

JST 新技術説明会

放射線の“見える化”を小型・軽量で実現
：低コスト新型γ線カメラ



日本原子力研究開発機構
廃炉環境国際共同研究センター
北山佳治

● 自己紹介



日本原子力研究開発機構 

北山 佳治

Kitayama Yoshiharu

登山、溪流釣り、工作、楽器

2007 ● [17歳] 高校卒業程度認定試験
バンド活動に従事

2017 ● [27歳] 信州大学理学部物理学科 卒業
高エネルギー物理、**ガンマ線検出器開発**に従事

2019 ● [29歳] 東北大学大学院量子エネルギー工学 博士課程前期 修了
加速器ビーム制御アルゴリズム開発に従事

日本原子力研究開発機構 配属
ガンマ線イメージング技術開発に従事

2024 ● [35歳] 東北大学大学院量子エネルギー工学 博士課程後期 修了
本技術の原理実証で博士取得



ガンマ線イメージングとは

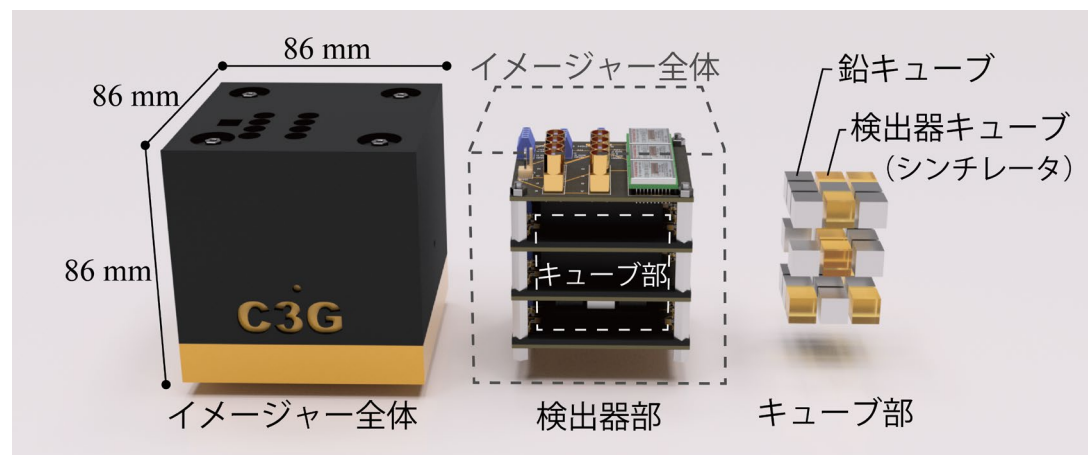
放射線源が隠された車はどれでしょうか



● 5分間 サマリー

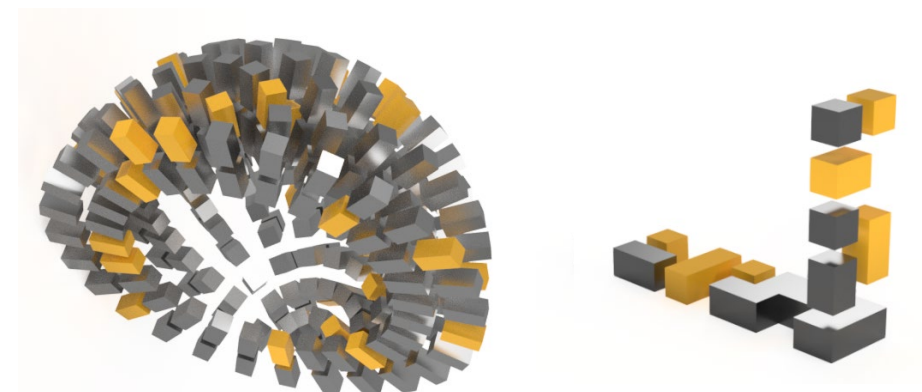
より高性能でより低価格なイメージャーの開発

Coded Cube Camera for Gamma-ray: C3G



製作した試作機

将来的に



様々な応用に特化した形状に変形可能

持ち運ぶ？

軽量性

線源が広範囲に分布？

視野の広さ

色んな核種を同時に見たい？

エネルギー領域

複数台必要？

製作コスト

微細な分布が必要？

解像度

C3G



1 kg以下と超軽量※



360度視野



低から高エネルギーまで
(数十 keV～数千 keV見込み)



従来の約1/10※

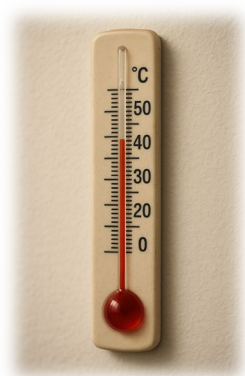


エネルギーや線源
位置により変動

※最小構成要素の原理検証用モデルにおいて

実現したいビジョン

見えない世界が、あたりまえに「見える」未来へ



温度計で温度を測るように



時計で時間を確認するように

放射線を「見る」「測る」「感じる」ことが、誰にとっても当たり前になる世界。
見えない恐怖による風評被害がない世界。

その鍵となるのが、
どんな現場でも使える、誰でも扱える、圧倒的に低コスト
なイメージング技術。

● 従来技術とその問題点

より高性能でより低価格なイメージャーの開発

		持ち運ぶ？ 軽量性	線源が広範囲に分布？ 視野の広さ	色んな核種を同時に見たい？ エネルギー領域	複数台必要？ 製作コスト	微細な分布が必要？ 解像度
従来方式	ピンホール	✗ 数十kg～非常に重い	✗ 前方のみ	○ 低から高エネルギーまで (数十 keV～数千 keV見込み)	✗ 数千万円～	○
	コーデッドマスク	○ 持ち運び可能	✗ 前方のみ	△ 高エネルギーに難あり (～662 keV測定可能)	✗ 数千万円～	○
	コンプトン	○ 持ち運び可能	△～○ ものによっては 360度	△ 低エネルギーに難あり (300 keV～測定可能)	✗ 数千万円～	△ 線源位置以外にノイズ
本技術	C3G	○ 1 kg以下と超軽量※	○ 360度視野	○ 低から高エネルギーまで (数十 keV～数千 keV見込み)	○ 従来の約1/10※	△～○ エネルギーや線源 位置により変動

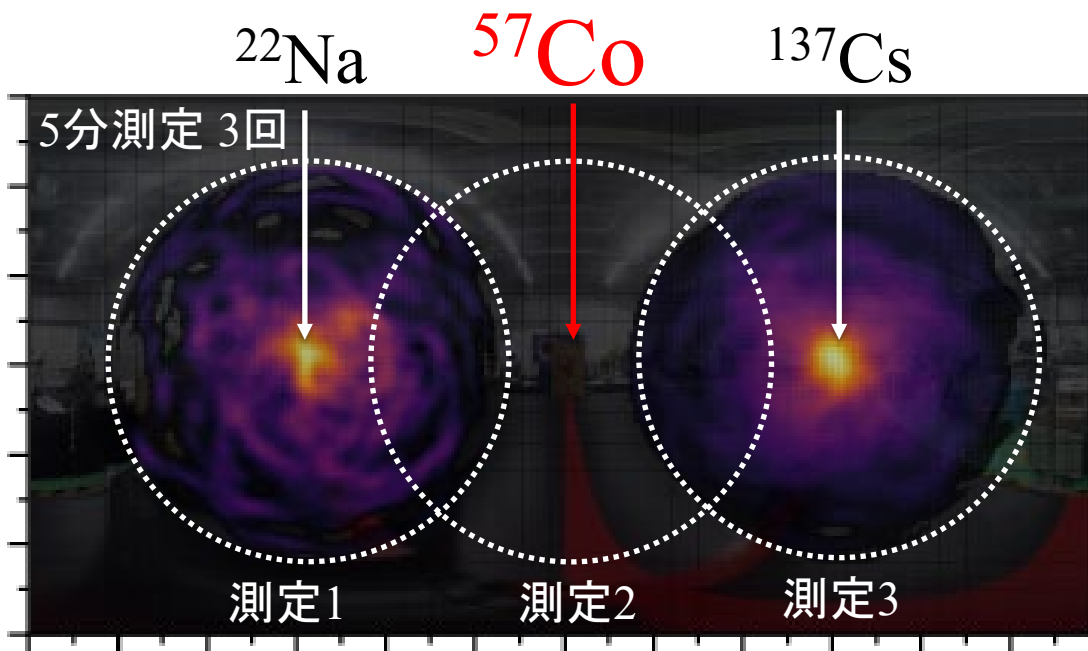
※最小構成要素の原理検証用モデルにおいて

● 従来技術とその問題点

何個の放射線源が隠れているでしょう



原子力機構で現在使用しているコンプトンカメラ
とほぼ同等のガンマ線イメージャーで実験



- ・ 視野が検出器前方だけなので複数回の測定が必要
- ・ 3回の測定でも死角は多く残る
- ・ モヤのようなノイズによって不明瞭
- ・ 低エネルギー核種は測定できない

● 新技術の特徴・従来技術との比較

コーデッドマスク方式（従来技術）

放射線の影の向きと形を利用

軽量性

視野の広さ

エネルギー領域

製作コスト

解像度

コーデッドマスク



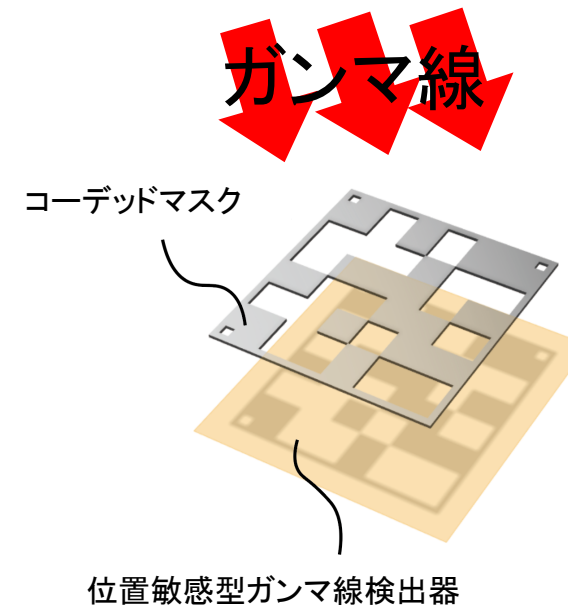
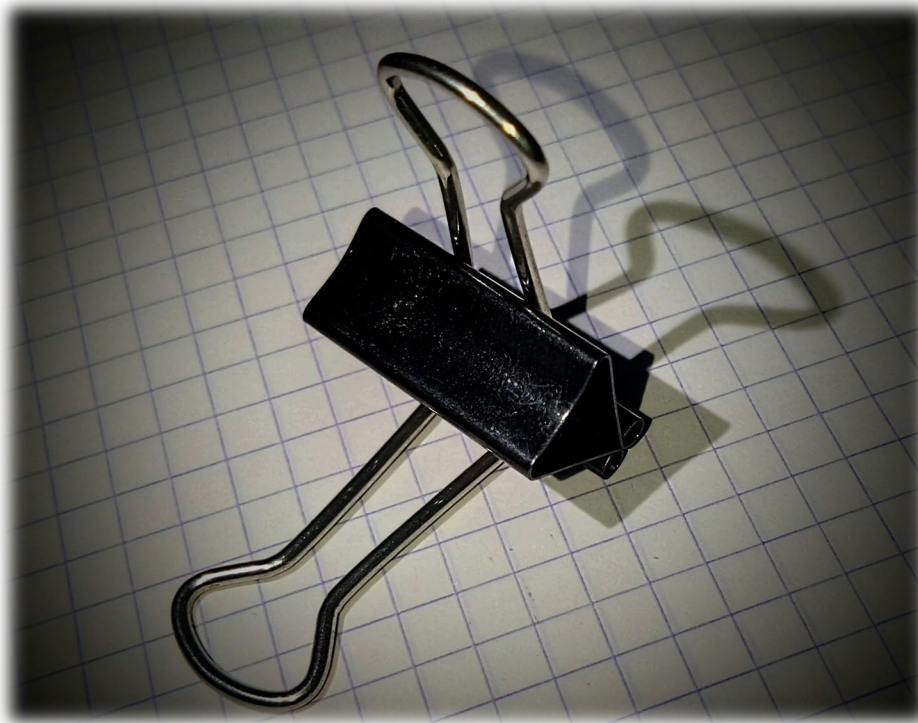
持ち運び可能



前方のみ



高エネルギーに難あり
(～662 keV測定可能)



● 新技術の特徴・従来技術との比較

コーデッドキューブ方式（本技術）

放射線の“三次元”影の向きと形を利用

軽量性

視野の広さ

エネルギー領域

製作コスト

解像度

コーデッドマスク



持ち運び可能



前方のみ



高エネルギーに難あり
(～662 keV測定可能)



数千万円～



C3G



1 kg以下と超軽量※



360度視野



低から高エネルギーまで
(数十 keV～数千 keV見込み)

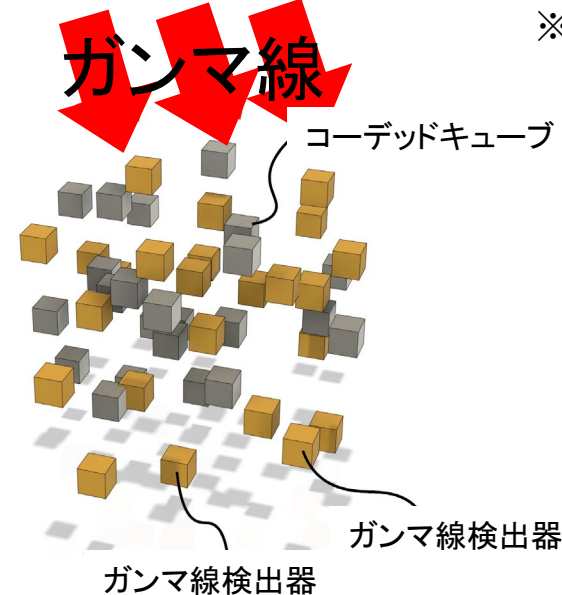


従来の約1/10※



エネルギーや線源
位置により変動

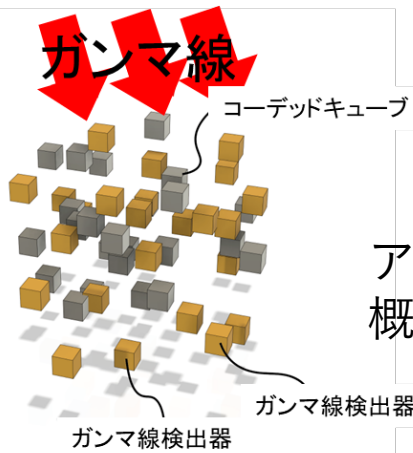
※最小構成要素の原理検証用モデルにおいて



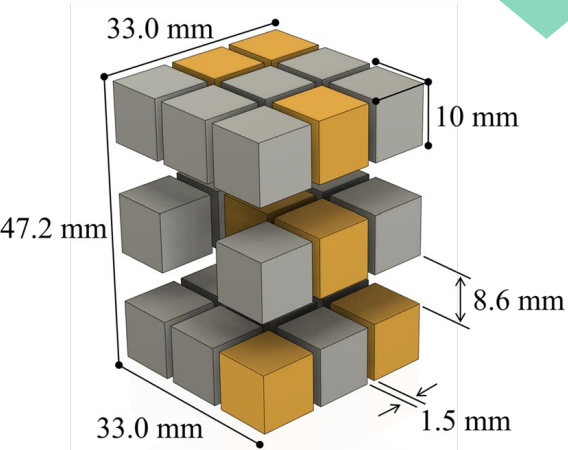
● 新技術の特徴・従来技術との比較

原理検証用モデルの製作

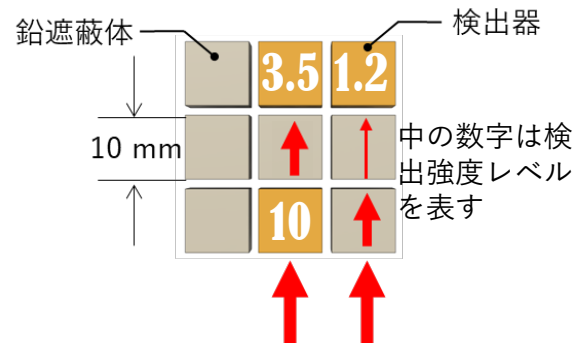
設計



原理検証に適した
形状にデフォルメ

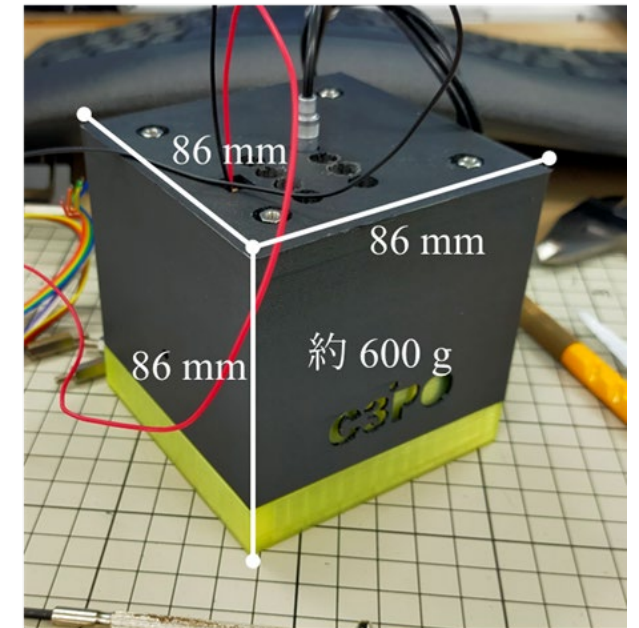
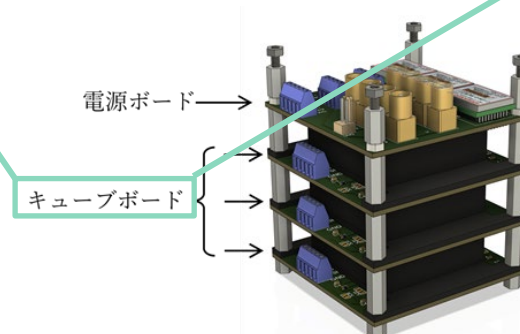
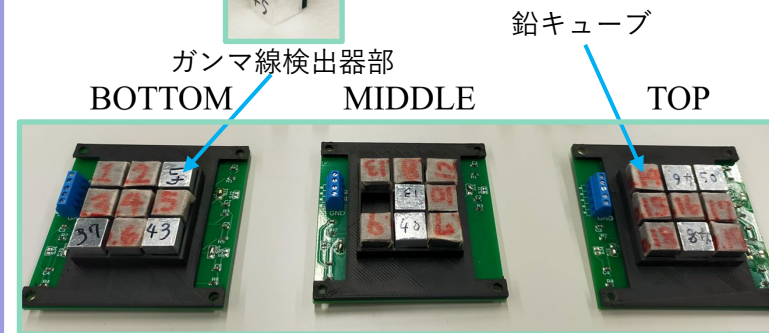


設計した原理検証用モデル



入射角度vs検出強度パターン
事前取得 = 教師データ

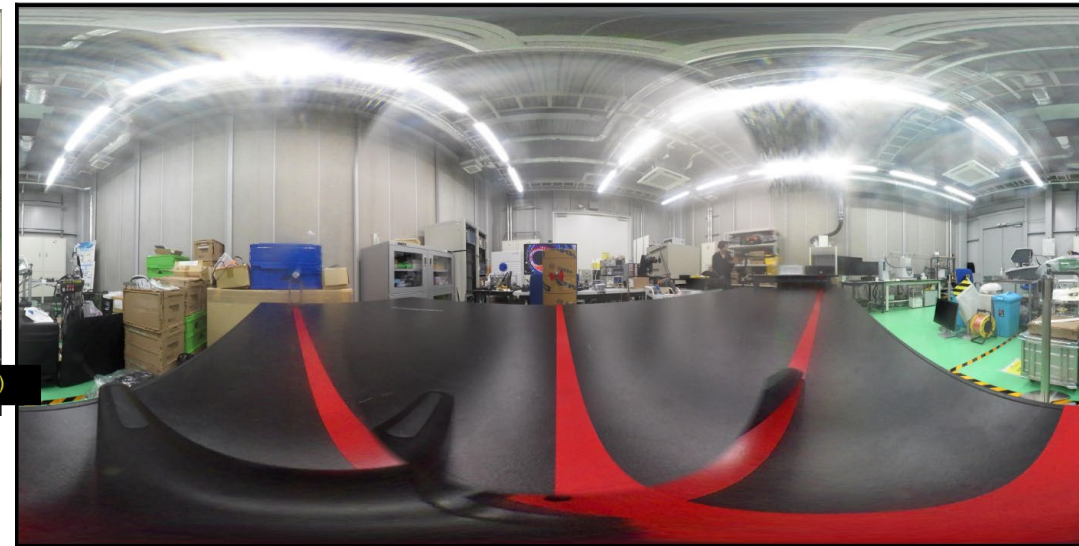
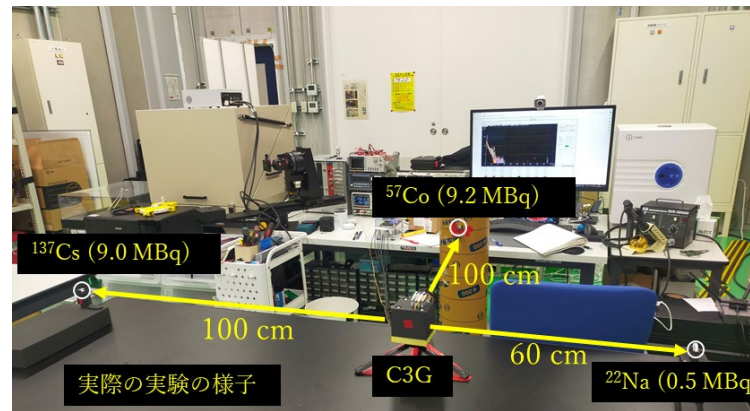
製作



製作した原理検証用モデル

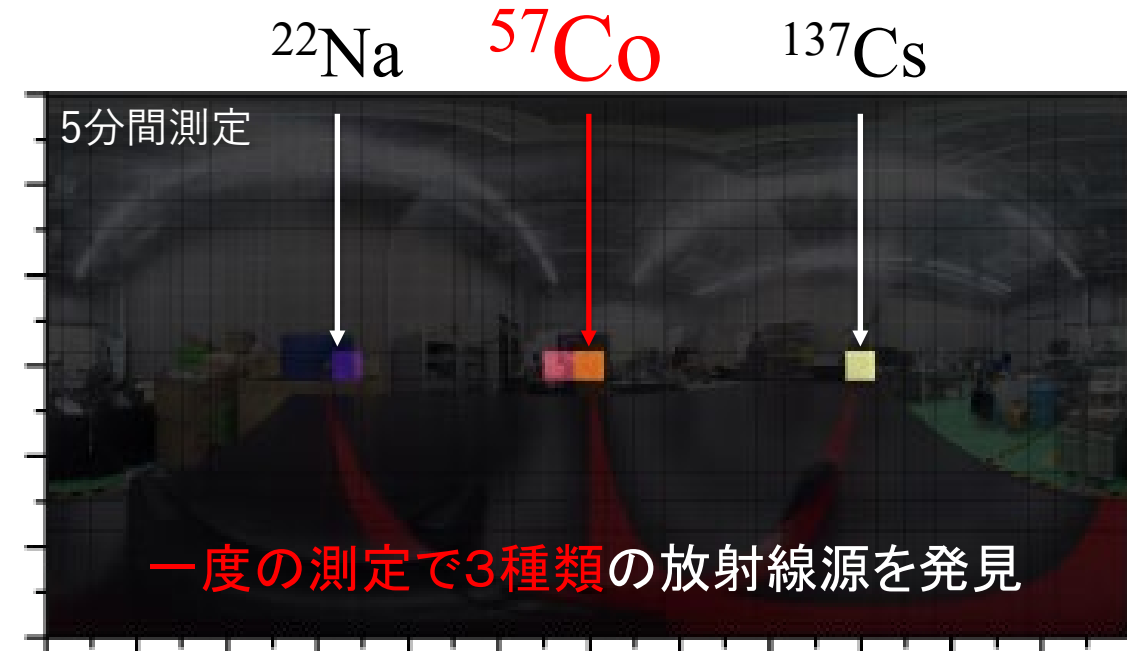
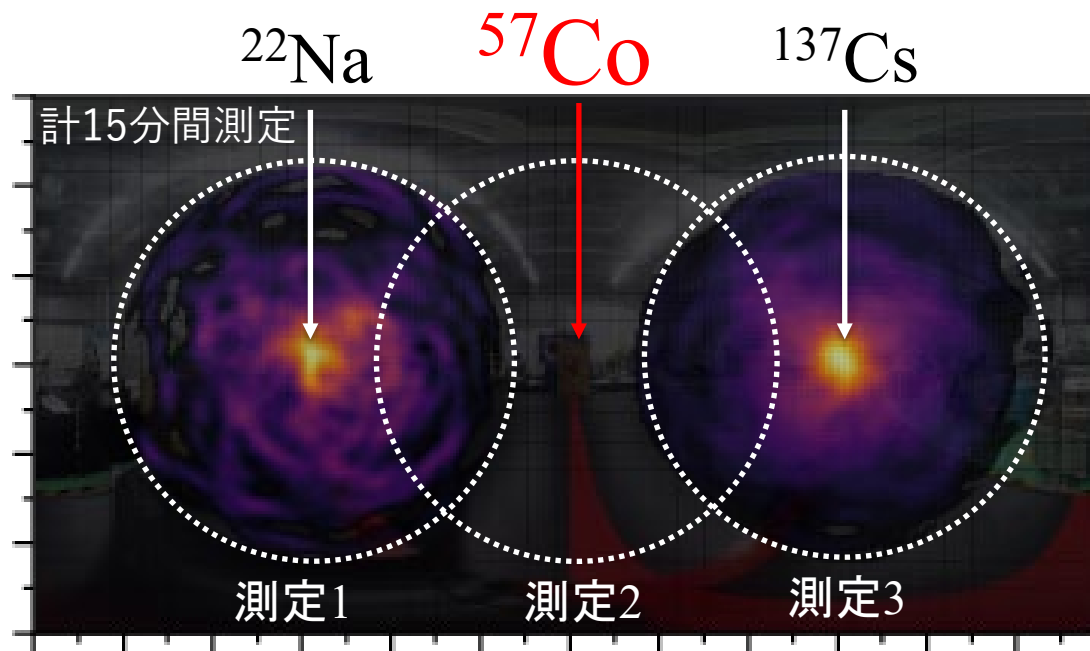
● 新技術の特徴・従来技術との比較

何個の放射線源が隠れているのでしょうか



より**広い領域**の
より**多様な核種**を
より**短時間**で
より**高精細**に
測定可能

今後さらなる**性能向上**が期待



● 想定される用途

広範な領域での迅速な線源探査

原子力施設の点検
核セキュリティ、テロ対策
環境の汚染マップ作成

軽量性

視野の広さ

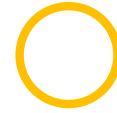
製作コスト

C3G



1 kg以下と超軽量※ 360度視野

※最小構成要素の原理検証用モデルにおいて



従来の約1/10※

小型軽量かつ360度視野

- ロボットの姿勢に依らず、見たい場所を見落とさない
- 短時間で広い領域を探索可能となり、ドローンやロボットへ搭載に最適

低コスト

- これまでの一台の価格で10台導入可能
- マルチドローンコントロール技術との連携により強力な広域探査手段へ



小型ロボット・ドローン技術を有している企業
設備の遠隔巡視点検、複数ロボットの通信制御技術をお持ちの企業
LiDARのような測距技術、点群データ解析技術をお持ちの企業・大学

● 想定される用途

核医学

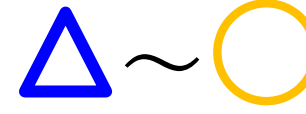
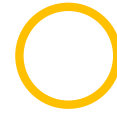
PET、SPECTの同時測定 ウェアラブル医療機器

エネルギー領域

解像度

製作コスト

C3G



低から高エネルギーまで
(数十 keV～数千 keV見込み)

エネルギーや線源位置 従来の約1/10※
により変動

※最小構成要素の原理検証用モデルにおいて

エネルギーレンジが広い

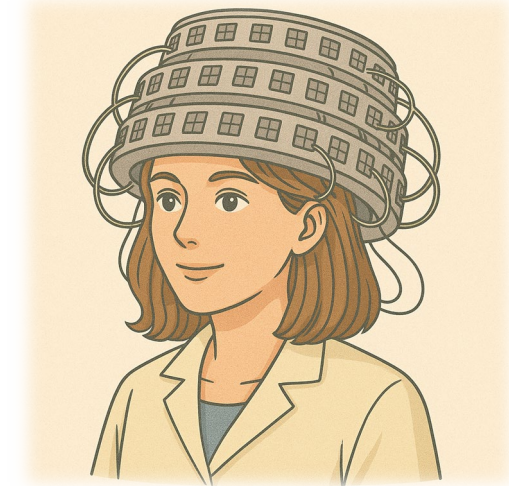
→PET (511 keV) とSPECT (141 keV) の同時測定が可能。
患者の負担が軽減し、診断精度向上。

コストが安い

→研究室レベルで導入できる価格のイメージャー。

形状自由度が高い

→測定部位、患者の体型に合わせたイメージャーの開発が可能。
より高効率、高精度で、患者の被ばく量も低減。



医療機器の製造・販売メーカー

新たに核医学関連研究を実施したいメーカー・大学

ウェアラブル診断デバイスなどの面白いアイデアをお持ちの企業・大学

宇宙探査

不確定性の高いイベントの全天球監視
MeVオーダーイメージングへの展開

軽量性



1 kg以下と超軽量※

視野の広さ



360度視野

エネルギー領域



低から高エネルギーまで
(数十 keV～数千 keV見込み)

製作コスト



従来の約1/10※

解像度



エネルギーや線源位置
により変動

※最小構成要素の原理検証用モデルにおいて

C3G

軽量で形状自由度が高い

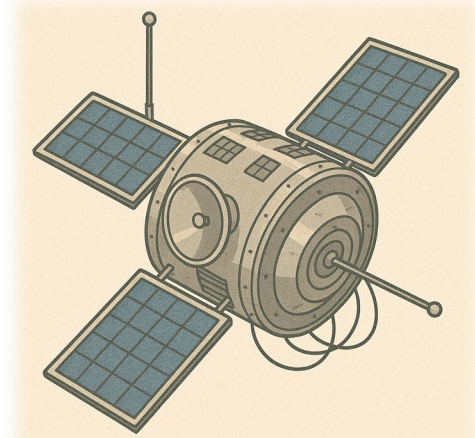
- 小型軽量が求められる衛星搭載においても、機体に合わせた配置が可能で、空間利用効率を最大化。
- 衛星本体を遮蔽体として利用することで、衛星それ自体がガンマ線イメージャーとして機能。

全方位視野

- ガンマ線バーストなど、発生位置・時間ともに不確定性が高いイベントも見落とさない。

保守性の高さ

- 複数の独立検出器で構成されており、一部の検出器が故障してもシステム全体としての機能が維持。



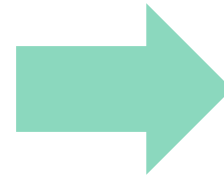
人工衛星開発・宇宙産業に関連する企業
宇宙線観測などに興味のある企業・大学

● 実用化に向けた課題

応用先に応じた環境での特性評価試験

現状

原理検証が主目的
主に実験室内での点線源を用いた限定的な評価が中心



今後

実運用を目的
具体的な応用先を定め、目的の用途に応じた環境での特性評価とブラッシュアップが必要

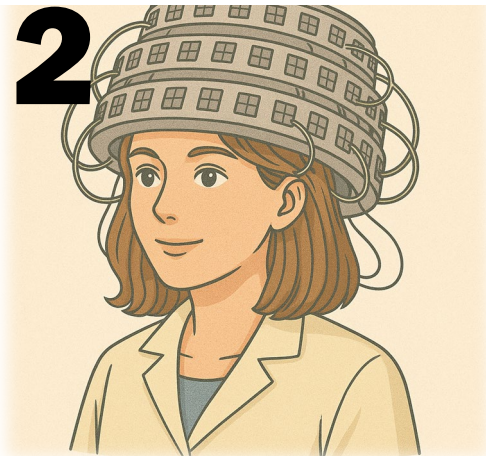
応用先に応じた課題抽出が必要

1



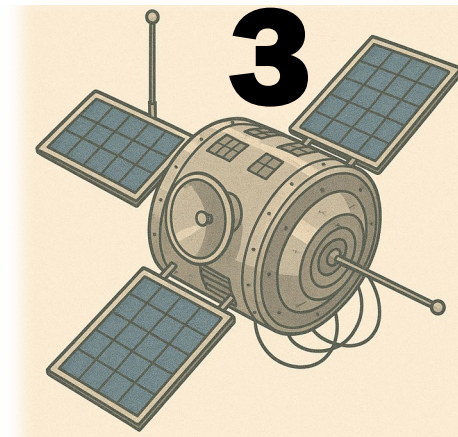
- ・ ロボットに搭載しての試験
- ・ 複数の測定データの統合
- ・ LiDARのような点群データとの統合による3次元可視化

2



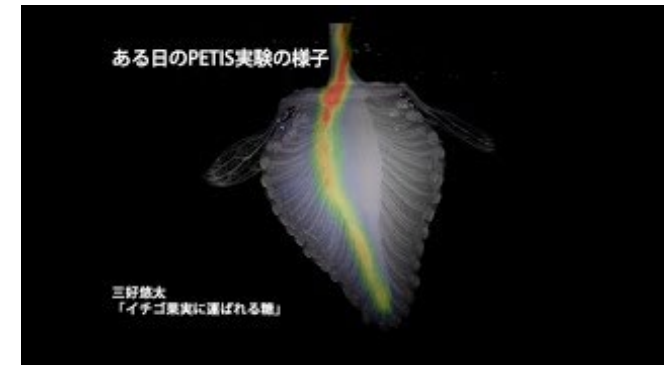
- ・ 核医学用薬剤を用いた試験
- ・ 小、中動物を用いた試験
- ・ ウェアラブル試作機の開発
- ・ 画像再構成技術の開発
- ・ 空間分解能向上のための施策

3



- ・ 測定対象天体を模擬したシミュレーション試験
- ・ より複雑形状のジオメトリにおけるイメージング特性評価
- ・ 過酷環境での連続動作試験

4



● 企業への期待・貢献・PR（具体的かつ、スタンスを明確に）

わくわくすることを一緒にやりましょう

持ち運ぶ？

軽量性



1 kg以下と超軽量

線源が広範囲に分布？

視野の広さ



360度視野

どんな核種があるか不明？

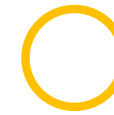
エネルギー領域



低から高エネルギーまで

複数台必要？

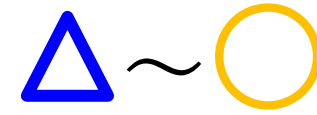
製作コスト



従来の約1/10

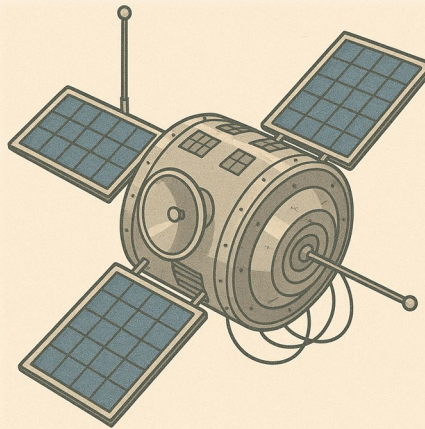
微細な分布が必要？

解像度



エネルギーや線源位置により変動

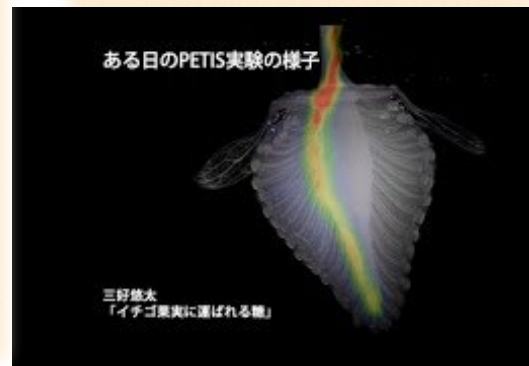
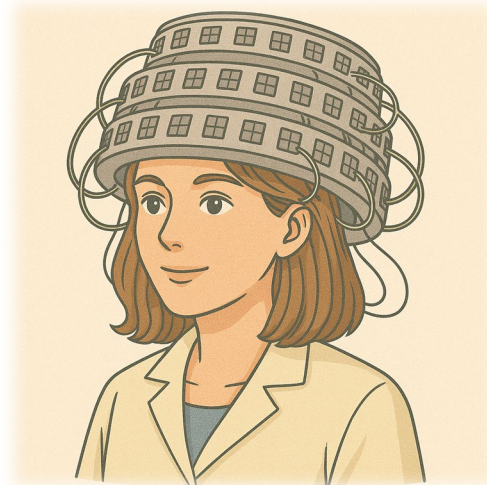
C3G



こんなことができるのでは？
ここに使えるのでは？
まずは、そこから初めましょう。

これまで聞いたことがない
突拍子もない
できたらとても面白い
そんなわくわくするプロジェクトに参加したいです

研究者を志した動機です



- 本技術に関する知的財産と問い合わせ先

知的財産

発明の 名称	放射線検出装置
出願番号	特願2023-007015
出願人	国立研究開発法人 日本原子力研究開発機構、 国立大学法人 東北大学
発明者	北山 佳治、人見 啓太郎、 野上 光博

問い合わせ先

国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構
研究開発推進部

e-mail seika.riyou@jaea.go.jp