

研究課題名 光応答関数の直接取得に立脚する分光原理が拓く材料評価技術

電気通信大学・大学院情報理工学研究科・教授

みのしま かおる
美濃島 薫

研究課題番号： 21H05014

研究者番号： 20358112

研究期間： 令和3年度～令和7年度 研究経費（期間全体の直接経費）： 144,700千円

キーワード： 光周波数コム、デュアルコム分光、光位相制御、時間・空間特性

【研究の背景・目的】

近年、様々な新しい特性を持つ物質・材料が生まれてきている。これらの中には、省エネルギーデバイスや高機能メモリなどの革新的機能を生むものもあり、その特性を詳細に知ることは、基礎科学としての興味のみならず、利用の上でも重要である。しかし、中には特性が空間的な秩序構造依存を持つものや、動的に変化するものなど、非一様で非定常的な場合もあり、単機能な手法や単純なモデルでは詳細な評価は難しい。一方、既存評価技術においては、特性ごとに手法が特化していることが一般的であり、装置および試料をその都度構成し直すことが必要で、複数の評価特性間の同時性・整合性を担保することが難しい。加えて、時間・空間特性や外場応答などを高分解能かつ広範囲に評価するのは困難である。そのため、物質の特性を直接的かつ包括的に理解するための、新たな計測・分析手法の構築が望まれている。

本研究では、このような従来技術の課題を解決するために、分光の基本原理に立ち返り、光電場の応答を完全解析することで、光伝搬そのものから『光に刻み込まれた情報を取り出す』という発想に基づき、多様な物質・材料・デバイス特性を直接解明する手法を開発する。特に、高速・高精度・広範囲・マルチモーダルに包括的な特性を取得できる分光技術を創出することで、多彩な対象に応用できる適用性の広い評価手法の学理確立をめざす(図1)。

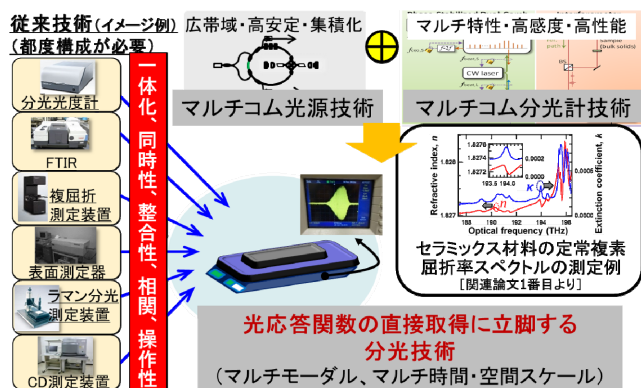


図1. 本研究の目指す分光技術のイメージ

【研究の方法】

本研究では、以上の目的を達成するため、近年進展の著しい光波の高精度かつ自在な制御・操作技術を導入し、光パルスの電場波形を完全解析することによって、その入出力応答として物性情報を得る手法を開発する。そのために、精密な櫛状スペクトルを有し、同時に、時間的には制御された超短パルス列である先端

光源、光コム（コムは「櫛」の意味）を用いる。特に、わずかに繰り返し周波数（櫛の歯間隔）の異なる複数の光コムを用いたマルチコム分光によって、数 100 THz の高周波領域の光パルス電場波形をマルチヘテロダイン検出によって直接取得する独自技術『分光ネットワークアナライザ』技術を開発する。具体的には、実用的な光コム光源を広範な波長領域で実現するとともに、光コムの制御によって複数の超短パルス列間の相互コヒーレンスを精密かつ動的に制御・操作する技術を開発し、広帯域・高速・高感度な高機能分光手法を実現する。さらに、この分光技術の新原理を物質特性評価技術に適用することによって、マルチ特性・機能の同時評価とともに、超高速応答から長時間変動、マイクロからマクロ特性のマルチ時間・空間スケール特性という『3つのマルチ』を兼ね備えた評価技術を開発する。実用光源と分光計の融合システム基礎技術を開発し、包括的な分光計測手法の基盤学理を確立する。

【期待される成果と意義】

本研究は、科学技術の基盤である分光技術において、その原理に立ち返り、光と物質の相互作用の本質に立脚した分光原理によって従来法の課題解決を図るもので、物質・材料科学やその応用分野に広く恩恵をもたらすと期待される。例えば、特性が未知の新奇材料研究において、健康診断の血液検査のような位置づけの包括的かつ高速なファーストステップ評価手法の構築が考えられる。さらに、そのような手法によって多彩な材料特性情報が蓄積されれば、ビッグデータとAIを活用した新機能デバイス開発などへの貢献が期待される。また、本研究で開発する分光技術は高精度かつ高感度、高速性を同時に実現する従来にない特徴を持つ技術で、材料評価に留まらず、医療・環境、Society5.0におけるセンシング技術など、多岐にわたる科学・技術分野の基盤技術となると期待される。

【当該研究課題と関連の深い論文・著書】

- ・ A. Asahara, A. Nishiyama, S. Yoshida, K. Kondo, Y. Nakajima, K. Minoshima, Dual-comb spectroscopy for rapid characterization of complex optical properties of solids, *Opt. Lett.* **41**, pp. 4971-4974 (2016).
- ・ A. Asahara, K. Minoshima, Development of ultrafast time-resolved dual-comb spectroscopy, *APL Photonics* **2**, pp. 041301-1-6 (2017).

【ホームページ等】

<http://www.femto-comb.es.uec.ac.jp/>
k.minoshima@uec.ac.jp