

論文審査の結果の要旨

氏名 井手 俊毅

本論文は、連続量の量子テレポテーションを、トランスファー演算子法を用いて理論的に考察したものである。量子論に固有の非局所的相関をエンタングルメントという。量子テレポテーションは、1993年 Bennett らにより提案された。エンタングルメントを用いて、遠隔地にいる情報の受け手に未知の量子状態(量子情報)を伝送する方法のことである。“テレポテーション”という名称の新奇性ととも、最近の量子情報の研究において大きな注目を集めている。量子テレポテーションの実験的検証は、複数のグループにより既に行なわれている。

本論文は、大別して、Ⅰ.序論(第1章～第3章)、Ⅱ.主要部分(第4章～第7章)、Ⅲ.結論(第8章)、の3部分から成る。また、付録A～Hにおいて、計算の詳細と用語の説明が補足されている。以下、本論文の主な内容をまとめる。

第2章では、連続量の量子テレポテーションの説明が述べられている。始めに提唱された量子テレポテーションは2次元ヒルベルト空間での離散変数に対するものであるが、ここでは、無限次元ヒルベルト空間での連続変数を対象とする。また、第4章では、測定依存トランスファー演算子法が述べられている。測定値 β と利得因子(ゲイン) g を含む定式化は以降の章での解析に用いられる。

第5章では、トランスファー演算子法を1光子数状態に適用している。入力状態と出力状態の違いは、エンタングルメント q (一般には、 $0 \leq q \leq 1$)と測定値 β に依存する。この過程には、光子の損失とそれを補う場の振幅の増加が起きているからであると、解釈している。

第6章では、出力状態とフィデリティ(情報の再生度を表わす量の1

つ)が、どのように利得因子に依存するかを調べている。特に、初期状態として、位相変調のあるコヒーレント状態や1光子の偏光状態を例にとり、平均フィデリティを改善する問題が考察されている。

第7章では、1光子状態の偏光に注目して、量子テレポテーションにおける偏光の効果を調べている。偏光の反転の確率はエンタングルメントの不完全さと場の測定値に依存することを計算し、その性質を2つのモード間の干渉性(コヒーレンス)によって解析している。

以上述べたように、本論文では、トランスファー演算子法を用い、いくつかの量子状態の転送(テレポテーション)を調べた。測定値 β と利得因子 g を考慮した解析結果が与えられている。特に、利得因子 g の最適化による平均フィデリティの改善に関する考察を評価する。理論的には、より一般的な量子状態での解析が可能である。特に、2モード間コヒーレンスの解析は特殊な偏光状態ではなく、一般的な偏光状態について行う必要がある。また、損失を含んだ定式化による実験的実現性についてのより詳細な検討が残されている。しかし、トランスファー演算子法の拡張(測定依存トランスファー演算子法)と、それを用いた量子テレポテーションの解析は具体的であり、多くの堅実な成果を与えている。それらの成果は、将来の量子テレポテーション実験に対して多くの示唆を与えると期待する。

なお、本論文第4章～第7章は、H. F. Hofmann, 小林孝嘉、古沢明との共同研究であるが、論文提出者が主体となって解析および検証を行ったもので、論文提出者の寄与が十分であると判断する。

したがって、審査委員会は、論文提出者に対して、博士(理学)の学位を授与できると認める。