

超高速現象の多元的な理解に向けた 全光学的イメージングの展開

東京大学 大学院工学系研究科
島田啓太郎, 佐伯峻生, 中川桂一

1. はじめに

近代科学の進展は、常に新しい現象の観測技術の発展と密接に関わってきた。中でも、高速度イメージングは、我々の視界を超えた高速な現象を理解するまでに不可欠なツールとして、繰り返し技術革新を遂げてきた。19世紀後半に機械的な機構に基づく高速度イメージング法が考案され¹⁾、その後ストロボフラッシュや電気シャッタなど電子技術を利用したイメージング法が次々と開発された。20世紀後半には、CCDやCMOSイメージセンサを利用した高速度カメラが登場し、これが現代において最も広く使用されている技術となっている。最近では、10 nsのフレーム間隔（フレームレートの逆数）の撮影を可能とするカメラが実現している^{2,3)}。一方で、光学的な遅延回路に基づく時間分解ポンプ・プローブ法を用いることで、フェムト秒からナノ秒の時間分解能で現象の撮影が可能である。ただし、この手法では現象を誘起するポンプ光に対し、計測に用いるプローブ光の遅延時間を変化させて繰り返し計測を行う必要があるため、非反復的な現象の撮影は原理的に不可能である。

2014年、筆者らのグループは、その制約を乗り越える新しいイメージング技術、Sequentially timed all-optical mapping photography (STAMP) (図1)を発表した⁴⁾。STAMPは超短パルスを活用した全光学的手法であり、フェムト秒からナノ秒のフレーム間隔での動画像取得を実現している。それ以降、Compressed ultrafast photography (CUP)⁵⁾や Frequency recognition algorithm for multiple exposures (FRAME)⁶⁾など多くの超高速イメージング法が開発され、ほぼ全ての時間領域にて動画像の取得が可能となったと言える。

現在の高速度イメージング技術開発は撮影速度の追求に加えて、現象の分光的情報や3次元プロファイルなど、より多くの情報を取得する技術開発が進んでいる。本稿では、超高速現象の多元的な理解に向けたSTAMPの応用技術について紹介する。はじめに、STAMPの撮影原理について説明する。次に、分光イメージングへの応用技術であり、プラズマの電子密度の定量計測も実現した、Two-color (TC-)STAMPについて説明する。さらに、2方向同時計測により、衝撃波の3次元挙動の可視化を実現した、Dual-view (DV-)STAMPについて説明する。

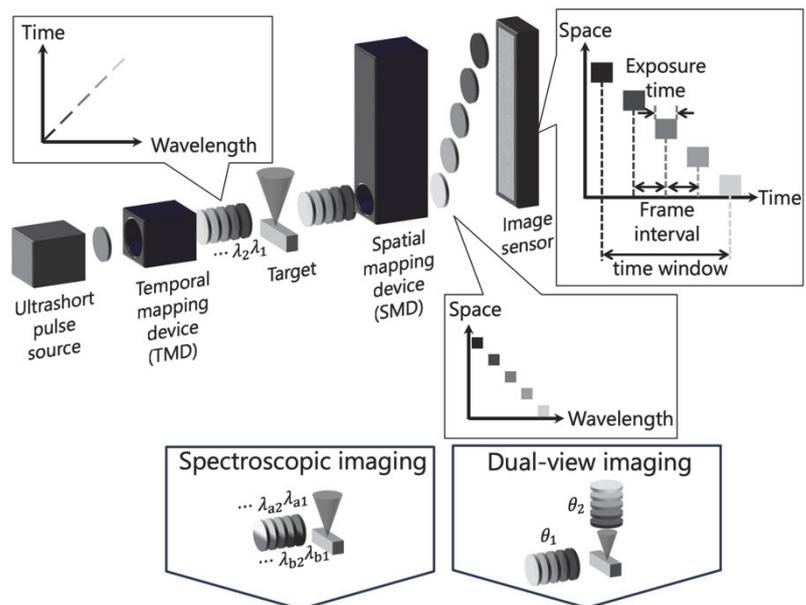


図1 超高速撮影手法 STAMP の概要⁴⁾と展開