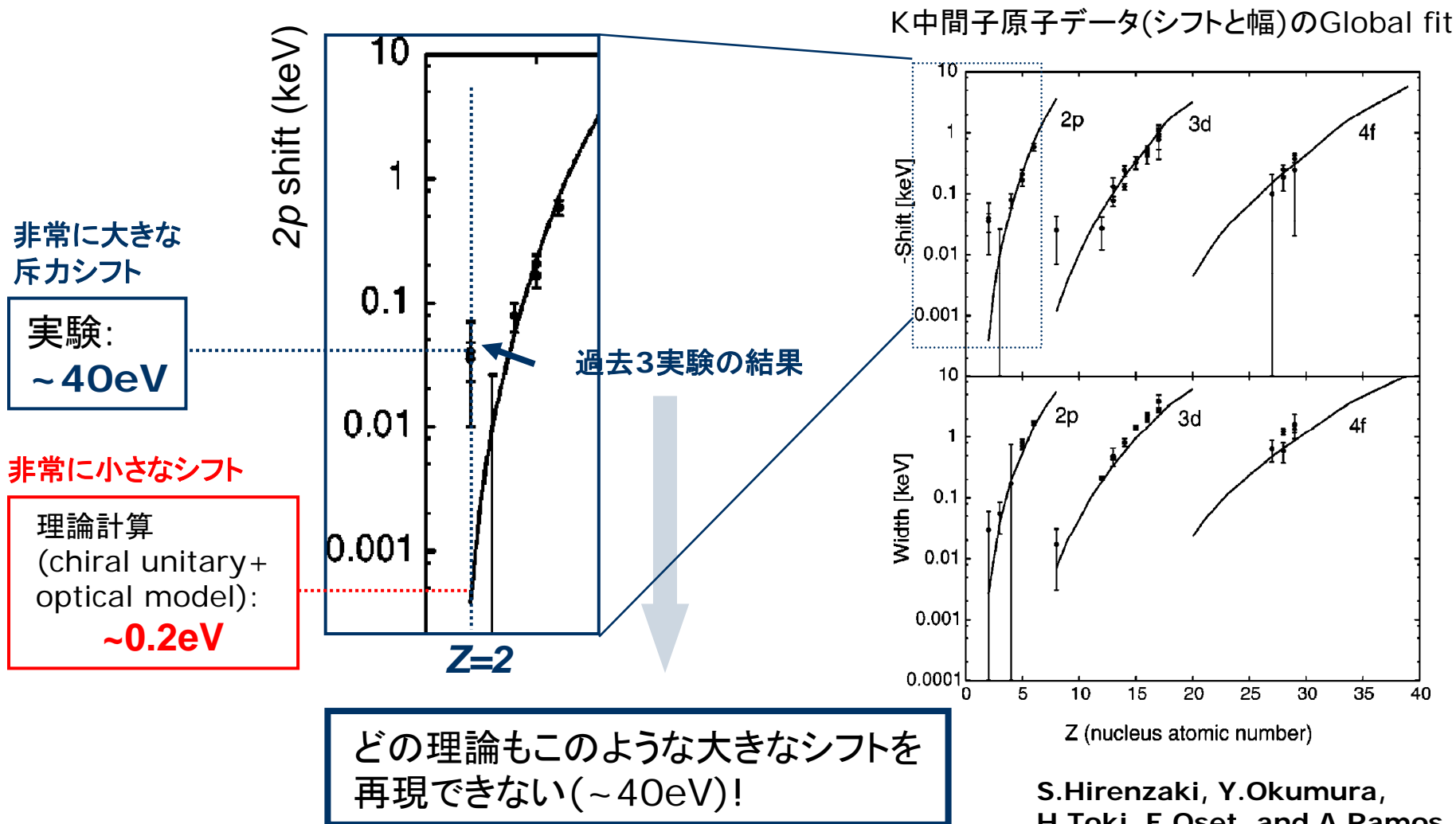


# K中間子ヘリウム3原子 3d→2p X線の精密測定@ J-PARC

---

KEK-PS E570 collaboration

# The Kaonic Helium Puzzle

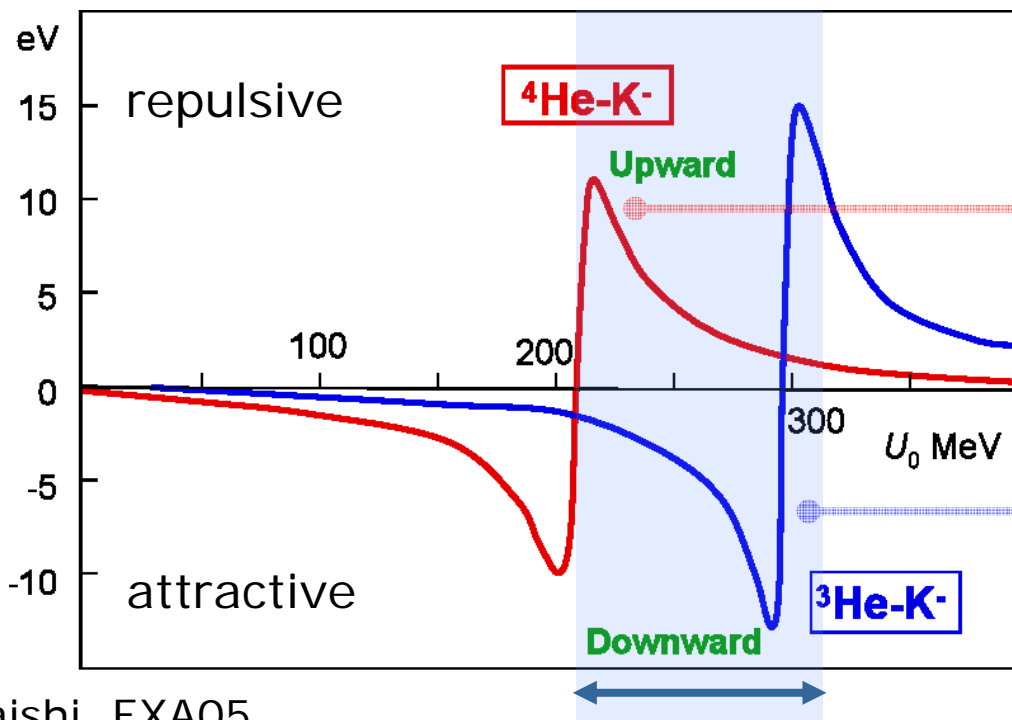


S.Hirezaki, Y.Okumura,  
H.Toki, E.Oset, and A.Ramos  
Phys. Rev. C 61 055205

# < ~11eVの大きなシフトの可能性を予言

赤石・山崎：“Deep optical pot. + Coupled-channel model”

K中間子ヘリウム原子の2pレベルシフト



**Kaonic Helium 4**

最大11eVの斥力  
エネルギーシフトを許容

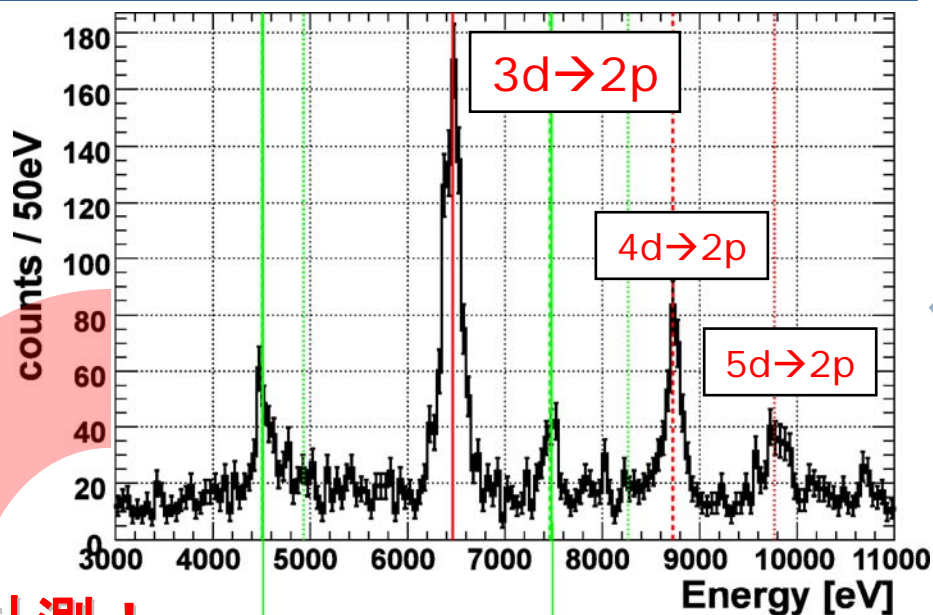
**Kaonic Helium 3**

最大13eVの引力  
エネルギーシフトを許容

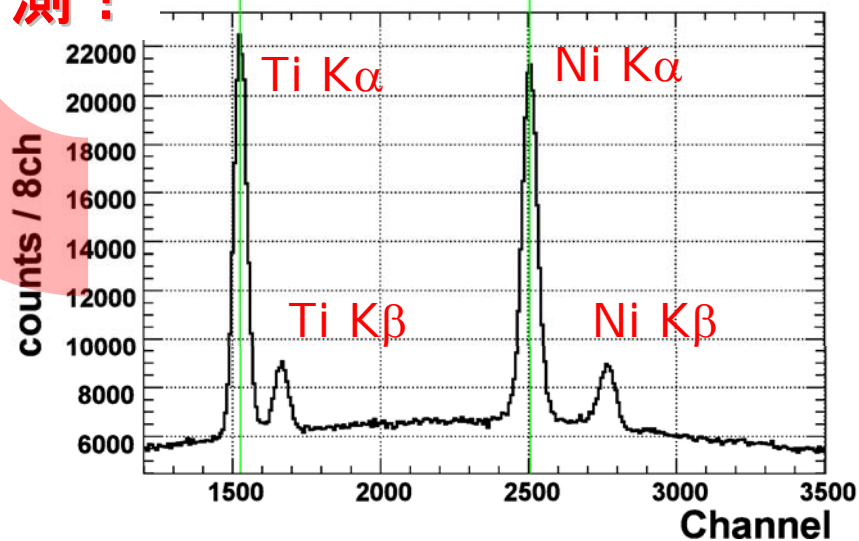
Y.Akaishi, EXA05  
proceedings (2005)

核中心ポテンシャルの実部  $U_0 \rightarrow 200 \sim 300\text{MeV}$  (270?) を予言

# K中間子ヘリウム4 X線スペクトル @KEK-PS E570



同時計測！



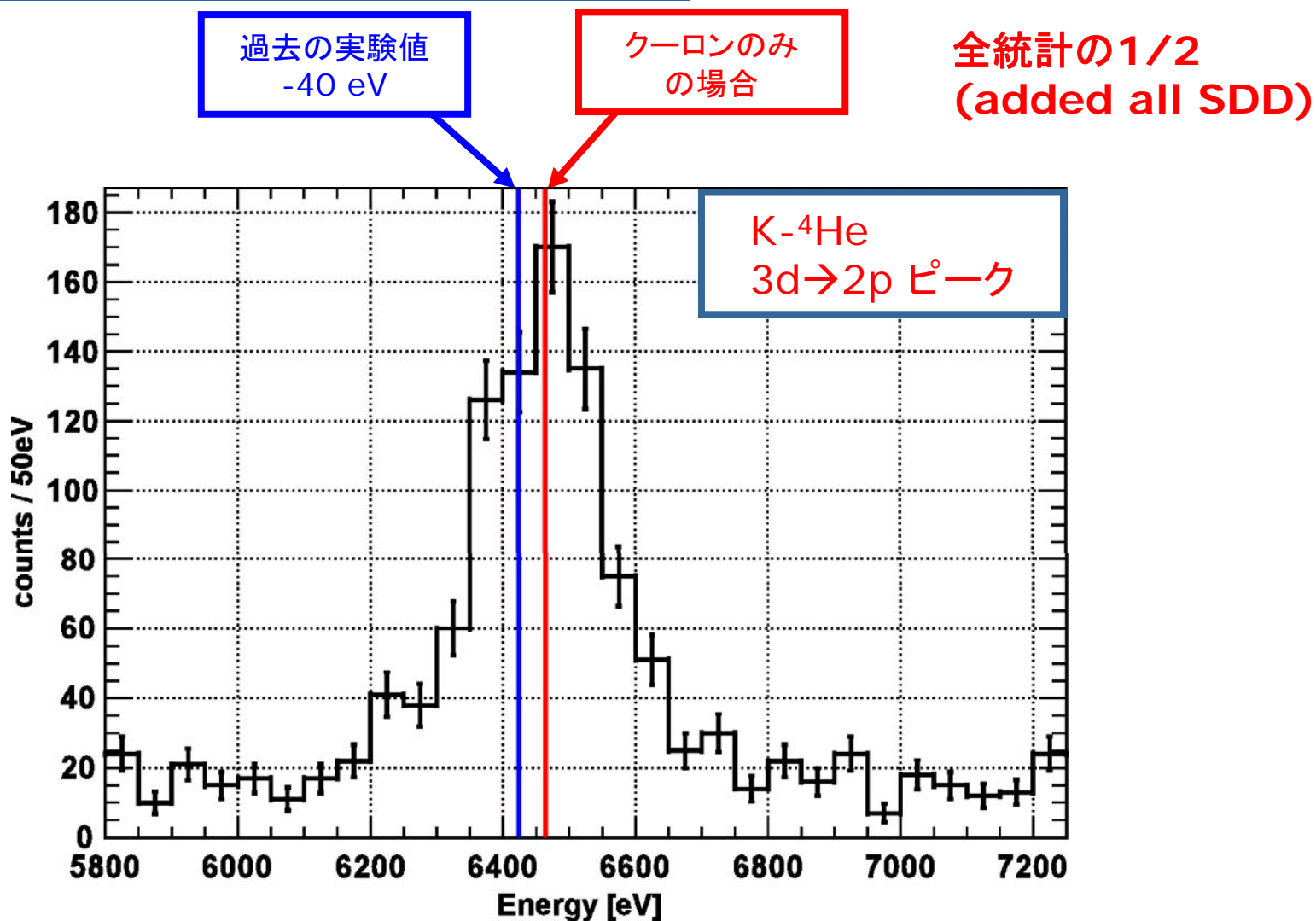
Energy

高統計のキャリブレーションデータを用いたエネルギー較正

Channel

SDD calibration (Self) trigger events  
Ti Ka1: 15k events/SDD/8hours

# 過去の40eVという巨大なシフトを否定



# 中心値決定精度 (統計のみ)

---


- K-He4 3d→2p x-ray 収量 :  $N \sim 1500$  events
- 分解能 FWHM : 185 eV (@6.5 keV)

$$\sigma/\sqrt{N} = 185/2.35/\sqrt{1500} = 2.03 \text{ eV}$$

- 4d→2p, 5d→2pも含めると、  
(4d→2p, 5d→2pの統計は、3d→2pの約1.5倍...  $N \sim 2250$ )  
 $\sigma/\sqrt{N} = 185/2.35/\sqrt{2250} = 1.66 \text{ eV}$

# K-He3 X-ray @ J-PARC

---

- 統計誤差 $\sim 2\text{eV}$ は、抑えられる系統誤差の限界  
→ K-He3 x-ray @J-PARC においても、  
統計誤差 $\sim 2\text{eV}$ (yield=1500event, FWHM=185eV)を目指す
- K-He3 と K-He4 の 3d $\rightarrow$ 2p X-ray放出確率はほぼ同じ(小池氏)
- 見積り
  - K1.8BR beamline(@0.6 $\sim$ 1.1GeV)における、静止K-の生成量
  - 標的位置におけるBeamの広がり
  - ヘリウム3標的のサイズ (500cc, ペットボトルサイズを仮定)
  - SDD設置位置 (SDD動作限界  $\sim 1\text{k/spill}$ )
  - SDDの個数

# E570 実験条件

---

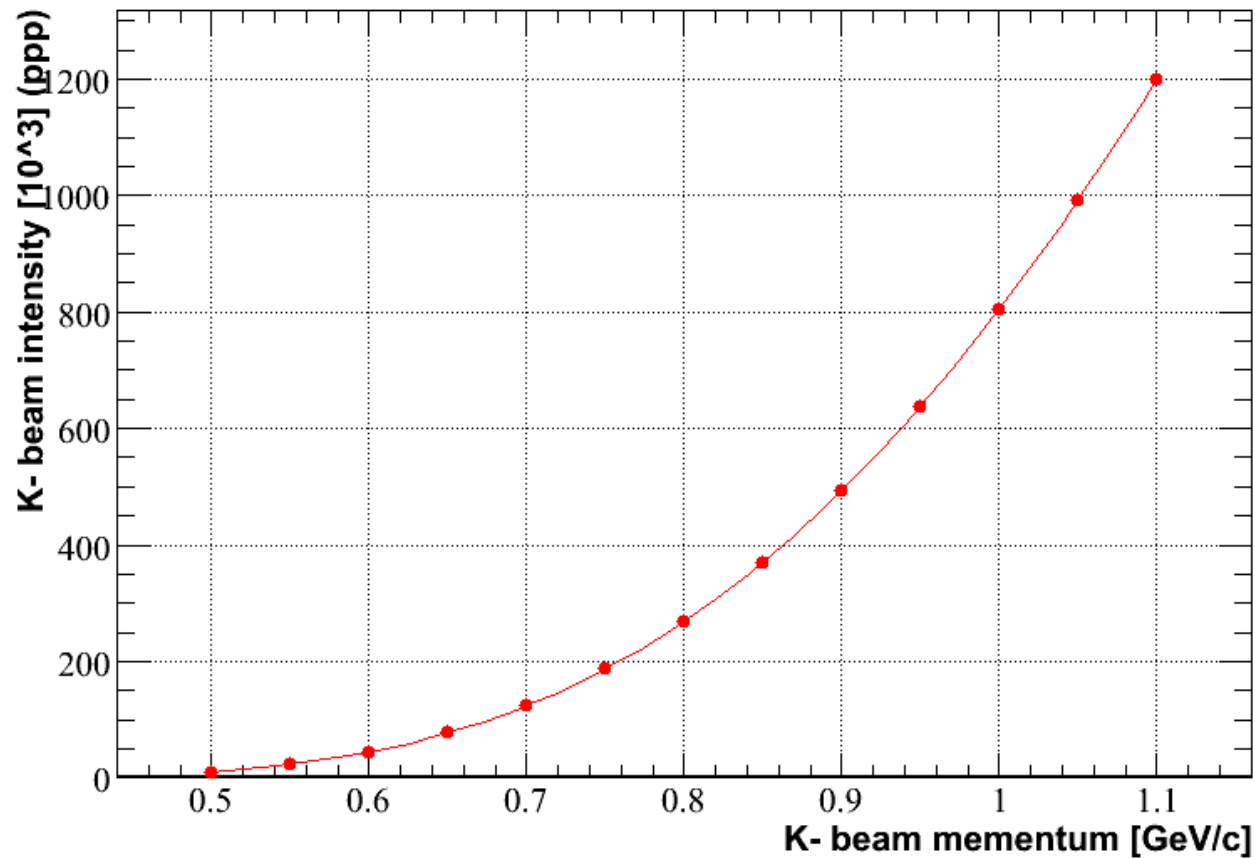
- 実験期間：
  - 約1.5ヶ月 (1<sup>st</sup> cycle: 9/27~10/31, 2<sup>nd</sup> cycle: 12/13~28)
  - 実際にProduction runとしてデータを収集した期間 (1shift=8時間)
    - 1<sup>st</sup> cycle : 74shift (稼働SDDの数:3) ... ~24日分
    - 2<sup>nd</sup> cycle : 34shift (稼働SDDの数:7) ... ~11日分
    - shift数 × SDD数 = 460 ... ~153日分
    - SDD 8つ稼働で19日分の統計
- トリガー
  - (静止K-) \* (二次荷電粒子)
  - SDD self trigger
- ビーム (@KEK-PS K5 beamline):
  - $\pi$  / K ratio : ~ 200
  - 静止Kの数 : 4k/spill (trigger level) → total : ~3G stopped K-
- X線検出器SDD
  - SDD temperature : ~85K
  - SDD preamp : water cooling @6~7 degrees C
  - Typical SDD hit rate : ~ 1k / spill for each SDD (100mm<sup>2</sup>)



# K- beam intensity @ K1.8BR

with Sanford-Wang formula

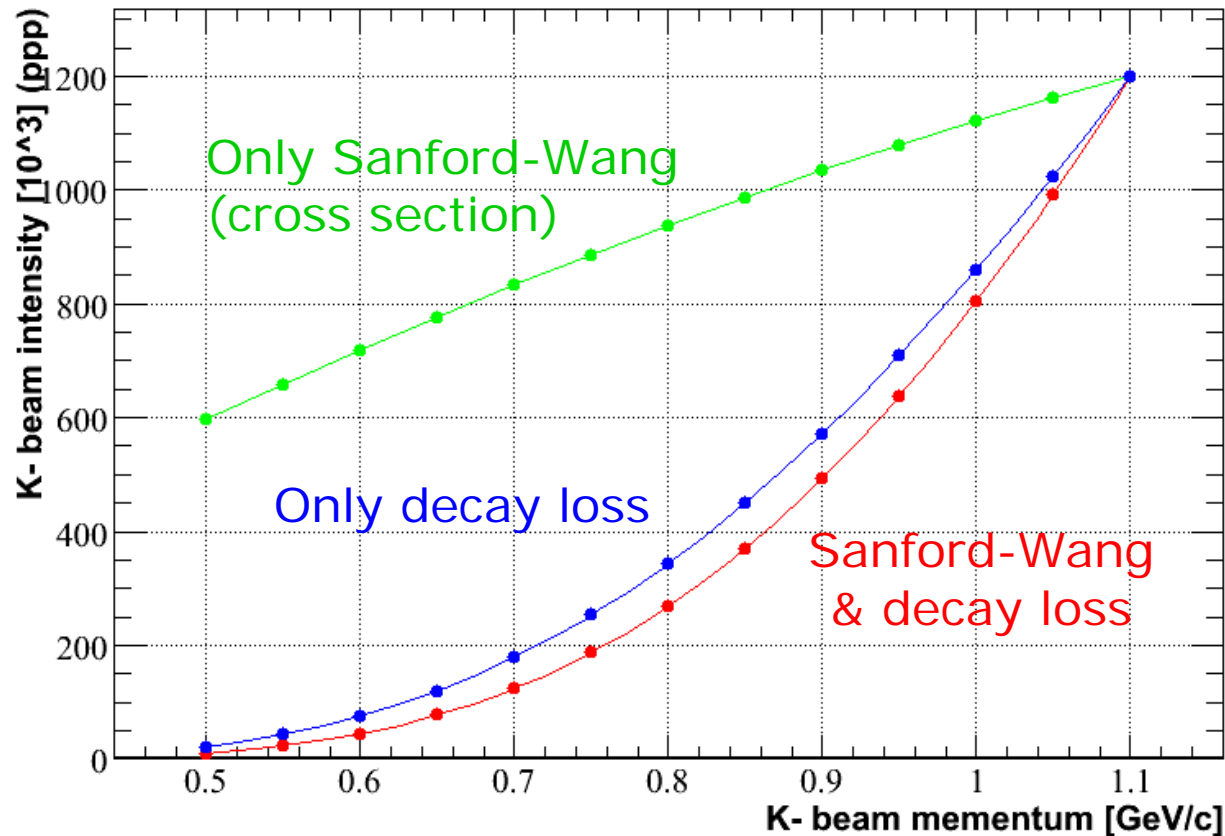
**K1.8BR (30[GeV], 9[ $\mu$ A], length:27.573[m],  $\theta$ :6[deg])**



# K- beam intensity @ K1.8BR

with Sanford-Wang formula

K1.8BR (30[GeV], 9[ $\mu$ A], length:27.573[m],  $\theta$ :6[deg])



# K- beam intensity @ K1.8BR

with Sanford-Wang formula

	K1.8BR (ppp)
600MeV/c	45k
650MeV/c	77k
700MeV/c	120k
750MeV/c	190k
800MeV/c	270k
850MeV/c	370k
900MeV/c	490k
950MeV/c	640k
1000MeV/c	800k
1050MeV/c	990k
1100MeV/c	1200k
(K/ $\pi$ ratio)	(6.8)

← 660MeV/c : 85k

cf. K5 beamline 660MeV/c ... 20k  
→ 4 times higher than the intensity @ K5

Beam parameter (by Noumi-san)  
Pulse : 3.53 sec (flat top : 0.7 sec)

# Stopped K- yield calculation w/LEPS

## K5 (He4 target)

for target  $r=10.5\text{cm}$ ,  $L=15\text{cm}$

Incident beam			$N_{\text{stopped\_K-}} / N_{\text{generated\_K-}}$	K- yield @ $N_{\text{incident\_K-}}=20\text{k}$
momentum	distribution	bite		
660MeV/c	pencil	0	0.1108	2220
660MeV/c	pencil	+ -2.5%	0.03467	694
660MeV/c	w/K5 beam emittance	+ -2.5%	0.01514	302 (consistent?)

## K1.8 BR (He4)

pencil  
+ -2.5%

Incident beam		K- yield ( $r=10.5\text{cm}$ )	K- yield ( $r=3.5\text{cm}$ )
momentum	intensity		
660MeV/c	85k	2946	1494
800MeV/c	270k	3950	1539
900MeV/c	490k	3510	1242
1000MeV/c	800k	2784	814

for He3 :  $(4 / 3) * (0.08 / 0.145) = 0.735\text{倍}$

# Stopped K- yield calculation w/GEANT

## K5 (He4)

for target  $r=10.0\text{cm}$ ,  $L=15\text{cm}$

Incident beam			$N_{\text{stopped\_K-}} / N_{\text{incident\_K-}}$	K- yield @ $N_{\text{incident\_K-}}=20\text{k}$
momentum	distribution	bite		
660MeV/c	pencil	0	0.0315	630
660MeV/c	pencil	+ -2.5%	0.0166	332
660MeV/c	w/K5 beam emittance	+ -2.5%	-	-

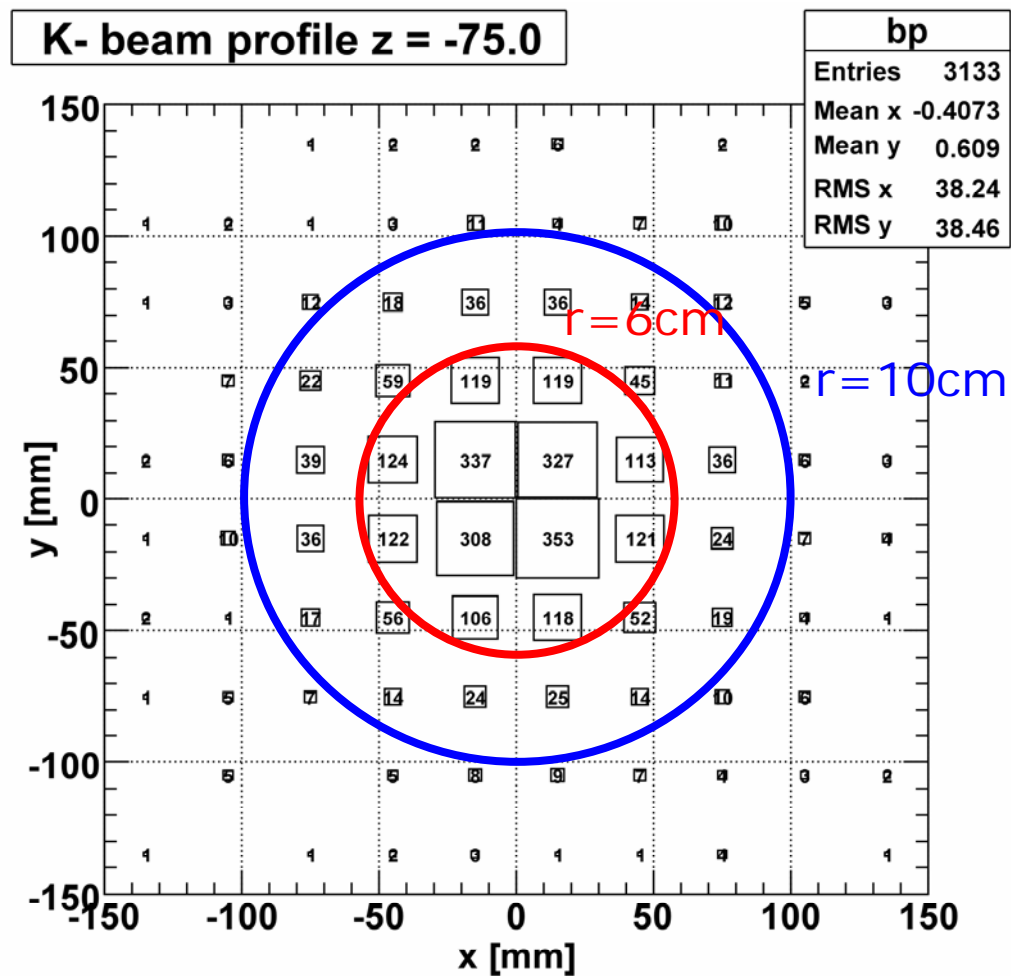
## K1.8 BR (He3)

pencil  
+ -2.5%

Incident beam		K- yield ( $r=3.2\text{cm}$ )
momentum	intensity	
660MeV/c	85k	331
700MeV/c	120k	228
750MeV/c	190k	304
800MeV/c	270k	297

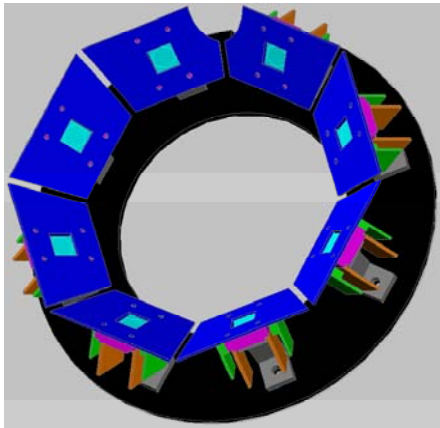
# Beam profile

K : 50k generated (660MeV/c)

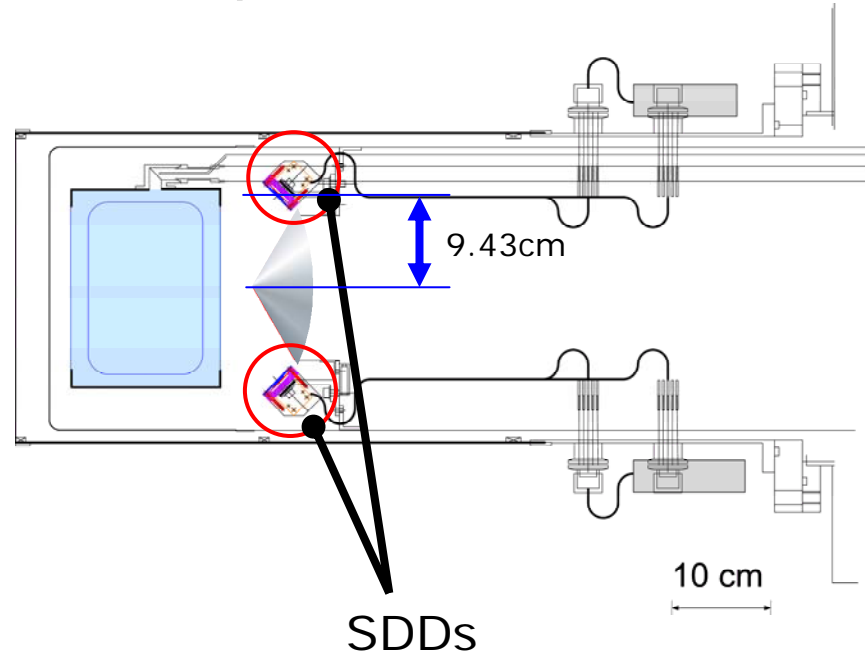


# Acceptance (E570)

## E570 setup

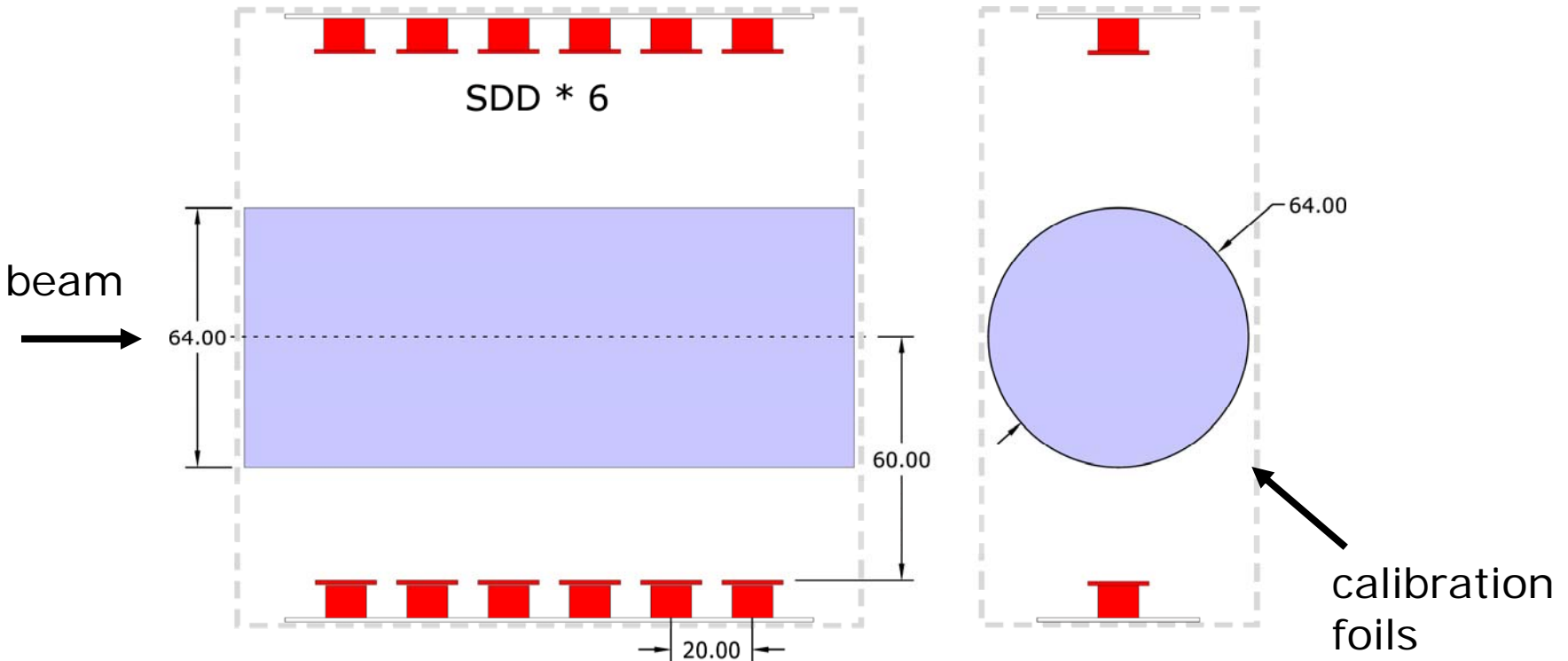


Target size :  
D=20cm, L=15cm



SDD acceptance for 8 SDDs  
= 0.17 %

# Acceptance (for K-He3 target)



Target size :  
D=6.4cm, L=15cm

SDD acceptance for 12 SDDs  
= 1.54 %

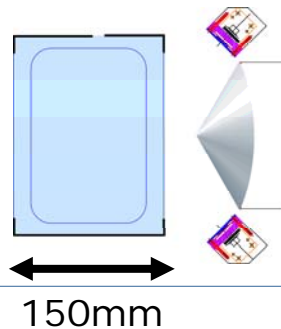
1SDD当たりの立体角による増分は、6.6倍!



# Acceptance

	中心からの 距離	SDDの 個数	acceptance	E570 と比べて
E570	9.43 cm	8	0.16%	-
He3-target	6 cm	6*2	1.54%	10倍
	6 cm	6*4	3.08%	20倍
	10 cm	6*2	0.72%	4.5倍
	10 cm	6*4	1.44%	9倍

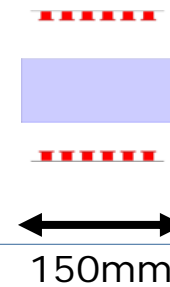
He4 target  
D=20cm



acceptance大

Diameter小

He3 target  
D=6.4cm



# Summary

---

- K He3 X線の測定の提案 (Day-1)
  - 統計量はE570と同等(8SDDで20日分の統計)を目指す。
  - 静止K-数@K1.8BR beamline
    - E570実験(K5)と比べて、同等?  
GEANTの結果と合わない...  
もう少し検討が必要 (どのmomentumが良いか等)
  - SDDの立体角
    - targetの側面に $y=6\text{cm}$ の場所に設置することで、1SDD当たり6.6倍となる
    - 6SDD\*2setで、E570(@8SDD)の10倍
- E570(20日分の統計 for 8SDD)の~10倍

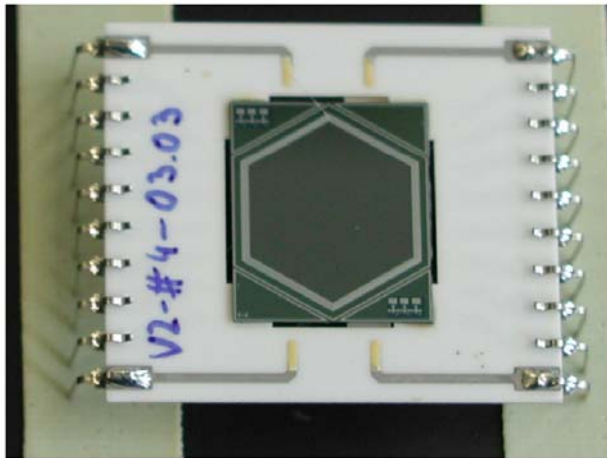
# Spare

---

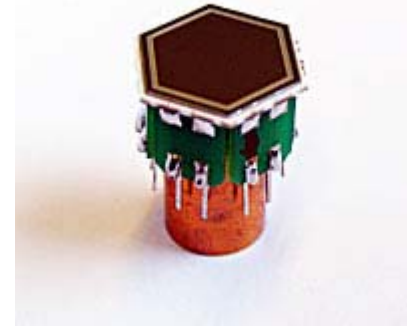
# KETEK 100mm<sup>2</sup> SDD

New

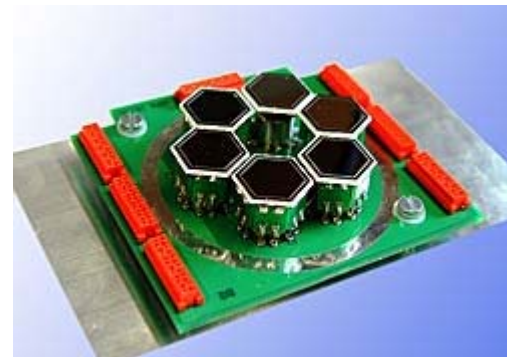
E570



component

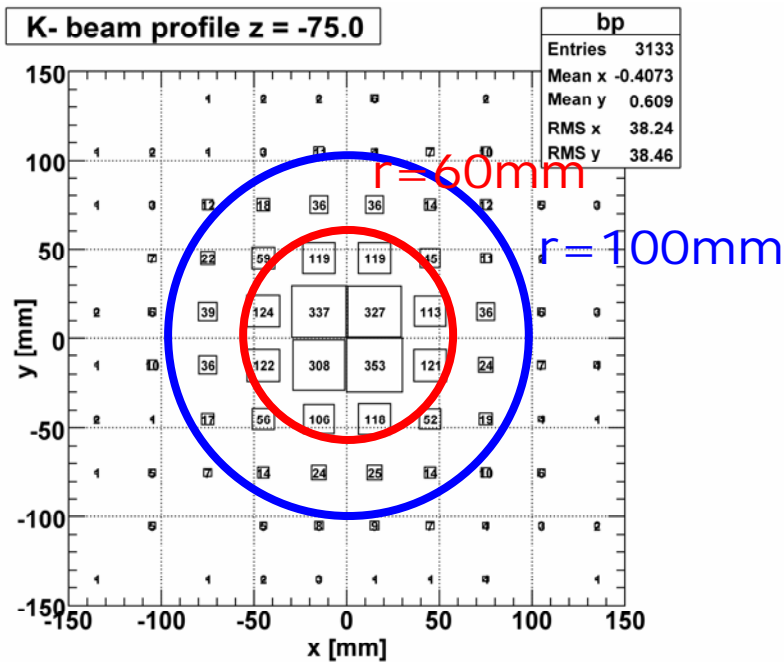


array



# Beam profile

K : 50k generated (660MeV/c)



pi : 50k generated (660MeV/c)

