

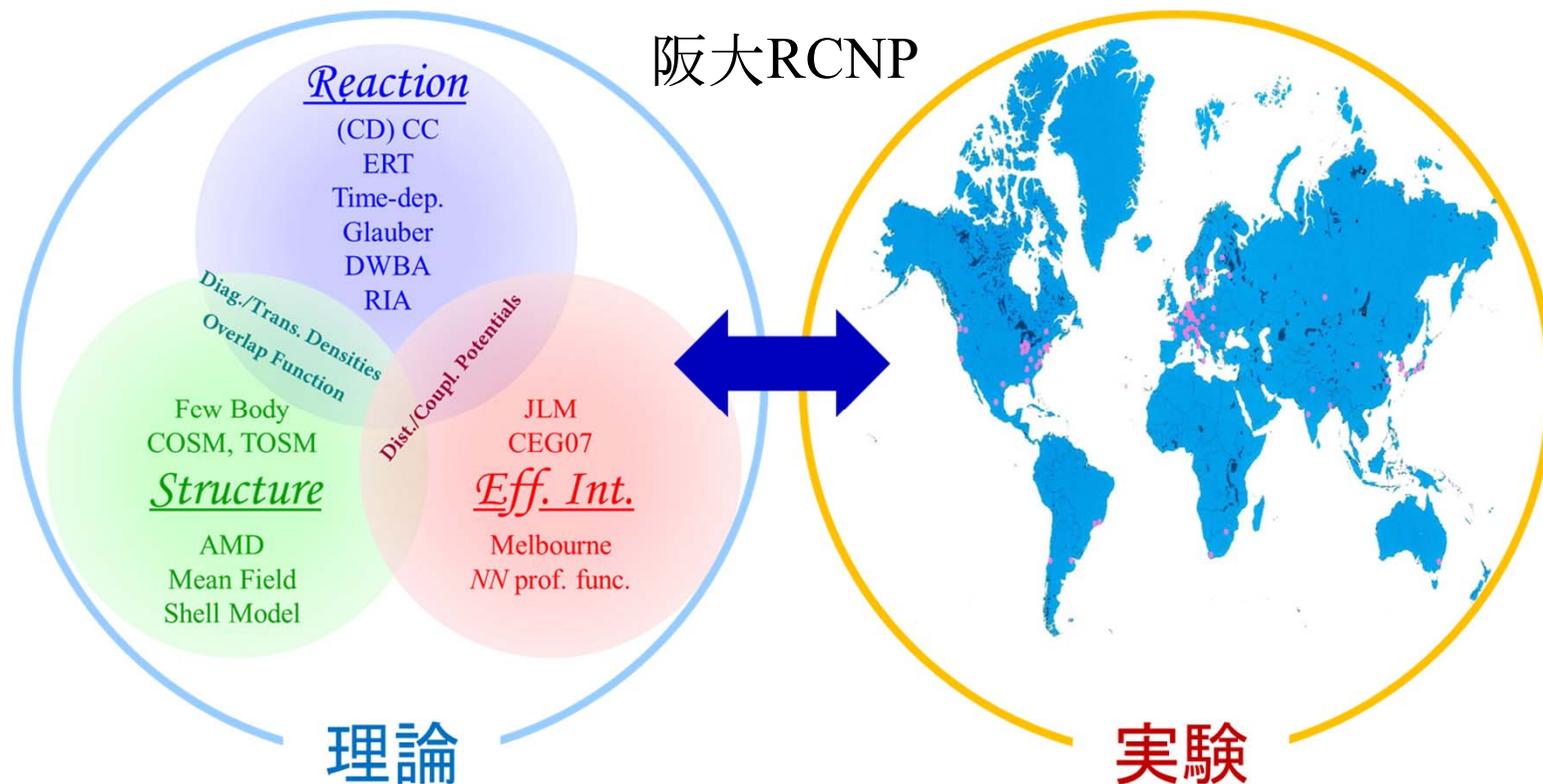
RCNP研究会

第2回「実証的原子核物理学」研究会

趣旨説明

緒方一介

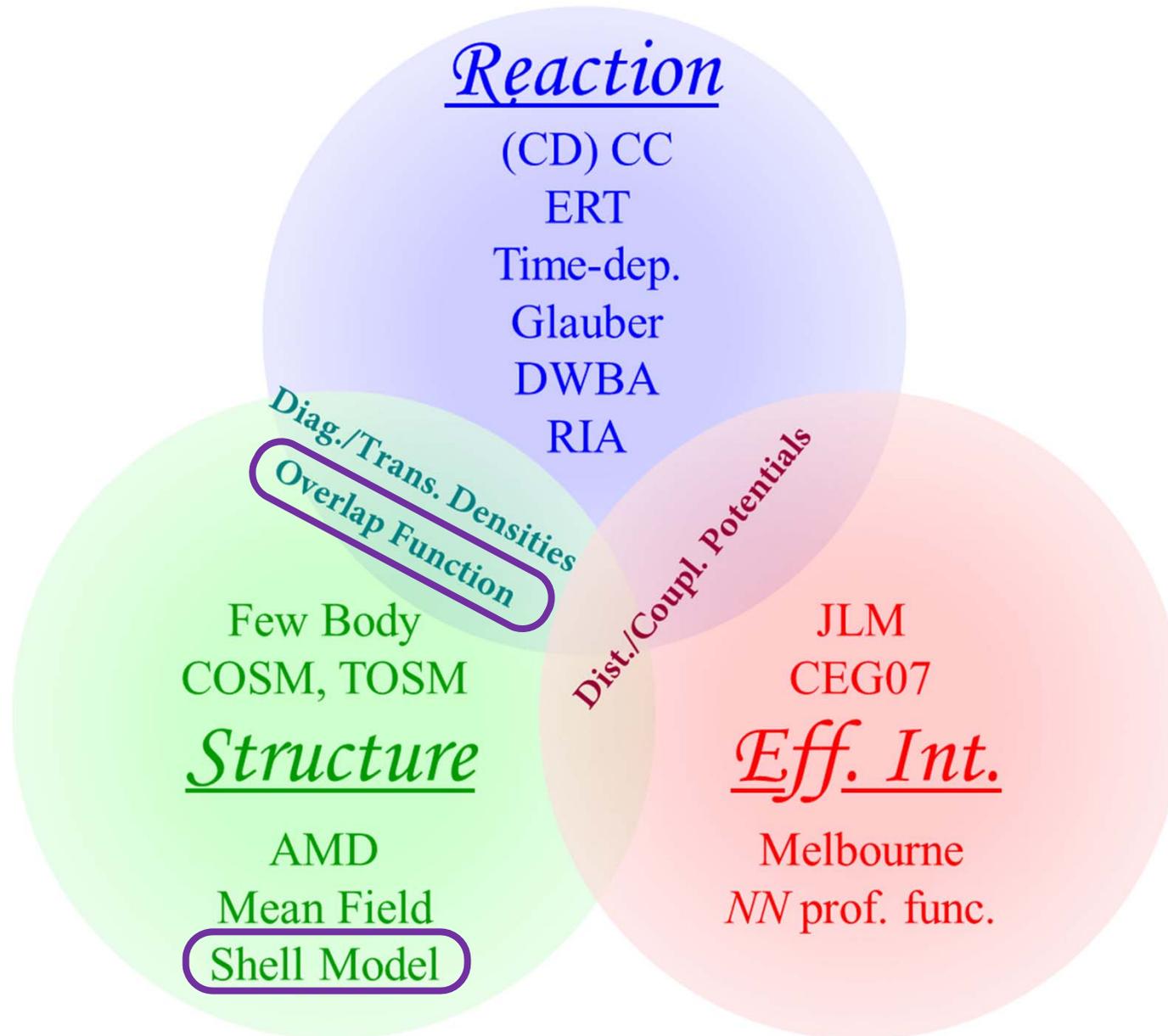
阪大RCNP



原子核物理学は実証的か？

- ✓ 第一義的には、実証的である(はず)。
- ✓ 反応観測量との定量的比較は十分(だった)か？
- ✓ 核構造研究と核反応研究の真の連携へ！

三位一体の原子核物理学



実証的原子核物理学の具体像

反応物理量の系統的予言

原子核に関する新しい
理論的知見を反映

実験計画
の提案

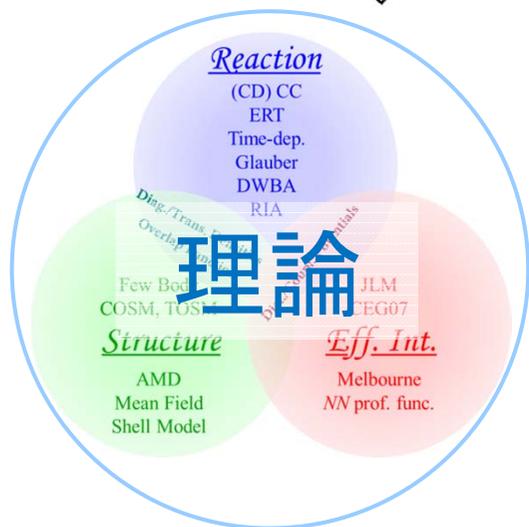
斬新な実験計画・
新しい仮説の提示

理論計算による検証

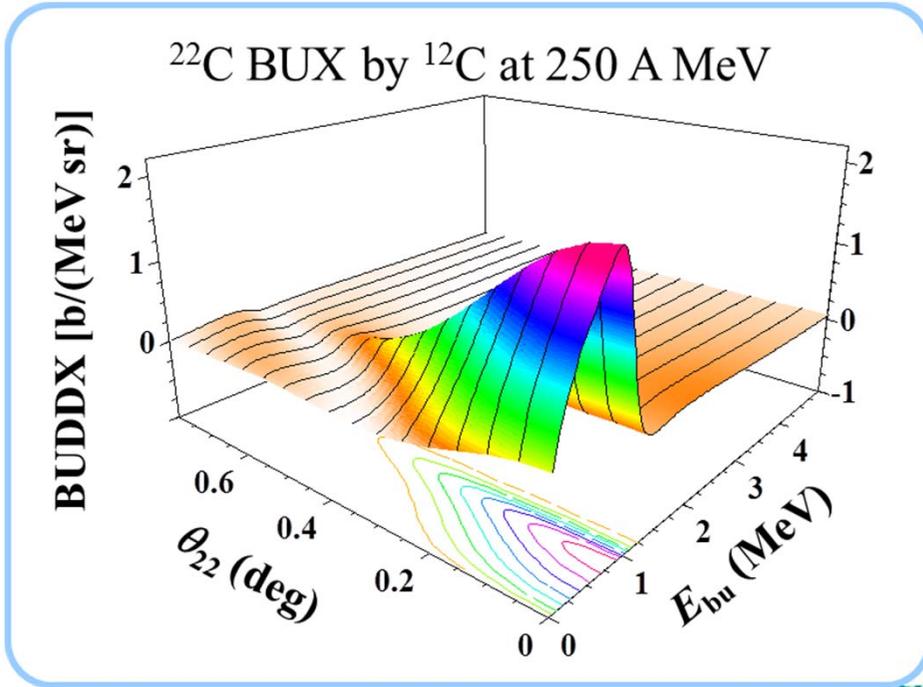
高精度の実験データ

全ての情報を反映
自然界からの回答

理論改良の要請
全く新しい事実
の提供

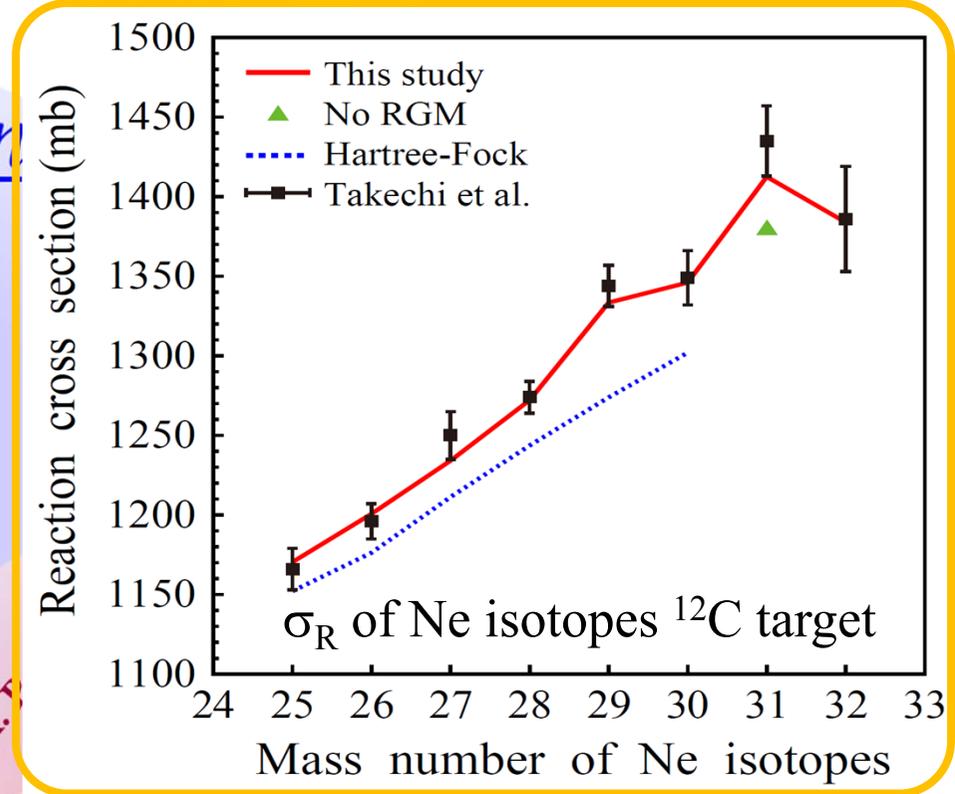


三位一体の原子核物理学



Reaction

(CD) CC
ERT
Time-dep.
Glauber
DWBA
RIA



Few Body
COSM, TOSM

Structure

AMD

Mean Field
Shell Model

Densities
Dist./Coupl.

CEG07

Eff. Int.

Melbourne

NN prof. func.

重なり関数, 分光学的因子, 漸近規格化係数

Overlap Function

Spectroscopic Factor

Asymptotic Normalization Coefficient

- 重なり関数

$$\psi^{(f)}(\mathbf{r}) = \left\langle \Phi_A^{(f)} \left| \Phi_B \right\rangle_{\xi_A}$$

多体構造計算により、原理的には計算可能。
反応で重要な核表面での信頼性は乏しい。

- 分光学的因子



$$S^{(f)} \equiv \int |\psi^{(f)}(\mathbf{r})|^2 d\mathbf{r}$$

模型非依存の定義。
重なり関数の全域の情報を等しく拾った量。

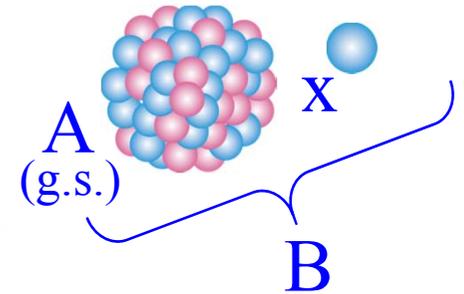
- 漸近規格化係数 C

$$\psi_{nlj}^{(f)}(\mathbf{r}) \xrightarrow{(r \gg R_{\text{nucl}})} C_{nlj}^{(f)} W(r)$$

\uparrow
($\psi^{(f)}(\mathbf{r})$ の部分波)

模型の不定性を最小化。
原子核の構造の理解という意味では不十分。

分離エネルギー法



$$(h_A + K_{xA} + V_{xA}) \Phi_B = \epsilon_B \Phi_B, \quad h_A \Phi_A = \epsilon_A \Phi_A$$

$$K_{xA} \psi(\mathbf{r}_{xA}) + \langle \Phi_A | V_{xA} | \Phi_B \rangle = \epsilon_{BA} \psi(\mathbf{r}_{xA}) \quad (\epsilon_{BA} = \epsilon_B - \epsilon_A)$$

$$\Rightarrow K_{xA} \psi_{nlj\mu}(\mathbf{r}_{xA}) + U_{xA}(\mathbf{r}_{xA}) \psi_{nlj\mu}(\mathbf{r}_{xA}) = \epsilon_{BA} \psi_{nlj\mu}(\mathbf{r}_{xA})$$

近似

一体ポテンシャル (≠ 殻模型のポテンシャル)

“殻模型の波動関数”

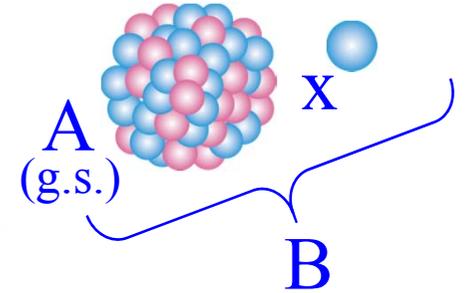
U_{xA} の下での(規格化された)一粒子波動関数

$$\psi_{nlj\mu}(\mathbf{r}_{xA}) \sim \sqrt{S_{nlj}} \varphi_{nlj\mu}(\mathbf{r}_{xA})$$

殻模型で計算された分光学的因子
(または $\sigma_{\text{exp}}/\sigma_{\text{theor}}$ で後から決める数)

この近似が正確なのは、分光学的因子が1に近いときのみ!

グリーン関数法



$$(h_A + K_{xA} + V_{xA}) \Phi_B = \epsilon_B \Phi_B, \quad h_A \Phi_A = \epsilon_A \Phi_A$$

$$K_{xA} \psi(\mathbf{r}_{xA}) + \langle \Phi_A | V_{xA} | \Phi_B \rangle = \epsilon_{BA} \psi(\mathbf{r}_{xA}) \quad (\epsilon_{BA} = \epsilon_B - \epsilon_A)$$

微視的な重なり関数

$$\psi(\mathbf{r}_{xA}) = \frac{1}{\epsilon_{BA} - K_{xA}} \langle \Phi_A | V_{xA} | \Phi_B \rangle$$

正しい漸近形を保証

V_{xA} のレンジ内で(のみ)正確な関数

$$= \frac{1}{\epsilon_{BA} - K_{xA} - U_{\text{Shell}}} \langle \Phi_A | V_{xA} - U_{\text{Shell}} | \Phi_B \rangle$$

— M. Kawai and K. Yazaki, *Prog. Theor. Phys.* **38**, 850 (1967).

グリーン関数の方法の応用例

重なり関数の比

— R. Namai, *Prog. Theor. Phys.* **69**, 1704 (1983).

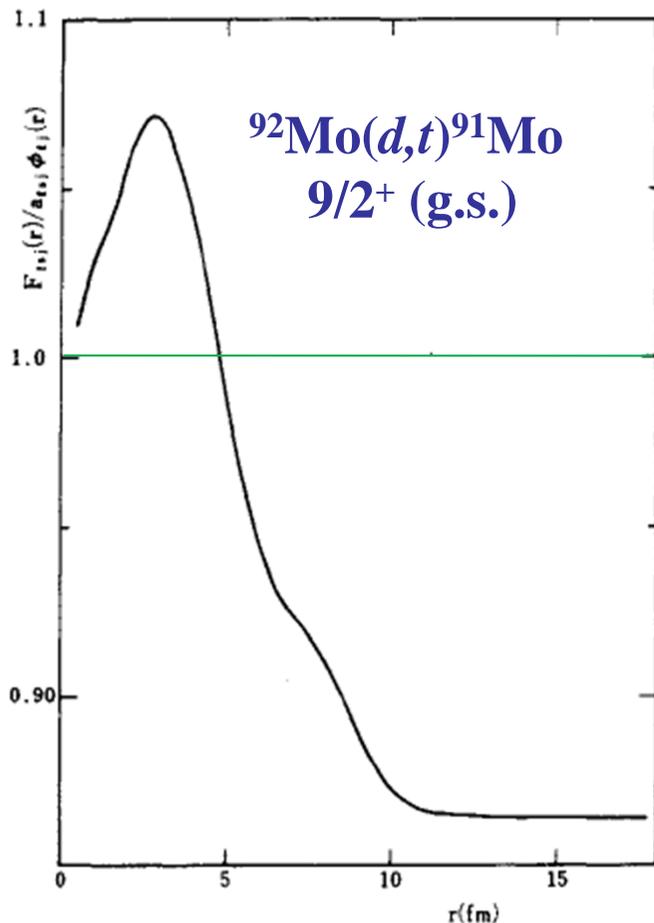


Fig. 2

Fig. 2. The ratio of the form factor calculated by the present method to that of the separation energy method.

Table V. The ratios of the experimental cross sections to the theoretical cross sections $N = \sigma_{\text{exp}}/\sigma_{\text{cal}}$ by several models.

model	$1g_{9/2}$			$2p_{1/2}$			$2p_{3/2}$			$1f_{5/2}$		
	^{87}Sr	^{89}Zr	^{91}Mo									
1) simple shell model ^{a)}	1.0	0.77	0.64	1.1	0.75	0.76	0.83	0.44	0.46	0.71	0.39	0.28
2) shell model ^{b)}	1.0	0.81	0.72	1.1	0.91	0.96	0.83	0.64	0.78	0.71	0.59	0.60
3) present model	1.0	0.88	0.97	1.1	1.0	1.1	0.83	0.73	1.0	0.71	0.70	0.80
4) present model with self-consistency	1.0	0.98	0.98									

- a) The form factor is constructed by the usual separation energy method with the spectroscopic amplitude $a_{1s,j} = \sqrt{2j+1}$.
- b) The form factor is constructed by the usual separation energy method with the spectroscopic amplitude listed in Table II.

重なり関数の r 依存性を正しく記述することは、実験データの定量的解析(原子核の定量的理解)にとって極めて重要。

c.f. 河合光路, 吉田思郎『原子核反応論』(朝倉物理学大系19), 朝倉書店(2002), p. 190.

積極的なご議論をお願いします。