

非接触でも撮像できる 高分解能オートラジオグラフィ技術

日本原子力研究開発機構
原子力科学研究部門 物質科学研究センター
中性子材料解析研究ディビジョン
応力・イメージング研究グループ
研究員 栗田 圭輔

令和2年9月1日

目次

1. 従来技術

- － オートラジオグラフィ技術とは
- － 特徴
- － 他の技術との比較
- － 利用例
- － 問題点

2. 新技術

- － 目的
- － 着想
- － 概要

3. 新技術の実証

- － シミュレーション
- － 簡易実験
- － 磁場・距離依存性

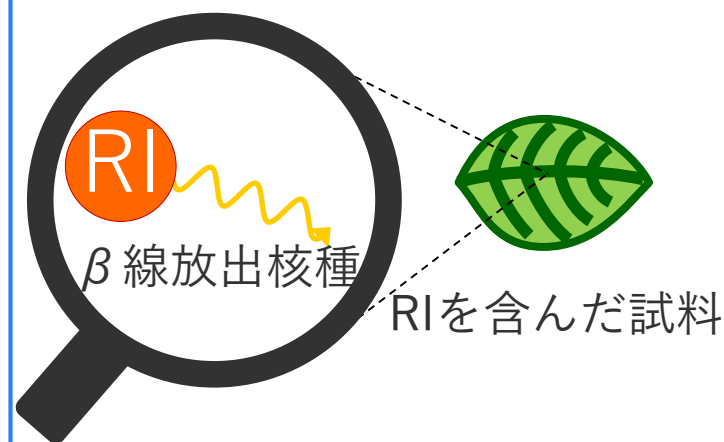
4. まとめ

1. 従来技術 – オートラジオグラフィ技術とは

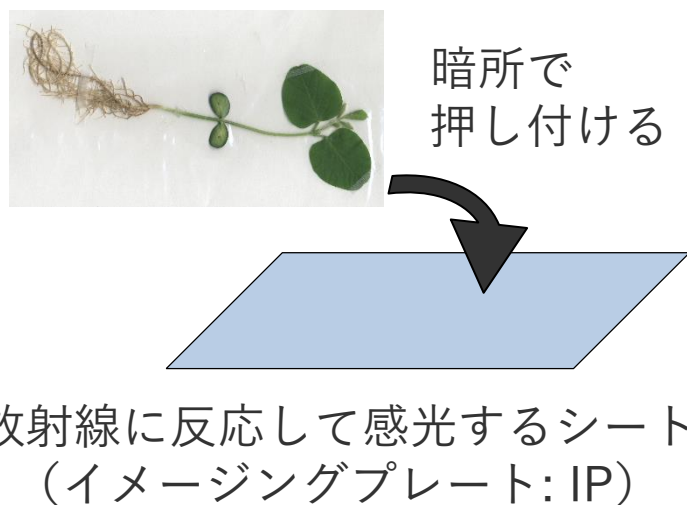
放射性同位元素(RI)の濃度分布を可視化する技術

① 試料準備

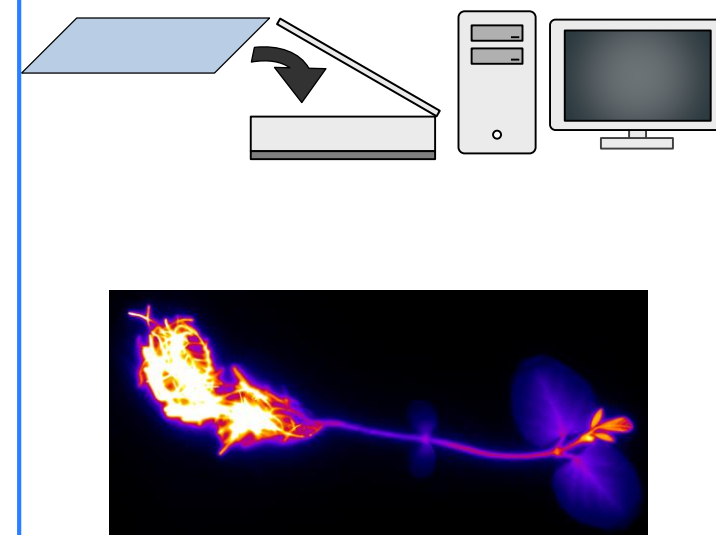
※ 試料が厚い場合は
薄くスライス



② 露光



③ 読み取り



1. 従来技術 – 特徴

- ◆ 暗所で試料をIPに露光するだけ
 - ▶ 容易に利用可能
- ◆ IPと試料とが密着
 - ▶ サイズ1：1の高分解能画像
 - ▶ 高感度
- ◆ RIの放射能により感光の強さが変化
 - ▶ 定量測定

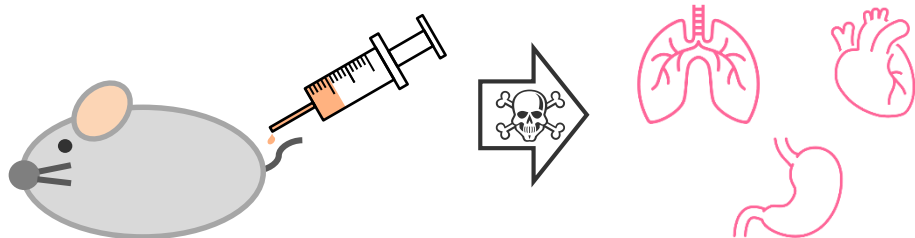
1. 従来技術 – 他の技術との比較

	解像度	感度	定量性	画像	核種
オートルADIOグラフィ 技術	○	○	○	2D	β
PET (Positron Emission Tomography)	○	△	○	3D	ポジトロン
ガンマカメライメージング 技術	△	△	○	2D	γ

1. 従来技術 – 利用例

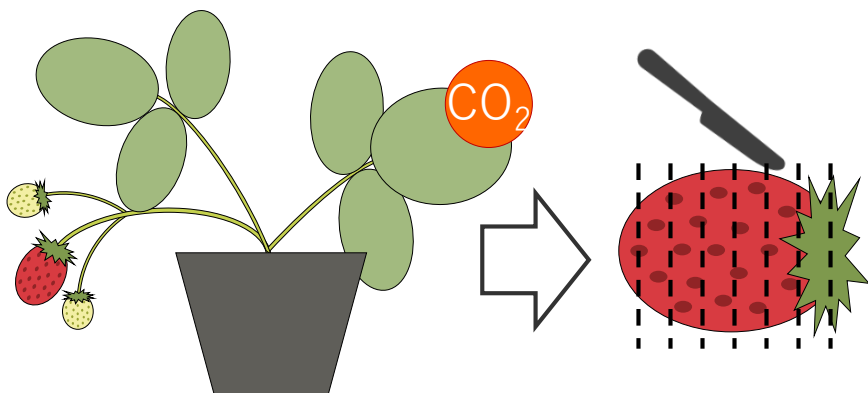
◆ RI標識化合物の体内分布計測

▶ マウス投与薬剤の体内残留分布計測



- 薬剤はどこに集まってるか？

▶ 植物生理・育種研究

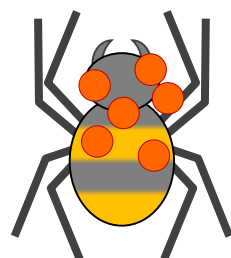
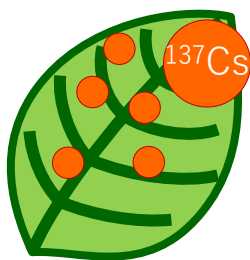


- 美味しい作物を育てる条件は？
- 有害元素は植物のどこに貯まる？
- 有害元素を吸収しにくい植物は？

1. 従来技術 – 利用例

◆ 放射能汚染調査

▶ 動植物のRI付着状況の把握



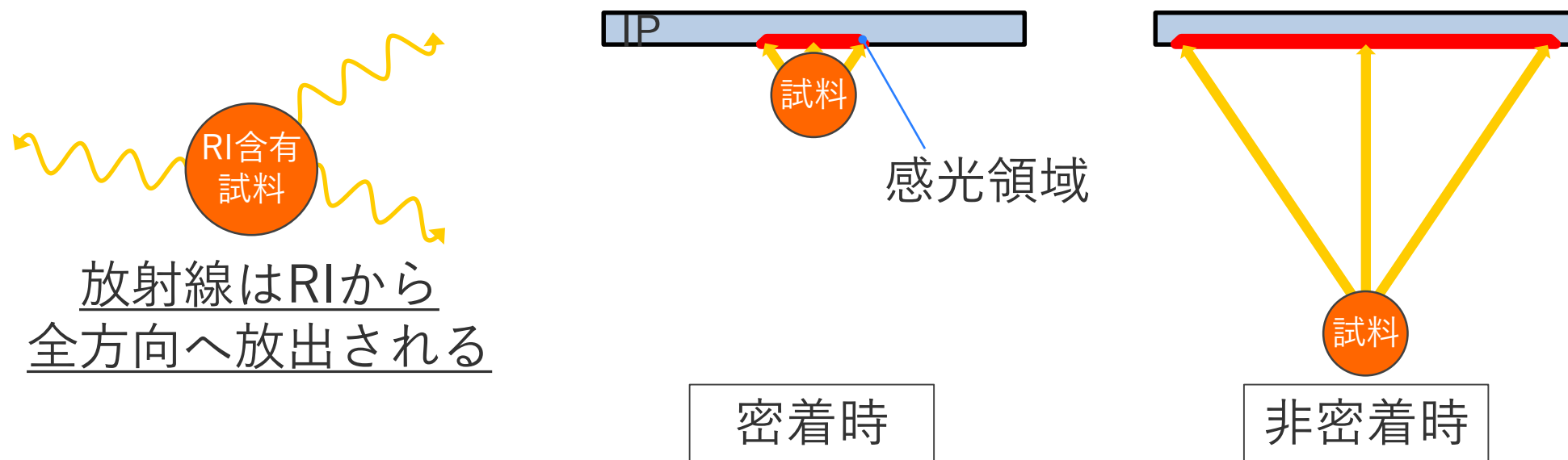
- 原発事故による汚染状況は？

◆ その他鉱物研究、工学利用も

様々な分野で利用されている技術

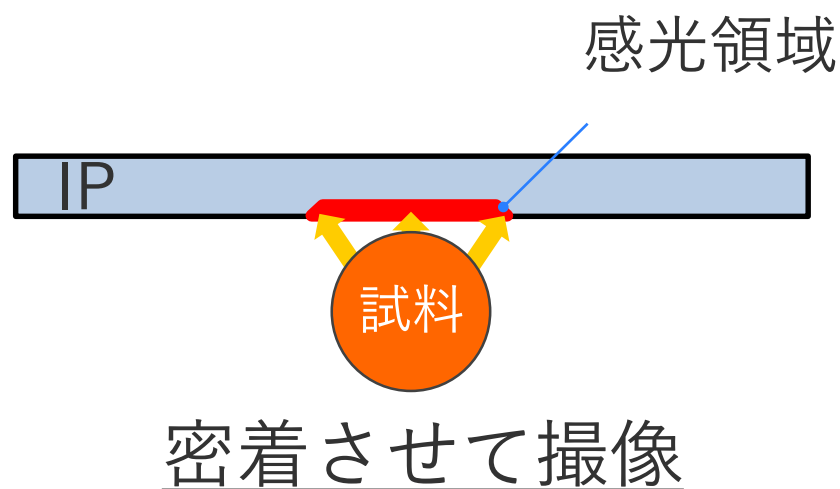
1. 従来技術 – 問題点

IPと試料とを密着させないと像がぼける



IPに密着できない試料に対して不向き

1. 従来技術 – 問題点

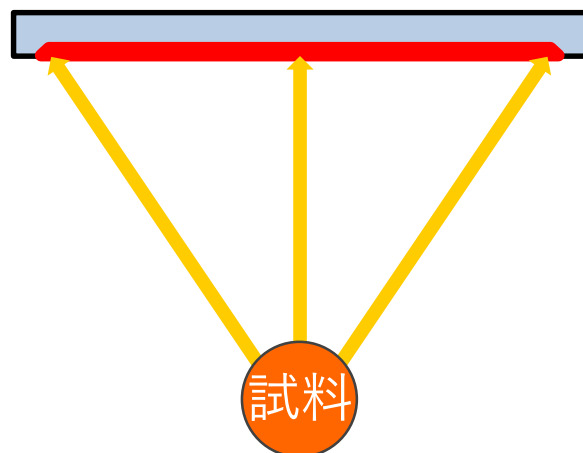


サイズ比1：1の画像
しか撮像できない

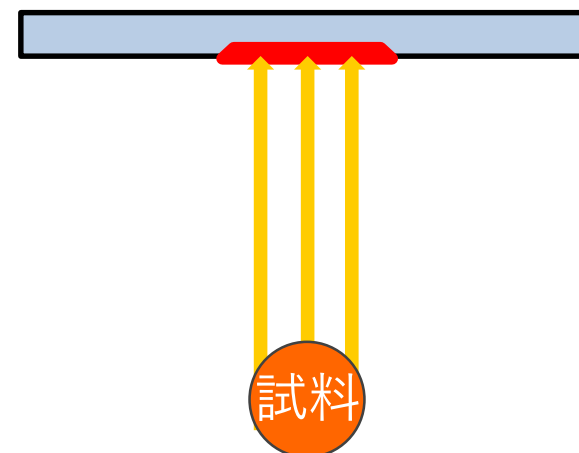
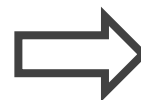
2. 新技術 – 目的

IPと試料との間に距離がある場合でも、
感度や分解能の低下を抑制し、

様々な形状・状態の試料に適応可能で、
拡大・縮小も可能な
新たなオートラジオグラフィ技術の開発



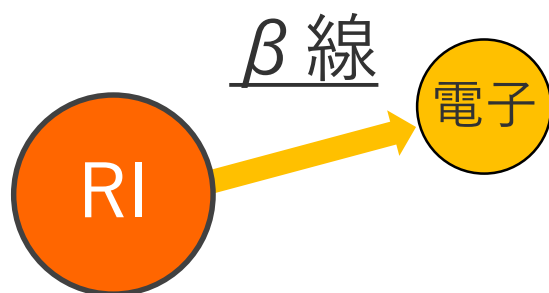
密着していなくても...



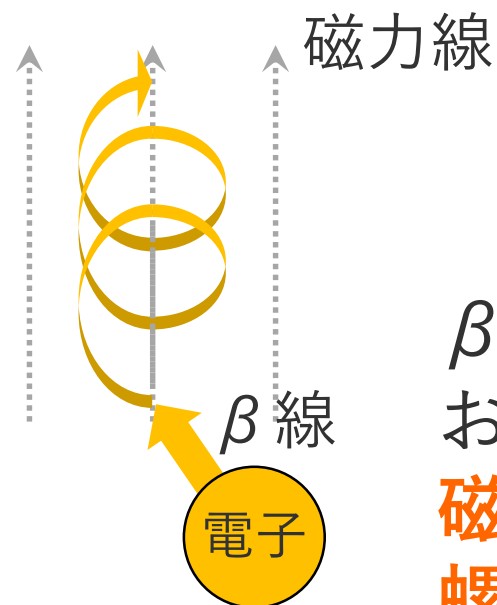
像がぼけないように！

2. 新技術 – 着想

β 線の進行方向を制御



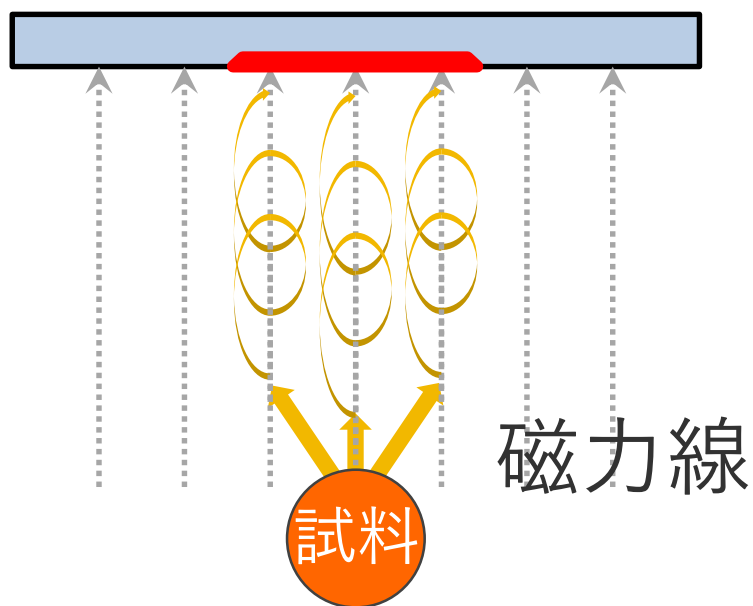
オートラジオグラフィでは
 β 線 (電子) 放出核種が
主に利用される



β 線は磁場中において、
磁力線に沿って螺旋運動する

2. 新技術 – 概要

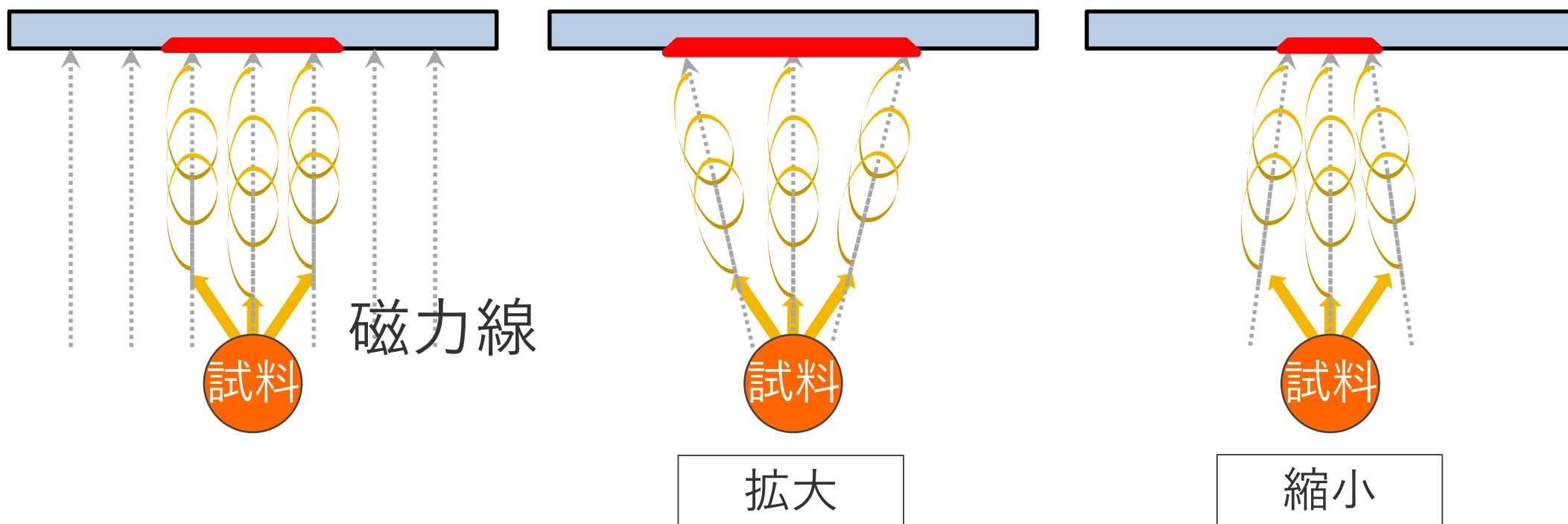
RIから放出される β 線の進行方向を磁場により制御



試料とIPとの間に
磁場をかけることで、
 β 線の進行方向を制御し、
RI分布像をIPへと投影可能となる。

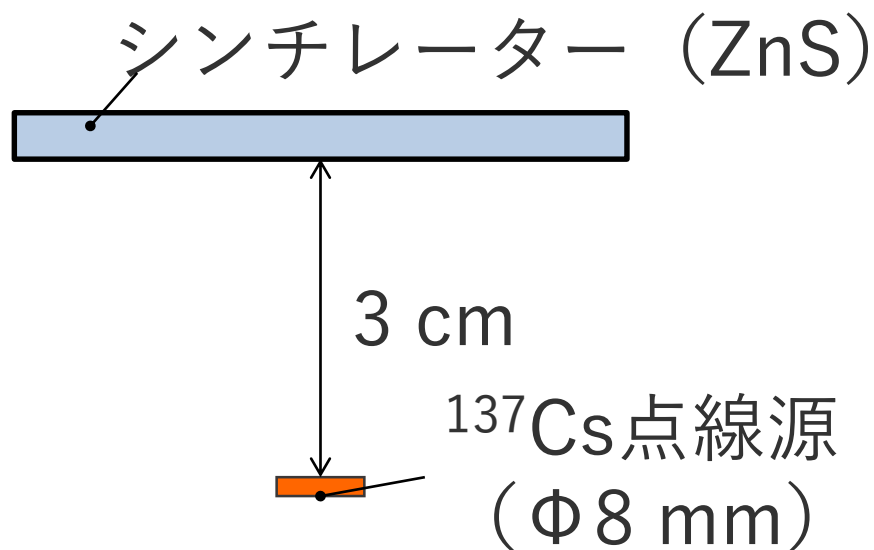
2. 新技術 – 概要

β 線の進行方向の制御による投影像の拡大・縮小

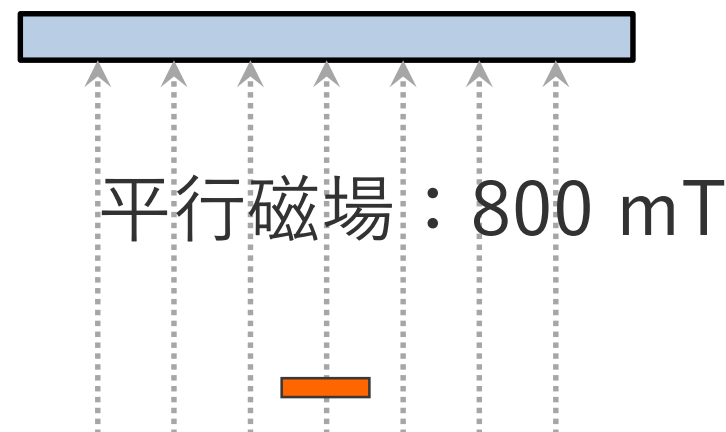


3. 新技術の実証 – シミュレーション

モンテカルロ粒子輸送シミュレーションコード
PHITS (Particle and Heavy Ion Transport code System)
により磁場の有無による投影像の拡がりをシミュレーション

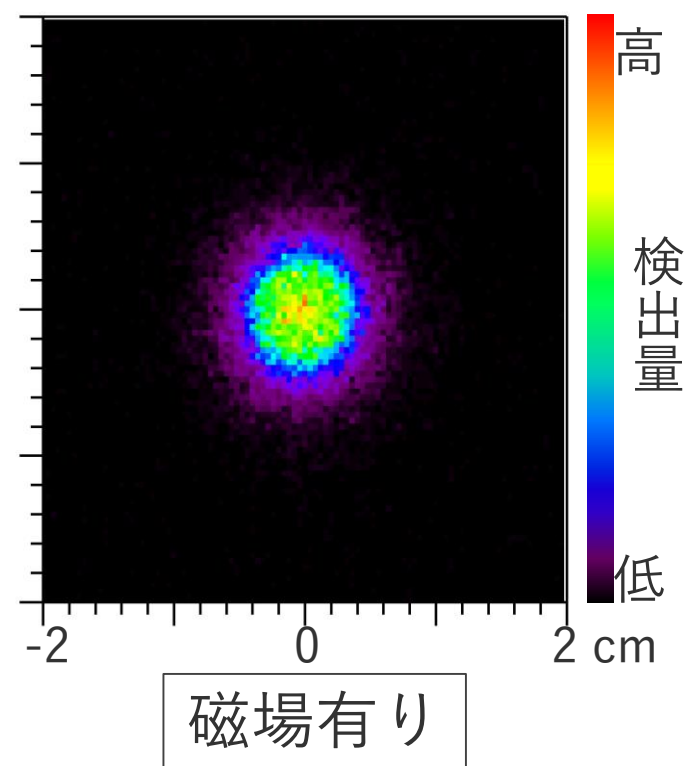
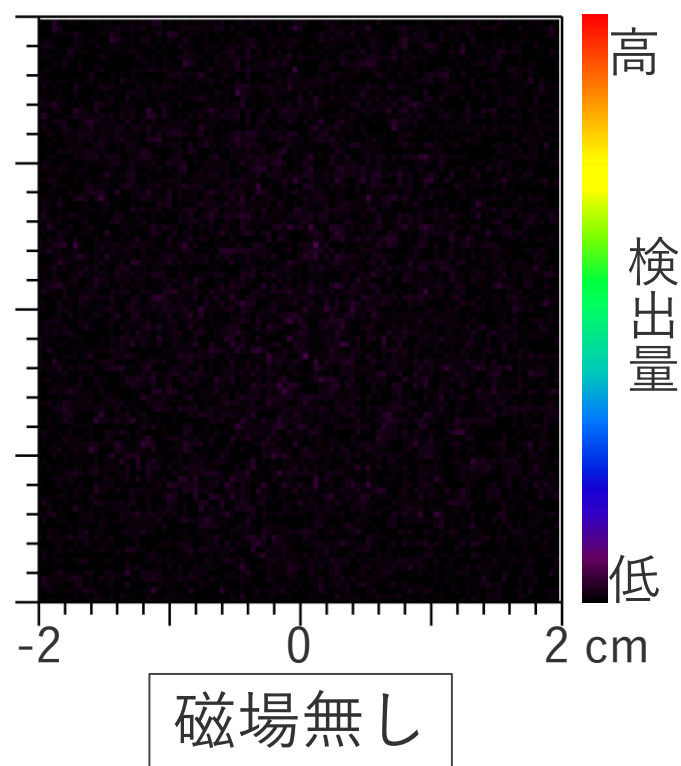


磁場無し



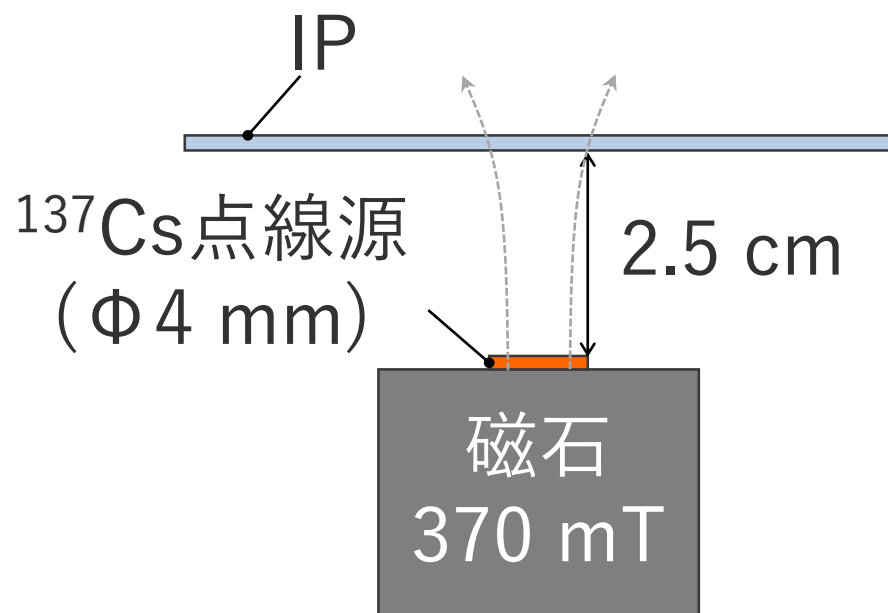
磁場有り

3. 新技術の実証 – シミュレーション



磁場により、分解能の低下を抑制できることを示唆

3. 新技術の実証 – 簡易実験



磁場をかけることで、分解能の低下を抑制できることを確認

3. 新技術の実証 – 磁場強度依存

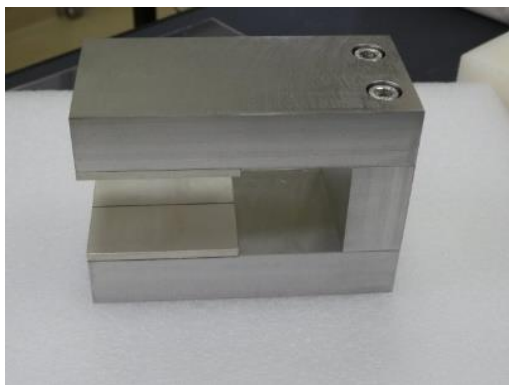
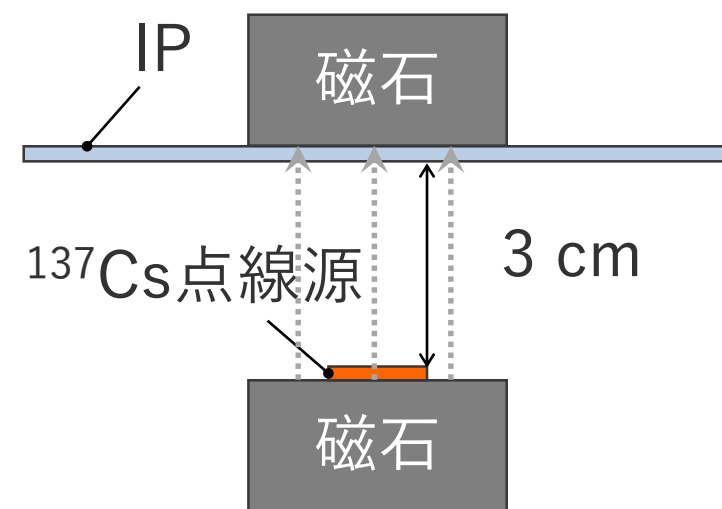
目的：磁場の強度による画像の
変化を確認

線源： ^{137}Cs 点線源（100 kBq, $\Phi 4\text{ mm}$ ）、

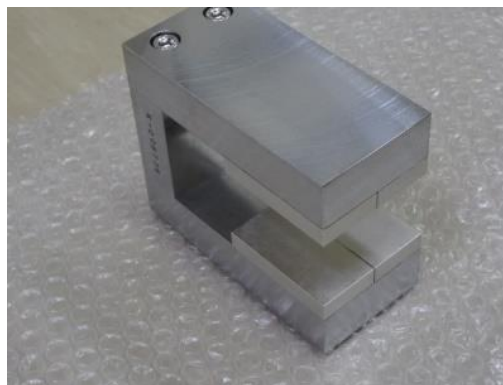
磁場強度：200, 400, 650 mT, 磁場無し

距離：3 cm

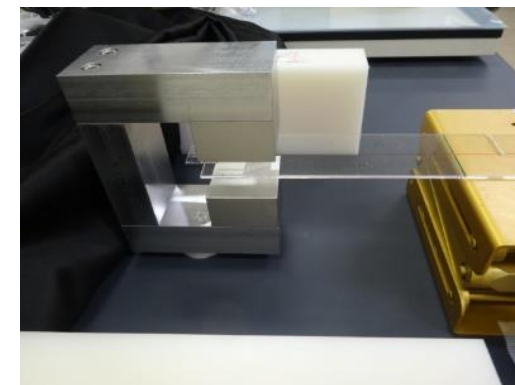
露光時間：2 min



200 mT

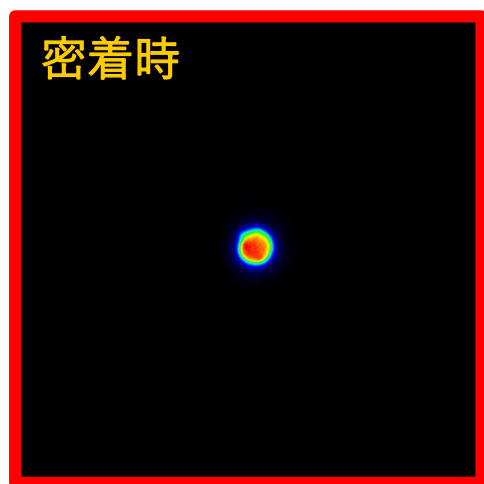
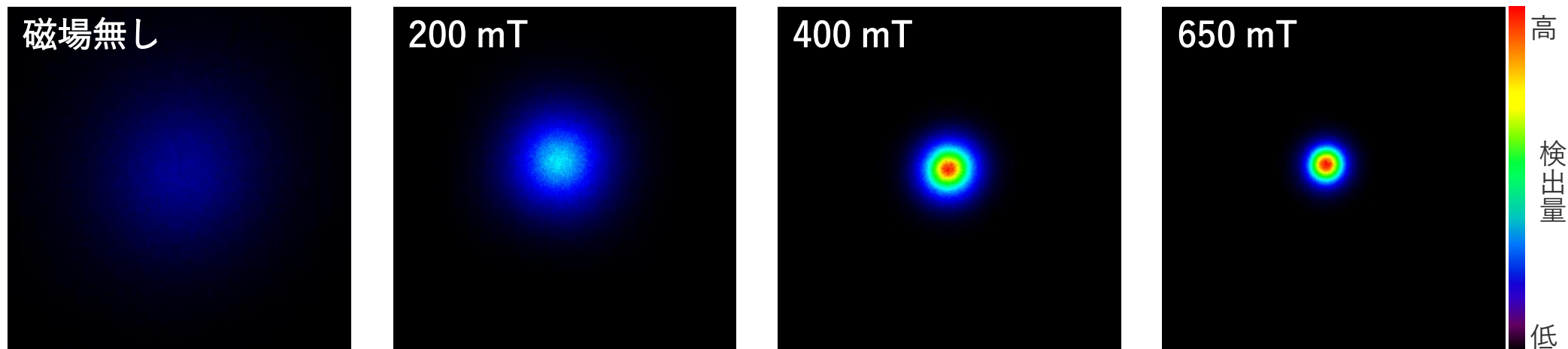


400 mT



650 mT

3. 新技術の実証 – 磁場強度依存 結果



- 磁場強度が強ければ強い程、分解能がよくなることを確認

3. 新技術の実証 – 距離強度依存

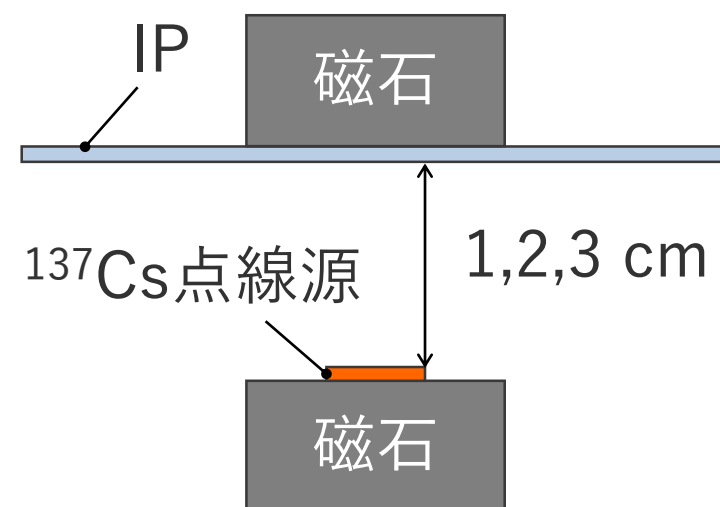
目的：IPと試料間の距離の違いによる画像の変化を確認

線源： ^{137}Cs 点線源（100 kBq, $\Phi 4$ mm）、

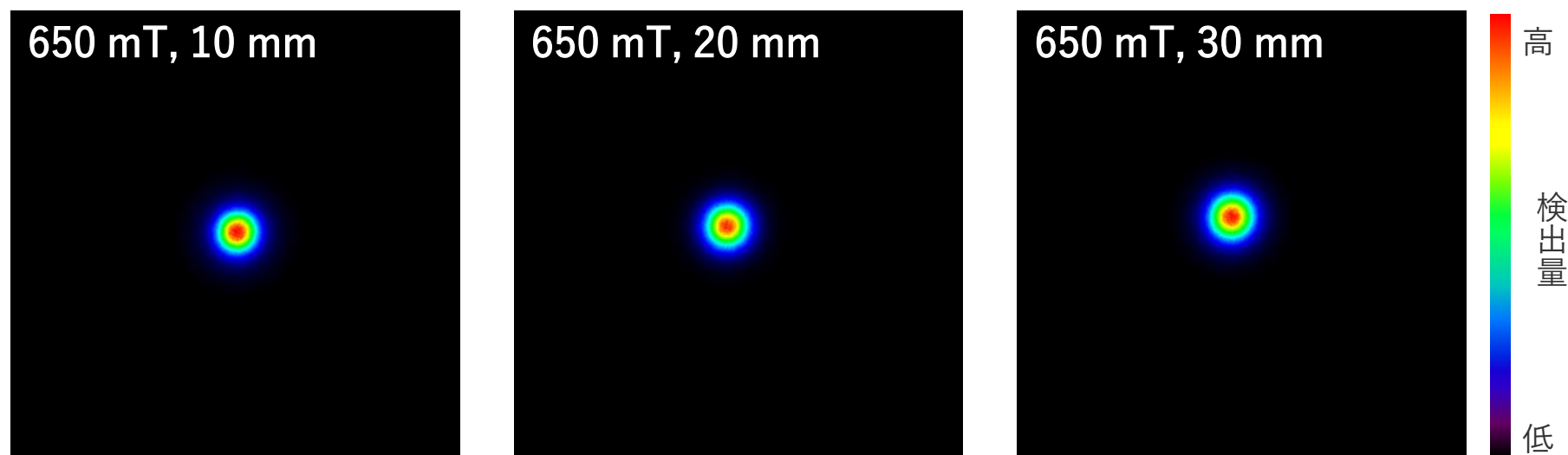
磁場強度：650 mT

距離：1, 2, 3 cm

露光時間：2 min



3. 新技術の実証 – 磁場強度依存 結果



➤ 分解能の距離依存は確認できず

4. まとめ

- 従来のオートラジオグラフィ技術では、試料とIPを密着させないと、分解能が著しく低下
- 上記の弱点を克服するため、オートラジオグラフィに磁場を組み合わせた技術を開発
- 新技術では、試料とIPとが密着していなくても、分解能の低下を抑制可能
- 拡大・縮小に関しては今後の開発課題

想定される用途

- 大きめの植物や昆虫等のIPと密着させることが難しい生体試料のオートラジオグラムの取得 ⇒ 長期的なRIの移行過程の観察
- シャーレ内の試料を、シャーレ内から出さずに計測 ⇒ 密封線源にも適用可能？
- 切片作製作業の省略

実用化に向けた課題

- 拡大・縮小に関する開発
- より強い磁場中で実験データを取得し、磁場の強度と分解能の関係を把握
- 対応できるサンプルサイズを大きくするため、強磁力の磁場を大面積にかける磁石の作製

企業への期待

- 利用相談等を通じた技術の改良や産業分野への展開
- 本技術の利用の可能性や応用先の提案
- 適切な磁場をかける磁石の共同開発

本技術に関する知的財産権

- 発明の名称：磁場による
投影オートラジオグラフィ技術
- 出願番号：特願2019-066735
- 出願人：日本原子力研究開発機構
- 発明者：酒井卓郎、飯倉寛、河地有木、
栗田圭輔

お問い合わせ先

国立研究開発法人
日本原子力研究開発機構
研究連携成果展開部

TEL : 0 2 9 – 2 8 4 – 3 4 2 0

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