

New physics searches at the ILC positron and electron beam dumps

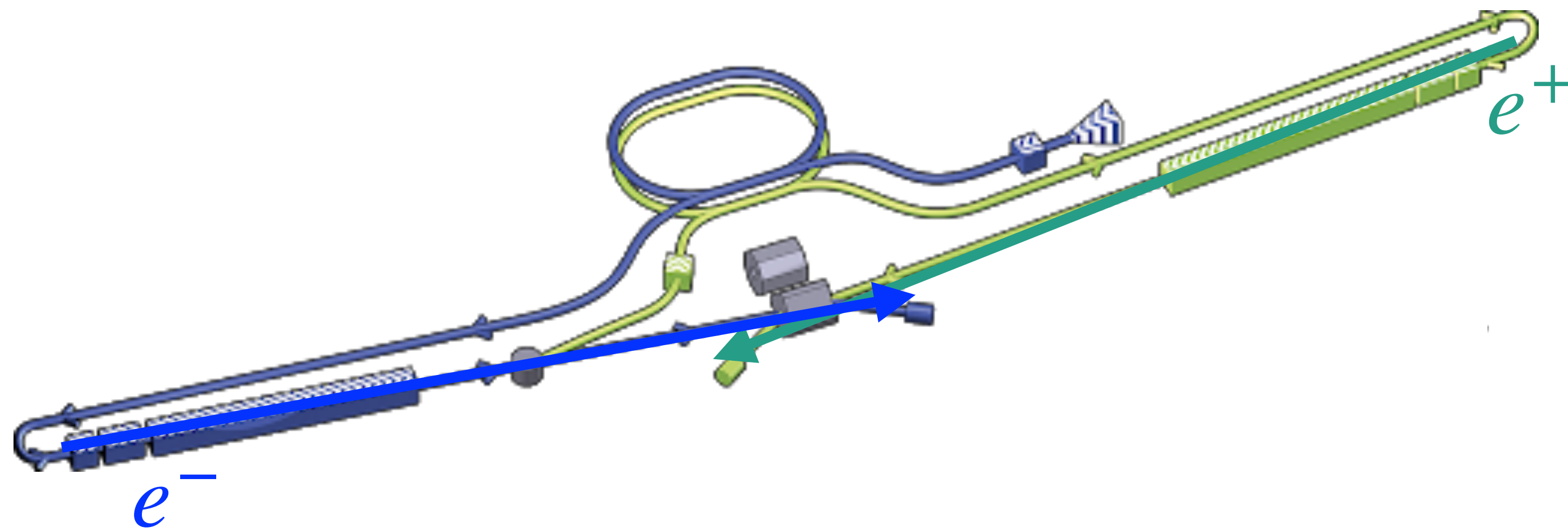
Based on [2105.13768](#)

with Kento Asai, Sho Iwamoto and Yasuhito Sakaki

Daiki Ueda (Peking University) 2021/08/23

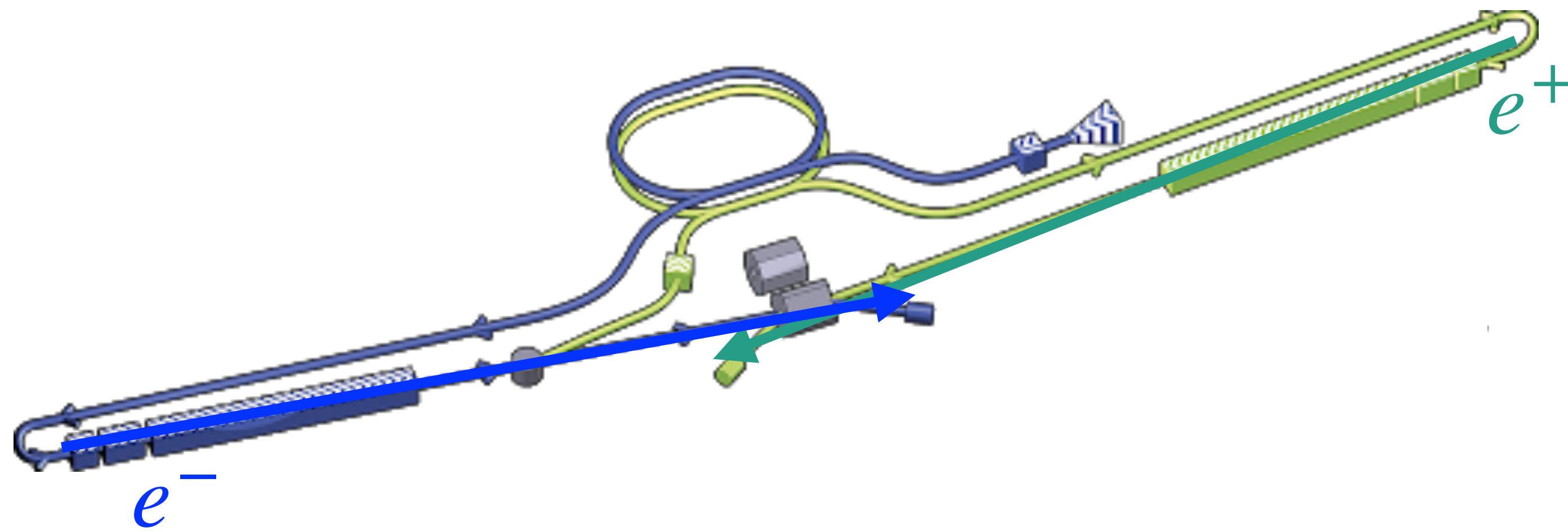
Introduction

- International Linear Collider (ILC): 高エネルギー電子陽電子ビームを利用した線形加速器実験



Introduction

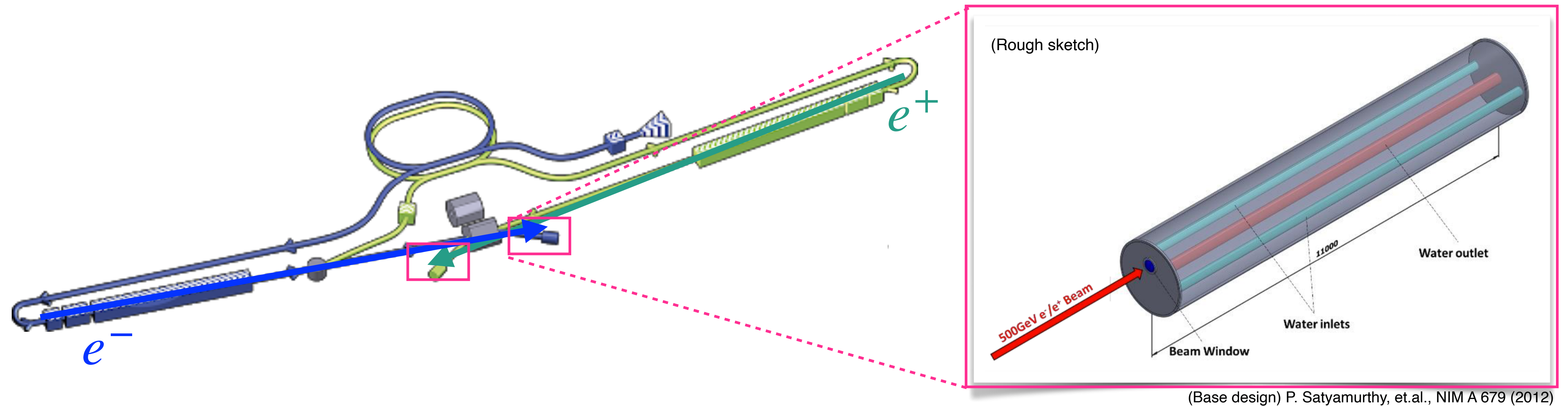
- International Linear Collider (ILC): 高エネルギー電子陽電子ビームを利用した線形加速器実験



- 線形加速器 ⇒ 衝突点を通過したビームはmain beam dumpで捨てられる

Introduction

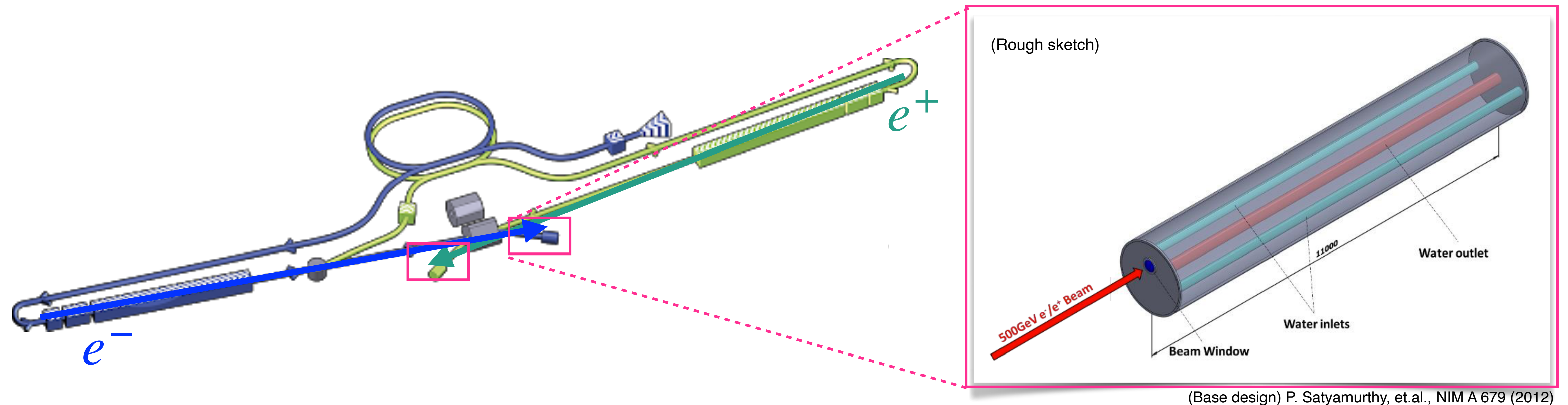
- International Linear Collider (ILC): 高エネルギー電子陽電子ビームを利用した線形加速器実験



- 線形加速器 $\Rightarrow$ 衝突点を通過したビームはmain beam dumpで捨てられる

Introduction

- International Linear Collider (ILC): 高エネルギー電子陽電子ビームを利用した線形加速器実験



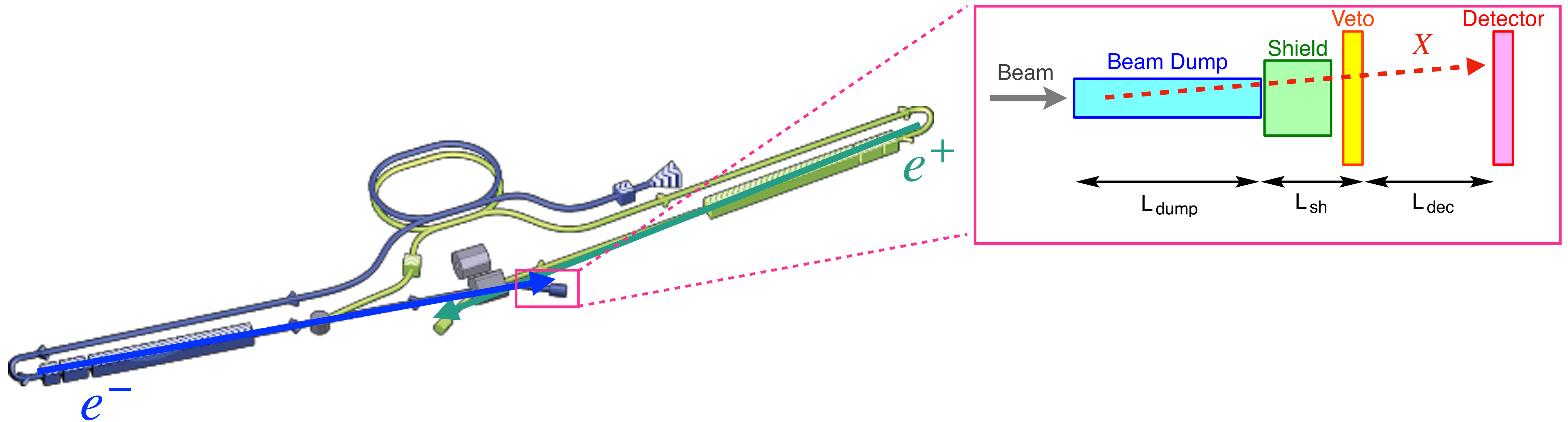
- 線形加速器 $\Rightarrow$ 衝突点を通過したビームはmain beam dumpで捨てられる

ILC-250 $\Rightarrow$ 実験室系のエネルギー: 125 GeV, フラックス: 4×10^{21} /yearのビーム

捨てられるビームを利用できないか?

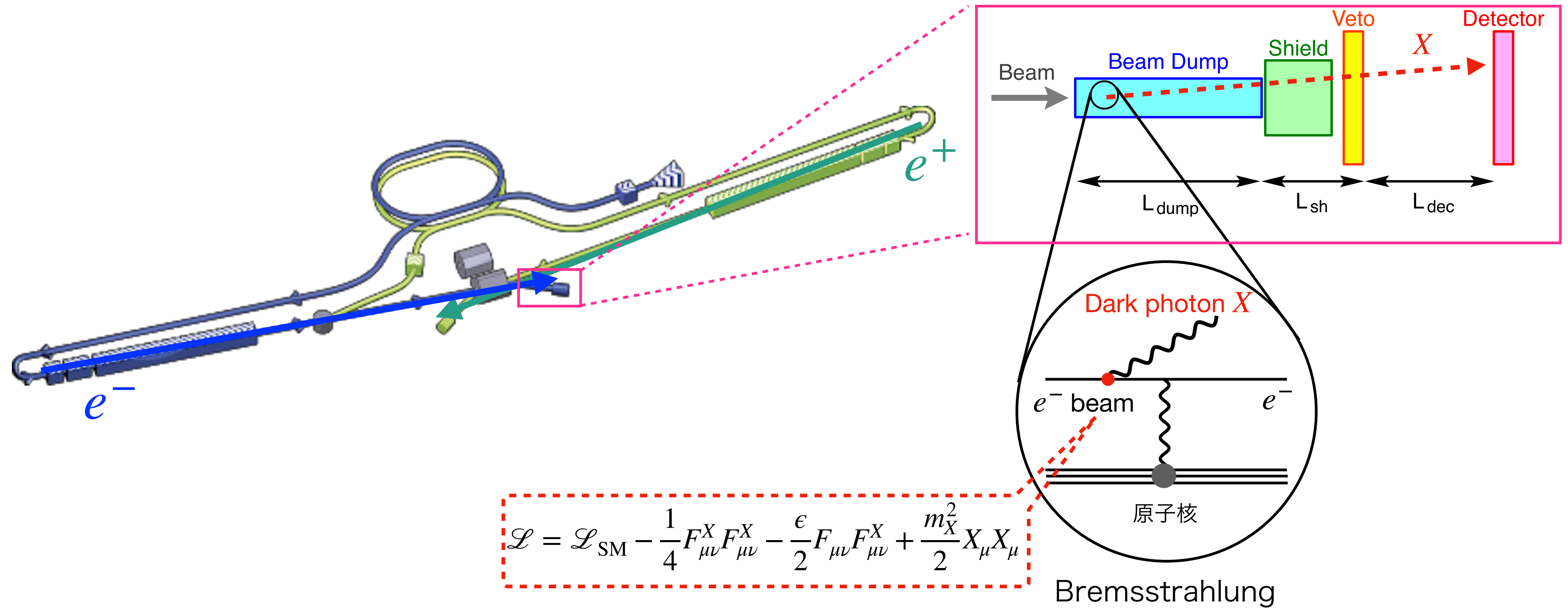
Introduction

- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [S. Kanemura, T. Moroi, T. Tanabe. arXiv:1507.02809]



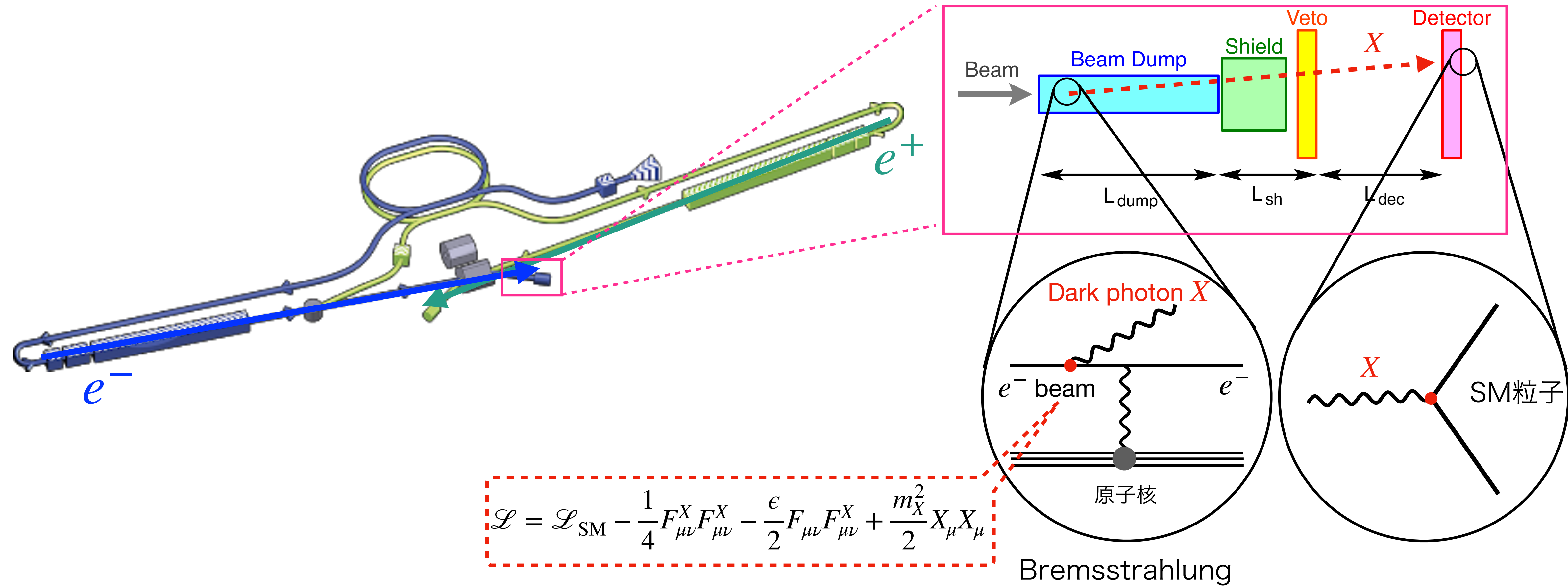
Introduction

- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [S. Kanemura, T. Moroi, T. Tanabe. arXiv:1507.02809]



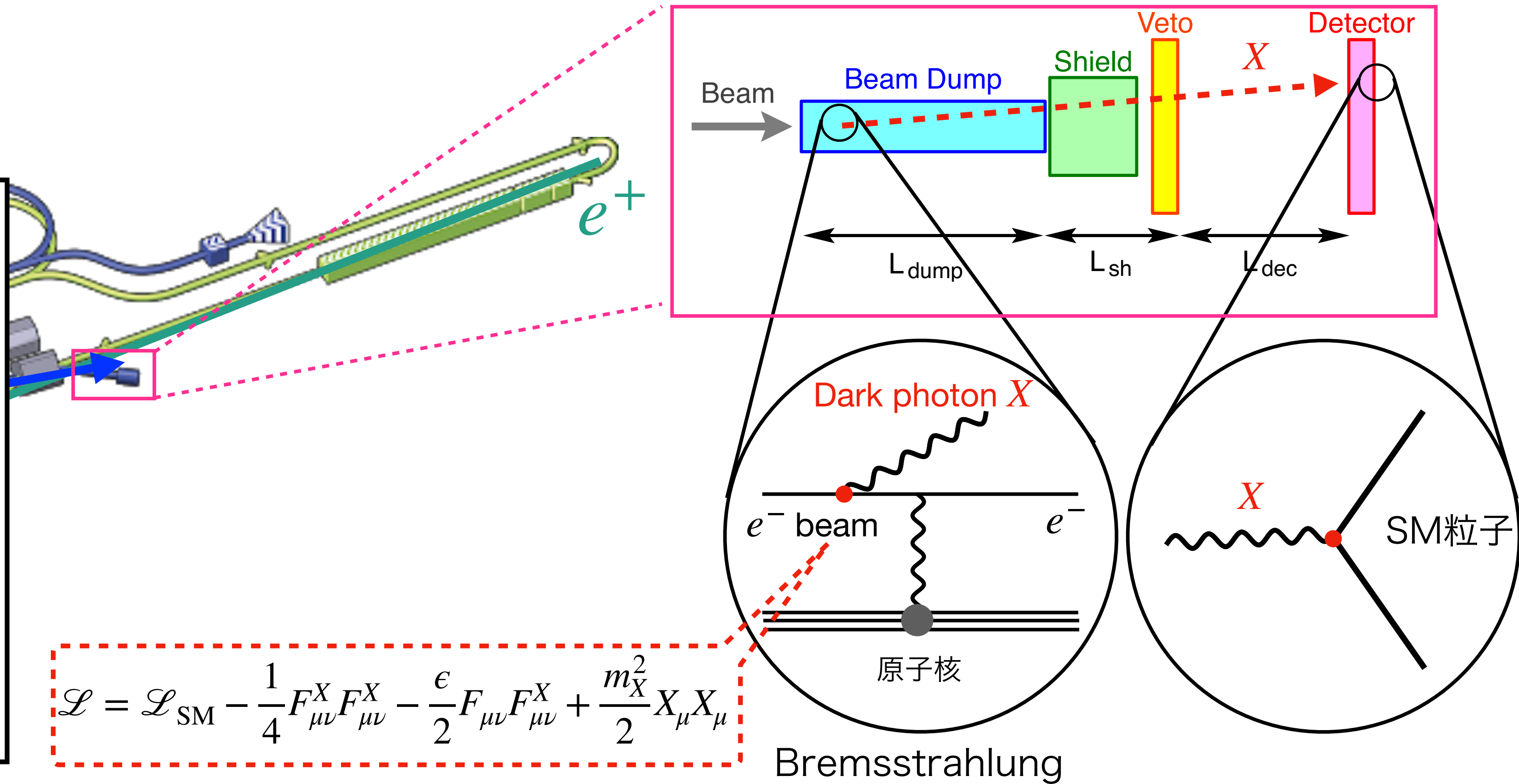
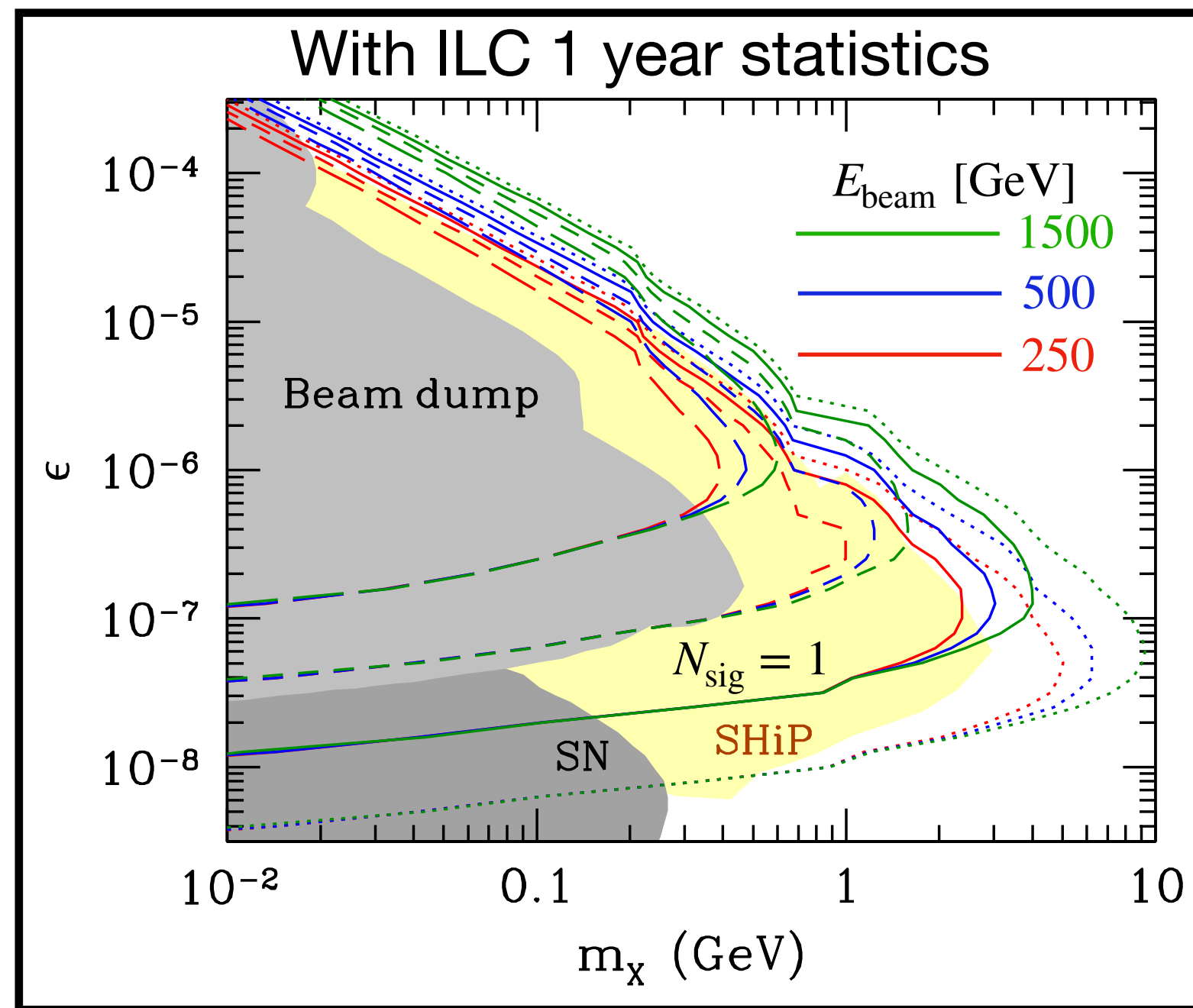
Introduction

- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [S. Kanemura, T. Moroi, T. Tanabe. arXiv:1507.02809]



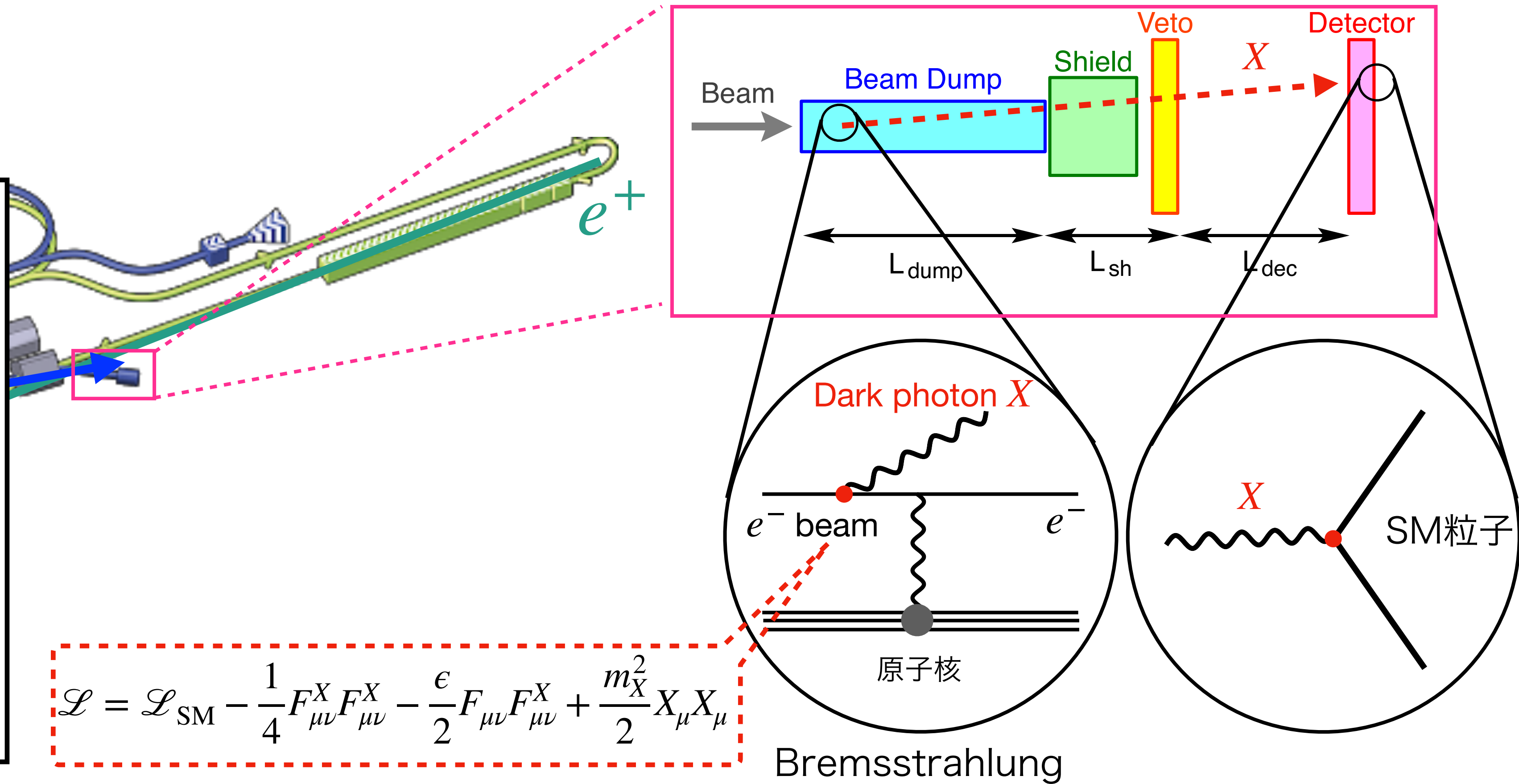
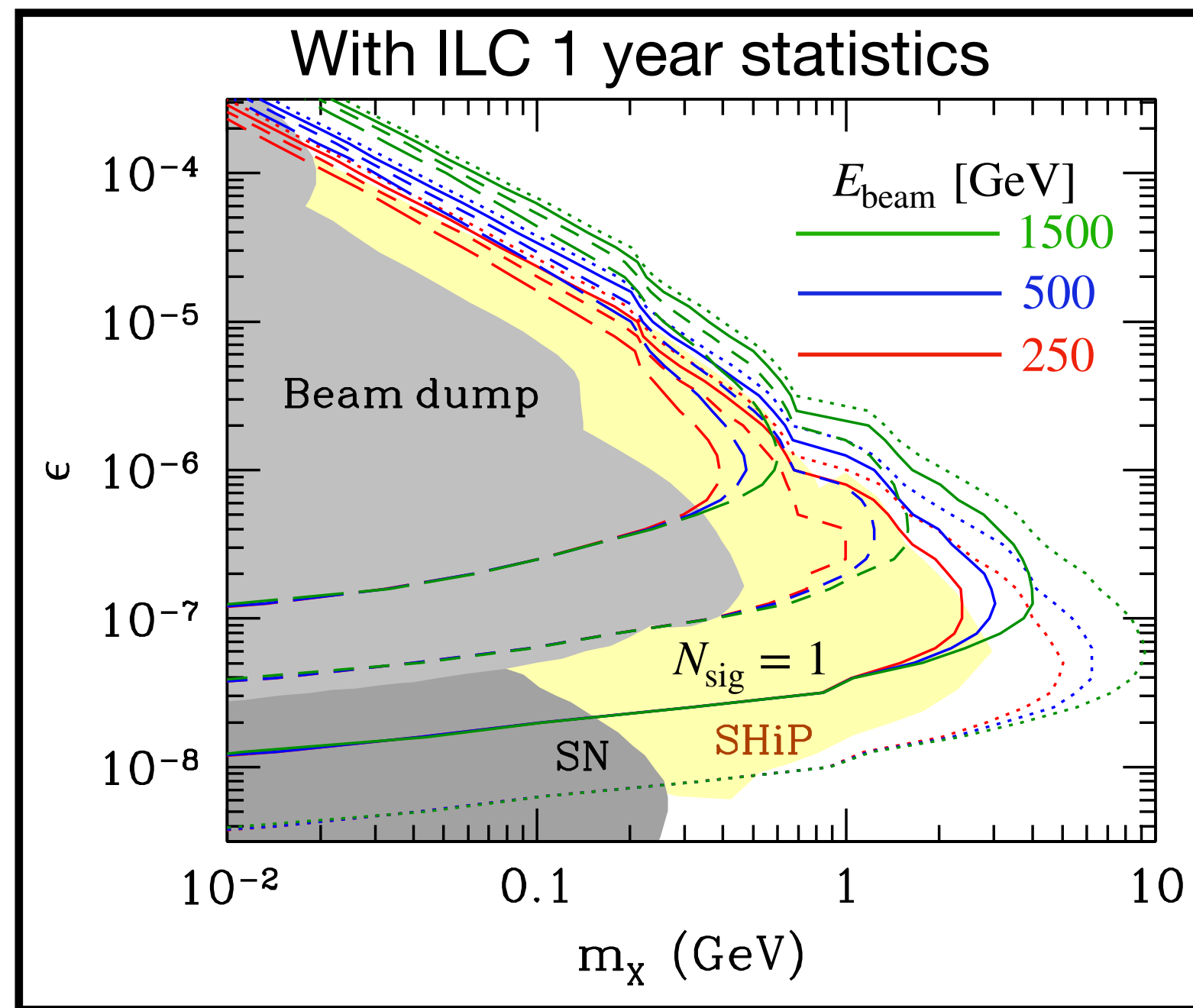
Introduction

- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [S. Kanemura, T. Moroi, T. Tanabe. arXiv:1507.02809]



Introduction

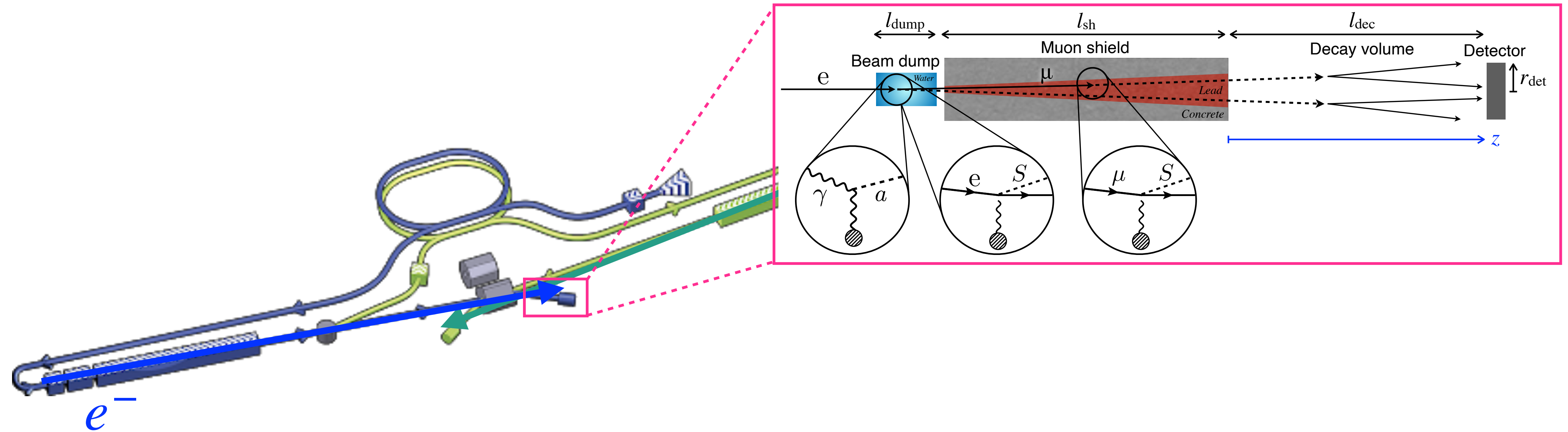
- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [S. Kanemura, T. Moroi, T. Tanabe. arXiv:1507.02809]



ILC beam dump実験は過去のbeam dump実験より高い感度をもつ

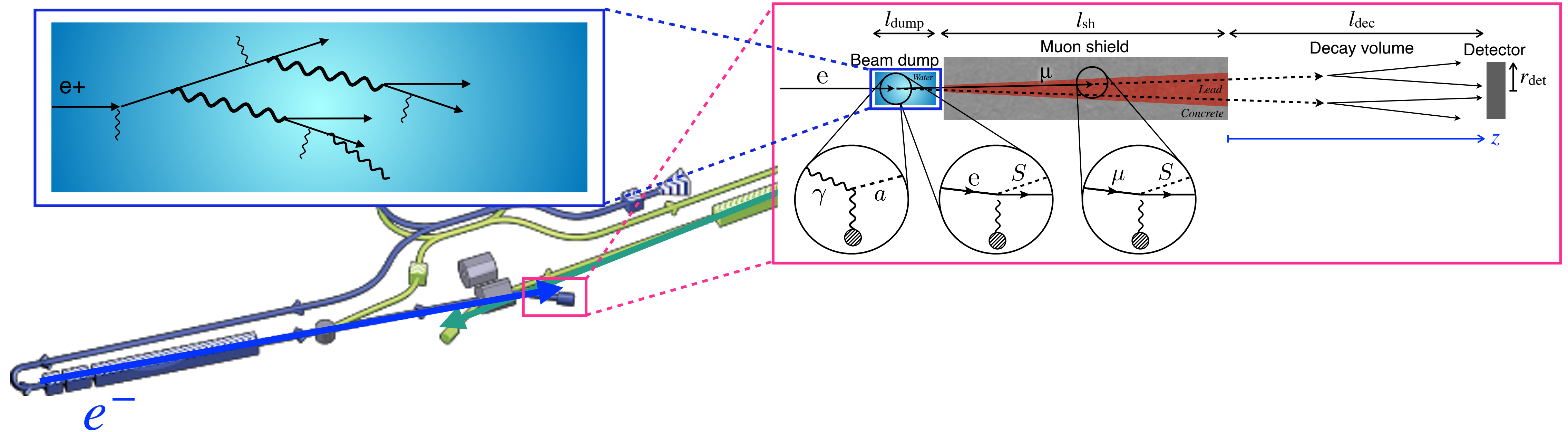
Introduction

- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [Y. Sakaki, DU. arXiv:2009.13790]



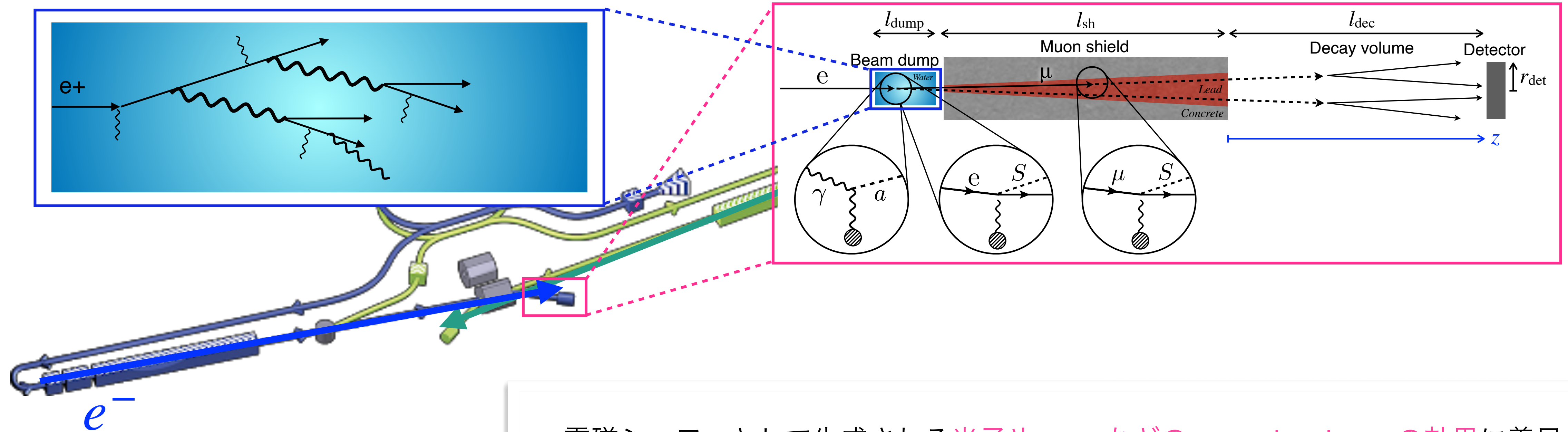
Introduction

- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [Y. Sakaki, DU. arXiv:2009.13790]



Introduction

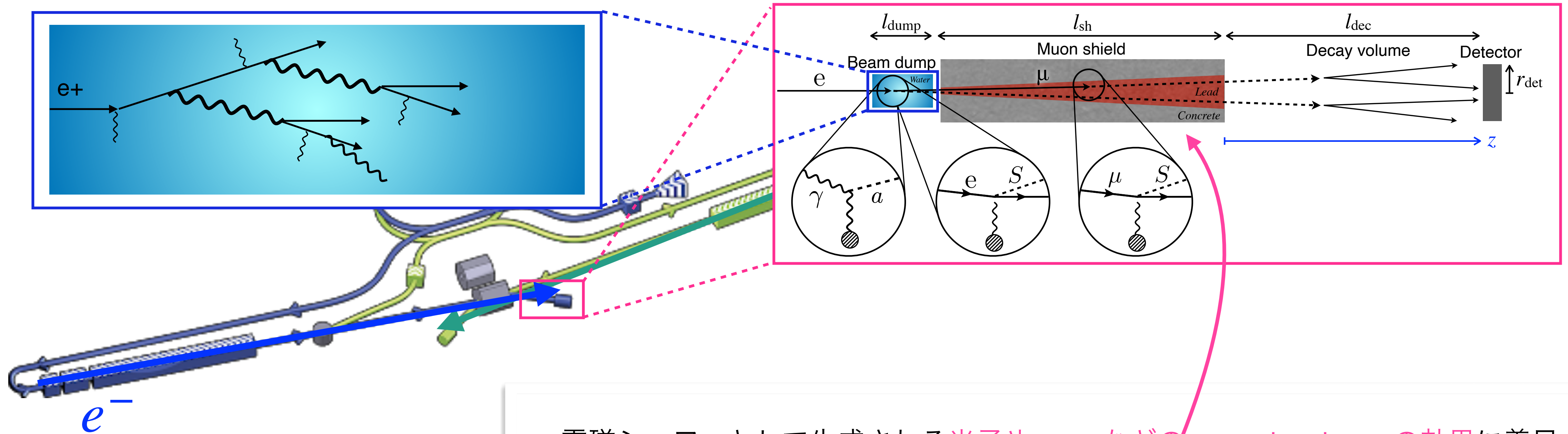
- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [Y. Sakaki, DU. arXiv:2009.13790]



- 電磁シャワーとして生成される光子やmuonなどのsecondary beamの効果に着目

Introduction

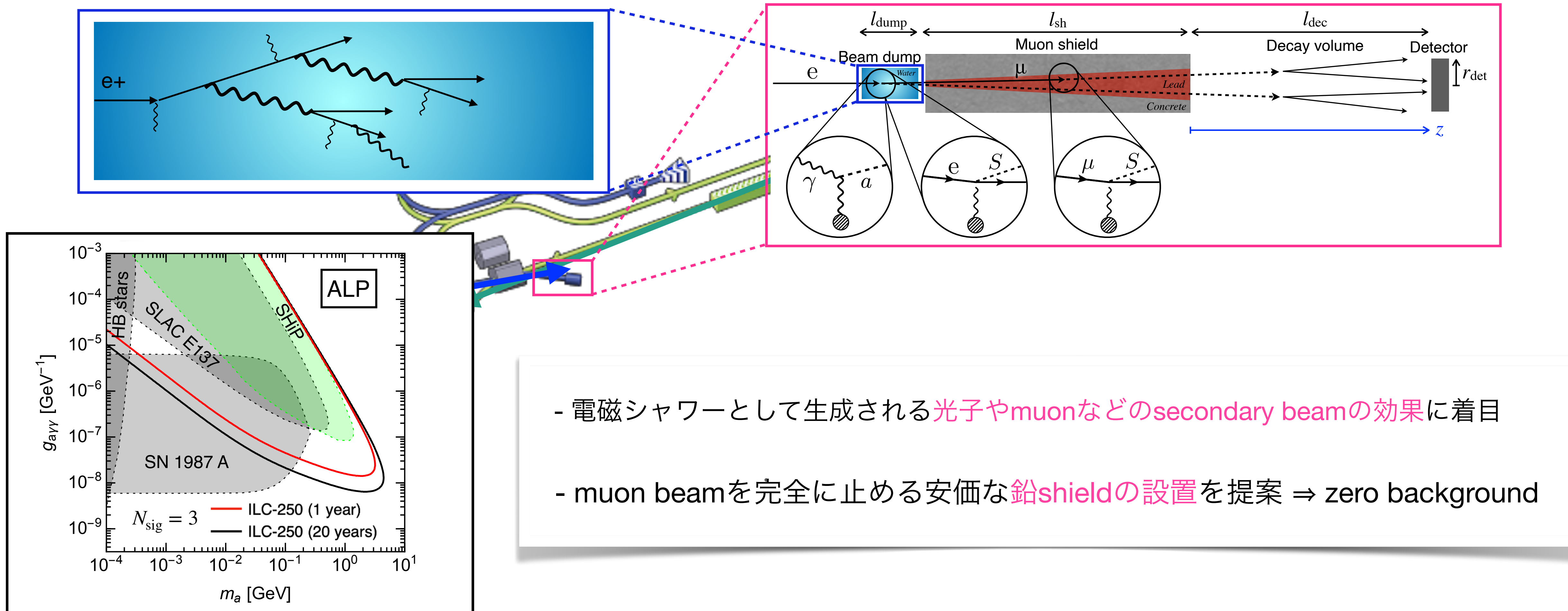
- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [Y. Sakaki, DU. arXiv:2009.13790]



- 電磁シャワーとして生成される光子やmuonなどのsecondary beamの効果に着目
- muon beamを完全に止める安価な鉛shieldの設置を提案 $\Rightarrow$ zero background

Introduction

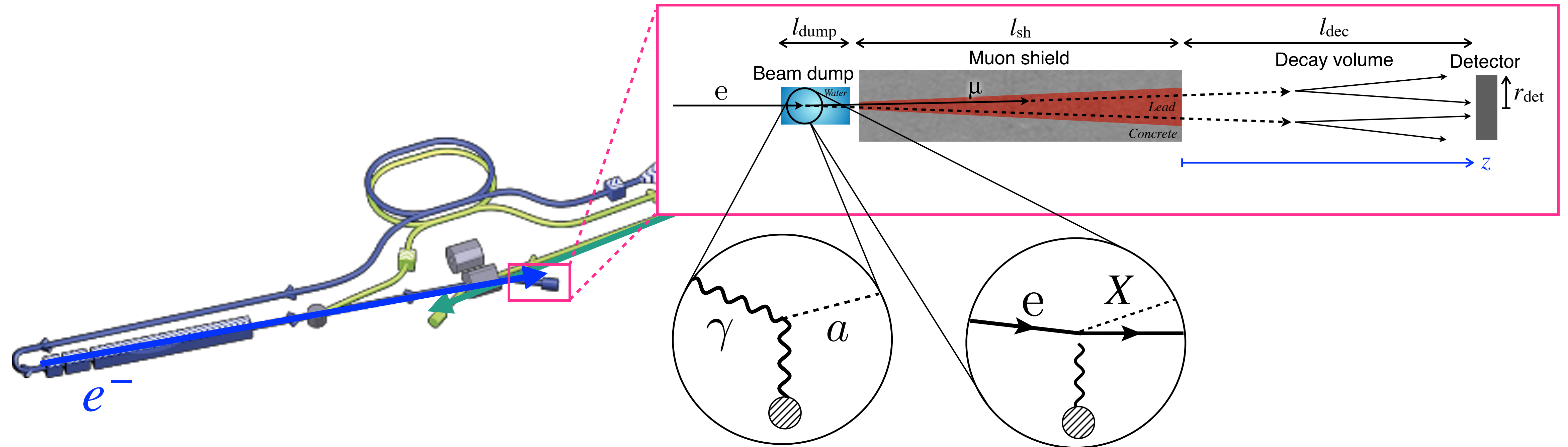
- Beam dumpを利用した長寿命粒子探索実験の提案 [Y. Sakaki, DU. arXiv:2009.13790]



ILC beam dump実験は過去のbeam dumpの感度を超え電磁シャワーの効果は特に重要

Introduction

- これらの提案で考えられた新粒子の生成過程

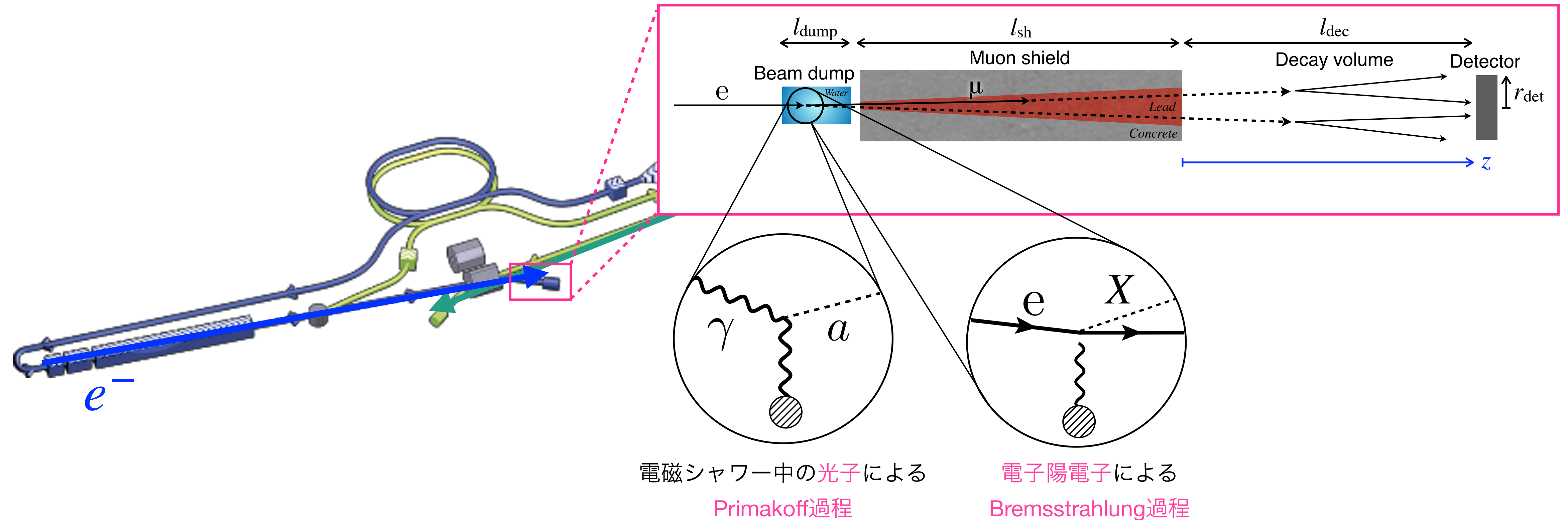


電磁シャワー中の光子による
Primakoff過程

電子陽電子による
Bremsstrahlung過程

Introduction

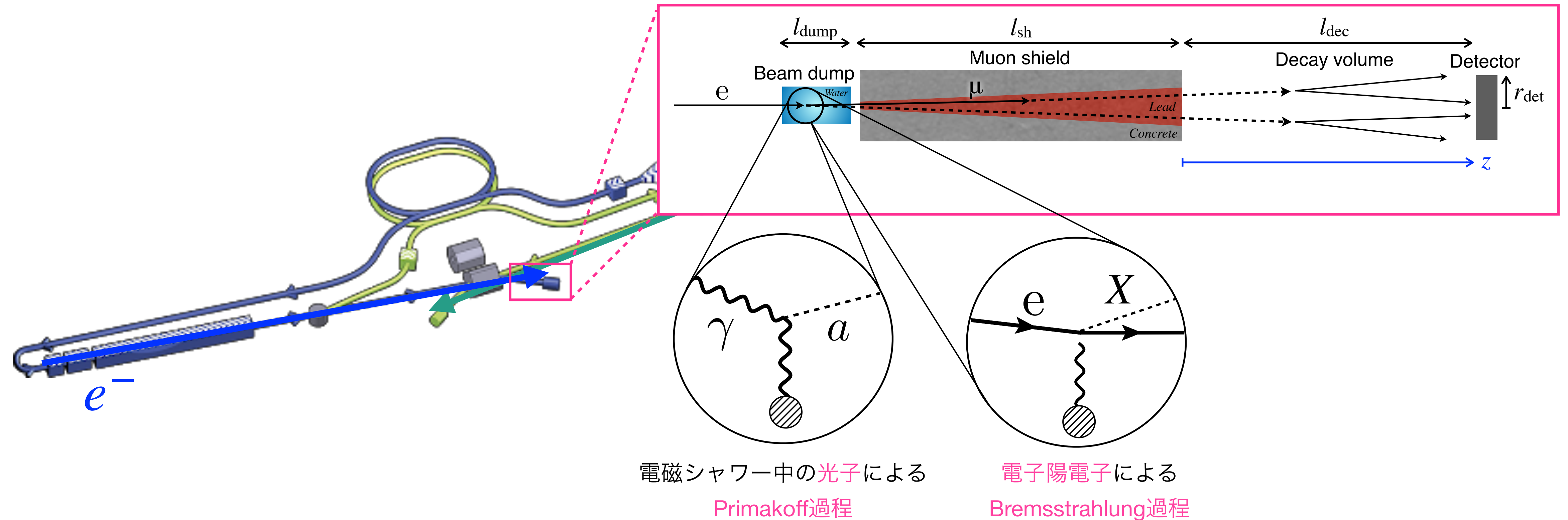
- これらの提案で考えられた新粒子の生成過程



電磁シャワーは電子陽電子ビームどちらでも同じく生成される

Introduction

- これらの提案で考えられた新粒子の生成過程

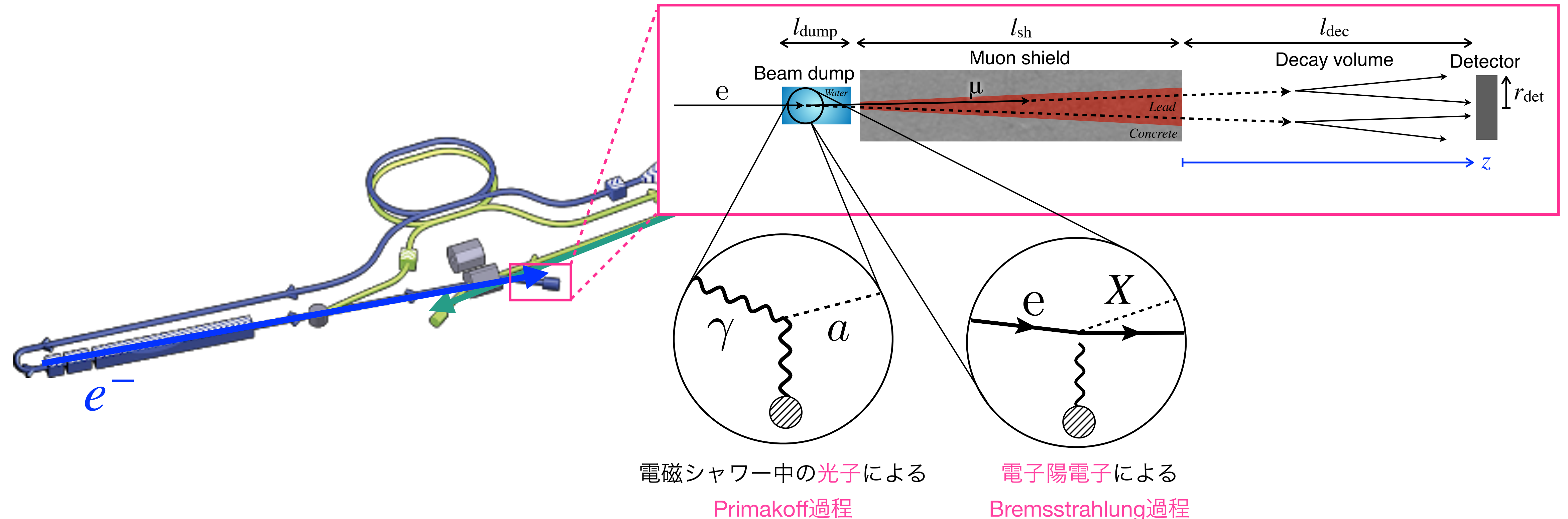


電磁シャワーは電子陽電子ビームどちらでも同じく生成される

電子陽電子どちらでも Bremsstrahlung過程は生じる

Introduction

- これらの提案で考えられた新粒子の生成過程



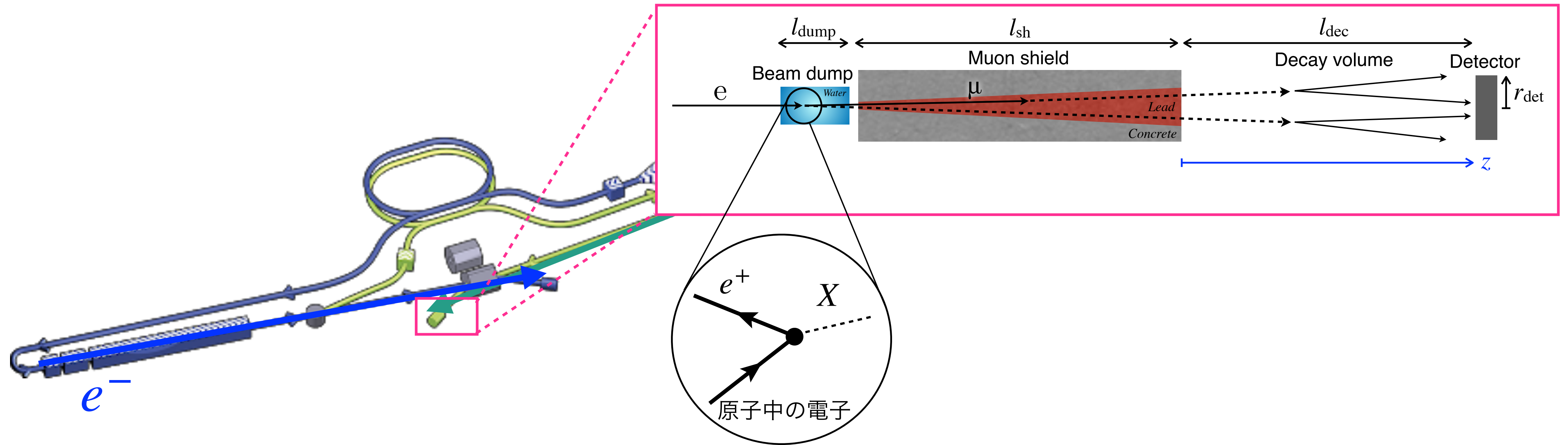
電磁シャワーは電子陽電子ビームどちらでも同じく生成される

電子陽電子どちらでもBremsstrahlung過程は生じる

電子陽電子beam dumpで違いが出ない過程が議論されていた

Introduction

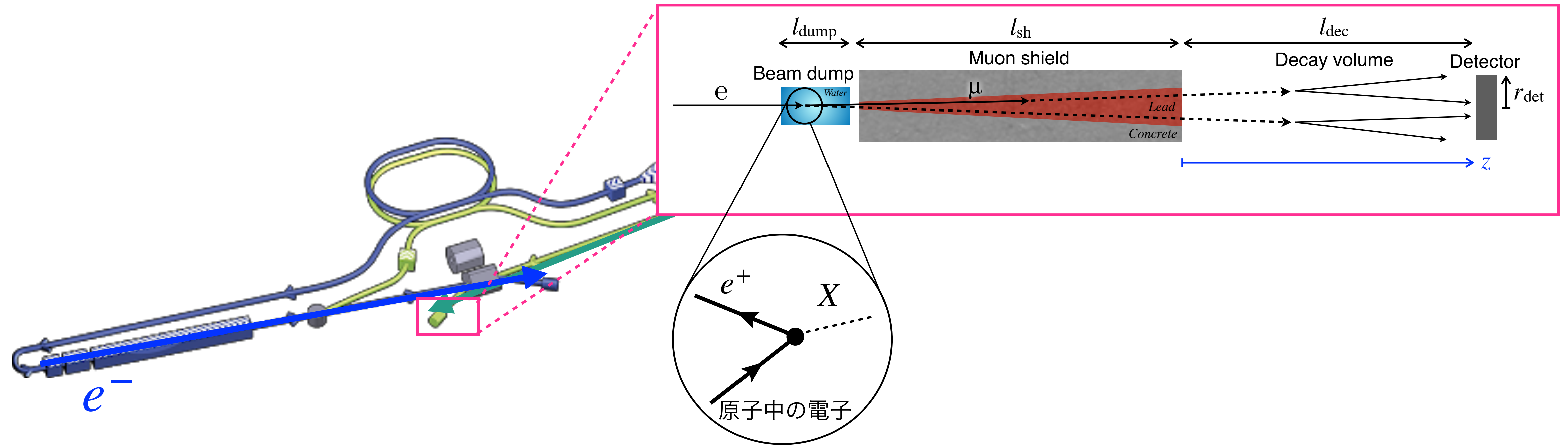
- Primary陽電子ビームはbeam dump中の電子と対消滅できる



陽電子と原子中の電子の対消滅

Introduction

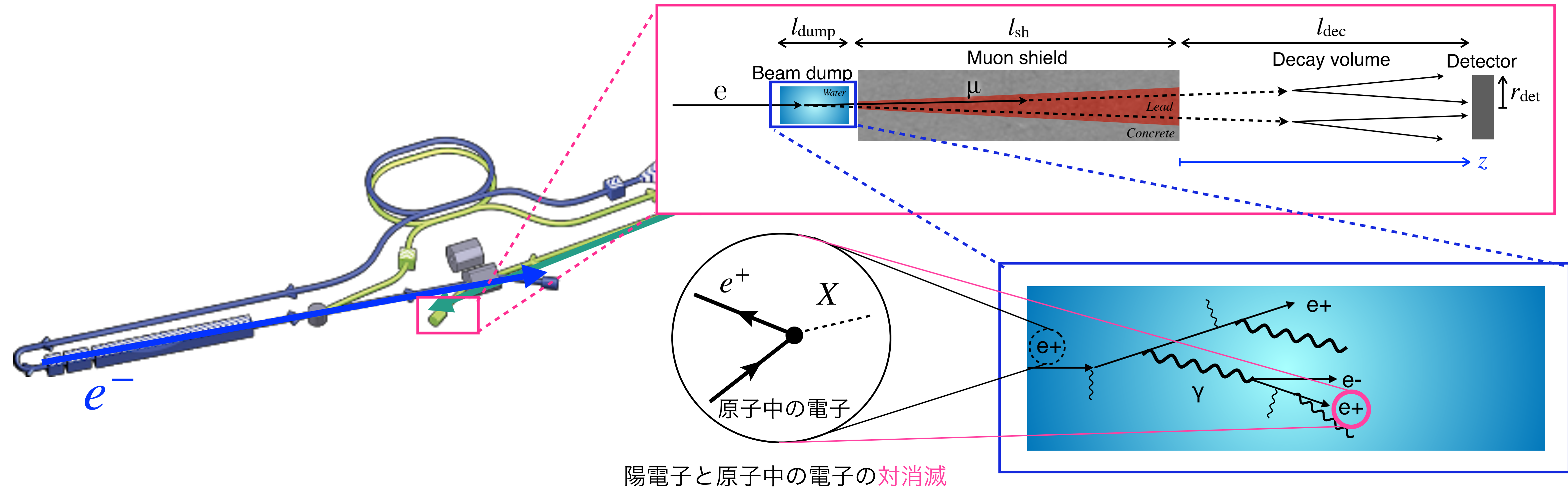
- Primary陽電子ビームはbeam dump中で電子と対消滅できる ⇒ 陽電子ビームが重要になりうる



陽電子と原子中の電子の対消滅

Introduction

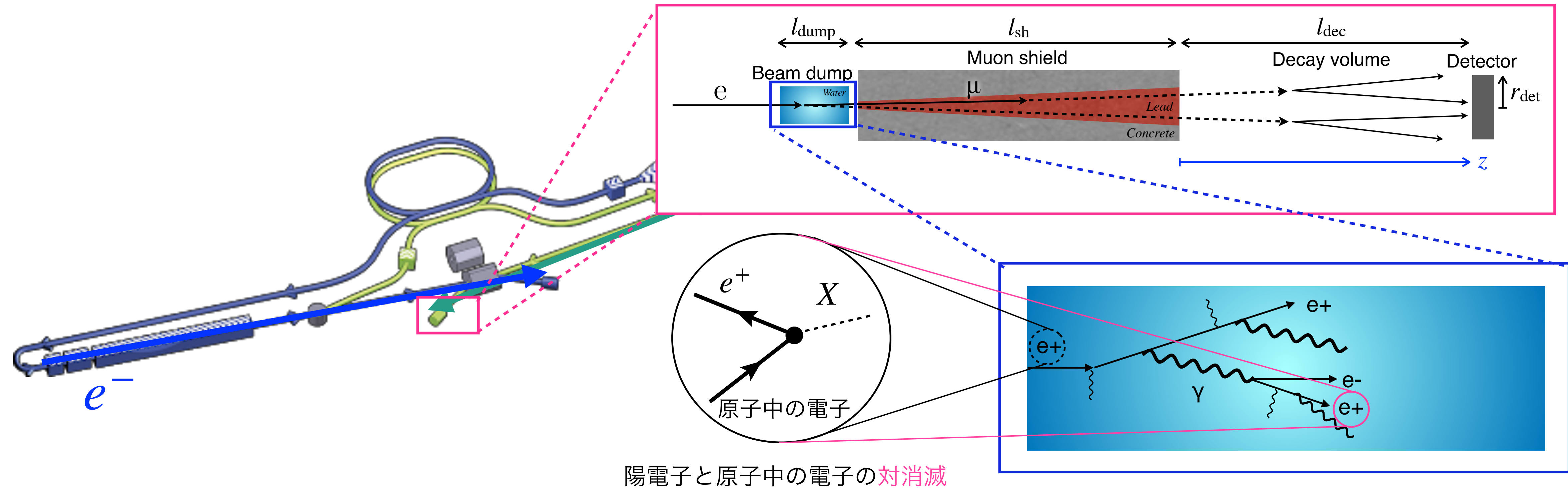
- Primary陽電子ビームはbeam dump中で電子と対消滅できる ⇒ 陽電子ビームが重要になりうる



陽電子はどちらのビームからも電磁シャワーとして生成される

Introduction

- Primary陽電子ビームはbeam dump中で電子と対消滅できる ⇒ 陽電子ビームが重要になりうる



陽電子はどちらのビームからも電磁シャワーとして生成される

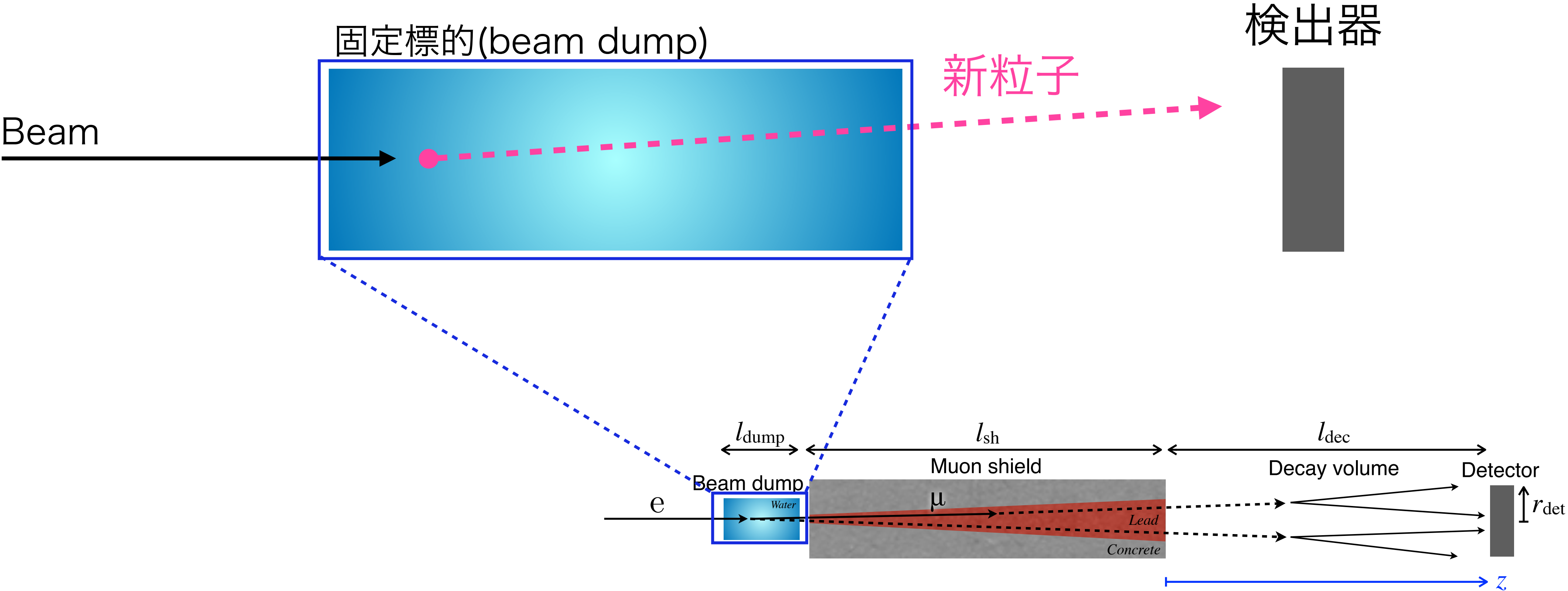
陽電子beam dump実験の感度はどのくらい電子beam dump実験よりいいか？

※ 土木工事にも影響を与えうる

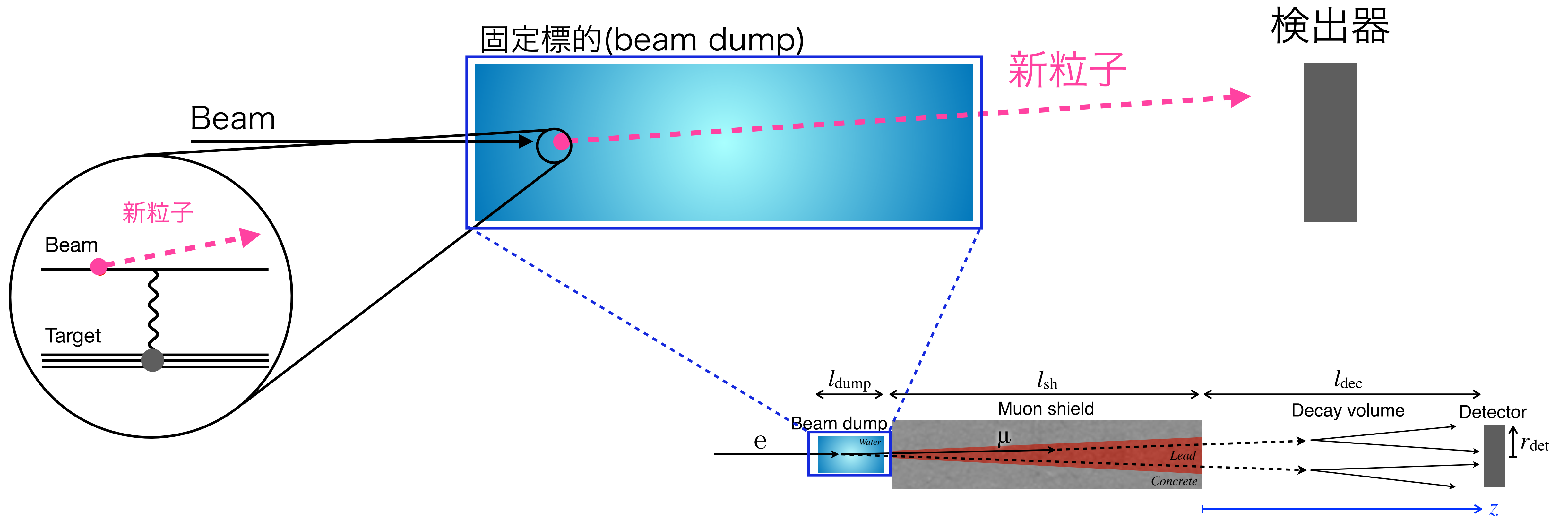
Outline

- Introduction
- Fixed-Target experimentについて
- ILC main beam dump実験感度の数値計算結果

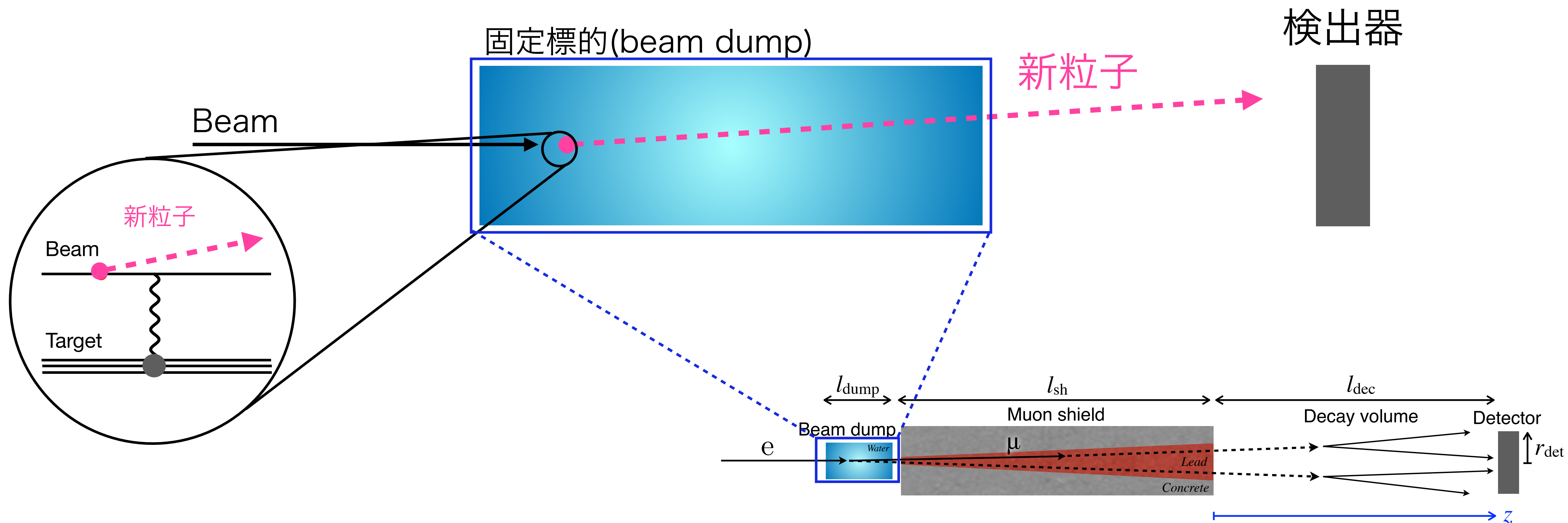
Fixed target experimentとは



Fixed target experimentとは

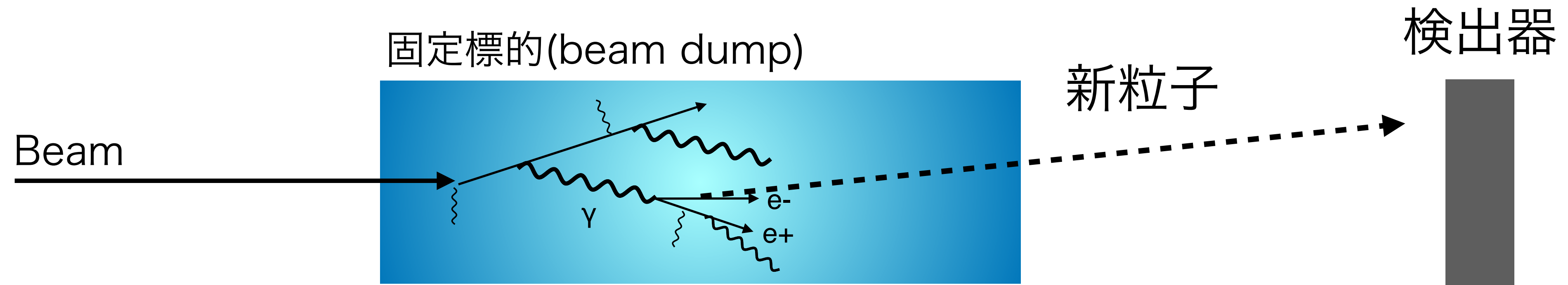


Fixed target experimentとは



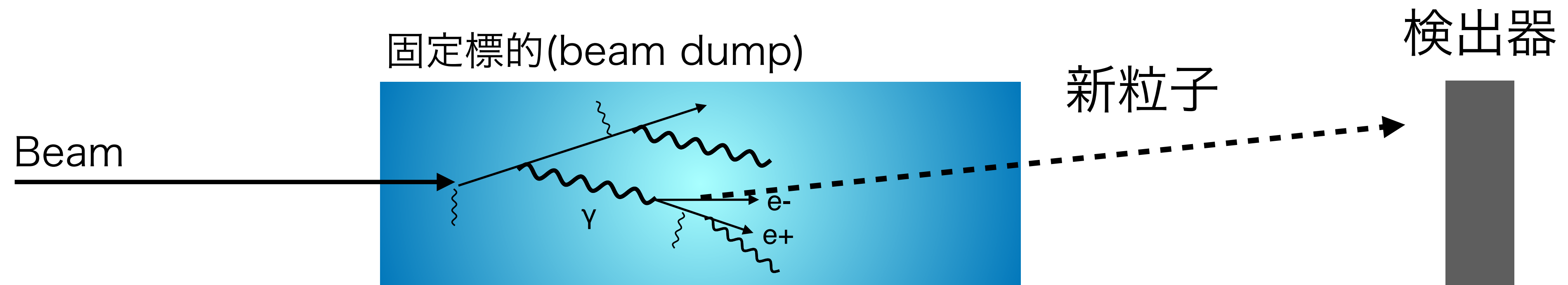
固定標的に電子などのビームをあて、生成された新粒子を検出する実験

新粒子の生成数の見積もり方



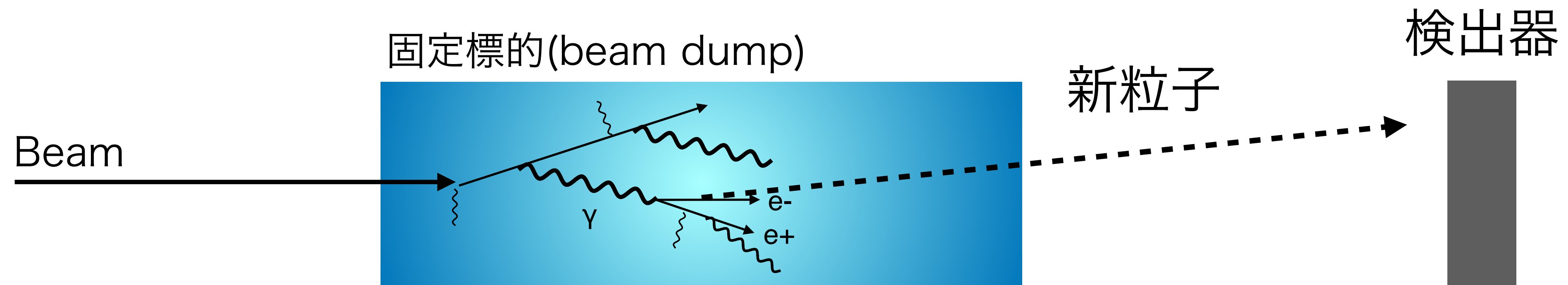
(生成される新粒子の数)

新粒子の生成数の見積もり方



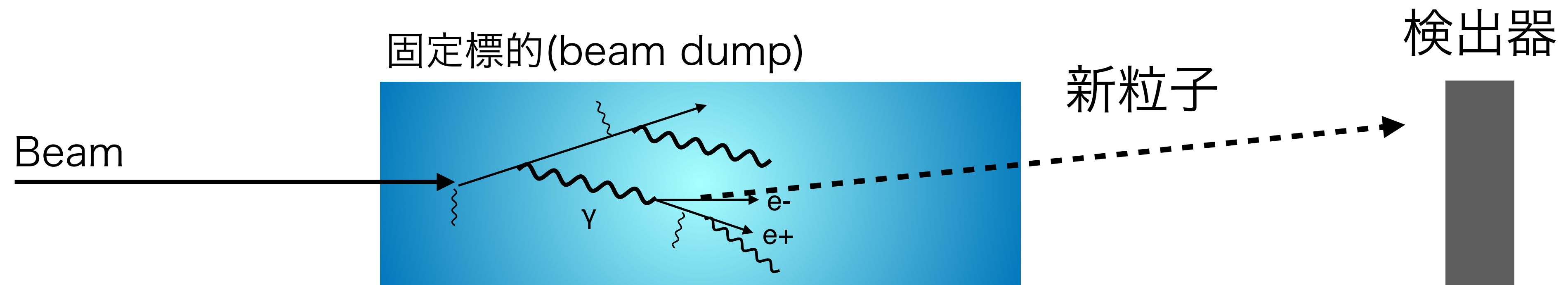
(生成される新粒子の数) = (新粒子の生成断面積) $\times$

新粒子の生成数の見積もり方



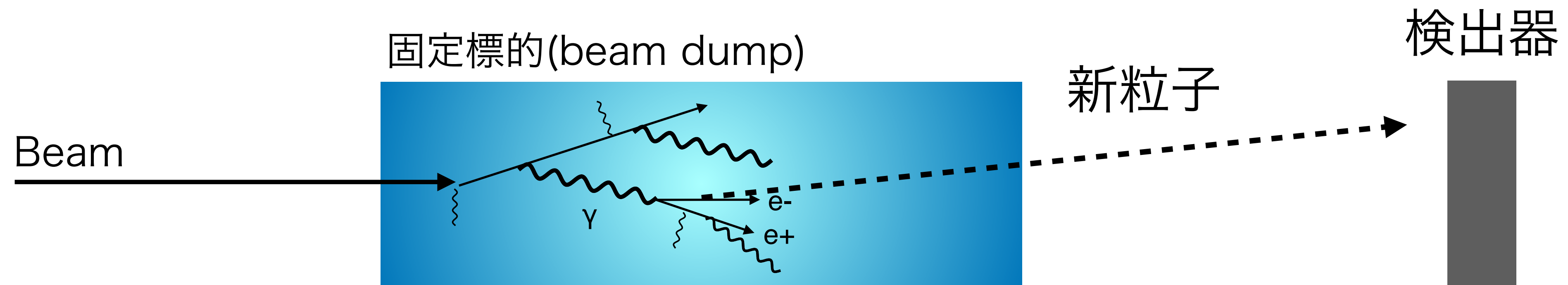
$$(\text{生成される新粒子の数}) = (\text{新粒子の生成断面積}) \times (\text{ビーム粒子の数}) \times$$

新粒子の生成数の見積もり方



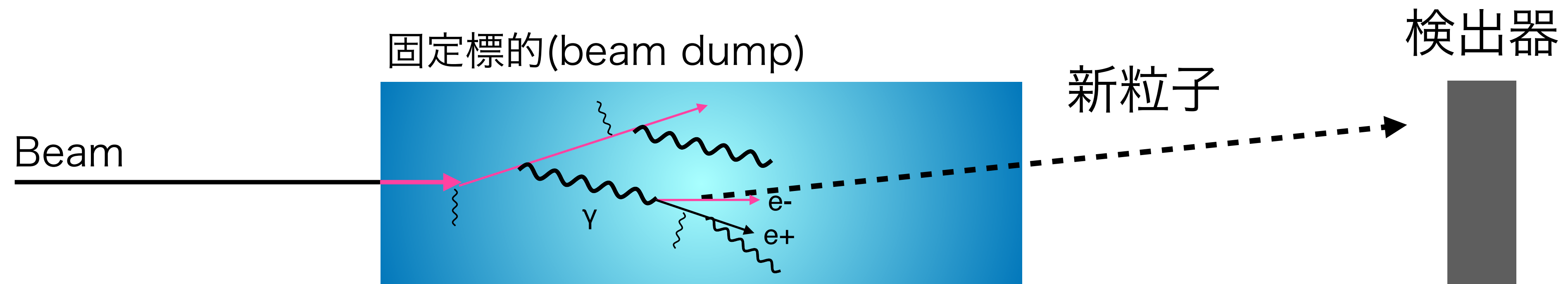
$$(\text{生成される新粒子の数}) = (\text{新粒子の生成断面積}) \times (\text{ビーム粒子の数}) \times (\text{Target粒子の数密度}) \times$$

新粒子の生成数の見積もり方



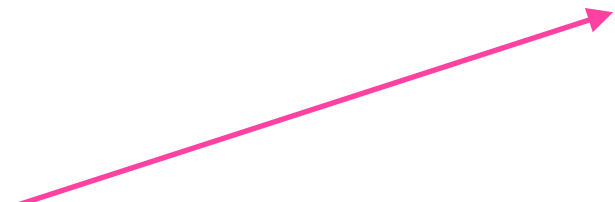
(生成される新粒子の数) = (新粒子の生成断面積) × (ビーム粒子の数) × (Target粒子の数密度) × (ビームの経路長)

新粒子の生成数の見積もり方

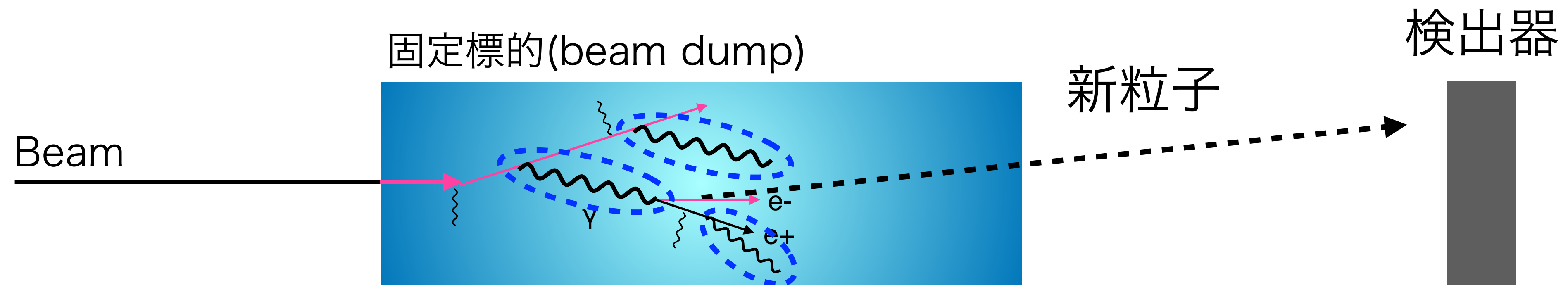


(生成される新粒子の数) = (新粒子の生成断面積) × (ビーム粒子の数) × (Target粒子の数密度) × (ビームの経路長)

Ex.

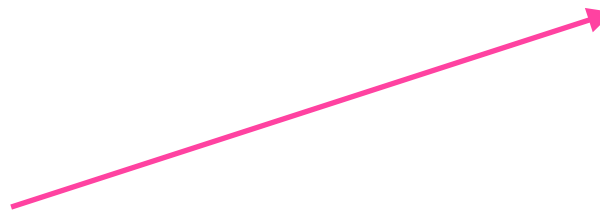
(電子の経路長) =  +  + 

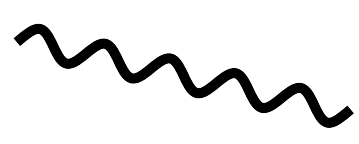
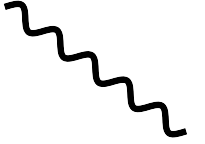
新粒子の生成数の見積もり方



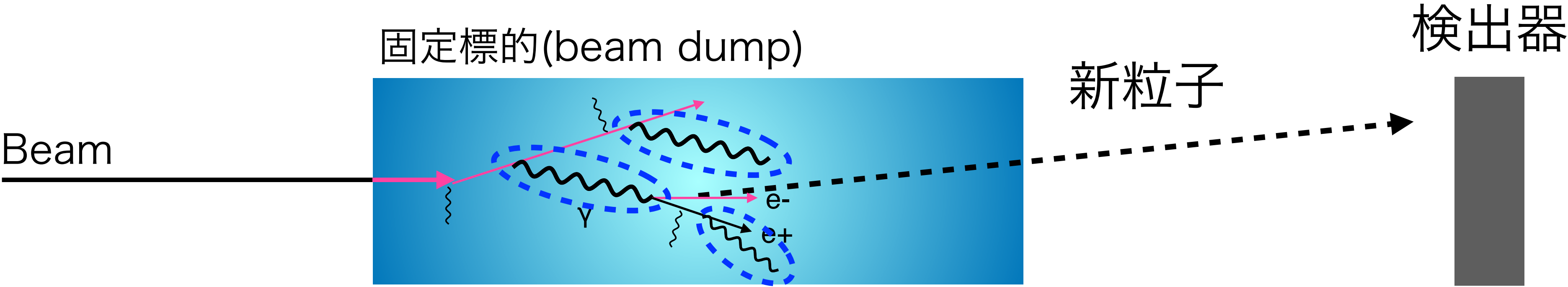
(生成される新粒子の数) = (ビーム粒子の数) $\times$ (Target粒子の数密度) $\times$ (ビームの経路長) $\times$ (新粒子の生成断面積)

Ex.

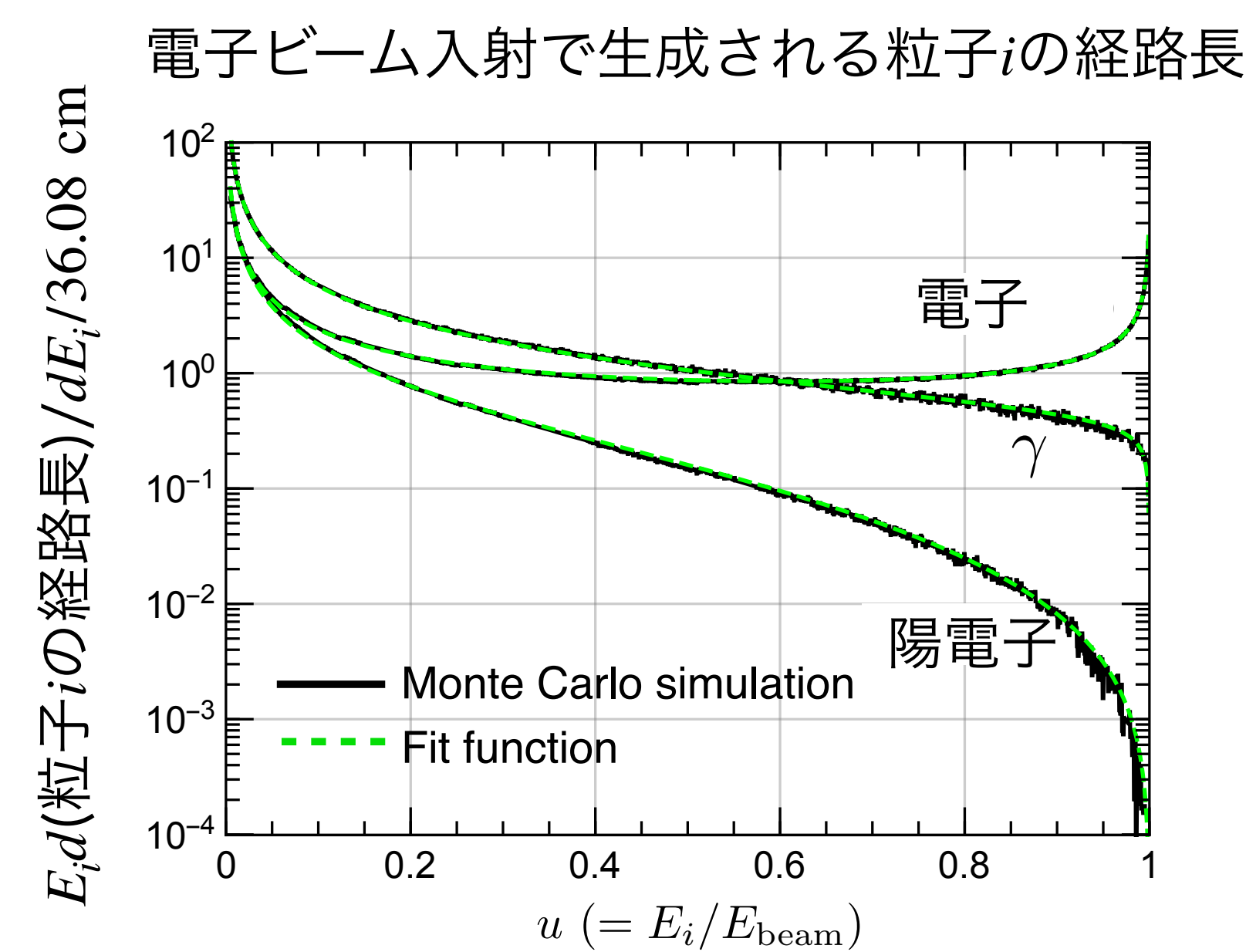
(電子の経路長) =  +  + 

(光子の経路長) =  +  + 

新粒子の生成数の見積もり方



(生成される新粒子の数) = (ビーム粒子の数) $\times$ (Target粒子の数密度) $\times$ (ビームの経路長) $\times$ (新粒子の生成断面積)



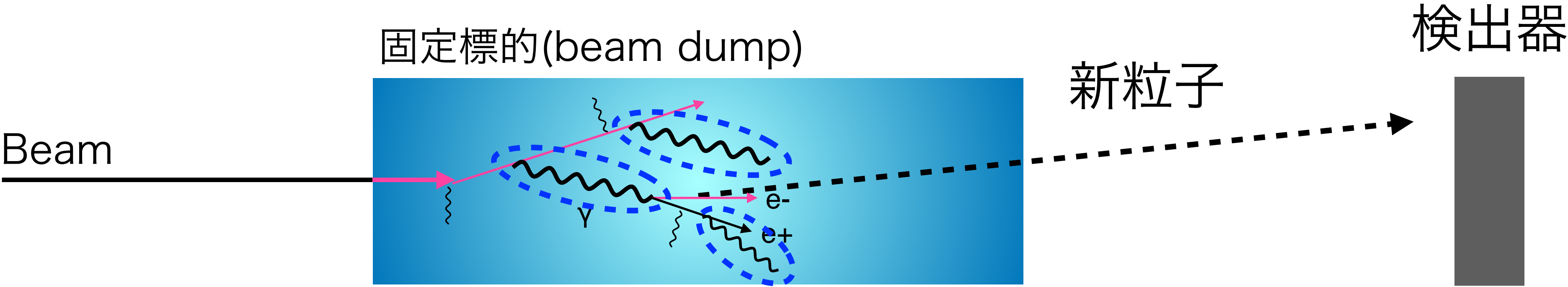
Ex.

(電子の経路長) = + +

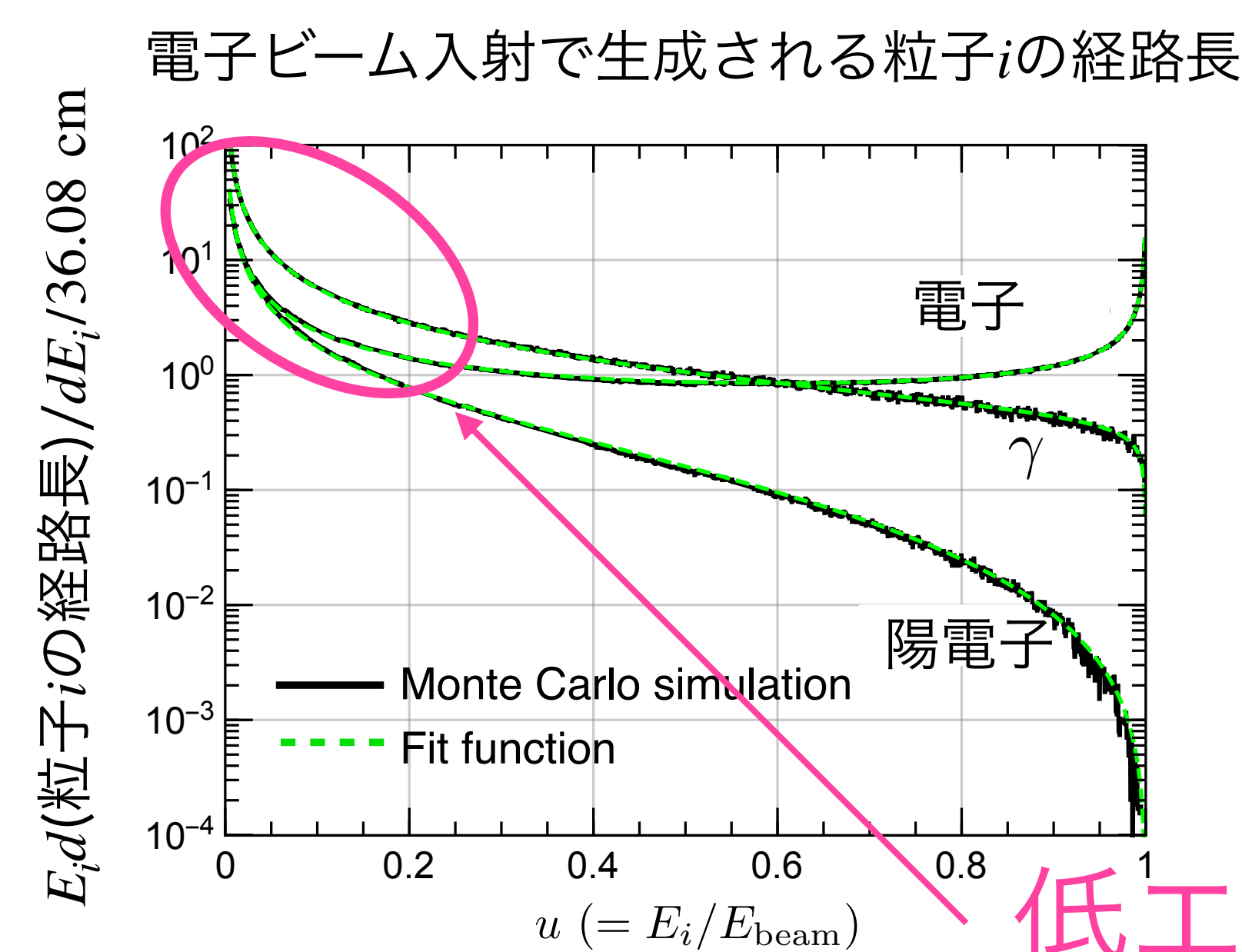
(光子の経路長) = + +

※モンテカルロシミュレーションで計算

新粒子の生成数の見積もり方



(生成される新粒子の数) = (ビーム粒子の数) × (Target粒子の数密度) × (ビームの経路長) × (新粒子の生成断面積)



Ex.

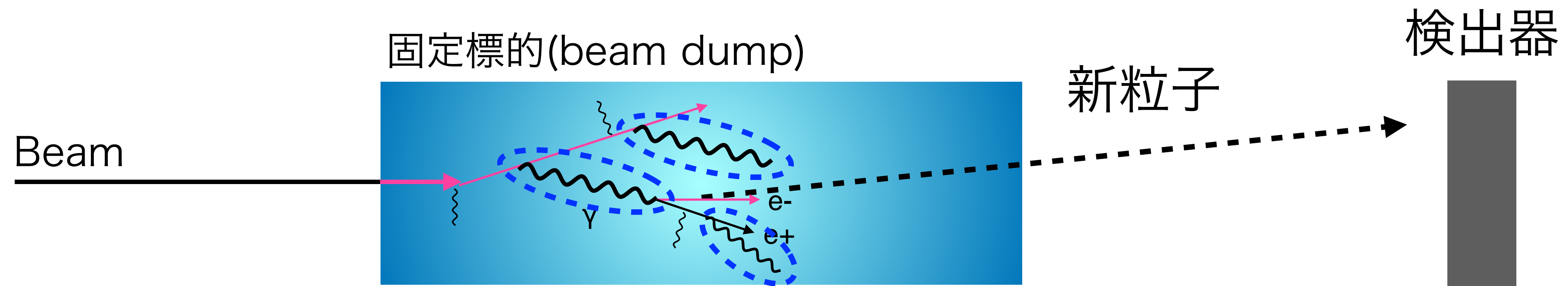
(電子の経路長) = + +

(光子の経路長) = + +

※モンテカルロシミュレーションで計算

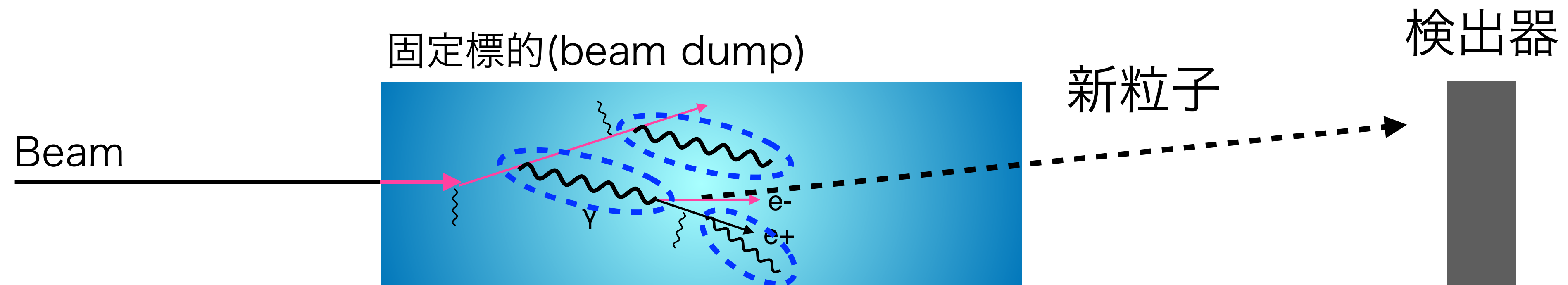
低エネルギーの電磁シャワーが沢山生成される

新粒子の生成数の見積もり方



(生成される新粒子の数) = (ビーム粒子の数) × (Target粒子の数密度) × (ビームの経路長) × (新粒子の生成断面積)

新粒子の生成数の見積もり方

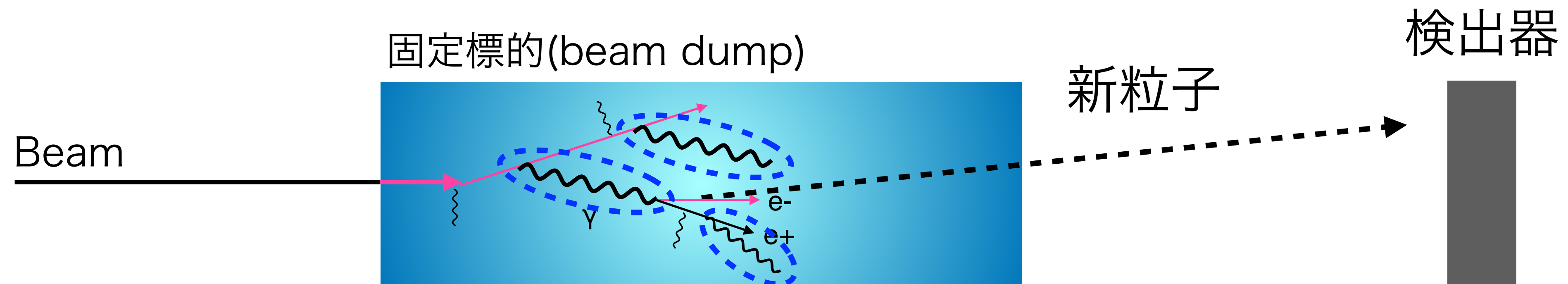


$$(\text{生成される新粒子の数}) = (\text{ビーム粒子の数}) \times (\text{Target粒子の数密度}) \times (\text{ビームの経路長}) \times (\text{新粒子の生成断面積})$$

||

(ルミノシティ)

新粒子の生成数の見積もり方



$4 \times 10^{21}/\text{year @ ILC}$

$\sim 10^{23} \text{ cm}^{-3}$

$\sim 10^3 \text{ cm}$

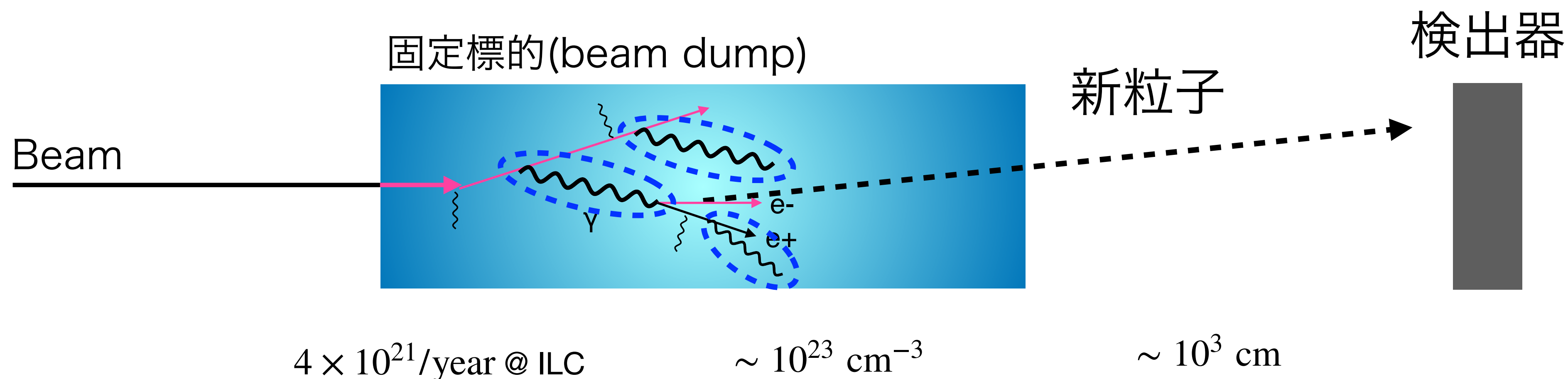
(生成される新粒子の数) = (ビーム粒子の数) $\times$ (Target粒子の数密度) $\times$ (ビームの経路長) $\times$ (新粒子の生成断面積)

||

(ルミノシティ) $\sim 10^8 \text{ fb}^{-1}/\text{year @ ILC}$

※ $\text{fb}^{-1} = 10^{39} \text{ cm}^{-2}$

新粒子の生成数の見積もり方



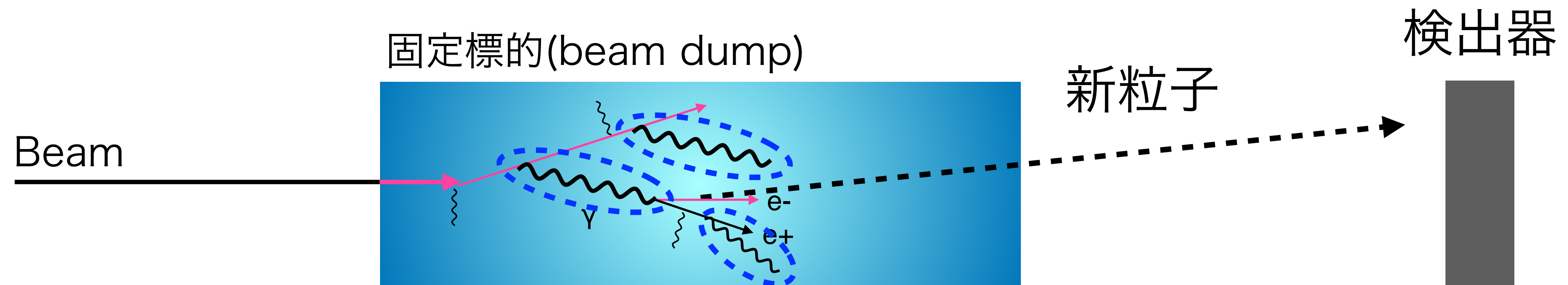
(生成される新粒子の数) = (ビーム粒子の数) × (Target粒子の数密度) × (ビームの経路長) × (新粒子の生成断面積)

||

(ルミノシティ) $\sim 10^8 \text{ fb}^{-1}/\text{year @ ILC}$ ※ $\text{fb}^{-1} = 10^{39} \text{ cm}^{-2}$

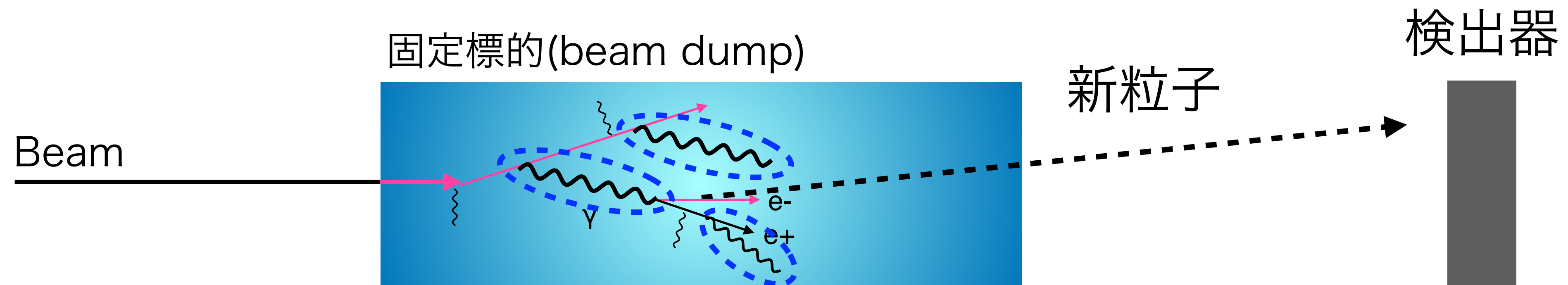
高いルミノシティ $\Rightarrow$ SMとの結合定数の小さな理論に感度のある実験

新粒子の生成数の見積もり方

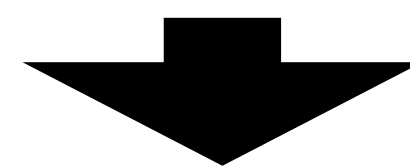


$$(\text{生成される新粒子の数}) = (\text{ルミノシティ}) \times (\text{新粒子の生成断面積})$$

新粒子の生成数の見積もり方



$$(\text{生成される新粒子の数}) = (\text{ルミノシティ}) \times (\text{新粒子の生成断面積})$$



生成された新粒子全てが検出できるわけではない

$$(\text{新粒子イベントの数}) = (\text{ルミノシティ}) \times (\text{新粒子の生成断面積}) \times (\text{アクセプタンス})$$

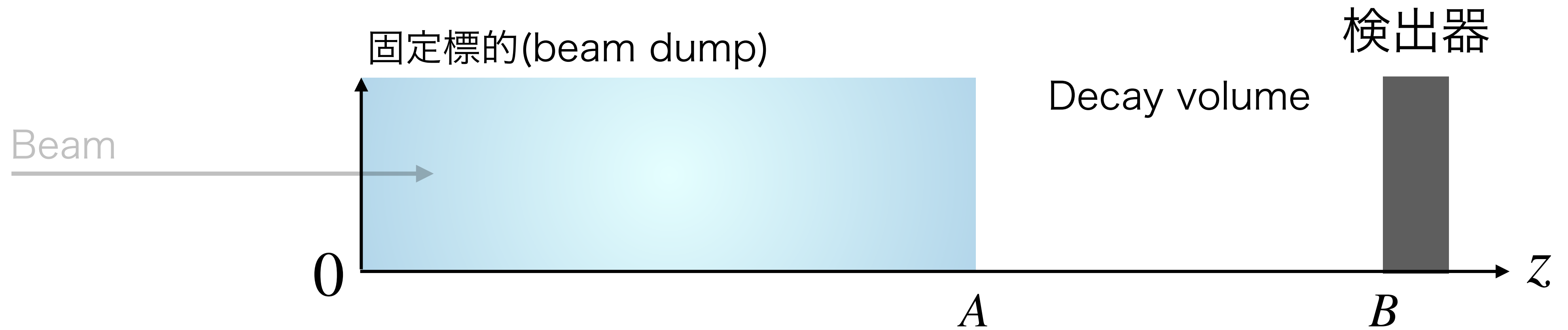
アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



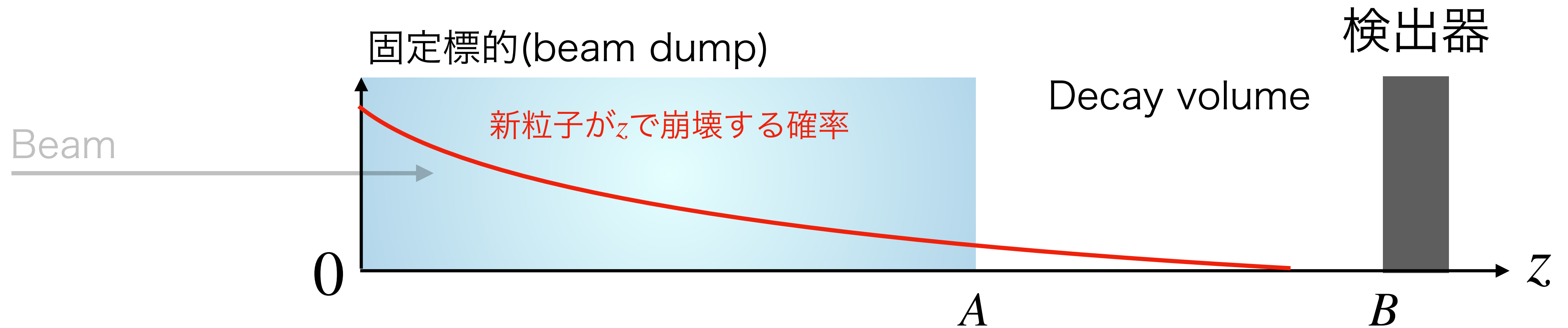
アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



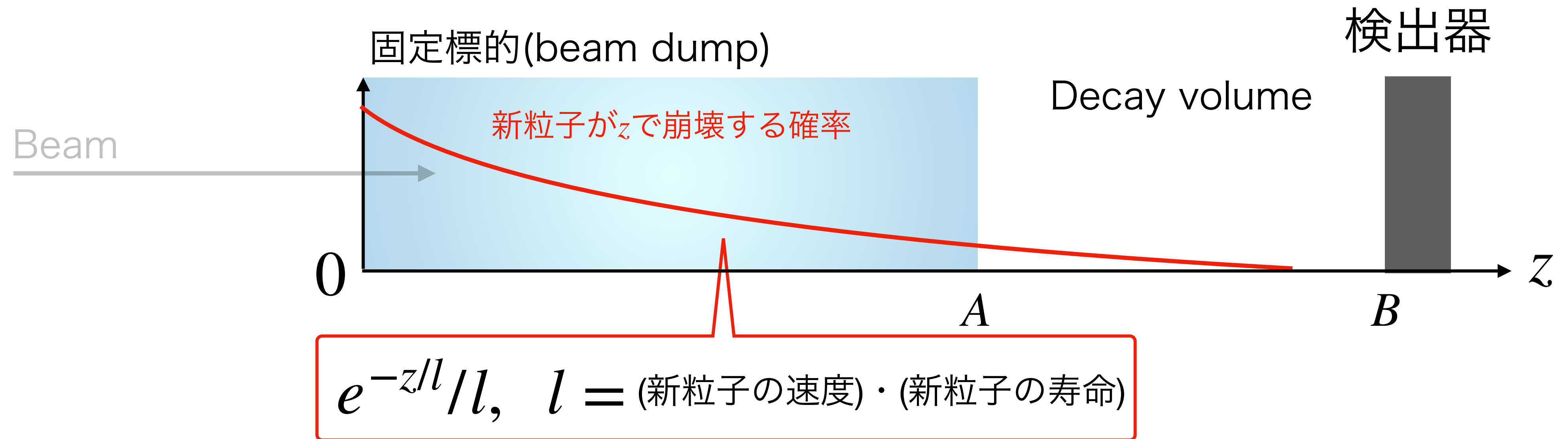
アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



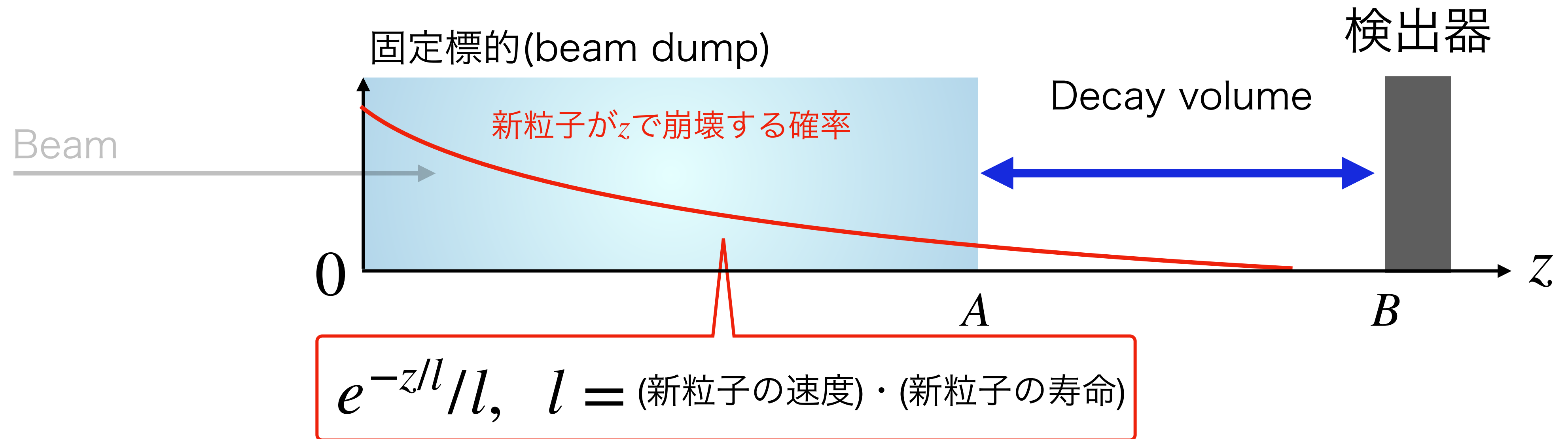
アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



アクセプタンス (1)

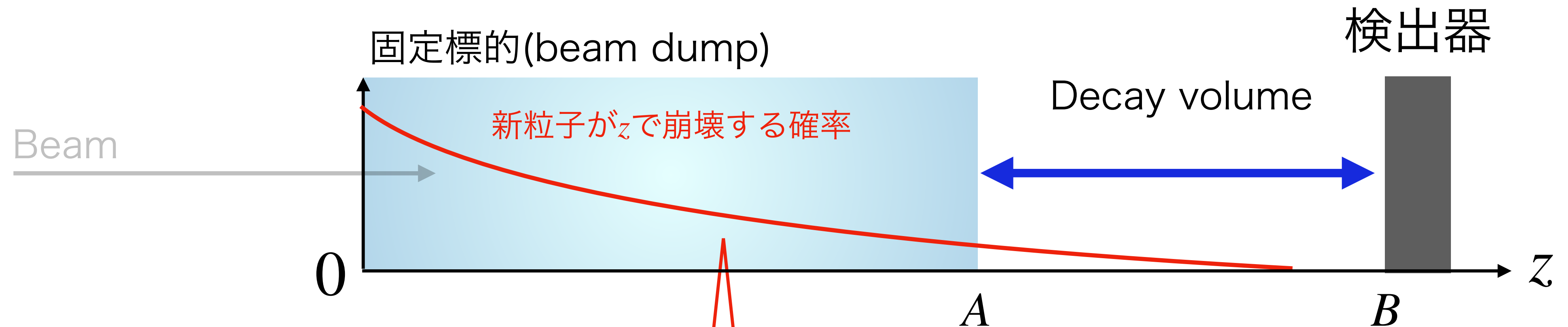
- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



(検出器に入る新粒子イベントの数) = (Decay volumeで崩壊する確率) $\times$ (生成された新粒子の数)

アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



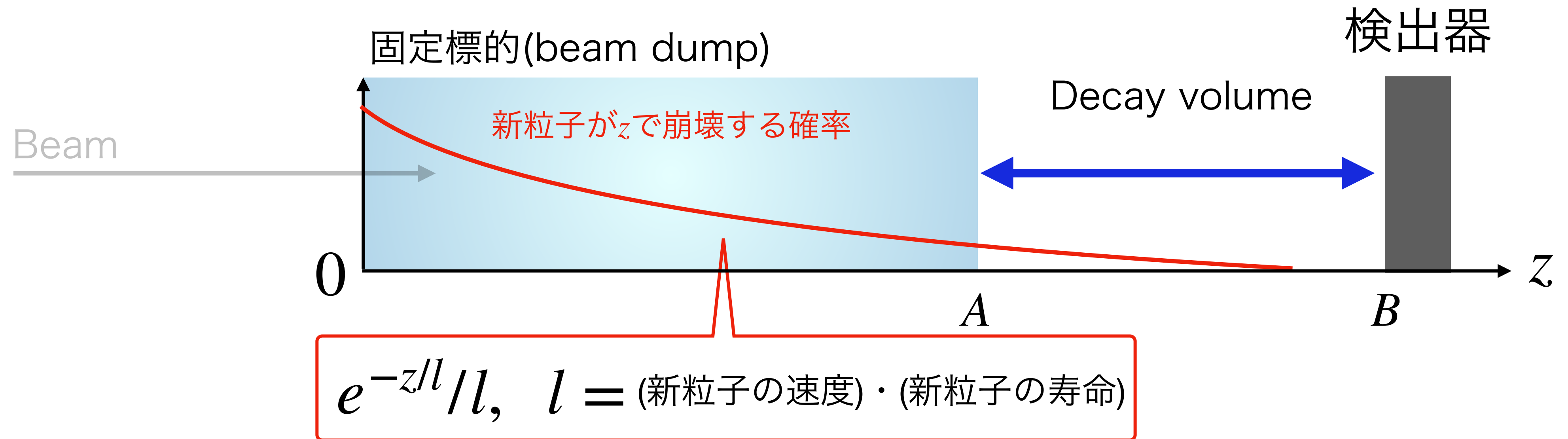
$$e^{-z/l}/l, \quad l = (\text{新粒子の速度}) \cdot (\text{新粒子の寿命})$$

(検出器に入る新粒子イベントの数) = (Decay volumeで崩壊する確率) $\times$ (生成された新粒子の数)

$$\int_A^B dz e^{-z/l}/l = e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l})$$

アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



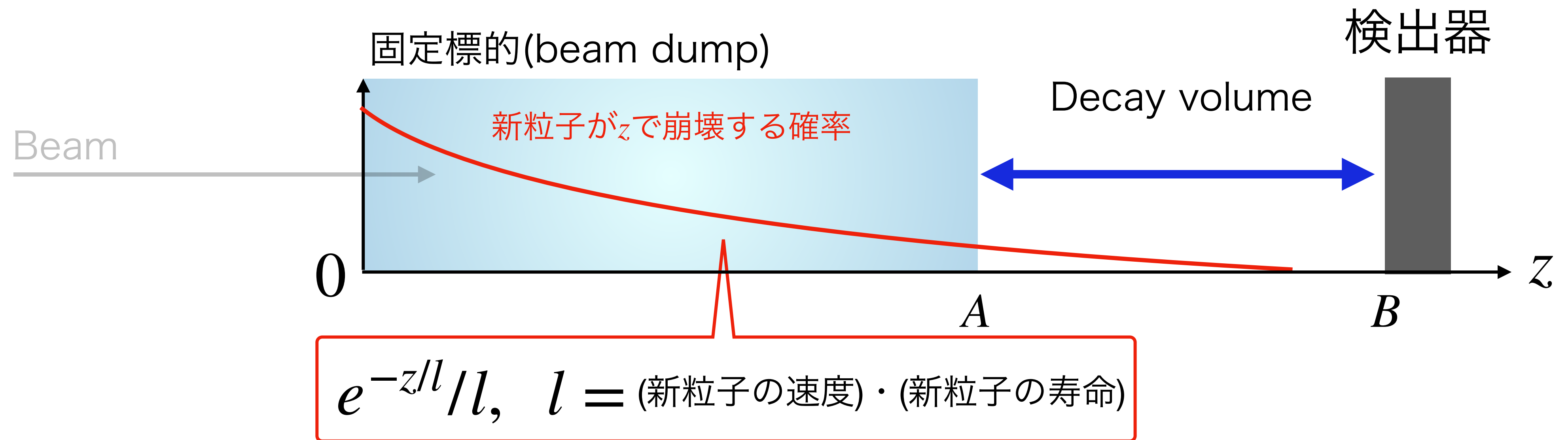
(検出器に入る新粒子イベントの数) = (Decay volumeで崩壊する確率) $\times$ (生成された新粒子の数)

$$\int_A^B dz e^{-z/l}/l = e^{-A/l} \times \left(1 - e^{-(B-A)/l}\right) \simeq e^{-A/l}$$

短寿命極限 (l が小さい)

アクセプタンス (1)

- 生成された新粒子が固定標的中で崩壊すると、検出器で新粒子の効果が見えない



(検出器に入る新粒子イベントの数) = (Decay volumeで崩壊する確率) $\times$ (生成された新粒子の数)

$$\int_A^B dz e^{-z/l}/l = e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l}) \simeq e^{-A/l}$$

短寿命極限 (l が小さい)

$\Rightarrow e^{-A/l} \times$ (生成された新粒子の数) 短寿命極限 (l が小さい)

アクセプタンス (1)

短寿命極限 (l が小さい)

(検出器に入る新粒子イベントの数) $\Rightarrow e^{-A/l} \times$ (生成された新粒子の数)

アクセプタンス (1)

短寿命極限 (l が小さい)

(検出器に入る新粒子イベントの数) $\Rightarrow e^{-A/l} \times$ (生成された新粒子の数)

$$A/l = (\text{標的の大きさ}) \cdot (\text{新粒子の速度})^{-1} \cdot (\text{新粒子の寿命})^{-1}$$

アクセプタンス (1)

短寿命極限 (l が小さい)

(検出器に入る新粒子イベントの数) $\Rightarrow e^{-A/l} \times$ (生成された新粒子の数)

結合定数

$$A/l = (\text{標的の大きさ}) \cdot (\text{新粒子の速度})^{-1} \cdot (\text{新粒子の寿命})^{-1}$$

(標的の大きさ) $\cdot$ (新粒子の速度) $^{-1} \cdot$ (新粒子の寿命) $^{-1} \simeq \text{const.}$

新粒子の質量

$\sim \mathcal{O}(10) \text{ GeV}$

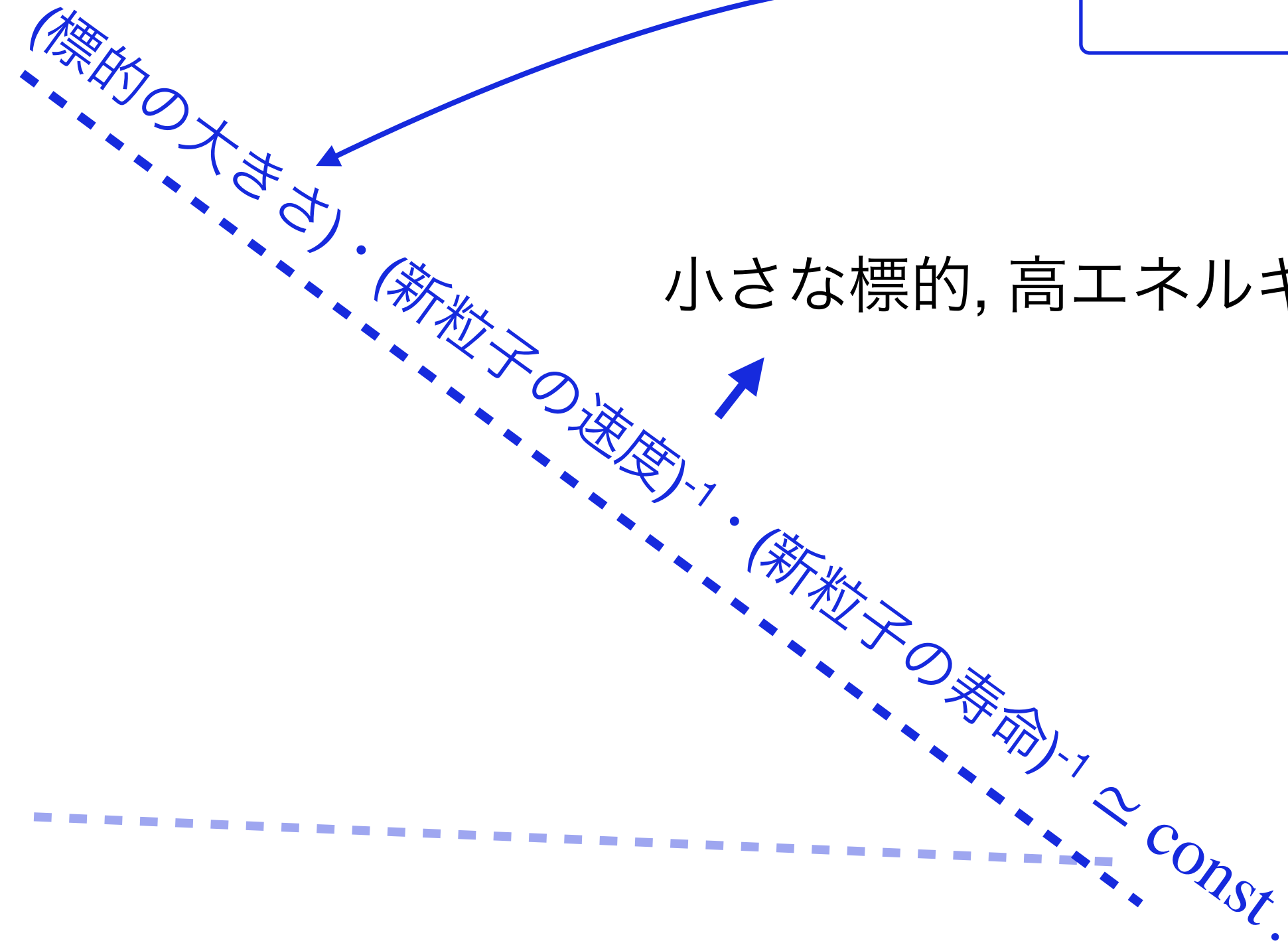
アクセプタンス (1)

短寿命極限 (l が小さい)

(検出器に入る新粒子イベントの数) $\Rightarrow e^{-A/l} \times$ (生成された新粒子の数)

$$A/l = (\text{標的の大きさ}) \cdot (\text{新粒子の速度})^{-1} \cdot (\text{新粒子の寿命})^{-1}$$

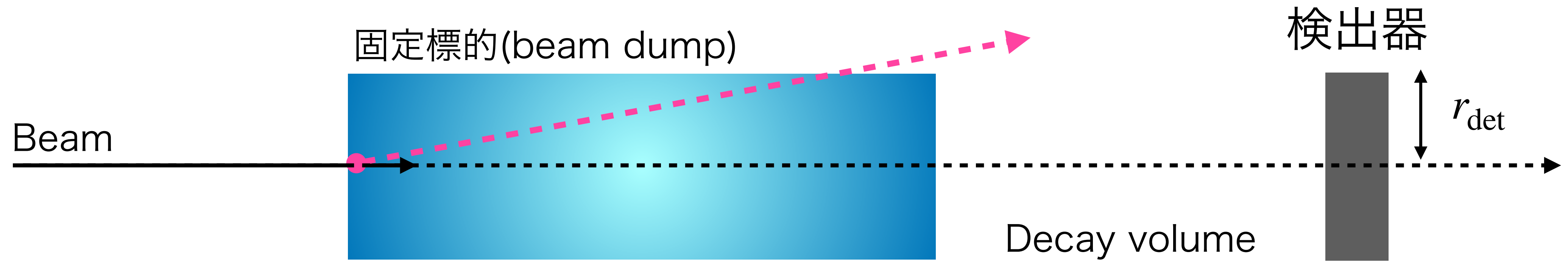
結合定数



新粒子の質量

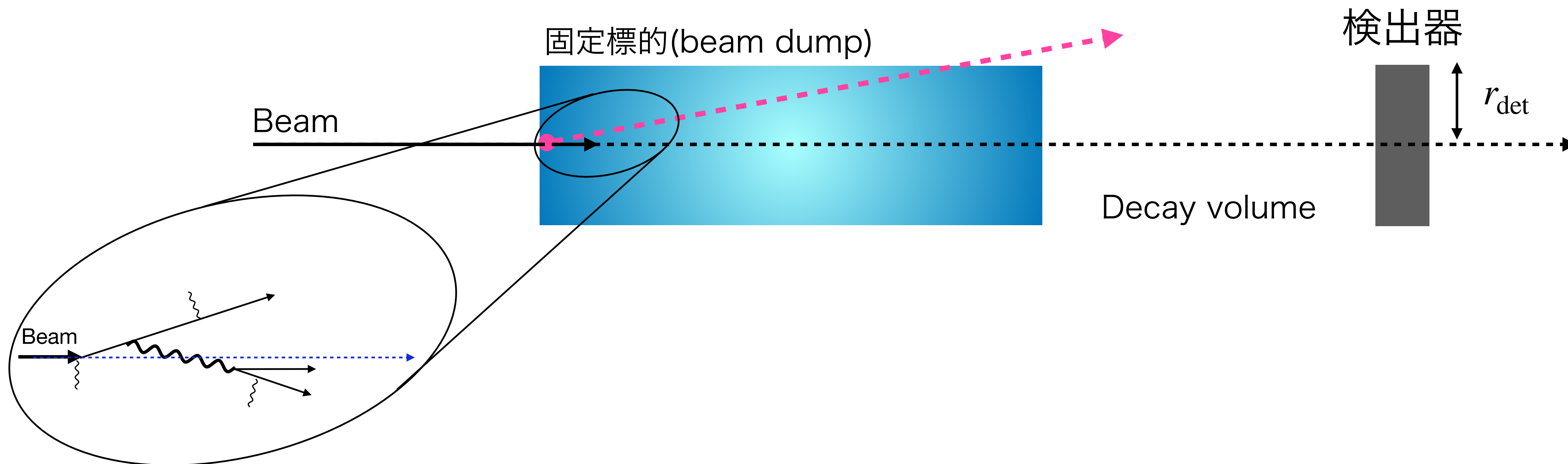
アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



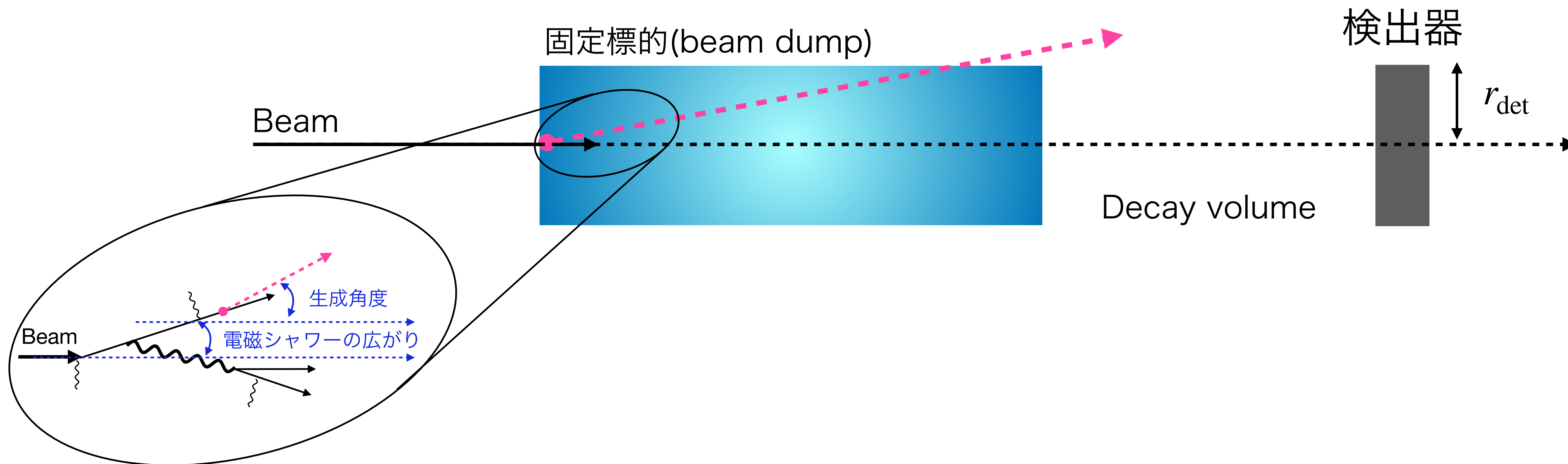
アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



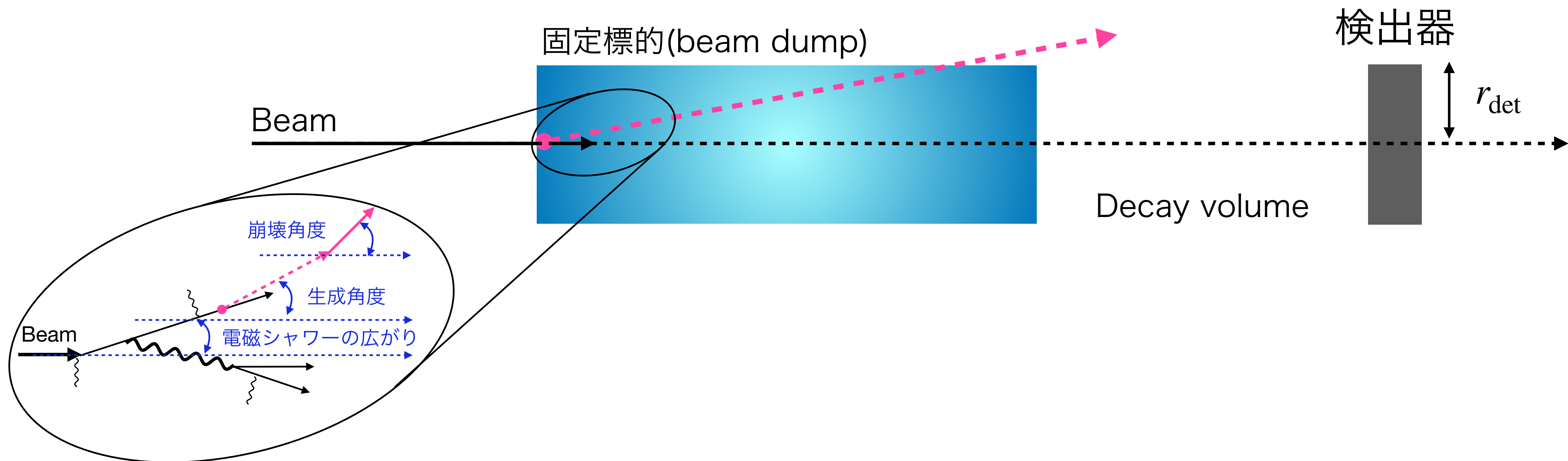
アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



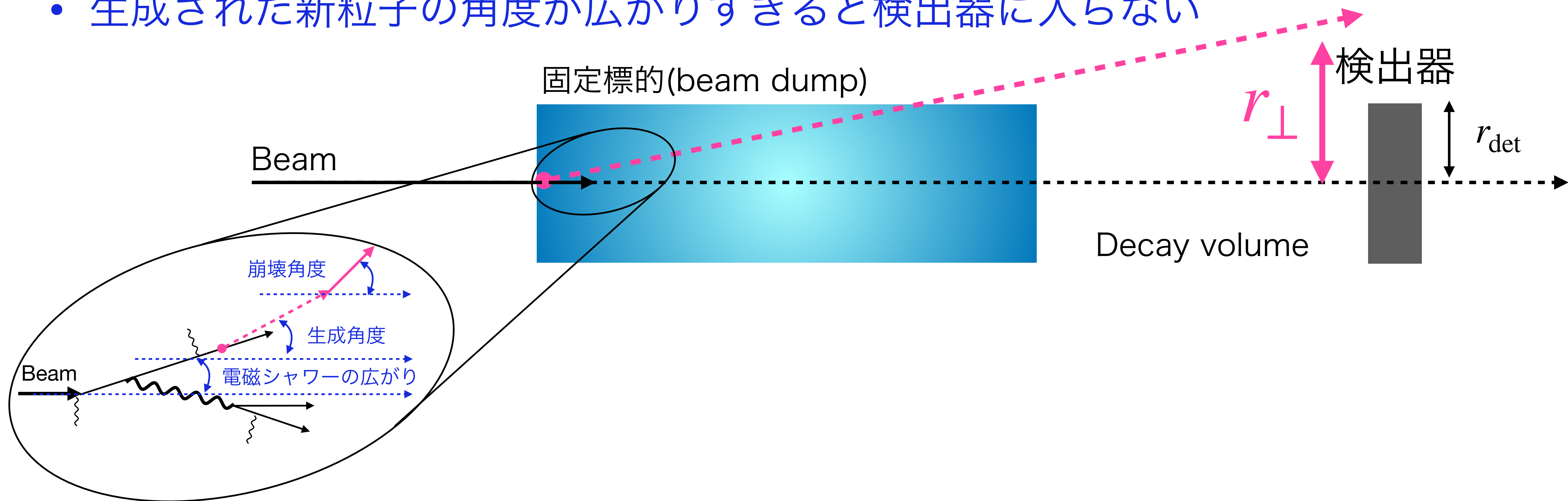
アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



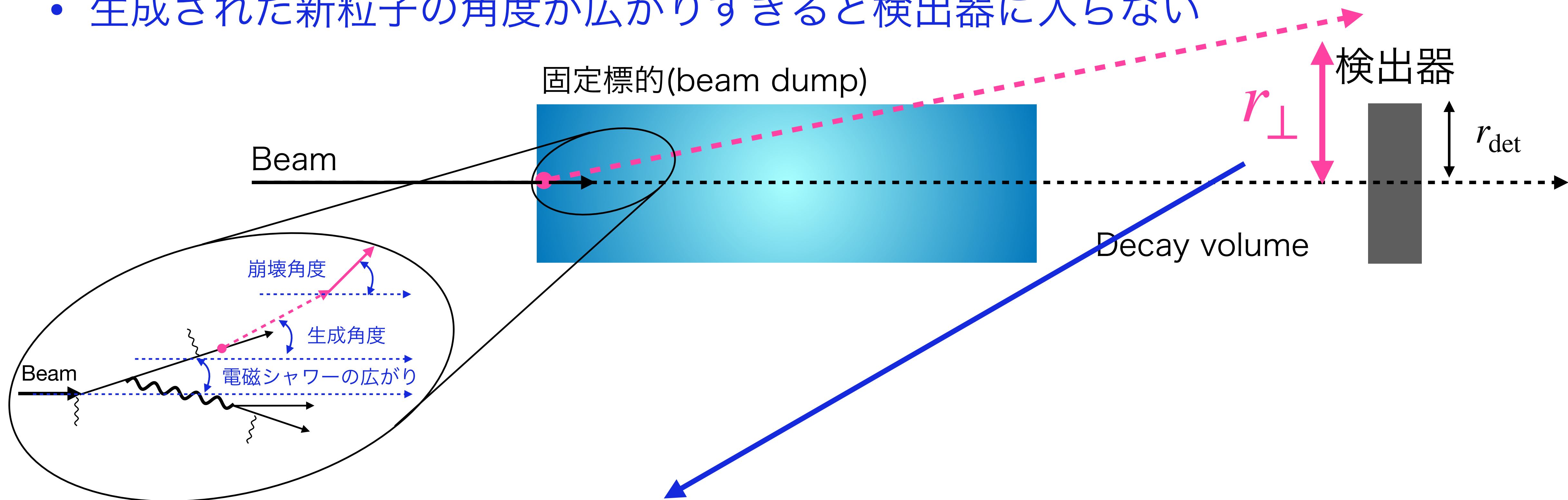
アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



アクセプタンス (2)

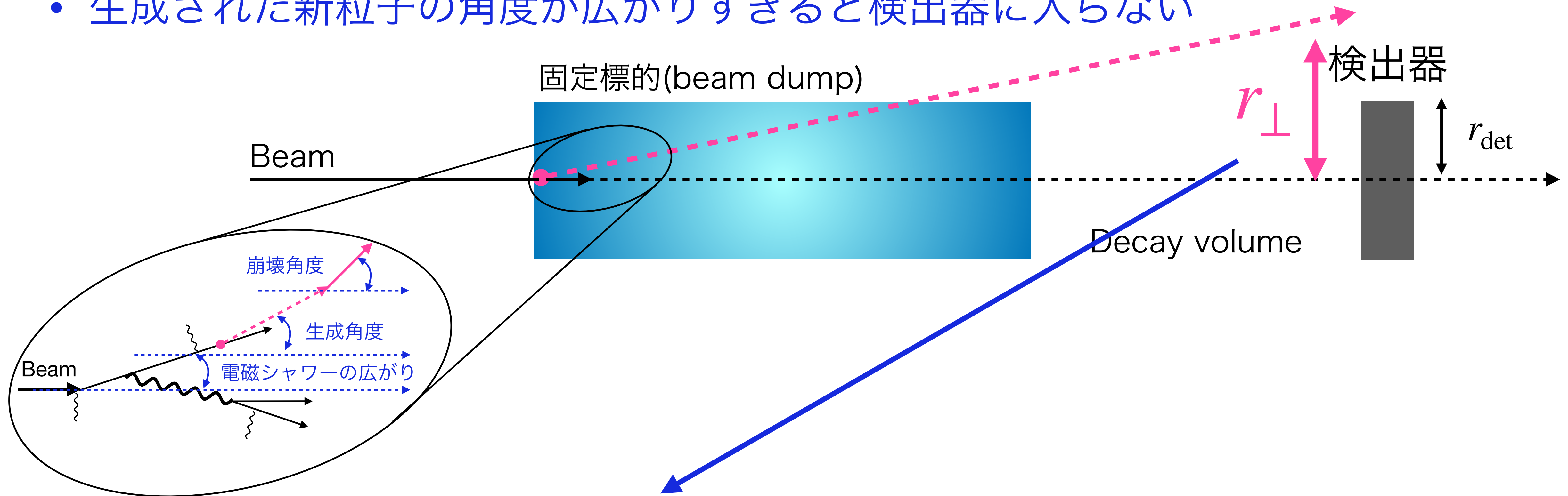
- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



(検出器に入る新粒子イベントの数) = $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times (\text{生成された新粒子の数})$

アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない

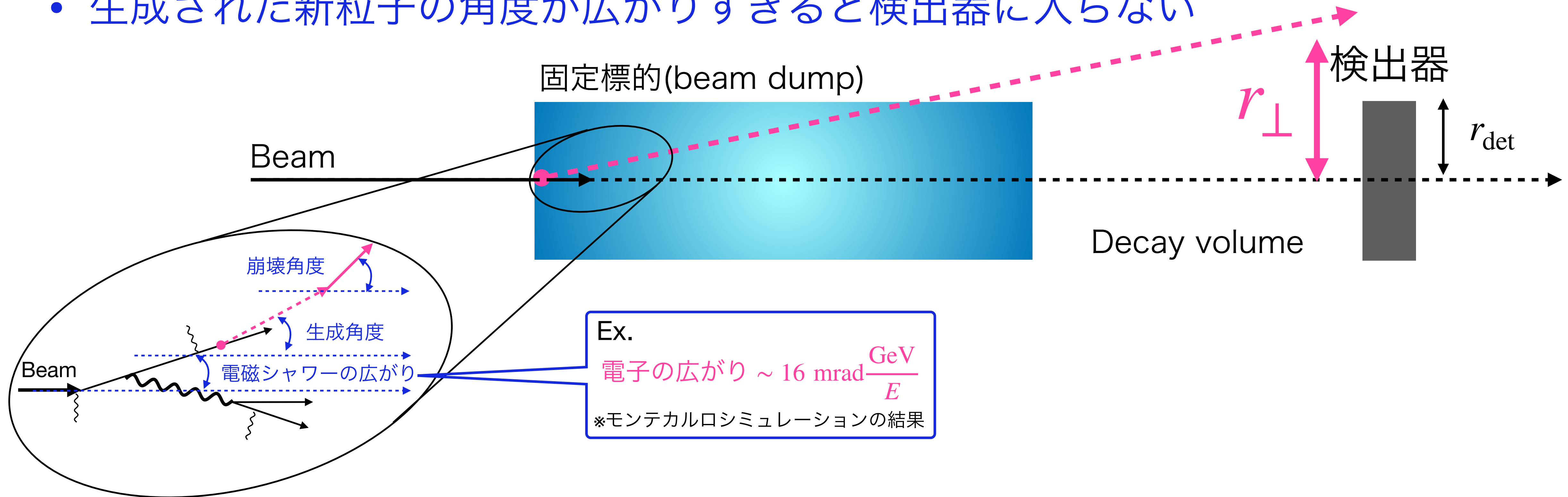


(検出器に入る新粒子イベントの数) = $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times (\text{生成された新粒子の数})$

$r_{\text{det}} > r_{\perp}$ のとき新粒子イベントを検出できる

アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない

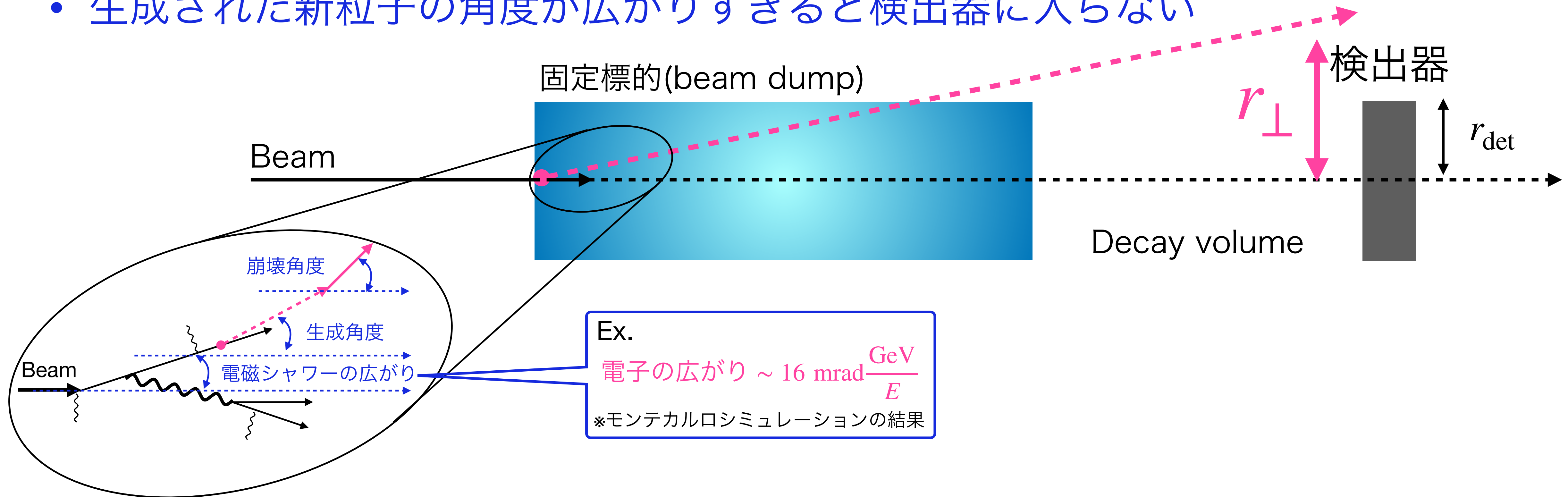


(検出器に入る新粒子イベントの数) = $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times (\text{生成された新粒子の数})$

$r_{\text{det}} > r_{\perp}$ のとき新粒子イベントを検出できる

アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない

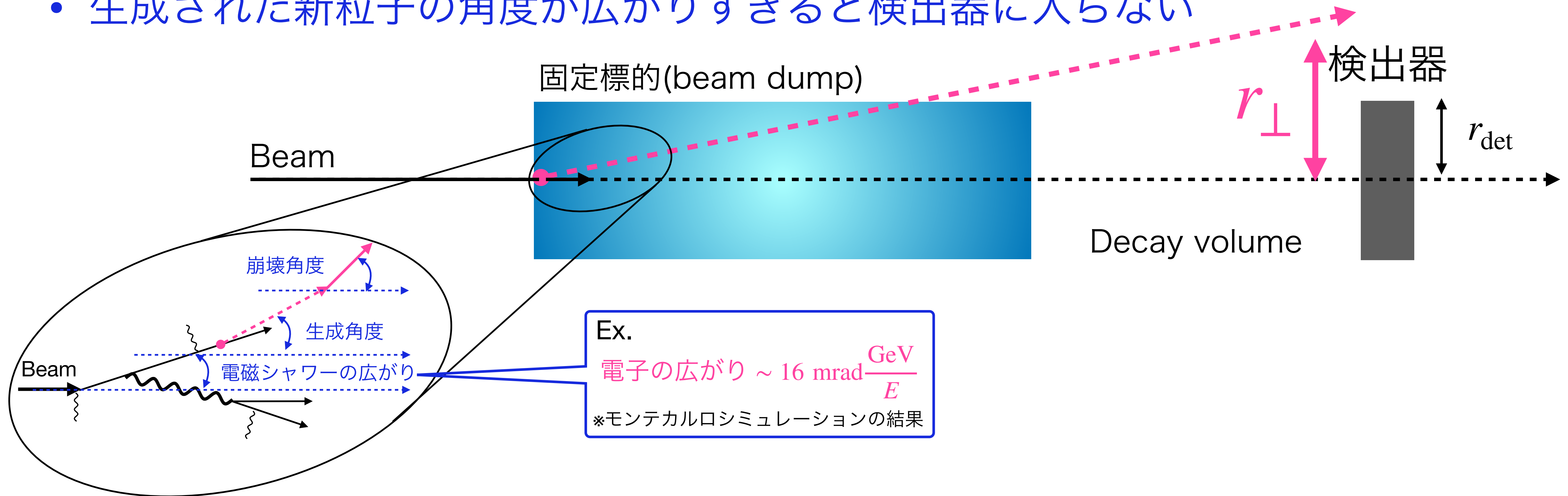


(検出器に入る新粒子イベントの数) = $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times (\text{生成された新粒子の数})$

$r_{\text{det}} > r_{\perp}$ のとき新粒子イベントを検出できる $\Rightarrow$ イベントに寄与する最小エネルギーが決まる

アクセプタンス (2)

- 生成された新粒子の角度が広がりすぎると検出器に入らない



(検出器に入る新粒子イベントの数) = $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times (\text{生成された新粒子の数})$

$r_{\text{det}} > r_{\perp}$ のとき新粒子イベントを検出できる $\Rightarrow$ イベントに寄与する最小エネルギーが決まる

アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

$$(\text{イベントの数}) = (\text{生成された新粒子の数}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

アクセプタンス

$$(\text{イベントの数}) = (\text{生成された新粒子の数}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

(イベントの数) = (生成された新粒子の数) × (Decay volumeで崩壊する確率) × $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$

$$= \int^{E_{\text{beam}}} dE_i \underbrace{\frac{d\mathcal{L}}{dE_i} \cdot \sigma_X}_{\text{ルミノシティ}} \cdot \underbrace{e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l})}_{\text{Decay volumeで崩壊する確率}} \cdot \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

(イベントの数) = (生成された新粒子の数) × (Decay volumeで崩壊する確率) × $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$

$$= \int^{E_{\text{beam}}} dE_i \underbrace{\frac{d\mathcal{L}}{dE_i} \cdot \sigma_X}_{\text{ルミノシティ}} \cdot \underbrace{e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l})}_{\text{結合定数の小さい極限}} \cdot \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

$$\propto \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left(\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right) \cdot \sigma_X \cdot \frac{B-A}{l}$$

アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

(イベントの数) = (生成された新粒子の数) × (Decay volumeで崩壊する確率) × $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$

$$= \int^{E_{\text{beam}}} dE_i \underbrace{\frac{d\mathcal{L}}{dE_i} \cdot \sigma_X}_{\text{ルミノシティ}} \cdot \underbrace{e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l})}_{\text{結合定数の小さい極限}} \cdot \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

$$\propto \int_{\underbrace{E_{\text{min}}}_{\text{アクセプタンスで決まる最小エネルギー}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left(\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right) \cdot \sigma_X \cdot \underbrace{\frac{B-A}{l}}_{\text{結合定数の小さい極限}}$$

アクセプタンスで決まる最小エネルギー

アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

$$(\text{イベントの数}) = (\text{生成された新粒子の数}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

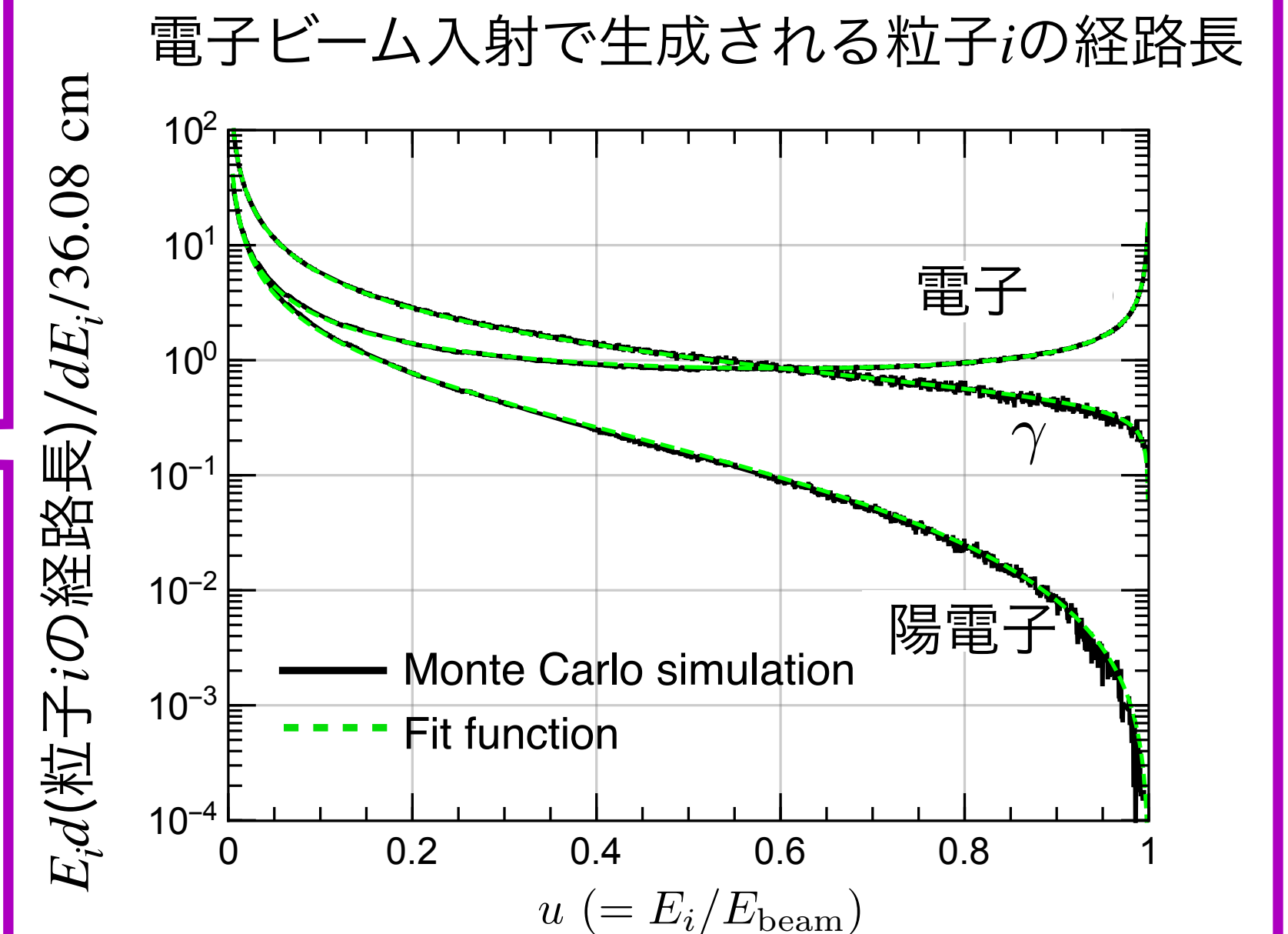
$$= \int^{E_{\text{beam}}} dE_i \frac{d\mathcal{L}}{dE_i} \cdot \sigma_X \cdot e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l}) \cdot \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

$$\propto \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left(\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right) \cdot \sigma_X \cdot \frac{B-A}{l}$$

ルミノシティ

結合定数の小さい極限

アクセプタンスで決まる最小エネルギー



アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

$$(\text{イベントの数}) = (\text{生成された新粒子の数}) \times (\text{Decay volumeで崩壊する確率}) \times \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

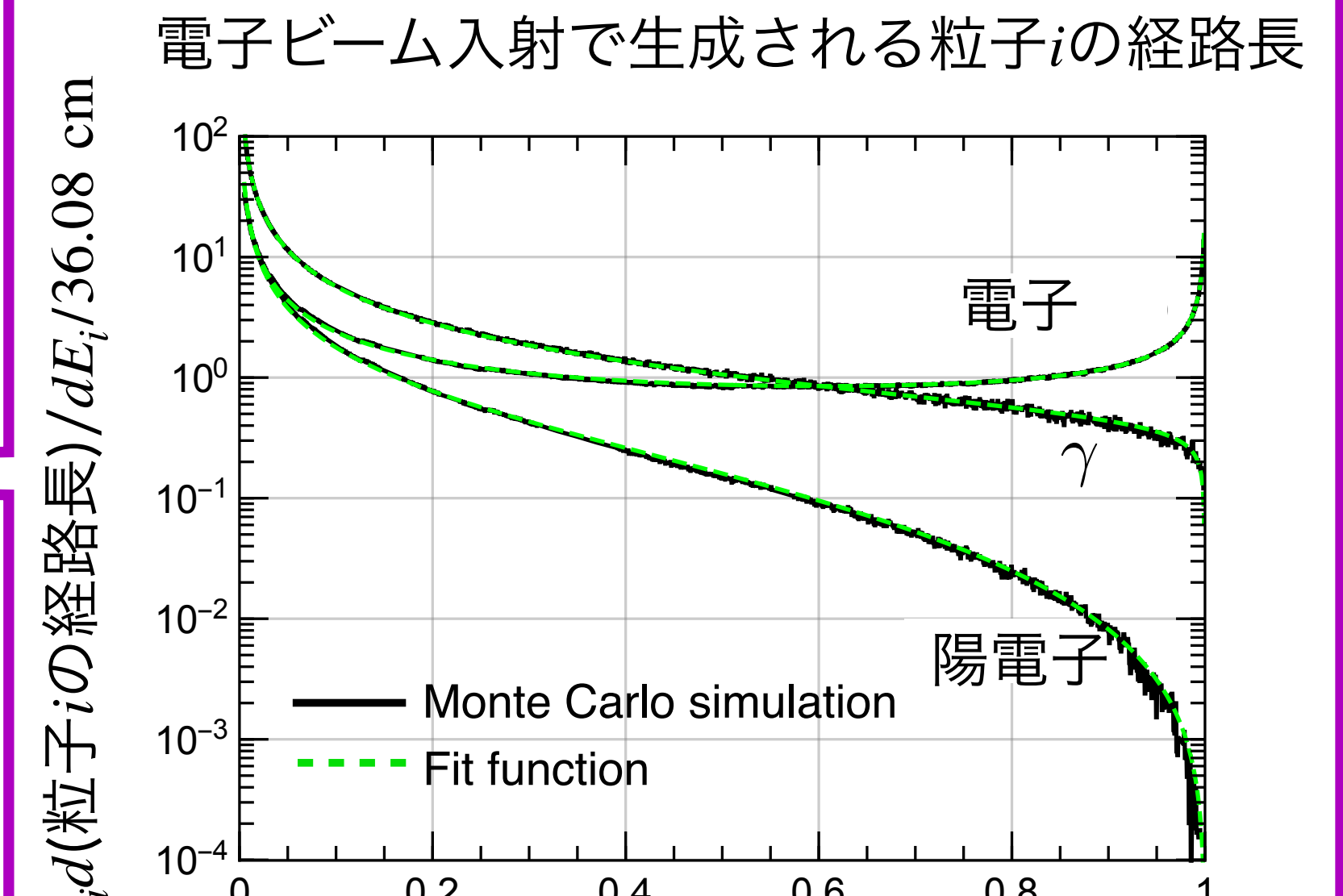
$$= \int^{E_{\text{beam}}} dE_i \left[\frac{d\mathcal{L}}{dE_i} \cdot \sigma_X \cdot e^{-A/l} \times (1 - e^{-(B-A)/l}) \right] \cdot \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

$$\propto \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left[\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right] \cdot \sigma_X \cdot \frac{B-A}{l}$$

ルミノシティ

結合定数の小さい極限

アクセプタンスで決まる最小エネルギー



結合定数が小さな領域はアクセプタンスで決まる最小エネルギーでイベント数が決まる

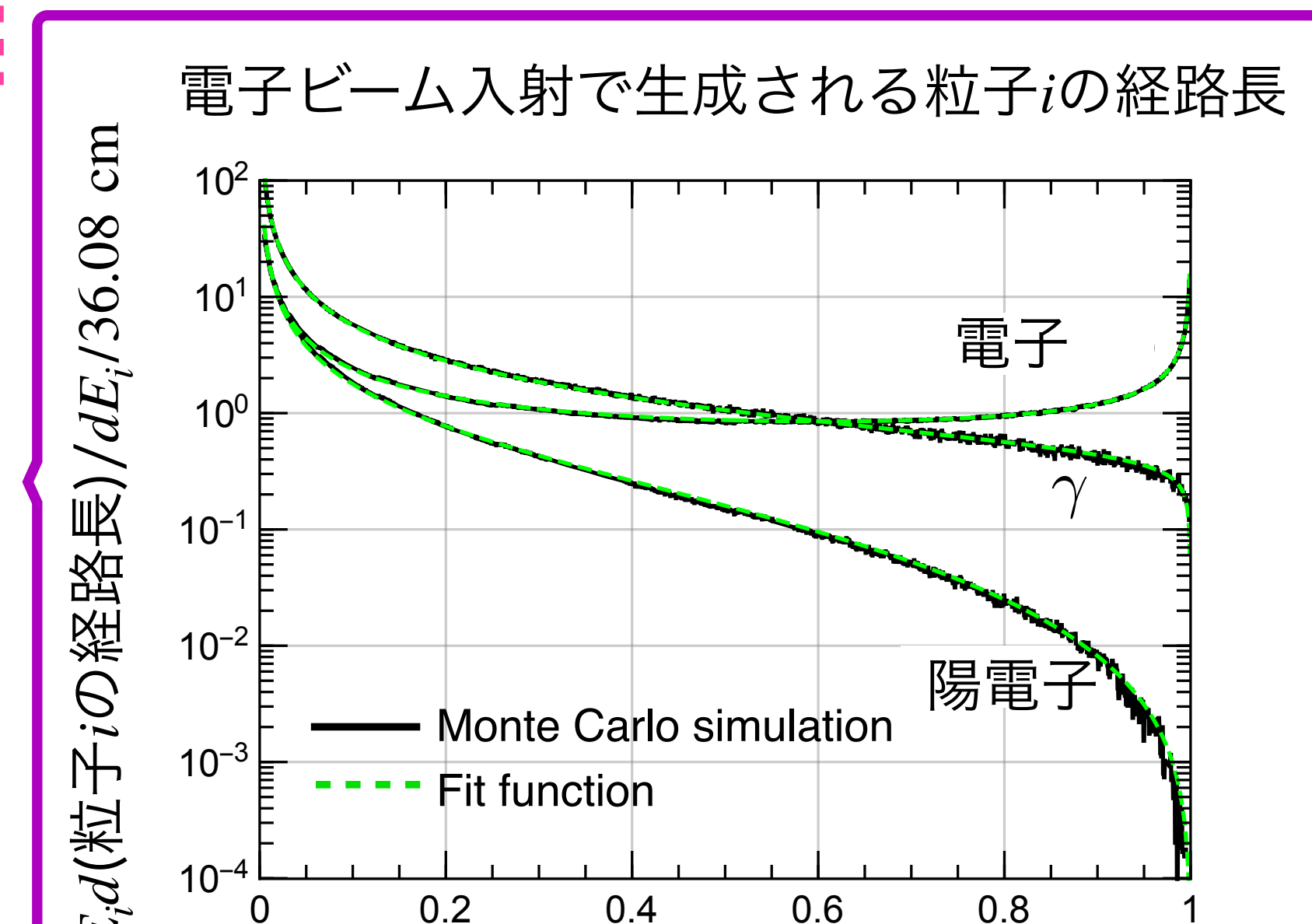
アクセプタンス (2)

- アクセプタンスを入れたイベント数の公式：

(イベントの数) = (生成された新粒子の数) × (Decay volumeで崩壊する確率) × $\Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$

$$= \int^{E_{\text{beam}}} dE_i \frac{d\mathcal{L}}{dE_i} \cdot \sigma_X \cdot e^{-A/l} \times \left(1 - e^{-(B-A)/l}\right) \cdot \Theta(r_{\text{det}} - r_{\perp})$$

$$\propto \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left(\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right) \cdot \sigma_X \cdot \frac{B - A}{l}$$



結合定数が小さな領域はアクセプタンスで決まる最小エネルギーでイベント数が決まりうる

アクセプタンス (2)

$$N_{\text{event}} \propto \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left(\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right) \cdot \sigma_X \cdot l^{-1} \cdot (B - A)$$

(小さな結合定数の極限)

アクセプタンス (2)

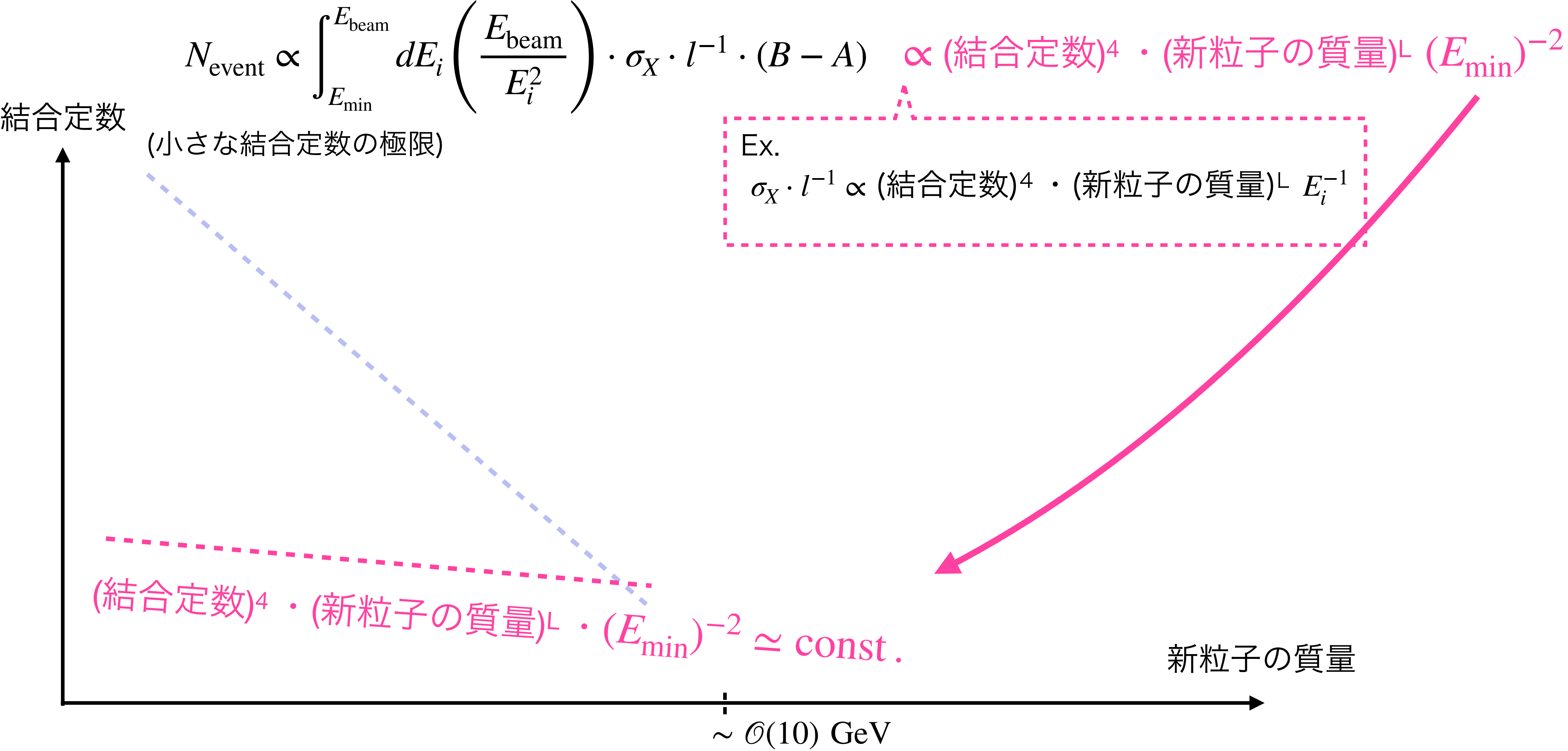
$$N_{\text{event}} \propto \int_{E_{\text{min}}}^{E_{\text{beam}}} dE_i \left(\frac{E_{\text{beam}}}{E_i^2} \right) \cdot \sigma_X \cdot l^{-1} \cdot (B - A) \propto (\text{結合定数})^4 \cdot (\text{新粒子の質量})^L (E_{\text{min}})^{-2}$$

(小さな結合定数の極限)

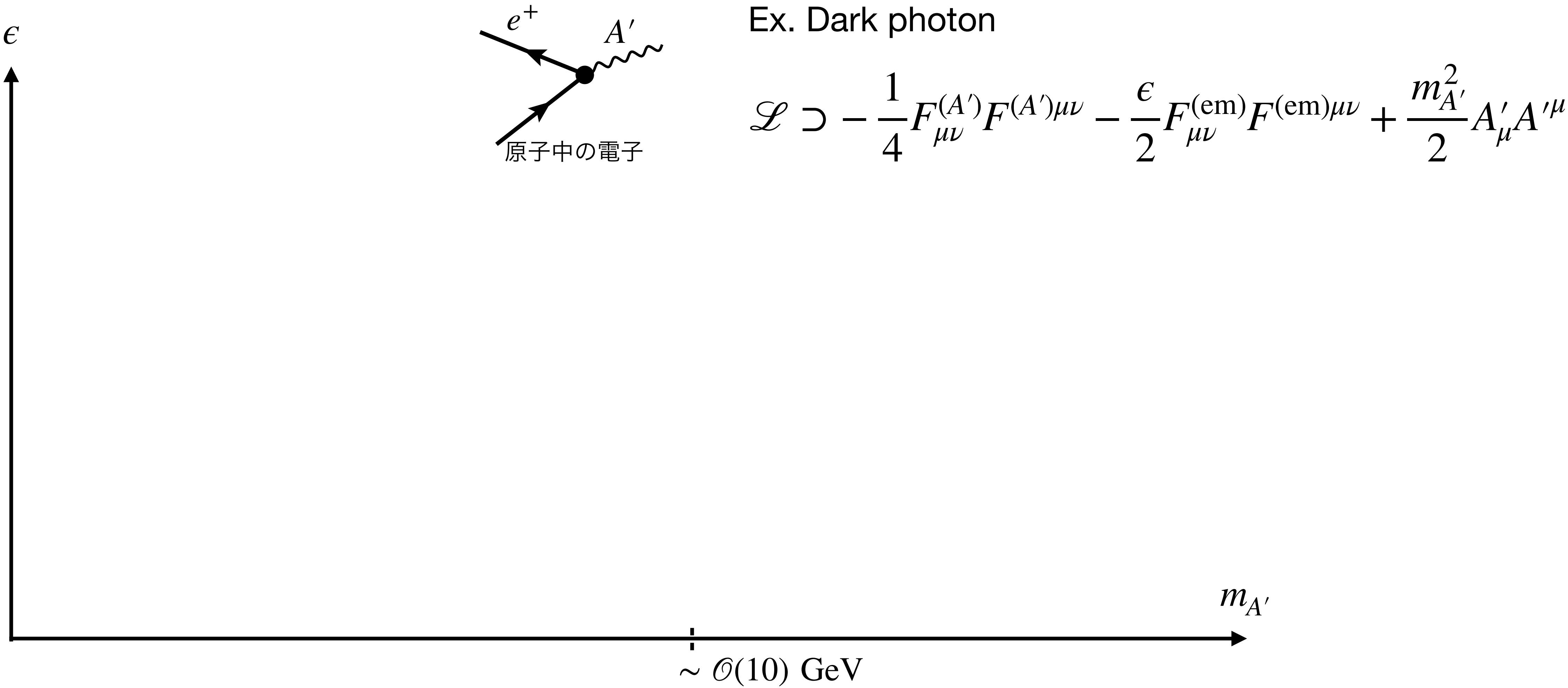
Ex.

$$\sigma_X \cdot l^{-1} \propto (\text{結合定数})^4 \cdot (\text{新粒子の質量})^L E_i^{-1}$$

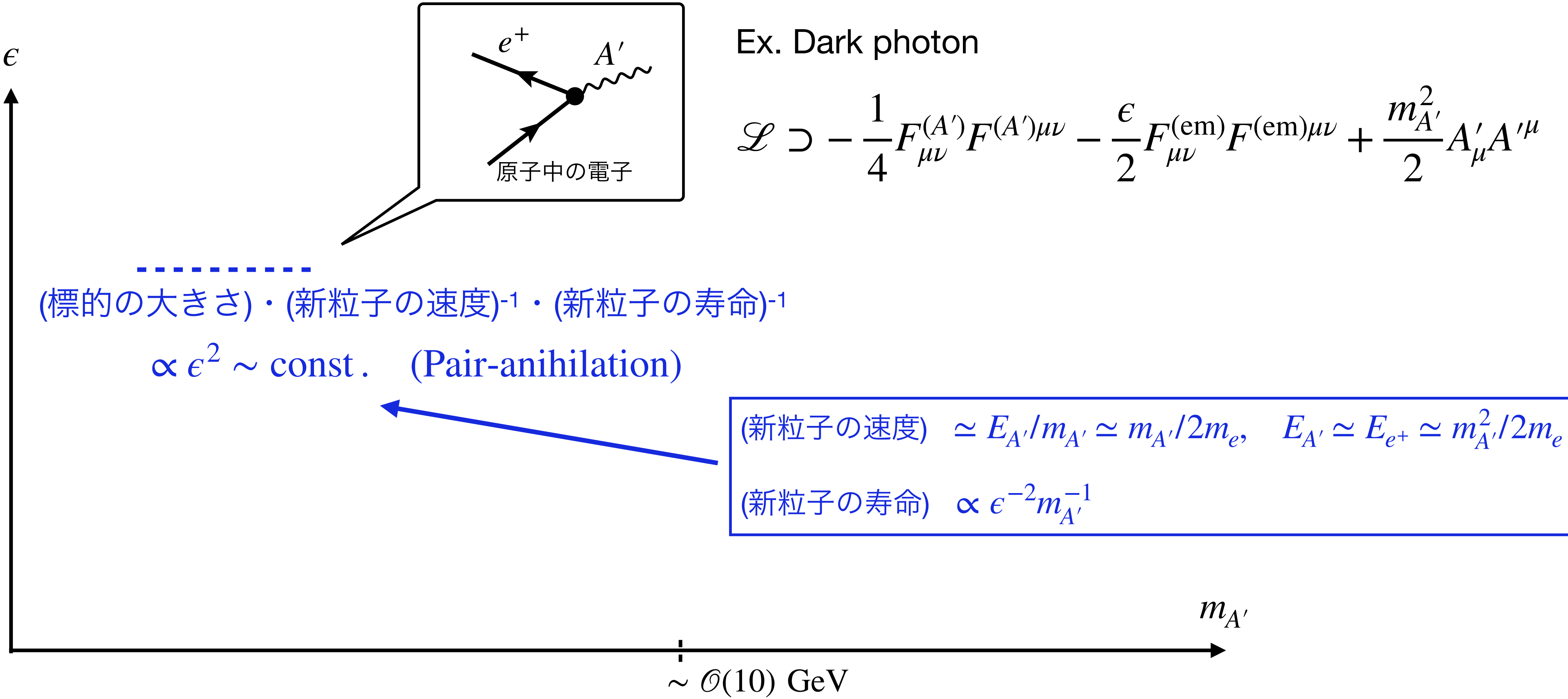
アクセプタンス (2)



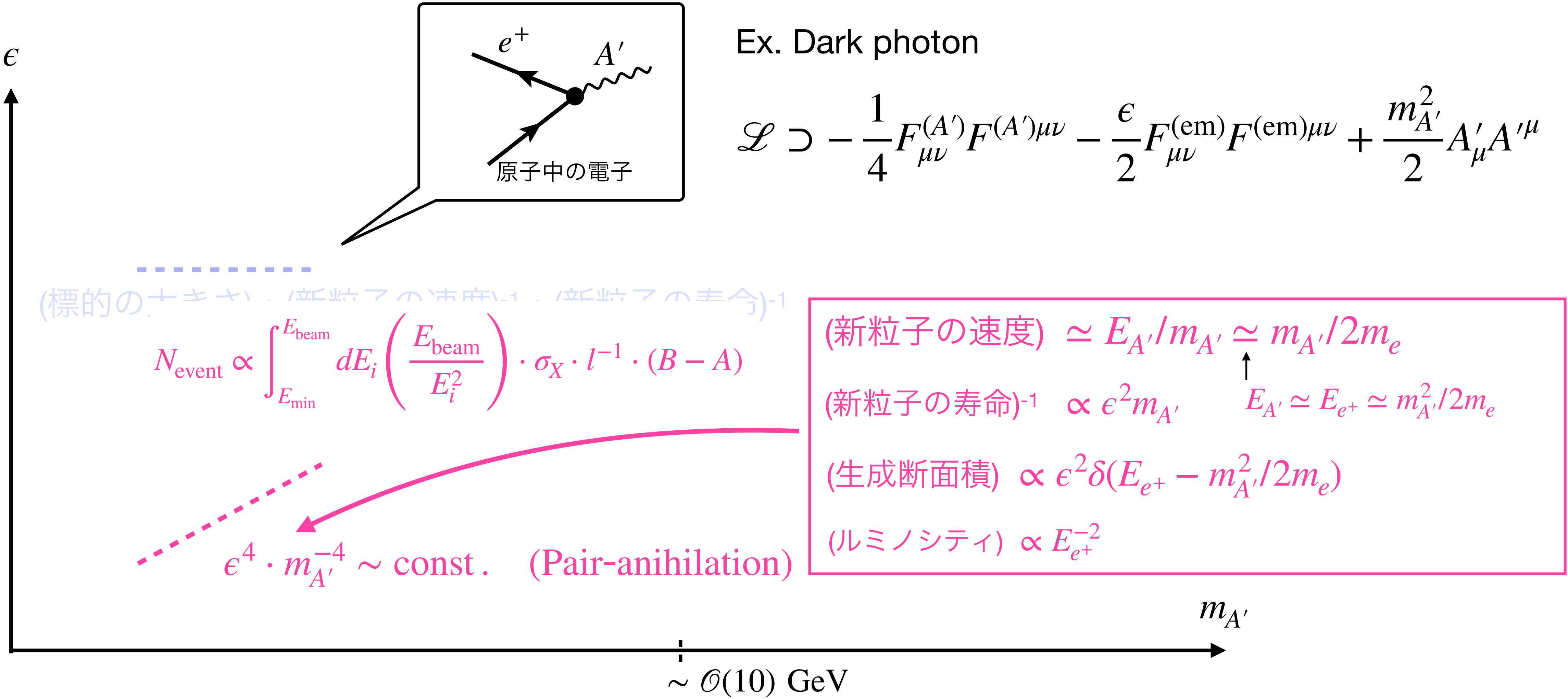
電子ビームダンプにおけるDark photon探査の感度



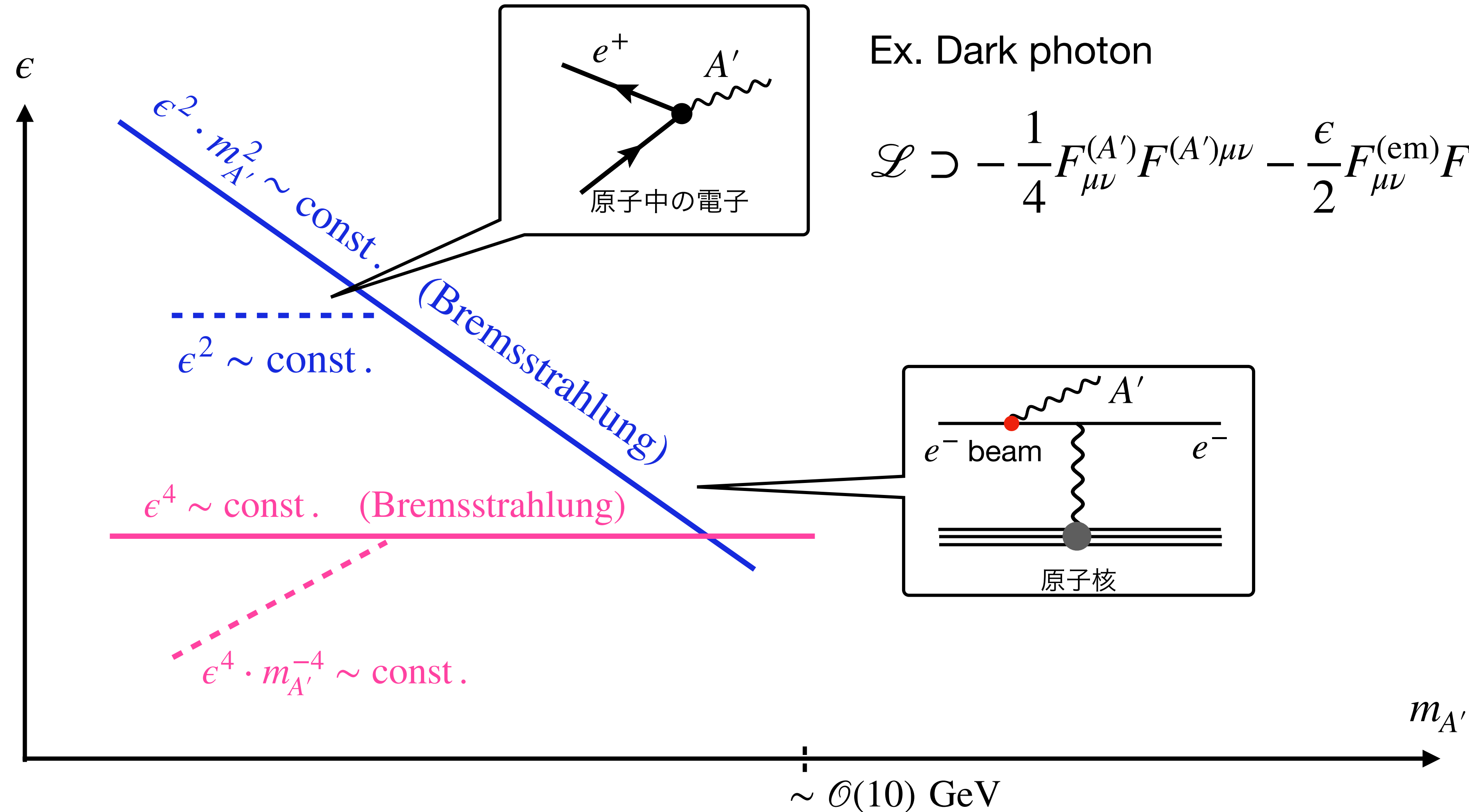
電子ビームダンプにおけるDark photon探査の感度



電子ビームダンプにおけるDark photon探査の感度



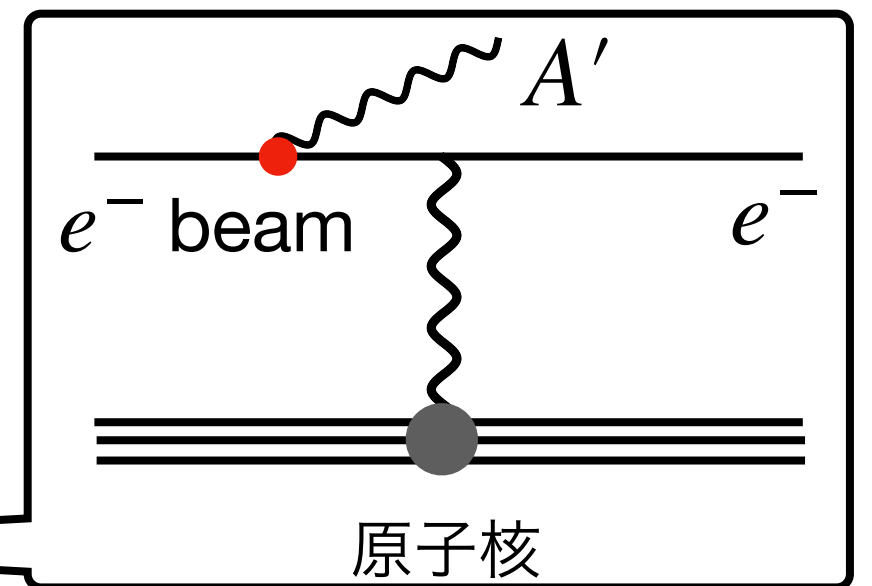
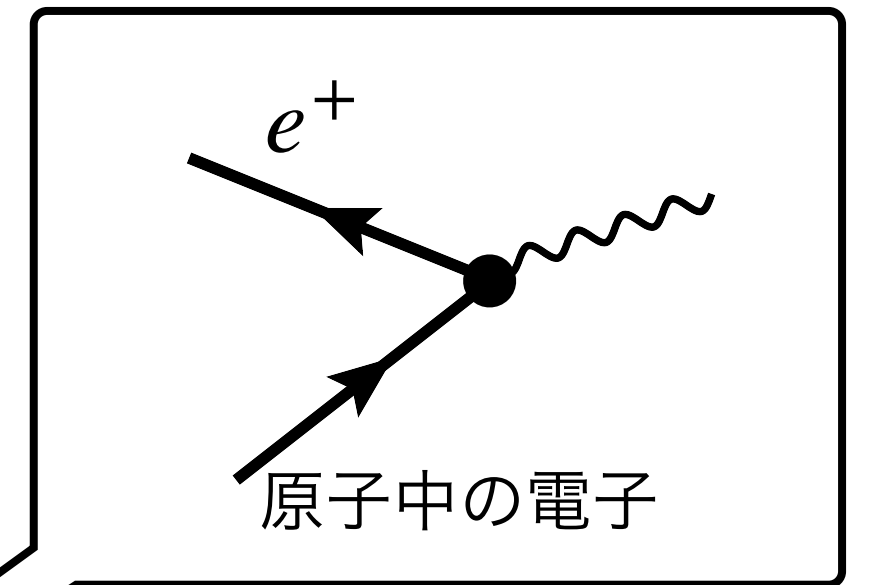
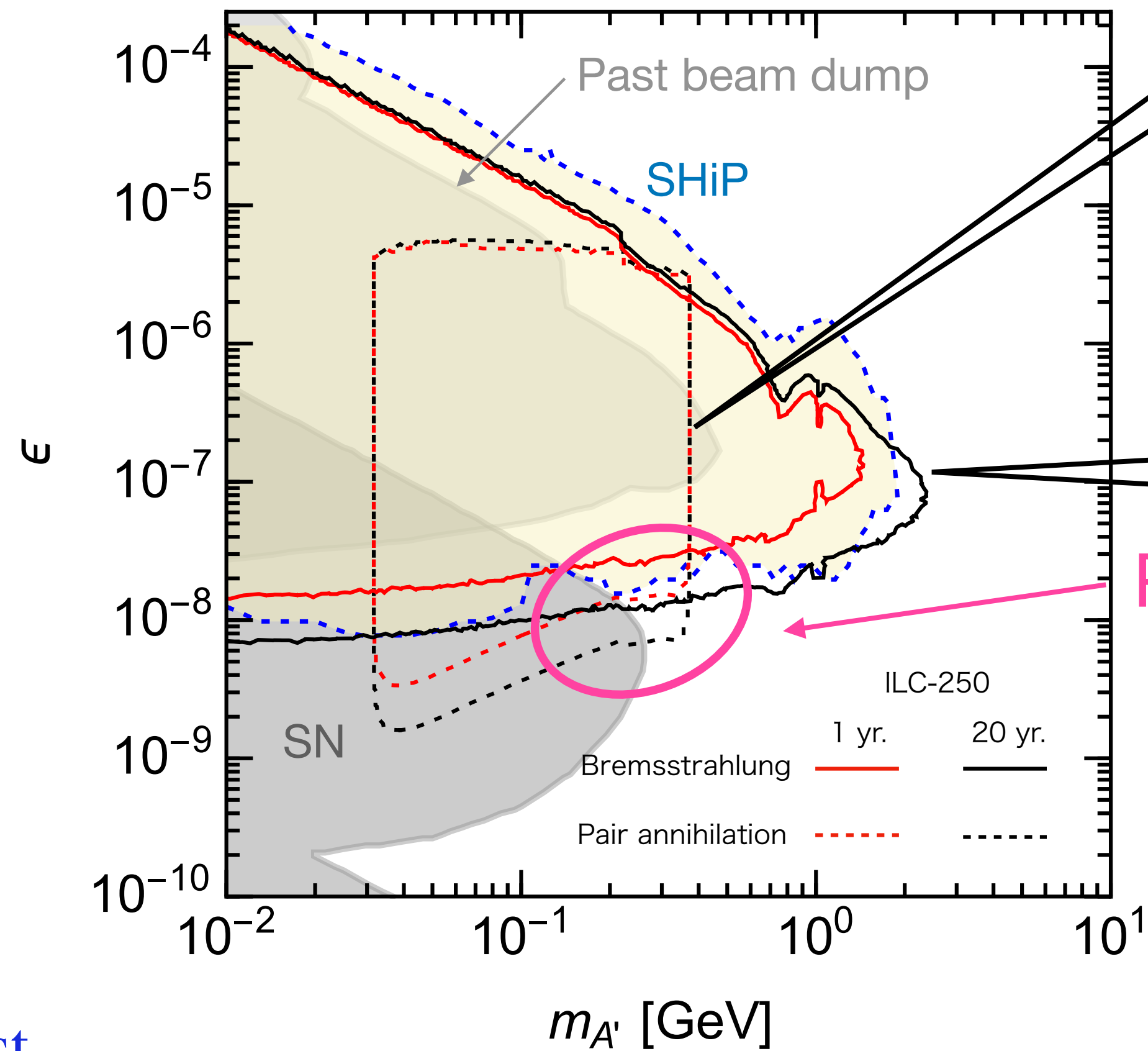
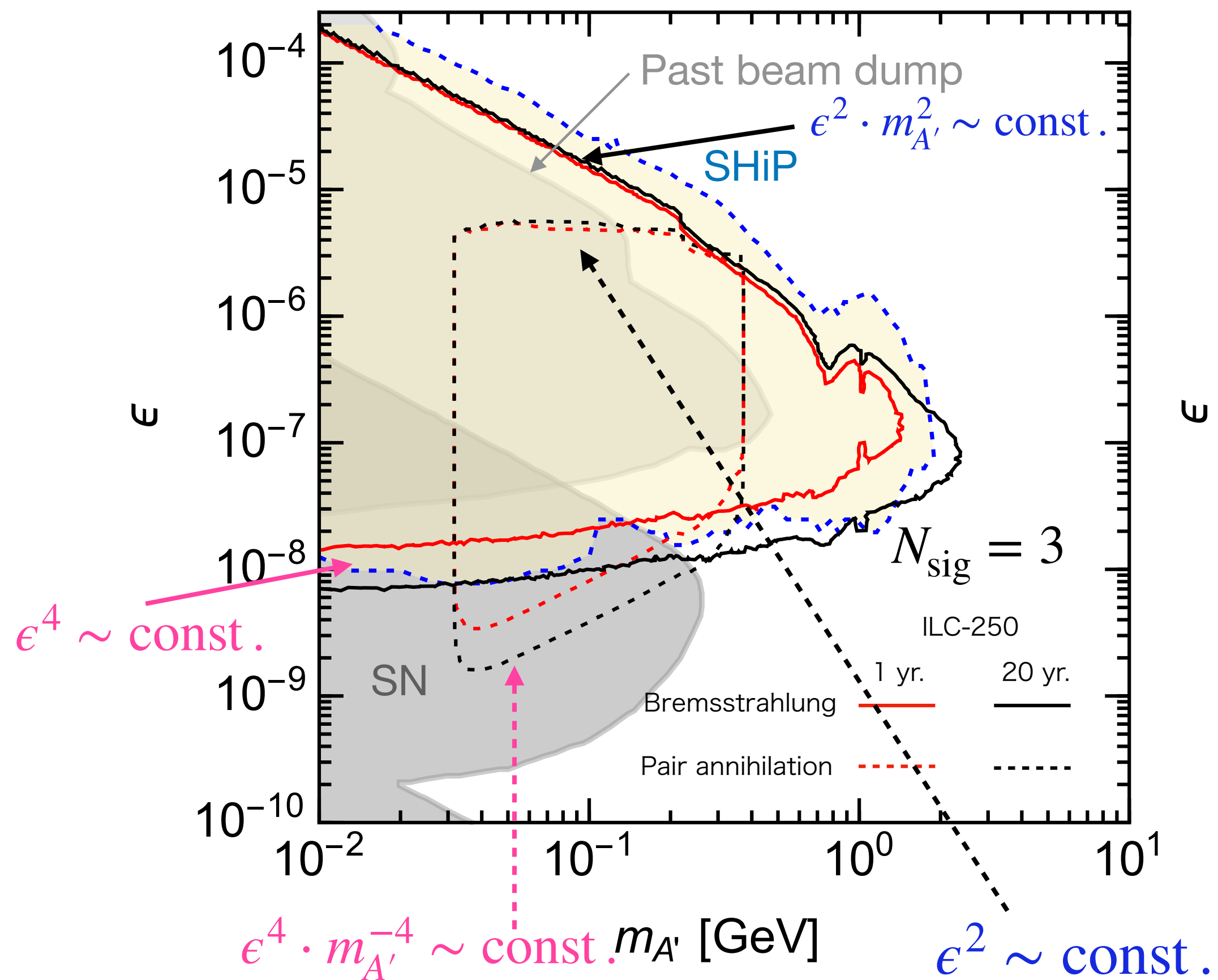
電子ビームダンプにおけるDark photon探査の感度



数値計算結果 (Dark photon)

電子ビームダンプ実験

陽電子ビームダンプ実験

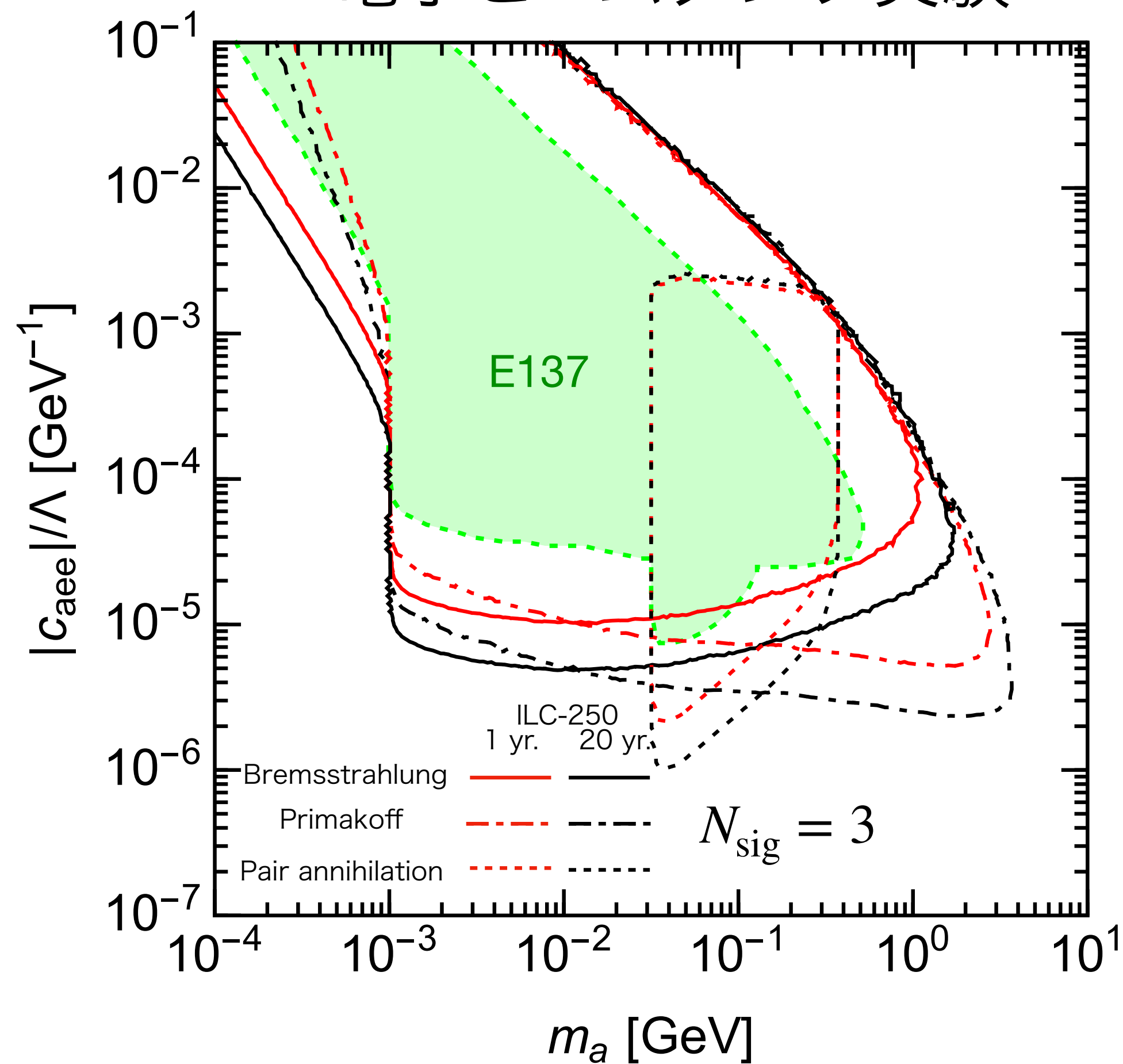


Primary beamの寄与

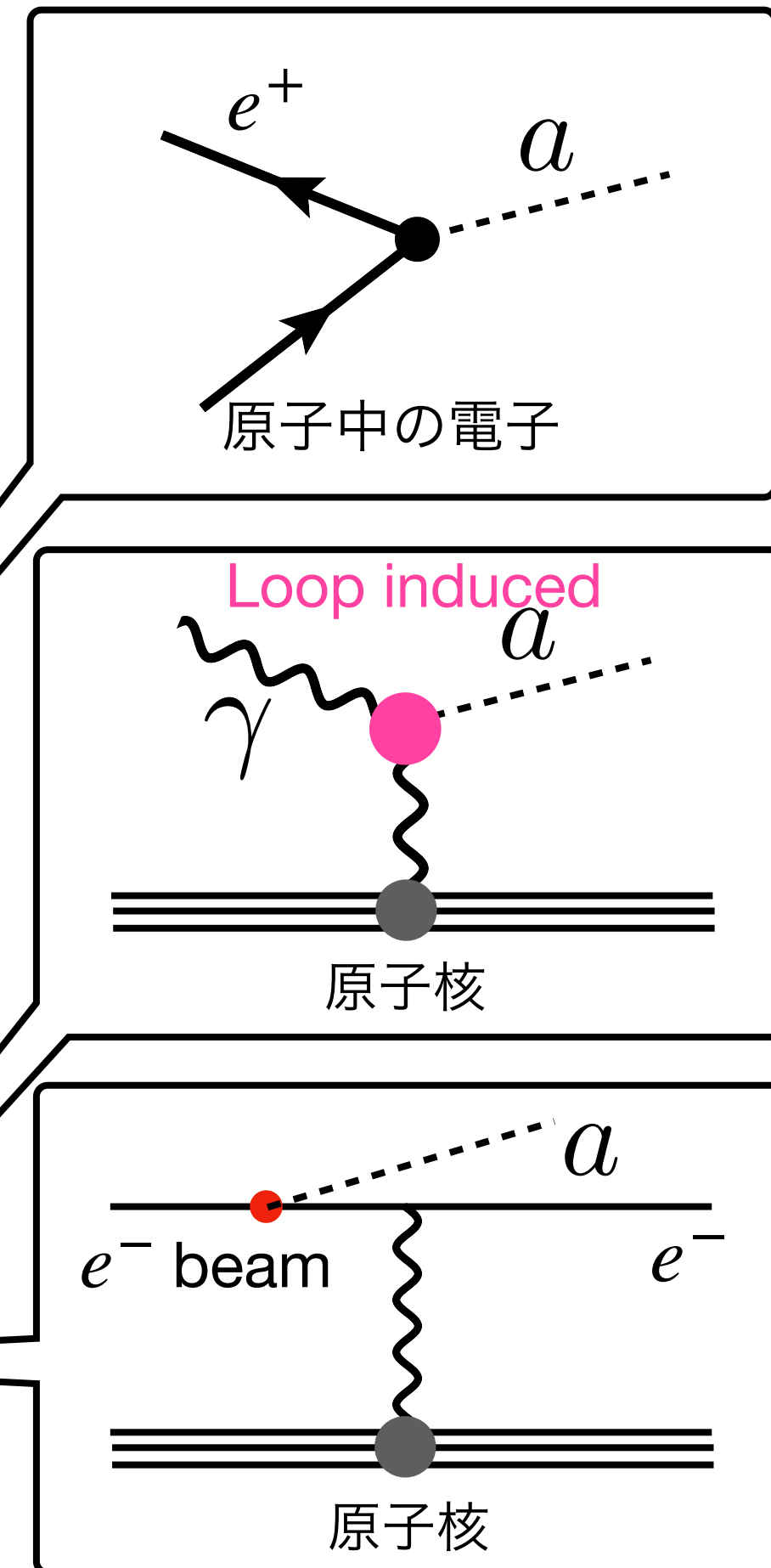
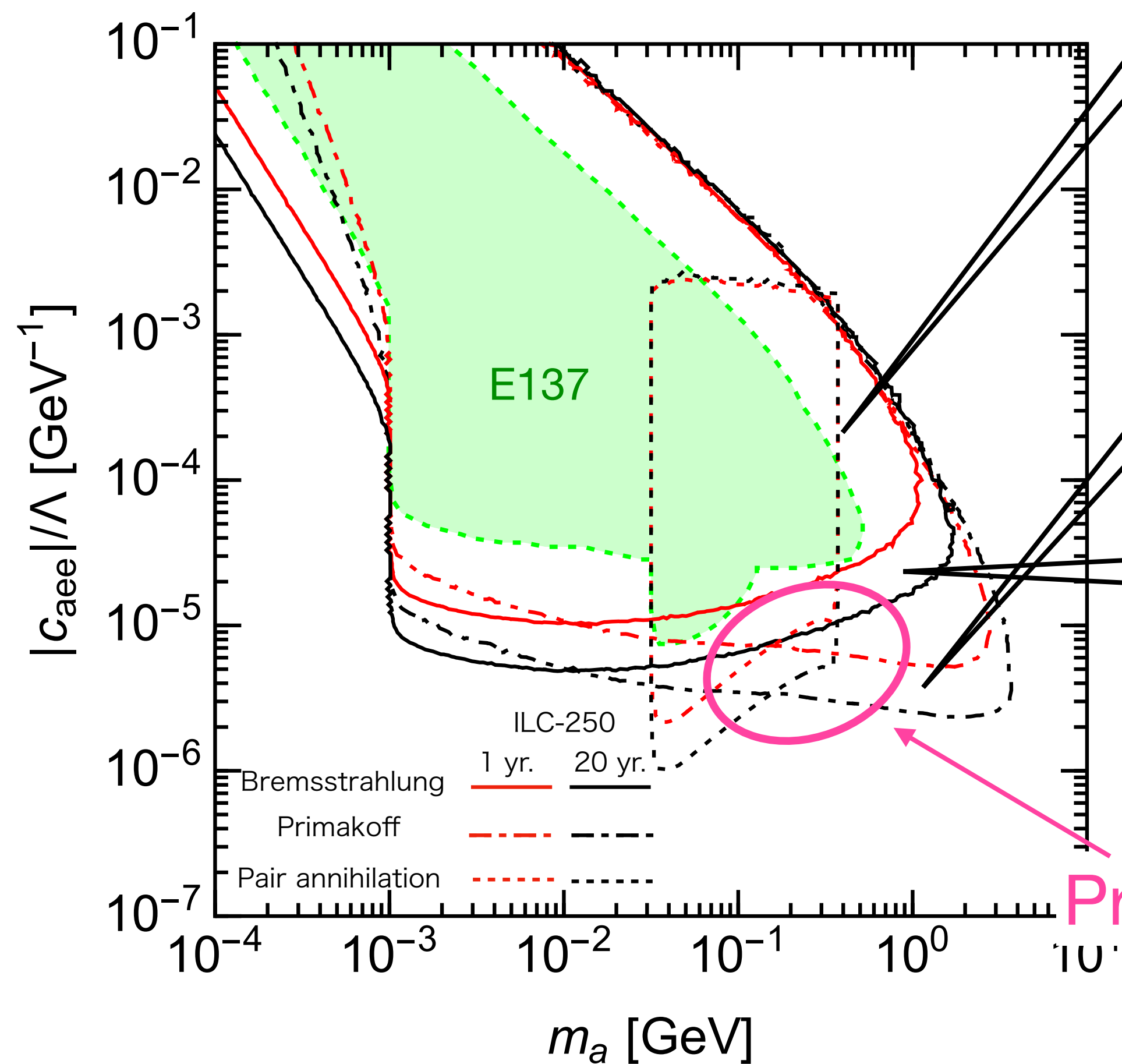
Model: $\mathcal{L} \supset -\frac{1}{4} F_{\mu\nu}^{(A')} F^{(A')\mu\nu} - \frac{\epsilon}{2} F_{\mu\nu}^{(\text{em})} F^{(A')\mu\nu} + \frac{m_{A'}^2}{2} A'_\mu A'^\mu$

数値計算結果 (ALPs)

電子ビームダンプ実験



陽電子ビームダンプ実験



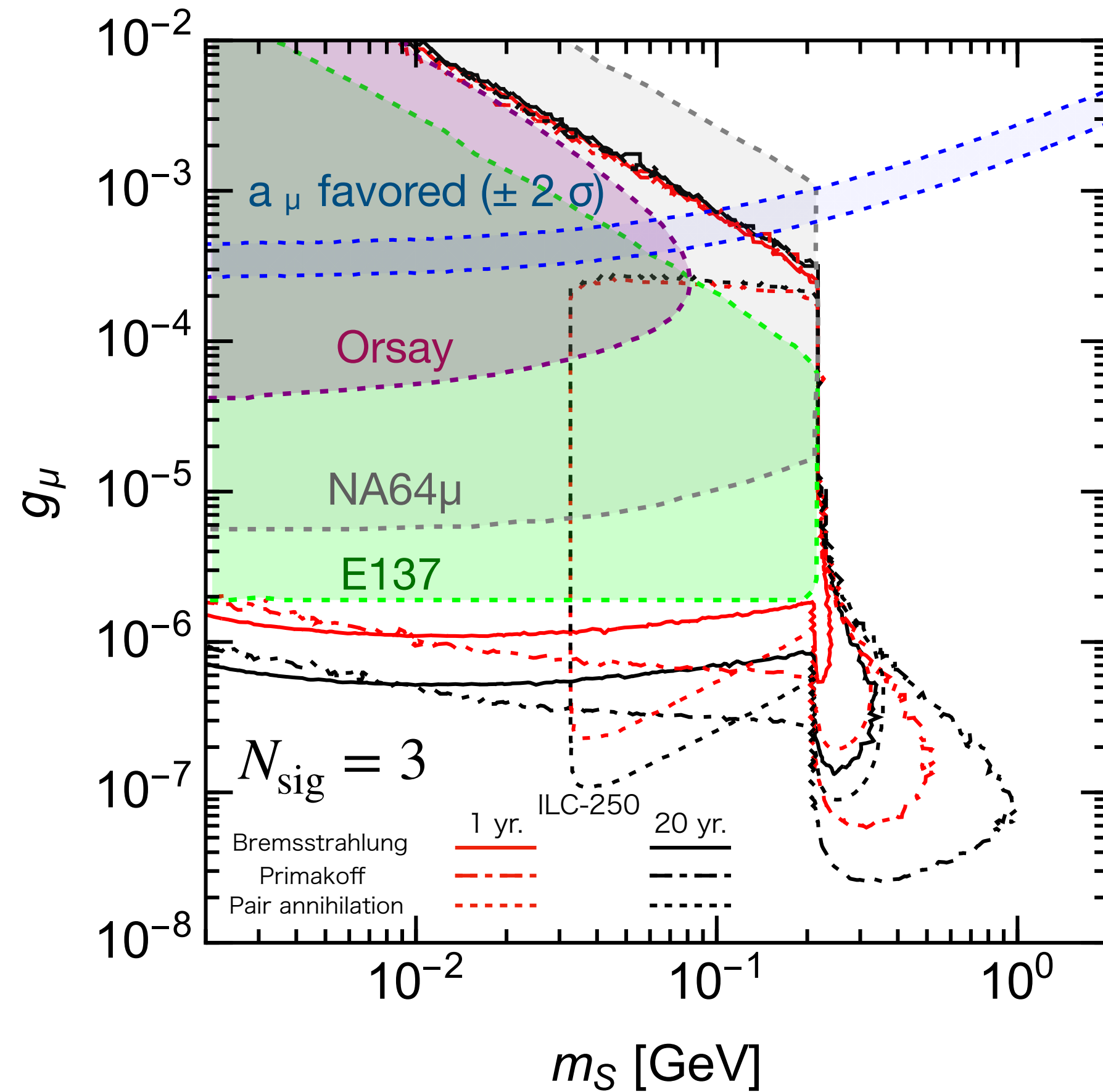
Primary beamの寄与

Model: $\mathcal{L} \supset \frac{1}{2} \partial_\mu a \partial^\mu a - \frac{1}{2} m_a^2 a^2 + \frac{1}{2} c_{aee} \frac{\partial_\mu a}{\Lambda} \bar{e} \gamma^\mu \gamma_5 e - \frac{1}{4} g_{a\gamma\gamma} a F_{\mu\nu} \tilde{F}^{\mu\nu}$

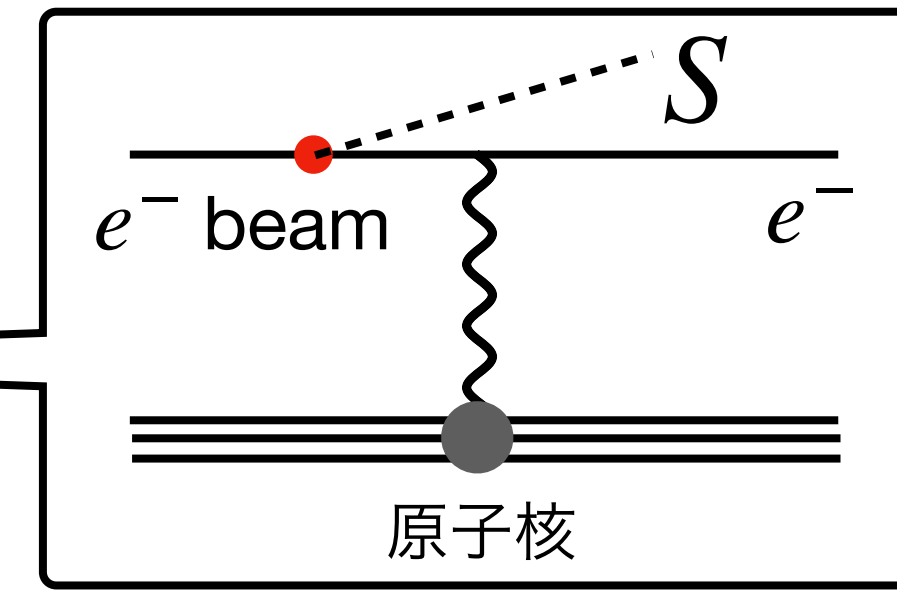
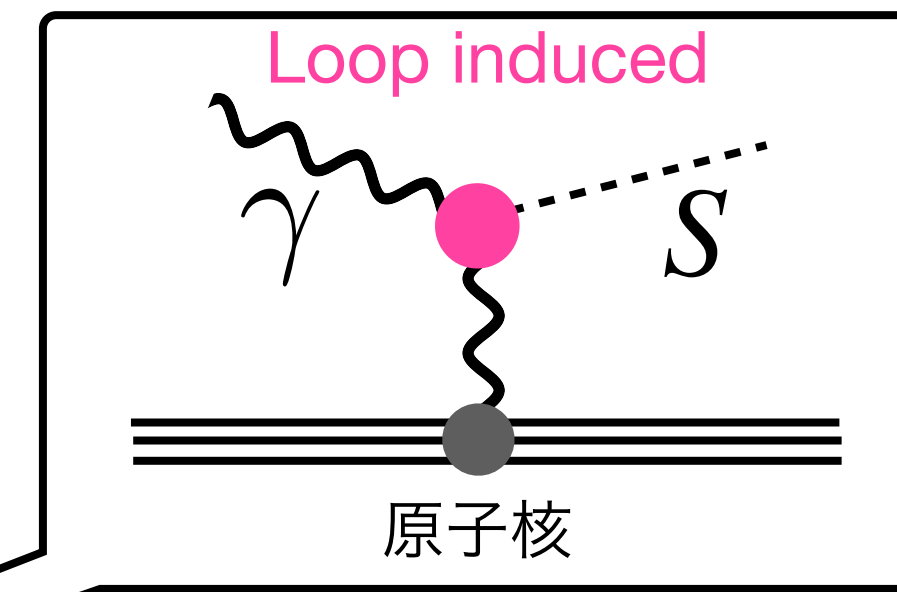
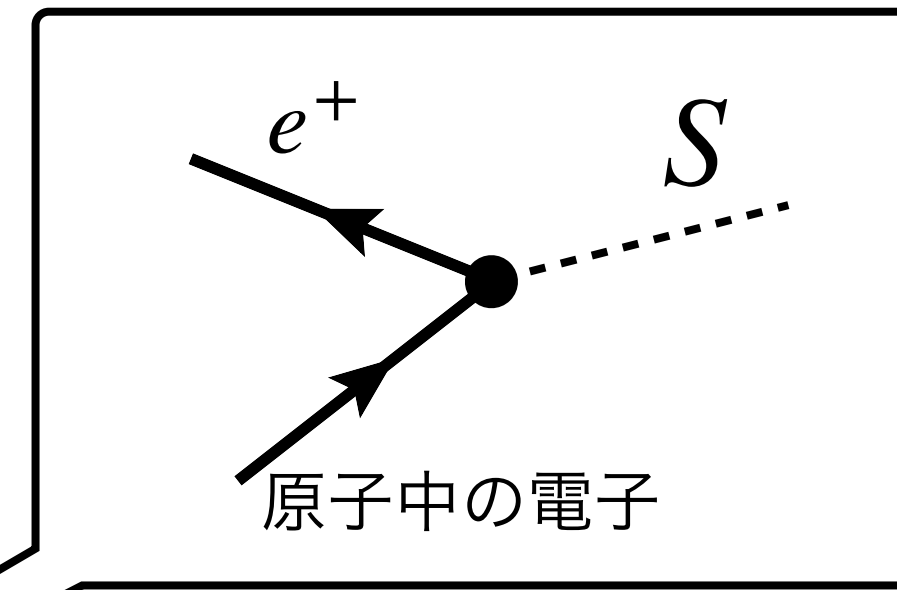
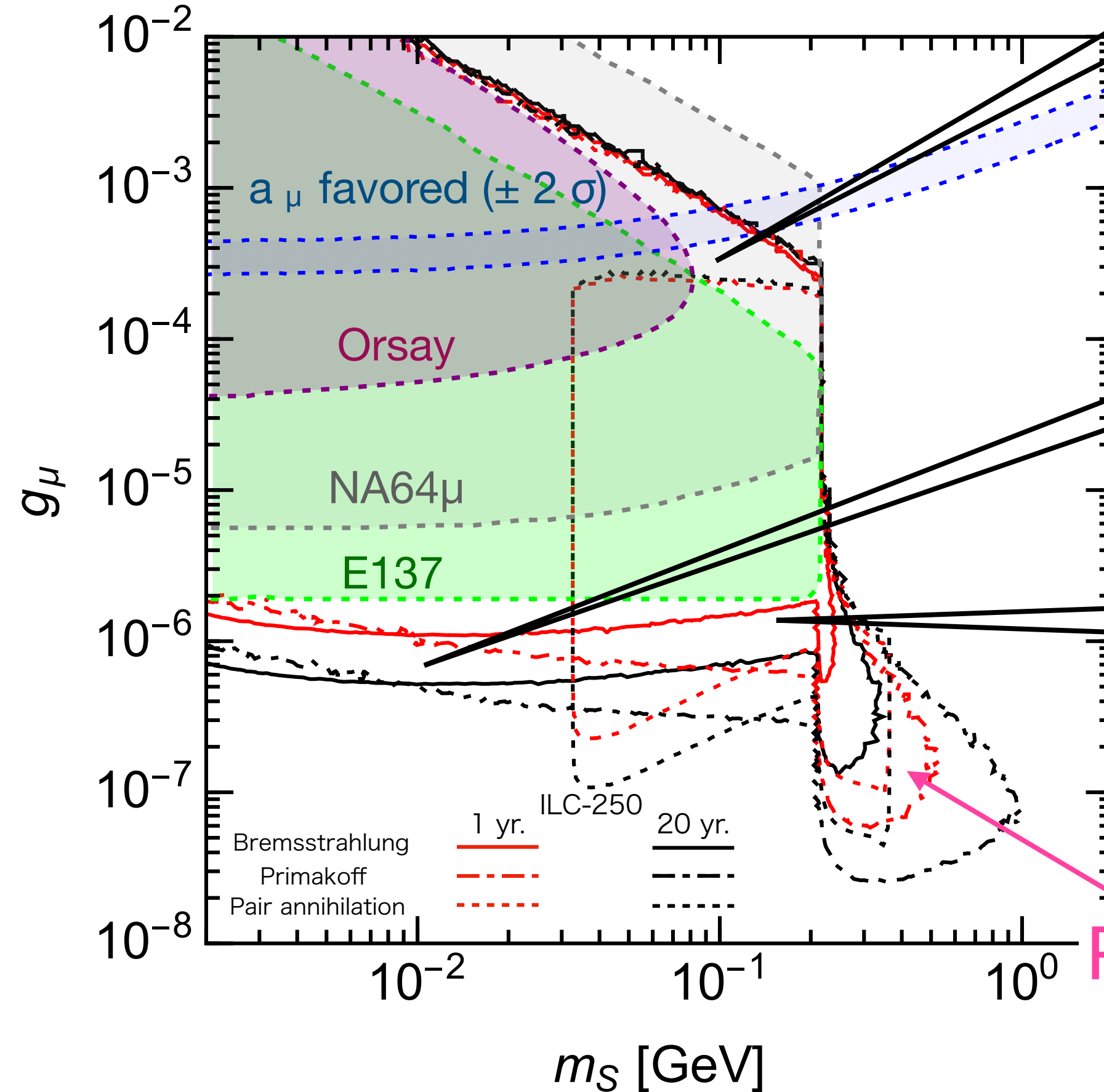
The last two terms are enclosed in a pink dashed box labeled "Loop induced".

数値計算結果 (Light scalar boson)

電子ビームダンプ実験



陽電子ビームダンプ実験



Model: $\mathcal{L} = \frac{1}{2}(\partial_\mu S)^2 - \frac{1}{2}m_S^2 S^2 - \sum_{\ell=e,\mu,\tau} g_\ell S \bar{\ell} \ell - \boxed{\frac{1}{4} g_{S\gamma\gamma} S F_{\mu\nu} F^{\mu\nu}}$ $g_e/m_e = g_\mu/m_\mu = g_\tau/m_\tau$

Loop induced

Summary

- Fixed-Target実験はSMとの結合定数が小さく質量の小さな粒子を含む理論に感度をもつ
- ILC beam dump実験ではアクセプタンスによって、小さな結合定数や大きな結合定数の感度が決まる
- Primary陽電子ビームはbeam dump中の電子と対消滅し陽電子ビームダンプ実験が重要になりうる
- Dark photon, ALPs, light scalar bosonについてILC 陽電子電子beam dump実験の比較を行なった
- ILC beam dump実験は過去のbeam dump実験の感度を一桁程度感度が良いことがわかった