



パワーレーザーのイノベーションと光科学へのインパクト

宮永 憲明†

Innovative Power Lasers and its Impact on Optical Sciences

Noriaki MIYANAGA†

インターネットで「21世紀」「光の時代」あるいは「21世紀」「フォトニクスの時代」というキーワードを検索すると、1,000件以上ものサイトが見つかる。これは、光が研究室だけでなく多くの産業技術に至るまで浸透しつつあり、今日の科学技術・学術にとってなくてはならないものとなっていることを表している。このことは、言うまでもなく、光(電磁波)には、周波数をパラメーターとして非常に広いスペクトル領域をカバーする普遍性があり、また極めて狭帯域の単色光からその逆の極限である数100 THzにも及ぶ超広帯域まで制御可能であることから、多様なニーズに対応できる柔軟性を有しているからに他ならない。これに加えて、光の電場・磁場の位相や振幅分布を時間領域と空間領域で制御可能であることは、多様な物質、材料、構造との特定の相互作用を抽出・制御するための重要なツールとなる。つまり、光科学は本質的に分野融合的側面をもっているのである。

このような光を操る技術に立脚する光科学の重要性については、欧米では数年以上前から戦略的研究開発課題として位置付けられてきた。我が国でも、平成16年に文部科学省の「光・光量子科学技術の推進方策に関する検討会(主査: 柿東大教授)」において、光科学の現状分析と今後の研究の在り方について議論され、その報告書(平成17年1月)の概要が科学技術・学術審議会基本計画特別委員会から公開された「第3期科学技術基本計画の重要施策一知の大競争時代を先導する科学技術戦略-(中間とりまとめ)(平成17年4月8日)」¹⁾の24頁に掲載されている。それによると、「光・光量子科学技術は非常に幅広い分野に対応する横断的で重要な基盤であり、基礎研究から実用化まで一体的な取り組みが必要」と述べられている。そして、推進すべき重点研究テーマとしては、「光子・電子の究極的制御、先端情報・計測技術応用」、「高出力・短パルス、X線・テラヘルツ光源開発・利用」、「近接場光などの光の局所制御とその応用」、「バイオテクノロジー・医療技術を中心とした光の利用技術開発」、「光伝送技術や光スイッチなどの光を利用した情報処理の高速化のための技術開発」、「光の先端技術の実用化のための技術開発」、「原子の量子制御」、及び「量子極限光」が挙げられており、また大型先端研究施設・設備に関しては整備方針の検討が必要としている。さらに、重点テーマの研究とインフラ整備のために、研究開発体制を整備するとともに光産業の強化につなげるとしている。

上記の研究を推進するために一翼を担うのが、光の量子性の活用や波動性の制御など、芸術的とも言えるレーザー光の制御技術である。また、これの対極をなすのが高出力・短パルスのパワーレーザーである。パワーレーザーの代表格は固体レーザーであり、核融合用のガラスレーザー、加工用のYAGレーザー、及び高強度場科学研究などで用いられるフェムト秒Tiサファイアレーザーなどがある。これらのレーザーでは、個々の用途に応じてパルスエネルギー数10 kJ、平均パワー数kW、ピークパワー数100 TWの性能を有するものがあるが、高パルスエネルギー、高平均パワー、及び高ピークパワーの3つを併せ持つレーザーは未だ存在しない。しかし、そのような高繰り返し・高出力の超短パルスレーザーは近い将来に必ず実用化すると期待され、光科学へのインパクトには計り知れないものがある。例えば、欧州が提案しているExtreme Light Infrastructure²⁾が目指しているように、「アト秒科学」、「レーザー生成粒子線、硬X線の医療応用」、「超短パルスコヒーレントX線」、「核物理」、「プラズマ物理、相対論工学」、「材料科学」、「高エネルギー物理や宇宙物理」など非常に広範囲の科学技術・学術を推進するための、新しく、かつ長期にわたって活用可能な基盤技術を提供することが期待される。そして、汎用性の高い基盤技術を完成させるには、ビーム品質のみならず光波の位相や振幅分布の時間・空間制御を兼ね備えたパワーレーザーの質的飛躍が不可欠と考えられる。

長期にわたって活用されている基盤技術の例として、半導体リソグラフィーがある。しかし、我が国はリソグラフィー用の露光機、レジスト、マスクといった多くの要素技術において世界的に大きなシェアを占めているにもかかわらず、それが必ずしも半導体デバイスのシェアに直結していないという現状がある。需要の新規開拓とインフラへの投資が継

¹⁾大阪大学 レーザーエネルギー学研究センター (〒565-0871 大阪府吹田市山田丘2-6)

²⁾Institute of Laser Engineering, Osaka University, 2-6 Yamada-oka, Suita, Osaka 565-0871

続して必要な所以である。これに対して我が国のレーザーはどうであろうか。欧米のレーザー装置が多くの研究室を席巻しているのは憂うべき状況であるが、パワーレーザー関連の技術としてはセラミックレーザー材料、石英などの高品質光学材料、それらの研磨・コーティング技術、高出力半導体レーザー、レーザー装置のシステム構築・制御技術など個々には高い技術が存在する。また、モノサイクルに近づくフェムト秒超短パルス技術や搬送波包絡線位相制御など、先端的な光波制御に関するトップレベルの研究も精力的に進められている。真にパワーレーザーのイノベーションを引き起こすには、これらの国内技術を統合し、ナノテク・材料科学、ライフサイエンス・医療、基礎科学などの研究者も参加して、出口を明確にしたインフラ整備が強く望まれる。

^{†1} URL: http://www.mext.go.jp/b_menu/shingi/gijyutu/gijyutu11/houkoku/05042301/021.htm

^{†2} URL: <http://www.extreme-light-infrastructure.eu/>; http://loa.ensta.fr/Extreme_Light_Infrastructure/ELIwebAge.html