

各施設における研究能力の更なる向上に向けて指摘された課題

< 加速器・ニュートリノ >

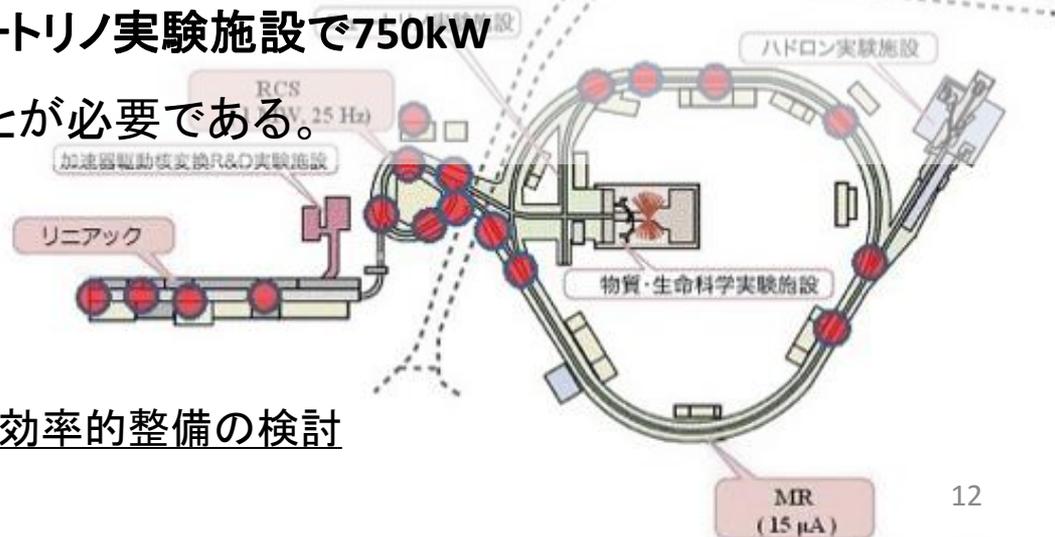
前回指摘された課題

J-PARCは、世界最高強度の陽子ビームを活用して研究を行う施設であり、世界トップの成果を創出し続けていくためには、ビーム強度の増強が必要である。これまで段階的にビーム強度を向上してきているところであるが、当面の目標として、

MLFで1MW(第2回作業部会で議論)、

ハドロン実験施設で100kW、ニュートリノ実験施設で750kW

のビーム強度に一刻も早く達することが必要である。



・ <ハドロン>:

メインリングの高度化、ビームラインの効率的整備の検討

ハドロン実験施設 - 100kW

▶ **第二世代: K中間子・ミュオンの世界最高強度のビーム**で原子核・素粒子実験をリードする、**世界で唯一の施設**。

▶ 国内から249人(53機関)、国外から210人(95機関)が実験に参加。

▶ **2個のストレンジクォークを原子核中に埋め込む、数百億回に一度の稀な崩壊を世界で初めて捉える、ための 100kW以上の大強度陽子ビーム** が必要。

▶ 過去のマシン(米国BNL-AGS)のパワーレコードは 67kW 。

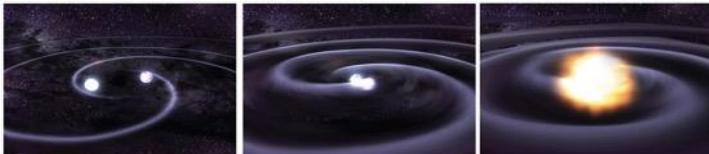
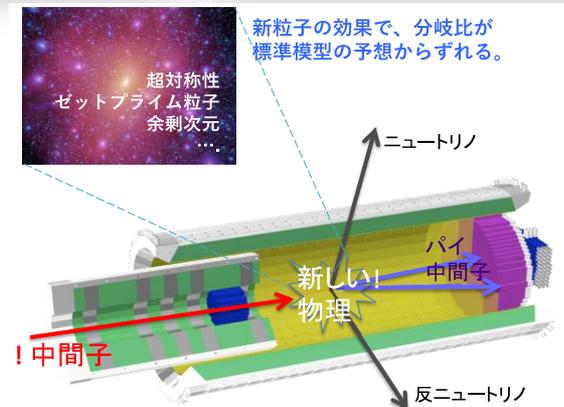
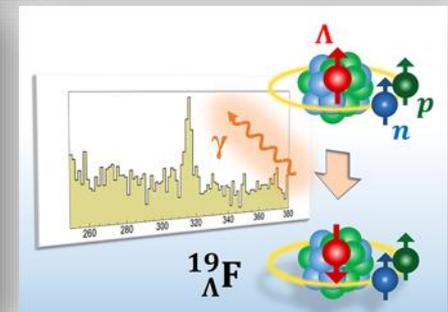
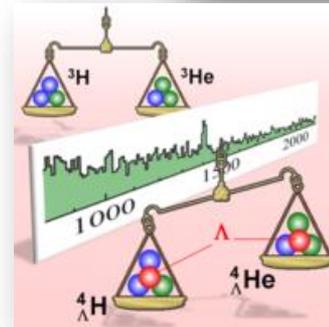
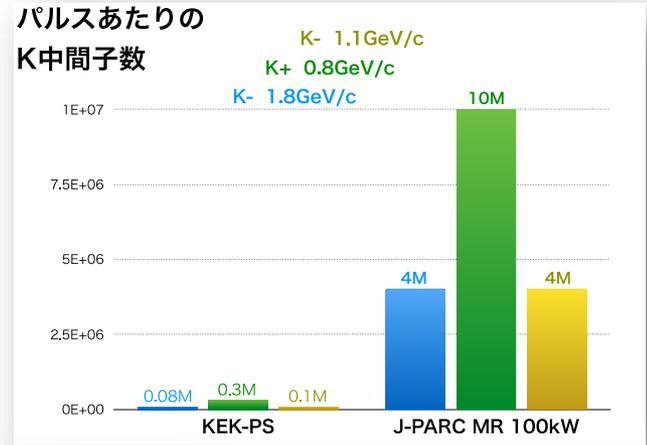
● **大強度K中間子ビーム**による実験(2013年～)で

□ **ラムダ粒子 Λ** を入れた **ハイパー原子核** で

- ・ 「荷電対称性」の破れを発見(2015年)。
- ・ 重いフッ素ハイパー原子核のエネルギー準位を初めて測定(2018年)。

□ 粒子反粒子対称性を破る **中性K中間子の稀な崩壊**の探索(2017年)を世界最高の感度で継続。

● **ポスト「京」と J-PARC実験 と KAGRA の連携**による**中性子星(高密度極限物質)**の本格的な解明へ。



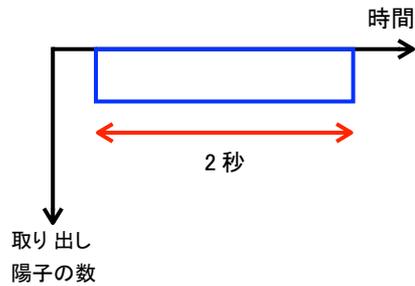
中性子星連星の合体と重力波による観測 (courtesy of NASA)
 ⇔ 中性子星の内部構造
 ラムダ粒子の寄与

ハドロン実験施設 - 100kW

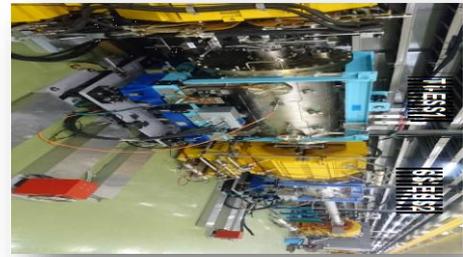
➤ ビーム取り出しと標的の技術はほぼ確立。

- MR加速器からのビーム供給は「遅い取り出し」:

- 機器でのビームロスが原理的に不可避。
 - J-PARCでは**世界最高の取り出し効率(99.5%)**を実現
 - 過去のマシン(米国BNL-AGS)では 97%。
- 遅い取り出しでの世界最高強度100kWの目処が立った。



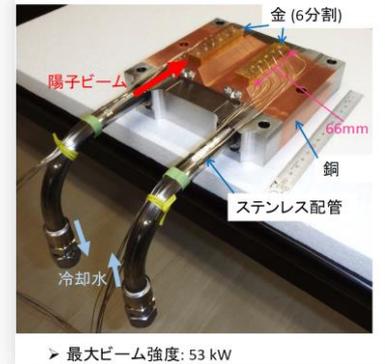
MRの遅い取り出し機器



- 実験施設側でビームを受ける**二次粒子生成標的**:

- 2015年から運用している標的システムは最大ビームパワー 50kWで設計。
 - たとえ短パルス事象などが起きたとしても放射線安全を担保し短期間に復旧できるシステムを確立。
- 大強度対応の新標的システムを開発。
 - 専門家によるレビューを含む細心の設計検討作業を実施。**

現在の標的本体



➤ MR加速器は「遅い取り出し」パワーを増強するスタディを継続。

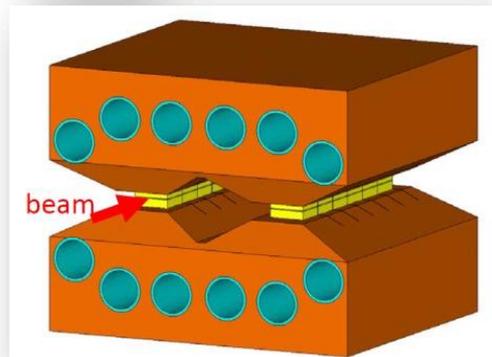
(ビームが標的を迂回する軌道を設定して実施。)

➤ **次期標的を2018年度に製作し、2019年度に更新。**

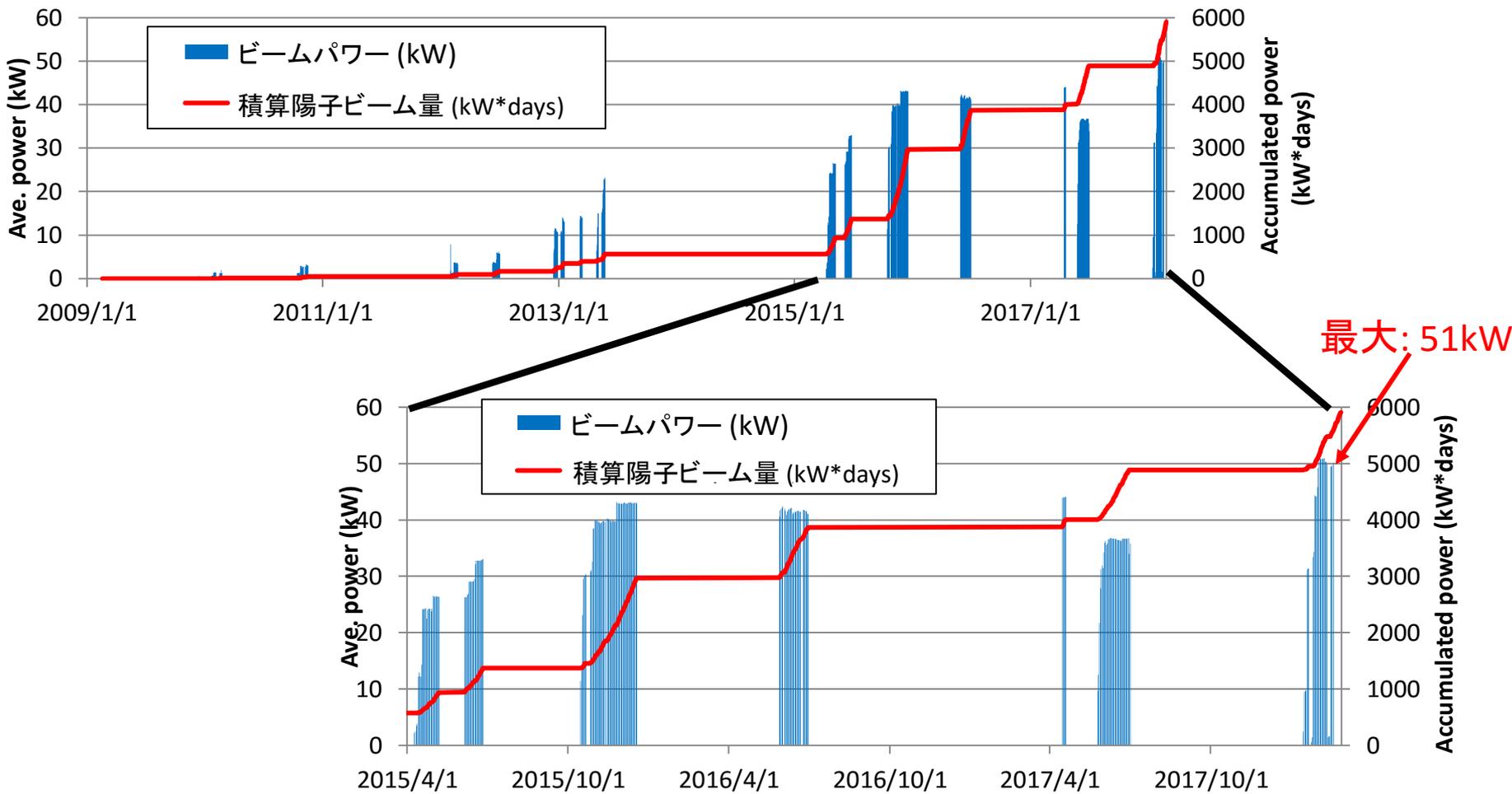
J-PARC国際諮問委員会もこの方針を支持。

➤ 150kWのパワーに向けた新しい標的を開発中。

次期標的



ハドロン実験施設30GeV利用運転のビームパワーの増強

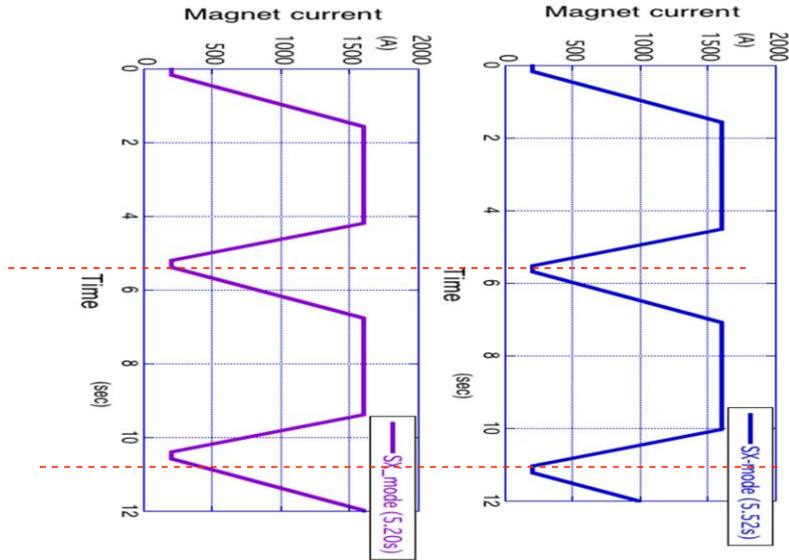


- **51kW での定常運転達成**
- **積分強度: 5811kW*days:** - 2018年1-2月の利用運転で1010kW*days (+20%)
- **運転時間(現状は、年間1~2サイクル運転)の不足が課題。**

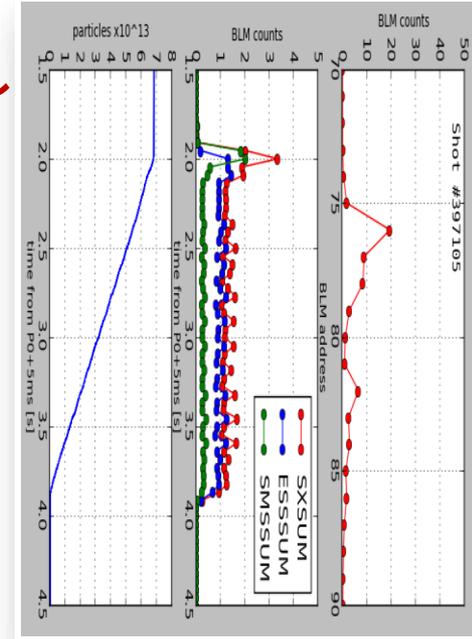
ハドロン実験施設のためのMR加速器の性能向上(2018年1-2月)

より速い繰返し(5.52秒 → 5.20秒で6%のパワー増)

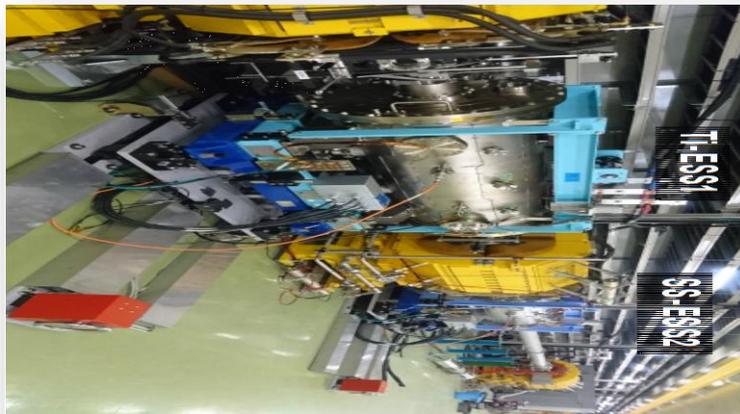
より多い陽子数/パルスのためのスタディ:



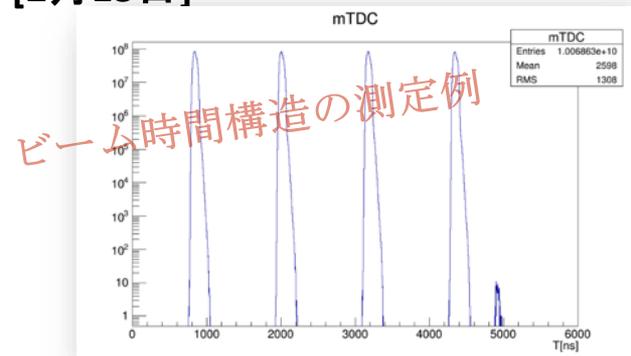
**63kWでの取り出し
(効率99.5%)
に成功 [2月26日]**



チタン製の取り出し機器の導入(現時点では上流側のみ):
ビームロスによる放射化の軽減



COMET実験のための
8GeV加速とパルスビームの連続取り出し
に成功 [2月13日]



ビーム強度の増強(MR)に対する今後の課題(案)

➤ ニュートリノ、ハドロンにおいても、目標強度の早期実現を目指すべきではないか。また、そのために必要な措置(主リング電磁石電源アップグレード等)についても引き続き取り組むべきではないか。

- 大強度の実験施設として引き続き国際競争力を保ち、世界の研究者を惹きつけるために、また、ビームラインや実験装置の建設・運転・維持に貢献してきた国内外の研究者の期待に応えるためにも、目標強度の早期実現をはかる。
- そのために、主リング電源アップグレードの予算措置により、2021年度までに主リング電磁石電源を完成させることを目指す。
- それに加えて、ニュートリノ実験施設では1.3MWの強度、ハドロン実験施設では100kWを上回る強度を目指し、検討と開発を続ける。
- 十分な運転時間を確保するためには、運転経費が必要。引き続き稼働率の向上を目指す。



ニュートリノ
国際共同実験
(T2K)



ハドロン
国際共同実験
(KOTO)



ハドロン
国際
ワークショップ



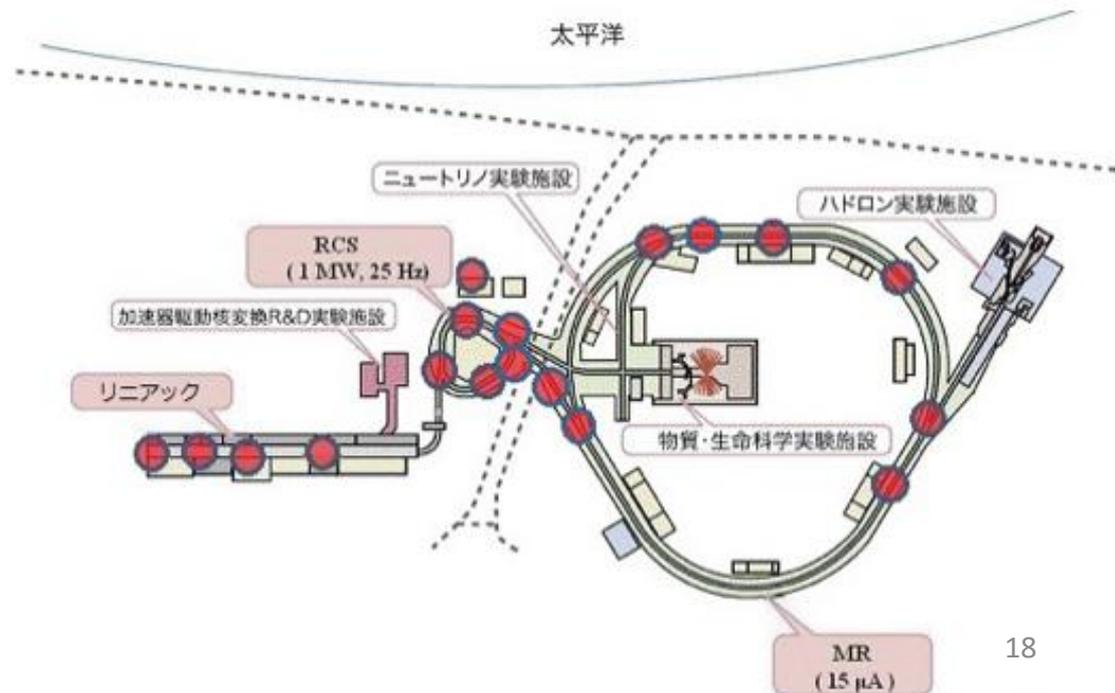
ハドロン
国際共同実験
(COMET)

各施設における研究能力の更なる向上に向けて指摘された課題

<ハドロン>

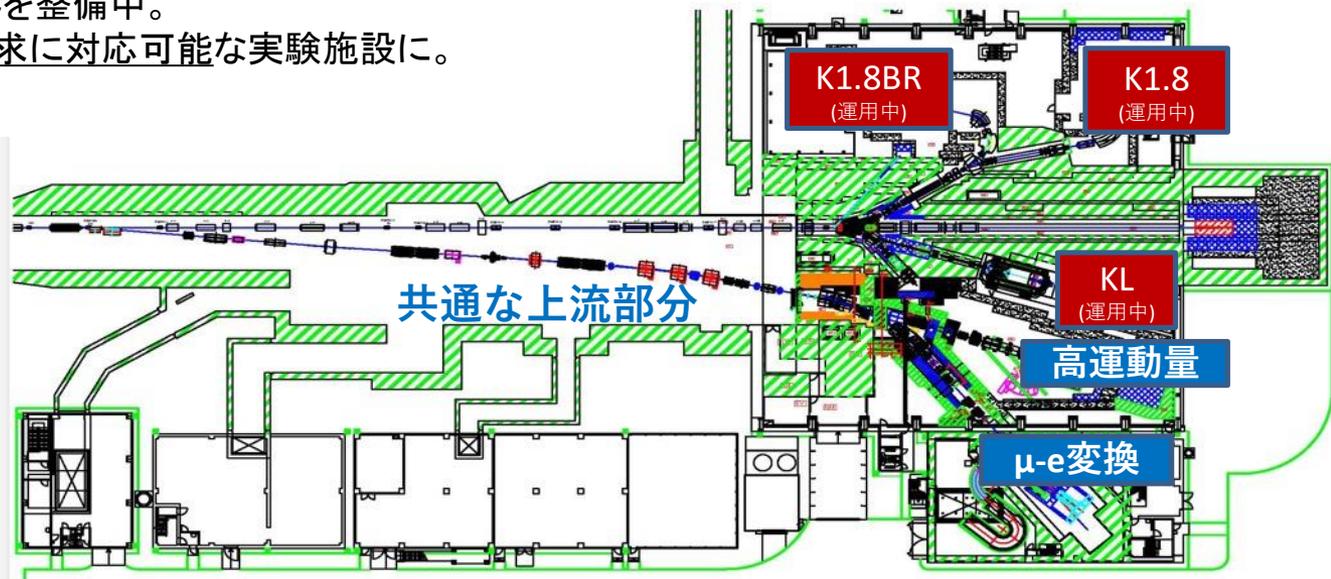
前回指摘された課題

メインリングの高度化、ビームラインの効率的整備の検討

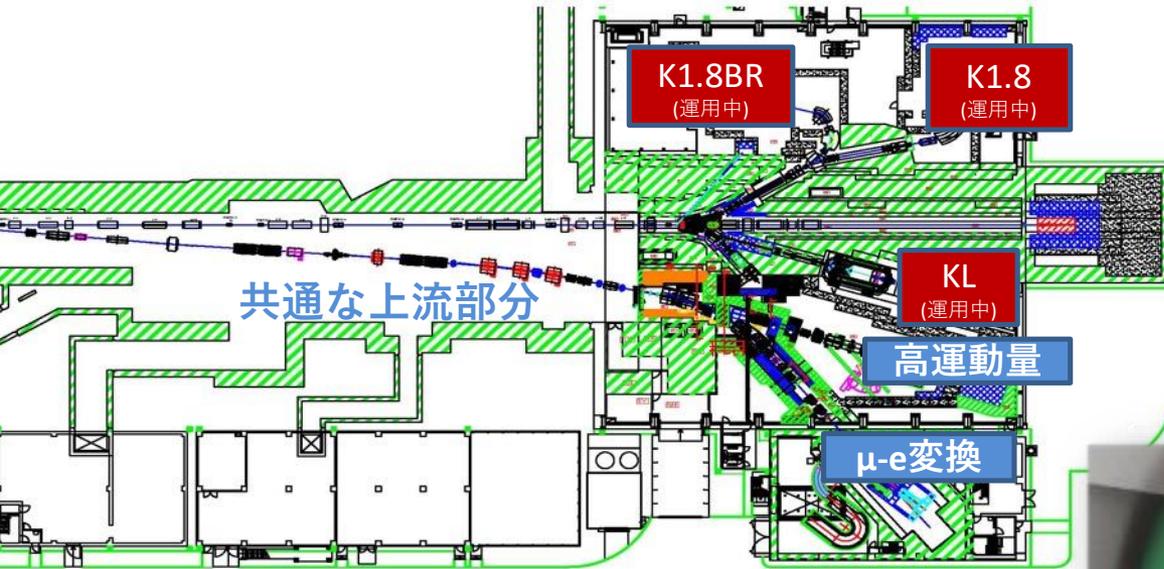


- ▶ **荷電粒子ビームライン2本:K1.8、K1.8BR と 中性粒子ビームライン1本:KL**を整備し運用(H25年度)。
 - 大強度ハドロンビームの強みを生かす実験プログラムを実施中。
 - ラムダ粒子(ハイペロン)を入れたハイパー原子核を生成し、荷電対称性の破れを発見(H27年)。引き続き、ハイパー原子核の性質や陽子・中性子-ハイペロン間の核力を系統的に測定。
 - Hダイバリオン粒子の探索、高密度の原子核やハドロン束縛状態を研究。
 - 粒子反粒子対称性を破る中性K中間子の稀な崩壊の探索(H29年)を世界最高の感度で継続中。

- ▶ **高運動量ビームライン と μ -e変換実験ビームラインの上流部分を共通化し効率的な設計とした。**
 - 現在、遮蔽や検出器を整備中。
 - 多様なビーム要求に対応可能な実験施設に。

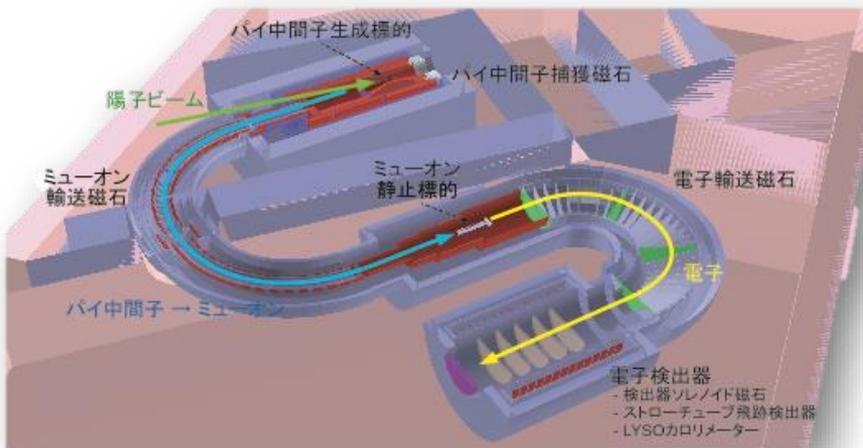
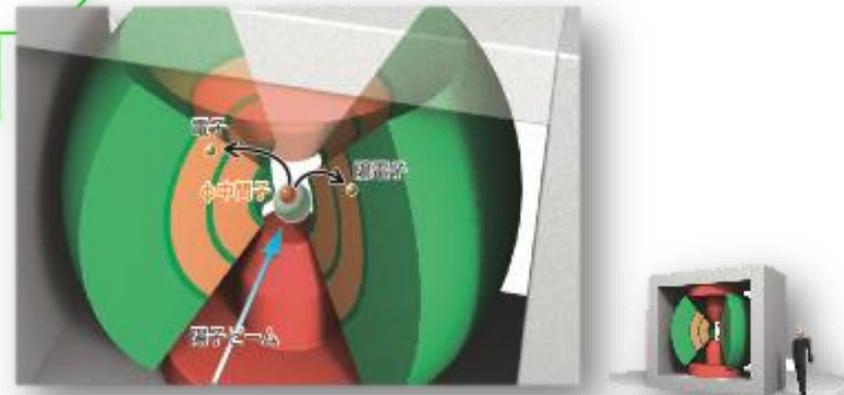


高運動量ビームラインと μ -e変換実験ビームラインでの実験



➤ハドロン質量変化の研究

陽子ビームを原子核標的に衝突させて
 ϕ 中間子をつくり、
 それが崩壊してできる
 電子と陽電子を測定する(E16実験)。



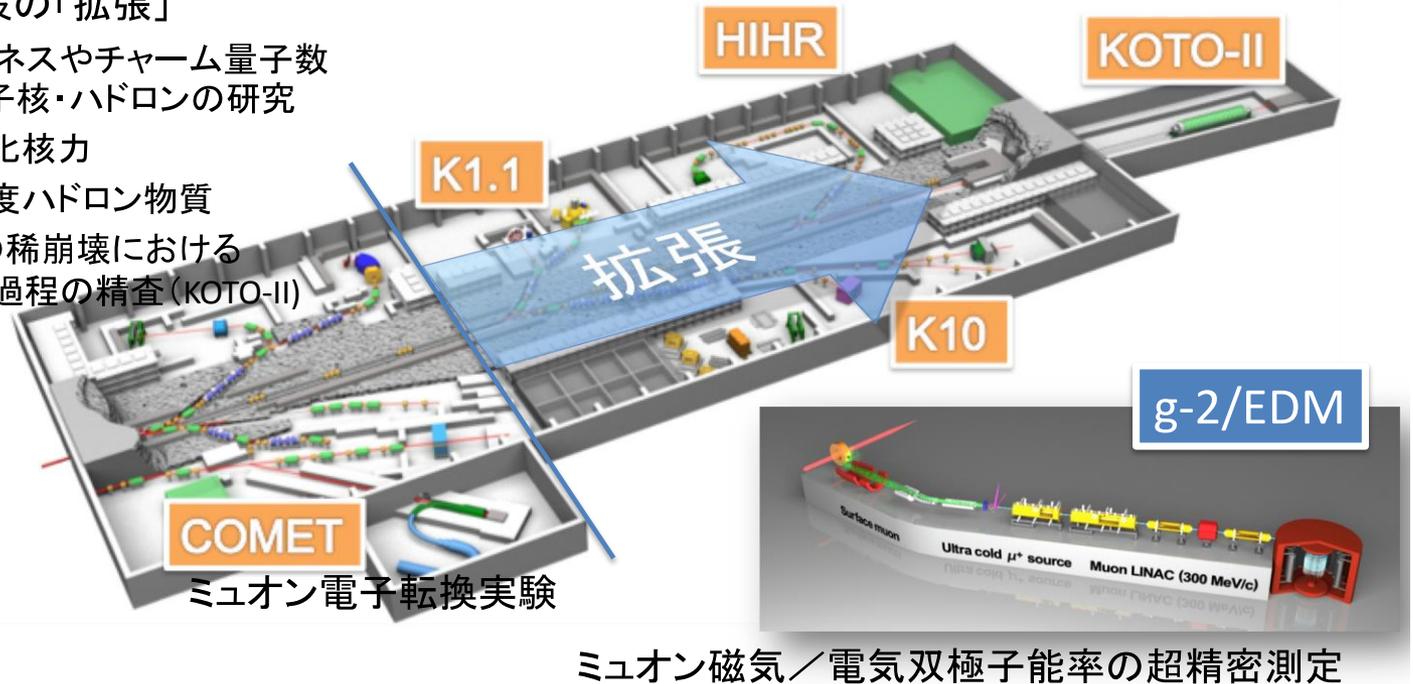
➤標準模型を超える物理法則の発見

ミュオンが原子核との相互作用で電子に変換する
 非常に稀な事象を探索する(COMET実験)。

将来計画 - 新しい実験ビームラインの整備に向けて 「J-PARC実験施設の高度化による物質の起源の解明」

ハドロン実験施設の「拡張」

- ストレンジネスやチャーム量子数を持つ原子核・ハドロンの研究
 - 一般化核力
 - 高密度ハドロン物質
- K中間子の稀崩壊におけるCP非保存過程の精査(KOTO-II)



研究テーマを組み合わせることにより他にはない、「物質の起源」研究ができる。

- 多様な実験を一カ所で行えるというJ-PARCの独自性
- 複数の重要課題を時間的に並行して効率良く取り組む
- 多様なビームを用いて多様な実験を一カ所で行える

- 学術会議マスタープラン2014/2016 重要項目に選定
- 文科省ロードマップ2017 では惜敗⇒更に強い提案へ

ハドロンビームラインの効率的整備の検討に対する 今後の課題(案)

➤ 学術コミュニティのニーズを踏まえた装置整備の優先順位を明確にしつつ、ビームラインの効率的な整備を進めていくべきではないか。

- 課題審査委員会(PAC)や技術検討委員会で国内外の専門家によるレビューと評価を受け、装置整備や課題実施の優先順位を明確にしながら実験施設の運営を行っている。学術コミュニティのニーズや国際競争の状況を踏まえ、ロードマップやProject Implementation Planを策定し、中長期的な観点でも運営を進めている。
- 整備し運用しているビームラインから成果創出が始まっている。
- 現在整備中の 高運動量ビームラインと μ -e変換実験ビームライン での早期の実験開始を目指す。
- 引き続き、ビーム強度の増強やビームラインの整備をタイムリーに進め、国際的な期待に応える。

