

ガウス展開法による \bar{K} NN核の構造

奈良女子大学

野田 仁美(M1)

山縣 淳子

佐々木 健志

肥山 詠美子

比連崎 悟

K中間子原子核への関心



K中間子原子核
高密度状態

- 今までのK中間子原子核の理論的研究

構造 赤石・山崎 (arXiv: 0709.0630v2[nucl-th])

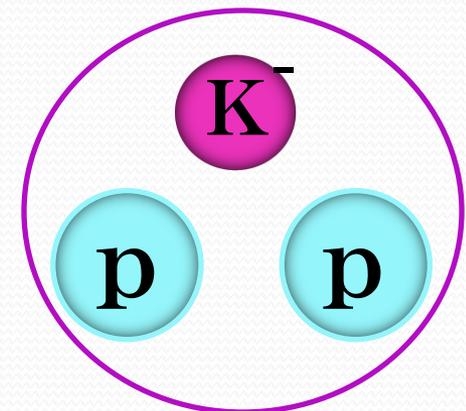
土手・Weise (arXiv: nucl-th/0701050)

Shevchenko・Gal・Mareš・Révai (arXiv: 0706.4393v1[nucl-th])

池田・佐藤 (Phys. Rev. C 76 (2007)035203)

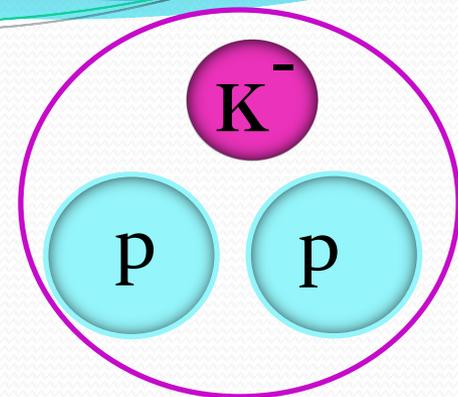
反応 山縣・永廣・比連崎 (Phys. Rev. C 74 (2006) 014604)

小池・原田 (Phys. Lett. B 652 (2007) 262-268.)



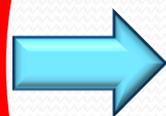
奈良女子大学の

K^-pp の研究戦略



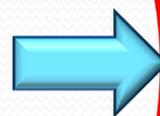
佐々木健志

Chiral Unitary
からのアプローチ



構造計算

野田仁美



反応計算

比連崎悟

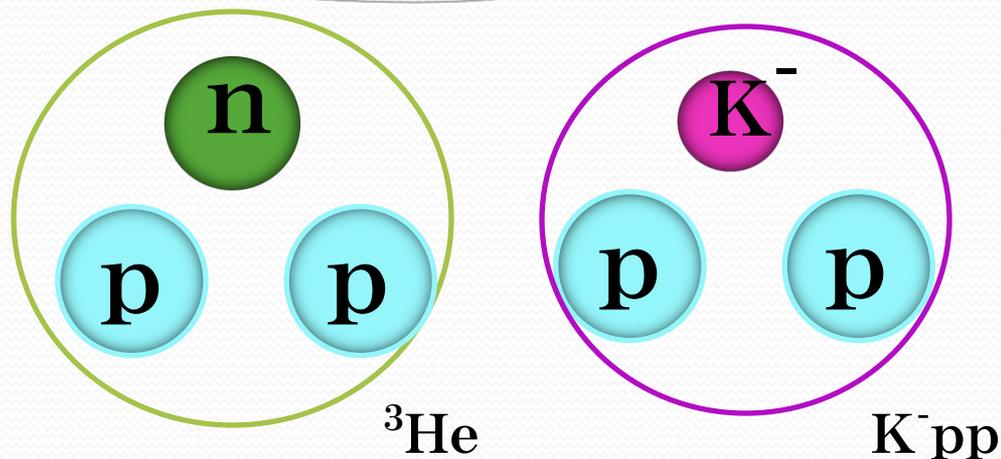
山縣淳子

奈良女子大学として K^-pp 実験をガイドしたい！

目次

1. $K^- pp$ の構造計算

- ① 構造計算の方法
- ② 相互作用
- ③ 計算結果



2. $K^- pp$ の生成について



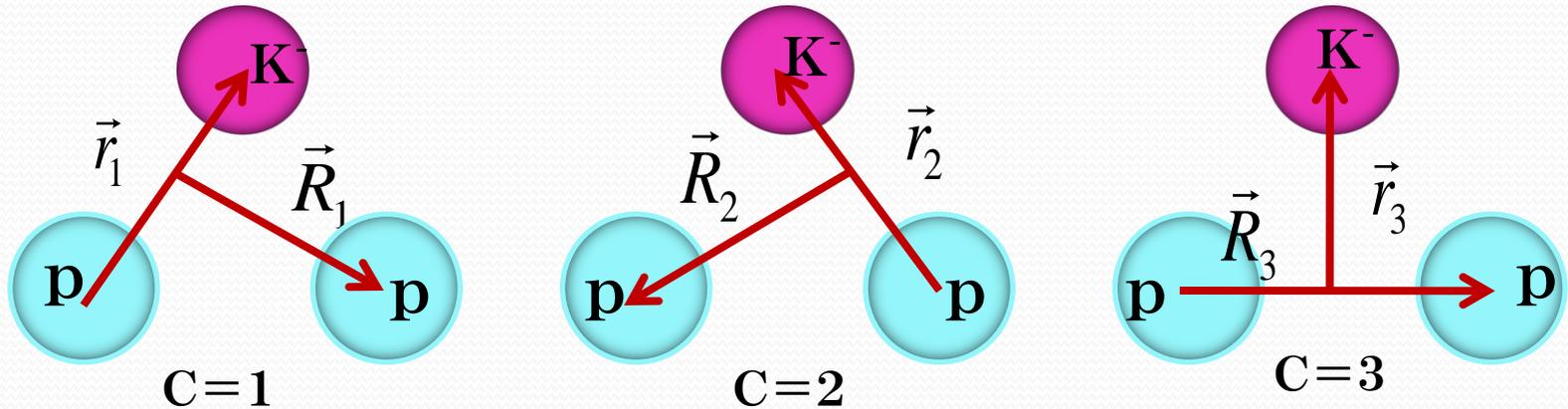
$$\frac{d^2\sigma}{dE_n d\Omega_n} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{K^- n \rightarrow n K^-}^{\text{lab}} \sum_f \frac{\Gamma_K}{2\pi} \frac{1}{\Delta E^2 + \Gamma^2/4} \left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi({}^3\text{He}) \rangle \right|^2$$

3. まとめと今後の課題

pp間の収縮がどのように生成断面積に影響するのか

1. K^-pp の構造計算

① 構造計算の方法



九大流ガウス展開法 (M.Kamimura(1988~)) を用いる

$$\Psi_{JMTT_z} = \Psi_{JMTT_z}^{(1)} + \Psi_{JMTT_z}^{(2)} + \Psi_{JMTT_z}^{(3)}$$

$$\Psi_{JMTT_z}^{(C)} = \sum_t \sum_{n,N} \sum_{\Lambda,S} \sum_{l,L} C_{nlNL}^{(C)} \left[\left[\eta_{1/2}(p) \eta_{1/2}(p) \right]_{\uparrow} \eta_{1/2}(K) \right]_{TT_z} \left[\left[\phi_{nl}^{(c)}(\vec{r}_c) \phi_{NL}^{(c)}(\vec{R}_c) \right]_{\Lambda} \left[\chi_{1/2}(p) \chi_{1/2}(p) \right]_S \right]_{JM}$$

S波 ($\ell = L = 0$) のみ扱う

②相互作用

NN相互作用

•Minnesotaポテンシャル

deuteronを再現

中心力のみ

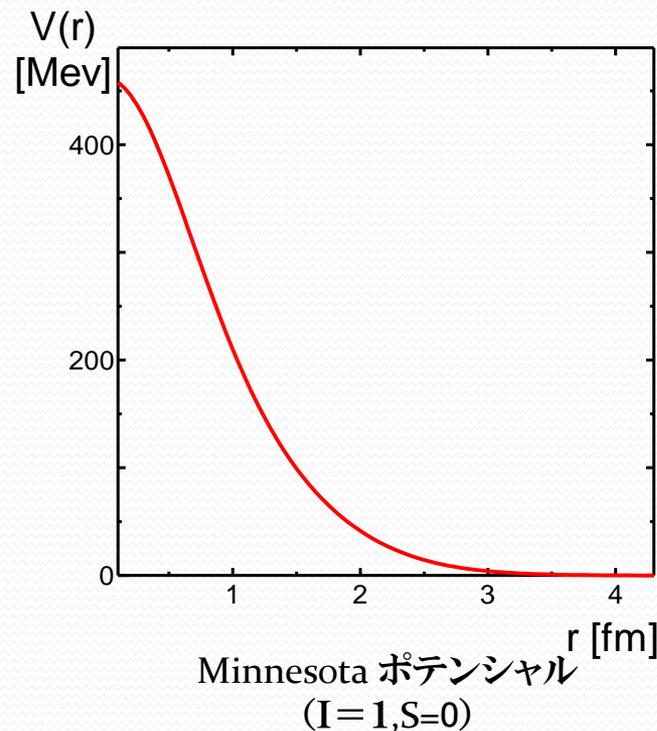
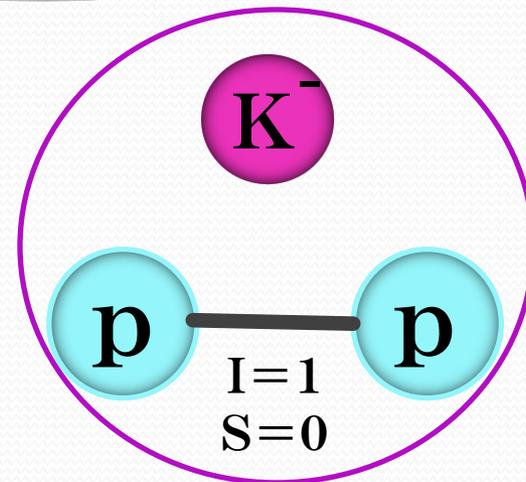
D.R.Thompson, M.Lemere, Y.C.Tang,
Nucl.Phys. A286(1977)53-66



現実的核力へ

(AV14, Parris, Bonn, etc)

•斥力クーロン相互作用



$\bar{K}N$ 相互作用

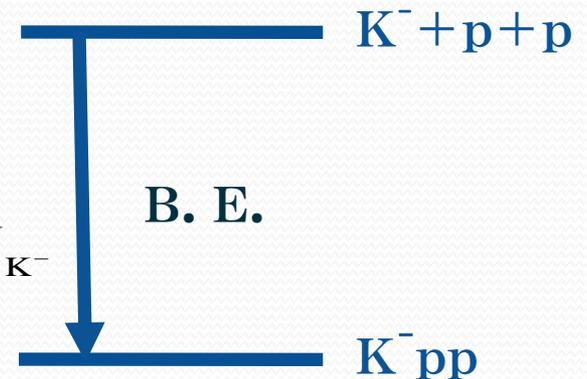
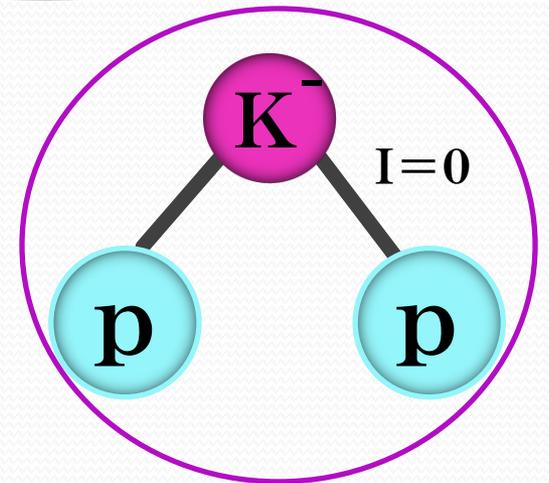
• $\bar{K}N$ 相互作用

Chiral Unitary 模型により計算された
 $\bar{K}N$ 振幅を基にしている

$$V_{\bar{K}N}(r, \omega) = T(\omega) \frac{1}{\pi^{2/3} a_s^3} \exp\left(-\frac{r^2}{a_s^2}\right)$$

ω : K^- のエネルギー [MeV] B.E. = $\omega - M_{K^-}$

$a_s = 0.7$ [fm] ($\Lambda(1405)$ を再現)

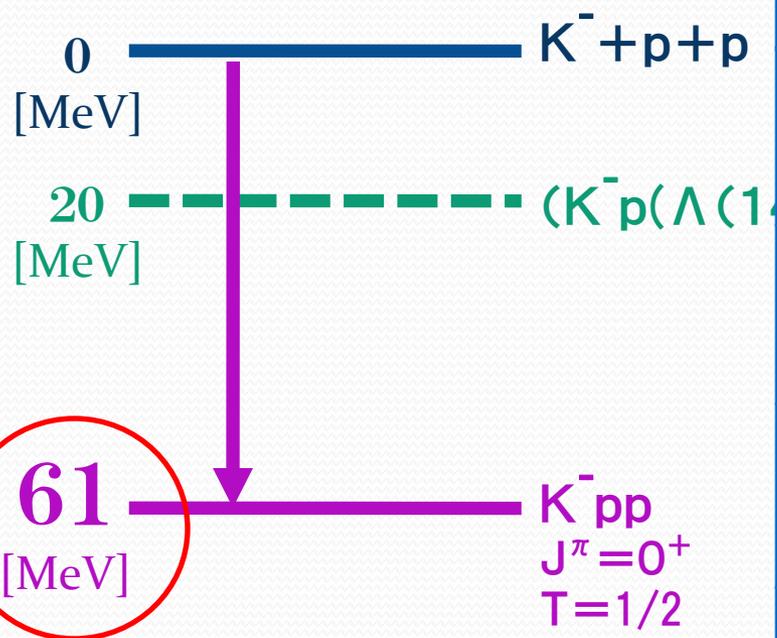


E.Oset, A.Ramos, Nucl. Phys. A635(98)99
E.Oset, A.Ramos, C.Bennhold, Phys. Lett. B527(02)99
D.Jido, J.A.Oller, E.Oset, A.Ramos, U.-G. Meissner, NPA725, 181(2003)
J.Yamagata, H.Nagahiro, D.Jido, S.Hirenzaki, in preparation

• 引力クーロン相互作用

③計算結果

- 束縛エネルギー

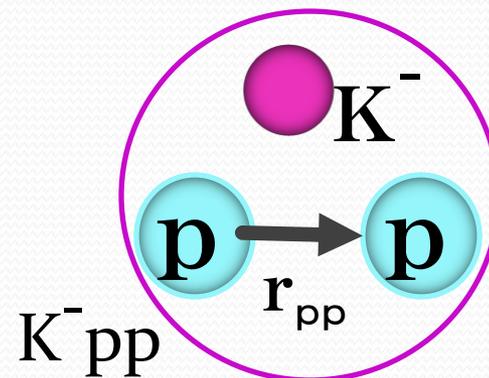
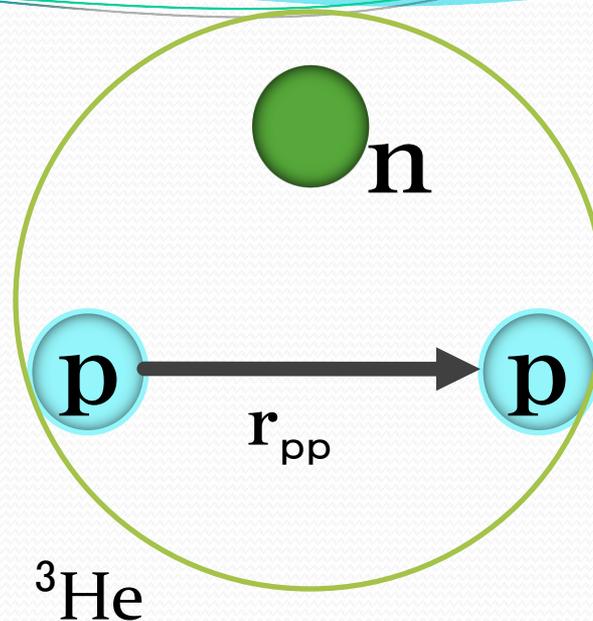
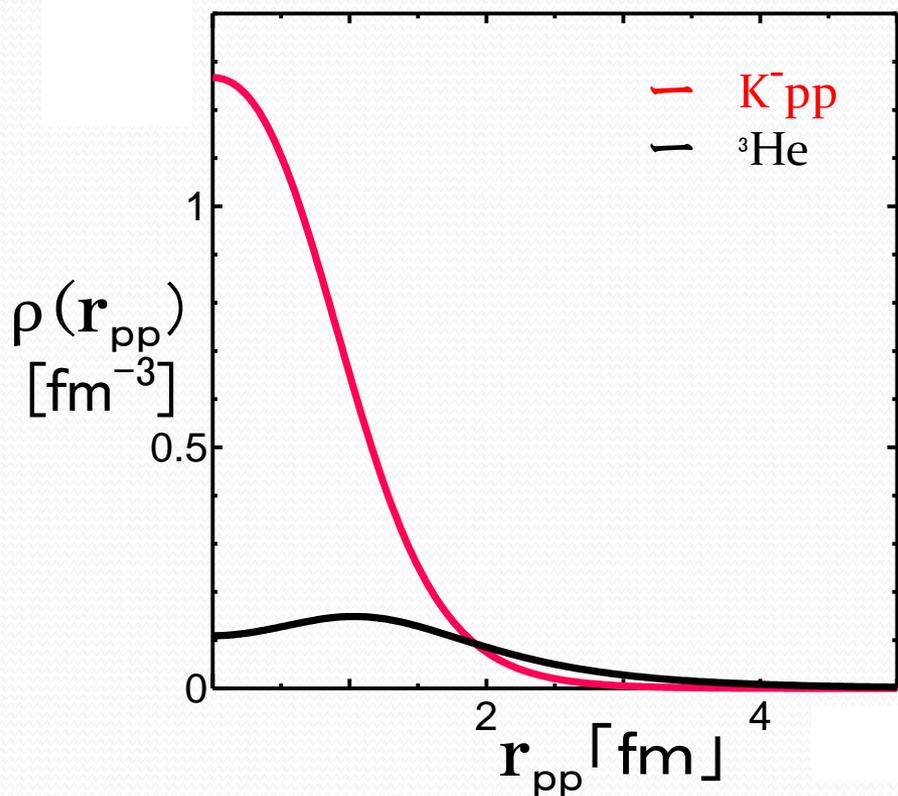


方法	B. E	論文
ATMS	48MeV	T,Yamazaki, Y.Akiashi, arXiv: 0709. 0630v2[nucl-th]
AMD	<53MeV	A.Dote, W.Weise arXiv: nucl-th/0701050)
Faddeev	50~ 70MeV	N.V.Shevchenko, A.Gal, J.Mares, J.Revai, arXiv:0706.4393v1[nucl-th]
Faddeev	79MeV	Y.Ikeda, T.Sato Phys. Rev. C 76(2007)035203

● 密度

$$\rho_{K^-pp}(r_{pp}) = \langle \Psi(K^-pp) | \Psi(K^-pp) \rangle_{\mathbf{R}, \hat{\mathbf{r}}}$$

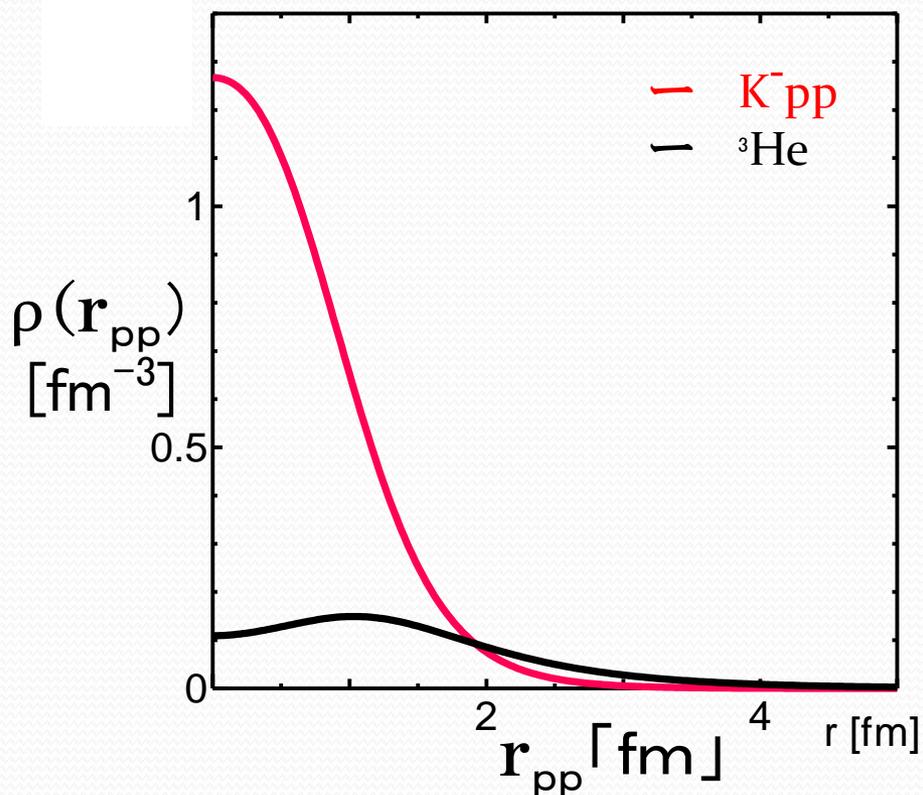
$$\rho_{^3\text{He}}(r_{pp}) = \langle \Psi(^3\text{He}) | \Psi(^3\text{He}) \rangle_{\mathbf{R}, \hat{\mathbf{r}}}$$



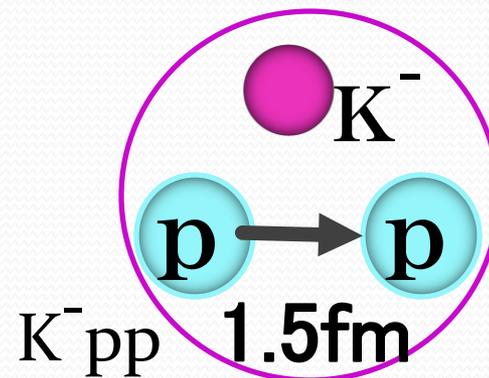
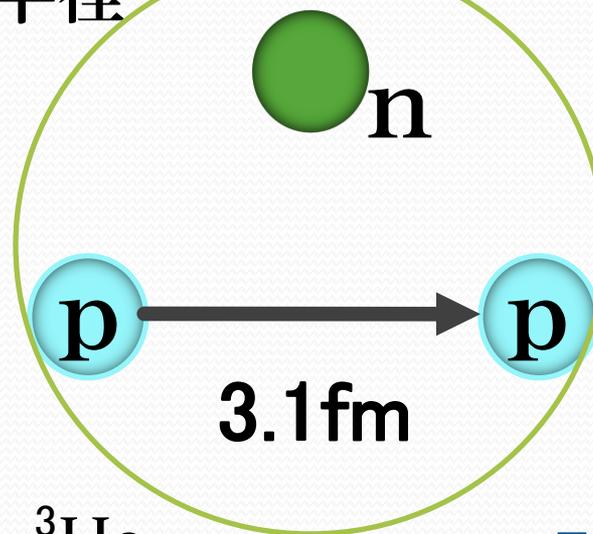
- 密度

$$\rho_{K^-pp}(r_{pp}) = \langle \Psi(K^-pp) | \Psi(K^-pp) \rangle_{\mathbf{R}, \hat{r}}$$

$$\rho_{^3\text{He}}(r_{pp}) = \langle \Psi(^3\text{He}) | \Psi(^3\text{He}) \rangle_{\mathbf{R}, \hat{r}}$$



- 半径



50%
収縮

$|\langle \Psi(K^-pp) | \Psi(^3\text{He}) \rangle|^2$ に大きな影響があるはず

- 波動関数の違いによる生成断面積への影響

$$\frac{d^2\sigma}{dE_n d\Omega_n} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{K^- n \rightarrow n K^-}^{\text{lab}} \sum_f \frac{\Gamma_K}{2\pi} \frac{1}{\Delta E^2 + \Gamma^2/4} \left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi(^3\text{He}) \rangle \right|^2$$

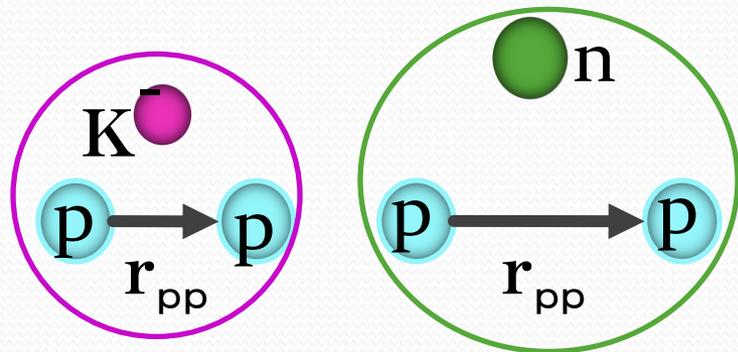
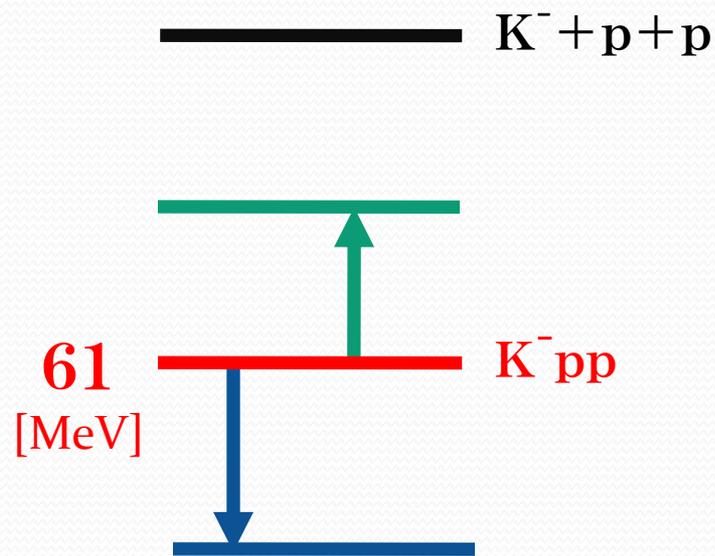
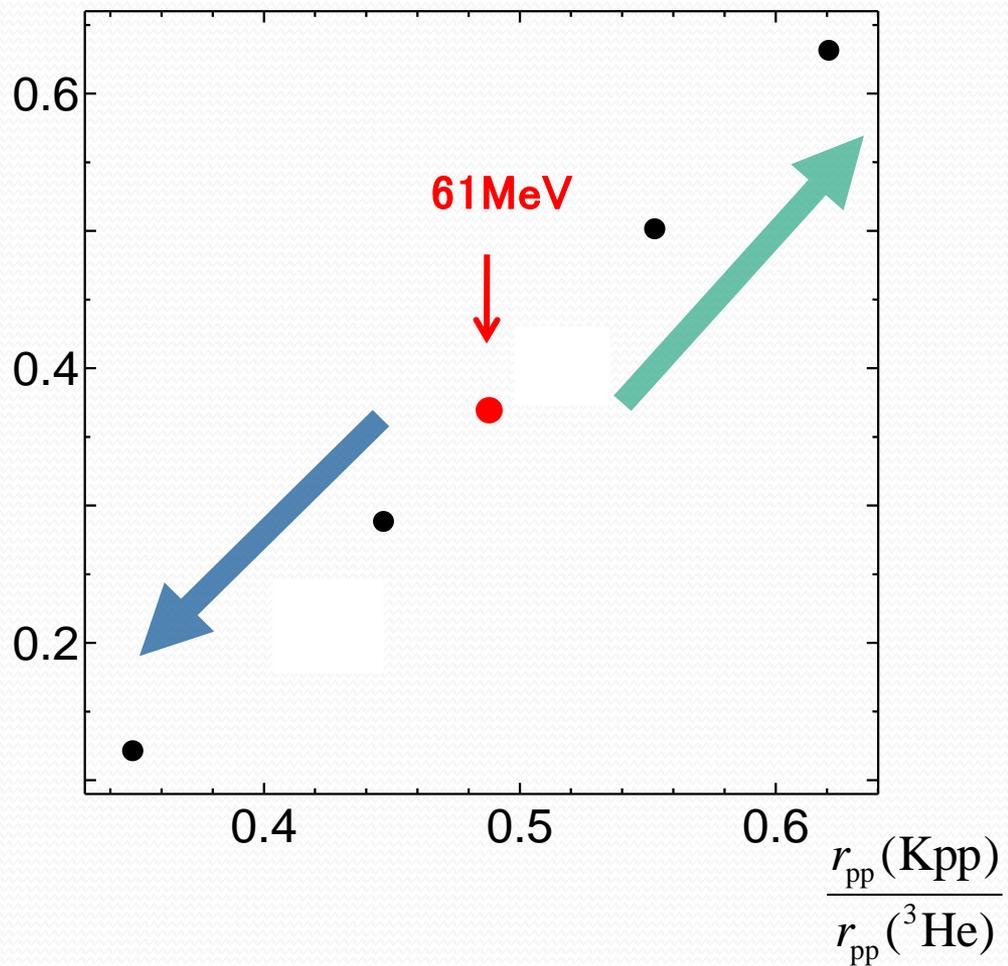
$\left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi(^3\text{He}) \rangle \right|^2$ の計算

$$\left| \langle \Psi(^3\text{He}) | \Psi(^3\text{He}) \rangle \right|^2 = 1.0$$

$$\left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi(K^- pp) \rangle \right|^2 = 1.0$$

$$\left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi(^3\text{He}) \rangle \right|^2 = 0.37 \quad \text{4割程度}$$

$$|\langle \Psi(Kpp) | \Psi(^3\text{He}) \rangle|^2$$



まとめ

- 奈良女子大学では $\bar{K}N$ 相互作用 \rightarrow 構造計算 \rightarrow 反応計算を一連の流れとして K^-pp の研究していきます。
- カイラルSU(3)に基づく $\bar{K}N$ ポテンシャルで $\Lambda(1405)$ を再現する時、 K^-pp の束縛エネルギーは61MeV。
- ${}^3\text{He}$ と K^-pp の $|\langle \Psi(K^-pp) | \Psi({}^3\text{He}) \rangle|^2$ は4割程度。
- K^-pp の構造変化と $|\langle \Psi(K^-pp) | \Psi({}^3\text{He}) \rangle|^2$ の関係を調べた。

今後の課題

- NN相互作用を現実的核力 (AV14, Parris, Bonn, etc)にする。
- より現実的 $\bar{K}N$ 相互作用 (例えば $\bar{K}N - \Sigma\pi$ coupled channelや運動量表示)を用いて幅を求める。次にこの波動関数を用いて ${}^3\text{He}(\bar{K}^-, n)$ 反応での \bar{K}^-pp の生成断面積を計算する。