19p-C7-6

コヒーレント状態の光を用いた量子通信・量子計測

Quantum communication and quantum metrology with coherent state of light

情報通信研究機構，°武岡 正裕

NICT, °Masahiro Takeoka

E-mail: takeoka@nict.go.jp

光通信、光計測の原理的な性能限界は、いわゆる量子揺らぎ、量子雑音によって制限される。これらは特に光信号の平均強度が数光子またはそれ以下のレベルの超微弱な領域で顕著に現れる。系の量子力学的な性質まで考慮した通信、計測における性能を評価するには、信号の量子状態と伝送路の性質、そして測定方法を考慮する必要があるが、通信路の損失がほとんど無い場合、光子数状態やエンタングルド状態などの非古典的な量子状態と光子計数などを用いることで、究極の量子限界に達する性能を実現できることが知られている[1, 2]。しかしこれらの非古典状態は伝送路の損失により極めて容易に混合状態へと壊れてしまうため、実際に応用できる場面は限られてくるものと考えられる。

一方、現在の光通信・計測で通常用いられているレーザー光は、いわゆる古典的な状態と呼ばれるコヒーレント状態である。コヒーレント状態の光信号は、互いの状態ベクトルが非直交であるため、信号自身がいわゆる「量子雑音」を内包しているが、損失を受けても（振幅は減衰するものの）状態の純粋性が保たれるという大きな利点を持っている。

本講演では、コヒーレント状態の光を用いた通信、計測の量子力学的な限界と、その限界に近づくための量子受信技術について議論する。NICT ではこれまで、光通信において従来の受信限界（コヒーレント受信機による限界：通信における標準量子限界）を超える量子受信機の研究を進めてきた。特に、現在最先端の高速光通信技術であるコヒーレント光通信に用いられる 2 値位相変調方式について、標準量子限界を超える低誤り率での信号受信を初めて実現し[3]、またこれを多値変調の受信機へと拡張する方式を検討している[4]。また、こうした受信方式は、センシングにも応用できる可能性がある。量子干渉計測においては、コヒーレント状態のプローブでは位相推定精度の標準量子限界は超えられないことが知られているが、一方で、測定方法を工夫すると従来のマッハツェンダー干渉計では得られない超高解像度の干渉縞が得られるなど、スタンダードな量子センシングとは異なるアプローチも検討されている[5]。ここでは、我々が開発した量子受信機と超高解像干渉との関係、およびその計測応用への可能性について議論する。

[1] H. P. Yuen and M. Ozawa, Phys. Rev. Lett. 70, 363 (1993).

[2] V. Giovannetti, S. Lloyd, and L. Maccone, Science 306, 1330 (2004).

[3] K. Tsujino *et al.*, Phys. Rev. Lett., 106, 250503 (2011),

[4] C. R. Müller *et al.*, New J. Phys. 14, 083009 (2012), S. Izumi *et al.*, Phys. Rev. A 86, 042328 (2012), S. Izumi *et al.*, Phys. Rev. A 87, 042328 (2013).

[5] K. Jiang, H. Lee, C. C. Gerry, J. P. Dowling, J. Appl. Phys. 114, 193102 (2013).

© 2014 年　応用物理学会