ産機)
ダイヤモンドソー	VW-55 型 (LUXO)
カッティングマシン	UT-3 (三和ダイヤモンド工業)

測定機

種別	形式
電子顕微鏡	VE-8800 (KEYENCE)
双眼実体顕微鏡	EMZ-5TRD (メイジテクノ)
測定顕微鏡	STM6 (オリンパス)
マイクロスコープ	VHX-1000 (KEYENCE)
非接触三次元測定装置	NH- 3SP (三鷹光器)
表面粗さ計	SURFTTEST SV-400 (ミツトヨ)
万能投影機	V-24B (ニコン)
硬さ試験機 (ロックウェル)	RH-3N (東京試験機)
走査型プローブ顕微鏡 (SPM)	SPA3800N/SPA-400 (日立ハイテクサイエンス)
三次元光学プロファイラー	ZYGO Nexview
段差計	KLA-Tencor P7

設計・解析

種別	形式
2D CAD	Advance CAD (伊藤忠テクノソリューションズ)
3D CAD	SolidWorks (ソリッドワークス)
CAM	ナスカプロ・ワイヤー (ゴードーソリューション)
CAE	ANSYS DesignSpace (アンシス・ジャパン)

フォトリソグラフィ

種別	形式
スピナー	MS-A100 (ミカサ)
マスクアライナー	MA-10 (ミカサ)
プラズマクリーナー	PDC-32G (HARRICK PLASMA)
精密手動スクライバー	SC-100 (ムサシノ電子)
超純水製造装置	アリウムプロ UV-DI (ザルトリウス)
マスクレス露光装置	DL-1000IMS (ナノシステムソリューションズ)
クリーン恒温恒湿室	イエロー クラス 1000 (アイテックス)
小型 2 源 RF スパッタ装置	デボダウン式 RSP-4-RF3x2 (クライオバック)

エレクトロニクス・セクション

計測器

種別	形式
デジタル オシロスコープ	6200A(LeCroy)
	354(LeCroy)
	TDS3014B(Tektronix)
	TDS2014(Tektronix)
	DS-5354(IWATSU)
ミックスドシグナル オシロスコープ	MSO2024(Tektronix)
ロジックアナライザ	TLA5201(Tektronix)
ネットワーク / スペクトラム / インピーダンス アナライザ	4396B(Agilent)
データロガー	GL900(GRAPHTEC)
マルチメータ	2001(Keithley)

計測器

種別	形式
エレクトロメータ	6513(Keithley)
LCR メータ	ZM2353(NF)
ユニバーサルカウンタ	53132A(Agilent)
ファンクション ジェネレータ	AFG3251(Tektronix)
パルスジェネレータ	Model8600 (Tabor Electronics Ltd.)
直流電源・電流モニタ	6243(ADCMT)

加工機

種別	形式
プリント基板加工機	A427(Accurate CNC)

2017 年 研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
分子科学研究所技術討論会 2017年2月15日	ディジタル回路とFPGA 事始 (口頭発表) 高速ディレイゲート回路の開発におけるケーススタディ (口頭発表)	○豊田朋範 ○豊田朋範
第39回生理学技術研究会・ 第28回生物学技術研究会 2017年2月16日～17日	リソグラフィによる微細加工支援の紹介 (口頭発表) 3D プリンタで作る分子模型 (口頭発表)	○高田紀子 ○中野路子
総合技術研究会2017東京大学 2017年3月8日～10日	緊急地震速報を用いた防災システムの開発 —市販 LED 照明へのフラッシュ機能挿入装置— (ポスター発表) 緊急地震速報を用いた防災システムの開発 (口頭発表) 緊急地震速報を用いた防災システムの開発 —TV 自動制御装置— (ポスター発表) 測定器の違いによる金属薄膜の厚さ測定検証 (口頭発表) NC フライス盤の機械精度と加工面粗さの評価 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通 ○千葉寿 藤崎聡美 古舘守通 豊田朋範 ○古舘守通 千葉寿 藤崎聡美 豊田朋範 ○木村幸代 高田紀子 ○小杉優太 近藤聖彦
第12回情報技術研究会 2017年3月16日～17日	ARM マイコンを用いたポータブル FM ラジオ受信機の開発—電子工作の原点とマイコン教材との融合へのアプローチ— (口頭発表) ARM マイコン & C 言語プログラミング体験演習 (演習テーマ講師)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通 ○豊田朋範
第12回自然科学研究機構 技術研究会 2017年7月13日～14日	リソグラフィ技術—段差溝構造付マイクロ流路の製作— (口頭発表) Raspberry Pi を用いたネットワーク対応環境センサシステムの開発 (ポスター発表) 分子研装置開発室における共同開発 (連携) の歩み (口頭発表) 事例紹介—岩手大学との共同開発と特許出願— (口頭発表)	○高田紀子 ○豊田朋範 鹿野 豊 ○近藤聖彦 ○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通

高温・雰囲気制御型電気化学測定セルの開発

分子科学研究所 協奏分子システム研究センター 小林 玄器

1. はじめに

電池やセンサーの電極や電解質として用いられているイオン導電体は、温度と雰囲気を制御して抵抗値を調べることでイオンの流れやすさ（イオン導電率）を評価する。測定には、耐熱性と種々のガスを流すことができる構成のセルが必要であるが、測定試料が大気中で不安定な物質の場合、グローブボックスに持ち込み可能なコンパクト性と、不活性ガスでセル内を置換できるだけの気密性を確保する必要がある。今回、装置開発室の近藤氏と矢野氏（現 UVSOR）にご尽力いただき、大気不安定な物質の評価に対応できる高温・雰囲気制御型の電気化学測定セルを作製した。作製したセルは、温度可変の導電率測定だけでなく、試料の上部と下部に異なるガスを流すことができる仕様になっており、燃料電池や電気化学リアクターの性能評価にも用いることができ、グループ内だけでなく、所外からの協力研究などにも有効利用されている。

2. 電気化学測定セルに求められる性能と作製したセルの構成

イオン導電体の作動温度は電荷担体となるイオンの種類によって異なる。電荷担体に応じた温度範囲で導電率を評価する必要があり、リチウムイオン (Li^+) やナトリウムイオン (Na^+) 導電体では室温から 200 °C 程度、プロトン (H^+) 導電体は室温から 700 °C 程度、酸化物イオン (O^{2-}) 導電体では ~1000 °C までの導電率を評価することが望ましい。従って、セルの試料加熱部は耐熱性のある石英やアルミナで構成される必要がある（図 1(a)）。一方で、気密性を保つための o-リング部分や電極の接続端子などは高温を避ける必要があり、試料ステージから十分な距離をとることが重要になる。今回作製したセルでは試料ステージからインナーチューブの o-リング部分まで 25 cm の距離がある。また、o-リングには耐熱性のあるカルレッツが用いられている（図 1(b)）。

イオン導電体の評価基準の中に、導電に関わる電荷担体の割合、即ち輸率があり、固体電解質は特定のイオンのみが導電に関与する、即ち輸率 1 であることが求められる。この輸率を評価するための方法に濃淡電池による起電力測定がある。起電力測定は、試料をガス分離体（膜）として用い、評価対象となるガスの分圧が異なる 2 種類の混合ガスを流し、分圧や温度に依存した起電力を測定する。つまり、インナー、アウターそれぞれの試料管にガス導入ポートとガス排出ポートが必要になる。今回作製したセルは、図 1(c) に示すように、インナー、アウターそれぞれにガス導入ポートとガス排出ポートが備えてあるだけでなく、全て SUS 製の配管が使用されており、 H_2S や NH_3 などの腐食性ガスをを用いた測定にも対応できる仕様となっている。また、ガスポートの接続部には、いずれも逆止弁付きのジョイントコネクターが取り付けられており、グローブボックス中で設置した試料を大気に曝すこと無く測定系まで輸送することが可能である。

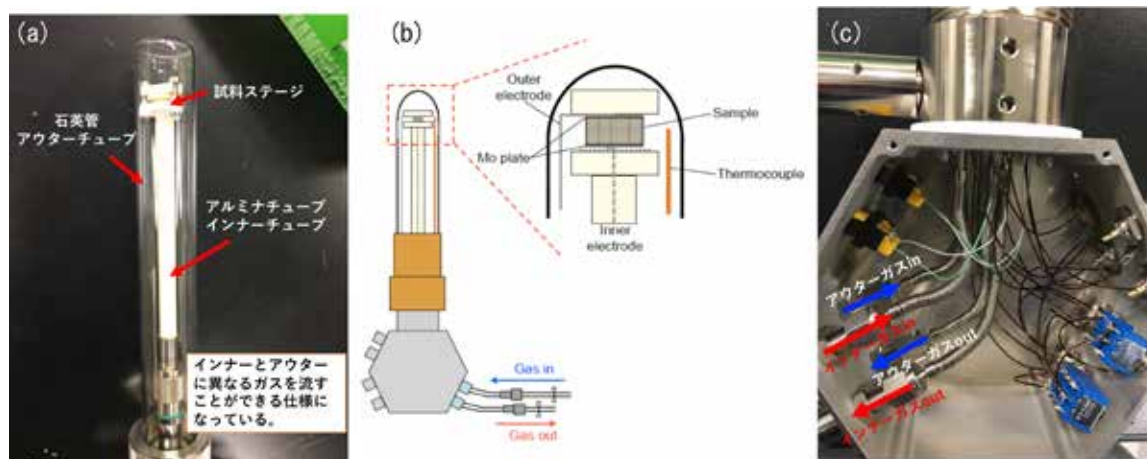


図 1: 作製した電気化学測定セル。(a) セルの試料ステージから o-リング部までの部材構成。(b) セルの全体構成。(c) 作製したセルの内部。インナーチューブとアウターチューブそれぞれのガスの導入ポートと排出ポート。

3. おわりに

今回、近藤氏と矢野氏のご尽力により、グローブボックスに持ち運び可能で、ガス気密性のある高温電気化学測定セルを作製した。このセルを用いることにより、これまで大気への不安定性により正確な評価ができなかった物質のイオン導電率や誘電率を測定することが可能になった。さらに、2 種類のガスを同時に測定系に供給できる仕様を追加できたことで、燃料電池やリアクターなど、電気化学デバイスの評価も行うことができるようになり、今後の研究が大きく進展することが期待できる。近藤氏と矢野氏を始め、今回の電気化学測定セル作製にご協力いただいた装置開発室の関係者の皆様にこの場をお借りして感謝の意を示したい。

ガラス製フロー型電場セルの開発と 電場印加による金ナノロッドの集合構造の形成

愛知教育大学 日野 和之

1. はじめに

我々はこれまでに、ポリスチレンチオール（ポリマーチオールと略称）が結合した金ナノロッドに対して、外部電場の印加によるその集合構造の変化を吸収スペクトルおよび小角 X 線散乱（SAXS）測定により検討している。金ナノロッドは、短軸方向と長軸方向のそれぞれに局在する 2 つのプラズモン吸収バンドを示し、後者の極大波長はアスペクト比（AR，長軸の長さ／短軸の長さ）に依存する。一方、SAXS 法は、ナノ粒子の大きさ、形状、そして集合構造に関する情報を与える。

外部電場を印加して、ナノロッドを電場方向に配列させることができれば、同じ方向から入射する光電場と相互作用できる短軸のプラズモン吸収は増大し、長軸のそれは減少する。一方、電場方向にロッド末端面が向くことで X 線散乱に寄与する試料の実効体積が減少する。そのため、試料からの SAXS 強度は減少する。

図 1 に、AR4 ポリマー結合金ナノロッドの SAXS プロファイルの電場変化を示す。電場強度の増加に対応して SAXS 強度の系統的な減少を観測した。電場 OFF 後に、SAXS プロファイルは大きく変化し、ナノロッドが蜂の巣状に配置したヘキサゴナル構造に対応するピークを確認した（ $q_1:q_2:q_3=1:\sqrt{3}:2$ ）。その後、時間とともに SAXS 強度は回復した。一方、この試料のトルエン溶液を TEM グリッドに滴下して固定し、TEM 観察を行った。その結果、金ナノロッドが溶液の流れに沿って層状に並び合ったスメクチック配向を確認した（図 2）。これらを合わせて考えると、外部電場の印加により、トルエン溶液に均一に分散していた金ナノロッドが中心から周りに拡がり、電場を切って再び分散するときにヘキサゴナル集合構造を形成し、スメクチック配向をとる。その後拡散により集合構造は消失すると考えられる。

ここで、我々が使用してきた電場セルは試料の注入部が開いていることとバッチ型であるため、1) 揮発性の溶液試料の長時間測定が困難である、2) ショートする可能性がある、3) 長時間の測定で試料にダメージがある、4) 電場強度を十分に稼げないなどの問題点があった。そこで、これらの問題点を改良・改善するために、分子研装置開発室施設利用（ナノプラット）によりガラス流路を作製した。

本研究では、新規に開発した密閉系の超薄型電場セルを利用して、ポリマー結合金ナノロッドのトルエン溶液に対して外部電場を印加しながら、吸収スペクトルおよび SAXS 測定を行い、電場誘起による集合構造の形成を調べることを目的とする。

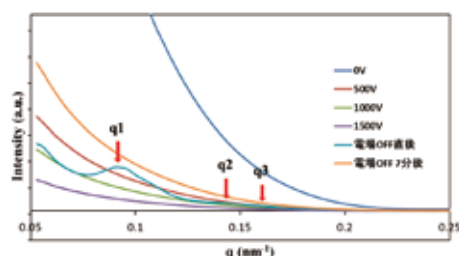


図 1：AR4 ポリマー結合金ナノロッドの SAXS プロファイルの電場変化

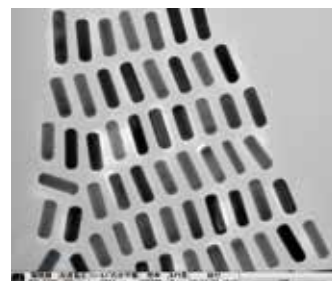


図 2：AR4 ポリマー結合金ナノロッドの TEM 像

2. セルの作製と電場印加実験

【セル，図 3】一方のガラス基板（厚み：150 μm ）にウェットエッチングによってコの字型の溶液槽（深さ：20 μm ）を作り、もう一方のガラス基板に通液用の穴をあけた。その後、それぞれに ITO 膜を成膜した。2 枚のガラス基板同士を接着し、コネクタを取り付けて完成させた。

【ナノロッド】NaOL-CTAB 系の 2 成分界面活性剤と規定量の AgNO_3 の存在下、 HAuCl_4 を穏やかに還元し、そこに規定量の濃 HCl を加えた。それからアスコルビン酸を加えて激しく攪拌した後にシード溶液を加えて金ナノロッドを成長させた。金ナノロッドの AR は、界面活性剤の混合比、 AgNO_3 量、濃 HCl 量を調整することにより制御した^[1]。シード成長法により作製した金ナノロッドの水溶液とポリマーチオールの THF 溶液を混合し攪拌させた。生じた沈殿を回収し、過剰のポリマーチオールを洗浄した。減圧乾燥後、試料をトルエンに溶解させた。トルエン溶液を電場セルに入れ、直流電圧を 0 V から 2000 V まで印加して、吸収スペクトルおよび SAXS プロファイルの変化を測定した（Photon Factory, BL-6A）。引き続き、電場 OFF 後の緩和過程も調べた。

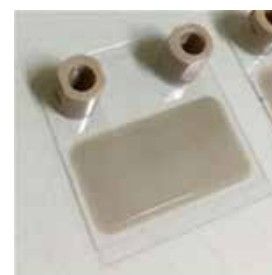


図 3：ガラス製フロー型電場セル

3. 結果と考察

セルを閉じた形にできたため、1) 揮発性のトルエン溶液試料でも長時間の電場測定が可能となった。加えて、ITO 膜をガラス基板の端から少し控えて成膜したことにより、2) 1500 V の高電圧を印加してもショートのリスクを減らすことに成功した。また、フロー型であるので、3) 長時間の測定でも試料へのダメージを抑えられる改良が期待でき、試料の回収も可能となった。最も大きな改善点は、4) 電場強度の向上である。我々がこれまでに用いてきた電場セルでは、2 枚の ITO ガラス電極（厚み：150 μm $\times$ 2）で溶液層（厚み：300 μm ）を挟んで最高電圧 1500 V をかけていた。したがって、最大電場強度は $1500 \text{ V}/600 \mu\text{m} = 2.5 \text{ V}/\mu\text{m}$ であった。一方、今回開発した電場セルでは、ガラス基板に直接溶液槽を作製しているため、電場強度は同じ印加電圧でも $1500 \text{ V}/300 \mu\text{m} = 5.0 \text{ V}/\mu\text{m}$ と単純に倍増させることができた。さらに、ショートのリスクを減らしたことから、印加電圧を 1500 V 以上に上げることが可能である。

図 4 に AR2 ポリマー結合金ナノロッドトルエン溶液の吸収スペクトルの電場変化を示す。電場強度を上げると、短軸のプラズモン吸収ピークはわずかに増大し、長軸のプラズモン吸収ピークは大きく減少した。また、電場を切ると元の吸光度まで回復した。AR2, 4, 6 のスペクトルを比較すると、AR が小さくなる、つまり短軸の長さが大きくなるほど小さな電場強度で短軸ピークの増大と長軸ピークの減少を確認し^[2]、電場 OFF 後の緩和時間が長くなることが分かった。一方、試料への電場印加時間を長くするほど、電場 OFF 後の緩和時間が長くなることが分かった。このことから、ナノロッドに電場との相互作用が長くはたらくことで、電場を切っても一定方向に並び続けるのではないかと考えている。今後は、長軸または短軸の長さをそろえて、他方の軸の長さを変えることにより AR を調整した試料を作製し、電場 SAXS 測定から集合構造の違いを解析する計画である。

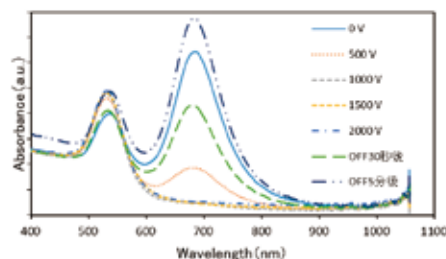


図 4：AR2 ポリマー結合金ナノロッドの吸収スペクトルの電場変化

4. 参考文献

- [1] X. Ye, C. Zheng, J. Chen, Y. Gao, C. B. Murray, *Nano Lett.* **13**, 765 (2013).
- [2] J. P. Fontana, G. K. B. da Costa, J. M. Pereira, J. Naciri, B. R. Ratna, P. Palffy-Muhoray, I. C. S. Carvalho, *Applied Physics Lett.* **108**, 081904 (2016).

5. 謝辞

本セルの開発にあたり、装置開発室の高田紀子さんに大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

がまごおり いのち

蒲 郡 市生命の海科学館ミニ企画展

「イデンシって、なあに？～進化の秘密から光るワンピースまで～」の実施

白瀧 千夏子

1. はじめに

蒲郡市生命の海科学館は、多数の化石から地球や生命の歴史を学ぶ事ができる教育施設である。しかし、生物の形態についての展示が充実している一方で、生物の進化の歴史を学ぶのに不可欠である遺伝子や DNA に関する展示は殆ど無く、生命について総合的に学ぶことが困難であった。そこで、生物の存在を支える DNA やタンパク質などの生体分子に焦点を当てたミニ企画展を開催し、生命について総合的に学ぶ場を来館者に提供したいと考えた。

DNA やタンパク質などの生体分子は肉眼で見える大きさではないため、模型の展示が不可欠である。2008 年のノーベル化学賞でも話題となった蛍光タンパク質 GFP の紹介のため、分子科学研究所 装置開発室に GFP の 3D プリント模型の作成を依頼し、この GFP 模型の展示を試みた。

2. ミニ企画展の内容

ミニ企画展「イデンシって、なあに？～進化の秘密から光るワンピースまで～」は、円形に配置された6個の展示ケースと1点の蛍光シルクワンピース展示からなる。会場は蒲郡市生命の海科学館3階展示室の中にある。内容は、(1) DNA の構造、(2)DNA からわかること、(3) タンパク質、(4) 蛍光シルクワンピース、(5) 緑色蛍光タンパク質 GFP、(6) 蛍光シルクと遺伝子組換えカイコ、(7) 遺伝子組換え技術の産業応用、とした。蛍光シルクワンピースは特設の展示フレームを設置し、蛍光を発している状態での展示を実施した。GFP は 3D プリンタで作成した立体模型 (PDB ID: 1GFL) の展示を行い、立体的な構造が伝わるように工夫した。

3. 展示会場の様子

ミニ企画展の会期は2017年6月3日から同年11月5日までで、入場者数は21,919人であった。ミニ企画展入場料は3階展示室入場料に含まれていた。7月29、30日の2日間は入場無料であった。



図 1. ミニ企画展会場 (1) ～ (3)

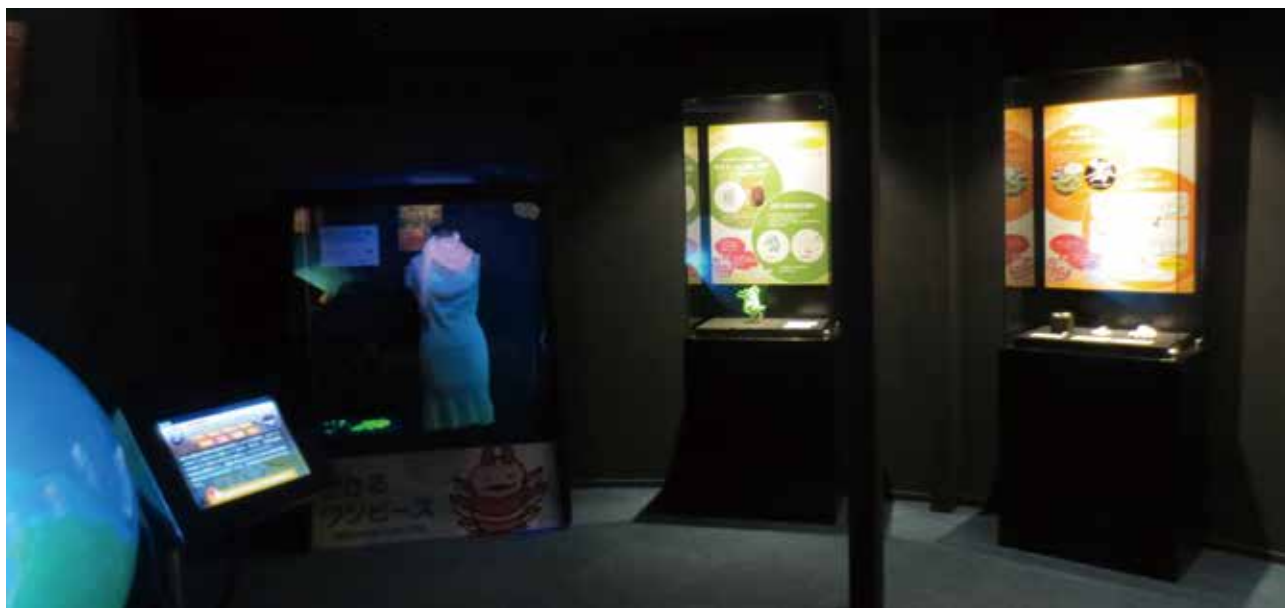


図 2. ミニ企画展会場 (4) ～ (6)

4. 展示解説と関連イベント

6月11日、7月9日、8月27日、9月24日には、ミニ企画展会場において展示解説を行った。また、6月17日、7月15日、9月3日に、農研機構の志村幸子博士を講師とした関連ワークショップを実施した。その他、大人向けの定例講座である「一般科学講座」や、ワークショップ「DNA 抽出実験」等においても当該ミニ企画展を取り上げ、体験と展示がつながるように工夫した。

5. まとめ

蒲郡市生命の海科学館において、遺伝子や生体分子に焦点をあてたミニ企画展「イデシって、なあに？～進化の秘密から光るワンピースまで～」を開催した。

館内に設置されたアンケートにも、当該ミニ企画展に関する回答が記載されたものが見受けられた。このミニ企画展の開催中に生体分子に関連させたワークショップを多数実施することもでき、来館者の生体分子への興味関心を高める機会を作ることが出来た。

6. 特記事項

- [1] 主催・共催：蒲郡市生命の海科学館・農林水産省
 - [2] 後援：国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）
 - [3] 協力研究：大学共同利用機関法人 自然科学研究機構 分子科学研究所 装置開発室（文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業）
- ※蛍光シルク類は農研機構より借用



図 3. GFP 模型の展示

バイモルポンプ用 AC インバータ電源の製作

分子科学研究所 上村 洋平

1. はじめに

私が行っている X 線吸収微細構造 (XAFS) は、X 線をプローブ光として元素選択的に物質内の局所構造や価数を決定出来る測定手法である。特に、プローブ光が物質への透過力が高い硬 X 線 ($> 5 \text{ keV}$) であることを利用し、固体粉末の触媒や溶液中の電極材料などについて、触媒や電極が動作している条件下で測定を行い、それらの動作中の様子を観測することが可能である (in situ 測定、operando 測定)。図 1 は、電解質溶液中の電極試料を測定するためのセットアップ図である。セルは 3 極式の電気化学セルとなっている。セル中の電極試料には電位をかけるため、電解質溶液中で化学反応が進行する。電気化学反応条件下での振る舞いを観測するには、溶液を循環させることが必要となる。実験室では専用の電気化学セルがあるが、XAFS 測定を行う放射光施設などで用いるセルは市販されておらず、図 1 のようにセルのデザインや送液方法などをデザインする必要がある。

私が参加している in situ 電気化学 XAFS 計測実験では、共同研究先である北海道大学の研究グループが開発したセル等を用い、in situ XAFS 計測を実施している。実験を行う中で送液ポンプの制御について問題があることがわかってきた。電解質溶液は、酸性溶液や塩基性溶液を用いるために、テフロン製のものを利用し、なるべく脈動の少ないポンプを利用している。このポンプは、電源として交流電源を供給する。流量制御は、この交流電源の振幅か周波数を調整して制御する必要がある。交流電圧の周波数を変えたりする電源はあまり市販されていないため、ポンプの製造会社が販売している電源を利用していた。この電源は交流電源の周波数を制御するものであるが、残念ながら細かな調整をし辛く、また電源ケーブルが抜けやすく安全面での問題があった。特に、電源ケーブルが抜けてショートさせる危険性があり、改善が必要であった。装置開発室の豊田氏に相談し、交流電源の周波数と出力振幅を変調出来る AC インバータ電源の作成をお願いした。



図 1: 電気化学 XAFS 計測のセットアップ (KEK-PF BL9A にて)

2. AC インバータの製作

in situ 電気化学 XAFS 実験に用いているポンプは、製造元から「電圧の振幅よりも周波数を制御するほうが良い」というコメントがあり、まず周波数制御の方から製作頂いた。私は素人的な考えから、交流用の素子などがあるのかと思っていた。しかしながらそういったものではなく、周波数を変調させるためには、交流を一旦直流に変換してから目的の周波数の交流出力を取り出す必要があることを説明頂いた。豊田氏に色々検討して頂き、内部で一旦基準となるサイン波を発生させ、そのサイン波を増幅することで目的の交流出力を得ることが出来るという結論になった。回路製作の方針が決まってから、交流出力の取り出しや出力制御の方法などを相談させて頂いた。これまで利用していた電源は、出力の表示機能がなく、実際に何 Hz の交流が流れているかはオシロスコープなどを利用しなければならなかった。そこで、出力されている交流電源の周波数と電圧がわかりやすい様な表示機能をお願いした。また、従来の電源で懸念材料であったショートの危険性についても、回路を筐体に組み付けて、更にヒューズを入れるなどの対策を行って頂いた。



図 2: 送液ポンプ制御用の AC インバータ電源 (上: 60 Hz, 10 V 出力, 下: 10 Hz, 100 V 出力)

3. AC インバータ電源の使用

図 2 に、今回製作していただいた AC インバータ電源を示す。図 2 の上側は 60 Hz 10V 出力のとき、下側の図は 10 Hz 100 V 出力のときである。これまでの電源では知ることができなかった出力がひと目で分かる様になり、更に現在の出力状況についても表示されている。周波数は 1 Hz ~ 60 Hz まで 1 Hz 単位で出力を制御出来るようになり、試料や反応条件に合わせた制御が可能となっている。表示機能があることで、実験条件を記録することが簡便になり、以前の実験条件との比較・調整が容易に行える様になった。

4. おわりに

今回 AC インバータの製作を装置開発室の豊田氏に行って頂いた。私は当初、交流 - 交流の変換はそれほど複雑なものではないと思い豊田氏に相談させて頂いた。しかしながら、実際には直接変調をかけることは出来ず、一旦直流へと変換しサイン波を内部で生成するなど、思いがけず手間のかかるものであることを知った。これまで利用していた市販のものは操作性が悪く、また他に選ぶことが出来ないことが悩みの種であった。AC インバータの完成後は、電気化学実験での操作性が向上し、非常にありがたいとビームタイムの度に実感している。今回製作頂いた豊田氏をはじめ装置開発室の皆様には、市販のものでは対応しづらい機器を製作頂き、お世話になっている。この場を借りて、謝意を示させて頂きたい。

申請課題一覧

2017 年 施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	神経細胞ネットワークハイスループットスクリーニング装置の開発

2017 年 ナノテクノロジープラットフォーム施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
松井公佑	名古屋大学大学院	新規イメージング XAFS 計測のためのマイクログリッド製作
非公開	民間企業	
田嶋尚也	東邦大学 理学部	希釈冷凍機と小型圧力セルを接続するアダプターの製作
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
真流玄武	基礎生物学研究所 定量生物学研究部門	4well ガラスベースディッシュへの微小構造体の作製
松井公佑	名古屋大学大学院	新規イメージング XAFS 計測のためのマイクログリッド製作
武田俊太郎	東京大学大学院	ループ型光量子プロセッサのためのプログラマブルタイミング制御器の開発
小田茂和	岡崎統合バイオサイエンスセンター	線虫 <i>C. elegans</i> の行動解析のための PDMS チャンバーのモールド作製

2017 年 ナノテクノロジープラットフォーム協力研究申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
田嶋尚也	東邦大学 理学部	分子性ディラック電子系デバイスの表面評価
宇理須恒雄	名古屋大学 未来社会創造機構	高い ON/OFF 比で流体と電気抵抗を制御する高集積マイクロ流路バルブの開発
水瀬賢太	東京工業大学大学院	超高速分子ダイナミクス研究のための新規光電子画像観測装置の開発
宮成悠介	岡崎統合バイオ 核内ゲノム動態	96well マグネットデバイスの開発
當舎武彦	理化学研究所 放射光科学総合研究センター	ATR-FTIR 測定用溶液交換フローセルの製作
白瀧千夏子	蒲郡市教育委員会 生涯学習課 蒲郡市生命の海科学館	ミニ企画展「イデンシって、なあに？ 進化の秘密から光るワンピースまで」
井口佳哉	広島大学大学院 理学研究科	Paul 型四重極イオントラップによる質量選別のための電気回路シミュレーション
和田武彦	宇宙航空研究開発機構 宇宙科学研究所	極低温光学系の開発

ストッパー治具によるサンプルプレートの位置決め精度について

青山 正樹

1. はじめに

ワークやサンプルなどをストッパーに押し当ててセットする位置決め方法は、様々な場面で広く使用されている。しかしこの方法により位置決めされたワークを一旦取り外し、再度取り付けた時に先回の結果とどれくらいの誤差が生じるか？については、これまであまり詳しく把握したことはなかった。そこで今回、サンプルの2面をストッパーに押し当ててボルト固定した時の、繰り返し位置決め精度について検討を行ったので報告する。

2. テストに使用したジグについて

テストには図1で示すようなサンプルプレート、ストッパー、ベースプレートから構成されるジグを使用した。サンプルプレートは50 mm×63.5 mmの長方形で厚み12 mmのアルミニウム合金 A5052 材を使用した。ベースプレートも同じ材質とし、ストッパー2個を90度開いた角度でベースプレートに固定した。さらにサンプルプレートを押し当てた時にストッパーの位置がずれることの無いように、2か所に平行ピンを入れた。90度の開き角は、ベースプレートにストッパーを固定した後に、当て面をフライス加工することで正確に90度となるように仕上げた。サンプルプレートはベースプレート上のタップ穴にM4ボルトを使用し2か所で固定する。またベースプレートおよびサンプルプレートの平面度によってはガタツキが生じ、位置決め精度が悪化することが予想される。そのため慎重に機械加工を行い6 μ m以下の平面度となるように仕上げた。

3. テスト方法および測定方法について

サンプルプレートをストッパーに適当な力で押し付け、ボルト1、ボルト2の順で軽く手締めを行い、後述する方法でサンプルプレートの位置を測定した。次にトルクレンチを用いてボルト1、ボルト2の順で0.5N・mまで締め付けを行い、さらに同様に1.0N・mまで締め付け、最後にM4のJIS標準締め付けトルク値の2.0N・mまで締め付けを行った。この状態で再度サンプルプレートの位置測定を行った。なお、この一連の締め付けおよび測定を繰り返し5回行った。

位置の測定は、図2に示したサンプルプレート上のA,B,C,Dの4箇所に、エンドミルで加工した ϕ 0.5 mmの穴を位置測定用マーカースとして、各マーカースの穴中心座標を測定した。測定には非接触3次元測定機 NH-3SP（三鷹光器製）を使用し、円測定モードで円周7点から円中心座標を自動測定した。またベースプレート上には平行だし用マーカースを同様の方法により加工を行い、マーカース中心2点により測定機のX軸と平行になるようにベースプレートをセットした。なお右側のマーカースの中心を座標原点とした。

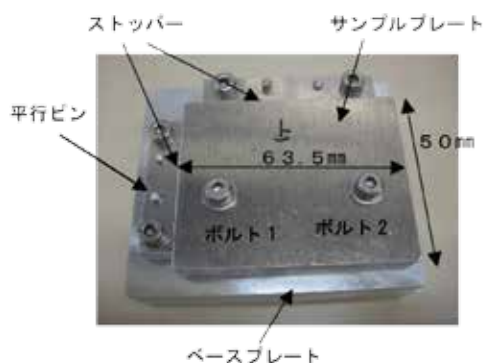


図1 使用ジグ1外観写真

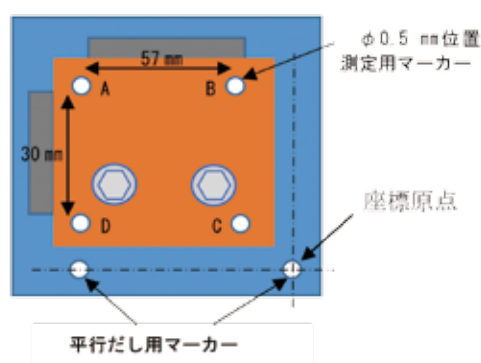


図2 位置測定用マーカース位置

4. テスト結果について

図3は、サンプルプレート上の測定用マーカースA,B,C,Dの座標値をそれぞれプロットしたものである。▲は軽く手締めを行った後の測定位置、●は2.0N・mで締め付けた後の測定位置である。繰り返し行った5回の測定値は色を変えて示した。▲の手締め後の位置は最大7 μ m程度の誤差が生じた。●の2.0N・mで締め付けた後の測定値は、最大4 μ m程度に減少した。これはサンプルプレートをストッパーに手で押し当てるときに、2か所のストッパーに均等な力で押し当てることが難しいため、押し付け力のバラツキが、7 μ mの誤差に現れたものと考えられる。また2.0N・mで締め付けることで、トルクがサンプルプレートに加わり、ストッパーに対して決まったトルク値で押し付けることになり、誤差が減少したものと考えられる。

このような形状のジグによる位置決めでは、 $7\mu\text{m}$ 程度の誤差が生じることがわかった。光学実験などで使用されるジグでは、より高い精度が要求されることもあり精度の向上についてさらに検討を行った。

5. 位置決め精度向上の検討

今回使用したサンプルプレートは長方形のため、2か所のストッパーに均等な力で押し当てるのが難しいことがバラツキの原因と考え、ストッパーに均等な力で押し付けることができるよう、図4に示す形状のジグを作製し同様のテストを行った。この形状にすることで写真の下から上方向の一方向のみに力を加えることで、2か所のストッパーへ均等に力が加わると考えられる。テストでは、ストッパーへの押し付けを手で行い押ネジを使用しない場合、また $0.5\text{N}\cdot\text{m}$ のトルクで押ネジを締め付けることでサンプルプレートをストッパーに押し当てた場合について試みた。図5に押ネジなしの場合のテスト結果を示す。前回のジグに比べてバラツキは小さくなり、手締め後は最大 $3.1\mu\text{m}$ また $2.0\text{N}\cdot\text{m}$ 締め付け後は最大 $2.4\mu\text{m}$ の位置決め誤差となり、位置精度が大幅に改善された。図6に押ネジを使用した場合のテスト結果を示す。手締め後は最大 $1.9\mu\text{m}$ 、 $2.0\text{N}\cdot\text{m}$ で締め付け後は最大 $1.2\mu\text{m}$ の取り付け誤差にまで精度が向上した。

これらの結果から、 $10\mu\text{m}$ くらいの誤差が許容される場合には前者のような簡易的なジグによる位置決め方法で良いが、より精度が求められる場合には、後者のようなジグの構造を検討する必要があることがわかった。またこれ以外にも、ストッパーの開き角度や当たり面の表面粗さ、締め付けボルトの座面の傾き、ボルトの位置やサイズ（必要な締め付けトルク）、締め付け順なども、位置決め精度に影響するものと思われる。今後機会があればそれらについても詳細に検討してみたい。

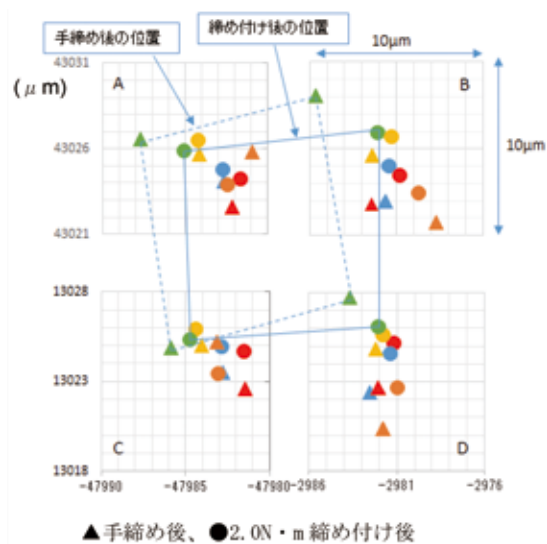


図3 使用ジグ1を使ったテスト結果1

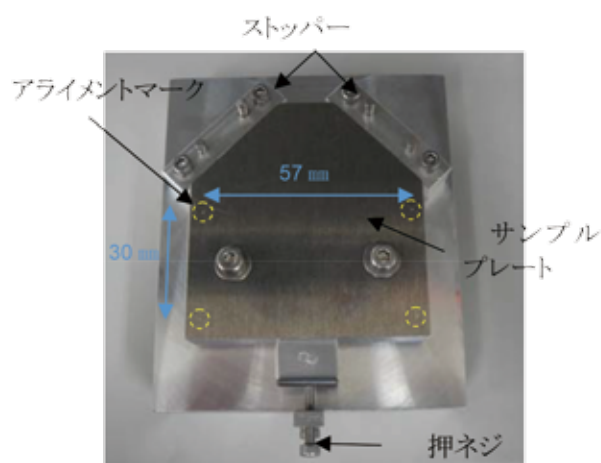


図4 使用ジグ2外観写真

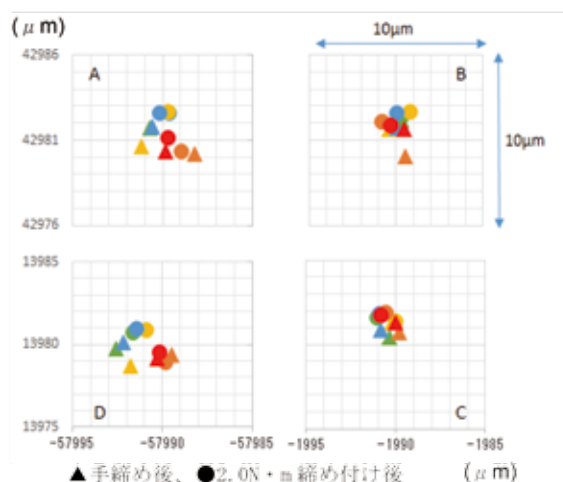


図5 使用ジグ2を使ったテスト結果
(ストッパーへの押ネジ使用なし)

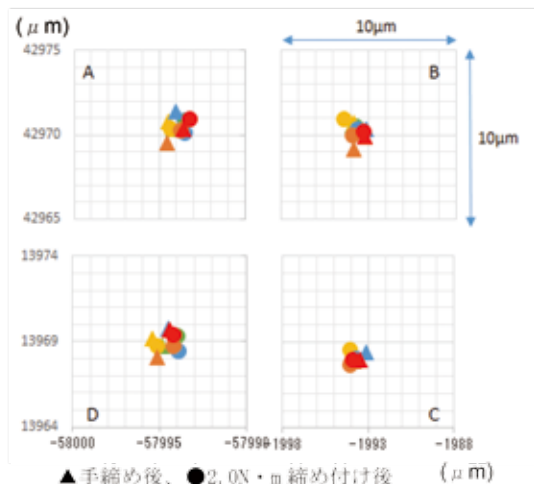


図6 使用ジグ2を使ったテスト結果
(ストッパーへの押ネジ使用あり)

光電子断層画像観測装置用 ICF253 両面エッジフランジ型スリット機構の設計製作

水谷 伸雄

1. はじめに

本スリット機構は、東京工業大学理学院化学系大島研究室の水瀬賢太助教との協力研究課題の一部として設計製作した。水瀬助教は、分子研在職時から画像観測装置を用いた分子運動の研究に取り組んでおり、現在稼働中の実験装置において2017年3月には、英国王立化学会ならびに日本化学会より第11回PCCP Prizeを受賞している（分子研レターズ76参照）。

2. 実験目的とスリット機構の役割

実験チャンバーや位置関係の詳細をお伝えすることはできないが、本スリット機構は、新たに製作中の光電子断層画像観測装置の相互作用チャンバー（前段）と検出器チャンバー（後段）の間に設けられる。

光電子断層画像観測装置とは、分子に光を照射することで生じる光電子の放出角度分布を観測することで分子の構造やダイナミクスを解明しようとする装置であり、ターゲットとなる分子にレーザー光を照射し、放出された電子やイオンを電子レンズにより加速させる相互作用チャンバーと本スリット機構で断層化されたイオン・電子雲をMCP・蛍光スクリーンで可視化する検出器チャンバーからなる。



図1：ICF70用スリット機構

既存の実験装置では、チャンバーに設けられたICF70のポートを利用してスリット機構（図1）を挿入していた（Annual Report 2015 参照）。そのため、レーザー入射位置・スリット機構・検出器の配置が、必ずしも理想的な距離に配置できた訳ではなく、また、これらの位置を変更して実験することも不可能であった。

新設中のチャンバーは2台のチャンバーをつなぐ構造とし、その間にスリット機構を挟み込むことでレーザー入射部から最短距離にスリット機構を設置することができた。さらに今後は、単管ニップルや両面エッジフランジを挟むことで、これらの位置関係を変更することができ、実験の自由度が増すと期待されている。

3. スリット機構

スリット機構の全景を図2～3に示す。ICF253 両面エッジフランジ（直径253 mm、厚さ25.4 mm）の側面にICF34 フランジを溶接し、市販の直線導入機（ストローク15 mm）を用いてスリットブレードの開閉を行なう。最大全長は、398.5 mmになる。



図2：スリット機構全景



図3：スリット機構全景

直線導入機先端には、図4に示すスライドプレートが固定され、スライドプレートはPEEK製のガイドに沿って（図中では）左右に10 mm移動する。スライドプレートには、スリットブレードを開閉するためのPEEK製ローラーが取り付けられ、このスライドプレートにかぶさる形で図5のクロスプレートユニットが固定される。2枚のクロスプレートには、10：1の傾斜を付けた溝があり、この溝の中をスライドプレートのローラーが左右に移動することでクロスプレートは上下に開閉する（図6）。スリットブレードはクロスプレートに直接固定（図7～8）されるのでスリットブレードの開閉量は、直線導入機10 mmの移動に対し、片側1 mm、両側あわせて2 mmの開閉となる。



図 4：スライドプレート組付



図 5：クロスプレートユニット

4. スリット機構の材質

本実験装置のように電子を取り扱う実験では、磁場の影響は無視できない。そのため、スリット機構の構成部品も非磁性材料の使用が求められた。フランジ、ねじ類などのステンレス材には SUS316L（一部 SUS316）を使用し、プレート類は A2017 アルミ合金、接続部品は A5052 アルミ合金、スライドシャフトはベリリウム銅、摺動部には PEEK 樹脂を用い、圧縮ばねはチタン合金とした。



図 6：クロスプレート組付

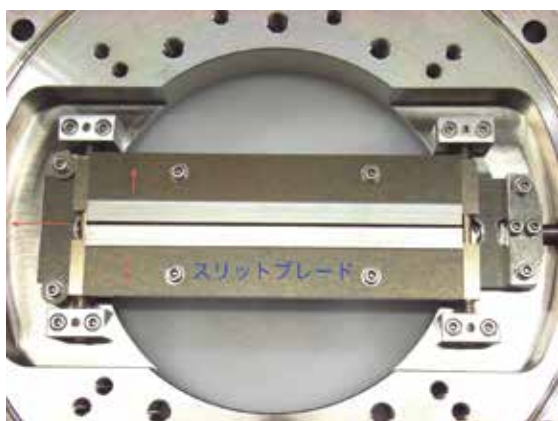


図 7：スリットブレード組付

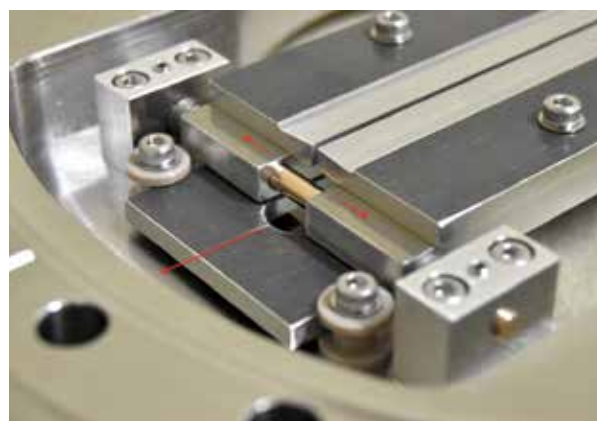


図 8：スリットブレード組付

5. 動作状況

今回の直線導入機は、入手可能な製品のうち、最もスリムな製品を使用した。直線導入機は、ローレット加工されたアルミ製リングを回転させることで、リング内のねじ機構により直進運動へと変換される。目盛りリングには 10 分割した目盛りがあり 1 目盛り当たりの移動量は 0.1 mm になる。回した時にやや不安定な重さを感じるものの伝達荷重は 147N と充分にある。全体を組み上げて、直線導入機を 10 mm 分操作した時のスリットブレードの開き幅は 1.98 mm であった。

直線導入機の行きと帰りでは、スリットブレードの開き幅に約 0.15 mm のバックラッシュがあった。これは、PEEK 製ローラーと 10 : 1 傾斜溝との隙間などが原因と考えられ、防止策として圧縮ばねを組込んでいるが、チタン合金製のばねでは反発力不足であった。今後 PEEK 製ローラーの摩耗などでバックラッシュがさらに増える可能性もある。また、アルミ合金製のスリットブレードは、常にイオンの照射を受け続けるためかエッジ部分が損傷し、たびたび研磨する必要があると聞いている。これらの点をふまえ今後の改良や新たなスリット作りに生かして行きたい。

マグネットデバイスの設計製作

近藤 聖彦

所外から、抗体分子が吸着したマグネット粒子を図 1 に示す 96 個の穴を有する容器（以後、プレートと呼ぶ）の底部に吸着させるため、96 本の磁石が付いたホルダ（以後、マグネットデバイスと呼ぶ）の製作依頼を受けた。

以前にマグネットデバイスは市販されていたが、現在は入手困難であり、設計製作をおこなう必要があった。市販されていたマグネットデバイス（デバイスプレート上に 96 本の磁石が一定間隔に並んでいた製品の写真）を参考にして、製作をおこなったマグネットデバイスを図 2 に示す。この高さは、グリップを含め 86mm 程度、デバイスプレートの外形は $80 \times 140 \text{ mm}$ である。

設計の際、磁石を接着したロッド（以後、ピンと呼ぶ）を試作後、図 3 に示すようにプレートに装着し、はめ合い公差について確認をおこなった。また、打合せ時に、試作部品を見せることにより、説明の一助となった。この時、磁石をできる限りプレートの底部に接近させ、磁力を大きくする要求があることがわかった。そこで、市販されている部品で、プレートの穴径に挿入できる最大径 $\Phi 2.5$ のネオジウム磁石を使用することにした。

最大径の磁石を選定したことで、ピンをプレートに挿入した際、その穴の内壁とピン先端部の磁石との隙間が小さくなる。これは図 4 に示すように、マグネットデバイスをプレートに装着する際、ピン間のピッチ距離とプレートの穴ピッチ距離の誤差が大きくなると、その部分において、ピンは挿入途中でプレートの穴の内壁に接触するという問題が考えられる。つまり、96 本のピンがデバイスプレートに固定された状態で、一部のピンが内壁に接触すると、プレート底部にすべての磁石が接近しないことになる。

そこで、図 5 に示すような圧縮コイルばねを用いることで、96 本のピンが、独立して XYZ 方向へ自在に動くことができる構造を採用した。また、ピンとデバイスプレートを連結するねじの締め付け力は圧縮コイルばねの弾力が維持できる程度とした。これにより、96 本のピンが挿入時に独立して動くため、寸法公差にバラつきがあるプレートを交換してもすべての磁石をプレート底部に接近させることができた。



図 1：プレート

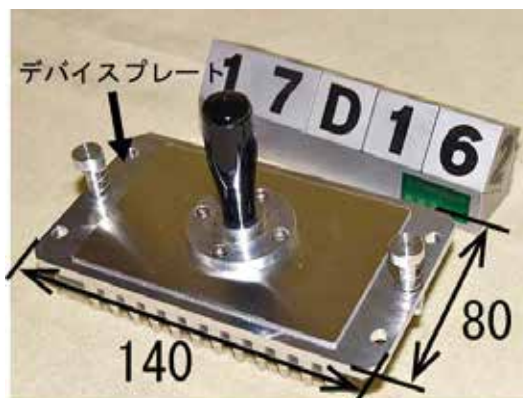


図 2：マグネットデバイス

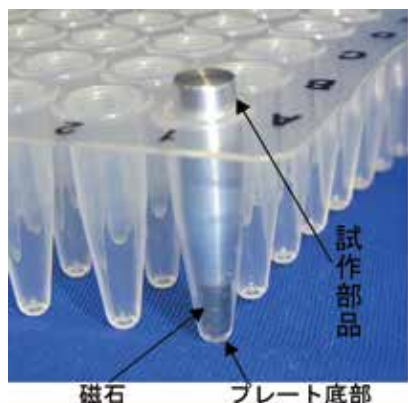


図 3：試作部品のピンをプレートに装着したときの様子



図 4：プレートにマグネットデバイスを装着したときの様子



図 5：圧縮コイルばねを装着した簡易モデル

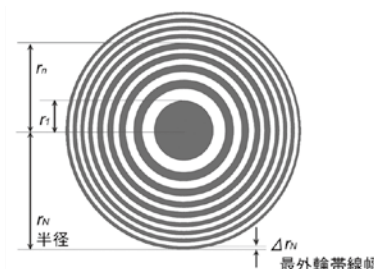
リフトオフによるゾーンプレートの製作

高田 紀子

1. はじめに

これまでではマスクレス露光装置を使ったミクロンレベルのパターニング行ってきたが、今回、企業の協力により電子線描画装置で試作したナノレベルのレジストパターンを使って、金属パターンの製作を試みたので報告する。

製作した構造は、UVSOR の大東助教が設計した反射型のゾーンプレートである。ゾーンプレートとは X 線を集光するための光学素子で、代表的な構造を図 1 に示す。X 線を吸収する領域と透過する領域とが交互に同心円状に配置し、これら同心円（輪帯）の幅は外周にいくほど細くなる構造をしている。最外輪帯の線幅はゾーンプレートによる集光サイズと同程度であるため、例えば、X 線顕微鏡の高分解能化には、最外輪帯の線幅がより細かいゾーンプレートが要求される。



【引用】
ナノファブリケーション技術によるX線光学素子開発
ーフレネルゾーンプレート系X線集光素子についてー
竹中久貴ら

図 1：フレネルゾーンプレートの構造

2. 製作内容

今回製作したのは反射型のゾーンプレートで、楕円形のパターンが同心円状に 1000 本程度配置したものである。製作したゾーンプレートの写真を図 2 に、パターンのイメージ図を図 3 に示す。基板には□ 15 mm の Si 基板を使用し、パターンの大きさは 2812 × 445 (μm)、最小線幅は長径側が 330 nm、短径側が 111 nm である。パターン材質は Au で、Si 基板との密着性を向上させるために、基板との間に Ti を数 nm の厚さで成膜している。

製作工程を図 4 に示す。今回のような金属パターンを製作する工程には大きく分けて「リフトオフ」と「エッチング」の 2 種類があるが、今回はリフトオフでの製作を試みた。リフトオフでは、レジストパターンの上から金属膜を成膜後、レジストを除去することで金属パターンを製作する。今回使用しているレジストの種類は ZEP520A で、レジストの膜厚は 223 nm であった。

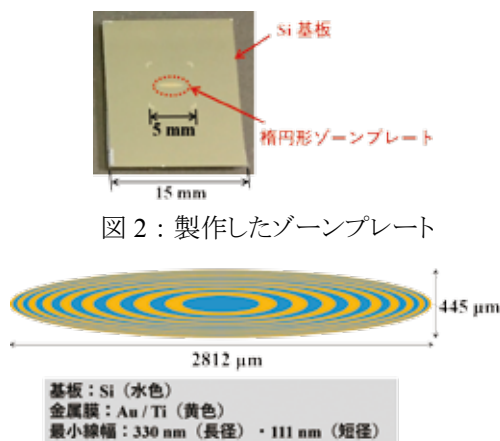


図 2：製作したゾーンプレート

図 3：パターンのイメージ図

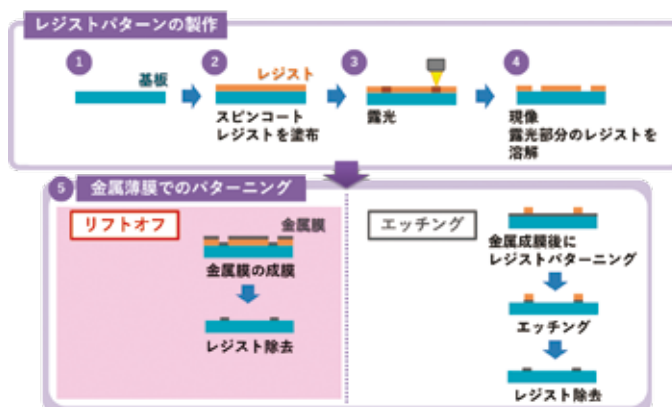


図 4：製作工程

3. リフトオフ：レジスト除去の検討

これまでの経験上、リフトオフの工程で最も難しいのはレジストの除去である。金属膜の厚さがレジストの厚さよりも小さく、かつレジストの側面に金属膜が付着していない場合はレジストの除去が可能である（図 5 (a)）。しかし、金属膜の厚さが厚いほどレジスト除去は難しく、レジストの厚さ以上のパターンは製作できない（図 5 (b)）。また、成膜の手法によってはレジストパターンの側面に成膜材料が回り込みやすいものがあり、レジストを除去しにくくなったり、除去できてもパターンの端にバリが残ったりする原因となる（図 5 (c)）。それに対して、ドライエッチング装置のような高価な装置が必要ない点や、材質の違いによって製作条件が大きく変わらない点がリフトオフのメリットである。

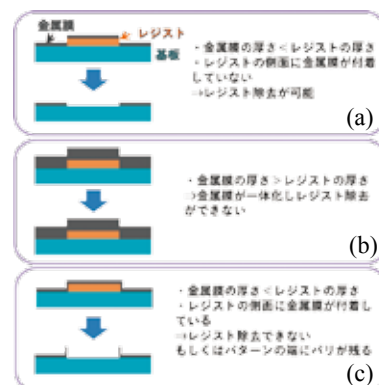


図 5：レジストの除去

今回レジストの除去には、溶液にアニソールを使用し、室温で5時間浸漬後、加熱や超音波洗浄によるレジスト除去を試みた。レジストパターンの上からAu/Tiをt29 nm 蒸着したサンプルにおける、レジスト除去の経過を図6に示す。75℃で15分振とうすることで周囲のレジストが全て除去され、その後、超音波洗浄を100kHzで合計10分行うことでパターン部分のレジストも除去することができた。

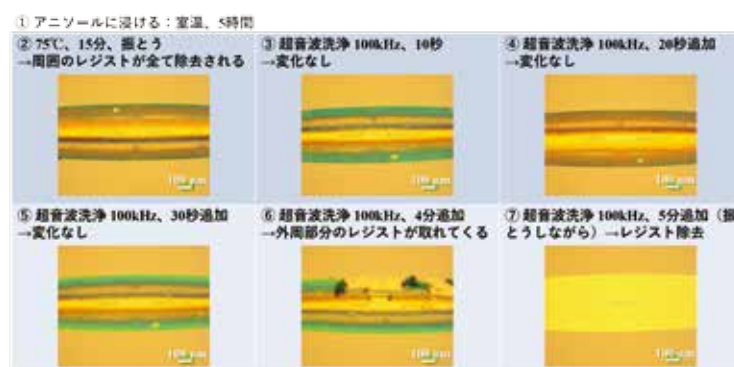
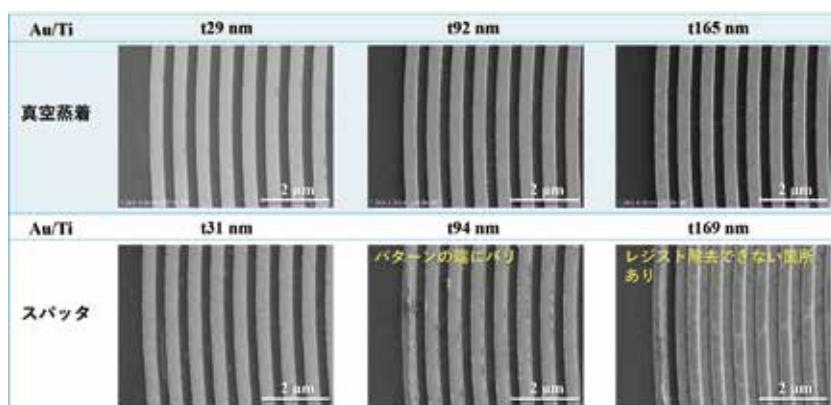


図6：レジスト除去の経過（顕微鏡画像）

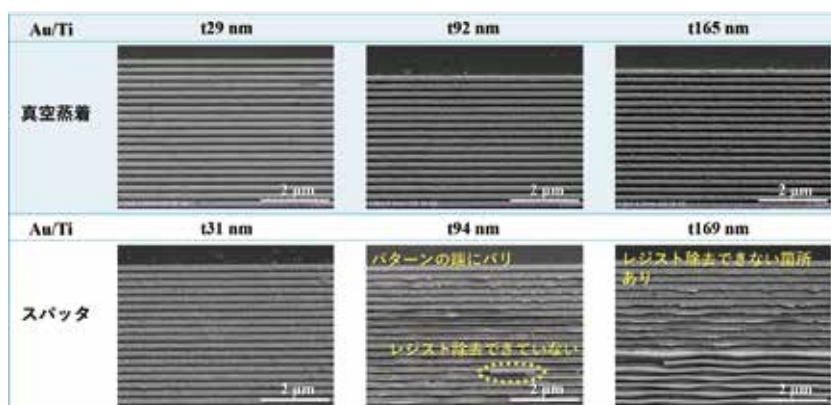
4. 成膜手法と膜厚によるパターン形状への影響

成膜手法と膜厚によるパターン形状への影響を確認するために、成膜手法には蒸着とスパッタの2種類を使用し、それぞれにおいてAu/Tiをt30 nm、90 nm、170 nm程度成膜後、レジスト除去したサンプルのSEM観察を行った。長径側と短径側の最外輪帯のSEM画像を図7に示す。蒸着では、t29 nm、t92 nm、t165 nmのいずれにおいてもリフトオフができています。それに対してスパッタでは、t31 nmではリフトオフできているが、t94 nmでパターンの端にバリが目立ち始め、t169 nmではレジストが除去できない箇所が多く見られた。スパッタはレジストパターンの側面に成膜材料が回り込みやすいとされている成膜手法で、今回の結果はそのことを反映している。蒸着は成膜中の真空度が $10^{-4} \sim 10^{-6}$ Paと高真空のため、成膜材料がレジストパターンに対してまっすぐ飛んでくる分レジストの側面に回り込みにくく、その結果リフトオフしやすいことが考えられる。

蒸着は加熱方式によって成膜できる材料が異なり、抵抗加熱は低融点の材料に適しているのに対して、電子ビーム加熱は高融点の材料でも成膜が可能とされている。スパッタは成膜の原理上できる材質にそれほど制限がなく、時間のみで膜厚を制御できるなど扱いやすい面もあると感じている。それぞれの特徴を理解した上で、製作するものに合わせた手法を選択していきたい。



(a) 長径側の最外輪帯のSEM画像



(b) 短径側の最外輪帯のSEM画像

図7：成膜手法と膜厚によるパターン形状への影響

5. 謝辞

今回製作を行った楕円形ゾンプレートは、株式会社エリオニクスのご協力によりレジストパターンを製作いただいたものです。また、蒸着装置を使わせていただいた協奏分子システム研究センター 山本教授、須田助教、SEM観察をしてくださった機器センター 中尾氏に対して、心より感謝申し上げます。

光造形方式 3D プリンタの導入

中野 路子

1. はじめに

3D プリンタ本体も材料費も安いという点から、熱溶解積層方式（FDM）の 3D プリンタを使用して、いろいろな模型製作を行ってきた。導入してから 2 年、その間にも樹脂の開発が進み、使用できる樹脂の種類が増えたことで製作の幅は広がったが、精度の面では限界がある。そこで、造形精度がよいといわれている光造形方式（SLA）の 3D プリンタを導入したので、その仕様や特徴、プリント方法を紹介する。

2. 光造形の 3D プリンタ” Form2” の仕様と特徴

光造形方式とは、液体の UV 硬化樹脂にレーザーの光を走査させることで、一層の形状を固体化し造形していく方法である（図 1）。一般的にメリットは高精細造形であり、デメリットとしては、材料となるエポキシ樹脂の脆さや劣化、コストといった点が挙げられる。

導入した光造形方式の 3D プリンタは、アメリカの FormLabs 社の Form2 という機種である（図 2）。本体価格 60 万円とリーズナブルな価格で、造形精度がよいと評判であり、さらに卓上タイプのコンパクト設計でありながら、造形エリアが比較的広いことが購入の決め手となった。

Form2 での製作の流れは以下の通りである。

- ① 3D プリンタで使えるファイル形式である STL データを作成する
- ② 付属のスライサーソフト「PreForm」で一層ごとのスライスデータに変換する
- ③ 3D プリンタでプリントする
- ④ プリントされた模型をイソプロピルアルコール（IPA）で洗浄する
- ⑤ サポートをはずし、サポート痕を削って仕上げる

Form2 を使用してみたところ、プリンタ本体の調整は必要なく、誰でもがすぐに使用できるように自動化されており、クイックマニュアルを見ただけで非常にスムーズに使用できた。以下、各項目について装置開発室所有の FDM 方式のプリンタと比較して感じた評価を記す。

造形精度

造形精度はとてもよく、細かい凹凸までしっかりと造形ができる。FDM 方式では造形できなかったエッフェル塔の太さ 240 μm の柵も造形できた（図 3）。また、サポートが形成される面もサポートの跡は残るものの、形状はしっかりと維持されている。

スライサーソフト「PreForm」

積層ピッチと樹脂の種類を最初に設定した後は、「ワンクリック・プリント」のアイコンをクリックするだけで、造形物の最適な配置と向きの調整、サポートの設定からスライスデータへの変換まで自動で行うことができる。樹脂の特性に合わせて、樹脂ごとにサポートの太さなどのデフォルト設定も自動で変更される。

造形時間

最大の大きさで造形しても、積層ピッチ 0.1 mm なら一晩で造形できる程度なので、造形時間は FDM 方式に比べて時間がかかる印象はなく、サポートの量が少ない分むしろ早く出来る印象を受けた。

樹脂

樹脂には独特の臭いがあるが、造形中は蓋を閉めていれば問題がない程度である。樹脂の値段は FDM 方式の 3 倍程度と高く、使いかけの樹脂の長期間の品質維持は難しい。樹脂の中に造形ミス等で出来た樹脂の塊や沈殿物が生じた場合は、樹脂をろ過して固形物を取り除く必要もある。また、スタンダード樹脂の Clear は非常に脆い印象で、薄い部分は欠けやすく、ちょっとした衝撃ですぐにヒビが入ってしまった（図 4）。耐衝撃性のある Tough レジン若干柔軟性があるため、強度はあるが樹脂の色がグリーンしかない点は難点である。

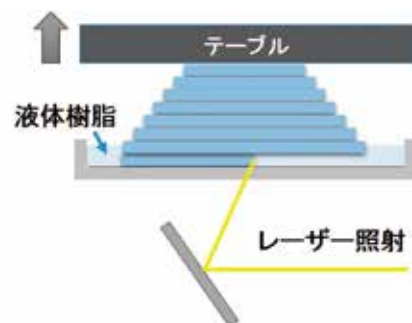


図 1：光造形方式 (SLA)



仕様
積層ピッチ: 0.025、0.05、0.1mm
最大造形寸法: 145 × 145 × 175mm
レーザー: 405nm、250mW
レーザー焦点サイズ: 140 μm

図 2：Form2



図 3：Form2 で造形したエッフェル塔

仕上げ作業

造形直後は液状の樹脂がモデル表面に付着しているため、イソプロピルアルコール（IPA）で洗浄する必要がある。洗浄後しっかり乾燥させるまでは樹脂が柔らかい印象なので、十分に乾燥させる必要がある。また樹脂の種類によっては後処理で UV 照射を必要とするものもあり、少し時間はかかる。サポートをとる作業は FDM 方式と同様にそれなりに時間のかかる作業である。

3. Form2 での製作のポイント

- STL データの精度を上げる

造形精度がよいため、STL データが粗いとそのまま造形品の仕上がりに影響するので、データの精度をかなりあげておく必要がある（図 5）。

- 中空化したデータを作成する

光造形方式の場合、通常は造形物の内部がすべて詰まったものが出来る。そこで樹脂の節約と、模型の軽量化のため、可能な限り模型内部を空洞にしたデータを作成する方がよい。大きさや形にもよるが、中空にする際の壁の厚みは 2 mm 程度で十分である。

また、中空構造の部分にはサポートもつくが、中空部分にはレーザー光が当たっていない、つまり固まっていない液状の樹脂が付着した状態で中空内部に残る。後で漏れ出てくる等の問題を防ぐため、パーツの目立たない箇所に直径数ミリの穴を開けたデータに変更し、模型表面と同様に模型内部も IPA で洗浄したほうがよい。

- モデルは斜めに配置する

自動の設定を使用すると、造形物は斜めに配置される。これは 1 層ごとに硬化した樹脂を容器底面からスライドして剥離する際に、断面積が小さい方がモデルに加わる力が小さくなるからである。手動で造形物の向きを調整する場合にも、20 度程度の角度をつけるように注意する。図 6 は、角度をつけなかったために底面に大きな力加わって変形・剥離してしまった例である。

- 仕上げに UV カットスプレー

太陽光による劣化については、今のところあまり実感はないが、UV 照射することにより、色の変色は見られた。UV カットスプレーを使用することで、劣化はある程度防げるのではないかと期待している。また、Clear 樹脂の場合、UV カットの光沢スプレーで仕上げることによって、積層の隙間や削った跡が埋まり、透明でつやのあるきれいな仕上がりになる（図 7）。

4. まとめ

今回導入した光造形方式の Form2 では FDM 方式と比較して造形精度は格段に良いので、見た目を重視する模型製作に向いている。FDM 方式ではキレイな球状構造を造形するのは難しいので、分子のボール & スティックモデルのような細くて球を含むモデルには Form2 をお勧めしたい。ただし、入り組んだ形状になるとサポートを取り除く作業が困難になるという点では FDM 方式と同じで、万能というわけではない。それぞれの 3D プリンタのメリット・デメリットを知り、目的によって使い分けることが重要である。

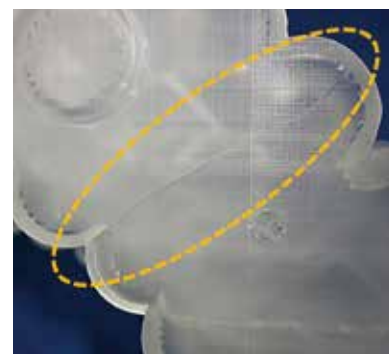


図 4：スタンダード樹脂(Clear)で造形した模型の亀裂

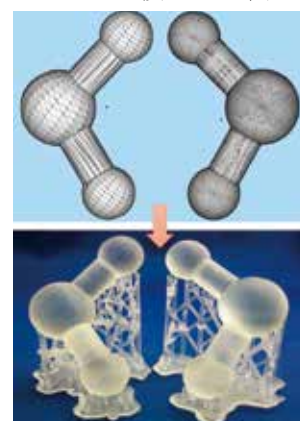


図 5：データの精度の影響
(上) STL データ (下) 造形品

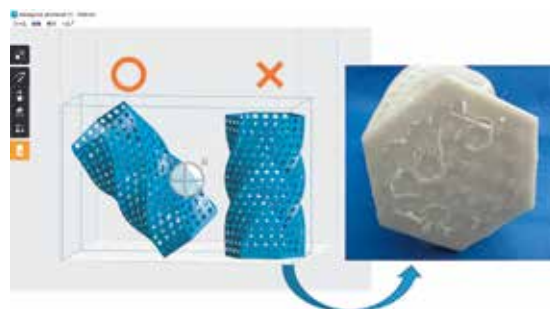


図 6：モデルの配置角度による造形不良



図 7：UV カット光沢スプレーの効果

磁場解析ソフトの実験比較検証

木村 幸代

1. はじめに

制限のある空間に一定の磁束密度が得られる装置を設計することになり、そのためのコイル設計を行うこととなった。コイルに発生する磁束密度は形状や配置などが変わってくると、磁束の流れも複雑になり、簡単に見積もることができない。設計する装置は等倍の試作が難しく、必要な磁束密度が得られるか判断するには磁場解析を行う必要がある。しかし磁場解析ソフトは必要条件を入力すれば現実的な結果でなくても出力されてしまうため、それが本当に正しい値かどうか判断するのは難しい。

そこで今回は、磁場解析を行って得られた結果の確からしさを検証するために、単純形状のコイルで発生した磁束密度を測定する実験を行い、同じ条件で磁場解析を行った結果との比較を行った。

2. 実験用コイル製作

コイルは装置開発室で保有する巻き線機（図 1）を使用して手巻きで 2 個製作した（図 2）。コイルの断面は角型で、巻き始めから巻き終わりまでのコイル長さが 50mm、エナメル線径 1.2mm、巻数は 3 段 111 巻、コイルの芯となる鉄心の寸法は $20 \times 20 \times 60\text{mm}$ で材質は S45C である。一般的に鉄心などの磁性材料には一般構造用鋼では炭素量の少ない S10C などを用いるが、今回は解析との比較が主であり、入手しやすい S45C を用いた。

鉄心の角部はエナメル線を傷つけないように、1.5mm の面取りと、精密やすりで削って角を滑らかに落としている。巻き線機への取り付けは、鉄心の中心に加工した雌ネジを、巻き線機から突き出した雄ネジに取り付けることで固定する。コイルは片側に非磁性の厚さ 2mm のアルミ板を瞬間接着剤で接着してストッパーとし、巻き終わりは緩み防止のため輪ゴムで固定した。

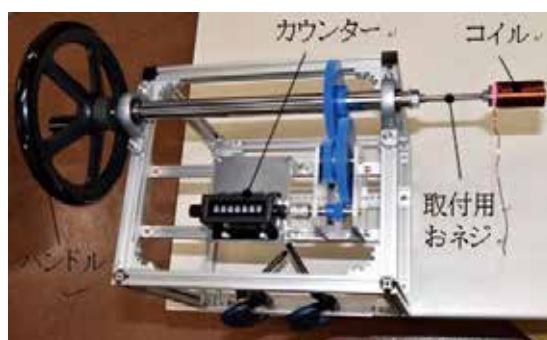


図 1 コイル製作に用いた巻き線機

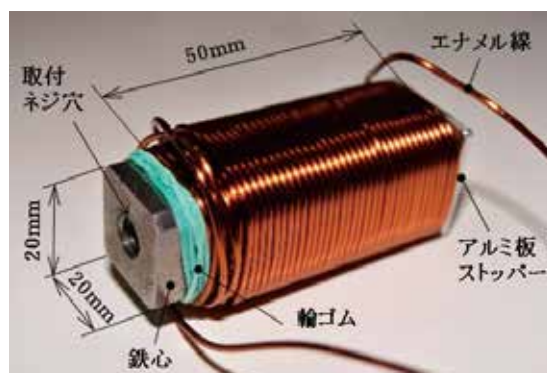


図 2 実験用に製作したコイル

3. 磁束密度の測定実験

小型電源と製作したコイルをワニ口クリップで接続し、電流 2.0A を流して磁束を発生させた（図 3）。測定部位はコイルの中心軸上で、コイル末端から 55mm の位置までを 5mm 間隔でハンディガウスメーターのプローブを動かしながら磁束密度の測定を行った（図 4）。

コイルの末端にあたる 0mm の位置は、アルミ板ストッパーが接着してあり測定できなかったため、2mm の位置から測定した。（図 4）。

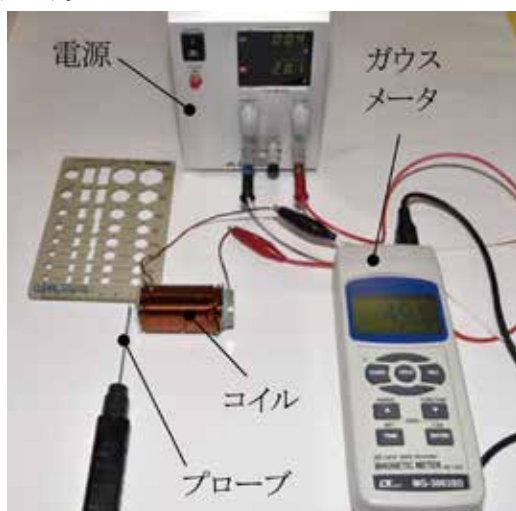


図 3 磁束密度測定実験の様子

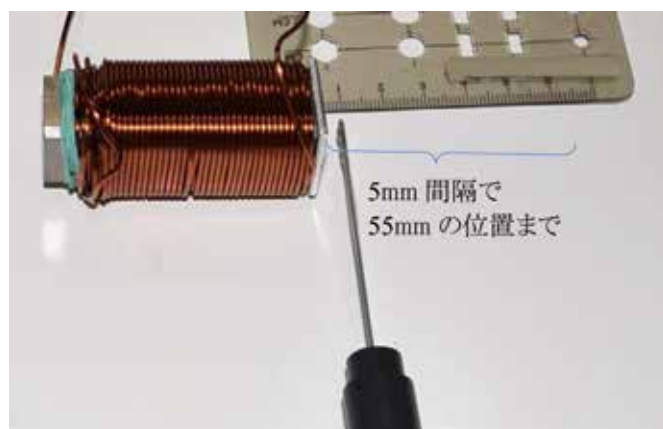


図 4 ガウスメーターで磁束密度を測定した位置

4. 磁場解析

磁場解析にはムラタソフトウェア製の解析ソフト Femtet を用いた。コイルの 3D モデルは SolidWorks で作成し、データ形式 Parasolid に変換したファイルを用いた。

解析の種類は静磁場解析で、メッシュは 5mm で作成した。電流の向きはコイルの軸方向に磁束が発生する向きに設定し、鉄心の比透磁率は 168、エナメル線の導電率は 6×10^{-7} [S/m] とした (図 5)。解析した磁束密度の分布を図 6 に示す。

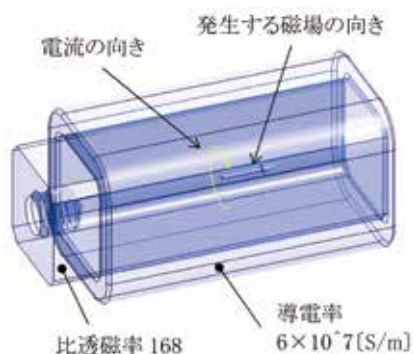


図 5 解析に用いた 3D モデル

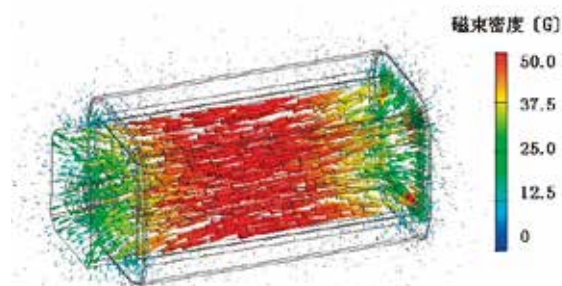


図 6 解析結果(磁束密度分布)

5. 結果および考察

図 4 で示したとおり、実験ではコイルのアルミ板ストッパー側の範囲のみをガウスメーターで測定したが、解析ではコイルの内部や取付ネジ側までの範囲も出力しプロットした。実験と解析の結果を図 7 に、図 7 の拡大図を図 8 に示す。実験結果では、2 つのコイルで測定した結果はほぼ同じ値となった。解析では実験よりやや高い値が出たが概ね実験結果の曲線と一致し、磁束密度を解析できることがわかった。

今回はガウスメーターでの測定に精密なガイド等を用いず手作業で行ったため、正確な位置での測定ができていない。また解析で使用した鉄心の比透磁率もカタログ値を使用していないため、ずれがある可能性がある。より精度の高い比較を行うために、位置決めと解析での入力値を正確にする必要がある。

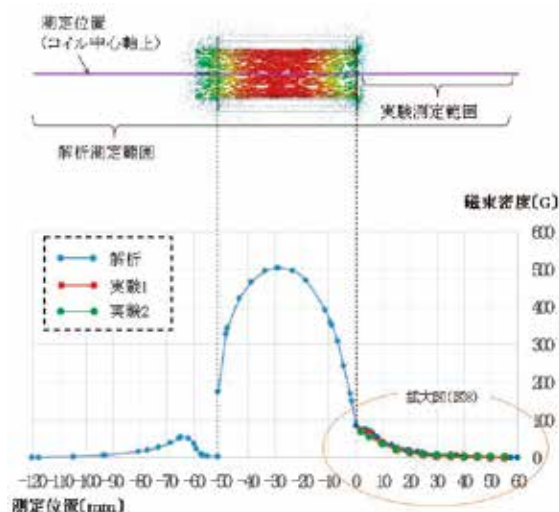


図 7 実験と解析の比較

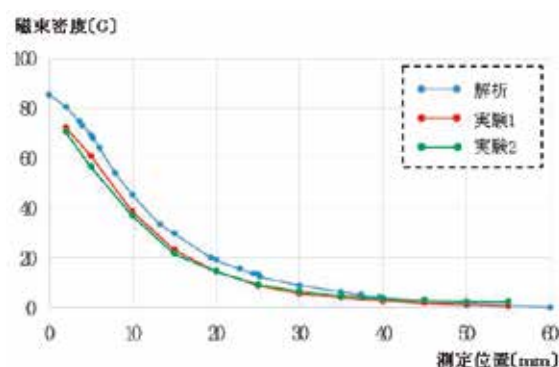


図 8 実験と解析の比較(拡大図)

6. おわりに

今回は実験と解析結果を比較検証するために単純形状のコイルと一定の比透磁率を用いた線形解析を行ったが、実際に設計するコイルは鉄心に透磁率の高い磁性材料を用いるため、磁束飽和を考慮して磁気ヒステリシス曲線を用いた解析を行う。

バイモルポンプ駆動用高電圧アンプの開発

豊田 朋範

1. はじめに

定格電圧 AC100V、50/60Hz、消費電力 30mA、流量は電圧と周波数に比例する、圧電素子を利用した超小型ポンプであるバイモルポンプを利用して微小な流量の溶液を流す場合、従来は組み込み用交流電源を使用していた。しかし、筐体側面にある小型の可変抵抗で出力電圧の調整を行うため、微妙な調整が難しく、実験における再現性が低い課題があった。また、ケーブルの接続が外れやすく、短絡などトラブルの要因となっていた。

今回、DDS(Direct Digital Synthesizer)とデジタルポテンショメータと高電圧アンプを組み合わせ、再現性と安全性が高いバイモル駆動用高電圧アンプを開発した。

2. 装置の概要

開発したバイモルポンプ駆動用高電圧アンプの内部全体像を図1に、ブロック図を図2に示す。

まず振幅 600mVp-p、周波数 10Hz ~ 100Hz、周波数分解能 1Hz のサイン波を DDS(Direct Digital Synthesizer)である AD9834 (Analog Devices) で生成し、差動-シングルエンド変換アンプである AD8130 (Analog Devices) で 6 倍に増幅して振幅を 3.6Vp-p ($\pm 1.8V$) にする。DDS と差動-シングルエンド変換アンプは、過去に報告済みの、多数の採用実績がある回路^[1]を転用したものである。

次に OP アンプ ADA4077-2 (Analog Devices) で 8 倍に増幅し、更に ADA4077-2 のフィードバック抵抗をデジタルポテンショメータ AD5292 (Analog Devices) で置換した回路で増幅率を調整して 0 ~ -2 倍にした後、高電圧アンプ PA441DF (Apex) で -10 倍に増幅し、最大 $\pm 144V$ に増幅して出力する。AD9834 と AD5292 は、どちらも SPI(Serial Peripheral Interface) 通信を介して ARM マイコン LPC1114FBD48 で制御する。

フロントパネルに配置したロータリーエンコーダとスイッチで周波数と振幅を選択して調整する。設定値は有機 EL ディスプレイに表示し、EEPROM に記録する。これにより、電源投入時に前回の状態を再現できる。



図1：開発したバイモルポンプ駆動用高電圧アンプの内部全体像

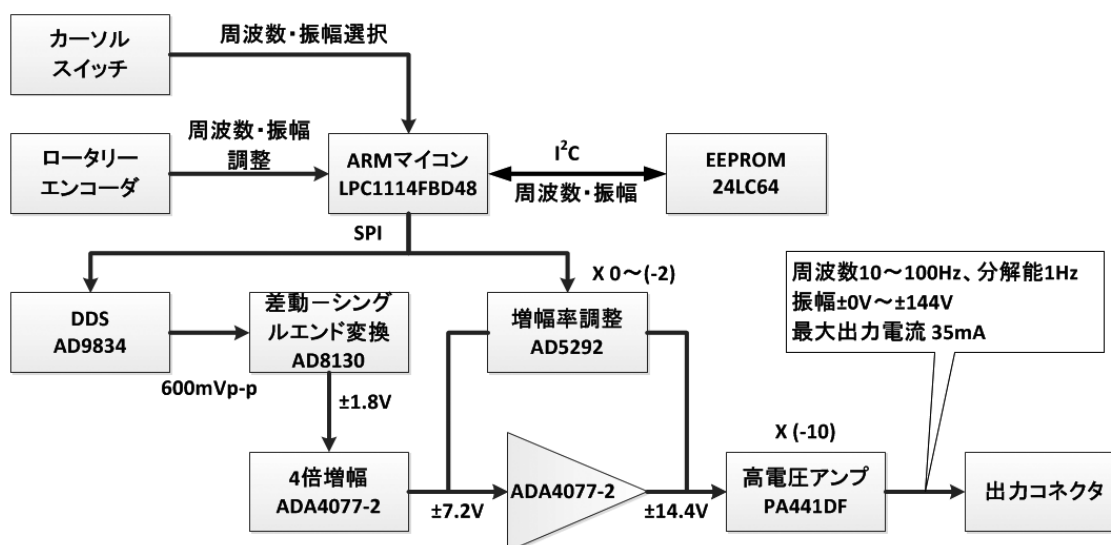


図2：開発したバイモルポンプ駆動用高電圧アンプのブロック図

3. デジタルポテンショメータの概要

アナログ回路系では現在も $\pm 15V$ をはじめとする電位差が大きい電源を使用することがある。本装置では PA441DF で最大 $\pm 144V$ に増幅する前に、最大 $\pm 14.4V$ に増幅した正弦波の振幅をデジタルポテンショメータで調整する。そのため、 $\pm 15V$ の電位差に耐えられる IC が必要である。別件で開発中の機器においても、電位差が大きい電源でデジタルポテンショメータを採用する必要があること、そこでも出来るだけ高い分解能が求められることから、今回は使用可能な電源が $+9V \sim +33V$ あるいは $\pm 9V \sim \pm 16.5V$ で 1024 ポジションの分解能^[2]を有する AD5292 を採用した。

デジタルポテンショメータは、内部的にはラダー抵抗が連なった D/A 変換器である^[3]。(図 3) SPI で RDAC レジスタにロードされた値をデコードして、半導体スイッチを介して RA、RB とワイパー RW との間の抵抗値を設定する^[2]。

デジタルポテンショメータは、機械式ポテンショメータと比較して、分解能・信頼性・安定性が高いなどの利点がある。一方、RA と RB に印加できる電圧は、電源電圧 VDD より高く出来ない、単純に端子間をテスタで当たって抵抗値を測定できないなどの欠点もあり、機械的ポテンショメータの直接の置換品ではない。^[3]

デジタルポテンショメータでは、電源を ON していく順番として、(1) デバイスの電源 (2) ロジック制御回路の電源 (3) RA、RB、RW に接続する電圧とデータシートに記載されている^{[2][3]}。しかし、実際にはデバイスの電源とロジック制御回路の電源を同時に ON して問題なかった。

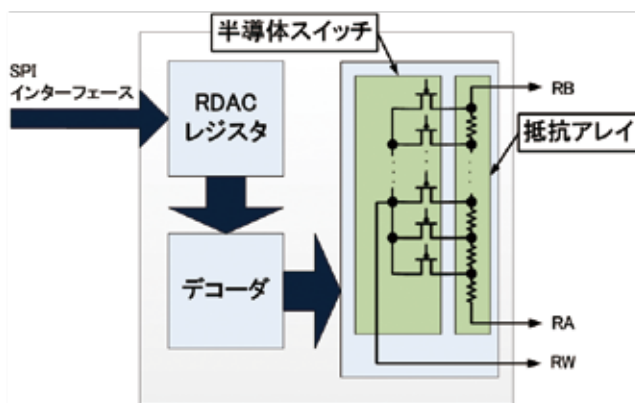


図 3：デジタルポテンショメータの内部ブロック図

4. 高電圧アンプと電源回路

デジタルポテンショメータで増幅率を調整した後、PA441DF で振幅を最大 $\pm 144V$ に増幅して出力する。通常、このような回路の電源には高電圧モジュールを使用するが、筐体が大きくなり、コストが増大する(1 台数万円)。今回は出来るだけコンパクトにしてほしいという要望もあり、ダイオードと電解コンデンサで AC 電源を直接整流して、PA441DF の電源とした。

PA441DF は実装がしやすい SIP (Single Inline Package) タイプもあるが、実装面積を削減するため、表面実装タイプを採用した。表面実装タイプは背面がヒートスラグになっており、はんだ付けすることでプリント基板を放熱板に出来る。このようにして構成した高電圧アンプ回路と電源回路基板を図 4 に示す。

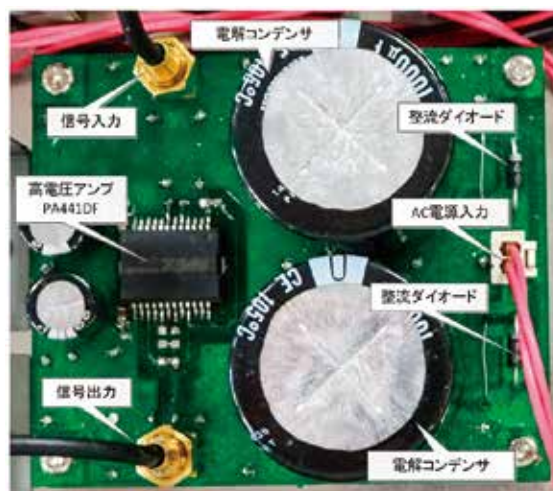


図 4：構成した高電圧アンプと電源回路基板

5. まとめ

DDS とデジタルポテンショメータと高電圧アンプを中核とする、バイモルポンプ駆動用高電圧アンプを開発した。

従来は可変抵抗の回転角を記録するしかなかった出力振幅を、デジタルポテンショメータの採用により数値で設定し、記録できるようにしたことで、再現性を大幅に高めることが出来た。マイコンと親和性が高いデジタルポテンショメータを採用できたことで、本装置のようなアナログ回路系の増幅率調整をはじめ、高電圧電源の出力電圧調整も可能になった。

当初はデジタルポテンショメータの電源シーケンスをデータシートどおりに行ったが動作せず、試行錯誤の結果、データシートとは異なる電源シーケンスで動作することが分かった。データシートやインターネットの検索結果を盲信せず、トラブル発生時は自身で検証を試みる姿勢が重要であると感じた。

6. 参考・引用文献

- [1] 「DDS と ARM マイコンを用いた TTL レベル出力パルスジェネレータの開発」, 豊田朋範, 装置開発室 AnnualReport2014, p30 ~ 40
- [2] AD5291/AD5292 Data Sheet, Analog Devices
- [3] AN-1291 Digital Potentiometers: Frequency Asked Questions, Analog Devices

第 12 回情報技術研究会

豊田 朋範

2017 年 3 月 16 日、17 日に九州工業大学飯塚キャンパスで開催された、第 12 回情報技術研究会に参加した。今回は、マイコン教材として開発した FM ラジオキットの紹介と教材としての評価検証を最大の目的とした。

1 日目は、「ARM マイコンを用いたポータブル FM ラジオ受信機の開発 ―電子工作の原点とマイコン教材との融合へのアプローチ―」なるタイトルで口頭発表を行い、開発の背景と教材の紹介を行った。2 日目は、「ARM マイコン & C 言語プログラミング体験演習」と題した演習で、3 名の受講者に FM ラジオキットを配布して、ARM マイコンのプログラミング演習を体験していただいた。(図 1)

教材と演習全体は好評を得たが、口頭での説明が冗長になり、プログラミング演習の時間が不足したことが反省点である。これらの成果と反省点を踏まえて、教材としてより洗練する方針である。



図 1：演習の様子

出張報告

近藤 聖彦

2017 年 5 月 15 日～18 日の期間、東京大学本郷キャンパスにて開催された 2017 5th International Workshop on Low Temperature Bonding for 3D integration に聴講参加した。

目的は、昨年度に製作した表面活性化接合装置を元にして、新規装置の設計製作をする依頼があるため、この技術に関する情報収集をおこなうことである。世界で研究されている最新の接合技術に関する情報を得ることができた。

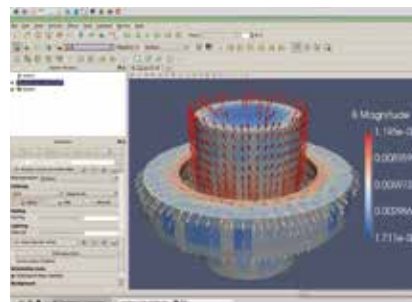


会場周辺の様子

オープン CAE 基礎講習の受講

木村 幸代

6 月 14 日、8 月 9 日の 2 日間、装置開発棟 202 室において、オープン CAE コンサルタントの野村悦治氏よりオープン CAE の基礎について講習をしていただきました。第 1 回目は CAE 解析の一連の処理が一体になっているソフトのインストールや、その中に組み込まれるソフトの解説と、簡単な磁場解析の方法について、第 2 回目は 1 回目の講習を受けての質問に対する解説と、1 回目に行った解析の応用について学びました。オープン CAE のソフトは市販されているソフトに比べて、連続する作業が 1 度に行えるなどの便利な機能が少ないため作業性が劣る一方、自分の行いたい解析のためにソフトを自由にカスタマイズできるメリットがあることなどがわかりました。



オープン CAE として配布されているソフトで行った磁場解析の様子

JAXA 新工作室の立ち上げ協力

青山 正樹

平成 28 年 8 月 1 日から平成 29 年 7 月 31 日の 1 年間 JAXA 宇宙科学研究所へ出向し、新しく設置される工作室の立ち上げに協力してきました。新工作室には最新鋭の工作機器および 3 次元測定機が導入され、フライトモデルまで対応可能な高度な加工および機器設計支援を目的としています。

出向中は工作機械の搬入設置にかかる調整、インフラ整備、関連機器の購入計画と執行、導入機器の研修計画立案とスケジュールリング、工作依頼・技術相談の対応、CAD/CAM システムの整備、工作機械の立ち上げなどを行い、無事運用が開始されました。



OSG グローバルテクノロジーセンター見学、情報交換会

水谷 伸雄

9 月 6 日愛知県豊川市にある OSG グローバルテクノロジーセンターを訪問した。オーエスジー株式会社は、豊川市に本社を置く切削工具メーカーである。装置開発室においてステンレス、アルミ合金、銅などの金属材料や、チタン、タンタル、モリブデンといった難削材料をはじめ、テフロン、FRP、PEEK などの樹脂材料の切削に OSG 製の工具を使用している。

通常これらの切削には、入手しやすく安価で一般的な鉄鋼用の工具を流用しているが、加工精度や工具寿命、作業効率などで不利な点も生じていた。

そこで今回、特殊材料用工具の開発を手がけ加工条件等のノウハウを持つ同センターを訪問し、我々の課題を解決すべく情報の提供をしていただいた。

また、実際に試作加工をしている工作室を見学させていただく中で、若手技術者の育成に取り組む様子やチームとして業務を遂行する企業姿勢をかいま見る機会となった。



情報交換会の様子



OSG グローバルテクノロジーセンター外観

岩手大学との共同開発

豊田 朋範

筆者は 2013 年 4 月より岩手大学理工学部の技術職員と共同開発を行っている。防災システムは昨年 7 月の特許出願に続いて 2017 年 3 月に、コードレスハンダゴテは 2017 年 3 月に特許出願して同年 9 月に、それぞれ分子研、岩手大学、メーカーの 3 者で NDA(秘密保持契約) を締結し、事業化に向けた検討や打ち合わせ、技術開発を進めている。

2017 年 9 月 13 日～9 月 15 日に、受入研修制度を利用して、岩手大学から共同開発のメンバーである千葉寿氏、藤崎聡美氏、古舘守通氏を、安全衛生の観点から課題や意見を伺うため、九州工業大学から修行美恵氏を招き、集中討論と技術開発を行った。(図 1) また、藤崎氏と修行氏には、広報とプレゼンに関する研究会(仮称) の具体化に向けて検討していただいた。

技術開発の成果はメーカーに提案し、研究会は来年度以降に開催するべく準備を進めている。



図 1 : 受入研修における共同開発のひとつコマ

分子科学研究所技術討論会

豊田 朋範

1. はじめに

分子科学研究所が創立した 1975 年度に (1976 年 2 月 26 日)、第 1 回分子科学研究所技術研究会が開催された。以来、技術研究会は次第に分野も規模も拡大し、分科会から機器・分析技術研究会、ガラス工作技術シンポジウム、実験・実習技術研究会が独立し、隔年開催の総合技術研究会では 10 を超える分科会が設けられ、全国から 1000 人規模が集うようになった。

一方で、規模の拡大に伴い、発表がある種の流れ作業的、セレモニー的になり、「広く知識を求め、交流し、とかく狭くなりがちな技術者同士の協力に資すると共に自分達自身の発展への刺激のため」という技術研究会の開催コンセプト^[1]が薄れつつあるという意見が出されるようになった。鈴木前技術課長はかねてからこの意見を掲げ、機構の技術職員代表者会議や技術研究会運営会議の場で説明し、技術研究会のあり方を変えようと奔走した。

装置開発室 OB でもある内山功一係長を実行委員長として、2017 年 2 月 15 日に分子科学研究所技術討論会が開催された。これは次年度に開催を控えていた第 19 回分子科学研究所技術研究会に向けて、討論を重視するスタイルへと原点回帰する試みも兼ねていた。開催テーマの発案者であり、当日に複数の役回りを担当した筆者が、所見を交えて報告する。

2. 開催テーマ

従来であれば分科会の 1 つを担当し、口頭発表とポスター発表を募集・集約するのだが、今回は開催テーマを絞り込んで討論を重視するスタイルとされたため、何を開催テーマにするか頭を悩ませた。結局、筆者が「エレクトロニクス技術の 3 本の柱」(図 1)と位置付ける分野の 1 つである PLD(Programmable Logic Device)を提案することにした。

PLD と一口に言っても、討論対象は様々である。思案の末、PLD 開発でしばしば障害となる開発環境の導入・構築やデバッグに焦点を絞り、講演者から出された疑問や課題に対して「このようにしてはどうか」「このような方法がある」と提案や意見を出していただくことを考え、「PLD における効率的な開発とデバッグ手法」と題して提案し、採択された。

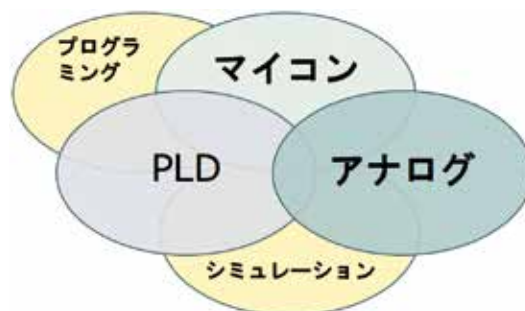


図 1: 筆者が位置付ける
「エレクトロニクス技術の 3 本の柱」

3. 基礎セミナー

プログラム(表 1)の編成において、基礎セミナーとして「デジタル回路とは?」「PLD や FPGA(Field Programmable Gate Array)とは?」という基礎的な内容についての講演を行うことになった。2 本立ての 1 本は講演者の 1 人である八幡和志氏(東京大学)に依頼し、筆者は「デジタル回路と FPGA 事始」と題して、デジタルとアナログの違い、デジタル回路の構成、標準ロジック IC の集合体から FPGA を含む PLD への変遷に焦点を当てた内容とした。

基礎セミナーは分子研技術職員の知見を広げ、他分野への関心を持つことを目的とした所内研修の位置づけもあった。そのため、数式の使用は極力避け、他分野の技術職員が漠然とでもデジタル回路や PLD という存在を認知できる内容を心がけた。

また、基礎セミナーを担当いただいた八幡氏とは何度も協議し、講演内容を連携させるよう考慮した。PLD が、実は測定機器や民生機器でも使われているものであり、その背景に複雑化・高度化・高速化が著しい電子回路、特にデジタル回路の変遷と必要性があると知ってもらえたなら、筆者としては幸いである。

表 1: 分子科学研究所技術討論会のプログラム

時間	タイトルなど	講演者
12:00~13:00	受付	
13:00~13:05	開催挨拶	
13:05~13:15	趣旨説明	
13:20~13:50	基礎セミナー1 「デジタル回路と FPGA 事始」	豊田朋範 (分子研)
13:50~14:20	基礎セミナー2 「Field Programmable Gate Array(FPGA)の 仕組みと利用」	八幡和志 (東京大学)
14:30~15:00	「FPGA 開発環境の構築」	安藤敬子 (鳥取大学)
15:00~15:30	「FPGA を用いた教育プログラムの構築と その課題」	阿部茂樹 (東北大学)
15:30~16:00	「FPGA 講習会における、トラブル事例と対 処方法」	八幡和志 (東京大学)
16:00~16:10	休憩	
16:10~16:40	「高速ディレイゲート回路の開発における ケーススタディ」	豊田朋範 (分子研)
16:40~17:10	「COMET 実験スロー秘跡検出器用読み 出し回路の開発」	濱田英太郎 (KEK)
17:10~17:40	「プラズマ計測回路での FPGA 利用事例 での失敗談など」	伊藤康彦 (核融合研)
17:40~18:00	自由討論	
18:00~18:05	閉会	

4. 講演と自由討論

前半3講演では、教育現場におけるFPGA開発環境や教育プログラムの構築、並びにそれらの課題が出された。計算機実習室のMac上でAltera社(現Intel社)の開発環境を使用するため、仮想環境上に構築する苦労(安藤氏)、学生実験におけるFPGA使用テーマにアルゴリズムの違いを盛り込む工夫(阿部氏)、物理学科の学生を対象とした講習会で遭遇した思わぬトラブル事例(八幡氏)など、学生教育に携わる困難や苦労、それらから発見した知見やノウハウは、特にFPGA開発における「初めの一步」を踏み出す際に大いに参考になると思われる。

後半3講演では、研究現場で使用する測定機器開発の現状やその課題が出された。2系統のカウンタを高速に連携させることの課題(筆者)、多チャンネル高速A/D変換における微妙なタイミング調整手法とネットワーク通信の導入(濱田氏)、高速A/D変換手法の選択や多層基板設計におけるトラブル事例(伊藤氏)など、研究機関の技術職員として、研究者から出される要求にいかに応えるかを考え、試行錯誤する状況がつぶさに挙げられた。高速動作はFPGAに求められる最重要課題の1つであるが、それを実現するにはテキストどおりの記述では不足であり、FPGAの内部構成に踏み込んで1つのデジタル回路ブロックを構築するという視点が必要であると改めて実感した。

本討論会の特徴として、最後の自由討論が挙げられる。主に事前のアンケートで参加者から寄せられた課題について、講演者が意見を出し、討論し、解決や提案を図ることを目的とした。自由討論における大きな失敗は、事前アンケートの回答を聴講者に配布しなかったことである。現在、何を議論しているのかよく分からなかったというご意見は当然である。次回以降の開催では、事前アンケートの回答を集約し、聴講者に配布することを忘れないようにしたい。

5. 謝辞、そして討論重視の技術研究会の今後を考える

「広く知識を求め、交流し、とかく狭くなりがちな技術者同士の協力に資すると共に自分達自身の発展への刺激のため」という技術研究会の開催コンセプト¹⁾に立ち返ることを目的とした本討論会は、総じてそのコンセプトに沿った内容になったと考える。

本討論会の成立は、技術研究会を第1回から知る立場から技術研究会のあり方を見据え、改革のために東奔西走した鈴木前技術課長と、実行委員長として従来と異なる開催方針を周知徹底した運営と各種手続きなどに尽力された内山功一係長のご理解ご協力の賜物である。この場を借りて厚く御礼申し上げる。また、突然の依頼にも関わらず、開催趣旨をご理解の上で講演を快諾いただいた安藤氏、阿部氏、八幡氏、濱田氏、伊藤氏(講演順)にも、この場を借りて厚く御礼申し上げる。とりわけ、八幡氏には講演者候補のご紹介や基礎セミナーの内容の連携にもご協力いただいた。

さて、技術研究会の開催コンセプトに基づいたスタイルでの技術研究会の継続は可能であろうか？筆者は残念ながら懐疑的にならざるを得ない。

理由の1つは、FPGAに携わる技術職員の絶対数があまりにも少ないことである。マイコンはArduinoやmbedなど、ハードウェアを深く知らなくても相応の試作機が構成できる環境が普及しているが、FPGAでは未だにそのような環境は存在しない。最初のハードルが高いため、導入しようにも手を出しあぐむ事情もある。この状況が続くのであれば、FPGA分野は参加者が限定され、先細る道しか残されない。FPGAに携わる技術職員を増やし、他分野の技術職員の参入を促すため、講習会の開催などFPGAやデジタル回路に触れる機会が必要であろう。これは現在の受入研修制度で実現できるか検討したい。

もう1つの理由は、第1回技術研究会開催時とは得られる情報の量も交流手段も格段に異なることである。現在はインターネットで検索すれば様々な情報が入手できる。メールをはじめ、SkypeやLINEなど映像も交えたリアルタイム会話が可能である。そのような状況下で、敢えて膨大な時間と手間を割いてまで交流と討論の場を設け、運営する必要はあるだろうか？個々の自発的な活動や交流—他分野の技術研究会に参加し発表することも含む—を支援する方が効果的ではないか？これらの疑問に対して明快な回答が出せないのでは、懐古主義との誹りは免れない。

そもそも、八幡氏から多大なご協力をいただけることになったのは、筆者が平成28年度機器・分析技術研究会に参加した際、同じく参加されていた八幡氏と邂逅・意気投合したことによって端を発する。「広く知識を求め、交流」することが技術研究会の開催コンセプトの1つであると認識するなら、他分野の技術職員の研修という位置づけもあるなら、他分野の技術研究会に参加することを妨げる理由はない筈である。

大学、特に地方大学の財政状況が厳しくなる中、「発表しなければ技術研究会に参加できない」という技術職員の声はよく耳にする。分子研は大学共同利用機関として、研究者のみならず技術職員の拠点やハブとして技術研究会の運営施策を検討すべき段階に来ている。その解の1つは企業のスポンサーとしての参入であろう。特に若手が後顧の憂いなく参加し、知見を広げ、交流を深め、技術を研鑽する場となるよう、技術研究会のあり方や運営を模索していきたい。

6. 参考・引用文献

[1] 巻頭言「技術研究会報告によせて」井口洋夫 第1回分子科学研究所技術研究会報告集

ワイヤ放電加工機の更新

近藤 聖彦

ワイヤ放電加工機は電極となるワイヤ（ $\Phi 0.1 \sim 0.3 \text{ mm}$ ）と工作物（導電性材料）の間に電圧を印加して、その隙間が極小になると放電が発生し、工作物が溶ける仕組みを利用した機械である。この機械に取り付けているワイヤの位置情報を制御するプログラムに目的とする形状の座標入力をおこなうと、その輪郭に沿ってワイヤが巻き取られながら動き、工作物を入力した形状に切断することができる。

工作物が溶けるため、モリブデンなどの難削材を切削加工が難しい複雑な形状に加工をすること、工作物に対してワイヤを傾斜させて切断することにより、上下異形状の部品加工をすることなどにこの機械は適している。その他にも、曲率を有する形状、微細な形状加工に活用することができる。

旧型機械は購入から約 30 年が経過し、ワイヤを自動結線する装置が故障していたため、手作業でワイヤを結線する必要があった。また、ワイヤ送り機構部のモータ動作などが不安定であり、工作物を切断できないことが頻繁に発生していた。このため、作業能率が著しく低下しているという問題があったため、新しい機械を導入した。

更新したファナック株式会社製の α -C400iB を図 1 に、主な仕様を表 1 に示す。この機械の特徴は、1) 自動ワーク位置計測と 3 次元座標回転が可能なタッチプローブを装備していること、2) 切断した工作物が落下しないように保持できる中子保持溶着機能を自動設定できること、3) 同時 5 軸制御加工が可能であること、などがある。

図 2 と図 3 にワイヤ放電加工機を使用して製作した部品を示す。



図 1：更新したワイヤ放電加工機
(ファナック株式会社製 α -C400iB)

表 1 主な仕様

最大工作物寸法	730×630×250 mm
最大工作物質量	500Kg
XY 軸テーブルストローク	400×300 mm
Z 軸ストローク	255 mm
UV 軸ストローク	±60 mm×±60 mm
最大テーパ角度	±30° /80 mm
使用ワイヤ径	$\Phi 0.1 \sim \Phi 0.3 \text{ mm}$
最大ワイヤ質量	16kg
NC プログラム記録容量	4MB



図 2：製作例 1



図 3：製作例 2

16G09 Φ 80 スキマー



SUS316L 製、フランジ径 Φ 80 mm 高さ 80 mm の光電子断層画像観測装置用スキマー。今までに製作したスキマーの中で最も大きい物になった。（協力研究 東工大）

16G11 ICF70 型スリット機構



ICF70 ポートから挿入するスリット機構。全長 349.2 mm。スリットブレードは A2017 アルミ合金製で長さ 130 mm。直径 5 インチの MCP に対応する。（協力研究 東工大）

16L23 BL4U 用クライオスタット



メーカー製の液体窒素タンクを肉厚 0.3 ~ 0.6 mm のステンレス薄肉管で作り直すとともに、バフ研磨を施すことで冷却効果を高め、液体窒素の沸騰による試料の振動を低減することができた。

17A19 回転セル用試料ホルダ



2枚のフッ化カルシウム円板で封じたタンパク質試料を一度に 15個セット可能な回転式ホルダ。冷却効率が良いように銅板にニッケルメッキを施した。

17B13 レーザ結晶ホルダ



銅プレートに加工した水路に冷却水が循環することにより、ペルチェ素子の発熱面を冷却し、結晶の冷却効率を上げるためのホルダ。

17B20 カメラ位置決めマウント



View ポートに小型 CCD カメラを設置するためのマウント。着脱しても、同じ位置に設置できる仕組みがある。

17C25 真空用 PEFC セル



ステンレス板に微細溝加工や勾配の付いた溝加工をした部品や、1/16 インチ BA 管を溶接した部品などで、燃料電池セルを製作した。（SPring-8で使用）

17D13 X線モニタ用容器



X線を検出するときに使用する容器。内部に45度に傾斜したアルミ部品があり、X線の方を変えて測定することができる。

17D16 マグネットデバイス (関連記事：P23)



抗体分子が吸着したマグネット粒子を樹脂プレート容器の底部に吸着させるための96本の磁石が装備されているデバイス。

17E16 ICF152 チャンバー



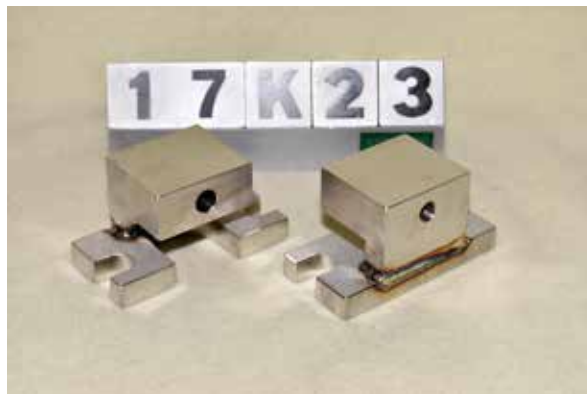
スキマー、電子レンズ用のベースプレート製作。また、超高真空チャンバーの改造や損傷したコンフラットエッジの修復も行なった。（協力研究 東工大）

17F18 ICF253 型スリット機構 (関連記事：P21)



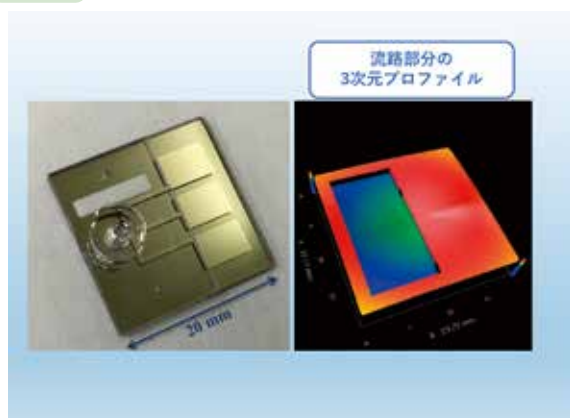
直径253 mm、厚さ25.4 mmのICF253 両面エッジフランジ内に納まるスリット機構。非磁性材料のみで構成している。

17K23 アナライザ固定部品



既に設置しているアナライザを他のチャンバーに付け変えるときに使用する取付け部品。

17A14 光電気化学用セル



テンパックスガラス基板（□ 20 mm）のオモテ面に対して、深さ 5 μm の流路と白金電極を製作した。ウラ面には、光を局所的に照射するためのスリット構造を Cr (t200 nm) でパターンニングした。参照電極を挿入する部分は PDMS 樹脂で製作している。

17E10 マイクロ電解流路



有機結晶を電極に沿って成長させ、取り出すために使用するマイクロ流路。白金製の電極はリソグラフィで、反応槽は厚さ 50 μm のテフロンシートを挟み込むことで製作した。ガラス製のフタは取外しの利便性から、テフロン製の土台にアルミ製のカバーをネジ止めすることで固定する。

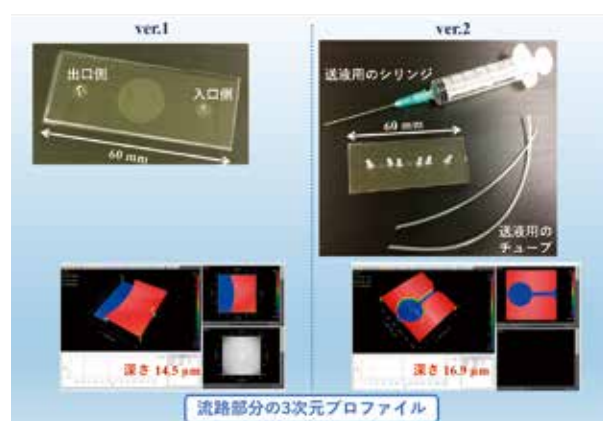
17F22 顕微鏡観測用マイクロ流体デバイス

17J08 顕微鏡観測用マイクロ流体デバイス ver.2

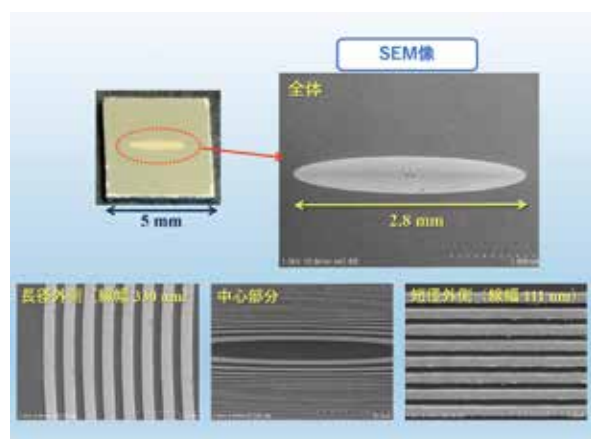
分子集合体の1種であるベシクルを顕微鏡で観測するためのマイクロ流路（深さ 15 μm ）を PDMS 樹脂で製作した。

・ ver.1 : 1 枚の基板上に観察部分（ ϕ 15 mm）を 1 つ配置している。流路部分の幅は 100 μm 。

・ ver.2 : 1 枚の基板上に観察部分（ ϕ 3 mm）を 3 つ配置している。流路部分の幅は 500 μm 。ver.2 では、溶液の挿入のためのシリコンチューブを PDMS 上に固定している。



17I05 楕円形ゾーンプレート（関連記事：P24）



X 線を集光するために使用する反射型のゾーンプレートを製作した。シリコン基板（□ 5 mm）上に、楕円形のパターンが 1000 本程度、同心円状に配置している。パターンの材質は Au/Ti で、最小線幅は長径側が 330 nm、短径側が 111 nm（設計値）。

17B08 GPCR リボンモデル



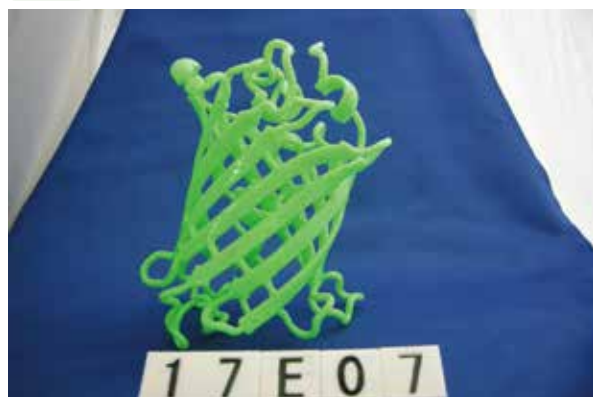
タンパク質のリボンモデルを柔らかい樹脂である Flex で造形し、3 種類の基質はそれぞれ異なる色の PLA 樹脂で造形した。

17B09 SmChiA リボンモデル



石膏のフルカラーで造形したタンパク質のリボンモデル。

17E07 GFP リボンモデル (関連記事：P14)



蛍光タンパク質 (GFP) のリボンモデルを蛍光グリーン of ABS フィラメントで製作した。

17F23 ベシクル模型



リン脂質二重膜で球状の構造を作るベシクルの半球モデル。直径 30cm ほどと大きいので、1/8 ずつ分割して光造形で製作して組み合わせたもの。

17H01 超分子ナノワイヤーモデル



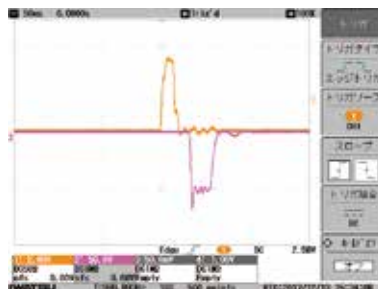
10 段重ねた超分子ナノワイヤーの Sphere モデル。分子は石膏で製作し、台座はブラックライトで光る PLA 樹脂で製作した。

17J03 ベシクル模型 (PLA2 色)



ベシクルの半球モデルを、1/4 ずつ分割して 2 色造形で製作し、はめあい構造と磁石によって組み合わせたもの。

17B02 パルス電子銃電源



- 振幅 0-5V、最小幅 20ns のトリガ入力に対し、最大振幅 -100V のパルスを出力する。
- 特別な回路構成により、正極の電源で負極のパルスを出力可能。

17C02 AC インバータ (バイモルポンプ駆動用高電圧アンプ) (関連記事: P16、30)



- 圧電素子を利用した超小型ポンプの流量を調整するための専用電源。最大振幅 $\pm 132\text{V}$ 、周波数 10 ~ 100Hz(分解能 1Hz) のサイン波を出力。
- AC 電源の直接整流と高耐圧 OP アンプ、DDS(Direct Digital Synthesizer) とデジタルポテンショメータを集約し、周波数と振幅をフルデジタル制御。

17C03 オプティカルチョッパー同期用 TTL 信号発生器



- トリガ信号に同期して、所定の時間条件を持つ TTL 同期信号を 2 系統出力する。
- ディレイ: 200ns ~ 30ms(分解能 100ns)、パルス幅: 200ns ~ 30ms 出力は 50 Ω 駆動可能。

17D02 ソレノイドシャッタードライバ 4ch



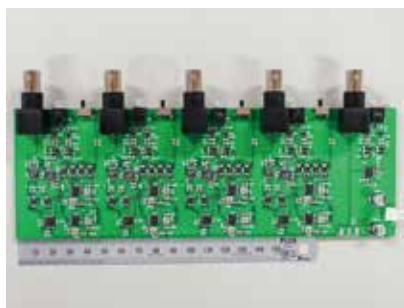
- 光軸を制御するソレノイドシャッターを、トリガ入力に同期して 4ch 同時駆動する。前面のスイッチにより、非同期のマニュアル駆動も可能。
- 駆動パルス生成回路を CPLD、インターフェースをマイコンが担当し、高集積化・高機能化を実現。

17E02 光電子加速用 HV 電源 (多機能タイプ)



- 光電子加速のため MCP に印加する最大 -10kV の高電圧を供給する。
- 16bit A/D コンバータと 16bit D/A コンバータにより、高電圧出力と電圧・電流モニタをフルデジタル制御・監視。

17I03 Signal Fanout Distributor V2



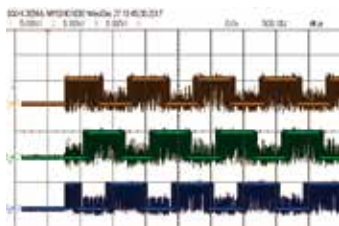
- 最大振幅 $\pm 5V$ 、最大周波数 10MHz の入力を、 $50\ \Omega$ 駆動で最大 8ch 同時に分配出力する。
- 負荷電流の検出機能と 2 色 LED インジケータにより、ケーブルの接続ミスや断線を容易に識別可能。

15K05 ウォブルスティック衝突防止回路



UVSOR の BL5U 光電子分光装置内の試料搬送用マニピュレータの衝突事故を防止する装置
アナライザ等の位置検出とゲートバルブの状況によりステップモータの動作を制御

17D18 回転磁場発生装置用 3 相インバータ回路



回転磁場発生装置のためのステータ (3 相コイル) を駆動するためのインバータ回路
駆動波形: サイン波/矩形波, 周波数: 0.2Hz ~ 5Hz, 駆動電圧: 外部電源より供給

機械グループ (247 件)

伝票番号	品名		
17A01	テーパーアンプ用アダプタ各種	17C08	エアブレイクダウンチャンバーVer2
17A02	セル追加工	17C09	磁場解析用コイル分断STEPデータ
17A03	モジュール改造	17C10	試料移送機構Cu台座
17A04	本体部シールド部	17C11	ガラス状カーボン基板切断加工
17A05	AFMホルダー	17C12	アジャスター駒他
17A06	アルミ製窓材支持プレート	17C13	Dsubコネクタ用穴あけ加工
17A07	廃炉加速化プログラム用マイクロチップレーザー	17C14	プレート穴あけ加工
17A08	ICF70-114オフセットフランジ、Φ127MCP押え	17C15	レトリフレクター用アダプタ
17A09	赤外プレート加工	17C16	積層結晶ホルダー(金)(Φ5タイプ)
17A10	サンプルホルダ用アダプタ	17C17	光電子増倍管用治具
17A11	30X70mm基板洗浄用マクラ	17C18	X線モニタ用ケース
17A12	パルス幅可変レーザー筐体	17C19	電解セルカバー(スライドガラス・ソーダガラス)
17A13	Φ127MCPアッセンブリ	17C20	パネル(BL5Uコントローラー用)
17A14	光電気化学用セル [写真]	17C21	レーザー結晶冷却装置
17A15	チ化ニオブ膜	17C22	BL3B用チャンバー調整部品
17A16	溶液散乱用セル	17C23	レトリフレクター用ホルダー
17A17	アダプタ追加工	17C24	電気化学セル
17A18	試料作成台(大)(小)	17C25	真空用PEFCセル [写真]
17A19	回転セル用試料ホルダ [写真]	17C26	ペリスコープホルダー
17A20	ベシクル模型	17C27	BL7U Bank Holder
17B01	プロボスタット	17C28	Vescentレーザー用ベースプレート
17B02	テーパーアンプ用ケース追加工	17C29	ATR用テフロン流路
17B03	積層結晶ホルダー追加工	17D01	Scan Delay用ベースプレート
17B04	電磁場解析用階段状コイルSATデータ	17D02	Auスパッタ成膜
17B05	積層用ホルダー監	17D03	テフロンスプレーヤー
17B06	サポートリング	17D04	液体セル追加工
17B07	レーザーボックス用支柱	17D05	BL2Aチャンバー修理
17B08	GPCRリボンモデル [写真]	17D06	トランスファーチューブ先端部品修正加工
17B09	SmChiAリボンモデル [写真]	17D07	波長板回転マウント
17B10	SmChiBリボンモデル	17D08	レーザー入射用窓枠
17B11	カメラボディーシールド	17D09	鋭角スキマー先端修復加工
17B12	モバイル環境センサ用プレートの加工	17D10	ベース板
17B13	レーザー結晶ホルダ [写真]	17D11	ダブルスリット
17B14	トランスファーチューブ拡張ノズル	17D12	ノイズフィルターケース
17B15	固定金具	17D13	X線モニタ用容器 [写真]
17B16	セル部品追加工	17D14	ミラーホルダーの調整ネジの分解取出し
17B17	固定金具	17D15	マイクロ流路バルブ
17B18	カメラ固定台	17D16	96wellマグネットデバイス [写真]
17B19	BL2B用パネルアダプタ	17D17	傾斜付ブレッドボード
17B20	カメラマウント [写真]	17D18	回転磁場発生装置 [写真] (回路)
17B21	Moサンプルスプレーヤー	17D19	LEEDカメラ用サポート
17B22	Vescentレーザー用ベースプレート	17E01	段付アダプタ
17B23	顕微鏡スプレー一式	17E02	結晶アダプタ
17C01	ファイバーコネクタ加工	17E03	GPCR模型(ABS)
17C02	チタン製アパーチャー先端	17E04	斜光用アダプター
17C03	ITOスパッタ成膜	17E05	AOMヒートシンクマウント
17C04	SiO ₂ ・Al ₂ O ₃ スパッタ成膜	17E06	ATR-FTIR測定用溶液交換フローセル製作
17C05	ガラスの熱融着	17E07	GFPリボンモデル [写真]
17C06	サンプルスプレーサ	17E08	レーザー調整パーツ一式
17C07	蛍光測定用温調台座	17E09	絶縁ベース
		17E10	マイクロ電解流路 [写真]

2017年 工作依頼リスト

17E11	Al ₂ O ₃ /STO基板へのAu成膜
17E12	Al ₂ O ₃ /STO基板へのAuパターニング
17E13	ウルトラトール改造
17E14	ステージ用アダプタ
17E15	パージボックス追加工
17E16	ICF152チャンバーエッジ修正及びスキマーホルダー修正 [写真]
17E17	延長軸
17E18	ダイナミックシールC2 3/8インチ用
17E19	光電子増倍管用カバー
17E20	シャッタードライバパネル加工
17E21	試料ホルダーばね溶接
17E22	Kinesin-1リボンモデル
17E23	Kif9リボンモデル
17E24	ペデスタル追加工
17E25	SM05変換アダプタ
17E26	アクリル穴計測
17E27	展示室1円硬貨模型修理
17E28	小型固体レーザーホルダー3型修理
17E29	温度計ノイズフィルターケース
17F01	SABアダプタ
17F02	アイリス用スペーサー
17F03	H6_fold-zリボンモデル
17F04	H6_fold-cリボンモデル
17F05	H7_pseudo-globinリボンモデル
17F06	H8_fold-xリボンモデル
17F07	H6_fold-fリボンモデル
17F08	H6_fold-sリボンモデル
17F09	LB0ヒートホルダー
17F10	低温アダプタ
17F11	Ni電極加工
17F12	パイレックス・石英輪切り管
17F13	ウォブルスティック衝突防止機構 テールエンド追加
17F14	レーザー入射用窓枠フラット型
17F15	スリム型スキマー先端修理
17F16	FABガン強度テスト用ジグ
17F17	パイロメーター固定ベース
17F18	スリットICF253両面エッジ型 [写真]
17F19	レーザーパーツ一式
17F20	パルスノズル冷却用水ジャケット
17F21	プロテアソーム α リングの静電ポテンシャルモデル
17F22	顕微鏡観測用マイクロ流体デバイス [写真]
17F23	ベシクル模型(×8) [写真]
17F24	溶液ジェット用治具
17G01	サンプル固定ビス
17G02	金具
17G03	ボールミル用容器ネジ穴修理
17G04	シールドカバー
17G05	SUS板加工
17G06	蒸着チャンバーカメラマウント
17G07	ライン&スペース
17G08	アジャストプレート

17G09	LED照明用カバー1・2
17G10	Qスイッチレーザーモジュール
17G11	加熱金具(BL7U排気ライン)
17G12	フィルターリング
17H01	超分子ナノワイヤーモデル [写真]
17H02	常温接合装置ver2
17H03	試験管支え
17H04	ICF152取付用LED照明カバー
17H05	LED照明用カバー(量産タイプ)
17H06	金具
17H07	結晶ホルダー
17H08	トランスファーロット支柱
17H09	Qスイッチレーザーモジュール結晶マウント
17H10	プレス機改造
17H11	ビームシャッター
17H12	保温カバー
17H13	レーザーマウント
17H14	トランスファーチューブ・Oリングアダプタ
17H15	Qスイッチレーザーモジュールミラーホルダースペーサ
17H16	SUS板
17H17	延長金具
17I01	アルミまたはSUS板
17I02	ネジリング
17I03	ドライバー先端
17I04	押さえネジ用タップ穴加工
17I05	楕円形ゾーンプレート [写真]
17I06	真空用光ファイバーガイド
17I07	SDD用ソーラースリット(f=70)
17I08	コイル治具
17I09	Qスイッチレーザーモジュール?オフセットミラーホルダー
17I10	試験管支え
17I11	波長板ホルダー
17I12	フランジ固定用窓筒他関連部品2
17I13	試料押さえホルダー
17I14	斜光用キャップ
17J01	シャント盤ケース加工
17J02	蒸着用ホルダーの追加工
17J03	ベシクル模型(2色) [写真]
17J04	PEEK治具
17J05	冷却フィンM4タップ追加工
17J06	プロテアソーム α リング模型(FLEX)
17J07	蒸着ホルダー
17J08	顕微鏡観測用マイクロ流体デバイスver.2 [写真]
17J09	レーザーアンプウィンドウ
17J10	フランジ取付型レーザー台
17J11	トルクドライバー
17K01	レンズアダプタ
17K02	マニピレータ
17K03	半割りフランジ
17K04	光電子チャンバー用レンズ電極
17K05	SmChia-基質モデル

17K06	加圧セル
17K07	タップ加工
17K08	スキマー台座及びMCP用スリット
17K09	127mmMCP押さえ部品追加工
17K10	ICF253マルチポートフランジ
17K11	ICF253変換フランジ
17K12	4wellディッシュへのマイクロウェル鋳型
17K13	レーザーカバー
17K14	検出チャンバー固定具
17K15	フィルターターレット
17K16	HWPホルダー
17K17	Kinesin-1-ADP複合体モデル
17K18	回転セルホルダー92
17K19	電気化学セル
17K20	ベローズ接続フランジ
17K21	真ちゅう丸棒治具
17K22	狭部用スキマーΦ80及びガスポート
17K23	アナライザ (SES200) 設置機構 [写真]
17K24	glass supporting system
17L01	シリコン剥離修理
17L02	カメラ止め具
17L03	Hb1z1s、adenylate kinaseリボンモデル
17L04	装置カバー用ボールの加工
17L05	一体型小型レーザー構成試験用角型
17L06	アルミロッドMCP固定用ほか
17L07	小型MCPマウント50mm用
17L08	小型MCPマウント75mm用
17L09	冷却ホルダー
17L10	延長駒
17L11	SABサンプルホルダー
17L12	レーザー光用マスク
17L13	波長板用部品
17L14	DFCレーザー
17L15	銅ブロックカット
17L16	9Tコイル支持
17L17	送液用
17L18	9Tコイル
17L19	ドライバー先端
17L20	LBOホルダー
17L21	Taフィラメントやすりがけ
17L22	Spacer、Table、Cup
17L23	PMT用遮光カバー
17L24	冷却ホルダー
17L25	結晶冷却ホルダー

2017年 工作依頼リスト

電子回路グループ (43 件)

伝票番号	品名
17A01	電圧モニター回路プログラム改良
17A02	Repair of Laser board
17A03	圧力計用電源
17B01	パルサー修理
17B02	パルス電子銃電源 [写真]
17C01	小型レーザー用可変電源
17C02	ACインバータ [写真]
17C03	オプティカルチョッパー同期用TTL信号発生器 [写真]
17C04	光電子加速用HV電源(シンプルタイプ)
17C05	アイソレータ基板
17D01	リボンケーブルコネクタ
17D02	ソレノイドシャッタードライバ(4ch) [写真]
17E01	BL5Uローパスフィルター
17E02	光電子加速用HV電源(多機能タイプ) [写真]
17E03	モーター励磁切替回路
17E04	断層画像観測装置用TTL分周器
17E05	デジタルボルトスライダー
17E06	ACインバータ(改良版)
17E07	光電子分光装置マニピュレータ用ケーブル
17E08	BL5Uリミットスイッチケーブル
17F01	断層画像観測装置用TTL分周器(2台目)
17G01	スタンドアローン分周器 入力極性切替型
17G02	磁場ロガー
17G03	fastNIM-TTLコンバータ
17H01	CCDカメラ電源ケーブル修理
17H02	ACファン交換
17I01	ステッピングモータ用励磁スイッチボックス
17I02	2 Channle 5kV Pulse Generator
17I03	Signal Fanout Generator V2 [写真]
17I04	ヒューズ交換
17J01	100Hz(TTL)Trigger Divider
17J02	シャント盤製作
17J03	LEDの駆動電源
17J04	電子回路IC交換
17K01	真空ゲージケーブル延長
17K02	フォトダイオード用アンプ
17L01	回転セル88枚仕様用コントローラ
17L02	プログラマブルタイミング制御器V1
17L03	LEMO-BNC変換ケーブル
17L04	高圧電源及びACインバータの修理
17L05	高速反転増幅回路(第1段)
17L06	アナライザ用温調器の配線
17L07	PMT用電源の出力変更

退職にあたって

吉田 久史

1980年に分子研技術課の文部技官として着任してから37年間、装置開発室で回路工作の業務を担当させて頂きました。2017年3月で定年退職を迎えるあたり、これまでに世話になった研究者の方々を始め職場の先輩、同僚、後輩の皆様はこの紙面を借りて厚く御礼を申し上げたいと思います。

振り返れば入所当時は、研究棟、実験棟、付属施設棟(UVSOR棟、南実験棟を除く)が既に完成していて、何処の研究室も実験装置の立ち上げで忙しそうでした。職員の年齢層も若く、仕事にもレクリエーションにもエネルギーに組み込み、活気に溢れた印象を受けました。その頃の電子回路の世界は、インテルの80系、モトローラの68系、ザイログのZ80といった8ビットのマイクロプロセッサが主流で、これらのCPUを使ったマイコンボードやキーボード、CRT等の周辺装置を一体化したBASIC搭載のパソコンが世に出始めた頃でした。TTLの74シリーズやCMOSの40シリーズで作るデジタル回路、uA741やLF356の汎用オペアンプで構成する演算増幅回路etc... 実験に必要な電子機器の多くを手作りすることが一般的(必須)な時代でした。勿論、最初は教科書や専門誌の回路図の模倣でしたが、上司の高木さんや早川さんのご指導の下、様々な工作依頼の回路設計と製作を一貫してやらせて頂きました。週一で行われた勉強会と実務での経験によって、徐々にですが電子回路についての理解を深めることができました。CPUやメモリICを並べ手配線で製作したマイコン基板、ハンドアセンブルで開発したストリークカメラ画像のデータ処理装置、トランジエントメモリを利用した蛍光寿命測定装置、リニアイメージセンサを用いた分光計測器、CAMAC規格の計測モジュール、アバランシェトランジスタによる高速高電圧パルサーetc... 上手く動作させられず四苦八苦したことは忘れ去り、今では「なつかしさ」だけが蘇ります。

さて現状の電子回路は、皆様も良くご存知の通り、64ビットマルチコアCPUを搭載しUSBやLANインターフェースまでも装備したマイコン基板が数千円で入手できます。プログラム開発は、CPU内のレジスタや機械語を勉強しなくても高級言語を使ってサクサク作れます。Windowsで稼働する電子回路用のCAD&CAMソフトも充実し、シミュレータを利用すれば回路を試作する手間を大幅に削減できます。以前は大型計算機が必要だった便利なツールが個人のパソコン上で利用でき、分からない事はインターネットで検索する時代です。さらには、ニューラルネットによるAI(人工知能)、VR(仮想現実)、AR(拡張現実)etc...あの頃は想像もできなかったような技術が現れ、ますます楽しそうな世界が広がっています。最先端の技術にいち早く触れ、そして取り入れ、より高性能で高機能な装置作りを目指して頂くことを後輩たちに期待してペンを置きたいと思います。私も微力ながらサポートさせて頂けたら幸せに思います。これまでいろいろありがとうございました。



装置開発室 Annual Report 2017

平成 30 年 3 月発行

編集・発行所 自然科学研究機構 分子科学研究所 装置開発室
444-8585 岡崎市明大寺町西郷中 38

ISSN 1880-0440