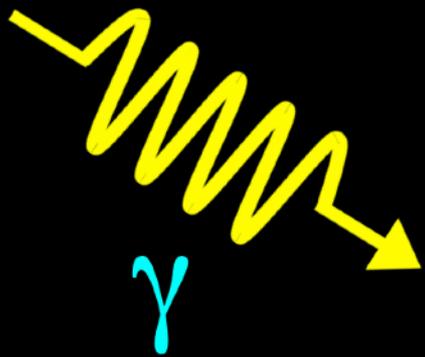


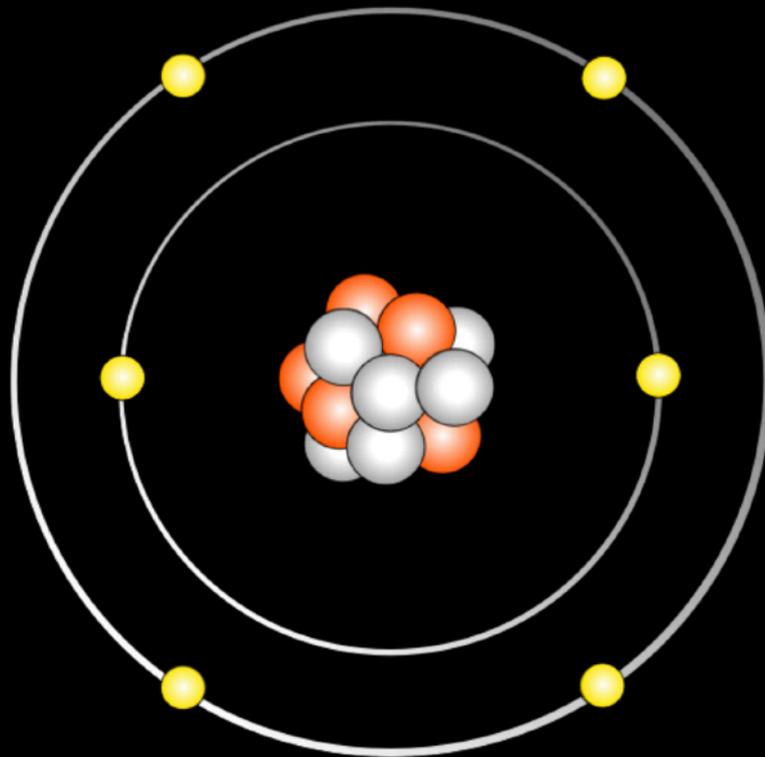
光子モンテカルロシミュレーション

波戸、平山 (KEK), A.F.Bielajew (UM)

Last modified on 2022.8.8



(光子)



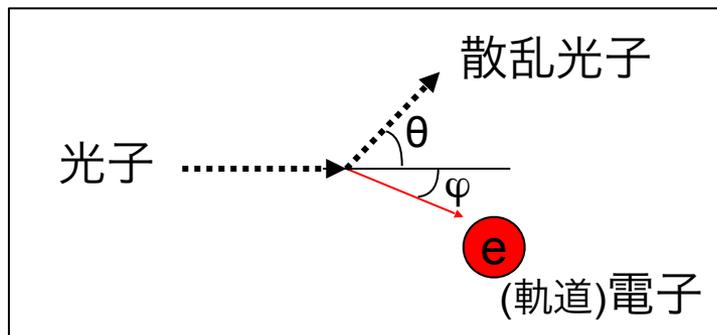
Electron
(電子)

EGSは光子、電子、そして陽電子と物質との相互作用を記述するコード

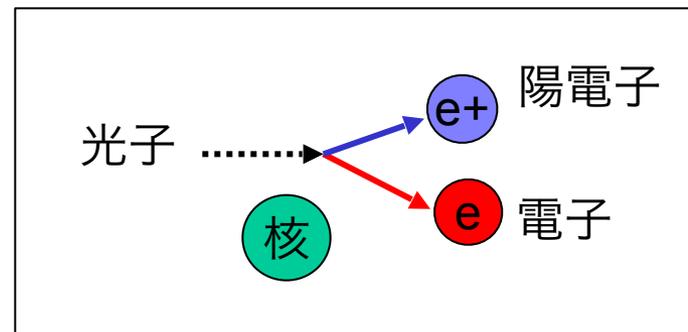
どのような相互作用が含まれているか？それらの特徴は？

計算プログラムに含まれている近似はどのようなものか？

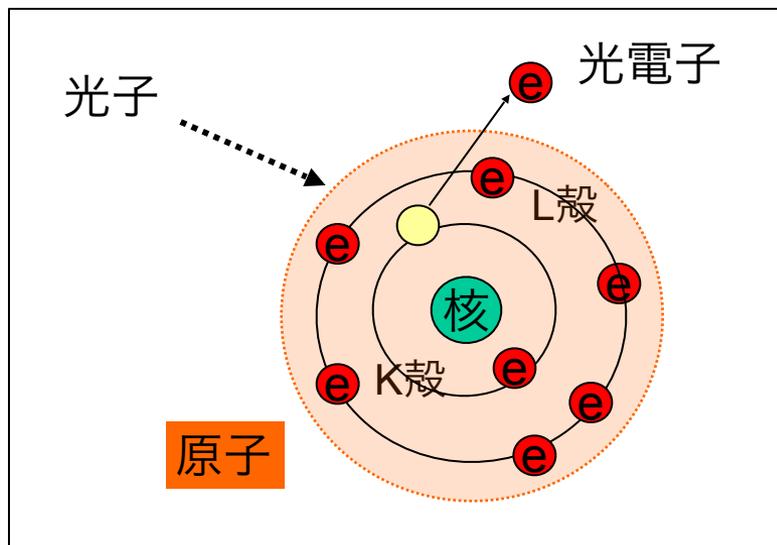
光子が物質中に入射された時の相互作用



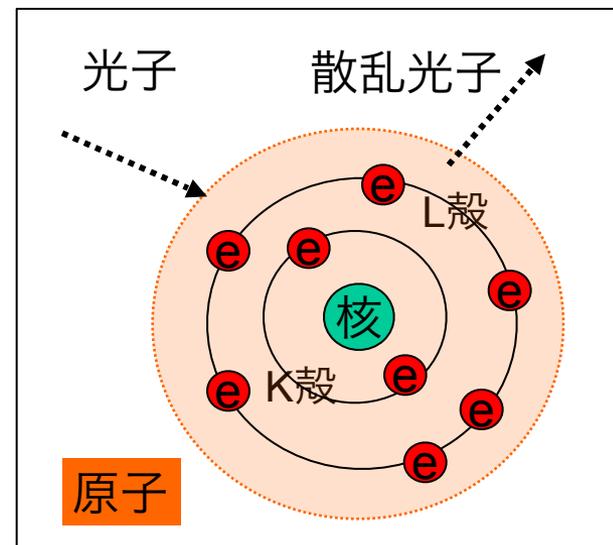
1. コンプトン散乱



2. (電子・陽電子) 対生成



3. 光電効果



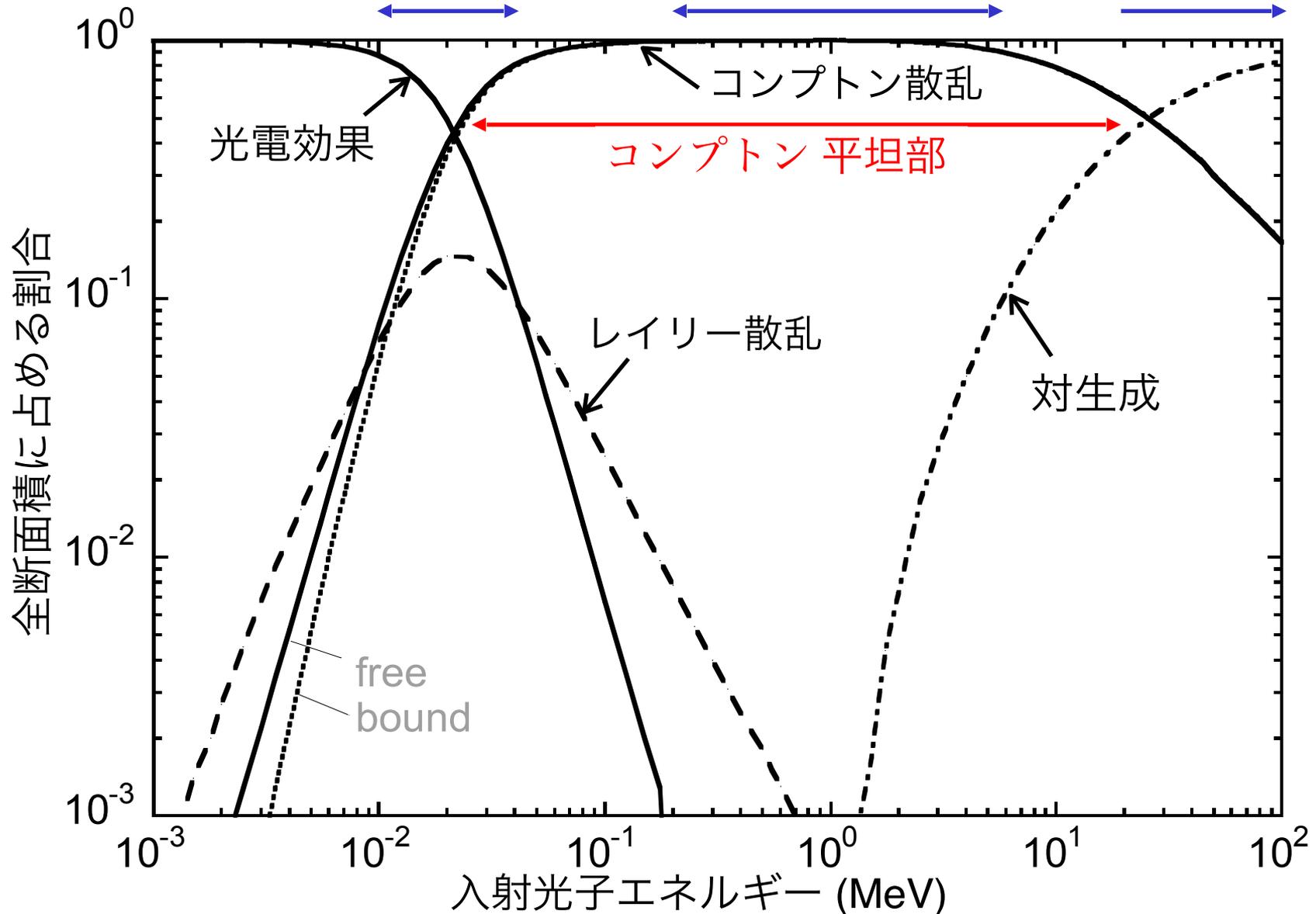
4. レイリー散乱

C (Z=6) の全断面積の各要素

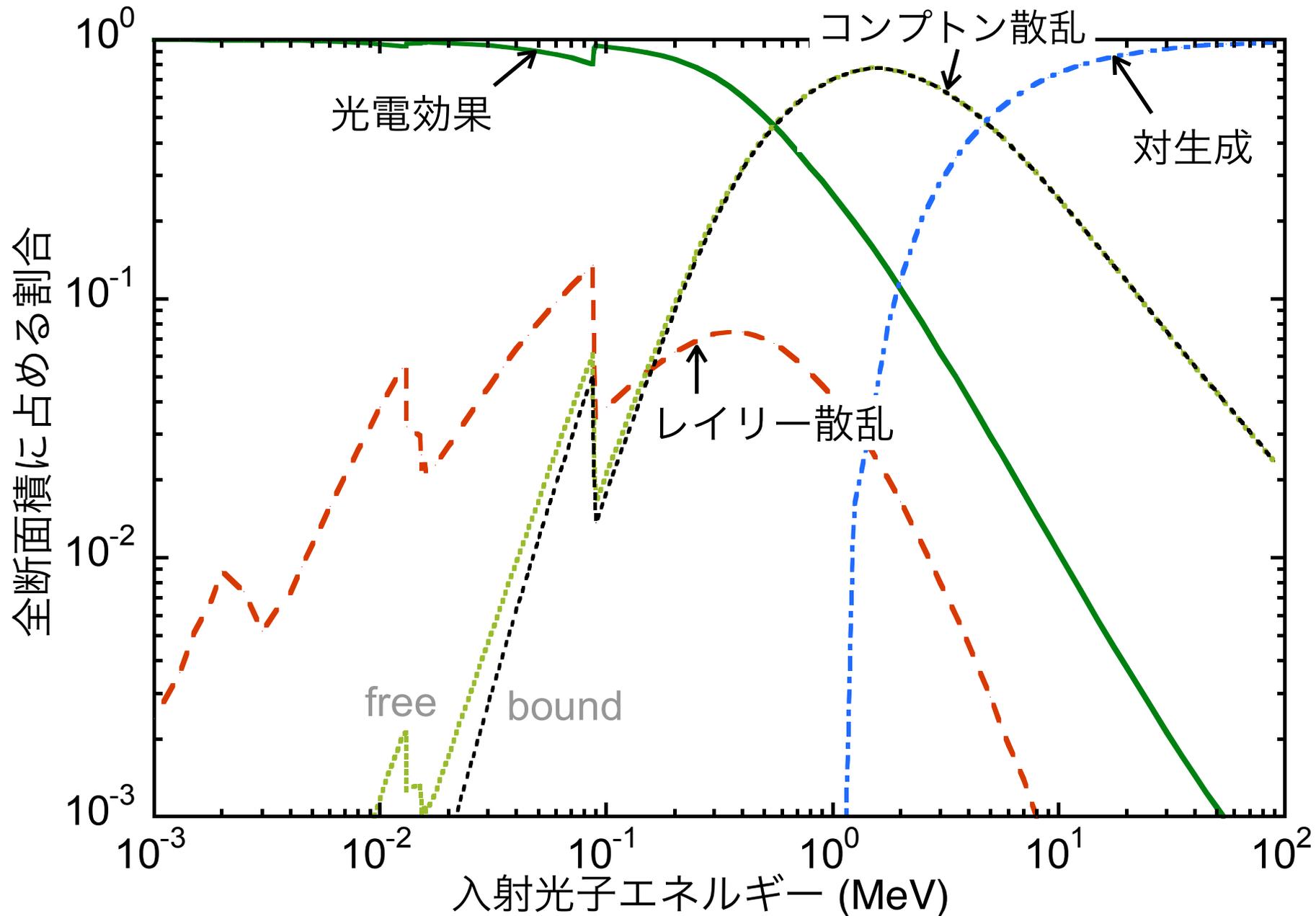
診断

放射線治療

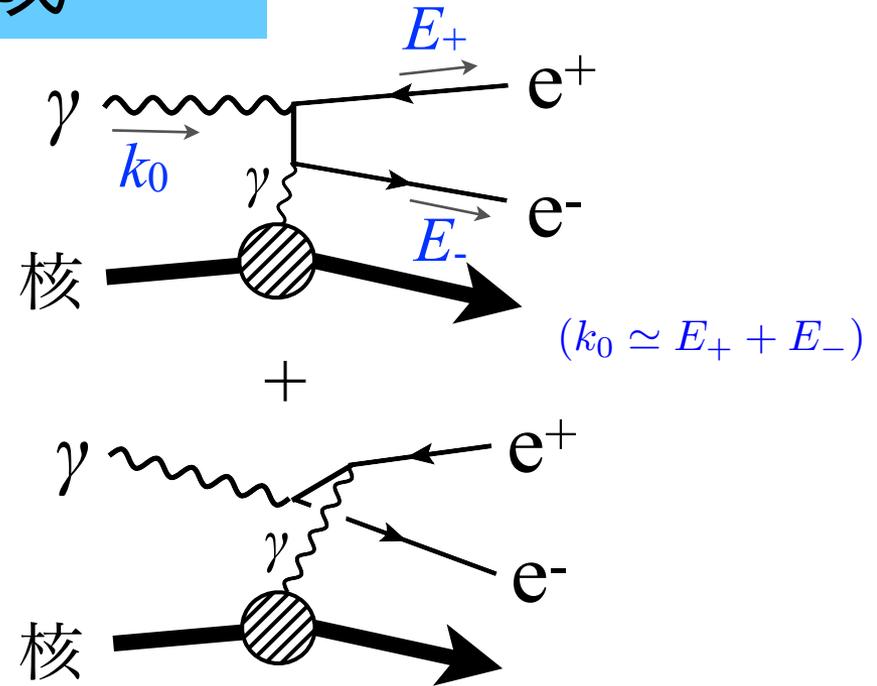
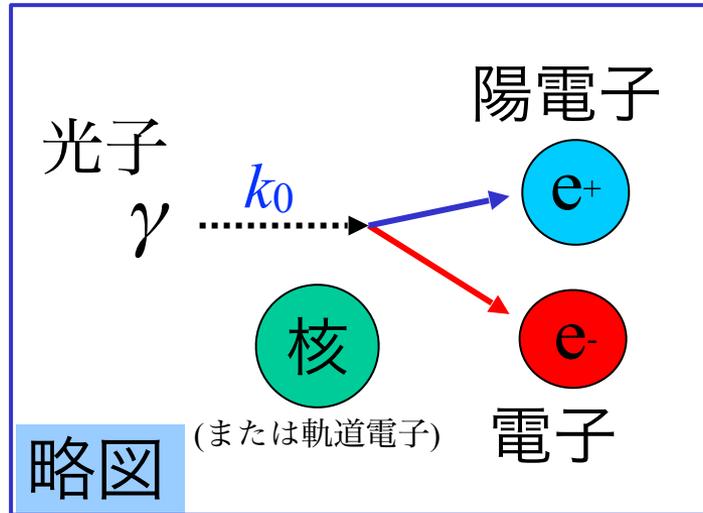
高エネルギー物理



Pb (Z=82) の全断面積の各要素



対生成



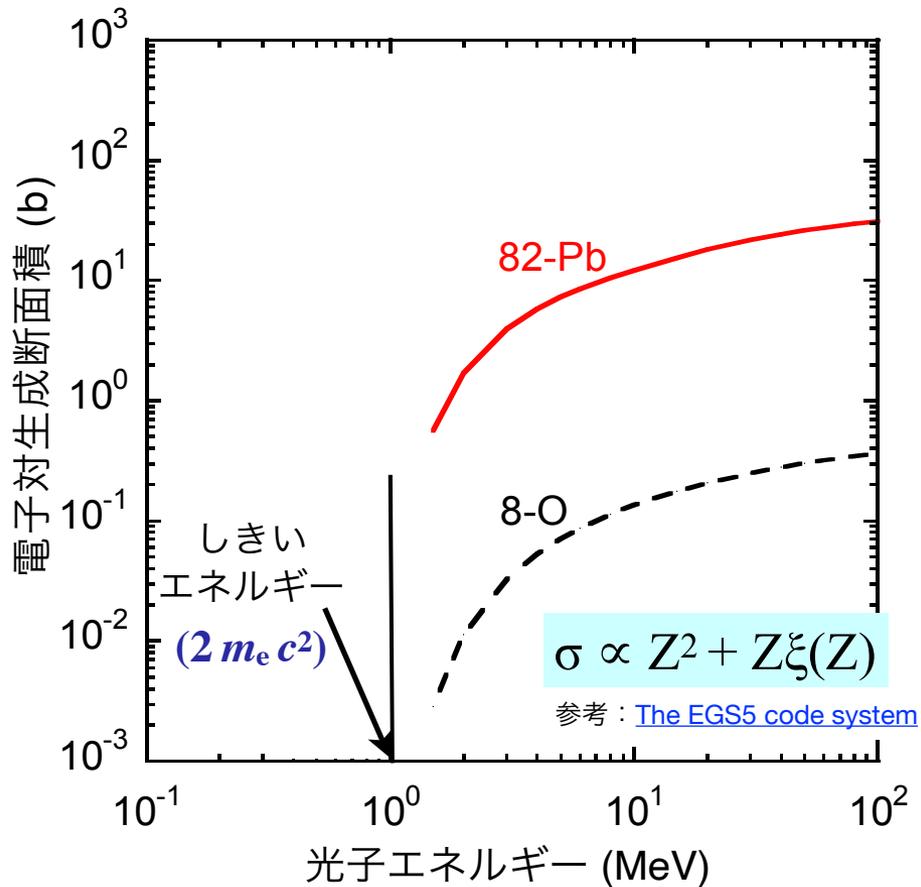
ファインマン図

- e^+e^- 対の生成
- 主に原子核との電磁相互作用
- 軌道電子に起因する寄与も全断面積の計算では考慮する。しかし、スペクトルや角度分布では考慮しない。

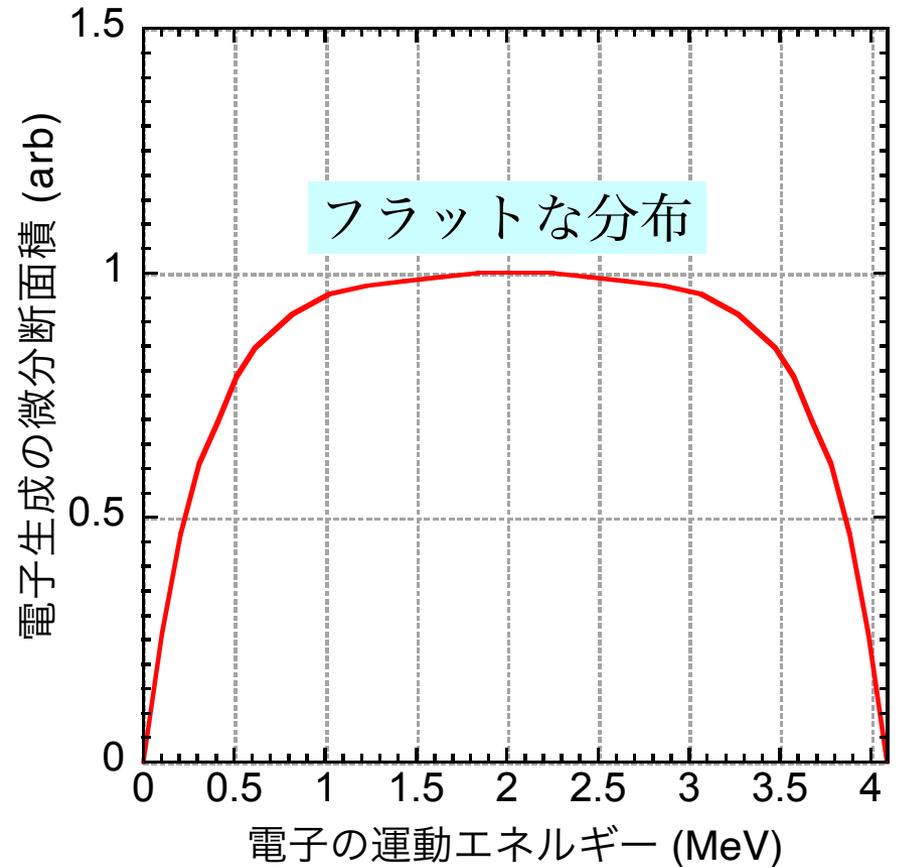
- 生成角度
 - ➔ デフォルト : $\theta = m_e c^2 / k_0$
 - ➔ オプション : 理論計算に基づく分布
- ライブラリ → PHOTX CS

対生成 (続き)

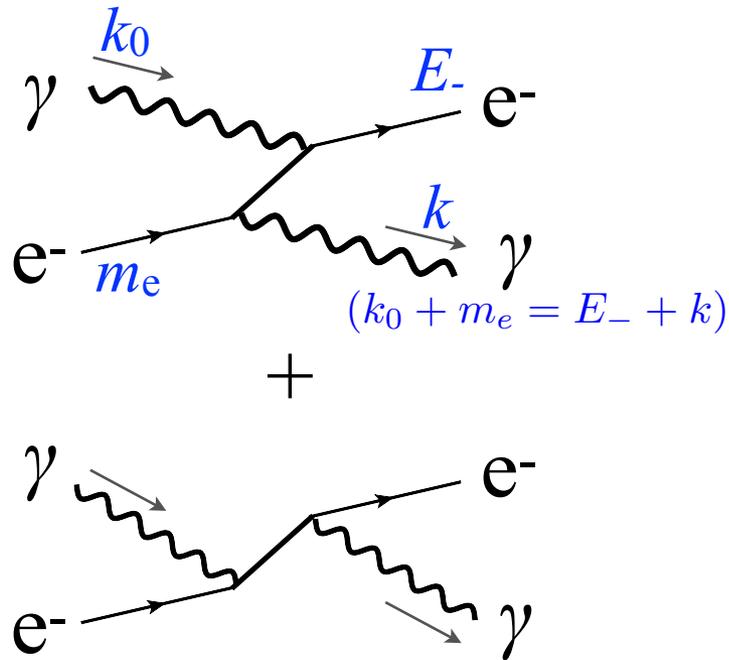
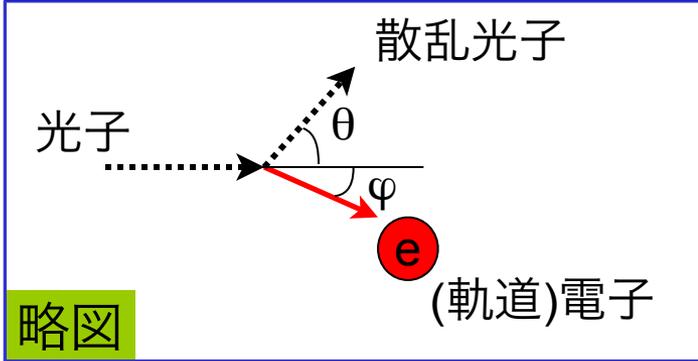
全断面積



生成電子のエネルギー分布
($E_\gamma = 5.11$ MeV の場合)

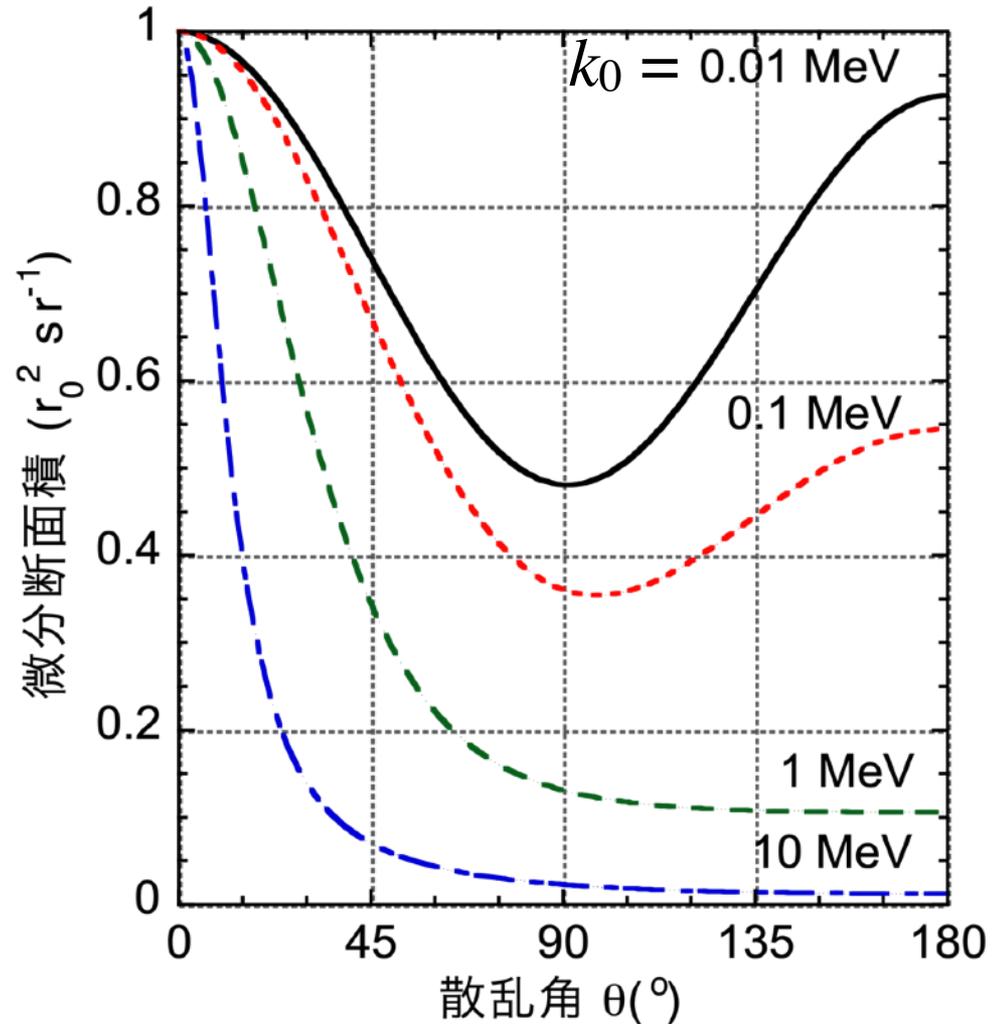


コンプトン散乱 (光子と電子の衝突)

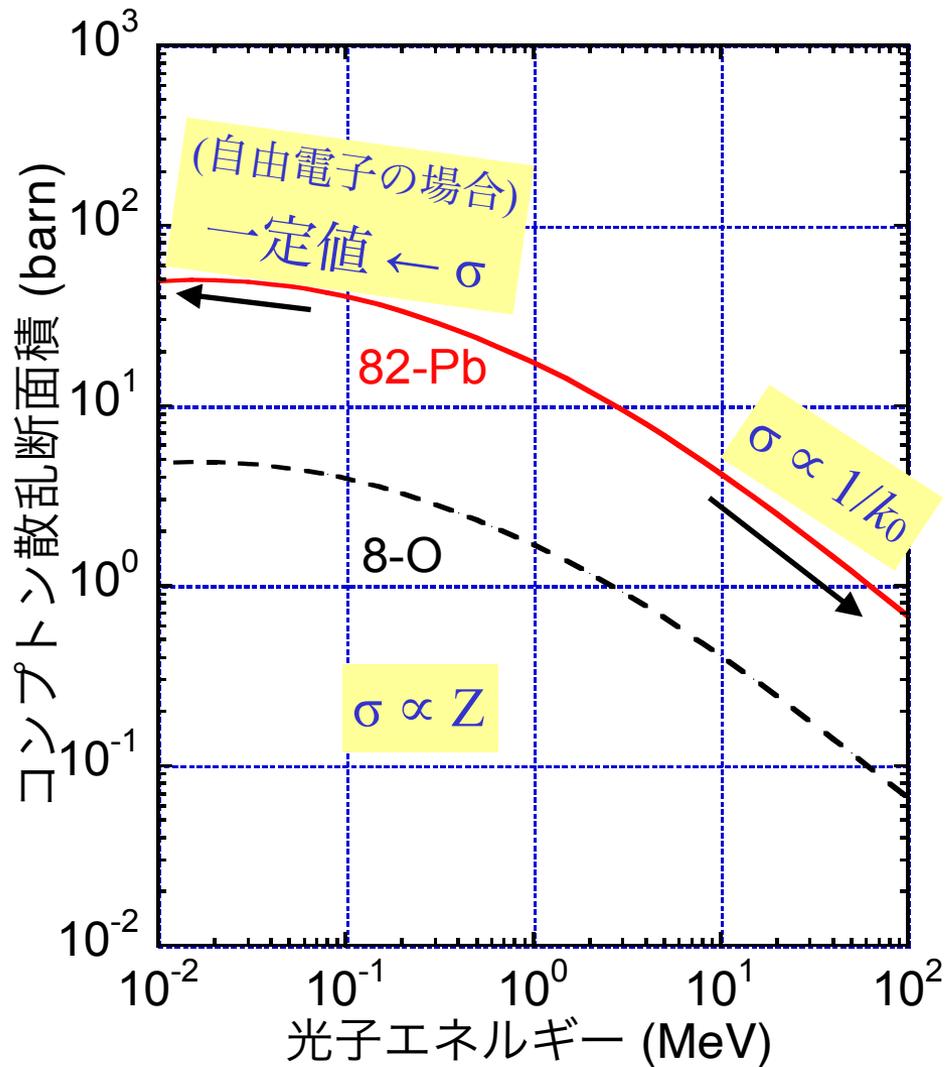


フaynマン図

クライン-仁科 微分断面積



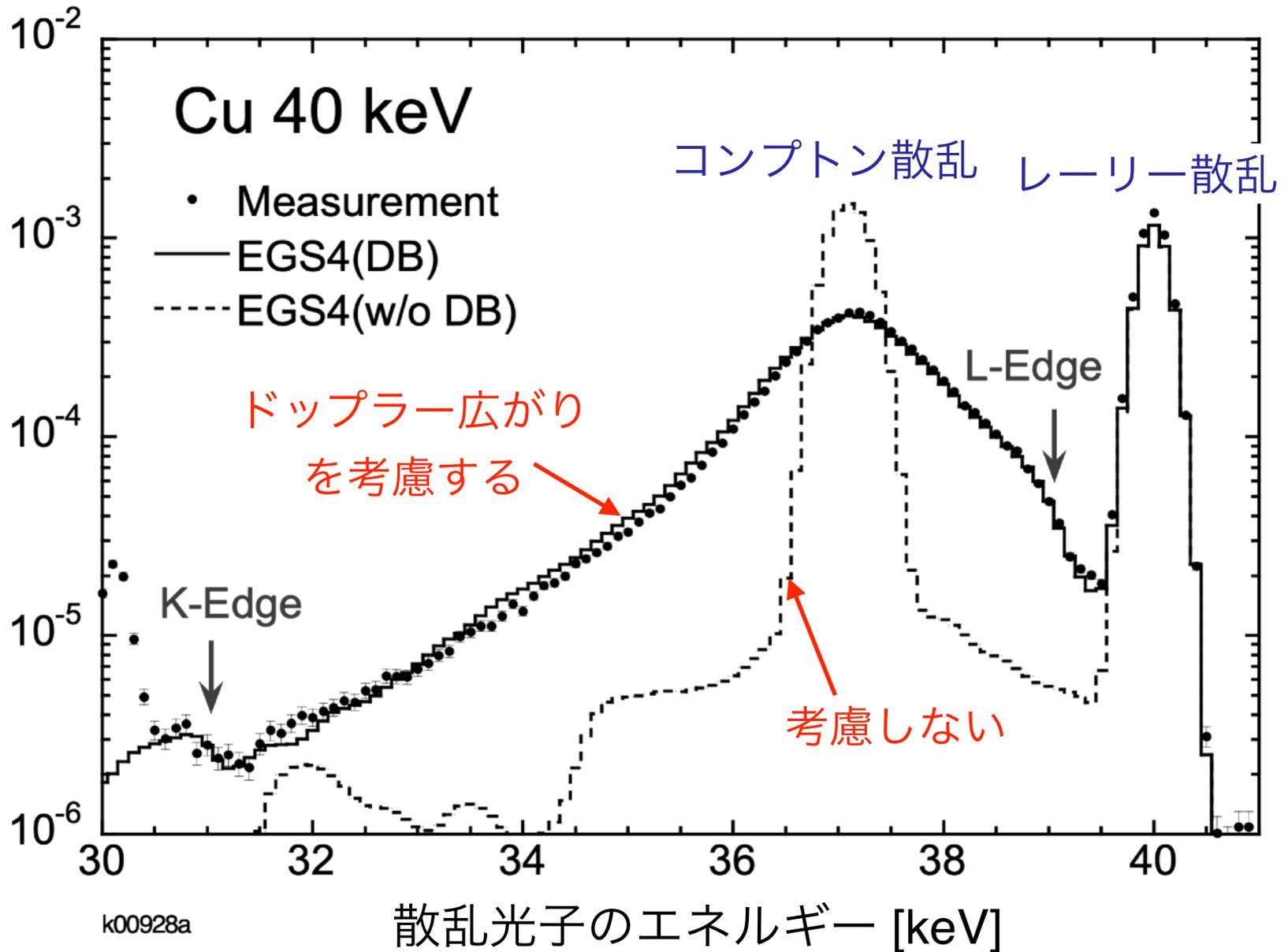
コンプトン散乱 (続き)



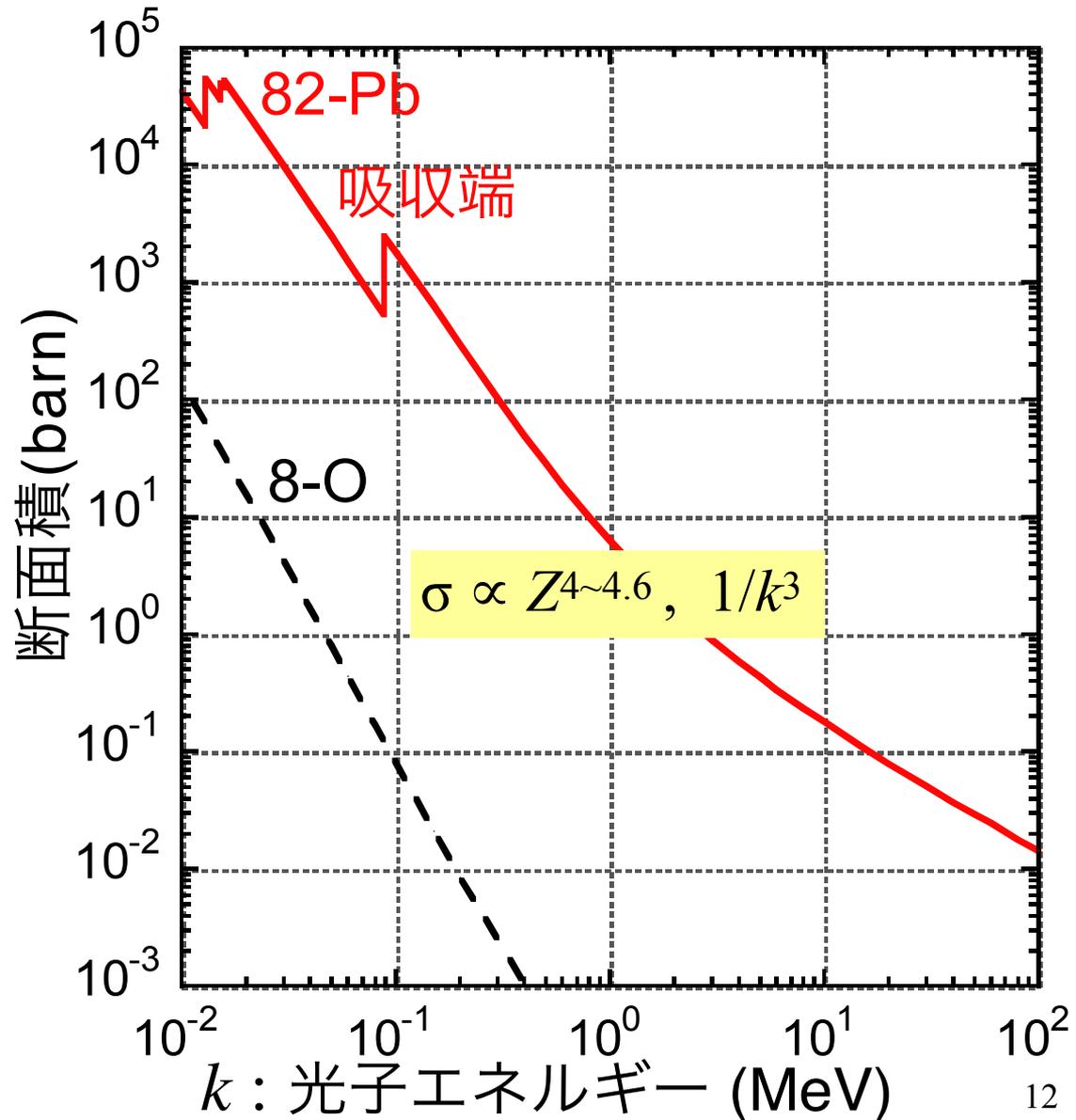
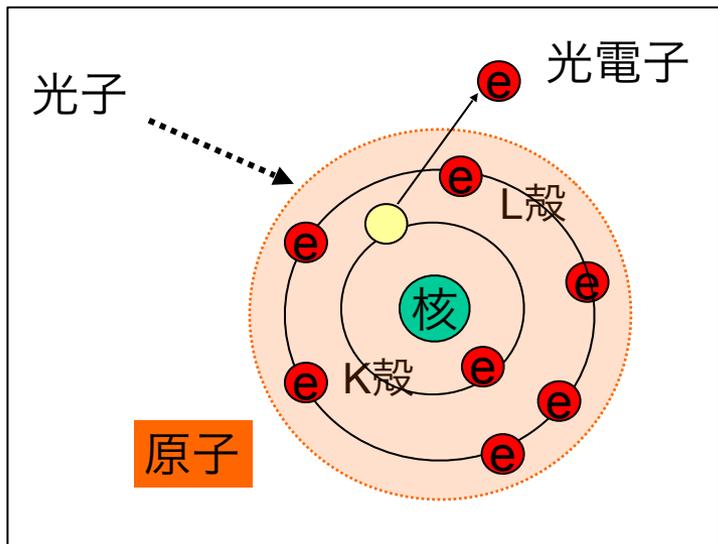
EGS5での詳しい扱い (option)

- 束縛効果を考慮
➡ 低エネルギーで断面積が0に近づく
- 光子の直線偏光を扱える
- 軌道電子の運動量を考慮
➡ ドップラー広がり

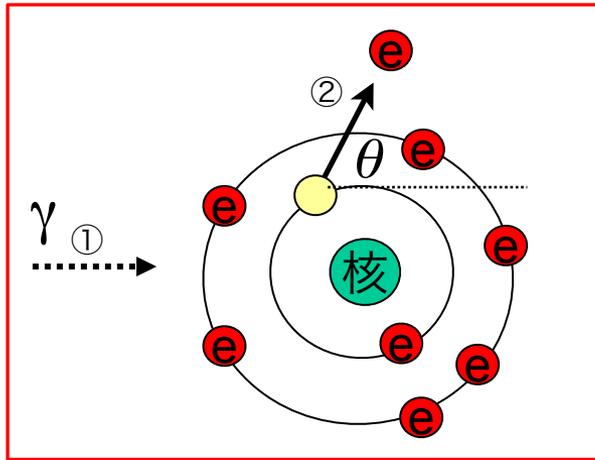
Cu, 40 keV (EGS4+LP+DB=EGS5)



光電効果

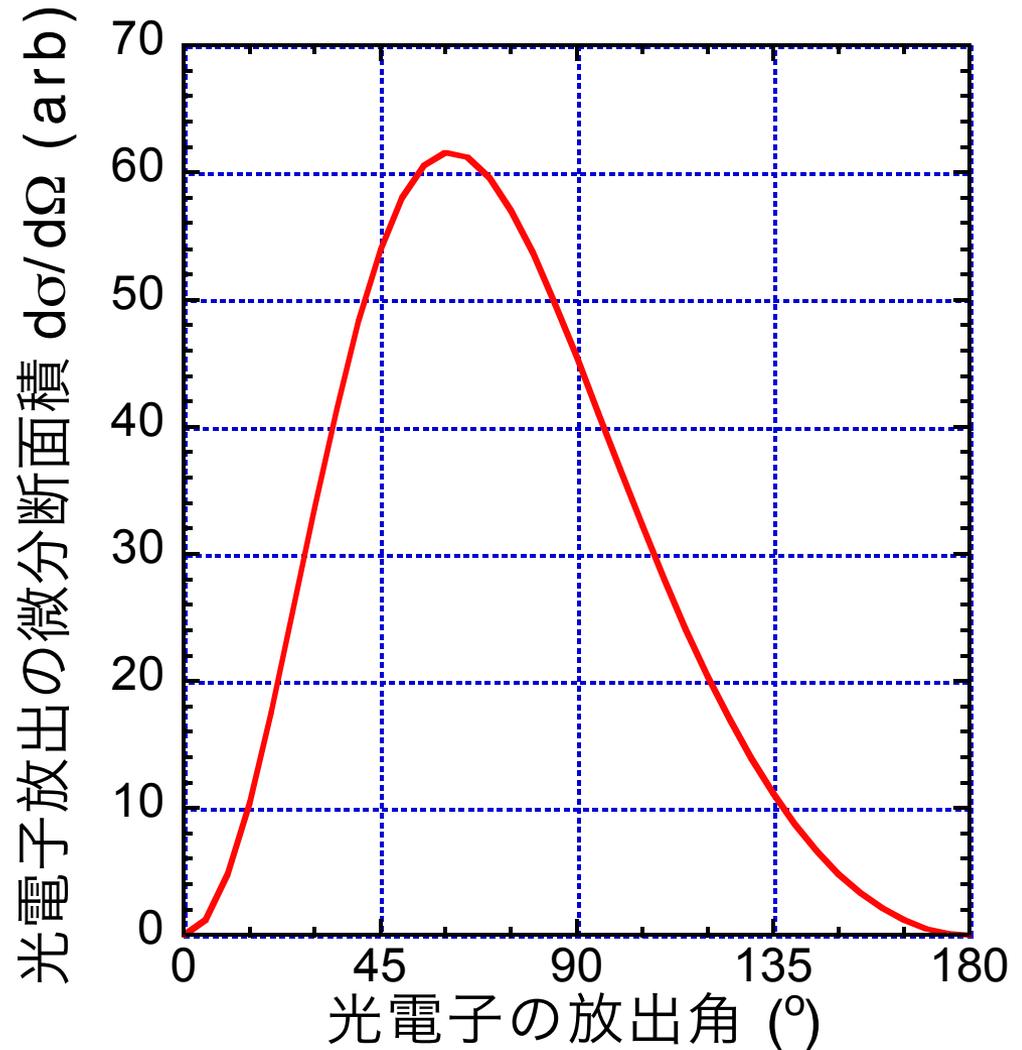


光電子の放出角



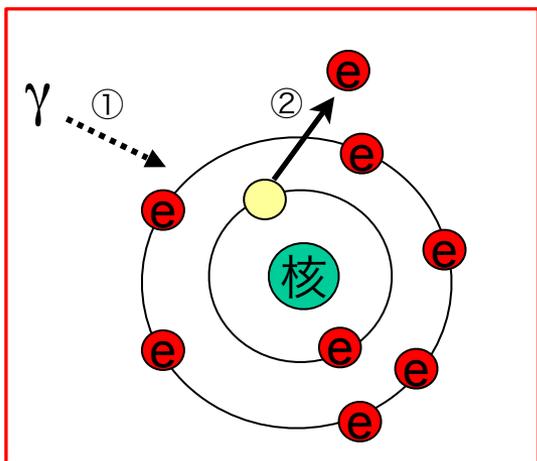
デフォルト： $\theta=0$

オプション：詳しい角度分布

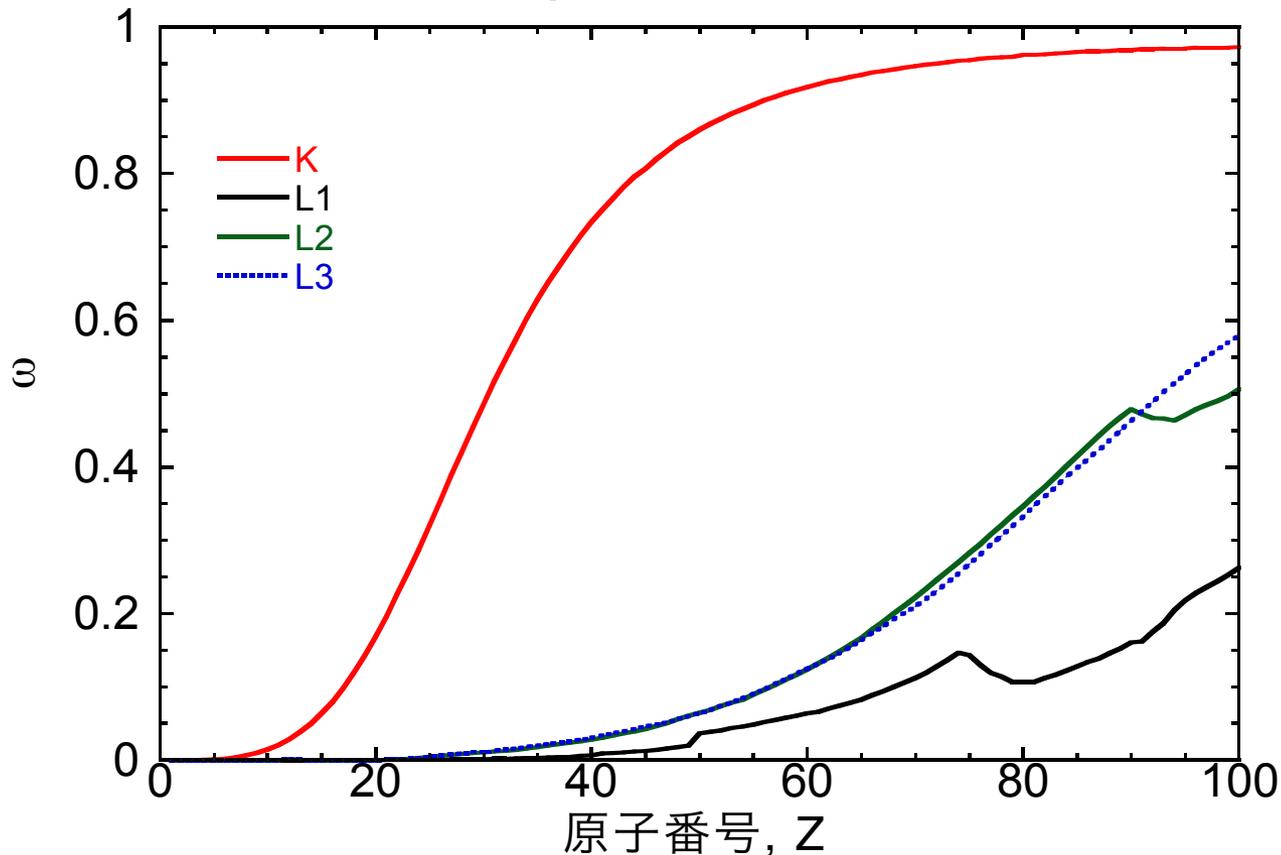


電離した原子の緩和（遷移）

K殻とL殻からの「特性X線」と「オージェ電子」（オプション）



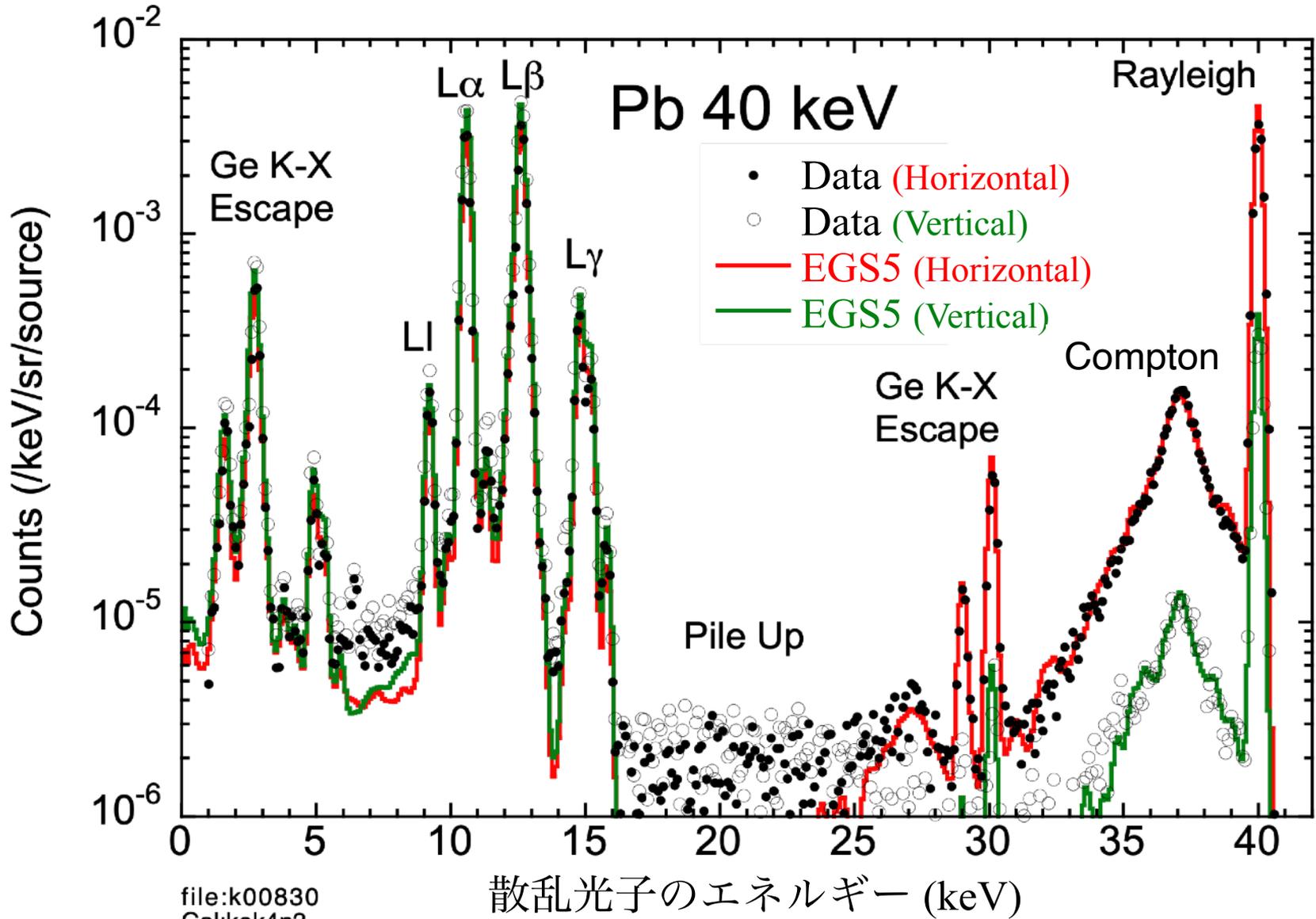
ω : 蛍光収率（特性X線が放出される確率）



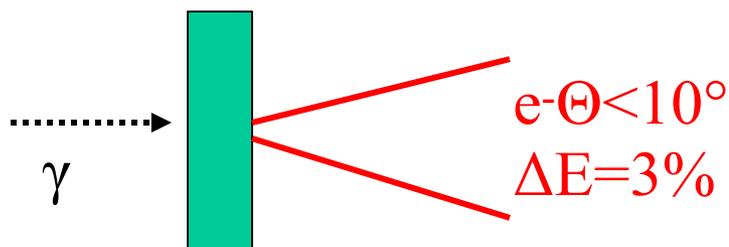
Data from *Table of Isotopes* (TOI)-8th (96)

Pb ターゲット からの光子スペクトル

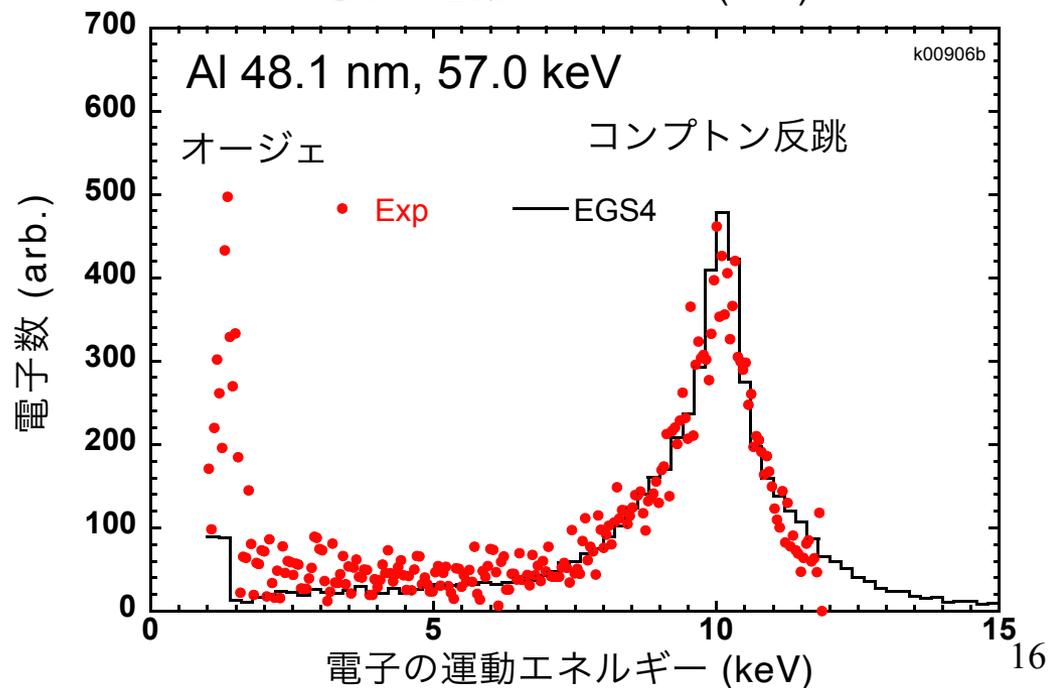
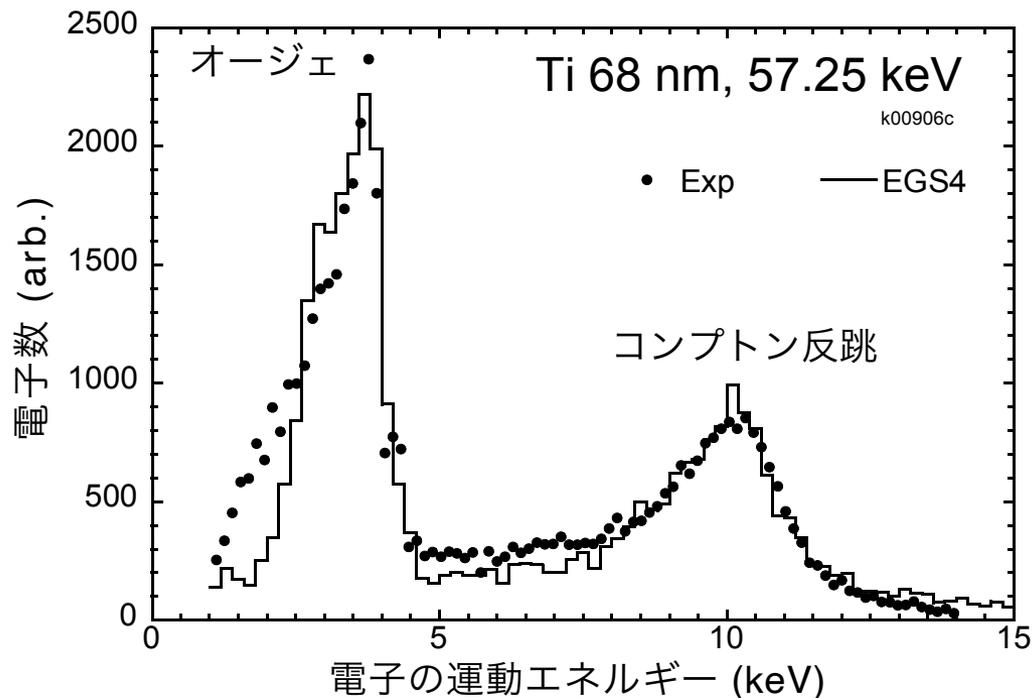
EGS4 (光電効果改良版) = EGS5



オージェ電子 (スペクトルの例)

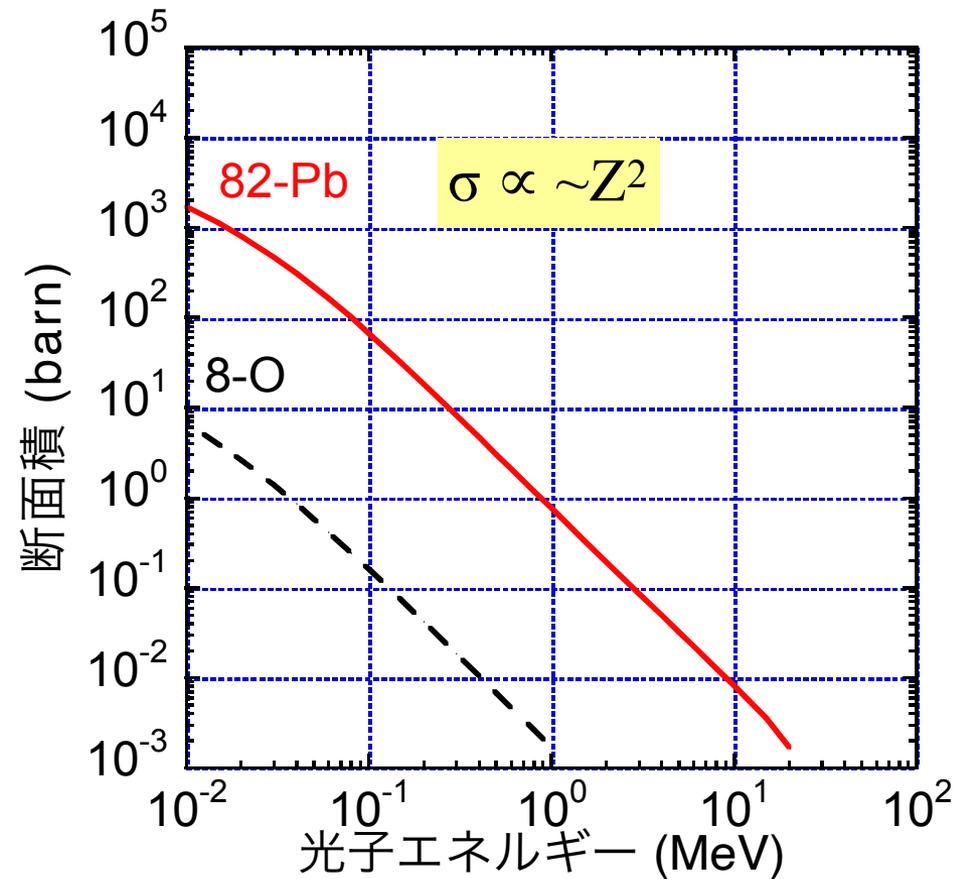
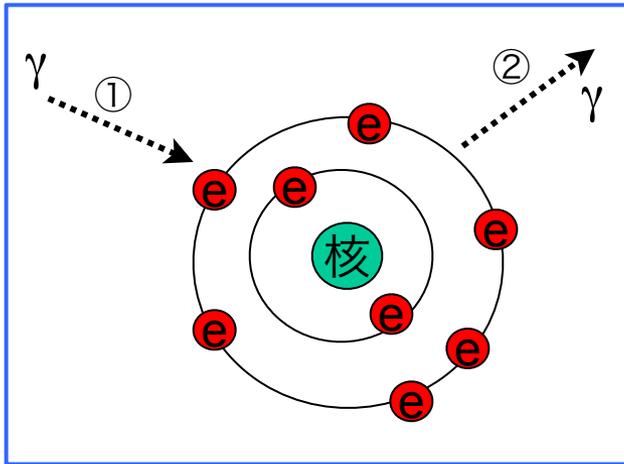


Guadala, Land&Price's exp



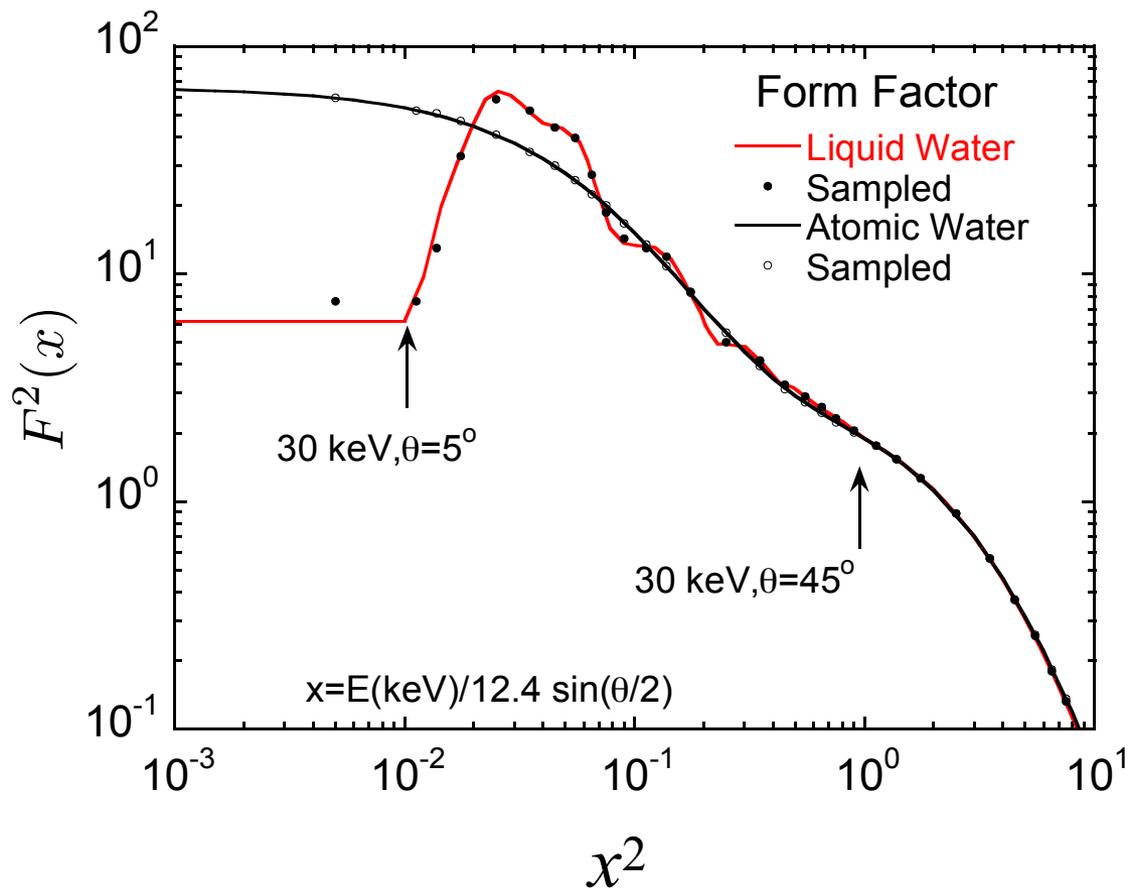
レイリー散乱

- 光子と原子の弾性散乱
- デフォルトでは原子間の干渉は無視
(独立原子近似)

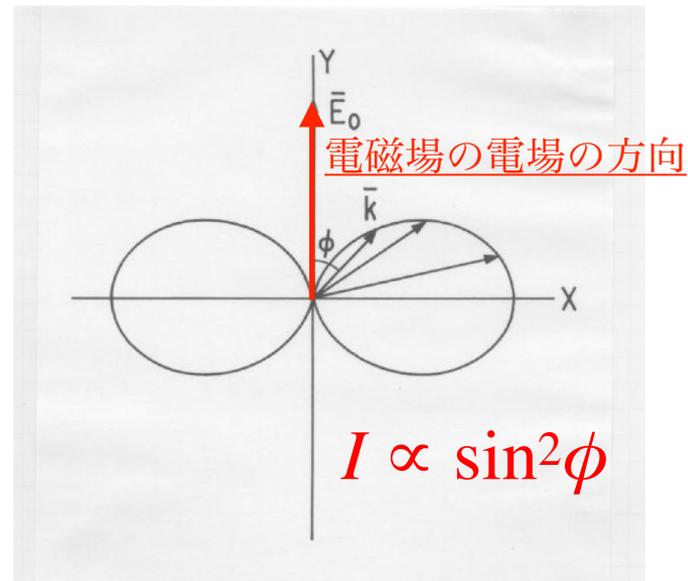


レイリー散乱の詳しい扱い

近在原子間の干渉効果 (オプション)

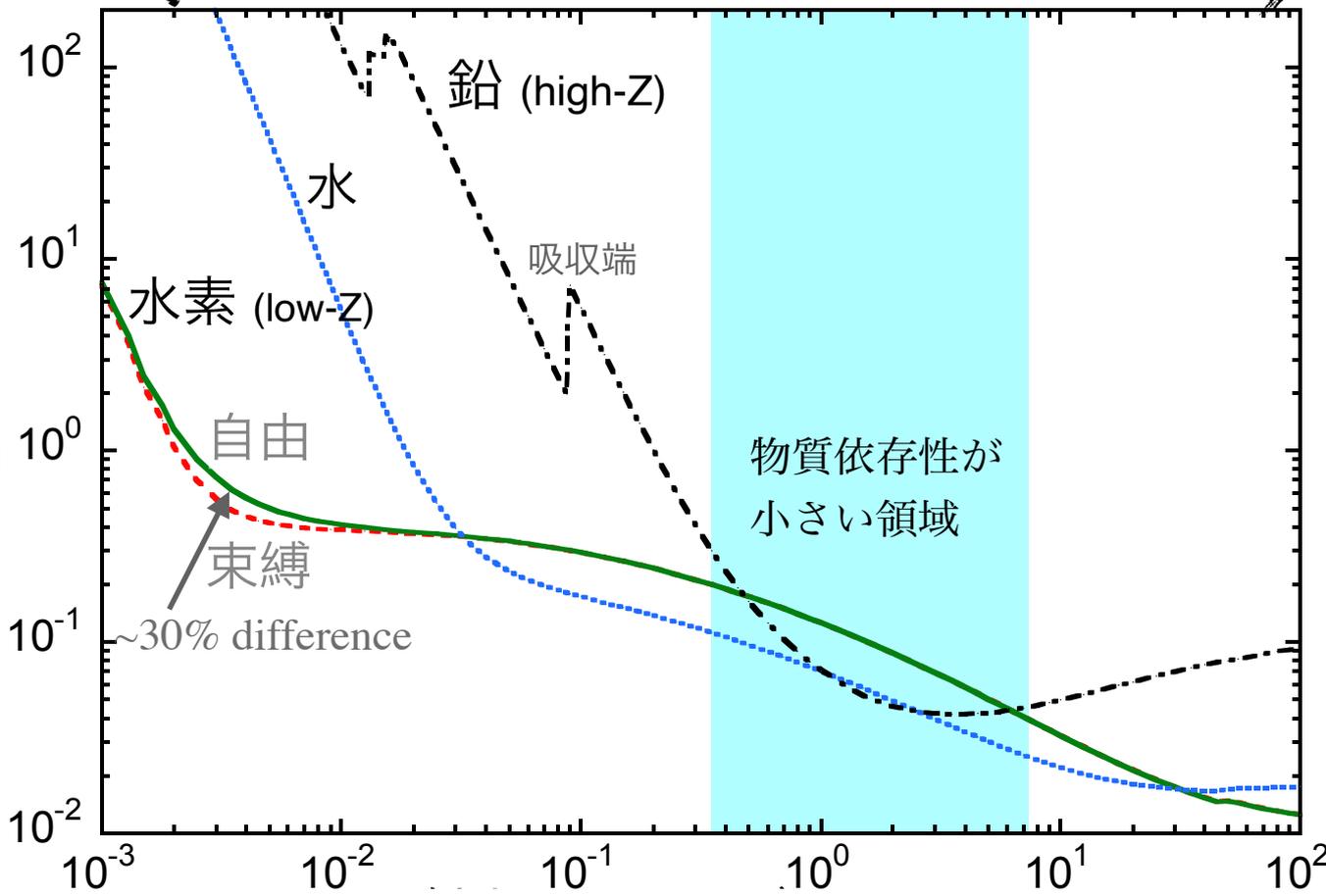


直線偏光光子散乱 (オプション)



光子による全断面積のまとめ

光電効果
+ レイリー散乱
←
コンプトン散乱
→
対生成



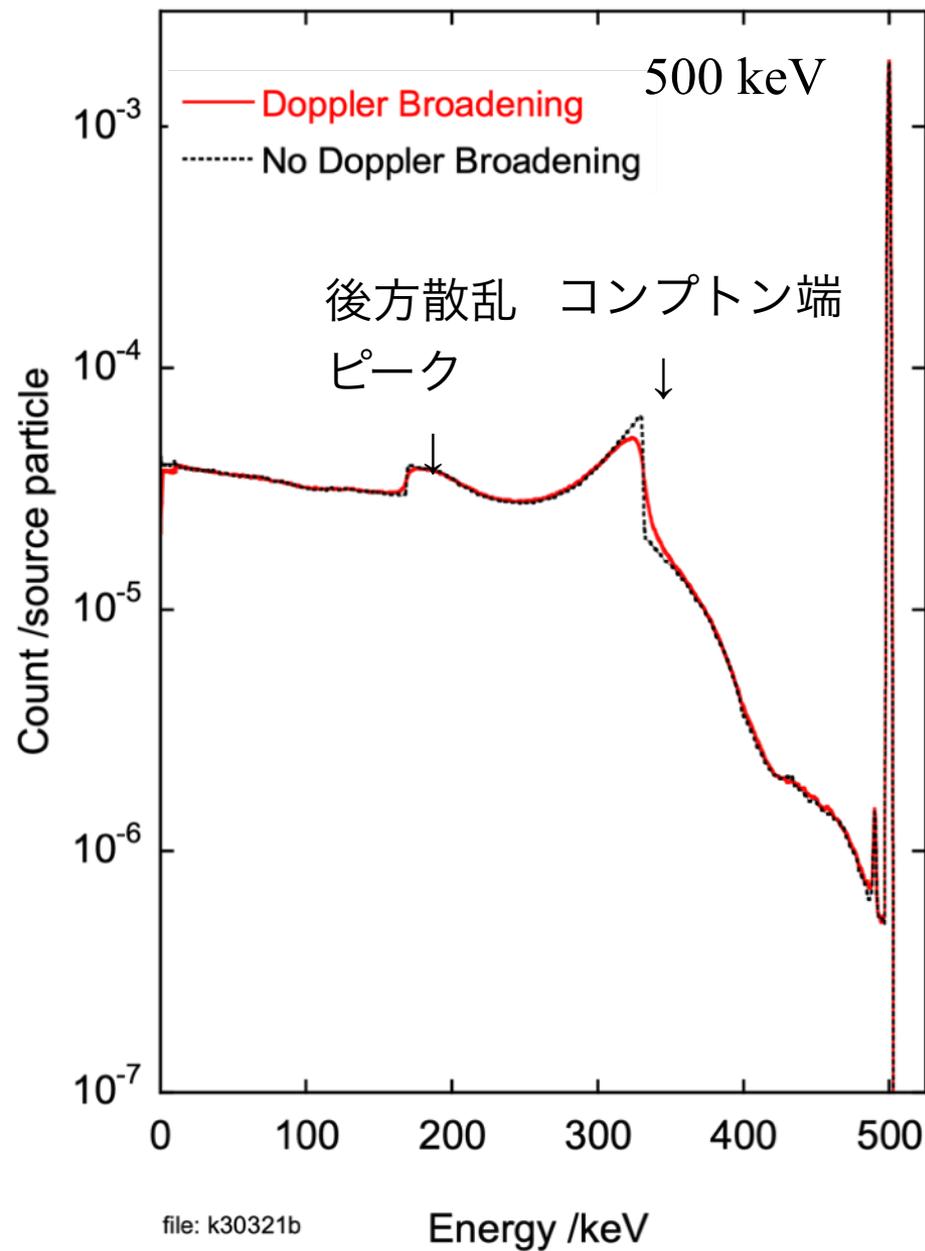
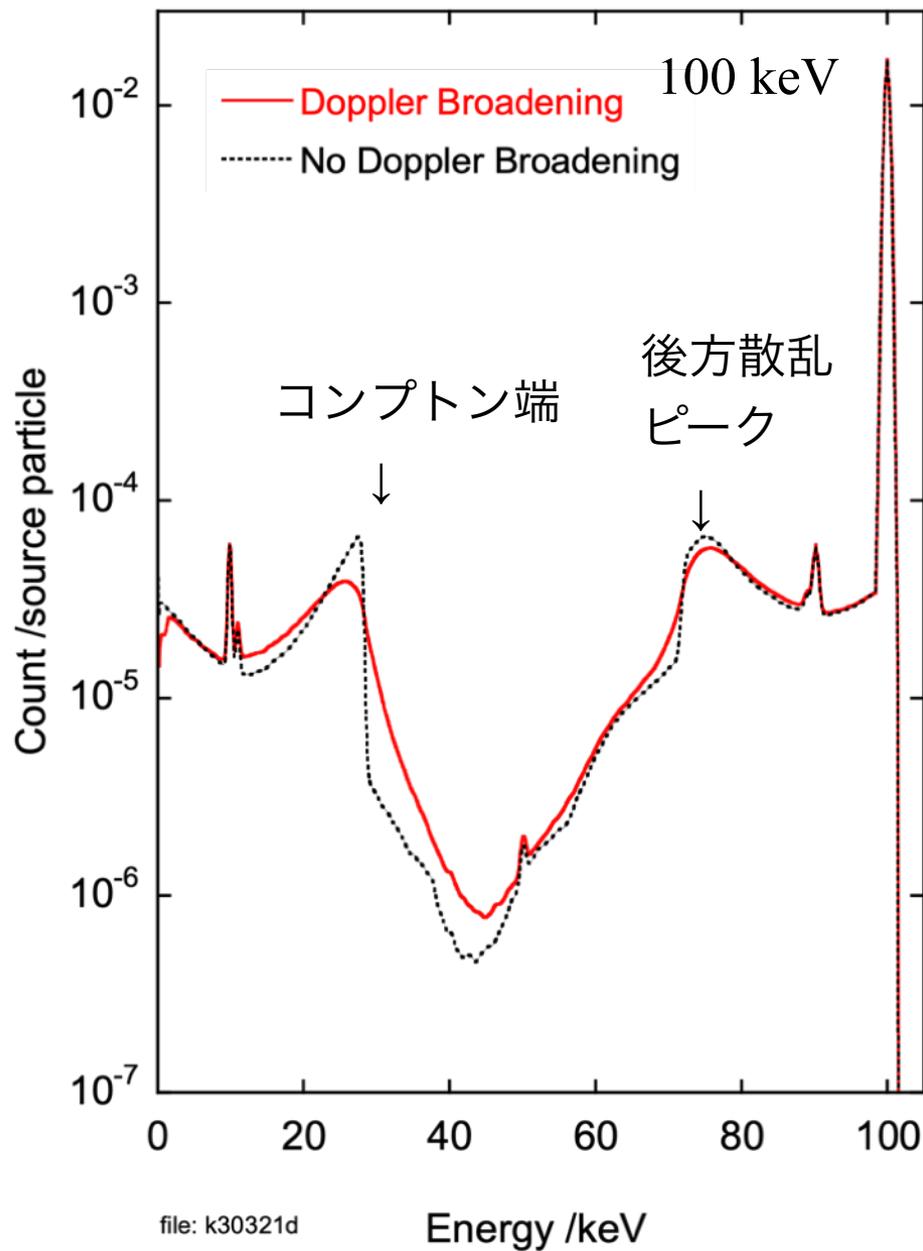
入射光子エネルギー [MeV]

断面積 / 質量数

$\sigma / A * (N_{Av0})$ [cm^2/g]

End of Photon Monte Carlo Simulation

Ge 検出器の応答関数へのドップラーの影響



二重微分コンプトン散乱断面積

