

量子通信や精密光計測を支える基盤計測技術

光子数識別器による超広帯域スキューズド光の直接観測



福田 大治

ふくだ だいじ
d.fukuda@aist.go.jp

計測標準研究部門
光放射計測科
レーザー標準研究室
研究室長
(つくばセンター)

レーザーパワーや光エネルギーに関する標準開発とともに、究極的な計測対象である光子の超精密計測技術の研究開発に取り組んでいます。光子のもつさまざまな量子的な性質は、大容量光通信、安全性の高い暗号通信への応用が期待されています。このような産業や量子標準の実現に向け、光子計測に関するイノベーションハブとして機能すべく、精力的に研究を行っています。

関連情報：

● 共同研究者

沼田 孝之、吉澤 明男、土田 英実、石井 裕之、板谷 太郎（産総研）、和久井 健太郎、佐々木 雅英（情報通信研究機構）

● 参考文献

K.Wakui et al.: *Scientific Reports*, 4, 4535 (2014).

● 用語説明

*スキューズド光：ある位相の領域（時間間隔）での量子揺らぎを人為的に制御した光。

● プレス発表

2014年4月4日「革新的な量子通信を実現する超広帯域スキューズド光源と検出技術を開発」

スキューズド光への期待と課題

近赤外領域から光通信波長帯に至る広い波長範囲をカバーする光源は、大容量光通信や光コヒーレンストモグラフィー、分光計測、量子標準などさまざまな分野での活躍が期待されています。スキューズド光*はレーザー光よりも雑音が小さいことから量子情報処理の大容量化や光計測精度の飛躍的な向上を実現する光源としてその実用化が期待されています。しかし、発生した光子がどの程度の量子性を持ち、どのような光伝播特性をもっているかを正確に計測することは難しく、特に光通信波長帯ではこのような計測はこれまで実現していませんでした。この原因は、スキューズド光が損失に極めて弱く、量子状態を壊さずにその光子統計を測定することの難しさにありました。

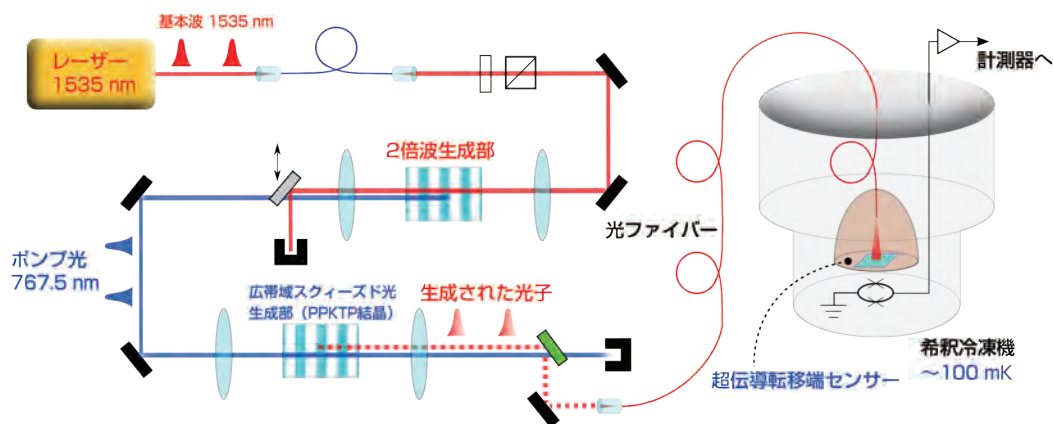
高効率の超伝導転移端センサーを用いて光子数を識別

そこで、私たちは、超伝導転移端センサー (TES) と呼ばれる高効率の光検出器を用いてスキューズド光の光子統計を直接評価することにより、光源の量子的な性質を計測する技術の開発に共同研究者らとともに取り組んでいます。TESは、光子がセンサーに入射したときに生じる超伝導状態の破れを検出原理とします。この破れの大きさは入射光子数に比例し、これを検出することで光パルス中に含まれる光子数を

ショットごとに識別できます。超伝導体には光共鳴キャビティに配置したTi/Au系の金属を用いることで、光通信波長帯域で90%以上の検出効率、応答時間200 ns以下で光子を測定できます。このTESを用いた、光通信波長帯の超広帯域スキューズド光源の評価実験装置の構成を下図に示します。スキューズド光発生部分である非線形結晶での位相整合条件を調整し、スキューズド光を非常に広い波長範囲で発生させます。これを、光ファイバーを通じて冷凍機内に配置されたTESへと導波し、光パルスに含まれる光子数を測定します。この装置によりスキューズド光の光子数分布は偶数個の光子から構成されるという特殊な性質（偶数光子性）の直接観測に世界で初めて成功しました。また、偶数光子性が100 nm以上の帯域幅にわたり生じていることを確かめました。これまでのスキューズド光の観測波長帯域は10 nm以下であり、それを一気に10倍以上に広げたこととなります。これにより、波長多重による量子通信の大容量化の実現可能性を実証しました。

今後の予定

今後は、スキューズド光源と光子数識別技術の性能をさらに改善しながら、光計測の高精度化に取り組み、光通信の低電力・大容量化を実現するための共同研究先との研究開発や量子標準への応用を進めていきます。



スキューズド光の光子数分布直接測定のための実験装置の概略図