

ハイパー核・ストレングスWG

2011.2.22 代表者会議

高橋 俊行

WGメンバー

- 代表 高橋俊行(KEK)
- 副代表 中村哲(東北)
- 世話人 永江(京都)
- 実験 味村(RCNP), 佐久間(RIKEN),
鈴木(東京)、三輪(東北)、藤岡(京都)、
高橋仁(KEK), 谷田(ソウル)
- 理論 肥山(RIKEN), 土手(KEK)

URL http://nexus.kek.jp/np_strange_wg/

研究テーマ

- スtrenジネス多体系の研究
 - QCDに基づいた
 - バリオン間相互作用<–>核力
 - ハイパー核(バリオン多体系)
 - メソン束縛系(メソン–バリオン系)
 - $S = -1, -2, -3, \dots, \infty$
 - 高密度核物質
 - 不純物効果
- チャーム

これまでの活動

- キックオフ会(第1回) 2010.11.3 RIKEN
- 第2回 2010.12.3 KEK
 - 中村さんからの宿題の発表
- town meeting at ストレンジネスWS 2010.12.4 KEK
- 第3回 2010.1.16 KEK
 - 勉強会の提案
- 第4回 2010.2.19 東大
 - Lattice QCD / YN散乱実験 勉強会

まずは、問いに答えるところから(第2回WG)

5年後

J-PARC

採択済実験の着実な遂行

- 三核分光
- Hybrid-Emulsion法でのS=-2核の研究
- 三原子X線分光
- ハイパー核ガンマ線分光
- Σ N散乱実験(新手法の確立)
- K核存在の決着→その物性の測定
- 中性子過剰核、とくに、 $^{12}_{\Lambda}\text{Be}$
- $\Lambda(1405)$, Kaonic Atom (H,D, ^4He)

他の施設

- 重イオンでのハイパー核生成@GSI
invariant mass spectroscopyの確立から展開へ
- $\Lambda_c(2765)$ 分光@Belle
- 電磁相互作用によるストレンジネス生成@ELPH

JLab (12GeV upgade 2012-13)

- (e,e'K⁺)分光→中重核領域への展開
- HKS/HESでのハドロン物理
- decay- π -spectroscopy手法の確立
(Mani & JLab)→J-PARCでの展開へ

理論

Lattice QCDによる核力が現実的に現象論的核力は？

10年後を想定して

- Q2. 現在拠点としている研究施設についてのアップグレード
- Q3. そこで展開する物理,
- Q4. 10年後の研究テーマ

J-PARC

ハドロンホール拡張, ビームライン増設 (含む K1.8, BR の同時実験, K1.1)

高分解能ビームライン

10^{-4} 分解能の高分解能大立体角スペクトロメータ

多目的に使える K^0 spectrometer

hybrid decay counter: 多重度大、荷電粒子も中性子も(γ 線も)

ハイペロンビーム

ハイブリッドエマルジョン

クリスタルスペクトロメータ

50 GeV アップグレード(我々にとって必須か?)

Ξ 核、 $\Lambda\Lambda$ 核、double K^{bar} 核 ...

K-ppn, K-ppp

K^{bar} N 散乱、エキゾチック原子 (p, K^+)反応とか \rightarrow 逆運動学で磁気モーメント測定

エキゾチック中間子核: η 核、 η' 核

YN散乱の系統的研究

S=-3 系のエマルジョンによる発見

YY相互作用

中性子過剰ハイパー核
ハロー核+ Λ

sdシェルハイパー核 γ 線測定

P^{bar} -A 反応による S=-2 物理

海外施設

Jlab, MAMI-C

(e,e' K) + 崩壊 π , もしくは γ 線 同時計測実験

RHIC, Fair

HypHI, PANDA

その他

ELPH >1.5GeV 電子ビームライン

Belle チャームバリオン分光

Q5. ストレンジネス分野で10年後に key となっている問題

相互作用	現象論的ハドロン力の詳細な理解 Lattice QCD、Quark based の理論による QCD-現象論の橋渡し	媒質効果 質量の起源
構造	軽いハイパー核の統一的理解 精密計算の進展(クラスター、シェルモデル) 過去のデータの再検討	ハイパー核の構造: 多体系ダイナミクス
	重いハイパー核の詳細な構造の解明による核物質、ストレンジマターの理解 (平均場理論)	
	ハイパー核四重極モーメント(ハイパー核の形)	
	マルチストレンジネス系	
反応、崩壊	Hadronic production , EM production ハイパー核弱崩壊	

KEK-PS (K5,K6), J-PARC, CEBAFで現在展開している物理の種は20年前には播かれていた ...

20年後の物理

Charm Hypernuclei

J/ψ、Dメソンを含む系

重イオン衝突によるハイパー核分光 (HypHI, PANDA, その先?)

$\Lambda\Lambda$ 核のガンマ線分光

$\Lambda\Lambda\Lambda$ 核, $S=-3$ 系 : パウリ原理が働く中での Λ 間(有効)相互作用

重イオン加速器施設、
高運動量ビームライン

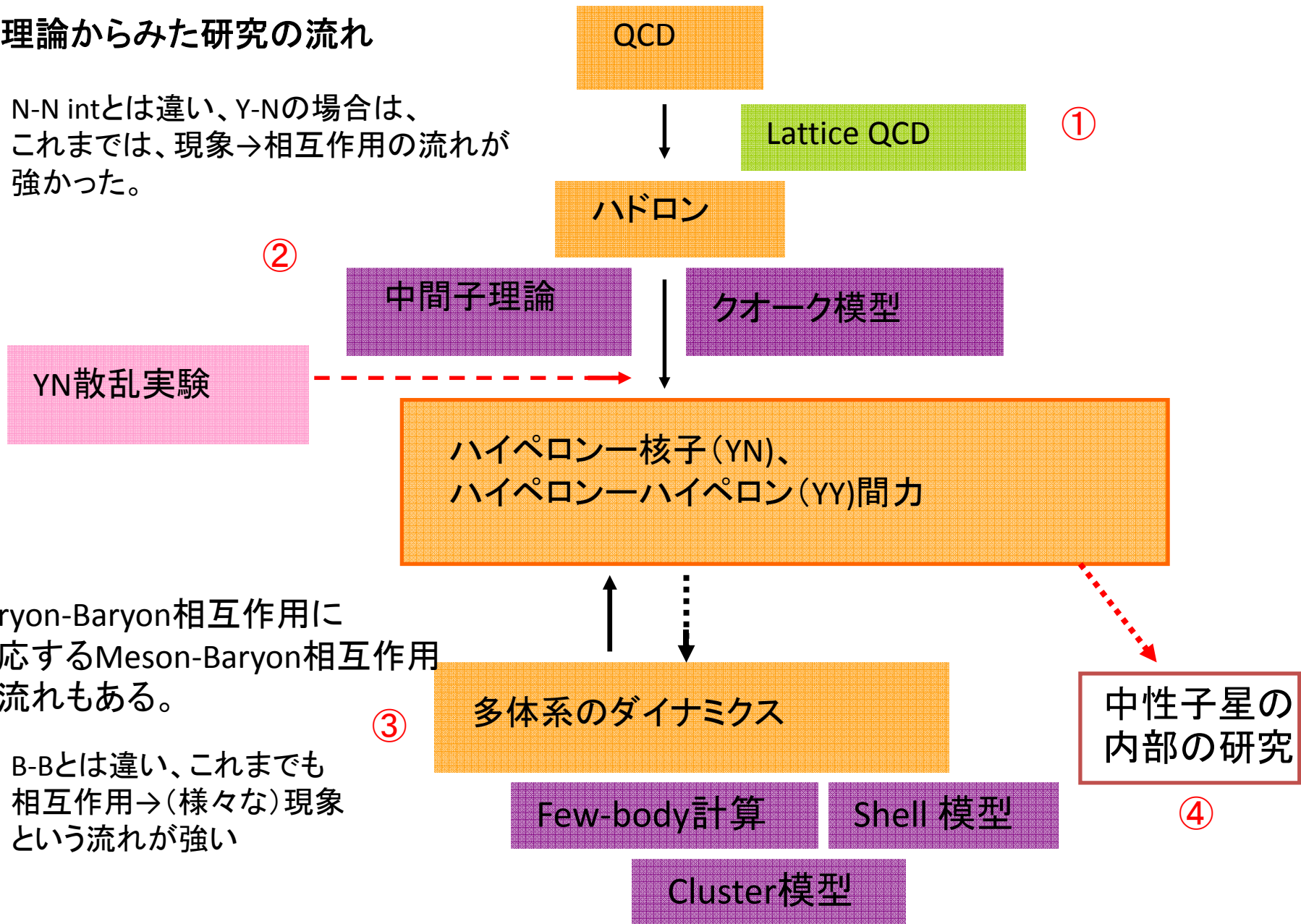
$e^+ e^- \rightarrow NN^{\text{bar}}$

まったく新しい方式の加速器

新検出器

理論からみた研究の流れ

N-N intとは違い、Y-Nの場合は、
これまでは、現象→相互作用の流れが
強かった。



Baryon-Baryon相互作用に
対応するMeson-Baryon相互作用
の流れもある。

B-Bとは違い、これまでも
相互作用→(様々な)現象
という流れが強い

バリオン間相互作用研究(勉強会)

- 初田 「格子QCDによるバリオン間相互作用」
- 三輪 「 $\Sigma^\pm p$ 散乱実験計画」
- 家入 「(KEKでの)YN散乱実験」

格子QCD (Powerfull tool)

- No free parameter
- 5-10年後には、physical massでの詳細な計算が可能
- 2体力と同じ枠組みで多体力が計算可能
- ^4He までが計算限界

NNと同様な(精度、信頼できる)YN/YY相互作用

散乱実験

- すべてのチャンネルでの実験は現実的ではない。
- 特徴あるチャンネル、観測量の測定
 - 斥力芯 $\langle - \rangle$ quark-levelのPauli 排他律の有無 $\rightarrow \Sigma^+ p, \Xi^- p$
 - 偏極Observable \rightarrow ALS

格子QCDの確認

不定性のない相互作用に基づいた多体系(ハイパー核)の議論へ

B-B Interaction in $SU(3)_f$

$$8 \times 8 = \underbrace{27 + 8s + 1}_{\text{symmetric}} + \underbrace{10^* + 10 + 8a}_{\text{anti-symmetric}}$$

1S_0

3S_1

	27		<p>S=0 NN (T=1)</p> <p>S=-1 ΣN (T=3/2) ΣN-ΛN (T=1/2)</p> <p>S=-2 $\Sigma\Sigma$ (T=2) ΞN-$\Sigma\Lambda$-$\Sigma\Sigma$ (T=1) ΞN-$\Sigma\Sigma$-$\Lambda\Lambda$ (T=0)</p> <p>S=-3 $\Xi\Sigma$ (T=3/2) $\Xi\Sigma$-$\Xi\Lambda$ (T=1/2)</p> <p>S=-4 $\Xi\Sigma$ (T=1)</p>	pp, pn, nn	} N-N
	10*		<p>S=0 NN (T=0)</p> <p>S=-1 ΣN-ΛN (T=1/2)</p> <p>S=-2 ΞN-$\Sigma\Lambda$ (T=1)</p> <p>S=-3 $\Xi\Sigma$ (T=3/2)</p>	pn	
} YN/YY	10		<p>S=-1 ΣN (T=3/2)</p> <p>S=-2 ΞN-$\Sigma\Lambda$-$\Sigma\Sigma$ (T=1)</p> <p>S=-3 $\Xi\Sigma$-$\Xi\Lambda$ (T=1/2)</p> <p>S=-4 $\Xi\Sigma$ (T=0)</p>	Ξ^-p almost blocked	Σ^+p (T=3/2, S=1)
	8a		<p>S=-1 ΣN-ΛN (T=1/2)</p> <p>S=-2 ΞN-$\Sigma\Lambda$ (T=1) ΞN-$\Sigma\Sigma$-$\Lambda\Lambda$ (T=0)</p> <p>S=-3 $\Xi\Sigma$-$\Xi\Lambda$ (T=1/2)</p>	Ξ^-p	Ξ^-p (T=0, S=1)
	8s		<p>S=-1 ΣN-ΛN (T=1/2)</p> <p>S=-2 ΞN-$\Sigma\Lambda$ (T=1) ΞN (T=0)</p> <p>S=-3 $\Xi\Sigma$-$\Xi\Lambda$ (T=1/2)</p>	Ξ^-p almost blocked	Σ^-p (T=1/2, S=0)
	1	•	S=-2 ΞN - $\Sigma\Sigma$ - $\Lambda\Lambda$ (T=0)	Ξ^-p No Pauli blocked	Ξ^-p (T=0, S=0) H-particle

YN Scattering

– Anti-symmetric spin-orbit –

$$\mathbf{M} = a + c(\boldsymbol{\sigma}_n^1 + \boldsymbol{\sigma}_n^2) + \underline{b(\boldsymbol{\sigma}_n^1 - \boldsymbol{\sigma}_n^2)} + m\boldsymbol{\sigma}_n^1 \cdot \boldsymbol{\sigma}_n^2 \\ + g(\boldsymbol{\sigma}_P^1 \cdot \boldsymbol{\sigma}_P^2 + \boldsymbol{\sigma}_K^1 \cdot \boldsymbol{\sigma}_K^2) + h(\boldsymbol{\sigma}_P^1 \cdot \boldsymbol{\sigma}_P^2 - \boldsymbol{\sigma}_K^1 \cdot \boldsymbol{\sigma}_K^2)$$

$$1 + 2 \rightarrow 1 + 2$$

$$I_0 = 1/4\text{Tr}(\mathbf{M}\mathbf{M}^+) \\ = |a|^2 + |b|^2 + |c|^2 + |m|^2 + |g|^2 + |h|^2$$

$$1 + 2 \rightarrow \overset{\rightarrow}{1} + 2$$

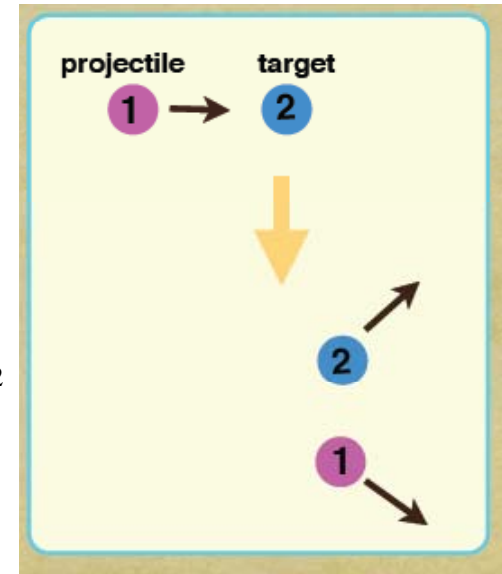
$$I_0 P_Y = 1/4\text{Tr}(\mathbf{M}\mathbf{M}^+ \sigma_n^1) \\ = 2\text{Re}[(a+m)c^* + \underline{(a-m)b^*}]$$

$$\overset{\rightarrow}{1} + 2 \rightarrow 1 + 2$$

$$I_0 A_Y = 1/4\text{Tr}(\mathbf{M}\sigma_n^1\mathbf{M}^+) = I_0 P_Y$$

$$1 + 2 \rightarrow \overset{\rightarrow}{1} + 2$$

$$I_0 A_Y^T = 1/4\text{Tr}(\mathbf{M}\sigma_n^2\mathbf{M}^+) = I_0 P_Y^T \\ = 2\text{Re}[(a+m)c^* - \underline{(a-m)b^*}]$$



Λp & $\Sigma^+ p$ scattering

偏極(水素)標的

散乱実験デザイン上のKey Points

Σ^- p Scattering Exp.

	E289	P40
Target	SciFi Active target (CH)	LH ₂
Beam intensity	1.5×10^5 /spill	2×10^7 /spill
Σ^- beam candidate	1.8×10^5 (including quasi free production)	1.6×10^7 (No quasi free production)
Σ^- track length	7×10^4 cm *	2.7×10^7 cm
Σ^- p scattering	30 *	10,000

- Hyperon生成用ビームの強度 $\sim 10^7$ /spill (Hz)が必要
- 生成・散乱標的とも(液体)水素が必要。
→Q.F.との分離で損をする。
- Image Dataが必要か？
議論の余地あり、
High-speed gateable Image pipeline
で同程度のビーム強度を扱える

Low energy散乱をとらえるには、Bubble Chamberのような装置が必要
→ (液体)水素TPC (15 atom のH₂(gas) TPCはあるらしい)
→ 光る液体水素 (Imaging)

今後の活動

- 第5回WG (3/12)
 - OBEP 相互作用模型勉強会
 - これでB-B相互作用の部分は終了
- 勉強会 **詳細は未定**
 - ハイパー核多体系のダイナミクス
 - 核物質としてアプローチ
- 報告書
 - 目次作りが進行中

報告書(目次)

- ハイパー核・ストレンジネス核物理の目的
- バリオン間相互作用の研究
 - 格子QCD/OBEP based model/quark based model
 - YN散乱実験
- ハイパー核研究 **ここが中心**
 - 生成(実験)手段ごと
 - 研究テーマ
- メソン束縛系の研究
 - メソン・バリオン間相互作用
- Charm系
- Dream Apparatus