

# **SAGA-HIMATプロジェクト 及びそのビーム試験**

**金澤光隆<sup>#, A)</sup>, 遠藤真広<sup>A)</sup>, 日向猛<sup>A)</sup>, 綱島義一<sup>A)</sup>, 佐藤弘史<sup>A)</sup>,  
新開英秀<sup>A)</sup>, 工藤祥<sup>A)</sup>, 塩山善之<sup>A)</sup>, 北村信<sup>A)</sup>, 十時忠秀<sup>A)</sup>,  
永澤勇一<sup>B)</sup>**

**A) 佐賀国際重粒子線がん治療財団**

**B) 三菱電機**

# 講演内容

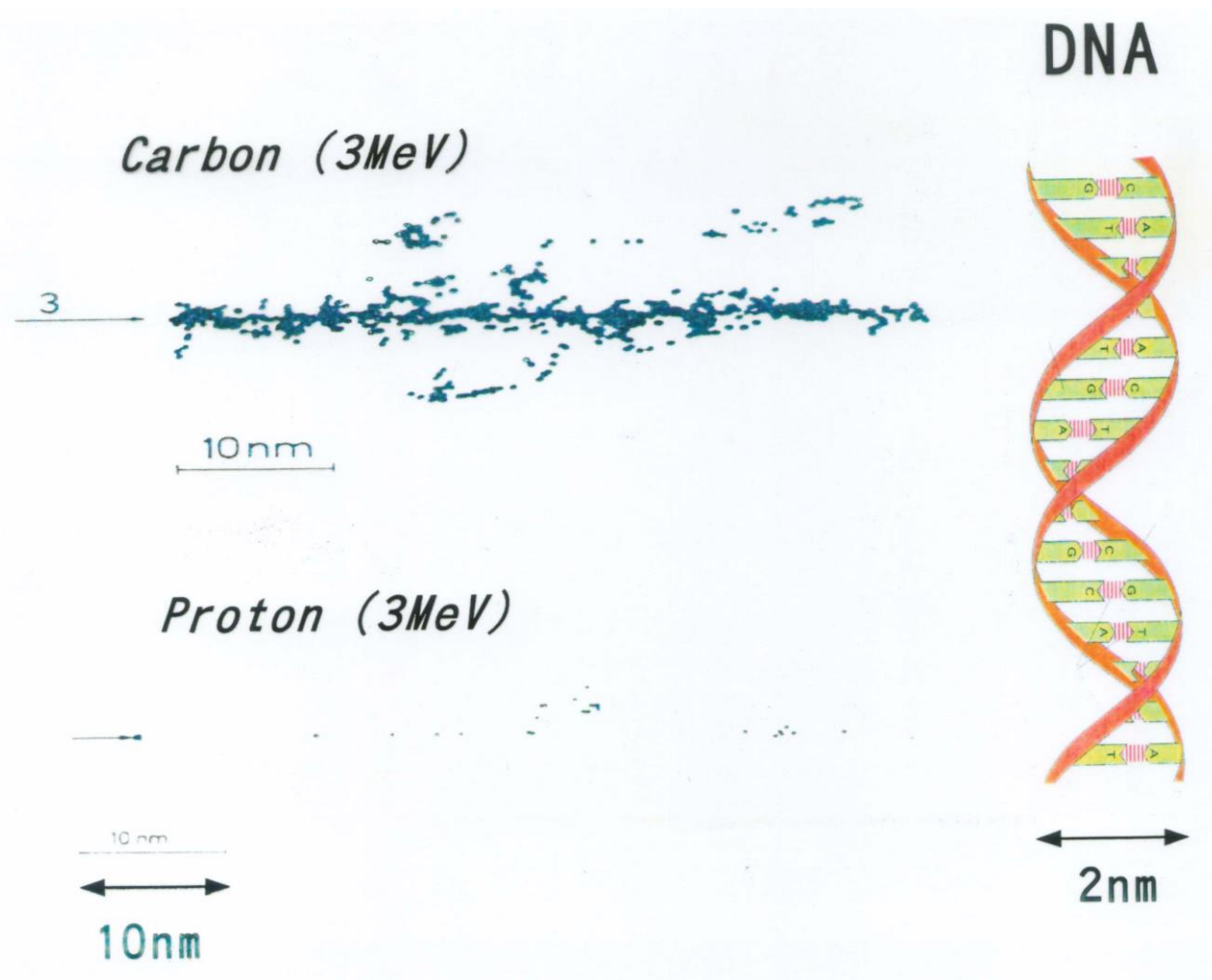
1. 重粒子線治療の現状
2. SAGA-HIMATの取り組みについて
3. 施設建設
4. ビーム試験
5. 今後

# 炭素線と陽子線のトラック構造の比較

Comparison of track structure

- Carbon

Direct reaction



- Proton

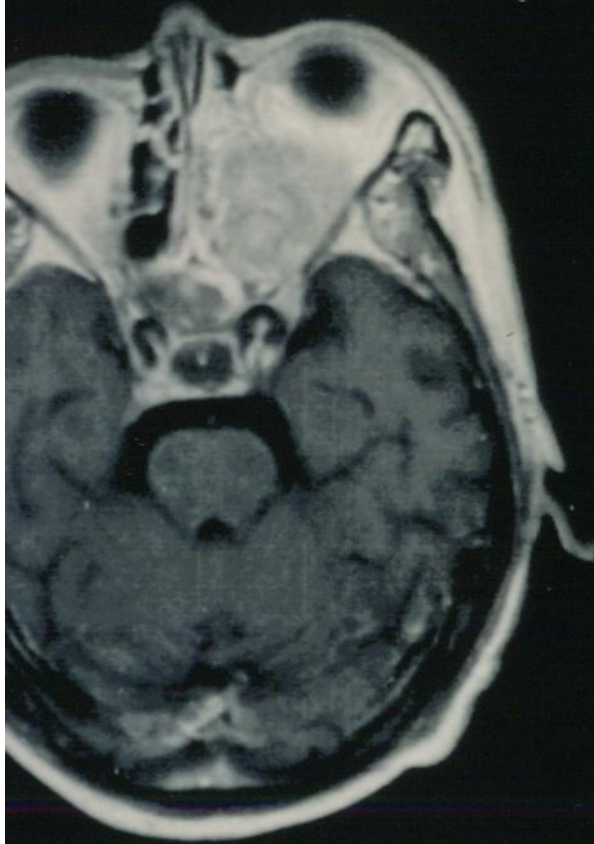
OH radical

Indirect reaction

# 放医研、1994スタート（頭頸部の治療例）

01-02

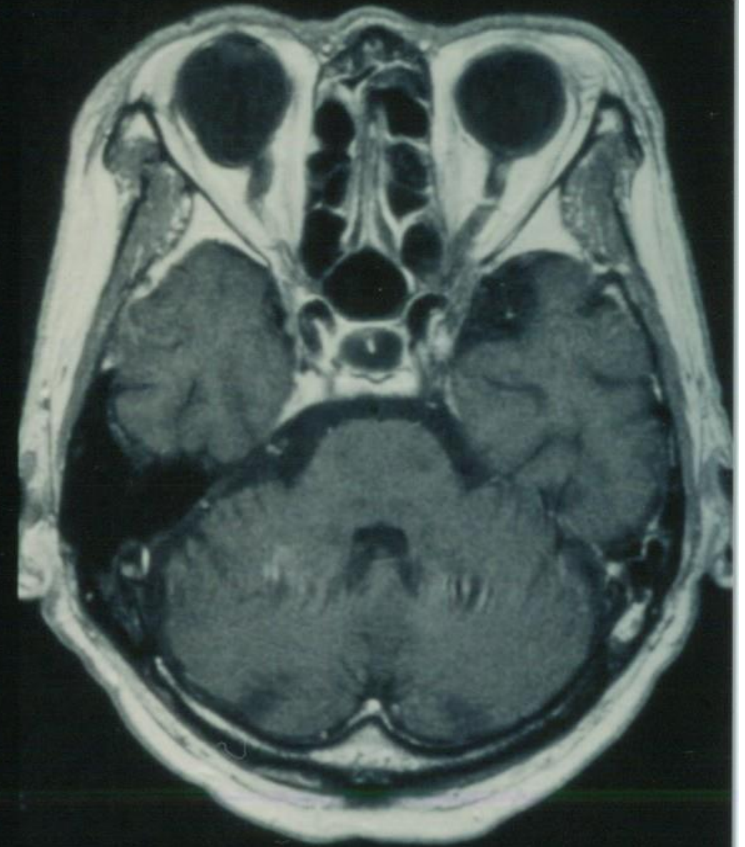
Squamous cell ca. of the ethmoid sinus



治療前



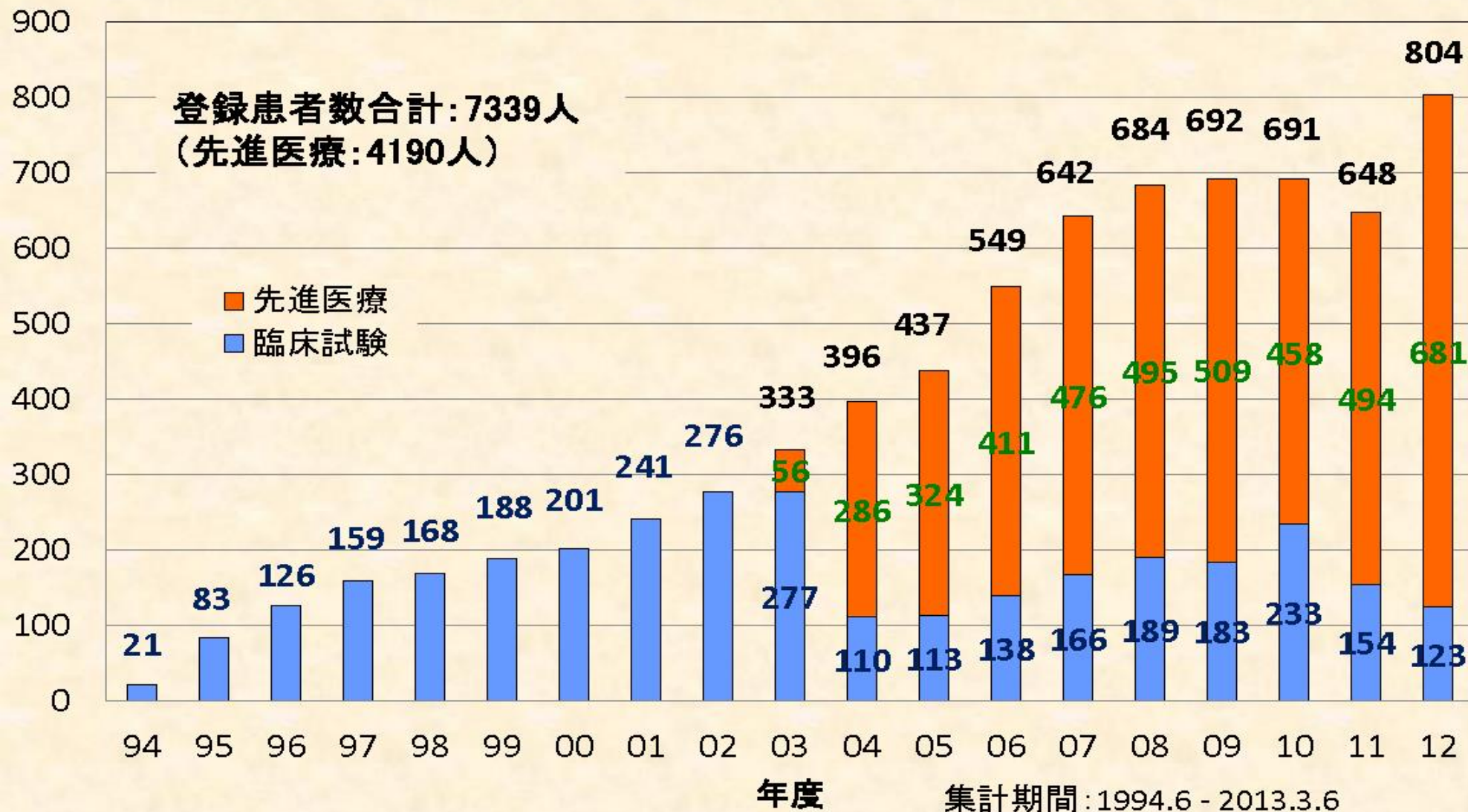
48.6 GyE/18 f/6 wks



36ヵ月後

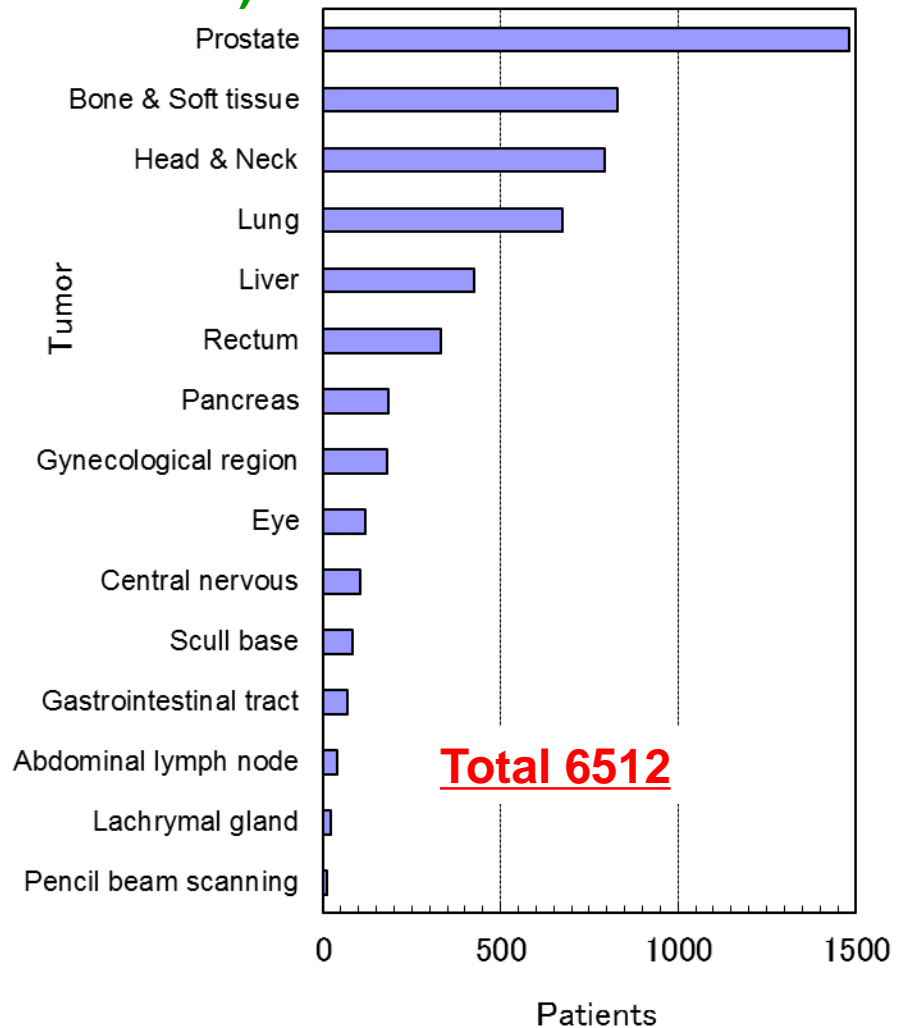
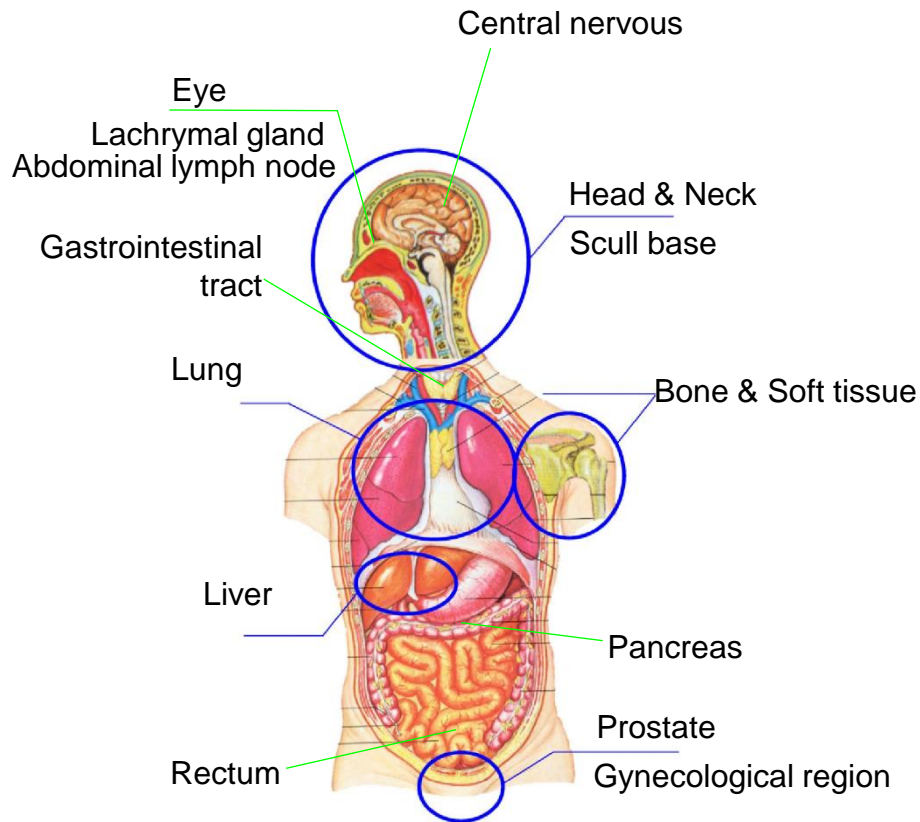
# 登録患者数の推移 (HIMAC)

患者数



# Types of tumors

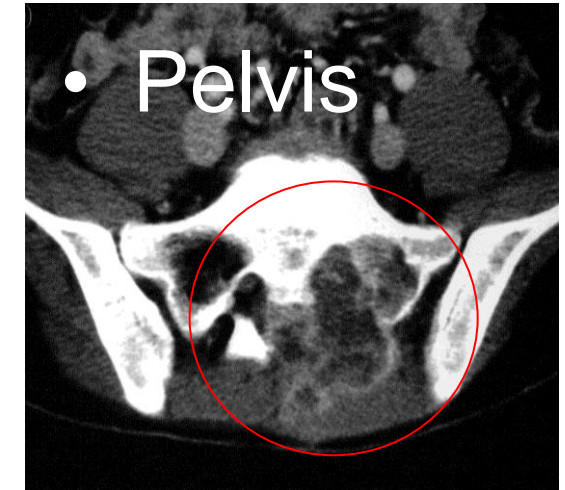
## Statistics of deceases (Jun 1994 – Feb 2012)



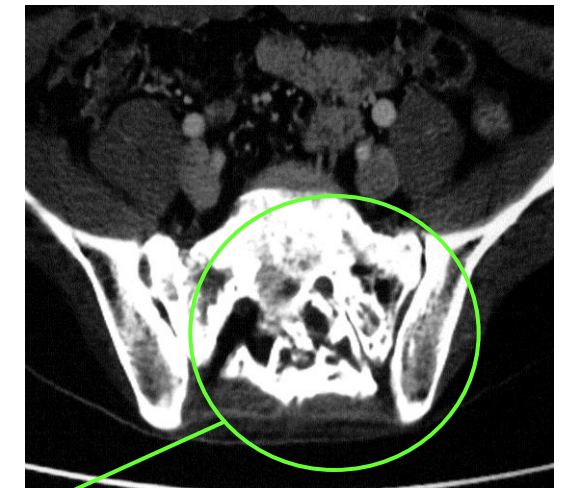
# Example of the Clinical Trial (Bone & Soft tissue)

## 骨軟部肉腫

	Patients	5 years survival ratio		
		total	resectable	Inresectable
US <sup>1)</sup>	40	34%	41%	10%
The Nethertherlands <sup>2)</sup>	40	21%	26%	-
UK <sup>3)</sup>	36	18%	41%	0%
Germany <sup>4,5)</sup>	67	27%	34%	0%
	22	30%	40%	0%
<b>NIRS<sup>6)</sup></b>	<b>78</b>	<b>32%</b>		
<b>(&lt;500cc)</b>	<b>39</b>	<b>46%</b>		



before



ossification

5 years after

- 1) Clin. Orthop. 1998
- 2) Eur. J. Surg. Oncol. 2000
- 3) J. Bone Joint Surg. 1999
- 4) J. Clin. Oncol. 2003
- 5) Cancer 2002
- 6) Cancer accepted

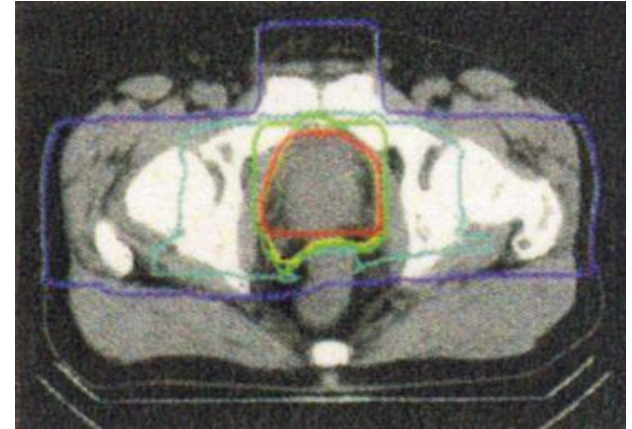
Surgical resection: but, received large damages  
(cannot walk, etc...)

Carbon therapy: in addition, can keep the organ's function

# 前立腺癌(Prostate)

- Feature of carbon ion radiotherapy

- í Effective for high-risk diseases
- í Low toxicity
- í Short treatment period      16 fr./ 4 week  
(12 fr./ 3 week)



Facility	Beam	Dose	Period (week)	Number of Patients	Biomedical non-recurrence 5-year rate (PSA>20)	Delayed adverse reaction	
						Rectum>=G2	Lower urinary tract >=G2
MDAndersonCC	1) Photon (Standard)	67-77Gy	7-8	197	51%	14.8%	8.5%
FoxChaseCC	2) Photon (3DCRT)	>76Gy	8	232	26-63%	11.0%	7.0%
ClevelandCC	3) Photon (IMRT)	70Gy	6	100	70%	10.0%	12.0%
LomaLindaUnivMC	4) Proton	75GyE	9	133	45%	3.5%	5.4%
<b>NIRS</b>	<b>Carbon ion</b>	<b>66GyE</b>	<b>4</b>	<b>266</b>	<b>89%</b>	<b>0.6%</b>	<b>1.9%</b>

- 1) IJROBP 48(2) (2000) 507; IJROBP 48(3) (2000) 635
- 2) IJROBP 46(4) (2000) 823
- 3) IJROBP 63(5) (2005) 1463
- 4) IJROBP 59(2) (2004) 348



# これまでの成果の特徴 Outputs of clinical study

## 1) 難治癌の治療(Radio-resistive tumor)

膵癌(Pancreas)

骨軟部腫瘍(Bone & Soft tissue)

## 2) 高罹患率癌の治療(短期照射法) (small fractionation)

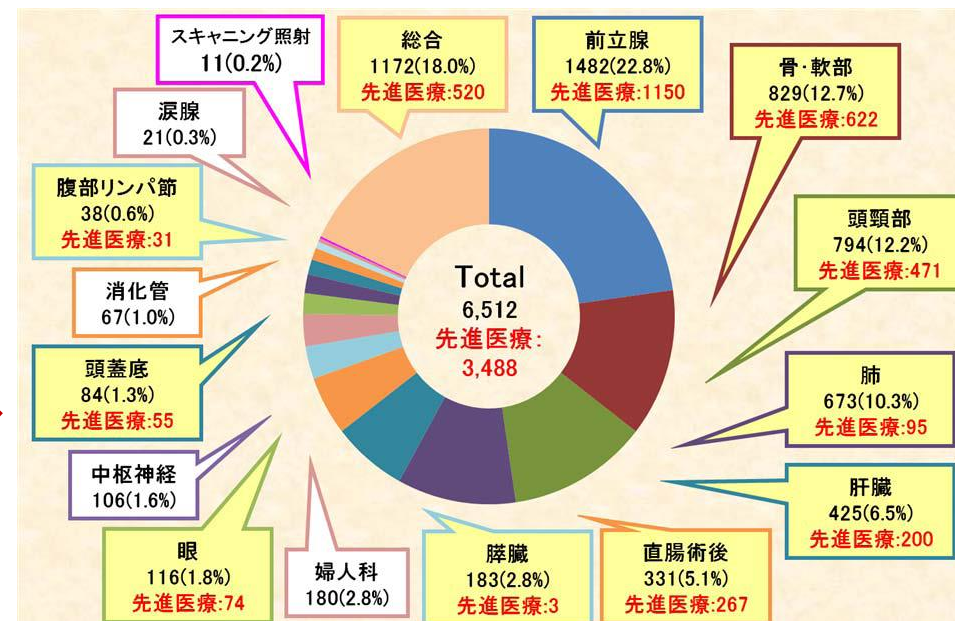
前立腺癌(Prostate) : 12

肺癌(Lung) : 4

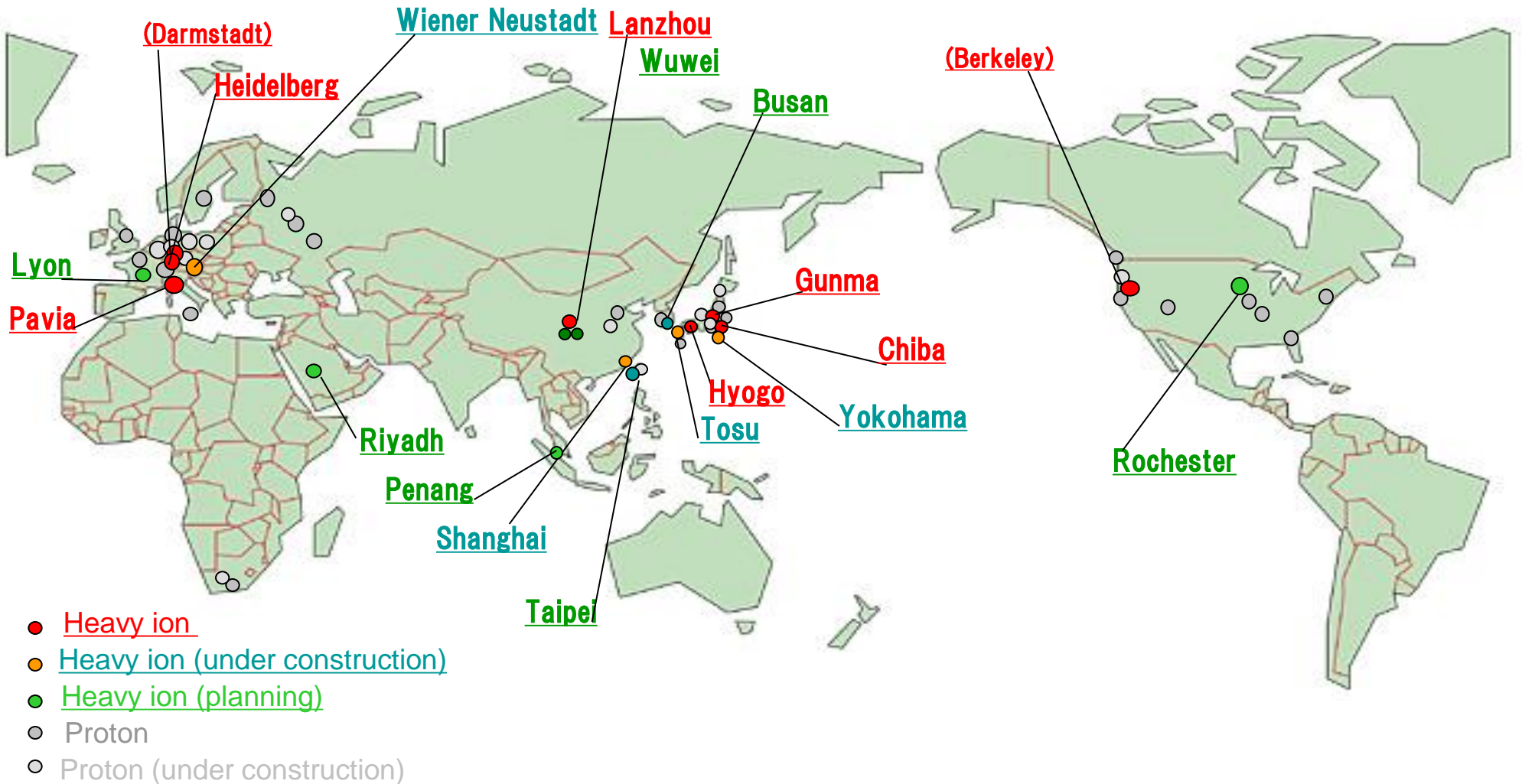
肝癌(Liver) : 2

## 3) 適応の拡大 (further)

腎癌(Kidney)、乳癌、、、



# Heavy ion radiotherapy worldwide



# *HIMAT : Heavy Ion Medical Accelerator in Tosu*

## 特徴

**I. 公益財団法人として民間ベースでの運営**

**II. 入院機能を持たず、外来のみでの治療**



**外部との協力が重要**

# これまでの経緯

2007年4月 : 古川佐賀県知事のマニフェスト

2007年9月 : 検討専門家会議(九州各大学+経験者)

2008年2月 : 専門家会議からの提言

2008年9月 : 新鳥栖駅前に、  
重粒子線治療施設にする事に

2009年5月 : 加速器設計スタート

2009年10月 : 事業計画

2011年2月 : 建築工事スタート

# *HIMAT : Heavy Ion Medical Accelerator in Tosu*

**I. 炭素ビーム専用の癌治療用加速器、  
群馬大学に続いて2例目。**

**II. 九州で初の施設**

# Location

Adjacent to Shin-Tosu Station

To Fukuoka

Shin-Kansen Railway

Shin-Tosu

SAGA-HIMAT

To Saga, Nagasaki



To Kumamoto, Kagoshima

near to Tosu high way junction

# ***Specifications***

- **Ion species** :  $^{12}\text{C}$
- **Ion source** : ECRIS with permanent magnet, 10keV/u
- **Injector linacs** : RFQ, 0.61MeV/u  
IH-APF, 4MeV/u
- **Synchrotron** : Circumference 61.5m
- **Extracted energy** : 140 – 400MeV/u
- **Beam intensity** :  $1.0 \times 10^9$ pps
- **Irradiation size** :  $15 \times 15 \text{cm}^2$
- **Treatment rooms** : room A(H/45° )  
room B(H/V)  
room C(H/V; future extension  
with spot scanning)

## *Project Scheme*

**【Medical Operation】**

**SAGA-HIMAT Foundation**

**+**

**【Facility Holding】**

**SAGA-HIMAT company**

**(Special Purpose Company (SPC))**



# 医療機能連携協定

佐賀県立病院好生館  
嬉野医療センター  
唐津赤十字病院  
鳥栖三養基医師会  
古賀病院グループ  
琉球大学医学部付属病院  
聖マリア病院  
池友会  
久留米大学  
宮崎大学医学部付属病院  
社団高邦会  
熊本大学医学部付属病院  
国立病院機構九州ブロック事務所  
長崎大学医学部、  
大分大学医学部、

、

# 部位別検討班会議

(班長及び班員に外部の人に入ってもらい)

## 治療プロトコルの作成・議論

頭頸部

膝 臓

泌尿器

骨軟部

肺縦隔

肝 臓

下部消化管

上部消化管

婦人科

すでに開催されプロトコル  
が固まりつつある

# 寄付口座の設置及び 粒子線外来の開設

(重粒子に限定していませんが)

九州大学医学部

佐賀大学医学部

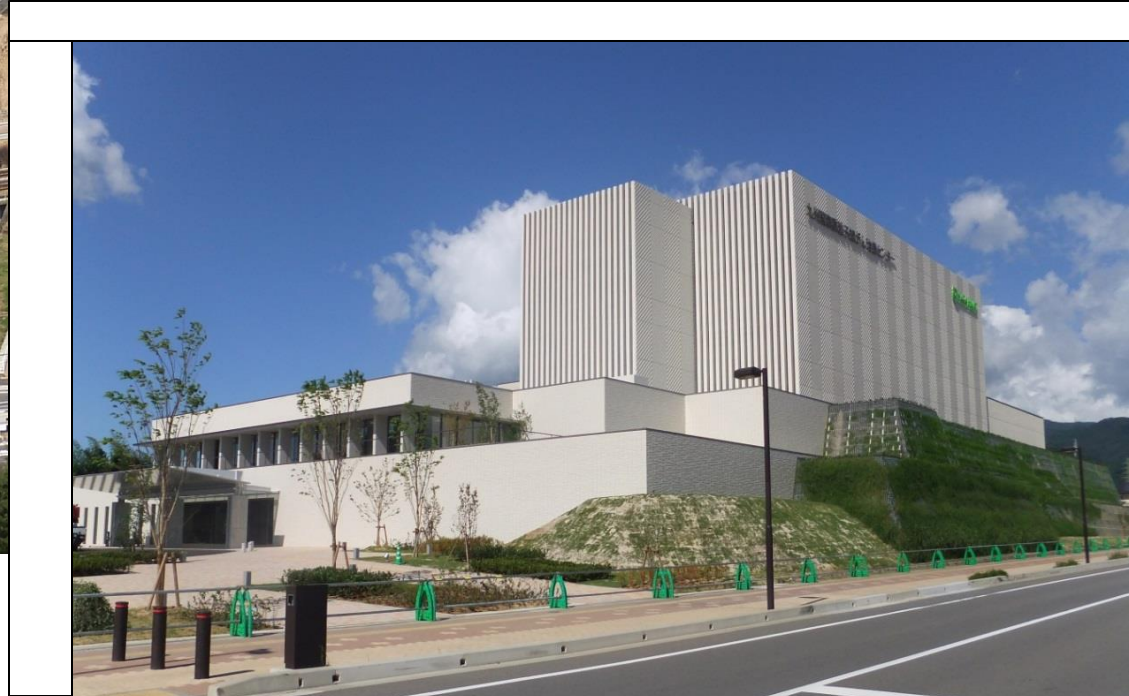
久留米大学医学部

# 2011年1月27日、安全祈願祭

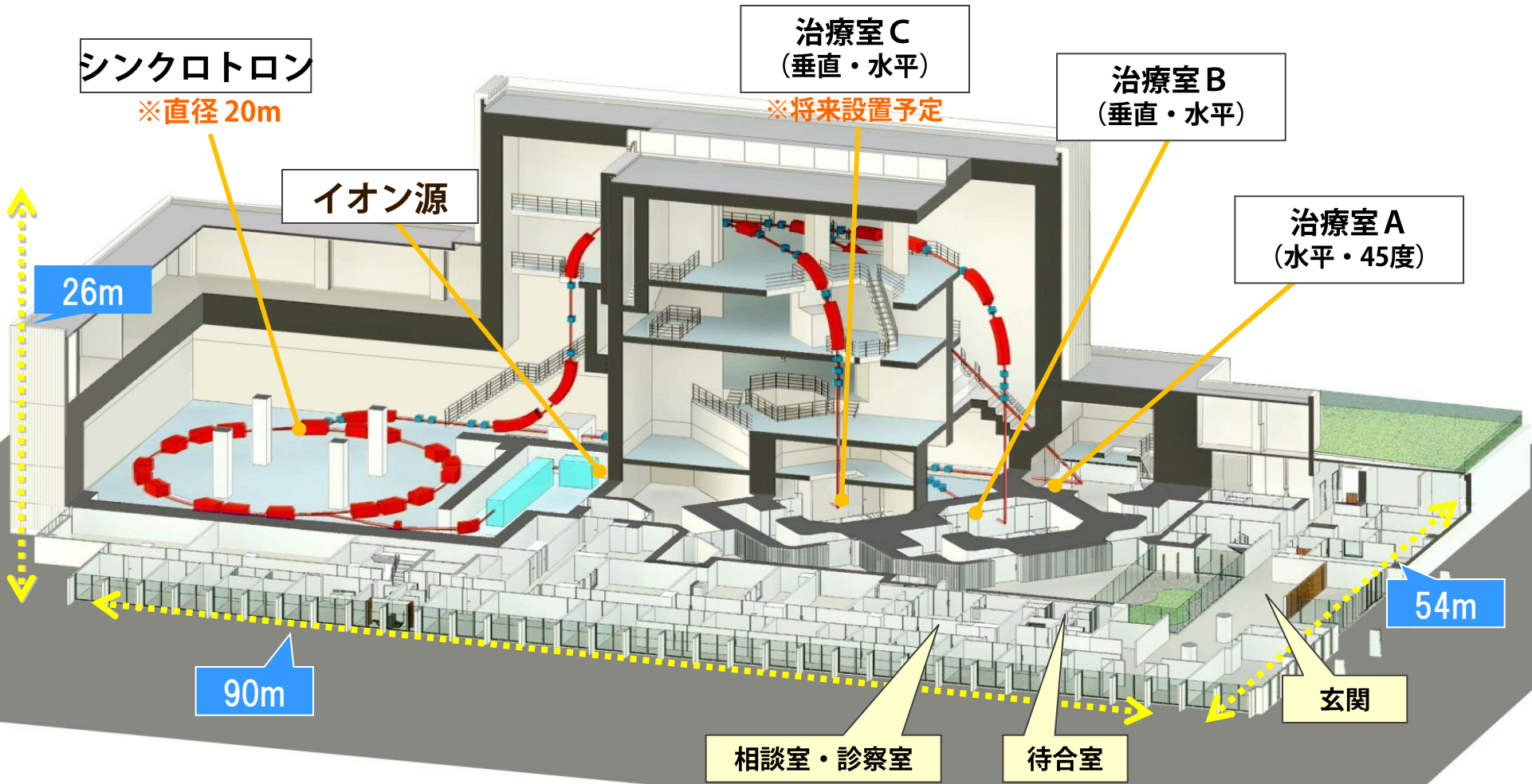


深層混合処理工法

# 建屋竣工 2012年10月

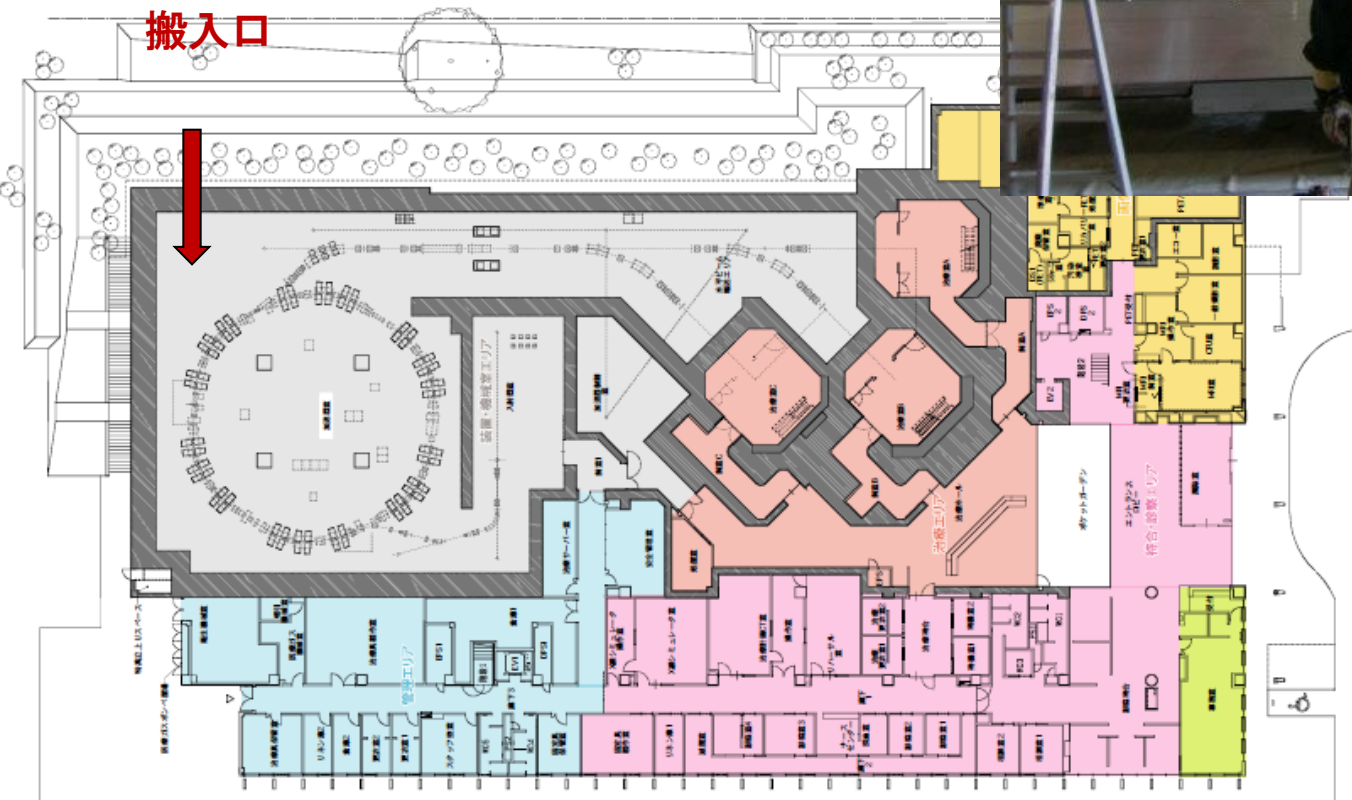


# 施設レイアウト



※大成建設(株)設計本部作成

搬入口





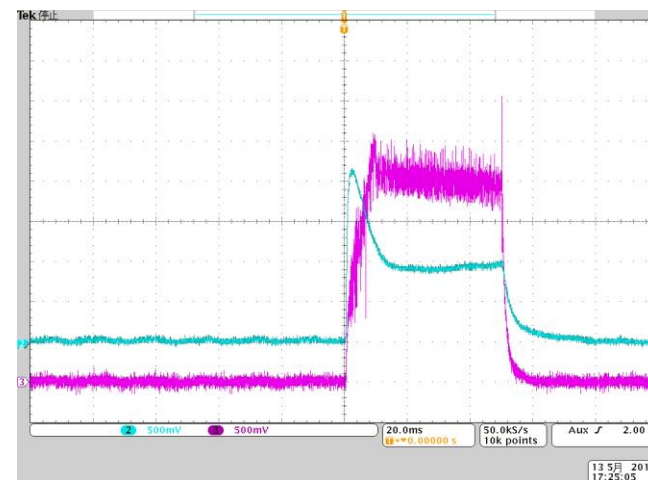
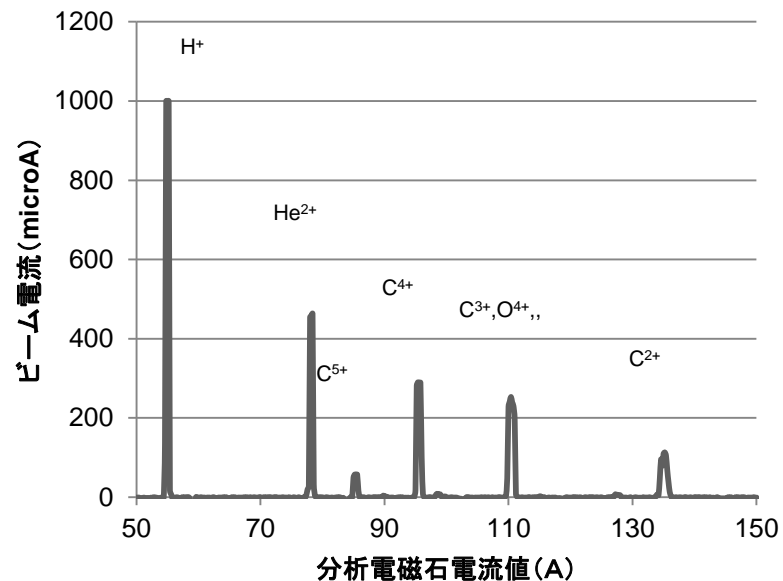


# イオン源



マイクロ波 : 10GHz、300W

引き出し電圧 : 30kV (10keV/u)

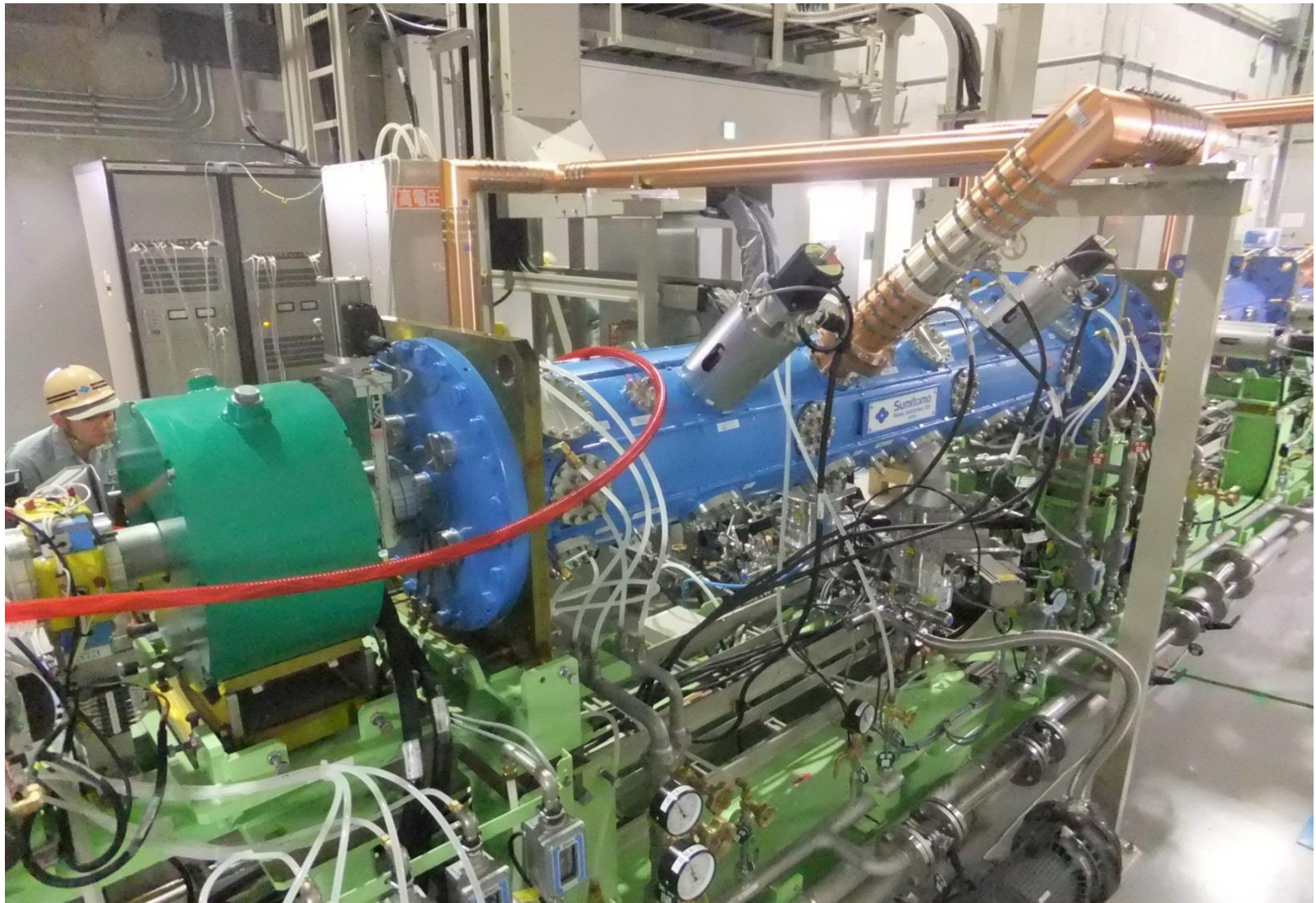


炭素4荷

250- 300  $\mu$ A

# RFQリニアック — 2.5m

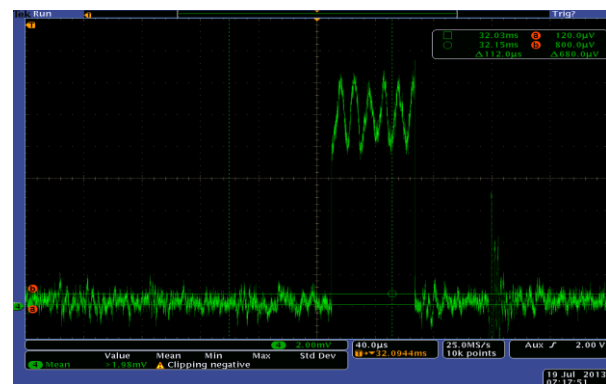
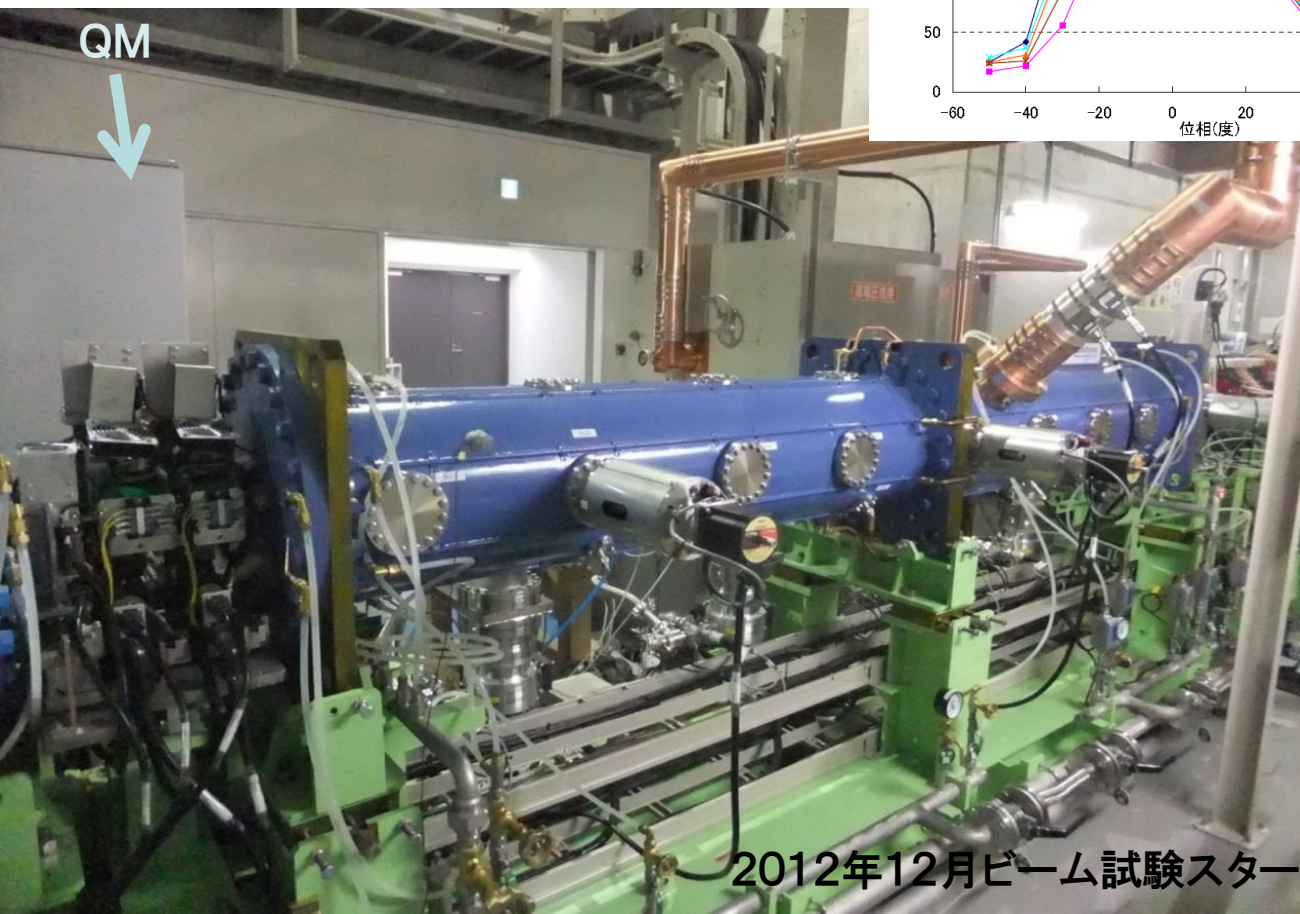
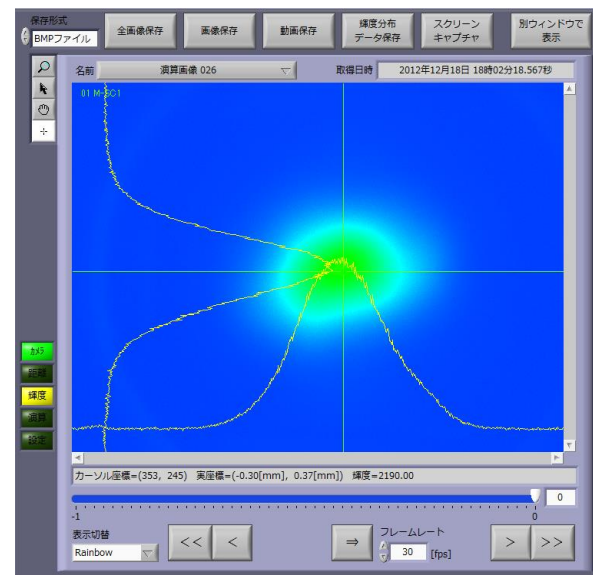
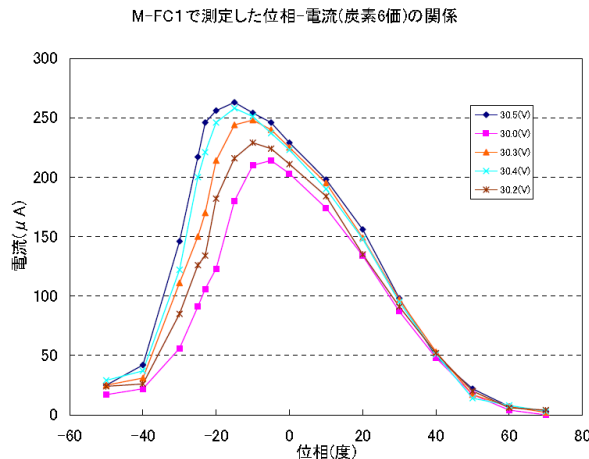
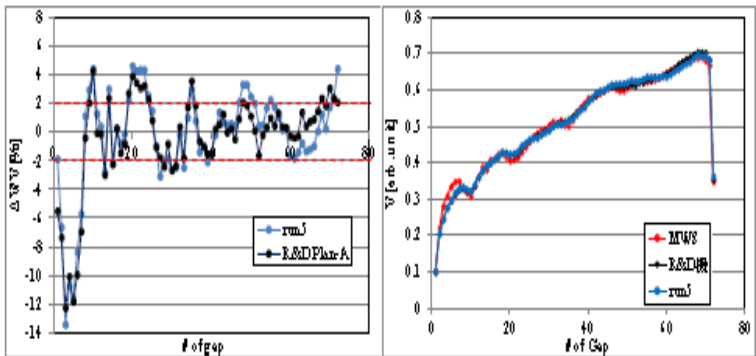
608keV/u



# APF-IHリニアック

# 3.5m

# 4MeV/u



# 250 $\mu\text{A}$

# シンクロトロン、直径約20m(1/6)



「SAGA HIMAT 用電磁石電源の開発」

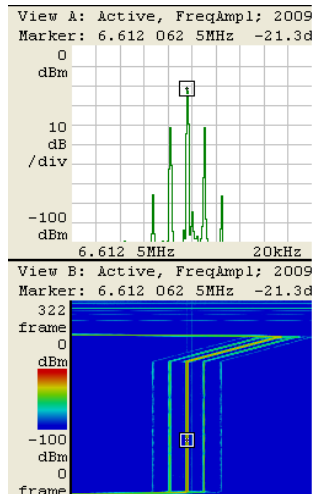
発表：山崎長治(TMEIC)、本学会

## 加速周波数制御をTクロックのみで行う

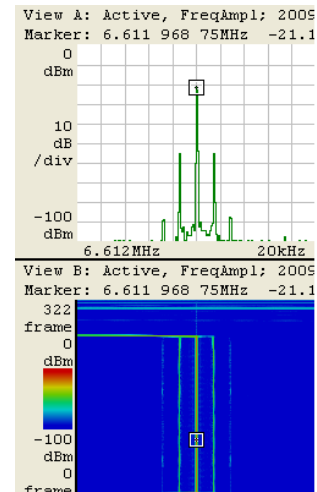
### 利点

- アナログ信号を使わなくて良い(ノイズによる動作の排除)
- 一般的なパターンメモリーが使える(B-T乗り換えが必要無い)
- パターンを出すクロック周波数を下げることが出来る
- RFと電磁石で独立した運転になっているので考えやすく、運用がしやすい。

Bクロック利用

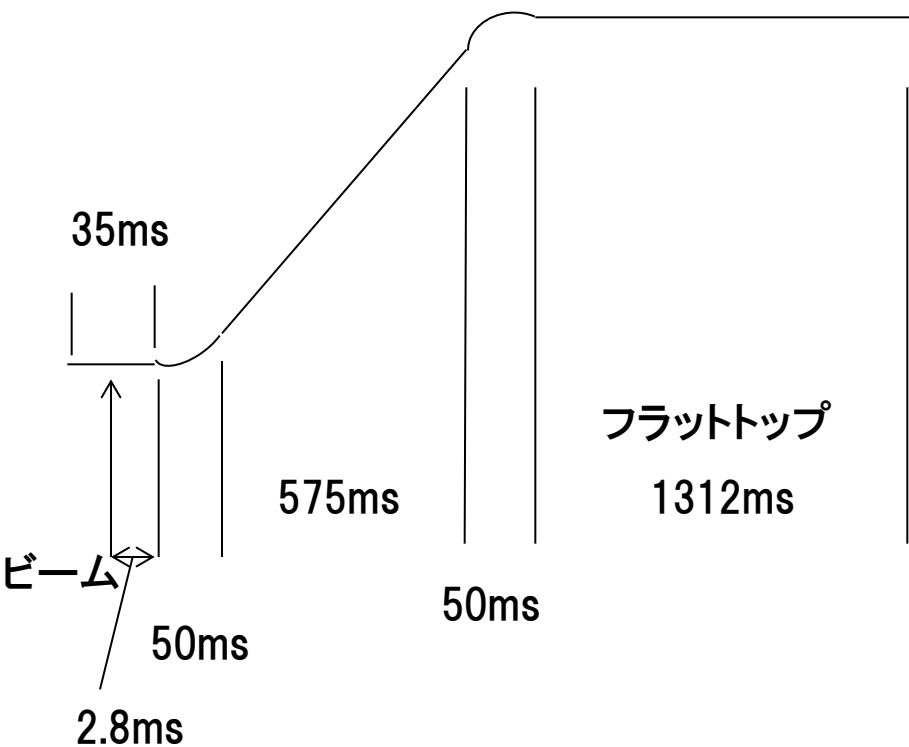


Tクロックのみ

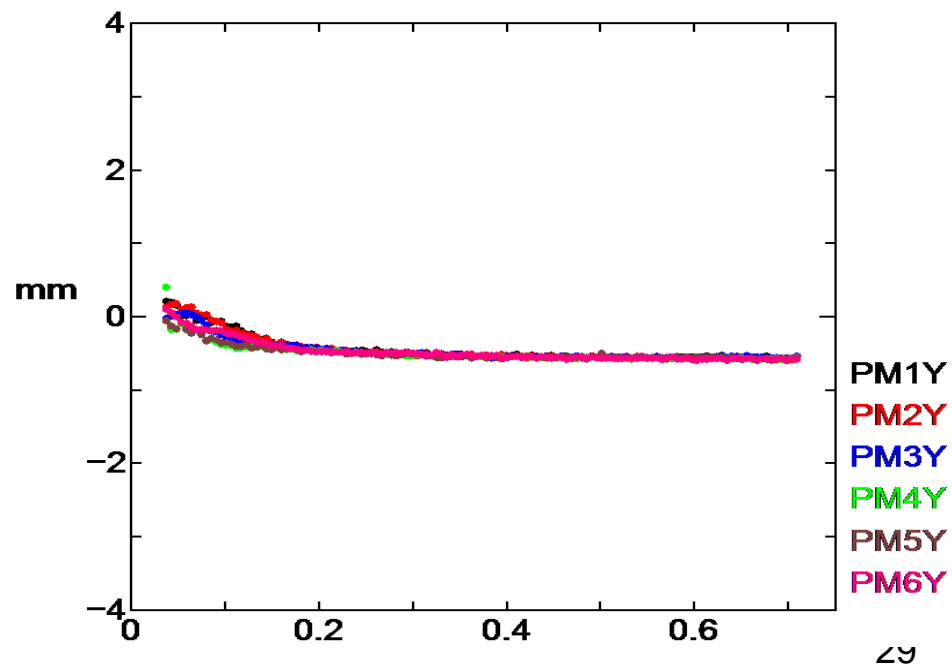
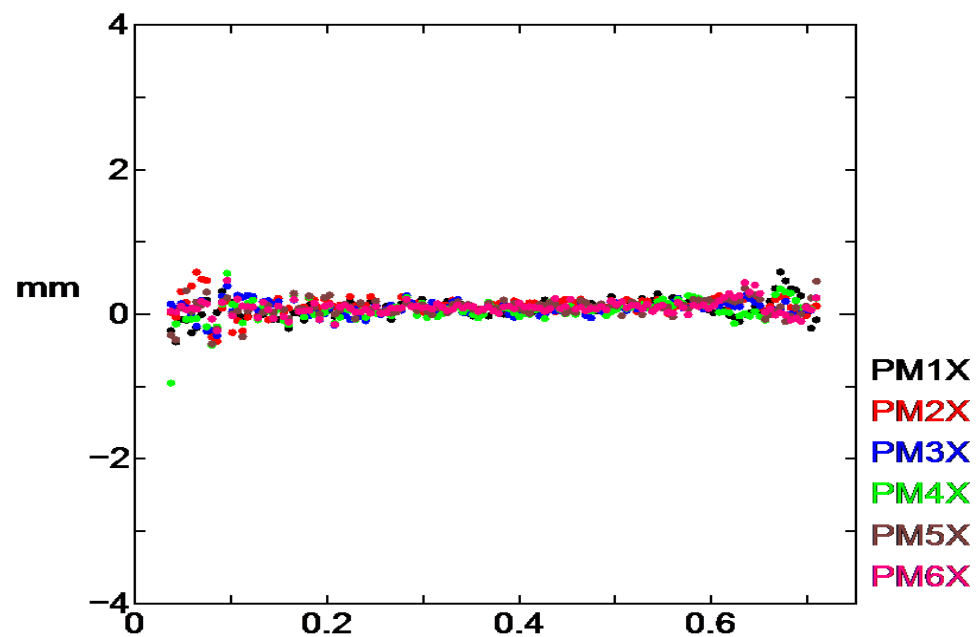


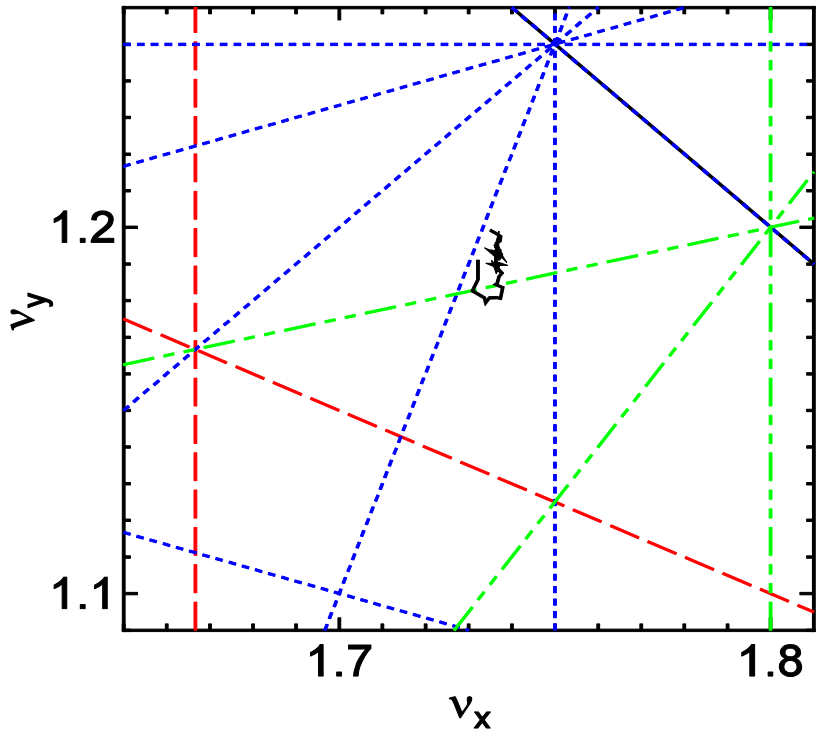
HIMACにて

# COD補正



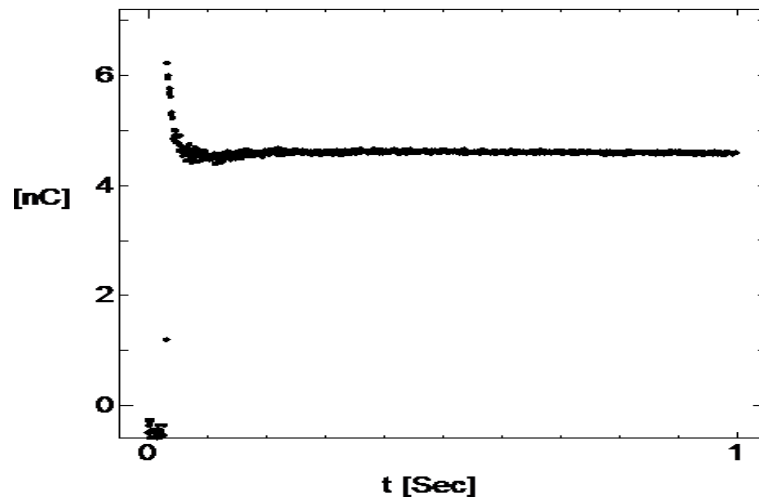
運転周期: 3.0666秒



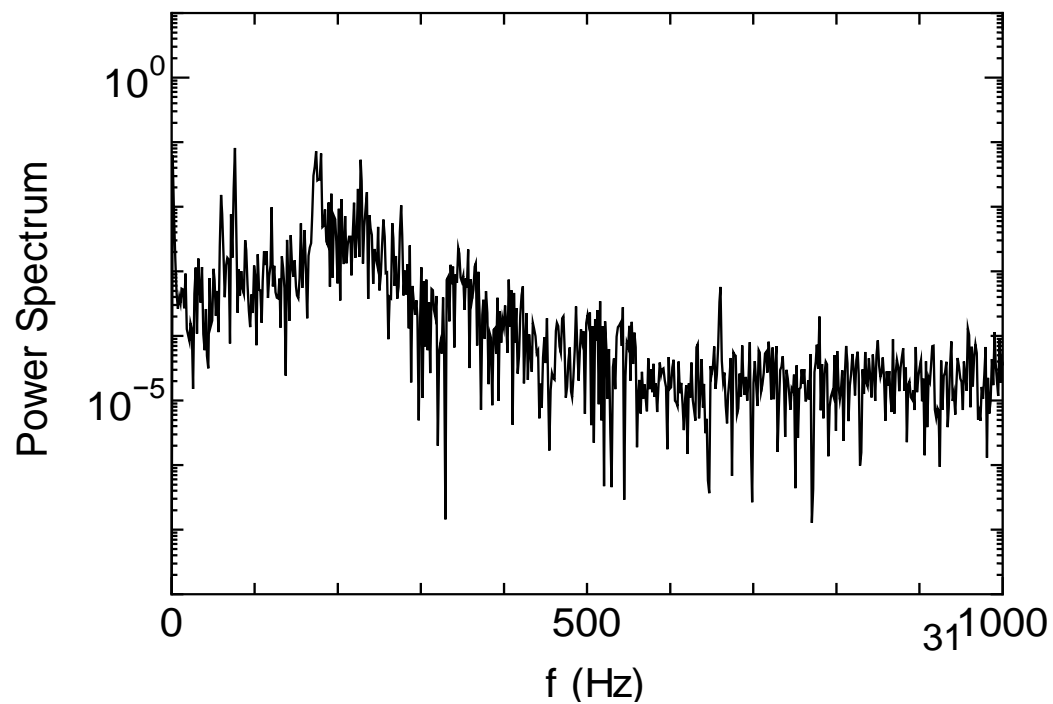
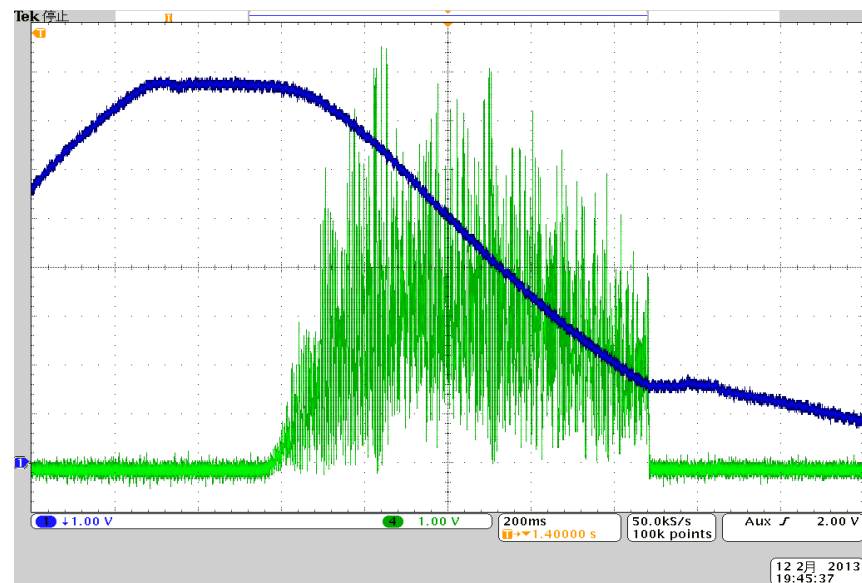
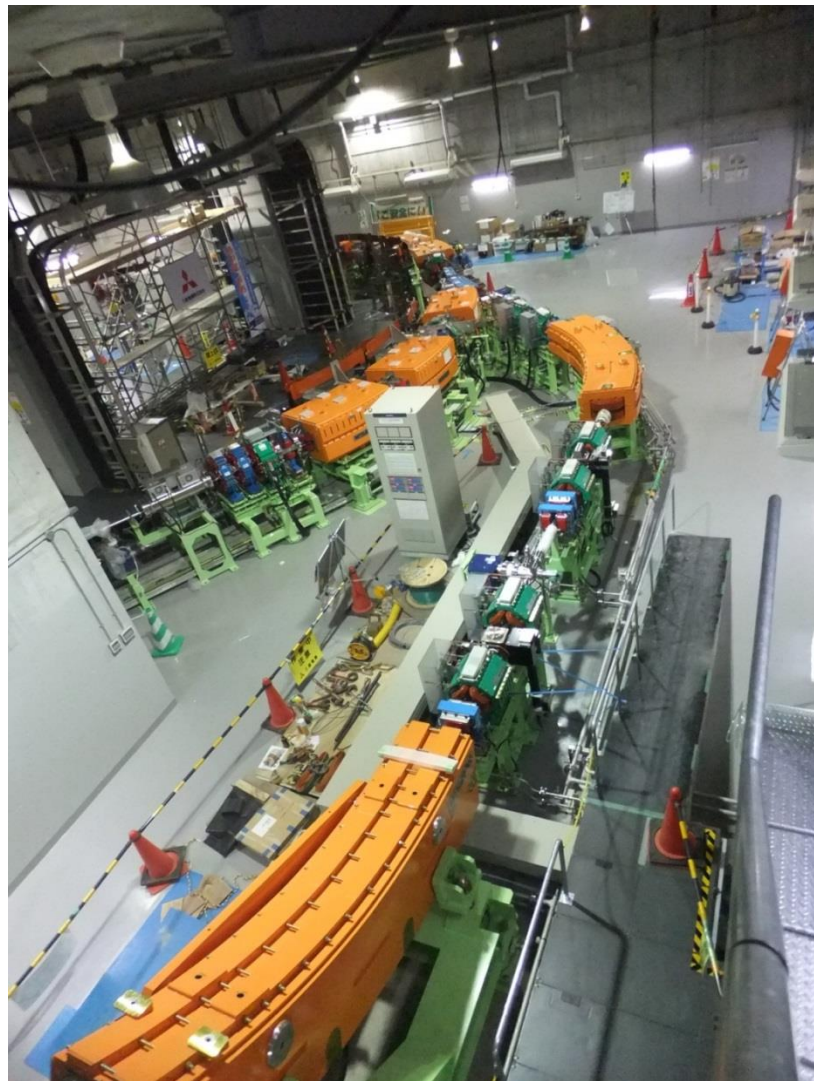


加速途中までチューン測定(400ms)

無調整で立ち上げるだけで  
必要強度が得られている。  
 $1 * 10^9$  pps



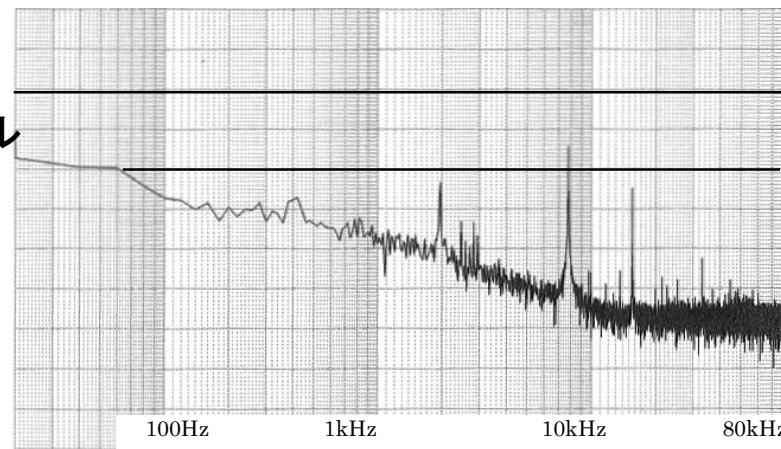
# DCCTとファラデーカップのビームスピル信号



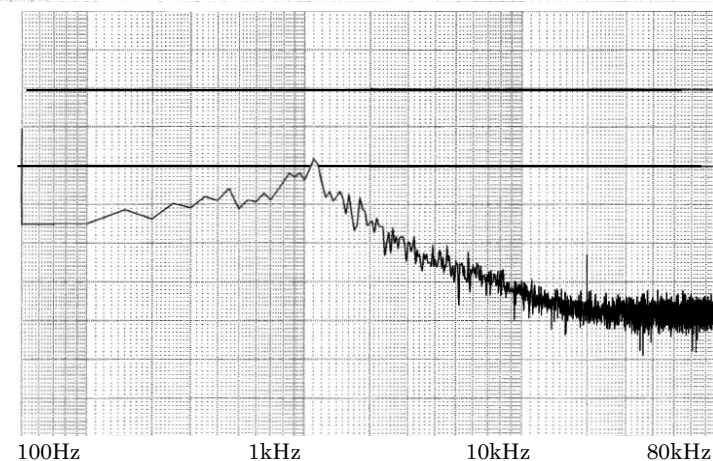


電源の電流リップルには  
200Hz付近にピークは見えない

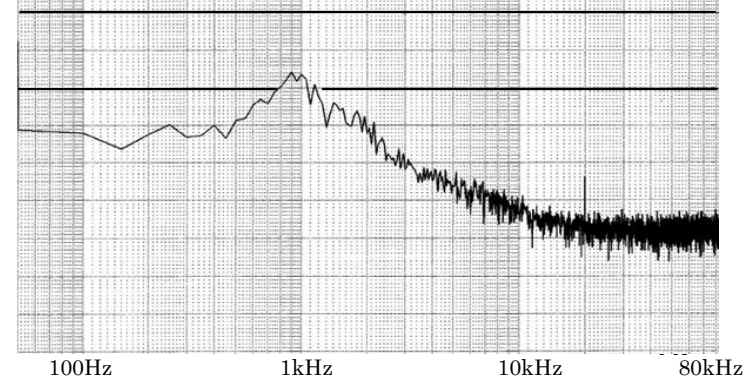
BM電源電流リップル



QF電源電流リップル

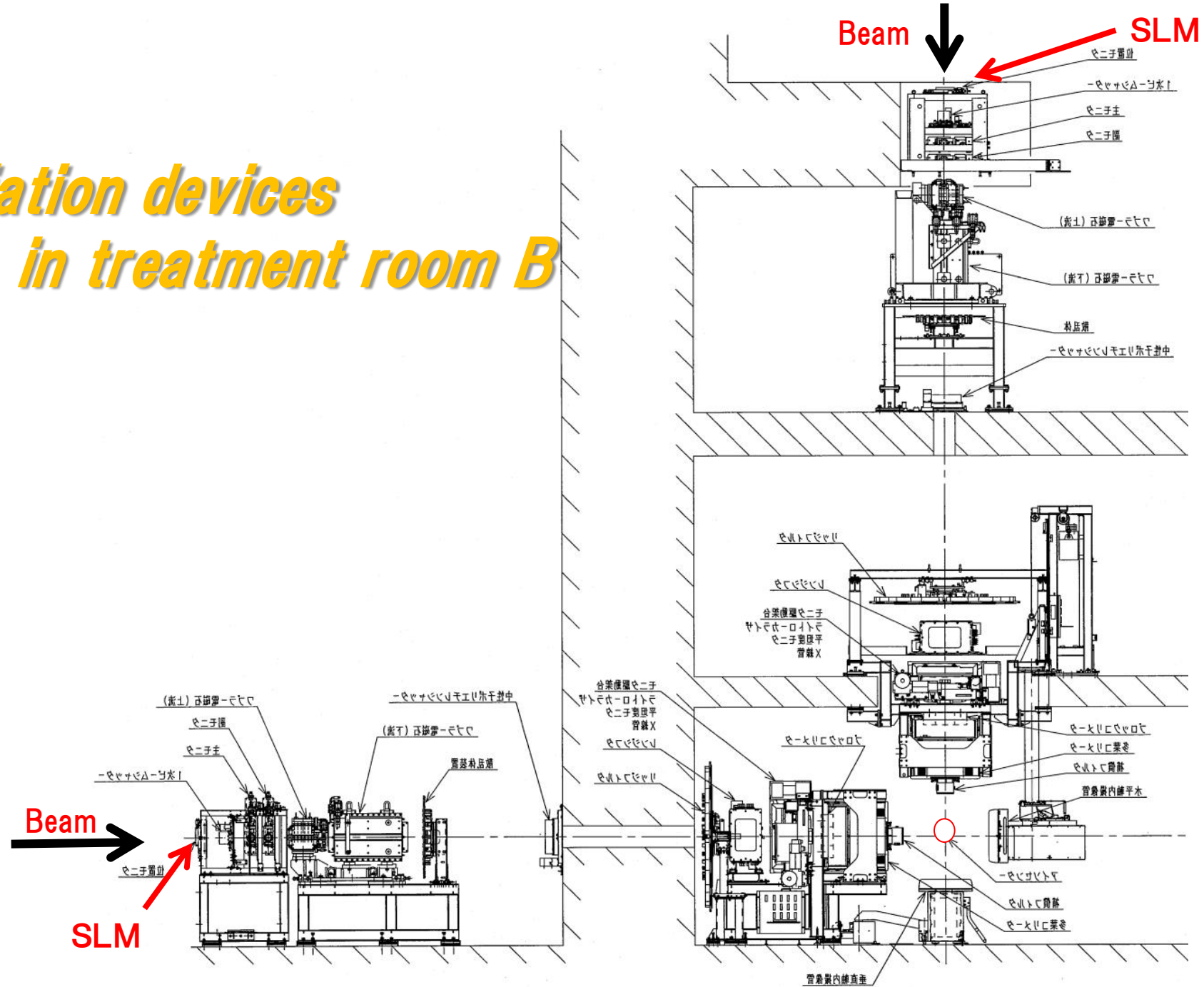


QD電源電流リップル



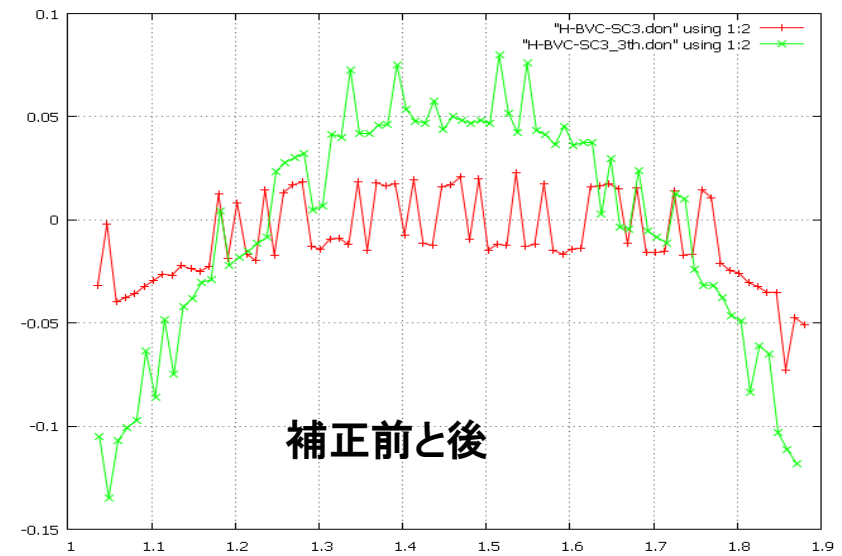
「SAGA HIMAT 用電磁石電源の開発」  
発表：山崎長治(TMEIC)、本学会

# Irradiation devices in treatment room B



BVC 400MeV/u

# スピル内でのビームセンターの動き



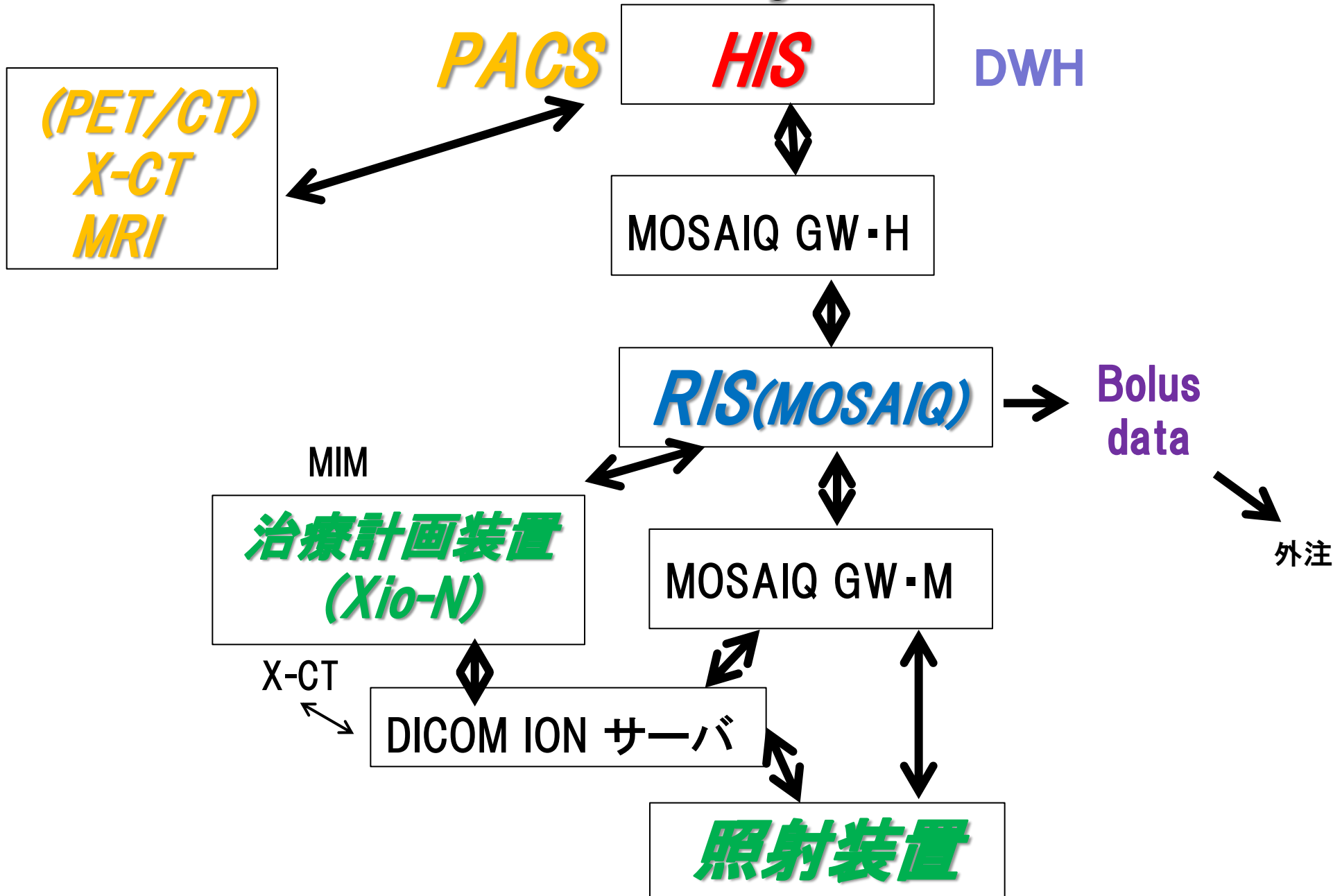
コース	エネルギー (MeV/u)	アイソセンタ		SLM	
		$\Delta x(\text{mm})$	$\Delta y(\text{mm})$	$\Delta x(\text{mm})$	$\Delta y(\text{mm})$
AHC	400	0.1	0.1	0.1	0.0
	290	0.15	0.1	0.2	0.0
AOC	400	0.2	0.1	0.2	0.3
	290	0.1	0.2	0.1	0.1
BHC	400	0.05	0.1	0.1	0.1
	290	0.15	0.2	0.0	0.0
BVC	400	0.1	0.1	0.5	0.1
	290	0.2	0.25	0.8	0.3

***Room B***



***Room A***

# Information system





**Control room for the irradiation**

**Entrance**



# 今後のスケジュール

- 2013年7月中旬旬 : 装置引き渡し(一部)、  
コミッショニング試験、全体試験
- 2013年 8月下旬: 最初はB室のみで治療開始
- 2013年11月 : 先進医療開始(予定)
- 2014年 1月 : A室引き渡し
- 2014年 4月 : A室利用開始

# 【 1st stage 】

**Room A : Horizontal/45° Oblique (Wobbling)**

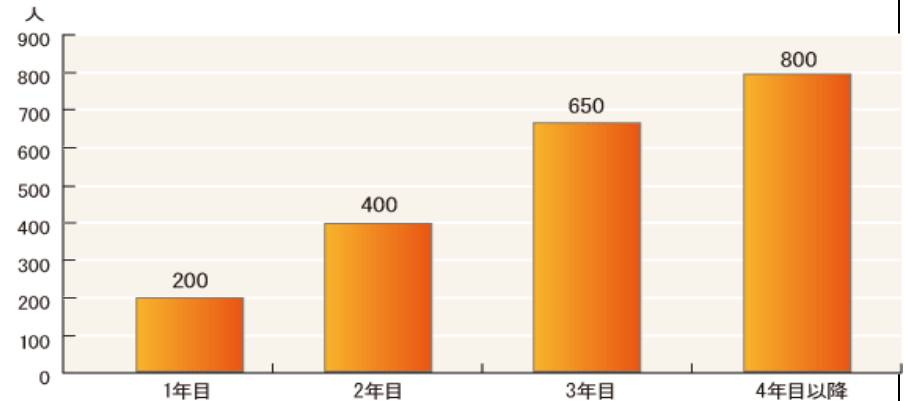
**Room B : Horizontal/Vertical (Wobbling)**

**Treatment Days**

5 Days Weekly  
240 Days Yearly

**Number of Patients  
(Maximum)**

800 patients/year



***Financial valance***



ご静聴ありがとうございました



# Floor plan (1F)

