



CHSにおける計測用NBIとNPA を用いた高エネルギー粒子計測

松下 啓行¹⁾、居田 克巳、岡村昇一
磯部 光孝、秋山 龍一、CHSグループ

- 1) 総合研究大学院大学 核融合科学専攻
核融合科学研究所

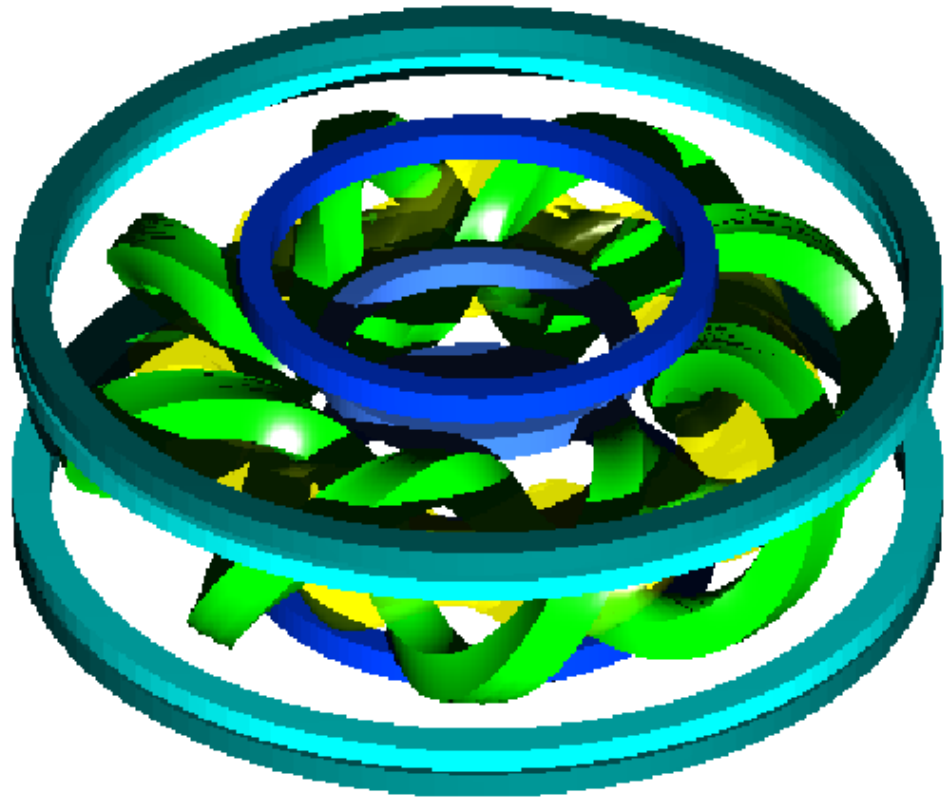
CHS装置

- ポロイダル周期数 $l = 2$
- トロイダル周期数 $m = 8$
- 磁場強度 $B_t < 2T$
- 大半径 $R = 1m$
- 平均小半径 $a = 0.2m$

低アスペクト比 ($A_p=5$)
ヘリカルリップルの存在



捕捉粒子の軌道が磁気面から
大きくずれる



DNB(Diagnostic Neutral Beam)

- ビームエネルギー $E_b < 45 \text{ keV}$
- ビーム電流 $I_b < 4.7 \text{ A}$

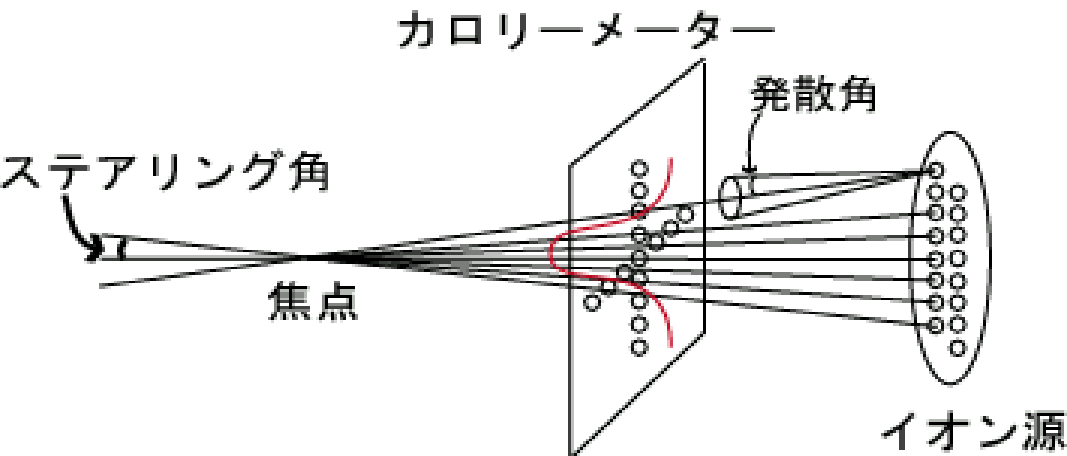
縦長のイオン源



カロリメーターの温度変化

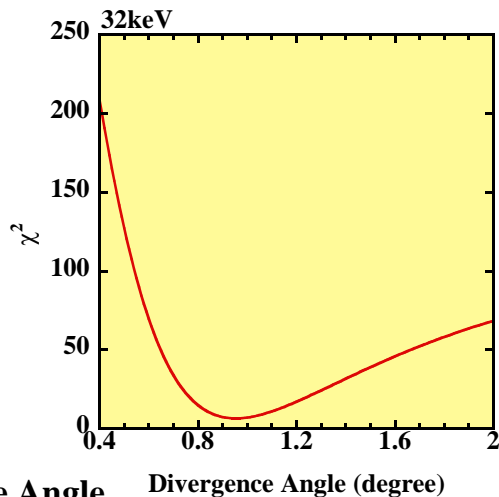
水平方向の分布は発散角に強く依存。

垂直方向の分布は焦点距離に強く依存。

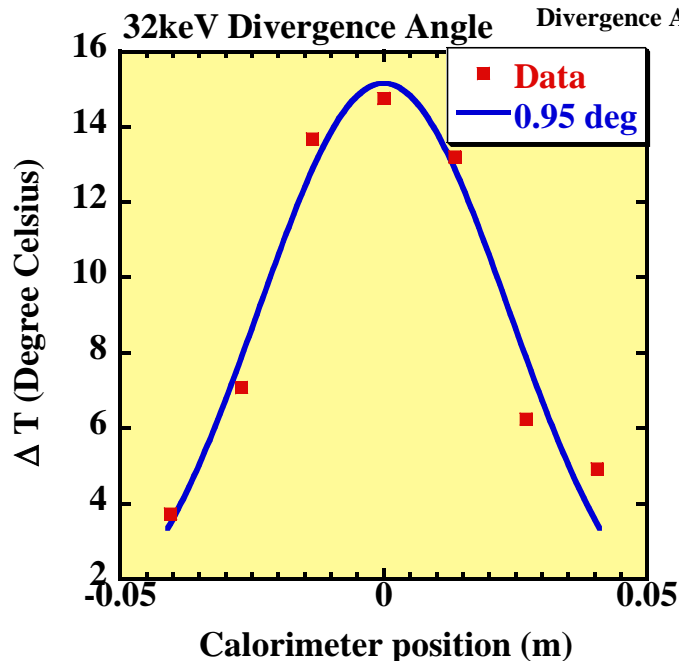
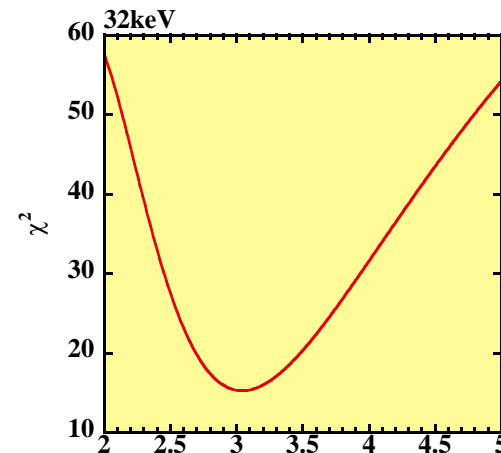


カロリメーターを用いた発散角，焦点距離測定

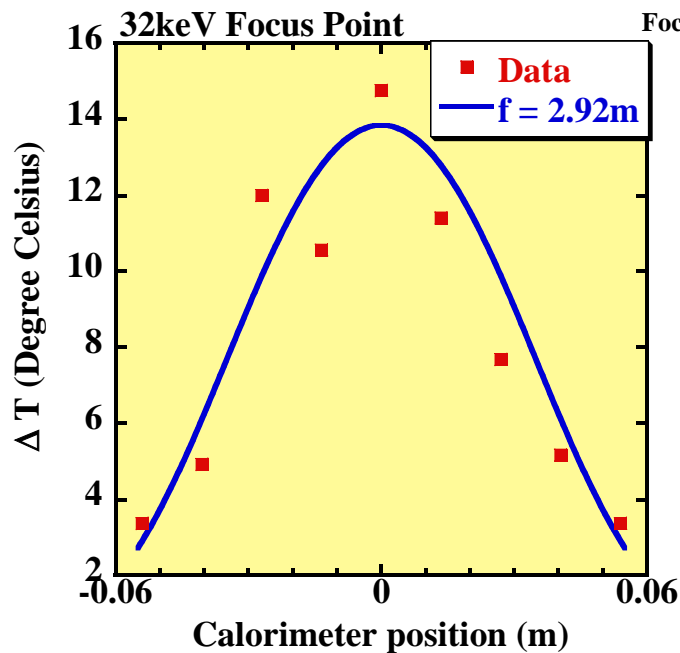
水平
(発散角)



垂直
(焦点距離)

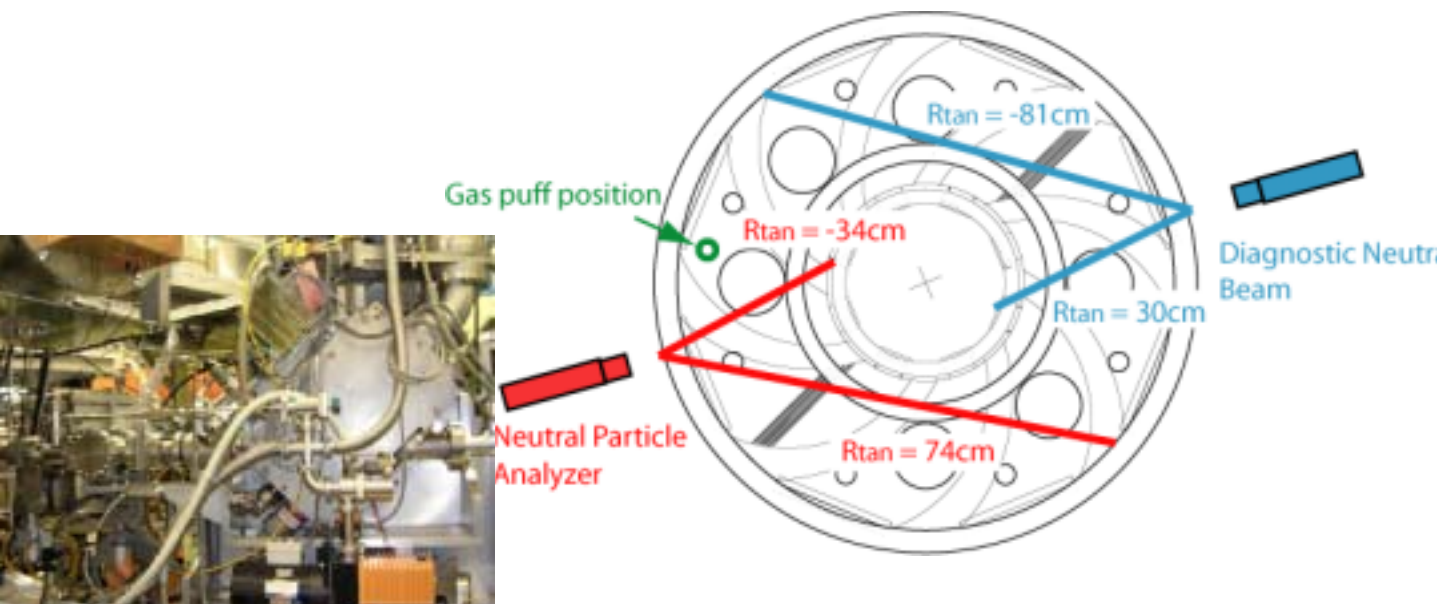


発散角 0.95°



焦点距離 2.92m

装置の配置



NPA

DNB

Number of channels	16
Energy range	0.1-50 keV
Energy resolution	3.67% 1th channel
	1.38% 16 th channel

Beam Energy	$E_b < 45 \text{ keV}$
Extracted current	$I_b < 3 \text{ A}$
Divergence angle	1 degree at 30 keV
Focal length	3.24 m at 30 keV

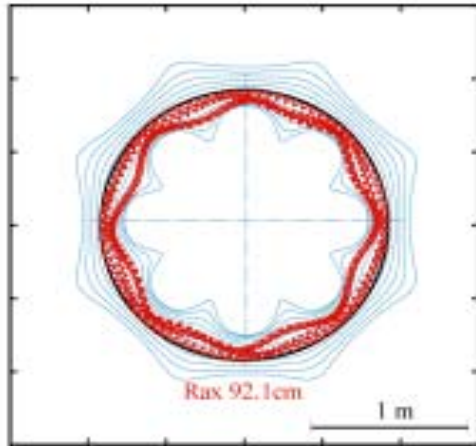
NPAとDNBはトロイダル方向に180°離れた位置で赤道面上に設置

NPAとDNBは水平方向にスキャン可能

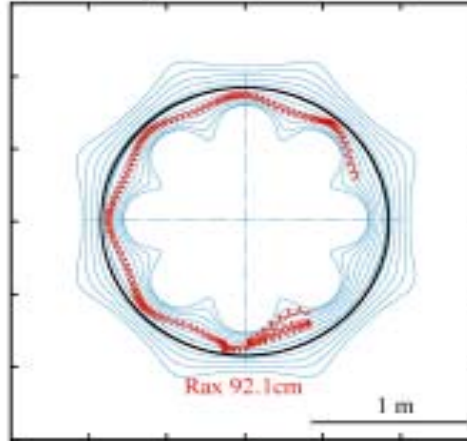
30keVの粒子軌道

Rax92.1cm Bt=0.8T

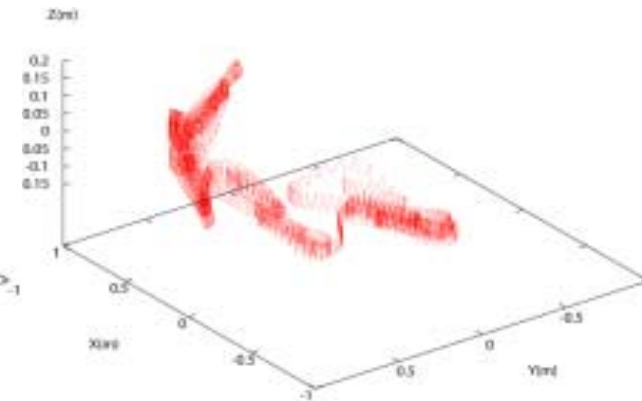
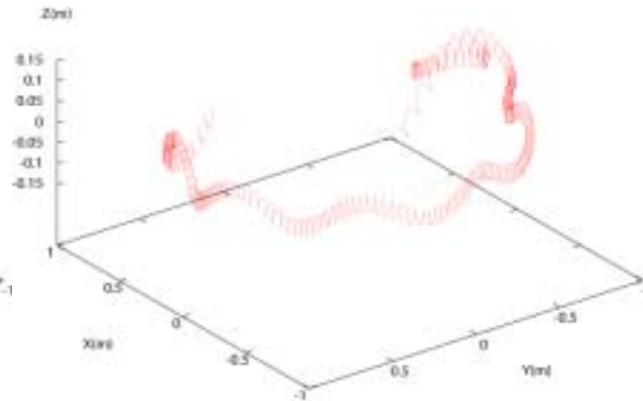
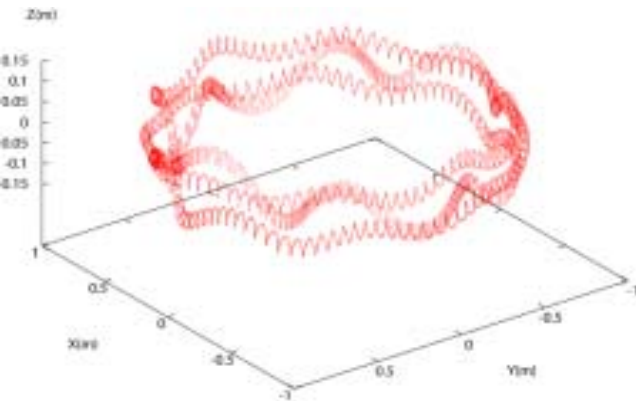
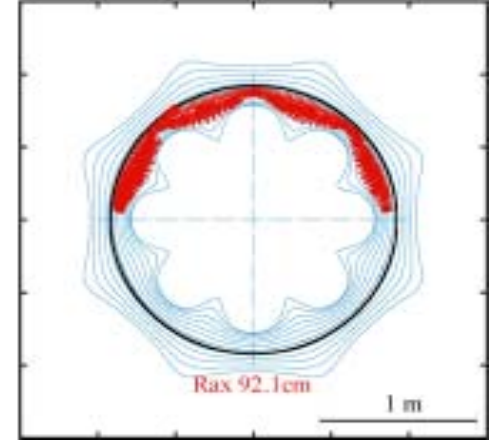
**Pitch Angle
70 ° (passing)**



**75 ° (transition)
12 μ secで損失**

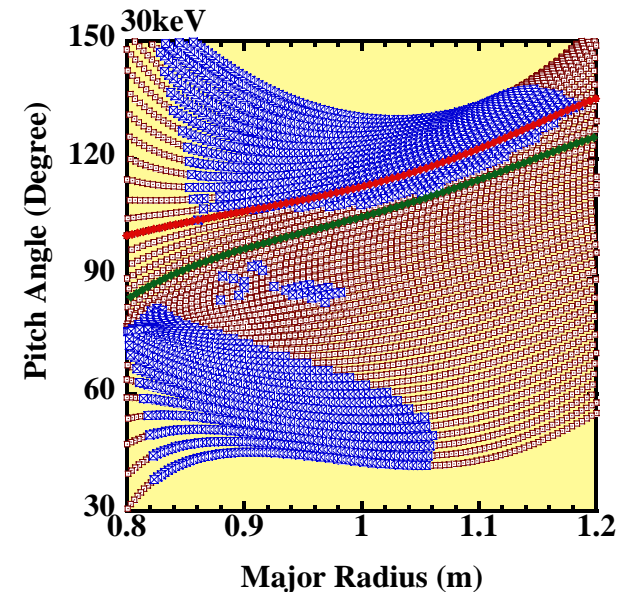
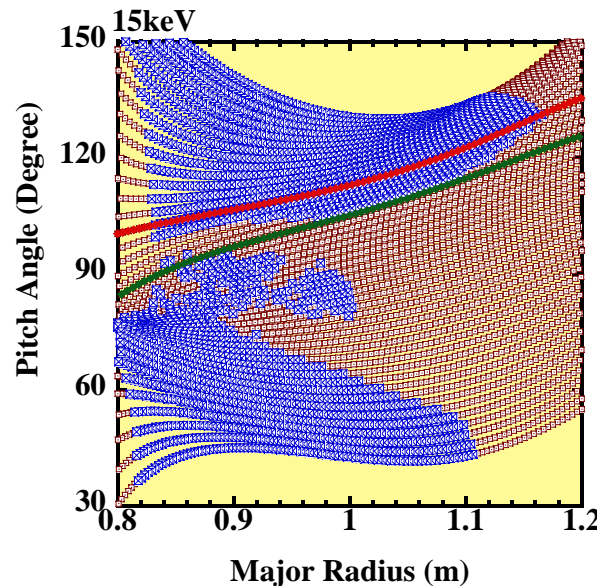
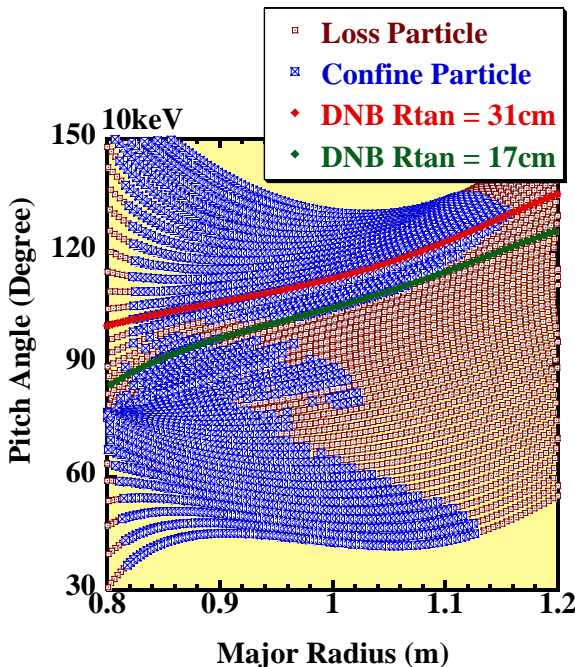


**80 ° (trapped)
61 μ secで損失**

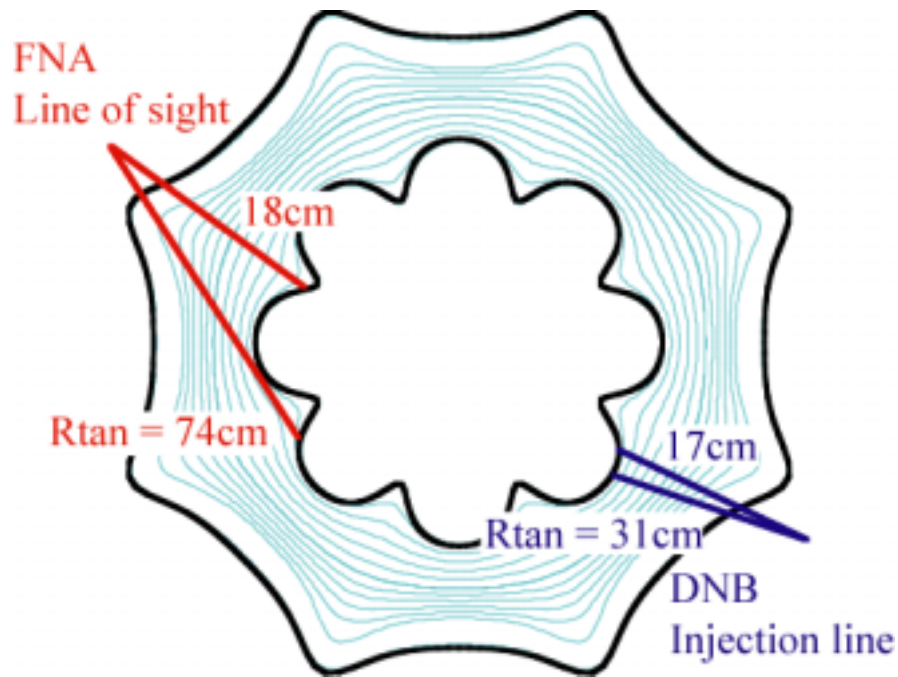


無衝突粒子軌道解析による 閉じ込め領域と損失領域

- DNBの視線上に粒子を配置し、粒子軌道を追跡した。
- 70 μ sec以内に真空容器壁に衝突した粒子をLossと定義した。



ロスコーン実験



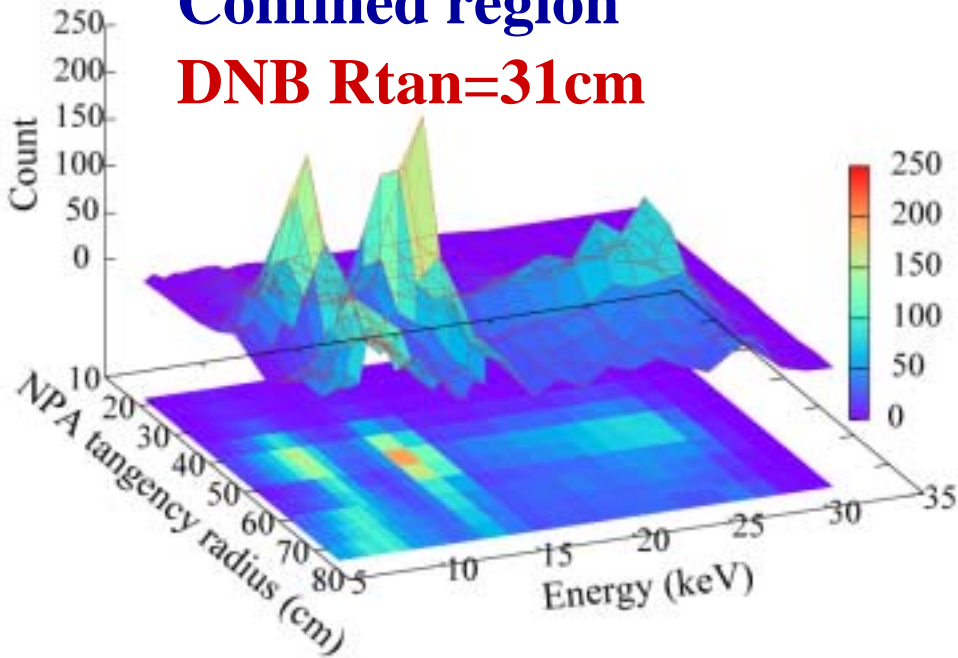
- ECHプラズマにDNBを接線半径 31cm で入射し、DNB入射高速イオンをNPAで測定する。
- NPAは接線半径 $18 \sim 74\text{cm}$ の範囲でショット毎に約 5cm づつスキャンする。
- DNBを接線半径 17cm (より垂直入射)で入射し、同様の計測を行う。

実験結果

- Fluxはパラメータが一定のフェーズで50msecを足し合わせた値である。(Te(0)=1keV ne=1.0 × 10¹³cm⁻³)

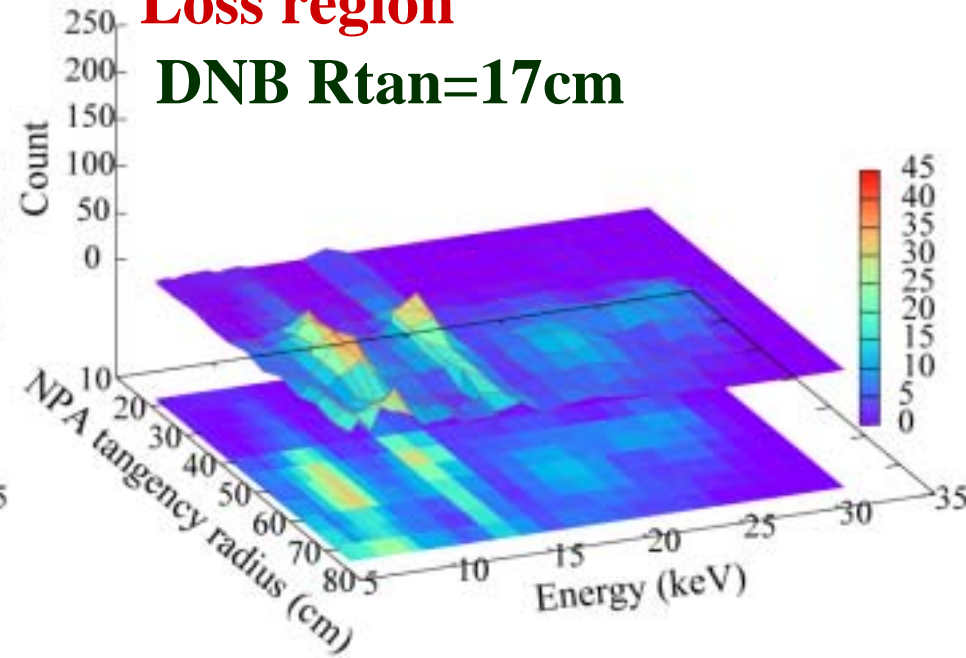
Confined region

DNB Rtan=31cm



Loss region

DNB Rtan=17cm



Loss region入射では入射粒子はほとんどLossする

Confined region入射においても粒子閉じ込めが悪い事をデータは示唆している。

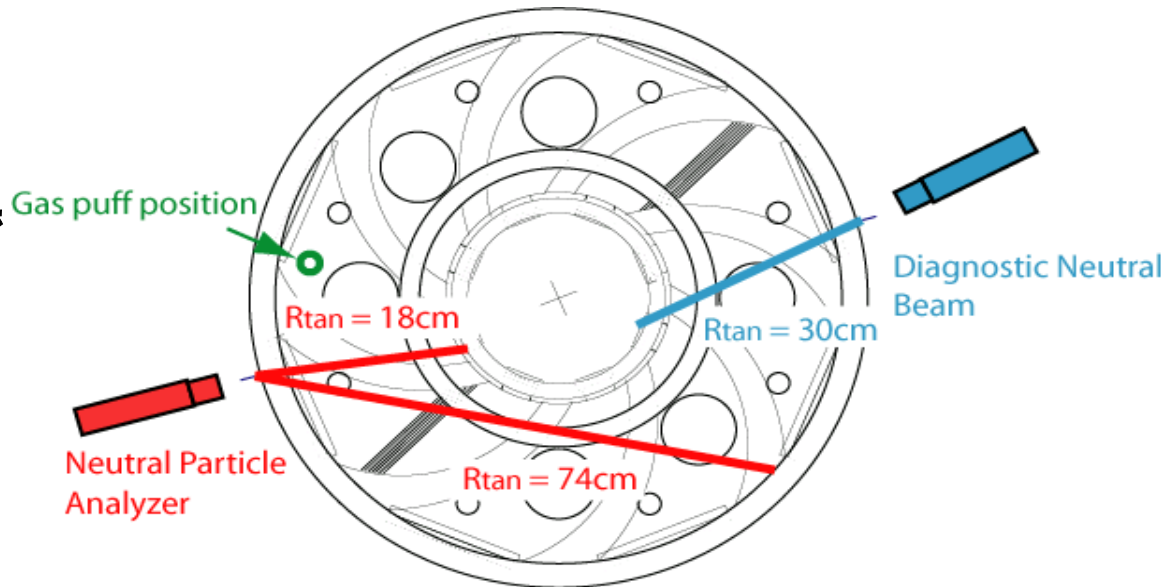
過去の実験と同じ傾向

Okamura, S., et al., in Plasma Physics and Controlled Nuclear Fusion Research 1992 (Proc. 14th Int. Conf. Wurzburg, 1992), Vol.2,IAEA,Vienna(1989)411.

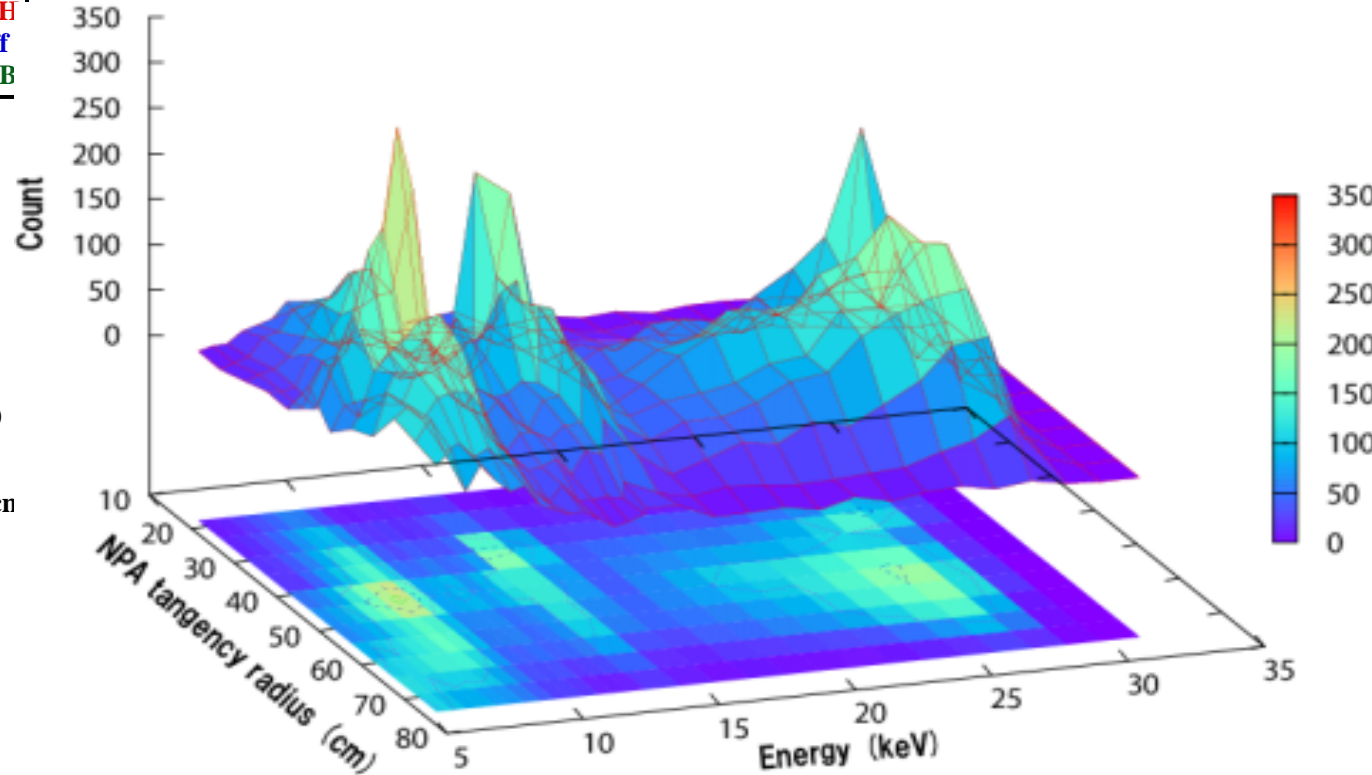
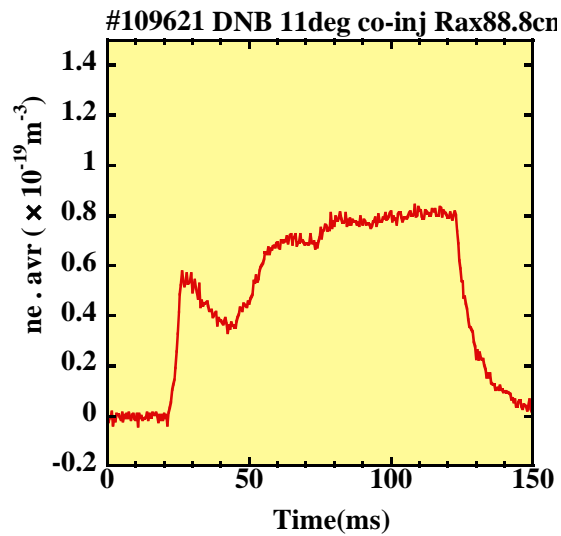
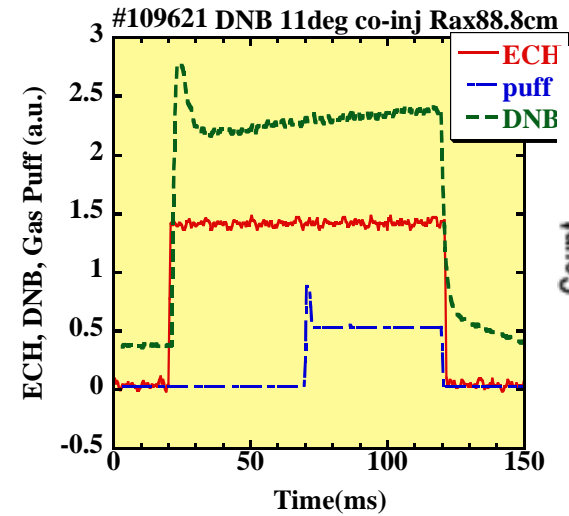
Isobe, M., et al., Nucl. Fusion 41(2001)1273.

磁場配位依存性

- Rax 88.8cmと 99.5cmの磁場配位において、ECHプラズマにDNBをco方向に入射し、NPAでスペクトルを測定した。
- DNBはRtan 30cmで固定し、NPAをRtan18-74cmの範囲でスキャンした。
- 内寄せ配位ではヘリカルリップルの底の磁場強度が磁気面上にのるので、外寄せ配位に比べて捕捉粒子の閉じ込めが良くなる事が期待される。

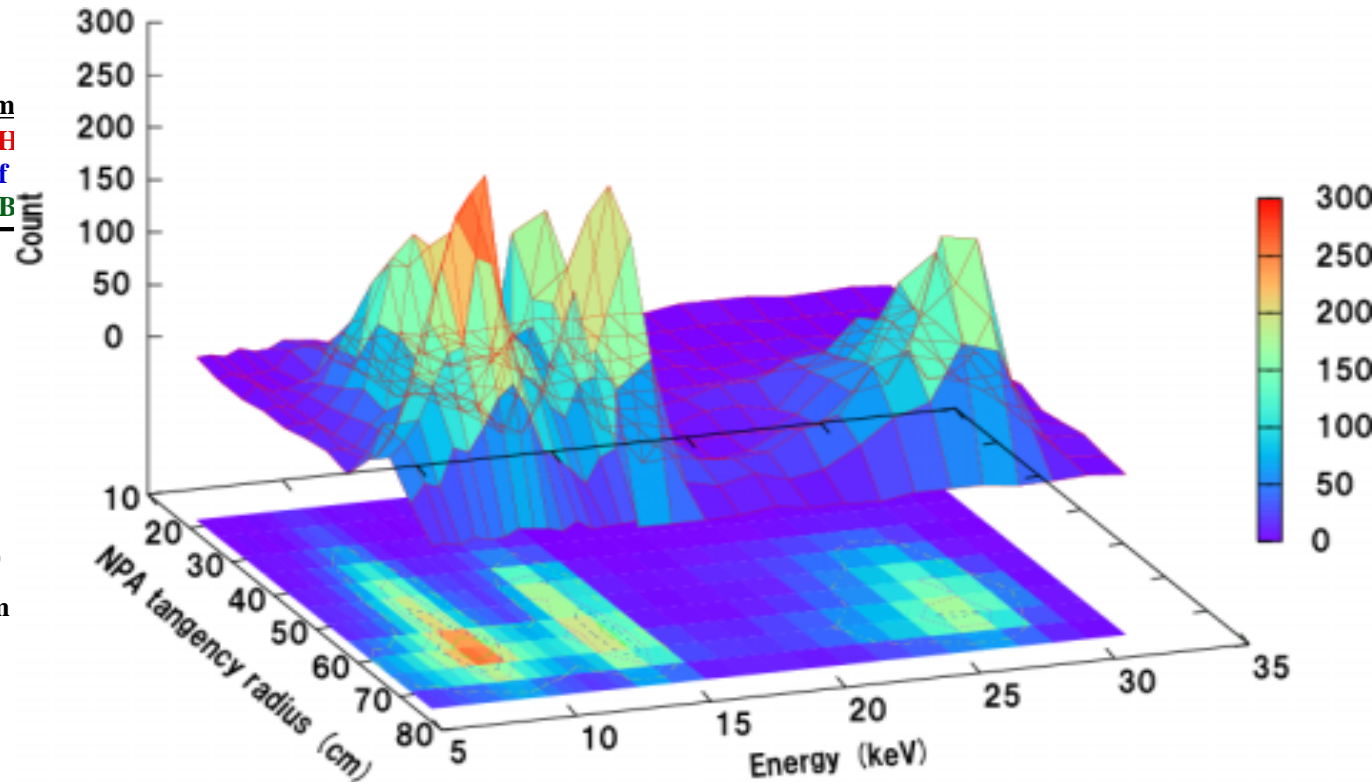
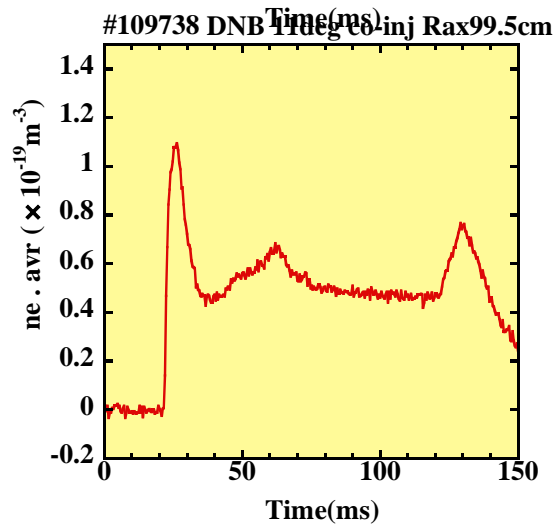
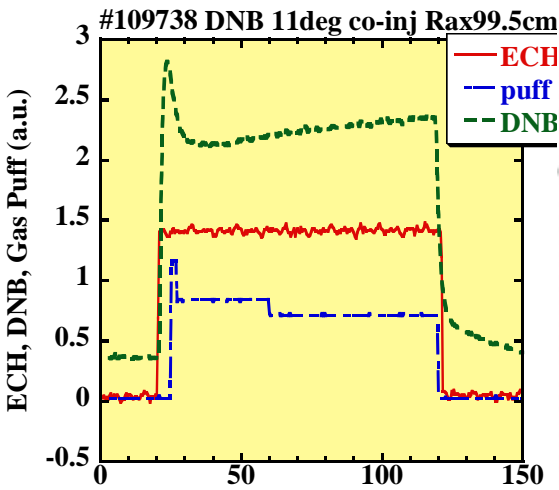


Rax 88.8cm



外寄せ配位に比べて全エネルギー成分が Slowing Down している。

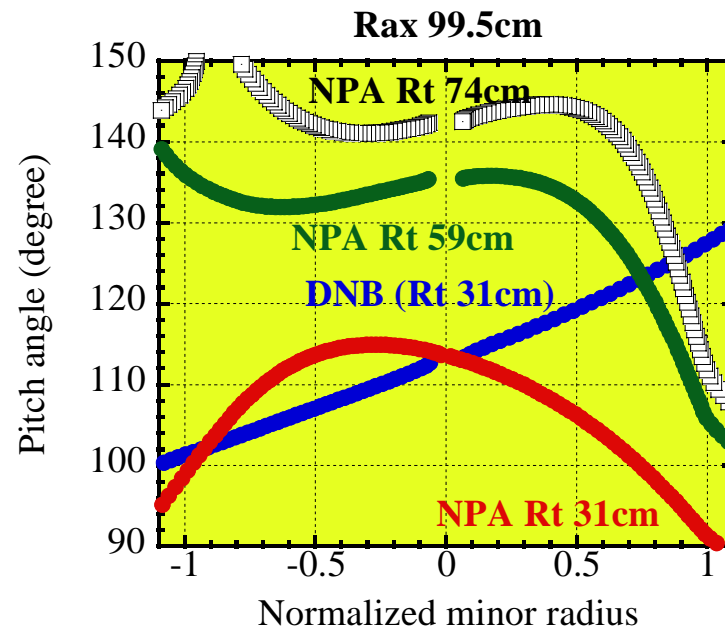
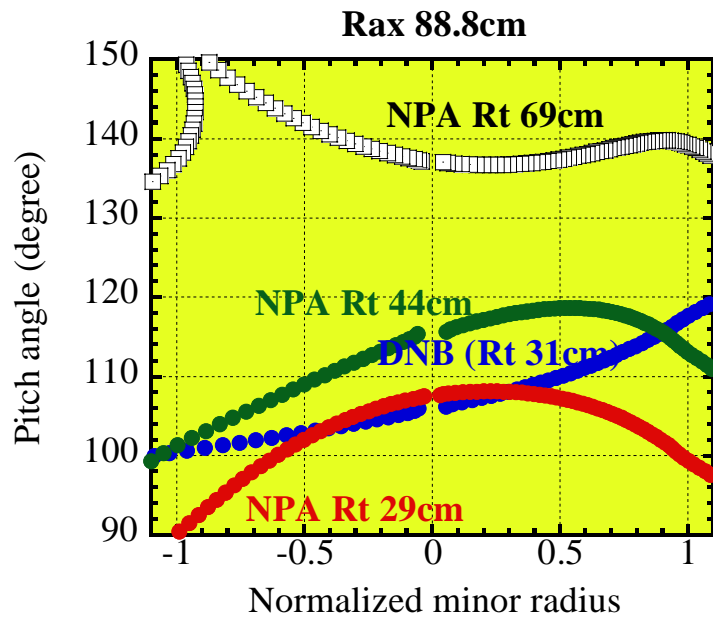
Rax 99.5cm



内寄せに比べるとFull energy成分のSlowing down
が少ない。

カウントのピークの位置が内寄せ配位に比べて、ピッチ角が寝ている方向に動いている。

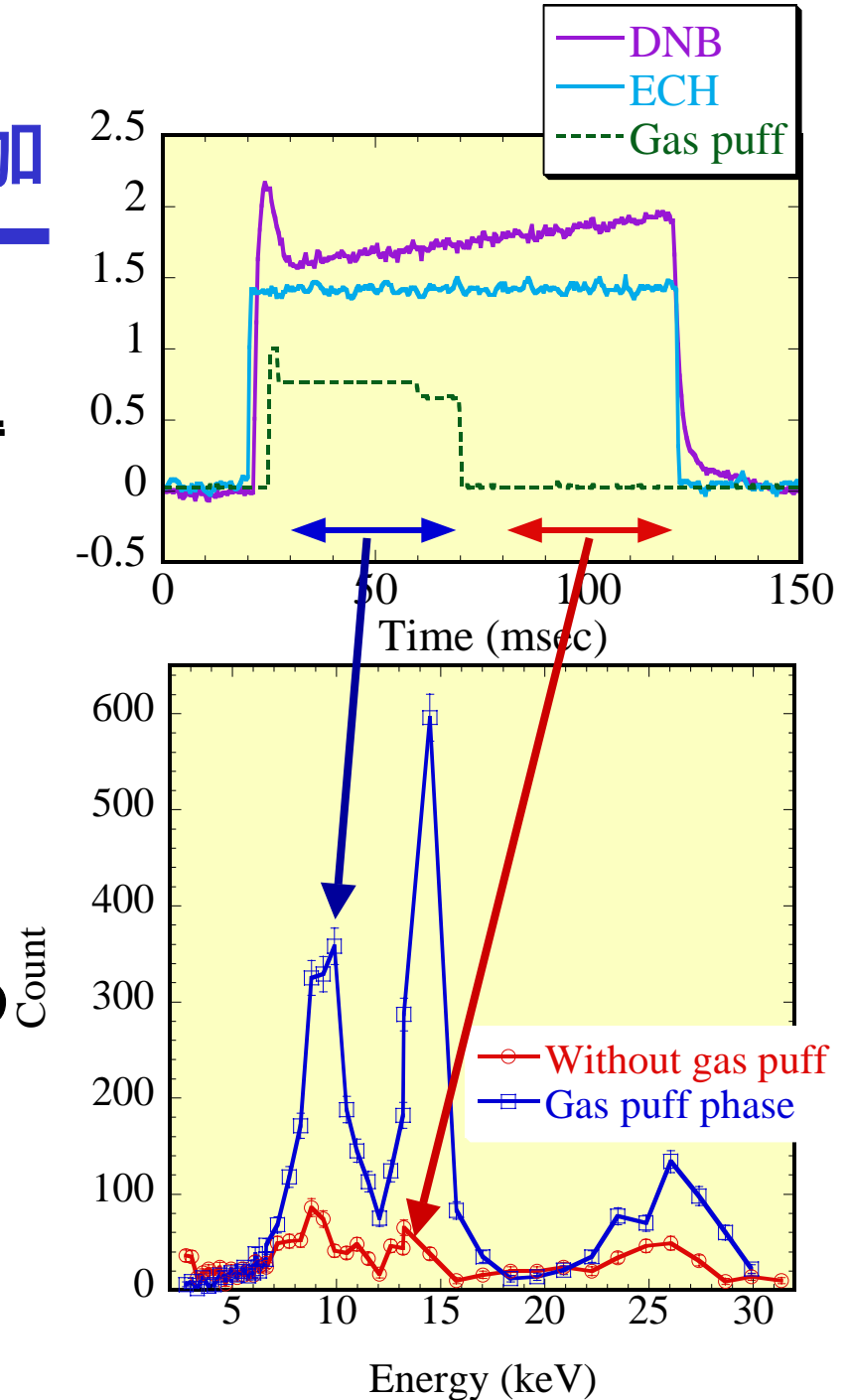
ビームライン、視線上のピッチ角分布



- DNBの入射ラインと、NPAのカウントがピークになる視線が交わる点のピッチ角は、外寄せ配位の方がピッチ角が立っている。

ガスパフによるフラックスの増加

- DNBは加熱NBIに比較して、電流が少ないため十分なFluxが得られなかった。
- NPAの設置してあるポート付近より、放電中にガスパフを行うことによって十分なカウントを得ることができた。
- ガスパフによって3~10倍程度のフラックスが得られた。



まとめと課題

- CHSにおいて高エネルギー粒子の閉じ込めを調べるために、計測NBIとNPAを用いて計測を行った。
- 真空磁場で軌道計算により求めたロスコーンと閉じ込め領域の境界は、実験結果とほぼ一致した。
- 内寄せ配位において、顕著な閉じ込めの改善は見られなかった。

課題

- DNBのデポジションと中性粒子の分布を計算する。