

放射性物質から出てくるガンマ線のエネルギーは、放射性物質の種類によって異なります。このエネルギーの違いを正確に見分けることができる高性能な検出器は、高価でかつ大型なため、本研究では、安価でかつ小型で高性能なガンマ線検出器の開発を目指しました。

高エネルギー分解能 臭化タリウム半導体検出器の大型化

名古屋大学工学研究科
東北大学工学研究科

渡辺 賢一, 山崎 淳
人見啓太郎

研究の必要性

原子力施設の廃止措置時には廃棄物の放射性／非放射性的の判断が必要

→ガンマ線の計測が重要

・・・ガンマ線のエネルギーは放射性物質の指紋
高いエネルギー分解能＝指紋識別能力が高い

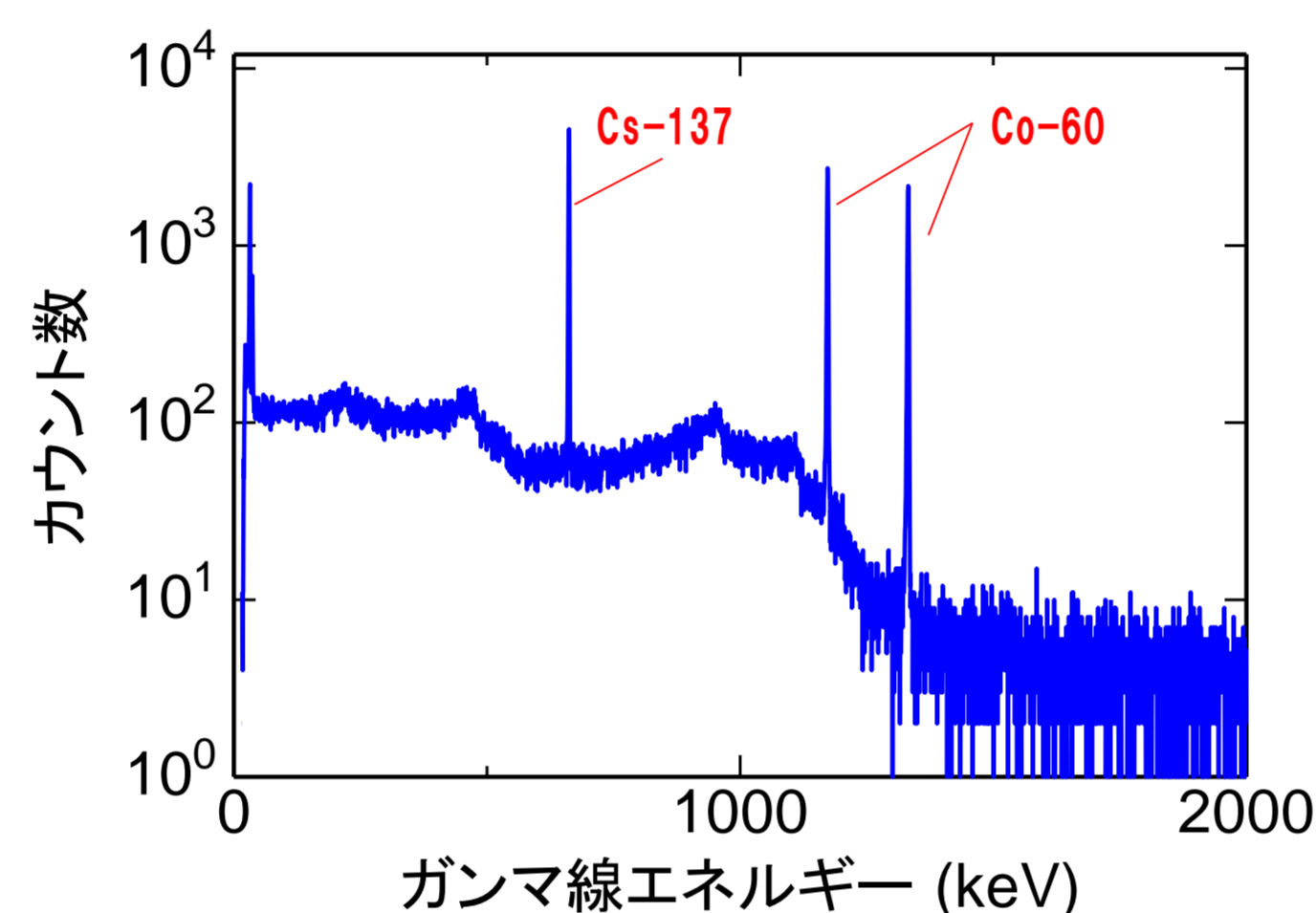
従来:

高純度ゲルマニウム
半導体検出器

◎高エネルギー分解能

×可搬性に難あり

(液体窒素温度程度に要冷却)



高純度Ge半導体検出器で測定したガンマ線スペクトルの例

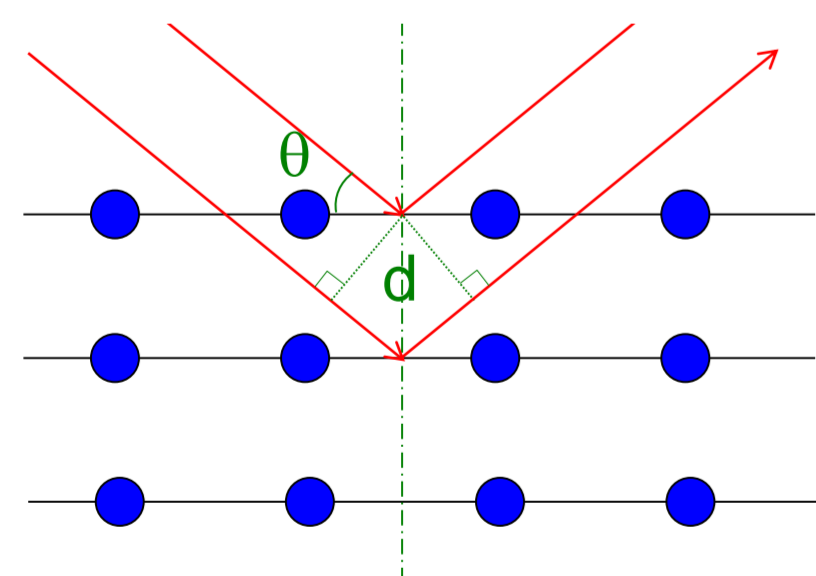
「ポータブルな高エネルギー分解能ガンマ線検出器」
開発が必要

研究の成果

中性子の回折現象を用いた結晶品質評価

ブラッグの回折条件

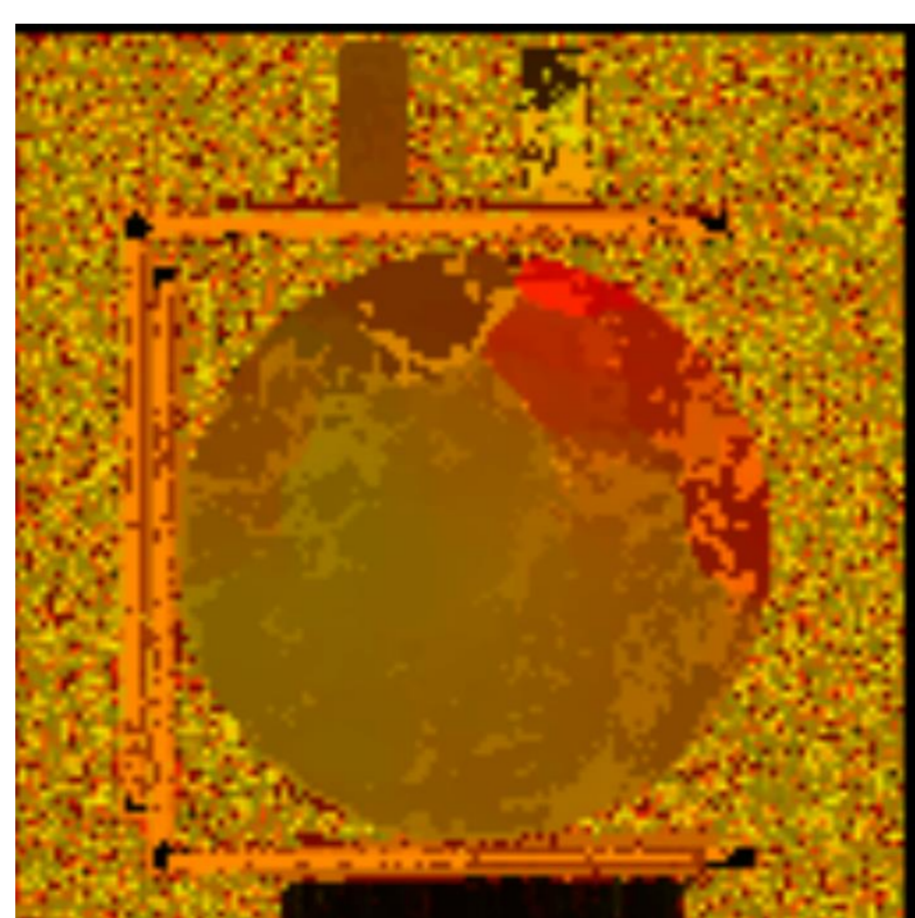
$$n\lambda = 2d \sin \theta$$



大型中性子源施設

J-PARC (日本)、ISIS (英国) にて、ブラッグの回折条件を利用して、世界で初めて、TlBr結晶の結晶方位分布を取得

大型結晶内で不均質な部分を確認



大型 (18mm) TlBr 結晶内の結晶方位分布

- ◎結晶面の間隔・向きを評価可能
- ◎中性子の高い透過力
→結晶の深部まで評価可能
- ※X線回折では分析できるのは表面のみ

結晶育成・アニール (熱処理) 条件の最適化に道筋

まとめ

- 中性子回折による結晶方位分布評価法を確立
→大型・高品質結晶育成条件の最適化に道筋
- 高いエネルギー分解能を得られ反転可能かつ並列化可能な電極構造考案 → 大型検出器の基本構造

TlBr検出器の大型化に関する有用な技術を開発

今後は・・・

大型結晶の育成条件最適化・実際に大型検出器の製作

ポータブル・高効率・高エネルギー分解能のガンマ線検出器の実現を

研究の目的

高純度Ge検出器に代わる検出器候補

臭化タリウム (TlBr) 検出器

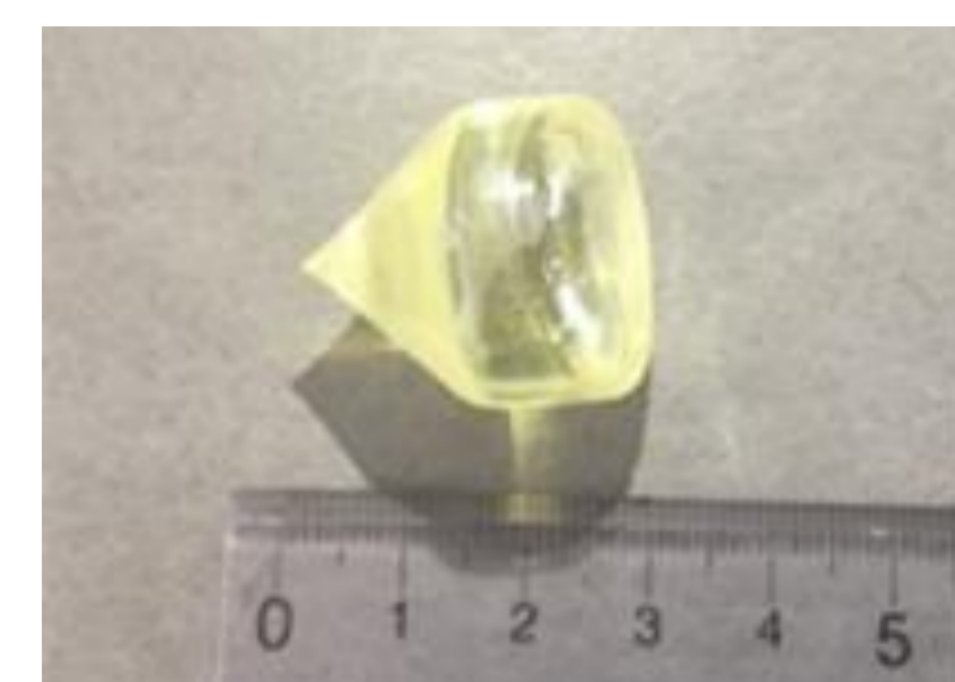
高エネルギー分解能・冷却不要 (可搬性: 良)

・・・現状では小サイズ (5mm角程度) に限定

→大型 (20mm以上) 検出器の実現が実用化への鍵

大型化に向けた問題点

- ・結晶の品質、均一性の向上
→結晶品質評価法の確立
- ・効率的な電荷収集が可能な
検出器構造の決定



1インチ径のTlBr結晶

検出器信号の生成プロセス

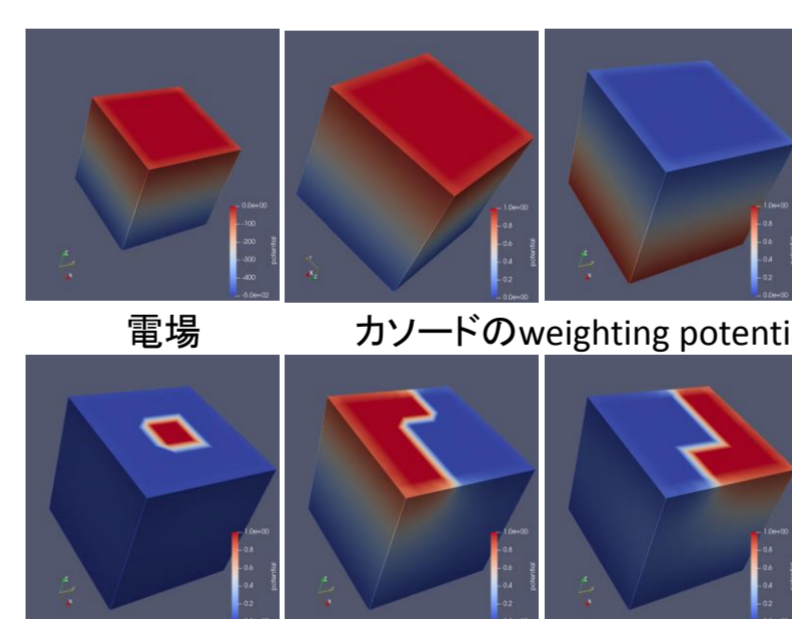
ガンマ線×検出器: 反応→電子・正孔ペアの生成
印可された電圧により電子・正孔が移動
→電気信号が生成・・・信号の大きさ＝エネルギー
エネルギーを正確に測定するには・・・

- 電子・正孔がスムーズに動くこと (高い結晶品質)
- 電気信号を効率良く誘起可能な電極の構造 が必要

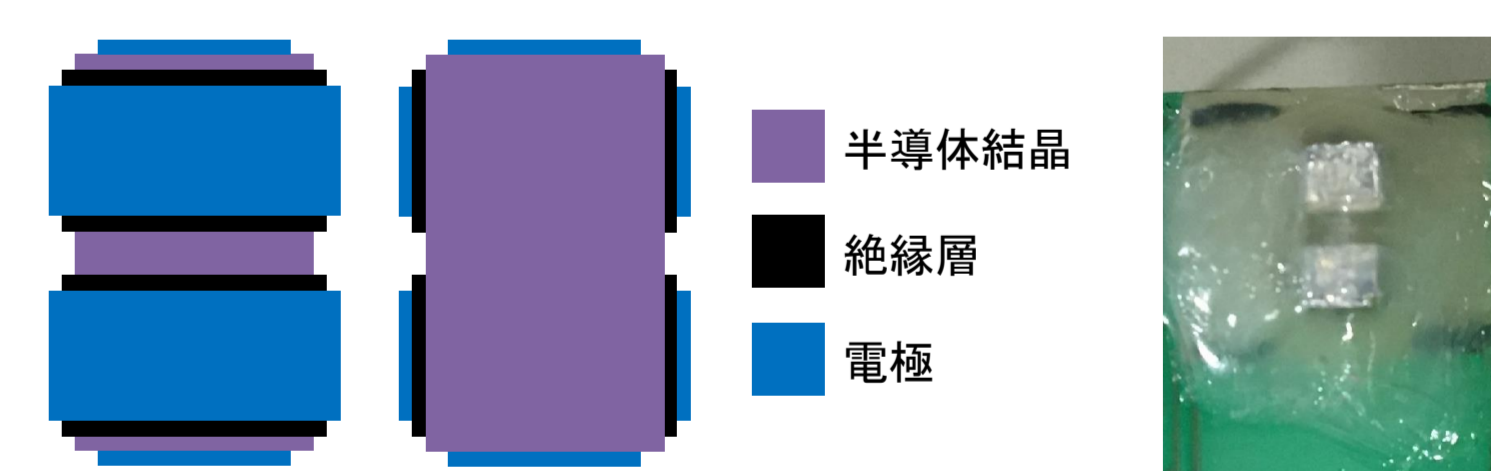
生成信号シミュレーションによる電極構造設計

電極設計のポイント

- 電子の寄与を強調 (正孔は遅いので) ○反転可能 (分極により印可電圧反転が必要)

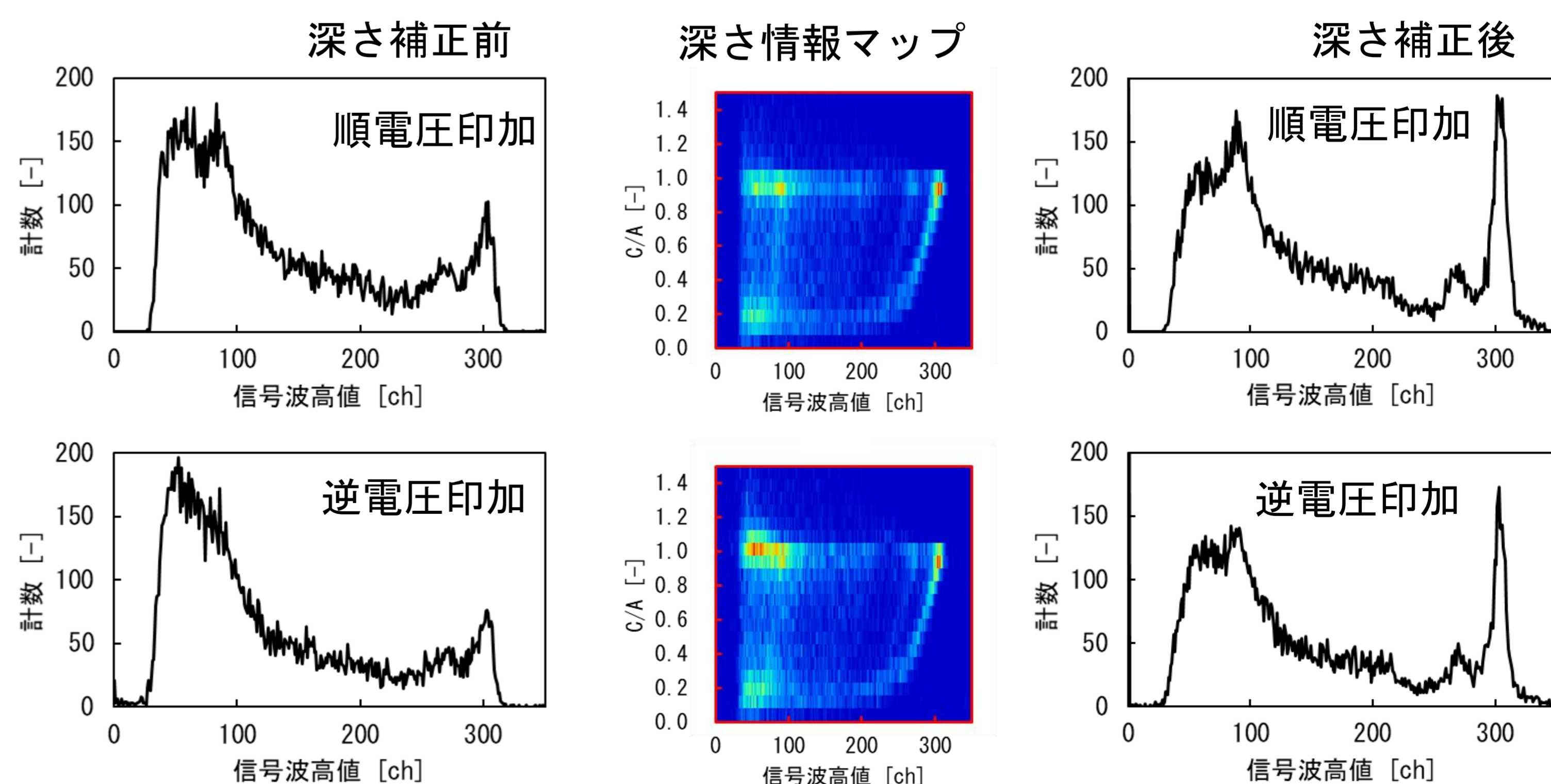


電子-正孔対輸送シミュレーション + Schokley-Ramoの定理による誘起電荷計算



Reversible Capacitive Frisch Grid型検出器構造が有力候補

- ◎電子の寄与を強調可能 ◎漏れ電流が少なく並列化も



印加電圧を反転しても高いエネルギー分解能で測定可能 & 並列化可能＝大型化可能