## 研究基盤技術センター 年次報告書 2021



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、電気通信研究所本館にある電気通信研究所基幹ネットワークシステムの機器になります。

これらの機器は、ネットワークスイッチ内部のデータ伝送通信量が480Gbps (bit per second: 1 秒間に転送可能なビット数)のスイッチ容量を持ち、モジュールを増設することにより40Gbpsの通信速度に対応している機器です。現在、電気通信研究所と学術情報ネットワーク SINET は、20Gbpsの速度で通信しています。これは、1 秒間に2.5GByte ものデータをやり取りすることができます。

情報技術部では、研究に欠かすことのできない情報ネットワークインフラ技術を中心とした技術支援業務に携わっております。

### 目次

<b>巻</b> 頭言 ************************************	• 2
組織図 業務分担表 ************************************	• 3
<ol> <li>業務紹介・装置・資格・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li> <li>工作部、評価部、プロセス部、情報技術部、有資格リスト</li> </ol>	• 5
<ol> <li>研修・出張報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・</li></ol>	15
3. 発表・成果報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	51
4. 社会貢献 ••••••••••••••••••••••••••••••••••••	89
5. 技術報告 ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	
編集後記	102
問い合わせ ・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・・	103

### 巻頭言

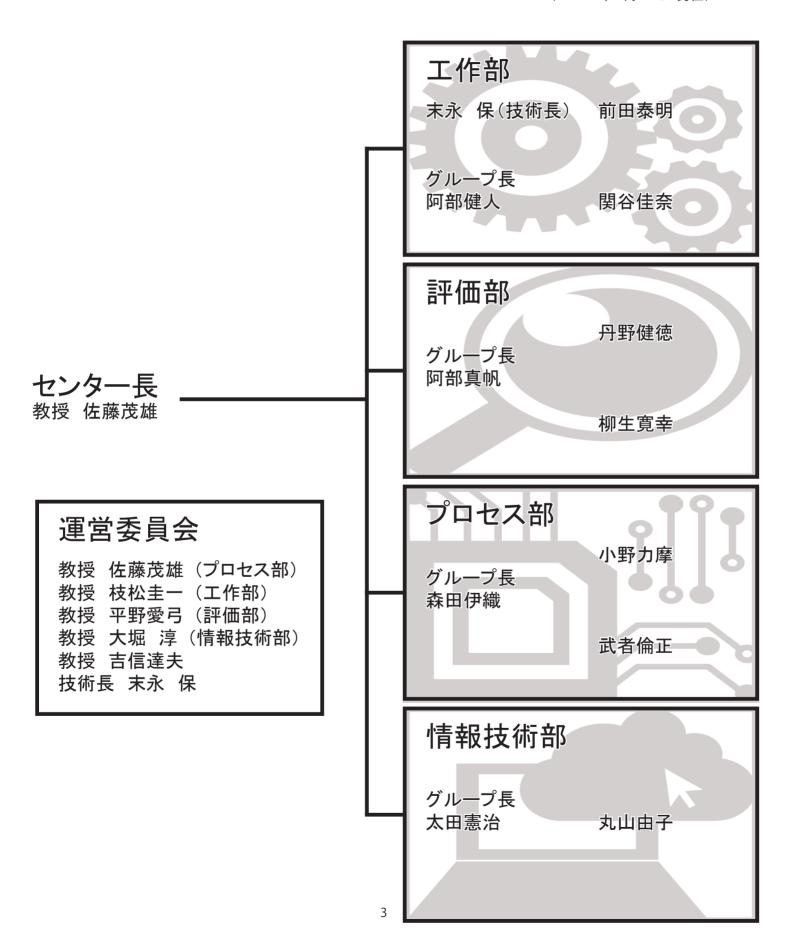
電気通信研究所では情報通信分野の研究拠点として、磁気記録や半導体・ 光通信をはじめとして世界をリードする研究が数多く行われています。研究 技術基盤センターに所属する技術職員は、こうした最先端の研究の細かな ニーズに合わせて機械工作や、理化学計測、材料加工、あるいは情報管理の ための様々な技術を提供しています。研究内容の変化に柔軟に対応し技術と 知見のブラッシュアップに努めており、卓越した技量と経験を通して研究開 発に貢献しています。

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、広く学内外の皆様に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。また、本センターの利用についてご希望やご質問等がございましたら、巻末の問い合わせ先までご連絡ください。

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

(2022年3月31日現在)





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。



研

成果

## 工作部

#### 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 2021 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	36 件	_	_
ブロードバンド工学研究部門	14 件	_	_
人間情報システム研究部門	40 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	_	_
工学研究科	7件	_	_
多元物質科学研究所	1件	_	_
総計	103 件	感染症対策のため	感染症対策のため
ምር	103	実施せず	実施せず

業務の中から一例として、量子デバイス研究室からの制作依頼である低温インサートについて紹介する。この装置は極低温下で半導体の試料を観察するために用いられる装置であり、配線等を通すインサートと、薄肉厚( $0.5\,\mathrm{mm}$ 厚)のパイプなどからなるクライオスタットから構成されている(図 1)。形状は細長いものであり、インサートをクライオスタットに挿入して KF フランジで締結する。

インサート部分の製作に関しては、1 mm厚のパイプの側面で溶接を行う箇所があり、パイプの中にもアルゴンガスを流しながら溶接を行った。さらに無酸素銅製のバッフルとパイプをロウ付けで製作した。一方、クライオスタット製作については、薄肉パイプ (0.5 mm厚) の溶接のため、通常の方法では素材が溶け落ちてしまうため、不可能である。そこで、パイプの端面で溶接できるように設計を変更し、また、溶接時の固定及び冷却のために治具を作製する等、様々な工夫を凝らして薄肉部分の溶接を行った(図 2 )。



図1 インサート(下) とクライオスタット(上)

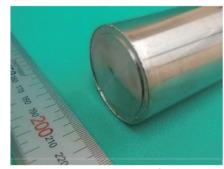


図2クライオスタット底面 (薄肉溶接部)

#### 工作部主要装置

	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
	SHIZUOKA R-5VN	1	搭載可能なワークの大きさ 1100×500mm	
	MAKINO AE74	2	850×300mm	
フライス盤	MAKINO KSJP KJP-70 KSAP	各1	950×250mm	
	INOUE IVQ-780	2	600×200mm	0
	TAKISAWA TAL-560	1	長尺端面加工:~70mm <sup>©</sup> 円盤加工:~300mm <sup>©</sup>	
	TAKISAWA TAL-460	1	長尺端面加工:~50mm <sup>Φ</sup> 円盤加工:~220mm <sup>Φ</sup>	
旋盤	WASINO LR55A	2	長尺端面加工:~30mm <sup>Φ</sup> 円盤加工:~180mm <sup>Φ</sup>	
	EGURO GL-120	1	1~20mm <sup>Ф</sup>	
	TATEYAGAWA TL800S,TL550S	3	長尺端面加工:~30mm <sup>Φ</sup> 円盤加工:~150mm <sup>Φ</sup>	0
ボール盤	YOSHIDA YBD360	1	把握可能なドリル直径:~6mm <sup>Φ</sup>	0
ラジアルボー	TOA TRD-600C	1	把握可能なドリル直径:~50mm <sup>©</sup>	0
ル盤	MORI SEIKI YR3-115	1	把握可能なドリル直径:~50mm <sup>Φ</sup>	
シャー	AIZAWA N1504	1	切断可能 厚さ:~4mm <sup>t</sup> 幅 :~1280mm	0

研

# 評価部

#### 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(液体へリウムと液体窒素)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14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3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2094時間、液体へ リウムの供給は3621L 液体窒素の供給は58Lとなった。

今年度の大きな取り組みとして、走査型電子顕微鏡(以下 SEM)と X 線分析装置(以下 XRD)のオンライン化・リモート化を行った。昨今のコロナ禍やコロナ禍後のニューノーマル時代を見据えており、評価部の共用利用装置は電気通信研究所以外からの部局からも利用も多いため、部局間やキャンパス間の移動を必要としない利点もある。そのため、利用促進にもなると考えてオンライン化・リモート化を導入した。また、東北大学全体の流れとして、これまでの TSC を含む形でコアファシリティ統括センターを設置して、その事業の一環として共用利用装置・設備のオンライン化・リモート化を推進いている。

オンライン化・リモート化の実際として、SEM についてはモニター画面を取り込み、オンライン会議システムを通して遠隔にいる利用者と共有することで、双方向で対話しながら観察や各種分析を行える。XRD については SEM と同様の双方向対話型の実験に加えて、リモートからも装置の操作が行える。今年度はオンライン・リモートでの利用者はいなかったが、リモートで装置の暖気運転を予め実施したり、テレワーク中に依頼された測定を実施したりと、業務が効率化できた。本取り組みについて総合技術部の職群合同研修を企画して発表を行い、100名の申込みがあり多くの技術職員に広く周知することができた。



図 1 オンライン化に使用したリモート KVM (Keyboard, Video, Mouse)装置 (ATEN のHP より引用)



図2 リモート測定の様子

#### 評価部 共通利用機器 一覧

装置名		主な性能	主な用途	2021年利用時間(h)
構造解析装置	汎用X線回折装置	最大定格出力 2kW	結晶構造解析・評価	
	(RINT)	測角範囲 -60~158度		139.3
		自動測定処理システム		139.3
		各種分析プログラム		
	精密X線回折装置	最大定格出力 1.2kW	結晶構造解析・評価	
	(SPL)	5軸制御の試料ステージ		444.0
		高分解能美昇格散乱測定		444.0
		高分解能インプレーン測定		
	薄膜材料用X線回折装置	最大定格出力 3kW	結晶構造解析・評価	
	(MRD2D)	測角範囲 -40~170度		
		高温測定 室温~900℃		480.6
		5軸制御の試料ステージ		
		2Dアレイ検出器		
	高分解能走査型電子顕微鏡	二次電子像分解能 1.0nm	表面形状評価	
	(STEM)	倍率 ~×800,000	表面組成組成分析	
		冷陰極電界放出形電子銃		102.5
		STEM機能有		102.5
		検出器 EDX		
		対象物質:C-Pu		
	電子ビーム蛍光X線	二次電子像分解能 1.2nm	表面形状評価	
	元素分析装置	倍率 ~×600,000	表面組成分析	178.6
	(EPMA)	ZrO/W ショートエミッション電子銃	結晶構造解析	170.0
		低真空モード (10- 300Pa)		
	表面分析装置	室温動作走査型トンネル顕微鏡	表面ナノ構造解析	648.0
		低速電子線回折	表面周期構造解析	040.0
組成分析装置	X線励起蛍光X線	蛍光X線測定	表面組成分析	
	元素分析装置	検出器 WDX	結晶構造解析	0
	(XRF)	真空またはHe雰囲気		U
		対象物質:F- U		
	赤外分光光度計	測定波数 400-5000 cm-1	薄膜組成分析	
	(FTIR)	検出器 DTGS		0
		反射アタッチメント有		
光学測定装置	赤外可視分光器	波長範囲 200-2500nm	光吸収・発光	39.0
	(MONO)		スペクトル測定	39.0
	大気下光電子分光装置	光子エネルギー	光電子収量分光	16.3
	(PYS)	3.4~6.2eV	仕事関数測定	10.5
	分光エリプソメータ	測定波長 250~800nm	エリプソパラメータ測定	
	(ELPS) IBPCR	最大試料サイズ φ100mm×2mm	光学定数解析	0
			膜厚解析	
	テ゛シ゛タルマイクロスコーフ゜ 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	ウェハー最大径6インチ	ウェハー切断加工	0
	(DICING) E棟			U
ĺ	ダイシングソー	光導波路作製用	ウェハー切断加工	45.5
	プロセス室	精密切断、溝切り加工		40.5

# プロセス部門

#### プロセス部業務紹介

プロセス部はナノ・スピン実験施設 共通部に配属され、(1)電子ビーム描画技術支援、(2)フォトマスク作製支援、(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・スピン実験施設クリーンルーム、および附帯設備維持管理などの業務に携わっている。2021年度の支援業務の実績は、電子ビーム描画技術支援が271件、フォトマスク作製支援が27件、イオンビーム加工解析支援は5件であった。

#### (1)電子ビーム描画技術支援(小野)

日本電子製描画装置 JBX-9300SA にて、半導体デバイスに用いる微細パターンを形成、提供している。本装置ではナノメートルスケールのレジストパターンを高精度で作製でき、10nm 相当のライン、およびドットパターンを合わせ精度 10nm 以内で形成した実績がある。また、本装置は学外利用にも供しており、一般企業や他大学からの受託加工に対応している。



NONE SEI 16/V X7000 1 /r WO 32mm

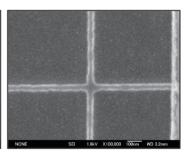


図 描画装置 JBX-9300SA

図 スピントロニクス素子の重ね合わせ描画例

#### (2)フォトマスク作製支援(森田)

レーザー描画装置を用い、フォトリソグラフィプロセスに用いるフォトマスクの受託作製サービスを提供している。ユーザーは CAD データを作成し、担当職員に渡すだけよい。また、CAD 作成ノウハウの無いユーザー向けに、CAD 作成の代行も行っている。加工可能な最小線幅は、おおよそ  $1\mu$  m  $\pm 0.2\mu$  m 程度まで加工可能である。

2021年度は48枚のフォトマスクを作製し、提供した。



図 レーザー描画装置

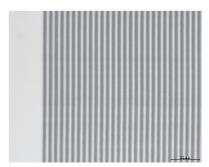
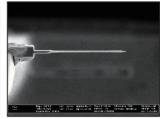


図 1 µ m 相当のパターン

#### (3)イオンビーム加工解析支援(武者)

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。





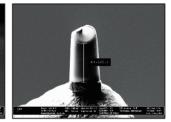


図 ZEISS 製 N-Vision40 FIB-SEM 装置(左) 作製した TEM 試料(中)と透過 X 線分析用微細試料(右)

#### (4) リソグラフィ関連装置の維持管理

接触段差計やAFM、マスクアライナーなど、ナノ・スピン実験施設の電子ビーム描画室 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) ナノ・スピン実験施設クリーンルーム、および附帯設備維持管理

リソグラフィを含む、半導体デバイス作製プロセスに必要なクリーンルームの維持管理を実施している。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、およびクリーン度(クラス 1)を維持管理している。

また、クリーンルーム維持にかかるコスト削減のため、各設備の省エネにも取り組んでいる。本年度は空調機や冷水温度のパラメータを見直すことで、ターボ冷凍機の消費電力を前年度から3割程度削減することができた。

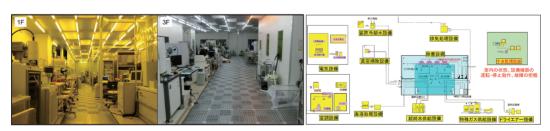


図 ナノ・スピン実験施設クリーンルーム内観

図 クリーンルームを構成する設備

成果

# 情報技術部

#### 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、2021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。2021 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。





図 通研イベント支援(左:産学官フォーラム、右:共同プロジェクト研究発表会)

研

#### 有資格リスト (2022年4月現在)

#### 工作部

危険物取扱者 乙種第四類 高圧ガス製造保安責任者 乙種機械 玉掛け技能 第二種衛生管理者 第二種電気工事士 有機溶剤作業主任者

#### 評価部

危険物取扱者 甲種
クレーン (5 t 未満) の運転業務
高圧ガス製造保安責任者 乙種機械
作業環境測定士
酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者
色彩検定 UC級
第一種衛生管理者
第二種衛生管理者
玉掛け技能
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

#### プロセス部

危険物取扱者 甲種 高圧ガス製造保安責任者 乙種化学 酸素欠乏・硫化水素危険作業主任者 特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者 有機溶剤作業主任者

#### 情報技術部

3級知的財産管理技能士(管理業務) 第三級陸上特殊無線技士 特定化学物質及び四アルキル鉛等作業主任者 有機溶剤作業主任者



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 2021.4 ~ 2022.3

阿部健人(工作部)21.10\*

「有機溶剤作業主任者技能講習 |

阿部健人(工作部)22.2\*

「TC カレッジ令和 3 年度セミナー(技術・研究支援概論)第 5 回講演 太田憲治(情報技術部)21.11\* 会「工作機械メーカが取り組む新製品開発の現場~工作機械の紹介か らメーカの考え方まで~」」

阿部健人(工作部)22.3 \*

「CFC スキル開発センターマネジメント研修「アサーティブコミュニ ケーション研修」」

末永保(工作部)22.3\*

「CFC スキル開発センターマネジメント研修「管理職のためのコーチ ング研修||

阿部真帆 (評価部) 21.6-12\* 「2021 年度東北大学職員英語研修」

阿部真帆 (評価部) 22.3 \*

「令和3年度技術英語オンラインセミナー」

阿部真帆 (評価部) 22.3

「スキル開発センター電子顕微鏡技術研修|

丹野健徳 (評価部) 21.6\*

「クレーン(5t未満)の運転の業務に係る特別教育|

丹野健徳 (評価部) 21.8\* 「玉掛け技能講習」

丹野健徳 (評価部) 21.12 「技術英語オンラインセミナー」

丹野健徳 (評価部) 22.3\* 「Google Workspace 活用研修」

丹野健徳 (評価部) 22.3 \*

「RIETAN-FP と VESTA の連携による三次元可視化と粉末構造解析」 小野力摩(プロセス部)21.9\*

丹野健徳 (評価部) 22.3\*

「CFC スキル開発センターマネジメント研修「ロジカルライティング 小野力摩(プロセス部)21.10\* 研修パッケージ」」

阿部真帆、丹野健徳(評価部)22.1\*

「技術英語コース(日本技術英語協会 Technical English Online Course) |

阿部真帆、丹野健徳(評価部) 22.3\*

「令和3年度核融合科学研究所 技術研究会」

阿部真帆、丹野健徳(評価部) 22.3\*

「CFC スキル開発センター電子顕微鏡技術研修「~イオン液体を使っ て電子顕微鏡観察(TEM, SEM)をしてみませんか~」」

丸山由子(情報技術部)、丹野健徳(評価部)22.3\*

「CFC スキル開発センター技術英語研修「~メールと論文で学ぶ技術

英語ライティング~||

「令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修」

太田憲治(情報技術部)22.3\*

「特殊無線技士養成課程 第三級陸上特殊無線技士」

太田憲治(情報技術部)、阿部真帆、丹野健徳(評価部)、小野力 摩、森田伊織 (プロセス部) 22.1\*

「総合技術部職群合同研修 ポストコロナ時代を見据えた共用装置の オンライン化・ リモート化~電気通信研究所での実例~」

小野力摩 (プロセス部) 21.6\* 「美和電気工業計測 WEB セミナー」

小野力摩 (プロセス部) 21.6\* 「第7回 微細加工プロセス技術セミナー」

小野力摩 (プロセス部) 21.7\* 「半導体膜厚セミナー(前工程編)」

小野力摩 (プロセス部) 21.7\* 「美和電気工業計測 WEB セミナー」

小野力摩 (プロセス部) 21.8\*

「第8回 微細加丁プロヤス技術セミナー」

小野力摩 (プロセス部) 21.9\* 「エネルギー管理講習「新規講習」」

小野力摩 (プロセス部) 21.9\*

「【ZEISS x Bruker 共催】最新 in-situ 技術セミナー ~Gemini x

PicoIndenter で

見て分かるナノ材料物性~|

「半導体の中間工程・後工程における膜厚測定」

「第9回 微細加工プロセス技術セミナー」

小野力摩 (プロセス部) 21.11\*

「令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修」

小野力摩 (プロセス部) 22.2\* 「男女共同参画 WG「話し方講座」」

小野力摩 (プロヤス部) 22.2\* 「日立 SEM One-UP セミナー2022」

社会貢

#### 「有機溶剤作業主任者技能講習」の受講報告

令和3年11月22日 工作部 阿部健人

名称:「有機溶剤作業主任者技能講習」

期間:令和3年10月28日~29日(2日間)

場所:GC あおば通りプラザ4階 宮城労働基準協会会議室

#### 1、目的

有機溶剤に関する健康障害や取り扱う際の注意事項、関係法令などを学び、有機溶剤作業主任者の資格を取得する。

#### 2、内容

#### 1日目

健康障害、予防措置に関する知識 : 4 時間 関係法令 : 2 時間

#### 2日目

作業環境の改善方法に関する知識 : 4 時間 保護具に関する知識: : 2 時間

修了試験

#### 3、感想

アセトンの利用に際して本講習を受講し、有機溶剤の危険性を学ぶことができた。

また、有機則の対象となる溶剤等以外に関しても関心を得ることが出来、工作部の薬品 庫周辺の環境を見直すことが出来るきっかけとなった。

アセトンは屋外使用のため今回学んだ有機則の対象とはならないが、マスク手袋などの 保護具の見直しを行い、安全な作業環境の構築を進めていきたい。 TC カレッジ令和3年度セミナー(技術・研究支援概論)第5回講演会の受講報告

令和 4 年 2 月 21 日 工作部 阿部健人

名称:TCカレッジ令和3年度セミナー(技術・研究支援概論)第5回講演会「工作機械メーカが取り組む新製品開発の現場 ~工作機械の紹介からメーカの考え方まで~|

期間: 令和4年2月8日 10:00~11:30

場所:オンライン (Zoom)

#### 1、目的

TC カレッジの協力機器・機械メーカの研究者・技術者の方々が進められている最新研究や特徴的な取り組みについて、企画立案、遂行中に起こった技術的な課題、解決への工夫など、実践的な内容を講演していただくことで、研究・技術支援活動の参考となる情報や研究遂行に対する考え方などを広く学ぶ。

#### 2、内容

講師:株式会社牧野フライス製作所開発本部マネージャ正和裕太

第1章工作機械とは

第2章マシニングセンタの開発プロセス

第3章微細精密加工機 iQ300 の開発例

第4章5軸立形マシニングセンタ D200Z の開発例

第5章まとめと今後の展望

#### 3、感想

工作機械を調べる際に性能や特徴を調べることはあってもそこに至るまでの開発プロセスを見たり調べたりすることは無く、興味深い話を聞くことが出来た。

今後機械選定の機会があった時の活用シーンなどを考慮する参考にしたい。

#### CFC スキル開発センターマネジメント研修 「アサーティブコミュニケーション研修」の受講報告

令和 4 年 3 月 22 日 工作部 阿部健人

名称:「アサーティブコミュニケーション研修パッケージ」

期間:令和4年3月1日~31日

場所:オンライン動画学習ツール「Schoo」

#### 1、目的

現在、CFC スキル開発センターが主催するマネジメント研修の試行が進められており、 3月からの技術一般職員を対象とした試行に加工群より指名を受け受講を行った。

#### 2、内容

研修ツール「Schoo」内のスキル開発センターから指定された研修パッケージの受講を行った。各講演は約1時間で全6コマであり、受講タイミングについては任意である。

「アサーティブコミュニケーション研修パッケージ」

・相手を尊重しながら主張する方法(全5講演) 講師:森田 汐生

・仕事を有利にすすめるスキル「質問力」(全1講演) 講師:ひきた よしあき

#### 3、感想

業務上の様々なシーンにおいて自分と相手、お互いの主張を尊重しながら問題解決を図るアサーティブ(自己主張)なコミュニケーションの手法を学んだ。問題の本質についての理解を深める会話のステップや自己分析を交えた意見を主張する方法など、信頼関係を築く対応スキルを伸ばす機会となった。

「Schoo」のツール面としては、研修内容に連動してタイムスタンプなどを挿入できる ノート機能が便利だった。ビデオの再生速度を変えられるため、0.8 倍速で再生し研修内 容をより噛み砕きながら見ることで理解度を深めることが出来た。

また、研修ビデオをただ眺めるだけではなく放送当時の受講者のコメントを同時に見ることが出来、講師の方もコメントを見ながらアンケートや意見を募ったり、受講者の質問を例に挙げその解決方法を模索したりとディスカッションのような場面もありこういった場面もオンラインの研修ならではのように感じた。

### スキル開発センター マネジメント研修 「管理職のためのコーチング研修」の受講報告

2022年4月25日 工作部 末永保

名称:「管理職のためのコーチング研修」(㈱アニメートエンタープライズ

期間:2022年3月23日(水) 10:00-17:00

場所:Zoom オンライン

#### 1、目的

スキル開発センターが主催するマネジメント研修の一環である。コーチングのスキルアップを目的としている。受講対象は各職群代表・副代表であった。

#### 2、内容

㈱アニメートエンタープライズが提供する、研修プログラムである。

- ・メッセージスキル(どのように伝えたら共感を得やすいか?)
- ・目標設定のためのビジュアライズ(目標達成時のイメージを持つことが重要)

#### 3、感想

主に、メッセージを伝えるためのスキルが主であり、面談面接時を想定して、ワークを 行った。心理学的なアプローチが多いと感じられた。

- ・メッセージスキルについて
- I メッセージというらしいが、主体をI (私) においた伝え方で「あなたの仕事ぶりを見ていると私までやる気になります。」のような伝えると共感を得やすい。
- ・ネガティブな内容を伝えなければならない時
- 「サンドイッチ話法」(プラスな事→マイナスな事→プラスな事)のように、本当に伝 えたいマイナスな事をプラスな言葉で挟んで伝えると、共感しやすいそうである。
- ・目標設定のためのビジュアライズ (達成時のイメージを持つ) について 頂上に着いたらどんな景色が見えますか?

目標を達成したらどんな変化がありますか?

のような視点で、具体的な達成イメージを想像することが重要である。

#### 研修参加報告書

2021 年 12 月 27 日 評価部 阿部真帆

名称: 2021 年度東北大学職員英語研修

日時: 2021年6月8日(火)~12月14日(火) 毎週火曜日 15:15~17:15

場所:web 開催

#### 1. 目的

本学では文部科学省事業「スーパーグローバル大学創成支援事業」において、2023 年度までに外国語力基準(本学では TOEIC700 点)を満たす職員の割合を 15%程度に引き上げることを目標としている。そのため、英語力向上に向けて TOEIC スコアアップを目指した英語研修が毎年実施されている。

私が過去に受験した TOEIC の点数により、5 月に本部から研修参加の依頼があった。 業務で留学生や外国人研究者に装置の使用方法を説明すること、安全管理業務が今後二言 語標記となる可能性があることから、英語学習の必要性があったため研修を受講すること とした。

#### 2. 内容

株式会社アルクエデュケーションが主催している。単語、文法、練習問題の3冊のテキストから宿題が提示され、次回のレッスンでは宿題となった箇所の単語テストとその解説 (約1時間)、文法の確認とテキストの音読 (約1時間)を行う内容であった。事務職員、技術職員18名が受講し一クラス9名で研修が行われた。

#### 3. 感想

毎週二時間の研修時間を取ること、小さい会議室を借りることが難しく感じる場合があり、他の受講者も業務の時間を割くことが難しいのか、各レッスンは3,4名の欠席者がいた。レッスンを受講することで英語力が向上するというよりは、レッスン内で実施されるテストのために学習を繰り返すことで単語などを覚えることができた。

個人的には宿題では TOEIC の問題に慣れることができないと感じたため、配布された 練習問題を繰り返し解き、TOEIC 対策を行った。

研修期間中に3回(6月24日、9月13日、12月20日) TOEIC を受験した。現時点では目標の点数に達していないが、英語を聞くこと、読むことへの抵抗が減ったため今後の業務に活用したいと思う。

社会貢献

#### 研修参加報告書

2022 年 3 月 22 日 評価部 阿部真帆

名称:令和3年度「技術英語オンラインセミナー」

日時: 2021年12月13日(月)~1月31日(月)の期間に受講

場所:web 開催(JMA オンラインセミナー)

#### 1. 目的

総合技術部では本学の教育・研究のグローバル化に対応できる人材育成を行っている。 本研修ではその一環として日本能率協会(JMA)による技術英語セミナーが開催された。 私は外国人研究生や留学生への技術支援業務と安全管理業務が二言語化する動きがある ため、技術英語が業務で必要となるため受講することとした。

#### 2. 内容

株式会社日本能率協会が主催しているオンラインセミナーで、二種類の講習(ライティングの基礎、Eメールの書き方)と理解度テストの内容で構成されている。技術職員 10 名が受講した。

#### 3. 感想

技術英語は、「科学技術の情報を、対象とする読者に合ったレベルで、正確に、分かりやすく伝えること」とされている。そのため、日本語と技術英語の文の組み立ての違い、正確に伝わる文章の作り方(ポジティブな言い方にする、人を主語にする場合と物を主語にする場合)など TOEIC 研修や高校までで学習した英語とは異なる内容で、実務で役に立つ情報が多く興味深く受講できた。

#### 講習会受講・資格取得の報告

2021年6月21日 評価部 丹野 健徳

名称:「クレーン(5t 未満)の運転の業務に係る特別教育 |

期間:2021年6月8日~9日(2日間) 場所:コマツ教習所 宮城センタ(名取市)

#### 1、目的

ヘリウムサブセンターでの、液体窒素、液体ヘリウム容器の納入・返却時の電動クレーンを使用する。このクレーンはつり上げ荷重が 1t のため、運転するためには労働安全衛生法に定められた特別教育を受講する必要がある。

#### 2、内容

講習での科目は、一日目にクレーンに関する知識、原動機及び電気に関する知識、関係 法令などに関する学科教育が行われた。二日目に残りの学科教育と確認の小テスト(合否 には関係がない)、実際のクレーンを運転する実技教育が行われた。それぞれの受講時間は 以下の通りである。

・クレーンに関する知識	3 時間
・原動機及び電気に関する知識	3時間
・クレーンの運転のために必要な力学に関する知識	2 時間
・関係法令	1時間
・クレーンの運転	3時間
・クレーンの運転のための合図	1 時間

#### 3、感想

実技教育で使用したクレーンはつり上げ荷重が 3t で、前後左右に移動できる比較的大型の装置だった。つり上げた荷物を揺らさないようにすることが、安全に運転するために重要だと教わり、クレーンの移動と荷物の慣性での移動を合わせるようにクレーンをオン・オフするコツも教わったが、実際に揺らさないように運転するには慣れが必要だった。

今回の特別教育で、ヘリウムサブセンターのクレーンを運転できるようになったが、つり上げ荷重 1t 以上クレーンに荷物を取り付けるには玉掛けの技能講習の受講が必要なため、8月3日~5日に技能講習を受講する予定である。

#### 講習会受講・資格取得の報告

2021年9月27日 評価部 丹野 健徳

名称:「玉掛け技能講習」

期間:2021年8月3日~5日(3日間) 場所:コマツ教習所 宮城センタ(名取市)

#### 1、目的

ヘリウムサブセンターでの、液体窒素、液体ヘリウム容器の納入・返却時の電動クレーンを使用する。このクレーンに荷を吊るす玉掛け作業を行うためには、労働安全衛生法に 定められた技能講習を受講する必要がある。

#### 2、内容

講習での科目は、一日目、二日目にクレーンに関する知識、力学に関する知識、玉掛け用具に関する知識、関係法令などに関する学科教育が行われた。三日目に実際のクレーンに玉掛けを行う実技教育が行われ、学科および実技の修了試験を受験した。それぞれの受講時間は以下の通りである。

#### 学科

・クレーンに関する知識	1時間
・力学に関する知識	3 時間
・玉掛け用具選定・使用方法	4 時間
・玉掛け方法・合図の方法	3時間
・関係法令	1時間

#### 実技

・クレーン等の玉掛け等	6時間
・合図	1 時間

#### 3、感想

以前受講したクレーン運転業務の特別教育のおかげで学科や合図はわかりやすかった。 今後、ヘリウムサブセンターのクレーンを一人で運転できるようになった。荷揺れが危険 だということが今回の受講でよくわかったので、吊り荷の重心位置に注意して玉掛け作業 を行い、クレーンを安全に運転していきたい。

#### Google Workspace 活用研修の受講報告

2022年3月22日 評価部 丹野健徳

名称:Google Workspace 活用研修

期間:2022年3月14日 ~ 3月15日

場所:Google Meet

#### 1、目的

Google Workspace を利用して研究基盤技術センター評価部の装置予約システムの構築などを行っており、業務効率化に積極的に活用している。Google Workspace の機能を復習するとともに事務業務での活用例を知るために研修に参加した。

#### 2、内容

業務のDX推進プロジェクトICT研修チームが主催の研修で、入門~初級コースおよび中級コースに参加した。内容は、ドライブの共有設定、ドキュメントやスプレッドシートの操作方法、フォームの作成方法についてで、実習を交えた外部講師からの講義だった。

#### 3、感想

大変参考になったが、入門~初級コースおよび中級コースでほぼ同じ内容だったので、 受講する場合はどちらかの受講を薦める。特に気になった内容は以下の通り。

- ・ Google ドライブ内の共有設定には、制限付き (特定のユーザー・グループ)・リンク を知っている東北大学内全員の2種類があり、編集・コメント・閲覧の3種類の権限 がある(通常は「リンクを知っているインターネット上の全員」という設定もある)。
- ・ 共有した Google ドキュメントなどの共同編集では、直接編集するだけではなく、コメントや変更の提案もできる。
- ・ ワードと同様に改ページ、セクション区切り、段落スタイルなどがあり、目次機能などワードより簡便である。また、翻訳機能(ツールから、各言語)やブックマーク機能など独自機能もある。一方、利用できるフォント種類が少ないのが欠点。
- ・ Google ドキュメントなどの画像挿入では、Google 画像検索が利用でき、二次利用が 許可されたクリエイティブ・コモンズ・ライセンスの画像が表示される。ただし、そ れぞれ使用できる範囲が異なるので学外で使用する場合は特に注意が必要。
- ・ スプレッドシートを共同編集する際に単純な並べ替えは共有ファイルにも影響を与えるので、「データ>フィルタ表示>新しいフィルタ表示を作成」してから並べ替えると自分の表示だけで並べ替えることが可能。

「RIETAN-FP と VESTA の連携による三次元可視化と粉末構造解析」の受講報告

2022年3月22日 評価部 丹野健徳

名称: RIETAN-FP と VESTA の連携による三次元可視化と粉末構造解析

期間: 2022年3月8日(火) 場所: Zoom ミーティング

#### 1、目的

本講習会は、2020年3月に東北地区初開催のRIETAN-FP(結晶構造解析を行う無料の計算ソフト)の講習会として企画されたが、新型コロナウイルス感染症の感染拡大によって開催が延期されていた。2019年7月に参加した日本結晶学会主催の「粉末 X 線解析の実際」と同講師による講習会なので、結晶構造解析の復習のために参加した。

#### 2、内容

RIETAN-FPで行える結晶構造解析だけではなく、電子密度解析やモデルフリーの解析など幅広い講習内容だった。また、計算した結晶構造を描画する VESTA というフリーソフトについてもご教授いただけた。

#### 3、感想

まず、RIETAN-FPの開発者である泉富士夫先生の突然の訃報に接し、残念になりません。泉先生は本講習会の準備中にお亡くなりになったとのことです。長年、RIETAN-FPの開発や結晶構造解析の普及にご尽力されました。ご冥福をお祈りいたします。

講習会の内容としては、2019年7月に学んだ内容を復習できて有意義だった。さらに RIETAN-FP に新しい機能が盛り込まれており、結晶構造解析には構造モデルが必須だったが、外部ソフトとの連携でモデルフリーでの解析も可能になったのは驚きだった。自身でも RIETAN-FP をインストールして基本的な解析を行える環境は整えていたが、外部ソフトとの連携機能までは環境が整っていない。そのため、講習会中にはモデルフリー解析を試すことはできなかったが、デモデータがそろっているため環境を整えてモデルフリー解析を試してみたいと思う。

VESTA については普段使用している描画方法だけではなく、電子密度や結晶外形お描画も学ぶことができた。結晶外形はいくつかのフリーソフトで描画できることは知っているが、各ソフトの使用方法はまだまだ勉強不足であり、電子密度も RIETAN-FP で電子密度解析まで行ったことがないので勉強不足である。これらについても少しずつ勉強を進めていきたい。

#### スキル開発センター マネジメント研修 「ロジカルライティング研修パッケージ」の受講報告

2022年3月22日 評価部 丹野健徳

名称:スキル開発センター マネジメント研修「ロジカルライティング研修パッケージ」

期間:2022年3月1日(火) ~ 3月31日(木)

場所:オンライン研修サービス「Schoo」

#### 1、目的

スキル開発センターが主催するマネジメント研修について、分析・評価・観測群内で技術一般職員向けの試行を行うにあたり指名いただき参加した。受講する研修内容については、受講者が選択するのではなく、スキル開発センターから指定された研修を受講する形式である。

#### 2、内容

「Schoo」というオンライン研修サービスを利用して「ロジカルライティング研修パッケージ」という複数の講義がセットになった研修を受講した。各講義は1時間ごと3講演で、合計6時間の研修だった。受講した講義内容の詳細は以下の通り。

・論理的に考える技術を仕事に活かす 講師:出口 汪 ・「相手に伝える」文章を書く技術 講師:中吉 智子

#### 3、感想

最近は業務で文章を書く機会が多くなっているので、論理的に文章を書く技術は重要だと感じている。2つの講義での重要箇所がオーバーラップしていた。また、最近受講した技術英語研修とも重要箇所が重なっており、日本語でも英語でも必要になる論理的な文章技術を得られた。

システム面では、研修を受講するインターフェースは使い勝手がよかった。ノート機能、その中でも筆記アシスト機能は特に便利だった。

研修内容については、講師・講義内容のレベル差があまりに大きかった。玉石混交だと感じた。『論理的に考える技術を仕事に活かす』では、講師の副業の宣伝や雑談に多くの時間がとられており、ほとんど話がまとまっていなかった。一方、『「相手に伝える」文章を書く技術』では、講義内容がまとまっており非常に分かりやすかった。この講義では、座学と実例・実践の紹介に分かれており、理解度がより深まった。

#### 令和3年度「技術英語オンラインセミナー」の受講報告

2022年1月24日 評価部 丹野 健徳

名称:「技術英語コース (日本技術英語協会) (Technical English Online Course)」

期間:2021年12月13日~2022年1月31日(49日間)

配信時間: 3時間30分

場所:一般社団法人日本能率協会(オンライン)

#### 1、目的

総合技術部研修担当部会英語研修が企画・開催した本研修では、東北大学の教育・研究のグローバル化に伴い、これからの技術支援業務に対応できる技術職員の育成を目的にオンライン研修を実施している。

自身も外国人研究者とのメールと介した連絡や装置の使用方法の説明をはじめとした英 会話の機会が増えているが、とっさに英語が出てこないことをあり、必要性を感じて本研 修を受講した。

#### 2、内容

技術英語オンラインセミナーでは一般社団法人日本能率協会の「技術英語コース(日本技術英語協会)(Technical English Online Course)」を受講して、最後に理解度テストに合格して研修が修了する。研修の内容は以下の8パートであり、各パート内に複数のレッスンを含む。各パートの動画再生時間は10分から45分程度である。

- ・技術英語ライティング I
- ・技術英語ライティング II Part 1~3
- ・Eメールの書き方 基礎・演習1~4

#### 3、感想

オンラインの受講であり、パート内のレッスン毎に受講が選択できたので、時間にとら われず受講できた。

最初に技術英語ライティングとは、「科学技術の情報を、対象とする読者にあったレベルで、正確に、分かりやすく伝えること」だと説明され、「Clear (明確に)」・「Concise (簡潔に)」・「Correct (正確に)」の3つのCを意識することが大切だと分かった。

また、「Eメールの書き方」では、Eメール特有の文章構造や実際の書き方を知ることができ大変参考になったので、今後の業務で活用していきたい。

#### 令和3年度 核融合科学研究所 技術研究会の受講報告

2022年3月22日 評価部 丹野健徳

名称:令和3年度 核融合科学研究所 技術研究会

期間: 2022年3月10日(木) ~ 3月11日(金)

場所:オンライン(Zoom ミーティング)

#### 1、目的

全国の技術職員が携わる業務を知るため、特に最近関心がある自動化及び省力化技術の 発表や極低温設備オンライン見学会が開催されるため参加した。

#### 2、内容

本研究会での開催分野は、工作技術、装置技術、計測・制御技術、極低温技術、情報・ネットワーク技術となっている。興味深かった発表について紹介する。

#### 3、感想

#### 「汎用一斉警報通知システム WAN-WAN の展開」分子研 豊田朋範

高圧ガス残量減、危険薬品などのトラブル確認が必要だがクリーンルーム内はアクセスがしにくい。市販の通知システムは導入と維持が高価で CR 内の工事が困難。そこで、BNC ジャック接点入力を Wi-Fi 等でアラートを飛ばすデバイスを開発。CR 内の Wi-Fi が届きにくい箇所には LoRa 無線で通信距離延長。スマートフォン、スマートスピーカー、警告灯などで通知。TEM の真空ポンプ運転状況の通知などに応用。据置きから携帯タイプまで開発。特許出願して量産化に向けて開発中。

#### 「コンデンサバンク監視装置の概要」高エネ研 溝渕仁志

加速器のコンデンサ故障の予兆を早期発見のため、ガス発生によるコンデンサ膨張を監視。平常時でも熱膨張するためコンデンサ温度も同時監視。高電圧のため非接触測定の放射温度、レーザー変位センサーを使用。また周辺温度確認にサーモカメラも導入。

#### 「極低温設備見学会」核融合科学研究所

大型ヘリカル装置(LHD)の冷却用ヘリウム液化冷凍機等を見学。LHD 内の 1 億  $\mathbb{C}$  のプラズマを 4 K(-268  $\mathbb{C}$ )のヘリウムで冷却。実験中は 24 時間常時稼働。液体窒素の多量に消費し 2 時間おきに 24 時間、1 万 L のタンクローリーから充填することもある。

#### 「ヘリウム改修ガスバッグ鉄枠損壊の原因と今後の安全対策」京大 西崎修司

利用者が経験を積み慣れてきたことから異常警報システムの警報軽視。Web カメラは管理 PC の OS が古く管理者のみ閲覧できるネットワーク設定。交換動作圧力大の機械式安全弁を油封入式安全器に変更したが設置場所が悪く頻繁に大気解放するので閉栓。鉄枠に対してガスバッグが大きい。これらの事柄に加えて NMR 充填経験不足の利用者が多量にHe 流入。処理量を越えてガスバッグが過膨張して鉄枠が破損。対策として Web カメラをラズパイ接続でネットワーク独立し研究室が確認できるように変更。安全教育などの徹底で対策。利用研究室、建物管理者、寒剤管理者の連携が重要と感じた。現在利用しているWeb カメラや He 純度モニター、酸素濃度計について IoT などを活用して He を安全に利用できる環境を整備していきたい。

#### 「ヘリウム純度計監視システムの紹介」分子研 浅田瑞枝

純度モニターにラズパイと前述の WAN-WAN システムを組み込み。He 回収配管からガスバッグまでで He 漏洩がおきやすい。各研究室に He 純度モニターを設置しているが現場に行かないと純度が確認できない。センサー(熱伝導式、ピラニー式)の種類が様々、警報や出力端子の有無、電圧など。Telnet で通信可能な純度計(ツジ電子)をラズパイ接続してデータ保存。熱電式純度計(富士電機)はアナログ電流出力を AC/DC コンバータからラズパイに接続。純度低下(とりあえずの目安として 80%以下)時、回復(95%以上)時に管理者に画像付きでメール。三協電精はアナログ電流出力を AC/DC コンバータから WAN-WAN システムに接続。スマートフォンとスマートスピーカーで通知。

#### 「極低温業務 便利グッズ4種の紹介」分子研 高山敬史

- ・液体 He 容器ベーキング装置:液体 He を蒸発・回収。その後乾燥空気を導入しながら昇温させて容器内部を乾燥。容器内の固体空気を簡単に除去可能。
- ・蒸発 He ガス加温器:液体ヘリウムからガス化させる。フィンチューブを U 字のステン管等で接続。部材ごとに分解・組み立てが容易。
- ・初期予冷字 He ガス回収装置:NMR 充填時トランスファーチューブの予冷が必要。 チューブの予冷中は He ガスを大気放出。He ガス節約のため製作。超伝導マグネットの強 磁場近傍でしようするためほぼ樹脂製で作成。
- ・ガスホルダー(ガスバック)レベル監視装置:ラズパイを使用した日常業務への応用。ホルダーレベルを He 汲出しする作業場で知ることができる。小型モニターに表示させる。ガスホルダーのレベルは監視システムから出力されており AC/DC コンバータからラズパイに接続。ガスバックの場合はレーザー距離計の上部にセットして高さを出力する方法がある。

## スキル開発センター 電子顕微鏡技術研修 「~イオン液体を使って電子顕微鏡観察(TEM, SEM)をしてみませんか~」の受講報告

2022年3月22日 評価部 阿部真帆、丹野健徳

名称:スキル開発センター 電子顕微鏡技術研修 「~イオン液体を使って電子顕微鏡観察(TEM, SEM)をしてみませんか~|

期間: 3月8日(SEM 座学)、9日(SEM 実技)、17日(TEM 座学)、18日(TEM 実技)

場所:Zoom (座学)、農学研究科電子顕微鏡室 (実技)

#### 1、目的

スキル開発センターが主催する走査型電子顕微鏡(SEM)と透過型電子顕微鏡(TEM)についての研修に参加した。SEM と TEM の原理や基本操作だけでなく、正しい観察・分析のために必要な試料作製を学ぶために本研修に参加した。

さらに、過去に生体試料についての測定相談があったことから、生物・生体試料の観察ができるイオン液体の使い方について知るために本研修に参加した。

#### 2、内容

座学はオンラインの実施で阿部、丹野が参加した。実技は指名制で阿部が参加した。座学では、前述のように SEM と TEM の原理や基本操作、試料作製方法についての研修が行われた。実技では、SEM は Hitachi SU-8000(評価部と同型の SEM)と TEM は Hitachi H-7650 を用いて、農学研究科において行われた。観察に用いる試料は、受講者自身が事前に純水で希釈したイオン液体に浸漬するなどの準備を行った。

#### 3、感想

SEM と TEM の原理、構造などの基本から説明いただけたので、復習や確認になった。特に SEM の電子銃の種類や、調整不足に起因する観察像の違いを、実際に試料を観察した画像で示されたので大変参考になった。また、普段使用することのない TEM についても本研修で操作することができ貴重な経験となった。

導電性を有するイオン液体(常温で液体の塩)という物質があることや、その使用方法について知ることができた。イオン液体を純水や有機溶剤に希釈して、生物・生体試料や金属コートできない試料に浸漬・塗布することで、観察が難しい試料についても観察できる。実技では、実際の生体試料を用いて観察することも出来た。イオン液体を含めた前処理を行うことで細胞や菌を観察することができ、新しい知見を得たTEM操作も初めてだったので、いい経験となった。

#### スキル開発センター 技術英語研修

「~メールと論文で学ぶ技術英語ライティング~」の受講報告

2022年3月22日 評価部 丹野健徳

名称:スキル開発センター 技術英語研修

「~メールと論文で学ぶ技術英語ライティング~」

期間:2022年3月4日(金)

場所:Zoom ミーティング

#### 1、目的

スキル開発センターが主催する技術英語ライティングについての研修に参加した。総合 技術部の研修担当部会主催の技術英語研修にも参加したが、本研修ではさらに英作演習を 通して実践的に学ぶことができるため参加した。

#### 2、内容

日本技術英語協会の中山裕木子講師からご教授いただいた。講義内容は以下の通り。

- ・I 3つの C (正確・明確・簡潔) とは 3 C の基本的な考え方 – メール・論文より
- ・II 英作・穴埋めでマスターする基礎文法 名詞の扱い(数と冠詞)、分の組み立てについて
- III 3 C の実践メール 依頼する、確認する

#### 3、感想

総合技術部主催の技術英語研修の復習・実践になり非常に参考になった。「Clear (明確に)」・「Concise (簡潔に)」・「Correct (正確に)」の3つのCについて意識することは、英語だけでなく日本語でも重要だと感じた。

実際に英語の文章を作文して、講師に添削していただいた。中・上級編だったため、他の参加者の英作文のレベルが高く、その文章を見るだけでも英作文の書き方や伝え方の参考になった。実際に自身が英作する際にはかなりの割合で機械翻訳に依存しているが、機械翻訳だけでは伝わる英語表現にならないことがよく分かった。また、自身の英語スキルで、特に冠詞、可算・不可算、単数・複数形などの名詞の扱い、語彙などが弱いことが分かったので、今後改善していきたい。

#### 技術英語研修の受講報告

2022年3月22日 情報技術部 丸山 由子

名称:コアファシリティ統括センター スキル開発センター 技術英語研修

「メール・論文で学ぶ技術英語ライティング基礎」中・上級

期間:2022年3月4日(金)

場所: Zoom ミーティング

講師:公益社団法人日本技術英語協会 専任講師 中山 裕木子 氏

#### 1、目的

英語論文を書く、英文メールを書いて海外の研究者や関係者とコミュニケーション を取るなど、技術職員が素早く適格に英文を作成できる英語実務の基礎を習得することを目的とする。

#### 2、内容

- ・正確・明確・簡潔(3 つの C: Correct, Clear, Concise)な英語をマスターする
- ・メール・論文で 3 つの C を実践する

#### 3、感想

研修1週間前に講習資料が配布され、予習をして臨んでほしいという依頼があった。研修では講師の説明後にチャット機能を使って研修者全員が英作文を書き込み、講師のフィードバックを受けるという方式で、実践的に学ぶことができた。

研修は非常にハイペースで、内容もハイレベルと感じた。

技術英語上の可算・不可算名詞や冠詞の使い方・調べ方は非常に勉強になった。

「令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修」内での技術発表実施について

報告日:2021年11月22日

情報部 太田憲治

名称:「令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修」

期間: 2021年11月20日(金)(1日間)

場所:オンライン

#### 1、目的

総合技術部職員に対し、講演、発表等により科学技術に関する最先端の知識を習得させるとともに、総合技術部で交流の場を設け、職員間の相互理解を深めさせ、全学支援組織としての資質の向上を図ることを目的とする。

#### 2、内容

9:20~ 9:30: 開会式 牛尾則文 総合技術部部長 挨拶

9:30~10:45:特別講演 | 中岡千幸 先生(学生相談・特別支援センター 講師)

10:45~12:00:特別講演Ⅱ 正橋直哉 先生(金属材料研究所 教授)

12:00~13:00:休憩

13:00~15:30:技術発表会 15:30~16:45:交流企画

16:45~17:15:技術発表賞授与式 牛尾部長

閉会式 猪狩副部長

#### 3、技術発表内容

- ・ タイトル「低電力広域無線技術を用いたネットワーク管理手法の考察」
- ・ 現在のネットワーク管理するレイヤーは、光ケーブルやイーサネットケーブルによる 有線接続が主に利用されているが、低電力広域無線技術(Low Power Wide Area:LPWA)を下位通信レイヤにした場合の新たなネットワーク管理手法の考察を発 表した。

※詳細は、R03 yokou template 太田憲治.pdf を参照ください。

「特殊無線技士養成課程 第三級陸上特殊無線技士」の資格取得報告 令和4年3月22日 情報部 太田憲治

名称:「特殊無線技士養成課程 第三級陸上特殊無線技士」

期間:令和4年3月17日(木)(1日間)

場所:仙台商工会議所 7F大会議室

# 1、目的

陸上特殊無線技士は総務省で定める無線従事者資格のひとつで、陸上の無線局の無線設備の技術的な操作を行うためのものであり、この陸上特殊無線技士には、第一級陸上特殊無線技士、第二級陸上特殊無線技士と第三級陸上特殊無線技士、国内電信級陸上特殊無線技士があります。

第三級陸上特殊無線技士の操作範囲は、

「陸上の無線局の無線設備(レーダー及び人工衛星局の中継により無線通信を行う無線局の多重無線設備を除く。)で次に掲げるものの外部の転換装置で電波の質に影響を及ぼさないものの技術操作

- 1. 空中線電力 50 ワット以下の無線設備で 25,010 キロヘルツから 960 メガヘルツまで の周波数の電波を使用するもの
- 2. 空中線電力 100 ワット以下の無線設備で 1,215 メガヘルツ以上の周波数の電波を使用するもの |

と規定されています。

具体的には陸上移動業務や携帯移動業務の無線局(警察無線・消防無線・鉄道無線・タクシー無線などの基地局、陸上移動局、携帯基地局、携帯局など)を操作する際に必須となっている国家資格になります。

本資格取得に関しては、電気通信研究所内でのローカル 5 G基地局を扱う為、総務省の規定により「基地局を扱う無線従事者について、一般的には、電波法施行令(平成 13 年政令第 245 号)第 3 条に基づき第三級陸上特殊無線技士の資格者を適用する。」とあることから、資格を取得した。

#### 2、内容

#### 1日目

○法規 :4時間 ○無線工学 :2時間 ○修了試験 :1時間30分

#### 3、感想

法規や無線工学の講義を通して、基礎を学びなおす良い機会となった。

総合技術部 職群合同研修

# ポストコロナ時代を見据えた共用装置のオンライン化・リモート化 ~電気通信研究所での実例~

新型コロナウイルスの感染拡大によって、本学でも施設への立入りが著しく制限されて研究活動の停滞が余儀なくされました。これからのポストコロナ時代においては、感染リスクを避けながら研究活動を継続するためにテレワークのみならず共用実験設備についてもオンライン化・リモート化への対応が求められています。また、本学ではコアファシリティ構築支援プログラムに採択されたことを機に、コアファシリティ統括センターを中心に各種共用設備のオンライン化・リモート化などが進められています。

電気通信研究所では、ポストコロナ時代を見据えて、X線回折装置や走査型電子顕微鏡などの装置や大型実験 設備の監視装置、会議室などのオンライン化・リモート化を行いました。

本研修では、装置等のオンライン化・リモート化する際、各種機器構成やネットワーク設定や、装置運用の実例について紹介します。部局や職群にかかわらず情報を共有したいと考えておりますので、ご興味がある方は是非ご参加ください。

記

日時:令和4年1月31日(月)13:30~15:50

参加形態:電気通信研究所 本館 大会議室および Zoom によるハイブリッド形式

参加対象:総合技術部に所属する技術職員、および教職員・学生

#### プログラム

13:30~13:35 開会挨拶(分析・評価・観測群 秋山拓己)

13:35~14:00 オンライン化の機器構成、ネットワーク設定(情報・ネットワーク群 太田憲治)

14:00~14:20 X線回折装置のリモート測定(分析・評価・観測群 丹野健徳)

14:20~14:40 走査型電子顕微鏡のリモート測定(分析・評価・観測群 阿部真帆)

14:40~15:00 大型実験施設のリモート監視(電子回路・測定・実験群 小野力摩)

15:00~15:10 休憩

15:10~15:40 質疑応答

15:40~15:50 閉会挨拶(コアファシリティ統括センター 坂園聡美特任助教)

共催:総合技術部 分析・評価・観測群、情報・ネットワーク群、電子回路・測定・実験群、 コアファシリティ統括センター、電気通信研究所・研究基盤技術センター

申込期限:令和4年1月28日(金)

申込方法:下記の申し込みフォームからお申し込みください。東北大学メールアドレスでのログインが必要です。

https://forms.gle/EGujsip5ix8CKGNE8

担当:丹野健徳(電気通信研究所)

内線:(91)5571、E-mail:takenori.tanno.a7@tohoku.ac.jp

# 美和電気工業計測 WEB セミナー報告

報告日:2021年7月26日 プロセス部 小野 力摩

名称:「美和電気工業計測 WEB セミナー」

期間: 2021年6月25日(金)(1日間)

場所:オンラインセミナー

### 1、目的

オシロスコープやスコープコーダといった計測機器について、その原理や仕様といった基礎を熟知した上で使用することができるように、本セミナーを受講した。

#### 2、内容

10:00 ~ 11:30 オシロスコープの基礎

- 1. オシロスコープとは
- 2. オシロスコープの仕様の基礎 (周波数帯域、サンプリングなど)
- 3. 信号入力
- 4. トリガー
- 5. データ保存
- 6. 使用上の注意
- 7. 質疑応答
- 13:30 ~ 15:00 スコープコーダの基礎
  - 1. スコープコーダとは
  - 2. 波形計測の基礎
  - 3. 各種センサー信号用モジュール
  - 4. 電圧測定とフローティング信号
  - 5. 質疑応答

- ・ 周波数帯域やサンプルレートなど、オシロスコープを使用するにあたって考えなければならないパラメータ、およびそれらをもとにした機器の選定方法を学んだ。
- ・ スコープコーダという機器を初めて聞いた。電圧と温度など、複数信号を同時に計測できるツールとのことで、装置の状態測定などに使えるかもしれないと感じた。
- ・ 各機器について、基本的な使い方や接続方法、やってはいけないことを詳しく知ることができた。実際に使用する際の参考にしたい。

社会貢献

#### 第7回 微細加工プロセス技術セミナー報告

報告日:2021年7月26日 プロセス部 小野 力摩

名称:「第7回 微細加工プロセス技術セミナー」

期間:2021年6月30日(水)(1日間)

場所:オンラインセミナー

### 1、目的

半導体プロセス、およびそれを用いた応用技術についての知識、情報の取得のため、 本セミナーを受講した。

# 2、内容

15:30~15:35

1.「ナノテクノロジープラットフォーム事業・微細加工 PF のご紹介」

15:35~16:00

2. 「物理気相成長 (PVD) による成膜技術」

16:00~16:20

3.「集積化センサ/アクチュエータを形成可能な SOI-MEMS 技術 |

16:20~16:40

4. 「高分子マテリアルの微細加工技術」

- ・ PVD(主に真空蒸着、スパッタリング)について、その原理から予想生成膜厚の計算方法、どのような方式があるかなどを詳細に学ぶことができた。半導体基礎講座等に活かせればと思った。
- ・ 入射エネルギーの高さから、スパッタリングの方が高い異方性を持っていると思い込 んでいたが、実際は真空蒸着の方が高いことがわかった。
- ・ 自分たちの分野とは直接は関係しない高分子マテリアルの講演からも、(厚膜レジストではあったが)レジストを均一に塗布し、クラックを抑制しながら現像する方法を聞くことができた。他分野からも、自分たちの業務に活かせそうなことが学べると改めて感じた。

# 半導体膜厚セミナー(前工程編)報告

報告日:2021年9月27日 プロセス部 小野 力摩

名称:「半導体膜厚セミナー(前工程編)」 期間:2021年7月28日(水)(1日間)

場所:オンラインセミナー

### 1、目的

半導体プロセスの膜厚測定に関する知識の取得、および最近どのようなニーズがあるのかを知るため、本セミナーを受講した。

#### 2、内容

15:00~16:00

半導体膜厚セミナー(前工程編)講演

- ・ 膜厚測定の話だけかと思っていたが、インゴット製造から成膜まで半導体プロセスの 前工程全般に触れ、近年どのようなことが求められているかのお話があった。半導体 基礎講座の資料改定等に役立てたいと思った。
- ・ 厚み測定が必要な部分はウエハー上に製膜したものだけだと思っていたが、ウエハー そのものの厚み測定も重要であることがわかった。
- ・ 現在の技術では1ポイント1秒以下、6万ポイント1分程度という高速測定を、精度 を保ったまま実施可能であることがわかった。レジストの膜厚がどの程度か気になる という声がナノ・スピンでも聞かれるので、今後ウエハー全面を高速で測れる装置も 必要かもしれない。(現在、膜厚は段差計での測定)

社会貢献

#### 美和電気工業計測 WEB セミナー報告

報告日:2021年9月27日 プロセス部 小野 力摩

名称:「美和電気工業計測 WEB セミナー」

期間:2021年7月29日(木)(1日間)

場所:オンラインセミナー

# 1、目的

ナノ・スピン棟ではフィールド機器が広く使われている。それらの点検校正に用いられるキャリブレータについて、原理や仕様といった基礎を学びたいと思い、本セミナーを受講した。

#### 2、内容

10:00 ~ 11:30 キャリブレータの基礎講演

# 3、感想

・ キャリブレータの原理、使用されているものや注意点について詳細に学ぶことができた。ナノ・スピン棟では中央監視装置に多くフィールド機器が使われていり、年に1回点検を行ってもらっている。その際の測定方法や結果の見方などの参考にしたいと思った。

# 第8回 微細加工プロセス技術セミナー報告

報告日:2021年9月27日 プロセス部 小野 力摩

名称:「第8回 微細加工プロセス技術セミナー」

期間:2021年8月25日(水)(1日間)

場所:オンラインセミナー

### 1、目的

半導体プロセス、およびそれを用いた応用技術についての知識、情報の取得のため、 本セミナーを受講した。

#### 2、内容

- 1. ナノテクノロジープラットフォーム事業・微細加工 PF のご紹介 15:00~15:05
- 2. Si 深堀エッチング(Deep-RIE)技術とその応用 15:05~15:30
- 3. Si の CVD と薄膜利用 MEMS 15:30~15:50
- 4. パッケージングで差を付ける! 東京大学微細加工拠点でのシステム実装環境  $15:50\sim16:10$

次回セミナー、実習コースの案内 16:10~16:15

- ・ 深堀エッチングの講演で、久しぶりにプラズマの挙動について学ぶことができた。エッチング装置ではないが、最近 TSC 経由でプラズマアッシャーの利用が増えているので、改めてプラズマそのものの挙動、および装置の形式ごとのプラズマ挙動について学び直したいと思った。
- ・ 業務では主に前工程に触れているので、後工程について伺うことができたのは新鮮であった。コロナが空けたら実習も体験してみたいと思った。

#### エネルギー管理講習「新規講習」報告

報告日:2021年9月27日 プロセス部 小野 力摩

名称:「エネルギー管理講習「新規講習」」 期間:2021年9月15日(水)(1日間) 場所:東北福祉大学仙台駅東口キャンパス

### 1、目的

ナノ・スピン棟でエネルギー管理員を担当できるようになるため、および施設設備管 理業務の知識を得るため、当該講習を受講した。

# 2、内容

9:00 ~ 9:30 受付、および講習の概要説明

9:30 ~ 11:40 エネルギー総合管理に関する基礎知識及び法規

11:40 ~ 12:40 休憩

12:40 ~ 14:50 エネルギー管理の手法

14:50 ~ 15:00 休憩

15:00 ~ 16:30 エネルギー管理の実務

16:30 ~ 16:40 休憩

16:40 ~ 17:10 効果測定(マークシート形式のテスト)

- ・ 省エネルギー法の対象となっているエネルギーが化石燃料であること、省エネの指標 としているものがエネルギー原単位であること、省エネのために用いている制度な ど、多くのことを学ぶことができた。
- ・ 冷凍機や空調機(セントラル方式)、ポンプなどクリーンルームに関わる設備の省エネ の方針を学ぶことができた。現状と照らし合わせて、省エネができないか検討した い。

最新 in-situ 技術セミナー ~Gemini x PicoIndenter で見て分かるナノ材料物性~報告

報告日:2021年10月25日

プロセス部 小野 力摩

名称:「【ZEISS x Bruker 共催】最新 in-situ 技術セミナー ~Gemini x PicoIndenter で見て分かるナノ材料物性~」

期間: 2021年9月28日(火)(1日間)

場所:オンラインセミナー

# 1、目的

電子線顕微鏡、およびこれを用いた応用技術、現在の動向についての知識、情報の取得のため、本セミナーを受講した。

#### 2、内容

- 13:30-13:35 オープニング
- 13:35-14:00 ナノスケール力学評価の最新動向
- 14:00-14:25 In-Situ のための ZEISS Gemini SEM 先端技術紹介
- 14:25-14:30 休憩
- 14:30-14:55 In-situ SEM nanomechanical instrument SEM PicoIndenter のご紹介
- 14:55-15:20 Microscopy as a Service を目指した ZEISS の顕微鏡制御 API と 画像処理プラットフォーム
- 15:20-15:30 クロージング

- ・ 20V という低加速電圧、低真空で SEM 観察を行う技術が開発されていることを知る ことができた。
- ・ 実験の要望に応えるために複数の企業が技術協力する(ZEISS の SEM 技術に、Bruker が In-situ 実験用のアダプターを開発する、など)、API を用いた装置のオンデマンド 化、プラットフォーム(クラウド)を活用したデータ、アプリケーションの共有が現在 の微細加工分野で取り組まれていることなのだと感じた。

社会貢献

# 半導体の中間工程・後工程における膜厚測定報告

報告日:2021年10月25日 プロセス部 小野 力摩

名称:「半導体の中間工程・後工程における膜厚測定」

期間:2021年9月30日(木)(1日間)

場所:オンラインセミナー

#### 1、目的

半導体プロセスの後工程においてどのような場面で膜厚測定が用いられているのか、 また、「中間工程」とはどのようなものかを知るため、本セミナーを受講した。

## 2、内容

15:00~17:00

半導体の中間工程・後工程における膜厚測定 講演

- 半導体産業を取り巻く環境
- ロードマップに見る将来の半導体
- 3D パッケージングと中間工程
- 産総研の中間工程技術への取り組み
- 中間工程における膜厚測定

- ・ 半導体産業の現状、および将来の見通しに触れた上で、中間工程に用いられる技術、 そこで必要となる膜厚測定、という内容だった。
- ・ ここ1年の間に、半導体分野で多くの動きがあったことがわかった。半導体工場の事故など、悪いニュースは私も知っていたが、半導体産業への多額の投資が相次いだこと、国内で技術開発のプロジェクトが発足していたことなど、よいものも多かったことは知らなかった。もっとアンテナを張っておかなければと感じた。
- ・ 中間工程という言葉を初めて聞いたが、デバイス積層によって生じた、パッケージン グ前のチップの貼り合わせや TSV の工程だということを学んだ。ここで Si 膜厚測定 の必要性が出てきたが、これまでに Si の標準サンプルがなく、新しい基準の作成、膜 厚測定方法の開発が必要であることがわかった。

# 第9回 微細加工プロセス技術セミナー報告

報告日:2021年11月22日

プロセス部 小野 力摩

名称:「第9回 微細加工プロセス技術セミナー」

期間:2021年10月29日(金)(1日間)

場所:オンラインセミナー

# 1、目的

半導体プロセス、およびそれを用いた応用技術についての知識、情報の取得のため、 本セミナーを受講した。

#### 2、内容

- 1. ナノテクノロジープラットフォーム事業・微細加工 PF のご紹介 15:00~15:05
- 2. 連続発振レーザ結晶化とその応用 15:05~15:30
- 3. フェムト秒レーザによる高アスペクト比加工 15:30~15:50
- 4. デバイスからの放出ガス分析 16:00~16:20
- 5. 電子線描画装置を利用した金属ナノ構造作製技術 16:20~16:40

- ・ レーザーによる材料加工、加熱による反応の話が多かった。レーザーという言葉は知っているが、改めて考えると電磁波(光)との違いは知らなかった。レーザーとはどのような性質をもつものなのか、レーザーによる加工は何故できるのかなど、基礎的な話を聞けたのが貴重だった。
- ・ 電子線描画は時間がかかるため、時短のための方策が色々と考えられていることがわかった。仕上がりの精度とのトレードオフになるが、デフォーカスや点による図形の近似など、試してみたいと思った。

# 令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修報告

報告日: 2021 年 11 月 22 日 プロセス部 小野 力摩

名称:「令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修」

期間:2021年11月10日(水)(1日間)

場所:オンライン

#### 1、目的

「クリーンルーム技術」という題目での技術発表を行うため、研修に参加した。併せて、いくつかの講演を聴講した。

# 2、内容

9:20~9:30 開会式 牛尾則文総合技術部 部長 挨拶

9:30~10:45 特別講演 I 中岡千幸 先生(学生相談・特別支援センター 講師)

10:45~12:00 特別講演 II 正橋直哉 先生(金属材料研究所 教授)

12:00~13:00 休憩

13:00~15:30 技術発表会

15:30~16:45 交流企画

16:45~17:15 技術発表賞授与式 牛尾部長

閉会式 猪狩副部長

- ・ 特別講演 I「ハラスメント問題解決のための仕組みとハラスメント対応について」を 聴講した。ハラスメントに対して、大学として調整、調停、調査を行い対応している ことを知ることができた。
- ・ 「クリーンルーム技術」という題目で、クリーンルームの歴史、およびクリーンルームに用いられている技術について発表を行った。発表時間をオーバーしてしまったため、「(発表時間)-(1,2分)」程度のボリュームで発表内容を作成するのが今後良いかと思った。
- ・ 「クリーンルーム維持管理において最も重要視していること」という質問に対して返答に窮してしまった。自分自身が今後維持管理に真摯に取り組めるように、この答え はよく考えなければならないと思った。

社

会

責

献

# クリーンルーム技術

○小野 力摩、西村 容太郎 東北大学 電気通信研究所 ナノ・スピン実験施設 共通部

#### 1. はじめに

我々が所属し、建屋・設備の維持管理を行っているナノ・スピン実験施設のように、半導体分野の研究を行う研究所、および半導体デバイスの生産工場では、クリーンルームにおいて実験や製造を行っている。クリーンルームとは清浄度が一定レベル以下に管理された空間であり、設計通りのものを作製するために必須である。クリーンルームなくして現在の半導体分野の発展はないと言っても過言ではないが、その歴史や現在使われている技術についてはあまり知られていないように感じる。

そこで本発表では、クリーンルームがどのような歴史を経て今の形になったのか、どのようなシステムで構成されているかについて述べる。

#### 2. クリーンルームの歴史

クリーンルームは第二次世界大戦中、戦争の兵器開発のためにアメリカで誕生したのが始まりである。 戦後、半導体製造や病院に応用されるようになり、日本には昭和 40 年に導入された。しかし、当時クリーンルームに用いられていた「ダイレクト方式」と呼ばれる循環方式(図 1 左)では天井内の圧力上昇に伴う塵埃発生により、清浄度とランニングコストが両立できなかったため普及が進まなかった。

そんな中、東北大学電気通信研究所にスーパークリーンルームが誕生した。昭和 61 年に竣工されたこのクリーンルームは、大学と企業が様々な知恵を出し合い作り上げた「クリーンルームの技術を開発するためのクリーンルーム」であった。この中で生まれた「ローカルレターン方式」と呼ばれる循環方式(図 1 右)により、ダイレクト方式の問題をクリアすることができ、清浄度とランニングコストの両立が可能となった。これにより、多くの大学・企業、様々な分野でクリーンルームが導入されるようになった。

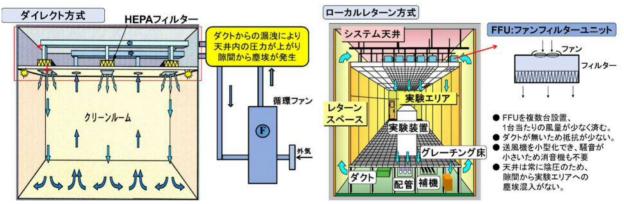


図1 クリーンルームの循環方式(左:ダイレクト方式、右:ローカルレターン方式)

#### 3. クリーンルームに用いられている技術

ローカルレターン方式に着目して、現在のクリーンルームに用いられている技術を説明する。

### 3.1 システム天井

ローカルレターン方式の天井はシステム天井と呼ばれ、ブドウ棚のような形状である。ここに FFU、もしくはガルバリウム板を設置している。FFU(ファンフィルターユニット)と同じ寸法で区切られているため、FFU の移動、追加・削減を求める清浄度に応じて容易に行うことができる。また、FFU を部分的に停止することが可能であるため、夜間は最低限の場所のみ運転するなどの省エネ運転が可能である。

成

果

#### 3.2 FFU(ファンフィルターユニット)

ファンとフィルターが一体となった機器で、フィルター部には HEPA フィルターが用いられている。 これによりクリーンルーム内で発生した塵埃を除去し、清浄な空気としている。改良が重ねられ、現在 では FFU 1 個あたりの消費電力は当初の 1/9 程度となっている。

#### 3.3 グレーチング床

床をグレーチングにして隙間を設けることで、クリーンルーム内で発生した塵埃を地下に落とし実験を行うエリアに堆積させないようにしている。また、地下にスペースを設けることにより、実験装置の用力機器や配管を地下に通すことができる。これが実験エリアのスペース確保、埃だまりの削減にもつながっている。さらに、グレーチングがアルミでできているため、静電気の除去も行える。

#### 4. クリーンルームを構成するシステム

クリーンルームはその中で人が安全に作業、実験を行うため、あらゆる汚染、外乱が排除され、安全性が確保されていなければならない。そのため、クリーンルームは様々な設備から構成されている。(図 2)

#### 4.1 空調設備

外気の塵埃を除去し、クリーンルーム内に清浄な空気を導入するために外調機を用いている。外調機では併せて、導入する空気の温湿度調整、クリーンルーム内の陽圧維持も行っている。HEPAフィルターの前にプレフィルター、除塩フィルターの2種類を挟むことで、外調機、およびFFUに用いられている HEPAフィルターの性能を維持している。

#### 4.2 純水供給設備

市水に含まれる残留塩素やミネラル分などは、半導体デバイス作製に悪影響を与えてしまう。そのため、クリーンルームに供給する水はイオン交換樹脂や中空糸膜など様々な膜を通し、UV 照射を行うことで、ほぼ純度 100%の超純水としている。

#### 4.3 中央監視装置

クリーンルームは上記の空調設備、純水供給設備の他、複数の設備から構成されており、これらを人の目だけで網羅するのは難しいため、ナノ・スピン実験施設では中央監視システムを導入している。これにより、複数の機器の運転状態の把握、発停の管理を1つの部屋から行うことができる。また、本システムには災害や設備機器異常を把握し、警報として伝達する仕組みも備えている。このシステムのおかげでクリーンルーム内の安全性が保たれている。

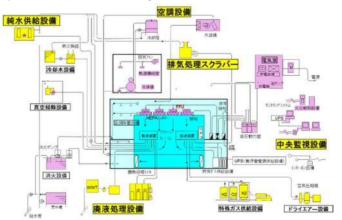


図2 クリーンルームを構成する設備

#### 5. 最後に

これまで紹介してきたクリーンルーム設備は放っておいても問題なく動いてくれる、というものではない。日々の点検や定期的なメンテナンスでこれらの設備を維持している。また、クリーンルームの利用者にも、正しく使用するように指導を行っている。

# 男女共同参画 WG「話し方講座」報告

報告日:2022年2月21日 プロセス部 小野 力摩

名称:「男女共同参画 WG「話し方講座」」 期間:2022年2月18日(金)(1日間) 場所:オンラインセミナー(金研主催)

### 1、目的

ナノ・スピン棟内や職群等での発表を、話し方の面でよりよくできることを目的と し、本研修に参加した。

#### 2、内容

13:30~14:30

「話し方講座」 講演(講師:粟津ちひろ様)

14:30~15:00

質疑応答

- ・ 簡単に実践できるけれど、普段なかなか意識できないようなことを聞くことができ た。発表だけでなく、普段の会話にも、今すぐにでも活かせそうな内容だと感じた。
- ・ 講師の粟津様の話し方(講演の進め方)が、リラックスした気持ちで聞きながらも講演 内容に没頭できる、というもので、この話し方を目指してみたいと思った。

#### 日立 SEM One-UP セミナー 2022 報告

報告日:2022年2月21日 プロセス部 小野 力摩

名称: 「日立 SEM One-UP セミナー 2022」

期間:2022年2月3日(木)(1日間)

場所:オンラインセミナー

### 1、目的

SEM に使われている技術を知るために、本セミナーを受講した。日立の SEM は今後施設で導入を検討しているため、予め知識を得ておきたいという目的もあった。

#### 2、内容

15:00~15:30

「電界放出型走査電子顕微鏡(FE-SEM)信号検出系の詳細」 講演

15:30~16:00

質疑応答

- ・ SEM 像を得るために使用する電子の種類と、それぞれの電子で得やすい情報(凹凸、 組成コントラストなど)を詳しく知ることができた。自分が観察するサンプルについ て、何を特に見たいかを明確にした上で、選ぶようにしたいと思った。
- ・レンズ、検出器の構造や特徴についても学ぶことができた。特に、インレンズ、セミインレンズとそれらに用いられる検出器について知ることができた。YAG 検出器や最新機種の構造なども併せて学ぶことができた。



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·謝辞掲載論文等一覧 対象期間 2021.4 ~ 2022.3

#### • 評価部

#### <国内会議>

千葉雅樹, **丹野健徳**, **阿部真帆**, 石山和志, 枦修一郎, 鈴木茂, 「Fe 基合金の磁歪に及ぼす塑性ひずみの影響の解析」, 日本金属学会 2021 年秋期(第 169)講演大会.

Shigeru Suzuki, Masaki Chiba, <u>Takenori Tanno</u>, <u>Maho Abe</u>, Shuichiro Hashi, Kazushi Ishiyama, "Magnetic properties and substructure of samples prepared from Fe-Ga alloy single crystals", 東北大学 電気通信研究所情報通信共同研究拠点 令和 3 年度共同プロジェクト研究発表会.

#### <査読付論文>

Masaki Chiba, <u>Takenori Tanno</u>, <u>Maho Abe</u>, Shuichiro Hashi, Kazushi Ishiyama, Toru Kawamata, Rie Y. Umetsu, Kazumasa Sugiyama, Shigeo Sato, Yosuke Mochizuki, Koji Yatsushiro, Tsuyoshi Kumagai, Tsuguo Fukuda, Shun-Ichiro Tanaka, and Shigeru Suzuki, "Magnetic Properties and Substructure of Iron–Gallium Alloy Single Crystals Processed from Ingot to Wafers", Materials Transactions, 2022, 63, 502-507.

Takeru Iwahori, Ayano Mizuno, Atsushi Ono, Yoichi Uehara, and Satoshi Katano, "Thermally and photoinduced structural and chemical changes of a silver nanocube array on Au(111)", RSC Adv., 2021, 11, 15847.

# ・評価部・プロセス部

#### <査読付論文>

Yutaro Takeuchi, Ryotaro Okuda, Junta Igarashi, Butsurin Jinnai, Takaharu Saino, Shoji Ikeda, Shunsuke Fukami, and Hideo Ohno, "Nanometer-thin L10-MnAl film with B2-CoAl underlayer for high-speed and high-density STT-MRAM: Structure and magnetic properties", Appl. Phys. Lett., 2022, 120, 052404.

#### • 工作部

#### <査読付論文>

Teng Ma, Madoka Sato, Maki Komiya, Kensaku Kanomata, Takaya Watanabe, Xingyao Feng, Ryusuke Miyata, Daisuke Tadaki, Fumihiko Hirose, Yuzuru Tozawa, and Ayumi Hirano-Iwata, "Lateral voltage as a new input for artificial lipid bilayer systems", Faraday Discussions, 2022, 233, 244.

Ko-Ichiro Miyamoto, Rinya Hiramitsu, Carl Frederik Werner, and Tatsuo Yoshinobu, "Simultaneous In Situ Imaging of pH and Surface Roughening during the Progress of Crevice Corrosion of Stainless Steel", Sensors, 2022, 22, 2246.

会貢

献

# 発表·成果報告一覧 対象期間 2021.4 ~ 2022.3

小野力摩(プロセス部)21.11 オンライン発表 令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修 「クリーンルーム技術」

太田憲治(情報技術部) 21.11 令和3年度東北大学総合技術部技術職員研修 オンライン発表 「低電力広域無線技術を用いたネットワーク管理手法の考察」

太田憲治(情報技術部)、阿部真帆、丹野健徳(評価部)、小野力摩(プロセス部)22.1 総合技術部職群合同研修 ポストコロナ時代を見据えた共用装置のオンライン化・リモート化 ~電気通信研究所での実例~

「オンライン化の機器構成、ネットワーク設定」(太田憲治) 「走査型電子顕微鏡のリモート測定」(阿部真帆) 「X線回折装置のリモート測定」(丹野健徳) 「大型実験施設のリモート監視」(小野力摩)

阿部真帆(評価部) 22.3 令和3年度核融合科学研究所技術研究会 オンライン発表 「電子顕微鏡のオンライン化の実例紹介」

小野力摩、森田伊織、武者倫正(プロセス部)22.3 電気通信研究所研究基盤技術センター技術発表会 「EB 受託対応状況と技術改善の報告」

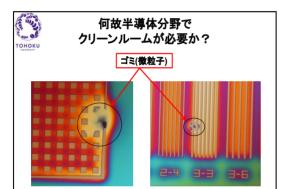
太田憲治(情報技術部)22.3 電気通信研究所研究基盤技術センター技術発表会 「研究室の用途に合った選択可能な新しい部局ネットワークの仕組みについて」

前田泰明(工作部)22.3 電気通信研究所研究基盤技術センター技術発表会 「薄物溶接を含む真空部品の製作における工夫」



はじめに:クリーンルームとは?
「空気中における浮遊微小粒子、浮遊微生物が限定された清浄度レベル以下に管理され、その空間に供給される材料、薬品、水やその他についても不純物、ゴミを取り除いてゴミを持ち込まないようにしようとする空間」
(コンタミネーションコントロール用語 JIS Z8122 4001より)
使用用途:
半導体・液晶製造工程、製薬・食品製造、バイオテクノロジーなど

1

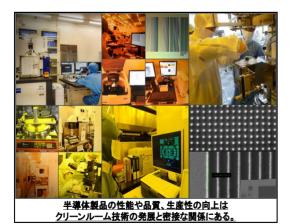


設計通りのものが作れない

クリーンルームの清浄度(クラス) тоноки ISO振格 ISO 14644-1(1m³中に含まれる0.1µm以上の微粒子数 個/m³) Class1 10 (101) 2 Class2 100 (10<sup>2</sup>) 24 10 Class3 1.000  $(10^3)$ 237 102 35 8 Class4 10.000 (10<sup>4</sup>) 2.370 1.020 352 83 Class5 100,000 (10<sup>5</sup>) 23.700 10.200 3.520 832 Class6 1.000.000  $(10^6)$ 237.000 102.000 35.200 8.320 293 Class7  $(10^7)$ -352,000 83,200 2,930 Class8  $(10^8)$ - 3.520.000 832.000 29.300 Class9 - 35.200.000 8.320.000 (10<sup>9</sup>) 293,000 身の回りの環境の清浄度(1m3中に含まれる0.1μm以上の機粒子数 個/m3)の例 〇 手術室: 50.000 〇 事務所: 1,000,000 〇都市街中: 5,000,000

3

5



4

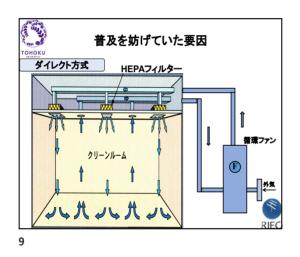
2

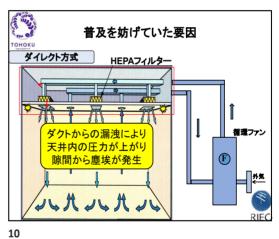
- 1. クリーンルームの歴史
- 2. クリーンルームに用いられている技術
- 3. クリーンルームを構成するシステム



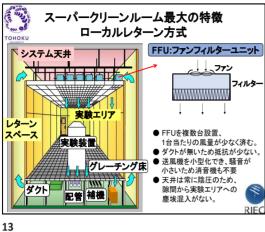
クリーンルームの誕生 тоноки アメリカ (戦前)放射線による空気汚染防止のための高 技術が確立されておらず清浄度が低く 頼性向上 ランニングコストが高い。 普及が進まない 日本 (S40) CRの使用開始 (S50)盛岡日赤病院 (S57)東北大通研 ·半導体·電子機器 ミニクリーンルーム 新生児室BCR ·病院·薬品 試行錯誤の連続 RIFC

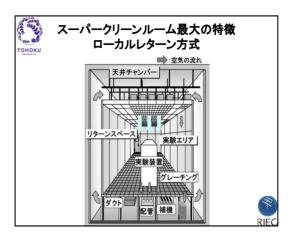
8





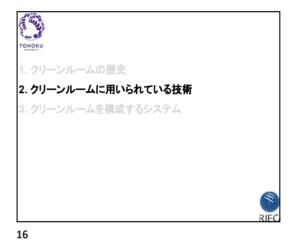


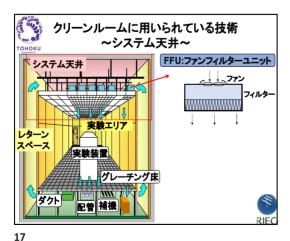


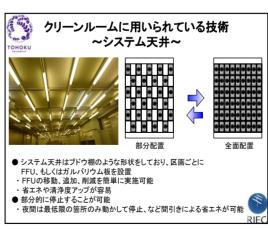


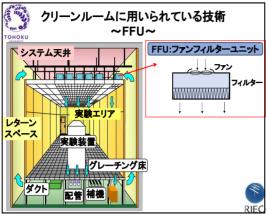
14



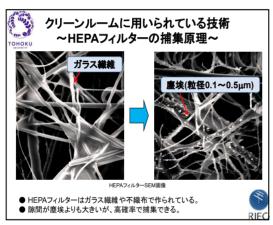


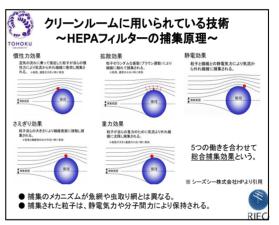






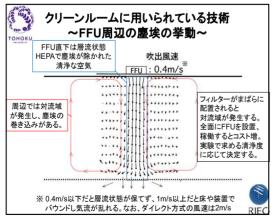


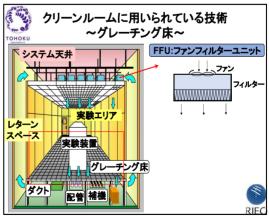




21

22







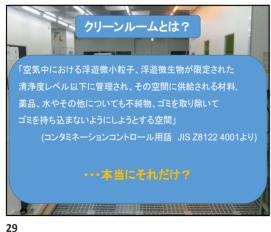
クリーンルームに用いられている技術 ~グレーチング床の効果~ レターンスペース 実験エリア 床下 ● 塵埃を床下に落とし、クリーンルーム内に拡散させない 配管・配線を床下に通せるので、埃溜りにならない。通路の確保が容易 ▼ ルミ材のため導電性が良く静電気を除去できる。● 床下は自動清掃ロボットで常時清掃、という工夫が可能 RIFC

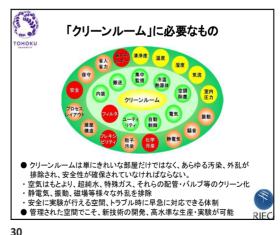
25

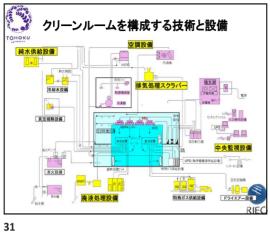
26











クリーンルームを構成する技術と設備 ~空調設備~ гоноки 純水供給設備 THE STATE OF THE S 冷却水设備 228 100 1-31/7/2712 (C. 2011) (C. 真空掃除設備 中央監視設備 AXX d 東総欽運) 消火設備 ドライエアー設備 廃液処理設備 特殊ガス供給設備 RIEC

32

クリーンルームを構成する技術と設備 ~外調機~ 加圧 外気 (0) 送風機

- 外気の塵埃を除去し、クリーンルームに清浄な空気を導入 クリーンルームに導入する空気の温湿度調整<sup>※</sup> クリーンルーム内の陽圧維持(10~20Pa)

33

※ 加湿のために、ボイラーを導入しているところもある。

クリーンルームを構成する技術と設備 TOHOKU~プレフィルター、除塩フィルターの役割~ HEPAフィルター断面図 PM2.5 大きい粒子で表面が塞がれ、寿命が短くなる!

除湿 加温 冷却

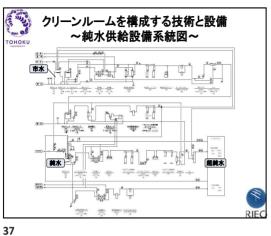
RIEC

34

ームを構成する技術と設備 ~純水供給設備~ Table T 冷却水设備 UPS COMPANY 真空掃除設備 中央監視設備 消火設備 廃液処理設備 35

クリーンルームを構成する技術と設備 ~純水供給設備~ ● 市水に含まれる塩類や残留塩素、ミネラル、有機物、生菌、溶存気体を取り除き 限りなく純度100%に近い水(超純水)を製造する設備 逆浸透膜やイオン交換樹脂、中空糸ろ過膜(UF膜)や脱気膜を通し、 UVランプを照射することで電気抵抗率 約18MQ·cmの超純水を製造 半導体デバイスにおいて市水に含まれる上記成分は悪影響

39



クリーンルームを構成する技術と設備 ~中央監視設備~ 純水供給設備 in-真空掃除設備 中央監視設備 消火設備 ドライエアー設備 廃液処理設備 特殊ガス供給設備

クリーンルームを構成する技術と設備 ~中央監視設備~ гоноки ORNER ORNER SCHOOLS -4-5 排気処理設備 真空掃除設備 超純水供給設備 クリーンルームや実験室内の状態の監視、 および設備・機器の運転・停止動作の管理 RIFC

クリーンルームを構成する技術と設備 ~中央監視設備~ тоноки 地震 火災 漏電 警報にて周知 中央監視システム ガス漏洩 設備異常 クリーンルームや実験室内の状態の異常や 設備機器の故障を把握し、警報として伝達 RIEC



クリーンルームの四原則 1. 塵埃を持ち込まない エアシャワーの使用、室内陽圧、持込材料・治工具類の清浄化、など 2. **<u>塵埃を発生させない</u>** 防塵衣の正しい着用、発塵の少ない材料の使用、など 3. <u>庫**埃を除去する**</u> 局所排気設備の使用、発塵源の囲い込み、定期的な清掃、など 4. 塵埃を堆積させない 床にものを放置しない、不要物の片付け、など クリーンルームは良質な実験を行うための「道具」 正しく使用することが大切!

41 42

38

# 低電力広域無線技術を用 いたネットワーク管理手法 の考察

総合技術部 情報ネットワーク群 電気通信研究所 研究基盤技術センター 情報技術部 電気通信研究所 やわらかい情報システムセンター

太田 憲治

1

3

5

あいさつ ・名前 太田 憲治 ・所属 電気通信研究所 やわらかい情報システムセンター ・主な仕事 所内のネットワーク・サーバのインフラエンジニア

2

# タイトルに対しての着想 年に一度の計画停電作業時、所内28カ所 約50台のネットワーク機 器すべての電源を抜いて回ります。ただただ憂鬱な作業をどうにかし たい!! ちょっと面倒だな。 リモートから電源の制御ができたら楽なのにな。 ネットワーク機器復旧しないとリモートからの監視できないじゃん!! なんで、ネットワークを管理する通信レイヤは、有線接続でIPネットワークだけなんだろ? ネットワークがトラブルあった際も使いたい。

低電力広域無線技術を使えば解消できる のではないか?

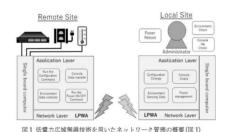


図1 低電力広域無線技術を用いたネットワーク管理の概要(図1)

低電力広域無線技術とは? Wi-Fi (IEEE802.11a/b/gなど) 参照:https://www.sbbit.jp/article/cont1/33292#&gid=null&pid=1

海外におけるLPWA (SIGFOX, LoRa) の活用事例 □ 高齢者宅にタイムカード (スマートカードリーを設置し、介護者が訪問した時間を記録 ■選度センサを内蔵。温度資常を家族へ に通知して高齢者の勢中症等を防止 **食の物流管理** (Proximus社) LORa □ 食品工場 輸送トラック、レストラン等の各拠点 たおいて、食品の進度を計測し、データをクランド 上に集約。 単箱の異常(温湿度など)、面の採取 が必要な際に10分以内にメールやSNS でアラート通知

6



ネットワーク機器との通信試験

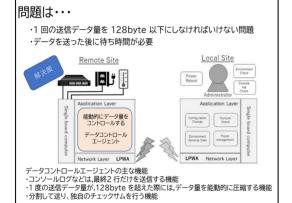


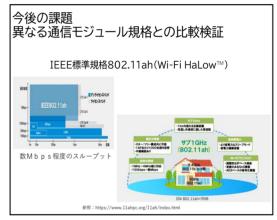
Raspberry Pi に LoRa モジュールを取り付けた親機側より,Raspberry Piに LoRa モジュールとネットワーク機器をシリアルコンソールケーブルで接続した子機に対して,コマンドを実行することは可能である

7

9

8





# 誰でも始められる 設備のリモート環境整備

総合技術部 情報ネットワーク群 電気通信研究所 研究基盤技術センター 情報技術部 電気通信研究所 やわらかい情報システムセンター

太田 憲治

#### 通研の装置リモート化の背景

評価部 阿部さんからSEMのメーカーさんからリモート化のチラシが来たけど、○○○万円するのかな?

ナノスピン実験施設 小野さんから部屋からでも装置の状態を確認したいんだけど、なんかいい方法ないかな?

と相談をもらいました。



あっ。それなら、手軽にできるかもしれません。



2

4

まずは、やりたいことを整理して、装置の構成を確認して、やってみましょうか!

1

3

5

よくいろいろなところで聞く リモート化の要望は、大きく分けて4つ

> 評価部 SEM事例

管理者が操作をして リモートの利用者と 画面を共有したい

<u>リモートの利用者</u>に 操作させたい

今回の発表には、

ナノスピン 描画システム 事例

<u>管理者が</u>遠隔から 装置を<mark>監視したい</mark>

<u>管理者が</u>遠隔から 装置を<mark>操作したい</mark>





高分解能走査型電子顕微鏡:SU8000、 電子ビーム蛍光X線元素分析装置:SU6600

#### 依頼分析関連のリモート化

- ・依頼者が、実際のSEMの画像情報と解析状況をリアルタイムに確認しながら指示を出せる。
  - $\downarrow$   $\downarrow$   $\downarrow$
- ・装置担当者は、余計な画像解析をしなくてよくなった?ので負荷軽減にもつながった。

管理者が操作をしてリモートの 利用者と<mark>画面を共有する</mark>

高分解能走査型電子顕微鏡: SU8000、



CAM LINK + 切り替え機で



- パソコン側には、 HDMI出力しか ついていない。
  - こは、トロー
- CAM LINK を使ってHDMI入 力を作ることで、SEMのPC の映像を取り込むことができ る。



 切り替え機の注意としては、 SEMの装置は、1920×1200 (WUXGA) が解像度として対応している必要がる。

超精密格子定数測定用 X 線回折装置: SuperLab

高分解能 X 線回折装置: X`Pert PRP MRD

#### 装置のリモート管理・リモート監視

- 装置担当者が出勤制限される中でも解析状況が自宅から確認で きる。
- トラブル発生時でも自宅から措置の操作が可能になった。 ※前提条件として、VPNが利用できる場合に限ります。

出勤時でも解析中は、装置担当者が数時間おきに装置の確認を しに来ていただが、自席から確認ができるようになり負担軽減 につながった。 超精密格子定数測定用 X 線回折装置:
SuperLab
高分解能 X 線回折装置: X`Pert PRP MRD

Fine Seatch
Click Strick

Seat Name
ATTN 900

PR KVM
ATTN 900

PR

7

9

ナノ・スピンメモリ回路用電子線描画システム:JBX-9300SA



#### 装置のリモート管理・リモート監視

- ・装置用のワークステーションは、 Compaq AlphaServer DS10: True64UNIXOSが搭載 ※KVMメーカの動作保証外
- クリーンルーム内にある装置の管理を居室から確認できるようになった。

IP-KVMで解決!IP-KVMってなに?

- ・複数のPCやサーバーのキーボード/モニター/マウスの操作を集 約する「KVMスイッチ」に、ネットワークアクセス機能(over IP機能)を付加したデバイスです。「KVM over IP」や「リモートKVM」などと呼ばれる場合もあります。
- ・このIP-KVMスイッチにPCやサーバーを接続してセットアップを 行えば、いつでも、どこからでも、ネットワーク経由でアクセ スし操作できる環境が整えられるんです!
- 出社できない場合でも社内の業務用パソコン/サーバーを遠隔操作できますし、サーバールームや工場などの在宅勤務対策で導入されているケースも多いんですよ。

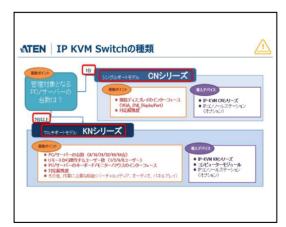


https://atenjapan.satori.site/lp/ipkvm

それっていわゆる「リモートアクセスソ フトウェア」とは、何が違うんですか?



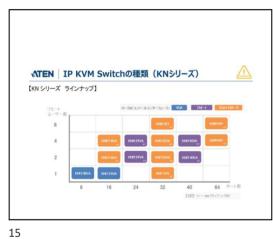
11 12





LAN/WAN ネットワーク側 リモート化したいPC側 

14





2.5	20.00	zest	コネクター性様
KA1130	1	VOA・PS-7 コンソールボートを持つコンピューターとの複雑に使用	⊕ • ⊕ • • •
KA7170**	~	VGA・USB タイプコンソールボートを持つコンピューターとの理能に使用	
KA1115	9	VGA - USB コンソールボートを担つコンピューターとの確認に従用 (パーティルメディア形态)	
KA1136	1	VGA・IGB コンソールボートを行つコンピューターとの信頼に使用 (パーチャルメディアルオーディオが応)	!:
KA7177	3	VGA・908 コンソールボートを行つコンピューターとの理解に使用 (ノモータルルタディアルスマートカードリーダー対応)	
KAZUTE	6	VGA・USE コンノールボートを行つコンピューサーとの場合に従用 (デュアム・SX & パーサールメディア & オーディナリル)	
KA7166	Car	ひかり・USD エンジールギートを持つエンピューラーとの信頼に使用 (アパーテッカメディア & スマートカードリーデー対応)	
KA7168	600	IEM - VOS コンソールボータボウコンゼューターとの音繁に使用 (メレータャルメディアモスマーナカーや)ーダー対応)	
KAZ169	600	DisplayPert・USR 3ンパールボートを行つないだ。〜ラーとの確認に使用 (パーチャルメディアルスマートカードリーデーが元)	
KA7140	<b>9</b>	STERRE	

・スタートアップとしては、やりたいことを明確にすることで、 あまりお金をかけず気軽に導入することができる。

・メンテナンス費用の追加にはならずに、買い切りでよい。

まとめ

詳しい使い方や使ってみての感想は、次からの発表でどうぞ

17

# 走查型電子顕微鏡 リモート化の実例

電気通信研究所 研究基盤技術センター 評価部 総合技術部 分析・評価・観測群 電子顕微鏡チーム

阿部直帆

電気通信研究所 研究基盤技術センター 評価部 工作部 (加工・開発群) (分析・評価・観測群) (安全・保守・管理群) プロセス部 (電子回路・測定・実験群) (分析・評価・観測群) 情報技術部 (情報・ネットワーク群)

1

管理している走査型電子顕微鏡(SEM)について 電子ビーム蛍光X線元素分析装置 (日立SU-6600, EPMA)

高分解能走査型電子顕微鏡 (日立SU-8000, STEM)

・電界放出型電子銃 ・二次電子像分解能 1nm ・付属分析装置 エネルギー分散型元素分 析装置 (EDX)

・付属分析装置 エネルギー分散型元素分 析装置 (EDX) 波長分散型元素分析装置 (WDX) 結晶方位解析装置(EBSD)

・ショットキー電子銃 ・二次電子像分解能1.2n

走査型電子顕微業 (SEM) について

真空中で細く絞った電子ピームを 試料に走査し、試料表面から発生 する信号(二次電子、反射電子) を検出して**試料表面の拡大像を表示する装置**。 入機電子ピーム



Fig. 4 SEM

3

4

#### リモート化導入のきっかけ1

• SEMは利用開始から13年が経過 (時間) ヘビーユーザーの卒業や 異動などで利用が減る • 新規利用者を増やすため 学内外に何かアピールをしたい 200

5

#### リモート化導入のきっかけ2

- 出勤停止 (2020年4月7日~5月6日) 、リモートワークの推進 →利用者がさらに減少
- ・文科省の先端研究設備整備補助事業の公募 (2020年12月)



リモート化導入のきっかけ2

コロナ禍

8

10

- 出勤停止 (2020年4月7日~5月6日) 、リモートワークの推進 →利用者がさらに減少
- 文科省の先端研究設備整備補助事業の公募(2020年12月)
   →リモート化のオプションがあれば、わずかでもアピールできる可能性
- ・情報系の職員に装置のリモート化について相談

リモート化導入にあたっての問題点

- SEM管理ソフトがウイルス対策ソフトやOSのアップデートに 影響を受けるため、メーカーからネットワークへの接続を禁止されている ーSEM用PCはインターネット接続ができない
- ・観察面の移動、倍率、ピント調整などは PCとは別のコントローラーで行うため、 PC画面上の操作が難しい
- サンプルのセットは手で行う→装置の前に操作者が必要

9

11

リモートでSEMの操作を行うことはできない



SEMリモート化の概要

#### 操作者がSEMを操作し、操作画面を依頼者と共有するシステム

- ・ビデオキャプチャで操作画面を取り出し、ネットワークに接続可能なPC を使用してビデオ会議システムの画面共有を行う
- 測定希望者が直接測定できない場合に装置担当者が代理で測定できる
- ・測定画面の共有により依頼者はリアルタイムで試料の把握ができ、 操作者は指定された箇所の分析を行うことで測定時間を短縮できる





Front Deeps 10 and 10 and 10 and EPROSAN SI-VEL (No. 81 DEFENDED IN THE STATE OF THE ST A H 2 2 SU8000 10.0kV 14.5mm x180/706um SE(UL)

利用者のコメント

• EDXの画面で、文字がつぶれており、 読めない

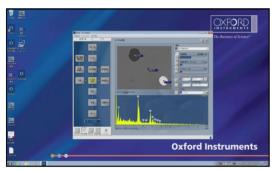
ノートPC(多分10.4インチ)では、ほぼ読めません。デスクトップ用の15インチではほぼ読むことができます。ただ文字によっては読めません。

(一例:EかBかわからない)



13

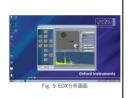
14



利用者のコメント

• EDXの画面で、文字がつぶれており、 読めない →ノートPC(多分10.4インチ)では、 ほぼ読めません。デスクトップ用の15イ ンチではほぼ読むことができます。ただ 文字によっては読めません。 (一例: EかBかわからない)

操作している方と話をしながら、リアルで測定できるのは大きな魅力です。 コロナで出向けない人にとっては大変ありがたいシステムと思います。



15

16

#### まとめ

- ネットワーク接続ができない装置でもリモート化ができた
- ・パーツは量販店で簡単に入手できるもの、手持ちのものを使用 ビデオキャプチャ、切替器、ケーブル類、LANハブ等:10万円以下
- ・SEM用PCの設定を変えることなく、使いやすい構成となった
- 依頼者はサンプルの状態をリアルタイムで確認できる
- 操作者は分析で悩まない、依頼者からのアドバイスがある →新規利用者へアピールできるオプションができた

# 総合技術部 職群合同研修 「X線回折装置のリモート測定」

分析・評価・観測群 所属 電気通信研究所 研究基盤技術センター評価部 丹野 健徳

1

5

#### 業務紹介・アウトライン

- ・ 走査型電子顕微鏡(SEM)の測定 結果の解析
- 液体寒剤の供給
- ・所属部署のHP管理

#### 発表のアウトライン

- ・X線回折装置(XRD)の維持・管・電気通信研究所でのオンライン理・依頼測定などの対応 化事例

  - Google Apps Scriptの利用
    Webカメラによる液体寒剤設備の 遠隔監視
  - ・XRD装置のオンライン化構成
  - ・KVM over IPの利用 XRD装置の実際のリモート測定

2

# 電気通信研究所でのオンライン化事例 装置の利用予約をオンラインから行 えるように整備 ・2020年7月より運用開始 Google**カレンダー**やフォームなどの アプリとGoogle Apps Scriptを用いて 構築 もともと管理室前に設置した予約簿への 記入で利用予約 研究基盤技術センター評価部 装置予約 呼楽的ペンシーの様が であったことではない。 からのでことでは無くよりのであった。 からなどなどのでは、またのでは、 からなどなどのでは、またのでは、 他部局からの利用者も多いためオンライン化は長年の課題 新型コロナウイルス感染症を受けて本格的に整備

- 電気通信研究所でのオンライン化事例 本研修にもGASを活用 Google Apps Script 完全入門 受付完了メール、リマインドメールの自動化
   実行時間、送信数等の制限に注意
   ほぼ同時に申込みがあるときは注意 研修以外にも定期メール送信や予定調整、タスク 管理などにも応用可能 左の参考書やWebなどで勉強してスクリプトを作成 『いつも隣にITのお仕事』: https://tonari-it.com/

3 4

# 電気通信研究所でのオンライン化事例 ・液体寒剤の供給・回収設備をWEBカメラを 用いてオンラインで監視 ・非州最一イトを備えたWEBカメラを使用しているため歯所や範囲でも見ることが可能 ・利用者が作業する様子をリモートで確認 ・地震発生時などの緊急時に自宅から安全確認 ゆくゆくは...酸素濃度の警報をIoT化など



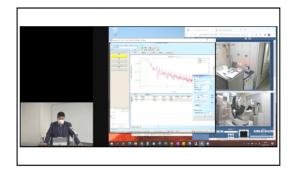
#### XRD装置のオンライン化構成

- KVM(キーボード・ビデオ・マウス) over IPを用いることで、装置の大規模な改修などをしなくても装置制御PCを間接的にオンライン化・リモート化することが可能
- ・ネットワーク接続されるのはKVMのみなので、ソフトウェアのインストールが必要な、古いOSでも対応可能と ・ XXDの場合、返還制御PCはWindowsXPのまま ・ 裏面制御PC側にはサートプ**セスによる負荷ゼロ**
- リモートでの測定データファイルの取得や同時アクセスも可能
   ・装置に不具合があった場合などリモートでの利用者へのサポート
   ・Zoomを利用して利用者への使用方法の指導
   などの使用方法を想定
- 13~15万円程度のKVMを使用するので比較的安価に実施可能
   当XRD装置では制御PCの更新に300万円以上の費用
- ・リモート操作するPCにインストールしたアプリから操作orブラウザから操作

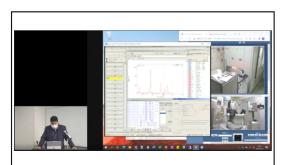
XRD装置の実際のリモート測定

- 測定の経過状況を装置の内部・外部に設置したカメラで確認
  - ・ 試料位置や脱落の有無の確認
  - X線発生状況の確認
- これから実際にリモートで測定します





10





# KVMエクステンダー導入による 装置のリモート監視、操作

東北大学 電気通信研究所 ナノ・スピン実験施設 共通部 小野 力摩

(電子回路・測定・実験群)





1

2





3



5

- 1. ナノ・スピン実験施設の紹介と、リモート化を行う装置・設備
- 2. ネットワーク構成図と導入した機器
- 3. 導入の結果と今後の課題





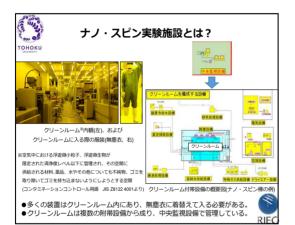
- 1. ナノ・スピン実験施設の紹介と、リモート化を行う装置・設備
- 2. ネットワーク構成図と導入した機器
- 3. 導入の結果と今後の課題







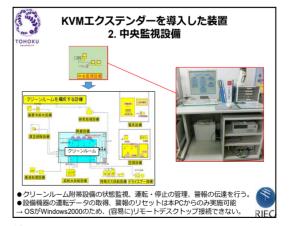
8





9

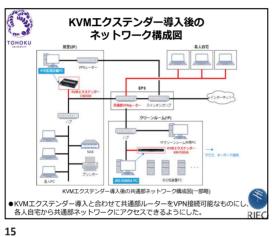






KVMエクステンダー導入前の ネットワーク構成図 тоноки KVMエクステンダー導入前の共通部ネットワーク構成図(一部略) RIEC

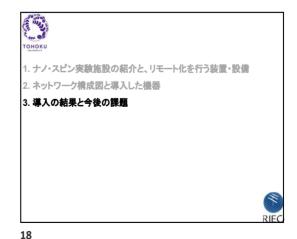
13 14



JBX-9300SAに導入したKVMエクステンダー KN1108VA(ATEN製) тоноки ATEN製KVMエクステンダーKN1108VA(左)、およびコンピューターモジュール(右) 特徴
・ローカル1名、リモート1名のユーザーが別々のボートに同時アクセス可能
・コンピューターモジュールを接続することで、機器を8台まで接続可能 複数人同時のリモート操作を想定していないこと、 将来的にクリーンルーム内の他の装置もリモート操作対応することを 検討していることから、本KVMエクステンダーをJBX-9300SAに導入

16



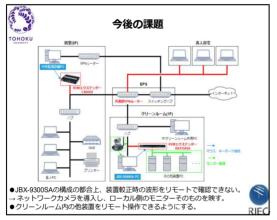


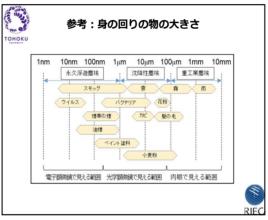


KVMエクステンダー導入の結果 中央監視設備 ●装置の連転データを自宅から取得できるようになった。
●設備異常の警報発生時の対処を一部、自宅から行えるようになった。
●警報発生時、自宅にいても中央監視設備の画面を確認、操作して現地にいる人に指示を出せるようになった。
(これまでは全て口頭で伝えるしかなく、一部情報の伝達が困難であった。)

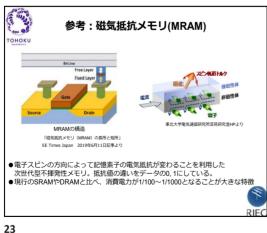
19

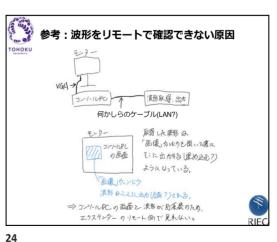
20





21







#### EB受託対応状況と技術改善の報告

東北大学 電気通信研究所 研究基盤技術センター プロセス部 小野 力摩、武者 倫正、森田 伊織



### 研究基盤技術センタープロセス部の業務

- ・電子線描画装置、JRX-9300SAを用いた極微細、高精度パターンの作製
- ・レーザー描画装置DWL200を用いたフォトマスク作製
- ・イオンビーム加工解析装置(FIB)N-Vision40を用いた 各種材料の微細領域加工、断面観察
- ・リソグラフィ関連装置の保守管理
- ・リソグラフィ関連装置を用いた学内外への技術提供、および受託加工
- ナノ・スピン実験施設の施設・付帯設備、およびクリーンルームの運転管理

電子線描画装置とは?

電子線描画装置:加速させた電子線を材料に照射し、目的のパターンを形成する装置

電子線リソグラフィの概要

・ナノ・スピン実験施設 共通部の業務



1

2

тоноки

電子線リソグラフィの特徴

精度の高い重ね合わせ描画が可能

⇒研究開発用途など、少量加工に適している。

● 電子銃で発生させた電子線を利用して目的のパターンを描画 ⇒電子線を加速することで波長をナノ単位にできるため、 ナノメートルスケールの描画が可能



3

#### 研究基盤技術センタープロセス部の業務

- ・電子線描画装置JBX-9300SAを用いた極微細、高精度パターンの作製
- レーザー描画装置DWL200を用いたフォトマスク作製
- ・イオンビーム加工解析装置(FIB)N-Vision40を用いた 各種材料の微細領域加工、断面観察
- ・リソグラフィ関連装置の保守管理
- ・リソグラフィ関連装置を用いた学内外への技術提供、および受託加工
- ナノ・スピン実験施設の施設・付帯設備、およびクリーンルームの運転管理
- ・ナノ・スピン実験施設 共通部の業務

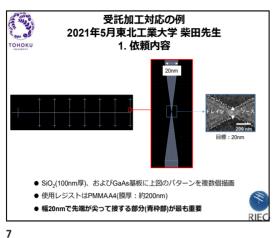


4









受託加工対応の例 2021年5月東北工業大学 柴田先生 2. 進め方の相談 тоноки ● 過去に描画実績のないもの、材料、プロセスの条件を変更したもの、他、 依頼者の要望に応じてテスト描画を実施している。 ● テスト描画に必要な基板は基本持ち込み(Si基板であればプロセス部でも準備可能) ⇒前項の先端が接する箇所について、所望のパターンを作製可能か、SiO<sub>2</sub>基板で テスト描画を実施、その結果をもとに本番用の基板への描画を行うこととした。 ◎ プロセスのどの部分までを請け負うか ● レジスト塗布や現像、パターン観察、その他プロセスのどこまでを引き受けるか。 ⇒レジスト塗布した基板を持ち込んでいただき、描画、現像を小野が実施、 パターン観察を柴田先生が実施することとなった。

● いつまでに加工したサンプルが必要か、料金はどの程度に収めたいか。

⇒描画装置の空き状況、描画時間計算の結果をお伝えし相談、決定した。

受託加工対応の例 2021年5月東北工業大学 柴田先生 3. テスト描画条件(概要) тоноки ● テスト描画条件:柴田先生と相談し、決定 SiO<sub>2</sub> 20×35mm

495 PMMA A4(柴田先生塗布、膜厚約200nm) レジスト 700-2000µC/cm²(50 or 100µC/cm²刻み) ビーム電流値 先端間Gap間隔 0~150nm ビーム走査間隔 2~8nm(2nm刻み) 現像、リンス 現像: MIBK: IPA =1:3 40sec → リンス: IPA×2回(30sec + 5min)

● テストパターン:柴田先生よりいただいたパターンデータをもとに、小野が作成

2021年5月東北工業大学 柴田先生 3. テスト描画条件(詳細) ・電子ビーム源からレジスト上に照射する電子の量 ドーズ量が少ないと露光不足でレジストの抜け残りが発生、 多いと寸法が太ってしまう。 ⇒ ドーズ量の最適値を見つけることが重要 レジスト感度に応じて条件出し 今回は柴田先生が以前495 PMMA A4での描画時に使用していた 900μC/cm<sup>2</sup>を中心に条件を振った。

受託加工対応の例

10

受託加工対応の例 2021年5月東北工業大学 柴田先生 3. テスト描画条件(詳細)

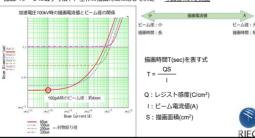
гоноки ビーム電流値

11

9

露光量、電子ビームのスポット径に影響するパラメータ

・描画パターンの最小寸法や、全体の描画時間に応じて決定 ⇒ <u>今回は1nAで実施</u>



3. テスト描画条件(詳細) ● 先端間Gap間隔

近接効果の影響を見るため、パターン内で上図の通り先端間の間隔を調整した。

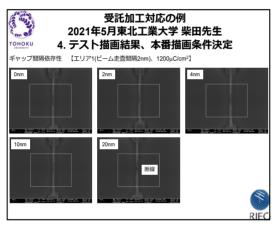
受託加工対応の例

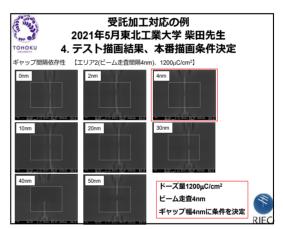
2021年5月東北工業大学 柴田先生



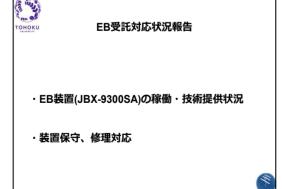
受託加工対応の例
2021年5月東北工業大学 柴田先生
10HOKU 4. テスト描画結果、本番描画条件決定
ドーズ軍依存性 [エリア1(ビーム走音間隔2nm)、ギャップ間隔0nm]
700μCicm<sup>2</sup> 850μCicm<sup>2</sup> 850μCicm<sup>2</sup> 850μCicm<sup>2</sup> 1100μCicm<sup>2</sup> 1100μCicm<sup>2</sup> 1500μCicm<sup>2</sup> 150μCicm<sup>2</sup> 1500μCicm<sup>2</sup> 1500μCicm<sup>2</sup> 1500μCicm<sup>2</sup> 1500μCicm<sup>2</sup> 150μCicm<sup>2</sup> 150μCicm<sup>2</sup>

13 14





15 16







EB受託対応状況報告 ・EB装置(JBX-9300SA)の稼働・技術提供状況

・装置保守、修理対応



19

оноки

#### 装置保守・修理対応

- ※一度真空度悪化や高圧停止などが発生すると、
- ビーム立上・安定までに長時間(数日~)要するため、
- サービス維持のために他装置以上に気を配る必要がある。
- ・装置状況の監視
  - .真空度、引出電圧、較正パラメータ、etc.
- ・周辺機器類の点検
- ...ドライポンプ、CWC、各種ラック類、etc
- ・異常発生時の早期発見、対応 気を付けていてもどうにもならない事も..



20

#### 装置保守・修理対応

#### 【21年2月~3月】CWC温調器ユニット故障

21年2月のM7.3地震の復旧作業の際、 CWC(装置冷却水ユニット)の温調器が一時的に 立ち上がらなかったが、1時間ほどで復旧。

その後3/15に再度停止し、復旧しなくなった。

#### 【対応】

運用停止中のマスク作製用EB(JBX-9000ZB)に同様の 温調器ユニットが使われていたため、そちらを移設、復旧。 →テスト描画、正常動作を確認。

3/15~3/17(3日間)のサービス停止



CWC温調器故障(上側)



21



#### 装置保守・修理対応

#### 【21年6月】ドライポンプ故障

21年6月4日、ALD室(試料導入室)の圧力が 十分に下がらず、試料を描画ステージに導入することが できなくなった。



#### 【対応】

**粗引き用のドライボンプが故障していたため**、 予備ストックのドライボンプに交換。 ALD室圧力確認→装置較正、 テスト描画実施、正常動作を確認。

6/4午後~6/7午前(3日間)サービス停止



22

### 装置保守・修理対応

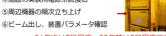
### 【21年2月/22年3月】地震対応

21年2月13日、22年3月16日の大型地震で、 いずれの際も施設の安全装置により電源遮断が発生 装置各所へのダメージが懸念された。

#### 【対応】

①建物の安全、クリーンルームの安全を確保 ②外観、周辺機器の物理的破損の確認

③装置本体、全ての周辺機器の電源を落とす ④施設の実験用電源系統復旧 ⑤周辺機器の順次立ち上げ





21年次は7日程度、22年時は5日程度で正常復帰確認

23



装置保守・修理対応

【描画技術提供を維持するために】

・軽微な異常段階での対応(早期発見、早期対応) CWC不具合など、一度異常が起こった時点で注視、点検をすることはできた。

停止期間を短くするため、軽微な段階での検査、準備、交換が必要。

・予備機の確保 (<u>事前準備</u>)

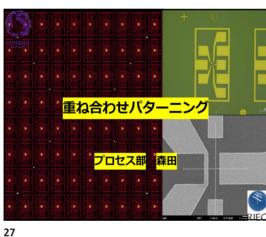
装置導入から18年経ち、各種機器が老朽化してきている。 ドライポンプは予備機、CWCは代用品があったために早期復旧できた。 可能な範囲で予備機を確保しておく。

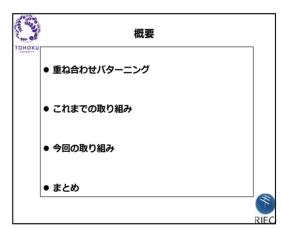
・他部局のEBを利用する準備(予備環境の確保)

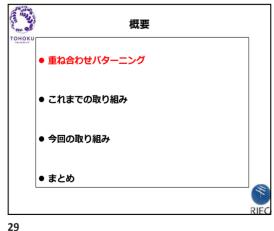
装置停止してしまった際、他部局のEB装置を借りて対応する準備をしておく。 マイクロシステム融合研究開発センター、未来科学技術共同研究センター、



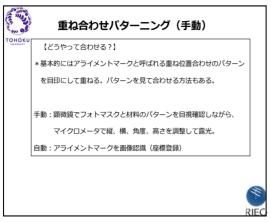
26







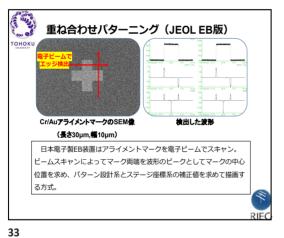




チップマーク -1 4 4 1 グローバルマーク 重ね合わせ描画概説(JEOL EBの場合) 重ね合わせ描画は、材料上のアライメントマークを基準にして行う。マークはグロー バルマークとチップマークの2種類があり、グローバルマークは材料位置のシフト量、 回転、伸縮量を求め(グローバルアライメント)、チップマークは描画領域(チップ)の 材料歪み形状を求める。(チップアライメント)

31

35



概要 ● 重ね合わせパターニング ● これまでの取り組み ● 今回の取り組み ● まとめ

経緯 深見研究室からの相談内容: 重ね合わせ精度±10nm程度の描画をしたい

対応内容 ● 考慮した点 既存のアライメント方法は、長距離、測定回数最小限で描画 →近距離で測定回数を増やして対応 (この方法は、描画時間が長くなる欠点あり。) 36

32

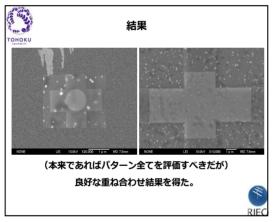


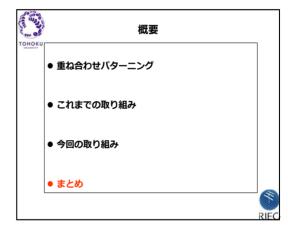
対応内容 (何をしたか)

TOHOKU

2. 描画用データの修正
数百行にわたるテキストデータの編集と校閲
連続したデータはエクセルのフィルを使って作成した。

37 38



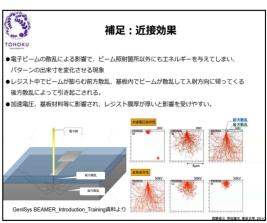


39 40

まとめ

TOHOKU

■ ユーザーからの相談に応じて精度の高い重ね合わせ描画の条件を確立
できた。
■ CADの修正や描画用データの作成に1~2週間要してしまったので、得
た結果を装置メーカー等にも展開して、可能な範囲はデータ作成を自
動化できるようにしていきたい。
■ 試料は実験材料であるので、完成後すぐにユーザーの評価に回ってし
まう。その為、描画技術そのものの評価が正しく出来ていない側面が
ある。



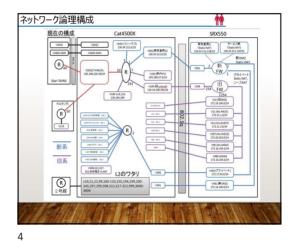


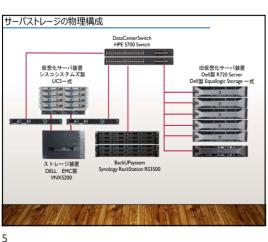
#### 通研基幹システム更改の背景

東北大学電気通信研究所では、平成14年度より段階的にネット ワーク基幹システムを導入してきた。当該システムが一時的にでも 停止し、ネットワークやサーバ群を停止させることは研究・教育業務 に多大な影響を与えることになる。本システムを構成する一部の機 器はその運用開始から約18年経過しており、経年劣化は避けがた い状況にあるため、基幹ネットワークシステムの設備更新を行うこ とが望まれる。また、昨今のネットワーク利用技術を取り巻く環境の 急激な変化に対応するためにも、新しい基幹ネットワークシステム の導入が不可欠である。

本調達では、現行の論理構造、仮想サーバ基盤を一部維持したまま ネットワークの基幹システムを更新することで、安定して運用管理で きる通信インフラを整備し先進的なネットワーク環境の整備を図る ものである。





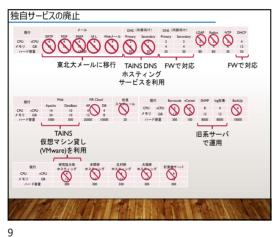


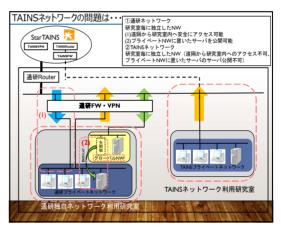




所長からのコメントは・・・ 独自のサービスを廃止し、サーバの リプレイスを凍結、TAINSのネット ワークサービスを活用し、通研ネッ トワークをミニマムで更改する費用 は?

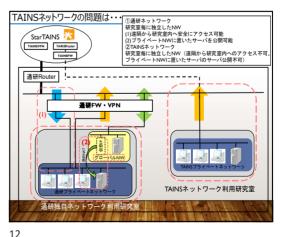
8





10

1. 全不許可		なし (全ての通信を遮断)
	ウェブ	HTTP, HTTPS:80/tcp, 443/tcp
	メール	SMTP, SMTPS:25/tcp, 465/tcp POP3, POP3:110/tcp, 995/tcp IMAP, IMAPS:143/tcp, 993/tcp Submission:587/tcp
	DNS	DNS:53/udp, 53/tcp
2. サーバ機能 (※1、※2)	リモートアクセス	PPTP:47/ip, 1723/tcp OpenVPN:1194/udp SSL-VPN:443/tcp SSTP-443/tcp L2TP/Ipsec:50/ip, 500/udp, 4500/udp
	サーバ管理	SSH:22/tcp RDP:3389/tcp
	遠陽会議システム (※3)	Signal:1024-65535/tcp RTP:1024-65535/udp
3. 全許可 (※1)		全てのボート



所長からのコメントは・・・ 通研ネットワークを"受益者負 担"にしては?

最終金額

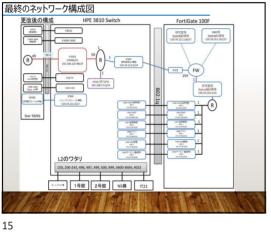
•入札金額:15,743,420円(HW:永久保証)

•FW負担金: 2,998,000円(受益者負担)

•保守費:1,980,000円(年間)

13

14



結論

適研ネットワークを受益者負担にすることで、インターネットのみを利用する研究室は、利用料を 減額することにつながった。

ただし、28研究室中/26研究室がTAINSネットワークを利用せず、通研ネットワークを利用する結果となり、92%の研究室に対し負担金を請求することとなった。

また、現在のFW選定スペックは、半分程度の研究室と予測して導入した為、今後のバフォーマンスについても興味深く見ていきたい。

# 薄物溶接を含む真空部品 の製作における工夫

電気通信研究所 研究基盤技術センター 工作部 前田泰明

(1)溶接について

溶接の種類は多岐にわたる。
 溶接の中でも融接があり、ガス溶接やアーク溶接、レーザー溶接などに大別され、その中でも細かく分類される。

#### 溶接を行うにあたって

- ・リスクを減らすことが大切。
  ・治具の使用、溶接個所の形状、順序。
  ・治具の使用、溶接個所の形状、順序。
  ・テストピースなどを作製することもある。
  ・条件を見つけることが必要。
  ・電流値・電機の太さなどの選定。
  ・仮付けの段階でおおよその条件を見つけて、電流値を調整する。

1

2

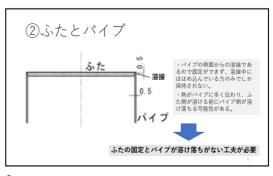


(3)溶接事例 溶接 溶接 溶接 パイプ厚0.5

3

5

①パイプとブシュ 0.5 0.5 パイプ ₩ ブシュの先をパイプと同じ厚さにして 端面で溶接

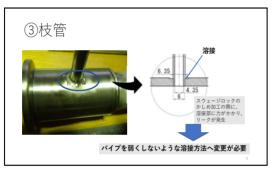


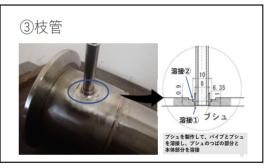
6





8





9 10

③枝管

おわりに

- 薄物の溶接における治具の使用や、技術の習得ができた。
- ・海内の治疾にみりる治長の使用や、技術の省帯ができた。
   ・溶接での条件出しは、他の加工に比べて自分の感覚に頼る部分が大きいが、一つずつ条件を決めながら加工を行えた。
   ・修正の加工によって、工夫できる点や改善点などを提示しながら、より良いものを製作できた。

11

社会貢献

# 受賞報告一覧 対象期間 2021.4 ~ 2022.3

## プロセス部

受賞者:研究基盤技術センタープロセス部

森田伊織

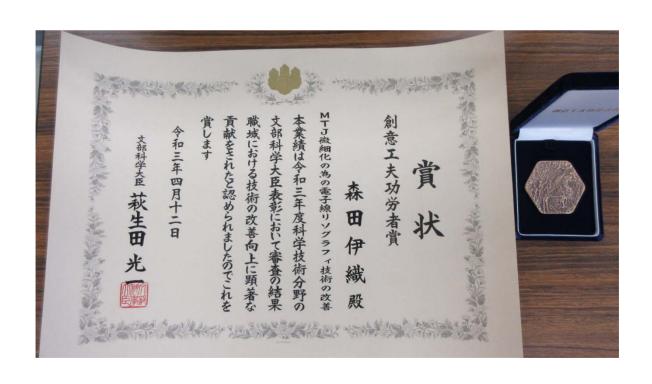
受賞名:「令和3年度 創意工夫功労者賞」

優れた創意工夫により職域における技術の改善向上に貢献した者が対象 (文部科学省HPより抜粋)

受賞日:2021年4月12日

受賞題目「MTI微細化の為の電子線リソグラフィ技術の改善」

MTJ(磁気トンネル接合素子)は超低消費電力集積回路の実現に向けて研究開発が盛んに行われているスピントルク磁気ランダムアクセスメモリ(STT-MRAM)の特性を決める最も重要な要素であり、STT-MRAMの高性能化・大容量化の為にはMTJ素子の微細化が必須ですが、素子微細化の為の適切な加工条件を開発し、該当分野の研究成果創出に重要な改善を成し遂げました。



受賞者:研究基盤技術センタープロセス部

小野力摩

受賞名:「東北大学総合技術部研修優秀発表賞」

受賞日:2021年11月10日

受賞題目「クリーンルーム技術」





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。



成果

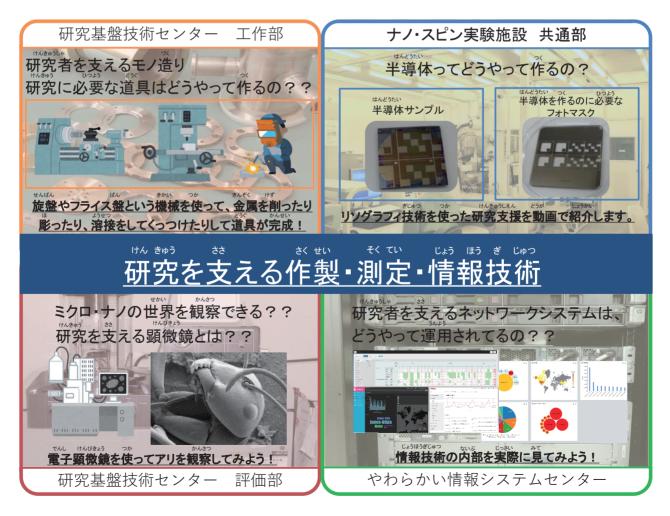
# 通研公開

期間:2021年10月9日(土)

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のアクセス数は、開催日だけで約470回を超えました。また、研究紹介、公開実験、工作教室等の動画の総視聴回数は、公開日から1か月間で約1300回でした。





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。

今回はプロセス部、情報技術部からの報告になります。



社会貢

献

### クリーンルームの歴史と「これから」のための維持費削減の取り組み

プロセス部 小野力摩

#### 概要

プロセス部が所属するナノ・スピン実験施設のような半導体分野の研究を行う研究所や半導体デバイスの生産工場において、高水準な実験や新技術の開発のためにクリーンルームは欠かせない存在であり、現在の半導体分野の発展はクリーンルームが支えてきたといっても過言ではない。しかし、クリーンルームは数多くの設備機器から構成されるため、維持費が高額になってしまう。そのため、クリーンルームの継続、ひいては半導体分野のさらなる発展において、クリーンルームの性能を落とさずに維持費を削減することは重要な課題である。

本報告では、クリーンルームがどのような歴史をたどって今の形になったかを述べる。また、それを もとにナノ・スピン実験施設において実施した維持費削減の取り組みについても述べる。

#### 1. はじめに ~クリーンルームの歴史~

クリーンルームとは清浄度が一定レベル以下に管理された空間のことを指し、半導体だけでなく製薬やバイオテクノロジー、病院などにも用いられている。日本には昭和 40 年に導入されたが、清浄度とランニングコストが両立できなかったため普及が進まなかった。その原因は当時用いられていた「ダイレクト方式」と呼ばれる循環方式にあった。天井内のダクトを通じて清浄な空気が送られ、同じく天井を通っている排気用のダクトから排出される、という仕組みだが、清浄度を上げるために循環量を増やすと天井内の圧力が上昇し、ダクトの隙間から塵埃が発生する、という悪循環に陥っていた(図 1 左)。

この状況を打破しようと昭和61年、東北大学電気通信研究所にスーパークリーンルームが誕生した。 大学と企業が様々な知恵を出し合い生み出された、「ローカルレターン方式」と呼ばれる新たな循環方式が本クリーンルームに採用された。天井に設置したファンフィルターユニット(FFU)から清浄な空気を実験エリアに送り、地下からレターンスペースを通って天井に戻り、再度 FFU を通る、という循環方式であり、ダクトが不要で天井内が常に陰圧となるこの方式により、ダイレクト方式の問題点であった循環風量の増大、天井からの漏洩など様々な問題をクリアすることができた。これにより、ダイレクト方式に比べて数万倍の高い清浄度を持ちながら運転コスト 1/3 という低コストを両立することができ、多くの大学・企業にクリーンルームが導入されるようになった。

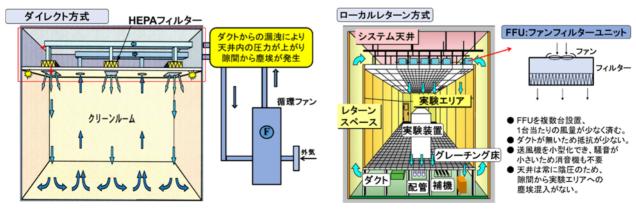


図1 クリーンルームの循環方式(左:ダイレクト方式、右:ローカルレターン方式)

#### 2. クリーンルームを構成する設備と維持費削減の取り組み

クリーンルームは清浄度の確保に加え、その中で人が安全に作業、実験を行うためにあらゆる汚染、外乱が排除され、安全性が確保されていなければならない。そのため、クリーンルームは様々な設備から構成されている(図 2)。先述の通り、ローカルレターン方式の開発によって運転コストの削減は実現したが、それでも年間かかる維持費は数千万~数億円程度(クリーンルームの規模による)になる。各設備のメンテナンス費用や設備運転に係る用力費用が主な要因である。

本項目ではクリーンルームを構成する設備で代表的なものを取り上げ、それらに関する維持費削減の 取り組みについて述べる。

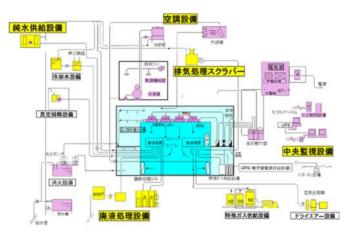


図2 クリーンルームを構成する設備

#### 2.1 空調設備

外気の塵埃を除去し、クリーンルーム内に清浄な空気を導入するために外調機を用いている。外調機では併せて、導入する空気の温湿度調整、クリーンルーム内の陽圧維持も行っている。HEPAフィルターで最終的な除塵を行っているが、ナノ・スピン実験施設ではその前にプレフィルター、除塩フィルターの2種類を挟むことで、外調機、およびFFUに用いられているHEPAフィルターの目詰まりを抑えることで性能を維持している(図 3)。



図3 外調機の外観と概要図

これまで、各フィルターの交換頻度はプレフィルターが1年、除塩フィルターが2年、HEPAフィルターが5年ごとであった。しかし、フィルターを目視で確認したところ、ほとんどの塵埃はプレフィルターで捕集しており、除塩、HEPAフィルター側はより長く使用できる可能性が考えられた。そこで、外調機の給気風量と各フィルターの圧力損失から、フィルターの交換時期を計算した。手順は下記の通りとした。

表

- (1) 外調機の給気風量の値を測定し、定格風量の何%にあたるかを計算する。
- (2) 各フィルターの最終圧力損失の値に(1)で求めた値をかけ、この値を交換する圧力とする。

計算結果を表 1 に示す。求めた交換圧力損失と現在の圧力損失を比較し、併せて圧力損失の変化を測定することで交換年数の目安を算出した。その結果、除塩、HEPA フィルターともに 10 年以上使い続けられることがわかった。その結果、仮に交換頻度を 10 年とした場合、これまでの交換頻度と比べると年間約 30 万円の費用削減が可能であることがわかった。

表1 各フィルターの交換圧力算出結果

	給気風量(m³/h)		除塩フィルター圧力損失 (Pa)		HEPAフィルター圧力損失 (Pa)	
	定格	測定値	最終	交換	最終	交換
ACU-	41550	15170	255	93	420	153
ACU-2	18150	8680	210	100	350	167

#### 2.2 ターボ冷凍機

クリーンルームに導入する空気の冷却・除湿、装置冷却水の熱交換などに用いる冷水の作製のためにターボ冷凍機が用いられている(図4)。冷凍サイクルを用いて冷水を作る機器であり、消費電力が大きい。ナノ・スピン棟のものは1時間あたりの電力量が約100kWhである。

これまで、クリーンルームへの給気温度は 12.0℃になるように冷水で冷却を行っていたが、この温度を上げることで冷凍機の運転時間の削減、ひいては電力量の削減につながるのではないかと考えた。しかし、給気温度を上げることでクリーンルームの温湿度の変化、および



図4 ターボ冷凍機外観

それに伴うクリーンルーム内での実験結果の変化が懸念された。そこで、試験的に 3 日間給気温度を 14.0°Cに変更し、クリーンルーム内温湿度の測定、および利用者へのヒヤリングを行った。

給気温度変更の結果を表 2 に示す。温度の変化はほとんど見られず、湿度が数%程度変化していることがわかった。温湿度の変化量が小さく、また、試験期間中に実験に影響が出たという報告がなかったため、給気温度を 12.0°Cから 14.0°Cで運用するようにした。その結果、消費電力量の削減に成功し、運転頻度の高い  $7\sim9$  月については約  $6,000\sim9,000$ kWh の削減が実現できた。

表 2 給気温度変更によるクリーンルーム内温湿度の変化

給気温度設定	EE	3北	EE	南	(参考)測	定時外気
和刈血及改足	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
12.0℃(変更前)	24.1	36.8	23.8	36.9	31.0	70
14.0℃(変更後)	24.1	42.6	23.8	42.5	31.2	62
(温度変更による変化量)	0.0	+5.8	0.0	+5.6	-	-
	化合	物西	化合	化合物中	化合物東	
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
12.0℃(変更前)	24.1	36.4	24.2	36.4	24.9	34.8
14.0℃(変更後)	24.0	42.2	23.7	43.0	24.1	41.7
(温度変更による変化量)	<del>-</del> 0.1	+5.8	<del>-</del> 0.5	+6.6	<b>-</b> 0.8	+6.9
	シリニ	ン西	シリニ	ン中	シリニ	リン東
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
12.0℃(変更前)	21.9	41.8	22.0	41.4	21.8	40.5
14.0℃(変更後)	21.3	49.7	21.6	49.3	22.1	47.9
(温度変更による変化量)	-0.6	+7.9	-0.4	+7.9	+0.3	+7.4
	3F西		3F	中	3F	東
	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)	温度(℃)	湿度(%)
12.0℃(変更前)	20.9	42.0	22.4	40.7	21.1	41.7
14.0℃(変更後)	23.6	43.6	23.8	43.6	23.9	43.7
(温度変更による変化量)	+2.7	+1.6	+1.4	+2.9	+2.8	+2.0

研

会貢

#### 2.3 純水供給設備

市水に含まれる残留塩素やミネラル分などは、半導体デバイス作製に悪影響を与えてしまう。そのため、クリーンルームに供給する水はイオン交換樹脂や中空糸膜など様々な膜を通し、UV 照射を行うことで、ほぼ純度 100%の超純水としている(図 5)。先述のイオン交換樹脂や中空糸膜を含め、複数の工程を経ているため、機器のメンテナンス費用や用力費用を考慮すると超純水の生成費用は 1m³ あたり約12,000 円である。そのため、超純水の利用の無駄を減らすために、当施設では下記の取り組みを行っている。

超純水を作成する過程で、不純物を多く含んだ水が生成される。基本的には捨てられてしまうが、当 施設ではこの水を処理前の市水を溜める原水タンクに戻し、再利用している。

また、クリーンルーム内の実験で使用する超純水について、薬品が多く混ざった溶液を捨てる箇所と、容器等のすすぎで使い、ほぼ純水に近い溶液を排出する箇所を分けている。それぞれを別のタンクに回収し、後者はpH 管理を行いスクラバーや冷却塔といった設備に利用している。





図 5 純水供給設備

#### 3. まとめと今後の展望

半導体分野のさらなる発展のために、クリーンルームを存続させていくことが重要である。そのために取り組んだクリーンルーム維持費削減の取り組みについて、外調機、ターボ冷凍機、純水設備について報告した。今後、これらの設備についてより詳しく追究することに加え、その他の機器についても維持費を削減できるところはないかを考えていきたい。特に、各設備の設定値など、慣例で以前の値がそのまま使われていることが多いので、それらの見直しを行いたいと考えている。

### 4. 謝辞

本技術報告の作成に関わる取り組みや日々のクリーンルーム設備の維持管理にあたり、東北大学電気通信研究所スーパークリーンルーム時代からクリーンルームに関わり、支え続けてきた西村容太郎様に 多大なるご支援をいただきました。この場をお借りして、御礼申し上げます。

#### 電気通信研究所基幹情報システムの更改について

- 全学基盤システムや受益者負担を取り入れた基幹システムの更改-

情報技術部 太田 憲治

#### 概要

東北大学電気通信研究所(以下「本所」という)では、2002年より段階的に基幹情報システムを導入してきた。 当該システムが一時的にでも停止し、ネットワークやサーバ群を停止させることは研究・教育業務に多大な影響 を与えることになる。システムを構成する一部の機器はその運用開始から約18年経過しており、経年劣化は避 けがたい状況にあるため、基幹情報システムの設備更新を行うこととなった。また、昨今のネットワーク利用技 術を取り巻く環境の急激な変化に対応するためにも、新しい基幹情報システムの導入が不可欠である。

本更改は、本学サイバーサイエンスセンターが提供する東北大学総合情報ネットワークシステム(以下、「TAINS」)や本部事務機構情報部が提供する Google Workspace for Education の学内情報基盤を活用し、ネットワークシステム、サーバシステムを更新することで、安定して運用管理できるインフラを整備し先進的な環境の整備を図るものである。

#### 1. はじめに

本所の管轄する建屋は、電気通信研究所本館(以下、「本館」という)、電気通信研究所 1 号館(以下、「1 号館」という)、電気通信研究所 2 号館(以下、「2 号館」という)、評価分析センター(L棟)、共同研究棟(E棟)、付属工場、ブレインウェア研究開発施設、共同プロジェクト研究棟、ナノ・スピン総合研究棟(以下、「ナノ・スピン棟」という)、IT-21 センター、IT-21 センター実験棟を含む 11 建屋がある。すべての建屋のネットワークインフラの管理・運用・保守および、本所に在籍する教職員に対して情報システムサービスの提供を行っている。

基幹情報システムは、サーバ群とネットワーク群の構成である。サーバ群は、2014 年に Cisco 社 Unified Computing System(以下「UCS」という)と EMC 社 VNX シリーズ・ユニファイド・ストレージ・システム ハードウェア上に VMware 社 vSphere を仮想基盤した基幹サーバシステムを調達し、Linux 系 OS にオープンソースソフトウェアを用いて LDAP、メール、メーリングリスト、Web、CloudStorage、スケジュール管理、SNMP、DNS、DHCP、NTP サービスを提供してきた。ネットワーク群は、基幹ルーティングシステムおよび、本館ディストリビューションスイッチとして、Cisco 社 Cisco Catalyst 4500-X スイッチ(以下「C4500X」という)、基幹ファイアウォールシステムとして、Juniper 社 SRX550 ファイアウォール(以下、「SRX550」という)を 2014 年に導入した。1 号館、2 号館、ナノ・スピン棟のディストリビューションスイッチは、2002 年から 2004 年に Cisco 社 Cisco Catalyst 6500 スイッチが導入された。IT-21 センターのディストリビューションスイッチは、2014 年にストレージ分野用として、Cisco 社 Cisco Catalyst 4500-X スイッチ、モバイル分野用として、Cisco 社 Cisco Catalyst 3650 が導入された。フロアスイッチは、2004 年から 2014 年に Cisco 社、FXC 社、アライドテレシス社の各種機器が導入された。

現行の基幹情報システムを全て同等以上の機器に更改すると数億の更改費用となることが判明し、本所と しては、学内情報基盤を活用した、全く新しい基幹情報システムの検討を行うこととなった。

#### 2. サーバ群の更改について

基幹サーバシステムは、導入から7年が経過し一部の機器では、メーカーのサポートが受けられなくなる End Of Life (以下、「EOL」という)を迎えた。EOL は、製品の修理対応やサポートが受けられなくなるだけ ではなく、不具合の修正・アップデートがされなくなることによりセキュリティリスクが発生する。これらの理由によりハードウェアの更改が急務となったが、24 時間 365 日安心してサービスを提供できる仕組みを構築するには、数千万の費用を要することが判明した。学内情報基盤は、Google Workspace for Education の提供やホスティングサービスの提供を行っているため、主なサービスを移行することが可能か検討を行った。メール、メーリングリスト、CloudStorage、スケジュール管理に関しては、Google Workspace for Education へ移行。Web は、TAINSが提供する仮想マシン貸し(VMware)へ移行。DNS は、TAINSが提供する DNS ホスティングサービスへ移行。NTP は、TAINSが運用しているNTPサーバへ移行することで、運用コストは、5 年間で 360 万程度であることが判明した。

#### 2-1 通研メールサービスの移行

通研メールと東北大メール(Google Workspace for Education)の比較(表 1)は次のとおりである。

表1 通研メールサーバと東北大メールの比較

	通研メール	東北大メール
ログインアカウント	通研独自発行アカウント	東北大メール用アカウント
料金	1 アカウント 600 円/月	無料
ドメイン	@riec.tohoku.ac.jp	@tohoku.ac.jp
		*1 @riec.tohoku.ac.jp
メールボックス容量	無制限	無制限
学外利用	可能	可能
Web メールの提供	提供あり	提供あり
送受信メールサイズ	30MB	25MB
SPAM 判定	Baracuda Spam firewall	Google 独自の SPAM フィルター
	SpamAssassin	
保存先	通研内のストレージ	Google 社

<sup>\*1</sup> TAINS が提供する部局メール転送サービスを利用する事により可能

比較した内容からサービスの提供レベルに対して遜色はなく、本所独自ドメインに関しても、TAINSが提供する部局メール転送サービスと Gmail のエイリアス設定を利用する事で、今までのメールアドレスを利用して送受信する事ができる。ただし、保存先が変更になるため今までのメールの移行作業が必要になった。円滑に移行が完了できるように移行作業用の Web サイト(図1)を作成するとともに、移行に関する技術支援を行った。



図1 移行作業用の Web サイト

移行時の問い合わせとして「通研のメールサーバは、

維持されるのか?」、「@riec.tohoku.ac.jp のメールアドレスはなくなるのか?」、「今後は @riec アドレスの発行はしないのか?」、「どのように学内外のメール送信相手に周知し、メール配信・受信エラーをなくすように移行するのか?」「今後中国への出張の際、どのようにしてメールの送受信をすればよいのか?」などが多く寄せられた。

#### 2-2 通研メーリングリストの移行

通研メーリングリストと東北大メーリングリスト(Google Workspace for Education)の比較(表 2)は次のとおりである。

表 2 通研メーリングリストと東北大メーリングリストの比較

	通研メーリングリスト	東北大メーリングリスト
ログインアカウント	通研独自発行アカウント	東北大メール用アカウント
料金	無料	無料
ドメイン	@ml.riec.tohoku.ac.jp	@grp.tohoku.ac.jp
メールボックス容量	未提供	無制限
学外者の登録	可能	可能
送受信メールサイズ	30MB	25MB
件名プレフィックス	対応	対応

比較した内容からサービスの提供レベルに対して遜色はなかった。通研メーリングリストドメインは、引き継がずに東北大メーリングリストドメインへの移行となった。

#### 2-3 通研 CloudStorage システムの移行

通研 CloudStorage システムと Google-Drive(Google Workspace for Education)の比較(表 3 )は次のとおりである。

表 3 通研 CloudStorage システムと Google-Drive の比較

	通研 CloudStorage システム	Google-Drive
ログインアカウント	通研独自発行アカウント	東北大メール用アカウント
料金	無料	無料
容量	1TB	無制限
学外者との共有	可能	可能(Google アカウントを取得して
		いる方に限る)
パスワード設定	可能	不可

比較した内容からサービスの提供レベルに対して遜色はなかったが、共同研究先の企業が Google Drive の利用を禁止しているケースがあり、独自に NAS を構築する研究室や外部の共有サービスを利用する研究室に対して技術支援を行った。

#### 2-4 所長スケジュール管理システムの移行

所長スケジュール管理システムと Google カレンダーの比較は次のとおりである。

表4 スケジュール管理システムと Google カレンダー

	· ·	
	スケジュール管理サービス	Google カレンダー
ログインアカウント	通研独自発行アカウント	東北大メール用アカウント
料金	無料	無料
複数人との共有	可能	可能
学外者との共有	可能	可能(Google アカウントを取得している方に限る)

比較した内容からサービスの提供レベルに対して遜色はなかったが、共同研究先の企業が GoogleDrive の利用を禁止している会社あり、独自に NAS を構築する研究室や外部の共有サービスを利用する研究室に対して技術支援を行った。

社

2-5 研究室および通研ホームページ公開用 Web システム

公開用 Web システムは、TAINSが提供する仮想マシン貸し(VMware)を利用した。

仮想マシン貸し(VMware)は、データシナジー創生機構及びサイバーサイエンスセンターが整備・運用する 仮想化環境で、部局等の仮想マシンを運用する機能を提供するサービスである。

部局側でハードウェアを整備・保守・運用をする必要がなくコンテンツを管理するだけでよいサービスである。サービスを利用して、次のスペック(表 5)のサーバをアプリケーション用とデータベース用として 2台のサーバを調達した。

表5 アプリケーション用とデータベース用として2台のサーバスペック

	提供スペック
CPU クロック数	インテル Xeon プロセッサ 2GHz 相当以上
CPU コア数	4 コア
メモリ	4GB
ディスク容量	300GB
OS	VMWare ESXi 6.5 がサポートする OS

Web サーバ用の OS に関しては、以前より無償の Liunx ディストリビューションである CentOS Linux を利用していたが、2020 年 12 月 8 日に CentOS\*1、今後の最新の OS は、Red Hat Enterprise Linux (以下 RHEL)のダウンストリームからアップストリームに変更する内容であり、今後も安定した運用をするには、異なる OS を選択する必要があった。調査した結果、CloudLinux 社によって開発された RHEL 系 OS のダウンストリーム AlmaLinux の安定場の無償提供を開始したことが判明した。AlmaLinux OS は、CentOS Linux 安定版リリースの廃止によって残された溝を埋めるための、オープンソースのコミュニティ主導の Linux オペレーティングシステムであり、RHEL の 1:1 のバイナリ レベルで完全に互換なクローンであることと、AlmaLinux OS 財団は、AlmaLinux OS コミュニティの利益のために作成された、米国歳入法 501(c)(6) に基づく非営利団体であることを Web サイトに掲載されている (\*2)。

これらの理由により、次期 OS を AlmaLinux として採用することとした。 本所でのサーバ調達は行わず、学内情報基盤を活用する事となった。

#### 3. ネットワーク群の更改について

ネットワーク装置は、導入から 18 年が経過している機器もあり、毎年 8 月に実施される片平地区の計画停電の際に、毎年障害が発生していた。所内に残っていた予備部材にも限りがあり、今後の安定運用に支障が出ると考え、機器の入れ替えを検討することとなった。ただし、著しく年数が経過している機材は、1 号館、2 号館、E 棟、L 棟、ブレイン棟などに多く配備してあるが、これらの建物は、老朽化に伴い今後の運用形態が不透明であることから、2014 年に本館や IT21 センターに導入したネットワーク機器を 1 号館、2 号館、E 棟、L 棟、ブレイン棟に再配備し、新規の調達は、本館、IT21 センター、ナノ・スピン棟とすることとした。さらに、TAINS が提供しているセキュアなプライベートネットワークサービスを利用することも同時に検討を行った。TAINS が提供しているセキュアなプライベートネットワークサービスは、TAINS側のルータやファイアウォール、DHCP サーバを利用するため、本所側で調達する必要はないことが利点であるが、セキュアなプライベートネットワーク間の通信ができなく、仮想ファイアウォールではアウトバウンド通信のみとなり、基幹ネットワークからセキュアプライベートネットワーク内のサーバへ通信ができないなどの制約がある。そのため、研究室プライベートネットワークへの VPN 接続するための VPN 機器の設置や通研が提供するインハウス用 DNS サーバの利用ができない問題があった。また、StaticNAT ができないことにより、VDEC(\*3)のライセンスサーバとのやり取りができない問題などもあった。

これらの理由により、条件を満たす研究室は、TAINS が提供しているセキュアなプライベートネットワ

研

ークサービスを利用することとし、条件に合わない研究室の救済措置として、共同購入でファイアウォール 装置を調達し本所で管理運用を行うこととした。結果としては、28 研究室中の 26 研究室が共同購入したファイアウォールを利用する事となった。

通信速度に関しては、上流への通信は、ファイアウォールの性能上、2Gbps となっていたが、今回の調達では上流まで10Gbps での通信を可能とした。さらに、10Gbps の提供範囲も本館だけではなく、ナノ・スピン棟やIT21センターにも提供可能となった。Netflix 社が提供しているインターネットスピードを推定する「Fast.com」(https://fast.com/ja/)のインターネット回線の速度テストでは、

(nttps://rast.com/ja/)のインターネット回線の速度ケストでは

6.7Gbps の通信速度を記録している(図2)。



図2 インターネット回線の速度テスト

コスト削減の取り組みとしては、スイッチ機材をライフタイム保証の機器を選定した。ライフタイム保証とは、購入した者が製品を持ち続けている間、期間を定めずに保証を継続する保証である。これに伴い、年間保守に加入することなく、故障した機器の交換を実施してもらえることから、修理や交換にかかる費用の捻出をすることがなく、長期間利用することが可能となった。

無線 LAN 機器に関しては、IEEE 802.11ax(Wi-Fi6)規格対応装置を導入することで、IEEE 802.11ac で実装されていた同時多接続の環境下でもパフォーマンスを維持する Orthogonal Frequency-Division Multiplexing(OFDM)技術では、パケットが小さくても周波数全体を使ってしまい無駄が多かったが、IEEE 802.11ax では、Orthogonal Frequency Division Multiple Access (OFDMA)に変更されたことで、周波数を分割してユーザに割り当てることが可能になった(\*4)ことで、より高密度環境でもパフォーマンスを発揮しやすくなったため、IoT 研究への活用も期待される。

#### 4. 今後の展望について

10Gbps や 40Gbps さらには、データセンターストレージとしては、100Gbps から 400Gbps の運用が始まろうとしている。本所は、ヨッタスケール( $10^{24}$ )のデータ通信に関する研究やローカル 5G の実証実験フィールドとしても共同研究拠点として提供しているため、今後もより高速で安定した情報システム環境整備が必須となってくる。限られた予算で最大の効果が得られる環境を整備していきたい。

### 5. 引用

\*1 CentOS BLOG, CentOS Project shifts focus to CentOS Stream

https://blog.centos.org/2020/12/future-is-centos-stream/

\*2 Alumalinux

https://almalinux.org/

\*3VDEC

http://www.vdec.u-tokyo.ac.jp/

\*4 三井情報株式会社, Wi-Fi 6 OFDMA の効果を実証してみる

https://www.mki.co.jp/knowledge/column131.html

### 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~

2021年度で第4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。例年通り当センターの技術職員の日々の活動について知っていただければ幸いである。

年次報告書の第1章では、各部の業務内容や、今年度の主な取り組み、技術職員の資格を紹介した。第2章では、技術職員が参加した研修や、セミナー、資格試験などの報告をまとめた。第3章では、謝辞掲載論文や、学会・研修での発表、研修の企画、受賞報告などの業務上の成果についてまとめた。第4章では、社会貢献としてオンラインで実施された通研公開について紹介した。第5章では、技術職員2名から日々の業務や、長期的な取り組み、研究所全体にかかわる大きなプロジェクトなどについて技術報告をしていただいた。

昨今の流れを色濃く反映した「研究基盤技術センター年次報告書」の第4号になった。新型コロナウイルス感染症の影響は2021年度も続いており、対面のイベントや研修などの開催はほとんど行われなかった。その一方、オンラインでの研修参加などが活発になっている。昨年度と比較して、第2章の研修・出張報告での件数が増えており、その多くがオンラインでの研修・セミナーであった。また、第3章の発表・成果報告の通り、共用利用装置のオンライン化・リモート化についての発表を行うなど、ポストコロナ時代を見据えて、研究基盤技術センター全体としてオンラインをキーワードとして盛んに活動した1年になった。次年度以降もオンライン化やリモート化を加速させて、共用利用装置の利便性をあげていく所存だが、対面での活動も待ち遠しく思う。

最後にこの場を借りて、今号の発刊にあたり編集作業にご協力いただいた皆様に感謝申し上げます。ありがとうございました。

研究基盤技術センター 評価部 丹野 健徳

研究基盤技術センター年次報告書2021(第4号)

2022年 10月 3日発行

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

# 研究基盤技術センター

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 (学内専用) : https://www.eac.riec.tohoku.ac.jp

Web(学外利用窓口):https://tsc.tohoku.ac.jp

# プロセス部

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

Web : https://www.process.ftc.riec.tohoku.ac.jp

# 情報技術部

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

Web やわらかい情報システムセンター:

http://www.fir.riec.tohoku.ac.jp

Web 研究協力係(学内専用):

https://sites.google.com/tohoku.ac.jp/riec-jimubu/





東北大学 電気通信研究所 研究基盤技術センター