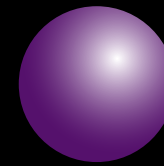
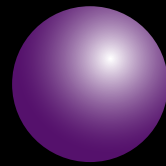
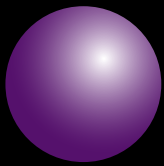


FFAG

FFAGの世界へようこそ！

FFAGとは・・・ PoP-FFAGについて・・・ 150MeV-FFAGについて・・・



FFAG加速器とは何か？

フィックスド フィールド オルタネーティング グラディエント

FFAGとは*Fixed Field Alternating Gradient*の略です。

Fixed Field => 静磁場

- ・・・磁場の強さは時間によらず一定

Alternating Gradient => 強収束

- ・・・勾配を持つ磁場を交互に反転させることで強い収束力を生む

FFAGシンクロトロンは1953年大河千弘氏によって提唱されました。大強度のビームに適している加速器として現在注目されています。

TOP

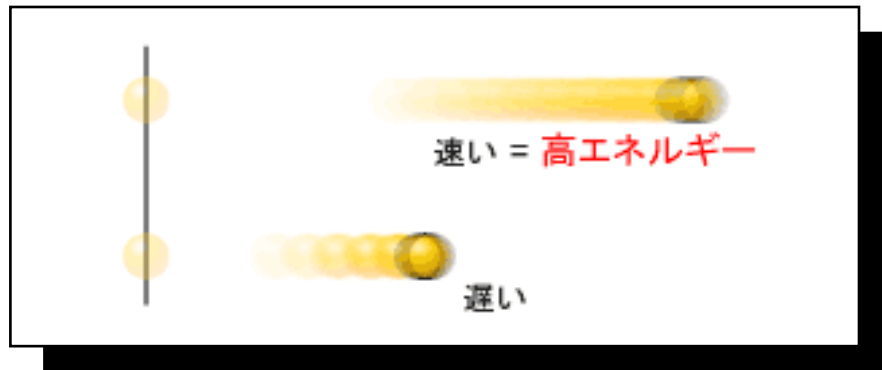
NEXT: 大強度ビームって何？

すすむ

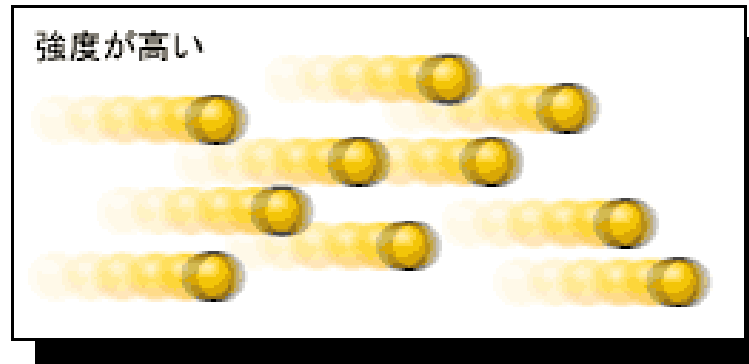
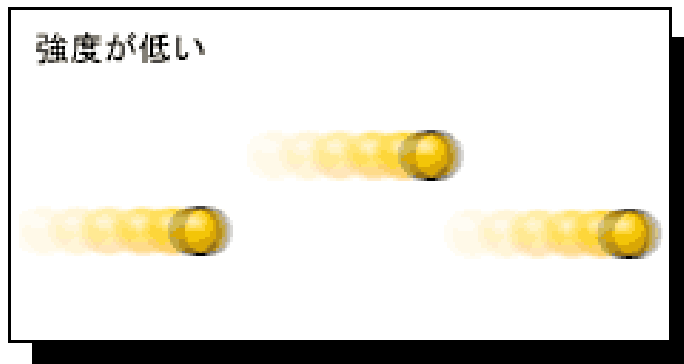
ビームの『エネルギー』と『強度』

ビームの性質を表す表現には『エネルギー』と『強度』があります。

ビームの『エネルギー』とは・・・

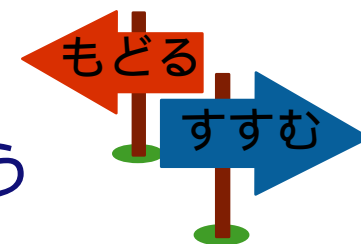


ビームの『強度』とは・・・



では、なぜFFAG加速器が大強度ビーム加速器として適しているのでしょうか？

NEXT: FFAGと一般のシンクロトロンを比較してみよう



FFAG加速器の特徴

シンクロトロンは加速途中で
磁場が変化する。

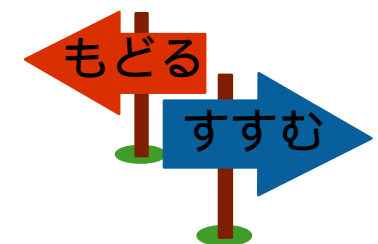
加速の繰り返しが遅い。

FFAG加速器は加速の途中でも
磁場は変化しない。

加速の繰り返しが速い。

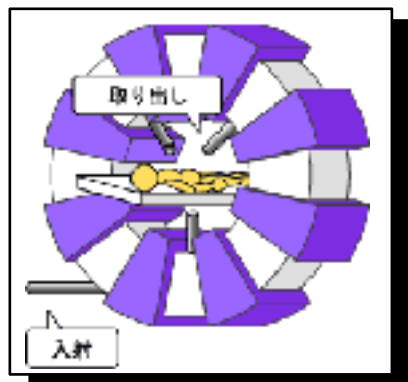
NEXT :

FFAG加速器の未来

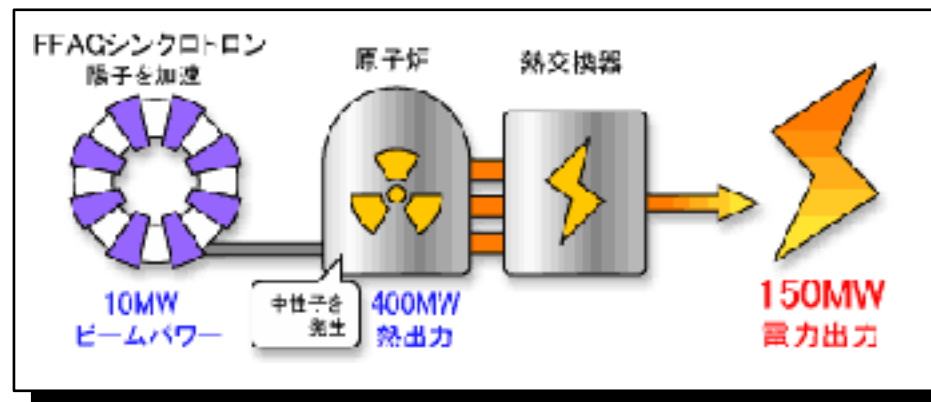


FFAG加速器の未来

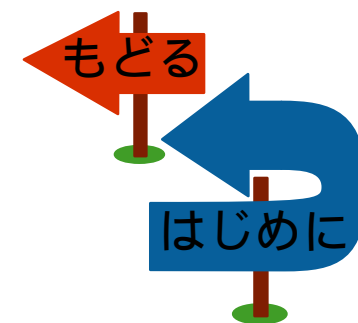
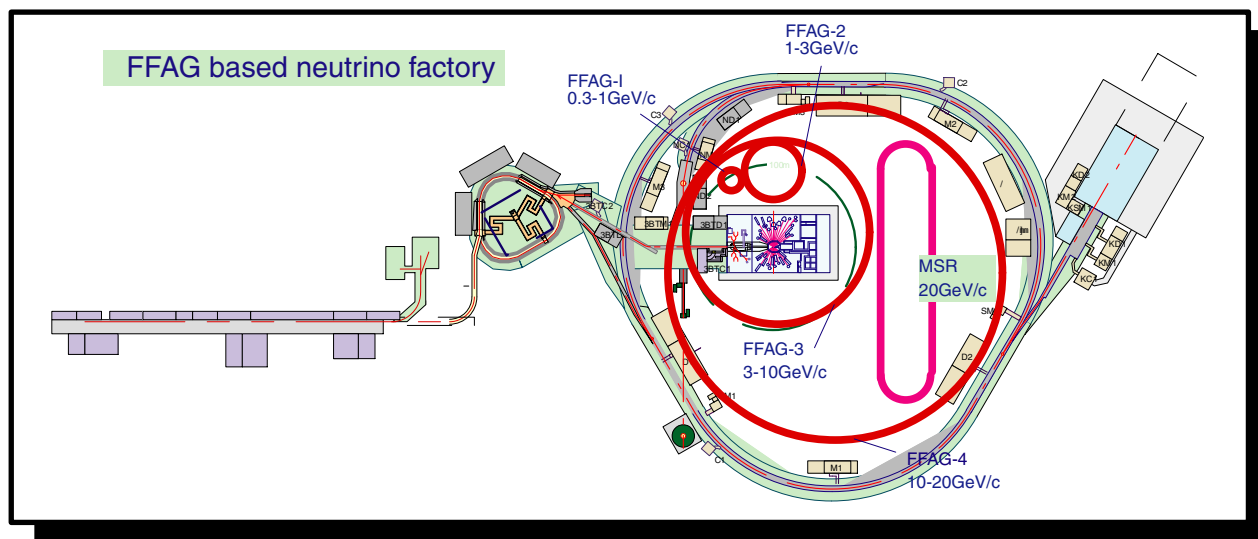
- ・ 医療分野への応用
(陽子線癌治療用FFAG加速器)



- ・ エネルギー分野への応用
(未臨界原子炉の中性子発生源用FFAG加速器)



- ・ 高エネルギー物理分野への応用
(ニュートリノファクトリー用FFAG加速器)



PoP-FFAG加速器について

PoP-FFAG加速器とは・・・

プルーフ オブ プリンシプル

PoP(Proof of Principle) = 原理の検証

陽子を50keVから500keVまで1msecで加速

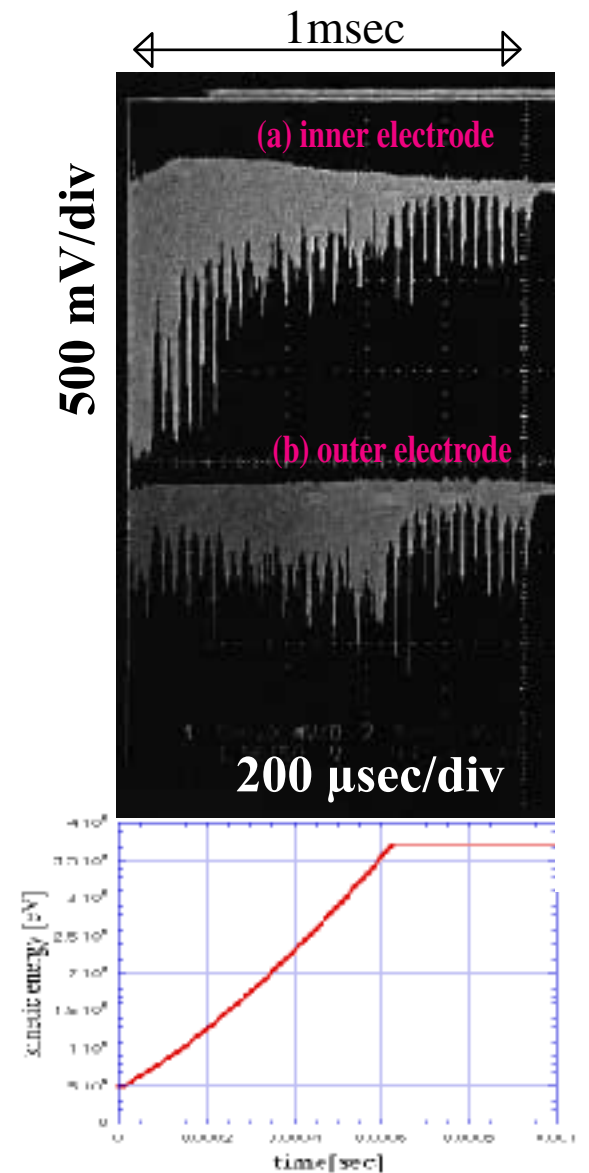
世界で初めて陽子の加速に成功した
FFAGシンクロトロン加速器！

PoP-FFAG加速器の
仕組みについて見てみよう！

Go!

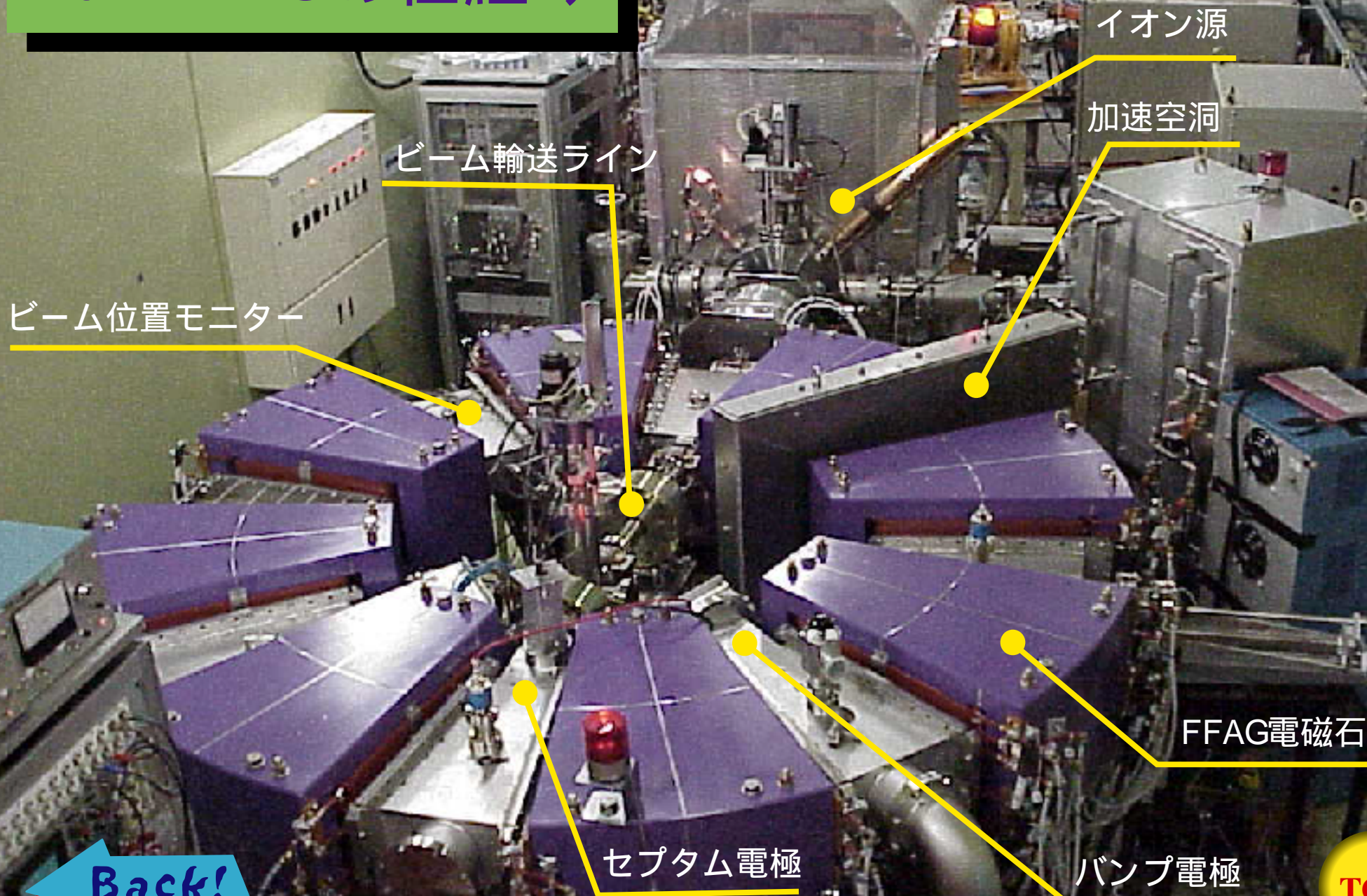
TOP

2000年6月16日12:00



加速に成功した。

PoP-FFAGの仕組み

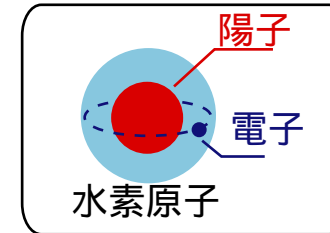


Back!

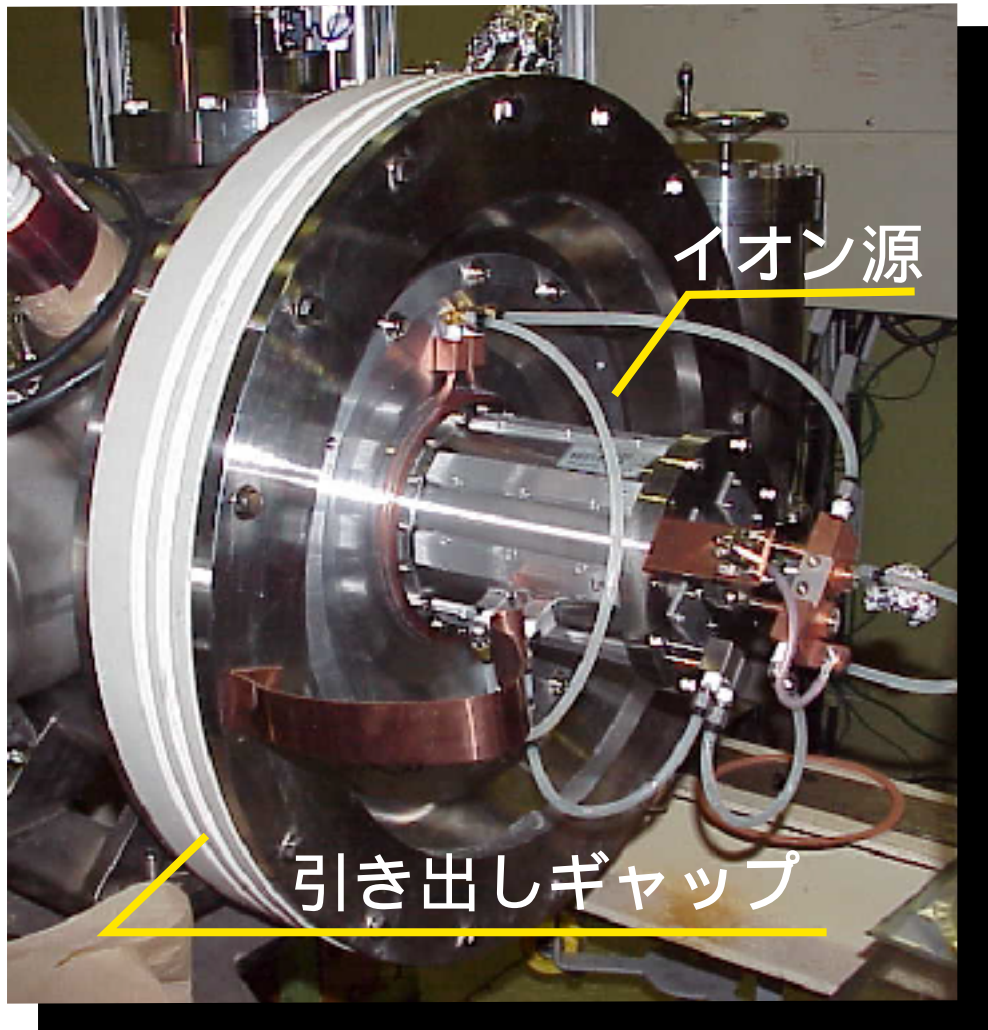
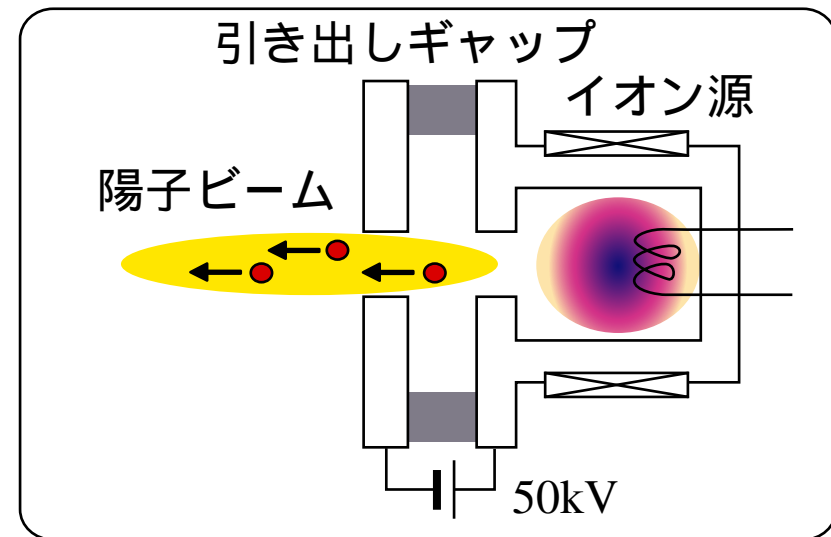
TOP

イオン源

イオン源とは、加速させる粒子である陽子（水素原子から電子をはぎ取ったもの）を作り出す装置です。



イオン源で作られた陽子は引き出しギャップで50keVまで加速されて引き出されます。

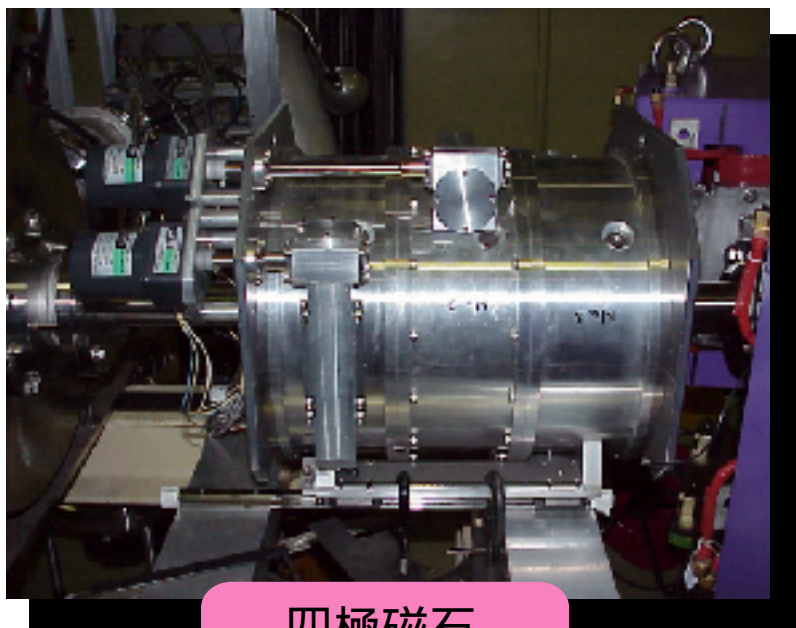


ビーム輸送ライン

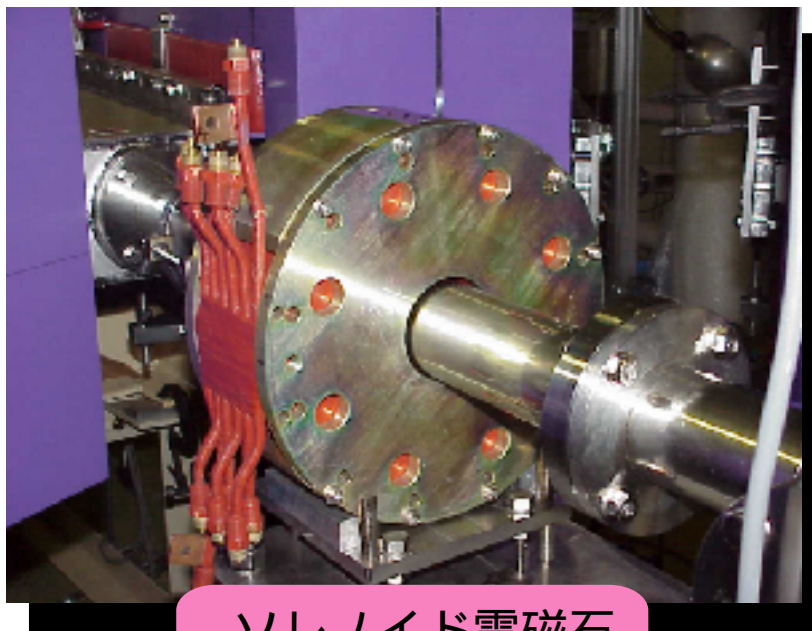
イオン源から出たビームを加速器までに輸送する
通り道をビーム輸送ラインといいます。
ビームを安定に輸送するために様々な装置が配置
されています。



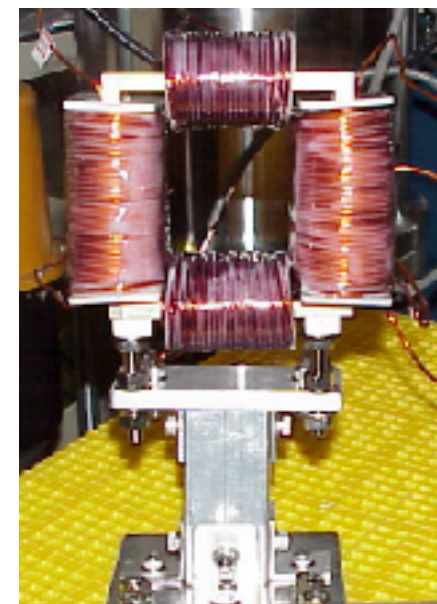
ファラデーカップ



四極磁石



ソレノイド電磁石



電磁石ステアリング

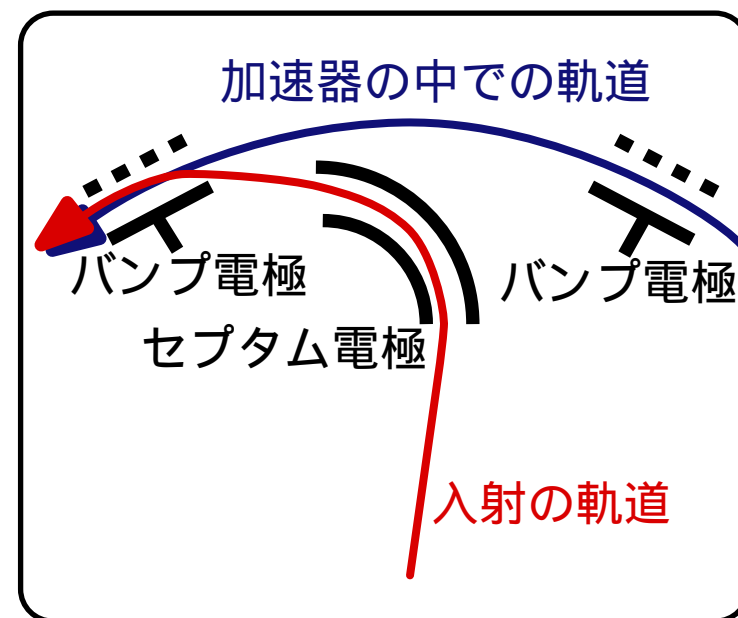
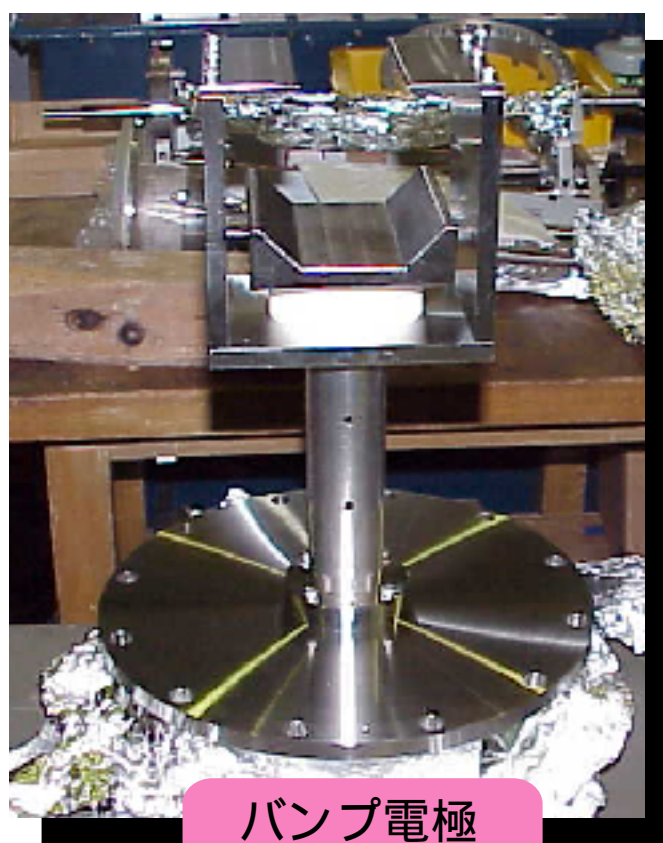
まえ

もどる

つぎ

セプタム電極・バンプ電極

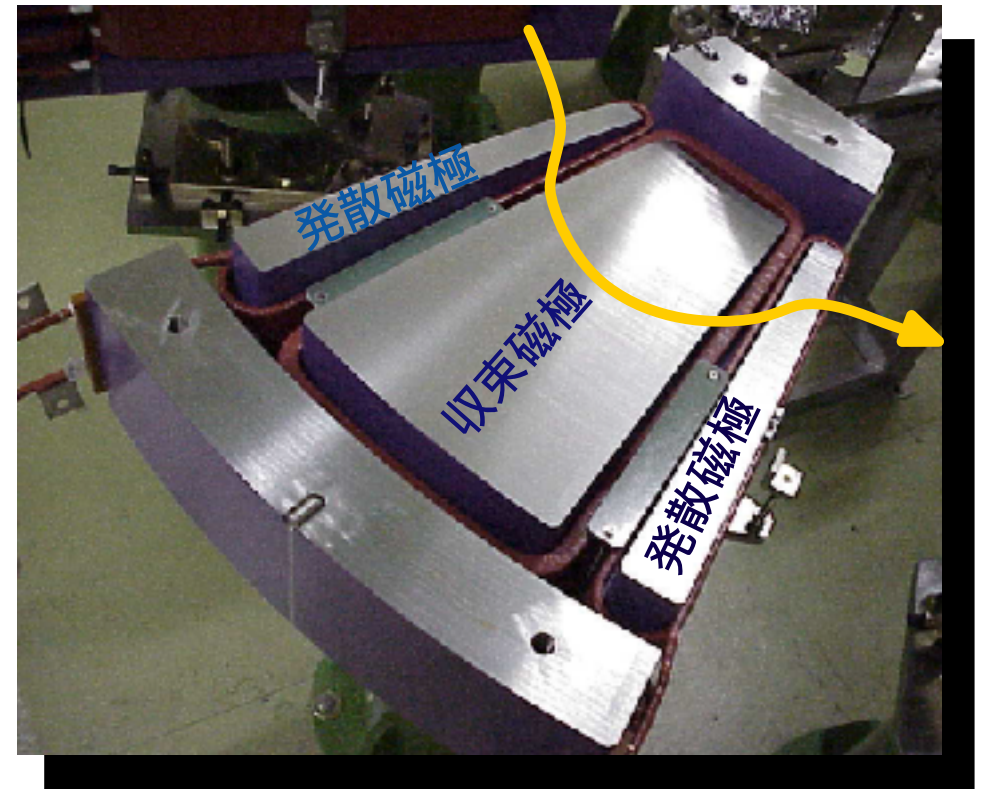
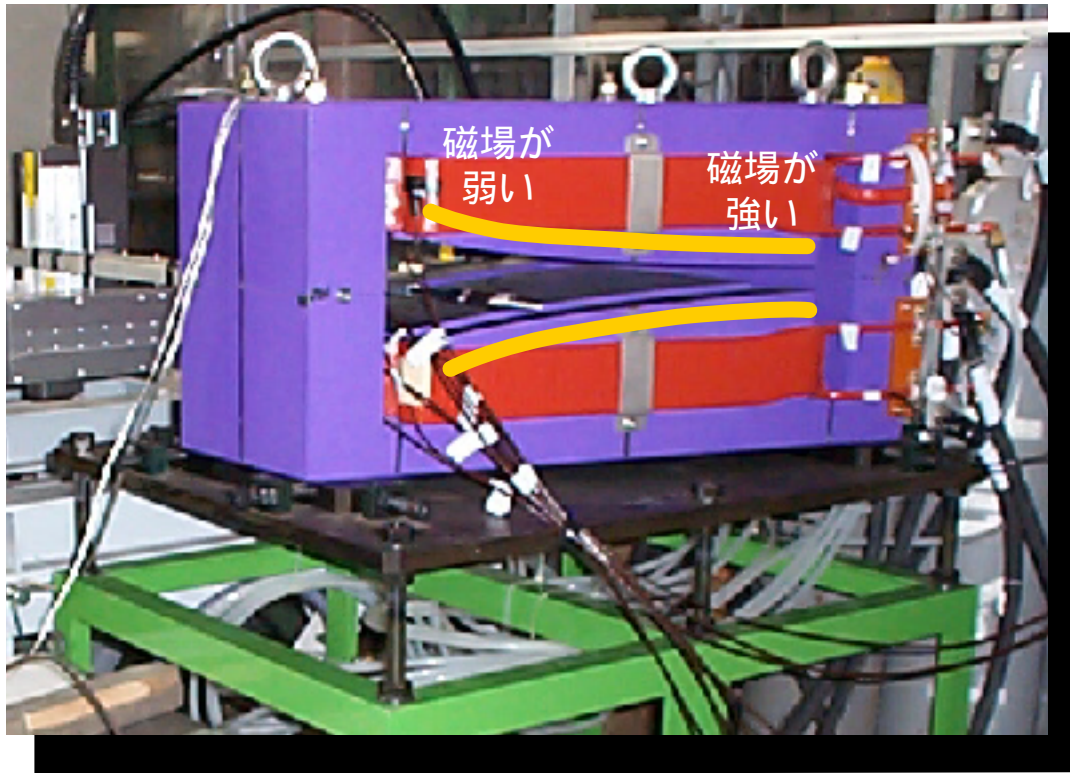
ビームを加速器に入射させる時に用いる装置がセプタム電極とバンプ電極です。
ビームの軌道を曲げて入射軌道に合流させます。



FFAG電磁石

- 磁極の形状で磁場勾配を作っている。
- 発散・収束・発散の3つの電磁石をひとまとまりにしている。

=> 強い収束力を得る！



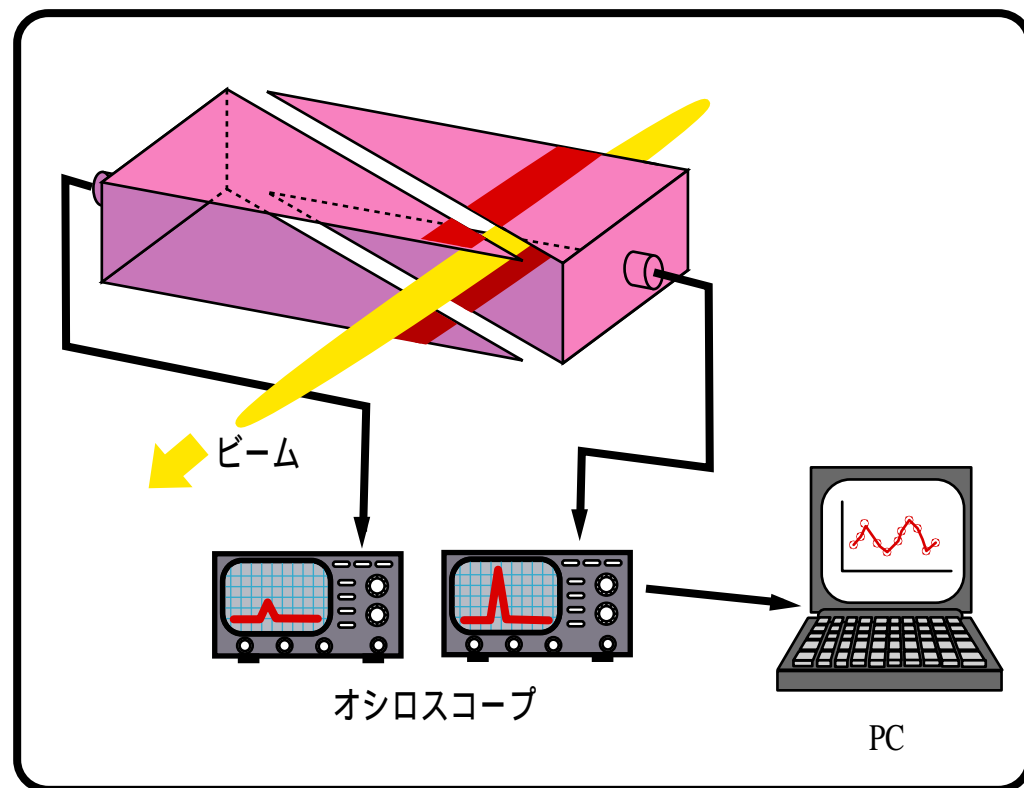
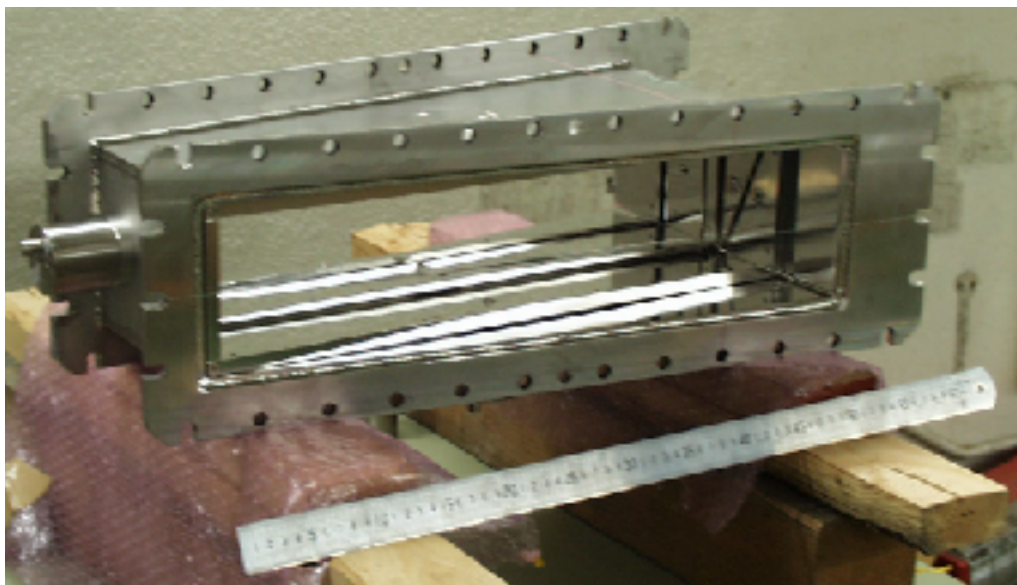
まえ

もどる

つぎ

ビーム位置モニター

ビーム位置モニターとは、ビームの位置を観測する装置です。左右2枚の電極にビームが誘起する信号の大きさを比べることで、ビームの位置が分かります。



加速空洞



加速空洞とはビームを加速する装置です。

金属磁性体を用いた広帯域の加速空洞により従来の10倍の電場強度が得られます。

- ・ 広い加速周波数の変化に対応
- ・ コンパクトな加速空洞を実現

FFAG加速器の応用に向けて・・・

現在、FFAG加速器の実用機に向けて
150MeV-FFAG加速器が研究・開発中です。

ここでは150MeV-FFAG加速器について紹介します。

(1) 目的



(2) 150MeV-FFAGの概要



(3) 新しい電磁石

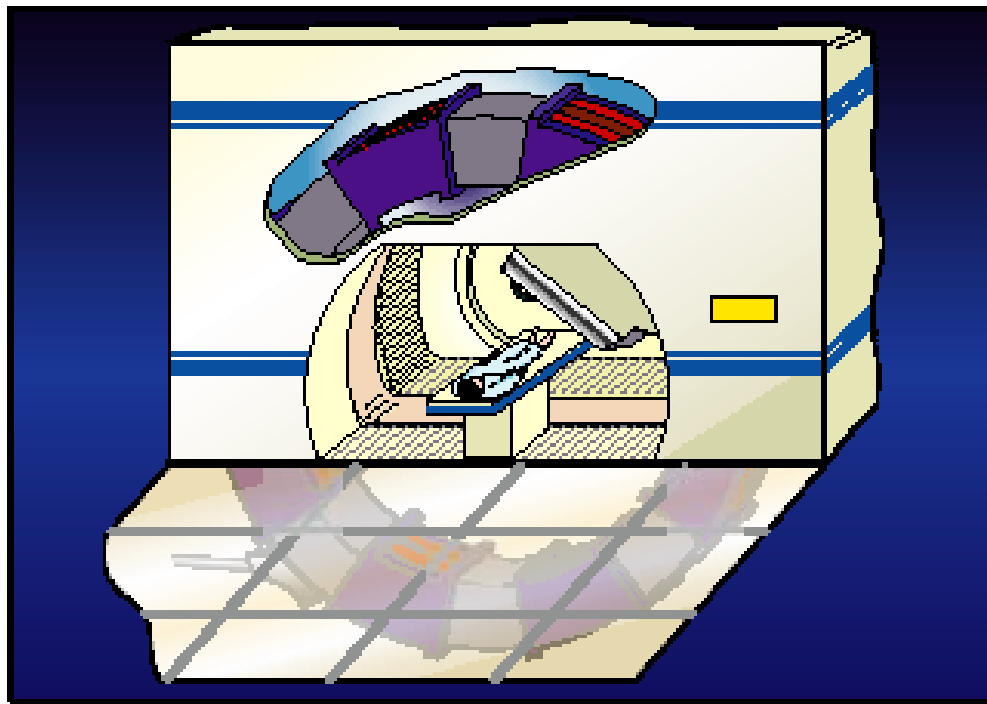


(4) 医学利用への応用



(1) 150MeV-FAGの目的

加速器は粒子線癌治療などでも用いられています。
このような医学利用をめざして、
現在150MeV-FFAG加速器を研究開発しています。



◀ FFAG加速器を用いた癌治療の将来像

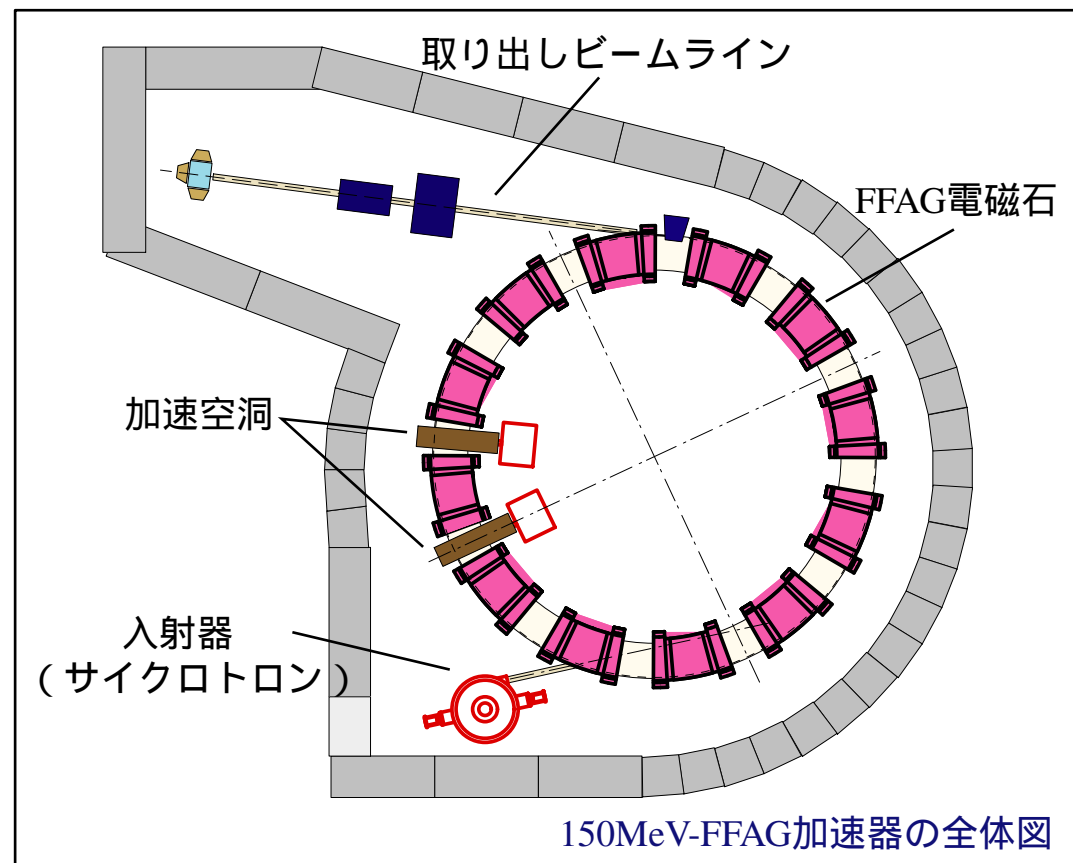


(2) 150MeV-FFAGの概要

150MeV-FFAG加速器は12MeVで入射した陽子を150MeVまで加速して取り出します。

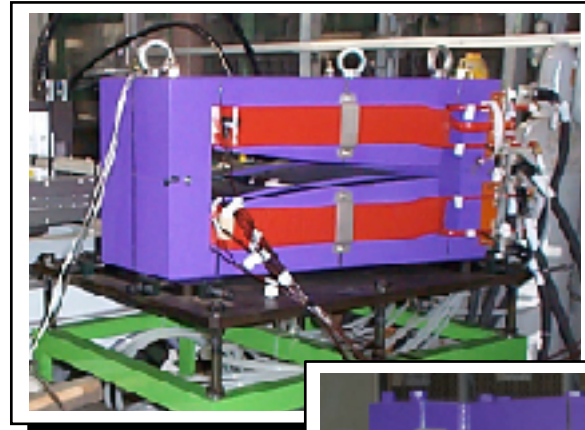
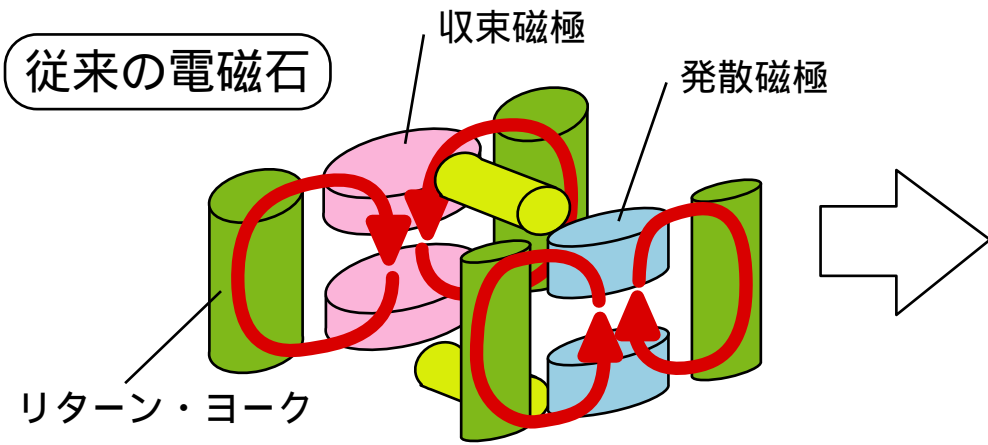
主な設計パラメータ

| | |
|-------|-----------------|
| エネルギー | 12MeV => 150MeV |
| 入射器 | サイクロトロン |
| 電磁石 | 12台 |
| 加速空洞 | 2台 |
| 繰り返し | 1kHz |



(3) 新しい電磁石

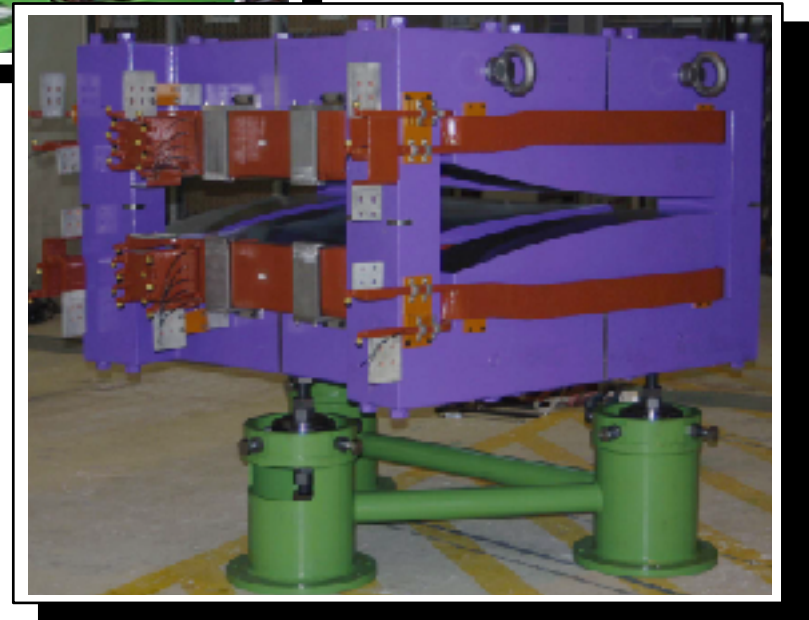
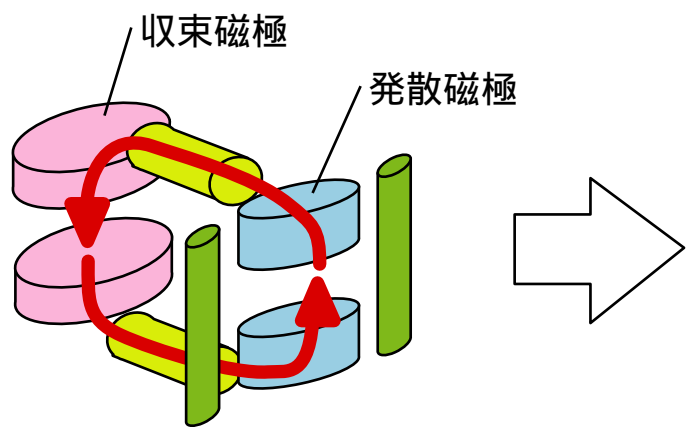
150MeV-FFAG加速器では新しい電磁石が開発しました。
これにより加速したビームを取り出すことが容易になります。



◀ PoP-FFAG用電磁石

新しい電磁石
『ヨーク・フリー電磁石』

リターン・ヨーク
を取り外した！



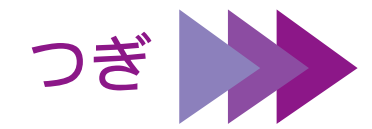
▶ 150MeV-FFAG用
電磁石



まえ



もどる

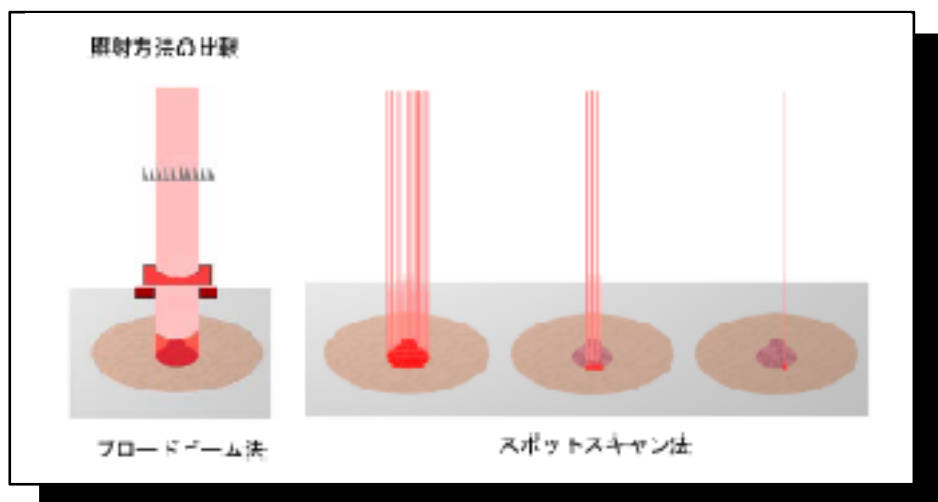


つぎ

(4) 医学利用への応用

高い繰り返しを誇るFFAG加速器は新しい癌治療に応用できます。
ここでは、150MeV-FFAG加速器で開発予定のいくつかの例を紹介します。

3次元スポットスキャンニング照射



超音波による照射線量分布の同時測定

