

京都大学大学院工学研究科

技術部報告集

(第20集)



2023年6月

目 次

1. 工学研究科技術部 組織	
1.1 沿革	2
1.2 組織図	3
2. 工学研究科技術部 研修	
2.1 令和4年度 新規採用技術職員研修 (2022. 4. 26-27)	5
2.2 令和4年度 工学研究科技術部 横断的研修 (2022. 9. 2)	6
2.3 令和4年度 工学研究科技術部 技術室業務報告会 (2023. 3. 13)	8
2.4 個人研修	10
3. 技術発表	
3.1 2022年度 機器・分析技術研究会 (2022. 9. 1-2)	13
発表	
単原子分子気体の音響ビリアル係数から第三密度ビリアル係数を求める公式	14
共通支援グループ 多田 康平	
SEM制御PCの修理	16
地球建築系グループ 平野 裕一	
3.2 2022年度分子科学研究所技術研究会 (2023. 3. 9-10)	18
発表	
レールを組替えられる超電導体磁気浮上ジェットコースターの試作	19
共通支援グループ 多田 康平	
寒剤システムの経年劣化や陳腐化によるトラブルとその対応と対策	23
共通支援グループ 西崎 修司	
共通支援グループ 多田 康平	
微小植物繊維の密度測定	25
地球建築系グループ 平野 裕一	
3.3 実験・実習技術研究会 2023 広島大学 (2023. 3. 2-3)	26
発表	
固体窒素生成のデモ実験	27
共通支援グループ 多田 康平	
共通支援グループ 西崎 修司	
鉄鋼材料切断機の修理	29
地球建築系グループ 平野 裕一	
4. 技術部提供サービス	
4.1 技術部提供サービス宣伝物	32
4.2 桂ものづくり工房使用実績	36
4.3 機械運転技術講習	37
4.4 大判プリンター使用実績	38

4.5	物品貸出実績	39
4.6	技術相談実績	40
5.	会議記録	
5.1	会議記録	42
	編集後記	44

1

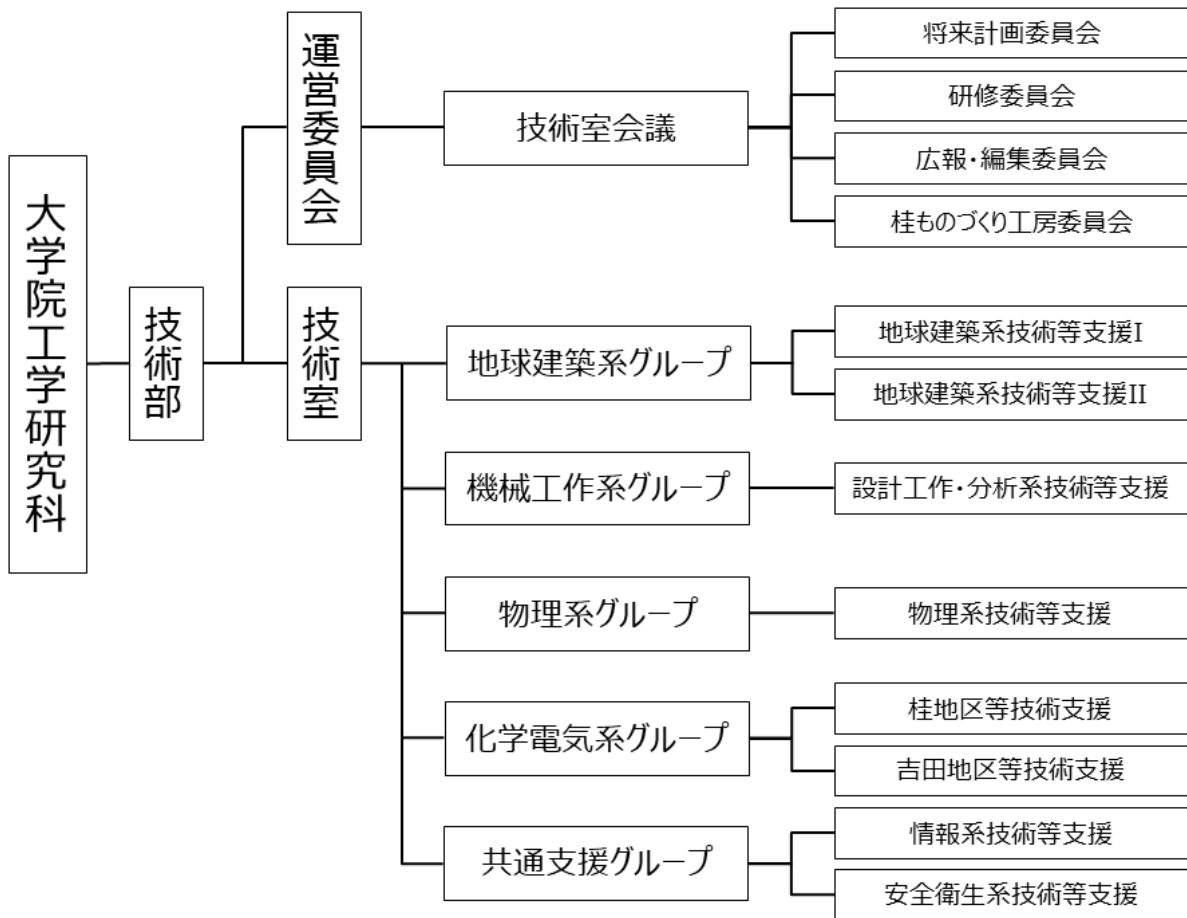
工学研究技術部
組織

1.1 沿革

工学研究科技術部 沿革

1988年	12月	工学研究科技術研修 開始
1993年	9月	工学部・環境保全センター技術部 研修実行委員会発足
1997年	11月	工学部・環境保全センター技術部 編集委員会発足
1999年	5月	工学部・環境保全センター技術部 広報委員会発足
1999年	5月	工学部・環境保全センター技術部 技術職員連絡委員会発足
2003年	10月	工学研究科桂キャンパス開学
2004年	4月	国立大学法人京都大学へ移行
2005年	11月	工学部技術職員研修実行委員会で 「工学部技術職員問題第1回W・G設置」検討
2006年	1月	工学部技術職員問題第1回W・G開催
2006年	8月	工学研究科技術職員シンポジウム開催
2007年	4月	工学研究科技術部 発足, 5つの技術室設置 (総合建設, 設計・工作, 分析・解析, 情報, 環境・安全・衛生)
2007年	4月	工学研究科技術部第1回運営委員会開催
2008年	5月	工学研究科技術部だより(技術部報No.1) 発刊
2008年	11月	桂ものづくり工房 開設
2009年	4月	技術部主催新規採用者受け入れ研修実施 工学研究科平成21年度支出予算配当書に技術部予算が明記
2010年	2月	技術相談サービス開始
2011年	4月	分析・解析技術室を分析・物質科学技術室に名称変更
2011年	5月	物品貸出しサービス開始
2015年	10月	工学研究科技術部 改組, 5つのグループ設置 (地球建築系, 機械工作系, 物理系, 化学電気系, 共通支援)

1.2 組織図



2

工学研究技術部
研修

2.1 令和4年度新規採用技術職員研修

開催日

2022年4月26日（火）9:15～15:15

2022年4月27日（水）9:25～15:30

場所

吉田キャンパス内関連施設、桂キャンパス内関連施設

目的

本研修は、講義により、総合技術部及び工学研究科技術部の沿革ならびに組織について、およびその活動目的を学び、大学における技術職員の役割について理解することを目的とする。また、施設見学を行い、他のグループに所属する技術職員の職務内容について学ぶ。

実施報告

本年度、共通支援グループに配属となった1名の新規採用職員に対して研修を行った。

工学研究科に所属している技術職員の大抵の方と対面し、それぞれの職場における業務紹介ならびに施設見学を実施することにより、工学研究科の技術職員の多岐にわたる業務内容を理解していただいた。また、本研修では、受講者の配属先が附属環境安全衛生センターということから、単なる業務紹介にとどまらず、各職場での安全対策や過去のヒヤリハット事例などの紹介を行い、今後の職務に直結する内容を含めることとした。さらに、短時間ではあったが、簡単な実験体験や機械部品の組立体験も行っていただき、単なる見学にならないよう心がけた。

今回の研修においては、各グループの時間配分をほぼ均等として行ったが、受講者の専門分野に近いグループでは、ディスカッションの時間が足りないところもあり、時間配分は今後の課題である。受講者の配属先での業務を意識した研修を計画し実施できた点は良かった。



施設見学の様子

受講者コメント（抜粋）

各部署の職員と職場を実際に見られる貴重な機会でした。現地に赴くことで各部署の雰囲気を直接感じられました。皆さま丁寧にご対応いただき、非常にうれしかったです。様々な形で活動されている技術職員の皆様を目にし、自分の今後の働き方について考えるきっかけとなりました。

業態、紹介の内容も様々であったことが技術職員の活動の幅広さを体感できて好印象でした。自分の業務に合わせて危機管理や特有のヒヤリハットについて話してくださったのが勉強になりました。

2.2 令和4年度 工学研究科技術部 横断的研修

開催日

2022年9月2日（金）9:00～14:30

場所

オンライン開催（Zoom）

目的

本研修では、『地震』と『京大の歴史』の2つのテーマについて学ぶ。

前半の『地震』をテーマとした講演では、近年の地震活動と、災害時に役に立つロボットの開発について学ぶことで防災意識を高め、各自の職場における地震対策を再考するきっかけとすることを目的とする。

後半は『京大の歴史』を学ぶ。時代の変遷とともに大小無数の組織改編等を経て現在に至るが、現在が最終到達点ではないことは近年の技術職員組織の状況を見ても容易に想像できる。職員としての素養を高めるため、また、自分の職場が置かれた状況を正しく理解するために京大の歴史を学び、職の在り方や心構え等について自ら考えるきっかけとして欲しい。

実施報告

目的にも記しているよう、今年度の横断的研修は、『地震』と『京大の歴史』という2つのテーマから後述の3つのご講演を賜りました。横断的研修で取り上げるテーマは、特定のスキルアップを目指すものではなく、多種多様な業務を行う工学研究科技術職員に共通して技術職員としての素養を高める内容であることが求められます。テーマ検討時、研修委員会内では様々な案が提示されましたが、当時京都近辺で小さな地震が頻発していたことや、2022年が京大創立125周年であることから委員としても関心が高いこの2テーマを選びました。可能であれば対面を中心に実施したいと考えておりましたが、新型コロナウイルスの先行きが不透明なこと、ご講演頂く講師の先生方のご都合が限られていることもあり、全プログラムZoomを利用したオンラインでの実施となりました。当日は部分参加者5名、講師関係者1名を含め計28名の参加がありました。原則的に講演中のカメラは常時ONとし出来るだけ講義の臨場感があるよう配慮しました。また、技術職員が集まる機会が減る中、画面越しではありますがお互いの様子を伺う機会にもなったかと思えます。以下、今回のご講演の内容について簡単に記します。

「消えるロボットを創りたい –生物型ロボットからレスキューロボットまで–」

講師：松野 文俊 教授（機械理工学専攻）

生命の誕生から今日に至るまで進化してきた生物が持っている群知能や群行動には何らかの意味があるとのことで、前半では、生物の行動や知能からヒントを得たロボットを多数紹介頂きました。蟻がフェロモンを利用して仲間を導き、単体では運べないような獲物を運搬するといった群行動を応用したロボット。一脚型のモジュラーロボットが集合して歩行機能を獲得し全体として周辺的环境に適応するもの。蛇の動きを応用し、障害物を超えたり登ったりできるもの等々。実物の映像を見ながらまるで生物のように動く最先端のロボットの存在を知ることができました。

後半は、ロボット技術を災害対応に利用する試みが紹介されました。研究室チーム『SHINOBI』が Robocup 世界大会で活躍する様子や、不整地の走行、複雑なアームの動きなど災害対応に必要な機能、俯瞰的視点に変更する技術などご紹介頂きました。東日本大震災後にはすぐさま現地に向かわれ、水中の瓦礫をロボットで探索し漁業の復興に貢献されたとのことでした。人が行くと危険なことであってもロボットを使えば安全に行える。ロボットの強みが最大限活かした事例かと思います。ロボットが日常生活に溶け込み当たり前になってくるとその存在を感じなくなります。講演題目にある『消えるロボット』には身近に在って人々の活動に貢献できるようなロボットを創りたい、そんな思いが込められていました。

「近畿地方中北部の地震活動について」

講師：飯尾 能久 教授（地震予知研究センター）

近畿地方中北部の地震活動を話の中心に、過去の地震の発生状況、周辺活断層の様子、地震情報の解析手法や注意すべき点などについて、3つの時間間隔に分けてご講演頂きました。直近の100年間においては地震発生情報が正確な記録として残されていますが、400年間の話となると、古い文書に頼らざるを得ませんし、必ずしも記録に残っているとも限らないため、完全な情報は期待できません。文書にも記録が残されていないような数万年の間隔になると、地球に残された地震の痕跡から情報を得る必要があります。それぞれの期間における地震の調査方法や得られる情報の活用について異なることが理解できたかと思います。地震のリスクという点に注目すると、時間経過率という指標があります。最後の大地震からの時間を平均活動間隔で割ったものですが、平均活動間隔が変われば当然時間経過率も変化するので数値の取り扱いには注意を要します。地震はいつでもどこで発生してもおかしくないとの認識で日々の防災意識を高め対策を講じることが必要かと思います。

「『京都大学百二十五年史』執筆を終えて」

講師：西山 伸 教授（大学文書館）

京都大学^{*}の全学沿革史は過去3回刊行されており、『京都大学百二十五年史』は4回目の刊行となります。執筆された西山先生は京大の歴史を三つに区切って考えておられ、今回は第一番目の1897年の創立および創立直後の時代と、第二番目の戦後改革による新制大学発足の時代についてご講演頂きました。京都大学は東京大学^{*}に次いで二番目に設置された大学で、東京大学の競争者としての役割がありました。東京大学が創立された当時、明治維新から間もない時期で、憲法も無く法制度も未整備であり、早く欧米諸国の制度を学び取り入れる必要があったため詰め込み型の教育が不可欠と思われていましたが、京都大学創立時は時代が進み欧米の諸制度を取り入れるだけでなく、オリジナルなものを創っていく時期でもありました。このような時代背景もあり、京都大学は独自性や学生の自発性を喚起する制度（科目選択の自由拡大、一方通行の授業だけではなくゼミナール、卒論）を導入しました。しかしながら、新設で実績がないことから東京大学の人気は依然高く、文官高等試験合格者数も伸び悩み大学のありかたを模索する時期が続きました。戦後、GHQ統治下で学校体系が改革され、旧制高等教育機関が統合されました。敷地はそのまま名称が変更するものだったため、一つの大学のキャンパスが点在する要因になったそうです。この頃導入された一般教育には不満も多く、後の人間・環境学研究科や総合人間学部の設置に繋がりました。また、大学管理においては学外者の関与には強い反対があり拒絶されましたが、運営諮問会議の設置や国立大学法人化に際して学外者が関与するようになりました。そして時代は第三番目の国立大学法人京都大学へと続きます。今回ご講演頂いた内容の一つ一つが現在の京都大学の特徴に繋がるものばかりで、なぜそうなっているのか改めて納得がいくお話だったかと思います。

^{*}大学名称は時期により変更がありますが、ここでは統一して京都大学、東京大学と表記しています。

2.3 令和4年度工学研究科技術部技術室業務報告会

開催日

2023年3月13日（月）10:30～15:20

場所

京都大学 桂キャンパス C3棟 講義室1（オンラインでの参加も可能）

目的

第1部では、技術職員の業務発表を通して技術職員同士の情報交換や技術交流を行い、技術力向上の一助とする。第2部では、戦略調整会議で進められている技術系職員の組織構築について、現状報告および意見交換を行う。

実施報告

新型コロナウイルスを取り巻く状況が緩和されつつある中、対面参加を基本としてオンラインでの参加も認める形で業務報告会を実施しました。38名の工学研究科技術部構成員のうち計33名（うちオンライン4名）が参加し、技術部の状況について理解を深めました。

第1部（個人発表）

「一年目の業務を振り返って ～学生が目線、職員が目線～」 附属環境安全衛生センター 青木 健朗
2022年4月に採用された青木氏に発表して頂きました。青木さんは京都大学で修士を修了された後に技術職員として採用され、附属環境安全衛生センターの一員として、大学の労働安全衛生に関する業務を担当することになりました。学生と技術職員と両方の立場で労働安全衛生に関わった経験を踏まえて、両者の感じ方や目線の違いを主とした内容をお話し頂きました。現在、衛生管理者による職場巡視は教職員を中心に実施していますが、実際に実験を行っている多くの学生にも積極的に関与していくことで、教員の負担軽減と学生の安全衛生意識の醸成を目指したいとのことでした。また、初年度の取り組みとして、業務メモを作業手順の見直しに活かしたことで、様々な研修・講習会に参加することで必要な知識を身に付けると共に新たな視点を取り入れてきたこと、業務効率化に有効なツールを習得し利用したこと等について話されました。

「定年を前に後輩たちへ」 原子核工学専攻 内藤 正裕
2022年度いっぱい定年退職になる技術部室長の内藤さんに発表して頂きました。内藤さんは研究のニーズに合わせて実験装置を設計し作製する業務をされてこられました。採用された職場が一人職場だったこともあり、工作機械・溶接の技術習得に苦労されたとのことでした。周囲と積極的にコミュニケーションを取ることで自身のスキルアップと信頼を得られました。これまで作製した実験装置の中でも思い出深い物について幾つか取り上げて、実際にどのような実験で活用されたかについて紹介頂きました。また、工学研究科技術部室長を経験されたので、技術部発足の経緯についてもお話頂きました。第2部の技術系職員組織の構築に関する意見交換会の参考になりました。

第1部（委員会報告）

下記3委員会の委員長から2022年度の活動内容の報告・予算の執行状況についてご報告頂きました。

広報・編集委員会 委員長 塩田 憲司
研修委員会 委員長 波多野 直也
桂ものづくり工房委員会 委員長 日名田 良一

第2部（意見交換会）

戦略調整会議報告「研究支援体制の再構築（技術系職員）検討結果について」の内容説明会が2022年5月に工学研究科技術部向けに実施されましたが、それ以降の進捗状況について全く見えてこない状況でした。技術部組織化の構想が白紙となり、今後の動向に不安や疑問を抱く技術職員も多く、現在進められている技術系職員の組織構築について、現状報告と意見交換を行いました。意見交換会の前に下記1～5の項目について匿名でのアンケートを実施しました。研修委員会で回答をとりまとめ、新しい組織に対する質問・意見と現在の組織に対する質問・意見に分けて集約しました。意見交換会の前半は杉野目技術部長に登壇頂き、新しい技術系職員組織に関する検討の進捗状況を踏まえつつ、新しい組織に対する質問・意見に回答頂きました。後半は現在の技術部に関する質問・意見に対して山路室長を中心に回答頂きました。全体を通して活発に意見交換が行われ、現状を把握するための一助となったかと思えます。

1. 現在の工学研究科技術部の組織において、人事、評価、就業管理等について、質問や意見を記入してください。
2. 現在の工学研究科技術部の組織において、組織運営、委員会活動、研修等について、質問や意見を記入してください。
3. 新しい組織に期待すること希望することがあれば記入してください。またそれは、どのようにすれば実現すると思えますか？
4. 新しい組織に移行するにあたり、不安な点や懸念点があれば記入してください。
5. その他、技術系職員組織の構築に関して質問ご意見がありましたらご記入ください。

2.4 個人研修

講習会・講座・技術研究会等への参加

- ・ 2022 年度機器分析技術研究会（1 名）
- ・ 労働安全衛生法研修会（1 名）
- ・ 木工研修（全 25 回）（1 名）
- ・ 令和 4 年度（秋期）放射線安全管理研修会（1 名）
- ・ 第 48 回技術士全国大会（1 名）
- ・ 第 14 回役に立つ真空技術入門講座（1 名）
- ・ 京都大学技術士講演会（1 名）
- ・ 第 245 回西山記念技術講座（2 名）
- ・ 第 34 回高分子学会 NMR 講座（1 名）
- ・ 大学 ICT 推進協議会 2022 年度年次大会（3 名）
- ・ 表面・界面の考え方と 分析の基礎と実践応用テクニック、ノウハウ（1 名）
- ・ 第 38 回大学等環境安全協議会技術分科会（1 名）
- ・ JIMTOF2022 第 31 回日本国際工作機械見本市（1 名）
- ・ ポリテクセンター関西「フライス加工の理論と実際」（1 名）
- ・ 第 44 回 分析機器 NMR ユーザーズミーティング（1 名）
- ・ 第 6 回京都生体質量分析研究会国際シンポジウム（1 名）
- ・ NMR 出張講習（1 名）
- ・ 令和 4 年度（春期）放射線安全管理研修会（1 名）
- ・ 第 59 回表面分析研究会（1 名）
- ・ 衛生管理者のための実務研修会（1 名）

※ 工学研究科技術部予算での参加のみを記載

図書購入

- ・ 日本化学会「電子分光（化学総説 No.16）」東京大学出版会
- ・ 相原惇一ほか「電子の分光（共立化学ライブラリー16）」共立出版
- ・ 日本化学会「化学と教育」（雑誌）
- ・ 日本作業環境測定協会「作業環境測定のための労働衛生の知識」
- ・ 日本作業環境測定協会「作業環境測定のための労働衛生関係法令」
- ・ 日本作業環境測定協会「作業環境測定のためのデザイン・サンプリングの実務—A・B 測定編—」
- ・ 日本作業環境測定協会「作業環境測定のためのデザイン・サンプリングの実務—C・D 測定編—」
- ・ 日本作業環境測定協会「作業環境測定のための分析概論」
- ・ 海野邦昭「わかる！使える！研削加工入門」日刊工業新聞社
- ・ ソディック放電加工教本編纂チーム「わかる！使える！放電加工入門」日刊工業新聞社

- 朝比奈奎一ほか「機械設計技術者のための4大力学」オーム社
- 山根八洲男ほか「切削加工技術者のための知識と理論」日刊工業新聞社

3

技術発表

3.1 2022 年度 機器・分析技術研究会

発表

題 目：単原子分子気体の音響ビリアル係数から第三密度ビリアル係数を求める公式

所属・氏名：共通支援グループ 多田 康平

題 目：SEM 制御 PC の修理

所属・氏名：地球建築系グループ 平野 裕一

単原子分子気体の音響ビリアル係数から第三密度ビリアル係数を求める公式^[1]

多田 康平^{a) b)}

^{a)}京都大学 大学院工学研究科 附属桂インテックセンター、^{b)}京都大学 環境安全保健機構 低温物質管理部門

1. 序論

液化ガスの製造などで高压ガスを取り扱う場合には、その気体のふるまいは理想気体から逸れることがあるため、実在気体としてのふるまいを理解しておくことは重要であると考えられる。また、希薄な実在気体の記述には、物理量のビリアル展開がしばしば用いられる。このような背景から筆者は、ビリアル係数、とりわけ密度ビリアル係数を精度よく決定する方法論に興味を持っている。密度ビリアル係数は、注目する気体の P - V - T (圧力・体積・熱力学温度) データの取得および解析から決定することが一般的であるが、音響ビリアル係数と密度ビリアル係数をむすぶ関係式を利用して、音響ビリアル係数から決定することも原理的には可能である^[2,3]。最近、筆者は、第二音響ビリアル係数から第二密度ビリアル係数を決定する公式を導出した^[4]。本稿では、その続きとして、単原子分子気体の場合に有効な、音響ビリアル係数から第三密度ビリアル係数を決定する公式を導出したので、報告する。

2. 公式の導出

第二音響ビリアル係数 β_a と第二密度ビリアル係数 B は次の微分方程式で結ばれており^[5]、

$$\beta_a = 2B + 2(\gamma_0 - 1)T \frac{dB}{dT} + \frac{(\gamma_0 - 1)^2}{\gamma_0} T^2 \frac{d^2B}{dT^2} \quad (1)$$

また、第三音響ビリアル係数 γ_a と第三密度ビリアル係数 C は次の微分方程式で結ばれている^[5]。

$$\begin{aligned} \gamma_0(RT\gamma_a + \beta_a B) = (\gamma_0 - 1) \left[B + (2\gamma_0 - 1)T \frac{dB}{dT} + (\gamma_0 - 1)T^2 \frac{d^2B}{dT^2} \right]^2 + (2\gamma_0 + 1)C + (\gamma_0^2 - 1)T \frac{dC}{dT} \\ + \frac{(\gamma_0 - 1)^2}{2} T^2 \frac{d^2C}{dT^2} \end{aligned} \quad (2)$$

ここに R は気体定数、 γ_0 は理想気体における比熱比を表す。単原子分子気体の場合には、 γ_0 は温度によらず一定の値 $5/3$ をとり、そのため、式(1)および(2)は、いわゆるオイラー型の微分方程式となる。式(1)および(2)を T について積分すれば求めたい公式が得られるはずだが、 β_a および γ_a の具体的な関数形が与えられていなければ、実際に積分を実行して汎用的な公式を得ることは難しい。そこで、 β_a および γ_a に適当な関数形を仮定することにした。ビリアル係数の温度依存性がしばしば実験的に T のべき級数で表されることを踏まえ、 β_a および γ_a が式(3)のように表されるものとした。ここに、 β_j および γ_k は温度によらない定数係数とする。また、 j および k は、整数に限らず、実数であれば非整数でもよい。

$$\beta_a = \sum_j \beta_j T^j, \quad RT\gamma_a = \sum_k \gamma_k T^k \quad (3)$$

比熱比 γ_0 が温度によらず一定の値 $5/3$ であるとし、また、式(3)のように仮定された関数形を用いて、式(1)および(2)の微分方程式を解いた。その結果、第二密度ビリアル係数 B については、

$$B(T) = T^{-2} \left(B_1 \sin \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T + B_2 \cos \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T \right) + \Omega_B(T), \quad \Omega_B(T) = \sum_j \frac{15}{4j^2 + 16j + 30} \beta_j T^j \quad (4)$$

なる公式が得られた^[4]。また、第三密度ビリアル係数 C については、

$$C(T) = T^{-\frac{7}{2}} \left(C_1 \sin \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T + C_2 \cos \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T \right) + \Omega_C(T),$$

$$\begin{aligned}
\Omega_c(T) = & \sum_k \frac{15}{2k^2 + 14k + 39} \gamma_k T^k + \sum_l \frac{15}{2l^2 + 14l + 39} R_l T^l - \sum_l \frac{6}{2l^2 + 14l + 39} S_l T^l \\
& + \sum_j \left\{ \frac{150j^4 + 1290j^3 + 4245j^2 + 5940j + 3375}{4j^6 + 40j^5 + 266j^4 + 1052j^3 + 2568j^2 + 3420j + 2025} \right. \\
& \times \left(B_1 \sin \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T + B_2 \cos \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T \right) \\
& + \frac{60j^4 + 30j^3 - 390j^2 - 900j - 675}{4j^6 + 40j^5 + 266j^4 + 1052j^3 + 2568j^2 + 3420j + 2025} \sqrt{\frac{7}{2}} \\
& \times \left(B_1 \cos \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T - B_2 \sin \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T \right) \left. \right\} \beta_j T^{j-2} \\
& + \left[\left\{ \frac{2}{3} \sqrt{\frac{7}{2}} (B_1^2 - B_2^2) + \frac{5}{3} B_1 B_2 \right\} \sin 2 \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T + \left\{ -\frac{5}{6} (B_1^2 - B_2^2) + \frac{4}{3} \sqrt{\frac{7}{2}} B_1 B_2 \right\} \cos 2 \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T \right. \\
& \left. - \frac{3}{2} (B_1^2 + B_2^2) \right] T^{-4}
\end{aligned} \tag{5}$$

なる公式が得られた。ここに

$$\sum_l R_l T^l = \left(\sum_j \beta_j T^j \right) \left(\sum_j \frac{15}{4j^2 + 16j + 30} \beta_j T^j \right), \quad \sum_l S_l T^l = \left(\sum_j \frac{10j^2 + 25j + 15}{4j^2 + 16j + 30} \beta_j T^j \right)^2 \tag{6}$$

と定義した。また、 B_1, B_2, C_1, C_2 は積分定数である。初期条件として、2 温度点 T_α, T_β での B の値 $B(T_\alpha), B(T_\beta)$ 、また、2 温度点 T_γ, T_δ での C の値 $C(T_\gamma), C(T_\delta)$ を選べば、積分定数は式(7)および(8)で与えられる。初期条件に使える気体固有の温度としては、ボイル温度、通常沸点、三重点などが挙げられる。

$$B_1 = \frac{\frac{\{B(T_\alpha) - \Omega_B(T_\alpha)\} T_\alpha^2}{\cos \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\alpha} - \frac{\{B(T_\beta) - \Omega_B(T_\beta)\} T_\beta^2}{\cos \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\beta}}{\tan \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\alpha - \tan \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\beta}, \quad B_2 = \frac{\frac{\{B(T_\alpha) - \Omega_B(T_\alpha)\} T_\alpha^2}{\sin \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\alpha} - \frac{\{B(T_\beta) - \Omega_B(T_\beta)\} T_\beta^2}{\sin \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\beta}}{\cot \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\alpha - \cot \sqrt{\frac{7}{2}} \ln T_\beta} \tag{7}$$

$$C_1 = \frac{\frac{\{C(T_\gamma) - \Omega_C(T_\gamma)\} T_\gamma^{\frac{7}{2}}}{\cos \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\gamma} - \frac{\{C(T_\delta) - \Omega_C(T_\delta)\} T_\delta^{\frac{7}{2}}}{\cos \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\delta}}{\tan \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\gamma - \tan \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\delta}, \quad C_2 = \frac{\frac{\{C(T_\gamma) - \Omega_C(T_\gamma)\} T_\gamma^{\frac{7}{2}}}{\sin \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\gamma} - \frac{\{C(T_\delta) - \Omega_C(T_\delta)\} T_\delta^{\frac{7}{2}}}{\sin \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\delta}}{\cot \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\gamma - \cot \sqrt{\frac{29}{4}} \ln T_\delta} \tag{8}$$

参考文献 [1] K. Tada, Int. J. Thermophys. **43**, 148 (2022). [2] L. W. Bruch, Phys. Rev. **178**, 303 (1969). [3] M. E. Boyd and R. D. Mountain, Phys. Rev. A **2**, 2164 (1970). [4] K. Tada, Int. J. Thermophys. **43**, 64 (2022). [5] K. A. Gillis and M. R. Moldover, Int. J. Thermophys. **17**, 1305 (1996).

SEM 制御 PC の修理

平野 裕一

京都大学大学院工学研究科技術部

1. はじめに

ある日 SEM を使用しようとしたとき、突然 SEM 制御パソコンが動作しなくなった。通常起動しようとするとき **写真 1** のような画面表示が出てそれ以上先に進めない。セーフモードでの起動は画面表示の不都合はあるができる状態であった。

本稿は不具合の調査・特定から修理までを、SEM メーカーエンジニア担当者とメールでのやり取りはしたものの、メーカーエンジニア出張修理なしで筆者自身が部品調達および修理を行った記録である。

なお、SEM 制御パソコンの OS は Microsoft Windows XP である。ネットワークには接続していない。

2. 不具合の調査

まず、どの機器かは不明だが、機器のドライバーの処理が無限ループに陥ったと表示された (**写真 1**)。それは、その機器自体の問題か、機器のドライバープログラムの問題であるとの表示であった。エラーコードが「0x000000EA」と出ていることおよびセーフモードで起動することより、パソコン内部のメモリの故障、ビデオカードの故障、ビデオカードドライバーのプログラム破損などが考えられることを、SEM メーカーエンジニア担当者とメールでのやり取りにより推測された。

そこでまず、使わなくなった別のパソコンのメモリ、ビデオカードを入れ替えての起動を実施した。すると、ビデオカードを入れ替えたときに通常起動が可能になった。ただし、入れ替えたビデオカードは元のビデオカードと異なるメーカーのものであったため、画像の表示がされていない箇所があった。

これでビデオカード自体の故障が原因であり、同じメーカーのビデオカードであれば復旧できると推測された。SEM メーカーエンジニア担当者から、同じ型番のビデオカードであればユーザー自身での交換が問題ないこと、SEM メーカーエンジニアによる作業でないため問題が起こっても保証ができないことが伝えられた。

これらの状況を当該 SEM 保有の研究室に伝えて対応を検討した結果、メーカーエンジニア出張修理なしで筆者によるビデオカード交換を進めることになった。

3. 不具合の原因

故障したビデオカードを **写真 2** に示す。見た目は問題なさそうであるが、**写真 2** 右側のファンが指で触れても全く回転しなかった。このファンは空冷のためのものであるが、回転部が固着しており空冷が全く機能していなかった。パソコンの動作中はかなりの高温になるため、何らかの原因でファンが動かなかった、あるいはファンが動く前に急激に温度が上昇した、ファンは動いたが空冷が追いつかない程に温度が上昇した、といったことが考えられた。

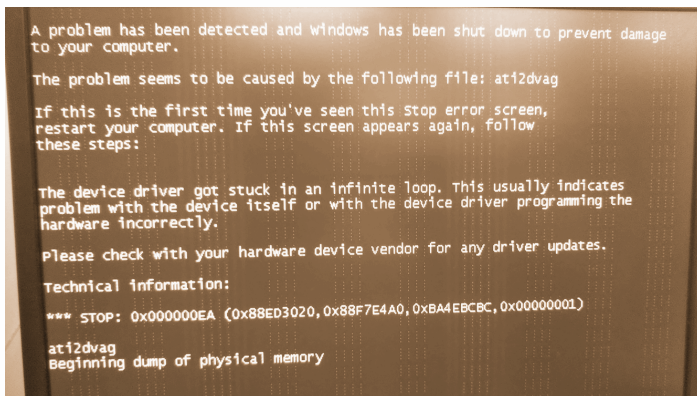


写真 1 不具合の画面表示

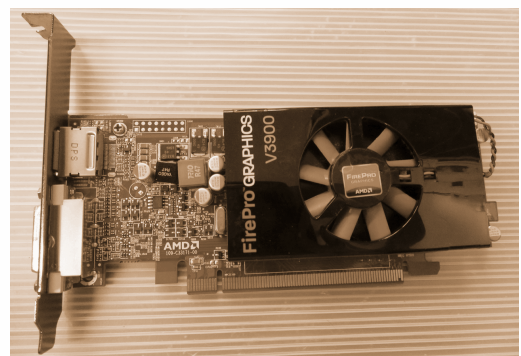


写真 2 故障したビデオカード



写真3 空調機の制御盤と貼り紙（丸囲部）



写真4 SEM装置と空調機吹出口の位置関係

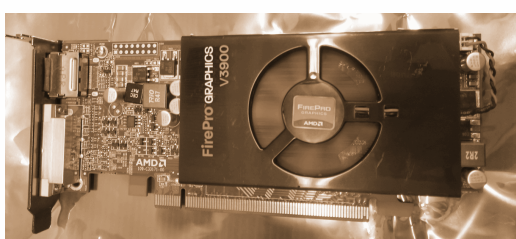


写真5 新しいビデオカード
(ファンを指で回しスムーズな回転中の様子)

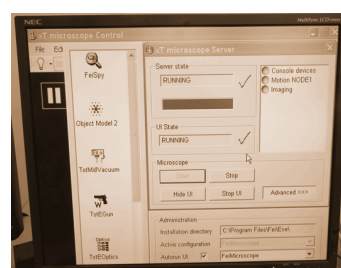


写真6 画面表示のサイズが合っていない

SEM制御パソコンはチャンバー内を真空状態に保つため、常時運転していた。そして毎日SEMを使用しているわけではないので、不具合が発生した時期はわからない。変化したことといえば、なぜか空調機が停止していたことだった。空調機の制御盤（写真3）を見てみると、「空調機異常のため停止中。業者での点検・修理が必要。運転しないでください。」との貼り紙があり、空調機が停止中であった。本不具合が発生した時期は9月であり、室温は25度まで上昇していた。

通常時は空調機が常時稼働することにより常に温度20度、湿度60%に制御された部屋に、SEM装置は設置してある。写真4にSEM装置と空調機吹出口の位置関係を示す。SEM装置のちょうど真上に空調機の吹出口があり、20度を下回る温度の冷風が机の上に置いた紙を吹き飛ばす程度の勢いで吹き続けている。この空調機の冷風によりSEM装置およびSEM制御パソコンが常に冷やされている。

これらの状況により、SEM制御パソコンが常時運転している中で、空調機停止により冷風が止まり、パソコン内部が高温になったことがビデオカードのファン固着の直接的な原因であると考えられた。

4. 不具合機器入替後の調整

新しいビデオカード（写真5）を調達した。ファンを指で回すとスムーズに回転した。パソコン基盤上の差し替え、配線の差し替えをした。パソコンは通常起動ができた。しかし、画面表示のサイズ感が合っていない（写真6）。これは画面のプロパティから画面の解像度を変更することで対応できた。

5. おわりに

今回の不具合ではメーカーの出張修理なしで対応できたことから、出張修理でおそらく30万円程度の費用を要したであろうところを部品代のみの3万円弱で済み、修理費用を大幅に圧縮できた。もちろん修理失敗のリスクもあったが、調査の段階で不具合の原因が概ね特定できたことから部品のみの交換に踏み切ることができた。不具合が生じた原因はSEM設置環境の温度上昇であることが推定できたことから、今後は建物のメンテナンスと連動させてSEMの運用をしていきたい。

*本稿は2022年度 機器・分析技術研究会で発表されたものです。

3.2 2022 年度分子科学研究所技術研究会

発表

題 目：レールを組替えられる超電導体磁気浮上ジェットコースターの試作
所属・氏名：共通支援グループ 多田 康平

題 目：寒剤システムの経年劣化や陳腐化によるトラブルとその対応と対策
所属・氏名：共通支援グループ 西崎 修司
共通支援グループ 多田 康平

題 目：微小植物繊維の密度測定
所属・氏名：地球建築系グループ 平野 裕一

レールを組替えられる超電導体磁気浮上ジェットコースターの試作

多田 康平

京都大学 大学院工学研究科 附属桂インテックセンター

京都大学 環境安全保健機構 低温物質管理部門

1. はじめに

超電導体のマイスナー効果とピンニング効果を利用して、液体窒素温度に冷却した高温超電導体を、ネオジウム磁石を並べてつくったレールの上でジェットコースターのように走行させる、いわゆる「超電導体磁気浮上ジェットコースター」は、液体窒素や超電導をテーマとした人気のあるデモンストレーションのひとつとして広く行われている。その原理や構成はいくつかの文献に見出すことができる^[1-3]。

一般的に超電導体磁気浮上ジェットコースターのレールは、曲線状あるいは環状の金属板を土台として、その上にネオジウム磁石を敷詰めることで製作される。そして、土台の金属板に柔軟性がなかったり、レールをパーツに分解することができなかったりするために、一度製作されたレールは、容易には組替えたり製作しなおしたりすることができないのが普通である。

もしレールを組替えることが容易にできれば、見学者がレール組立の場面で積極的に参加できるようになり、この超電導体磁気浮上ジェットコースターのデモンストレーションをより楽しく、より効果的なものにできるのではないかと考えた。そこで市販の子供向けのおもちゃを参考にして、組替えられるレールを検討、試作したので、報告する。

2. 検討と試作

レールの組替えを可能とするために、長い1枚の金属板を土台とするのではなく、比較的短い金属板に磁石を取り付けたパーツを多数用意し、それをつなげることでジェットコースターのレールを組立てることを考えた。正方形や長方形といったブロック形状のレールパーツを組合わせて1本の長いコースをつくる、論理的思考力の養成やプログラミング教育を志向したおもちゃが市販されている。そのようなおもちゃの例としては、株式会社くもん出版の「ロジカルルートパズル」^[4]や「ロジカルロードメーカー」^[5]が挙げられる。これらのおもちゃを模した、正方形のブロック状のパーツを製作することにした。株式会社タカラトミーの「プラレール」^[6]のような、細長い形状のレールパーツを製作することも検討したが、汎用の工作機械を用いて金属板を曲線状に切削したりパーツ末端のジョイント部分を加工したりすることが困難に思われたので、今回はこのようなレール形状は採用しなかった。

正方形のパーツから組替えられるレールを構築するために必要と考えた3種類のパーツを図1に示す。曲線パーツと直線パーツは、これらをつなげてレールをつくるための部品である。始点・終点パーツは、周回コースでは必要ないが、一本道のレールをつくる際に末端に配置し、レール上を走行してきた超電導体がレール末端から落下するのを防ぐ役割を担う。これらのパーツを組み合わせれば、図2に示すように、多様なレールを組立てることができると考え、このような設計とした。これらの3種類のパーツは、いずれも正方形の金属板の上にネオジウム磁石を短いレール状に配置して製作することとした。金属板の材質としては、非磁性であること、低温脆性を示さないこと、切削加工性が良いこと、比重が比較的小さく取り回しやすいことから、アルミニウム合金を選択した。磁石の配置としては、文献^[2]を参照して、ネオジウム磁石を3列並べ、超電導体の進行方向に平行な方向には同じ極が並び、進行方向に垂直な方向にはN極とS極が交互になるようにした。

今回は試作のため、図1に示した3種類のパーツをすべて製作するのではなく、曲線パーツのみ4枚製作することとした。4枚の曲線パーツがあれば、周回コースも、一本道の周回でないコース（ただし始点・終点パーツが無い場合、末端で超電導体は落下する。）も、両方つくることができると考え、図3に曲線パーツの設計図を示す。製作は以下のように行った。厚さ5mmのアルミニウム板（A5052）を一辺150mmの正方形に切り出した。ネオジウム磁石は、一辺10mmの正方形で厚さ5mm、M3皿ネジ穴付きのもの（株式会社サンギョウサプライ、材質N35、磁化方向は厚さ方向、表面磁束密度370mT）を採用した。この磁石を3列、90度の同心の円弧状になるよう並べることとした。これらの円弧の中心

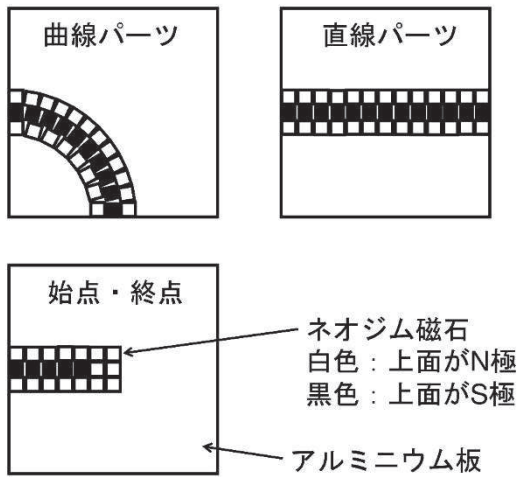


図1 3種類のレールのパーツ。

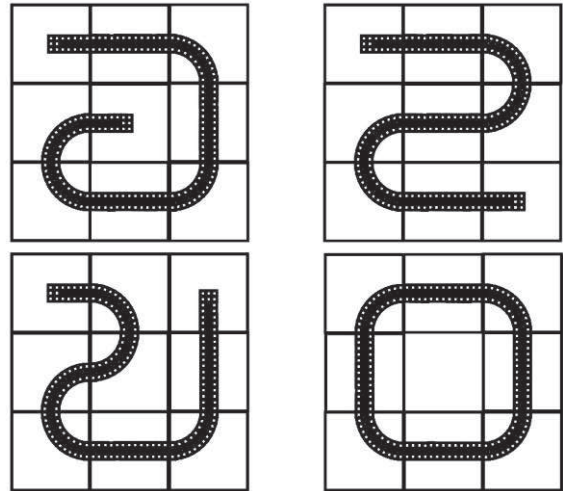


図2 3種類のパーツを使ったレール組立例。

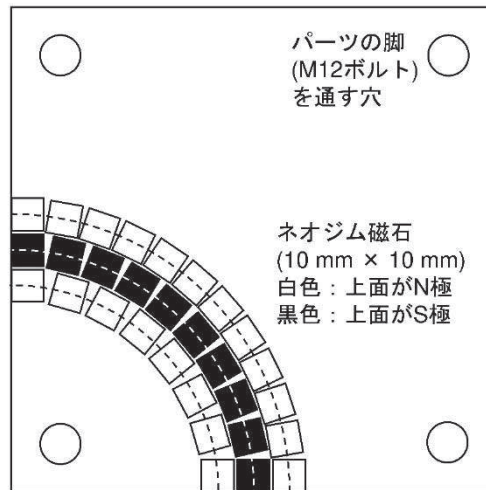


図3 曲線パーツの設計図。

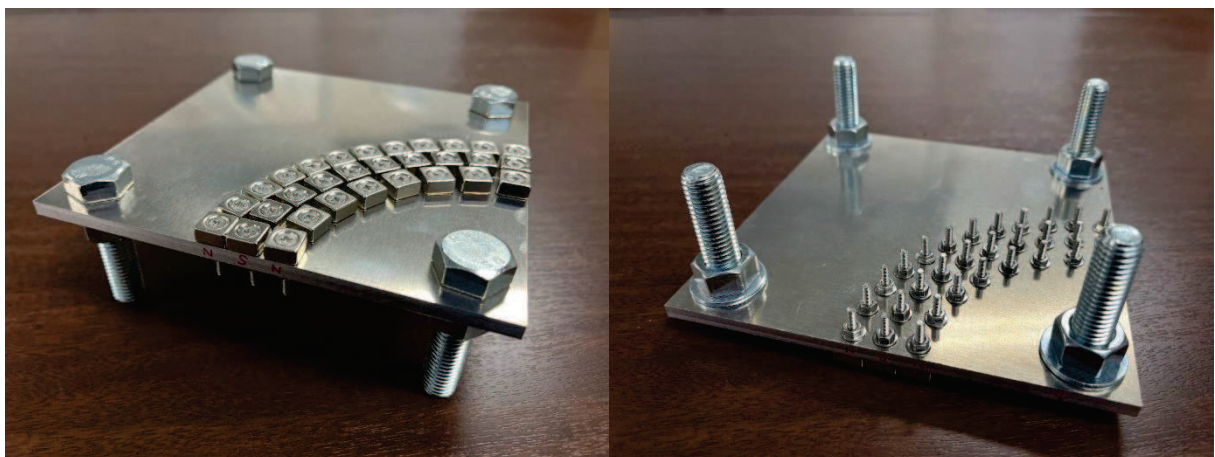


図4 製作した曲線パーツ（左：表側、右：裏側）。



図5 磁力によってパーツがずれる様子。

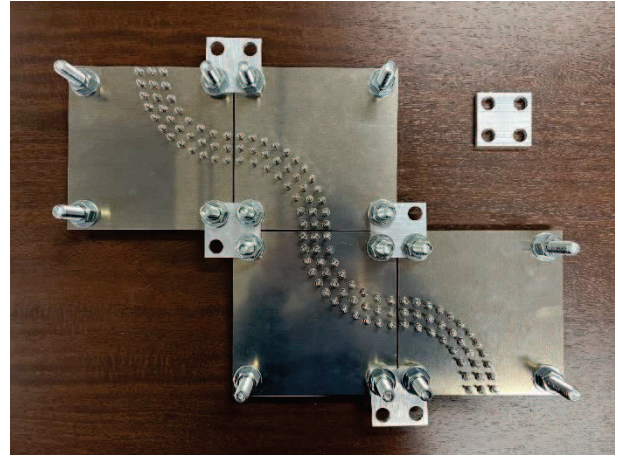


図6 ジョイントで曲線パーツを組合わせた様子。

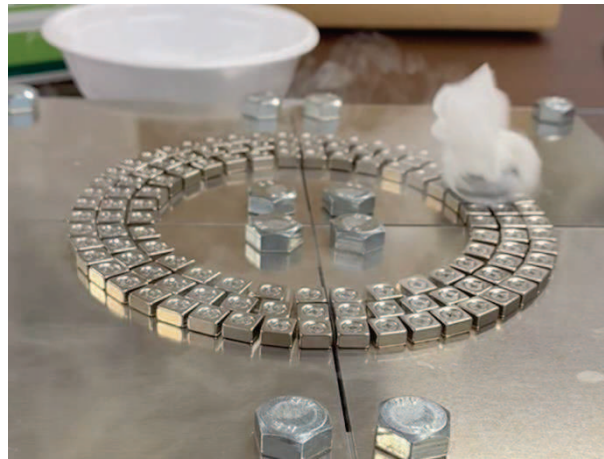


図7 環状に組立てたレールでの走行テストの様子。

はアルミニウム板のひとつの角に一致させ、円弧の半径は、内側から 64 mm、75 mm、86 mm とした。結果、曲線パーツ 1 枚を製作するのに 30 個の磁石を要することとなった。アルミニウム板のネオジウム磁石を固定する 30 箇所に M3 皿ねじを通す貫通穴を開けた。非磁性のステンレス (SUS304) でできた M3 皿ねじ、ナット、ワッシャーでネオジウム磁石をアルミニウム板に取付けた。磁石を固定した M3 皿ねじの端がアルミニウム板の裏面に飛び出したため、そのままでは曲線パーツをテーブル等の上に安定して置くことができなかつた。そこで、アルミニウム板の四隅付近に M12 ボルトを固定するための貫通穴を開け、市販の M12 ボルトを脚として取付けることで、曲線パーツを安定して置けるようにした。こうして製作した曲線パーツの写真を図 4 に示す。

3. 組立と走行テスト

複数個の曲線パーツを隣り合わせに置いていくだけでは、首尾よくレールを組立てることができなかつた。それは、図 5 に示すように、超電導体の進行方向に垂直な方向には磁石の N 極と S 極が交互になるように配置されているために、磁石 1 個分ずれている状態で引力がはたらき安定だからである。このような磁力に対抗してレールを正しく組立てられるようにするため、ジョイント (連結するためのパーツ) を製作した。手近にあったアルミニウム板 (A6063) を一辺 50 mm の正方形に切り出し、M12 ボルトが通るように貫通穴を開けてジョイントを製作した。ジョイントの材質としては、切削加工性等の利点のためにアルミニウム合金を選択したが、必ずしも A6063 である必要はない。図 6 に、ジョイントを

使用して曲線パーツ 4 枚を組合わせてつくった、蛇行した一本道のレール（裏側）を示す。図 6 右上に、単体のジョイントも併せて示す。実際はこのジョイントを使用しても図 5 に示したようなパーツのずれの問題は完全には解決しなかったが、ジョイントをはめ込み、曲線パーツの脚として取付けられている M12 ボルトとナットを固く締めることで、曲線パーツの動きの自由度が制限されて、超電導体の走行に支障のないレベルでレールを組立てることができた。

図 6 のような蛇行した一本道のレールから組替えて、環状に組立てたレールを用いて、高温超電導体の走行テストを実施した。その様子を図 7 に示す。この走行テストでは、市販の Gd-Ba-Cu-O 系の高温超電導体（直径 30 mm、厚さ 5 mm）を使用した。図 7 において走行している超電導体をキムワイプで包んでいるのは、このキムワイプに液体窒素をしみ込ませることで、超電導体の温度が短時間で上昇しないようにして、超電導体が比較的長い時間走行し続けられるようにするためである。この走行テストの結果、曲線パーツ内の曲線的なレール部分はもちろんのこと、曲線パーツ間の境目部分を通過するときにも、超電導体がスムーズに走行できることが確認できた。

4. まとめと今後の課題

市販されている子供向けのおもちゃを参考にして、ブロック状のパーツを組合わせる形態の、超電導体磁気浮上ジェットコースターのレールを検討、試作した。おおむね想定したとおりにレールを組立てることができ、組立てたレール上を超電導体がスムーズに走行できることを確認した。

今後の課題としては、以下の 4 点が考えられる。(1) 図 1 に示した直線パーツおよび始点・終点パーツを製作することで、図 2 のように、より大きく、より多様なレールに組替えられるようにする。(2) ボルト・ナットを緩めたり締めたりする作業は、作業者によっては必ずしも短時間で容易にできるものではないので、さらに短時間で容易に組替えられる仕組みを模索する。(3) 本稿では 2 次元（平面）的に組替えられるレールを試作したのであるが、それを拡張し、斜面の上昇、下降、ひねり、宙返りといった、3 次元（立体）的にも組替えられるレールの設計を検討する。(4) 上述の (2) および (3) の課題に関連して、パーツの製作を容易とするため、土台となる板の製作に 3D プリンタやレーザー加工機を使用することを検討する。

参考文献

- [1] H. Suzuki, K. Yogiashi, K. Kusano and M. Takashige, *Elect. Eng. Jpn.*, **116** (5), 18-27 (1996).
- [2] 高重正明、勝呂吏湖、橋本明美、山口俊久、明星大学理工学部研究紀要, **52**, 5-12 (2016).
- [3] 高重正明、山口俊久、清水俊希、明星大学理工学部研究紀要, **54**, 41-46 (2018).
- [4] 株式会社くもん出版、「かんがえる」シリーズ、ロジカルルートパズル
URL: <https://www.kumonshuppan.com/kumontoy/kumontoy-syousai/?code=54783>（最終閲覧日 2023 年 2 月 17 日）
- [5] 株式会社くもん出版、「かんがえる」シリーズ、ロジカルロードメーカー
URL: <https://www.kumonshuppan.com/kumontoy/kumontoy-syousai/?code=54731>（最終閲覧日 2023 年 2 月 17 日）
- [6] 株式会社タカラトミー、プラレール
URL: <https://www.takaratomy.co.jp/products/plarail/>（最終閲覧日 2023 年 2 月 17 日）

寒剤システムの経年劣化や陳腐化によるトラブルとその対応と対策

○西崎 修司、多田 康平
京都大学 大学院工学研究科 技術部

1. はじめに

京都大学桂キャンパスは 2003 年に開学し、大学院工学研究科の吉田キャンパスからの順次移転に伴って、2003 年には A クラスターに液体窒素供給設備、2006 年には B クラスターに液体窒素供給設備およびヘリウム液化設備、2013 年には C クラスターに液体窒素供給設備をそれぞれ設置して、寒剤供給体制を充実させてきた。これらを設置してすでに 10-20 年が経過し、これらの設備の稼働や管理を担うシステムの経年劣化や陳腐化が深刻化している。特に、ヘリウム液化設備や液体窒素供給設備で生じたトラブルは、制御用パソコン (PC) のオペレーティングシステム (OS) のサポート終了と相まって、現システムでは修理不能、高額なシステム更新が必要とされ、これらの設備の維持管理に多大な影響を及ぼしている。これまでに生じたトラブルとそれらに対して実施してきた対応、および、今後の対策について発表する。

2. 計画停電後のヘリウム液化設備のトラブル^[1]

2018 年 12 月 23 日 (日) に京都大学桂キャンパスにて実施された、自家用電気工作物定期点検に伴う計画停電の際、復電作業時のミスにより、ヘリウム液化設備制御用 PC に高電圧負荷がかかり、制御用 PC が破損して起動できなくなった。そこで、制御用 PC からではなく、ヘリウム液化機 (リンデ、L140) のプログラマブルロジックコントローラ (PLC) の制御盤面 (シーメンス、OP270) の直接操作によってヘリウム液化機を制御する方法で対処しようとしたが、PLC と冷却塔制御盤との連携を十分に確認していなかったため、冷却水温異常によって冷却水の流量センサーが破損するなど被害が拡大した。このトラブルの数年前よりヘリウム液化機の膨張タービンの温度センサーも正常に機能しない状態であったため、制御用 PC の修理までの 3 ヶ月間、膨張タービン異常時に緊急自動停止できない状態で、液化運転をせざるを得なくなった。膨張タービン外装を手で触って異常な高温になっていないことを逐次確認するなどしてヘリウム液化機の経過観察をこまめに行いながら、液化運転を行った。

ヘリウム液化機制御用 PC の OS は Windows XP であり、この当時すでにサポートが終了していたため、システム納入業者では制御用 PC を用意できないということであった。そのために我々の側で Windows XP 搭載の中古 PC 2 台とそれらに対応する Microsoft Office を調達しなければならなかったことは、やや煩雑な作業だった。2019 年 3 月までに制御用 PC、冷却水の流量センサー、および膨張タービンの温度センサーをすべて復旧し、トラブルを解消した。

3. 液化用ヘリウム圧縮機およびヘリウム液化監視プログラムのトラブル

2020 年 1 月 14 日 (火) に、液化用ヘリウム圧縮機 (ケーザー、DSD201) の制御コントローラ (シグマコントロール) に「critical error」というエラーメッセージが表示され、液化用圧縮機が突然停止、操作不能状態に陥った。設備納入業者から助言を受け、暫定的な措置として停電復旧作業を行うことにより一時的に復旧させることができ、次のエラーメッセージ発出までの間は液化運転ができたので、約 1 ヶ月の間、短時間での液化運転を繰り返して対処した。2 月 13 日 (木) に設備納入業者とメーカーの調査の結果、制御コントローラの異常が原因であったことが判明し、同日のうちに制御コントローラの交換によって復旧した。

同じころの 2020 年 1 月 1 日 (水) の 9 時以降、ヘリウム液化機制御用 PC 上で、ヘリウム液化設備のトレンドデータをグラフ表示することが出来なくなった。システム納入業者に確認したところ、ヘリウム液化監視プログラムのタイムスタンプデータ範囲最大値の初期値が 2020 年 1 月 1 日 9:00 となっていたため、監視プログラムがデータエラーと判定したことが原因だった。この監視プログラムの制作者は、2020 年までこのシステムを利用することを想定していなかったようにも思われる。2020 年 2 月に設備納入業者からパッチファイルの無償での作成および提供を受けたことで、このトラブルは解消した。

4. 液体窒素供給設備のトラブル

上述のとおり桂キャンパスの A、B、C クラスターにそれぞれ液体窒素供給装置が導入されているが、制御用 PC の OS はいずれも Windows XP である。スタンドアロンで液体窒素および窒素ガスの供給をしている A クラスターおよび C クラスターの制御用 PC に搭載されているプログラムと、ヘリウム液化設備と接続されている B クラスターのそれとは、外見上は同じだが、設備納入業者内の別部門で異なる時期に別個に製作されたもののため、互換性がなく、PC 破損時にも互いにバックアップとすることができない。

化学系、生物系、電気系の専攻が入居し窒素使用量が桂キャンパスで最大の A クラスターにおいては、液体窒素供給装置の制御用 PC は幸いにも今まで破損したことはなく、稼働しつづけている。

B クラスターの制御用 PC は、2020 年 8 月に破損した際に、我々か納入業者の少なくともどちらかが保管しているバックアップを使用して復旧できれば良かったのだが、両者ともバックアップを保管しておらず、再度システム開発しなくては復旧が不可能となった。B クラスターの制御プログラムは、パラレルポートに挿すドングルによってのライセンス認証を要求するため、OS の陳腐化やバックアップが無い問題と相まって、復旧を一層困難にしている。現在は PC 上の操作ではなく、制御盤内のスイッチを手動操作することで対応している。

2022 年 10 月には C クラスターの制御用 PC も破損した。設備納入業者からは、屋外環境（気温や直射日光など）が設備にとって良くないという指摘も受けている。復旧に関しては、設備納入業者からは動作保証はできないものの復旧を試みることは可能との回答を得ているが、利用者が少ないため復旧の優先順位が低く、現在のところ B クラスターと同様に手動操作で対応している。

5. 今後の対策

近年、桂キャンパスの寒剤供給設備では、経年劣化や陳腐化により、様々なトラブルが発生している。とりわけ OS や制御用プログラムの陳腐化の問題は、物理的なトラブルと重なると設備に重大な影響を及ぼしかねないうえに、自分で改造したり新たに開発したりすることが困難な場合も多い。そこで、この問題に対しては、以下に述べる対策を講じることが必要と考えられる。外部と接続しない前提で、すでにサポートが終了している OS を搭載した制御用 PC によって現有設備を今後も維持管理していくためには、平時からバックアップ PC を用意しておく。今後、設備を更新、導入する場合には、制御用プログラムが特定の OS に依存しないこと（OS が更新されても従前のプログラムで引き続き対応可能であること）を仕様として要求できるのであれば要求する。特定の OS に依存することが避けられないのであれば、できるだけ最新の OS を選択し、平時からバックアップ PC を用意しておく。制御用プログラムについては、我々（調達側）だけでなく納入業者（供給側）でも相当の年数にわたってバックアップを保管することを仕様により義務付け、少なくともどちらかのバックアップによって復旧できる体制を確保しておく。また、制御用 PC の OS が陳腐化し外部と接続できなくなることも想定して、制御プログラムの制御用 PC へのインストールおよびセットアップは、完全にオフラインの状態でも可能なものとする。ライセンス認証に関しては、ユーザ数限定ライセンスでなく時限ライセンスでもないものとする。桂キャンパス付近では、冬の時季には 10 cm を超える積雪も珍しくなく、寒波が到来するときなどは -10℃ 近くまで気温が下がる。その一方で夏の時季には 40℃ 近くまで気温が上昇する。屋外に設備を設置する場合には、このような屋外環境も考慮しなければならない。これらの対策を講じながら、長期的な設備の維持を目指したい。

参考文献

- [1] 西崎 修司、多田 康平、技術研究会 2020 千葉大学報告集（KEK Proceedings 2019-13）121-125 (2020).

微小植物繊維の密度測定

平野 裕一

京都大学大学院工学研究科技術部

1. はじめに

コンクリート構造物やコンクリート製品を製作する際に、廃棄物由来の材料を混ぜ合わせて用いることで廃棄物の有効利用を目指す試みは各方面でなされている。今回、ある成分抽出後の植物残渣である微小植物繊維を有効利用しようとする研究の中で、微小植物繊維の密度を測定した。

微小植物繊維の密度測定方法について、可能な限り保有する機材を用いることとした。そこで、JIS A 1109 : 2020「細骨材の密度及び吸水率試験方法」の試験方法を準用して実施した。

本稿では、その試験方法および結果の一例を紹介する。

2. 試験材料

試験材料の微小植物繊維の外観を写真 1 に示す。コンクリートに混ぜる際の材料の必要量計算には、材料内部は水の飽和状態であるが材料表面は乾燥している「表面乾燥飽水状態」での密度が必要になる。そこで、微小植物繊維を 24 時間以上水中に浸し、取り出して繊維の表面を吸水性の紙で拭き取ったものを表面乾燥飽水状態とし、試験材料とした。

3. 試験方法

JIS A 1109 : 2020 で規定する密度測定方法はアルキメデスの原理を用いている。一般的なコンクリート材料の細骨材（砂のこと）の密度測定方法の概略を述べる。蓋付きの一定容量のガラス製容器に水（水道水）を満水にし、そのときの質量（A）を量る。これとは別に 500 g 程度の量の、表面乾燥飽水状態の細骨材の質量（B）を量る。質量を量った表面乾燥飽水状態の細骨材を先ほどの蓋付きの容器に入れたまま水を満水になるまで加え、泡を十分に追い出すことに注意して、そのときの質量（C）を量る。表面乾燥飽水状態の細骨材の密度は、 $(B \times \text{水の密度}) / ((A+B) - C)$ で求められる。なお、この一連の作業は、水の密度変化を防ぐため、一定の温度環境下で実施する。

微小植物繊維は水よりも密度が小さいため水中に沈むことなく、水に濡れると容器の壁に張り付きやすく、取り扱いが難しい。試行錯誤の末、一度に多量の微小植物繊維の密度測定は困難であることがわかり、数 g 程度の量が限界であることがわかった。表面乾燥飽水状態の微小植物繊維を入れ、泡を十分に追い出し、水を満水にした蓋付きの一定の容量の容器の外観を写真 2 に示す。

4. 試験結果の一例

試験結果の一例を以下に示す。水の密度は 1.0 g/cm^3 (20°C) とした。

蓋付きの一定の容量の容器に水を満水にしたときの質量 $A = 1841.1 \text{ g}$

表面乾燥飽水状態の微小植物繊維の質量 $B = 5.0 \text{ g}$

微小植物繊維を容量に入れたまま水を満水になるまで加えたときの質量 $C = 1839.1 \text{ g}$

$(B \times \text{水の密度}) / ((A+B) - C) = 0.71 \text{ (g/cm}^3\text{)}$

5. おわりに

これは取り扱いが困難な微小植物繊維の密度測定のひとつの方法である。参考になれば幸いである。



写真 1 微小植物繊維



写真 2 微小植物繊維を入れた容器

3.3 実験・実習技術研究会 2023 広島大学

発表

題 目：固体窒素生成のデモ実験

所属・氏名：共通支援グループ 多田 康平

共通支援グループ 西崎 修司

題 目：鉄鋼材料切断機の修理

所属・氏名：地球建築系グループ 平野 裕一

固体窒素生成のデモ実験

○多田 康平^{a,b)}、西崎 修司^{a,b)}

^{a)}京都大学 大学院工学研究科、^{b)}京都大学 環境安全保健機構 低温物質管理部門

1. はじめに

京都大学大学院工学研究科では、近隣の小学校における「総合的な学習の時間」の地域学習の一環として、見学の受け入れを行っている。我々はこの活動に2017年度から参画し、小学生に対して液体窒素を用いた種々のデモ実験を実施している。本稿ではその中から固体窒素生成のデモ実験を紹介したい。

窒素は、大気圧下では、融点 63.17 K (-209.98°C)、沸点 77.31 K (-195.84°C) を示す¹⁾。液体窒素を減圧していくと、飽和蒸気圧曲線に沿って温度も低下していく。絶対圧で 0.0125 MPa の圧力に到達すると、温度は 63.15 K (-210.00°C) まで低下し、飽和蒸気圧曲線は融解曲線と合流する（三重点）¹⁾。三重点では気相・液相・固相の3相が共存するため、液体窒素を減圧して三重点に到達させることで固体窒素を生成することができる。

2. 実験配置

図1に実験配置の写真を示す。ポリカーボネート製のデシケータ（サンブラテック、PC-210、内容量約 6.7L）の中に、液体窒素を溜めるための容器を置く。デシケータ内壁との直接的な接触による熱侵入を抑えるため、この容器はデシケータ内に直接置くのではなく、カップ麺容器などの発泡スチロール製の容器の上に乗せる。小型真空ポンプ（FUSO、VP-115、排気速度 50 L/min (60 Hz)、到達真空度 50×10^{-3} Torr）とデシケータとを真空ゴム管で接続し、減圧できるよう配置する。

液体窒素を溜めるための容器としては、手元にあったいくつかの容器で検討した結果、インスタントコーヒーのふた（内容積約 40 mL）または大きめのペットボトルのキャップ（内容積約 9 mL）を採用することにした。これらの容器はプラスチック製なので、ガラス製の容器とは異なり、室温の容器に勢いよく液体窒素を注いでも、急激な温度差で割れる心配がなく取り扱いやすい。減圧の最中には液体窒素が沸騰して量が減ってしまうため、一般的な大きさのペットボトルのキャップ（内容積約 6 mL）よりも大きな内容積の容器を用いるのが良いと考えられる。また、後述するように、この実験で得られる固体窒素は無色または白色半透明のかき氷状の見た目をしているので、様子を観察しやすくするため、液体窒素を溜める容器の色としては白色でない有色のものを選ぶのが良いと考えられる。

3. 実験操作および固体窒素生成の様子

この実験では液体窒素による凍傷や窒息などの事故が起きる可能性があるため、これらの危険に留意し、適切な保護具を身に付けて操作を行わなければならない。

真空ポンプとデシケータとを真空ゴム管で接続し、デシケータの真空引き口のcockは閉じておく。デシケータの中に断熱のための発泡スチロール容器を置き、その上に、まだ液体窒素を溜めていない空のプラスチック容器を置く。プラスチック容器に液体窒素を満タンまで注ぎ（少量であれば、容器からあふれても構わない）、デシケータのふたを乗せたのち、真空ポンプを運転し、デシケータのcockを徐々に開け、デシケータ内を減圧していく。液体窒素を溜めてからプラスチック容器をデシケータ内に置く方法をとると、不意に液体窒素をこぼして手にかけてしまう可能性があるため、あらかじめプラスチック容器をデシケータ内に置いてから液体窒素を注ぐ方法をとるのが良いと思われる。



図 1. 実験配置。



図 2. 固体窒素生成の様子。

真空ポンプでの減圧を開始すると、直ちにデシケータ内の圧力が下がり始める。前述の実験配置では、減圧開始ののち数十秒から数分で、ゲージ圧で -0.088 MPa から -0.090 MPa 程度（絶対圧では 0.012 MPa 程度）の圧力に到達する。この圧力に到達すると、液体窒素の表面が凍りつき、固体窒素が生成する。図 2 に固体窒素が生成している様子を示す。固体窒素は無色または白色半透明のかき氷状の見た目をしており、この時の圧力は -0.090 MPa 程度である。液体窒素の上で固体窒素がふたをした状態となると、固体窒素が液体窒素の圧力によって跳ね飛ばされ、デシケータ内壁に触れて急激に温められて気化し、デシケータ内の圧力が一時的に上昇する。真空ポンプの運転は継続しているので、ふたたびデシケータ内の圧力が下がっていき、液体窒素の表面で固体窒素が生成する、というサイクルを何度か繰り返すこともある。最終的にプラスチック容器内の窒素がすべて固体となると、デシケータ内の圧力はゲージ圧で -0.088 MPa から -0.090 MPa 程度でとどまるのではなく、さらに下がっていく。このとき窒素は、三重点を通過し、昇華曲線に沿って減圧とともにさらに温度低下しているものと考えられる。

4. おわりに

液体窒素をデシケータ内で減圧して三重点に到達させることにより、固体窒素を生成する実験について紹介した。この実験は、少数の器具類を使用し、簡単な実験配置で、短時間で行えるので、小学生や中学生を対象とするデモ実験として活用できる。また、適当な解説を加えれば、高校生や学部生を対象とする状態図を理解させるための教材としても活用できるのではないかと考えている。

参考文献 1 佐藤明男, 応用物理, 65, 410-411 (1996).

鉄鋼材料切断機の修理

平野 裕一

京都大学大学院工学研究科技術部

1. はじめに

ある日、鉄鋼材料の切断に使用している切断機(写真 1)を使おうとしたときにガラガラと大きな異音をたてながら空回りした。内部のモータは回っているようであったので、伝達部分の不具合だと思われた。この切断機は、購入時期は不明であるが、10年以上経過している。主に切断する対象の鉄鋼材料は、コンクリート実験試験体に埋め込むためのもので、直径が10~16 mm程度の鉄筋である。

まず、メーカーに修理見積を依頼した。見積金額は交換部品と作業費等含め4万円弱であった。ところが、新品の製品の価格を確認すると、インターネット通販販売サイトでの最安値では2万円強であった。メーカーに持ち込み修理をすると、部品交換および整備の人件費だけでなく、電源コードの交換や、付属品を含めて完全な状態にしないと出荷できないようであり、修理費用が高止まりする原因であると考えられる。もちろん、メーカーが責任を持って出荷できる状態にするために費用を要することは理解できる。しかし、新品を購入した方が安価になるような修理費用は受け入れられなかった。そこで、破損した部品だけをメーカーから購入し、筆者自ら交換修理することにした。

2. 破損部品の特定

まず、メーカーに修理見積依頼をし、見積書と併せてメーカーが交換しようとした部品の一覧を入手した。前述のように、使うことができれば良いという目的から、挙げられていた全ての部品交換は必要ないと考え、少しずつ分解し、破損部品の特定を始めた。音の様子から、回転の伝達部分ではないかと検討をつけ、まずはメーカーが挙げていた交換対象部品(表 1)の確認から始めた。このうち、チェーンは収納時に刃を下ろした状態で固定するためのもので、ちぎれて大部分がなくなっていた。電源コードは、表面に汚れが付着している程度で使用に耐えられないわけではなかったが、交換部品として挙げられていた。チェーンと電源コードは現状で問題ないため、交換不要と判断した。

はじめに、切断機の刃の収納部分であるホイールガードを取り外した(写真 2)。ここでは、特に異常は見られなかった。

次に、メーカーが挙げていた交換対象部品のメインシャフトを取り外し、外観を確認した(写真 3)。ギア部分の角が若干擦り減っているように見えた。メインシ



写真 1 切断機

写真 2 ホイールガード取り外し後

表 1 メーカーが挙げていた交換対象部品

アーマチュア
メインシャフト
カーボンブラシ
ベアリング
チェーン
電源コード



写真 3 メインシャフト

写真 4 ギアケース内部

シャフトが収納されていたギアケース内部(写真4)には、ギアケース内部に満たされていたグリスに金属粉が多く混ざっていた。ギアケース内部をよく見ると、メインシャフトのギアと噛み合うギアが大きく削れており、ギアの歯がほとんど残っていないことがわかった。空回りして異音がする原因は、このギアの欠損であると断定した。このギアはアーマチュアの一部であり、アーマチュアを取り出して確認すると、軸受など他の箇所の損傷は見られなかった。メインシャフトのギアは隅角部のみにわずかな欠損があるように見えたが、念のために交換することにした。よって取り替える部品は、メーカーが挙げていた交換部品からチェーンと電源コードを除いた、アーマチュア及びメインシャフト、カーボンブラシ、ベアリングとした。アーマチュアの不具合箇所は伝達部のギアの欠損のみであったが、モータ部分と一体化しているため、丸ごと取り替える必要があった。このアーマチュアは切断機のメインの部品であり、部品代総額に占める割合は6割と大きい。結局、部品代総額は1万5千円程度であった。



写真5 アーマチュア 写真6 メインシャフト
(それぞれ、上が交換前、下が新品)

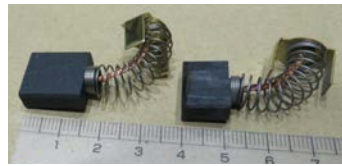


写真7 カーボンブラシの比較 写真8 試運転の様子

3. 破損部品の交換

アーマチュアとメインシャフトの交換前と新品の部品の比較をそれぞれ写真5、写真6に示す。アーマチュアのギアの欠損がよくわかる。メインシャフトのギアのすり減りも確認できた。なお、交換前のメインシャフトはベアリングが付いたままである。まず、アーマチュアとメインシャフトに、交換前と同じ箇所にベアリングを取り付けた。そして、取り外した時と逆の手順で、取り付けていった。ギアケース内の古いグリスをきれいに取り除き、新しいグリスをギアケース内に満たしてメインシャフトを取り付けた。

また、カーボンブラシを交換した。写真7の左に交換前、右に新品のカーボンブラシを示す。購入してから初めての取り替えだと思われ、新品が15 mm に対して、10 mm まですり減っていた。

組み立てをしたのち、回転の様子や、回転音に問題がないことを確認して、破損部品の交換を終了した。その後の試運転の様子を写真8に示す。ここまで正味の一連の作業時間は3時間程度であった。

4. おわりに

メーカーに依頼せずに部品交換することで、修理を部品代だけで実施することができた。一方、アーマチュアのギア欠損部分のみを取り替えることができず、丸ごと取り替えたため、部品代を大きく下げることができなかった。

ギアの欠損の原因は長期間の使用による摩耗であると考えられるが、強い力で無理やり切断したことが摩耗を早めた可能性も考えられる。定期的に点検することと併せ、使用方法の徹底もしていきたい。

4

技術部提供サービス

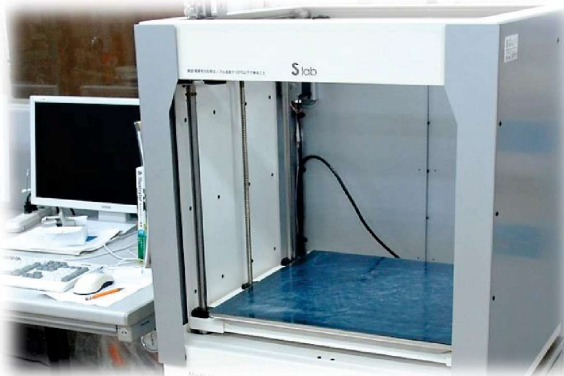
4.1 技術部提供サービス宣伝物

技術部提供サービス

工学研究科技術部では、「桂ものづくり工房」の利用、「工具類の貸出」、「大判プリンター」の利用、「技術相談」等のサービスを提供しています。

桂ものづくり工房で稼働中のデジタル加工機*

エス.ラボ社製 3Dプリンター
S3DP555



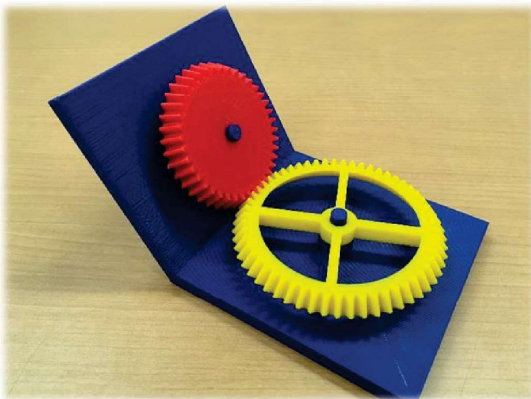
最大造形サイズ:W500×D500×H500 mm**
熱溶解積層方式 (FDM)
材料:PLA、ABS等

オーレーザー社製 レーザー加工機
HAJIME CL1、CL1 PLUS

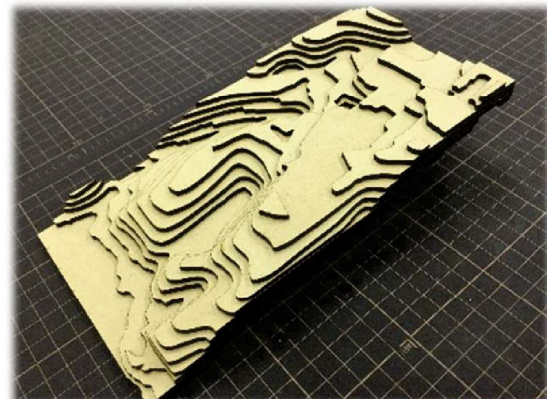


加工サイズ:W500×D300 mm**
樹脂/木材/ゴム等の切断、彫刻

製作例



加工例



*利用には機械運転技術講習の受講が必要です。詳しくは技術部Webサイトをご覧ください。
**カタログ参照値。

工学研究科技術部Webサイト『提供サービス』よりお申し込みください。
<https://www.tech.t.kyoto-u.ac.jp/ja/services>



○桂ものづくり工房

簡単な加工をしたいと思ったことはありませんか？
金属・木材・樹脂等の切削・穴あけ・切断等、用途に応じた加工ができます！

(利用には機械運転技術講習の受講が必要です。また学生の方は学研災加入者に限ります。)

工作機械一例

※工作機械は他にもあります。詳しくは技術部Webサイトをご覧ください。



旋盤
円筒形状物の加工



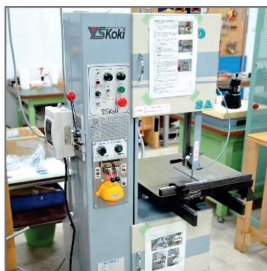
フライス盤
平面・溝の加工



ボール盤
穴あけ



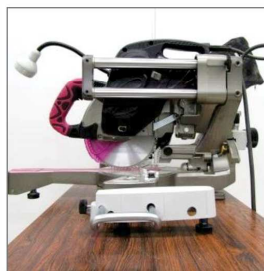
両頭グラインダー
研磨



コンターマシン
板金の切断



ロータリーバンドソー
棒形状物の切断



スライドソー
木材の切断



ファインカット
各種材料の切断

○工具類の貸出

工具が無く、工作や修理ができなかったことはありませんか？
工具類の貸し出しをしています！

(学生の場合は担当教員の上で貸し出します。)

工具類一例

※貸出工具の一覧は技術部Webサイトをご覧ください。



丸鋸



ジグソー



圧着工具



ネジザウルス



ドリルドライバ



やすり類



マイクロ
メーター



デジタルノギス



デジタル
トルクレンチ



デジタル傾斜計



レーザー距離計



ラミネータ

○大判プリンター

桂キャンパスで大判ポスター作れます！

(利用枚数・用紙の種類により課金されます。印刷はセルフサービスとなります。)



用紙

- ・上質普通紙、コート紙、フォト光沢紙、防災クロスの4種
- ・A0サイズの出力可能

○技術相談

多様な専門分野に従事している職員に相談できます！

相談対応例

- ・ 板に穴をあけたいが、あける方法を相談したい。
- ・ 金属を切り抜いて実験の模型に使用したい。
- ・ 実験装置を使用させてもらえる施設を教えてください。
- ・ 木材でフィールド模型を作製したい。
- ・ 実験室を新設するにあたり安全対策について相談したい。
- ・ Webカメラやサーバーを設置したいが、どのようにすればいいか相談したい。
- ・ 組成分析をしたいが、使用する装置や方法を相談したい。
- ・ 実験装置の購入に際し、目的と予算に適合したものを選定するため相談にのってほしい。
- ・ 機械加工を依頼できる業者を紹介してほしい。
- ・ 寒剤の取り扱いについて相談したい。

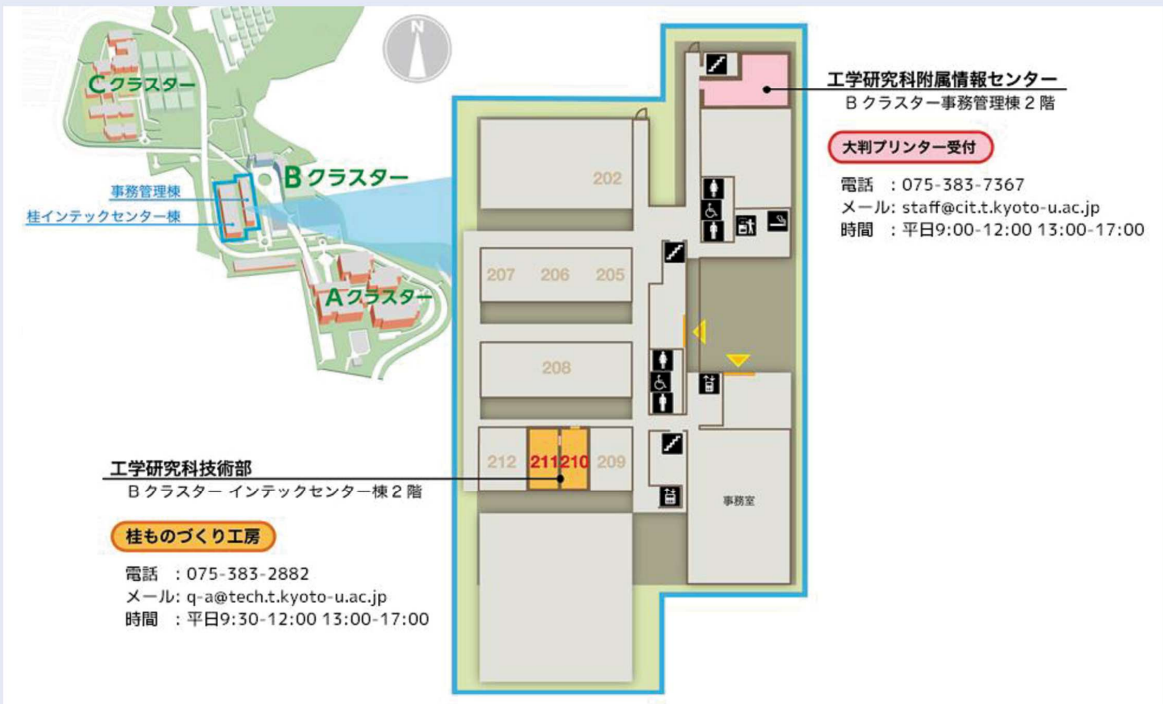


…等々いろいろな問題に対応いたします。

技術や方法など、わからないことがあればなんでもご相談ください。

メール:q-a@tech.t.kyoto-u.ac.jp

桂ものづくり工房



編集・発行
京都大学 大学院 工学研究科 技術部
TEL : 075-383-2882
<https://www.tech.t.kyoto-u.ac.jp/ja/services>
2022年10月発行

4.2 桂ものづくり工房使用実績

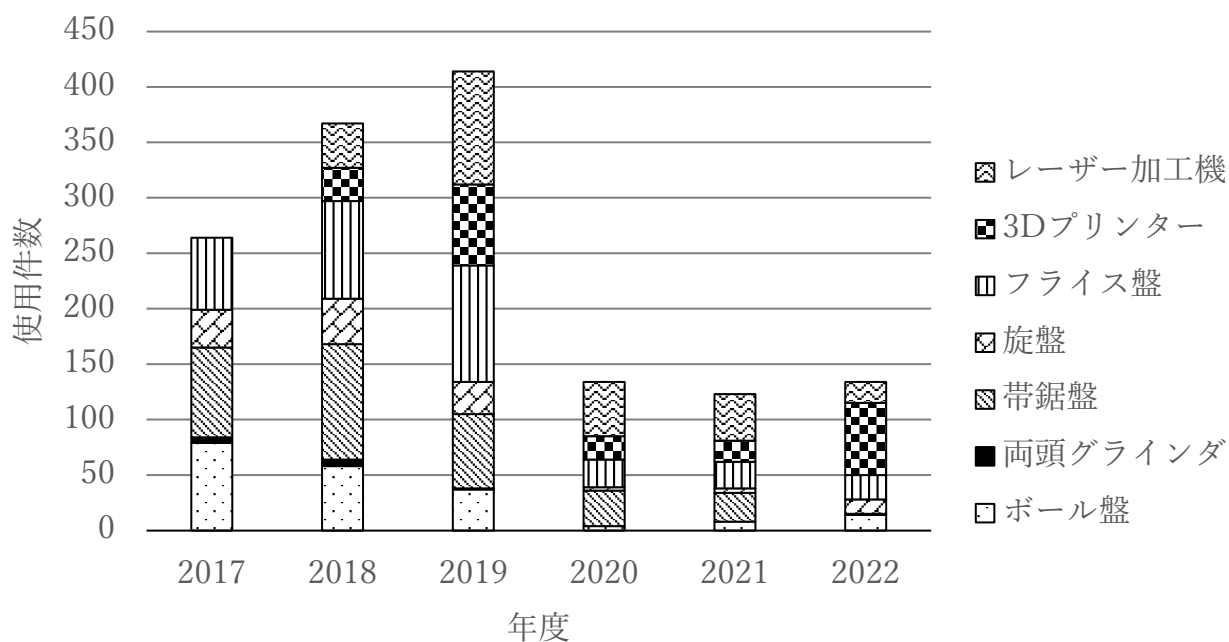
2022 年度 桂ものづくり工房使用実績

(単位：件)

ボール盤	14
旋盤 1	13
旋盤 2	0
帯鋸盤(コンターマシン)1	15
帯鋸盤(コンターマシン)2	9
両頭グラインダー	1
フライス盤	22
折曲機(シャーリング)	2
ファインカット	3

ベルトグラインダー	0
糸鋸盤	1
スライド丸鋸	0
ロータリーバンドソー	0
タップ / ダイス	1
工具	2
3Dプリンター	65
レーザー加工機	19

工作機械使用実績推移



4.3 機械運転技術講習会

桂ものづくり工房の工作機械およびデジタル加工機（3Dプリンター・レーザー加工機）を使用するには、技術部が主催する機械運転技術講習を受講修了する必要があります。

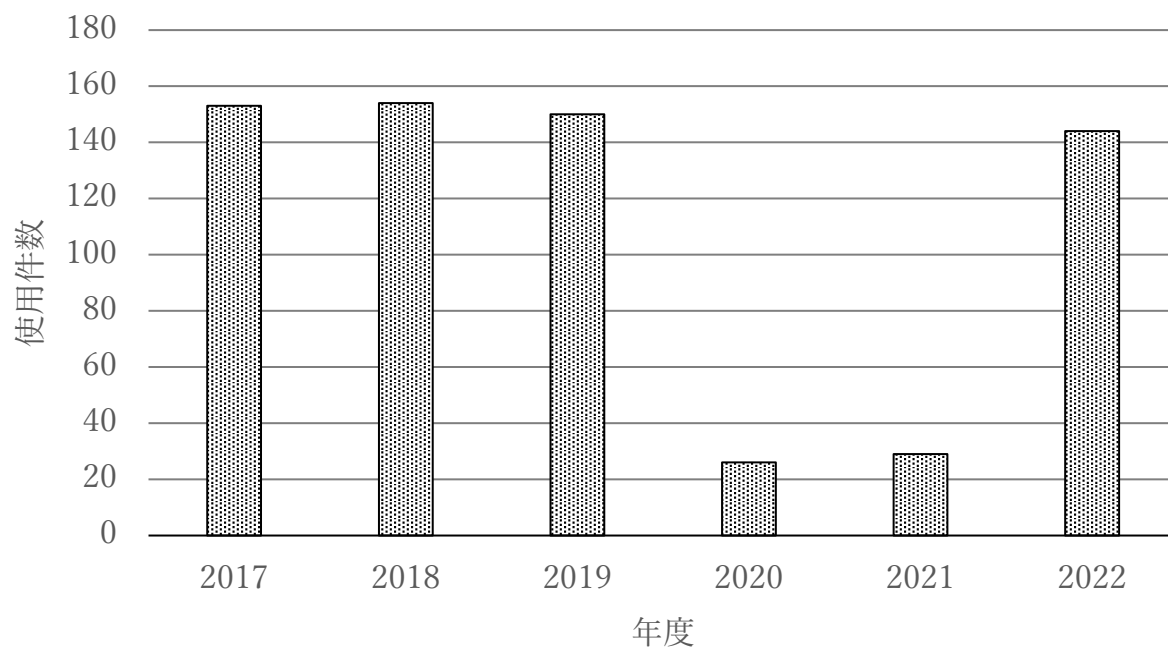
2022年度は新型コロナウイルス感染対策として、受講者を1回2名までに制限し実施されました。20回開催され、全受講者数は30名でした。

講習日	受講人数
2022/4/26	1
2022/5/10	2
2022/5/27	2
2022/6/9	2
2022/6/28	1
2022/7/13	1
2022/7/29	2
2022/8/9	2
2022/9/14	1
2022/9/22	1
2022/10/7	1
2022/10/13	1
2022/10/24	2
2022/11/7	1
2022/11/25	2
2022/12/12	2
2022/12/21	1
2023/1/16	2
2023/1/27	2
2023/2/21	1

4.4 大判プリンター使用実績

2022年度の大判プリンターの使用件数は144件でした。

大判プリンター使用実績推移



4.5 物品貸出実績

2022 年度 物品貸出実績

品名	件数	日数
Web カメラ	3	16
スピーカーフォン	2	11
スクリーン	2	7
プロジェクター	2	7
タップ&ダイスハンドル	2	3
爪付油圧ジャッキ	1	5
ラチェットレンチ	1	2
充電式ドライバドリル	1	2
水平器	1	2
ネジザウルス	1	2
ドリル刃	1	1
ドライバー	1	1

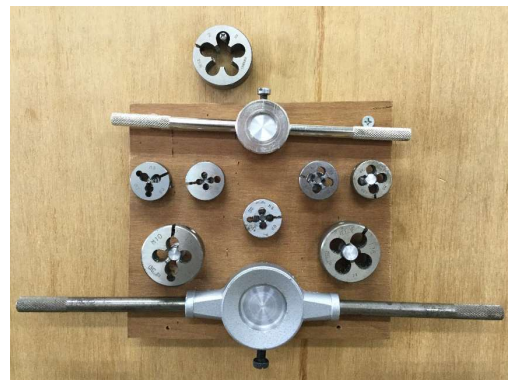
貸出物品例



ネジザウルス



爪付油圧ジャッキ



タップ&ダイスハンドル

4.6 技術相談実績

技術相談は口頭、メール、WEB ページのフォームで受け付けています。メールとフォームに限ると 2022 年度の相談件数は 20 件でした。

【相談例】

<相談概要>

はんだ付けする際にフラックスの蒸発を心配しています。念のため専用の排気設備を新設することを検討しています。具体的な方法について相談したく思います。

<回答概要>

局所排気装置等を新設する場合は高コストが予想され、かつ行政への届出等の対応が生じる可能性があります。お聞きしたところフラックスの使用量は数 mL 程度とのことなので、部屋に備え付けの全体換気設備に加えてはんだ吸煙器を使用することで対応可能ではないでしょうか。

<相談結果>

はんだ吸煙器で対応する方向になりました。

5

会議記録

5.1 会議記録

2022年3月

- 2日(水) 【研修委員会】第1回会議
- 16日(水) 【桂ものづくり工房委員会】第1回会議
- 28日(月) 【研修委員会】第2回会議

2022年4月

- 6日(水) 【広報・編集委員会】第1回会議
- 18日(月) 【技術室会議】第1回会議

2022年5月

- 9日(月) 【研修委員会】第3回会議
- 16日(月) 【技術室会議】第2回会議
- 24日(火) 【広報・編集委員会】第2回会議

2022年6月

- 20日(月) 【技術室会議】第3回会議
- 24日(金) 【研修委員会】第4回会議

2022年7月

- 12日(水) 【広報・編集委員会】第3回会議
- 25日(月) 【技術室会議】第4回会議
- 26日(火) 【桂ものづくり工房委員会】第2回会議
- 26日(火) 【工学研究科技術部運営委員会】第1回会議

2022年8月

- 30日(水) 【広報・編集委員会】第4回会議
- 31日(水) 【技術室会議】第5回会議

2022年10月

- 26日(水) 【技術室会議】第6回会議

2022年11月

21日(月) 【技術室会議】第7回会議

2022年12月

13日(火) 【研修委員会】第5回会議

15日(木) 【技術室会議】第8回会議

2023年1月

23日(月) 【技術室会議】第9回会議

26日(木) 【桂ものづくり工房委員会】第3回会議

2023年2月

10日(金) 【広報・編集委員会】第5回会議

21日(火) 【技術室会議】第10回会議

24日(金) 【工学研究科技術部運営委員会】第2回会議

2023年3月

7日(火) 【桂ものづくり工房委員会】第4回会議

13日(月) 【研修委員会】第6回会議

20日(月) 【技術室会議】第11回会議

編集後記

本報告集は京都大学大学院工学研究科技術部の 2022 年度の活動をまとめたものです。この度、節目の第 20 集を発刊することができました。第 1 集は技術部が発足する前の 1994 年に複数年度にわたる教室系技術職員の活動をまとめる形で発刊されました。そして技術部が発足した 2007 年度の活動をまとめた第 5 集からは単年度で発刊されるようになり、2015 年の組織改編以降も継続して発刊されています。当初は冊子のみでしたが、2009 年（第 6 集）以降は報告集の中の技術発表については京都大学学術情報リポジトリ KURENAI に登録して WEB 公開も行うようになり、2020 年（第 17 集）には全文 WEB 公開、2021 年（第 18 集）には冊子をやめ WEB 公開のみとなりました。時代の変化を感じさせられます。

2022 年度はコロナ禍にありながらも以前の生活を取り戻していく年でした。第 7 波、第 8 波と感染の急拡大はあっても行動制限は以前ほど厳しいものにはならず、2023 年度の教育・研究活動はコロナ禍以前に戻りそうです。

最後に、本報告集の原稿を執筆・提供くださった方々に感謝いたします。またこの場を借りて日頃より技術部運営においてご指導・ご協力いただいている先生方、事務職員の皆様に厚く御礼申し上げます。

この報告集をご覧いただき技術部へのご助言や一層のご支援を賜ることができれば幸いです。

2023 年 6 月

2022 年度 工学研究技術部 広報・編集委員会

委員長 塩田 憲司

副委員長 鹿住 健司

委員 加藤 和成 佐藤 佑樹 野村 昌弘 宮嶋 直樹

2023 年度 工学研究技術部 広報・編集委員会

委員長 塩田 憲司

副委員長 野村 昌弘

委員 青木 健朗 宇野 優衣 加藤 和成 佐藤 佑樹

技術部報告集発行履歴

第1集	(1994年3月発行)	1988(S63)年度～1993(H05)年度分活動報告
第2集	(1998年3月発行)	1994(H06)年度～1997(H09)年度分活動報告
第3集	(2002年8月発行)	1998(H10)年度～2002(H14)年度分活動報告
第4集	(2007年3月発行)	2003(H15)年度～2006(H18)年度分活動報告
第5集	(2008年3月発行)	2007(H19)年度分活動報告
第6集	(2009年3月発行)	2008(H20)年度分活動報告
第7集	(2010年3月発行)	2009(H21)年度分活動報告
第8集	(2011年3月発行)	2010(H22)年度分活動報告
第9集	(2012年5月発行)	2011(H23)年度分活動報告
第10集	(2013年10月発行)	2012(H24)年度分活動報告
第11集	(2014年10月発行)	2013(H25)年度分活動報告
第12集	(2015年5月発行)	2014(H26)年度分活動報告
第13集	(2016年6月発行)	2015(H27)年度分活動報告
第14集	(2017年6月発行)	2016(H28)年度分活動報告
第15集	(2018年6月発行)	2017(H29)年度分活動報告
第16集	(2019年6月発行)	2018(H30)年度分活動報告
第17集	(2020年6月発行)	2019(R1)年度分活動報告
第18集	(2021年6月発行)	2020(R2)年度分活動報告
第19集	(2022年6月発行)	2021(R3)年度分活動報告
第20集	(2023年6月発行)	2022(R4)年度分活動報告

京都大学大学院工学研究技術部報告集（第 20 集）

2023 年 6 月

発行：工学研究技術部 広報・編集委員会

編集：工学研究技術部 広報・編集委員会

E-mail:pr-e@tech.t.kyoto-u.ac.jp

<https://www.tech.t.kyoto-u.ac.jp/ja>

本報告集の無断転載を禁じます。