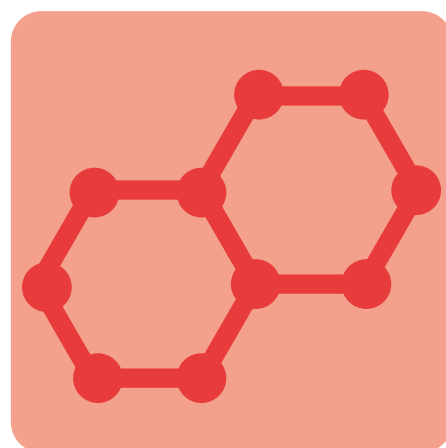
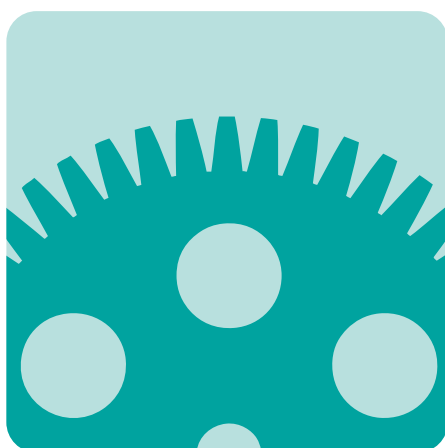
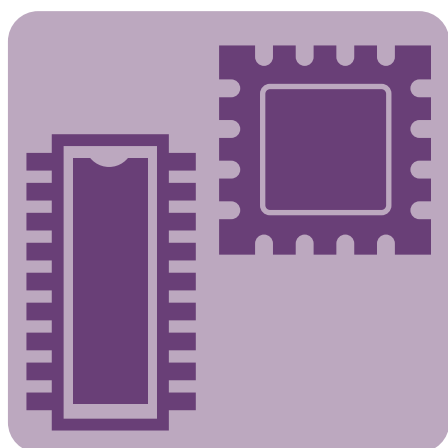


Annual Report 2019



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。

アイコンについて

本号では、「技術報告」「トピックス」「特集」に、上記ミッション・ステートメントのバリューに対応するアイコンを付加しました。バリューとアイコンの対応は以下のとおりです。



・・・学ぶ



・・・挑戦



・・・貢献



・・・リーダーシップ

先日来、研究所に社会連携研究部門が設置され、機構本部でも産学連携室が活動を始めました。これに合わせて、昨年8月に開催された装置開発室の運営委員会では、民間利用の際の手続きや利用料の整備を進めることが合意され、この1月から運用を開始することとなりました。まだ始まったばかりの制度ですので、色々と改良をしながら作り上げて行くことになると思いますが、これまでほとんどアカデミアのサポートしかしてこなかった装置開発室にとっては、新しい一步を踏み出すことになります。

以前より、基礎科学と産業応用との関係は多くの人によって議論されてきました。人によっては基礎科学こそ尊いものであって、応用を議論するのは高尚な科学の目的から外れるものである、という考えを持つ方も居るでしょう。一方で、科学実験の設備にかかる膨大な費用を税金でまかなっている以上、全体としては何らかの経済的効果を期待するべきだという議論もあります。日米貿易摩擦のころは、日本が米国の基礎科学にただ乗りしているという、いささか感情的な議論もありました。岡崎出身の本多光太郎は日本がまだ発展途上にあった時代に、KS 鋼などの磁性体を開発し、ノーベル賞候補にもなったことのある学者ですが、「産業は学問の道場なり」という言葉を残しています。この言葉には、基礎も応用も一体となった、両者それぞれの重要性和関連性が示唆されているように思います。熱力学が蒸気機関の効率向上のために生れてきたように、産業が基礎科学を必要とし、その発展を促す。そして基礎科学が元となる概念を確立・拡張し、新しい産業を生み出していく。そのような循環が、現代社会の実現を後押ししてきたことは紛れもない事実であり、我々もそのような社会の一員であることを忘れることは出来ないと思います。「基礎か応用か」ではなく、どちらも互いの見方を尊重しつつ、いつの日か応用にも必ず必要とされるような本質的な基礎を研究することで、「基礎も応用も」実現できれば、それはひとつの理想であると言えるでしょう。

装置開発室はこれまで主に基礎科学の支援という観点で活動してきましたが、工学的な要素も多い組織なので、産業界との橋渡しをする窓口となることも出来るかもしれません。それほど人数がいるわけではないので、社会連携にどれだけのエフォートを割けるか分かりませんが、現在進行中の附属棟改修が終われば、技術課内の連携もしやすくなると期待されますので、横の繋がりも活用しながら何らかの形で産学連携にも携わって行けたらと思っています。

2020年1月

山本 浩史

目次

構成スタッフ	1
イベント in 2019	2
セクション報告	7
主要設備	11
研究会発表一覧	12
利用者報告	13
申請課題一覧	19
活動レポート	20
トピックス	32
2019 年 製作品	35
2019 年 工作依頼リスト	39
施設改修 -Renovation to Next Generation-	43



(前列左から) 菊地拓郎、澤田俊広、山本浩史、近藤聖彦
 (後列左から) 水谷伸雄、石川晶子、吉田久史、浦野宏子、木村和典、高田紀子、青山正樹、豊田朋範

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	技術専門員
	近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	技術班長
	水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長
	高田紀子	TAKADA, Noriko	主任
	木村幸代	KIMURA, Sachiyo	
電子回路グループ	菊地拓郎	KIKUCHI, Takuro	
	豊田朋範	TOYODA, Tomonori	係長
	木村和典	KIMURA, Kazunori	

技術支援員

	澤田俊広	SAWADA, Toshihiro	
	吉田久史	YOSHIDA, Hisashi	
	石川晶子	ISHIKAWA, Akiko	(※ 2019 年 4 月より)

事務支援員

	浦野宏子	URANO, Hiroko	
--	------	---------------	--

1月

31日～
9月2日

共同開発打ち合わせ (東京工業大学) & SURTECH2019 & nano tech2019
(東京ビッグサイト)(写真1)
(水谷、近藤、菊地、豊田、木村(和))(写真2) (記事 32 ページ参照)



写真1：東京ビッグサイト前のパネル



写真2：水瀬助教(左端)との共同開発の打ち合わせに臨む
(左2人目から)水谷氏、近藤氏、菊地氏

2月

1日 菊地拓郎氏 技術職員採用

7日 第20回分子科学研究所技術研究会
～8日 (豊田、木村(和))(写真3)(写真4) (記事 32 ページ参照)



写真3：プリント基板を手に解説する木村(和)氏



写真4：パネルディスカッションで聴衆の質問を聞く豊田氏

12日 玉掛け講習(日立建機)(菊地)
～14日

19日 クレーン講習(住友建機)(菊地)
～20日

22日 測定・計測ソリューションセミナー(名古屋市中小企業振興館)(菊地)

3月

1日 技術交流「有限要素法による構造解析技術」
(核融合科学研究所)(青山、近藤、菊地)

4日 電鍍技術の必須基礎知識と応用展開セミナー
(大阪産業創造館)(菊地)

6日 総合技術研究会 2019 九州大学
～8日 (青山、水谷、菊地、豊田、木村(和))(写真5)(写真6) (記事 32 ページ参照)



写真5：質疑応答でスライドの内容を説明する木村(和)氏

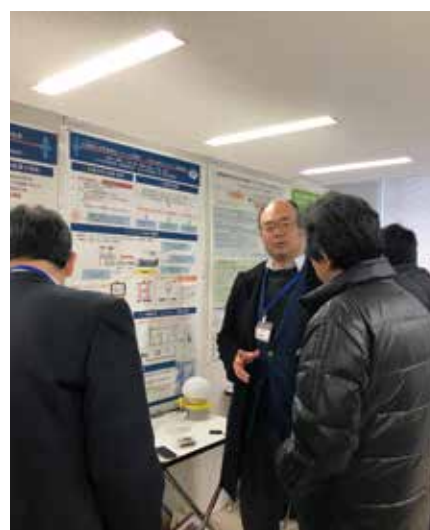


写真6：ポスター前で閲覧者と熱心に討論する豊田氏

17日 日本化学会第37回化学技術有功賞受賞(水谷)(写真7) (記事 33 ページ参照)

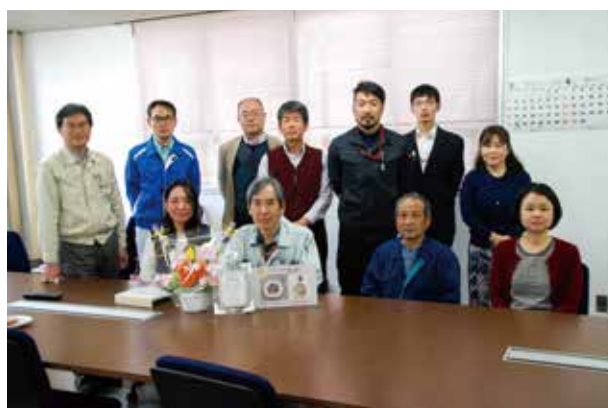


写真7：受賞パーティーで記念撮影

4月

1日 石川晶子氏 転入(メゾスコピック計測研究センターより)

17日 設計製造ソリューション展(ポートメッセ名古屋)(青山)

22日 平成31年度自然科学研究機構初任者研修(機構事務局・野辺山宇宙観測所)(木村(和))
～24日

5月

16日 平成31年度東海地区国立大学法人等職員基礎研修
～17日 (名古屋大学東山キャンパス)(木村(和))

イベント in 2019

20 日、
30 日

機械工作に関する安全講習会 (青山、水谷、近藤、菊地、澤田)(写真 8)(写真 9)



写真 8：受講者との集合写真その 1

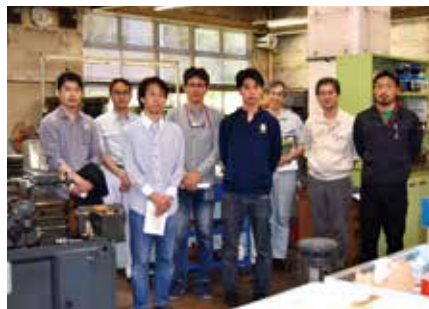


写真 9：受講者との集合写真その 2

23 日、
31 日

回路工作に関する講習会 (豊田、木村 (和))(写真 10)(写真 11)



写真 10：受講者との集合写真その 1



写真 11：受講者との集合写真その 2

24 日、
29 日、
6 月 6 日

リソグラフィに関する講習会 (高田)(写真 12)(写真 13)

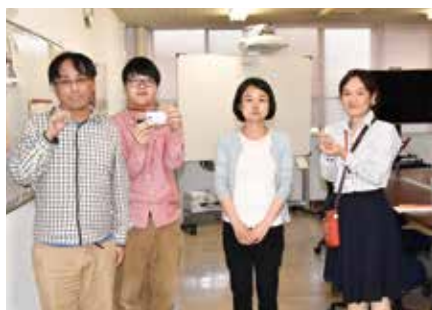


写真 12：受講者との集合写真その 1



写真 13：受講者との集合写真その 2

27 日 出張 (西尾市)(青山、水谷、近藤、菊地)

6 月

3 日 出張 (名古屋市)(青山)

4 日 第 35 回化学反応討論会 (東広島市)
～ 8 日 (豊田、木村 (和))(写真 14) (記事 33 ページ参照)



写真 14：閲覧者に展示機器を説明する豊田氏

7 日 出張 (名古屋市) (近藤、高田)

18 日 中学生職場体験学習 (葵中学校) (写真 15)



写真 15：閲覧者に展示機器を説明する豊田氏

8 月

19 日 ANSYS Fluent 体験セミナー (アンシス・ジャパン中部オフィス) (近藤)

20 日 中学生職場体験学習 (六ツ美中学校) (写真 16)



写真 16：豊田氏の説明を受けて
はんだ付けに取り組む中学生

29 日
～ 30 日

2019 年度分子科学研究所機器・分析技術研究会
(青山、水谷、近藤、高田、菊地、豊田、木村(和))
(写真 17) (記事 34 ページ参照)



写真 17：絶え間なく閲覧者と討論する豊田氏

9 月

4 日 2019 年度精密工学会秋季大会 (静岡大学浜松キャンパス) (青山)

10 月

2 日 関西機械要素技術展 (インテックス大阪)
(青山、菊地)

15 日 アウトリーチ活動出前授業 (河合中学校)
(豊田)

20 日 大学共同利用機関シンポジウム (日本科学未来館)
(豊田) (写真 18) (記事 34 ページ参照)



写真 18：設営完了した分子研の展示ブース

11月

1日
～3日

令和元年度盛岡市総合防災訓練出展 (盛岡市)(豊田、木村 (和))(写真 19)



写真 19：所属や立場を超えた参加者の集合写真

12月

4日

CTC SOLIDWORKS ユーザーミーティング FY19 in 名古屋 (名古屋市)(豊田、木村 (和))
(記事 34 ページ参照)

20日

2019 年度技術課セミナー「『伝える技術』 向上のために」(豊田)(写真 20)



写真 20：企画・運営したメンバーの記念撮影

25日

第 25 回静岡大学技術報告会 (静岡大学浜松キャンパス)(豊田)(写真 21)



写真 21：聴講者に仕様やコンセプトを説明する豊田氏

メカトロニクス・セクション報告

近藤 聖彦 高田 紀子

メカトロニクス・セクションは、主に機械加工・設計技術、フォトリソグラフィ技術、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を対象としている。また、制定したミッションステートメント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31年1月～12月の所内製作依頼は227件で、過去5年間は同程度の件数であった。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)を有効に広く活用でき、さらに技術職員の技術向上をはかるため、所外の研究機関、大学から申請ができる制度(ナノテクノロジープラットフォーム協力研究)を設けている。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を十分に考えた上で、引き受けている。表1に示すように、所外の技術支援は41件であった。その内、完成までに3週間以上要する依頼が5件であった。このような時間を要する依頼は、これまでの設計製作の経験を活用できることもあるが、初めて経験する内容が多く、試作品を作り、実験などをおこない製作を進めるので、技術向上につながっている。

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施設利用から申請できる3次元光学プロファイラシステムの利用件数である。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年々多くなっている。使用を希望する場合は事前の予約を推奨する。

表1 2019年所外依頼の申請機関と件数

機関名	件数
基礎生物学研究所	5
名古屋大学	3
東京大学	3
愛知教育大学	3
京都大学	2
東京工業大学	2
大阪府立大学	2
東北大学	2
京都府立大学	1
東邦大学	1
民間企業	17
合計	41

2. 製作依頼内容

●機械工作

主な依頼は、(1) 部品加工: 依頼者から提供される部品形状の絵や仕様をもとにして製作図面を作成した後に加工する内容、(2) 装置製作: 設計・開発要素を含み部品を組み合わせて製作をおこなう内容の2つに分類できる。

(1) は、レーザー実験に使用する水冷ホルダ、放射光施設で使用する安全装置、誘電緩和測定用個体試料ホルダ、ガラス穴加工、など、様々な部品加工があった。図1に真空環境の加速器内へレーザー光を入射するポートに使用する二重窓ユニットを示す。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。

(2) は、図2に示すような極低温用プローブステーションに設置して使用する水平磁場発生装置、真空環境で使用する冷却アダプタ、メタルマスク製作に使用するめっき装置、真空容器用シャッターフランジ、分子の蒸気圧制御用容器など、真空、冷却、磁場、光学に関する高度な技術を必要とする設計製作依頼があった。これらの依頼は、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、多くの時間を必要とした。

その他、新設されるクリーンルームに使用するFFU(ファンフィルターユニット)の固定台を製作し、電子機器開発技術班と協力しFFUの評価試験をおこなった。



図1: 大強度レーザー入出射用二重窓ユニット

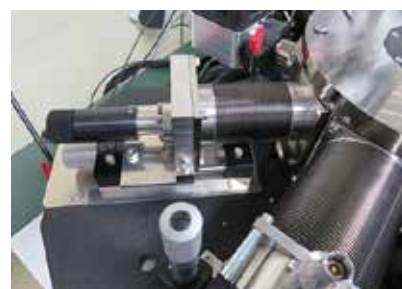


図2: 極低温用プローブステーションに設置した水平磁場発生装置

●フォトリソグラフィ

所内からの依頼内容は、グレーティングやスリット、ミラー等光学素子の依頼が多数であった。所外からはマイクロ流路に関連する依頼内容が増加している傾向がある。マイクロ流路の材質はPDMS樹脂とガラスの両方があり、利用用途は細胞融合、有機合成、ベシクルの大きさの選別等である。

所外のデバイス製作などに関する依頼は、ナノテクノロジープラットフォームの協力研究で受け付けている。ただし、製作手法が確立された依頼を再度受ける際は、施設利用に申請いただき、採択された件について依頼者が製作できるように、製作手法を伝えている。

新規の内容は、昨年、東京大学の北森研究室で教示いただいた「ガラス同士の低温接合」を利用し、ガラス製マイクロ流路を有するデバイス製作依頼への対応を開始した。製作例を図3に示す。これまでガラス同士の接合は接着剤を用いておこなっていたが、使用する溶液の種類によっては、接着剤が劣化し液漏れの原因となることがあった。接着剤を使用せずにガラス同士を接合する技術を教わったことで、耐薬品性が強いデバイス製作をすることができるようになった。ただし、北森研究室の接合技術で製作したデバイスを使用した成果を公開する際は、引用論文に関する取り決めを行っている。

昨年導入した電子ビーム描画装置(EB)に関しては、基板の前処理、描画後の金属膜の成膜を含めた条件出しを現在行っている。また、より高精細で安定したパターニングを行うために、作業効率を考慮しつつ実験環境の整備を進めている。図4にEBを使用してシリコン基板上に作製した線幅200nm程度の数字を示す。

2019年度の附属三棟施設改修ではレーザーセンター棟に新しくクリーンルームが設置され、2020年度には、電子ビーム描画装置を始め、分散していたリソグラフィ関連装置が1か所に集約される。ユーザーが利用しやすく、合理的に管理ができるクリーンルームを目指している。



図3：ガラス接合を利用した製作品の例

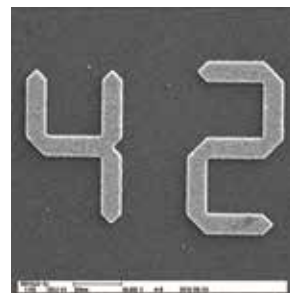


図4：EBでの製作例

●デジタルエンジニアリング

Murata SoftwareのFemtetを使用し、永久磁石の水平方向の磁場強度の解析と実験結果について比較した。磁場以外で設計時に必要となる構造、熱解析、流体解析については、ANSYSを使用している。図5は新設予定のクリーンルーム内の空気流れを解析した結果である。このような単純な解析はできるが、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、セミナーに参加し解析技術に関する情報収集をおこないながら知識を深めている。

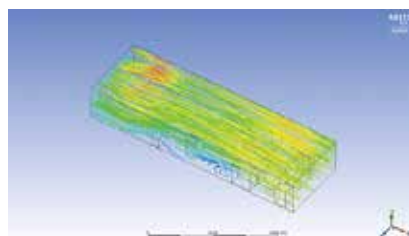


図5：流体解析

3. 装置開発棟の改修

今年度は施設改修がおこなわれることになり、工事期間中は長年活動の拠点であった装置開発棟から移動する必要があり、荷造り、工作機械の廃棄、工作機械の移動、工場と居室の整理など、大掛かりな引っ越し作業があった。特に図6に示すような工作機械の搬出並びに移動は計画的に行う必要があり、引っ越しプランも含め、多くの時間を費やすことになった。引っ越し後、居室は実験棟5階、組立室は化学試料棟1階、汎用の工作機械を使用する部屋は生理学研究所の工作室または放射光施設の工作室となっているため、作業内容が変わるたびに移動して、依頼業務に対応している。



図6：工作機械搬出時の様子

4. その他

<受賞・発表>

- (1) 日本化学会第37回化学技術有功賞受賞（水谷）
- (2) 令和元年度愛知県優秀技能者表彰（澤田）
- (3) 第14回自然科学研究機構技術研究会（近藤）

<セミナー・トレーニング・資格>

- (1) 玉掛け講習、クレーン講習、電鍍技術の必須知識と応用展開セミナー（菊地）
- (2) 精密工学会秋季大会（青山）
- (3) ANSYS Fluent 体験セミナー（近藤）

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」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の製作技術、機器組み込み用マイコンの応用技術、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)

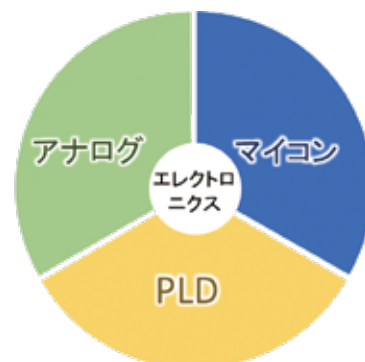


図1：エレクトロニクス技術の3本の柱

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。2019年は55件の受付を行い、過去最高を大きく更新した昨年に次ぐ件数となった。近年、人員の異動や定年退職があった一方、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・ソフトウェアの設計・製作を伴うものが34件(61.8%)、故障・破損した機器の修理やケーブル製作など突発的・改修的なものが21件(38.2%)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。

近年の特徴として、実験の進捗に応じて仕様を変更して複数回製作することや、1件の工作依頼で複数台製作することが増加していることが挙げられる。

依頼元を所内と所外で分類すると、所内が47件(85.5%)、所外が8件(14.5%)である。エレクトロニクス・セクションにおける所外依頼は近年増加傾向にあり、装置開発室の工作技術支援はエレクトロニクス分野においても一定の存在感を得ていると推察される。



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. 研究会発表・セミナー開催・アウトリーチ活動

2019年は12件(共著含む)の研究会発表を行った(関連記事p12)。また、岩手大学との共同開発の成果を1件特許出願した。製品化に向けての模索や検討が引き続き行われ、その中から技術職員から提案する形の工作依頼が生まれ、更にMTA(成果有体物譲渡)が計画されるなど、新たな展開が具体化の途上にある。

12月には、技術課セミナー『伝える技術』向上のために」を開催した(図3)。本セミナーは、近年重要性を増しているプレゼンを効果的に行うため、伝えたい内容の分類や抽出・整理からフォントや色の選択まで、演習や発表を交えて体得する実践的なセミナーとして、修行美恵氏(九州工業大学)と藤崎聡美氏(岩手大学)に講義と演習を、奥村由香氏(大阪大学産業科学研究所)と一條肇氏(東北大学)に録画録音を担当していただいた。

得られた成果や教訓は、2020年3月の情報科学研究会や実験・実習技術研究会2020鹿児島大学などで報告する予定であり、機関を超えた技術職員の新たな連携を推進していきたい。



図3：技術課セミナーのポスター

この他、研究力強化戦略室と共同でLEDホタルを開発し、アウトリーチ出前授業や大学共同利用機関法人シンポジウムでデモ機を展示し、学生や閲覧者に体験していただいた(関連記事p18,34)。これらいずれも強い関心を集め、職場体験とは異なる、エレクトロニクス分野による新たなアウトリーチ活動の契機になりうると考えている。

4. 新たな試みと展開ー回路 CAD と機械 CAD の有機的な連携による、開発フローの見直しと強化ー

前述のとおり、エレクトロニクス・セクションでは工作依頼件数が高水準の傾向が続いている。特に、1件につき数台の製作が必要な依頼や、ケースのサイズに厳しい制約がある依頼が急増している。

従来は図4のような、回路製作が概ね完了してから適合するケースを選定・加工して組付ける、「回路先にありき」の開発フローで問題なかったが、工作依頼1件あたりの時間が減少する中、業務状況の急激な変化を受け、開発フローの大幅な見直しが急務となった。

調査検討の結果、SOLIDWORKS PCB Connector(SOLIDWORKS社)を導入し、図5に示す開発フローの改革に着手した。これは、回路CADのAltium Designer(Altium社)と機械CADのSOLIDWORKS(SOLIDWORKS社)の有機的な連携である。これにより、コネクタやスイッチなどパネル構成部品の干渉や、コネクタを実装した一体型のプリント基板のケースへの嵌合を、ケース加工前にPCで検証し、追加修正することが可能となった。また、無償の3Dビューワの使用により、研究者にパネルのレイアウトやケース内部の構成を3Dモデルで示すことで、よりイメージしやすい形で確認や討論を行うことが可能になった(図6)。

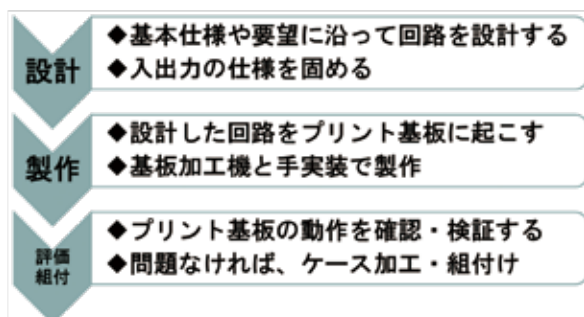


図4：エレクトロニクス・セクションにおける従来の開発フロー

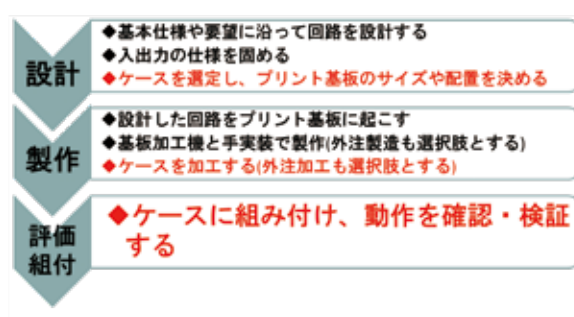


図5：エレクトロニクス・セクションにおける新しい開発フロー

新しい開発フローによる工作依頼は、既に複数の開発実績を挙げており(関連記事p30~31,38)、岩手大学との共同開発においても重要な成果を上げている。また、この取り組みはSOLIDWORKS社にも注目され、民間企業を対象に経緯や成果を講演し、大変好評を得た(関連記事p34)。

この成果と経験を基に、今後、計画的にSOLIDWORKS PCB Connectorを導入し、回路CADと機械CADの連携による効率的・効果的な開発を推進・強化していきたい。

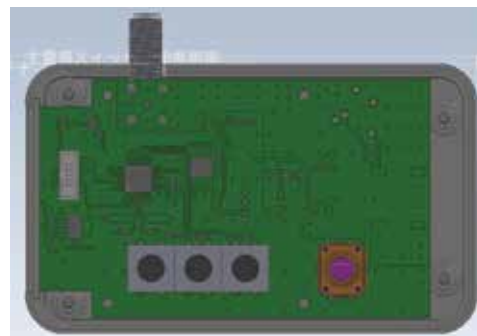


図6：無償の3Dビューワによる3Dモデル表示例

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)
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	SURFTEST SV-400 (ミツトヨ)
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 (ゴードンソリューション)
CAE	ANSYS DesignSpace (アンシス・ジャパン)

フォトリソグラフィ

種別	形式
スピニングコート	MS-A100 (ミカサ)
	MS-B100 (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)
	PDC-001-HP (HARRICK PLASMA)
	PR200 (ヤマト科学)
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)
	PURELAB Flex3 (ELGA)
マスクレス露光装置	DL-1000 (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)
電子ビーム描画装置	ELS-G100 (エリオニクス)

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)
	DS-5624A (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	Model 8600 (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)
卓上 NC フライス加工機	KitMill SR200 (ORIGINAL MIND)
レーザーマーカ	LP-GS (Panasonic)

2019 年 研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
第20回 分子科学研究所技術研究会 2019年2月7日～8日	実験現場の課題の解決に向けた電子機器の開発事例(口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通 木村和典
	高速ディジタル回路とアナログ回路の共存におけるクロストークとその検討(口頭発表)	○豊田朋範
	コンポーネントとしての電気分野を考えるーモジュール化と流用(口頭発表)	○木村和典 豊田朋範
総合技術研究会2019九州大学 2019年3月6日～8日	広範囲災害警報報知システムの開発-市販LEDへのフラッシュ機能搭載-(ポスター発表)	○豊田朋範
	広範囲災害警報報知システムの開発(口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美 古舘守通
	広範囲災害警報報知システムの開発 -TV自動制御装置の開発-(ポスター発表)	○古舘守通 豊田朋範 千葉寿 藤崎聡美
	レーザー実験用機器開発におけるインターフェース実装事例とその汎用化(口頭発表)	○木村和典 豊田朋範
第35回化学反応討論会 2019年6月5日～7日	Development of a Delay Pulse Generator(ポスター発表)	○豊田朋範 千葉寿 武井宣幸 大森賢治
	Development of a NIM Module Adaptor(ポスター発表)	○千葉寿 豊田朋範 武井宣幸 大森賢治
第14回自然科学研究機構技術研究会 2019年6月20日～21日	分子研の3D造形プロジェクト(ポスター発表)	○近藤聖彦
2019年度分子科学研究所 機器・分析技術研究会 2019年8月29日～30日	FPGAとARMマイコンを用いたディレイパルスジェネレータの開発(ポスター発表)	○豊田朋範 千葉寿 木村和典 藤崎聡美 古舘守道
SOLIDWORKSユーザー ミーティングFY19 in 名古屋 2019年12月4日	国立研究機関におけるエレメカ連携の事例とその効果-SOLIDWORKS PCBを用いた研究用電子機器開発-(口頭発表:依頼講演)	○豊田朋範 木村和典
第25回静岡大学技術報告会 2019年12月25日	FPGAとARMマイコンを用いたディレイゲートパルサーの開発(口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 木村和典 藤崎聡美 古舘守道

固体 NMR 二重共鳴 magic angle spinning プローブの製作

分子科学研究所 物質分子科学研究領域 西村 勝之

1. はじめに

溶液 NMR で対象となる低分子では、分子内部の異方的内部相互作用は分子運動により平均化を受けて消失しており、等方的相互作用のみが主に観測され先鋭なスペクトルを示す。一方、固体 NMR で対象となる様な分子運動性が低い、または相関時間の長い試料では、異方的内部相互作用が残存し、これによりスペクトルが広幅化する。溶液 NMR のような等方化学シフトを有する先鋭なスペクトルを得るには、これら異方的相互作用を消去する必要がある。一般に静磁場から 54.7° (マジック角) 傾けた軸の周りで試料管を高速回転させることにより、これら異方的相互作用を時間平均し、消去している。固体 NMR の実験の醍醐味は、スペクトル高分解能化を実現しつつ、試料回転に同期した適切な位相、および強度のラジオ波照射により、必要な異方的内部相互作用のみを選択的に復活させ、詳細な分子情報の取得が可能になる点にある。この試料回転は magic angle spinning(MAS) と呼ばれ、試料回転には圧縮空気を用いる。ベアリングガスを試料管側面に均等に噴射し試料管を浮遊させ、試料管先端の羽部にドライバガスを噴射して試料管を高速回転させる。試料管は一般的なナローボアマグネットでは、その全長は上限 20mm 程度となる。試料回転は、試料管末端側面に可視光を照射し、マーカー部位と非マーカー部位の反射光の矩形波から回転周波数を検出し、適用する上記圧縮空気圧力をフィードバック調節して 10Hz 以内の回転周波数調節精度を実現している。現状の市販品では、4.0、および 3.2mm が一般的に良く用いられ、0.7 または 1.0mm 程度の試料管外径が最小であり、試料回転周波数は数 kHz から 100kHz 程度までの範囲となる。小径試料管では回転周波数上限は向上するが、測定可能な試料体積は著しく減少し感度も低下する。一方、試料管外径の縮小によりコイル内径も縮小するためラジオ波照射効率は向上する。化学シフト異方性は磁場強度に比例するため、高磁場ではこの消去のため高速試料回転が必要となる。高磁場ではコイル長が ^1H の 1/4 波長に近づくため、コイルの巻き数に制限が生じ、一般に高磁場では小外径の試料管を用いる傾向がある。この様に最適な試料管外径は必要な実験、および磁場強度により変化する。アモルファス試料では MAS は必須な機能であり、市販の固体高分解能 NMR プローブでは、配向試料などを対象とした特殊プローブを除き、全て同試料管回転機構が組み込まれている。しかし、試料管、および羽の構造等、試料回転モジュールのデザインは会社毎に異なり、試料管に互換性は無い。

2. ^1H -X 二重共鳴固体 NMR MAS プローブの開発

固体 NMR プローブは上述のように磁気回路、試料回転、回転検出、温度調節機構などが混在しており、複数の技術の複合体として成立している。一般的に用いられるナローボアマグネットでは、マグネットボア内に挿入可能な部位は断面直径が 40mm と極めて狭い。このため独自に制作する場合、限られたスペースで機能する各モジュールを各々設計し、稼働試験をした後組み込み、プローブを完成させる必要がある。また、プローブで用いる部品は全て非磁性である必要があり、材料の純度を含め様々な制限が存在する。今回は既製品との完全互換性を条件に入れて制作したため、当初の予定よりずっと時間を要した。また、他社は一般的なコネクタを使用することが多いが、Bruker 社製品は特殊なコネクタが使用されている。完全互換プローブの製作には各種コネクタの部品特定が必要であり、これに 3 年以上の歳月を費やし、ようやく昨年度から製作を開始した。

まずベースとなる固体 NMR プローブとして、400MHz(^1H 共鳴周波数)用の 2.5mm 試料管を用いた ^1H -X 二重共 MAS プローブ("X"は低周波数側が任意の周波数、すなわち、任意の核種に切り替え可能ということの意味する。)の開発を行った。2.5mm 試料管用試料回転モジュール、および回転検出用の光電圧変換モジュール、温度センサーの 3 部品のみ同社製部品を使用し、それ以外を全て独自に西村が設計を行った。金属、および樹脂部品で試作品によるトライアンドエラーが必要な部品、さらに極めて高度な加工が必要な部品等を装置開発室へ依頼した。その他のセラミック、ガラス部品、さらに製作数量が多い樹脂、金属部品加工を町工場に依頼した。

また、今回用いた Bruker 社製部品の一部で破損し易い部品が存在し、これらを全て独自設計の部品に置き換えた。この内、圧縮空気用配管チューブ用コネクタなどは、切削加工が困難なものが存在したが、西村が設計した代替部品を 3D プリンターで製作して頂き、極めて上手く機能することが判った。

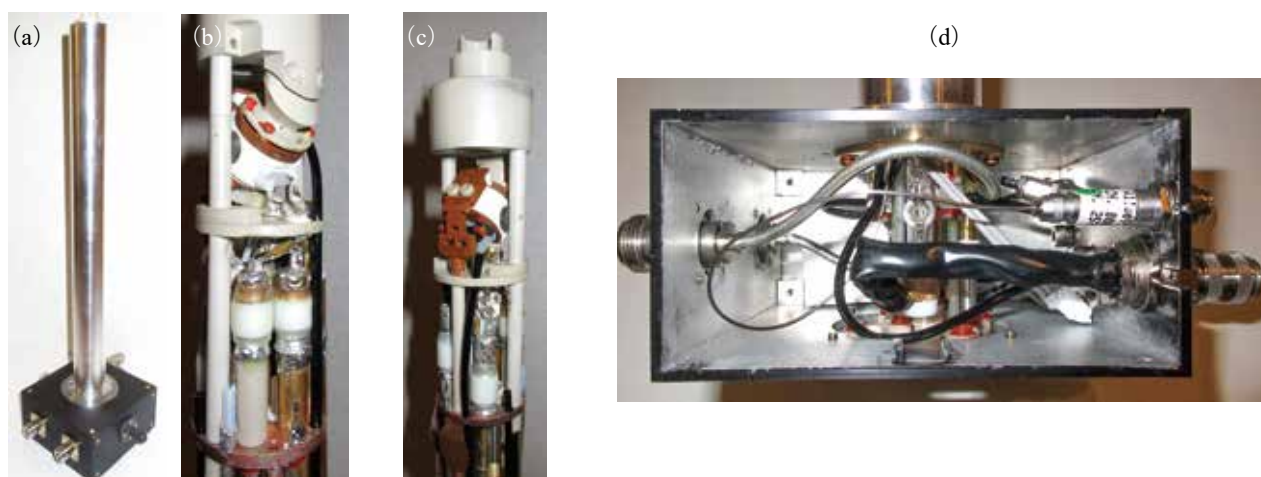


図 1 製作した固体 NMR プローブ

(a) プローブ外観 (b) プローブ上部内部前側面 (c) プローブ上部内部後側面 (d) プローブ下部内部

以下に製作したプローブの写真を示す。図 1(a) は製作した 2.5mm ^1H -X 二重共鳴プローブ外観、(b)(c) 上部、および (d) 下部の内部構造の写真である。白色の試料管回転モジュール、非磁性可変容量キャパシタ、回転検出用光ファイバー 2 本、試料管排出用エア配管 1 本、ドライブガス配管 1 本等が存在する。3 本の柱の 1 つが MAS の試料回転角度調節棒を内包し、残り 2 本の柱状はキャパシタ冷却用エアのパイプを兼ねている。プローブ下部から導入したエアはガラスデュアー内のヒータにより温度調節を受け、その温度はプローブ上部のシース熱電対で検出することでフィードバック調節をする。

スピニングモジュールの角度調整は、同モジュールに接続した独自設計の茶色の部品群により、プローブの下面のネジの回転運動を上下運動に変換し調節が可能である。NMR プローブ回路は、quality factor(Q 因子) を 100 から 200 程度の範囲になるように設定している。このため、ロスの少ない少数の部品で置き換えて構成する必要がある、配線には銀メッキ無酸素銅線、および金メッキ無酸素銅リボン等を独自に製作して用いていた。これら回路は、非磁性可変容量キャパシタ、および非磁性固定キャパシタにより構成している。特に可変容量キャパシタで、耐入力を高く保ちつつ、Q 因子が低くならない様に、低耐電圧高 Q 因子の同部品に放電防止加工を施し使用している。また、コイル長が 1/4 波長に近づく ^1H 側のみ、コイル両端で均一な電圧が印可される平衡回路 (Balun) の仕様にしてある。これには ^1H 用のチューニングとバランシング用の 2 つの可変容量キャパシタが連動して動く必要があり、樹脂製歯車を用いて実現した。一方、低周波数側はチューニングキャパシタを追加することにより、任意に共鳴周波数を調整可能な仕様に設計した。

3. おわりに

製作当初から、 ^1H - ^{13}C - ^{15}N 三重共鳴プローブへの発展を念頭に、なるべく部品を共通化するように設計を進めた。このため、二重共鳴プローブ製作終盤から同三重共鳴プローブ、および 4.0mm 試料管用固体 MAS ^1H -X 二重共鳴プローブの開発も同時並行で進めた。最終的に、今回購入したモジュールも全て独自設計モジュールに置き換えるため、これらモジュール開発も行っており、温度センサーは設計を完了した。今回製作したプローブはマグネット挿入部を延長し回路の各種定数に関連する部品を変更することにより、基本的に ^1H 共鳴周波数 800MHz 程度の高磁場まで同じ仕様で製作が可能である。本プローブ作成では、特に青山氏と水谷氏に何度もご相談に乗って頂き多くの有益なご助言を頂きました。工作室の改修工事もあり、例年以上に大変な状況の中、多くの部品加工をお願いすることになり、ご協力頂いた装置開発室の関係者の皆様に、この場を借りて厚く御礼申し上げます。

軟 X 線吸収分光測定のためのマイクロ流路セルの開発

分子科学研究所 長坂 将成

1. はじめに

マイクロ流路は、2 液の混合や層流を利用することで、高効率な溶液反応を実現する有用な化学環境である。^[1] マイクロ流路上の液体の分析を行うには、異なる元素ごとに電子状態を調べることが重要である。軟 X 線吸収分光法 (XAS) は、軽元素 (C, N, O) 周りの分子間相互作用を調べることができる有用な手法であるが、軟 X 線が大気や水に強く吸収されるため、マイクロ流路を軟 X 線が透過することができず、その XAS 測定はこれまで不可能であった。本研究では、100 nm 厚の窒化シリコン (Si_3N_4) 膜をマイクロ流路の窓材として用いることで、マイクロ流路の XAS 測定を実現することを目的とする。本稿では、装置開発室の協力のもとに行った、XAS 測定のためのマイクロ流路セルの開発について述べた後、ピリジン-水混合系の層流を顕微 XAS 測定から調べた研究成果について報告する。^[2]

2. 軟 X 線吸収分光測定のためのマイクロ流路セルの開発

図 1(a) に開発したマイクロ流路の XAS 測定システムの模式図を示す。実験は UVSOR-III の軟 X 線ビームライン BL3U で行った。マイクロ流路セルは常圧のヘリウム環境下であり、超高真空下の軟 X 線ビームラインとは、窓サイズ $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ で厚さ 100 nm の SiC 膜で分離している。軟 X 線のビームサイズも、この窓サイズと同じになるため、空間分解能が $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ の顕微 XAS 測定が可能である。

図 1(b) にマイクロ流路セルの組立の写真を示す。ステンレスの板に、2 液の流入と混合溶液の流出のために、3 つのチューブが接続してある。そのチューブ穴に合わせて、装置開発室に作製して頂いた PDMS 樹脂製のマイクロ流路を設置した。マイクロ流路は T 字型であり、幅と深さが共に $50 \mu\text{m}$ の流路となっている。その上に、100 nm 厚の Si_3N_4 膜を置く。 Si_3N_4 膜の窓サイズは $2 \times 2 \text{ mm}^2$ であり、この領域で XAS 測定が行える。 Si_3N_4 膜は $10 \times 10 \text{ mm}^2$ の Si フレームに張り付けてあるが、チューブ穴が Si フレームで隠れるようにして、流路が密閉されるようにしている。そして、O-ring を組み込んだステンレス板で Si フレームを押す。PDMS 樹脂は柔らかいので、これにより Si_3N_4 膜とマイクロ流路が密閉された状態となる。マイクロ流路に流入する液体試料は、それぞれシリンジポンプを用いて流路が破損しない最適な流量で流通させる。

マイクロ流路の顕微 XAS 測定は、軟 X 線をマイクロ流路セルに照射して放出される蛍光をシリコンドリフト検出器で測定することで行う。マイクロ流路セルの位置はステップモーターで制御しているので、流路の異なる位置ごとに、空間分解能 $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ で顕微 XAS 測定が行える。

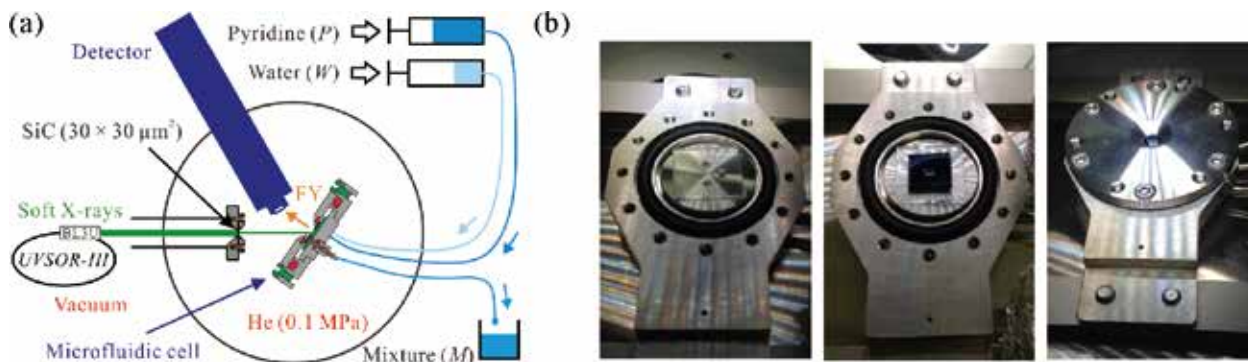


図 1: (a) マイクロ流路の XAS 測定システムの模式図。 (b) マイクロ流路セルの組立の写真。

3. ピリジン-水混合系の層流の顕微 XAS 測定

開発したマイクロ流路セルを用いて、T 字型マイクロ流路上のピリジンと水の層流の顕微 XAS 測定を行った。図 2(a) にマイクロ流路の光学顕微鏡像を示す。図の上方と下方から、それぞれピリジン (P) と水 (W) を $4 \mu\text{l}/\text{min}$ で流して、T 字型流路の混合点を経て、混合流路 (M) を左側に流れる。混合流路上では、ピリジンと水の層流が観測された。図 2(b) に同じ空間領域における軟 X 線蛍光イメージを示す。550 eV の軟 X 線を照射して放出される O K α の蛍光を異なる位置ごとに観測した。測定点は X 軸が $61 \mu\text{m}$ 間隔であり、Y 軸は $50 \mu\text{m}$ 間隔となる。強い蛍光が観測される領域には、水が存在している。ピリジン分子には酸素原子が含まれないため、蛍光の弱い領域にはピリジンが存在する。流路がない領域からも蛍光が観測されているが、これはマイクロ流路を構成する PDMS 樹脂の酸素原子からの寄与である。混合流路部を見ると、水とピリジンの両方の領域が存在していて、軟 X 線蛍光イメージから層流を観測できたことを表している。

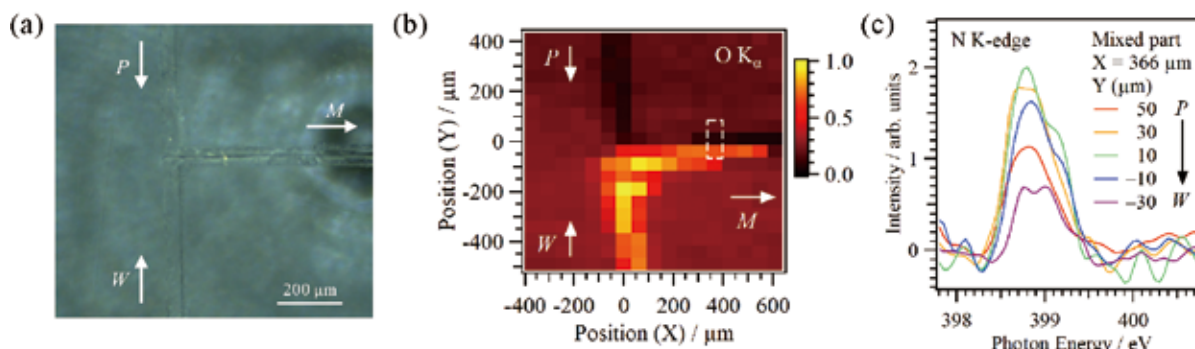


図 2: (a) T 字型マイクロ流路の光学顕微鏡像。ピリジン (P) と水 (W) が混合して、混合流路 (M) を流れる。混合流路ではピリジンと水の層流が観察された。(b) 同じ空間領域のマイクロ流路の軟 X 線蛍光イメージ。550 eV の軟 X 線で励起して、O K α の蛍光を観測した。(c) 混合部における N-K 吸収端 XAS スペクトル。測定領域は (b) の破線の四角で囲った領域となる。

図 2(c) にマイクロ流路の混合部での、N-K 吸収端 XAS スペクトルを示す。図 2(b) に示した軟 X 線蛍光イメージの破線の四角で囲った領域において、ピリジン側から水側へ 20 μm 間隔で XAS 測定した。399 eV 付近のピークはピリジンの N 1s 電子がピリジン環の π^* 軌道に励起した状態に対応している。 π^* ピークの強度が最大のところが、混合流路上のピリジン部分の中心と考えると、マイクロ流路の幅 (50 μm) から、層流の位置を見積もることができる。また、水の割合が増えるほど、ピリジン環の窒素原子と水の間の水素結合により、 π^* ピークは高エネルギーシフトする。我々は異なる濃度のピリジン水溶液の N-K 吸収端 XAS 測定を行っており、 π^* ピークのエネルギーシフトと濃度の関係式を得ている。^[1] 本研究では、この関係式を用いて、異なる位置での π^* ピークのエネルギーシフトから、マイクロ流路上の層流近傍におけるピリジンの濃度勾配を求めることに成功した。^[2]

4. おわりに

PDMS 樹脂製のマイクロ流路と 100 nm 厚の Si_3N_4 膜を組み合わせたマイクロ流路セルを開発することで、これまで不可能であったマイクロ流路の軟 X 線 XAS による顕微測定に成功した。現状では、軟 X 線の光強度の関係で空間分解能が $30 \times 30 \mu\text{m}^2$ に限られているが、軟 X 線の集光を向上させるなどの工夫により、より高い空間分解能でマイクロ流路を調べることが可能になると期待される。また、マイクロ流路は層流を利用した触媒反応^[4]などのように、高効率に貴重な化合物を得ることができる特長がある。今後は、2 液の層流の観察だけでなく、溶液反応の反応中間体の観測などに、マイクロ流路の顕微 XAS 測定を展開したいと考えている。装置開発室には、T 字型だけでなく、Y 字型のマイクロ流路の作製もして頂いて、Y 字型マイクロ流路の顕微 XAS 測定も行える。溶液反応の条件を最適化するために、今後は溶液反応に合わせて最適な形状のマイクロ流路での XAS 測定を行いたいと考えている。

5. 謝辞

軟 X 線 XAS 測定用のマイクロ流路の作製には装置開発室の方々の多大なご協力がありました。青山正樹氏には、PDMS 樹脂製のマイクロ流路を用いれば、流路を密閉できるというアイデアを頂きました。高田紀子氏、中野路子氏には、T 字型、Y 字型など異なる形状のマイクロ流路の作製をして頂きました。ここに深く感謝申し上げます。

6. 参考・引用文献

- [1] G. M. Whitesides, "The origins and the future of microfluidics", *Nature* 442, 368-373 (2006).
- [2] M. Nagasaka, H. Yuzawa, N. Takada, M. Aoyama, E. Rühl, N. Kosugi, "Laminar flow in microfluidics investigated by spatially-resolved soft X-ray absorption and infrared spectroscopy", *J. Chem. Phys.* 151, 114201 (7 pages) (2019).
- [3] M. Nagasaka, H. Yuzawa, N. Kosugi, "Intermolecular interactions of pyridine in liquid phase and aqueous solution studied by soft X-ray absorption spectroscopy", *Z. Phys. Chem.* 232, 705-722 (2018).
- [4] Y. Uozumi, Y. M. A. Yamada, T. Beppu, N. Fukuyama, M. Ueno, T. Kitamori, "Instantaneous carbon-carbon bond formation using a microchannel reactor with a catalytic membrane", *J. Am. Chem. Soc.* 128, 15994-15995 (2006).

振動分解電子運動量分光へ向けた超高分解能電子分光器の開発

東北大学多元物質科学研究所 中島功雄，小柴黎斗，高橋正彦

1. はじめに

本研究の目的は、分子振動による分子軌道形状の変化を実験観測し、振電相互作用の起源に直接的に迫ることである。この目的達成のために、我々が最近見出した電子分光の全く新しい測定原理と、同じく我々がこれまで培ってきた超高感度電子運動量分光技術とを高度に組み合わせ、世界に群を抜く最高エネルギー分解能を有する高分解能電子運動量分光装置の開発を行う。

詳細を伏せるが、新規装置実現の鍵は、立ち上がり2 nsで、かつ大きさが数十Vのパルス電圧である。このような性能をもつ電圧源は市販品として存在しない。そこで、卓越した技術と豊富な経験を有する分子研装置開発室とともに、パルス電圧印加回路の設計・製作を進めてきた。

2. 電子回路の組み立て

事前に装置開発室の豊田朋範氏と吉田久史氏と相談や議論を重ね、目標を達成し得る回路のプリント基板を製作していただいた。

本施設利用では、その基板に各回路部品を実装し、パルス電圧印加回路の予備的製作を行った。まずは図1のように、2枚のプリント基板のはんだ付けする部分のレジストを削り、銅箔を露出させた。その後、各回路部品のはんだ付けを行った。実装する部品は、パルス電圧形状を歪めないように、一般的な抵抗器と比べて非常に小さい表面実装用のもの(図2)を利用している。そのため、はんだ付けに不慣れな筆者は大変に苦労したが、豊田氏と吉田氏の手厚いサポートやアドバイスにより何とか実装することができた。

全ての部品を実装した写真を図3に示す。抵抗やコンデンサを始め、パルス信号を生成するためのシュミットリガやMOSFETなどを取りつけている。

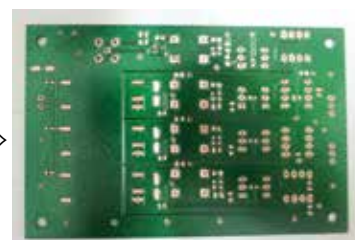


図1：基板のレジストを削り、銅箔を露出させる

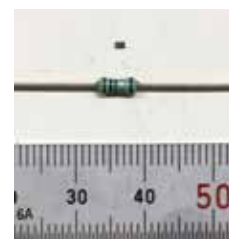


図2：表面実装部品のサイズ比較



図3：部品実装後の回路

3. 結果と考察

回路と外部電源をケーブルで接続し、パルス電圧の生成を試みた。その結果、9 V付近まではきれいなパルス波形だった(図4)が、そこからさらに電圧を上げたところ、本来0 Vとなるべき領域に緩やかな立ち上がりが見られた(図5)。

図6に示すように、通常はバッファとインバータのシュミットリガをON/OFF切り替えて(②⇔③)パルスを生成する。しかし、回路部品の個体差によりON/OFFのタイミングがずれ、①のような状態になってしまうと、数十kΩの抵抗を挟んで充電される。従って、その時定数は③に比べ非常に大きくなり、ゆるやかな強度を持つと考えられる。すなわちこの場合は、本来②が行われるタイミングで①になってしまっていると考えられる。

タイミングのずれをなくし、正しいパルスを生成するために、今後は部品の個体差を小さくすることを試みる。その方法として、シュミットとMOSFETをソケットで基板に接続し、容易に着脱可能な基板を新たに利用する。この基板は、本記事執筆時点ですでに吉田さんと豊田さんに製作していただいている。今後更なる予備実験を重ね、回路の完成を目指す予定である。

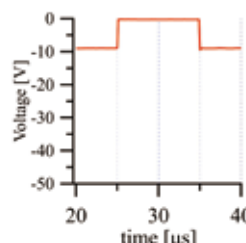


図4：0.0～8.9Vの
パルス波形

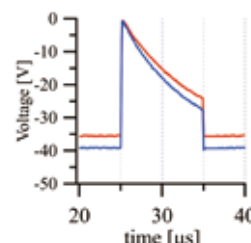


図5：35.3～39.1Vの
パルス波形

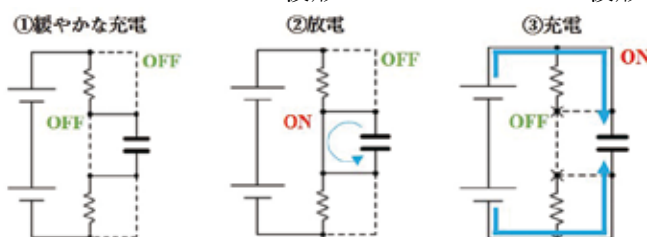


図6：回路の動作イメージ

4. 謝辞

電圧印加回路の製作を進めていくにあたり、装置開発室の豊田朋範氏ならびに吉田久史氏に大変お世話になりました。心より感謝申し上げます。

岡崎市立中学校でのサイエンスセミナー教材としての 集団同期シミュレーター「電子ホタル」の開発

分子科学研究所 片柳英樹

1. はじめに

自然科学研究機構（岡崎三機関）では、岡崎市立中学校の理科の先生方と連携して、各中学校で毎年度「サイエンスセミナー」（出前授業）を実施している。市内には 20 の市立中学校があるため、毎年 20 件の出前授業を、三研究所で分担している。本年度、分子研では 6 件の授業を担当することとなり、そのうち河合中学校での授業を、筆者らが行った。本授業のための教材「電子ホタル」を装置開発室エレクトロニクスセクションのご協力を得て開発した。

2. 授業内容の検討

河合中学校は自然の豊かな山間部に立地し、付近はホタルの生息地として有名で、学校を挙げてホタルの保全に取り組んでいる。本授業についてもホタルに関係する内容をとのご要望をいただいた。ホタルと分子科学の接点はいくつか考えられるが、今回はホタルの光の点滅リズムと、その同期に着目した。日本でよくみられるゲンジボタルは、東日本で約 4 秒、西日本で約 2 秒の周期で発光する。通常は一匹ずつ無関係なタイミングで発光するが、まれに多数集まったホタルが一斉に点滅する「集団同期」が見られる [1]。このように、点滅などのリズムが小さな相互作用を通じて同期する現象は、自然の至る所に見られ、分子科学に限定してもレーザー発振や概日リズムなど、多くの例を挙げることができる [2]。これらは具体的な機構が異なるにも関わらず、同期現象を軸として統一的に理解できる [3]。また、無関係だったリズムが同期することは自発的な秩序形成の一例でもある。そこで授業タイトルを「ホタルの合唱・歌い合う地球のリズムー自然界をつらぬく同期現象ー」として、ホタルの不思議な生態をきっかけに、揺れる台に乗せた 2 台のメトロノームの同期、および今回開発した電子ホタルの同期の 2 種類の実験を手がかりにして、自然を貫く横糸としての同期現象について、生徒さん達に親しみをもって理解してもらいたいと考えた。

3. 電子ホタルの開発

基本的なアナログ発振器に、発光ダイオード（LED）と光センサーを追加することにより、ホタルの集団同期を体験するための「電子ホタル」を作ることができる。回路図は文献 4 などの他、ネット等でも公開されている。電子ホタルの開発・製作について、装置開発室の豊田朋範氏に相談したところ、ご協力いただけることになった。典型的な回路では、可視 LED と、可視光に感度を持つ光センサーを使用しているため、同期のためには周囲を暗くする必要があり、今回のような授業には不向きである。そこで、可視 LED に加え、同期専用の赤外 LED と、赤外域のみに感度を持つ光センサー（フォトトランジスタ）を用いた回路を考案していただいた。確実な同期のためには回路定数をはじめ赤外 LED の個数や取り付け位置等、様々な調整が必要であったが、最終的に、「赤外型」電子ホタル（図 1）を 60 個、製作していただいた。この電子ホタルは授業後、教材としてご活用いただけるように、河合中学校にお渡した。

4. 授業の実施

授業は河合中学校の全校生徒約 60 名を対象に、2019 年 10 月 15 日に実施した。会場は同校の体育館を利用させていただいた。生徒さん達には舞台付近の前方に座ってもらい、後方にはいくつか机を置き、その上に予め電子ホタルを並べた。授業では、まず筆者より、河合中学校のホタル保全活動から話をはじめ、ゲンジボタルの集団同期現象について紹介した。（この現象は珍しく、河合中学校の周辺でもめったに見られない。）次にメトロノームを用いた実演を行い、単純な機械が作るリズムの同期について説明した。その後、豊田氏に交替して電子ホタルの説明と、装置開発室の紹介をしていただいた。説明の後、生徒さん達に一旦席を立ってもらい、電子ホタルを用いた体験実習を行った。生徒さん達は巧みに多数の電子ホタルを並べて、同期を体感することができたようである。最後にまとめとして筆者より、ミクロからマクロまで、大きさの階層としての「縦糸」に添って説明されることの多い種々の自然現象について、今回体験した機械、電子回路、そして原子、分子、生活のリズムなどに見られる同期現象が、それらを「横糸」のように貫いている様子を説明した。この授業が、同期現象という横糸を通じて、生徒さん各自の得意分野から苦手分野に、興味を伸ばすきっかけになることを願っている。

5. 謝辞

「電子ホタル」の開発・製作から、授業の実施まで、装置開発室の豊田朋範技術職員に多大なご協力をいただきました。心よりお礼申し上げます。

6. 参考・引用文献

[1] 蔵本由紀, 「非線形科学 同期する世界」, 集英社, 2014. [2] スティーヴン ストロガッツ著, 蔵本由紀, 長尾力訳, 「SYNC: なぜ自然はシンクロしたがるのか」, 早川書房, 2014. [3] スティーヴン ストロガッツ著, 田中久陽, 中尾裕也, 千葉逸人訳, 「非線形ダイナミクスとカオス」, 丸善出版, 2015. [4] Takuji Kousaka et al., “Synchronization of Electric Fireflies by Using Square Wave Generators”, IECE Trans. Fundamentals E81-A (4), 656 (1998).



図 1: 製作した「電子ホタル」。基板の上辺の突起が光センサー、下側の 2 個の突起が赤外 LED。

2019 年 施設利用申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
馬場正明	京都大学 理学研究科	差動排気高濃度超音速ジェット装置の製作

2019 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
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	
豊田太郎	東京大学大学院 総合文化研究科	リボソーム分取のためのマイクロ流体デバイスの開発
非公開	民間企業	
坪内知美	基礎生物学研究所 幹細胞生物学研究室	マイクロチャンバーを利用した細胞融合系の確立
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	
坪内知美	基礎生物学研究所 幹細胞生物学研究室	マイクロチャンバーを利用した細胞融合系の確立
今井正幸	東北大学 理学研究科	ジャイアントベシクルを2次元平面状に集積するためのマイクロ流体デバイスの開発
非公開	民間企業	
非公開	民間企業	
沼田宗典	京都府立大大学院 生命環境科学研究科	分子間力の精密制御を目的としたマイクロ空間の開発と新規物質材料の創製
戸川欣彦	大阪府立大学 工学研究科	無機系キラル結晶微細デバイスの作製
坪内知美	基礎生物学研究所 幹細胞生物学研究室	マイクロチャンバーを利用した細胞融合系の確立
非公開	民間企業	

2019 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
西海 望	基礎生物学研究所 (日本学術振興会)	無人航空機の誘導制御機構の開発
中島功雄	東北大学 多元物質科学研究所	振動分解電子運動量分光へ向けた超高分解能電子分光器の開発
皆川 純	基礎生物学研究所 環境光生物学研究部門	光合成タンパク質複合体 3D モデル製作

加工による変形や歪みについて

青山 正樹

一般に機械加工では加工時に生じる応力による残留歪みや、材料に内在する応力などによる変形が生じることがある。また放電加工においても加工時の溶融、収縮に伴う変形が生じる。特に薄板・薄肉部では変形が顕著に現れ、許容寸法を外れてしまい思わぬ失敗をすることがある。今年度の工作依頼の中で、このような変形に注意を必要とした2件について紹介する。

図1に示す電極板は、可能な限りの高精度が求められ、板厚 $2\text{mm} \pm 0.05\text{mm}$ 、平面度 0.05mm 、製作する8枚の厚みのバラツキは 0.03mm 以下を目標精度とした。材質はSUS316であるが、市販されているSUS316材の板厚のスペックは $\pm 0.2\text{mm}$ であり、当室で所有する材料の厚みを実測すると $1.80\text{mm} \sim 1.90\text{mm}$ であり、板厚の目標精度から外れていた。そこで、厚み 3mm の板材からミーリング加工と研削加工により 2mm まで加工を行い、ミーリング加工工程での変形量を確認した。



図1 電極板形状

図2-①に示すように、まずは $\phi 10\text{mm}$ のエンドミルにより 3mm の板材($80\text{mm} \times 60\text{mm}$)の片面の平面加工を行った。材料はSUS316 No.1材(熱間圧延後、焼鈍、酸洗い)を使用した。加工後、加工面の形状を測定すると凹面上に 0.025mm 程度の変形が生じていた。次に裏面を加工し、同様に加工面の形状を測定すると 0.04mm 程度の凹面状に変形していた。再度両面を加工し最終的には図3に示すように 0.01mm 程度の変形量に収まった。この後表面粗さ改善のために平面研削仕上げを外部の業者に依頼した。研削加工では加工時の抵抗が大きく、研削熱による変形が大きくなると予想されたが、熱を逃がす工夫がなされたことで切削加工後の平面度以下に仕上がっている。また、比較のために素材を変えて同様の加工を行った時の変形の様子を図4に示す。図4(1)は、SUS316 2B材(冷間加工)、図4(2)にはSUS316 $\phi 100$ 丸棒(冷間引き抜き材)から板厚方向が丸棒の軸方向になるように採取した材料をエンドミル加工した時の変形の様子である。

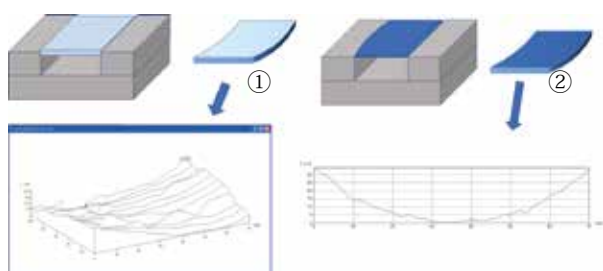


図2 板材のエンドミル加工後の変形

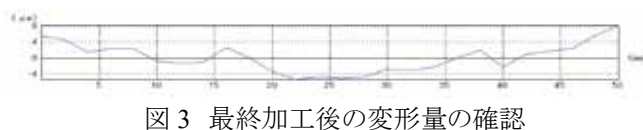
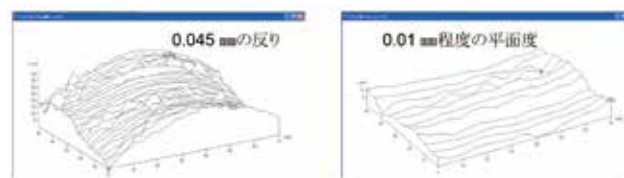


図3 最終加工後の変形量の確認



(1) SUS316 2B 板後の変形

(2) SUS316 丸棒材

図4 2B 板と丸棒から採取した板材の変形量の比較の変形

図5にスペーサとして使用するアルミ部品の形状を示す。ワイヤ放電加工によりこのようなT字形状を切り抜く場合T字の縦棒部分における反りが予想される。この部品では特に厳しい精度要求はなかったが、どの程度変形するかについて検証した。まず、図6に示すように、1stカットでT字型に切り抜いた後に幅 2mm 部分の変形について形状測定を行った。反りのような変形はなく、また先端部、中間部分、根元部分の幅を測定しバラツキはみられなかった。次に1stカットから2ndカットまで行ったサンプルでは、先端部分で 0.04mm 程度の反りが確認された。同様に3rdカットまで行った後のサンプルでは反りは見られなかったが、先端部分のみ 0.03mm 程度狭くなっていた。このような結果から変形量をキャンセルするような形状で加工を試みたが、現在のところ思ったような結果は得られていない。

今回は、いずれも加工条件で変形量も変わるとは思われるが、今回はおよそどの程度の変形量が生じるかについてのみ確認した。今後、工作依頼を受けた際にどの程度の精度で加工可能であるかの目安にするとともに、加工工程の変形への影響やその度合などについて、さらなる検証を行いたい。



図5 スペーサ部品

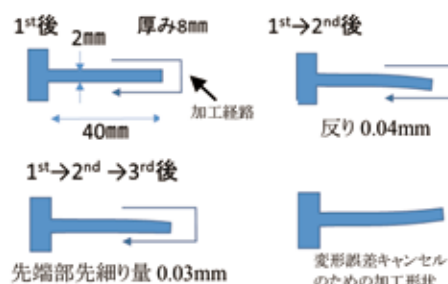


図6 ワイヤ放電加工後の変形の確認

光ファイバーアダプターの製作と修正加工

水谷 伸雄

1. はじめに

装置開発室では研究者から依頼を受け、実験に必要な機器を設計製作しているが、今回は「光ファイバーアダプター」という部品の製作とその修正加工について紹介する。今回は試作品であり、必要個数は1個であったため、特別な工具や治具は用意せず身近にあるもので製作した。

2. 光ファイバーアダプター

製作した光ファイバーアダプターの写真を図1に示す。外径 Φ 24mmの円板を半分にしたような形状で、中央部の厚み4.5mm 両端の厚み1mmである。両端部には Φ 4.1mmの穴があき、この穴と外周とに残された厚みは、それぞれ0.25mmと0.088mmになる。中央部には、水平方向、垂直方向ともに異なる角度を持つ Φ 1.1mmと Φ 2.3mmの止まり穴が交差し、1mmの段差加工と 46° の勾配部分がある。材質は、PEEK(ポリエーテルエーテルケトン)樹脂を使用し、1つの円形材料から2個製作した。加工手順を以下に示す。



図1：光ファイバーアダプター

3. 加工手順

まず、直径 Φ 24 mm厚さ4.5mmの円板と治具になる円柱を作り両面テープで貼り合わせた。円柱部分に角度の基準となる平面加工をした後(図2)、上面からエンドミルとドリルを使い通常のX-Y-Z軸で加工できる部分を加工した(図3)。この時、切削負荷をかけすぎると両面テープが剥離する恐れがあるので慎重に加工した。

図2：両面テープで貼付け後
基準面加工

図3：X-Y-Z軸加工

次は、それぞれ異なる角度を持つ穴あけ加工である。角度調節が可能なバイスを用い、フライス盤のヘッドを傾けて加工した(図4)。 Φ 1.1mm用のセンター穴加工では、センタードリルの一部をグラインダーで研磨し材料と干渉しないようにする必要があった。再び角度を変え Φ 2.3mmの止まり穴加工の後、両面テープで固定してあった部品を剥がし下面の 46° 勾配加工を行った。 46° の勾配加工は、中央部の幅と同じ8mm幅まで削り取る必要があるため、バイス口金と部品の間に紙を挟み、工具刃先が口金と接触しないようにして加工した(図5～8)。



図4：フライス盤ヘッドとバイス角度の調整

図5： Φ 1.1mm 止まり穴加工図6： Φ 2.3mm 止まり穴加工

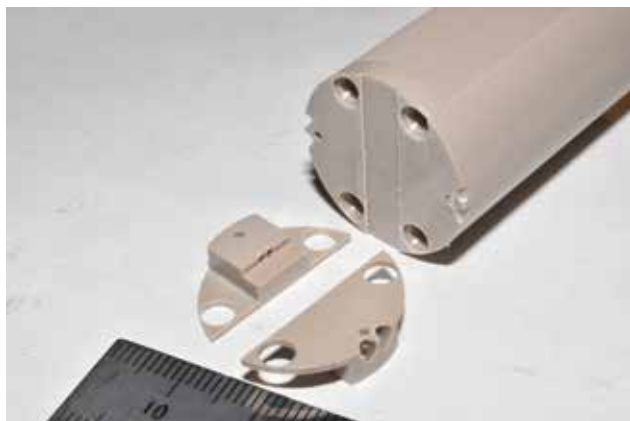


図 7：両面テープ剥離



図 8：紙を挟み勾配の加工

4. 修正加工

以上のようにして製作した光ファイバーアダプターであるが、組立調整の段階で、 $\Phi 4.1\text{mm}$ 穴の位置を外側に 0.16mm ずらす必要が生じた。穴を 0.16mm 外側へずらすと今まで外周との間にあった 0.088mm の壁は完全になくなり、形状を保持することも難しいが、他の加工手順で新たに部品を製作し直す時間はなかったので、加工した部品を修正加工することにした。

修正加工には製作時に使用した治具を流用したが、治具と部品の固定において前述の両面テープでは十分な接合強度は期待できず、また、穴と外周との切り欠き部分周辺の欠損が許されなかったので、治具と部品の固定にアラルダイト急速硬化タイプのエポキシ系接着剤を使用した。エポキシ系接着剤で部品を固定するとともに、接着剤で穴周辺を盛り上げ保護することで穴周辺を欠損することなく修正加工を可能とした（図 9）。剥離には注意を要したが、有機溶剤などを使うことなく取り外すことができた（図 10）。

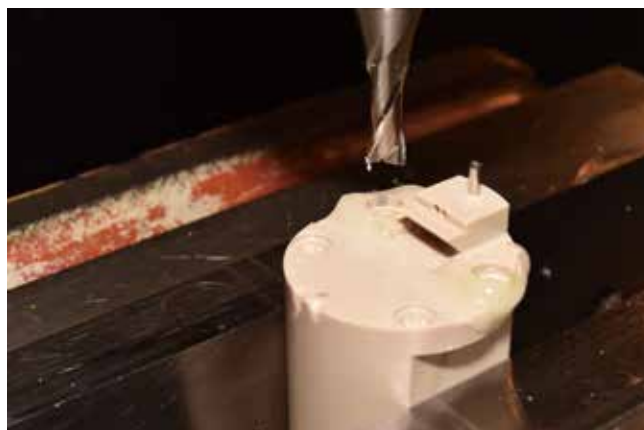


図 9：エポキシ系接着剤による固定と修正加工

5. おわりに

両面テープとエポキシ系接着剤を使って PEEK 材を固定し製作並びに修正加工を行った。両面テープを使った樹脂材料の固定と加工はテフロンでの経験もあり心配はなかったが、切削負荷をかけすぎないようにする注意が必要だった。

エポキシ系接着剤による固定と剥離は初の試みであり、エポキシ系接着剤を混合してから加工終了（剥離）までの時間が重要なポイントになった。説明書では、室温で約 1 時間後に実用強度になり、24 時間で最大強度に達すると記載されている。接着剤が硬化していない状態では、加工中に接着剤が刃先にまとわりつく恐れがあり、また、硬化しすぎると加工後の剥離が困難になる。今回は事情により、剥離までに 2 時間少々かかり、細かい部分に残った接着剤を取り除くのに注意を要した。事前のテストでは、接着剤混合後 40 ～ 50 分程度であれば剥離が容易で、加工に必要な接合強度と硬さも確保できていると感じられた。樹脂の材質や温度による違いはあると思うが、機会があれば他の部品加工でも試してみたい。

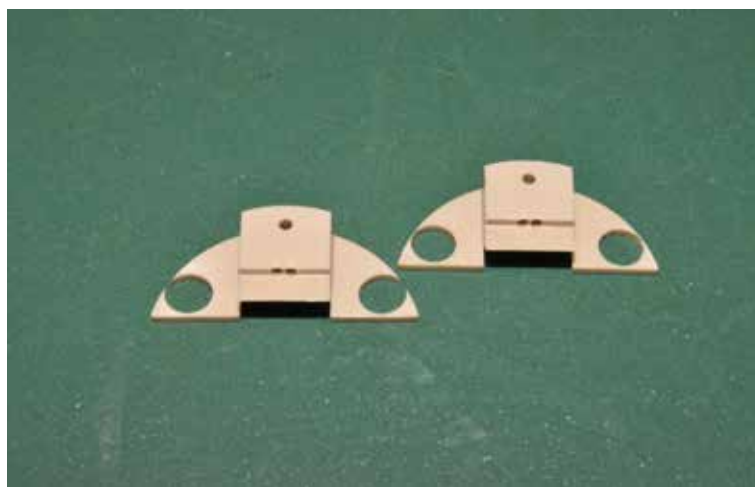


図 10：修正加工部品（左側）

ピペティングロボットの試作経過報告

近藤 聖彦

現在の製造現場では、自動化機器や情報処理機器を導入しており、何らかの自動化・情報化は当然の姿となっている。日本国際工作機械見本市においても協働ロボットなど様々なデモンストレーションがおこなわれている。研究現場でもロボットを使用して、研究の準備や煩雑な手順を代行することがおこなわれている。たとえば、ロボティック・バイオロジー・インスティテュート株式会社(RBI)の人型実験ロボット「まほろ」は研究者が使用している機器、装置をそのまま使いながら人と同じ実験操作ができることで知られている。

分子研においても、ロボットを使用し研究者の作業負担を軽減することが望まれている。そこで、装置開発室で研究室の要望に合ったロボットを試作することにした。

最初の目標として、試薬と溶液を混合するために、ピペットコントローラにピペットを挿入し必要な量を容器から取り出す作業の自動化に取り組んでいる。初年度は、ピペットコントローラにピペットを挿入することを目指している。

始めに、ロボットアームの動作を実際に目視で確認したいこととその制御方法について知るため、6軸のロボットアームキットを購入し組立をおこなった。組立途中の様子を図1に示す。軽量化の工夫がされているフレーム、サーボモータ、制御ボードで構成されている。図2はロボットアームにピペットを把持させたときの様子を示す。ロボット制御は無料で配布されているソフトで行うことができる。このソフトはロボットアームの動きを描画表示するため、PCモニター画面上でアームの動きを視認して、指令を出せる。これにより、アームの動きを感覚的に理解できる。

図3はピペットコントローラにピペットを挿入するときのイメージを示す。このピペットを挿入するときの力を実測して25Nであることがわかった。この力からピペットを把持する力を計算する際、ピペット表面と滑り止め用のパッド材質の摩擦係数を確認する必要がある。滑り止め候補の一つとして選択した製品とピペットの材質であるポリスチレン板の摩擦係数は0.6～0.8であった。仮に0.6として把持力を計算すると42N程度になる。この力をピペットに加えたときの変形量をANSYSで解析し、ピペットを破壊する力ではないことを確認した。

図4に標準仕様のロボットグリッパーAを示す。このタイプは、モータを回転させると左右のグリッパーが開閉する構造になっている。これは、モータ軸に固定した円板とグリッパーがピンを使用して湾曲形状板と連結されており、円板が回転すると2本の湾曲形状板が連動し、円板に近づいたり離れたりするリンク機構になっている。この際、グリッパーはガイドに沿って平行移動するため、グリッパーが開閉し、物体を把持することができる。部品点数が少なく、ストロークが長くなる利点はあるが、モータのトルク性能を効率よく伝えることができないので、大きな把持力を維持することは困難である。Aタイプの把持力を正確に測定することは難しかったが、3N程度であると考えている。そこで、図5に示すようなモータの回転軸に歯車を固定したBタイプについて検討を開始した。

今後は、ロボットグリッパーの構造を決め、ピペットコントローラにピペットを挿入する方法について検討をおこなう予定である。

まだ、開発途上であるが、装置開発室におけるロボット製作の経験は少なく、この新技術の育成を戮力協心して進めていきたいと考えている。



図1：組立途中の様子



図2：ピペット把持の様子



図3：ピペット挿入イメージ



図4：ロボットグリッパー A



図5：ロボットグリッパー B

照明に対するレジストの反応性の検討

高田 紀子

1. はじめに

今年度は附属三棟の施設改修が行われ、レーザーセンター棟の1Fに新しくクリーンルームが設置されることとなった。これまで化学試料棟と実験棟に分散していたリソグラフィ関連の装置が1か所に集約されることで、クリーンな環境の中で一連の作業を行うことができるようになり、製作サンプルの仕上がりの向上や作業の効率化が期待できる。

新たにクリーンルームを設置するにあたって、照明の色(波長)について検討を行った。通常リソグラフィといえば、イエローの照明を使った部屋を想像することが多いかと思うが、これはリソグラフィで使用するレジスト(感光性の樹脂)が紫外光に反応するといわれており、紫外光をカットした照明にする必要があるためである。しかし、イエローの照明下での作業環境はあまり良いとはいえず、長時間の作業はストレスの原因になり得る。蛍光灯にセットするタイプの紫外線カットフィルターも市販されているようであるが、今回の施設改修を機に、分子研で使用頻度の高いレジストについて、実際の程度の波長をカットする必要があるか検討を行った。

2. レジストの吸光度測定

新しいクリーンルームで使用するレジストは、光用レジストと電子ビーム用レジストの2種類がある。それぞれのレジストから使用頻度が高いもの(もしくは今後高くなることが予想されるもの)を2つずつ選び、光に対する反応特性を予測するために吸光度測定を行った。結果を図1に示す。電子ビーム用レジストは標準の大きさ(10×10(mm))のセルを用いて測定が可能だったが、光用レジストは吸光度が高すぎて正確な測定が可能な上限を超えてしまうことが分かった。そのため、石英基板上にスピコートで薄く塗布した試料を用いて再測定を行った結果が図2である。今回の結果から、光用レジストと電子ビーム用レジストとでは吸光度に大きく差が見られ、電子ビーム用レジストに関しては、一般に用いられる白色LEDの分光分布である380～750nm程度(図3)において反応性が低いことが予想される。実際、レジストのメーカーに確認したところ、電子ビーム用レジストは通常の蛍光灯やLED光の下での作業でも問題ないとの回答が得られている。一方、光用レジストについては、レジストの種類によって吸収する波長域が大きく異なるが、メーカーからの推奨でもある500nm未満の波長はカットする必要があると考えている。

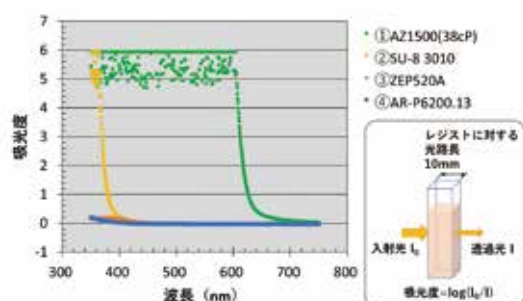


図1 レジストの吸光度測定
(セル(10×10mm)中にレジストを満たして測定)

- ① AZ1500(38cP)：光用レジスト
 - ② SU-8 3010：光用レジスト
 - ③ ZEP520A：電子ビーム用レジスト
 - ④ AR-P6200.13：電子ビーム用レジスト
- 測定装置：紫外・可視・近赤外分光光度計
UV-3600 (Shimadzu) (機器センター所有)

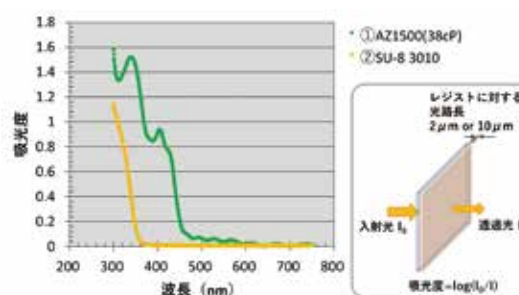


図2 光用レジストの吸光度測定
(基板上にレジストを薄く塗布して測定)

- ① AZ1500(38cP) (t2μm) / 石英基板 (t0.6mm)
 - ② SU-8 3010 (t10μm) / 石英基板 (t0.6mm)
- 測定装置：紫外・可視・近赤外分光光度計
UV-3600 (Shimadzu) (機器センター所有)

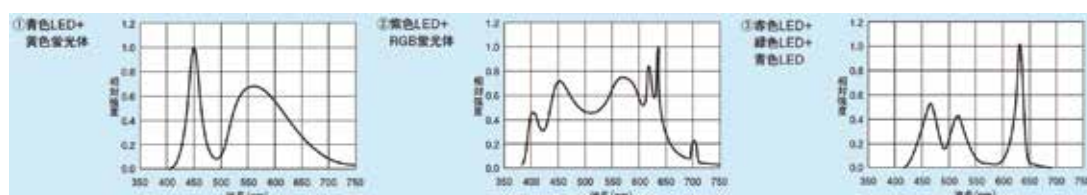


図3 白色LEDの白色化の方式と代表的な分光分布

Panasonic Web ページより参照 <https://www2.panasonic.biz/lis/lighting/plam/knowledge/document/0901.html>

3. イエローランプの分光分布の測定

現在使用しているイエロールームの照明の分光分布について、分光器を用いて測定を行ったので合わせて報告する。化学試料棟と実験棟、それぞれに設置しているイエローランプの波長域を測定したところ、いずれも500nm未満の波長をカットしていることが分かった(図4)。

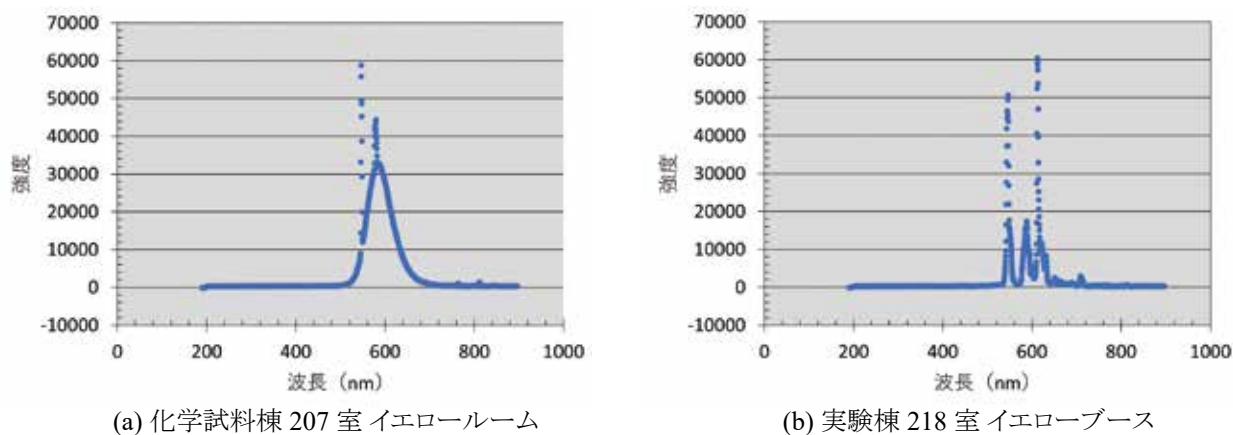


図4 イエローランプの分光分布の測定

4. おわりに

新たにクリーンルームを設置するにあたって、吸光度の測定結果とレジストメーカーからの回答を踏まえ、光用レジストを使用する場所のみ500nm未満の波長を確実にカットできるイエローの照明を使用し、それ以外の場所は通常の白色灯を用いることで、より良い作業環境を目指したいと考えている。

5. 謝辞

レジストの吸光度測定には機器センターが所有する分光光度計を、イエローランプの波長測定には協奏分子システム研究センター 山本グループが所有する分光器を使用しました。測定方法についてご教示くださった機器センター 上田正 技術職員、山本グループ 須田理行 助教に対して、心より感謝申し上げます。

めっき設備の導入とスキマーの製作

菊地 拓郎

1. はじめに

昨年、所長奨励研究費を利用し、めっき技術および設備の導入を進めた。研究にあたり、テーマをニッケル電鍍に設定し、分子線スキマーの製作を試みた。スキマーは海外メーカーがニッケル電鍍により製造販売をしているが、装置開発室では SUS の丸棒から切削加工で任意の形状を作っていた。しかし、加工に高い技能と時間を要するため量産には向かない。そこで母型の製作は切削加工、スキマーの製作は電鍍で行うことで工数削減と技術導入を目的とすることを思い立った。本稿はその成果を報告する。

2. 母型と装置の作製

電鍍で製品を造る場合、最終形状と逆の形状をした母型を用意する必要がある。実は、以前に装置開発室で電鍍製スキマーの製作に取り組んでいたことがあり、その際の母型が保管されていたので、それらを再利用した。材質は SUS とアルミの 2 種類であったが、めっきと離型の平易さを考えて SUS を選択した。理由は後述する。

めっきを行うための装置等を準備するため環境整備を行った。めっき設備の基本構成は、めっき槽、めっき液、電極、安定化電源、めっき治具である。これらにめっきの仕様に合わせ、必要な設備を追加する。めっき液を加温、保温する石英ヒーターと温調機器は必須で、めっき槽内の液を攪拌させるためにエアポンプを追加した。空気攪拌でめっき液がミスト(霧)となって飛散するためフィルター付き吸煙機も準備した。(図 1)

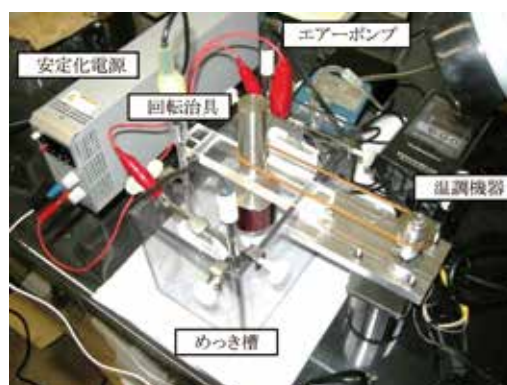


図 1：めっき設備

また、被めっき物が円錐形のため、通常の電極配置ではめっき厚のムラが発生してしまう。このムラを抑えるため、回転機構を設計し、被めっき物への積層が偏らないよう工夫をした。被めっき物を保持するための治具は、給電機能を持つよう SUS304 を用い、モーターとプーリーを介して回転機構を成すよう製作した。銅ブラシを当てることにより給電と回転の両方が行える機構を実現した。

3. めっき液の調整

電鍍で使用する金属は、ニッケル、銅、鉄などが挙げられるが、今回はスルファミン酸ニッケルを用いた。これはめっきの内部応力を少なくできる浴種で、めっき後の変形を抑えることができる。表 1 に示した組成でめっき液を調合した。薬品を規定の分量だけ量り、水溶液を作っていくが、狙いの濃度になっていることを滴定分析により確認する。また、光沢剤が適正の範囲であるかはハルセル試験によって確かめる。(図 2)

表 1：めっき液組成

組成	分量	効果・働き
スルファミン酸ニッケル	250g/L	ニッケル供給源
塩化ニッケル	15g/L	塩化物イオン供給、陽極溶解
ほう酸	40g/L	pH 緩衝作用
1 次光沢剤	0.5g/L	内部応力減少
2 次光沢剤	5g/L	平滑化作用
ピット防止剤	少量	界面活性

ハルセル試験は、めっきの仕上がりを定性的に調べる試験で、カードサイズ (100mm × 67mm) の真鍮板にめっきを行う。少ない浴量 (約 270 mL) で高電流部から低電流部までのめっき状態を調べることが可能である。光沢剤が過剰でも不足でも光沢外観は得られず、曇ったような表面になってしまう。(図 3)

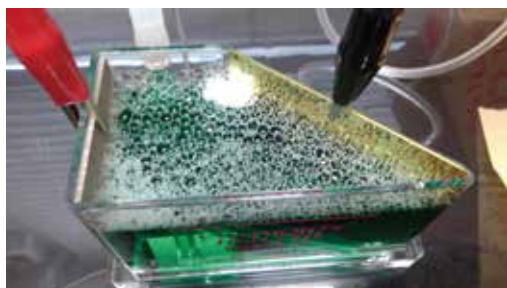


図 2：ハルセル試験

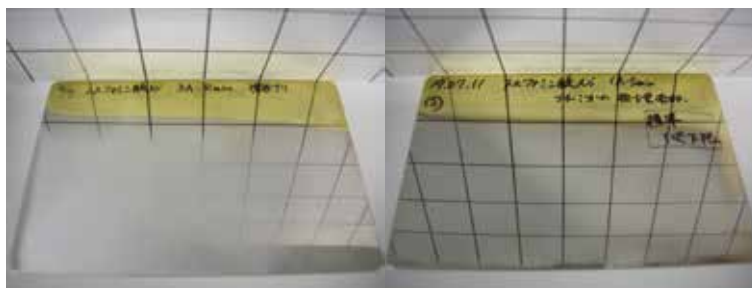


図 3：光沢剤なし(左)、光沢剤あり(右)

めっき液の準備が整ったら、めっき条件を設定し、めっきを施す。(表 2)

めっき金属は、金属の種類とファラデーの電気分解の法則に則って析出するので、被めっき物の表面積、電流値および時間の積で計算される。また、めっき液の液温も析出金属の硬度や光沢度、内部応力に影響を与える重要な要素である。一般的に電流密度が小さく、液温が高いと硬度が低く、内部応力の小さいめっきになる。今回は、100 μ m 以上の膜厚を狙ってめっきを行った。

表 2：めっき条件

項目	条件
電流密度 (A/dm ²)	1.0
時間 (sec)	9000
温度 (℃)	60
pH	4 ~ 5

4. 離型

通常のめっきであれば電解が完了した段階で完成となるが、電鑄の場合は母型からめっきを離型する必要がある。被膜の離型方法は母型の材料によって方法が異なってくる。母型は大きく 2 種類に分けられ、SUS のような繰り返しで利用できる非破壊型とアルミや樹脂で作製した母型を薬品などで溶解、除去して電鑄品を取り出す破壊型がある。

前述で SUS を選択した理由は、再使用が可能な点と表面に酸化被膜が形成されめっきの密着を阻害するためである。つまり、離型がしやすい素材のひとつである。

離型によく使われる方法として、冷熱サイクルがある。母型金属と電鑄金属の熱膨張率の違いを利用し、物理的に剥離を起こさせるものである。まず、液体窒素 (-193℃) と熱湯 (100℃) で試みたが、何度冷熱を繰り返しても離型できなかった。これは、めっきが十分に密着してしまい剥離が出来なかったためであると考えられる。

再度、試作をする前に調べたところ、適切な前処理を施せば氷水 (0℃) 程度の温度差でも離型することが可能であることが分かった。母型の表面を研磨して微細な凹凸を低減し、さらにクロム酸水溶液を塗布する前処理を施した。これにより、強固なクロムの酸化膜を作り、より離型しやすい状態にする。液体窒素は取り扱いに気を付ける必要があることと作業の簡易化のため、氷水に置き換えた。3 回ほど冷熱を繰り返したところで簡単に離型することが出来た。(図 5)

母型には変形など、大きな影響がないので、繰り返し使用することが可能である。



図 5：離型したスキマーと母型

5. 穴開け

母型から取り外した電鑄品はカラーコーンのような円錐形状であるが、スキマーは先端に ϕ 0.2mm 程度の小径穴が開いてなければならない。しかし、先端を切削などで加工すると応力で製品自体が変形してしまう恐れがあった。

そこで先端を水酸化ナトリウム水溶液に浸漬し、溶解させることで穴を開けることを試みた。しかし、ニッケルの表面に酸化被膜ができていることに加え、浸漬面積が小さいためなかなか反応が起こらなかった。そこで電極をつなぎ、電解反応を起こしてみると容易に溶解することができた。ただし、仕上がりの精度は低く、エッジも荒く、楕円のような形になってしまった。(図 6)

精度の高い穴開け方法を検討していくことも今後の課題のひとつとなった。



図 6：電解で開けた小径穴

6. リソグラフィへの応用

電鑄はその転写性の高さから微細なパターンや被めっき面の細かい凹凸を正確に写し取ることが可能である。そのため、微細パターンを作るリソグラフィ技術にも使用される。現在、レジストでパターンを形成し、ニッケルめっき後に型を抜くようにしてできるメタルマスクの試作をしている。(図 7)

右の画像はおおよそ 3mm 角の範囲に作製したパターンで、狭い間隔も 20 μ m 程度までめっきされたことが確認できた。また、角部や鋭角に入り組んでいる構造もしっかりと形状をトレースしてめっきがなされていた。

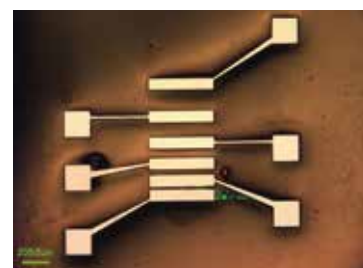


図 7：微細パターン

7. まとめ

これまででは外注でしか加工の手段がなかったが、所内でも製作が出来る道筋が見えてきた。

電鑄と機械加工の相性は良く、母型にしたい形状を自ら作ることができるため、自由度の高い設計が強みとなり得る。今後は、中空形状のような切削では難しい部品や 5 軸加工機を用いた精巧な母型を作ることも視野に入れて技術の研鑽をしていきたい。

一斉警報通知システムの開発

豊田 朋範

1. はじめに

筆者は、2013年から岩手大学の技術職員と、親機が防災ラジオや住宅用火災警報器の起動を検出して、無線で子機に動作指示を出し、子機は接続されたLED照明をフラッシュし、TVの電源を入れてNHKに合わせるなどする防災システムの共同開発を進めている。議論と試作の結果、装置や測定値の異常、あるいは各種災害情報を電話やメール、LINEで広範かつ一斉に通知できる一斉警報通知システムとして汎用化し、2019年に特許を出願した^[1]。

2. 一斉警報通知システムの概要

開発中の一斉警報通知システムの概念図を図1に示す。

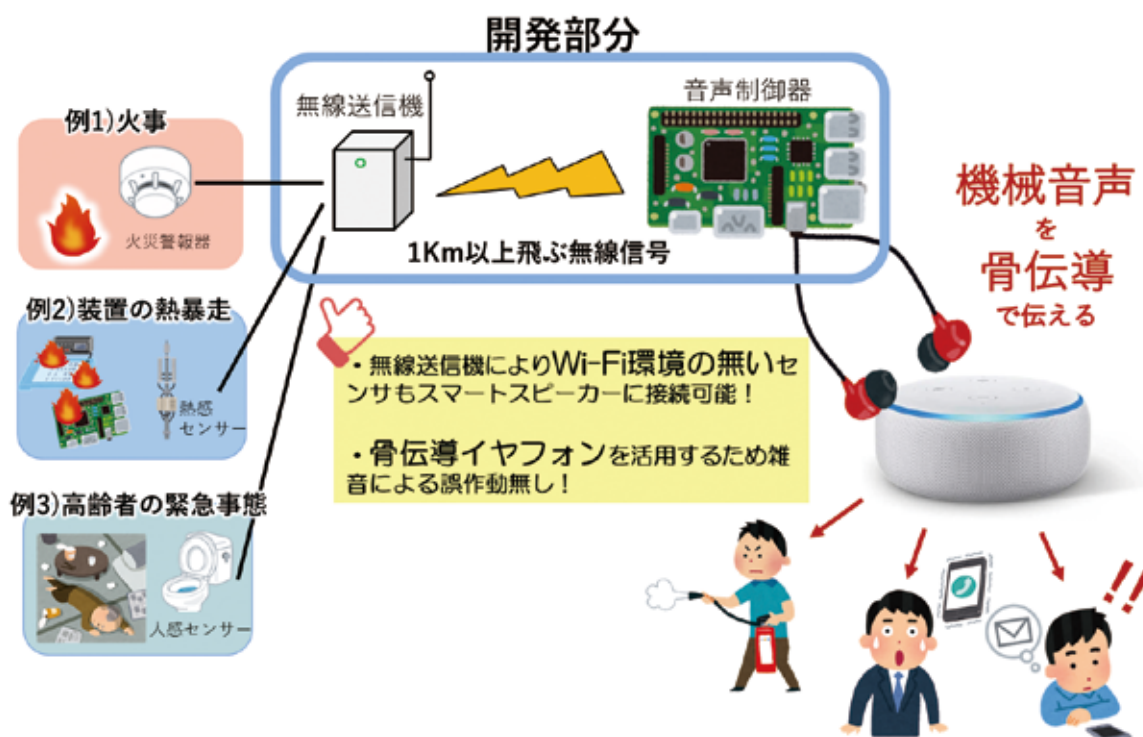


図1：開発中の一斉警報通知システムの概念図

過去4件の特許を出願した防災システム^{[2][3]}では、防災ラジオか住宅用火災警報器(図1の例1)を起動トリガとしていた。本システムでは、各種センサ(図1の例2,3)の接続も可能とした。これにより、冷却水の停止や水漏れ、酸素濃度低下など、実験現場における異常も起動トリガに出来る。

本システムでは当初、2.4GHz帯無線モジュールを用いて通信を行っていた^{[2][3]}。2.4GHz帯はWi-Fiと同一の周波数帯であり、混信が懸念されたため、LoRa (Long Range) と呼ばれる920MHz帯無線を使用するモジュールES920LRA1 (EASEL社)に変更した。LoRaは、最高伝送速度は250kbps程度であるが、伝送距離は最長10km程度と長距離伝送に適した無線規格であり、障害物にも比較的強い特徴を有する。

図1において、火災警報器や各種センサの起動トリガを検出した無線送信機が、LoRa無線で音声制御器に起動トリガの検出を通知する。音声制御器は、起動トリガからの通知に基づいて対応する指令を選択し、市販のスマートスピーカーに、骨伝導イヤホンを通じて通知する。スマートスピーカーは音声指示に基づき、Wi-Fi経由でメールやLINE、電話で連絡先に通知する。骨伝導イヤホンで音声指示を伝送するため、騒音環境下でも誤認識や誤作動の恐れはない。

3. 起動トリガの検出手法^{[2][3]}

本システムは、様々な起動トリガに対応するため、ARMマイコンを中枢とするコア基板(図2)に起動トリガの発生源を接続して処理する。

防災ラジオや住宅用火災警報器からの警報音は、それぞれ特有の音声パターンを有する。これを認識するために、本システムでは音声信号を2値化することでパルスに変換し、ARMマイコンのGPIO(General Purpose I/O)に入力する。割り込み処理によってパルスを検出すると、ARMマイコンは一定時間パルス数を計数する。 $t(\text{sec})$ 内に計数したパルス数 n (個)から、パルスの周波数 f は $n/t(\text{Hz})$ で算出できる。 f が所定の値の範囲内であれば次の周波数計測に移行し、範囲外であれば計測を終了する。所定のシーケンスをすべて満たした場合、防災ラジオや住宅用火災警報器の起動と判断して、UART (Universal Asynchronous Receiver/Transmitter) で接続したLoRaにより、音声制御器に伝送する。

各種センサでは、計測値出力に応じてインターフェースを選択する。コア基板にはPmod(Peripheral Modules)規格^[4]に準拠したSPI、I²C(Inter IC)、GPIOコネクタを搭載している。たとえば、I²C制御の温度センサであれば、コア基板のI²Cコネクタに接続し、データが200℃を超えた場合を起動トリガとするようARMマイコンをプログラミングする。



図2：開発した ARM マイコン搭載コア基板

4. 音声制御器におけるスマートスピーカ制御^[4]

音声制御器は、無線送信機の起動トリガ検出をLoRaで受信し、ARMマイコンにUARTで伝送する。ARMマイコンは、音声合成ICであるATP3012F6-PU (アクエスト社)に、スマートスピーカに動作を指示する音声そのものを出力させる。スマートスピーカでは、音声指示によって所定の動作を行う。

たとえば、無線送信機Aに接続する熱電対が高温を検出した場合、「Aで高温を検出」などの文字列の情報が、LoRaで音声制御器に伝送される。音声制御器では、ARMマイコンが受信した文字列を解析し、音声合成ICから「スピーカ。Aで高温を検出。メールと電話」と音声指示を出力するよう指令する。音声指示は骨伝導イヤホンを通じてスマートスピーカに伝わり、Wi-Fi環境によって、予め登録されたメールアドレスに「Aで高温検出」というメールが配信され、システム管理者に電話が発信される。

5. 今後の展望並びに謝辞

本システムは、起動トリガの発生源を限定しない、高い汎用性を有する。起動トリガを防災ラジオや住宅用火災警報器とする防災システムは、2020年内に実証試験が計画されている。また、起動トリガをファンユニットの接点信号や圧力計などとしてクリーンルームの風量を管理・制御するクリーンルーム統合システムは、2020年内に稼働開始の予定である。今後も共同開発の成果を更に発展させ、安全・安心の職場環境に寄与するとともに、業務へのフィードバックを推進する所存である。

本システム並びにコア基板の開発は、2019年度自然科学研究機構産学連携支援事業(課題名:「一斉警報通知防災システム」構想の実現に向けた社会実験)並びに2019年度川合所長奨励研究費の助成を受けて行われた。

本システム並びにコア基板は、千葉寿・技術専門職員、古舘守通・技術専門職員、藤崎聡美・技術専門職員(いずれも岩手大学)、木村和典氏(分子研)との共同開発の成果である。各位に深い感謝の意を表する。

6. 特許情報、参考・引用文献

[1]特願2019-214632 「通知システム、通知システムにおける制御装置、及び通知システムにおける制御方法」 千葉寿、豊田朋範、古舘守通、藤崎聡美

[2]特願2018-156982 「緊急防災ドッキングステーション」 千葉寿、豊田朋範、古舘守通、藤崎聡美

[3]特開2018-026807 特願2017-137745 基礎出願番号:特願2016-147674 「警報連動型防災システム」 千葉寿、豊田朋範、古舘守通、藤崎聡美

[4] http://www.digilentinc.com/Pmods/Digilent-Pmod_%20Interface_Specification.pdf

電気・電子回路開発における VCS 利用

木村 和典

1. はじめに

近年の依頼では複数台の製作が必要となる依頼、ケースのサイズに厳しい制約がある依頼が増加しており、その対策として機械CADのSOLIDWORKS(SOLIDWORKS社)と回路CADのAltium Designer(Altium社)を連携させることで、回路基板の設計から筐体設計までの開発フローを見直したことはセクション報告で述べられた通りである。

ここでは、このように複数のソフトウェアを行き来する開発を行うにあたり利用したVersion Control System(以下VCS)とその運用について紹介する。

2.VCSについて

VCSはその名の通り、主にコンピュータ上で作成されたファイルの変更履歴を管理するためのシステムである。一般的にはソフトウェア開発においてソースコード(テキストファイル)の管理をするために用いられる。各個人が変更履歴を記録・参照するだけでなく、複数人による変更を取り込む、競合した変更を解消する、ある時点の変更を取り消す、ある時点のファイルを取り出す、差分を確認するといった機能が提供されることが多い。同時に変更を加える等の複雑なことをしなければ、回路CADで作成した設計データ(バイナリファイル)の管理・運用も容易に行える。このようなバージョン管理を実現するためのソフトウェアは多数存在するが、バージョン管理下にあるフォルダ群を格納したフォルダ(以下リポジトリ)のふるまいにより、大きく2種類に分けられる。ひとつは中央リポジトリのコピーを各自がローカルで編集し、変更の記録(コミット)が直ちに中央リポジトリに反映される集中リポジトリ方式である。もうひとつは中央リポジトリのクローンを作成して各自が編集し、コミットはいったんクローンリポジトリに蓄積され、それらを整理する余地を与えてから中央リポジトリに同期させる分散リポジトリ方式である。

Altium Designerでは集中リポジトリ方式のSubversion^[1](以下SVN)と、分散リポジトリ方式のGit^[2]がサポートされている。またSOLIDWORKSとAltium Designerを繋ぐSOLIDWORKS PCB Connector(以下PCB Connector)およびPCB ServicesではSVNのみがサポートされている。現在はSVNを使用して設計データの管理を行っている。

3. 運用

現在の運用体系を図1に示す。各個人のPCにある回路設計データは、サーバーを介しSVNを用いて同期している(図中黒矢印)。分担は三次元データに変換された回路基板の形状と部品位置をSOLIDWORKSで参照しながら調整する者(以下①)、回路の主設計を行う者(以下②)となっている。今回の運用においては①を筆者が、②を同じく装置開発室の豊田朋範氏が担当した。これはPCB Connectorのライセンス数が限られており、また設計が先行していた回路を途中からSOLIDWORKSとの連携に組み込んだという事情によるもので、①と②は同一人物でも良い。

上述の通り回路設計データはSVNを用いて履歴の管理や同期を行うが、Altium DesignerとSOLIDWORKS間の三次元データのやりとりはSVNの履歴と同期しない。そのためPCB Connector(SOLIDWORKSではPCB Add-in)を使用してサーバーとの同期を行う必要がある(図中白抜き矢印)。開発は次のような手順で進められた。

- A. サーバーに専用のSVNリポジトリを作成、各自のローカルPCに一式をコピーし同期先サーバー等を設定
- B. ②がAltium Designer上で既存の回路設計データをリポジトリに登録しコミット
- C. ①のローカルPCでサーバーと同期、登録されたデータを確認
- D. ①がPCB Connectorを用いて三次元データをSOLIDWORKS側に送信
- E. ①がSOLIDWORKS側で三次元データを確認、ケースとの嵌合を見て基板形状と部品位置を調整したうえでPCB Add-inを用いてAltium Designer側にデータを送信
- F. ①がAltium Designer上でデータを確認し配置に拘束を付与、コミット
- G. ②がサーバーと同期、データの変更を確認、残りの設計を行いながら進捗に応じてコミット
- H. CからGまでを必要に応じて繰り返しSOLIDWORKSで作成したデータは、eDrawings^[3]等を使用すればライセン

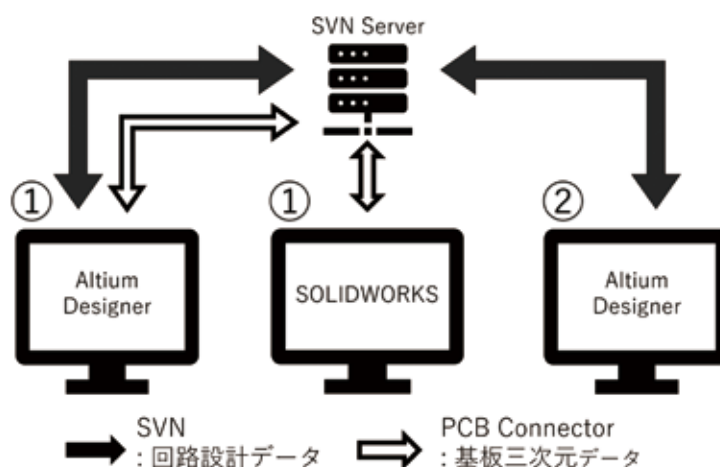


図1：SVNとSOLIDWORKS PCB Connectorを用いた共同設計の運用体系

スがなくとも参照・共有可能であり(図2、図3)、製作途中の段階でも完成品をイメージできることから、改良のための議論も容易であった。

また今回 VCSとPCB Connectorを導入したことにより

- 回路設計データと機械設計データを関連づける
- 変更ごとに「何が変更されたのか」を記録する
- 機械CADで見ているデータと最新版の回路CAD上のデータの相違点を確認する

といった作業が容易に行えるようになったことは、従来の手法と比較して大きな利点であると考えられる。

4. まとめ並びに謝辞

製作フローを見直すことを主目的として、回路CADと機械CADを連携させるためPCB Connectorを導入した。また同時にバージョン管理システムを使用することとなった。これによりファイル名にバージョンを記載するといった管理方法を脱却し、過去の成果物を参照する際に意図が読み取れない、最新版が更新日時と一致しない、といった問題が生じる可能性を低減した。ただし運用においては依然として課題が残されている。

たとえば、複数人が同一ファイルに対して変更を加えて同期を行うと競合が発生する。テキスト形式であればエディターで変更を比較しつつ、競合を解消することが出来る。しかし回路CADデータはバイナリ形式であるため、専用のツール以外では変更を比較できない。また競合を解消する際は比較しつつ選択的に変更を取り込むことが出来ず、一方の変更を取り消す、もしくは待避させる以外の手段が確認されていないという問題がある。

また回路製作を行うにあたり、外注加工を依頼する場合や過去の製作品を流用・改良する場合、ある時点での状態にタグをつける、もしくはブランチを切る(開発を分岐させる)ことが出来ると便利である。SVNにはその機能は存在するものの、実体はある時点でのファイルへのリンクを格納したフォルダであり、内容を確認したり比較したりする際は中央リポジトリと通信を行わなければならない。またSVNにおいてコミットは前回の記録に対する差分情報(チェンジショット)であるため、容量こそ小さく済むものの複数回のコミットを含むブランチやタグの比較では計算量が多くなり、ネットワークの遅延も含め作業者の待機時間が増加するという問題がある。

変更内容の競合に関する問題は、根本的な解決ではないが、ファイルの編集を排他的・独占的にすることで解決できる。実際の開発においては、予め基板形状と重要な部品の位置だけを確定させ、機械設計者は問題が発生しない限り回路設計者が行った変更を取り込むのみとしている。

また筆者は過去にGitを使用しての回路設計データ管理を試みている^[4]。Gitにおいてはコミットはスナップショットのように扱えるため、複数のコミットをまたぐ比較であっても計算は1度で済む。またブランチやタグはあるコミットの番号を記したファイルであり、作成が容易である。さらにGitは各個人のPCにリポジトリをクローン(複製)しているため、比較をするにあたり中央リポジトリと通信を行う必要がない。以上のことから、バージョン間の比較にかかるコストの問題は、Gitの使用により解消される見込みである。またSVNで管理しているプロジェクトをそのままGitで管理するgit-svnというツールも存在することから、各ツールの学習コストも鑑みつつ、上述した問題の解決と運用を目指す。

なお今回の試験は、千葉寿・技術専門職員、古舘守通・技術専門職員、藤崎聡美・技術専門職員(いずれも岩手大学)、豊田朋範氏(分子研)との共同研究として行われた一斉警報通知システムのコア基板製作(関連記事P28～29)を題材として行われた。各位に深い感謝の意を表する。

5. 参考・引用文献

[1] Apache Subversion <https://subversion.apache.org/>

[2] Git <https://git-scm.com/>

[3] eDrawings Viewer <https://www.solidworks.com/ja/product/solidworks-edrawings>

[4] 木村和典,「回路基板データのバージョン管理」, p28, 分子科学研究所技術課報告 34号, 2018

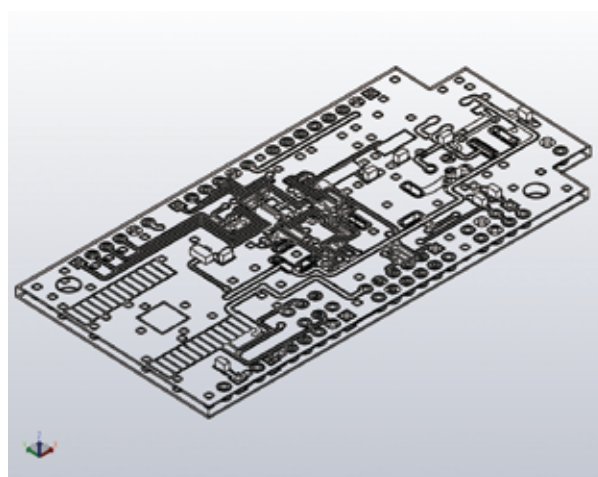


図2：回路基板 3D データの eDrawings 上での閲覧

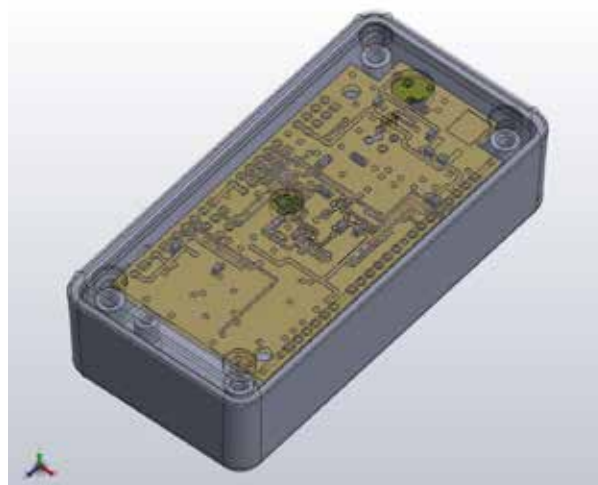


図3：筐体と回路基板の嵌合の確認

第 20 回分子科学研究所技術研究会

青山 正樹

工作分野では「教育研究を支える先進工作室の姿と技術の継承」と題して、装置開発・工作技術に必要とされる「新たなものづくり技術」とは？ 今後必要とされる身につけるべき技術とは？をテーマに各機関での取り組み・現状について紹介いただき、教育研究を支える大学研究機関の工作室の将来像、技術者像について意見を交わした。

5軸加工機を活用するための詳しい技術解説から、民間企業の試作部門を窓口とした製作を受諾する試み、AR（拡張現実）を取り入れた設計ツールの活用事例、本格的に運用が始まったJAXAの工作室の取り組み、さらには分子研初代技術課長の高橋重敏氏が記した名言の数々まで、参加者それぞれが工作技術および技術者の将来像について思いを巡らせる良い機会となった。



ディスカッションの様子

東京工業大学出張報告

菊地 拓郎

2019年1月31日に東京工業大学 理学院化学系 大島研究室の水瀬賢太助教を装置開発室メンバー5名で訪ねた。目的は、過去に製作した実験装置の見学および協力研究で行っている装置設計の確認およびディスカッションである。

真空チャンバー内で使用する部品やフランジ、電子回路装置等、多岐にわたる実験装置に携わっているため、現場を見学することで口頭や画像だけでは理解が難しい装置、周囲の立体的な空間や内部の実験部品の配置状況を確認できた。また、実際の装置内部に部品を組み立てる作業手順などを見ることができた。



東工大岡山キャンパス前にて



打ち合わせの様子

総合技術研究会 2019 九州大学

木村 和典

2019年3月6日～8日に九州大学で開催された総合技術研究会2019に参加し、「レーザー実験用機器開発におけるインターフェース実装事例とその汎用化」と題して口頭発表を行った。同年2月に開催された分子科学研究所技術研究会での発表はあったものの、筆者にとって初となる外部機関主催の研究会参加となった。

初日には技術交流会・見学会の時間が設けられ、佐賀県立九州シンクロtron光研究センターの見学ツアーに参加した。また二日目には新元素ニホニウムを発見された森田浩介教授による特別講演のほか、震災を経験した神戸大学、東北大学、熊本大学の職員による安全衛生技術講演会が企画された。

いずれの企画も、先達の意見や知見、また研究所の技術職員としてはあまり考える事のない学生教育という視点からの取り組み等を直接伺える貴重な機会であった。



発表の様子

平成 30 年度日本化学会化学技術有功賞を受賞

水谷 伸雄

2019年3月17日日本化学会春季大会において日本化学会化学技術有功賞を受賞しました。授賞式は、甲南大学岡本キャンパスにて行われ、川合眞紀化学会会長より表彰状を授与されました。受賞題目は、「分子科学研究を推進する実験装置の設計製作」であり、これは私が昭和54年4月に分子研に採用されて以来製作してきた実験機器の数々が多少なりとも研究に貢献できたのかと思い安堵しています。私が採用された頃は、市販の実験機器などほとんど無く自作せざるを得なかったという時代背景と先生方や先輩方の熱心なご指導が今回の受賞につながったと実感しています。

クライオスタットの製作やNMRプローブの改造、X線ラマン分光器、フラーレン製造システムの構築、そして、瀬谷-浪岡型分光器に始まりSGM-TRAIN分光器の設計製作に至る超高真空技術の修得は分子研に勤務していたからこそ出来たことです。また近年は、高出力マイクロチップレーザーの製作を通して分子研と産業界の連携が加速していることも時代の流れとして受け止めています。

後日、有志の方々から記念品として機械式懐中時計を頂いた時は、勲章を授与されたかのような気持ちでした。これも一重に、皆様のご指導と装置開発室構成員すべての協力体制によるものと感謝しています。ありがとうございました。



表彰状



懐中時計

第 35 回化学反応討論会

豊田 朋範

2019年6月5日～7日に東広島芸術文化ホールくらら(東広島市)で開催された第35回化学反応討論会にポスター発表で参加した。参加者は、共同開発を進めている千葉寿技術専門職員(岩手大学)、発表支援と記録を担当していただいた木村和典氏(分子研)、そして筆者である。昨年度に引き続き、今年度も所長奨励研究の課題とした測定器開発の成果や現状を研究者が集う場に持ち込み、意見や要望を聞き、新たな需要の発掘や今後の開発に反映することを目的とした。

今回の発表も前回同様、ポスターで装置の仕様や実験系の構築例を紹介すると同時に、実行委員会のご厚意でデモ機を展示し、実際に動作させるスペースをご用意いただいた(写真)。結果、前回は大きく上回る閲覧数をいただき、寄せられた要望を基に、出展したBIN電源アダプタとディレイパルサーの改良を進めている。特にBIN電源アダプタについては、複数の大学とのMTAに向けて製造データの整備と小規模量産を進めている。

今回の参加・発表においては、大森賢治教授と武井宜幸・京都大学特定准教授に共著者を快諾いただき、支援いただいた。また、木村和典氏の参加を繁政技術課長に支援いただいた。この場を借りて御礼申し上げます。



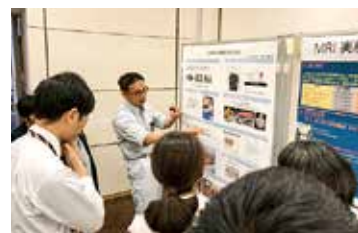
デモ機を用いた発表の様子

第 14 回 自然科学研究機構技術研究会

近藤 聖彦

2019年6月20日(木)から21日(金)に開催された。筆者は、「分子研の3D造形プロジェクト」という題名でポスター発表をおこなった。2016年にも「3Dプリンタで造形するタンパク質模型」という題目でプロジェクトチームの活動内容について口頭発表をおこなっているが、その後に活動したペプチド模型の取り組みについて主に説明をおこなった。

ペプチド模型は可動部品で構成されているので、 α ヘリックスと β シートの構造を1体の模型で組み立てることができる。この動く3D模型に興味をしめす方は多く、盛況の中終えることができた。



ペプチド模型の説明をしている筆者

2019 年度機器・分析技術研究会

豊田 朋範

2019年8月29日～30日に岡崎コンファレンスセンターで開催された2019年度機器・分析技術研究会において、「FPGAとARMマイコンを用いたディレイパルスジェネレータの開発」なる題目でポスター発表を行った。題材は6月に開催された第35回化学反応討論会(p33)においてポスター発表並びにデモ機展示を行ったディレイパルスであるが、機器・分析技術研究会の趣旨に照らし、「実験現場に必要な機能を集約し、使いやすくする」という基本コンセプトを前面に出す構成とした。実行委員会のご厚意で、第35回化学反応討論会と同じく、デモ機の展示環境をご用意いただいた。



閲覧者の専門分野が多種多様であるため、ディレイパルスそのものはすぐには理解いただけないことがあったが、デモ機展示と操作の体験に基づき、動作時の波形をパラメータと共に説明し、ポスターでディレイとパルスの関係性を示すことにより、スムーズに理解いただけた。デモ機展示の有効性を再確認した。

セッションの区切りを度外視せざるを得ないほど多くの閲覧者があり、「実験現場に必要な機能を集約し、使いやすくする」という基本コンセプトには、強い賛同や共感をいただいた。また、頒布の有無や価格に関する質問も多く寄せられ、有用な装置を開発し、広く所内外に展開することを推進する必要性を実感した。

大学共同利用機関シンポジウム

豊田 朋範

2019年10月20日に日本科学未来館で開催された2019年度大学共同利用機関シンポジウム(以下、シンポジウム)において、LEDホタルの体験展示を行った。LEDホタルは、研究力強化戦略室(以下、戦略室)の片柳助手から、熊谷モデルで示される非線形同期現象を体験できる教材として工作依頼を受注したもので(p18)、10月8日に岡崎市立河合中学校で開催されたアウトリーチ出前授業においても使用され、好評を得た。分子研のブースの一角にLEDホタルを10台用意し、ブース来訪者が自由に並べ替えて同期現象を体験できるようにした。



デモ機を用いた展示の様子

同会場で開催されていた展示の影響か、シンポジウムは親子連れの来訪者も多く、展示物を自分で並べ替えることが出来る本展示は好評であった。同じくデモ機展示と操作体験を伴う干渉縞も好評であり、体験型展示の有効性を再確認した。戦略室では幾つかのアイデアがあると聞いており、筆者は今後も戦略室と協力し、アウトリーチ活動を通じた地域貢献を推進したいと考えている。

CTC SOLIDWORKS ユーザーミーティング FY19 in 名古屋

豊田 朋範

2019年12月4日にTKPガーデンシティPREMIUM名古屋新幹線口で開催された第3回CTC SOLIDWORKSユーザーミーティング FY19 in 名古屋(以下、ユーザーミーティング)に木村和典氏と共に参加し、筆者は「国立研究機関におけるエレメカ連携の事例とその効果—SOLIDWORKS PCBを用いた研究用電子機器開発—」なる題目で依頼講演を行った。

エレクトロニクス・セクションでは昨年度から、SOLIDWORKS PCB Connectorを導入し、回路CADと機械CADの有機的な連携を開始した(p10)。従来の「回路先にありき」の設計フローでは困難であった、物理的な構造や制限を踏まえた回路・プリント基板設計と、業務状況の変化への対応は、エレメカ連携で苦心しているという民間企業からの出席者の強い関心を集めた。

エレクトロニクス・セクションにおけるエレメカ連携はかなり先駆的な事例であることが判明したことで、今年度から始動した社会連携部門をはじめとする産学連携へのアプローチとしても有効ではないかと考えられる。



講演の様子

18K06 大強度レーザー入射用二重窓ユニット



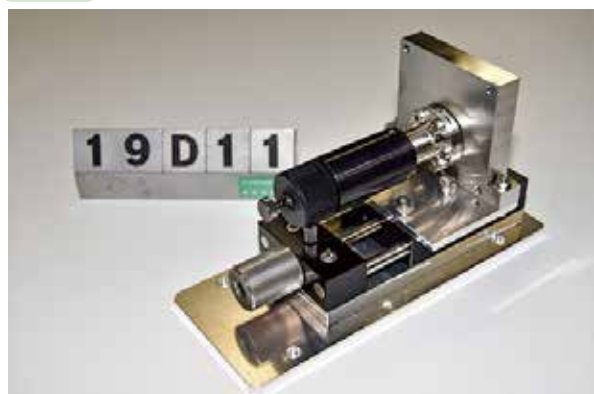
レーザー光を電子ビームに衝突させてガンマ線を発生する実験で、100W級レーザーを加速器真空内へ導入するポート。窓が破壊されたときの急激な真空低下を防ぐために2重構造としている。

18K13 低温サンプルホルダー



100気圧の耐圧を有し、 -45°C まで冷却できる小型容器。ベリリウム銅製フランジと無酸素銅製パイプの接合をおこなうことで、分子の蒸気圧制御として十分な性能を満たしている。

19D11 水平磁場発生装置



極低温プローブステーションに設置し、真空内の試料に水平磁場を印加する装置。永久磁石の位置を変更し、磁場強度を可変できるように設計をおこなった。

19E18 蒸着容器用シャッター



蒸着時にビューポートを保護するシャッター。シャッター形状を工夫し、市販品よりも遮蔽率が向上するように設計をおこなった。

19G12 光ファイバーアダプタ



低温装置に光を導入するためのアダプタ。樹脂製で、様々な方向の傾斜角の段付き穴、薄い板厚など非常に加工が困難な形状をしたアダプタ。

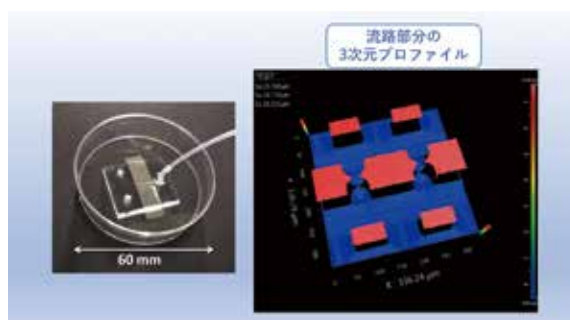
19J09 MAS アジャスター



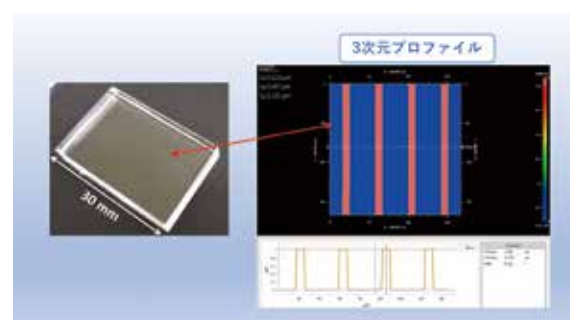
低温環境に耐性がある特殊な樹脂を使用している。組み合わせると可動する構造になる。滑らかな動きを実現するため穴の寸法公差に注意を払い加工をおこなった。

18G01 細胞融合用 PDMS マイクロチャンバー

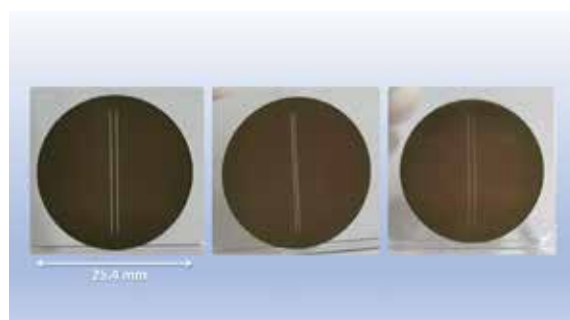
細胞融合用のマイクロチャンバーをPDMS樹脂で製作した。幅が1mm、深さが15 μ mの流路内に、細胞同士を接触させるための微細構造を配置している。シャーレの内部には、電気を流すためのアルミ電極のパターンを、ステンシルマスクを用いてスパッタ成膜した。

**18G12 グレーティング作製**

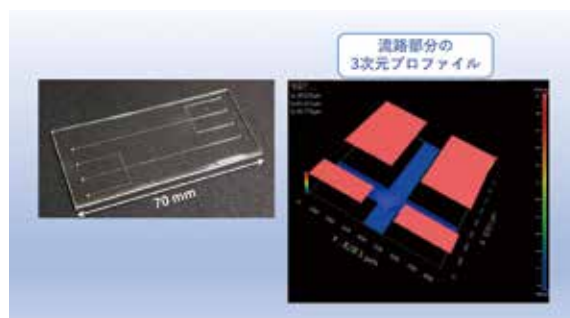
30 × 20 × t5(mm)のテンパックスガラス基板上の一面に、グレーティングとして、42 μ m周期のライン&スペースで深さ1 μ mの凹凸構造を、ガラスのウェットエッチングにより製作した。凸部分の幅が重要であったため、ウェットエッチングによる横方向の広がりを考慮した設計値の変更や、アンダーカットをできるだけ抑えるためにマスクの厚さ等を検討しながら製作を行った。

**19D23 ϕ 1 インチダブルスリット**

ϕ 25.4 × t0.7(mm)の石英基板上にCrでパターンニングすることでスリット構造を製作した。スリット幅とスリット間隔が異なる3種類を製作し、Cr厚さは200nm程度、スリット幅は100 μ m、もしくは50 μ mである。

**19F11 分光用マイクロ流路基板**

70 × 30 × t0.7(mm)のガラス基板上に、マイクロ流路をウェットエッチングにより製作した。ガラス同士の接合は、東京大学 北森研究室で教わった低温接合の技術を利用している。

**19H01 マイクロフォーカスデモ用試料**

デモンストレーション用の試料として、Ti箔(□5 × t0.05(mm)) 上に、Au (t20nm) で「UVSOR」の文字をパターンニングした。文字の線幅は、上から順におよそ30 μ m、40 μ m、50 μ m、60 μ mになるように製作している。



18K04 回転磁場発生装置用 8ch 温度表示器



- 最大8chのK型熱電対を接続して、0℃～400℃のリアルタイム測定・モニタを行う。
- 320x240ドットのカラー液晶ディスプレイ採用、熱電対断線検出機能や校正機能を搭載。

18L04 超高感度 3 軸磁場測定器



- 磁気変動検出範囲:4 μ Tpp、感度:1V/ μ T(電圧出力)、周波数応答:0.1Hz～1kHz、
- Noise:200pT/1 σ (0.1Hz～1kHz)のMIセンサを使った超高感度磁気センサ回路

19B04 正極性高圧パルサー (HTS-80-03 型)



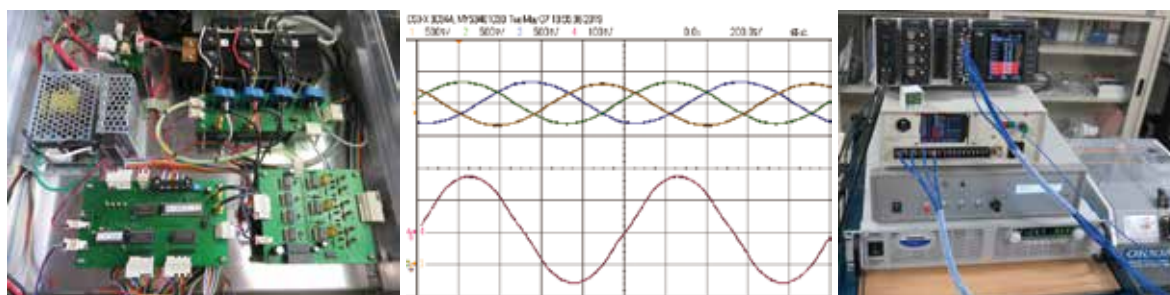
- 最大電圧: +8kV、立ち上がり10ns、立下り20ns、最大動作周波数: 0.12MHz
- Behlke HTS-80-03型スイッチングデバイスを使った正極性高圧パルサー回路

19D02 AOM ドライバー Box



- AOM(音響光学変調器)の駆動回路(過去に複数回製作)をラックに収めるための筐体
- 従来使用していたサブラックの廃番に伴い、MISUMI等で調達可能な部品のみで再構成

19D15 回転磁場発生装置用 3 相インバータ電源 (IGBT 版)



- 強度 0.5T の回転磁場を発生するための 3 相コイル駆動用インバータ回路
- 駆動波形: サイン波／矩形波, 周波数: 0.2Hz ～ 5Hz, 駆動電圧: 外部 DC 電源より供給

19F03 集団同期現象シミュレータ (LED ホタル)



- ホタルなどに見られる集団同期現象を再現する、アナログ型の電子回路キット
- 赤外フォトトランジスタと赤外線LEDを搭載し、通常の明るさの屋内で使用可能。単三電池2本で動作。

19I01 高圧パルサー用負極性電源



- 出力 0V ～ -10kV、出力電圧・電流モニター、電流値に基づく出力保護機能付き (17E02 で納品)
- パルサーから生じたノイズで液晶表示が消える等の不具合に対処、出力電圧調整機能を改良

機械グループ (227 件)

伝票番号	品名		
19A01	低温CV測定用台座	19D07	SHVポート付ICF152-253変換フランジ
19A02	超高感度3軸磁場測定器用治具	19D08	軸外し放物面鏡
19A03	波長板ホルダー	19D09	円柱追加工
19A04	MALDI用プレート	19D10	ローレットネジ(ナット)
19A05	レーザモジュール台	19D11	水平磁場発生装置 [写真]
19A06	レーザモジュール台座	19D12	テフロンネジキャップ
19A07	リングアダプタ	19D13	コイルホルダー
19A08	電極支え用円柱	19D14	フィラメントカバー兼パージチューブ
19A09	ワッシャー	19D15	回転磁場発生装置の改良 [写真]
19A10	アルミプレート	19D16	光学系アライメント用ターゲット
19A11	アルミ板	19D17	ネジアダプタ
19A12	パルス幅可変レーザー筐体No.3	19D18	AOD固定台
19A13	レーザー用プレート(追加工)	19D19	ボールミル用ポット
19B01	直角プリズム貫通穴加工	19D20	レーザーアンプ用ホルダ
19B02	Pt線とピンはんだつけ	19D21	ベースプレート
19B03	電気化学セル部品	19D22	アジャスター
19B04	アルミブロック(アルミ角パイプ	19D23	Φ1インチダブルスリット [写真]
19B05	XRDホルダー	19D24	アジャスター追加部品
19B06	蒸着装置内電極部品	19D25	バルブ設置台
19B07	蒸着基板ホルダー	19D26	BITRANカメラ45度傾斜固定プレート
19B08	パージボックス追加工	19E01	端子セット
19B09	ローレットネジ	19E02	センサー部品
19B10	プロボスタット用インナー電極の作製	19E03	薄型結晶ホルダ(□5-1/2"型)
19B11	検出器の製作	19E04	実験台固定具
19B12	基板ホルダー取手	19E05	ESI-MS用とめ具
19B13	駆動ステージ	19E06	液体セル部品
19B14	オプトロード(電極)の観察	19E07	VTアダプター固定ネジ
19B15	DA30マニピュレーターサンプル押さえ	19E08	電極一式
19B16	ボックス追加工	19E09	HeNe レーザーホルダー
19B17	プロボスタットピン交換	19E10	ストップリング修正加工
19B18	クラウド円板	19E11	電極固定用ジグ
19B19	プロボスタット用アウター電極	19E12	ヒーターホルダー(φ8-1石英管用)
19C01	Holder ICF70	19E13	ボックス治具
19C02	TOPプレート(PEEK)	19E14	アダプター
19C03	顕微鏡部品改良	19E15	対物レンズ用マウント
19C04	UVガラスへの描画(パターン)Ver.2	19E16	蒸着用サンプルホルダー改良
19C05	クライオスタット丁字管溶接修理	19E17	結晶ホルダー
19C06	サンプルホルダー	19E18	蒸着容器用シャッター [写真]
19C07	蒸着ホルダーver2	19F01	ブレードボード
19C08	蒸着用治具	19F02	スパッター用サンプルホルダー
19C09	穴加工(外部製作品修正加工)	19F03	ゲートバルブ開閉器
19C10	SHV用ポート付ICF203両面フランジ	19F04	ピペティングロボットの試作検討
19C11	蒸着用治具改良	19F05	パイプ柱(PEEK φ 6x44)
19C12	プロボスタットピン	19F06	水冷配管ワイヤーカット加工と超音波診断
19D01	NI板	19F07	テフロンスペーサー
19D02	アルミ治具	19F08	パイプネジ類一式
19D03	冷却治具	19F09	モータ取り付け台
19D04	メタルマスク	19F10	ネジ変換アダプター
19D05	Pt電極	19F11	分光用マイクロ流路基板 [写真]
19D06	電極支え用支柱	19F12	ガラスライン修理相談
		19F13	技術相談

2019年 工作依頼リスト

19F14	MASアジャスター
19F15	グライatron製ブッシュ
19F16	M3.5チューブ継手修正加工
19F17	電極板およびサンプルホルダー
19F18	ステンレス ボード
19G01	長方形結晶ホルダー
19G02	アダプターネジ
19G03	柱パイプ
19G04	小型プラグ型レーザーねじ部修正加工
19G05	ローレットネジ
19G06	台座修正加工
19G07	蒸着用サンプル台座
19G08	押さえリング修正加工
19G09	赤外光光路用パージボックス
19G10	レーザーアンプ用ホルダー式、仕様変更
19G11	引っ張りテストピース
19G12	光ファイバーアダプター 【写真】
19G13	アルミチャンネル加工(60X120)
19G14	電気化学エッチング用金属針保持器
19G15	調整ネジセット
19G16	モジュール分解
19G17	光学アライメント用ターゲット
19G18	サンプルホルダー
19G19	ベースフランジ
19G20	エバポレーター用ガasketの製作相談
19G21	電極配線テスト用T.P.
19H01	マイクロフォーカスデモ用試料 【写真】
19H02	プロボスタット用アウター電極
19H03	プロボスタットインナー電極ピン接着
19H04	磁場補正用コイルホルダ
19H05	プロボスタットインナー電極はんだ付け
19H06	液体セル追加工
19H07	サンプルホルダー
19H08	プロボスタット用アウター電極接合テスト
19H09	電極リング修正加工
19H10	試料固定用ホルダー
19H11	電解研磨電極保持テフロン板
19H12	水冷ホルダー
19H13	ベースプレート(No.5改良型)
19H14	光ファイバーアダプター修正加工
19H15	電解研磨電極保持テフロン板
19H16	金属探針保管器具
19H17	ベースプレート(No.5改良型)修正加工
19H18	アウター電極の溶接
19H19	M6タップ切
19I01	ウォブルスティック衝突防止機構スイッチ部交換
19I02	ガラス基板のEB描画
19I03	結晶アダプタ
19I04	□8結晶アダプタ
19I05	結晶引張ジグ
19I06	対物レンズL字マウント

19I07	サンプル固定ベース
19I08	アクリル覆い
19I09	エアアダプター
19I10	プローブキャップ
19I11	プロボスタット用アウター電極
19I12	積層結晶ホルダー
19I13	FFU固定台
19I14	プローブ固定ねじ
19I15	プローブ底フタ
19I16	エアチューブアダプター
19I17	蒸着電極ボード台
19I18	光ファイバーアダプター(改)
19I19	積層結晶φ5ホルダー
19I20	探針保持器具の製作
19I21	プロボスタットガスのコネクタ修理
19J01	フロー型電場セルの改良
19J02	末端アダプタ
19J03	コイルボビン追加加工
19J04	コイル台座ジグ
19J05	回転磁場用サンプルホルダー
19J06	Mo電極製作用パンチプレスの検討
19J07	ヒートシンクブロック
19J08	発砲スチロールブロック加工
19J09	MASアジャスター 【写真】
19J10	100mm角蒸着ホルダー
19J11	SUS製円板
19J12	ブレード熱解析
19J13	調整ネジエンドキャップ長可変用
19J14	エアーアダプター等
19J15	背圧弁の台
19J16	ダイナミックシール
19J17	MAS軸ブッシュ
19J18	蒸着装置フランジ取り扱い指導
19J19	冷却ホルダー
19K01	抵抗校正用チップ
19K02	コイル台座ジグ
19K03	ガラスエポキシ棒先端加工
19K04	MAS調整ネジ
19K05	—照射サンプルの測定
19K06	テフロン容器のカット
19K07	AOV用スパッタサンプルホルダー
19K08	試験管ホルダー
19K09	Ti及びAuの真空蒸着
19K10	2DAOD台
19K11	励起レーザー固定具
19K12	レーザー照射サンプル測定
19K13	special optics対物レンズ用マウント
19K14	ブレードボードM8貫通穴加工
19K15	カンチレバーホルダー
19K16	凸レンズへの金属膜成膜
19K17	コイル治具

19K18	自作プローブ用部品追加加工
19K19	L50mm水冷ホルダー
19K20	AOM用台
19K21	分光用マイクロ流路基板
19K22	PTFEアダプタ
19K23	探針保持装置
19K24	ソーラボ光学キューブ穴あけ
19K25	押出棒修正加工
19K26	レンズホルダー
19L01	電極製作用ジグ
19L02	留具等
19L03	ボールミル用オーバーポットセンターねじ修理
19L04	$\lambda/4$ アダプタ
19L05	ロッド台穴あけ
19L06	ブレードボード M8 ザグリ穴加工
19L07	結晶アダプター
19L08	顕微鏡測定用ステンレススペーサー
19L09	MAS カウンタープレート追加加工
19L10	顕微鏡用スペーサー
19L11	留め具
19L12	4 mmプローブ用上蓋追加加工
19L13	プローブ用自作ヒータ部品追加加工等
19L14	スキマーの作製
19L15	顕微鏡ターレット改造

2019年 工作依頼リスト

電子回路グループ (55 件)

伝票番号	品名
19A01	PC power supply replacement
19A02	インピーダンス整合BOX
19A03	MCT用プリアンプ配線
19A04	磁気モーメント検証用プリント基板
19B01	プログラマブルタイミング制御器V2
19B02	スパッタ蒸着装置電源ケーブル接続換装
19B03	回転磁場発生装置用真空ポンプスイッチボックス
19B04	正極性高圧パルサー(HTS80-03型) [写真]
19B05	高圧パルサー HTS81-06-GSM型
19B06	各種メータ画像認識システム
19B07	遠隔操作型ステージ制御システム
19C01	SQUID測定用基板
19C02	回転磁場装置用サンプル冷却エア導入器
19C03	回転磁場用温度表示モニターの改良
19C04	マイクロ波スイッチドライバ回路
19D01	SQUID測定用基板
19D02	AOMドライバBox [写真]
19D03	レーザードライバケーブルの分電盤からの取り外し
19D04	凍結防止ヒータコネクタ取付け
19D05	SQUID測定基板
19D06	低温ストックルーム管理システム
19E01	修理(HV Pulsar)
19E02	高電圧パルス印加シミュレーション
19E03	ガスフローシステム
19E04	純水用電磁バルブ
19E05	オープン修理
19E06	2ch高圧パルサー
19E07	凍結防止ヒータ用電源プログラム修正
19E08	ツジ電子リモートコントローラスイッチ修理
19F01	無人航空機の誘導制御機構
19F02	電流印加SQUID
19F03	集団同期現象シミュレータ(LEDホタル) [写真]
19F04	デジタルマルチメータ通信用ケーブル
19F05	正極性高圧パルサー
19G01	ゲインモジュールドライバ用ケーブル
19G02	アナログ制御回路アタッチメント基板
19G03	ウォブルスティック用安全装置ケーブル修理
19G04	MCP用高電圧ディバイダー
19G05	単一ベシクルの時系列変化の解析ソフトウェアの開発
19H01	振動分解電子運動量分光用超高分解能電子分光器
19H02	レーザードライバ コネクタ
19H03	クリーンルーム風量調整ユニット
19H04	BL5U ディフレクター用ポテンショメータ交換
19I01	高圧パルサー用負極性高圧電源 [写真]
19I02	真空計用ケーブル修理
19I03	SQUID 測定基板 (並列)
19J01	蒸着源安全装置用ケーブル
19J02	ケーブル修理
19K01	モーターケーブル
19K02	SMB-BNC 変換ケーブル

19K03	SQUID 測定用基板 (比較検証用)
19L01	ステップモータードライバ装置
19L02	イオンポンプのコントローラの修理
19L03	1ch 正極性高圧パルサー
19L04	2ch 負極正高圧パルサー

機械油と作業音に満ちていた、1 階工作工場



討論と歓談の場だった、2 階会議室と居室



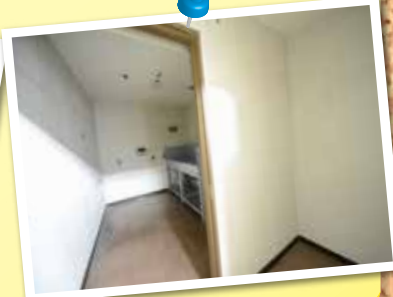
パソコンとはんだ付けに向き合った、回路室



設計図と資料に向き合った、CAD 室



かつて会議室、今は資料室、そして暗室



撤去される機械たち。長い間ありがとう。



移ろう季節と共に進む工事



Please wait until 2020 spring...

装置開発室 Annual Report 2019

令和 2 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

