

K中間子原子核生成 Exclusive Spectrum

奈良女大 山縣一関原淳子

共同研究者

京大基研 慈道大介

奈良女大 永廣秀子

奈良女大 比連崎悟



1. Introduction

☞ 軽い標的核を用いたK核生成

・・・ ${}^3\text{He}(K^-,n)$ 反応 J-PARC E-15

☞ 構造; 赤石、山崎、土手; N. V. Shevchenko, A. Gal, J. Mares;
池田、佐藤; 土手、W. Weise、兵藤

☞ 反応; 小池、原田; 山縣-関原、関原、慈道、永廣、比連崎

☞ 我々の最近の研究

☞ KNN核生成スペクトラムに対する系統的な計算

☞ 光学ポテンシャル・・・Chiral Unitary Modelのamplitude T を用いた
 $T\rho$ 近似で評価
・・・理論より導かれるエネルギー依存性

☞ Exclusiveスペクトラム

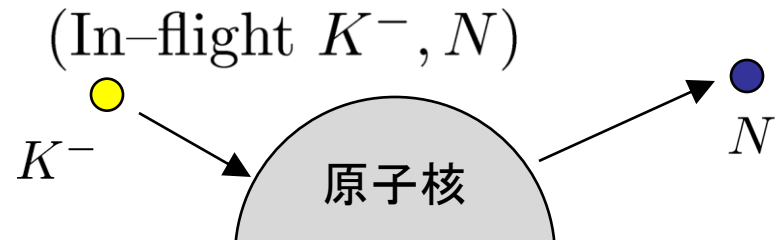
・・・ K中間子が核内に吸収された後の崩壊粒子対を見る。
より明確に束縛領域の情報を引き出すことができると期待される。

2. Formulation – Reaction

Green's Function Method

O. Morimatsu, K. Yazaki NPA435 (85)727

O. Morimatsu, K. Yazaki NPA483 (88)493



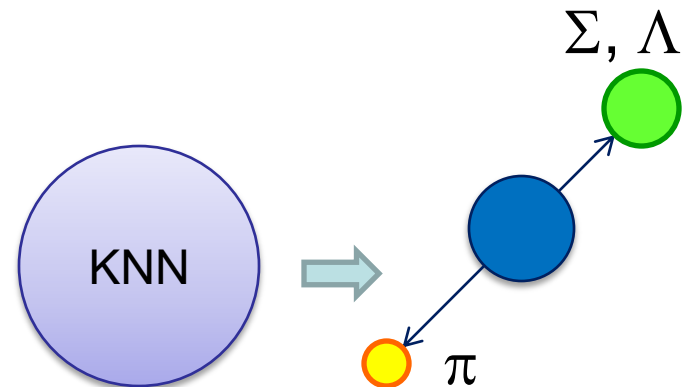
$$\frac{d^2\sigma}{dEd\Omega} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{K^- N \rightarrow NK^-} \sum_{\alpha} -\frac{1}{\pi} \text{Im} \int d\vec{r} d\vec{r}' f_{\alpha}^*(\vec{r}') G(E; \vec{r}', \vec{r}) f_{\alpha}(\vec{r})$$

- $\left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{K^- N \rightarrow NK^-}$: Elementary cross section (Exp. data)
- $G(E; \vec{r}', \vec{r})$: Green function for K interacting with the nucleus
 $(H_{K^-} - E)G(E; \vec{r}', \vec{r}) = \delta^3(\vec{r} - \vec{r}')$
- $f_{\alpha}(\vec{r}) = \chi_p^*(\vec{r}) \chi_K(\vec{r}) \langle \alpha | \psi_p(\vec{r}) | i \rangle$

* Conversion Part

$$\left(\frac{d^2\sigma}{dEd\Omega} \right)_{\text{con}} = \frac{1}{\pi} \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{\bar{K}N \rightarrow \bar{K}N} S_{\text{con}}(E)$$

$$S_{\text{con}}(E) = -\tilde{f} G^+ \text{Im} U G f$$



3. Optical Potential

Chiral Unitary Model

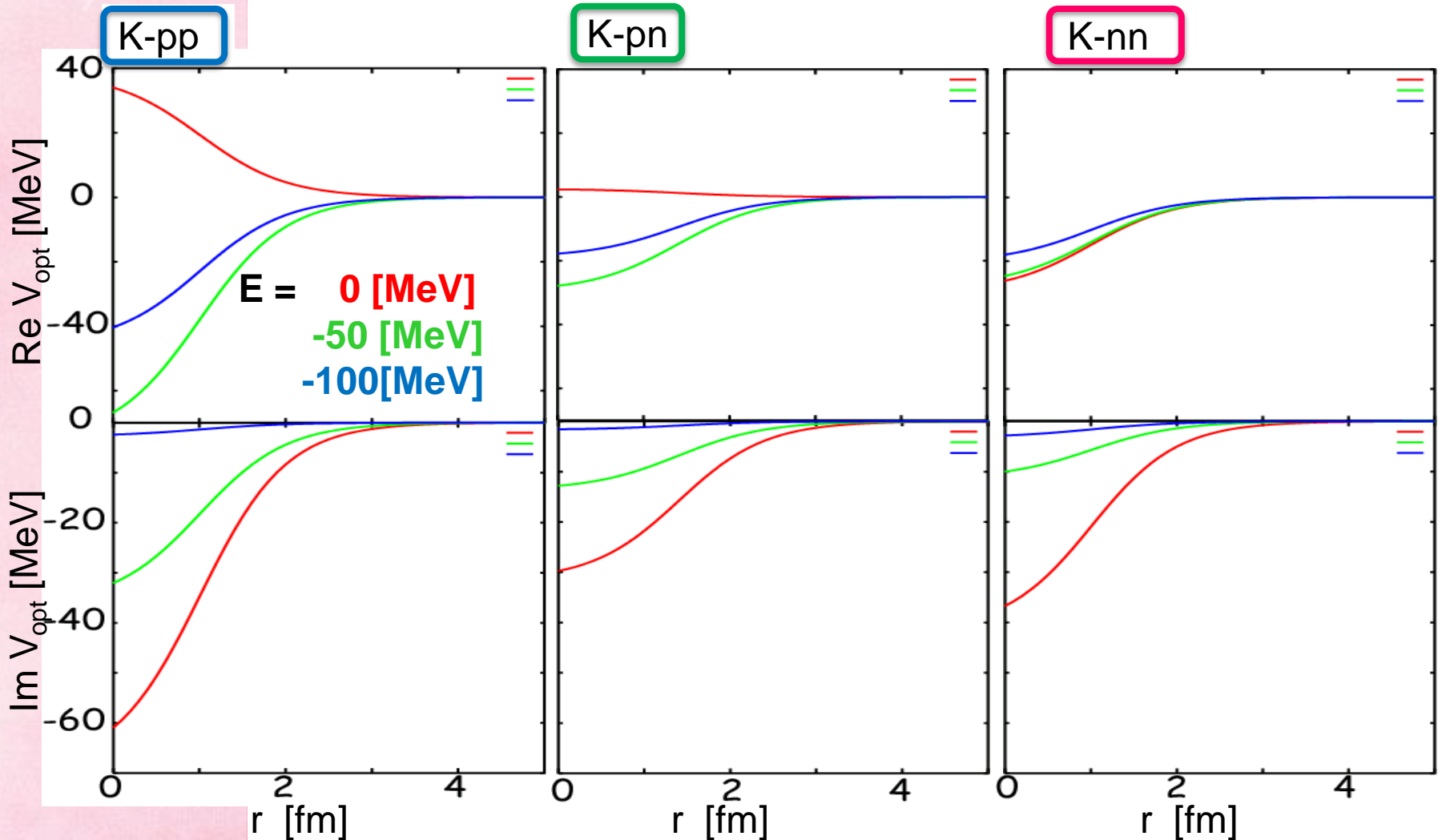
E. Oset, A. Ramos, Nucl. Phys. A635 (98)99

E. Oset, A. Ramos, C. Bennhold, Phys. Lett. B527(02)99

T_p 近似 -- 2核子の密度分布を仮定

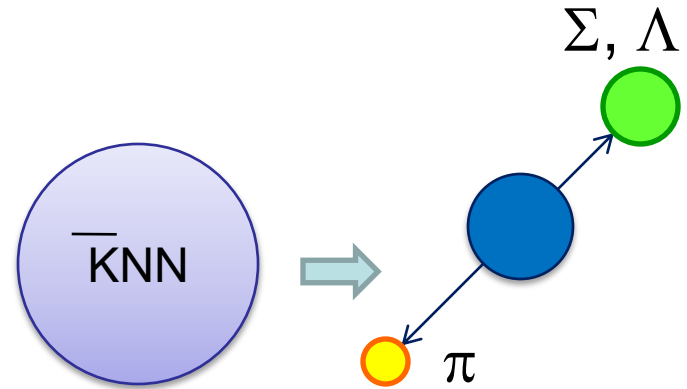
(T : *in vacuum*)

$\frac{A-1}{A}$ factor (To avoid double counting)
only **1 body absorption**.



4. Results

☞ If we can observe contributions from 1 body absorption process...



$^3\text{He} (K^-, n)$

K⁻pp

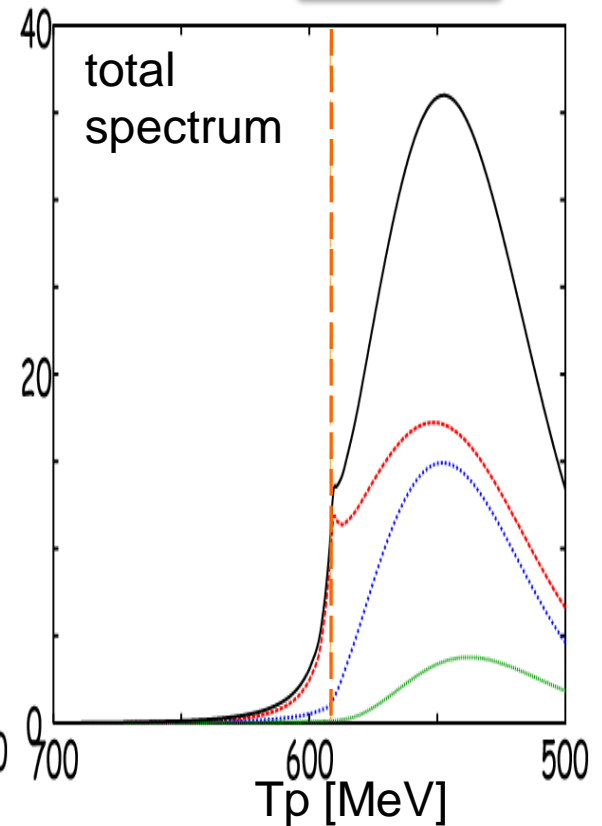
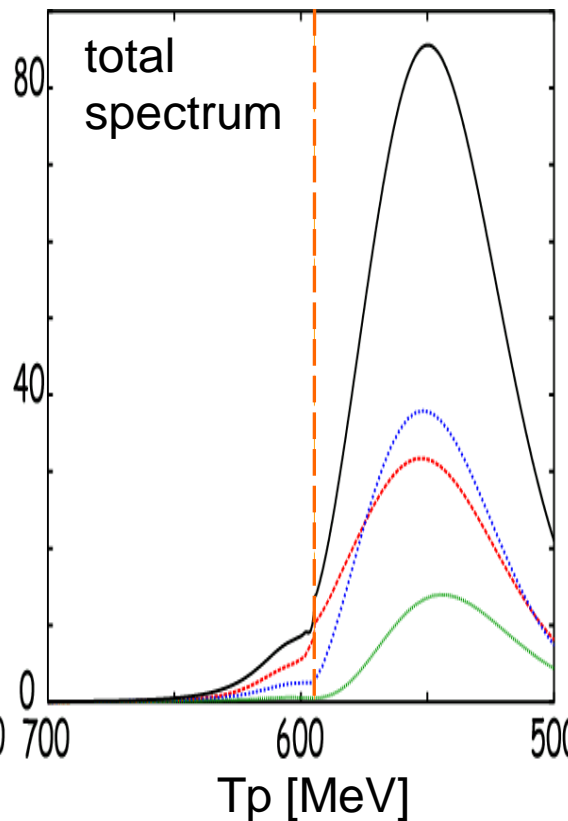
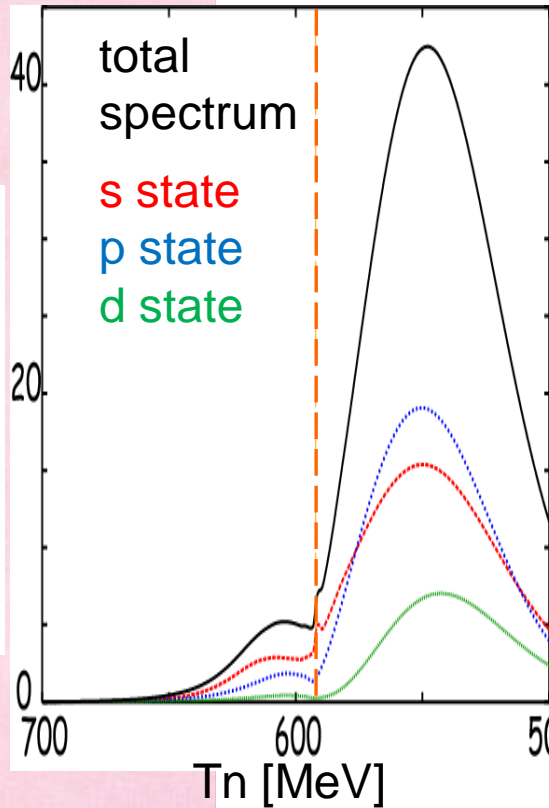
$^3\text{He} (K^-, p)$

K⁻pn

$t (K^-, p)$

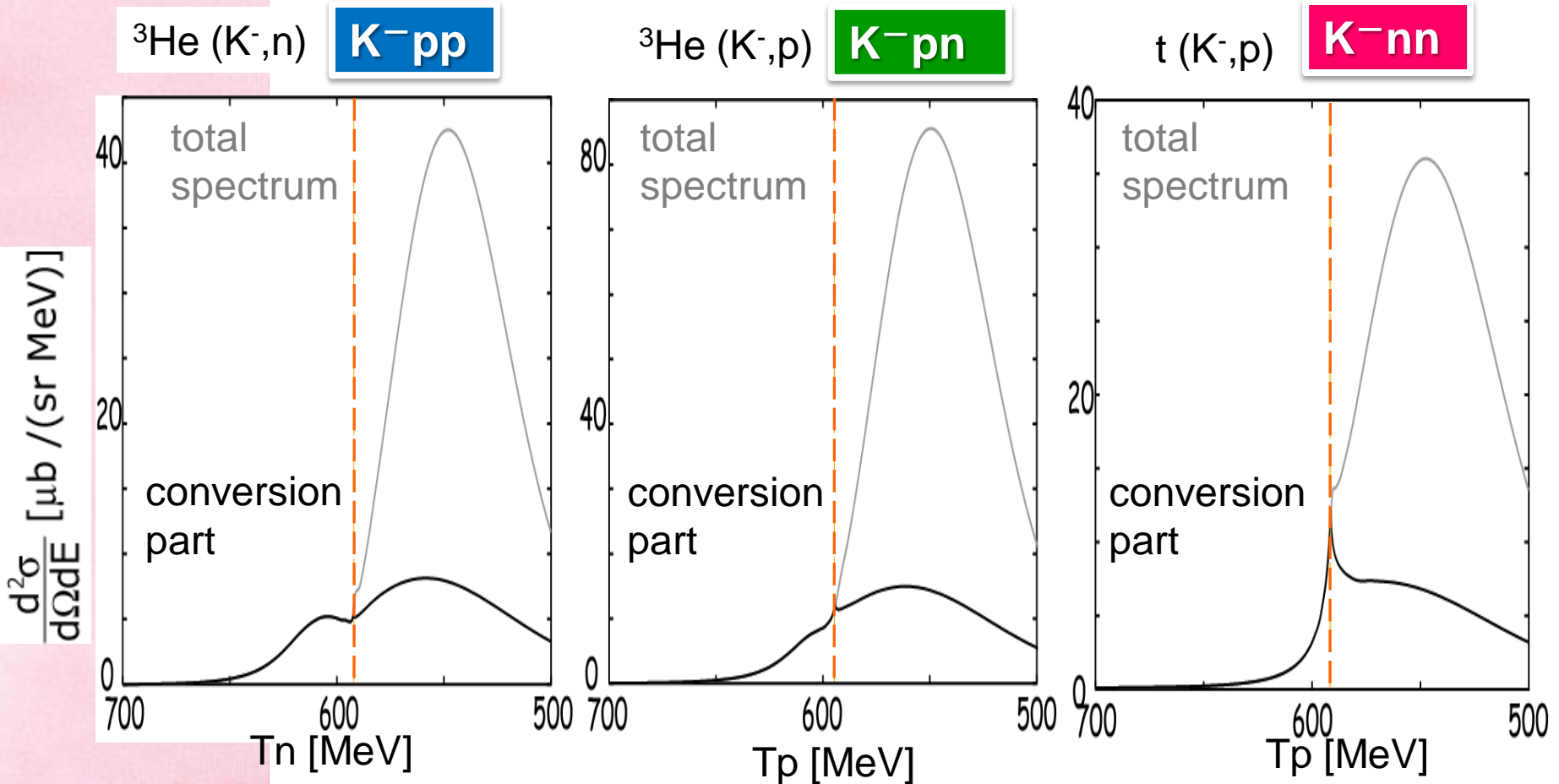
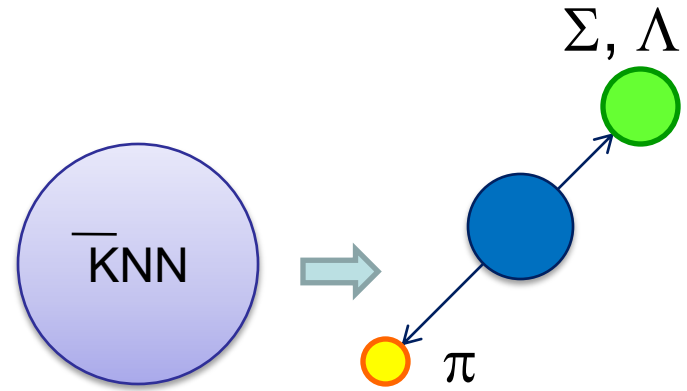
K⁻nn

$\frac{d^2\sigma}{d\Omega dE}$ [$\mu\text{b} / (\text{sr MeV})$]



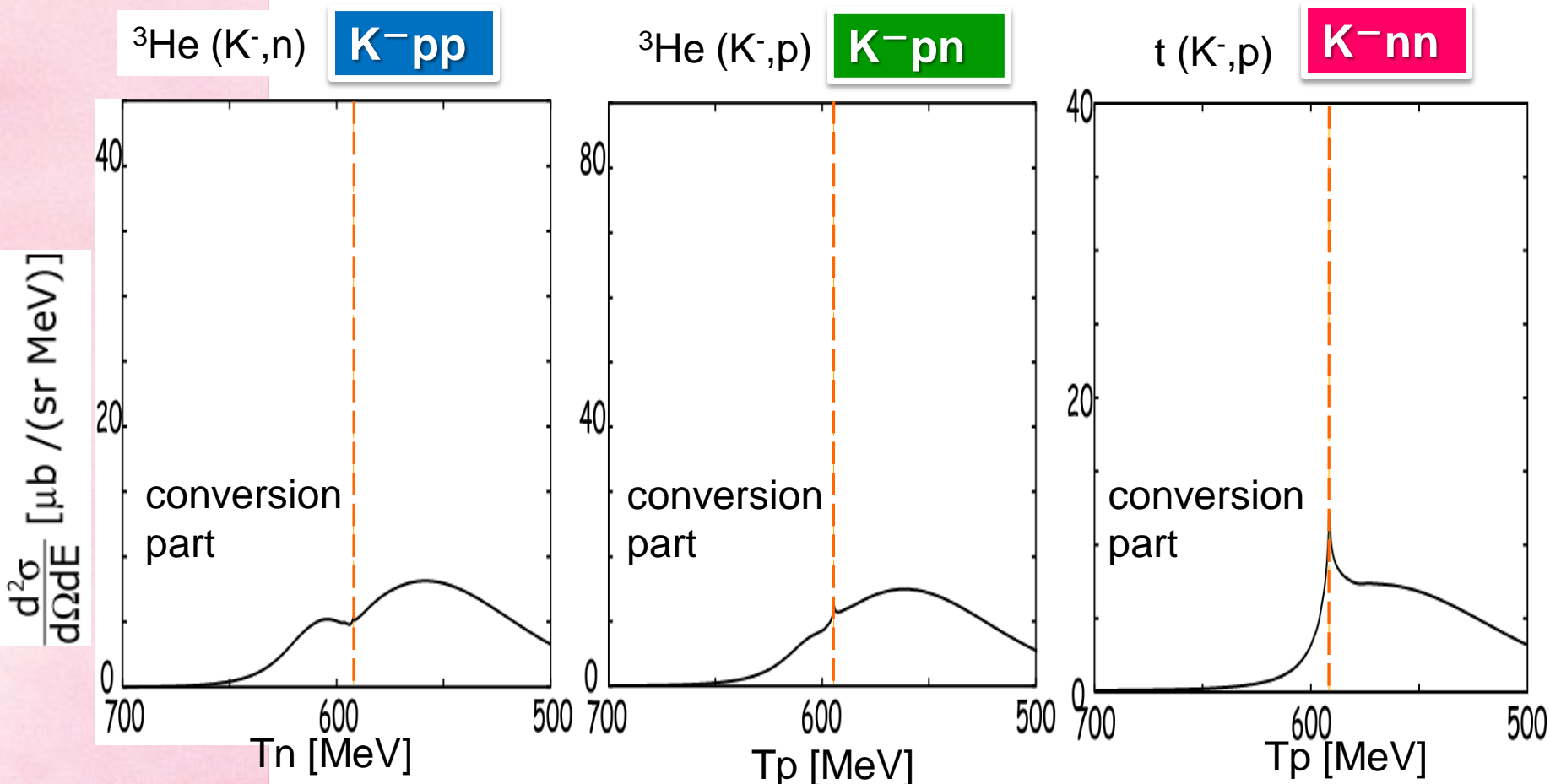
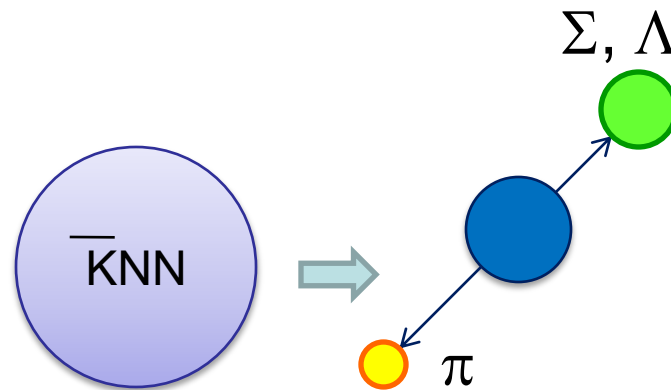
4. Results

☞ If we can observe contributions from 1 body absorption process...



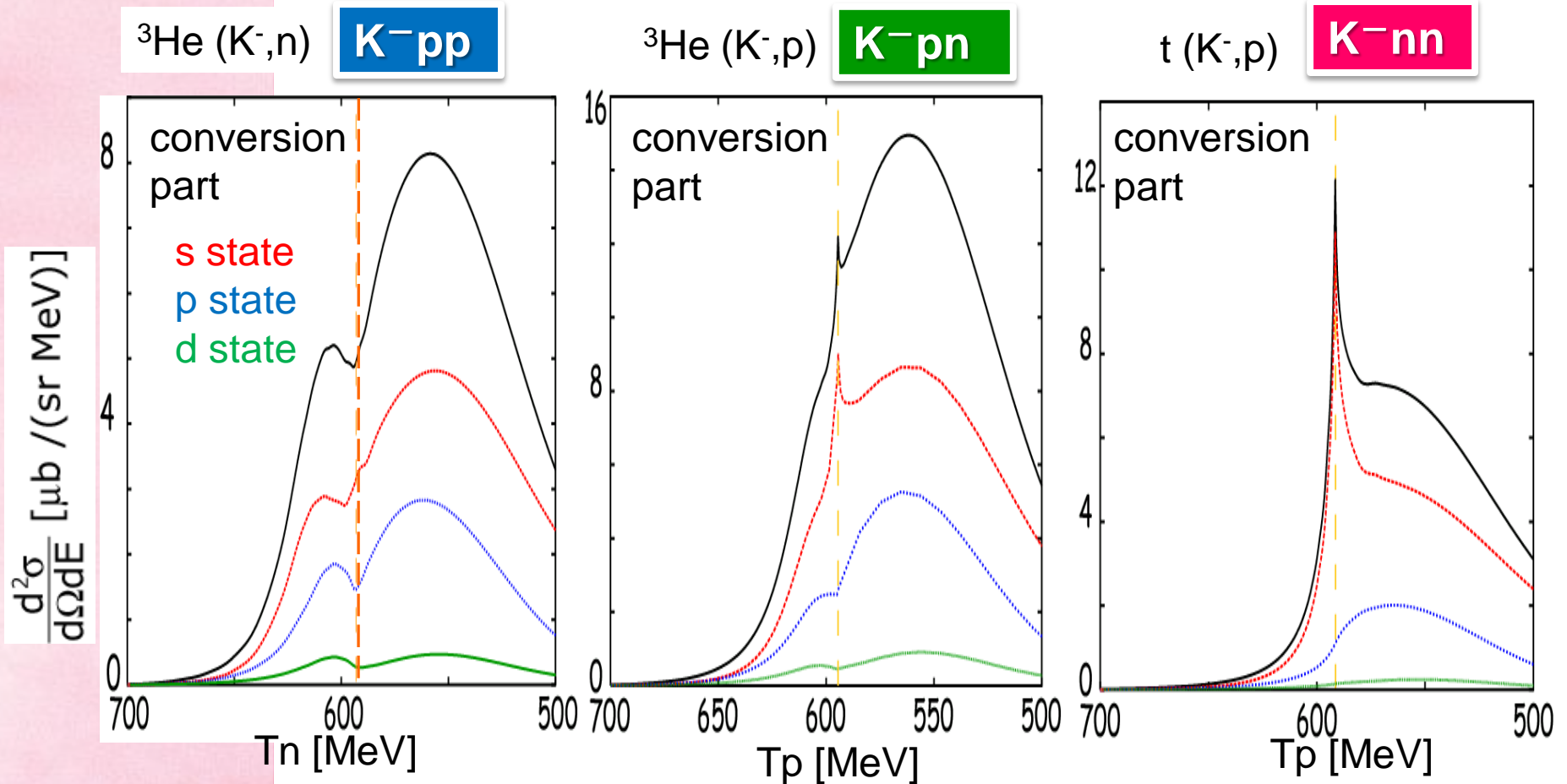
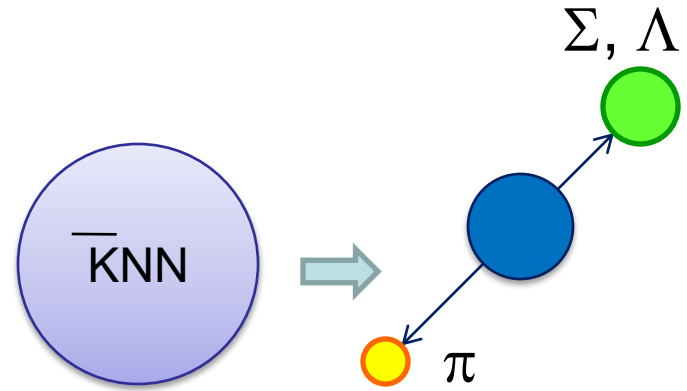
4. Results

☞ If we can observe contributions from 1 body absorption process...



4. Results

☞ If we can observe contributions from 1 body absorption process...



5. Exclusive spectrum

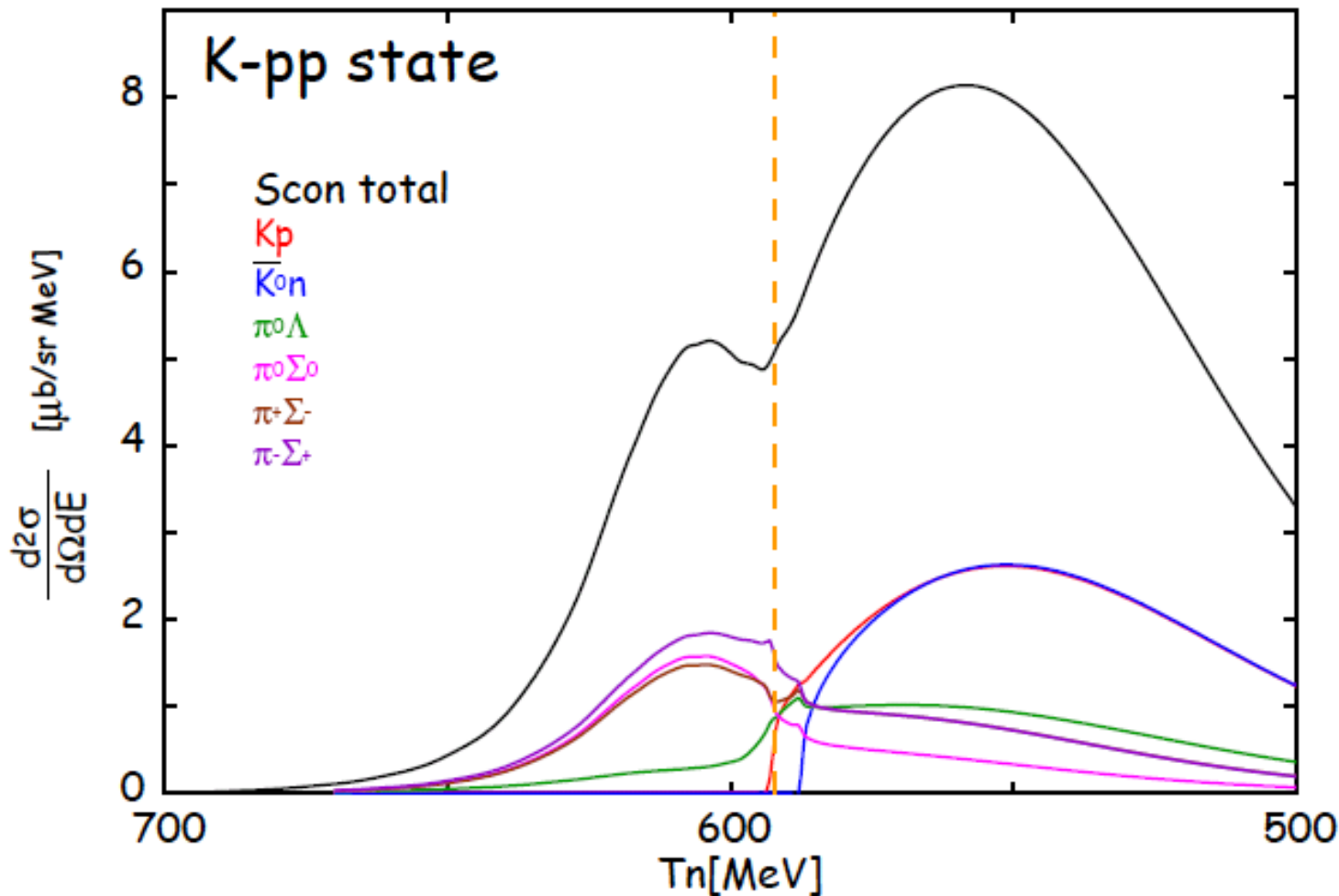
$$\text{Im } T_{\bar{K}N \rightarrow \bar{K}N} = \sum_j T_{\bar{K}N \rightarrow j} \sigma_j T_{j \rightarrow \bar{K}N}^*$$

$$S_{\text{con}}(E) = \sum_j S_{\text{con}}^{(j)}(E)$$

☞ If we can observe contributions from 1 body absorption process...

${}^3\text{He} (K^-, n)$

K⁻pp



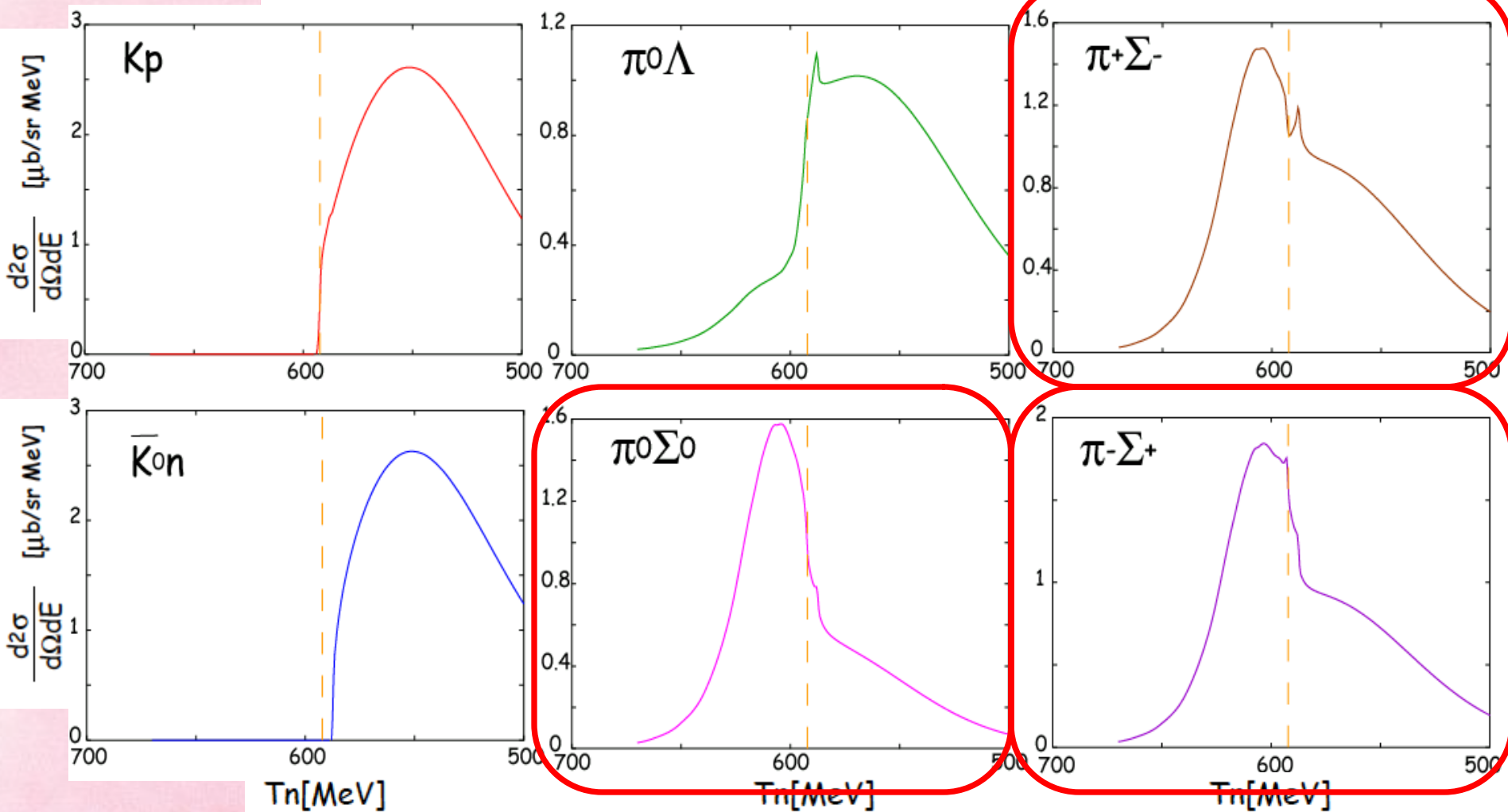
5. Exclusive spectrum

${}^3\text{He} (\text{K}^-, \text{n})$

$\text{K}^- \text{pp}$

not include the contribution
from $\Sigma(1385)$

Dominant in bound region



6. (K^-, p) spectrum for ^{12}C target

☞ 我々の計算において

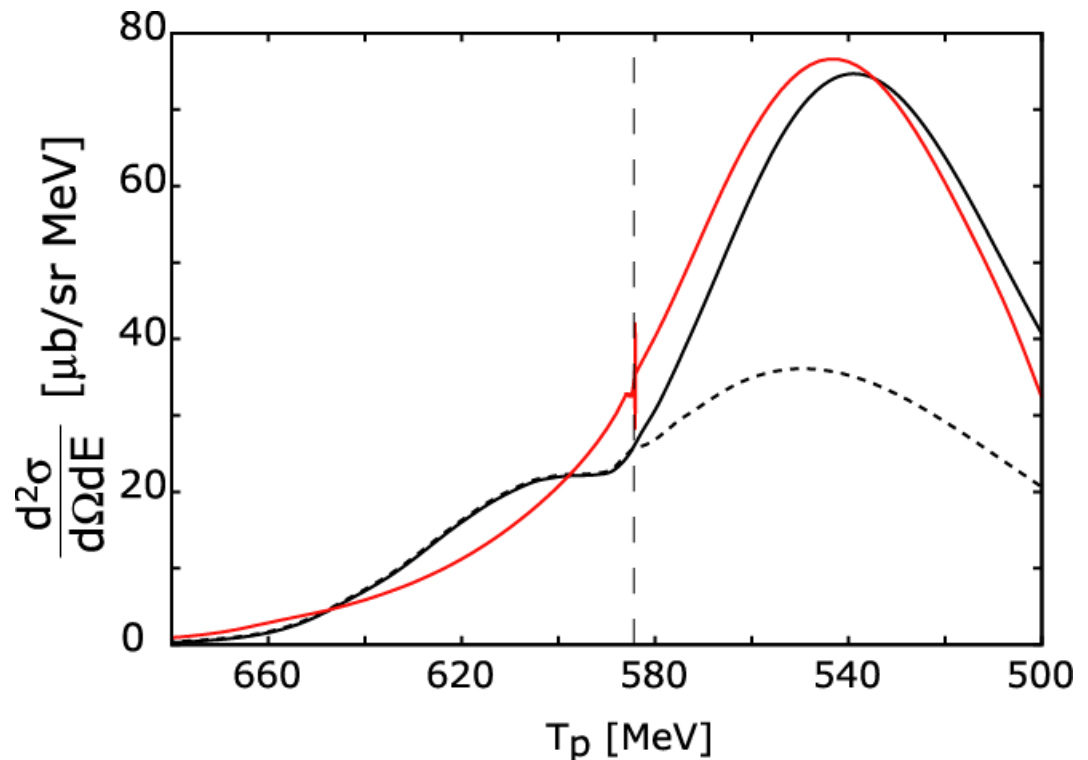
* KNN核生成に対して $T \rho$ 近似

-> ^{12}C target の場合の (K^-, p) 反応による生成スペクトラムを計算

赤実線 :
medium effect入り

黒実線 :
真空中のamplitude T
(1核子吸収のみ)

黒点線 : conversion



6. (K^-, p) spectrum for ^{12}C target

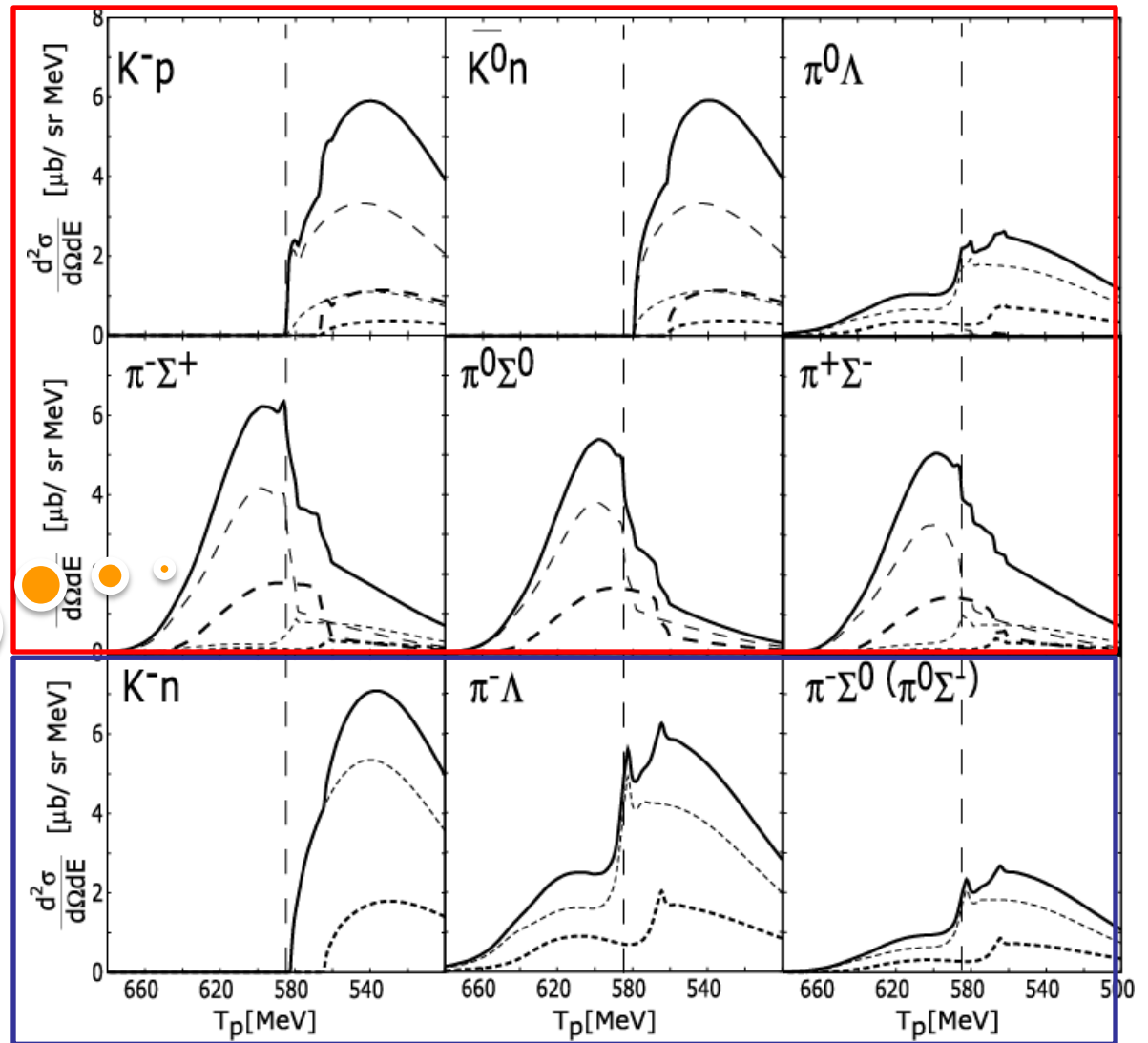
^{12}C target

Vopt : T in free space

$K^- p \rightarrow$

核内における
 Λ 粒子の性質？

$K^- n \rightarrow$



宿題

- * 終状態をもう少しexclusiveに計算するには？
- * 鈴木さん等のダリッツプロットのデータを分析する方法への展開は？

我々の今の計算

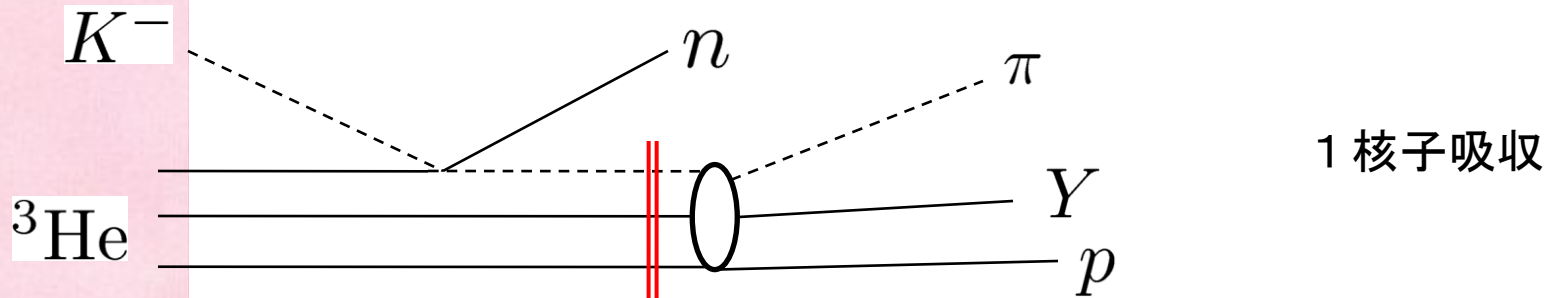
前方へ射出される核子に加えて、K中間子が吸収された後の崩壊粒子対を見ましょう。

ただし、
どの角度に粒子対が出てくるかはわかりません。

- * 崩壊粒子対の角度分布が必要？
- * invariant mass spectrum ?

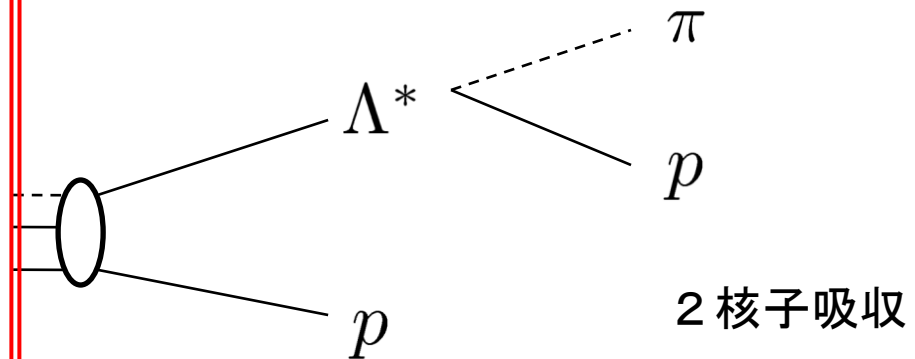
7. 宿題（我々の現状）

我々の現在の計算



前方へ射出される核子に加えて、K中間子が吸収された後の崩壊粒子対を見ましょう。

ただし、どの角度に粒子対が出てくるかはわかりません。

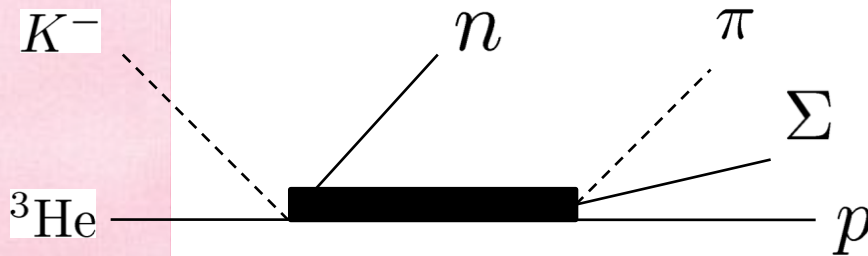


この先は見ていない。寄与の分離のみ。

7. 宿題(発展)

☞ とりあえず、Final State Interactionがない(小さい)場合。

☞ $K^- + {}^3\text{He} \rightarrow n + \pi + \Sigma + p$ を考える。

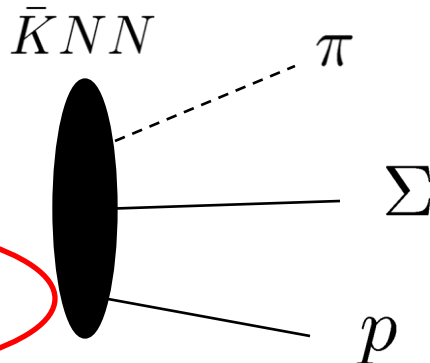


終状態の4粒子の運動学的状態はすべて原理的に指定できる。

$$\frac{d\sigma}{dE_n d\Omega_n d^3\vec{p}_\pi d^3\vec{p}_\Sigma} = K|T|^2 \delta(E)$$

Amplitudeの定式化?

☞ 「K中間子原子核」から考える。



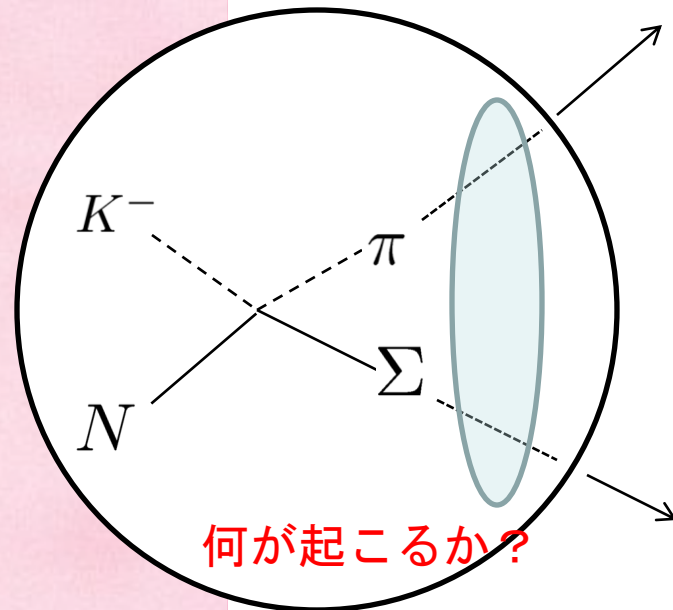
波動関数の仮定が必要?

あるエネルギー1点における、KNNが崩壊する幅を求める。生成反応の計算と分けて計算。

$$\frac{d\Gamma}{d^3\vec{p}_\pi d^3\vec{p}_\Sigma d^3\vec{p}_p} = K|T|^2 \delta^4(p)$$

7. 宿題(発展)

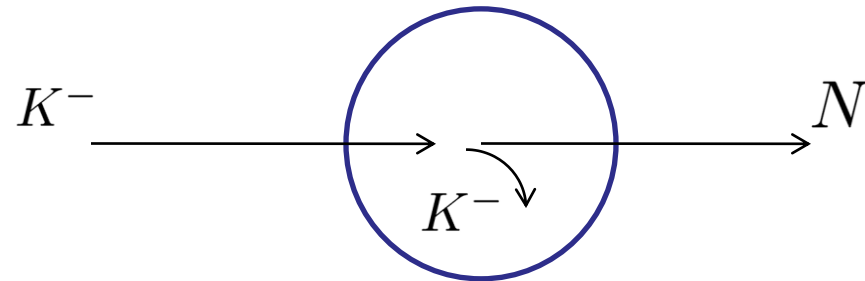
- 標的核が大きい場合(12Cなど)の射出粒子に対する**Final State Interaction** は明らかに重要。
- シグナルの前方核子に対するBackground も同時にカスケード的に取り扱うことが必要であろう。



- * 向きやエネルギーが変わる
- * 核も壊す

→Computer Simulation的な計算が必要そう。

前方核子に対しても



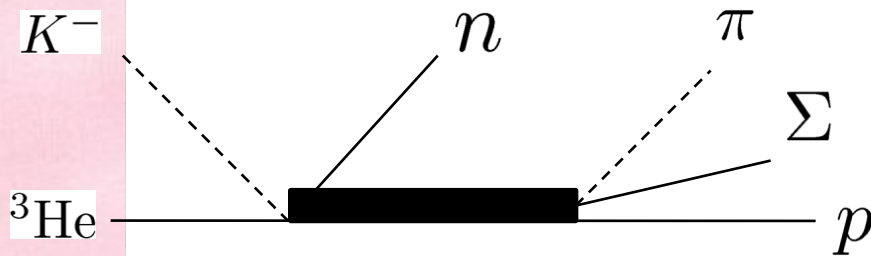
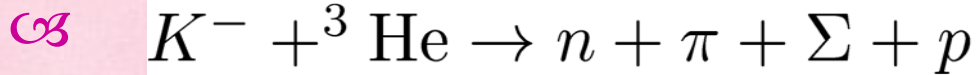
Eikonal近似で消したfluxがどこに行ったかについては、Simulation的な計算が必要になりそう。

(特にQuasi-freeの「遅めの核子」の領域)
→12C、16O標的の実験データの
解析にも必要。

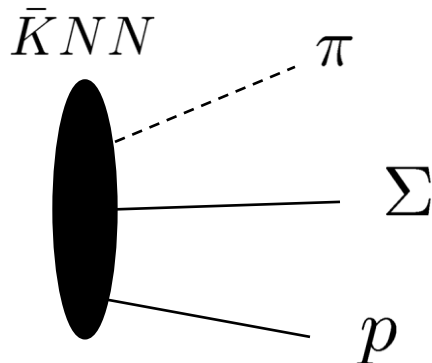
宿題

* 終状態をもう少しexclusiveに計算するには？

* 鈴木さん等のダリッツプロットのデータを分析する方法への展開は？



☞ 「K中間子原子核」から。



Final State Interaction を扱う場合には、Computer Simulation 計算が必要。

8. Summary

☞ KNN核生成に対する我々の理論的な計算結果

->すべての可能なKNN核

->Chiral Unitary Modelより評価された光学ポテンシャル

(s-wave項、1核子吸収のみ)

(Kppの場合、p-wave項を取り入れた計算も行った)

->Conversion Part の崩壊粒子対別の生成スペクトラム

-> $T \rho$ 近似がKNN核よりも良い近似と言える ^{12}C 標的の場合も計算



束縛領域に Λ 粒子の性質が見える？

☞ 崩壊粒子対の角度分布を探る理論計算を探っていきたい。