

光の偏光が超高速で伝播する様子の スローモーション観察可能な超高速イメージング

広島大学 大学院統合生命科学研究科

井上智好

京都工芸繊維大学 大学院工芸科学研究科

佐々木みか, 松中敦志

千葉大学 大学院工学研究院

角江 崇

神戸大学 次世代光散乱イメージング科学研究センター

的場 修

京都工芸繊維大学 高度技術支援センター

西尾謙三

京都工芸繊維大学 電気電子工学系

粟辻安浩

1. はじめに

近年, 100 兆分の 1 秒から 10 兆分の 1 秒の極めて短い時間だけ光を照射できる超短パルスレーザーが様々な分野で利用されている¹⁻⁴⁾。例えば, レーザー加工で超短パルス光を使用すると, 高いピークパワーの光が短時間で材料に作用するため加工表面が分解・蒸散する。これにより, CO₂ レーザーのような連続波レーザーを用いた熱加工による材料の熔融・除去と比較して, 材料への熱拡散が抑えられるため損傷が少ない加工を実現できる^{5,6)}。ほかにも, 光パルスの時間幅の短さを利用した高速撮影法や時間分解分光法が最先端の計測技術として開発・利用されている⁷⁾。我々の研究グループでは, このような超短パルスレーザーを用いた技術の基盤とすべく, 光パルス自体が空間・物質中を伝播する様子を画像, 特に動画像で記録して観察する技術を研究している。当該技術は, light-in-flight ホログラフィー⁸⁻¹¹⁾と呼ばれる, ホログラフィーと超短パルスレーザーを組み合わせたものであり, 光伝播の三次元情報も取得できる¹²⁾。本解説論文では著者らが開発した, 超短パルス光が超高速で伝播する様子のスローモーション観察とその偏光状態を同時に取得できる技術^{13,14)}について述べる。

2. 提案技術

2-1 Light-in-flight ホログラフィー

はじめに, 提案技術の基盤となる light-in-flight ホログラフィーの記録および再生原理について述べる。本技術は, 光の干渉と回折を利用した三次元画像技術であるホログラフィーと超短パルスレーザーなどの低コヒーレンス光源を組み合わせた, 超短パルス光の伝播を動画像で記録・観察できる技術である。図 1 に, light-in-flight ホログラフィーの記録および再生原理の概略図を示す。本論文では光源には低時間コヒーレンス光源として, パルスレーザーを用いる場合で説明を行う。光源である超短パルスレーザーから出射された光パルスをビームスプリッターなどで二分し, 一方を拡散物体に斜入射させて光の伝播を観察する(図 1(a))。拡散物体を通過する際, 超短パルス光は物体の形状などに依存して異なる場所および時刻で拡散・散乱される。この時発生した拡散・散乱光を記録対象である物体光パルスとする。この物体光パルスは, 物体上の異なる場所と時刻で発生しているため, 記録材料上の異なる場所に異なる時刻で到達する。先に二分したもう一方の光パルスを記録の基準となる参照光パルスとして記録材料に斜入射させる。参照光と呼ばれる光は, 干渉縞を記録するホログラフィーにおける基準となる光であり, light-in-flight ホログラフィーでも用意する必要がある。また一般的に, 斜入射させる角度は, 物体光パルスを発生させる時と同じであるが記録条件に依存する。斜入射させ