

都留文科大学電子紀要の著作権について

都留文科大学電子紀要のすべては著作権法及び国際条約によって保護されています。

著作権者

- 「都留文科大学研究紀要」は都留文科大学が発行した論文集です。
- 論文の著作権は各論文の著者が保有します。
- 紀要本文に関して附属図書館は何ら著作権をもっておりません。

論文の引用について

- 論文を引用するときは、著作権法に基づく引用の目的・形式で行ってください。

著作権、その他詳細のお問い合わせは

都留文科大学附属図書館
住所: 402山梨県都留市田原三丁目8番1号
電話: 0554-43-4341(代)
FAX: 0554-43-9844
E-Mail: library@tsuru.ac.jp

までお願いします。

[電子紀要トップへ](#)

YN・YY相互作用とハイパー核 課題と展望

YN・YY Interactions and Hypernuclei : Problems and Outlook

山本 安夫

YAMAMOTO Yasuo

abstract

The properties of hypernuclear systems link closely to underlying hyperon-nucleon (YN) and hyperon-hyperon (YY) interactions. It is quite important to extract the information on the YN and YY interactions from hypernuclear phenomena. In this review our studies on this subject are summarized, which are based on the G-matrix theory with the SU(3)invariant interaction models. The methodological consideration is also given for our approach.

この小論においては、「YN・YY相互作用とハイパー核」という課題に関する我々のこれまでの研究のまとめと今後の展望が述べられる。研究の方法論的側面にも言及される。引用文献は最低限に留められる。特に実験関係の論文の引用はすべて割愛される。以下において、核子とハイペロンをNとYで表す。核子とは原子核の材料である陽子と中性子の総称でクォーク3個(uクォークとdクォーク)で構成される粒子である。ハイペロンは同じクォーク3個で構成されるがuクォークとdクォーク以外にsクォークを含む、 Λ 、 Σ 等の粒子群の総称である。

核子間相互作用すなわち核力の研究は湯川秀樹の中間子論の提唱(1935年)に始まる。1951年に武谷三男は三段階論に基づく考察を踏まえて核力の定量的研究の基本方針を提案した。すなわち、核力を領域(2 fm以上離れOPEPで決まる)、領域(1 ~ 2 fmで、2個以上のメソンや重いメソンの交換が効く)、領域(1 fm以下の近距離部分)と到達距離に分けて研究するという戦略である。領域、 Λ 、 Σ に対する認識の段階は、それぞれ本質論的、実体論的、現象論的と位置付けられた。この基本方針はその後の核力研究の歴史において重要な役割を果たした。現在においては核力のポテンシャル模型は精微化し、Nijmegen groupによって整理されたNN散乱データに $^2/N_{data} \sim 1$ の精度で合わせたものが「modern potential」とみなされ、現代における核力模型のスタンダードになっている。また領域における斥力芯の成因に関してもクォーク模型に基づく研究が成功をおさめている。このような研究の発展を踏まえた現実的核力に基づいて多体現象を理解することは核物理における基本的課題の一つである。しかし、核力の有する斥力芯やテンソル項のために原子核の性質との関連を解き明かすことは容易ではなく、高度の多体理論と精密な数値計算が要求される。核力に基づく核子多体系の研究から核力の認識への積極的なフィー

ドバックは、三体力の寄与等の多体系固有の効果は存在するにしても、一般的には極めて困難と云える。

一方、ハイパー核、すなわちハイペロンを含む原子核（より一般的に言えばストレンジネスを含むバリオン多体系）に関する物理においては、ハイペロン・核子及びハイペロン・ハイペロンの2体散乱のデータが極めて限られている、もしくは実験そのものが不能であるという事で、そこから得られる2体相互作用に関する知識は全く不完全である。しかしながらYN・YY相互作用の性質は、NNの場合よりも素直にハイパー核現象に反映すると期待できる。ハイペロンに対してパウリ原理が働かない事、YN相互作用の強さがNNよりもかなり弱い事、そして問題にする物理量が主にハイペロンの一体オペレーターに關している等の理由によって、複雑な高次の多体相関の効果は小さいと考えられる。こうして、ハイパー核現象の解析を通じてYN・YY相互作用の性質を調べ、種々の理論的相互作用模型をテストする事はこの分野の研究の基本課題の一つであると考えられる。

このような考え方が受け入れられるようになったのはそう古いことではない。我々が明確に主張し始めたのは1991年頃からである。そこに至る経過を簡単に述べてみよう。核物質中での粒子の結合エネルギー B の値が30 MeV前後である事は古くより知られてきた。エマルジョン中で見いだされる質量数15以下のハイパー核の B 値からかなり強引に外挿されたものであるが、近年(Λ , K)反応で生成された重いハイパー核のデータともよく整合している。簡単な N 相互作用を用いて計算した場合には核物質中での B は50~60 MeVにも達する(overbinding problem)。そのために、マジョラナ交換力、斥力芯、テンソル力、 N - N 結合、 NN 三体力等の効果が調べられたがoverbindingを防ぐ機構として十分に納得できる説明はできなかった。認識の重要な進展をもたらしたのは、SU3不変OBE模型の構築に取り組んできたNijmegen groupによって提案されたmodel-D (1977年)及びmodel-F (1979年)の登場である^[1]。それぞれを以下ではND、NFと呼ぶ。これらのモデルにおいては、baryon octetとmeson nonetの結合常数がSU3不変の条件を満たすように取られており、 $S = 0$ 、 -1 、 -2 各チャンネルでのバリオン間相互作用が求められる。ただし、Nijmegen groupによる初期のモデルであるND及びNFにおいては、近距離部分(領域)の斥力芯はhard coresによって表現され、各チャンネル毎に現象論的に定められる。従って然るべきデータの存在しないチャンネルでは決めることができない。NDやNFを用いたG行列計算がなされた結果、overbinding problemはほぼ解決できたと認識されるに到った。実際の計算値はNDが42 MeV、NFが33 MeVである。ここには上記のいくつかの効果は基本的に全て含まれている。(しかしながら、最近提案された相互作用モデルには40~50 MeVの値を与えるものがある。相互作用による結果の違いはG行列理論による近似法や計算精度等の問題として理解できる程度を超えており、overbinding problemはなお未解決と感じられる。)

1980年代の前半よりわが国では坂東弘治氏を中心とするグループによって、ハイパー核研究が精力的に展開された。筆者が主に関わってきたのはNijmegen modelsを用いたG行列計算の遂行、そしてそれに基づく密度依存YN・YY有効相互作用(YNGと名づけられた)の構築とハイパー核の構造計算への適用、等であった。当初、我々はNijmegenの二つのモデルND、NFのうち、NFの方が上記の $B \sim 30$ MeVの条件をよく満たすにもかかわらず、もっぱらNDを用いた。理由は二つあった。第一に、ダブルハイパー核における間

結合エネルギーとして発現する 相互作用を求めると、NDの場合はデータが示す強い引力をよく再現するのに対し、NFの場合は斥力を与える。ただし、いづれもNNチャンネルで取られている程度の不自然でないhard-core radiusを取れば、という条件の下ではある。次に、 N 相互作用を用いたG行列計算によって、核物質中での の一体ポテンシャルを求めると、NDの場合にはかなり浅い引力を与えるのに対して、NFの場合は強い斥力を与える。その後の認識では、むしろ後者が望ましいということになったのであるが、当時は引力的であると考えられ、斥力を与えるNFには否定的な印象が強かった。その背景にあったのは ハイパー核⁹Bの存在に関するデータであった。このような 粒子と原子核の結合系の存在は引力的 N 相互作用を意味する。しかし、後にこのデータはより高精度の実験によって否定されるところとなった。

そのような状況下、1980年代における我々の主たる仕事は、中間子論にベースを置くNDより構築したYNG-NDをハイパー核の構造計算に適用し、その特徴を純現象論的なYN・YY有効相互作用との比較において議論することであった^[2]。実験データとの比較において前者が優れているという点は特に見出せたわけではなかった。NDに固有の問題点もあった。例えば、 $B \sim 30$ MeVの条件からするとNDによる結果は定量的には相当overboundである。その原因はNDの場合に奇状態からの寄与が強く引力的に効く為である。あるいはS状態のspin-spin項は⁴Heの $0^+ - 1^+$ splitting energyに反映されるのであるが、YNG-NDのそれはデータと矛盾していた。従って、YNG-NDを ハイパー核の構造計算に適用するには、それらの点について適当に調節を施しながら使わざるを得なかった。このようにNDだけを対象としている段階では、多体系の構造計算を通じて相互作用の特徴を明らかにするというような目的意識は十分な現実性を持ちえなかった。

Table 1 : Partial wave contributions to U at normal density (in MeV)

	$U(S)$	$(^1S_0, ^3S_1)$	$U(P)$	U
ND	- 32.5	(- 7.4 , - 25.1)	- 8.0	- 40.5
NF	- 30.7	(- 10.0 , - 20.7)	- 0.9	- 31.6
NSC89	- 24.0	(- 15.3 , - 8.7)	+0.2	- 23.8
NSC97a	- 34.5	(- 3.8 , - 30.7)	+0.6	- 33.9
NSC97b	- 35.5	(- 5.5 , - 30.0)	+1.4	- 34.1
NSC97c	- 37.5	(- 7.8 , - 29.7)	+2.1	- 35.3
NSC97d	- 38.7	(- 11.0 , - 27.7)	+3.5	- 35.1
NSC97e	- 38.8	(- 12.8 , - 26.0)	+4.5	- 34.3
NSC97f	- 37.3	(- 14.4 , - 22.9)	+6.2	- 31.1
ESC99	- 35.5	(- 13.9 , - 21.6)	- 1.9	- 37.4
JA	- 30.8	(- 3.6 , - 27.2)	+1.8	- 29.0
JB	- 34.9	(- 0.5 , - 34.4)	+3.6	- 31.3

1990年代に入る頃になると、いくつかの新たな相互作用模型が提唱され、状況が大きく変わった。Nijmegen groupによるsoft-core model (以下、NSC89と呼ぶ)^[3]、Jeulich groupによるmodels A、B (以下、JA、JBと呼ぶ)^[4]等である。これらにおいては、領域

はNDやNFに比べてより実体的な模型で表現されている。我々はこれらの新たな相互作用を用いてG行列計算を遂行した^[5]。核物質中での 1 の一体ポテンシャル U 及びそれの各状態毎の寄与がTable 1 にまとめられている (NSC97、ESC99については後述)。

前述のように、相互作用によって U の値に大きな差が現れる。各状態毎の寄与で興味深いのはスピン依存項の現れ方である。ここでは特にspin-spin項とspin-orbit項に着目する。後者については後述される。前者は三重偶引力と一重偶引力の比に反映される。それをTable 1 で見ると $JB > JA > ND > NF > NSC89$ となっている。実験的には ${}^4\text{H}({}^4\text{He})$ の 0^+ (-2.2 MeV)と 1^+ (-1.1 MeV)のスピンダブレット状態が知られておりテストできる。各相互作用に対応するYNGを求めて計算した場合、JB、JA、NDの場合は三重偶引力が強すぎる為に 0^+ と 1^+ の順序が逆転する。NSC89の場合は逆に一重偶引力が強すぎる。相対的にはNFが実験値の並びにやや近い。軽い ハイパー核に対してYNGを用いた殻模型計算を遂行すると、同様の傾向が種々のスピンダブレット状態において系統的に発現することが示される^[5]。YNGを用いる殻模型計算に生の相互作用のスピン依存項の特質がよく反映してると考えられる理由は以下のごとくである。YNGは核物質中でのYN間有効相互作用 (G-matrix interaction) であり、その密度依存性はフェルミ運動量 k_F の関数として与えられている。YNGのスピン依存項の k_F 依存性はスピン非依存項のそれに比してはるかに弱い。スピン非依存項はハイパー核の基底 $0s$ 状態にある 1 の結合エネルギー B を決めている。YNGを殻模型に適用するに際しては、 k_F は B の実験値を再現するパラメータとして扱われる。この処理において k_F 依存性の強いスピン非依存項はレベル構造全体をシフトさせるだけで、 k_F 依存性の弱いスピン非依存項によって定まるレベル構造の特徴がよく保存されるというわけである。

我々は以上の分析を踏まえ、種々の相互作用模型におけるspin-spin項は非常に異なっており、かつ、実験データが示す示唆に対してはいずれも不十分であると認識するに至った。我々の問題提起を受けてNijmegen groupの中心メンバーであるRijkenはNSC89の再検討を行った。その結果登場したのがNSC97 a ~ fである^[6]。バージョン a ~ f は 2 体散乱データの再現性に関しては同等の質を有している。Table 1 にはそれらに対する結果も示されている。明らかにspin-spin項の寄与が連続的に変化していることが分かる。そして我々のテストに合格したものはNSC97fであった。我々の分析の妥当性は、最近の ${}^3\text{H}$ や ${}^4\text{H}$ 等に対する厳密計算においてNSC97f等の適切なspin-spin成分の強さを有する模型がよい結果を与えることで証明されており、Nijmegen groupと我々との共同研究の重要な成果であると云える。ただし、その事は以下に述べるようにNSC97fが完璧であることを意味しているものではない。

Table 1 において各相互作用の P -state成分の寄与 $U(P)$ もまた違いが大きいことがわかる。 P -state成分に関する明確な実験的情報は存在しないが、Millenerによる分析では引力的であることが示されている。この点に関して、NSC97f等における強い斥力は問題ありと云わざるをえない。 P -state成分の問題は高密度中性子星物質における 1 の混合を取り扱う際に非常に重要になる^[7]。当然ながら高密度では相対的に高い角運動量成分の寄与が増大する。NSC97fのように P -state成分が強い斥力である場合には 1 の混合は起こりにくいことが示される。

Table 1 におけるESC99はRijkenによって開発中の新しい相互作用で、one boson

Table 2 : spin-orbit splitting

	S_{LS}	S_{ALS}	K
ND	- 22.0	7.3	15
NF	- 22.8	5.0	19
NSC89	- 28.0	7.9	21
NSC97a	- 14.2	6.2	8
NSC97b	- 16.2	6.4	10
NSC97c	- 18.9	6.7	13
NSC97d	- 21.7	7.1	15
NSC97e	- 23.1	7.2	17
NSC97f	- 23.9	7.0	18
ESC99	- 15.2	7.7	8

exchange (OBE) に加え meson pairs の交換が取り入れられている。上記で述べられたような従来の模型の問題点を踏まえながらパラメータサーチがなされたものである。

次に、各相互作用の spin-orbit 項を見てみよう。これらは LS 項と Anti-symmetric LS (ALS) 項からなる。前者は NN 相互作用にも存在するが、後者は YN 相互作用に特有の項と呼ばれる。Table 2 には、種々の相互作用からより導かれる一体 spin-orbit 力の強さが示されている。ここで、 K は原子核内で粒子が感じる spin-orbit ポテンシャルの強さを与える量である。 S_{LS} と S_{ALS} は、それぞれ、 N 相互作用の LS 成分と ALS 成分から K への寄与を与えており、 $K = -\frac{1}{3} (S_{LS} + S_{ALS})$ の関係がある。Table 2 に見られるように、LS 成分の寄与を ALS 成分が打ち消すという一般的特徴がある。ここで調べられた種々の Nijmegen models の K の値に関しては定性的と云えるような極端な差は見られない。いずれも、核子の対応する量である K_N に比べると非常に小さい値である。問題は実験データとの定量的比較である。最近、 ${}^9\text{Be}$ や ${}^{13}\text{C}$ における spin-orbit 項によって分離した状態から放出される線の精密測定がなされた。その結果から得られる spin-orbit ポテンシャルの強さは、Table 2 における最も小さな場合 (NSC97a や ESC99) の半分程度であった^[8]。すなわち、Nijmegen models の spin-orbit 成分は、のきなみに実験値に比べて強すぎるのである。今後に残された重要な問題と云える。この点に関して、クォーク模型に基づく N 相互作用の場合には、その特徴である強い ALS 成分によって LS 成分が打ち消されるために、非常に小さい spin-orbit splitting が自然に導かれることは興味深い。

Nijmegen models の N 相互作用から導かれる G 行列の性質を見てみよう。Table 3 にの一体ポテンシャル U とその各状態毎の寄与、及び、核内での $N-N$ 転換による幅を示す。ここに見られるように、 N 相互作用には強いスピン・アイソスピン依存性があり、かつモデル間の違いは非常に大きい。特に統計的重みの大きい $T=3/2$ 3S_1 チャネルが U の値に関する著しい違いに強く関与していることがわかる。 $(K^-, +)$ 反応による準自由 $\bar{\nu}$ 生成に関するデータは $T=3/2$ 3S_1 チャネルの相互作用が強い斥力であることを示唆している。それはまたクォーク模型に基づく相互作用の特徴でもある。従って、 $T=3/2$ 3S_1 チャネルが引力的寄与を与える NSC97 models は具合が悪いという結論にな

Table 3 : Partial wave contributions to U and U at normal density (in MeV)

	T	1S_0	3S_1	P	sum	U	
ND	(1/2)	+5.4	-8.6	-8.0	-21.2		
	(3/2)	-9.4	+29.2	-10.3	+9.4	-11.8	12.3
NF	(1/2)	+10.5	-21.1	-5.4	-16.1		
	(3/2)	-9.7	+54.0	-5.2	+39.0	+22.9	26.7
NSC89	(1/2)	+6.8	-14.8	-1.0	-9.1		
	(3/2)	-11.5	+9.3	+0.5	-1.8	-10.8	33.6
NSC97e	(1/2)	+14.7	+12.9	+0.5	+2.3		
	(3/2)	-12.1	-4.9	-3.1	-20.0	-17.7	17.8
NSC97f	(1/2)	+14.9	+13.5	+0.7	+2.1		
	(3/2)	-12.2	-4.2	-2.9	-19.3	-17.3	19.1
ESC99	(1/2)	+2.0	-24.3	-3.7	-25.9		
	(3/2)	-9.9	+39.9	-1.7	+28.3	+2.4	20.0

る。ESC99 modelはこの点においても改善がなされていることがわかる。中性子星物質における $T=3/2$ 状態の相互作用によって支配されるので、それが斥力的であるという結論は重要である。なお、 ^4He の基底状態 ($T=1/2$ $S=0$) に於いては $T=3/2$ 3S_1 状態の相互作用は効かず、Table 3 における引力的チャンネルの寄与のウェイトが大きい為に $^{-}$ bound stateが作られる。この値は $N-N$ カップリングの強さを反映している。ここでもモデル間の差は大きい。

バリオン間相互作用の $S=-2$ 成分が現象として現れる端的な物理量は、 1S_0 -state 相互作用が発現するダブル ハイパー核の 結合エネルギー B である。30年以上前にエマルジョン中で発見された ^{10}Be の B は+4.3 MeVであった。一方、10年前にKEK-E176実験で発見されたダブル $^{-}$ 核はユニークに同定できなかったが、 $B = +4.9\text{MeV}$ を与える ^{13}B であるとの解釈が上記イベントとつじつまが合うという事で一般的に受け入れられてきた。実際、両者は同一の強い $^{-}$ 間引力によって再現できる^[5]。上記Nijmegen modelsの中で最も古いNDは、baryon octetとカップルするscalar meson nonetの中でsinglet mesonだけ考慮するという特殊なOBE模型である。そのsinglet mesonが $S=0$ 、 -1 、 -2 各チャンネルで同一の強い引力的寄与をするという事情によってNDは強い $^{-}$ 間引力を与える。しかし、nonetをすべて取り入れたNF、NSC89、NSC97等においては相互作用は弱い引力もしくは斥力になってしまう。一方ESC99は、このような状況を踏まえて、強い $^{-}$ 間引力を与えるように構築された。ここで、ND及びNFの場合に注意が必要である。これらのモデルではhard coresが現象論的パラメータとして取り扱われているので、実はその取り方で引力的にも斥力的にもなる。厳密な言い方をすると、hard coreを核子間核力と同程度の自然な大きさととると、ND (NF) は強い (弱い) 引力になる、ということである。NSC89、NSC97、ESC99のsoft-core modelsには、そのような近距離部分の強い任意性は存在しない (NSC97及びESC99の場合には一意的に決まる模型になって

いる)。

最近(2001年3月)このような相互作用に関する従来の了解を覆す実験データが報告された。KEK-E373実験におけるエマルジョンの解析で新しく見出された ${}^6\text{He}$ の B は約1 MeVで上記の値よりはるかに小さい、従って相互作用はこれまで一般的に考えられてきたものよりはるかに弱いことが帰結される。この発見の画期的な点は、ダブル核としての特徴を非常に鮮明に示すイベントであるため、基底状態の ${}^6\text{He}$ としてユニークに同定されたということである。これに対して従来のイベントにはすべて可能な解釈が複数存在していた。こうして、今回のイベントはダブル核イベント全体につじつまのあった解釈をあたえる「物差し」になると考えられる。新しいデータが示唆する間引力の強さを簡単にあたってみると、NDの半分程度でOBE部分はむしろNFに近いことが分る。一方、BNL-E906実験で示唆された ${}^4\text{H}$ の存在についてはどう考えるべきであろうか。NFのような弱い間引力で ${}^4\text{H}$ が4体結合系として存在しうことは、単純には考えにくい。今後、KEK-E373データの解析が進むにつれて数多くのダブルハイパー核が発見されると予想される。相互作用に関する認識には大きな変化が起こりそうである。

以上、YN・YY相互作用の解明において、ハイパー核に関する情報が不可欠な役割を果たしてきた例を簡単に述べた。こうした方向での研究によって、湯川・武谷以来積み上げられてきた核力($S=0$ パートのバリオン間相互作用)に関する我々の認識は、バリオンオクテット粒子間の相互作用というより広大な世界への展開を遂げつつある。バリオンオクテットという考え方の源流は初めて素粒子の統一的な複合模型として提案された坂田模型にある。ハイパー核とYN・YY相互作用に関する研究は、1950年代に日本において生み出された輝かしい二つの成果 武谷核力理論と坂田模型 を発展的に受け継ぐ一つの重要な流れであることは忘れられてはならない。核力に対する武谷の方法論に関して、現象論、実体論、本質論の各段階が機械的もしくは固定的に捉えられてはならないことは様々な局面で語られてきた。例えば、領域 をクォーク模型で取り扱っているから本質論的ということではない。クォーク模型も模型であるかぎり実体論的であり、クォーク模型でなければ説明し得ない特質が掴み得て初めて本質論段階への契機となる。その取り扱いがどういう段階に位置付けられるかは、研究の流れ・戦略をどういう切り口で設定するかで決まる。我々の課題に即して考えてみよう。YN・YY相互作用のモデルとして、上記Nijmegen modelsに代表されるSU3不変OBE模型の発展があった。初期のモデルであるNDやNFにおいては、近距離部分(領域)は現象論的なhard coreで表現された。現象論であるが故に、例えば実験データを合わすように決められた $S=0$ 、 -1 チャンネルにおけるcore radiusはそのデータに関係しない $S=-2$ チャンネルに対して何らの予見性を与えない。SU3-invariant bosonsの交換という実体論的模型で表現される遠距離部分については、模型自身が有する予見性がハイパー核研究において重要な役割を果たしているのと対照的である。一方、その後提案されたNSC89、NSC97、ESC99等の近距離部分はより実体論的な模型で表現されている。特にNSC97とESC99の場合には $S=-2$ 、 -3 、 -4 部分の相互作用を演繹的に与えることが意識されている。従って、例えばこれらの相互作用のダブル核のような $S=-2$ 系への適用はそのような模型的表現の妥当性を問うものとな

る。クォーク模型に基づくYN・YY相互作用もいくつかのグループによって提案されているが、上記のようなOBE模型との関係には注意が必要であろう。クォーク模型に基づくからと云って安直に本質論への接近とみなされるべきではない。この場合近距離部分は非相対論的クォーク模型で表現されるわけであるが、遠距離部分はOBEで記述される。OBE模型の近距離部分の模型的表現においてもクォーク模型によって与えられる特徴は部分的に考慮されている。現状の段階はいかなる模型が現象の特徴をよりよく反映しているか、実体論的に整理する段階と言える。例えば、近距離部分の模型の違いが端的に現れる可能性のあるLS・ALS項の問題は、模型の選別に対して重要な意味を持っている。

References

- [1] M.M.Nagels, T.A.Rijken and J.J.deSwart, Phys. Rev. D15(1977), 2547; D20 (1979), 1633.
- [2] Y.Yamamoto and H. Bandō, Prog. Theor. Phys. Suppl. No.81(1985), 9.
- [3] P.M.M.Maessen, T.A.Rijken, and J.J.deSwart, Phys. Rev. C40(1989), 2226.
- [4] B.Holzenkamp, K.Holinde, and J.Speth, Nucl. Phys. A500(1989), 485.
- [5] Y.Yamamoto, T.Motoba, H.Himeno, K.Ikeda and S.Nagata, Prog. Theor. Phys. Suppl. No.117(1994), 361.
- [6] T.A.Rijken, V.G.J.Stoks and Y.Yamamoto, Phys. Rev. C59(1999), 21.
- [7] Y.Yamamoto, S.Nishizaki and T.Takatsuka, Prog. Theor. Phys. 103(2000), 981.
- [8] E.Hiyama, M.Kamimura, T.Motoba, T.Yamada and Y.Yamamoto, Phys. Rev. Lett. 85 (2000), 270.