

パワーレーザーインテグレーションによる新共創システムの構築—社会的課題解決につながる 超越状態を利活用したあらゆるスケールの構造機能の探究—

① 計画の概要

社会的課題解決へむけて“超越状態を利活用したあらゆるスケールの構造機能の探究”のため、地上最高レベルの圧力、温度、磁場、電場をも実現できる高出力・超高強度レーザー光に加え THz・X 線から中性子といった複数種の量子ビームを高繰り返しで供給する次世代パワーレーザー複合施設を実現する。従来の大型レーザー施設で行われてきたシングルショットベースの研究スタイルを、正確で再現性が確約された多様な研究スタイルに変貌させる。利用については、宇宙・物質・真空の解明といった未踏の最先端物理から医療・産業・環境といった社会問題解決までを行うべく、多分野のユーザーに応じて、3つの実験エリアを建設する。参画機関は、次世代パワーレーザー複合施設の実現を目標とする開発体制と施設を利用し多様な学術開拓推進を担う体制に大きく分類される。本計画はパワーレーザー関連コミュニティの支持を受け、さらに関連フォーラムなど産業界からも期待を受けている。日米政府間の新たな枠組みの推進など国際協力・共同研究が国家レベルで望まれている。また発展途上国での問題解決を見据えた国際原子力機関の委員会や ASEAN 諸国からの期待などもある。このような期待のもと SDGs と目指す方向が一致した国際拠点を目指す。

② 学術的な意義

本計画では、高繰り返しパワーレーザーを実現し、それにより生成する THz・X 線から中性子といった複数種の量子ビームと同時に用いることで超越状態でのあらゆるスケールの構造機能を探究する。宇宙のシステムやエネルギー生成といった大きいスケールから、産業材料や生物・医療といった身近なスケール、原子核構造や真空構造の探求といった極小スケールのものまで含んでおり、天文学・核物理学・エネルギー学・材料科学・医科学等多くの学術分野の中心課題と言える。極小スケール科学は宇宙やエネルギーの起源といった大きいスケールの科学に繋がっており、これらを同時に研究できる世界初の大型レーザー施設の学術的意義は大きい。(図1)

③ 国内外の動向と当該研究計画の位置づけ

高強度レーザーを用いた量子ビーム開発、高エネルギー密度科学研究が世界中で行われている。わが国でも阪大レーザー研の激光 XII 号・LFEX や量研関西研の J-KAREN といった装置を運用している。国外においては、稼働中の米国の NIF や欧州の ELI を始めとして、各国で大型レーザーが建設されており、中国、ロシア等といった国々もこれに続いている。当分野における課題は【パワーレーザーの高繰り返し化】と【複数種の量子ビームの提供】である。コミュニティの多様な要望に応えるには現状の大型装置が極低繰り返しであることが足枷となっている。レーザーによる各種量子ビームの生成は行われつつあるが、現状ではレーザーと X 線を同時使用しての物性評価が始まりつつあるというのが現状である。

さらにビッグデータ処理などインフォマティクスはあらゆる分野で有用性が認められており、レーザー分野への導入も始まっている。今後求められるのは国際的な協調の元で行われる多岐の学術・社会問題解決が可能な施設であり、これを実現する世界初の大型レーザー施設として位置づけられる。

さらにビッグデータ処理などインフォマティクスはあらゆる分野で有用性が認められており、レーザー分野への導入も始まっている。今後求められるのは国際的な協調の元で行われる多岐の学術・社会問題解決が可能な施設であり、これを実現する世界初の大型レーザー施設として位置づけられる。

④ 実施機関と実施体制

本計画は、大阪大学及び量研が中核機関となりオールジャパン体制で実施する。施設整備体制では、大阪大学及び量研が中核機関となり次世代パワーレーザー複合施設の実現を目指す。

【次世代パワーレーザー複合大型システム開発体】

中核機関 (機関合意) : 大阪大学、量子科学技術研究開発機構

協力機関 (研究者レベル) : 電気通信大学、京都大学、理化学研究所、高エネルギー加速器研究機構

関連企業 : 光学材料、レーザーシステム、サイバーフィジカルシステムなどを担当する建設ワーキング企業メンバー

【施設を利用した学術研究の推進】 (研究者レベル)

主要機関 : 東北大、宇都宮大、東大、東京工大、電通大、京大、阪大、広大、岡大、媛大、九大、青学、光産業創成大、近大、摂南大、福井工大、核融合研、高エネ機、量研、理研、物・材研、産総研、海外研究機関

⑤ 所要経費

総額 : 350 億円 100 J/100 Hz モジュールを基本として、それを 100 台超並べコストを抑える。

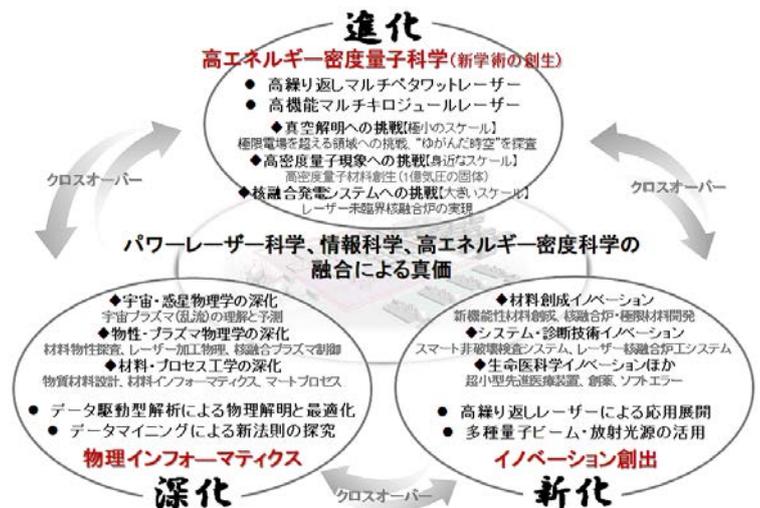


図1 フロンティア開拓・学術深化・イノベーション創出

装置建設経費（1-8年度）：小計 323 億円

- ・高出力レーザーライン：16kJ/16 ビームレット（100J/160 ビーム）/100Hz/1-10nsec
- ・10PW 超高強度レーザーライン：10PWx 2 ビーム/10Hz
- ・量子ビームライン：レーザー励起電子・イオンビームならびに THz、X 線、ガンマ線、中性子源共通ビームライン/90Hz
- ・実験エリア 1：20PW レーザーならびに高出力レーザービームライン
- ・実験エリア 2：10PW レーザーならびに 12 ビームレット高出力レーザーライン
- ・実験エリア 3：THz・X 線から中性子などの多種量子ビームを有し産業界、国内外のユーザーにより増設できる。

運営費：小計 27 億円

⑥ 年次計画

【2020-2021 年度】

100 J/100 Hz モジュールとともにビームレット化の要素技術開発を完成させる。

100 J モジュールによるサブ PW 級レーザーシステムを試作しシステム最終設計を完成させる。

【2021-2022 年度】

100 J モジュールを 10 本束ねたビームレットを開発し、本格的なシステム建設を開始するとともに一部利用を開始。

実験エリア 1 と 2 の建設を開始するとともに多様な量子ビームを組み合わせた実験エリア 3 の利用を試験的に開始。

【2023-2024 年度】

電力供給システムを完成させて kJ ビームレット 16 ライン（16 kJ）を整備。

kJ ビームレット（12 ビームレット）を実験エリア 1 に導入。10PW レーザーシステムを開発するとともにエリア 1 に導入。エリア 3 の共同利用施設としての運用を開始するとともに持続可能な運用を目指し新たなヘビーユーザーを開拓。

【2025-2026 年度】

世界最高平均出力（メガワット）の大型レーザーシステムを完成させる。

【2026-2028 年度】

「人工知能とビッグデータ」技術により多様なユーザーの要求に応えた本格的かつ効率的な運用を行う。

【期間終了後】

多様なユーザーが中心となり学術開拓を行うとともに人材育成ビームラインや有償ラインなどで持続可能な施設運営を行う。

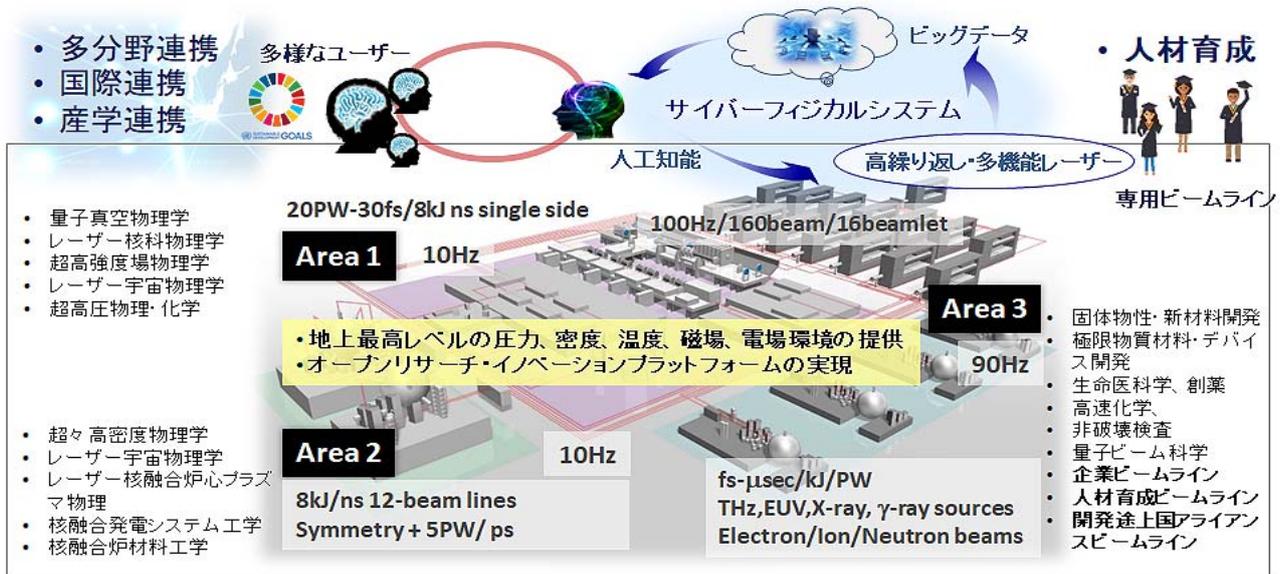


図2 スマート化された次世代パワーレーザー複合大型システム

⑦ 社会的価値

パワーレーザーと複合量子ビームは、高付加価値品種生産を可能とするレーザープロセスや光センシング、医療診断・治療、新物質・材料創成、社会インフラの非破壊検査、レーザーエネルギー伝送・給電など、ロボット、運輸、医療、農業、土木・建築等といった国民の豊かな生活に関わる分野への利用が可能である。さらに、宇宙デブリ除去、惑星間移動などの夢を実現する宇宙分野の応用も期待できる。本計画は3つの産学連携フォーラム（延べ140社）から強く支持されている。

また本計画は、SDGsにおいて、教育、保健、エネルギー、イノベーション、都市への具体的な貢献がある。特にコンパクトなレーザー駆動中性子源に関しては、発展途上国への貢献の可能性から国際原子力機構においてSDGsへ向け委員会も設置されている。

⑧ 本計画に関する連絡先

兒玉 了祐（大阪大学・レーザー科学研究所）