

令和4年度科学技術試験研究委託費
先端研究基盤共用促進事業
(先端研究設備プラットフォームプログラム)

パワーレーザーDXプラットフォーム
委託業務成果報告書

令和5年5月

国立大学法人大阪大学レーザー科学研究所

本報告書は、文部科学省の科学技術試験研究委託事業による委託業務として、国立大学法人大阪大学レーザー科学研究所が実施した令和4年度「パワーレーザーDXプラットフォーム」の成果をとりまとめたものです。

目次

I. 委託業務の目的	
1. 1 委託業務の題目	1
1. 2 委託業務の目的	1
II. 令和4年度の実施内容	
2. 1 実施計画	1
(i) 委託機関（代表機関）としての業務	
(ii) 再委託機関（代表機関を除く実施機関）としての業務	
(iii) 協力機関の取組	
2. 2 成果・実績	8
(i) 委託機関（代表機関）としての業務	
①プラットフォーム運営体制の構築	
②利用支援体制の構築	
③ワンストップサービスの設置	
④共用機器	
⑤専門スタッフの配置・育成	
⑥遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等	
⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築	
⑧その他	
(ii) 再委託機関（代表機関を除く実施機関）としての業務	17
①利用支援体制の構築	
②共用機器	
③専門スタッフの配置・育成	
④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等	
⑤その他	
(iii) 協力機関の取組	25

Ⅲ. フォローアップ調査項目

- 3. 1 令和5年度以降の取組実施に向けた課題、問題点・・・・・・・・・・25
- 3. 2 分野融合・新興領域の拡大について・・・・・・・・・・25
- 3. 3 共同研究・受託研究について・・・・・・・・・・26

I. 委託業務の目的

1. 1 委託業務の題目

「パワーレーザーDXプラットフォーム」

1. 2 委託業務の目的

本事業では、国内有数の先端的な研究施設・設備について、その整備・運用を含めた研究施設・設備間のネットワークを構築し、全ての研究者への高度な利用支援体制を有する全国的なプラットフォームを形成することで、我が国の研究開発基盤の持続的な維持・発展に貢献することを目的とする。

本プラットフォームでは、複数のプロジェクトで独自に開発・運用されてきた多種・多様な国内のパワーレーザーをネットワーク化し、パワーレーザーの施設利用のワンストップ化とデジタル技術を活用したリモート化とスマート化を進め、利用者目線での研究の選択肢の広がりアクセシビリティの向上というデジタルトランスフォーメーションを実施する。

II. 令和4年度の実施内容

2. 1 実施計画

(i) 委託機関（代表機関）としての業務

【機関名：国立大学法人大阪大学 レーザー科学研究所】

①プラットフォーム運営体制の構築

1)プラットフォーム実施機関、協力機関、事業支援機関と連携するための取組

代表、実施、協力機関に所属する教員・研究者と、代表・実施機関が選任するパワーレーザーソムリエで構成されたプラットフォーム運営委員会（以下、「運営委員会」という。）を連携の基盤とする。ワンストップ窓口を担当するリサーチ・アドミニストレーター（URA）を中心に、実施機関、協力機関を訪問し、ニーズの聴取と企画提案を集め、連携の強化を図る。また、プラットフォームを起点とした産学連携の活性化を目指し、各自治体の工業試験場、関係企業との情報交換を行って行く。

2)他のプラットフォームと連携するための取組

大阪大学が実施機関となっているNMRプラットフォーム（代表機関 国立研究開発法人理化学研究所）、研究用MRI共有プラットフォーム（代表機関 大阪大学大学院医学系研究科）、及びコアファシリティ構築支援プログラムの採択機関である大阪大学（統括部局 オープンファシリティ推進支援室）と合同のシンポジウムを開催し、幅広い技術交流、課題解決の連携を進める。上記、三プラットフォームに顕微

イメージングソリューションプラットフォームを加えた四プラットフォームで密な連絡・情報交換をビジネスチャットツールなどを活用し行う。また、各プラットフォームとシンポジウムに相互に参加することで、各プラットフォームの取組の理解と連携協力を行う。

②利用支援体制の構築

パワーレーザーソムリエ 1 名を本事業にて雇用し、専門性を高めると同時に、プラットフォーム全体で、ソムリエの名に相応しい幅広い視野、知識、技術を持った研究者・技術者を育成する。経験豊富なリサーチ・アドミニストレーターを専任し、運営委員会の運営、学協会との協力、Web サイト構築のための情報収集、各種情報発信を担当する。教員は施設利用の利便性向上の方向付けを行い、その方向付けにしたがって、技術職員が関連技術の導入を進める。利用者に対する様々な現場支援を教員・技術職員が協力して行う。パワーレーザーソムリエ、リサーチ・アドミニストレーター、教員、技術職員が連携に必要な情報交換を行う場として、パワーレーザーDX推進室連絡会を月例で実施する。

③ワンストップサービスの設置

代表機関の URA がワンストップサービスの最初の窓口となり、提案の実現に向けた段階的研究展開の助言、最適なパワーレーザー設備の紹介、提案者及び利用者から施設への要望の取りまとめ等、利用者とパワーレーザー設備の仲介を行う。ワンストップサービスでは、代表・実施・協力機関及び産学フォーラムを通じて利用者と企業とのマッチングにも関与し、利用者の希望に応じて、研究の入口から出口までを包括的に支援可能な体制を作る。全国に広がるパワーレーザーの性能と特色を俯瞰できる Web サイトを利用者向けに構築する。

④共用機器

激光 XII 号レーザー

共同利用・共同研究設備であり、国内最大のエネルギーを誇り、国内のみならず、海外の研究者の利用が 1/3 以上を占め、国際的に著名な施設である。

LFEX レーザー

共同利用・共同研究設備であり、世界最大級のエネルギーを誇るペタワットレーザーである。相対論的プラズマ科学、レーザー駆動量子ビーム科学を先導するレーザーである。激光 XII 号と同様に、海外の研究者の利用が 1/3 以上を占める、国際的に著名な施設である。

⑤専門スタッフの配置・育成

パワーレーザーソムリエの専門性を高めると同時に、実施機関と

協力して、ソムリエの名に相応しい幅広い視野、知識、技術を持った研究者・技術者をプラットフォーム全体で育成できる環境を整える。教員の方向付けの下で、パワーレーザーのスマート化・リモート化技術を現場に導入することで技術職員の経験と能力の向上を図る。NPO 法人等を活用し、プラットフォームで導入したスマート化、リモート化技術の機関を跨いだ技術共有を行う。他のプラットフォーム事業及びコアファシリティ機構と協力し学際的にパワーレーザー技術者・研究者を育成する。

デジタル化を担当する技術導入支援員へのインセンティブ付与を行う。欧米に比べて少ないパワーレーザーの産業界への普及を本プラットフォームで実現し、パワーレーザー研究者と産業界の間のキャリアパスを構築する。

⑥遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

代表機関が所有する設備をスマート化・リモート化に対応できるように、発振器部及び増幅器部のリモート化・スマート化（カメラトリガー等）、制御器のデジタル化（50 及び 10MHz 基準信号機、DG645 等）、レーザーの自動アラインメント等（レーザー発振器アラインメントの自動化）で高度化する。代表機関が音頭を取り、各機関で導入したリモート化、スマート化技術をプラットフォーム内で普及を図る。プラットフォーム全体としてノウハウを蓄積し、人を介さずにデジタル技術によって自立的に動作するデジタルパワーレーザーの実現へと繋げる。

代表機関がオープンサイエンスの普及を主導し、新規利用者による新領域開拓への閾値を下げ、異動やライフイベント等に伴う利用者の労働環境の多様性を受け入れられる、時代に即した研究基盤共用体制へとパワーレーザーを変革させる。パワーレーザー分野に適したオープンサイエンスのポリシーを策定し、コミュニティ内でオープンサイエンスを拡げる意義と価値をコミュニティと共有する。ガイドラインを策定し、利用者コミュニティとの議論を経て、パワーレーザー及び利用分野におけるオープンサイエンスを実現する。オープンサイエンスに必要なデジタル技術の講習会を開催し、コミュニティ内に普及、共通化させることで、（データの占有期間終了後の）実験機器、解析ツール、実験データの利用者内でのデータベースシステムを活用し共用を促進する。オープンサイエンスのガイドラインに準拠した機器類の利用者による開発によって、研究活動のリモート化を促進する。

⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築

令和 4 年 4 月に開催される Optics Photonics International

Exhibition 2022(OPIE'22)及び令和4年9月に開催される JASIS 2022 にブースを出展し情報提供・広報活動を行い、新規利用者の開拓を行う。学協会からは運営委員会委員及びオブザーバーの推薦などを通じて、運営に協力を依頼する。米国及び欧州で構築されているパワーレーザーネットワークとの互恵的連携を構築し、利用者をナビゲーションできる施設を海外へも段階的に広げる。日本学術会議からの提言、学術の大型研究に関するマスタープランへの提案等を踏まえ、本プラットフォーム事業終了後も持続可能な体制の構築について、コミュニティ内で議論を行う。

(ii) 再委託機関（実施機関）としての業務

【機関名：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構】

①利用支援体制の構築

パワーレーザーソムリエ1名を本事業にて雇用し、共用レーザー装置（J-KAREN レーザー装置）のレーザーエネルギーなどのパラメータを一括して自動保存・可視化できるシステム構築を行う。遠隔利用のために共用装置における前置増幅器部の励起レーザーを整備するとともに、レーザーの運転状況診断のためにデータロガーを整備する。

②共用機器

J-KAREN レーザー装置

0.1Hz の繰り返し動作でペタワット (PW=10¹⁵W) の超高強度光を発生させることができるレーザー装置を有する。このレーザーにより世界トップレベルの集光強度を生成することができる。超高温状態や強力な電磁場における極限状態の研究を行うことができる。

③専門スタッフの配置・育成

保有する共用機器を中心にレーザー装置や計測機器に関する理解向上を促す教育をパワーレーザーソムリエに実施する。レーザー開発者や利用者との技術打ち合わせなどを通して、最新の動向を常にアップデートするとともに、多様な用途に対応でき、使いやすい遠隔化・自動化システムを構築できるパワーレーザーソムリエを育成する。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

保有する共用機器において、遠隔地からのリモート実験に参加できるように、運用面・技術面や、実験データ保存の自動化、共用・利用システムについて支援を行う。本プラットフォーム内でも融合的・学際的に利用システムの標準化として、遠隔化の運用面・技術面の知見・ノウハウを共有する。

【機関名：国立研究開発法人理化学研究所】

①利用支援体制の構築

実施担当が中心となって、X線自由電子レーザー（XFEL）施設 SACLA に整備されている XFEL とパワーレーザーを同時に利用可能な極限環境実験基盤において、ここで利用されるハイパワーナノ秒レーザーシステムのリモート化とスマート化を行う。パワーレーザーソムリエ1名を配置し、利用者の希望内容の聞き取りや助言などを行う。

②共用機器

極限環境実験基盤

ハイパワーナノ秒レーザーシステムを利用する極限環境実験基盤は、SACLA の他の実験装置と共に共用法の下で運用されている。この極限環境実験基盤では、GW 級の出力を持ったナノ秒レーザー（エネルギー >10J、パルス幅 5ns、波長 532nm）と XFEL を時空間で精密に重ね合わせて試料に照射することで、極限環境下の実験を極めて高い精度で実施できる。

③専門スタッフの配置・育成

専門スタッフは、パワーレーザーの安定で高品質な運用を通じて、そのノウハウや技術を習得できる。パワーレーザーソムリエを配置し、XFEL とパワーレーザーを同時利用する各種の実験に対して幅広い知識、技術を持った研究者として育成する。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

SACLA 並びに大型放射光施設 SPring-8 で構築されている遠隔地から装置を制御してリモート実験を行う仕組みの運用で得られた知見を活用し、レーザーシステムのリモート化とスマート化を実施する。また、そのノウハウをプラットフォーム事業の関係機関と共有する。レーザーシステムのスマート化に向けてハイパワーナノ秒レーザーのビーム特性の診断システムを改良するため、レーザー光路の一部を新規の大口径高耐力ミラーと置き換え、新設するビームモニタシステムへ参照光を輸送するための光路を整備する。

【機関名：国立大学法人東京大学】

①利用支援体制の構築

学内の機器利用をコーディネートする技術スタッフ（パワーレーザーソムリエ1名と学術専門職員2名）3名を配置する。

パワーレーザーソムリエ:プラットフォームからの依頼を受け、東大の利用者が機器利用を実施するまでの調整作業を行う。具体的には、希望内容の聴取と最適機器の選定、当該機器利用のための日程調整を実施する。利用者との接点をソムリエに集約することで、ワンストップでの共用を実現する。

学術専門職員: 共用機器のメンテナンスや操作支援・指導を行う。外部利用者による操作を認めない機器については、操作も担当する。

②共用機器

266nm50W ピコ秒レーザー加工装置

高出力のピコ秒深紫外光源+高速ビームスキャンにより、高品位微細加工を高スループットで提供

レーザー加熱加工装置

パルス幅、照射プロファイルが可変でき、加工位置の温度モニタリング機能を搭載しているため、条件の最適化と品質の安定化が可能
高輝度高出力青色半導体レーザー加工装置

出力ファイバー: コア径 100 μm 、NA0.2、パワー密度: 2.6MW/cm²、出力可変 (0-200W)、アナログ/デジタル信号での変調可能、制御用PCアプリを用いた制御も可能

パルス幅可変レーザー加工装置

パルス幅、パワーなどのパラメータを高速で可変でき、条件の最適化が容易に可能

③専門スタッフの配置・育成

共用機器は波長範囲で深紫外から中赤外、パルス幅でフェムト秒からCWまでと広範な仕様を持ち、それぞれが市場にはない先端的な性能を持つ装置である。学術専門職員はこれらの装置の運用を通じて、汎用的で多様な目的や用途に対応可能なレーザー加工技術を習得できる。また、利用希望者とのやり取りを通じて最先端のニーズを常に捉え続けることで、スタッフの技術をアップデートし続けられる環境を構築する。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援 (利用と機器開発の連携拡大) 等

実験結果は、レーザー加工データベースに登録することで、web

経由で加工結果をいつでもどこからでも共有できる環境が構築されている。さらに、加工機とネット経由でデータベースにアクセスできるようにする計画があり、加工条件や加工結果が自動的にデータベースへ登録できるようにする計画である。利用と機器開発の連携拡大にむけてこの計画を推進するため、プラットフォームで提供する各種装置・加工データのネットワーク化としてデータストレージ用の記憶素子や通信機器・制御用装置と周辺装置の整備を行う。

【機関名：国立大学法人京都大学】

①利用支援体制の構築

業務主任者がマネージャーとしての業務を担当する。担当責任者は高強度レーザー装置（T6 レーザー装置）にリアルタイム3次元映像配信システムを導入し遠隔実験が可能な実験環境を整備すると共に、照射ターゲットや照射後のターゲットの観察に利用する設備等の保守を行う。実験スケジュールについては、複数の利用予定を閲覧できるマシンタイム管理システムにより予約管理を行う。

パワーレーザーソムリエ1名は、利用者の希望内容の聴取と実験条件の最適化、当該機器利用のための日程調整を実施する。担当責任者とパワーレーザーソムリエは、共用機器のメンテナンスや操作支援・指導を行う。常勤職員はプラットフォーム整備及び共同実験補助し、事務補佐員はプラットフォーム事務支援を行う。

②共用機器

高強度レーザー装置（T6 レーザー装置）

出力仕様

レーザー波長：800nm

パルス幅：40fs～1ps

繰返周波数：最大5Hz（単発照射可能）

出力エネルギー：最大500mJ

③専門スタッフの配置・育成

専門スタッフは、深紫外から中赤外、パルス幅でフェムト秒からCWまでと広範な仕様の装置の運用を担当する。運用を通じて、汎用的で多様な目的な用途に対応可能なレーザー加工技術等を習得する。利用希望者とのやり取りを通じて最先端のニーズを常に捉え、技術と知見をアップデートしてもらうことで、専門スタッフを育成する。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

遠隔実験を可能にするためリアルタイム3次元映像配信システムを

導入する。高強度レーザー実験については学内外の共同研究で高強度レーザー科学に関する研究を実施するとともに、国際共同利用・共同研究拠点や光・量子飛躍フラグシッププログラムの基礎基盤研究課題「先端ビームによる微細構造物形成過程解明のためのオペランド計測」について所有する機器の共用及び解析について連携する。利用者が装置の予約状況がわかるようにワンストップサービスと連携した予約システムで公開する。この予約システムを導入する。

(iii) 協力機関の取組状況

運営委員会での議論を協力機関とも共有し、パワーレーザーDXの推進と共に、ワンストップサービスの紹介先として、それぞれの機関の特色を生かす形で協力して頂くことで、コミュニティの強化を行う。協力機関である北海道大学、宇都宮大学、広島大学、九州大学、宮崎大学は、レーザーの波長、繰り返し、スペクトル幅、計測、レーザープラズマ X 線源等で実施機関とは異なる特徴を有している。光産業創成大学院大学とレーザー技術総合研究所は光及びレーザーによる産業振興が設立理念であり、産業技術総合研究所は学術と産業界の橋渡しが基本方針の一つである。日本原子力研究開発機構敦賀総合研究開発センター レーザー・革新技术研究所はパワーレーザーの原子力産業への応用を展開している。

2. 2 成果・実績

(i) 委託機関（代表機関）としての業務

【機関名：国立大学法人大阪大学】

①プラットフォーム運営体制の構築

1) プラットフォーム実施機関、協力機関、事業支援機関と連携するための取組

本プラットフォームの運営に関わるメンバーを含んだメーリングリスト（97名）及び slack チャンネル（60名）を運用し、随時、連絡と情報共有を行える環境を維持した。

令和4年6月29日にパワーレーザーDXプラットフォーム（以下、「PLDX」という。）のシンポジウムを量子科学技術研究開発機構関西光科学研究所にてハイブリッド形式で開催し、実施機関及び協力機関と連携して、本事業の紹介と利用者との情報交換を行った。参加者は150名であった。図1に現地会議場におけるスナップショットを掲載した。

本事業における活動をコミュニティに伝えるために、実施機関と連携し、レーザー学会が発刊するレーザー研究にて「レーザー科学における自動化と深層学習の進展」と題する特集記事を発刊した。

令和5年2月28日には、実施機関及び協力機関との連携の下、名古屋大学情報連携推進本部情報戦略室の松原茂樹先生を招待し、「大学における学術データガバナンスの構築に向けた取り組み」を開催し、オープンサイエンスの普及を進めた。参加者は40名であった。

令和5年3月15日にプラットフォーム運営委員会（以下、「運営委員会」という。）を開催し、17名が参加した。下記の議題について議論し、実施機関間の連携を進めた。

1. 各実施機関の令和4年度の実施状況
2. 各実施機関の令和5年度の実施計画
3. OPIE'23へのブースの出展及び令和5年度PLDXシンポジウムの開催について
4. 令和4年度事業成果報告書について
5. JASIS2023への出展について
6. 第2回身近な研究DXコンテストの開催について
7. その他

文部科学省 科学技術・学術政策局
研究環境課 渡辺専門職による挨拶

大阪大学 尾上理事・副学長による挨拶



図1 ハイブリッド形式で開催したパワーレーザーDXプラットフォームシンポジウムにおける現地会場のスナップショット。オンラインと合わせて150名が参加した。

2)他のプラットフォームと連携するための取組

先端研究設備プラットフォームに採択されているNMRプラットフォーム、顕微イメージングソリューションプラットフォーム、パワーレーザーDXプラットフォーム、研究用MRI共有プラットフォームの4プラットフォーム連携会合を令和4年7月20日、令和4年11月1日、令和5年1月10日にオンラインで開催し、令和4年9月7日にTKPガーデンシティ幕張にて開催し、各プラットフォームの活動の情報共

有、及び連携について議論を行った。議論を経て、令和4年度は、各プラットフォームが主催するイベントの相互告知、相談窓口の連携、Web ページの相互リンク、合同ワークショップを開催した。

具体的には、上述の PLDX シンポジウムにて、各プラットフォームから事業紹介を頂いた。プラットフォームを横断した研究開発を促進するために、PLDX の Web ページ (<https://powerlaser.jp/about/introduction/>) に、他の3プラットフォームのロゴと Web ページへのリンクを張り、同様に各プラットフォームの Web ページに PLDX のリンクを張って頂いた。

合同ワークショップとして令和5年3月9日に「データ駆動型・AI 駆動型研究推進のための統合環境ワークショップ」をオンラインで開催した。参加者は約40名でブレイクアウトセッションでも活発な議論が行われた。プログラムは下記の通りである。

「開会挨拶」

顕微イメージングソリューションプラットフォーム代表
北海道大学 塚本尚義 教授

「質量顕微鏡データを用いた深層学習による情報イメージング」
浜松医科大学細胞分子解剖学講座・国際マスイメージングセンター
華表友暁 准教授

「ディープラーニングによる画質改善」
大阪大学医学系研究科保健学専攻先端画像技術学研究室
小林拓馬 研究員

「画像解析と機械学習を用いたナノ粒子の自動ホログラム取得」
株式会社日立製作所
市橋史朗 研究員

「観測データにもとづき実験条件を自律的に選択する適応的 NMR 測定法」

理化学研究所生命機能科学研究センター
葛西卓磨 研究員

「mdx :データ活用のためのプラットフォームの現状と2023年4月以降の運用について」
東京大学 情報基盤センター データ科学研究部門
川瀬純也 助教

「ブレイクアウトセッション」

「振り返り (ブレイクアウトセッションでの議論を共有)」

「閉会」

司会： パワーレーザーDX プラットフォーム代表
大阪大学レーザー科学研究所 藤岡慎介 教授

②利用支援体制の構築

レーザー科学研究所にパワーレーザーDX 推進室を設置し、レーザー科学研究所の 27 名の教員及び 4 名の技術職員が本事業に参画する体制を運用した。

長年、施設運営に関わり、かつ施設連携の経験が豊富な研究者を特任教授として本事業にて雇用し、リサーチ・アドミニストレーターの機能を担当した。特に、リサーチ・アドミニストレーターとして、実施・協力機関との連携、運営委員会の運営、学協会との協力、事業展開のための情報収集、利用者対応、各種情報発信を担当した。その成果として、令和 5 年度より協力機関が増加することになった。

パワーレーザーソムリエを特任助教として本事業にて雇用した。リサーチ・アドミニストレーターと協力しながら利用者との技術相談に対応した。技術職員と連携しながら、利用者のニーズを技術導入に反映させた。

③ワンストップサービスの設置

図 2 に示すように、ワンストップサービスの窓口となるワンストップオフィス大阪大学レーザー科学研究所内に設置した。問い合わせ用の専用メールアドレスを設けた。

ワンストップオフィスへの問い合わせを、リサーチ・アドミニストレーターが調査し、各実施機関のパワーレーザーソムリエと相談しながら、各パワーレーザー施設へとナビゲーションする体制を運用した。

人を介した施設へのナビゲーションに加えて、全国に広がる多種多様なパワーレーザーの性能と特色を俯瞰できる、強力な検索機能を有する Web サイト (<https://powerlaser.jp>) を運用した。

Optics & Photonics International Exhibition 2022 (OPIE'22) 及び JASIS2022 の展示会にてブースを出展し、多様な研究者・技術者に対してワンストップサービスの紹介と合わせて、相談を受け付けた。

Web サイト、シンポジウム、展示会等を通じて約 250 名の研究者・技術者からの質問及び問い合わせに対応した。いくつか抜粋すると、A 社から本事業に参加する機関の施設の利用に関する問い合わせ、B 社から加工品の 3 次元形状計測に関する問い合わせ、C 社からレーザー加工に関する問

い合わせ、D 研究機関から精密加工に関する問い合わせがあった。それぞれに対して、聞き取りを行い、本プラットフォームに参加している施設の紹介、企業と研究機関のマッチング等を行う等の支援を行った。

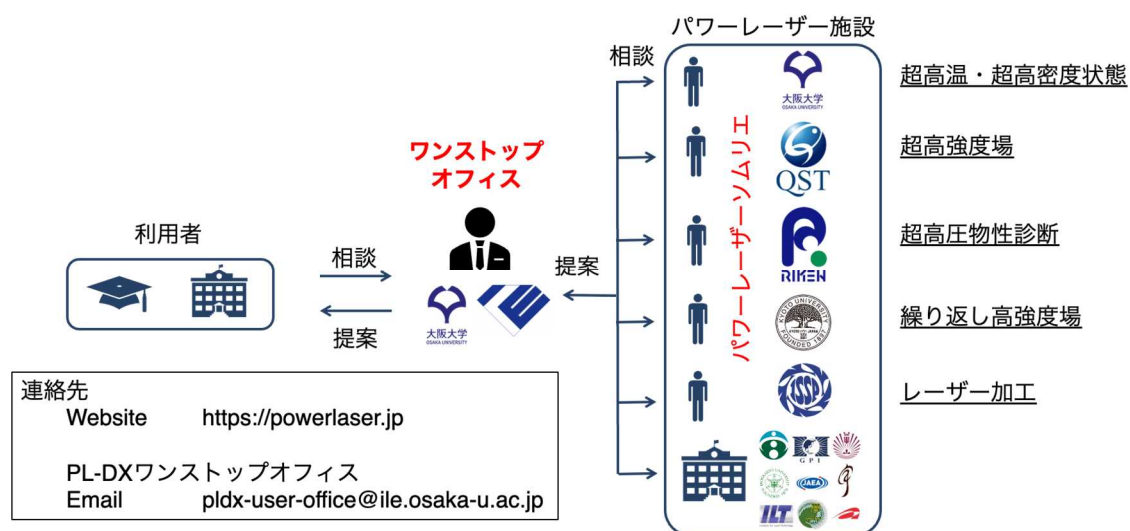


図2 パワーレーザーDXプラットフォームにおけるワンストップサービスの運用体制

④ 共用機器

レーザー XII 号レーザー

共同利用・共同研究設備であり、国内最大のエネルギー10 kJ を誇り、国内のみならず、海外の研究者の利用が 1/3 以上を占め、国際的に著名な施設である。

LFEX レーザー

共同利用・共同研究設備であり、世界最大級のエネルギー2 kJ を誇るペタワットレーザーである。相対論的プラズマ科学、レーザー駆動量子ビーム科学を先導するレーザーである。レーザー XII 号レーザーと同様に、海外の研究者の利用が 1/3 以上を占め、国際的に著名な施設である。

⑤ 専門スタッフの配置・育成

代表及び実施機関でパワーレーザーソムリエを配置し、各機関での専門性を高めると同時に、プラットフォーム全体で、ソムリエの名に相応しい幅広い視野、知識、技術を持った研究者の育成に努めた。運営委員会やシンポジウムでの講演を実施することにより、利用者と直接意見交換ができる機会を設けた。

他の本事業、及びコアファシリティ構築支援プログラム採択機関と協力し学際的にパワーレーザー技術者・研究者を育成するための、ネットワークの構築を進めた。

パワーレーザーの産業界への普及を本プラットフォームを進めることで、パワーレーザー研究者と産業界の間のキャリアパスの構築を進めた。

⑥遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

研究環境を遠隔地にいる利用者に提供するため、Virtual Private Network (VPN) を運用した。50 名以上の同時接続にも対応可能であり、大規模な共同研究が遠隔で実施可能になった。

図 3 のように、市販の計測器で取得した独自フォーマットのデータを、クラウド上で処理を行い、計測条件やファイルのサイズをメタデータとしてもつバイナリーファイルに変換する仕組みを検討した。これにより、汎用ライブラリーでの自動処理が可能になった。オープンサイエンスの土台となる仕組みであり、運用に向けた検討を更に進めることとした。

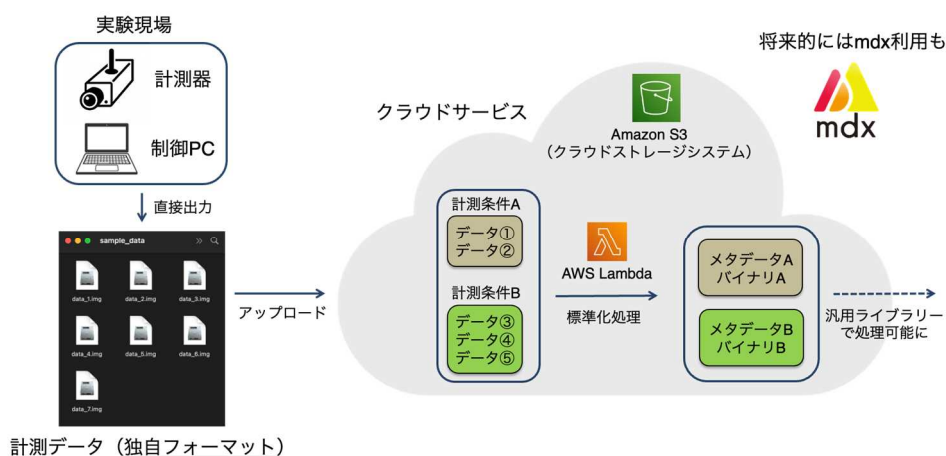


図 3 クラウドサービスを用いた独自フォーマットの標準化処理

共用設備である激光 XII 号レーザーと LFEX レーザーは合わせて 16 ビームで構成されている。16 ビームの時間同期の精度の向上は、ポンププローブ実験に必須であり、多くの利用者から求められてきた。超大型レーザー実験棟に光ケーブルを配線し、図 4 のように、50 MHz の基準信号の更新と多ビーム間の時間同期の仕組みを再構築し、

peak-to-peak で 100 ps、分散で 22 ps の精度で同期を可能にした。同期精度の確認のために、金沢工業大学からファイバー検出器の提供を受けた。

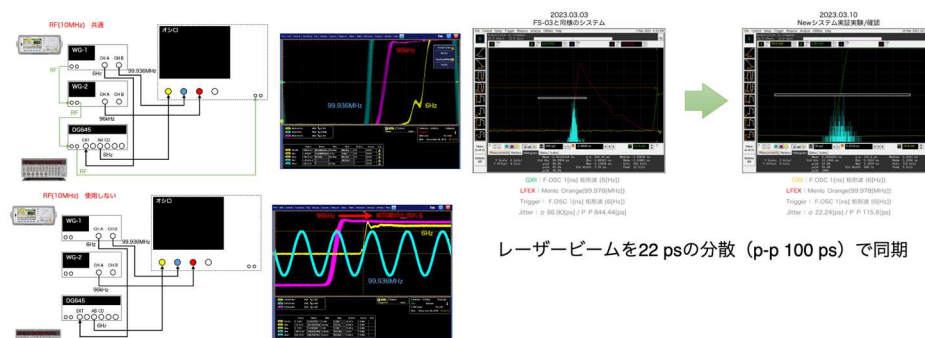


図4 複数ビームの電気同期精度の向上

図5のように、大型レーザー装置のレーザービームの強度分布計測用のモニタシステムの更新とビームパターン自動取得ソフトウェア製作を行い、運用と管理を遠隔で行えるようにした。今後、取得パターンの自動解析を導入し、光学素子のダメージの早期発見へと繋げることにした。

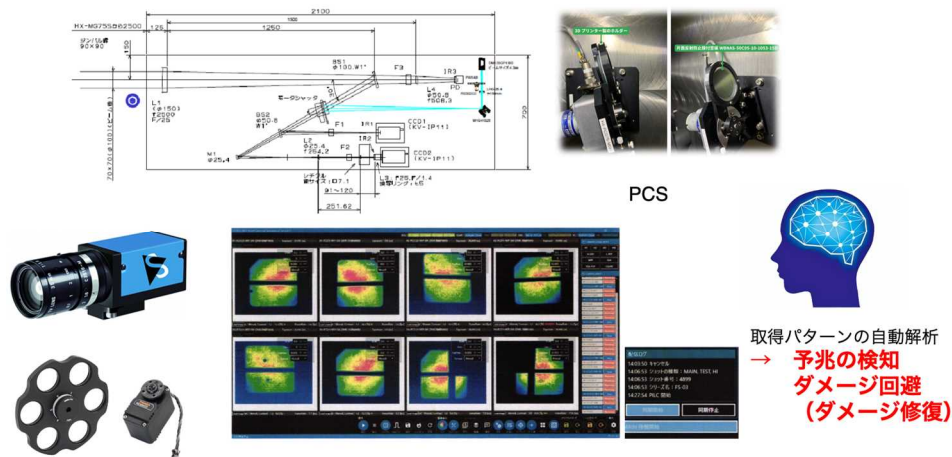


図5 強度分布及びダメージ検知用のレーザー・パターン・モニタシステムを更新

大型レーザー装置の実験室内に分散している測定器や制御用のコンピュータを無線LANで接続し、更にLabview等を利用して遠隔操作を行うことで、図6のようにレーザー運転に関わる膨大なデータを制御室内で一覧しながら操作できるようになった。これにより、情報と作業員が一箇所に集約され、レーザー装置のオペレーションが効率化し

た。

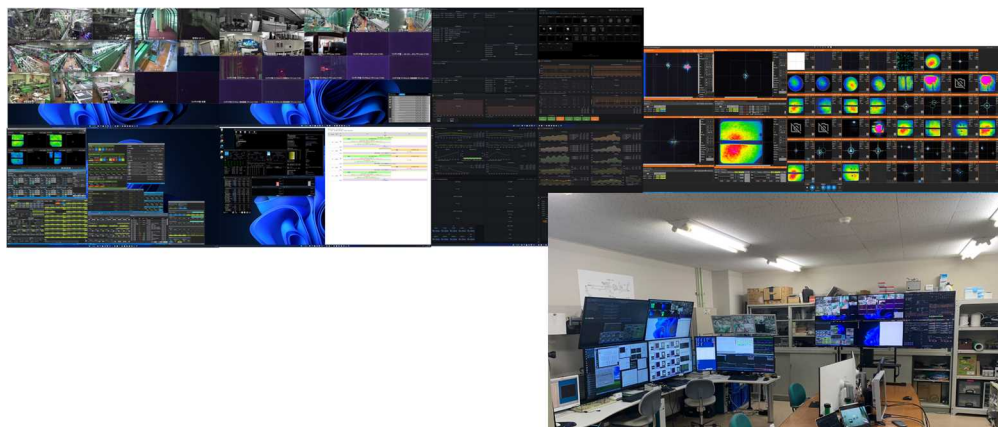


図6 大型レーザーの計測データの一括管理システムの構築

パワーレーザー分野でのオープンサイエンスの推進に向けて、オープンサイエンス・ポリシー案を作成し、上記の PLDX シンポジウムで利用者への説明を行うと共に本事業の Web ページにて案を掲示しパブリックコメントを募り、オープンサイエンス・ポリシーを決定し Web ページに公開した (<https://powerlaser.jp/wp-content/uploads/2022/11/867dca7de71884740e4f649651643b37.pdf>)。

オープンサイエンスの実現に向けて、令和4年6月28日は物質・材料研究機構 統合型材料開発・情報基盤部門の石井真史氏に「物質・材料分野におけるオープンデータ・オープンサイエンス」、令和5年2月28日には名古屋大学情報連携推進本部 情報戦略室の松原茂樹氏に「大学における学術データガバナンスの構築に向けた取り組み」、令和5年3月9日には東京大学情報基盤センター データ科学研究部門の川瀬淳也氏に「mdx:データ活用のためのプラットフォームの現状と2023年4月以降の運用について」と題して講演を行って頂いた。

令和4年11月には地球電磁気・地球惑星圏学会総会・講演会に参加し、データシステム科学のセッションを聴講し、ジオスペース探査衛星「あらせ」のデータ公開ポリシーについて名古屋大学統合データサイエンスセンターの Jun 氏と議論など、データシステム科学に関する情報収集を行い、本事業に関連する地球惑星分野の活動についての情報を入手した。更に、令和4年12月にはグランフロント大阪ナレッジキャピタルで開催された「研究データ管理 (RDM) 説明会 2022 in 大阪」に参加し、国立情報学研究所が開発している、研究データや関連資料を管理・公開・検索するための情報インフラ「NII

Research Data Cloud」に関する情報収集を行った。

⑦コミュニティ形成、国際的ネットワーク構築

レーザー学会が発刊するレーザー研究の巻頭言に、本事業の目指す方向性とその重要性を寄稿し、コミュニティに向けて情報発信した。また、レーザー研究の特集記事として「レーザー科学における自動化と深層学習の進展」を発表した。

図7のように国際的なネットワーク構築に向けて、米国ローレンスリバモア国立研究所、仏国エコールポリテクニク、独国ヘルムホルツ機構ドレスデン・ロッセンドルフ研究所、ルーマニア極限レーザー核物理研究所と協力し、「パワーレーザーの国際連衡による超域プラズマ科学の国際研究拠点」を日本学術振興会研究拠点形成事業（先端拠点形成型）に提案した。

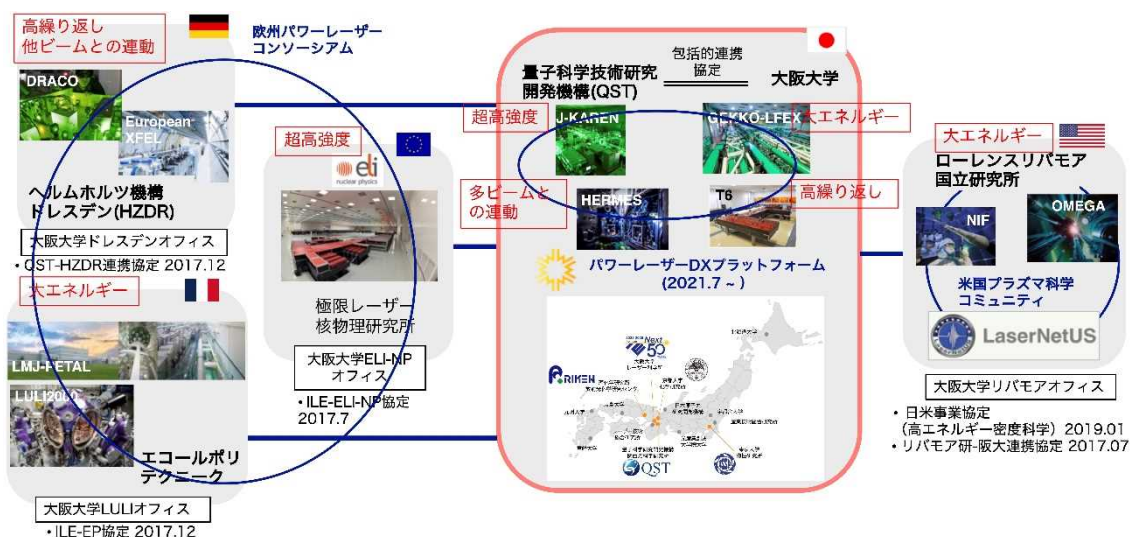


図7 パワーレーザー施設の国際連携体制

⑧その他

大阪大学レーザー科学研究所における利用件数は105件であり、内訳としては、本事業内部利用、機関内利用、外部利用がそれぞれ11件、17件、77件であった。その内1件は有償利用であった。レーザー光の供給、関連する計測機器の供給、データベースの提供、研究の準備、実施、データ解析等への支援等を行った。

(ii) 再委託機関（代表機関を除く実施機関）としての業務

【機関名：国立研究開発法人量子科学技術研究開発機構】

①利用支援体制の構築

パワーレーザーソムリエにより、共用レーザー装置（J-KAREN レーザー装置）のレーザーエネルギー等のパラメータを一括して自動保存・可視化できるシステム構築を行った。J-KAREN レーザー装置において遠隔操作が可能な前置増幅器部用励起レーザーを整備するとともに、レーザー運転状況診断のためにデータロガーを整備した。

J-KAREN レーザー装置のパラメータの自動保存を行うシステム構築のため、レーザーエネルギー、レーザースペクトル、レーザープロファイルを自動保存する Network Attached Storage (NAS) を導入した（図 8）。これまで、測定されたレーザーエネルギー、レーザースペクトル、レーザープロファイルは 1 台の測定器に対し、1 台のコンピュータに保存されていた。各コンピュータはそれぞれが別のネットワーク、または、ネットワークから独立していたため、同一のネットワークに存在するようにネットワークを構築し、構築したネットワークに NAS を導入した。図 9 に示すように、レーザーの各種パラメータをコンピュータに自動保存し、NAS が各コンピュータで保存したデータを自動で取得することで、データの一括自動保存が可能なシステム環境の構築を行った。また、NAS 内に自動保存したデータを可視化するために、図 10 に示す Web アプリケーションを開発した。開発した Web アプリケーションでは、常に最新のレーザープロファイル、レーザーエネルギー、レーザースペクトル波形を表示できる。最新のデータを読み込み、自動で解析することで、J-KAREN レーザー装置利用者はレーザーの最新データを常時監視し、レーザーの動作状況を確認できるようになった。Web アプリケーション内では、新規レーザーパラメータを取得すると、自動でデータベースの作成、更新を行い、測定器毎に分散していたデータを一括して確認できるようになった。また、実験データを取り扱う観点から、Web アプリケーションには指定したコンピュータからアクセスでき、ユーザー名とパスワードを所持するユーザーのみが使用できるシステムの構築を行った。

②共用機器

J-KAREN レーザー装置

0.1 Hz の繰り返し動作でペタワット (=PW=10¹⁵ W) の超高強度光を発生させることができるレーザー装置を有した。このレーザーにより世界トップレベルの集光強度を生成することができた。超高温状態や強力な電磁場における極限状態の研究を行うことができた。

③専門スタッフの配置・育成

保有する共用機器を中心にレーザー装置や計測機器に関する理解向上を促す教育をパワーレーザーソムリエに実施した。レーザー開発者や利

ユーザーとの技術打ち合わせなどを通して、最新の動向を常にアップデートするとともに、多様な用途に対応でき、使いやすい遠隔化・自動化システムを構築できるパワーレーザーソムリエを育成した。

また、一般的なレーザー知識、及び AI 技術を盤石にするためにも、OPIE'22 や 2022 年光・量子ビーム科学合同シンポジウム(OPTO2022)、オプトロニクス社主催の AI の光学応用セミナー、第二回東大阪ものづくりサロン、レーザー学会学術講演会第 43 回年次大会の参加を通して対外活動を行い、専門のデータサイエンティストとして、適切なデータ取得方法、レーザーに関する AI の利用方法や解析方法や最新の動向の教育を行った。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

保有する共用機器において、遠隔地からのリモート実験に参加できるように、運用面・技術面や、実験データ保存の自動化、共有・利用システムについて支援を行った。本プラットフォーム内でも融合的・学際的に利用システムの標準化として、遠隔化の運用面・技術面の知見・ノウハウを共有した。

J-KAREN レーザー装置遠隔利用に向けて、J-KAREN レーザー装置の前増幅器部の励起レーザーの遠隔化を行った。図 11 に示す励起レーザーはコンピュータによる遠隔制御が可能であり、励起レーザーの立ち上げ、立ち下げ、出力の調整等を行うことができる。本励起レーザーの導入により、実験室外部からの前増幅器部の制御が可能になるだけでなく、遠隔制御を行うことによって、前増幅器部の励起レーザー立ち上げのための暖気運転を事前に行うことができ、運転時間の増大にも寄与できた。

後段増幅器部の励起レーザー運転状況診断のために、図 12 に示すデータロガーを導入した。これまで後段増幅器部の励起レーザーには他の励起レーザーより多くの故障が発生していた。故障原因を調べるために、データロガーによる温度の調査や冷却水の伝導率の変化を調査し、原因が後段増幅器部の器具の形状を起因とする微小な水漏れと推測できる知見を得た。故障防止のための新しい器具設計を行った。



図 8 J-KAREN レーザー装置レーザーパラメータ自動保存用 NAS

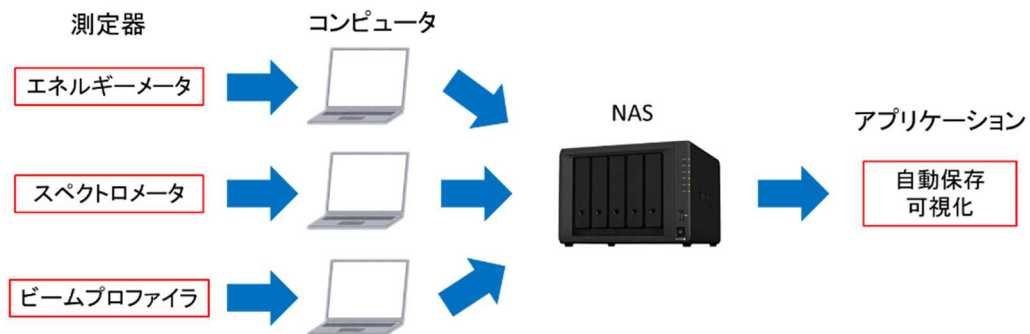


図 9 レーザーパラメータを自動保存するシステム環境

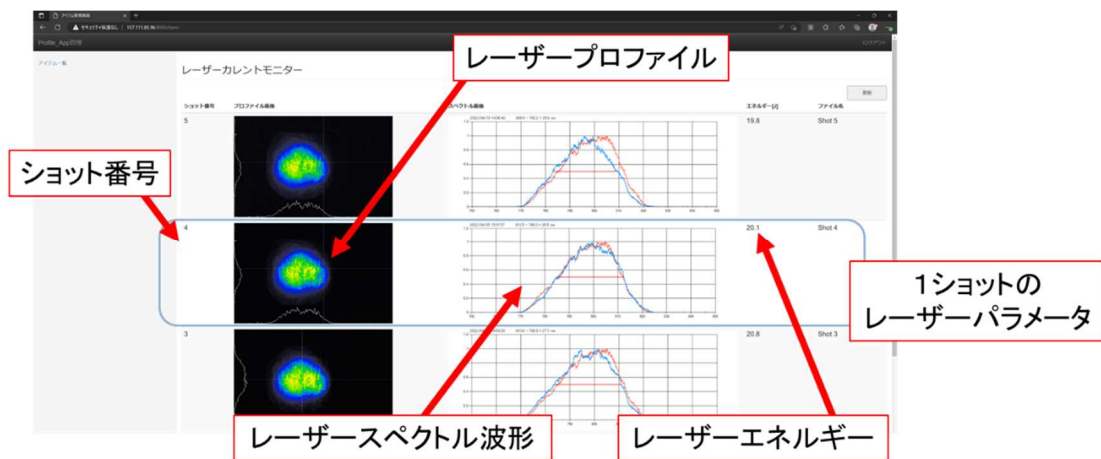


図 10 レーザーパラメータを可視化するために開発した Web アプリケーション



図 11 遠隔操作対応型前置増幅器部用励起レーザー



図 12 励起レーザー運転状況診断用データロガー

また、研究者らとの技術的打ち合わせを通して、計測機器を始め、施設のネットワーク構成やセットワークインフラに関わる教育を行った。これにより、上記のレーザーパラメータを自動保存・可視化できるシステムに対して、外部利用用と内部利用用に隔てたネットワーク構成を構築し、今後のプラットフォーム事業の進展に伴い、運用のセキュリティ面での問題を考慮したシステム構成を作成した。

⑤その他

量子科学技術研究開発機構における利用件数は 14 件であり、内訳としては、本事業内部利用、機関内利用、外部利用がそれぞれ 6 件、2 件、6 件であった。その内 7 件は有償利用であった。利用においてレーザー光の供給、関連する計測機器の供給、データベースの提供、研究の準備、実施、データ解析等への支援を行った。

【機関名：国立研究開発法人理化学研究所】

①利用支援体制の構築

X線自由電子レーザー(XFEL)施設 SACLA に整備されている XFEL とパワーレーザーを同時に利用可能な極限環境実験基盤において、この基盤で利用されるハイパワーナノ秒レーザーシステムのリモート化とスマート化を実施担当者2名が中心となって行った。このうち1名はパワーレーザーソムリエを兼ね、利用者の実験内容および条件の聞き取りや実験遂行の際の助言などを行った。利用者が実験する際には、主に実施担当者と担当責任者が支援した。業務主任者は本事業の活動を統括し、担当責任者と共に機関内の活動の方針および計画の決定を主導した。

②共用機器

極限環境実験基盤

ハイパワーナノ秒レーザーシステムを利用する極限環境実験基盤は、SACLA の他の実験装置と共に共用法の下で運用された。この基盤では、ナノ秒レーザーと硬X線FELを時空間で精密に重ね合わせて試料に照射することで、極限環境下の実験を極めて高い精度で実施できる。令和4年度のナノ秒レーザーの利用可能な仕様は、以下のとおりであった。

- ・エネルギー：15 J程度（サンプル位置において）
- ・パルス幅、波形：5 ns 矩形
- ・波長：532 nm
- ・集光スポット：120、170、260 μm (FWHM) のフラットトップ形状

③専門スタッフの配置・育成

レーザーソムリエが、パワーレーザーの運用に豊富な実績をもつ実施担当者らと共同で業務に取り組む体制をとることで、ハイパワーレーザーの運用についてのノウハウや技術を習得する機会を設けた。レーザーのビーム特性診断システムのスマート化については、その方策をレーザーソムリエが主体的に検討できるようガイドした。その際、主に担当責任者とレーザーソムリエが他の代表・実施機関とも情報共有し、参考にした。また、利用実験の支援やユーザーコミュニティとの協議は、担当責任者らの指導のもとでレーザーソムリエが中心となって行った。これにより、XFEL とパワーレーザーを同時利用する各種実験に対して幅広い知識と技術を持った研究者としてレーザーソムリエを育成するよう取り組んだ。

- ④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

ハイパワーナノ秒レーザーのビーム特性診断システムのスマート化の一環として、モニタシステムの設置と検証を進めた。そのために、新規の大口径高耐力ミラーと光学機器を用いて、モニタ用パルスを抽出しモニタシステムへ輸送するための光路を整備した。併せて、モニタが取得したデータをレーザーの安定運用や利用実験で活用することを目的として、システムの運用環境のリモート化とスマート化に向けた検討を進めた。ここでは、SACLA 並びに大型放射光施設 SPring-8 におけるリモート実験およびデータ解析の仕組みの構築で得られた知見を参考にした。

- ⑤その他

極限環境実験基盤については、令和4年度に12件の利用があった。内訳としては、本事業内部利用、機関内利用、外部利用がそれぞれ1件、2件、9件であった。これらはすべて無償利用であった。利用において実験基盤の調整等の支援を行った。

XFEL 施設 SACLA として定期的を開催している SACLA Users' Meeting 2023（令和5年3月オンライン開催）では、極限環境実験基盤を対象としたセッションを設け、既存の利用者に加え、今後、利用を検討している方も対象として、実験基盤に関する情報提供の機会を設けた。

【機関名：国立大学法人東京大学】

- ①利用支援体制の構築

学内の装置利用をコーディネートする技術スタッフが引き続き本事業に参画した。その一部はパワーレーザーソムリエとしての業務を担当した。ユーザー対応と機器の操作業務を分けることにより、問い合わせから実験完了までをワンストップかつ迅速に対応し、ユーザーの利便性向上を図った。

パワーレーザーソムリエ：問い合わせから実験完了まで、ユーザーとの折衝含むすべてのコーディネート業務を担当。

技術スタッフ：共用機器の操作を担当。

②共用機器

266nm20W ピコ秒レーザー加工装置

高出力のピコ秒深紫外光源＋高速ビームスキャンにより、高品位微細加工を高スループットで提供

レーザー加熱加工装置

パルス幅、照射プロファイルが可変でき、加工位置の温度モニタリング機能を搭載しているため、条件の最適化と品質の安定化が可能

高輝度高出力青色半導体レーザー加工装置

出力ファイバー：コア径 100 μm 、NA0.2、パワー密度：2.6MW/cm²、出力可変（0-200W）、アナログ／デジタル信号での変調可能、制御用 PC アプリを用いた制御も可能

パルス幅可変レーザー加工装置

パルス幅、パワーなどのパラメータを高速で可変でき、条件の最適化が容易に可能

③専門スタッフの配置・育成

共用機器は波長範囲で深紫外から中赤外、パルス幅でフェムト秒から CW までと広範な仕様を持ち、それぞれが市場にはない先端的な性能を持つ装置である。技術スタッフはこれらの装置の運用に通じて、汎用的で多様な目的な用途に対応可能なレーザー・レーザー加工技術を習得した。また、利用希望者とのやり取りを通じて最先端のニーズを常に捉え続けることで、スタッフの技術の向上を図った。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

実験結果をレーザー加工データベースに登録し、Web 経由で加工結果をいつでもどこからでも参照可能な加工データを拡充した。令和3年度、一部の加工機をネットワーク化することで確認したオンライン実験支援の有用性を踏まえ、令和4年度は全ての共用機器のネットワーク化を実施した。その結果、オンラインで産業技術総合研究所柏センターにて共用される全ての加工機の運転状況や計測結果を共有する環境を構築した。

⑤その他

東京大学における利用件数は 11 件であり、内訳としては、本事業内部利用、機関内利用、外部利用がそれぞれ 1 件、0 件、10 件であつ

た。その内 11 件は有償利用であった。利用において共用装置の操作等の支援を行った。

【機関名：国立大学法人京都大学】

①利用支援体制の構築

業務主任者がマネージャーとしての業務を担当した。担当責任者は高強度レーザー装置（T6 レーザー装置）にリアルタイム3次元映像配信システムを導入し遠隔実験が可能な実験環境を整備すると共に、照射ターゲットや照射後のターゲットの観察に利用する設備等の保守を行った。実験スケジュールについては、複数の利用予定を閲覧できるマシンタイム管理システムにより予約管理を行った。

パワーレーザーソムリエ1名は、利用者の希望内容の聴取と実験条件の最適化、当該機器利用のための日程調整を実施した。担当責任者とパワーレーザーソムリエは、共用機器のメンテナンスや操作支援・指導を行った。常勤職員はプラットフォーム整備及び共同実験補助し、事務補佐員はプラットフォーム事務支援を行った。

②共用機器

高強度レーザー装置（T6 レーザー装置）

出力仕様

レーザー波長：800nm

パルス幅：40fs～1ps

繰返周波数：最大 5Hz（単発照射可能）

出力エネルギー：最大 500mJ

③専門スタッフの配置・育成

専門スタッフは、深紫外から中赤外、パルス幅でフェムト秒から CW までと広範な仕様の装置の運用を担当した。運用を通じて、汎用的で多様な目的な用途に対応可能なレーザー加工技術等を習得した。利用希望者とのやり取りを通じて最先端のニーズを常に捉え、技術と知見をアップデートしてもらうことで、専門スタッフを育成した。

④遠隔地からの利用・実験の自動化等に係るノウハウ・データの蓄積・共有、利用システムの標準化、技術の高度化に向けた利用支援（利用と機器開発の連携拡大）等

遠隔実験を可能にするためリアルタイム3次元映像配信システムを令和3年度に導入し、引き続き遠隔実験を実施した。高強度レーザー実験については学内外の共同研究で高強度レーザー科学に関する研究を実施するとともに、国際共同利用・共同研究拠点や光・量子飛躍フラグシッププログラムの基礎基盤研究課題「先端ビームによる微細構造物形成過程

解明のためのオペランド計測」について所有する機器の共用及び解析について連携した。利用者が装置の予約状況がわかるようにワンストップサービスと連携した予約システムで公開する。この予約システムを令和3年度に導入し、引き続き高強度レーザー実験スケジュールを管理した。

⑤その他

利用件数は5件であり、内訳としては、本事業内部利用、機関内利用、外部利用がそれぞれ1件、2件、2件であった。その内、有償利用は0件であった。

利用においてレーザー光の供給、関連する計測機器の供給、実験の準備・実施、データ解析等への支援を行った。

(iii) 協力機関の取組

シンポジウム、講習会の開催において、協力機関である北海道大学、宇都宮大学、産業技術総合研究所、光産業創成大学院大学、日本原子力研究開発機構、レーザー技術総合研究所、広島大学、九州大学、宮崎大学から意見を伺い、それぞれの機関の関係者に開催案内を送って頂くなどの協力を得た。シンポジウムや講習会に協力機関からも参加があった。ワンストップ窓口で受けた技術相談の内1件について、協力機関に技術の適合性について問い合わせを行った。令和4年4月に大阪大学が広島大学を訪問し、本事業を通じた研究の受け入れについて意見交換を行い、本事業で仲介した共同研究の受け入れで合意できた。令和4年12月に、宇都宮大学の森田助教が大阪大学に来訪し、協力機関である宇都宮大学での研究受け入れについて意見交換を行った。

III. フォローアップ調査項目

3. 1 令和5年度以降の取組実施に向けた課題、問題点

パワーレーザー装置の運転は専任のスタッフが行うため、一般利用者が装置を扱うことはない。本事業により、パワーレーザー装置の運転の自動化・遠隔化が進んだが、それを利用者が体感することは困難である。様々な機会を通じて、一般利用者に対して自動化・遠隔化の恩恵を説明していくことが重要である。また、今後は一般利用者に近い機器の遠隔化・自動化に取り組んでいく必要がある。

3. 2 分野融合・新興領域の拡大について

クラウドを利用した計測データの標準化において、データ・マネジメント分野との分野融合が進んだ。上述のレーザー学会の特集記事では、機

械学習の専門家にも解説記事を執筆頂き、パワーレーザーと機械学習の融合が生まれている。

3. 3 共同研究・受託研究について

大阪大学レーザー科学研究所では、本プラットフォームでのワンストップサービスでの議論が、1件の民間企業との共同研究に繋がった。