

複数点同時照射型量子ゴーストイメージング特性の対象物依存性及び照射点数最適化

岩間 優樹

指導教員：白田 毅

1 はじめに

ゴーストイメージングの特徴は「見えないものを見る」ことにある。現状のイメージング技術は、雨や霧などによるノイズに弱く、ゴーストイメージングはその解決手段として期待されており、今後自動運転用の全天候型の車載センサとして使えるのではないとも言われている。しかし、現状の量子ゴーストイメージングは、画像処理・取得に時間がかかるという問題があった。その策として我々のグループは、複数点同時照射型量子ゴーストイメージングという、捨てられた光子を生かす手法を検討してきた。尤度比を用いることで、繰り返し回数が少ない場合は単一照射より、複数点照射が優れている場合があることを示した [1]。これまで、イメージング対象を M 字のスリットであるときのみを考えたが、本研究では、上記研究を進め、イメージング対象が M 以外のスリットである場合やスリット比が不確定な場合、スリット比を反転させた場合などについて、PSNR の特性を示す。

2 量子ゴーストイメージング

次に、ゴーストイメージングの構成、具体的な手順について以下に示す [1]。

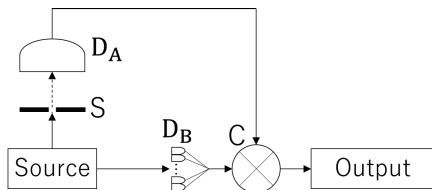


図 1: ゴーストイメージングの簡易的な構成図

図 1 の、 D_A は空間分解能のない検出器、 D_B は空間分解能のある検出器、 S は対象物、 C は相関器を表す。

1. 空間的に相関のある光を、 D_A (手前には対象物 S が位置する) と D_B の 2 方向へ照射する
2. 空間分解能のない検出器 D_A で光を検出することで、その試行で光が照射されている位置におけるスリットの有無を判定する
3. 空間分解能のある検出器 D_B で光源から直接照射された光を検出することで、その試行で光が照射されている位置を判定する
4. それぞれの検出器の出力の相関を取り、特定の 1 点の画素の有無を決定する
5. 以上の工程を繰り返し、全体の画像を構成する

また、今回使用する量子状態は、以下の式とする。

$$|\Psi_{i,j}\rangle = |0_L\rangle_{A_{1,1}} |0_L\rangle_{B_{1,1}} \cdots |1_L\rangle_{A_{i,j}} |1_L\rangle_{B_{i,j}} \cdots |0_L\rangle_{A_{d,d}} |0_L\rangle_{B_{d,d}} \quad (1)$$

$$|\Psi_P\rangle = \bigotimes_{p \in P} |1_L\rangle_{A_p} |1_L\rangle_{B_p} \bigotimes_{p \notin P} |0_L\rangle_{A_p} |0_L\rangle_{B_p} \quad (2)$$

3 シミュレーション結果

結果は図 3, 図 4, 図 5 のようになった。



図 2: 今回使用した対象物の文字 A, P, U.

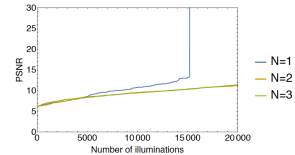


図 3: 平均 PSNR, 文字 A の場合.

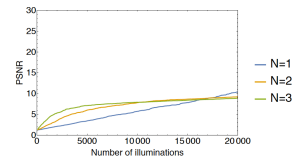


図 4: スリット比の見積もりが不確定な場合の平均 PSNR, 文字 A の場合.

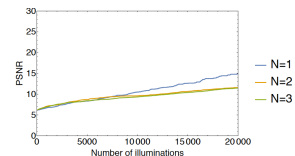


図 5: 白黒反転した場合の平均 PSNR, 文字 A の場合.

縦軸が PSNR, 横軸が、照射回数となっている。先行研究同様 5000 回程度の照射回数の少ない場合に複数点照射が有効であるという結果が得られた。また、スリット比の見積もりが正確でない場合は単一点照射が劣化が激しく相対的に複数点照射が優位であることが分かった。また、白黒が逆転した場合、かなり異なる結果が得られ、照射回数を増やしても複数点照射が多い場合が優位となった。

4 まとめ

本研究では、複数点照射型量子ゴーストイメージングについて、対象物が M 以外の文字の場合、スリット比が反転した場合、スリット比の見積もりが不確定な場合などについて、PSNR 特性を示した。

参考文献

- [1] 高橋祐斗, 王天澄, 宇佐見庄五, 白田毅, “複数点に同時照射する量子ゴーストイメージングの性能,” 電学論 (C), vol.142, no.8, pp.1933-1941, (2022)

公表論文

1. 岩間 山内 王 白田, 令和 3 年度電気・電子・情報関係学会 東海支部連合大会, F6-7, (2021)