

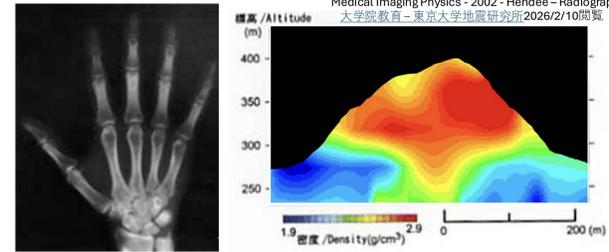
# 未増感原子核乾板を用いた陽子線によるエネルギー損失イメージングの実証

原愛梨菜<sup>1</sup>, 木村充宏<sup>2</sup>, 中竜大<sup>1</sup>, 浅田貴志<sup>1</sup>, 関川拓斗<sup>1</sup>, 大林顕治<sup>1</sup>  
東邦大学<sup>1</sup>, 名古屋陽子線治療センター<sup>2</sup>

「極低放射能技術」研究 2026年3月6日 神戸大学 百年記念会館

## イントロダクション

原子核乾板を用いたイメージング  
～ラジオグラフィ～  
原子核乾板や写真フィルムを用いた貫通数の変化でイメージングを行う手法



～ラジオグラフィの課題～  
X線、ミュオンでは単一物質で数cm程度の物体には適さない

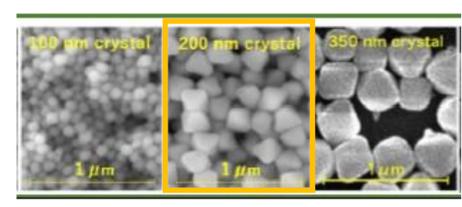
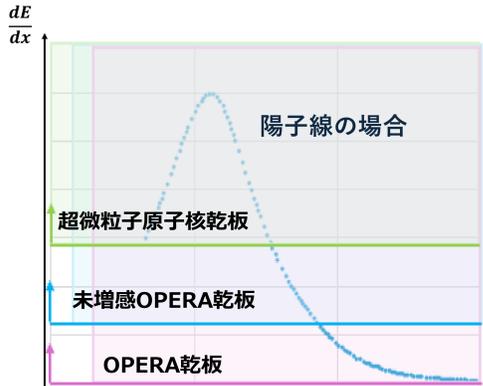
～陽子線の利点～  
・陽子線は数cmの物体を貫通  
・エネルギー損失の変化が大きい  
→エネルギー損失の変化を利用してイメージングを行い、その新手法の原理実証を行う

陽子線イメージングの新手法開発

放射線のエネルギー損失に対する応答が未増感原子核乾板で調べられていない

- ・未増感原子核乾板の感度を決定
- ・未増感原子核乾板× VPH  
単乾板でエネルギー損失の変化で物体の構造を可視化

## 未増感OPERA乾板



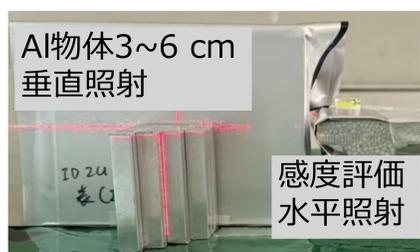
～結晶サイズ～  
Nano Imaging Tracker: 70 nm  
未増感OPERA乾板: 200 nm

- ・ OPERA乾板(200 nm)の原子核乾板の増感を除いた**低感度乾板**
- ・ 中・高電離粒子の飛跡を認識
- ・ 本実験のバックグラウンドである**宇宙線を飛跡認識しない**

未増感OPERA乾板は低感度で陽子線のエネルギー損失の領域を測定するのに適した検出器

## 陽子線照射実験

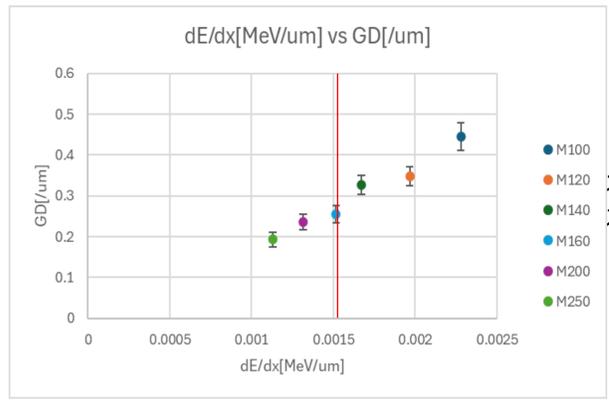
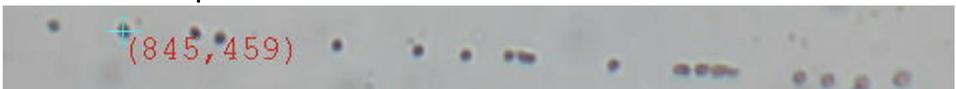
～名古屋陽子線治療センター～  
照射条件:  $\sim 10^5 / \text{cm}^2$ ,  $134.8 \pm 1.0 \text{ MeV}$   
照射ルーム: G2 → 面照射が可能



## 実験1: 未増感OPERA乾板の感度評価

～低感度原子核乾板の感度評価(水平照射)～

感度評価の指標: Grain Density(GD)  
GD: 飛跡1  $\mu\text{m}$ あたりの現像銀の個数

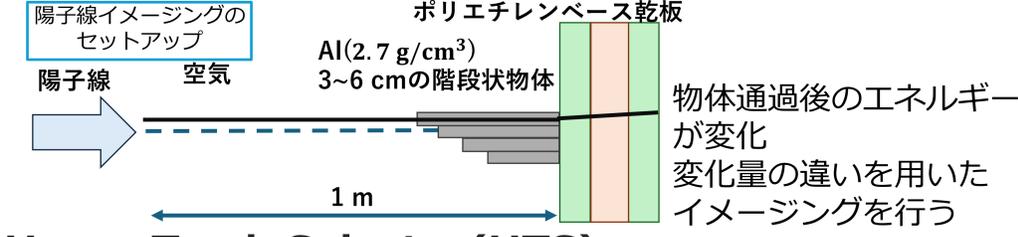


～感度評価の結果～  
未増感OPERA乾板で初めて感度評価を行った

## 実験2: 陽子線イメージング

～イメージング(垂直照射)～

ポリエチレンベース乾板に対して垂直にアルミ物体3~6 cmを階段状に並べて陽子線を照射



## Hyper Track Selector(HTS)

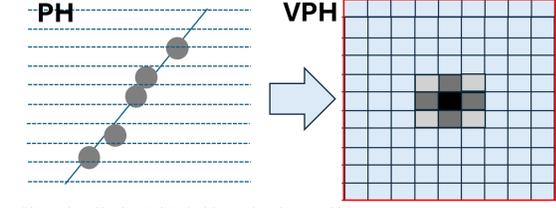
名古屋大学にある垂直トラックを読み出すスキャニングシステム

～飛跡らしさの定義～

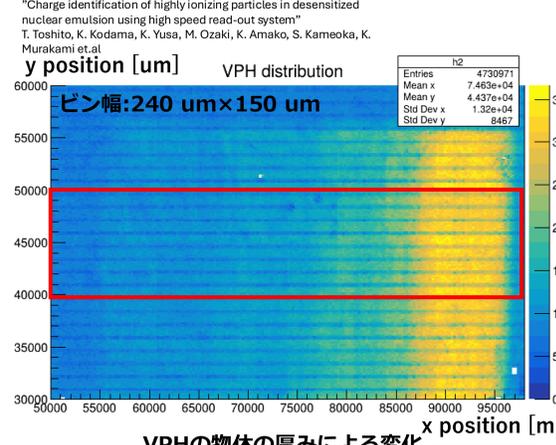
原子核乾板を24層撮像  
**Pulse Height**: 現像銀の有無を二値的に返す指標  
最大**16層**までヒット  
イメージングの垂直飛跡を測定した



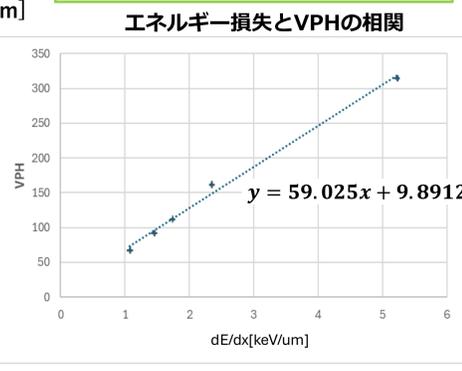
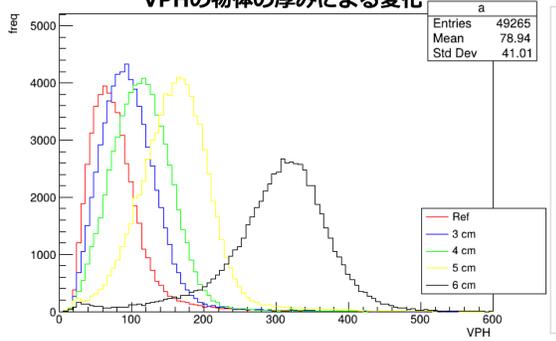
## イメージング結果の解析



**Volume Pulse Height(VPH)**  
撮像にヒットした現像銀の大きさを返す指標  
定性的にエネルギー損失との相関がある



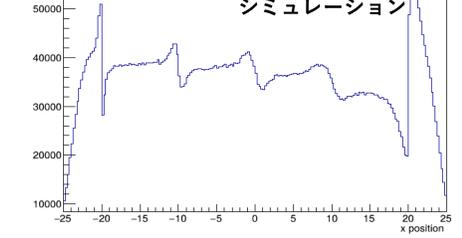
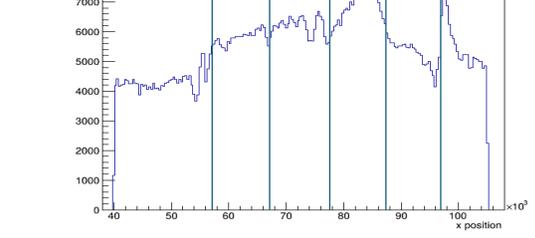
・物体長の変化に応じてVPHも変化  
→物体長でのエネルギー損失が変化  
※Z軸に平均VPHを用いた  
物体の長さを測定すると  $1.01 \pm 0.001 \text{ cm}$  であり  $0.1 \text{ mm}$  の物体の差異まで判別できる



Geant4シミュレーションで物体通過後の乾板内のエネルギー損失を推定  
エネルギー損失とVPHに相関があることを示した

## 考察

・飛跡認識率の影響で、物体を飛跡数密度だけでは内部構造を確認できない  
→エネルギー損失の変化で行うイメージングが有用であることを示した



## まとめ・展望

- [まとめ]
- ・ VPHとエネルギー損失の相関を実験的に示した
  - ・ 低感度原子核乾板によるスキャンデータを用いた間接的なイメージングを行うことができた
- [展望]
- ・ VPHとエネルギーのキャリブレーションを行い、実測したデータでの対応関係を作成し密度長まで推定する
  - ・ VPHの角度依存性を確かめる
  - ・ 物体の位置決定精度を定義する