

# 超感度表面増強ラマン散乱の 増強因子の導出

バイオセンシング研究グループ・伊藤 民武

## 研究のねらい

●背景：分子ラマン分光では詳細な生体分子の識別が可能となる利点があり近年大きく広がっている。しかし、感度が蛍光法などの他の分光法より非常に低い為、感度の増強が重要となる。

●何を解決しようとするのか：この低感度の問題点を金属ナノ粒子のプラズモン共鳴によるラマン散乱増強を用いて解決する手法(表面増強ラマン散乱)がある。その増強メカニズムの不明瞭さを解決する。

●研究の意義：プラズモン共鳴によるラマン散乱増強メカニズムの解明を行った。この結果、プラズモン共鳴と分子の強結合状態が一分子レベルのラマン検出を可能としていることを明らかにした。

## 新規技術の概要と特長

**開発した技術の核心**は、プラズモン共鳴と分子の共鳴との電磁気学的強結合モデルを用いてラマン散乱増強を定量する事である。

電磁気学的強結合モデルとは、真空電磁場を介してプラズモン共鳴と分子の共鳴が結合しているという連成振動子のモデルである。その結合エネルギーからラマン散乱増強やラマン消失を理論的に導くことが出来る。

**従来法**では、ラマン増強を発現している金属ナノ粒子の形状を電子顕微鏡等で測定して、その形状に基づいてFDTD法(Finite-difference time-domain method; FDTD method)などの電磁場解析法でラマン散乱増強を導いてきた。

**新規技術**では、ラマン散乱増強を引き越している金属ナノ粒子のプラズモン共鳴スペクトルが増強失活時に示す「変化」を利用してラマン散乱増強を導く。

この変化を電磁気学的強結合モデルを用いて解析することでプラズモン共鳴と分子共鳴との結合エネルギーが導かれる(図1)。この結合エネルギーからラマン散乱増強を導くことが出来る。導いたラマン散乱増強から実験で得られた一分子レベルのラマン散乱スペクトルを定量的に再現することに成功している(図2)。

## 期待される連携・応用分野

- ・表面増強ラマン基盤開発と定量評価
- ・表面増強ラマンによる極微量生体分子や細胞の高感度検出
- ・表面増強ラマンによる触媒反応の高感度分析

## 関連特許および文献

- ・ T. Itoh, Y. S. Yamamoto, J. Chem. Phys. 149, 244701 (2018).
- ・ T. Itoh, Y. S. Yamamoto, T. Okamoto, Phys. Rev. B 89, 195436 (2019)
- ・ T. Itoh, Y. S. Yamamoto, T. Okamoto, J. Chem. Phys. 152, 054710 (2020).

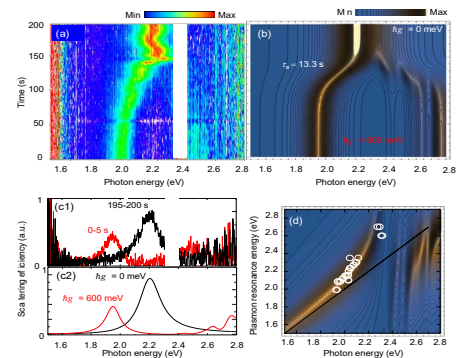


図1 (a)と(b)実験と強結合モデルで得られたプラズモン共鳴の変化。(c1)と(c2)実験と強結合モデルで得られたプラズモン共鳴スペクトル変化。(d)見積もられた結合エネルギー

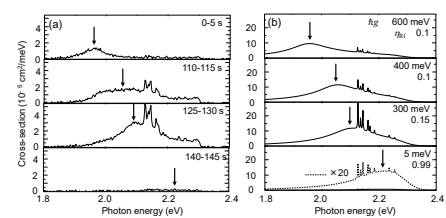


図2 (a)と(b)実験と強結合モデルから得られたラマン増強因子から見積もられた一分子レベルの表面増強ラマンスペクトル。両者はほぼ定量的により一致を示している。