

疑似ヒルベルト変換とペアフィルタを用いたチャープした光コムによる 瞬時高解像度 3 次元形状計測

One shot 3D shape measurement using a pseudo-Hilbert transform and a paired filter with chirped frequency combs

○(P)加藤 峰士^{1,2}、(M2)内田 めぐみ^{1,2}、(M1)田中 優理奈^{1,2}、美濃島 薫^{1,2}

(1.電通大、2. JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザ)

○(P)Takashi Kato^{1,2}、(M2)Megumi Uchida^{1,2}、(M1)Yurina Tanaka^{1,2}、Kaoru Minoshima^{1,2}

(1. The Univ. of Electro-Communications (UEC), 2. JST, ERATO MINOSHIMA Intelligent Optical Synthesizer (IOS))

E-mail: takashi.kato@uec.ac.jp

近年では、工学・産業で高精度な瞬時 3 次元計測手法が切望されており、我々は高い制御性とコヒーレンスを有した超短パルス列である光コムを用いて、超高精度とダイナミックレンジを同時に実現する手法を開発している。これまでに、チャープした超短パルスを用いた時間・空間・周波数情報の瞬時変換手法[1]に基づき、実用性の優れたファイバレーザによる光コムのスペクトル干渉を用いて瞬時 3 次元計測手法を開発し、大型反射物体の形状情報を高精度・超高速に凍結して取得することに成功した[2]。また、断層計測への応用や、バンドルファイバによる同時多点計測を行い、sub- μm の不確かさで 3 次元内部構造を瞬時取得できた[3]。本手法は超短パルスによる 3 次元無走査測定であるため、動的物体にも適応可能であり、フェムト秒程度の超高速現象に対しても有効である。一方で、スペクトル干渉縞を検出するためにイメージング分光を用いた場合、1 度に 2 次元形状だけしか取得できない。そこで、ペアフィルタを用いて波長情報を強度比に変換し、画像素子で受光することで高解像度の 3 次元形状計測を瞬時に行う手法を開発した。

チャープした超短パルスのスペクトル干渉縞を単一の受光素子で受光すると、特定波長の干渉強度だけが強調されるため、元の光源スペクトル形状を包絡線にもつ干渉信号が得られる。そのため遅延時間にスペクトル強度を対応付けることが出来る(図 1(a))。この干渉包絡線強度はヒルベルト変換を光学的に実現することで計測出来る。実験では、ファイバで正と負のチャープを与えた光コムをプローブ光と参照光に分け、参照光は互いに 90 度異なる位相を与えて色フィルタ越しに撮影した(図 1(b))。この時使用した 2 枚のフィルタの透過スペクトルは対向しているため、その比をとることで遅延時間に対し 1 対 1 に対応する強度比を得ることが出来る。位相差を与えた 2 つの参照光と 2 つのフィルタを組み合わせた 4 種類の画像を 1 度に取得することで、瞬時に高解像度 3 次元形状が取得できる。図 1(c)は遅延に対する強度比の測定値であり、プロットした 2 次の近似曲線(残差 226 μm)は校正曲線となる。これをもとに金ミラーと硬貨の 3 次元形状を測定した結果が図 1(d)と(e)である。どちらも同時取得可能な 1 組の画像からの測定結果である。ミラーの表面形状の不確かさは 25 μm であった。これは参照光の位相差を安定化することで低減できる。

本研究は、JST, ERATO 美濃島知的光シンセサイザプロジェクトの助成を受けた(グラント番号 JPMJER1304)。
[1] K. Minoshima, H. Matsumoto, Z. Zhang, and T. Yagi, *Jpn. J. Appl. Phys.*, **33**, L1348–L1351 (1994). [2] T. Kato, M. Uchida, and K. Minoshima, *Sci. Rep.*, **7**(1), p. 3670, 2017. [3] T. Kato, M. Uchida, Y. Tanaka, and K. Minoshima, *CLEO2017*, SF2C.5.

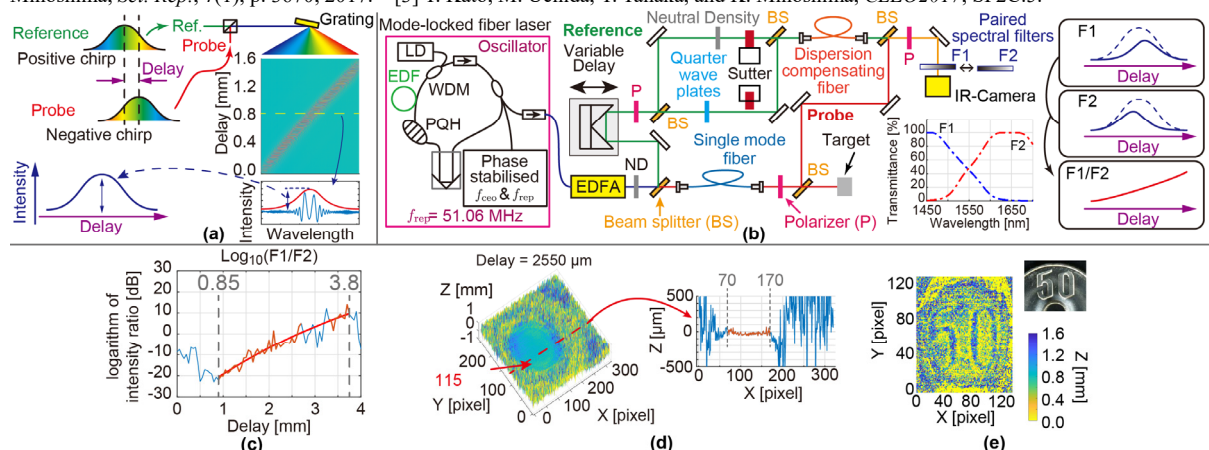


図 1 (a)スペクトル干渉とその包絡線強度 (b) 実験配置図 (c) 異なる遅延で計測された強度比 (d) 計測した金ミラーの 3 次元形状と 2 次元断面 (e) イメージング光学系を用いて計測された硬貨の 3 次元形状