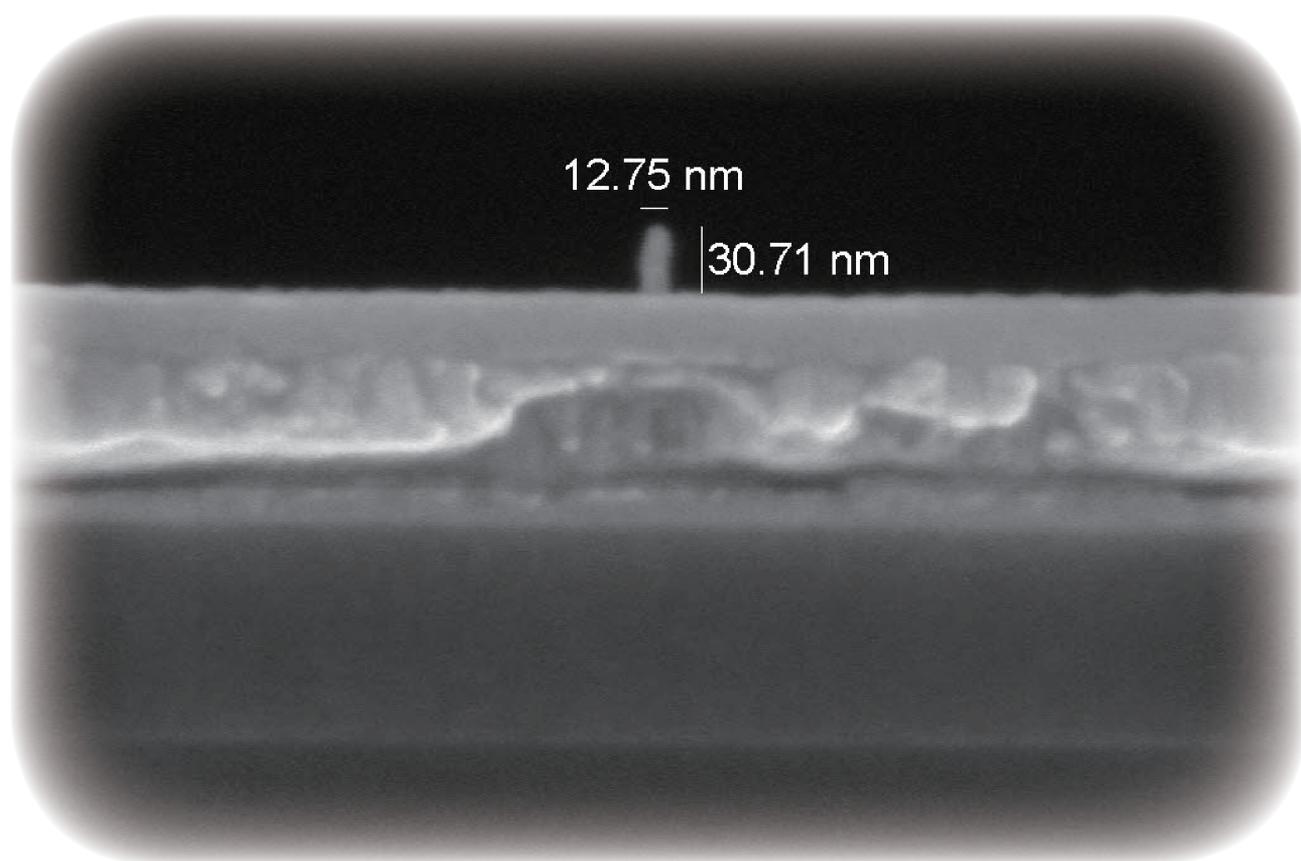


研究基盤技術センター 年次報告書

2020



東北大学 電気通信研究所



表紙写真の紹介

今回の表紙写真は、ナノ・スピンの実験施設にある電子線描画装置で加工した 10nm 相当のドットレジストパターンを、同じく本施設にある電子顕微鏡を使って観察した断面像になります。

プロセス部は各種のデバイス作製に欠かすことのできないフォトリソグラフィ技術を中心とした微細加工の技術支援業務に携わっております。

装置の多くはテクニカルサポートセンターに登録されており、共同利用に供しております。

ご興味のある方はテクニカルサポートセンターやプロセス部までご相談ください。

目次

巻頭言	2
組織図 業務分担表	3
1. 業務紹介・装置・資格	5
工作部、評価部、プロセス部、情報技術部、有資格リスト	
2. 研修・出張報告	15
研修・出張報告一覧	
研修・出張報告資料	
3. 発表・成果報告	33
共著・謝辞掲載論文一覧	
研修・研究会等での発表一覧	
研修・研究会等での報告書・発表資料	
4. 社会貢献	57
5. 技術報告	61
工作部 阿部健人	
「テフロンチャンバーの作製に関するこれまでの取り組みについて」	
評価部 阿部真帆	
「走査型電子顕微鏡の技術支援について」	
編集後記	69
問い合わせ	70

巻頭言

電気通信研究所では情報通信分野の研究拠点として、磁気記録や半導体・光通信をはじめとして世界をリードする研究が数多く行われています。研究技術基盤センターに所属する技術職員は、こうした最先端の研究の細かなニーズに合わせて機械工作や、理化学計測、材料加工、あるいは情報管理のための様々な技術を提供しています。研究内容の変化に柔軟に対応し技術と知見のブラッシュアップに努めており、卓越した技量と経験を通して研究開発に貢献しています。

本報告書は研究基盤技術センターの年度ごとの業務内容や成果をまとめたもので、広く学内外の皆様はその活動状況を知っていただくことを大きな目的として発行させていただくものです。より良い内容としていくために、ご覧になった皆様から忌憚のないご意見・ご要望などをお待ちしております。

研究基盤技術センター長
佐藤 茂雄

東北大学電気通信研究所 研究基盤技術センター 組織図

(2021年3月31日現在)

センター長
教授 佐藤茂雄

運営委員会

教授 佐藤茂雄 (プロセス部)
教授 枝松圭一 (工作部)
教授 平野愛弓 (評価部)
教授 大堀 淳 (情報技術部)
教授 吉信達夫
技術長 末永 保

工作部

末永 保 (技術長) 前田泰明

グループ長
阿部健人 関谷佳奈

評価部

丹野健徳

グループ長
阿部真帆 柳生寛幸

庄子康一

プロセス部

小野力摩

グループ長
森田伊織

武者倫正

情報技術部

グループ長
太田憲治 丸山由子



第一章

業務紹介

研究基盤技術センターは4部（工作部、評価部、プロセス部、情報技術部）で構成されており、それぞれ特色のある専門的な業務を担っています。



工作部業務紹介

工作部では所内外からの依頼に応じて実験装置の設計・製作業務を行っている他、工場内の設備の一部を開放して学生や教職員自身が工作機械を使用出来る外来利用サービスを提供している。また、外来利用に際して工作機械の安全利用に関する工作部安全利用講習会を随時開催しており、当工作部の加工機械利用の際には講習会の受講を必須としている。

表に 2020 年度におけるそれぞれの利用実績を記す。

	製作依頼	外来利用	講習会受講
情報デバイス研究部門	14 件	1 件	—
ブロードバンド工学研究部門	36 件	4 件	—
人間情報システム研究部門	29 件	—	—
システムソフトウェア研究部門	—	—	—
研究基盤技術センター	5 件	1 件	—
中沢研	1 件	—	—
工学研究科	11 件	2 件	—
多元物質科学研究所	1 件	—	—
総計	97 件	8 件 (2 時間 50 分)	感染症対策のため実施せず

業務の中から一例として、量子光情報工学研究部門からの制作依頼であるクライオスタットについて紹介する。

低温真空中での実験に使用するチャンバーに接続可能なクライオスタットを製作した。

この装置は断熱のための無酸素銅製輻射シールド(図左)と真空を保持するアルミ製のシュラウド(図右)で構成されており、形状は試料を収めるための深い縦穴を有し、試料観察のため底部は細長くなっている。この形状を得るため輻射シールドは複数の板材と円筒の組み合わせで構成されている。シュラウドに関しては真空形状を確保するため出来る限り少ない部品で製作する必要があったため、上部の円筒と下部のボックスの 2 部品で構成し部品の結合部を O リングでシールする形で製作した。

シュラウド下部のボックス部品は輻射シールドを収めるため細長く、角の半径を出来るだけ小さくする必要があり、新しく $\Phi 4$ の細径エキストラロングドリルを採用し加工を行った。本来細径エンドミルでのアルミ加工の場合は高速回転させて切削加工を行なうが、エンドミルの刃長が非常に長いこととボックス部品の肉厚が薄くビビリ振動が発生しやすいことで刃物の摩耗が大きくなることを抑えるために出来る限り回転と切削送りを低速にすることで加工し製作した。



工作部主要装置

装置名	型番	保有台数	能力(加工可能な大きさ、加工可能な穴の直径等)	外来利用
フライス盤	SHIZUOKA R-5VN	1	搭載可能なワークの大きさ 1100×500mm	
	MAKINO AE74	2	850×300mm	
	MAKINO KSJP KJP-70 KSAP	各 1	950×250mm	
	INOUE IVQ-780	2	600×200mm	○
旋盤	TAKISAWA TAL-560	1	長尺端面加工：～70mm ^φ 円盤加工：～300mm ^φ	
	TAKISAWA TAL-460	1	長尺端面加工：～50mm ^φ 円盤加工：～220mm ^φ	
	WASINO LR55A	2	長尺端面加工：～30mm ^φ 円盤加工：～180mm ^φ	
	EGURO GL-120	1	1～20mm ^φ	
	TATEYAGAWA TL800S,TL550S	3	長尺端面加工：～30mm ^φ 円盤加工：～150mm ^φ	○
ボール盤	YOSHIDA YBD360	1	把握可能なドリル直径：～6mm ^φ	○
ラジアル ボール盤	TOA TRD-600C	1	把握可能なドリル直径：～50mm ^φ	○
	MORI SEIKI YR3-115	1	把握可能なドリル直径：～50mm ^φ	
シャー	AIZAWA N1504	1	切断可能 厚さ：～4mm ^t 幅：～1280mm	○



評価部業務紹介

評価部では共通利用装置の提供と各装置の維持管理、理化学ガラス器具の製作と修理、液体寒剤（液体ヘリウムと液体窒素）の供給とヘリウム回収設備の維持管理を行っている。その他にも、事務部用度係と連携して所内の建物、インフラ設備の維持管理や防災対応などにも携わっている。

共通利用装置は23台あり、共通利用機器のサービス提供の範囲は電気通信研究所だけでなく、全学に対応している。一部の装置は、テクニカルサポートセンター（以下 TSC）に登録している装置は、他大学や企業といった学外利用にも対応している。

令和2年の評価部の利用状況について、共通利用装置の総利用時間は3906時間、ガラス製作は2件、液体ヘリウムの供給は1820L、液体窒素の供給は559Lとなった。

今年度の大きな取り組みとして、オンライン予約システムの構築を行ったことを挙げる。今年度の初めまで評価部の装置予約は利用者が紙の予約簿に記入するか、メールで予約し、管理者が予約簿に記入していた。だが、新型コロナウイルス感染拡大防止対策の一環で利用者の入構制限や担当者のテレワークにより不在にしたため、装置の予約に時間がかかってしまった。そこで、円滑な装置の予約と、利用者と担当者の接触を最低限にするために、装置の利用予約をオンラインで行うシステムを構築した。

このシステムは東北大メールに紐づいて利用できる複数の Google アプリを用いており、東北大メールを有する者であれば Google にログインすることで使用できる。Google フォームで作成した予約サイト（図1）には Google カレンダー（図2）も掲載しており、すべての装置の予約状況をリアルタイムで確認することができる。予約サイトに入力すると、利用者と所属研究室の教員に予約通知メールが届き、利用者はメールでも予約を確認できるようにし、教員は研究室内の利用状況を把握できるようにした。本システムにより、スムーズな装置予約が可能となった。また、予約管理が容易になり、利用者からも好評を得ている。

図1 装置予約サイト

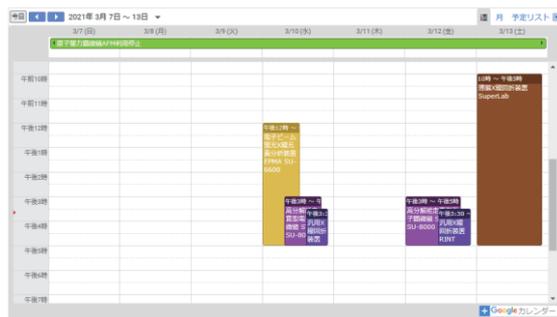


図2 予約カレンダー

評価部 共通利用機器 一覧

装置名	主な性能	主な用途	H30年利用時間 (h)	
構造解析装置	原子間力顕微鏡 (AFM)	分解能 水平 0.4nm:0.6nm 垂直 0.01 nm STM、MFMとしても動作	表面微細形状評価 磁区構造解析	54
	卓上型小型プローブ顕微鏡 (NANO)	分解能 水平:0.24nm 垂直:0.3nm 観察範囲 水平:500nm~800μm 垂直:±1μm	表面観察 膜厚・段差測定	0
	走査型電子顕微鏡 (SEM)	二次電子像分解能 4.5 nm 倍率 ~×200,000	表面形状評価	0
	光学顕微鏡 (OM) IBPCR	倍率 ~×1,000 観察画像の印刷が可能	表面観察	0
	汎用X線回折装置 (RINT)	最大定格出力 2kW 測角範囲 -60~158度 自動測定処理システム 各種分析プログラム	結晶構造解析・評価	1477
	精密X線回折装置 (SPL)	最大定格出力 1.2kW 5軸制御の試料ステージ 高分解能美昇格散乱測定 高分解能インプレーン測定	結晶構造解析・評価	3925
	薄膜材料用X線回折装置 (MRD2D)	最大定格出力 3kW 測角範囲 -40~170度 高温測定 室温~900°C 5軸制御の試料ステージ 2Dアレイ検出器	結晶構造解析・評価	39
	電子スピン共鳴装置 (ESR)	共鳴周波数 ~10GHz 印加磁界 ~10kG	結晶欠陥構造解析	0
	高分解能走査型電子顕微鏡 (STEM)	二次電子像分解能 1.0nm 倍率 ~×800,000 冷陰極電界放出形電子銃 STEM機能有 検出器 EDX 対象物質:C- Pu	表面形状評価 表面組成組成分析	420
	電子ビーム蛍光X線 元素分析装置 (EPMA)	二次電子像分解能 1.2nm 倍率 ~×600,000 ZrO/W ショートエミッション電子銃 低真空モード (10- 300Pa)	表面形状評価 表面組成分析 結晶構造解析	300
表面分析装置	室温動作走査型トンネル顕微鏡 低速電子線回折	表面ナノ構造解析 表面周期構造解析	1040	
組成分析装置	X線励起蛍光X線 元素分析装置 (XRF)	蛍光X線測定 検出器 WDX 真空またはHe雰囲気 対象物質:F- U	表面組成分析 結晶構造解析	0
	赤外分光光度計 (FTIR)	測定波数 400-5000 cm-1 検出器 DTGS 反射アタッチメント有	薄膜組成分析	0
	高速液体クロマトグラフ (HPLC)	送液ユニット流量 0.01-5ml UV-VIS検出器 190-900 nm 分取機能有	溶液組成分析	0
光学測定装置	赤外可視分光器 (MONO)	波長範囲 200-2500nm	光吸収・発光 スペクトル測定	0
	光学特性測定装置 (PL)	波長範囲 600-3000 nm 検知器 PMT /PbS 励起光 Arレーザー (max2W) 測定温度 4.5K~	フォトルミネッセンス 結晶評価	0
	大気下光電子分光装置 (PYS)	光子エネルギー 3.4~6.2eV	光電子収量分光 仕事関数測定	33
	分光エリプソメータ (ELPS) IBPCR	測定波長 250~800nm 最大試料サイズ φ100mm×2mm	エリプソパラメータ測定 光学定数解析 膜厚解析	0
	分光光度計 プロセス室	波長範囲:200~900 nm	透過率測定	0
	デジタルマイクロスコープ プロセス室	光学顕微鏡	表面観察	0
加工装置	ダイシングソー (DICING) E棟	ウェハー最大径6インチ	ウェハー切断加工	3
	ダイシングソー プロセス室	光導波路作製用 精密切断、溝切り加工	ウェハー切断加工	91
	電子ビーム蒸着装置 (誘電体光学薄膜作製) プロセス室	1Gun 4ハース 10kV 500mA	光学薄膜作製	4

業務紹介

研修・出張

発表・成果

社会貢献

技術報告

プロセス部業務紹介

プロセス部はナノ・スピンの実験施設共通部に配属され、(1)電子ビーム露光技術支援、(2)フォトリソマスク作製支援、(3)イオンビーム加工解析支援、(4)リソグラフィ関連装置の維持管理、(5)ナノ・スピン実験施設および附帯設備、クリーンルーム維持管理などの業務に携わっている。2020年度の支援業務の実績は、電子ビーム露光技術支援が224件、フォトリソマスク作製支援が21件、イオンビーム加工解析支援は8件であった。

(1)電子ビーム露光技術支援

ナノ・スピン実験施設では2004年に日本電子製描画装置JBX-9300SAが設置され、以降プロセス部の職員が専従している。本装置ではナノメートルスケールのレジストパターンが作製でき、10nm相当のライン、およびドットパターンを形成した実績がある。2020年度の装置利用時間は740時間であった。利用件数は情報デバイス研究部門が15件、ブロードバンド工学研究部門が54件、他部局が10件、学外が3件であった。



図 描画装置JBX-9300SA

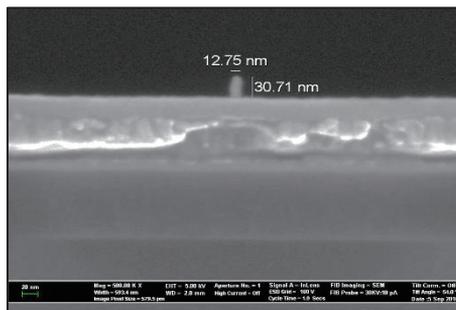


図 描画したドットパターンの断面写真

(2)フォトリソマスク作製支援

フォトリソグラフィプロセスに用いられるフォトリソマスクの受託作製を支援している。加工可能な最小線幅はメーカー保証値 $2\mu\text{m}$ であるところを、 $1\mu\text{m} \pm 0.2\mu\text{m}$ 程度まで加工可能である。装置の利用時間は合計243時間であり、受託作製件数は21件、枚数は49枚だった。利用者の内訳は、情報デバイス研究部門が11件、ブロードバンド工学研究部門が5件、工学研究科が2件、学外が3件であった。

(3)イオンビーム加工解析支援

FIB-SEM装置N-Vision40を用いて微細加工・解析支援を行っている。各研究室・企業から依頼を受けて、SEM機能による表面微細構造観察やEDXによる元素分析、FIB機能による微細加工や電子デバイス修復、TEM試料作製と結晶構造解析などを実施している。また新たにSIMSを用いた質量分析業務を立ち上げる予定である。2020年度は装置稼働時間は150時間、利用件数は55件であった。

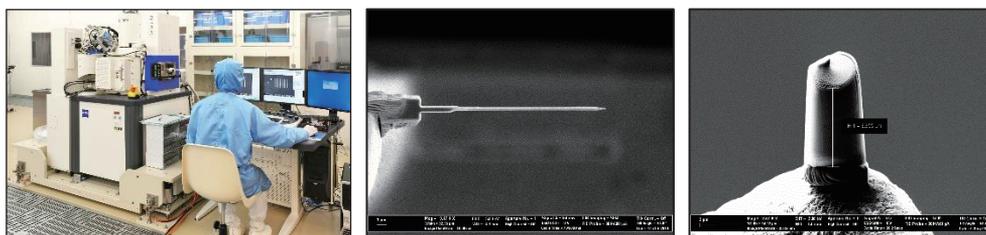


図 ZEISS 製 N-Vision40 FIB-SEM 装置 (左)

作製した TEM 試料 (中) と透過 X 線分析用微細試料 (右)

(4) リソグラフィ関連装置の維持管理

ナノ・スピンの実験施設の電子ビーム露光室にあるフォトリソグラフィプロセスに必要な装置類の維持管理を行っている。

(5) クリーンルーム維持管理

ナノ・スピン実験施設は建屋の1階と3階に、それぞれクラス1のクリーンルームを備えている。クリーンルームは空調設備や排気処理設備、超純水供給設備等の様々な設備機器から構成されており、当施設ではそれらの運転・停止や異常の有無を中央監視設備にて監視している。プロセス部では中央監視設備での運転状況確認、および日常点検や夏期・年度末の定期メンテナンスによってこれらの設備機器を維持管理している。

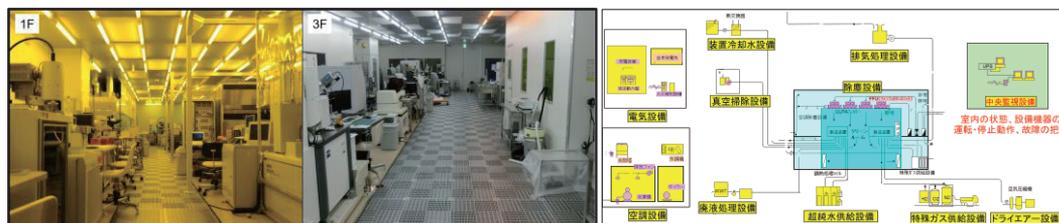


図 ナノ・スピン実験施設クリーンルーム内観

図 クリーンルームを構成する設備

・2020年の活動について (森田)

コロナウイルス感染症の影響を受けて4月から6月位までは在宅勤務が中心となり、技術支援業務は大きく滞った。徐々に在宅勤務と出勤勤務を行うようになり、9月から3月まではほぼ通常の技術支援が達成できたと思う。しかし今後も油断できない状況は続く。

ナノ・スピン実験施設ではテクニカルサポートセンターに共同利用装置の多くを登録しており、学内外の方に開放している。企業の利用者も少しずつではあるが増えてきた。広く受け入れていく事にあたって、装置の老朽化対策を早急に対応していかなければならないように感じており、他部局との連携等も視野に入れた研究支援活動を模索している。



情報技術部業務紹介

情報技術部は以下の部署と連携して業務を行っている。

- 1) やわらかい情報システムセンター
- 2) 事務部研究協力係

1) やわらかい情報システムセンターでの業務及び成果

本センターでは、電気通信研究所（以下、通研）における学術・研究の基盤となる情報ネットワーク及びサーバシステムの管理・運用を行っている。通常業務に加えて、2020年度は以下のような取り組みを行った。

- ・サーバ機器、ネットワーク機器のメンテナンス、監視
- ・情報セキュリティインシデントへの対応
- ・各研究室からのネットワーク使用に関する相談対応
- ・「研究室ネットワーク担当者向け講習会」の開催
- ・情報システムのアカウンティング
- ・通研 Web サイトの構築・更新
- ・通研に関連するイベント・カンファレンスの動画コンテンツ作成と公開
- ・所外に持ち出すモバイル機器のセキュリティ対策チェック
- ・計画停電時の予備電力によるシステム運用

2) 事務部研究協力係での業務及び成果

知的財産権等に関連した共同研究契約等の企業との折衝や、教員の知的財産権の出願に係る相談対応を行っている。また共同プロジェクト研究業務の支援を実施すると共に、その成果を発表する各種イベント・カンファレンスの開催を支援している。2020年度のカンファレンスは、web 会議ツールを利用してオンライン開催に対応した。イベント開催にあたり、やわらかい情報システムセンターと連携することでweb 会議の円滑な運営、広報活動に必要な Web サイトの公開と動画撮影や動画コンテンツの編集、Web コンテンツの英語化支援を実現している。

東北大学 電気・情報 産学官フォーラム2020 <https://fairspage.com/news/airing-forum2020/>

**「新たな日常」を豊かにする
電気情報技術**

2020年2月12日(木) 14:00~17:20
オンライン開催

主催：東北大学 電気通信研究所 共催：東北大学 工学部
後援：総務省、文部科学省、東北大学 電気・情報・電子、情報研究会、東北大学 研人会

開会：14:00
閉会：17:20

講師：東北大学電気通信研究所 所長 堀内 謙
協賛：東北大学 情報科学技術院 院長 藤原 孝文
電話：14-351-1430

新たな日常を実現するIoT技術について

講師 岡野 隆雄 電気情報技術院 教授 岡野 隆雄
【講演内容】
「IoT」技術について、電気系・情報系・機械系から見たIoTの現状と今後の展開について報告する。

定価：14:50～15:40

**新たな日常における豊かなコミュニケーションに向けて
～ 人文学的アプローチ ～**

東北大学電気通信研究所 所長 堀内 謙
【講演内容】
IoT技術の発展により、新たな日常を実現するためのIoT技術の活用が期待されている。人文学的視点からIoT技術の活用と、新たな日常の実現に向けた取り組みについて報告する。また、IoT技術の活用と、新たな日常の実現に向けた取り組みについて報告する。

定価：15:40～15:50

インタラクティブセッション 16:50～18:30

定価：16:10～17:00

「新たな日常」を支える社会インフラ

～ 社会インフラのデジタル化(サイバーフィジカルシステム)へのアプローチ～

東北大学 電気通信研究所 産学官フォーラム 協賛 産学官フォーラム 協賛 堀内 謙
【講演内容】
社会インフラのデジタル化(サイバーフィジカルシステム)へのアプローチについて報告する。また、IoT技術の活用と、新たな日常の実現に向けた取り組みについて報告する。

定価：17:00～17:20

東北大学 電気通信研究所 産学官フォーラム 協賛 産学官フォーラム 協賛 堀内 謙
東北大学 産学官フォーラム 協賛 産学官フォーラム 協賛 堀内 謙

2020年度 東北大学 電気通信研究所 - 情報通信共同研究拠点 -

**共同プロジェクト
研究発表会**

参加費 無料
Free of charge
No fee

新世代ICTの種斜盤～産研共同プロジェクトからのメッセージ～

オンライン開催 Held online <http://www.riec.tohoku.ac.jp/project2020/>

Center for Nation-Wide Cooperative Research on ICT
FY 2020 RIEC Annual Meeting on Cooperative Research Projects
"Compass for Next-Gen ICT" Program

2021年
2月18日(木)
10:00～17:40
February 18 (Thu.) 2021 10:00-17:40

登録料(参加費)：参加費(無料)
Registration required (Free of Charge)

Opening Session 電気通信研究所における
共同プロジェクト研究からのメッセージ
RIEC Annual Meeting on Cooperative Research Projects

Session 2 共同研究プロジェクト成果報告
"Cooperative Research Projects"

Session 3 組織間連携プロジェクト成果報告
Inter-Organization Research Projects

Session 4 共同研究プロジェクト成果報告
Cooperative Research Projects in Utsunomiya

Poster Session 情報通信共同研究拠点プロジェクト成果報告
Nation-Wide Cooperative Research Projects

Career Day RIEC Award 授賞式
RIEC Award Ceremony

主催：東北大学 電気通信研究所
Organized by: Research Field Electronics, Communication, and Information Technology, Tohoku University

お問い合わせ：東北大学電気通信研究所(電気情報)
Tohoku University Center for Electronics, Communication, and Information Technology
Contact: Cooperative Research Section, RIEC, Tohoku University
Phone: 011-221-7502 Fax: 011-221-7508
Res: riec@riec.tohoku.ac.jp project2020/

図 通研 Web サイト (左：フォーラム、右：共同プロジェクト研究発表会)

有資格リスト (2021.4 現在)

工作部	高圧ガス製造保安責任者乙種機械
	乙種第四類危険物取扱者
	第二種衛生管理者
	玉掛け技能
評価部	衛生管理者
	エックス線作業主任者
	危険物取扱者
	高圧ガス製造保安責任者
	作業環境測定士
	特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者
	特別管理産業廃棄物管理責任者
	有機溶剤作業主任者
	色彩検定 UC 級
プロセス部	有機溶剤作業主任者
	特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者
	甲種危険物取扱者
	酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者
	高圧ガス製造保安責任者免状 (乙種化学)
情報技術部	有機溶剤作業主任者
	特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者



第二章

研修・出張報告

技術職員は自らのスキルアップのために、研修・講習会等に自主的・積極的に参加しています。これらの活動は月例のミーティングで報告することが原則となっています。



研修・出張報告一覧

対象期間 2020.4 ~ 2021.3

阿部健人 (工作部)20.8 * 「令和 2 年度東北地区国立大学法人等技術職員研修」	小野力摩 (プロセス部)20.6 「日立 AFMCSI ソリューションセミナー」
末永保, 阿部健人, 前田泰明, 関谷佳奈 (工作部)20.12* 「令和 2 年度 (2020 年度) 第 1 回 加工開発群 通研・流体研チーム研修」	小野力摩 (プロセス部)20.6 「【DektakXT】効率アップ触針式段差計ウェビナー」
末永保, 阿部健人, 前田泰明, 関谷佳奈 (工作部)21.3* 「総合技術研究会 2021 東北大学 震災関連企画の取り組み」	森田伊織 (プロセス部)20.6 ~ 20.7* 「2020 年度東北大学新任管理者等研修」
前田泰明 (工作部)21.3* 「総合技術研究会 2021 東北大学」	小野力摩 (プロセス部)20.7 「HIMT WebSeminar」
丹野健徳 (評価部)20.7* 「第二種衛生管理者受験準備講習」	森田伊織、小野力摩 (プロセス部)20.8 「第 1 回微細加工プロセス技術セミナー」
丹野健徳 (評価部)20.8* 「令和 2 年度東北地区国立大学法人等技術職員研修」	武者倫正 (プロセス部)20.9 「2020 年度機器・分析技術研究会」
阿部真帆 (評価部)20.11 ~ 20.12* 「令和 2 年度 生物・生命科学群専門研修」	森田伊織、小野力摩 (プロセス部)20.9 「第 2 回微細加工プロセス技術セミナー」
阿部真帆 (評価部)20.12* 「REHSEminar」	森田伊織 (プロセス部)20.10 「第 3 回微細加工プロセス技術セミナー」
阿部真帆 (評価部)20.12* 「国立大学法人機器・分析センター協議会 シンポジウム」	小野力摩 (プロセス部)20.12 「日立 SEM 基礎セミナー」
丹野健徳 (評価部)21.2* 「分析・評価・観測群 Web セミナー」	森田伊織、小野力摩 (プロセス部)21.2 「第 6 回微細加工プロセス技術セミナー」
丹野健徳 (評価部)21.3* 「総合技術研究会 2021 東北大学」	小野力摩 (プロセス部)21.2 「電子ビームリソグラフィセミナー VI」
小野力摩 (プロセス部)20.4 「AFM ベーシックウェビナー」	武者倫正 (プロセス部)21.3 「総合技術研究会 2021 東北大学」
小野力摩 (プロセス部)20.5 「オンラインマスクレスリソグラフィセミナー」	森田伊織、小野力摩 (プロセス部)21.3 「総合技術研究会 2021 東北大学 ナノ・スピ実験施設の紹介動画作成」
小野力摩 (プロセス部)20.5 「英語学習法セミナー」	

*：研修・出張報告資料あり

研修報告書

2020年9月24日

工作部 阿部健人

- ・研修名：
令和2年度東北地区国立大学法人等技術職員研修

- ・開催概要：
令和2年8月25日（火）～8月27日（木）
於 東北大学（オンライン形式）

- ・研修目的：
東北地区国立大学法人等の教育・研究支援系技術職員に対し、講義、技術発表及び技術研修を通して、高度の専門知識及び技術等を修得させ、もって、職員の資質の向上等を図ることを目的とする。

- ・研修日程：
1日目：開講式、特別講演
2日目：技術発表（口頭発表、ポスターセッション）
3日目：技術研修、閉講式

- ・研修内容：
今回の研修では加工開発群の技術研修「柔らかい樹脂材料の機械加工 ～テフロン製実験器具の製作と考察～」について研修担当として指導を行った。
研修の内容として、工場で実際に参加者に材料加工をして貰う予定であったが、新型コロナウイルスの感染防止対策のため実技での研修が出来なくなったため、装置を製作する際の手法や工程の構築検討をオンライン形式で行う形となった。
始めに職員研修の開催前に参加者に予め資料を配布、ミーティングを行った。それを基に研修当日に製作工程の検討を行って参加者ごとにプレゼン形式で発表、その内容について全員でディスカッションを行った。
オンラインのため実際に機械や材料に触れてもらうことが出来ず、現場での作業の伝え方に苦慮したが、参加者それぞれ特色のあるテフロン器具の製作工程のプレゼンを聞くことが出来、今後の装置製作にとっても非常に優れた研修になった。
次回、同様の研修があった際には材料の性状の伝え方を工夫していきたい

研修報告

2020年12月21日

工作部 末永保 阿部健人 前田泰明 関谷佳奈

名称：「令和2年度（2020年度）第1回 加工開発群 通研・流体研チーム研修」

期間：2020年11月26日 9:30-12:00

形式：リモート Google Meet

1、目的

現在、総合技術部では、全学的に「必要とされる技術支援」を念頭に、技術職員の適正再配置を進めている。勿論、加工開発群においても適正配置案が策定されており、その枠組みのなかで、通研・流体研チームが組織された。今後はこのチーム単位での連携した活動が期待されることになり、研修についても同様である。

さて、今回の研修については、初めての開催でもあり、初対面の職員もいるので、まずは自己紹介の意味も含めて、各自に発表を行って頂く。そして、その発表に関する質疑応答（フリートーク）という形で実施する。発表の題材としては、自己紹介、業務紹介、近況報告等々、業務関連であれば特に制限を設けない。開催形態は、現在のコロナ禍の状況に鑑みてリモート形式とする。

2、内容

9：30～9：35 開催要項の説明（末永）

9：35～10：00 「通研工作部での教育・指導体制について」末永 保

10：05～10：30 「初めての機械工作業務 ～これまでの取り組み～」関谷佳奈

10：35～11：00 「流体研付属工場の概要と近況」涌井佳祐

11：05～11：30 「研究ニーズに合わせた樹脂製実験装置の設計・製作」阿部健人

11：35～12：00 「低雑音センサー部品の製作」前田泰明

3、感想

各自の発表の中で、自身の業務の紹介・近況等が報告発表された。初対面の職員もいたが、質疑中は活発な議論が展開された。特に注目すべき論点について以下にまとめる。

・各種研修（外部のリモート研修も含む）や技能検定のあり方について、議論があり、必要があれば各自、積極的に参加する（費用は各自の部局で）。そして、このような研修の場で情報を共有することが有意義だとの見解で一致した。

・3DCAMの更新について、高価すぎて更新ができないという点で議論があった。なんでも最新が良いという訳では無く、現状で有効に使用できていれば必ずしも更新の必要はないのではないかという点で一致した。

・コロナ対応に関して、若干対応が異なる。通研：対面避ける。流体研：入室記録対応。

文責 末永保

総合技術研究会 2021 東北大学 震災関連企画の取り組みに関する報告

2021年3月22日

工作部 阿部健人 末永保 前田泰明 関谷佳奈

名称：総合技術研究会 2021 東北大学 交流企画『東日本大震災からの復興』

期間：令和3年3月2日～5日（4日間）

場所：オンデマンド

1、目的

総合技術研究会 2021 東北大学への参画の一環として、交流企画：『東日本大震災からの復興』に携わった。東日本大震災から10年の節目となる今年、東北大学技術職員の震災復興に関して、どのような役割を果たしたか、参加者へ紹介した。

2、内容

①総合技術研究会における震災関連発表の紹介

震災以降10年間で開催された総合技術研究会において東北大学技術職員が発表してきた震災復興に関する取り組みを、要約や発表者からのコメントを掲載しながら紹介した。

②「女川フィールドセンター」の被災から復興まで

農学部の附属施設、女川フィールドセンターの被災時の様子や復旧までの歩み、保有していた調査船「翠皓」「海生」の津波避難“冲出し”を当時勤務していた技術職員の撮影していた写真資料や体験談を紹介した。

③東北沿岸部の震災遺構・震災伝承施設の紹介

東日本大震災に関する資料を保存・展示している震災遺構や伝承施設の紹介、アクセス方法などをまとめて紹介した。



図1.震災関連企画トップページ

3、感想

資料の作成を行ないながら、これまで見えなかった場所での震災の被害や復興・今後の災害対策への取り組みについて知見を得ることが出来、様々な技術職員と打ち合わせを行うことで普段関わりの無かった他部局の職員とも交流の機会を得ることが出来た。

この交流企画参加で得た経験を総合技術部や基盤センターの運営に活かしていきたい

研究会参加の報告

2021年3月22日
工作部 前田 泰明

名称：「総合技術研究会 2021 東北大学」

期間：2020年3月3-5日

場所：オンライン開催

1、目的

全国の技術職員が集まり、発表やその他プログラムを通して広く情報の共有や意見交換を行う。とりわけ、講演やシンポジウムは震災から10年ということでこれまでの10年とこれからの10年に焦点が当てられ、実施された。

今回は、昨年度に総合技術研究会のプレ大会が行われた際に発表したものを発展させて、リアルタイム発表を行った。

2、内容

特別講演、シンポジウム、各種交流企画が行われた。発表はリアルタイム発表とオンデマンド発表が行われた。

リアルタイム発表を「精密重力センサーの装置部品とファイバ治具の製作」と題して行った。量子光情報工学研究室からの依頼を3年近く継続的に行ってきており、一連の加工物について、工夫した点などを交えながら発表した。

3、感想

全国規模の技術研究会に参加し、発表したのは初めてであった。発表資料の作成や、今年オンライン開催となっており、そうした試みの中でも発表を行うことができたのは良い経験になった。

数人の方とも、発表後に意見をいただく機会もあり、特にステンレスの加工について議論を深めることもできた。学内であっても加工方法やスキルに違いがあり、そうした点で共有できたことは貴重だと感じた。

講習会受講・資格取得の報告

2020年9月28日

評価部 丹野 健徳

名称：「第二種衛生管理者受験準備講習」

期間：2020年7月21日～22日（2日間）

場所：中央労働災害防止協会 東北安全衛生サービスセンター

1、目的

安全衛生に関する知識習得と職務の安全な遂行のために「第二種衛生管理者」の資格を取得することを目的として、受験に必要な知識を得るために講習会を受講した。

2、内容

講習での科目は、関係法令や労働生理（身体の機能や疲労・ストレスに関する内容）、労働衛生（快適な職場環境の形成、労働者の安全と健康に関する内容）などに関する内容と、模擬試験が行われた。それぞれの受講時間は以下の通りである。

・労働安全衛生法	2時間
・労働基準法	1. 5時間
・労働生理	3時間
・労働衛生	4時間
・模擬試験	2. 5時間

また、今回の講習は、安全衛生に関するコンプライアンスの確立を図るため、各事業場等に第二種衛生管理者免許取得者の拡充を図ることを目的に、受講費用について本部の助成を受けている。

3、感想

講習の最後にあった模擬試験は、2回行われ、2回の模擬試験とも合格ラインをこえることは出来た。しかし、他の業務などのために、復習や資格試験の受験に時間が空いてしまった。もう一度復習をして、10月から11月の間を目途として今年度中の資格取得を目指して準備を行う。

講習会受講・資格取得の報告

2020年9月28日

評価部 丹野 健徳

名称：「令和2年度東北地区国立大学法人等技術職員研修」

期間：2020年8月25日～27日（3日間）

場所：WEB 会議ツールを使用したオンラインルーム

1、目的

感染症拡大防止対策のために、評価部での取組みとしては利用予約をオンラインで行えるように整備した。これはアンケートや出席確認、業務管理などにも応用もできるため、情報の共有化のためにポスター発表を行った。また、他部局でのコロナ対策の取組みや技術情報を得るため、本研修に参加した。

2、内容

ポスター発表の要旨と発表したポスターは、別紙を参照。

今まで評価部では、装置の利用状況の確認や利用予約は、利用者が管理室前の利用予約簿で直接行っていた（青葉山キャンパスの利用者は電話対応）。しかし、新型コロナウイルス感染症拡大防止対策のために、利用者間の移動や接触を減らすことや、利用者と管理者の利便性の観点から、利用予約をオンライン上から行えるように、Google のアプリケーションを利用したシステムを構築した。

3、感想

ポスター発表の各セッション時間は40分で、オンライン上でのポスター発表とのことで、ポスター発表時には多い時で18名程度の方がオンラインルームに入室して頂けた。今回作成した装置予約システムについて、作成に要した時間や必要な知識、具体的な作成方法や利用者の管理について質問があった。

初めてのオンライン上でのポスター発表だったので、入室者はいるが質問がない時間帯もあったり、チャットツールからの質問があったり、入室者の直接の反応がみられなかったりで、戸惑った場面が多くあった。また、質問を頂いた加齢研の方から後日連絡があり、スクリプトの提供を行った。

前半のセッションでの発表だったので、後半は他の人のポスター発表に参加した。技術的な知見はもちろんだが、その他にオンライン上での発表の仕方など参考になる点も多くあった。

研修参加報告

2020年1月25日

安全衛生管理室 阿部真帆

名称：令和2年度生物・生命科学群専門研修

日時：2020年11月24日（火）～12月11日（金）受講日：12月8日

場所：Google Classroom によるオンデマンド研修

1. 目的

安全衛生管理室では普段の安全管理の他、コロナウイルスの対応を行っている。本研修はコロナウイルスの最新情報と実験室の安全設備についての講演であったため、どちらも業務に必要な情報であるため受講することとした。

2. 内容

講演「新型コロナウイルス感染症 最新情報と感染対策」

東北大学災害科学国際研究所災害感染症学分野 児玉栄一教授

講演「実験室で使用される安全対策設備とそれらの適切な管理について」

オリエンタル技研工業株式会社

3. 感想

各講演で印象に残った点は下記の通りである。下記の点を安管室の業務で活用したいと考えている。

【新型コロナウイルス感染症】

- ・感染症の基本的な対策である手洗い、マスクを行うことが重要。
- ・手洗いは手洗い用せっけんである必要はなく、台所用洗剤を薄めたものでも除菌が確認できた。
- ・ひとつひとつの対策を完璧にやらなくても複数の対策で感染のリスクは大きく下がる。
- ・小学校での感染リスクは低いですが、大学は寮生活、課外活動、旅行、会食により感染リスクが高い。

【安全対策設備】

- ・実験施設、研究室では法令順守だけでなく、周辺住民の目を気にする必要がある。

令和2年度 生物・生命科学群 専門研修
実施要項

1. 目的

日常業務の更なる研鑽と知識習得により、技術職員の能力向上を図り、全学的視点からの技術支援を推進することを目的とし、本研修では現在世界を震撼させている新型コロナウイルスに対する知識習得と日常使用している安全対策設備の使用方法についての再確認を行い、個々のモチベーションの向上と職群の活性化に繋げる。

2. 日時

2020年11月24日（火）～12月11日（金）

3. 開催方法

Google classroom によるオンデマンド研修

4. 研修対象者

総合技術部に所属する技術職員

5. 研修内容

講演「新型コロナウイルス感染症 最新情報と感染対策」

東北大学災害科学国際研究所災害感染症学分野 児玉栄一教授

講演「実験室で使用される安全対策設備とそれらの適切な管理について」

オリエンタル技研工業株式会社

6. 申し込み方法

東北大学メールで Google にログインして下記 URL よりお申し込みください。

<https://forms.gle/EWpPc4sbCQh2JTC59>

後日、classroom より招待メールをお送りいたします。

また、お申し込みは12月4日（金）までとなりますのでご注意ください。

7. 問い合わせ先

ご不明な点がございましたら下記までご連絡ください。

研修担当：小野克彦（医学系研究科病理診断学分野）

E-mail: katsuhiko.ono.e8@tohoku.ac.jp

TEL: 717-8050

研修参加報告

2020年1月25日

安全衛生管理室 阿部真帆

名称：2020年度 REHSEminar

日時：2020年12月23日（水）14：00～15：45

場所：Zoomによるオンライン形式

1. 目的

本セミナーは実験研究を安全に行うための教育、啓蒙活動を行っている NPO 法人 研究実験施設・環境安全教育研究会が主催している。安全衛生管理室では普段の安全管理の他、コロナウイルスの対応を行っているため、コロナウイルスの最新情報を得るため受講することとした。

2. 内容

「COVID-19 対策の合理的根拠」をテーマとして、参加者の職場のコロナ対策の事前アンケート結果について、実験室の換気について、大学の対応についての 3 件の発表とディスカッションが行われた。

3. 感想

発表で印象に残ったのは下記の項目である。基本的な感染症対策を行うことで感染防止できることが分かった。

【換気について】

- ・内部の空気を循環させている設備もあるので、吸排気システムの確認を。
- ・二酸化炭素濃度を計測して換気されているのか目安にすることができる。

【大学（大阪大）の対応】

- ・学生の感染について、学外の飲食、カラオケ、友人宅での懇談で拡大していた。
- ・大阪の感染者数によって、レベル分けをした大学独自の会食ガイドラインを設定した。
（感染に注意しながら会食可～家族以外との会食禁止までの 4 段階）
- ・学内活動による感染者は 0 人であった。
- ・授業前にマスクの着用を呼びかけるなどの啓発を徹底した。
- ・合宿所で一人感染者がいたが、合宿所内での感染症対策を行っていたため感染は広がらなかった。

大学等研究機関や企業が抱える課題についてセミナー形式で行う勉強会

レゼミナル REH Seminar

2020
年度も
やります！

テーマ

「COVID-19対策の合理的根拠」

日時 2020年12月23日(水) 14:00~15:30

形式 Zoomによるオンライン形式

内容 実験研究現場のコロナ対策で共通に抱える色々な課題の合理的な根拠について、REHSE 基準の提案を目指す。実際の現場対応を行っている大学関係者、各分野に詳しいサプライヤーメンバーなどで構成される演者の意見を座談会形式で配信するとともに、オンラインアンケートや参加者からの質疑をもとにしたディスカッションを行う形で、会員に情報発信する。

コーディネーター 吉識肇（理化学研究所）、大島義人（東京大学）

参加申込およびアンケートのお願い

- 参加申し込みは以下のgoogleフォームから登録ください。また同フォームにおいて、当日のセミナーでディスカッションするために、現場の実情をお聞きするアンケートを実施しております。
- 参加申込およびアンケートサイトURL : <https://forms.gle/k4gRSAB6FV1kRX2d7>
- 当日のセミナーの参加の有無に関わらず、ぜひアンケートにご協力ください。
- 参加費は無料です。

問い合わせ先

REHSE 事務局 E-Mail : jimukyoku@rehse2007.com

TEL : 080-4383-2007 〒277-8563 千葉県柏市柏の葉5-1-5 環境棟468号室 東京大学 大島教授室内

REHSE

NPO法人 研究実験施設・環境安全教育研究会
Research for Environment, Health and Safety Education

研修参加報告

2021年1月25日

評価部 阿部真帆

名称：国立大学法人機器・分析センター協議会 シンポジウム

日時：2021年1月25日（月）13：00～15：00

場所：Zoomによるオンライン形式

1. 目的

装置の共用化が進む中で、装置を運用する技術職員の活躍が期待されている。技術職員として、組織の運営をサポートする立場として知見を得るべく参加した。

2. 内容

大学等の設備共用施設が最大の成果を生み出す環境とは～人材活用の観点から～というテーマで教員、技術職員のアンケート結果の報告と、教員と技術職員を交えたディスカッションが行われた。

3. 感想

アンケート結果より、技術職員が業務満足度を高めるために効果的であることについて、下記の順で挙げられた。

1. 仕事に対する目標が明確である、技術研鑽を積める環境にある
2. 仕事が自分に合っている、人間関係が良好である
3. 評価が正当、キャリアパスが明確である

（1が満足度を高めるために効果的であるもの、3は効果が薄いもの）

技術職員の立場では、所属する組織がどこに向かっているかが共有されていないと感じるケースがあり、業務目標が明確になっていないこと、所属する組織の運営側（主に教員）とも情報共有が不足していることが不満の一つであると報告された。また、パネルディスカッションでは技術職員の貢献が表に出ることが少ないことも業務満足度を下げるのではないかと、との議論が行われた。

評価部グループ長、総合技術部の運営をサポートする立場として業務に役立つ情報を得ることができた。



国立大学法人機器・分析センター協議会 令和2年度 シンポジウム

開催日時：2021年1月25日(月) 13:00～

開催方法：Zoomによるオンライン開催

テーマ：大学等の設備共用施設が最大の成果を生み出す環境とは
～人材活用の観点から～

プログラム：

12:00 受付開始

13:00 オープニング／シンポジウム趣旨説明
会長 栗原靖之（横浜国立大学）

13:15 技術職員アンケート報告
「技術職員が最大の成果を生み出す環境とは」
岡征子（北海道大学）、林史夫（群馬大学）

パネルディスカッション

ファシリテーター 会長 栗原靖之（横浜国立大学）

パネリスト 技術職員 岡征子（北海道大学）

森加奈恵（佐賀大学）

教員 境健太郎（宮崎大学）

林史夫（群馬大学）

大学執行部 那須保友（岡山大学）

コメンテーター 文部科学省研究振興局学術機関課

15:00 クロージング 副会長 江端新吾（東京工業大学）

参加対象：どなたでも参加できます 参加費：無料

参加申込：事前登録が必要です。以下のサイトからお申し込み下さい。

https://zoom.us/webinar/register/WN_8-GQh_eESHmbjWaBVPrRgQ

登録して頂くと、接続 URL が自動返信されます。

申込締切：2021年1月22日(金)

問合せ先： kiki_koho@googlegroups.com （機器・分析センター協議会 広報委員会）

*** 本シンポジウムは研究基盤EXPO2021の一環として開催されます**

講習会受講・資格取得の報告

2021年2月22日

評価部 丹野 健徳

名称：分析・評価・観測群 Web セミナー「microED:3D 電子回折を用いた結晶の構造解析セミナー～電子回折および個体 NMR 法を活用した新しい分析手法の紹介～」

期間：2021年2月9日

場所：WEB 会議ツール Zoom を使用したオンライン開催

1、目的

X線回折を用いた結晶構造解析に携わっているため、それに関連した電子回折と NMR を用いた結晶構造解析法について紹介して頂ける本研修に参加した。

2、内容

従来、結晶構造解析の手法としては、中性子線回折と X 線回折、電子線回折の 3 種類がある。近年、これに加えて有機物結晶、特に低分子医薬品の結晶構造解析に有効な電子線回折と固体 NMR を組み合わせた手法が開発され、これについて紹介して頂いた。

有機物結晶の場合、軽元素でも強く相互作用する中性子線回折を用いることで結晶構造解析が行えるが、中性子線の利用は実験室レベルでは困難である。単結晶および粉末 X 線回折についても、数十マイクロンサイズの単結晶の合成や純物質を得にくく（シス/トランスなどの結晶多形が合成）、測定・解析が困難である。

そのため、小さい結晶からでも回折が得られる電子線回折が用いられる。しかし、電子線回折では水素位置の特定や、C/N/O の電子線との相互作用が似た原子の分離が困難である。そこで、水素などに高感度な固体 NMR を組み合わせる手法が開発された。

この手法では、電子線回折から結晶構造全体の大まかな骨組みを求める。次に、固体 NMR から水素の位置や軽元素の化学結合の詳細を調べて、電子線回折で得られた結晶構造に反映させる。その結果、数種類の結晶構造の候補が得られるので、それぞれの構造について NMR スペクトルを理論的に計算して、実測したスペクトルと比較することで、結晶構造の特定を行う。

3、感想

無機物結晶にも応用可能とのことだった。XRD の場合でも、水素位置の特定は困難である。TEM 試料作製は少し大変なので、ED の代わりに XRD と NMR を組み合わせることで、例えば水酸化物や水和物の結晶構造解析に威力を発揮すると思われる。

講習会受講・資格取得の報告

2021年3月22日

評価部 丹野 健徳

名称：総合技術研究会2021東北大学

期間：2021年3月3日 - 3月5日

場所：WEB 会議ツール Zoom 等を使用したオンライン開催

1、目的

全国の大学等の教育・研究機関に所属する技術職員の技術交流や研鑽を行うために、各技術職員による発表の聴講や、自身の業務についての発表を行った。

2、内容

「Google アプリを用いた装置予約システムの構築～ノンプログラマーによる業務改善～」と題して、何時でも聴講者が視聴可能なオンデマンド発表を行った。別紙に今回発表した報告誌原稿とスライドを添付する。発表の概要としては、装置の利用予約をオンライン化するにあたり、Google が提供するプログラム言語である Google Apps Script（以下 GAS）と Google フォームやスプレッドシートなどの各種 Google アプリを組み合わせることで、プログラミングが本職ではない技術職員でもシステムの構築ができたことを報告した。寄せられた質問とその回答を以下に列挙する。

Q1：利用者に Gmail アカウントがなくても利用システムが使えるのか。

A1：利用者には必要ないが、学内利用者のみアクセス制限として必須にしている。

Q2：カレンダーの予定重複を確認するプログラムの詳細を教えてください。

A2：該当箇所のプログラムを提示して回答とした。

Q3：学外サービスの利用にあたり、セキュリティーの懸念などの反対はなかったか。

A3：全学のメールアドレスシステムとして Gmail への移行が進んでいることもあり、今回の利用予約システムの構築について反対はなかった。

Q4：GAS に慣れていない者がどれくらいの期間で作成可能か。

A4：私の場合ゼロから学習を始めて一ヶ月ほどかけて作成した。

3、感想

本発表については各大学でも関心が高かったようで、多くの方にご視聴頂き、質問も寄せられた。予約システムを作成中だったので参考になった、G Suite を利用しているので GAS を利用してみたい、などの意見が得られたので有意義な発表となったと思う。

研修受講報告

令和2年7月20日
プロセス部 森田伊織

名称：「2020年度東北大学新任管理者等研修」

期間：令和2年6月8日～7月21日（通知～動画視聴期限までの期間）

場所：東北大学インターネットスクール（ISTU）

1、目的

（1）新任管理者等に要求されるマネジメントに関する基本的な知識とスキルを学習し、管理職としての更なる資質の向上を図ることを目的とする。

（2）部下の人事評価に関する基本的な知識やスキルを学習することによって、評価制度の運用の平準化を図り、評価の公平性・信頼性を確保することを目的とする。

*対象者について

①課長、室長（課長級）、事務長（以下「課長等」という。）に昇任した者。

②学外から課長等に異動した者（ただし、全国異動の対象者であって、他大学において既に課長等であった者については本研修の受講を希望する場合に限る）。

③その他、新たに人事評価に係る評価者となった者（教員を除く）。

（2）新任管理者等研修における過去受講対象者のうち、未受講の者。

（3）人事評価（事務系職員）評価者研修における過去受講対象者のうち、未受講の者。

2、内容

東北大学インターネットスクール（ISTU）を使用した e-learning 形式により実施された。動画配信の事前に、講義資料のダウンロードと事前課題の作成を行い、その後動画（約6時間）を視聴した。

3、感想

本研修は本来であればグループワークなども予定されていたが、コロナウイルス対策の兼ね合いで web ラーニング形式での受講となった。講義の内容は、管理者と職場のメンタルヘルスや、管理職としての役割期待、組織の活性化、人事評価に関わるものであり、電子回路群の部局代表者（評価協力者）になるにあたって本研修は有意義なものであった。今後、理解を形にする為には本研修の資料等を繰り返し確認する事で学んでいきたい。

以上



第三章

発表・成果報告

業務上の成果をまとめました。論文掲載や謝辞掲載、技術研究会での発表等、その形式には幾つかあります。成果発表の場でもある、研究会や技術発表会への参加も積極的に行っています。



共著・謝辞掲載論文一覧
対象期間 2020.4 ~ 2021.3

謝辞掲載論文

・評価部

Satoshi Katano, et al., “Localized surface plasmon-induced vibrational excitations in the surface-enhanced Raman scattering using two-dimensional array of silver nanocubes”, *Journal of Applied Physics*, **127** (2020), 18530 1-8.

Satoshi Katano, et al., “In Situ Observation of Atomic-Scale Growth of a NaCl Thin Crystal on Au(111) by Scanning Tunneling Microscopy”, *Journal of Physical Chemistry*, **124** (2020), 20184-20192.

Masakazu Sugawara, et al., “Optical detection of nano-particle characteristics using coupling to a nano-waveguide”, **28** (2020), 18938-18945.

Takaaki Yoshino, et al., “Optical transport of sub-micron lipid vesicles along a nanofiber”, **28** (2020), 38517-38538.

・プロセス部

Junta Igarashi, Butsurin Jinnai, Valentin Desbuis, Stéphane Mangin, Shunsuke Fukami and Hideo Ohno

“Temperature dependence of the energy barrier in X/1X nm shape-anisotropy magnetic tunnel junctions”

Appl. Phys. Lett. **118**, 012409 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0029031>

Butsurin Jinnai, Junta Igarashi, Kyota Watanabe, Eli Christopher I. Enobio, Shunsuke Fukami, and Hideo Ohno

“Coherent magnetization reversal of a cylindrical nanomagnet in shape-anisotropy magnetic tunnel junctions”

Appl. Phys. Lett. **118**, 082404 (2021); <https://doi.org/10.1063/5.0043058>

K. Hayakawa, S. Kanai, T. Funatsu, J. Igarashi, B. Jinnai, W. A. Borders, H. Ohno, and S. Fukami,

“Nanosecond Random Telegraph Noise in In-Plane Magnetic Tunnel Junctions,”

Physical Review Letters **126**, 117202 (2021). doi:10.1103/PhysRevLett.126.117202

発表・成果報告一覧

対象期間 2020.4 ～ 2021.3

阿部健人 (工作部) 20.8.27

令和 2 年度東北地区国立大学法人等技術職員研修 加工開発群実技講習
「柔らかい樹脂材料の機械加工～テフロン製実験器具の製作と考察～」

阿部真帆 (評価部) 20.8.26

令和 2 年度東北地区国立大学法人等技術職員研修 ポスター発表
「電気通信研究所の新型コロナウイルス感染症対策について」

丹野健徳 (評価部) 20.8.26

令和 2 年度東北地区国立大学法人等技術職員研修 ポスター発表
「Google アプリを用いた装置予約システムの構築」

森田伊織、小野力摩 (プロセス部) 21.3.3-5

総合技術研究会 2021 東北大学

交流企画「ナノ・スピン実験施設の紹介」

前田泰明 (工作部) 21.3.5

総合技術研究会 2021 東北大学

「精密重力センサーの装置部品とファイバ治具の製作」 リアルタイム発表

参考：総合技術研究会 2021 東北大学 報告誌 P46

丹野健徳 (評価部) 21.3.5

総合技術研究会 2021 東北大学

「Google アプリを用いた装置予約システムの構築～ノンプログラマーによる業務改善～」

丹野健徳 (評価部) 21.3.22

電気通信研究所研究基盤技術センター技術発表会

「X線回折法の基礎と評価部での測定例」

太田憲治 (情報技術部) 21.3.22

電気通信研究所研究基盤技術センター技術発表会

「最先端研究を支える情報技術部」

令和2年度 東北地区国立大学法人等技術職員研修 加工開発群実技講習実施要領

柔らかい樹脂材料の機械加工～テフロン製実験器具の製作と考察～

1. 目的

東北大学事業支援機構総合技術部 加工開発群では様々な実験装置・機器の製作を通して学内の研究を部局ごとに支援している。その中から今回は電気通信研究所で多く対応している、テフロンの加工を題材として取り上げたい。テフロン（PTFE）は生物化学的な実験に多く用いられ、その物理的な性質は非常に柔らかく金属とは異なる特性を持っている。今回の研修では、Webオンライン形式での実施を意識し、モノづくりにおいて重要な要素である「工程の構築」ということに主眼を置き、このテフロン製チャンバーの製作工程について考察する。

また、このオンライン研修において、情報交換することにより、お互いの（催行者、受講者）機械加工に関する知見を深めることを目的とする。

2. 対象者

- ・機械加工に関心がある技術職員。

※Web形式（Google Meetを使用）での開催の為、PC、電子メール、ネットワーク環境が必須。

自身で扱える工作機械がある方が望ましいが、必ずしも必要ではない。

3. 課題：1) テフロン製器具（テフロンチャンバー）の製作工程の構築 ※詳細は別紙

課題ワークシートを8月27日 14:00までに提出

2) プレゼンテーション（8月27日15:00～）※書式等自由

- ・テフロン製器具（テフロンチャンバー）の製作工程の構築（課題1）
- ・自分の職場紹介（主な製作品、苦勞している事、工夫した点などを可能な範囲で）

4. スケジュール

日時 8月27日（木）

9:00～9:15	東北大学通研工作部の紹介
9:15～9:30	ガイダンス
9:30～12:00	研修開始 ワークシート（プレゼン資料）の作成
12:00～13:00	昼休憩
13:00～14:00	研修開始 ワークシート（プレゼン資料）の作成
14:00～15:00	資料の提出
15:00～16:30	プレゼン まとめ

【連絡先】 東北大学電気通信研究所 研究基盤技術センター 工作部 TEL (022)-217-5536

末永 保 e-mail:tamotsu.suenaga.e4@tohoku.ac.jp

阿部健人 e-mail:kento.abe.c6@tohoku.ac.jp

テフロンチャンバーの製作

東北大学電気通信研究所
研究基盤技術センター 工作部

テフロン製チャンバーはシリコン基板上に脂質分子膜が形成された試料を作製する目的で開発され、特徴として以下のような点が挙げられる。(図1参照)

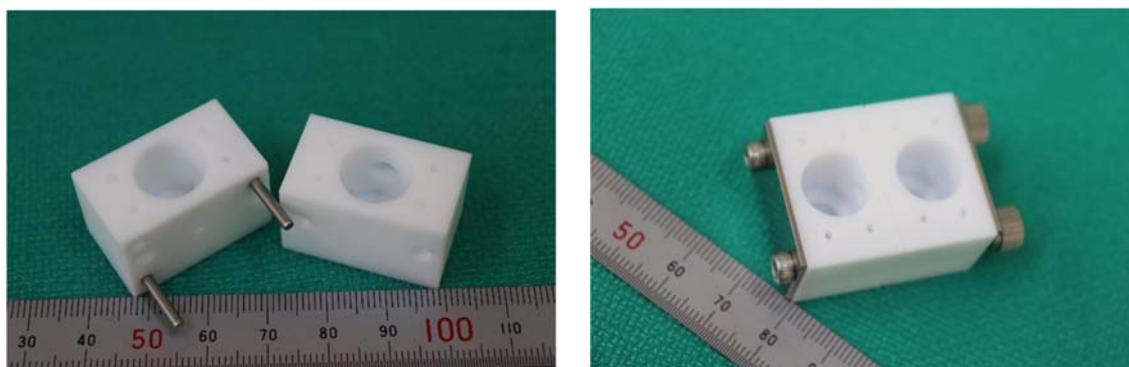


図1 テフロンチャンバー概観

- 1 溶液孔と、基板へのアクセスのための横穴を持つ2つのテフロン材でシリコン基板を挟み込む構造(図2参照)
- 2 脂質分子の溶液孔から基板への流れを円滑化するための内テーパ形状の横孔
(図2、3参照)
- 3 液位操作のためのチューブ挿入孔を4箇所施工(図3参照)
- 4 表面状態は滑らかで平坦
- 5 溶液孔寸法: 直径18mm、深さ20mm
- 6 内テーパ穴寸法: 入り口直径5mm、テーパ角60°
- 7 チューブ挿入孔: 直径1.2mm、開口部内テーパより下部
- 8 要求精度: $\pm 0.1\text{mm}$

※詳細は別添図面参照

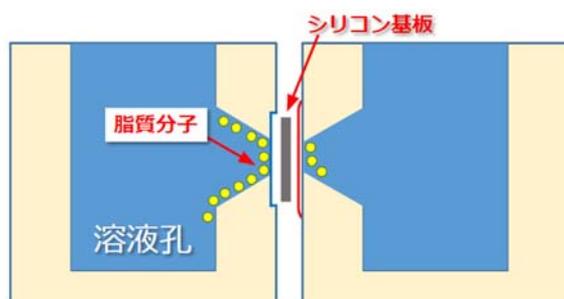


図2 テフロンチャンバー断面模式図



図3 テーパー形状横孔

電気通信研究所の新型コロナウイルス感染症対策について

阿部 真帆

東北大学電気通信研究所 安全衛生管理室

1. はじめに

東北大学電気通信研究所安全衛生管理室では、2020年1月より新型コロナウイルス感染症感染拡大防止対策（以下、コロナ対策）を行ってきた。2020年8月現在すべての大学でコロナ対策が行われていることから、その一助として安全衛生管理室が行ってきた対策を紹介する。

2. 電気通信研究所安全衛生管理室について

電気通信研究所（以下、通研）は教職員165名、学生222名で構成されており、そのほかに他部局に所属している教職員、学生の居室、実験室がある。通研所属、他部局所属を合わせて28の研究室あり、電気系（主に実験作業）と情報系（主にPC作業）のふたつに研究内容が分かれている。

通研安全衛生管理室（以下、安管室）は所属に関わらず通研内で働く教職員や学生の安全と健康を維持することを目的とした組織であり、研究室へ安全衛生管理のサポートを主な業務としている。今回報告するコロナ対策では通研新型コロナウイルス対策本部の指示のもと、事務部と協力して対策を行っている。

3. 新型コロナウイルス感染症拡大防止対策について

新型コロナウイルス感染症は世界中で感染が拡大している。2020年8月現在も治療法やワクチンが確立されておらず、その拡大防止のために各々がマスク、手洗いといった一般的な感染症予防対策を行うことが推奨されている。

東北大学では、大学の定めた行動指針（BCP）に基づき各部局が策定した新型コロナウイルス感染症防止対策管理体制の下で対策が行われている。そのため対応は、基本的な感染防止対策に加え、各部局の事情に合わせたきめ細かいコロナ対策が実施されている。

通研安管室が行っている2020年の主なコロナ対応については下の表1の通りである。1-3月はアルコール消毒液やマスクの配布等が対策の中心であったが、4月以降はそれに加えて、通研内、学内の新型コロナウイルス関連の情報を掲載する新型コロナウイルス関連情報専用Webサイトを作成し、教職員、学生への丁寧な情報提供を行っている。サイトは常に最新の情報を掲載している。

表1 主な対策とその実施時期

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
アルコール消毒液の配布	—————							
マスクの配布			●			●		
専用サイトでの情報提供				—————				
各研究室の対策確認					—————			

————— 継続して実施

● 不定期に実施

参考文献

- [1] 東北大学新型コロナウイルスBCP対応ガイド <https://www.bureau.tohoku.ac.jp/covid19BCP/index.html>
 [2] RIEC 新型コロナウイルス関連情報サイト <https://sites.google.com/view/riec-covid-19>

電気通信研究所の新型コロナウイルス感染症対策について

東北大学電気通信研究所 安全衛生管理室 阿部真帆

1. はじめに

東北大学電気通信研究所安全衛生管理室では、2020年1月より新型コロナウイルス感染症拡大防止対策（以下、コロナ対策）を行ってき、すべての大学でコロナ対策が行われていることから、その一助として安全衛生管理室が行ってきた対策を紹介する。

2. 組織の紹介

電気通信研究所（以下、通研）安全衛生管理室（以下、安管室）は所内で働く教職員や学生の安全と健康を維持することを目的とした組織であり、主な業務は研究室への安全衛生についての情報提供やサポートである。

安管室は室長、副室長（教授）、助教、技術職員、事務補佐員（すべて兼務）で構成されている。

今回報告するコロナ対策では通研新型コロナウイルス対策本部の指示のもと、事務部と協力して対策を行っている。

参考文献

東北大学新型コロナウイルスBCP対応ガイド
<https://www.bureau.tohoku.ac.jp/covid19BCP/index.html>

3. 新型コロナウイルス感染症拡大防止対策について

通研安管室が行っている主なコロナ対応については下記の表1の通りである。

今年の1-3月はアルコール消毒液やマスクの配布等が対策の中心であったが、4月以降はそれに加えて、通研内、学内の新型コロナウイルス関連の情報を掲載する新型コロナウイルス関連情報サイトを作成した（図1）。こちらはアクセスすれば必要な情報が得られるようリンク集の形式としている。

各研究室の対策確認については、感染があった場合に接触者等の情報を追跡できるよう所内の入室記録と感染症対策を確認するチェックフォーム（図2）の入力を定期的に研究室に呼びかけ、入力状況を確認している。

図1、図2については、テレワークでも更新、確認できるよう google のアプリケーションを使用している。

表1 主な対策とその実施時期

アルコール消毒液の配布	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月
マスクの配布							●	
専用サイトでの情報提供								
各研究室の対策確認								

— 継続して実施
 ● 不定期に実施



図1 作成したwebサイト
<https://sites.google.com/view/riec-covid-19>



図2 チェックフォーム

Googleアプリを用いた装置予約システムの構築

○丹野 健徳

東北大学 電気通信研究所 研究基盤技術センター

1. はじめに

当センターでは、走査型電子顕微鏡やX線回折装置などの実験装置の共通利用を提供している。各種装置の利用予約は、当センターの管理室前に設置した予約簿へと直接記入するか電話等で担当者に連絡することで行っていた。しかし、今般の新型コロナウイルス感染症の広がりを受けて、大学施設への立ち入りなどに様々な制限が生じた。当センターにおいても、利用者の入構制限や担当者のテレワークによる不在などで、装置の利用予約が滞った。

円滑な共通利用の提供を行い、同時に利用者-管理者間での接触を最低限に防ぐために、装置の利用予約をオンラインで行う必要が出てきた。そこで、東北大メールに紐づいて利用できるG Suiteの機能であるGoogleアプリ（ドライブ、フォーム、ドキュメント、スプレッドシート、サイト、カレンダー、メール）とアプリと連携して利用できるプログラミング言語であるGoogle Apps Script（以下GASと表記）を用いて、装置の利用予約システムのオンライン化を行ったので、これについて報告する。

2. システムの概要

システムの構築にあたり、最初に利用予約システムに必要な動作を想定することから始めた。次に、それぞれの動作についてGASで構築していき、最後に全てのGASを連動して動作させるようにして利用予約システムを構築した。想定した動作は以下の通りである。

1. フォームに入力した内容がスプレッドシートに保存
2. 各種の利用装置毎にプログラムを分岐
3. スプレッドシートの内容をカレンダーに反映して予約完了
4. 予約完了時、または予定が重複した予約失敗時に通知メールを送信
5. 予約内容の控えを当センターと利用者の所属研究室の責任者に送信

それぞれの動作は以下のフロー図に従って処理される。これらをGASの内容の一部について以降の項目で説明していく。

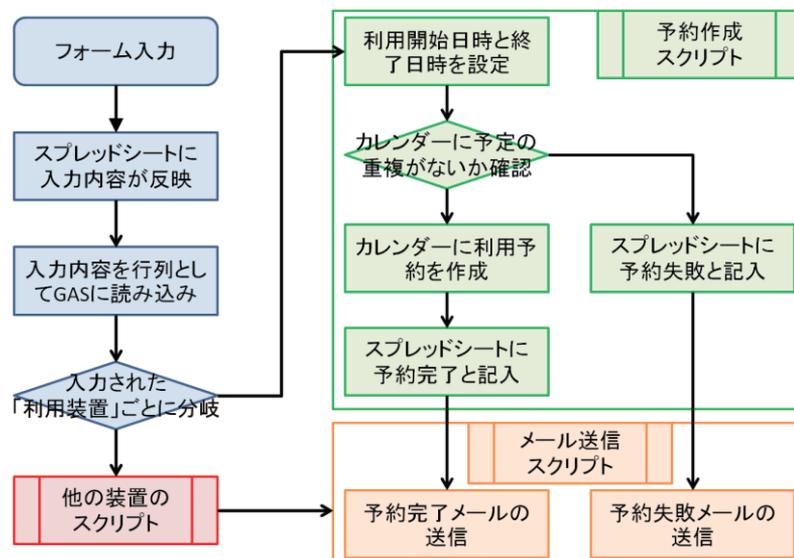


図1 装置利用予約システムのフロー

3. システムの構築

3.1 フォームとスプレッドシート

フォームに入力した内容は、自動的に関連付けたスプレッドシートに内容が記録されていく。さらに、そのスプレッドシートと GAS を紐づけることで、入力された内容をプログラムの引数として利用しやすくなっている。

各種の利用装置毎にプログラムを分岐させる関係上、プルダウンからあらかじめ入力してある利用装置名を選択させることで、入力による表記ゆれをなくして分岐条件の引数として利用しやすくした。また、所属研究室の入力もプルダウンとしている。利用申請を受けた研究室のみを選択肢とすることで、他研究室の利用制限、利用者の管理を容易にするためである。

スプレッドシートの入力内容は、1行8列の行列 **values** として GAS 上で宣言することで、行列内に保存された各入力内容 **values[0][i]** を引数として利用できる。スプレッドシートの入力内容と行列番号、GAS 上での主な使用用途について表1にまとめる。

表1 スプレッドシートの入力内容と行列番号

スプレッドシートの入力内容	行列番号	GAS 上での使用用途
タイムスタンプ	values [0][0]	フォームの入力時間
メールアドレス	values [0][1]	メールの送信先
利用者名	values [0][2]	ドキュメントで置換
所属研究室	values [0][3]	CC でのメールの送信先
利用装置	values [0][4]	装置毎にプログラムの分岐
利用予定日	values [0][5]	カレンダーでの 重複の確認と予定の作成
開始時間	values [0][6]	
終了時間	values [0][7]	

3.2 利用装置毎のプログラムの分岐

プログラムの分岐は、if 文と else if 文を利用することで実現可能である。今回作成した GAS の場合では、利用装置毎にプログラムを分岐させるので、入力された **values**[0][4] の内容が if 文内の特定の文字列と一致すれば、予約作成プログラムに進む。一致しない場合は、次の else if 文に進み、他の装置の予約作成プログラムに進むように構築した。

利用者が予約フォームから入力した際に、利用装置名を間違えた場合や、表記ゆれがある場合はプログラムの分岐が上手くいかなくなる。そのため、利用装置の入力は、プルダウンメニューから行うこととした。

3.3 予約内容をカレンダーに反映

前段階の準備として、自身の東北大メールの Google カレンダーアプリに、各装置について個別にカレンダーを作成しておく必要がある。次に、各カレンダーの『設定と共有』から、カレンダーIDを確認する必要がある。GAS 上でカレンダーIDを宣言することで、カレンダーに GAS からアクセスして予定の作成などが可能となる。

カレンダーに予定を作成する上で、予定の開始日時と終了日時を設定する必要がある。今回作成した GAS の場合では、スプレッドシートに入力された **values**[0][5], **values**[0][6], **values**[0][7] が、それぞれ利用予定日、開始時間、終了時間にあたる。日時の変数は通常の変数とは参照の仕方が異なるため、new Date で新たに生成する。また、生成された日付の変数は標準では 00 時 00 分 00 秒となっているので、setHours 等を用いて時間を入力していき、開始時間と終了時間について YYYY 年 MM 月 DD 日 hh 時 m 分という内容を設定する。

次に、設定した開始時間と終了時間との間でカレンダーに予定の重複がないかを確認して、重複がなければ利用予約の内容をカレンダーに予定として作成する。予定の作成が出来たならば、‘予約完了’とス

プレッドシートのセルに入力して、後で確認が取れるようにした。また、予定の重複があった場合は、‘予約失敗’と入力するように構築した。これらの入力項目は、次項の予約完了時と予約失敗時のメール送信の分岐として使用する。

3.4 予約完了時、予約失敗時の通知メール送信

予約内容 GAS にはメール送信の方法が2種類用意されており、MailApp.sendEmail と GmailApp.sendEmail という2種類のアプリケーションである。GmailApp.sendEmail の方が送信元の設定などの詳細な設定が可能である。例えば、GmailApp.sendEmail のオプション欄である{ }内に、bcc を追記することで、予約内容の控えメールを自身のアドレスなどに送る設定が出来る。さらに、送信元のメールアドレスは、デフォルトでは自身の東北大メールアドレスとなるが、オプション欄に noReply:true を追加することで、noreply@tohoku.ac.jp が送信元となる。さらに、Gmail アプリの設定で、他のメールアドレスを追加することが可能で、送信元を追加したメールアドレスに設定できる。以下にプログラムの例文を示す。

```
GmailApp.sendEmail(user@tohoku.ac.jp, Title, Body, {bcc:'XXX@tohoku.ac.jp', noReply:true});
```

予約完了時と予約失敗時のプログラムの分岐は、3.3 でスプレッドシートのセルに入力した‘予約完了’と‘予約失敗’を if 文 else if 文の条件とすることで分岐させた。また、メール本文の内容は、ドキュメントで定型文を用意しておき、その中の一部をフォームで入力された内容に置換することにした。カレンダーの場合と同様にドキュメントを GAS で利用する場合も、ドキュメント ID を確認して GAS 上でドキュメント ID を宣言する必要がある。図2に Google ドキュメントによるメール本文と送信されたメール文を示す。ドキュメント内で { } で囲まれた部分が置換されていることがわかる。

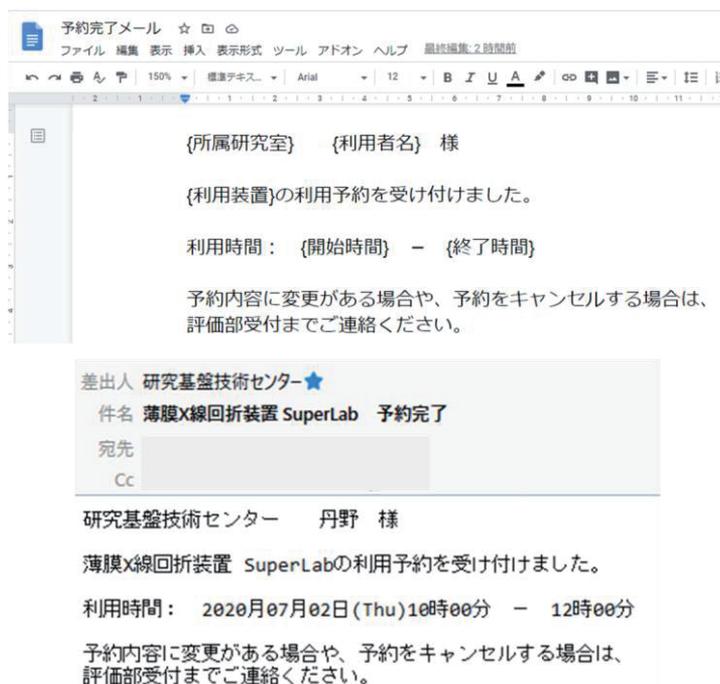


図2 ドキュメントによるメール文と実際の送信メール

4. システムの運用

装置予約システムの運用を行うために、Google サイトにカレンダーとフォームを埋め込んで、ホームページを公開した。Google サイトを用いることで、カレンダーとフォームの埋め込みが簡便に出来る。それに加えて、一般の方にホームページが表示されずに、東北大メールアドレスをもった教職員と学生

のみが閲覧できるように設定できる。図3に実際に運用している装置予約システムの画像を示す。

当初は利用申請を受けた研究室のみが閲覧や予約ができるようにすることを検討したが、共有化の設定やプログラムが煩雑になるため実装はしなかった。その代わりに、所属研究室の入力欄を、利用申請を受けた研究室のみが表示されるプルダウンメニューとすることで、それ以外の研究室が利用予約を出来ないようにしている。

所属研究室ごとに各研究室の利用責任者のメールアドレスをデータベース化しており、所属研究室を入力することで、研究室の利用責任者にもCCでメールが送信して、学生が実験していることを研究室側でも把握できるようにした。

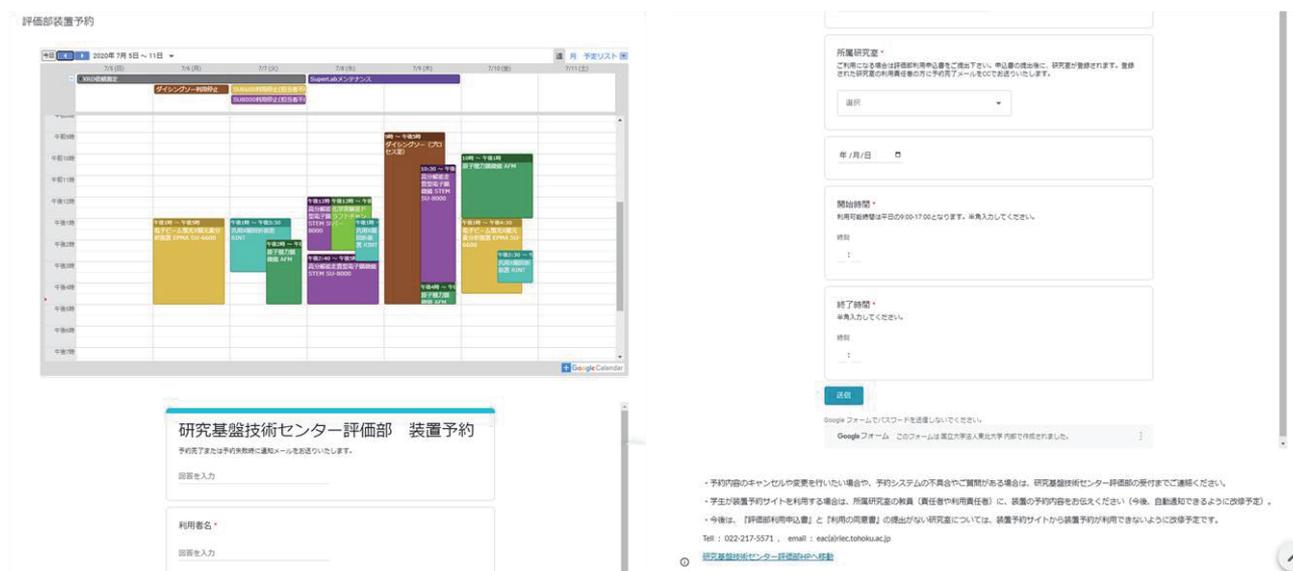


図3 実際に運用している装置予約システムの画像

5. まとめ

私自身のこれまでのプログラミングの経験は、C言語を用いた簡単なプログラミング実習を学生時代に受講したことがあり、測定結果の解析にテキストユーザーインターフェースのソフトを利用していること程度である。プログラミングの知識は多少有しているが、本格的なプログラミングは行ったことはなかった。今回、利用予約システムのオンライン化にあたり、参考文献^[1]とGASのホームページ^[2]もとにGASの構築を行った。本格的なプログラミングの経験がなくても、各種Googleアプリを連携させることで、はじめからプログラミングを行うよりも簡単にシステムを構築できた。

さらに、管理者側から装置のメンテナンス予定等を入力するシステムも構築した。今後も適宜、機能の更新や、他のGASの利用方法などを応用していきたい。

参考文献

- [1] 高橋宣成 (2018) 『詳解!Google Apps Script 完全入門』 秀和システム
- [2] Google Apps Script: <https://developers.google.com/apps-script>



Googleアプリを用いた装置予約システムの構築

東北大学 電気通信研究所 研究基盤技術センター 丹野 健徳



概要

当センターでは、SEMやXRDなどの実験装置の共通利用を提供しており、当センターの管理室前に設置した**予約簿へと記入することで利用予約**を行っているが、新型コロナウイルス感染症の広がりを受けて、当センターにおいても、利用者の入構制限などで、装置の利用予約が滞った。

コロナ禍においても**円滑な共通利用の提供**を行い、同時に**利用者-管理者間での接触を最低限に防ぐ**ために、装置の利用予約をオンラインで行うために、東北大メールに紐づいて利用できる**G Suite**の機能である**Googleアプリ**と、これらのアプリと連携して利用できる**プログラミング言語**である**Google Apps Script**を用いて、**装置利用予約システムのオンライン化**を行ったので、これについて報告する。

利用したアプリと役割

ドライブ: 各アプリを保存/共有

カレンダー: 予約日時の管理

フォーム: 利用予約の入力

スプレッドシート: フォームの入力内容を保存

メール: メールの送信

GAS: プログラミング

ドキュメント: メール本文の記述

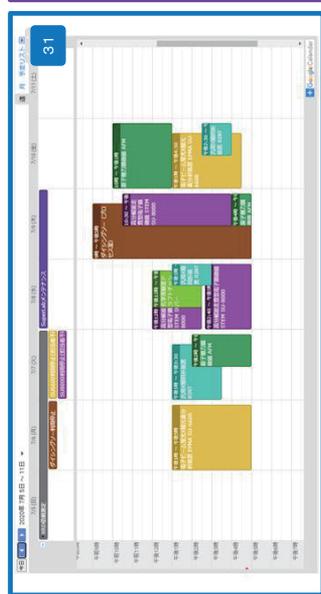
サイト: カレンダーとフォームをHPとして公開

メール: メールの送信

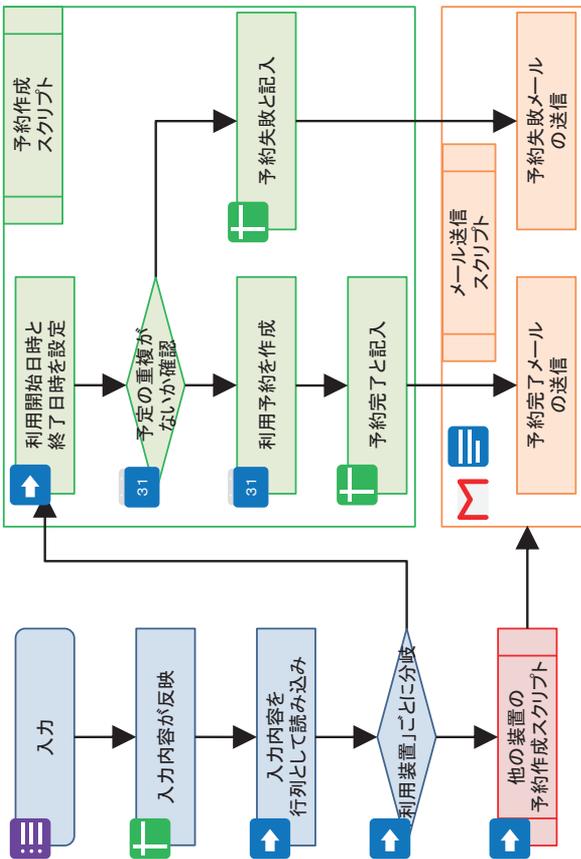
GAS: プログラミング

実際の装置利用予約システム

研究基盤技術センター



装置利用予約システムのフロー



まとめ

私自身のプログラミングの経験は、C言語を用いた簡単な実習を受講したことがある程度で、本格的なプログラミングは行ったことはなかった。

利用予約システムのオンライン化にあたり、参考文献^[1]と**Google Apps Script**のホームページ^[2]もとに構築を行った。

本格的なプログラミングの経験がなくても、**Googleアプリ**と**Google Apps Script**を連携させることで、はじめからプログラミングを行うよりも簡単にシステムを構築できた。

管理者側から装置のメンテナンス予定等を入力するシステムも構築しており、今後も適宜、機能の更新や、他の**Google Apps Script**の利用方法などを応用していきたい。

[1] 高橋晋成 (2018) 『詳解Google Apps Script完全入門』秀和システム

[2] Google Apps Script: <https://developers.google.com/apps-script>

総合技術研究会 2021 東北大学 交流企画報告書

企画名	B-8：東北大学電気通信研究所ナノ・スピンの実験施設の業務紹介			
内容	①電子線リソグラフィ②光リソグラフィ③フォトマスク作製を中心とした、技術サービス業務の紹介を行います。動画の中では、リソグラフィ技術の紹介やフォトマスク用のデータ（GDS,DXF フォーマット）作成などについても紹介いたします。また、東北大学電気通信研究所ナノ・スピン実験施設内のクリーンルームの運転管理業務や、外部機関の方が利用可能なテクニカルサポートセンターに登録されている共用装置類についても紹介いたします。			
日時	2021年3月3日（水）～3月5日（金）＊オンデマンド			
責任者	職位	技術専門職員	氏名	森田 伊織
スタッフ	職位	技術一般職員	氏名	小野 力摩
動画再生回数	188回			
当日のトラブルの有無・状況	特になし。			
企画の特徴・工夫した点・苦労した点について	<ul style="list-style-type: none"> ・施設内クリーンルーム見学を想定した撮影を実施した。 ・作製の工程を撮影した。 ・作製には専用のソフトウェアを用いた（動画編集：PowerDirector、テキスト読み上げ：音読さん） ・動画作製期間は、撮影は数日だったが、全体の編集には約一か月程度要した。 			
スタッフの感想、参加者の反応、その他	<ul style="list-style-type: none"> ・動画での業務紹介ということで、細かいニュアンスを伝えることが難しく、口頭での説明以上に「どのようにしたら相手に伝わりやすいか(≒どのくらい細かく説明するか、かみ砕いて説明するか)」を意識しなければならなかったと感じた。 ・読み上げ用のテキストの作成にあたり、自分の担当業務を一度文章化した。その作業を行う中で、自分が業務についてどの程度理解しているのかを明らかにすることができた。 			

X線回折法の基礎と評価部での測定例

東北大学 電気通信研究所
研究基盤技術センター 評価部
丹野 健徳

アウトライン

- 評価部のX線回折装置
 - X線回折装置の構造
 - X線の発見、発生方法、光学素子、検出方法
 - 試料となる結晶、結晶構造
- X線回折の原理と実際の測定例
 - 波とX線の散乱・回折・干渉
 - X線回折パターン、定性・定量分析、結晶の大きさ、結晶構造の解析
- X線回折装置の応用例
 - 高温加熱ステージとその応用
 - 薄膜X線回折測定
 - Out-of-Plane / In-Plane XRD
 - 二次元検出器を用いた逆格子マッピングと高速測定
 - X線反射率を用いた膜厚の解析
 - 極点図(XRDとSEMとの比較)

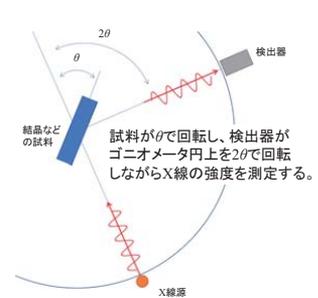
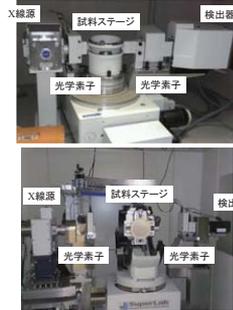
評価部のX線回折装置

3台のX線回折装置を試料や測定手法で使い分け。

- 粉末試料測定用 Rigaku, Rint2200
- 薄膜試料測定用 Rigaku, SuperLab
- 薄膜試料測定用 PANalytical, X'Pert



X線回折装置の構造



X線の発見

短い波長(大きなエネルギー)をもつ電磁波の一種で、波長が0.001-10 nm程度の範囲をX線と呼ぶ

入射した物質を電離・励起させることから電離放射線とも呼ばれる
⇒一般でいう「放射線」

1895年にヴィルヘルム・レントゲンによって発見された。レントゲンは、目には見えないが光(可視光)と同じようにフィルムを感光し、人体や物体を透過するこの光線に、未知数を表す「X」の名前を付けた。

レントゲンはこの功績により、第一回ノーベル物理学賞を受賞している。

その後、ラウエによる回折現象の発見により、X線が電磁波であることが分かった。

次に、ブラッグ親子によって結晶構造解析に用いられた。これらの功績により、ラウエ・ブラッグ親子もノーベル賞を受賞している。

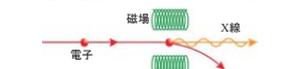
100年以上昔の技術でありながら、現在でも医療や品質管理、材料の欠陥検査、物理学など幅広い分野で用いられており、最新の測定技術も開発されている。

レントゲン夫人の手を撮影した世界初のX線写真(パブリックドメイン)

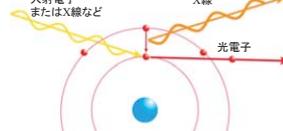


X線の発生方法

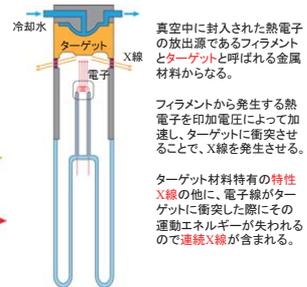
連続X線(白色X線、制動放射)
いろいろな波長のX線が発生
失われた電子の運動エネルギーに相当するX線が発生



特性X線(蛍光X線)
原子特有の波長のX線が発生
電子軌道のエネルギー差に相当するX線が発生



X線管球: X線回折装置などに用いられるX線発生源



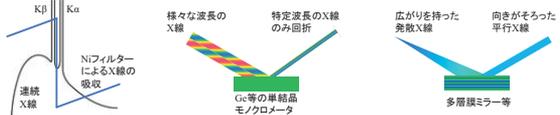
真空中に封入された熱電子の放出源であるフィラメントとターゲットと呼ばれる金属材料からなる。

フィラメントから発生する熱電子を印加電圧によって加速し、ターゲットに衝突させることで、X線が発生させる。

ターゲット材料特有の特性X線の他に、電子線がターゲットに衝突した際にその運動エネルギーが失われるので連続X線が含まれる。

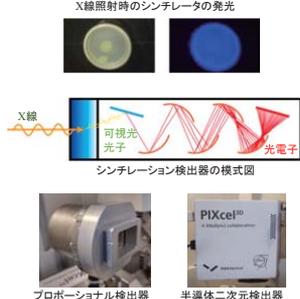
X線の光学素子

X線回折装置で用いられる入射X線は、Cu等の金属をターゲットとして、K α 特性X線（電子軌道K殻への外殻のL殻からの遷移時に発生）が用いられる。
 X線管球から発生したX線に含まれる連続X線やK β 特性X線（M殻からK殻への遷移）は、 β 線フィルター（Cuの場合はNi）やモノクロメータを用いて除去される。
 また、X線は空間的に広がり発散しているが、測定方法によっては特殊なX線ミラーを使ってX線の向きをそろえることもある。
 その他にも、X線の照射幅を制限するスリットや、散乱したX線を除去するソーラースリット等も用いられる。



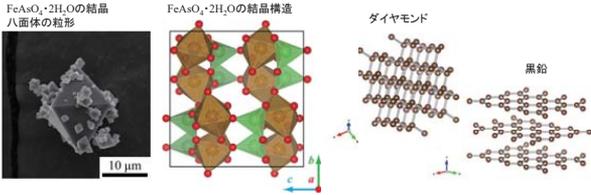
X線の検出方法

- シンチレーション検出器
X線を蛍光物質（シンチレータ）によって微弱な可視光に変換して、さらに光電子増倍管によって電気信号に変換して検出する。
- プロポーション検出器
キセノン等の希ガス中をX線が通過した際に電離された電子（一次電子）を高電圧によって加速して、さらに他のガスを電離することで多重の二次電子を増幅して電気信号として検出する。
- 半導体二次元検出器
半導体にX線が入射した際に電離された電子・正孔対を電気信号として検出する。この半導体検出器を集積することで二次元の位置情報・高分解能・高計数・高速測定が可能。

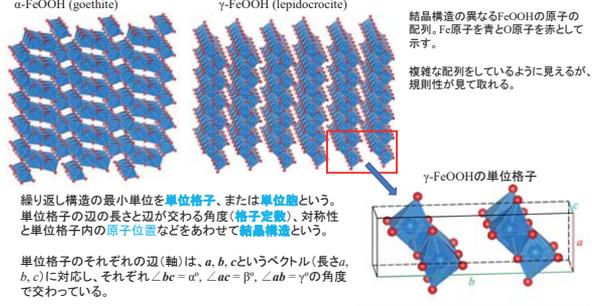


試料となる結晶とは？

原子あるいは分子が、三次元的に一定の**周期性をもつて配列**し、それが**長範囲の規則性**を有するものを結晶という。金属だけではなく、酸化物や有機物も結晶になる。
 結晶内の原子の並び方は、その物質の性質（物性）を決める非常に重要な因子となる。
 導電率・誘電率・磁性・剛性・弾性・塑性・硬さ・結晶の晶形・etc...

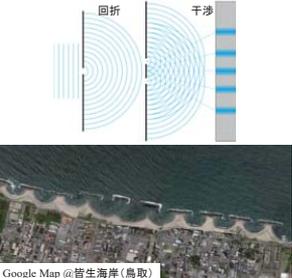


結晶構造

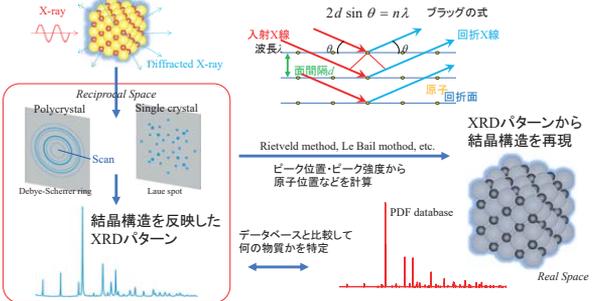


波の散乱・回折・干渉

散乱: 光などの波や粒子がターゲットと衝突あるいは相互作用して方向を変えられること。
 回折: 屈折・反射やこれらが複合した現象が含まれる。
 回折: 波が伝播する際に障害物に当たり、幾何学的には到達できない場所まで波が回り込んで伝播すること。
 干渉: 複数の波の重ね合わせによって新しい波形ができること。同じ点で波の山と山、谷と谷が干渉すると振幅が大きくなり、山と谷が干渉すると互いに打ち消しあって振幅が小さくなる。
 障害物の**規則構造を反映した波形**が現れる。



X線の散乱・回折・干渉



X線回折でなにが分かるのか？

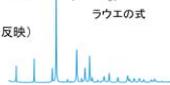
$$I = |F|^2 p(LP) \frac{1}{2\mu} (1 - e^{-2\mu t / \sin \theta}) e^{-2M}$$

$$2d \sin \theta = n\lambda$$

$$\begin{aligned} (\vec{s} - \vec{s}_0) \cdot \vec{a} &= h\lambda \\ (\vec{s} - \vec{s}_0) \cdot \vec{b} &= k\lambda \\ (\vec{s} - \vec{s}_0) \cdot \vec{c} &= l\lambda \end{aligned}$$

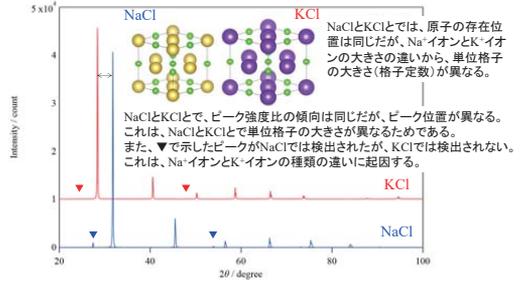
粉末X線回折における回折X線強度を表す一般式。

F: 構造因子 (結晶構造を反映) p: 多重度因子 (結晶の対称性を反映)
 LP: ローレンツ偏光因子 (光学系と結晶の大きさを反映)
 $1/2\mu(1-e^{-})$: 吸収因子 (試料によるX線の吸収を反映)
 M: 温度因子 (熱振動による原子位置の変位を反映)

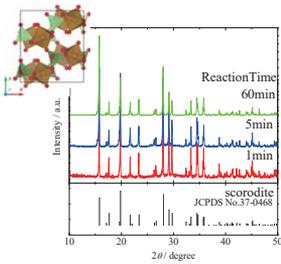


XRDパターン	含まれる情報	分析手法
ピーク位置	結晶構造 面間隔 格子定数	定性分析 (結晶の種類)
ピーク強度	結晶構造 原子座標 原子の種類 結晶の配向	定量分析 (混合相の組成) 集合組織の解析
ピーク形状	結晶性 格子欠陥 格子不整 光学系	結晶サイズの分析 格子歪、残留応力の解析

X線回折パターンの一例



定性分析



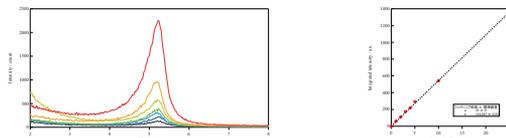
測定したXRDパターンをデータベース (Powder Diffraction File, PDF) と比較することで、試料の同定を行う。

代表的なデータベース

- ICDD (JCPDS, International Centre Diffraction Data)
- ICSD (Inorganic Crystal Structure Database)
- PCD (Pearson's Crystal Data)
- CSD (Cambridge Structure Database)
- 日本結晶学会
- AtomWork (NIMS)

各データベースは、金属材料研究所の図書やWeb等で閲覧が可能。

定量分析

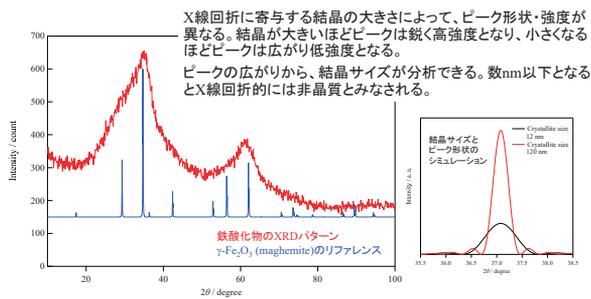


混合物のピーク位置が十分に離れており、それぞれを明確に分離できれば、それぞれのピーク強度から、混合物の割合を定量的に分析できる。

例えば、鉄鋼材料の焼入れによる組織変化の割合や、非晶質/結晶の割合から結晶化度を求めたりできる。

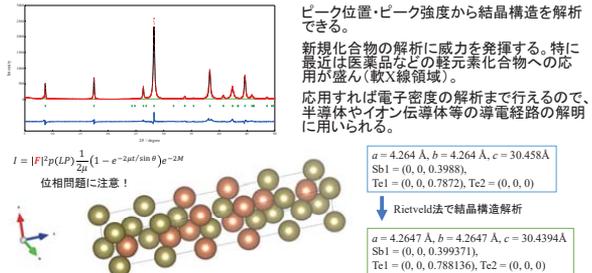
ピーク強度からの定量分析には、直接法 (混合物のピーク強度比から計算)・内部標準法 (標準物質を添加して検量線を作成)・外部標準法 (標準物質として分析対象の純物質を用いて検量線を作成)がある。

結晶の大きさ



X線回折に寄与する結晶の大きさによって、ピーク形状・強度が異なる。結晶が大きいほどピークは鋭く高強度となり、小さくなるほどピークは広がり低強度となる。ピークの広がりから、結晶サイズが分析できる。数nm以下となるとX線回折的には非晶質とみなされる。

結晶構造の解析



ピーク位置・ピーク強度から結晶構造を解析できる。

新規化合物の解析に威力を発揮する。特に最近では医薬品などの軽元素化合物への応用が盛ん (軟X線領域)。

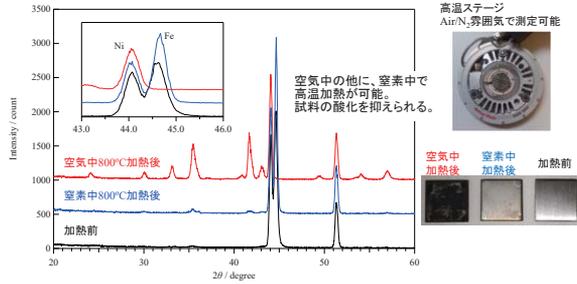
応用すれば電子密度の解析まで行えるので、半導体やイオン伝導体等の導電経路の解明に用いられる。

$a = 4.264 \text{ \AA}, b = 4.264 \text{ \AA}, c = 30.458 \text{ \AA}$
 $Sb1 = (0, 0, 0.3988),$
 $Te1 = (0, 0, 0.7872), Te2 = (0, 0, 0)$

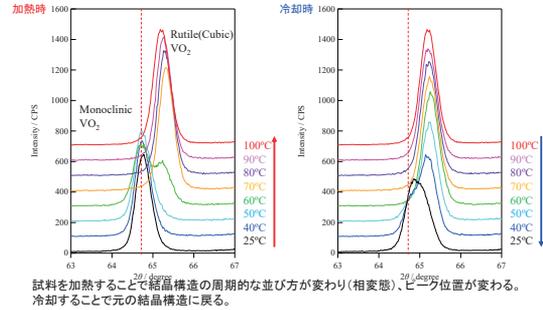
Rietveld法で結晶構造解析

$a = 4.2647 \text{ \AA}, b = 4.2647 \text{ \AA}, c = 30.4394 \text{ \AA}$
 $Sb1 = (0, 0, 0.399371),$
 $Te1 = (0, 0, 0.788136), Te2 = (0, 0, 0)$

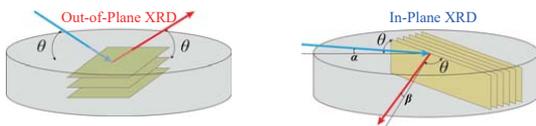
高温加熱ステージを用いた測定



温度による相変態



Out-of-Plane XRDとIn-Plane XRD



一般的なXRD測定で用いられる配置。

試料表面に対して平行な格子面、つまり表面に対して垂直方向に並んだ結晶の回折を測定。

回折したX線が表面から外側(面外方向)に向かうためOut-of-Plane XRDと呼ばれる。

試料表面から深さ方向の測定になるため、極薄膜や最表面を測定する場合には回折に寄与する結晶の数が少なくなるため、分析に必要な回折パターンが得られない。

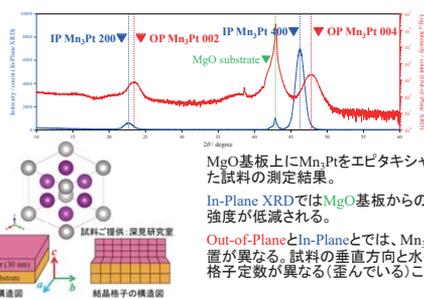
薄膜試料の測定用に用いられる配置。

試料表面に対して垂直な格子面、つまり表面に対して平行方向に並んだ結晶の回折を測定。

回折したX線が表面と同じ方向(面内方向)に向かうためIn-Plane XRDと呼ばれる。

X線が試料表面にほぼ水平に入射するため、極薄膜や最表面を測定する場合でも回折に寄与する結晶の数が多いため、分析に必要な回折パターンが得られる。

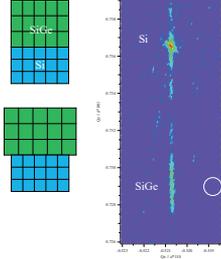
薄膜X線回折



逆格子マッピング

Si substrate / SiGe 50 nm / Si 20 nm

エピタキシャル成長



単結晶材料やエピタキシャル薄膜などの結晶性評価。

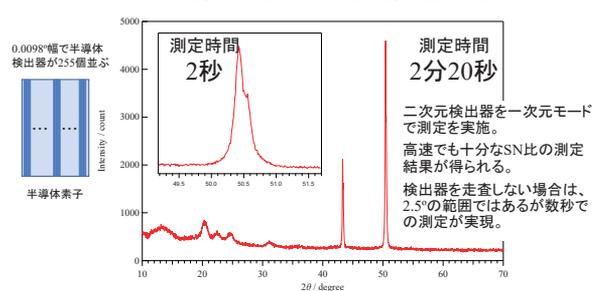
格子面間隔と結晶方位分布を2次元表示したもので、基板との格子定数のズレや、結晶方位や格子定数のばらつきを視覚的に表す。

例えば、非対称面(224)を測定することで、表面に垂直な方向[001]の格子定数(面間隔)と、水平な方向[110]の格子定数(面間隔)とを同時に測定することが可能。

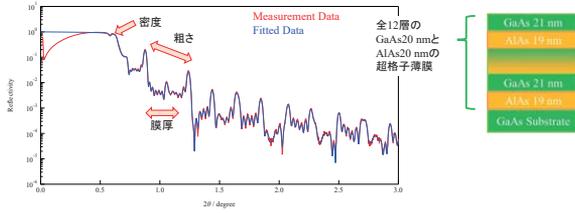
左図からは、水平方向の格子定数は同じだが、垂直方向の格子定数が異なることが分かる。

2次元検出器を利用した高速測定。

二次元検出器を利用した高速測定

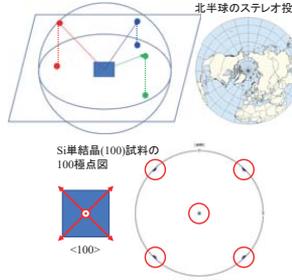


X線反射率を用いた膜厚の解析



薄膜にX線を低角で入射させ膜の内部で屈折・干渉・反射した全反射X線の強度を測定して、**薄膜の膜厚、密度、界面粗さ**を解析するのがX線反射率測定法(XRR, X-ray Reflectivity)である。総膜厚が500 nm程度以下であれば、結晶/非結晶、有機/無機を問わずに、膜厚、密度、粗さの解析が可能。

極点図



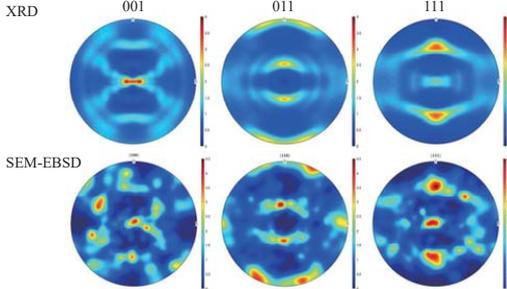
極点図とは、3次元で生じる回折線を2次元図形としてステレオ投影したもの。

単結晶やエピタキシャル薄膜、押し出し・圧延・引張加工後の材料にみられる集合組織などについて、材料中の結晶の向きを測定する。塑性変形における変形機構や、残留応力の測定、伸びや破断が生じた原因の分析に利用可能。

SEM-EBSDを用いることで同様の分析が測定可能である。

例として、Si(100)の100極点図を示す。(100)が試料の垂直方向を向いている。試料の各辺は {110}を向いているため、ほかの {100}は試料の各辺から45度ずれた水平方向を向いている。

XRDとSEMとでの極点図の比較





最先端研究を支える情報技術部としての取り組み

シンポジウム・研究会のあり方



やわらかい情報システムセンター
Flexible Information System Center
内線: 5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp>
電気通信研究所FIR 太田 憲治

1



はじめに

2020年 新型コロナウイルス拡大に伴い
多くのイベントが、
>>「リアル開催」から「バーチャル開催」へ<<
余儀なくされた。
電気通信研究所のイベントも・・・

- ・東北大学 電気・情報 産学官フォーラム
- ・2020年度 共同プロジェクト研究発表会
- ・通研公開 2020
- ・通研研究交流会

オンライン開催

数多くの研究会・シンポジウムがオンライン開催へ



東北大学電気通信研究所 内線: 5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp>

2



課題

課題

如何に交流の場を作るか？

初めての人でも直感的に参加できるか？



東北大学電気通信研究所 内線: 5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp>

3



東北大学 電気・情報 産学官フォーラム

内容: 講演・パネルディスカッション
研究室紹介
規模: 300名程度

ZoomWebnerを利



東北大学電気通信研究所 内線: 5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp>

4



2020年度 共同プロジェクト研究発表会の事例

内容: 講演

ZoomWebnerを利

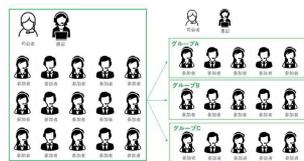
Poster発表

Zoom Meetingのブレイクアウトルームを利用

規模: 200名程度



Poster発表会をZoomのブレイクアウトルームを利用



東北大学電気通信研究所 内線: 5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp>

5



The 4th International Symposium for the Core Research Cluster for Spintronicsの事例

内容: 講演

ZoomWebnerを利

Poster発表

Zoom Meetingのブレイクアウトルームを利用

規模: 200名程度



東北大学電気通信研究所 内線: 5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp>

6

The 4th International Symposium for the Core Research Cluster for Spintronicsの事例

ポスター発表の構成を工夫

- ・ポスタースペース
- ・Zoom(ブレイクアウトルーム)
- ・掲示板機能を用いた質疑応答

ポスタースペース

Zoomへの

掲示板機能

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp> 7

通研研究交流会

内容: ショートプレゼンテーション
 ポスターセッション
 規模: 100名程度

Google Meets利
 SpatialChat利用

開催概要

日時: 令和2年9月4日(金) 13:00-17:00

会場: オンライン開催 (Google MeetおよびSpatialChatを利用)

形式: ショートプレゼンテーション, ポスターセッション

プログラム概要

13:00-14:40 ショートプレゼンテーション

- ・会場: <https://meet.google.com/afm-ocmz-mzmm>

ポスターセッションの開催・終了および開催中時代のアランはありまないので、顔写真を共有していただき、ポスターセッション終了までアランを上げてください (東北大学Googleアカウントのログインが必要です) にご注意ください。

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp> 8

SpatialChat

SpatialChat Pricing

Free Plan
 Free

- Up to 3 rooms and 25 people per Space
- 3,000 participant-minutes per day
- Screen sharing & collaboration
- Share images & videos

Standard Plan
 \$49.99/month

- For small teams & occasional meetings
- All functions from our "Free Plan" plus:
- Maximum 5-room capacity for up to 250 participants
- 5,000 monthly participant-minutes included

Pro Plan

- For large events
- All functions from "Standard Plan" plus:
- Your branding & custom subdomain
- Multi-room support

LEARN MORE

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp> 9

SpatialChat

What is a participant-minute?

The participant-minute(s) is the time spent by each of your attendees. If there are 10 participants in your space at the time of the video conference, then there are 10 participant-minutes spent each minute.

Examples of how 10,000 participant-minutes can be spent is dependent upon your team size & usage:

- 10 simultaneous attendees can use SpatialChat for more than 16 hours;
- 25 simultaneous attendees can use SpatialChat for more than 6.5 hours.

Each minute with no more than 4 participants in the space is always free of charge (no charge for participant-minutes). Only rooms with five or more participants will be charged.

What happens if I exceed my monthly participant-minute quota?

We will bill your credit card each time you exceed at least \$30 USD worth of your participant-minute usage, which is calculated at \$0.01 USD per-participant-minute.

MPM限度を超える度に、1PPMを0.01ドルと換算して、30ドルずつクレジットカードに課金される。

250人が、3時間参加した場合は・・・ **450ドル**

250 * 180min = 45,000min

基本: 5,000min (50ドル) 追加: 40,000min (400ドル) = 450ドル

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp> 10

今後のシンポジウム・研究会

今後、バーチャル限定会議は減少するが、ハイブリッド会議が増加することが予測される。

バーチャル参加者もリアルに近い臨場感・交流の場を提供する必要がある。

xR技術の活用

総称としてのxR (○○○ Reality)

総じて、現実世界には存在しない、仮想的な環境・情報である技術

拡張現実 AR (Augmented Reality)	複合現実 MR (Mixed Reality)	仮想現実 VR (Virtual Reality)
現実世界 (一部) に仮想の情報を重ね合わせる。	現実世界 (視界全面) に仮想の情報を重ね合わせる。	現実世界の情報は遮断して、仮想世界のみを描く。
主な機器 ・スマートフォン ・タブレット端末	主な機器 ・メガネ (グラス) ・ヘッドマウントディスプレイ	主な機器 ・ヘッドマウントディスプレイ
一般的な操作方法 ◆ タッチパネル操作や機器を動かす。	一般的な操作方法 ◆ 指などのジェスチャーや空間に現れたパネルを触る。	一般的な操作方法 ◆ 物理的なコントローラーを振ったり、ボタンを押す。
特徴・用途 ◆ 記号等を動作開始・位置合わせの鍵 (マーカー) として、画像表示等ができる。 ◆ 長さなどの現実世界に関する情報を表示できる。	特徴・用途 ◆ 複数人で情報を共有でき、説明や協力作業に向いている。 ◆ 指のジェスチャー操作、空間上のパネル操作ができる。	特徴・用途 ◆ 現実以上の美しさや空想の仮想世界も描画できる。 ◆ 災害発生や遠方への旅行など現実には発生しないイベントを体験できる。

http://www.soumu.go.jp/ict_skill/pdf/ict_skill_1_3.pdf

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp> 11

今後のシンポジウム・研究会

AR, MR, VRの特徴

◆AR, MR, VRでは、主な利用機器、一般的な操作方法、特徴が異なっています。

	拡張現実 AR (Augmented Reality)	複合現実 MR (Mixed Reality)	仮想現実 VR (Virtual Reality)
表現	現実世界 (一部) に仮想の情報を重ね合わせる。	現実世界 (視界全面) に仮想の情報を重ね合わせる。	現実世界の情報は遮断して、仮想世界のみを描く。
主な機器	・スマートフォン ・タブレット端末	・メガネ (グラス) ・ヘッドマウントディスプレイ	・ヘッドマウントディスプレイ
一般的な操作方法	◆ タッチパネル操作や機器を動かす。	◆ 指などのジェスチャーや空間に現れたパネルを触る。	◆ 物理的なコントローラーを振ったり、ボタンを押す。
特徴・用途	◆ 記号等を動作開始・位置合わせの鍵 (マーカー) として、画像表示等ができる。 ◆ 長さなどの現実世界に関する情報を表示できる。	◆ 複数人で情報を共有でき、説明や協力作業に向いている。 ◆ 指のジェスチャー操作、空間上のパネル操作ができる。	◆ 現実以上の美しさや空想の仮想世界も描画できる。 ◆ 災害発生や遠方への旅行など現実には発生しないイベントを体験できる。

http://www.soumu.go.jp/ict_skill/pdf/ict_skill_1_3.pdf

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp> 12

xRとは？

AR (Augmented Reality) 拡張現実



Pokémon GO

MR (Mixed Reality) 複合現実

MRIによって整形外科手術のトレーニングをする様子

MRIによって壁内部の配水、配電を紹介する様子



Microsoft HoloLens

VR (Virtual Reality) 仮想現実



PlayStation VR

もしもの状況を疑似体験する360度VR動画



FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp

今後の講演

臨場感を加速させる
 [Youtube LIVE] + [360°カメラ] によるVRLive配信



FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp

今後の研究会やポスター発表

- 小規模研究会では、xR技術を用いた次世代遠隔コミュニケーションシステム「Spatial」




<https://www.youtube.com/watch?v=NVuJUnsKus&t=9s>

Spatialは、異なる場所にいる複数のユーザーが、デバイスを問わず同じVR/AR空間を共有できるプラットフォームを提供する。

FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp

リアル会場用【今後のポスター発表】



FIR 東北大学電気通信研究所 内線:5079, E-Mail: fir@riec.tohoku.ac.jp
 やわらかい情報システムセンター URL: http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp

END



第四章

社会貢献

業務の専門性を生かして、本業以外にも様々な活動をしています。今年度は、学外に向けた通研公開でオンラインでの業務紹介を行うなど、学外からの期待も高いです。



通研公開

期間：2020年10月10日（土）～10月11日（日）

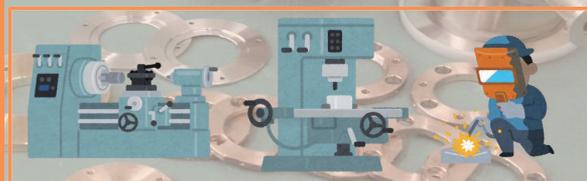
開催方法：オンラインによる動画配信

通研公開において、研究基盤技術センターの紹介動画を公開しました。

なお、通研公開トップページへは、二日間にわたって約900のアクセスがありました。研究紹介、公開実験、工作教室等の動画の視聴回数は、約1600回でした。

研究基盤技術センター 工作部

研究者を支えるモノ造り
研究に必要な道具はどうやって作るの？



旋盤やフライス盤という機械を使って、金属を削ったり彫ったり、溶接をしてくっつけたりして道具が完成！

ナノ・スピンの実験施設 共通部

半導体ってどうやって作るの？



リソグラフィ技術を使った研究支援を動画で紹介します。

研究を支える作製・測定・情報技術

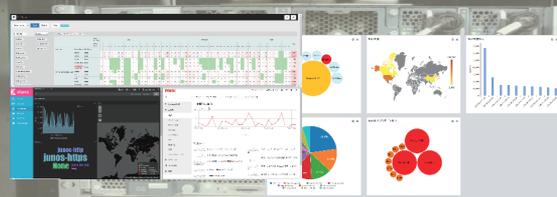
マイクロ・ナノの世界を観察できる？
研究を支える顕微鏡とは？



電子顕微鏡を使ってアリを観察してみよう！

研究基盤技術センター 評価部

研究者を支えるネットワークシステムは、
どうやって運用されてるの？



情報技術の内部を実際に見てみよう！

やわらかい情報システムセンター



第五章

技術報告

年度内ということに拘らず、長年をかけて培っていく技術の進歩を技術職員の視点から報告します。

今回は工作部、評価部からの報告になります。



テフロンチャンバーの作製に関するこれまでの取り組みについて

工作部 阿部健人

概要

工作部では医工学研究科の研究支援として、バイオ分野の実験装置の設計・製作を進めており、これらの装置を活用した研究実験において一定の成果を得ている^{[1]-[7]}。この研究分野では、生体細胞を直接扱う観点から、耐食性に優れているテフロン（PTFE）を用いて装置を構成することが多い。その中で、我々も人工細胞膜デバイス開発のためのテフロン製反応容器「テフロンチャンバー」の製作に数多く携わってることができた。製作上、特殊でシビアな条件も多く、本報告書では今まで培ってきた工夫などを紹介したい。

1. はじめに

テフロンチャンバーの構造及び機能を図1に示す。この装置の大きな目的は基板上に脂質二分子膜を形成することにあるが、膜の形成過程は次である。溶液孔内の脂質分子を浮かべた溶液面を操作し上昇させる。→液面上昇と共に、液面上の脂質分子が**横孔（内テーパ形状）**を介し**基板上へ流入する**。→両側から流れ込んだ脂質分子が基板上で結合し、脂質二分子膜を形成する。

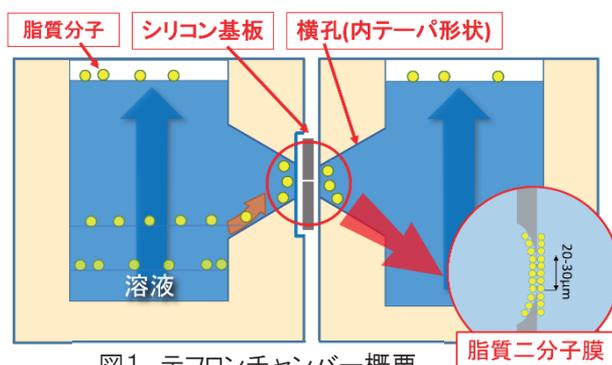


図1 テフロンチャンバー概要

この装置の特に重要な要件は、**横孔に脂質分子を円滑に流入させるため、横孔の側面を溶液孔側に向けて緩やかな傾斜角を付けた内テーパ形状にすることである**。しかし、通常の機械加工では外側から切削刃物をアクセスするのが一般的であり、このケースのように、外側から内側にかけて広がる構造（図2）の場合、加工部への刃物のアクセスが通常では不可能である。従って、加工に際しては加工方法を十分に工夫・検討する必要があった。



図2 溶液孔側から見た内テーパ形状

2. 内テーパ形状の加工

1) 内テーパ加工方法の紹介

当工作部で加工方法を検討し、汎用フライス(X,Y,Z軸)と傾斜円テーブル(傾斜軸,回転軸)を用いて疑似的に5軸加工を行うことで内テーパ形状の加工に成功した。加工の際には汎用フライス（牧野フライス製 KJP70）と傾斜円テーブル(津田駒工業 TT-200)を用いた。セットアップを図3に示す。はじめに①傾斜円テーブルの回転中心とテフロン材の横孔中心が一致するようにテフロン材を治具（図4）で固定する。②所定のテーパ角度だけ傾斜円テーブルを傾け、下穴（テーパ横孔）中心から細径のエンドミルを挿入する。また、下穴中心に対する位置合わせには顕微鏡を使用した。傾斜させたテフロン材に対して行うため顕微鏡では開口した下穴が非常に見辛く、材料のエッジから中心位置を求めるなど工夫を

行った。③傾斜円テーブルを回転させることで、横孔全体に傾斜加工を施し、所望のテーパ形状を得ることが出来る(図5)。図6は実際の加工中の様子である。

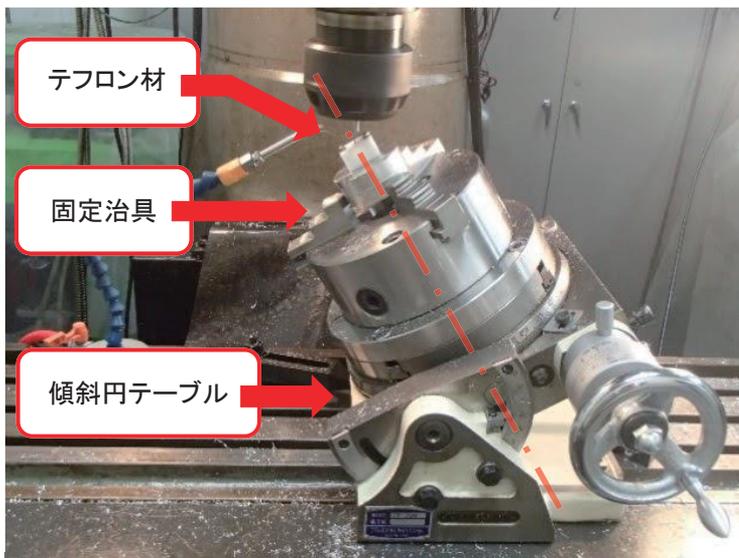


図3 手順①テフロン材の固定

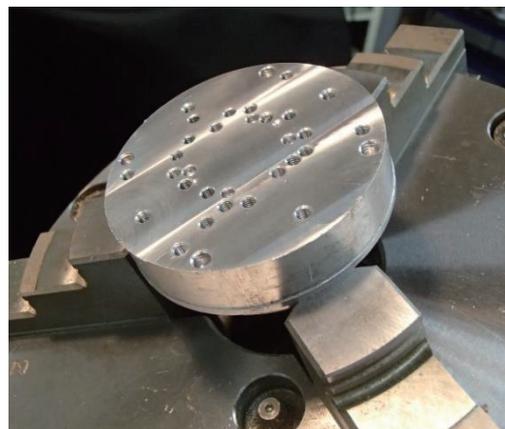


図4 テフロン材固定治具
傾斜円テーブルの回転中心と横孔中心(テフロン)の位置を合わせるための治具である。

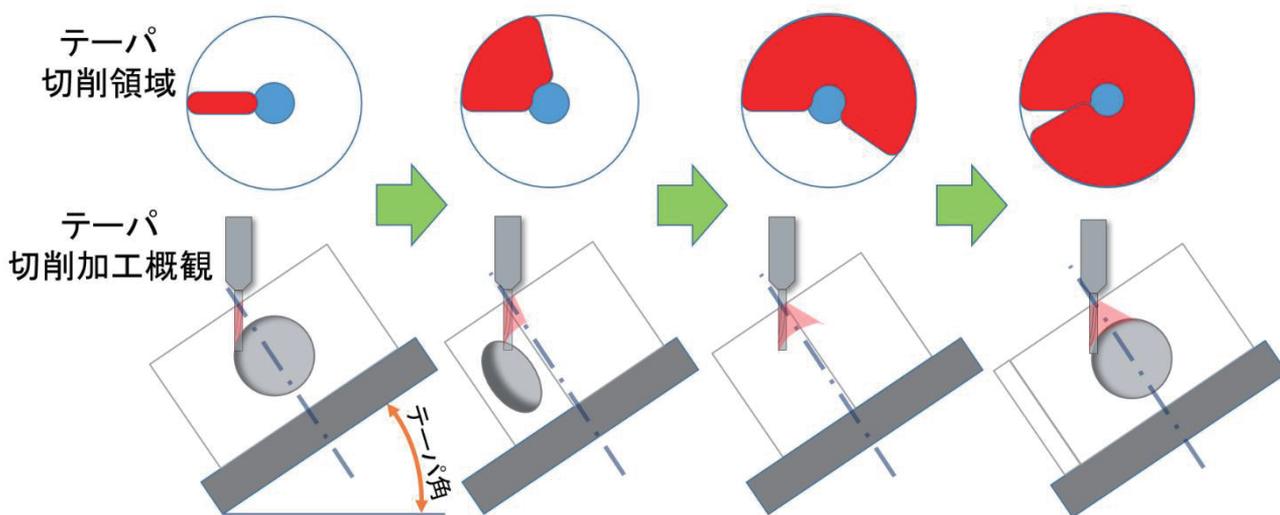


図5 手順②、③内テーパ加工イメージ

2つの部品を組み合わせる際は、平行ピンを介して連結し横孔同士の中心位置を担保している。また、締め付けの際はビスを使用するが、直接だと歪みが生じるため、両側から歪み防止のためのステンレス板でテフロンチャンバー全体を均一に締め付ける構造とした^[5] (図7)。



図6 内テーパ加工の様子



図7 完成したテフロンチャンバー

2) 内テーパ加工における刃物の制約

テーパ孔の入口径について可能な限り小さくしてほしいという研究室からの要望があり検討を行った。内テーパ内部の表面は脂質分子を円滑に流入させるという役割のため、テーパ内に段差が生じないように、全体が均一で滑らかになるよう加工する必要がある。そのため刃長の長いロングエンドミルを用いて、1パス切削を行う。現状ではエンドミルの直径が $\phi 0.8\text{mm}$ 、刃長5mm程度が最小であり、そのためテーパの入口径については $\phi 1.5\text{mm}$ 程度が最小での限界である。

3. 用途に応じたテフロンチャンバーの製作

研究が進む過程で、テフロンチャンバーの形状も試行錯誤の中で変化していった。製作してきたこれらのテフロンチャンバーについて、工夫点を紹介する。

1) 三層テフロンチャンバー

実験の効率化のため、試料を複数同時作製可能かつ試料をマウントした状態で基板表面の評価が可能な大型のチャンバーを製作した。まず、試料同時作製のため、1つのテフロンチャンバーに合計9個の内テーパ加工を行なった。その際、9箇所のテーパ横孔が位置合わせ可能な、治具

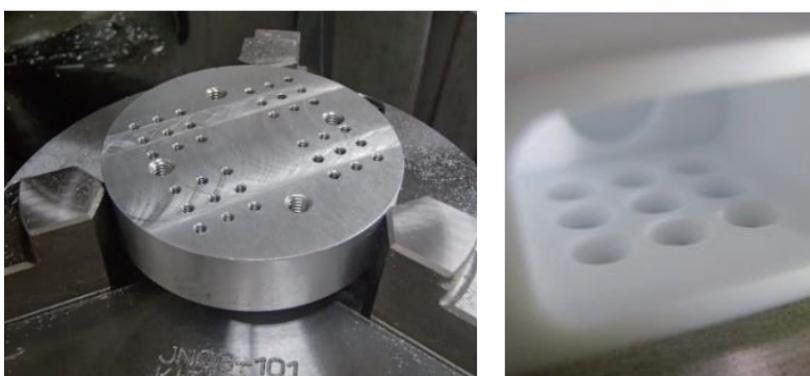


図8 内テーパ用位置合わせ治具と9個の内テーパ孔

を新たに製作した。テーパ孔加工の際は傾斜円テーブルの回転軸と下穴の中心合わせを行うため、「2.1) 内テーパ加工法の紹介」の節で述べた①～③の加工方法を9回繰り返し、一つ一つのテーパ孔に対する位置合わせのために、都度、部品を治具に取付け替え・調整を行った(図8)。また、大型化に伴う密閉性低下の対策として、テフロンチャンバーの一方を溶液槽と試料マウント部に分割し、全体を3層構造で製作することで密閉性を向上させた。また、溶液槽側面に蓋を設けることで試料をテフロンチャンバーにマウントした状態でシリコン基板の評価も可能となった^[6](図9)。

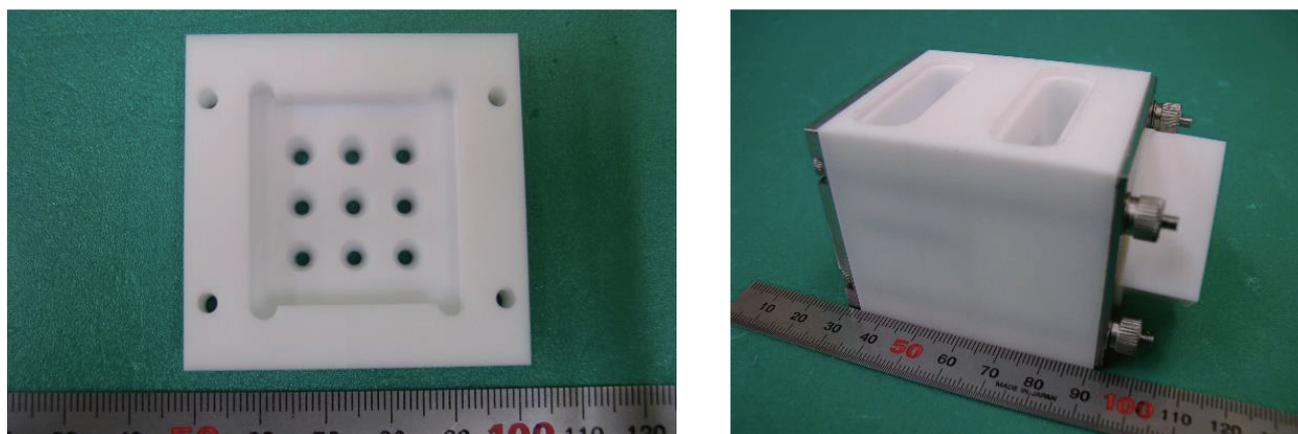


図9 試料マウントと三層テフロンチャンバー

2) 遠心テフロンチャンバー

遠心機を使用した実験のため、溶液孔からのサンプル液の漏れを防ぐ機構を有したテフロンチャンバーを製作する必要があった。そこで、当方では蓋のついたテフロンチャンバーの可能性を模索し、製作した。そこで溶液孔を上からシール出来るよう、蓋自体をネジ式にする方法を考案した。テフロンチャ

ンバーの外周を円形に加工し、旋盤を使って側面におねじ加工を行った(図10)テフロンチャンバー内側の構造との干渉や蓋のシール力向上のためねじのピッチを小さくしたが、**柔らかい材質のため、1回の切り込み量や手回しでの送り速度を出来るだけ小さくして時間をかけて加工を行った。**これをめねじ加工の蓋と組み合わせることで溶液孔上部をしっかりと密着させた、遠心機内で液漏れのないテフロンチャンバーを製作した^[7] (図11)。

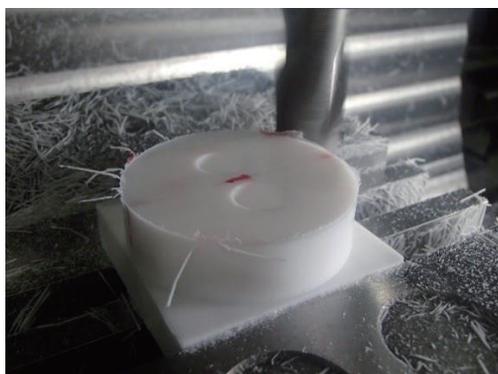


図10 めねじ加工



図11 遠心テフロンチャンバー

4. 本装置が活用された参考論文

1. Daisuke Tadaki, et al. "Mechanically stable solvent-free lipid bilayers in nano- and micro-tapered apertures for reconstitution of cell-free synthesized hERG channels" SCIENTIFIC REPORTS 2017 Volume7 Article number:17736
2. Daisuke Tadaki, et al. "Micro- and nanofabrication methods for ion channel reconstitution in bilayer lipid membranes" Japanese Journal of Applied Physics, Volume57 Number3S2, March 2018
3. Daichi Yamaura, et al. "Amphiphobic Septa Enhance the Mechanical Stability of Free-Standing Bilayer Lipid Membranes" LANGMUIR, 15 May 2018 Volume34 Issue19 P5615-5622
4. Kensaku Kanomata, et al. "Photomodulation of electrical conductivity of a PCBM-doped free-standing lipid bilayer in buffer solution" Journal of Electroanalytical Chemistry, Volume832, 1 January 2019
5. Ayumi Hirano-Iwata, et al. "Free-Standing Lipid Bilayers in Silicon Chips-Membrane Stabilization Based on Microfabricated Apertures with a Nanometer-Scale Smoothness" Langmuir 2010, 26(3), 1949–1952.
6. Ayumi Hirano-Iwata, et al. "Lipid bilayer array for simultaneous recording of ion channel activities" APPLIED PHYSICS LETTERS 101, 023702 (2012)
7. Ayumi Hirano-Iwata, et al. "Reconstitution of Human Ion Channels into Solvent-free Lipid Bilayers Enhanced by Centrifugal Forces" Biophysical Journal 110, 2207–2215, May 24, 2016

走査型電子顕微鏡の技術支援について

評価部 阿部真帆

1. はじめに

2009年度に二台の走査型電子顕微鏡（以下、SEM）が導入され、評価部で管理、運用を行うこととなった。SEMの導入から12年が経過し、これまでの利用状況や管理方法、技術支援の事例について報告する。

2. 管理しているSEMについて

管理しているSEMは日立製SU8000とSU6600である。SU8000は高分解能走査型電子顕微鏡（以下、SU8000）、SU6600は電子ビーム蛍光X線元素分析装置（以下、SU6600）という名称で管理しており、それぞれ異なる性能を有する（Table 1）。そのため測定サンプルと必要なデータに応じて使い分けており、SU8000は表面観察、SU6600は各種分析のために利用される傾向にある。

Table 1 電子顕微鏡の性能について

	高分解能走査型電子顕微鏡	電子ビーム蛍光X線元素分析装置
型式	日立製 SU8000	日立製 SU6600
電子銃	冷陰電界放出型	ZrO/W ショットキー型
分解能	1nm	1.2nm
加速電圧	0.1-30kV	1-30kV
付属分析装置	EDX	EDX, WDX, EBSD
機能	表面観察、観察面の測長、 元素分析 (B-U)	表面観察 (低真空モード付) 元素分析 (B-U)、結晶方位解析
使用例	基板上の微細構造、薄膜、 導電性が低い材料の表面観察、 元素分析分析	金属薄膜や合金の元素分析 金属の結晶方位解析

EDX:エネルギー分散型元素分析装置 WDX:波長分散型元素分析装置 EBSD:結晶方位解析装置

3. 利用状況と管理方法

利用状況はその年によって変動はあるが、2009年～2020年の平均の年間利用時間はSU8000が462時間、SU6600が557時間となった。観察が主な用途のSU8000に比べSU6600は分析に時間をかけるため、一回当たりの利用時間が長い傾向にあり総利用時間が長くなっている。

運用については、利用者自身が操作する場合と技術職員が操作する場合がある。利用者からの希望があれば基本的な操作方法を指導すること、サンプルに適した観察条件を提案することを行っている。技術職員が測定からデータ解析までを行う依頼分析については、2013年度から試験的に開始し年に

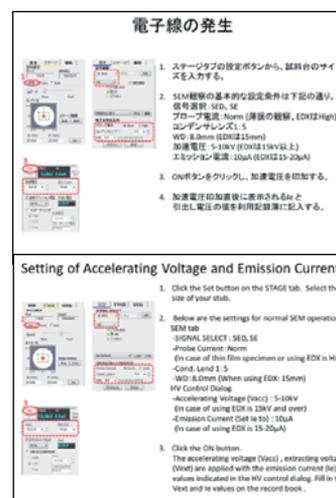


Fig. 1 操作マニュアル

2件ほど行っており、測定とデータ解析の技術がある程度まで向上したため 2020 年度より技術料金を設定して依頼分析を受け付けている。また、運用を開始してから数年間は年に 2-3 回ほど利用者の操作ミスにより装置を停止することがあったため、基本的な操作方法とこれまでの操作ミスを防ぐための注意点を記載した日本語と英語のマニュアルを作成した (Fig. 1)。これにより、利用者の操作ミスはほとんどなくなり、英語のマニュアルは留学生に装置の操作方法を指導する際に活用している。

4. 技術支援の事例

SU8000 は微細構造の観察、導電性が低いサンプルの観察と短時間の局所領域の元素分析に適している。依頼分析の一例として、薄膜上に形成された微粒子の観察と組成分析を挙げる。Fig. 2 は Sb_2Te_3 を成膜した基板をアニールし形成させた微粒子の SEM 画像と組成分析結果である。これによりアニール後 20nm 程度の微粒子が形成されたことと、その組成が $\text{Sb}:\text{Te}=2:3$ であることを明らかにした。SU8000 はビーム径が SU6600 に比べて細いため、微粒子と平面の別々のデータを得ることができた (ビーム径が太いと微粒子と平面の情報が混在した組成データとなってしまう)。

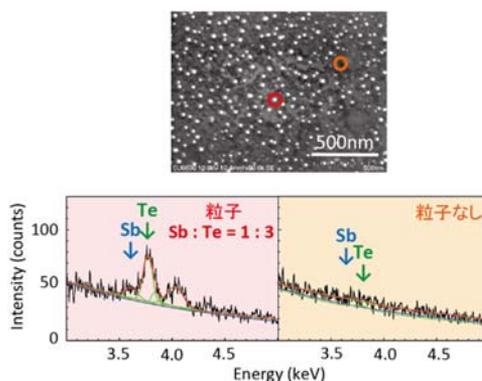


Fig. 2 微粒子の SEM 画像と各分析点の EDX スペクトル

SU6600 は分解能は SU8000 に劣るが、長時間安定したプローブ電流が得られるため、広範囲もしくは時間をかけたエネルギー分散型蛍光 X 線分析 (EDX) が可能となる。SU6600 の分析事例として Fig. 3 の金属薄膜の元素マッピングを挙げる。これは金属バルク上に Ta と Au を成膜し接合させた後、せん断させたサンプル表面の EDX マッピング図である。広い範囲 ($240\mu\text{m} \times 180\mu\text{m}$) の EDX データを時間をかけて収集したことにより、どの層で剥離や破断が起こったのかを明らかにした。

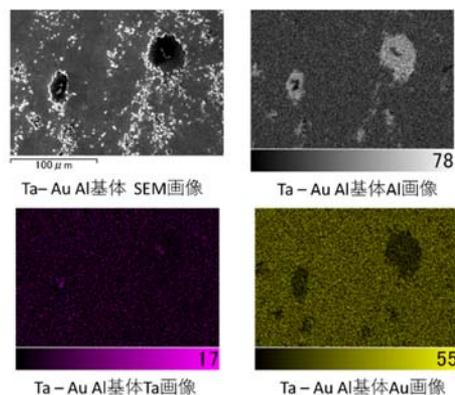


Fig. 3 せん断面の SEM 画像と各元素の EDX マッピング図

5. 今後について

運用開始から 10 年以上が過ぎ、部品交換などの維持費が増加していること、コロナ禍により利用者が減少したため、利用者へアピールするため装置のリモート化を検討している。また、利用者のニーズは年々変化するため、柔軟に対応できるよう努めていきたい。

編集後記

～研究基盤技術センター年次報告書発刊にあたって～

今回も第3号となる研究基盤技術センターの年次報告書を作成することとなった。本書をご覧いただくことで、技術職員の日々の活動について報告・紹介出来れば幸いである。

本書の内容として、第1章では各部の業務内容や技術職員のスキルに関する紹介、第2章ではセンターミーティングで報告された研修会やセミナー等への参加報告をまとめた。第3章では、謝辞掲載論文や研究会での発表、研修への参加など業務上の成果に関する報告、第4章は社会貢献としてオンラインでの通研公開参加に関する取り組みを紹介している。第5章では業務の長期的な取り組みに関する報告を、今回から毎年二人ずつ行うこととした。職員一人ひとりの日々の技術研鑽を紹介していけたらと思う。

昨年から始まった新型コロナ禍の影響により、出張を伴う研究会や研修会をはじめ会議や通常業務に至るまで制約を受け、夏までは特に大きな動きが取れなかった。しかし、東北地区技術職員研修や片平まつり、総合技術研究会2021といったイベントがオンラインで開催され、昨年度中止となった基盤センターの技術発表会もオンライン形式へ姿を変え無事開催することが出来た。今回の年次報告書の内容には技術職員のそういった新しい取り組みに関する紹介も含まれている。

最後に、今号の発刊にあたり編集作業をご支援いただきました皆様に、この場を借りて感謝を申し上げます。本当にありがとうございました。

構成編集 阿部健人

研究基盤技術センター年次報告書 2020

(第3号)

2021年 10月 1日発行

編集構成：東北大学電気通信研究所研究基盤技術センター 工作部

デザイン：東北大学電気通信研究所研究基盤技術センター 評価部

発行：東北大学電気通信研究所研究基盤技術センター

〒980-8577 宮城県仙台市青葉区片平二丁目1-1

各部問い合わせ先

Web : <http://www.ftc.riec.tohoku.ac.jp/>

工作部

E-mail : kojyo_riec@grp.tohoku.ac.jp

Web : <http://www.kojyo.riec.tohoku.ac.jp/>

評価部

E-mail : eac-riec@grp.tohoku.ac.jp

Web 学内 : <http://www.eac.riec.tohoku.ac.jp>

Web 学外 : <https://tsc.tohoku.ac.jp/>

プロセス部

E-mail : process@nanospin.riec.tohoku.ac.jp

Web : <http://www.nanospin.riec.tohoku.ac.jp/index-j.html>

情報技術部

E-mail : infotech@riec.tohoku.ac.jp

Web FIR : <http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp/>

Web学内 : <http://www.jimubu.riec.tohoku.ac.jp/>



東北大学 電気通信研究所
研究基盤技術センター