



竹内繁樹氏の論文紹介

大阪大学大学院基礎工学研究科 井元 信之

竹内繁樹氏は、平成 3 年 3 月に京都大学理学部を卒業、平成 5 年 3 月に京都大学大学院理学系研究科物理学第一専攻修士課程を修了した。同年 4 月に三菱電機中央研究所研究員、平成 11 年 10 月北海道大学電子科学研究所講師、平成 12 年 9 月同助教授となり、現在に至っている。その間、平成 7 年から 13 年まで科学技術振興事業団のさきがけ研究「場と反応」、また平成 13 年から 17 年まで同「光と制御」の研究者を兼任している。また、線形光学量子計算の研究に関して、平成 12 年 7 月に京都大学より博士（理学）の学位を取得した。

近年量子力学の本質的な性質を直接に利用する量子情報通信・処理の分野が急速に発展している。そのアプリケーションの代表が、量子コンピューターと量子暗号である。前者は量子重ね合わせ状態を用いることで莫大な並列計算を可能にする。後者は不確定性原理によって保証された秘密通信を実現する。しかし、これらの量子情報通信・処理では、「量子状態」を運び、保持してくれる担体を準備し、また自在に制御できなければならない。

その担体として光子は「制御しやすい」という優れた特性を有する。しかし担体として用いるためには、もうひとつクリアしなければならない条件がある。それは「パルス内に光子が 1 つだけの状態である『単一光子状態』を高い確率で生成する」ことである。これまでの方法では発生した光子を集光することが困難であり、パルス内の存在確率（出力部）は 10% を上回るものは存在しなかった。

竹内氏は「パルス内に光子が 1 つだけの状態である『単一光子状態』を、高い確率で生成する装置」の実現にむけた研究に取り組み、パラメトリック蛍光光子対を動的に制御する方法に目を付けた。開発した「高効率ビーム状光子対発生方法」で発生した光子対の一方の光子を光子検出器でモニターし、その検出結果に応じその場でもう一方の光子の射出を制御する方法を独自に提案した結果、パルス内部に光子が 1 個存在する確率 $P(1)$ が射出部で 40% の単

一光子の生成に成功した。これは、これまでの報告に比べて 4 倍以上高い値である。

具体的には、非線形光学結晶にポンプ光を入射させると、それらの一部が、半分のエネルギーをもった光子 2 個に分裂する。この光子対はフェムト秒程度の時間内に同時に発生することが知られている。その光子対の一方（アイドラー光子）を検出し、その検出信号で他方の光子（シグナル光子）の射出をシャッターで制御することで、光子が 2 つ含まれるパルスの発生を排除できる。光子対の発生には、氏が独自に開発した、ビーム状に発生させる方法を用いた。光子対は確率的に発生するため、必ず最低 1 つのアイドラー光子が検出されるようにポンプ光強度を調整した (53 mW)。この実験では、100 μ s 幅の 1 パルス（繰り返し 10 kHz）に平均 11 個のアイドラー光子（波長 702 nm）が検出された。それらの内最初の光子対の一方を検出した場合に限り、超高速シャッターを短時間（30 ns）開き、検出された光子と対の光子の射出を許した¹⁾。より詳しい光子数分布の解析²⁾の結果、従来技術よりはるかに優れた単一光子源であることが明らかになった。

竹内氏は、応用物理学会、日本物理学会、ならびに IQEC などの国際会議や量子情報技術研究会の運営にも積極的に参画するなど、幅広く社会貢献している。本論文と竹内氏の業績は、光学論文賞の受賞にふさわしいものであり、同氏が光の量子性に基づく新たな物理や情報処理の領域開拓に一層活躍されることを期待する。

文 献

- 1) S. Takeuchi, R. Okamoto and K. Sasaki: "High-yield single-photon source using gated spontaneous parametric down-conversion," *Appl. Opt.*, **43** (2004) 5708-5711.
- 2) R. Okamoto, S. Takeuchi and K. Sasaki: "Detailed Analysis of a single-photon source using gated spontaneous parametric downconversion," *J. Opt. Soc. Am. B*, **22** (2005) 2393-2401.