

平成 21 年 5 月 25 日現在

研究種目：基盤研究（C）
 研究期間：2006~2008
 課題番号：18540261
 研究課題名（和文） クォーク模型による現実的バリオン間相互作用とその少数多体系への応用
 研究課題名（英文） Realistic Quark-Model Baryon-Baryon Interactions and their Applications to Few-Body Systems
 研究代表者
 藤原 義和 (FUJIWARA YOSHIKAZU)
 京都大学・大学院理学研究科・講師
 研究者番号：70199397

研究成果の概要：京都・新潟グループによって開発されたクォーク模型バリオン間相互作用を用いてストレンジネスを含む軽い原子核の少数多体計算や G-行列理論に基づく有効相互作用の導出を行い、核子やハイペロンと原子核との間の相互作用を微視的に解明した。これらを、新しい実験データと比較検討することにより、より正確なハイペロン・核子相互作用やハイペロン・ハイペロン相互作用の理解が得られた。これらは、次の世代のクォーク模型バリオン間相互作用を作成する上で貴重な情報となる。

交付額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	1,600,000	0	1,600,000
2007 年度	900,000	270,000	1,170,000
2008 年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,400,000	540,000	3,940,000

研究分野：原子核理論

科研費の分科・細目：素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

キーワード：クォーク模型、バリオン間相互作用、ストレンジネス、共鳴群模型、ハイペロン、ハイパー核、Faddeev 方程式、G-行列

1. 研究開始当初の背景

この研究計画を開始するにあたっての当初の背景は次の二点にあった。

- (1) 過去の研究成果により、核力を含むバリオン 8 重項間の全ての相互作用に対する現実的クォーク模型ポテンシャルが既に得られていたこと。
- (2) クォークレベルでの反対称化の結果として生じるクラスター間のパウリ禁止状態を正確に取り扱った三体クラスター方程式が導かれ、厳密な三体系の取り扱いである Faddeev 方程式の枠組みで定式化されたこと。

補足すると、(1) については過去 10 年あまりの研究の成果として、ストレンジネス $S=0, -1, -2$ で現存する実験データを全て再現するバリオン 8 重項間の相互作用として fss2 と FSS という二つの模型が得られた。核力とストレンジネスセクターを同時に再現する中間子交換ポテンシャルの代表的なものとしては Nijmegen 模型や Jülich ポテンシャルがあるが、 $S=-3, -4$ セクターまで実用的なものは fss2 のみである。核力の位相差についてはいずれの現実的バリオン間相互作用の模型も実験を再現するが、fss2 は現在使われているこれらのどの現実的核力よりも実験値に近い三核子系 (^3H) の結合

エネルギーを与える。対称核物質や中性子物質の G-行列計算に対しても fss2 は妥当な結果を与える。またクォーク模型バリオン間相互作用の特徴として、 Λ 粒子の小さな一体スピン軌道力、 Σ 粒子の一粒子ポテンシャルが斥力であることを挙げる事が出来るが、これらは、最近の γ -線分光によって得られた ${}^{\Lambda}_{9}\text{Be}$ と ${}^{\Lambda}_{13}\text{C}$ の実験データや KEK での (π^{-} , K^{+}) 反応の実験データの結果と合致している。また「長良イベント」 ${}^{\Lambda}_{\Lambda}\text{He}$ ダブルラムダハイパー核は、 $\Lambda\Lambda$ 相互作用が $\Delta B_{\Lambda\Lambda}$ で約 1 MeV という弱い引力であることを示しているが、これは fss2 の G-行列計算と ${}^{\Lambda}_{\Lambda}\text{He}$ の Faddeev 計算の結果と合致している。

更に(2)は二体クラスター RGM kernel を用いた三体クラスター方程式が定式化されたことを意味する。すなわち fss2 を初めとするクォーク模型ポテンシャルはすべて非局所で、共鳴群模型 (RGM) 方程式特有のエネルギー依存性を持っており、更に幾つかの二体バリオン状態ではクォークレベルでのパウリ禁止状態が存在する。これらを全て厳密に扱うのがこの三体クラスター Faddeev formalism であり、この研究計画以前の三核子系の束縛状態と軽い Λ ハイパー核 (${}^{\Lambda}_{3}\text{H}$, ${}^{\Lambda}_{9}\text{Be}$, ${}^{\Lambda}_{\Lambda}\text{He}$) の三体 Faddeev 計算は全てこの枠組みで行われた。しかしながら、これを三体散乱問題に適用し、より複雑な四体クラスターや複数のパウリ禁止状態が存在する時にまで拡張するのは当時の課題であった。また、次に述べるように、この取り扱いは今期の計画でエネルギー依存性を除去した RGM kernel の利用という、更なる発展を遂げることになる。

2. 研究の目的

本研究の目的は 現実的クォーク模型バリオン間相互作用である fss2, FSS を用いて軽い Λ ハイパー核等の Faddeev 計算や Brueckner 理論に基づく詳細な G-行列計算を行い、それらを用いたハイパー核の構造計算やハイペロン・核子相互作用の新しい実験データとの比較検討を通じて、より正確なハイペロン・核子相互作用やハイペロン・ハイペロン相互作用の理解を得ることである。具体的な研究内容は多岐にわたるが、大きく分けて次の 5 点に分類できる。

- (1) 前節の(2)に関係した「二体クラスター RGM kernel を用いた三体クラスター方程式」の改良。二体クラスター RGM kernel のエネルギー依存性の非局所化。
- (2) それらを用いた三体クラスター Faddeev 方程式による三体クラスター束縛状態の研究。
- (3) エネルギー依存性を非局所化した

Renormalized RGM によるクォーク模型ポテンシャルの G-行列計算。

- (4) G-行列有効相互作用を用いた、核子やハイペロンの軽い原子核との相互作用ポテンシャルの解明。特に、J-PARC での Day one 実験として計画されているハイペロンの一粒子ポテンシャルの導出。
- (5) fss2 のガウス型非局所ポテンシャルとそれを用いた三体散乱問題、特に neutron deuteron (nd) 散乱問題への適用。

3. 研究の方法

3 ないし 4 個のバリオンを含む少数バリオン系の精密計算は、元来もとのバリオン間相互作用をそのまま用いて Faddeev 方程式を直接解くことにより行われている。4 体バリオン系の厳密計算は、構造のない粒子や簡単な有効相互作用に対しては既に幾つかの方法で行われているが、クォーク模型バリオン間相互作用等の複雑な非局所相互作用に対しては、簡単ではなく、いまだ将来の課題として残っている。p-殻ハイパー核等のより重いクラスター系に対しては、前節 (3) の G-行列計算に基づく有効相互作用を用いる。研究成果の (4) に記述するように、我々は直接 G-行列を用いてクラスター間のポテンシャルを計算する方法を開発した。

4. 研究成果

(1) エネルギー依存性を除去した二体 RGM kernel による多体クラスター方程式の定式化：これまで、二体 RGM kernel に必然的に現れるエネルギー依存性は三体クラスター系で二体部分系の Hamiltonian の期待値が自己無撞着となるように決定していたが、取り扱う三体クラスター系が複雑になるにつれ、幾つか不都合な点があることが明らかになった。例えば、3 系を 2 RGM kernel を用いて解くと平均 2 乗半径が小さく出過ぎる。また、 n 系の基底状態では我々の半微視的模型は完全に微視的な三体 RGM 計算より大きな結合エネルギーを与える。更に、自己無撞着法は束縛状態に対しては適用可能だが、散乱問題に対してはその処方が明確ではない。そこで、我々は核子系のクラスター物理の分野で Renormalize RGM としてよく知られた手法を用いて、このエネルギー依存性を非局所ポテンシャルに変換する取り扱いを開始した。これにより、上記の幾つかの困難は解決され、更に、後述する nd 散乱にもクォーク模型バリオン間相互作用が使えるようになった。ここで得られた成果はかなり技術的な複雑さを含むため、いまだ十分知られていないが、これからの少数クラス

ター系の厳密計算に大きなインパクトを与えると考えている。

(2) エネルギー依存性を除去した二体 RGM kernel を用いた三体クラスター計算：我々は (1) の定式化を以下の様な多くの系に適用し、その有効性を調べた。

1 3 模型による ^{12}C の基底状態と励起 0^+ 状態

2 n 模型による ^9Be の束縛状態

3 nn 模型による ^6He の基底状態

4 模型による ^9Be の基底状態と励起状態

5 クォーク模型バリオン間相互作用を用いた ^3H と ^3H の Faddeev 計算の再計算

このうち、1 - 4 については Faddeev formalism だけでなく、調和振動子展開や K-harmonics, 更には Stochastic variational method を用いても行われ、それらの間の正確な一致が確かめられた。特に、K-harmonics による計算はベルギーのブルッセル自由大学の Daniel Baye や Pierre Discouvemont との共同研究として行われ 共著の論文として Physical Review C 等に発表された。この様に、全く異なった解法で同じ結果が得られたことは、それぞれの解法の信頼性を大きく増すものである。

(3) Renormalized RGM によるクォーク模型ポテンシャルの G-行列計算：上記の手法は、すぐさまクォーク模型ポテンシャルの G-行列計算に適用され、これまでの計算を全て再計算した。従来は、G-行列計算の際の RGM kernel のエネルギー依存性は asymptotic momentum から決定していたが、これにより Faddeev 計算と G-行列計算におけるエネルギー依存性の取り扱いの不統一が解消された。しかしながら、実際にはクォーク模型バリオン間相互作用については、この差はさほど大きくはなく、これまでの結果は大きく変更を受けるものではない。それは、クォーク模型バリオン間相互作用の RGM norm kernel の簡単さに起因している。この点では、少数バリオン系の取り扱いは、3 系の様な核子の三体クラスター系の取り扱いと大きく異なる。しかしながら、非常に精密な議論をしている ^3H の結合エネルギーなどでは、この差は必ずしも無視できるものではなく、それゆえ上記の 5 の計算が行われた。その結果は、以前与えた fss2 で 150 keV 不足という結論から 350 keV 不足に後退した。しかし、一般の中間子交換ポテンシャルが 500 keV 以上の不足分を持つものに対して、依然、より実験値に近い値であり、クォーク模型 NN 相互作用の特徴を維持していると考えられる。

^3H や ^3H に限らず、(2) での三体クラスター束縛状態や、更には G-行列計算でも、Renormalized RGM kernel によるエネルギー依存性の除去は、一般にこれまでの結果よりも少し斥力的な効果を与える。Norm kernel に関係した処方であることにより、当然ながらこの斥力的効果は短距離的なものである。このような一般的振る舞いが、散乱問題でも成り立っているかどうかは自明ではなく、これからの研究の課題である。

(4) G-行列有効相互作用を用いた、核子やハイペロンの軽い原子核との相互作用ポテンシャルの解明：この課題では、(3) で導いたエネルギー依存性を除去したクォーク模型バリオン間相互作用の対称核物質に対する G-行列を用いて、lowest order Brueckner theory の枠内で以下の項目について研究を行った。

- 1 クォーク模型 G-行列相互作用を用いた B_0 , $B_0(3N)$ ポテンシャル
- 2 クォーク模型 G-行列相互作用を用いた n RGM
- 3 クォーク模型 G-行列相互作用による N LS Born kernel を用いた ^9Be の励起状態の s splitting の 三体 Faddeev 計算による検討
- 4 クォーク模型 G-行列相互作用を用いた B_0 , $^{12}\text{C}(0^+)$, B_0 , ^{16}O ポテンシャル

ここに、 B_0 は核子以外の 8 重項バリオン、 B_0 , $B_0(3N)$ を表し、(3N) は ^3H , ないしは ^3He クラスターである。またクラスター波動函数としては、簡単な調和振動子型殻模型波動函数を用いる。調和振動子の拡がりパラメータは、それぞれの軽い原子核の平均 2 乗半径を再現するものを用いる。ここでの folding の枠組みの特徴は、1) 軽い原子核で重要な重心の取扱が、クラスター模型での手法を用いて正確に取り扱われている、2) 元来 nonlocal な G-行列を localize する等の近似を全くせず、全角運動量 8 以下の全ての部分波成分を運動量表示でそのまま数値的に folding している、3) B_0 -core 系の Born kernel が数値的に得られるので、それらを直接用いてのクラスターの少数多体系 Faddeev 計算が可能である、という三点である。

まず、一番簡単な 相互作用から議論すると、中心力については、得られた ポテンシャルは、現象論的に決定した有効 N ポテンシャルを folding して得られる結果をほぼ再現する。これらの現象論的 ポテンシャルは全て の束縛状態のエネルギー $E_0 = -3.12\text{ MeV}$ を再現するように深さを調節し

ているが、fss2 や FSS を用いた ポテンシャルではこの様な任意パラメータを導入することなく、ほぼ実験の束縛エネルギーを再現している。この枠組みにおける唯一のパラメータはG-行列計算の際の Fermi 運動量 k_F であり、これは軽い原子核では一般に使われる局所密度近似がよいとは思われないことから、 ^{12}C や三核子系 (3N) では小さな値が、 ^{12}C や ^{16}O では対称核物質の飽和密度に対応する値が使われている。(3N) 系で $k_F=1.07 \text{ fm}^{-1}$, ^{12}C に対しては $k_F=1.2 \text{ fm}^{-1}$, ^{16}O では $k_F=1.35 \text{ fm}^{-1}$ 程度でよさそうである。一方、対称核物質におけるの一粒ポテンシャルは fss2 で -45 MeV , FSS で -41 MeV であり、約 -30 MeV といわれている実験値よりはかなり引力的である。このことは、ハイペロン核子ポテンシャルの導出の際には、有限核の取扱いが特に軽い原子核に対して重要であることを示している。 k_F 依存性については、一般に k_F を小さくするとポテンシャルの引力が増す。例えば $k_F=1.2 \text{ fm}^{-1}$ (通常密度の70%) におけるの束縛エネルギーは、continuous choice の fss2 で -3.71 MeV , FSS で -2.65 MeV である。(実験値: $-3.12 \pm 0.02 \text{ MeV}$)

2 の n 相互作用の場合には核子レベルでの反対称化が重要であり、direct term と knock-on term 以外の相互作用タイプが現れる。この場合もの recoil effect を正確に計算することが出来るが、今回 G-行列相互作用の重心運動量 K まで含めた厳密な角運動量射影を行い、starting energy dependence と K-依存性を工夫することにより k_F 以外の任意パラメータを全く含まないで Pauli 禁止状態の存在を正確に維持することが出来る様になった。FSS と fss2 の QTQ や continuous choice を用いた計算では、適当な k_F をとることにより、S-波と P-波の n 位相差を正しく再現することが出来る。例えば continuous choice の fss2 では、 $k_F=1.20 \text{ fm}^{-1}$ で実験の位相差を非常に良く再現する。位相差解析の結果と比較すると D-波や F-波のより高い部分波では、多少引力が不足している様に見えるが、30 MeV までの微分断面積やスピン偏局量を計算すると、ほぼ実験値を再現している

今回明らかになった重要な知見の一つは N 相互作用のスピン・軌道力についての大きな模型依存性である。すなわち、fss2 ではスカラー中間子からの LS 力がかなりの比率で存在するために、通常の LS 力と反対称 LS 力 ($LS^{(-)}$ 力) の打ち消しが完全ではなく、の一体スピン・軌道力は G-行列を解いてもそれほど小さくはならない。一方、FSS では LS 力の起源は全て Fermi-Breit 相互作

用から発生しており、それに含まれる $LS^{(-)}$ 力による大きな P-波の N N 結合 ($^1P_1 - ^3P_1$ coupling) によって、 $LS^{(-)}$ 力の効果が拡大されて一体スピン・軌道力は強く hinder される。G-行列を解く際の k_F を小さくするとこの傾向は益々強まり、 $k_F=1.02 \text{ fm}^{-1}$ 程度で ^9Be で観測されている非常に小さい $5/2^+ - 3/2^+$ 励起状態の s splitting を再現する。この結果は、 3 で G-行列計算から得られた N LS 相互作用を -クラスターで folding して LS Born kernel を求め、それを用いて 三体クラスター模型で ^9Be の励起状態を jj-coupling Faddeev formalism で解いて得られたものである。

相互作用は、アイソスピン $I=3/2$ の ^3S N 相互作用がクォーク模型でのパウリ原理のため非常に強い斥力であることにより、全体として斥力的になる。このことは、より重い系で ($^-, K^+$) 反応による inclusive な の生成スペクトルの分析結果と consistent である。一方、特定のスピン・アイソスピンチャンネルにおいては、この成分は寄与せず、しばしば深い準安定束縛状態が存在する。その典型例は (3N) 系で、continuous choice の fss2 では $k_F=1.07 \text{ fm}^{-1}$ で -4 (FSS) ~ -6 (fss2) MeV 程度の束縛状態が得られる。実験的には、の閾値から $E_B = -4.6 \text{ MeV}$ のところに $=7.9 \text{ MeV}$ の幅のアイソスピン $I=1/2$, スピン 0 の準安定状態 ^4He が存在することが知られており、それがこの状態に対応すると考えられる。1~2 MeV 程度のずれは、その下にある $^4\text{He}(0^+)$ との coupling を考慮することにより説明可能である。この状態を含め、(3N) 系等はそのバリエーション間相互作用を用いて少数多体問題的に解く必要があるが、この様な荒い近似でも、 ^4H や ^4He の励起スペクトルは $k_F=1.07 \text{ fm}^{-1}$ でほぼ再現されている。

ポテンシャルは弱い引力であり、continuous choice の FSS で 2 fm 付近に -3 (fss2) ~ -5 (FSS) MeV 程度の引力が存在する。一般に、(3N) 相互作用は相互作用より弱く、これはストレンジネス $S=-2$ のクォーク模型バリエーション間相互作用が H-particle チャンネルである $I=0$ 状態が一番強い引力をもつことと関係している。

我々は更に 4 でこれらの計算をハイペロン $^{12}\text{C}(0^+)$ とハイペロン ^{16}O 系にまで拡張し、芯核が p-殻核になった場合の変化を考察した。現在、特に注目を集めているポテンシャルに関しては、核表面付近に 2~3 MeV の引力を有し、内側では振動する振舞いを持つことが明らかになった。このことは、更に重い系 (^{28}Si , ^{40}Ca , ^{56}Fe , ^{90}Zr 等) でも、

Brueckner Hartree-Fock 波動函数と局所密度近似を用いた、また独立の計算方法によって得られた。ここでは更に、J-PARC での実験の開始に先立って、ハイペロンやハイペロンの作るクーロン原子準位のエネルギーシフトと崩壊幅も計算された。

(5) fss2 のガウス型非局所ポテンシャルとそれを用いた三体散乱問題、特に nd 散乱問題への適用：この研究課題では、現実的クォーク模型バリオン間相互作用の確率的変分法への応用をめざして、fss2 の近似であるガウス型非局所ポテンシャルを作成した。これを用いて、クォーク模型 NN 相互作用とその重陽子波動函数を用いた nd 散乱の共鳴群模型による解析を行い、実験データの再現のためには重陽子の distortion や breakup の効果を完全に含む Faddeev formalism による散乱問題の取り扱いが必要であることが明らかになった。

(6) 低運動量空間における等価ハイペロン核子相互作用：この研究課題では Renormalized RGM formalism によるクォーク模型バリオン fss2 を用いて、Suzuki-Lee の方法により低運動量空間における等価ハイペロン核子相互作用を求めた。低運動量空間における等価バリオン間相互作用は、G-行列に代わる有効相互作用として近年注目を浴びている。NN と N、および $N(l=3/2)$ の 1S_0 channel では NSC97f と非常に近い結果が得られるが、 $N(l=3/2)$ の 3S_1 と $N(l=1/2)$ ではかなりの差がみられる。即ち、 $N(l=3/2)$ の 3S_1 channel では、クォーク模型バリオン間相互作用は Pauli 原理の効果から斥力的であるが NSC97f は引力である。 $N(l=1/2)$ 1S_0 channel の斥力は NSC97f の方が強い。また、 $N(l=1/2)$ 3S_1 channel では fss2 は引力であるが NSC97f は弱い斥力になっている。N 相互作用では fss2 の持つスピン、アイソスピン依存性が如実に出てくる。更に、こうして得られた等価ハイペロン核子相互作用は低運動量空間におけるバリオン間のチャンネル結合効果は取り込まれておらず、実際の使用にはそれをまた別に取り込まなければならないというハイペロン核子相互作用特有の問題点も明らかになった。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文](計 19 件)

1 M. Kohno and Y. Fujiwara: Localized N, , and Single-Particle Potentials in Finite Nuclei Calculated

with SU_6 Quark-Model Baryon-Baryon Interactions, Physical Review C, 79, - (2009), 査読有

2 Y. Fujiwara, M. Kohno and Y. Suzuki: n Resonating-Group Calculation with a Quark-Model G-Matrix NN Interaction, Progress of Theoretical Physics, 120, 289-314 (2008), 査読有

3 Y. Fujiwara and Y. Suzuki: Baryon-Baryon Interactions in a Quark-Model and their Applications to Few-Baryon Systems, Nuclear Physics News, Vol.18, No.2, 17 - 23 (2008), 査読有

4 Y. Fujiwara, M. Kohno and Y. Suzuki: $^{12}\text{C}(0^+)$ and ^{16}O Potentials Derived from the SU_6 Quark-Model Baryon-Baryon Interaction, Proceedings of the Mini-Workshop on Few-Quark States and the Continuum (Bled08), Bled Workshops in Physics, ed. Bojan Golli, Mitja Rosina and Simon Sirca, Vol.9 No.1, pp.41 - 45, (DMFA - ZALOŽNISTVO, LJUBLJANA, November 2008), 査読無

5 Y. Fujiwara, Y. Suzuki, M. Kohno, and K. Miyagawa: Triton and Hypertriton Binding Energies with SU_6 Quark-Model Baryon Baryon Interaction, Proceedings of the International Symposium on New Facet of Three Nucleon Force -- 50 Years of Fujita Miyazawa Three Nucleon Force (FM50), ed. Hideyuki Sakai, Kimiko Sekiguchi and Benjamin F. Gibson, AIP Conference Proceedings, 1011 (2008), 247 - 252, 査読無

6 M. Orabi, Y. Suzuki and Y. Fujiwara: 3α Description of ^{12}C with Microscopic Nonlocal Potentials, Proceedings of the International Symposium on New Facet of Three Nucleon Force (FM50), ed. Hideyuki Sakai, Kimiko Sekiguchi and Benjamin F. Gibson, AIP Conference Proceedings, 1011 (2008), 165 - 170, 査読無

7 Y. Fujiwara, M. Kohno and Y. Suzuki: $B_8 \alpha$ and $B_8 (3N)$ Potentials Derived from the SU_6 Quark-Model Baryon-Baryon Interaction, Proceedings of the International Nuclear Physics Conference (INPC2007), ed. S. Nagamiya, T. Motobayashi, M. Oka, R. S. Hayano and T. Magae, Vol.11 --Oral presentations, Nucl. Phys. A805 (2008), 179 - 181, 査読無

8 Y. Fujiwara, Y. Suzuki and M. Kohno: Quark-Model Baryon-Baryon Interactions in the Renormalized RGM, Proceedings of the 9th International

- Conference of Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Clusters '07), Journal of Physics: Conf. Ser. 111 (2008), 012025 (6 pages), 査読無
- 9 M. Theeten, D. Baye, P. Descouvemont, Y. Fujiwara, H. Matsumura, M. Orabi and Y. Suzuki: Three-Cluster Model for Light Nuclei, Proceedings of the 9th International Conference of Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Clusters '07), Journal of Physics: Conf. Ser. 111 (2008), 012045 (6 pages), 査読無
- 10 M. Orabi, Y. Suzuki, H. Matsumura, Y. Fujiwara, D. Baye, P. Descouvemont and M. Theeten: 3α Description of ^{12}C with Microscopic Nonlocal Potentials, Proceedings of the 9th International Conference of Clustering Aspects of Nuclear Structure and Dynamics (Clusters '07), Journal of Physics: Conf. Ser. 111 (2008), 012046, 査読無
- 11 Y. Fujiwara, M. Kohno and Y. Suzuki, Quark-model Baryon-Baryon Interactions and Their Applications to Few-Body Systems, Proceedings of the IX International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics (HYP2006), ed. J. Pochodzalla and T. Walcher, (Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg), 307 - 312 (2007), 査読有
- 12 Y. Fujiwara, Y. Suzuki and M. Kohno, Addendum to Triton and Hypertriton Binding Energies Calculated from SU_6 Quark-Model Baryon-Baryon Interactions, Physical Review C, 77, 027001:1-4 (2008), 査読有
- 13 M. Kohno, R. Okamoto, H. Kamada and Y. Fujiwara: Equivalent Hyperon-Nucleon Interactions in Low-Momentum Space, Physical Review C, 76, 064002:1-8 (2007), 査読有
- 14 M. Theeten, H. Matsumura, M. Orabi, D. Baye, P. Descouvemont, Y. Fujiwara and Y. Suzuki: Three-Body Model of Light Nuclei with Microscopic Nonlocal Interactions, Physical Review C, 76, 054003:1-11 (2007), 査読有
- 15 Y. Suzuki, H. Matsumura, M. Orabi, Y. Fujiwara, P. Descouvemont, M. Theeten and D. Baye: Local versus Nonlocal $\alpha\alpha$ Interaction in 3α Description of ^{12}C , Physics Letters B, B659, 160-164 (2008), 査読有
- 16 Y. Fujiwara, M. Kohno and Y. Suzuki: $\Lambda\alpha$, $\Sigma\alpha$ and $\Xi\alpha$ Potentials Derived from the SU_6 Quark-Model Baryon-Baryon Interaction, Nuclear Physics A784, 161 - 187 (2007), 査読有
- 17 Y. Fujiwara, A Practical Method to Solve the Cut-off Coulomb Problem in the Lippmann-Schwinger RGM Formalism, Proceedings of the Third Asia-Pacific Conference on Few-Body Problems in Physics, World Scientific Co. Ltd., 221 - 225 (2007), 査読有
- 18 M. Kohno, Y. Fujiwara, Y. Watanabe, K. Ogata and M. Kawai: Semiclassical Distorted Wave Analysis of the (π^-, K^+) Σ Formation Inclusive Spectrum, Physical Review C, 74, 064613:1-11 (2006), 査読有
- 19 H. Matsumura, M. Orabi, Y. Suzuki and Y. Fujiwara, Removal of Forbidden States in the Three α System, Nuclear Physics A, A776, 1 - 16 (2006), 査読有

〔学会発表〕(計2件)

- 1 藤原義和, クォーク模型バリオン間相互作用の Renormalized RGM kernel を用いた G-行列計算とその軽い ハイパー核への応用, 日本物理学会第 63 回年次大会, 平成 20 年 3 月 23 日, 近畿大学
- 2 藤原義和, Renormalized RGM によるクォーク模型バリオン間相互作用, 日本物理学会第 62 回年次大会, 平成 19 年 9 月 21 日, 北海道大学

〔その他〕

QMPACK ホームページ

<http://qmpack.homelinux.com/qmpack/index.php>

6 . 研究組織

(1)研究代表者

藤原 義和 (FUJIWARA YOSHIKAZU)
京都大学・大学院理学研究科・講師
研究者番号：70199397

(2)研究分担者

鈴木 宜之 (SUZUKI YASUYUKI)
新潟大学・自然科学系・教授
研究者番号：70018670

(3)連携研究者

河野 通郎 (KOHNO MICHIO)
九州歯科大学・歯学部・教授
研究者番号：40234710