

産業における量子ビーム技術

山田 家和勝[†]

Quantum Beam Technology in Industries

Kawakatsu YAMADA[†]

量子ビームという用語をしばしば耳にするようになった。粒子性と波動性を持ち量子効果を示すビームの総称として用いられるようであるが、現状では光子、電子/陽電子、陽子、中性子、重イオン、RIなどが量子ビームとして扱えるものと考えて良いであろう。このうち光子は唯一他の量子と異なる性格を有している。その他の量子がレプトン、ハドロンなどの物質粒子で構成されているのに対して、光子それ自体は“物質”ではない。光子も高い振動数(高エネルギー)になると対生成によって物質粒子に変換されるが、基本は物質に力を伝える粒子であり、本来実体を持たないエネルギーや情報の媒体である。これは光子ビームの大きな利点であるが、唯一の弱点でもある。一方、電子、陽子、重イオンなどの物質粒子は、物質にエネルギーを与えたり、物理/化学変化を起こさせるだけでなく、中性子やRIの生成、素粒子の生成・消滅といった相転移的变化を引き起こすこともでき、それ自体が新機能材料やそれに基づくデバイス機能を生み出したり、独自の計測手法を提供することができる。

近年、多くの産業において製品開発のライフサイクルが短くなり、技術のグローバル化によって、急速に技術の値崩れが起こる傾向にあり、優れた技術も長期にわたって優位性を維持するのは難しくなっている。一例として薄型大画面ディスプレイの開発では、最終的な完成品で市場シェアを確保することは難しくなっており、むしろ製造技術・装置や、部品・材料などの基盤技術で優位性を確保することも重要な視点となっている。

光子を含めて量子ビームを複合化することにより、先端科学技術に留まらず、工業、医療、バイオ、ITなどの分野で、より高い付加価値を生む産業基盤技術を創出することが可能となるはずであり、そういうアプローチが益々重要になると思われる。

テーブルトップのフェムト秒固体レーザーは、チャープパルス増幅技術によって、ピークパワーがテラワットを超えるようになったが、この様な強力なレーザーパルスを用いたレーザー航跡場加速の手法で最近単色電子ビームの発生が確認され、超小型高エネルギー加速器への応用にもわかに現実味を帯びるようになった。従来型の加速器技術をベースとする量子ビームの利用では、高輝度放射光、X線自由電子レーザー、重粒子線治療、大強度陽子/中性子など、大型加速施設を利用した物質科学、生命科学、医療などにおける先端研究が注目される一方で、産業用の小型加速器を用いた、電子線架橋による電線被覆やラジアルタイヤの改質、滅菌、半導体加工など、実は既に生活に深く浸透している実用技術も多い。今後、従来蓄積した技術の高度化に加えてレーザー加速のような新たな技術も含めた加速器の一層の小型高性能化も不可欠な課題の一つとなるだろう。

産業における量子ビームの利用は、現状ではレーザーの持つ高強度性や短パルス性、そして電子やイオンの物質への注入など、限られた側面を利用しているにすぎないが、より高度な量子ビームの産業利用技術を開発するには、小型高性能であるとともに、他の手法では実現が難しい特徴的な量子ビーム源の開発が重要になる。この場合、レーザー技術と加速器技術の融合も一つの鍵となるであろう。また新規な特徴を有する量子ビームと物質との相互作用を詳細に調べ、基礎と産業をつなぐ研究も重要である。

今わが国では、先端研究は世界トップレベルにあるものの、産業としてのレーザー技術や加速器技術の空洞化が進んでいる。実用規模の量子ビーム開発や、その特徴を生かすための利用技術研究に係わる予算獲得が厳しい状況にあることや、大学や研究機関における人材育成が十分でないことも原因と思われる。第3期科学技術基本計画の策定作業が進む中、企業、大学そして公的研究機関が連携し、量子ビーム研究における日本の高い技術力を声高にアピールしていく必要性を感じる次第である。

[†](独)産業技術総合研究所 計測フロンティア研究部門 (〒305-8568 茨城県つくば市梅園1-1-1 つくば中央第2事業所)

[†]National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST), Research Institute of Instrumentation Frontier, Central 2, 1-1-1 Umezono, Tsukuba, Ibaraki 305-8568