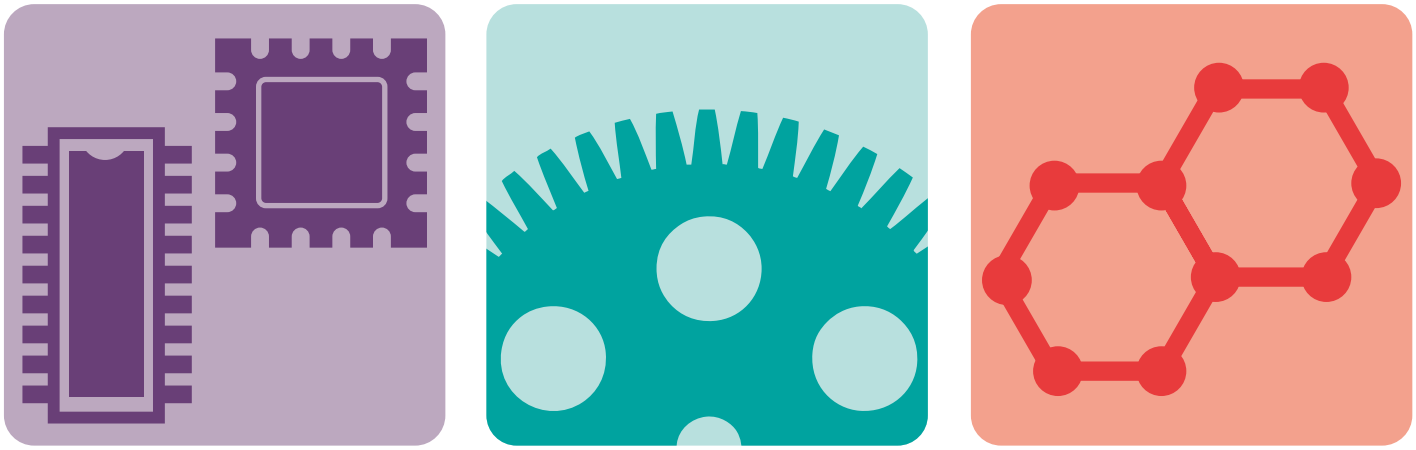
装置開発室 Equipment Development Center ISSN 1880-0440

Annual Report 2021



Equipment Development Center

自然科学研究機構　分子科学研究所
National Institutes of Natural Sciences(NINS)
Institute for Molecular Science

【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、
要望に近づく装置つくりを目指し、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

序　文

最近多くの会議が、リモートで行われるようになってきました。今後は仮想現実（VR）技術も組み合わさることによって、デジタル空間（メタバース）での会合や活動がますます活発になっていくと予想されます。デジタルトランスフォーメーション関係のプロジェクトも、機器センターで始まるマテリアル先端リサーチインフラ事業を始めとして、話題が多くなってきました。デジタル化には色々なメリットがある反面、VR の世界に没入しすぎると、その人に取って現実と VR のどちらがより「現実的」か、分からなくなるような不安定なケースもあるでしょう。一方で、このような仮想空間が出来てくると、それまでの体験における「価値」とは何だったのか、改めて問われてくるものと思います。例えば、同じ価値を持った体験ができるのであれば、ディズニーランドには行かなくても VR でいい、という人が出てくる事は大いに想像できます。昔の哲学者である荘子は、「夢の中で蝶として舞っていた自分が今の世の夢を見ているのか、それとも今世の自分が蝶の夢を見ていたのか、どちらも同じようなものだ」という寓話を用いて世俗的な価値観を相対化することを説いていたようです。今の世の中で VR 技術の進歩は、これまで必要と思っていたモノやコトの本質的な価値を、主客を逆転させたりしながらもう一度見直す良い機会になるのかもしれません。

装置開発室では、これまでにも3Dプリンタやシミュレーション技術などのデジタル技術を導入してきており、VR 技術も製作過程などに活かせる可能性があります。こうした新技術の導入を検討すると同時に、ユーザーが欲しかった価値は何だったのか、そうした本質的価値を突き詰める考え方も、少しずつ磨いていけたら良いと思っています。研究者が持ってきた図をそのまま図面に起こして製作するのではなく、「本当にあなたが欲しかったのはこういう装置ではありませんか？」というような提案が VR も活用しながら出来るようになれば、どんな新技術にも勝るサービスとなるでしょう。利用者の皆様からも、室員がそのような提案が出来るような成長に向けて、ご指導・ご支援頂けると幸いです。

昨年は水谷さんが定年退職されましたが、引き続きチームに残って頂けることになりました。また、長年秘書を務められた浦野さんが所内の別部署に異動され、代わりに稲垣さんに新しい秘書として加わって頂きました。一般公開で作った装置開発室の紹介動画も分子研 YouTube チャンネルで配信されていますので、機会がありましたらぜひご覧ください (本誌内に関連記事あります)。本年も装置開発室をよろしくお願いいたします。

2022 年 1 月

山本浩史

目　次

構成スタッフ 1

イベント in 2021 2

セクション報告 4

主要設備 9

研究会発表一覧 10

利用者報告 12

申請課題一覧 18

活動レポート 19

トピックス 32

特集　製作受託 34

　　一般公開 35

2021 年　製作品 37

2021 年　工作依頼リスト 42

定年退職記念 47

（前列左から）松尾純一、豊田朋範、山本浩史、近藤聖彦、菊地拓郎
（後列左から）稲垣いつ子、高田紀子、木村幸代、水谷伸雄、木村和典、
吉田久史、菅沼光二、澤田俊広、石川晶子

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	近藤聖彦	KONDO, Takuhiko	主任技師	装置開発ユニット長
	水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo	係長	(※ 2021 年 3 月まで)
	高田紀子	TAKADA, Noriko	技術員	
	木村幸代	KIMURA, Sachiyo	技術員	
	菊地拓郎	KIKUCHI, Takuro	技術員	
電子回路グループ	豊田朋範	TOYODA, Tomonori	技師	
	松尾純一	MATSUO, Junichi	主任技術員	
	木村和典	KIMURA, Kazunori	技術員	
技術支援員				
	澤田俊広	SAWADA, Toshihiro		
	吉田久史	YOSHIDA, Hisashi		
	石川晶子	ISHIKAWA, Akiko		
	菅沼光二	SUGANUMA, Kouji		
	水谷伸雄	MIZUTANI, Nobuo		(※ 2021 年 4 月より)
事務支援員	浦野宏子	URANO, Hiroko		(※ 2021 年 4 月まで)
	稲垣いつ子	INAGAKI,Itsuko		(※ 2021 年 5 月より)

イベント　in 2021

1月

21 日　情報技術研究会オンラインカンファレンス
(九州工業大学)(豊田、松尾)　※オンライン開催（**記事 32 ページ参照**）

2月

18 日
～ 19 日　第 43 回生理学技術研究会 (生理学研究所)(豊田)　※オンライン開催

3月

3 日
～ 4 日　総合技術研究会 2021 東北大学 (東北大学)(豊田)　※オンライン開催

4 日　第 22 回岐阜大学技術報告会 (岐阜大学)(豊田)　※オンライン開催

4月

23 日
～ 24 日　共同開発打ち合わせ並びに製造工程受講 (岩手大学)

6月

24 日　第 15 回自然科学研究機構技術研究会
(水谷、近藤、菊地、高田、木村 (幸)、豊田、松尾、木村 (和))　※オンライン開催
（記事 32 ページ参照）

9月

9 日
～ 10 日　令和 3 年度機器・分析技術研究会 in 山口宇部
(山口大学)(菊地、豊田、松尾)　※オンライン開催（**記事 32 ページ参照**）

10 月

5 日
～ 6 日　防災システム実証試験並びに共同開発打ち合わせ
(岩手大学)(豊田)

23 日　分子科学研究所　一般公開　※オンライン開催
（記事 35 ページ参照）

写真 1：共同開発打ち合わせの出席者全員で記念撮影に加わる豊田氏 (後列左から 3 人め)

11 月

12 日　出前授業 (岡崎市立新香山中学校)(豊田)
（記事 33 ページ参照）

19 日　令和 3 年度予防・広報講習会 (盛岡市)(豊田)
※オンライン開催 **（記事 33 ページ参照）**

20 日　科学・ものづくりフェスタ＠愛教大
(愛知教育大学)(豊田)　※オンライン開催
（記事 33 ページ参照）

写真 2：新香山中学校の生徒さんに低温の必要性を解説する豊田氏

写真 3：豊田氏の解説をオンライン中継で視聴する参加者

12 月

22 日　WAN-WAN 利用者シンポジウム 2021(分子科学研究所)(豊田)　※ハイブリッド開催

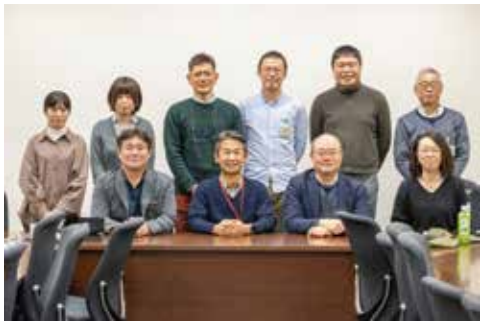


写真 4：発表者と配信担当者、岩手大学から研修で聴講した若手とともに記念撮影に臨む豊田氏 (前列右から 2 人め)

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、メカニカルエンジニアリング、デジタルエンジニアリングを有する職員が所属している。これらの技術を活用して、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、設計過程で重要となる構造、伝熱等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、「研究者にとって一番身近な技術者集団となる」を目指し、技術で貢献する技術者集団として活動をおこなっている。

1. 製作依頼件数

図1に5年間の所内外の製作依頼件数の推移を示す。2021年1月～12月の機械工作関係の所内依頼は254件で、実験に使用する部品加工の依頼が多く、例年より依頼件数が増加した。2020年4月から3Dプリンタを移管し3D造形の依頼受付けを開始した。3D造形は、工作機械加工が困難である複雑な形状を有する部品が金属加工と比べて短納期かつ樹脂材料を使用すれば低価格で製作可能等の長所があり、試作に適しているため依頼が多い。今年の3D造形の所内依頼は160件であった。

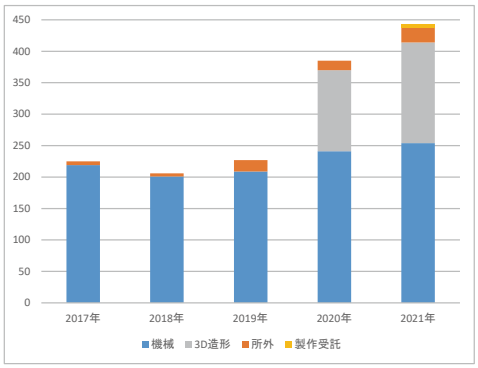


図 1：製作依頼件数の推移

所内の依頼内容については、1週間以内で完了する部品製作が9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1割程度であった。

2019年に社会連携研究部門が発足し、所外依頼として扱っている。2020年から民間企業と社会連携研究部門に対して装置開発室有償利用を開始、2021年7月に自然科学研究機構分子科学研究所装置開発室装置製作受託規則（以後、製作受託と記す）が施行され、民間企業と所外公的研究機関の依頼を受付けている。今年の製作受託は5件であった。

製作受託の注意点は、所内外のエフォート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、分子科学分野の技術的貢献、装置開発室の技術向上等を十分に考慮して引き受けている。

その他、ナノテクノロジープラットフォーム施設利用の3次元光学プロファイラーシステムは民間企業から利用申請がある。分子科学分野と異なる企業の測定は、我々の測定経験がない内容が多く、測定機メーカーに測定方法を確認する等の仲介をおこない、利用者が迅速に測定できるように支援をおこなっている。

2. 主な製作依頼内容

● メカニカルエンジニアリング

主な依頼は、(1) 部品製作：依頼者から提供される部品形状の手書き図面、簡単な絵、要求される仕様を参考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、放射光施設で使用する真空部品、極低温環境で使用する部品、金属めっきで製作したメタルマスク等、様々な部品製作があった。

図2に低温実験で使用する装置製作に必要になる樹脂製のボビンを示す。このような部品製作については、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。

図 2：PEEK 製微細ボビン

(2) は、図3 に示すような回転ステージを利用したサンプルの位置決め行うゴニオステージ、低温環境で使用するプローブ、真空環境とガス環境で加熱する容器、高温加熱用のサンプルホルダ、レーザ結晶の接合力を評価するユニット等、力学、熱学、真空、低温、光学に関する高度な知識と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、設計の自由度が制限されるため、培ってきた経験が役立っている。

図 3：ラウェ用ゴニオ

● デジタルエンジニアリング

設計時に重要となる構造、熱解析、流体解析等については、ANSYS、磁場解析はFemtetを使用している。図4に放熱フィンを使用してICの放熱を伝導でおこなう際の解析結果を示す。

近年導入した5軸加工機は3次元の複雑な動作になるため、制御するプログラム作成は難解になる。これをサポートするのにCAMソフト（hyperMill）を使用している。工具とワークの自動干渉チェックをおこなえる等、優れたソフトである

3D造形はタンパク質模型、実験装置に使用する部品の試作が主である。タンパク質模型を造形する際は、Magicsと呼ばれている3Dプリント用ソフトウェアを使用することで、複雑なSTLデータを細かく編集することができ、例えば造形物にマグネットを埋め込むための空間を作成するなどの修正を加えて造形することにより、図5に示すような構造体の脱着が容易なタンパク質模型を造形することができる。また、タンパク質模型は構造体毎に色分けするとわかりやすくなるため、フルカラーの造形を希望されることが多く、これまでは石膏の3Dプリンタで対応してきたが、石膏は脆く、破損しやすいので樹脂製の模型が望まれていた。そこで、2021年度に樹脂製のフルカラー3Dプリンタを導入する予定でいる。

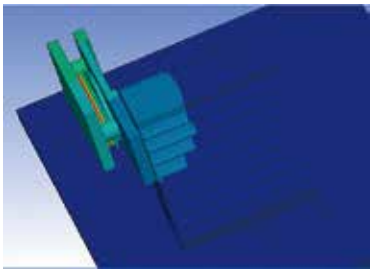


図4：Ansysの画面

図5：3D造形したタンパク質模型

3. temiのレンタル

図5に示すtemiは、最新技術を使用した多機能なロボットとして販売されている。AIアシスタント、ビデオ通話だけでなく、センサーによる地図精製や障害物回避によるスムーズな自動運転が可能である。このロボットをレンタルする機会があったので、3ヶ月間であったが、主に受付案内ロボットとして試行した。最初にマップと行き先を登録すれば、画面をタッチするだけで、障害物を回避しながら行き先まで案内することができる。また、オンサイトの会議に出席できないときは、temiにアクセスして操作することで参加でき、あたかもその場にいるような雰囲気になる。図6にB棟からC棟の職員居室に自動で運転している際の様子を示す。今回の試行で、様々な利用の可能性を実感したが、専用アプリの登録時に外部通信できるスマートフォン、タブレット等が必要になり、temiのみで使用できないことがわかった。ロボット技術は年々進化しているので、もう少し動向を伺いたいと考えている。

図6：temiの外観

4. 一般公開

今年は一般公開がオンラインで開催された。初めての試みであったが、室員のアイデアを凝縮した動画を作成することができたこと、室員が一団となって協力することができたことで成功裏に終えることができた。この時の動画はYou Tubeまたは装置開発室のホームページで公開している。

5. その他

＜研修＞

(1) 第15回自然科学研究機構技術研究会
（発表：菊地　聴講：近藤、水谷）
(2) SE（Systems　Engineering）研修　（菊地）
(3) IT系共通基盤研修　（菊地）

図7：自動運転時の様子

エレクトロニクス・セクション報告

豊田　朋範

1. エレクトロニクス・セクションの基本方針

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ィ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。2021年は92件の受付を行い、昨年を上回り過去最高を更新した。最大の要因は、2020年から稼働中のクリーンルーム統合制御システムの段階的な拡張と更新にある。本年はクリーンルーム内の異常を検出して通知するクリーンルーム警報システム(関連記事p22)を導入した。また、AFM関連装置の回路試作評価が繰り返し行われたことも1つの要因である。

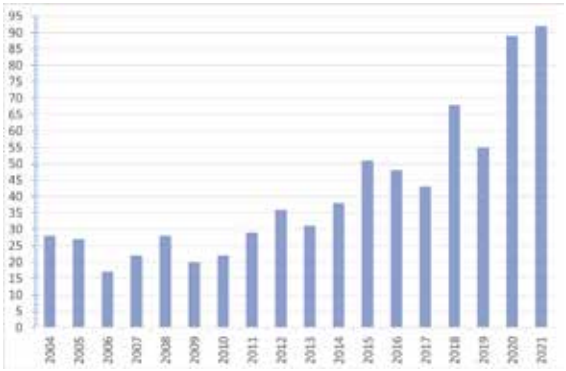


図2：エレクトロニクス・セクションの
工作依頼件数の推移

工作依頼の内訳は、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68件(73.9%)、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24件(26.1%)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ながら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。また、微小な部品や表面実装部品が主流であり、所有するプリント基板加工機では製造が困難、あるいは製造効率が低下する場合は、P板.com(https//www.p-ban.com)やFusion PCB(https://www.fusionpcb.jp/)などの基板製造サービスを活用しての対応を進めている。

依頼元を所内と所外で分類すると、所内が88件(95.7％)、所外が4件(4.3%)である。2022年3月末で終了するナノテクノロジープラットフォームの最後の協力研究課題(関連記事p14)の他、2021年7月に制定された製作受託制度に基づく工作依頼を早速受注した。今後もエレクトロニクス・セクションは、装置開発室や分子研における一定の存在感を維持できる見通しである。

3. 研究会発表・セミナー開催・アウトリーチ活動

2021年は12件(共著含む)の研究会発表を行った(関連記事p10)。新型コロナウィルスの騒動が未だに収束しない状況であるが、2021年12月には汎用警報システム(通称WAN-WAN)の実証試験に携わる5機関(分子研、岩手大、東北大、大阪大、熊本大)から6名が参加し、WAN-WANの活用事例報告や今後の展開などについて討論する「WAN-WAN利用者シンポジウム2021」を開催した。本シンポジウムはオンサイトとオンラインのハイブリッド開催とし、5機関の発表者は全員がオンサイト参加で活発な討論や質疑応答がなされた(図3)。オンライン会議のツールは便利であるが、新たな課題に気づき、課題解決の緒を見出せるなど、対面での討論は不変の価値があることを再認識した。

岩手大学と共同開発を進めている一斉警報通知防災システムは、出願中だった関連特許1件が査定(認可)された(特許第6954530号)。2021年10月に予定されていた全国一斉Jアラート試験放送を用いた複数自治体での実証試験こそ延期となったものの、盛岡市と宮古市では成功した。警報を受信するとTVを自動的にONしてNHKにチャンネルを合わせるTV制御器は、NDA(秘密保持契約)を締結した複数の民間企業と量産に向けた試作評価が続いている

(図4)。最新の7号機は少量量産が進められており、2022年2月の全国一斉Jアラート試験放送を用いた実証試験において、複数の自治体に配備される予定である。2021年10月には盛岡地区広域消防組合が主催する令和3年度予防・広報講習会で、岩手大学と(株)ホーチキとの共同で「消防防災科学の推進について」と題した依頼講演を行うなど(関連記事p33)、着実に成果を挙げている。また、関連特許から開発したWAN-WANは、クリーンルーム警報システムに導入して運用実績を挙げている他、前述のとおり、分子研と岩手大学を含む5機関で実証試験が行われているところである。

この他、クリーンルーム警報システムの一環として開発した広範囲熱電対モジュールを、研究力強化戦略室の依頼で、低温抵抗測定ボックスに応用した(図5)。本装置は2021年11月の新香山中学校における出前授業で好評を得て、アンケートからも生徒の理科への強い関心を促したことが判明した。昨年の赤外LEDを利用した「(肉眼では)見えない電光掲示板」と同様、エレクトロニクス分野では一般的なデバイスや回路が、新たなニーズと共同に繋がる可能性があると考えられる。

図3：WAN-WAN利用者シンポジウム2021の集中討論の様子

図4：開発中のTV制御器の試作品

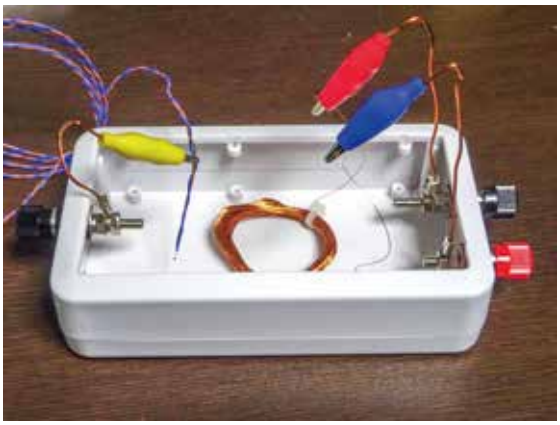


図5：開発した低温抵抗測定ボックス

リソグラフィ・セクション報告

高田　紀子

リソグラフィ・セクションは、主要メンバー3名（技術職員2名、技術支援員1名）で、フォトリソグラフィおよびEBリソグラフィに関する依頼対応と、共用クリーンルームの維持管理を主な業務として担っている。

1. 依頼状況

2021年の製作依頼件数は、フォトリソグラフィが20件、EBリソグラフィが5件の計25件であった。過去5年間における依頼件数の推移を図1に示す。2018年12月に電子ビーム（EB）描画装置を新たに導入し、2019年から依頼対応を開始している。

施設改修に伴い、2019年から2020年にかけてクリーンルームの移設があった。新しいクリーンルーム内における装置等の配置図面の作成に始まり、装置運搬や実験環境の整備に至るまで多くの時間を要したが、徐々に本格稼働を開始し、2021年の依頼件数は例年よりも伸びている。

図1：製作依頼件数の推移

依頼内容に関しては、フォトリソグラフィは、今年は特にUVSORからの依頼が増加傾向にあり、放射光実験で用いるマイクロ流路や金属箔へのメッシュ構造（図2）等の製作依頼に対応した。EBリソグラフィに関しては主に、金属薄膜によるナノ構造体の製作を行っている。全体として、特定の研究グループや施設からの依頼が多い傾向である。依頼内容によっては試作検討を重ねながら時間をかけて取り組む場合も多く、実験データやノウハウの蓄積を心がけている。

所外からの施設利用は計4件あり、そのうち3件が昨年からの継続、1件が新規の利用であった。

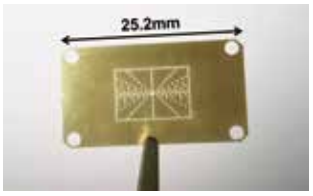


図2：「角度デバイス用メッシュ」
パターニングしている貫通穴の
サイズは約 150μm × 150μm
金属箔（Ti）の厚さは 20μm

2. クリーンルームの維持管理

クリーンルームの移設に伴い、「クリーンな実験環境の維持・ユーザーにとって安全で使いやすい・管理がしやすい」の3つを目標に、実験環境の整備や使用ルールの策定を進めている。

今年の4月には、クリーンルームを実際に利用している現場からの意見を聞くために、「クリーンルーム　ユーザー会」を開催した。3つの研究グループから計6名の方に参加いただき、日頃感じている意見や要望を伺うと同時に、他機関のクリーンルームに関する情報も得ることができた。この会で得た情報を参考に、クリーンルームへの持ち込み物やクリーンウェアの着用順に関して明確にルールを決め、実施するに至っている。

日常の維持管理に関しては、年に1回の業者清掃に加え、月に2回スタッフによる定期清掃を行っている。これよりも頻度が高いものは、当番表を作成しスタッフ内で分担している。計3台ある純水製造装置など消耗品の種類が多く交換時期も異なるものに関しては、交換履歴と次回の交換時期、在庫の個数が分かるよう管理表を作成している。

また、装置開発室 エレクトロニクス・セクションによる管理の自動化も進んでいる。例えば、ガスボンベの残量が少なくなると、ランプと音声で通知するシステムを開発し居室に設置することで、ガスボンベの交換時期の目安としている。安全の面では、閉鎖空間における事故の早期発見のため、危険な試薬を扱う可能性があるドラフトチャンバーの近くに緊急ボタンとカメラを設置し、スタッフの居室から確認できるようにしている。その他にも、各箇所にカメラを設置したり、クリーンルーム内のパーティクル量やクリーンルーム内外の差圧をリアルタイムでモニタするシステムを構築したりすることで、遠隔での管理に有用なものとして役立てている（図3）。

図3：クリーンルーム内の状況をリアルタイムでモニタしている
上2段：カメラの画像
下左：差圧と温度、下中：パーティクル量、下右：ノイズ

3. その他

＜研修＞　KEK専門研修“例題で解く真空技術の基礎”（木村（幸））

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)
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）
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）
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	hyperMill（Ai ソリューションズ）
CAE	ANSYS DesignSpace（アンシス・ジャパン）

3D プリンタ

種別	形式
FDM 型 3D プリンタ	CreatorPro（FLASHFORGE）
	Pro2（RAISE3D）
	Guider2（FLASHFORGE）
	L-DEVO（フュージョンテクノロジー）
SLA 型 3D プリンタ	Form2（formlabs）
バインダージェッティング型 3D プリンタ	ZPrinter450（3D Systems）

エレクトロニクス・セクション

計測器

種別	形式
ディジタル オシロスコープ	6200A(LeCroy)
	354(LeCroy)
	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	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)
卓上 NC フライス加工機	KitMill SR200(ORIGINAL MIND)
レーザーマーカー	LP-GS051-L(Panasonic)

リソグラフィ・セクション

種別	形式
スピンコーター	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）
小型 2 源 RF スパッタ装置	デポダウン式 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）
結晶基板切断機	ファインクリスタルカッターⅢ（クリスタルベース）
リアクティブイオンエッチング装置	RIE-10NR（サムコ）

2021 年　研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
情報技術研究会オンライン カンファレンス 2021年1月21日(オンライン)	クリーンルーム統合制御システムの運用と将来構想－制御とLANをどう見るか－ (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 古舘守道 藤崎聡美 木村和典 松尾純一
	多地点同時観測システム(口頭発表)	○松尾純一
第43回生理学技術研究会 2021年2月18日～19日(オンライン)	LoRa無線モジュールとARMマイコンを用いた汎用コア基板の開発と展開 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 木村和典 古舘守通 藤崎聡美
総合技術研究会2021 東北大学 2021年3月3日～4日(オンライン)	ポストコロナ時代の新アラート～人がいない装置の異常をどう伝えるのか～ (口頭発表:発表分担)	○千葉寿 古館守通 藤崎聡美 豊田朋範 玉木俊昭 稲角直也 戸所泰人 島﨑英行 須惠耕二
第22回岐阜大学技術報告会 2021年3月4日(オンライン)	Signal Fanout Distributorの開発－専門技術で研究現場の需要に応える－ (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 木村和典 古舘守通 藤崎聡美
第15回自然科学研究機構 技術研究会 2021年6月24日(オンライン)	電鋳技術を用いた製作品の紹介(口頭発表)	○菊地拓郎
令和3年度機器分析技術研究会in山口宇部 2021年9月9日～10日(オンライン)	LoRa無線とスマートスピーカを用いたクリーンルーム警報システムの開発と展開 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 木村和典 古舘守通 藤崎聡美
	多地点同時観測システムの開発(口頭発表)	○松尾純一
	X線光電子分光(XPS)用アパーチャーノズルの製作(口頭発表)	○菊池拓郎
	周囲に人がいない時代の危機を乗り切るための新しい機器管理(口頭発表)	○千葉寿 古館守通 藤崎聡美 玉木俊昭 稲角直也 戸所泰人 島﨑英行 須惠耕二 木村和典 豊田朋範

2021 年　研究会発表一覧

研究会等名称	発表項目	発表者氏名
	LoRa無線を使用したネットワーク環境のない遠隔地の機器管理(口頭発表)	○古舘守通 千葉寿 藤崎聡美 豊田朋範
令和3年度予防・広報講習会 2021年11月16日(オンライン参加)	分子科学研究所における毒劇物・危険物と防災システムの有効性 (口頭発表:依頼講演)	○豊田朋範
WAN-WAN利用者シンポジウム2021 2021年12月22日　分子科学研究所	分子科学研究所クリーンルームにおけるWAN-WANシステムの導入と展開 (口頭発表)	○豊田朋範 千葉寿 木村和典 古舘守通 藤崎聡美
	周囲に人がいない時代の危機を乗り切るための新しい機器管理(口頭発表)	○千葉寿 古館守通 藤崎聡美 玉木俊昭 稲角直也 戸所泰人 島﨑英行 須惠耕二 木村和典 豊田朋範

スピン・角度分解共鳴電子エネルギー損失分光法のための スピンローテーターと真空ゴニオメーターの開発

分子科学研究所 特別研究部門 / 大阪大学 大学院生命機能研究科　木村　真一

1. はじめに

UVSOR などのシンクロトロン光（SR）を用いた分光法は、物性の起源となる電子構造を解明するために、現在では必須のものになっている。特に、光子エネルギーを選択できる SR の特徴が内殻吸収に合わせた共鳴分光であり、イオンを選択した情報が得られる。SR を用いた分光法と同様に電子状態を観測する方法として、電子エネルギー損失分光法（Electron Energy-Loss Spectroscopy: EELS）がある。この方法は、単色電子線を試料に入射し、非弾性散乱された電子の運動量変化とエネルギー変化を観測するものであり、現在では、低エネルギー（≦ 100 eV）電子線を使った高分解能 EELS（HR-EELS）と透過電子顕微鏡の高エネルギーの電子線（≧ 100 keV）を用いた TEM-EELS が主に用いられている。前者は高いエネルギー・運動量分解能で表面フォノン分散を観測でき、後者は電子顕微鏡の高い空間分解でナノメートル領域の分光ができる点に特徴がある。このような既存の EELS と相補的で、かつ SR の特徴である共鳴効果、さらには電子スピンも分解できる新規分光法として、我々は、0.3~1.5 keV のスピン偏極電子線を用いた「スピン・角度分解共鳴電子エネルギー損失分光法（Spin- and Angle-Resolved Resonant EELS: SAR-rEELS）」の構築を行っている [1]。

SAR-rEELS 装置は、スピン偏極電子源、試料制御用低温マニピュレータ、電子分析器、およびそれらを収納する超高真空槽からなる（図1）。これらのうち、電子分析器は、UVSOR の旧 BL5U で使用していたものを本研究用に改造した。一方、スピン偏極電子源には、高いスピン偏極度を実現した名古屋大学 中西研・竹田研で開発された GaAs/GaAsP 歪超格子フォトカソード [2] を用いており、本研究用に新たに電子源装置の開発を行った。電子源からは電子の進行方向に平行・反平行な電子スピンが放出されるが、試料のスピンの情報を得るためには、入射電子のスピンの方向を最適な角度にコントロールする装置（スピンローテーター）を導入する必要がある。また、運動量変化をブリルアンゾーン全体で測定するためには、試料が3軸回転（傾き2軸 + 面内回転1軸）する必要がある。この3軸のうち、傾きの1軸は試料を設置する真空の外から操作可能であるが、残りの2軸は真空中で動かす必要がある。このような真空対応の6軸マニピュレータ（回転3軸に加えて並進3軸）は、角度分解光電子分光（ARPES）用として真空メーカー等が開発し、市販されている。しかしながら、我々は試料の加熱・電流印加等のオプションを考慮して、電流導入端子を備えた通常より大型の試料台（真空ゴニオメーター）が必要であったため、装置開発室の協力のもとに新たに設計・開発した。本稿では、ここで制作したスピンローテーターと真空ゴニオメーターについて紹介する。

2. スピンローテーター

スピンローテーターは、大阪電通大・安江教授が発明した8極ウイーンフィルター（8-pole Wien filter）[3] を、SAR-rEELS 用に再設計したものである（図2）。ウイーンフィルターは、電子線の進行方向に直交させた磁場と電場を加え、電場が電子線に加える力と磁場によるローレンツ力と釣り合わせることで電子線を直進させながらエネルギー分散を得るものであるが、磁場によって電子スピンの歳差運動を作り出すことで、スピン方向もコントロールできる。8極ウイーンフィルターを使うことで、電子線のスピンは、全方向に回転させることが可能になるため、試料の電子スピンの3次元ベクトルを特定できることが期待される。本装置の設計にあたってレイトレースを行うと、スピンローテーターを通過した電子線は、電子線がもともと空間的・エネルギー的に広がっていることことが原因で、ウイーンフィルターを通過した電子ビームの径および発散角が広がることがわかった。その対策として、ウイーンフィルターの直ぐ下流に、

図 1：SAR-rEELS 装置の全体図。EELS 測定だけではなく、He 光源を使った ARPES、X 線管を使った XPS の測定も実施可能である。

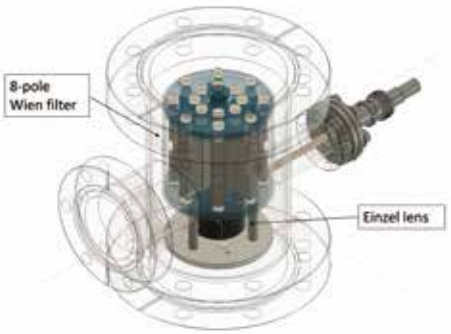


図 2：本研究で開発したスピンローテーター装置。8極ウイーンフォルターとアインツェルレンズより構成される。

広がった電子線を収束させるアインツェルレンズ（Einzel lens）を設置し、入射ビームと同様のビームサイズを実現するようにした。また、ウイーンフィルターの磁極からのもれ磁場を遮蔽するために、ウイーンフィルターをパーマロイで囲む構造とした。

この装置は、現在は発生させた磁場のテスト中であり、その後、試験用の電子源に接続して実際の電子ビームを用いて軌道のテストを行った後、実機に導入してスピン分解実験を行う予定である。

3. 真空ゴニオメーター

真空中に設置する傾き（tilt）と面内回転（azimuth）機構を図3に示す。このゴニオメーターの特徴は、外部から電流を導入することで、抵抗加熱やピエゾによる歪を加えること、また電子線と光のどちらも検出できる高速検出器を取り付けて試料上でのビームタイミング調整が可能にするための電流導入端子を備えている点である。tilt にはスイベルステージの機構を用い、± 20 度の範囲で設定可能である。低エネルギーの ARPES 用の市販品の中には更に大きな振れ角を実現できるものもあるが、SAR-rEELS の場合は電子線のエネルギーが高いために、± 20 度で十分である。また azimuth はメカ的には 360 度回転が可能であるが、温度計・ヒーター・電流測定・電極それぞれのケーブルが繋がるため、-10 ~ 100 度の範囲に制限している。これら 2 つのステージは、真空外部からパルスモーター駆動された回転導入端子でフレキシブルカップリングを通して制御される構造である。

現在、大気中での動作のテストを行っている段階にある [4]。今後、真空中、さらに低温での動作チェックを経た後、実機に導入する計画である。

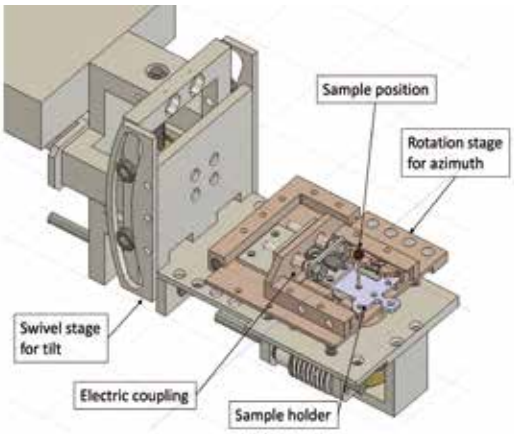


図 3： 本研究で開発した真空ゴニオメータ。真空外部の4軸マニピュレータに接続し、6軸マニピュレータとしても用いられる。共通の真空内に設置されるクライオスタットに金属ワイヤーで接続し、低温を実現する。

4. 謝辞

ここで紹介させていただいた装置の開発にあたり、菊地拓郎技術職員、近藤聖彦主任技師、水谷伸雄技術支援員をはじめ、装置開発室の職員の皆様には大変お世話になりました。装置開発室には、これまで長きに渡って多くの物品を制作いただいており、この場を借りて御礼申し上げます。今後も多くの制作をお願いすると思いますので、どうぞよろしくお願いいたします。

5. 参考・引用文献

[1] S. Kimura, T. Kawabata, H. Matsumoto, Y. Ohta, A. Yoshizumi, Y. Yoshida, T. Yamashita, H. Watanabe, Y. Ohtsubo, N. Yamamoto, X. Jin, “Bulk-Sensitive Spin-Resolved Resonant Electron Energy-Loss Spectroscopy (SR-rEELS): Observation of Element- and Spin-Selective Bulk Plasmons,” Rev. Sci. Instrum. 92, 093103 (2021).

[2] X. Jin, N. Yamamoto, Y. Nakagawa, A. Mano, T. Kato, M. Tanioku, T. Ujihara, Y. Takeda, S. Okumi, M. Yamamoto, T. Nakanishi, T. Saka, H. Horinaka, T. Kato, T. Yasue, and T. Koshikawa, “Super-High Brightness and High-Spin-Polarization Photocathode,” Appl. Phys. Express 1, 045002 (2008).

[3] T. Yasue, M. Suzuki, K. Tsuno, S. Goto, Y. Arai, and T. Koshikawa, “Novel multipole Wien filter as three-dimensional spin manipulator,” Rev. Sci. Instrum. 85, 043701 (2014).

[4] 動作チェック中の動画 : https://youtu.be/B8trmC8-q_w

原子・分子クラスターの電子軌道可視化法のための多重同時計測回路の開発

東京工業大学　山﨑　優一，長谷川　達士，黒子　茜

1. はじめに

本研究の目的は、原子・分子集合体の価電子波動関数形状ないしは価電子分布を直接観測する、まったく新しい分光法を実現することである。この目的のため、コンプトン散乱条件下における高速電子衝撃イオン化（$e_0^- + M \rightarrow M_i^+ + e_1^- + e_2^-$）で生成する非弾性散乱電子 e_1^- および電離電子 e_2^-、（解離）イオン M_i^+ の3つの荷電粒子の運動量ベクトル相関を測定する装置の開発を行い、原子・分子クラスター源と組み合わせて、原子・分子クラスターの電子軌道一つ一つの形状を運動量空間において観測する手法として開発・確立する。

本装置開発に不可欠な実験機器の一つは、検出器からの高速ロジック信号の様々なパターンを判別し、電子2つとイオン1つを検出したイベントを抽出する同時計測回路であるが、後述するように、本研究の要求を満足する回路は市販品には見当たらない。そこで本研究では分子研装置開発室の豊富な経験と高い実績を踏まえ、これまでの共同研究[1－3]と同様に、2020年度協力研究（ナノテクノロジープラットフォーム）（後期）の一つとして多重同時計測電子回路の共同開発のご助力を仰いだ。

2. 方法

本研究で使用する荷電粒子検出器は、マイクロチャンネルプレート（MCP）とディレイラインアノード（DLA）からなる位置敏感型2次元検出器である[4]。検出した電子およびイオンそれぞれについて、MCPからのNIM (Nuclear Instruments Module)信号1つとDLAからのNIM信号6つが得られる。本研究で開発する回路は、検出器からの高速NIM信号（パルス幅10 ns, ~kHz）を入力・処理して、電子2つとイオン1つが生じた三重同時計測事象の有無を判定・出力する回路である。図1に回路のブロック図を示す。図1(a)上半分の2電子判定部は、利用者らが分子研装置開発室と共同研究を重ねてきた回路[1－3]をベースにした。すなわちDLAからの各信号、例えばexを、ex1およびex2, ex3とに3分割し、ex1はTDC (Time-to-Digital Converter)　へ入力する。一方、ex3はパルス1つ分（10 ns）遅延させた後400 nsの幅を持たせ、ex2と論理積を取ることにより（図1(b)左部）、400 ns以内に信号が2つ検出されているか否か（2電子の信号の有無）を判断した。

ANDやORの高速論理演算やパルス幅伸張は、従来のECL (Emitter-Coupled Logic) 素子がデジタルプロセッサに移行していることを踏まえ、CPLD (Complex Programmable Logic Device) を用いて行った。CPLD部（図1(a)の赤枠部と図1(b)を参照）は、6つのDLA信号を2分割した12個の信号とMCP信号の合計13個のNIM信号を入力とし、2電子検出の判定を行った結果を1つのNIM信号として出力する。図1(b)のようにDLA信号の組み合わせパターンを複数考慮することで、既存の回路[3]と比較して不要な事象を約32%減じ、かつ、必要な事象を約16%多く取り込むことが可能な回路の設計に成功した。

具体的な研究の進め方は、NIM信号とTTL (Transistor-Transistor-Logic) 信号とのレベル変換およびCPLD部のプログラミング・実装を分子研装置開発室が担当し、その他の前後段処理部を東工大で担当した。本研究のために利用した分子研の器機等は以下の通りである。

・プリント基板加工機　Accurate 427
・回路CADソフト　Altium Designer
・回路シミュレーションソフト　LTspice

開発に当たっては、メールでの連絡を基本としオンラインの打ち合わせも計4回実施して十分な検討を行った。また、新型コロナ感染防止対策を徹底した上で、装置開発室を訪問し対面での打ち合わせや進捗の確認および施設見学を実施した。施設訪問では、CPLDの評価基板への実装およびプログラミングの実際、書き込み機器について学び、また、大量のレベル変換用アナログ回路の試作機やプリント基板加工機など

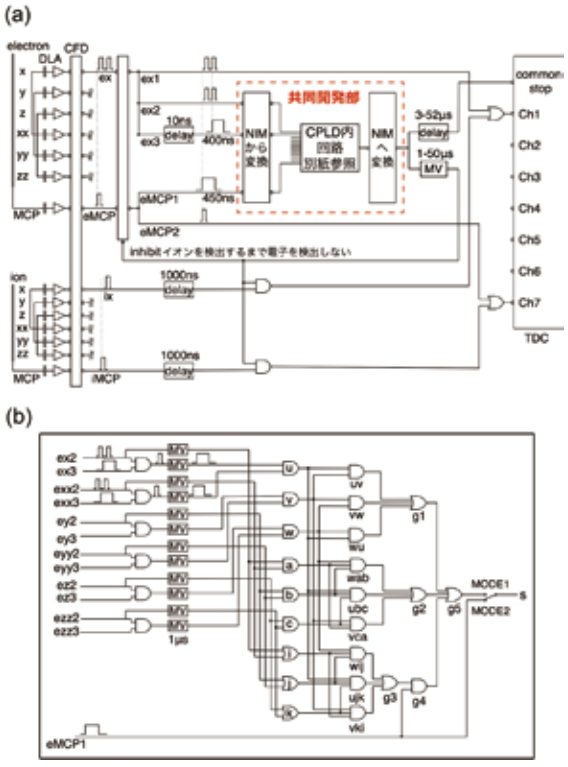


図1：(a) 多重同時計測回路のシステム全体のブロック図および (b) CPLD 内部の回路ブロック図

も紹介して頂き、大変に有意義な見学であった。なお、今回の回路開発には関係は無いが、施設内各所を監視するカメラシステムなどが独自に構築されており、装置開発室の技術力の高さに驚嘆した。

3. 結果と考察

図2は開発したCPLD部を含むモジュールの3次元CAD図である。回路基板はNIMモジュール1幅のしかもごく一部に収まっており、このことは前回回路（NIMモジュール2幅、冷却用ファン付）[1－3]と比べて大きな技術革新の成果を端的に表している。装置開発室で独自にパルスジェネレーターおよびビン電源アダプタを製作し、入出力レベル変換回路（NIM⇔TTL）およびCPLD部の基礎的な動作検証を行った結果、代表的な信号の組み合わせパターンに対して、論理演算の途中経過も含めて回路が正しく動作していることを確かめた。

そこで、製作したモジュールを東工大へ持ち込み、NIM信号の前後段処理部と組み合わせてシステムとして立ち上げた結果が図3である。現在、市販のパルスジェネレーターを用いた回路全体の動作確認を進めており、現在のところ問題なく動作することを確認している。

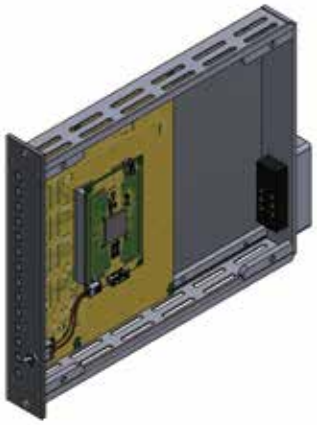


図 2：Altium Designer による回路基板および筐体の 3 次元 CAD 図

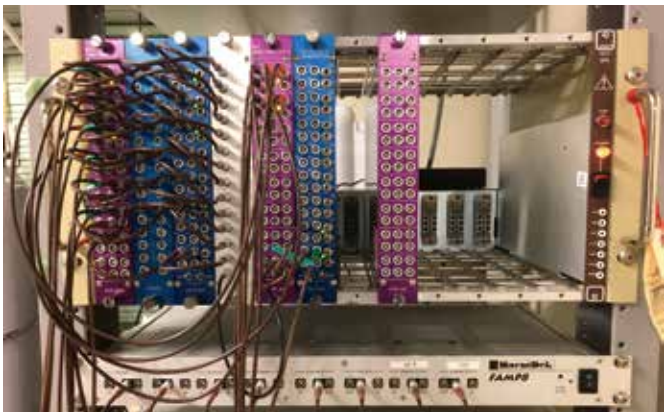


図 3：NIM ビン電源に実装した多重同時計測回路システム全体の写真。CPLD 部は左から 4 番目の銀色のモジュールに内蔵されている。

4. まとめ

本研究では、原子分子クラスターの電子軌道可視化法の実現を目指し、そのための電子・イオン多重同時計測回路の開発を行った。その結果、従来回路[1－3]よりも高効率、省スペース、省電力、低コストで、かつ論理演算パターンを任意に書き換え可能な回路の開発に成功した。現在までに、パルスジェネレーターを用いた試験では所期の性能を満足する結果を得ており、今後は時間分解能の評価等さらなる動作検証を進めるとともに、実際の分光装置に組み込んでその威力を検証する予定である。

5. 謝辞および所感

装置開発室の豊田朋範氏、木村和典氏、松尾純一氏、吉田久史氏らには、多大なる技術支援・ご指導を賜りました。ここに、心より謝意を表します。本研究の一部は文部科学省ナノテクノロジープラットフォーム事業＜分子・物質合成＞(JPMXP09S20MS0029)の支援により自然科学研究機構分子科学研究所で実施されました。

研究開始が2020年度の後半ということもあり、協力研究実施期間内に回路を完成させることは叶いませんでしたが、実施期間を越えてご支援頂いたことは大変有り難く、「研究者にとって一番身近な技術者集団となる」というミッションを貫かれていることを心強く感じました。他方、出張の制限が厳しく学生の実習やFPGA講習の機会を逃してしまったことで、貴重な教育的効果が得られなかったことは心残りであり、今後の課題とさせて頂きます。

6. 参考・引用文献

[1] M. Yamazaki, H. Satoh, M. Ueda, D. B. Jones, Y. Asano, N. Watanabe, A. Czasch, O. Jagutzki, and M. Takahashi, “A highly sensitive electron momentum spectrometer incorporating a multiparticle imaging detector”, Meas. Sci. Technol. 22, p. 075602, 2011

[2] 山﨑優一、髙橋正彦、「電子線コンプトン散乱の時間分解反応顕微鏡のための多重同時計測回路の開発」、p. 7, 分子研装置開発室Annual Report 2010, 2011

[3] M. Yamazaki, Y. Kasai, K. Oishi, H. Nakazawa, and M. Takahashi, “Development of an (e,2e) electron momentum spectroscopy apparatus using an ultrashort pulsed electron gun”, Rev. Sci. Instrum. 84, p. 063105, 2013

[4] https://www.roentdek.com/

大断面流路切替用空圧マイクロバルブの作製
－傾斜露光による台形断面流路の作製－

豊田工業高等専門学校　機械工学科　神永　真帆

1. はじめに

マイクロ流路デバイスに組み込むバルブには，様々な種類のものがあるが，水や空気の圧力でバルーンを膨張させて流路を遮断するものが最もシンプルである．細胞を扱うマイクロ流路デバイスは，1回限りの使用を前提としているため，安価で作製のしやすい空圧駆動のマイクロバルブを使用することが多い．通常のフォトリソグラフィで作製した長方形断面の流路は，バルーンによって完全に閉鎖することができないため，リフロープロセスにより流路鋳型の断面を半円形に変化させる．しかし，この方法では流路の深さに制限があり，三次元培養細胞などの大きな細胞を扱うマイクロ流路デバイスには適用できないという課題があった．そこで，本研究では鋳型の作製時に傾斜露光を用いることで流路断面を台形とし，三次元培養細胞の取り扱いに十分な深さを持ち，なおかつ完全に閉じることができるマイクロバルブを作製することとした．

2. 傾斜露光による台形断面鋳型の作製

空圧による流路変形を利用したバルブは，変形能を有する薄膜を介して2本の流路を立体的に交差させ，積層することで得られる[1]．動作原理としては，片方の流路に空圧を印加し膜を変形させ，その変形により他方の流路を閉鎖する[2]．完全に流路を閉鎖するためには，流路断面の角をなだらかにする必要がある．このような場合，一般的にはレジストのリフローやグレースケールリソグラフィによる半円形断面を用いるが，深い流路の鋳型を作製する厚膜のレジストには適さない．そこで，傾斜露光[3]を2回実施することで，台形断面を作製する．

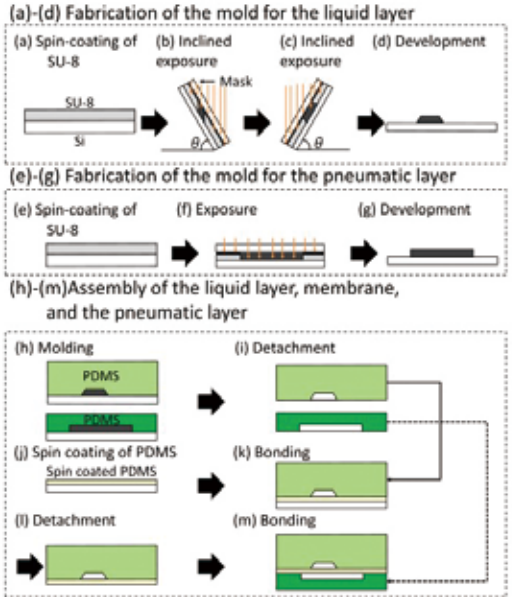


図 1：台形断面空圧バルブの作製手順

台形断面をもつ空圧駆動バルブは以下のような手順で作製する（図 1）．(a) Si 基板上に SU-8 (SU-8 2150, Microchem, Westborough, MA, USA) をスピンコートする．(b, c) 液流路のフォトマスクを Si 基板上に配置して固定し，全体を 60 度傾斜させた状態で露光する．(d) 未露光の SU-8 を現像工程で除去し，液流路の鋳型とする．(e-g) 空圧流路の鋳型は水平露光のフォトリソグラフィにより作製する．(h) 各流路鋳型の周囲に枠を設置し，シリコーンゴム（PDMS；Silpot 184 W/C, ダウコーニング社製（主剤と硬化剤の重量比 10:1））を注入して型取りする．(i) 液流路および空圧流路を鋳型から取り外す．(j) Si 基板上に PDMS をスピンコートすることにより，薄膜を作製する．(k) 液流路層を，薄膜に接合する．接合時には，O_2 プラズマクリーナーを用いて接合面を洗浄する．(l) 接合した液流路層と薄膜を，Si 基板から剥離する．(m) (l) で剥離した構造と空圧流路層を接合することで，バルブが完成する．

3. 台形断面鋳型を利用して作製した空圧マイクロ流路バルブ

作製した台形断面空圧バルブの全体像を図 2 (a) に示す．赤色水で着色した流路は液体を流すための液流路であり，青色水で着色した流路はバルブ制御用の空圧流路である．バルブ部の拡大図を図 2 (b) に，液流路断面を図 2 (c) に示す．液流路鋳型露光時の傾斜角は約 60° としており，液流路台形断面の底角は a 側が 54°，a’ 側が 52° になっていた．流路高さは 225 μm，液流路上部の幅は 550 μm，液流路下部の幅は 780 μm であった．

作製したバルブの動作確認を行った．当初目標であった流路高さ 225 μm のバルブだけでなく，流路高さ 350 μm の台形断面空圧バルブについても，流速 15 μmL/min で流れる直径 105 μm のビーズのせき止めが可能であることを確認した（図 3）．

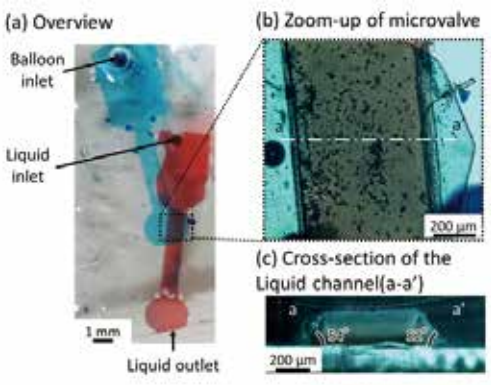


図 2：作製した台形断面空圧バルブ

4. おわりに

本稿では，マイクロ流路デバイスに組み込む，流路切り替えのためのバルブの開発について紹介した．台形断面空圧バルブは，液流路高さ350 μm，流路幅500 μm，傾斜角度60°の液流路でも開閉することができ，バルブとして用いることが可能であった．

図 3：台形断面空圧バルブによるビーズのせき止め

施設利用制度によりフォトマスクの作製やフォトリソグラフィを実施できる設備を使用させていただいたことで，新たにバルブを作製し，論文投稿に必要なデータを取得することができた．施設利用にあたり，装置開発室の皆様に多大なご支援，ご協力をいただいた．ここに感謝の意を表する．

5. 参考・引用文献

[1] Shin, J., Park, H., Dang, V. B., Kim, C.-W., Kim, S.-J.,“Elastomeric microfluidic valve with low, constant opening threshold pressure”, RSC Advanced., 5, pp. 23239-23245, 2015

[2] Unger, M.A., Chou, H.-P., Thorsen, T., Scherer, A., Quake, S.R.,“Monolithic Microfabricated Valves and Pumps by Multilayer Soft Lithography”, Science, 288, pp. 113-116, 2001

[3] Han, M., Lee, W., Lee, S.-K., Lee, S. S.,“3D microfabrication with inclined/rotated UV lithography. Sensors and Actuators A”, 111, pp. 14-20, 2004

2021 年　施設利用一覧

申込者名	所属	研究課題
三野広幸	名古屋大学大学院　理学研究科	高周波磁場変調を用いた ESR 測定システムの構築

2021 年　施設利用（有償利用）一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ基板評価
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	パッチクランプ増幅回路の LTspice による計算機シミュレーションの指導、増幅器、コントローラー、ドライバーソフト製作について議論
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ基板製作

2021 年　製作受託一覧

申込者名	所属	研究課題
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	ステンレスパイプの切断と AL ステージの作製
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	アクリルステージの作製
皆川純	基礎生物学研究所	光化学系たんぱく質モデル
安藤俊哉	基礎生物学研究所	Zeiss 製倒立顕微鏡用 C マウントアダプタ
水野操	大阪大学大学院理学研究科	光学セル恒温ホルダー
Narcis Avarvari	University of Angers.	微小定電流電源

2021 年　ナノテクノロジープラットフォーム申請課題一覧

申込者名	所属	研究課題
非公開	民間企業	
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	神経細胞ネットワーク機能超解像解析装置の開発
日野和之	愛知教育大学　教育学部	フラーレン誘導体 LB 薄膜の表面観察と評価
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
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプチップの洗浄
神永真帆	豊田工業高等専門学校　機械工学科	がん細胞特異的結合分子探索効率を向上させるマイクロ流路デバイスの開発
杉山博紀	自然科学研究機構 生命創成探究センター	分裂酵母の並列ライブイメージングと選択的回収を可能とするマイクロ流体デバイスの開発
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の部品微細加工
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の部品微細加工
神永真帆	豊田工業高等専門学校　機械工学科	がん細胞特異的結合分子探索効率を向上させるマイクロ流路デバイスの開発
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の部品微細加工
非公開	民間企業	
宇理須恒雄	㈱ NANORUS	培養型プレーナーパッチクランプ装置の部品微細加工
非公開	民間企業	

ピペッティングロボットの試作経過報告（第 3 報）

近藤　聖彦

Annual Report 2020 に手動で溶液を吸引したことを簡潔に報告しているが、図を取り入れて、その手順を補足する。

1. 市販のピペットコントローラを参考にして、製作したオリジナルのピペットコントローラ（以後､専用コントローラと呼ぶ。図 1）で溶液を吸引することを確認。
2. 図 2 に示す出力信号端子付きの電子天びんの計量皿に溶液入りの容器を設置し、吸引量を電子天びんの表示値で判断できることを確認。
3. PC と電子天びんを変換ケーブルで接続し、電子天びんの出力特性を理解した後、図 3 に示すマイコンの設定値と電子天びんの出力値の差分をマイコンで計算し、同値と判断した際にトリガ信号をロボットアームの制御盤に出力するプログラムを作成。
4. ロボットアームが把持したピペットを自動で容器内に挿入後、マイコンを手動で操作し、専用コントローラにトリガ信号を入力して、容器内の溶液をピペットで吸引。

図 1：製作したピペットコントローラ

この実験後、図 4 に示すロボットアームの制御盤から出力される信号をマイコンに入力して、自動制御するシステムの構築をおこなった。これにより、ノーズピースにピペットを挿入する動作から溶液を分注（吸引・排出）する動作まで、全て自動で実行したことを報告する。

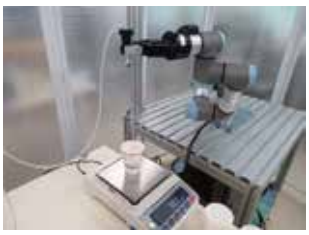


図 2：溶液吸引の様子

・2021 年におこなった内容

全自動の手順①～⑤は、

① 専用コントローラ、マイコン、電子天びんを準備し、グリッパーにピペットをセットする。（図 5）
② ピペットをノーズピースに挿入（図 6）
③ 電子天びんの計量皿に設置した水入りの三角フラスコ内にピペットを挿入し設定量を吸引する。（図 7）
④ 吸引後、排出用の三角フラスコに水を排出する。（図 8）
⑤ ノーズピースを初期位置に返却しピペットを抜いて、ロボットアームの初期位置に戻る。

である。

図 3：電子天びんの出力値をマイコンに入力した様子

設定容量を自動で吸排できることを確認したので、吸排時の容量の誤差について検討をおこなった。吸入容量と排出容量を電子天びんで測定し、排出容量は 0.01 g程度減少する傾向があることがわかった。

今後の課題は、溶液の種類を見分けて、溶液を混合するシステムの構築を考えている。この判別に CCD カメラを使用し、AI 技術を取り込んだ画像処理ソフトの作成を検討している。AI のプログラミング技術は経験が浅いため、AI 学習ロボットを購入し機械学習のアルゴリズムを訓練することから開始する予定である。

図 4：ロボットアームの制御盤

図 5：アームの初期状態の様子

図 6：ピペット挿入の様子

図 7：吸引の様子

図 8：排出の様子

樹脂製ガスアダプタ部品の製作

菊地　拓郎

1. はじめに

分子研で日々行われる実験は、研究者の独創的な発想がもととなり、計画され、行われている。実験に使用する装置や部品は市販品を利用することもあるが、手に入らないもの、外注加工では対応（おもに納期、費用、あるいは寸法精度）が難しい場合もある。そういった研究者の要望に応えることが装置開発室の仕事である。

今回は、あるオリジナルの測定装置にガスを導入するためのアダプタの製作依頼を受けたので、その製作について紹介する。

2. 形状

頂いた依頼内容は、チューブを接続するためのガスアダプタとガス導入ボビンの 2 種類である。

ガスアダプタは、1 辺が 7~10mm の直角に曲がったパイプのような形状で最小 ϕ 2mm の外形に ϕ 1.6mm の穴が通る円筒である（図 1）。

もうひとつは、直径 10mm、厚さ 2.5mm 程度のボビンで、胴体の円周面に ϕ 0.5mm のガス穴を内壁の端面に向けて θ =45° で貫通させている（図 2）。

図 1：ガスアダプタ

図 2：ボビン

材質はいずれも PEEK（ポリエーテルエーテルケトン）樹脂を指定されている。形状の複雑さもさることながら、要求の寸法精度（公差で± 1000 分の 5mm など）もかなり高いため、難易度は高めである。

3. 加工手順

1) *ガスアダプタ*

図1の通り、直角に曲がったパイプ形状で、もちろん片方の端面は貫通させてはならない。形状が直角ではあるが、ドリル加工の精度を鑑みて旋盤を使用した。寸法が小さいうえ、公差を指定されている箇所があるため、加工精度を出さなければならない。しかし、向きを変えるためにワークを必ず 1 回はチャックから外し、付け替えもしなければならない。そのため、直交する穴の中心軸がズレないように工夫する必要がある。

そこで、加工面の反対側につかみ代を作ることにした。つまり、樹脂の板材から十字型に材料を切り出す。まずは、つかみ代の逆側にある 2 本の腕に接する 3 つの隅をフライス盤のエンドミルで加工する。2 面で平行な面を引き、1 つの隅で直角になるように削り（図 3a）、そこをガイドとして固定すれば、2 つの隅が直角に出せる（図 3b）。つかみ代に隣接する未加工の隅は、旋盤で加工ができる（図 3c、図 4）。

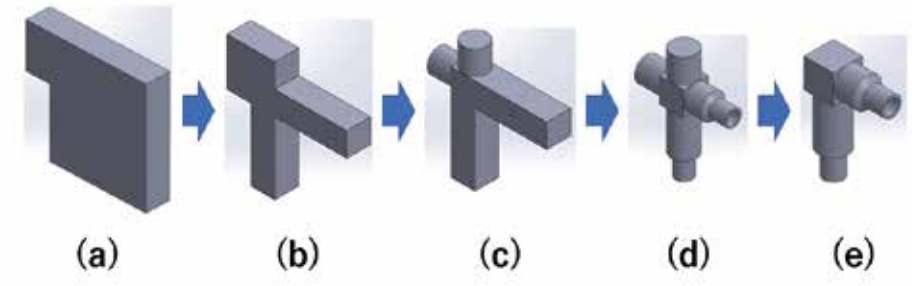


図 3 ガスアダプタの加工手順

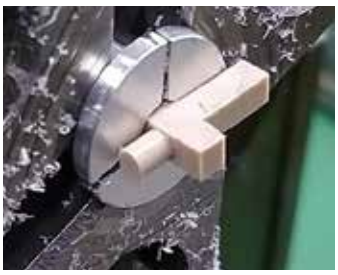


図 4：つかみ代の加工

つかみ代が出来たら、精密旋盤に取り付けて本加工に移る。指定の寸法まで外径を削り込んでからドリルで穴をあけていく（図 3d、図 5）。ドリル加工の際は、材料が熱を持ちやすく、熱による膨張や変形で寸法精度が悪化するのを防ぐためにエアーガンの送風で冷却させつつ、断続的に少しずつ削っていく。ワークをつかみ変えて、残りの形状を作っていく。

最後につかみ代を削り落とせば（図 3e）、アダプタパイプの完成である。

依頼者は、以前まで他の部品で代替していたが、強度が足りず困っていた。PEEK 樹脂に替えたことで不具合が出なくなり、依頼者には喜んで頂けた。

図 5：穴あけ加工

2) ボビン加工

上述のとおり、このボビンは胴体部側面から内壁の接線に対して θ =45° で貫通する穴を開ける（図 6）。この貫通穴は、ボビン形状にした後では加工が難しいため、旋盤加工前に丸棒の 4 面を平面加工する方法を取った。その手順を紹介する。

寸法精度を高くするために可能な限り、取り外しの回数は減らしたい。そこで、フライス盤にマウントできる手動割出し盤を固定して、一度のチャックで 90 度ずつ回転加工できるようにした（図 7）。

図 6：ボビンの断面

最終寸法の φ 10mm に対して、φ 12mm 程度の丸棒を準備する。ひとつの側面を削って、平面上からドリル加工を 90° ずつ、4 面に施す。削り代を残すために、二面幅は 11mm 程度とした。ボビンは内径 4mm なので、その接線に対し、θ =45° で貫通するには中心軸から 2 × cos45° ≈ 1.414mm オフセットした位置でドリル加工をしていく（図 8）。

図 7：手動角度割出盤

図 8：側面の穴開け

所定の寸法と削り代を含めた位置に穴開けが出来たら、旋盤にセットし、外形を整えていき、完成となる。この時、胴体部の加工でボビンのつば（鍔）の間隔が 1.5mm に対して削り量が 2mm であるため、対応できる工具がなかった。そのため、次に述べる専用工具を作ることにした。

4. 独自の部品をつくるために

機械加工で使用するドリルやバイトなどの刃物類、寸法を確認するための測定器類は装置開発室で所有しているもの、つまり市販品でほとんどが対応できる。しかし、今回のように形状が特殊な場合、やはり市販品では対応できないことも多く、自作で専用の工具や治具を用意する必要も出てくる。

図 9：先細突っ切りバイトの加工

今回の例では、ボビンの胴体部を加工するために突っ切りバイトを使用するが、つばの間隔と胴体部までの奥行きを加工するのに対応できる刃物が手元になかった。そのため、完成バイトを砥石で研磨して、専用の突っ切りバイトを作り上げた（図 9）。切削の仕上がりは、切れ刃の先端を被削材に立てた時のすくい角が重要になる。すくい角を大きくすれば、きれいな仕上がりになるがバイトの強度が下がるため、注意が必要である。今回は、樹脂が被削材なので、強度はあまり気にせず、仕上がりがきれいになるようなバイトの形状を意識した。このバイトのおかげで、幅の狭い奥まった形状でも加工することが出来た。

また、その胴体部の径を測定するために、通常であればノギスやマイクロメータで測定するが、これもボビンのつばに干渉してしまい精確な測定ができない。これの測定を実現するために治具を製作した（図 10）。発想は簡単で、ボビンと逆形状に作ったブロックを分割して挟み込む。あらかじめ、測定対象物がない状態での寸法を測定し、その後挟み込んで測定し、その差分から外径を計算する（図 11）。

この治具は、固定治具にも利用でき、ボビンを丸棒から切り落とした後にフライス盤で端面加工をする際の固定にも利用した（図 12）。つばの厚みを 0.5mm まで削ることから、通常の固定方法では変形などの不具合が出てしまうため、こうした治具が大変役に立った。

図 10：位置合わせ治具

図 11：胴径の測定

図 12：治具を使った端面加工

5. まとめ

いずれの依頼品も加工の難易度は高かったが、それなりの工夫と手間をかけることで加工することができた。独創的な実験の部品は特殊なものもあり、設計や加工が難しく見えるときがある。しかし、それを実現するには、必ずしもエキセントリックな方法ではなく、ちょっとした発想と工夫でやれることができると感じている。これからも依頼者の様々な要望に応えていきたいと思う次第である。

汎用警報システム（通称 WAN-WAN）を用いたクリーンルーム警報システムの開発と運用

豊田　朋範

1. はじめに

岩手大学と共同開発した汎用警報システム(通称WAN-WAN:Wireless Alarm Network for Wide Area Notification)システム[1][2][3]は、分子科学研究所の共同研究棟C棟クリーンルーム(以下クリーンルーム)で2021年4月から運用を開始し、順次拡張を続けながら順調に運用を続けている。クリーンルームにおけるWAN-WANシステム導入の必要性と監視対象イベント発生時の動作、並びに今後の拡張計画について報告する。

2. クリーンルームの構造と広範囲通知の必要性

クリーンルームは図1のように、16台のFFU(Fan Filter Unit)からフィルターを通した清浄な空気を循環させる、水平層流方式で清浄度を構築・維持している。一方で、リソグラフィの各種工程や設備で窒素やアルゴンを使用し、アセトンなどの各種有機溶剤、更にはフッ化水素酸など毒劇物も多数存在する。

空間の閉鎖性と重大事故の危険性が同時に存在するクリーンルームの運用において、ガスボンベの圧力低下や緊急事態発生を通知することは、作業中にクリーンルームを行き来する手間や定期的な巡回の削減、被害の拡大と二次災害の防止に有用である。しかしながら、クリーンルームの性質上、粉塵の発生を伴う工事は極力避けたい、現在の装置や設備はそのまま使用したい、導入費用が高額で定額の維持費が発生するなど課題が多い。

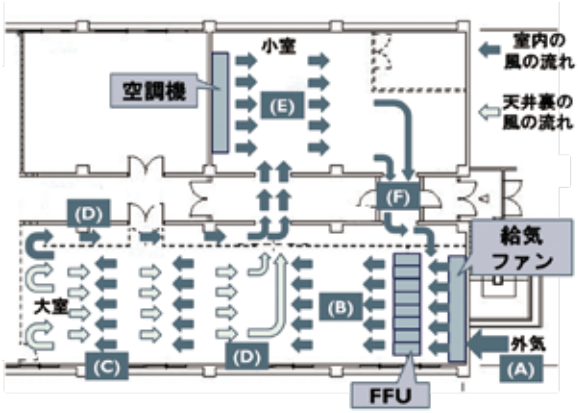


図 1：クリーンルームにおける風の流れ

我々は、共同開発したWAN-WANシステムを適用することで、課題の解決を図った。

3.WAN-WAN システムと基本モジュール

WAN-WANシステムとは、我々が共同開発した基本モジュールを主軸として、市販のスマートスピーカやスマートライトなどを駆動し、携帯端末に通知するシステムの総称である。

基本モジュールは、90x45x25(mm)の樹脂ケースに、接点入力対応のBNCコネクタ、テスト用ボタン、動作インジケータLED、電源供給用USB Aタイプコネクタを各1個搭載している(図2)。

起動条件とした基本モジュールの接点入力がONになると、Wi-Fiを介して別途設置したスマートスピーカやスマートライトを起動する。これにより、たとえば、ボタンAを押した時、スマートスピーカが「ボタンAが押されました」とアナウンスし、スマートライトが赤色で1分間点滅する。

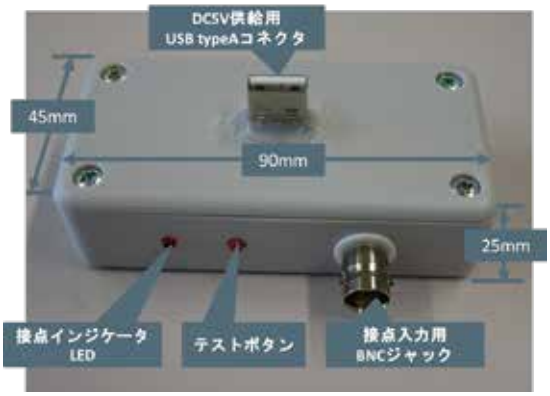


図 2：WAN-WAN システムの基本モジュール

4.WAN-WAN システムのクリーンルーム警報システムへの適用

WAN-WANシステムを適用したクリーンルーム警報システム(第2期)の構成を図3に、例として窒素ボンベの圧力低下時の通知動作を図4に示す。

ガスボンベの圧力計は接点出力を備え(図5)、これを基本モジュールに接続することで、圧力低下時に管理者のスマートフォンに通知が入り、各所に設置したスマートスピーカがアナウンスし、スマートライトが黄色で点滅する。

洗浄用ドラフト室には、作業者がフッ化水素酸や硫酸に侵されて手が使用不能であったり、あるいは転倒した場合を想定し、床面からの低い位置に独自開発の警報ボタンユニットを設置することで、非常事態を外部に通知できるようにした(図6)。警報ボタンユニットはLoRa(Long Range)無線を搭載している。LoRa（Long Range）無線とは、920MHz

帯の長距離伝搬・障害物に強いことを特徴とする無線通信規格である[4]。分子科学研究所のクリーンルームは、周囲をカラー鋼板で囲まれている入り組んだ空間で、洗浄用ドラフト室のようにWi-Fi や 4G 回線が圏外になるポイントもある。そのようなポイントでも、LoRa 無線 を使用することで、あたかも延長ケーブルのように通信距離を延長することが出来る。

警報ボタンが押されると、LoRa 無線によって、Wi-Fi が届く場所に配置したマスターユニットに通知が届く。マスターユニットには WAN-WAN 基本モジュールを接続しており、基本モジュールの接点入力を ON にして、システムを起動する。

アナウンスの内容、言語、アナウンスするスマートスピーカの選択や追加などは、クリーンルーム担当者からの要望を受けて何度か調整している。

5. 今後の拡張計画並びに謝辞

WAN-WAN システムを用いたクリーンルーム警報システムは、運用開始以降、窒素ボンベの圧力低下を4回、アルゴンガスの圧力低下を2回通知している(2021年12月現在)。圧力低下はいつ発生するか分からないため、圧力低下の通知は、毎日の巡回や使用したい時に使用できないストレスから解放されると、担当者からも好評である。

クリーンルーム警報システムは、第3期でスマートスピーカを2箇所増設した他、-270℃～1800℃の温度計測が可能な熱電対ユニット、床の水漏れを検出する水漏れセンサユニットを開発した。策定中の第4期では、搬入口上部に設置されたパトライトと、酸素濃度計を加える計画であり、クリーンルームの安全・安心な稼働と担当者のリソースを本来の業務に向けるための環境づくりに貢献する所存である。

本開発は、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～2021年度川合所長奨励研究費の助成を受けて行われた。基本モジュールとLoRaは、千葉寿・技術専門員、古館守道・技術専門職員、藤崎聡美・技術専門職員(以上、岩手大学)、木村和典氏(分子研)との共同開発の成果であり、システムの配置・試験には近藤聖彦氏、高田紀子氏、木村幸代氏、石川晶子氏(以上、分子研)に協力いただいた。各位に深い感謝の意を表する。

6. 参考・引用文献・特許情報

[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] 特許第 6954530 号 「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]「クリーンルーム統合制御システムの開発－FFU制御ユニットとトラブル対策－」豊田朋範、装置開発室 AnnualReport2020 p24～25

図 3：WAN-WAN システムを用いたクリーンルーム警報システム (第 2 期) の構成

図 4：窒素ボンベの圧力低下時の通知

図 5：圧力計との接続

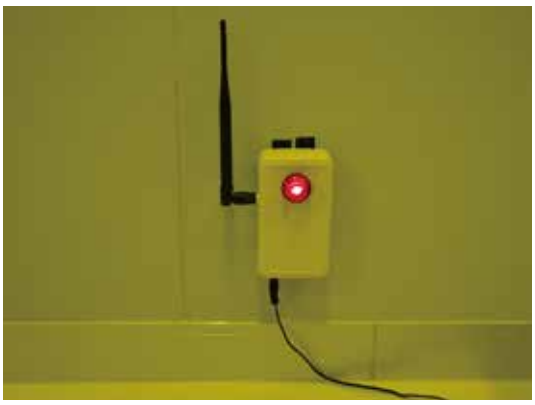


図 6：LoRa を内蔵した警報ボタンユニット

強度の高い石膏モデルの製作

松尾 純一

1. はじめに

バインダージェッティングプリンタで出力した石膏モデルは石膏の粉を糊で固めたようなもので角砂糖のように脆いため、通常は何かを含侵させ強度を上げる処理を行う。今まではシアノアクリレート（製品名でアロンアルファ）を用いてきたが、これは割れやすいということであまり評判が良くなかった。

そこでもっと適した素材を探索するため、アクリル塗料やラッカー塗料、水に溶かしたエプソムソルト（硫酸マグネシウム）などいろいろなものを含侵させたり重ね塗りしたりしたテストモデル（図1）を作成し、その中で一番強度があるように感じたエポキシ樹脂を含侵させた石膏モデルについて作成と評価を行ったので報告する。

図1：いろいろな素材を含侵させてみたテストモデル

2. エポキシ樹脂選定

一口にエポキシ樹脂と言っても様々な特徴を持ったものが販売されており、硬化時間だけで比較しても10分～1週間とかなり幅があるようだ。シアノアクリルレートより粘度があり含侵処理に時間がかかるであろうということで作業可能時間が70分で、透明度が高く黄変することが少ないとうたわれていた日新レジン株式会社の“クリスタルレジンNEO”を選定した。

3. 強度測定

図2のような試験片と図3のような3点曲げ試験機を作成し、破断する荷重の測定を行った。支点間距離は30mmで、試験片のサイズは幅6mm、厚さ2mm、長さ115mmとした。試験結果は表1のとおり。

表1　破断試験結果

	含侵なし	シアノアクリルレート	エポキシ樹脂
破断荷重[kg]	0.341	1.50	1.70
	0.324	1.45	1.90
	0.358	1.44	1.83
	0.348	1.48	1.80
	0.368	1.47	1.65
	0.408	1.45	1.66
	0.378	1.51	1.70
	0.398	1.41	1.70
	0.368	1.49	1.70
	0.383	1.43	1.60
平均値[kg]	0.367	1.46	1.71

図 2：試験片
（上から、シアノアクリレート、エポキシ樹脂、含侵なし）

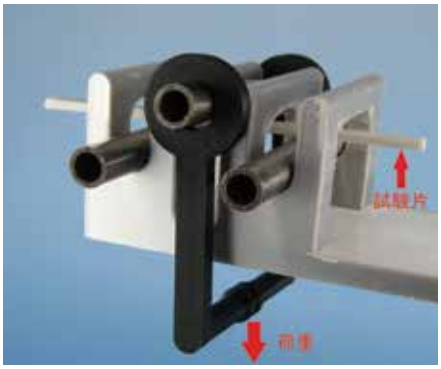


図 3：3点曲げ試験機

4. 結果

エポキシ樹脂を使用することで2割弱強度を上げることができた。今まで使用してきたシアノアクリルレートは低粘度であり浸透させ易く、また1時間ほどで固まるため含侵処理が簡単な反面、どうしても白化が発生（図4）し見た目が良くなかった。今回使用したエポキシ樹脂は高粘度で完全に浸透するまで何度も塗り重ねないといけないことや完全硬化まで1日以上かかるいことなど、作成上の弱点はあるものの高い透明度のおかげで発色が良く艶のある仕上がりとなった。図5は今回の製作を行うきっかけとなったPET（ポリエチレンテレフタレート）を分解するタンパク質のリボンモデルである。

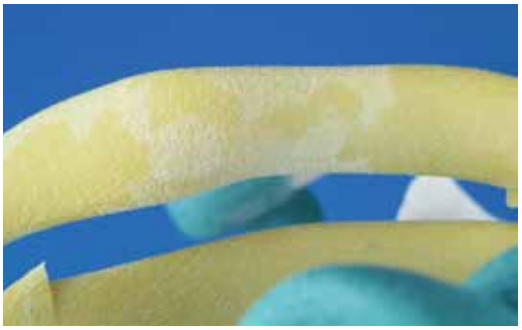


図 4：シアノアクリルレートが白化したモデル

加えて、今回は強度が不足していた部分にアクリル棒を追加して補強したのだが、そこにも同じエポキシ樹脂を使用することで継ぎ目無く強固に固定することができた。(図6)

今後はこれらのことを踏まえ、製作物や製作時間に合わせて使い分けるようにしたい。

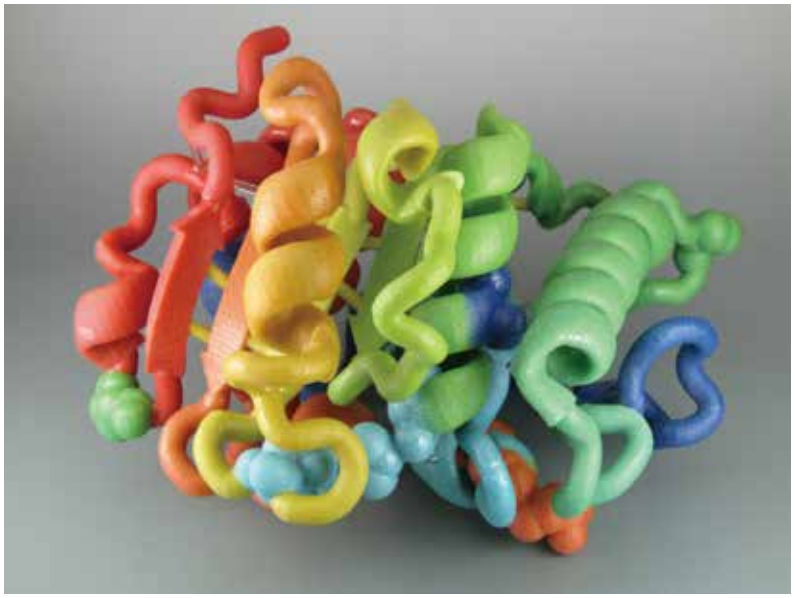


図 5：エポキシ樹脂を含侵させた艶のあるモデル

図 6：接着剤としても有効に働く

続・工作伝票システムの改修 － 処理速度の改善

木村　和典

1. はじめに

Annual Report 2020の活動レポート[1]で報告した通り、装置開発室では内製した伝票・ストックルーム管理システムを使用して工作依頼を管理している。今回は前回報告したような全面的な改修ではなく、部分的な処理速度改善のための細かな改良について紹介する。

2. 工作伝票管理システムの概要

工作伝票システムはWebブラウザから使用するWebアプリケーションであり、サーバー側のプログラムはVBScriptを使用したActive Server Pages(以後「Classic ASP」)である。データベース管理システムにはMicrosoft Accessを経てMicrosoft SQL Serverが使用されており、現在のバージョンは2017 (バージョン14.x)である。これは前回報告の通りである。

工作伝票システムが担う役割は以下の3つに大別される。

1. 工作伝票の管理(新規依頼への伝票番号の割り当て、依頼の仕様や外注立替額、使用部材などの記録)
2. ストックルームの管理(部品出庫の記録、在庫数の管理)
3. 半期ごとの各研究グループの工作依頼・ストックルーム利用総額集計(以下「移算集計」)

3. 集計処理の改良 1 集計関数の活用

先に述べた通り工作伝票システムの大きな役割の一つは集計処理であるが、扱うデータの量(半期200件ほどの工作依頼、500回ほどのストック出庫)に対して時間がかかりすぎていた。たとえば、従来のプログラムで2021年前期の全グループの移算集計を行うと10秒ほど必要であった。

移算集計処理を確認したところ、おおむね次のような流れのプログラムが散見された。

```
set connection=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
connection.open /* データベースへの接続情報がここにあるものとする */
set data=connection.Execute(“SELECT * FROM table_a”)
Dim total : total=0
Dim count : count=0
do while not data.EOF
  total = total + data(“col_a”) * data(“col_b”)
  count = count + 1
loop
```

リスト1 VBScriptループで積の和を計算したプログラム

これはデータベース中のテーブルtable_aの列col_aとcol_bの積の合計を算出するもので、実際にはストックの出庫記録のテーブルから出庫個数を、ストック部品のテーブルから対応する部品の価格を呼び出して所定期間内のストック使用額合計を算出する、といった文脈で用いられていた。

このプログラムは次のように書き換えることができる。

```
set connection=Server.CreateObject("ADODB.Connection")
connection.open /* データベースへの接続情報がここにあるものとする */
set data=connection.Execute(“SELECT SUM(col_a*col_b) AS total, COUNT(*) AS count FROM table_a”)
Dim total : total=data(“total”)
Dim count : count=data(“count”)
```

リスト2 SQLの集計関数SUM()およびCOUNT()を使用したプログラム

リスト1の例から比べると、データベースへの問い合わせを行うSQL文(connection.Execute()の括弧内の文字列、各リスト太字部分)が大幅に増え、do-whileから始まるループ処理が無くなっている。つまり前者はデータベースに格納されたデータを受け取って積の和を計算したのに対し、後者ではデータベース管理システム側で積の和を計算してその結果を受け取っていることになる。この変更はプログラムの文字量だけでなく処理時間にも影響すると予想できる。前者は単純なループであるから計算量はデータの個数に比例し、後者はデータ件数が数万件まではほぼ一定時間となるだろう。またVBScriptの処理速度は決して高速ではないため、後者の処理が短時間で完了するだろう。

浮動小数値2つからなる単純な構造のテストテーブルを用意して適当な件数のデータを登録し、リスト1、2それぞれの手法で集計を行った時の処理時間を計測した。結果を図1に示す。いずれのデータ数においてもSQLの集計関数を用いたほうが高速であり、また処理時間に関してもリスト1の処理が件数に比例、リスト2の処理が1万件まで4ミリ秒程度で推移したのちわずかに増加(10万件で15ミリ秒)と、予想通りの結果であった。

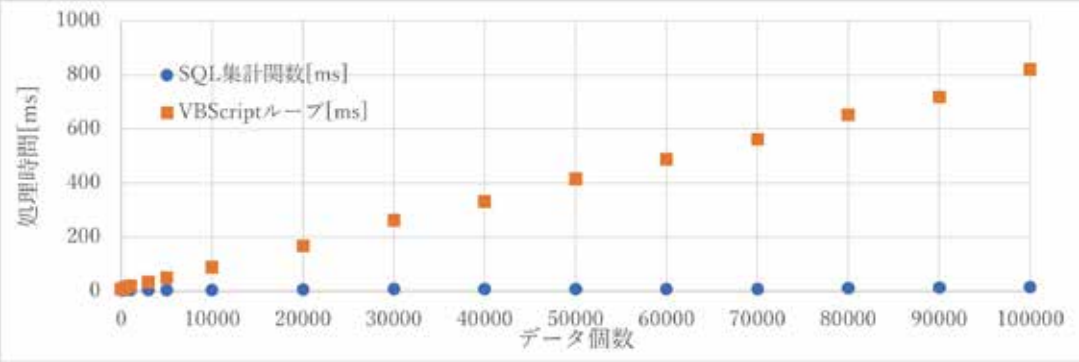


図 1　データ数に対する手法別の集計処理時間

しかし実際のデータ件数は先に述べた通り1000件に満たない程度であり、データ10万件をリスト1の手法で処理しても0.8秒程度の遅延であったため、当初の10秒近い処理時間の根本的な原因とは考え難い。

4. 集計処理の改良 2 対象絞り込み処理の見直し

さらに調査を進めたところ、集計対象の絞り込みに問題があることが発覚した。当初の集計プログラムはおおむね以下のようなものであった。

```
set objReq1=objSQL.Execute("SELECT * FROM group ORDER BY bln,gln")
do While not objReq1.EOF
  /* 依頼者の所属部門IDが当該部門のIDと一致する、という条件で工作伝票を探して集計 */
  /* 出庫者の所属部門IDが当該部門のIDと一致する、という条件でストック出庫記録を探して集計 */
loop
```

リスト3 移算集計処理の大枠(初期版)

ここでテーブルgroupは研究グループのデータを格納しているテーブルであり、転出するなどして所内に籍のないグループも含む。これを条件を設けずにすべて読みだしているため、明らかに不要なデータベースへの問い合わせが大量に行われていることになる。もちろんこのgroupテーブルは年々件数が増えていくため、運用して年月が経つにつれて処理時間も増えていくことになる。2021年後期時点では300あまりのグループが登録されており、アクティブなグループ数のおよそ9倍にあたる。

そこで対象をあらかじめ絞り込む処理を加えることで、集計期間内に工作依頼もしくはストック部品出庫の記録があるグループに対してのみ集計処理を行うようにした。結果として不要な問い合わせがなくなり、改修前に10秒程度を要していたものが2秒ほどまで短縮された。

5. まとめ

昨年に引き続き装置開発室が有する工作伝票管理システムの改善、とくにパフォーマンスの向上に焦点を当てて行った改修作業について紹介した。データベースとのやり取りを行うSQL中での集計・演算処理などを用いることで、古いシステムではある程度のパフォーマンスの改善が見込める。これらの機能は現代においては当然のように活用されているが、例えば合計計算のSUM関数はMicrosoft SQL Serverでは2008年のリリースではじめて実用可能となるなど[2]、本システムのデータベースが構築された2000年代初頭には存在しなかった機能も少なくない。

パフォーマンスの改善など、明確な目標のもと新機能を用いる試みは重要である。しかしより重要なことは継続的なメンテナンスを容易に行えるようにすること、すなわちそのシステムの動作を明確にすることである。今回の改修は結果としてプログラムを整理し、何のデータを何を対象に、どの期間集計するのかをプログラム中で明確にすることにも繋がった。

ここ数年間で大幅な変更を加えてきた工作伝票システムであるが、残念ながら詳細を筆者のみが把握しているという状況である。作業と並行してデータベース構造や各ページの処理を簡単に文書化してきたが、今後はより詳細なドキュメントの整備を進めることで属人的な状況を解消する足掛かりとしたい。

6. 参考・引用文献

[1]木村和典,「工作伝票管理システムの改良」装置開発室Annual Report 2020 p28-2
[2]Microsoft documentation – SUM (Transact-SQL)
https://docs.microsoft.com/ja-jp/sql/t-sql/functions/sum-transact-sql

Flat Jet Chip の製作

高田　紀子

1. はじめに

Flat Jet Chip はUVSOR 岩山氏から製作依頼を受けたもので、ガラス基板の端面から液体を噴出させるためのノズルとして使用するものである。

今回製作した Flat Jet Chip の図面を図 1 に示す。20 × 10 × t1.1 (mm) のホウケイ酸ガラス基板上に、幅が 5 ～ 200μm、深さが 5μm と 20μm の 2 種類の異なる深さをもつ流路構造を製作する。3 本並んでいるうちの真ん中の流路に液体試料を、両サイドの流路にガスを流し、合流部分を経て基板端面から噴出させることで、厚みが 100nm 以下の薄い液体の膜を生成することを目標としている。

今回の流路構造の製作工程を図 2 に示す。リソグラフィでは基本的に1回の工程で製作できる深さは 1 種類であるため、深さごとに同じ工程を繰り返す必要がある。今回は、まず 1 段目として深さ 15μm の流路をガラスエッチングにより製作し、その後 2 段目として深さ 5μm の流路を全体に製作することで、1 段目は合計で深さ 20μm、2 段目は深さ 5μm の 2 段構造を製作した。

この Flat Jet Chip は、図面作成から完成まで約 2 ヶ月を要したが、試作検討を重ねた点について報告を行う。

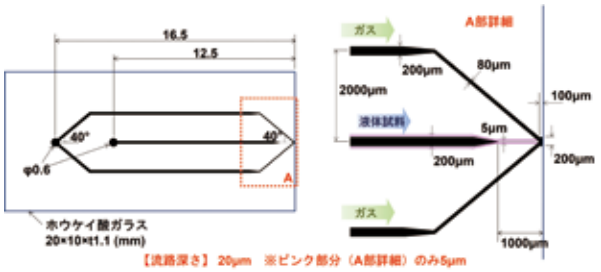


図 1：Flat Jet Chip の図面

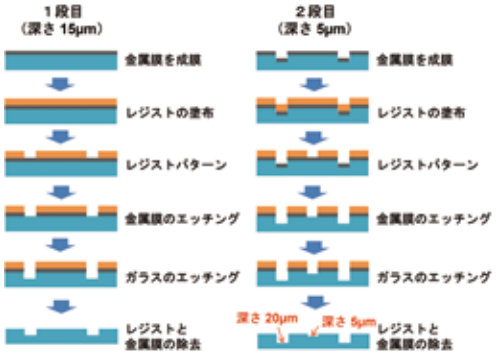


図 2：2 種類の深さをもつ流路構造の製作工程

2. フォトレジストの選定

平坦な基板上にレジストパターンを製作することは容易だが、今回のようにすでに1段目の凹凸がある基板に対して、2 段目となるレジストパターンを製作することが困難であることがこれまでの経験により分かっている。その理由は、フォトレジスト（以下、レジスト）の塗布工程にある。レジストは、基板上に滴下後、スピンコーターで高速で回転させることで均一な厚さに塗り広げるが、凹凸があると、溝部分にレジストが入り込むことで厚く塗布されたり、逆に溝周辺部分に関してはレジストが薄い箇所ができたりと、均一な厚さに塗布することが難しい。その結果、一定の露光量だと、レジ

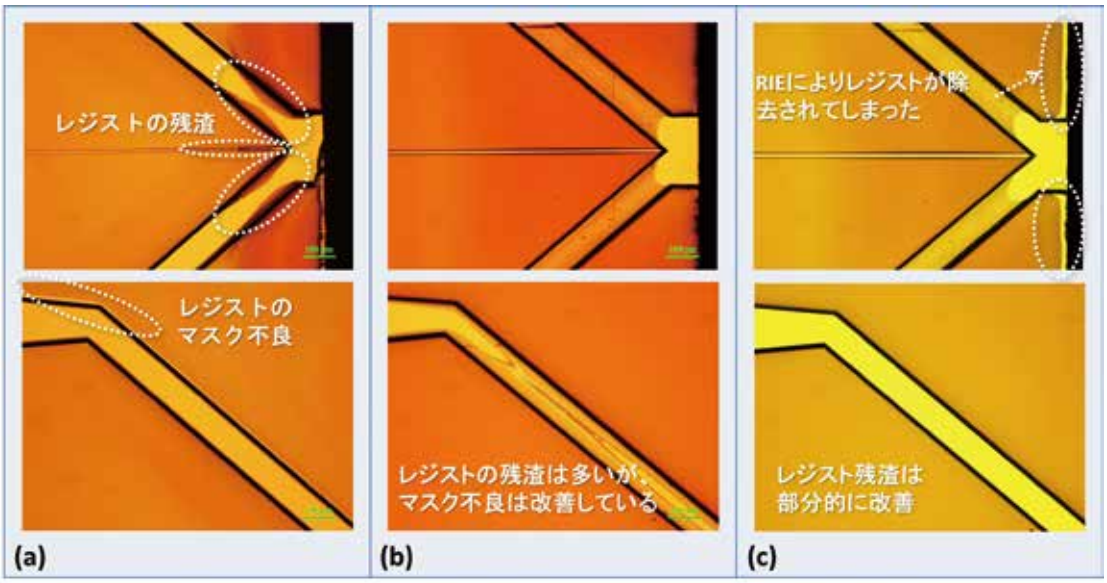


図 3：2 段目のレジストパターンの顕微鏡画像
(a) レジストに AZ1500 (38cP) を使用　(b) レジストに AZP4903 を使用　(c) RIE 処理後

ストが厚い箇所では露光不足によるレジストの残渣が、逆にレジストが薄い箇所では過露光によるレジストのマスク不良（残ってほしいレジストが除去されてしまう現象）が見られる。今回の製作に関しても同様で、通常の露光条件ではきれいなレジストパターンができず、レジストの残渣やマスク不良の箇所がみられた（図3 (a)）。露光不足は露光量を上げればよいが、過露光に関しては露光量の調節やスピンコートの条件による解決が難しいのではないかと考え、レジストを、始めに使用したAZ1500 (38cP)（厚さ 約2μm）からAZP4903（厚さ 約9μm）へと厚く塗布できる種類に変更した。AZP4903でのレジストパターンの結果を図3 (b) に示す。この時すでに通常の5倍量の露光を行っているにも関わらず広い範囲にレジストの残渣が見られたが、レジストのマスク不良は改善された。このことから、レジストはAZP4903を使用することとし、次にレジスト残渣の除去を試みた。

3. レジスト残渣の除去

段差計で測定した結果、レジスト残渣の厚さは1μm程度とそれほど厚くない印象であったため、まずは平行平板型反応性イオンエッチング（RIE：Reactive Ion Etching）装置（Samco）を用いて、O_2プラズマ処理による有機物のエッチングを試みた。これまでの経験で、この処理によるAZP4903のエッチングレートは約0.1μm/minであることが分かっているため、2μmエッチングする想定で20分エッチングを行った。その結果を図3 (c) に示す。レジストの残渣に改善が見られたが、まだ残っている部分も多い。しかもこの段階で、基板の端部分の必要なレジストが除去され始めており、この試料がノズルとして使用されることを考えると液漏れとなる可能性が懸念されるため、RIEによるレジスト除去は難しいと考えた。

次に、露光量を上げることを試みた。露光量を上げるとレジスト残渣の改善が期待できる一方で、レジストのマスク不良や寸法精度の低下が生じることが予想される。これらを可能な限り防ぐため、レジスト残渣が残りやすい箇所とそうでない箇所とで露光量を変え、残渣が生じない最低限の露光量を検討した。その条件と結果を図4に示す。通常用いている露光量と比べて最高で50倍の露光量を与えることで、レジストの残渣を解消することができた。パターン周辺のレジスト部分に過露光が原因と考えられる変色箇所がみられるが、その後に続くエッチングには影響せず、問題は生じなかった。また、レジストのマスク不良の箇所が多少みられたが、設計の流路幅に対して僅かなものであったため、このまま最後の工程まで進めた。

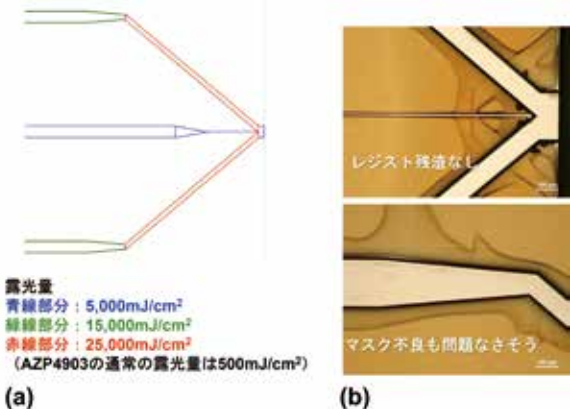


図4：AZP4903における露光量の検討
(a) 露光量　(b) 顕微鏡画像

4. ガラス同士の接合

2段目の流路の製作後は、送液のための貫通穴を加工後、フタをするため同サイズのガラス基板との接合を行った。ガラス同士の接合は、東京大学の北森研究室で教わった接合技術を利用している[1]。今回の接合では液体が噴出する端面のずれを可能な限り抑える必要があった。この点に関しては同セクションの木村が検討し、端面を揃えるためのアルミ製のジグを設計し使用することで、ずれ量を12μm程度まで抑えることに成功している。接合前のFlat Jet Chipの三次元プロファイルと、接合後の写真を図5に示す。

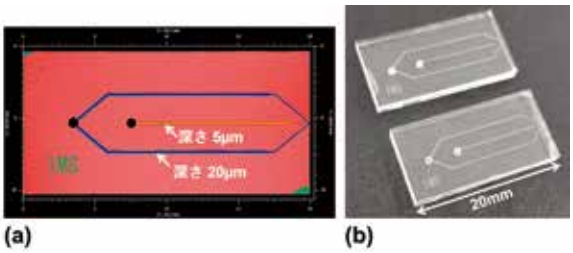


図5：完成したFlat Jet Chip
(a) 接合前の三次元プロファイル
(b) 接合後の写真

5. さいごに

今回のように異なる深さをもつマイクロ流路の依頼は時々あり、パターンの寸法によっては製作できず断念するケースがこれまであった。今回初めて、2段目の製作に厚さ9μm程度とこれまでより厚いレジストを使用し、最適な露光条件の検討を行ったことで、今後製作できる寸法の幅が広がる可能性を見出した。

6. 参考文献

[1]「Low-temperature direct bonding of glass nanofluidic chips using a two-step plasma surface activation process」Anal Bioanal Chem (2012) 402:1011–1018
「Detachable glass micro/nanofluidic device」Biomicrofluidics 13, 024104 (2019)

PDMS 製マイクロ流路の位置決めや切り抜き方法の工夫

木村　幸代

1. 概要

放射光実験に用いるPDMS（※1）製マイクロ流路の製作依頼を受けた。サイズは直径21.5 mm、厚さ1 mmの円板で、中央に幅高さ共に50 μmの溶液混合用のY字型の流路がある。流路へ溶液を流入させる穴は2タイプで、穴が平面に対して垂直な垂直タイプと、角度のある斜めタイプを製作した（図1）。このマイクロ流路は依頼者が設計したサンプルホルダに取り付けて使用する。

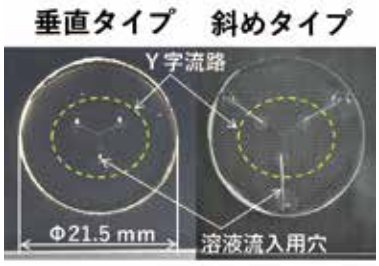


図 1：PDMS 製マイクロ流路

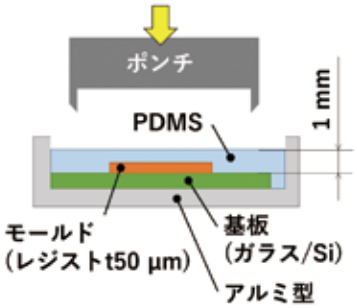


図 2：製作のイメージ

PDMSに流路を転写するためのモールドは、ネガ型レジストを用いてガラス基板とSi基板上にリソグラフィで成形したものを用いた（図2）。製作時に生じた問題点、気づいたことなどについて報告する。

2. モールドの土台となる基板の選定

Y字型となる流路のモールドは、基板にレジストを滴下し、スピンコーターで高速回転させて薄く伸ばした後、型にしたい部分を露光して硬化させ、その他の部分は現像液で溶かして成形する。モールドを成形する基板には、ガラスとSiの2種類を用いた。図1の斜めタイプの溶液流入用穴は直径0.2 mmであり、PDMS硬化後に後加工するのが難しい。そのため硬化前からピアノ線を差し込んで、硬化後に引き抜いて成形した。この時ピアノ線の挿入位置を目視確認する必要があり、斜めタイプの基板には、視認性の高いガラスを選定した。しかし、ガラスとレジストの密着性が悪く、PDMSを剥がすとモールドも基板から剥離してしまったため再使用ができず、型の再製作に多くの時間を要した（図3）。一方、図1の垂直タイプの溶液流入用穴は、PDMSをモールドから剥がした後に穴あけを行うため視認性の必要がなく、基板にSiを用いた。Si基板はレジストとの密着性がよく、PDMSを剥がす際に破損しないように注意して使用すれば、何度か使用することができた。

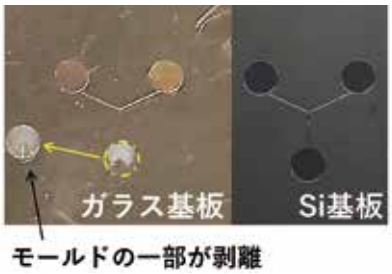


図 3：ガラス基板とSi基板

3. 流路とポンチの位置決め

リソグラフィでモールドを成形した基板は、PDMSが流れ出ないようにアルミの型に接着した。アルミ型に流し込んだPDMSが硬化したら、ポンチで円形に切り抜く（図4）。その際、Y字流路が円形の中央にくるようにしなくてはならないため、露光とポンチで位置決めが必要になる。

レジストを露光して硬化させる装置は、装置開発室で所有しているものでマスクアライナーとマスクレス露光装置がある。使用したレジストは、硬化させる光の波長がマスクアライナーの波長と近似しているため、普段はマスクアライナーを使用している。しかしマスクアライナーは露光位置の調整が手動で、精密に調整することができない。一方、マスクレス露光装置は波長が異なるため、必要な露光量を得るために露光時間を多く要するが、カメラで基板の端を捉えて露光位置を調整することができる。そのためレジストの露光はマスクレス露光装置を用いて、基板の中央に流路のモールドを成形した。これをアルミ型の基準面に接着することで、アルミ型と流路を位置決めすることができた。

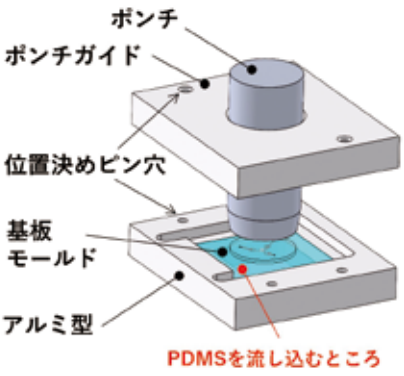


図 4：流路とポンチの位置決め

また、ポンチの位置決めにはポンチガイドを用いた。ポンチガイドとアルミ型の位置決めには、位置決めピンを使用した。

4. 基板とアルミ型の接着

基板とアルミ型の接着には、木工用ボンドとPDMSを用いた。木工用ボンドは簡易的に接着でき、剥がすこともできる。斜めタイプでは、木工用ボンドを使用してガラス基板と接着した。しかし、硬化に時間が必要なうえ、アルミ型との接着が強固で剥離が困難であった。垂直タイプではSi基板を用いたが、Si基板は薄く脆いため、木工用ボンドでは基板を破損せずに剥がすのが困難と考えて、PDMSを接着剤として用いることにした。PDMSはクリーン綿棒で境界に塗布し、ホットプレートで150 ℃、8 min程度加熱して接着した(図5)。

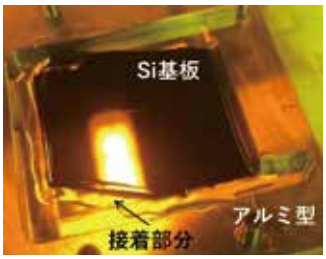


図5：PDMSを用いた接着

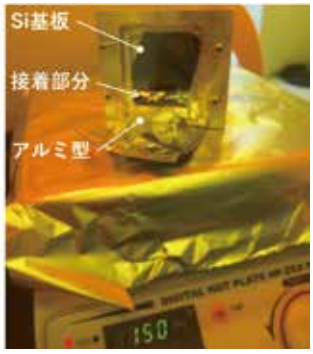


図6：加熱の様子

接着時はPDMSがアルミ型と基板の間に入り込むことを防ぐために、基板とアルミ型を傾斜させながら加熱した(図6)。PDMSは硬化後簡単に剥がれるので基板を破損する心配が少なく、木工用ボンドに比べて硬化させる時間も大幅に短縮された。

5. 厚さの調整と切り抜き

これまで所定の厚さのPDMS板を製作する際に、コの字型にカットしたテフロンスペーサーを2枚のポリカーボネート板などで挟み、隙間にPDMSを流し込む方法を用いていた。この方法ではスペーサーの厚みを変更することで、厚さの調整を行うことができる。これを模して、垂直タイプでは、テフロンスペーサーにガラス板を載せて厚さを調整した(図7)。しかし、斜めタイプでは、硬化前にピアノ線を差し込むため、一面を開放する必要があった。開放した側のPDMSは壁面にぬれ上がり(図8)、上部に近接する部品を伝って周囲に流れ出てしまう現象が発生した(図9)。そこで、近接する部品はPDMSから十分に離し、流し込むPDMSの量は、最終的に厚さ1 mmになるように、これらの現象を考慮して決めた。

図7：スペーサーとガラス板

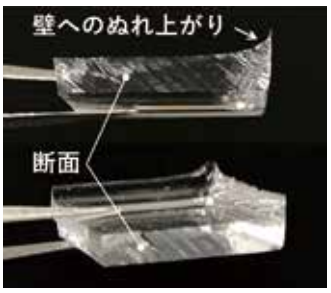


図8：ぬれ上がりの様子

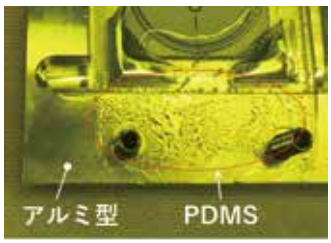


図9：伝い流れた様子

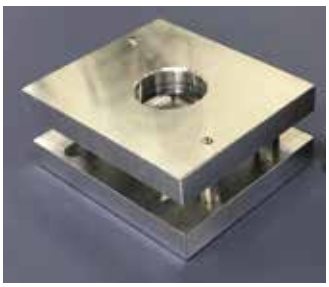


図10：ポンチガイド

切り抜きは、アルミ型に位置決めピンで固定したポンチガイド(図10)に沿って、ポンチで打ち抜いた。ポンチには、アルミ棒に0.05 mmのSUS薄板を巻きつけたものと、刃の部分を旋盤で加工した丸棒の2種類を使用した(図11)。双方とも切り抜き結果は良好であった。薄板を巻き付けたものはつなぎ目の部分に段差ができてしまったが、旋盤加工したものでは滑らかな円形で切り抜くことができた。

図11：ポンチ

6. おわりに

PDMSは転写の性質が優れている一方、位置決めや外形寸法を出すのが想像以上に難しかった。何度か失敗を繰り返して、注意すべきポイントがいくつか理解できた。新しい要望に迅速に応えられるよう、経験を重ねていきたい。

※1. ポリジメリルシロキサン(PDMS: Polydimethylsiloxane)は、シリコンの一種である。透明度が高く絶縁性があり、型などに流し込むとミクロンレベルの形状を転写できるため、電気・電子関連の用途の他、細胞の培養やマイクロ流路など微細なものを扱うデバイスの素材として利用されている。また低コストで量産や使い捨てに適している。

現在使用しているPDMSは主剤と架橋剤を10:1の割合で混合して硬化させるもので、硬化前は緩い水飴の様な流動性があり、硬化後は徐々に粘度が増してゴムのように弾力のある柔軟なエラストマーに変化する。室温硬化型で25 ℃、48 h置けば硬化するが、加熱して硬化を速めることもできる。また架橋剤の混合比を変えることで硬さを調整することもできる。

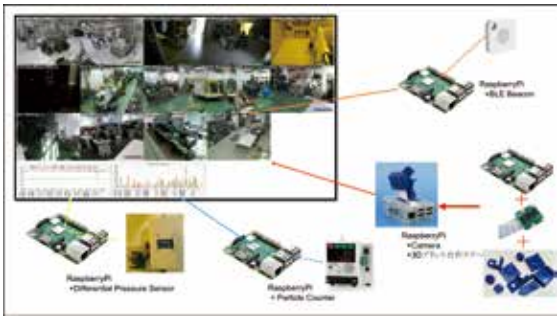
情報技術研究会

松尾　純一

2021年1月21日に「情報技術研究会オンラインカンファレンス」が九州工業大学の主催により開催された。Zoomの会議室にて発表者が5分間発表を行い、その後全員で15～20分間議論するという形式で行われた。午前の部は「コロナ禍での授業・実験についての対応」と題して発表者3名、午後の部は「コロナ禍で行った新しいこと(業務)・開発事例」と題して発表者4名だった。

私は、午後の部にて「多地点同時観測システム」としてリモート観測・監視について事例紹介を行った(右図)。

コロナ禍における各機関のリモート授業やリモート実験などの対応方法や問題点について現場担当者の立場で活発な意見交換が行われた。



発表スライドの1枚

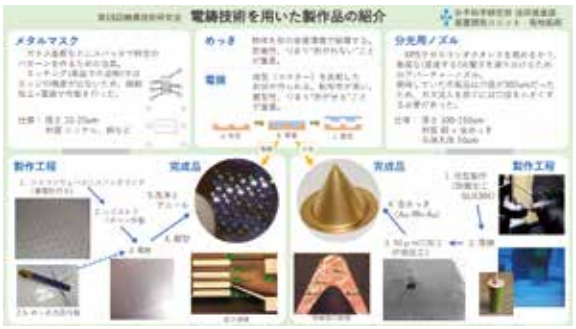
機構技術研究会

菊地　拓郎

2021年6月24日にオンラインにて、機構技術研究会が開催された。時間帯ごとに、Zoomのセッション機能で6~7名の発表者それぞれの部屋に分かれ、発表を聴講するという形式が取られた。

発表者は、5つのサブテーマ([作]つくる、[動]うごかす、[調]しらべる、[考]かんがえる、[繋]つなぐ)から関連のある分野でそれぞれの発表を行った。

私は、サブテーマの[作]つくる、に則して「電鋳技術を用いた製作品の紹介」と題して、ポスター発表を行った(右図)。過去に工作依頼で製作した電鋳部品の製作工程を紹介した。



ポスター発表の内容

発表後の質疑応答では関心を持っていただき、「こういった形状は作れるのか」などの質問を頂いたりした。今後も機会があるたびに技術の発信をしていきたいと考えている。

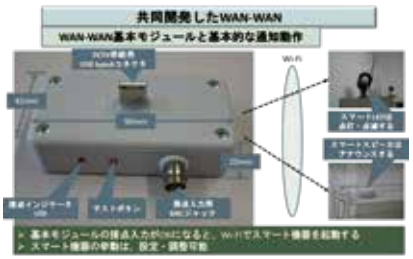
令和3年度機器・分析技術研究会 in 山口宇部

豊田　朋範

2021年9月9日～10日に山口大学で開催された令和3年度機器・分析技術研究会に参加・発表した。今回もオンライン開催となったが、62機関から396名が参加する盛況となった。

筆者は「LoRa無線とスマートスピーカを用いたクリーンルーム警報システムの開発と展開」と題して発表を行った(図)。今回は「機器管理と危機管理」というテーマが打ち出されており、岩手大学と共同開発する警報システムWAN-WAN(Wireless Alarm Network for Wide Area Notification)は格好の題材であり、多くの聴講者を集め、電源をUSB A typeコネクタから取ることにした理由や、基本モジュールの耐久性、接点入力のみとした理由など多くの質問が寄せられ、活発な意見交換を行った。

昨今の情勢下、実験室に人がいない時間が増加する一方、24時間稼働する実験装置は多い。異常発生時にいかに早期に周知するかが現場の課題であり、その最適解としてWAN-WANを導入できる場面が多いと感じた。



図：機器・分析技術研究会で使用したスライドの一部

出前授業報告（岡崎市立新香山中学校）

豊田　朋範

2021年11月12日に、岡崎市立新香山中学校で「縁の下の力持ちー低温の世界と不思議に触れてみようー」と題した出前授業を行った。昨年の出前授業の経験から、今回は(1)講義では数式を一切使用せず、日常生活や時事的な話題との関係性を中心とする(2)実験や体験を主体とするーの2項目をコンセプトとした。

講義では、時にネガティブなイメージもある低温は、実は生鮮食料品や新型コロナウィルスのワクチンなど、長期保管や生活の身近な場面で重要な役割を果たしていることを説明した後、今回開発した実験教材をグループ単位で配布し、組み立ててもらい、ドライアイスと液体窒素を用いて、抵抗値の温度依存性を観察する実験を行った。生徒がほとんど見たことがないというドライアイスの塊や、初めて見るという液体窒素は、生徒の強い関心を集め、熱心に測定と観察を行っていた(写真)。関心の高さを裏付けるように、質疑応答では時間いっぱいまで多くの質問が出され、アンケート結果では「新しい超伝導材料を研究したい」「1時間があっという間に過ぎた」など好評が寄せられた。

写真：筆者が液体窒素を実験教材に注ぐ様子

実験や体験を主体とする形式は初めての試みであったが、装置開発と出前授業がより緊密に連携することで、生徒がより身近に科学を感じ、関心を高める可能性を感じた。今回の出前授業で準備など多くのご協力をいただいた、新香山中学校の岩瀬美瑚教諭、戦略室の原田美幸技術職員、片柳英樹助手に御礼申し上げます。

令和3年度予防・広報講習会への参加と講演

豊田　朋範

2021年11月19日に開催された、令和3年度予防・広報講習会に参加し、防災システムを共同開発しているホーチキ株式会社の江幡弘道氏、岩手大学理工学系技術部の千葉寿氏と分担して「消防防災科学の推進」について講演を行った。本来なら会場である盛岡市のホテルニューカリーナに東北各地の消防職員をはじめ、筆者も参集するのであるが、昨今の情勢を受けて、盛岡市の関係者以外はオンラインによる参加・講演となった。

筆者は「分子科学研究所における毒劇物・危険物と防災システムの有効性」と題して、非常事態発生時における周知や避難誘導の促進に防災システムを活用している事例を報告した。毒劇物や危険物、放射光施設や高圧ガスが混在する分子研の特殊な環境で、万一火災や事故が発生した場合、状況を早く広く周知することは、被害の拡大は勿論、二次災害を防ぐために重要であるという内容は、参加者から好評を得た。

図：当日の講演で使用したスライドの一部

他の講演でも、昨今の情勢を受けて事業所への立ち入りや啓発活動に困難が生じていること、オンラインのセミナーや各種SNS(Social Networking Service)を使った新しい広報活動などが報告され、これまでにない困難な情勢下でも人々の安全を守るため奮闘する消防職員や関係者の意気込みに触れることが出来た。

科学・ものづくりフェスタ@愛教大における分子研バーチャル見学会

豊田　朋範

2021年11月20日に愛知教育大学で開催された科学・ものづくりフェスタ@愛教大において、分子研は昨今の情勢を受けてバーチャル見学会という形で出展することになり、戦略室から協力要請を受けた。検討の結果、装置開発室で試験運用をしていたパーソナルロボットTemiでB棟203を巡り、全6か所のポイントにある開発品や測定器を紹介することを基本コンセプトとした。

課題は「どのようにTemiが移動する様子を見せるか」であった。試行錯誤の結果、Temiにアクセスできるスマートフォンと PCを用意し、都度Zoomの画面共有を切り替えることで、Temiが移動して開発品や測定器に近づく様子をTemiの視点で見せ、PCでスライドを使って説明することが可能であることが判明した。

当日は事前申込制であり、参加者は限定されたが、総数10名の参加があった。Temiの視点による移動や接近はパンフレットで言及しなかったことで、参加者は驚き、高い関心を集めた(写真)。今回の方式は、オンライン見学会の他、立ち入りが禁止・制限される場所での見学や説明などにも使用できると感じた。出展にあたって準備などにご協力いただいた、愛知教育大学の日野和之准教授、戦略室の片柳英樹助手に御礼申し上げます。

写真：愛知教育大学における
バーチャル見学会の様子

装置開発室装置等製作受託規則について

近藤　聖彦

1. 検討に至る動機

装置開発室は、製作した装置のリピート品を所外公的研究機関等に所属する研究者から提供の要望があった場合、MTA（Material Transfer Agreement：成果有体物を提供または受領する際に、その使用に関して取り決める契約）により譲渡していた。しかし、近年、リピート品ばかりでなく新規製作依頼の要望が高まってきたことから、MTAで対応することが難しくなった。そこで、装置開発室が培ってきた技術（真空技術、光学技術、低温技術、回路工作技術、デジタルエンジニアリング、フォトリソグラフィ等）を有効に広く活用し、より幅広いニーズに対応すべく、簡潔かつ正当な手続きで製作を受託できる制度の整備が必要となった。

2. 検討の経緯

－2019年－

外部からの製作依頼を受託することについて検討を開始。

先行事例として、北海道大学が日本軽金属株式会社と2017年から産学連携の一環として試作ソリューション事業を開始しており、それを参考にする方向で検討を進めることとした。

－2020年－

北海道大学の担当者とZoomの打合せならびに北海道大学に出張して、実際の事業内容や手続き等の詳細について説明を受けるとともに製作担当者である技術職員から話を伺う機会をつくるなどして検討を重ねた。

試作品の製作は試作ソリューション事業、既存装置の製作については、分子研の独自制度を整備する方向で検討を進めることとした。

－2021年－

試作ソリューション事業に関して日本軽金属株式会社と契約を取り交わす際、意見が相違する部分があったので、やむを得ず試作品と既存装置の両方について、分子研が製作依頼を直接受託できる制度を整備する方向で検討を開始した。

自然科学研究機構の成果有体物取扱規程によれば、製作する装置はほぼ例外なく成果有体物に該当するように読み取れるため、分子研が外部からの依頼を受託して製作する試作品及び装置の取扱いについて、新たに規則等の整備を行う方向で検討することとした。

その後、自然科学研究機構の研究力推進本部と打合せをおこない、製作依頼に対する受託として実施することは可能という結論になった。

さらに、平成28年に文部科学省が通知した「国立大学法人等が実施することのできる『収益を伴う事業』の考え方について」において、教育研究活動の成果有体物を一般に販売することが具体例として挙げられており、装置開発室で製作する装置もこれに該当するため、文部科学省の通知の考え方を踏まえた上で分子研の独自の取組みとして、装置の製作受託に関する規則等を制定することとした。

3. 分子科学研究所装置開発室装置等製作受託規則の制定

分子科学研究所教授会議において承認後、6月21日付けで制定され、7月から開始し2021年の依頼件数は5件であった。

規則の詳細は装置開発室のホームページなどから確認できる。

２０２１年度分子科学研究所一般公開

松尾　純一

1. はじめに

2021年10月23日に分子科学研究所の一般公開がオンライン形式にて開催されました。
装置開発室としても、事前の準備から当日の運営まで様々な作業を担当したので報告します。

2. 装置開発室員が担当した業務

実行委員：松尾
事前準備作業
- 動画作成
  - 編集：松尾
  - 脚本：菊池、木村（幸）
  - 素材撮影：松尾、菊池、高田、木村（幸）、菅沼、水谷
- フリップ台作成：松尾

当日の運営作業
- タイムキーパー：菊池
- カメラマン：近藤
- 裏チャンネル企画：松尾
- 動画再生：木村（和）

3. 動画作成

作成した動画は以下の2本です。
- 「研究者とともに歩むものづくり集団」（図1）

技術推進部企画として装置開発ユニットの人にスポットを当て、実際にあった依頼に対し製作方法の打ち合わせから設計、製作、設置までの様子をまとめました。内容は以下の通りです。

1. 依頼内容紹介
2. 打ち合わせ
3. エレクトロニクス・セクション製作
   - 回路基板設計・製作
   - 組み込み
   - 動作確認
4. メカトロニクス・セクション製作
   - 3Dプリンタで試作
   - 設計・加工・組み立て
   - 動作確認
5. 設置、動作確認

図1：研究者とともに歩むモノづくり集団

- 「分子研ものづくり拠点装置開発室」（図2）

施設紹介企画として装置開発室と保有している設備や機器にスポットを当て、施設の成り立ち及び主要な設備や機器について使用方法や特徴を紹介するものとしました。内容は以下の通りです。

1. 装置開発室の成り立ち紹介
2. 機械工場の機器紹介
3. 回路工作室の機器紹介
4. リソグラフィー施設と機器の紹介
5. 3Dプリンタ室の機器紹介

図2：分子研ものづくり拠点装置開発室

使用機材
動画作成に使用した機材を表1に示します。

表1　動画作成に使用した機材

機材名	メーカー名	型番
ビデオカメラ	Panasonic	AG-AC160A
ジンバルカメラ	DJI	POKET2
ウエアラブルカメラ	GoPro	HERO9
動画編集ソフト	CyberLink	PowerDirector19

工夫した点
- 内容の転換点にアイキャッチや「Next：～」といったテロップを挿入
- テロップが「進行状況バー」などで隠れないよう最下段に配置しない
- テロップは読む時間を考え3～4文字/sec表示
- 長い文章は音声合成ソフトにて音読
- 場面ごとにBGMを変更
- エンディングの一コマとしてリソグラフィーメンバーの変身動画を作成し挿入(図3)

図3：変身動画

4. 裏チャンネル企画

前回(2018年)の一般公開において3Dプリンタの展示が盛況だったということで、今回はじっくり見ていただけるようにと「裏チャンネル企画」と題して3Dデータを作成する様子や3Dプリンタでの出力風景を本チャンネルと並行してライブ配信しました(図5)。また、本チャンネルとも中継を繋ぎ3Dプリンタ関連の質疑応答を5分×2回行いました。

これに用いたカメラ機材やYouTubeに配信するシステム、Zoomを用いた中継システムは計算情報ユニットに用意していただきました。この場を借りて感謝申し上げます。

図4：裏チャンネル撮影風景

図5：裏チャンネル放送風景

5. さいごに

オンラインという分子科学研究所の一般公開としては初めての形式での開催となりましたが、いろいろな方の協力のもと無事終えることができました。ありがとうございました。

当日ライブ配信された内容はアーカイブ動画として引き続き視聴することが出来ます(下記WEBページ参照)。

https://www.ims.ac.jp/koukai2021/

図6：当日エンディング

20K20　石英管アダプタ

内径60㎜程度の石英管の両端に設置して使用する。ガス流量を微調節できるようにニードルバルブを採用している。市販品に希望する形状品がなかったため、所内で製作した。

20K25　TOF 装置用電子レンズ

写真中央の部品はスポット溶接でメッシュを貼り付けている。スポット溶接の条件が重要であった。写真左のアルミ製長筒加工は一体加工であるので、多くの加工時間を必要とした。

21D09　ラウェ用ゴニオ

サンプルホルダーと回転ステージの中心軸の合わせに工夫があり、なめらかにサンプルを微小回転させることができる。

21D12　小片基板洗浄治具

クリーンルーム内で使用する部品は清浄度、耐薬品性が重要になる。 市販品に希望する形状品がなかったため、所内で製作した。

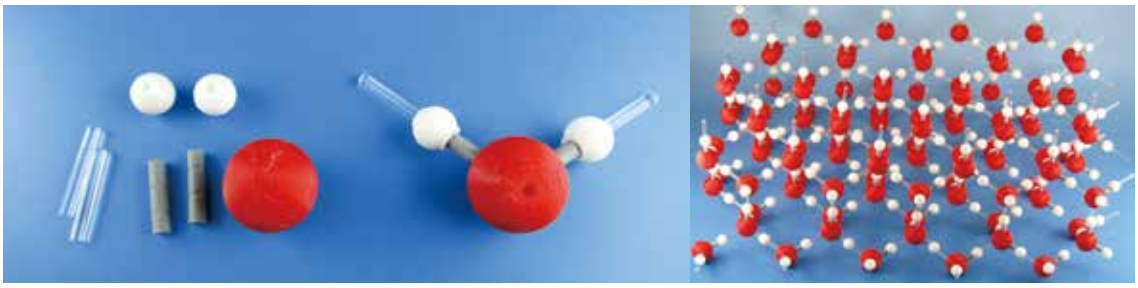
21G07　冷却アダプター式

写真右の部品は異種金属が接合されている材料の加工をおこなったが、材料に限りがあり強度測定などが困難であったので、内径加工は手動で慎重に切削して加工をおこなった。

21J19　PEEK 製微細ボビン (関連記事 p20)

数㎜の形状かつ寸法公差が非常に厳しい部品であったが、加工工程を検討することで、外注品よりも精度が向上した樹脂製ボビンを加工することができた。

21J03　水分子模型

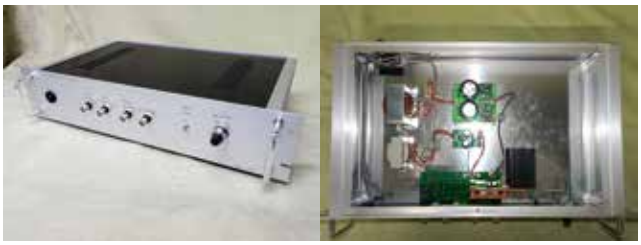
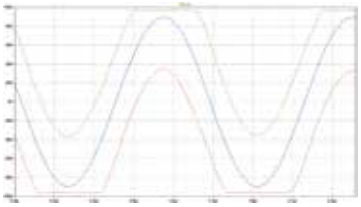


●共有結合を灰色プラスチック、水素結合をアクリル棒で表現
●水素と酸素の球にゴムライクフィラメントを用いることで結合部に柔軟性があり、多様な構造が表現可能

21H06　PET2_7M_7ECB 模型

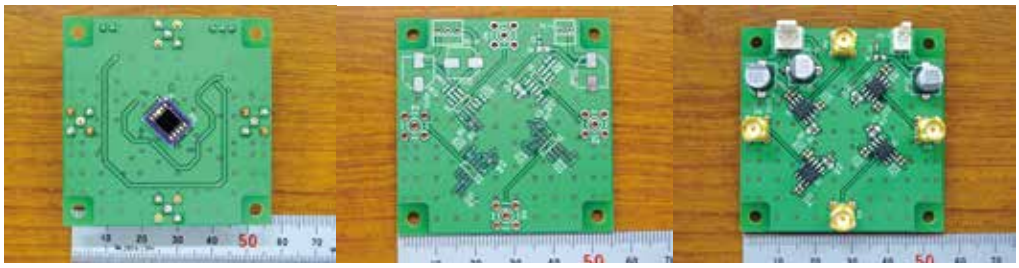
●PET 分解酵素の模型 3 種 (Cartoon 残基のみカラー、Cartoon フルカラー、Sphere 残基のみカラー)
●石膏モデルにエポキシ樹脂を含浸させることで耐久性が向上

20J08　高周波 HV アンプ

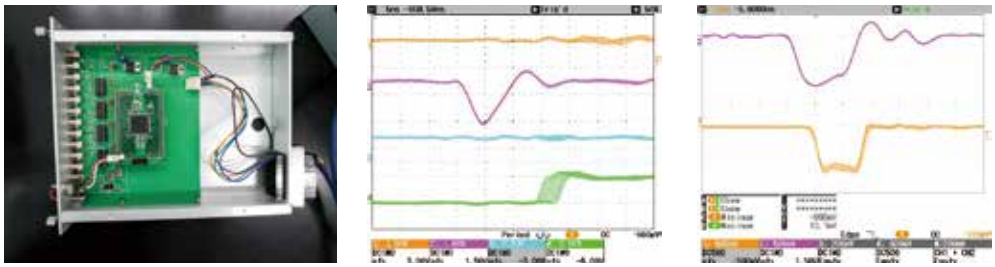
●AFM 演算回路の出力信号にバイアス電圧を加えて、最大± 100V に増幅する。
●バイアス電圧は外部 DC 電圧と内部± 10V から選択可能。負荷インピーダンス 50 Ω のモニタ出力を搭載。
●AC100V から± 100V 電源を直接生成することで、電源のサイズとコストを大幅に削減。

21D08　IV アンプ (4 象限タイプ)



●4 象限タイプのフォトダイオード SPOT-4DMI(OSI 社) からの信号を IV 変換して出力する。
●フォトダイオードと IV 変換回路を 1 枚の基板に集約し、信号のノイズと減衰を改善。
●回路 CAD を駆使して、フォトダイオードと IV 変換回路を最短距離かつ単レイヤーで配置配線。

21D11　多重同時計測回路総合評価 (NOUS ナノテクノロジープラットフォーム協力研究)(関連記事 p14)

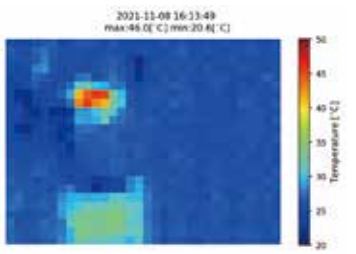


●Negative NIM 信号入力を受けて信号処理を行う回路一式を NIM 1U 幅ケースに収納
●NIM-TTL レベル変換用フロント・バックエンド基板、CPLD を用いた演算処理基板で構成
●CPLD 動作周波数 250MHz、入力信号 13 本 (6 組 +1 本)、出力信号 1 本、バイパス機能付き

21F04　クライオ凍結防止ヒータコントローラ

●クライオ凍結防止用 200W ヒータの定電流駆動回路、電流値 : 2.4A, 2.8A, 3.2A から選択
●保護機構 : ヒータや駆動回路の過熱保護、熱電対やヒータの断線検出、過電流検出

21F06　実験室・設備警報システム用サーモカメラ



●電熱器を使用する実験装置の異常発熱を監視する
●サーモ画像だけでは対象物がわかりづらいので通常のカメラも装備

21I03　広範囲熱電対モジュール v2.3(Rev2.4)(関連記事 p22)

●1 本の K 型熱電対で、-270 ℃～ 1800 ℃を最大誤差± 6 ℃で測定し、有機 EL ディスプレイに表示する。
●電源は、6V ～ 24V の AC アダプタか、Micro USB の 5V を、基板のジャンパで選択可能。
●同一サイズの WAN-WAN 基本モジュールと直結して、5V 電源を供給可能な USB 端子を側面に搭載。

21I04　スパッタ装置の真空度モニタ

●クリーンルーム内にあるスパッタ装置のフロントパネルを外部からモニタリング
●使用時にカメラが邪魔にならないようにアームが動かせる構造
●部屋の電気が消えると見えなくなるため、暗くなると点灯する照明装置を付与

21I08　BL1U インターロック用システム

●レーザー用シャッターを駆動する 5V の電源装置に 2 系統のインターロック回路を内蔵
●インターロック 1(Normally Open) : 真空ゲージ用、フォトカプラ駆動用 24V 出力付き
●インターロック 2(Normally Close) : 扉開閉センサー用、リセット機能付き

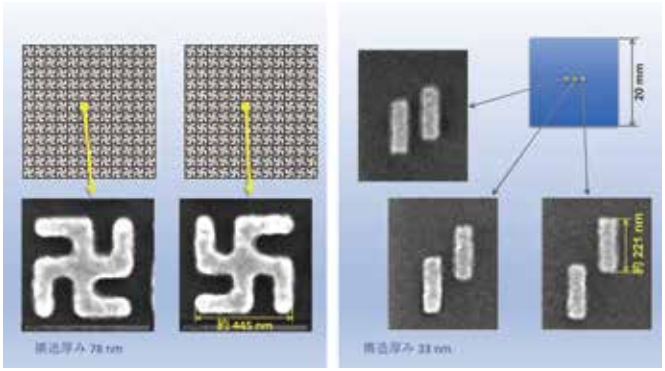
20L01　PDMS 製マイクロ流路 (関連記事 p30)

ネガ型フォトレジストSU-8を用いて、ガラス基板上に高さ50μm、幅50μmの凸状の流路形状を製作し、PDMSを流し込んで外径21.5×厚さ1 (mm) のマイクロ流路を製作した（図1）。
外形は、設計製作したポンチセットを用いて円形状に切り抜いた。溶液流入用の流路（斜めに配置）は、3Dプリンター製のガイドを用いてピアノ線で成形した（図2）。

図1：マイクロ流路　図2：3Dプリンタ製穴位置ガイド

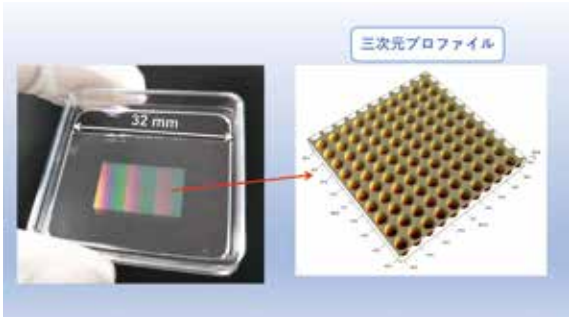
21F01　分光計測用微細構造試料

20mm角合成石英基板上の□200μm範囲内に、それぞれ図のような金の構造を作製した。



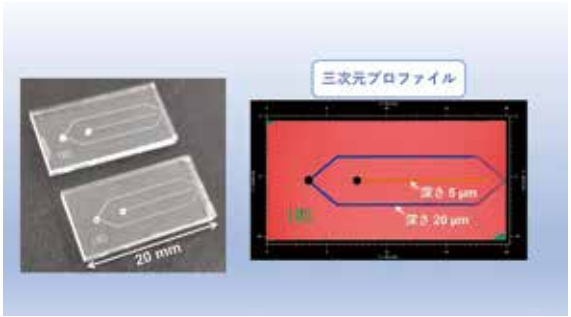
21F03　CYTOP へのマイクロドットパターニング

32 × 24 (mm) のガラス基板上にCYTOP（アモルファスフッ素樹脂）を塗布し、レジストをマスクにRIE（リアクティブイオンエッチング）を行うことで、CYTOP上にφ4μmの微細孔を約200万個製作した。そのうち一部を抽出し、解析ソフトにより平均値と標準偏差を算出することで穴径のバラツキを確認した。



21I01　Flat Jet Chip(関連記事 p28)

20 × 10 × t1.1 (mm) のガラス基板上に、基板端面から液体を噴出させるためのノズルとして使用するマイクロ流路構造を製作した。マイクロ流路の寸法は、幅が5～200μm、深さは5μmと20μmと2種類の異なる深さを有する。フタとなるガラス基板との接合は、東京大学 北森研究室で教わった接合の技術を利用している。



21J01　マイクロ流路 (関連記事 p30)

ネガ型フォトレジストSU-8を用いて、Si基板上に高さ50μm、幅50μmの凸状の流路形状を製作し、PDMSを流し込んで外径21.5 × 厚さ1 (mm) のマイクロ流路を製作した（図1）。外形は、設計製作したポンチセット（図2）を用いて円形状に切り抜いた。溶液流入用の貫通穴加工には、市販の0.5mmのポンチを用いた。

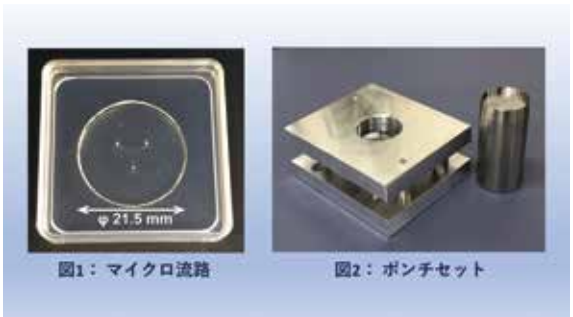


図1：マイクロ流路　図2：ポンチセット

機械グループ（282 件）

伝票番号	品名
21A01	オペランドESRセル改良版
21A02	レーザー分光用天板
21A03	ドライブガスパネル
21A04	円柱治具
21A05	SEM 使用
21A06	Microscope cell
21A07	探針ホルダー
21A08	セラミックス支持台
21A09	自作スピニングモジュールバックパネル①
21A10	自作スピニングモジュールバックパネル②
21A11	LEED インチねじ穴再加工
21A12	ステージホルダー
21A13	円形固定具
21A14	カンチレバーホルダー v2
21A15	サンプル固定具（ネジ穴あけ）
21A16	試料ステージ Bruker
21A17	追加工
21A18	カンチレバーマウント THK
21A19	アイソレータ台
21A20	高抵抗値測定プローブ
21A21	ニードル付 SUS パイプ
21A22	アクチュエータ固定具
21A23	Q スイッチレーザーモジュール
21A24	オリジナルプロボスタット
21A25	SAB サンプルホルダー試作
21A26	架台天板
21A27	試料台
21A28	ボトルホルダー
21A29	穴あきディッシュ
21B01	グローブボックス継手
21B02	IVcase
21B03	水冷ブロックプレート
21B04	スペーサー
21B05	回折格子マウント
21B06	三角スタンド
21B07	オペランド ESR セル改良版
21B08	パータベータ用 RF シールド
21B09	三角ロッド
21B10	ケージコネクタ
21B11	結晶固定ジグ
21B12	ピークフレーム作製
21B13	サンプルケース一式
21B14	スナバ回路用ケース
21B15	リング取り付け具
21B16	取り付け板
21B17	落下防止機構
21C01	高速ステージ用アダプタプレート
21C02	低ノイズ測定ロッド製作
21C03	クライオスタット改造
21C04	スライドガラス
21C05	ジョイントパーツ
21C06	高周波アンプ用ケースパネル
21C07	パータベータ用 RF シールド
21C08	AL 板の追加工
21C09	コア基板用樹脂ケース（小型版）
21C10	Aluminum plate
21C11	X ステージ
21C12	ベース切り落とし
21C13	試料ホルダー
21C14	カンチレバーホルダー
21C15	警報システムマスターユニットケース
21C16	ステージ制御システム本体ケースパネル
21C17	ボルト除去
21C18	PDMS 流し型
21C19	アルミ板追加工
21C20	フランジへのねじ穴加工
21C21	プレート
21C22	LEED(低速電子線回折) 装置修理
21C23	サンプルホルダねじ追加工 No.0-80UNF
21C24	HV アンプ IC 放熱板
21C25	アルミフレーム
21C26	真空フランジエッジ修理
21D01	追加工
21D02	ミラー支持取付板穴開け
21D03	チョッパーブレード 90 スロット
21D04	真空容器フタ
21D05	警報システムマスターユニットケース
21D06	カンチレバーホルダー
21D07	金メッシュフレーム
21D08	フランジ追加工
21D09	ラウェ用ゴニオ［写真］
21D10	カンチレバーマウント
21D11	SAB4 号機の開発
21D12	小片基板洗浄治具［写真］
21D13	ICF70 フランジ加工と溶接
21D14	ステージ制御システムリモートコントローラケース
21D15	メタルリークバルブ修理
21D16	45 スロットチョッパーブレード
21D17	カーテンレールカット
21D18	SAB 位置決めアダプタ
21D19	圧力計
21D20	へき開試料作製用支持ボルダ
21D21	BNC パッチパネルケース・シャーシ
21D22	真空引きオペレーター
21D23	一般公開用変換アダプタ
21D24	液晶加熱通電基板
21D25	フィルターホルダー
21D26	クライオスタット置き
21D27	流量計取付具
21D28	ソーラボ製穴あき固定治具
21D29	テフロン蓋穴開け

21D30	アダプター部品のパイプ部切断
21E01	プレス用アダプタ
21E02	アルミキャップ
21E03	メタルリークバルブ
21E04	ブレッドボード用スペーサー（2 種）
21E05	Rigaku XRD 試料ホルダー
21E06	カメラホルダー
21E07	サンプル固定用ジグ
21E08	スペーサー
21E09	カメラマウント
21E10	Einzel lens ICF070-2
21E11	メタルマスク
21E12	リガク XRD ホルダー改良
21E13	光センサー用カバー
21E14	サンプルトランスファー取手（スピン）
21E15	ブレッドボード加工
21E16	ヒーター切替スイッチユニットケース
21E17	ブレッドボード加工
21F01	アナライザーカメラ固定台
21F02	サンプル固定筒
21F03	チタンターゲット
21F04	サンプルホルダー加工
21F05	EELS 用ホルダー
21F06	サンプル固定台
21F07	プレス用アダプタ
21F08	IV ケース加工 2.1
21F09	液体セル追加工
21F10	アクリル板追加工
21F11	押さえ板
21F12	周波数可変チョッパー用ケースパネル
21F13	光学アライメント用ターゲット
21F14	チョッパーブレード機構
21F15	電気化学セル
21F16	IV ケース加工 2.2
21F17	フランジ追加工
21F18	サンプルセッティング治具一式
21F19	検出器回転用円盤
21F20	警報システム基本モジュールケース
21F21	TMP 固定治具
21G01	アクリルカバー追加工
21G02	電極付き合成基板
21G03	Zygo 使用
21G04	レーザーマウント
21G05	流量計取付具
21G06	低温ゴニオステージ
21G07	マニホールド [写真]
21G08	フォトダイオードマウント
21G09	自作スピニングモジュールバックパネル
21G10	セル底板ベース
21G11	セル上フタ
21G12	BL7B ターミナルボックス加工

21G13	カンチレバーストック v2
21G14	ステンレス高さ調整用
21G15	固定ネジ
21G16	スペーサーリング φ 4.3、 φ 6.3
21G17	赤外吸収反射光学系ユニット
21G18	STM 用サンプルホルダ
21G19	反射光学系ユニット設置用サンプルホルダ
21G20	アクリルパイプ加工①
21G21	アクリルパイプ加工②
21G22	ロッド加工
21G23	自作スピニングモジュールバックパネル3
21G24	フランジ追加工
21G25	石英管切断端面修正
21G26	ヒートシンク追加工
21H01	Shaft Anchor set
21H02	水冷式結晶ホルダ R3 型
21H03	試料ホルダー取付具
21H04	ミラーホルダー改造
21H05	フォトダイオードマウント追加工
21H06	LD コネクタ
21H07	簡易グローブパネル
21H08	カメラ台
21H09	試料ホルダー取付板追加工
21H10	サンプル固定ホルダ
21H11	電子線導入管
21H12	カメラ台
21I01	ボールミル容器ふた接着
21I02	基板たて追加加工
21I03	スパッタバッキングプレート
21I04	SAB アダプタ
21I05	セル上ふた
21I06	セル底板
21I07	銅部品研磨
21I08	引張試験片
21I09	真空容器フタ
21I10	SAB4 号機の開発
21I11	SEM 使用
21J01	蒸着源
21J02	スパッタ蒸着用スペーサリング
21J03	パイプ加工
21J04	石英管
21J05	光学チョッパー用信号発生器パネル加工
21J06	穴付板
21J07	低温ゴニオ修正
21J08	アクリルパージボックス
21J09	スペーサー
21J10	ケーブル固定具
21J11	光学セル恒温ホルダー
21J12	Flat Jet chip 用接合治具
21J13	ドライブガスアダプター
21J14	大型ディスプレイ付電圧モニタケース加工

2021 年　工作依頼リスト

21J15	フロントパネル追加工
21J16	ドライブガスパネル改②
21J17	EB サンプルホルダー再加工
21J18	ベースプレートスペーサー
21J19	ボビン 2 種 [写真]
21J20	所長奨励研究　蒸着装置製作 10 月分
21J21	固定具
21J22	SLM-S1028 マウント
21J23	ICF70 サポートロッド
21J24	レーザ固定具
21J25	穴開けガス管溶接
21J26	リニアカップリング
21K01	低温抵抗値測定ボックスケース
21K02	シールド
21K03	チップホルダー
21K04	結晶ホルダー N14K10
21K05	精密パターン蒸着用パーツ
21K06	追加工
21K07	セル底板
21K08	セル上フタ
21K09	電気化学セル
21K10	レーザモジュール
21K11	4 点曲げジグ
21K12	DFC 用冷却アダプタ
21K13	精密アライメント棒
21K14	防護用アクリル板
21K15	イオンガン接続溶接部修理
21K16	アクリル板加工
21K17	アダプタ追加工
21K18	ドライブガスパネル改②修正加工
21K19	追加工
21K20	スペーサー
21K21	ガスフロー用釜
21K22	スパッタ成膜用ホルダー
21K23	PDMS マイクロ流路用ポンチセット
21K24	各種追加工
21K25	スペーサー製作、追加工
21K26	基板の固定板
21K27	ベースプレートスペーサー
21K28	試料ホルダー
21K29	ブラケット追加工
21K30	クライオスタット修理
21K31	精密アライメント棒追加工
21K32	自作スピニングモジュールボビンホルダー部品
21K33	レールサポート
21K34	メタルマスク作成
21K35	リング電極作製治具
21K36	PM 固定治具
21K37	スペーサー
21L01	アクリル板穴加工
21L02	角度デバイススクリーン用穴あけジグ
21L03	ブラケット追加工
21L04	ベースプレートスペーサー
21L05	結晶板の固定具
21L06	光ファイバー導入フランジ
21L07	光ファイバー接続アダプタ
21L08	フローセル用ステンレス蓋
21L09	劈開試料用サンプルホルダ
21L10	モーター取付用変換アダプタ
21L11	角度デバイスアーム
21L12	Mo カラー
21L13	アクリルパネル追加工
21L14	白金電極
21L15	レーザモジュール台座
21L16	微小電流測定インサート制御装置
21L17	治具
21L18	PEEK 上フタ
21L19	スペーサー
21L20	カバー用アルミ板
21L21	サンプルホルダ 3mm
21L22	ベースプレート
21L23	ベースプレート
21L24	角偏光子マウント
21L25	サンプルホルダ 10mm
21L26	サンプルホルダ追加工
21L27	PEEK 上フタ
21L28	サンプルホルダー 5mm
21L29	探針保持装置
21L30	Z ブラケット

電子回路グループ（92 件）

伝票番号	品名
21A01	SHV-BNC 変換ケーブル
21A02	BIN 電源アダプタ
21A03	IV アンプ AFM V2
21A04	圧力ゲージ用ケーブル
21A05	+6kV 高圧パルサー修理
21A06	スナバ回路
21A07	ステージ制御システム（制御部）［写真］
21A08	レーザー加工機用インターロック
21B01	PC ケース FAN 交換
21B02	スナバ回路
21B03	クリーンルーム警報システム（第2期）
21C01	ABiS のデータ修正
21C02	ABiS のデータ修正
21C03	GaN デバイスの周波数応答評価
21C04	ヘリウム純度モニター
21C05	多地点観測カメラ（EB 用）
21C06	ラズベリーパイの GPIO の接続する AD コンバータ
21C07	工作伝票システム改修（業務伝票入力対応）
21C08	プリアンプの結線修理
21C09	IV プリアンプ改良（発振対策）
21D01	ターボ分子ポンプ用ファン電源
21D02	クリーンルーム差圧計グラフ統合
21D03	Case BNC Patch Panles
21D04	高電圧パルス電源改修
21D05	HV アンプ修理
21D06	多重同時計測回路 CPLD 評価［写真］
21D07	Ar スパッタ時イオンカレント測定用端子ケーブル
21D08	IV アンプ（4 象限タイプ）［写真］
21D09	多重同時計測回路アナログ部評価
21D10	「全申請書出力」エラー修理
21D11	多重同時計測回路総合評価
21E01	低周波ノイズ観測装置
21E02	ラズベリーパイの GPIO に接続する AD コンバータ（改訂版）
21E03	測定用ケーブル
21E04	温度コントローラ用ケーブル
21E05	周波数可変チョッパー
21E06	ヒーター切替スイッチ
21E07	角度デバイス用電源改修
21E08	クリーンルーム電磁ノイズ測定器のデータ解析スクリプト
21F01	BL1B　InSb アンプノイズ対策
21F02	クリーンルーム小型ポンプ電源リモート制御システム
21F03	信号線接続ケーブル（5 芯）
21F04	クライオ凍結防止ヒータコントローラ［写真］
21F05	一斉通知防災システムテレビ制御器 3 号
21F06	実験室・設備警報システム（第 1 期）［写真］
21F07	クリーンルーム前室温湿度計
21G01	水漏れ検出センサユニット
21G02	太陽光発電・充電・DC 電圧生成装置（所長奨励研究）
21G03	汎用 12bit I2C AD コンバータモジュール
21G04	BL4B インターロックコントローラ修理
21G05	真空インターロックケーブル製作
21G06	AC/DC アダプターのコネクタ変換
21G07	実験室・設備警報システム用広範囲熱電対モジュール
21G08	スナバ回路
21G09	BL7B ターミナルボックス
21G10	HV アンプ用ローパスフィルタ
21G11	多地点カメラデモ機
21G12	クリーンルーム警報システム（第 3 期）
21G13	モータードライバーボックス
21G14	レーザー用電源ケース
21H01	HV アンプ修理
21H02	凍結防止コントローラー改良
21H03	PD 基板
21H04	IV 変換器テスト用
21I01	警報システム用基本モジュール（LoRa 版）
21I02	水漏れセンサユニット
21I03	広範囲熱電対モジュール v2.3(Rev.2.4)（所長奨励）［写真］
21I04	スパッタ装置の真空度モニタ［写真］
21I05	光学チョッパー用信号発生器
21I06	一斉警報通知防災システム TV 制御器 4 号機
21I07	PD 検出器（IV 変換器一体型）v3.0
21I08	BL1U インターロック用システム［写真］
21J01	AFM カンチレバー用温調システム（高精度）
21J02	大型ディスプレイ付電圧モニター
21J03	BL4B インターロックコントローラ改良
21J04	低温抵抗測定ボックス
21J05	一斉警報通知防災システム TV 制御器 6 号機
21J06	レーザ用 5V 電源
21K01	AFM プリアンプ用 DC 電源ケーブル
21K02	共同開発（島津製作所）
21K03	FFU 制御ユニット Ver2
21K04	結晶生成用定電流電源改修・修理（第 1 次）
21K05	WAN-WAN 基本モジュール（オリジナル版：第 1 次）
21K06	実験室ステージパワーユニット等配線
21K07	Detecting zero-cross and Pulse generator
21K08	RHEED コントローラ コンデンサ交換
21K09	電源スイッチャー
21K10	LockinAmp 用周波数ミキサ
21L01	定電流電源 V2
21L02	ステージ用電源ケーブル入換
21L03	WAN-WAN 基本モジュール（オリジナル版：第 2 次）
21L04	HV アンプ（高圧）

2021 年　工作依頼リスト

リソグラフィグループ（25 件）

伝票番号	品名
21B01	対称ナノ構造（レジストまで）
21C01	抵抗測定用デバイスの製作（EB）
21C02	抵抗測定用デバイスの製作（フォトリソ）
21C03	石英基板への電極パターニング
21D01	シリコンウェハー切断
21D02	マスク作製
21D03	微小サンプル合成パック
21D04	重ね合わせ描画のテスト
21E02	シリコンウェハのピラニア洗浄
21F01	分光計測用微細構造試料 ［写真］
21F02	マイカ基板上金蒸着薄膜
21F03	CYTOP へのマイクロドットパターニング ［写真］
21F04	金属膜 / マイカ基板へのタンパク質スピンコート
21F05	マイクロ電解流路一式
21G02	マイカ基板 Au スパッタ
21H01	顕微鏡デモ用 CYTOP パターン作製
21I01	Flat Jet Chip ［写真］
21J01	マイクロ流路 ［写真］
21J02	透明板の厚さおよび段差測定
21J03	小型金ナノ構造体作製
21J04	透明板への Al スパッタ成膜
21K01	Flat Jet Chip Ver.2
21K02	PDMS 成型
21L01	角度デバイス用メッシュ
21L02	Ti テストパターン

Annual Report 2021
－定年退職記念－

水谷　伸雄

ありがとうございました

2021 年 3 月 31 日を持ちまして分子研を定年退職いたしました。42 年の長きにわたり大変お世話になりました。
引き続き特定契約職員として現在も装置開発室に所属しておりますので、今後ともよろしくお願い申し上げます。

この場をお借りして

執筆にあたり“定年退職記念”という題目をいただきました。何をどう“記念”するのか良くわかりませんが、ペンをとらせていただきます。

42 年もの間たった一つの部所に居座り続けた職員は岡崎3機関を見てもそうそう居ないと思います。だからといって分子研の歴史を語れるほどの見識もありません。それらの詳細については、先生方の業績や分子研 HP 各出版物から辿っていただくとして、私事で恐縮ですが思いつくままの昔話に少しだけお付き合い願います。

分子科学研究所

愛知県立半田工業高校機械科卒業後の 1979（昭和 54）年 4 月、分子科学研究所 管理局 技術課に文部技官として採用されました。創設 5 年目の研究所で技術課は管理局（現：事務センター）の一部であり忘年会も合同で行われていました。当時の建物は、管理棟、研究棟、実験棟、付属 4 棟が出来て間もない時期で、広大な敷地には旧愛知教育大学時代の名残が所々に残っていました。

当時の技術課長の高橋重敏氏は、国内最初の教室系技術組織として設置された「技術課」の初代課長として名古屋大学理学部より赴任された方で、「技術者は研究者と対等に議論をして第一級の装置を製作する」と言う理念のもと、技術の向上はもとより、装置製作を依頼する研究者を講師としての勉強会が頻繁に行われました。これにより、研究者側は、作るべき装置を再認識する機会となり、技術者側は、より効果的で無駄のない装置作りに貢献できたと思います。もちろん、高橋氏の機械工作、ガラス工作の技術力がずば抜けていたことは言うに及びません。

研究所における技術組織の重要性は、分子研創設準備室室長で第三代所長井口洋夫先生の「教官、技官、事務官は、3 本足の鼎である」の言葉からも明らかであり、創設時には研究者と引けを取らないほどの人数の技官を擁していました。そして、この「技術課」を実現させるにあたり文部省との間で相当なご苦労があったとも伺っています。もしかしたら、技術者組織なくして分子研の創設は考えられなかったのかも知れません。

面接試験そして最初の業務命令

分子研採用時の面接試験で高橋技術課長より、「ここにある工作機械を自由に使って良いから、君なら何を作りたいか？」との問いに「卒業課題で設計した手巻きウインチを製作したい」と答えたものの、そんな模範解答は一蹴され「鉄道模型が作りたい」と言う本音が採用につながったようです。後日、採用決定の通知を受け、国家公務員としての安定した生活と、自由に工作室が使える楽しさに心躍りましたが、それはすぐに打ち砕かれました。

私は勉強が嫌いで就職の道を選んだのですが、分子研採用と同時に命ぜられたのは夜間大学への進学でした。もちろん言われてすぐその年に受験に合格する学力もなく翌年名城大学に入学したのですが、夜学といえども私の実力で合格したとは思えず分子研から何かしらの口添えでもあったのではないかと思えるくらいです。

図らずも大学進学を命ぜられましたが、夜間大学ではいろいろな職種のクラスメイトとの交流があり装置開発室業務に役立ったことも多々ありました。

技術研究会、人事交流

「技術者は、研究者と対等に議論をして第一級の装置を製作する」これは単なるスローガンではなく、「技術研究会」という名の会合が、それまで行われていた名古屋大学との勉強会と平行する形で始まっていました。

高橋課長が先頭に立ち、岡田氏鈴井氏（機械工作）を従え、早川氏（回路工作）永田氏（ガラス工作）らを供として運営され、後に全国の大学機関へと浸透して行きました。この働きは、当時の閉鎖的環境とも言われていた大学の研究室で閉じこもりがちな技術者を広く世間に解放し、互いの技術向上をもって日本の基礎研究の底上げと待遇改善を狙う意味があったようです。高橋氏を頭とするメンバー構成が水戸黄門御一行に見えていたのは私だけでしょうか。

課長の代が変わっても、技術職員の受入研修や人事交流の実施に始まり今では産学連携共同開発事業へと展開していることは関係各位の努力の結果だと思います。私自身は、人事交流の機会はありませんでしたが、全国の技術職員が各自の持ち場にしっかりと腰を据えつつ技術交流の機会が増えることを期待しています。

リバーシブル

話は変わりますが、写真 1 にあるのは「三河 . 岡崎の情報誌リバーシブル」です。1983 年 8 月号の特集で 33 ページにわたり“科学の城” 岡崎国立研究機構として分子研が紹介されています。この中では、井口先生をはじめとする多くの先生方へのインタビューや、女性科学者、外国人科学者といった切り口で研究内容についてわかりやすく紹介されました。また、装置開発室や UVSOR、野球チーム（機構リーグ）も取り上げられ、この情報誌により、広く岡崎市民に研究所の存在意義が伝えられたと思います。何を隠そう私自身もこの記事を通して各研究室の研究内容を再確認した一人です。それにしても研究所の方々のオン - オフの切り替えの速さには敬服いたします。

写真 1：三河 . 岡崎の情報誌リバーシブル

写真撮影

今日まで装置開発室で機械工作を主な業務として勤めて来ましたが、岡崎 3 機関の中には私の所属（業務内容）を写真撮影と勘違いされていた方も多かったみたいです。

高校時代から写真撮影や現像処理をしていたこともあり、早くから写真撮影の機会を与えられました。技術研究会の記録写真から始まり分子研コロキウムや国際的な学会、実験装置撮影、分子研要覧のグループ写真、教授会集合写真などを通して多くの皆様に顔を覚えていただきました。それに加えて、研究室の実験装置をまじまじと拝見（撮影）させていただくことで装置の基本構成を教えていただき、コロキウムや学会に同席させていただくことでおぼろげにも研究の目的を学ぶことができました。このことは、装置開発室業務をするにあたり大変役に立ったと感謝しています。

私にとっての岡崎明大寺

写真 2 は、この地が愛知教育大学（愛教大）だった頃に守衛室横で撮影されたものです。愛教大時代の守衛室は分子研創設後もしばらく使用されていましたので、この写真の建物も分子研創設時に使われていた物かも知れません。ちなみにこの写真の男性は山口貞市と言い私の祖父です。定年まで愛教大の守衛として勤めていました。共に愛教大の職員で後に分子研の公用車の運転手をされていた都築重次氏は、就職したての私を見て「守衛さんに似た子が入ってきたなぁ」と思ったそうです。後になってその理由が分かったのですが、そのおかげもあり都築氏には何かと可愛がっていただきました。

私は、静岡の山奥で生まれましたが、もとを辿れば両親とも岡崎の出身です。岡崎市立三島小学校に通い、中学、高校時代は半田市で過ごしましたが、就職で分子研にお世話になりました。どうやら私は、岡崎明大寺の地から逃れられないようです。

写真 2：愛教大時代の守衛室

今になって思えば

装置開発室の仕事は、依頼者の図面に従って機械工作をしていれば良いという面接試験での印象は脆くも崩れ去り、最も苦手な科学の世界に足を踏み入れてしまった私が定年まで勤め続けることができたのは皆様のご指導と忍耐があってのことと感謝いたします。

管理部、後に管理局（現：事務センター）の一部として始まった技術課はその後独立し、今年度からは技術推進部へと発展しました。この流れの中で日本の学術研究の第一線にある分子研に多少なりとも関わらせて頂けたのは大きな喜びです。

分子研の歴史を見ますと 1961 年に「研究所設立の準備のための初会合」が持たれたとあります。私はこの年に生まれました。もちろん比べる様な事ではないのですが、その後 18 才で就職し 60 才の定年退職まで人事交流などで外部に出されることもなく装置開発室一筋で勤め続けたのは、私にとって終身雇用ならぬ終身刑だった様に思える時もあります。現在は、再雇用で毎年更新の身分になっていますが、この先の勤務が無期懲役にならない様に、現行スタッフの活躍に目を細めつつ去り際を定めたいと思います。

長い間ありがとうございました。そして、しばらくの間よろしくお願いいたします。

装置開発室　Annual Report 2021

2022 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