

J-PARCにおける K中間子原子核実験のための 円筒型中性子検出器の性能評価

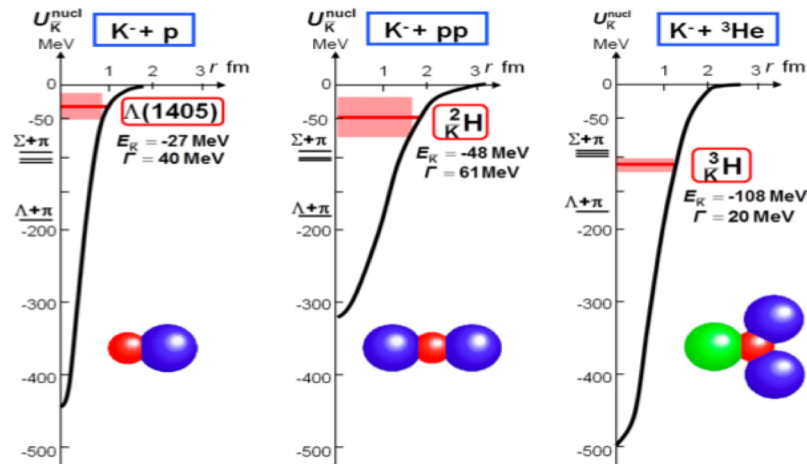
東北大理 程田英斗

目次

- K中間子原子核の研究について
- 研究のために建設中の実験装置について
- ELPHでのテスト実験
- まとめ

K中間子原子核について

K中間子原子核は、K中間子と核子が強い相互作用で束縛されている系で、K中間子-核子間の強い引力から、長年その存在が予測されていた。

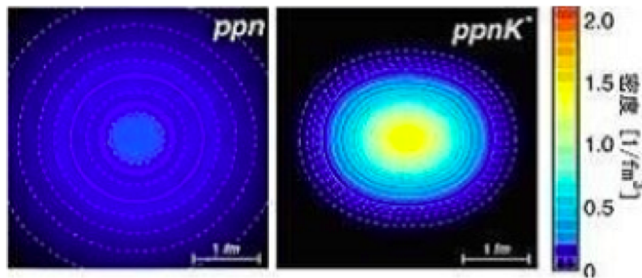


1.Y. Akaishi and T. Yamazaki. *Phys. Rev. C* **65**, 044005 (2002).
2.T. Yamazaki and Y. Akaishi. *Physics Letters B* **535**, 70–76 (2002).

さらに、K中間子原子核は次のような観点から重要である。

1. 高密度状態

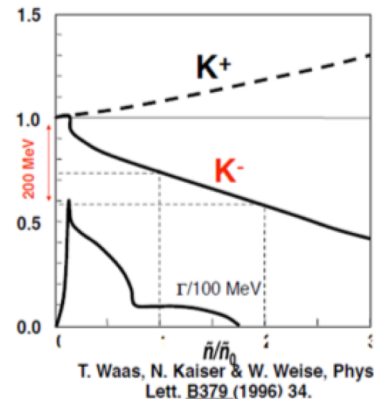
➤ 中性子星



Phys. Rev. C **70**, 044313 (2004).

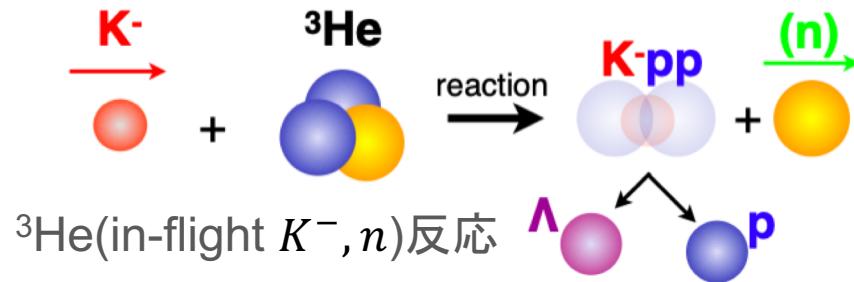
2. 核物質中での中間子質量

➤ 質量の起源

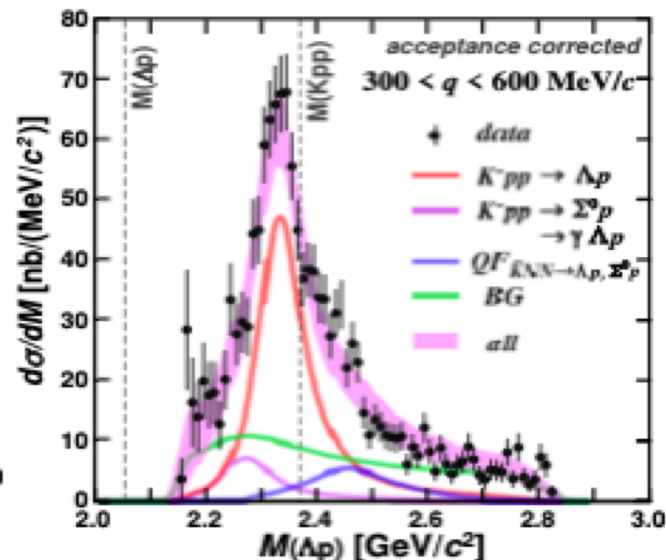


J-PARC E15について

最も簡単なK中間子原子核である K^-pp の束縛状態は、J-PARC E15実験において ${}^3\text{He}(\text{in-flight } K^-, n)$ 反応によって観測された。



束縛エネルギー $\sim 50\text{MeV}$
崩壊幅 $\sim 100\text{MeV}$



今後の系統的研究について

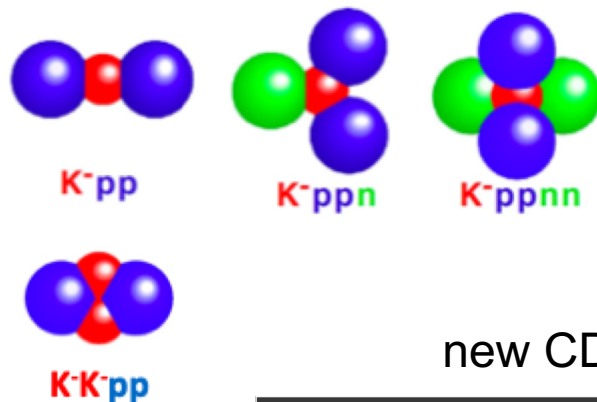
さらなる理解のため、以下の実験を計画

- $\bar{K}NN$ のスピンのパリティ測定(P89)
- $\bar{K}NNN$ 探索(E80)
- $\bar{K}NNNN$ 探索
- $\bar{K}\bar{K}NN$ 探索

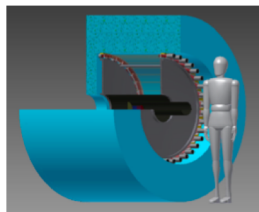
これらの実現のために、

- K1.8BRの改良
- E15よりさらに大型の検出器
(Cylindrical Detector System, CDS)
の建設

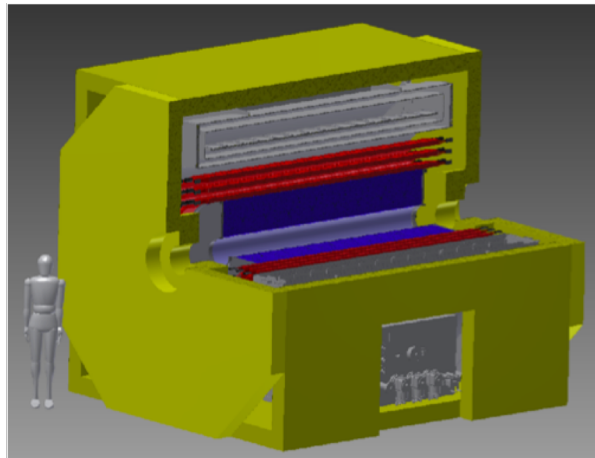
を現在実行中。



E15 CDS



new CDS

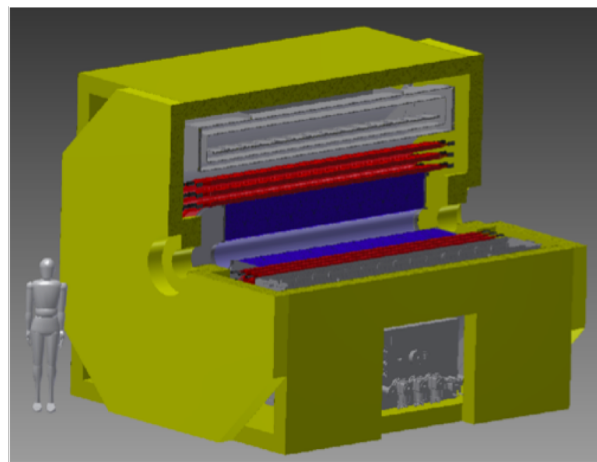
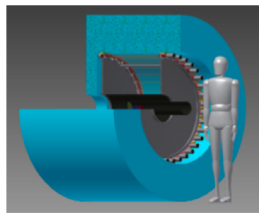


CDSの改良について

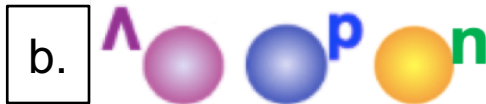
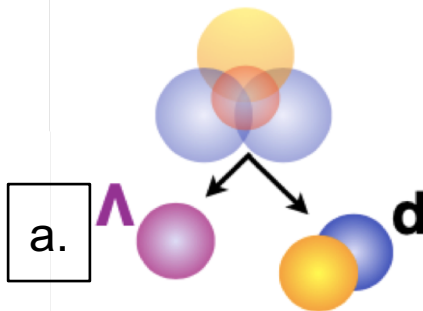
E15のCDSからの改良点は次の2つ

- 大立体角化(59%→93%)
 - 実験の効率化、より広い運動学的領域のデータ収集
- 中性子検出能力の獲得(~15%)
 - 中性子を含む崩壊モードの研究
 - $K^-ppn \rightarrow \Lambda + d$
 - $K^-ppn \rightarrow \Lambda + p + n$
 - $\bar{K}^0nn \rightarrow \Lambda + n$

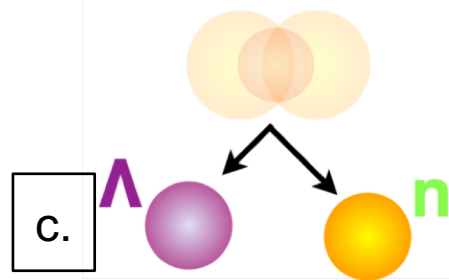
E15 CDS



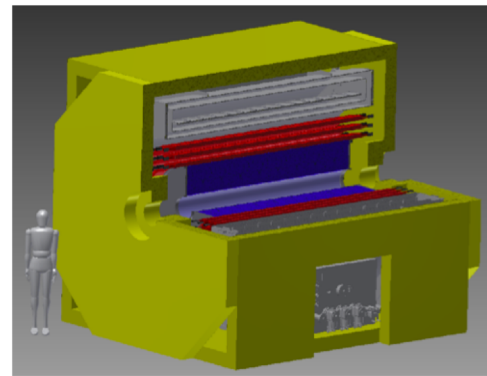
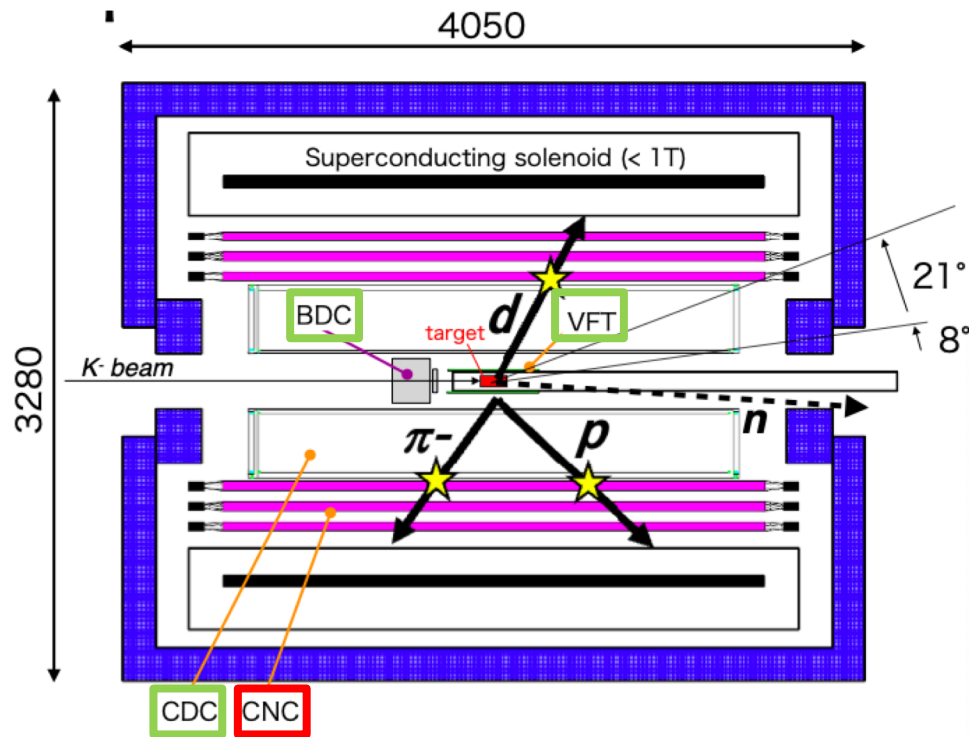
K⁻ppn



K^{0bar}nn

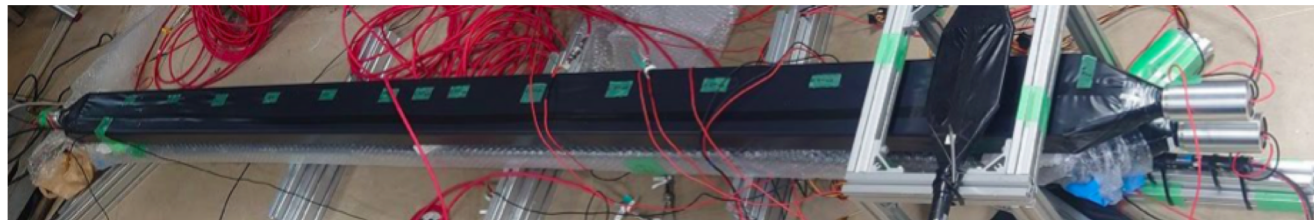


new CDSについて



- Cylindrical Drift Chamber (CDC)
 - 崩壊粒子飛跡検出
- Vertex Fiber Tracker (VFT)
 - 崩壊粒子飛跡検出(ビーム方向)
- Beam Drift Chamber (BDC)
 - beam飛跡検出
- Cylindrical Neutron Counter (CNC)
 - トリガー
 - TOFによる粒子識別
 - 中性子の検出(~15%)

CNCについて



デザインは、

- プラスチックシンチレータ (EJ-200)
 - 2970*120*50t (mm)
- ライトガイド (長さ115mm)
- PMT (H8409, ファインメッシュ)

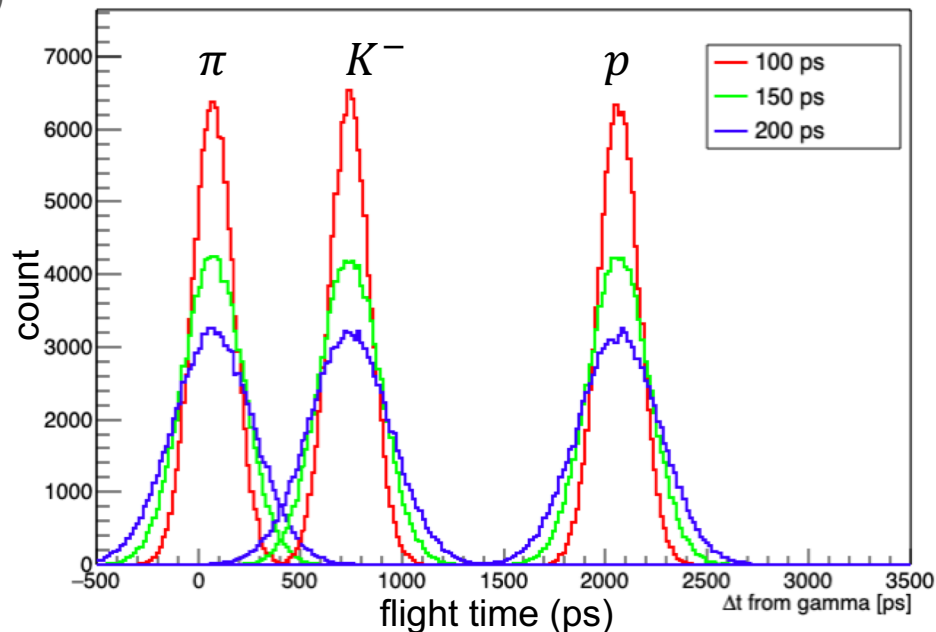
役割は、

1. TOFによる粒子識別(π , K , p , d)
2. 中性子の検出

要求性能は、

時間分解能 : $\sigma \sim 150$ ps
(TOF length 50cm)

TOF distribution in 500 MeV/c



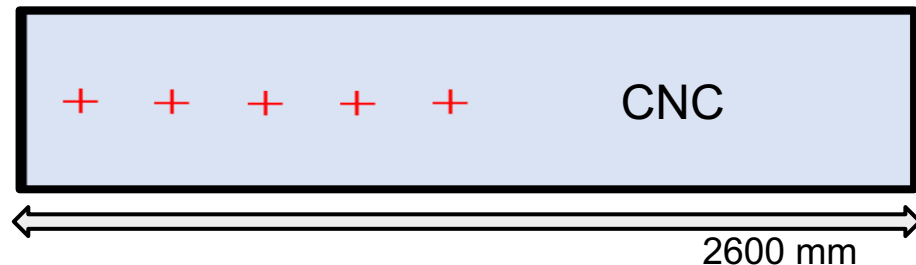
ELPHにおけるテスト実験

以下の目的のため、ELPHにおいて陽電子ビームを用いたテスト実験を行った。

- 目的と方法

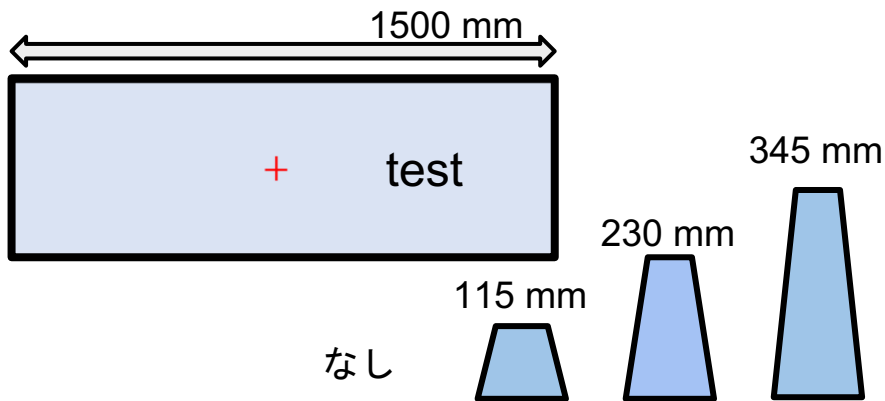
- a. CNCのtime resolutionの位置依存性について

各シンチレータの測定点について



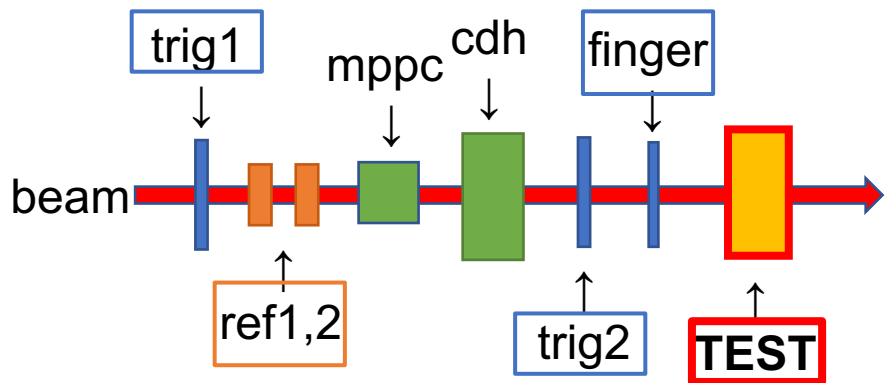
- b. time resolutionのライトガイド依存性

- 1500*120*50t(mm)のプラスチックシンチレータ(test)についてライトガイドの長さを変えながら測定。



テスト実験セットアップ

配置した検出器



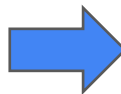
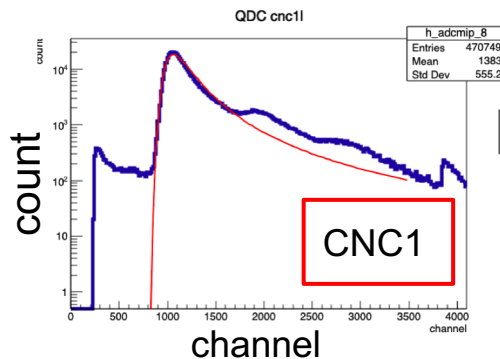
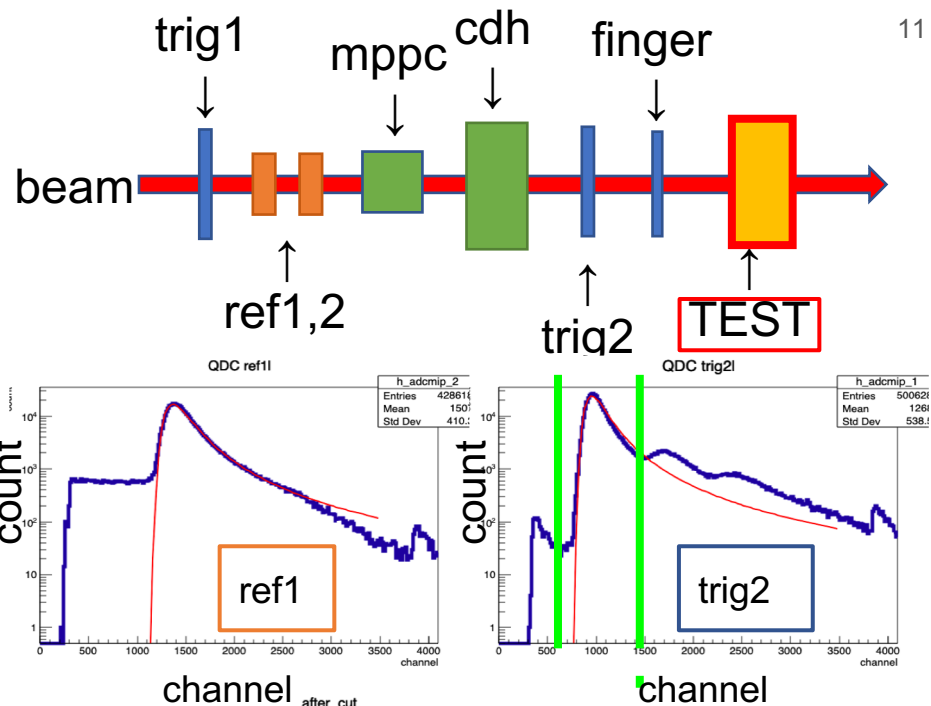
- ❑ DAQにはVMEを使用
QDC(v792), TDC(v775)
- ❑ beam momentum : 584 MeV/c
- ❑ トリガーレート : ~1 kHz
- ❑ トリガーの面の大きさ: 50*50(mm)



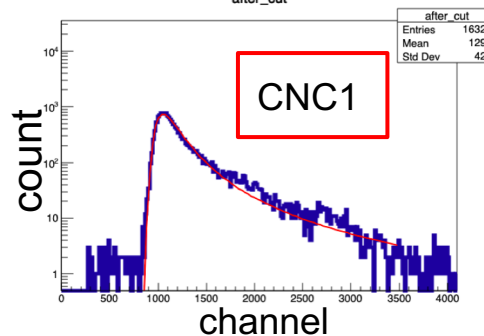
- **trig1,2**
 - トリガーとして使用
- **ref1,2**
 - reference timingの決定
 - $\sigma \sim 30\text{ps}$
- **finger**
 - 1cm角シンチ、位置の決定
- **TEST**
 - CNCまたはtest
- cdh, mppc
 - 別のテスト用検出器

解析 eventの選定について

- 照射位置の決定のため、fingerのhitを要求
- ビーム上流の検出器が多く、下流の検出器のQDCにmip以外のピークが見られるので、TEST以外のQDCがmipの範囲内であることを要求



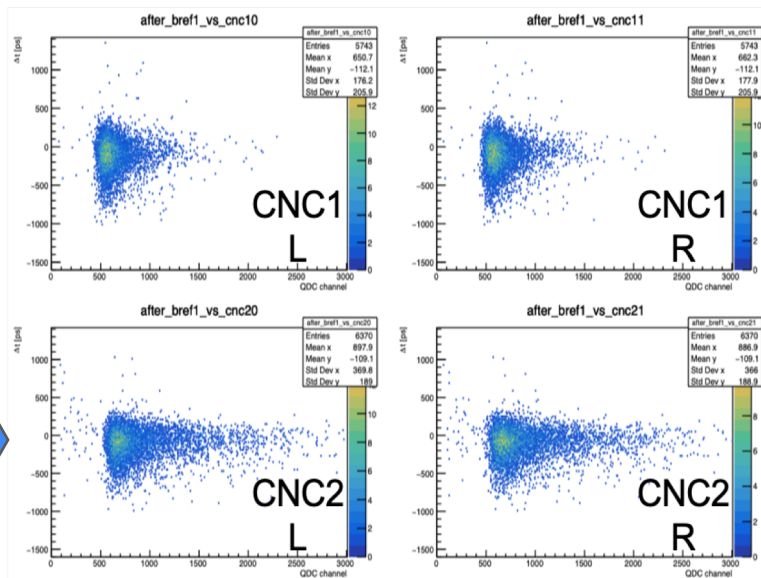
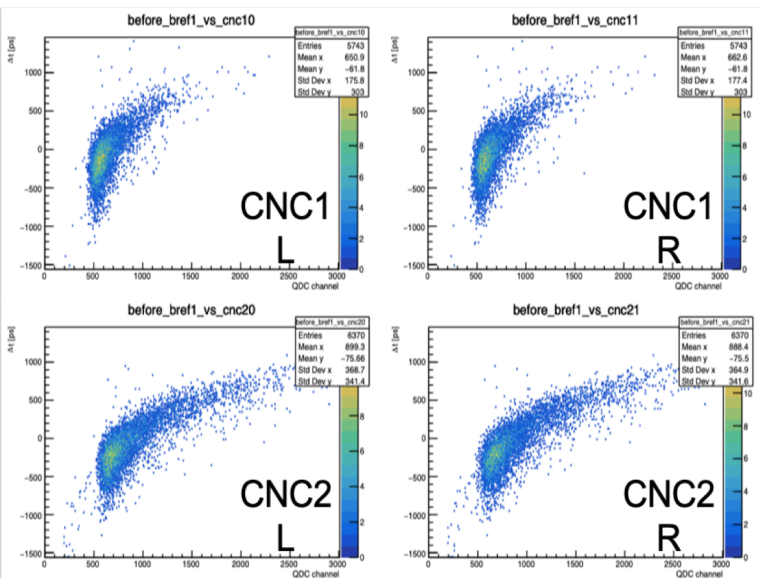
cut



解析 slewing correction について

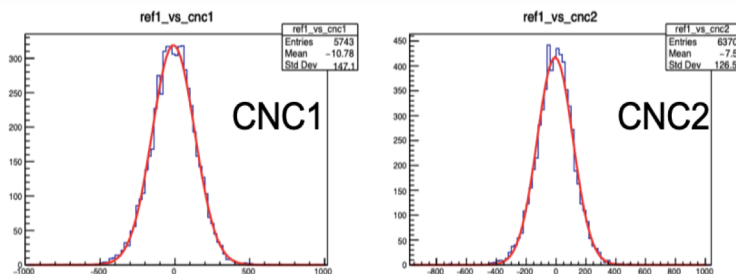
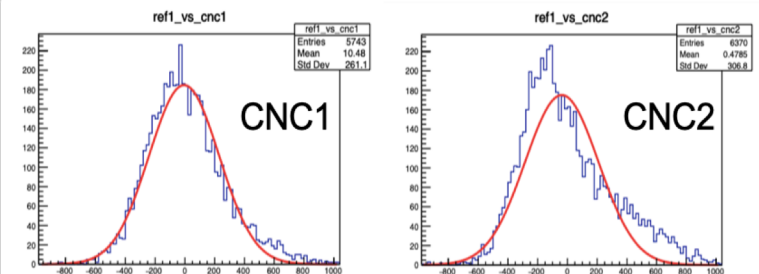
補正関数は、

$$f(x) = a + b/\sqrt{x} + c*\sqrt{x}$$
 (a,b,cはパラメータ)



横軸：
QDC channel

縦軸：
time (ps)

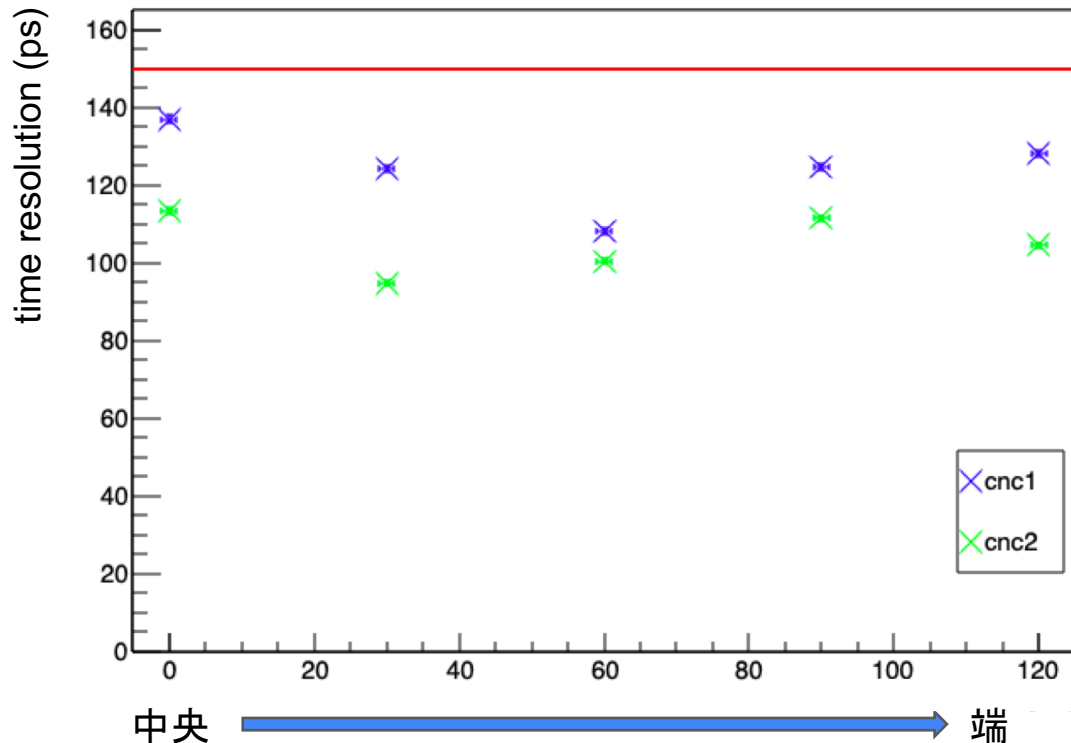


横軸：
time (ps)

縦軸：
count

結果 CNCのresolutionの位置依存性について

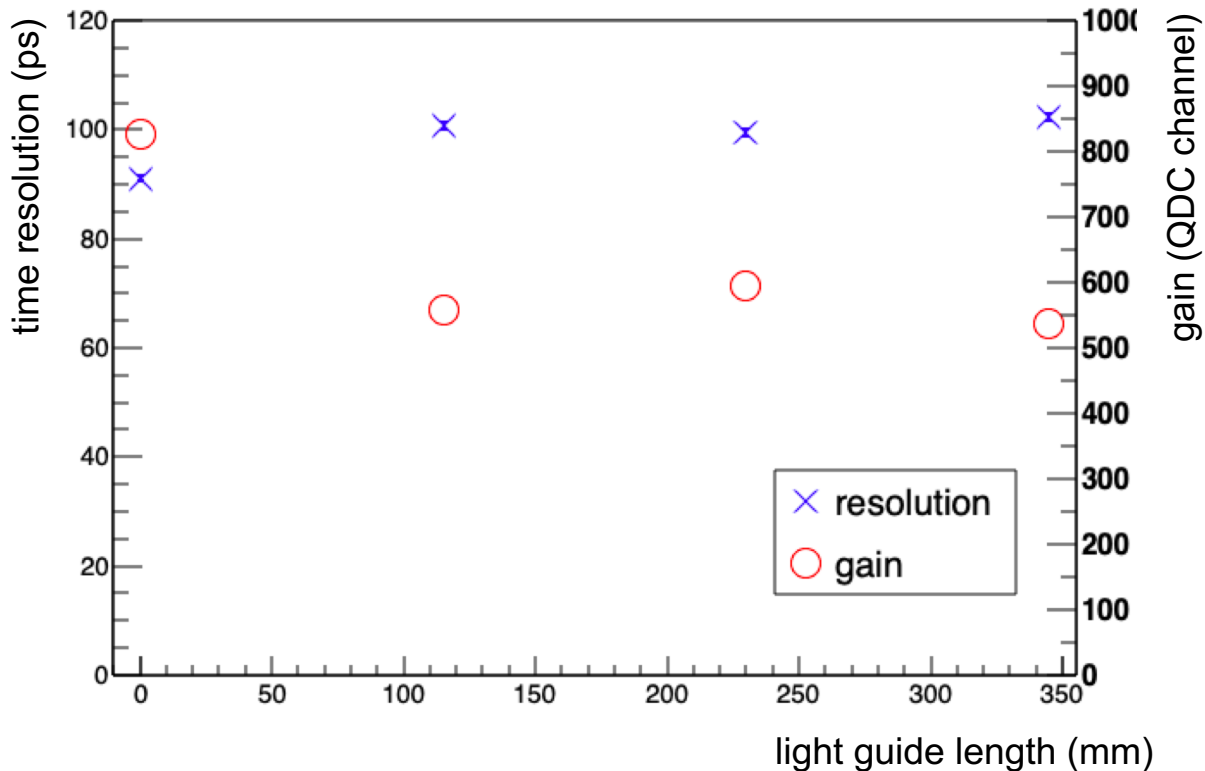
cnc time resolution vs position



- 左右のpmtのTDCを平均して算出。
 - cnc1, cnc2どちらも要求性能を満たしている。
 - cnc1とcnc2で resolution(~20psほど)、位置依存性が異なる。
 - PMT、プラスチックシンチレータの個体差か？
 - 接着等の問題か？
- 今後も調査が必要

結果 resolutionとlight guideについて

time resolution vs light guide length



- light guideを付けない場合、付ける場合より10psほど良い
- gainもlight guideがない場合のみ高い
- light guideの長さによるresolution、gainの違いは小さい

まとめ

- K中間子原子核は原子核・ハドロン分野における重要な研究対象で、そのさらなる理解のために一連の実験を計画中で、現在大型の検出器(CDS)を建設中である。
- CNCはCDSの中でも粒子識別、中性子検出を担っており、特に粒子識別のため高い時間分解能が求められるので、性能評価のためにテスト実験を行った。
- テスト実験より、CNCが要求性能を満たすことがわかった。位置依存性等の詳細な特性については今後も調査が必要である。

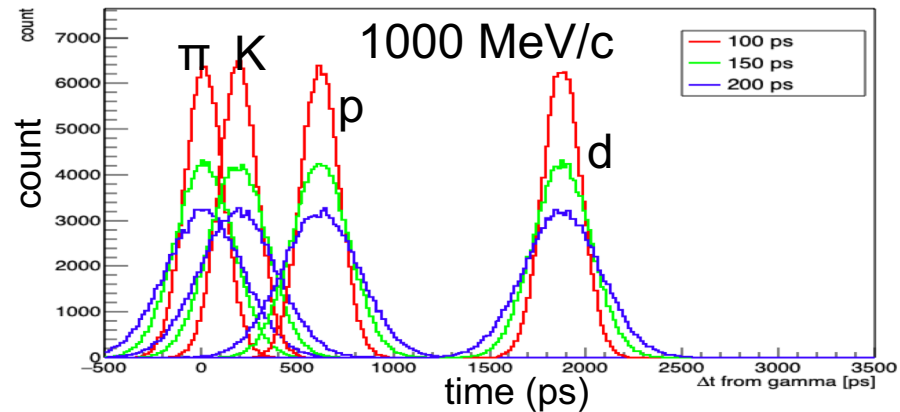
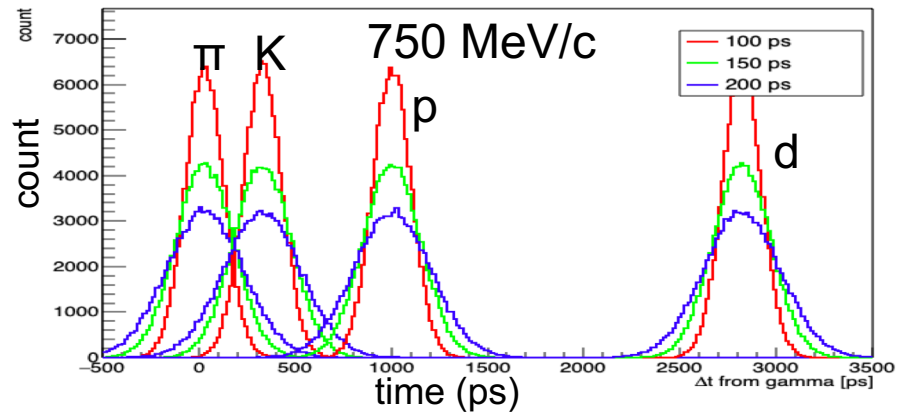
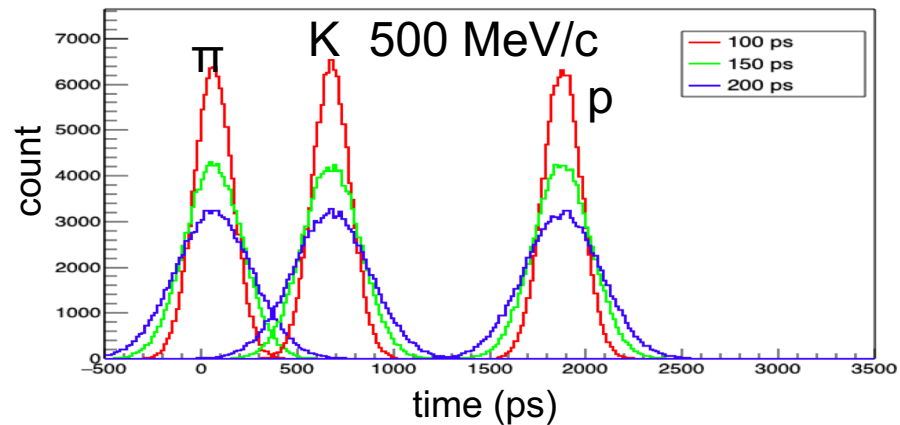
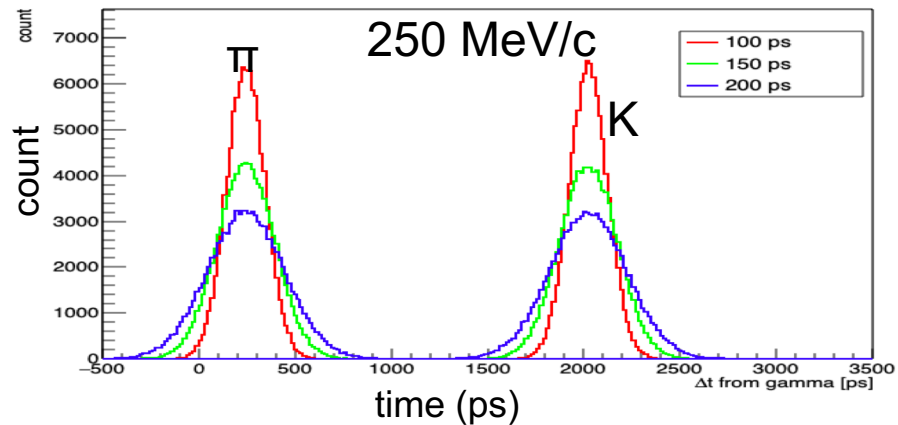
ご清聴ありがとうございました。



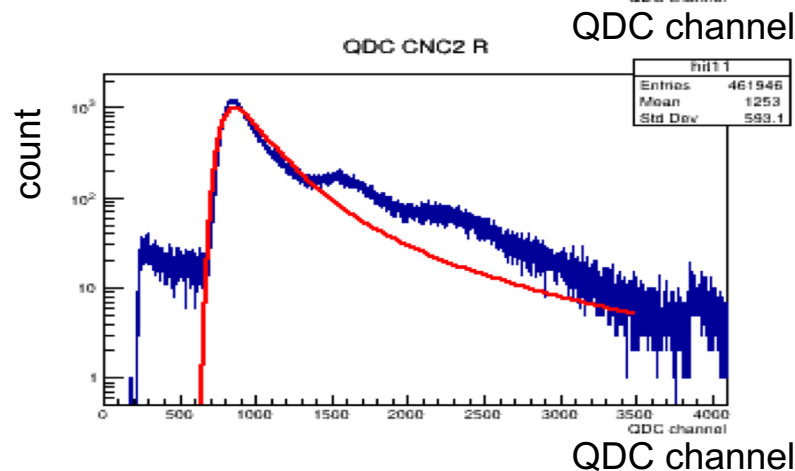
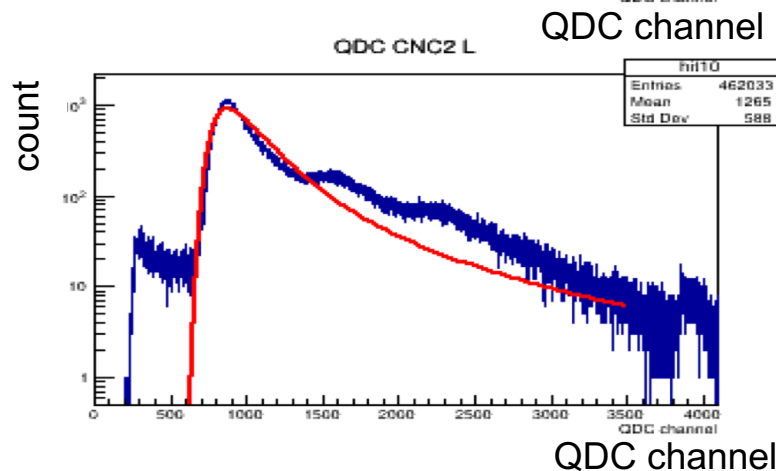
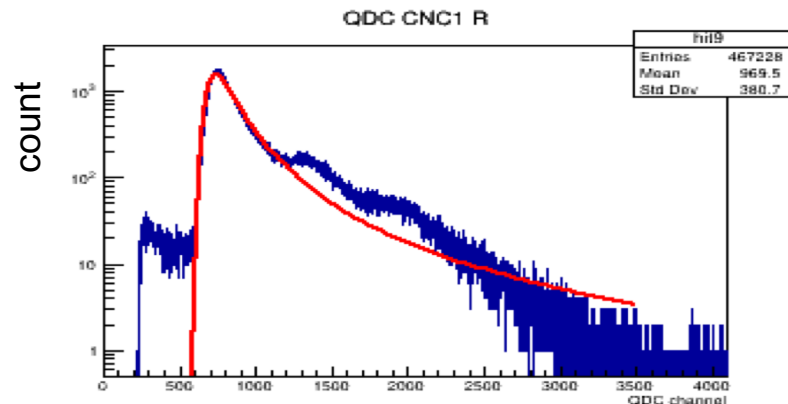
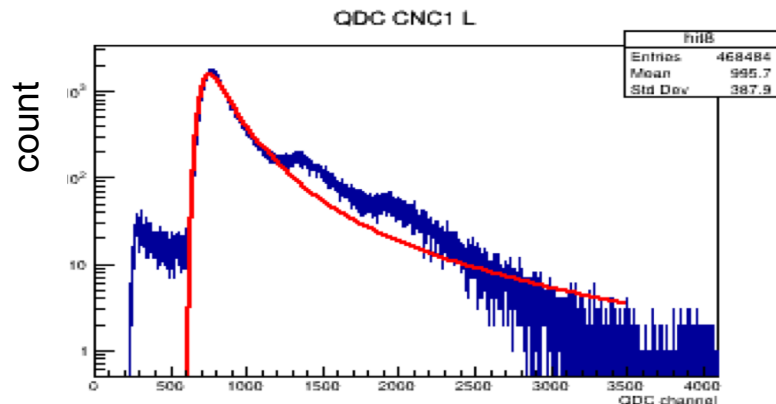
TOF resolution

$\Delta t_{\pi K}$ は、 250 : 1958.92 ps 500 : 673.371 ps

750 : 330.29 ps 1000 : 193.62 ps

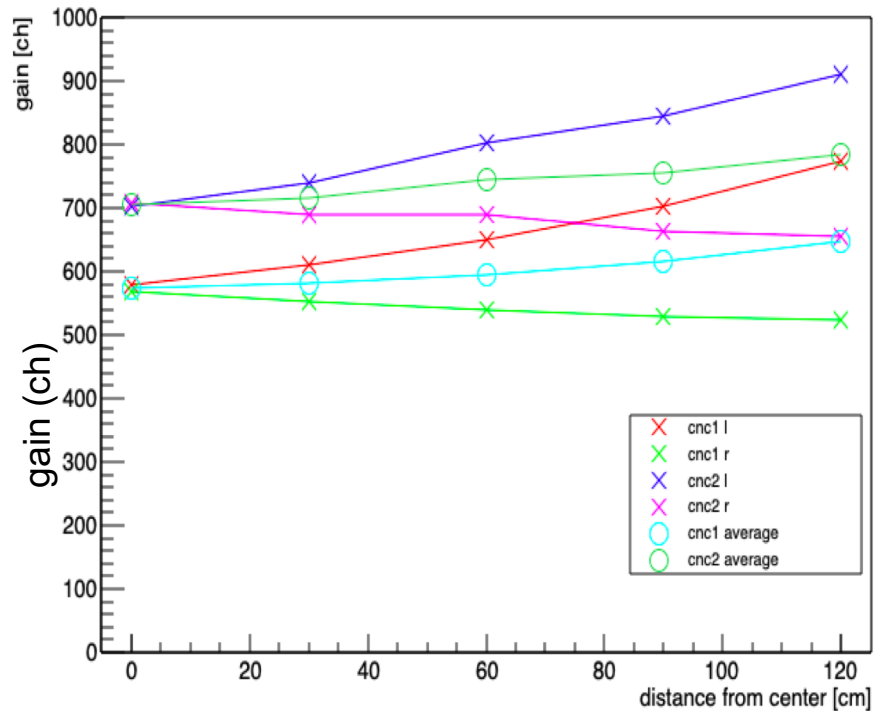


Slewing時のQDC

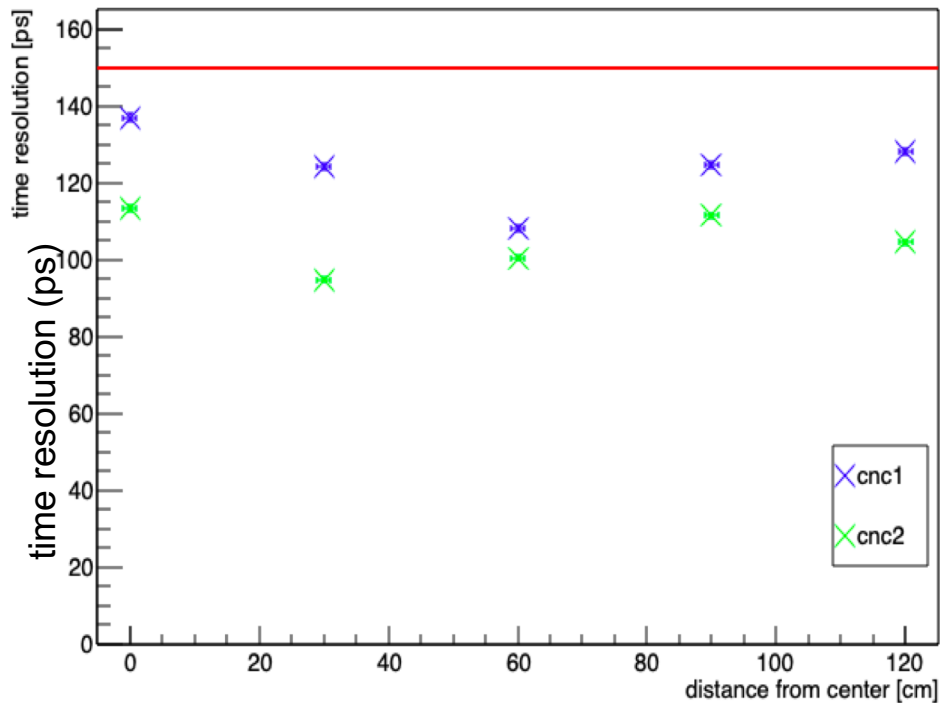


cnc gain vs position

cnc gain vs position



cnc time resolution vs position



中央



端

中央



端