

A Regge model in charged K^* photoproduction

尾崎 翔 (大阪大学RCNP)

共同研究者

永広 秀子 (奈良女子大学)

保坂 淳 (大阪大学RCNP)

「新ハドロン」キックオフ研究会 名古屋 2009年 11月27~28日

Contents

1. Introduction

2. Previous study for K^* photoproduction
(Feynman model)

3. Regge model in K^* photoproduction

4. Results

5. Summary

Introduction

近年、様々な実験施設によって極めて精度の良い
ストレンジネス光生成の実験データが提供されている。

しかし、その中にはこれまでの理論模型 (Feynman model)
では説明困難な現象が数多く報告されている。

▶ Λ 励起状態光生成におけるピーク構造

→ $K\bar{K}N$ bound state?

M. Niiyama et al. PRC.78:035202, 2008

H. Kohri et al. arXiv:0906.01967

▶ Φ 中間子光生成におけるピーク構造

→ ΦN resonance?

T. Mibe et al. PRL.95:182001, 2005

▶ ペンタクォーク光生成

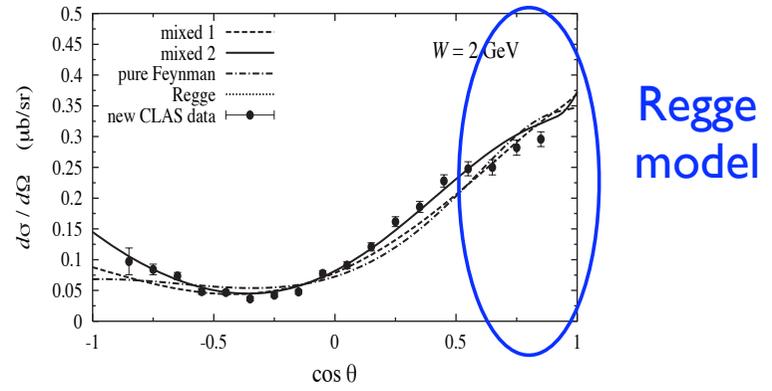
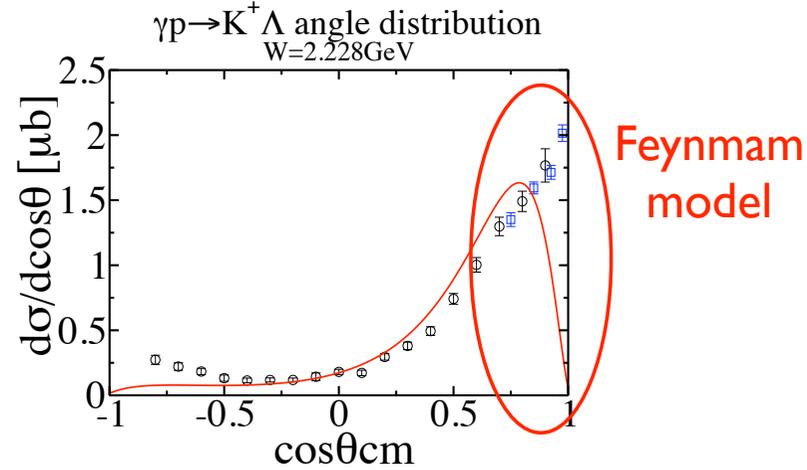
T. Nakano et al. PRL.91:012002, 2003

T. Nakano et al. PRC.79:025210, 2009

これらの興味深い現象を理解するためにはストレンジネス光生成の
基本的な生成メカニズムの理解が必要不可欠！

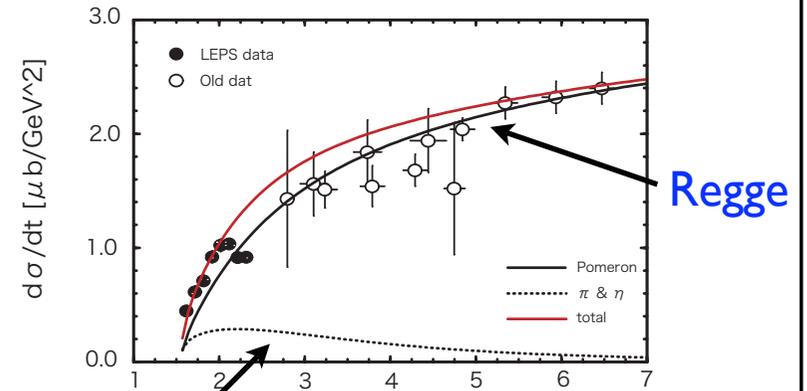
一方で理論的には、ストレンジネス光生成においてRegge modelが成功している。

charged kaon photoproduction



T. Mart and C. Bennhold, arXiv: nucl-th/0412097

phi photoproduction



Pomeron and mesons exchange model

A. I. Titov and B. Kampfer, PRC76, 035202(2007)

これらのストレンジネス光生成における成功から、 $s\bar{s}$ が生成されるエネルギー領域(2 GeV ~)でRegge modelを適用していくべきなのではないか。

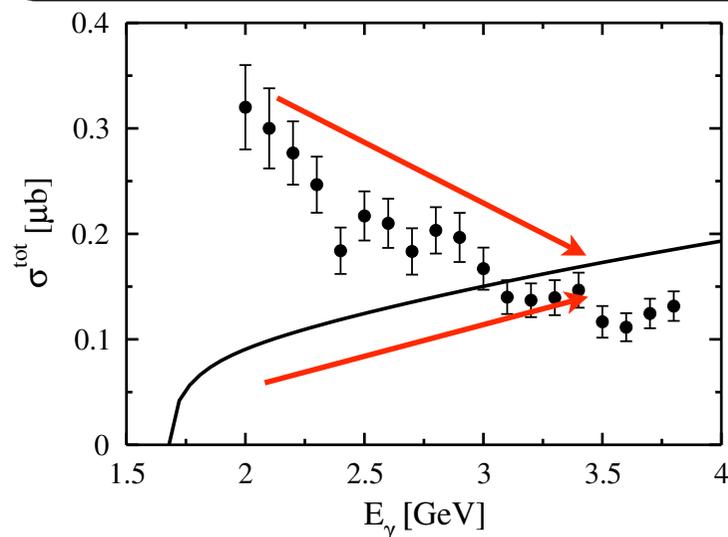
- ▶ しかしながら、本来Regge modelは高エネルギーハドロン反応で用いられてきた。
- ▶ どういったエネルギー領域からRegge model を適用することが妥当であろうか？
- ▶ K中間子及び ϕ 中間子光生成をはじめとする中間子光生成の成功から、その適応範囲が2 GeV以上の領域であることが予想される。
- ▶ Regge modelの適応範囲を現象論的に調べるため我々はK*中間子光生成を研究した。

特に我々は、荷電K*光生成反応に注目した

荷電K*光生成の特徴はt-channelのプロセスにおいて
K*(vector meson)交換が可能となることである。

—————> エネルギーと共に単調増加の反応断面積となる

Total cross section of $\gamma p \rightarrow K^* + \Lambda$



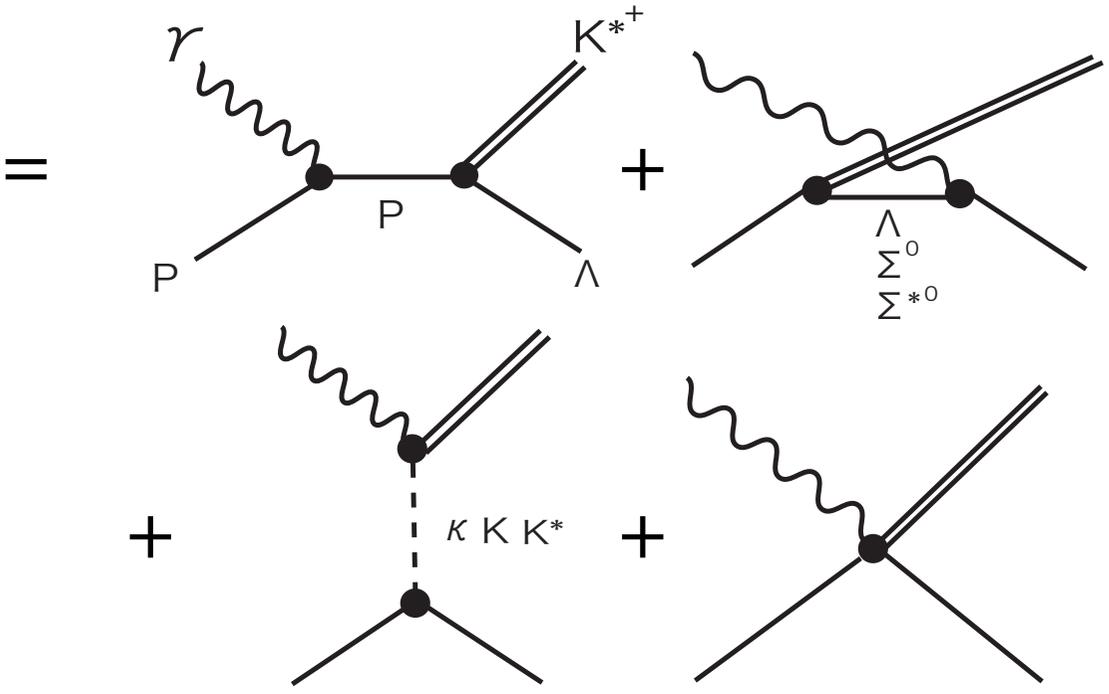
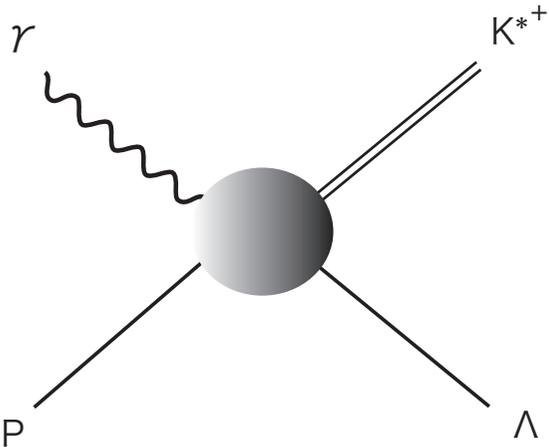
————— Naive Feynman (isobar) model

● CLAS's preliminary data
(L. Guo et al, arXiv:hep-ex 0601010)

こうした実験と理論との違いは、このエネルギー領域における
ハドロン反応を記述する適切なモデルを必要としている。

—————> **Regge model**

Feynman model



パラメーターセット

$$g_{K^*N\Lambda} \quad -4.26$$

$$\kappa_{K^*N\Lambda} \quad 2.66$$

$$g_{K^*N\Sigma} \quad -2.46$$

$$\kappa_{K^*N\Sigma} \quad -0.47$$

$$\kappa_p \quad 1.79$$

$$\kappa_\Lambda \quad -0.61$$

$$\kappa_{\Lambda\Sigma} \quad 1.61$$

$$G_{\gamma\Lambda\Sigma^*}^1 \quad 3.78$$

$$G_{\gamma\Lambda\Sigma^*}^2 \quad 3.18$$

$$G_{K^*\Lambda\Sigma^*} \quad -2.60$$

Nijmegen
(NSC97a)

Ex.values

$\Sigma^* \rightarrow \Lambda\gamma$
decay width(Ex. values)

← quark model & SU(3)

$$g_{KN\Lambda} \quad -13.24 \quad \leftarrow \quad \text{SU(3) \& SU(6)}$$

$$g_{\gamma KK^*} \quad 0.254 \text{ GeV}^{-1} \quad \leftarrow \quad \begin{array}{l} K^* \rightarrow K\gamma \\ \text{decay width(Ex. values)} \end{array}$$

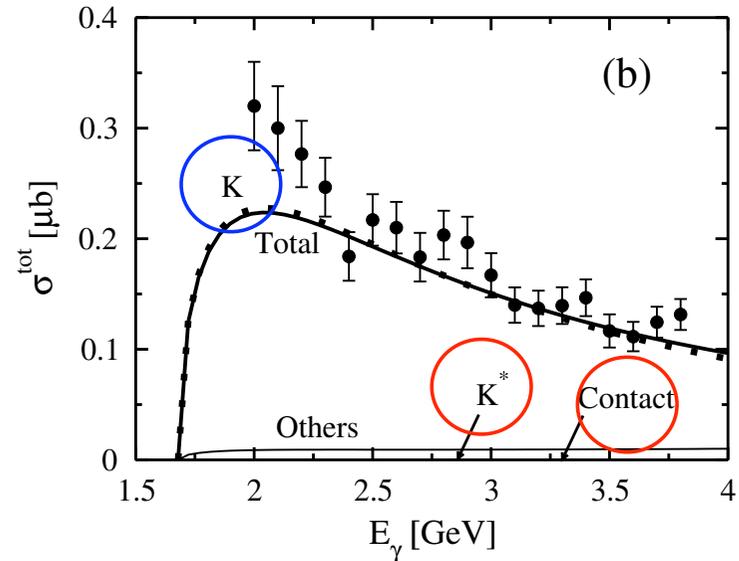
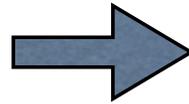
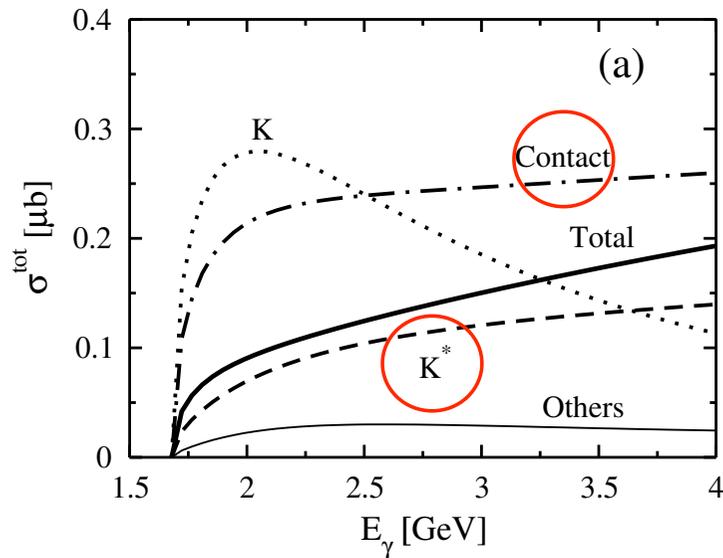
$$g_{\gamma\kappa K^*} \quad 0.12 \quad \leftarrow \quad \text{VMD \& SU(3)}$$

$$g_{\kappa N\Lambda} \quad 8.3 \quad \leftarrow \quad \text{Nijmegen(NSC97a)}$$

$$m_\kappa \quad 750 \text{ MeV} \quad \left. \vphantom{m_\kappa} \right\} \quad m_\kappa = 600 \sim 900 \text{ MeV}$$

$$\Gamma_\kappa \quad 550 \text{ MeV} \quad \left. \vphantom{\Gamma_\kappa} \right\} \quad \Gamma_\kappa = 400 \sim 770 \text{ MeV}$$

Previous study Y. Oh and H. Kim, PRC73, 065202(2006)



(a) 単調増加の起源はK*交換とコンタクト項である。

(b) 先攻研究では形状因子のカットオフを調節することによってK*交換とコンタクト項を大きく抑制していた。



Kaon exchange dominant

The Regge approach

$$\frac{1}{t - m_K^2} \rightarrow \mathcal{P}_{regge}^K = \left(\frac{s}{s_0}\right)^{\alpha_K(t)} \frac{1}{\sin(\pi\alpha_K(t))} \frac{\pi\alpha'_K}{\Gamma(1 + \alpha_K(t))},$$

$$\frac{1}{t - m_\kappa^2} \rightarrow \mathcal{P}_{regge}^\kappa = \left(\frac{s}{s_0}\right)^{\alpha_\kappa(t)} \frac{1}{\sin(\pi\alpha_\kappa(t))} \frac{\pi\alpha'_\kappa}{\Gamma(1 + \alpha_\kappa(t))},$$

$$\frac{1}{t - m_{K^*}^2} \rightarrow \mathcal{P}_{regge}^{K^*} = \left(\frac{s}{s_0}\right)^{\alpha_{K^*}(t)-1} \frac{1}{\sin(\pi\alpha_{K^*}(t))} \frac{\pi\alpha'_{K^*}}{\Gamma(\alpha_{K^*}(t))}$$

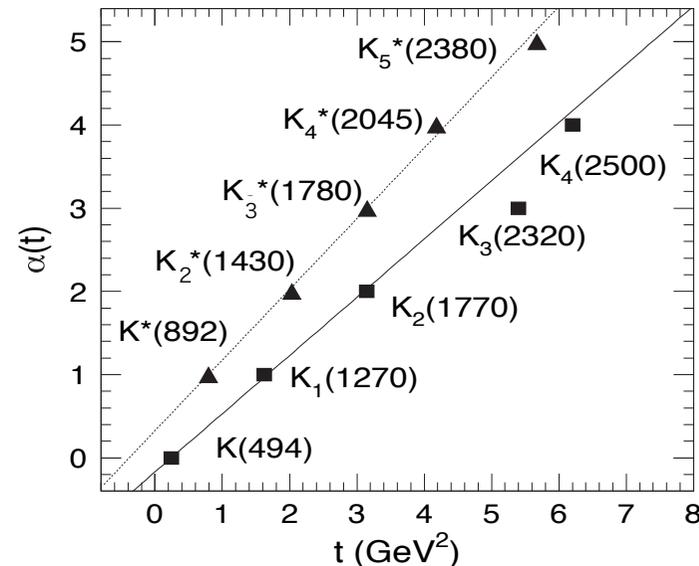
K & K* trajectory

$$\alpha_K(t) = 0.7(t - m_K^2)$$

$$\alpha_{K^*}(t) = 1 + 0.85(t - m_{K^*}^2)$$

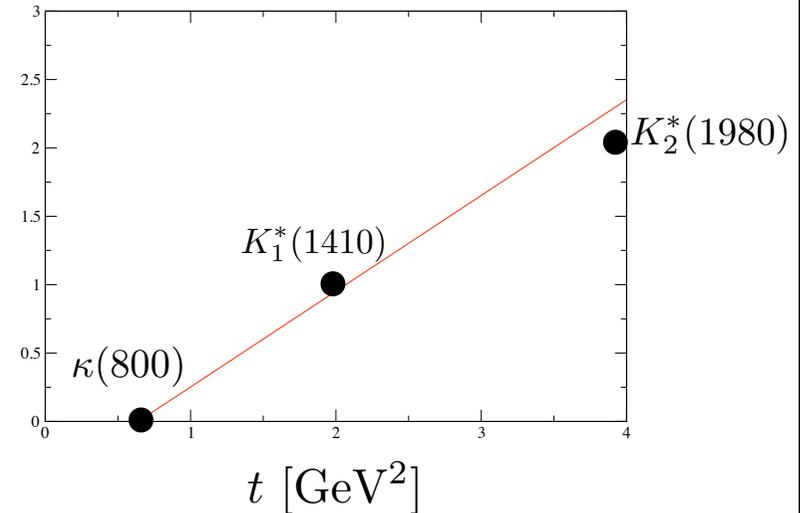
T. Corthals et al., PRC73, 045207(2006),

M. Guidal et al., NPA627, 645(1997)



kappa trajectory

$$\alpha_{\kappa}(t) = \underline{0.7}(t - m_{\kappa}^2) \quad \alpha_{\kappa}(t)$$

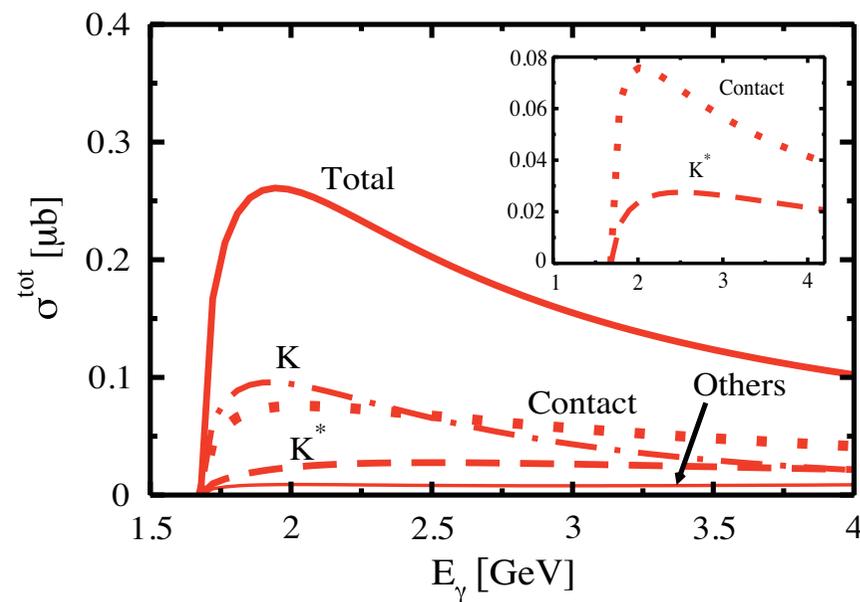
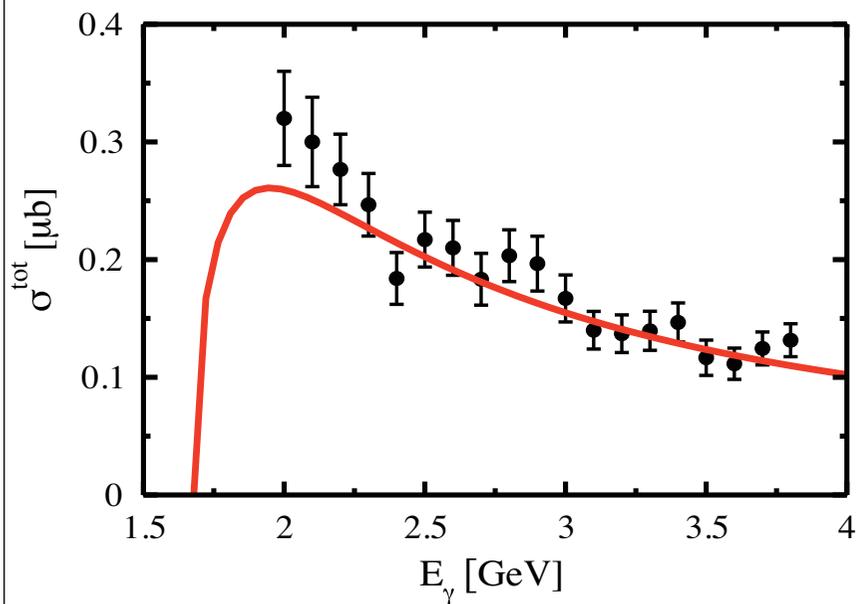


The gauge invariance

$$(\mathcal{M}_s^{elec} + \mathcal{M}_c) \rightarrow (\mathcal{M}_s^{elec} + \mathcal{M}_c) \times (t - m_{K^*}^2) \mathcal{P}_{regge}^{K^*}$$

この方法は荷電K中間子光生成の超前方の振る舞いにおいて、重要な役割を果たしている。

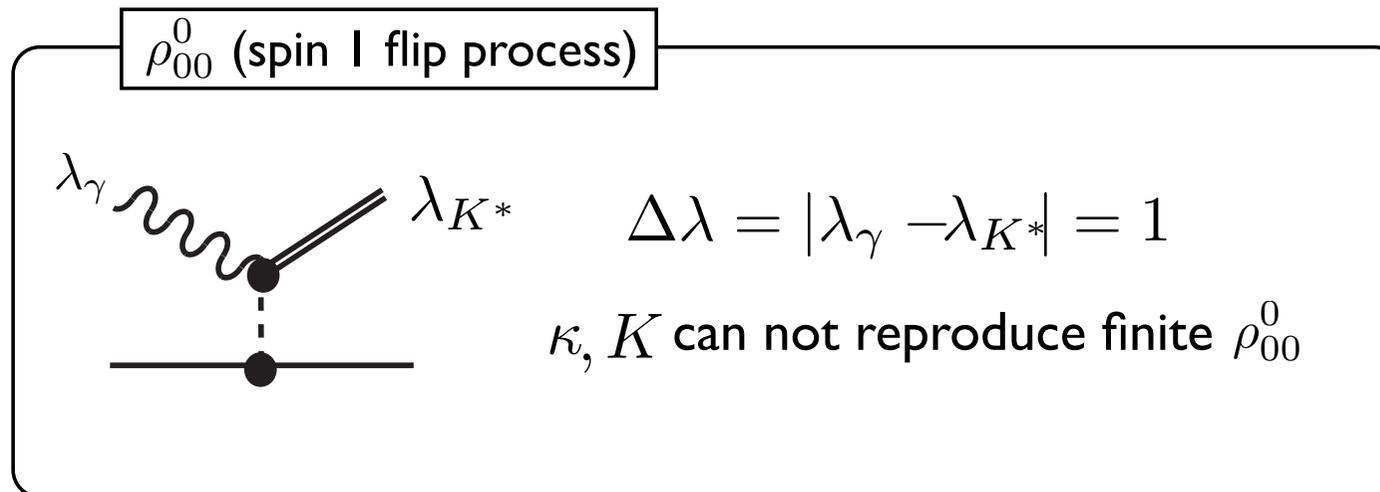
Total cross section (Regge results)



- ▶ K^* trajectory と レッジエ化されたコンタクト項はエネルギーと共に減少している。
- ▶ K^* trajectory の効果は定量的にも重要な役割を果たしている。

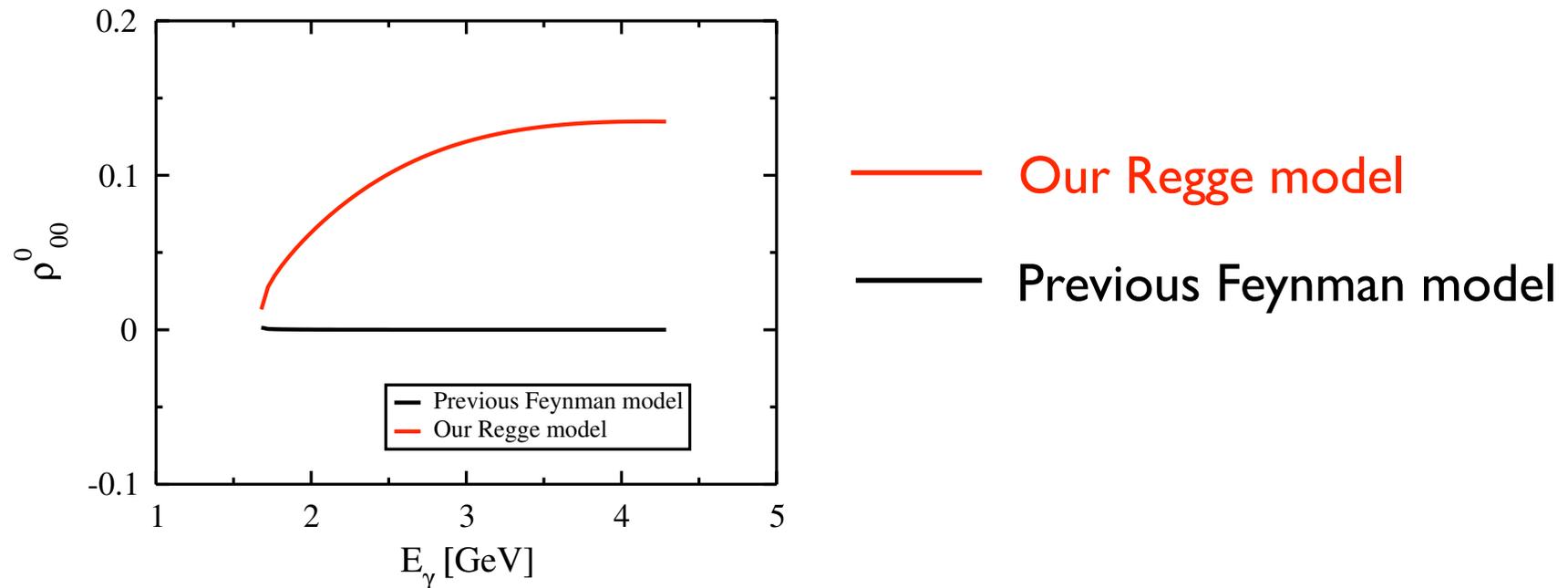
Spin density matrices

Feynman modelとRegge modelの違いを見るため、
我々はスピン観測量を計算した。



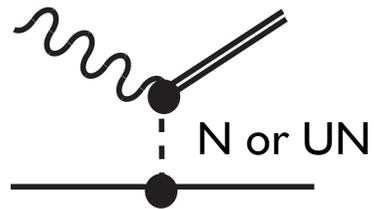
我々はt-channel の効果に注目するため前方($\theta=20$ 度)で
計算を行った。

Comparison between Regge model and Feynman model



- ▶ Feynman modelでは主要な寄与はK中間子交換であり、
K*交換は大きく抑制されていた。 $\longrightarrow \underline{\rho_{00}^0 \sim 0}$
- ▶ 一方Regge modelでは、K* trajectoryは有限の寄与であった。
 $\longrightarrow \underline{\rho_{00}^0 = \text{finite contribution}}$

ρ_{1-1}^1 (Natural or Unnatural parity exchange)



$$P = (-1)^J : \text{Natural parity (N)}$$

$$P = (-1)^{J-1} : \text{Unnatural parity (UN)}$$

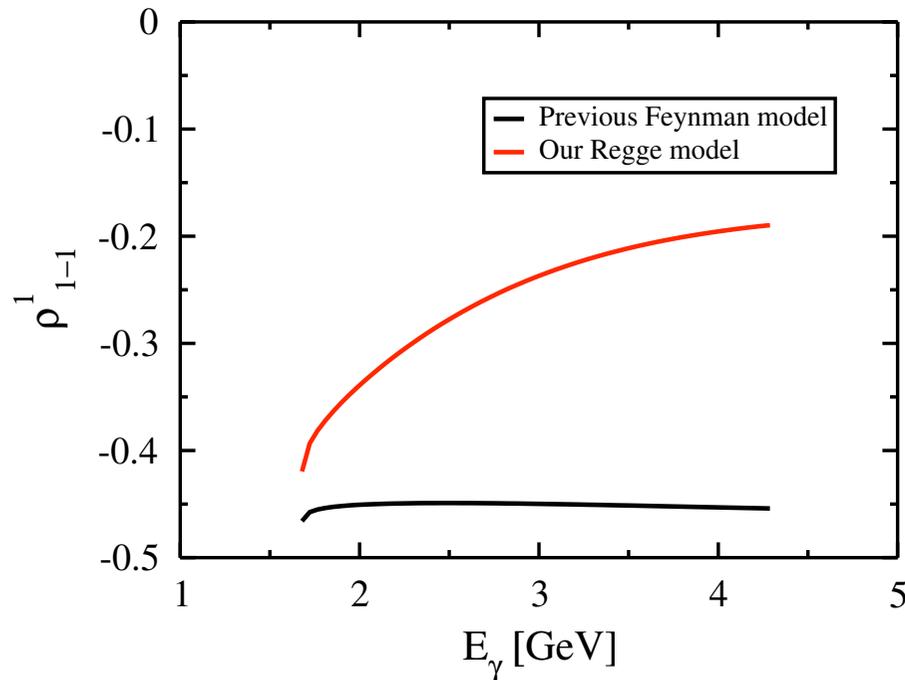
$$\rho_{1-1}^1 = \begin{cases} \text{Positive value : Natural} \\ \text{Negative value : Unnatural} \end{cases}$$

Unnatural parity exchange:

K exchange

Natural parity exchange:

κ and K^* exchanges



— Our Regge model

— Previous Feynman model

Feynman modelではK中間子が主要な役割

$$\longrightarrow \underline{\rho_{1-1}^1 \sim -\frac{1}{2}}$$

Regge modelでは相対的にK* trajectoryの寄与がエネルギーと主に増加

$$\longrightarrow \underline{\rho_{1-1}^1 \text{ increase with the energy}}$$



こうしたスピン観測量を用いて実験的にRegge modelをテストすることができる。

Summary

- ▶ 我々はRegge modelを用いて K^* 光生成を研究した。
- ▶ Feynman model、Regge model 共に実験で観測されている断面積の単調減少の振る舞いを再現した。
- ▶ しかし両者のmodelにはスピン観測量において明らかな違いが見られた。
- ▶ こうしたスピン観測量を用いて、2 GeV以上のエネルギー領域における、Regge model の妥当性を評価できる。

Future work

- ▶ 励起状態やチャンネル結合の効果を導入する。
- ▶ これから得られるより精度の良い実験と比較していく。