

2013.8.29

---

## 筑波大学プラズマ研究センターシンポジウム

### (1) 双方向型共同研究の進展

# GAMMA 10 における プラズマ直接発電器の小型化のための基礎研究

---

研究代表者 竹野裕正（神戸大学）

研究分担者 八坂保能（神戸大学）

宮澤順一（核融合科学研究所）

中嶋洋輔，片沼伊佐夫（筑波大学），他

# 報告内容

---

1. DEC 研究と双方向型共同研究，現課題
2. 昨年度の研究結果 — TWDEC  
結果の考察を通じた装置サイズの問題
3. 今年度からの課題 — CUSPDEC  
小型装置の構成
4. まとめ

# 1 DEC研究と双方向型共同研究の経過

---

## DEC研究 — D-<sup>3</sup>He基幹発電所の想定

- ◎ CUSPDEC: 粒子分離と熱粒子回収
- ◎ TWDEC: 高速イオン回収
- ◎ 新手法...



## 研究経過と双方向型共同研究

- ◎ 90年代–00年代半：原理検証
- ◎ 00年代半–10年代：実機対応

高エネルギー，高密度，高帯域，高機能，...

双方向型共同研究 — GAMMA 10 プラズマの利用

# 1 現在の動向と現課題

---

## 多用途への展開

- ◎ **ダイバータ板への熱入力**の低減
- ◎ **慣性静電閉込炉と合わせた宇宙船の動力源への利用 (NASA)**
- ◎ 産業応用, など

## Key Issue: 小型化

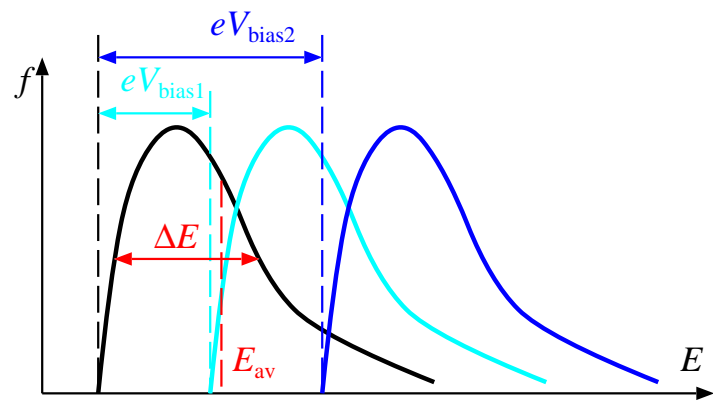
- ◎ CUSPDEC: **永久磁石の利用**  
GAMMA 10 への適用 (後年)
- ◎ TWDEC: **装置長さ**と**効率**  
変調器 + 減速器の組合



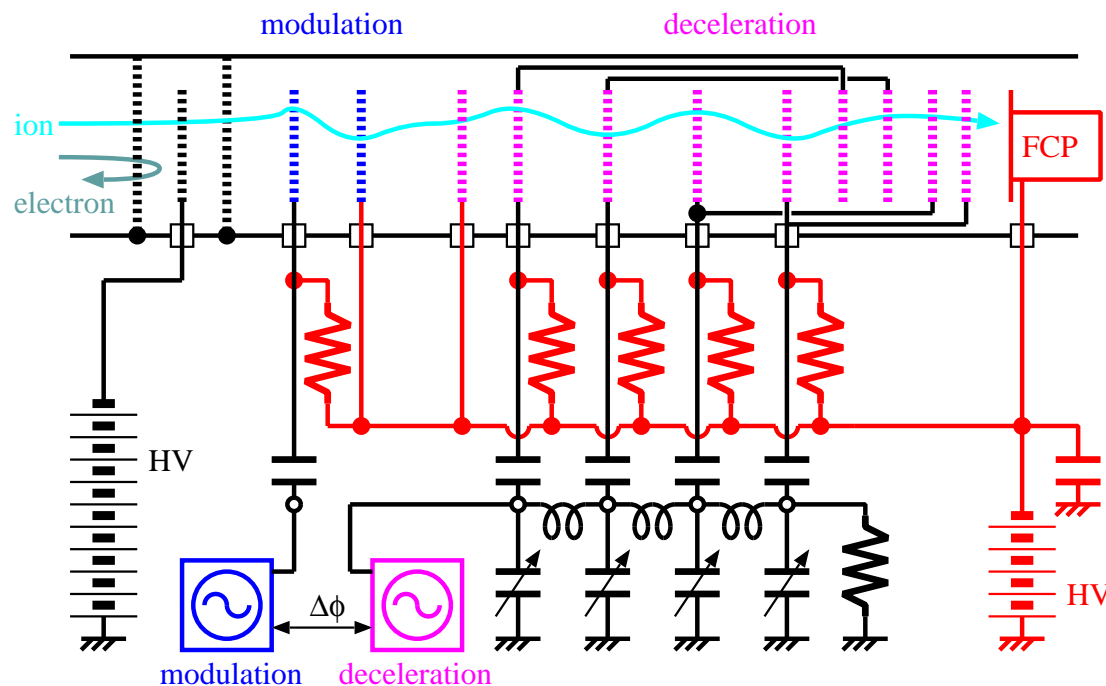
## 2 昨年度の研究結果から — TWDEC

### GAMMA 10 接続バイアスタイプ TWDEC

バイアス印加により  
エネルギー分布領域を制御



相対エネルギー拡がり  
 $\Delta E / \langle E \rangle$  を変化



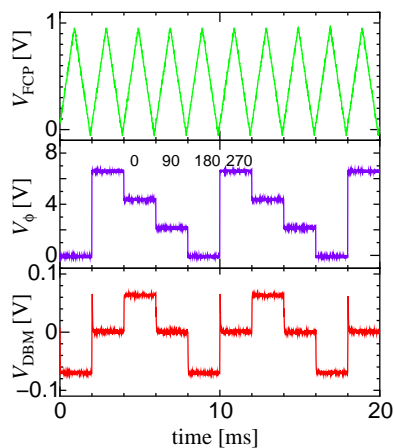
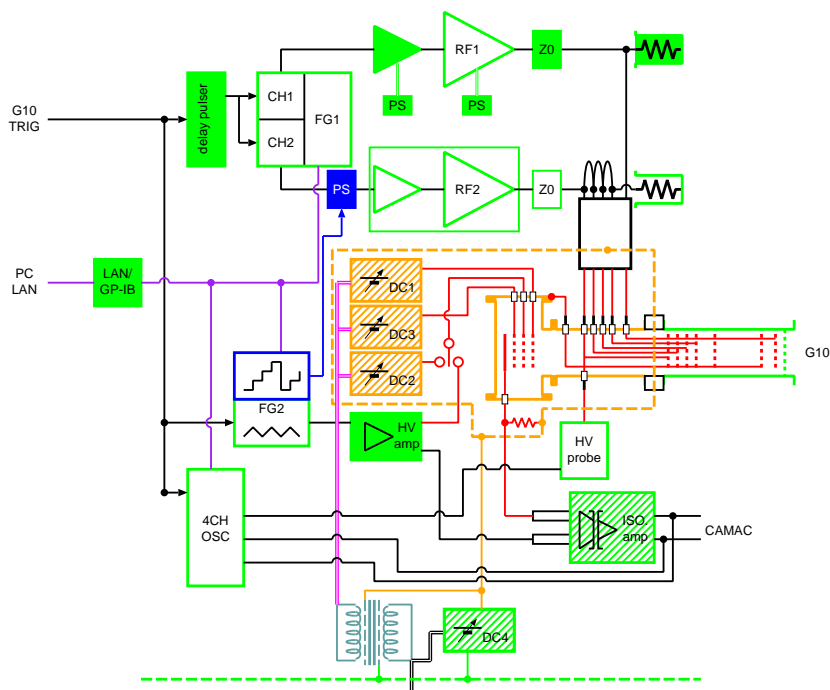
減速器：定減速度法（電位谷への粒子捕捉）

バイアス  $-0.6 \text{ keV}$  , 減速率  $8 \times 10^{11} \text{ m/s}$  で設計

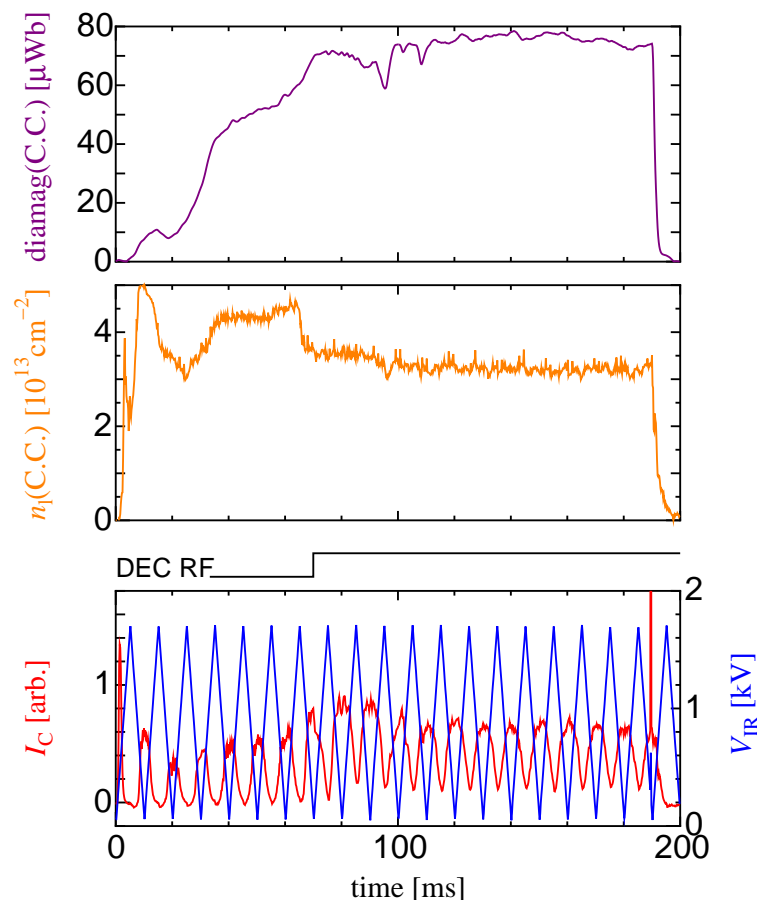
...ピークエネルギー  $0.8 \text{ keV}$  に中心

## 2 ショット中の高速掃引・同期制御による計測

高速掃引制御系：

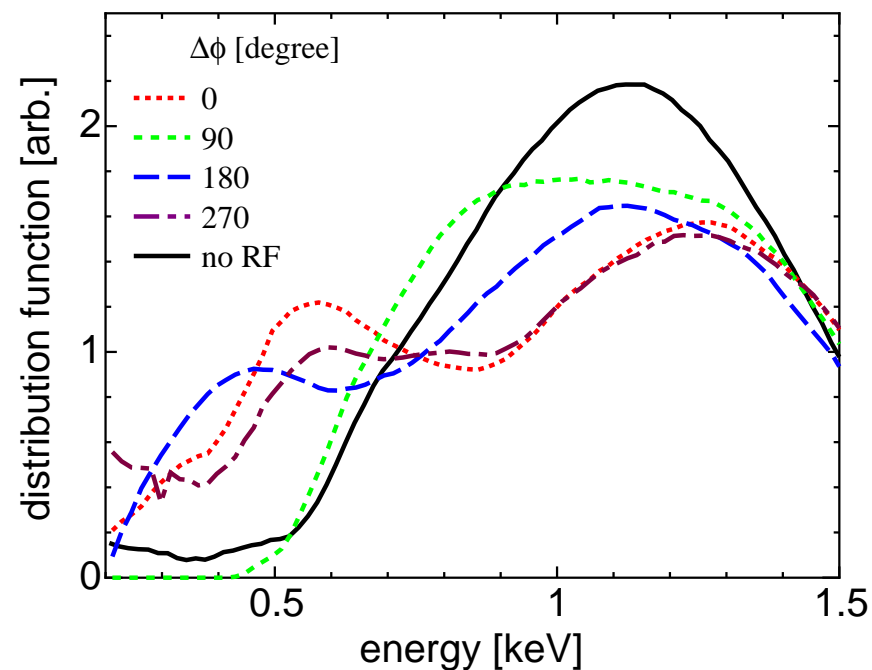


- 変化条件：  
変調-減速RF間位相差， $V_{bias}$
- ショット間の変動対策  
→ データ数/ショットの向上

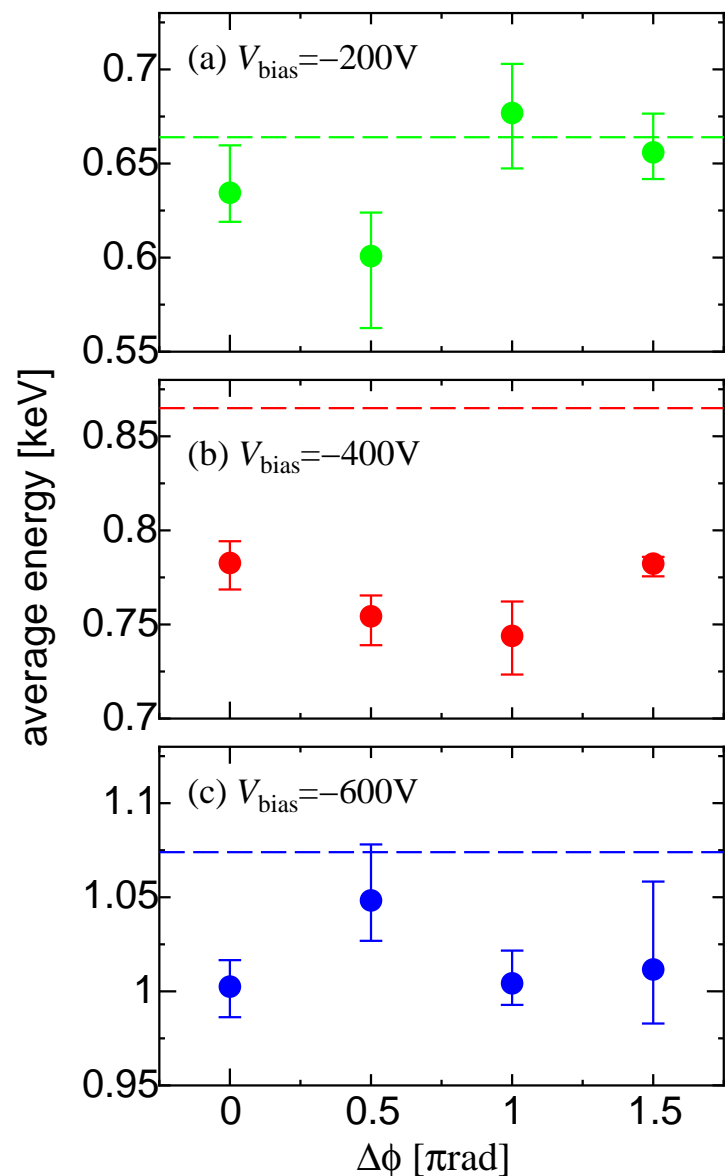


## 2 エネルギー分布・平均の評価

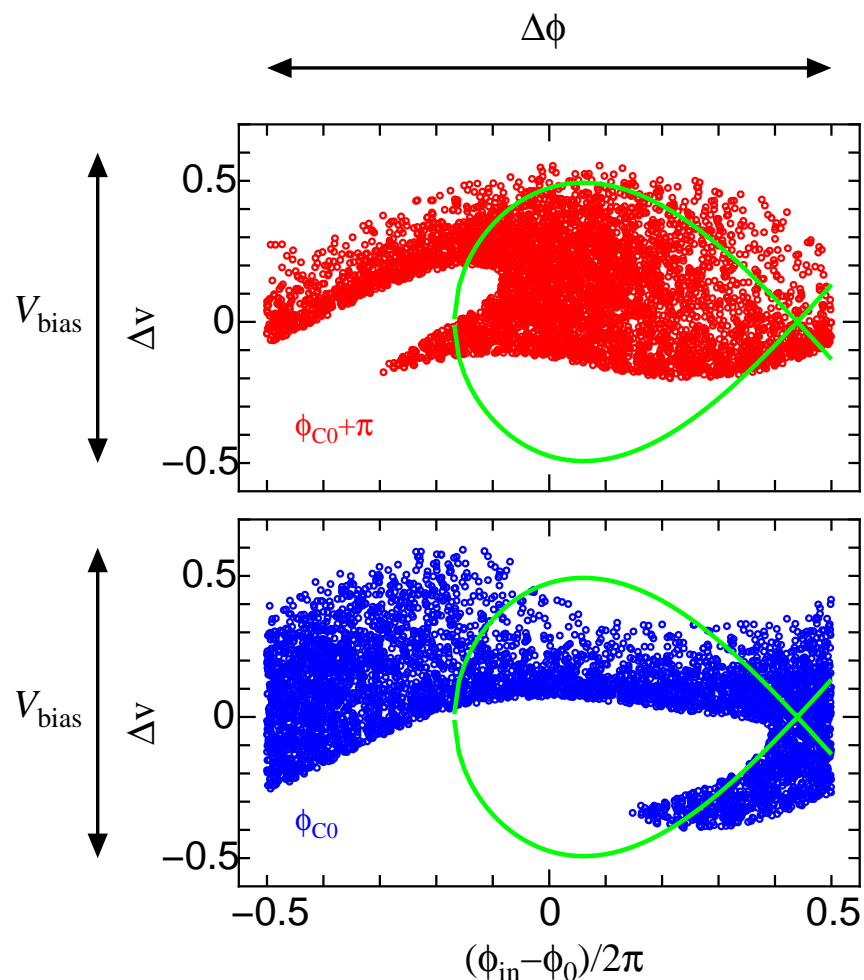
エネルギー分布の変化：



- 0.8–1.3 keV で減少
- 0.7 keV 以下で増加
- 個々の粒子のエネルギー変化は複雑



## 2 効率と装置長のトレードオフ



$\Delta\phi$ ,  $V_{bias}$  で捕捉粒子数が変わる

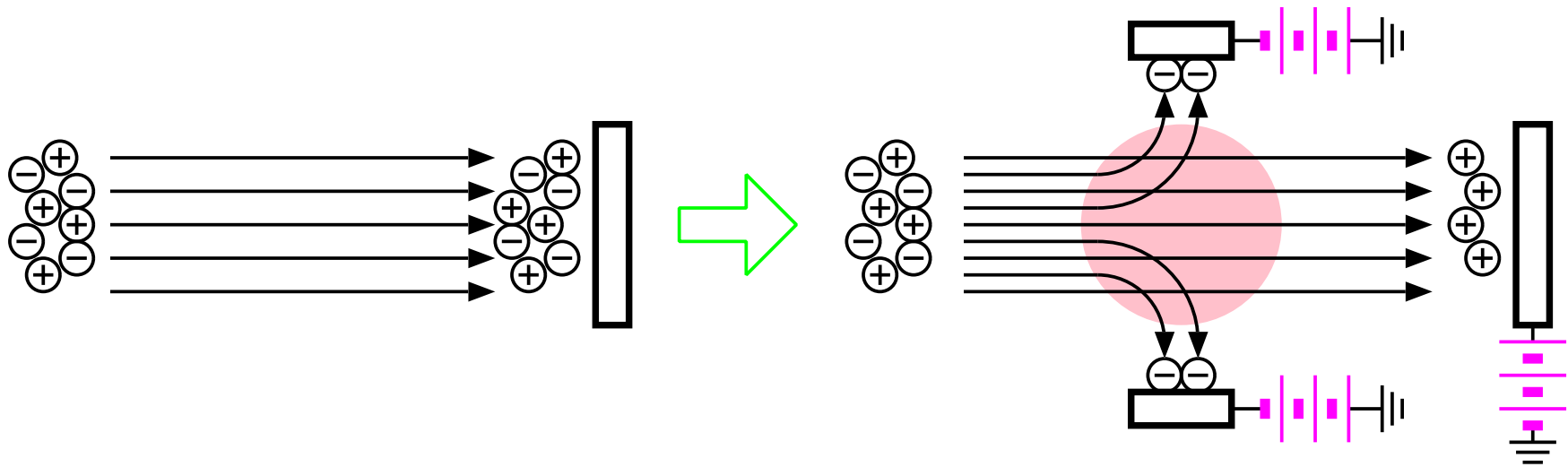
- **トラップ領域の拡大**
  - 減速度の低下
  - **減速器長の増大**
- **粒子分布領域の縮小**
  - 低電圧変調
  - 集群距離の増大
  - **装置長の増大**
- **変調方式毎の粒子分布**
  - **減速器との統合検討**



### 3 今年度からの課題：永久磁石CUSPDECの構成

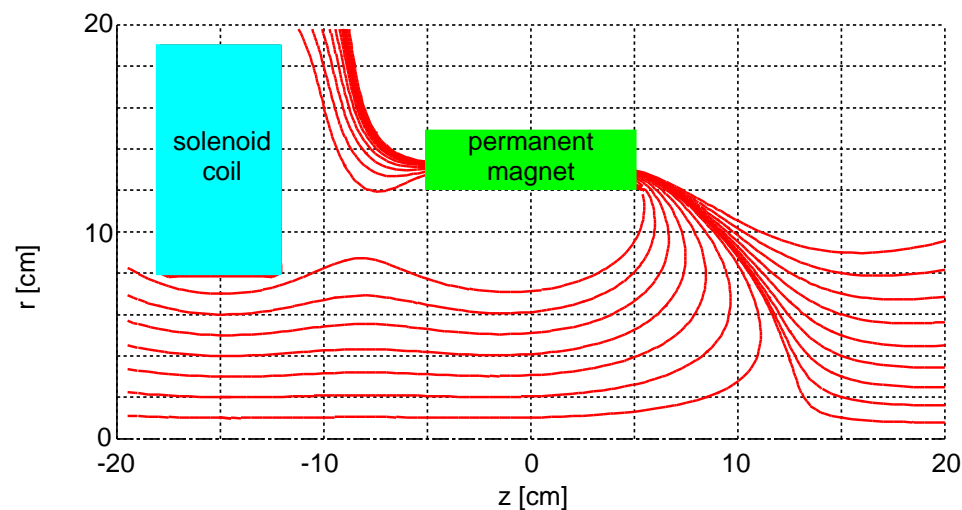
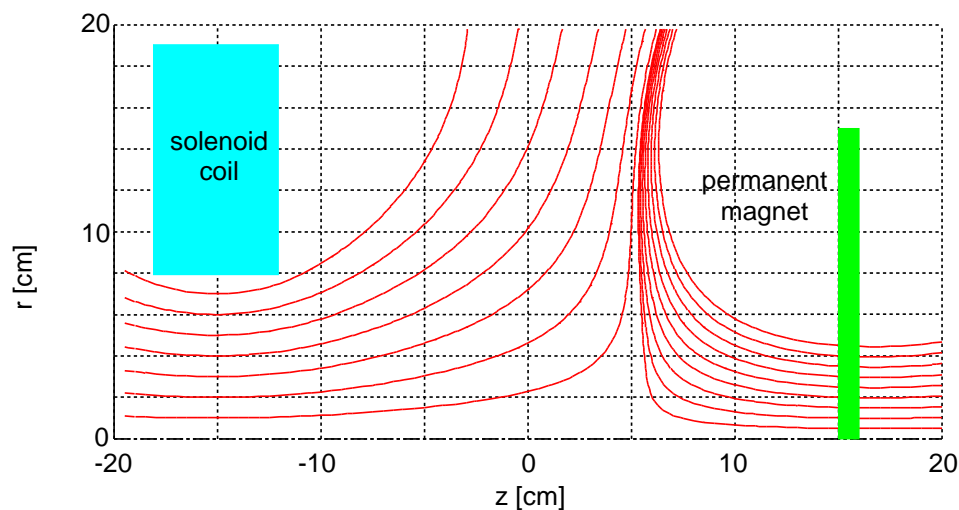
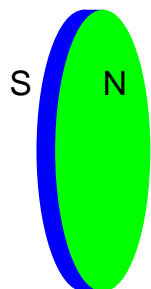
目的：ダイバータ板流入プラズマのエネルギーを低減（回収）

- 狭いスペースへの装置設置
- 小型化
- 永久磁石の利用

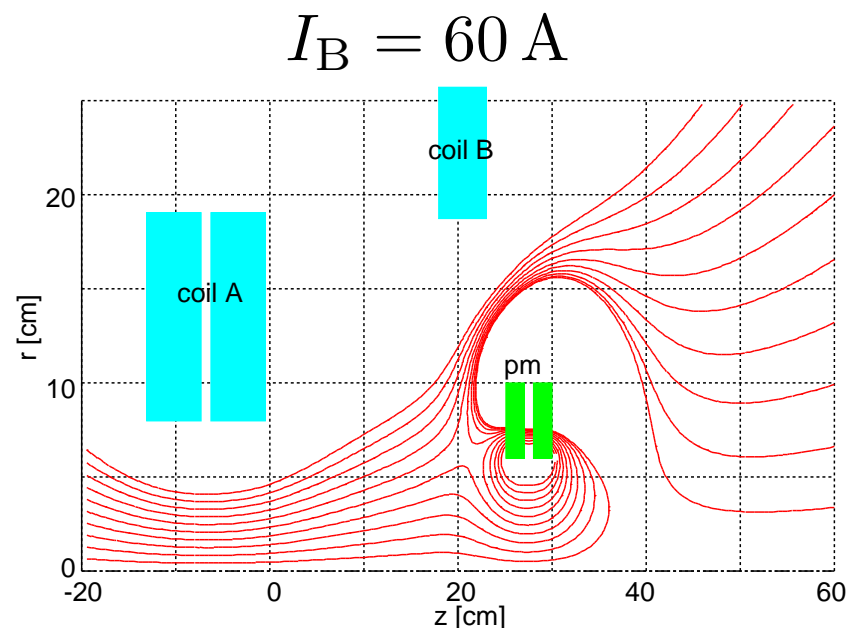
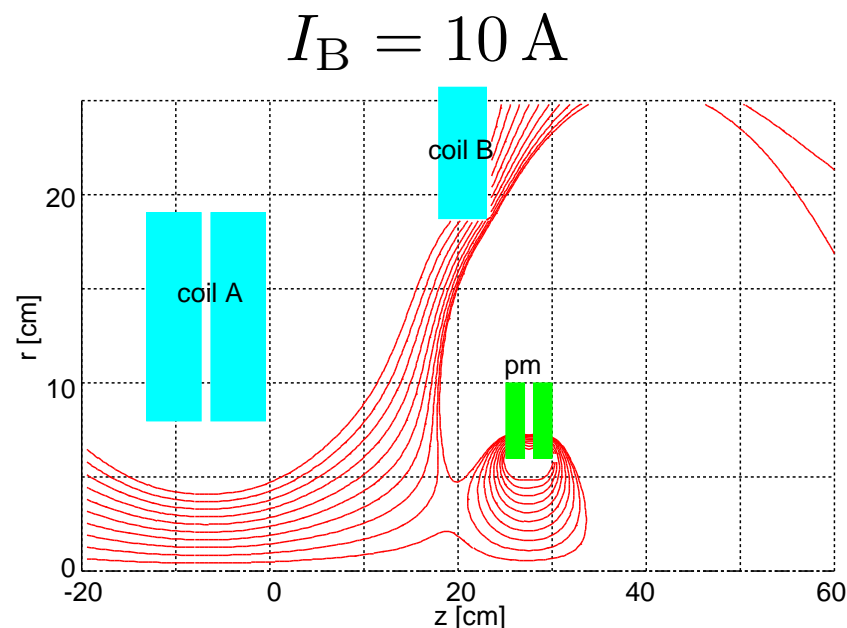


### 3 中空円筒磁石で傾斜カスプを構成

- ◎ ガイド磁場の存在：磁場コイルの併用
- ◎ 入射側に傾斜したカスプ磁場（スラントカスプ）—電荷分離効率が良い  
→ 中空円筒磁石

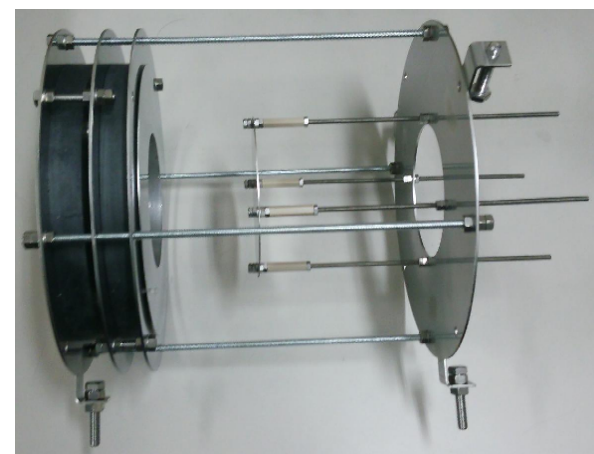


### 3 フェライト磁石による設計例



ガイド磁場との相対強度で  
期待される軌道が変わる

試作機#1 :



## 4 まとめ

---

- ◎ G10 接続バイアスタイプ TWDEC
  - 減速器設計中心エネルギー付近の粒子分布が減少し，位相差に応じて低エネルギー領域で増加した．  
この変化は位相図で理解される．
  - 位相図からの考察により，  
装置サイズと効率トレードオフの関係にある．
- ◎ 永久磁石 CUSPDEC を設計，実験を進めつつある．
- ◎ 予定
  - CUSPDEC:
    - 2013年：2-3のコア部の設計・試作・試験
    - 2014年：真空系とともに装置として整備・テスト実験
    - 2015年：GAMMA 10 への接続
  - TWDEC:
    - 変調方式毎の効果を実験解析中