

「量子光工学」

担当教員：井上 恭 (kyo@comm.eng.osaka-u.ac.jp)

講義ノート：<https://opt.comm.eng.osaka-u.ac.jp/inoue/project-inoue.htm>

(「井上恭」で検索していても「講義ノート 量子光工学」に辿り着けます。)

参考書：井上恭「工学系のための量子光学」森北出版

概要：光の持つ様々な量子的性質について、光通信を念頭に置きながら述べる。

I 光子

量子光学は「光のエネルギーは離散的でありそれ以上には分割できない最小単位がある」ことを出発点としており、様々な量子力学的現象はこのことより派生する。この光エネルギーの最小単位を「光子」と呼ぶ。本章では、量子光学の導入部として、光子が発見された歴史的経緯を紹介する。光量子説、空洞放射、など。

II 量子光学の基礎

光の量子的性質は量子力学により記述される。本章では、量子力学の考え方や数学的体系について、光子を題材にしながら説明する。量子力学的重ね合わせ、ヒルベルト空間、ケット状態、物理量演算子、固有値・固有関数、不確定性原理、シュレディンガー方程式、ハイゼンベルグ方程式、など。

III 電磁場の量子化

光は周波数の高い電磁波である。前章に基づき、電磁場を量子力学的に記述する。調和振動子の量子化、生成・消滅演算子、光子数演算子、など。

IV コヒーレント状態

純粋な単一周波数光（または理想的なレーザー光）は、コヒーレント状態と呼ばれる量子状態にある。この状態は量子力学的に不可避な揺らぎ（量子雑音）を伴っており、これが光を用いるシステムの究極的な性能を決める要因となる。前章までの量子力学の理論体系を使って、コヒーレント状態の量子雑音を導出する。

V 光増幅

誘導放出/自然放出は光の量子的性質から生じる現象であり、レーザー発振器や光増幅器の源となっている。この現象を前章までの量子力学の理論体系に基づいて記述する。

VI 量子干渉

光の干渉現象は日常的にもよく知られた現象であるが、光子の世界では古典光学とは異なる干渉現象が現れる。これについて述べる。ヤングの干渉、二光子干渉、ビームスプリッタでの干渉、など。

VII 量子もつれ

量子もつれ光子は量子の世界に特有な状態であり、日常的な直感とは相容れない不思議な特性を示す。また、量子コンピュータや量子情報通信のリソースとなる。これについて述べる。