

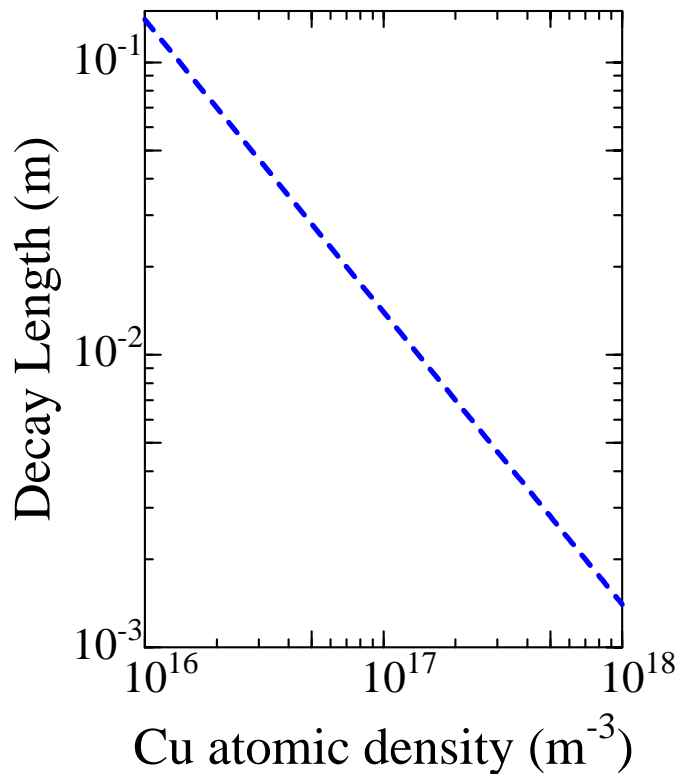
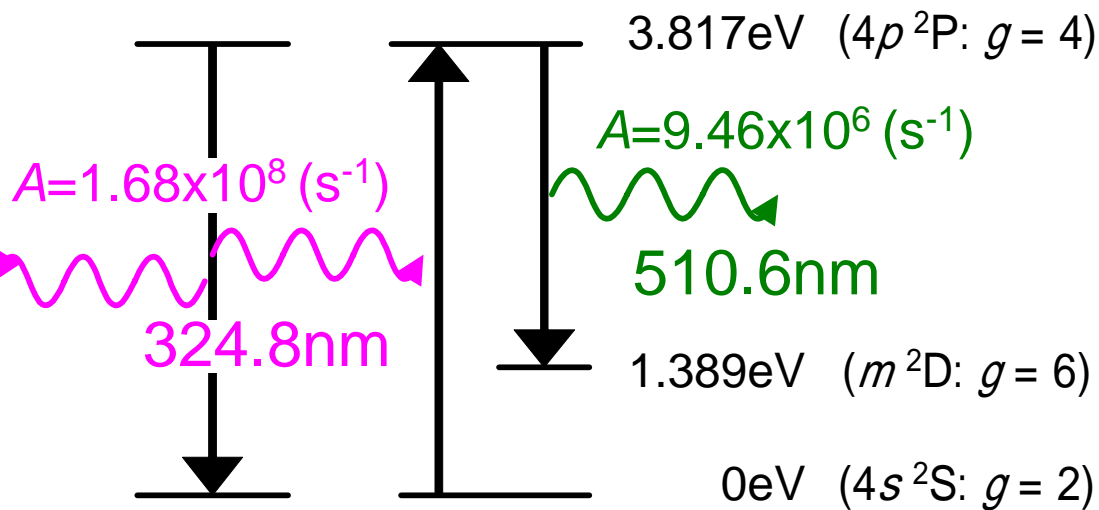


# プラズマ発光分光による銅スパッタプロセス中の原子密度評価

成蹊大工 中野武雄、田中幸治、馬場 茂

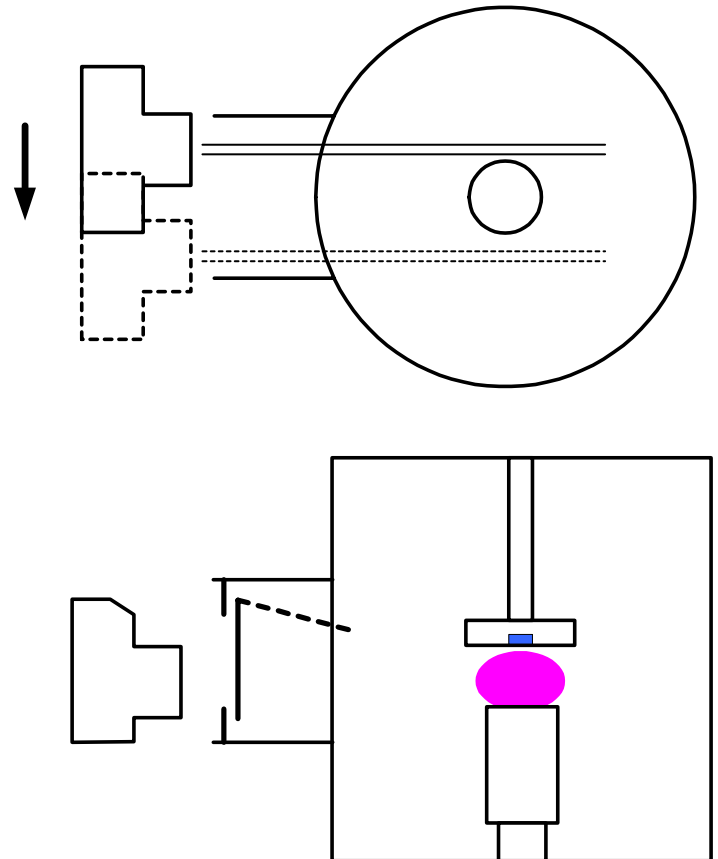
- スパッタプロセスでは粒子の輸送過程が複雑であるために、膜厚分布などの制御が難しい。
- 粒子の挙動を評価するために、原子密度分布の測定を行ないたい。
- 基底状態を含む三準位系の二本の発光線を利用して、密度の評価を試みた。

# Cu原子の三準位系

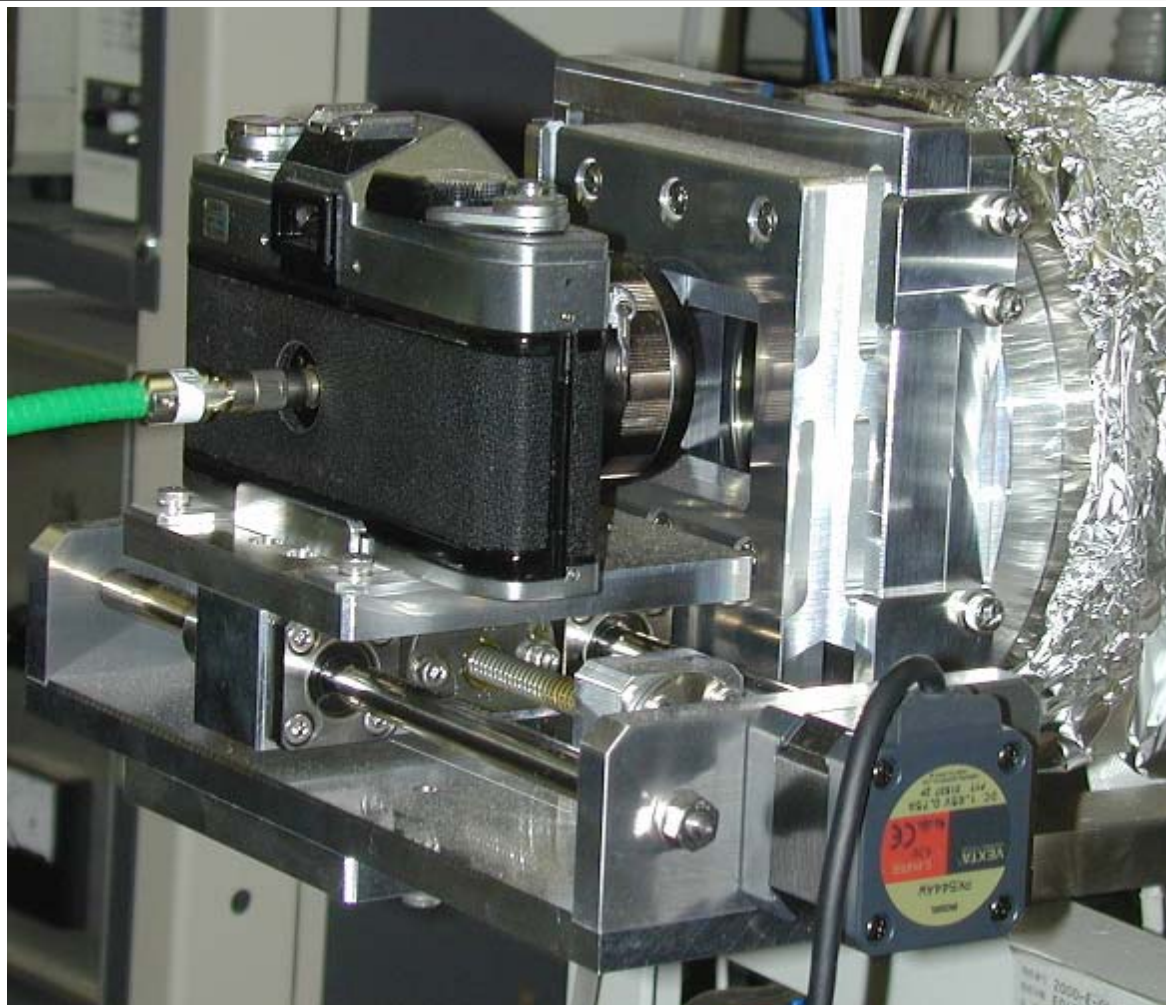


# 発光分光測定

- 絞り 2.0 mm
- 測定波長 185 ~ 525nm  
(1024 channels)
- バランス型マグネトロン  
(ターゲット 5cm)
- DC 電力 50 W
- Ar 流量 10 sccm
- Ar 圧力 0.2 ~ 16 Pa



# 発光分光測定(2)



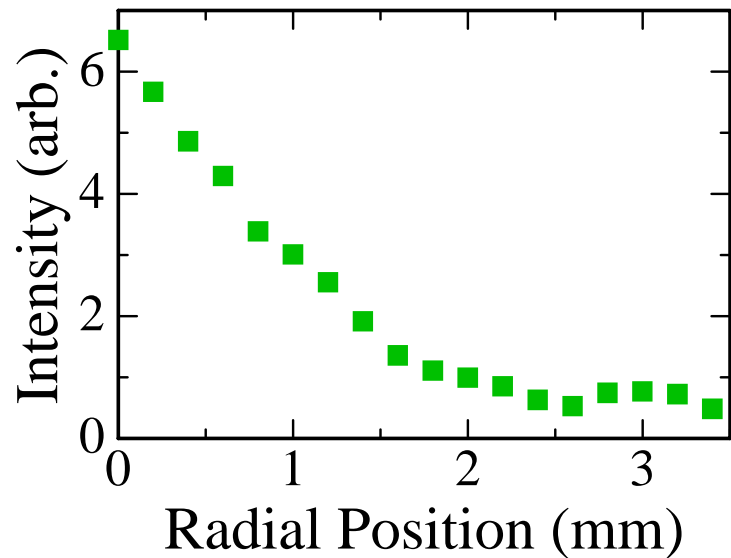
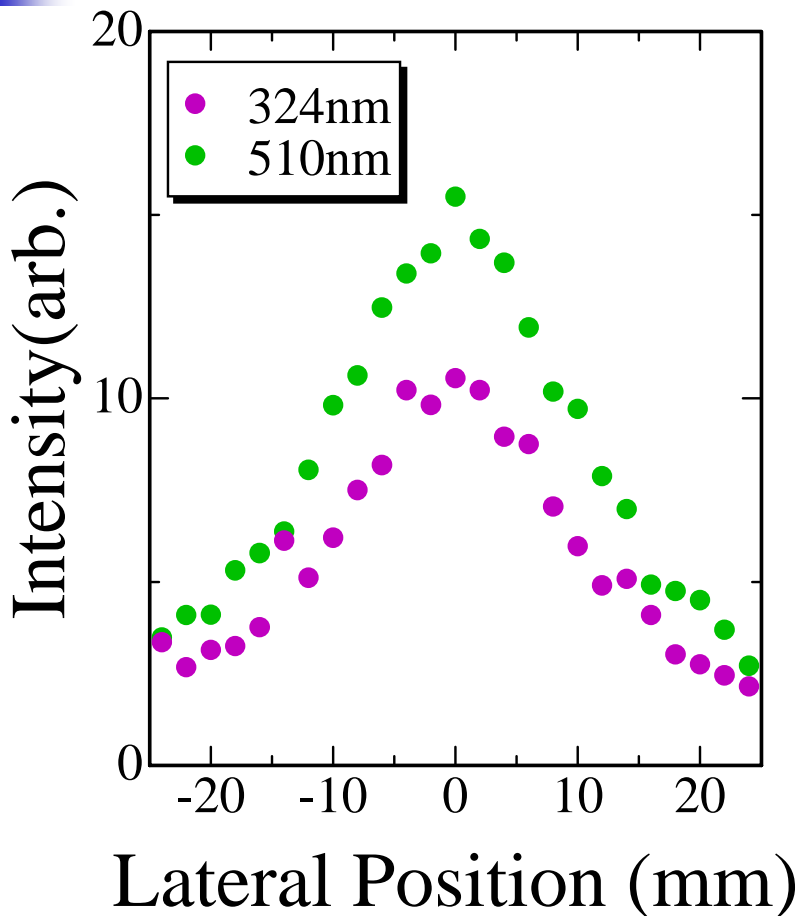
# 密度の導出方法

- 510.6 nm の発光には吸収がないと仮定、動径分布を CT で求める。
- 324 nm の動径発光分布  $I(r)$  は、510 nm の分布に遷移確率の比をかけて求める。
- 上準位の密度を無視、324 nm の吸収係数の分布  $k(r)$  は基底状態にある原子密度だけで決まるとする。
- 側面から見た324 nm の強度プロファイル  $V(t)$  は：

$$V(t) = \int dl I_{324}(r) \exp \left\{ - \int_{-\infty}^l dl' k(r') \right\}$$

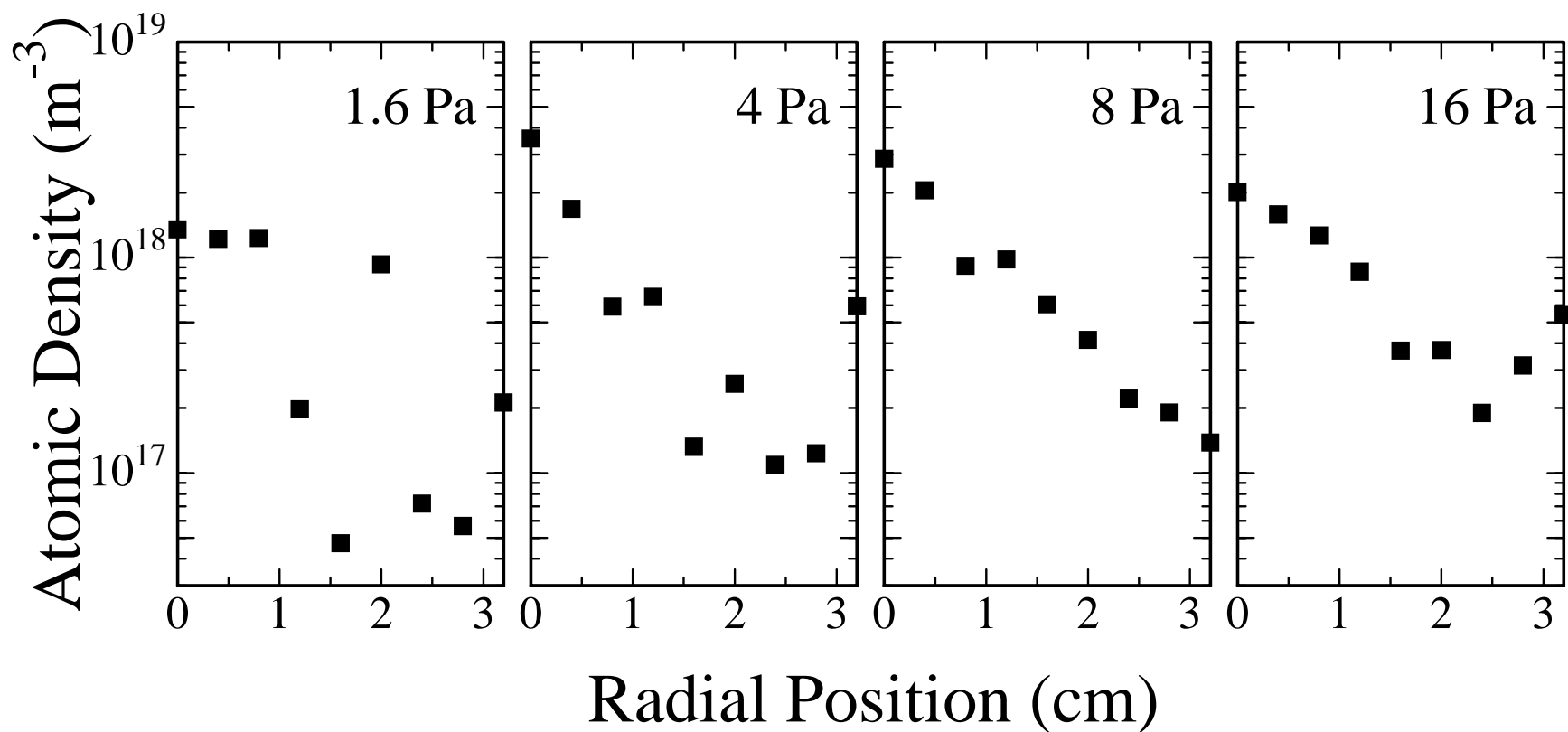
$$r^2 = t^2 + l^2, \quad r'^2 = t^2 + l'^2$$

# データ処理

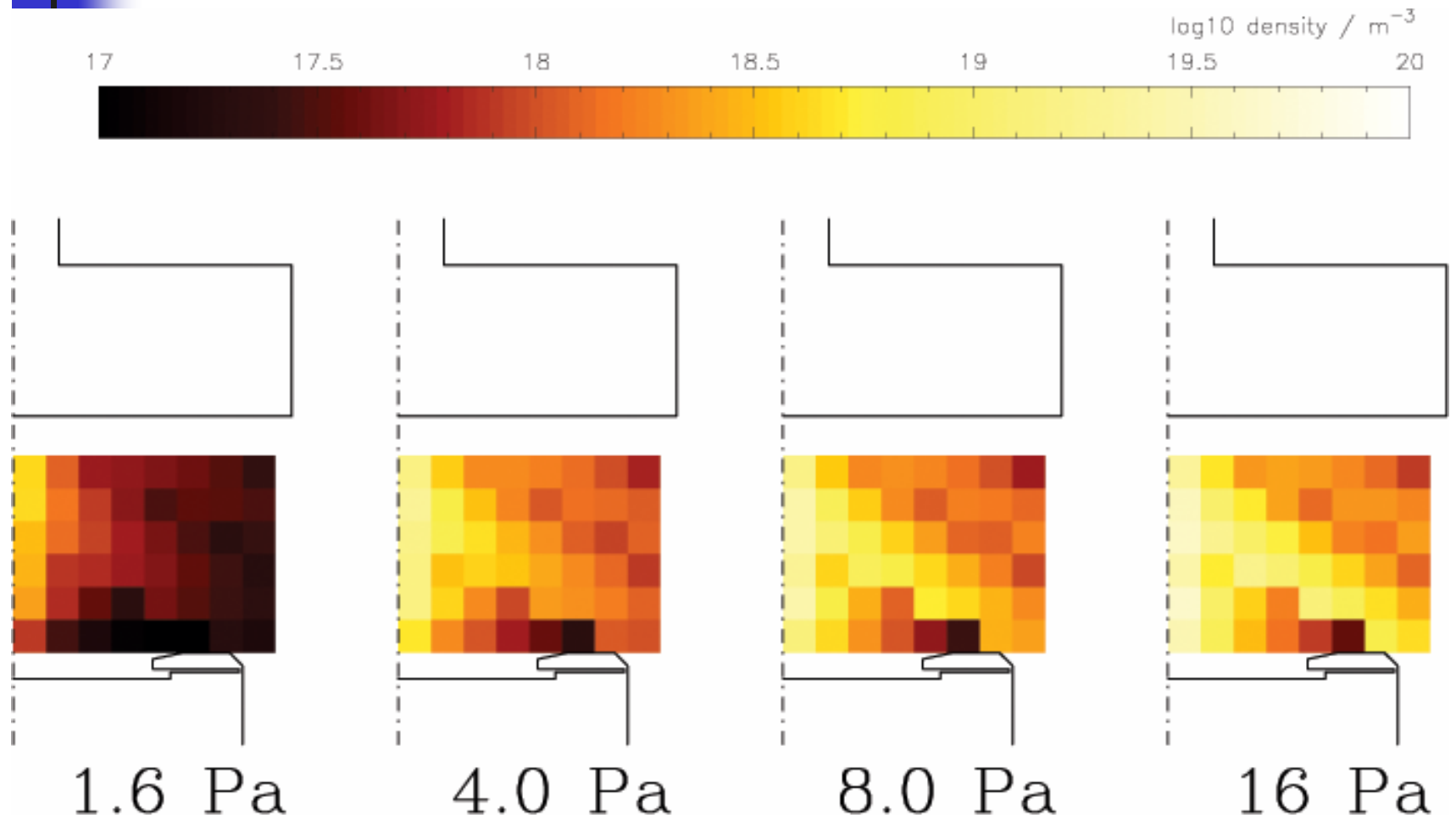


吸収係数  $k(r)$  を9点のノードを持つスプライン関数で記述し、 $V(t)$  を再現するように最適化問題として解いた。

# 動径密度分布



# Cu原子密度分布(MC計算)







# まとめ

---

- 銅スパッタプラズマの発光分光測定の結果から、空間の原子密度を評価する手法を提案した。
- モンテカルロ法を用いた計算結果とオーダーでは一致した。また高ガス圧ほど原子密度が増加する傾向も同じであった。
- 逆問題を解くアルゴリズムに改善が必要。

# モンテカルロ・シミュレーション

- 容器、境界条件
  - 回転対称
  - ガスの温度 (400K)、圧力は一様
  - 壁面での付着確率は 1
- 粒子の飛び出し
  - 位置 エロージョントラックの深さに比例
  - Energy, 角度 Thompson の式、cosine 分布
- ガスとの散乱
  - ガスの熱運動 Maxwell 分布
  - 散乱 Born-Mayer型ポテンシャル  
(  $U(r) = A \exp(-br)$  ) による弾性散乱
- 拡散過程
  - Poisson 方程式を境界要素法で解く。

詳細 中野 真空 45 (2002) 699.

# Cu原子密度分布(MC計算)

