

北大コアファシリティ構想
リモートOF
プロジェクト
先行事例集

発行日 令和3年3月31日
発行 北海道大学コアファシリティ構想
技術支援・設備共用コアステーション
(CoSMOS)
連絡先 北海道大学 創成研究機構
グローバルファシリティセンター
TEL : 011-706-9148
E-mail : contact@gfc.hokudai.ac.jp

March
2021

北大コアファシリティ構想

リモートOF
プロジェクト
先行事例集

March

2021

オープンファシリティ遠隔化・自動化 先行事例集

目次

はじめに	04
事例紹介	
物性測定 (PPMS) / 磁化測定 (MPMS) 自動化・遠隔利用システム	06
破壊型トモグラフィ装置のデータ遠隔共有システム	08
核磁気共鳴 (NMR) 装置自動化・遠隔利用システム	10
高分解能3次元構造評価装置 (Titan G3) 遠隔利用システム	12
遠隔観察用画面共有システムによる装置利用講習と受託利用の再開	14
X線回折装置 (SmartLab) 自動化・遠隔利用システム	16
SEM/AES/XPS画面共有システム	18
イメージングセンター医歯薬研究室 データ遠隔共有・解析システム	20
X線回折リモートシステム	22
粉末X線回折装置 リモート解析システム	24
電子線描画装置パターン設計用CADソフトウェアの遠隔利用システム	26
超高分解能走査型電子顕微鏡 画面共有・遠隔利用システム	26

はじめに

本事例集は、文部科学省「先端研究設備整備補助事業（研究活動再開等のための研究設備の遠隔化・自動化による環境整備）」（第2次補正予算事業）および「先端研究基盤共用促進事業（コアファシリティ構築支援プログラム）」の支援により、北海道大学が所有する実験教育研究用の共用機器について、令和2年度内に遠隔化・自動化対策を行った内容をまとめたものである。

北海道大学では令和2年4月21日より5月31日の期間、新型コロナウイルス感染拡大防止のための行動指針（BCP）がレベル3となり、教職員・学生の入構が原則禁止された。これに伴いオープンファシリティ（OF）システムに登録されていた222台の共用機器の大半が利用停止となり、グローバルファシリティセンター（GFC）が提供する受託分析サービスも技術職員が原則在宅勤務となったため停止された。今回の高度化の対象となった21台の機器については、この間、学内の任期付若手教員・PD・研究員約140名および大学院生約400名、学部生約250名、また、民間を含む学外利用者約120名の研究教育活動が影響を受けた。また、これら機器の運営に携わる教員（約30名）および技術職員（25名）、PD・研究員（10名）は、利用停止期間中も維持管理や安全確認のために感染リスクに細心の注意を払いながら定期的に通勤しなければならなかった。本事例集に掲載された遠隔化・自動化対策により、これらの機器に関する利用環境は改善され、今後もし同様の事態が生じたとしても教育研究活動を継続できる体制が整備された。とはいうものの、実際に作業を行ったことによって見えてきた新たな課題もあり、今後のために各担当者にはその点についても記載をお願いした。

上述の二つの事業並びにその後実施された第3次補正予算事業における学内調査の結果、令和2年度末時点において未だ多くの設備・機器が遠隔化・自動化に対応していないことが判明している。ウィズコロナ、ポストコロナ時代に向けた研究基盤のあり方は今後検討すべき急務の課題である。令和02年度よりスタートしたコアファシリティ構築支援プログラムでは、本学の機器共用体制の一層の強化を図る計画であるが、コロナ禍を踏まえて機器の遠隔化・自動化並びにそれを支える技術人材の育成も重要な要素と位置づけている。本学が進めるデジタルトランスフォーメーション（DX）改革とも足並みを揃えつつ、今回の経験を足がかりに更に取組を進め、教育研究基盤の強靱化を着実に進めていきたいと考えている。本事例集が、各研究室等において計画される研究環境整備の推進の一助となれば幸いである。

北海道大学 創成研究機構 グローバルファシリティセンター
センター長
網塚 浩

北海道大学 創成研究機構 グローバルファシリティセンター
副センター長
佐々木 隆太

北海道大学オープンファシリティ遠隔化・自動化対策事業概要



GFCが統括し、今回申請拠点メンバーによる新OFスタイル推進WGを構成、事業推進および対策検討、情報交流、発信を行う。

創成研究機構

グローバルファシリティセンター (GFC)

(若手20、PD30、DC20、MC15、UG10、運教0、技3、PD0、院0)

- 粉末X線回折装置
- ・操作・解析の遠隔化

電子科学研究所

附属グリーンナノテクノロジー研究センター

(若手8、PD10、DC22、MC33、UG10、運教4、技3、PD2、院3)

- 超高精度電子ビーム描画装置 ・ CAD作製 ・ 操作遠隔化
- 超高分解能走査型電子顕微鏡 ・ 画面解析 ・ 操作遠隔化
- 粉末X線回折装置 ・ 解析作業の遠隔化

理学研究院

先端物性共用ユニット (APPOU)

(若手4、PD0、DC8、MC32、UG40、運教11、技3、PD0、院16)

- 熱・輸送特性測定装置
- 磁気特性測定装置
- ・制御遠隔化、IPカメラで装置動作を監視

地球惑星科学部門

(若手0、PD4、DC3、MC9、UG2、運教2、技6、PD4、院12)

- 次世代破壊型光学トモグラフィー装置
- ・画像の自動共有、画像解析の遠隔化

先端生命科学研究院

高分解能核磁気共鳴装置研究室

(若手5、PD10、DC15、MC40、UG20、運教6、技1、PD3、院0)

- JEOL600MHz核磁気共鳴装置
- ・制御、解析遠隔化
- ・試料交換・窒素補充自動化

遺伝子病制御研究所

イメージングセンター医歯薬分室

(若手6、PD4、DC10、MC2、UG1、運教4、技3、PD3、院2)

- 光シート型蛍光顕微鏡 「同室」
- 超解像共焦点顕微鏡 「同室」
- in vivoイメージングシステム (IVIS) 「同室」
- 小動物用CT 「同室」
- ・画面共有、操作の遠隔化

工学研究院

ナノ物質科学・バイオサイエンス顕微解析ユニット (MANBOU)

(若手5、PD5、DC10、MC50、UG20、運教4、技5、PD1、院0)

- 高分解能3次元構造評価装置
- ・制御・解析の遠隔化
- ・データ取得高速化による作業時間短縮

マテリアル分析・構造解析共用ユニット (MASAOU)

(若手14、PD7、DC22、MC87、UG108、運教7、技6、PD0、院4)

- 複合ビーム加工観察装置 「同室」
- 電界放出型電子プローブマイクロアナライザ 「同室」
- エネルギー分散型蛍光X線分析装置 「同室」
- 電界放出型走査電子顕微鏡
- ・画面共有、講習・指導の遠隔化

高エネルギー超強力X線回折室

(若手1、PD1、DC6、MC20、UG0、運教1、技1、PD0、院0)

- 粉末X線回折装置
- ・操作・解析の遠隔化
- ・10試料交換機能付加による滞在時間の短縮

光電子分光分析研究室

(若手3、PD7、DC40、MC40、UG40、運教1、技2、PD0、院0)

- 電界放出型オージェ電子分光装置 「同室」
- 光電子分光装置 「同室」
- 低真空走査型電子顕微鏡 「同室」
- ・画面共有、講習・指導の遠隔化

物性測定 (PPMS) / 磁化測定 (MPMS) 自動化・遠隔利用システム

先端物性共用ユニット (APPOU) 大学院理学研究院

担当：大学院理学研究院・物理学部門・准教授 松永 悟明、技術補助員 小玉 なるみ、
極低温液化センター・技術専門職員 亀屋 信博

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

PPMS及びMPMSは、2017年にオープンファシリティに登録されて以来、高い利用ニーズがある。PPMS及びMPMSはそれぞれ2台をメイン装置・サブ装置として運用している。メイン装置であるPPMS-14Tは2019年度、稼働時間3480時間、延べ利用人数429名、共用率は75%、MPMS 3は同年度稼働時間4420時間、延べ利用人数440人、共用率は88%となっている。いずれもネットワークに接続して利用する仕様にはなっておらず、BCPレベル3では利用を停止し、通常は液体ヘリウム温度に保持されているところ、昇温を余儀なくされ、若手研究者や大学院生の研究はもとより、学部学生実験にも活用していたため、大きな影響を受けた。

遠隔化・自動化の概要

PPMS、MPMSともに、ネットワーク接続可能な制御用コンピュータ各2台、管理者と利用者が遠隔より操作するためのコンピュータ各2台、実験装置を監視するためのUPS(無停電電源装置)付IPカメラとハブを各2台、監視用画面を保存するためのコンピュータ各1台からなる遠隔利用システムを構築した。また、電気輸送特性オプションが最新の制御システムに対応していないため、最新の制御システムに対応した電気輸送特性オプション(ETO)に更新した。学外からはVPNルータ付ハブに接続してアクセスする形態とした。IPカメラによる装置のモニターは、スマートフォンやタブレットからも可能である。10月末までに設置が完了し、11月より遠隔利用が可能になった。

遠隔化・自動化による効果

遠隔化・自動化で3密を避けて運用することができるようになったのみならず、自宅からも操作できるようになった。このことにより、24時間体制での実験が可能となり、夜間においてもリアルタイムの実験結果に対応して測定条件を変更したりトラブルにすぐに対応できるため、より効率的な実験が可能となった。

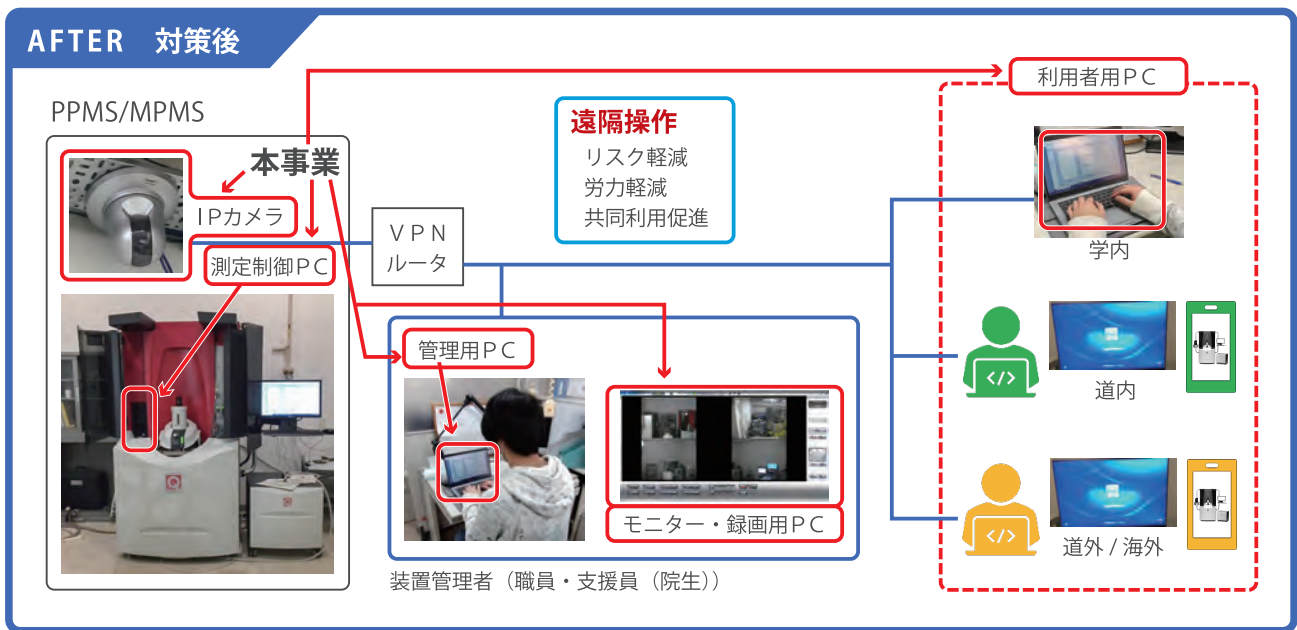
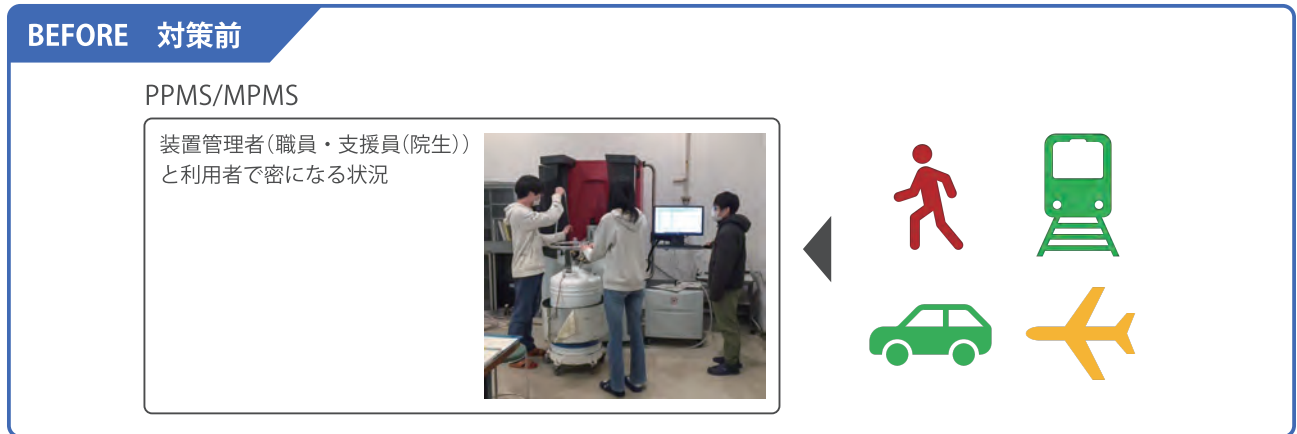
本対策を実施する過程において生じた新たな課題

学外からの接続を整備する際に、ネットワークセキュリティへの十分な対応が必要となった。この点については、現在、部屋ごとにVPNルータを設置することで対応しているが、今後、全学的なVPN接続対応サービスが提供されることが望まれる。

液体ヘリウムの再凝縮装置があれば、週1～2回の液体ヘリウムの補充作業が不要になり、試料交換以外は完全な遠隔化、自動化できる。再凝縮装置はヘリウム購入費用も不要になるので、利用者の負担を減らすことにもなり、是非とも今後導入したい。

コンセプト/ポイント

- 実験サポート・実験装置制御の遠隔化及び自動化による**対面接触作業の最小限化**
- UPS (無停電電源) 付きのIPカメラによる実験室・実験装置の**安全確認作業のリモート化**
- 他大学も含めた**受託利用の開始**



MPMS実績	2017	2018	2019	2020 (4-6月) →年換算		2020 (11-12月) →年換算	
				2020 (4-6月)	2020 (7-9月)	2020 (11-12月)	2020 (1-3月)
稼働時間 (h)	3660	5064	4420	216	864	888	5328
のべ利用人数 (人)	336	444	440	27	108	80	480
稼働率 (%)	98	86	75	14	14	90	90
共用率 (%)	73	70	88	80	80	89	89

(学内5部局・学外8機関・海外3機関) (4/21-7/26停止)

新型コロナウイルスの蔓延

コロナ対策
遠隔・自動化
利便性増

破壊型トモグラフィ装置のデータ遠隔共有システム

地球惑星科学部門 大学院理学研究院

担当：大学院理学研究院・地球惑星科学部門・准教授 伊庭 靖弘

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

近年、多くの分野での検査、解析が2Dから3Dに急激にシフトしている。試料の内部情報は形態を扱うあらゆる分野に共通して重要かつ、“観察”という基礎的な方法で科学できるため、その汎用性は極めて高い。本装置は、従来のCTを圧倒する可視化力を有しており、CTの制約を受けていた分野・研究者・企業に新しい選択肢を提示することが可能である。本装置は完成直後だが、既にコアユーザーは50人に達し、その85%が若手である。一方、BCPレベル3では利用停止を余儀なくされ、若手研究者や大学院生の研究が停滞した。本装置は長時間の有人分析を必要とするため、レベル2においても装置稼働率は大きく低下した。

遠隔化・自動化の概要

トモグラフィ搭載している撮影機材をWindows PCと10Gbase-Tハブを介して、大型ストレージサーバーに接続した。サーバーの操作は、付属のOSを用いて遠隔化した。また、サーバーと撮影装置を中継するPCは、Chrome Remote Desktopを用いて、撮影中のストレージ切り替えを遠隔化した。また、PCのデスクトップ画面をOBS Studioを用いてYoutube Live化することによって、撮影中のモニタリングの遠隔化も行った。これによって、Chromeブラウザ1つで安価にかつ簡素に遠隔化することに成功した。

遠隔化・自動化による効果

大容量の画像データ取得→監視→共有までを自動化・遠隔化・ノンストップ化することに成功し、10万回以上の撮影を達成した。これによって、自宅からも操作可能となり、24時間体制で装置稼働が可能となった。また、1つのブラウザで操作を簡潔することが可能となったため、ユーザー利便性が格段に向上し、装置操作における不安コストが大幅に軽減された。

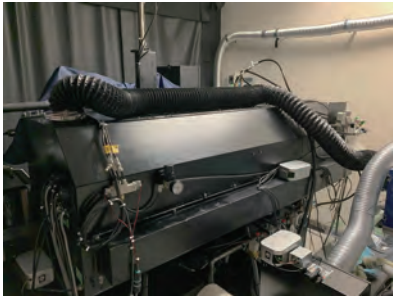
本対策を実施する過程において生じた新たな課題

長時間の画像取得を行うとHDDの書き込み速度が段階的に落ち、画像取得にエラーが生じることがわかった。この原因は未だに特定できていない。この点については、現在書き込み速度の測定を行っており、今後ストレージの切り替え時間を最適化することで対応する必要がある。また、データの画像解析においてHDDの読み込み速度がボトルネックとなっており、長時間かかることが問題点として挙げられる。今後、HPCに大容量内蔵SSDを導入することで、画像解析までノンストップかつ遠隔で行える仕組みが必要であると考えられる。

コンセプト／ポイント

- トモグラフィー装置による画像取得から閲覧・観察までの**リモート化&ノンストップ化**
- 大規模データの**リアルタイム共有化**
- 装置の**共同利用開始**

BEFORE 対策前



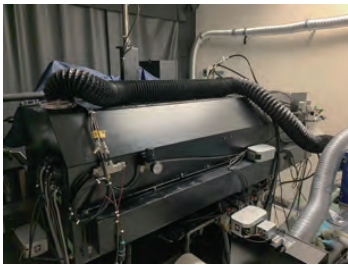
トモグラフィー装置

画像取得

自動化


AFTER 対策後

労力軽減&共同利用促進



トモグラフィー装置

+



ストレージ
サーバー導入 (本事業)

画像取得 → 監視 → 共有

リモート化 & 自動化

- 学内
- 道内
- 道外・海外

MPMS実績	2019	2020 (4-5月) →年換算	2021予想
稼働時間 (h)	約4000	約60	5000
のべ利用人数 (人)	40	2	55
稼働率 (%)	5	5	95
共用率 (%)	10	0	50
(学内3部局・学外6機関・海外3機関)		(4/21以降停止)	

新型コロナ
ウイルス
感染対策

遠隔・
自動化
利便性増

核磁気共鳴 (NMR) 装置自動化・遠隔利用システム

大学院先端生命科学研究院・先端 NMR ファシリティ / 学内共同利用施設・理学研究院高分解能 NMR

担当：大学院先端生命科学研究院 教授 相沢 智康、大学院理学研究院 技術専門職員 熊木 康裕

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

大学院先端生命科学研究院・先端NMRファシリティ / 学内共同利用施設・理学研究院高分解能NMRの装置群は本学の機器共用利用設備として学内外で利用されており、2019年度の実績では、セルフオペレーションで約2,000件、受託利用で約200件の利用を提供していた。

コロナウイルス禍により、施設担当者は、窒素供給等の最小限の装置維持対応しかできないため、セルフオペレーションと受託利用の全面停止を余儀なくされた。NMR装置は学内外の極めて幅広い研究分野で利用されるため、利用登録のある約100名以上の修士・博士課程学生、研究者の研究推進の大きな障害となった。

遠隔化・自動化の概要

NMR装置の利用のためには、装置への試料の導入・交換、ローカルのコンピューターでのデータ処理が必要となるため、コロナウイルス禍での安定した利用は極めて困難であった。そこでオートサンプルチェンジャーの導入により、無人の測定室で多数試料の自動交換・測定を可能とした。また、データ処理等も遠隔で操作を行う事が出来るように整備した。さらに窒素再凝縮装置の導入により、およそ週に1度の窒素の供給作業が完全に不要となった。

遠隔化・自動化による効果

オートサンプルチェンジャーの導入により、利用者は複数サンプルを装置にセットした後は、施設に立ち入らず、学内外から装置操作・データの取り出しをすることが可能になり、在宅勤務での測定や研究指導に対応可能となった。また、窒素再凝縮装置の導入により、安全確保のために複数スタッフで行う必要があった窒素供給作業が完全に不要となり、感染防止につながっただけでなく、装置利用可能時間を延長し、利用者密度の低減、装置消毒等の時間を確保も出来た。これらの整備により、施設スタッフ、装置担当教員を含めて10名を超えるスタッフの労務の大きな軽減を図り、感染のリスクを回避する利用体制を構築することができた。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

オートサンプルチェンジャーによる、遠隔化・自動化はコロナ禍対策にとどまらず、NMR機器の利用効率を最大化することにつながる事が明確に証明された。しかしながら老朽化したNMR機器については、そもそもオートサンプルチェンジャーや遠隔利用への対応が不可能な機種も多く、今後の遠隔化・自動化促進のためには、機器の更新が不可欠なケースが多いことが問題となっている。

コンセプト/ポイント

- 「窒素再凝縮装置」の導入による、液体窒素供給作業の完全自動化
⇒**対面接触作業の完全回避/マシンタイムの増加**
- 「オートサンプルチェンジャー」の導入による自動測定及び遠隔オペレーション
⇒**対面接触機会の最小限化/入構規制への対応**
- 新型コロナウイルス禍下での学内・学外からの**共用利用/受託測定受付の再開**

BEFORE 対策前



液体窒素 (-196℃) 充填作業
(週1回/半日程度)

NMR実験室内での測定・対面研究指導



- ・3密を避けるため作業や測定が**危険・非効率**
- ・学内入構制限により作業や測定が**継続不可能**

AFTER 対策後

NMR施設 無人自動化

液体窒素再凝縮装置

学内外からの遠隔測定/遠隔での研究教育指導

無人NMR装置遠隔オペレーション

在宅勤務教員からの研究指導

オートサンプルチェンジャー

窒素供給作業不要・測定自動化・遠隔化達成

NMR装置利用実績

	2019	2020 (4-9月)	2021(見込)
若手研究者(人)	15人	3人(80%減↓)	20人(33%増↑)
学部/大学院学生(人)	75人	3人(96%減↓)	90人(20%増↑)
装置供用可能時間(時間/月)	144時間/月	16時間/月(89%減↓)	720時間/月(400%増↑)

新型コロナ
ウイルス禍
学内入構制限

遠隔・
自動化

高分解能3次元構造評価装置 (Titan G3) 遠隔利用システム

ナノ物質科学・バイオサイエンス顕微解析ユニット (MANBOU) /

大学院工学研究院・全学共同利用施設 複合量子ビーム超高压顕微解析研究室

担当：大学院工学研究院 教授 柴山 環樹、

技術専門職員 大久保 賢二、谷岡 隆志、大多 亮、技術職員 横平 綾子

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

高分解能3次元構造評価装置 (Titan G3) は、文部科学省ナノテクノロジープラットフォームにより平成25年度に設置され共用機器として運用されて以来、国内外の研究者から高い利用ニーズがある。毎年約230日が稼働可能でメンテナンスを除く稼働率は、ほぼ100%、外部共用率は例年50%を超え昨年度は77%である。ネットワークに接続して利用する仕様にはなっておらず、BCPレベル3では利用を停止し、技術職員の支援を必要としない研究者以外は利用の中断を余儀なくされた。若手研究者や大学院生の研究はもとより、企業の研究者にも広く開放していたため、大きな影響を受けた。

遠隔化・自動化の概要

現有の装置に、遠実機と同じ操作パネルと遠隔操作を制御するためのPCからなる遠隔利用システムと最新版のOSで動作する附属分析機器の制御ソフトウェア一式を導入した。これにより、インターネットに接続した専用のソフトウェアをインストールしたパソコンから操作し、原子レベルでの微細組織や微細構造観察と特性X線や電子エネルギー損失スペクトルを短時間で取得することが可能になった。そのため、データ取得の効率が格段に向上するだけでなく、技術職員の業務の効率化や負担軽減に繋がり、利用する大学院生や研究者だけでなく教職員にも裨益すると考えられる。インターネットのセキュリティのため、学外機関との接続にはVPN接続してアクセスする形態とした。12月までに設置が完了し、12月末より遠隔利用が可能になった。それに先だって、CCDカメラによるTEM観察像は、オンライン会議ソフトを利用して画面を共有するリモート観察を先行して実施した。

遠隔化・自動化による効果

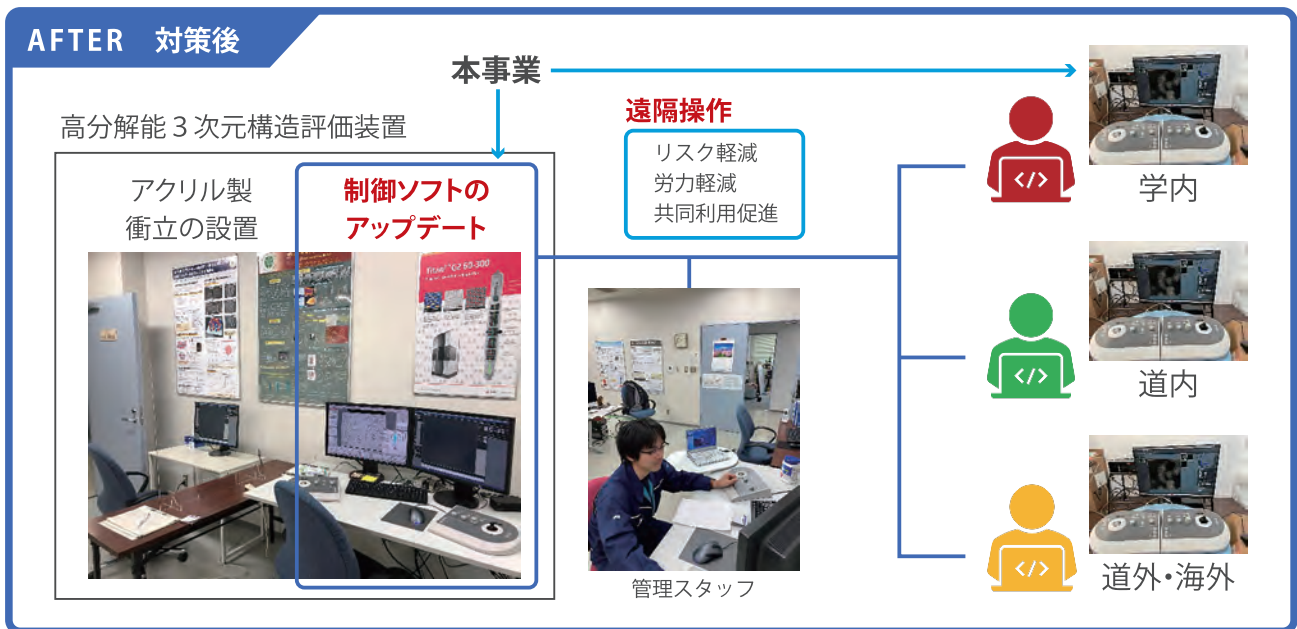
遠隔化・自動化で3密を避けて運用することができるようになったのみならず、自宅からも操作できるようになったので、コロナ禍で制限がある場合でも実験が可能となり、予想以上に測定が早く終わった場合などにも随時対応でき、より効果的な実験が可能となった。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

学外からの接続を整備する際に、VPN接続構築の手続や機器の準備等の問題が生じた。この点については、現在、北大側で対応しているが、今後、簡易にVPN接続が可能なシステム構築が望まれる。液体窒素の自動供給装置があれば、週1～2回の補充作業が不要になり、試料交換以外は遠隔化、自動化できる。管理者の負担を減らせるので、是非とも今後導入したい。

コンセプト/ポイント

- 高分解能3次元構造評価装置の制御・解析の遠隔化による**対面接触作業の最小限化**
- 制御ソフトのアップデートによる**電子ビーム調整及び実験データ取得高速化による作業時間短縮**
- 他大学も含めた**受託利用の充実とインターネットを利用した遠隔地からのリモート利用の開始**



Titan G3 実績

	2017	2018	2019	2020 (4-5月) →年換算		2021予想
稼働時間(日)	200	190	200	11	66	200
のべ利用人数(人)	400	380	400	22	132	500
稼働率(%)	85	80	85	28	30	85
外部共用率(%)	70	70	77	55	60	70

(学内5部局・学外20機関・海外5機関)

新型コロナウイルス感染対策

遠隔・自動化
利便性増

(3/1以降外部機関からの受け入れ停止,4/18-5月末まで停止)

遠隔観察用画面共有システムによる装置利用講習と受託利用の再開

マテリアル分析・構造解析共用ユニット (MASAOU) /

大学院工学研究院・全学共同利用施設 ナノ・マイクロマテリアル分析研究室

担当：大学院工学研究院・教授 橋本 直幸、技術専門職員 宮崎 宣幸、
技術職員 遠堂 敬史、原田 真吾、創成研究機構・特任助教 王 永明

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

本システムにかかる装置は、共同利用装置として学内外に常時開放しており、昨年度は学内45研究室、学外5機関から計156名の利用があった。昨年度の稼働時間はJXA-8530Fが2,548時間（稼働率130%(平日8時間換算)）、JIB4600F/HKDは1,850時間(94%)、JSM-6500F(68%)は1,328時間といずれも高稼働であった。また、JSX-3100R IIは1回の測定に要する時間が5分程度と短いため、総利用時間は151時間(7%)となっているものの、ほぼ毎日利用があった。

これらの装置について、利用者と装置管理者は、装置付近に長時間立ち会う必要があるため3密を避けられず、初心利用者へのトレーニングや、測定補助が再開できない状態だった。また、学外の受託利用時は、取得データの詳細等についてメールや電話で議論するなど、情報伝達が非効率であった。

遠隔化・自動化の概要

装置の「制御用PC」各1台(セキュリティの関係からWin10にバージョンアップしたものを含む)、制御用PCの画面を利用者に配信する「中間PC」各1台によるシステムを構築した。

遠隔化・自動化による効果

遠隔化及び自動化により、初心利用者へのトレーニング及び測定補助を講習担当者が遠隔で行うことが可能となった。特に、JSX-3100R IIについては、最初から最後まで完全非対面状態でトレーニングすることが可能である。受託測定時には、測定状況を依頼者へリアルタイムで配信できるので、細かな指示にも適切に対応できるようになった。また、複数の利用者が種々の媒体を通して同時に測定状況を閲覧できるため、比較的大人数でオンライン・ディスカッションしながら高効率に作業できることも大きな利点である。その結果、機器設置空間における作業人数は大幅減となり、利用者や装置管理者の感染拡大リスクは大幅に低下したと思われる。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

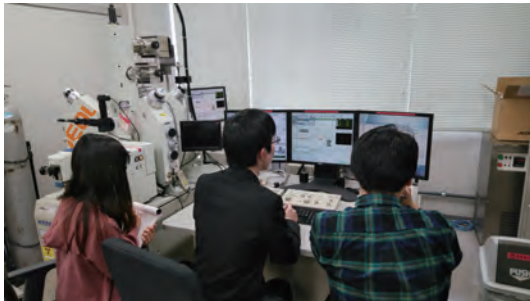
学外からの接続を整備する際、ネットワークセキュリティに関する問題が生じた。現在、操作系統と配信系統の接続を別にして対応しているが、今後は接続を一本化することを検討している。また、試料設置及びアナログ操作が必要な機器については自動化装置の導入が必要である。例えば、液体窒素フリーの元素分析装置は試料交換以外遠隔化可能であり、低コストかつ高効率に運用可能であるため、早急な導入が望まれる。

コンセプト/ポイント

- 実験サポートの遠隔化及び、受託依頼者へのリアルタイム配信による
対面接触作業の最小限化・情報伝達の円滑化
- 装置制御PCと利用者PCの間に「中間PC」を設置し、**ネットワークセキュリティを強化**
- 他大学・公的機関・企業も含めた**受託利用の再開**

BEFORE 対策前

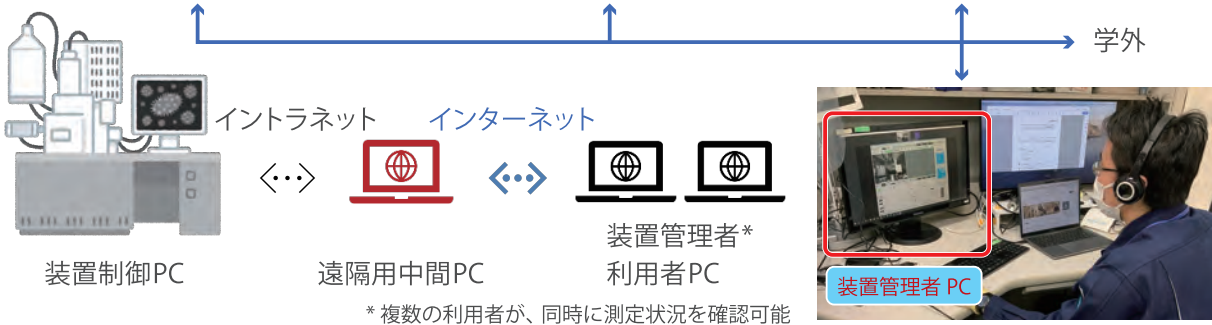
*2019年9月 撮影



実験サポートの際、利用者と装置管理者は、装置付近に長時間立ち会う必要があり、3密を避けられない状況

学外の受託利用時は、測定結果について、メールや電話で議論するなど、情報伝達が非効率な状況

AFTER 対策後



利用実績

	2017	2018	2019	2020 (4-12月) →年換算		2021予想
稼働時間 (h)	6056	6567	5877	3387	5080	6000
装置利用講習 (件)	283	203	160	43	64	180
受託利用 (件)	18	38	82	61	70	90

(本システム導入 4装置合計・学内6部局・学外7機関)

(4月中旬~6月上旬 完全停止)

新型コロナ
ウイルス
感染拡大

遠隔システム
導入による
利便性の向上

X線回折装置 (SmartLab) 自動化・遠隔利用システム

大学院工学研究院・全学共同利用施設 高エネルギー超強力X線回折室

担当：大学院工学研究院・准教授 高倉 洋礼、技術職員 山ノ内 友里香

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

SmartLabは、2017年に全学共同利用装置として登録されて以来、エネルギー工学や地球環境・材料開発等、幅広い分野から高い利用ニーズがある。SmartLabは2019年度、稼働時間1092時間、延べ利用人数314名、共用率は85%となっている。これまでは装置本体に直接繋がれた制御用PCからでしか測定及び解析作業を行えず、緊急事態宣言下の2020年5月には利用を全面停止し、学生や若手研究者の研究はもとより、とりわけ9月卒業見込みの外国人留学生からは早期装置稼働についての強い要望があった。従来システムではコロナ禍において安定的な設備利用を提供することが困難となった。

遠隔化・自動化の概要

装置制御用デスクトップPC1台と、これを起点として遠隔より装置の操作及び解析ができるデスクトップPCを4台、実験装置を監視するためのワイヤレスカメラ1台とそれを管理するためのノート型PC1台からなる遠隔利用システムを構築した。加えて10試料自動交換装置も導入することで、複数の試料を自動で測定できるシステムも構築された。2020年11月までに設置が完了し、翌月12月より遠隔利用が可能になった。

遠隔化・自動化による効果

これまで測定作業・指導者・解析作業者が同室で作業をせざるを得なかったが、遠隔化・自動化で3密を避けて運用することが可能となった。また、遠隔地からの測定進捗状況の確認や測定条件の変更ができるようになったことで、より効率的な実験が行えるようになったとともに、施設開放時間に関わらず複数人が同時に解析作業を行えるため、時間的制約が低減され今後の実験の目処が立てやすくなったという声が多く聞かれた。管理側も遠隔から装置トラブルを随時確認できることで迅速な対処が可能となり、利用者に円滑なサービスを提供できるようになった。

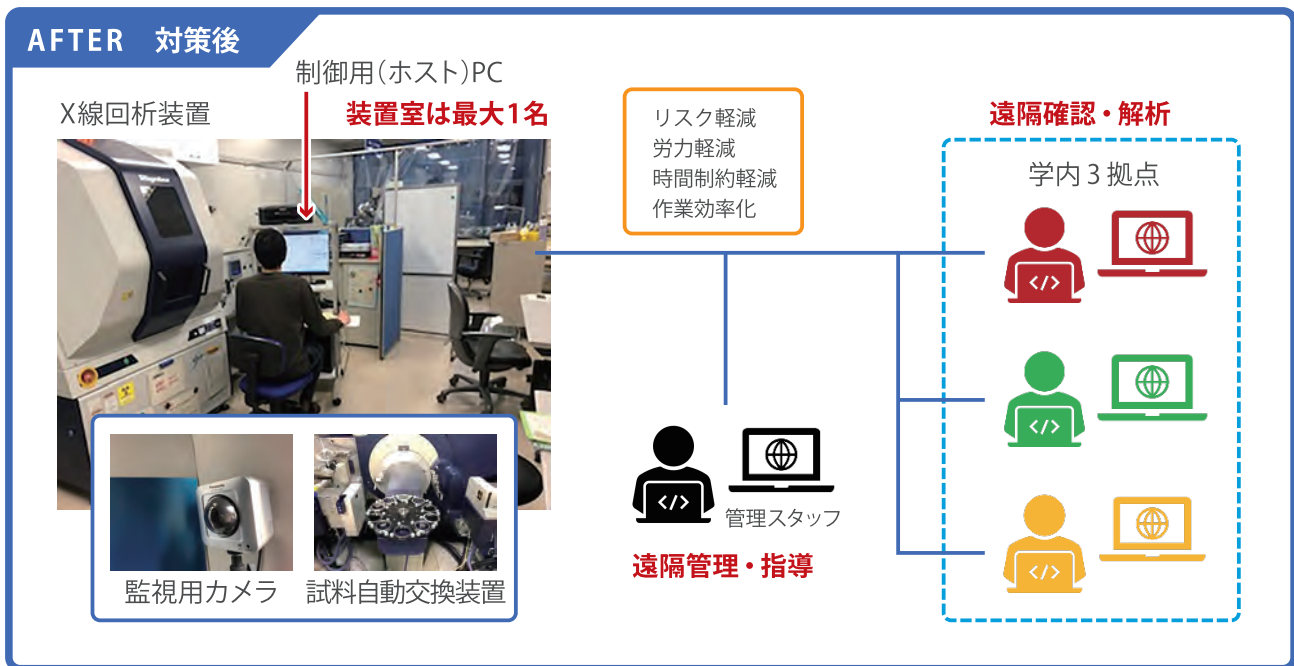
本対策を実施する過程において生じた新たな課題

複数のPCからの操作が可能となったことで、装置操作使用権限の切り替えを的確に行うことや、データ管理等をこれまで以上に徹底しなくてはならないことが今後の課題である。運用を重ね、生じたトラブル事例を考慮して新たなルールづくりを検討していく必要がある。

SmartLabは高温アタッチメントを取り付けることで、昇温過程のX線回折を取得するin-situ測定も可能である。高温下の危険を伴う測定ではあるが、より高度な実験でも安全に遠隔運用ができるよう、今後安全制御システムの拡充も計っていきたい。

コンセプト/ポイント

- リモート制御解析システム及び試料自動交換装置の導入による**対面接触作業の最小限化**
- 装置監視用ワイヤレスカメラ導入による**安全確認作業のリモート化**
- 遠隔利用の充実による**作業の高効率化**



SmartLab実績	2017	2018	2019	2020 (4-11月) →月換算		2020 (12月)	2021 予想
稼働時間 (h)	790	1091	1092	524	75	103	1200
のべ利用人数 (人)	190	314	314	136	19	31	350
稼働率 (%)	40	56	56	47	47	64	62
共用率 (%)	84	71	85	87	87	96	90

新型コロナウイルス 感染拡大

遠隔・自動化 導入 利用開始

(緊急事態宣言により5月は利用停止)

(遠隔PC利用時間も含む)

SEM/AES/XPS 画面共有システム

大学院工学研究院・全学共同利用施設 光電子分光分析研究室

担当：大学院工学研究院 材料科学部門・准教授 坂入 正敏、
技術専門職員 鈴木 啓太、技術職員 吉田 すずか

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

全学共同利用施設 光電子分光分析研究室では2010年からSEM/AES/XPSを共用機器として運用し、学内外の多くの研究者に利用機会を開放している。申請する装置群は2018年度実績で51研究室・機関の156名の利用者がおり、件数では820件、総稼働時間としては3697時間の利用があった。学外にもナノテクノロジープラットフォーム事業を通して利用を開放しており、2018年度実績では12の学外組織に利用されている。装置群はネットワークに接続して利用する仕様にはなっていない。BCPレベル3ではユーザー利用を停止し、BCPレベル2に引き下げとなった段階で既存ユーザー利用を再開、BCPレベル1に引き下げ時から新規利用者への装置講習を再開させた。装置講習や装置利用立ち会いの場面では職員と受講者との対面接触作業の機会が多く、感染への懸念があるため、利用頻度が多くない利用者については装置講習に代わって試料を預かっての分析代行を実施する機会を増やした。試料観察などを伴うこれらの表面分析では、代行を実施するにしても試料の観察状況や分析結果を都度利用者へ確認を取りながら進行しなければならない場面が多く、画面共有化による情報伝達円滑化の必要があった。

遠隔化・自動化の概要

キャプチャーデバイスを接続している画面共有用コンピュータを1台設置し、各機種種の制御コンピュータにはHDMI分配器とセレクターを接続する。利用時には各機種種の制御コンピュータに接続し、各種のオンラインミーティングサービスを画面共有用コンピュータで使用して観察・分析画面を共有し、その場で情報伝達を行いながら代行の指示を仰ぐ。

遠隔化・自動化による効果

画面共有化により複数の利用者が同時に分析状況を都度確認出来るようになり、情報伝達円滑化により分析代行業務が効率的となった。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

画面共有化により分析代行業務や複数人での立ち会い分析について状況が改善出来たが、完全自動化・遠隔化には至っていない。現在の機種では手動での操作部分が多いため自動化・遠隔化に対応する事が難しく、自動化・遠隔化に対応出来る新機種への更新が望まれる。

コンセプト/ポイント

- EDS装備の走査電子顕微鏡(SEM)/EBSD装備のオージェ電子分光装置(AES)/X線光電子分光装置(XPS) 3機種 of 装置PC画面の**画面共有化**
- 画面共有を通して観察画像・測定結果を遠隔地利用者にリアルタイムに確認してもらう事で、分析代行業務がスムーズに行える



3機種実績	2017	2018	2019	2020 (4-8月) →年換算		2021予想
稼働時間 (h)	4206	3697	3666	1044	2506	3700
利用人数 (件)	909	820	744	186	446	800
稼働率 (%)	70	62	61	42	42	62
共用率 (%)	100	100	100	100	100	100

(SEM/AES/XPS 3機種利用実績合計 稼働率は年2000時間として)

新型コロナ
ウイルス
感染対策

画面共有化
利便性増
分析代行増

イメージングセンター医歯薬研究室 データ遠隔共有・解析システム

担当：遺伝子病制御研究所・分子神経免疫学分野・教授 村上 正晃、
感染癌研究センター・講師 長谷部 理絵、共同利用・共同研究推進室・技術専門職員 石川 晋

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

イメージング技術は生命科学・医学研究に必須の技術である。人や動物の臨床サンプルや病態モデル動物の解析は組織切片により行われてきたが、近年のイメージング技術の発展により、光シート型顕微鏡、マウス用in vivo イメージングシステム (IVIS)、小動物用CTなどを用いて、組織またはマウスなどの実験動物全身を解析ができるようになった。これらに加え、超解像顕微鏡を用いることにより、細胞レベル・オルガネラレベル・分子レベルでの生命現象をリアルタイムで解析することができる。ニコンイメージングセンター医歯薬分室に設置されている光シート型顕微鏡・超解像共焦点顕微鏡・IVIS・小動物用CTは、高い利用ニーズがあり、2020年4月～9月の新型コロナウイルス感染症での利用制限下でも271時間、延べ利用人数123名、稼働率は37.6%であった。これらの機器の中には、他の共通機器と同じ実験室に設置しているものもあり、他の機器の使用状況によっては、利用時間が制限されることがあった。これらの機器は前述の通り利用ニーズが高く、若手研究者や大学院生の研究に活用していたため、大きな影響を受けた。

遠隔化・自動化の概要

各イメージング機器について制御するコンピュータ各1台、オペレーターと利用者が遠隔より操作するためのコンピュータ各1台、実験装置を監視するためのウェブカメラを各1台からなる遠隔利用システムを構築した。試験的運用のために、現在は遺伝子病制御研究所内からのアクセスに限定している。オペレーターが存在する場合には、オペレーターと実験者が画面を共有し、連携することにより、リアルタイムでのデータの共有・解析が可能となった。また、自動撮影機能を利用する場合も、画面共有により、リアルタイムでのデータ解析が可能となった。

遠隔化・自動化による効果

本システムの導入により、遠隔化・自動化で3密を避けて運用することができるようになったため、利用時間の制限を受けずに実験が可能となった。今後は段階的に学内、学外へ利用の幅を広げ、本システムを利用した国内および国際共同研究数の増加を目指す。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

自動撮影を行っているときに、機器にトラブルが生じてもすぐに対応ができないことがあった。また、今後学外からの接続を整備する際に、接続トラブルやセキュリティの問題が生じることが予想される。

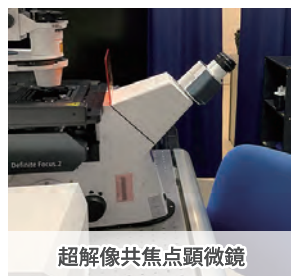
コンセプト/ポイント

- 光シート型顕微鏡・超解像共焦点顕微鏡・マウス用 in vivo イメージングシステム (IVIS)・小動物用 CT の遠隔利用のシステムの構築
- オペレーターや自動撮影による機器の操作・画像取得 (解析機器周囲の少人数化)
- 別室にてデータのリアルタイム共有化 (取得画像の確認・解析) が可能
- 将来的には装置の共同利用化により学外および国際共同研究数の増加

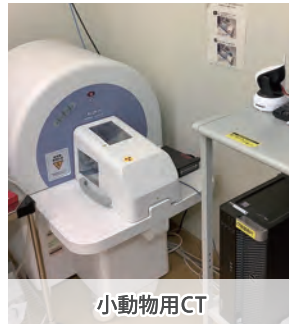
BEFORE 対策前



光シート型顕微鏡



超解像共焦点顕微鏡

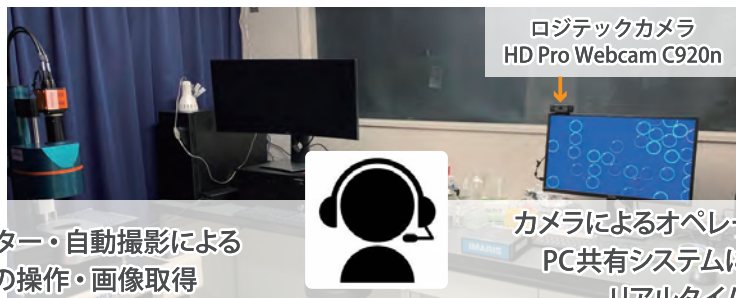


小動物用CT



IVIS

AFTER 対策後



オペレーター・自動撮影による
機器の操作・画像取得

カメラによるオペレーターとの通信・
PC共有システムによるデータの
リアルタイム共有化

オペレーター・自動撮影設定



アップル Macbookpro 13インチ



実験者

別室にて取得画像の確認・
解析が可能

利用実績	2020 (4-9月)	2020 (10-2月)	6カ月換算	2021予想 (6カ月あたり)
稼働時間 (h)	271	343	411	500
のべ利用人数 (人)	123	187	224	270
稼働率 (%)	37.6	47.6	57.1	69.4

システム導入

遠隔化
利便性増

(学内5部局)

X線回折リモートシステム

創成研究機構 グローバルファシリティセンター (GFC) オープンファシリティ部門

担当：創成研究機構グローバルファシリティセンターオープンファシリティ部門 技術専門職員 吉沢 友和

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

本研究設備は、研究対象の表面形態を迅速に観察するものであり、コロナ禍により中断された研究を再開するための端緒として適しており、新型コロナウイルス等の生体試料からウェットな物質材料まで幅広い研究対象の低温から高温までの組織構造や結晶構造の分析が可能となるため利用ニーズは高い。2019年度は稼働時間738時間、延べ利用人数264人であった。当該装置は、1台のPCが装置制御と解析を担っていた。そのため、同一PC上で制御・解析をそれぞれ行っていたが、BCPレベル3では部屋の密集を避けるため、同時利用を中止した。また、緊急事態宣言下の2020年4月には利用を全面停止し、学生や若手研究者からは早期装置稼働についての強い要望があった。

遠隔化・自動化の概要

本設備は、粉末試料・バルク試料・薄膜試料のX線回折パターンを測定する装置である。化合物の同定は数分で行うことができ、光学系を切り替えることで薄膜試料の結晶性評価や膜厚分析等ができる。また、応用的な測定として、室温から1100℃までの温調X線回折測定にも対応し、全ての測定において統合されたプラットフォームであるSmartLab Studio IIにより測定から解析までカバーする。SmartLab Studio IIはネットワークライセンスとなっており、制御用（ホスト）PCと接続されたPC同士でソフトウェアを共有し、解析が可能である。従って、ユーザーは試料のセットと測定を行い、研究室等で十分な時間を取り解析を遠隔で行うことで、「3密」を防ぎつつ研究活動を推進できると考えられる。

遠隔化・自動化による効果

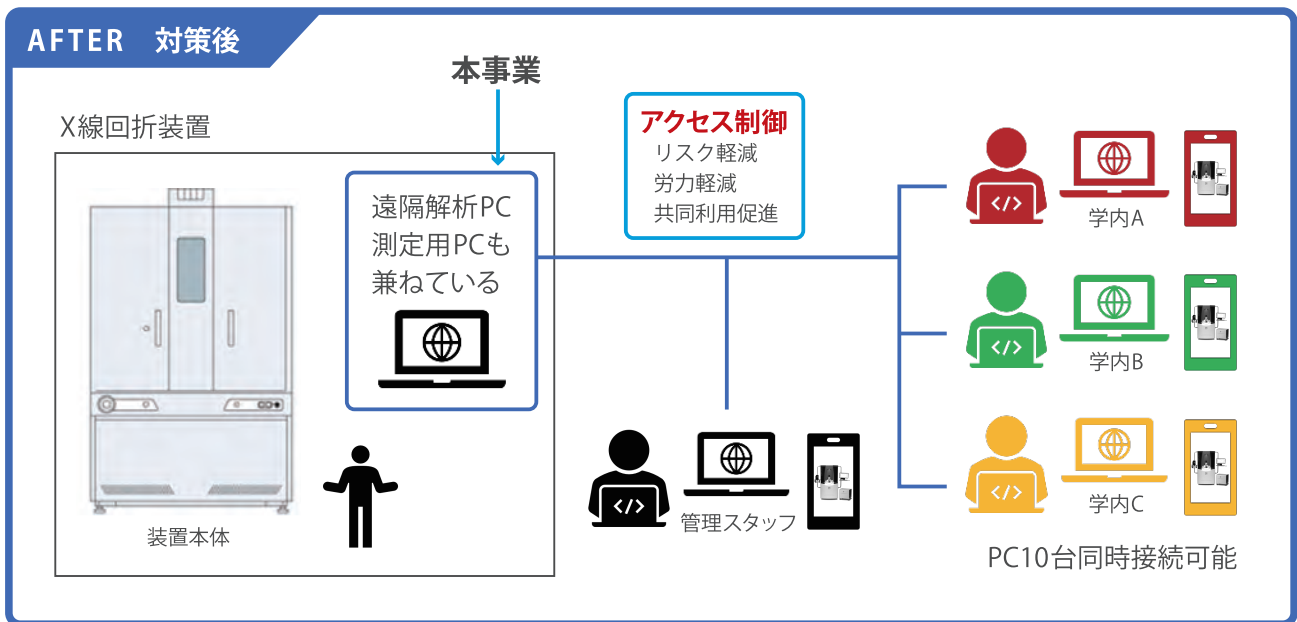
遠隔化・自動化で3密を避けて運用することができるようになったのみならず、自宅からも専用解析が可能になったので、予想以上に構造等の解析等が早く終わった場合などにも随時対応でき、より効果的な研究が可能となった。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

学外からの接続を整備する際に、ゼロトラストの問題が生じた。ゼロトラストとは、通信相手を信頼せずに攻撃されることを前提とすることを意味している。北大学内の通信においてもこの点を解決できていない。現状では、ローカルエリアからの接続とIP・MACアドレスの制御によって対応しているが、今後、NetMotion等のセキュアな接続網を利用することが望まれる。NetMotionとは、情報通信を通信元で、ある暗号に準じてバラバラにし、通信先で再合成するシステムのことである。また、通信スピードはNetMotion等のシステムを通過する場合としない場合で変化がない利点がある。今後このような学外からの接続には必須となるツールである。

コンセプト/ポイント

- SmartLab Studio II により測定解析までカバーするソフトである。
SmartLab Studio II はネットワークライセンスとなっており、制御用（ホスト）PCと接続されたPC同士でソフトウェアを共有し、ゲストPCは解析が可能である。



利用実績	2017	2018	2019	2020 (4-12月) →年換算		2021予想
延べ利用件数	142	309	264	12	72	180
延べ利用時間	603	871	738	50	300	700

(4/21以降停止)

新型コロナ
ウイルス
感染対策

リモート
解析化・
データ共有化

粉末X線回折装置 リモート解析システム

電子科学研究所附属グリーンナノテクノロジー研究センター ナノアセンブリ材料研究分野

担当：電子科学研究所・附属グリーンナノテクノロジー研究センター・助教 高橋 仁徳

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

粉末X線回折装置は固体の原子・分子配列を調べる基本装置である。通常の室温大気下での測定に加え、窒素・酸素・ヘリウムなどのガス置換・真空などの特殊環境、-180から500℃の幅広い温度範囲で測定できるのが本装置の特徴であり、現状のオープンファシリティシステムには同等の機能をもつ装置は存在しない。2019年度は稼働時間309時間、延べ利用人数146人、共用率は68%となっており、学外からの利用者も多い。当該装置は、1台のPCが装置制御と解析を担っていた。そのため、同一PC上で異なるユーザーが制御・解析をそれぞれ行っていたが、BCPLレベル3では部屋の密集を避けるため、異なるユーザーによる同時利用を中止していた。また、ネットワークに接続して利用する仕様にはなっていなかった。従来においても、装置制御の際に解析を一時中断する非効率性があったが、同時利用の自粛により稼働率は半減し、解析用途の遠隔化が強く望まれていた。本装置は構造解析に不可欠な基礎的な装置であり、約30-40名程度の修士博士・任期付研究員が影響を受けた。

遠隔化・自動化の概要

制御用コンピュータ1台、遠隔から解析可能なコンピュータ1台、遠隔での解析を可能とするソフトウェア（10件のネットワークライセンス付）を新たに導入した。その結果、装置から離れた居室で解析を行うことが可能となった。また、利用頻度の高い学内の研究グループからもアクセスできるようにネットワークライセンスを確保しており、利用希望に応じて遠隔アクセス化できるようにしている。9月下旬に設置が完了し、10月から遠隔利用が可能となった。

遠隔化・自動化による効果

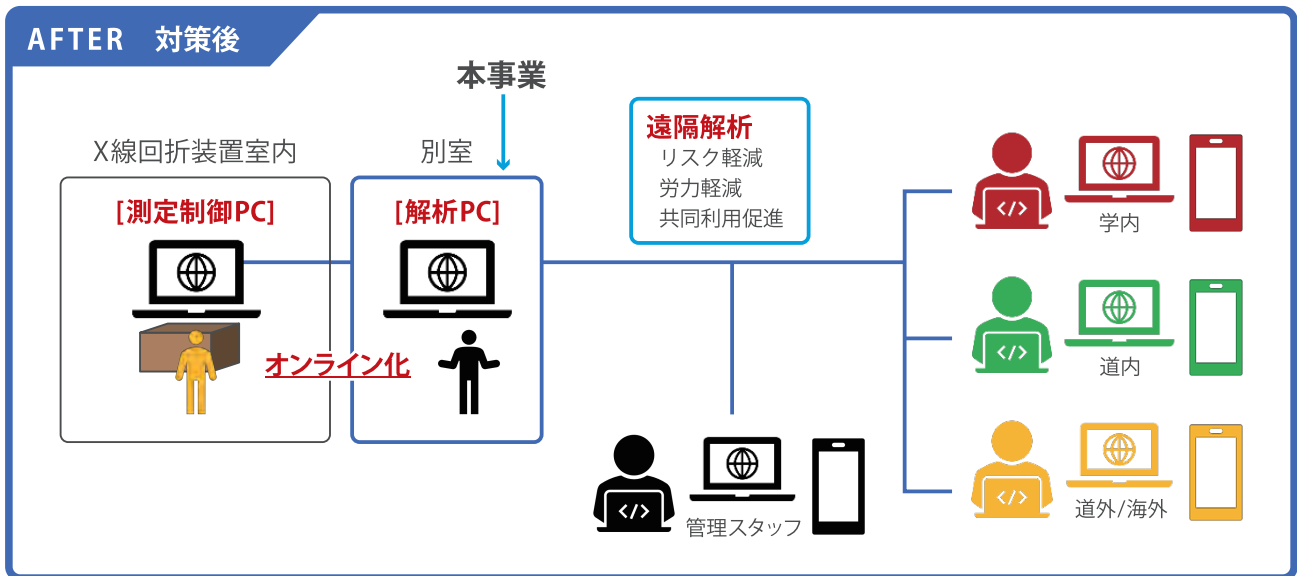
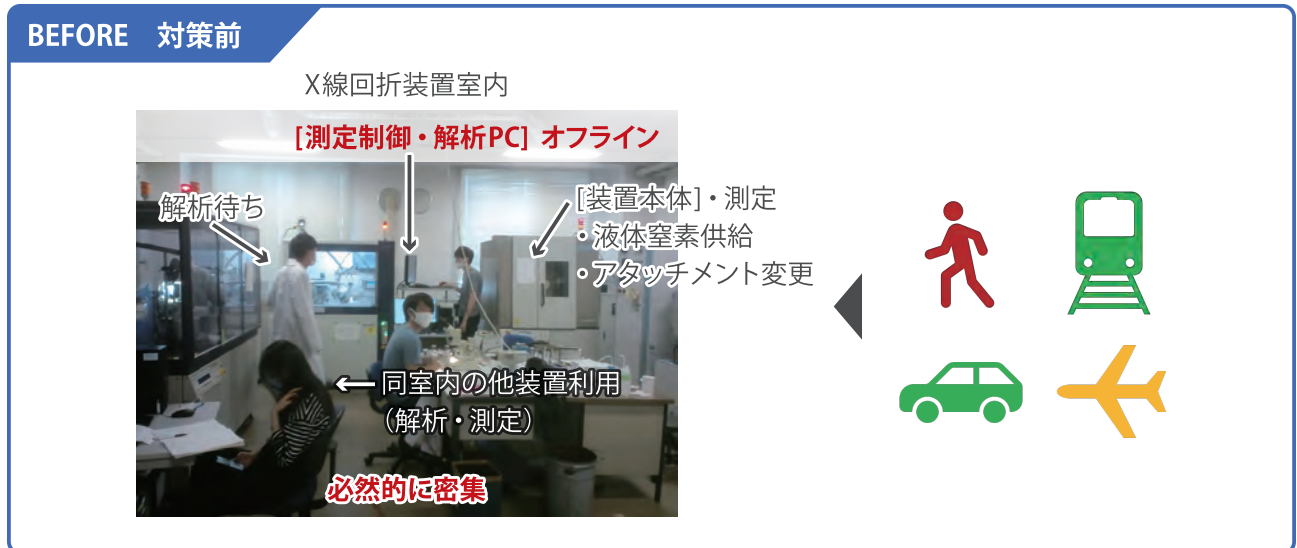
解析の遠隔化により3密を避けて運用することができるようになった。また、解析・制御の役割を分け、装置運用が効率的に行えるようになった。その結果、2017-2019年度の年平均稼働時間274時間に対し、導入後2020年10月から3か月で174時間(年換算696時間)の利用があった。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

研究室内・学内からの利便性は向上したが、学外からの接続可能な環境は整備されていない。学外からの接続を可能とする環境構築を行いたい。また同室内にある単結晶X線回折装置の利用者と利用時間が重なり、密にならざるを得ない場面がある。解析だけでなく、装置制御の遠隔化・自動化を行うことで、よりスマートに利用可能となる。特殊環境での測定が可能な本装置制御の遠隔化・自動化ニーズに応えるため、X線回折装置の更新が必要であり、今後導入したい。

コンセプト/ポイント

- 1台のPCで行っていた制御・解析作業のうち、解析作業を遠隔化し、**対面接触作業の最小限化**
- 測定と解析が同時に可能となることで解析にかかる待機時間がなくなり、**装置利用・解析作業の高効率化**
- オンライン接続による**GBオーダーのデータ移動作業のリモート化**



実績	2017	2018	2019	2020 (4-9月) →年換算		2020 (10-12月) →年換算	
				77	154	174	696
稼働時間 (h)	222	291	309	77	154	174	696
のべ利用人数 (人)	102	106	146	44	88	68	272
共用率 (%)	13	67	68	69	69	44	44
	(学内3部局・学外5機関)			(4/21-6/1 停止)			

新型コロナ
ウイルス
感染対策

遠隔化
利便性増

電子線描画装置パターン設計用CADソフトウェアの遠隔利用システム 超高分解能走査型電子顕微鏡 画面共有・遠隔利用システム

電子科学研究所

担当：電子科学研究所・ナノテク連携室・教授 松尾 保孝、特任助教 小田島 聡、
技術専門職員 大西 広、中野 和佳子、平井 直美、森 有子

設備の利用ニーズとコロナ禍における課題

電子線描画装置は加速電圧が100kV、125kV、130kVとそれぞれに特徴を持つ合計3台が電子科学研究所クリーンルーム内に設置されている。いずれの装置も非常に高いニーズがあり、学内のみならず民間企業や海外共同研究者を含めた学外からの利用も多い。2019年度の総稼働時間は4703時間、延べ利用人数578名、学外共用率は65%となっている。装置本体は常時換気されるクリーンルーム内でクリーンウェアを着て作業するために安全性が高いが、前準備として行う描画パターンのCAD設計は、4台並列で作業PCが設置されていたためにユーザー利用を大きく制限する必要があった。また、高分解能走査型電子顕微鏡はJEM-6700FT (JEOL) と昨年度12月に導入したSU-8230 (日立) の2台が稼働している状況であった。ネットワークに接続して利用できる仕様ではなかったため、遠隔利用もできずに多くの加工デバイスの評価が行えない状況が発生した。以上のような状況で、ナノ加工・ナノ構造解析を活用する幅広い研究分野に大きな影響があった。

遠隔化・自動化の概要

電子線描画装置のCADデータ設計作業が必要となる。そのCAD設計用ソフトウェアは3台ごとに異なる仕様となっていた。そこで、同じ設計データから各装置へのフォーマット出力に対応可能なソフトウェアを遠隔利用可能なPCに導入した。TeamsやTeamViewerを介してCADデータが作製でき、装置用の設定ファイルを出力できる環境を9月末から提供した。また、高分解能走査電子顕微鏡については、新型装置は装置自身の遠隔利用可能に、従来装置はデータ解析のみ遠隔から取り扱いができる環境を11月中旬から利用可能とした。

遠隔化・自動化による効果

遠隔化・自動化で3密を避けた作業ができるようになったのみならず、遠隔操作ソフトに組み込まれているシミュレーションおよびデータ解析機能を使うことが可能となった。この機能は実験の効率化につながった。また、装置の占有時間削減、強いてはユーザーの装置利用時間を拡大することとなった。

本対策を実施する過程において生じた新たな課題

学外からのネット接続を整備する際に、セキュリティの担保、ネット越しで見えないユーザーとのバッティングへの対応について問題点が生じた。現在、特別な対応は行っていないが、今後はアプリケーション制御可能なルーターの導入などにより安全性を高める対策を講じる。

コンセプト/ポイント

- 電子線描画装置のパターン設計用PCの遠隔利用を行い、**現場作業をゼロに**
- ソフトウェアのシミュレーション機能を活用することにより**クリーンルームでの条件出し実験を最小化**
- 他大学も含めたユーザー対象に**ソフトウェア利用に関するセミナーの実施**

BEFORE 対策前

仕様が異なる電子線描画装置（3台）用として、CR前室に設計用PCが4台設置

実験者（設計者）が増えると密に仕様の違いにより、特定PCを遠隔利用にできない

設計変更のたびに出入りすることによる非効率性

クリーンルーム

AFTER 対策後

新規CADソフト **集約化**

遠隔操作に対応

- ・ 接触機会削減
- ・ 自由な時間に利用可能
- ・ 遠隔で本州からの利用も可能
- ・ シミュレーション機能で実験回数削減

→ 技術職員の作業負担減
ユーザーの実験効率改善

- 学内
- 道内 (北見工大等)
- 道外 (企業含む)

利便性を理解してもらうためのWebセミナーを実施
「微細加工PFセミナー」2020年12月16日(水)

EB装置利用実績	2017	2018	2019	2020 (4-9月)	2020年 (10,11月) 通算予測	→ 2021年
稼働時間 (h)	2576	3625	4703	1780	826	5000
のべ利用人数 (人)	424	487	578	193	112	670
稼働率 (%)	54	83	83	59	88	89
学外共用率 (%)	34	49	65	34	64	64

(共用率は企業を含む学外利用)

新型コロナウイルス 感染対策

10%減程度の利用に押さえられる 効率化による利用ユーザー拡大

コンセプト/ポイント

- 超高分解能走査型電子顕微鏡の遠隔利用を行い、**現場作業を最小限に**

BEFORE 対策前

2台の走査型電子顕微鏡が設置されている

最新型FE-SEM



システム追加で遠隔利用対応できるが講習や実験人数が増えると密に


従来型FE-SEM



システムが古く遠隔対応できない


最新FE-SEMの画面共有・遠隔操作できるシステムと、既存装置の画像データ処理を遠隔操作対応に

AFTER 対策後




装置本体の遠隔操作に対応

- ・接触機会削減
- ・サンプル郵送のみで対応
- ・遠隔で本州からの利用も可能



データ解析の遠隔操作に対応

- ・遠隔操作不可だがデータ解析は遠隔PCで実施
- ・装置空き時間の増加により利用率改へ



- 学内
- 道内 (北見工大等)
- 道外 (企業含む)

装置利用実績	2017	2018	2019	2020 (4-9月)	2020年 (10-2月) 通算予測	→ 2021年
稼働時間 (h)	1422	1385	1228	441	577	1300
のべ利用人数 (人)	645	641	626	211	244	650
稼働率 (%)	70	56	60	45	59	66
学外共用率 (%)	30	11	20	14	23	25
	(共用率は企業を含む学外利用)				稼働時間は10%減程度に押さえられる	効率化による利用ユーザー拡大

新型コロナ
ウイルス
感染対策