時間ドメインにおける差動ゴーストイメジング

Differential ghost imaging in the time domain

°(M2)大岡 佳生 [1], 大村 史倫 [1], 安武 裕輔 [1,2], 深津 晋 [1] (1. 東大院総合、2. JST さきがけ)
°Y. O-oka[1], F. Omura[1], Y. Yasutake[1, 2], and S. Fukatsu[1] (1. UTokyo 2. JST-PRESTO)
E-mail: o-okayoshiki@g.ecc.u-tokyo.ac.jp

ゴーストイメジング(Ghost Imaging, GI)は、それ単独では情報を運ばない 2 光子(微弱な 2 光束)の相関を用いてマスクの振幅あるいは位相の 2 次元空間情報を遠隔再生する技術体系である。その発展形である差動型 GI(Differential Ghost Imaging, DGI)[1]は、GI の信号雑音比(SNR)向上の取り組みの過程で、高 SNR のコントラスト再生に特化して考案された GI の派生技術である。(D)GI は、マスクそのものやマスク透過光強度検出器ないしは途中の光路（空気）が擾乱を受けてもマスクを忠実に再現できる特徴があり、リモートセンシングなどへの応用が期待されている。

従来の GI は専ら空間ドメインに限定して研究がすすめられてきた。最近になって時間ドメイン(TD)上の GI の例[2]が報告されたが、振幅・位相変調の符号化に依拠する情報通信・処理の分野に GI の活路が展ける可能性を示している。例えば、レーザ直接変調による符合化方式では大きな直流背景に重畳した微弱な変調成分を再生する必要があるが、DGI を時間ドメインに適用することで GI よりも格段に小さな明瞭度の変調情報を読み出し・再生が可能になると考えられる。

本研究では、時間ドメイン DGI（TD-DGI）の実装を試み、明瞭度の小さな時間マスクの遠隔再生において DGI が GI よりも高 SNR で情報伝送可能なことを検証したので報告する。

ランダム光源には光振幅変調（160 Mbps）した通信帯 cw レーザ光源(1,560 nm)を用いた。3dB カプラ(C)でテスト光と参照光に分割した後、(1)参照光経路(Reference arm)では 0.4 ns 毎(t_1)、(2)テスト光経路(Test arm)では時間マスク(明瞭度 0.18)透過後の光強度(204.8 ns)の積算値を計測した。R-アームの測定値($I_{\mathrm{ref}}(t_1)$)および、T-アームの測定値(B)の R-アーム時間積算(204.8 ns)との差分(B_-)を 10^3 回計測し、同時相互相関関数

$$C_{\mathrm{DGI}}(t_1, \tau = 0) = \frac{< \Delta I_{\mathrm{ref}}(t_1) \Delta B_- >}{\sqrt{< \left(\Delta I_{\mathrm{ref}}(t_1)\right)^2 > < (\Delta B_-)^2 >}}$$

を求めることで図 2 に示す時間マスクの再生波形を得た。10^3 回測定を 10 セット繰り返して評価した SNR は、GI が 1.8、DGI が 11 となり、DGI の優位性が検証できた。

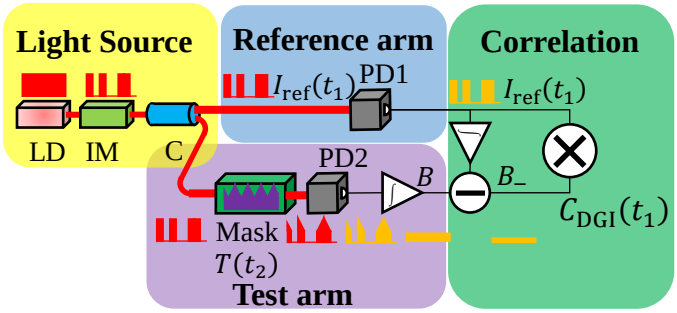

図 1 時間ドメイン DGI(TD-DGI)実装の概念図.

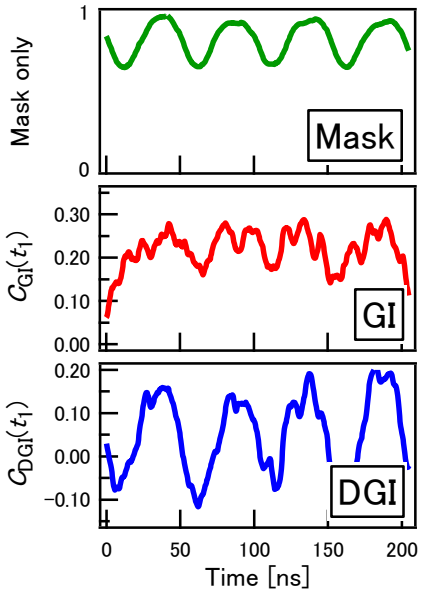

図 2 TD 上の GI 及び DGI の再生波形.

[1] F. Ferri, *et al.*, Phys. Rev. Lett. **105**, 219902 (2010). [2] P. Ryczkowski, *et al.*, Nature Photonics **10**, 167–170 (2016).