

# 物質科学者として量子ビームに何を期待しているか Expectations of what quantum-beam studies might bring

有馬孝尚<sup>1, 2</sup>

1 東京大学物質系専攻、2 理研創発物性科学研究センター

物質科学者は、物質の示す何らかの性質・機能に興味を持って研究を行っている。物質の性質・機能の起源を明らかにするうえで、間違いなく量子ビームは大きな役割を果たしてきた。量子ビーム計測の原理は単純である。(陽)電子、中性子、光子、中間子といった各粒子と物質の間には相互作用が働くので、物質に微小なエネルギー・運動量・角運動量の変化を与えることが可能となる。それを通じて、物質内部の粒子や準粒子の情報が得られる。情報を解釈するうえで、各粒子と原子核や電子の相互作用の理解が不可欠であり、20世紀はそれが飛躍的に進んだ時代であった。しかし、物質科学の立場に限れば、粒子間の相互作用に関しては十分理解できていると言ってよいだろう。

では、今後、量子ビーム計測はどのように発展するだろうか。①量子ビーム計測で有意な統計精度を得るためには多数のイベントが必要となる。そのためには、量子ビームのフラックスが多いことが必要となる。②エネルギー・運動量・角運動量の分解能を高くするためには、量子ビーム中の各粒子のエネルギー・運動量・角運動量のばらつきが少ないほうがよい。③測定対象が空間的・時間的な不均一を有する場合、その様子を把握するためには、エネルギー・時刻・運動量・位置の 8 次元を意識した計測が必要となる。このような 8 次元計測は、今後の量子ビーム計測に最も期待する方向性である。その実現のためには、位置と時刻の 4 次元空間において鋭い分布を持つビームか、あるいは、運動量とエネルギーの 4 次元空間において鋭い分布を持つビームのいずれかが望ましい。①、②、③は、それぞれ、フラックス、輝度、位相空間密度の高いビームへの期待にほかならない。レーザーの出現による光科学の質的な変化と同じようなことは、他の量子ビームでも起きるだろうか。もちろん、フラックスや輝度が高くなると物質に与える摂動が無視できなくなる点には注意が必要となる。

量子ビーム計測で得られる原子や電子の位置情報についてはどのような進展がありうるだろうか。結晶構造解析の方法論自体は飽和しているように思われる。一方、結晶でない対象を測定する場合は、すべての原子の位置や運動量を測定することは不可能であり、現在は、主に、長さスケールごとの密度揺らぎ、原子間距離といった 2 地点相関情報の測定が行われている。しかし、原子の不規則配列の理解には三原子相関、あるいは、結合角の情報が有用なはずである。このような方向性での計測法開発に期待がかかる。

講演では、過去の研究例を紹介しつつ、上記について述べる予定である。