

不規則形状塵によるシリケートピークの解析

中村 吉宏、浅田 章大、浦川 聖太郎、岡田 靖彦、野村 英子、向井 正 (神戸大学自然科学)

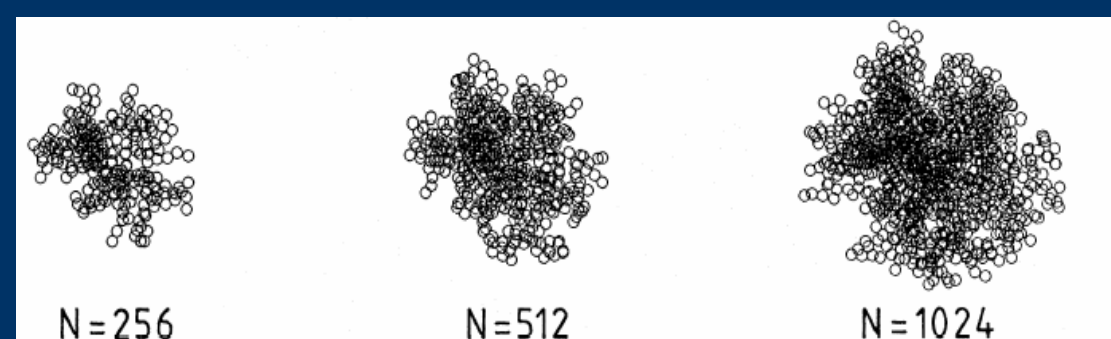
概要

不規則な形状のフラクタル粒子(BPCA : Ballistic Particle Cluster Aggregate)を用いてシリケートの波長10 μ m付近のスペクトルを解析した。解析の手法は、ダストによる光の吸収効率を求めるために、球形粒子にはMie theoryを、フラクタル粒子にはDDA codeを用いた。フラクタル粒子の温度を求める際に、短い波長ではDDA codeで吸収効率を計算できないので、Maxwell-Garnett近似でフラクタル粒子の複素屈折率を求めMie theoryにより計算した。同体積の粒子について計算すると、粒径が小さいと球形粒子、フラクタル粒子とも波長10 μ m付近にピークが見られるが、粒径が大きくなると球形粒子ではピークが見えなくなるのに対し、フラクタル粒子でははっきりとしたピークが見られた。

1. はじめに

使用した物質・・・glassy olivine (Dorschner et al. (1995))
crystal olivine (Mukai & Koike (1990))
の複素屈折率 $m^*=n+ik$ のデータを用いた。

BPCAとは・・・ある1個の粒子(半径 r_0)にランダムな方向から同じ半径の粒子を1個ずつN個衝突させて形成したアグリゲイト



Kozasa et al. (1992)

$$\text{慣性半径 } R_g = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N |r_i - r_c|^2}{N}}$$

$$\text{characteristic radius } a_c = \sqrt{\frac{5}{3}} R_g$$

	R_g (μ m)	a_c (μ m)	porosity	a_{eff} (μ m)
512個	1.18	1.52	0.856	0.800
1024個	7.65	9.89	0.868	5.00

$$\text{Porosity} = \frac{\frac{4}{3}\pi a_c^3 - \frac{4}{3}\pi r_0^3}{\frac{4}{3}\pi r_0^3} = 1 - \left(\frac{r_0}{a_c}\right)^3 \cdot N \quad \frac{4}{3}\pi a_{eff}^3 = \frac{4}{3}\pi r_0^3 \cdot N$$

2. DDAとMaxwell-Garnett近似+Mie theoryでのCabsの比較

吸収効率 Q_{abs} の求め方：球形粒子・・・Mie theory フラクタル粒子・・・DDA code

DDAはサイズパラメータ $X=2a/\lambda < 15$ で適用

$C_{abs}=G \times Q_{abs}$ (G ・・・DDA : a_{eff}^2 、Maxwell-Garnett + Mie : a_c^2)

Maxwell-Garnett近似・・・2種類の物質からなる粒子の誘電関数を、それぞれの物質の誘電関数の平均として考える。フラクタル粒子の場合、真空中($n,k)=(1,0)$ に粒子があると考える。

$$\epsilon_{av} = 1 + 3f \frac{\epsilon - 1}{(\epsilon + 2) - f(\epsilon - 1)}$$

$a_{av}=(m^*)^2$ より、 m^* を求める。

$f = 1 - \text{porosity}$ 物質の誘電関数 a_{av} : 平均誘電関数

3. ダストの温度

温度の決め方・・・吸収するエネルギーと放出するエネルギーが平衡になった時の温度をダストの温度とする。

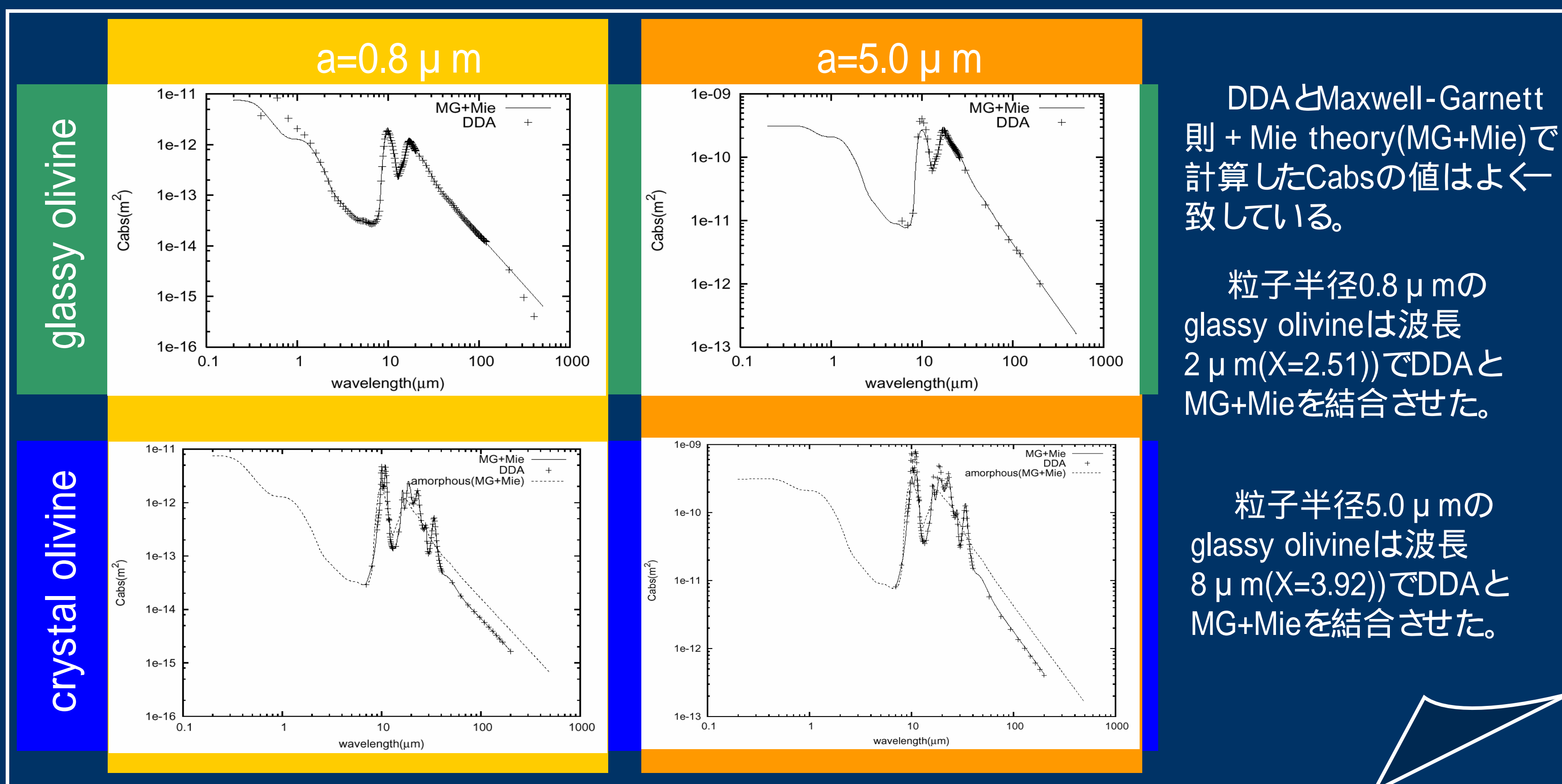
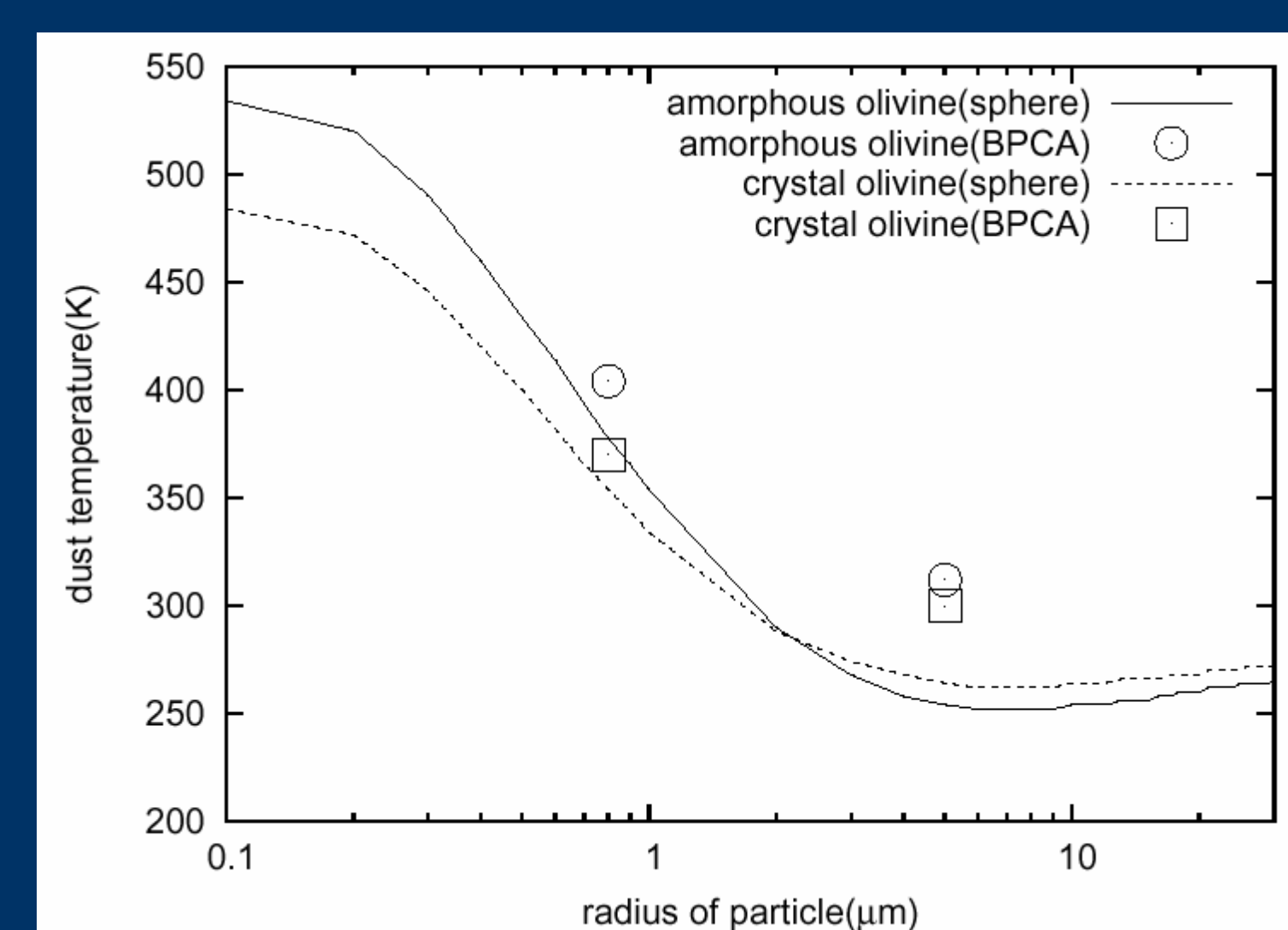
ここでダストは黒体と仮定して吸収効率 = 放射効率とする。

$$4 \pi R^2 \times \frac{a^2}{4 r^2} \times \int_0^\infty Q_{abs}(a, \lambda, m^*) B_{star}(\lambda, T_{star}) d\lambda \quad \text{吸収}$$

$$= 4 \pi a^2 \times \int_0^\infty Q_{abs}(a, \lambda, m^*) B_{dust}(\lambda, T_{dust}) d\lambda \quad \text{放射}$$

R : 星の半径 r : 星とダストの距離 a : ダストの半径 Q_{abs} : ダストの吸収効率 λ : 波長 m^* : 複素屈折率
 B_{star} : 星の黒体放射 T_{star} : 星の表面温度 B_{dust} : ダストの黒体放射 T_{dust} : ダストの温度

** 太陽の日心距離1AUにおけるダストの温度 **



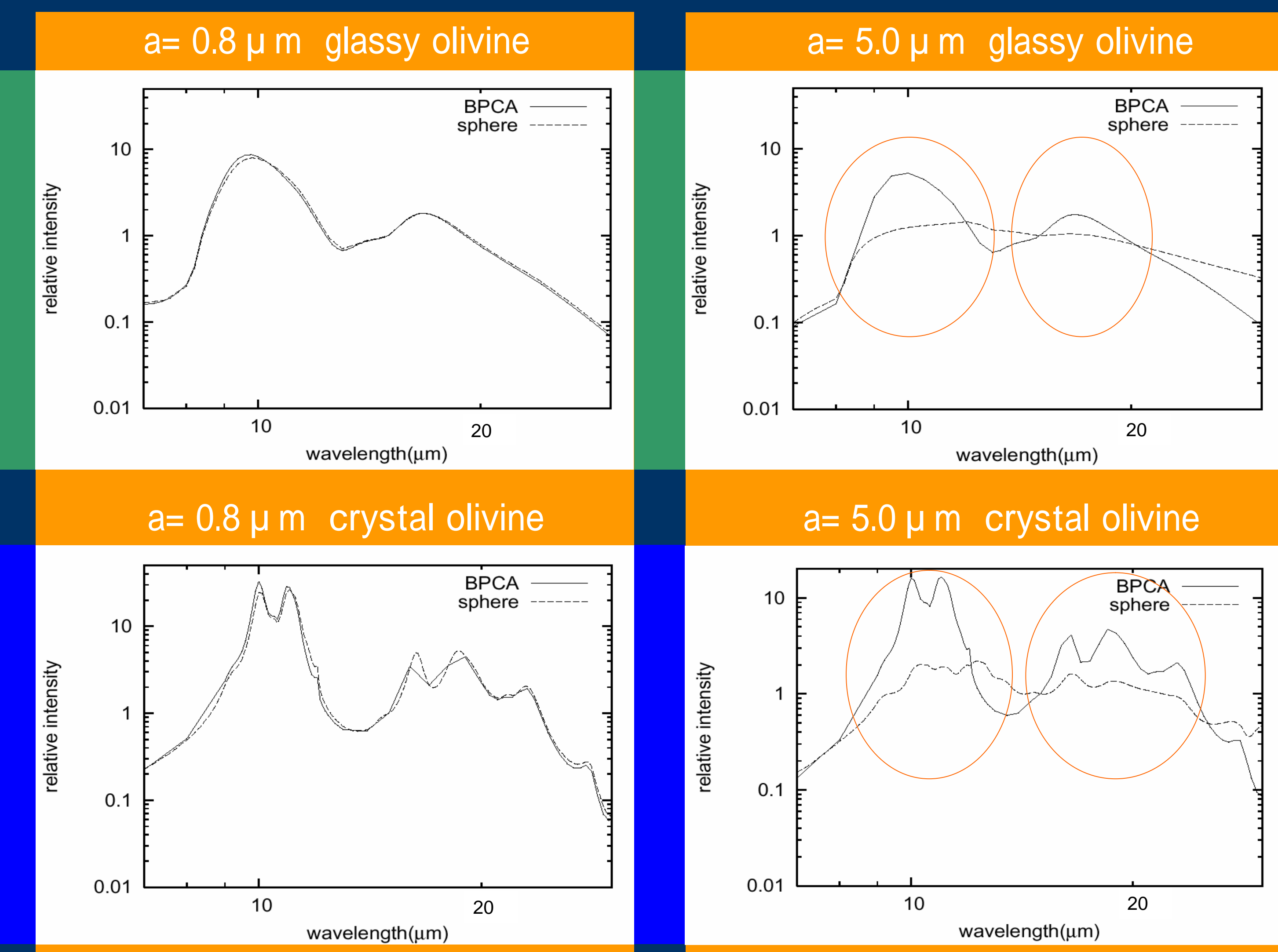
DDAとMaxwell-Garnett近似+Mie theory(MG+Mie)で計算したCabsの値はよく一致している。

粒子半径0.8 μ mのglassy olivineは波長2 μ m($X=2.51$)でDDAとMG+Mieを結合させた。

粒子半径5.0 μ mのglassy olivineは波長8 μ m($X=3.92$)でDDAとMG+Mieを結合させた。

4. スペクトルの結果

太陽の日心距離1AUでの結果 intensity= $Q_{abs} \times B$ 波長15 μ mで規格化



粒子半径が小さいほど温度が高い。

粒子の半径が0.8 μ m以上では球形粒子よりもフラクタル粒子の方が温度が高い。

5. まとめ

半径0.8 μ mの粒子では・・・
球形粒子でもフラクタル粒子でも
スペクトルの形はほとんど変わらない。

半径5.0 μ mの粒子では・・・
球形粒子では鈍っているが
フラクタル粒子にはピークが見られる。

不規則形状の粒子の Q_{abs} を求めるためにDDA codeを使用した。プログラムの制限: $X < 15$ より、短波長側の Q_{abs} にはMaxwell-Garnett近似により m^* を求めMie theoryで計算した。その値はよく一致した。

半径0.8 μ m以上では球形粒子よりもフラクタル粒子のほうが**温度が高くなる。**

粒子半径が大きくなると、球形粒子では赤外領域の放射スペクトルの形が鈍るのに対しフラクタル粒子では、**はっきりとしたピークが残る。**