

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 27 年 5 月 27 日現在

機関番号：14401

研究種目：基盤研究(C)

研究期間：2010～2014

課題番号：22540310

研究課題名(和文)強い相互作用で探る原子核中の弱い相互作用による遷移

研究課題名(英文)Weak interaction processes in nuclei studied by means of strong interaction

研究代表者

藤田 佳孝 (Fujita, Yoshitaka)

大阪大学・核物理研究センター・准教授

研究者番号：60093457

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 3,100,000円

研究成果の概要(和文)：宇宙での元素合成に目を向けると、弱い相互作用の働き、とりわけガモフテラー(GT)遷移の寄与が大きい。巨星の超新星爆発や中性子星の融合に伴う高温高密度状態でのニュートリノ起源の元素合成はその典型的な例である。しかし弱い相互作用そのものを使ってのGT遷移の詳細な研究は、その相互作用の弱さ故に困難である。一定の条件の下では強い相互作用で起こる荷電交換反応が逆ベータ崩壊のように振る舞い、しかも高励起状態への遷移の研究が可能であることに目をつけた。弱い相互作用で起こる、GT遷移の詳細を、高分解能荷電交換反応を用い研究している。原子核に於けるガモフテラー遷移の全体像を理解する糸口をつかみつつある。

研究成果の概要(英文)：It is surprising to see the large contribution of weak-interaction processes, especially the Gamow-Teller (GT) transitions, in the nucleosynthesis in the Universe. They play important roles, for example, at the time of Supernova Explosion, or Neutron Star Merger under the conditions of high temperature and density. However, the study of GT transitions by the weak-interaction processes themselves is difficult due to the weakness of the interaction and the small accessible energy region. We found that the Charge-Exchange (CE) reactions behave like reversed beta decay under certain conditions. Therefore, they are the good probes to study GT transitions up to high excitations. We make detailed studies of GT transitions in various nuclei by using high-resolution ($^3\text{He}, t$) reactions. Owing to the systematic studies, we started have the overview of GT transitions. They are the important inputs to understand the contributions of GT transitions in the nucleosynthesis.

研究分野：原子核構造の実験的解明

 キーワード：ガモフ・テラー遷移 元素合成 弱い相互作用・強い相互作用 荷電交換反応 高分解能実験 ($^3\text{He}, t$)
 反応 ベータ崩壊

1. 研究開始当初の背景

宇宙のマクロで静的な骨格は、重力で形成されている。しかし宇宙でのミクロで動的な元素合成に目を向けると、強大な核力(強い相互作用)及び電磁気力は当然として、意外にも弱い相互作用の働き、その中でも特にガモフテラー遷移(GT 遷移)の寄与が大きい。巨星の超新星爆発や中性子星の融合に伴う高温高密度状態でのニュートリノ起源の元素合成は、その典型的な例である。ニュートリノは弱い相互作用のみで元素合成に関与するが、ニュートリノそのものを使っての元素合成研究は、その相互作用の弱さ故に絶望的である。さらに陽子過剰核での rp 過程(rapid proton process) 元素合成で重要なベータ崩壊の研究では、半減期から GT 遷移強度の絶対値が決まるが、崩壊測定ゆえに高励起状態への遷移及びその寄与を研究できない。

更に、原子核の励起エネルギーの関数として GT 遷移の強度分布を見ると、質量数 A と共に、またそれぞれの原子核毎に大きく異なり個性が強い。これは GT 遷移がスピン・アイソスピン励起という原子核に特徴的な性質を持ち、各原子核に特徴的な構造を作り出す源となる力(残留相互作用)の性質を色濃く反映するからである。このような原子核構造に関する事象を理解する為にも、GT 遷移を高励起状態まで丁寧に調べる必要がある。しかし先に述べた様に弱い相互作用そのものを使っての研究は、ほぼ不可能である。

そこである条件の下では、強い相互作用で起こる荷電交換反応が逆ベータ崩壊のように振る舞い、しかも高励起状態への GT 遷移の研究が可能であることに目をつけた。しかし、荷電交換反応には大きな問題点があった。従来から行われてきた陽子を入射し出てくる中性子のエネルギーを解析し、原子核の GT 遷移を調べる (p,n) 反応では、得られる分解能が限られる。GT 励起の詳細を研究できない。高い分解能を得る為、新たに (3He,t) 荷電交換反応を導入した。大阪大学・核物理研究センターの加速器から得られる 3He ビームのエネルギーが 420 MeV と適切で、且つ反応で出てくる t-粒子(3重水素)を分析する為の磁気分析器(スペクトロメータ) [M. Fujiwara et al., Nucl. Instrum. Meth. A 422, 484 (1999)] も使用可能であった。ただ問題点は、加速器と磁気分析器を結ぶビーム輸送系の運動量分散が十分でなく、せっかくの両者の利点が生かされていない事であった。

2000 年に新たに建設した WS-ビームラインは、十分な運動量分散を持ち、加速器と磁気分析器の間の「分散整合」を可能にした [Y. Fujita et al., Nucl. Instrum. Meth. A 422, 484 (1999), H. Fujita et al., Nucl. Instrum. Meth. A 484, 17 (2002)]。これとその後、の加速器の性能向上によって得られたエネルギー分解能は、最近では 20 keV ($\Delta E/E = 5 \times$

10^{-7}) に達し、この種の装置では世界で他の追従を許さず最高性能である。また「角度分散整合」も可能とし、角度分布が 5 mr 程度の分解能で測定できるようになっている。

2. 研究の目的

質量が太陽の約 10 倍を越える大質量星の超新星爆発時、更に中性子星融合の様な過激な状態における弱い相互作用による元素合成の研究は、今まさに発展途上にある。数 10 億度に達する超新星爆発では、対生成過程によりニュートリノ・反ニュートリノが大量に作られ、そのニュートリノと、超新星のコアを形成する pf 殻原子核、更にその周りを取り囲む sd 殻核との反応に関与する GT 遷移が研究対象となる。更に陽子捕獲とベータ崩壊を繰り返しながら陽子過剰核を進む rp-プロセスでは、弱い相互作用で起こる、軽い珪素などの sd-殻核、巨星の核となる鉄、コバルト、ニッケル等の pf-殻核、またより重い元素からの GT 遷移の詳細な研究が重要となる。これらの GT 遷移の詳細を、高分解能荷電交換反応を用い、かつ高エネルギー状態まで一気に研究する事とした。

ここ数十年の積み上げに加えこの 5 年間の研究では、原子核に於けるガモフテラー遷移の全体像を理解しようとしてきた。特に pf-殻核から始まる GT 遷移においては、原子核質量 A が 40 (例えば 40Ca) から 70 (例えば 70Zn) 程度まで変化する間に、遷移強度分布の様子が色々に変化する。断片的に知られていた遷移強度分布を系統的に調べ、かつその系統的变化が起こる理由を追求した。

3. 研究の方法

強い相互作用で起こる荷電交換反応のみを使う研究では、遷移強度の絶対値の決定において不確定さが残るといった難点があった。そこで本研究では、ベータ崩壊の研究でまず低、中励起状態への遷移強度の絶対値を決め、それらを標準とし、荷電交換反応で得られる高分解能を武器に高励起状態への GT 遷移強度を明らかにする事とした。高分解能 (3He,t) 荷電交換反応は大阪大学核物理研究センター(RCNP)で、ベータ崩壊研究は、スペイン・バレンシア、フランス・ボルドーグループとの共同研究とし、主にドイツ・GSI 研究所、及びフランス・GANIL 研究所で行った。

これらの研究所は、加速された原子核ビームの核破砕反応で生成される、2次原子核の崩壊測定を研究の中心に据え、直接反応の研究を得意とする大阪大学・RCNP とは研究手段において、相補的關係にある。

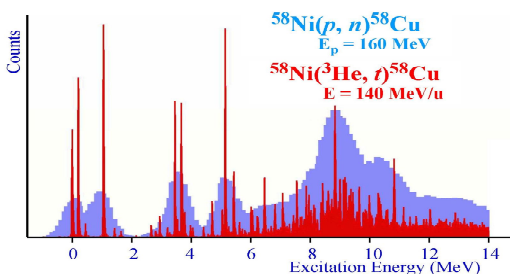
崩壊過程の単純さゆえに、純粋な形で GT 遷移強度の絶対値が得られるベータ崩壊と、GT 遷移強度の相対値しか得られないが高い励起状態の研究が可能で荷電交換反応を組み合わせ、それらの「良いところ取り」をし、安定核から不安定核まで、幅広い原子核にお

ける GT 励起の全体像をつかもうと考えたところに、この研究の特徴がある[Y. Fujita, B. Rubio, W. Gelletly, Prog. Part. Nucl. Phys. 66, 549 (2011)]。

4. 研究成果

(1) 荷電交換反応によるガモフテラー遷移の高分解能、精密測定

強い相互作用により起こる (3He, t) 荷電交換反応測定における分解能を格段に向上させる事ができた。その結果、以前の (p, n) 荷電交換反応に比べ、我々の (3He, t) 荷電交換反応では、一桁高い分解能が得られ、高励起領域までの GT 状態に微細構造が観測された。58Ni 核を対象とする両者から得られたエネルギースペクトルの比較を下の図に示す。58Ni (p, n) 58Cu 反応で励起エネルギー 9 MeV 付近にバンプ状に見えていた、いわゆる巾広の GT 共鳴状態は、十分でない分解能の為に多くの個別 GT 励起状態が重なり合っただけに見えるものである事が、同じ 58Ni に対する (3He, t) 反応での測定により明らかになった。[H. Fujita et al., Phys. Rev. C 75, 034310 (2007)]



(2) 荷電対称の関係にある荷電交換反応測定とベータ崩壊測定との比較

ベータ崩壊による研究は、低励起領域に限定されるが、GT 遷移強度の絶対値を与える。得られる強度を用い、荷電交換反応で得られる高励起状態までの遷移強度の相対値を、絶対値に変換する基準が得られる。

バレンシア IFIC 研究所と共同で、強力な破砕核選別装置を持つドイツ・GSI 研究所で、ベータ崩壊遅延ガンマ崩壊の実験を行った。大きな不安定核生産能力により、42Ti, 46Cr, 50Fe, 54Ni 核のベータ崩壊実験が成功した。またこれらと荷電対称な関係にある (3He, t) 荷電交換反応は、それぞれ 42Ca, 46Ti, 50Cr, 54Fe 核に対して大阪で行っていた。これらを組み合わせることにより、

両者を比較できる 4 MeV までの低励起状態においては、鏡映対称性が誤差の範囲でよく成り立っている。[F. Molina et al., Phys. Rev. C 91, 014301 (2015)]

質量 42 の核では、GT 遷移強度が低エネルギー状態に集中するが、質量数が大きくなり、A = 54 になると、遷移強度が 7-12 MeV

の高励起状態に移る事がわかった。[Y. Fujita et al., Phys. Rev. Lett. 112, 112502 (2014)、詳細は項目(4)を参照]

(3) 「反応」及び「崩壊」の2種類の測定結果を統合する新しい考え方の提案

ニュートリノ起源の元素合成に關与する pf-殻核の生産には、破砕核選別装置が適している。それに基づきベータ崩壊遅延陽子崩壊測定に適した、フランス・GANIL 研究所で 58Zn 核、56Zn 核の実験を行った。この 56Zn 核の実験結果を解析し、上記 56Zn の荷電対称な原子核である 56Fe の (3He, t) 反応の結果を較べた。一般には荷電スピンのよい量子数なので、両者の結果には良い一致が予想される。しかし遅延陽子の測定と (3He, t) 反応の結果の比較では、荷電類似状態 [Isobaric Analog State (IAS)] の励起が非常に小さい様に見える、遅延陽子スペクトルには、(3He, t) 反応のスペクトルには見られない状態が存在する、という事がわかった。

に関しては、IAS のアイソスピン量子数 T が T> であることにより、陽子崩壊がアイソスピン選択側により抑制されているためであるとわかった。一方は陽子崩壊の抑制により、IAS がガンマ崩壊するようになり、ガンマ崩壊した先の状態が更に陽子崩壊している、と考えなければ説明がつかない事がわかった。ガンマ崩壊のスペクトルも解析したところ、対応する弱いガンマ線が見つかり、新しいベータ崩壊のモード、「ベータ崩壊遅延ガンマ陽子崩壊」が確立した。[S.E.A. Orrigo et al., Phys. Rev. Lett. 112, 222501 (2014)]

つまり「反応」及び「崩壊」の研究の2種類の測定結果を統合する事により新しいモードのベータ崩壊を見つけた。この「統合」という手法は、不安定核からの GT 遷移の新たな研究手段としてインパクトが大きい。

(4) アイソスカラー残留相互作用による低励起スーパーGT状態の形成

pf-殻核から始まる GT 遷移は、原子核質量と共に、遷移強度分布が大きく変化する。特に中性子数 N が陽子数 Z より常に 2 だけ大きい、という条件を満足する 42Ca, 46Ti, 50Cr, 54Fe, 58Ni 核に対して (3He, t) 荷電交換反応で GT 遷移強度を調べてみた。まず A = 42 の 42Ca(3He, t)42Sc 反応では、80% 程度もの GT 遷移強度が励起エネルギー 0.6 MeV の最低励起の GT 励起状態 [Low-Energy Super GT 状態 (LESGT 状態)] に集中していたが、質量数 A の増加と共に低励起領域の強度が減少し、それに合わせてシーソーのように 6-11 MeV の高い励起領域の強度が増し、A = 58 の 58Ni から始まる GT 遷移では、はっきりとしたバンプ構造の GT 共鳴状態 [GT Resonance (GTR)] が現れた (左コラム中央の図参照)。この GTR は 1980 年代に比較的 A が大きな (A > 60) 核で見つかりよく認識されていたが、

LESGT 状態の成因は不明であった。

殻モデルや、RPA 法を用いた理論計算の助けを借りて以下の事が解ってきた。

LESGT 状態も GTR も集団性を持つフォノン（振動の量子状態）としての性質を持つ。

従来から知られていたが、GTR は GT 励起状態が、陽子の粒子と中性子のホールで構成される場合（陽子 p - 中性子 h 配位）に荷電ベクトルの性質を持つ「反発的」な残留相互作用により起こり、中性子が多い比較的 A が大きな核で一般的な GT 励起である。

一方、LESGT 状態は、陽子の粒子と中性子の粒子で構成される場合（陽子 p - 中性子 p 配位）に荷電スカラー的性質を持つ「引力的」な残留相互作用により起こり、中性子 1 個と陽子 1 個が魔法核の上に乗った構造を持つ場合にのみ起こる希な集団的 GT 励起である。

これらの LESGT 状態が出現する為の条件は、A=6, 18, 42 のみで起こると推定された。今までのデータを見直してみると、この推定が正しい事がわかった。[Y. Fujita et al., Phys. Rev. Lett. 112, 112502 (2014)]

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

1. 題名: $T_z = -1 \rightarrow 0$ β decays of ^{54}Ni , ^{50}Fe , ^{46}Cr , and ^{42}Ti and comparison with mirror ($^3\text{He}, t$) measurements

著者: F. Molina, B. Rubio, Y. Fujita, A. Tamii (38番目), 他38名

掲載誌名: Phys. Rev. C 91, 014301 1-19 (2015). 査読有

2. 題名: Low-energy collective Gamow-Teller states and isoscalar pairing interaction

著者: C.L. Bai, H. Sagawa, G. Colo, Y. Fujita, H.Q. Zhang, X.Z. Zhang, and F.R. Xu

掲載誌名: Phys. Rev. C 90, 054335 1-12 (2014). 査読有

3. 題名: Gamow-Teller transitions strengths from ^{56}Fe extracted from the $^{56}\text{Fe}(t, ^3\text{He})$ reaction

著者: M. Scott, Y. Shimbara, Sam M. Austin, D. Bazin, B.A. Brown, J.M. Deaven, Y. Fujita, 他12名

掲載誌名: Phys. Rev. C 90, 025801 1-8 (2014). 査読有

4. 題名: Observation of the β -delayed γ -proton decay of ^{56}Zn and its impact on the Gamow-Teller strength evaluation

著者: S.E.A. Orrigo, B. Rubio, Y. Fujita, B. Blank, A. Tamii (27番目), 他23名

掲載誌名: Phys. Rev. Lett. 112, 222501 1-5

(2014). 査読有

5. 題名: Gamow-Teller transitions in the A=40 isoquintet of relevance for neutrino captures in ^{40}Ar

著者: M. Karakoc, R.G.T. Zegers, B.A. Brown, Y. Fujita, A. Tamii (26番目), 他22名

掲載誌名: Phys. Rev. C 89, 064313 1-7 (2014). 査読有

6. 題名: Observation of Low- and High-Energy Gamow-Teller Phonon Excitations in Nuclei

著者: Y. Fujita, H. Fujita, T. Adachi, B. Rubio (37番目), A. Tamii (46番目), 他48名

掲載誌名: Phys. Rev. Lett. 112, 0112502 1-5 (2014). 査読有

7. 題名: Isospin mixing of the isobaric analog state studied in a high-resolution $^{56}\text{Fe}(^3\text{He}, t)^{56}\text{Co}$ reaction

著者: H. Fujita, Y. Fujita, T. Adachi, H. Akimune, N.T. Botha, K. Hatanaka, A. Tamii, 他11名

掲載誌名: Phys. Rev. C 88, 054329 1-6 (2013). 査読有

8. 題名: High resolution study of $T_z = +2 \rightarrow +1$ Gamow-Teller transitions in the $^{44}\text{Ca}(^3\text{He}, t)^{44}\text{Sc}$ reaction

著者: Y. Fujita, T. Adachi, H. Fujita, B. Blank, B. Rubio (24番目), 他27名

掲載誌名: Phys. Rev. C 88, 014308 1-18 (2013). 査読有

9. 題名: High resolution study of Gamow-Teller transitions in the $^{47}\text{Ti}(^3\text{He}, t)^{47}\text{V}$ reaction

著者: E. Ganioglu, H. Fujita, Y. Fujita, B. Rubio (23番目), A. Tamii (28番目), 他25名

掲載誌名: Phys. Rev. C 87, 014321 1-12 (2013). 査読有

10. 題名: High-resolution $^{100}\text{Mo}(^3\text{He}, t)^{100}\text{Tc}$ charge-exchange experiment and the impact on double- β decays and neutrino charged-current reactions

著者: J.H. Thies, T. Adachi, M. Dozono, H. Ejiri, D. Frekers, H. Fujita, Y. Fujita, 他16名

掲載誌名: Phys. Rev. C 86, 044309 1-8 (2012). 査読有

11. 題名: High-resolution study of Gamow-Teller transitions with the $^{37}\text{Cl}(^3\text{He}, t)^{37}\text{Ar}$ Reaction

著者: Y. Shimbara, Y. Fujita, T. Adachi, G.P.A. Berg, H. Fujimura, H. Fujita, 他16

名

掲載誌名: Phys. Rev. C 86, 024312 1-15 (2012). 査読有

12. 題名: The (3He, t) reaction on ^{76}Ge , and the double- β decay matrix element

著者: J.H. Thies, D. Frekers, T. Adachi, M. Dozono, H. Ejiri, H. Fujita, Y. Fujita, 他16名

掲載誌名: Phys. Rev. C 86, 014304 1-11 (2012). 査読有

13. 題名: Separation of pygmy dipole and M1 resonances in ^{90}Zr by a high-resolution inelastic proton scattering

著者: C. Iwamoto, H. Utsunomiya, A. Tamii, H. Akimune, H. Nakada, T. Shima, Y. Fujita(9番目), 他16名

掲載誌名: Phys. Rev. Lett. 108, 262501 1-5 (2012). 査読有

14. 題名: Gamow-Teller Transitions - a mirror reflecting nuclear structure

著者: Y. Fujita, H. Fujita B. Rubio, W. Gelletly, and B. Blank

掲載誌名: Acta Physica Polonica B 43, 153-166 (2012). 査読有

15. 題名: High-resolution study of Gamow-Teller transitions via the $^{54}\text{Fe}(^3\text{He}, t)^{54}\text{Co}$ reaction

著者: T. Adachi, Y. Fujita, A.D. Bacher, G.P.A. Berg, T. Black, D. De Frenne, A. Tamii(26番目), 他24名

掲載誌名: Phys. Rev. C 85, 024308 1-15 (2012). 査読有

16. 題名: Beta and gamma decays of $J^\pi = 1^+, 24\text{mAl}$ state

著者: D. Nishimura, Y. Fujita, M. Fukuda, E. Ganioglu, B. Rubio (10番目), 他9名

掲載誌名: Eur. Phys. J. A 47, 155 1-7 (2011). 査読有

17. *Review Paper*

題名: Spin-Isospin Excitations Probed by Strong, Weak and Electro-Magnetic Interactions

著者: Y. Fujita, B. Rubio and W. Gelletly
掲載誌名: Progress in Particle and Nuclear Physics 66 (2011) 549-606. 査読有

18. 題名: Complete Electric Dipole

Response and the Neutron Skin in ^{208}Pb

著者: A. Tamii, I. Poltoratska, P. von Neumann-Cosel, Y. Fujita, T. Adachi, C.A. Bertulani, 他32名

掲載誌名: Phys. Rev. Lett. 107, 062502 1-5 (2011). 査読有

19. 題名: High-resolution study of the $^9\text{Be}(^3\text{He}, t)^9\text{B}$ reaction up to the ^9B triton threshold

著者: C. Scholl, Y. Fujita, T. Adachi, P. von Brentano, H. Fujita, M. Gorska, A. Tamii(16番目), 他11名

掲載誌名: Phys. Rev. C 84, 014308 1-12 (2011). 査読有

20. *Review Paper*

題名: Weak Interaction in Nuclear Astrophysics

- main actor: Gamow-Teller transitions -

著者: Y. Fujita

掲載誌名: Proceedings of Science

(<http://pos.sissa.it/>)

VI European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics, ENAS 6, September 18-27, 2011, Acireale, Italy
Article No. 31, 1-23.

[雑誌論文](計49件)

学会発表

1. 発表者: Y. Fujita

表題: Identification of cluster-like structure by the comparison of Gamow-Teller and E0 transitions

学会名: Int. Molecule-type WS "Structure and Reactions of Light Exotic Nuclei"

発表年月日: Jan. 06-23, 2015

場所: Yukawa Institute, Kyoto Univ., Kyoto

2. 発表者: Y. Fujita

表題: Nuclear structure reflected in Gamow-Teller transitions

学会名: Progress in Nuclear Shell-Model Calculations in CNS-RIKEN Collaboration

(招待講演)

発表年月日: Nov. 26-28, 2014

場所: RIKEN, Wako, Saitama

3. 発表者: Y. Fujita

表題: Charge exchange reaction at an intermediate incoming energy

学会名: 4th Joint Meeting of Nuclear Physics Division APS & JPS (招待講演)

発表年月日: Oct. 07-11, 2014

場所: Hilton Waikoloa Village, Hawaii Island, USA

4. 発表者: Y. Fujita

表題: Observation of low- and high-energy Gamow-Teller phonon excitations in nuclei

学会名: Erice Int. School of Nucl. Phys.

発表年月日: Sep. 16-24, 2014

場所: E. Majorana Foundation, Erice, Italy

5. 発表者: Y. Fujita

表題 : Low-Energy Super Gamow-Teller State formed by isoscalar residual interaction
学会名: New Correlations in Exotic Nuclei (招待講演)
発表年月日 : March 10-23, 2014
場所 : Yukawa Institute, Kyoto Univ. Kyoto

6. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Gamow-Teller resonance vs. Low-Energy Super Gamow-Teller state
学会名: JUSTIPEN-JUSEIPEN Int. WS
発表年月日 : Dec. 09-12, 2013
場所 : RIKEN, Wako, Saitama

7. 発表者 : A. Tamii
表題 : Neutron skin thickness of 208Pb and constraints on symmetry energy
学会名: Int. Nucl. Phys. Conf. (INPC2013)
発表年月日 : June 02-07, 2013
場所 : Firenze, Italy

8. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Nuclear structure made clear by Gamow-Teller Transitions
学会名: Int. WS on Nucl. Spectroscopy Frontiers at Magnetic Spectrometers (招待講演)
発表年月日 : Nov. 19-24, 2012
場所 : STIAS, Stellenbosch, Stellenbosch, South Africa

9. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Access to highly excited states
学会名: ISOLA@MYRRHA WS (招待講演)
発表年月日 : April 22-26, 2012
場所 : SCK-CEN, Mol, Belgium

10. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Gamow-Teller Transitions -a mirror reflecting the nuclear structure-
学会名: XXXII Mazurian Lakes Conference on Physics (招待講演)
発表年月日 : Sep. 11-18, 2011
場所 : Piaski, Poland

11. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Weak Int. in Nuclear Astrophysics -Main Actor: Gamow-Teller Transitions-
学会名: VI European Summer School on Experimental Nuclear Astrophysics (ENAS 2011) (招待講演)
発表年月日 : Sep. 19-26, 2011
場所 : Santa Tecla, Sicily, Italy

12. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Gamow-Teller Transitions in Stable and Unstable Nuclei
学会名: Int. Symp. on Physics of Stable and Unstable Nuclei (ISPUN11) (招待講演)
発表年月日 : Nov. 24-28, 2011

場所 : Hanoi, Vietnam

13. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Gamow-Teller Resonances in the beta decay and Charge-Exchange Reactions
学会名: EURISOL Topical Meeting (招待講演)
発表年月日 : Feb. 21-23, 2011
場所 : Valencia, Spain

14. 発表者 : Y. Fujita
表題 : How can we study nuclear weak transitions?
学会名: Turkish Physical Society 27th Congress (招待講演)
発表年月日 : Sep. 15-19, 2010
場所 : Istanbul, Turkey

15. 発表者 : Y. Fujita
表題 : Nuclear Excitations Probed by Strong, EM and Weak Interactions
学会名: 17th Euroschool on Exotic Beams (招待講演)
発表年月日 : Sep. 4-11, 2010
場所 : Santiago, Spain

[学会発表](計 27件)

[その他]

1. ホームページ
Yoshi Fujita's Home Page
<http://rcnp.osaka-u.ac.jp/~fujita>

2. 出張講義
研究の面白さを伝えるため、高校等教育関係機関への出張講義を行っている。

3. Saturday Afternoon Physics の活動
「高校生に最先端の物理学を Saturday Afternoon Physics」の活動を行っている。

6. 研究組織
(1) 研究代表者
藤田 佳孝 (FUJITA, Yoshitaka)

研究者番号 : 60093457

(2) 研究分担者
民井 淳 (TAMII, Atsushi)

研究者番号 : 20302804