

— エキゾチックス —

阪大RCNP 保坂 淳

特定領域研究「ストレンジネスで探るクォーク多体系」

理論班主催

「ストレンジネスを含む

クォーク多体系分野の理論的将来を考える」

研究会

導入的な内容

メソン相関の重要性 < = カイラル対称性
ハドロン相関
閾効果

講演のなかからいくつか

a1, b1 の解析
L(1405) の状況

中間子雲の効果としてK光生成

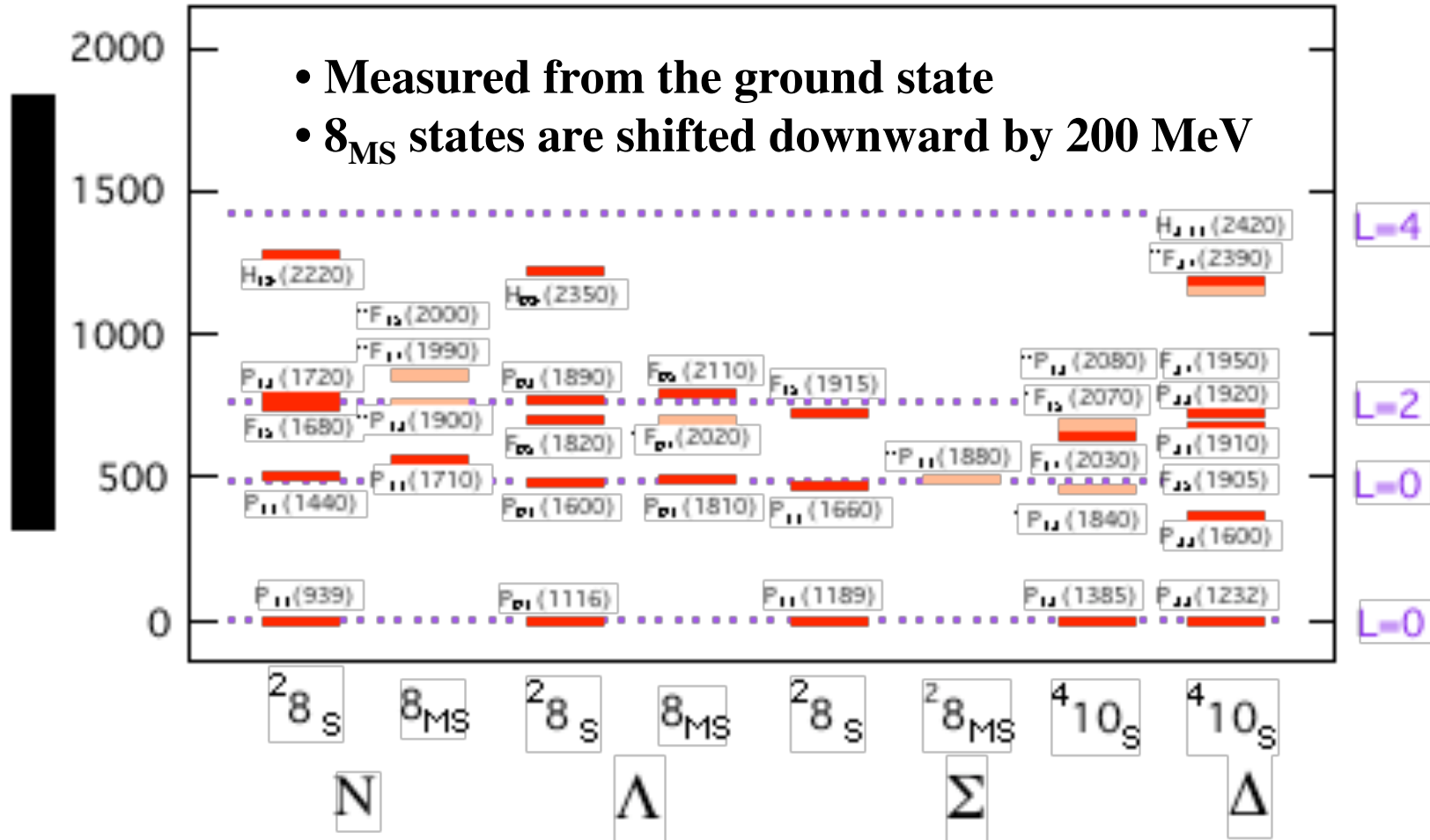
Φ光生成の考察

Θ⁺ は中野さんの論文を参照してください

エキゾチックスとは？

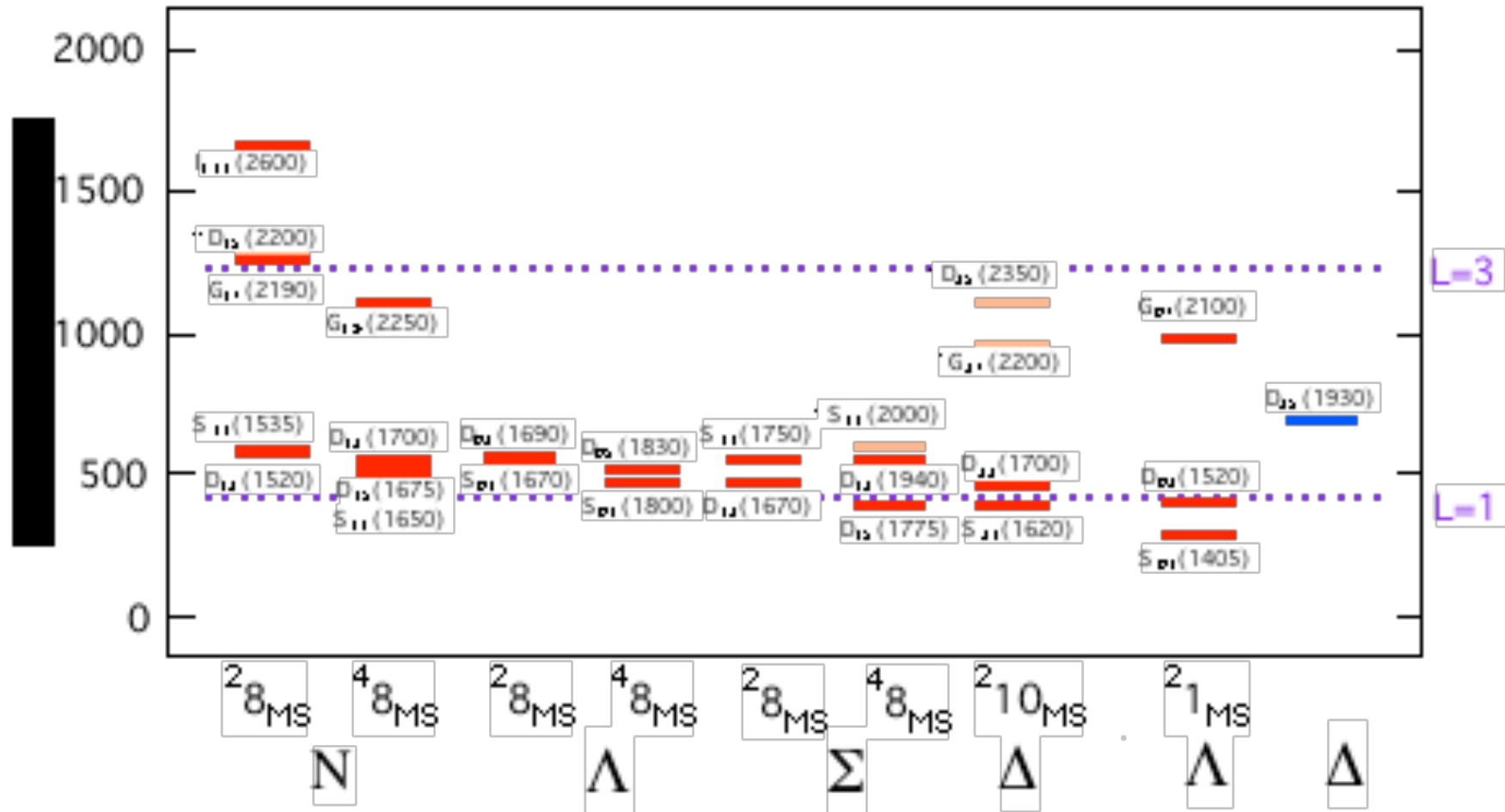
- ・ 構成クォーク模型の成功

Positive parity baryons



Takayama-Toki-Hosaka, PTP101, 1271(1999)

Negative parity baryons



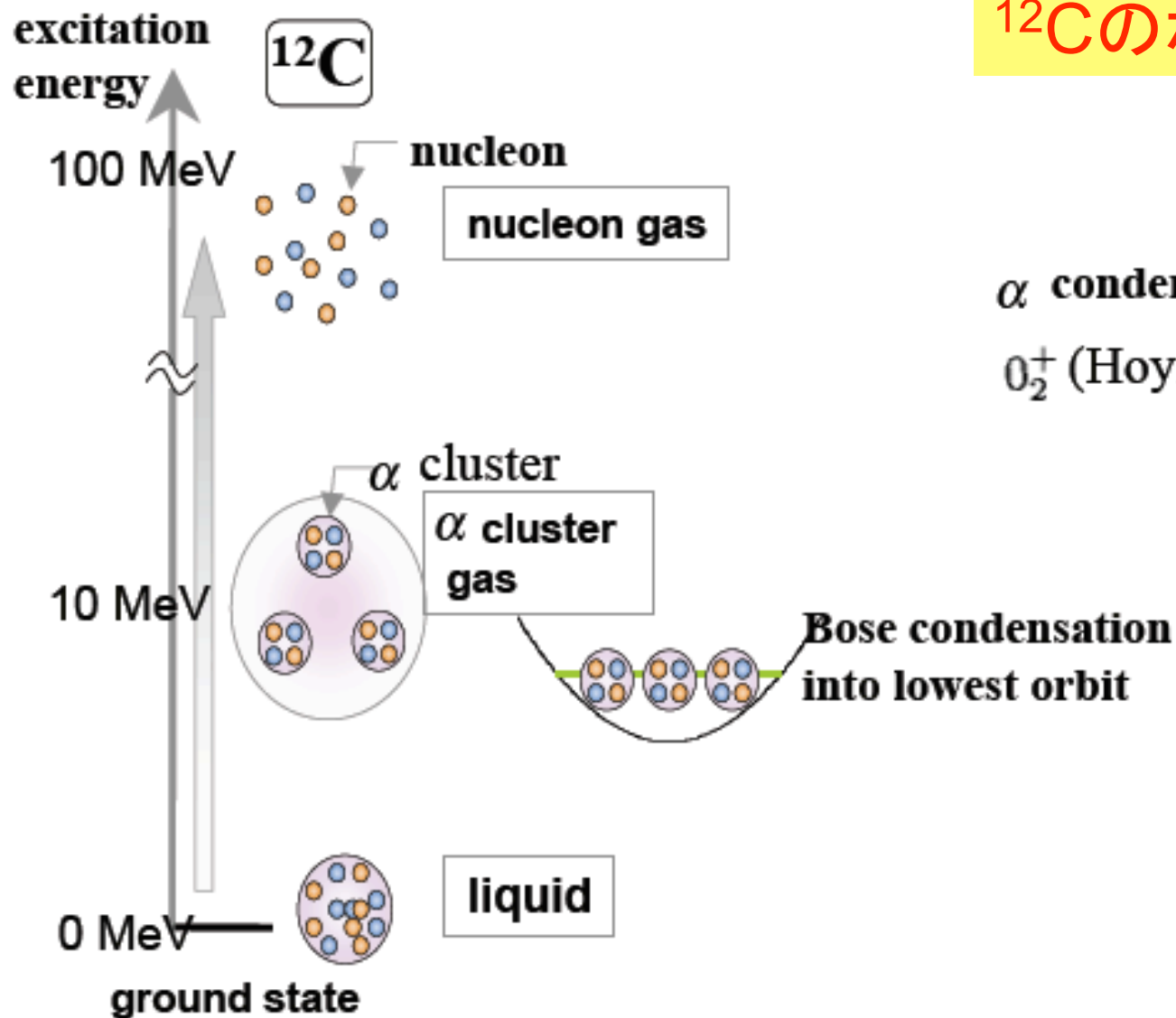
エキゾチックスとは？

- 構成クォーク模型の成功
- カイラル対称性とその自発的な破れ
GT-relation →パイオンの出現
パイオンとハドロンの相互作用
- 中性子の電磁半径、核子のスピン、核力

→ クォークハドロン多体系

原子核の例

^{12}C のホイール状態



α condensed state
 0_2^+ (Hoyle state)

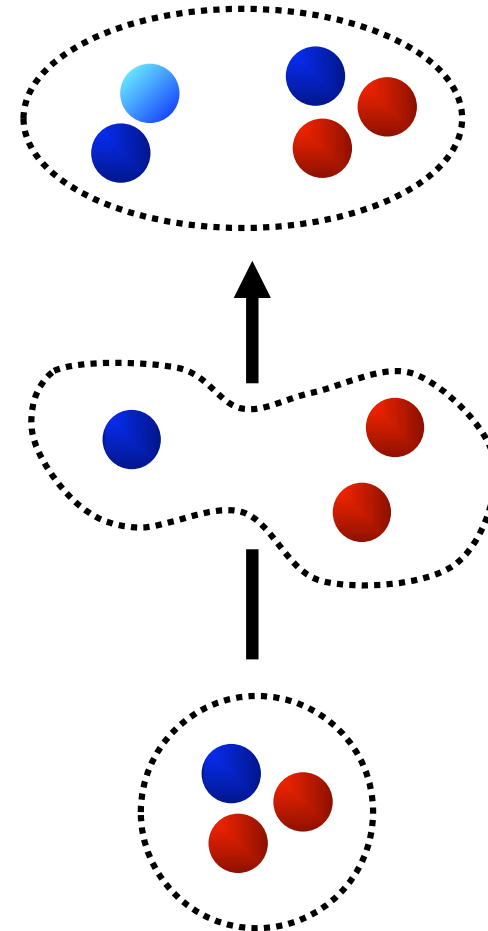
Y. Funaki,
A. Tohsaki,
H. Horiuchi,
P. Schuck,
G. Roepke

マルチクォーク(クラスター)相関

励起状態
安定な部分の集合
Spin-Isospin saturate

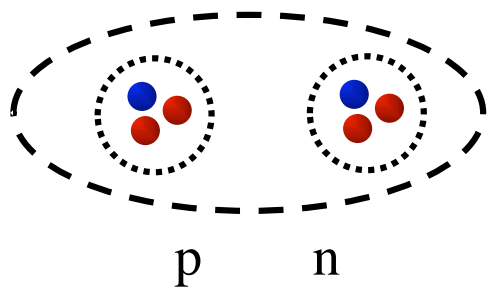
$\bar{q}q$ の生成を伴う

基底状態
コンパクト一様



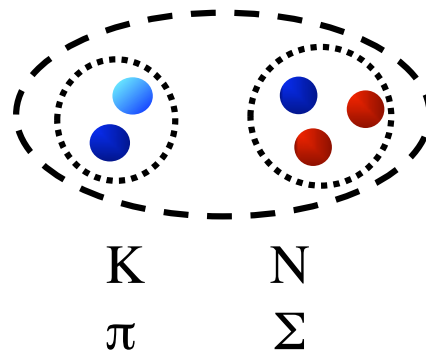
色なし(ハドロン)相関

重陽子・・・原子核

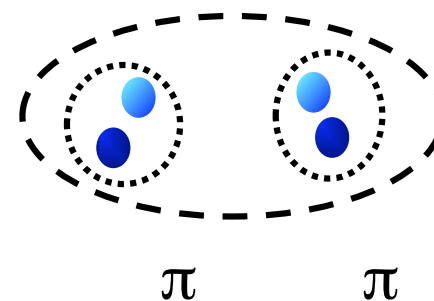


異状ハドロン？

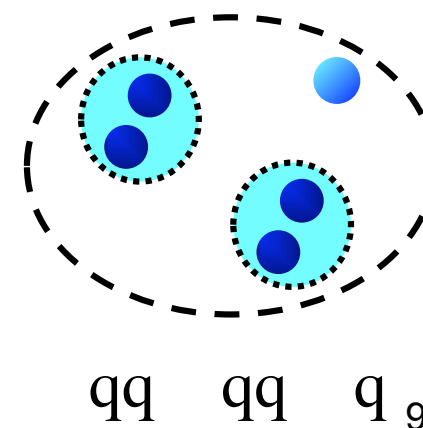
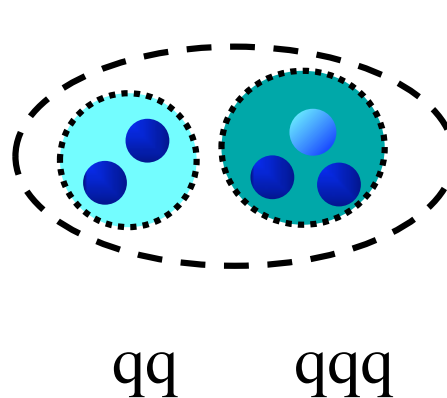
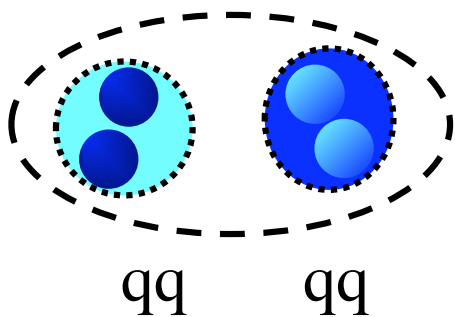
$\Lambda(1405)$



スカラー σ

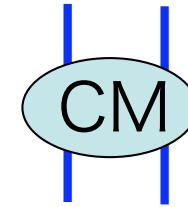


色つき (di-, tri-quark) 相関



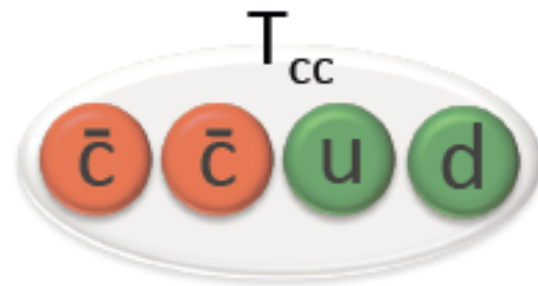
カラークラスター(ダイクォーク)

Color-magnetic interaction $\sim 1/(m_1 m_2)$



Double charmメソンの可能性

Tetra, penta, hexa quarks of cc

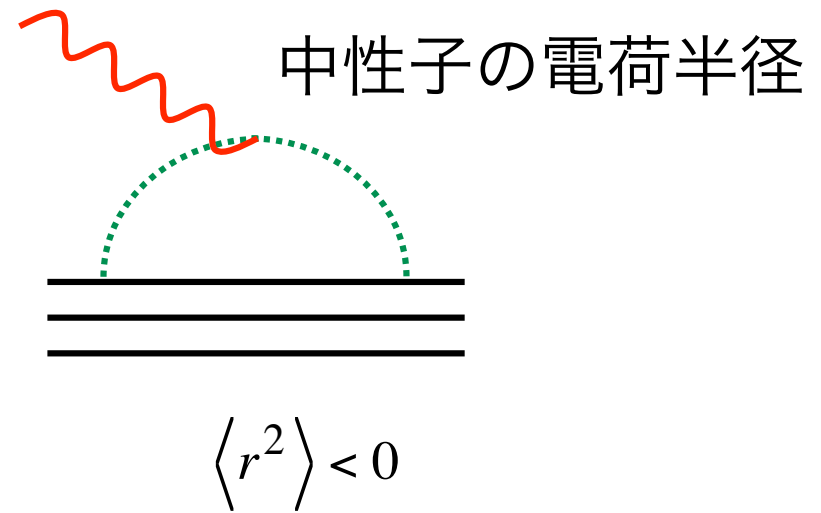
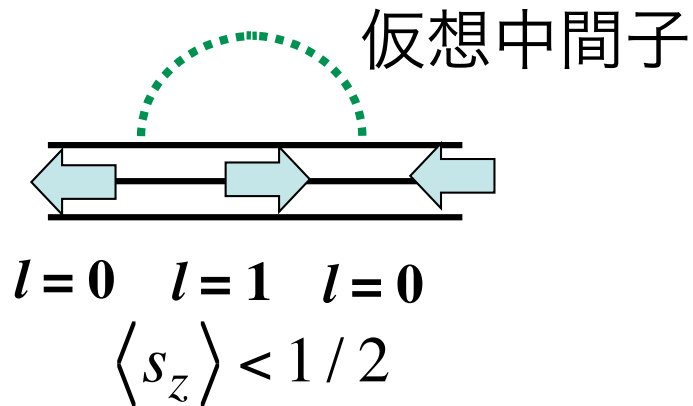


この系ではud相関が見やすいことが期待できる
一方、 DD^* とも結合する
例えばuddではudダイクォークはdにdisturbされる

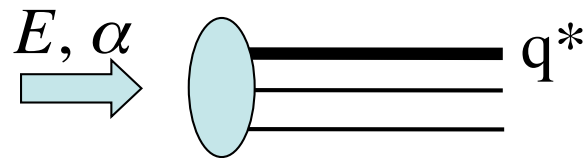
仮想(ゆらぎ)から実へ

核子

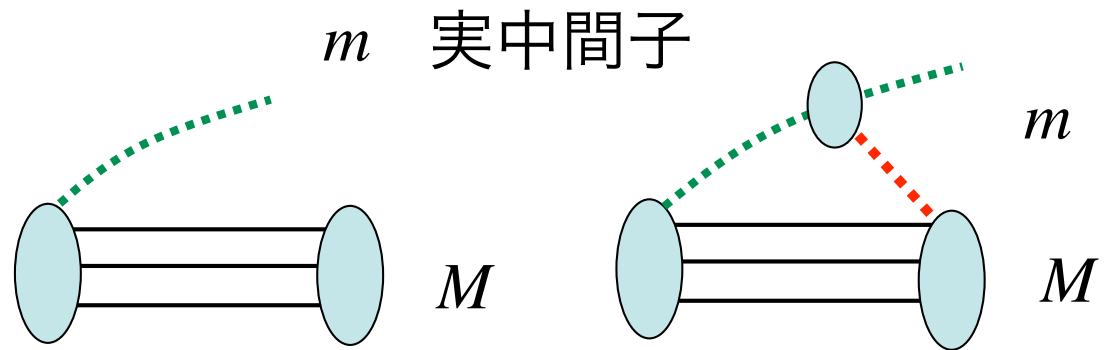
スピン



核子の励起状態

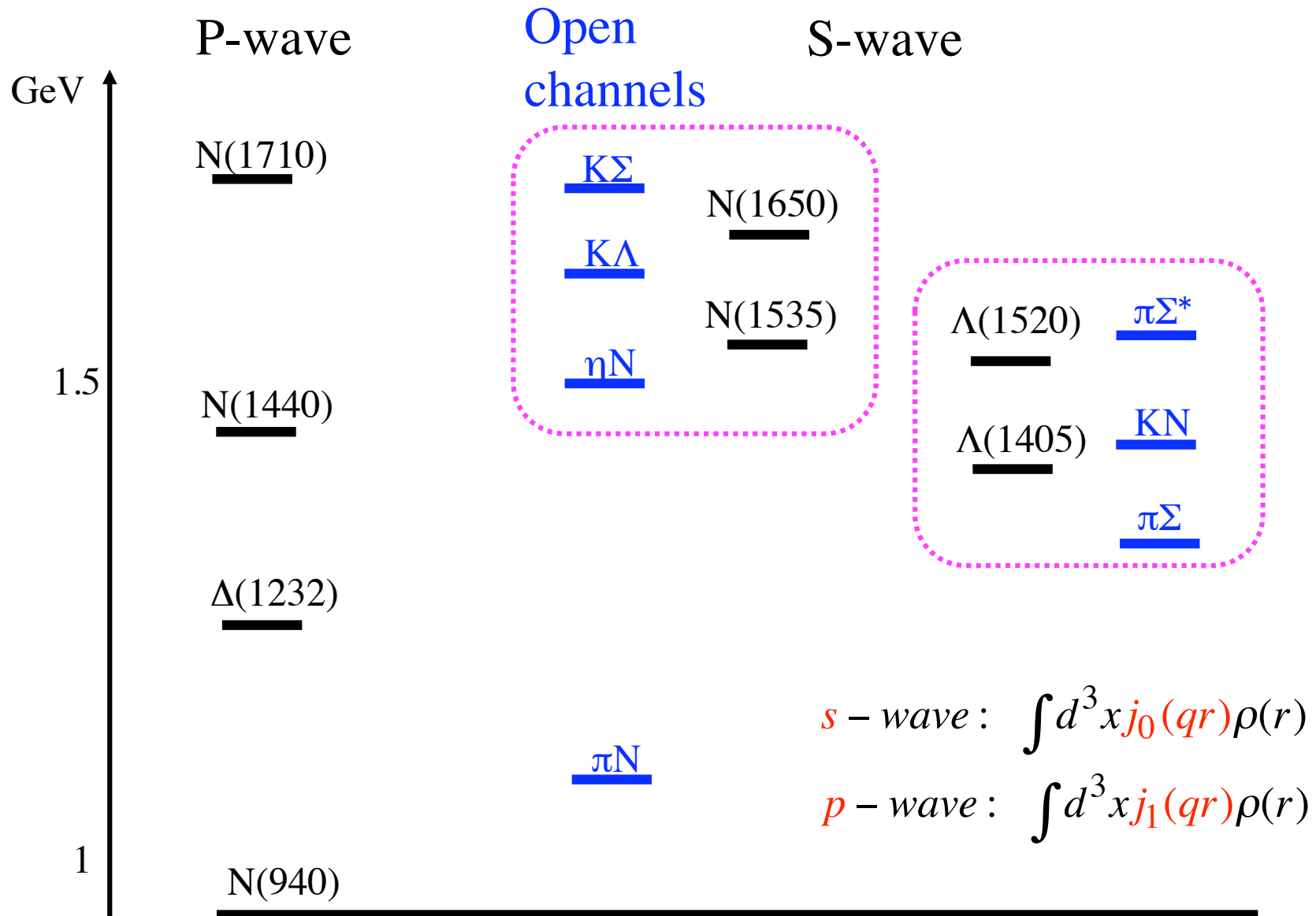


ストレンジ@熱海

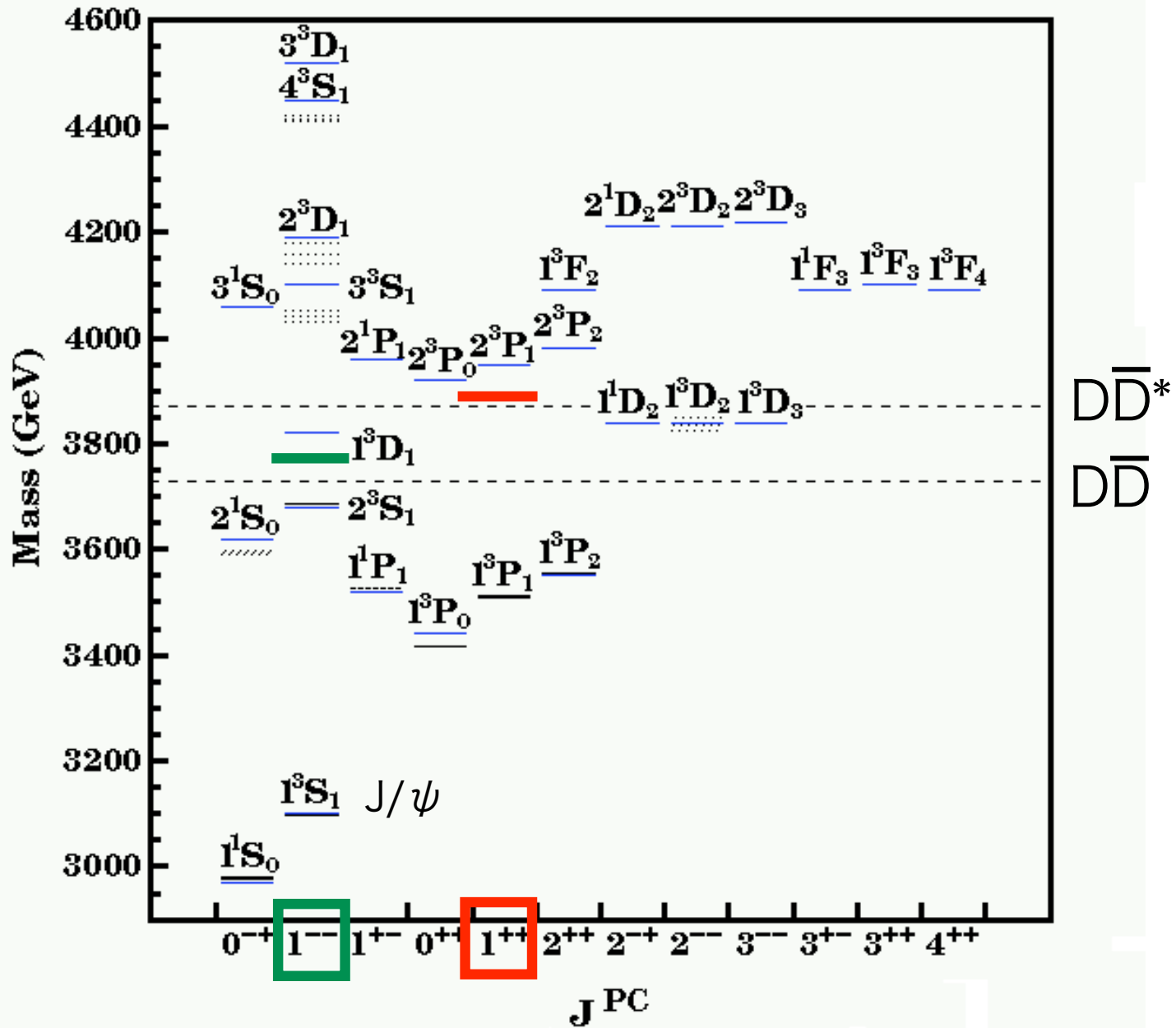


Free

Correlated



$\Psi(3770)$ $X(3872)$ $c\bar{c}$ mesons



ストレンジ

構造の問題 — 講演から

- $\Lambda(1405)$

クォーク模型では3q成分が重要

5 q クォーク相関と散乱状態との結合 竹内

KN- π Σ

相互作用とその扱い

運動量依存 (カイラル理論)

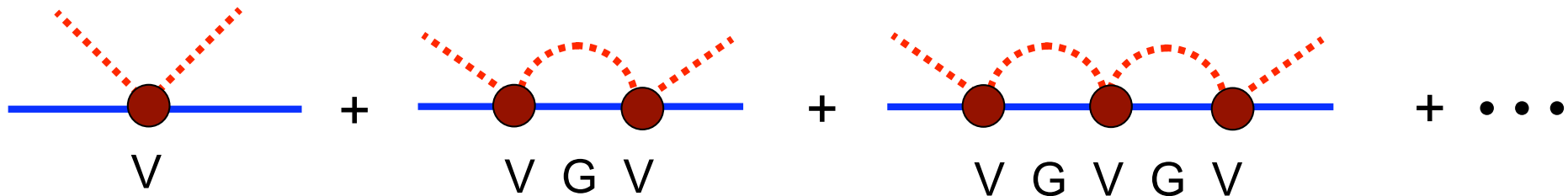
兵藤、池田

- a1, b1; チャーモニウムX(3872)等

永廣、安井
宮林、瀧澤

閾効果、アイソスピン混合、相互作用、
チャンネル結合

ハドロンの複合系 (無色の相関)

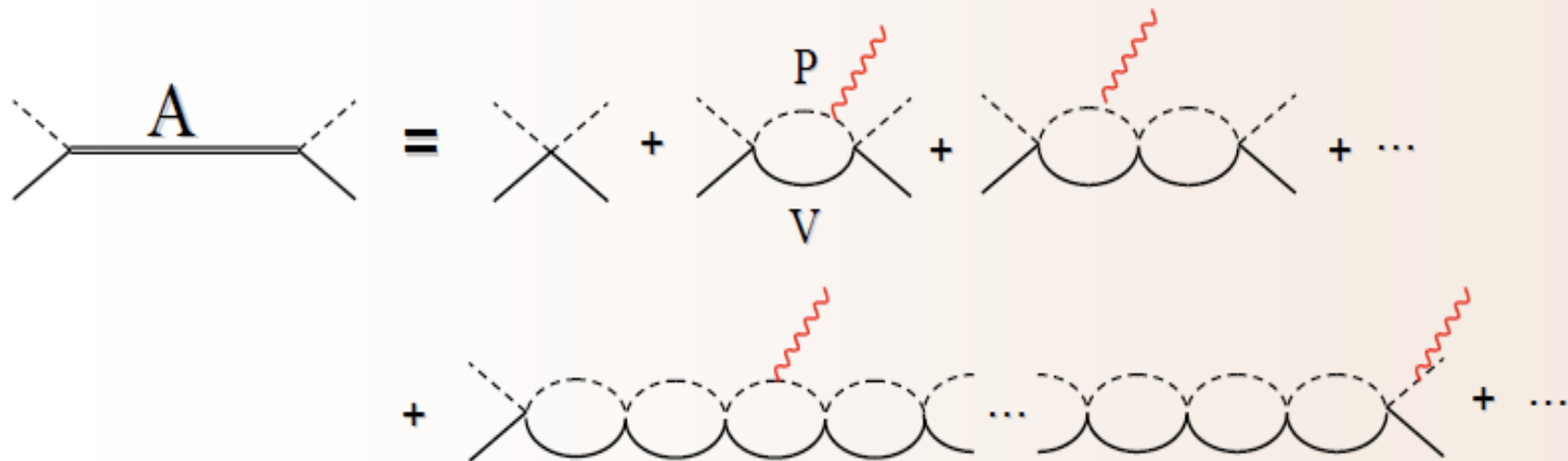


- » pseudo-scalar – pseudo-scalar 系 ($\pi\pi$, KK^{bar} , etc.)
 - › σ , $f_0(980)$, $a_0(980)$ scalar mesons
- » pseudo-scalar – baryon (πN , ηN , $K\Sigma$, ... / $\pi\Sigma$, $K^{\text{bar}}N$, ...)
 - › $N^*(1535)$, $\Lambda(1405)$ baryon resonances
- » **ベクトル中間子**を含むハドロン共鳴の研究
 - › pseudo-scalar– vector \rightarrow axial vector meson ($\sim 1\text{GeV}$)
 (π, K, η) $(\rho, K^*, \omega, \phi)$ $a_1(1260)$, $b_1(1235)$, $K_1(1270)$ two pole, etc...
- » ベクトル-ベクトル相互作用のある場合
 - › vector(ρ) – vector(ρ/D^*) $\rightarrow f_0(1370)$, $f_2(1270)$ / $D^*_2(2460)$, $D^*_1(2640)$, $D^*_0(2600)?$,
 - › vector – baryon $\rightarrow N^*$, Δ^* , ...
 - Kaneko, Nagahiro, Hosaka; (ρ -N with hidden) (金子, 春の学会@立教 2009.3)
 - M. Lutz etc., VN coupled channel
 - team E. Oset (ρ - Δ system)

複合模型は必ずしも万能ではない

Radiative decay: $a_1, b_1 (A) \rightarrow \pi \gamma$

dynamical generated resonance



==== A ... axial vectors (dynamically generated resonance)

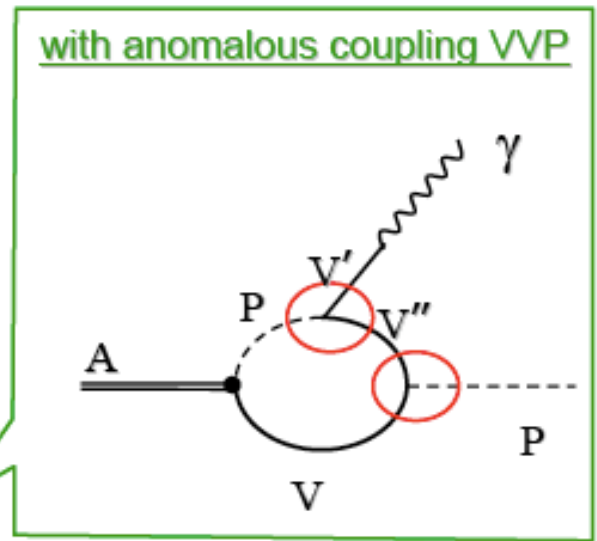
----- P ... pseudoscalar mesons [π, K, η]

———— V ... vector mesons [ρ, ω, K^*, ϕ]

数值計算結果

in unit of keV

		$a_1^+(1260) \rightarrow \pi^+ \gamma$	$b_1^+(1235) \rightarrow \pi^+ \gamma$
type-(B)	K*K	14	26
	$\rho\pi$	119	...
	total	171	26
type-(C)	K*K	30	57
	$\rho\pi$	213	...
	total	373	57
TOTAL		103	159
anomalous		217	4
TOTAL + anomalous		133 ± 70	209 ± 90
experimental value		640 ± 246 [1]	230 ± 60 [2]



[1] B.Collick et al., PRL53 (1984) 2734.
 [2] M.Zielinski et al., PRL52 (1984) 1195.

quark model
 Rosner, PLD23(1981)1127

1.0 ~ 1.6 MeV

184 \pm 30 keV

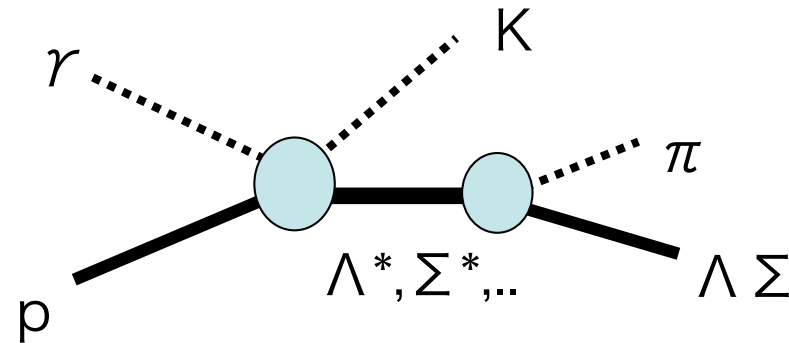
effective Lagrangian
 Roca et al., PRD70(04)094006

320 ~ 470 keV

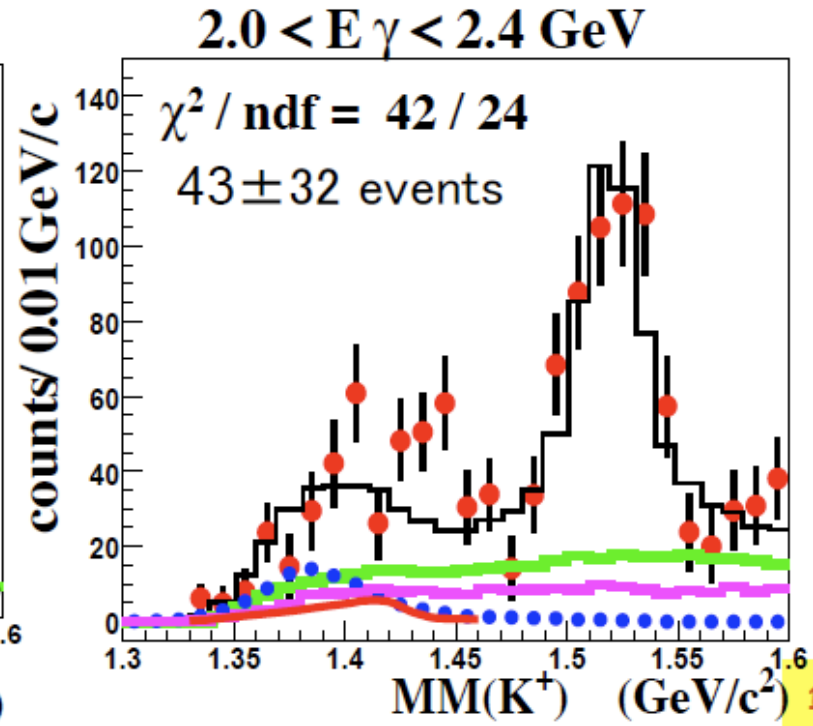
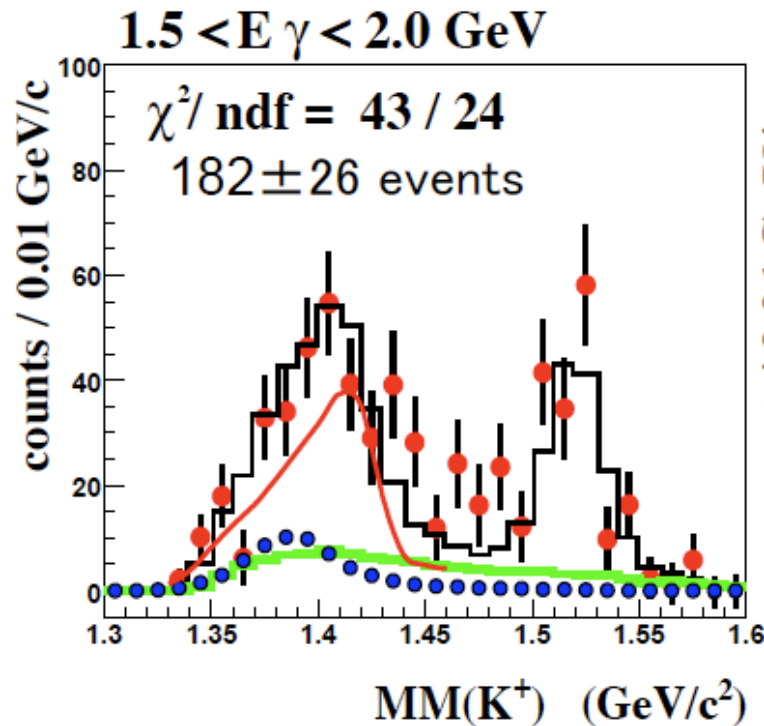
19 ~ 36 keV

$\Lambda(1405)$ のデータ 新山

- data
- $\Sigma(1385)$ ($\Lambda\pi^0$ mode)
- $\Sigma\pi$ phase space
- $K^*(892)\Sigma^+$
- theoretical model



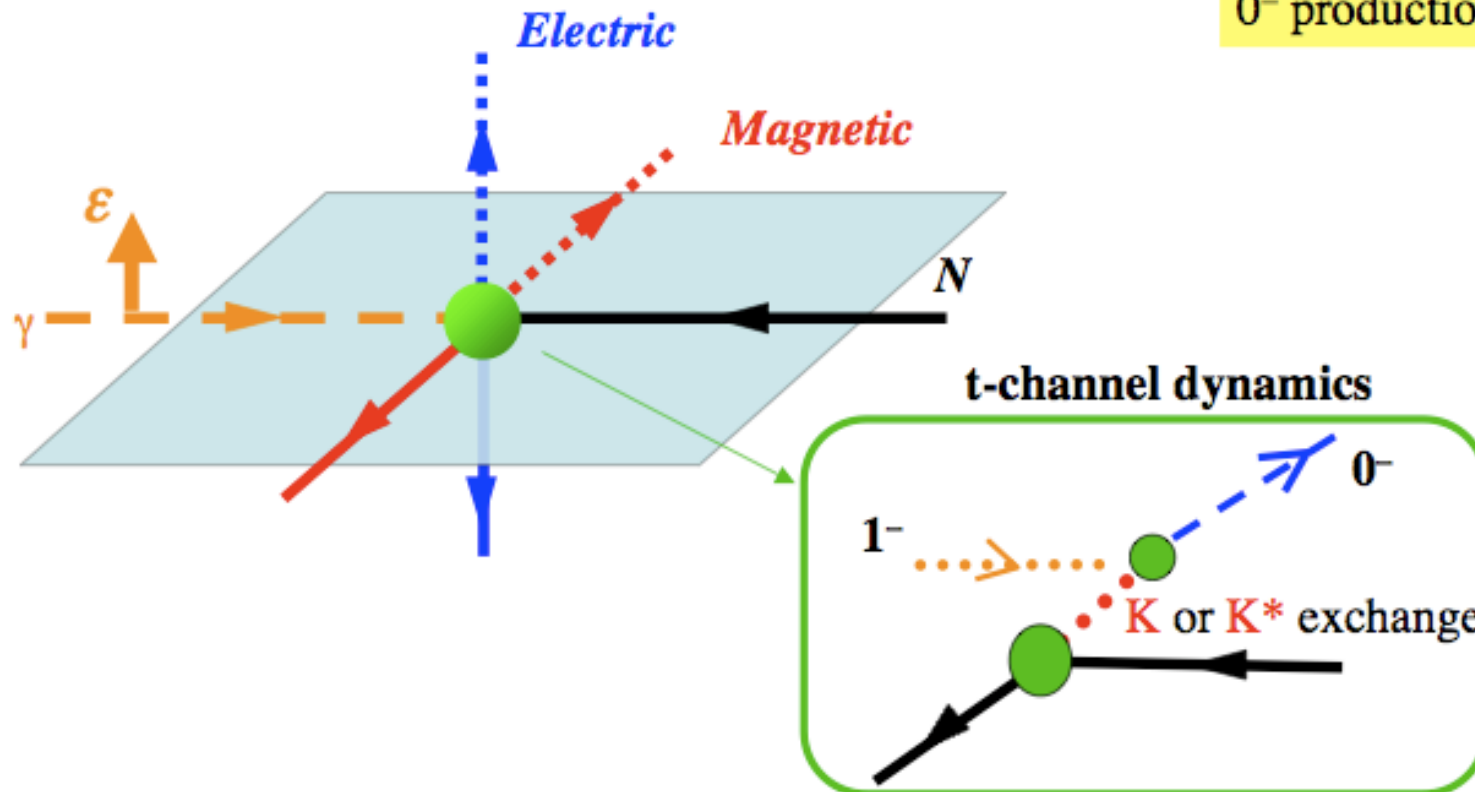
閾に集中した生成率



安 スピン非対称

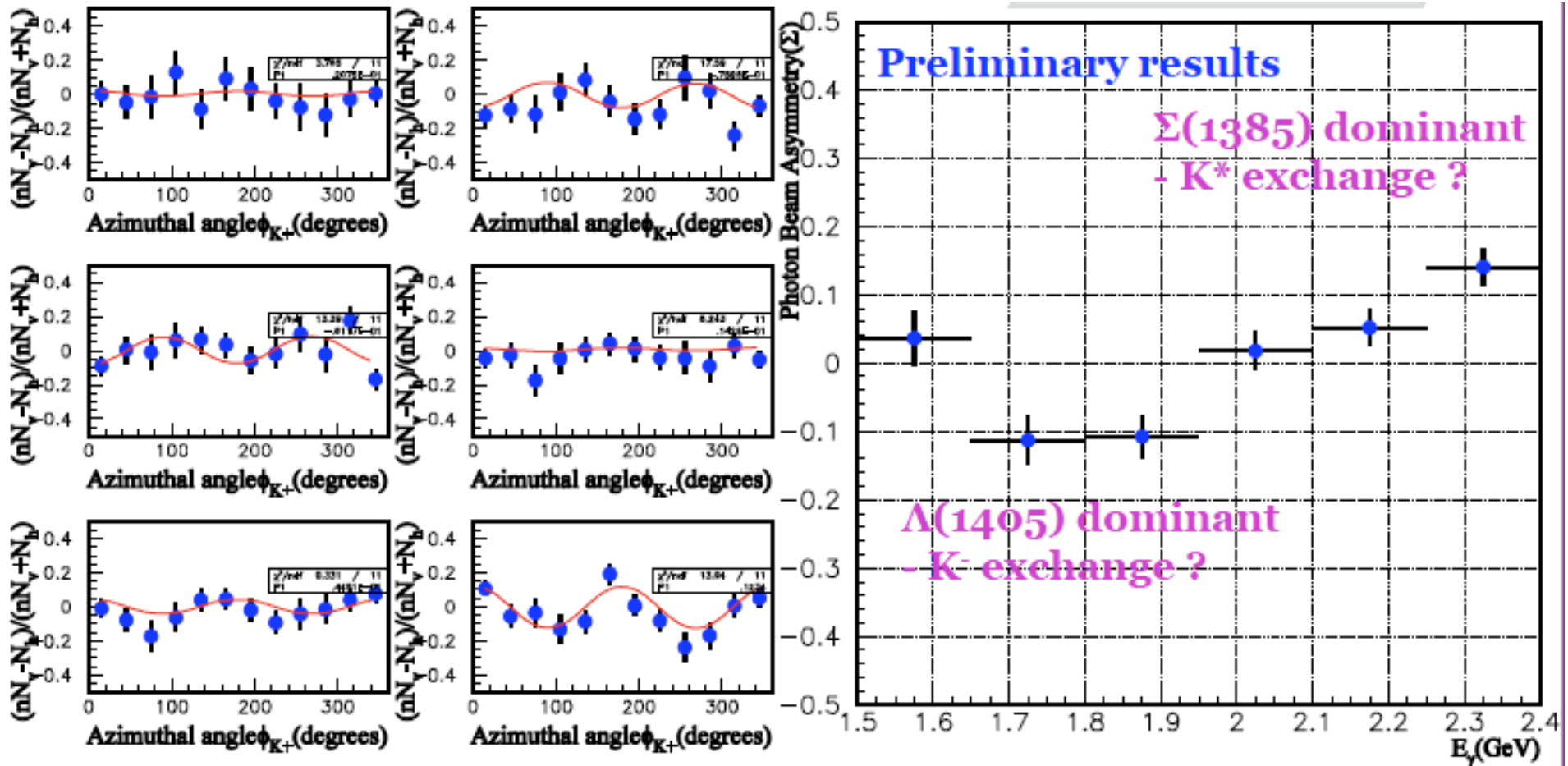
Spin 1 $(L, 1^-)J^P \rightarrow J, P = (-)^J$ **Natural, *Magnetic***
 $(-)^{J+1}$ **Unnatural, *Electric***

0⁻ production



エネルギー依存性

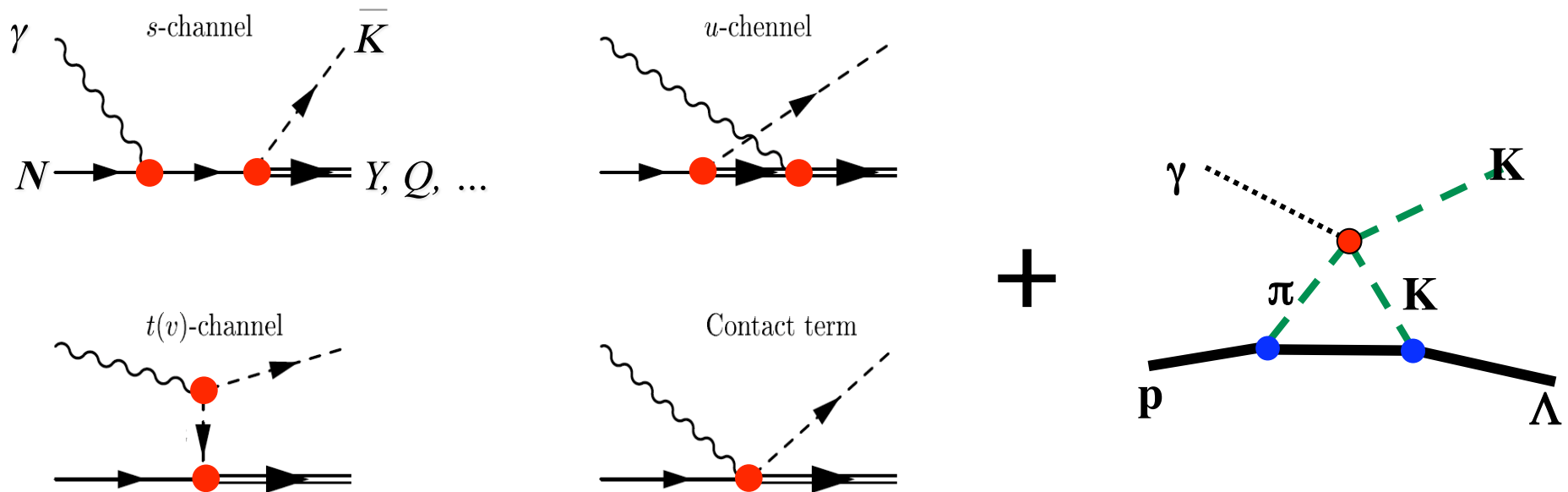
磁氣的から電氣的に
 $\Lambda(1405) \rightarrow \Sigma(1385)$
 K*交換 K交換



反応で見るエキゾチックな構造

中間子の雲 Kの光生成

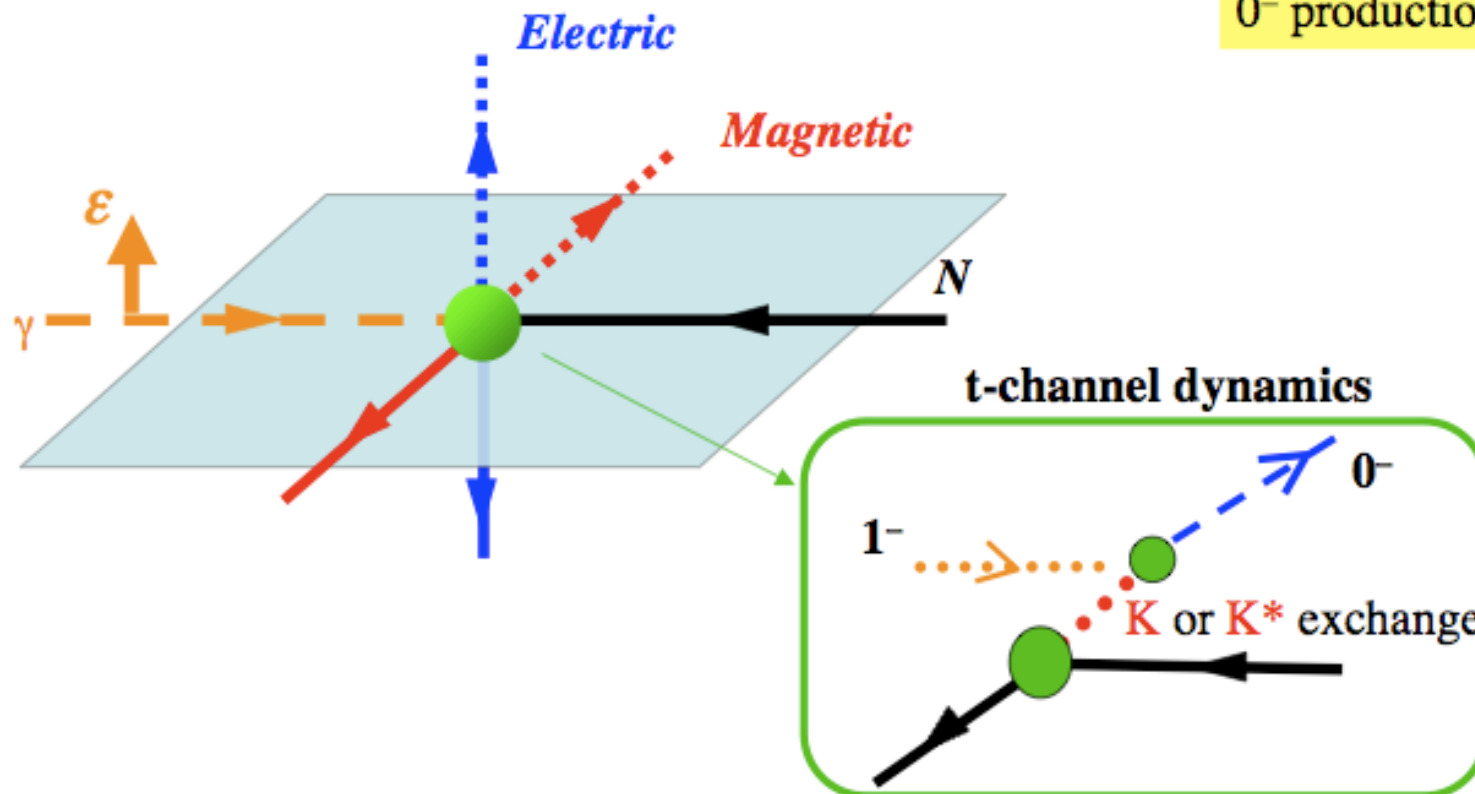
Ozaki-Nagahiro-Hosaka
 Phys.Lett.B665:178-181,2008.
 e-Print: arXiv:0710.5581 [hep-ph]



スピン非対称

Spin 1 $(L, 1^-)J^P \rightarrow J, P = (-)^J$ **Natural, *Magnetic***
 $(-)^{J+1}$ **Unnatural, *Electric***

0⁻ production

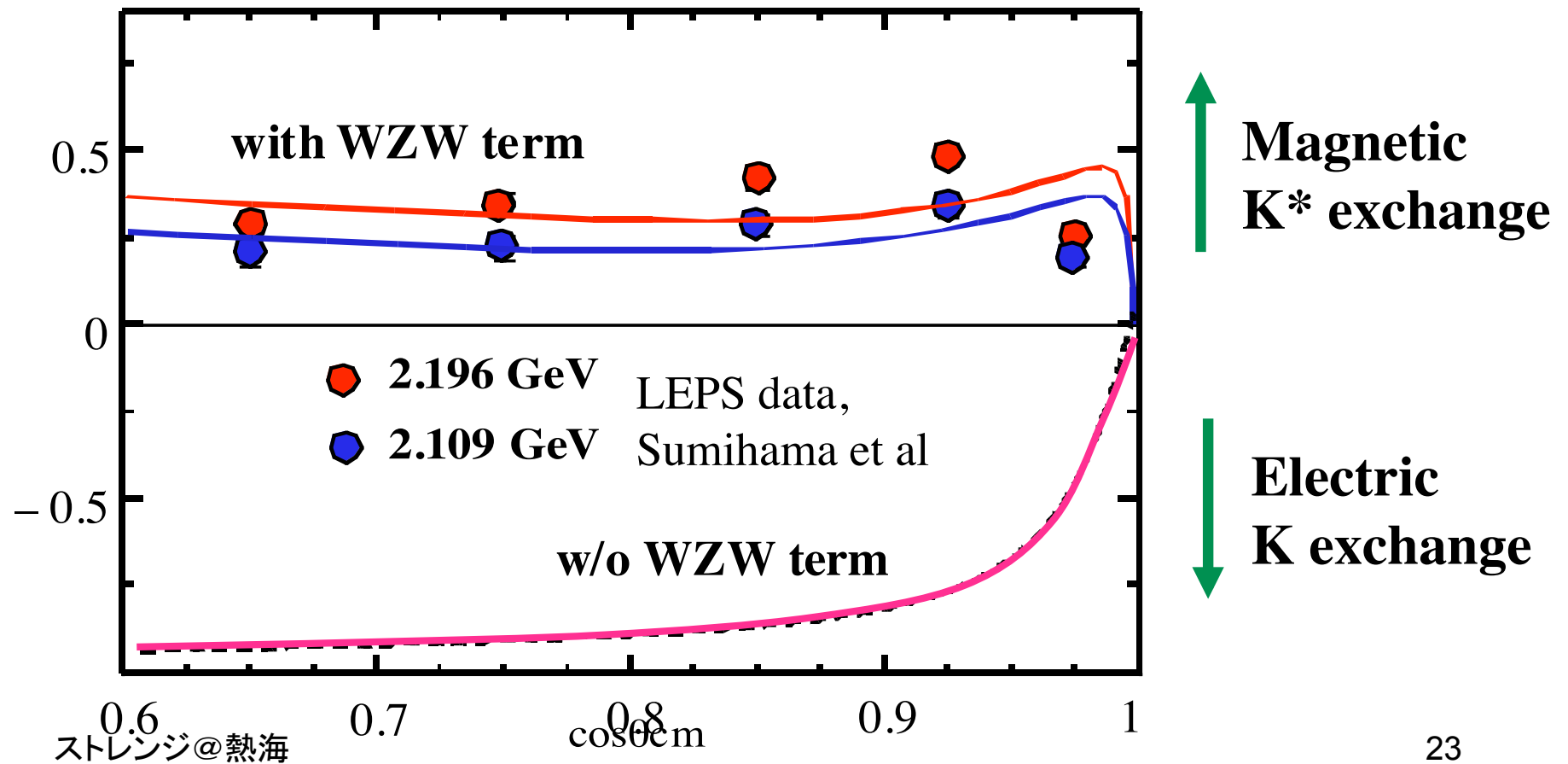


スピン非対称

$$A = \frac{\sigma_{\perp} - \sigma_{\parallel}}{\sigma_{\perp} + \sigma_{\parallel}}$$

$\gamma p \rightarrow K^{-} \Lambda$

LEPS data
Sumihama et al.
PRC73,035214 (2006)



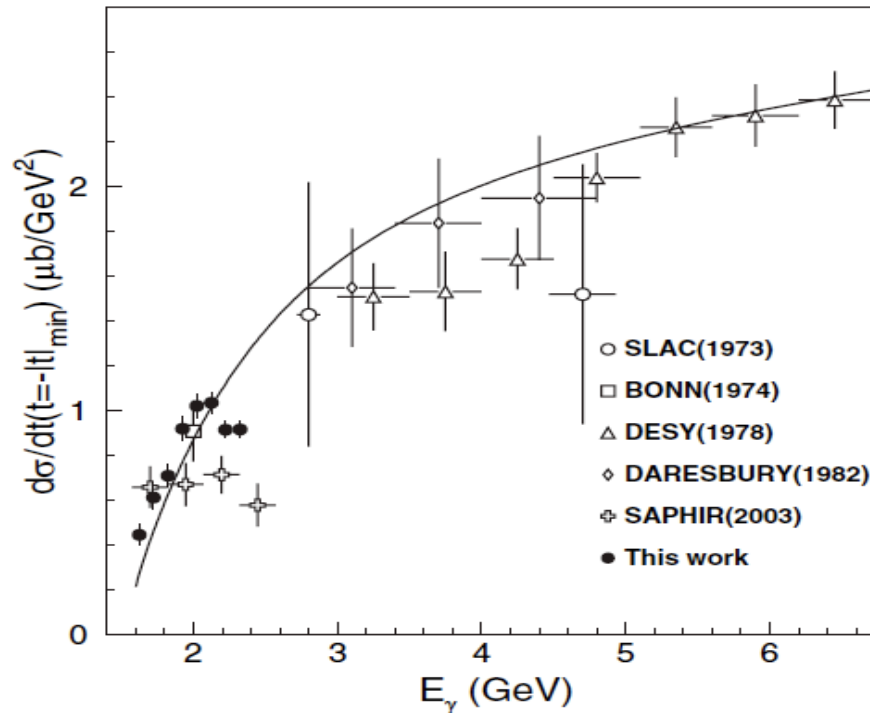
K*結合の問題が解決

	Phenomenological	Microscopic	+ Loop
$g_{KN\Lambda}$	-13.46	-12.65	
$g_{KN\Sigma}$	4.25	5.92	
$g_{K^*N\Lambda}^V$	-25.21	-5.63	
$g_{K^*N\Lambda}^T$	33.13	-18.34	
$g_{K^*N\Sigma}^V$	-15.33	-3.25	
$g_{K^*N\Sigma}^T$	-29.67	7.86	

SU(3)/SU(6) broken, or no microscopic description?

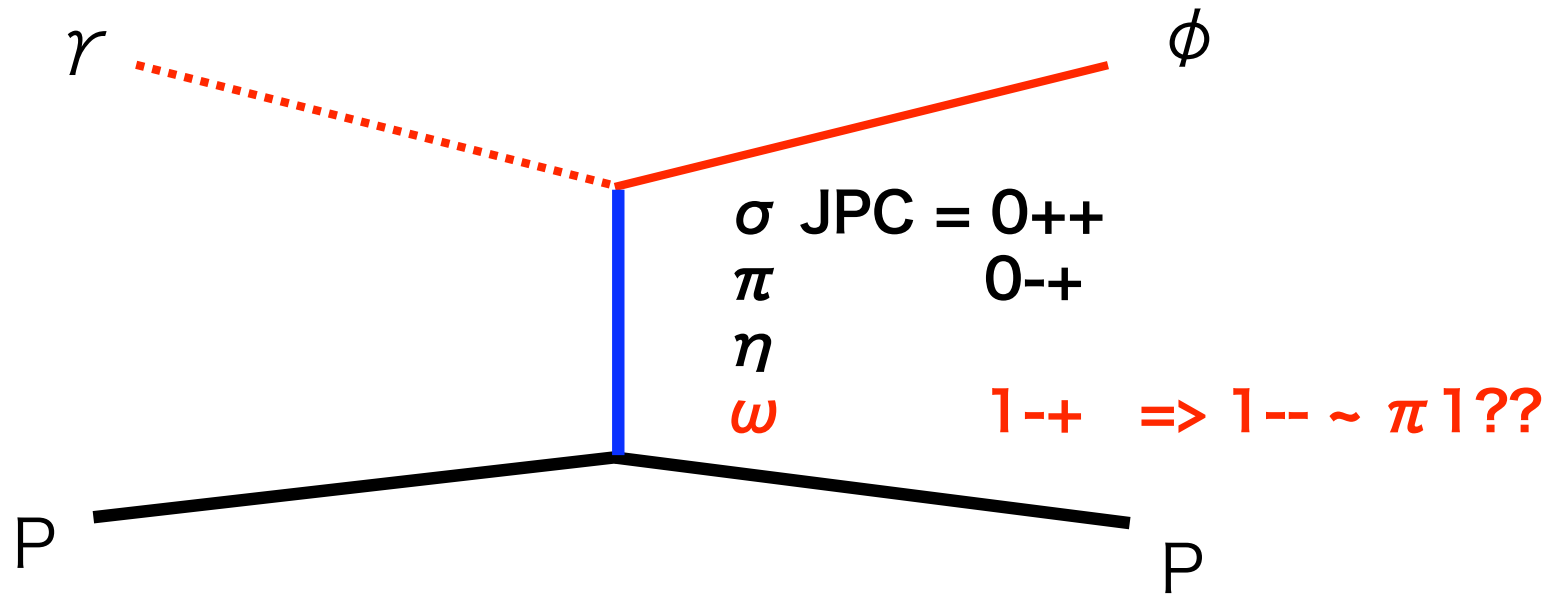
Also discussed by Guidal et al. NPA627 (1997) 645

Φ生成

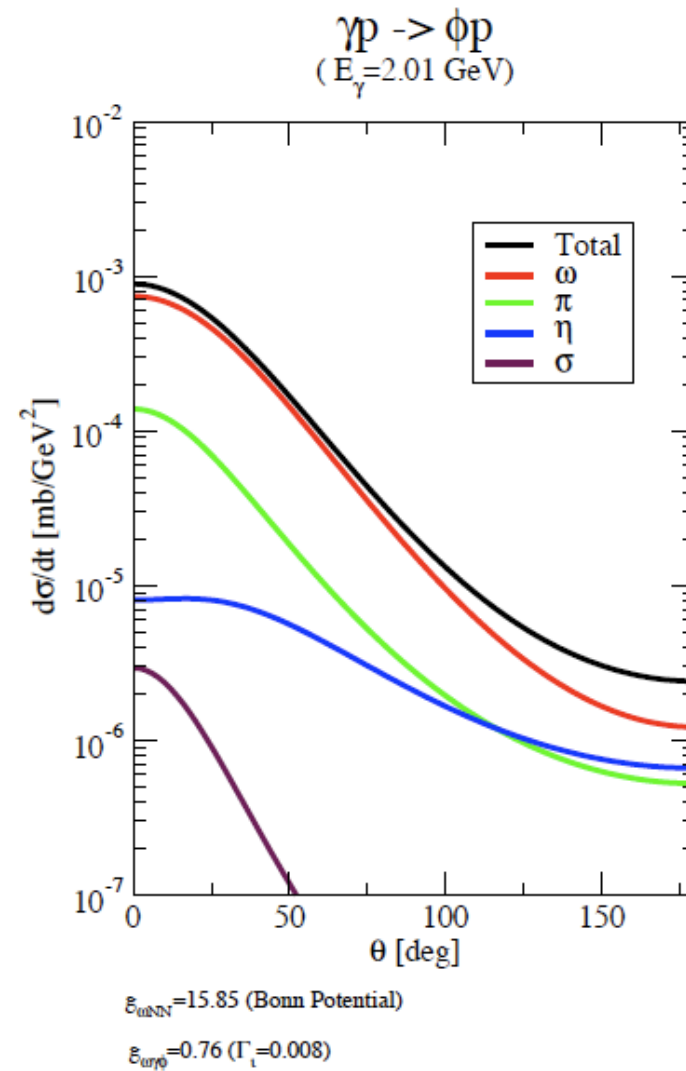
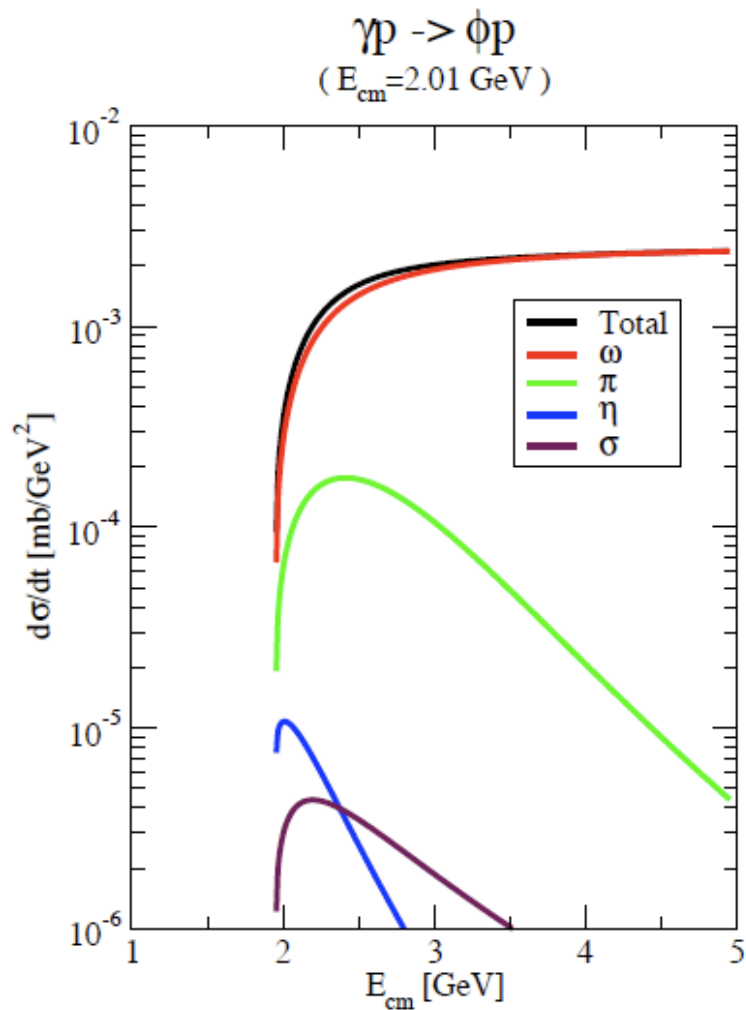


Mibe et al
PRL95,182001
(2005)

メソン交換？



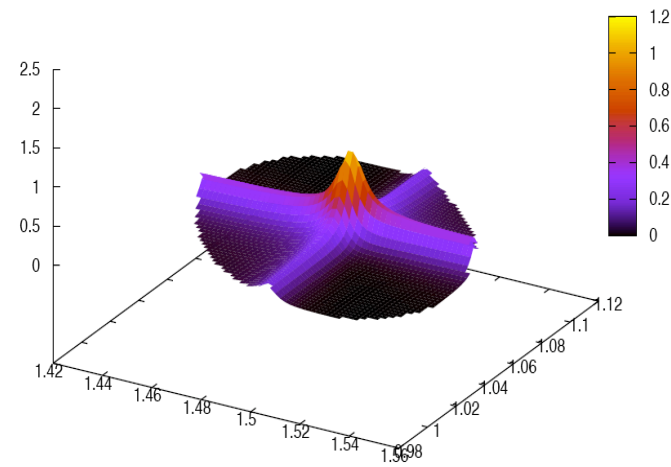
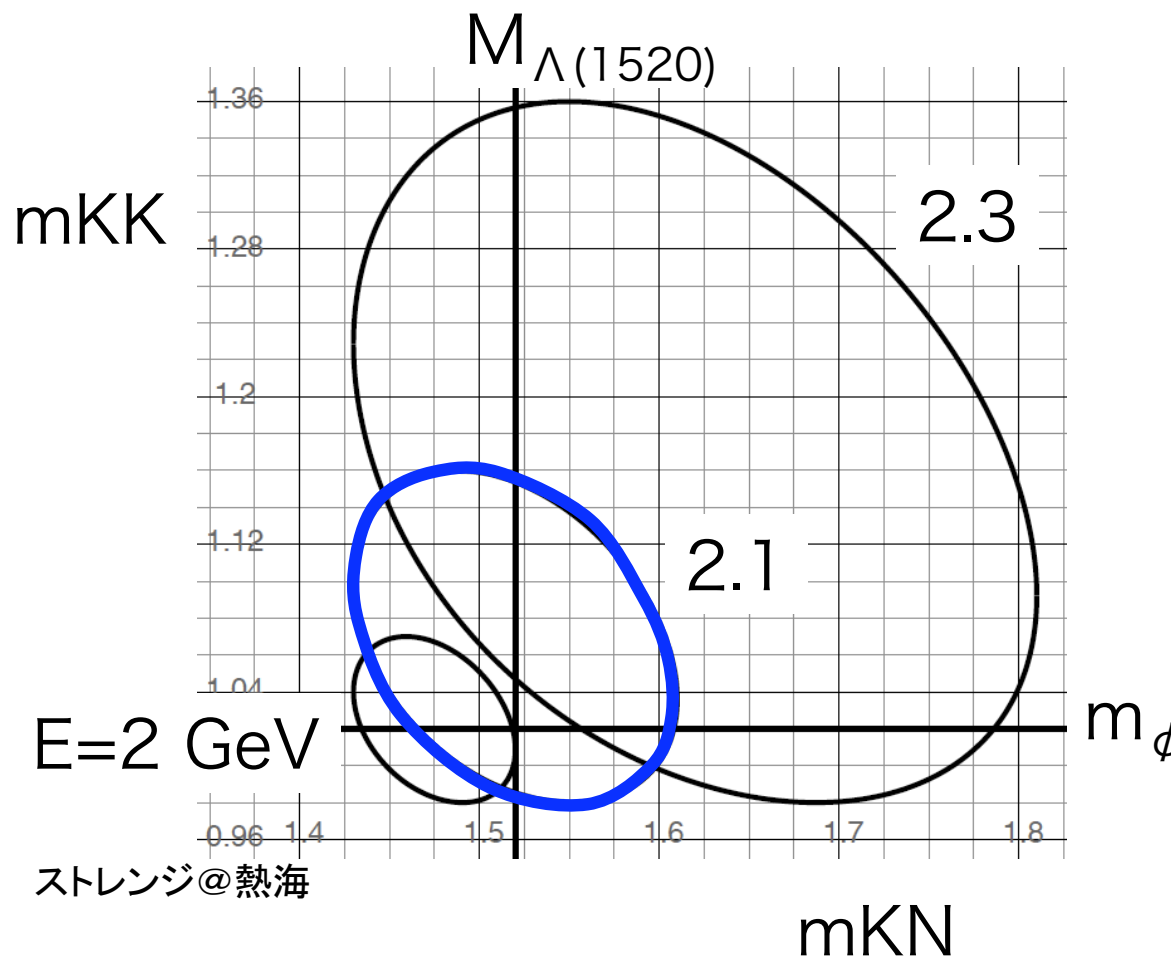
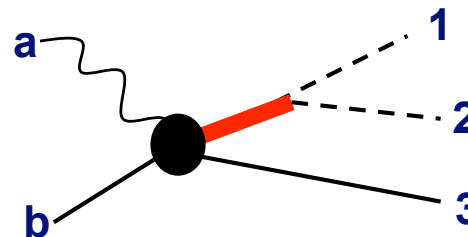
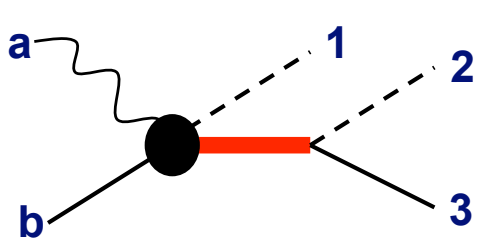
JPC = 1-+, l=0 ならば . . . Exotic



大局的なエネルギー・角度依存性：
JPC = 1-+の粒子交換でうまく説明できる

より詳細な構造

3体終状態KKN



エキゾチックス(励起状態)の解明には

- チャンネルが開く (ハドロン、K、D、. . .)
閾近傍でのチャンネル結合のダイナミックス
- ペンタクォークのピークが再確認された
Accepted yesterday
K, ϕ , L(1520), L(1405)等との全体像
ストレンジネス生成
反応からの構造情報がきわめて有用
- 再度反応理論の整備 \Rightarrow 構造の再考察