

名古屋大学工学研究科・工学部

技術部

# 技報

Vol.26

2024年3月

## 名古屋大学工学研究科・工学部「技報」Vol.26 表紙説明

表紙の題字は、平成9年度まで発行していた「名古屋大学工学部技術部職員研修技術発表報告集」の発刊内容変更に伴い、平成10年度から名称を改め、「技報」としました。その当時、名古屋大学工学部・工学研究科長兼技術部長でありました稲垣康善 教授にお願いし、揮毫いただいたものであります。

## 序 文

歴史を紐解くと、「科学」と「技術」は相補的に発展してきました。科学が進歩したことで技術が発展したケースもあれば、技術が進歩したことで科学が発展したケースもあります。「科学」と「技術」は互いに切磋琢磨して共に進歩してきました。

私が理化学研究所に在職していた研究室には研究者と技術者が居られ、一緒になって研究を行っていました。その時、技術者の方々にたくさんのことを教えていただき、そのスキルがその後の研究にも大いに役立っています。

平成16年度に各部局にあった技術部を集約し、「全学技術センター」として発足し、技術職員の育成とより密な連携を目的に平成29年に技術分野(情報通信、環境安全、装置開発、計測・制御、分析・物質、生物・生体)毎に6支援室体制に改組され現在に至っています。全学技術センターのミッションは、部局からの要請に基づき技術職員の派遣または配置するとともに依頼に応じて支援業務を行うこととなっています。人員削減により教員以上に技術職員が削られている中、名古屋大学は「ものづくり・コトづくり」の重要性から、重点分野毎に研究への技術支援体制を整えており、研究の現場に技術職員を派遣することで若手研究者・学生への技術的支援のみならず教育的効果として技術的スキルを伝えることにより若手研究者や学生が成長しアカデミア・産業界に優秀な人財を輩出することが可能となります。逆に、科学研究の高いレベルの要求により、技術職員のレベルアップにつながります。研究現場における研究者・技術者の連携は双方にとって切磋琢磨できる貴重な経験であり財産となります。

この「技報」は、令和5年度における工学研究科・工学技術部に所属する技術職員が教育・研究の支援業務を通じて得られた成果並びに技術力向上を目的とした研修活動によって得られた成果をまとめたものです。ご一読いただき、ご意見等がございましたらご遠慮なくお寄せいただけましたら幸いに存じます。工学技術部では、今後も教育・研究の現場への派遣による支援活動を通して得られた経験・技術力のレベルアップにより科学の発展と人材育成に貢献するとともに社会貢献活動にも積極的に取り組んでまいります。

皆様方におかれましては、今後も工学技術部へのご理解並びにご支援・ご協力を賜りますようお願い申し上げます。

工学研究科副研究科長・工学技術部長 尾上 順

## 「技報」の発刊に寄せて

令和5年度(2023年-2024年)は、新型コロナウイルスが5類感染症になり罹患者も周りでは少なく見受けられ、普段通りの活動になり始めました。名古屋大学でも、感染に気を配りながら、業務を職場仕事と共にテレワーク等ITを活用して遂行しております。

名古屋大学が昨年度に発表したNextビジョン2027において世界と伍する研究大学を目指し4つの戦略を進めています。教育・人材育成, 研究・価値創造, 社会連携・産学連携, 国際展開であり、その内容などをみますと技術職員の問題ともリンクしていると感じています。今後このような戦略の下で進むと考えていますので、大学の動向を注視しながら技術部の運営を進めていきます。

東海国立大学機構の動きとしましては、昨年に引き続き統括技術センターとしての会議が定期的に行われています。東海国立大学機構技術発表会では今年度は名古屋大学を会場として統一開催を予定していて、次年度以降は会場を岐阜大学と交互に行う予定となっています。名古屋大学技術職員研修(装置開発コース)や中部大学との交流でも岐阜大学からの参加があり、研修を通して相互に交流を進めています。また、令和3年度に採択されました先端研究基盤共用促進事業(コアファシリティ構築支援プログラム)は3年目となり中間報告をまとめて提出、東海国立大学機構設備・機器共用システムへのさらなる登録や認証の拡充、コアファシリティ関連の情報発信、技術職員の人材育成等も行われています。

工学研究科・工学部技術部組織としましては、令和5年度東海北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修(機械コース)への出張や名古屋大学で開催された複合領域コースの開催と、2023年度機器・分析研究会等への出席がありました。また、今年度の特別講演会および技術部研修報告会の開催を会場とWebでのハイブリッド開催で出来たことはコロナ後を感じました。研修や研究会等が対面で開催され始めて、参加者が他大学の職員との交流ができたことは喜ばしいことです。

技術職員はどのような状況下でも、研修、研鑽、資格取得等、日々において技術力の向上を怠ってはならないと考えています。工学研究科・工学部技術部は、今後も各々の技術力向上に重きをおき、工学部・工学研究科はもとより名古屋大学全体または東海国立大学機構全体への技術的貢献を果たしていきます。

本「技報」は、工学研究科・工学部技術部内の令和5年度における技術報告をはじめとする様々な活動をまとめたものです。ご高覧頂ければ幸いに存じます。なお、本誌の発刊にあたり、多大なご尽力とご支援を頂きました工学研究科長、副研究科長、教員、事務職員、そして関係者の方々には、ここに心より厚くお礼申し上げます。

今後とも、皆様方には、工学研究科・工学部技術部にご厚意を賜りたく何卒宜しく願い申し上げます。

令和6年1月26日

工学研究科・工学部技術部 技術長 白木 尚康  
(全学技術センター 装置開発技術支援室 室長補佐)  
(東海国立大学機構 統括技術センター 装置開発技術支援室 室長補佐)

## 目次

序文	工学技術部 技術部長	尾上 順
「技報」の発刊に寄せて	工学技術部 技術長	白木 尚康

### I. 令和5年度 技術部技術研修会

(技術系研修発表)

1. 「Web API を使用した web アプリケーションの開発」	1
小林聖奈、伊藤大作、牧野 輝、島田啓史、中村成美、吉本 翼、石垣 佐、 太田芳博、藤原富未治	
2. 「工学部における呼吸用保護具のフィットテスト実施の検討」	7
後藤光裕、松浪有高、河内哲史、舟橋 朋、小田哲史	
3. 「新人職員の育成および先輩職員の指導力向上を目的とした人材育成研修」	11
松本大輔、藤村太磯、渡邊雄亮、後藤伸太郎、森木義隆、長谷川達郎、磯谷俊史	
4. 「走査電子顕微鏡用の各種断面試料加工方法の比較評価」	18
樋口公孝、神野貴昭、伊藤広樹、林 育生、都築賢太郎、森野慎一	

(個別研修発表)

1. 「WPA2 に対する攻撃と WPA3-Enterprise 192-bit mode」	26
石垣 佐	
2. 「React Native を用いたモバイルアプリケーションの開発」	34
伊藤大作	
3. 「FARM Stack を用いた Web アプリケーションの開発」	40
吉本 翼	
4. 「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上」	47
森木義隆、川崎竜馬、後藤伸太郎、岡本久和	
5. 「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上と評価」	53
川崎竜馬、森木義隆、後藤伸太郎、岡本久和	

### II. 研究会等への投稿論文

1. 2023 年度機器・分析技術研究会参加報告	59
鳥居 実恵	

### III. 全学技術センター関連

(技術職員研修)

1. 令和5年度名古屋大学技術職員研修（装置開発コース）受講報告	61
藤村太磯、松本大輔	
2. 令和5年度東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（機械コース）参加報告	63
坂井優斗、花田洋樹	

#### IV. 学外研修・交流

1. 生体系 NMR 及び NMR&MS 相互活用講習会 参加報告 ..... 65  
鳥居実恵

(令和 5 年度技術研究会：高エネルギー加速器研究機構)

1. EI 創発工学館新設に伴う実験実習工場ガラス加工室の移設について ..... 67  
森木義隆
2. 切削加工音のハーモニクス合成音による作業現場の騒音環境改善 ..... 71  
SD 法による音響心理の調査 (第 2 報)  
長谷川達郎

(令和 5 年度実験・実習技術研究会)

1. ボールエンドミルの工具姿勢が切削力と表面創生に与える影響 ..... 81  
長谷川達郎

#### V. 技術部公開講座

##### 創造工学センター公開講座

1. 令和 5 年度 創造工学センターものづくり公開講座 ..... 85  
中木村 雅史、森木義隆、真野篤史、後藤伸太郎、山本浩治

#### VI. 技術部だより

##### 1.活動報告

- 1) 令和 5 年度 工学技術部活動報告 ..... 87
- 2) 令和 5 年度 情報通信技術系活動報 ..... 89
- 3) 令和 5 年度 環境安全技術系活動報告 ..... 93
- 4) 令和 5 年度 装置開発技術系活動報告 ..... 95
- 5) 令和 5 年度 分析・物質技術系活動報告 ..... 99
- 6) 令和 5 年度 計測・制御技術系活動報告 ..... 101

##### 2.研修会等報告

- 1) 令和 5 年度 技術部特別講演会および研修報告会報告 ..... 105

##### 3.講習会報告

- 1) 令和 5 年度 情報通信技術系講習会報告 ..... 108
- 2) 令和 5 年度 環境安全技術系講習会報告 ..... 109
- 3) 令和 5 年度 装置開発技術系講習会報告 ..... 111
- 4) 令和 5 年度 分析・物質技術系講習会報告 ..... 113

編集後記 ..... 114

# 技術部 技術研修会

技術系研修発表

個別研修発表





# Web API を使用した Web アプリケーションの開発

小林聖奈、伊藤大作、牧野輝、島田啓史、中村成美、吉本 翼、石垣 佐、  
太田芳博、藤原富未治

工学研究科・工学部技術部 情報通信技術系

## 1. はじめに

API (Application Programming Interface) は、システムやアプリケーションが持つデータを他のプログラムで利用可能にするためのインタフェースである。データを保持するシステムの開発時に API を実装しておくことで、API を通じて得られるデータを用いた別のシステムを開発することが可能になる。一般的に、API が返すデータは加工が容易な JSON 形式や XML 形式で提供されるため、異なるシステム間のデータ連携が容易である。また、別システムを小規模なシステムとして構築することで開発にかかる時間を短縮することができ、システム運用開始後のアップグレードやリプレース時の作業コストの削減も期待できる。

今年度、情報通信技術系では API について学習し、API の使用と設計方法の習得を目的とした研修を行った。その内容について報告する。

## 2. 研修の流れ

API の中でも、HTTP プロトコルを利用してネットワーク越しに呼び出す API を Web API と呼ぶ。本研修では、まず書籍[1]を用いて Web API の基本的な概念を学んだ。次に、既存の外部サービスで実装されている Web API に対して、PHP、Python、JavaScript、Dart などのプログラム言語を用いてアクセスすることで、Web API の利用方法について学習を行ったのち、Web API を実装する際のシステム設計について学習した。研修で得た知識を活かして Web API を実装したシステムの試作を行った。作成したシステムの Web API に対し、Vue3 と TypeScript を用いてデータを取得し、Web ブラウザに表示するアプリケーションを構築した。第 2 章では、本研修で行った一つの例として、Slack API を使用した Web API の利用方法について述べ、第 3 章では PHP の Web フレームワークである Laravel を用いた Web API の実装と Web API にアクセスするフロントエンドシステムについて述べる。

## 3. 外部サービスの API

システムやサービスに組み込むために独自に用意する必要のあったさまざまな機能が、Web API を通じて利用可能な単体のサービスとして提供されている。こうしたサービスを利用することで、開発にかかる時間や保守の手間を考えると自前で運用するよりもコストを削減することができる。

外部サービスの API を利用するメリットの一つとして、様々な言語に対応したパッケージが提供されていることが挙げられる。使い慣れた言語で手軽に API を利用できるため、API 学習のハードルが低くなり、効率的に新しい技術やサービスを取り入れやすくなる。

今回の研修では、Kintone、Instagram、Teams、Slack、LINE などのサービスの API を使用したり、政府統計や脆弱性対策情報などのデータの取得を行ったりした。本章では、Slack の API

を使用した際の詳細について説明する。

### 3.1. Slack API の利用

Slack とは、さまざまなアプリやサービスと連携させることができるチームコミュニケーションツールである。Slack にカスタムボットを作成することで、メッセージの送受信や、特定のトリガーに応じた処理、リアクションの操作など、多様な機能を使用することができる。

今回は Slack API を利用したボットを作成し、チャンネルにメッセージを投稿した。

### 3.2. ボットの作成

外部サービスの API を使用する場合、API のドキュメント[4]を参照して、必要なエンドポイントやパラメータを理解することが重要となる。そして、ボットの機能や応答をカスタマイズするために、イベントやアクションを処理するプログラムを作成する必要がある。

Slack のワークスペースの管理画面から新しく「bot-chan」という名前のアプリケーションを作成した。これに、ボットとして API を実行する際のスコープ「Bot Token Scopes」を設定した。アプリケーションをワークスペースにインストールすると、トークンが生成される。今回はボットとして API を実行するため「Bot User OAuth Token」のトークンが生成された。最後に、Slack で作成したアプリケーションをチャンネルに追加することでボットを作成することができた。

### 3.3. ボットからチャンネルへメッセージを投稿

ボット作成時に取得したトークンを使用して、Slack API のエンドポイントに対してリクエストを送り、メッセージの投稿などを行った。メッセージの投稿以外にも多様なメソッドがあり、これらはドキュメントにまとめられている[5]。以下に、メッセージを投稿 (POST) するためのエンドポイント (<https://slack.com/api/chat.postMessage>) に対して、トークン、投稿先のチャンネル ID、投稿するアカウント (bot 名)、投稿内容の文字列 ("Hello") を指定したコマンドの例を示す。

```
# curl -XPOST -d "token=トークン" -d "channel=チャンネル ID" -d "text=Hello" ¥¥  
-d "username=bot 名" "https://slack.com/api/chat.postMessage"
```

上記のコマンドを実行し、作成したボットから、指定したチャンネルに対して投稿した例を図 1 に示す。



図 1. ボットにメッセージを投稿させた例

## 4. API の設計

サービスに API を実装する際には、使いやすさ、拡張性、セキュリティなどを考慮した上で、エンドポイント、エラーハンドリング、使用する HTTP メソッドを検討して設計する必要がある。また、API にアクセスする際のセキュリティについては、事前 API キーの発行、トークンを使用したアクセス、OAuth で認証する方法などがある。

今回の研修では、PHP フレームワークである Laravel を使用して開発、運用している工学技術部の業務依頼システムに対し、API を実装しようと考えた。API を実装したサーバ環境について以下に示す。

- Rocky Linux8
- Laravel9
- PHP8.1

### 4.1. Laravel の API 認証

Laravel には Laravel Sanctum と Laravel Passport の 2 種類の認証パッケージがあり [6]、それぞれ異なる利点がある。以下にそれぞれの特徴と違いを説明する。

#### 1) Laravel Sanctum

Laravel Sanctum は、SPA (Single Page Application) やモバイルアプリなどのクライアントサイドアプリケーション向けのシンプルな認証パッケージである。セッションベースの認証を使用してトークンを生成し、それをクライアントに提供する。クライアントは、トークンを使用して API へのリクエストを認証する。

Laravel Sanctum は小規模なプロジェクトやクライアントサイドアプリケーションを実装する場合に適している。

#### 2) Laravel Passport

Laravel Passport は、OAuth 2.0 をサポートする堅牢な認証パッケージである。トークンベースの認証を使用してトークンを生成し、それをクライアントに提供する。OAuth 2.0 (Open Authorization 2.0) は、サードパーティアプリケーションに公開される API において認可を行うために用いられる認証システムである。サードパーティのアプリケーションとの連携を容易にし、API のセキュリティを強化するための機能を提供する。

Laravel Passport は比較的規模の大きいプロジェクトや API を使用する場合に適している。

Laravel Sanctum と Laravel Passport のどちらを選ぶかは、プロジェクトの要件と目標によって異なるが、今回はシンプルな API 認証を実装できる Laravel Sanctum を採用した。

### 4.2. API の実装

業務依頼システムに実装した、指定されたユーザ ID が受理している業務情報を返す API の設計を表 1 に示す。

API の実装には、まず Laravel Sanctum をインストールし、マイグレーションを行ってトークン保存用のテーブルをデータベース上に作成した。次に、API のリクエストを処理するコントローラを作成した。さらに、ルーティング機能を使用してトークン発行用のエンドポイントと API のエンドポイントを設定し、Middleware に Laravel Sanctum の設定を行った。

表 1. 業務情報を返す API の設計

HTTP メソッド	GET
エンドポイント	/api/v1/joblist/{user_id}
機能	ユーザ ID をもとに以下のデータを返す <ul style="list-style-type: none"> <li>・業務タイトル</li> <li>・受理番号</li> <li>・業務時間数</li> <li>・最終更新日</li> </ul>
ステータスコード	200 : 成功 404 : 認証失敗
応答形式	JSON

トークン発行用のエンドポイントへユーザの認証情報を含めたリクエストを送信し、認証が成功すると期限付きのトークンが発行される。発行されたトークンをリクエストヘッダに設定して API のエンドポイントへリクエストを送信すると、送られてきたトークンと保存されているトークンが一致するかのチェックと、有効期限のチェックが行われる。トークンに問題がなければそのまま処理を、問題がある場合は JSON 形式でエラーメッセージを返すように実装した。

API の実装が完了した後、エンドポイントが正しく機能しているかどうかを確認するため、Postman[7]というツールを使用してテストを行った。

作成したトークン発行用のエンドポイントに、パラメータとしてユーザ ID とパスワードを入力してリクエストを送信し、認証が成功すると期限付きのトークンが発行される。取得したトークンを Authorization ヘッダに埋め込み、エンドポイントへ GET リクエストを送信したところ、業務タイトル、受理番号、業務時間数、最終更新日のデータが JSON 形式で返された（図 2）。

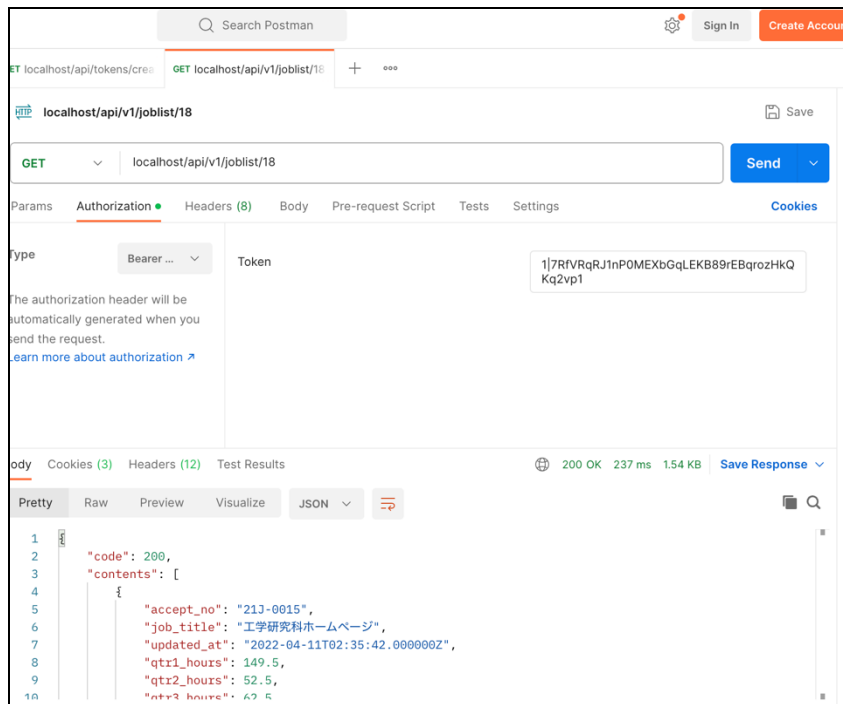


図 2. Postman でのテスト結果

### 4.3. フロントエンドシステムの作成

業務依頼システムに実装した API にアクセスし、得られたデータを表示するフロントエンドシステムを別サーバに構築した。開発環境を以下に記述する。

- Rocky Linux8
- Node.js18
- TypeScript5
- Vue.js3

フロントエンドシステムの開発には TypeScript および TypeScript フレームワークの Vue.js3 を使用した。TypeScript は、JavaScript に静的型付けやクラスベースのオブジェクト指向プログラミングなどを追加し拡張された言語であり、静的型付けをサポートすることでコードの型安全性を向上させ、コンパイル時にエラーを検出することができる。また、フロントエンドシステムで Vue.js のアプリケーションを実行するために、サーバサイドの JavaScript 実行環境である Node.js を使用した。

まず、サーバに Node.js をインストールし、Vue.js のプロジェクトを作成した。API からデータを取得する HTTP リクエストを行うため、Axios という HTTP クライアントライブラリを使用した。API リクエストを送信するメソッドを Vue.js のコンポーネントに実装し、Authorization ヘッダにトークンを含める処理を記述した（図 3）。

```
<script setup>
import { ref, onMounted } from "vue";
import axios from "axios";

//発行したアクセストークンを設定
const token = ref("トークン");
const items = ref([]);

onMounted(async () => {
  try {
    const response = await axios.get("http://localhost/api/v1/joblist/ユーザID", {
      headers: {
        "Content-type": "application/json",
        Authorization: "Bearer " + token.value,
        //Authorizationヘッダにトークンを含める
      },
    });
    items.value = response.data.contents;
  } catch (error) {
    if (axios.isAxiosError(error) && error.response) {
      const { status } = error.response;
      if (status === 401) {
        console.error("メールアドレスまたはパスワードが違います", error);
      } else {
        console.error("システムエラー", error);
      }
    }
    console.log(token.value);
  }
});
</script>
```

図 3. 実装した Vue.js のコンポーネント

Vue.js のアプリケーションを実行し、Web ブラウザでフロントエンドの URL へアクセスすると、取得した API データを表示することができた（図 4）。

業務名	更新日	4~6月	7~9月	10月~12月	1~3月
工学研究科ホームページ	2022-04-11T02:35:42.000000Z	149.5	52.5	62.5	62.5
工学サーバの受験生応援サイト及び工学支援事業(特定基金)サイトの管理	2022-04-11T02:35:42.000000Z	144	1	4	4
工学サーバ(www.engg) の受験生応援サイトと及び特定基金(工学支援事業)サイトの管理	2022-11-30T15:00:00.000000Z	1	5.5	2	2
工学研究科ホームページ	2023-01-04T06:19:10.000000Z	76.5	79.5	37.5	37.5

図 4. 表示させた API データ

## 5. まとめ

研修を通して、Web API の仕様や設計について学ぶことができた。また、フロントエンドのシステムに API を組み込む方法についても学び、Laravel や Vue.js を使用して API からデータを取得し表示する Web アプリケーションを作成することができた。

異なるシステム間のデータ連携や外部サービスの API を活用することで業務効率化を実現することができると実感した。本研修を通して学んだことを活かし、今後の日常業務に役立てたいと考える。

## 6. 参考文献

- [1]水野 貴明, 「Web API: The Good Parts」, オーム社, (2014)
- [2]Ben Rady, 「サーバーレスシングルページアプリケーション —S3、AWS Lambda、API Gateway、DynamoDB、Cognito で構築するスケーラブルな Web サービス」, オーム社, (2017)
- [3]Corey Ball, 「ハッキング API —Web API を攻撃から守るためのテスト技法」, オーム社, (2023)
- [4]「Slack API ドキュメント」, (最終確認日 2024/01/25)  
<https://api.slack.com/lang/ja-jp>
- [5]「Slack Web API methods」, (最終確認日 2024/01/25)  
<https://api.slack.com/methods>
- [6]「Laravel ドキュメント」, (最終確認日 2024/01/25)  
<https://laravel.com/docs/10.x/authentication>
- [7]「Postman」, (最終確認日 2024/01/25)  
<https://www.postman.com/>

# 工学部における呼吸用保護具のフィットテスト実施の検討

後藤光裕、松浪有高、河内哲史、舟橋朋、小田哲史

工学研究科・工学技術部 環境安全技術系

## はじめに

令和3年度、特定化学物質障害予防規則の改正により、溶接ヒュームと塩基性酸化マンガンが新たに特定化学物質に加えられた。これにより、金属アーク溶接等作業を継続して屋内作業場で行う事業者は溶接ヒュームについて対応することが求められた。対応する事項ごとに経過措置が設けられており、令和3年度には溶接ヒュームの濃度の測定を実施することが求められた。工学研究科環境安全管理室では自前の測定体制を整備しこれに対応した。また、令和5年度からは濃度測定の結果により選定された呼吸用保護具について1年以内ごとに1回、呼吸用保護具のフィットテスト（以下「フィットテスト」とする）の実施が義務化されたことから、フィットテストの実施方法を検討することが急務であった。当室で実施体制を整えることができれば、溶接ヒュームの濃度の測定からフィットテストまで、溶接ヒュームに必要な対応を自前で完結することができる。そこで、今回は呼吸用保護具のフィットテスト実施方法、体制について検討を行ったので、その内容について報告する。

## 1. 工学部における溶接作業場の環境と呼吸用保護具の選定

令和3年度の報告<sup>[1]</sup>では、工学研究科での溶接作業場の溶接ヒュームの濃度の測定を実施した。測定結果はマンガン濃度  $0.016 \text{ mg/m}^3$  であり、要求防護係数は  $0.3$  であった。

前述の要求防護係数を上回る指定防護係数を有することと、粉じん障害防止規則に基づいて DS2 グレードの使い捨て式マスクを選定し、溶接ヒューム取扱い作業者に使用することを提言した。今回は選定された DS2 グレードの使い捨て式についてフィットテストを実施することとした。

## 2. フィットテストの実施方法

### 2-1 呼吸用保護具のフィットテストとは

面体を有する呼吸用保護具と着用者の顔面との間に隙間ができていないかを確認するテストであり、JIS T8150(2021)に沿って実施される必要がある。呼吸用保護具には全面形面体と半面形面体があり、フィットテストにより要求フィットファクタ以上の値を得ることで合格となる。面体ごとに要求フィットファクタは異なり、全面形面体が  $500$ 、半面形面体が  $100$  となっている。フィットファクタは、呼吸用保護具の外部の粉じん量を、内部の粉じん量で除した値で示される。半面形面体の場合のフィットファクタ  $100$  とは、呼吸用保護具の内部の粉じん量が外側の量に対し  $1\%$  ということになりそれを下回る漏れ率であれば合格となる。

### 2-2 定量的フィットテスト

定量的フィットテストはフィルタ（ろ過材、吸収缶等）からの透過がない状態で、面体の接顔部からの漏れ量を専用の装置を用いて数値として計測する方法である。<sup>[2]</sup>

また、定量的フィットテストには標準法と短縮法があり、標準法では7動作のフィットフ

ファクタを測定し合否判定を行うのに対して、短縮法では4動作のフィットファクタを測定して合否判定を行う。ただし、短縮法を用いることができるのは凝縮核カウンタ（CNC）方式のフィッティングテスターのみである。

### 2-3 定性的フィットテスト

定性的フィットテストは着用者が感覚（味覚、臭覚等）によって検知できてフィルタ（ろ過材、吸収缶等）を透過しない試験物質を用いて、面体を着用しているときに試験物質を感じるか否かを調べる方法である。<sup>[2]</sup>

定性的フィットテストは人の感覚で合否判定を行い、合格した場合にはフィットファクタ「100以上」となる。そのため、要求フィットファクタが500である全面形面体には適用することができない。

### 2-4 フィットテスト実施方法の選択

本報告では環境安全衛生管理室が保有する、柴田科学製労研式マスクフィッティングテスターMT-05U型（図1.）を用いて定量的フィットテストを実施することとした。定量的フィットテストであれば客観的な数値として結果が示されるため、フィットテストの実施者、被験者共にわかりやすいと考えたためである。なお、MT-05U型はCNC方式ではないため、標準法のフィットテストとなる。



図 1.マスクフィッティングテスターと粒子発生装置

### 2-5 フィットテスト実施者

フィットテストを実施するにあたり労働安全衛生法上制限はないが、フィットファクタの精度等を

確保するため十分な知識及び経験を有する者が実施する<sup>[3]</sup>ことが求められ、特定化学物質作業主任者、保護具着用管理責任者、作業環境測定士等の有資格者がフィットテストを実施することが望ましいとされている。著者は該当資格を有しているが、フィッティングテスターの使用方法等の知見が不足していたため、本報告に先立ち著者含め2名の技術職員がフィットテスト実施者養成研修を受講し、フィットテスト方法の知識、フィットテスト機器の準備及びその動作を観察する能力、フィットテストを実施する能力、フィットテスト不合格者の推定要因を見つける力等について知見や技術を習得した。

### 2-6 フィットテストの記録

フィットテストは次の項目を必ず記録する必要がある。フィットテストの実施日、被験者の氏名、フィットテストの合否及び総合的なフィットファクタ、最終的な判定における各動作のフィットファクタ又は各動作の漏れ率、最終的な合否判定までに行った改善の経緯、作業に使用する呼吸用保護具のメーカー名・型式（製品モデル名）・サイズ、フィットテスト実施者の氏名及び所属。これに加え、次の項目の記録を推奨している。試験に用いた計測装置のメーカー名・型式（製品モデル名）・シリアルナンバー、眼鏡・アクセサリ等の着用品（フィットテストの結果に影響を及ぼす可能性があるもの）、その他気が付いた事項。なお、記録用紙の書式は任意で測定結果は3年間保管することが義務付けられている。



### 3. 定量的フィットテスト（標準法）の実施と不合格者への対応

本報告で使用した柴田科学製労研式マスクフィッティングテスターMT-05U 型は検出器にパーティクルカウンタ方式を採用しており、マスク内外の粉じん粒子数を交互に計測しマスク内への漏れ込み度合い（漏れ率%）を測定するものがある。付属の粒子発生装置を使用することで環境中の測定対象粒子数を増やすことができるので、正確なフィットファクタを求めやすくすることができる。

マスクフィッティングテスターの操作方法は、機器を立ち上げ温度が安定した後にデリリーチェックモードにて測定環境と機器本体の状態をチェックし、その後フィットテストを実施する。ただし、環境中の測定対象粒子数を安定させるため、本体を起動する前に粒子発生装置を稼働させておく必要がある。

フィットテストを実施し不合格となった被験者は、マスクの着用方法の改善等をフィットテスト実施者と共に行い、再度フィットテストを実施した。不合格となった被験者のうち、マスクの変更を希望する者には当室が準備した DS2 グレードのマスクから選択し、フィットチェックモードで装着状況を確認してからフィットテストを実施した。また、特定の動作にてフィットファクタが著しく悪くなる被験者についてもフィットチェックモードを使用して特定動作中のマスクの漏れ場所等を特定しマスクの変更や装着方法の改善を行ってからフィットテストを実施した。

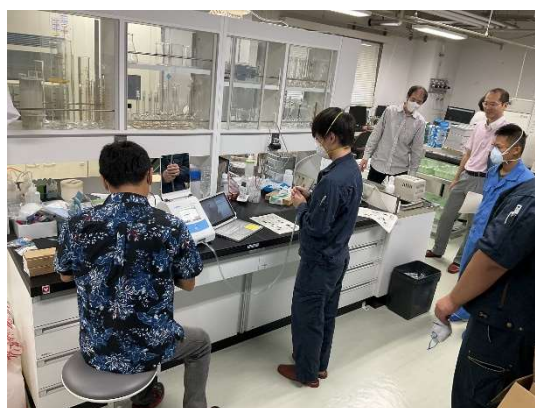


図 2.フィットテスト実施の様子

### 4. フィットテストの実施結果と考察

今回は工学部装置開発技術系の溶接ヒューム取扱作業を実施する技術職員 8 名に対しフィットテストを実施した。欠席者や不合格者の関係で、延べ 2 日間に及ぶ日程となった。

1 日目は 7 名の技術職員がフィットテストを受験し、実施時間 3 時間 25 分、フィットテスト延べ実施回数 17 回、最小受験回数 1 回、最大受験回数 6 回（合格せず）という結果となった。2 日目は 1 日目欠席者および不合格者の 2 名がフィットテストを受験し、実施時間 55 分、フィットテスト延べ実施回数 4 回、最小受験回数 1 回、最大受験回数 3 回という結果となった。2 日間のフィットテストにより工学部における溶接ヒューム取扱作業者は全員合格することができた。

フィットテスト不合格者への着用方法指導で、再度のフィットテストに合格することができた被験者が多かったことから、これまで適切にマスクを着用できていないケースが多いことがわかった。フィットテストの最初の動作（通常の呼吸）でフィットファクタが 100 に満たない場合には、以降の動作でフィットファクタが改善することは見込めないため、早期にフィット

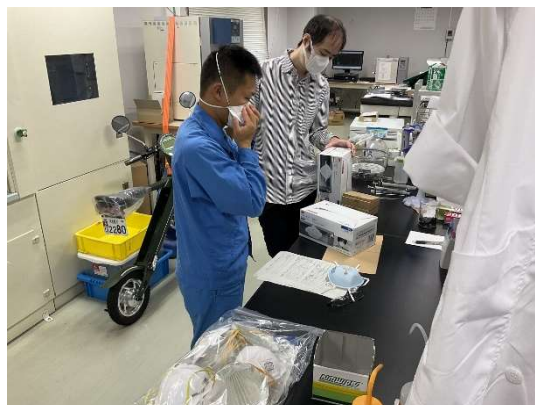


図 3.マスク着用方法指導の様子

テストを中断し、着用方法の改善へマスクの変更を行うことがフィットテスト全体の時間を短縮するために重要であることが分かった。今回のフィットテストを通じて、当室にてフィットテストを実施することが可能であることが分かった。実施体制としては、機器操作者1名のほか、マスク着用指導・選定者が2名程度いることが望ましいと考える。また、用意するDS2マスクは可能な限り多くの種類を取りそろえることが肝要であると感じた。

## 5. 謝辞

本報告の内容は工学技術部の研修の一環として実施しました。このような機会をいただきましたことお礼申し上げます。フィットテストには名古屋大学環境安全衛生管理室に用意していただいたマスクフィッティングテスターを使用させていただきました。多大なご協力をいただいた富田室長、林准教授、原田准教授、三品技師には感謝申し上げます。また、フィットテスト実施に際し、被験者として協力いただいた中西主席技師はじめ装置開発技術系の皆様に重ねてお礼申し上げます。

## 6. 参考文献

- [1] 後藤光裕.「工学研究科における溶接ヒュームの濃度の測定について」.名古屋大学工学研究科・工学部「技報」,Vol.24,2022,p7-10
- [2] 呼吸用保護具フィットテスト実施マニュアル等検討委員会.呼吸用保護具フィットテスト実施マニュアル第1版第1刷,2021,p1
- [3] 厚生労働省「フィットテスト実施者に対する教育の実施について」（基安化発第0406）  
<https://www.mhlw.go.jp/content/11300000/001144527.pdf>,2024.1.12
- [4] 厚生労働省「防じんマスク、防毒マスク及び電動ファン付き呼吸用保護具の選択、使用等について」（基安化発第0525第3号）
- [5] 日本工業規格 JIS T8150(2021)

# 新人職員の育成および先輩職員の指導力向上を目的とした

## 人材育成研修

松本大輔、藤村太磯、渡邊雄亮、後藤伸太郎、  
森木義隆、長谷川達郎、磯谷俊史  
工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

### 1. はじめに

令和5年4月に装置開発技術系は2名の新規採用職員が配属されたことにより、新人職員の育成および先輩職員の指導力向上を目的とした人材育成研修を実施した。本研修における教育目標である「装置の設計・製作に要する基礎力を身に着けること」に対し、次の3つの教育課程を修了することで新人職員の育成を図った。

STEP.1 組織理念の浸透

STEP.2 基礎知識・技能の習得

STEP.3 実務に近い実践経験

本稿では、本研修の実施内容と評価について報告する。

### 2. 研修項目

本研修では、教育内容を基礎知識・基礎技能・実践教育に分類し、主に9項目の教育を受けた。

表 1. 教育内容

教育内容	分類	教育担当者	実施期間
3D CAD	技能	後藤／理学-装置開発	1 週間
旋盤	技能	再雇用(ベテラン)職員	2 週間
フライス盤	技能	再雇用(ベテラン)職員	1 週間
溶接	知識・技能	中西・磯谷／外部	4 日間
電子回路	知識・技能	理学-装置開発	1 週間
打錠金型改善	実践	渡邊・長谷川	2 週間
ガラス加工	その他	森木	2 週間
改善活動	その他	渡邊	随時
依頼部品製作	技能	グループ員	随時

### 3. STEP.1 組織理念の浸透

本課程では、統括技術センターの組織理念を理解し、技術職員の活動目的を定着させることを目標とし、配属初日に講義を受けた。講義では特に、研究者にとって頼れるパートナーであり続けることを目指し、常に自己の使命と価値観を意識することが重要であると学んだ。8月に行われた中間報告において、組織理念を十分に理解し活動目的が定着しているとの評価を得ることができた。

#### 4. STEP.2 基礎知識・技能の習得

本課程では、専門分野の基礎知識と設計ソフト・工作機械などの基礎技能の習得を目標とし、講義・実習を受けた。本項では、次の4つについて報告する。

##### 4-1. 3D-CAD

##### 4-2. 旋盤・フライス盤

##### 4-3. 溶接

##### 4-4. 電子回路

##### 4-1. 3D-CAD

SolidWorks 認定試験 [上級] 資格をもつ先輩職員による指導のもと、[初級] 資格の取得を目標に、認定試験対策用の教材を用いて毎週 1 回 3 時間、計 9 回の勉強会に参加した(図 1, 2)。勉強会では様々な 3D モデル・アセンブリモデル(図 3)を作成することで基本的な設計手法を身に付けて、1 週間ほどの期間で SolidWorks 認定試験 [初級] に合格した(図 4)。

また、4-3 で後述する技術職員研修において、理学部装置開発技術支援室による構造解析について講義と実習を受講し、基礎的な解析手法についても学習した。



図 1. CAD 勉強会の様子

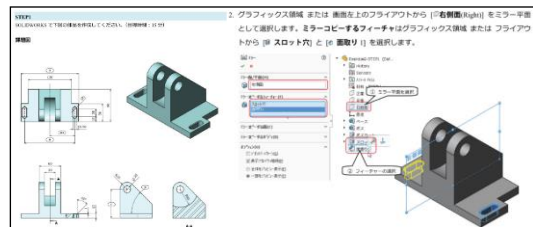


図 2. 認定試験対策テキストの内容例

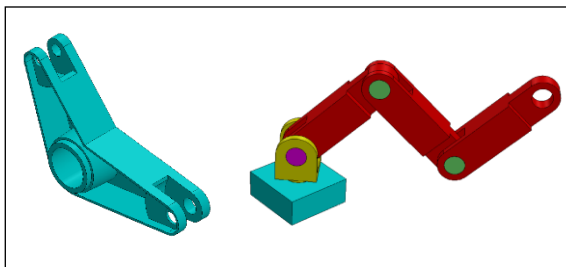


図 3. 作成した 3D モデル・アセンブリ



図 4. SolidWorks 認定試験 [初級] 認定証

##### 4-2. 旋盤・フライス盤

旋盤・フライス盤の基本的な加工方法の習得を目標に、技能検定 2 級の課題図面<sup>[1][2]</sup>を用いて段取り検討・反復練習によって目標達成を目指した。課題図面は表面粗さや寸法公差が指定され、基礎的な加工要素が集約されていることから、本教育の練習題材とした。

始めに、資料映像を視聴し段取りを検討した。加工手順や固定方法・工具や測定器の選定を行い、特に、旋盤課題は市販工具で加工が困難な部位に対して自作工具を製作した(図 5, 6)。

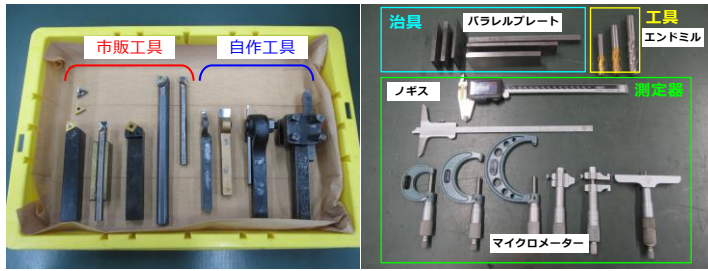


図 5. 選定した工具(左)と測定器・治具(右)



図 6. 自作工具の製作の様子

次に、再雇用職員の指導のもと、各部の単独加工からアルミ材料での全体製作の順に加工練習を行い、その課程で失敗を経験しながら注意点や適切な切削条件などを学習した(図 7, 8, 9, 10)。



図 7. 加工練習の様子



図 8. ねじ切り加工



図 9. チャックから脱落实破損

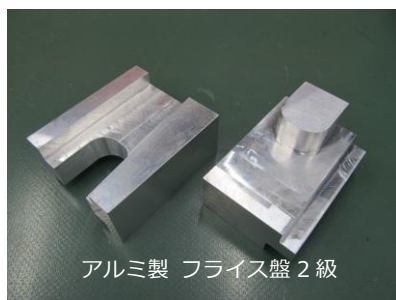


図 10. アルミ材料を用いた全体製作

最後に、これまでの学びを活かして指定の材料を用いて加工を行い、旋盤・フライス盤ともに指定の寸法精度で技能検定 2 級課題を製作した。旋盤課題は仕上げ加工を追求し、指定以上の表面粗さの実現にも挑戦した(図 11)。



図 11. フライス盤課題(左)、旋盤課題(中)、旋盤課題表面粗さ追求品(右)

#### 4-3. 溶接

本教育は、基本的な突合せ溶接技術の習得を目標とし、技能講習に参加し目標達成を目指した。初めに、住友建機教習所愛知教育センターにてアーク溶接特別教育を受講し、3日間の講義および実技教育により基礎知識と被覆アーク溶接の技能を学習した。

次に、環境安全技術支援室が実施するマスクフィットテストに参加し、溶接作業用防塵マスクの選定と適切な装着方法の教育を受講し、溶接の作業環境を整えた(図 12, 13)。

最後に、本年度の名古屋大学技術職員研修装置開発コースに参加し、溶接の基礎知識および TIG 溶接・焼け取りの技能講習を受けたことで、SUS 板の基本的な突合せ溶接を習得した(図 14)。その後は TIG 溶接を練習し、突合せ溶接で SUS 製の 1 斗缶傾斜スタンドを製作した(図 15)。



図 12. 被覆アーク溶接の様子<sup>[3]</sup>

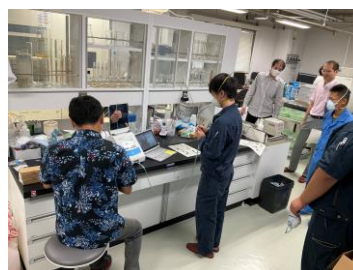


図 13. マスクフィットテストの様子

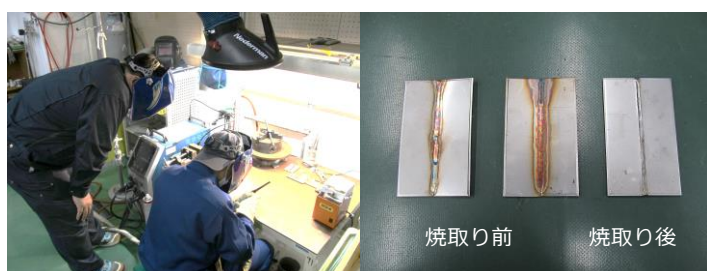


図 14. 溶接講習の様子(左)と製作物(右)



図 15. 一斗缶傾斜スタンド

#### 4-4. 電子回路

電気・電子・情報に関する技術開発に必要な基礎知識および技能の習得を目標に、理学部装置開発技術支援室の実習に参加した。5日間の実習のうち、前半2日間は電気の基礎と安全衛生や、電子回路の原理と制御盤設計について講義を受けた。後半3日間は、はんだづけから拡張基板への電子部品実装とマイコンプログラミングについての実習を行った(図 16, 17)。

実習最終日には、自作した拡張基板の LED をマイコン制御で点灯できる技術を習得した。

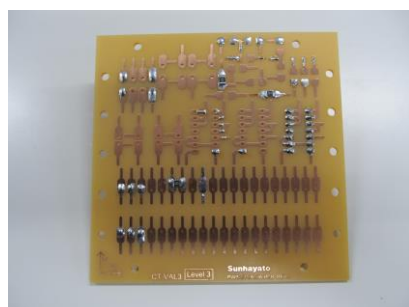


図 16. はんだづけ練習



図 17. 自作した拡張基板

### 5. STEP.3 実務に近い実践経験

本課程では、研究者の要求する装置開発を目標とし、依頼者との打合せから装置の仕様検討、設計製作を行った。本項では、打錠金型の不具合改善について報告する。

従来の打錠金型では、上部パンチにプレス圧力を加えて粉体を圧縮成型する際に、上部パンチの直径が膨張しダイとかじることで使用1回目に金型が損傷してしまい、成型した粉体の取り出しに失敗する問題点があった(図 18, 19, 20)。金型材料の硬さが不足していることが変形の原因と考え、対策として、熱処理による材料硬さの向上を検討した。

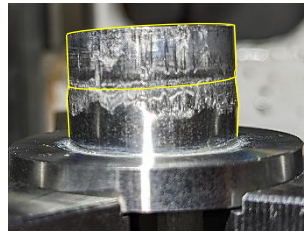
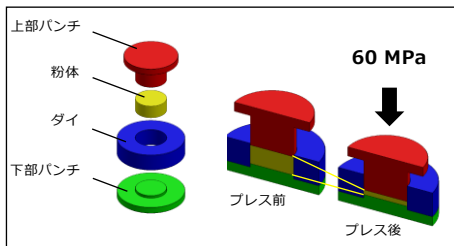


図 18. 打錠金型の構成とプレス前後状態 図 19. 損傷した上部パンチ 図 20. 粉体取り出し後

始めに、熱処理条件を検討するため、熱処理サンプルを作成し試作評価を行った。図 21 に示すように、電気炉で焼入れ・焼戻しをしたサンプルを研削しロックウェル硬さ試験機で評価した。硬さの測定結果を図 22 に示す。未処理では HRC 18 程度と低い結果に対し、熱処理を施すことで HRC 58~59 に向上することを確認した。この結果から、硬さを維持し焼き割れリスクの低い「油焼き入れ + 低温焼き戻し条件」を金型の熱処理条件に決定した。

新型の仕様は熱処理品とし、パンチのガイド部延長と受圧部の厚み増加により、従来の金型よりも硬くて変形に強く、金型の位置決め精度と剛性が向上する仕様に変更した(図 23, 24)。

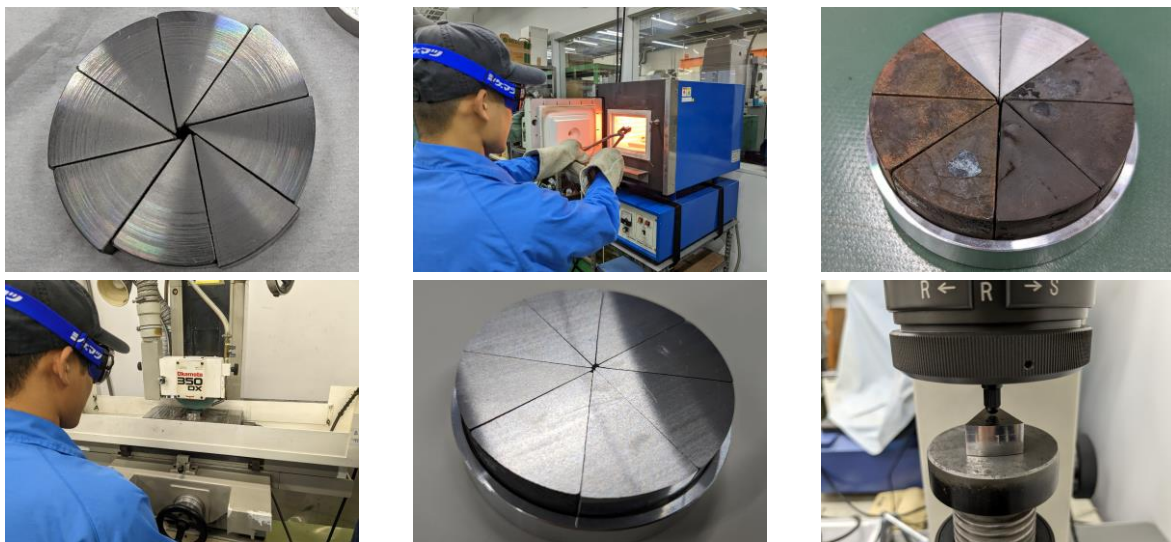
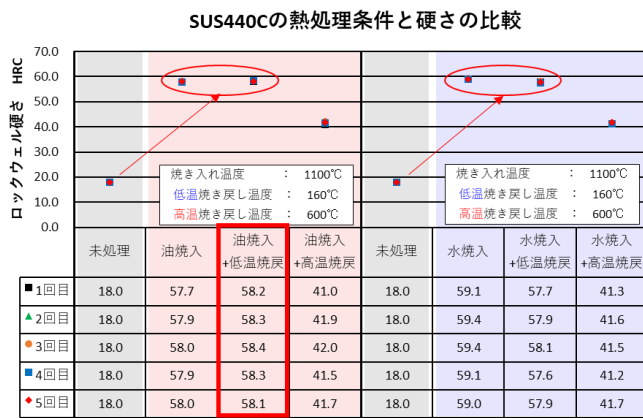
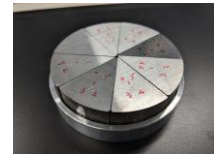


図.21 左上から時計周りに  
熱処理前・熱処理作業・熱処理後・  
研削作業・研削後・ロックウェル硬さ試験



HRB	材料名	
	A2017	銅材料
測定回数		
1回目	62.0	23.2
2回目	71.0	25.8
3回目	71.3	24.9
4回目	66.1	26.2
5回目	71.8	26.7



HRC	材料名		
	SUS304	SUS316	SUS440C 焼きなまし
測定回数			
1回目	2.2	5.1	16.0
2回目	2.1	5.7	17.5
3回目	1.9	3.5	17.0

HRC	材料名		
	S55C 油焼入 パラレルプレート	S55C 水焼入 パラレルプレート	SUS440C 油焼入 旧打錠機
測定回数			
1回目	35.5	55.4	56.8
2回目	28.5	54.9	57.4
3回目	26.2	55.0	57.2

図.22 熱処理条件とロックウェル硬さの比較(左) 材料による硬さの比較(右)

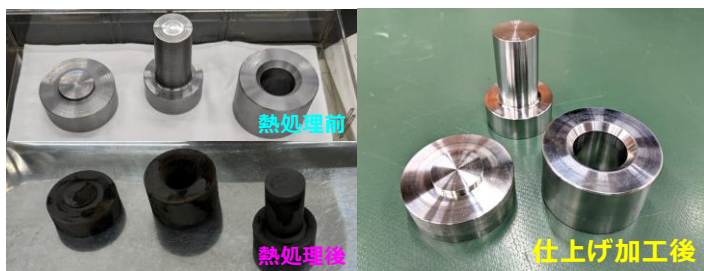


図 23. 熱処理前後と仕上げ加工後

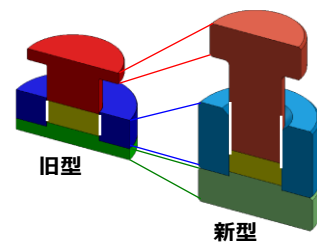


図 24. 金型形状の変更

新型の打錠金型でテストを実施した結果、3 ヶ月間使用し続けても変形・損傷はなく粉体成型状態も良好な結果が得られた(図 25, 26)。

これにより研究室から「実験が止まっていたが、再開することができた。金型の着脱がスムーズで粉体取り出し時のミスがなくなった」との評価を頂くことができ、打錠金型の不具合を改善したことで研究者の要望を満たす装置開発ができた。

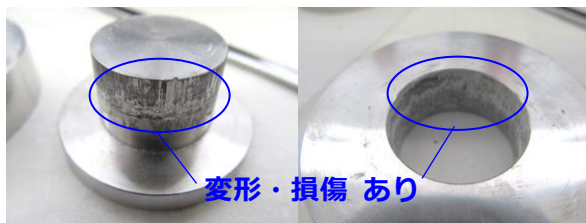


図 25. 旧型打錠機の使用 1 回後



図 26. 新型打錠機の使用 3 ヶ月後

## 6. その他の活動内容

内部の活動では、実験実習工場の移設に伴う環境整備として材料格納棚や工具ラックを自作し(図 27)、ガラス加工室の業務体験のため 2 週間のガラス加工実習に参加した(図 28)。また、依頼業務において 9 件の部品製作を実施し(図 29)、技術研鑽を目的に、過去にグループ員が製作した依頼品を 19 件製作し、技術力向上に努めた(図 30)。

外部の活動では、創造工学センターのものづくり公開講座に 2 回参加し(図 31)、第 2 回機械工作技術研究会では打錠金型の改善について口頭発表を行った(図 32)。





図 27. 上段左 自作した材料格納棚(左)と工具ラック(右)

図 28. 上段中 Y字管・丸フラスコ・蛇管とものづくり公開講座用のトンボ玉

図 29. 上段右 SUS 製溶接継ぎ合わせ部品、小径ねじ部品、各種樹脂部品など

図 30. 下段左 過去の依頼品 19 点を製作

図 31. 下段中 留学生向けものづくり公開講座の様子(7/10)

図 32. 下段右 約 50 名の技術職員の前で口頭発表をする様子 (静岡大学 浜松キャンパス)

## 7. おわりに

STEP.1 から STEP.3 のすべての教育課程を修了することで、装置の設計・製作に要する基礎力を身に付けることができ、本研修の教育目標を達成することができた。今後の展望として、研修で身に着けた基礎力をベースに技術研鑽を重ね、技術力向上を目指したい。

また、教育プログラムの企画をはじめ、各種工作機械・ソフトの操作方法、装置の仕様検討におけるアドバイスなど、多くの方々にサポートをして頂いた。このような機会を与えていただきました電気工学専攻吉田研究室および技術部装置開発技術支援室の皆様へ深く御礼申し上げます。

## 8. 参考文献

- [1] 中央職業能力開発協会技能検定試験問題公開サイト  
「【F07】機械加工（普通旋盤作業）（令和 4 年度随時）」  
<https://www.kentei.javada.or.jp/index.html> , 2023.1.25
- [2] 中央職業能力開発協会技能検定試験問題公開サイト  
「【F09】機械加工（フライス盤作業）（令和 4 年度随時）」  
<https://www.kentei.javada.or.jp/index.html> , 2023.1.25
- [3] 住友建機教習所愛知教育センター「アーク溶接特別教育」  
<https://www.sumitomokenki.co.jp/license/nagoya/reserve/course.html?id=1> , 2023.1.25

# 走査電子顕微鏡用の各種断面試料加工方法の比較評価

樋口公孝、神野貴昭、伊藤広樹、林育生、都築賢太郎、森野慎一  
工学研究科・工学技術部 分析・物質技術系

## 1. 背景と目的

工学研究科・工学技術部 分析・物質技術系の主要業務の一つが、試料の依頼観察・分析である。特に走査電子顕微鏡(SEM)に関する依頼は需要が多い。SEMは細く絞った電子ビームで試料上を走査して発生する各種信号を用いて主に試料表面の形状や組成に関する情報を得ることができる装置であり、さらに断面を露出させた試料を用いることで試料内部の情報を得ることも可能である。ただし、断面試料加工方法は多く存在し、依頼案件の条件(素材、サイズ感、必要なデータの種類、投入可能なリソースなど)によってどの手法が有効であるかは異なるとともに、加工による変形や不純物の混入等のリスクも存在するため適切に選択する必要がある。

このため、本研修では分析・物質技術系の有する各断面加工方法を複数種類の素材に適用して得られた断面をSEM観察することで各手法の長短所・適用性・有効性等を検証し、断面試料加工に関する総合的な指標を得ることを通して、業務効率や得られるデータの質向上を図った。

## 2. 研修の流れ

最初に研修参加者にこれまでの分析業務での断面観察の依頼・相談事例について聞き取りを行い、系における断面観察業務の現状を把握した。あわせて断面加工・観察に供すことのできる装置についても聞き取りを行い、系の所有するリソースについて把握した。

次に聞き取り結果を参考に試料を選定し、各参加者で分担して加工を実施しSEM観察を行った。観察に用いたSEMはJSM6610A(日本電子)およびJCM-6000plus(日本電子)である。試料や断面加工方法の詳細は後述する。また、一部の試料に関しては触針式段差膜厚計Alpha-Step IQ(KLA-Tencor)(以下、段差計)および共焦点レーザー顕微鏡OPTELCIS HYBRID+C3(レーザーテック)(以下、共焦点顕微鏡)も用いて表面粗さ等を評価しSEM観察結果と比較した。



図2-1. 本研修で用いた測定装置 (a)走査電子顕微鏡JSM-6610A (b)走査電子顕微鏡JCM-6000plus (c) 段差計Alpha-Step IQ (d) 共焦点顕微鏡OPTELCIS HYBRID+C3

なお、用いる試料の形状や加工方法次第で、試料に前加工を施す必要のある場合が多い。本研修では試料の安定性や取り回しの向上のために各試料を可視光硬化エポキシ樹脂 D-800(日本電子)に包埋し、ダイヤモンドワイヤーソー(メイワフォーシス)で後工程に供することができるサイズや位置となるよう切断した。

SEM 観察においては電子線照射による電荷蓄積に伴う異常コントラスト等の発生(チャージアップ現象)を抑制するために試料表面に導電性膜をコーティングすることが一般的である。本研修においても、基本的に SEM 観察前にカーボンコーター CADE-EMT(メイワフォーシス)を用いて蒸着により試料表面に 10nm 程度の導電性カーボン膜をコーティングした。

### 3. 断面加工方法

本研修では断面試料加工方法として、切断、マイクロトーム装置を用いたガラスナイフ切削、機械研磨、クロスセクションポリッシャー(CP)での Ar イオンミリングを比較した。それぞれの一般的な特徴としては以下のとおりである。

#### ○切断

手や工具を用いて試料を割ることで断面を露出させる方法。簡便で費用はかからないが、切断面が平滑にはなりにくいという問題がある。

#### ○マイクロトーム装置によるガラスナイフ切削

装置に試料とナイフを固定し、試料を繰り出して刃を滑らせて切り出す工程を繰り返すことで試料端面から徐々に断面を露出させる方法。柔らかい材料に適している。ナイフには荒加工用のガラスナイフと精密加工用のダイヤモンドナイフが良く用いられている。装置本体は高額だが、ガラスナイフを用いた場合、ランニングコストは安い。広い断面を作成することは難しく、5mm 角程度が現実的であるため比較的小さいサイズの試料のみ使用できる。

本研修では装置は EM UC7(ライカ)を使用し、切削にはガラスナイフを用いた。

#### ○機械研磨

研磨紙や研磨剤を用いて、回転台で試料表面を一定速度で研磨することで断面を作成する方法。他の方法に比べ使用できる試料のサイズや硬さ等の制限は少ないが、機械的な負荷が発生するため脆い試料は対策が必要になる場合がある他、研磨傷の発生や研磨剤のコンタミなども問題となる場合がある。

本研修ではダイヤラップ研磨機(マルトー)を使用し、研磨紙は #2000(JIS 規格で平均粒子径 8.9~7.1 $\mu$ m)、研磨剤は粒径 3.0 $\mu$ m および粒径 1.0 $\mu$ m のアルミナ懸濁液(バイコースキージャパン)をバフ研磨に用いた。

#### ○クロスセクションポリッシャー(CP)による Ar イオンミリング

重元素からなる遮蔽板で試料の観察対象箇所を保護した状態で Ar イオンビームを照射することで、遮蔽板からはみ出した部分のみをスパッタリング現象で削り断面を作成する方法。他の方法と比べ機械的な応力が発生せず、断面が崩れにくく傷も発生しないという利点があるが、加工時間が長い(数時間~数日)、得られる断面が狭い(1mm 四方程度)、ランニングコストが高い(遮蔽板\_7700 円/枚、2023.11 時点メーカー販売価格)といった問題がある。

本研修では IB-09020CP(日本電子)を使用した。

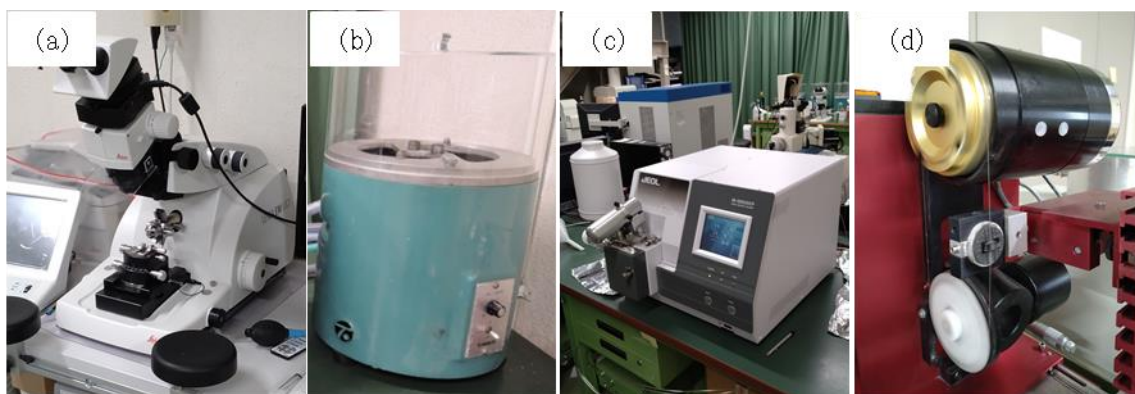


図2-2. 本研修で用いた加工装置 (a)マイクロトームEM UC7 (b)ダイヤモンド研磨機 (c)クロスセクションポリッシャーIB-09020CP (d)ダイヤモンドワイヤソー

#### 4. 試料

分析・物質技術系では幅広い研究分野の素材が観察対象として依頼される。そのため、本研修においても広い物性をカバーできるような試料を選択した。今回用いたのは以下の通り。

##### ○単結晶シリコン

分析系の通常業務において扱う頻度の多い最も基本的な試料として選択。

##### ○木材(スギ)

空隙が多く柔らかい試料の代表として選択。

##### ○シャープペンシルの芯

もろく崩れやすい試料の代表として選択。

##### ○アルマイト処理後のアルミ板

表面処理した金属材料で、表面は硬く内側は柔らかい。

硬軟2種類の金属の代表として選択。

##### ○積層セラミックコンデンサ

セラミックスと金属の層状構造で、セラミック部分に着目すると硬い材料、全体的には複合材料の代表として選択。

#### 5. 結果と考察

各加工方法で作成した各試料の断面について、平滑性や傷・コンタミの有無、加工による変形、像質等を SEM 画像から定性的に評価した。それぞれの結果を次に示す。

##### 5.1 単結晶シリコン

単結晶シリコンに関しては、マイクロトーム、機械研磨、CP を実施した。まず、マイクロトームに関しては用いたガラスナイフとシリコンの強度差から、ガラスナイフにすぐに刃こぼれが生じたため適用不可と判断した。次に機械研磨(研磨紙 #2000)によって作成した断面には無数の研磨傷が発生した(図 5-1(a))が、バフでの研磨剤研磨(粒径 3.0 $\mu$ m)をさらに実施することで、大半の傷が消えた(図 5-1(b))。また、CP での Ar ミリングによって作成した断面は傷がほとんど存在せず、研磨断面以上に綺麗な面が得られた(図 5-1(c))。ただし CP に要した時間は 15 時間であるのに対し研磨は研磨紙もバフ研磨もともに 5 分間以内で完了すること、作成できる断

面の面積は研磨の方がけた違いに広い(CPは1mm各程度、研磨は数cm角も可能)ことから研磨も一定の優位性がある。

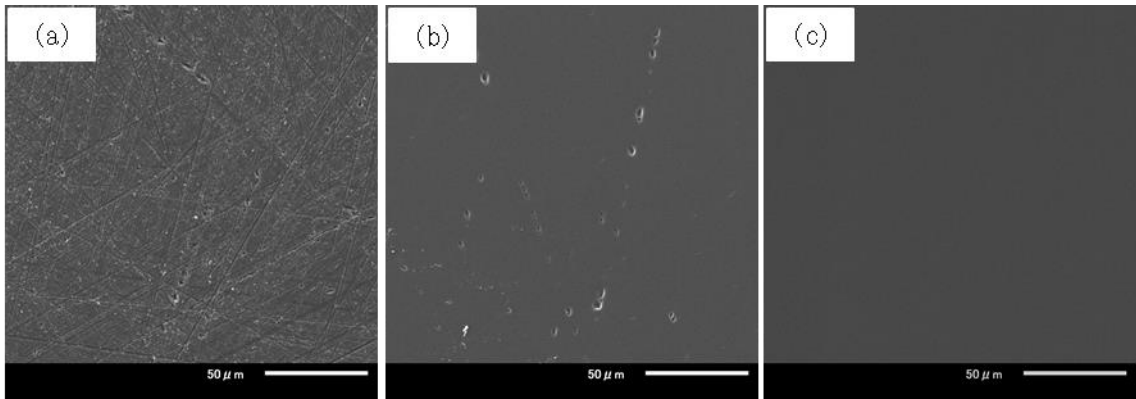


図5-1-1. 単結晶シリコンの各断面のSEM像 観察倍率500倍、二次電子像、各断面作成方法や条件は次の通り (a)研磨紙#2000 (b)研磨紙#2000→バフ研磨粒径3.0um (c)CP加工

以上のことから、Siに近い物性の試料の断面観察依頼を受けた際はまずはバフまで機械研磨を実施し、問題が生じた際にCPに移行するというのが業務効率的には高いと考える。

なお、研磨試料に関しては段差計および共焦点顕微鏡を用いて、表面粗さ(Ra)についても評価した。表面粗さ(Ra)はJIS規格で定義された指標の一つであり、表面形状を表す最も一般的なパラメータである。段差計は触針(先端半径2um程度)で試料表面をなぞり形状(凹凸の高さ)をセンサーで感知して記録する装置である。本研修では0.4um間隔で直線状に800um(計2000点)、秒速20umで走査して測定し、Raを求めた。共焦点顕微鏡は対物レンズの焦点位置と共役な位置(像位置)に円形の開口をもつピンホールを配置した光学系を有しており、焦点のあった位置(高さ)のみの光を検出することから高さ方向に分解能を有するため、立体情報を得ることができる顕微鏡である。本研修では150um四方の領域の凹凸情報を取得し、中心付近100um四方の領域のRaを求めた。用いた試料の研磨条件は、①研磨紙#2000、②研磨紙#2000+研磨剤研磨(粒径3.0um)、③研磨紙#2000+研磨剤研磨(粒径3.0um+1.0um+0.3um)である。

結果を図5-1-2に示す。研磨が進むにつれて平滑になることがRaの値としても捉えられ、SEMでの見た目と同様の傾向を示した。共焦点顕微鏡と段差計間の測定値の差に関しては、測定箇所に対する研磨傷のばらつきによると考えている。両手法とも基本的に非破壊、大気圧、数秒~数分の短時間測定といった特徴から、限られたリソースの中でSEMと相補的に用いることで断面評価の質の向上に資する有用な測定法であることがわかった。

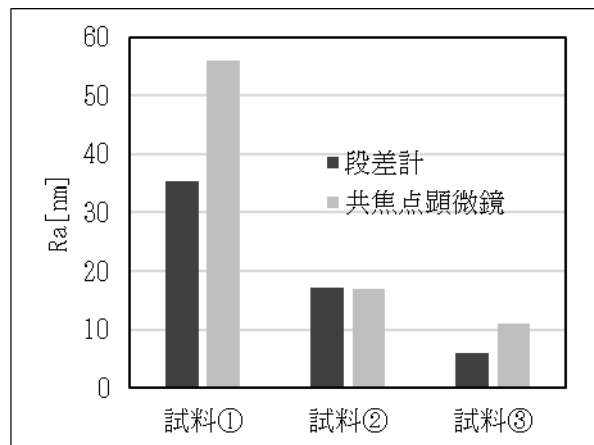


図5-1-2 表面粗さ(Ra)

試料①：研磨紙#2000のみ

試料②：研磨紙#2000  
+バフ研磨(粒径3.0um)

試料③：研磨紙#2000  
+バフ研磨(粒径3.0um+1.0um+0.3um)

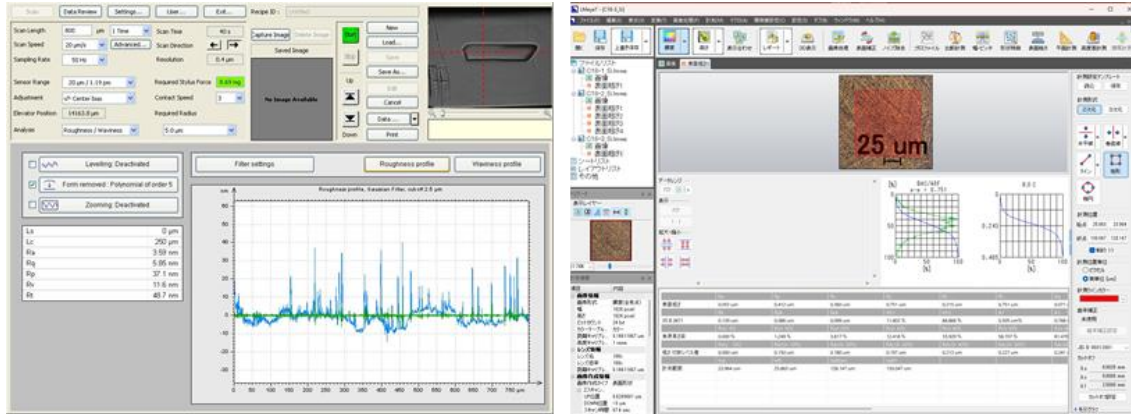


図5-1-3. 表面粗さの測定画面 (左)段差計 (右)共焦点顕微鏡

## 5. 2 木材

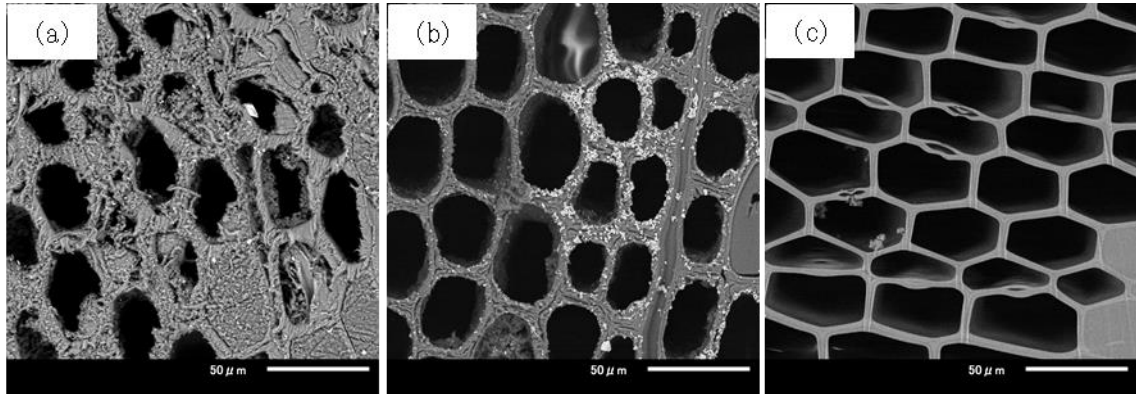


図5-2. 木材の各断面のSEM像 観察倍率500倍、反射電子像、各断面作成方法や条件は次の通り (a)研磨紙#2000 (b)研磨紙#2000→バフ研磨粒径3.0μm (c)CP加工

木材に関しては、マイクローム、機械研磨、CP を実施した。まず、マイクロームに関しては、細胞壁につぶれが発生し元来の組織を確認することができなかった。今回の樹脂包埋条件では試料内部に樹脂が浸透せず、ガラスナイフの切削負荷に試料強度が耐えきれなかったためであり、樹脂包埋条件やナイフの種類を見直すことにより改善の余地はあると考えられる。次に機械研磨(研磨紙#2000)に関しては最表面が激しく毛羽立っており細胞壁の元の形状もやや崩れた(図 5-2(a))が、追加でバフ研磨を施すことで毛羽立ちはかなり抑制され、細胞壁のつながりが明確に判別できるようになった(図 5-2(b))。ただし無数の微粒子(図中の白いコントラストの粒)が断面に観察され、組成分析により研磨剤(アルミナ)が残留していることが判明した。5.1 では観察されなかったことから、これは研磨剤と試料間の強度が大きく異なることで試料表面への研磨剤のめり込みが発生したためと考えられる。それらに比べ、CP 作成断面は極めて明瞭であり、細胞壁内の裂け目といった微細な形状も観察することができた(図 5-2(c))。以上のことから木材のような機械的強度の低い試料に関しては、細胞のサイズや細胞壁のつながり等に関する低倍率で取得可能な大まかな情報を得たい場合は効率の観点で研磨から実施する一方、断面の詳細な情報が求められる際は CP の使用を検討することが必要になると言える。

### 5. 3 シャープペンシルの芯

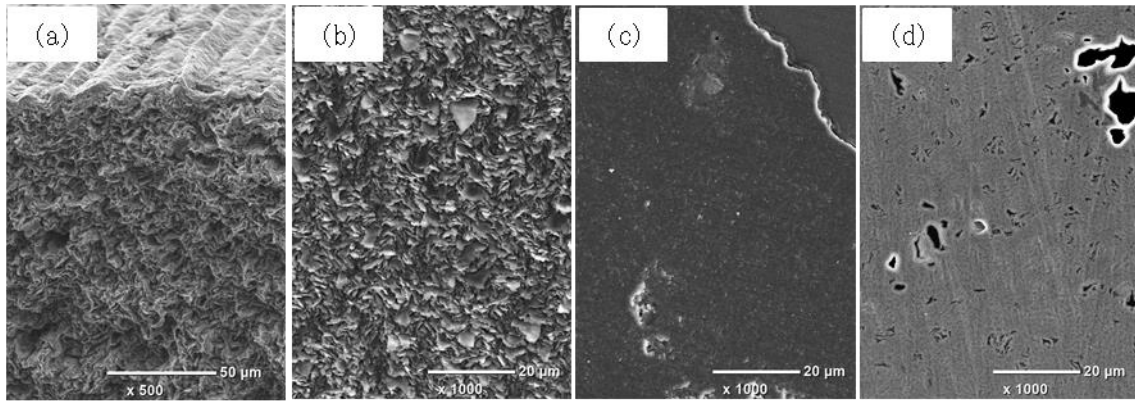


図5-3. シャープペンシルの芯の各断面のSEM像 観察倍率(a)500倍(b)-(d)1000倍 二次電子像、各断面作成方法や条件は次の通り(a)割断 (b)マイクロトーム (c)研磨紙#2000→バフ研磨粒径1.0μm (d)CP加工

シャープペンシルの芯に関しては割断、マイクロトーム、機械研磨、CP を実施した。割断については内部は薄い層が無数に折りたたまれたような構造をしていることがわかるが断面は凹凸が激しいため(図 5-3(a))、感覚的には内部構造がわかりやすい反面、所定の断面情報は得られていない。マイクロトームでは最表面の層がガラスナイフでの切削の進行方向(画像下方向)に引きずられて寝てしまい(図 5-3(b))、また機械研磨では存在するはずの空隙が埋まり微細な構造がつぶれていた(図 5-3(c))。これらに対し CP によって得られた断面では平滑であり且つ空隙や元の層状構造に起因すると考えられる微細なコントラストを観察できている(図 5-3(d))。CP の画像が本来の(理想的な)断面像とどの程度乖離しているかは不明だが、今回検討した他の手法に比べれば最も近い断面を得られたと考えている。また、今回は CP での Ar イオンビーム照射条件を他の材料で用いた条件(加速電圧 5kV,照射電流量 100uA)と揃えたため、ビーム強度が過剰で照射ダメージが入った可能性は否定できず、よりマイルドな条件でよりきれいな断面を得る余地は充分あると思われる。以上のことから、脆く微細構造を有する試料に関しては CP をなるべくマイルドな条件で実施することが良いと言える。

### 5. 4 アルマイト処理後のアルミ板

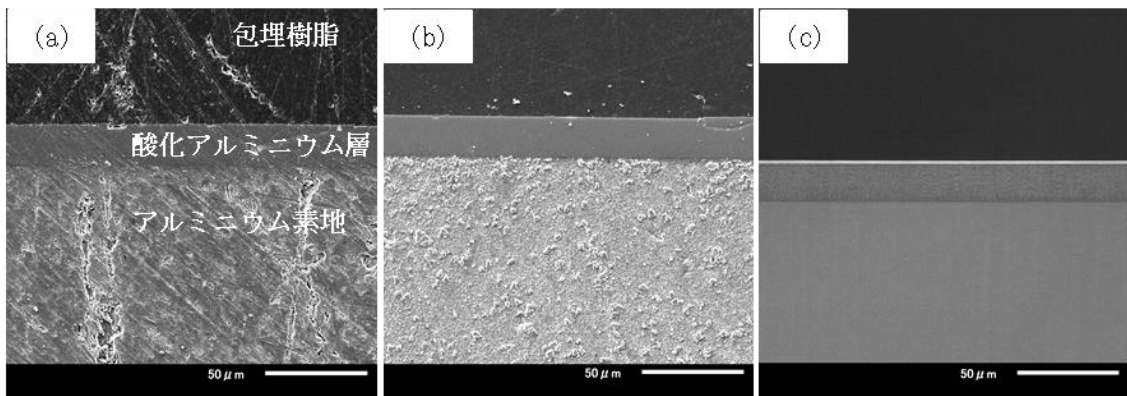


図5-4. アルマイト試料表面の各断面のSEM像 観察倍率500倍、二次電子像、各断面作成方法や条件は次の通り(a)研磨紙#2000 (b)研磨紙#2000→バフ研磨粒径3.0μm (c)CP加工

アルマイト処理とはアルミニウムの各種物性（耐食性、機械的強度、熱伝導率、絶縁性）の制御のために陽極で電解処理することで表面に酸化被膜を形成させる処理のことである。本研修では3時間処理して酸化膜厚約20 $\mu\text{m}$ となったアルマイト試料を用いた。

このアルマイト試料に関して、断面加工方法として、機械研磨、CP処理を実施した。機械研磨(研磨紙#2000)によって作成した断面には無数の研磨傷が観察された(図5-4(a))。特に表面酸化層よりも素地である純アルミニウム部分に深く多くの傷が発生しており、機械的強度の低い部分ほど傷が入りやすいことを示している。追加でバフ研磨を施すことで傷は激減したが、純アルミニウム部分に研磨剤が無数に観察された(図5-4(b))。硬い表面酸化層では研磨剤はほとんど存在しないことから、前述の木材と同様に機械強度の差により柔らかい純アルミニウム部分のみへの研磨剤のめり込みが発生したためと考えられる。それらに比べ、CP作成断面は極めて平滑明瞭であり、弱いコントラストながら表面酸化層内の構造も確認された(図5-4(c))。アルマイト処理層は多孔質となることが知られており、その構造が反映された画像が得られたと考えている。以上のことから、アルマイト処理後のアルミ板に関してはCPを実施することが良いと言える。

## 5. 5 積層セラミックコンデンサ

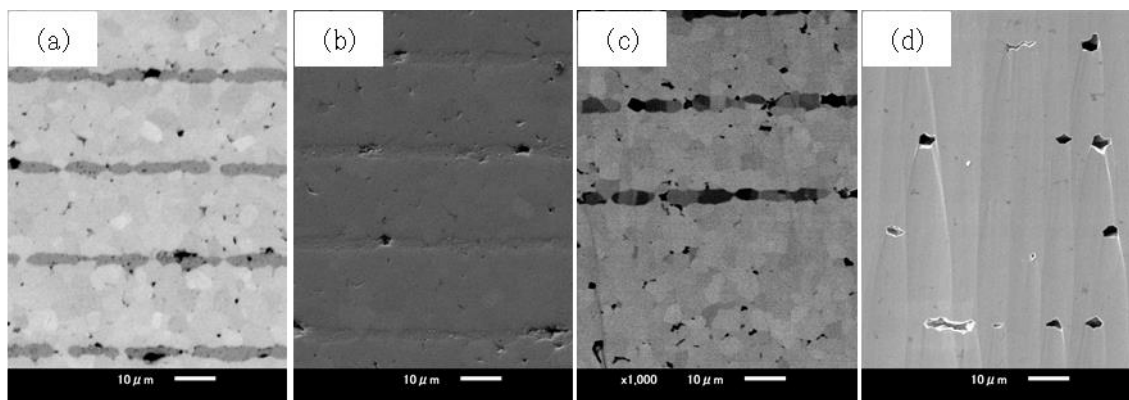


図5-5. 積層コンデンサの各断面のSEM像 観察倍率1000倍、(a)(c)反射電子像、(b)(d)二次電子像 各断面作成方法や条件は次の通り(a)(b)研磨紙#2000→バフ研磨粒径3.0 $\mu\text{m}$ 、(c)(d) CP加工

積層セラミックコンデンサは誘電体と電極が多数積層された電子部品で、本研修ではチタン酸バリウムとニッケルで構成された積層コンデンサを試料として使い、断面加工方法として機械研磨(研磨紙#2000→バフ研磨粒径3.0 $\mu\text{m}$ )、CP処理を実施した。本試料に限り導電性コーティングは実施しなかった。

いずれの手法で作成した断面でも、反射電子像においてチタン酸バリウムの各粒の結晶方位差に起因するコントラスト(電子チャネリングコントラスト)が観察された(図5-5(a)(c))。この電子チャネリングコントラストは表面近傍数十nm以下の情報が反映されるので、チタン酸バリウム層に関しては加工に伴うダメージ層やコンタミ層が少ないきれいな断面が作成できたことを示している。二次電子像に関しては、双方ともニッケル部分に製造時から存在すると考えられる数 $\mu\text{m}$ の空隙が観察され、加えて機械研磨試料ではニッケル部分に凹み(図5-5(b))、CP試料では前述の空隙を起点とする加工筋(カーテニング)が観察された(図5-5(d))。以上のことからCPの機械研磨に対する優位性が乏しいため、硬いセラミックス試料やその複合物に関しては効率の観点でまずは研磨を実施することが良いと考えられる。



## 6. まとめと結論

表1. 試料別の各断面作成手法の比較結果

	割断	マイクローム (ガラスナイフ)	研磨紙 (#2000)	バフ研磨 (径3um or 1um)	CP
単結晶シリコン	△	×	△	◎	○
木材	△	×	△	○	◎
シャープペンシルの 芯	○	△	×	×	○
アルマイト処理後 のアルミ板	△	△	△	△	◎
積層セラミック コンデンサー	△	△	△	◎	○

各試料の各加工方法で作成した断面について、SEMの像質(平滑性や傷・コンタミの有無、加工による変形や変質等)、汎用性、加工に関する費用や手間を総合的に評価した結果を表1にまとめた。

総じて、柔らかい試料ではCP加工がSEM像質の面で本来の形状を保持しやすいことから優位であった。硬い試料に関しては機械研磨(バフまで)とCPでSEM像質に大差なくそれ以外の点(時間や加工面積、費用など)を考慮すると機械研磨の優位性が勝る面もあった。

本研修を実施中にも実業務において複数の断面観察依頼(ポリマー、木材)を受け、その時点で知見や作業に関する経験がある程度蓄積していたため、従来に比べ効率的に依頼に対応することができた。もちろん実際の試料条件や依頼内容は千差万別で、今回の知見が即応用可能となる場合ばかりでは無いが、初期対応時の指標としては本研修を通じて十分な情報が得られたと考えている。

## 7. 謝辞

各装置の本研修での利用許可を下さった未来材料・システム研究所 超高压電子顕微鏡施設施設長 武藤教授、木材試料をご提供くださった環境学研究科都市環境学専攻 丸山教授、大学院生 桂川様に御礼申し上げます。

## 8. 参考文献

1. 日本顕微鏡学会関東支部 編「新・走査電子顕微鏡」2011年 共立出版
2. 朝倉健太郎、平坂雅男、為我井晴子「失敗から学ぶ電子顕微鏡試料作製技法 Q&A」2006年 アグネ承風社
3. 株式会社エビデント「技術情報レーザー顕微鏡の基本原理」  
[https://www.olympus-ims.com/ja/knowledge/metrology/lex\\_t\\_principles/](https://www.olympus-ims.com/ja/knowledge/metrology/lex_t_principles/) 2023.11.9 閲覧
4. JIS B 0601 : 2013 「製品の幾何特性仕様 (GPS) - 表面性状: 輪郭曲線方式- 用語, 定義及び表面性状パラメータ」日本工業規格 (2013)

# WPA2 に対する攻撃と WPA3-Enterprise 192-bit mode

石垣 佐

工学研究科・工学部技術部 情報通信技術系

はじめに

2004年にWi-Fi AllianceはWPA2(Wi-Fi Protected Access 2)の認定プログラムを開始し、20年近くが経過した現在では、WPA2に対する多数の攻撃手法が確立されている。2023年現在においてもWPA2は広く利用されており、適切に情報セキュリティ対策を実施していない場合、Wireless Local Area Network(WLAN)への不正アクセスや、盗聴による情報漏洩を引き起こす可能性がある。情報セキュリティ対策を適切に実施するために、WPA2に対する攻撃手法および後継規格であるWPA3によって強化される技術要素を学ぶことは有効だと考えられる。また、6GHz帯の周波数を利用するWi-Fi 6EのWLANではWPA3の導入が必須であるため、WPA3の学習はWLANの利便性向上の観点からも重要であると考えられる。

そこで、Wi-Fiセキュリティに関する技術レベル向上を目的として、WPA2-PersonalおよびWPA2-Enterpriseに対する攻撃手法の検証と、Aruba Instant APを使用したWPA3-Enterprise 192-bit modeの導入を実施した。本稿では、その内容を報告する。

## 1. WPA2 に対する攻撃

WPA2に対する攻撃の検証として、パスフレーズおよびパスワードのクラッキングを実施した。検証では、攻撃を実行する機器としてRaspberry Pi 4 Model Bを使用し、OSはKali Linux 2022.3を使用した。ここでは、WPA2-PersonalおよびEAP-PEAPを用いたWPA2-Enterpriseに対する攻撃手法を紹介する。なお、攻撃対象のSSIDは特定済みであるとする。

### 1.1. WPA2-Personal: パスフレーズクラッキング

WPA2-Personalの認証プロセスを図1に示す。WPA2-Personalでは、無線クライアント(STA: Client Station)とアクセスポイント(AP)で設定した共通のパスフレーズにより認証を行う。認証の際にパスフレーズに関する情報が送信されることはなく、4-Way Handshakeによって互いに同じPairwise Transient Key(PTK)を作成することが認証の条件である。WPA2-Personalのパスフレーズには、8文字から63文字のASCII文字を設定できる。文字数が少ない場合、辞書攻撃への耐性は低くなる。また、4-Way HandshakeではPTKの作成に必要な情報の一部が平文で通信されるため、このフレームの盗聴によりPTKの複製を試みることは容易である。Kali LinuxにインストールされているAircrack-ngツールでは、暗号化されたフレームに対してパスフレーズを変えながら解読を試行する攻撃が可能である。攻撃手順の概要を次に示す。

- (1) 攻撃対象となるWLANの電波が届く場所でairdumpp-ngコマンドを実行し、4-Way Handshakeフレームを盗聴する。
- (2) 辞書ファイルを取得または作成する。
- (3) aircrack-ngコマンドを実行し、辞書ファイルの中にパスフレーズと同じ文字列がないかを調べることでパスフレーズの特定を試みる(図2)。

(4) パスフレーズを特定できなかった場合、(2)~(3)の手順を繰り返す。

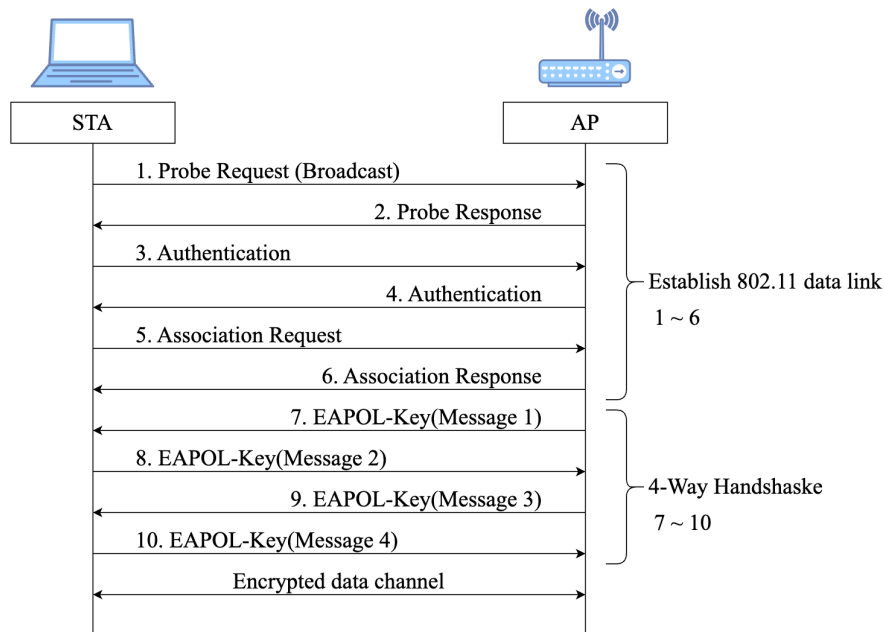


図 1. WPA2-Personal の認証プロセス

```
Aircrack-ng 1.7
[00:03:11] 100713/14344394 keys tested (536.70 k/s)
Time left: 7 hours, 22 minutes, 19 seconds          0.70%
KEY FOUND! [ ishigakiWLAN-p@ssphrase ]

Master Key   : 2D 1F 36 2D A4 04 27 D9 64 7E 70 26 47 AF 49 A8
              5A 6A C2 85 87 D0 13 1A 4E 30 FB 3C D4 3B 66 9B

Transient Key : 7D 4E D7 F6 89 BE 5D 66 FD 27 EA 61 D3 AF 74 AD
              DC D6 E4 56 E3 D8 5D B9 FF 03 CD 80 81 A8 96 A9
              1E C1 69 F9 90 ED F8 03 C5 2D 94 16 FA E7 AD 28
              A1 EA 84 A8 CA 2A 9A BD 76 E8 E9 F0 DA 40 A9 7B

EAPOL HMAC   : A2 29 9A 6F C3 7D 36 C6 3D 74 3C A7 72 3B BF F3
```

図 2. Aircrack-ng によるパスフレーズクラッキング

著名な辞書ファイルとして、rockyou.txt ファイルが挙げられる。rockyou.txt ファイルには 1,400 万個以上の一意の文字列が記載されている。検証では、rockyou.txt ファイルにパスフレーズ (ishigakiWLAN-p@ssphrase) を追記し、辞書ファイルとして使用した。なお、Kali Linux にインストールされている rsmangler は、単語リストからそのすべての順列を生成できるため、攻撃対象に関連のある単語から辞書ファイルを作成する際に有用である。

4-Way Handshake フレームの盗聴には、Apple MacBook などのスニファ機能を用いることもでき、辞書攻撃は場所を問わず実行可能であるため、この攻撃の難易度は低いと考えられる。さらに、無線フレームの盗聴を検知する方法はなく、暗号化されたフレームはパスフレーズと 4-Way Handshake フレームを用いて容易に復号できるため、WPA2-Personal は攻撃者に標的とされやすい認証方式であると考えられる。

## 1.2. WPA2-Enterprise: パスワードクラッキング

WPA2-Enterprise では IEEE 802.1X 認証が使用される。IEEE 802.1X 認証では、Supplicant・Authenticator・Authentication Server (AS) の 3つの役割によって認証プロセスが進められる。EAP-PEAP を用いた WPA2-Enterprise の認証プロセス例を図 3 に示す。なお、図 3 中の 13~18 の通信は TLS トンネルによって暗号化され、15 で AS から送信される Challenge に対して、Supplicant がパスワードを使って Response を生成して、16 で AS に送信する。

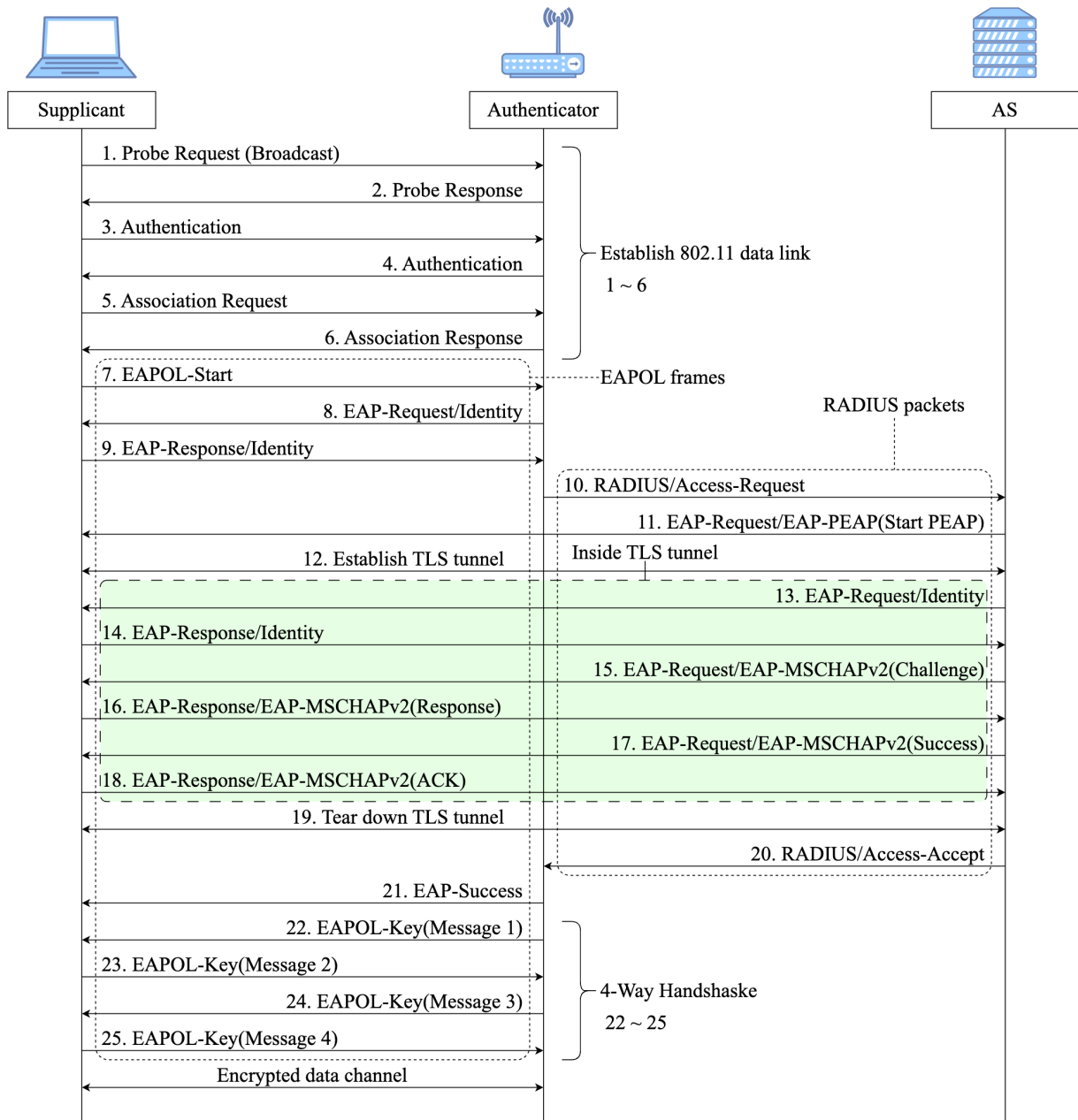


図 3. EAP-PEAP (EAP-MSCHAPv2) を用いた WPA2-Enterprise の認証プロセス例

EAP-PEAP では、TLS トンネルによって Response が暗号化される。そのため、検証では hostapd-wpe を使用して正規の Authenticator および AS になりすまし、Supplicant から Response を受信する攻撃 (Evil Twin 攻撃) を実行した。攻撃手順の概要を次に示す。なお、検証におけ

る hostapd-wpe では、Response の受信のみを目的としているため、使用するチャンネルと SSID のみを設定している。

- (1) hostapd-wpe を設定し、攻撃対象となる WLAN 付近で hostapd-wpe を起動することで、Evil Twin 攻撃を開始する。
- (2) Supplicant と hostapd-wpe 間にデータリンクを確立させ、Response を受信する。
- (3) 辞書ファイルを取得または作成する。
- (4) hashcat コマンドを実行し、辞書ファイルの中にパスワードと同じ文字列がないかを調べることでパスワードの特定を試みる (図 4) 。
- (5) パスワードを特定できなかった場合、(3)~(4)の手順を繰り返す。

```
Dictionary cache built:
* Filename..: /home/kali/Desktop/rockyou.txt
* Passwords.: 14344394
* Bytes.....: 139922244
* Keyspace..: 14344387
* Runtime...: 7 secs

test100:::94606e4543830c5072e0556a471c36ecd00d4ae108b494f3:f8639cb408bbc73a:ishigakiWLAN-p@ssphrase

Session.....: hashcat
Status.....: Cracked
Hash.Mode.....: 5500 (NetNTLMv1 / NetNTLMv1+ESS)
Hash.Target.....: test100:::94606e4543830c5072e0556a471c36ecd00d4ae1 ... bbc73a
```

図 4. hashcat によるパスワードクラッキング

検証では、Supplicant が hostapd-wpe に接続するときに、Supplicant においてサーバ証明書に関する警告が表示された。これは、Supplicant が受け取ったサーバ証明書が、信頼できる正規の AS のものではなく、信頼されていない hostapd-wpe のものだったからである。Evil Twin 攻撃による被害防止のためには、ユーザがサーバ証明書に関する警告を無視せず、正規の AS であると確認できた場合にのみ、Supplicant で認証情報を送信することが必要である。

Evil Twin 攻撃を成功させるには、Supplicant が正規の Authenticator から受信する電波強度よりも、hostapd-wpe から受信する電波強度の方が大きいことが条件となる。また、サーバ証明書に関する警告により、ユーザは Evil Twin 攻撃を検知できる。攻撃対象に十分に接近する必要がある、攻撃を検知されるリスクがあるため、この攻撃の難易度は中程度だと考えられる。

この攻撃は、TLS トンネルで Response を保護する EAP メソッドに対して有効であるため、EAP-TTLS にも同様に実行可能である。また、LEAP を認証に使用している場合、TLS トンネルは構築されず Response が平文で送信されるため、Evil Twin 攻撃は不要になり、Response を盗聴するだけで辞書攻撃が実行可能となる。

## 2. WPA3-Enterprise 192-bit mode

WPA3<sup>[1]</sup>は 2018 年に Wi-Fi Alliance によって定められたセキュリティ規格であり、認証方式により WPA3-Personal と WPA3-Enterprise に区別される。WPA3 では Protected Management Frames の使用が必須条件であるため、Deauthentication 攻撃を阻止できる。WPA3-Enterprise では、WPA3-Enterprise only mode・WPA3-Enterprise transition mode・WPA3-Enterprise 192-bit mode の 3 つが定義されている。ここでは、セキュリティレベルが最も高い 192-bit mode を導入するために学習した内容や設定事項を紹介する。WPA3-Enterprise 192-bit mode では EAP-TLS 認証

が必須であり、セキュリティレベルの高い 3 つの暗号スイートのみを使用できる。Supplicant と Authenticator 間の通信は 256 ビットの共通鍵によって暗号化される。なお、前述した辞書攻撃は認証情報としてパスフレーズやパスワードの文字列を用いる点を利用している。そのため、文字列ではなく電子証明書を認証に用いる EAP-TLS は辞書攻撃の有効な対策の 1 つとなる。

## 2.1. プライベート CA の構築

EAP-TLS 認証を導入するために、OpenSSL を用いてプライベート CA (Certification Authority) を構築し、CA 証明書・サーバ証明書・クライアント証明書を発行した。WPA3-Enterprise 192-bit mode では、EAP-TLS の鍵交換アルゴリズムとして ECDHE\_RSA を使用する場合、RSA 鍵長が 3,072 ビット以上であることが条件の 1 つとなる。そのため、プライベート CA で発行する証明書の公開鍵および対応する秘密鍵はすべて、3,072 ビットの RSA 鍵としている。なお、NIST (National Institute of Standards and Technology) は Recommendation for Key Management<sup>[2]</sup>において、RSA 鍵長が 3,072 ビット以上であれば 2030 年以降も使用可能であることを示している。

プライベート CA の構築および証明書発行の際に、Rocky Linux 8 で実行したコマンドを紹介する。なお、使用した OpenSSL のバージョンは 1.1.1k であり、ca.cnf ファイルには openssl コマンドで使用するデフォルト値 (証明書の署名に使う CA 秘密鍵ファイルのパス・証明書の有効期間・RSA 鍵の長さなど) や証明書拡張などを記述している。

```
# cd /etc/pki/CA/  
# touch index.txt  
# openssl rand -hex 16 > serial  
# openssl req -new -x509 -extensions v3_ca -keyout CA-key.pem -out CA-cert.pem -config ca.cnf  
# openssl req -new -nodes -out Server-req.pem -keyout Server-key.pem -config ca.cnf  
# openssl ca -out Server-cert.pem -in Server-req.pem -extensions server_ext -config ca.cnf  
# openssl req -new -nodes -out Client-req.pem -keyout Client-key.pem -config ca.cnf  
# openssl ca -out Client-cert.pem -in Client-req.pem -extensions client_ext -config ca.cnf
```

これらのコマンドでは、/etc/pki/CA/をプライベート CA のためのディレクトリとし、証明書を管理するための index.txt ファイルと serial ファイルを作成して、CA・サーバ・クライアントそれぞれの秘密鍵と証明書ファイルを作成している。CA 証明書は自己署名証明書となり、CA 秘密鍵はオフラインで保管するなど安全な管理が必要となる。サーバ証明書およびクライアント証明書を発行する際には、証明書拡張を使用して鍵用途や鍵拡張用途などを指定している。なお、各証明書は CA/Browser Forum の Baseline Requirements<sup>[3]</sup>に示されている証明書プロファイルおよび RFC 5280<sup>[4]</sup>を参考にして発行している。

## 2.2. EAP-TLS

EAP-TLS は RFC 5216<sup>[5]</sup>で標準化されているプロトコルであり、Aruba Instant AP でもサポートされている。EAP-TLS における相互認証は、Supplicant が TLS クライアント、AS が TLS サーバとして、TLS Handshake プロトコルでセッションを確立することによって行われる (図 5)。

鍵交換アルゴリズムが ECDHE\_RSA の場合、クライアントがサーバを認証する際のプロセスは次に示す通りである。

- (1) クライアントが Client Hello メッセージで 32 バイトのクライアント乱数を送信する。
- (2) サーバが Server Certificate メッセージでサーバ証明書を送信する。
- (3) サーバが Server Key Exchange メッセージで ECDH パラメータと署名を送信する。

(クライアント乱数・Server Hello で送信するサーバ乱数・ECDH パラメータの 3 つを結合した後で、サーバはサーバ秘密鍵を用いて署名する。)

- (4) クライアントはサーバ証明書を検証し、検証に成功した場合、サーバ証明書に含まれるサーバ公開鍵を取り出し、署名を検証する。

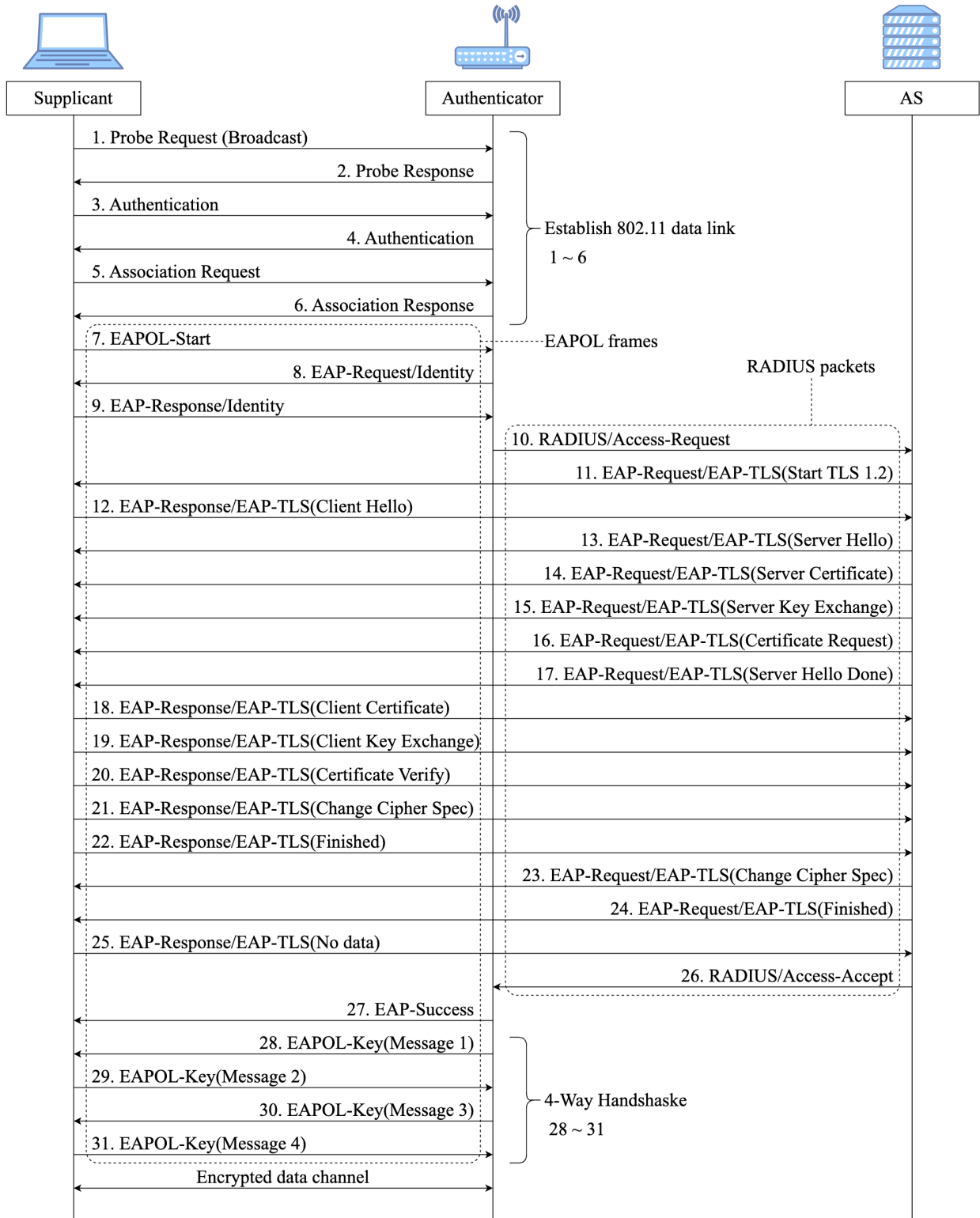


図 5. EAP-TLS の認証プロセス例 (TLS 1.2 を使用した場合)

一方で、サーバがクライアントを認証する際のプロセスは次に示す通りである。

- (1) サーバが **Server Hello** メッセージで 32 バイトのサーバ乱数を送信する。
- (2) サーバが **Certificate Request** メッセージで、受け入れ可能なクライアント証明書の種類に関する情報（署名アルゴリズム・ハッシュ関数・CA 識別名）を通知する。
- (3) サーバ認証が成功した場合、クライアントは **Client Certificate** メッセージでクライアント証明書を送信する。
- (4) クライアントは **Certificate Verify** メッセージより前の **TLS Handshake** メッセージ全てをクライアント秘密鍵で署名し、**Certificate Verify** メッセージで署名を送信する。  
（サーバ乱数が含まれる **Server Hello** メッセージを含め、クライアントはクライアント秘密鍵を用いて署名する。）
- (5) サーバはクライアント証明書を検証し、検証に成功した場合、クライアント証明書に含まれるクライアント公開鍵を取り出し、署名を検証する。

相互認証において、証明書や署名の検証に失敗した場合は、**TLS Handshake** プロトコルを用いたセッションの確立に失敗し、**EAP-TLS** の認証も失敗となる。

**TLS** セッションの完全性を検証するために、**Finished** メッセージに含まれる **verify\_data** が使われる。**verify\_data** は、**Finished** メッセージより前の **TLS Handshake** メッセージ全て（**Hello Request** メッセージは除く）をハッシュ化して、マスターシークレットと組み合わせて計算される。**Finished** メッセージは暗号化され、メッセージ認証コードにより完全性が保証される。

**WLAN** では、認証が成功した **Supplicant** と **Authenticator** 間のユニキャスト通信は、**PTK** に含まれる **Temporal Key (TK)** によって暗号化される。**PTK** の作成に必要となる **Master Session Key (MSK)** の作成方法を次に示す。なお、**MSK** の先頭 32 バイトを **Pairwise Master Key (PMK)** として、**PTK** の作成に使用する。

- (1) サーバとクライアント、両方でプリマスターシークレットを共有する。  
（プリマスターシークレットの共有方法は鍵交換アルゴリズムにより異なる。）
- (2) プリマスターシークレット・サーバ乱数・クライアント乱数を使って、48 バイトのマスターシークレットを擬似乱数関数により計算する。
- (3) マスターシークレット・サーバ乱数・クライアント乱数を使って、64 バイトの **MSK** を擬似乱数関数により計算する。

### 2.3. WPA3-Enterprise 192-bit mode の導入

**WPA3-Enterprise 192-bit mode** を導入するために、**Supplicant** として **Panasonic** レッツノート **CF-SV1D5LVC**(Windows 11)、**Authenticator** として **Aruba AP-615 R7J48A**(**Aruba Instant 8.11.1.0**)、**AS** として **Rocky Linux 8** にインストールした **FreeRADIUS 3.0.20** を用いて検証を実施した。

**Supplicant** の設定として、レッツノートでは **CA** 証明書・クライアント証明書ファイルをインストールし、**WPA3-Enterprise 192-bit mode** で **WLAN** に接続する設定を行った。なお、クライアントが提示する証明書ファイルには、対応する秘密鍵を含めなければならないことが **RFC 5246**<sup>[6]</sup>で示されているため、クライアント証明書ファイルはクライアント秘密鍵を含めた **PKCS#12** 形式とした。**Authenticator** の設定として、**Aruba AP-615** では **SSID** プロファイルにおいて **WPA3 CNSA (192-bit mode)** を使用する設定や、**authentication-server** プロファイルにおいて **RADIUS** クライアント設定などを行った。**AS** の設定として、**FreeRADIUS** では **EAP-TLS** 認



証で使用するサーバ証明書・サーバ秘密鍵・CA 証明書ファイルのインストールおよび、使用する楕円曲線を P-384 とする設定などを行った。

設定後、レッツノートは EAP-TLS 認証で WLAN に接続が可能となった。WPA3-Enterprise 192-bit mode の仕様に適合していることを確認するために、認証時の EAP フレームをキャプチャし、TLS セッションにおける Server Hello メッセージおよび Server Key Exchange メッセージを確認した。暗号スイートは TLS\_ECDHE\_RSA\_WITH\_AES\_256\_GCM\_SHA384、楕円曲線は secp384r1 (P-384) を使用していたため、Wi-Fi Alliance が定める 192-bit mode の仕様に適合していることを確認できた。さらに AP-615 の CLI では、レッツノートとのユニキャスト通信の暗号化アルゴリズムが WPA3 CNSA (192-bit mode) であることを確認でき、認証は EAP-TLS でのみ成功するため、WPA3-Enterprise 192-bit mode を使用する WLAN を構築できたと考える。

## おわりに

WPA2-Personal および WPA2-Enterprise に対する攻撃を検証し、WLAN におけるパスフレーズやパスワードの文字列を使った認証の弱点を理解できた。また、WPA3-Enterprise 192-bit mode を導入するために、プライベート CA の構築・電子証明書の発行・EAP-TLS・TLS 1.2 について学習し、ネットワークセキュリティに関する技術レベルを向上させることができたと考える。これからも Wi-Fi セキュリティ技術の研鑽に努めたい。

## 参考文献

- [1] Wi-Fi Alliance, “WPA3™ Specification Version 3.1”,  
<https://www.wi-fi.org/file/wpa3tm-specification>
- [2] Elaine Barker, “NIST SP 800-57: Recommendation for Key Management: Part 1 – General Revision 5”, <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.800-57pt1r5.pdf>
- [3] CA/Browser Forum, “Baseline Requirements: Baseline Requirements for the Issuance and Management of Publicly-Trusted Certificates Version 2.0.0”,  
<https://cabforum.org/wp-content/uploads/CA-Browser-Forum-BR-v2.0.0.pdf>
- [4] David Cooper, et al., “RFC 5280: Internet X.509 Public Key Infrastructure Certificate and Certificate Revocation List (CRL) Profile”, <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5280>
- [5] Dan Simon, et al., “RFC 5216: The EAP-TLS Authentication Protocol”,  
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5216>
- [6] Tim Dierks & Eric Rescorla, “RFC 5246: The Transport Layer Security (TLS) Protocol Version 1.2”, <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc5246>
- [7] Bernard Aboba, et al., “RFC 3748: Extensible Authentication Protocol (EAP)”,  
<https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc3748>
- [8] Yoav Nir, et al., “RFC 8422: Elliptic Curve Cryptography (ECC) Cipher Suites for Transport Layer Security (TLS) Versions 1.2 and Earlier”, <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc8422>
- [9] Jennifer (JJ) Minella (2022), *Wireless Security Architecture*, John Wiley & Sons
- [10] Ivan Ristic 著、齋藤孝道 監訳(2017)、『プロフェッショナル SSL/TLS』、ラムダノート
- [11] 齋藤孝道(2022)、『マスタリング TCP/IP 情報セキュリティ編 (第2版)』、オーム社

※参考文献に挙げた URL はすべて 2023 年 8 月 1 日に参照

# React Native を用いたモバイルアプリケーションの開発

伊藤大作

工学研究科・工学部技術部 情報通信技術系

## はじめに

情報通信技術系では、数年前に開発したサーバ室の室温をネットワーク経由で監視するためのシステムを運用しているが、室温異常が発生した際にサーバ管理者へ通知する方法はメール通知のみである。また、システムで使用しているネットワーク監視ソフトウェアの Zabbix は、Web ブラウザを使用して温度データの確認ができるが、セキュリティの問題でシステム管理者が使用するプライベートネットワークからしかアクセスすることはできない。

そこで、スマートフォンやタブレット等のインターネット端末を使用し、学内のネットワーク内から簡単にサーバ室の室温が監視可能なモバイルアプリケーションを開発したので、報告する。

## 1. モバイルアプリケーションの概要

作成したモバイルアプリケーションの概要を図 1 に示す。

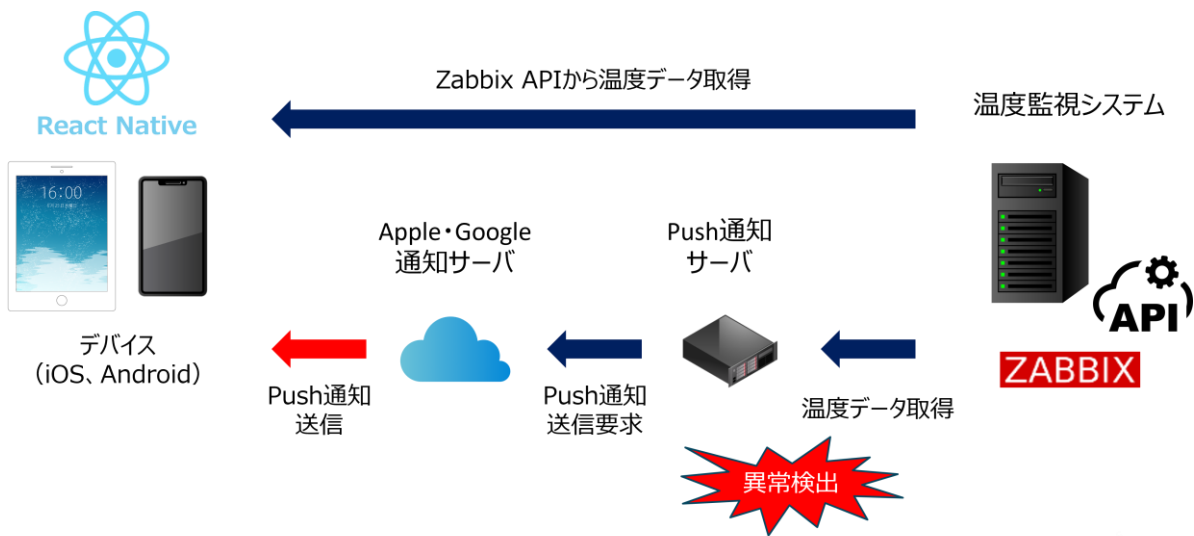


図 1. モバイルアプリケーションの概要

モバイルアプリケーションは、既存のサーバ室温度監視システムの Zabbix API と連携し、室温の表示機能やグラフ可視化機能、室温異常が発生した際の Push 通知機能を実装した。Push 通知は、通知サーバが Zabbix API から取得した温度データを監視し、指定した閾値の範囲外であった場合に通知トリガーを発生させ、Apple または Google の通知サーバを経由後に端末へ送信される仕組みとなっている。

## 2. 開発環境について

モバイルアプリケーションの開発には、クロスプラットフォーム開発フレームワークの

React Native を採用した。クロスプラットフォームとは、1つの開発言語で、iOS や Android など異なるプラットフォーム上のアプリケーションを動作できるプログラムのことである。React Native は、業務で使用している JavaScript ライブラリの React と関連性が高く、少ない学習コストで開発できると考えたため採用した。実際に React Native を使用することで、Android と iOS の両方で動作可能なアプリケーションをより短期間で開発することができた。

### 3. 使用ツールについて

開発に使用したツールを表 1 に、使用機器を表 2 に示す。

表 1. 開発に使用したツール

使用ツール	説明
React Native	クロスプラットフォーム開発用のフレームワークで、単一のプログラム言語を使用し異なる OS (iOS/Android) 上で動作が可能
Expo	React Native アプリを開発するためのフレームワーク
TypeScript	JavaScript を拡張して開発された言語で、静的型付けによる安全性の高いプログラムが作成可能
React Native Elements	モバイルアプリケーションの UI デザイン用ライブラリ
Node.js	サーバサイドの JavaScript 実行環境
Visual Studio Code	プログラム開発用のエディタ
Android Studio	Android エミュレータの使用

表 2. 使用機器

使用機器	用途
iPad mini	iOS アプリケーションの動作確認
Pixel 6a	Android アプリケーションの動作確認
Windows PC	プログラム開発、Android エミュレータの利用
MacBook Air	iOS アプリケーションの作成

本研修では、React Native でプログラムを作成するにあたり、Expo と呼ばれる開発用フレームワークを使用した。Expo は、Expo SDK (ソフトウェア開発キット)、Expo CLI (コマンドラインツール)、Expo Go、EAS (Expo Application Services) 等のツールで構成されている。Expo を用いることで素の React Native よりも容易に開発環境が整備でき、様々な機能を利用して効率的にプログラムを作成することができる。Expo Go は Android および iOS で React Native を学習するためのサンドボックスアプリであり、Expo Go アプリをインストールしたモバイル端末から開発環境システムに接続し、作成したプログラムの動作を確認できる。また、EAS は、プロジェクトのビルド、Google Play ストアおよび App Store へのアップロード、ストア非経由で直接ユーザの端末内にあるアプリのアップデートを行うことができる機能等を Expo が提供するクラウドサービスである。

### 4. Expo プロジェクトビルド用サーバの構築

EAS を使用する場合、クラウドで Expo プロジェクトのビルドを行うことができるが、Expo の無料プランの場合、ビルド回数等に制限が設けられている。そこで、本研修では全てローカ

ル環境でビルドを行うこととした。ローカル環境で Expo プロジェクトをビルドするには、Linux 環境のサーバが別途必要になるため、Rocky Linux8 を用いてビルド用のサーバを構築した。

## 5. モバイルアプリケーションの開発

開発は主に Windows PC を使用し、下記手順によりプログラムの作成、Android エミュレータおよび Expo Go を使用して動作確認を繰り返し、モバイルアプリケーションを完成させた。

- 1) Expo をインストールし、Expo プロジェクトを作成
- 2) Expo でモバイルアプリケーションのプログラム（図 2）を作成  
（開発用エディタの Visual Code Studio を使用してプログラムを作成）
- 3) Android エミュレータをインストールし、仮想デバイスを作成
- 4) Expo プロジェクトをビルド・実行し、Android エミュレータで動作確認
- 5) Expo Go アプリをインストールした Pixel 6a および iPad mini でも動作を確認

```
import React from 'react';

export default function App () {
  const [itemValues, setItemValues] = React.useState<{ [key: string]: number }>({});

  React.useEffect(() => {

    const fetchData = async () => {
      try {
        //Zabbix APIからデータ取得
        /* ...省略... */

        const itemIds = ['item ID 1', 'Item ID 2'];
        const itemResponses = await Promise.all(
          itemIds.map(async (itemId) => {
            const response = await fetch('https://*****/zabbix/api_jsonrpc.php', {
              method: 'POST',
              headers: {
                'Content-Type': 'application/json',
              },
              body: JSON.stringify({
                jsonrpc: '2.0',
                method: 'history.get',
                params: {
                  /* ...省略... */
                },
              }),
            });

            const result = await response.json();
            return { [itemId]: result.result.map((item: any) => parseFloat(item.value)) };
          })
        );
      } catch (error) {
        console.log('Error fetching data: ', error);
      }
    };

    fetchData();
  });
  /* ...省略... */
}
```

図 2. 作成したモバイルアプリケーションのプログラム（抜粋）

## 6. Android スタンドアロンアプリケーションの作成

完成したモバイルアプリケーションを Android 端末上でスタンドアロンアプリとして動作させるためには、アプリケーションを APK（Android Package Kit）ファイル形式に変換した上でインストールを行う必要がある。下記手順で APK ファイルを作成し、実際に Pixel 6a にアプリケーションのインストール、動作確認を行うことができた。

- 1) 作成した Expo プロジェクトを事前に構築したビルド用サーバへ設置

- 2) EAS CLI (EAS のコマンドラインツール) をインストール
- 3) Android SDK をインストール
- 4) ビルド用サーバでローカルビルドを実行
- 5) 作成した APK ファイルを Pixel 6a にインストール

## 7. iOS スタンドアロンアプリケーションの作成

Android 端末で行なった手順と同様に、iOS 端末にアプリケーションをインストールするには、IPA (iOS Package Archive) ファイルに変換した上でインストールを行う必要がある。

MacBook Air を用い、下記手順で IPA ファイルを作成し、iPad mini にアプリケーションのインストール、動作確認を行うことができた。

- 1) Expo プロジェクト形式から Xcode で扱うことができるプロジェクト形式へ変換
- 2) MacBook Air へ変換したプロジェクトを設置
- 3) Xcode でプロジェクトを開き、ビルド設定等を行う
- 4) Xcode でビルドを実行し、IPA ファイルを作成
- 5) MacBook Air と有線接続した iPad mini へ IPA ファイルをインストール

## 8. 通知トリガー用プログラムの作成

Push 通知機能を実装するために、通知トリガー用のプログラムを動作させるサーバが別途必要となることが分かったため、同様に Rocky Linux8 を用いて通知サーバを構築した。サーバには Node.js を導入し、JavaScript で作成した通知トリガー用のプログラムを実行できる環境を整備した。通知トリガー用のプログラムは、Zabbix API から取得した温度データを監視し、温度が指定した閾値の範囲外であった場合にモバイルアプリケーションで取得した Expo の Push 通知用トークンを用いて、Expo の Push 通知 API へ通知情報を送信する処理を実装した (図 3)。通知情報を元に Expo サーバが自動的に Google または Apple の Push 通知サーバとバックグラウンドで通信を行い、最終的に各端末へ Push 通知が送信される。

```
const axios = require('axios');

// EXPOのPUSH通知のエンドポイントとトークンを設定
const expoPushEndpoint = 'https://expo.io/--/api/v2/push/send';
const expoPushToken = 'ExponentPushToken[*****]';

// PUSH通知を送信する関数
async function sendPushNotification(message) {
  try {
    const response = await axios.post(
      expoPushEndpoint,
      {
        to: expoPushToken,
        title: 'Zabbix通知',
        body: message
      }
    );
    console.log('Push notification sent successfully:', response.data);
  } catch (error) {
    console.error('Failed to send push notification:', error.message);
  }
}
```

図 3. 作成した通知トリガー用のプログラム (抜粋)

## 9. 動作確認について

作成したモバイルアプリケーションについて、Android エミュレータの実行画面を図 4 に、Android および iOS デバイスを使用した Push 通知機能の動作確認画面を図 5 に示す。

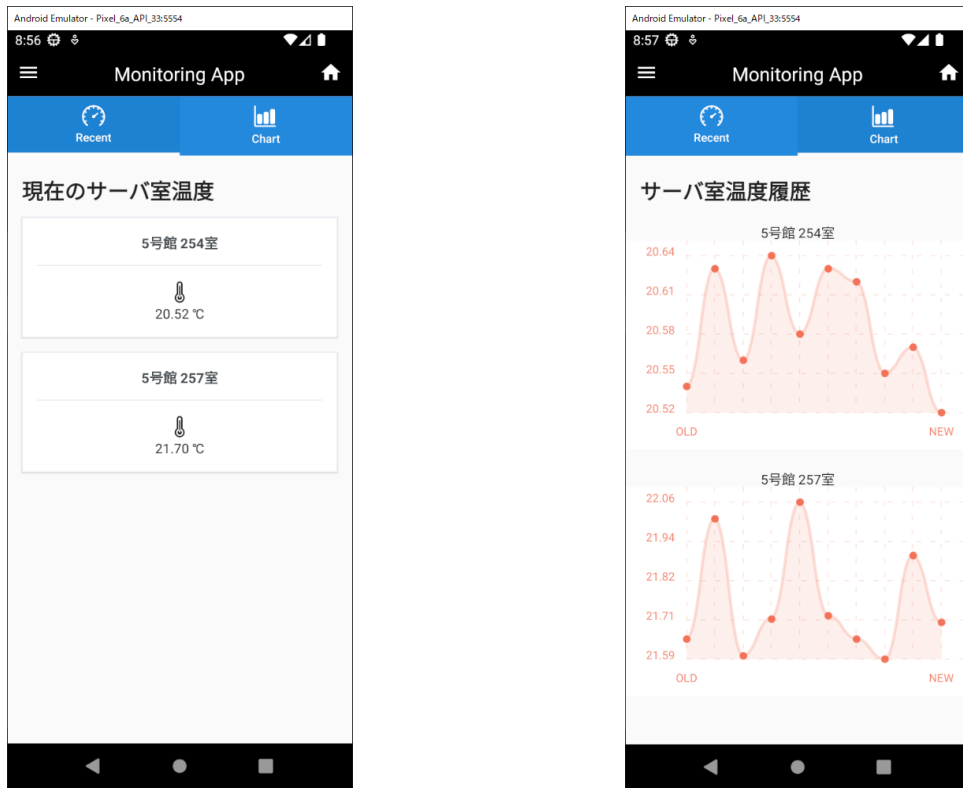


図 4. Android エミュレータの実行画面

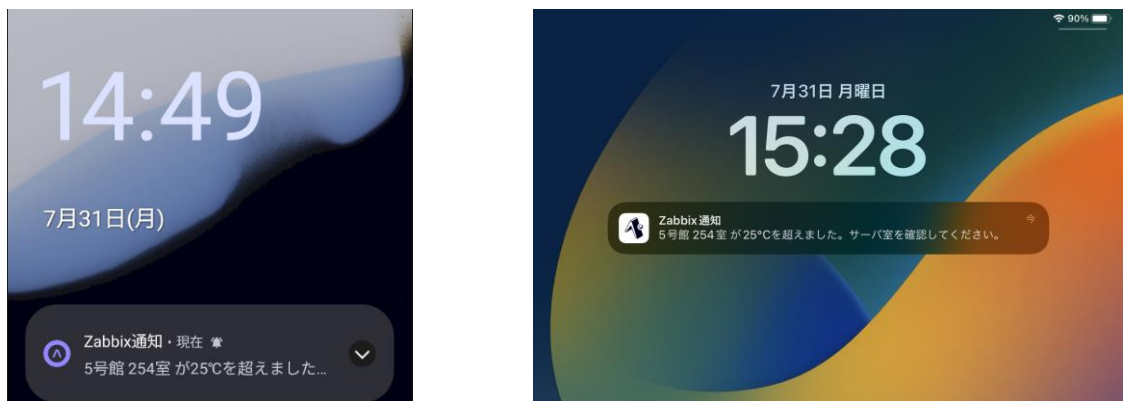


図 5. Android および iOS デバイスの Push 通知動作確認画面

おわりに

スマートフォンやタブレット等を使用し、学内のネットワーク端末からサーバ室の室温を監視・通知できるモバイルアプリケーションを開発することができた。開発に React Native を採用したため、個人的には学習コストを大幅に少なくすることができたと考えている。また、従来のシステムは、サーバ管理者への通知方法がメール通知のみであったが、Push 通知機能を使用することで、室温異常による重大なサーバ機器トラブルが発生する前に、より迅速に対応す

ることができるようになった。

今後は、開発したモバイルアプリケーションの有効性を検証し、GPS やカメラ、マイク等のネイティブ機能を活用した機能の追加や、公式アプリストア（Google Play ストアおよび App Store）での公開等を検討したい。

## 参考文献

- [1] React Native <https://reactnative.dev/>, (参照 2023/7/31)
- [2] Expo <https://expo.dev/>, (参照 2023/7/31)
- [3] Zabbix <https://www.zabbix.com/>, (参照 2023/7/31)

# FARM Stack を用いた Web アプリケーションの開発

吉本 翼

工学研究科・工学部技術部 情報通信技術系

## はじめに

近年、複雑なデータ処理を伴う Web アプリケーションの開発需要が増加している。これらに対応するため、Web アプリケーション開発における新たな知識を身につける必要があると考えた。開発において重要な要素は、開発速度・保守性・拡張性であり、さらに日々更新されていく技術を取り入れることが求められる。

このような背景から本研修では、Web アプリケーション開発における技術レベルの向上を目的として、FARM Stack を用いた Web アプリケーションの開発を行った。本稿ではその内容を報告する。

## 1. FARM Stack の学習

FARM Stack は、高い開発速度・保守性・拡張性を備えることを目指した新しい技術スタックであり、バックエンドに FastAPI と MongoDB を採用し、フロントエンドに React を採用している。ここでは、FastAPI・React・MongoDB について、Web アプリケーションの開発を通して学習した内容を紹介する。なお、Web アプリケーションサーバの OS は Rocky Linux 8 を使用し、IP アドレスは 192.168.0.100 としている。

### 1.1. MongoDB

MongoDB はドキュメント指向型の NoSQL データベースであり、データベース・コレクション・ドキュメントの 3 階層構造でデータを格納する。データベースの中では複数のコレクションを、コレクションの中では複数のドキュメントを管理し、ドキュメントは JSON 形式のデータとなる（MongoDB のデータベースの中では JSON 形式のデータをバイナリ化した BSON 形式でデータが保存されるため、より多くのデータ型をサポートすることが可能）。また、SQL を利用する RDBMS とは異なり、MongoDB ではスキーマの定義が不要なため、柔軟にデータ構造の変更が可能である。

RDBMS との比較のため、同じデータを格納した場合の RDBMS と MongoDB のデータ形式例を図 1 および図 2 に示す。RDBMS では 2 次元表形式となり、すべてのフィールドを定義する必要があるため、空セルを含むレコードが格納される場合がある。その場合、管理・検索の効率が低下する可能性が高い。それに対し、MongoDB では各ドキュメントが異なる構造のデータを格納できるため、効率的に管理・検索ができると考える。



IPアドレス	サーバ名	備考
192.168.10.1	web_server01	
192.168.20.1	mail_server01	
192.168.30.1	dns_server01	停止中

図 1. RDBMS のデータ形式例

```
{
  {
    "IPアドレス": "192.168.10.1",
    "サーバ名": "web_server01"
  },{
    "IPアドレス": "192.168.20.1",
    "サーバ名": "mail_server01"
  },{
    "IPアドレス": "192.168.30.1",
    "サーバ名": "dns_server01",
    "備考": "停止中"
  }
}
```

図 2. MongoDB のデータ形式例

図 2 のデータベースを作成する際のコマンドを下に示す。

```
>use ServerDB
>db.createCollection("Servers")
>db.Servers.insertMany([
  { "IP アドレス": "192.168.10.1", "サーバ名": "web_server01"},
  { "IP アドレス": "192.168.20.1", "サーバ名": "mail_server01"},
  { "IP アドレス": "192.168.30.1", "サーバ名": "dns_server01", "備考": "停止中" }
])
```

これらのコマンドでは、データベース ServerDB を作成して、ServerDB の中にコレクション Servers を作成し、Servers に 3 つのドキュメントを挿入している。

## 1.2. FastAPI

FastAPI とは、OpenAPI に基づいた API を構築することができるモダンで高パフォーマンスな Python ベースの Web フレームワークである。FastAPI の処理速度は速く、FastAPI の公式サイト<sup>[1]</sup>では Node.js および Go と同等の処理速度を有していることが示されている。また、FastAPI は JSON スキーマとの互換性があるため、JSON 形式でデータを格納する MongoDB との相性がよく、高速で効率的なバックエンドシステムの構築が可能だと考えられる。

FastAPI は Python ベースであるため、簡潔なコードで API を構築することができる。例として、`http://192.168.0.100:8000/` にアクセスされた時に JSON 形式のデータ `{"message": "Hello World"}` を返す API を構築した。そのコードを以下に示す。

```
from fastapi import FastAPI
app = FastAPI()
@app.get("/") def return_hello_world():
    return {"message": "Hello World"}
```

また、Webブラウザで `http://192.168.0.100:8000/` にアクセスした際の Web 画面を図 3 に示す。



図 3. Web ブラウザで API にアクセスした際の表示

FastAPI では SwaggerUI により API ドキュメントが自動生成される。Web ブラウザで `http://192.168.0.100/docs` にアクセスすると、API ドキュメントを閲覧することができる(図 4)。

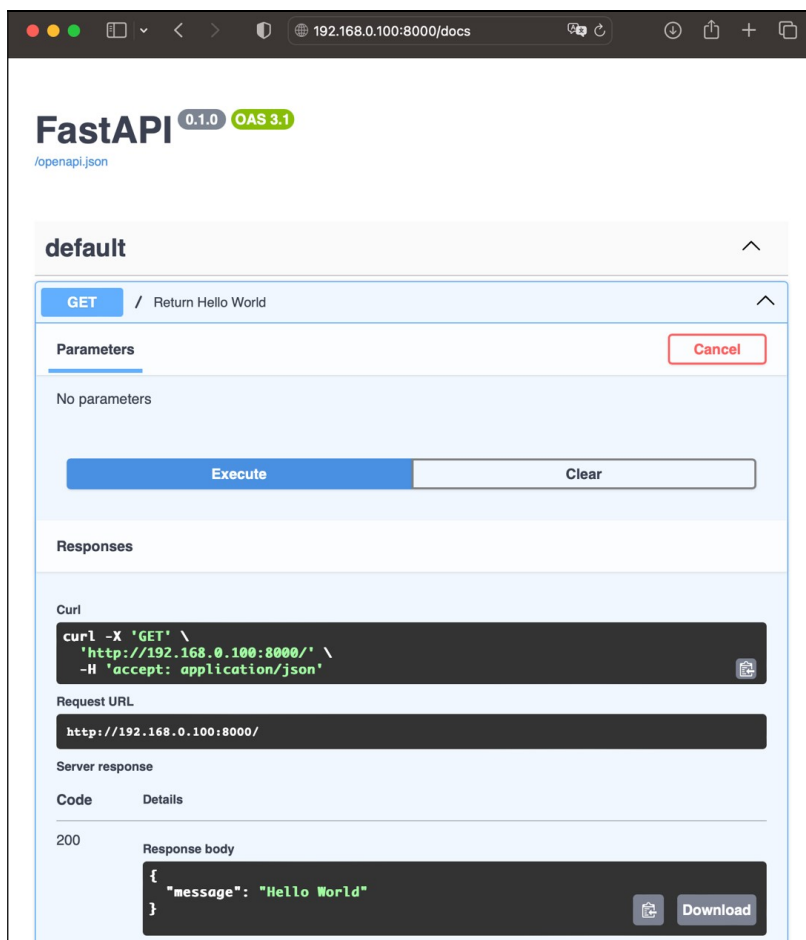


図 4. API ドキュメント

このドキュメントでは、構築した API の一覧や、それぞれの API にアクセスするための Curl コマンド、URL などを確認することができる。また、API のテストのためにサーバレスポンスを確認することも可能である。

### 1.3. React

React とは、高パフォーマンスな UI を構築することができる JavaScript のライブラリである。React では、JavaScript と HTML を JSX ファイルにまとめて記述できる。これにより UI のロジック (JavaScript) と表示 (HTML) を同じファイルにまとめることができるため、コードが直

感的で理解しやすい。また、JSX ファイルを機能ごとに独立させて、再利用可能なコンポーネントとして扱う設計アプローチ（コンポーネントベースのアーキテクチャ）を採用している。コンポーネントを他の場所で再利用することで、コードの重複が少なくなりコードの可読性が向上する。また、各コンポーネントを独立させているため、UI を特定の箇所だけ変更したい場合は、それに関連するコンポーネントのみを修正すればよいため、効率性・保守性も向上する。例として、Hello World と表示するコードを開発した。そのコードを以下に示す。

```
function HelloWorld() {  
  return (  
    <div>  
      <h1>Hello World</h1>  
    </div>  
  );  
}  
export default HelloWorld;
```

## 2. FARM Stack を用いた Web アプリケーションの開発

MongoDB(v4.4.25)・FastAPI(v0.104.1)・React(v18.2.0)を用いて、Web アプリケーションを開発した。この Web アプリケーションでは、複数のサーバの情報を管理し、表示する。また、クライアントが選択したサーバの役割（Web・Mail・DNS のいずれか）に応じて、該当するサーバの情報を確認することができる。開発した Web アプリケーションの UI を図 5 に示す。

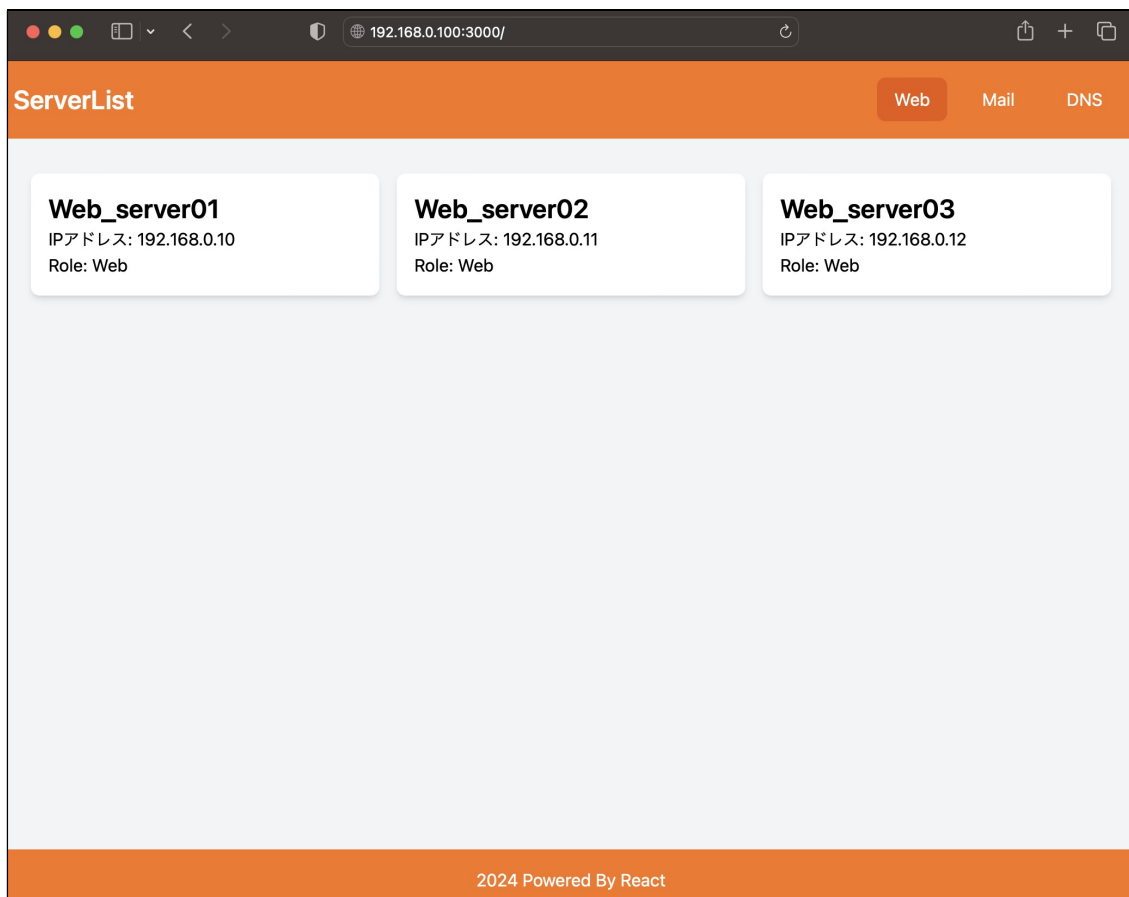


図 5. 開発した Web アプリケーションの UI

## 2.1. Web アプリケーションの概要

開発した Web アプリケーションの処理フローを図 6 に示す。MongoDB では複数のサーバの情報をドキュメントとして管理し、FastAPI では HTTP リクエストに基づいて MongoDB からドキュメントを取得する。そして React では FastAPI が取得したドキュメントを表示し、クライアントの入力によって HTTP リクエストを送信する。

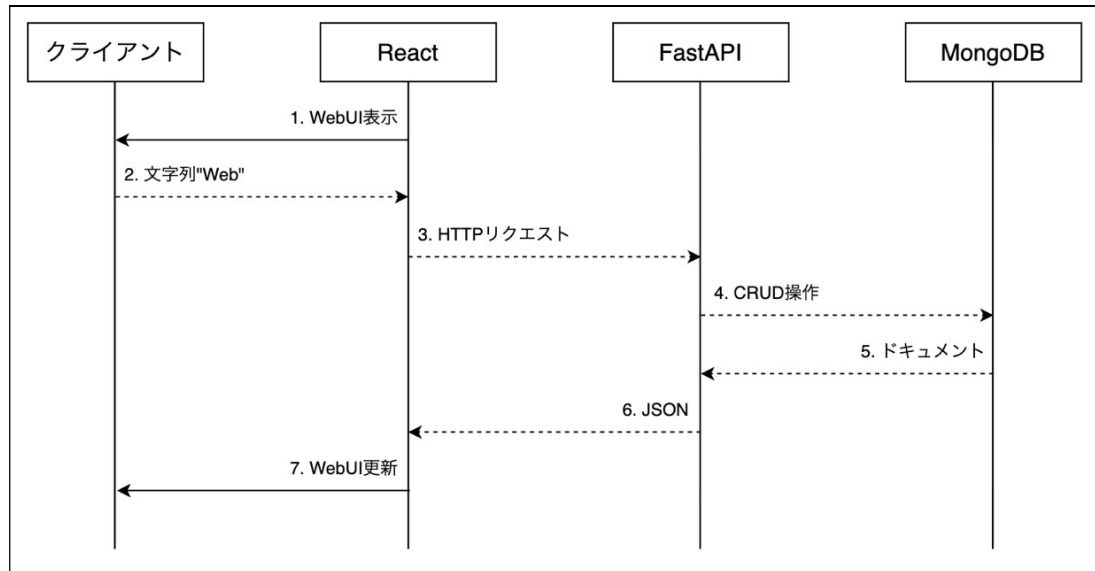


図 6. 処理フロー（サーバの役割"Web"が選択された場合）

## 2.2. Web アプリケーションの開発手順

はじめに、MongoDB を用いてサーバの情報を管理するデータベースを構築した。データベースにサーバの情報となる name・ip・role のデータからなるドキュメントを挿入した。ドキュメントはそれぞれ Web サーバ・Mail サーバ・DNS サーバの情報に分類した。データベースの作成・コレクションの作成・ドキュメントの挿入を行った際のコマンドの抜粋を以下に示す。

```
>use ServerDB
>db.createCollection("Servers")
>db.Servers.insertMany([
  {
    "name": "web_server01", "ip": "192.168.0.10", "role": "Web"
  },{
    "name": "mail_server01", "ip": "192.168.0.20", "role": "Mail"
  },{
    "name": "dns_server01", "ip": "192.168.0.30", "role": "DNS"
  },
])
```

次に、FastAPI を用いて MongoDB からドキュメントを取得する API を構築した。そのコードの抜粋を以下に示す。

```
@app.get("/servers/{role}")
async def get_servers_by_role(role: str):
    servers = list(collection.find({"role": role}))
    return servers
```

このコードでは `http://192.168.0.100:8000/servers/{role}` にアクセスした時、パスパラメータ

role (値は文字列の"Web"・"Mail"・"DNS"のいずれか) を引数として受け取り、MongoDB から引数と同じ role の値を持つドキュメントを取得する。また、取得したそれぞれのドキュメントをリスト型変数 servers に格納して、サーバレスポンスとして返すように定義している。

次に、React を用いて UI を構築した。この UI では、ヘッダーを表示する Header.jsx、FastAPI により Mongo DB から取得したドキュメントを表示する ServerListByRole.jsx、フッターを表示する Footer.jsx の 3 つのコンポーネントに分割し、App.jsx でそれぞれのコンポーネントを呼び出してページ全体を表示する設計にした。

App.jsx のコードの抜粋を下に示す。このコードでは、3 つのコンポーネントを呼び出して、上から、Header.jsx・ServerListByRole.jsx・Footer.jsx の順で表示するように定義している。

```
import React, { useState } from "react";
import Header from "./components/Header";
import ServerListByRole from "./components/ServerListByRole";
import Footer from "./components/Footer";
function App() {
  const [role, setRole] = useState();
  return (
    <div home>
      <Header role={role} setRole={setRole} />
      <ServerListByRole role={role} setRole={setRole} />
      <Footer />
    </div>
  );
}
export default App;
```

Header.jsx のコードの抜粋を下に示す。このコードでは、3 つのボタン (Web・Mail・DNS) を表示し、クリックされたボタンに応じて文字列 ("Web"・"Mail"・"DNS"のいずれか) を変数 role に格納するように定義している。

```
import React from "react";
const Header = ({ role, setRole }) => {
  return (
    <header className="header">
      <h1>ServerLists</h1>
      {[ "Web", "Mail", "DNS" ].map((activeRole) => (
        <button
          key={activeRole}
          onClick={() => setRole(activeRole)}>{activeRole}
        </button>
      ))}
    </header>
  );
}
export default Header;
```

ServerListByRole.jsx のコードの抜粋を下に示す。このコードでは、引数 role の値が更新された時、API にアクセスして引数 role を渡す。そして FastAPI から取得した JSON 形式のデータの全オブジェクトを表示するように定義している。

```

import React, { useState, useEffect } from "react";
const ServerListByRole = ({ role, setRole }) => {
  const [servers, setServers] = useState([]);
  useEffect(() => {
    fetch(`http://192.168.0.100:8000/servers/${role}`)
      .then((response) => response.json())
      .then((data) => setServers(data));
  }, [role]);
  return (
    <div>
      {servers.map((server) => (
        <div key={server.id}>
          <p>{server.name}</p>
          <p>{server.ip}</p>
          <p>{server.role}</p>
        </div>
      ))}
    </div>
  );
}
export default ServerListByRole;

```

Footer.jsx のコードの抜粋を下に示す。このコードでは、現在の西暦および「Powered by React」と表示するように定義している。

```

import React from "react";
const Footer = () => {
  return (
    <footer className="footer">
      <p>{new Date().getFullYear()} Powered by React</p>
    </footer>
  );
}
export default Footer;

```

おわりに

FARM Stack を用いて高速なシングルページの Web アプリケーションを開発することができた。また、データベースからバックエンド、フロントエンドまでを学習しながら開発し、Web アプリケーション開発における技術レベルを向上させることができたと考える。これからは FARM Stack を用いたユーザ認証・認可機能の実装方法を学び、開発業務に活かしたい。

参考文献

- [1] "FastAPI", <https://fastapi.tiangolo.com/>, (参照 2023/12/20)
- [2] "React", <https://react.dev/>, (参照 2023/12/20)
- [3] Marko Aleksendrić (2022), *Full Stack FastAPI, React, and MongoDB*, Packt Publishing
- [4] Alex Banks 著, 宮崎空 訳 (2021), 『React ハンズオンラーニング 第2版』, オライリージャパン
- [5] asakohattori (2021), 『基礎から学ぶ React/React Hooks』, シーアンドアール研究所
- [6] 山田祥寛 (2023), 『これからはじめる React 実践入門』, SBクリエイティブ
- [7] 藤野巖 (2020), 『実践 Python によるデータベース入門』, コロナ社

# 石英製ヨウ素セル製作による技術力向上

森木義隆、川崎竜馬、後藤伸太郎、岡本久和  
工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## はじめに

2022年度、JAXA 宇宙科学研究所 先端工作技術グループを通じて、石英製ヨウ素セル製作に関する協力依頼があった。その中で JAXA 担当者の要望としては「ヨウ素封入などを外国にお願いすることもできるが日本国内で全行程を可能にしたい」、「国内の民間企業で実施できる会社も見つかったがその費用が非常に高額であり、何が技術的に難しいのか知りたい」とのことであった。

今回の依頼にはガラス加工技術に加え様々な関連技術が必要であり、ガラス加工室にとってチャレンジすることには大きなメリットがある。そこで技術部研修制度を利用し 2022、2033 年度と代表者を代えて計 2 回の個別研修を実施した。本稿では 2022 年度実施分について報告する。

## 1. 製作目標

JAXA より製作依頼された石英製ヨウ素セルは図 1.のとおりである。特徴として下記のような特徴がある。

- 円筒状の石英管にレーザー光の透過面である窓板が特殊な角度（ブリュースター角）で取り付けられている
- 本体が長い（全長約 400 mm）
- 細い管が 2 つ付いている（ $\phi 6$ ：ヨウ素固体を封入しセル内のヨウ素濃度調整のため、 $\phi 8$ ：真空ラインと接合用）

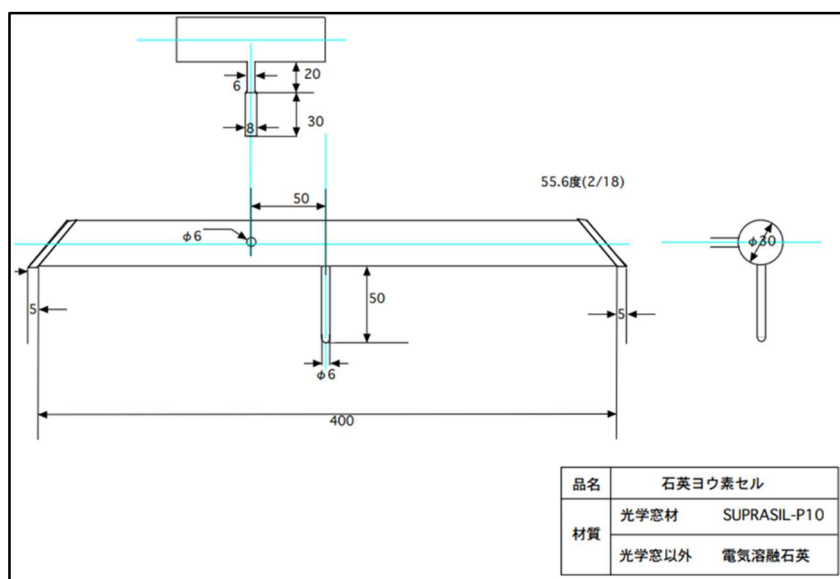


図 1. 石英製ヨウ素セルの図面

## 2. 必要な技術

前述の製作目標を完成させるためには大きく分けて2つの技術が必要である。まず①「石英セルの熔融加工による製作技術」である。この中で特に難しい技術としては特殊な角度(ブリュースター角)で窓板を張り付ける加工である。そして②「石英セルの中へのヨウ素封入技術」である。この2つを同時に実施するのはボリュームがあり個別研修期間で実施するのは困難であること、また①についてはまだ国内業者が製作可能であることを考慮して、今回はまず②のヨウ素封入技術についてチャレンジした。

## 3. テスト用石英セル

図1の石英セル(ヨウ素未封入)を業者で製作すると非常に高額であるため、ヨウ素封入テストのために複数個製作するには費用がかさむ。そこでテスト用にコストを抑えたテスト用石英セルを業者に3個製作してもらった(図2)。その特徴は下記のとおりである。このセルへのヨウ素封入とその評価、改善を繰り返し、こちらの出来る限りのことをすることにした。

- 窓材の光学特性が同じ他社製品を選定 ➡ (板材のコストダウン)
- 窓板の張り付け角度を  $90^\circ$  ➡ (加工費用のコストダウン)
- セル全長を短くする(依頼品 400 mm、テスト用 100mm) ➡ (材料費のコストダウン)



図2. テスト用石英セル



#### 4. 参考文献

ヨウ素封入を実施するにあたり情報が何もない状態であったので、Web などから参考文献を探した。その結果、表 1. のような参考文献を見つけた。その中でガラス加工技術を多く使用してヨウ素封入作業を実施しているのが参考文献①である。これは非常に古い文献ではあるがヨウ素封入方法が詳しく説明されていたので、この文献に倣ってヨウ素封入を実施することとした。

表 1. ヨウ素封入関係の参考文献

参考文献①	<p>著者名：田中敬一・岩崎茂雄          論文名：「<math>^{127}\text{I}_2</math> の精製と波長標準用 <math>^{127}\text{I}_2</math> 吸収セルの寿命評価」          掲載雑誌名：計測と制御 Vol.25,No3 P266-273 (昭和 61 年 3 月)          URL:<a href="https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicej11962/25/3/25_3_266/_pdf">https://www.jstage.jst.go.jp/article/sicej11962/25/3/25_3_266/_pdf</a>          閲覧(最終確認)日：2024/02/01</p>
参考文献②	<p>著者名：石川純          論文名：「波長標準の高度化・安定化よう素安定化 He-Ne レーザ用高品質よう素セルの供給」          掲載雑誌名：産総研 Today(Web マガジン) 2005～2006, P45～44,          URL：<a href="https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource_images/aist_j/aistinfo/aist_today/vol05_06/vol05_06_p44_45.pdf">https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource_images/aist_j/aistinfo/aist_today/vol05_06/vol05_06_p44_45.pdf</a>          閲覧(最終確認)日：2024/02/01</p>

#### 5. ヨウ素封入の実施手順

ヨウ素封入には市販されている「ヨウ素 試薬特級」(図 3.) を使用して図 4. のような手順で実施することとした。その中で本研修では点線で囲われた部分を実施した。まず本学教員より「ブレイクシール」の製作方法についてご教授いただき、その技術を活用して 1 次精製用ガラスラインを製作して精製作業を経験した。その上で JAXA 担当者が手配をして下さった企業へ見学に行き、石英製ヨウ素セルについて情報収集を行った。



試験項目	規格値
外観	黒灰色～黒紫色、球状
純度	質量分析率99.8%以下
不揮発物	質量分析率0.005%以下
塩素及び臭素 (Clとして)	質量分析率0.003%以下
硫酸塩 (SO4)	質量分析率0.005%以下

製品規格表 (ヨウ素 試薬特級)  
 出典：富士フィルム和光純薬株式会社

図 3. 使用したヨウ素とその規格

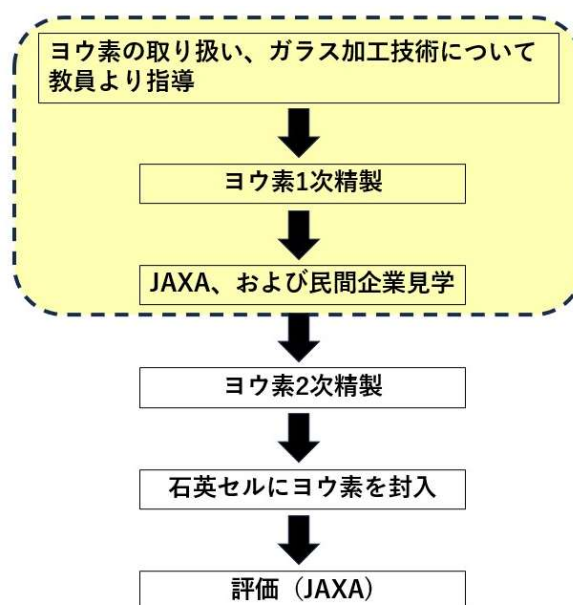


図 4. 実施手順

## 6. ブレイクシールの加工技術

本学、工学部化学生命工学科の高野准教授に加工方法についてご教授いただいた。ブレイクシールの完成品は図 5.のとおりである。使用方法と利点は精製したヨウ素を保管する容器（図 6.）の上部にこのシールを設置することで、この容器の中に精製したヨウ素を真空状態で長期間保管が可能でありながら、使用したい時にこの容器をガラスラインに取り付け、シール部分をライン内に事前に入れておいたガラスコーティングされた金属を外から磁石で操作して割ること（図 7.）で空気に触れずに利用することが可能であることである。

製作上の注意点としては「シール部分が非常に弱い力で割れるように製作すること」である。そうしなければ、せっかく精製して容器に保管したヨウ素が利用できず台無しになってしまう。シール部分の加工で特に重要となるのは、使用時に最終的に破壊するシール部分のガラスをどのようにして薄く加工するか、そして破壊し易い形状はどのようなものかである。これらを実現するための加工方法について実演指導していただいた。

工場に戻った後、実際に自分たちでブレイクシールを製作し、使用可能かどうか試験を行うとうまく割れない（破壊出来ない）シールもあり、自分たちの思った以上にシール部分を薄く、そして適した形状に加工しなければ割れないことを改めて実感した。



図 5. ブレイクシール完成品



図 7. 上手に割れたブレイクシール

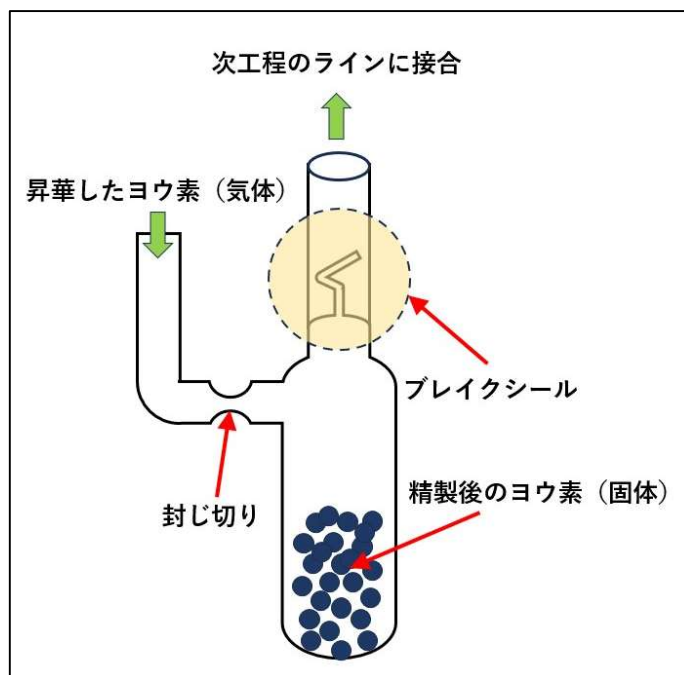


図 6. 精製したヨウ素の保管容器

## 7. 1次精製（前溜）

使用する機材や使用するブレイクシールの準備が整ったので、実際にガラス製ライン（図 8.）を製作して精製作業を行った。その手順について図 9. で説明する。まず容器 A に市販のヨウ素を、容器 C にモレキュラーシーブを入れ封じる。その後、ライン全体を真空ポンプ（油回転・油拡散）で真空排気し始め、ヨウ素の入った容器 A のヨウ素の昇華が始まらないうちに、手早く液体窒素で冷やし始める。

次に容器 C をマントルヒーターで加熱して水分を飛ばしながら、ガラスライン全体をハンドバーナーで加熱（ベーキング処理）をしてライン全体の内側の水気を飛ばす。実際の様子が図 10. である。その後、容器 A の液体窒素による冷却を止めると、ガラスライン内が真空状態になっていることから常温でヨウ素の昇華が始まる。昇華したヨウ素は真空ポンプ側と容器 B 側の両方向に流れ出す。次に容器 B を液体窒素で冷やすと容器内に凝縮附着する（図 11.）。これが前溜であり、この成分には不純物が多く含まれている。また、同時に原料のヨウ素に吸着している水分が最も多く捕獲される。この容器 B をラインより封じ切る。



図 8. 製作したガラスライン

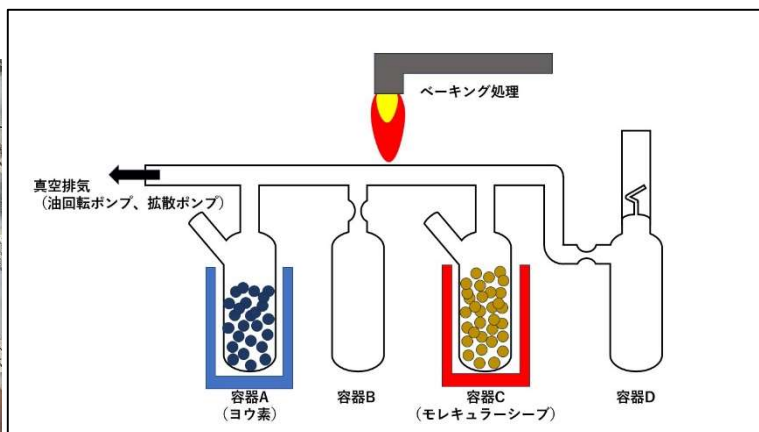


図 9. ガラスライン概要図①



図 10. バーナーによるベーキング処理



図 11. 不純物が多く含まれる凝縮附着物

## 8.1 次精製（本溜）

ラインを真空ポンプ（油回転、油拡散）から切り離し、ゆっくり水平を保ちながら図 12. のように配置して、ブレイクシールが付いている容器を氷水で満たしたデュワーでゆっくり冷やしていきます。するとライン内に昇華して浮遊していたヨウ素気体がゆっくり凝縮して結晶化していく。実際に結晶化したヨウ素が図 13.である。

参考文献と今回の作業での排気時間を比較する（図 12.内の表参照）と文献に比べて排気時間は短時間で、真空度は低い値となっているが、今回はとりあえずヨウ素精製の経験を積むことに重点を置いたのでこの違いについては大目に見ていただきたい。

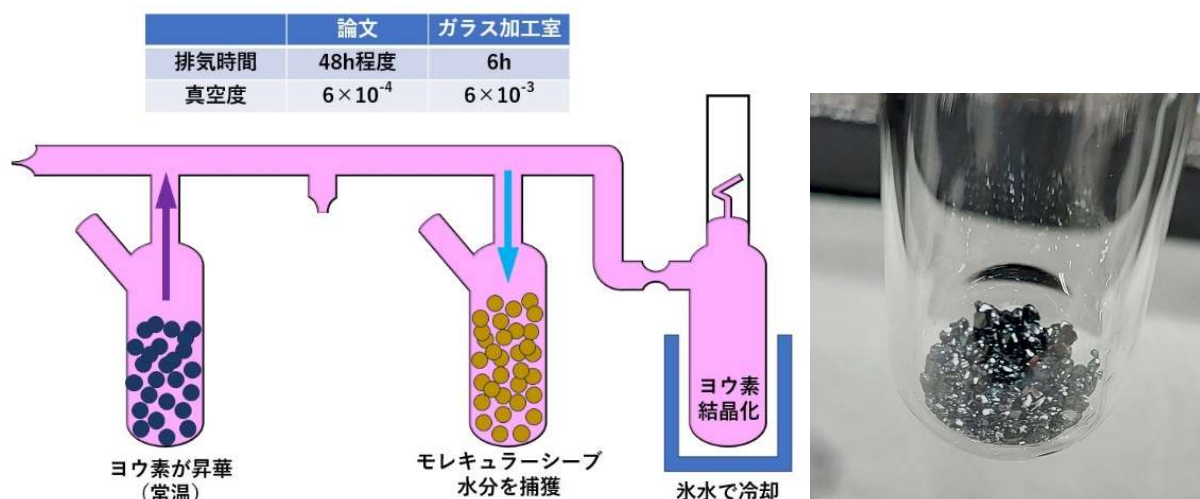


図 12. ガラスライン概要図②

図 13. 結晶化したヨウ素

## 9. 企業見学

JAXA 担当者に手配していただき、レーザー関連機器を販売しているネオアーク株式会社（〒192-0015 東京都八王子市中野町 2062-21）に見学に向った。会社内で実際に石英セルへのヨウ素封入作業を実施しており、今回の研修でヨウ素精製を体験した上での見学だったので様々な質問（真空排気時間、ベーキング温度、使用している機器など）をすることができた。また、石英製ヨウ素セルの実物を見ることができ、セルの組立方法（接合方法）はその手法が限られているが会社で試された方法についてもお聞きすることができ大変有益な情報が得られた。しかし、会社の技術情報漏洩になるため、ここに掲載することが出来ない情報（装置全体写真、ヨウ素封入条件など）が多数あることはご了承願いたい。

### 最後に

今回の研修を通じてガラス加工技術はもちろんのこと、真空技術や精製技術など様々な関連技術を学ぶ良い機会となった。今回の経験を踏まえて、石英セルへのヨウ素封入を順次進めていきました。その内容については 2023 年度 個別研修「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上と評価」にて報告する。

# 石英製ヨウ素セル製作による技術力向上と評価

川崎竜馬\*、森木義隆\*、後藤伸太郎\*、岡本久和\*\*

\*工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

\*\* 装置開発技術支援室（理学部）

## はじめに

宇宙航空研究開発機構（以下、JAXA）ではヨウ素セルを内蔵したヨウ素安定化レーザーを将来の測位衛星の光時計として搭載することを目指している。ヨウ素セルとはヨウ素が封入された石英製セルである。昨年度、装置開発技術支援室（工学部）に対し JAXA 宇宙科学研究所先端工作技術グループを通じて、このヨウ素封入技術に関する協力依頼があった。

## 1. 実施手順

昨年度の個別研修で参考文献をもとにヨウ素の1次精製まで行った。本研修では2次精製から石英製セルへのヨウ素封入までを行い、JAXA にセルを送り性能評価を受ける。図 1 に実施手順を示す。

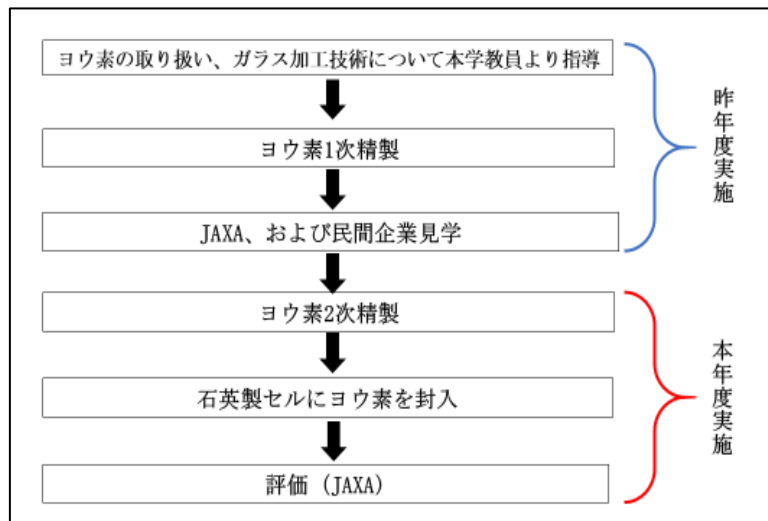


図 1. 実施手順

## 2. ガラスライン製作

2次精製と石英製セルへのヨウ素封入のためにガラスラインを作った。その中で経験したガラス加工技術について報告する。初めに製作したガラスラインはつなぎ目がしっかりと溶け馴染んではいなかった。先輩職員からの助言でガラスが馴染んでいないところはリーク箇所になる可能性があるため溶け具合をしっかりと見ながらバーナーワークをすることが重要であると理解した。

## 3. 2次精製

今回製作した 2 次精製用ガラスラインを図 2,3 に示す。2 次精製は 1 次精製したヨウ素の純度を更に高め、複数個のストックに分けるために行った。

● 作業手順

- 1) 2 次精製用ガラスラインを真空排気装置（油回転ポンプ・油拡散ポンプ）を使い真空排気を行う。
- 2) 真空排気を行ないながら B<sup>1</sup> をジャケットヒーターを使いベーキング（モレキュラーシーブ内の水分を取り除くための加熱）を行う。
- 3) C とガラスラインをハンドバーナーの炎を使いベーキング（ガラス内壁にある水分を気化させ効率良く真空排気をするための作業）を行う。（※1）
- 4) 2,3)の作業を 2 日間<sup>※2</sup>行い  $3.2 \times 10^{-4}$  Pa で真空度が安定した後、F<sup>1</sup> のくびれ部分をバーナーで軟化させ封じ切りガラスラインを真空排気装置側から切り離す。
- 5) C をデューワー瓶に入ったかき氷で冷却する。
- 6) D（鉄棒をガラス管の中に封じ込んで作った物）を強力な磁石によって管外から上下させ E<sup>1</sup> のブレイクシール（本誌掲載の森木義隆「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上」に詳細を記載）を壊しガラスライン内にヨウ素を開放する。  
冷却した C にヨウ素の結晶が集積したのを確認しハンドバーナーを使いそれぞれの C をガラスラインから切り離す。



図 2. 2 次精製用ガラスライン

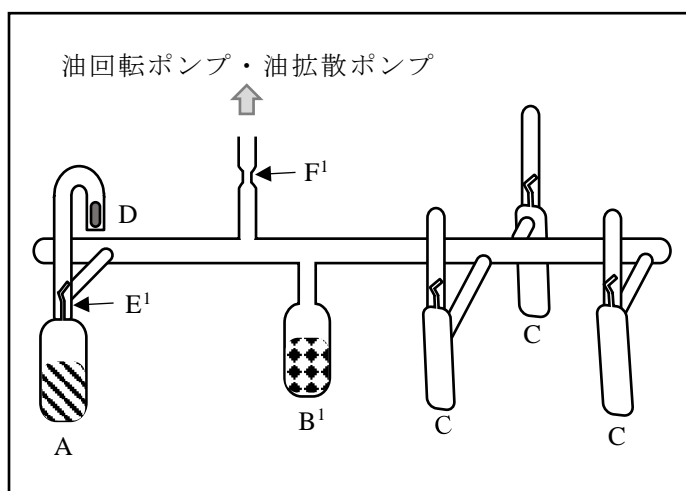


図 3. 概要図

(A: 1 次精製後のヨウ素. B<sup>1</sup>: モレキュラーシーブ.  
C: 2 次精製容器. D: ハンマー. E<sup>1</sup>: ブレイクシール.  
F<sup>1</sup>: くびれ部)

- ※1 文献①では 2 次精製容器のベーキングに電気炉を使っている、当室ではハンドバーナーの炎を使用した（表 1）。
- ※2 真空排気の時間は 24 時間連続となっているが当室では技術職員が居ない夜間は装置を止めて翌朝運転を再開した。

表 1. 作業の比較

	文献①	ガラス加工室
時間（真空排気）	24 時間（連続）	7 時間×2 日
真空度	$1.7 \times 10^{-3}$ Pa	$3.2 \times 10^{-4}$ Pa
モレキュラーシーブのベーキング	450°C（電気炉）	600°C （ジャケットヒーター）
2 次精製容器のベーキング	450°C（電気炉）	バーナーの炎
ガラスラインのベーキング	記載なし	バーナーの炎

#### 4. テスト用石英製セル

JAXA から指定されたヨウ素封入用の石英製セルを図 4 に示す。1 回のヨウ素封入で十分な性能を満たすものが作れるか分からないため数回チャレンジする。石英製セルは高価なため毎回は購入できない。そのためコストを抑えたテスト用石英製セルを 3 個準備した(図 5)。これは全体の大きさと透過面の角度を変更したが、指定の物と同じ品質の窓材を使用しており性能評価には問題ない。

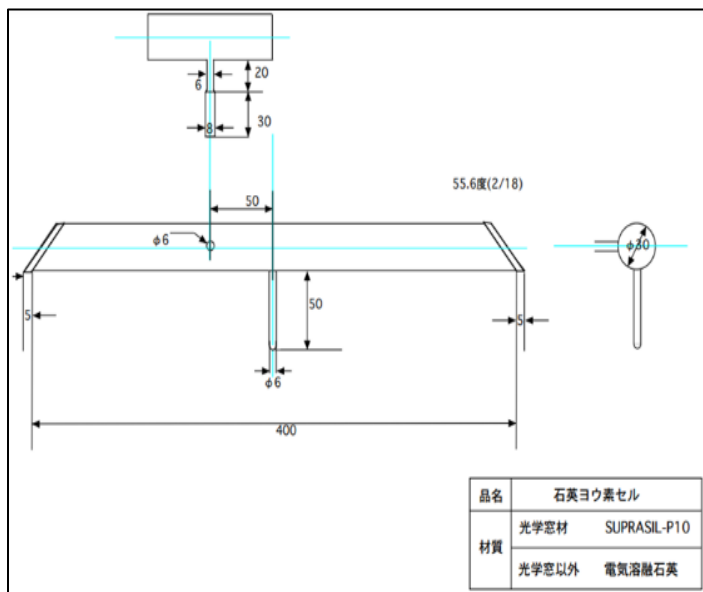


図 4. 石英製セル図面



図 5. テスト用石英製セル

## 5. 石英製セルへのヨウ素封入

2次精製したヨウ素をテスト用石英製セルに封入する。

### ● 作業手順

- 1) 製作した図 6,7 のガラスラインを真空排気装置で真空排気する。
- 2) B<sup>2</sup> (新しいモレキュラーシーブ) ,G,ガラスラインをベーキングする。
- 3) 3日後、 $1.5 \times 10^{-4}$ Paで真空度が安定した後、Gをハンドバーナーで高温に加熱<sup>※3</sup>し内部の不純物を更にとばす。
- 4) F<sup>2</sup>を封じ切りガラスラインを真空排気装置側から切り離す。
- 5) Hを氷水で冷却しながらE<sup>2</sup>を壊しガラスライン内にヨウ素を開放する。
- 6) 冷却したHにヨウ素が結晶化し集積したのを確認後、F<sup>3</sup>を封じ切りガラスラインから切り離す。



図 6. ヨウ素封入用ガラスライン

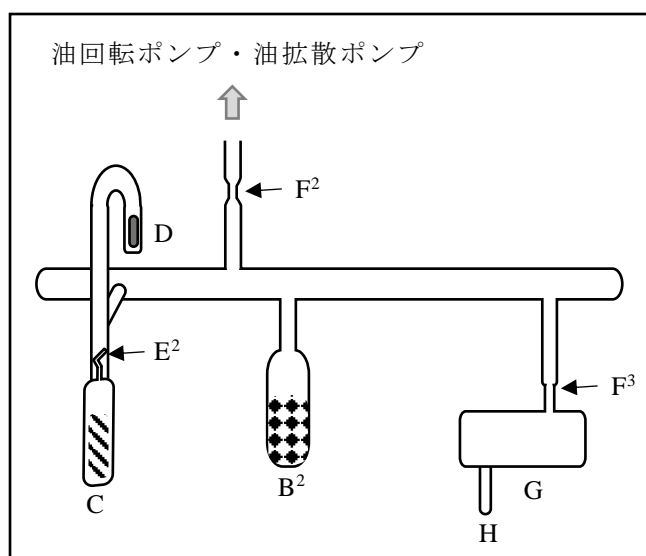


図 7. 概要図

(G: 石英製セル.H: 冷却部)

※3 文献②では石英製セルを 800℃に加熱している。当室ではジャケットヒーターで加熱後、ハンドバーナーの炎を使い技術職員の経験を頼りに加熱をした (図 8) (表 2)。



図 8. 石英製セルのベーキング



表 2. 作業の比較

	文献①	文献②	ガラス加工室
時間（真空排気）	8 時間	記載なし	8 時間×3 日
真空度	$8 \times 10^{-4} \text{Pa}$	記載なし	$1.5 \times 10^{-4} \text{Pa}$
モレキュラーシーブのベーキング	450°C (電気炉)	記載なし	600°C (ジャケットヒーター)
石英製セルのベーキング	450°C (電気炉)	800°C (電気炉) 32 時間×2 回	750°C (ジャケットヒーター) + バーナーの炎
ガラスラインのベーキング	バーナー の炎	記載なし	バーナーの炎

## 6. ブレイクシール製作を通して得た教訓

テスト用石英製セルへのヨウ素封入作業においてハンマー（図 7,D）をブレイクシールにぶつけても想定通りにはブレイクシールを壊すことが出来なかった。そこでハンマーをより強くぶつけるためガラスライン全体を手で持って上下に振ったところ、意図してないところが折れてしまい、テスト用石英製セルを壊してしまった。ブレイクシールが壊せなかったのは上からの衝撃に強い形状に作ってしまったためで、その時まで私はガラスの厚さが薄ければアーチ型の形状でも良いと考えていた。しかし先輩職員からの指摘で、ガラスの厚さが薄いだけでなく直線的な形状が重要だと分かった（図 9）。

ブレイクシールの形状を見直し、ヨウ素の開封を問題なく行えた。この教訓を得てガラスを作る上で形状の意味を十分に理解して作れるように今後は心掛けて取り組んでいく。

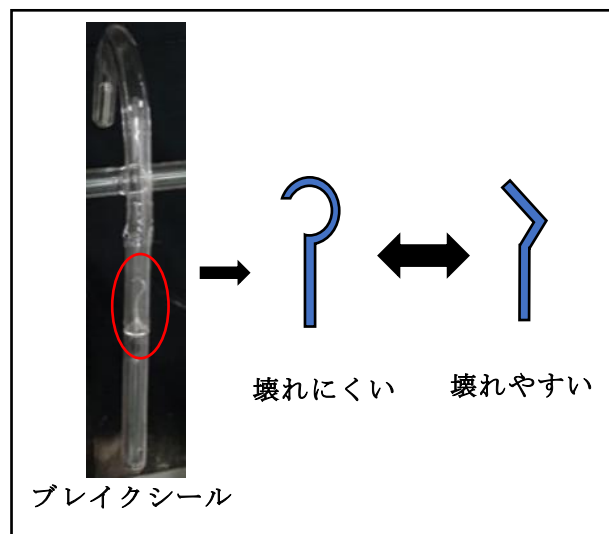


図 9. 概要図

## 7. 評価

現在 JAXA でヨウ素封入したテスト用石英製セル（図 10）の性能評価を受けている。その結果が良好なものであれば正規の石英製セル製作にチャレンジする。また、結果が悪いものであれば作業内容を再度検討し残りのテスト用石英製セルを使い再チャレンジする。



図 10. ヨウ素封入後のセル

## 8. まとめ

個別研修を通して真空ライン製作技術、ヨウ素精製方法、パイレックスガラス・石英ガラスのベーキングの経験を積むことが出来た。ガラスラインの製作回数を重ねるごとにガラスをしっかりとコントロールして作れるようになったが、コンスタントに作るには習熟がまだ足りていないため今後も研鑽をしていきガラス加工技術の向上に努める。

## 9. 参考文献

- ① 田中敬一・岩崎茂雄, 「 $^{127}\text{I}_2$  の精製と波長標準  $^{127}\text{I}_2$  吸収セルの寿命評価」計測と制御 Vol.25, No.3 昭和 61 年 3 月
- ② 石川純, 「波長標準の高度化・安定化よう素安定化 He-Ne レーザ用高品質よう素セルの供給」産総研 2005～2006, P45～44,  
( [https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource\\_images/aist\\_j/aistinfo/aist\\_today/vol05\\_06/vol05\\_06\\_p44\\_45.pdf](https://www.aist.go.jp/Portals/0/resource_images/aist_j/aistinfo/aist_today/vol05_06/vol05_06_p44_45.pdf) )

# 研究会等への投稿論文



# 2023 年度機器・分析技術研究会参加報告

鳥居 実恵

工学研究科・工学技術部 分析物質技術系

## 1. はじめに

令和 5 年 9 月 7 日（木）～8 日（金）に「2023 年度機器・分析技術研究会」が熊本大学黒髪キャンパス南地区にて対面形式で開催された。管理装置における技術情報の収集や各機関での運用方法などについての知見を深める目的で参加したので報告する。

## 2. 日程について

本研究会は表 1 のような内容で開催された。

表 1. 2023 年度 機器・分析技術研究会 日程

日時		内容
9 月 7 日 (木)	13:00-13:15	開会式
	13:15-14:00	特別講演 1 「パルスパワーの食品やリサイクルへの応用」 熊本大学 産業ナノマテリアル研究所 浪平 隆男 准教授
	14:10-14:40	特別企画 1 「走査電子顕微鏡 (SEM) の進化と現状」 株式会社日立ハイテク コアテクノロジー& ソリューション事業統括本部 多持 隆一郎氏
	15:00-16:30	ポスター発表
9 月 8 日 (金)	9:00-9:30	特別企画 2 「JEM-ARM200F/NEOARM を用いた 解析事例の紹介」日本電子株式会社 EM 事業ユニット EM アプリケーション部 安原 聡氏
	9:30-10:00	特別企画 3 「有機化合物構造解析 3 種の神器による、 構造解析の新しい世界」日本電子株式会社 科学・計測機器営業本部 朝倉 克夫氏
	10:10-10:55	特別講演 2 「わが国で多発する火山災害とその調査研究」 熊本大学 くまもと水循環・減災研究教育センター 宮縁 育夫 教授
	10:55-11:10	次期開催案内
	11:20-12:20	口頭発表 1
	13:30-14:30	口頭発表 2
	14:40-16:00	口頭発表 3
	16:00-	閉会式

## 3. 講演内容

### 1) 特別講演

特別講演は開催機関である熊本大学の 2 名の先生方を迎えてのご講演であった。瞬間的に非常に大きな電気エネルギーを照射する事をパルス照射と呼ぶが、この電力「パルスパワー」は様々な研究に適用されており、食品への照射によるアニサキスのパルス殺虫技術などについてご紹介いただいた。また、「火山災害とその調査研究」では熊本県有数の火山である阿蘇山周辺を広範囲に渡って 1 週間に 1 度程度バケツなどを設置し、降り積もった火山灰を地

道に回収し、XRF、X線回折装置、電子顕微鏡、EPMAで分析して数十年単位で組成を調査されていた。その中で各測定装置における依頼分析を多機関の技術職員が請け負っており、研究支援についての期待を実感できた。

## 2) 特別企画

特別企画として、機器分析には欠かせない各研究分野の測定装置（SEM、TEM、NMR、micro-ED、XRD）に関する最先端の技術とこれからの展望について分析装置メーカーの方よりご紹介いただいた。近年注目を集めている micro-ED を NMR や XRD と組み合わせることで、お互いの装置の特性としての弱点を補える事、これまで各分析装置の測定結果から解析を試みていた手順が、micro-ED と MS の分子推定から NMR の実測と照らし合わせて構造解析へと導けるようになるという将来像を知ることができた。

## 4. ポスター発表（45件）

主に業務と関連する NMR、MS についての発表を聴講した。ポリマーにおける MS の KMD 解析について、エクセルデータから多変量解析ができるという知見が得られた。また、NMR 装置は近年のヘリウム供給不足により装置の維持管理コストが急激に上がっており、ヘリウムリサイクルシステムの運用、液体ヘリウム蒸発防止装置の導入に関する情報、大型研究施設における高磁場 NMR 装置を維持費の関係で所有が難しい大学も利用できるように敷居を低くする取り組み等の発表があった。各種分析装置においても保守管理を行う上で多様な業務が発生する為、効率化を目指した課題提示と改善方法など、運用に関する話題が豊富で非常に参考となった。鳥居も連名者として技術職員の人材育成に関する活動について報告した。

## 5. 口頭発表（20件）

2会場に分かれて、分野ごとに発表が行われた。ヘリウム不足による卓上 NMR の進展に関わる話や金属水素化物の高温 NMR についての発表を聴講し、非磁性の SUS を部品として検討したが溶接を繰り返すうちに相変態が起き磁性を帯びてしまい材料の再検討を行わなければならなかった、などの苦労話も伺った。また、有機二次電池の正極材料の構造評価として XPS、ラマン分光法、固体 NMR 法の複合的な構造解析により材料の特性を知ることができ、官能基の修飾量を増やすことで今後材料の機能向上を目指すという報告では協働での分析アプローチに感銘を受けた。そのほか、多機関が共同開発した「WAN-WAN システム」という汎用警報システムについては、今回のテーマである「分析における DX 化」として浸透しており展示ブースも設けられていたり、企業との共同研究も進んでいたり今後の展開が楽しみとなる話題であった。

## 6. おわりに

本研究会の開催にあたり主催されました 2023 年度機器・分析技術研究会の実行委員の皆様へ深く感謝申し上げます。また、研究会参加の機会をいただきました工学研究科・工学技術部の皆様へ厚く御礼申し上げます。

# 全学技術センター関連

技術職員研修





# 令和5年度名古屋大学技術職員研修（装置開発コース）受講報告

藤村太磯、松本大輔

工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## 1. はじめに

令和5年9月7日、8日の2日間にかけて「名古屋大学技術職員研修（装置開発コース）」が工学研究科 EI 創発工学館で実施された。設計加工分野における専門知識と技術習得、技術職員としての資質の向上を目的として参加した。岐阜大学ものづくり工学技術教育支援室からも1名の参加があった。本研修内容について報告する。

## 2. 日程

本研修は表1に示す日程で実施された。

表1. 日程表

日時		内容
9月7日 (木)	13:00 - 13:10	開会式
	13:10 - 14:10	専門講義 「次世代切削加工・工作機械技術を目指して」 講師：社本英二 教授
	14:25 - 17:15	構造解析実習 講師：工藤哲也 氏、加藤渉 氏
9月8日 (金)	9:00 - 12:00	NC工作機械実習 講師：長谷川達郎 氏
	13:00 - 16:30	溶接実習 講師：中西幸弘 氏、磯谷俊史 氏
	16:45 - 17:00	閉会式

## 3. 専門講義

「次世代切削加工・工作機械技術を目指して」

ほとんどすべての産業製品は直接または間接的に工作機械によって創製されており、工作機械の精度、能率向上によって産業製品の性能向上、コストダウンが可能である。工作機械の高精度、高能率化につながる研究内容について知ることができた。また次世代切削加工の一例として、積層造形と切削加工を組み合わせた新金属積層造形技術の紹介がされた。従来の切削技術では困難な形状の加工ができることを知り、先駆的な研究について学ぶことができた。

## 4. 実習

### 4-1. 構造解析実習

構造解析とは物体に荷重をかけた際に変形や応力がどの程度発生するのかを計算、数値化し、それに基づいて定量的な評価、分析をすることである。実習では CAD ソフトの SOLIDWORKS を使用し、片持ち梁と V 字プレートの解析を行った。片持ち梁は手計算で導いた理論値と解析結果を比較した。またメッシュサイズの大小と解析結果との関係も学んだ。V 字プレートは特異点について学んだ。CAD ソフトは有限要素法で計算を行っているため、角部において極端に大きな応力の値を表示することがある。このような場合はコーナー R をつけることで特異点を無くすることができる。

### 4-2. NC 工作機械実習

同時 5 軸制御加工機はボールエンドミルを用いた自由曲面の加工において加工面に対する工具姿勢を一定に保つことができ、切削速度を一定に保つことで安定した切削力を得られる。工具姿勢のパラメータとしてチルト角とリード角があり、アップカットとダウンカットがある。パラメータの組み合わせからなる工具姿勢とアップカット、ダウンカットについて 16 通りの組み合わせで実際に加工を行い、切削動力計で切削力を測定し、表にまとめ考察した。実験によって、チルト角、リード角、アップカット、ダウンカット、切削力との間には交互作用があることが分かった。

最適な切削条件を見つけるのに適している方法として、統計解析ソフト JMP を使用した実験計画法が紹介された。この方法は総当たり比べて少ない実験回数で最適な切削条件の見当をつけることができる。今後の業務で活用したいと感じた。

### 4-3. 溶接実習

座学で TIG 溶接について学び、講師から指導を受けながら薄板を溶接した。またリークテスターと焼け取り装置の使用方法について説明を受けた。焼け取りについては、溶接後の美観を良くするためだけでなく、不動態化処理によって耐食性を向上させる上でも重要であることが分かった。

## 5. おわりに

全ての研修が普段の業務と関連した内容であり有意義な研修となった。実習工場には本研修で使用した同時 5 軸加工機を含めまだ使ったことがない工作機械があり、操作方法、加工技術の習得を意欲的に取り組んでいきたい。また他大学、他部署の参加者との交流もでき親交を深めることができた。

## 6. 謝辞

ご講義頂いた名古屋大学 社本英二教授および本研修を企画、実施頂いた装置開発技術支援室の関係者の皆様に厚くお礼申し上げます。

# 令和5年度東海・北陸地区国立大学法人等 技術職員合同研修（機械コース）参加報告

坂井優斗、花田洋樹  
工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## 1. はじめに

令和5年8月30日（水）～9月1日（金）に金沢大学角間キャンパスにて「令和5年度東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（機械コース）」が開催された。

この研修は東海・北陸地区の国立大学法人等に所属する技術職員に対し、その職務遂行に必要な専門的な知識及び技術等を修得させ、技術職員としての資質の向上を図るとともに、職員相互の交流に寄与することを目的とした。本技術系から2名参加したため研修内容について報告する

## 2. 研修概要

研修の日程および概要は以下の通りである。

表 1. 研修日程表

8月30日（水）	12:30	受付
	13:00	開講式
	13:30~16:30	講義 ・「金沢大学総合技術部の紹介」 ・「実務者のための工作機械振動の見極め方」 ・「工作機械の最新動向について」
8月31日（木）	9:15~12:00	講義 ・「金属3Dプリンタがもたらす『ものづくり』の変革に向けて」 ・「JAXA 出向の経緯とその成果」 ・「走査型電子顕微鏡（SEM）の基礎 ～SEMで何ができるか～」
	13:00~16:30	実習 ・Aコース「CAD・積層造形技術」
9月1日（金）	9:15~10:15	講義 ・「軽くて強くてテイラーメイドな炭素繊維複合材料の作り方」
	10:30~11:30	学内見学
	11:30	閉講式

講義会場：金沢大学 角間キャンパス 自然科学本館 108 講義室

実習・見学会場：金沢大学技術支援センター、ハードラボ

参加人数：19名（対面）

## 3. 講義

「金沢大学総合技術部の紹介」では金沢大学総合技術部の組織体制や独自の制度などについて講義があり、特に「設備共同利用」や「コアファシリティ」といった言葉が多く登場し、北陸地方の近隣の大学や研究所等とのネットワーク構築に力を入れていることが分かった。

#### 4. 実習

3DCAD (Solidworks) を用いたモデルの設計を行い実際に 3D プリンタにて造形を行った。3DCAD の基本的な使い方と 3D プリンタで使用できるファイル形式やソフトウェアの使い方、使用するフィラメントなどについて説明を受けた。

特にフィラメントについてはマイクロ炭素繊維が充填されたナイロン材 (Onyx) を使用することで通常のナイロン材で造形したものと比較して硬度が増すということが分かった。

また、実際に業務を行った事例や展示品について説明を受けた。



図 1. 作成したネームプレート



図 2. 使用した 3D プリンタ (中央)

#### 5. 学内見学

金沢大学技術支援センターおよびハードラボの 2 か所を見学した。

技術支援センターでは工場内の設備や設置されている工作機械の説明、加工業務の状況などの説明を受け情報交換を行った。(図 3,4)

ハードラボでは風洞実験設備の見学と取り組んでいる研究について説明を受けた。(図 5)



図 3. 技術支援センター

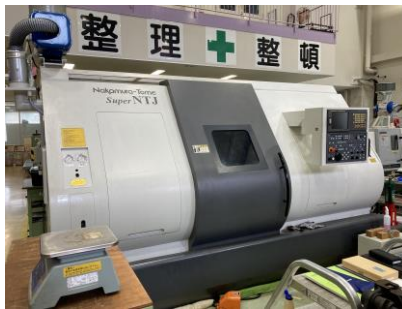


図 4. 複合加工機



図 5. 風洞実験装置内部

#### 6. おわりに

講義や実習・見学のなかで新たな知識や最新の研究、取り組みや環境の違いなど様々な知識や情報を得ることができ大変有意義な研修となった。また、今回の研修では東海・北陸地区のさまざまな大学や機関からの参加者がおり、技術職員どうしの技術や情報の交流を深めることができ貴重な経験となった。

令和 5 年度東海・北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修の関係者のみなさまには大変貴重な研修の機会を設けていただき心より感謝申し上げます。

# 学外研修・交流

令和5年度分



# 生体系 NMR 及び NMR&MS 相互活用講習会 参加報告

鳥居 実恵

工学研究科・工学技術部 分析物質技術系

## 1. はじめに

令和 5 年 7 月 26 日（水）～28 日（金）に大学連携研究設備ネットワーク主催、マテリアル先端リサーチインフラ(ARIM)・北海道大学先端 NMR ファシリティ・NMR プラットフォーム・北海道大学グローバルファシリティセンター(GFC)共催で、生体系 NMR 及びおよび NMR&MS 相互活用講習会が北海道大学にて開催された。実施日程については表 1 の通りとなる。現地にて講習に参加したので報告する。

表 1. 講習会 日程

日時		内容
生体系 NMR 講習会		
7 月 26 日（水）	15:00-17:00	NMR メタボロミクスの基礎
7 月 27 日（木）	10:00-17:00	NMR メタボロミクスの測定・解析
NMR&MS 合同研修		
7 月 28 日（金）	9:00-12:00	NMR・MS 測定に関する基礎 GFC 施設での装置説明
	13:00-15:30	NMR&MS 構造解析に関する各装置の解析について
	16:00-17:00	ARIM 施設見学

## 2. 生体系 NMR 講習会

### 1) NMR のメタボロミクスについて

本講習は業務として必要とされる NMR メタボロミクスについて技術の習得を目的として開催された。NMR のメタボローム解析は混合物の解析が MS に比べ有利な点から代謝産物の多変量解析に向いているとして注目されている。今回は母乳及び玉ねぎの粉末を試料として試料調製、NMR 測定及びターゲット解析の手法であるプロファイリング解析について実習していただいた。

### 2) 試料調製と測定

母乳などタンパク質の含有量が多い試料については、試料溶液を遠心チューブに入れ遠心分離で脂質などの油層と水層に分離させた後、慎重に水層を吸い出して予め洗浄しておいたフィルター付き遠心チューブに入れ、更に遠心分離し得られた溶液に重水と内部標準物質を添加したリン酸バッファーを加えて NMR 試料とした。玉ねぎなどの比較的タンパク質が少ない試料については、粉末を前述のバッファーに溶解し 5-10 分振とう後、遠心分離し水層を NMR 試料として測定した。NMR 装置は AVANCE III HD 600MHz を使い、noesy1d presaturation のパルスシーケンスを使い  $^1\text{H}$  NMR を測定した。

### 3) 解析

得られた NMR スペクトルについて、解析ソフトを用いて補正操作及びプロファイリング操作を行った。今回の研修では時間の都合で踏み込めなかったが、ターゲット解析においては、この結果をエクセルデータとして保存し、別の解析ソフトウェアで PCA 解析や OPLS-DA 解析を行うとの事であった。

## 3. NMR&MS 相互活用講習会

NMR および MS については主に有機化合物における構造解析において需要の高い装置であるが、管理担当者は異なる事が多い。本講習会は各測定・解析に対してお互いにどのような情報が必要なのか等、両装置の担当者間で連携できるように知見を深める目的で開催された。

最初に NMR 装置の原理と基礎をご説明いただいた後、実際に MS 装置を見学させていただきながら装置前で測定に関するノウハウをご教示いただいた(図 1)。午後の講習では既知化合物であるインドメタシン(図 2)を事例に、北海道大学の NMR 装置および MS 装置で予め分析していただき、それぞれの分析結果から構造解析のアプローチの仕方を講習いただいた。

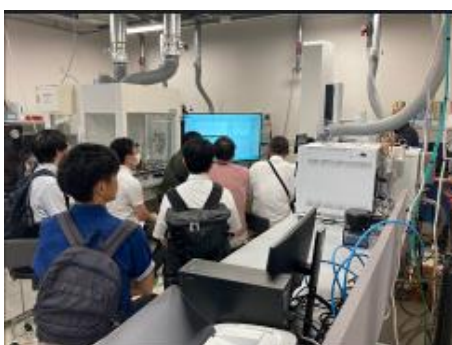


図 1. 講習会の様子

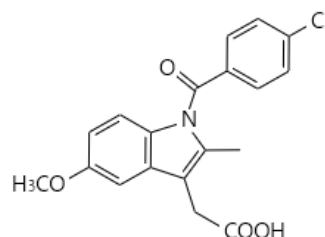


図 2. インドメタシンの構造式

## 4. おわりに

生体系試料は初めて取り扱った為、フィルター付き遠心チューブの調製前の洗浄方法や溶媒の混合比率など非常に参考になった。また、ノンターゲット解析においては必ずしもスペクトルの分解能が高い必要性がないため低磁場 NMR も適用できる点でも興味深く大変展望が広い分析分野だと感じた。また相互活用講習会においては、NMR 装置と MS 装置で構造解析を行った時に共有すべき情報がないと、何を見落としているかわからず誤った構造を推定したりする事になり支障をきたすため、この 2 装置に限らず各種装置の測定の特徴を知ることが大変重要だと感じた。

## 5. 謝辞

生体系 NMR 講習会で講習いただきました北海道大学 大学院先端生命科学研究院 相沢智康教授、研究室の皆様、NMR&MS 相互活用講習会で講習いただきました北海道大学農学研究院 福士江里氏、エムエスソリューションズ株式会社 高橋豊氏に厚く御礼申し上げます。また、本研修を企画運営いただきました関係者の皆様、参加の機会をいただきました工学研究科・工学部技術部の皆様に深く感謝申し上げます。



# EI 創発工学館新設に伴う実験実習工場ガラス加工室の移設について

森木義隆

工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## はじめに

実験実習工場の開設当初から工場 2F にガラス加工室が設置され、研究者からの技術相談・依頼業務を実施してきました。7号館地区再開発に伴う実験実習工場取り壊しに伴い旧7号館跡地に新設された EI 創発工学館の1階(101、102、103号室)に2023年4月に移設しました。今回のような大規模な移設は頻繁に起こる事案ではないため、移設についてまとめたものを技術報告書(技報)として投稿する。

## 1. 移設までの流れ

2017年12月に7号館地区再開発WGが立ち上がり、山本室長が実習工場代表として出席した。その中で7号館地区再開発に伴い実験実習工場を取り壊すことが報告された。

実験実習工場には各種工作機械・ガラス用機器等が設置されており、これらを移設するために移動先の確保、レイアウト等、様々なことを決める必要がある。そのため、実験実習工場独自のWG(実験実習工場移設WG)を立ち上げ、第1回を2018年5月7日より実施してWG委員が中心になって移設関連について複数回の会議を重ねて移設案について詰めていった。まとめた実験実習工場移設案を機械加工、ガラス加工の代表者からなるWGが作成し、工学部7号館再開発WGに提出した。

2018年9月30日の新7号館建替え説明会にて最新のフロア案が提示され、低層階(3階以下)に入居する方で7号館コアメンバーWGを立ち上げて10月より話し合いを行うことになった。実験実習工場からは山本、中西、森木が出席し、検討課題については都度、実験実習工場移設WGにて話し合いを行った。

また、1F居住者を対象としたサブWG1が2019年10月21日より開催され、1F東側サブWG(対象:技術部、酒井研、成瀬研、機械系学生実験担当、車両開発担当)についても2019年10月31日に1回目が開催され、2019年12月までに大まかな枠組みが決定した。その後、移設費用の概算を算出するため移設する研究室等が保持する各機器・備品をランク分けしたものが各研究室代表者より施設に提出された。それを元に移設業者の選定が実施された。また、移設予算を抑えるために各研究室が保持する機器・備品などのランクの再検討が実施された。

このような長期にわたる移設準備を経て、EI創発工学館完成後の2023年度に全ての研究室の移設完了となった。

## 2. 移設先に必要な設備

実験実習工場の代表の一人として各会議に出席し、都度その内容をガラス加工室メンバーに周知すると共に、移設における基本的な考え方や機器配置案について私が原案を作成してメンバーと話し合いながらより良い形にしていった。



しながら 1F に下ろして順次進めていった。しかし、引っ越し当日いざ運んでみるとイメージと異なり入りきらない棚なども出てきたが、これらは移設業者に柔軟に対応していただき廃棄処分した。



図 2. 矢倉を組んでいる様子



図 3. 旋盤を 1F に降下中



図 4. クレーンで搬送中

#### 4. 改善点と反省点

高圧ガス配管・都市ガス配管については施設・建設業者を通して専門業者と調整を重ねて配管図等を作成して工事を実施していただきました。これまで酸素・水素配管については業務途中にガスボンベが切れると旧実験実習工場では 2F から 1F のボンベ庫まで走って行き、バルブ切り替え・ボンベ閉栓および開栓作業が必要であったが半自動バルブを取り付けていただき作業効率が向上した。また都市ガスについては、概ねガス配管の位置は理想通りとなった。大型ガラス旋盤への都市ガス配管についてはこちらの設計ミスにより、通路上に配置してしまいました。また都市ガス配管の末端部分ガス栓（ガラス加工室のバーナー類に接続するための栓、一般的には家庭用コンロなどに接続する際の栓）についてはこちらの思い込みで配管費用に含まれていると思っていた、そしてもし含まれていなくても素人でガス栓取付工事が可能であると勘違いしていたが、この工事には「簡易内管施工士」という特別な資格が必要であることが後になって判明した。最終的には施設と調整の上、実験実習工場が工学部内で公用性の高い施設であることもあり工学部の予算にて実施していただいた。

#### 5. 移設後の整理

現状のガラス加工室の様子を図 5 に示す。本業である研究者からの依頼業務との並行作業となり、少しずつしか進んでいないのが現状であるが、研究者が真空封入作業などでバーナーを使いに来たり、留学生や高校生が受講対象のガラスものづくり講座（創造工学センター主催）も実施したりする予定であるため引き続き部屋の整理に努め、使用者が安全に使用できる環境づくりに努めていきたい。



図 5. 移設後の様子

また、旧実験実習工場は移設完了後、役目を終え解体された。昭和 38 年から約 60 年間お疲れさまでした（図 6,7）。



図 6. 解体中



図 7. 実験実習工場 跡地

## 6. 謝辞

移設先のスペース確保にご尽力頂いた先生方に深謝致します。移設先の設備設計・調整にご尽力いただきました施設今西氏に感謝いたします。最後に装置開発技術系の皆様には移設遂行にあたり助言、ご協力頂きありがとうございました。

# 切削加工音のハーモニクス合成音による作業現場の騒音環境改善 SD 法による音響心理の調査（第 2 報）

長谷川達郎

工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## 1. 緒言

ものづくり産業の代表的な切削・研削・プレス加工などの騒音職場では外的要因によるストレスから精神・心理を健康的に維持することと、人体の大切な感覚器官である聴力の保護が重要課題と位置付けられている。このため厚労省の「騒音障害防止のためのガイドライン」によって、騒音障害防止の対策を求められている<sup>[1]</sup>。具体的には騒音計による等価騒音レベルが一定値以上で作業者に対して聴覚保護具の装着や発生源の特定と作業の見直しが求められている<sup>[2]</sup>。このような労働環境の現状から若者就労者から敬遠され人材の確保育成が問題となっている<sup>[3]</sup>。そこで本研究では、騒音職場での過酷な労働環境を改善すべく、切削加工音に倍音（ハーモニクス）を合成させることで作業者の耳に心地よい音色にしようと試みた。

近年、多くの研究では AE センサや加速度センサから得られる振動や機内に設置したマイクで、びびり振動や工具欠損などの異常な切削状態の場合を解決する研究が盛んであるが、定常時の切削加工音については研究の対象となっていないことが少ない。しかし、作業者の労働環境を考えると常に発生している定常時の切削加工音も十分に不快音と捉えてもいだろう。また、音響機器分野では周囲の雑音を打ち消すために逆位相の周波数を合わせることでノイズキャンセラする機能が実装されている。しかし、切削加工音の場合、昔から熟練作業者は良い切削状態を判断するため切削加工音を聞きながら切削条件を調整している。この切削加工音は非常に重要な情報であるため逆位相の周波数を与え消去することはできない。そこで本研究では、この騒音を消去するのではなく心地よい音色に変換することで心理的不快感を軽減しようと着想に至った。

## 2. 研究目的

本研究課題では騒音現場のひとつであるエンドミルによる切削加工音に注目した。この騒音は加工中、常に鳴り響いており作業者にとって心理的負担となっている。そこで切削加工音に倍音（ハーモニクス）を合成させることで作業者の耳に心地よい音色にしようとする試みを目的とする。

## 3. 実験手法

図 1 に示すように、工作機械の操作盤付近に設置したマイクフォンで得られた電圧データはアンプ機能もつオーディオインターフェースにて増幅され、データロガーに送られサンプリングする。また同時にオシロスコープでデータを高速フーリエ変換（Fast Fourier Transform：以下 FFT とする）して周波数解析を行う。見つかった特定の周波数を基音として、この基音に対して整数倍の倍音（ハーモニクス）を合成して作業者の周囲に設置したスピーカから響かせる。

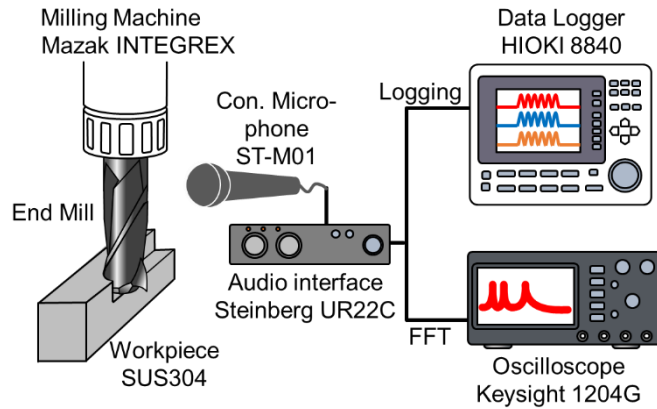


図1 エンドミル切削加工音の収録

#### 4. 実験装置と被削材

切削音の収録に使用した装置は以下の図2に示すヤマザキマザック製複合加工機 (Integrex200-III ST) である。この機械は旋削加工に加えてミーリング加工も可能な機種となる。本研究では作業者が操作盤付近にいると仮定して、成人男性の平均身長から耳部の位置を考慮した結果、集音用のマイクは地上から 1550 mm の位置に設定した。図3に切削音の対象被削材として真空装置やプラント関連の部材として用いられるステンレス鋼 SUS304 (JIS) を使用した。切削工具は MOLDINO 社製エポック SUS マルチ レギュラー刃長で4枚刃超硬フラットエンドミルを使用した。工具の詳細は下記のようなのである。ねじれ角は  $40^\circ$  を中心に不等リード・不等分割で工具突き出し長さは刃長終端部から 1D 程度である。

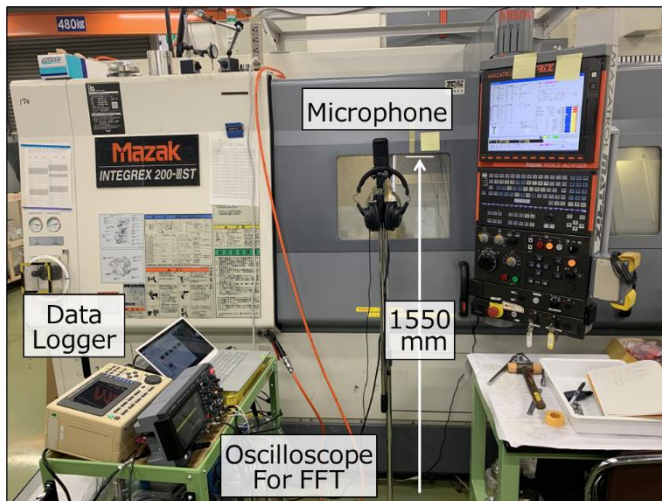


図2 使用した機械とマイクの設置位置



図3 被削材と切削工具

#### 5. 因子決定のための事前実験

本実験に先立って切削音の発生に影響する因子を選別するために、工具径 6 mm の超硬エンドミルを用いて工具軸方向切込み  $ap$  を工具径に対して 100% (6 mm) に固定して、工具径方向

切込み  $ae$ ・送り速度  $vf$ ・主軸回転数  $N$  の 3 つの事前実験を実施した。得られた実験データはマイクの電圧値を時系列データとして出力する、周波数解析では高速フーリエ変換 (FFT) することで、この時系列データを周波数成分に分解する方法により信号の周波数特性を調べることができ、信号の性質や発生源を把握することができる。周波数解析されたデータは、音の高さ (周波数) や音の強さ (スペクトル密度 Power Spectrum Density: 以下、PSD 値とする) などを知ることができる。

### 5.1. 工具径方向切込みの影響

図 4 は工具径方向切込み  $ae$  を 30%~50% に変化させた切削音の PSD 値を表したグラフである。図中矢印は工具回転周波数  $ft$  の PSD 値を表している。この各結果をまとめたグラフが図 5 である。工具径方向切込み  $ae$  による影響は切削音の PSD 値に大きく関係しており、特に工具径方向切込み  $ae$  が大きいときには PSD 値が最も反応が良く、影響が大きいことがわかった。これは、工具回転周波数に着目していることから、刃先が材料を擦過する長さの違いと考えられる。一方で工具径方向切込み  $ae$  が 30% 以下は周りの雑音にかき消されてしまい、PSD 値を測定することは困難である。すなわち周りの雑音が大きく、切削音を気にするほどではないことが予想される。以上の結果から、本実験の因子として工具径方向切込み  $ae$  を採用した。

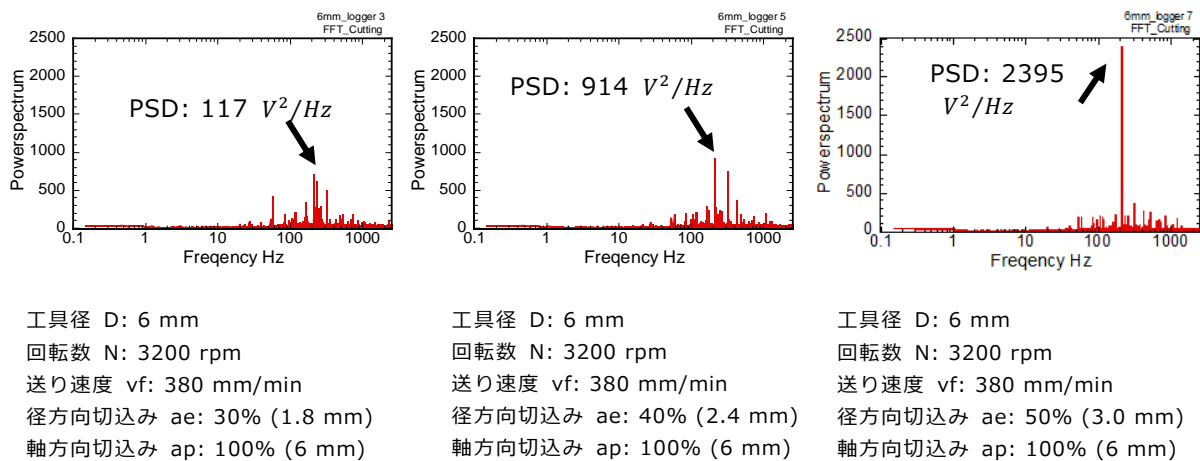


図 4 工具径方向切込みのちがいによる PSD 値の結果

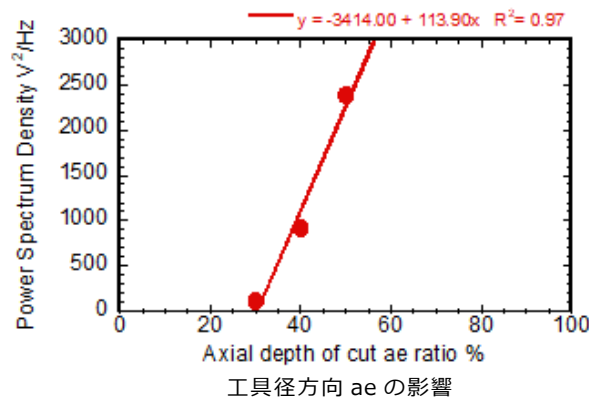


図 5 工具径方向切込みと PSD 値の関係とその影響

## 5.2 送り速度の影響

図 6 は送り速度  $v_f$  を 190 m/min～570 m/min に変化させた切削音の PSD 値を表したグラフである。図中矢印は工具回転周波数  $f_t$  の PSD 値を表している。この各結果をまとめたグラフが図 7 である。送り速度  $v_f$  による影響を調べた結果、送り速度  $v_f$  が増加すると切削音の PSD 値は緩やかな減少関係にある。これは送り速度  $v_f$  を上げると 1 刃当たりの送り量が大きくなるが、前出 5.1 の刃先が材料を擦過する長さを考えると微小な長さの変化といえる。以上の結果から、本実験の因子として応答性の良くない送り速度  $v_f$  を不採用として、新たな因子として実験コストはかかるが工具直径  $D$  を新たに採用した。

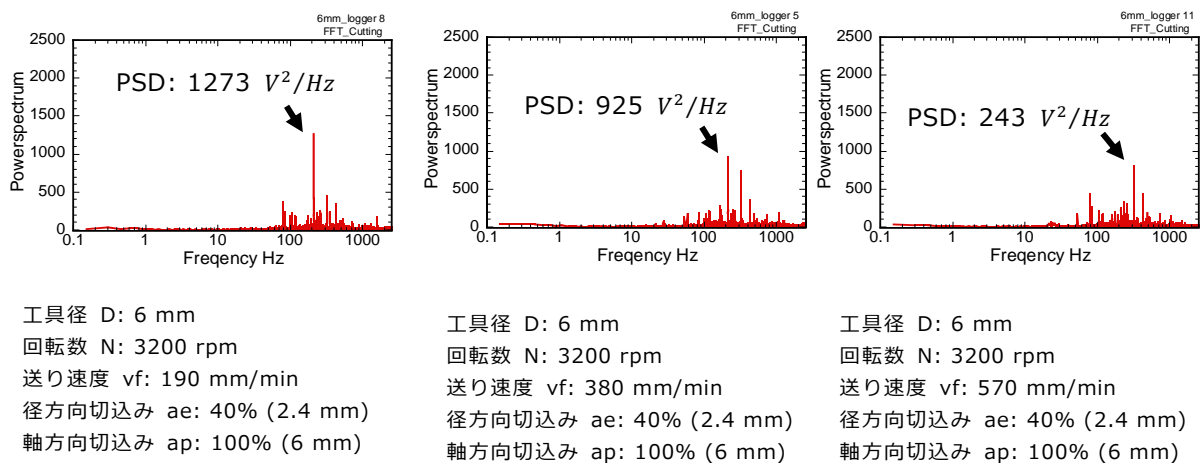


図 6 送り速度のちがいによる PSD 値の結果

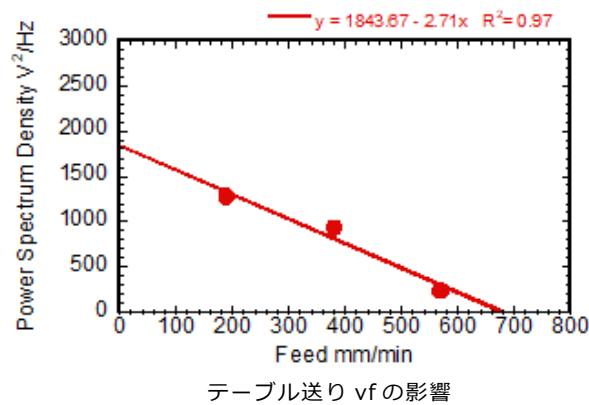


図 7 送り速度と PSD 値の関係とその影響

## 5.3 工具回転数の影響

図 8 は 1 刃当たりの送り量を一定として工具回転数  $N$  を 1600 rpm～4800 rpm に変化させた切削音の PSD 値を表したグラフである。工具回転周波数はそれぞれ 106.67 Hz, 213.34 Hz, 320.00 Hz の PSD 値を表したグラフである。この各結果をまとめたグラフが図 9 である。工具回転数  $N$  の影響を調べた結果、工具回転  $N$  が増加すると切削音の PSD 値は増加関係にある。これは刃



先が材料を擦過する長さとして 1 刃当たりの送り量は一定のため、擦過速度つまり工具周速（工具回転周波数  $f_t$ ）が大きくなると PSD 値も増加することから、刃先と材料の擦過する部分で切削音が生成されていることが考えられる。以上の結果から、本実験の因子として工具回転数  $N$  を採用したが工具回転数  $N$  ではなく切削速度  $V$  として因子を整理することとした。

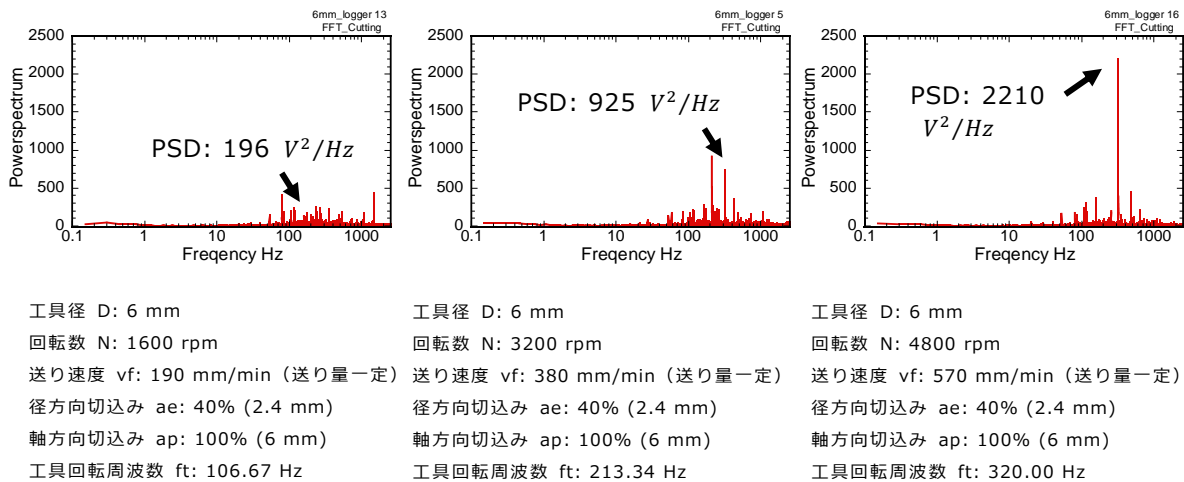
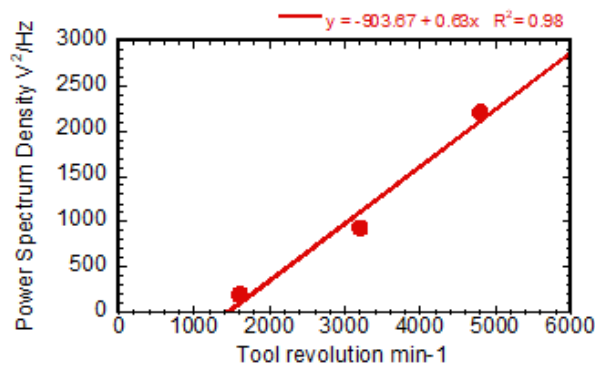


図 8 回転数のちがいによる PSD 値の結果



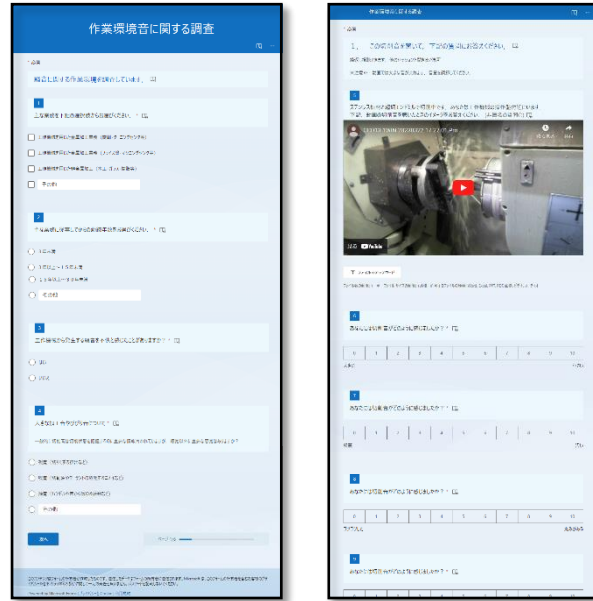
工具回転数  $N$  の影響

図 9 回転数と PSD 値の関係とその影響

## 6. SD 法による切削音のイメージ調査

切削音のイメージ調査とは、切削加工時に発生する音に対する感情的イメージを SD 法で評価する手法である。例えば、切削音が「静か」か「うるさい」か「快適」か「不快」か、などの形容詞の対を用いて、回答者の感情を評価することができる。アンケート因子を図 10 に示すように設定し図 11 に示すアプリケーションを作成した。これに特徴的な切削音（図 12）を録画した動画を埋め込んだ 4 つの切削音について Web によるアンケート調査を行った。職場内の評価者から有効な回答があった 7 名について分析した。

アンケート因子	
大きい	小さい
綺麗	汚い
ゴツゴツした	丸みがある
騒がしい	落ち着いた
鋭い	鈍い
太い	細い
弱々しい	力強い
重い	軽い
ザラザラした	滑らか
物足りない	迫力ある
硬い	柔らかい
冷たい	暖かい
自然な	人工的な
耳につく	耳に心地よい
やかましい	静か
高い	低い
澄んだ	濁った



<https://forms.office.com/r/2kWeUFTYhC>

図 10 SD 法による形容詞のアンケート因子

図 11 切削音についてアンケート調査

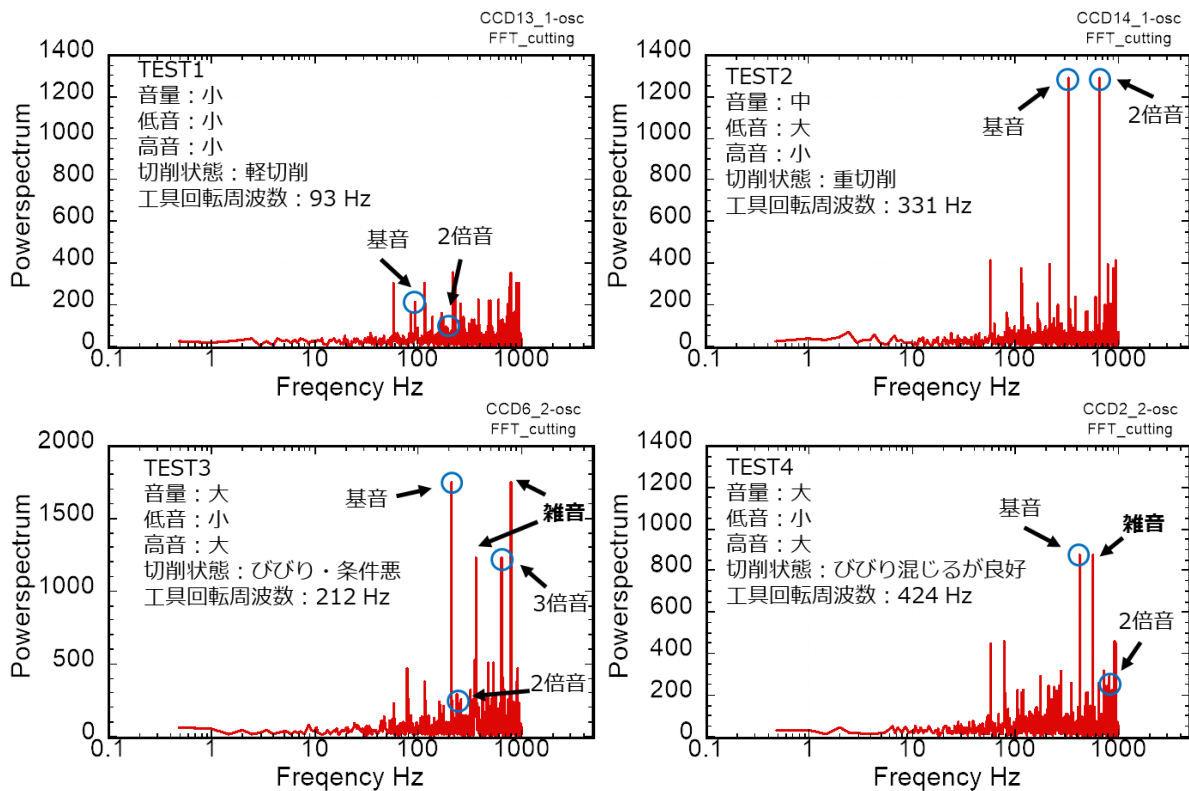


図 12 アンケートに用いた特徴的な 4 つの切削音の周波数特性 TEST1~4

### 6.1. 4つの切削音に対してSD法による切削音のイメージ調査結果

切削音の周波数特性が作業者の心理に影響と経験年数との関係についてSD法を用いて分析した。経験年数が高いと、その分野や職種に関する知識や技能が豊富になるが、同時に慣れや偏見が生じる可能性もある。実験方法は以下の通りである。被験者は、切削条件が異なる4種類の音を聞き、それぞれに対して力量性・潜在性・活動性の3つの因子で感情的イメージを評価した。評価は、対立する形容詞の対を用いた5段階の選択肢で行った。被験者は、機械加工業務に携わる経験年数が異なる3つのグループ（A: 0～3年, B: 3～15年, C: 15年以上）に分けられた。

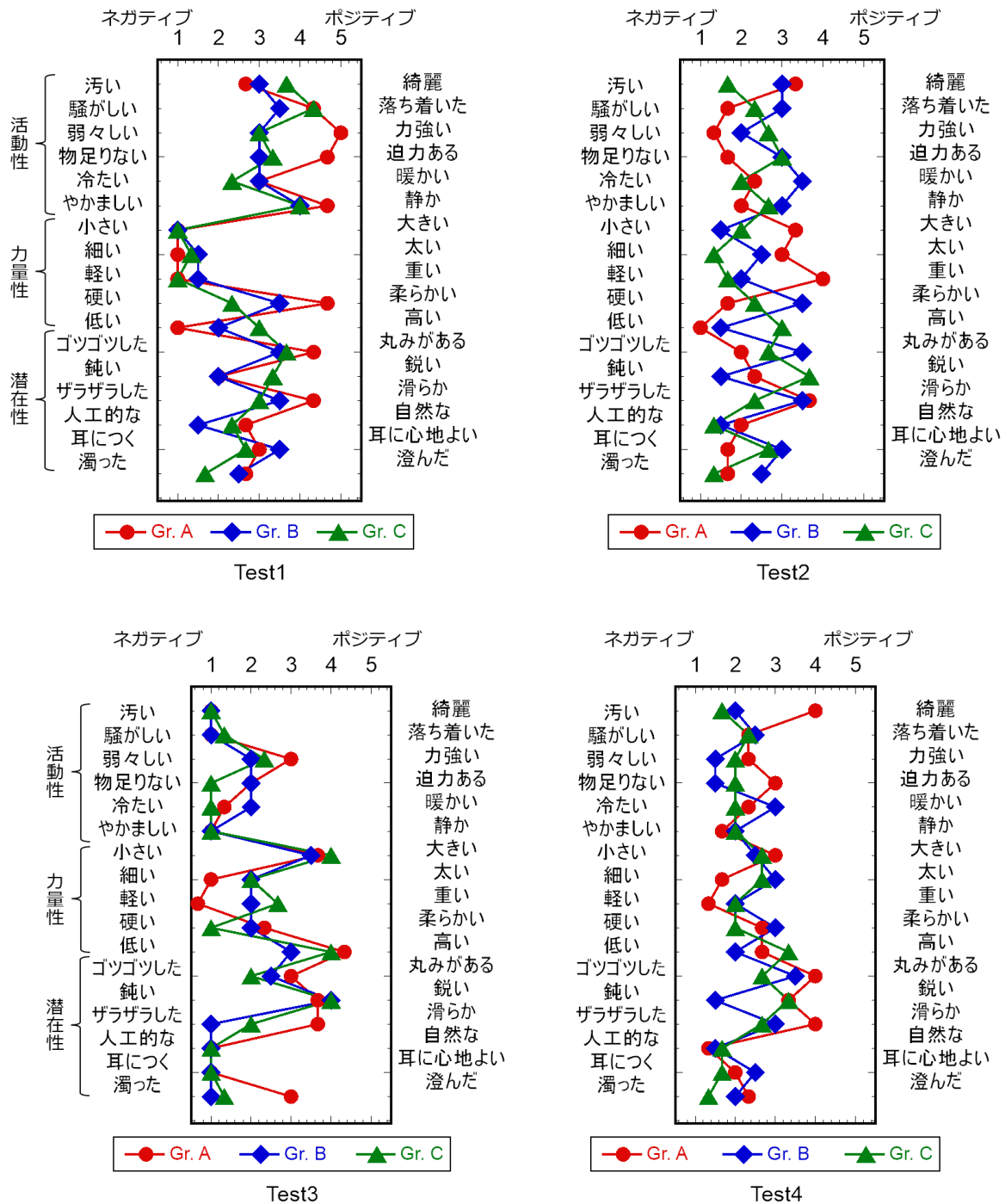


図 13 アンケート結果

図 13 より切削音のイメージ調査結果をまとめると以下の通りである。

(1) TEST1

音量が小さいため、力量性因子はネガティブ側になった。また、グループ C の経験年数が長い（年長者）は音への敏感さが薄れる傾向が見られた。これは、切削加工に関する知識や技能が豊富であることや、音に慣れていることが原因と考えられる。

(2) TEST2

定常的で安定しているが重切削のため、どのグループでも全体的にネガティブな感情を示した。これは、重切削が仕上げ面や工具寿命に悪影響を及ぼすことや、切削音のそのものが不快であることが原因と考えられる。

(3) TEST3

びびり音（高音）が発生したため、全グループで評価性・活動性でネガティブな感情がもっとも現れた。これは、びびり音が危険や不安を感じさせることや、音が耳障りであることが原因と考えられる。

(4) TEST4

軽度の高音が聞こえるが定常的で安定した切削であった。全グループでネガティブ寄りの同じような結果となった。これは、高音が不快であることや、安定的な切削でも早期に工具寿命に達するリスクがあることが原因と考えられる。

## 7. 倍音を追加して心地よい切削音「ハーモニクス合成音」の生成

音は人の心や身体に様々な影響を与えることが知られている。特に、心地よい音は人の心理的・身体的な健康や幸福感に大きく寄与するという報告が多数ある。心地よい音とは、音色が豊かで調和的である音であり、人によって異なると考えられる。音色とは、同じ音高でも楽器や声などによって異なる音の特徴のことである。音色は、波形の形や倍音の含まれ方によって決まる。倍音とは、楽音の音高とされる周波数に対し、2以上の整数倍の周波数を持つ音の成分のことである。倍音は、楽器や声の響きや色合いを決める要素であり、倍音の強さやバランスによって、同じ音高でも異なる音色に聞こえる。倍音が多くて均等に含まれると、音色が豊かで明るく聞こえ、逆に、倍音が少なくて偏って含まれると、音色が貧弱で暗く聞こえる。また、倍音が整数倍でなくてずれていると、不協和感やひずみを感じる。したがって、倍音と心地よい音の関係は、倍音が多くて均等で整数倍であるほど、心地よい音に聞こえやすいことから、図 14 にあるように基音に対し 2 倍音、3 倍音に対応する周波数に同等の PSD 値を図 15 のように追加した。これを心地よい切削音「ハーモニクス合成音」と呼ぶ。

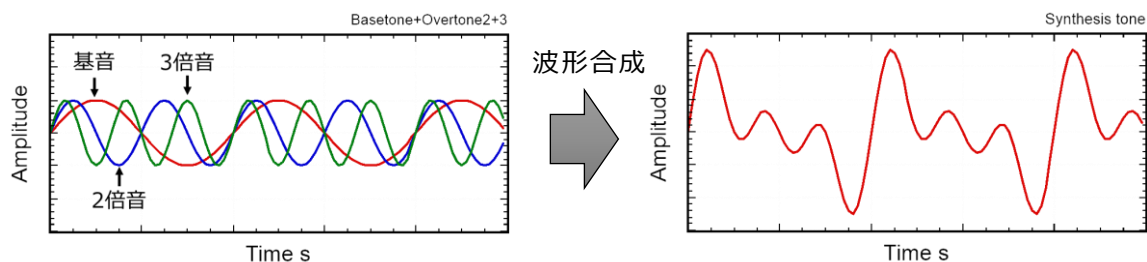


図 14 倍音の波形合成

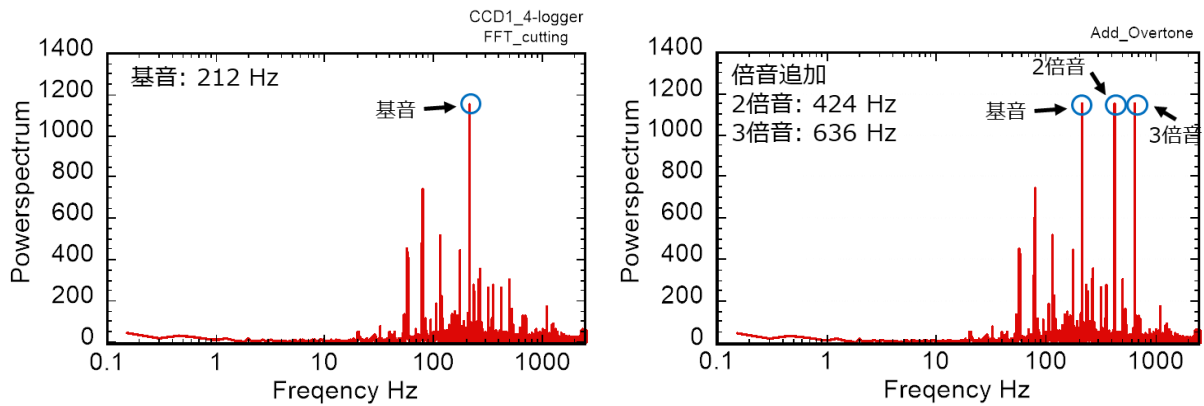


図 15 基音の PSD 値と同等の倍音を合成

### 7.1. ハーモニクス合成音の検証実験

前出の図 15 で作成した心地よい切削音「ハーモニクス合成音」の周波数データを逆高速フーリエ変換 (Inverse Fast Fourier Transform: 以下 IFFT とする) して時系列データに戻す処理をした。検証実験に使用した装置は切削音の収録時に使用したヤマザキマザック製複合加工機 (Integrex200-IIIST) である。図 16 に示すように、この機械の操作盤付近に作業者が滞在していると想定してスピーカを設置した。被削材はステンレス鋼 SUS304 (JIS) を使用し、切削工具は MOLDINO 社製エポック SUS マルチレギュラー刃長で 4 枚刃超硬フラットエンドミル工具直径  $D$  4 mm を使用した。検証実験の加工条件は径方向切込み  $ae$  4 mm, 軸方向切込み  $ap$  は 35% (1.4 mm), 切削速度  $V$  は 40 m/min, 1 刃当たりの送り量は 0.03 mm とした。なお、検証実験は研究期間の都合であらかじめ録音した切削音を動画で視聴する方式とした。アンケートにて有効な回答があった 6 名の評価結果を図 17 に示す。

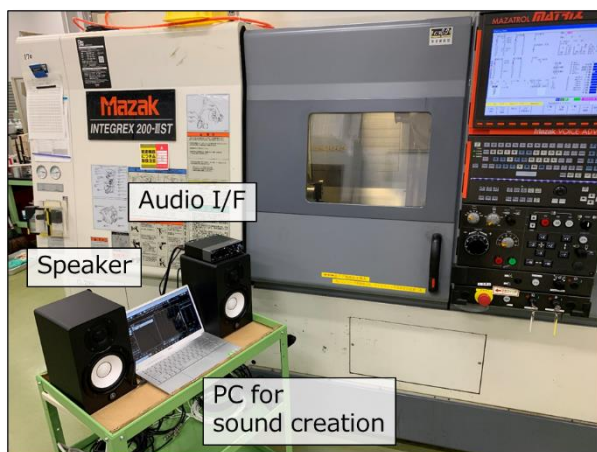


図 16 スピーカの設置

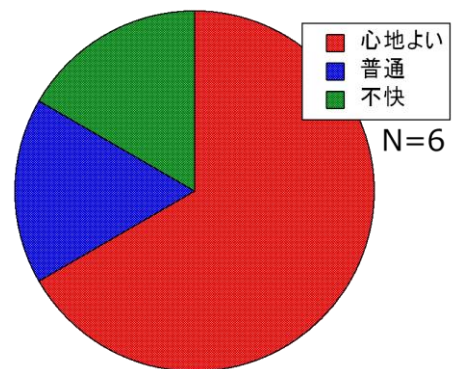


図 17 検証実験のアンケート結果

## 8. 結言

本研究課題では騒音現場のひとつであるエンドミルによる切削加工音に注目した。この騒音は加工中、常に鳴り響いており作業者にとって心理的負担となっている。そこで切削加工音に倍音（ハーモニクス）を合成させることで作業者の耳に心地よい音色にしようと試みた。以下に得られた成果を示す。

- (1) 事前実験では、工具径方向切込み  $ae$ ・送り速度  $vf$ ・工具回転数  $N$  の因子を変化させて切削音の周波数特性を測定し、PSD 値（スペクトル密度）という指標で評価した。結果、工具径方向切込み  $ae$  と工具回転数  $N$  は切削音の PSD 値に大きく影響することがわかったが、送り速度  $vf$  は影響が小さかった。そのため、本実験では工具径方向切込み  $ae$  と工具回転数  $N$ （切削速度  $V$ ）を因子として採用し、送り速度  $vf$  は不採用とした。また、新たな因子として工具径  $D$  を採用した。
- (2) 切削音に対する感情的イメージを SD 法で切削条件が異なる 4 種類の音について、経験年数が異なる 3 つのグループに分けた被験者にアンケート調査を行い評価した。力量性・潜在性・活動性の 3 つの因子で分析した結果、切削状態が安定している場合 (TEST2,4) でも、切削音にネガティブなイメージがあり、音量や音質が感情的イメージに影響することや、経験年数が長いと音への敏感さが薄れる傾向が見られた。
- (3) 人は倍音が多く均等で整数倍であれば心地よい音に聞こえやすいことから、切削音に 2 倍音と 3 倍音に対応する周波数の成分を追加して、心地よい切削音「ハーモニクス合成音」を作成した。
- (4) 検証実験の結果から 6 名中 4 名がハーモニクス合成音を心地よい音色であると評価した。今後の課題として操作盤付近でのハーモニクス合成音の実地検証と複数の音を作成して人によって異なる音のイメージを SD 法で調査することである。

## 9. 文献

- [1] 厚生労働省. 騒音障害防止のためのガイドライン. 平成 28 年 12 月.  
<https://www.mhlw.go.jp/file/06-Seisakujouhou-11130500-Roudoukijunkyouku-Soumuka/0000151619.pdf>
- [2] 厚生労働省. 騒音障害防止のためのガイドライン. 令和 5 年 4 月 20 日,  
<https://www.mhlw.go.jp/content/001089239.pdf>.
- [3] 厚生労働省. (2021 年 12 月 17 日). 人材確保対策.  
<https://www.mhlw.go.jp/stf/seisakunitsuite/bunya/0000053276.html>

## 謝辞

本研究は一般財団法人 一樹工業技術奨励会の 2021 年度 研究助成金を受けて実施されました。ご支援頂いた財団に深く感謝申し上げます。

本報告は令和 5 年度 高エネルギー加速器研究機構 技術研究会にて「切削加工音のハーモニクス合成音による作業現場の騒音環境改善」のタイトルで報告する内容に新たな知見を追加して投稿する。

収集したデータはこの調査のみに使用します。なお、アンケートの回答は統計的に処理され、特定の個人が識別できる情報として、公表されることはありません。

参照) 名古屋大学東山キャンパス関係部局における「人を対象とする研究等」の倫理に関する内規  
[https://kenkyuanzen.adm.nagoya-u.ac.jp/ethics#internal\\_rules](https://kenkyuanzen.adm.nagoya-u.ac.jp/ethics#internal_rules)

# ボールエンドミルの工具姿勢が切削力と表面創生に与える影響 切削方向による実用可能範囲の選定（第2報）

長谷川達郎

工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## 1. 緒言

同時5軸制御加工の特徴として、ボールエンドミルを用いた自由曲面の加工では面に対する工具姿勢を常に一定に保つことができ、定常切削速度を可能にすることで安定した工具負荷と良好な面性状を得られる。しかし、工具を傾斜させるパラメータにはチルト角・リード角があり、その組み合わせからなる工具姿勢が切削力や仕上げ面粗さに与える影響はあまり知られていない。そこで本研究では、切削力と仕上げ面粗さに注目し、工具傾斜加工の基礎的切削特性について述べる。

## 2. ボールエンドミルの工具姿勢

ボールエンドミルの工具姿勢には、図1に示すように加工面を鉛直方向と見た場合、ピック方向（走査線方向）と工具送り方向に傾斜させる角度がある。さらにそれらに対してアップカット・ダウンカットが関係してくるため、その組み合わせは接触回避や工具長の問題も合わせりオペレータの経験則によって選択されているのが現状である。

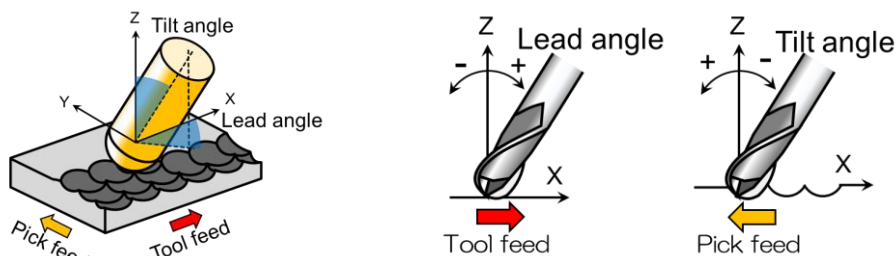


図1 ボールエンドミルの工具姿勢と各送りの関係

## 3. 実験装置

図2は切削実験で使用した装置である。ヤマザキマザック製複合加工機 (Integrex200-ST) のチャックに固定ジグを介して圧電式切削動力計と被削材を設置した。ミーリング軸で R2.5 ボールエンドミル (NS-Tool MSB230) を傾斜させ表1に示した実験条件と加工条件で被削材 A2017 の外周から切削長さ 30 mm を切削送り (G01) する切削実験を行った。切削力の測定には被削材に固定した圧電式切削動力計 (Kistler 9256C2) からチャージアンプ (Kistler5015) を介してオシロスコープ (HIOKI 8840) へ出力した。また、切削実験後にミットヨ製触針式表面粗さ測定機 (SURFTEST SJ-210) を用いて表面粗さ  $Ra$  (以下、算術平均粗さを  $Ra$  と記す) を計測した。

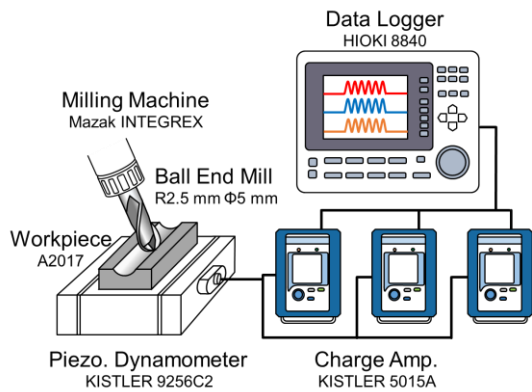


図 2 切削力の測定に使用した機材

表 1 実験条件と加工条件

Experiment conditions	
Cutting direction	Down-cut / Up-cut
Lead angle (deg.)	10, 20, 23.1, 30
Tilt angle (deg.)	-10, -18.3, -20, -30
Cutting conditions	
DC (mm) Tool diameter	R2.5 Φ5mm
fz (mm/tooth) Feed per tooth	0.028
Ap (mm) Axial depth	0.50
Ae (mm) Radial depth	1.0
z Number of tooth	2
n (min-1) Spindle rotation speed	9600
vf (mm/min) Feed rate	540

#### 4. 実験方法

表 2 に示すように、前出の実験条件に対して全 16 通りの組み合わせで実験を行った。得られた結果から重回帰分析による解析を行い、その後応答曲面法を用いて最適値探索を行った。重回帰分析は 1 つの応答  $y$  (切削力, 仕上げ面粗さ) に対して 2 つ以上の変数を用いてモデル式(1)を算出し応答の予測を行うことができる。算出したモデル式をもとに 3 次元の応答曲面モデルを作成し各変数の影響を可視化することで、最適条件の探索を容易に行うことができる。

$$y = \beta_0 + \sum_{i=1}^k \beta_i x_i + \sum_{i=1}^k \beta_{ii} x_i^2 + \sum_{i < j} \beta_{ij} x_i x_j \dots (1)$$

表 2 実験計画と実験結果

Run number	Cutting direction	Lead angle (deg.)	Tilt angle (deg.)
8	Down-cut	23.1	-10
1	Up-cut	20	-20
9	Down-cut	20	-20
2	Up-cut	30	-30
10	Down-cut	20	-30
3	Up-cut	20	-20
11	Down-cut	10	-30
12	Down-cut	30	-18.3
13	Down-cut	10	-20
4	Up-cut	20	-20
5	Up-cut	10	-30
14	Down-cut	30	-30
6	Up-cut	30	-10
15	Down-cut	10	-10
7	Up-cut	10	-10
16	Down-cut	23.1	-10

切削力と仕上げ面粗さに影響している因子について、モデル式のあてはめを行い他の因子との相関係数を計算し、有意水準 5% で検定した結果、図 3 上から有意水準上位になる因子が見つかった。切削力は「切削方向」、「切削方向×チルト角」、「切削方向×リード角」の影響

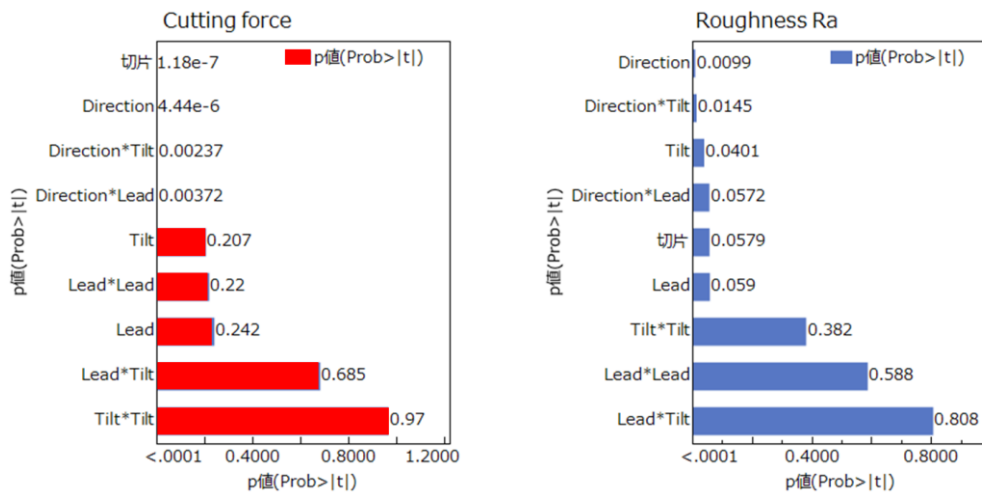


図 3 応答に対して各因子の影響



が大きく、仕上げ面粗さは「切削方向」, 「切削方向×チルト角」, 「チルト角」の大きいことが分かった. また「リード角×チルト角」の因子間には交互作用はなく, お互いに独立している因子であることが分かった.

### 5. 実験結果・考察

図4に示すように, 仕上げ面粗さ  $Ra$  の結果順で並べたとき実験番号16が最も小さな値となった. また実験番号6から以下では仕上げ面に光沢性がなくなり, 実験番号13からは以下では正常な切削状態とは言い難くムシレた加工面となり切りくず排出不足による噛み込みが観察されたため, 図5にある実験番号7と実験番号6の間を取り  $Ra$  0.54  $\mu\text{m}$  を面粗さの限界(しきい値)と設定した.

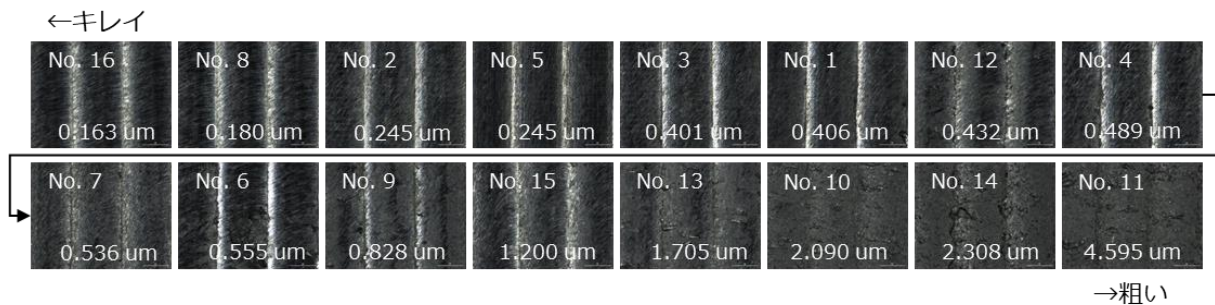


図4 表面粗さ  $Ra$  の並び

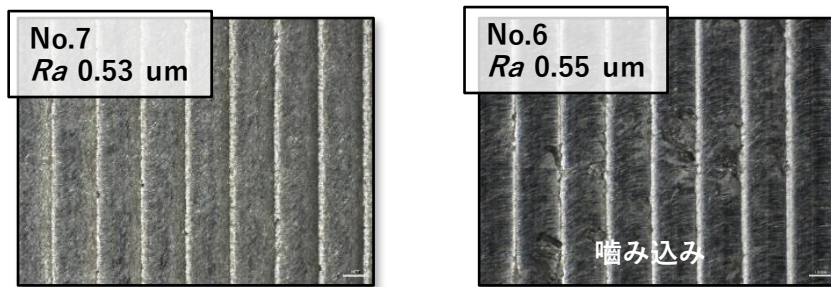


図5 表面粗さ  $Ra$  のしきい値

一般的にエンドミル加工では工具寿命の観点からダウンカットが推奨されているが, 接触回避や工具長の問題からアップカットも使わなくてはいけない場面に遭遇する. そこでダウンカット・アップカット両方の切削特性について述べる. 図6 (a)ダウンカットの切削力ではリード

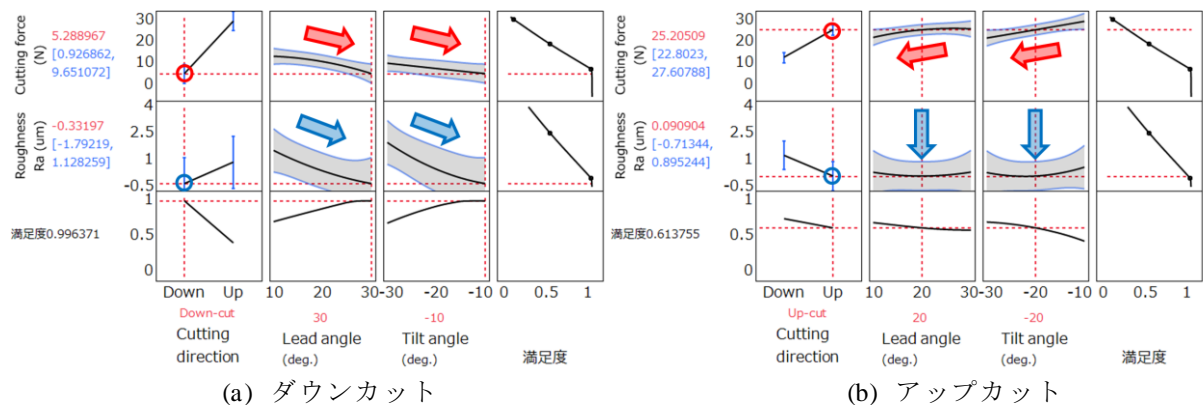


図6 ダウンカットとリード・チルト角の関係

角・チルト角の大きな影響は少ないが，リード角は  $+30^\circ$  方向にチルト角は  $-10^\circ$  方向に工具傾斜させることが望ましい．表面粗さ  $Ra$  も同じ方向が望ましい．図 6 (b)アップカットの切削力ではリード角・チルト角の大きな影響は少ないが，リード角は  $-10^\circ$  方向にチルト角は  $+30^\circ$  方向に工具傾斜させることが望ましい．それに対して表面粗さ  $Ra$  ではリード角は  $+20^\circ$  付近にチルト角は  $-20^\circ$  付近に工具傾斜させることが望ましい．これら結果から，ダウンカット・アップカットではその様相は大きく異なり工具傾斜をその都度変えれば良い結果が得られる．

## 6. 切削方向による実用可能範囲

図 7 は仕上げ面粗さ  $Ra$  のしきい値をもとに実用可能範囲を黄色に塗り潰した．赤線を切削力，青線を仕上げ面粗さ  $Ra$  として重ね表している．青色で塗り潰した範囲は仕上げ面粗さ  $Ra$  のしきい値の範囲内である．図 7 (a)ダウンカットでは今回実験した条件内では切削力は小さくなるが仕上げ面粗さ  $Ra$  のしきい値の範囲を考えると非常に狭い範囲に実用可能範囲はある．図 7 (b)アップカットでは切削力が 2~3 倍程度大きくなるが仕上げ面粗さ  $Ra$  のしきい値を鑑みると実用可能範囲は広がる．また，実験実施外の条件を含めると(a)ダウンカットも良い結果が得られると予想される．

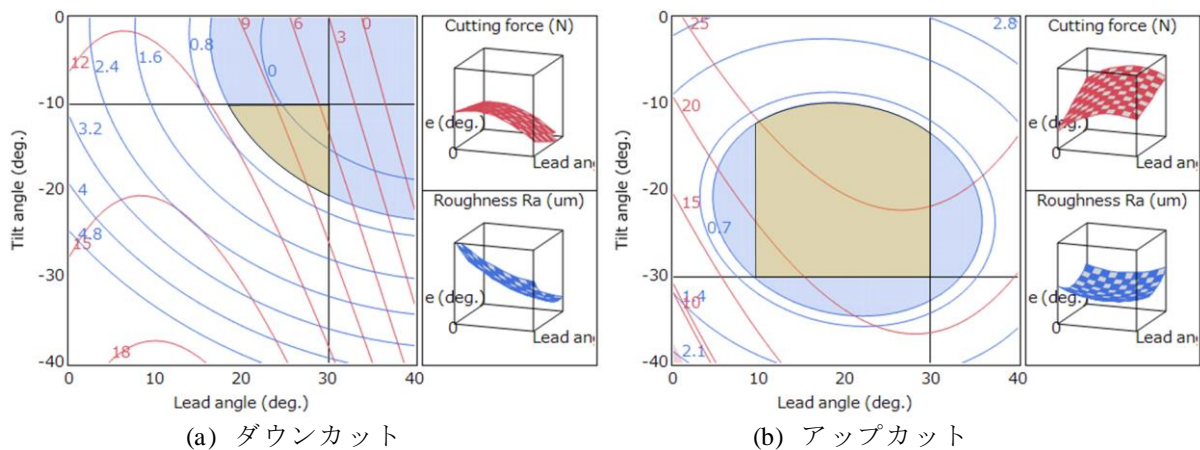


図 7 切削方向による実用可能範囲

## 7. 結言

本研究では切削力と仕上げ面粗さに注目し，工具傾斜加工の基礎的切削特性について以下にまとめる．

- (1) 切削力は工具傾斜角度による影響が少なくダウンカットの場合 1/3 程度の切削力である．
- (2) ダウンカットの仕上げ面粗さ  $Ra$  はリード角が  $+30^\circ$  にチルト角が  $-10^\circ$  が最も良い結果となった．
- (3) しきい値からダウンカットでリード角が  $+18^\circ$  から  $+30^\circ$  にチルト角が  $-20^\circ$  から  $-10^\circ$  の範囲となりアップカットではリード角が  $+10^\circ$  から  $+30^\circ$  にチルト角が  $-30^\circ$  から  $-10^\circ$  の範囲で条件を設定することが望ましい．

## 謝辞

R5 年度名古屋大学技術職員研修に参加されました方々には実験にご協力いただき感謝いたします．

本報告は 2023 年実験・実習技術研究会にて「ボールエンドミルの工具姿勢が切削力と表面創生に与える影響」のタイトルで報告する内容に新たな知見を追記して投稿する．

# 技術部公開講座

創造工学センター公開講座



# 令和5年度 創造工学センターものづくり公開講座

中木村雅史、森木義隆、真野篤志、後藤伸太郎、山本浩治  
工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

今年度のものづくり公開講座は、「模型用小型エンジン分解・組立実習（図1）」「AIフルカラーLEDライト製作（図2）」の2テーマで開催された。なお、3月に高校生を対象に「ガラス工作実習（図3）」の開催を予定している。

以下に主なイベントについて報告する。



図1. 模型用小型エンジン



図2. AIフルカラーLEDライト



図3. 小型フラスコ・トンボ玉

## 1. 留学生向けものづくり公開講座

令和5年7月10日（月）において、JUACEPの留学生7名を対象に「模型用小型エンジン分解・組立実習」を開催した。

今年は7名の参加ということで、エンジンを7台用意してスタッフも7人のマンツーマン体制で行った。昨年度まではエンジンの作動試験を赤崎記念館にて行って来たが、実習工場の引越しに伴い、EI館とオークマ館の間のスペースにて行った。

## 2. 高校生向けものづくり公開講座

令和5年8月9日（水）において、愛知県下高校生10名を対象に「模型用小型エンジン分解・組立実習」を開催した。エンジンの実演は前述と同じ場所で行われた。

## 3. 学内向けものづくり公開講座

令和5年10月6日（金）において、来年度の本格開催に先立ち学内学生7名を対象に「AIフルカラーLEDライト製作」をデモ開催した。今回のデモ開催により反省点・改善点を洗い出し、来年度の開催に役立てる予定である。

## 4. 今後の予定

令和6年3月27日（水）において、高校生向けものづくり公開講座「ガラス加工実習」を予定している。

## 5. 新テーマ「AI フルカラーLED ライト製作」について

本講座の製作テーマである「AI フルカラーLED ライト」はフリー音声認識ソフト Julius とフルカラーLED を組み合わせたデバイスであり、ユーザーが発した言葉に基づき様々な色の光を発するものとなっている。

ここでの AI とは[機械学習による音声認識]を指しており、音声をテキストに変換した後、python による自作プログラムコードを用いて LED の発光色と光量を制御する仕組みである。発光色の制御は、フルカラーLED の赤色・黄色・緑色を混ぜ合わせて行われる。光量の制御は、LED を高速点滅させている状態で点灯時間と消灯時間の割合を変化させることにより実現している。(パルス幅変調 [PWM] 制御)

本実習は初心者向けのプログラミング講座であるが、「AI フルカラーLED ライト」製作を通じて、単純な LED による発光 1 つを取っても、このような様々な制御が行われていることを受講者に知ってもらうことも目的の一つとしている。座学では、これらの話題についても時間を割いて説明している。

今年度は4月から9月にかけて製作テーマ・実習カリキュラムの企画・立案を行い、10月6日に本学学生7名をモニターとしてテスト開催を行った。(図4、図5) 今後はテスト開催の結果を踏まえて最終調整を行い、来年度8月に高校生向けにイベントを開催する予定である。



図4. 座学の様子 (実習前半パート)



図5. AI フルカラーLED ライト製作の様子 (実習後半パート)

# 技術部だより

1. 活動報告
2. 研修会等報告
3. 講習会報告





## 令和 5 年度 工学研究科・工学部技術部活動報告

### 名古屋大学全学技術センター関連トピックス

#### ○全学支援サービスの強化と組織的な支援体制の構築

- ・令和 3 年度先端研究基盤共用促進事業コアファシリティ構築支援プログラムを継続中
- ・適切なエフォート管理の下で標準 20%を抽出、新規業務へ対応中
- ・第 3 回東海国立大学機構技術発表会を名古屋大学で開催予定

#### ○工学研究科・工学部技術部における会議およびトピックス

当技術部では、技術職員の組織の管理・運営のため、下記会議を開催している

- ・本部会議：技術長、技術系長で構成する会議（随時開催）  
（工学研究科教員、事務部との企画・財務委員会教育研究支援専門委員会委員も兼務）
- ・調整連絡会議：技術長、技術系長、室長・グループ長（補佐含む）、主任技師以上
- ・業務調整会議：技術長、技術系長の選任で行う（技術系ごと毎月 1～3 回開催）
- ・令和 5 年度技術部特別講演および研修報告会を会場とオンラインで開催

活 動 内 容（技術的依頼業務を除く会議等報告）（1/26 現在）
<p>全学技術センター関連会議</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・全学技術センター運営委員会（第 61 回）</li> <li>・全学技術センター運営専門委員会（第 1 回、第 2 回）</li> <li>・全学技術センター人事委員会（第 1 回開催予定）</li> <li>・全学技術センター企画室会議（第 96 回～第 105 回）</li> <li>・全学技術センター実務委員会（第 194 回、第 195 回）</li> <li>・全学技術センター企画準備会議（企画室議案整理のため随時木曜開催） 室長会議（随時開催）</li> </ul>
<p>工学研究科・工学部技術部関連会議</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・企画・財務委員会教育研究支援専門委員会 第 1 回 書面審議（技術部活動報告・方針及び予算報告） 第 2 回 書面審議（後補充対応） 第 3 回 書面審議（予算執行状況、人事異動、後補充対応） 第 4 回 書面審議（後補充対応）</li> <li>・安全・厚生委員会（第 203 回～第 210 回：8 月を除く毎月 1 回開催）</li> <li>・系会議（8 月を除く毎月 1 回開催、4 月は全技術系合同で以外は技術系ごと開催、全員参加）</li> <li>・調整連絡会議（第 1 回～第 10 回：工学研究科・工学部技術部内の予算、行事等の運営）</li> </ul>
<p>研修講習会等</p> <p>【職員課主催（地区国立大法人含む）】</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>・令和 5 年度東海北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（複合領域コース）</li> <li>・令和 5 年度東海北陸地区国立大学法人等技術職員合同研修（機械コース）</li> <li>・令和 5 年度名古屋大学新規採用職員研修</li> <li>・令和 5 年度サポータ制度</li> <li>・令和 5 年度東海地区国立大学法人等職員基礎研修</li> <li>・令和 5 年度東海国立大学機構目的別研修（PC 講座：初級/中級）</li> <li>・令和 5 年度主任研修（オンライン）</li> </ul>

- ・令和5年度東海地区国立大学法人等 係長研修（オンライン）
- ・令和5年度東海地区国立大学法人等 新任課長補佐研修
- ・語学研修（TOEIC 対策、TOEIC\_IP）
- ・英会話オンライン研修（DMM）（第1回、第2回）
- ・令和5年度アルバータ大学オンラインビジネス英会話研修
- ・令和5年度プロフェッショナル型大学職員養成 eラーニング研修
- ・2023年度国際業務トレーニング「英文Eメール研修」
- ・中国語会話入門（初級編/中級編）
- ・令和5年度放送大学受講研修
- ・情報システム統一研修
- ・メンタルヘルス講習会

#### 【全学技術センター主催】

- ・マネジメント研修（開催予定）
- ・リスクアセスメント研修（開催予定）
- ・名古屋大学技術職員研修（装置開発コース）
- ・専門技術研修（計測・制御コース）
- ・令和5年度第3回東海国立大学機構技術発表会（開催予定）  
特別講演：「名古屋大学での超小型衛星の研究開発の取り組みについて」  
名古屋大学大学院工学研究科航空宇宙工学専攻 稲盛 孝哉 准教授

#### 【工学研究科・工学部技術部主催】

- ・令和5年度技術部特別講演および研修報告会（ハイブリッド開催）  
特別講演：「あいちシンクロトロン光センター  
ビームライン BL8S2 の実験システムとその成果」  
名古屋大学シンクロトロン光研究センター シンクロトロン光利用研究部門  
櫻井 郁也 准教授

（工学研究科・工学部技術部系研修）

- ・Web API を使用した web アプリケーションの開発（情報通信技術系）
- ・工学部における呼吸用保護具のフィットテスト実施の検討（環境安全技）
- ・新人職員の育成および先輩職員の指導力向上を目的とした人材育成研修（装置開発技術系）
- ・走査電子顕微鏡用の各種断面試料加工方法の比較評価（分析物室技術系）

（工学研究科・工学部技術部個別研修）

- ・WPA2 に対する攻撃と WPA3-Enterprise 192-bit mode（情報通信技術系）
- ・React Native を用いたモバイルアプリケーションの開発（情報通信技術系）
- ・FARM Stack を用いた Web アプリケーションの開発（情報通信技術系）
- ・石英製ヨウ素セル製作による技術力向上（装置開発技術系）
- ・石英製ヨウ素セル製作による技術力向上と評価（装置開発技術系）

（工学研究科・工学部技術部系講習会）

- ・Wi-Fi セキュリティ講習（情報通信技術系）[技術部会議室]
- ・保護マスクのフィッティング確認（環境安全技術系）[技術部会議室]
- ・3D プリンタ中級編およびマイクロスコープ、ベルトグラインダーの安全講習  
（装置開発技術系）[装置開発ファクトリー・実験実習工場]
- ・全学技術センターの SmartLab（XRD）について（分析・物質技術系）[工学部8号館]

#### 【外部研修・研究会・講習・出張関連】

- ・2023年度機器・分析研究会（熊本大学開催）
- ・2023年度 KEK 技術研究会（ハイブリッド開催予定）
- ・生理学技術研究会（ハイブリッド開催予定）
- ・2023年度実験・実習技術研究会（オンライン開催予定）

# 令和5年度 情報通信技術系活動報告

藤原 富未治

工学研究科・工学部技術部 情報通信技術系

## 1. はじめに

令和5年度情報通信技術系の構成は、技術系長1名、グループ長2名、グループ員は10名（第1グループ5名（内再雇用2名）、第2グループ5名）であり、総勢13名での体制となっている。

大学の活動指針で、職員の在宅勤務も実施可能なことから、引続きテレワーク業務に対応する業務体制とし、事前にテレワーク日程を調整し出勤体制の見直しを図り対応を行っている。

## 2. 情報通信技術系の実施業務

本年度の当技術系への業務依頼件数は2023年12月末の段階で総計58件と昨年より増加しており、その大部分はサーバやWebの管理などの年間を通した継続性が必要な依頼業務が中心となっている。東海国立大学機構の設立以降、アプリケーション開発の業務相談や、インシデントによる技術相談も多くなってきている。また、工学研究科内のサーバ集約のため、仮想サーバ運用業務の強化を行っている。長期的な視点から引き続き新人育成に取り組んでおり、研修内容の充実や研修への積極的な参加も図っている。さらにサーバ管理業務やネットワーク管理業務など担当者を複数人体制で実施する取り組みも一部引き続き実施中であり、依頼業務のほか技術部サーバの管理・メンテナンス等、工学技術部技術職員のインフラ環境も提供している。

昨年度よりエフォート管理による全学技術センター業務が本格的に実施されたことにより、工学研究科以外の業務として、情報学研究科、環境学研究科、環境医学研究所、理学研究科、本部事務部など11件の依頼にも対応中である。また教育活動状態の変化によるオンライン学習支援システム（TACT）の需要増加に伴う支援要求にも協力している。

## 3. 業務調整会議・技術系打合せ・技術系グループ会議

### 3.1. 業務調整会議

当技術系の円滑な運営を目的として、技術系長1名、グループ長2名の計3名の技術職員で「業務調整会議メンバー」を構成している。このメンバーで、技術系内の業務調整・技術力の向上や企画等の審議を行うために「業務調整会議」を開催している。

### 3.2. 技術系打合せ

「技術系打合せ」は、「業務調整会議」の未開催週に不定期で開催し、「業務調整会議」で審議すべき事項をあらかじめ検討することで「業務調整会議」を補足する役目を果たしている。これにより審議事項の迅速な決定や会議メンバー間の意思の疎通が可能となっている。

### 3.3. グループ会議

グループ内の依頼業務の推進や系内運営等の情報交換を行う目的で「グループ会議」を開催

している。グループ会議は、毎月開催される技術部系会議終了後に引き続き開催し、議論内容はグループ長が会議メモを作成し「業務調整会議」に反映している。この会議メモはグループウェア上に掲載し、情報系職員全員に周知している。

#### 4. 技術研修・研鑽

学外及び学内研修・研鑽では、以下のような研修に本年度参加対応した。

- 1) 東海地区国立大学法人等係長研修
- 2) 東海国立大学機構主任研修
- 3) 情報システム統一研修
- 4) 工学技術部系研修
- 5) 工学技術部個別研鑽

##### 4.1. 東海地区国立大学法人等係長研修

東海地区の国立大学法人、大学共同利用機関法人、独立行政法人国立高等専門学校機構及び独立行政法人国立青少年教育振興機構の機関（以下「国立大学法人等機関」）において、係長（専門職員）に昇任した職員に対して、職場リーダーとして必要なスキルを修得させることを目的とした「東海地区国立大学法人等係長研修」に、雨宮尚範技師、島田啓史技師が他大学および他部局の職員（93名）と共に参加した。

研修名：令和5年度東海地区国立大学法人等係長研修

参加者：雨宮尚範、島田啓史

開催期間：令和5年7月20日（木）～ 令和5年7月21日（金）

開催会場：自宅（または職場）

※Zoomを用いたオンライン開催

##### 4.2. 東海国立大学機構主任研修

東海国立大学機構職員の主任としての役割を自覚し、身につけておくべき態度や意識、リーダーシップ発揮に必要な諸能力を醸成することを目的とした「東海国立大学機構主任研修」に、石垣佐副技師、小林聖奈副技師が他大学および他部局の職員（54名）と共に参加した。

研修名：令和年度東海国立大学機構主任研修

参加者：石垣佐、小林聖奈

開催期間：令和5年10月12日（木）9:30～17:00

開催会場：名古屋大学環境総合館レクチャーホール

##### 4.3. 情報システム統一研修

文部科学省大臣官房政策課サイバーセキュリティ・情報化推進室が主催する、各府省の橋渡し人材の育成及び一般職員の情報リテラシー向上等を目的とした「情報システム統一研修」の集合研修に石垣佐副技師が参加した。

研修名：情報セキュリティ運用

参加者：石垣佐

開催会場：e-ラーニング

#### 4.4. 工学技術部系研修

工学技術部系研修として小林聖奈副技師をはじめ9名が「Web APIを使用したwebアプリケーションの開発」というテーマで、Web APIの仕様や設計についての学習を行い、APIの使用方法の習得を目的とした研修を行った。

申請者：小林聖奈

連盟者：伊藤大作、牧野輝、島田啓史、中村成美、石垣佐、吉本翼、太田芳博、藤原富未治

研修名：Web APIを使用したwebアプリケーションの開発

研修期間：令和5年6月1日～令和5年11月30日

#### 4.5. 工学技術部個別研鑽

個別研鑽として、本年度は3件実施され、個々の業務のスキルアップを図った。

・申請者：伊藤大作

研修名：React Nativeを用いたモバイルアプリケーションの開発

研修期間：令和5年5月15日～令和5年7月31日

・申請者：石垣佐

研修名：WPA2に対する攻撃とWPA3-Enterprise 192-bit mode

研修期間：令和5年6月1日～令和5年8月31日

・申請者：吉本翼

研修名：FARM Stackを用いたWebアプリケーションの開発

研修期間：令和5年9月1日～令和5年12月1日

#### 5. 技術講習会

本年度の当技術系の講習会は、「Wi-Fiセキュリティ講習」というテーマで、Wi-Fiを安全に利用するために必要となる技術的な知識の習得を目的として実施し、その後技術職員間で意見交換会を行った。

開催日時：令和5年12月26日（火）10:00～11:30

開催場所：工学部技術部会議室（3号館南578号室）

講師：石垣佐

講習題目：「Wi-Fiセキュリティ講習」

受講人数：情報通信技術系 13名

#### 6. 技術部サーバ管理業務等

当技術系では、技術部の情報機器に関連した業務を担当しており、本年度も、サーバ（仮想サーバ）やネットワーク機器を使用して、システムの安定性を確保している。

具体的な業務内容は次の通りとなっている。

##### 1) 技術部サーバ(Web、Mail)管理

サーバの保守管理とメールアカウント発行、メーリングリスト追加・修正作業を行っており、本年度担当は吉本翼技術職員であった。

- 2) 技術部ホームページ管理  
本年度は吉本翼技術職員が担当し、技術職員向けのコンテンツ内容の更新及び充実を図っている。
- 3) 技術部研修会の準備および運用  
12月5日に実施した令和5年度工学技術部研修会の準備およびネットワーク運用・メンテナンスを本年度は中村成美副技師が担当した。
- 4) 技術部広報活動  
技術部の広報活動の一環として、工学技術部の技術報告（技報）の作成業務に本年度は牧野輝副技師が担当した。
- 5) IPアドレス管理  
技術部に割り当てられているIPアドレスを適切に使用するための管理を藤原が担当している。
- 6) 新業務依頼システム  
複数の機能を実装した新しいシステムを開発し令和3年4月から運用を開始しており、同システムのメンテナンスを小林聖奈副技師、伊藤大作副技師、太田芳博主席技師の3人で担当している。
- 7) グループセッション  
各系の休暇等のスケジュール及びファイル管理をこのシステムで行っており、同システムのアカウト発行とメンテナンスを雨宮尚範技師が担当している。
- 8) 全学技術センターHP  
全学技術センターのホームページのメンテナンスと更新作業を本年度は伊藤大作副技師が担当している。
- 9) 全学技術センター研修委員  
東海国立大学機構技術研修発表会のためのホームページおよび発表募集システムの管理を本年度は島田啓史技師が担当している。

# 令和5年度環境安全技術系活動報告

松浪有高

工学研究科・工学部技術部 環境安全技術系

## はじめに

環境安全技術系においては、再雇用者も含め今年度の構成人数は16名：技術系長1名、安全衛生担当の第1グループ長1名、第1グループ員7名、第2グループ長1名、第2グループ員4名、再雇用者2名にて技術支援にあたっている。以下に今年度の活動状況について報告する。

## 1. 環境安全技術系の実施業務

今年度については28件の業務依頼があり、対応している。依頼件数・年間の総業務時間数は昨年度と比較して特に変動はなかった。依頼業務28件の内25件が年間業務、3件が短期業務と、当系への依頼業務は年間業務が中心であり、また、その年間業務の殆どが従来からの継続業務でもあった。その年間業務は、以下のような基盤性・継続性が必要な業務：

- ・放射線安全管理室の業務（学部内業務）
- ・環境安全管理室の業務（学部内業務）
- ・コバルト60ガンマ線照射室の業務（大学内業務）
- ・核燃料管理施設の業務（大学内業務）
- ・災害対策の業務（大学内業務）
- ・環境安全衛生管理室の業務（大学内業務）
- ・学生実験支援業務（学部内業務）
- ・工学部内工作室の管理（学部内業務）

で、技術支援等を行なった。また、今年度は、1名の技術継承者を採用し、必要業務の継承を行った。

令和5年度からは、化学物質の管理に関する法令改正もあり、学部内・大学内の共通的な業務、準備のための従事時間が増加傾向にあった。また、これらの管理に必要な法的知識・資格が必要な作業環境測定、安全衛生巡視、放射線取扱主任者等は、資格が必要な業務であり、これらを担当するに必要な資格取得を進め、担当者全員が有資格者にて業務を実施している。

## 2. 業務調整会議・系会議

業務調整会議は、技術系長1名、グループ長2名の合計3名で構成し、系内での業務の執行状況、系の運用等について、意見交換、報告や決定をしている。業務振り分けに関しては、個々、グループでの年間業務依頼が殆どとなっており、担当者不明の依頼業務として振り分けが必要となるものは殆ど無い状況ではあるため、業務に関する打ち合わせ、事務連絡等については、メールやオンラインによる系会議での連絡で対応を行うことができた。

## 3. 専門委員会

環境安全技術系の専門委員会については、新体制以降、業務遂行に当たる問題等特に無く、開催をしなかった。

## 4. 出張報告会

今年度は、新型コロナウイルス（COVID-19）感染が一段落した感があり、学外発表会・研修等も

対面とオンライン開催となる機会も増えたが、環境系では、オンラインで参加される方だけだったなどもあり、報告会自体は開催しなかった。

## 5. 技術研修

今年度の技術研修は、環境安全技術系として系研修件の申請・実施、令和5年度の工学技術部の研修報告会で発表報告した。

### 1)系研修

「マスクフィットテスター使用方法の習得とマスクフィットテスト実施方法の確立」

環境安全技術系 ○後藤光裕、河内哲史、舟橋 朋、小田哲史、松浪有高

研修期間 : 令和5年4月20日～令和5年11月30日

### 2)令和5年度 技術部特別講演および研修報告会での報告

開催日時 : 令和5年12月5日(火) 8:45 ~ 15:15

開催場所 : 名古屋大学 EI 創発工学館 FUJI ホールおよびオンラインのハイブリッド開催

発表内容 : 工学部における呼吸用保護具のフィットテスト実施の検討

○後藤光裕、河内哲史、舟橋 朋、小田哲史、松浪有高

### 3)令和5年度 第3回東海国立大学機構 技術発表会での報告

開催日時 : 令和6年3月5日(火) 9:30 ~ 16:45

開催場所 : 名古屋大学オークマ工作機械工学館オークマホールおよびオンラインのハイブリッド開催

発表内容 : 名古屋大学における呼吸用保護具のフィットテスト実施体制の検討について

○後藤光裕、河内哲史、舟橋 朋、小田哲史、松浪有高

## 6. 技術講習会

開催日時 : 令和5年11月29日(水) 10:00~12:00

開催会場 : 名古屋大学 工学技術部大会議室(工3-578号室)およびオンラインのハイブリッド開催

講習題目 : 「溶接ヒュームに関する法令改正と呼吸用保護具のフィットテストの実施」

講師 : 名古屋大学工学研究科・工学部環境安全管理室 後藤光裕 氏

(名古屋大学工学技術部 環境安全技術系第1グループ)

講習内容 : 令和3年度の労働安全衛生法の法令改正により、溶接ヒュームが特定化学化学物質に追加され、環境管理の必要性が生じた。名古屋大学工学技術部には、技術支援の中での溶接業務・溶接場所があるため、適切に対応するようにしている。令和5年度からは、溶接作業における作業者に装着が義務付けられている呼吸用保護具-マスクについても1年以内に1回以上フィットテスト実施が義務付けられることになり、これについても工学技術部としては対応を行なった。今回これらの法令改正について、工学研究科・工学部環境安全管理室で担当している 後藤氏より解説及び留意点等、必要となる事項について講演を頂いた。



# 令和 5 年度装置開発技術系活動報告

山本 浩治

工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## はじめに

工学研究科・工学部技術部（工学技術部）の装置開発技術系では、令和 5 年度末退職者 2 名を予定している。令和 5 年度末退職予定者のポストに関しては、1 年間の重複雇用により新規採用枠として運用することが認められていること、および年度途中で退職された方のポストで公募により 2 名の新規採用職員を獲得した。現在、装置開発系職員数は 20 名（再雇用 2 名を含む）で構成しており、別枠で理学部からガラス系技術職員 1 名が工学部へ派遣として加わっている。また、令和 6 年度はガラス系技術職員の採用が確定している。今後の採用計画として令和 6 年度東海北陸地区法人採用試験および選考採用試験により 2 名の採用を予定している。運営体制は、全学技術センター装置開発技術支援室 4 グループの内、工学部として精密加工技術グループ、システム開発技術グループの 2 グループとして活動している。他の 2 グループとして研究機器開発グループ、極限環境機器開発グループは理学部となっている。各グループの交流は全学技術センター装置開発技術支援室室長の判断により相互の連絡を密接に行っている。また、コアファシリティ事業に参入して 3 年目となるが今年度からコアファシリティアドミニストレーター（CFA）を 1 名担当させている。

工作機械・設備については、実験実習工場、赤崎記念研究館 1F 装置開発ファクトリー、工学部 3 号館 5 階の回路室に分散配置されており、汎用機から NC 工作機械、ワイヤ放電加工機、ガラス旋盤、ガラス加工器具一式、回路用機材が概ね整っている。単独の建屋であった実験実習工場が令和 5 年 5 月に EI 創発工学館 1F に移転となり、環境が変化し慣れるまでにしばらく時間がかかるものと思われる。NC 工作機械に関しては機械系教室教員の協力のもと CAD/CAM システム、ベリカット（NC シュミレーション）を導入し、設計製図第一の授業にも活用している。また、フュージョン 360 に関しても学習中である。教育支援として創造工学センターものづくり公開講座に当技術系が主導となり企画・立案・実施している。今年度は機械工作コース（小型エンジンの分解組み立て・作動試験）、電子制御コース（AI スピーカーの製作）」を実施した。令和 6 年 3 月には高大連携としてガラス工作コース（ミニフラスコの製作、トンボ玉の製作）を予定している。

## 1. 装置開発技術系の業務実施状況

装置開発技術系は、機械工作・ガラス工作と電気回路工作の 3 部門で構成されており、短期・長期業務依頼に対応している。研究者・大学院生・学生の独創的なアイデアによる教育・研究に必要とされる装置開発に関する技術相談や実験装置の設計・試作・製作を行っている。

さらに、コールドエバポレータ設備管理、創造工学センターものづくり公開講座や世界展開力強化事業、留学生ものづくり体験などの教育支援（本技報掲載参照）、各学科・専攻の安全教育や工作実習支援業務、ナノテクプラットホームの半導体プロセス技術への支援を行っている。令和 5 年度 1 月中旬の業務依頼件数状況について、大部分を占めるのは短期業務であり、

機械加工系 350 件、ガラス工作系 118 件、回路業務系 3 件、他に年間業務は 7 件となっている。

母体となっている東海国立大学機構名古屋大学全学技術センターに依頼された学内外の業務もエフォート管理のもと積極的に行っている。

## 2. 技術系運営について

### 2.1 業務調整会議

技術系の運営について協議する会議であり、技術系長、グループ長、技師以上から年齢構成のアンバランスや将来の運営メンバーの育成の観点から選抜したメンバーで構成されている。主に、工学技術部調整連絡会議開催後の火曜日午前に 1 時間 30 分程度開催しており、議題は、技術部調整連絡会議の報告、グループ会議の報告、業務の進捗状況および技術系内の検討事項（予算・支出、業務対応、人の配置、研修、etc）について協議している。毎回の議事録は、輪番で書記を務め、次回会議の冒頭で読み合わせを行い、内容の承認を得て進めている。

### 2.2 装置開発技術系の方針と研修・出張関連報告

実験実習工場移設を機会に立型 5 軸マシニングセンタ（オークマ NU400VA）を設置した。この工作機械を有効活用するため中部大学教育技術部と技術交流を行っている。また、名古屋大学理学部装置開発、分子科学研究所との技術交流を予定している。順次、装置開発技術支援室の構成員には基本操作および CAD/CAM を学ぶように指導したい。

ガラス加工については昨年から引き続き理学部から派遣で来ていただいている方に加工技術の指導を受けており昨年度と比べて技術力も向上している。今後は令和 6 年 4 月から新規採用職員が決まっているため新人教育の準備を進めて行く。

創造工学センターオープン利用の担当者として再雇用職員 2 名と技術職員で学生の指導にあたっており、熟年者の持つ経験や技術力を学生、新規採用職員に伝えている。次年度は定年延長者 2 名が再雇用者に代わり担当する。

東海国立大学機構として岐阜大学との連携、更には他の教育機関と技術交流を進め機械加工技術、ガラス加工技術、電子回路技術などで互いの技術力を向上させるような技術交流を推進して行きたいと考える。

以下に令和 5 年度装置開発技術系の主な研修等の活動報告を示す。

- 1) 「新規採用職員研修」  
藤村 太磯、松本 大輔 R05.04.03～R05.05
- 2) 「装置製作を通しての新人育成研修」（工学技術部系研修）  
藤村 太磯、松本 大輔、後藤 伸太郎 他 4 名 R05.04～R05.11
- 3) 「名古屋大学技術職員研修（機械コース）」  
藤村 太磯、松本 大輔、花田 洋樹、渡邊 雄亮 R05.09.07～R05.09.08
- 4) 「語学研修（TOEIC\_\_IP）」  
中木村 雅史、藤村 太磯、松本 大輔 R06.01.09～16（1 日）
- 5) 「主任研修」  
坂井 優斗、渡邊 雄亮 R05.10.12
- 6) 「係長研修」  
後藤 伸太郎 R04.07.12～R04.07.14
- 7) 「サポーター制度」交流会

- 藤村 太磯、松本 大輔 R05.08.10 および 10.27
- 8) 「東海国立大学機構目的別研修 (PC 講)」  
長谷川 達郎 R05.11.10
- 9) 「機械工作技術研究会 (静岡大学)」  
後藤 伸太郎、渡邊 雄亮、藤村 太磯、松本 大輔 R05.09.14～R05.09.15
- 10) 「令和 5 年度 技術部特別講演および研修報告会」 (工学技術部)  
装置開発技術職員全員参加 R05.12.05 8:50～15:30
- 11) 「第 3 回東海国立大学機構技術発表会」  
(全学技術センター行事) R05.03.05  
口頭 発表: 「新人職員の技術研鑽報告」  
○松本 大輔、藤村 太磯、安藤 花菜  
ポスター発表: 「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上」  
○森木 義隆、川崎 竜馬、岡本 久和、後藤 伸太郎
- 12) 「高エネルギー加速器研究機構技術研究会」  
口頭発表: 「機械系人材の新人研修を終えて」  
○松本 大輔 R06.03.07～03.08  
口頭発表: 「ガラス加工技術向上への取り組みと育成について」  
○森木 義隆 R06.03.07～03.08  
口頭発表: 「企画側から見た機械系人材の新人育成研修 (狙いと終了後の振り返り)」  
○渡邊 雄亮 R06.03.07～03.08
- 13) 「令和 5 年度 創造工学センターものづくり公開講座」
1. JUACEP 留学生向けものづくり講座 機械コース  
「小型エンジン分解・組立実習」 (留学生 7 名) R05.07.10
  2. 第 1 期高大連携ものづくり公開講座 機械コース  
「小型エンジン分解・組立実習」 (高校生 10 名) R05.08.09
  3. 地域貢献特別支援事業「学内ものづくり講座 電子制御コース」  
「電子制御 LED ライトの製作」 (M1 学生 7 名) R05.10.06
  4. 高大連携ものづくり公開講座 ガラス加工コース  
「ミニフラスコ、トンボ玉の製作」 令和 6 年 3 月 27 日 (水) 開催予定

### 3. 技術講習会

令和 5 年度の装置開発技術系では、3 つの工作機器の操作説明から構成されており、新規採用職員および操作方法の習得が不十分な職員を対象に行った。

講習題目: 「3D プリンター中級編」、「新規購入マイクロスコープの操作説明」、  
「ベルトグラインダーの安全講習」

開催日時: 令和 5 年 11 月 30 日 (木) 13:30～16:00

開催場所: 赤崎記念研究館装置開発ファクトリーおよび EI 創発工学館 1F 実験実習工場

講師: 中木村雅史、長谷川達郎、後藤伸太郎

参加人数: 10 名 (工学部装置開発 10 名)

#### 4. 機械系教室との交流

工学技術部装置開発技術系では関係の深い機械・航空宇宙工学専攻教室の教員や学生の方々との交流をはかることを目的として技術発表会を開催してきた。コロナ禍ということもあり数年の間開催を見合わせてきたが、今年度は令和6年2月27日（火）9：00～10：15に名古屋大学オークマ工作機械工学館内オークマホールで開催することができました。この発表会ではテーマを3件に設定し1テーマ20分程度で装置開発技術系の新規導入工作機械、新規採用職員の教育内容、加工例・製作物の紹介を行った。今後も、このような教員、学生を交えた技術発表の場を大切にしていきたいと思えます。

# 令和5年度 分析・物質技術系活動報告

森野慎一

工学研究科・工学部技術部 分析・物質技術系

## 1. はじめに

当分析・物質技術系では、今年度は当初より1年を通じて11名で活動することができた。内訳は技術系長、第1グループ（グループ長（技術長と兼任）1名、技師2名）、第2グループ（グループ長1名（技術系長と兼任）、技師5名、副技師2名）の構成である。全学技術センター装置開発技術系支援室の室長補佐1名、分析・物質技術支援室としては、組成分析・構造解析グループ2名、表面分析・形態観察グループ8名の2グループで構成されている。

## 2. 分析・物質技術系の主な業務内容

当技術系の主な業務としては、工学部・大学院工学研究科及び未来材料システム研究所の共通機器として設置されている各種分析装置のメンテナンスなどの性能維持・管理、試料の分析・観察・解析などを含めた依頼測定、装置の利用講習会など主に機器分析等に関わる技術支援業務であり、加えてこれらの装置を使った技術相談も受けている。もともと分析・物質技術系はマテリアル工学科関連の材料系技術室、化学生命工学科関連の機器分析室、超高圧電子顕微鏡施設、超強力X線回折実験室の集まりからなっており、現在もそれら関連部署からの依頼が主である。主に管理している分析機器装置としては、核磁気共鳴装置（NMR）、粉末X線回折装置（XRDなど）、吸光光度分析装置、発光光度分析、分光光度分析（FT-IRなど）、熱分析（DSCなど）、電子顕微鏡系（TEM、SEMなど）、有機物の微量元素分析装置、無機物の微量元素分析装置（ICP-AESなど）などがある。また、これらの分析・測定のために前処理を行うことも重要な業務である。前処理業務の内容としては、試料分解、標準溶液の作成のほか、イオンミリング、マイクロームなどによる試料成形があり、依頼業務としても引き受けている。その他にも機器の共用システムとして、運営システム上の機器についても支援を行っている。今年度の業務依頼件数は長期・短期業務を含め12月末日現在78件であった。

他系からの業務としては、全学の環境安全衛生管理室からの業務依頼を受けており、全学の実験系廃棄物回収業務、工学部における安全衛生管理業務などの環境安全業務内容を行っているほか、工学部環境安全管理室からの依頼に基づき作業環境測定や安全衛生巡視も支援している。特に局所排気定期自主検査者講習会では実習の講師も務めている。他にも全学からの業務としては、男女共同参画センターから依頼を受け、13年ほど前から技術支援を行い、女性研究者のロールモデルをアピールする地域貢献事業に携わっている。これら以外にも、理学研究科、シンクロトロン光研究センター、低温プラズマ科学研究センターからも業務依頼を受けている。

## 3. 業務調整会議

系の運営業務を遂行する上で必要と判断した場合に業務調整会議を開催している。今年度はおもに工学部技術部調整連絡会議後に、グループ長及び分析・物質技術系業務調整会議メンバーの計4名のメンバーで開催した。年間運営方針として系の会計及び研修や講習会などについて

て協議した。

#### 4. 学外での活動

技術研究会・講習会等への参加のための出張等は、当系のメンバーの説明力、理解力、発表を行うことによる表現力等の向上、技術力向上に繋がる知識、情報を収集する目的で実施し、その成果を学会、研究会などに参加している。今年度は機器・分析技術研究会が熊本大学で開催され、当系からは1名が聴講参加した。また、鳥居実恵が北海道大学で開催された大学連携研究設備ネットワーク主催の「生体系 NMR 実習\_\_NMR&MS"相互"活用講習会」、西村真弓と伊藤広樹が静岡大学(浜松キャンパス)で開催された大学連携研究設備ネットワーク主催の「令和5年度 FT-IR 講習会」に参加して、他機関での管理体制や該当装置に関する測定技術や特徴などの知見を得た。

#### 5. 技術研修・研鑽等

今年度の系研修は「走査電子顕微鏡用の各種断面試料加工方法の比較評価」という課題で樋口公孝を中心に系全体で実施した。また、都築賢太郎が東海地区国立大学法人等係長研修に参加し、係長級職員としての心構えやマネジメントなどについて学んだ。

#### 6. 技術系講習会

今年度の当系の講習会は、令和4年度に全学技術センターに導入された XRD (リガク社製) について、日影達夫が講師として下記の通り実施した。

講習題目：「全学技術センターの SmartLab (XRD) について」

開催日時：2023年12月12日(火) 13:30~14:45

2023年12月21日(木) 15:00~16:30

開催場所：工学部8号館 超強力 X 線回折実験室

装置の概要、各種測定に使用するためのユニットや測定試料用のキャピラリー等についての説明があった。また、「光学系調整 ⇒ 試料位置調整 ⇒ 測定」とステップごとに制御用PCで状態を確認しながら実際に測定を行った。

# 令和5年度 計測・制御技術系活動報告

立花 一志

工学研究科・工学部技術部 計測・制御技術系

## はじめに

本年度の計測・制御技術系は昨年度と同様に技術系長以下7名の技術職員で構成されている。  
第1技術グループ グループ長1名 グループ員6名

## 1.計測・制御技術系の実施業務

主な業務：計測制御分野を中心とした技術支援・相談、実験実習に関わる教育支援、名古屋大学シンクロtron光研究センターに関する教育・研究支援、運営支援、その他センターが必要な業務を行っている。

東山地区を中心に業務依頼を受けている技術職員は、工学研究科の他にも生命農学研究科や未来材料・システム研究所およびマテリアル先端インフラ事業のハブ校に採択された名古屋大学のデータ構造化を行うなど広い分野に対応している。

あいち SR 施設内の光源担当者はシンクロtron光源加速器の性能向上を図るため、直線加速器、ブースターシンクロtron、電子蓄積リングなどの各部分における電気・電子回路、機械部品、真空機器の設計・製作および保守を担当。同時に、シンクロtron光源加速器の運転・管理に従事し、制御用ソフトウェアの開発を通じて効率的な運用を目指しています。高度な専門知識を駆使し、安定かつ高性能な加速器の維持・管理に貢献しています。ビームライン担当の技術職員は、X線吸収微細構造分光(XAFS)や光電子分光を含むビームラインの運用と管理に携わります。具体的な仕事内容として、ビームラインの日常的な運用と保守、トラブルシューティングや修理、メンテナンスの計画と実行があります。また、企業や研究者、学生に対する実験サポートや機器操作の指導、収集されたデータの解析支援、新しい技術や手法の導入や実装、ビームラインの性能向上や新しい実験手法の開発、安全な実験環境の維持と規制への適切な対応などが含まれます。これらの活動は、ビームラインの効果的な運用と研究者の成功に寄与し、先端的な科学研究の進展に不可欠な役割を果たしています。

## 2.計測・制御技術系 第1グループ打合せ

月1回協議対応とし、他の技術系とは別日に設定している。

あいちシンクロtron光センタオフィスおよび東山地区からそれぞれ Teams を利用したオンラインで打ち合わせを行っている。上部組織の会議報告、事務連絡等の確認を行っている。NUSR 事務職員にも出席していただいているので事務連絡についてもその場で確認が可能となっている。

## 3.講習会・研修・学会発表等

各種講習会・研修・学会等への参加について下記の通り報告する。

### 【講習会】

技術系講習会のカテゴリとは別にあいち SR では利用者向けやシンクロtron光関係者に対して各種講習会を開催している。

○2023 年度 XAFS 入門講習会

- ・開催日時：2023 年 7 月 31 日（月）
- ・開催場所：オンライン
- ・講師：陰地宏、須田耕平
- ・内容：名古屋大学シンクロtron光研究センター主催で例年開催されている X 線吸収微細構造（XAFS）測定の解析方法に関する講習会を今年度も開催した。  
本講習会の運営、および、XAFS スペクトルの解析ソフトウェア（Athena）の実習における講師を担当した。

○2023 年度 EXAFS 解析講習会

- ・開催日時：2023 年 11 月 27 日（月）
- ・開催場所：オンライン
- ・講師：陰地宏、須田耕平
- ・内容：名古屋大学シンクロtron光研究センター主催で例年開催されている X 線吸収微細構造（XAFS）測定の解析方法に関する講習会を今年度も開催した。  
本講習会の運営、および、XAFS スペクトルの解析ソフトウェア（Artemis）の実習における講師を担当した。

【学外研修】

○玉掛け技能講習

- ・開催日時：2023 年 8 月 9 日(水), 10 日(木), 11 日(金)
- ・開催場所：住友建機教習所愛知教習センター
- ・参加者：岡島康雄
- ・内容：1 トン以上のつり上げ荷重をもつクレーン等に玉掛けを行う資格を取得するため、技能講習を受講した。学科 2 日、実技 1 日の日程で受講し、それぞれの試験に合格した。

○床上操作式クレーン運転技能講習

- ・開催日時：2023 年 9 月 6 日(水), 7 日(木), 8 日(金)
- ・開催場所：住友建機教習所愛知教習センター
- ・参加者：岡島康雄
- ・内容：床上操作式クレーンの運転を行う資格を取得するため、技能講習を受講した。学科 2 日、実技 1 日の日程で受講し、それぞれの試験に合格した。

【東海国立大学機構 業務研修・階層別研修・キャリアアップ研修】

○機構サポーター制度（交流会）

- ・開催日時：2023 年 8 月 10 日（木）、10 月 27 日（金）、12 月 13 日（水）
- ・開催場所：名古屋大学 鶴舞キャンパス、名古屋大学 東山キャンパス、岐阜大学
- ・企画・運営：須田耕平（サポーター）
- ・内容：新規採用職員の育成・支援を目的とした交流会を実施した。12 月 13 日（水）の交流会では企画・運営を行った。

○機構サポーター制度（交流会）

- ・開催日時：2023 年 10 月 27 日（金）



- ・開催場所：名古屋大学 東山キャンパス
- ・参加者：岡島康雄（新規採用職員）
- ・内容：新規採用職員の育成・支援を目的とした交流会に参加した。

【学会等発表】

○第 26 回 XAFS 討論会

- ・開催日時：2023 年 9 月 4 日（月）～9 月 6 日（水）
- ・開催場所：立命館大学 SR センター
- ・発表：須田耕平
- ・内容：X 線吸収微細構造（XAFS）スペクトルと試料配置との関係性についてポスター発表を行った。

【その他、シンポジウム】

○第 60 回表面分析研究会

- ・開催日時：2023 年 6 月 29 日（木）、30 日（金）
- ・開催方法：現地＋オンライン（オンラインで参加）
- ・参加者：陰地宏
- ・内容：表面分析研究会が年 2 回主催する研究会に参加した。今回は「イオンビームによる分析」がテーマで、これを中心とした内容の講演を聴講し、日ごろの放射光分析支援業務に関連する情報を入手した。

○第 20 回 SPring-8 産業利用報告会

- ・開催日時：2023 年 9 月 7 日（木）、8 日（金）
- ・開催場所：神戸国際会議場
- ・参加者：陰地宏
- ・内容：SPring-8 における放射光の産業利用の成果が発表される会議に参加し、SPring-8 における最新の産業利用の状況及び研究成果についての情報収集を行った。また、報告会に参加していた放射光施設関係者や放射光ユーザーの方々と情報交換を行った。

○日本物理学会第 78 回年次大会

- ・参加日時：2023 年 9 月 16 日（土）、17 日（日）
- ・開催場所：東北大学青葉山キャンパス、川内キャンパス
- ・参加者：石田孝司、岡島康雄
- ・内容：ナノテラスを含む次世代放射光施設に関するシンポジウム「新たなフェーズを迎える次世代放射光施設」やビーム物理領域セッション等に参加し、加速器および放射光施設に関する情報収集を行った。

○2023 年度実用表面分析講演会

- ・開催日時：2023 年 10 月 26 日（木）、27 日（金）
- ・開催形式：オンライン
- ・参加者：陰地宏
- ・内容：表面分析研究会が主催する年次シンポジウムで、表面分析技術者や研究者が集まり、抱える問題や疑問を共有し、新技術や解析法の提案、問題解決による成果を発表・議論する場である PSA に参加し、表面分析技術の問題や新成果について情報収集を行った。

○第 37 回日本放射光学会年会・放射光科学合同シンポジウム

- ・開催日時：2024年1月10日（水）～ 2024年1月12日（金）
- ・開催場所：アクリエひめじ（姫路市文化コンベンションセンター）
- ・参加者：陰地宏
- ・内容：最新の放射光技術と応用に焦点を当て、研究者や産業関係者が知識を共有しました。各分野での進展や新技術、マテリアルサイエンス、バイオイメージングなど多岐にわたるテーマが取り上げられ、交流と共同研究の機会が提供された。産業利用分野の招待講演では座長役を務めた。

○2023年度 名古屋大学シンクロトロン光研究センターシンポジウム(12th NUSR Symposium)

- ・開催日時：2024年1月15日（月）
- ・開催場所：名古屋大学 野依学術記念交流館・カンファレンスホール
- ・企画・運営：陰地宏、岡島康雄、須田耕平、高倉将一
- ・内容：名古屋大学シンクロトロン光研究センターでは今年度も、あいちシンクロトロン光センターを利用する方々を中心に、放射光を利用した研究成果や、放射光源である光源加速器、より高度な放射光利用を目指したビームライン開発に関するトピック等をご紹介いただき、放射光を利用した新たな研究の可能性や有効性について議論を深めることを目的に、名古屋大学シンクロトロン光研究センターシンポジウムを開催した。本シンポジウムにおいて運営を担当した。

#### 4. 結び

本年度も工学研究科から寄せられた様々な依頼に対して、私たちは通常業務と並行しながら幅広い業務に取り組みました。またものづくり講座やマテリアル先端リサーチインフラ事業など、多岐にわたるプロジェクトにも対応しました。

特に、技術支援が求められる場面では、技術職員一人一人が自己スキルの向上に尽力し、その成果を通じて研究力向上に寄与できたことを光栄に感じています。技術支援が必要とされる場において、技術職員一人一人がスキルアップに取り組み、研究力向上に貢献することができた。

技術系として技術部特別講演会を担当しました。

『あいちシンクロトロン光センター ビームラインBL8S2の実験システムとその成果』と題して、名古屋大学シンクロトロン光研究センター櫻井郁也先生にご講演いただきました。この場を借りて、櫻井先生をはじめ講演会の成功に貢献して下さったスタッフの皆様に心から感謝申し上げます。

# 令和5年度 工学技術部特別講演会および研修報告会

松浪有高

工学研究科・工学部技術部 研修係

令和5年度 技術部特別講演会および研修報告会を、12月5日（火）にEI創発工学館FUJIホールおよびオンラインとのハイブリッド開催で行った。参加者は、技術職員-情報通信系13名、環境安全系13名、装置開発系17名、分析・物質技術系11名、計測・制御技術系3名、理学部装置開発系1名と技術部本部1名の59名と教員2名であった。冒頭の開会の挨拶では、尾上工学研究科副研究科長・工学技術部長より、このような個別研修、系研修を積極的、継続的に行い、工学技術部として従来より実施している技術支援・これまで築き上げてきた技術に、更なる高度で広範囲な技術に対応し得るよう、技術力向上し対応頂きたいとのご期待を頂いた。今後もこのご期待に応えるべく、最新の技術、研究室で望まれている技術を調査及び精査し、それを元にした研修・研鑽・スキルアップを計画的、継続的に続けていくことが必要である。今回の研修課題は、これらを念頭に実施したものであり、今後の業務に役立てられるよう各人臨んで頂けたものである。

特別講演会は、『あいちシンクロトロン光センター ビームラインBL8S2の実験システムとその成果』と題して、名古屋大学シンクロトロン光研究センター シンクロトロン光利用研究部門 櫻井郁也 特任准教授より講演頂いた。あいちシンクロトロン光センターは、中部地域を中心とする次世代モノづくりの拠点「知の拠点あいち」内に建設されたシンクロトロン光共用施設であり、一般共用用として10本のビームラインを運用している。特にビームラインBL8S2は、超電導偏向電磁石に設置された硬X線ビームラインで、光学系による集光を行わない広がった2次元X線が利用できる。白色X線では、微細構造体の製作実験や照射による突然変異を用いた植物・酵母等の新品種開発に利用され、単色X線では、単結晶の欠陥分布、複合機能材料の価数分布測定等の様々な実験が行われ、数多くの成果が出ている。この施設のビームラインの管理を含め、利用者の研究・開発支援を今後も工学技術部の技術職員のバックアップが必要であることをご要望を頂いたので、更に技術を向上させ、これに応え得るとともに他でも寄与できるようにスキルアップ、レベルアップする研修・研鑽を実施していくように努めなくてはならないと認識を新たにすることができた。

特別講演会に引き続いて、研修報告会を行った。今年度の研修報告の内訳は、技術系研修が4件、個別研修が4件ありそれぞれについて報告された（当日のプログラムは、次ページのとおり）。研修報告では、発表時間20分、質疑応答時間5分で、時間一杯活発な質問、意見交換や情報交換が行われ、有意義な報告会を実施することが出来た。今後必要とされる技術に対し、素早く対応できるような研修を実施、準備することで、工学部・工学研究科の技術支援、研究協力へ寄与できるよう、今後も活動継続して行く必要がある。

最後になりましたが、本年度研修係を担当頂きました工学技術部の中西幸弘さん、長瀧宏弥さん、伊藤康広さん、中村成美さん、青木延幸さん、土井富雄さん、林 育生さん、ご協力有難うございました。

# 令和 5 年度 技術部特別講演および研修報告会

主催 工学研究科・工学部技術部

## プログラム

日 時 : 令和 5 年 12 月 5 日 (火) 8 : 45 ~ 15 : 15

場 所 : EI 創発工学館 2 階 FUJI ホール および Teams

1. 8 : 45 ~ 受付開始
  2. 9 : 00 ~ 9 : 10 特別講演会・研修報告会開会の挨拶 (司会・進行 : 松浪有高)  
尾上 順 工学研究科・工学部技術部長
  3. 9 : 10 ~ 10 : 10 令和 5 年度 特別講演 (司会・進行 : 立花一志)  
「あいちシンクロトロン光センター  
ビームライン BL8S2 の実験システムとその成果」  
名古屋大学シンクロトロン光研究センター  
シンクロトロン光利用研究部門  
櫻井郁也 特任准教授
- =====10 分休憩=====
4. 10 : 20 ~ 12 : 00 情報通信技術系報告 (○印:発表者) (司会・進行 : 藤原富未治)
    - (1)10 : 20 ~ 10 : 45 「Web API を使用した web アプリケーションの開発」  
系研修 ○小林聖奈、伊藤大作、牧野 輝、島田啓史、中村成美、石垣 佐、  
吉本 翼、太田芳博、藤原富未治
    - (2)10 : 45 ~ 11 : 10 「WPA2 に対する攻撃と WPA3-Enterprise 192-bit mode」  
個別研修 ○石垣 佐
    - (3)11 : 10 ~ 11 : 35 「React Native を用いたモバイルアプリケーションの開発」  
個別研修 ○伊藤大作

(4)11:35~12:00 「FARM Stack を用いた Web アプリケーションの開発」

個別研修 ○吉本 翼

=====昼休み=====

5. 13:00~13:25 環境安全技術系報告 (司会・進行:松浪有高)

(1)13:00~13:25 「工学部における呼吸用保護具のフィットテスト実施の検討」

系研修 ○後藤光裕、河内哲史、舟橋 朋、小田哲史、松浪有高

6. 13:25~14:40 装置開発技術系報告 (司会・進行:山本浩治)

(1)13:25~13:50 「新人職員の育成および先輩職員の指導力向上を目的とした

人材育成研修」

系研修 ○藤村太磯、○松本大輔、○渡邊雄亮、後藤伸太郎、森木義隆、

長谷川達郎、磯谷俊史

(2)13:50~14:15 「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上」

個別研修 ○森木義隆、川崎竜馬、後藤伸太郎、岡本久和

(3)14:15~14:40 「石英製ヨウ素セル製作による技術力向上と評価」

個別研修 ○川崎竜馬、森木義隆、後藤伸太郎、岡本久和

=====5分休憩=====

7. 14:45~15:10 分析・物質技術系報告 (司会・進行:森野慎一)

(1)14:45~15:10 「走査電子顕微鏡用の各種断面試料加工方法の比較評価」

系研修 ○樋口公孝、神野貴昭、伊藤広樹、林 育生、都築賢太郎、森野慎一

8. 15:10 ~ 15:15 閉会の挨拶

工学研究科・工学部技術部 技術長 白木尚康

# 令和5年度 情報通信技術系講習会報告

藤原 富未治

工学研究科・工学部技術部 情報通信技術系

## はじめに

今年度の情報通信技術系技術講習会は、「Wi-Fiセキュリティ講習」というテーマで実施した。

具体的には講師1人がパワーポイントによる発表形式で行い、発表後に意見交換を行う形で実施した。本講習で実施した内容は次の通りである。

開催日時：令和5年12月26日（火） 9:30～11:30

開催場所：工学部技術部会議室（3号館南578号室）

講師：石垣佐

講習題目：Wi-Fiセキュリティ講習

講習内容：Wi-Fiを安全に利用するために必要となる技術的な知識の習得を目的として、主にWPA3およびEAP-TLS（RFC 5216）について解説を行う。  
また、無線LANルータやアクセスポイントを設定する際に、情報セキュリティ対策の観点で考慮すべき事項について議論を交えつつ検討する。

参加者：情報通信技術系13名

## 講習概要

昨年度の講習会では、大学の活動指針を考慮し、会議室での対面とオンラインを併用して開催した。しかし、今年度は通常通りの活動状態となり、オンラインの併用は行わず、よりコミュニケーションがとれる対面のみで実施した。

講習会当日は、会議室にPCを用意し、大画面モニター2台に接続して、作成したパワーポイント画面を共有する形で進めた。また、WLANのセキュリティについての講義では、WLANが攻撃の対象となる可能性があることに触れ、WPA2（Wi-Fi Protected Access version 2）に対する攻撃手法とその対策方法など動画を交えて説明を受けた。

Wi-Fiセキュリティの現状や攻撃手法の検証を通じて、特定の攻撃が容易であることや、認証方式を学ぶことでセキュリティレベルの理解を深め、Wi-Fiを安全に利用するために必要となる技術的な知識を習得することができた。

情報通信技術系の職員たちが質疑・応答を通して情報を共有し、意見交換を通じてセキュリティの問題を把握できる有益な機会となった。

# 令和 5 年度環境安全技術系講習会報告

松浪有高

工学研究科・工学部技術部 環境安全技術系

## はじめに

今年度の環境安全技術系講習会を以下のように開催した。

開催日時：令和 5 年 11 月 29 日（水）10：00～12：00

開催会場：名古屋大学 工学技術部大会議室（工 3-578 号室）およびオンライン

講習題目：溶接ヒュームに関する法令改正と呼吸用保護具のフィットテストの実施

講師：名古屋大学工学研究科・工学部環境安全管理室 後藤光裕 氏

（工学技術部 環境安全技術系第 1 グループ）

聴講者：環境安全技術系職員 14 名

## 1. 概要<sup>1)</sup>

令和 3 年度の労働安全衛生法の法令改正により、溶接ヒュームが特定化学物質に追加され、環境管理の必要性が生じた。名古屋大学工学技術部には、技術支援として溶接業務を行っており、その対象場所がありこれには適切に対応している。令和 5 年度からは、溶接作業における作業者に装着が義務付けられている呼吸用保護マスクについて、1 年以内に 1 回以上フィットテスト実施が義務付けられることになり、これについて工学技術部としての対応を行なった。今回この法令改正について、工学研究科・工学部環境安全管理室で担当している 後藤氏より解説及び留意点等、必要となる事項について説明頂いた。

## 2. 講習内容

### 1. 名古屋大学工学部における溶接作業場の法令対応と呼吸用保護具の選定

工学技術部では、装置試作や加工を行う技術支援を行っており、その中で溶接作業を伴う業務がある。令和 3 年度の改正では、この作業現場では、環境測定を実施し、粉じん障害防止規則に基づいて DS2 グレードの使い捨て式マスクを選定し、溶接ヒューム取扱い作業者に使用することをを行った。令和 5 年度は、この選定使用している DS2 グレードの使い捨て式マスクについてのフィットテストを実施し、適切に使用できるようにした。今回は、これらの経験を含め、効率的実施のための方法論について講演して貰った。

### 2. フィットテストの実施方法

フィットテストは、面体を有する呼吸用保護具を適切に使用できるかを確認するテストであり、日本工業規格<sup>2)</sup>に則り、テスト実施のための講習会等修了者によって実施される必要がある。呼吸用保護具には全面形面体と半面形面体があり、フィットテストにより「要求フィットファクタ」以上の値を得ることで合格となる。面体ごとに要求フィットファクタが設定されており、全面形面体（顔面を覆うタイプ）が 500 以上、半面形面体（普通のマスクタイプ）が 100 以上となっている。また、テストの方法も定量式（漏れの確認方式）と定性式（感覚検知）の

2 種類がある。定性式は、ファクタ 100 以上としか判定できないため、半面系面体へのテストにしか使用できない方式である。

### 3. 効率的なフィットテストの実施について

フィットテストを実施することにより、作業者自身に合ったマスクの選定と装着時の注意・留意点が把握でき、適切に保護具を使用することができる。しかしながら日々の作業において少しずつ慣れていくことで、適切な使用ができなくなる状況も発生する。そのため、フィットテストを1年に1回以上行うことが義務づけられ、適切使用に努められるような制度になっている。テストには、1名あたり20分程度の時間を有するため、効率的にテストを実施できることが必要であるため、今回、これらについての知見やノウハウについて解説や説明も併せて講演して頂いた。

### 3. まとめ

労働安全衛生法は、労働者の健康を守る法律である。そのため、この法律は、毎年のように改正を行われている。これに適切に対応するためには、現状についての理解する必要で、計画的に対応する必要がある。今回は、溶接現場に関係する法令改正についてを理解することができて大変有益な講習であった。今後は、現場や個人にフィードバックしていけるように実施する方法を確立していく必要がある。

### 4. 謝辞

最後になりましたが、本講習会を講演頂きました後藤光裕氏には、ご多忙の中にかかわらず、お話を賜りましたこと誠にありがとうございました。改めまして感謝、お礼申し上げます。

### 5. 参考文献

- 1) 後藤光裕ら「工学研究科における溶接ヒュームの濃度の測定について」, 名古屋大学工学研究科・工学部「技報」, Vol.24, pp.7-10, 2022
- 2) 日本工業規格 JIS T8150(2021)



# 令和5年度 装置開発技術系講習会報告

山本 浩治

工学研究科・工学技術部 装置開発技術系

## はじめに

令和5年度の装置開発技術系講習会では、3つの工作機器の操作説明から構成されており、新規採用職員および操作方法の習得が不十分な職員を対象に行った。

講習題目：「3Dプリンター中級編およびマイクロスコープ、ベルトグラインダーの安全講習」

開催日時：令和5年11月30日（木）13：30～16：00

開催場所：赤崎記念研究館 1F 装置開発ファクトリーおよび EI 創発工学館 1F 実験実習工場

講師：中木村雅史、長谷川達郎、後藤伸太郎

参加人数：10名（工学部装置開発10名）

## 1. 講習内容

- (1) 3Dプリンターのサポート材を使用した製作手順の学習

3Dプリンター：FLASHFORGE 製 Creator Pro



図1.3Dプリンターの操作説明

3Dプリンターは令和元年度に購入したものであるが使用する職員が限られていた。今後は新規採用職員等幅広い方に活用してもらうため講習会を行った。立体物作製手順（Creator Pro 操作時の注意点）に沿って「スライサーソフトでの x3g データ生成時における注意点」などサポート材を使用した場合について講習を行った（図1）。

- (2) マイクロスコープの使用法の学習（実践的に測定したい場合は臨機応変に対応可）

マイクロスコープ：松電舎製 高倍率 USB3.0 マイクロスコープ FZ500CS



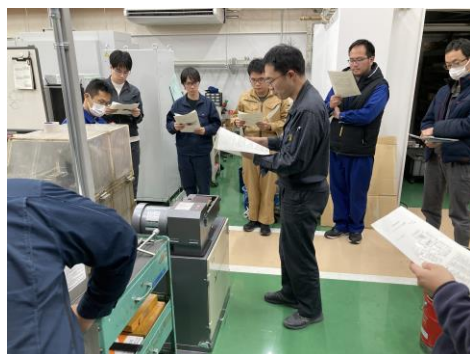
図2.マイクロスコープ操作説明

以前使用していたマイクロスコープ（10年程度使用）のカメラ部が故障したため令和5年度に新規でマイクロスコープを購入した。

今回の講習会ではマイクロスコープの使い方として各部名称・仕様、使用方法、キャリブレーション設定、カメラを使った撮影・観察、画像計測の説明を行った（図2）。

### (3) ベルトグラインダーの安全指導

ベルトグラインダー：YODOGAWA 製 FS-3N



令和5年3月に購入したベルトグラインダーは実験実習工場移転に伴い設置場所が未定であったが同年5月に移転完了しEI創発工学館1F実験実習工場に設置された。この工作機械は布やすりが高速回転し金属、木材等を削るものであり、使用時は非常に危険が伴うため使用方法の説明と安全講習を行った。各部の名称から作業の準備、作業前点検、運転方法、ベルトの種類と交換方法、研磨ベルトのズレの調整方法、今後の運用ルール、禁止事項について講習を行った(図3)。

図3.ベルトグラインダーの取扱い説明

## 2.まとめ

今回の講習により3つの工作機器に関する知識、技能が備わったと判断している。3Dプリンターでは簡易的または実際に実験装置にも使用し頻度も向上している。マイクロスコープは比較的安価で操作しやすいものを購入し実践的に活用している。ベルトグラインダーの使用方法は簡単であるが注意を怠ると重大な事故となる要素を持っている。正しい使用法、危険性を学ぶことで職場内の安全性を向上できるものと願っている。

旧実験実習工場からEI創発工学館1F実験実習工場(令和5年5月)に移設を完了し、NC工作機械として立型5軸マシニングセンタ(オークマMU400V)を導入しました。今後も、研究力支援強化として工作機械の導入とそれを使用する技術者の育成に努めていきたいと思えます。

# 令和 5 年度分析・物質技術系講習会報告

森野 慎一

工学研究科・工学技術部 分析・物質技術系

## 1. はじめに

令和 5 年度の分析・物質技術系講習会を下記のとおり開催した。

講習題目：「全学技術センターの SmartLab (XRD) について」

開催日時：2023 年 12 月 12 日 (火) 13:30～14:45

2023 年 12 月 21 日 (木) 15:00～16:30

開催場所：工学部 8 号館南棟 104 号室

講師：日影 達夫

受講者：分析・物質技術系職員 9 名

## 2. 講習概要

令和 4 年度に全学技術センターに導入された XRD (SmartLab リガク社製) についての見学講習会を実施した。装置周辺のスペースが限られていることから 2 日に分けて実施した。

講習は装置の測定部を開口した状態で、各種測定に使用するためのユニットや測定試料用のキャピラリー等について説明があった。その後、測定デモに移り、「光学系調整 ⇒ 試料位置調整 ⇒ 測定」とステップごとに制御用 PC で状態を確認しながら実際に測定を行った。最後に、X 線発生源部の冷却に使う循環水送水装置が置かれたバックヤードの見学や質疑応答などを通じて意見交換を行った。



図 1：装置の概要説明の様子



図 2. 測定ユニットの取り付けの様子

## 3. まとめ

本装置は従来の同等クラスの装置と比べて、「X 線発生から測定開始まで：40 分⇒22 分」、「X 線 OFF まで：20 分⇒6 分」と測定に要する時間の大幅な短縮が図られていた。また、PC 制御による測定の自動化・簡易化など、今回の講習会を通して最新の XRD に関する知見を深めることができた。最後になりますが、本講習会の講師を務めた日影さんに謝意を表します。

## 編集後記

技術報告書の編集を終え、皆様にお届けできることを嬉しく思います。今年度の工学技術部は、多岐にわたる研究支援と研修に取り組み、その成果を本報告書にまとめることができました。

技術部技術研修会では、Web API の学習から始まり、マスクフィットテスターの使用法、人材育成研修、走査電子顕微鏡用の断面試料加工方法など、多岐にわたるテーマが研修発表として取り上げられました。また、個別研修発表では、WPA2 の攻撃から React Native を用いたモバイルアプリケーション開発まで、各自の専門分野での深い学びが共有されました。続いて、学外研修・交流では、生体系 NMR 実習や創造工学センターの公開講座への参加が報告されました。これらの活動は、技術職員が専門知識を深め、新たな視点を獲得するための重要な機会となりました。

技術部公開講座や全学技術センター関連の報告、そして技術部だよりにおいては、様々な活動報告や講習会報告が掲載され、技術部全体の広範な活動が窺えます。

編集を通じて、技術部の一年間の努力と成果を共有できることを嬉しく思います。この場を借りて、ご協力してくださった皆様に深く感謝申し上げます。お力添えいただいた方々に心から感謝しております。今後も更なる発展と技術の向上を目指し、皆様と共に歩んでいけることを願っています。

令和 6 年 3 月

工学研究科・工学部技術部 広報係

立花 一志	調整連絡会議委員（代表）
齋藤 彰	調整連絡会議委員（副代表）
牧野 輝	情報通信技術系
森本 浩行	環境安全技術系
渡邊 雄亮	装置開発技術系
日影 達夫	分析・物質技術系

**技 報      Vol.26**

発 行：2024 年（令和6年）3月

発行者：名古屋大学 工学研究科・工学部技術部 広報係

〒464-8603 名古屋市千種区不老町

名古屋大学 工学研究科・工学部技術部

E-mail: [gijutsu@etech.nagoya-u.ac.jp](mailto:gijutsu@etech.nagoya-u.ac.jp)

Tel./Fax.: 052-788-6167

