

パイ中間子をプローブとした ハロー原子核の研究

理化学研究所

磯部忠昭

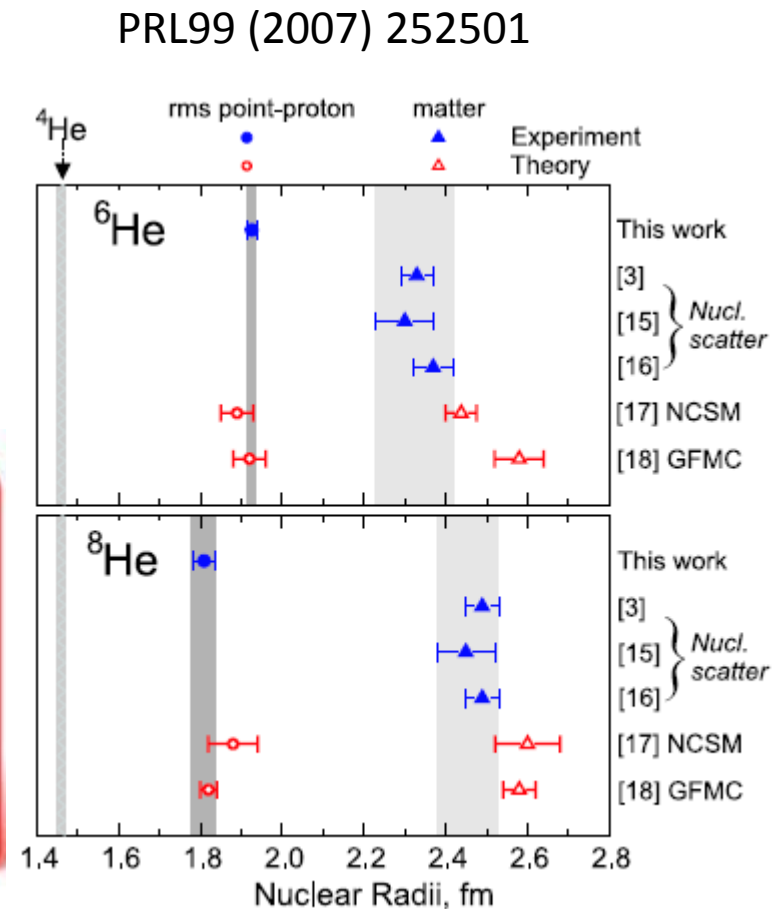
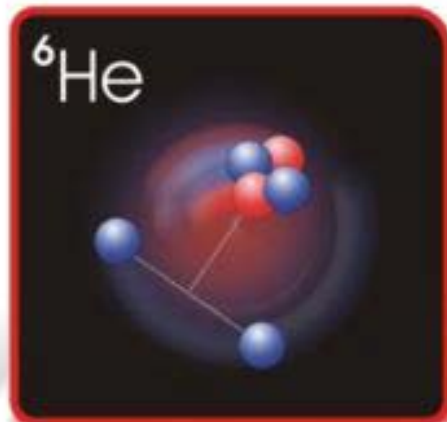
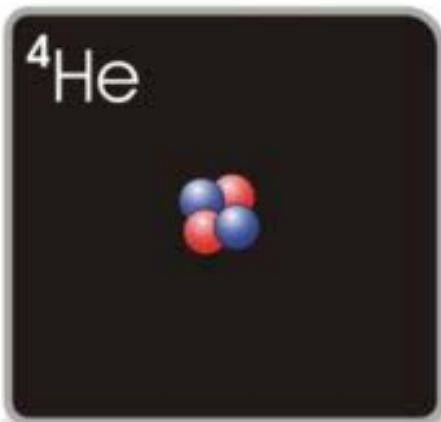
第17回ICEPPシンポジウム@白馬

Contents

- 不安定核物理について導入
 - ハロー原子核とは？
 - 原子核加速器について
 - 不安定核の作り方
 - 最近の結果
- パイオンをプローブとしたハロー原子核の研究
- ${}^6\text{He}$ as neutrino source

ハロー原子核とは？

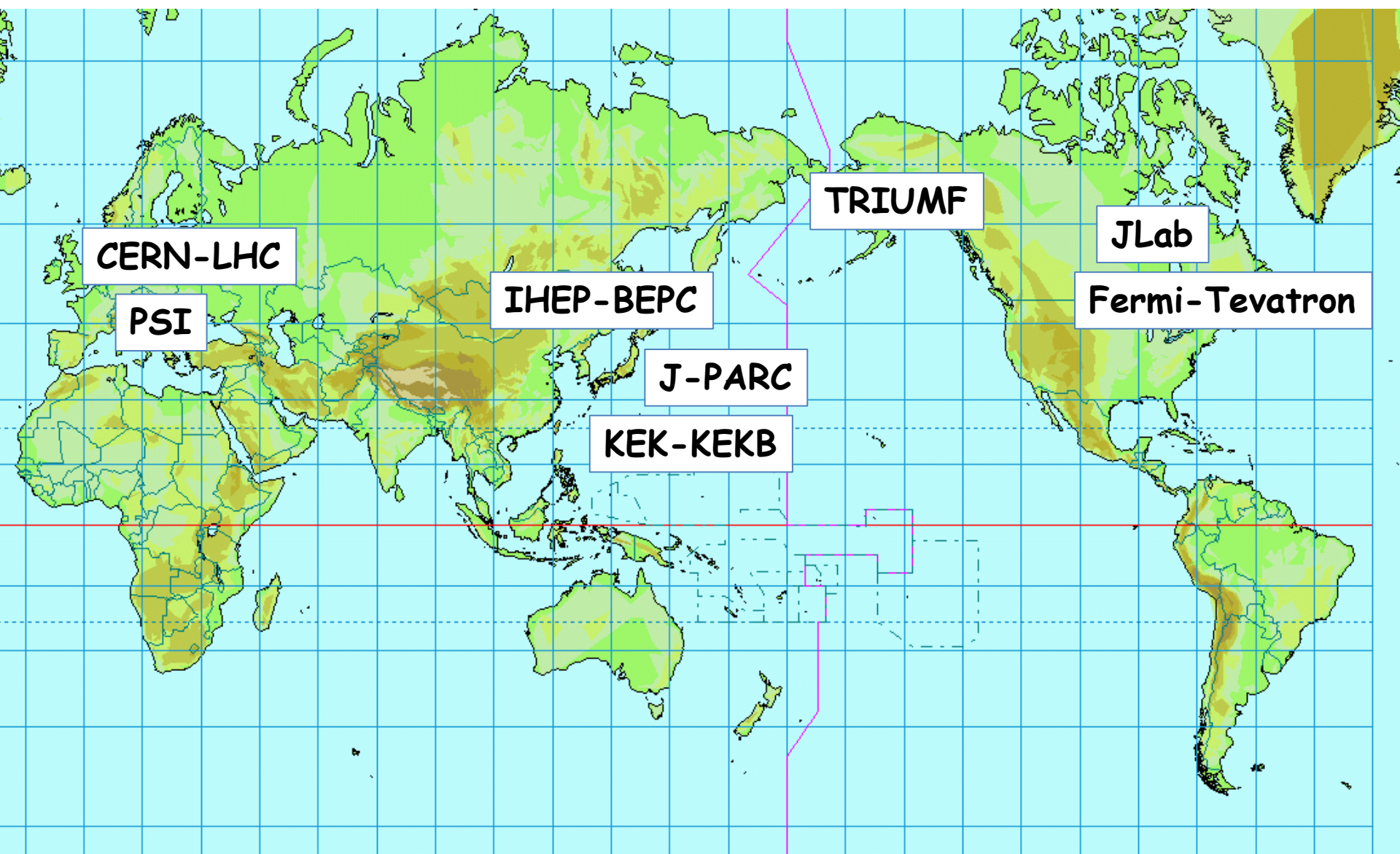
- 原子核の周りに中性子がハローの様に束縛された原子核: ${}^6\text{He}$ が代表的
- 反応断面積の測定
→ 原子核半径が大きい
- 電荷半径の測定
→ ハローとコアの系



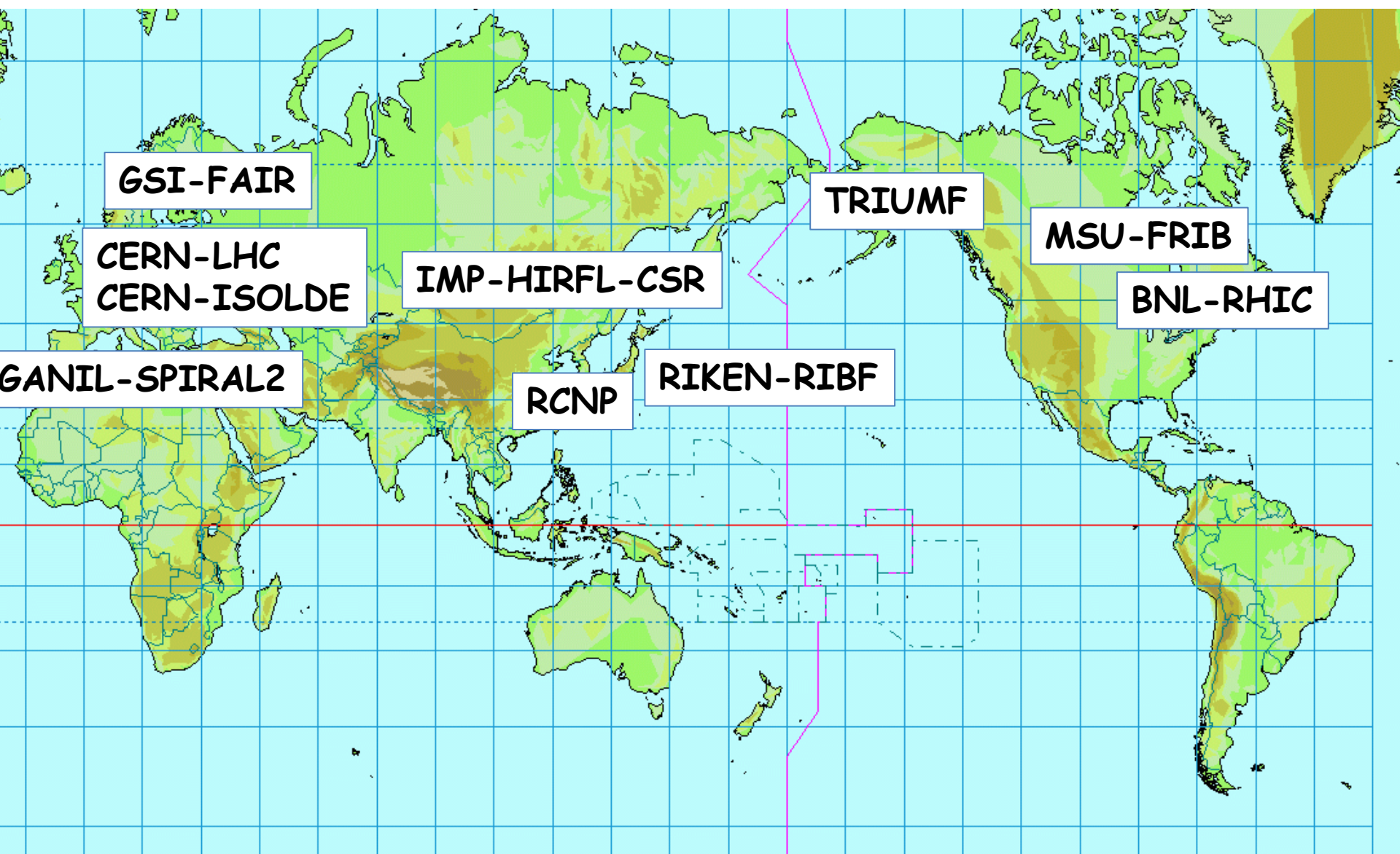
不安定核実験の動機

- 不安定核を研究することで「原子核」を理解する。
- 構造や反応ダイナミクス
- エキゾティックな現象を発見し理解する。
- 原子核研究は中性子と陽子からなる多体系の物性研究
- やはり多体系は難しい
 - 1粒子、少数粒子系な描像
 - 液体的な多体系描像
- 例えばハロー原子核が何故できるかはわかっていません
- 超新星爆発での元素合成、中性子星の物理といった宇宙物理へのアウトプットは一つの主な動機
- 産業的利用というアウトプットも期待
 - By product的な期待がほとんど

陽子・電子系加速器

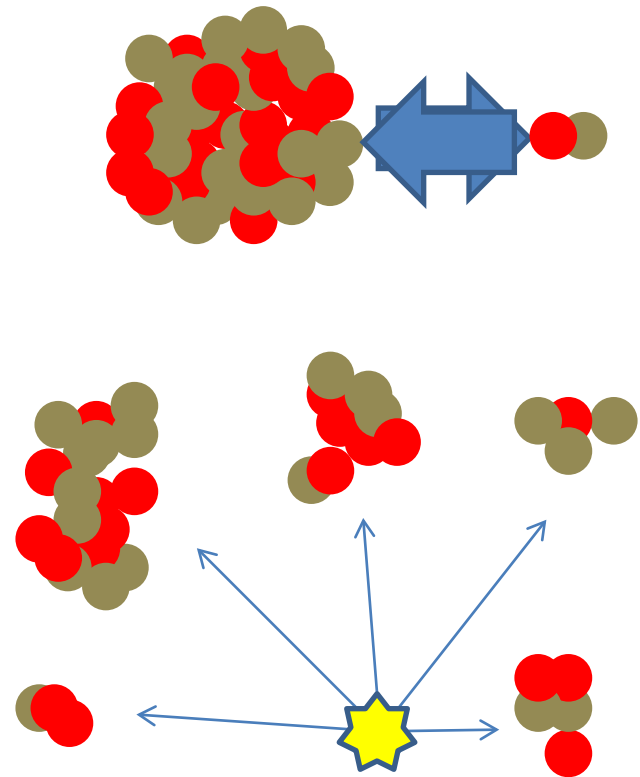


原子核加速器



不安定核ビームの作り方

- 基本的にはぶつけて壊す
- 大きく分けて2通り
- 大きい方を加速する
 - Fragmentation Separator型
- 小さい方を加速する
 - ISOL型



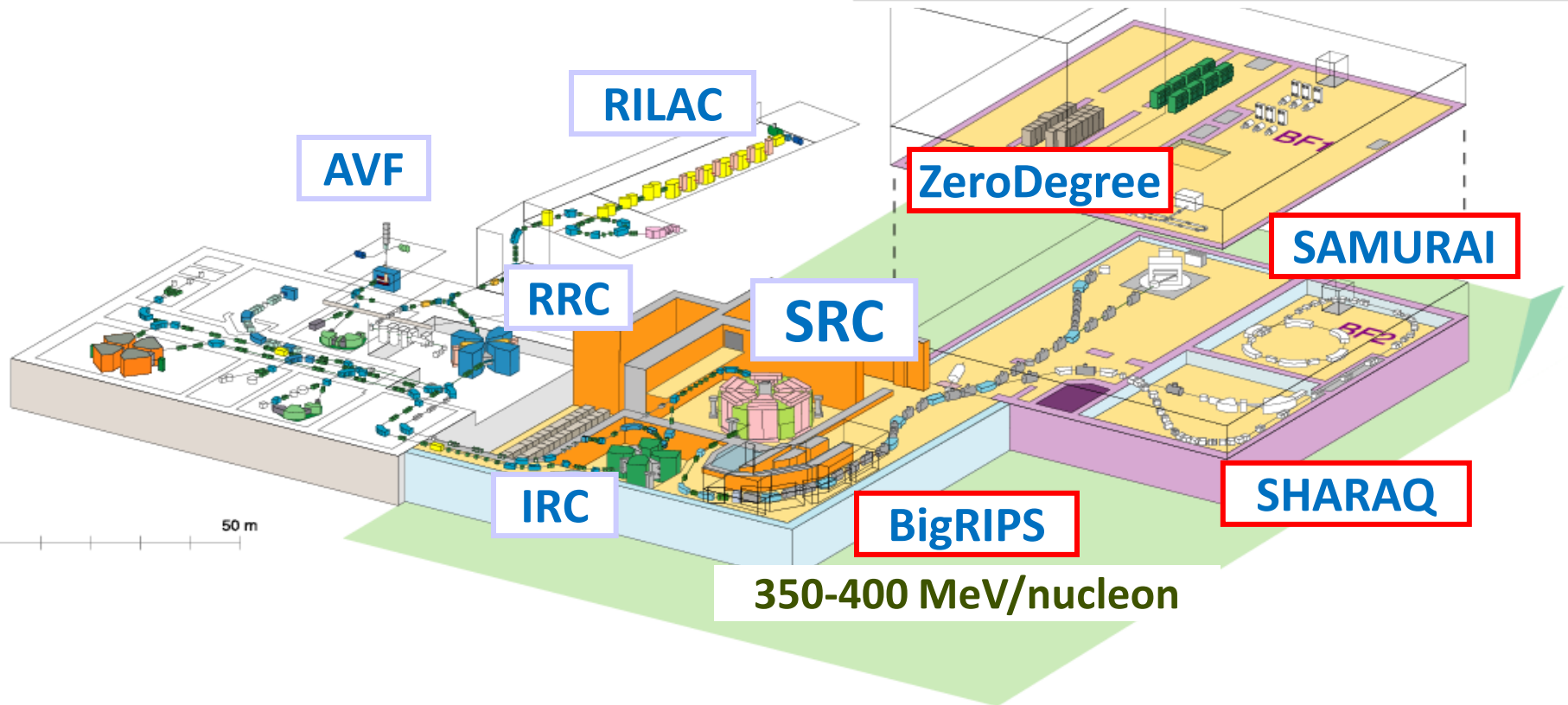
- よりエキゾチックな領域を目指して原子核分野も高エネルギー化しつつある



RIKEN RI Beam Factory (RIBF)

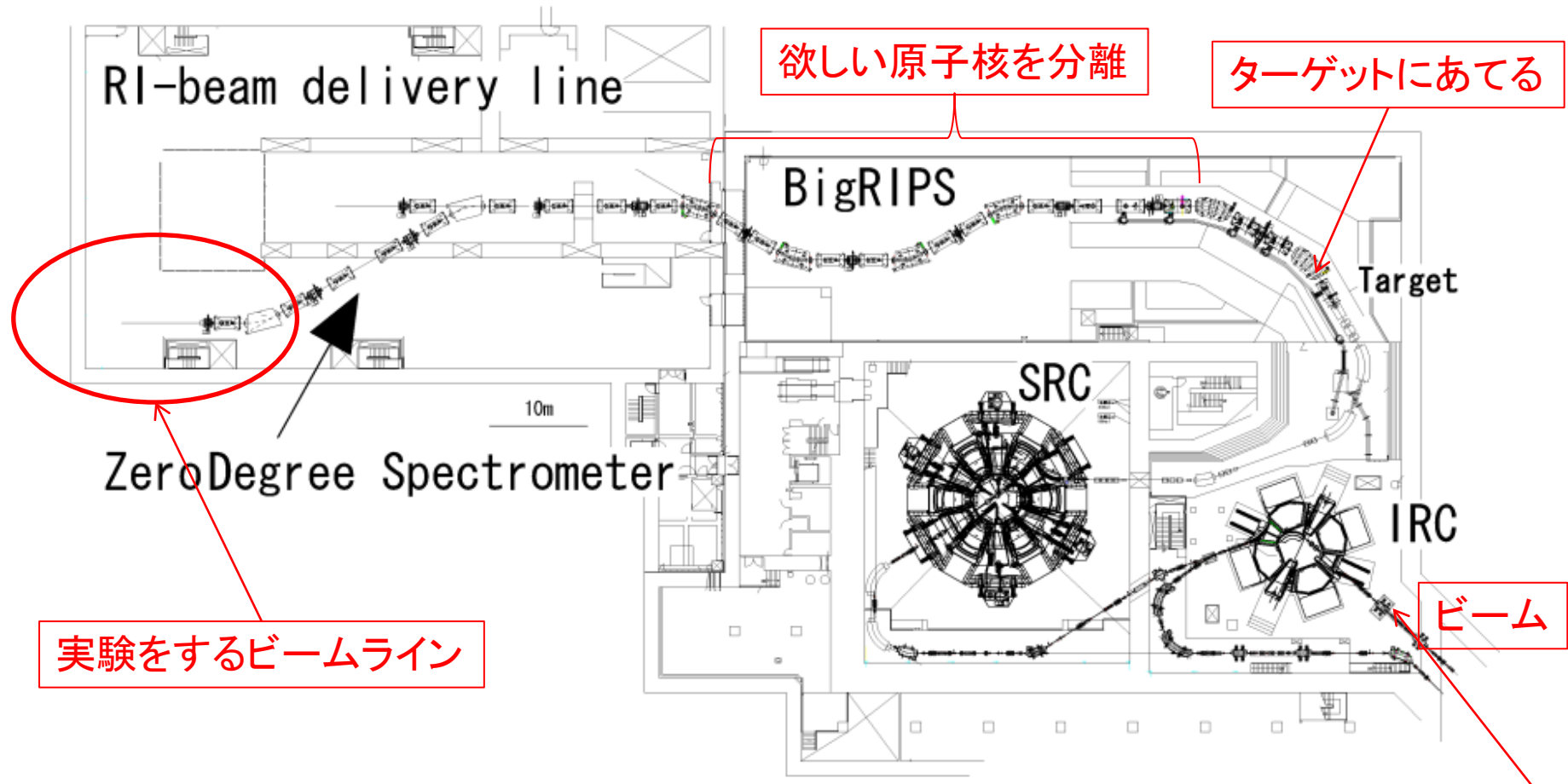
Expected intensities of 345 MeV/nucleon beams at RIBF in FY2009 (pnA)

^{48}Ca	Kr	Xe	^{238}U
200	30	10	5

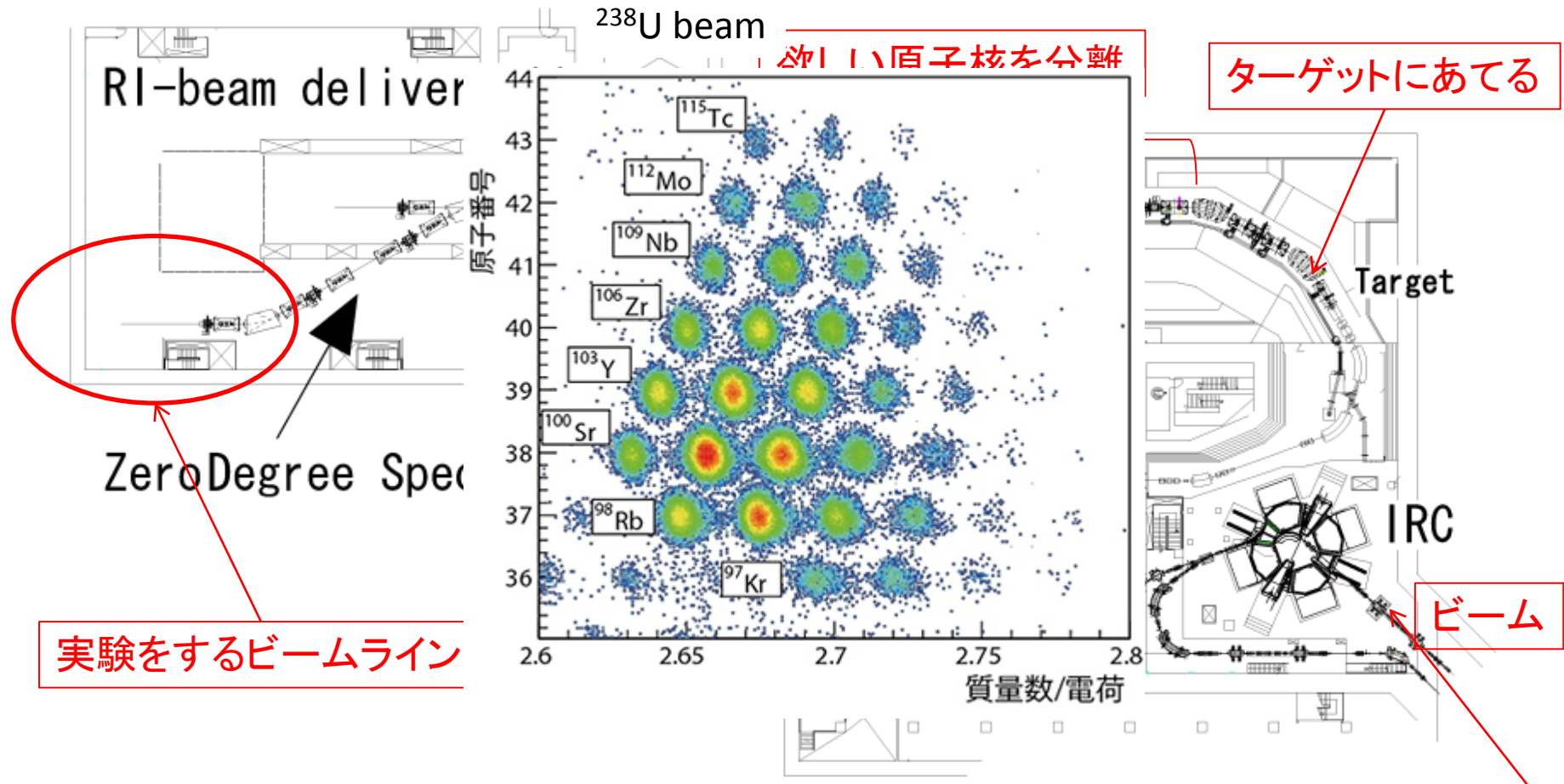


Intense (80 kW max.) H.I. beams (up to U) of 345 A MeV at SRC
Fast RI beams by projectile fragmentation and U-fission at BigRIPS
Operation since 2007

不安定核生成ライン



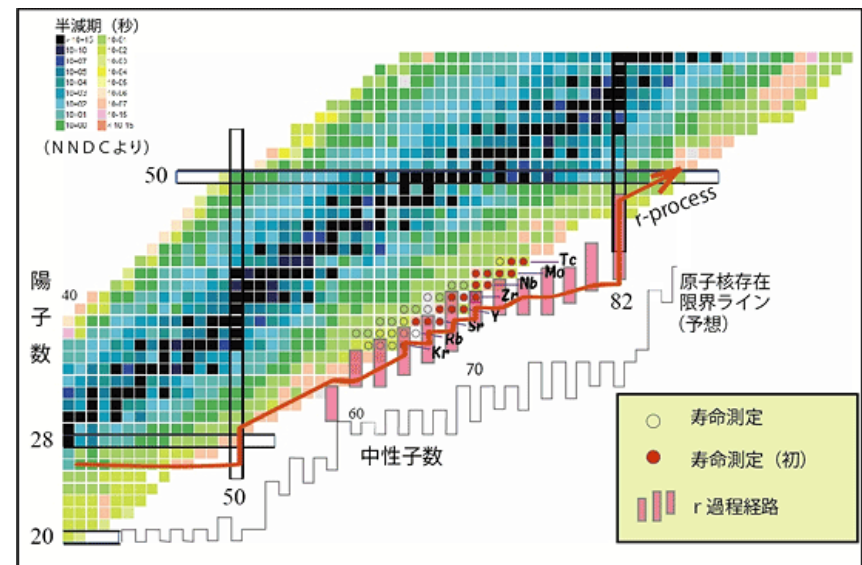
不安定核生成ライン



RIBFで測定されたr-processに関与する原子核の半減期

- RIBFでの不安定核生成により、r-process過程に関与する原子核の半減期を測れるようになった
- r-processは超新星爆発時の元素合成プロセスの一つ
- 理論⇔実験でのすりあわせが可能に
 - 理論予測より早い元素合成が進んでいる

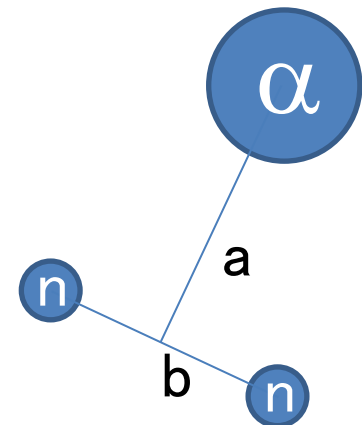
Phys. Rev. Lett. 106 (2011) 052502



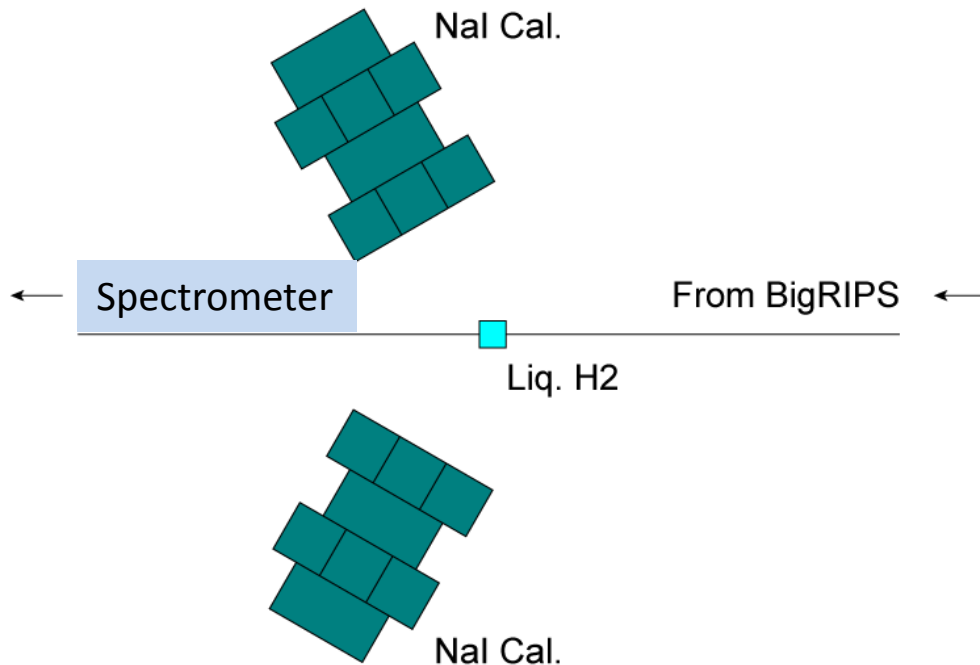
○ は寿命の測定に成功した38個のRI
● は初めて寿命測定した18個のRI

パイオンをプローブとした ハロー原子核構造の研究

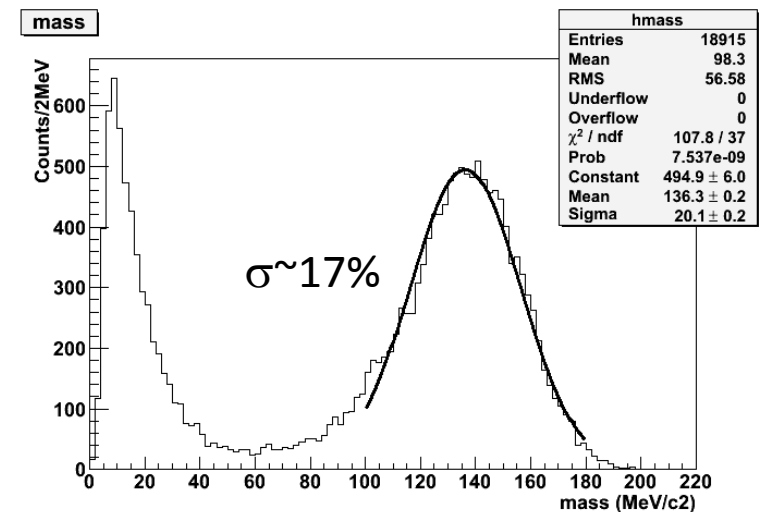
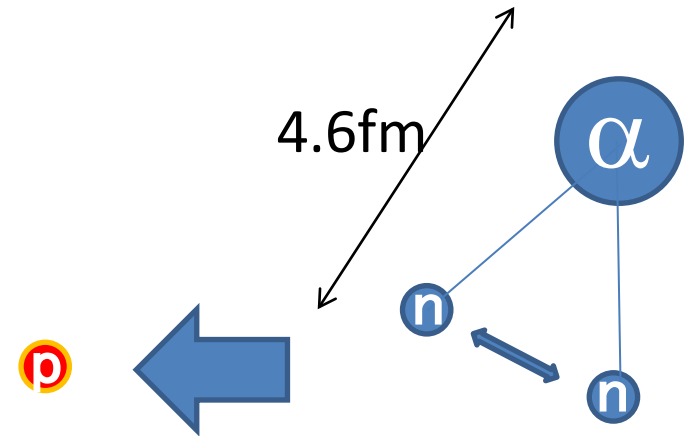
- パイオン生成はハロー原子核に束縛された中性子対の相対位置情報にセンシティブ。
- 特に生成されたパイオンの運動量スロープに変化がみられる。
 - スロープ情報からn-n距離を出す事が出来る



実験セットアップ



- Use $\pi^0 \rightarrow 2\gamma$ decay mode
- Install Electromagnetic Calorimeter to measure neutral π meson, produced at liq. H₂ target.



MC result of π^0 mass distribution. 14

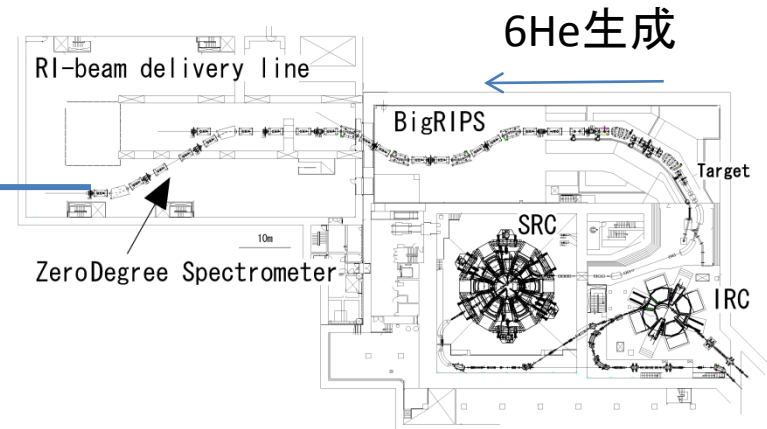
不安定核加速器は次世代の ニュートリノファクトリー??

- Phys. Lett. B 532 (2002) 166
- ${}^6\text{He} \rightarrow {}^6\text{Li} + e^- + \bar{\nu}_e$
- ${}^{18}\text{Ne} \rightarrow {}^{18}\text{F} + e^+ + \nu_e$

100GeVまで加速

Kamiokaへ??

ν_e



ベータビームで期待できる ニュートリノビーム

- 100GeV加速($\gamma \sim 100$)で
~200MeV程度の ν
- エネルギーの幅は割とある
- 寿命・Q-Valueで原子核が決まる

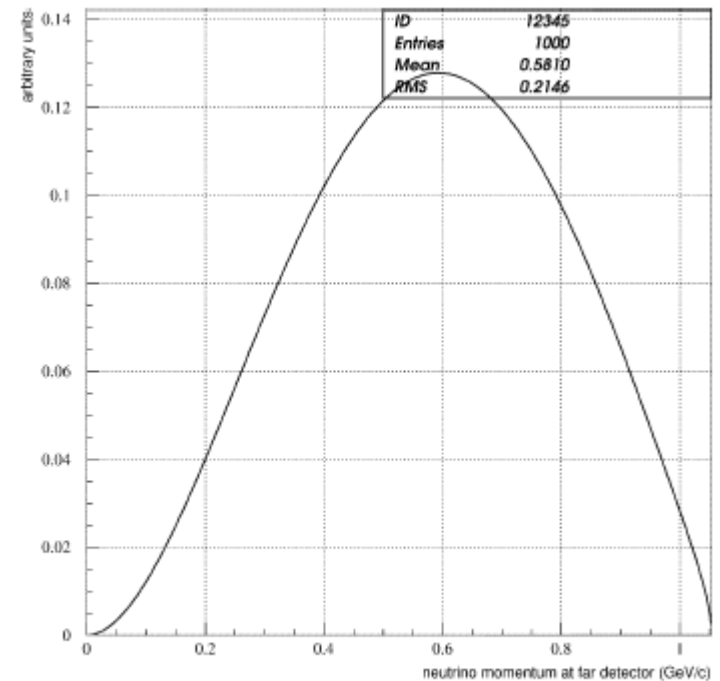


Fig. 1. 'Boosted' spectrum of the neutrinos at the far detector.

まとめ

- 原子核という核子の多体系を理解する上で、不安定核はよい研究対象
- ハロー原子核というエキゾチックな原子核が存在する
- パイオンをプローブとした、構造研究がスタートした
- 不安定核は将来の素粒子物理のツールになる(かもしれない)