

世界を先導できる大型パワーレーザー施設による国際中核拠点の構築

① ビジョンの概要

オールジャパン体制のもと、我が国の強みを活かした国際競争力ある独自の高繰り返し大型パワーレーザー施設を実現し、国際的中核拠点として、エネルギー密度の高い極限学術の開拓に挑戦して世界を先導するとともに、産業構造の変革やグローバル人材の育成にも大きく貢献する。

② ビジョンの内容

【学術ビジョン】

高出力レーザーを微小領域に集光すると、ナノ秒～ピコ秒の瞬間に固体で数十万～数千万気圧、プラズマで数千万～数億気圧という極限状態を実現できる。この特性により、パワーレーザーは高エネルギー密度科学の中核として世界的に注目され、学術・産業の両面で国際競争が激化している。我が国は強みを活かし、大型レーザー施設の繰り返し動作を1万倍以上に高める新たなアプローチにより、研究と応用の革新を通じて世界を先導することを目指す。

【科学的意義と新領域の開拓】

繰り返し動作数の飛躍的増大により、高精度レーザー制御とデータサイエンスの融合が可能となり、現象の高精度診断を通じて学術研究の深化を促す。これにより、①超高電磁場を用いた量子真空の探査、②超高温・高密度プラズマによる核融合エネルギーの実現、③超高圧環境での新奇量子物質の創成などの新領域が切り拓かれる。これらは「極限量子科学」という新たなフロンティアを形成し、人類の知の地平を大きく拡張する。

【社会的インパクトと人材育成】

さらに、多様な学術分野の融合を通じて、「多様な知」が躍動する研究環境を創出し、分野横断的な知的生態系を形成する。その成果は産業革新と高度人材育成を加速し、我が国を世界を牽引する学術・技術拠点へと発展させる。

③ 学術研究構想の名称

多様な知が活躍できるパワーレーザー国際共創プラットフォーム

④ 学術研究構想の概要

1. 科学目標・学術的意義（挑戦性・総合性・融合性・国際性）

オールジャパン体制で我が国の強みを結集し、高繰り返し大型レーザー施設を実現することで国際的中核拠点を構築する。これにより、多様な極限状態の創出を通じて学際連携を加速し、「高エネルギー密度量子科学」という新領域を開拓する。さらに、イノベーション創出と高度人材育成にも貢献する。

2. 実施主体性

大阪大学が主体となり、国内7研究組織と連携し産業界と協働できるオールジャパン体制で世界に対峙できる施設を構築し、国内外コミュニティが主体となった運営体制で実施する。

3. 共同利用・共同研究体制や計画の妥当性

40年にわたる大型レーザー施設運用と10年以上の共同研究拠点事業の実績に加え、国際連携や国内外施設・産業界との協力体制を基盤とする。要素技術開発や供給体制も着実に進展しており、将来展望についても多様なステークホルダーによる議論が進んでいる。

4. 戦略性

我が国の強みを活かした独自の大型パワーレーザー施設により、学術利用の拡大と学際的研究の飛躍的発展を実現し世界を先導する。さらに、産業構造の革新と国際的に活躍できる人材育成にも貢献する。

5. 緊急性

本計画を早期に実現することで世界に先駆けた成果が期待される。一方、実施の遅れは国際競争力の低下や、パワーレーザー科学および関連技術基盤の流出につながる恐れがある。



図1 J-EPoCH 計画の概要

⑤ 学術的な意義

【提案の背景】

世界の大型パワーレーザー施設は、出力エネルギーやピーク強度の向上により極限状態の開拓を進め、レーザー核融合、実験室宇宙物理、超高压物性、粒子加速、真空の非線形物理など幅広い研究を発展させている。一方、日本には国際競争力の高いパワーレーザー技術が蓄積されており、それらを統合することで世界初の「高繰り返しパワーレーザー複合施設」の実現が可能である。本構想は、多様な研究コミュニティの議論を基に、固体・プラズマ・電磁場にわたる高エネルギー密度状態を統合的に探究する新学術領域の開拓を目指すものであり、J-EPoCH 計画として立案され文部科学省ロードマップ 2023 に採択された。

【学術的重要性】

本計画は、日本の強みであるレーザー技術を結集し、従来比 1 万～10 万倍の高繰り返し動作を実現する世界最高平均出力のパワーレーザー施設の構築を目指す。高繰り返し化、多ビーム化、スマート化による超高精度レーザー制御は世界に類例のない独自性を持ち、固体・プラズマ・電磁場における高エネルギー密度状態の研究を飛躍的に発展させ、「高エネルギー密度量子科学」という新領域を切り拓く。これにより、「第 3 の量子状態（超高压量子固体）」の創成、宇宙・天体現象の理解深化、繰り返し核融合反応の実証、量子真空の非線形現象の探究などの学術的ブレークスルーが期待される。さらに、本施設は非平衡開放系としての高エネルギー密度状態に共通する普遍原理の解明を促し、学際融合を加速する。得られる知見は、新材料創出や医療応用、インフラ非破壊検査、文化財診断など多様な分野に波及する。

⑥ 国内外の研究動向と当該構想の位置付け

世界の大型パワーレーザー施設は、出力エネルギーやピーク強度の向上による極限状態の開拓を進めている。これに対し本提案は、高繰り返し動作を実現する大型パルスレーザーという独自戦略により世界を先導することを目指す。日本には増幅媒質や超高耐力光学薄膜など国際競争力の高いパワーレーザー技術があり、それらを統合することで世界初の高繰り返しパワーレーザー施設を実現できる。本施設では高繰り返し運転とデータサイエンスを融合し、新奇量子物質の創成など高エネルギー密度科学の新たな展開を推進する。本構想は若手研究者を中心とする国際先導科研費プロジェクト（23K20038：2023-2029）を基盤として既に始動しており、国内外で独自の位置を確立しつつある。

⑦ 社会的価値

本計画は、高繰り返し大型パワーレーザー施設の整備を通じて学術成果の社会実装を加速する。高繰り返し運転により多様なビームを安定利用できる特性は、実践的な人材育成と国際的な学術交流を促進する。さらに、レーザー超高压による新材料創出や医療診断、インフラ非破壊検査、文化財調査への応用に加え、宇宙デブリ除去や核融合エネルギー利用といった将来技術への展開も期待される。これらは産業構造の革新と持続的社会的実現を支える基盤技術となり、SDGs およびカーボンニュートラルの達成にも貢献する。

⑧ 実施計画等について

本計画は、大阪大学レーザー科学研究所を実施責任機関とし、QST 関西光量子科学研究所と連携する中核機関体制で推進する。既存装置の改修と高繰り返しレーザーモジュールの導入により段階的に施設を整備し、前半で建設と部分運用、後半で本格的な共同利用を開始する。大学・研究機関および産業界（184 社）と連携したオールジャパン体制でレーザー技術開発と学術開拓を進める。第 1 フェーズ（10 年間）の総事業費は 400 億円で、主レーザーシステム整備を中心に施設構築と運用体制を確立する。

⑨ 連絡先

兒玉 了祐（大阪大学レーザー科学研究所）

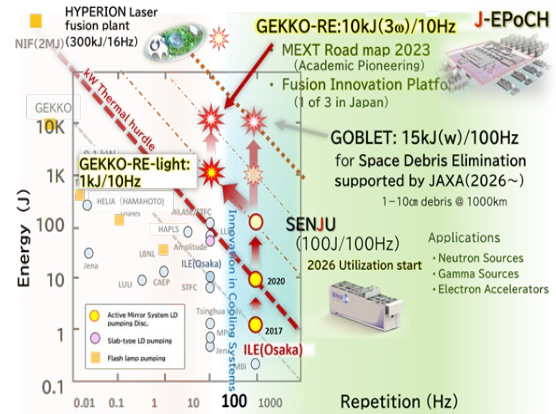


図 2 パワーレーザーの開発状況と J-EPoCH