

K中間子ヘリウム原子
3d \rightarrow 2p X線の精密測定 (II)

東京大学 竜野 秀行
for KEK-PS E570
collaboration

KEK-PS E570 collaboration list

G. Beer¹, H. Bhang², M. Cargnelli³, J. Chiba⁴, S. Choi²,
C. Curceanu⁵, Y. Fukuda⁶, T. Hanaki⁴, R. S. Hayano⁷, M. Iio⁸,
T. Ishikawa⁷, S. Ishimoto⁹, T. Ishiwatari³, K. Itahashi⁸, M. Iwai⁹,
M. Iwasaki⁸, B. Juhasz³, P. Kienle³, J. Marton³, Y. Matsuda⁸,
H. Ohnishi⁸, S. Okada⁸, H. Outa⁸, M. Sato⁶, P. Schmid³,
S. Suzuki⁹, T. Suzuki⁸, H. Tatsuno⁷, D. Tomono⁸,
E. Widmann³, T. Yamazaki⁸, H. Yim², J. Zmeskal³

Victoria Univ.¹, SNU², SMI³, TUS⁴, INFN(LNF)⁵,
Tokyo Tech⁶, Univ. of Tokyo⁷, RIKEN⁸, KEK⁹

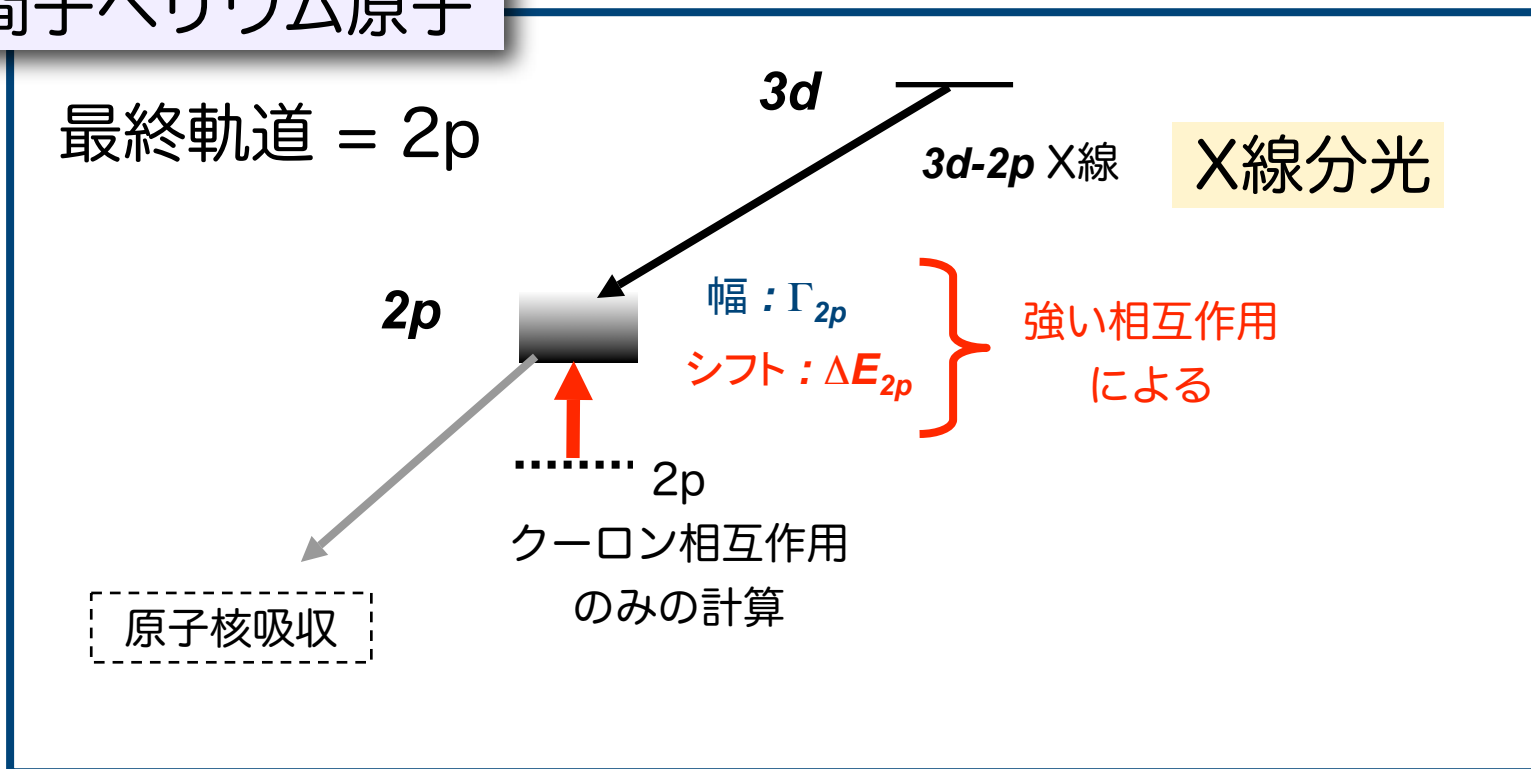


Introduction

強い相互作用によるエネルギー準位シフト

K^- 中間子と原子核の強い相互作用により最終軌道はシフトと幅をもつ

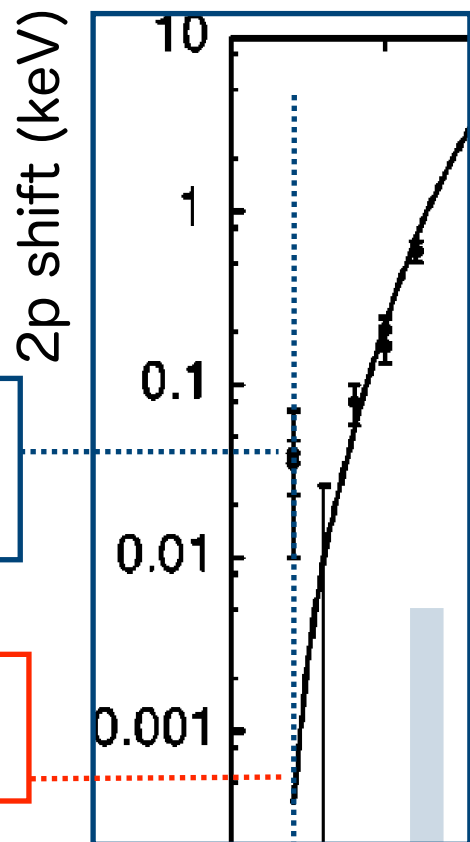
K^- 中間子ヘリウム原子



3d→2p X線のエネルギーを精密に測定することで、強い相互作用の効果を評価できる

K⁻中間子ヘリウム原子パズル

K⁻中間子原子の最終軌道のシフトと幅



巨大なシフト

過去の実験値

~40eV

理論計算値

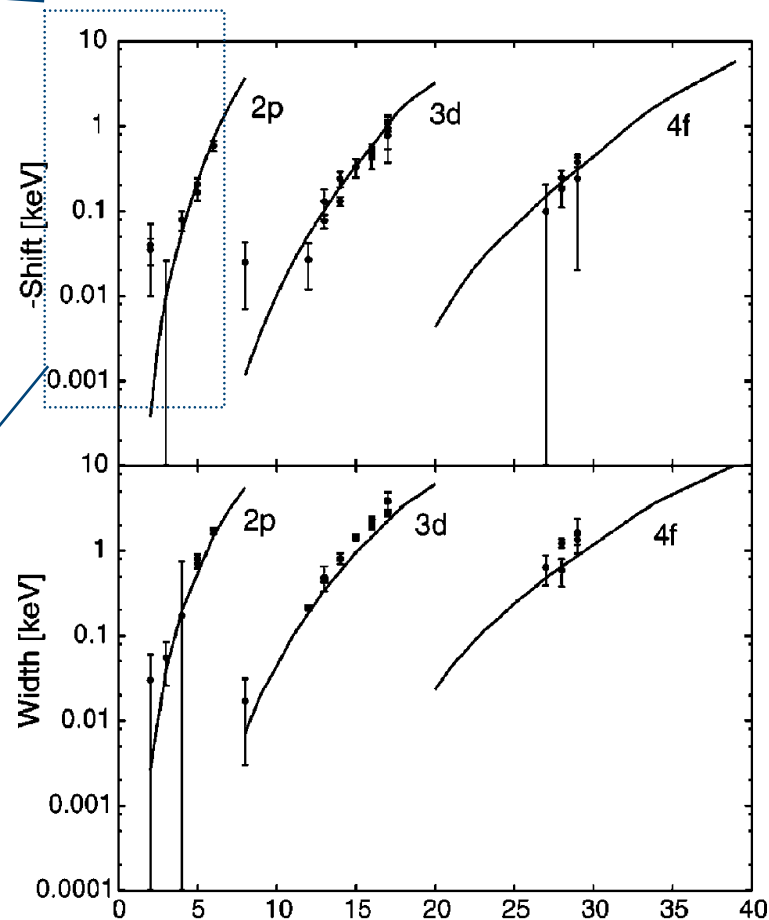
→ **ほぼゼロ**

ex) chiral unitary+

optical model : **~0.2eV**

Z=2

どの理論も過去の実験値を
再現できない (~40 eV)



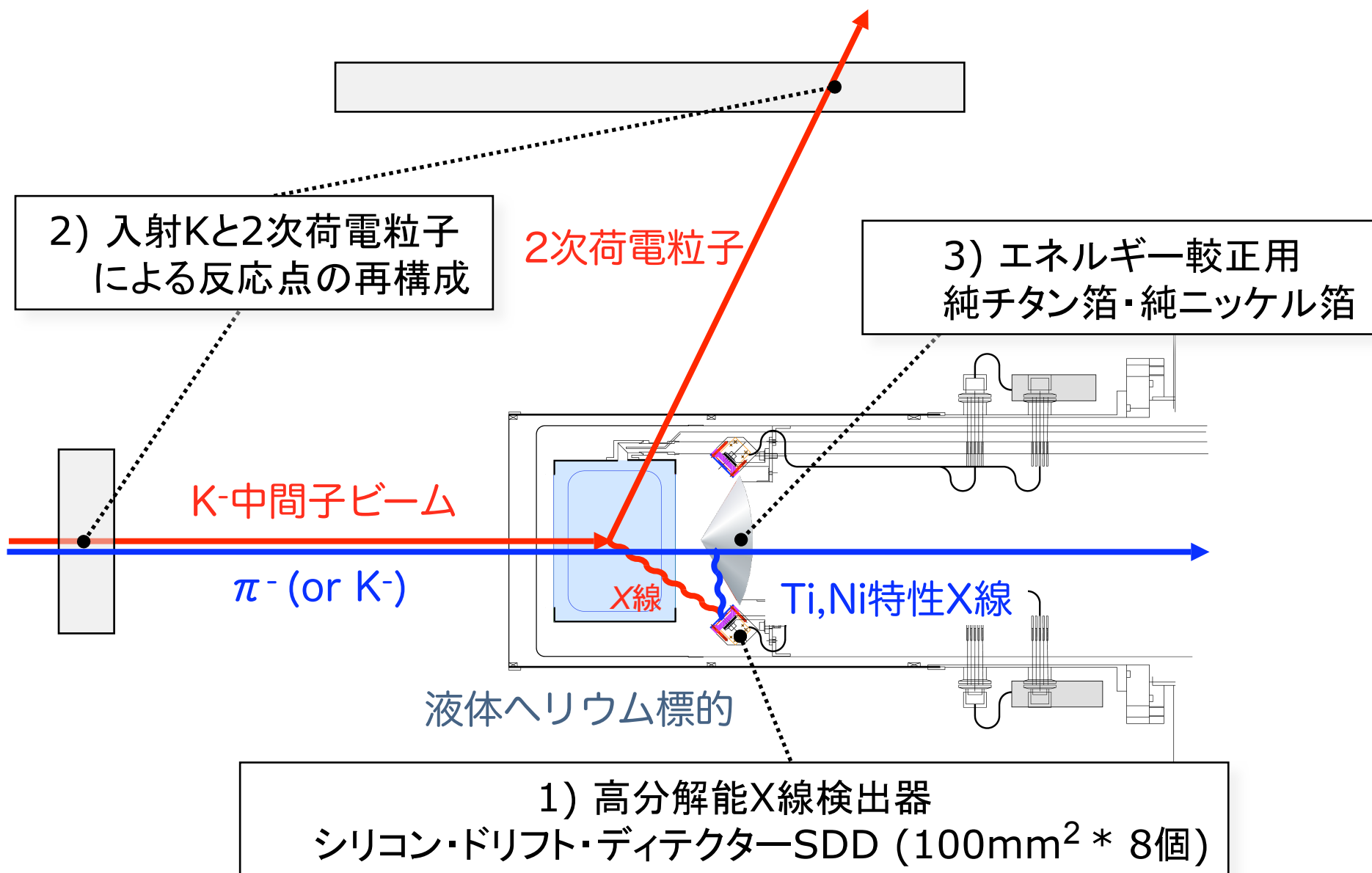
Z (nucleus atomic number)

S.Hirenzaki, Y.Okumura,
H.Toki, E.Oset, and A.Ramos
Phys. Rev. C 61 055205 (2000)



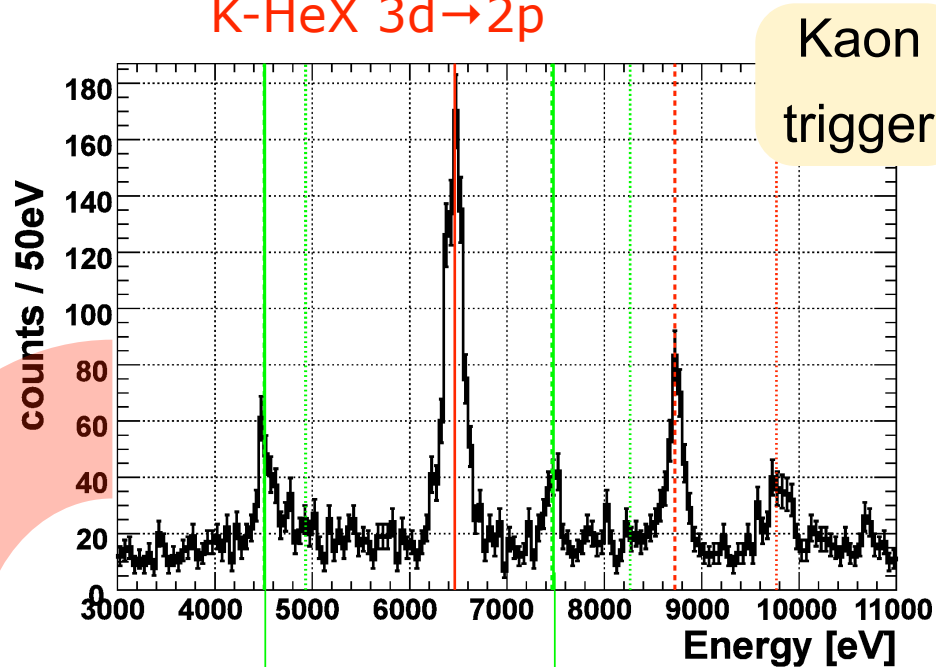
Experiment

KEK-PS E570実験



エネルギー較正

K-HeX 3d→2p

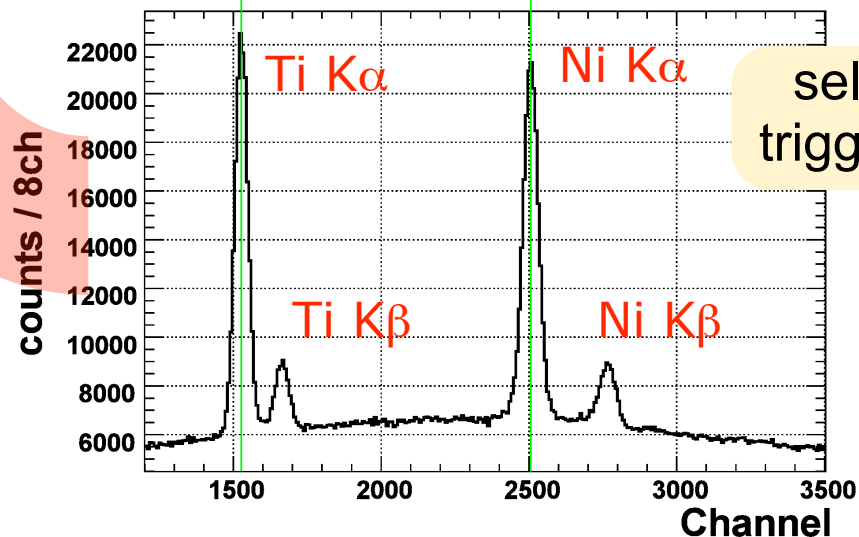


Kaon
trigger

高統計の較正データを用いたエネルギー較正

文献にある**光励起**によるTiとNiの特性X線のエネルギーを用いて横軸をチャンネルからエネルギーに変換。

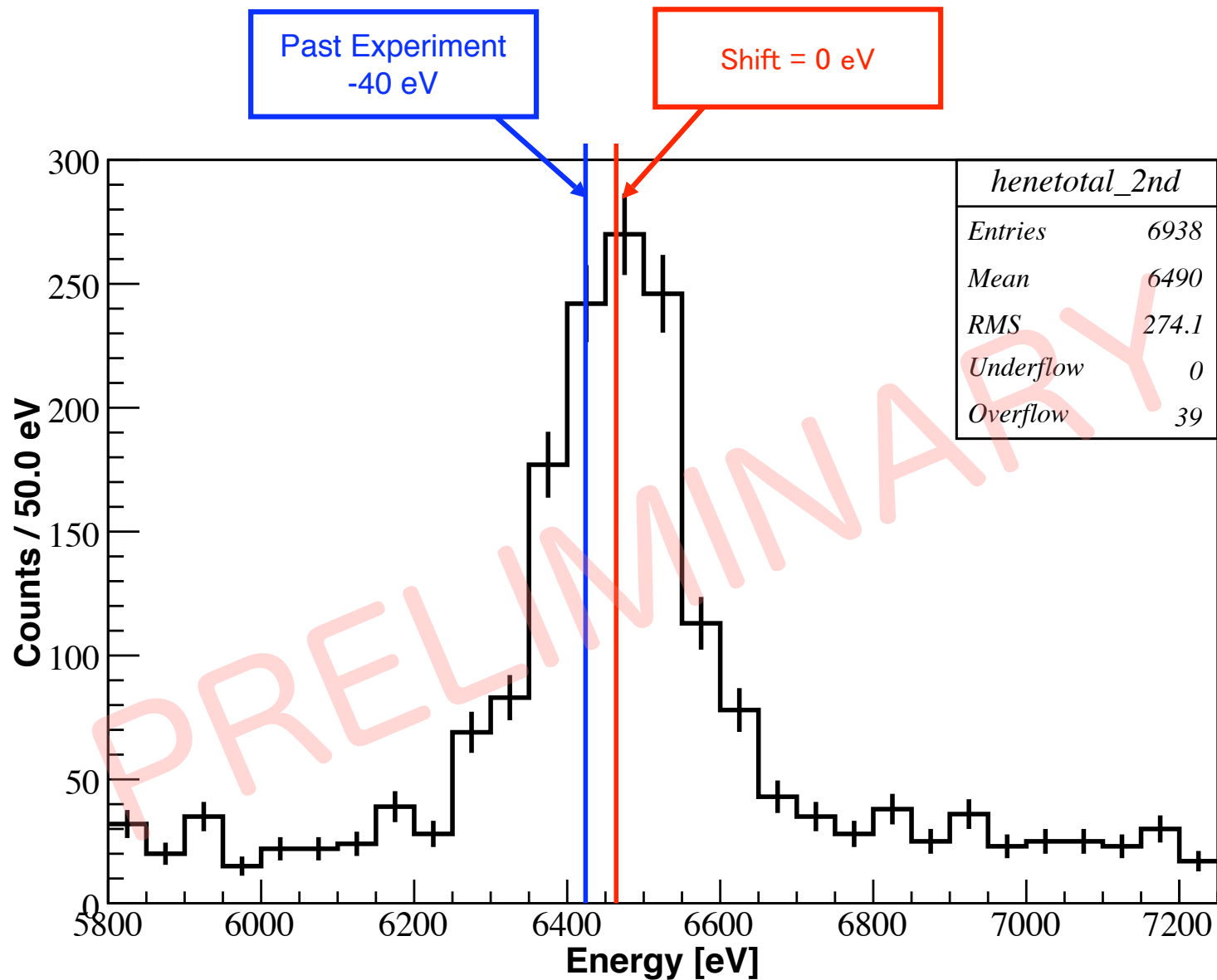
同時
計測



self
trigger

シグナルのX線を、**同時計測**した較正用X線で内挿することで誤差を小さくできる。

E570 2nd cycle (2005.Dec)



誤差の見積もり

- 統計誤差：～2 eV (3d→2pX線：1500 イベント)

$$\frac{\sigma}{\sqrt{N}} \sim \frac{185/2.355}{\sqrt{1500}} = 2.03$$

現状では系統誤差の方が大きいと考えられる

- 系統誤差

- SDDのカウントレート依存性

荷電粒子の通過により巨大なエネルギー損失が生じ、数百Hz程度でもカウントレート依存性が見えてしまう可能性がある。

➡ シグナルと同時に測定した Flash ADC のデータから波形解析を利用して評価可能。(検出器セッション 22aSP-11)

by 板橋健太

- エネルギー較正

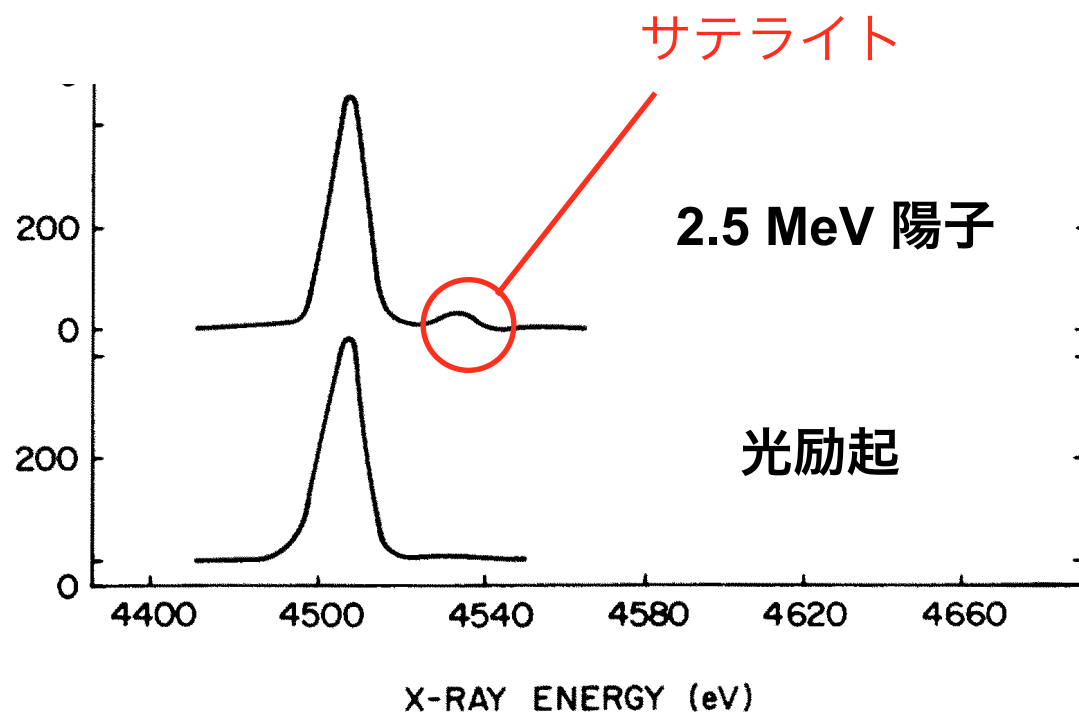
Ti と Ni の特性X線のエネルギーが、パイ中間子による励起と光励起で異なる可能性がある。

多重励起によるX線のエネルギーシフト

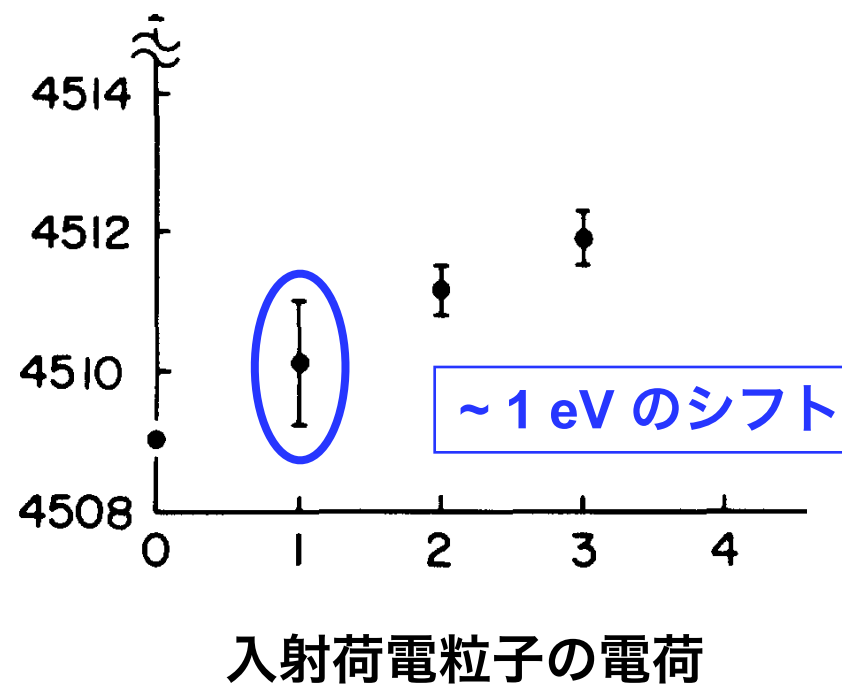
荷電粒子による多重励起(K殻+L殻)は
X線のエネルギーをシフトさせる

K.W.Hill et.al.
Phys. Rev. A 13
(1976) 1334

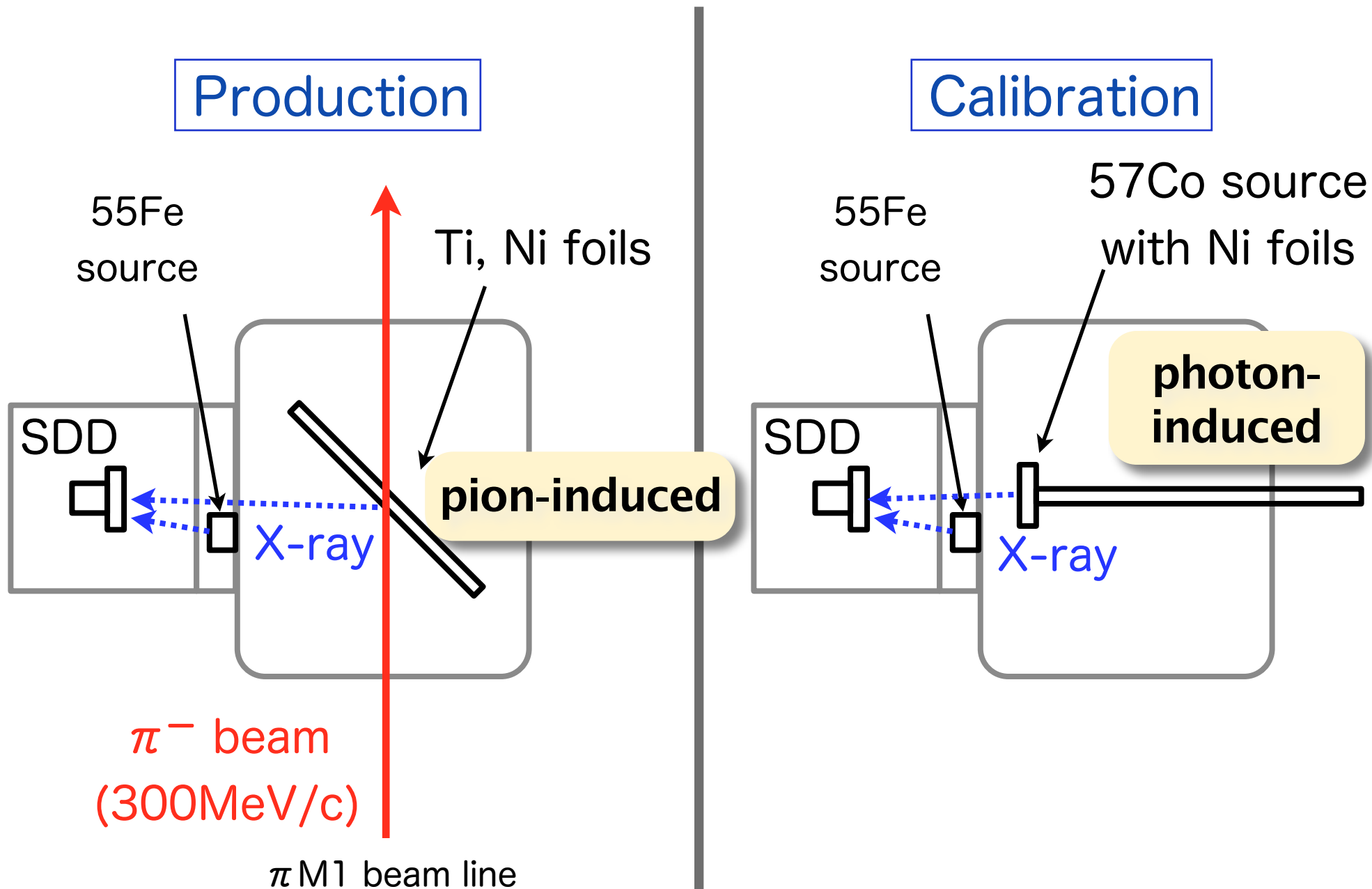
回折格子で見たTi K α 線



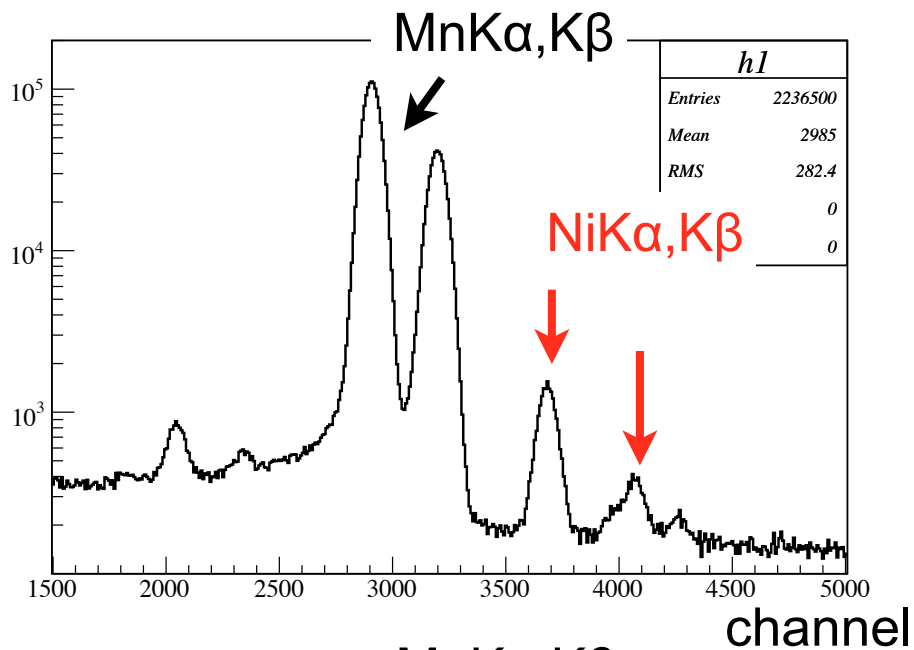
Ti K α 線のエネルギーシフト



SDD Test Experiment @PSI



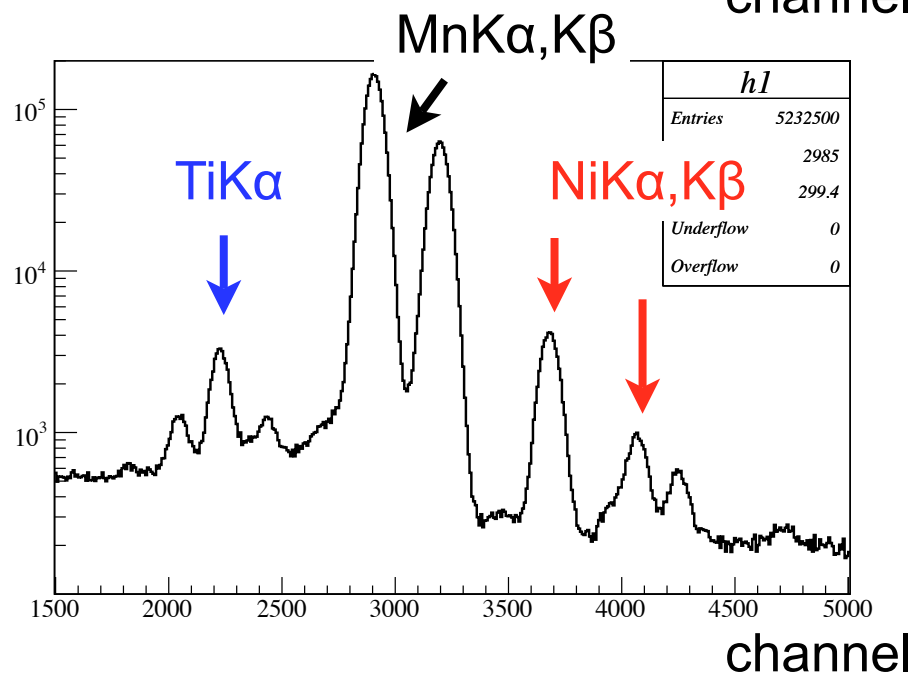
SDD Test Experiment @PSI



Calibration

photon-induced

55Fe 軌道電子捕獲後の Mn と
光励起による Ni のX線を使った
エネルギー較正



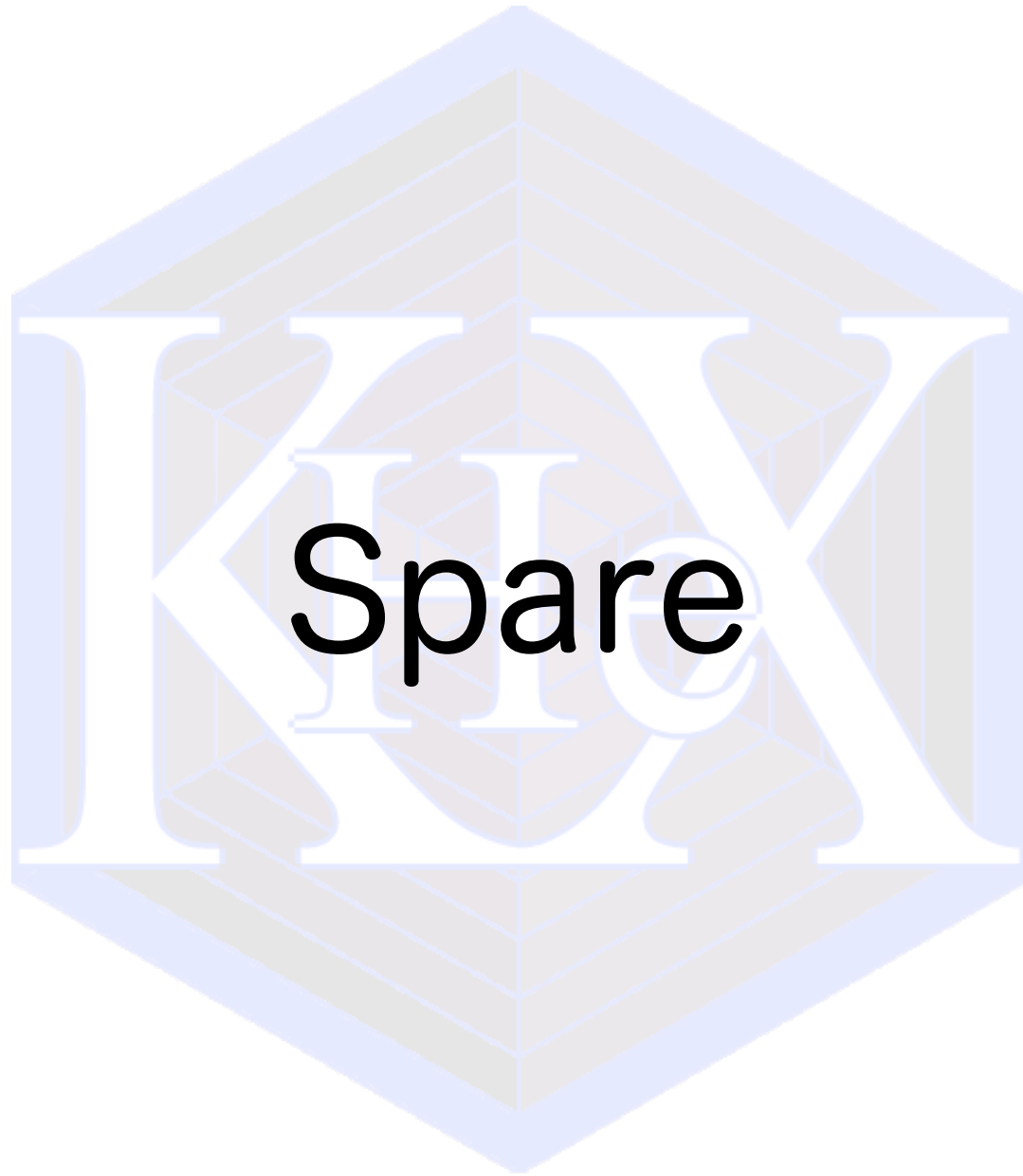
Production

pion-induced

パイ中間子励起による
Ti と Ni のX線のエネルギーを求める

まとめ

- K-中間子ヘリウム原子 $3d \rightarrow 2p$ X線を測定した
 - SDD 高分解能 : 185 eV @6.5keV (FWHM)
 - TiとNiの特性X線を用いた同時計測エネルギー較正
 - 過去の実験の $\sim 40\text{eV}$ という斥力的シフトは見られなかった。
 - ピークの中心値の決定において系統誤差の評価が重要である。パイ中間子励起の特性X線のエネルギーを測定し、エネルギー較正の精度を向上させようと、現在解析中である。
-



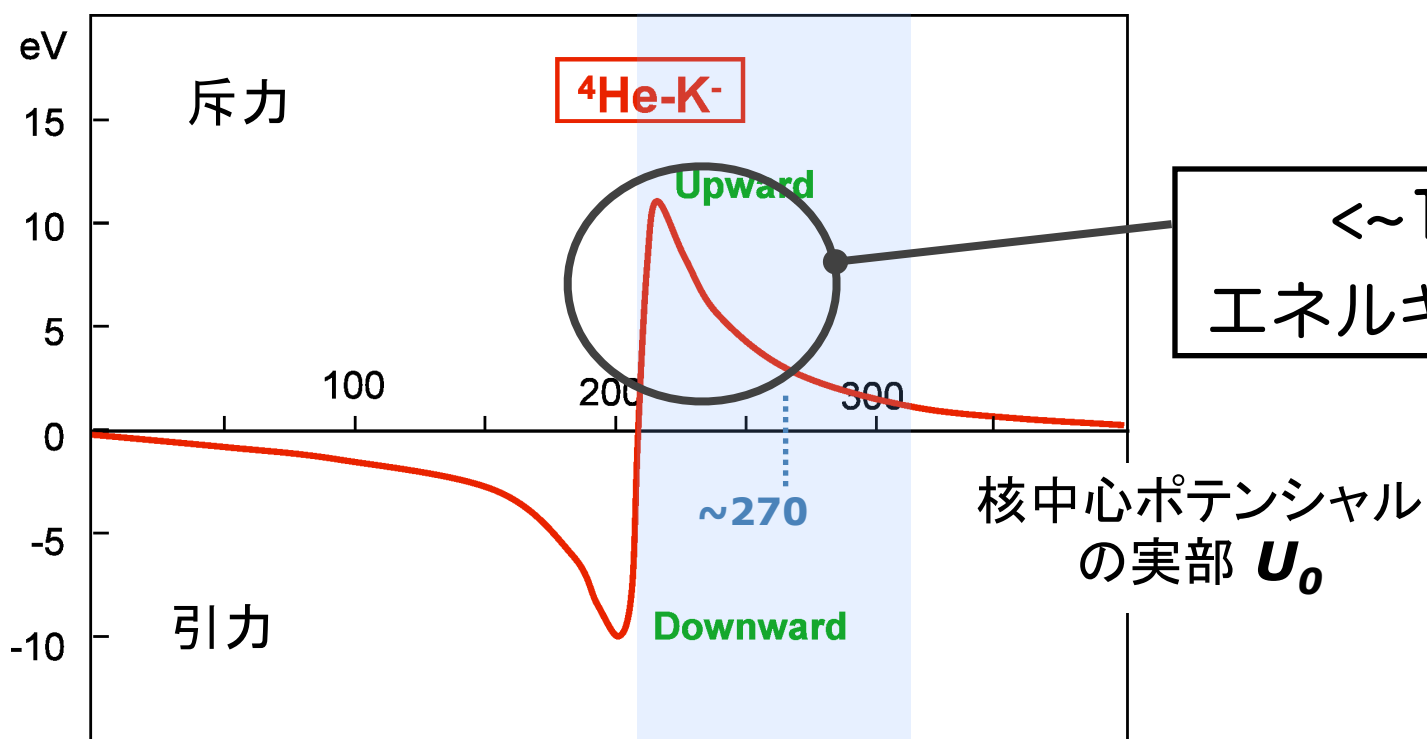
Spare

<~10eVの大きなシフトの可能性

赤石・山崎

“Deep K-nucleus potential + Coupled-channel model”

K中間子ヘリウム原子の2pレベルシフト

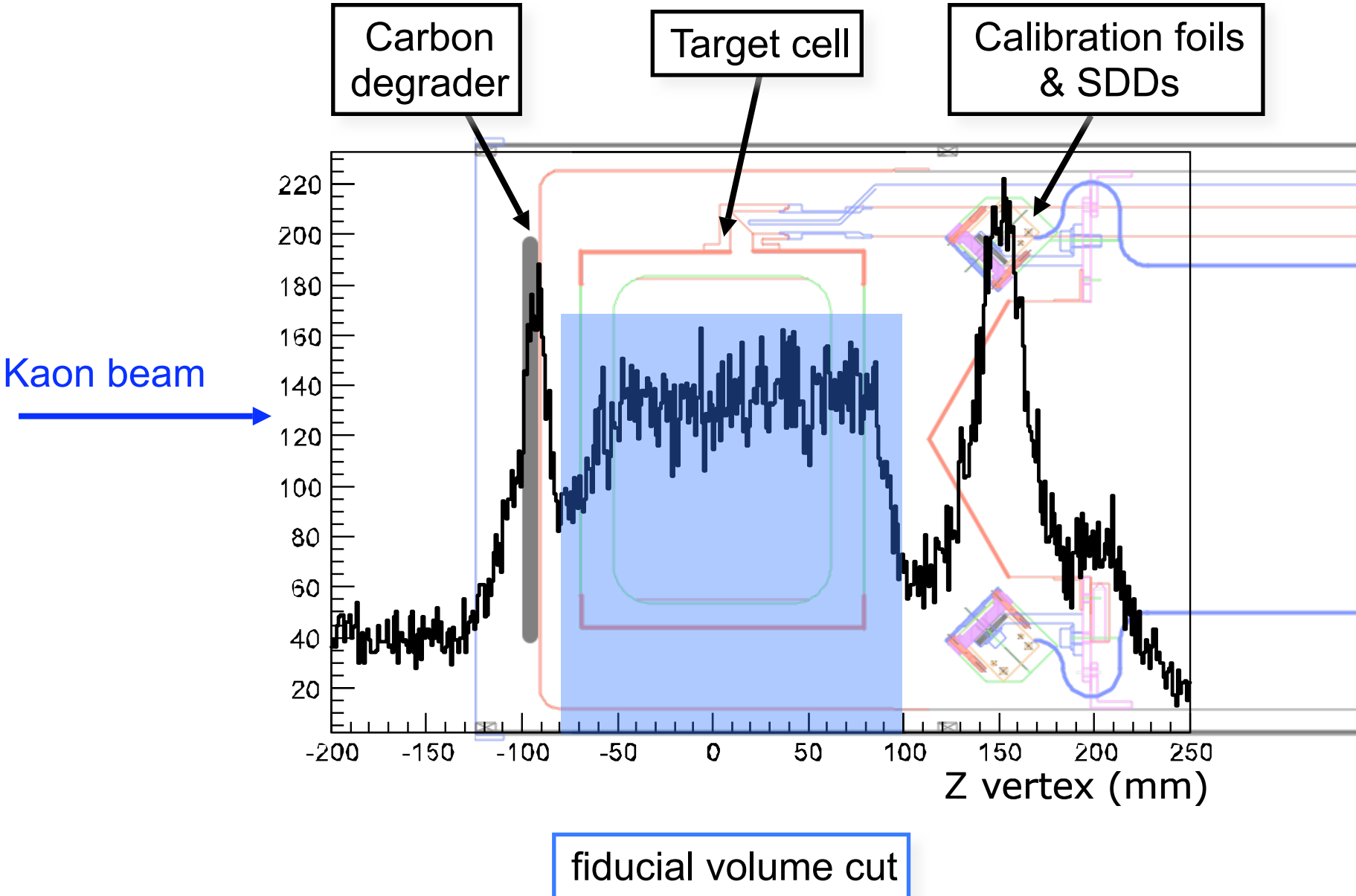


Y.Akaishi, EXA05
proceedings (2005)

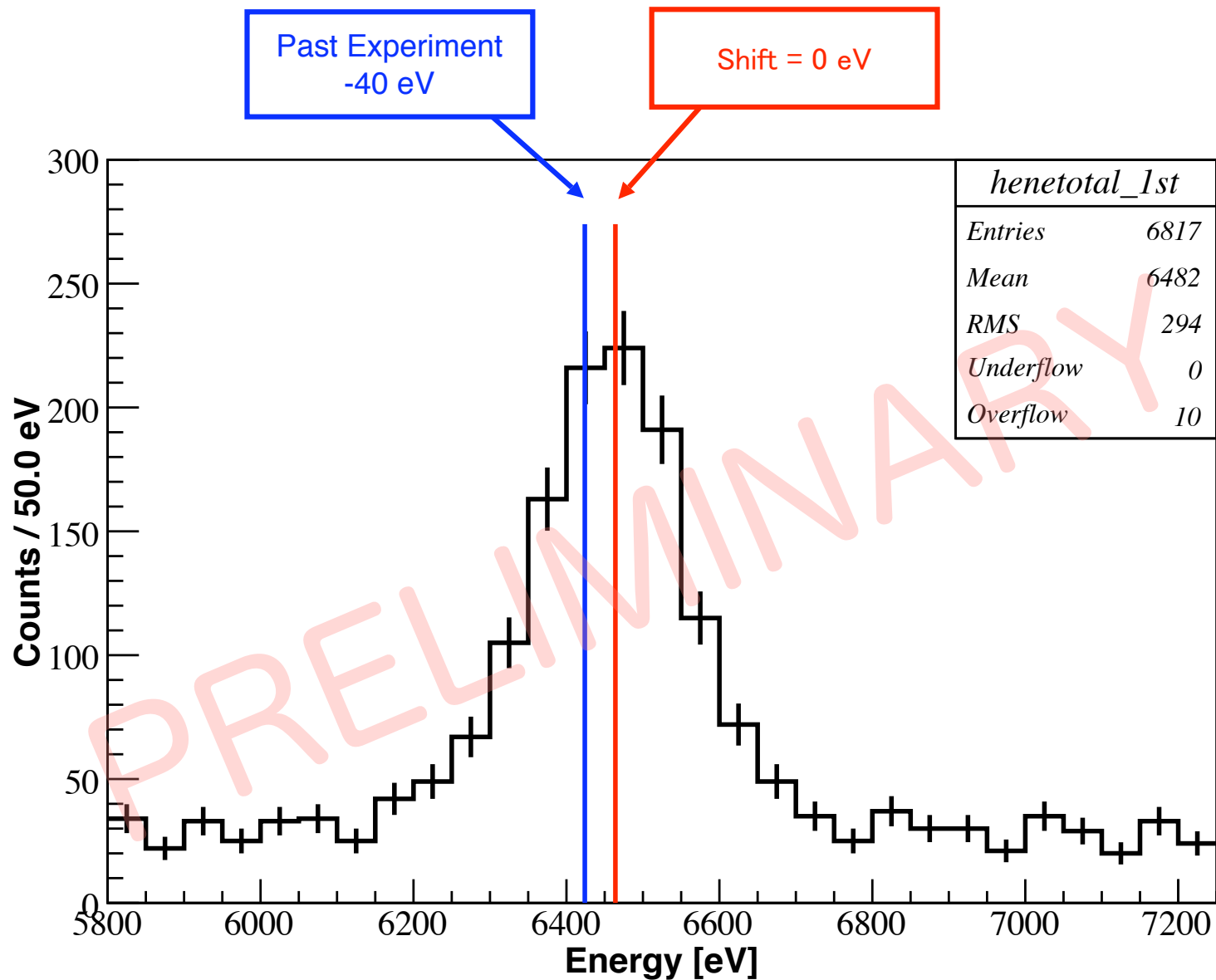
過去の実験条件との比較

	E570	過去の実験
X線検出器	"SDD" (Silicon Drift Detector)	Si(Li) detector
分解能 (FHWM) @6.5keV	~185eV	~300eV
有効領域	100mm ² * 8 SDDs	300 mm ²
検出器の厚さ	0.26mm	~4mm
エネルギー較正	In-situ calib.	No in-situ calib.
反応点再構成による イベント選択	Yes	No

Fiducial volume cut



E570 1st cycle (2005.Oct)

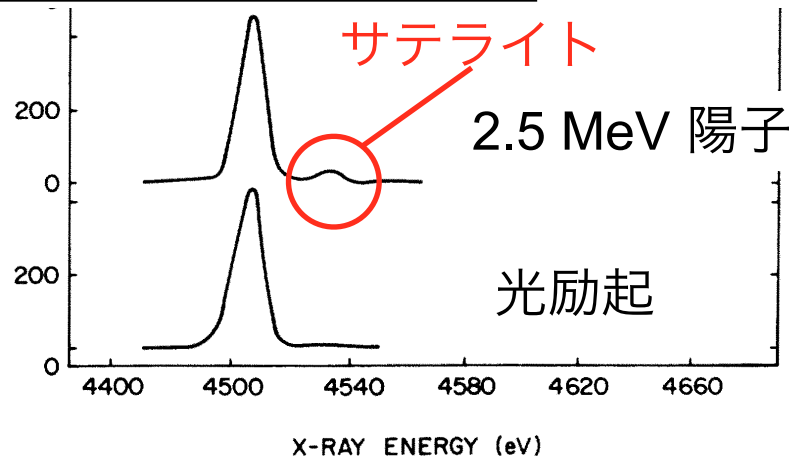


多重励起によるX線のエネルギーシフト

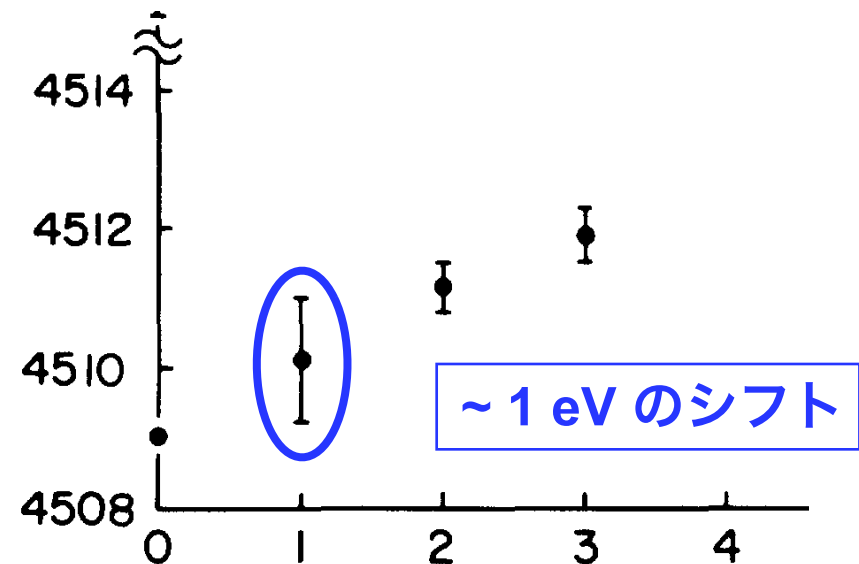
荷電粒子による多重励起(K殻+L殻)は
X線のエネルギーをシフトさせる

K.W.Hill et.al.
Phys. Rev. A 13
(1976) 1334

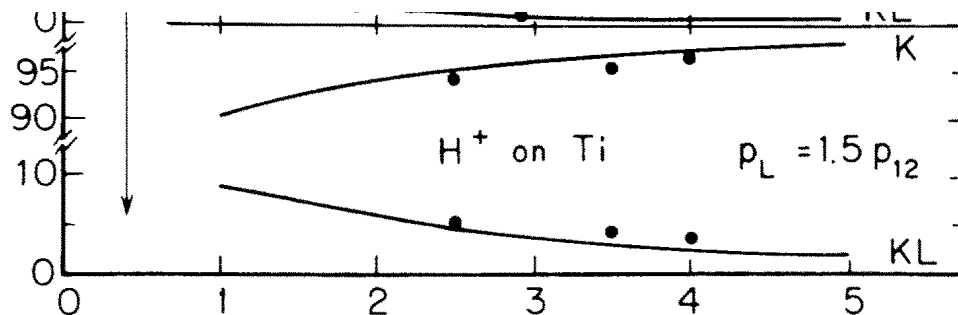
回折格子で見たTi K α 線



Ti K α 線のエネルギーシフト



励起の起こる割合



陽子の運動エネルギー MeV

入射荷電粒子の電荷