

$\overline{K}NN$ 系の3体構造

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中間子原子核のこれまでの研究

- 今までのK中間子原子核の理論的研究

構造 赤石・山崎 (Proc. Jpn. Academy. Series B 83(2007)144)

土手・Weise (Eur. Phys. Journul A 33 p.249(2007))

Shevchenko・Gal・Mareš・Révai(Phys,Rev,C 76 (2007)044004)

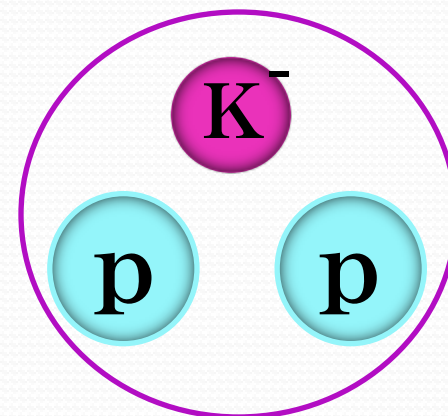
池田・佐藤 (Phys. Rev. C 76 (2007)035203)

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

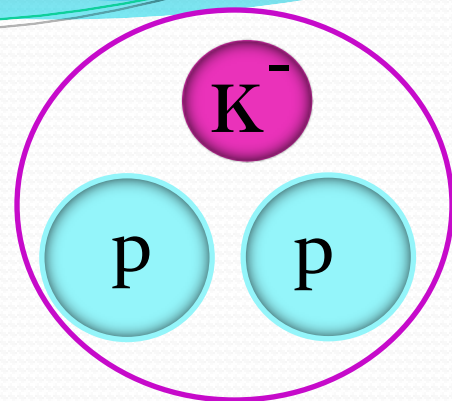
小池・原田 (Phys. Lett. B 652 (2007) 262-268,)

- J-PARCでのDay-1実験

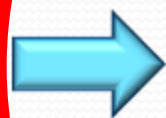
${}^3\text{He}(K^-,n)$ での K^-pp の生成



奈良女子大学の K^-pp の研究戦略

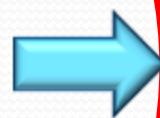


佐々木健志



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

I. 物理学会(2007@北大)での発表

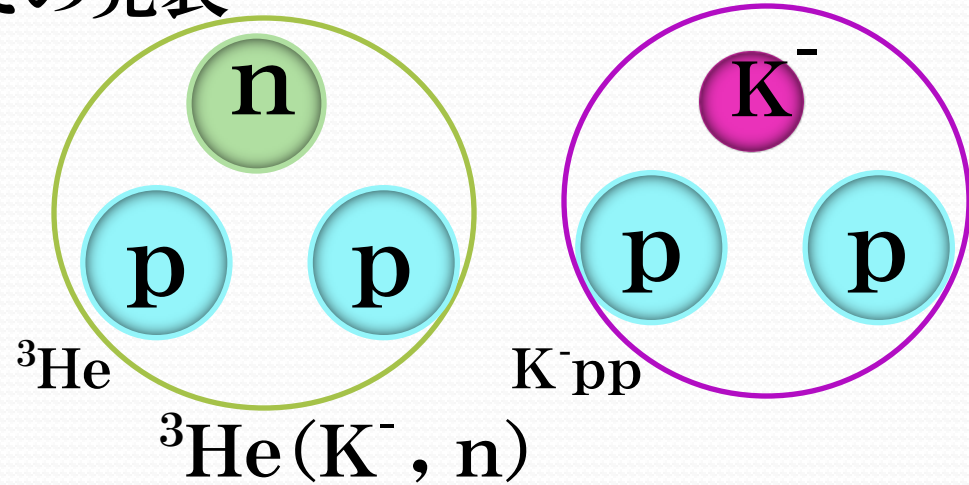
1. $K^- pp$ の構造計算

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



$$\frac{d^2\sigma}{dE_n d\Omega_n} = \left(\frac{d\sigma}{d\Omega} \right)_{K^- n \rightarrow n K^-}^{\text{lab}} \sum_f \frac{\Gamma_K}{2\pi} \frac{1}{\Delta E^2 + \Gamma^2/4} \frac{\left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi({}^3\text{He}) \rangle \right|^2}{\underline{\underline{\hspace{10em}}}}$$

pp間の収縮がどのように生成断面積に影響するのか

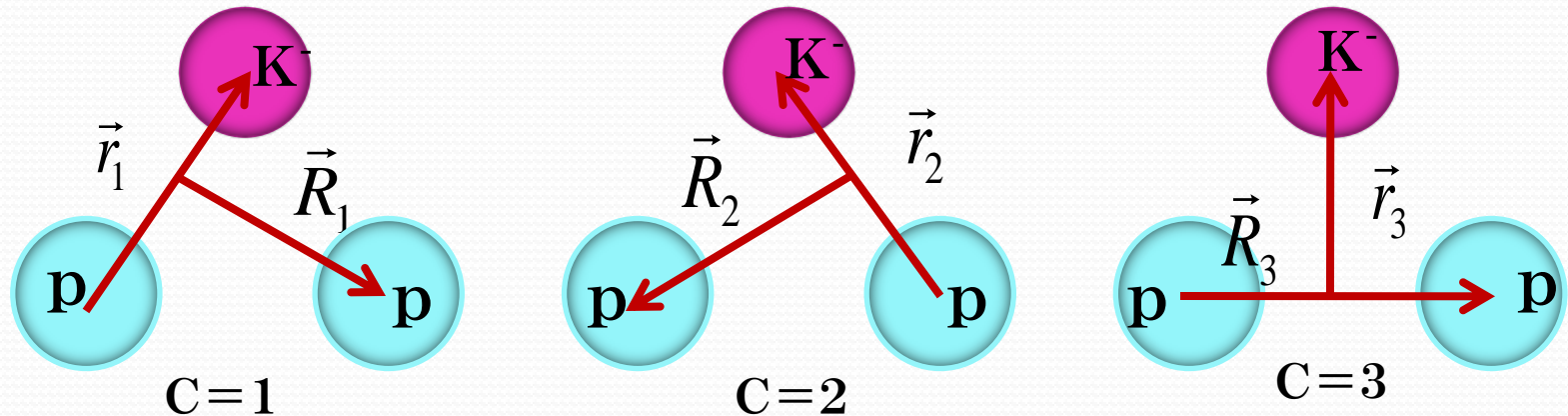
II. 学会後に行った研究

III. まとめと今後の課題

I . 物理学会での発表

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

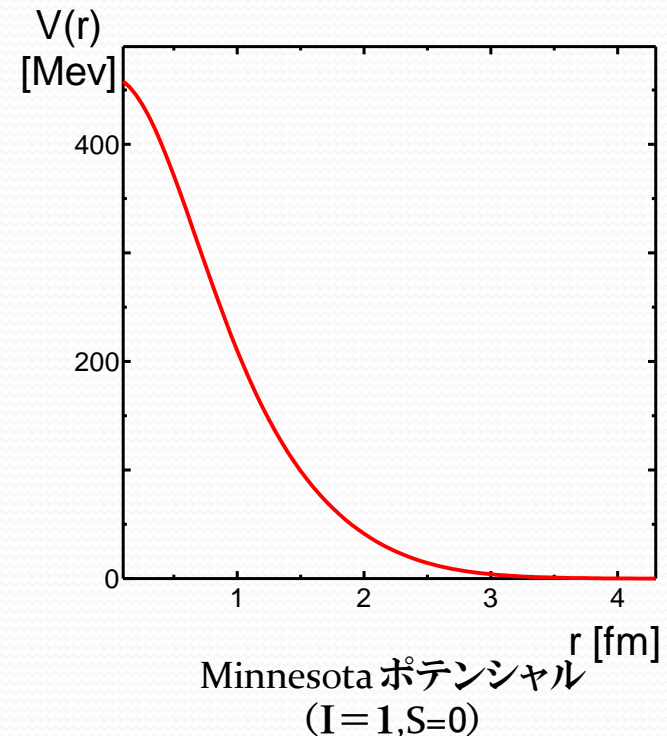
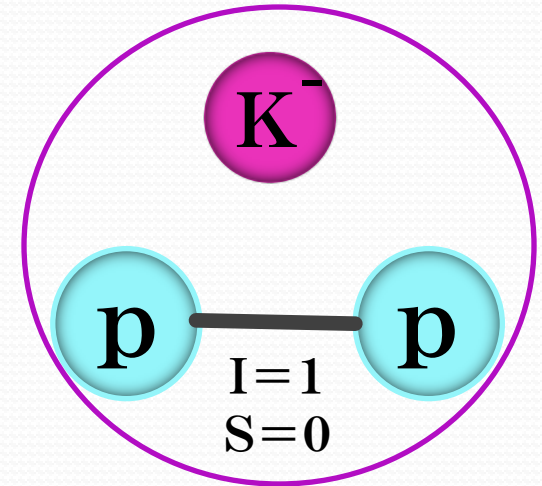
D.R.Thompson, M.Lemere, Y.C.Tang,
Nucl.Phys. A286(1977)53-66



現実的核力へ

(AV14, Paris, Bonn, etc)

•斥力クーロン相互作用



$\bar{K}N$ 相互作用

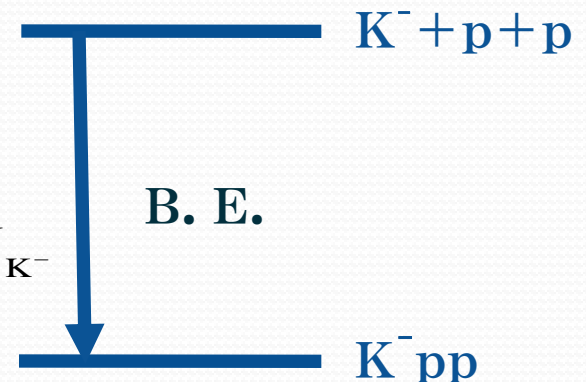
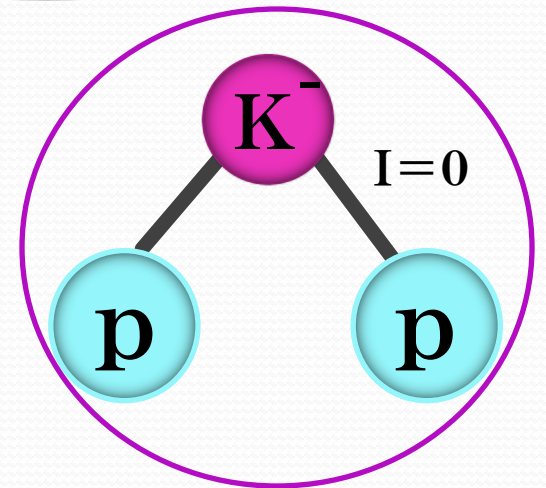
• $\bar{K}N$ 相互作用

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

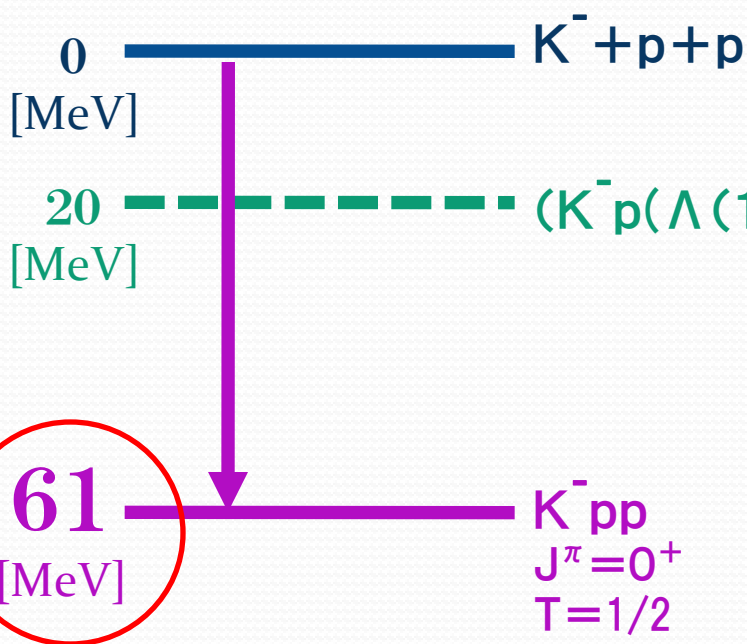
D.Jido, J.A.Oller, E.Oset, A.Ramos, U.-G. Meissner, NPA725, 181(2003)

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

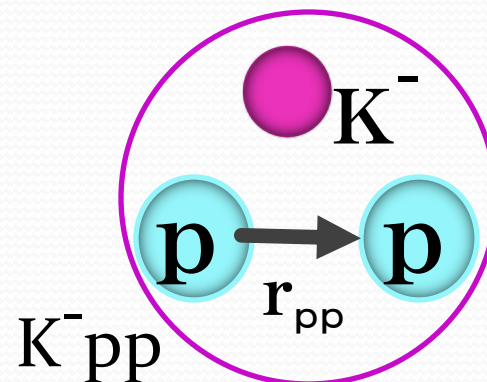
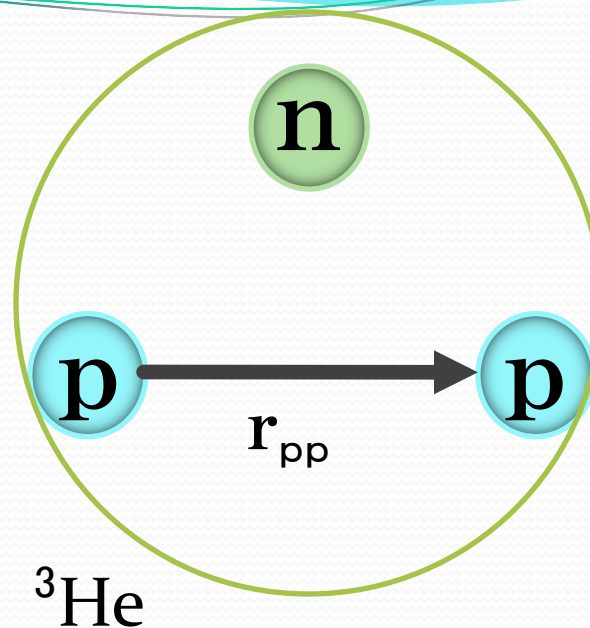
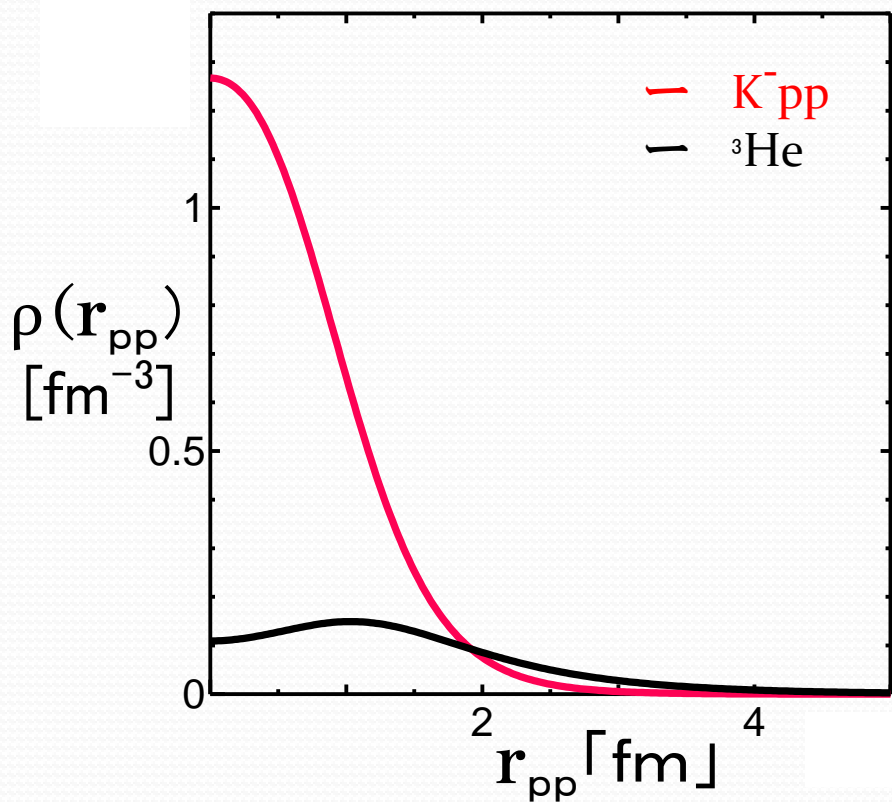


方法	B. E	論文
ATMS	48MeV	T,Yamazaki, Y.Akiashi, Proc. Jpn. Academy. Series B 83(2007)144
AMD	<53MeV	A.Dote, W.Weise Eur. Phys. Journul A 33 p.249(2007)
Faddeev	50~ 70MeV	N.V.Shevchenko, A.Gal, J.Mares, J.Revai, Phys,Rev,C 76 (2007) 044004
Faddeev	79MeV	Y.Ikeda, T.Sato Phys. Rev. C 76(2007)035203

● 密度

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

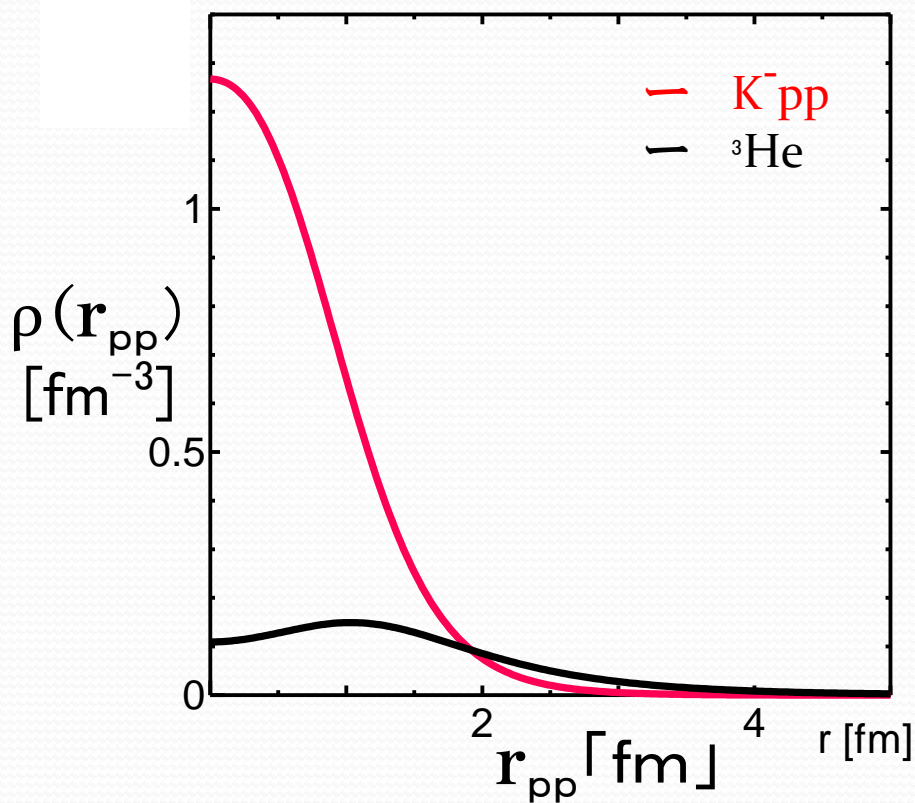
$$\rho_{^3\text{He}}(r_{pp}) = \langle \Psi(^3\text{He}) | \Psi(^3\text{He}) \rangle_{\mathbf{R}, \hat{r}}$$



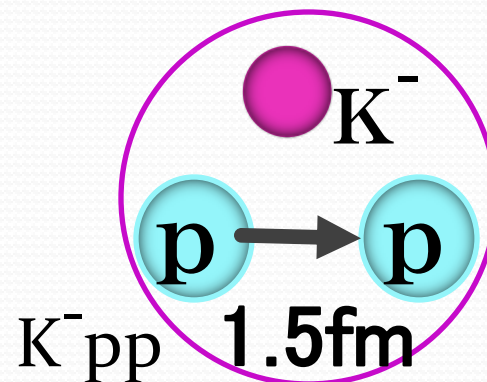
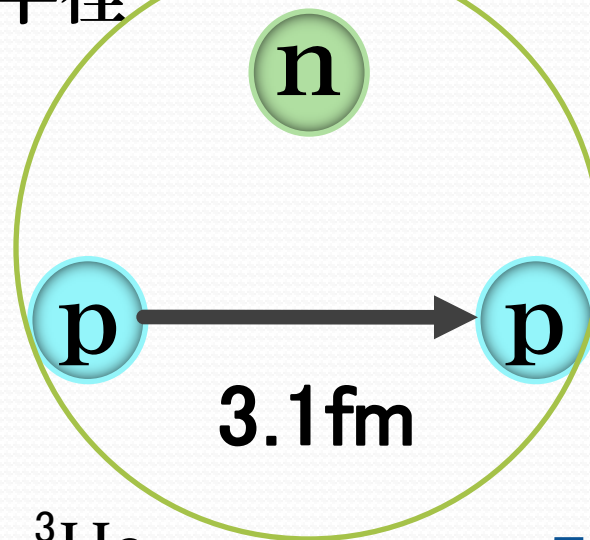
- 密度

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

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



- 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

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

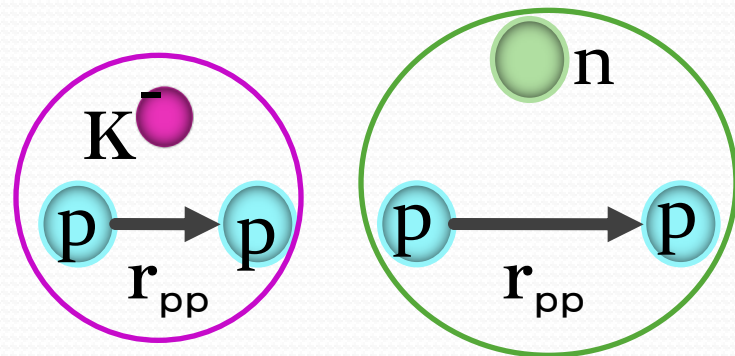
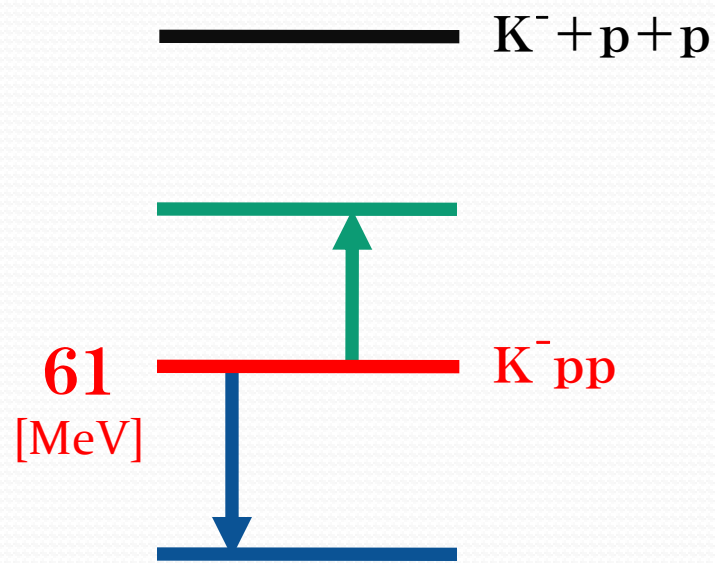
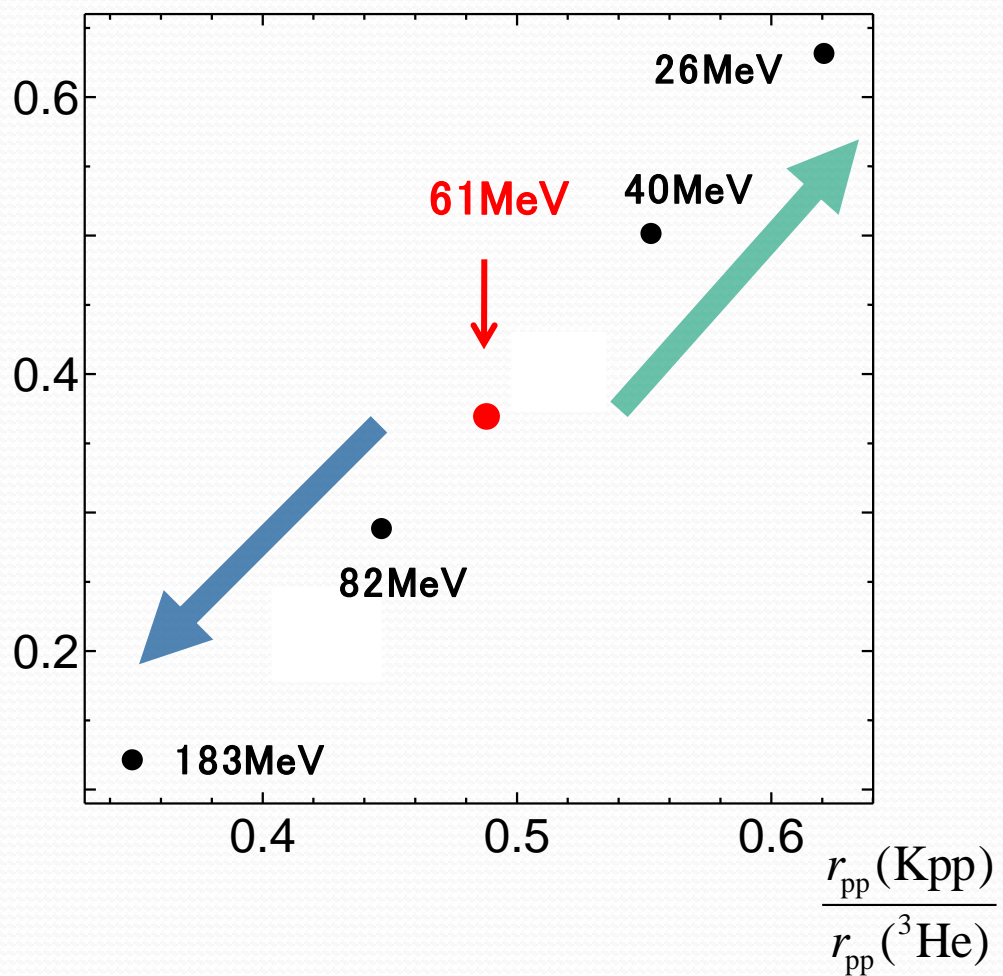
$\left| \langle \Psi(K^- pp) | \Psi(^3\text{He}) \rangle \right|^2$ の計算

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

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

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

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



Ⅱ. 学会後に行ったこと

K⁻ppの構造計算をより現実的なものへ

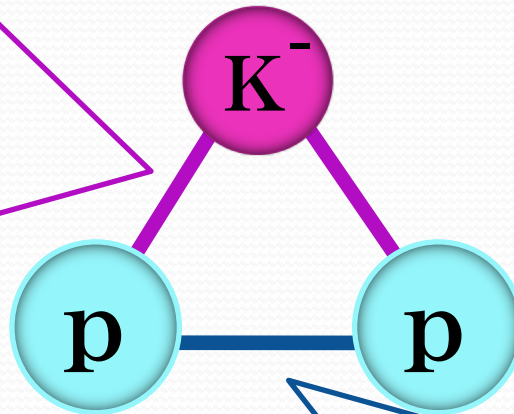
$\bar{K}N$ 相互作用

カイラルSU(3)に基づく
S波のみ



より現実的なものへ
S波・P波
→L・S力

佐々木さんが作成中



NN相互作用

ミネソタポテンシャル
(中心力のみ)



現実的核力
AV14, Paris, Bonn,
AV8, etc

中心力

L・S力

テンサー力

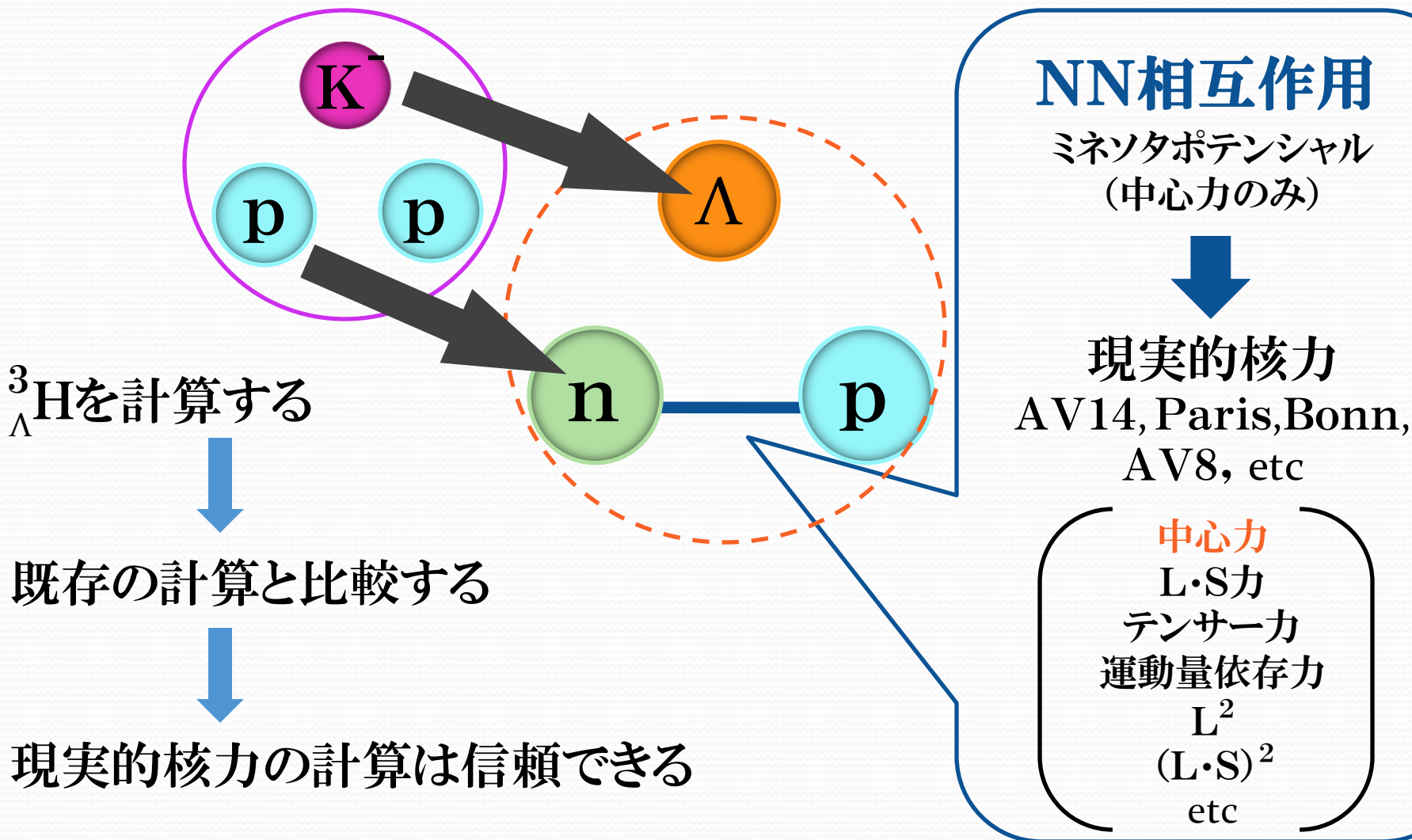
運動量依存力

L^2

$(L \cdot S)^2$

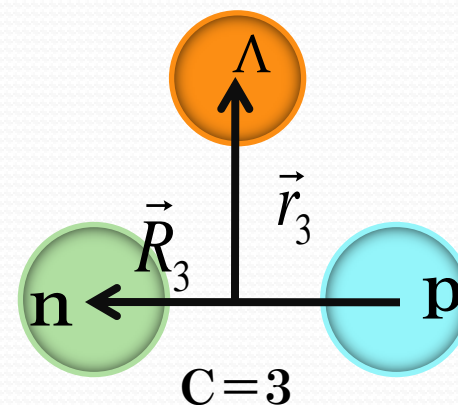
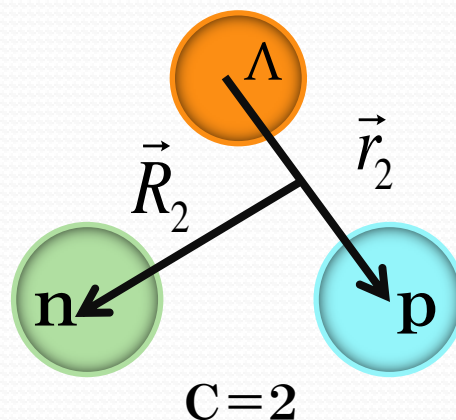
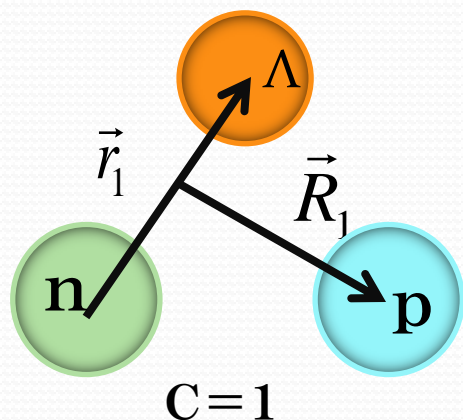
etc

現実的核力を習得する



${}^3\Lambda$ の構造計算

①構造計算の方法



波動関数

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

$$\Psi_{JMTT_z}^{(c)} = \sum_{c=1}^3 \sum_{n,N} \sum_{\Lambda,S,\Sigma} \sum_{l,L} C_{nlNL}^{(c)} [\eta_{1/2}(n)\eta_{1/2}(p)]_{TT_z} \left[\left[\phi_{nl}^{(c)}(\vec{r}_c)\phi_{NL}^{(c)}(\vec{R}_c) \right]_{\Lambda} \left[\left[\chi_{1/2}(N_1)\chi_{1/2}(N_2) \right]_S \chi_{1/2}(N_3) \right]_{\Sigma} \right]_{JM}$$

②相互作用

NN相互作用

•AV8

中心力

スピン・軌道力 (L・S)

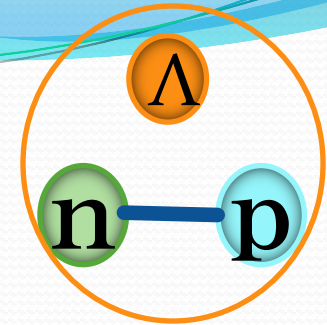
テンサー力 $\left(3 \frac{(\boldsymbol{\sigma}_1 \cdot \mathbf{r})(\boldsymbol{\sigma}_2 \cdot \mathbf{r})}{r^2} - \boldsymbol{\sigma}_1 \cdot \boldsymbol{\sigma}_2 \right)$

R.B.Wiringa, V.G.J.Stoks, R.Schiavilla,
Phys.Rev.C 51(1995)38-51

Λ N相互作用

$$V_{\Lambda N} = \sum_i^3 V_0^i \exp(-\mu^i r^2) + \sum_i^3 \sigma_{\Lambda} \cdot \sigma_N V_S^i \exp(-\mu^i r^2)$$

H.Nemura, Y.Suzuki, Y.Fujiwara, C.Nakamoto Prog. Theor. Phys. 103(2000), 929



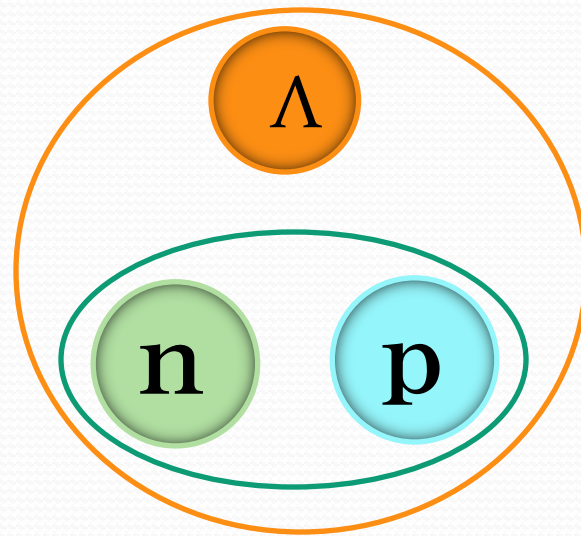
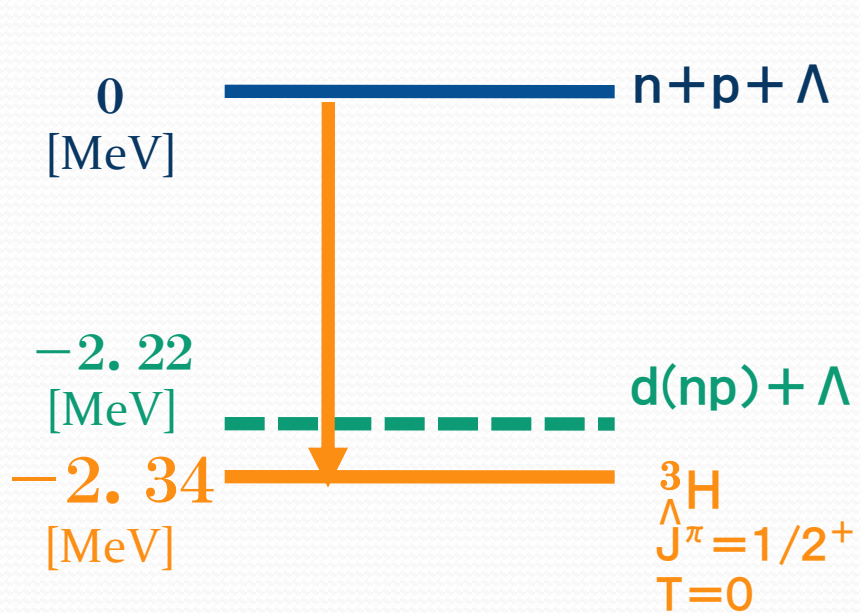
現実的核力

AV14, Paris, Bonn,
AV8, etc

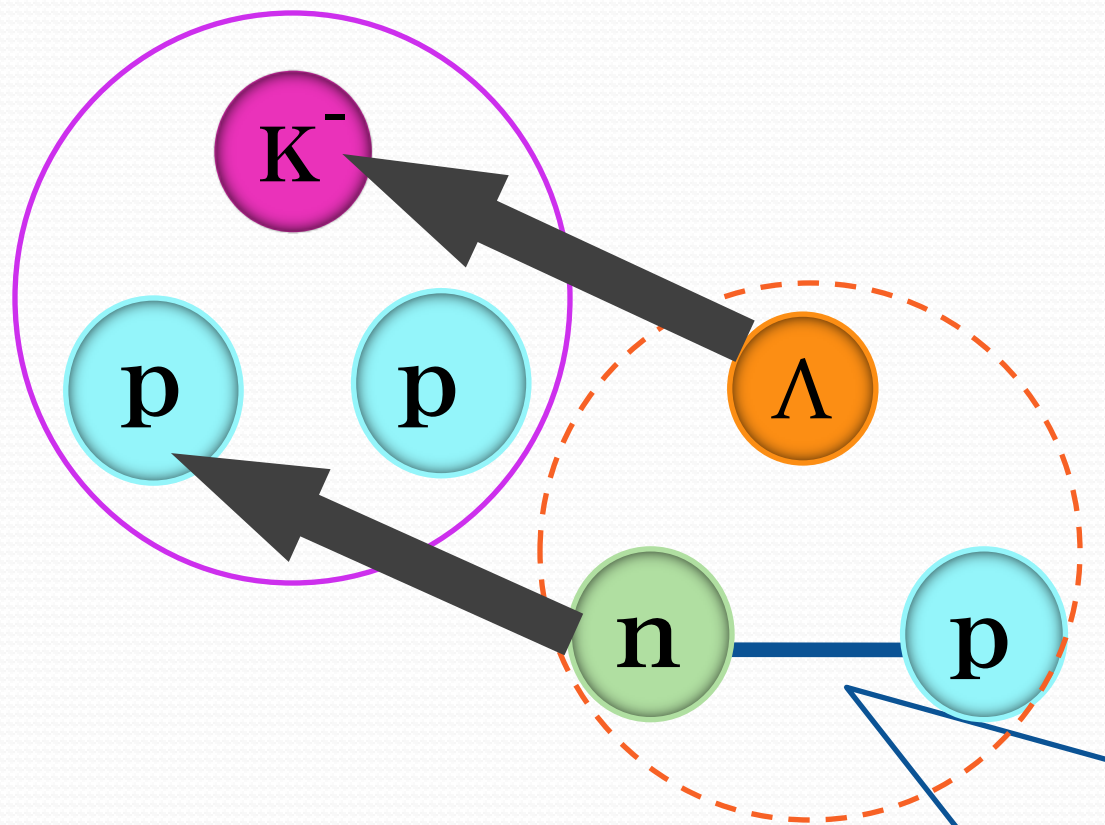
中心力
L・S力
テンサー力
運動量依存力

L^2
 $(L \cdot S)^2$
etc

③結果



実験値 $-2.35 \pm 0.05 \text{ MeV}$



NN相互作用

ミネソタポテンシャル
(中心力のみ)



現実的核力

AV14, Paris, Bonn,
AV8, etc

中心力

L·S力

テンサー力

運動量依存力

L^2

$(L \cdot S)^2$

etc

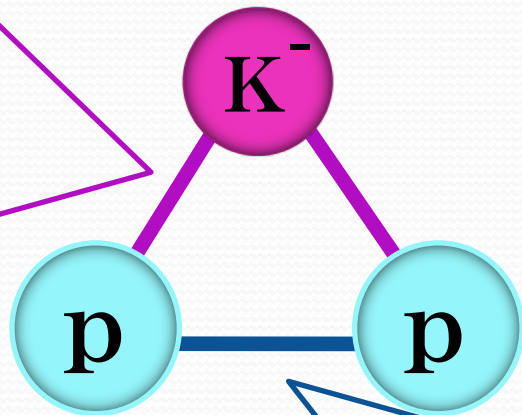
$\bar{K}N$ 相互作用

カイラルSU(3)に基づく
S波のみ



より現実的なものへ
S波・P波
→L・S力

佐々木さんが作成中



NN相互作用

ミネソタポテンシャル
(中心力のみ)



現実的核力

AV14, Paris, Bonn,
AV8, etc

中心力

L・S力

テンサー力

運動量依存力

L^2

$(L \cdot S)^2$

etc

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。

NEW • 現実的核力の計算ができた。