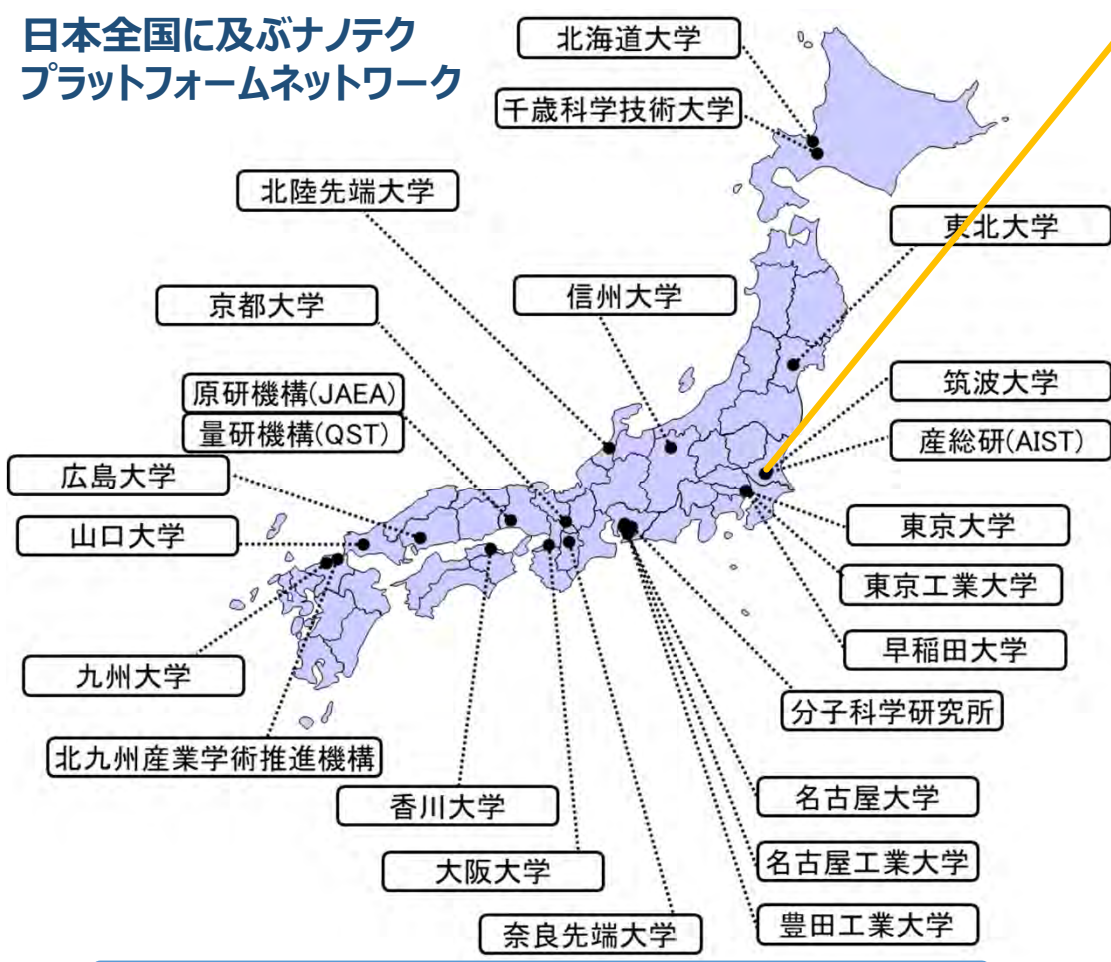


資料1 「物質・材料分野の基盤的共用研究設備の遠隔化、自動化」の概要（2/2）

施策の全体像

- NIMSにある既設の透過型電子顕微鏡、NMR、物性解析装置に遠隔化および自動化の機能を追加整備する。
- 人の移動を伴わない遠隔装置利用または3密を避けた状態での装置運用の効率化により、NIMSの研究者・エンジニアによる質の高いサポートとあわせて、コロナ禍による研究開発の停滞を回避する。
- 本施策は、国内最高レベルの特性を有するハイエンド機を含めて遠隔化・自動化を行うものであり、熾烈な競争状態にある基盤的研究から最先端の研究開発を支える重要な施策となる。

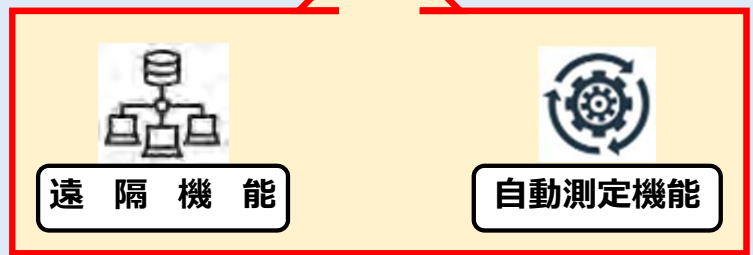
日本全国に及ぶナノテクプラットフォームネットワーク



- 大学、民間を問わず多種多様な利用者
- 最先端研究設備とそれを支える高い技術力

物質・材料研究機構（NIMS）

センター機関 ※センター機関として日本全国のナノプラネットワーク、及び260台にも及ぶ共用設備の運用実績



特にニーズや重要度の高い装置(5台)へ、遠隔化、自動化の機能を追加

遠隔機能、自動測定機能を追加し、日本全国から、いつでも、どこでも利用が可能

透過型電子顕微鏡の遠隔化

●既存装置の主な機能

- 金属・セラミックス・半導体・高分子など**広範な材料の微細構造評価**に利用できる国内でも導入事例が少ない**フル装備の装置**（物理分析電顕）
- 国内**最高レベルのエネルギー分解能**を有し、金属・半導体・高分子等の**単原子レベルの微細構造評価**が可能（単原子分析電顕）
- 元素分析や結合状態評価、加熱や電圧印加による応答のオペランド計測や高速で動画を撮影するカメラを備え、その場観察に有効な装置（電子線ホログラフィー電顕）

●追加する機能

- インターネットを介した、遠隔地からのリモートアクセス・リモートコントロール



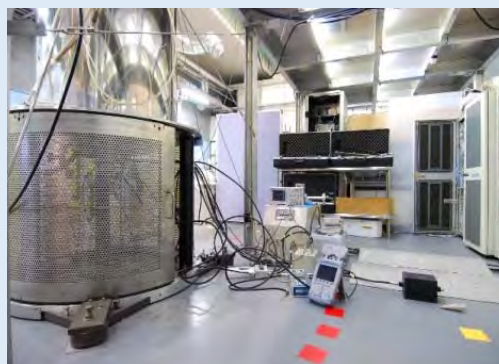
NMRの遠隔化

●既存装置の主な機能

- 様々な固体材料に対し、結晶構造、電子状態、分子運動、イオン伝導等の多様な情報を提供
- 軽元素、非晶質など、X線や中性子散乱など他の手法では**分析が難しい材料の分析に特に効果的**
- 500MHz高分解能を有し、素材・消費財メーカー等による、鉄鋼、ガラス、高分子、セメント等、**多様な材料の開発に貢献**
- プローブなど装置の心臓部にNIMSで長年開発した技術が導入されており、他機関での代替が困難

●追加する機能

- インターネットを介した、遠隔地からのリモートアクセス・リモートコントロール



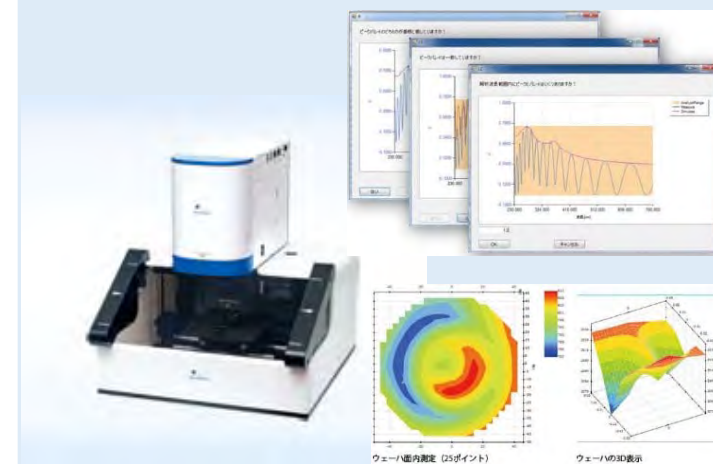
物性解析装置の遠隔化、自動化

●既存装置の主な機能

- 新規材料開発などにおいて創製材料の**膜厚・屈折率等の自動測定・解析**を行える装置
- 顕微機能によって**デバイスの局所的解析が可能**
- **多層膜や複合材料の開発において特に効果的**
- 共用設備としての**導入事例が国内において少なく、我が国全体の研究活動の再開・促進のために大きな一助となる**

●追加する機能

- インターネットを介した遠隔地からのリモートアクセス・リモートコントロール



【効果やメリット】

活動自粛時でも遠隔利用により研究継続可能

遠隔地からのリアルタイムなデータ取得と解析

学生や若手研究者等の技術力発展に寄与

新型コロナウイルス感染症対応における遠隔化・自動化の寄与

○研究機関への来所・入構の制限に対応した遠隔化に資するもの

透過電子顕微鏡

- (1)単原子分析電子顕微鏡
- (2)電子顕微鏡(実動環境対応物理分析電子顕微鏡)
- (3)電子顕微鏡(実動環境対応型電子線ホログラフィー電子顕微鏡)

※(1)~(3)すべて同様

- 現行装置は利用者が装置を現場で操作し、画像やスペクトル等のデータを取得する必要がある。
- 本体の制御PCをネットワークを介して外部から制御する機能の追加により、試料セットを除いたすべての操作を外部から遠隔利用可能となる。

NMR

- (4)500MHz固体高分解能NMR

- 現行装置はスタンドアロンでの運用しかできないため、利用者が現場で直接操作する必要がある。
- 最新のネットワーク環境に対応した分光計遠隔制御システムを導入することで、装置を外部から遠隔利用可能となる。

物性解析装置

- (5)自動エリプソメータ

- 現行装置は、利用者が現場で光源調整や試料ステージ調整の作業を行う必要がある。
- 本体の制御PCをネットワークを介して外部から制御する機能等の追加により、試料セットを除き、試料任意箇所自動測定を含む操作を外部から遠隔利用可能となる。

※(1)~(5)すべて同様

以上の遠隔利用化により、NIMSへの入構の制限や移動規制などの状況下でも最低限の人員で装置の利用継続が可能となる。利用者は試料を送付すればNIMSへ来構することなく日本全国から利用可能となるほか、測定室における3密も避けることができる。

遠隔化に伴うサイバー攻撃のリスクと対策

○遠隔化される機能の詳細

- ・ 透過電子顕微鏡 : 装置の利用にあたり観察条件を設定(制御系)し、画像やスペクトル等のデータを取得(測定系)を行う。
このため、制御系、測定系いずれも遠隔化を行う。
- ・ NMR : 装置の利用にあたり、高周波照射等の条件設定(制御系)と、検出された信号の取得と解析(測定系)を行う。このため、制御系、測定系いずれも遠隔化を行う。
- ・ 物性解析装置 : 装置の利用にあたり、光源や試料ステージ等の条件設定(制御系)、及びデータの取得・解析等(測定系)を行う。このため、制御系、測定系いずれも遠隔化を行う。

○制御系の遠隔化に伴うサイバー攻撃対策

- ・ 各研究装置は自動化・遠隔化の機能追加のため外部ネットワークとの接続が必要となるが、サイバー攻撃対策を目的として既設のネットワークとは論理的に独立したネットワーク環境を構築のうえ、接続する。
- ・ 外部からの利用者に対するユーザー認証については、事前に承認された外部利用者を事前登録し(利用期間は限定)、アクセスする際にはワンタイムパスワードなどの二段階認証によりネットワーク上にあるVPNにアクセスして認証された者のみが利用できるようにすること、さらには独立したネットワーク内に不正侵入検知システムを導入するなど強固なセキュアな環境を構築する。
- ・ 仮に、悪意のあるユーザーに攻撃を受け内部に侵入された場合であっても、既設のネットワークから独立した環境であるために他の業務などに利用しているサーバーや研究装置などには影響がない。
- ・ また、遠隔化機能が追加された装置については、インターロック機能など装置自体に安全装置が付加されておりハードウェアなどの物理的な障害は発生しない。

日本原子力研究開発機構（JAEA）

※特定先端大型研究施設運営費等補助金

「J-PARC特定中性子線施設の遠隔化・自動化 整備」

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「新型コロナウイルス対策」
施策説明資料

令和2年6月
文部科学省

資料1 「J-PARC特定中性子線施設の遠隔化・自動化整備」の概要 ①

アドオン額:55,500千円(文部科学省)
元施策有/PRISM事業・新規

課題と目標・出口戦略

【課題】

- J-PARCの特定中性子線施設では幅広い分野で産学官の実験課題が実施されており(2019年度、433課題)、産業利用の割合は 27%で、過去に低燃費タイヤの開発、全固体セラミックス電池開発、固体冷媒を用いた新しい冷却技術等に関わる成果を創出。
- 新型コロナウイルスの影響が顕在化した3月から4月の期間で220名程度の外部ユーザーが来所できず、78課題の実施に影響。

【目標・出口戦略】

特定中性子線施設の共用実験装置に遠隔利用や実験プロセスの自動化ができる機器を付加することにより、上記78課題220名程度の研究者の利用実験機会を回復する(利用率0%→100%)。以て、安定的かつ効率的な研究環境を提供し、新型コロナウイルス禍で大学の学生並びに民間企業の研究力向上、共用施設としての今後の更なる利用拡大、さらには利便性の向上による民間投資誘発効果を図り、我が国のイノベーション創出に資することを旨とする。

民間研究開発投資誘発効果等

【民間企業からの貢献】 5年間で総額約323,115千円相当

- 共用施設としての利用(約105,615千円相当)
 - ①成果非公開の成果占有利用
実費負担の下、企業研究のための本格利用を行う
 - 約21,123千円/年(過去2年間の利用収入の平均値を元に試算)、5年間で約105,615千円の利用収入を見込む。また、下記の共同研究を通じて民間企業が中性子を用いた実験手法や成果の有用性の理解を深めることよって、成果非公開による自立的な取り組みが増えることが想定される。
- 民間共同研究(約217,500千円相当)(材料・触媒等のメーカー)
 - ②民間企業との共同研究(18,500千円/年×5年間程度)(既存の共同研究における実績を元に試算)
民間企業と組織対組織の共同研究を行う。
 - ③企業コンソーシアム(5,000千円/企業・年×5社×5年間程度)(既存のコンソーシアムの実績を元に試算)
人材育成を含めた産業利用のための基盤構築など、目的の下に複数の企業が集まったコンソーシアムを形成し、会員企業から会費や人材負担を得る。

元施策:「大強度陽子加速器施設(J-PARC)の整備・共用」の一部(556,747千円)

J-PARCについて、安定的な運転の確保及び利用環境の充実を行い、産学の広範な分野の研究者等の利用に供することで、世界を先導する利用成果の創出等を促進し、我が国の国際競争力の強化につなげる。

施策の全体像

J-PARCの自動化・遠隔操作整備を行うことで、J-PARCを利用した産官学の研究開発に遅滞を生じさせない体制とともに、産学官による幅広い分野の社会課題解決やイノベーション創出のための研究開発の支援体制を構築する。

資料2 「 J-PARC特定中性子線施設の遠隔化・自動化整備」の概要(具体的施策)

「中性子利用実験環境の遠隔化・自動化」

【遠隔化・自動化のメリット】

- **遠隔化機能の付加** ⇒ 新型コロナウイルス禍で外部ユーザーの実験機会の確保
- **実験プロセス自動化の付加**
 - (1) 低温から高温にわたる多点測定 of 自動化 ⇒ 燃料電池膜等の機能性材料の最適特性の条件探索を効率化
 - (2) 水素を重水素で置換した試料調整 of 自動化 ⇒ 高分子材料等の特定部位構造測定を効率化
 - (3) 極低温への急速温度変化測定 of 自動化 ⇒ 高分子液体等ソフトマターにおける水の機能測定を効率化
 - (4) 液体窒素冷却電磁石を用いた実験 of 自動化 ⇒ 強磁場中における磁性の出現機能の解明実験を効率化
 - (5) 構造材料の変形試験や試料位置調整 of 自動化 ⇒ 鉄鋼材料や2次電池の可視化測定を効率化

【遠隔化・自動化整備の概要】



【施策の効果】

実験課題の時間短縮により、(1) 自動車触媒に関わりうる 10社を超える利用、(2) 企業 5 社が参画するコンソーシアム利用の着実な実施、(3) 産業界の新規参入機会の創出、(4) 新しい学術的成果の創出、(5) 民間企業と組織対組織の共同研究の推進

新型コロナウイルス感染症対応における遠隔化・自動化の寄与

○研究機関への来所・入構の制限に対応した遠隔化に資するもの

(1)遠隔アクセス環境、データ処理・解析計算機

- ・新型コロナウイルスの影響を受けた78課題、220名規模の研究者の利用実験機会を回復させる。
- ・下記の各設備(1)～(6)と連動して遠隔化の環境を整備。

(2)温度制御型試料交換機

- ・平均3日程度を要する課題あたり1日の時間短縮効果を生む。また、1課題あたり施設のスタッフ2人・日の改善を見込む。

(3)重水・軽水混合調湿ガス発生装置

- ・平均3日程度を要する課題あたり1日の時間短縮効果を生む。また、1課題あたり施設のスタッフ2人・日の改善を見込む。

(4)試料交換機能付きクライオファーネス、標準試料セル、急速冷却用試料スティック

- ・平均5日程度を要する課題あたり1日の時間短縮効果を生む。また、1課題あたり施設のスタッフ2人・日の改善を見込む。

(5)液体窒素自動供給装置

- ・液体窒素冷却方式の超高磁場パルス電磁石を用いた課題(平均5日所要)あたり1.5日の時間短縮効果を生む。また、施設スタッフのマンパワーの制約なしに課題実施が可能になり、1課題あたり6人・日の改善を見込む。

(6)試料位置調整用中性子カメラ、低温変形試験用システム

- ・平均5日程度を要する課題あたり1日の時間短縮効果を生む。1課題あたり施設のスタッフ2人・日の改善を見込む。

遠隔化に伴うサイバー攻撃のリスクと対策

○遠隔化される機能の詳細

- ・本件においてユーザーが遠隔アクセスできる対象は中性子実験用機器であり、施設の運転に関わる制御系（アクティブな系）とは隔離されている。
- ・遠隔化される機能は、実験における温度、試料位置、調整のガス混合比の設定機能である。
- ・遠隔アクセスの対象機器には、不特定のユーザーのアクセスを前提として装置破壊を防ぐために、機能の上限及び下限に対してハードウェア的制限を講じている。
- ・ソフトウェア的に遠隔アクセスができる機能は上限と下限の範囲内に限定しているため、外部操作により機器の異常が起こることはない。

○制御系の遠隔化に伴うサイバー攻撃対策

- ・本件の実験用機器に接続するPCは、その他のシステムとは分けて限定的なネットワークを構成することとしている。
- ・外部から接続する際に、J-PARCセンターで運用しているリモートアクセス装置を介することで、他システムへのアクセスはできないようにしている。さらに、インターネットからの不正アクセスについて常時監視を行っている。
- ・実験機器については、実験室内の監視を行っており、ハッキングに関わらず万一異常が生じた場合は、ユーザーに速やかに連絡を行い、状況等を把握する。

「QST量子ビーム応用研究の自動化のための施設設備の整備」

官民研究開発投資拡大プログラム（PRISM）
「新型コロナウイルス対策」
施策説明資料

令和2年6月
文部科学省

資料1 「QST量子ビーム応用研究の自動化のための施設設備の整備」の概要

アドオン額： 52,000千円(文部科学省)
元施策有/PRISM事業・新規

課題と目標・出口戦略

- 【課題】
- ・ 現在、高崎研において量子ビーム応用研究を行っているが、緊急事態宣言の影響で約2か月ほど施設の運転が停止（利用率0%）しており、全体の2割程度の運転時間が失われ、それにより企業や学生（博士課程を含む）、ポストク等の研究の機会が損失している状況。
 - ・ 施設共用により得られる収入の約2割が損失するだけでなく、マッチングファンド等で行っていた共同研究についても約1割が損失しているため研究計画が遅れている状況。
- 【目標・出口戦略】
- ・ 共用している施設のうち、特にニーズのある施設について、自動化や遠隔化を行い、ユーザの利便性を向上させ、既存のユーザのみならず新規の共用のユーザを獲得する。また施設整備を行うことにより、施設の運用効率が20%程度上昇するため、同じ運転時間に対しより多くのユーザが使うことができ、共用件数、共同研究件数が増加し民間資金導入の拡充を図るほか、我が国の量子ビーム研究力の向上を図る。
- ※照射設備の遠隔化・自動化により、運転時間の損失を取り戻すとともに、実験時間を20%程度増大（利用率120%を実現）。

民間研究開発投資誘発効果等

- 【民間企業等からの投資効果】 5年間で総額約157,000千円相当
- 整備される共用研究設備の特徴
 - ・ 電子線照射設備及びガンマ線照射設備は、大電流の電子線照射及び幅広い(5桁)線量率でガンマ線照射ができる日本において唯一の設備
 - 共用設備・機器としての利用（5年間で約35,000千円）
 - ・ 電器機器メーカー 1社、東京都立大、東大、放射線利用振興協会、高エネルギー加速器研究機構等の研究の加速
 - 民間等との共同研究（5年間で約122,000千円）
 - ・ 電器機器メーカー 3社、繊維メーカー 1社、化学メーカー 4社、医療機器メーカー4社、東工大、東大、京大、東北大、横国大、早大、産業技術総合研究所、物質・材料研究機構等との共同研究の加速

元施策「量子科学技術研究開発機構運営費交付金 量子ビーム応用研究(電子・ガンマ線)」(280,995千円)

- ・ 電子線・ガンマ線による機能性材料の開発等を実施。

施策の全体像

- ・ 内閣府主導の下、施設の遠隔化・自動化を行うことにより失われた運転時間の取り戻すとともに、民間資金導入の促進を図り、我が国の重要インフラである大型施設設備の利用拡大に寄与する。

資料2 「QST量子ビーム応用研究の自動化のための施設設備の整備」の概要(具体的施策)

「電子線・ガンマ線照射設備のスマートモジュール化」

【電子線照射施設】

- 2百万ボルトの高電圧で電子を加速し照射。
- 材料内の結晶構造や分子構造を高効率で強制的に変化させ、絶縁体を半導体に変化させたり、塗膜やフィルムの強度を上げることが可能。
(表面から数mm、大線量率)



電子線照射設備

【ガンマ線照射施設】

- 人工の放射性同位元素のコバルト60から放出されるガンマ線を照射。
- 材料内の分子構造を深部まで強制的に変化させ、プラスチック・ゴム材料の耐熱性・耐久性を向上させることが可能 (表面から数十cm、低線量率)



【新型コロナウイルス感染症拡大に伴う問題点】

- ・ 緊急事態宣言の影響で約2か月ほど施設の運転が停止しており、全体の2割程度の運転時間が損失
- ・ 施設共用により得られる収入の約2割が損失するだけでなく、マッチングファンド等で行っていた共同研究についても約1割が損失

➔

- ・ 研究者 (博士課程、PD等) の研究活動の停滞
- ・ 減収及び研究計画の遅れ

【施設整備の概要及び施設整備を行うことによる波及効果】

スマートモジュールの整備

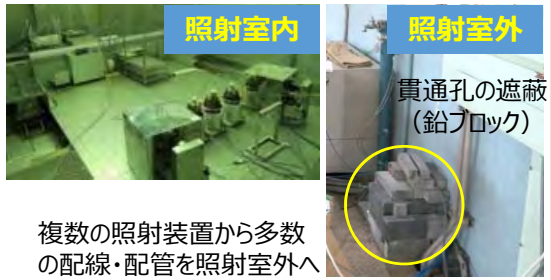
従来：照射装置毎に、多数の配線や配管が複雑に入り組んで設置されている状況。各ユーザーが、配線・配管を独自に準備する必要があり、他ユーザーとの調整、遮蔽の鉛ブロックの移動・放射線の漏洩確認等が必用で、複数人で半日から一日の時間を要する。

スマートモジュール化の概要

- 配線・配管の規格をそろえてモジュール化し共用化。
- 各ユーザーは照射容器にモジュールを組み込むことで、配管・配線を自動的に接続。(少人数・短時間で可能)
- 試料や照射容器の計測、遠隔制御のためのネットワーク等の配線もモジュールに組み込む。

スマートモジュール化することによる効果

- ① 照射実験準備の短時間化・自動化
- ② 照射中の計測機器 (試料温度制御など) の遠隔化
- ③ 結果的に効率の良い運用による照射利用時間の増大



複数の照射装置から多数の配線・配管を照射室外へ



スマートモジュールによる準備の簡素化

波及効果

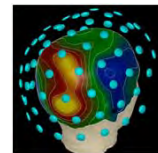
- ・ 量子ビーム研究のより一層の加速
- ・ 収入維持及び研究計画の達成

➡

- 研究成果
- 人材育成
- イノベーション創出

アカデミア / 企業

半導体材料
電機機器メーカー



高感度脳磁センサ
民間の利用が拡大し量子ビームを用いた研究開発拡大に寄与

プラスチック・ゴム材料
化学メーカー



高耐久性シール材

新型コロナウイルス感染症対応における遠隔化・自動化の寄与

○研究機関への来所・入構の制限に対応した遠隔化に資するもの

(1)電子線照射設備スマートモジュール化

- ・電子線照射設備内における試料状態の制御信号や、計測結果の信号をデジタル化（遠隔化）することにより、これまで施設にユーザーが1～2名来所して実施していた試料の物理的変化量モニタリング、試料温度・試料雰囲気ガス流量の制御、実験データの取得・解析等を、施設で直接操作せず、外部から遠隔操作で全て実施可能とする。また、実験準備についても、これまで5～6名が狭い実験施設内で半日程度かかる作業を要していたところ、設備のモジュール化によりユーザー1名程度、約30分で可能とする。
- ・上記のとおり、準備作業、実験中のモニタリング・制御、実験データの取り出しや分析に至るまで、ほぼすべての工程を遠隔化・自動化することで、新型コロナウイルス感染症対策に配慮しつつ、実験の円滑な実施を可能とする。

(2)ガンマ線照射設備スマートモジュール化

- ・ガンマ線照射設備内における試料状態の制御信号や、計測結果の信号をデジタル化（遠隔化）することにより、これまで施設にユーザーが1～2名来所して実施していた試料の物理的変化量モニタリング、試料温度・試料雰囲気ガス流量の制御、実験データの取得・解析等を、施設で直接操作せず、外部から遠隔操作で全て実施可能とする。また、実験準備についても、これまで5～6名が狭い実験施設内で半日程度かかる作業を要していたところ、設備のモジュール化によりユーザー1名程度、約30分で可能とする。
- ・上記のとおり、準備作業、実験中のモニタリング・制御、実験データの取り出しや分析に至るまで、ほぼすべての工程を遠隔化・自動化することで、新型コロナウイルス感染症対策に配慮しつつ、実験の円滑な実施を可能とする。

遠隔化に伴うサイバー攻撃のリスクと対策

○遠隔化される機能の詳細

- ・ユーザーが利用する照射装置・容器等の測定系・制御系の遠隔化を行う。
- ・遠隔化される機能は、試料温度制御（測定系・制御系）、試料雰囲気ガス流量制御（測定系・制御系）、試料物理的变化量測定（測定系）等

試料温度制御・・・ユーザーの設置した試料の温度を観測・調節する機能

試料雰囲気ガス流量制御・・・ユーザーの設置した試料の酸化等を防ぐための不活性ガスの量を観測・調整する機能

試料物理的变化量測定・・・ユーザーの設置した試料の様々なパラメータを観測する機能（半導体の電気伝導度、発電量 等）

なお、制御できるパラメータについては、セキュリティのためのリミッターが設定されており、当該範囲外での調整は不可能。

- ・照射施設のコバルト線源管理や電子線発生装置の制御系等はインターネットとは独立しており、照射室に隣接した制御室において、オペレーターによる監視・制御盤の操作によって制御されるため、ユーザーが外部からの直接アクセスすることが出来ない。

○制御系の遠隔化に伴うサイバー攻撃対策

- ・利用ガイドラインの策定
- ・外部からユーザーが接続する際に、QSTで運用実績がある高度なネットワークセキュリティ対策によって、盗聴やサイバー攻撃を防止することが出来る。
- ・照射設備内はインターネットとは独立した監視システムと照射室に隣接する制御室のオペレーターによって常時監視されており、ハッキング等に関わらず万が一異常が生じた場合は、以下の対応を行うことで、トラブルを回避。

○ 装置の操作権の停止・・・ユーザーの操作を一時停止させ、オペレーターにより操作を行う

○ ユーザーへの個別アクセス・・・オペレーターよりユーザーへリアルタイムで連絡を行い、状況等を随時把握

なお、ユーザーの制御系の操作については、オペレーターの滞在している時間のみ可能とする。