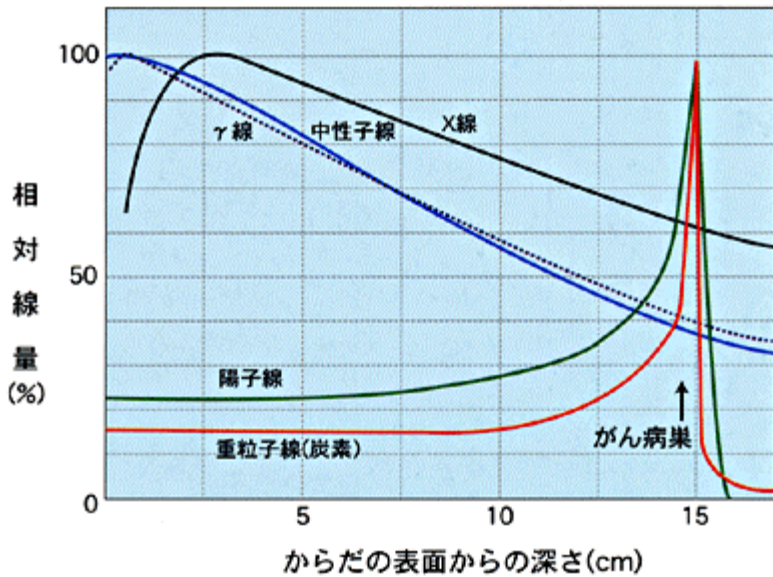


これまでに行った研究
重粒子線照射野確認技術の開発

放射線医学総合研究所
加速器物理工学部

吉本 光男

Introduction

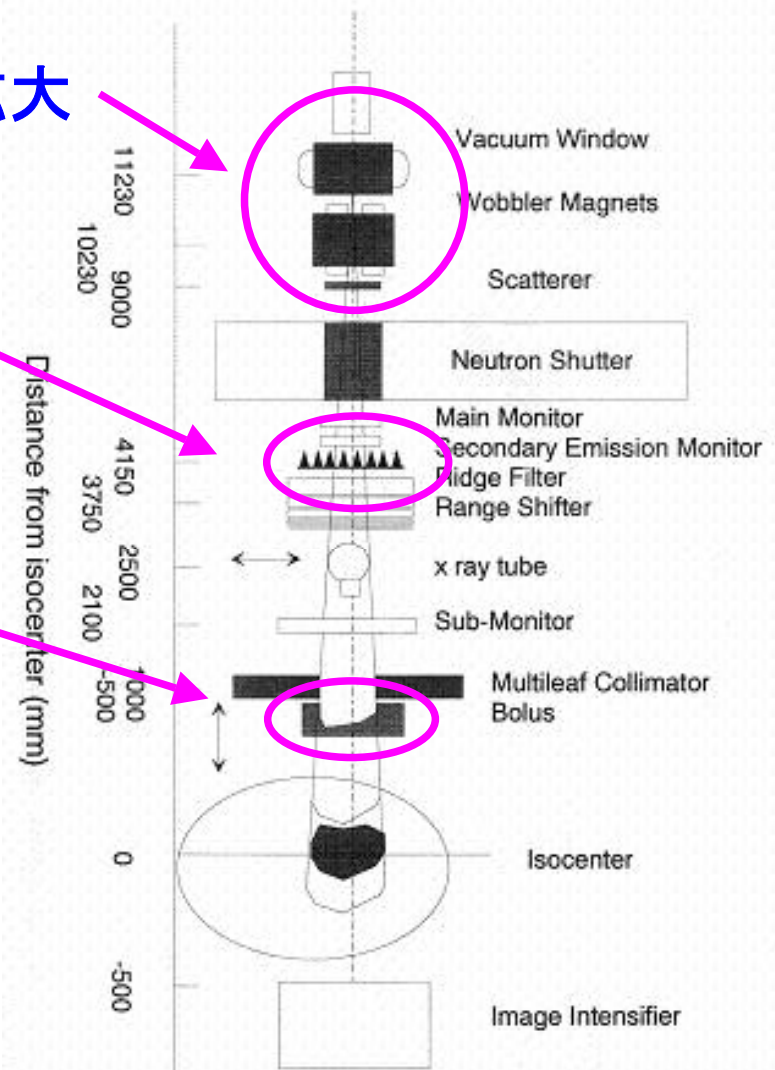


ワブラ電磁石
と散乱体
横方向に拡大

リッジフィルタ
拡大ブラッグ
ピーク形成

ボラス
ビーム停止位置を
がん形状に合わせる

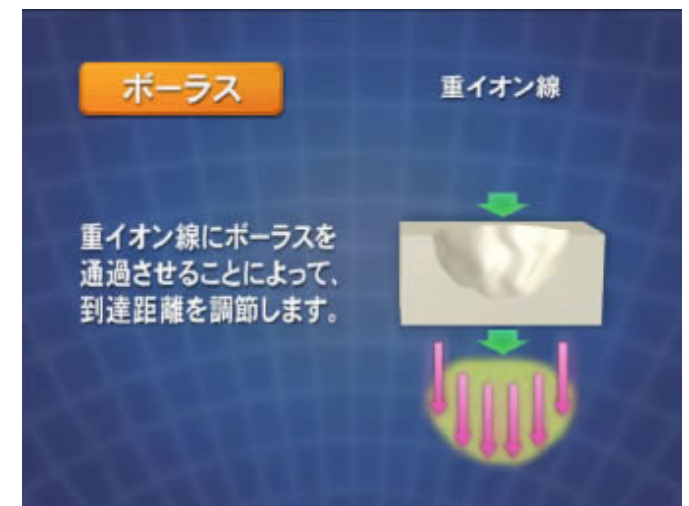
- ・粒子線はブラッグピークと呼ばれる飛程近傍に限局した線量分布を持つ
- ・病巣への線量集中性に優れる一方正確な照射野の確認が要求される



重粒子線照射装置

Introduction

- ・従来の線量分布測定は1次元測定（深さ方向）
- ・この方法ではビーム停止位置をがん形状に合わせた非一様照射野の確認ができない。
- ・そこで、プラスチックシンチレータとCCDカメラを用いた非一様照射野確認技術の開発を行った。



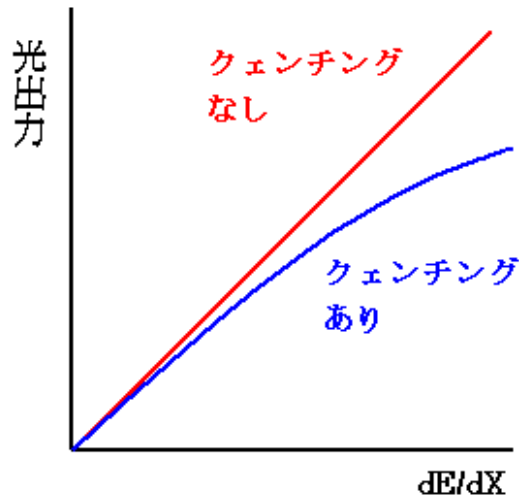
実験装置

深さ方向のシンチレーション光の分布をCCDカメラで測定

シンチレータの特徴

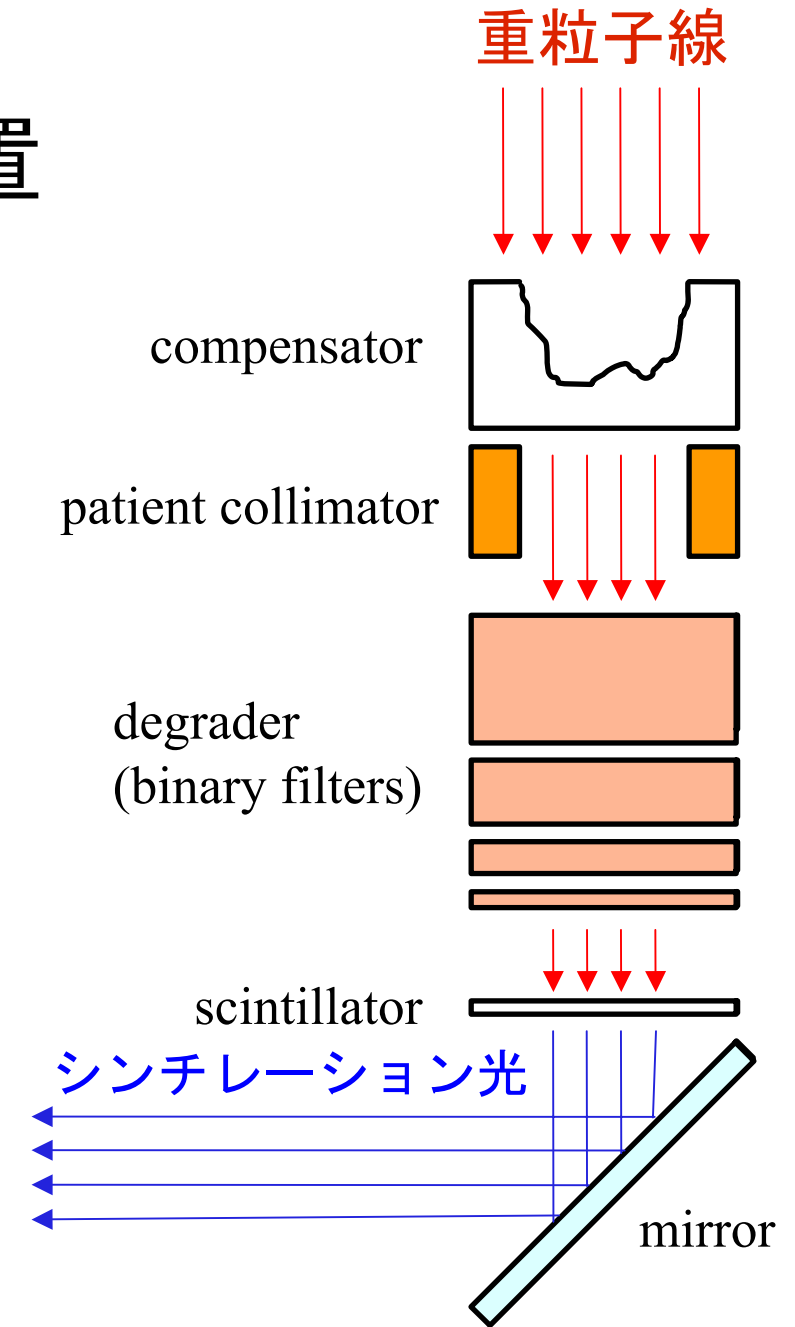
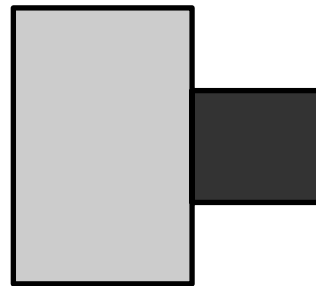
利点：横方向の2次元の測定が可能

欠点：線量に対する応答が非線形



シンチレータの発光量とエネルギー付与の関係

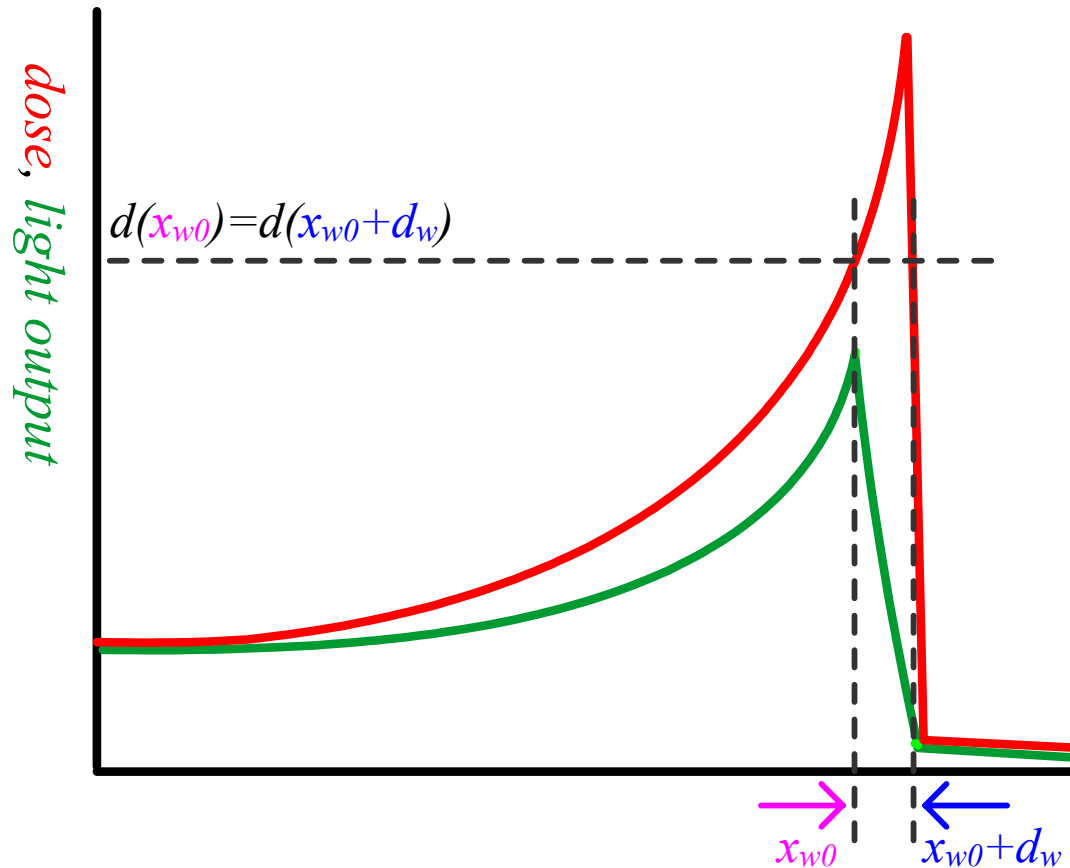
CCD camera



実験装置の概略

重粒子線の飛程推定方法

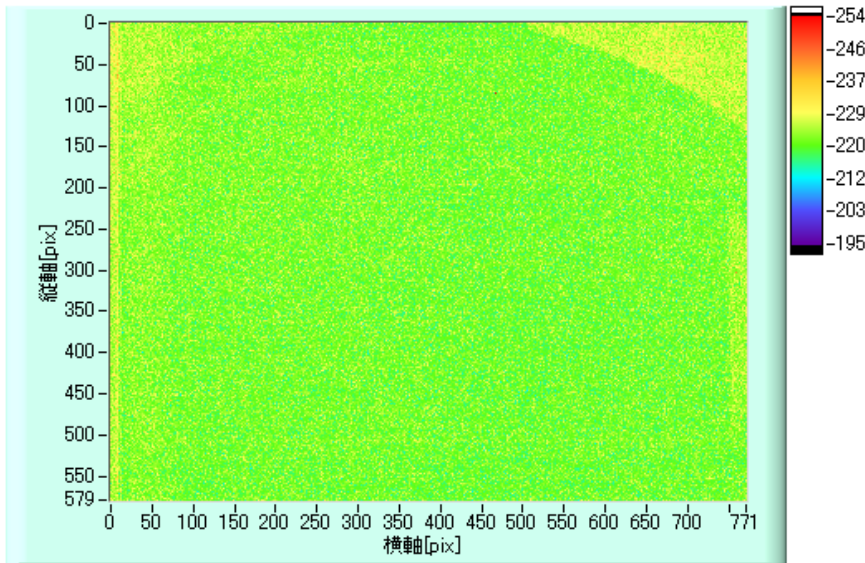
光量分布のピーク位置から線量分布のピーク位置を推定できる



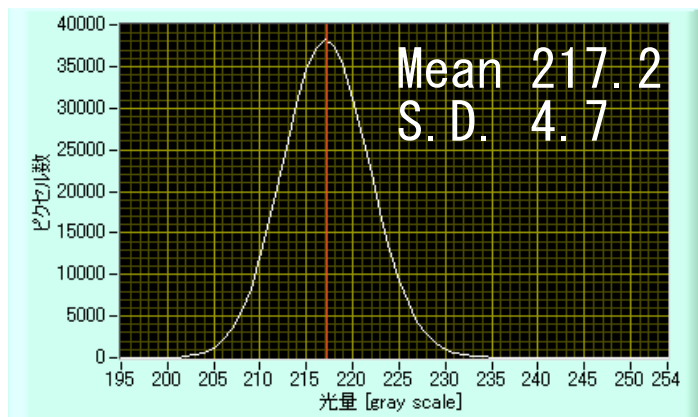
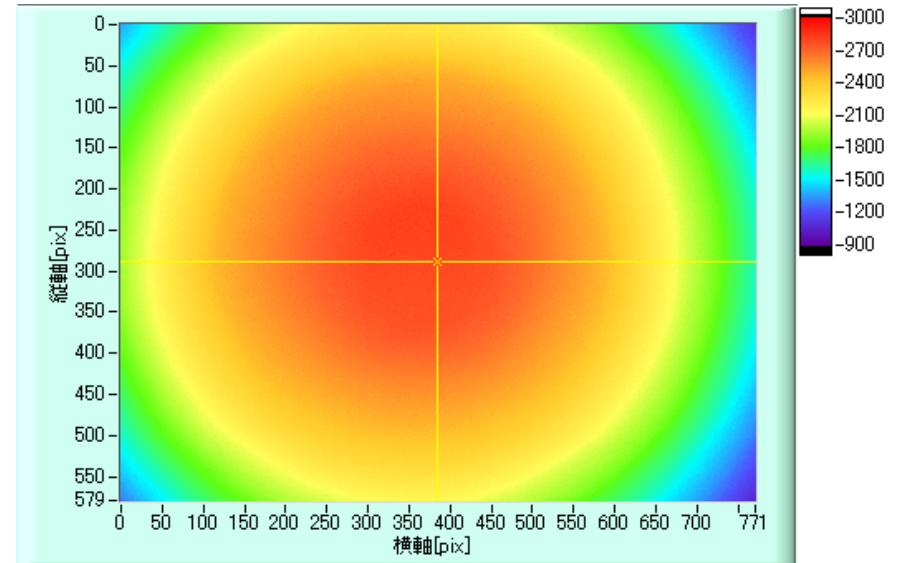
線量分布ピーク = 光量分布ピーク + シンチ厚

画像データの処理

バックグラウンド画像 $BG(x,y)$
(熱雑音や周辺装置の発光
に起因するノイズを除去)



フラットフィールド画像 $F(x,y)$
(周辺光量の減少を補正)



補正後の光量 $E(x,y)$

$$E(x, y) = K \cdot \frac{I(x, y) - BG(x, y)}{F(x, y)}$$

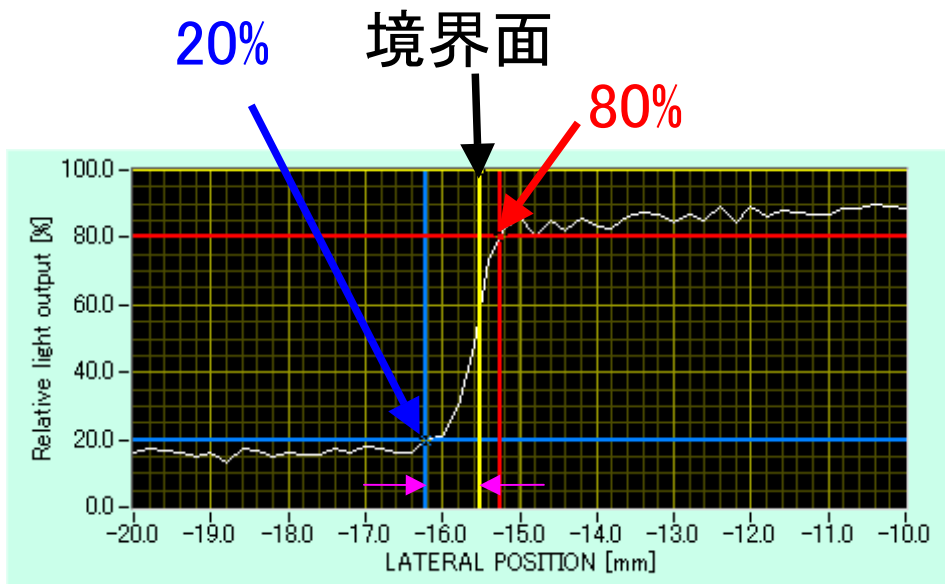
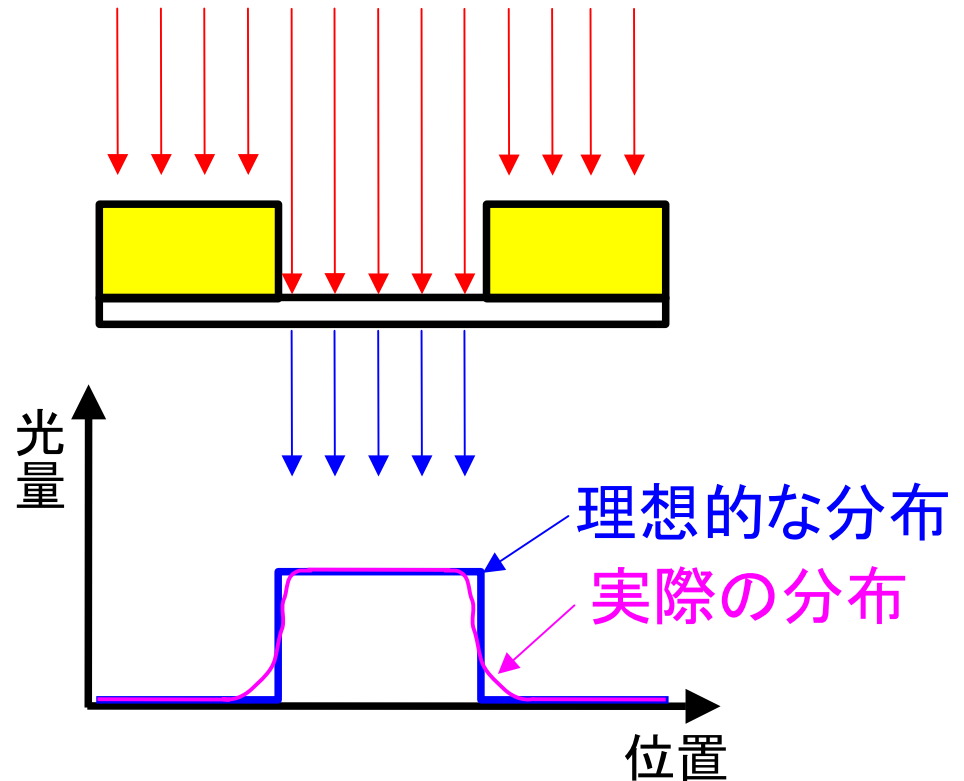
定数K: フラットフィールド画像の平均値

バックグラウンドのヒストグラム

空間分解能の評価

実験方法

照射野の一部を遮蔽した状態でシンチレーション光を測定し、境界面での光の広がりを測定する



光量分布プロファイルで最大光量の80%から20%まで変化する領域の幅 (P_{80-20}) と境界面からの **はみ出し量** を測定

空間分解能の評価

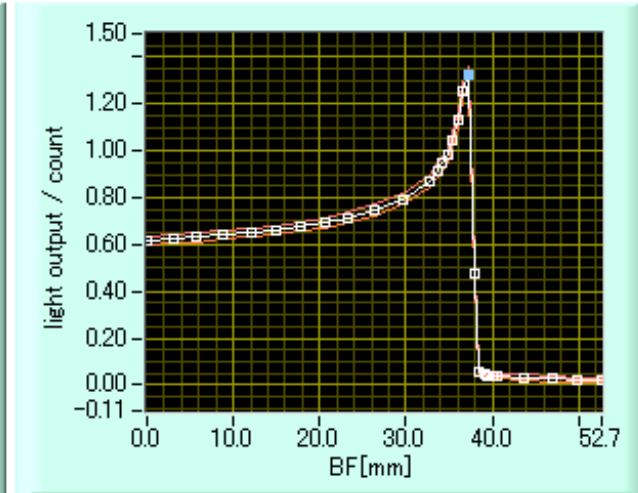
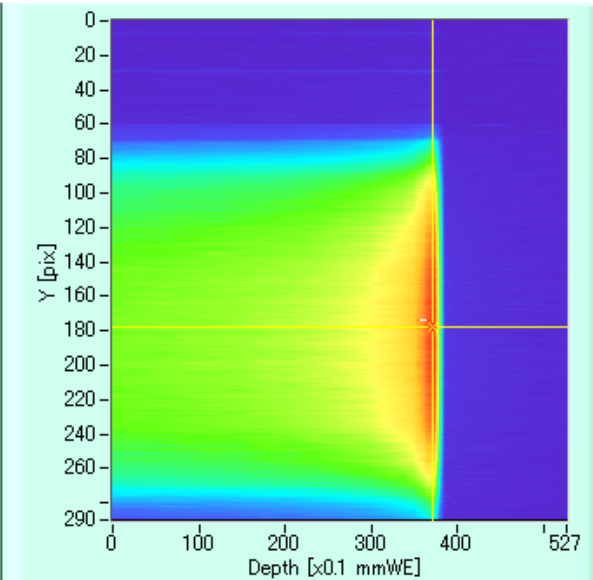
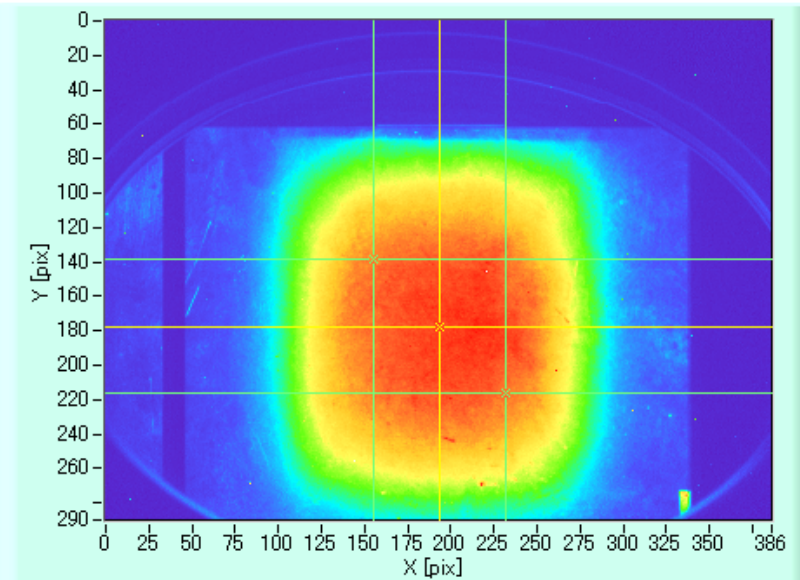
実験結果 (単位mm)

| | | |
|-------------------|-----------------|-----------------|
| 解像度 | 0.2mm/pix | 0.4mm/pix |
| 幅 (P_{80-20}) | 0.97 ± 0.30 | 0.93 ± 0.27 |
| はみ出し量 | 0.75 ± 0.30 | 0.71 ± 0.22 |

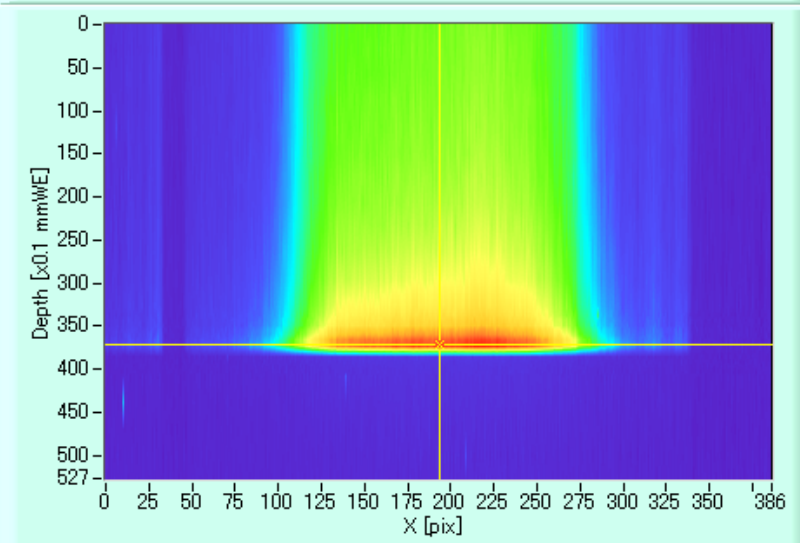
| | | |
|-----|-----------------|-----------------|
| 分解能 | 1.50 ± 0.42 | 1.42 ± 0.31 |
|-----|-----------------|-----------------|

解像度によらずほぼ同じであることが分かった

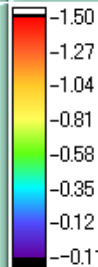
単色ビームの飛程確認



ROI(155,139)-(232,216)
の平均光量分布



3次元光量分布

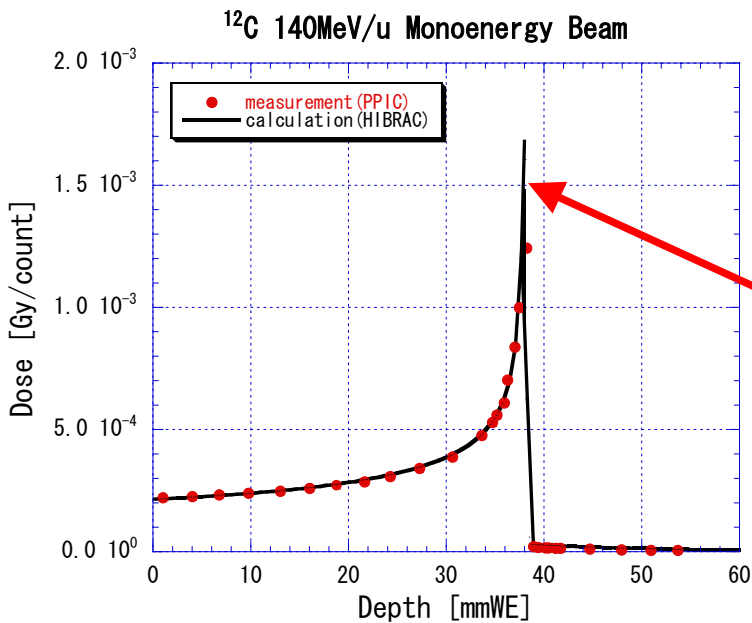


実験方法

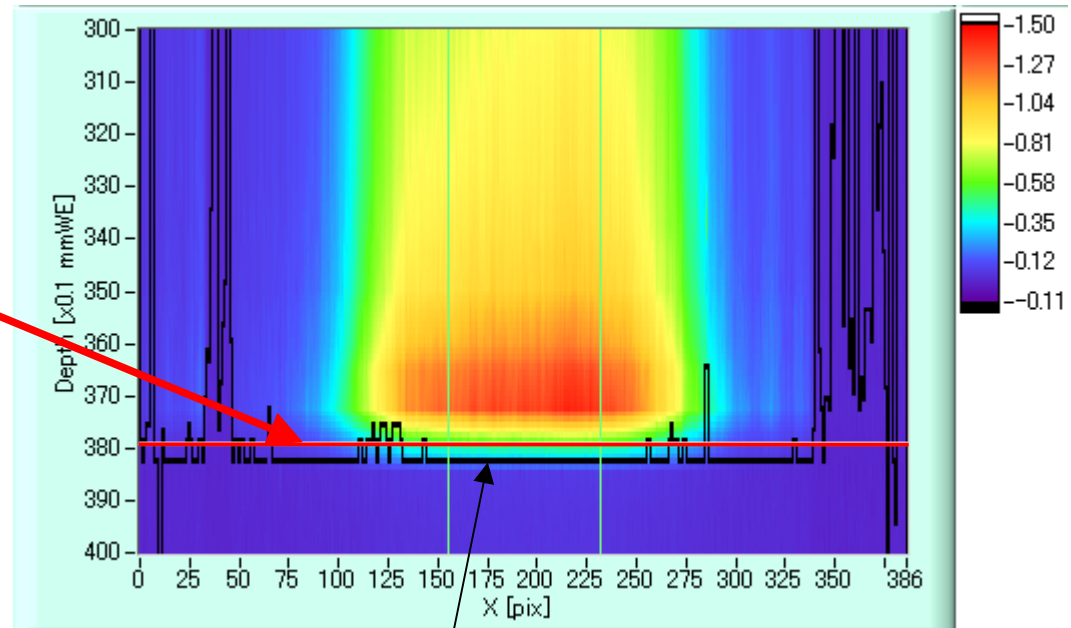
- ・ 一様な照射野の3次元光量分布を測定
- ・ 光量分布ピーク位置から予想される線量分布ピーク位置を実測値と比較

単色ビームの飛程確認

実験結果 (C140単色ビーム, シンチレータ水等価厚1.02mm)



ピーク
実測位置
37.93mm



ピーク推定位置 38.22mm

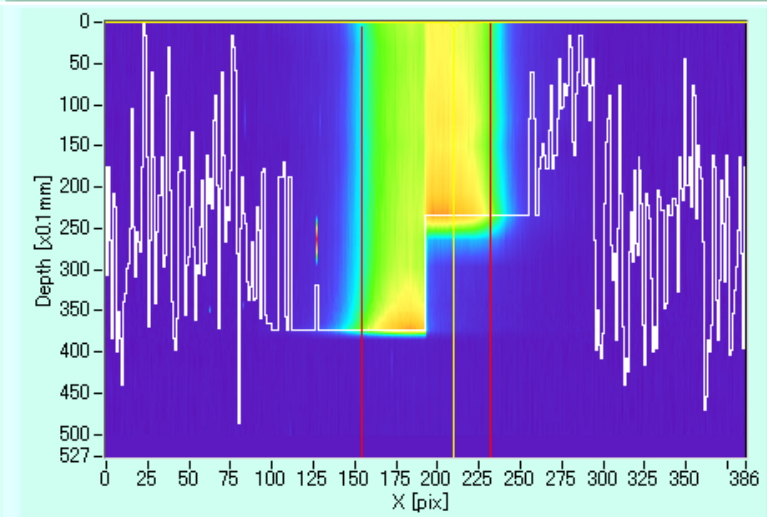
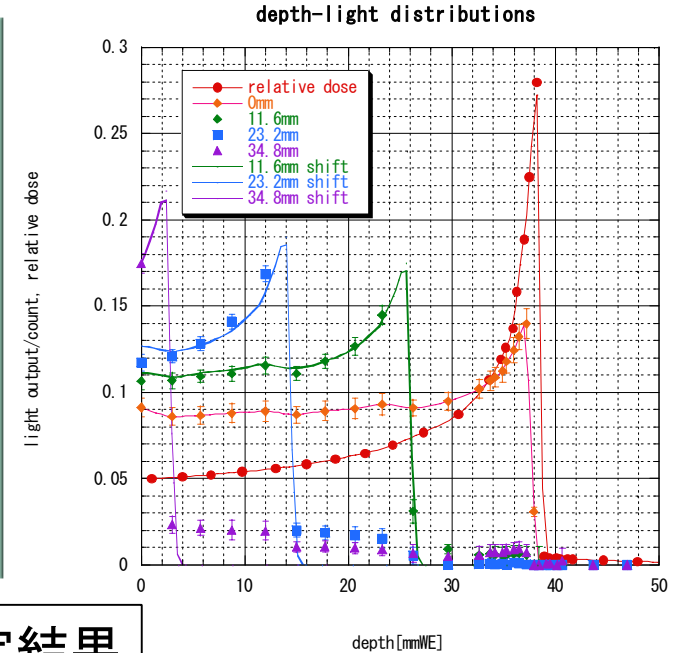
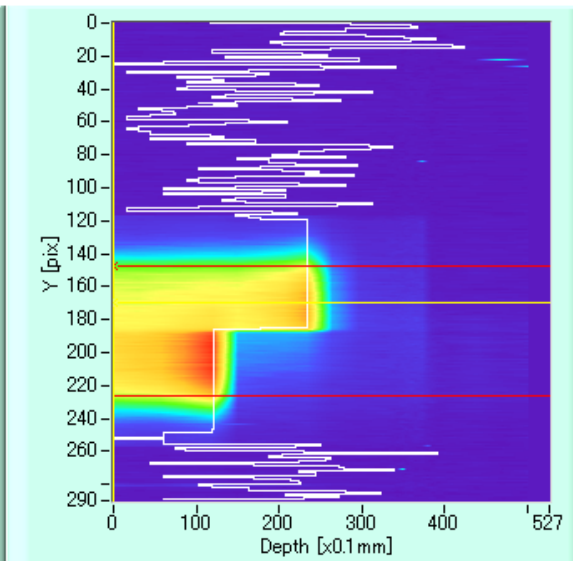
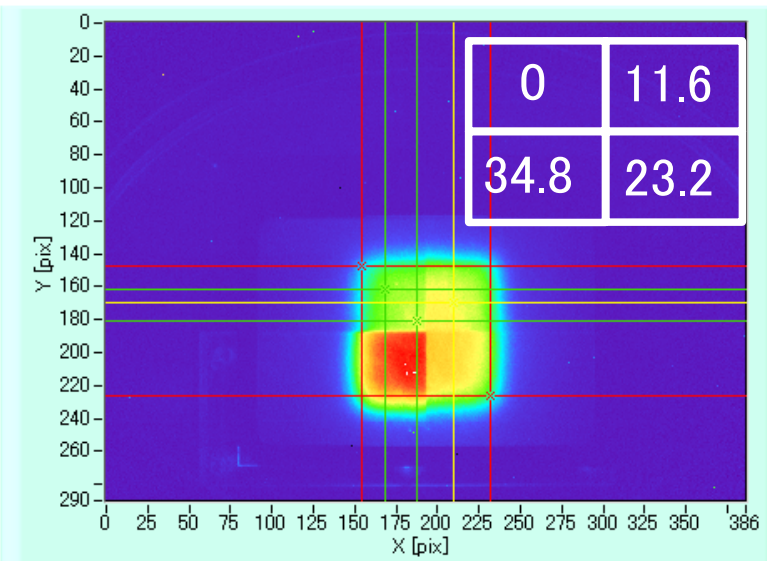
深部線量分布測定結果
(平行平板電離箱)

- 線量分布ピーク実測位置 37.93mm
- 線量分布ピーク推定位置 38.22mm
- 推定位置の誤差 +0.29mm

誤差1mm以内で
飛程を推定できた

非一様照射野の測定

4種類の異なる厚さを持つファントムによる
非一様照射野の3次元光量分布を測定



左上領域の位置推定結果

ピーク推定位置 37.30
 ピーク実測位置 37.93
 誤差 -0.63

各領域の光量分布
(ROI 400pixの平均)

測定方法の改善により、非一様照射野での利用が期待できる

まとめ

- 重粒子線治療における照射野確認技術の向上を目的として、CCDカメラとプラスチックシンチレータを用いた非一様照射野の確認技術の開発を行った
- 本システムの空間分解能の評価を行った
- 一様照射野では1mm以内の精度で線量分布ピーク位置を推定できた
- 測定方法の改善により非一様照射野の照射野確認への利用が期待できる