Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

□□ e □探索実験用液体Xeカロリメータの宇宙線を用いた減衰長測定

早稲田大学　澤田 龍

1. キセノンの発光とシンチレーション光の減衰
2. 宇宙線イベントによる吸収長の見積もり
3. アルファ線イベントによる検証
4. まとめ

早大理工，東大素セ[A]，東大理[B]，阪大理[C]，高エ研[D]，BINP-Novosibirsk[E]，INFN-Pisa[F]，PSI[G] 澤田龍，石田卓也[A]，大谷航[A]，小曽根健嗣[A]，折戸周治[B]，菊池順，久野良孝[C]，鈴木聡，寺沢和洋，道家忠義，西口創[A]，春山富義[D]，真木晶弘[D]，真下哲郎[A]，三原智[A]，森俊則[A]，八島純[D]，山下雅樹[B]，吉村浩司[D]，吉村剛史[B]，A.A.Grebenuk[E]，D.Grigoriev[E]，I.Ioudine[E]，D.Nicolo'[F]，S.Ritt[G]，G.Signorelli[F]

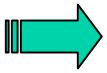
Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

液体キセノンガンマ線検出器

検出器の大型化に伴いシンチレーション光の
減衰の影響が大きくなってくる。

=



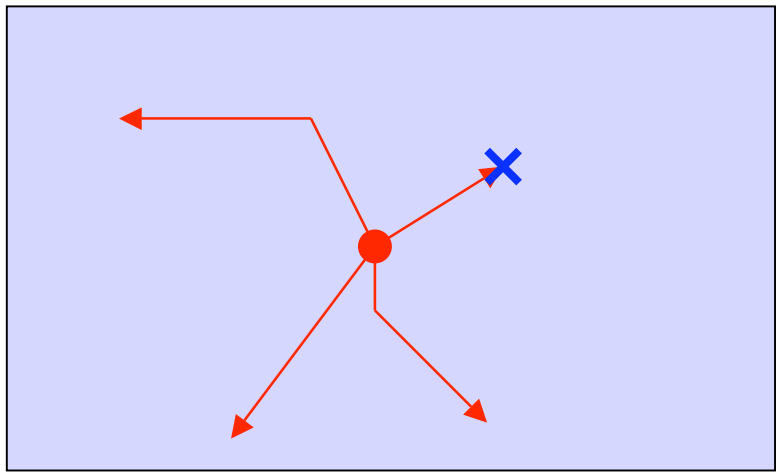
small prototype　　large prototype　　actual detector

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

シンチレーション光の減衰

シンチレーション光の減衰は散乱と吸収にわけられる。



我々の検出器はシンチレータを囲うようにPMTが配置されているので特に吸収が測定に影響を与える。

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

液体キセノンの発光

励起光

$$Xe + Xe^{*} \rightarrow Xe_2^{*} \rightarrow 2Xe + h\nu$$

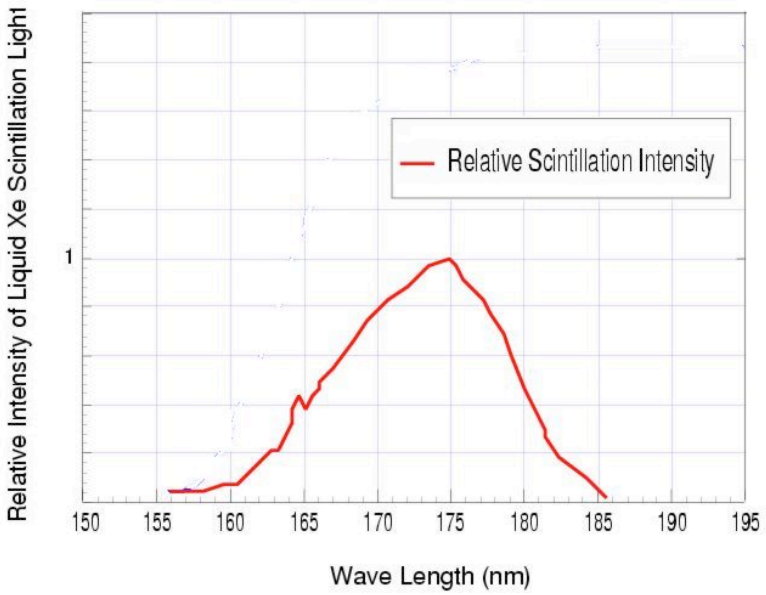
再結合光

$$Xe^{+} + Xe \rightarrow Xe_2^{+}$$

$$Xe_2^{+} + e \rightarrow Xe^{**} + Xe$$

$$Xe^{**} \rightarrow Xe^{*}$$

$$Xe + Xe^{*} \rightarrow Xe_2^{*} \rightarrow 2Xe + h\nu$$



キセノンの発光スペクトル

最終的には励起したキセノン分子からの発光なので、
シンチレーション光の自己吸収はない。

吸収はキセノン中の不純物によりおこる。

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

これまでの減衰長測定

- 1993 A.Braem et al. 40cm
- 1994 V.Y.Chepel et al. ≥ 50cm
- 1997 N.Ishida et al. 29 ± 2 cm

参考

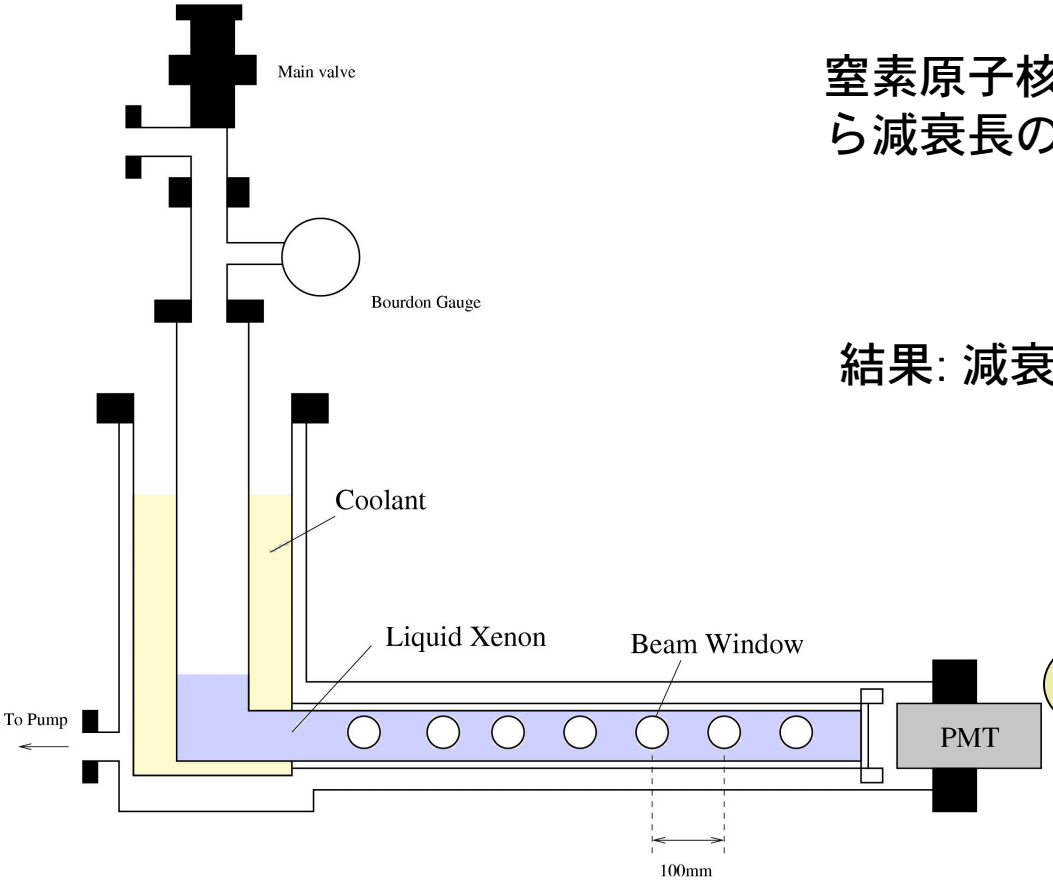
- 1995 J.Seguinot et al. ~ 1 m

(発光の中心波長について)

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

これまでの減衰長測定



窒素原子核ビームによるXeの発光から減衰長の測定が行われた。

結果: 減衰長= 29.2 cm

大部分が散乱？

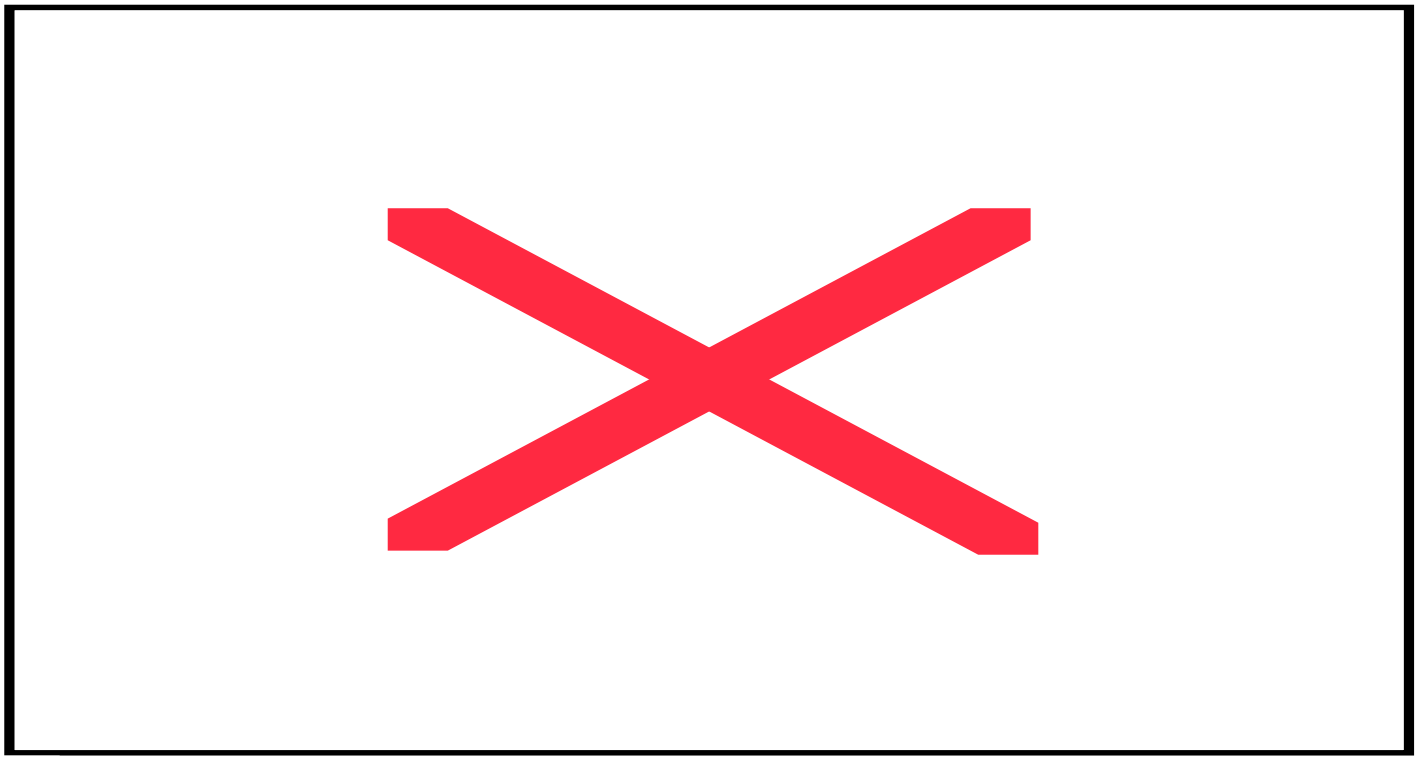
N.Ishida et al., Nucl. Inst. And Meth. A834 380-386 1997.

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

実験の目的

- 減衰に対して散乱と吸収の寄与の様子を調べる。
- 今回の実験環境下での減衰長を調べる。



宇宙線、キセノン中の□ 線に対してトリガーをかけることができる。

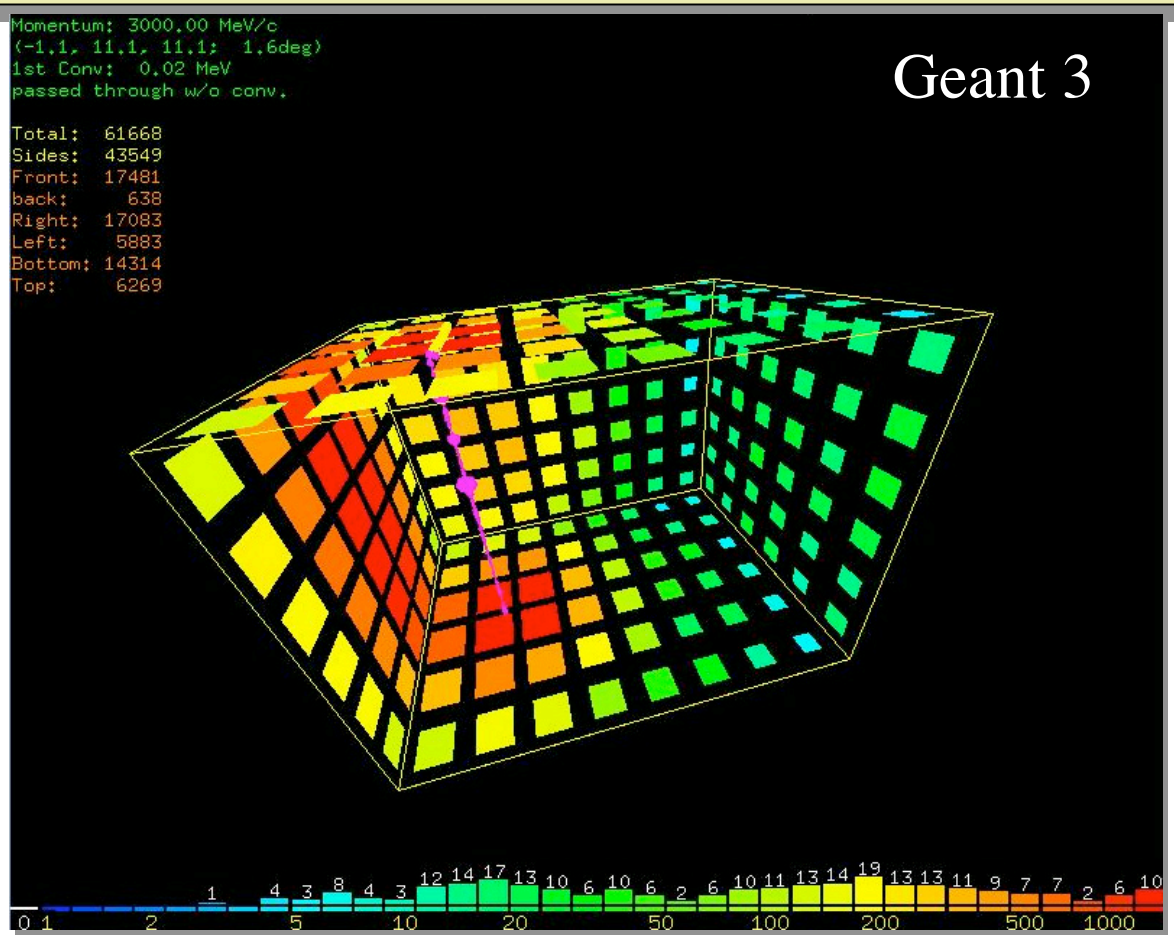
Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

減衰長の見積もり

減衰長を仮定した数種類のシミュレーションを行い、実験データと比べることで減衰長を見積もる。ここでは以下の量を比較する。

1. R_1 = Q(front)/Q(back)
2. R_2 = Q(front+back)/Q(total)

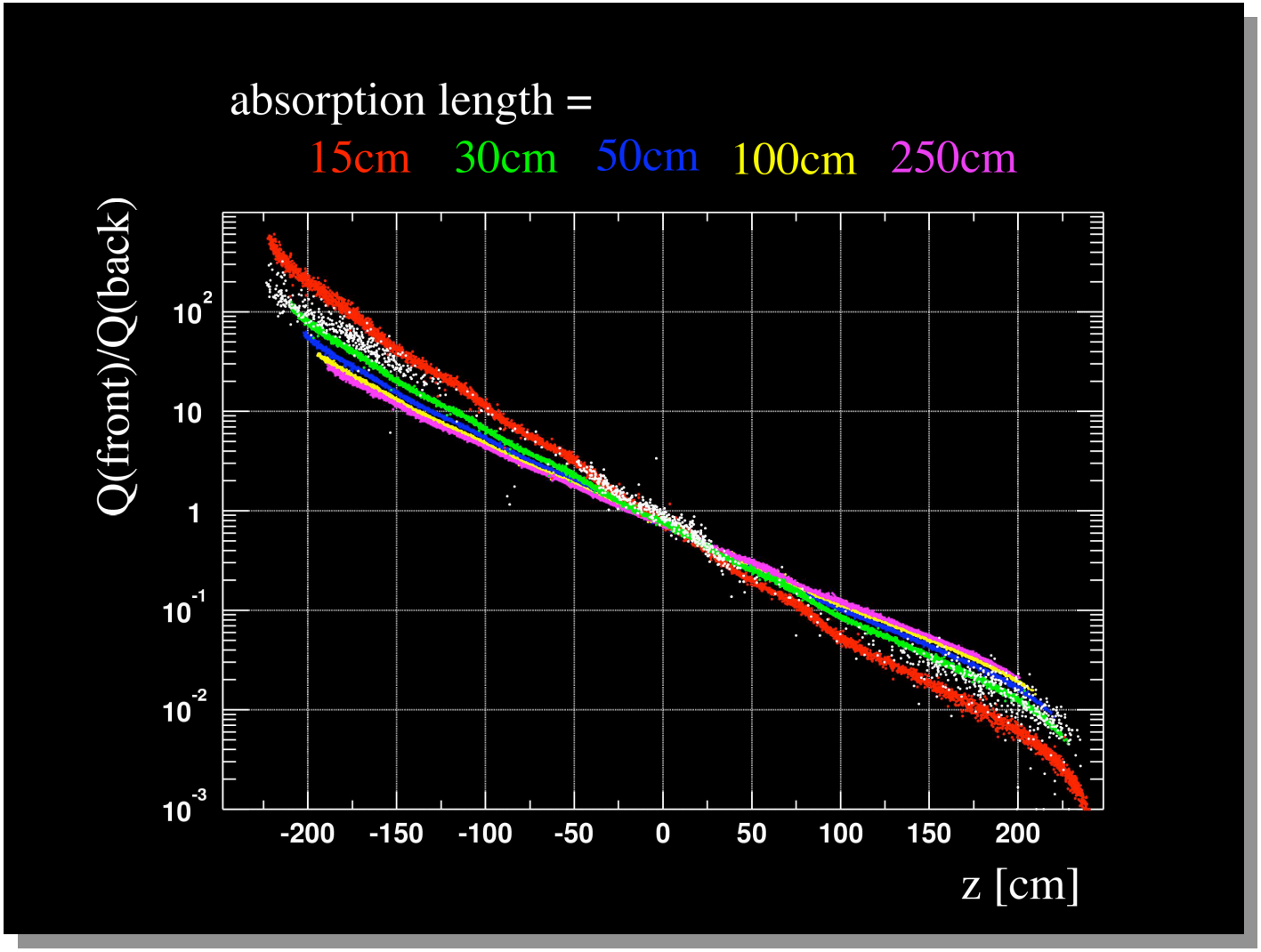


Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

減衰長の見積もり 解析1

Q(front)/Q(back) が宇宙線が通過した z 座標によって指数関数的に変化するとしてそのスロープを調べる。



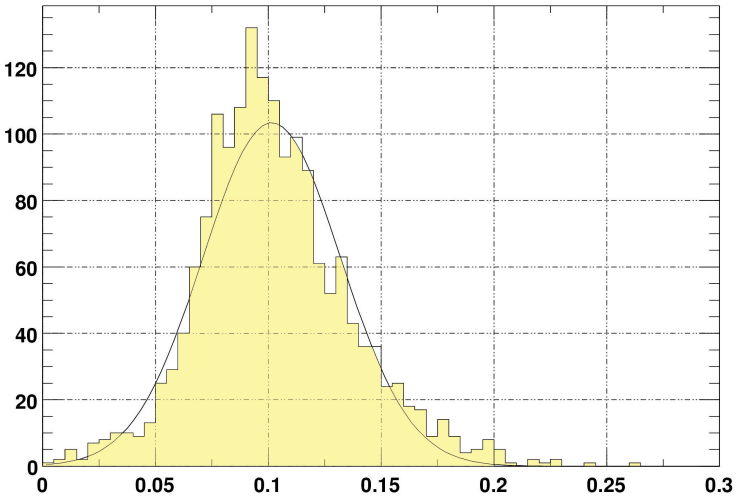
Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

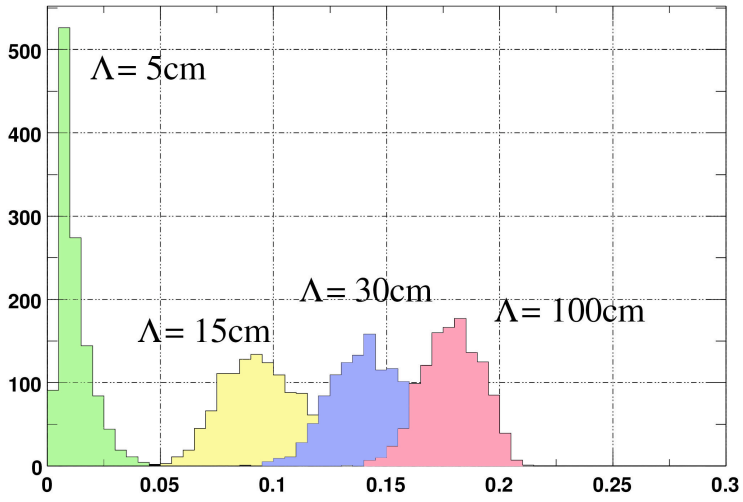
減衰長の見積もり 解析2

宇宙線が検出器の中心(10 cm □ 10 cm)を通った場合に、全体の何%の光が前後の面へ到達しているかを調べる。

$$\frac{Q(\text{front}) + Q(\text{back})}{Q(\text{total})}$$



実験値

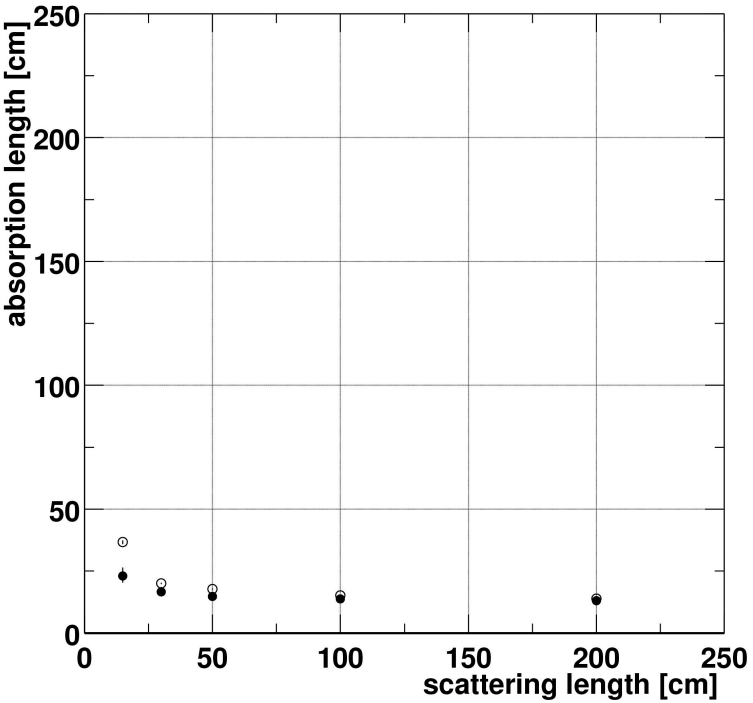


シミュレーション

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

解析1と解析2の結果



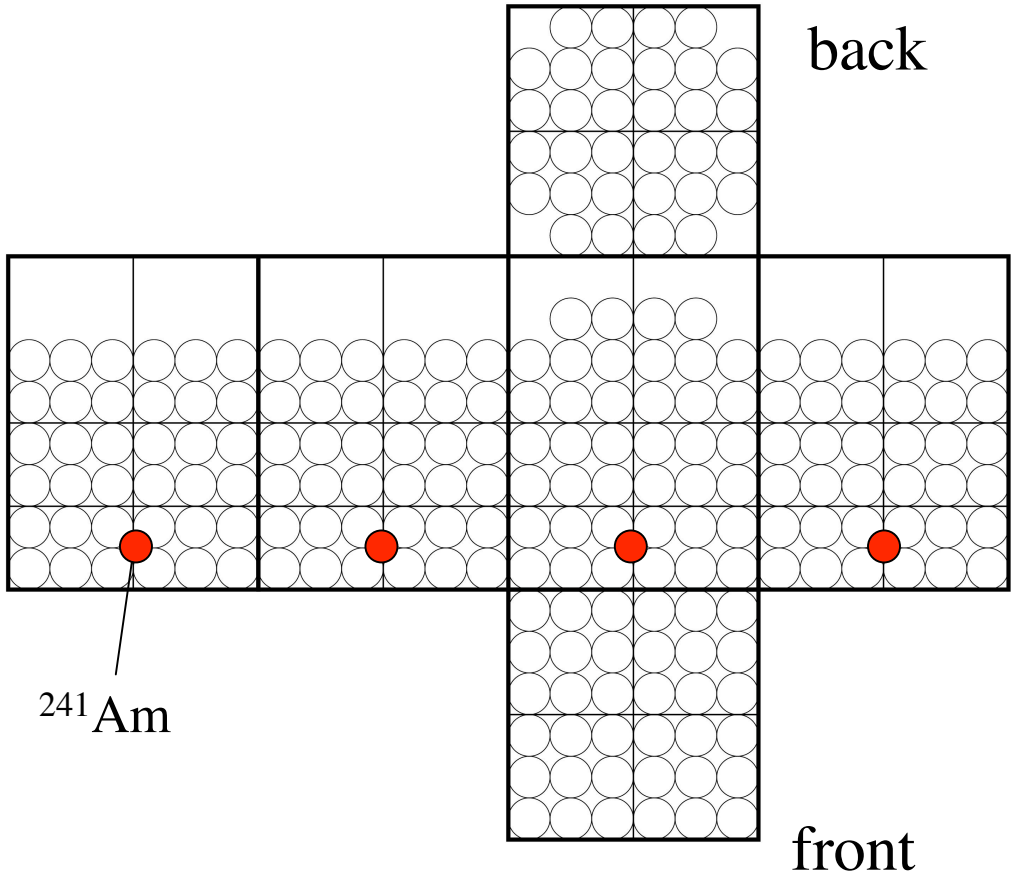
散乱長については特定することができなかったものの、吸収長は20~30cm 程度であることがわかった。

これまでの吸収長測定とは両立しない結果であり、今回の実験環境が影響している可能性がある。

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

□線イベントによる減衰長の評価



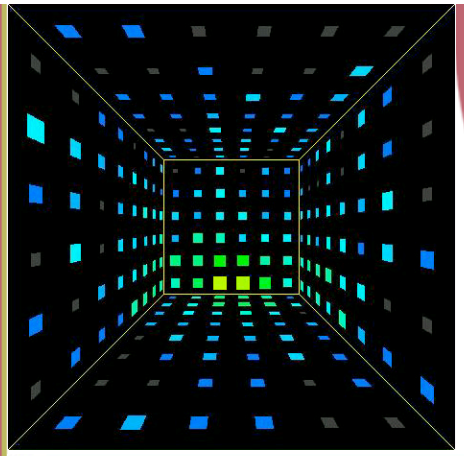
PMTを32のエリアに分割し
それぞれについて光電子数の
和のピークを算出

シミュレーションと実験値での分布を
比較した。

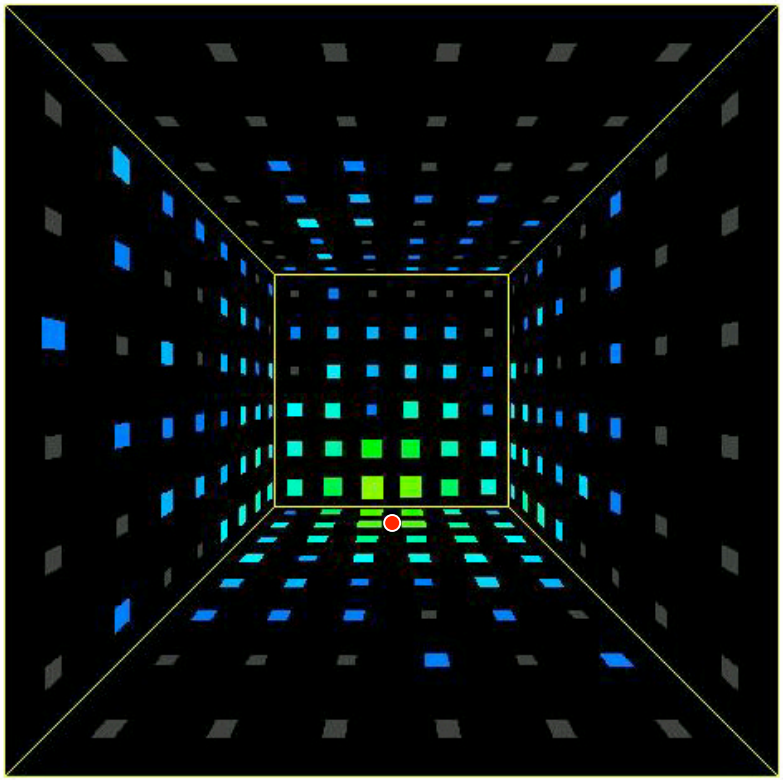
Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

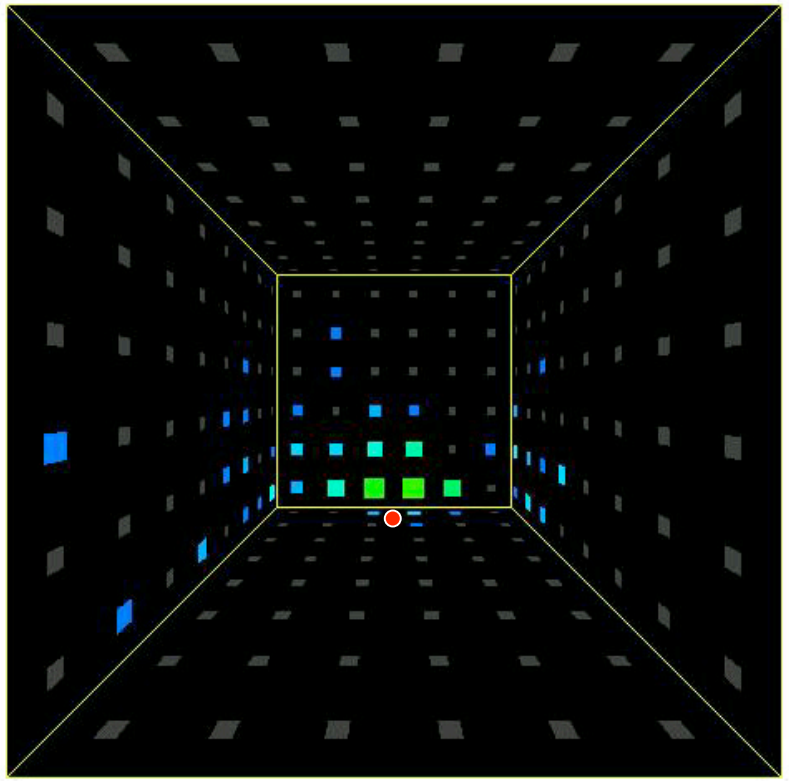
□線イベントによる検証(simulation)



散乱長=30cm 吸収無しの場合



散乱の影響が大きい場合



吸収の影響が大きい場合

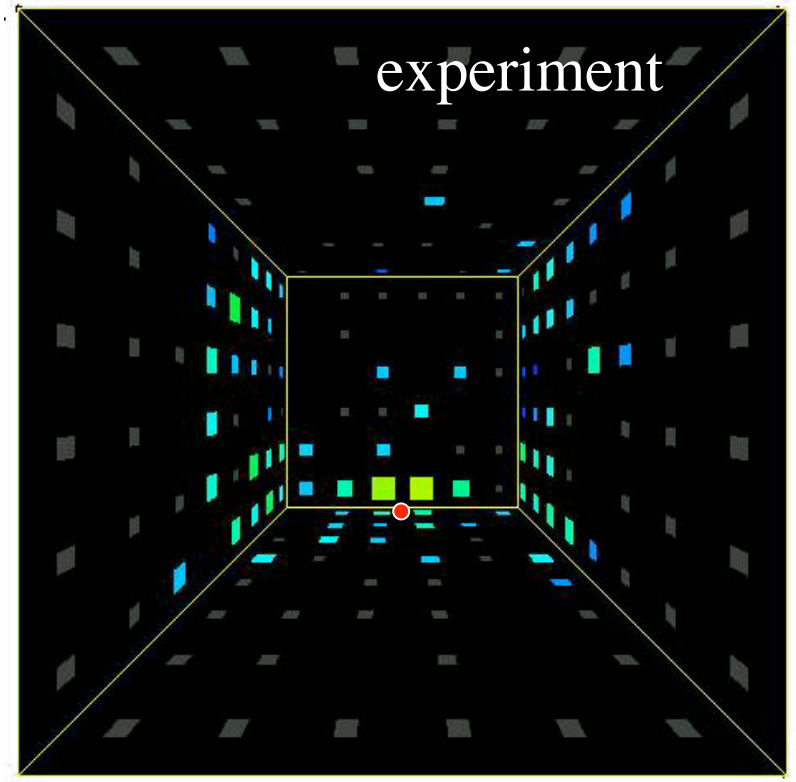
吸収と散乱は光の分布に対して違う影響を与える

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

□線イベントによる検証(experiment)

実際のデータでは？



光の分布を調べる簡単な解析から□ 線のイベントでも同様に吸収の影響が大きいことが分かった。

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

まとめと今後の課題

ラージプロトタイプ検出器を用いて宇宙線の測定を行った。

宇宙線および □線のイベントの解析により、今回の実験環境下でのキセノンの吸収長が 20~30 cm 程度であることが分かった。

この結果はこれまでの減衰長測定やスモールプロトタイプ実験とは一致しないものであるので、改善することはできる。

キセノンによるシンチレーション光の自己吸収がないことから、吸収は不純物によるものと考えられるので、今後 不純物を減らす必要がある。

問題点

- 検出器中の素材 ?
  - -アクリル ?
  - -G10 ?
  - -テフロン ?
- 構造上,焼きだしを行いにくい

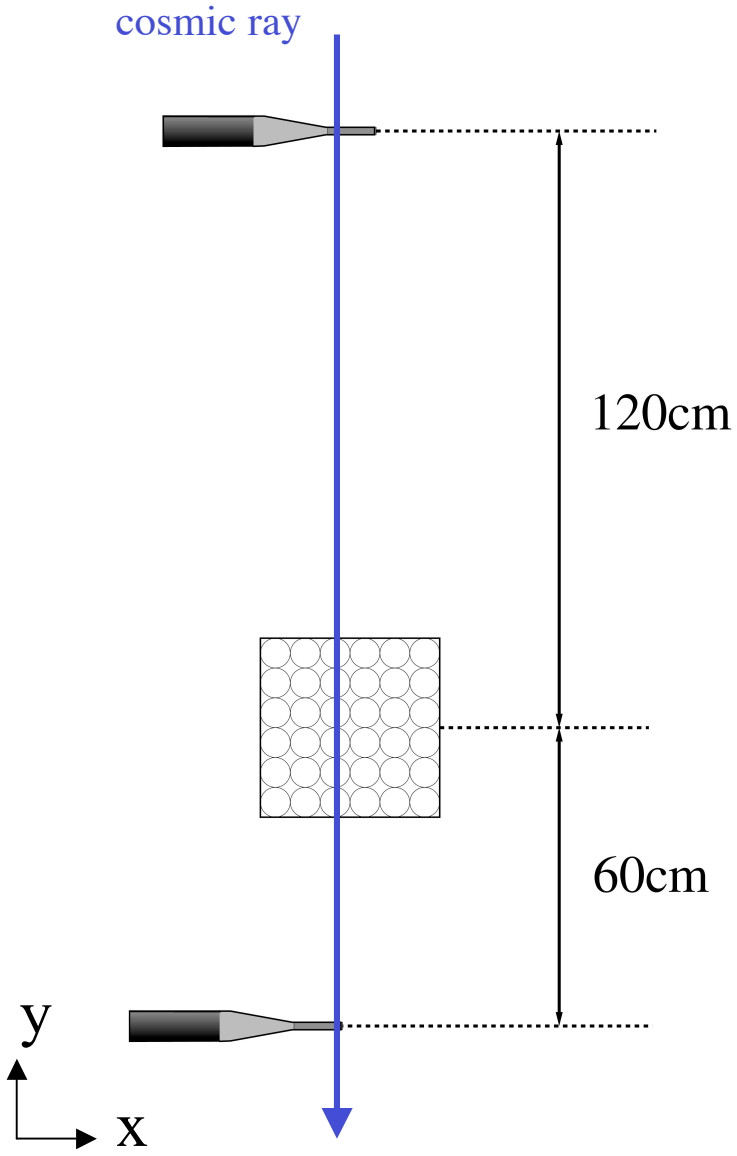
対策

- キセノンの質量分析等による不純物の特定
- 高温ガスキセノンによる真空槽のフラッシュ

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

トリガーカウンターの配置



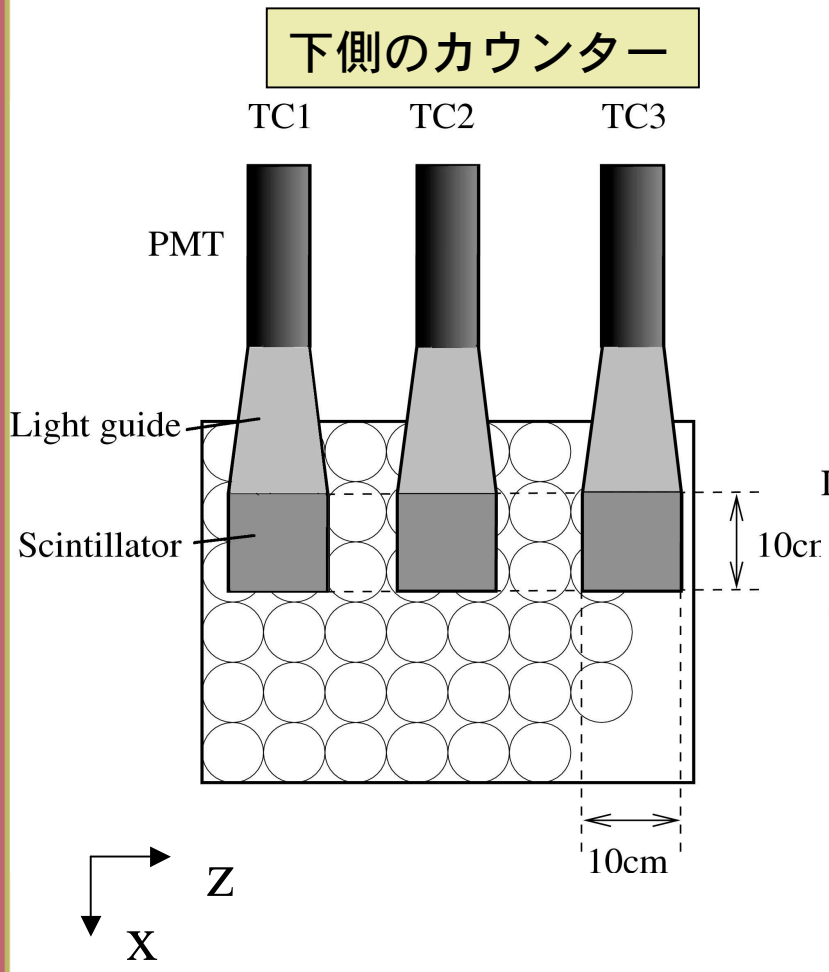
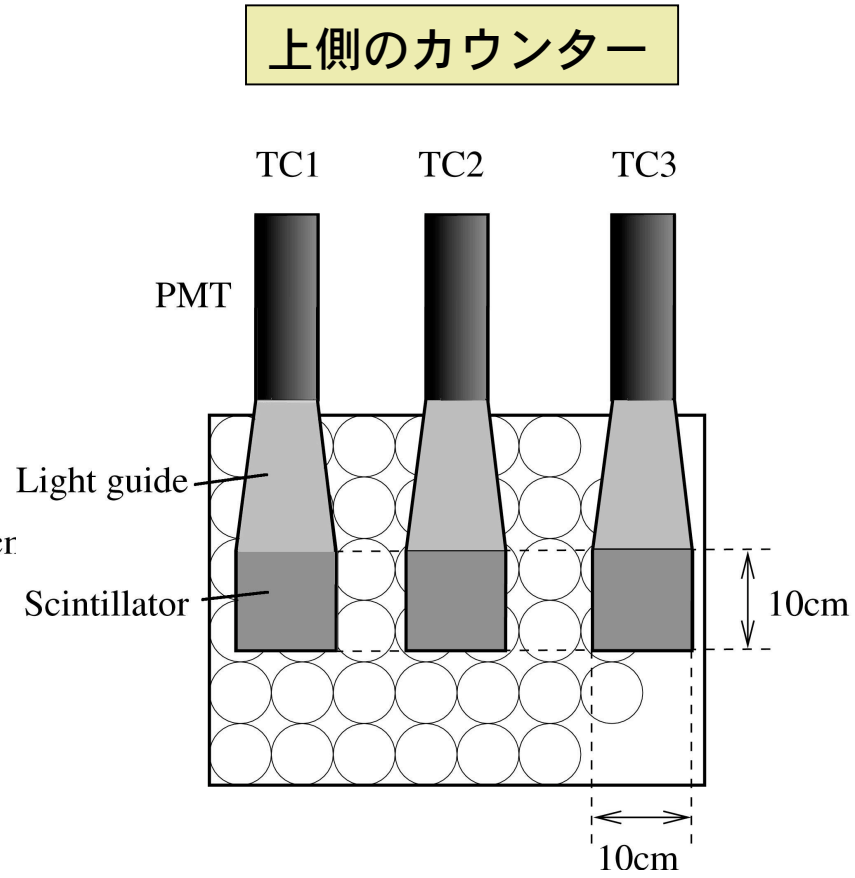
宇宙線のトリガーは上下に置いたプラスチックシンチレータによってかける。

シンチレータの大きさは

10 cm × 10 cm × 6 mm

z方向に3対のカウンタを置いた。

Ryu Sawada
Waseda University

JPS meeting
March 25, 2002
Ritsumeikan University
Biwako-Kusatsu Campus

トリガーカウンターの配置