

強度干渉を利用した位相差増幅とその解釈

Phase Difference Amplification with Intensity Interferometry and Its Implication

産業技術総合研究所 ○白井 智宏

AIST, ○Tomohiro Shirai

E-mail: t.shirai@aist.go.jp

1950年代に天体の直径を測定するために考案された強度干渉法は、ハンプリー・ブラウン・トウイス効果として知られる光の強度ゆらぎの相関と関連して、現代量子光学の発展に貢献した[1]。その後、強度干渉法は自由電子や冷却原子など光以外にも適用され、それらの状態を測定するためのツールとしても利用されている[2]。さらに最近では、光による強度干渉法の新しい展開として、ゴーストイメージングや量子 OCT (光コヒーレンストモグラフィ) をはじめとする量子イメージングを、古典的に実現するための基盤となる理論として利用されている。本研究では、古典的強度干渉法の全く新しい機能として、これを利用して干渉縞に記録される位相差を 2 倍に増幅できることを理論と実験により明らかにする[3]。

Fig. 1 に示す光学系を考える。これは、量子 OCT を古典光を使って実現するための光学系[4]によく似ているが、サンプルの断層像ではなくその表面形状を取得するように改良されている。具体的には、準単色光によって照明されたサンプルからの反射光と参照光を、ビームスプリッタ BS2 に入力する。BS2 からの出力強度を 2 台の CCD カメラで取得し、それらの出力強度の相関を評価する。理論解析により、この強度相関は個々のカメラで取得される平均強度の積で与えられること、およびこれらの平均強度は通常の干渉計の出力と同じ干渉縞となるが、BS2 の作用により互いにその強度が反転することなどがわかった。これらの結果に基づき、強度相関として得られる干渉縞は、その縞の密度が 2 倍になることが理論的に示された。

理論の正当性を確認するために、Fig. 1 の光学系を単純化した光学系を利用して検証実験を行った。結果の一例を Fig. 2 に示す。個々のカメラで取得される平均強度 (干渉縞) はサンプルの表面形状に対応する位相差分布を表すが、強度相関として得られる干渉縞は、あたかもサンプルの位相差分布が 2 倍強調されたように縞の密度が 2 倍となっている。このような位相差増幅は、干渉計測における感度と精度を向上させるために重要な役割を果たす。

本研究の一部は、JSPS 科研費 25390104 および 16K04990 の助成を受けた。

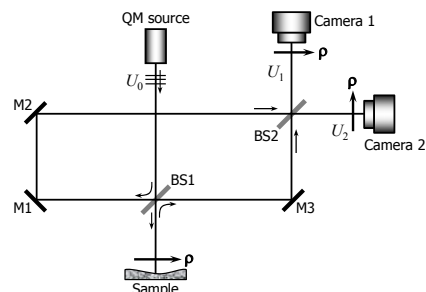


Fig. 1. Setup for phase difference amplification based on classical intensity interferometry.

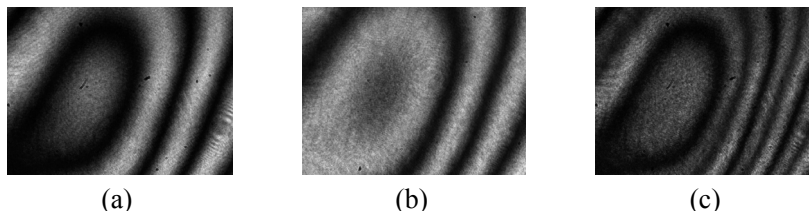


Fig. 2. Averaged intensities captured by Camera 1 (a) and Camera 2 (b), and the corresponding intensity correlation (c).

- [1] エミール・ウォルフ著/白井智宏訳, 光のコヒーレンスと偏光理論 (京大学術出版会, 2009), 第 7 章.
- [2] H. Kiesel, *et al.*, Nature **418** (2002) 392; M. Schellekens, *et al.*, Science **310** (2005) 648.
- [3] T. Shirai, Opt. Commun. **380** (2016) 239.
- [4] T. Shirai and A. T. Friberg, Opt. Lett. **38** (2013) 115; J. Opt. Soc. Am. A **31** (2014) 258.