



レーザーで疑似太陽光を作る

東北大学 吉澤雅幸

生命の長い進化により生み出された光合成系は、太陽光を巧みに有効利用する光アンテナを持っている。光アンテナの光捕集作用には効率が 100%に近いものもあり、我々はその機構解明を目指している。光捕集作用は超高速で起きているため、研究には超短パルスレーザー光が用いられる。しかし、本ニュース[1,2]で紹介されたようにレーザー光と太陽光では光アンテナの応答が異なる可能性が指摘されている。我々は超高速現象の研究に応用できる疑似太陽光の開発を進めており、今回はその試みについて紹介する。

太陽光を再現する光源としては、いわゆるソーラーシミュレーターが市販されている。これは太陽光のスペクトルを再現したものであり、光合成や太陽電池の効率向上の研究に用いられている。しかし、我々の研究では太陽光の時間的特性を再現する必要がある。レーザー光はコヒーレントで時間的に安定した光源であり、フォトン統計性はポアソン分布で表わされる。一方、太陽光は黒体放射によるランダムな特性をもつ光であり、フォトンの分布はサーマル統計で表わされる。サーマル光は、同じ平均強度のレーザー光と比べると、多数のフォトンが同時に放出される確率が高くなっている。これはバンチングと呼ばれる現象であり太陽光の特徴となっている。

安定したレーザーからバンチングした光を直接得ることはできないが、レーザー光を回転しているすりガラスで散乱させるとサーマル光と同じ特性が現れる[3,4]。この手法では、すりガラスのランダム構造により散乱光が時間的に変化するので、フォトンが集中するバンチング状態が作り出される。この光を用いた半導体微粒子の研究では、電子正孔対のダイナミクスがレーザー照射とは異なることが報告されている[4]。

光捕集作用の研究ではフェムト秒の時間特性をもつサーマル光が必要となるが、すりガラスのように機械的な動きを利用する方法ではナノ秒の時間特性が限界である。そこで、フーリエ合成と呼ばれる超短光パルスの波形整形技術[5]の応用を計画している。この手法では光を波長分解して波長ごとに異なる変調を与える。変調パターンを制御することで、再び合成した光パルスの波形を自在に変えることができる。我々は変調の特性をランダムにすることでサーマル光の特性が得られると考えている。

生成した超短光パルスがサーマル光と同じ特性をもつことを確かめる必要もある。従来のナノ秒サーマル光の検証では、フォトンを検出した電気信号の時間的特性を調べている[3,4]。しかし、電気信号ではフェムト秒の時間分解ができないため、光の段階で時間分解をする必要がある。しかし、フォトンの統計性の測定は微弱光領域で行われるので、従来の光学的測定法では困難である。そこで、フォトン検出の時間分解能を変えて統計性を検証する方法[6]を発展させることにした。我々の開発した方法ではフォトン検出の時間分解能を光学的に変えることができるため、微弱光でもフェムト秒領域の統計性検証が可能となる。

既にフェムト秒レーザーを光源とした検証装置のテストを開始している。サーマル光の開発が順調に進み、光合成系に応用した成果をこのニュースで紹介できることを期待している。

- [1] 橋本秀樹, CanApple ニュース(62).
- [2] 橋本秀樹, 藤原正澄, CanApple ニュース (87).
- [3] T. Kazimierczuk, et al., *Phys. Rev. Lett.* **115** (2015) 027401.
- [4] M. Strauss, et al., *Phys. Rev. B* **93** (2016) 241306(R).
- [5] A. M. Weiner, *Rev. Sci. Instrum.* **71** (2000) 1929.
- [6] M. Assmann and M. Bayer, *Opt. Lett.* **37** (2012) 2811.