

気球搭載エマルションチェンバーの 自動飛跡読取装置を用いた解析

名古屋大学 大学院理学研究科 F研
博士前期課程1年
森下 美沙希

原子核乾板

Fundamental Particle Physics Laboratory
Graduate School of Science of Nagoya University
Division of Particle and Astrophysical Sciences

100 μm

顕微鏡画像



GRAINE 2015

放球地点

日時: 5月12日午前6時03分JST
場所: アリススプリングス気球放球基地

着地地点

日時: 5月12日午後8時25分JST
場所: クイーンズランド州ロングリーチの
北方約130km地点

飛行時間
14時間22分

飛行高度
36km以上

2015年5月にオーストラリアで原子
核乾板を乗せた気球を飛ばした。

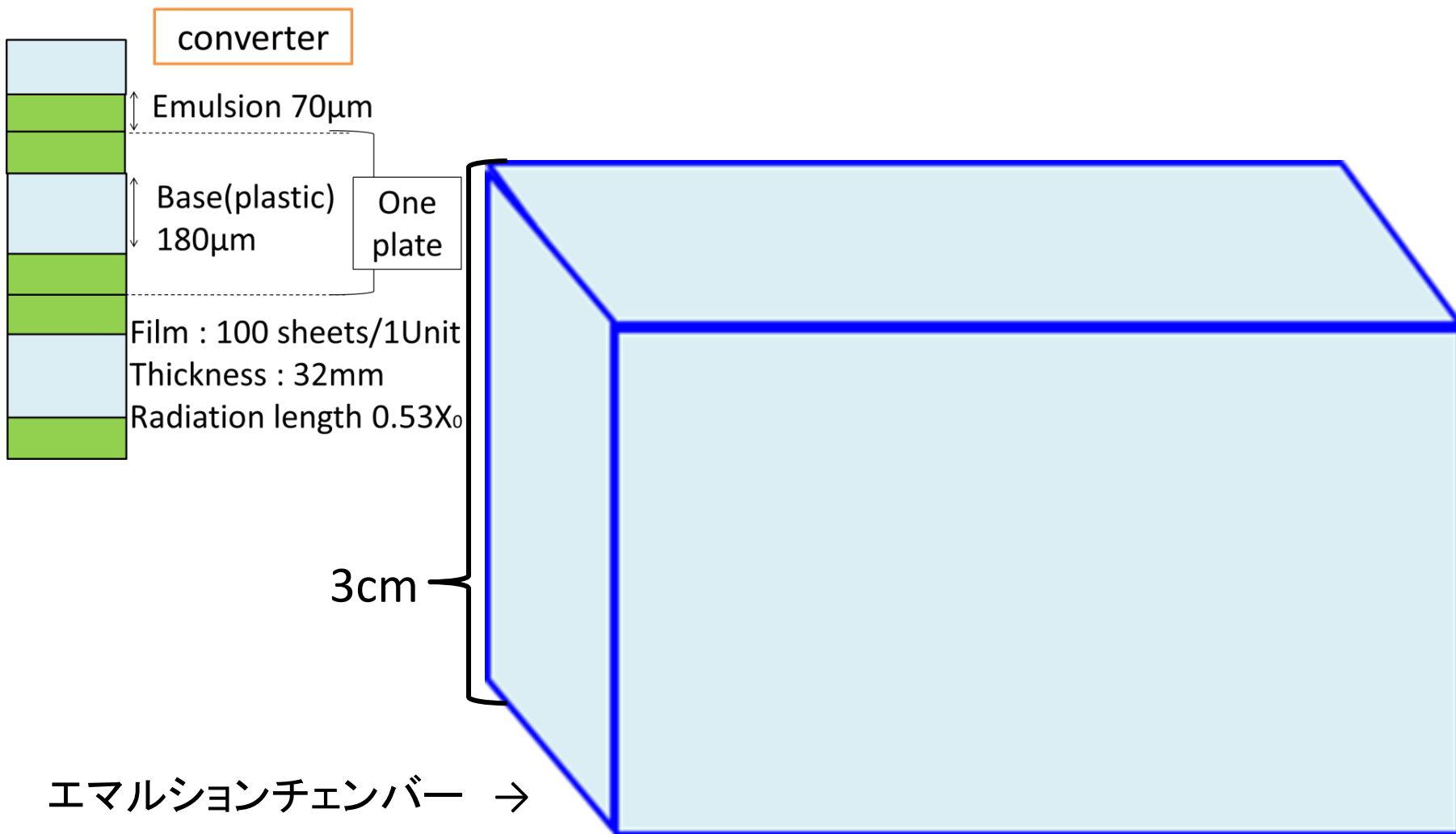
目的:
上空でのガンマ線探索

- 全飛跡を自動での読み取りが完了
- 飛跡データの解析中

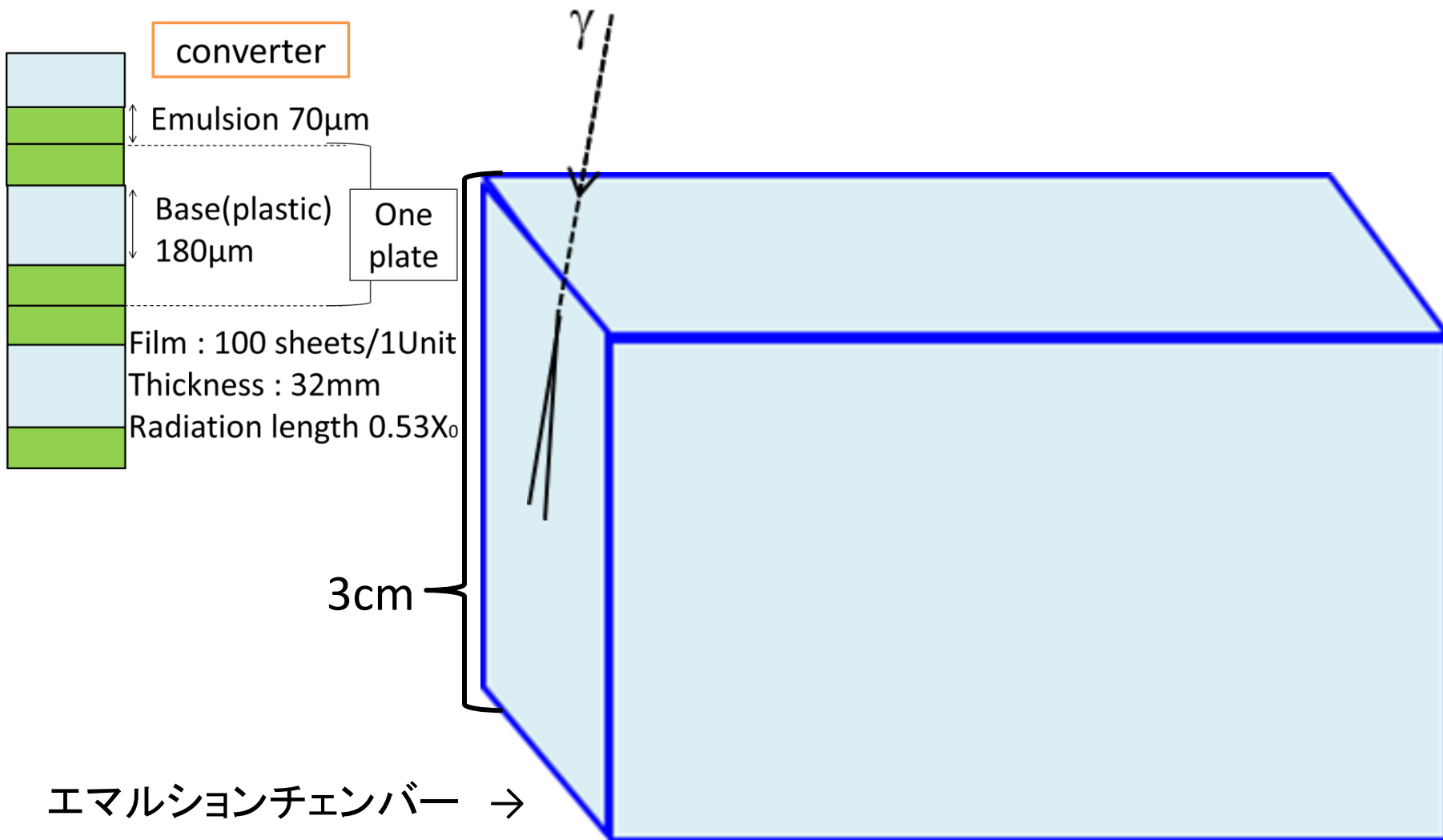
Balloon
Flight

©JAXA

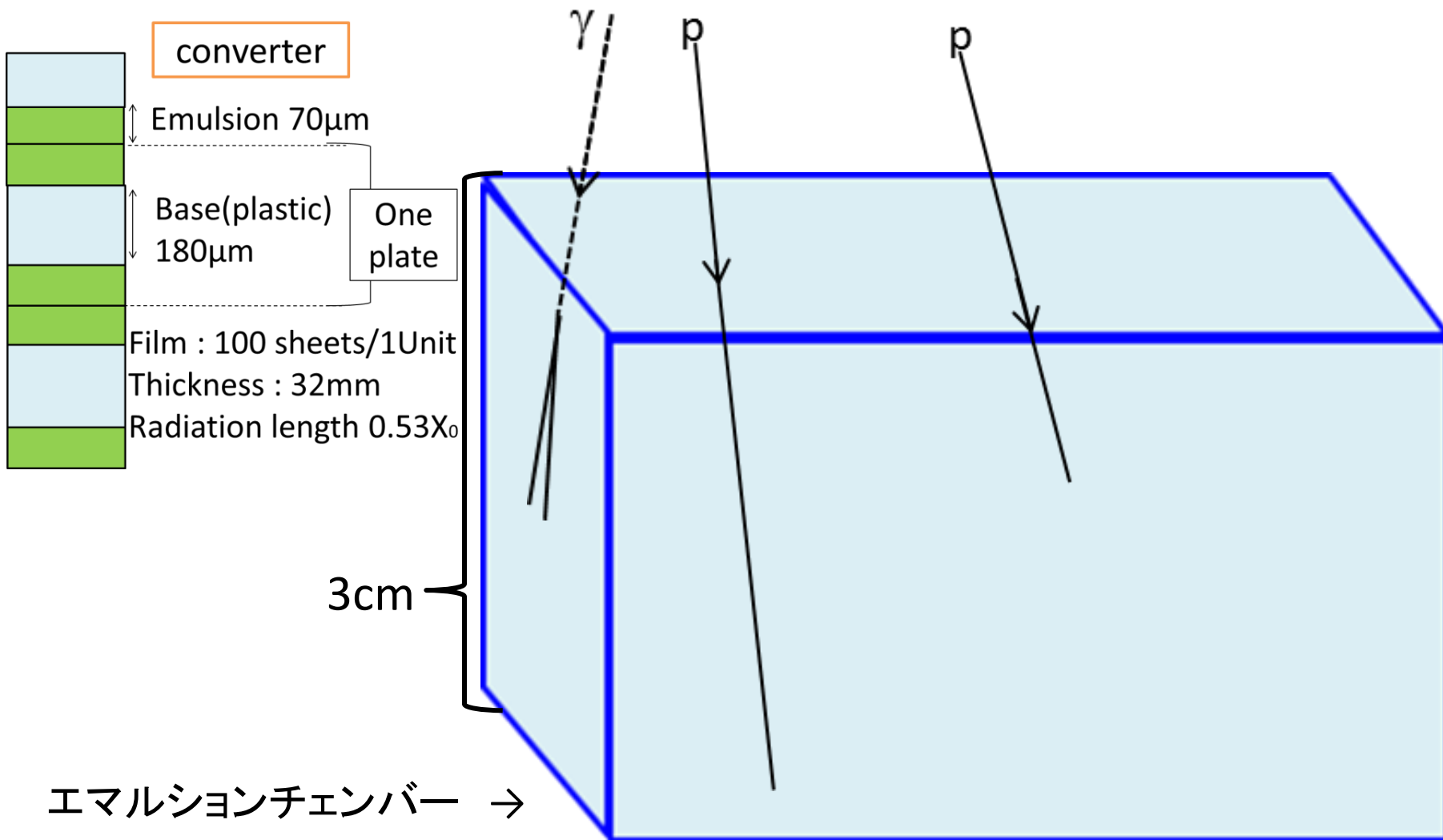
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



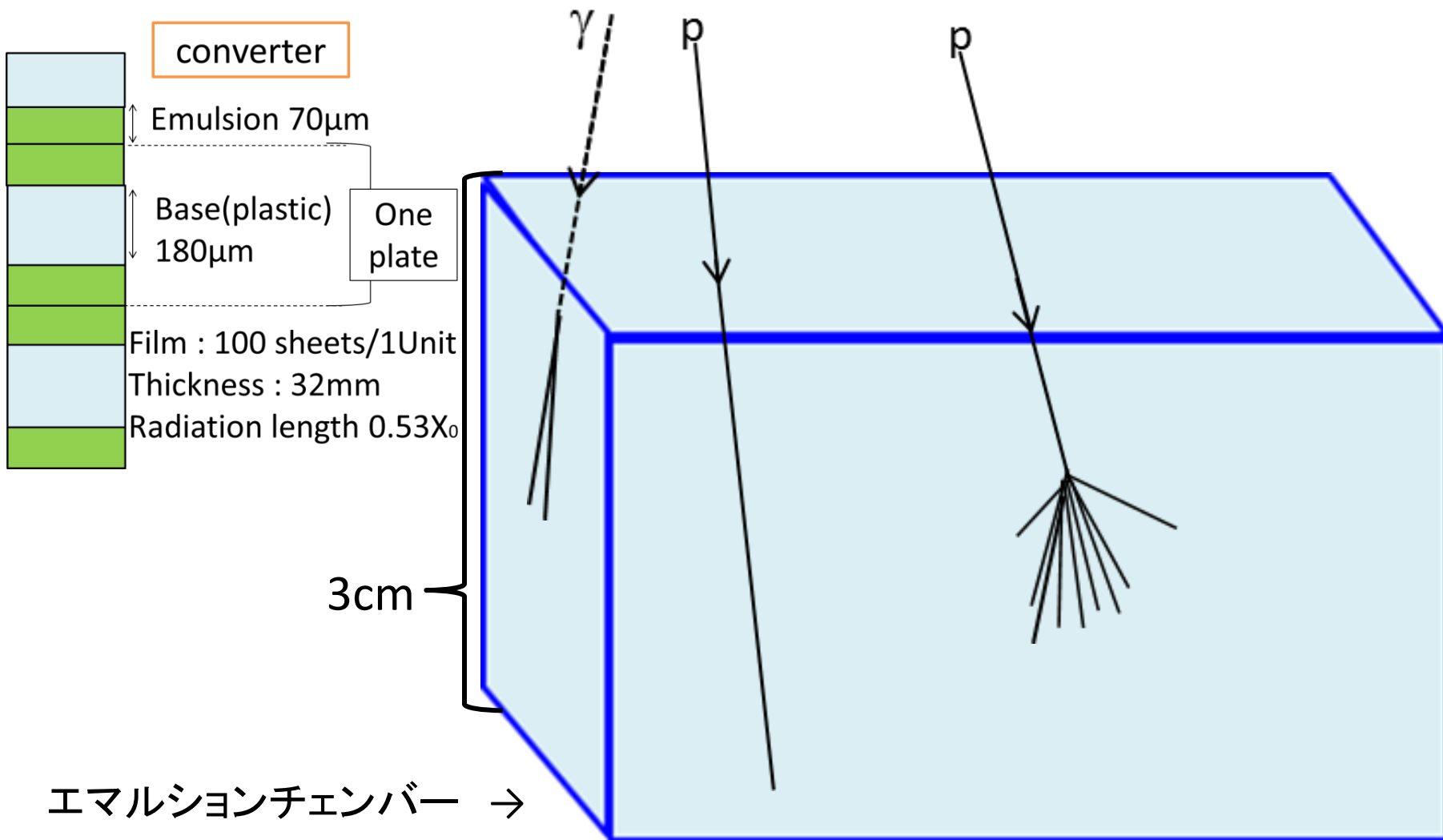
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



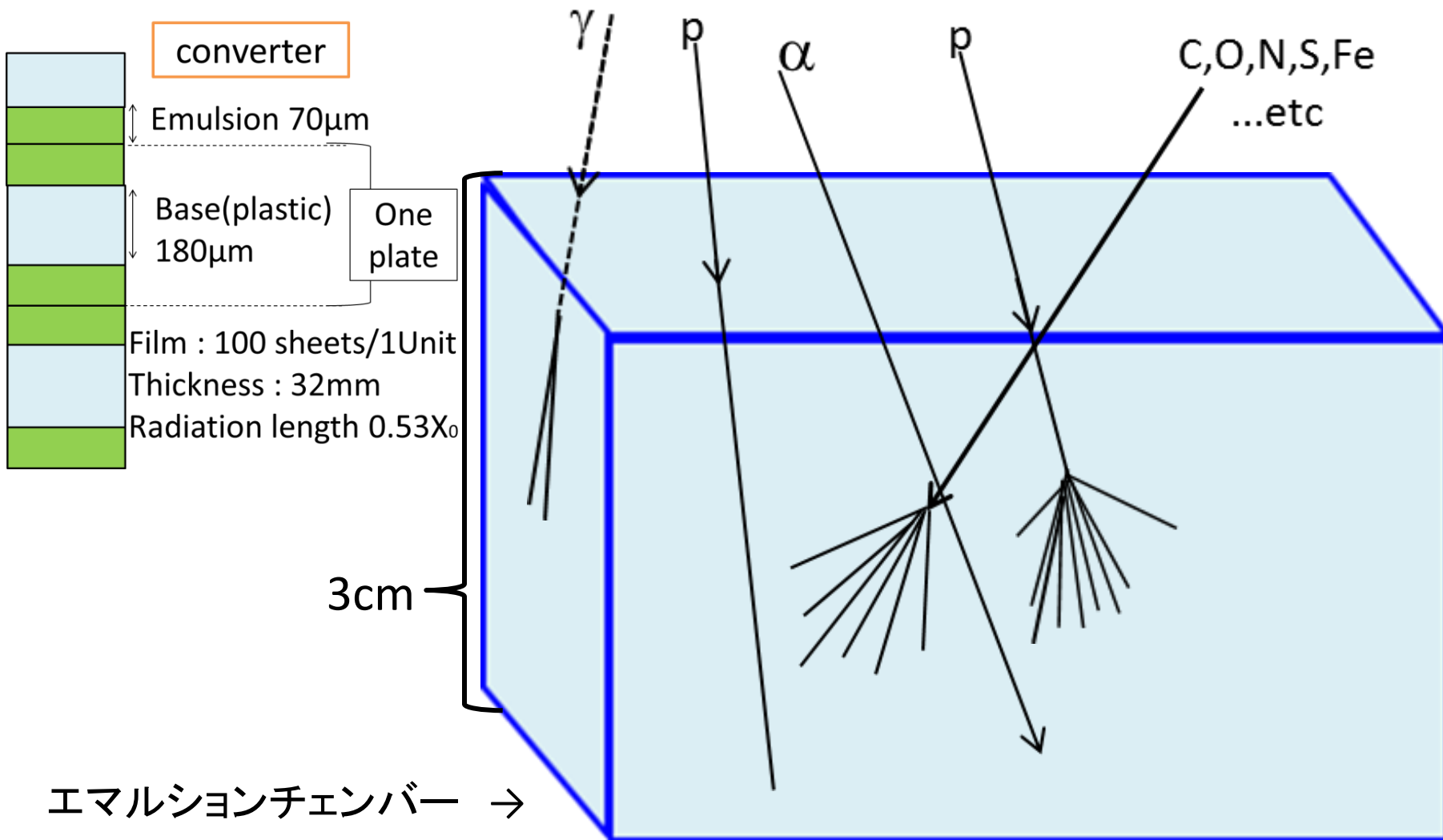
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



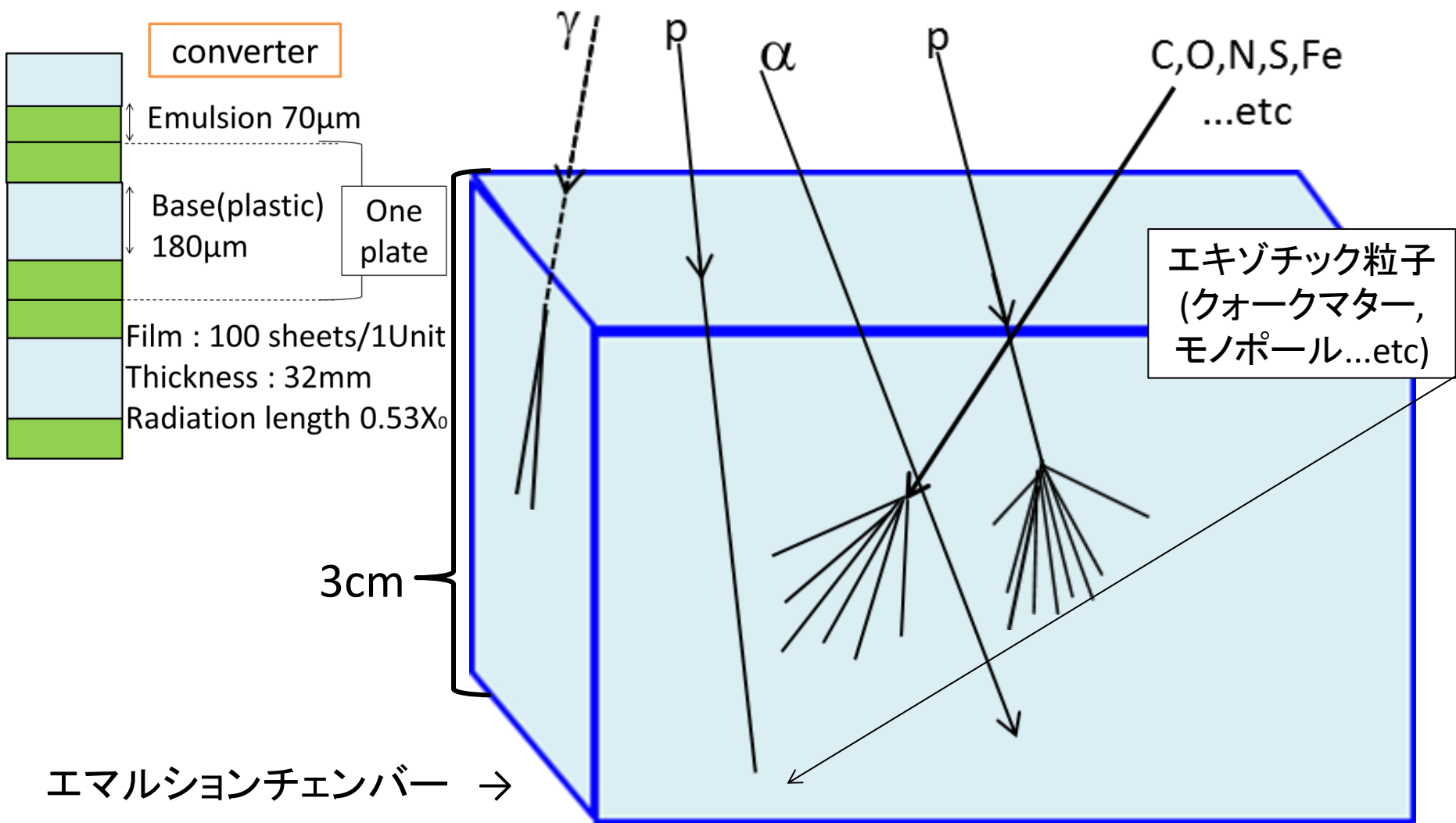
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



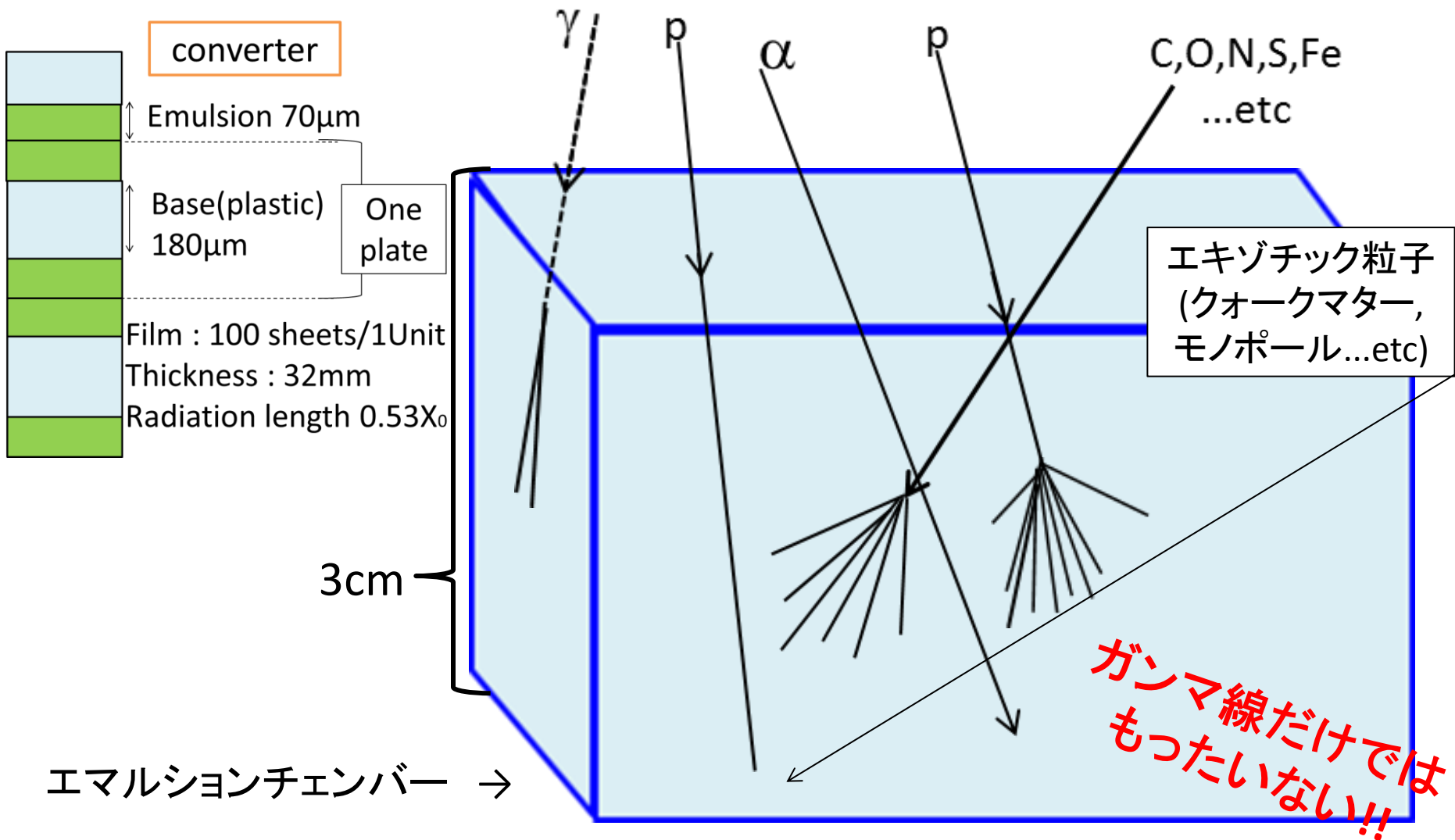
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



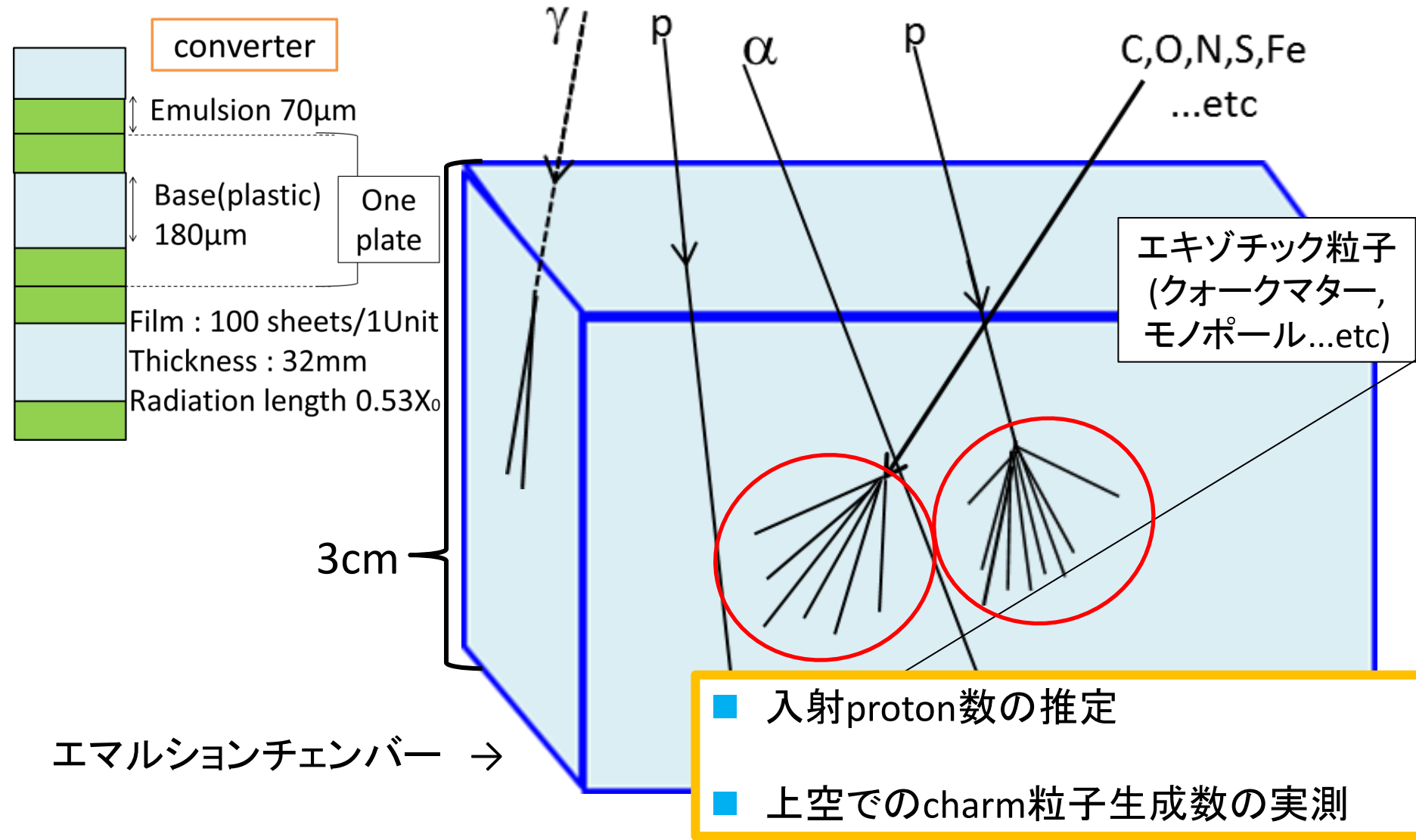
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



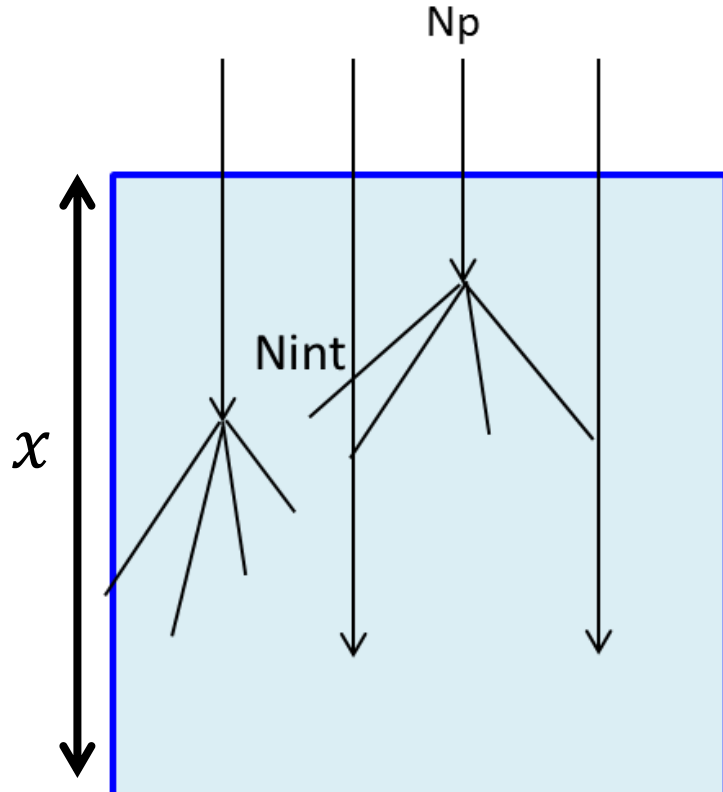
搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



搭載中に通過した全ての荷電粒子の 飛跡が記録されている



入射proton数の推定

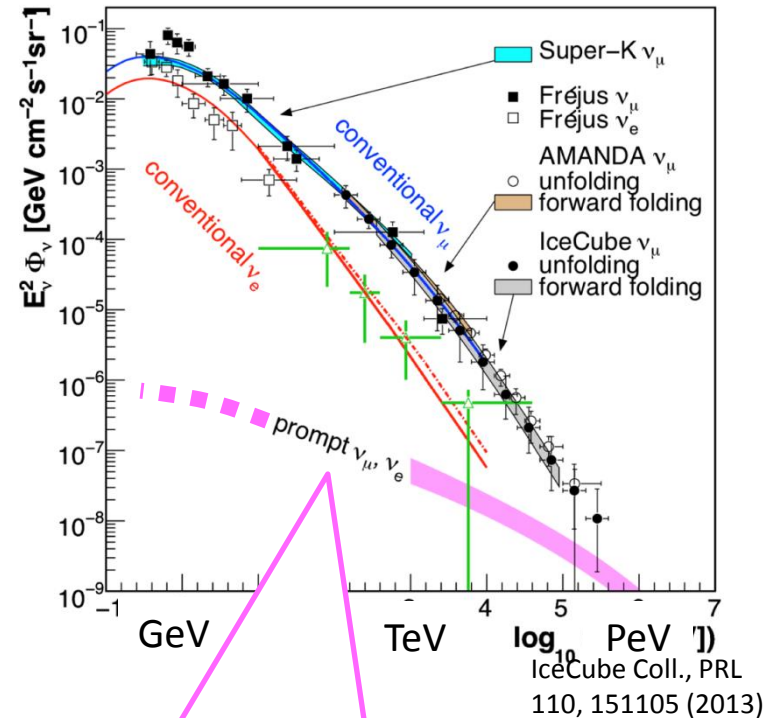


入射proton N_p [個]
 x [mm] 走ったときのproton数 : N'_p [個]
 途中でinteractionしたproton数: N_{int} [個]

$$N_{int} \sim N_p \frac{x}{\lambda}$$

(乾板100枚の $x/\lambda = 6.8 \times 10^{-2}$)

上空での charm粒子生成数の実測



PeV領域での宇宙 ν のBack Ground
Charm粒子のsemileptonic反応による大気 ν
 $(D^+ \rightarrow e^+, \nu_e, D^0 \rightarrow K^-, e^+, \nu_e \dots \text{etc})$

原子核乾板

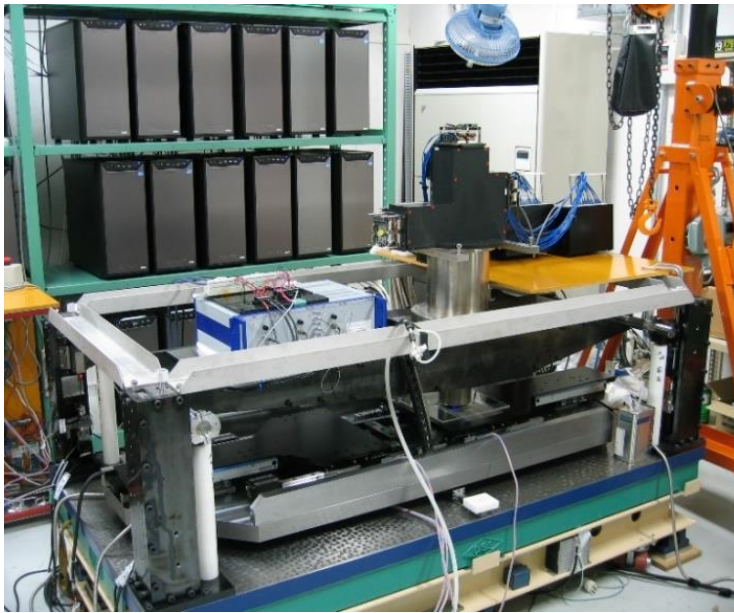
← charmの解析に有効

minimum biasなinteractionの解析

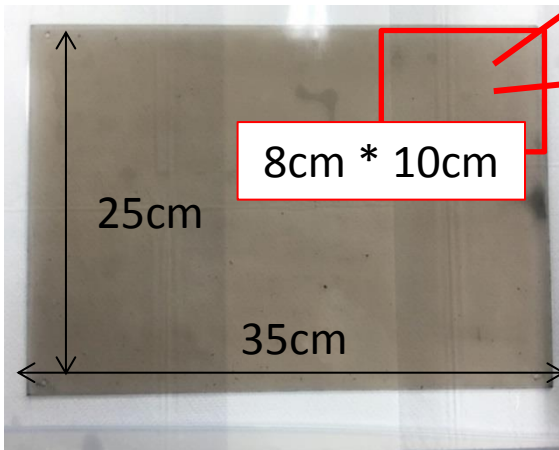
⇒ short decayした

2次粒子(charm粒子)の解析

高速自動飛跡読取装置(HTS)



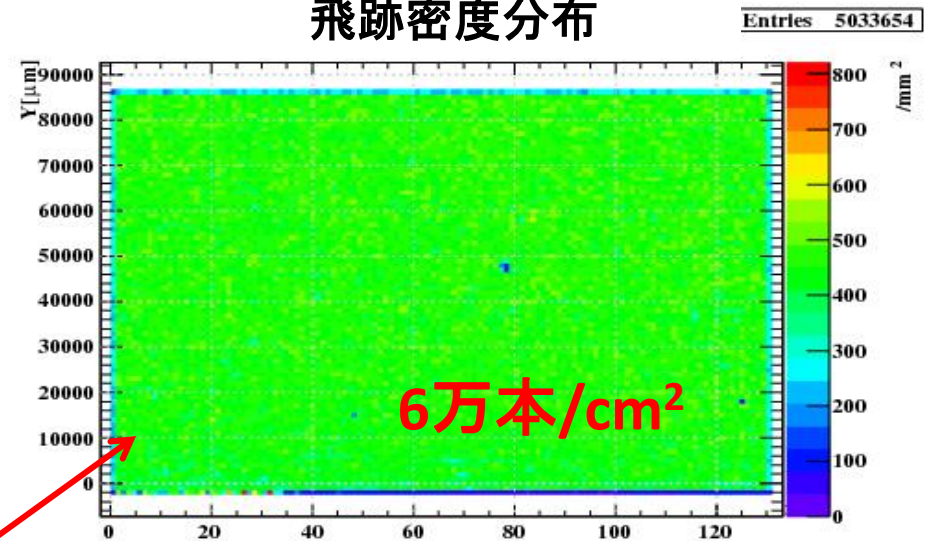
HTS(Hyper Track Selector) @Nagoya Univ.
現在のscanning speed : 4500m²/h
デザイン値 : 9000m²/2



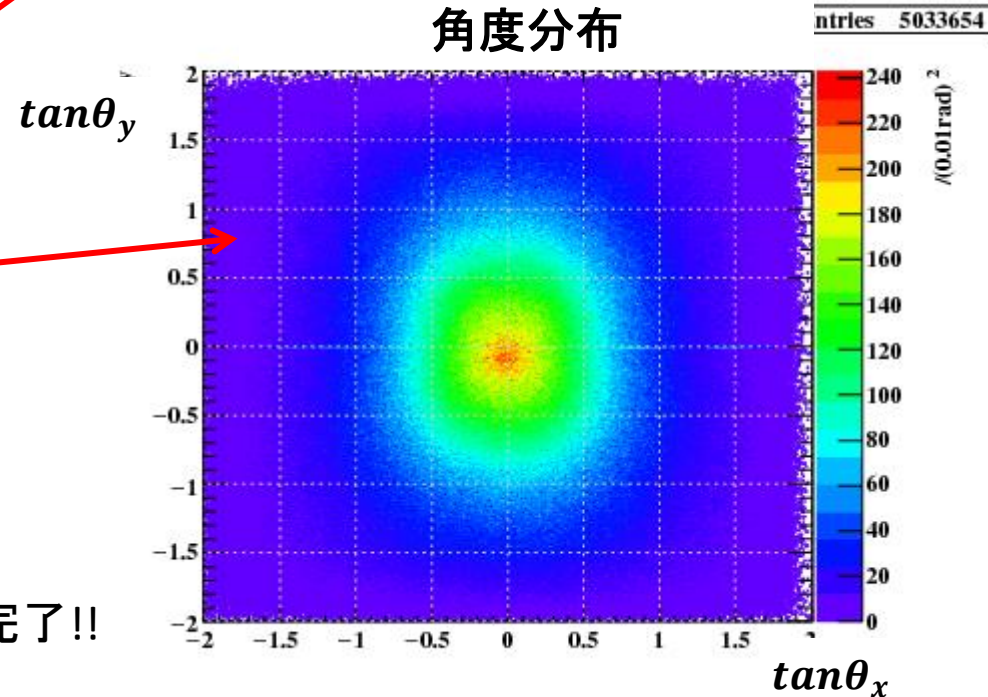
× 400枚

全ての乾板の
デジタル化が完了!!

飛跡密度分布

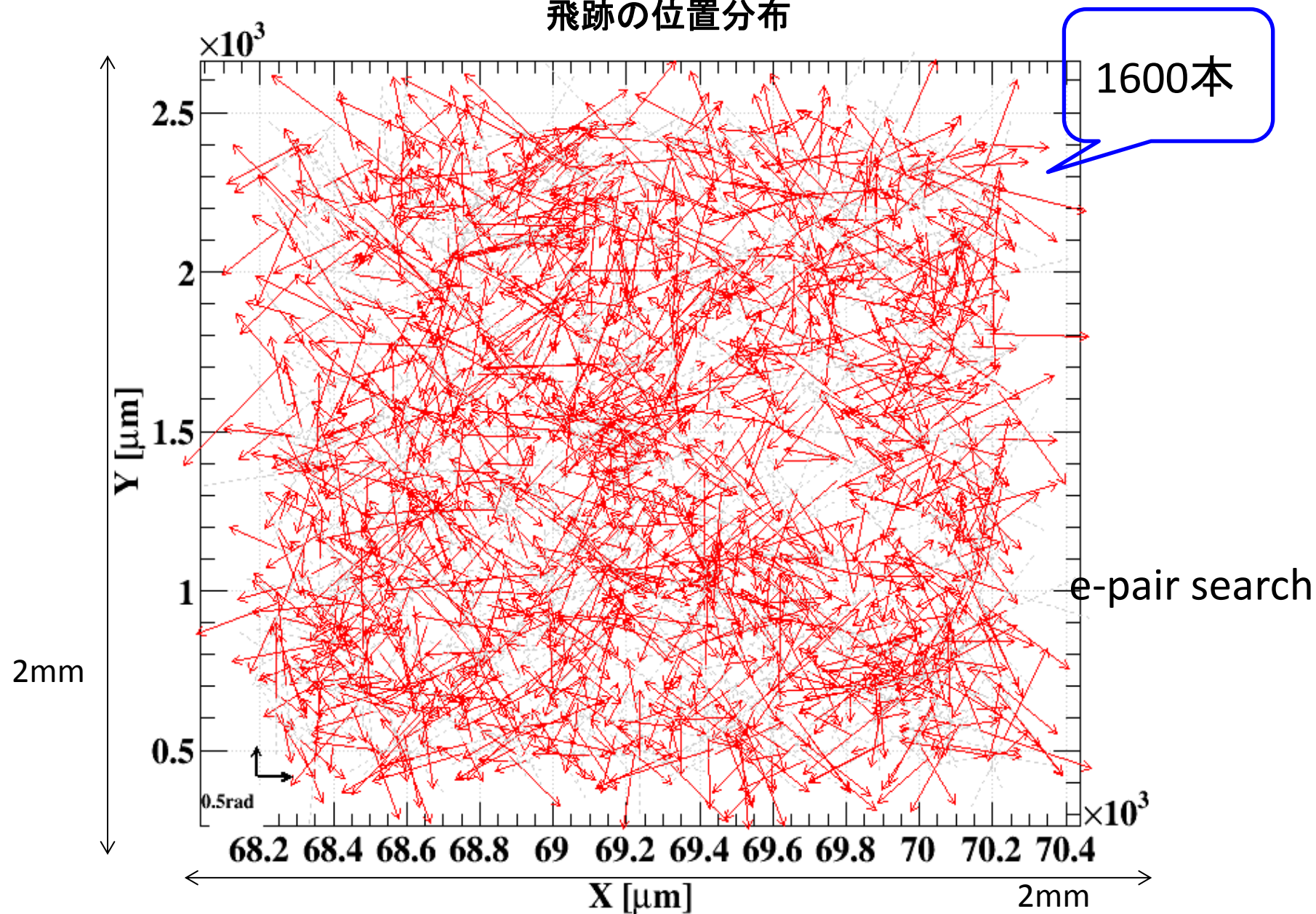


角度分布



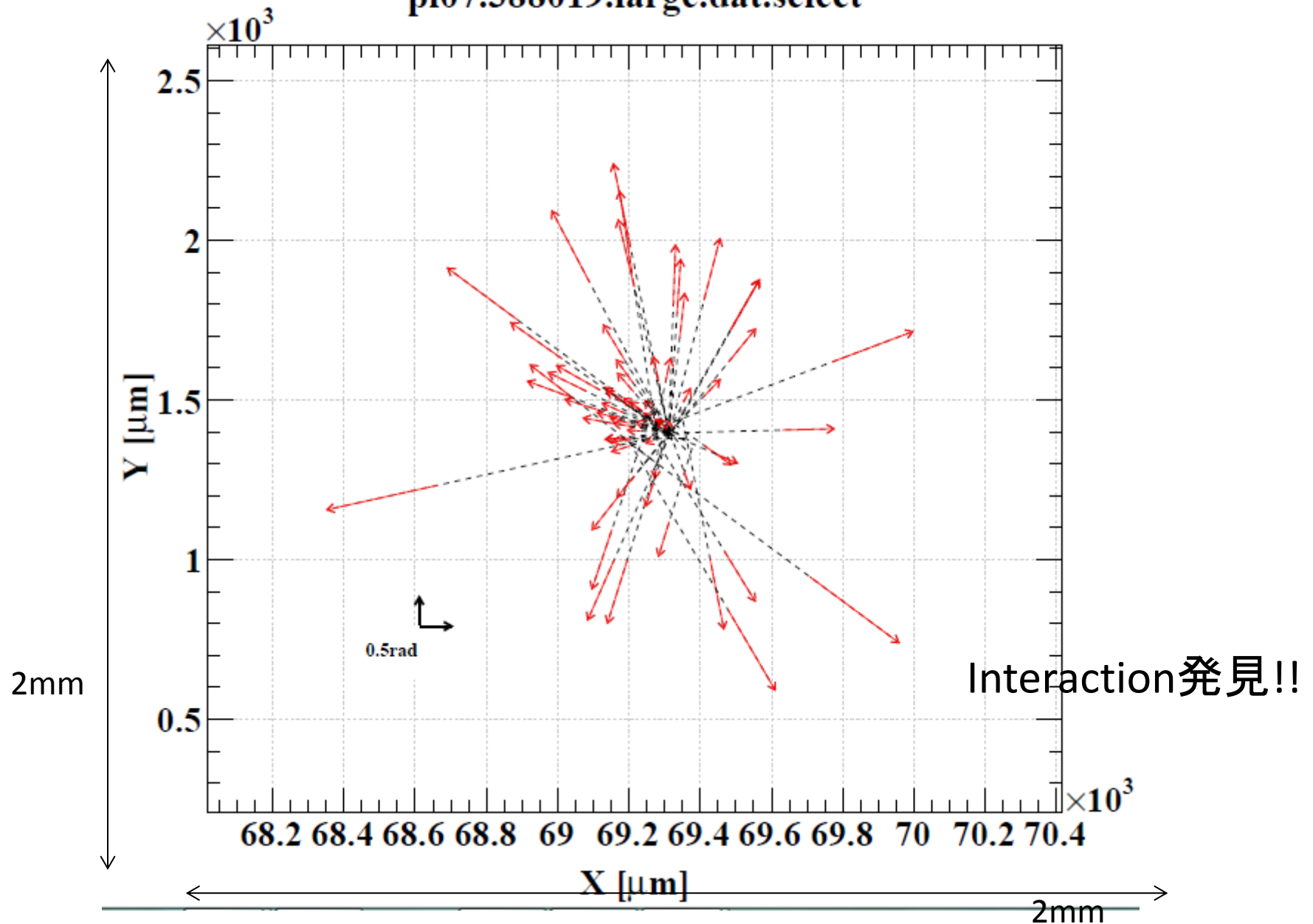
GRAINEフライトデータ

飛跡の位置分布



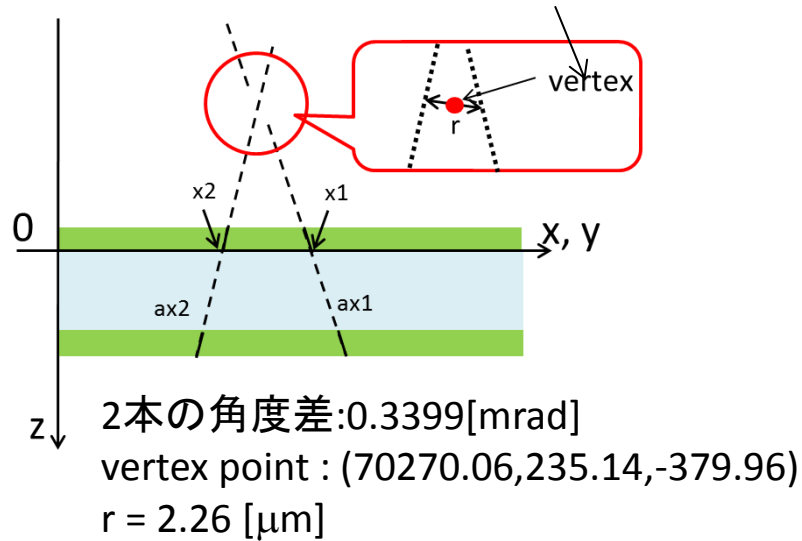
GRAINEフライトデータ

pl07.388019.large.dat.select

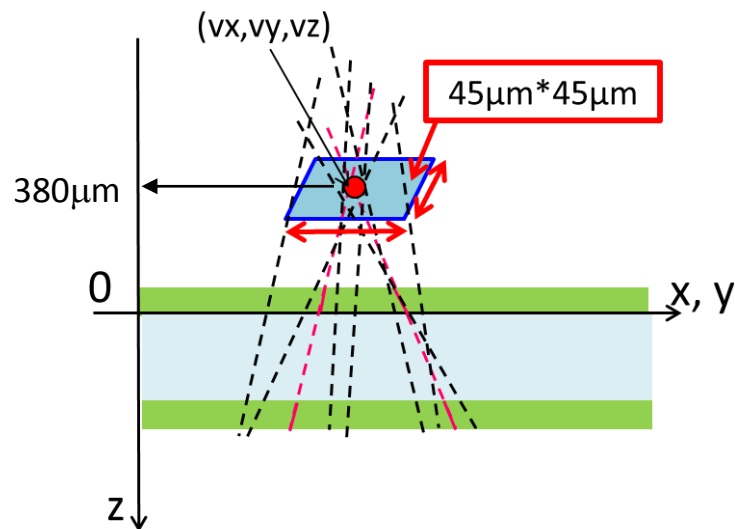


反応に関係する2次粒子選び出し手順

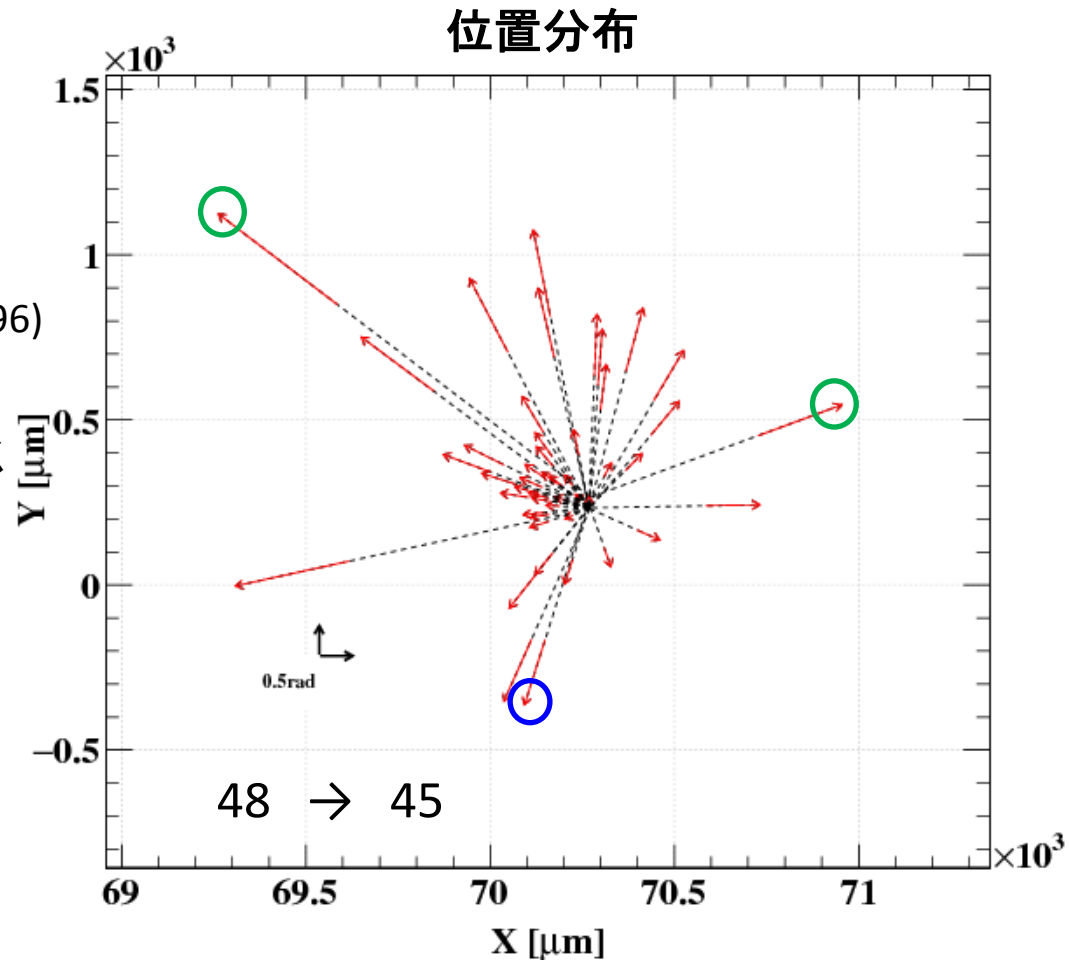
① 2本を選び出し反応点の位置を決定



② 反応点近傍を通過する飛跡を選ぶ



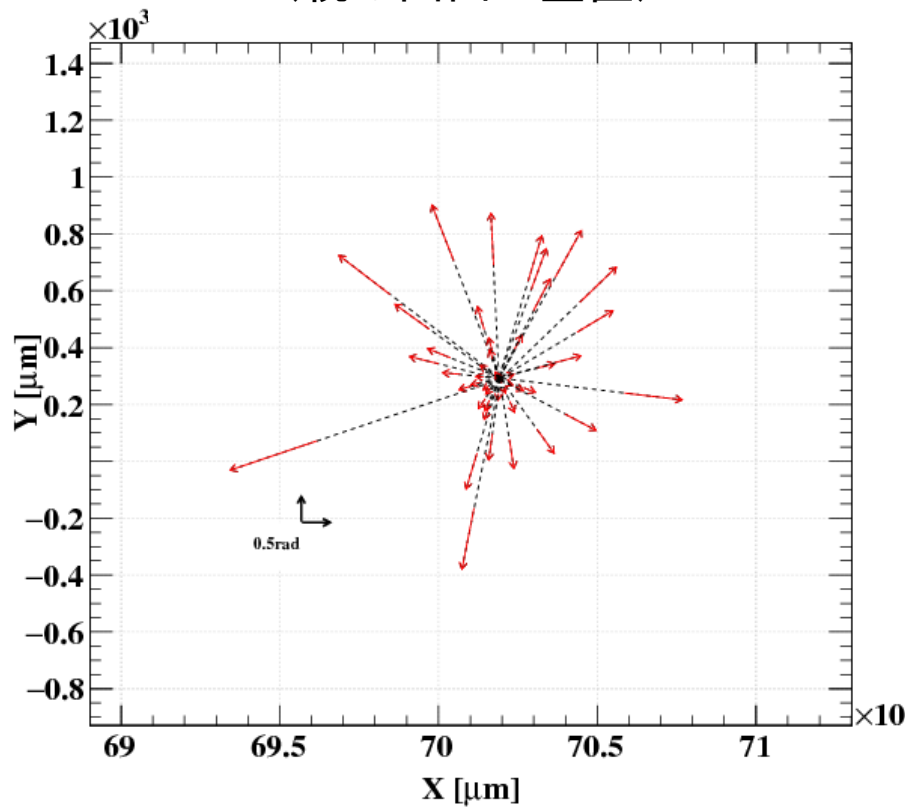
③ 反応点よりも上流に繋がる飛跡や他の乾板に繋がらない飛跡を排除



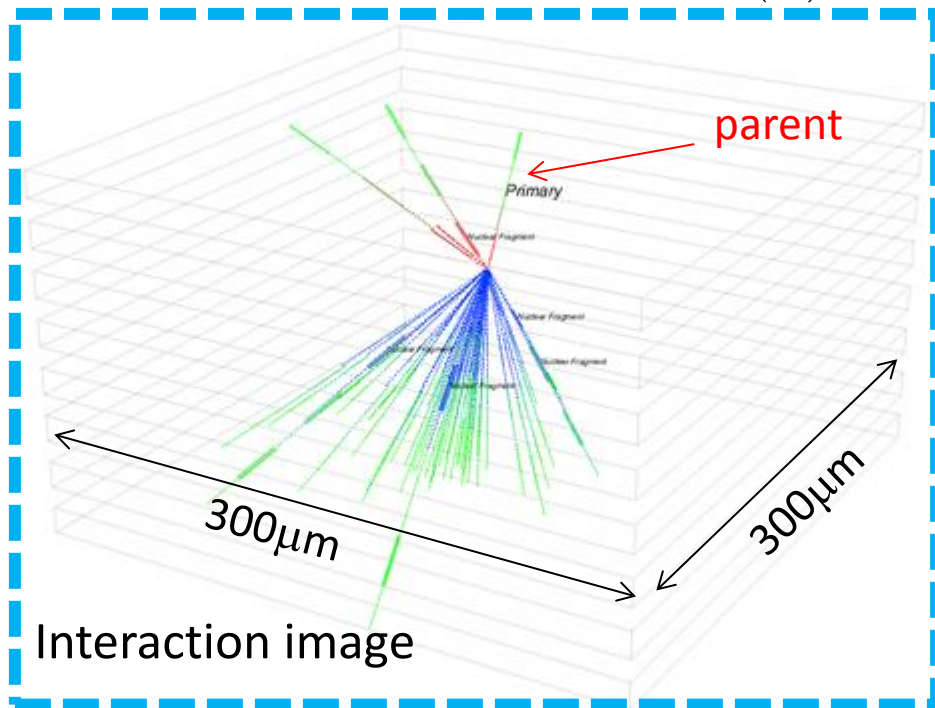
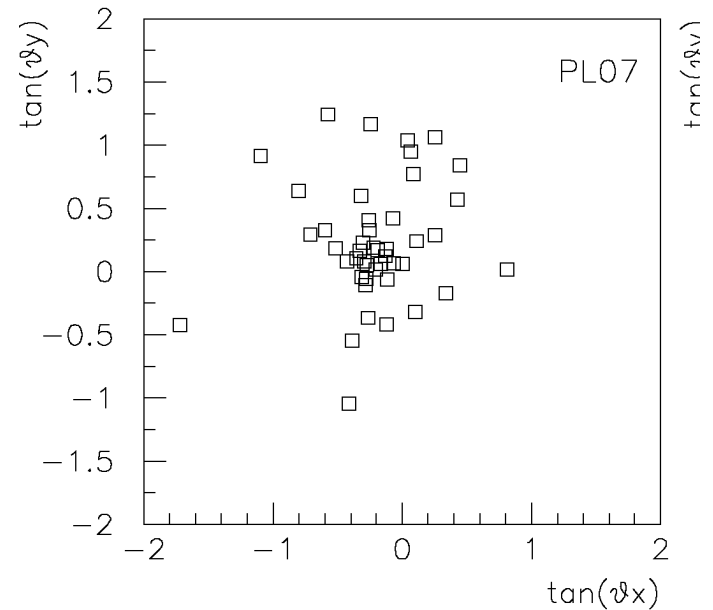
位置・角度情報

↓Primary vertexから380 μm 下流での2次粒子の様子→

位置分布
(親は画面に垂直)

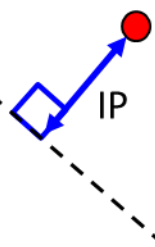


角度分布

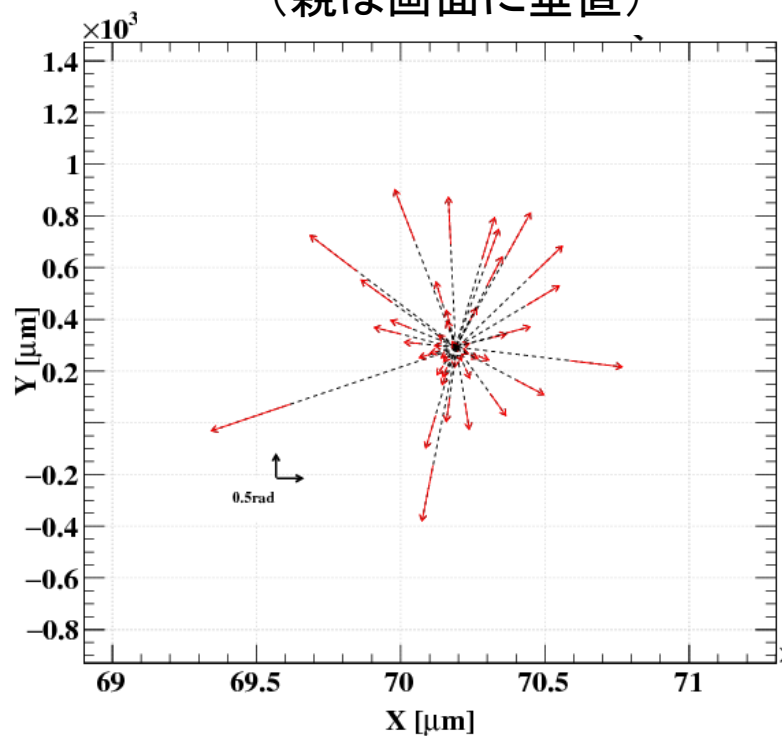


Impact Parameter

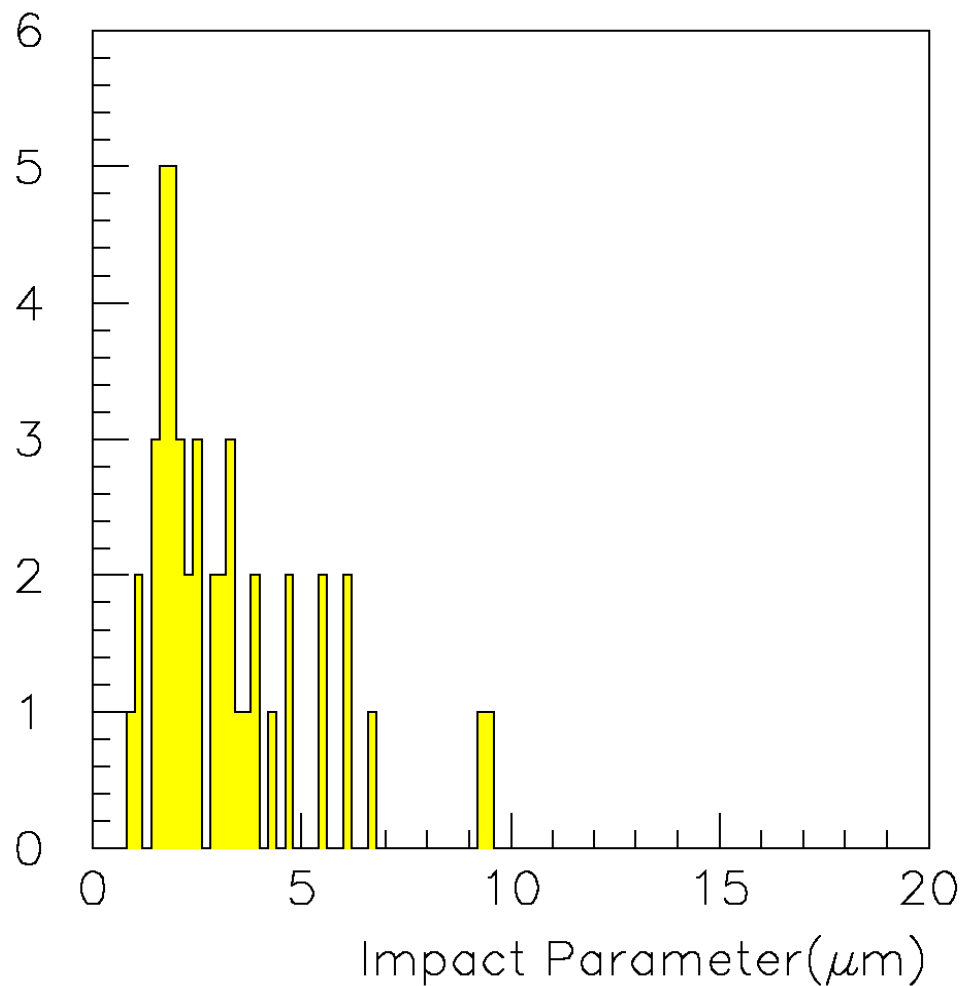
select track vertex point



ベクトルマップ
(親は画面に垂直)

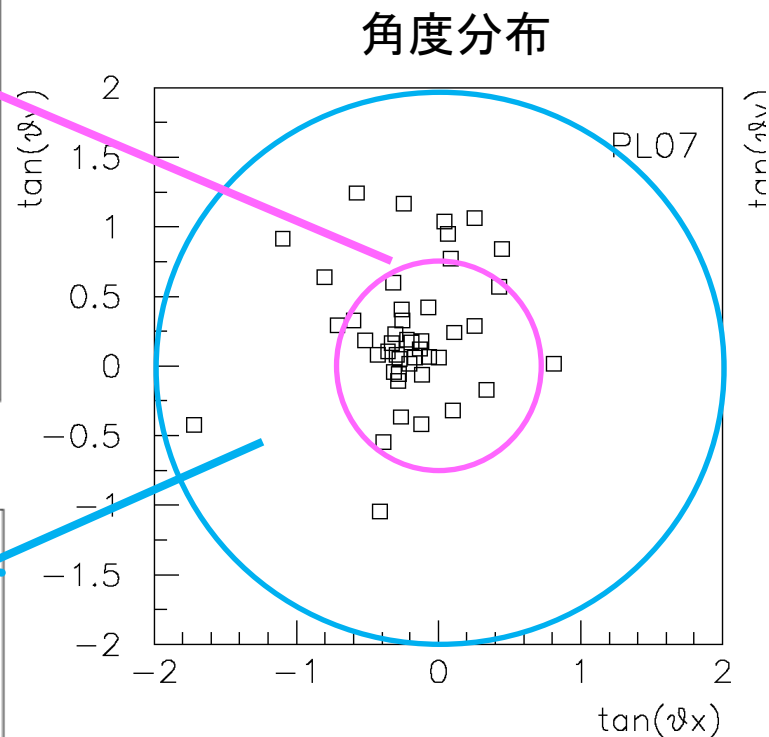
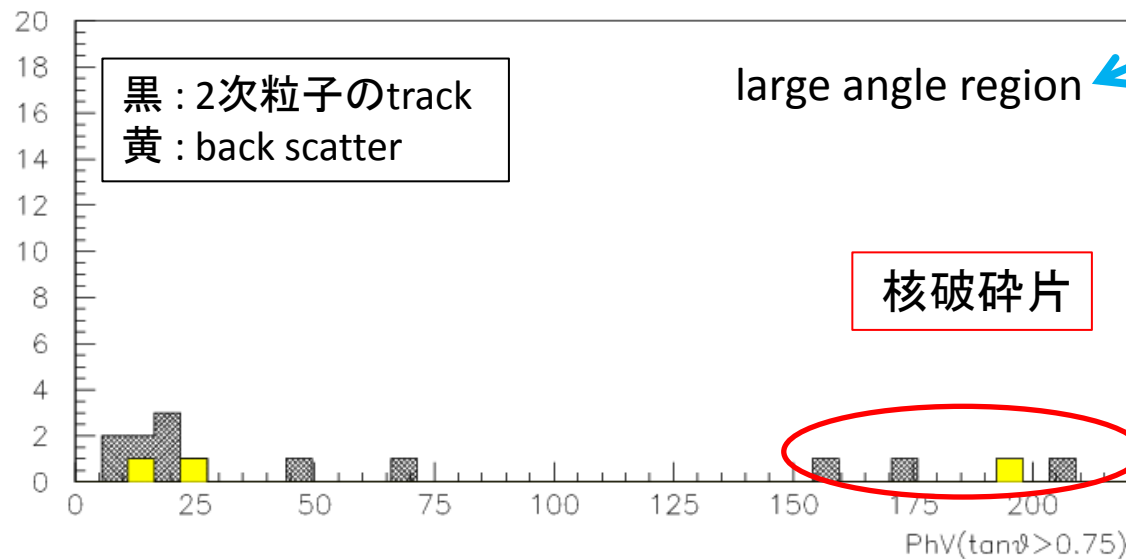
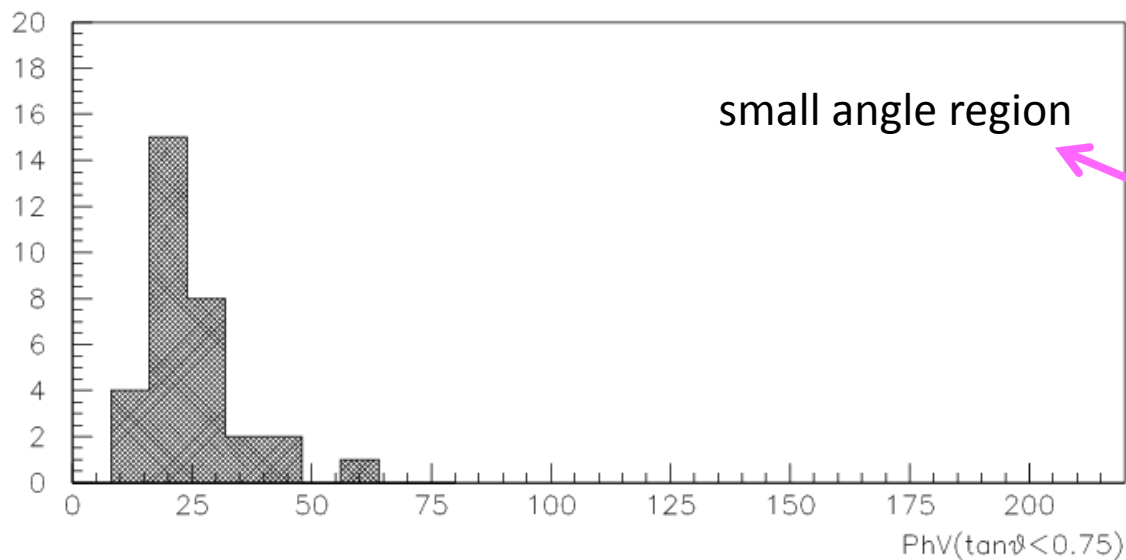


IP



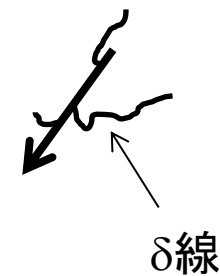
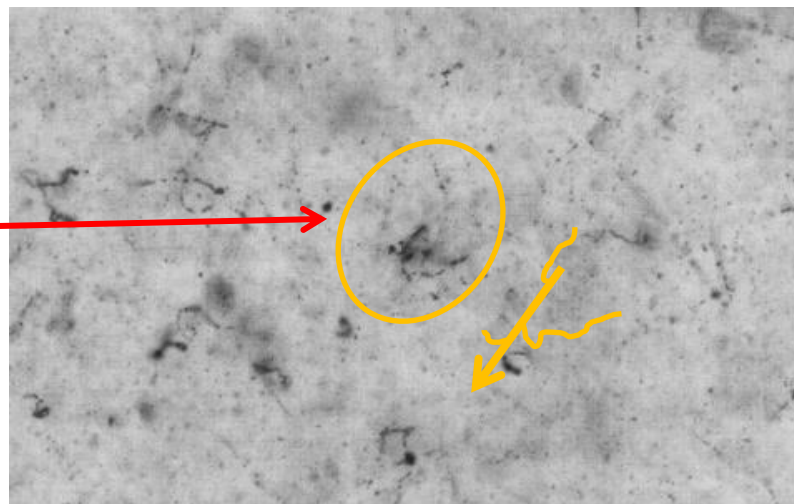
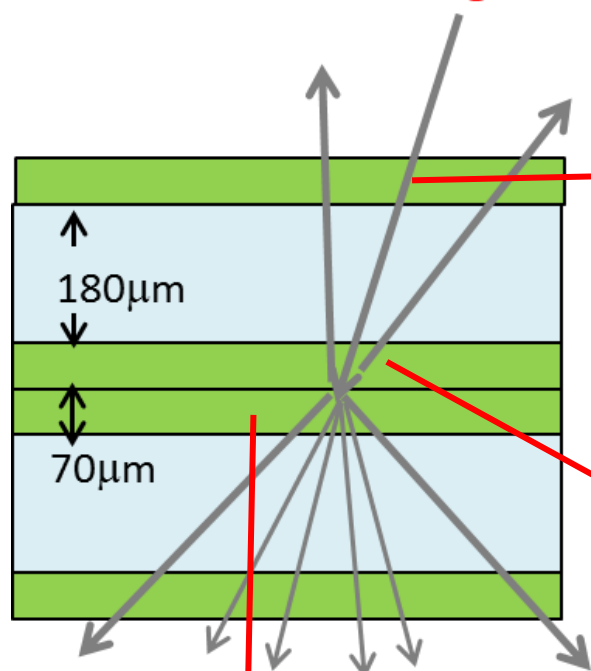
飛跡の濃さの情報

PhV ($\sim$ trackの濃さ = $-dE/dx$)

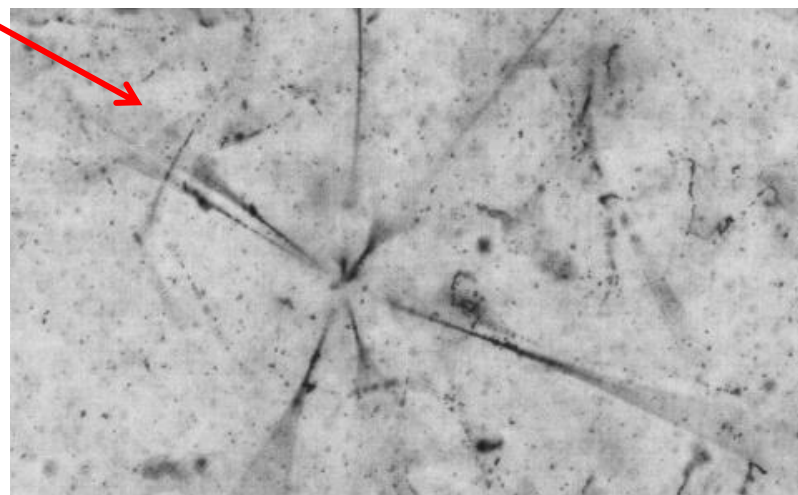
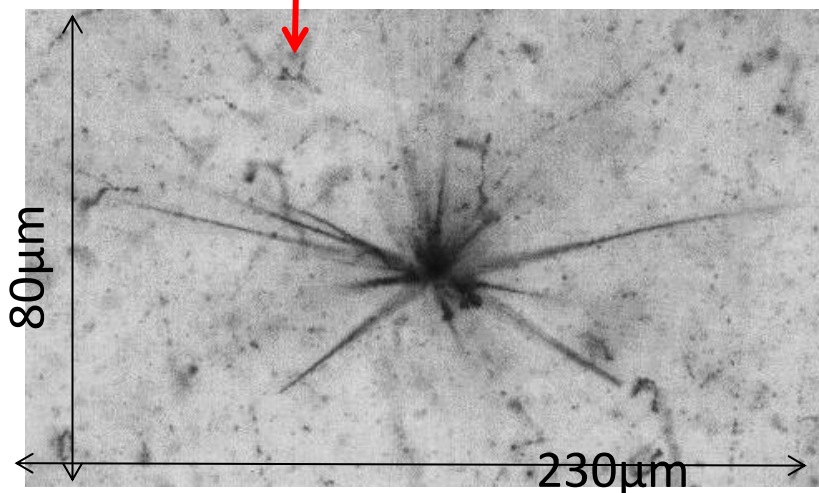


顕微鏡画像

● parent

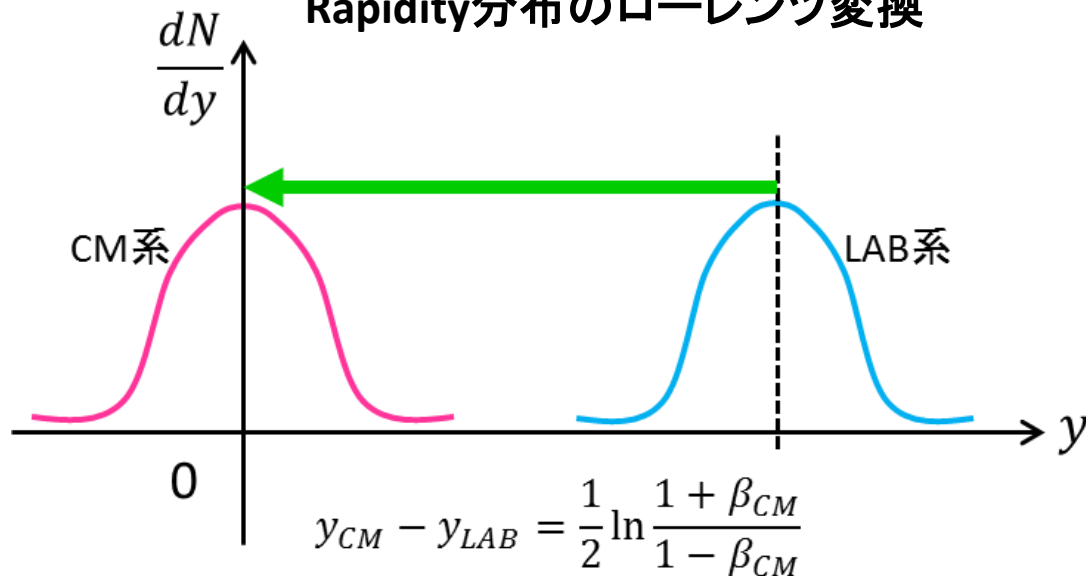


親粒子 = C,O,N

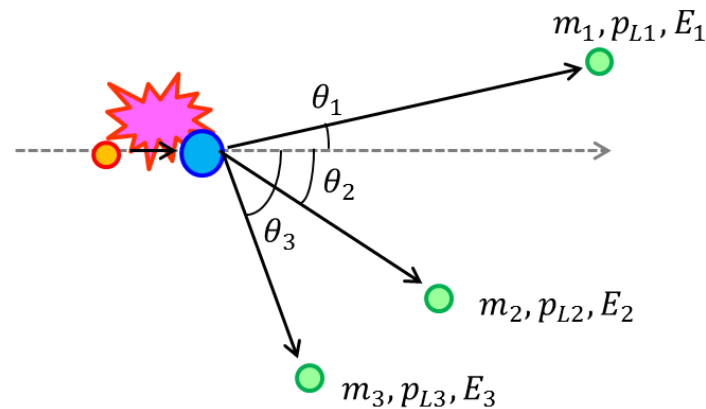


Pseudo Rapidity分布を用いた 入射粒子エネルギーの推定

Rapidity分布のローレンツ変換

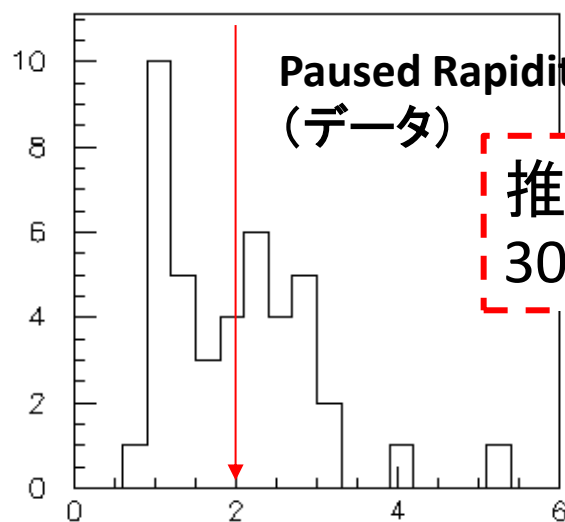


Pseudo Rapidity定義



高エネルギー領域($\beta \sim 1$)

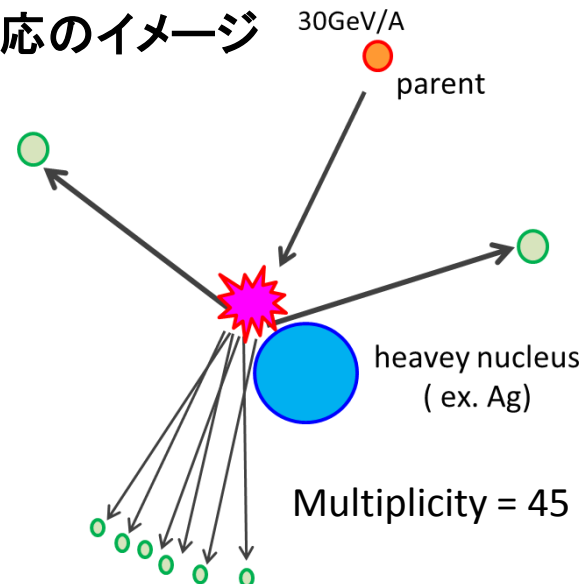
$$\eta_i = -\ln \tan \frac{\theta_i}{2} \sim y_i$$



Paused Rapidity分布
(データ)

推定エネルギー
30GeV/A

衝突反応のイメージ



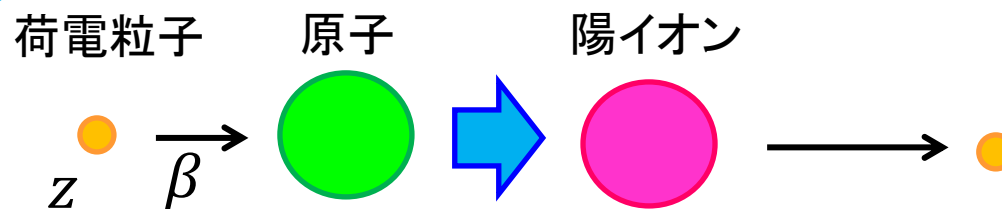
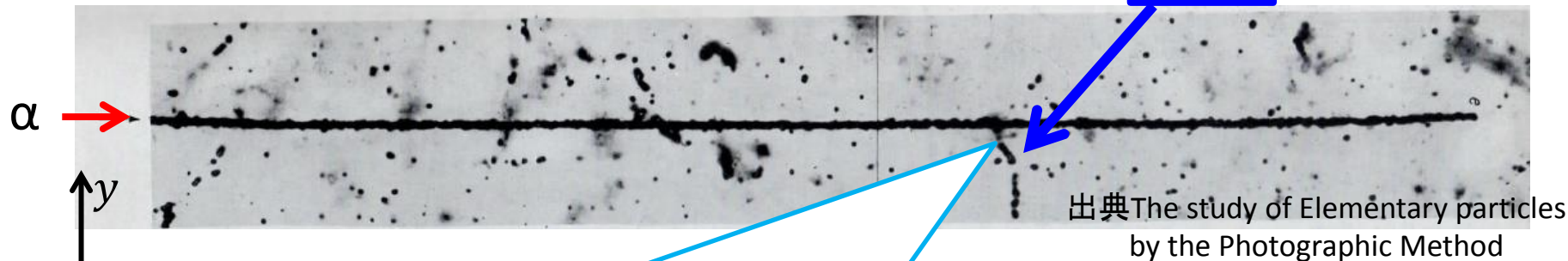
Summary

- 気球搭載原子核乾板はガンマ線、電子、ハドロン、原子核、(エキゾチック粒子)が記録されており、自動読み取りによる様々な解析の可能性がある。
- GRAINEチェンバーに記録されているハドロンインタラクション1例の解析を行った。
 - 45本の反応起因の粒子を選び出した
 - IPを評価し、ミクロンオーダーの分解能を確認した
 - PhV情報(飛跡の濃さ)から、核破砕片を検出した
 - 入射粒子には δ 線が見られ、電荷は炭素以上の原子核と期待される
 - Pseudo Rapidityから入射エネルギーを50GeV/Aと推定した

展望

- 全ハドロンインタラクションの検出アルゴリズムの開発
 - protonによるinteractionの解析
 - short decay particleの探索
- 過去の気球実験の自動読み取りによる再解析(Archives計画)

δ線

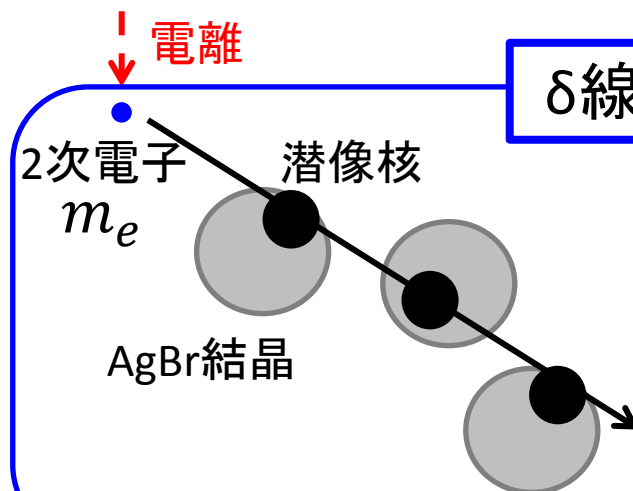


δ線の本数: N_δ

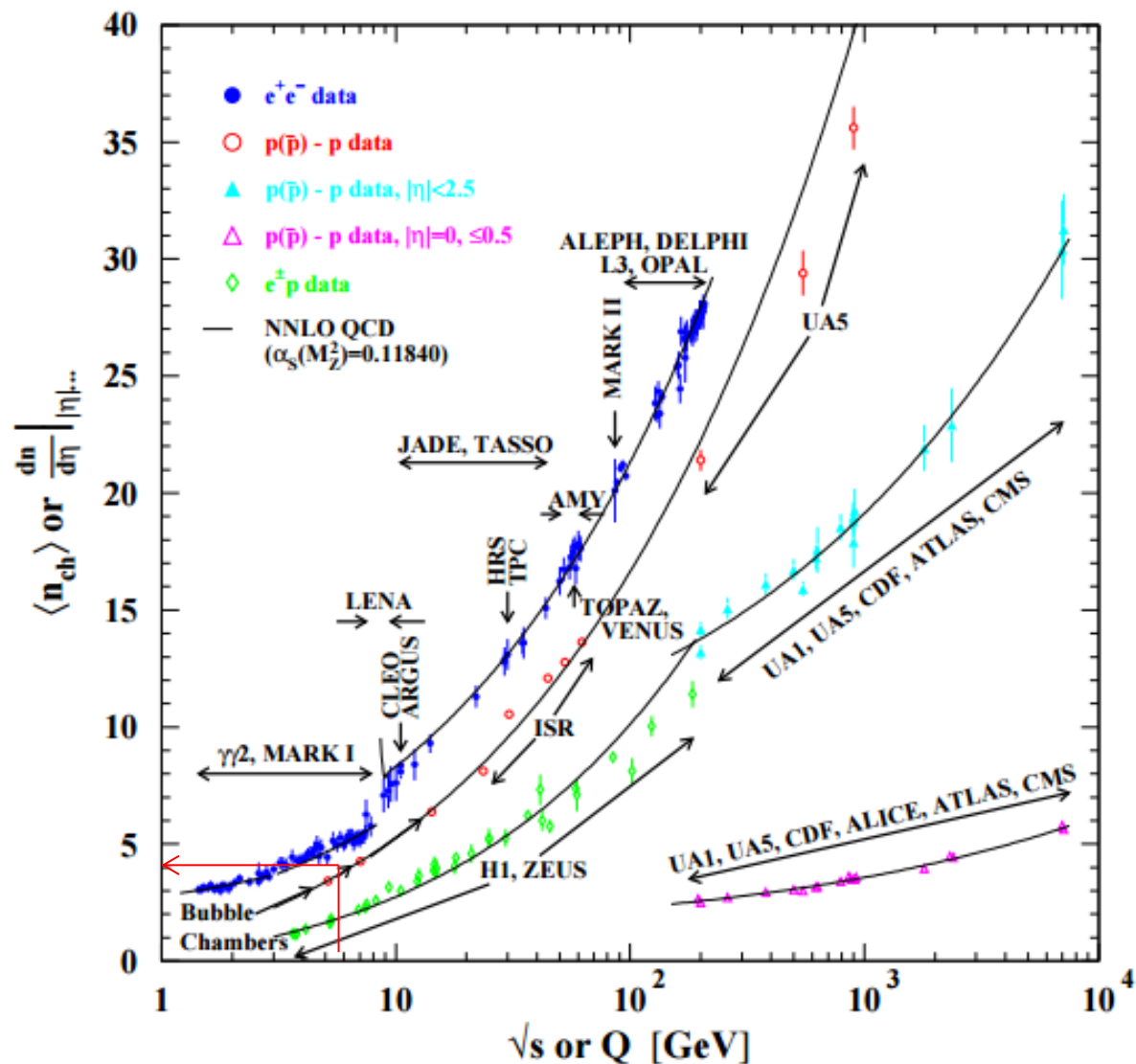
$$N_\delta = H \frac{z^2}{\beta^2} \left(\frac{m_e c^2}{E_1} - \frac{m_e c^2}{E_2} \right)$$

E_1 : δ線の最小エネルギー
(3, 4個のグレインを作ることができるエネルギー)

E_2 : δ線の最大エネルギー
= 2次電子の最大エネルギー
 $\Rightarrow E_2 = 2m_e c^2 \beta^2$



入射粒子の同定

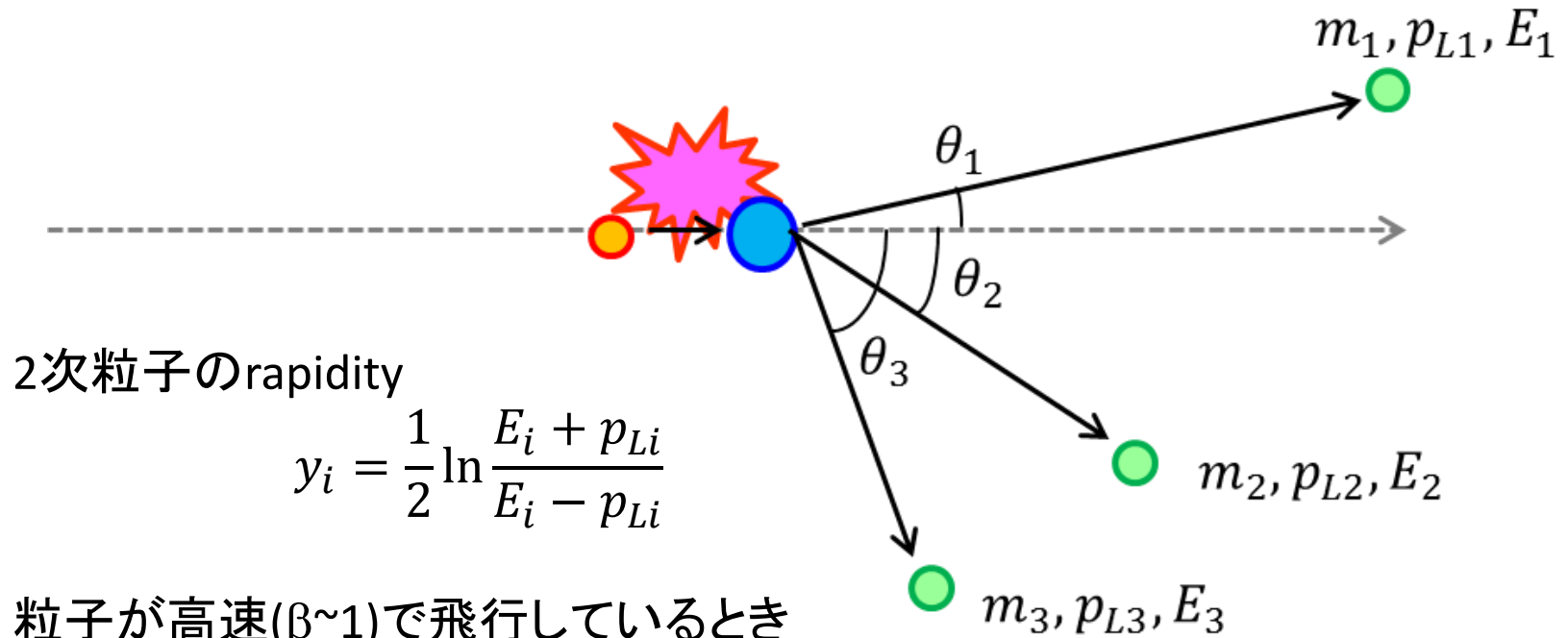


入射粒子のエネルギー
 $50\text{GeV}/A \Rightarrow \sqrt{s} \sim 7$

$p-p \rightarrow$ multiplicity ~ 4
 Interaction の multiplicity = 45

入射粒子 $\rightarrow \sim C$

Pseudo Rapidity



2次粒子のrapidity

$$y_i = \frac{1}{2} \ln \frac{E_i + p_{Li}}{E_i - p_{Li}}$$

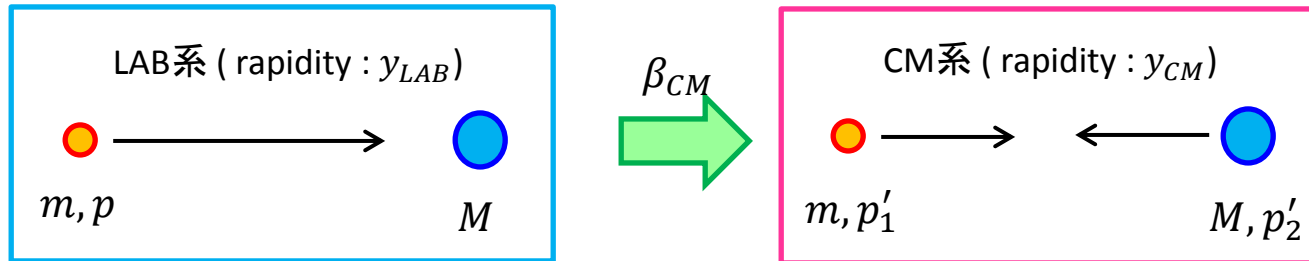
粒子が高速($\beta \sim 1$)で飛行しているとき

$p_{Li} \gg m_i$ より、

$$\frac{p_{Li}}{E_i} \sim \cos \theta_i$$

$$y_i \sim -\ln \tan \frac{\theta_i}{2} \equiv \eta_i$$

β_{CM} から入射粒子エネルギーの推測



$$\beta_{CM} = \frac{p}{M + \sqrt{m^2 + p^2}}$$