

単一量子測定と素粒子実験

幅 淳 二

(高エネルギー加速器研究機構)

いわゆる粒子と波動の二面性が見いだされ、量子力学が誕生してから 100 年が経過している。にもかかわらず、たいへん驚くべきことであるが、さまざまな量子 \times 力学を指導原理として研究を続けている素粒子実験学者の多くは、いまだにきわめて古典的な「粒子」のイメージだけを脳裡に描いて実験を行っているらしい。これは対象とするエネルギーのドブロイ波長を考えれば当然といえなくもないが、素粒子実験学者の頭脳のいたって単純なことを改めてうかがわせるところである。

そんなわけで、彼らの実験装置は、霧箱・泡箱の昔から一貫して単一粒子、単一素過程の記録装置である。そこで利用されるのは、素粒子が引き起こす微弱な反応、つまりガス中で電離される 100 個ほどの電子であったり、チェレンコフ輻射で放出される 10 個ほどの光子などであるため、その装置はすべからず電子・光子を単一で扱える感度をもつことを理想としている。

これを実現するさまざまな技法が本号のテーマであるようだが、つまるところそれは 0 と 1 の隔たりをいかに拡大してみせるかということだろう。“0”を押さえつけて(ノイズの最小化)、“1”を引き金にマクロスケールで量子化された信号を誘発するのが理想である。かつてそれに近いことを実現してきたのが霧箱や泡箱であり、そこでは過冷却や加熱状態にある媒体をつかって、素粒子からの微弱刺激が凝縮や沸騰というマクロな相転移を引き起こすという巧妙なものだった。現代ではこれを超電導状態からの転移に利用し、各種の超高感度検出器が実現している。もうひとつの方向は放電に代表されるいわゆる雪崩現象の引き金を素粒子にひかせるもので、古くはガイガーカウンターがあり、その現代版が RPC (resistive plate chamber) とよばれるガス検出器(狭ギャップの平行高抵抗基板に高電圧をかけたチェンバー)で、LHC (Large Hadron Collider, スイス・ジュネーブにある加速器、近頃 Higgs の発見で注目された)の最新鋭の大型・高速検出器などにも利用されている。そしてこの放電にあたる現象を半導体内で利用するのが Geiger mode APD で、近年大きな注目を集める光センサー (pixelated photon detector) の原理ともなっている。

単純指向の素粒子実験では、実験装置のブレイクスルーこそが新発見の引き金になる。さて、単一「暗黒物質」を検出する革新的な測定器は、果たしてできるだろうか。