2ヘッド医用電子飛跡コンプトンカメラによる3次元ガンマ線再構成

March 21th, 2010
日本物理学会第65回年次大会
岡山大学津島キャンパス

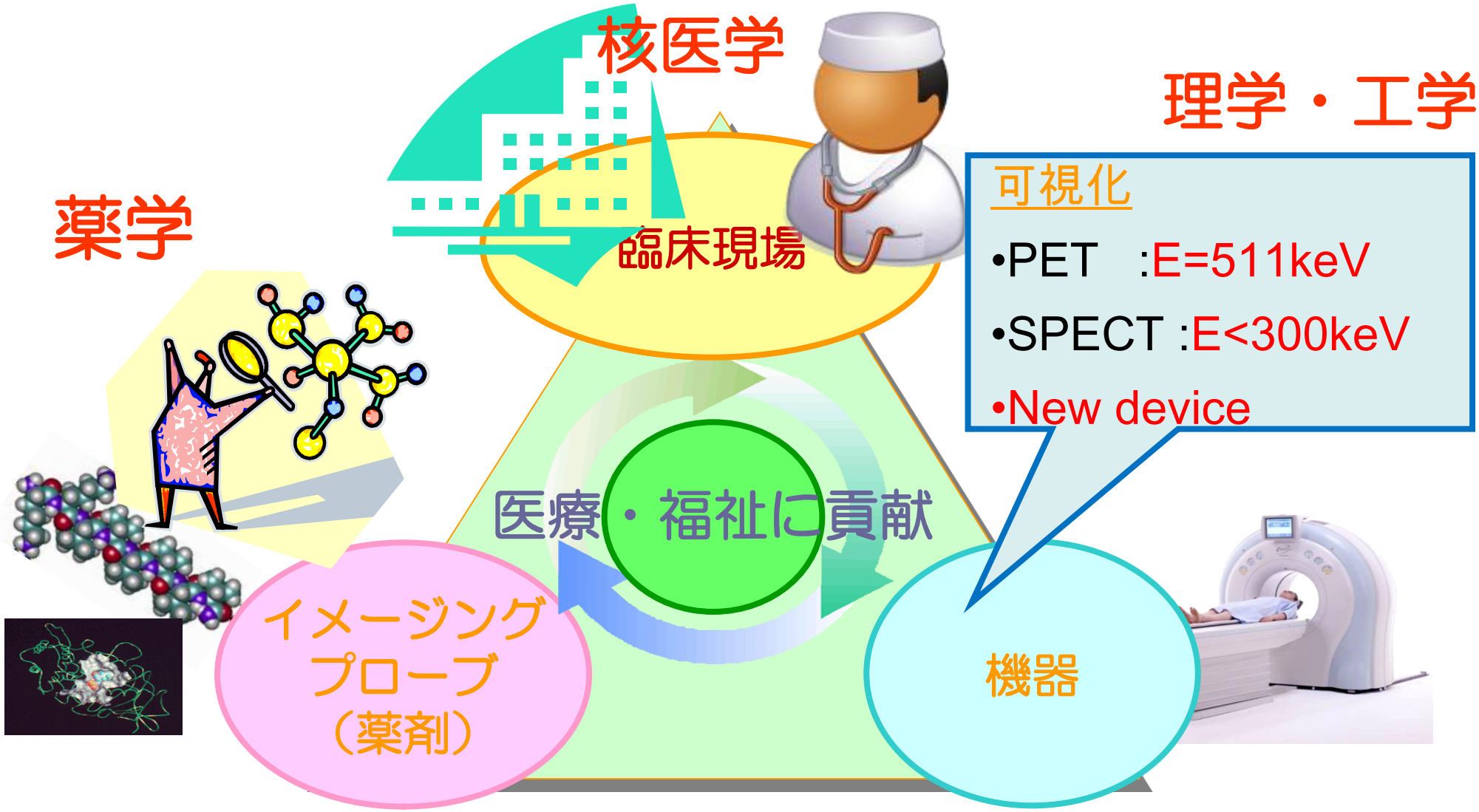
京都大学理学研究科
物理第二教室宇宙線研究室
株木重人、谷森達、窪秀利、身内賢太朗、
Parker Joseph, 上野一樹、黒澤俊介、岩城智、高橋慶在、
谷上幸次郎、澤野達哉、中村輝石、東直樹

京都大学薬学部
木村寛之、佐治英郎、上田昌史、河島秀和

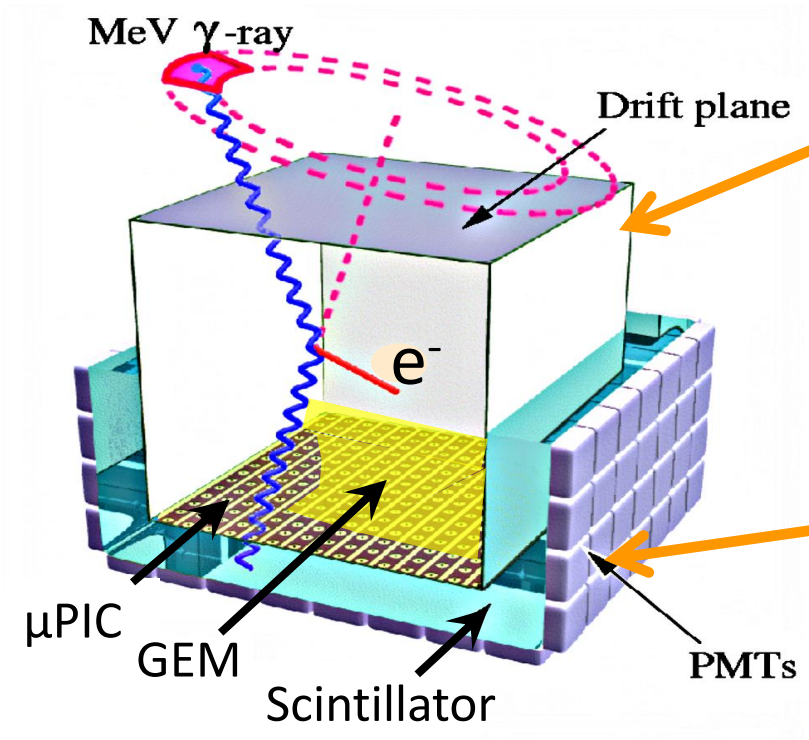
Contents

- ガンマ線カメラの核医学応用について
- Electron-Tracking Compton Cameraの原理
- Electron-Tracking Compton Cameraの再構成法
- Hardware update
  - 2heads ETCC
- Imaging results
- Summary

医療応用について


核医学
理学・工学
薬学
臨床現場
可視化
•PET :E=511keV
•SPECT :E<300keV
•New device
医療・福祉に貢献
イメージング
プローブ
（薬剤）
機器

Electron-Tracking Compton Camera (ETCC)



μTPC (Time Projection Chamber)

--- 反跳電子の

3次元飛跡+エネルギー

GEM (Gas Electron Multiplier) F.Sauli1997

μPIC (micro PIxel Chamber)

--- 2次元平面検出器

∴ 2D readout + Drift time → 3D track

Pixel Scintillator Array(GSO or LaBr3)

--- 散乱ガンマ線の

吸収点+エネルギー

事象毎にガンマ線の到来方向を再構成できる。

3strの大立体角

運動学を用いたBG除去

ETCCの核医学への応用

Electron Tracking Compton Camera (ETCC)

: 広いエネルギーダイナミックレンジ (300-1500 keV)

: 広い視野 (3str)

新しい核種

- 新しいRI 薬剤の開発.
- 長半減期核種, 金属核種　⇒　抗体医薬品,酵素, タンパク質反応を画像化

複数核種同時画像化

- 複数核種を用いれば複数の機能を同時に画像化できる。

高エネルギー核種

- 体への影響が小さい。

広い視野

- 中動物、大動物の画像化が可能になる。

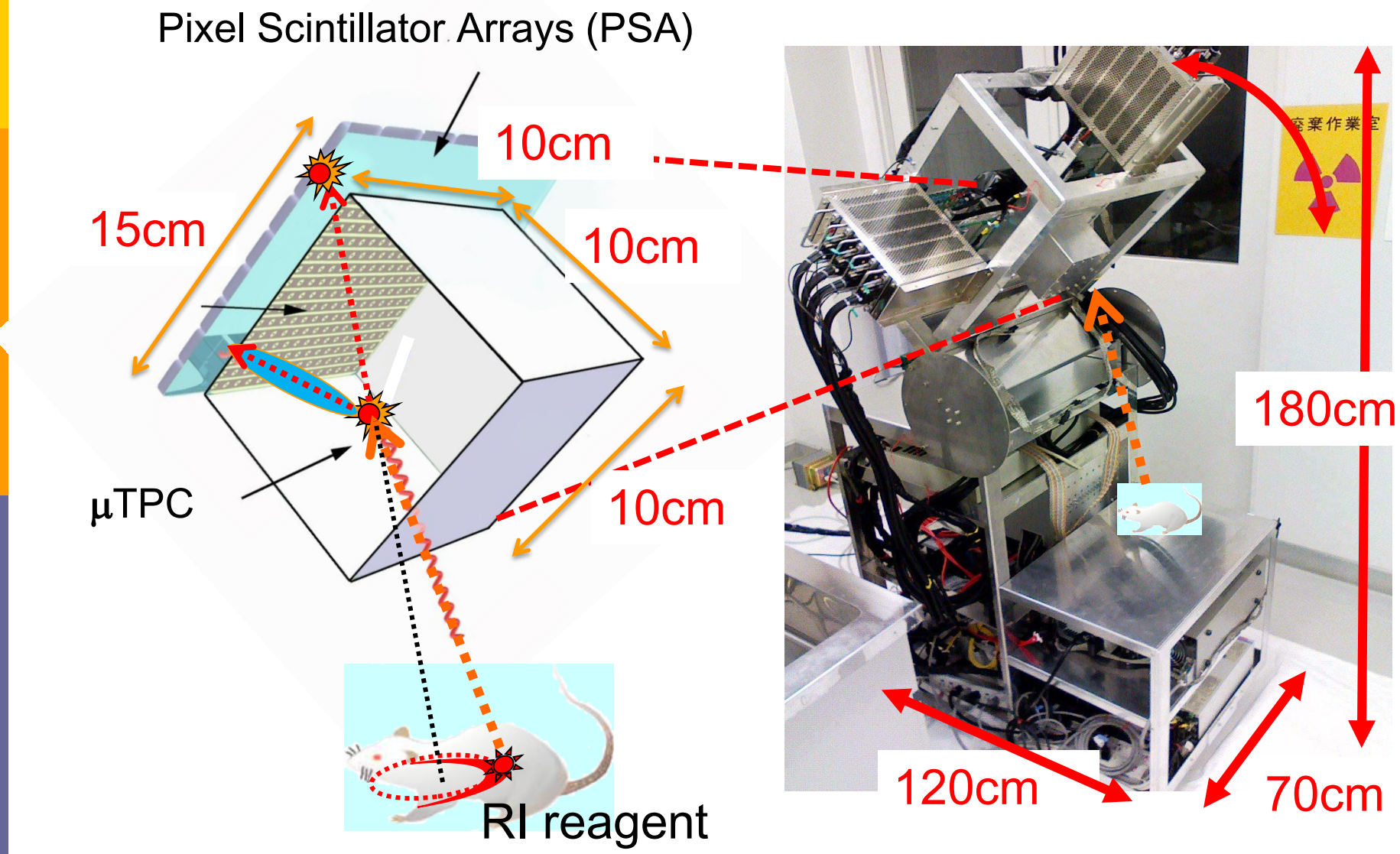
今回の目的

- 核医学では３次元画像が期待される。

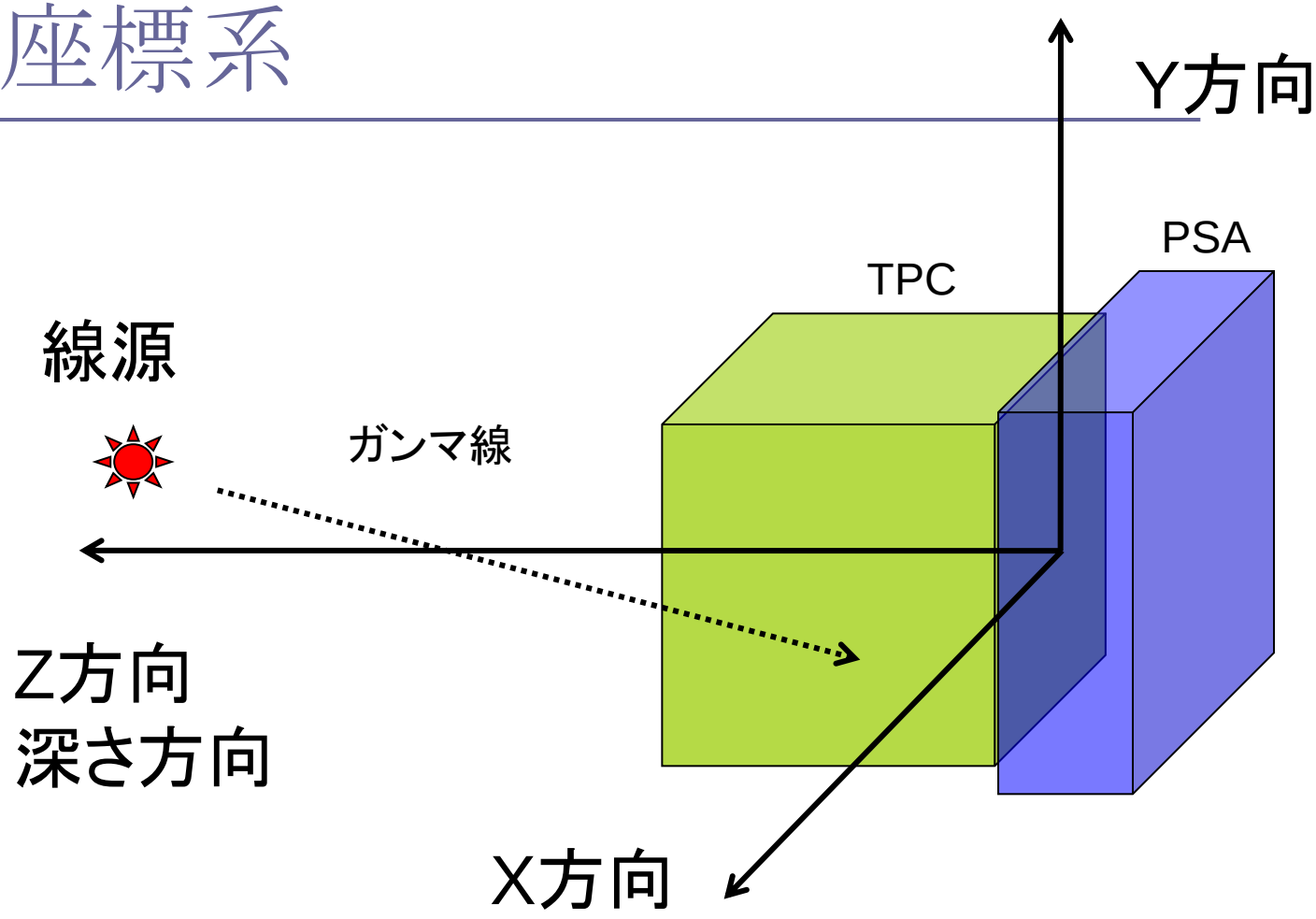
⇩

- ２次元画像から３次元画像へ
  - １ヘッドカメラでの３次元再構成法の確立
  - ２ヘッド カメラへの拡張
    - 計数率の向上

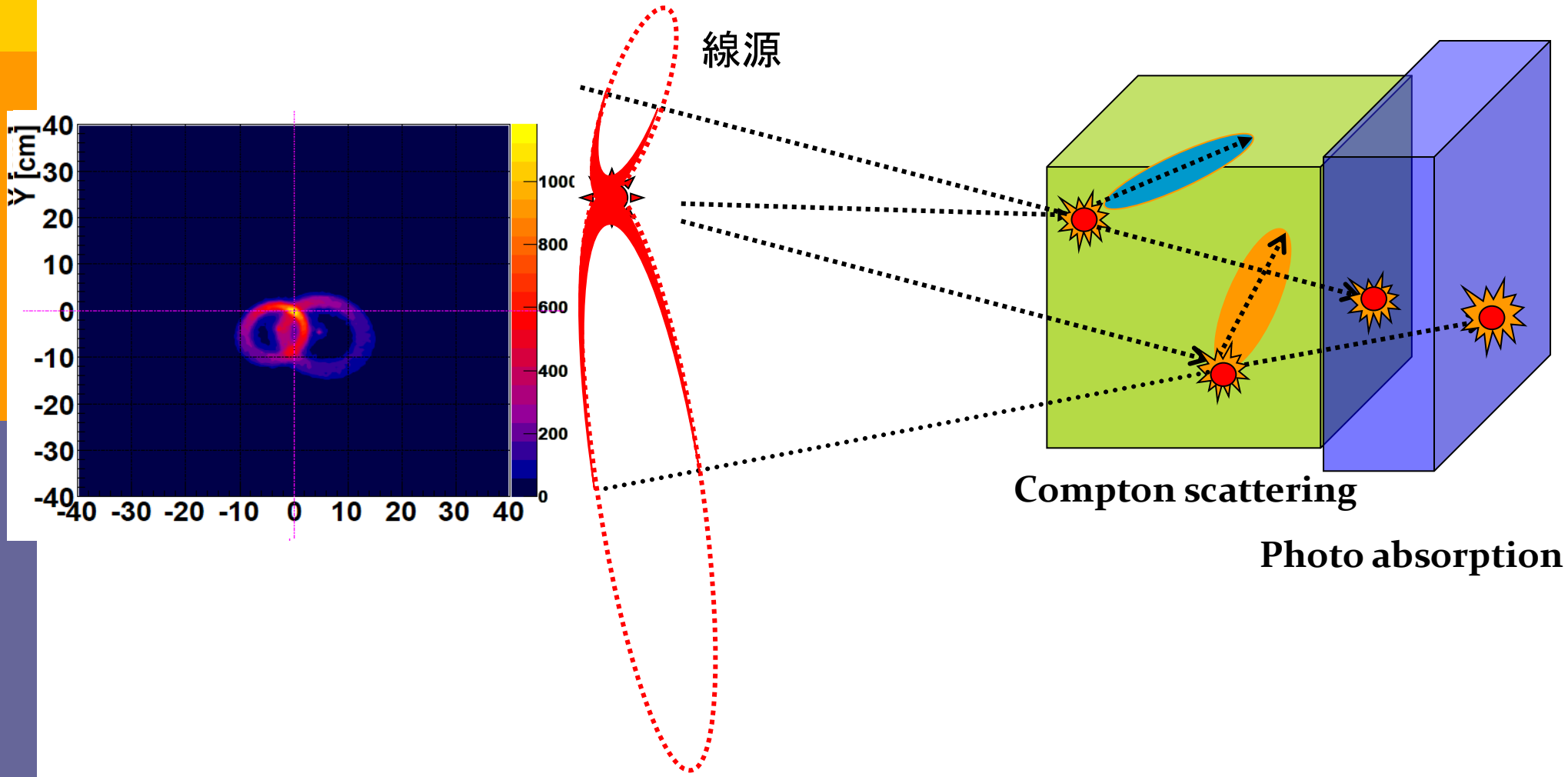
開発中のETCC


Pixel Scintillator Arrays (PSA)
10cm
15cm
10cm
μTPC
10cm
RI reagent
180cm
120cm
70cm

再構成空間座標系

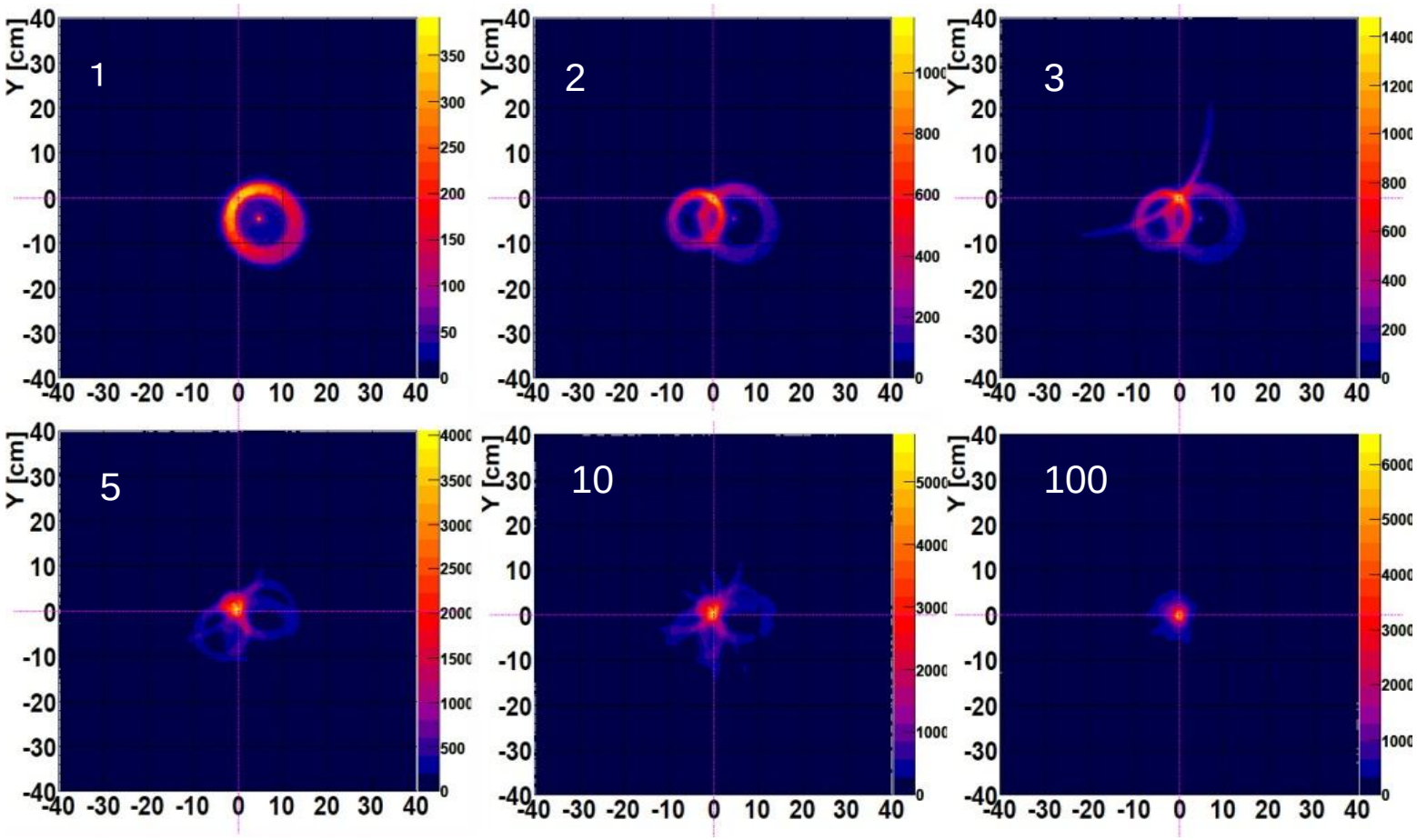


ETCCの再構成

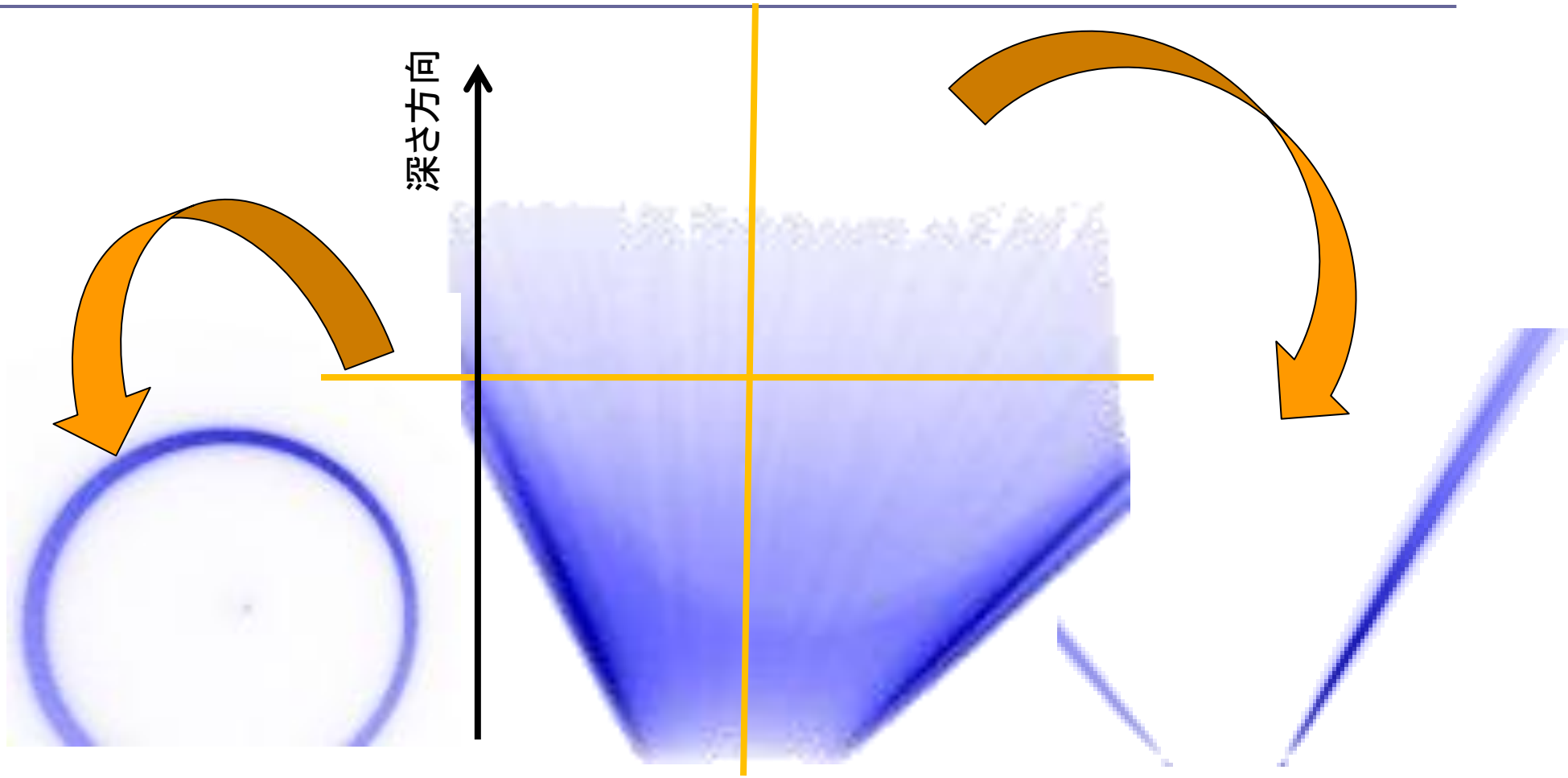

線源
Y [cm]
40
30
20
10
0
-10
-20
-30
-40
-40 -30 -20 -10 0 10 20 30 40
1000
800
600
400
200
0
Compton scattering
Photo absorption

コンプトン法を用いた2次元再構成

- 線源の深さ方向の位置を仮定。

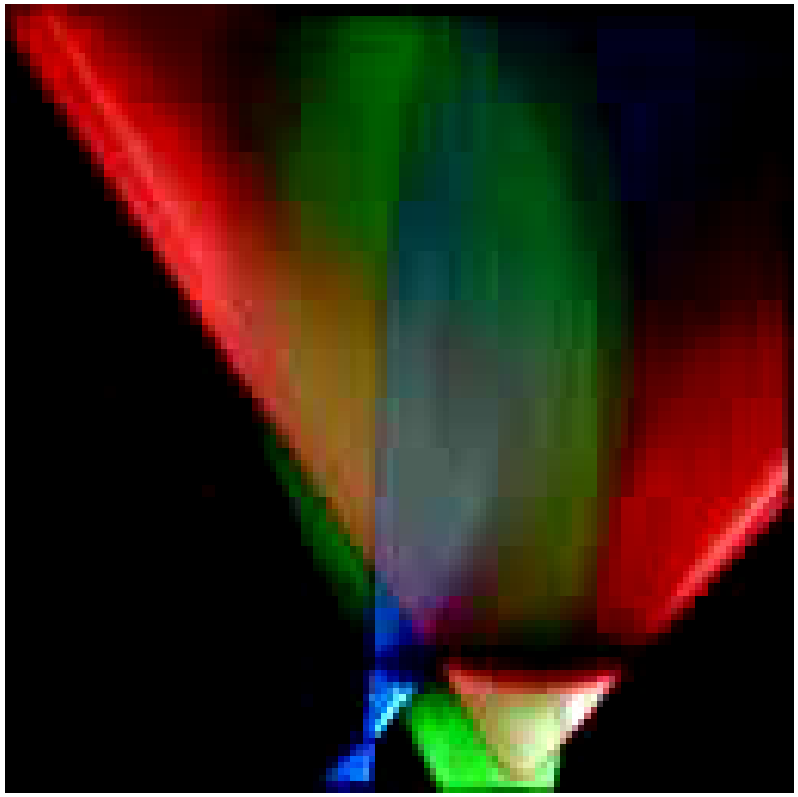


3次元再構成

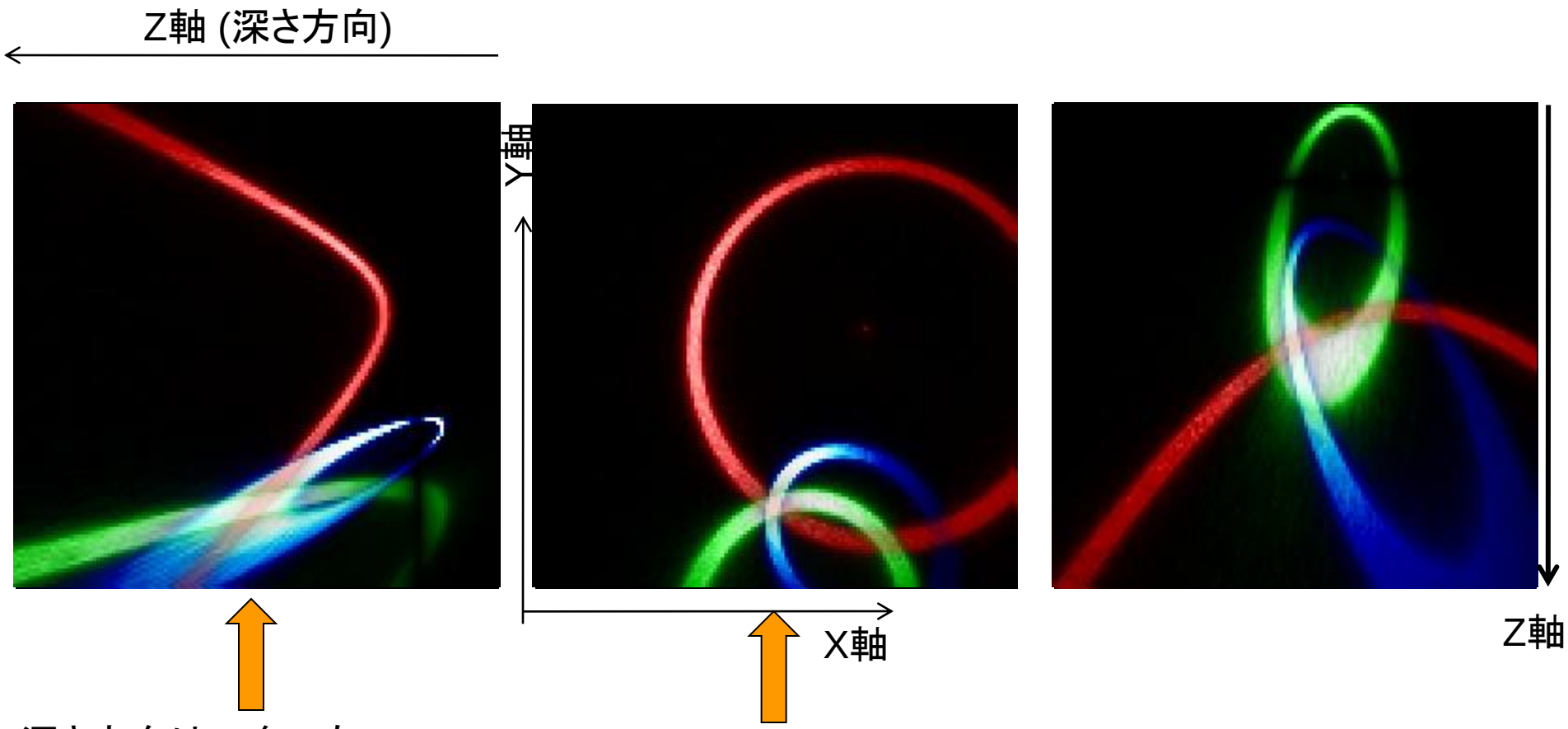


入射ガンマ線の到来方向は円錐型に再構成される。

3次元再構成



3次元再構成



深さ方向は一台でも
認識できるが精度が悪い

X,Y軸面は精度が良い。

解析手法：List Mode MLEM

List mode Maximum Likelihood Expectation Maximization

医療業界でよく使われる画像再構成法　(2008年物理学会秋季大会)

$$\lambda_m^{l+1} = \frac{\lambda_m^l}{S_m} \sum_n \frac{t_{nm} \cdot c_n}{\sum_k t_{nk} \cdot \lambda_k^l}$$

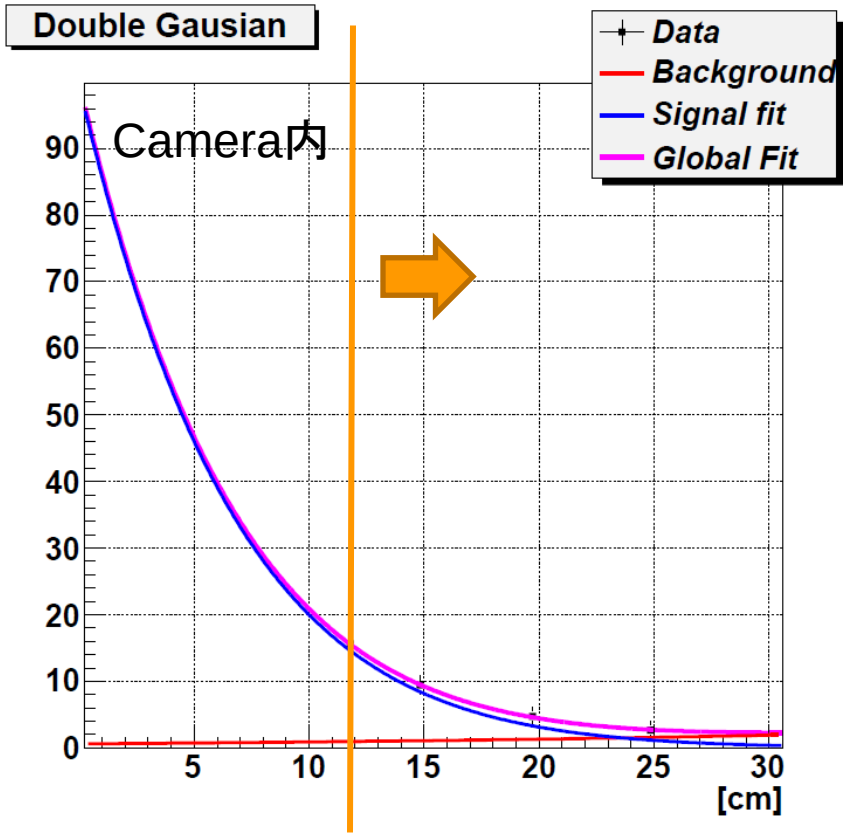
m,k :画素
n :事象
l ：逐次レベル
λ_m^{l+1} ：画素mの逐次ｌ＋１回目の値
S_m ：画素mの効率
$t_{n\,m}$:画素mからのガンマ線を事象nで検出する確率
c_n ：事象nで生成した分布が視野に入る割合

画素⇒Voxelへ変更。
3次元での空間で画像再構成

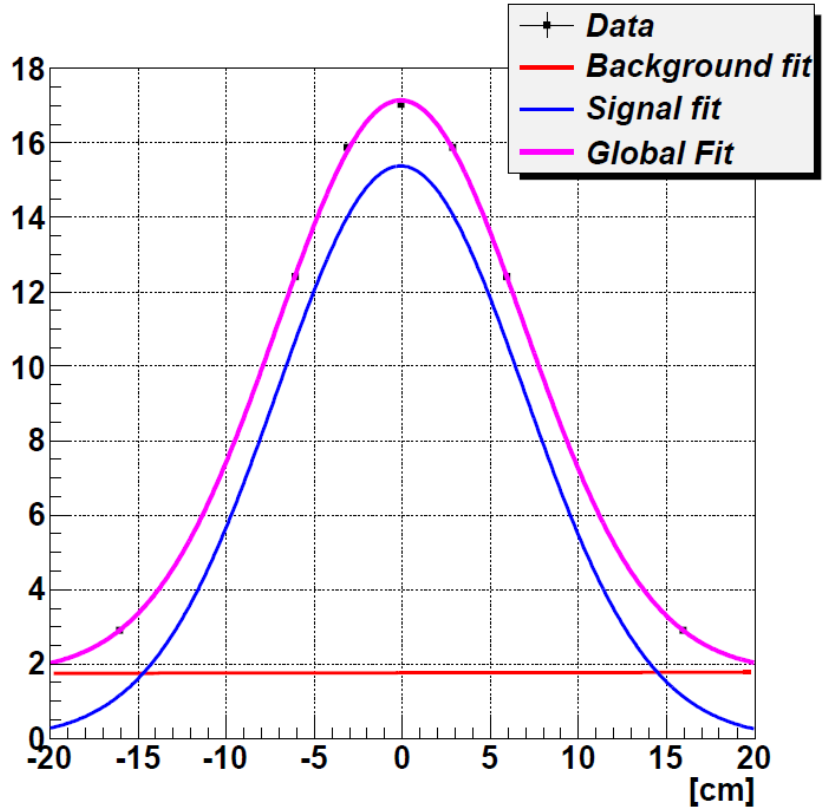
S.J. Wilderman, IEEE Trans.Nucl. Sci. 45 (1998) 957
A. Zoglauer,Diploma thesis, Technical University Munich(2000)

3次元再構成用の感度関数

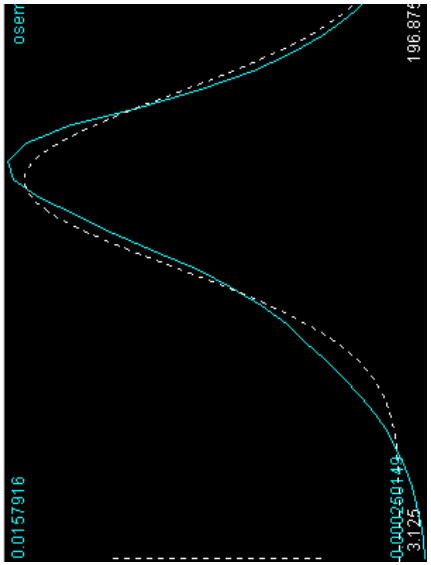
Z方向

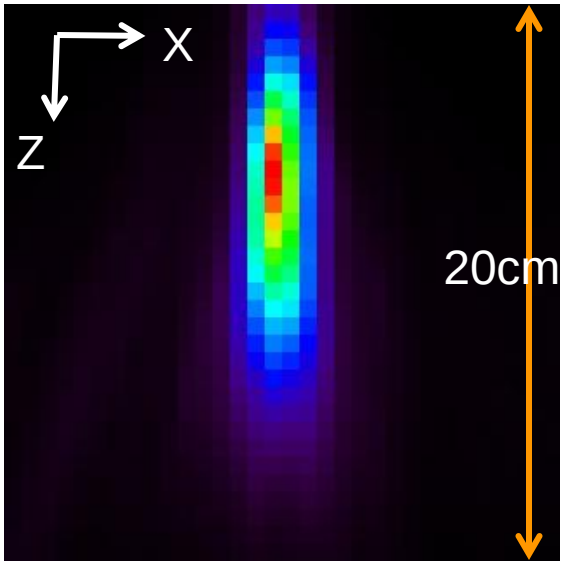


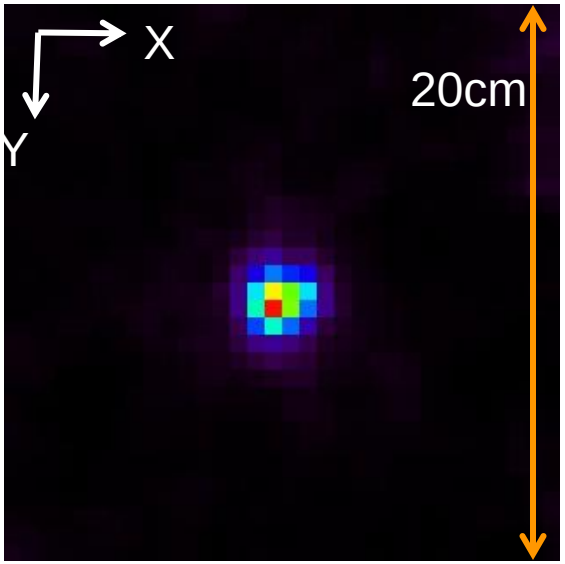
X、Y方向



Point source の3次元再構成



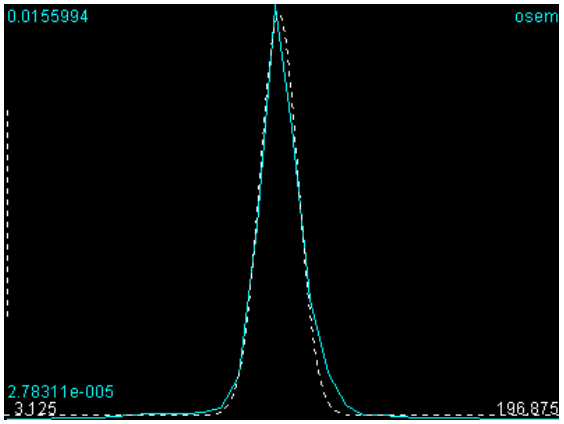




FWHM:　70.1mm
Z方向　:　262.1mm (ほぼ6mmずれ)

Z軸

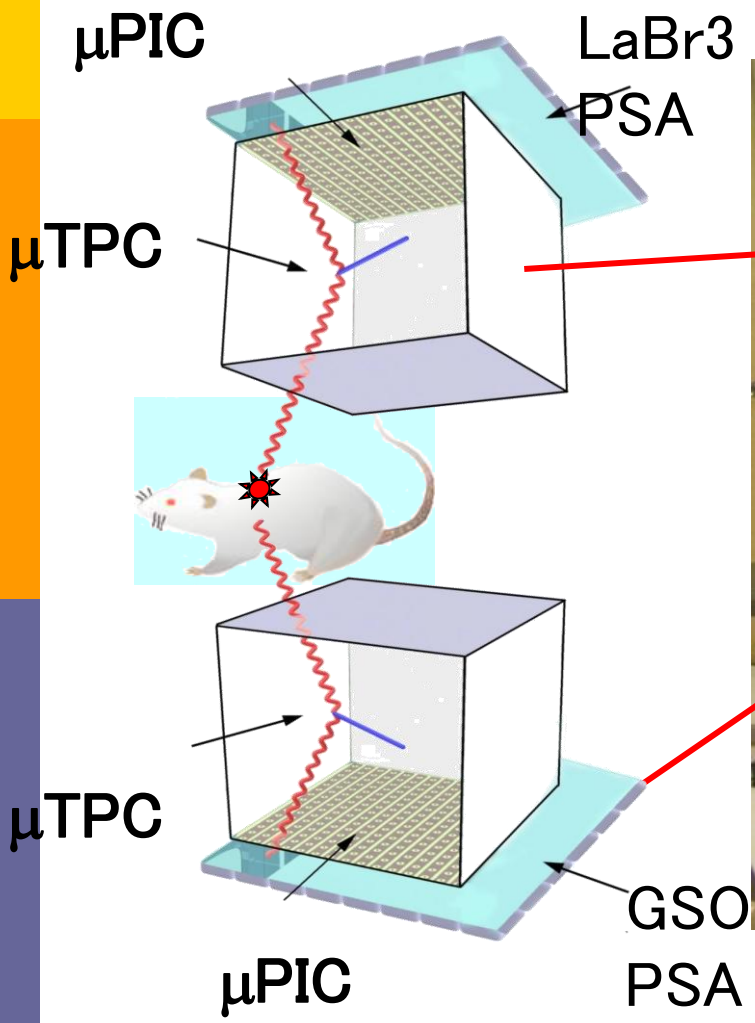
FWHM:15.5mm
X方向　:98.4mm

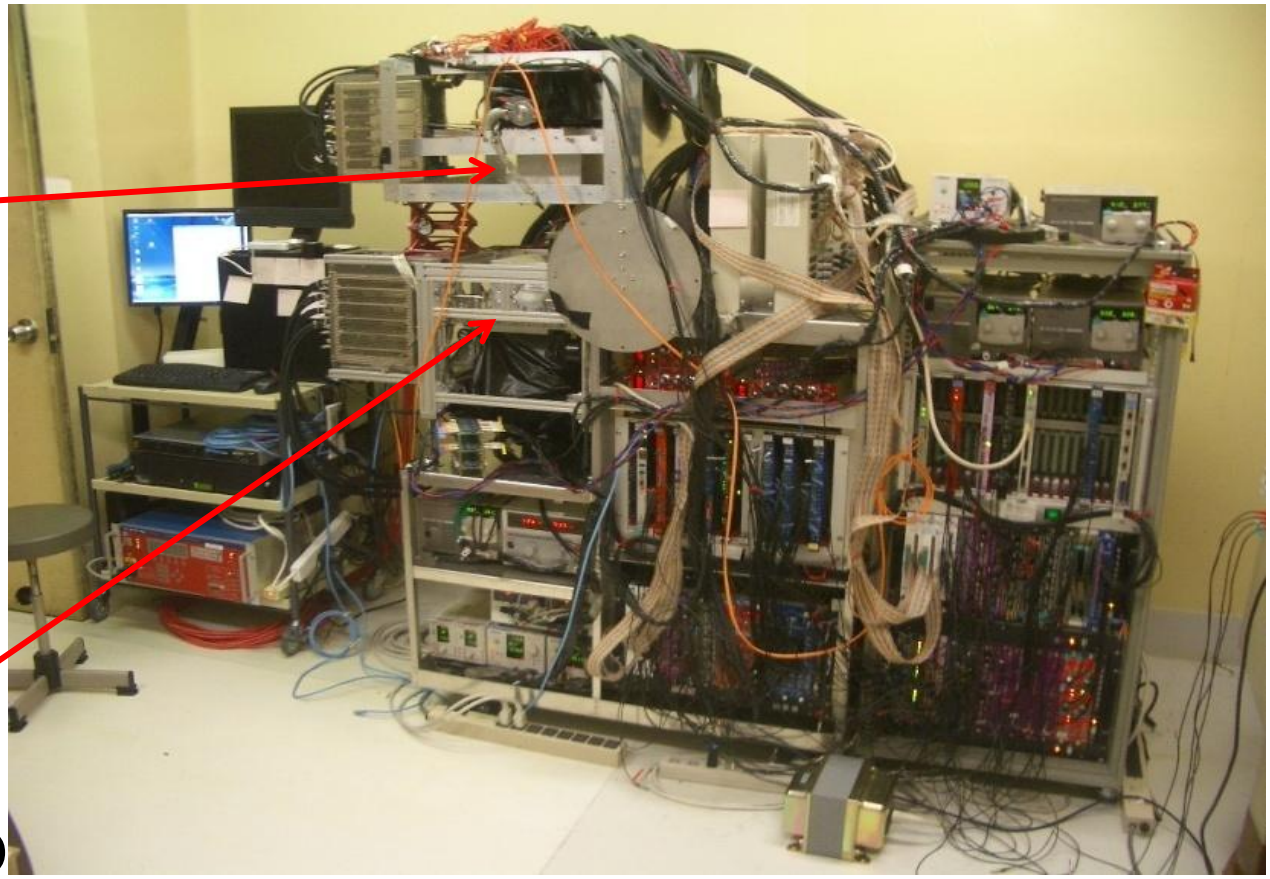


Z軸

深さ方向はまだ一致していない。
　感度関数の精度？
　3次元空間の重みづけ？

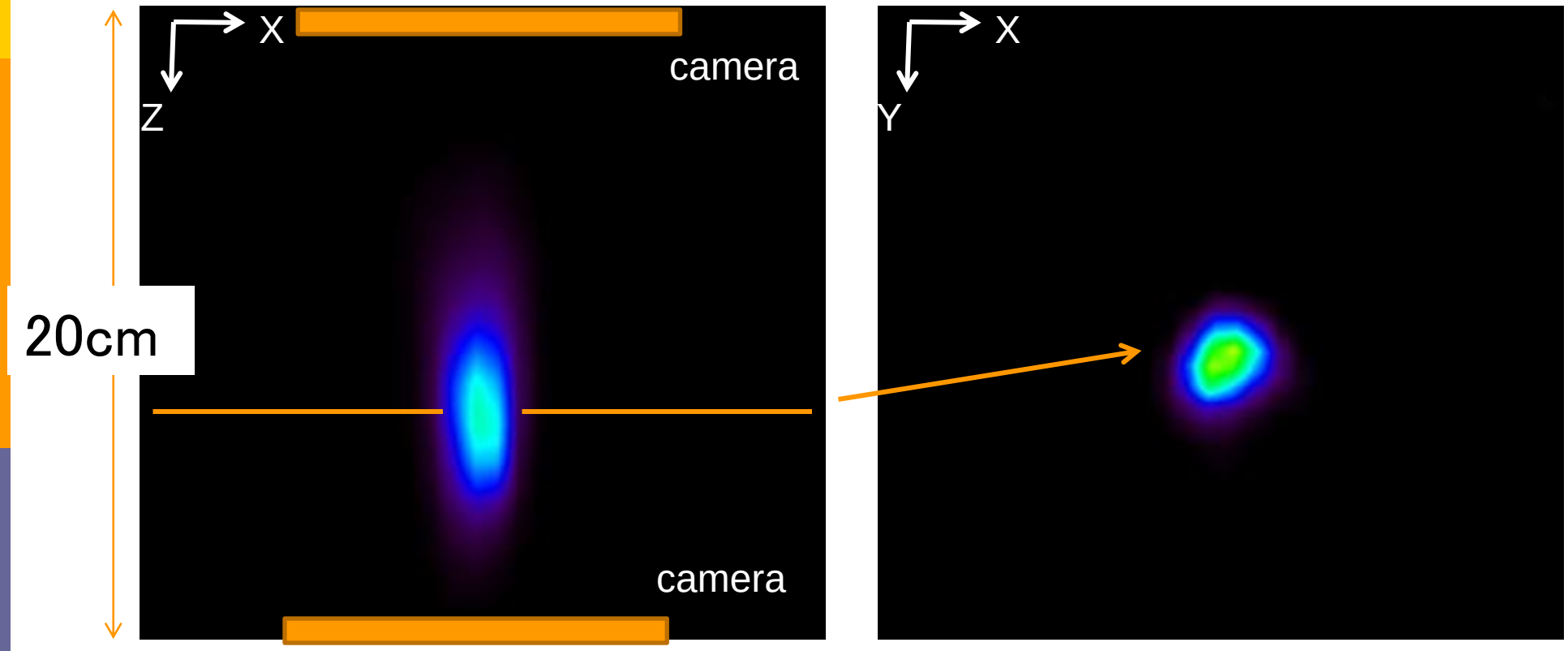
Two Heads ETCC





3D imaging results

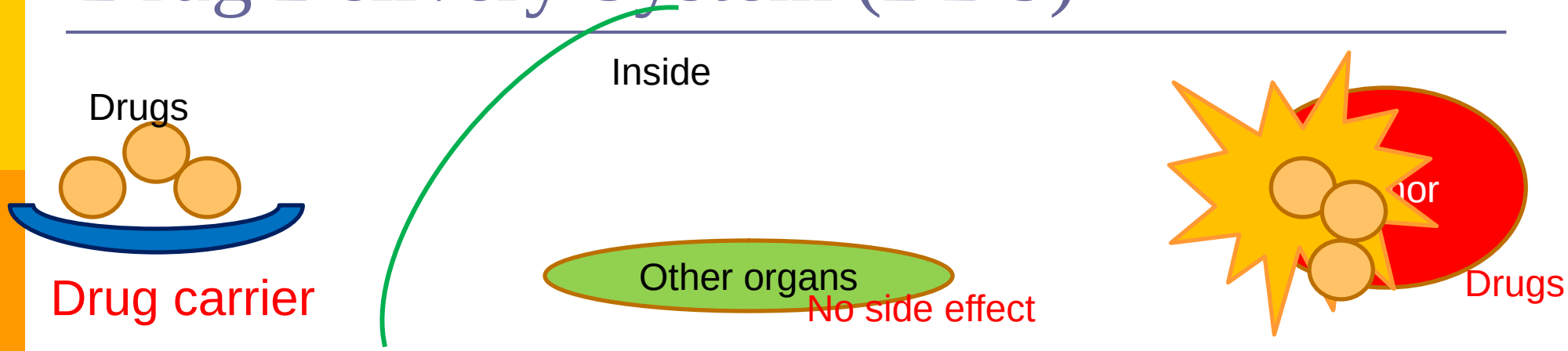
Ba-133 (356 keV) 点線源 3D image.



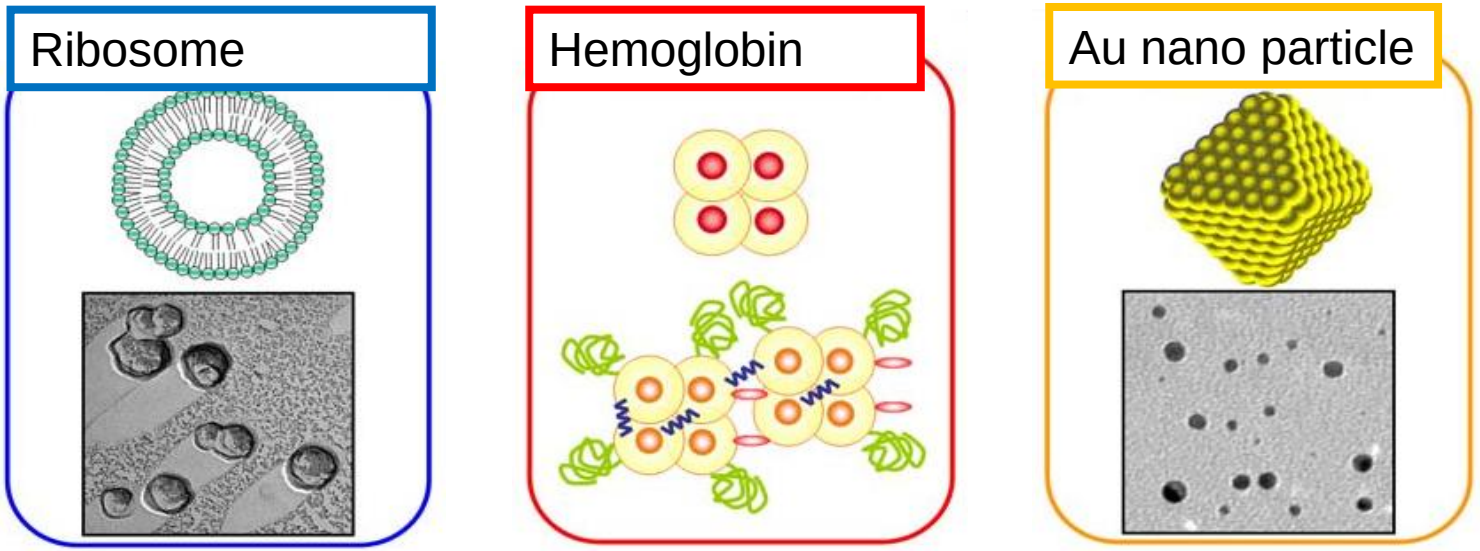
Transverse　　Coronal

強度が一番強い場所が線源の位置となる。
上下に分布が広がるのは空間的な感度関数が合っていないため。

Drug Delivery System (DDS)



Drug carrier candidates



TUS
Yuasa lab.
WEB page

I-131 imaging
(365keV, two heads)

筑波大　長崎研究室

全身　2.75 MBq

心臓	0.01
肺	0.01
肝臓	0.48
胃	0.04
腫瘍	0.01
BG	0.00

初の2ヘッド画像化
生かしたまま撮像。
肝臓への集積が確認できた

Summary

- ETCC はEnergy dynamic rangeが大きく, 視野が広いので医療用ガンマ線カメラとして大きな可能性をもつ。

- Hardware update　⇒　高速化、3D画像化に成功
  - Two heads ETCC

    ⇒　深さ方向の精度をあげるため、3台に拡張。

    ⇒　3次元空間感度関数の精度向上

    ⇒　別のアルゴリズムの試験

    ⇒　今後、定量性の評価を行う。
- 2ヘッド、Energy window modeにより、小動物を生かしたまま撮像可能に。
  - DDS (cross linked micelle) imaging

    ⇒ 同一個体での経時変化が追え、
    新薬の開発が容易になった。