

原子核電荷密度分布の評価に向けた ミュオニックカルシウム原子のX線分光測定

川崎海斗^A, 藤岡宏之^A, 齋藤岳志^B, 橋本直^B, 岡田信二^C, 樋口嵩^D, HEATES Collaboration
東京科学大理^A, 理研^B, 中部大理工^C, 京大複合研^D

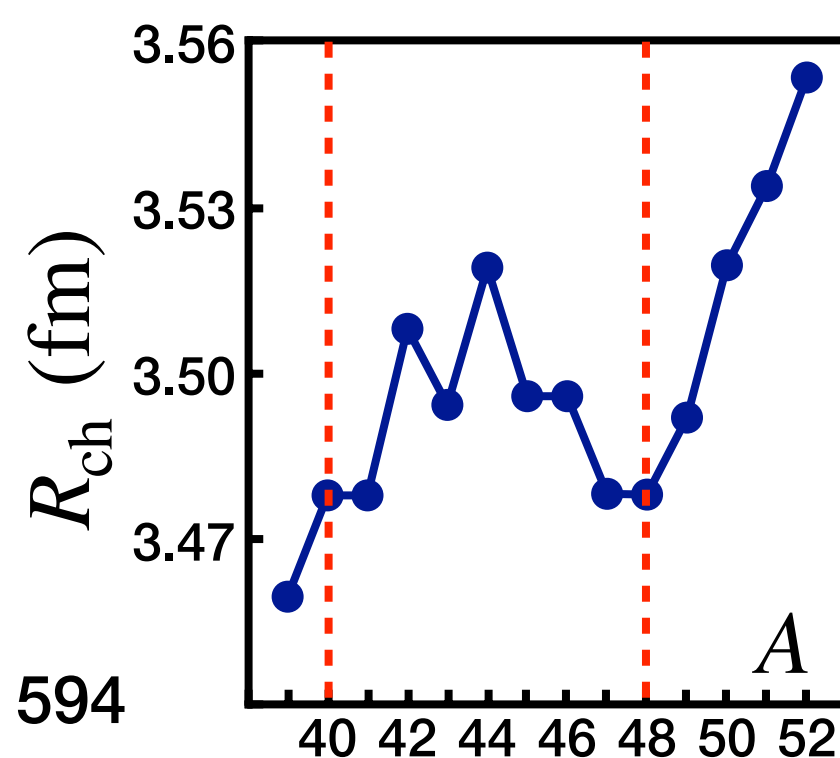
Ca同位体の荷電半径

- 原子核電荷密度分布 $\rho(r)$ と荷電半径 R_{ch} の相関

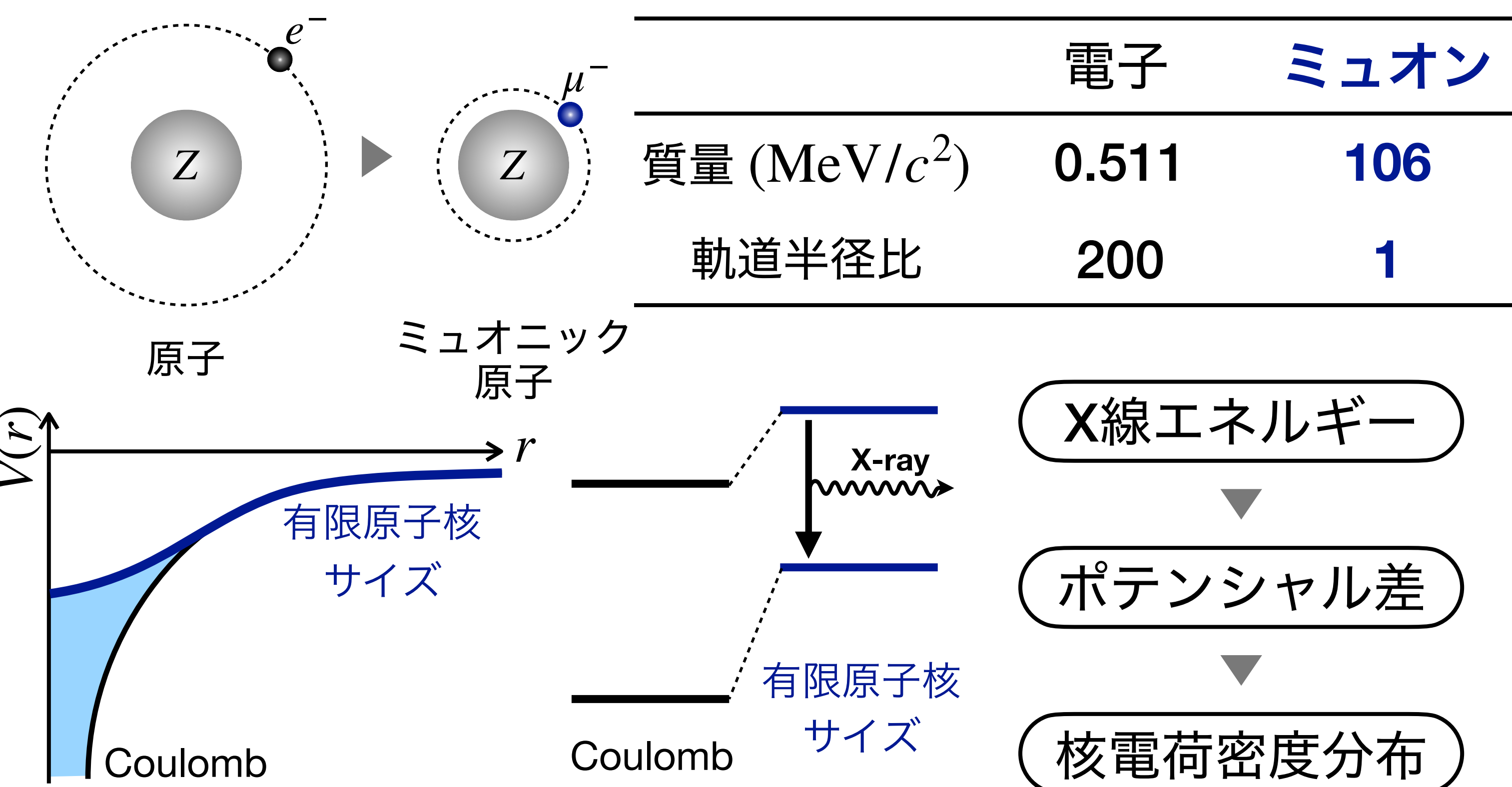
$$R_{\text{ch}}^2 = \langle r^2 \rangle = \int d^3r r^2 \rho(r)$$

- 二重魔法数核 ^{40}Ca , ^{48}Ca は同程度の半径

R. F. Garcia Ruiz et al., Nat. Phys. 12 (2016) 594



ミュオニック原子のX線分光



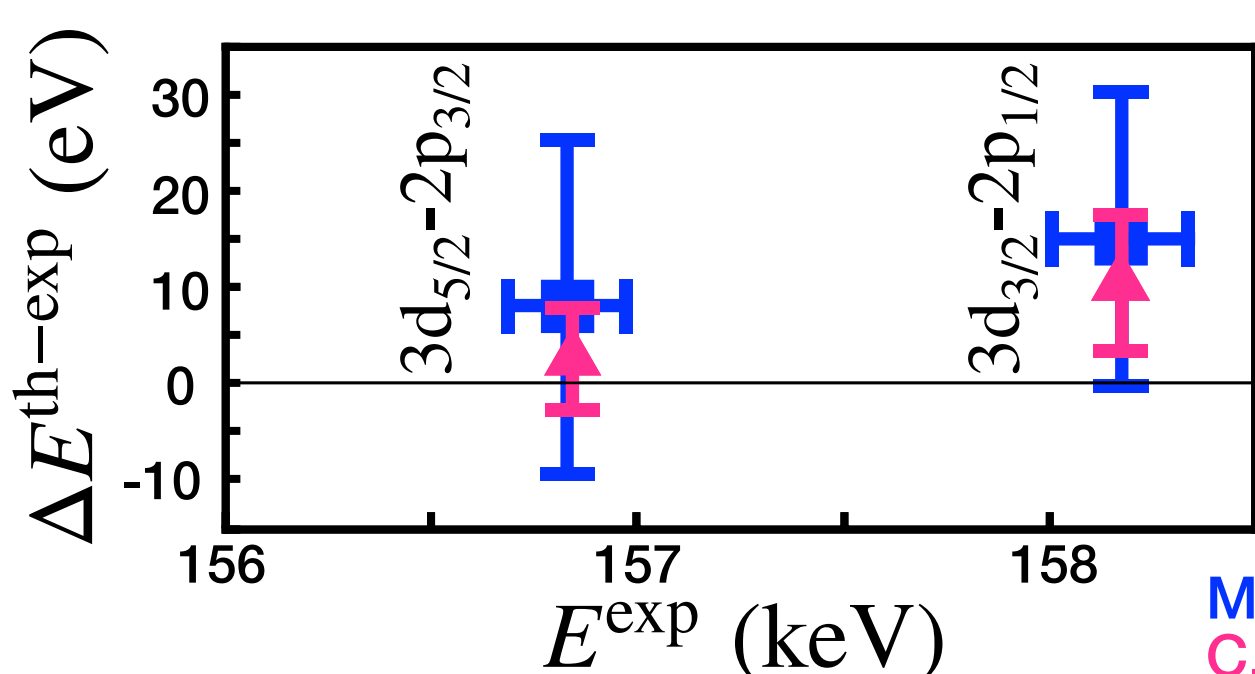
- ミュオンの波動関数は核電荷密度分布の情報を強く反映
- ミュオン特性X線による核構造の研究

計画中の測定

- ミュオニックCa原子のX線分光
- 3d-2pの~150 keVのミュオン特性X線

先行研究

- Ge検出器の使用
- ~10eVの精度
- ^{40}Ca



M. S. Dixit et al., Phys. Rev. Lett. 27 (1971) 878
C. K. Hargrove et al., Phys. Rev. Lett. 39 (1977) 307

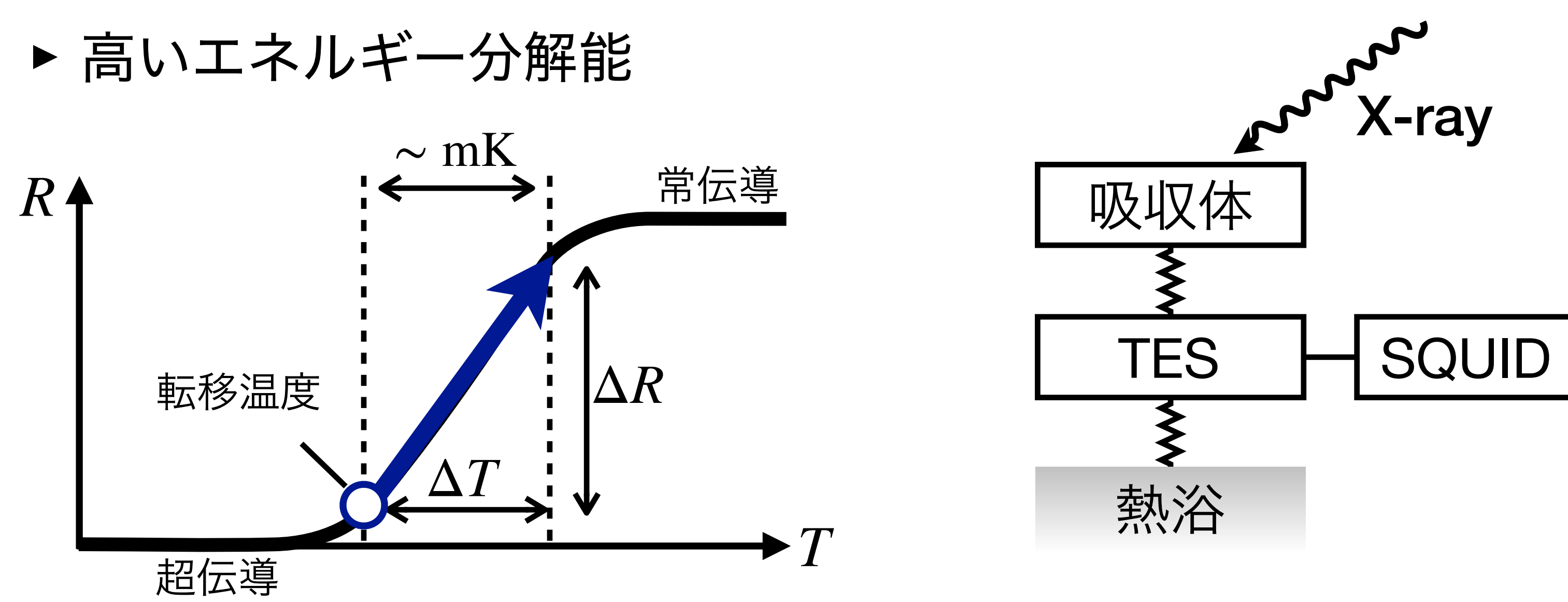
計画中の測定

- TES検出器の使用
- $\langle r^2 \rangle$ と $\langle r^4 \rangle$ の評価
- ^{40}Ca , ^{48}Ca

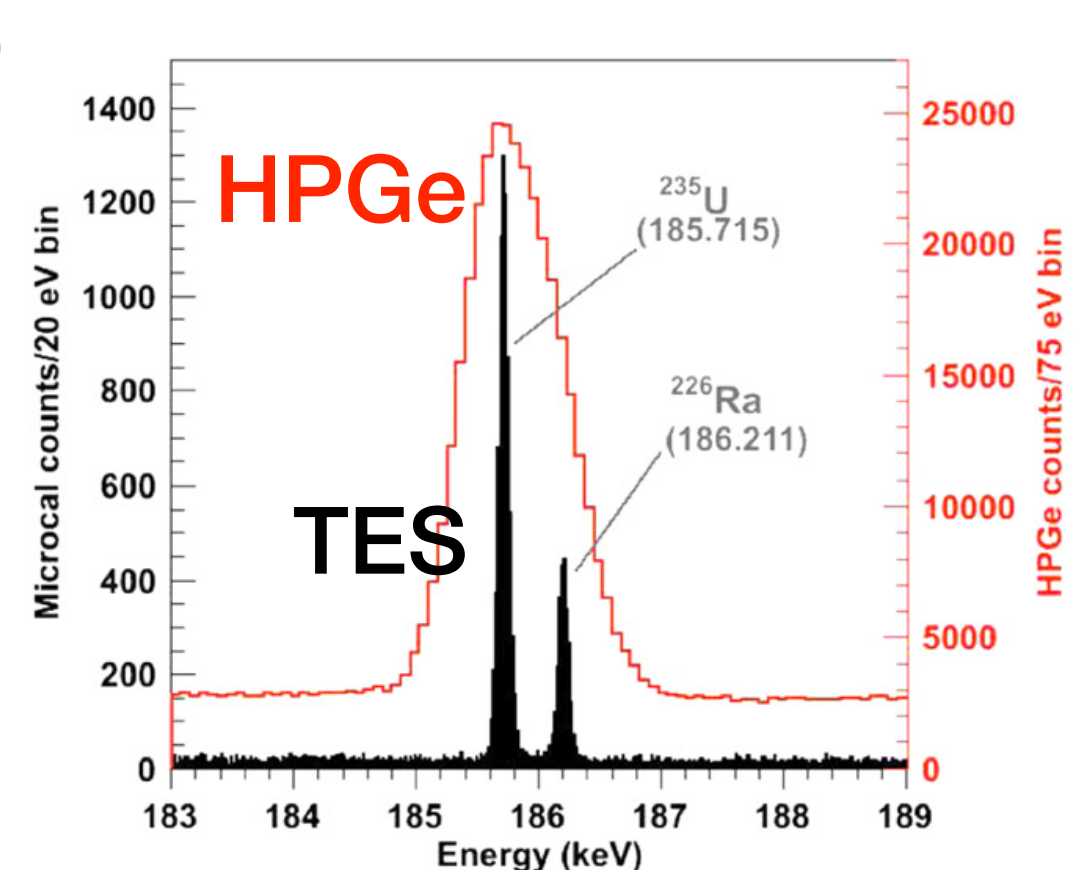
^{40}Ca の予備測定

超伝導転移端センサ (TES)

- 超伝導を利用したマイクロカロリメータ
- 高いエネルギー分解能



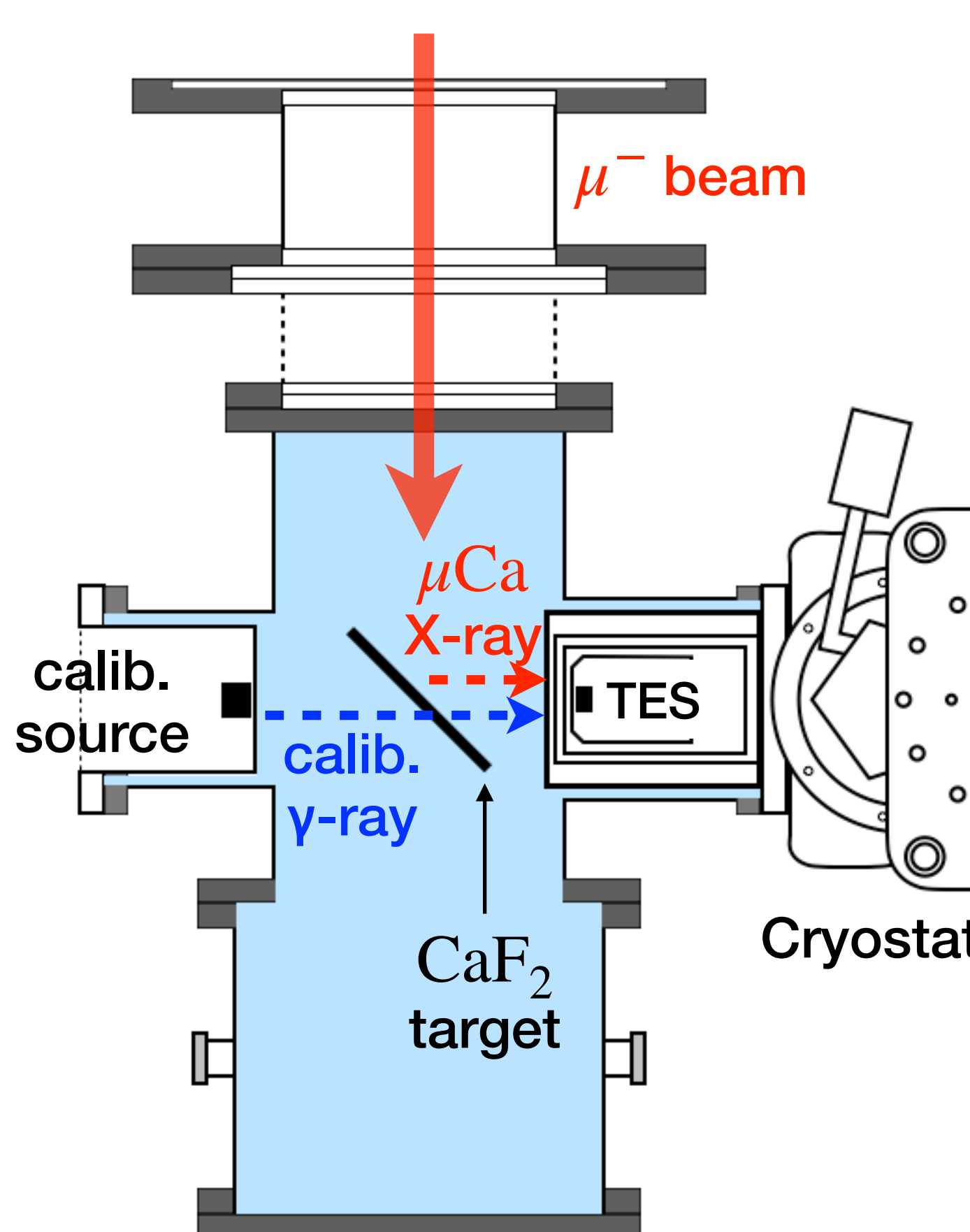
	ΔE (eV)	E (keV)	$\Delta E/E$ (%)
SDD	130	5.9	2
HPGe	500	122	0.4
Crystal	~ 10	10-100	~ 0.1
TES	80	100	0.08



Joel N Ullom and Douglas A Bennett
Supercond. Sci. Technol. 28 084003 (2005)

セットアップ

- 2025年4-5月、@J-PARC MLF H1-beamline



ミュオンビーム

- 22MeV/c, 25Hz

標的

- 天然Ca (CaF_2)
- ^{40}Ca : 97%、厚さ 0.4mm

Cryostat

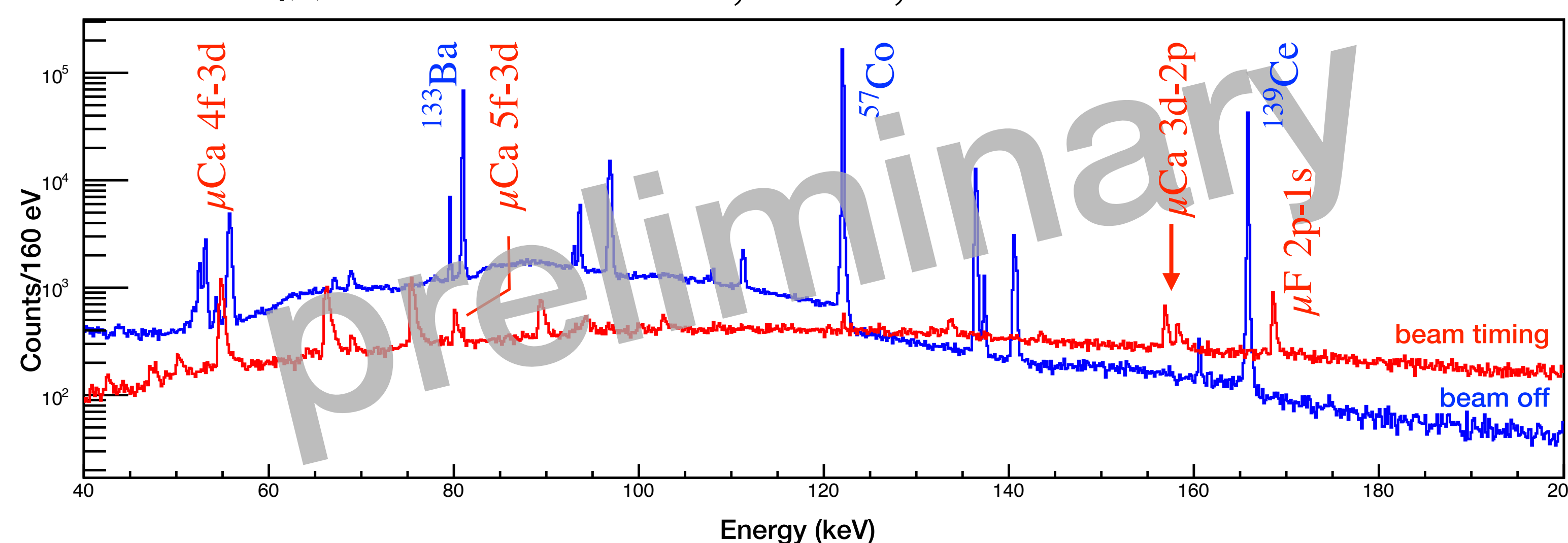
- ^3He 冷凍機、ADR
- ~90mKに冷却

TES

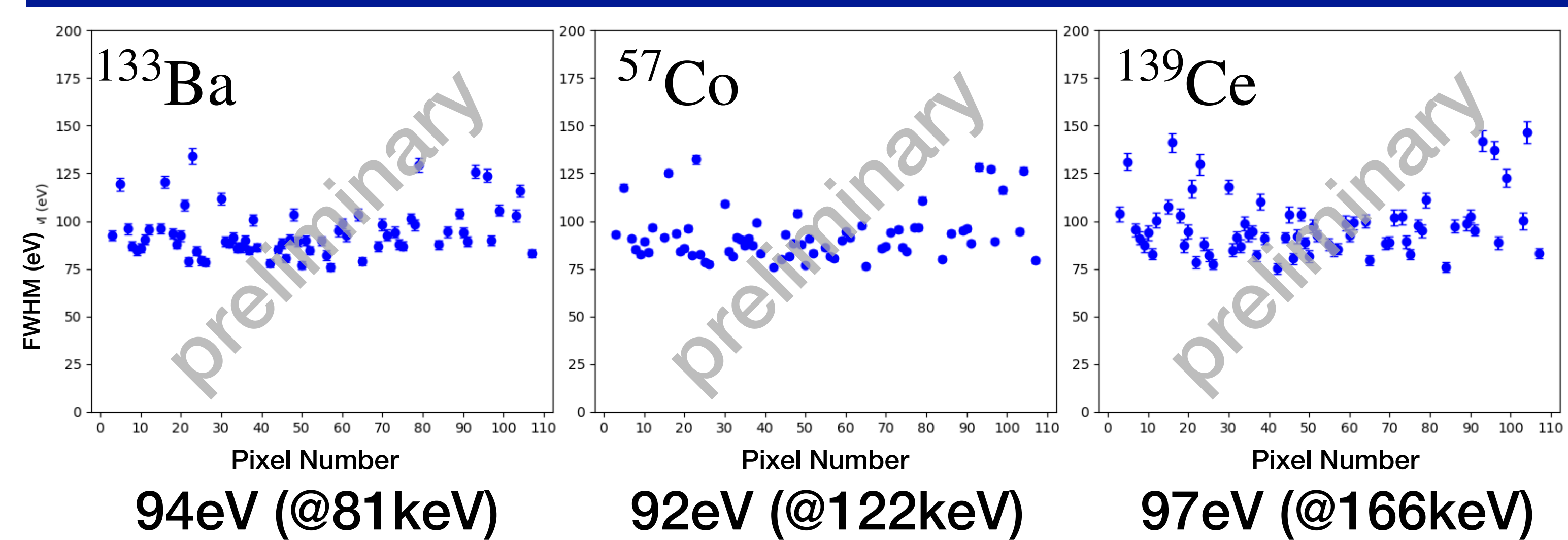
- 96 pixels
- Sn 吸収体
- Mo/Cu 超伝導体
- 1.3mm × 1.3mm

エネルギースペクトル

- 3d-2pの2つの $\mu^{40}\text{Ca}$ のミュオン特性X線ピークを確認
- ビームタイミングでゲート：赤線
- 3つの較正ピーク： ^{133}Ba , ^{57}Co , ^{139}Ce

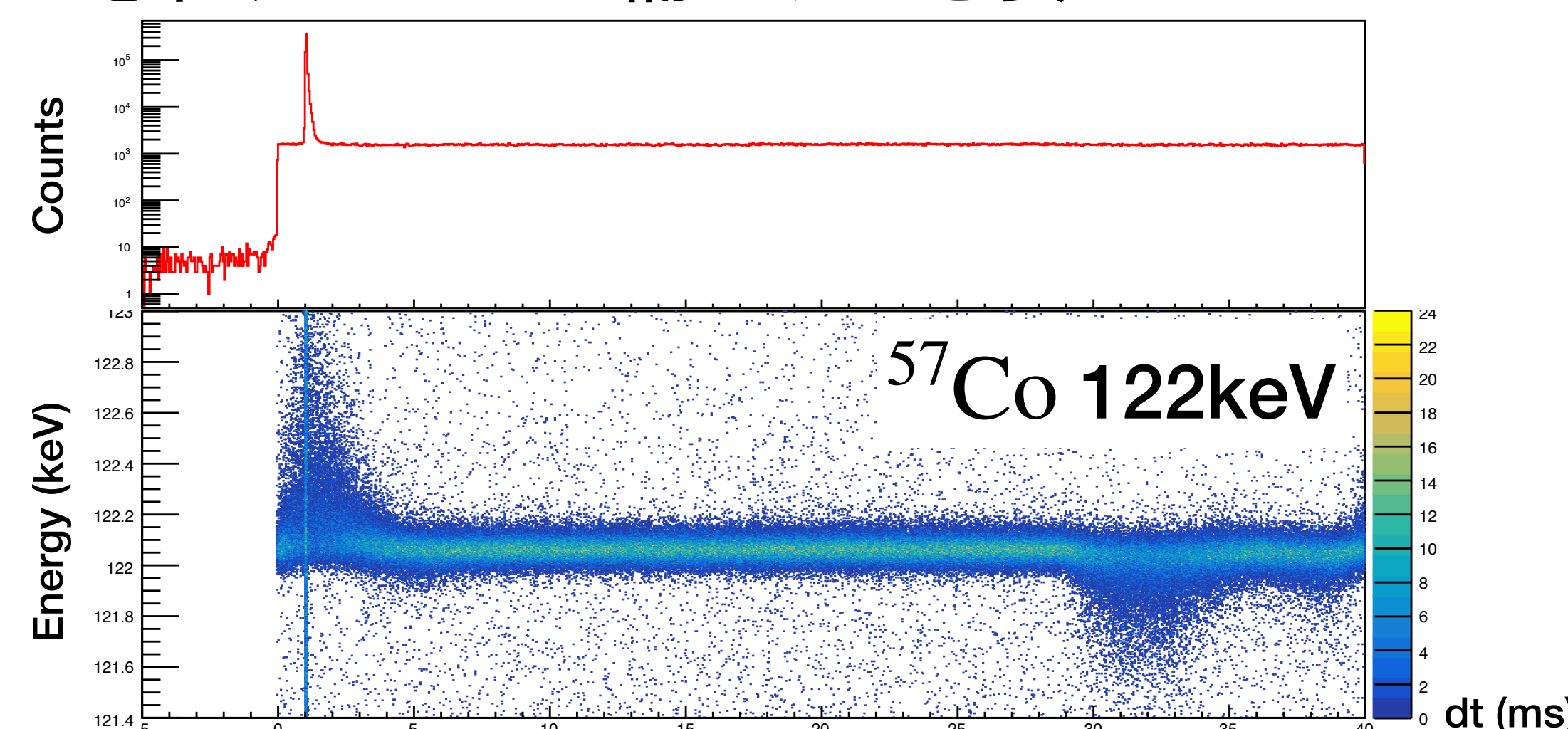


エネルギー分解能



熱クロストーク

- ビームタイミングでのエネルギーシフト
- 分解能が悪化、シフトを補正する必要あり



結論

- 我々は ^{40}Ca , ^{48}Ca の核電荷密度分布の評価を目指す。
- TESによる $\mu^{40}\text{Ca}$ のX線分光測定
- 3d-2pの2つの $\mu^{40}\text{Ca}$ のX線ピークを確認
- より高分解能の実現のため、熱クロストーク補正などさらなる解析が必要

謝辞：本研究はMEXT科研費25H02178の助成を受けたものです。