

# 電子モンテカルロシミュレーション

相互作用

近似

輸送方法

2006.6.23 Last modified

(KEK) 波戸、平山 (ミシガン大) A.F.Bielajew

# 重大な相互作用と軽微な相互作用

-しきいエネルギー(AE, AP):ユーザーが設定(PEGS入力)

## •重大な相互作用(大きな影響):個別サンプリング

- モラー/バーバー散乱 (2次粒子エネルギー > AE)  $e^\pm e^- \rightarrow e^\pm e^-$
- 制動輻射 (光子エネルギー > AP)  $e^\pm N \rightarrow e^\pm \gamma N$
- 飛行中および静止時の消滅  $e^+e^- \rightarrow 2\gamma$

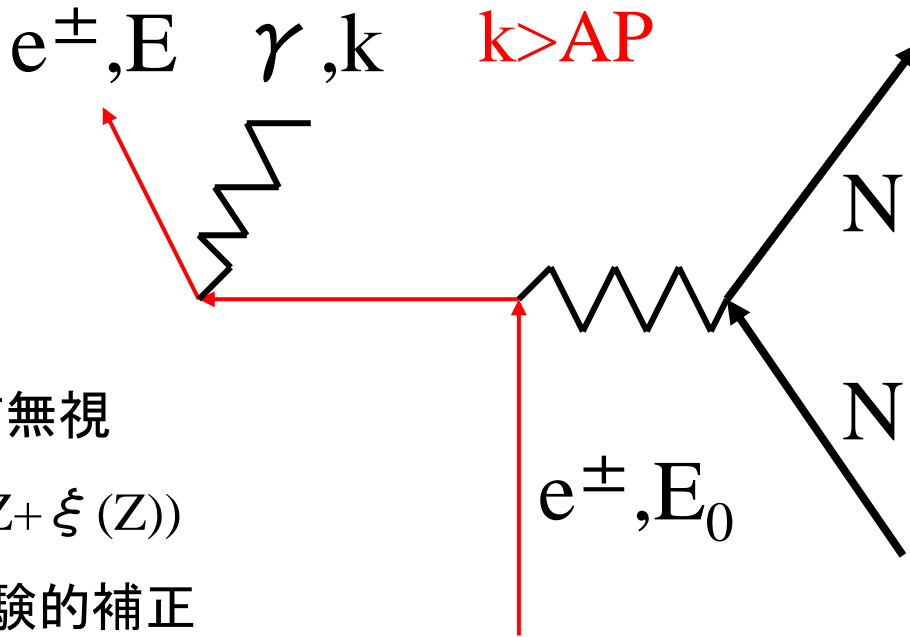
## •軽微な相互作用(小さな影響):まとめてサンプリング

- モラー/バーバー散乱 (2次粒子エネルギー < AE)
  - 制動輻射 (光子エネルギー < AP)
  - 原子励起
  - 多重クーロン散乱
- } エネルギー  
吸収

# 重大な (Catastrophic) 相互作用

# 制動輻射

$$E_0 = E + k$$



- $Z^2$  に比例

- 3体角度分布無視

  - $Z^2 \rightarrow Z(Z + \xi(Z))$

- $< 50$  MeV 経験的補正

- $> 50$  MeV ERL

- TF スクリーニング

- $1/E_\gamma$  発散

- $e^-, e^+$  同一視

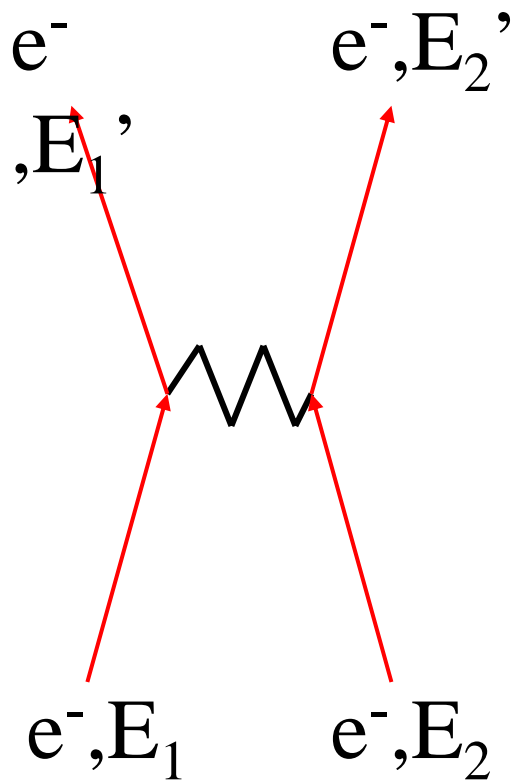
- ミグダル効果無視  $> 10$  GeV

- $e^\pm$  方向不変

- $\Theta_\gamma = m_e/E_0$

- チップ  $\rightarrow 0$

# モラー散乱

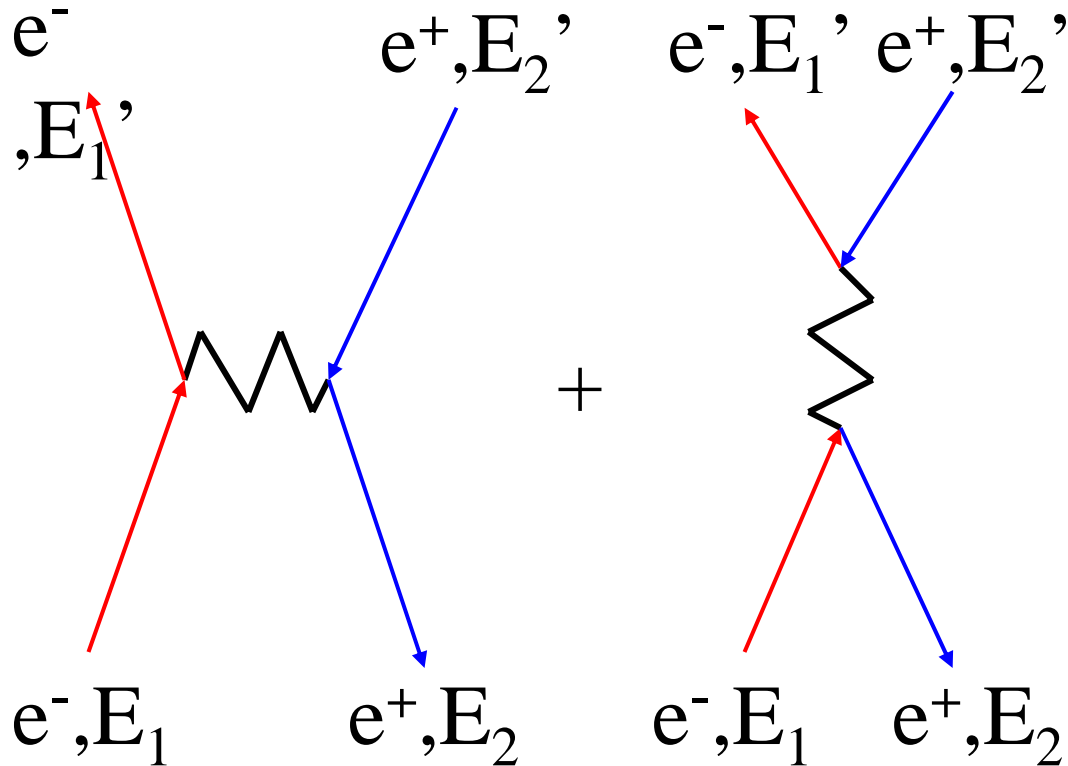


同種粒子:

しきい: 2(AE-RM)

- $1/v^2$
- Zに比例
- ターゲットeは自由

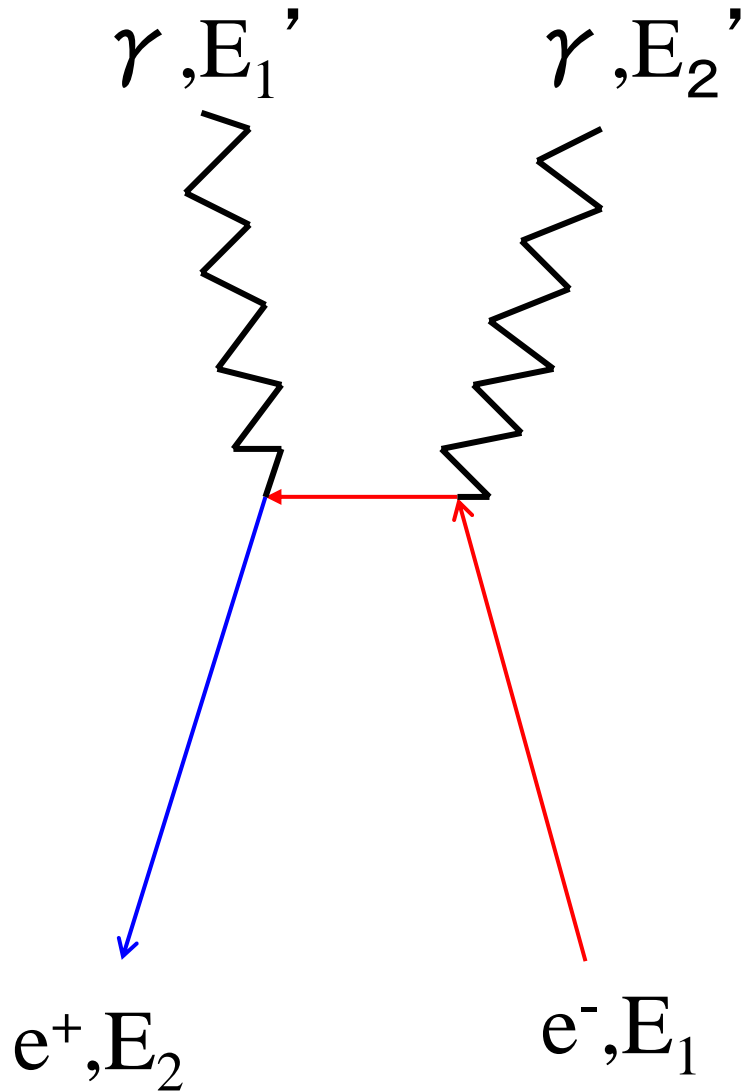
# バーバー散乱



異種粒子: しきい: AE-RM

- EGS5 New Physics (optional)
- K-X ray production in Moller (Electron Impact Ionization)

# 消滅



•飛行中および静止時

• $e^+e^- \rightarrow n \gamma$  ( $n > 2$ )無視

• $e^+e^- \rightarrow \gamma N^*$ 無視

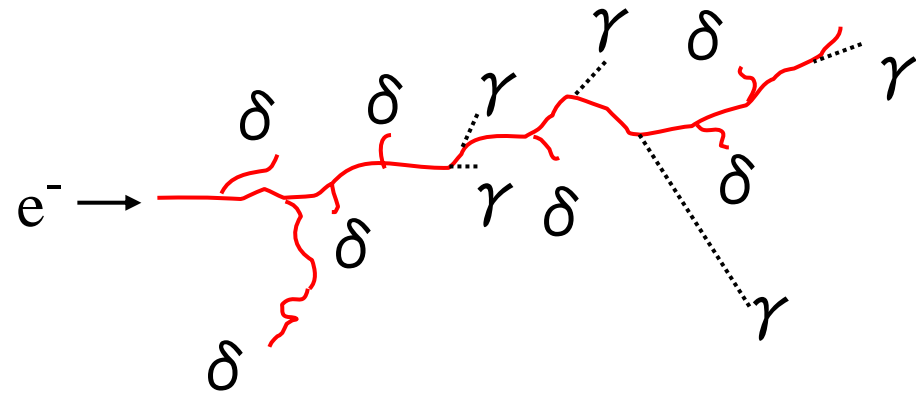
•ECUTで $e^+$ 消滅

残りの移動は無視

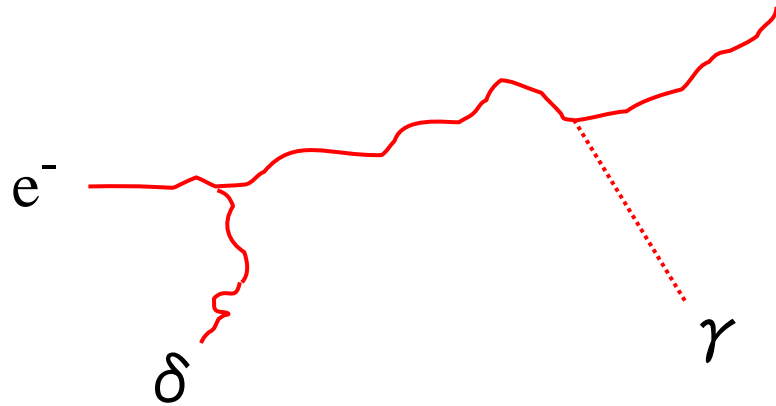
•束縛無視

統計的にグループ化して扱う相互作用

# 凝縮近似(Condensed Random Walk)



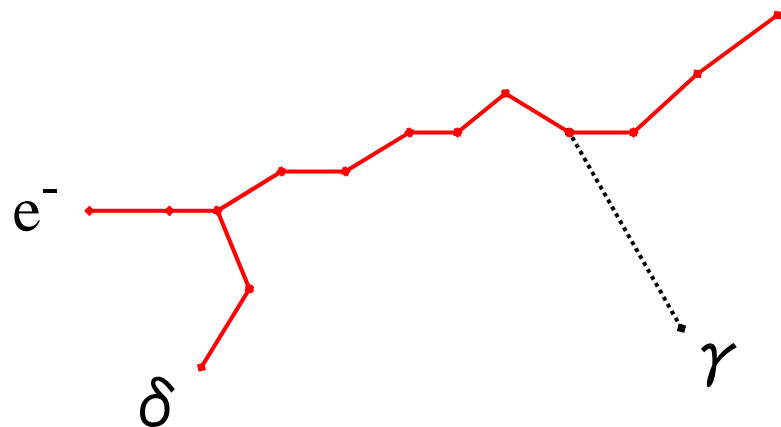
現実(?) MFP: nm単位



連続減速近似

$\delta$  線、制動輻射:

> 大きいエネルギーのみ



多重散乱近似

多重散乱角  $\Theta_{ms}(E, Z, t)$

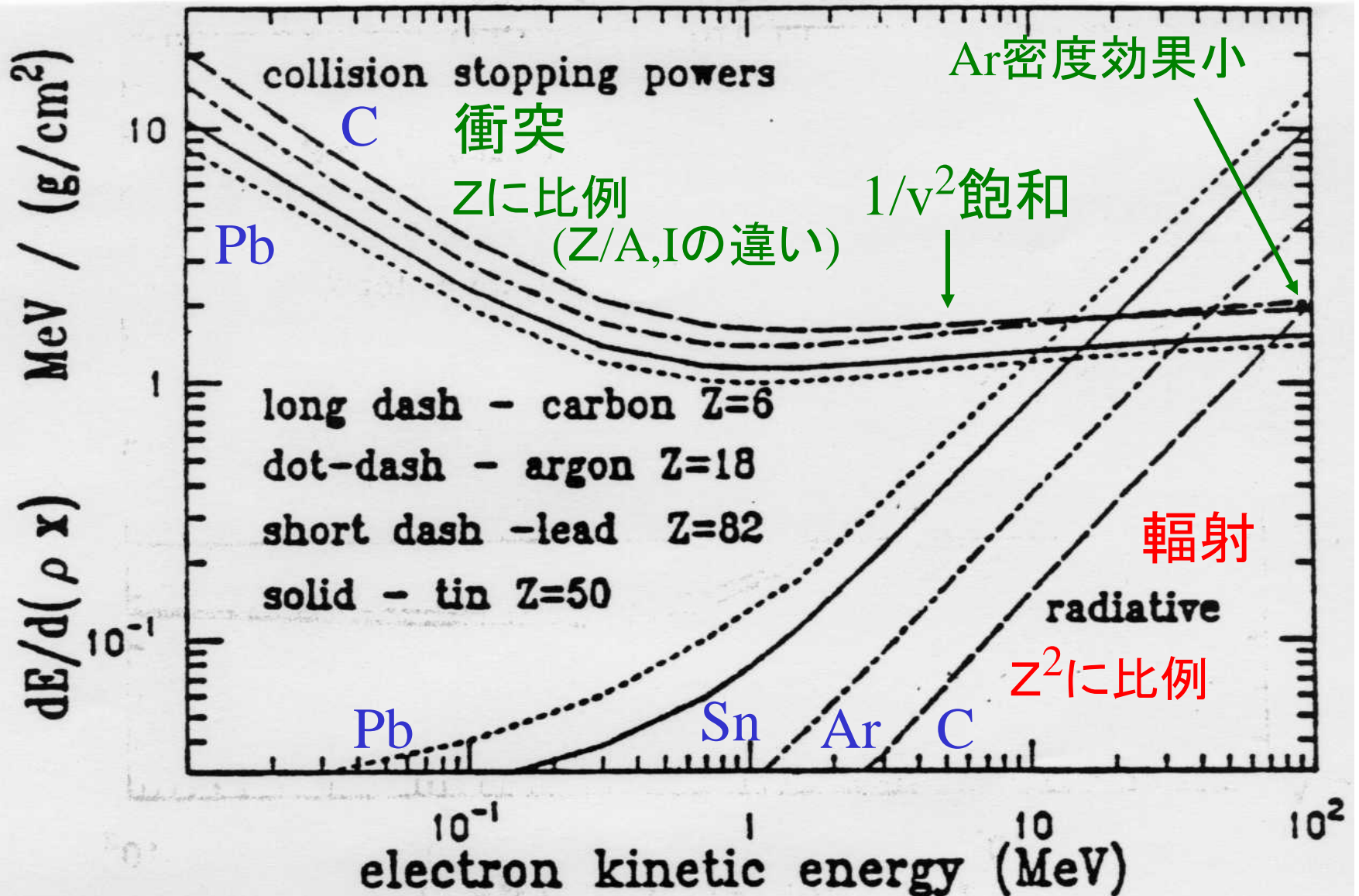
モリエール理論



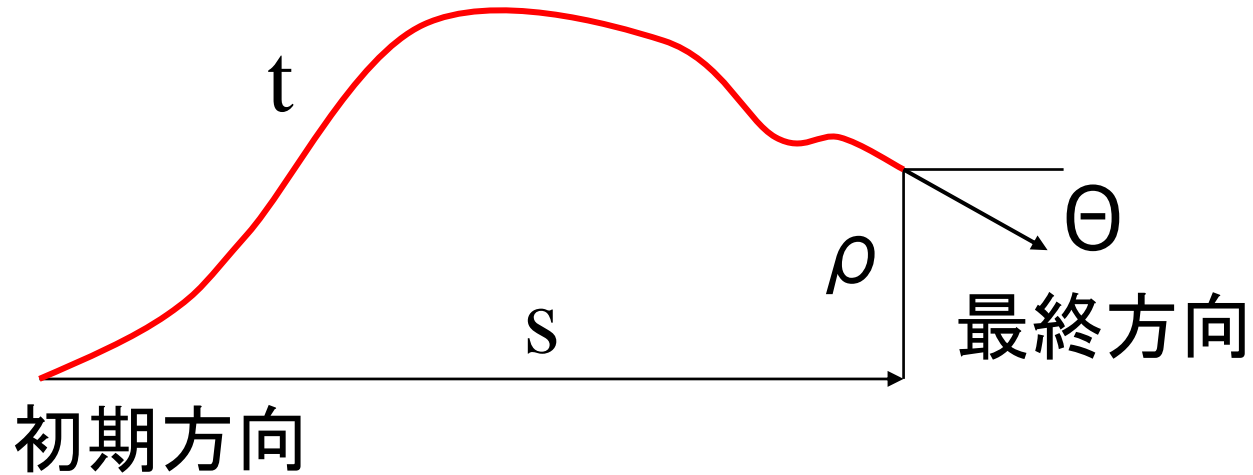
# 「連続」エネルギー損失

1. 衝突エネルギー損失 ( $e^\pm$  区別)
  - K 殻エネルギーの十分上
  - ベーテ・ブロッコ理論 + 密度効果
2. 放射エネルギー損失 ( $e^\pm$  同一視)
  - 制動輻射断面積の積分

# 電子の阻止能(非制限)



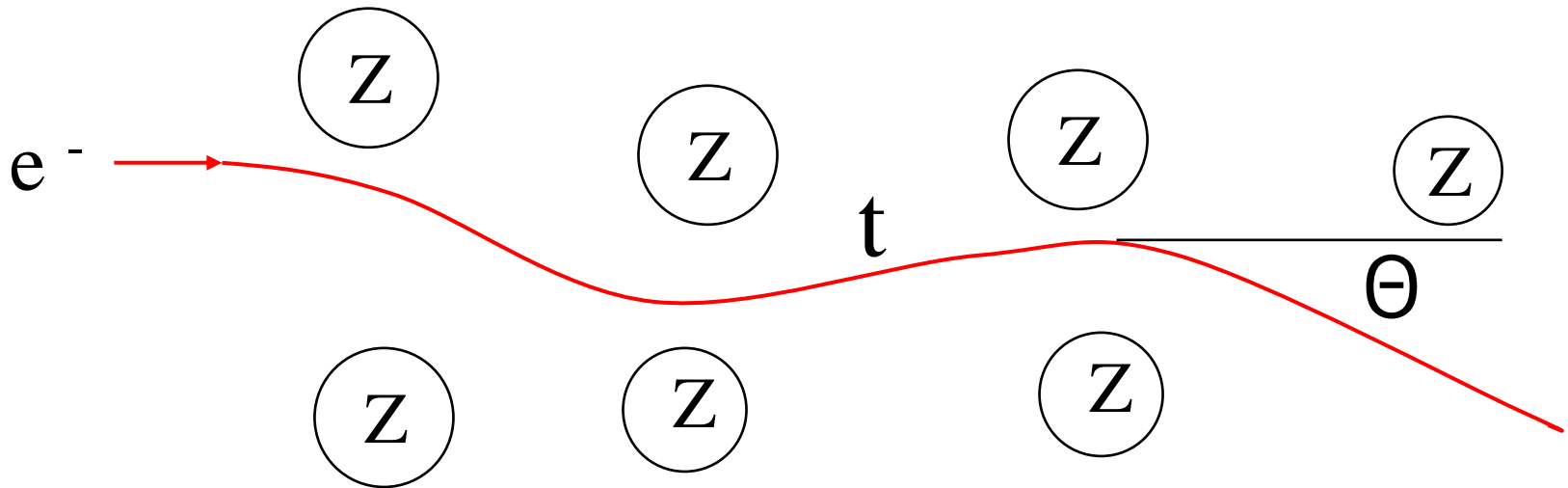
# 多重散乱ステップ



	移動距離補正	横変位
	$t/s$	$\rho$
EGS4	$\Delta^*$	$\times$
PRESTA	$\bigcirc$	$\bigcirc$

\*2倍までの過大評価

# 多重散乱角



$f(\Theta)=?$  :  $t$ だけの移動後の多重散乱角分布

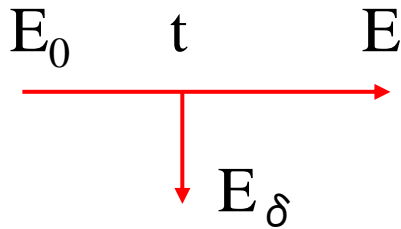
- Fermi-Eyges 理論
- Goudsmit-Saunderson理論 : EGS5
- モリエールの小角長ステップ理論:  
EGS4, PRESTA, EGS5

ここまで

# クラス I とクラス II

## クラス I

相関なしのエネルギー損失

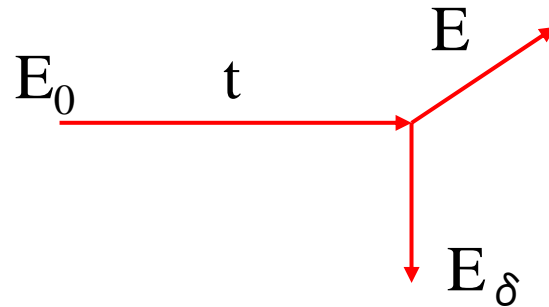


$$E = E_0 - \Delta E(t)$$

$$E_{\text{dep}} = \Delta E(t) - E_\delta$$

## クラス II (EGS)

相関ありのエネルギー損失



$$E = E_0 - t L_{\text{col}}^{\text{AE}} - E_\delta$$

$$E_{\text{dep}} = t L_{\text{col}}^{\text{AE}}$$

- $\Delta E(t)$ : エネルギー損失ストラグリング分布からサンプリングしたエネルギー損失
- $L_{\text{col}}^{\text{AE}}$ : AE以下の2次粒子に対する制限付き衝突阻止能

# エネルギー吸収

$e^{\pm}$ が「 $t$ 」だけ動くときのエネルギー吸収

$$= -\left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{阻止能}}^{\text{制限付き}} \times t$$

$$-\left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{阻止能}}^{\text{制限付き}} = -\left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{以下の輻射}}^{\text{カットオフ}} - \left(dE_{\pm} / dx\right)_{\text{以下の衝突}}^{\text{カットオフ}}$$

ガウス分布の連続エネルギー損失の平均値

薄い体系にはランダウ分布が必要

吸収線量 (Gy)=エネルギー吸収(J)/質量(kg)

