

ポジトロニウムを用いた 弱結合スカラー粒子の探索

風間慎吾, 川崎瑛生, 難波俊雄^A, 浅井祥仁, 小林富雄^A

東京大学大学院理学系研究科, 東京大学素粒子物理国際研究センター^A

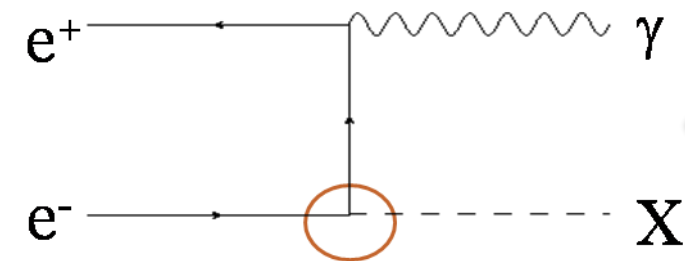
日本物理学会 第65回年次大会
2010/3/23 岡山大学

1. 電子と結合する弱結合スカラー粒子の探索

質量が軽く、電子に弱く結合する新粒子Xを探索する(結合定数: g)

Ex) Axion, Dilaton, Unparticle...

$o\text{-Ps} \rightarrow 3\gamma$ は3体崩壊ゆえ、崩壊が極めて抑制されており
寿命が長い(142ns) $\Rightarrow$ $o\text{-Ps}$ は新粒子Xにsensitive



$o\text{-Ps}$ が $\gamma + X$ の2体に崩壊するモードを用いて新粒子Xを探索する

◆目標

- $\Gamma(o\text{-Ps} \rightarrow \gamma + X) / \Gamma(o\text{-Ps} \rightarrow 3\gamma) < 10^{-7} \sim 10^{-8}$ の感度
- Xが(pseudo)scalarの時の結合定数 $\tilde{\alpha} (= g^2 / 4\pi)$ として $10^{-12} \sim 10^{-13}$ の感度

2.1 検出原理

$o\text{-Ps} \rightarrow \gamma + X$ の崩壊では

X は電磁相互作用をしないため検出できない
もしあれば一体の γ に崩壊したように見え

$$E_\gamma = m_e \left[1 - \left(\frac{m_X}{2m_e} \right)^2 \right] \text{ と } \underline{\text{単色になる}}$$

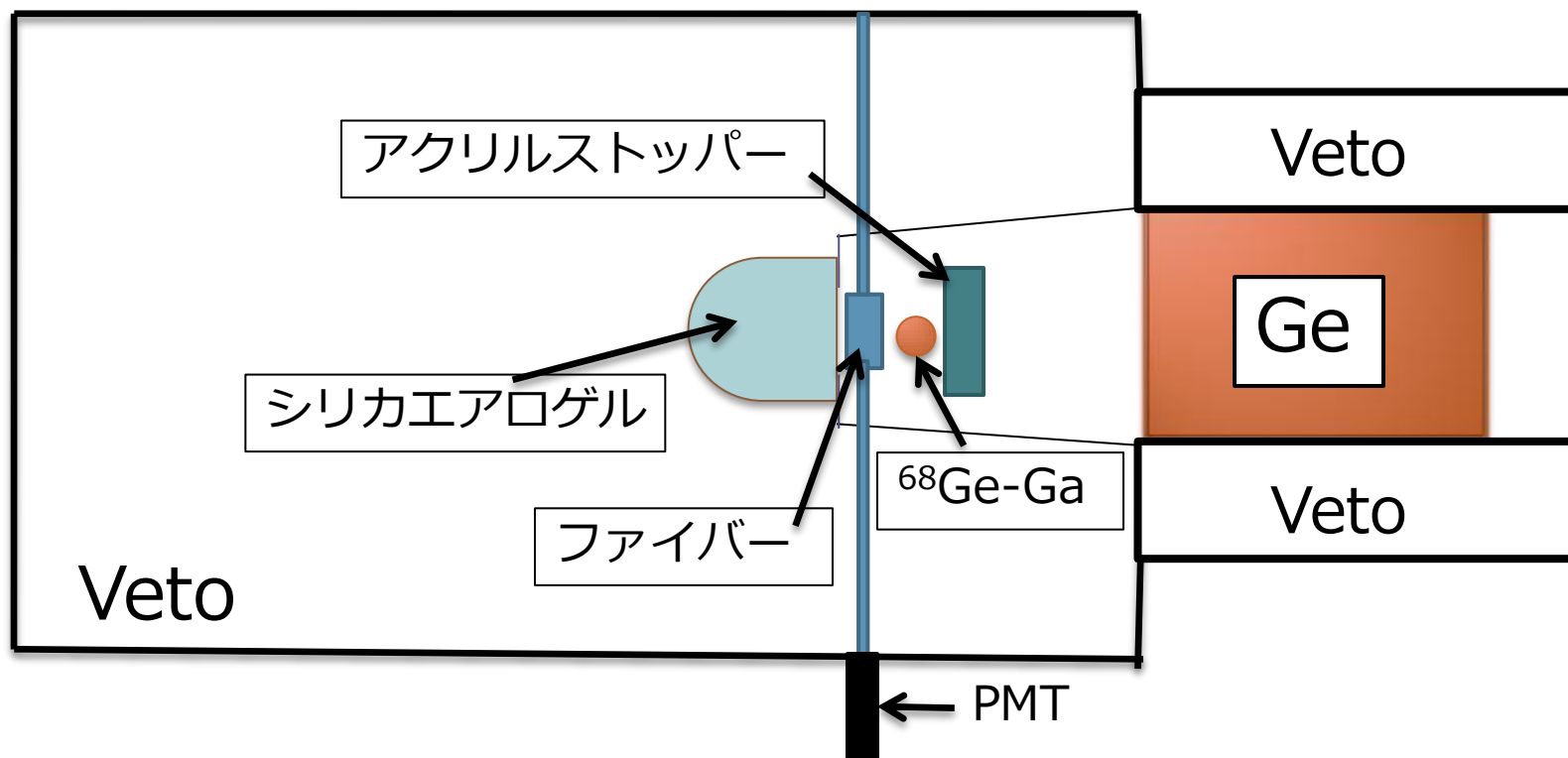

軽い m_X に対しては、ほぼ m_e (511keV)
(pick off反応などのBackground事象と区別するには
高いエネルギー分解能の検出器が必要)

探索する事象は

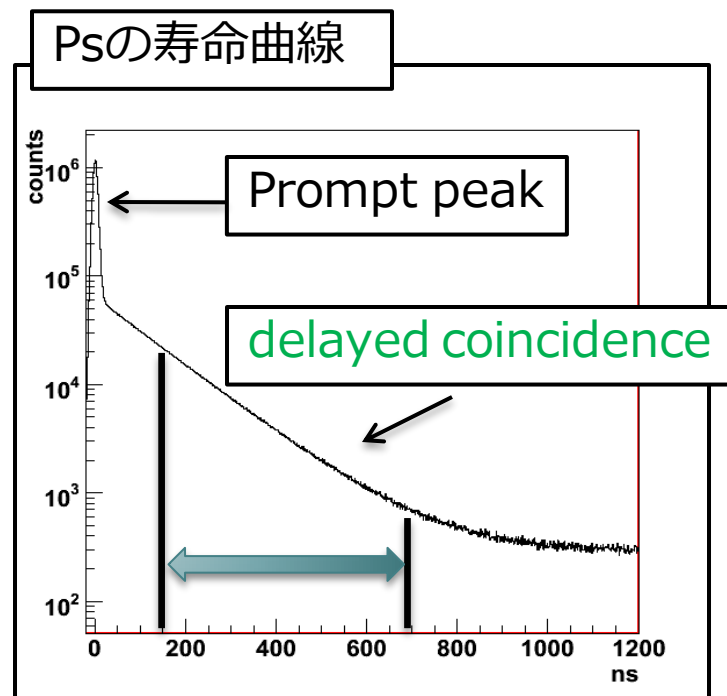
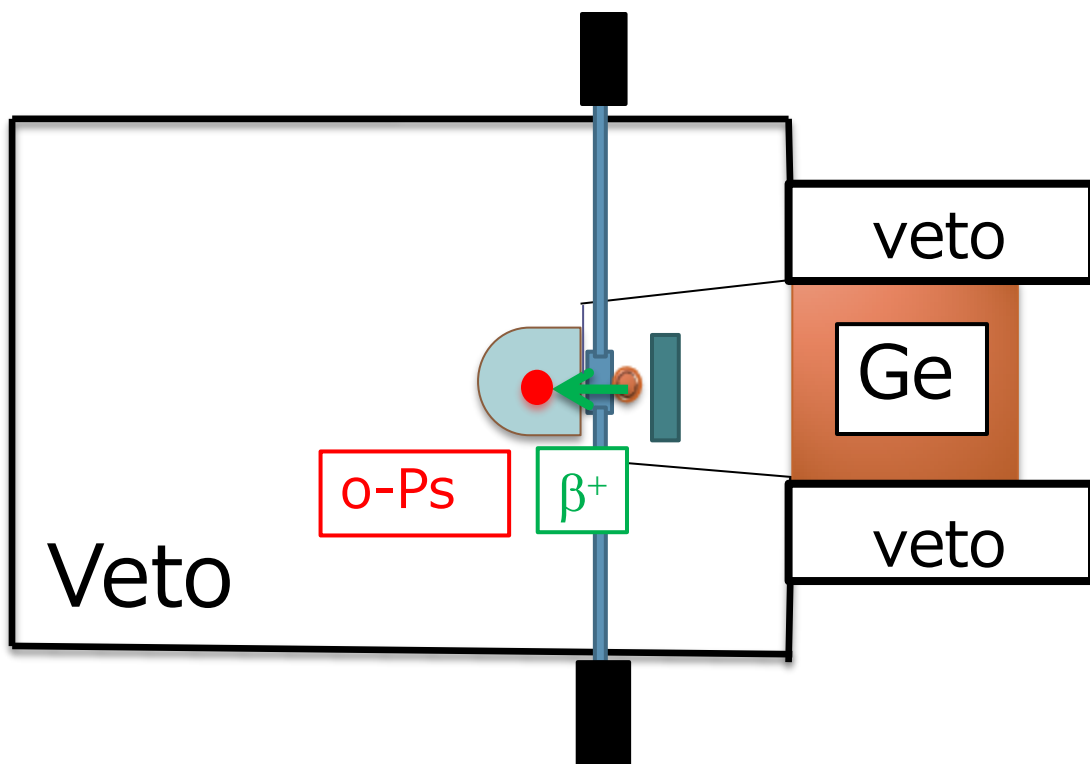
『 $o\text{-Ps} \rightarrow 3\gamma$ 崩壊のtiming windowの中で一体のモノクロの γ に崩壊』 するような事象

2.2 検出原理(セッティング)

- γ 線検出器(半導体Ge検出器)
- 4π veto検出器(CsI(Tl), NaI(Tl)などのシンチレータ)
- ^{68}Ge -Ga線源($T_{1/2}=271\text{d}$, $E_{\text{end}}=1.89\text{MeV}$)からの β^+
- シンチレーションファイバー(β^+ トリガー用)
- シリカエアロゲル(β^+ ストップ&Ps生成用, 密度 0.1g/cc)
- アクリル(反対側に出た β^+ ストップ)

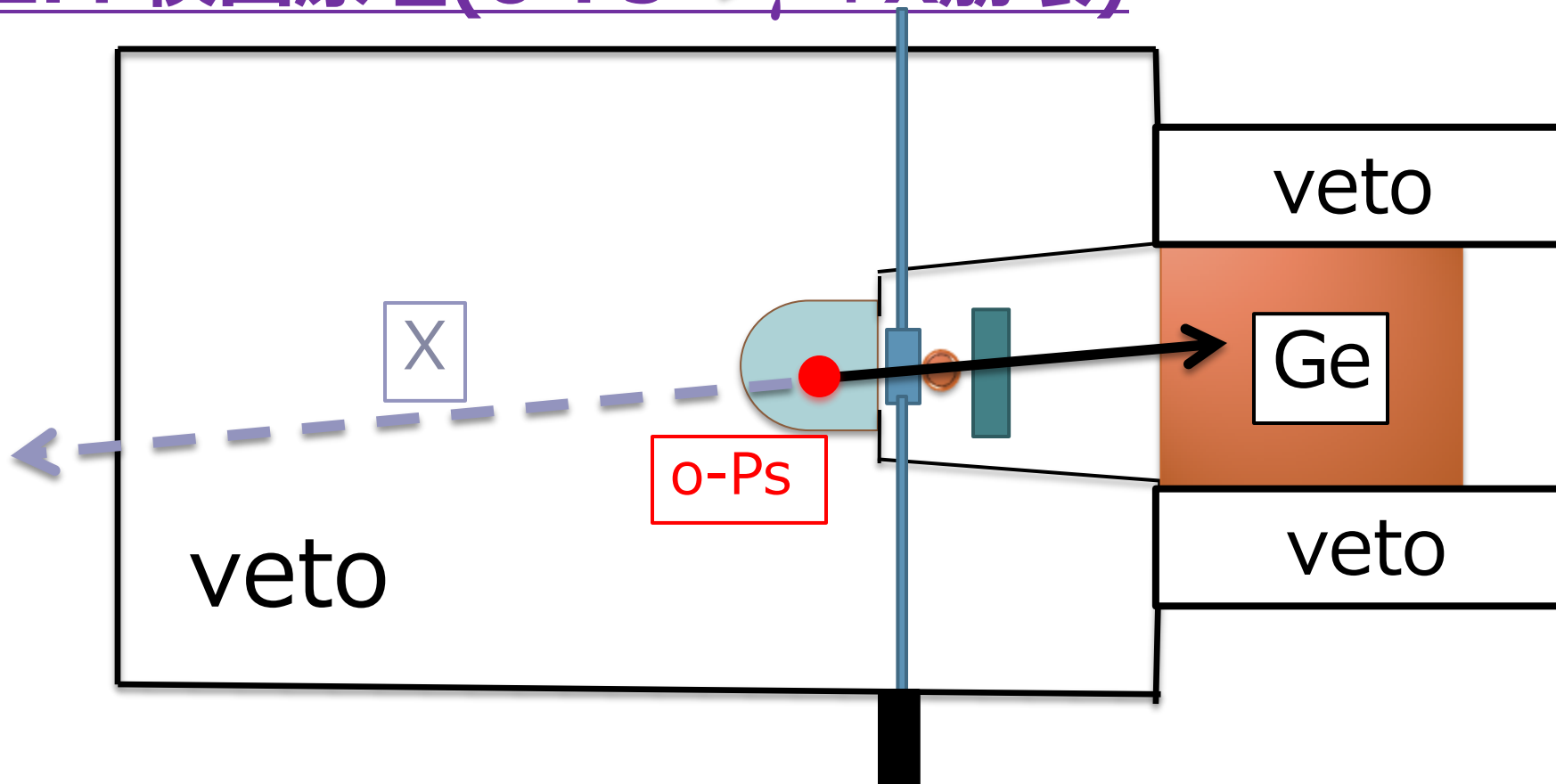


2.3 検出原理(β^+ 崩壊からo-Ps生成まで)



- ◆ β^+ のファイバー通過により、 $^{68}\text{Ge-Ga}$ の β^+ 崩壊をタグ
この信号がPsの生成時刻となり、これとGeの信号とで
delayed coincidenceを取ることでo-Psの事象を選択的に
取り出す
- ◆ Dead materialを減らすためファイバーを用いる

2.4 検出原理(o-Ps $\rightarrow \gamma$ + X崩壊)



- ◆ γ +X崩壊をすれば、Xは検出器と相互作用しないので
 β^+ がタグされ、遅れてGeでEnergyDepositがあった時に
veto検出器でEnergyDepositがないイベントを探す

3. 1 Background事象(1)

エアロゲルでのo-Psのpick offの 2γ 崩壊起源

GeでEnergyDeposit>0&veto検出器で全くEnergyDepositのないイベント

● Dead materialでの γ 線吸収

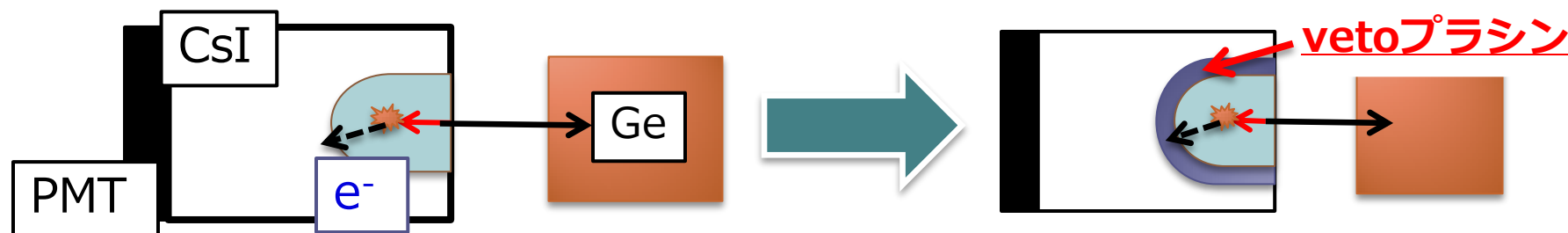
Ex)エアロゲルで光電効果

- Greant4からエアロゲルpickoffしたうち 10^{-6} の割合で存在
- 感度 $10^{-7} \sim 10^{-8} \Gamma_{3\gamma}$ に対しては無視できない
- 電子を上手くタグしてやればよい

① 511keVの電子の飛程は、エアロゲル中で約1.5cm, CsI中では約0.4mm
(エアロゲルでのエネルギーロスのためCsIを走る長さは0.4mmよりも短い)

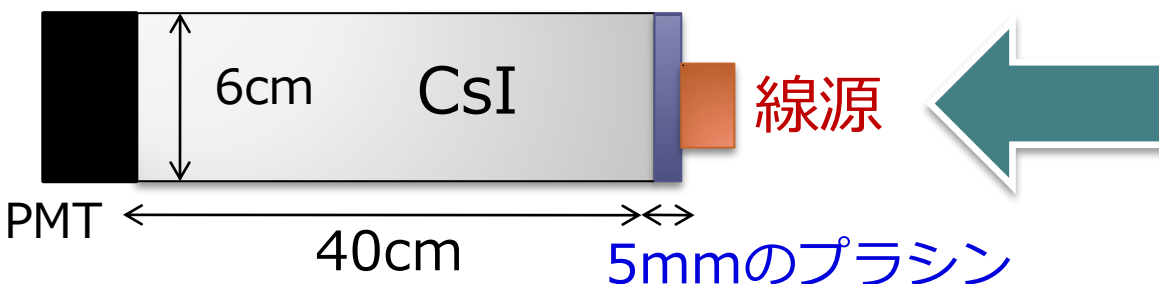
② CsIの表面に0.1mm程度の薄い不感層がある可能性がある
(結晶表面の研磨の具合による)

エアロジェルの外側に不感層のないプラシンをおいてタグさせ
信号はCsI越しに読みだす



3.2 vetoプラシンの信号はCsI(Tl)越しに見えるのか？

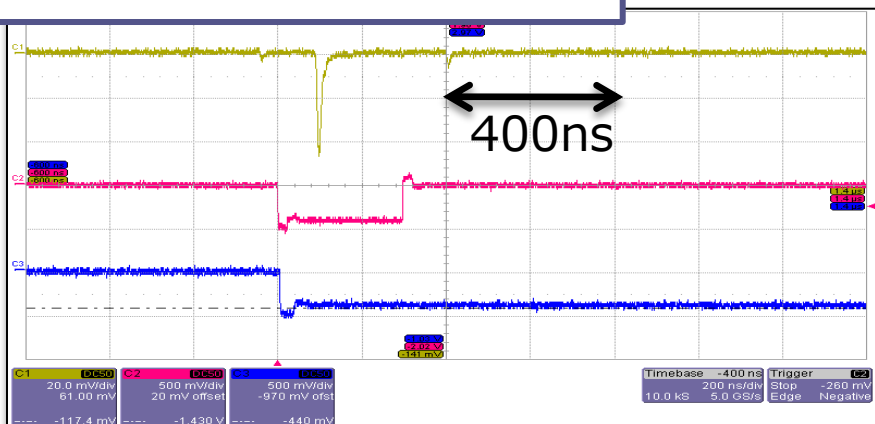
^{109}Cd 線源($T_{1/2}=461.4\text{d}$)をプラシンの前に置き、プラシンでの22keVのX線のピークがCsI越しに見えるのかテスト実験を行った



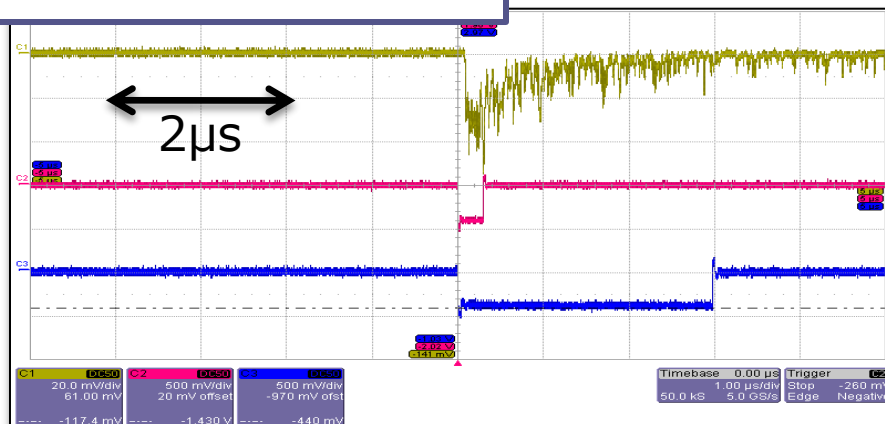
プラシンの信号とCsIの信号を区別するため二つのGateを用いた

プラシンの信号 $\longleftrightarrow$ ShortGate(300ns) CsIの信号 $\longleftrightarrow$ LongGate(3 μs)

プラシンでの22keVの信号

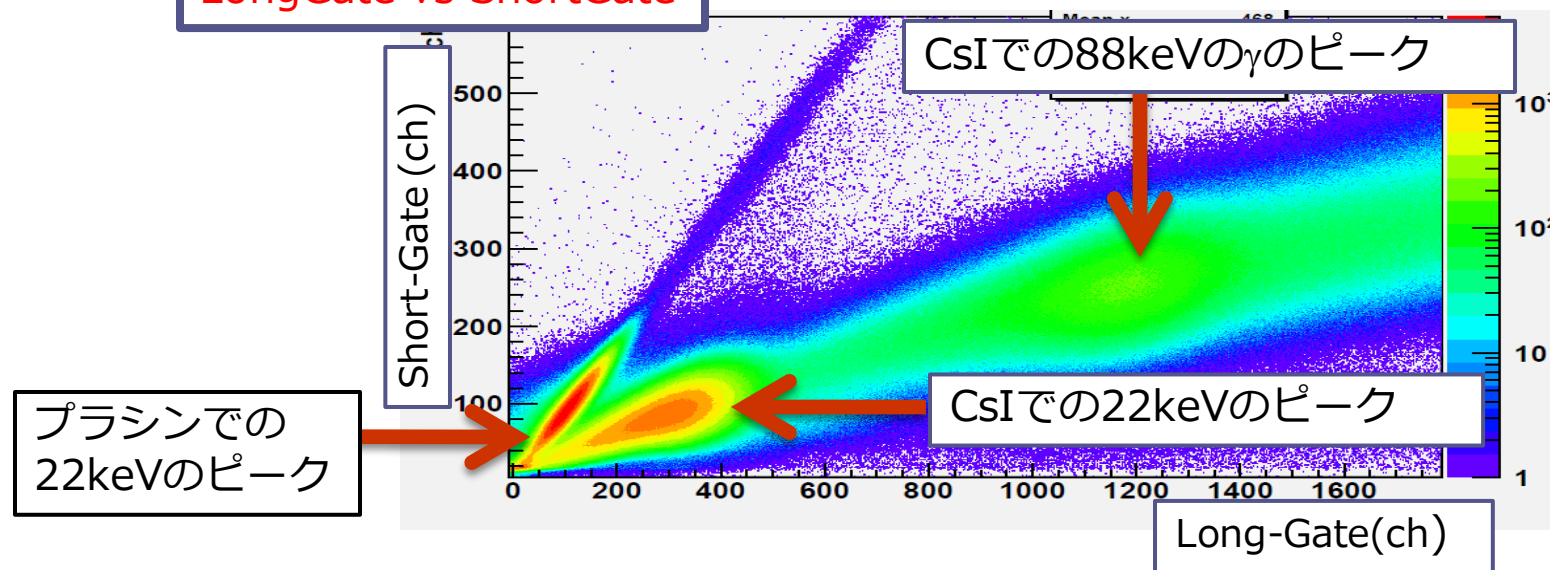


CsIでの22keVの信号

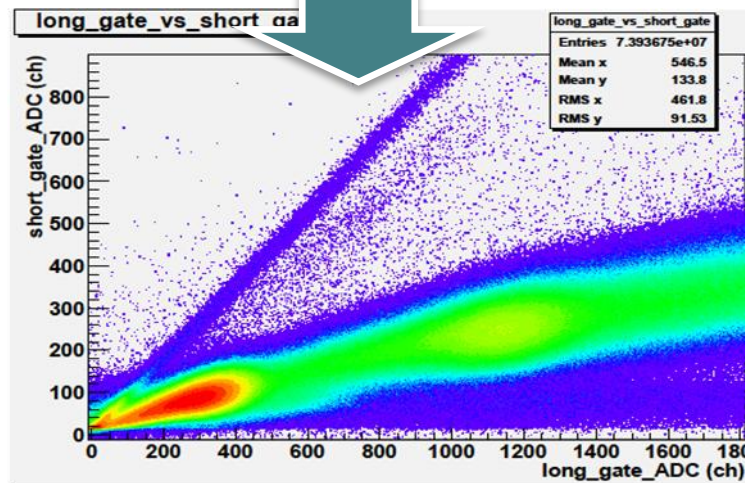


3.3 LongGateとShorGateの関係

LongGate vs ShortGate



線源をCsIの横からあてると
プラシンでのピークは消えるか？



CsI(Tl)による光量のロスは？

プラシンを直にPMTに貼った物との
Resolutionの比較から、光量は70%
になることが分かった

CsI(Tl)を通してvetoプラシンの
信号はみられ、CsI(Tl)の信号
とプラシンの信号は区別できた

4.1 Background事象(2)

エアロゲルでのo-Psのpick offの 2γ 崩壊起源

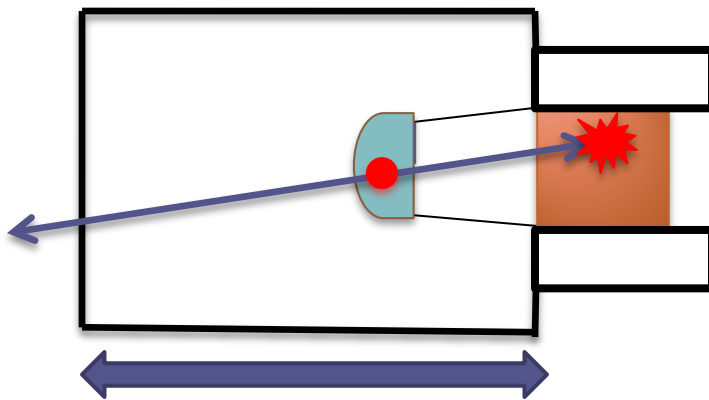
GeでEnergyDeposit>0&veto検出器で全くEnergyDepositのないイベント

●veto検出器を突き抜けてしまうイベント

Ex)①全く反応せずに突き抜けてしまうイベント

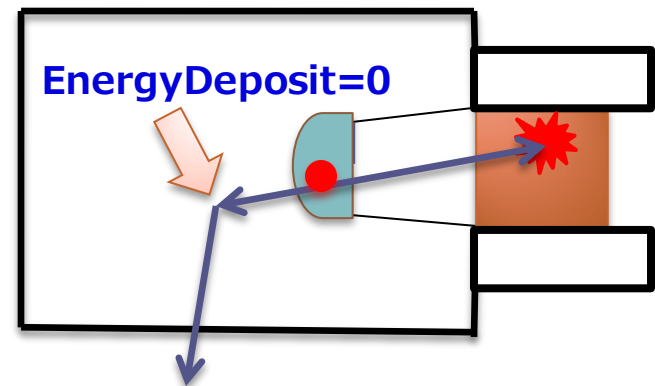
②エアロジェル,veto検出器などでRayleigh散乱するイベント

①全く反応せずに突き抜けてしまうイベント



横幅を長くすれば長くするほど防げる.
求める感度に対しては約40cm必要

②Rayleigh散乱起源のイベント

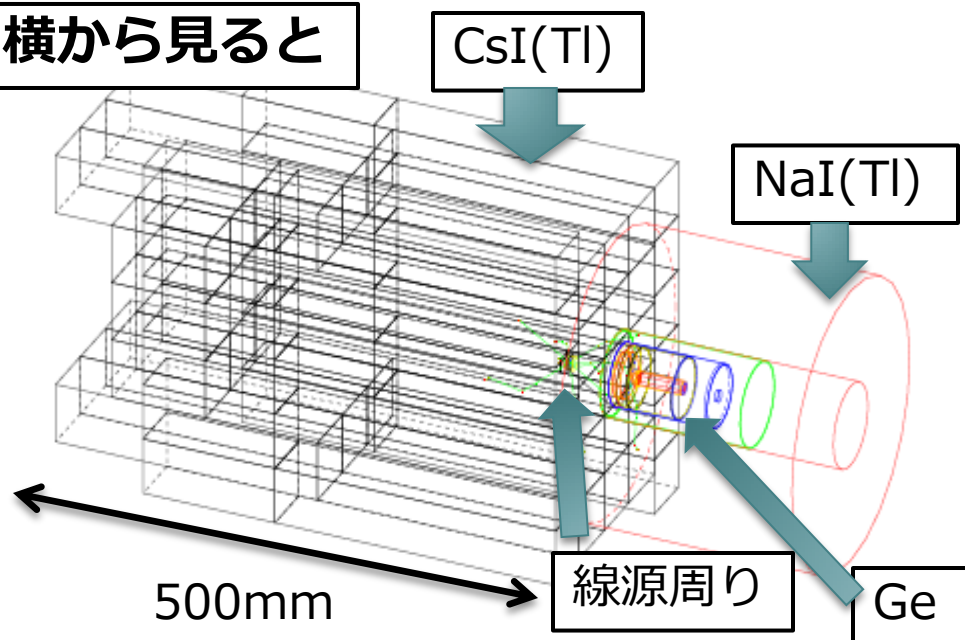


Rayleigh散乱はEnergyDeposit=0
横幅だけでなく、縦幅も長くしないと
いけない

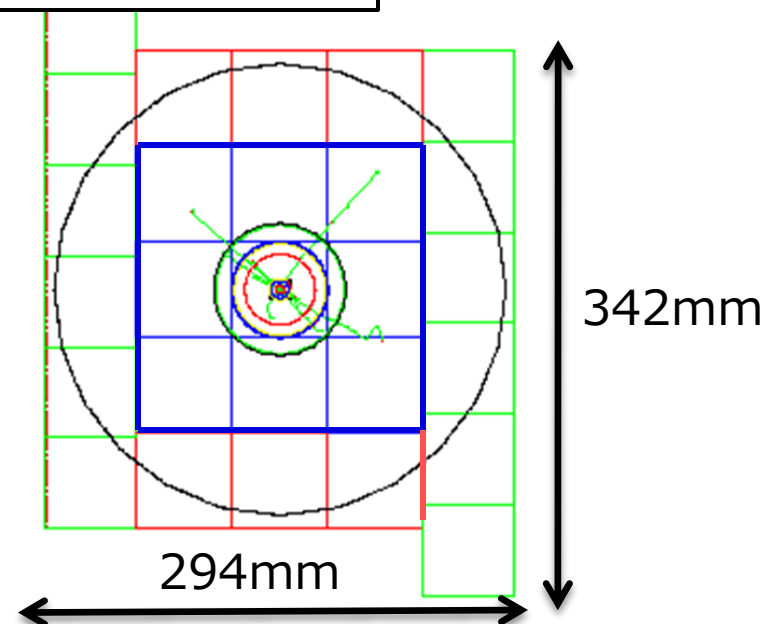
4.2 検出器の配置

back-to-backの511keVの γ を打ち、片方の γ がGe検出器でEnergyDeposit=511keVの時、もう片方の γ が全く反応せずに抜ける割合が、 $10^{-7} \sim 10^{-8}$ になるようなCsI(Tl)の配置を考えた

横から見ると



正面から見ると



用いたCsIの内訳(基本的に今ある物ベースで考えた)

60×60×500mm	1本	57×57×300mm+57×57×141mm	12本
60×60×400mm+60×60×100mm	8本		
60×60×280mm+60×60×280mm	6本		

5. 1 Background の評価(Geant4 simulation)

pickoff起源のBackgroundをGeant4で見積もった

↩ back-to-backの511keVの γ をエアロジェルから 4π ランダムに 10^9 個打った
(そのうちGeでEnergyDepositがあるのは約10%)

特にGeでのEnergyDepositが511keVのイベント
(Xのmassが軽い時のBackground)について考えた

I. veto検出器を突き抜けるイベント

- ①EnergyDeposit@veto < 30keV
- ②EnergyDeposit@veto プラシン < 30keV



10^7 イベントに対しては
 2.7 ± 0.5 発期待される

II. Dead materialでの γ 線吸収はどれくらい?

- ①EnergyDeposit@veto < 30keV
- ②EnergyDeposit@veto プラシン < 30keV
- ③不感層で γ がstopする



10^7 イベントに対しては
 0.7 ± 0.3 発期待される

5.2 期待されるo-Psの生成率 & 100日Runでの感度の評価

① トリガーでのEnergyDeposit > 50keV
& エアロゲルでstop
& 止まる前にveto検出器でそれぞれ30keV以下のDeposit

3.1%

② o-Psの生成率

$3.1\% \times 0.4 (\text{Ps生成効率}) \times 3/4 \rightarrow 0.93\%$

③ 3γ の内ひとつの γ がGeに入る

$0.93\% \times 3 (3つの\gamma) \times 0.4 (\text{Geのefficiency}) \times 0.1 (\text{アクセプタンス}) \times 1/3 (\text{TimingWindow}) \rightarrow 0.11\%$

④ 100日Runで得られる
o-Ps $\rightarrow 3\gamma$ の数

$\sim 10^8$ (30kBqの $^{68}\text{GeGa}$ の使用を仮定)

⑤ 100日Runでのpickoffの数
(N_2 ガス中では $\text{Br} \doteq 10\%$)

$\sim 10^7$

100日RunだとBackground
の候補が約4発いる

100日runで $10^{-7}\Gamma_{3\gamma}$ の感度は達成できる。
CsI(Tl)の置き方の改善, CsI(Tl)の周りを
他のシンチレータで覆うことなどにより
 $10^{-8}\Gamma_{3\gamma}$ の感度を目指す

6. まとめ

- ◆ $o\text{-Ps} \rightarrow \gamma + X$ の崩壊を通じて、質量が軽く電子に弱く結合する粒子を探索する
- ◆ ^{68}Ge -Ga崩壊時の β^+ でタグされ、遅れてGeでEnergyDepositがあった時にveto検出器でEnergyDepositがないイベントを探す
- ◆ Backgroundを減らすためのvetoブラシンの信号はCsI越しにも見えた
- ◆ Geant4でBackgroundを見積もり、100日runで $10^{-7}\Gamma_{3\gamma}$ の感度を達成できることが分かった。
- ◆ CsI(Tl)の置き方の改善や、さらに他のシンチレータを置くことで100日runで $10^{-8}\Gamma_{3\gamma}$ の感度を目指す

Back Up

Positronium(Ps)

- ◆電子と陽電子が電磁相互作用で束縛された状態
- ◆全スピン S により $S=0$ のpara-positronium (p-Ps)と $S=1$ のortho-positronium(o-Ps)に分類される
- ◆C変換に対する変換性を保存するために
 - o-Psは奇数本のガンマ線(主に3本) $\longrightarrow$ 連続スペクトル
 - p-Psは偶数本のガンマ線(主に2本)に崩壊 $\longrightarrow$ 単色のback to back 511keV
- ◆ phase space と α_{EM} の数の違いからp-Psとo-Psで約1000倍寿命が異なる

	p-Ps	o-Ps
全スピン S	0($m_z=0$)	1($m_z=0, \pm 1$)
荷電共役 $C=(-1)^{L+S}$	+1	-1
崩壊モード	$2\gamma(4\gamma, 6\gamma, \dots)$	$3\gamma(5\gamma, 7\gamma, \dots)$
寿命	125(ps)	142(ns)

← 相対軌道角運動量は $L=0$ の基底状態のPsを扱う

Psは粒子・反粒子の系であり、o-Psは長い寿命を持つため新粒子Xにsensitive

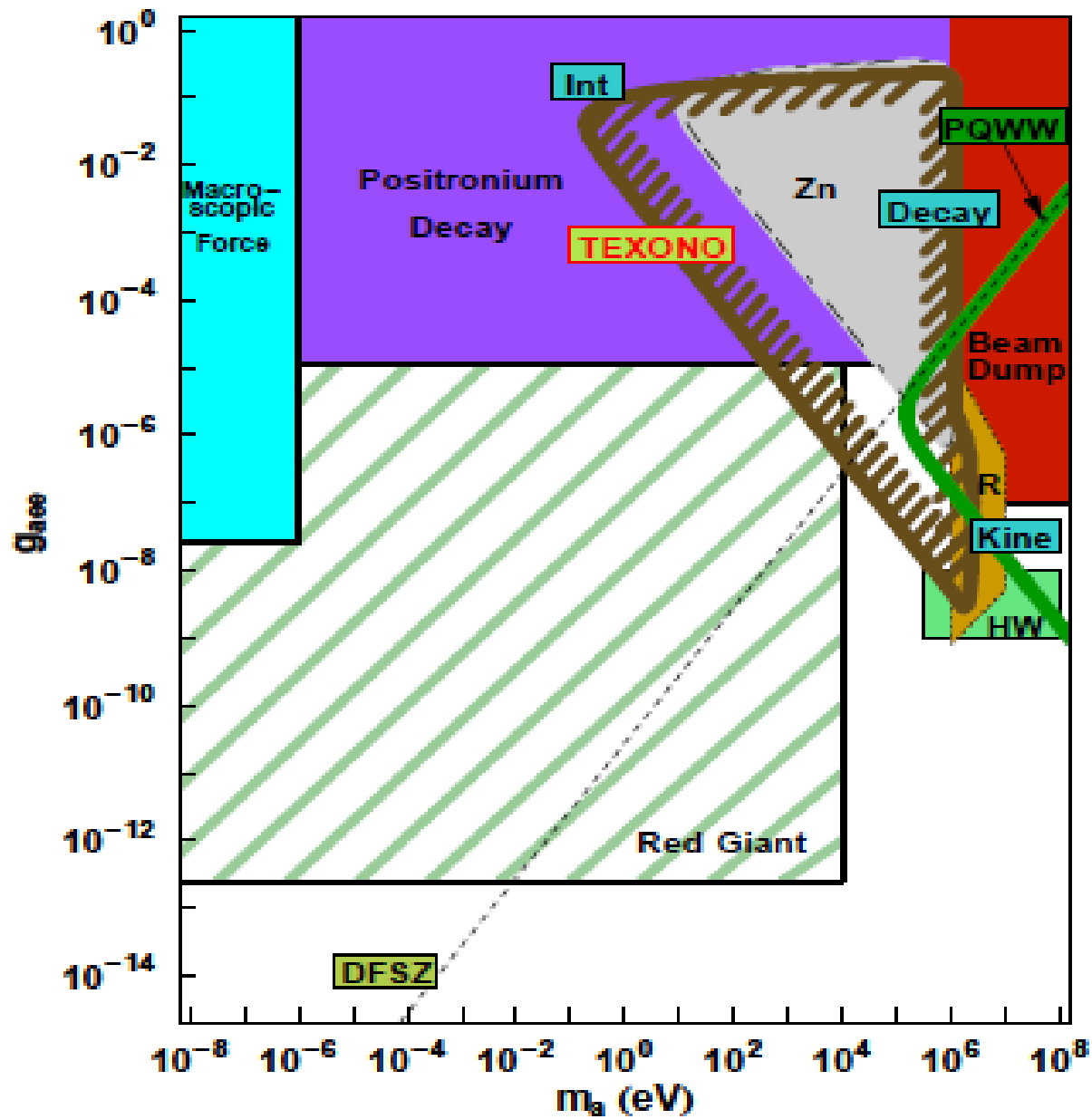
◆Xの候補としてはどんなものがあるか？

●Axion , Dilaton

- 厳密でないGlobalなU(1)対称性の自発的破れから出てくる
擬南部Goldstone boson
- 質量mと物質への結合定数gは破れのスケールΛに反比例

$$\frac{\Gamma(o-Ps \rightarrow \gamma + X)}{\Gamma(o-Ps \rightarrow 3\gamma)} = \frac{3\pi}{2(\pi^2 - 9)} \frac{\tilde{\alpha}}{\alpha_{EM}^2} \left(1 - \left(\frac{m_X}{2m_e}\right)^2\right) \quad (\tilde{\alpha} = g^2/4\pi)$$

現在のlimit: $\Gamma(o-Ps \rightarrow \gamma + X) / \Gamma(o-Ps \rightarrow 3\gamma) < 1.1 \times 10^{-6}$ $\tilde{\alpha} < 1.1 \times 10^{-11} \quad (m_X < 800 \text{keV})$
--



● Unparticle

- scale invariantなhidden sector(Unparticle)と標準模型の粒子がcouple
- Unparticleには $p^2 = m^2$ のdispersion relationがない

● Unparticleとe⁻の相互作用

$$\mathcal{L}_{\text{int}} = C_S \bar{\psi} \psi \mathcal{U}_S + C_P \bar{\psi} i \gamma_5 \psi \mathcal{U}_P + C_V \bar{\psi} \gamma_\mu \psi \mathcal{U}_V^\mu + C_A \bar{\psi} \gamma_\mu \gamma_5 \psi \mathcal{U}_A^\mu$$

ψ : electron field

$\mathcal{U}_{S,P,V,A}$: unparticle fields of scaling dim d

$C_{S,P,V,A} = \pm \Lambda_{S,P,V,A}^{1-d}$ couplings and effective energy scales

$$\frac{\Gamma(\text{o-Ps} \rightarrow \gamma + \mathcal{U}_{S,P,A})}{\Gamma(\text{o-Ps} \rightarrow 3\gamma)} = \frac{\Gamma(d+1/2)}{\Gamma(2d)\Gamma(d+1)} \frac{3}{4(\pi^2-9)\alpha_{EM}^2} \pi^{\frac{3}{2}-2d} (m_e^{d-1} C_{S,P,A})^2$$

e⁻とunparticleの coupling(= $\pm \Lambda_{S,P,A}^{1-d}$)

scaling dimension Effective energy scale

現在のlimit: $\Lambda_{S,A} \geq 5.1 \times 10^2 \text{ TeV}, \Lambda_P \geq 5.6 \times 10^2 \text{ TeV}$ ($d=3/2$)

● Xと電子のcoupling (g-2の実験からのlimit)

電子の異常磁気モーメントの精密測定とQED高次の補正計算との精密比較からくる電子とXのcoupling $\tilde{\alpha}$ のlimit

理論値と実験値の差の現在のlimit

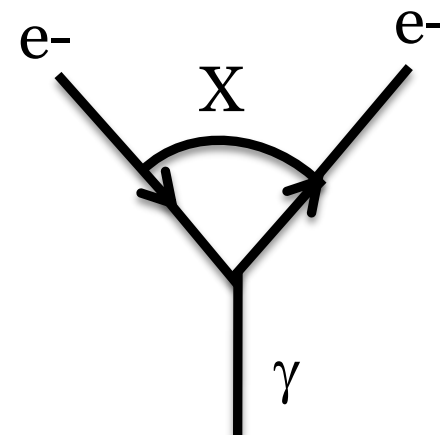
$$|\Delta a_e| < 8.3 \times 10^{-12}$$



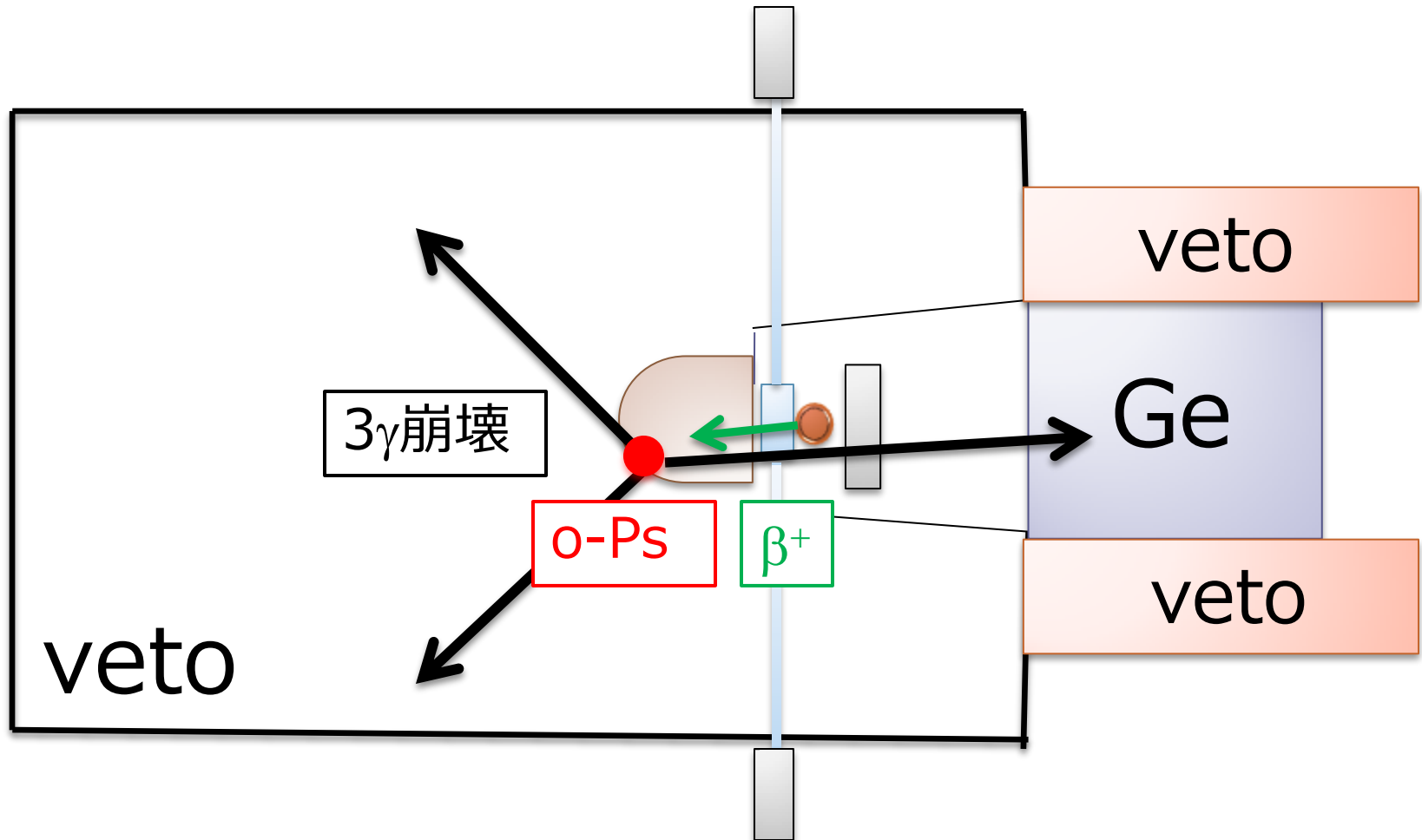
Pseudoscalarと電子のcouplingに焼きなおすと

$$\Delta a_e = \frac{\tilde{\alpha}}{2\pi} \int_0^1 \frac{x^3}{x^2 + (m_x/m_e)^2(1-x)} dx$$

$$m_x \rightarrow 0 \text{ で } \tilde{\alpha} < 1.0 \times 10^{-10}$$

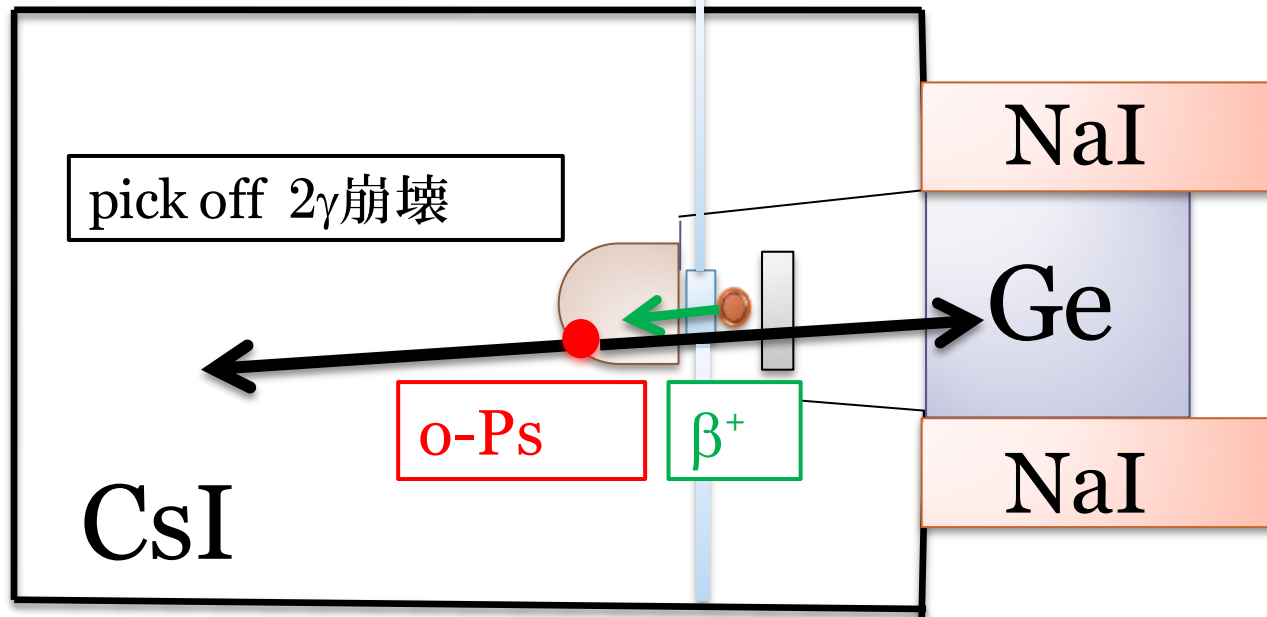


2.4 検出原理(o-Ps $\rightarrow$ 3γ 崩壊)



- ◆ *o*-Psが生成されると、通常は 3γ 崩壊しveto検出器で検出
- ◆ 3体崩壊なのでGeのエネルギースペクトルは連続となる

Pick off 起源のBackground



◆ 3γ 崩壊する前に、物質や物質の不對電子と相互作用して
外殻電子と陽電子が対消滅したり、不對電子のspinをフリップ
させp-Psとなり 2γ 崩壊してしまうもの

◆ o-Ps → 3γ 崩壊のtiming windowの中に混ざる

◆ 単色のback to back 511keV

o-Ps decay width	7.04 μ s ⁻¹ (142ns)
Vacuum + 0.1g/cc aerogel	7.5 μ s ⁻¹ (130ns)
1atm N ₂ + 0.1g/cc aerogel	7.7 μ s ⁻¹ (128ns)

^{109}Cd 線源に関して

^{109}Cd は主に 22.163keV (55.7%)
21.990keV (29.5%)
24.943keV (9.20%)
24.912keV (4.76%)

のX線を出し、

88.04keV (3.61%)

の γ を出す

現在のレートは約23kBq (半減期 461.4日)

22KeVのX線に対する各物質の散乱断面積

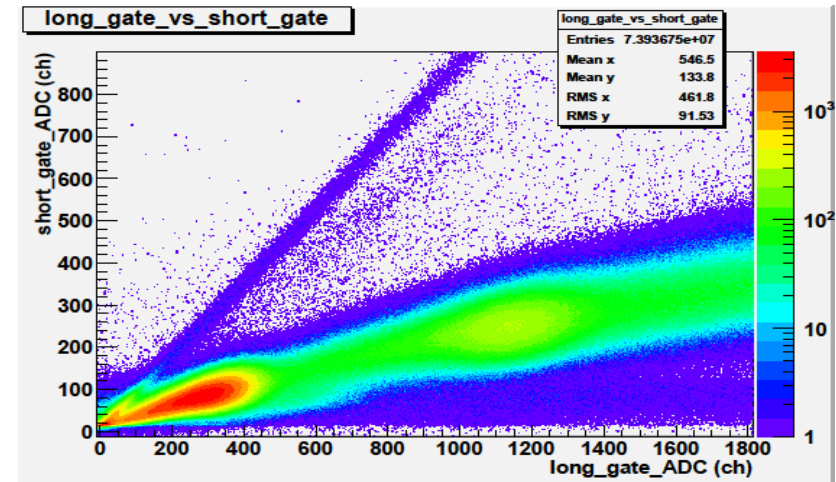
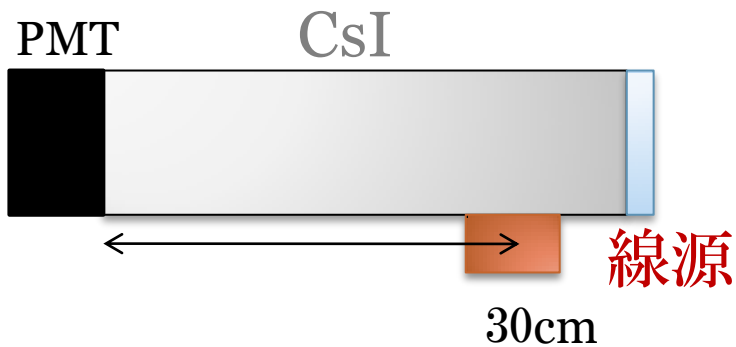
物質	密度 (g/cc)	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @Compton	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @PhotoElec	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @Rayleigh
プラシン (C_9H_{10})	1.03	1.79×10^{-1}	1.45×10^{-1}	5.16×10^{-2}
CsI	4.51	8.90×10^{-2}	$1.95 \times 10^{+1}$	1.18×10^0

88KeVの γ 線に対する各物質の散乱断面積

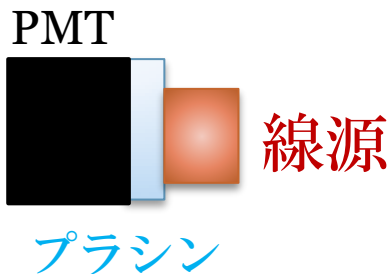
物質	密度 (g/cc)	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @Compton	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @PhotoElec	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @Rayleigh
プラシン (C_9H_{10})	1.03	1.63×10^{-1}	1.44×10^{-3}	4.38×10^{-3}
CsI	4.51	1.10×10^{-1}	2.61×10^0	1.38×10^{-1}

本当にプラシンでのピークなのか？

①CsIのsideから線源を当ててプラシンでのピークが消えるか？



②プラシンを直に貼った場合との光量の比較



Resolutionの比較からCsIを通すと光量は70%になる

511KeVの γ 線に対する各物質の散乱断面積

物質	密度 (g/cc)	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @Compton	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @PhotoElec	$\mu/\rho(\text{cm}^2/\text{g})$ @Rayleigh
エアロゲル (SiO_2)	0.11	8.61×10^{-2}	9.23×10^{-5}	4.28×10^{-4}
アクリル ($\text{C}_5\text{H}_8\text{O}_2$)	1.20	9.31×10^{-2}	1.03×10^{-5}	1.66×10^{-4}
Kapton ($\text{C}_{22}\text{H}_{10}\text{N}_2\text{O}_5$)	1.42	8.85×10^{-2}	9.52×10^{-6}	1.66×10^{-4}
プラシン (C_9H_{10})	1.03	1.79×10^{-1}	1.45×10^{-1}	5.16×10^{-2}
NaI	3.67	7.29×10^{-2}	1.60×10^{-2}	4.43×10^{-3}
CsI	4.51	7.08×10^{-2}	2.00×10^{-2}	5.31×10^{-3}

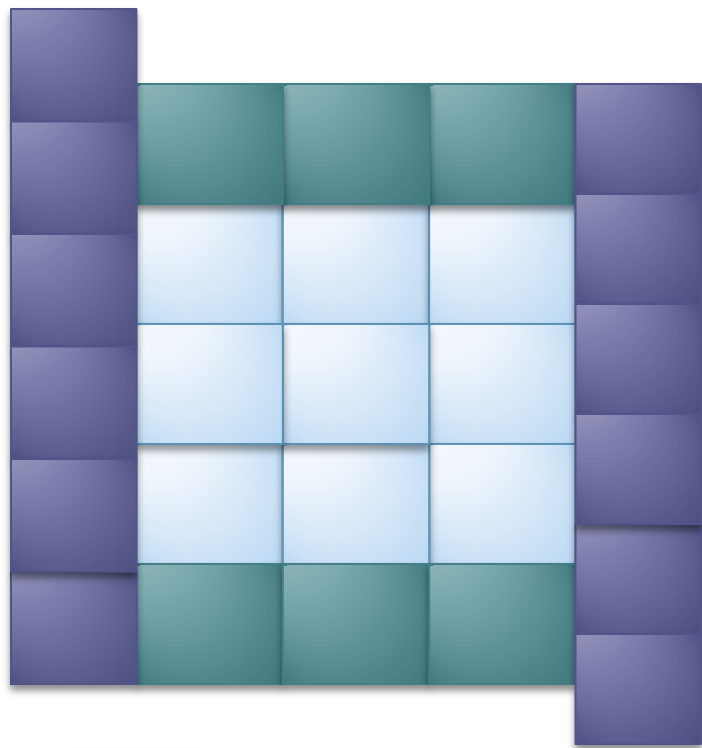
CsIの厚さと511keVの γ 線が抜けてくる確率

CsI	光電効果もコンプトンも せずに抜けてくる確率
15cm	2.1×10^{-3}
20cm	2.8×10^{-4}
30cm	4.6×10^{-6}
40cm	7.7×10^{-8}
50cm	1.3×10^{-9}
60cm	2.1×10^{-11}

511keVの γ 線の各物質での通過距離と光電効果で止まる確率の関係

	光電効果で死ぬ確率
●エアロジェル 7mm 8mm	7.1×10^{-6} 8.1×10^{-6}
●アクリル 2mm 5mm 8mm	2.5×10^{-6} 6.2×10^{-6} 9.9×10^{-6}
● Ti 0.5mm 5mm	2.0×10^{-4} 2.0×10^{-3}
● Kapton 0.05mm 6mm	6.8×10^{-8} 8.1×10^{-6}

	光電効果で死ぬ確率
● プラシン 0.3mm 8.0mm	1.8×10^{-7} 4.9×10^{-6}



CsI(type-J)	$60 \times 60 \times 400$	7本
CsI(type-a)	$60 \times 60 \times 280 + 57 \times 57 \times 140$	10本
CsI(type-b)	$57 \times 57 \times 300 + 57 \times 57 \times 141$	12本
CsI(type-d)	$60 \times 60 \times 301 + 57 \times 57 \times 140$	1本
NaI	$(43 \times 94) \times (110 \times 94) \times 377$ (TFE:0.4mm, Al:1mm)	62本



→ (真ん中) $60 \times 60 \times 500\text{mm}$
(周りの8本) $60 \times 60 \times 400\text{mm} + 60 \times 60 \times 100\text{mm}$

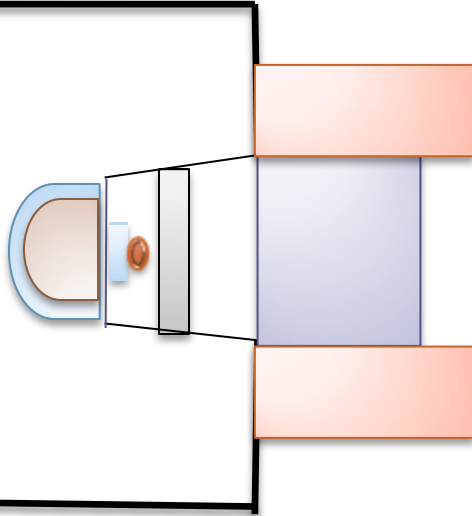


→ type-b のCsI



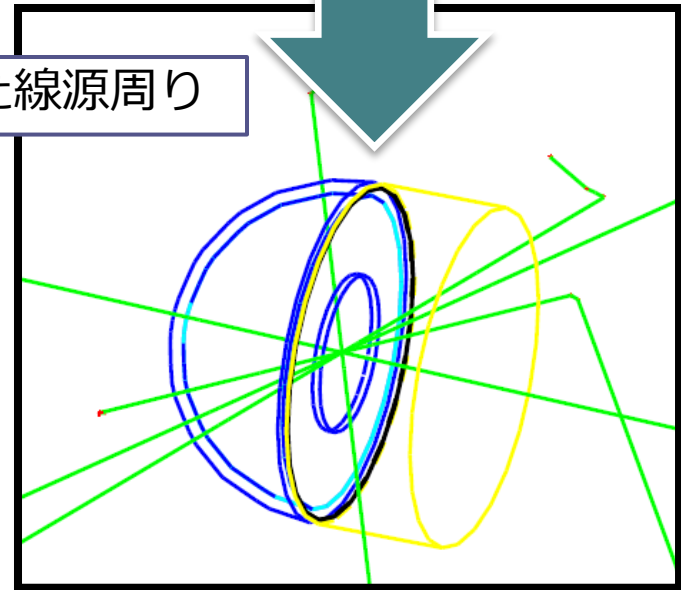
→ type-a のCsIから後ろの $57 \times 57 \times 140\text{mm}$ を外して
 $60 \times 60 \times 280\text{mm}$ 同士を継ぎはぎ

Geant4に入れているMaterialの詳細



- ファイバー (直径6mm, 厚さ0.3mmの円板)
- アクリル (直径13mm, 厚さ5mmの円板)
- エアロゲル (半径6mmの半球)
- vetoプラスチック (厚さ0.5mmの半球殻)
- 線源 (直径5.08mmの円板)
(kaptonの円板で挟まれている)

Geant4に入れた線源周り



100日runで得られるo-Psとpickoffの数(詳細)

0.93%(o-Ps生成率)

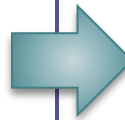
30kBqの $^{68}\text{GeGa}$, 100日Runで得られるo-Psの数

 $30\text{kBq} \times 100\text{日} \times 0.93\% \rightarrow 2.4 \times 10^9$

Geで得られるo-Ps $\rightarrow 3\gamma$ の数

 $2.4 \times 10^9 \times 3 \text{ (3個の}\gamma) \times 1/3 \text{ (Timing Window)}$
 $\times 0.4 \text{ (Geのefficiency)} \times 0.1 \text{ (アクセプタンス)}$
 $\sim \underline{10^8}$

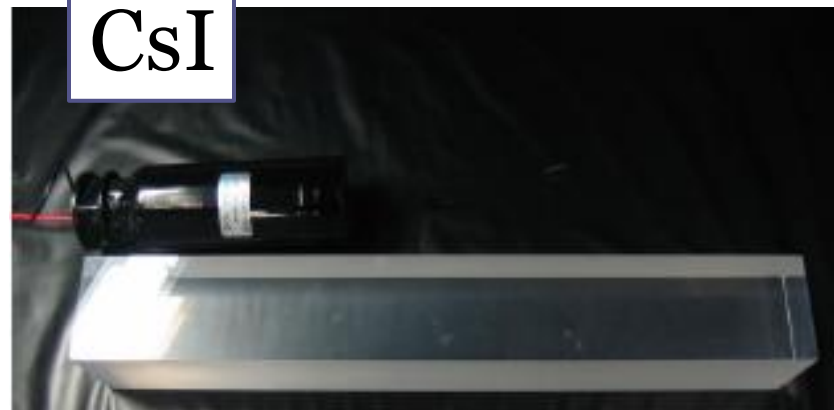
100日Runでのpickoffの数
(N_2 ガス中では $\text{Br} \doteq 10\%$)

 $\sim \underline{10^7}$

Ge



CsI



NaI



CsI(type-J)	60×60×400	7 本
CsI(type-a)	60×60×280 + 57×57×140	10 本
CsI(type-b)	57×57×300 + 57×57×141	12 本
CsI(type-d)	60×60×301 + 57×57×140	1 本
NaI	(43×94)×(110×94)×377 (TFE:0.4mm, Al:1mm)	62 本

2gammaのもれのチェック

2gammaを4 π ランダムに打ち、GeでEnergyDepositがあったイベントに着目
現在までに 1.0×10^8 イベントを得た

最初にGeでのEnergyDeposit=511keVのイベントのみ注目

- ① veto検出器を突き抜けるイベントはあるか?
(単純に、何も反応せずにすりぬけたイベントがあるかないかを見るため
Rayleigh散乱したやつは含めない)

- ① EnergyDeposit@CsI=0keV
- ② EnergyDeposit@vetoプラシン=0keV
- ③ EnergyDeposit@NaI=0keV
- ④ 他の物質でのEnergyDeposit = 0keV



突き抜けたイベントはなし

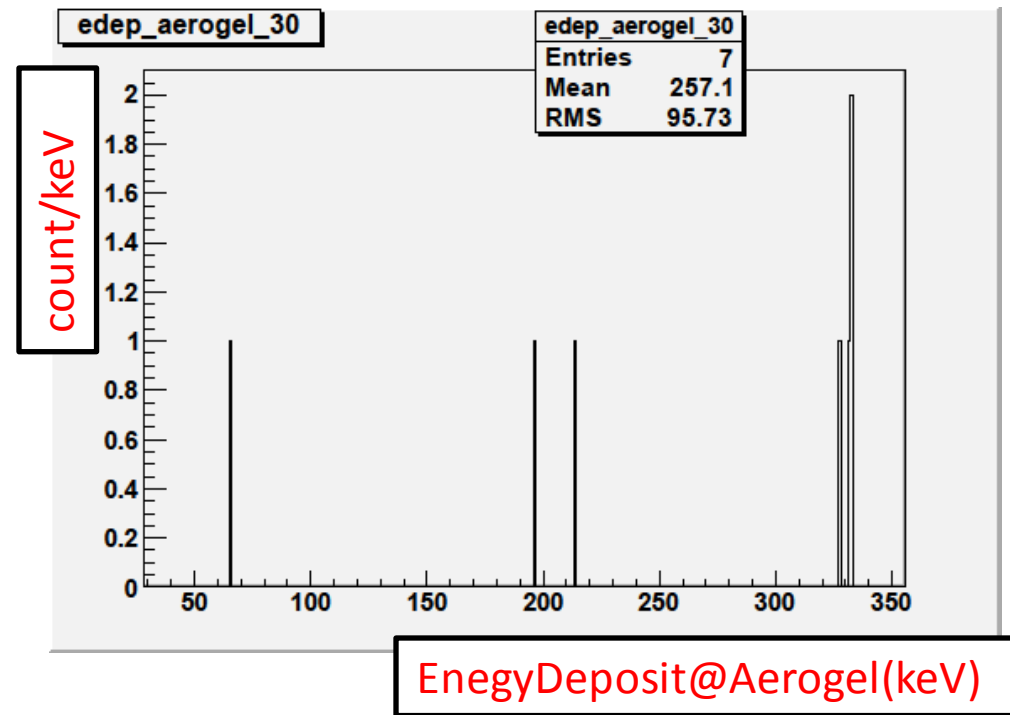
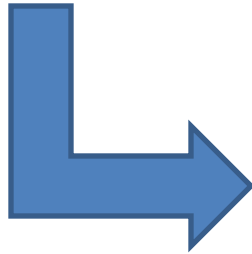
- ② Dead materialでの γ 線吸収はどれくらい?

- ① EnergyDeposit@CsI<30keV
- ② EnergyDeposit@vetoプラシン<30keV
- ③ EnergyDeposit@NaI<30keV
- ④ gammaが検出器の外に出てこないイベント



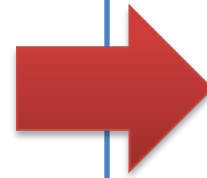
7イベント
(エアロジェルでコンプトン散乱
Rayleigh散乱して、Ge側に行き、
Geの不感層orアルミで死亡)

エアロジェルでのEnergyDeposit
(半径6mmの半球、密度0.1g/cc)



③ Rayleigh散乱ですり抜けるイベント
+ コンプトン散乱するがEnergyDepositが30keV以下のイベント

- ① EnergyDeposit@CsI<30keV
- ② EnergyDeposit@vetoプラシン<30keV
- ③ EnergyDeposit@NaI<30keV
- ④ gammaが検出器の外に出てきたイベント



28イベントいた

28イベントの詳細

- ①レイリー散乱してCsIの横からすり抜けたイベント

・・・11イベント
- ②レイリー散乱してGe検出器をすり抜けて行ったイベント

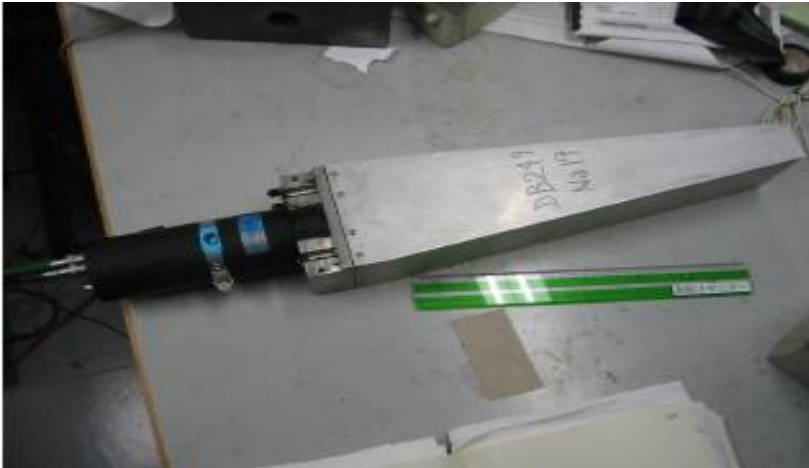
・・・2イベント
- ③レイリー散乱してNaIをすり抜けて行ったイベント

・・・1イベント
- ④コンプトン散乱して横からすり抜けて行ったイベント

・・・14イベント



このうち①,④の25イベントはさらにNaI(Tl)で覆うこと
によってvetoをかけることが出来る



NaI	$(43 \times 94) \times (110 \times 94) \times 377$ (TFE:0.4mm, Al:1mm)	62本
-----	---	-----

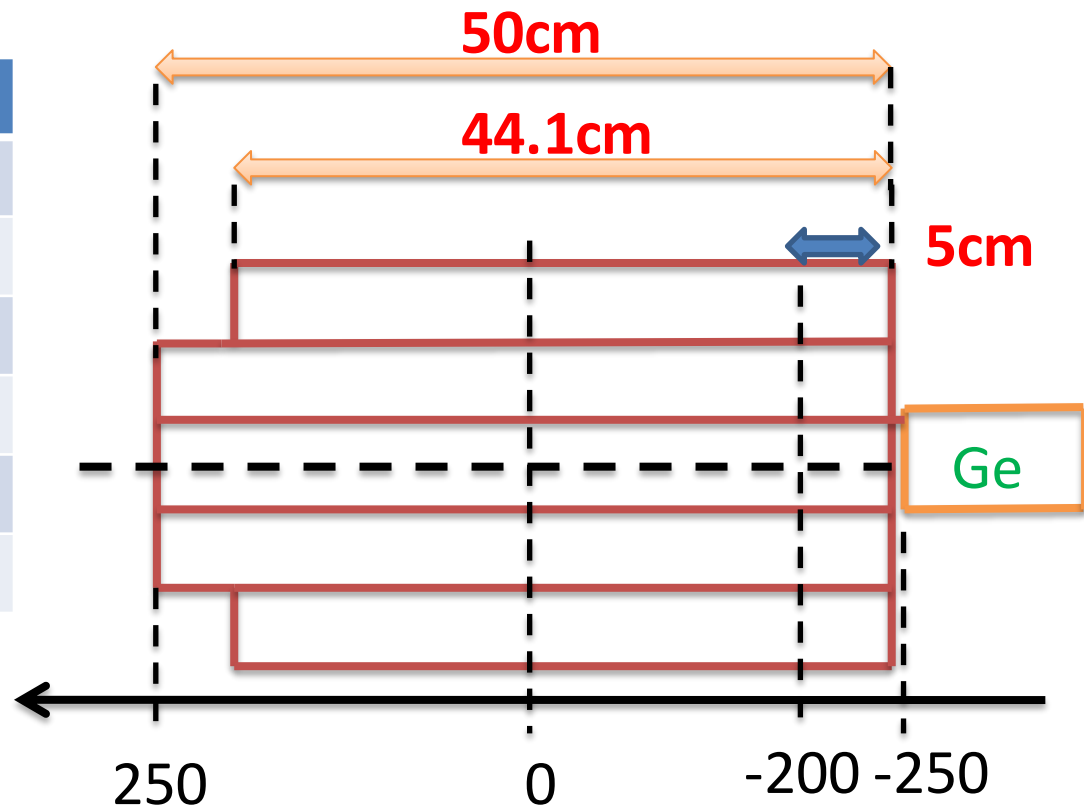
どの辺りからすり抜けたのか？ z軸方向の値を試みる

①レイリー散乱して横抜け

-224	-142
-89	-138
-144	-240
-46	-41
-194	-166
-47	

④コンプトン散乱して横抜け

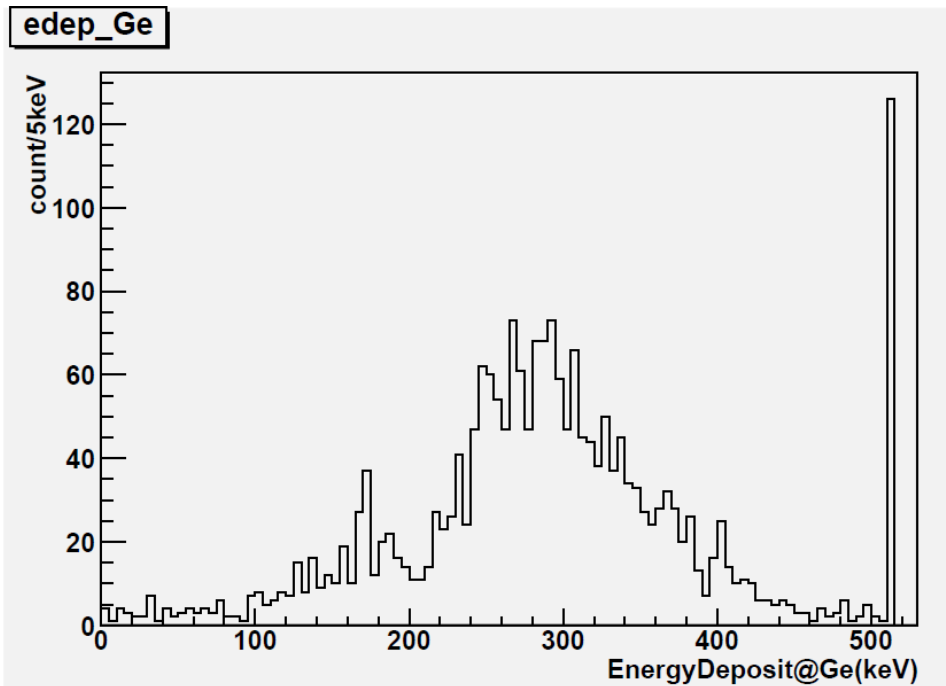
25	-128
-10	-52
3	-13
-142	-22
-119	-87
-126	-4
-240	-63



Geと反対方向のCsIから抜けるのはあまりいない
NaIをGe寄りに置けば防げそう

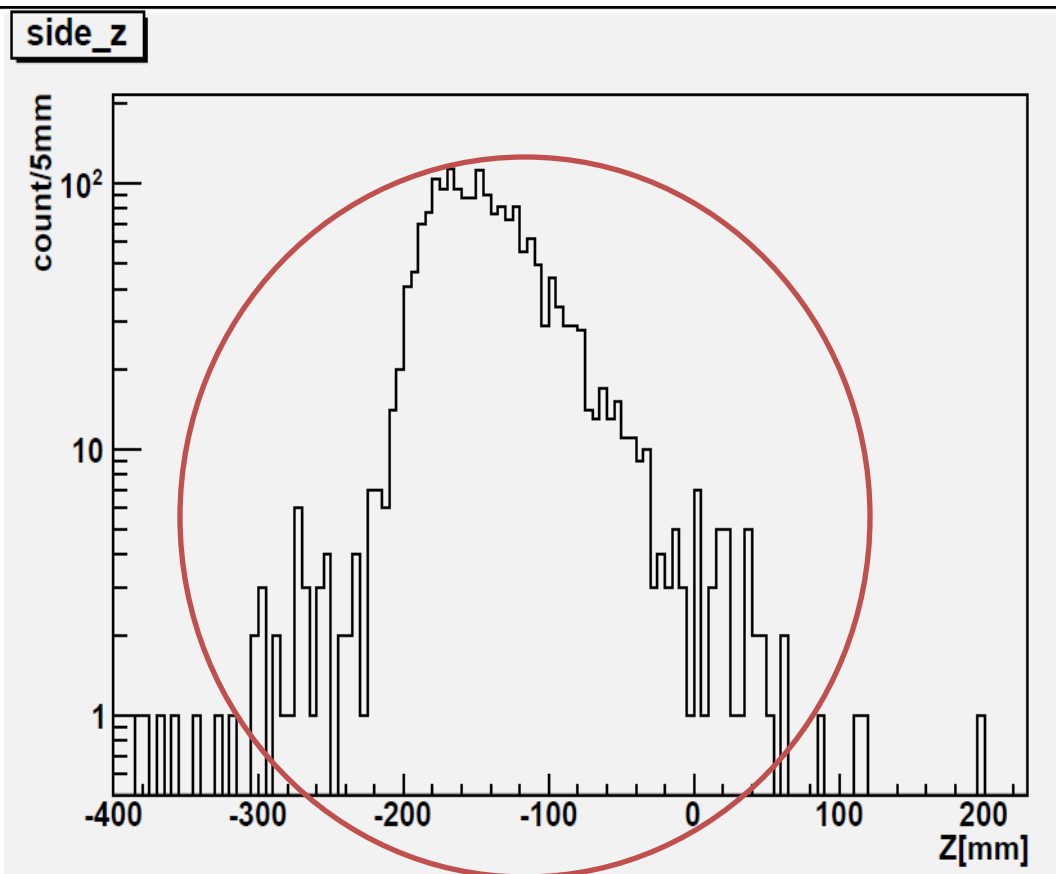
GeでのEnergyDepositが0～511keVのイベントに注目すると

- ①EnergyDeposit@CsI<30keV
- ②EnergyDeposit@vetoプラシン<30keV
- ③EnergyDeposit@NaI<30keV



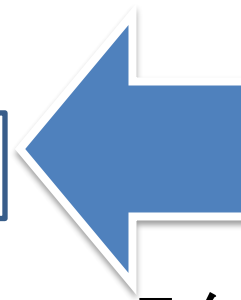
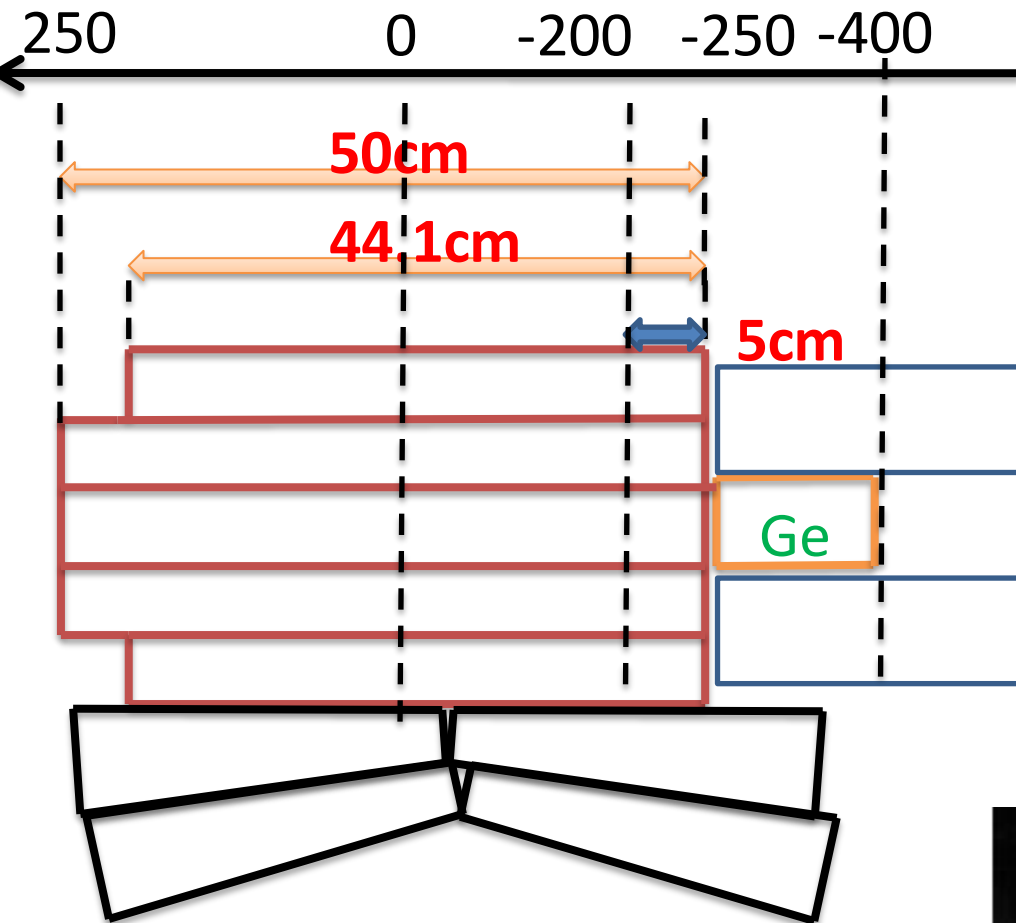
片方は横から抜けてもう片方が90度近い散乱を受けてGeに入るようなイベント

Gammaが抜けてきた位置(z軸方向)



この周囲を積極的に守るようにNaIを置けばよい

NaIの置き方(案)



こんな様にNaI(Tl)を置く
ことによってさらにveto
がかけられる

