

限界のない光を実現する 新しい高出力レーザー技術

植 田 憲 一
(電気通信大学)

「地上に太陽を」を実現しようとするレーザー核融合実験施設 NIF (National Ignition Facility) や LMJ (Laser Mega Joule) が実現して、レーザー装置の大口径化、巨大化による高出力レーザー開発は頂点に達した。爆縮プラズマの振る舞いに予想を超える現象が見つかって、核融合点火にはもう少し時間がかかる現状である。しかし、開発された高出力レーザー技術の達成度は予想以上と評価され、人類はナノ秒パルス、メガジュール出力のレーザー技術を確立した。それらを支える光学技術の中には、大口径ミラーのコーティング中に発生する微小損傷を検出し、その部分を補修して安定に大規模レーザーシステムを運転し続ける技術など、まさに高出力レーザーシステムならではのエンジニアリング光学が生みだされた。

一方、CPA (chirped pulse amplification) に端を発した超短パルス・超高出力レーザー技術の発展もめざましく、フェムト秒パルス、ペタワット (10^{15} W) 出力のレーザーは相対論プラズマ光学を可能にした。光には本質的な限界がないという特質が顕著に表れる時代が到達し、エクサワット (10^{18} W) からゼタワット (10^{21} W) 出力のレーザー開発が日程に上るようになった。真空から物質を生み出すという光による高エネルギー物理学も可能となりつつある。

飛躍的な高出力化の要求に応える高出力レーザー技術、光学技術は、当然、従来の光学技術からのパラダイムシフトを要求する。しかし、両者は排他的な関係ではなく、最高水準の従来技術の上に、パラダイムシフトされた光学技術が実現される。

実際、欧州を中心に進められている超高出力レーザープログラムでは、超高出力レーザーへの道として、コヒーレントビーム結合が不可欠だと考えている。限界のない出力拡大則を実現するには、理論限界に近い高品質ビームを時間・空間的に重ね合わせるしかない。人類最初のレーザーから 50 年以上を経過して、「質が量を凌駕する」というレーザーの原点に戻って高出力レーザーの研究が始まった。熱レンズ効果の影響がないファイバーレーザーを最優先候補とするゆえんである。もちろん、日本が生み出したセラミックレーザー技術にも期待が大きく、熱レンズフリー化の実現が急務である。同時に、超高強度が生み出す非線形効果も新たなパラダイムシフトを生みだしつつある。従来、ソフトで扱いにくかったプラズマが光で制御されるプラズマフォトリクス時代の始まり、C3 (coherent compression conversion) と称する光学技術 (CPA+OPCPA+BRA) などが真剣に取り組まれている。新しい提案と実証実験が待たれるわくわくする研究の時代である。多くの研究者の参入を期待する。