

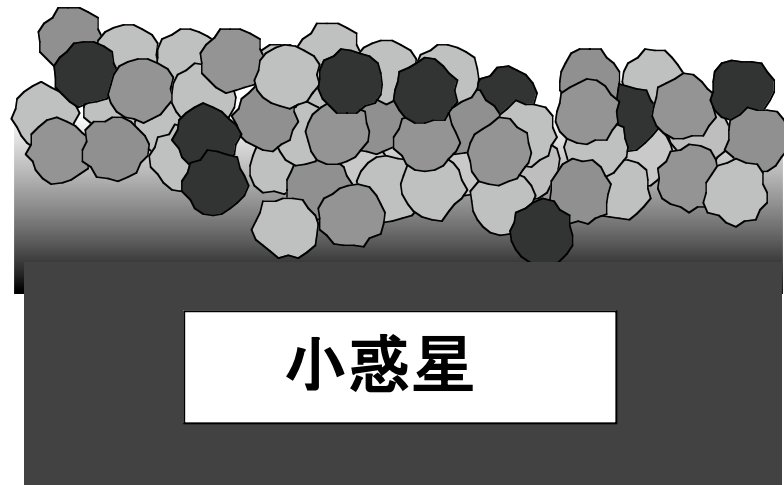
数値シミュレーションによる光散乱特性の研究  
- 小惑星レゴリスおよび彗星ダスト -

岡田 靖彦 COE研究員(PD)

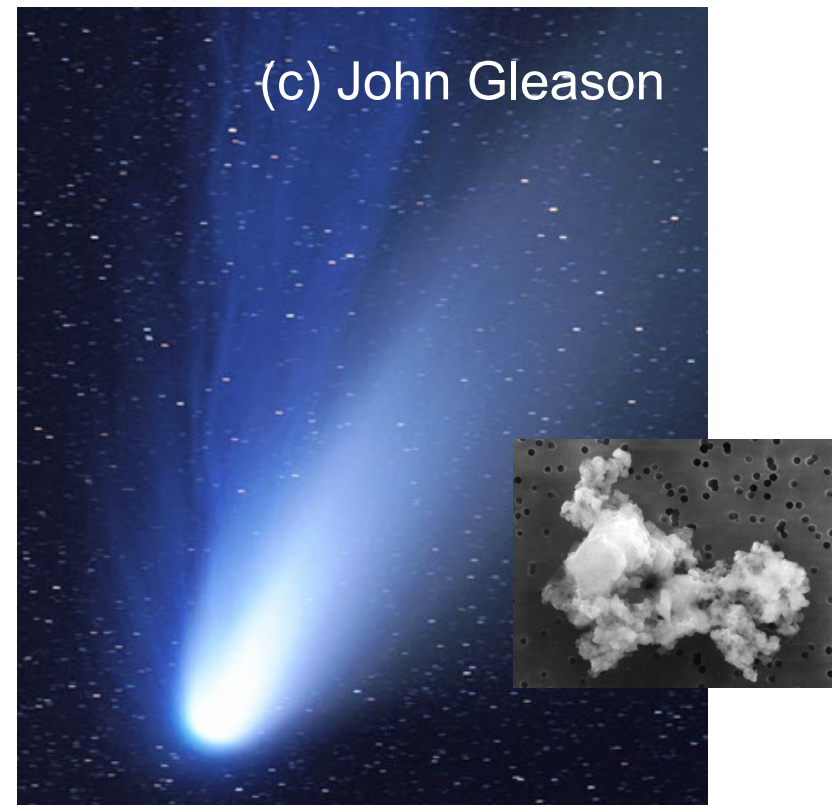
2003年10月-2008年03月

# 研究の対象

## 小惑星の表層レゴリス層



## 彗星のダスト



Comet C/1995 O1  
(Hale Bopp)

# 観測データの解釈

## 観測データ

散乱光  
偏光度  
赤外放射

(多波長観測)  
(多方向観測)

解釈



光散乱特性

## 物理特性

サイズ  
形状  
量  
化学組成

研究のテーマ

非球形形状粒子の光散乱特性の研究

## 査読済み論文

### 主著論文4本、共著論文4本

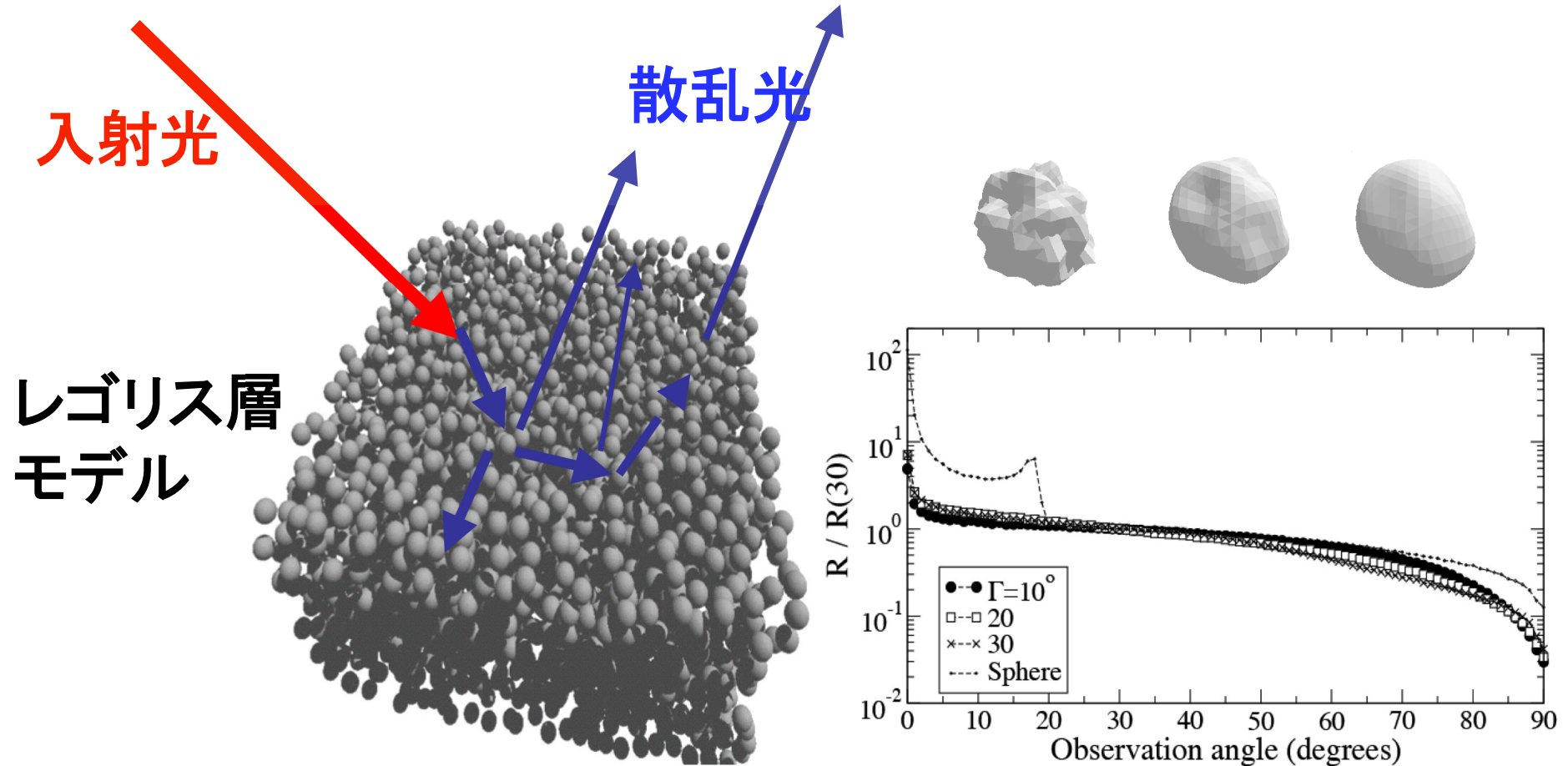
1. Y. Okada, A.M. Nakamura and T. Mukai , JQSRT, vol. 100, no.1-3, 295-304, 2006. [小惑星レゴリス層の光散乱シミュレーション手法](#)
2. T.Mukai and Y.Okada, ESA-SP 643, 157-160, 2007. [フラクタル形状彗星ダストの吸収特性](#)
3. A. Chantal Levasseur-Regourd, T. Mukai, J. Lasue and Y. Okada, Planetary and Space Science, 55, 1010-1020, 2007. [フラクタル形状彗星ダストの温度および放射圧特性](#)
4. Y.Okada, T.Mukai, I.Mann, H.Nomura, T.Takeuchi, I.Sano, S.Mukai, JQSRT, 108, 65-80, 2007. [フラクタル形状彗星ダストの光散乱シミュレーション手法の改良](#)

## 査読済み論文 (contd)

5. Y.Okada, I.Mann, I.Sano, S.Mukai, JQSRT, doi:10.1016/j.jqsrt.2008.01.004. [非球形形状粒子の光散乱シミュレーションの効率的な手法の提案](#)
6. Y.Okada, JQSRT, doi:10.1016/j.jqsrt.2008.01.002. [非球形形状の光散乱シミュレーション手法; 数値積分手法に関する効率化手法の提案](#)
7. R. Gupta, T. Mukai, D.B. Vaidya, A.K. Sen, Y. Okada, A & A, 441.,555G, 2005. [回転楕円体形状ダストの星間減光および星間偏光の研究](#)
8. S. Mukai, I. Sano, A. Nishimori, M. Sato, Y. Okada, B.N.Holben, Adv. Space. Res., 39, 32-35, 2007. [地球大気エアロゾル粒子の光学特性に関する研究](#)

JQSRT, **100**, 295-304, 2006 (Okada, Nakamura, Mukai)

## 小惑星レゴリス層の光散乱シミュレーション



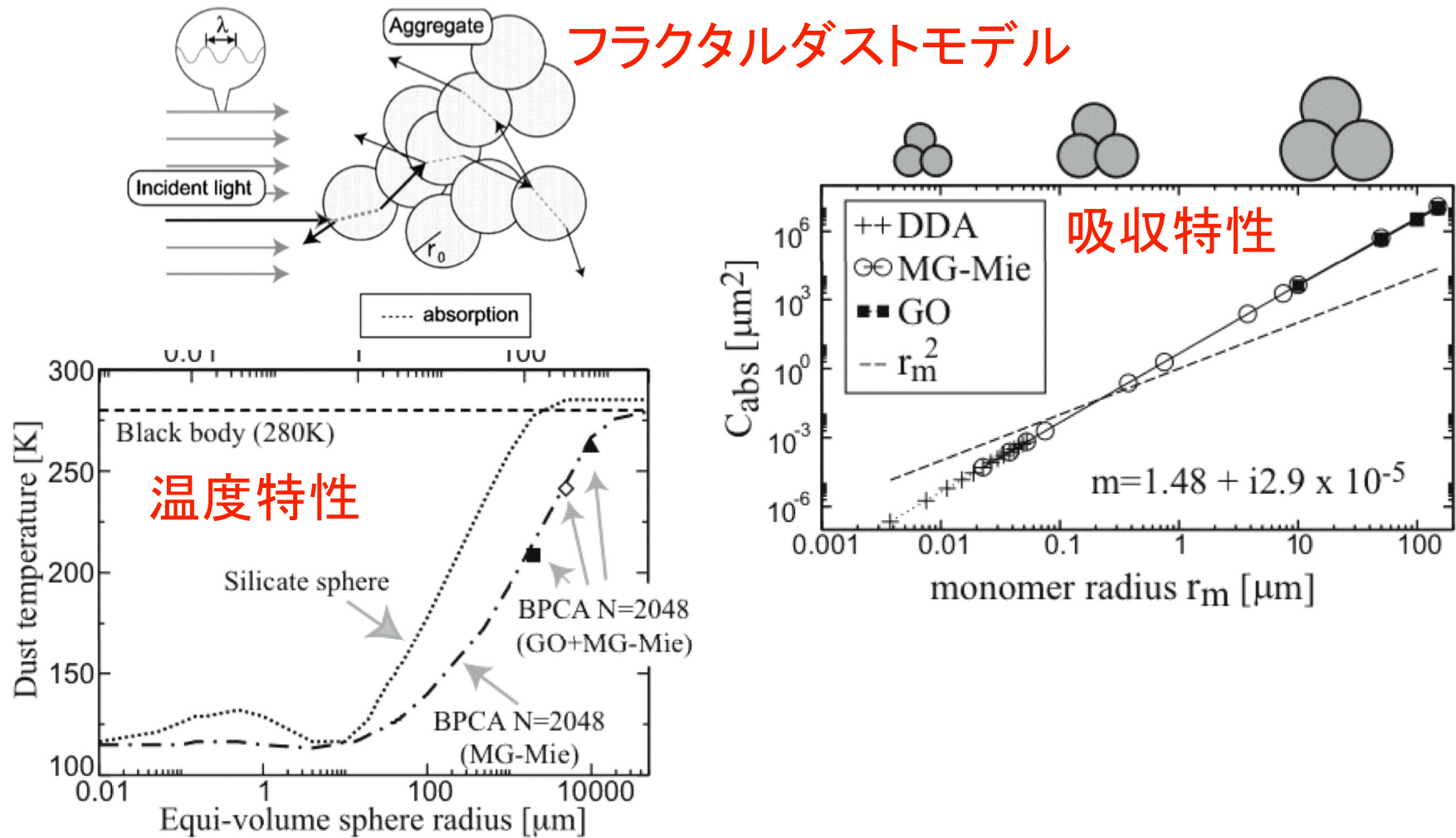
(粒子半径  $\gg$  観測波長)

## 幾何光学に基づく光散乱シミュレーション

T.Mukai and Y.Okada, ESP, 2005.

AC.Levasseur-Regourd, T.Mukai et al., PSS, 2007

## 様々な大きさの構成粒子を持つフラクタルダストの 温度、放射圧特性に関する研究

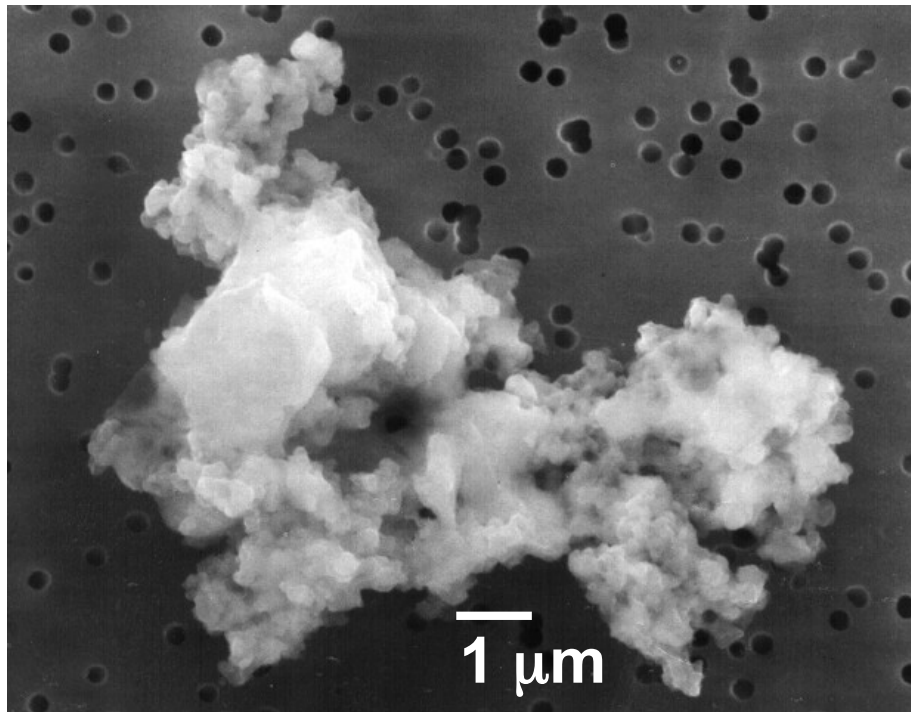




# 彗星ダストの光散乱シミュレーション

# 彗星ダストの形状モデル

## 惑星間空間のダスト



Courtesy of Prof. Don. Brownlee /  
University of Washington

## 室内実験で模擬的生成

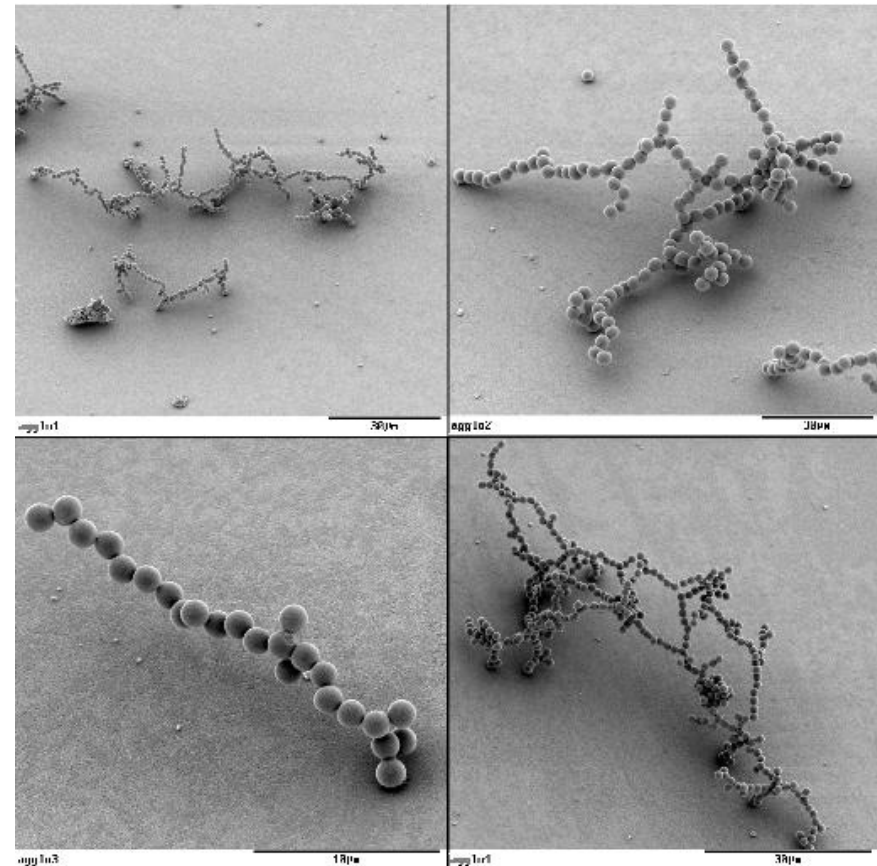


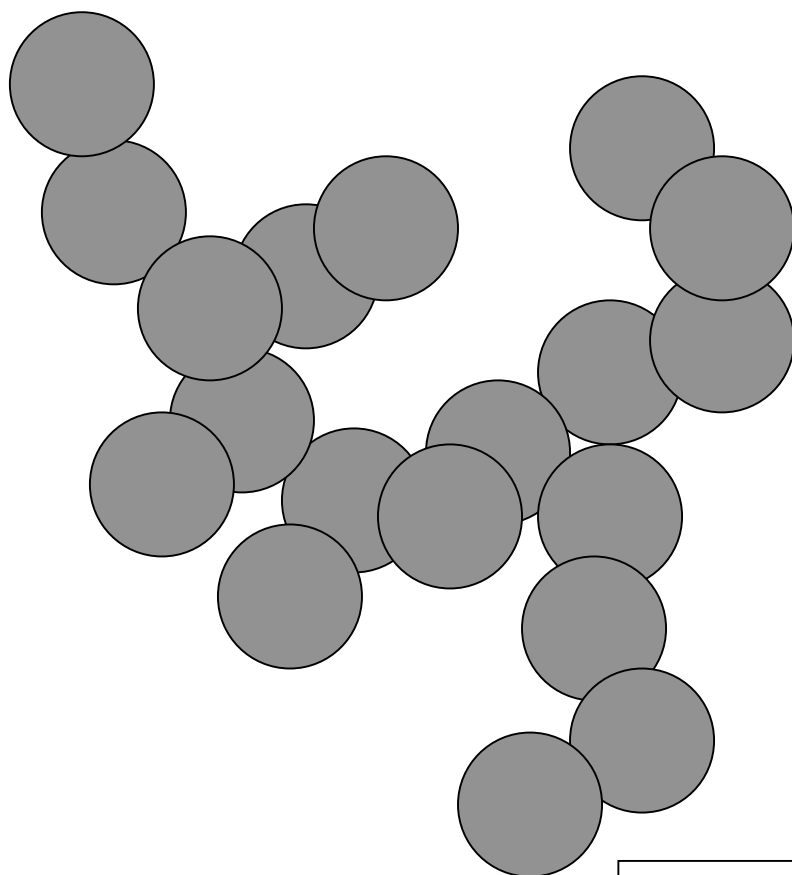
Image credit: Leiden Univesity

## フラクタル形状の凝集体

# 凝集体の光散乱シミュレーション

## T-matrix method for clusters of spheres

(Mackowski and Mishchenko, J.Opt.Soc.Am., 1996)



粒子間の多重回光散乱を  
重ね合わせの原理を用いて  
厳密に計算

散乱光強度分布、偏光度  
吸収および散乱効率などが  
得られる

問題点： 凝集体の粒子数に制限

# T-matrix methodに関する再考

粒子のランダム方向に対する計算 → 多方向の結果を積分

D.W. Mackowski and M.I. Mishchenko

(J.Opt.Soc.Am.A, Vol.13, No.11, 1996)

○ 解析的積分手法

"...present method required 28 min."

× 数値的積分手法

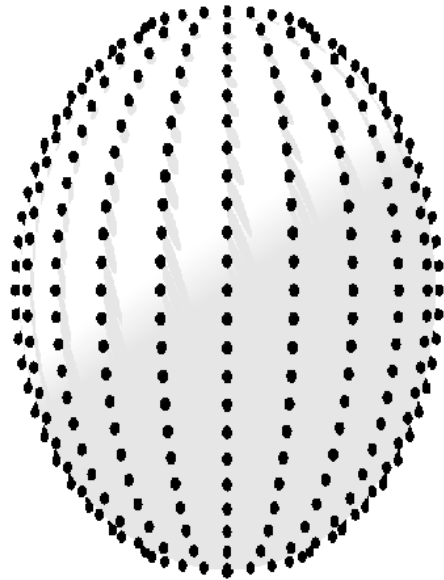
"orientation-averaged matrix elements by numerical quadrature of the fixed-orientation values typically required overnight runs ..." 8時間?

解析的積分手法 128粒子, 数値的積分手法 1024粒子

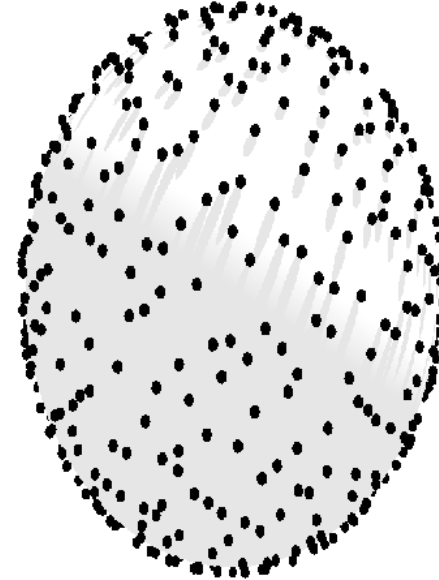
# 数値積分手法の効率化

(Y. Okada, JQSRT, 2008b)

格子分割法(従来)



Quasi-Monte-Carlo法(提案)



計算時間を**1/17**に短縮(誤差 0.1%)

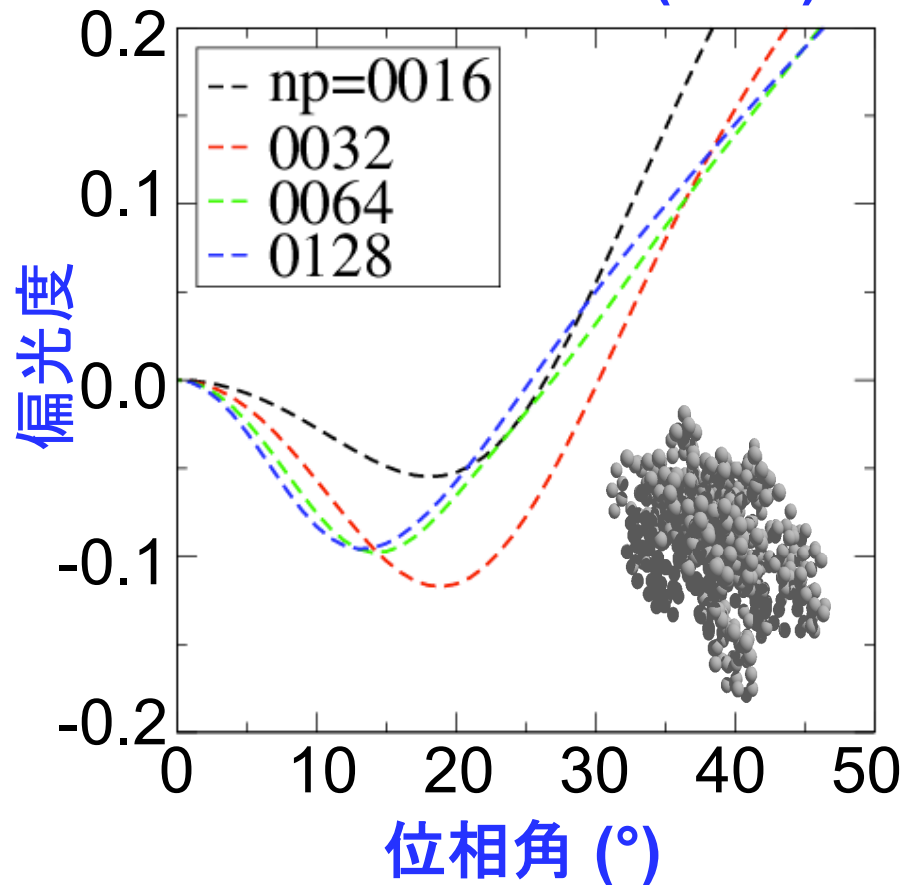
8時間 -> **30分** (解析的積分手法と同程度の時間)

解析的積分手法 128粒子, 数値的積分手法 **1024粒子**

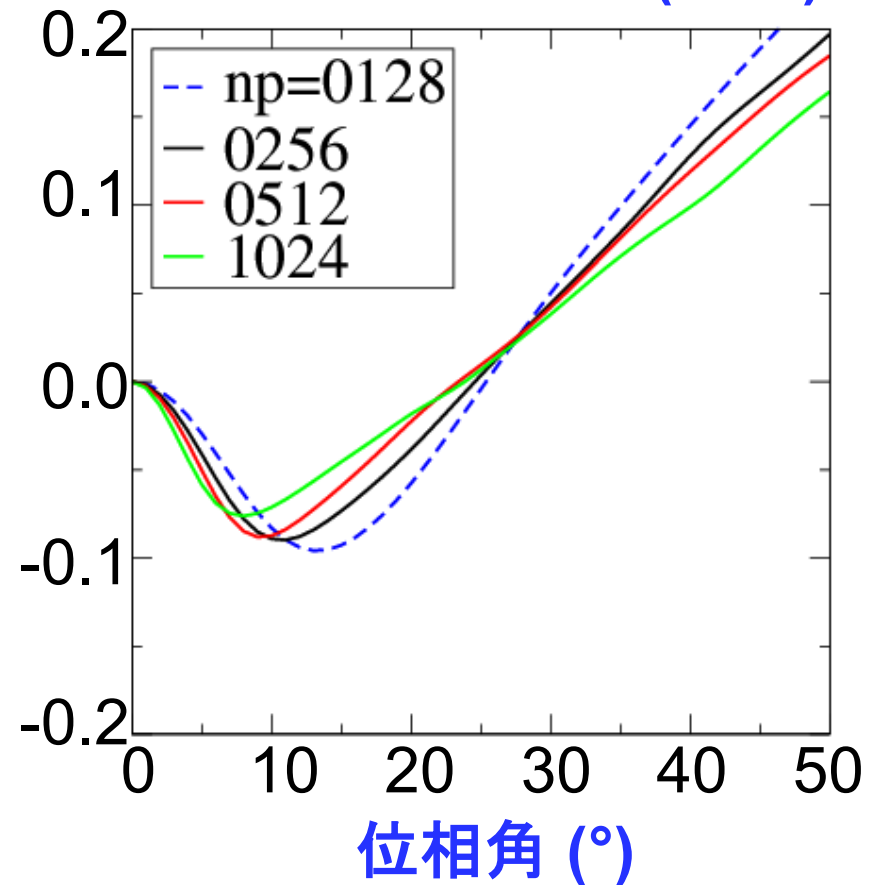
# 彗星ダストの光散乱シミュレーション

ケイ酸塩の化学組成、粒径 $0.15\mu\text{m}$

解析的積分手法(従来)



数値積分手法+QMC(提案)



位相角 (太陽—彗星—観測者の角度)

# まとめ

光散乱シミュレーションの改良手法を提案

- レゴリス層の光散乱シミュレーション(論文1)
- 彗星ダストの光散乱シミュレーション(論文4,5,6)

観測データの新しい解釈への貢献

数値計算プログラムの外部公開

<http://harbor.scitec.kobe-u.ac.jp/~okada/GAM>

<http://harbor.scitec.kobe-u.ac.jp/~okada/OMMT>

<http://harbor.scitec.kobe-u.ac.jp/~okada/QMC>

光散乱コミュニティの研究者全体による研究の進展

## 中期的な目標

星間ダスト(サイズ  $10\mu\text{m}$ , 100万個の粒子からなる凝集体)  
の厳密な光散乱シミュレーション手法の開発