

論文の要旨

題目 An experimental study on the upper bounds of Bell's inequality violations and quantum contextuality
(ベルの不等式の破れの上限と量子文脈依存性に関する実験的研究)

氏名 松山健悟

本論文は、CHSH 型のベルの不等式の破れの上限と操作的に最適化された初期状態を用いた量子文脈依存性の実験的な証拠を示す。最初の実験では、偏光の POVM 測定を導入し、二つの相補的な偏光物理量に対する測定誤差の比を変化させることによって、実験によって得られた CHSH 型のベルの不等式の破れの上限が理論的なチレルソン境界と一致するかどうかを明らかにした。相補的な偏光物理量を測定結果に含む結合確率分布には、極端に事象数の少ない測定結果が現れる。この測定結果に関連する測定誤差を注意深く解析することで、チレルソン境界を超える量子相関には負の測定確率が必要であることがわかる。実際の実験で負の確率が得られることはあり得ないから、実際に達成しうるベルの不等式の破れの上限は Cirelson 境界であり、Cirelson 境界は測定の不確定性限界によって制限されていることが明らかとなった。第二の実験では、量子文脈性が実験データに現れるような量子相関を示す量子状態が、操作的に実現できるかどうかを調べる。実験的に得られる測定結果のみに基づいて、量子文脈性を示すような量子状態を準備する可能性を調べた。もつれの度合いが可変な偏光のもつれあい光子対が非局所相関を示すような量子状態に対して、ある決定論的条件を課すことで、入力状態準備をすることができる。実験セットアップ内で操作可能な二つの実験パラメータは、実際の測定に基づいて最適化される。この最適化手法を適応的入力状態制御と呼ぶ。適応的入力状態制御は、実験セットアップに含まれる可能性のある自明でない不完全性を自動的に反映したパラメータ値を返す。このような手法により、量子文脈依存性の操作的な検証が可能になるだけでなく、不特定多数のエラー源が存在する中で生成される量子状態入力を最適化する手法を提供することで、量子情報技術における最近の技術課題の解決に大きく貢献することができるだろう。