

群論を用いた金属ナノ構造体の光学特性の解明

Optical properties of metal nanostructures studied by group theory

早大院先進理工¹, 北大電子研², 分子科学研究所³

○(M1) 上田 慎二¹, (M2) 長谷川誠樹¹, 市川陽一¹, 上野貢生², 三澤弘明², 岡本裕巳³, 井村考平¹

Waseda Univ.¹, Research Institute for Electronic Science², Institute for Molecular Science³

○Shinji Ueda¹, Seiju Hasegawa¹, Yoichi Ichikawa¹, Kosei Ueno², Hiroaki Misawa², Hiromi Okamoto³,
Kohei Imura¹

E-mail: s.ueda@asagi.waseda.jp

【緒言】金属ナノ構造体は、プラズモン共鳴により特異な光学特性を示す。プラズモンは、自由電子の定在波として捉えることができ、近似的に自由粒子の固有関数の二乗振幅と対応させることができる。複雑な構造体であっても固有関数の空間特性を理解することで、光学特性が理解可能である。本研究では、ディスクおよび格子構造をモデルとして、構造内部における粒子の固有関数を計算し、固有エネルギーと対称性を基に類似形状の金属ナノ構造体の光学特性を理解することを目的とした。

【実験】直径 500 nm、厚み 35 nm の金ナノディスクと外形 500 nm、太さ 100 nm、厚み 40 nm の金格子（井型）構造を対象に、離散双極子近似（DDA）を用いて光学特性を評価した。また、有限要素法（FEM）を用いて、ディスクと格子構造の固有関数と固有エネルギーを算出した。

【結果・考察】FEM により計算したディスク内部の固有関数の二乗振幅像を図 1 に示す。図中(a)は最低次モード、(b-f)は高次モードである。ディスクが $C_{\infty v}$ 点群に属すると仮定すると、表 1 の指標表を用いて金ナノディスクの光特性を推定できる。例えば、ディスク鉛直方向からの光照射では、プレート面内に分極した、 Π 対称種、つまり図 1(b)と 1(f)が励起される。金ナノディスクの散乱スペクトルには、波長 600 nm 近傍にピークが観測され、これは図 1(b)のモードに帰属される。指標表を用いた検討からディスク面外に分極するモードも励起可能である。プレート面に p 偏光を斜入射した場合に、図 1(d)に相当するモードが波長 730 nm 近傍に励起される。より複雑な幾何形状である金格子構造に同様の検討を適用とした結果、ディスク同様に面内と面外に分極したモードが存在すること、群論を用いた解析により固有関数を基に光学特性を理解可能であることが明らかとなった。

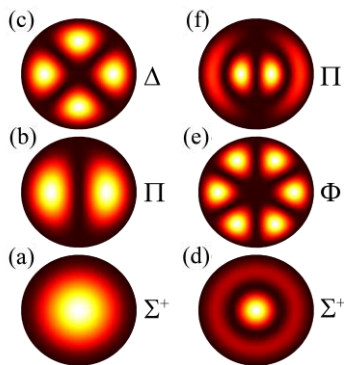


Fig. 1 (a-f) Square moduli of eigen functions of a free particle confined in a circular potential well.

Table 1. Character table of $C_{\infty v}$ point group.

$C_{\infty v}$	E	$2C_{\infty}$	...	$\infty\sigma_v$	
$A_1 \equiv \Sigma^+$	+1	+1	...	+1	z
$A_2 \equiv \Sigma^-$	+1	+1	...	-1	R_z
$E_1 \equiv \Pi$	+2	$+2\cos(\phi)$	...	0	$(x, y) (R_x, R_y)$
$E_2 \equiv \Delta$	+2	$+2\cos(2\phi)$	...	0	
...	...	...	...	...	
E_n	+2	$+2\cos(n\phi)$	...	0	