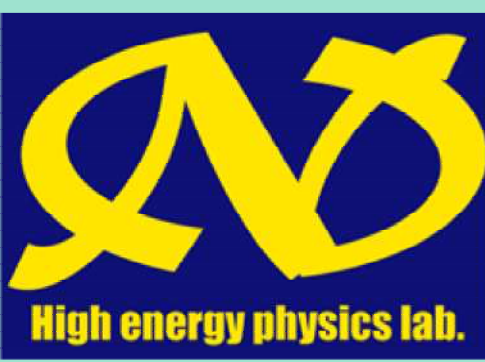


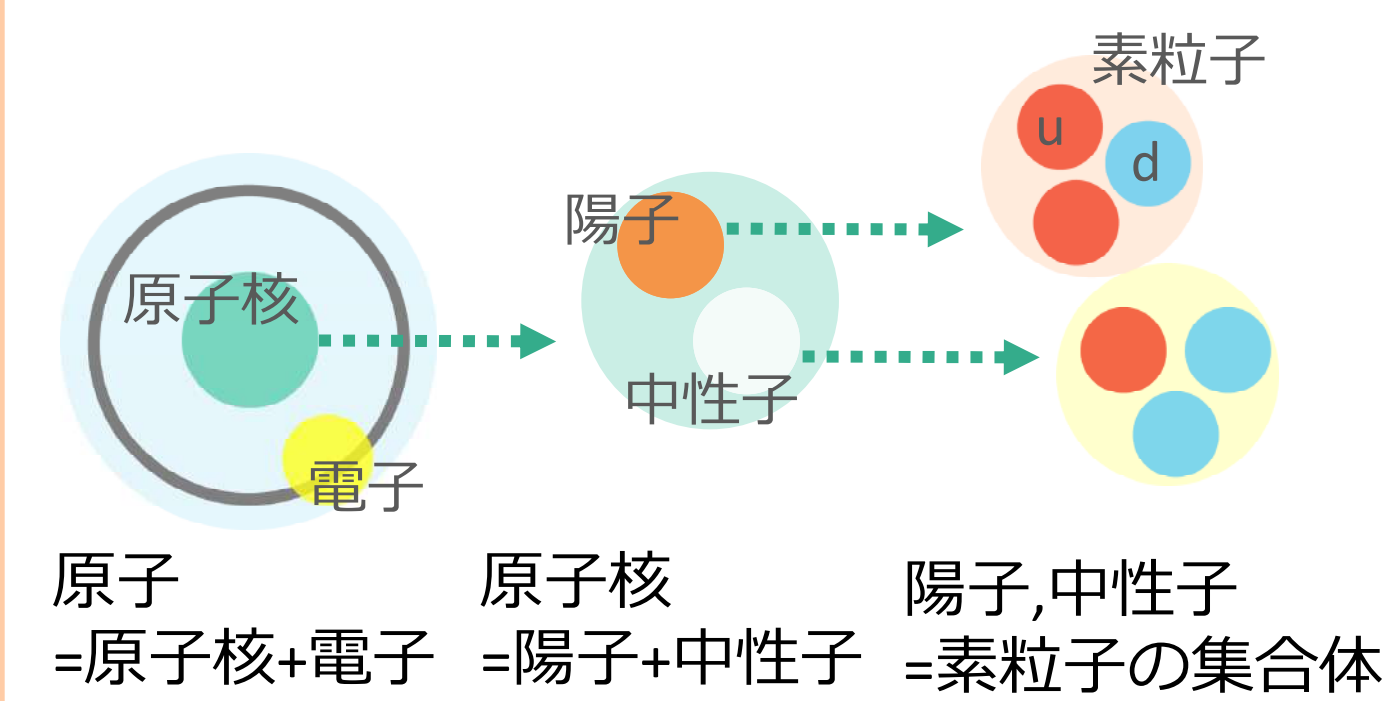
素粒子新理論への鍵をつかむ！ 世界初のミュオン加速器で挑むJ-PARC ミュオン $g-2$ /EDM実験



素粒子新物理の鍵：ミュオンの物理

物質の最小単位 素粒子

陽子や中性子は物質を構成する最小単位ではない。**物質を構成する最小単位は素粒子**である。



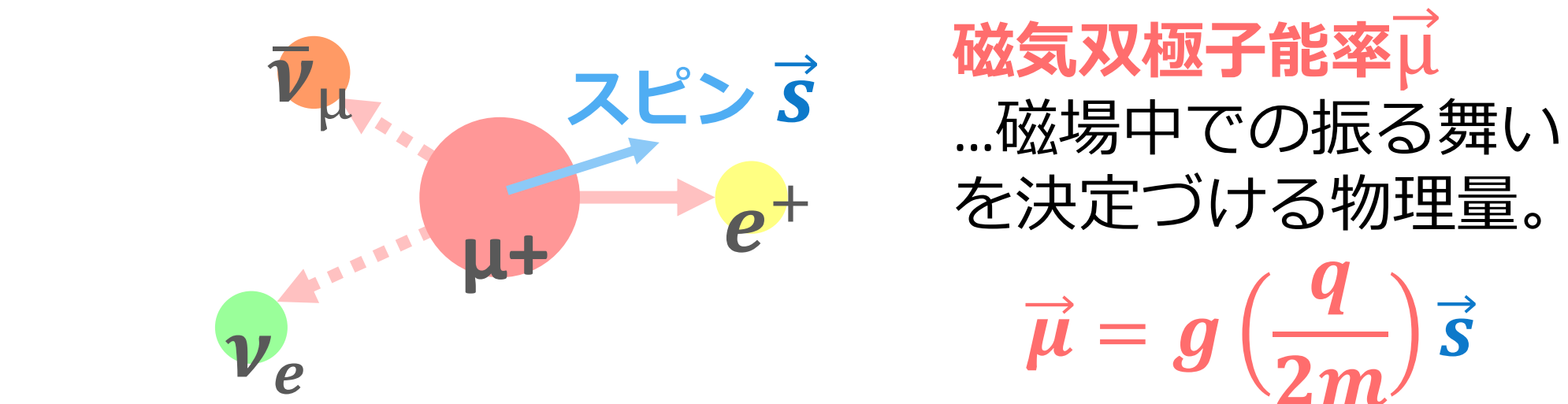
素粒子のうち、フェルミオンにはクォークとレプトンの2つのグループがある。電子やミュオンはレプトンに属する。

電荷/世代	I	II	III
0	ν_e	ν_μ	ν_τ
± 1	e	μ	τ

ミュオン

地球に宇宙線として飛来しており、加速器を使って人工的に生成することができる。

- 質量 105.6 MeV $\Rightarrow$ 電子の200倍重く、陽子の9倍軽い
- 寿命 2.2 μ s $\Rightarrow$ 比較的長い
- スピン 1/2 $\Rightarrow$ 磁場中で回転運動をする

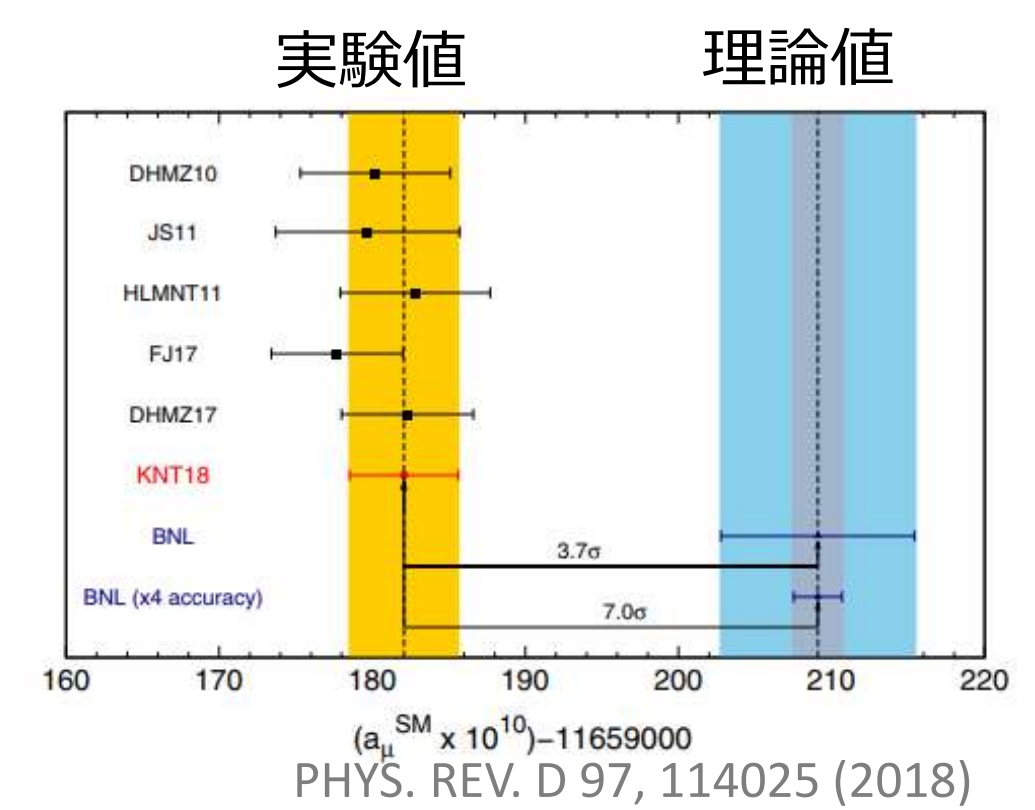


2つの回転運動

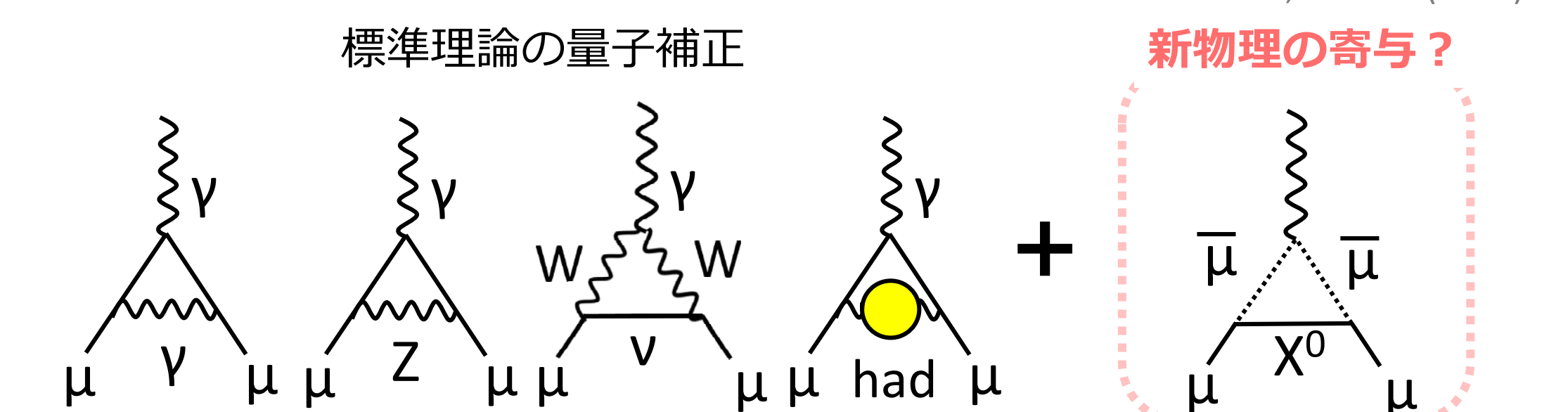
ミュオンは磁場中で
・ローレンツ力による回転運動
・スピンによる回転運動
を行う。スピンに関連する**ランダのg因子**の値の違いにより回転運動の周波数にずれが生じる。
 $\Rightarrow$ この**ずれを精密測定することで、素粒子新理論の影響を探す**

異常磁気能率 ($g-2$)

標準理論からの予測値と先行研究での測定値との間に、**99%以上の確率でずれ**が示唆されている。

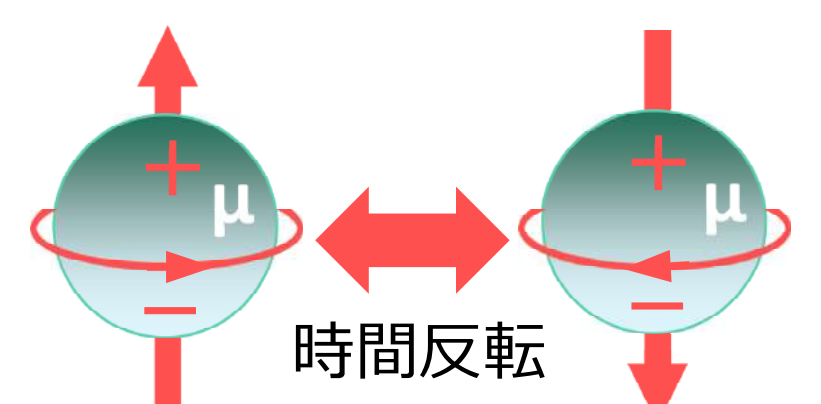


新物理の兆候が期待されている。



電気双極子能率 (EDM)

現在の測定精度内で有限の値が測定されれば新物理発見になる。



$\Rightarrow$ 「物質優勢の宇宙」 解明につながる

先行研究とは異なる手法を用いた精密測定による、**標準理論の厳しい検証**と**新理論探索**を目指す。

大強度陽子加速器施設 J-PARC (Japan Proton Accelerator Research Complex)

- 目的に応じた粒子を得ることができる
...高エネルギー(3 GeV or 30 GeV)に加速した陽子を様々なターゲットにあてることで、中性子・ミュオン・ハドロン・ニュートリノを生成する
- ビーム強度が高い...MLFでは500 kW(ほど)で運転されている(2019年7月)

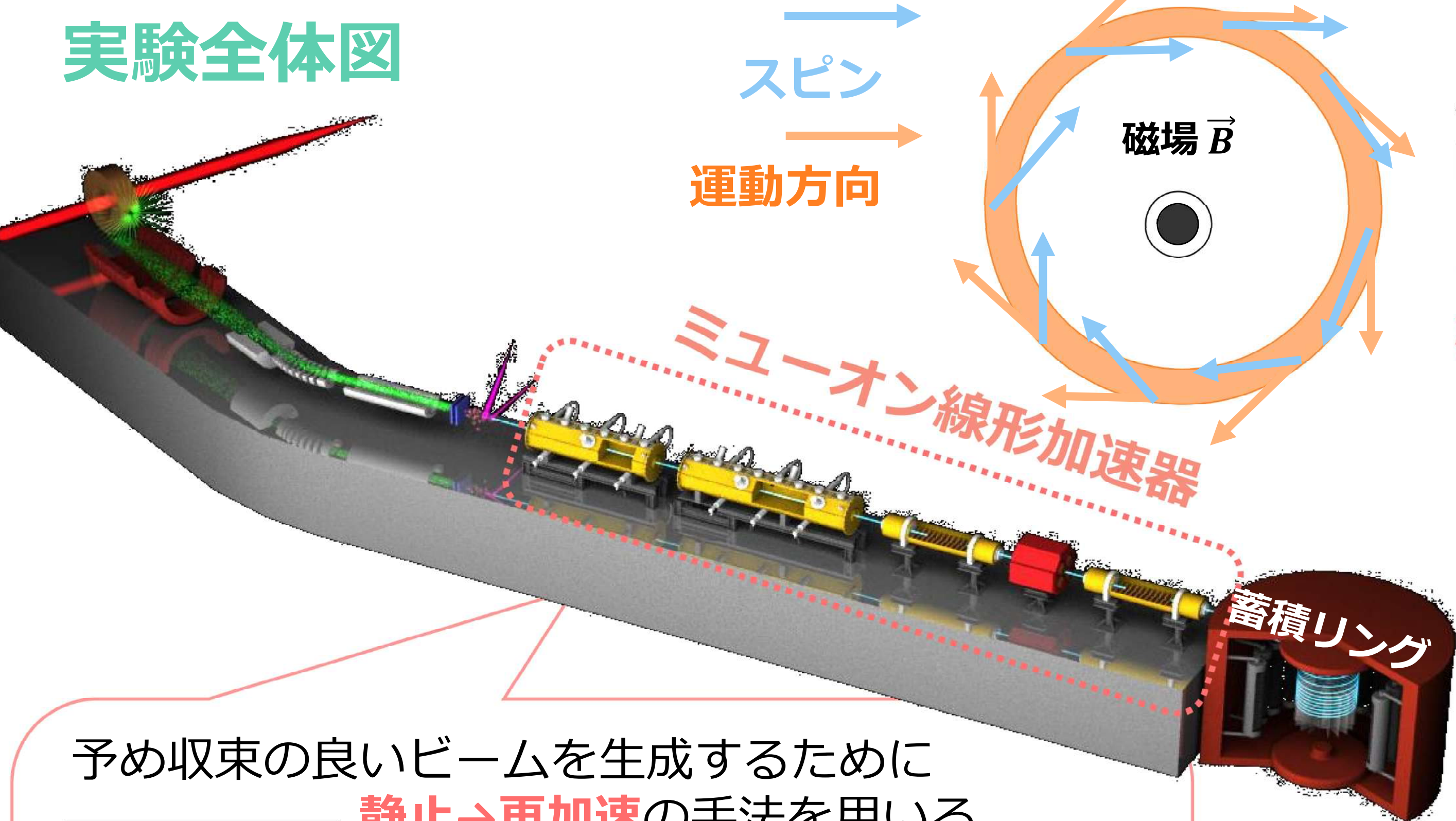
超精密測定：J-PARC ミュオン $g-2$ /EDM 実験

茨城県東海村にある**J-PARC 物質・生命科学実験施設(MLF)**において、**スピンの向きがそろった大量のミュオン**を用いて実験を行っている。

MLFでは主に**中性子とミュオン**を用いた実験が行われている

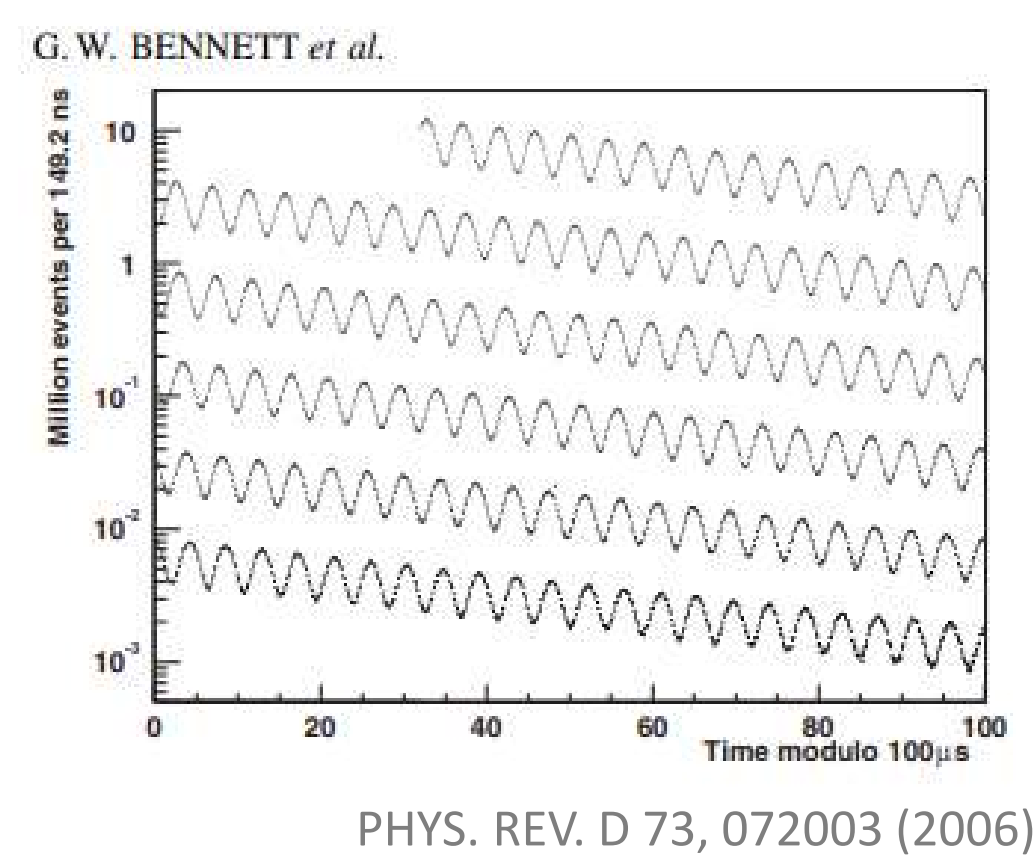


実験全体図



蓄積リング

磁場中でミュオンを回転運動させる
 $\Rightarrow$ 崩壊陽電子数の変化を測定
☆**電場を使用せず、磁場のみに収束させる**



PHYS. REV. D 73, 072003 (2006)

目標精度

	先行研究	J-PARC
$g-2$ [ppb]	540	450 $\Rightarrow$ 100
EDM [e·cm]	0.1×10^{-19}	1.5×10^{-21}

加速ミュオンの測定

2017年10月 **世界初のミュオン加速実証**
2017年12月 横方向のビームプロファイル測定
2018年11月 時間方向のビームプロファイル測定
(☆開発したビームモニターを使用)

@J-PARC MLF D2 2018/11



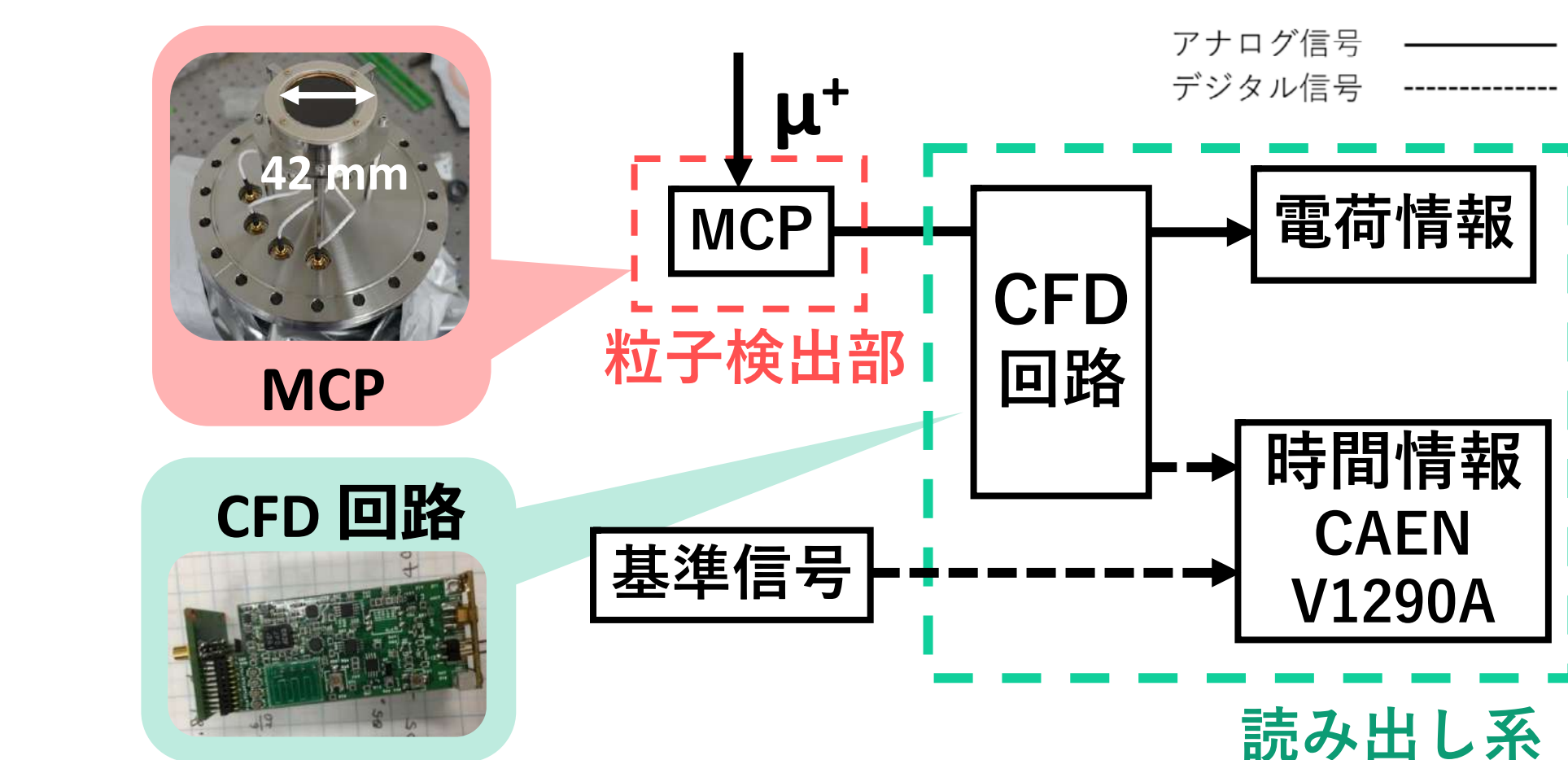
10⁻¹¹秒の精度で測定するビームモニターの開発

マイクロチャンネルプレート(MCP)

- 時間応答性が高い
- ミュオン1つに対する検出が可能

Constant Fraction Discriminator回路

- 電荷に依存した時間分解能の低下を防ぐ

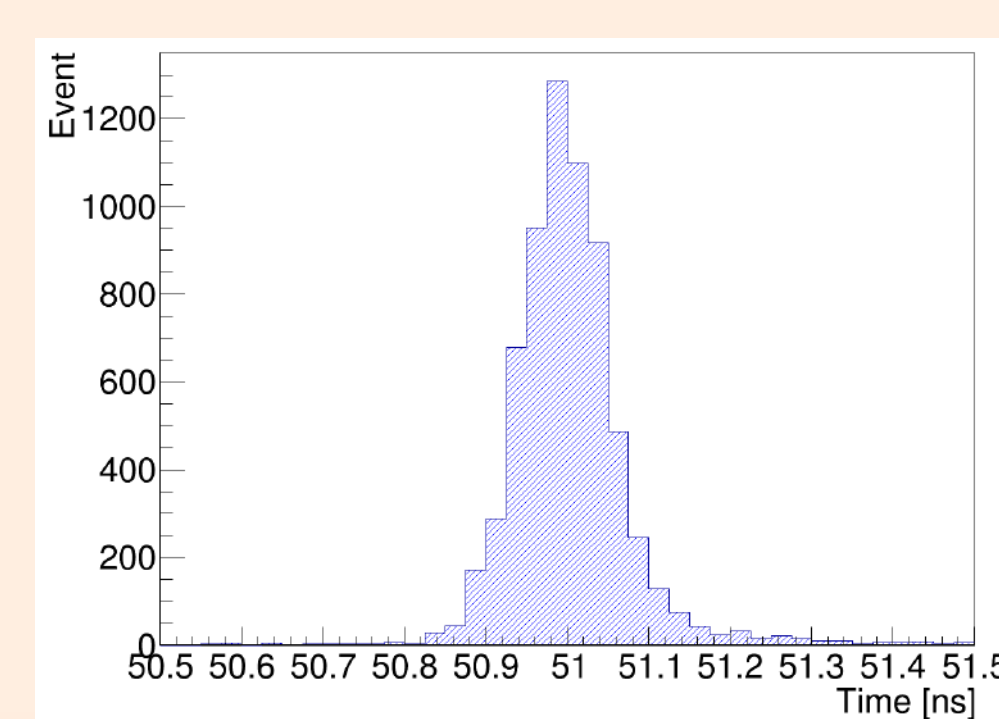
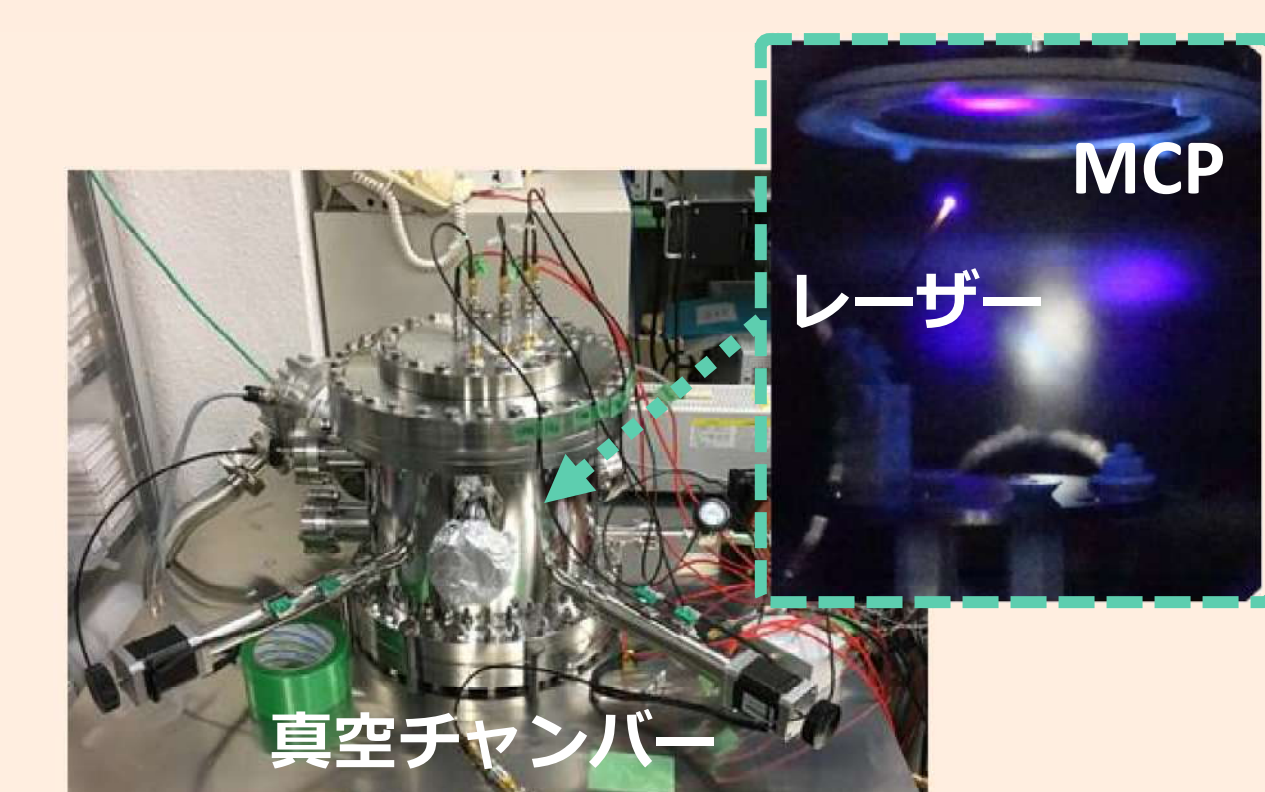


時間分解能の評価

高速レーザーをMCP表面に直接照射
 $\Rightarrow$ レーザーの基準信号とMCPから取得する信号の時間差のばらつきを評価

ビームモニターの時間分解能は**65 ピコ秒**

($\sim 10^{-11}$ 秒の精度)



次の加速にむけて ビームをつなぐ

2017-2019年に行われた初段加速器RFQでの加速試験によって、**世界で初めてミュオン加速を実証した**。加速器グループの次の目標は、**二段目の加速器IH-DTLでの加速**である。このとき、**2つの異なる加速器間でのビーム接続が重要となる**。今後は、**加速器をつなぐビーム輸送ラインの設計や、ビームモニターの誤診断による影響の見積もり**を行う予定である。

