

汎用ビームラインチューニングシステム ForTuneによる負ミュオンチューニング

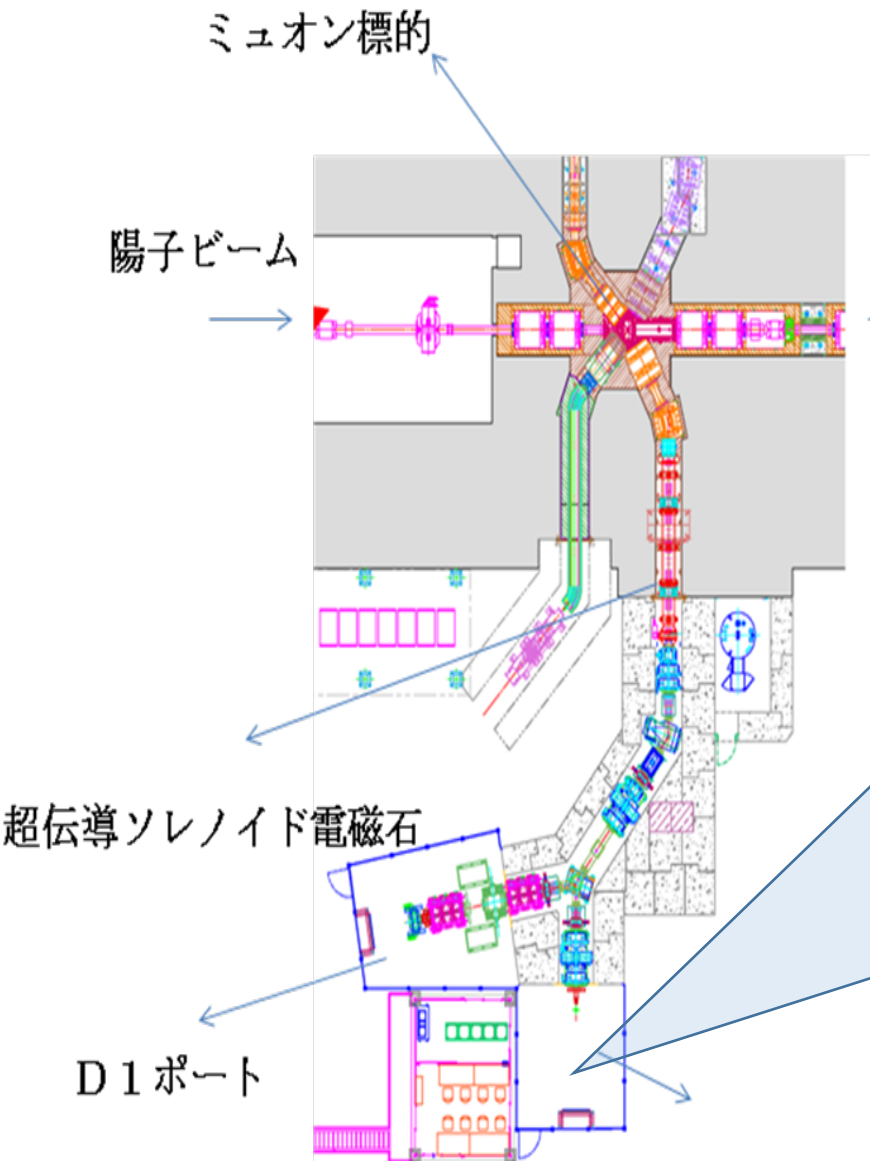
KEK 濱田幸司

● J-PARC ミュオンビームライン

● 自動ビームチューニング

● まとめ

D実験エリア



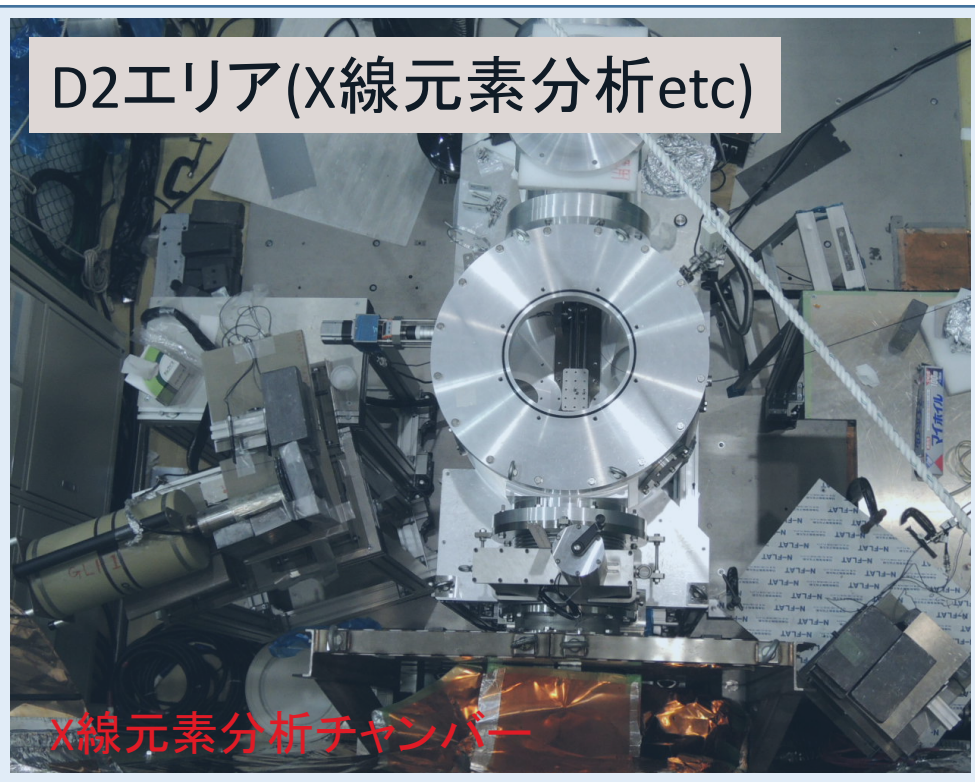
崩壊ミュオン

ミュオン標的から発生したパイオンが輸送中に崩壊するミュオン

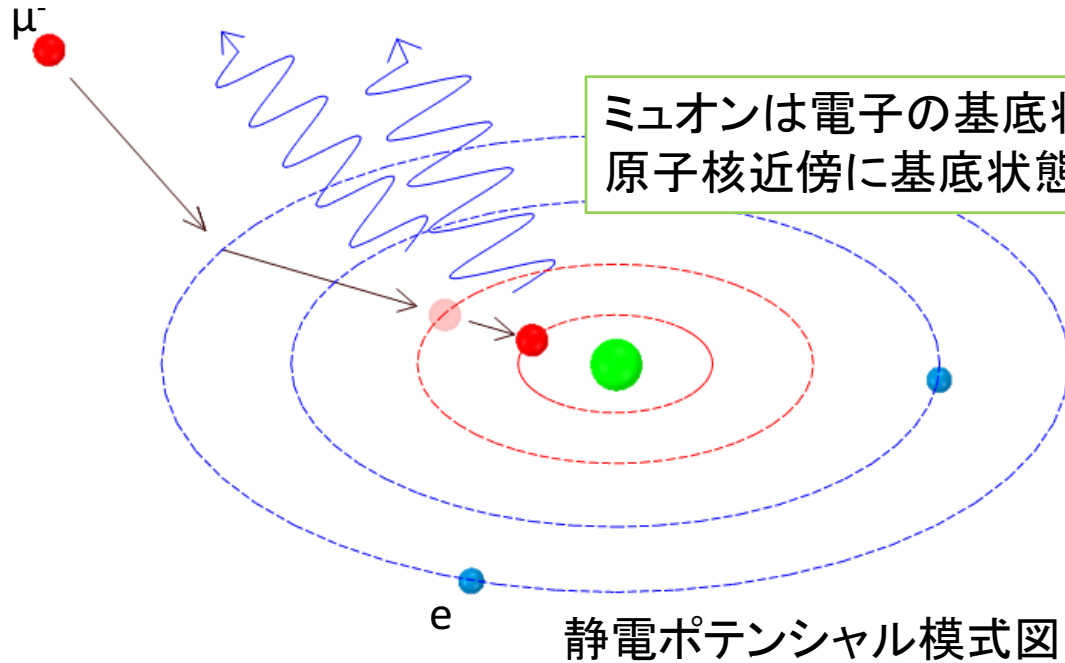
→極性: 正負

→ビームエネルギー: 0.1-15MeV(5-60MeV/c)

D2エリア(X線元素分析etc)



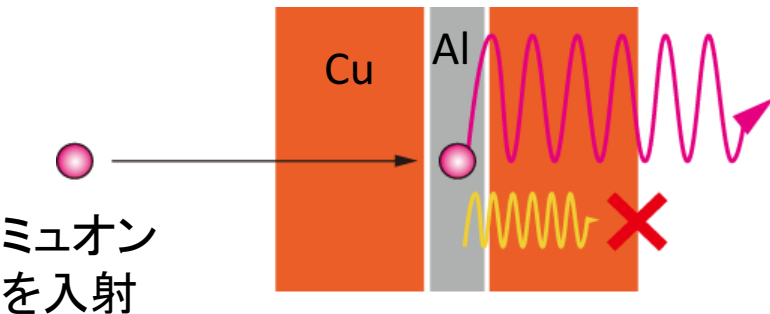
D2_負ミュオン実験



ミュオンは電子の基底状態より
原子核近傍に基底状態が存在する

$$r_n = -\frac{\epsilon_0 n^2 h^2}{4\pi m Z e^2}$$

負ミュオンを捕獲した原子から高エネルギーの特性X線が発生する。



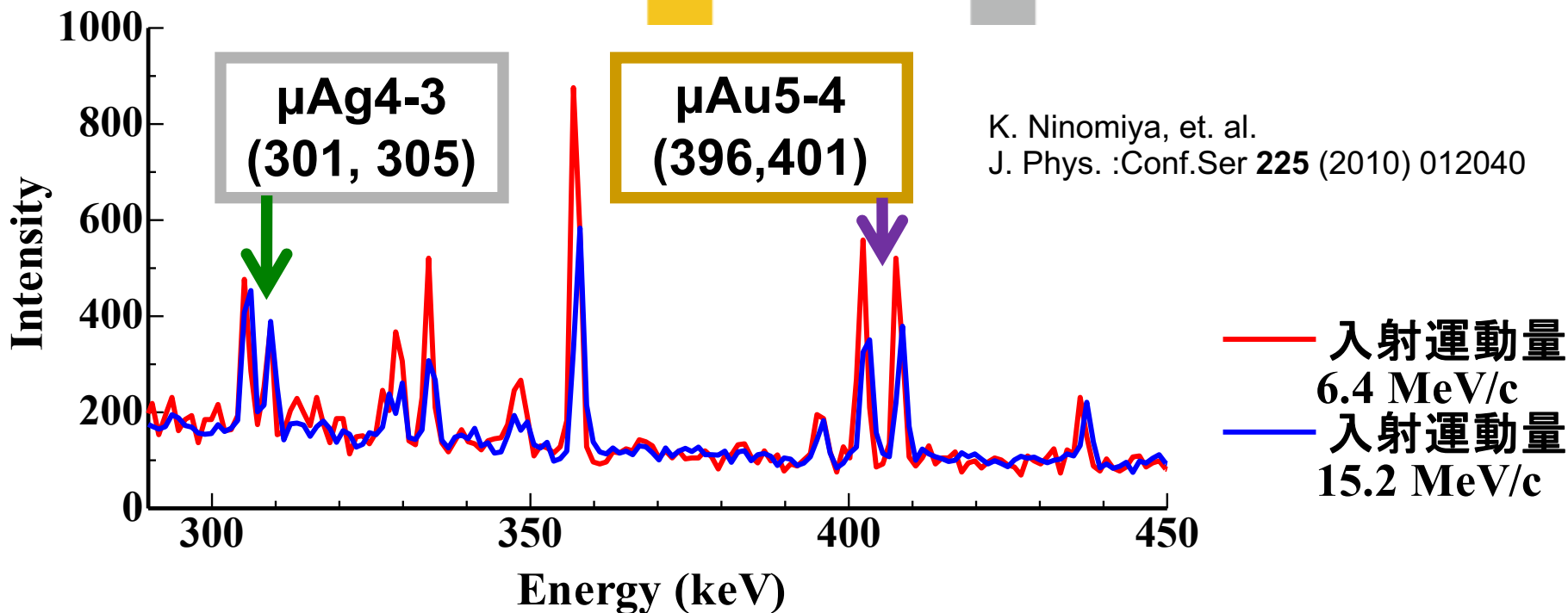
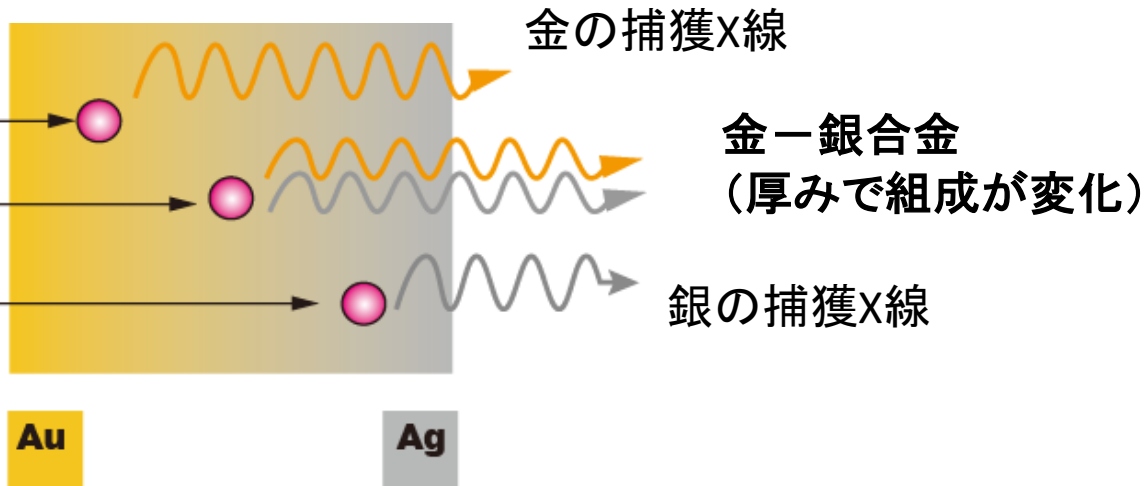
ミュオンによる特性X線はエネルギーが高い
→物質内部の元素分析が可能

例: アルミニウム Kα 1.2keV
μKα 356keV

電子の特性X線はエネルギーが低い
→物質表面の元素分析は可能だが、、、

D2_負ミュオン実験

荷電粒子である
ミュオンはエネルギー
を変えることによって
選択的に
停止位置を変えること
ができる。

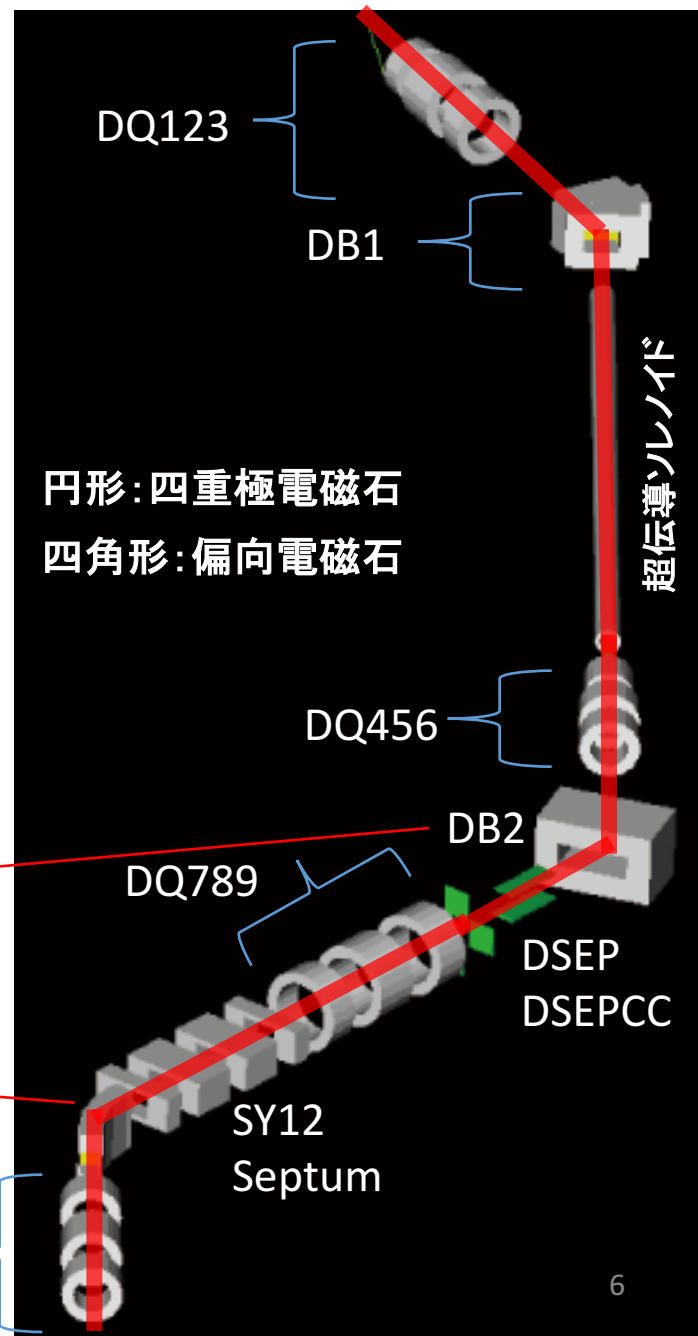
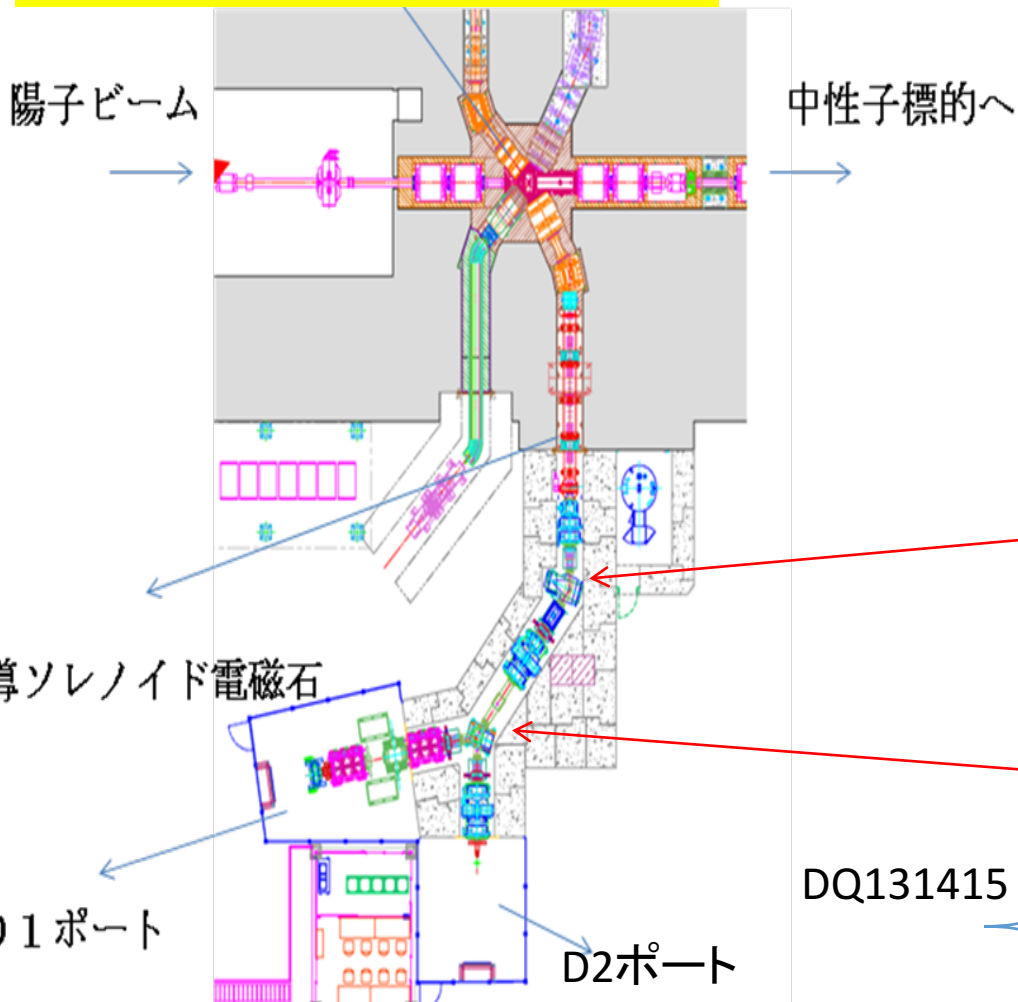


実験内容によって打ち込むミュオンのエネルギーを任意に変えて実験する

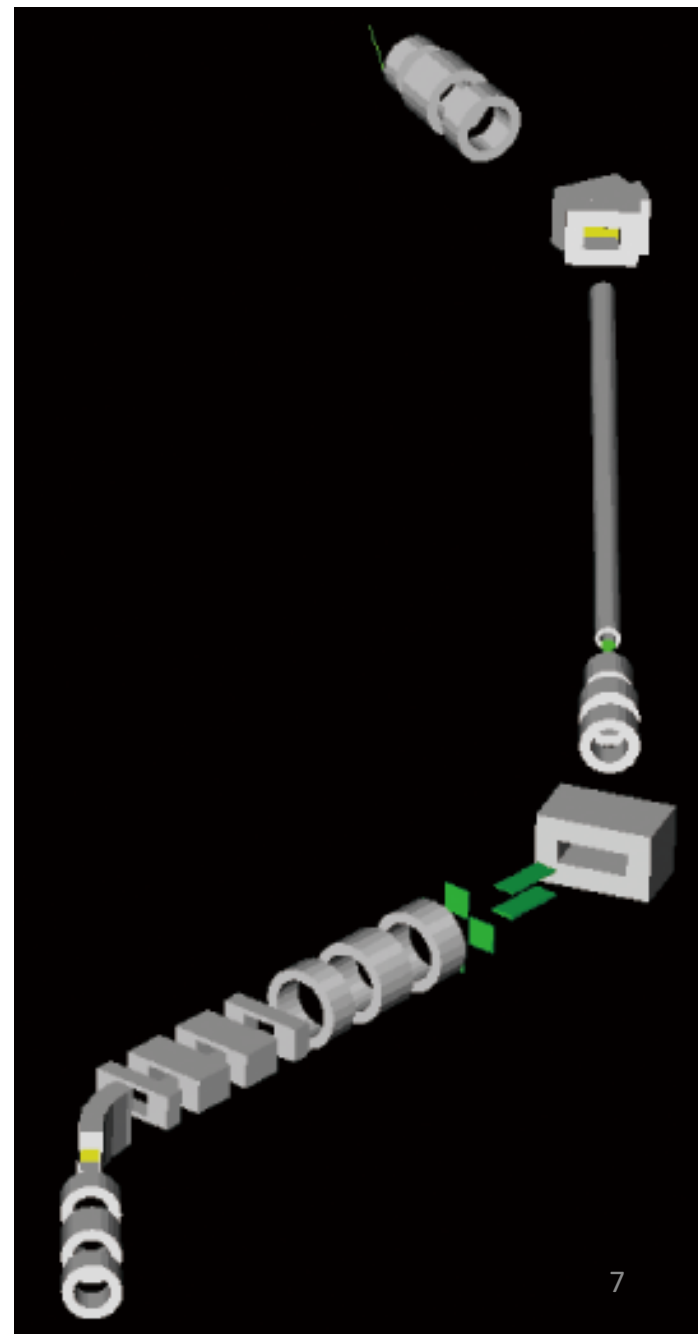
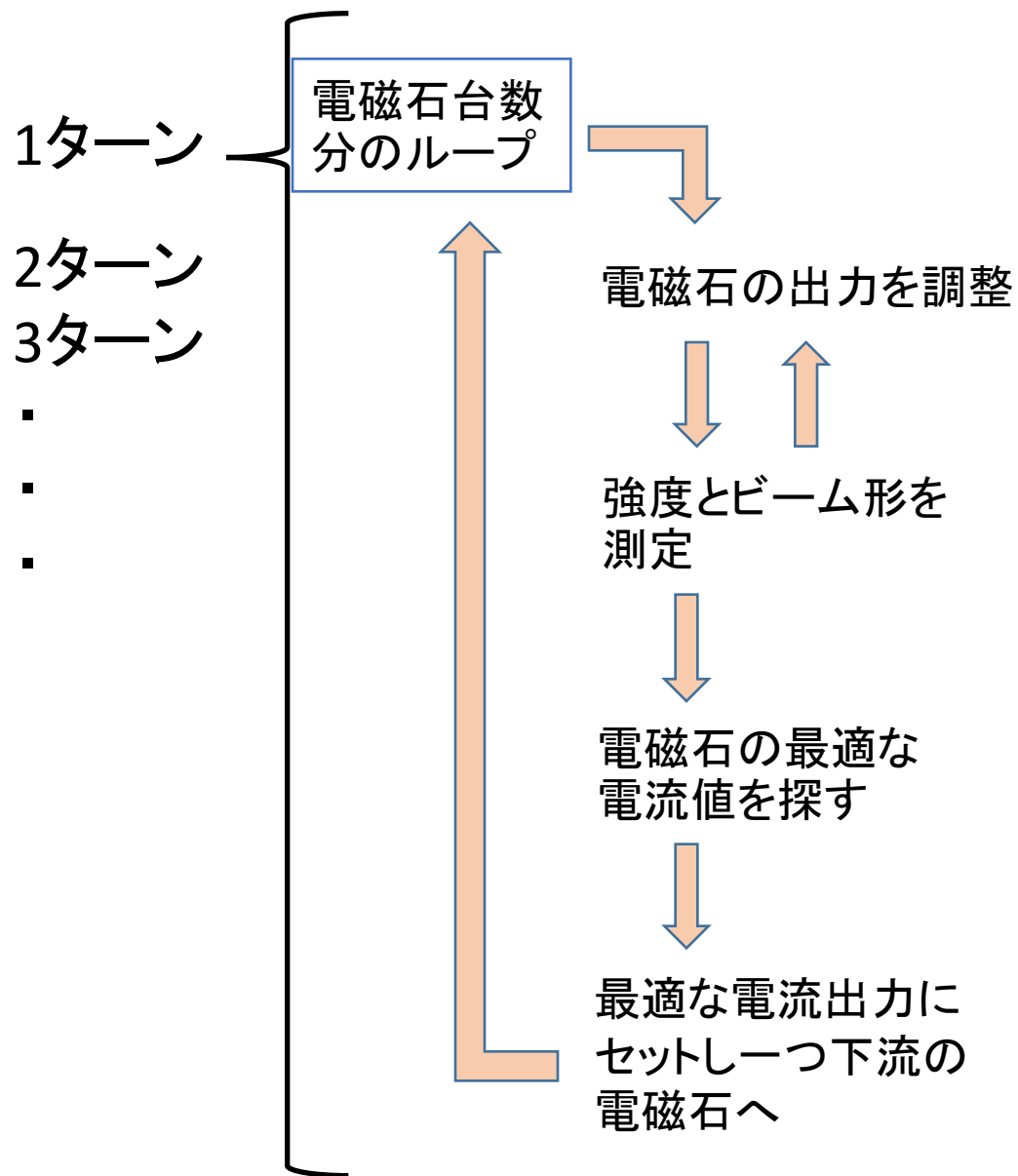
ミュオンビームチューニング

ミュオンビームの強度・運動量・ビーム形を制御するには、ビームライン輸送電磁石によるチューニングが必要

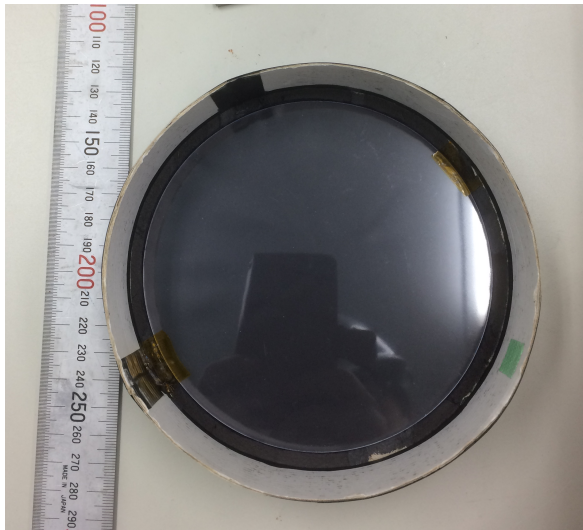
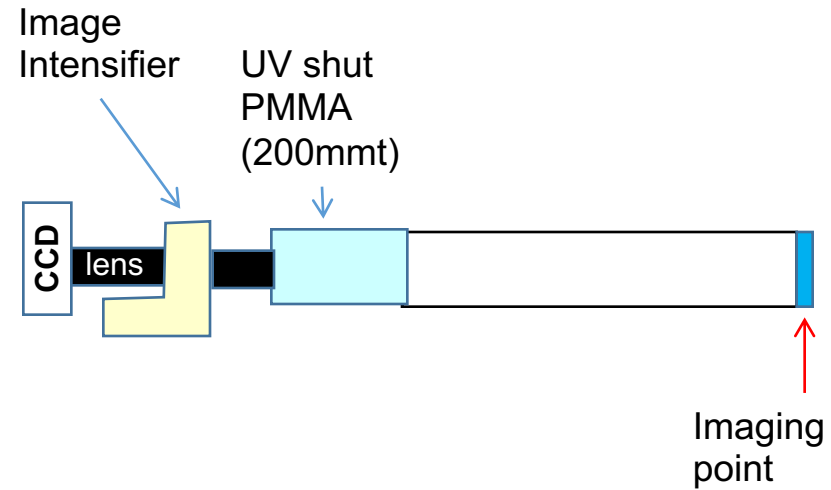
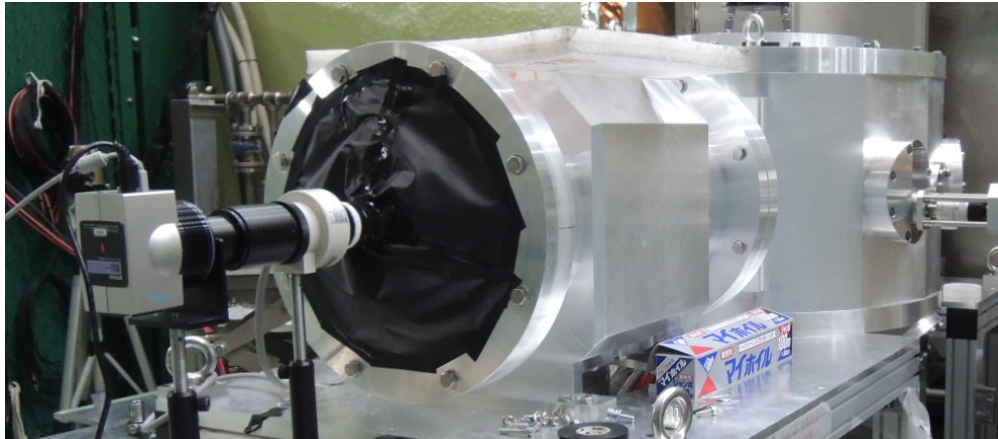
Muon Beam D line at J-PARC MLF



ミュオンビームチューニング



従来チューニング



Φ145mm 2mm厚

ID	Main	Control	Output	Polarity	Current Set	Current	Voltage
QD001	ON	ON	ON	Negative	-221.6	-221.6	-13.3
QD002	ON	ON	ON	Negative	-164.3	-164.2	-18.6
QD003	ON	ON	ON	Negative	-119.0	-118.8	-11.7
QD004	ON	ON	ON	Positive	58.3	58.1	7.8
QD005	ON	ON	ON	Positive	76.4	76.1	6.2
QD006	ON	ON	ON	Positive	46.4	46.1	3.7
QD007	ON	ON	ON	Positive	21.0	20.8	2.7
QD008	ON	ON	ON	Positive	26.8	27.1	2.0
QD009	ON	ON	ON	Positive	24.4	24.2	1.9
QD010	ON	ON	ON	Negative	-37.3	-37.1	-3.6
QD011	ON	ON	ON	Negative	-82.2	-81.8	-8.1
QD012	ON	ON	ON	Negative	-78.3	-78.2	-7.7
QD013	ON	ON	ON	Negative	-24.8	-24.6	-2.0
QD014	ON	ON	ON	Negative	-33.6	-33.5	-2.4
QD015	ON	ON	ON	Negative	-30.2	-30.0	-2.4
QD001	ON	ON	ON	Negative	-214.00	-214.10	-7.1
QD002	ON	ON	ON	Negative	-43.82	-43.7	-4.7
QD012	ON	ON	ON	Positive	25.80	25.6	1.4
QD012	ON	ON	ON	Positive	62.40	62.40	24.22

MODE: QPS Start, QPS Stop, Momentum Ctrl

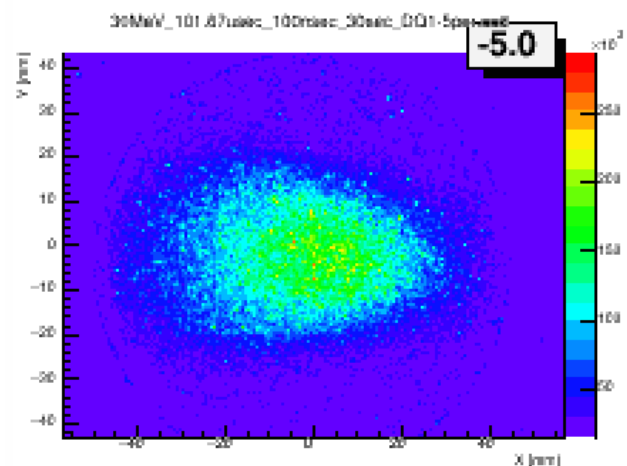
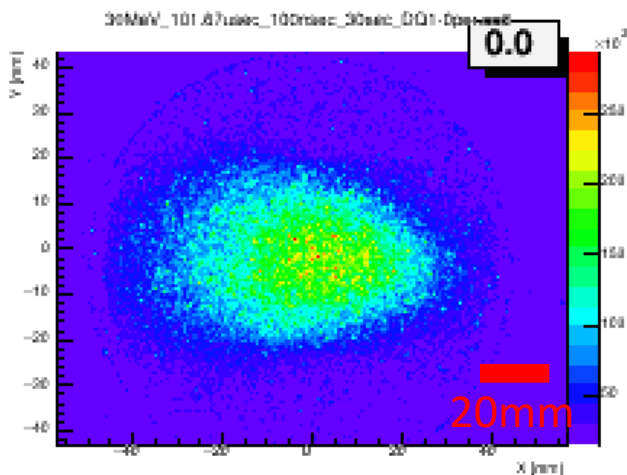
D-line vacuum: DSOL 1.0e-04 Pa, DSEP 5.3e-05 Pa, D1 4.9e-05 Pa, D2 3.9e-05 Pa

Monitor: POSITIVE 179.6 kV, NEGATIVE 179.6 kV

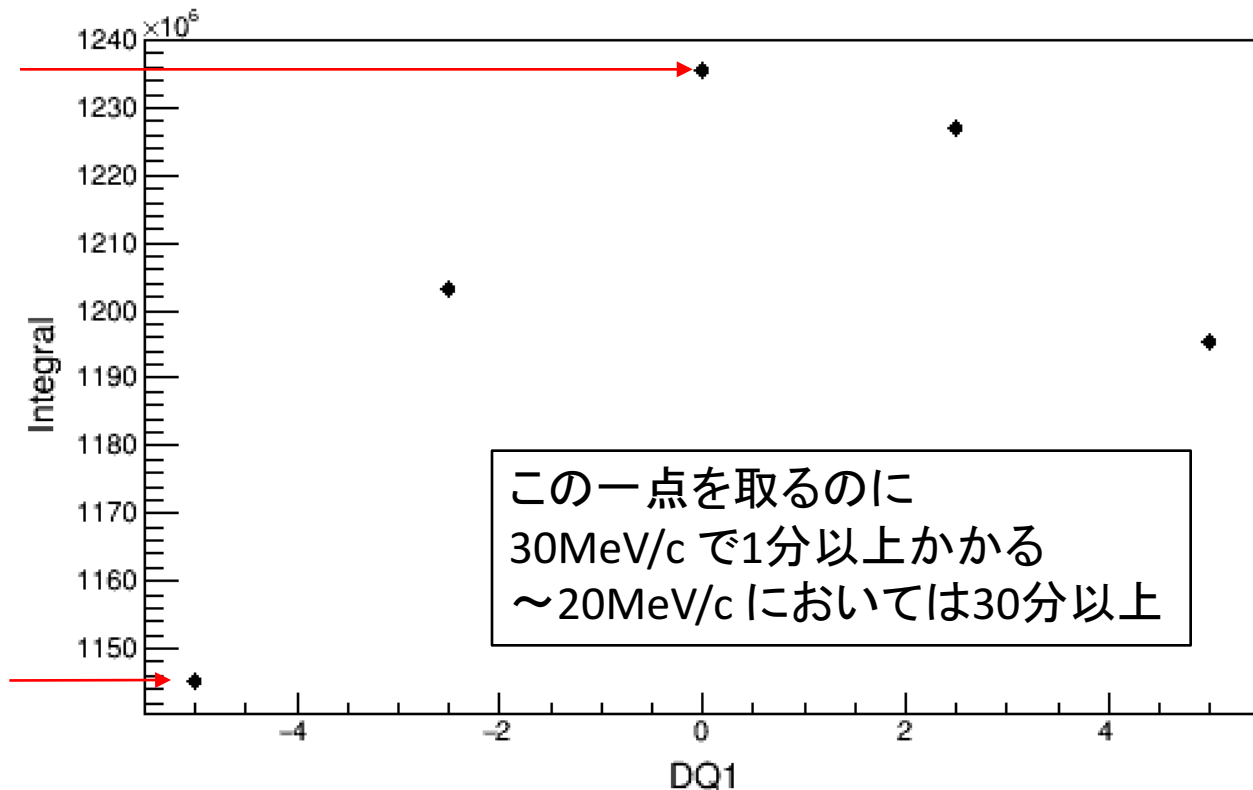
Proton Beam: 18.4583 TeraProton/pulse
Muon Target: 14.2708 TeraProton/pulse

真空チャンバー内のシンチレータの発光をCCDカメラで測定し、その強度を最適化

従来チューニング



ビームパターン



- ・人と時間と労力がかかってとても大変
- ・ミュオンの運動量を打ち込む深さによって選択するため、各運動量毎に電磁石の設定値を知る必要がある
- ・低速ミュオンになるとミュオンの数が少なくなるためビームパターンを得るのに時間がかかる

このようなルーチンは機械にやらせたい

● J-PARC ミュオンビームライン

● 自動ビームチューニング

● まとめ

D2チューニングの迅速化道具紹介

● ForTune

TRIUMFのmultiplet tuneが基になっている
可視化及び制御部はV.I.C.社製の自動ビームラインチューニングシステム
表面ミュオンチューニングにおいてはU、D1、S1ラインに既に実装・運転中
(KEK 小嶋 足立)

● 電磁石制御サーバー(D-EPICSサーバー)

ミュオンDラインの電磁石電源をリモート制御するサーバー

● DAQ(汎用データ収集プログラム) Ref. 計算機センター 山形さん

各ビームラインにおいて μ SR、X線元素分析実験等で用いているデータ収集系

● VME-QDC

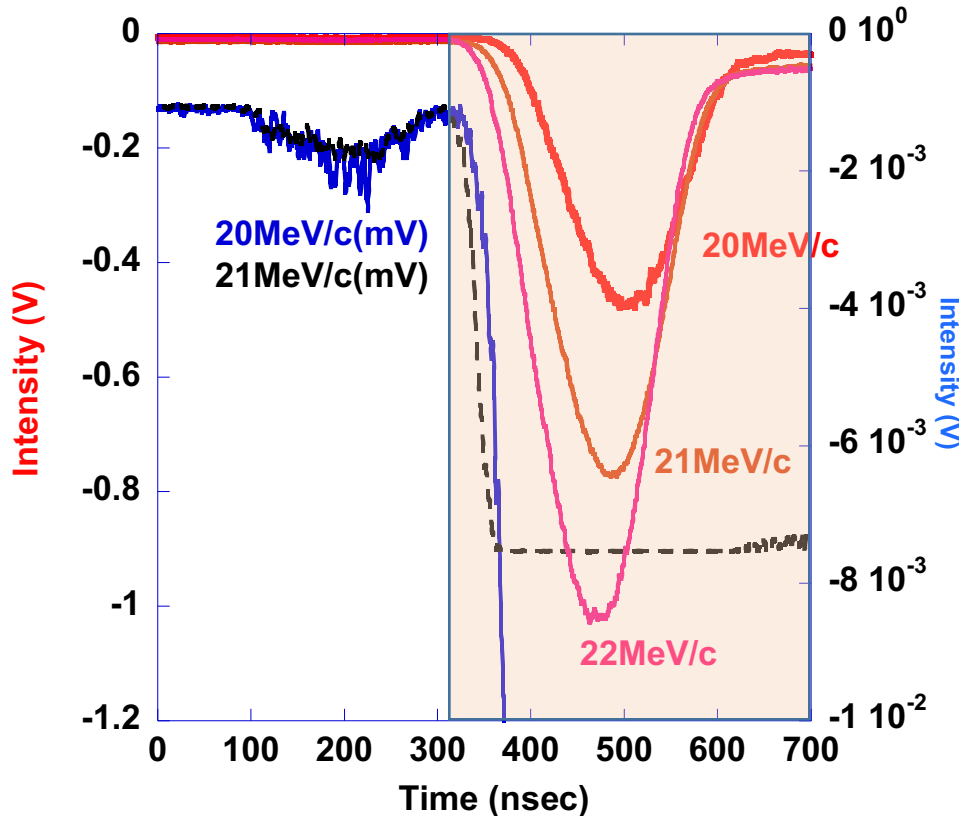
仁木工芸製、負極性アナログパルスのピーク面積を13bit変換するMCA

● ファイバーケーブル付プラスチックシンチレーター

Φ145mmシンチレータの縁にファイバーケーブルを巻いて改造したもの
ミュオンの強度及び時間波形を電気信号として取得する

仁木工芸VME-QDC

負極性パルスの面積をAD変換(0-2.5V)
→このA/D値が最大になるようチューニング

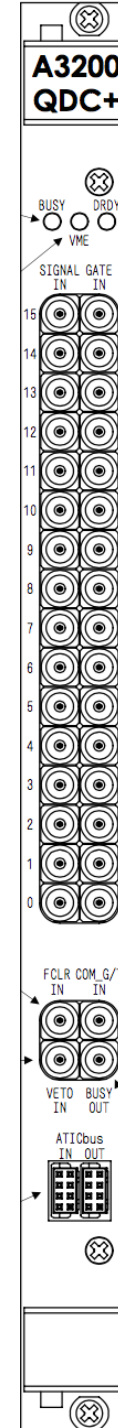


ミュオンのみをゲート内に入れ最適化

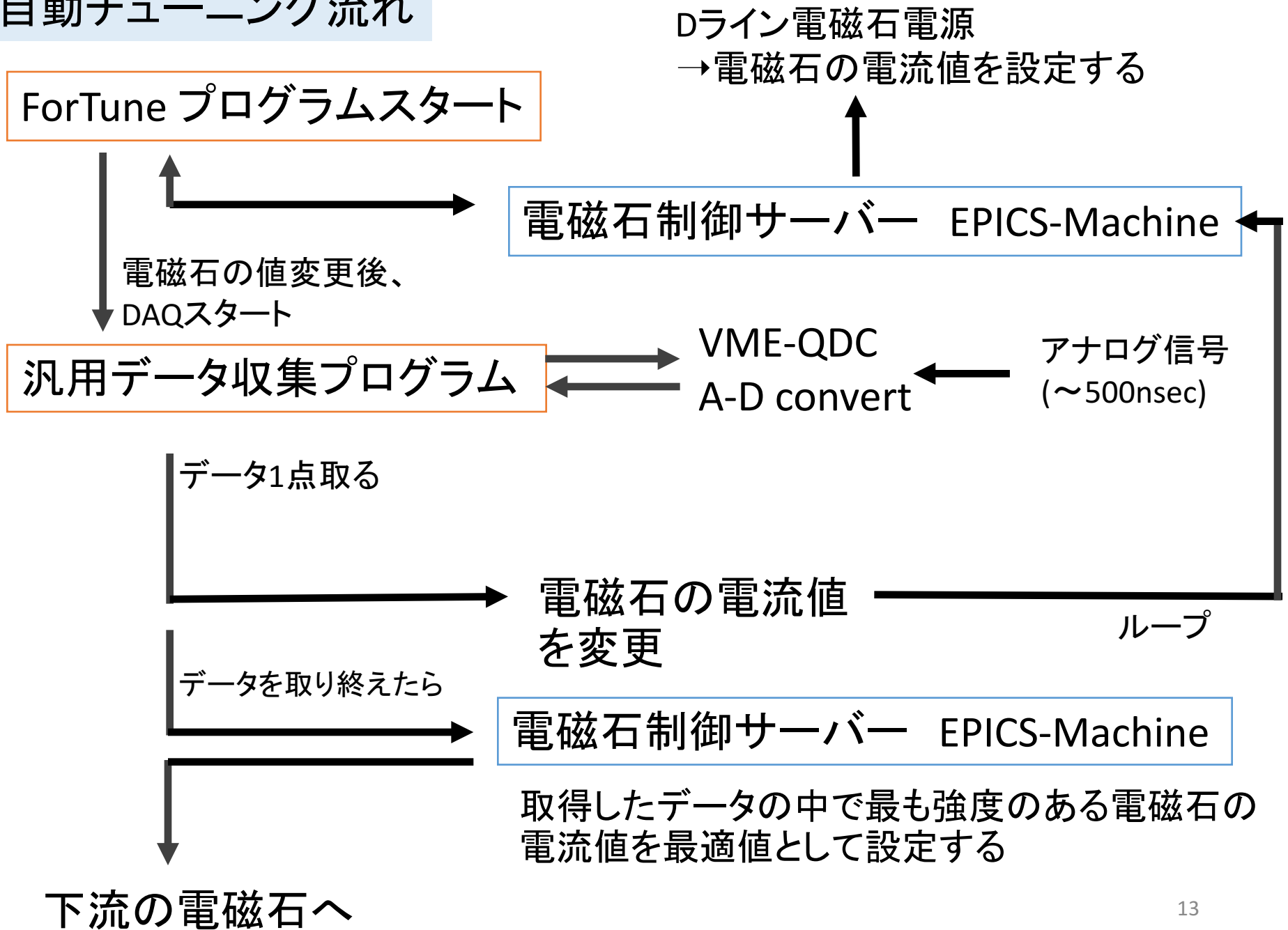
QDC A3200

●ゲート幅 20ns~1 μ s
の外部入力個別ゲート
制御による QAC

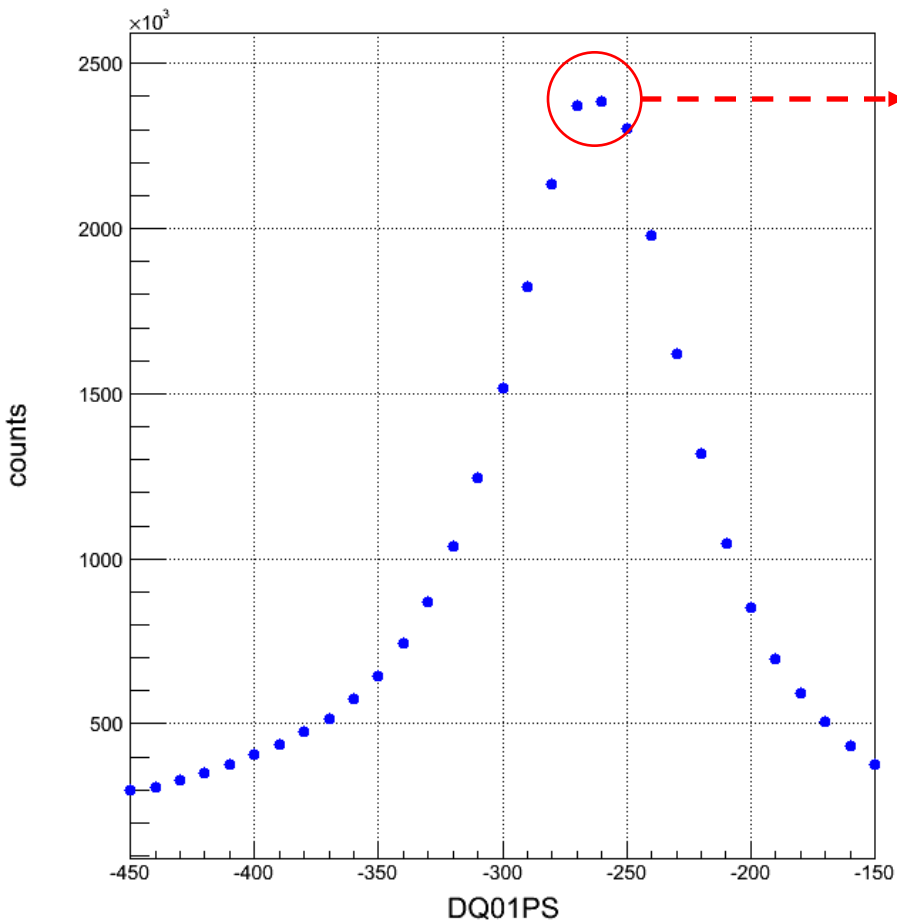
●分解能 250fC。
-2000pC ダイナミック
レンジを 13Bit デジタル
データに変換



自動チューニング流れ



自動チューン

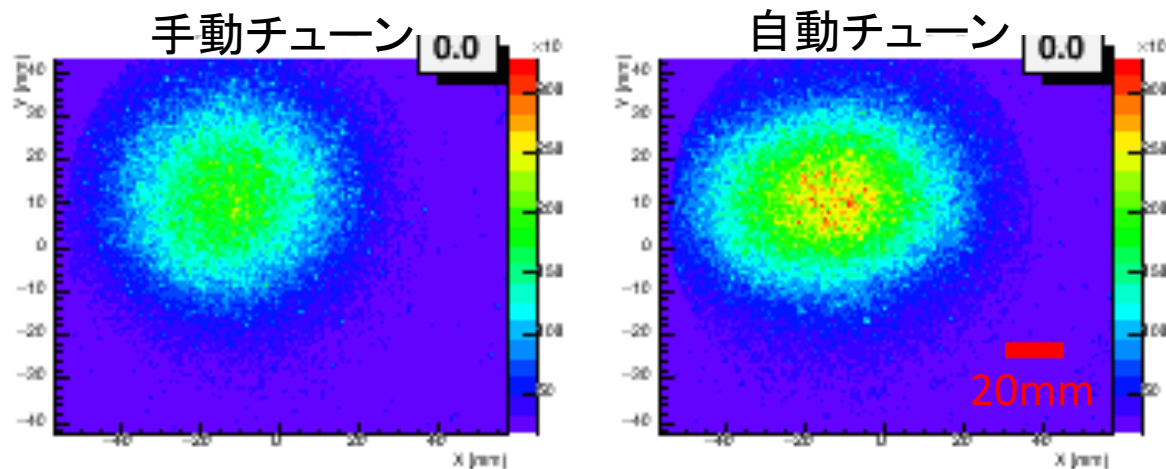


最大値を取得したら、
電磁石電流値をその最適値として
設定

→下流の電磁石へ

強度にも依るが
30MeV/cのチューニング時には
1点取るのに約12秒かかる

DecayMuonのチューニング結果



30MeV/cにおいて、手動チューニングした過去のデータと比べ強度が1.3倍に増加

- 2人以上が付きっきりで行っていた手動チューンに比べて、チューニングが大幅に楽になった
- チューニングにかかる時間が減少した
手動:1点取るのに1分以上 自動:1点取るのに約12秒
- 手動では時間がかかり過ぎてできていなかった
低エネルギーミュオンチューニングまで手が回った

● J-PARC ミュオンビームライン

● 自動ビームチューニング

● まとめ

●崩壊負ミュオンチューニングにも自動チューニングシステムを導入した

→ForTuneによるチューニングで
チューン時間、人手、労力を抑えることに繋がった

→低速負ミュオン(5MeV/c~)のチューニングまで
チューニングできた

●ForTuneは汎用ビームチューニングプログラム。 EPICSを用いた電磁石系を最適化出来る。 Figure of merit: シンチレータ発光量QDC、粒子カウント数など MLFミュオンは汎用DAQで取れる情報 データデコーダを変えれば、DAQ変更も可能

謝辞

KEK 小嶋健児 足立泰平 李華 反保元伸 三宅康博

ビームコミッショニング参加者