

散乱媒質で生じるイメージ分解能劣化の低減

加茂 宗次郎

小林 弘和

岩下 克

1.はじめに

イメージング技術は多くの分野に応用されている。イメージングとは物体を像として可視化する技術である。イメージングの光源にレーザー光を使用した場合、散乱する物質が存在すると干渉により、スペックルと呼ばれる斑状のノイズが発生するため、イメージングの分解能の低下を引き起こす。本研究ではターゲットを透過し、散乱後に得られた光強度分布を行列計算により散乱が無い場合の光強度分布に復元することで、散乱の影響を無くすことを目的とする。

2.動作原理

開口物体を透過した光が散乱物質によって散乱され、CCDによって測定される光は干渉され粗くなる。散乱された後の光強度から散乱前の光強度を行列計算により求める。

$$\begin{pmatrix} I_1^{out} \\ I_2^{out} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} h_{11} & h_{12} \\ h_{21} & h_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} I_1^{in} \\ I_2^{in} \end{pmatrix}$$

行列の要素 h_{ij} を求めて出力強度 I_i^{out} に行列の要素 h_{ij} の逆行列を掛ければ入力強度 I_i^{in} を求めることができる。各行列を図1のように置き換え行列計算を行う。ターゲット透過後の行列を X 、伝播行列を H, H_0 、検出する光強度を Y, Y_0 とすると、 $Y_0 = H_0 X$ が成立し復元できる。しかし干渉は考えない。

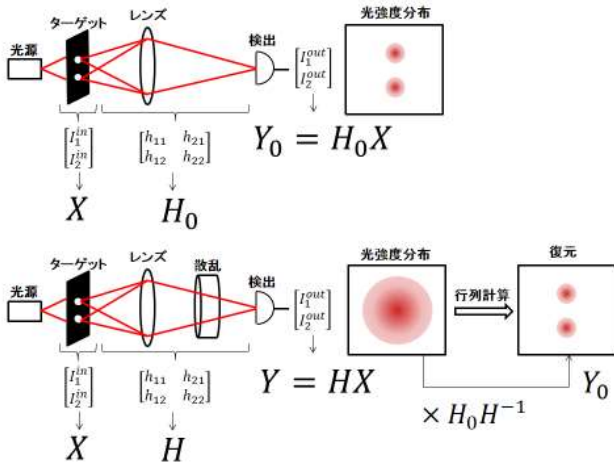


図1.行列の置き換えと計算

3.実験内容

原理では干渉を考えない。しかし実際は干渉が起こり計算できなくなるため、干渉を低減させる必要がある。本実験ではスペックルリデューサーを用いる。スペックルリデューサーは散乱媒質を振動させることで位相差を平均化することで干渉を無くす装置である。

3.1 SR 性能測定実験

先に干渉の影響低減に用いるスペックルリデューサー(以下 SR)の性能を測定する実験を行った。光源(635nm)でSRを透過し CCD カメラで測定する。このとき、SRをONとOFFの時の光強度を CCD カメラで測定する。

実験結果を図2(a),(b)に示す。結果から(a)では干渉の強度差によるスペックルが明確。(b)では強度差が平均化されスペックルが低減されている。SRは光の干渉を低減させていることがわかる。SRがOFFの場合、平均強度に対して強度差が83%変動し、SRがONの場合、平均強度に対し

て18%に抑制されている。これはSRが振動するため光の位相差がランダムとなり干渉が低減されているからである。図2(a),(b)からSROFFの場合、干渉が大きく明暗の差がはっきりと分かる。SRONの場合、干渉が小さく明暗の差が小さいことが分かる。

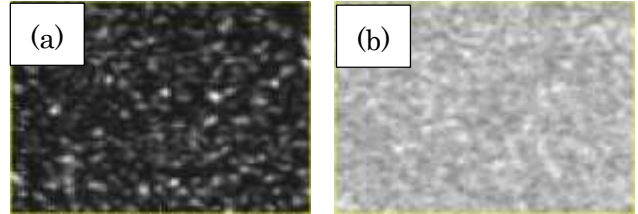


図2.SROFFのCCD図(a)SRONのCCD図(b)

3.2 レーザによる復元実験

レーザーとSRによる復元実験の構成を図3に示す。行列計算により復元し、散乱媒質の影響を低減できるか検証する。各行列成分の測定し、行列計算を行う。

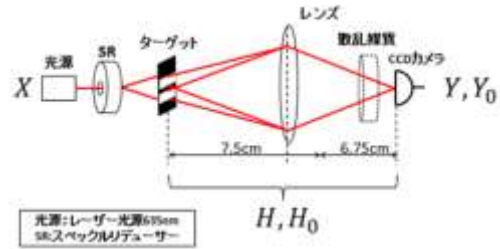


図.3 レーザとSRによる復元実験

SRの有無による復元実験結果を図4に示す。ターゲット上下の透過率を変化させた。SRが有る場合の復元結果は散乱無しの場合の光強度 Y_0 の平均値から7%の誤差となった。SRが無い場合の復元結果は光強度 Y_0 の平均値から15%の誤差となった。この結果からSRにより干渉の低減を行うことでより正確に復元できることがわかる。しかし、SR無しの誤差が15%という値は、干渉の影響が小さかったからだと考えられる。

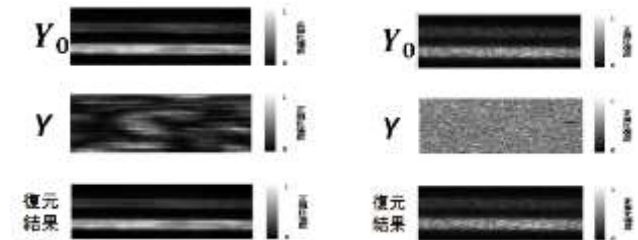


図4.SR無しの復元結果(左)SR有りの復元結果(右)

5.まとめ

本研究では光干渉におけるSRの性能の確認と、レーザーとSRを用いた復元を行うことができた。干渉の影響を大きくすれば標準偏差の値も大きく変化すると予想される。