

負ミューオニウムを用いた ミューオンRF加速実証試験

M. Otani¹



on behalf of R. Kitamura

Y. Kondo², Y. Nakazawa⁴, Y. Sue⁵,
S. Bae⁶, H. Choi⁶, S. Choi⁶,
K. Futatsugawa¹, K. Hasegawa²,
T. Iijima⁵, H. Iinuma⁴, N. Kawamura¹,
B. Kim⁶, H.S. Ko⁶, Sirui Li³, T. Mibe¹,
Y. Miyake¹, T. Morishita², G.P.
Razuvaev⁷, N. Saito¹, K. Shimomura¹,
E. Won⁶,
T. Yamazaki¹

¹ KEK

² JAEA

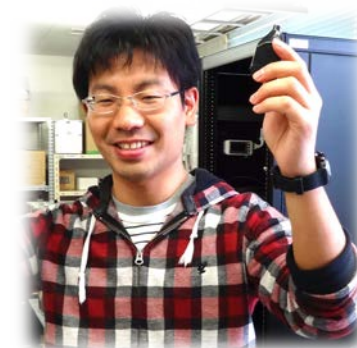
³ Univ. of Tokyo

⁴ Ibaraki Univ.

⁵ Nagoya Univ.

⁶ SNU

⁷ BINP



D論執筆中

本研究の注目度

- 論文で発表 (S. Bae et al., Phys. Rev. Accel. Beams, 21, 050101, 2018)

日本物理学会誌 (2018年8号)

最近の研究から

ミュオン $g-2$ /EDM の精密測定を実現する ミュオン高周波加速

大谷 将士 (高エネルギー加速器研究機構加速器研究施設 masashio@post.kek.jp)
 近藤 恭弘 (日本原子力研究開発機構 yasuihiro.kondo@j-parc.jp)
 三部 勉 (高エネルギー加速器研究機構素粒子原子核研究所 mibe@post.kek.jp)

日本加速器学会 (Vol. 15, No. 1)

「加速器」 Vol. 15, No. 2, 2018 (60-68)

話題

線型加速器によるミュオン加速

大谷 将士 *1 · 近藤 恭弘 *2

Muon Acceleration Using a Linac

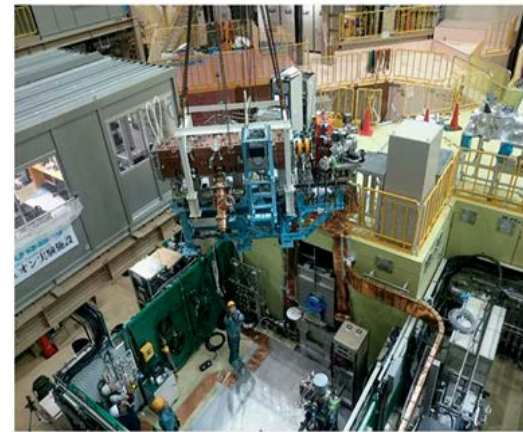
CERN COURIER

CERN COURIER | International journal of high-energy physics



Home | About | News | Features | Community | Viewpoint | Reviews | Archive | Past Issues

NEWS Muons accelerated in Japan 9 July 2018



Installation



Gold Suppliers

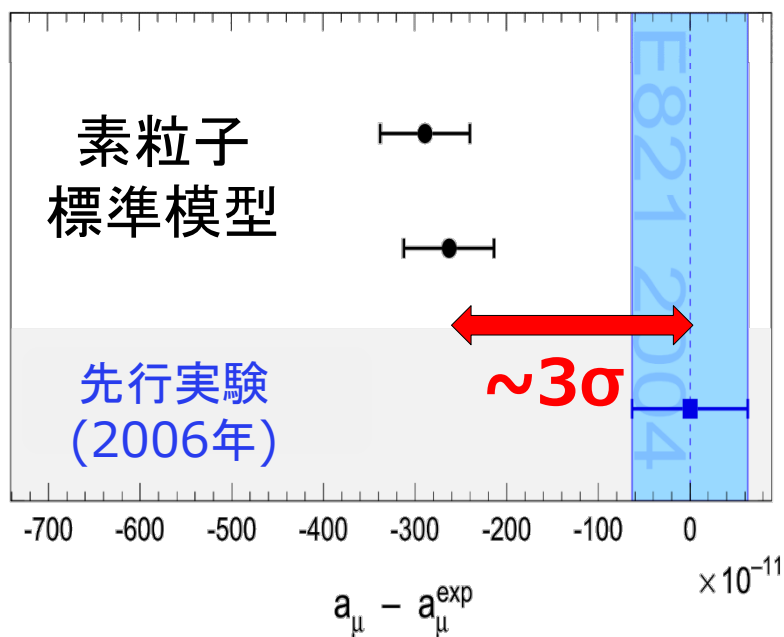


Latest Articles

Viewpoint: Colliding visions drive success
China's bid for a circular electron-positron collider

ミューオン異常磁気能率

- 2006年の測定結果以来、素粒子標準模型との 3σ 以上の乖離。
- 独立な高精度検証が必要不可欠。
 - 先行実験で主要な系統誤差はビームエミッタンスに起因。

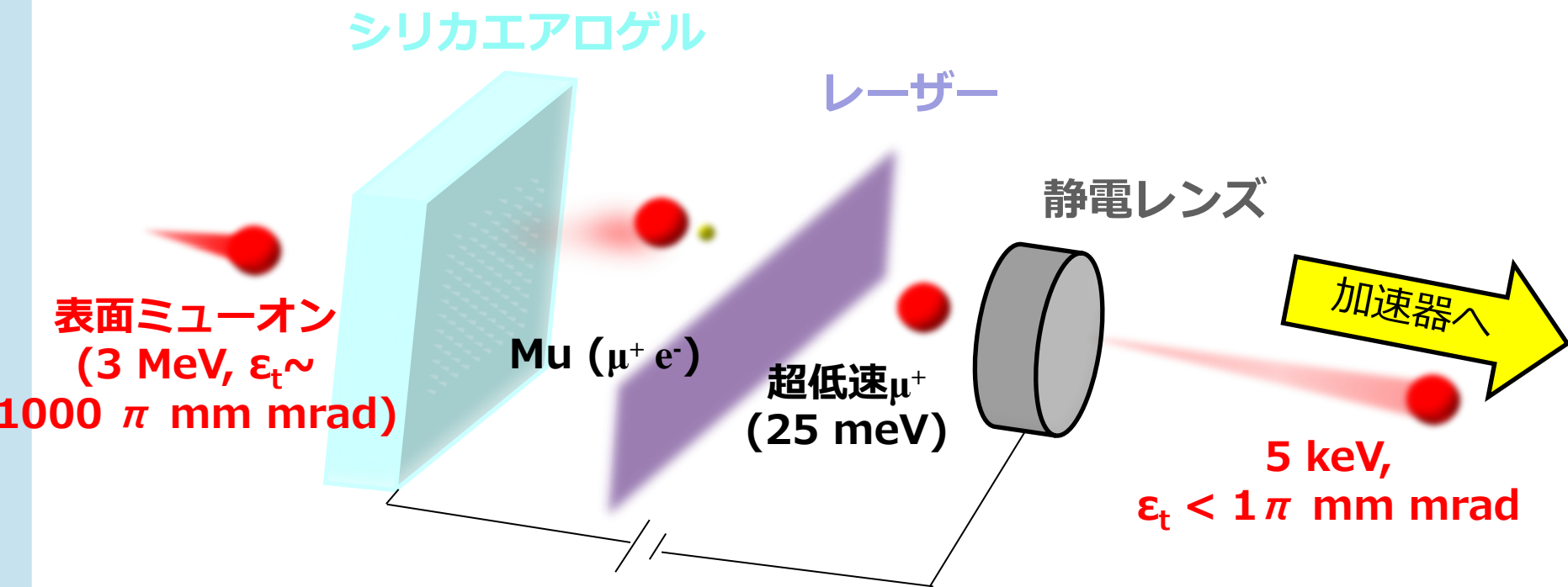


系統誤差 [ppb]	
B field	170
Lost muons	90
CBO	70
E and pitch	50
Gain changes	120
Pileup	80

ミューオン
ビームに起因

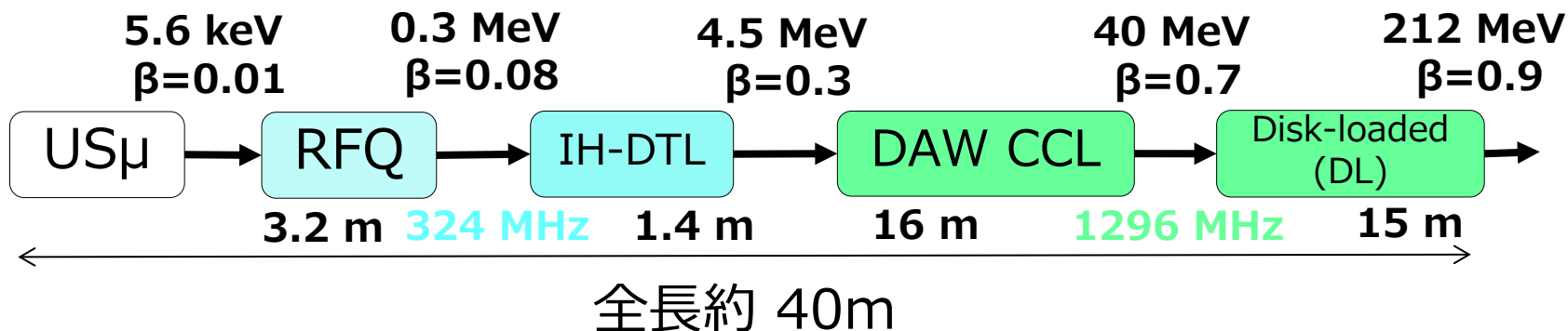
- ミューオン冷却・加速**による低エミッタンスビームで高精度測定
これまでに冷却&加速の実例がない

冷却手法@J-PARC g-2実験



<i>USμ brief History</i>	1986.	室温ミュオニウム@真空の生成 [PRL.56.1463. 1986.]
	1988.	ミュオニウムイオン化(1s-2s) [PRL.60.101.1988]
	1995-2008.	超低速 μ^+ @ KEK & RAL[RRL.74.4811.1995, NIMB.266.335.2008.]
	2014.	レーザー加工技術による高効率 Mu 生成 [PTEP.091.C01.2014]

ミューオン線型加速器の構成

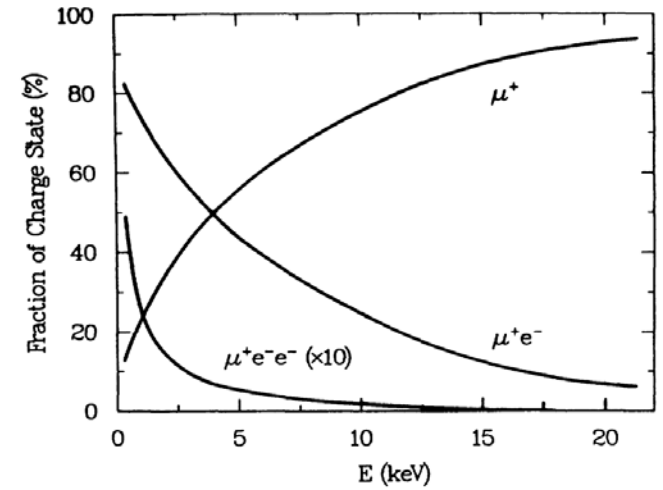
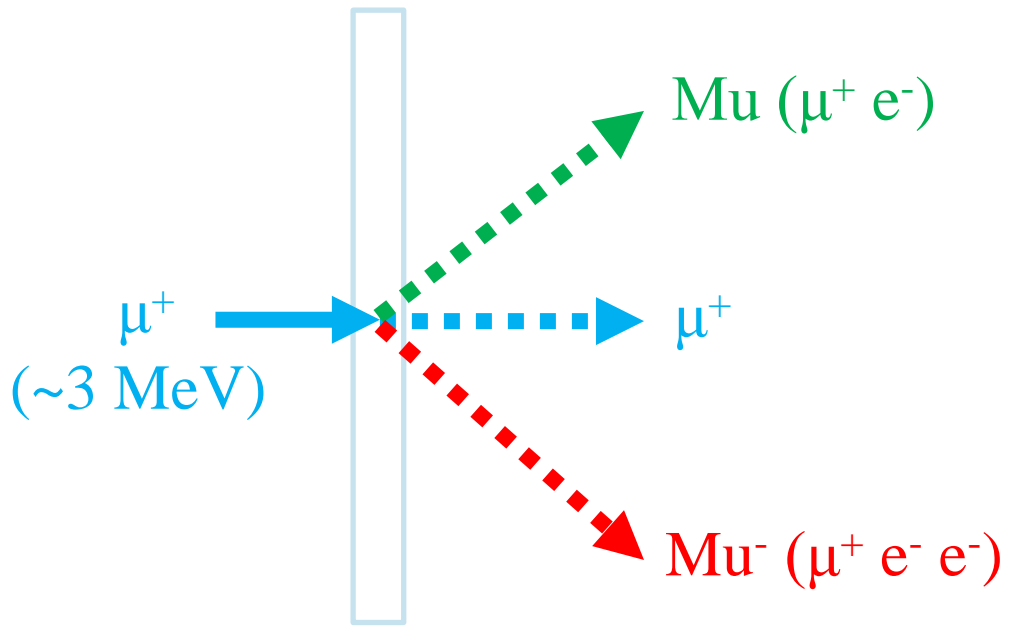


- 陽子加速器 (低速~中速部)+
電子加速器 (高速部)のハイブリッド
 - J-PARC資源を最大限に利用
 - KEKBで開発された
1.3GHzクライストロン
- 低電流、低デューティー
 - APF IH-DTLを採用

Energy [MeV]	212
Intensity [/s]	10^6
Repetition [Hz]	25
Pulse length [nsec]	10
Normalized ϵ_t [π mm mrad]	1.5
Δp [%]	0.1

これまで

- [第12回年会] } ミューオン線型加速器の基本設計を完了
- [第13回年会] } 負ミューオン二ウムイオン観測にむけた準備完了
- [第14回年会] 負ミューオン二ウムイオンの観測

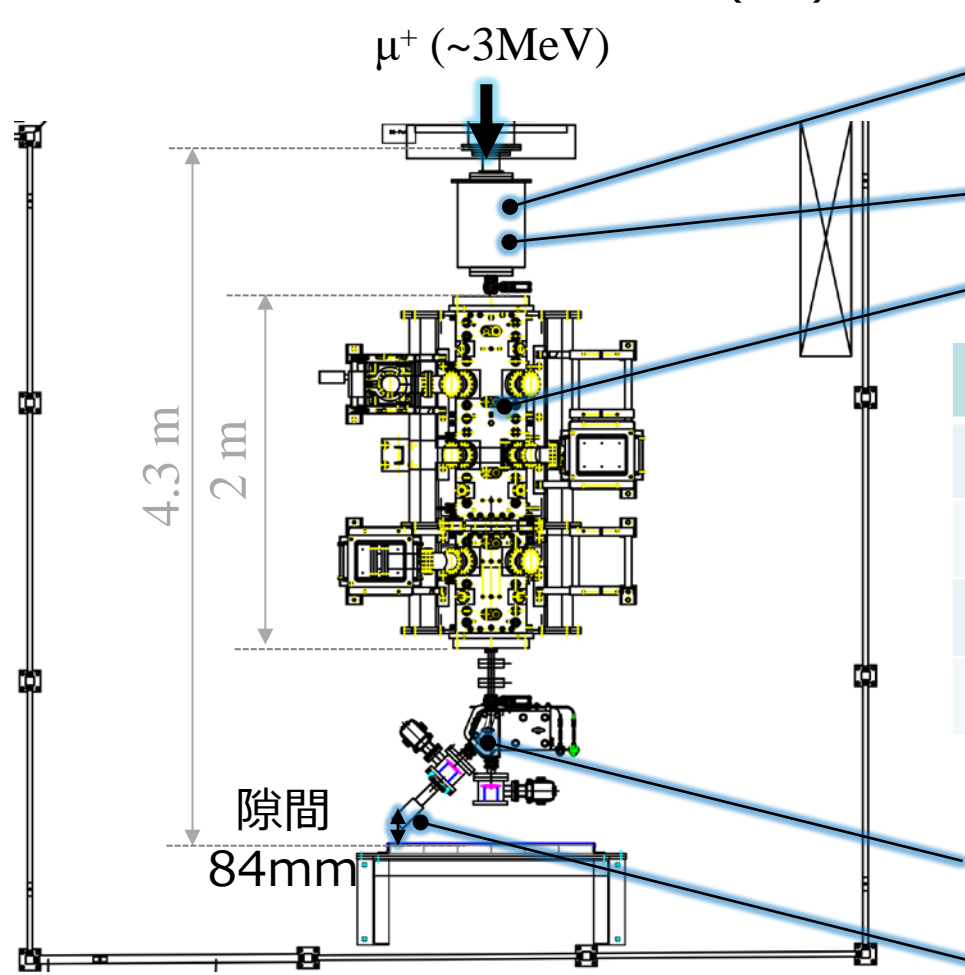


- 1989年に初観測 [Phys.Rev.A, 39, 6109]
- お手軽・お安く冷却可能

[第14回年会] 負ミューオン二ウムイオンによるミューオン高周波加速

RFQ加速試験

@J-PARC MLF テストエリア(D2)

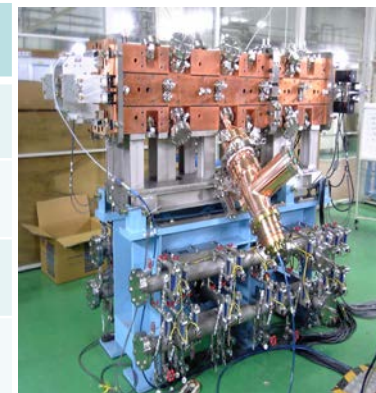


Mu⁻生成
(3 MeV → <keV)

静電加速 (5 keV)

RFQ0号機による加速 (90 keV)

	H-	μ
Injection (keV)	50	5.6
Extraction	810	89
Intervane V (kV)	81	9.1
Power (kW)	180	2.3



4極+偏向電磁石によるビーム輸送

MCP検出器

実験準備@ライナック棟

- 7月~10月にJ-PARCライナック棟で組立作業

RFQ下流



診断ビームライン架台 (新設)

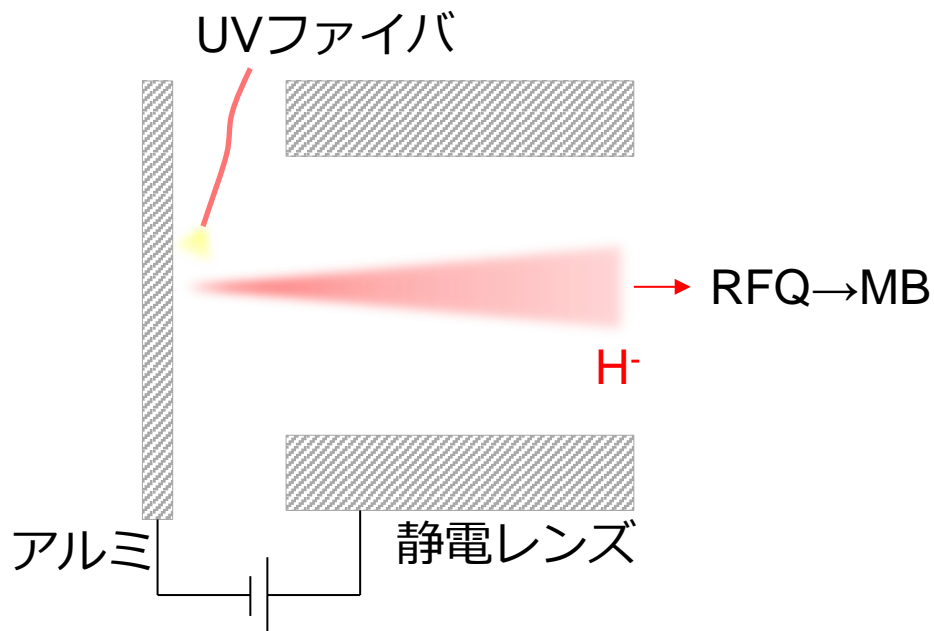
検出器チェンバー



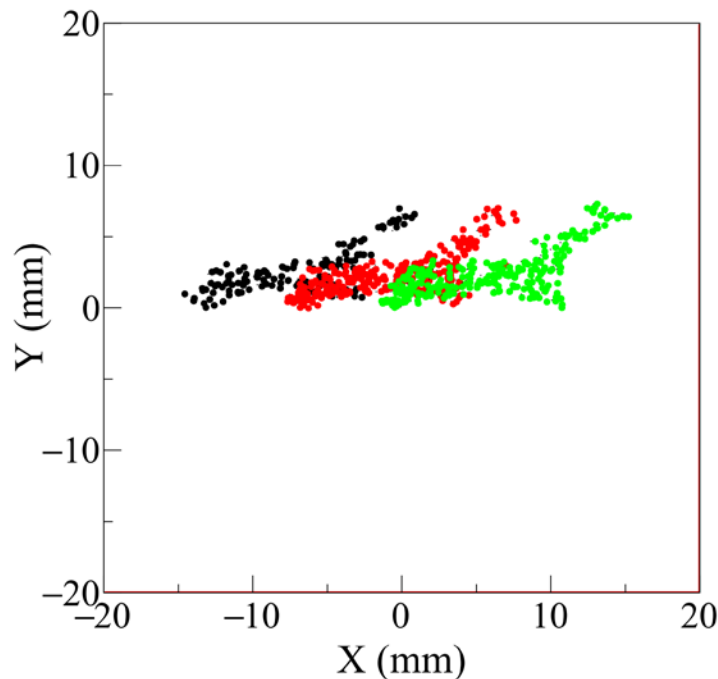
4極電磁石
(from KEKB)

偏向電磁石
(from J-PARC)

H-による試運転



プロフィール測定結果



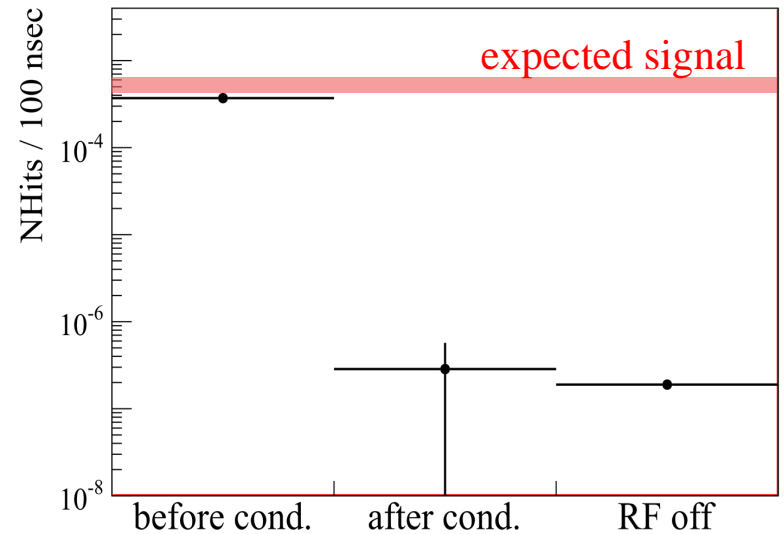
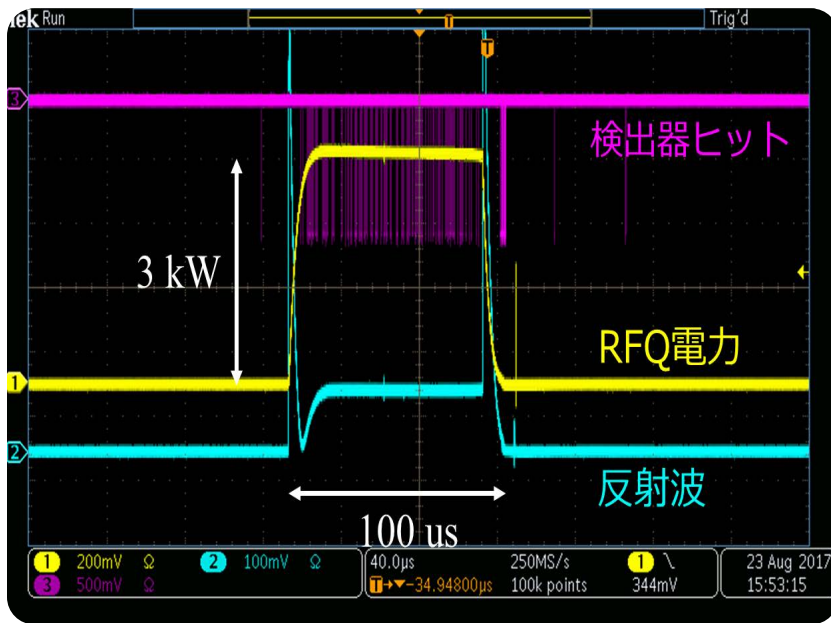
- 加速ミュオンと同じ運動量のH-で偏向電磁石を較正
- 四極電磁石は較正結果+シミュレーションによる分布で調整

Lead by Y. Nakazawa (Ibaraki Univ.), Y. Sue (Nagoya Univ.), R. Kitamura (Tokyo Univ.)

中沢(茨城大M1), THP084

試運転

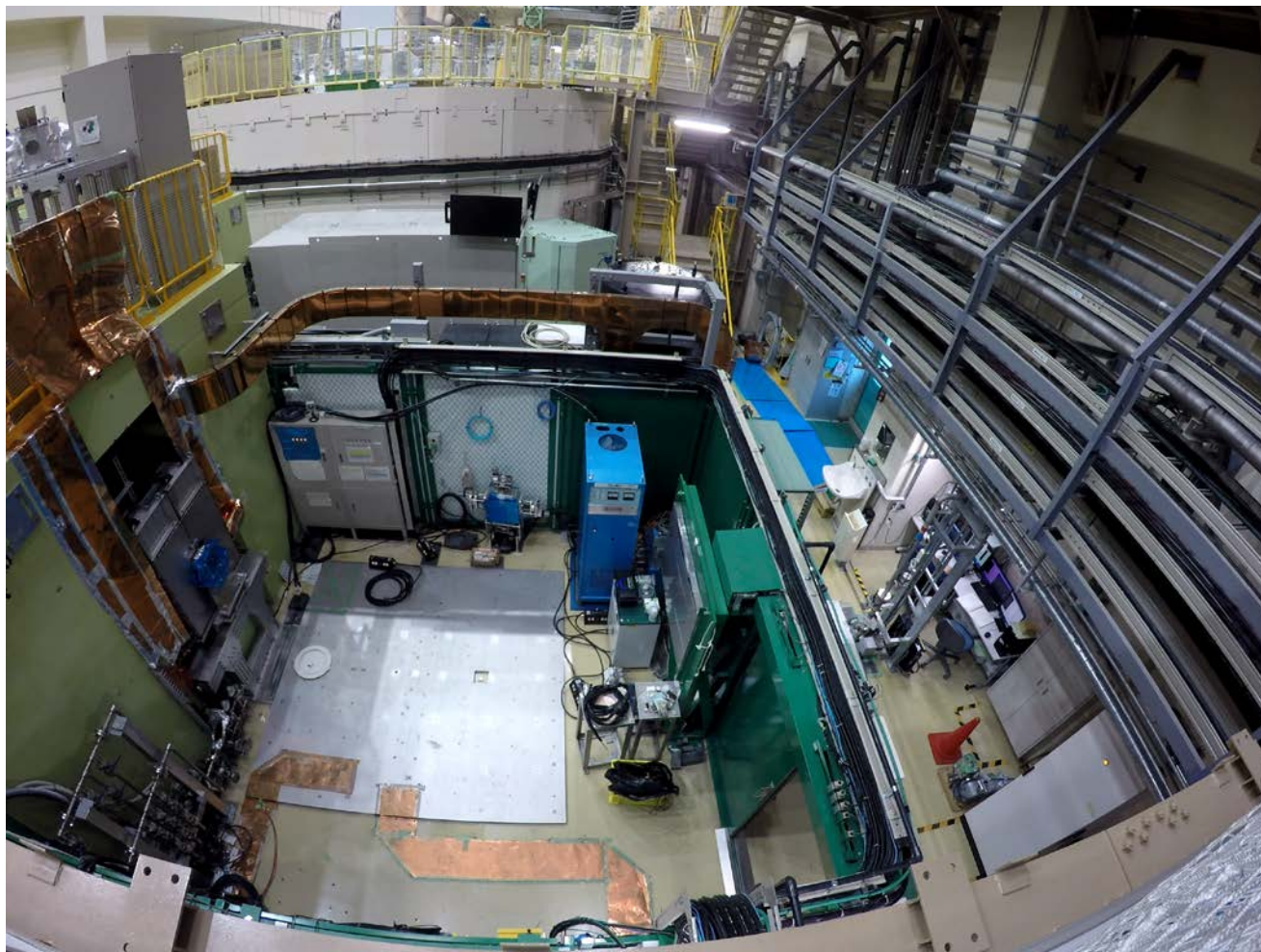
- RFQのRF印加による検出器バックグラウンドの測定



☑ コンディショニング→バックグラウンドフリーな環境を実現

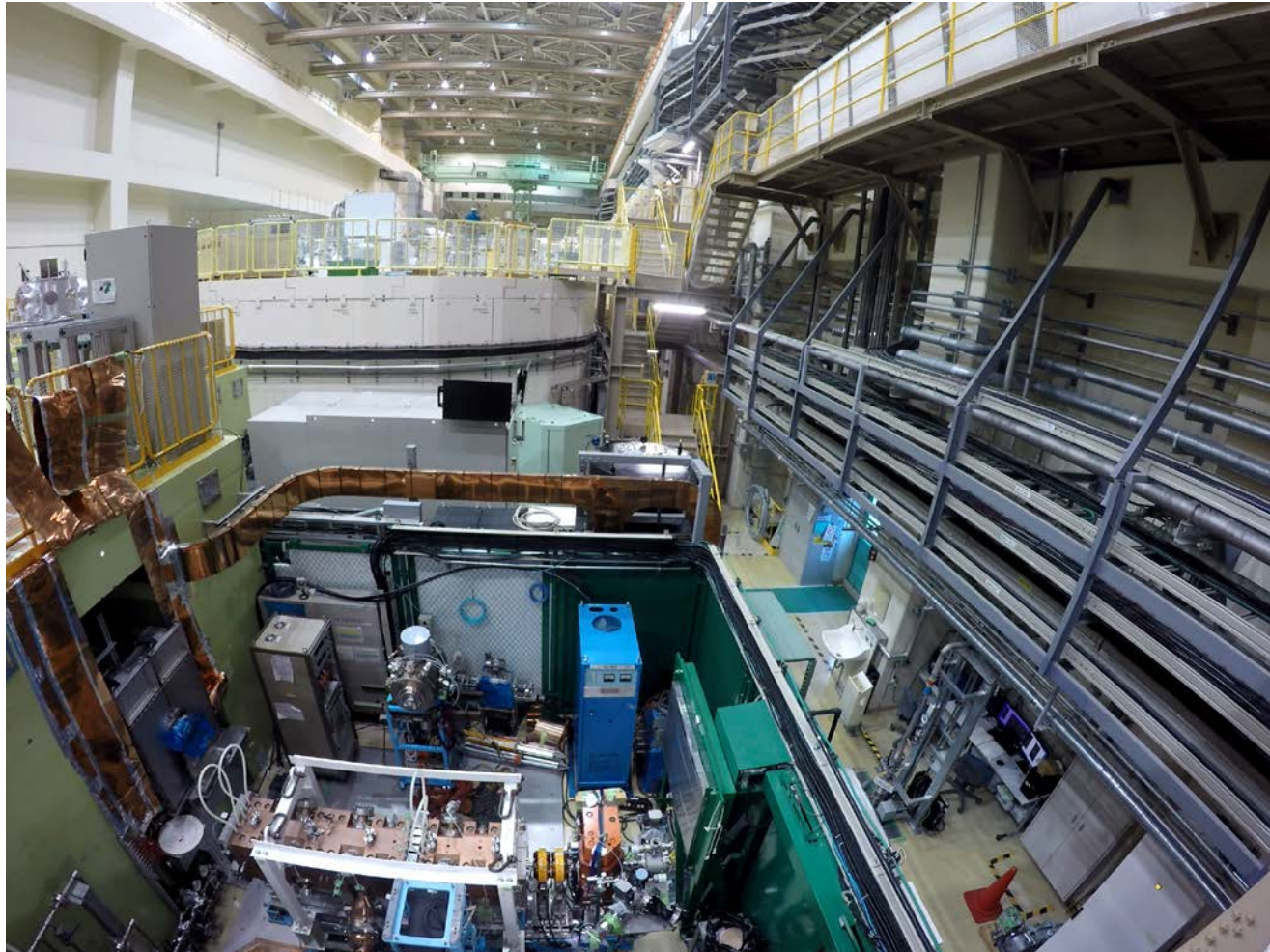
Lead by K. Futatsugawa

MLF移動 (10月16日)



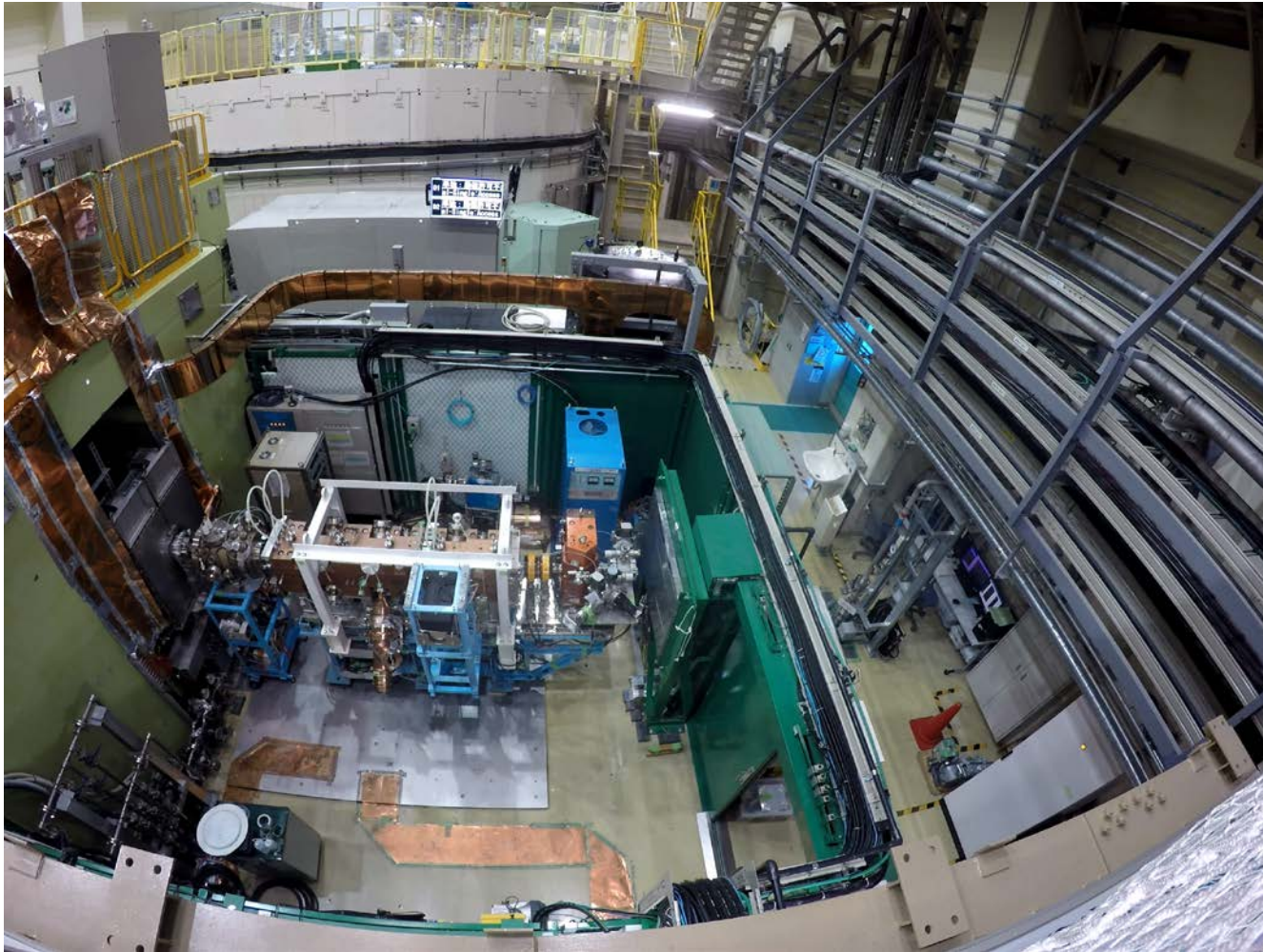
Lead by N. Kawamura and T. Yamazaki(KEK IMSS)

BL接続 & アライメント (10月17日)



Lead by N. Kawamura and T. Yamazaki(KEK IMSS), and T. Morishita

ケーブルリング&UV試運転 (18日~23日)



ビーム試験 (10月24日~30日)

Mu⁻ production

μ^+ (~3MeV)

R. Kitamura
(Tokyo, D3)

5.6 keV

RFQ

Y. Kondo

90 keV

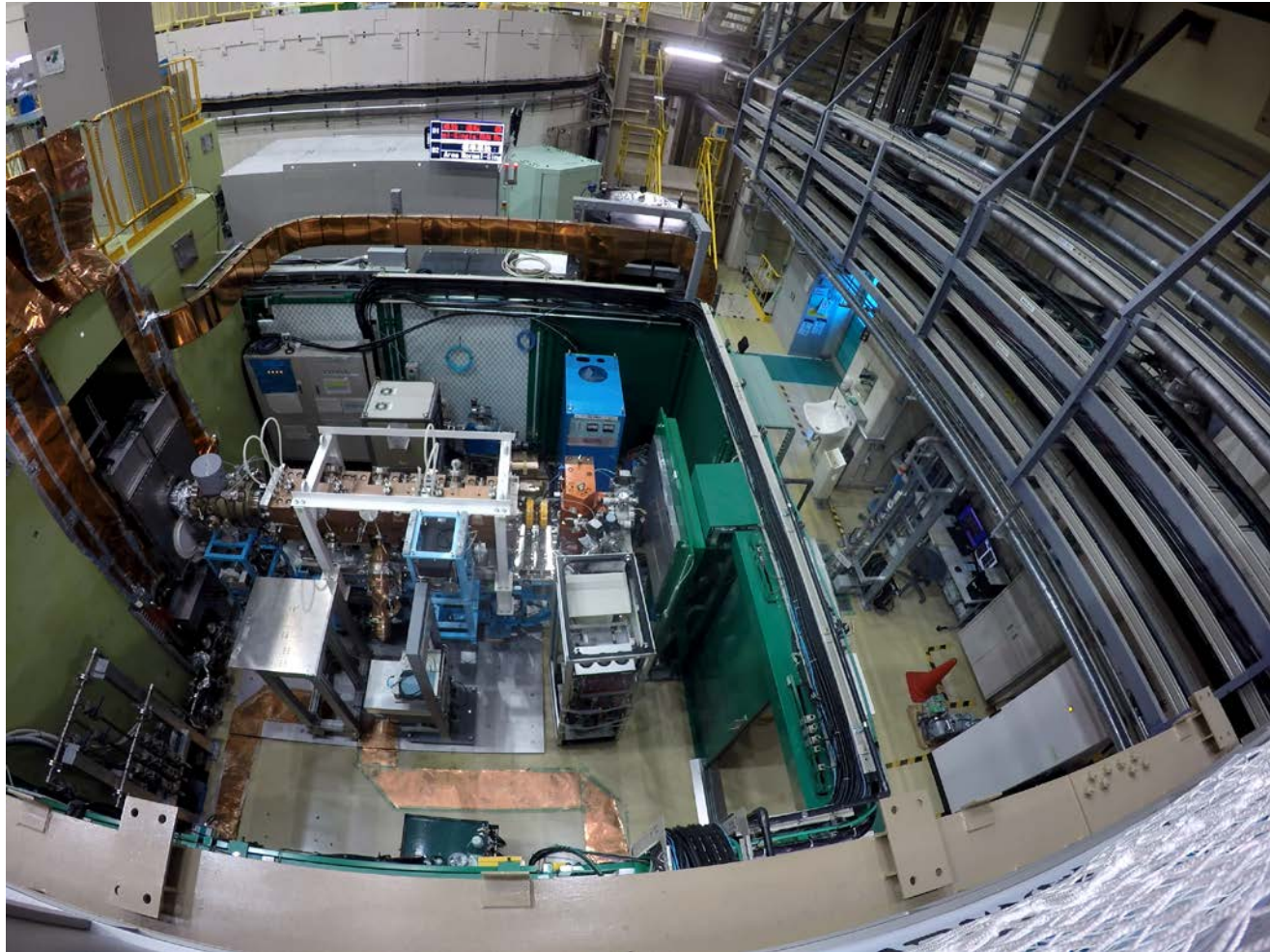
Y. Sue
(Nagoya, M1)

Y. Nakazawa
(Ibaraki, B4)

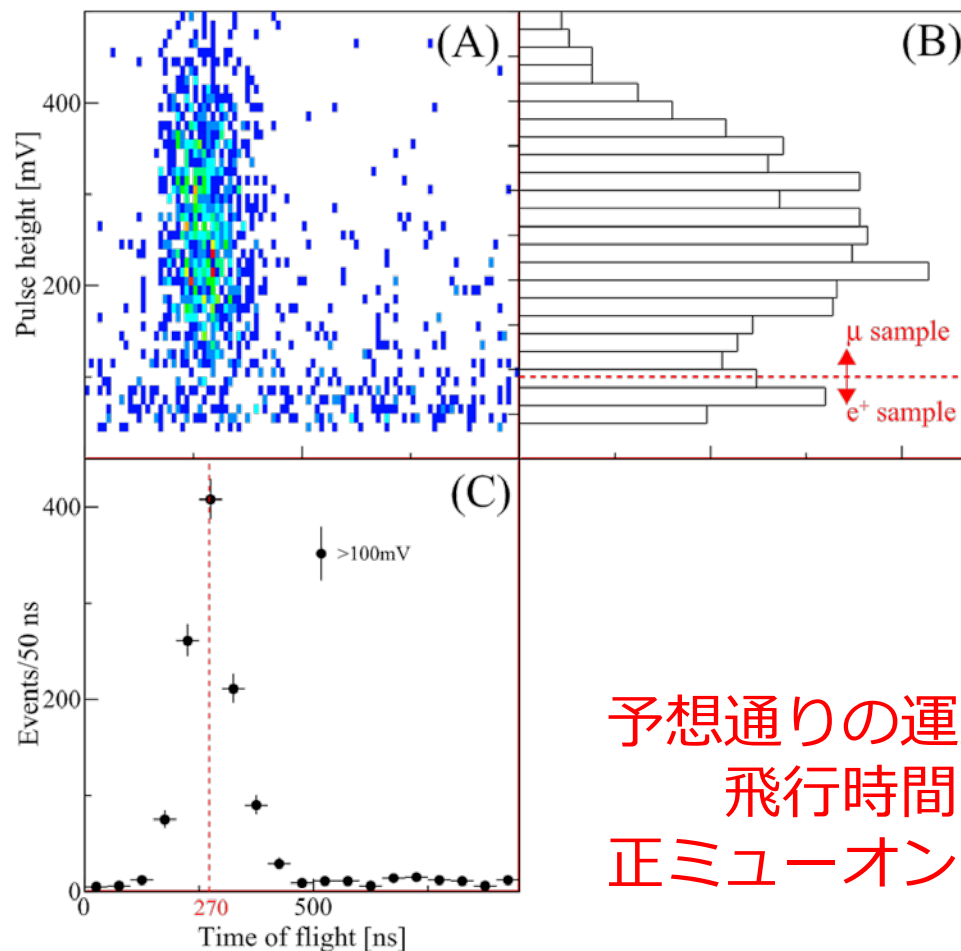
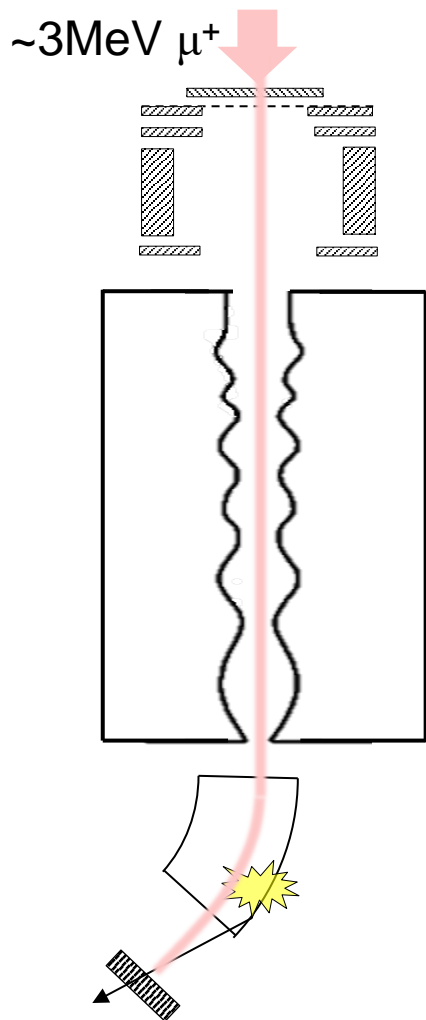
診断BL
(4極+偏向電磁石)

MCP検出器

片付け&BL取り外し (10月30, 31日)

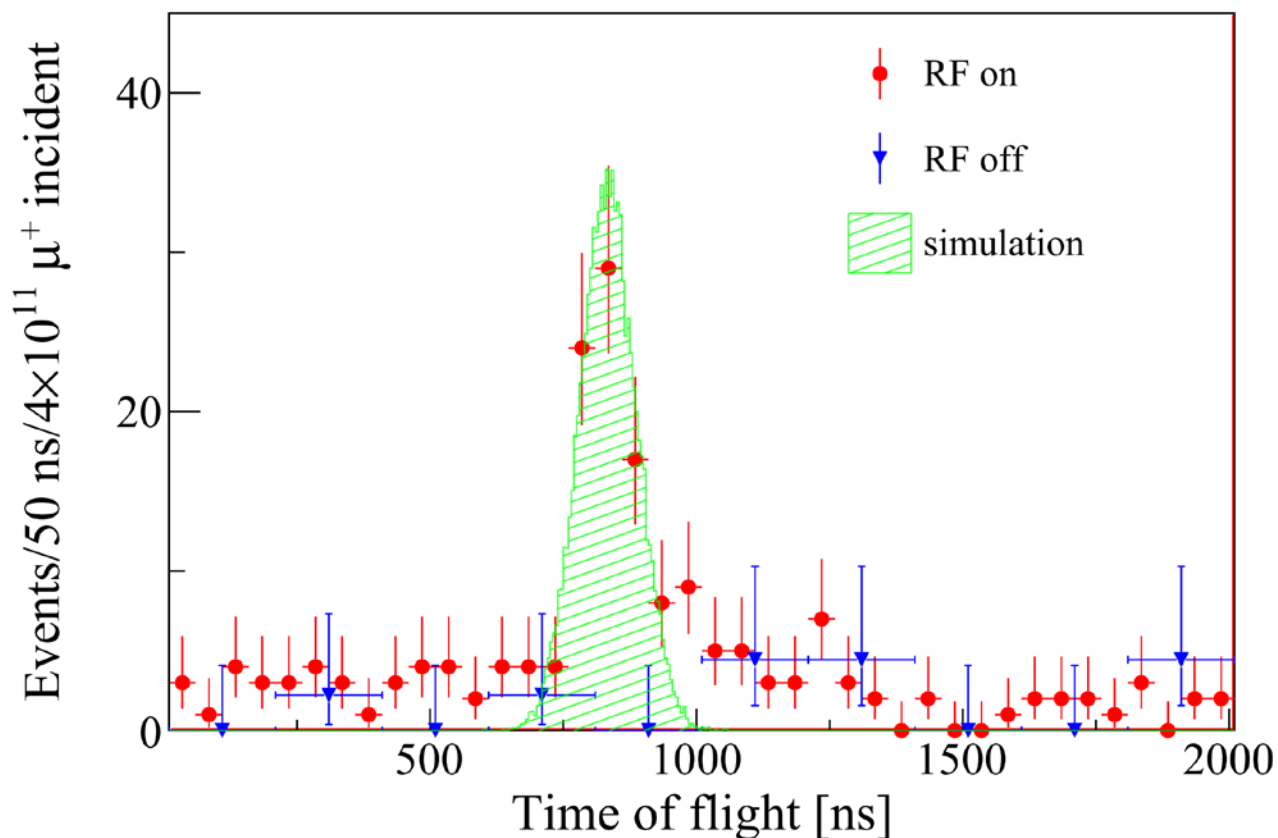


突き抜け正ミューオンによる予備測定



予想通りの運動量・
飛行時間で
正ミューオンを観測

加速結果

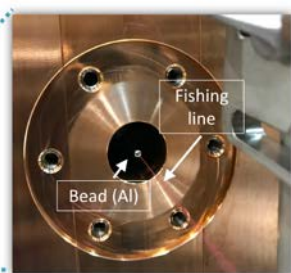
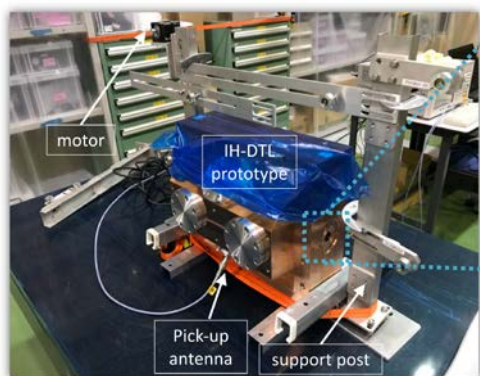


世界で初めてミュオンを高周波加速することに成功

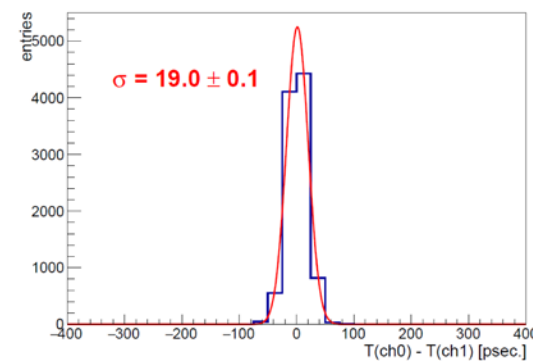
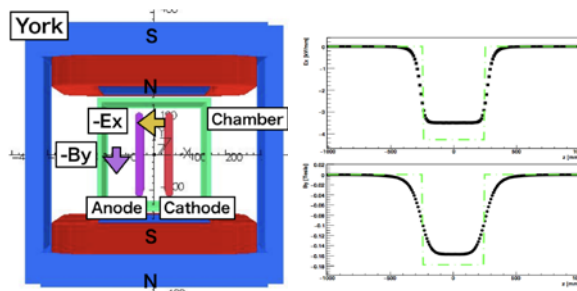
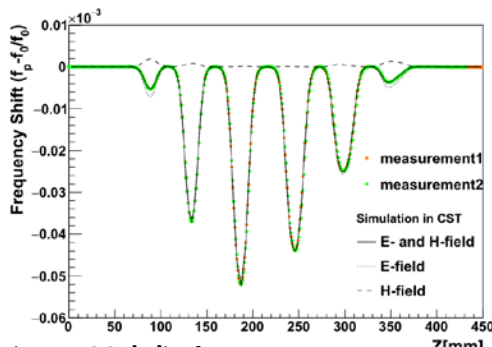
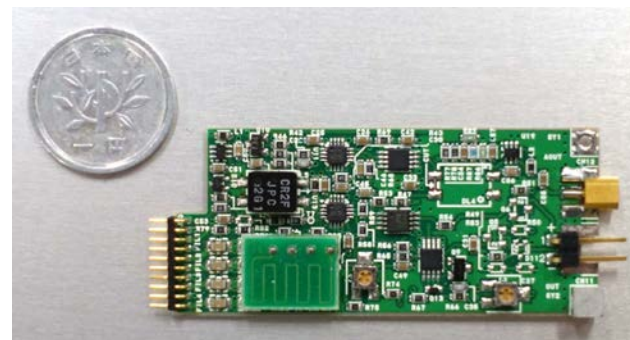
展望

- RFQ下流のIH-DTLプロトタイプを製作。
- 加速Mu-のバンチ構造(324MHz)の測定を11月に実施予定。
- スピン偏極の制御まで目指して機器を設計中。

須江(名大M2), THP085



ビーズの中心軸は誤差2mm以内で空洞の中心軸(Z)に合わせた。X-Y断面における電場分布解析より位置精度由来による測定誤差は2~3%



中沢(茨城大M1), THP045

安田(東大D1), THP078

まとめ

- 世界初のミュオン加速に成功
- ミュオン異常磁気能率測定を目指して、開発を続けている
 - 世界初のミュオン専用加速空洞APF方式IH-DTL
[中沢(茨城大M1), THP045]
 - バンチミュオンの初観測
[須江(名大M2), THP085]
 - 精密測定に必要な不可欠なスピン偏極方向の制御
[安田(東大D1), THP078]