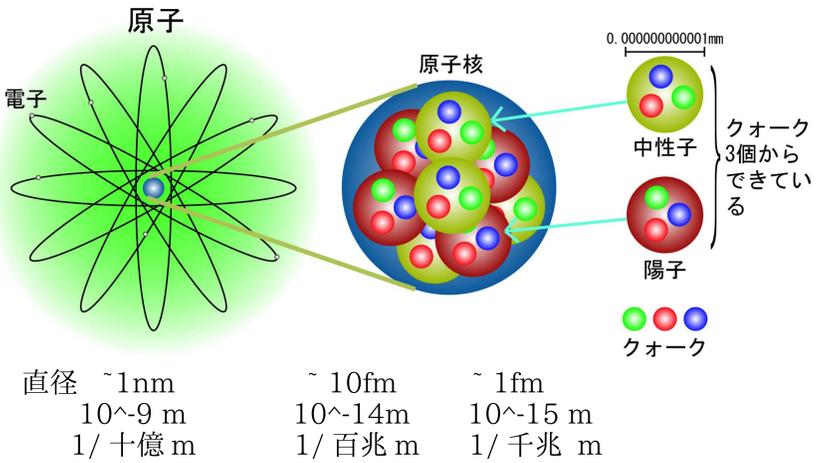


# ハドロン質量の起源をさぐる KEK-PS E325 実験

## 自然の階層構造



### 現在の物理学における基本粒子

- 物質を構成する粒子 クォーク
- レプトン (電子やニュートリノなど)
- 力を伝える粒子 光子 (電磁相互作用)
- グルーオン (強い相互作用)
- W,Z (弱い相互作用)

### 複合粒子: 物質のなりたち

- ハドロン**: 複数のクォークがグルーオンによって結合した粒子
- 3クォーク: バリオン: 核子 (陽子 / 中性子)  $\Delta, \Lambda, \Sigma, \text{etc.}$
- 2クォーク: メソン (= 中間子):  $\pi, K, \rho, \omega, \phi, \text{etc.}$
- (5クォーク: ペンタクォークが最近 Spring-8 で見つかったといわれている)

原子核は バリオンがメソンによって結合している。  
原子は 原子核と陽子が光子によって結合している。

## ハドロン物理学

**ハドロン** (複数のクォークがグルーオンによって結合してできている粒子) の性質を調べる。=> 低いエネルギーでの量子色力学 (QCD) の研究といってもよい。

### いくつかの課題と実験によるアプローチ

閉じ込め: ハドロンの中のクォークは強くくっついていて取り出せない  
=> 高温高密度ではクォーク・グルーオン・プラズマになる?  
**重イオン衝突実験**

なぜ 2つまたは3つのクォークが結合した状態しかないのか。  
=> 最近 5クォークや4クォークらしき状態も見つかったと言われ 議論をよんでおり、実験も盛んになってきた。

スピン: 核子のスピンの起源はなにか  
クォークのスピンの和では不足していることがわかっている  
=> ならば、グルーオンか? or 軌道運動か?  
**偏極 (スピンをそろえた) 陽子実験**

質量: 核子の質量は、クォーク (u/d) の質量の和では説明できない、あるいは、クォークはハドロンを作るとき重くなる。

### ハドロン質量の起源

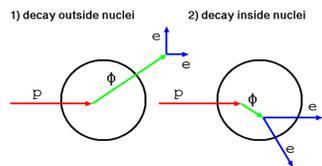
重くなるメカニズム: カイラル対称性の自発的破れで説明される。  
(Higgs メカニズム (クォークやレプトンの質量の起源) や超伝導現象などと数学的構造が似ている)

これが正しければ、高温高密度状態でハドロンの質量は変化するはず。  
さらに、**普通の原子核**の中でも、ハドロンの質量の変化を検出できるに違いない!

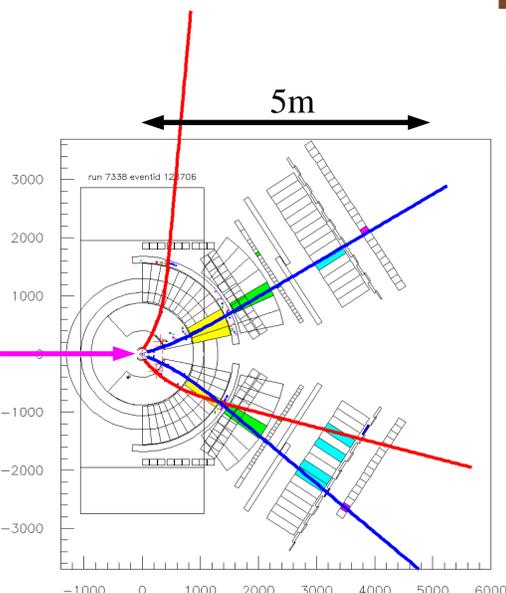
**実験してみなくてはなるまい。**

## 原子核中の中間子質量の測定実験 (KEK-PS E325)

$\rho, \omega, \phi$  中間子は原子核中で軽くなるはずである。  
それを、原子核の影響を受けにくい電子陽電子対への崩壊で測定するのがよい。

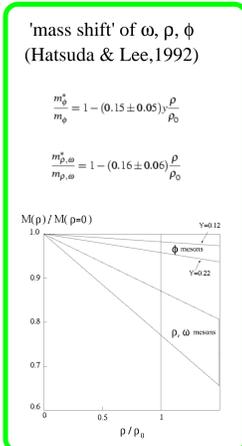


毎秒百万回の陽子原子核 (銅) 衝突から、毎秒千個の  $\phi$  中間子が生成されるが、そのうちたった3個しか電子陽電子対に崩壊しない。さらにその電子と陽電子が双方とも検出器にとびこむのは5%程度の確率。

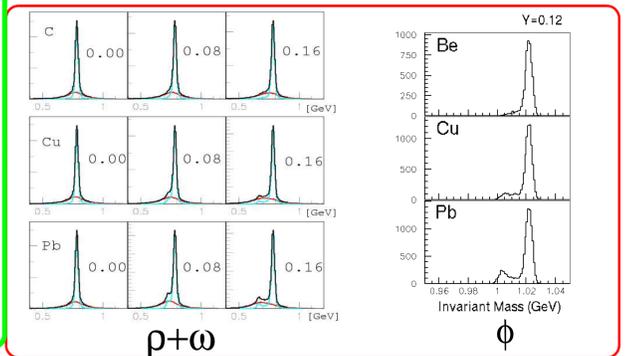


電子と間違いやすいパイ中間子が1000倍から10000倍存在する中で、電子陽電子対を確実に検出できる測定器 (スペクトロメータ) を3年がかり (94-96年) で建設し、それを改良しつつ、あしかけ6年間 (97年-02年) 実験をつづけた。

## 理論をもとにした原子核中の中間子の見え方の予測

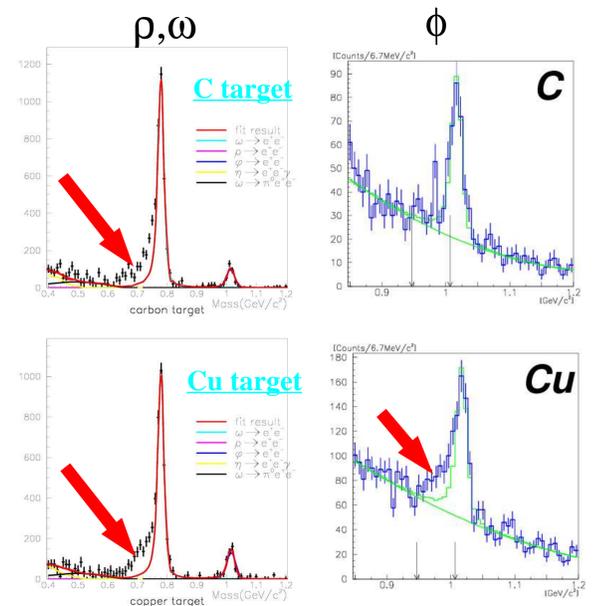


粒子質量を示す大きな peak (山) の左側 (軽い側) にも低い山が出るはず



## 実験結果 質量の変化が見えた!?

原子核中で軽くなった粒子と思われる成分がみえている。(実線は、質量変化がないときとるはずの形)



**われわれはハドロン質量の起源の解明にまた一歩近づいたことになる。**