

# J-PARCハドロン物理の将来研究計画を考える」研究会

## 1日目 実験の将来計画

- 矢野さん 夢のある計画  
田村さん Day-1実験
- 中野さん multi-quark system 汎用 detector  
田中さん ハドロンホール拡張、high energy (primary) beam line  
保坂さん multi-quarkの作り方
- 野海さん 超強高度ビームラインで精密実験、磁気能率、D原子核  
味村さん 弱崩壊  
常見さん チャーム
- 齊藤さん ミューオンg-2、cold muon beam  
青木さん mu-e conversion  
後藤さん intrinsic charm

# J-PARCハドロン物理の将来研究計画を考える」研究会

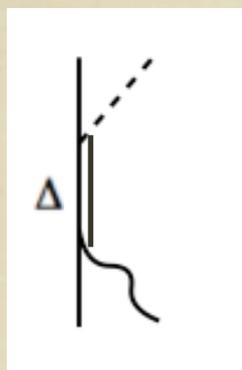
- 三輪さん YN散乱実験  
神田さん ハイペロンビーム
  - 小沢さん 重イオン (対 GSI)  
中村さん CEP、QCDの相図
  - 大西さん  $\phi$ 原子核  
山縣さん  $\phi$ 原子核生成
-

# J-PARCハドロン物理の将来研究計画を考える」研究会

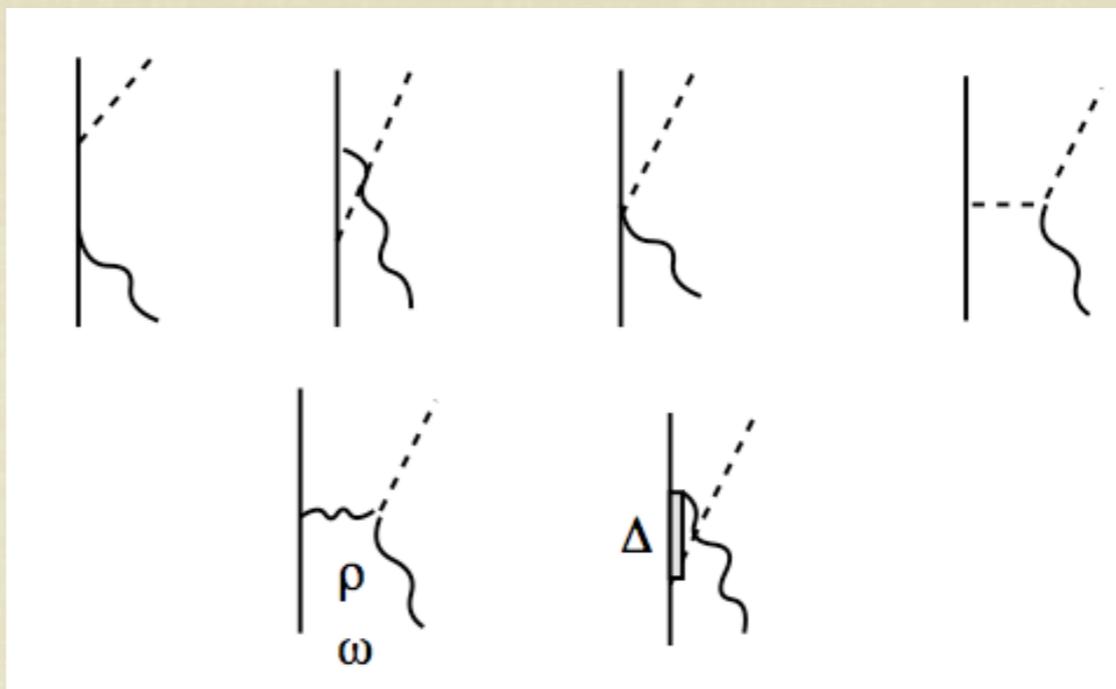
- 三輪さん YN散乱実験  
神田さん ハイペロンビーム
  - 小沢さん 重イオン (対 GSI)  
中村さん CEP、QCDの相図
  - 大西さん  $\phi$ 原子核  
山縣さん  $\phi$ 原子核生成
- 
- multi-quark states  
何を基本原理として何を目指すのか？  $\Delta$ は？

# Multi-quark states

Sato-Lee model, Phys. Rev. C63, 055201 (2001)

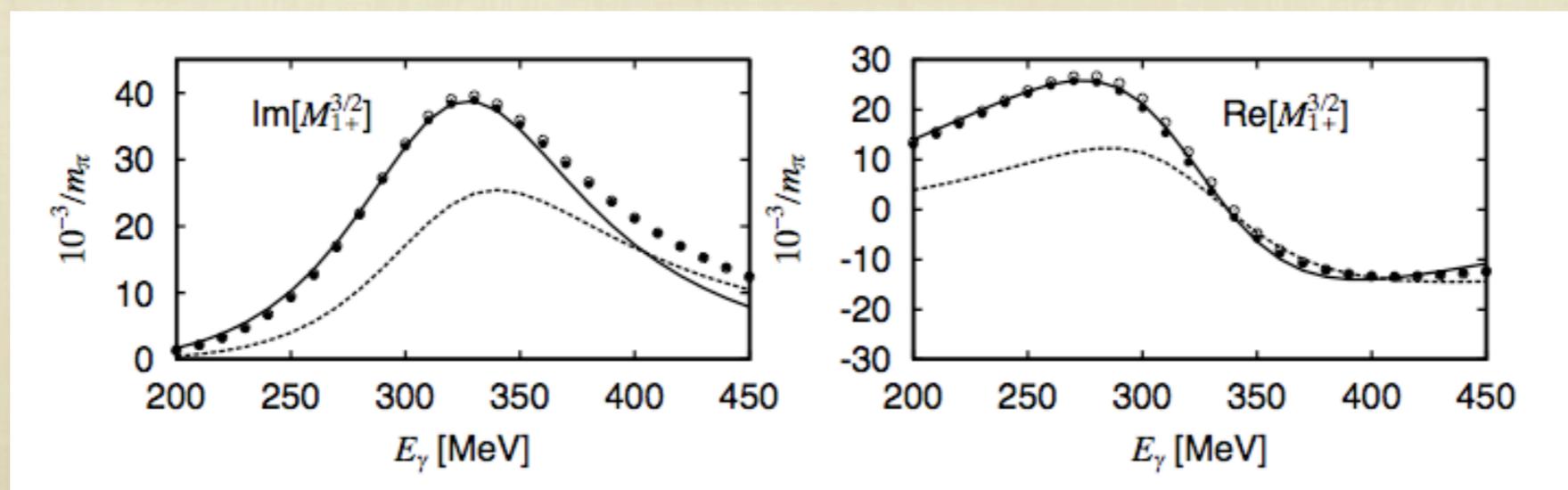


+



$$M_{\Delta} = 1299 \text{ MeV}$$

Non-resonant terms



# Multi-quark states

Origin of the resonances in the chiral unitary approach.

T. Hyodo, D. Jido, A. Hosaka, Phys. Rev. C78, 025203 (2008)

pure meson-baryon resonances

contains multi-quark state

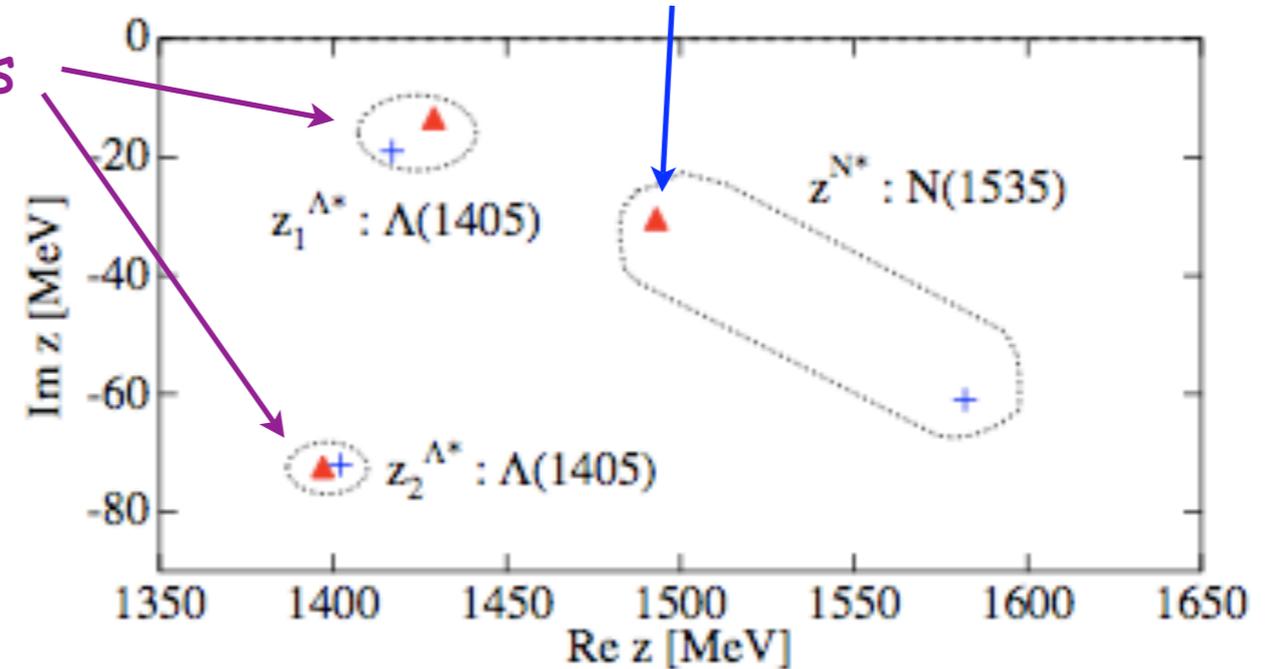


FIG. 4: (Color online) Pole positions of the meson-baryon scattering amplitudes. The triangles stand for the pole positions with the phenomenological amplitude; crosses denote the pole positions in the natural renormalization with the WT interaction.  $z_1^{\Lambda^*}$  and  $z_2^{\Lambda^*}$  are the poles for  $\Lambda(1405)$  in the  $S = -1$  scattering amplitude, and  $z^{N^*}$  is the pole for  $N(1535)$  in the  $S = 0$  amplitude.

# J-PARCハドロン物理の将来研究計画を考える」 研究会

## 2日目 理論

- 大西さん Dense QCDの理解へ向けて 高密度天体の物理  
終状態相互作用でハドロン間相互作用 (すべて、やる！)
- 格子QCD
  - 石井さん 5-10年後の核カプロジェクト・3体力、FF、原子核
  - 佐々木勝一さん チャーモニウム-核子相互作用 原子核束縛状態？
  - 根村さん YN力・スピン依存、チャンネル結合 => 少数構造計算
  - 佐々木潔さん  $\pi$ -K 共鳴・束縛
- YN相互作用 ( $S=-1, -2$ )
  - 山本さん  $\Sigma$ N力の S, T 依存性  $\Sigma$  optical pot: quasi-free production
  - 原田さん  $\Sigma$  束縛状態 recoil-less reaction
  - 梅谷さん 中性子過剰ハイパー核における  $\Sigma$  混合

# J-PARCハドロン物理の将来研究計画を考える」研究会

## ■ 中間子原子核束縛状態

慈道さん  $\phi, K, \eta, \eta', \omega, \dots$  なんでもやる

バリオン励起状態：MB状態かクォークか 大きさを測る

永廣さん  $\omega, \eta, \eta'$  - 束縛状態

山縣さん  $K^{\text{bar}}$  NN系

安井さん charm/bottom を原子核に束縛させる

## ■ 高エネルギーハドロン物理

熊野さん large x 反クォーク・グルーオン分布関数

核子と原子核の構造関数は高エネルギー過程理解のためのインプット

田中さん 核子の構造関数

## J-PARCの物理：ハドロン・原子核研究の新局面 @ KEK 8/7-8

- 実験室でのクォーク多体系の物理から **Dense QCD** を探る
- 中間子原子核 新しい exotic matter を作り出す  
核媒質中でのハドロンの性質 有限密度相転移の前駆現象  
高密度核物質の有効理論 (EOS) への手がかり
- ハイパー核 生成、構造、崩壊  
S=-1, -2, ... YN, YY相互作用の解明/クォーク vs OBE  $\Leftrightarrow$  LQCD  
バリオン混合  $\Lambda \Leftrightarrow \Sigma$ ,  $\Xi \Leftrightarrow \Lambda \Lambda N^{-1}$ , ハイペロンの核内での性質
- 構造関数 medium x  
Drell-Yan グルーオン分布、スピンの担い手、横運動量分布  
QCDに基づいて核子の構造を取り出す
- ハドロン分光  
励起状態とハドロンダイナミクス (特に閾値) の関わり  
ペンタクォーク、マルチクォークバリオン  
エキゾティック・チャーモニウム

# charmed exotics

- charged charmonium-like state  $Z^\pm(4430)$

observed at the Belle (KEK) from decay of

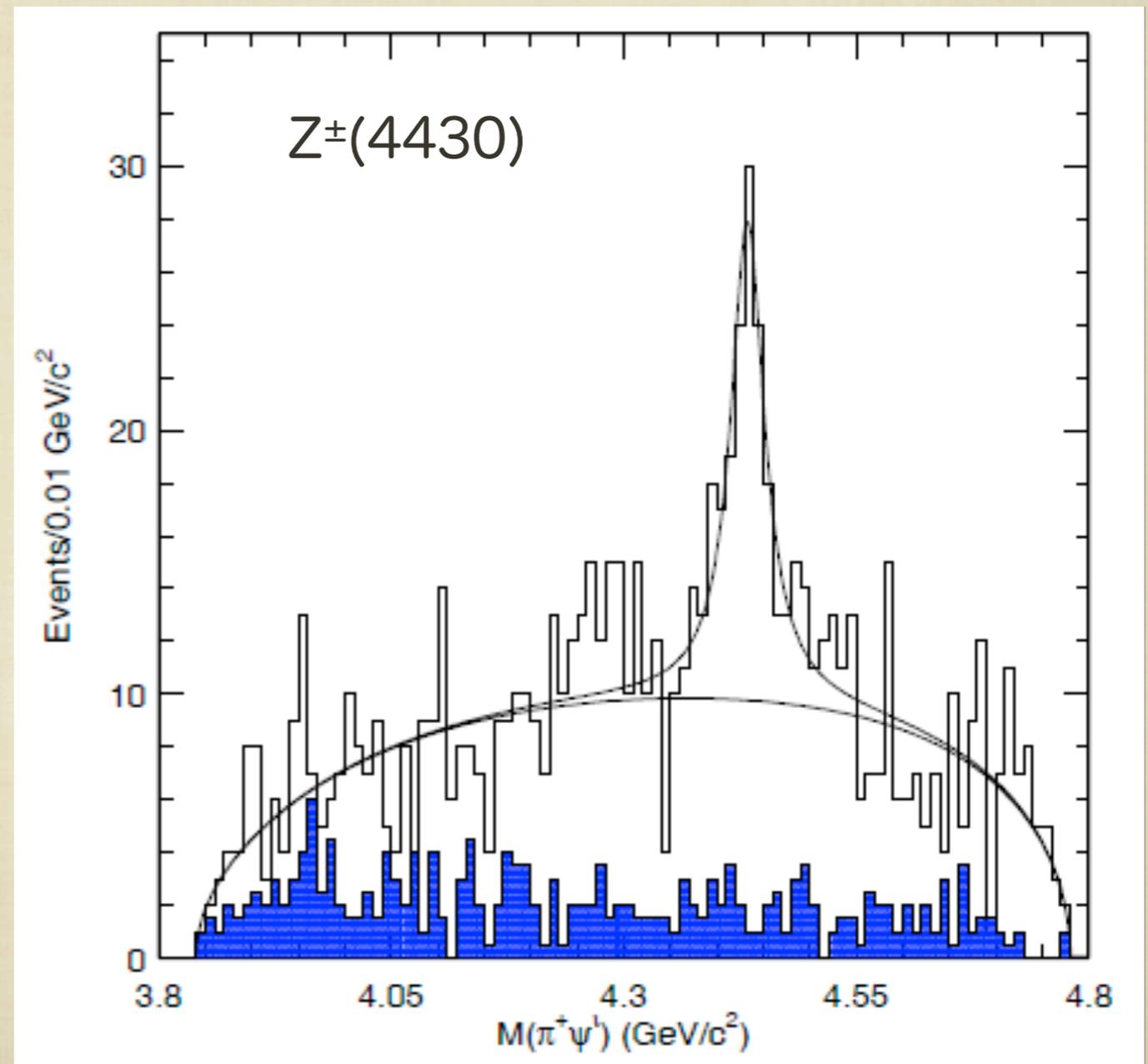
$$B^0 \rightarrow KZ \rightarrow \pi^\pm \psi'$$

Width: 45 MeV!

minimal:  $c\bar{c}u\bar{d}$

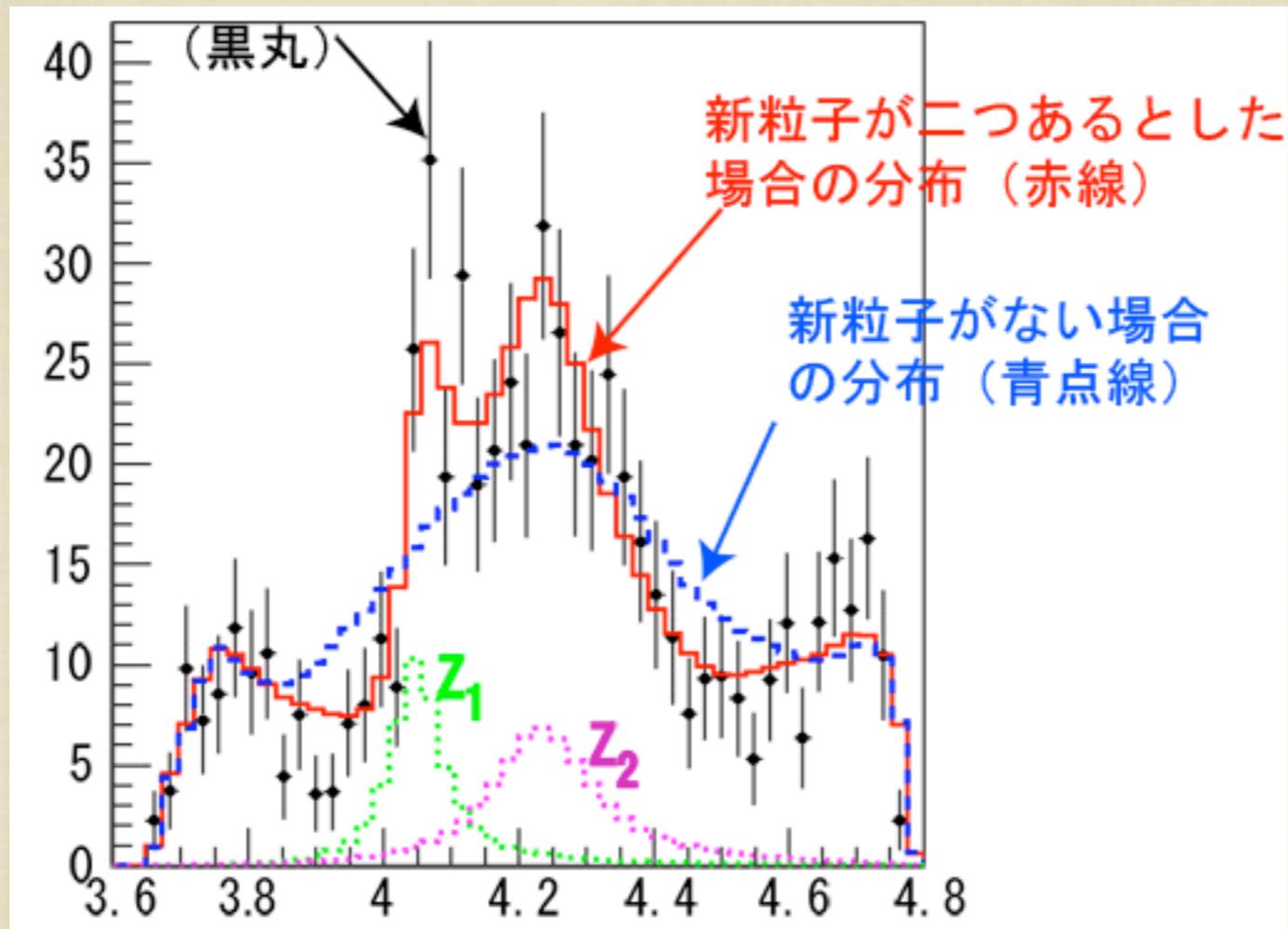
- B-factory is

- X(3872)
- Y(4260)
- Y(4360)
- Y(4660)



# charmed exotics

さらに2つの  $Z^+$  @ Belle



$\pi^+ \chi_{c1}$  invariant mass

arXiv:0806.4098v2 [hep-ex]

# From QCD to Nuclei

- QCDからハドロンへ

QCDの課題

非摂動QCD：カラー閉じ込め、真空の構造、 $(T, \mu, m_q)$  相図

↓

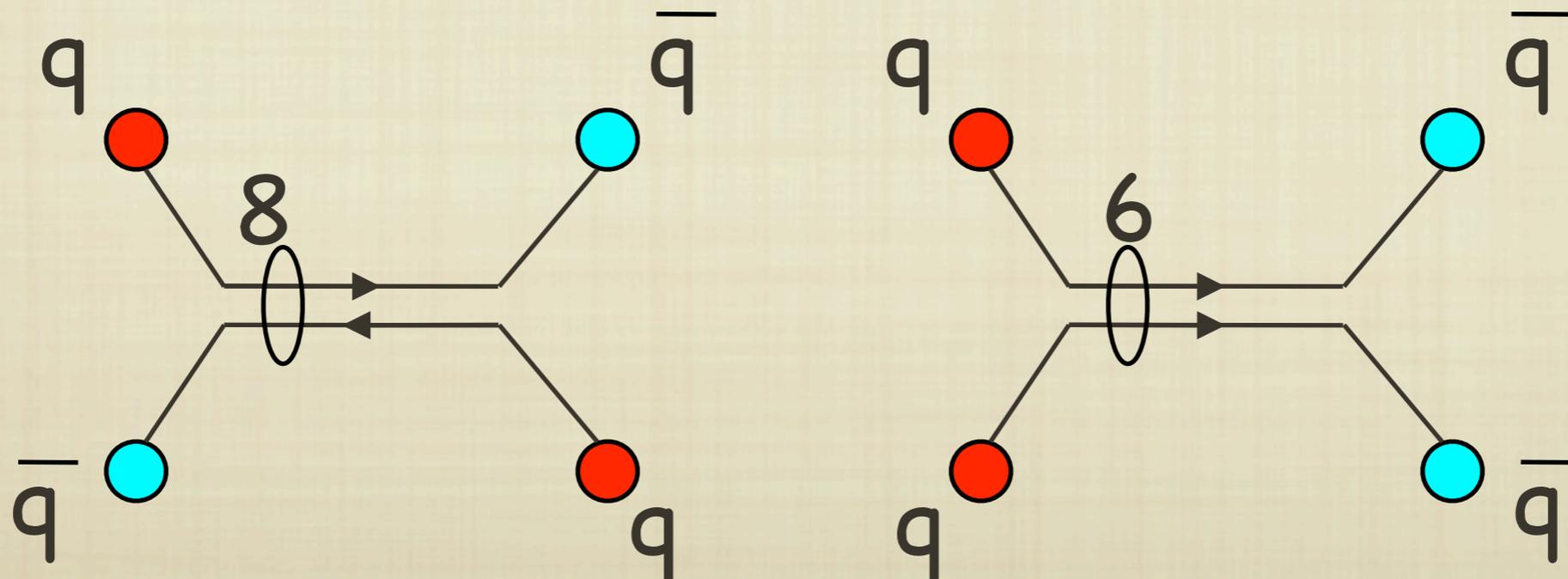
ハドロン 複雑な真空を反映するノーマルモード

多様な対称性とその破れ

場の理論の (相対論的) 多体 (複合粒子) 問題

基底状態から励起状態へ

エキゾティック! 構成クォーク (量子数・自由度) の数をカウント



# From QCD to Nuclei

- QCDからハドロンへ

  - QCDの課題

    - 非摂動QCD：カラー閉じ込め、真空の構造、 $(T, \mu, m_q)$  相図

      - ↓

    - ハドロン 複雑な真空を反映するノーマルモード

      - 多様な対称性とその破れ

      - 場の理論の (相対論的) 多体 (複合粒子) 問題

      - 基底状態から励起状態へ

      - エキゾティック! 構成クォーク (量子数・自由度) の数をカウント

- ハドロンから原子核

  - 有限量子多体系

    - 核子、ハイペロン、メソン、励起状態 を含む多彩な原子核

    - 一般化核力  $\Leftrightarrow$  QCD

    - 核内のクォーク自由度の現れ

# From QCD to Nuclei

- さらに新しいハドロン物質  
ストレンジネス 3D 核図表 (p,n)核より安定な(p,n,Y)核  
⇒ 次の軸は? チャーム  
実験室で高バリオン密度を実現するには?

## 課題

- DAY1実験で成果がでたと仮定して、次のプロジェクトはなにか。  
DAY1で何が確立したら、どう進むか、進めるか。  
あるいはDAY1と関係なくハドロン物理として、次に目指すのは何か。
- YN, YY相互作用が全部よくわかったとしたら、つぎはどうするのか。  
格子QCDでYN, YY力が正しく出たら、何ができるのか。
- KN相互作用が強い引力であることが確立したら、どうするのか。  
Kを原子核にどんどん入れていくことができるのか。  
できたら何がわかるのか。  
それで本当に密度が高くなったら何ができるのか。
- Dense QCDと高密度天体物理の関係をつけるには、J-PARCで何をすればいいのか。中性子星の観測データと結びつくのか。  
高密度中に置かれたハイペロンやKはどうふるまうのか。  
どうやったらそれを探れるのか。

## 課題

- メソン・バリオンのスペクトロスコピーには、今後どんな実験が必要なのか。J-PARCできるのはなにか。  
励起状態バリオンの構造や性質を確定するにはなにが必要か。
- エキゾチックメソンのスペクトルからなにがわかるか、  
Belleと相補的な役割をJ-PARCで果たせるか。
- Generalized parton distributionは測れるか。J-PARCでDrell-Yanの実験ができて、グルーオンの分布等がわかったら、ハドロンの何がわかるのか？  
ほかの物理、たとえばハイパー核の構造に、どんな影響があるか。
- Large  $N_c$ とか、AdS/CFT対応などの理論のアイデアがどのように具体的なスペクトロスコピーに反映しているか。そのために何ができるか。

## 課題

- KEKの最終日に永宮さんから、ハドロン物理のわかりやすい解説書を作るという課題が与えられました。  
これに答えるにはどうしたらいいでしょうか。

# ハドロングループにお願いしたいこと

- J-PARCは「KEKの大型ハドロン計画」と「原研の中性子計画」が合体して生まれた！
  - 最近、文科省機関課と話したとき、ハドロンはKEK、中性子は原研、この二つが合体したのがJ-PARCであると、多くの官僚は理解していると言われた。
    - 忘れかけている歴史の事実を再度認識させられた！
  - 最近、J-PARCは、ニュートリノと中性子の計画と、周りの人たちは言い過ぎないか??? (機関課の指摘)
  - 是非とも、ハドロン物理学は本計画の中心だと、もっと若い人たちがアピールしてほしい。(永宮さんにはハドロンだけの話を、文科省や議員等に対して何回かしてもらったが、もっと若い人々の声がほしい ← これも機関課の指摘)

分かりやすいハドロン原子核物理学解説書を是非とも作ってほしい。