

# チャープパルスを用いた超高速現象のデジタルホログラフィー

## Chirped Pulse Digital Holography for Recording Ultrafast Phenomena

千歳科技大 ○唐澤 直樹

Chitose Institute of Science and Technology, ○Naoki Karasawa

E-mail: n-karasa@photon.chitose.ac.jp

本研究はフェムト秒オーダーの超高速現象の位相・振幅画像を超短時間間隔で複数枚記録するための新たなデジタルホログラフィーの手法とそのシミュレーション結果に関するものである。ここで超高速現象としては例えば超短パルスレーザー光の集光による気体の放電現象やポリマー材料の加工過程等を想定している。デジタルホログラフィーは CCD 等の画像センサーに物体光と参照光の干渉縞を記録し、計算によって物体光を再生する手法であるが、物体光の波面が再生できるため超高速現象の解明に非常に有用と考えられる。従来、フェムト秒オーダーのデジタルホログラムを超短時間内に複数枚記録する手法として光パルスをビームスプリッターで複数の物体光と参照光の組に分割し、それぞれの組の干渉縞を異なる遅延時間と異なる光軸からの角度で多重記録する研究等があるが、光学系が複雑であり、画像枚数の増加が難しいという欠点があった。本研究では参照光として単一のチャープパルスを用い、それを複数の物体光パルスと干渉させる。物体光パルスと参照光パルスが干渉するタイミングによって参照光パルスの瞬時周波数が異なるため、それぞれのタイミングで画像センサーに記録される干渉縞はその空間周波数がタイミングによって異なるものとなる。再生の際は干渉縞画像をフーリエ変換し、異なる時間に対応する空間周波数成分のみをローパスフィルターによって取り出し、その逆変換により各タイミングにおける波面情報を得ることができる。Fig.1 に実験系を示す。ここで超短光パルスを物体光と参照光に分割し、参照光には大きな群遅延分散 (GDD) を与えて大きなチャープを与えている。また物体光は干渉計に類似した光学系で2つのパルス列としており、これらのパルスは超高速現象 (UP) の領域を異なる時間でプローブしてそれぞれの時間の波面を得ている。これらのパルスはチャープされた参照パルスと異なる時間で干渉し、それぞれの時間における参照パルスの瞬時周波数に対応した干渉縞が CCD に多重記録される。ただしこのためには GDD によって与えられるチャープパラメータ  $\gamma$  が  $\gamma \gg 1$  という擬単色波条件を満たす必要がある。Fig.2 に観測される超高速現象のシミュレーション結果例の振幅と位相をグレイスケールで示す。このとき物体光としては振幅が一定の半円形で2次位相を持つものを想定している。ここでは中心波長 800 nm、パルス幅 10 fs のパルスを用い、参照パルスはそれに GDD を与えてパルス幅を 100 倍に引き伸ばしたものとしている ( $\gamma=100$ )。物体パルスは  $t_1=-500$  fs と  $t_2=500$  fs で参照パルスと干渉してホログラム記録を行っている。Fig.2 の上段に物体光パルスに与えられた振幅と位相 ((a)と(b)がパルス 1、(c)と(d)がパルス 2) を示し、下段にデジタルホログラフィーから再生されたそれぞれの物体パルスの振幅と位相を示す。図に示されるように 1 ps の時間間隔の波面情報が良く再現されていることがわかる。

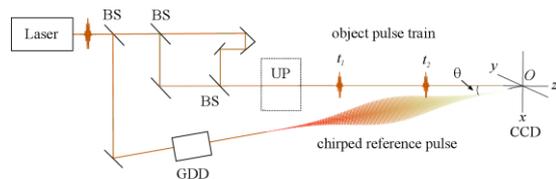


Fig.1 Experimental setup.

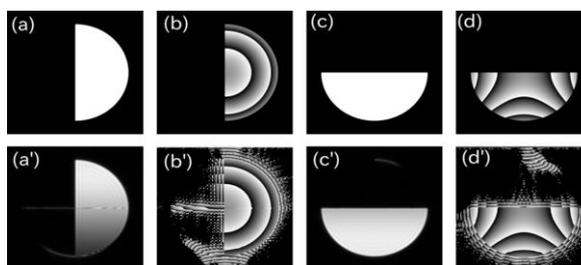


Fig.2 (a) and (c) show intensities of object pulses 1 and 2. (b) and (d) show the phases of object pulses 1 and 2. (a') and (c') show the intensities of the reconstructed wavefronts 1 and 2. (b') and (d') show the phases of the reconstructed wavefronts 1 and 2.