

量子情報からシングルフォトン イメージングへ

井上 修一郎
(日本大学)

私が単一光子検出器の開発を始めたのは、スウェーデン王立工科大学の Gunnar Björk 教授に「ストックホルムの夏を楽しみに来ないか」と誘われたのがきっかけである。1998年4月にアメリカから帰国し研究室を立ち上げたばかりであったが、Björk教授の誘いを受け1999年5月から3か月間ストックホルムに滞在した。当時ヨーロッパでは量子暗号の実用化を目指して光ファイバーによる長距離量子鍵配送技術の開発が進められていた。Björk教授のグループでも Anders Karlsson 博士が光通信波長帯の単一光子検出器の開発を始めていた。その頃はまだ、NEC や富士通のアバランシフォトダイオード (APD) を電子冷却下でゲート動作させ、暗計数の評価を行っている段階であった。APD さえあればできる「安上がりな研究」なので、まだ実験装置も十分に揃っていない研究室で始めるには最適なテーマだと思った。帰国後、暗電流が非常に小さい Epitaxx 社の InGaAs/InP APD を購入し、単一光子検出器の開発に取りかかった。

光通信波長帯の単一光子検出器としては、InGaAs/InP APD のほかに超伝導転移端センサー (TES) と超伝導ナノストリップ単一光子検出器 (SSPD) の開発が進められてきた。TES は光子数識別能力と 100% に近い検出効率を生かして測定誘起非線形過程や量子受信機の原理検証実験に用いられた。一方、SSPD はその低い暗係数と高速性を生かして 100 km を超える長距離量子鍵配送実験に使用された。SSPD の検出効率は開発当初数%であったが、最近では 90% 以上に達しており、高効率・低雑音・高速性を兼ね備えた理想的な単一光子検出器として量子情報の実験に広く使用されている。

近年、単一光子検出器は「シングルフォトンイメージング」とよばれる新たな活躍の場を見出した。特に、近赤外領域の光子を周波数上方変換により時間分解検出する“Quantum Parametric Mode Sorting”は、雑音光子に埋もれた信号光子を高い SN 比で検出できるため、自動運転に不可欠な LiDAR (light detection and ranging) や網膜などの医療イメージングへの応用が検討されている。本特集で取り上げられているマイクロ波からガンマ線までの幅広い波長領域の単一光子検出器を適用したシングルフォトンイメージングは、人類がまだ見ぬ未知の世界を探索するための技術として今後の発展が期待される。