

研究種目：基盤研究(G)

研究期間：2006～2009

課題番号：18540270

研究課題名(和文) ニュートリノ元素合成をつかさどるガモフテラー遷移の研究

研究課題名(英文) Study of Gamow-Teller Transitions Playing Important Roles  
In the Neutrino Nucleosynthesis

研究代表者

藤田 佳孝 (FUJITA YOSHITAKA)

大阪大学・大学院理学研究科・准教授

研究者番号：60093457

研究成果の概要(和文)：弱い相互作用による原子核の遷移，特にガモフ・テラー遷移は、原子核物理と共に、超新星爆発時のニュートリノ元素合成など天体物理学で重要な役割を果たす。しかしベータ崩壊等，弱い相互作用から直接得られる情報は非常に限られる。そこでガモフ・テラー遷移を選択的に励起する、中間エネルギー、0度での高分解能(3He, t)荷電交換反応を行い研究の可能性を大幅に広げた。宇宙物理の議論に重要な pf 殻核からの個々のガモフ・テラー遷移強度が決定できた。

研究成果の概要(英文)：Gamow-Teller transition is one of the most popular nuclear weak processes. The interest in the study is not only of nuclear physics, but also of astrophysics; it plays important roles in various nucleosynthesis processes such as neutrino-induced reactions in supernova-explosion. Relatively limited information can be obtained through the study of weak processes themselves. However, it was found that charge-exchange reactions, such as (p,n) reaction, can simulate the Gamow-Teller transitions. They could extend the energy region in the study. With the one-order-of-magnitude improvement of the energy resolution in (3He, t) measurements, fine structures of Gamow-Teller excitations, even those of Gamow-Teller giant resonances, can now be studied. Determination of Gamow-Teller transition strengths for pf-shell nuclei with astrophysical interest is discussed.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006年度	1,100,000	0	1,100,000
2007年度	700,000	210,000	910,000
2008年度	600,000	180,000	780,000
2009年度	600,000	180,000	780,000
年度			
総計	3,000,000	570,000	3,570,000

研究分野：数物系科学

科研費の分科・細目：物理学 素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理

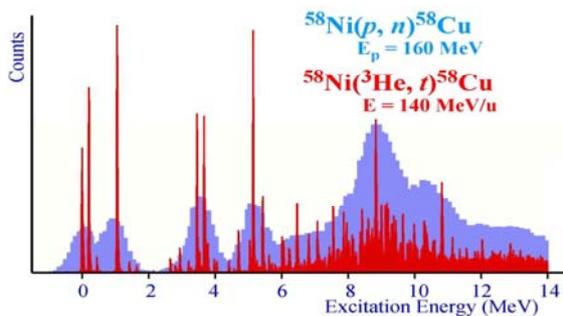
キーワード：核物理 弱い相互作用 ガモフテラー遷移 荷電交換反応 元素合成 高分解能測定 荷電スピン 荷電スピン対称性

## 1. 研究開始当初の背景

超新星爆発時のような過激な状態での、ニュートリノ起源の元素合成には、弱い相互作用で起こるフェルミ遷移とガモフテラー遷移による核種変換が大きな寄与をする。この内フェルミ遷移は単純で、高い精度での理論的予測が可能であるが、問題はガモフテラー遷移のほうである。ガモフテラー遷移の地上での（実験室での）直接の実験的研究は、やはり弱い相互作用により起こるベータ崩壊を通じた観測に限られる。しかし我々が知りたい高いエネルギーを持つニュートリノによる反応では、ガモフテラー遷移は高い励起状態に向かっても進む。ベータ崩壊の実験からは、ベータ崩壊の「崩壊」としての性質により、低い状態に向かう遷移の研究のみが可能である。ただしベータ崩壊の研究からは、核種変換の早さに関係する「遷移強度」の大きさの「絶対値」が得られるという大きな利点がある。

原子核研究において、このような遷移強度を調べる他の手段として、原子核「反応」がある。高いエネルギーを持つ入射粒子を使い、標的とする原子核にエネルギーを与え、高い励起状態への遷移の知見が得られる。特に1980年代に始まった荷電交換反応において(1)核子当たり100 MeV以上の高いエネルギーの入射粒子を使い、(2)ゼロ度での測定をすると、高い励起状態に向かうガモフテラー遷移が(a)選択的に観測可能で、かつ(b)荷電交換反応は強い相互作用によって起こるにもかかわらず、弱い相互作用で起こるガモフテラー遷移の強度に比例した遷移強度の「相対値」が得られる。しかしこの頃は(p, n)荷電交換反応を使っており、ベータ崩壊測定で得られるエネルギー分解能30 keVに対し、ようやく300 keVが得られるに留まった。

このエネルギー分解能の壁を破ったのが、分散整合を取り入れた(3He, t)荷電交換反応である。この反応では、電荷をもつ出射粒



子 t (三重水素)に対し荷電粒子磁気分析器を使った分析が可能であり、飛行時間測定しか使えない n (中性子)測定に、エネルギー分解能において差をつけた。かつ1990年代後半から分散整合を実現するための研究開発を大阪大学で進め、2000年の分散整合を可能とするビーム輸送系の完成により、(p, n)荷電交換反応をほぼ一桁上回る30 keV程度の分解能を達成するに至った。

図において薄い部分(カラー印刷では水色)は、1980年代に58Ni標的に対して(p, n)荷電交換反応を使って得られた遷移強度スペクトル。一方濃い部分(カラー印刷では赤)は同じく58Ni標的に対して(3He, t)荷電交換反応で30 keVの分解能を達成した遷移強度スペクトルを示す。(p, n)荷電交換反応では幅広のバンプの集まりとして見えていた構造が、それぞれのガモフテラー遷移強度に比例した強度を持つピーク状の状態に分解されて観測されている。

このベータ崩壊測定と肩を並べる分解能が荷電交換反応で得られた事により、

(1) 10 MeVを超える高励起状態へのガモフテラー遷移の全容と、その詳細を調べることが可能となった、

(2) 低励起状態に対して、ベータ崩壊から得られるガモフテラー遷移と、高分解能(3He, t)荷電交換反応で観測される遷移の一対一対応がはっきりするようになった。後者の遷移のピーク強度を、ベータ崩壊から得られるガモフテラー遷移強度の絶対値を用い、直接ガモフテラー遷移強度に焼きなおすことができる。

(3) 更に、ピーク強度とガモフテラー遷移強度の比例関係を使い、高励起状態へのガモフテラー遷移に対しても、遷移強度の絶対値が得られる事になった。

要約すると、荷電交換反応での測定において、従来に比べ一桁上の高分解能が実現したことにより、ガモフテラー遷移強度の絶対値を出せるが測定が低励起状態に限定されるベータ崩壊測定と、高い励起状態までの遷移強度の相対値が得られるが絶対値が直接には得られない荷電交換反応測定を結びつけることが可能になった。このように「崩壊」の研究と、「反応」の研究を融合した点が、この研究を特徴づけている。またこの「融合」の為には、原子核におけるアイソスピン量子数 T に関する対称性を有効に使う。

## 2. 研究の目的

宇宙のマイクロで動的な側面である元素合成に目を向けると、ベータ崩壊やニュートリ

ノ反応による弱い相互作用の働きが大きい。特に超新星爆発時のような過激な状態での、数 10 億度に達する恒星内部では、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、ニュートリノ起源の元素合成が起こる。ニュートリノは弱い相互作用でのみ原子核と反応する。この状況で重要な役割を果たすのが、巨星の中心核を形成する鉄、ニッケル、チタンなどの pf-殻核からガモフテラー遷移である。ニュートリノの相互作用の弱さゆえに、直接測定が出来ないガモフテラー遷移の強度を、強い相互作用を使う (3He, t) 荷電交換反応による実験で調べる。加速器を使うこの実験では、磁気分析器を用いた測定により、従来からの荷電交換反応測定に比べ、一桁高い分解能を達成できている。状態密度が高いため今まで知り得なかった pf-殻核からのガモフテラー遷移の詳細を調べると共に、各種 pf-殻核からの遷移の全体像をつかむ事を目的とした。

### 3. 研究の方法

我々は、核子当たり 140 MeV の (3He, t) 荷電交換反応において、世界最高分解能を達成した。本研究では、このメリットを生かし、カルシウムからニッケルまでの pf-殻核、及びより重い原子核に対して、超新星爆発に伴うニュートリノ起源の元素合成に関与する原子核の個別のガモフテラー遷移を実験的に調べている。これらの原子核では、状態の密度が高くなり、それらを分離するため、より良い分解能が必要となる。その為に標的の準備、より高分解能の得るため磁気分析器システム、加速器システムの開発を行ってきた。その結果最高エネルギー分解能を更新し、25 keV (1/20,000) を達成した。

pf-殻核でのガモフテラー遷移の強度分布は、個々の原子核毎に異なる構造に大きく依存する。その為、遷移の強度分布は原子核毎に様子が異なり、類推が利かない。そこで各原子核の標的に対し、地道な研究を進めている。これまで量子数「荷電スピン」の値が T=1 である pf-殻核の標的 42Ca, 46Ti, 50Cr, 54Fe 及び 58Ni に対しての実験を終えた。詳細なデータの解析を進めている。

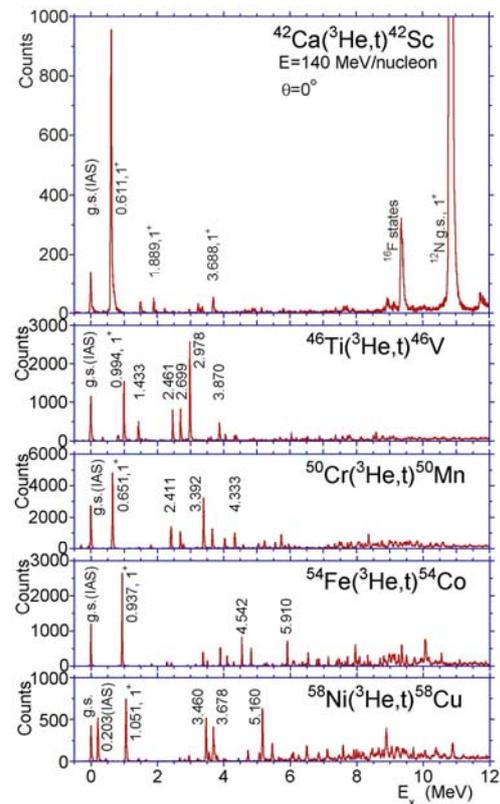
それと平行し、フランス・GANIL 研究所の核破砕反応施設を使い、陽子過剰不安定核を生成し、上記の原子核とアイソスピンが対称な関係にある不安定原子核からのガモフテラー遷移の研究を行なっている。2008 年秋に最初の実験として、58Zn のベータ崩壊におけるガモフテラー遷移を測定した。この遷移は上記 58Ni 標的に対する (3He, t) 荷電交換反応から得られたガモフテラー遷移に対する知見と、アイソスピン対称関係が理論的に予想される。スペイン・バレンシアでのデータ解析に、大阪で得られた知見を持ち寄り、ベ

ータ崩壊測定、(3He, t) 荷電交換反応測定それぞれ単独では得られない高度な研究成果を目指している。この実験はバレンシアの研究者に加え、フランス・GANIL、イギリス・サリー大学、トルコ・イスタンブール及びフランス・ボルドーの研究者との共同研究である。

### 4. 研究成果

42Ca, 46Ti, 50Cr, 54Fe 及び 58Ni に対してのデータ解析をすすめている。一部の原子核についてはデータ解析を終え、論文にまとめた。

実験で得られた上記標的に対する高分解能測定で得られた遷移強度のエネルギー依存を示すスペクトルは、下の図に示すように個性豊かなものであった。



すべてが同じアイソスピン量子数 T=1 を持つ標的核からのガモフテラー遷移である。それにもかかわらず、強度分布は互いに大きく異なり、質量数が 42 から 46、50、54、58 と増加するに伴い、遷移強度が高い励起領域に移動していく様子が見て取れる。同じアイソスピン量子数であっても、ガモフテラー遷移の強度が、それぞれの原子核で大きく異なる様子を端的に示す初めての系統的な測定となった。

この結果は、単純化した殻モデルでの描像においては、核力は、(1)粒子-粒子相互作用は引力的、(2)粒子-空孔相互作用は斥力的であることから理解できる。42Sc 核においては、ガモフテラー遷移により励起される状態に

は、2重閉核である  $^{40}\text{Ca}$  核の上にある  $f$  殻に陽子と中性子がそれぞれ1個ずつ入る。それらの2個の粒子は、2重閉核の海の上に浮かぶ舟のように振る舞い、粒子-粒子的描像が成り立つ。その引力的性質により強度が低励起状態に集中する。一方  $^{54}\text{Co}$  や  $^{58}\text{Cu}$  においては、 $f$  殻がほぼ満席となり粒子-空孔的な性質が強くなる。従ってその斥力的性質により、遷移強度が 8-10 MeV の高い励起状態に押しやられている。

このように、ニュートリノ元素合成で重要な役割をする  $pf$  殻核におけるガモフテラー遷移の遷移強度は、それぞれの原子核ごとに強い個性を持ち、大きく異なる。定性的な理解はともかく、単純な定量的予想が困難である。また理論的予測の難しさも示唆される。一般に単純なモデルを使って行われる元素合成量の予測に、この新しい実験結果を反映される必要があると考えられる。また原子核構造研究という観点からも、今回明らかになったガモフテラー遷移強度の微細構造の発見など、多くの興味深い成果をえた。しかし新たな発見とともに、それらがどの様に理解できるかなど、更により多くの疑問を我々に突きつけている。 $pf$  殻核におけるガモフテラー遷移の、遷移強度の多様性を追及する研究の継続が重要であることを痛感している。

## 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 17 件)

(1) L. Popescu, T. Adachi, G.P.A. Berg, P. von Brentano, D. Frekers, D. De Frenne, K. Fujita, Y. Fujita, E.-W. Grewe, M.N. Harakeh, K. Hatanaka, E. Jacobs, K. Nakanishi, A. Negret, Y. Sakemi, Y. Shimbara, Y. Shimizu, Y. Tameshige, A. Tamii, M. Uchida, H.J. Wortche, and M. Yosoi **Gamow-Teller transitions studied in the high-resolution  $^{64}\text{Ni}(^3\text{He},t)^{64}\text{Cu}$  reaction**, Phys. Rev. C 79, 064312 1-6 (2009). 査読有

(2) R. Schwengner, A. Wagner, Y. Fujita, G. Rusev, M. Erhard, D. De Frenne, E. Grosse, A.R. Junghans, K. Kosev and K.D. Schilling **Dipole transition strength in  $^{26}\text{Mg}$** , Phys. Rev. C 79, 037303 1-4 (2009). 査読有

(3) A. Tamii, Y. Fujita, H. Matsubara, T. Adachi, J. Carter, M. Dozono, H. Fujita, K. Fujita, H. Hashimoto, K. Hatanaka, T. Itahashi, M. Itoh, T. Kawabata, K. Nakanishi, S. Ninomiya, A.B. Perez-Cerdan, L. Popescu, B. Rubio, T. Saito, H. Sakaguchi, Y. Sakemi, Y. Sasamoto, Y. Shimbara, Y. Shimizu, F.D. Smit, Y. Tameshige, M. Yosoi and J. Zenhiro, **Measurement of high energy resolution inelastic proton scattering at and close to zero degrees**, Nuclear Instruments and

Methods in Physics Research A 605, 326- 338 (2009). 査読有

(4) A. Shevchenko, O. Burda, J. Carter, G.R.J. Cooper, R.W. Fearick, S.V. F'ortsch, H. Fujita, Y. Fujita, Y. Kalmykov, D. Lacroix, J.J. Lawrie, P. von Neumann-Cosel, R. Neveling, V.Yu. Ponomarev, A. Richter, E. Sideras-Haddad, F.D. Smit, and J. Wambach, **Global investigation of the fine structure of the isoscalar giant quadrupole**, Phys. Rev. C 79, 044305 1-17 (2009). 査読有

(5) C. Scholl, Y. Fujita, T. Adachi, H. Hashimoto, K. Hatanaka, H. Matsubara, K. Nakanishi, T. Ohta, Y. Sakemi, Y. Shimbara, Y. Shimizu, Y. Tameshige, A. Tamii, P. von Brentano, M. Yosoi, and R.G.T. Zegers, **High-Resolution B(GT) Studies with ( $^3\text{He},t$ ) Reactions**, AIP Conf. Proc. (AIP, New York) 1090, 544-548 (2009) 査読無

(6) Y. Fujita, B. Rubio, W. Gelletly, B. Blank, T. Adachi, A. Algora, P. Ascher, R.B. Cakirli, G. De France, J. Giovinazzo, S. Gr'evy, H. Fujita, L. Kucuk, M. Marqu'és, F. Molina, Y. Oktem, F. De Oliveira Santos, L. Perrot, R. Raabe, P.C. Srivastava, G. Susoy, A. Tamii, J.-C. Thomas, **Nuclear Weak Response from the Combined Study of beta decay and Charge-exchange Reaction**, Int. J. Mod. Phys E 18, 2134-2139 (2008). 査読無

(7) Y. Fujita, B. Rubio, T. Adachi, F. Molina, A. Algora, G.P.A. Berg, P. von Brentano J. Buscher, T. Cocolios, D. De Frenne, C. Fransen, H. Fujita, K. Fujita, W. Gelletly, K. Hatanaka, M. Huyse, O. Ivanov, Yu. Kudryavtsev, E. Jacobs, D. Jordan, K. Nakanishi, A. Negret, D. Pauwels, A.B. Perez-Cerdan, N. Pietralla, Z. Podolyak, L. Popescu, R. Raabe, Y. Sakemi, M. Sawicka, Y. Shimbara, Y. Shimizu, T. Shizuma, Y. Tameshige, A. Tamii, P. Van den Bergh, J. Van de Walle, P. Van Duppen, M. Yosoi, and K.O. Zell, **Gamow-Teller transitions in exotic  $pf$ -shell nuclei relevant to supernova explosion**, J. Phys. G 35, 014041 1-6 (2008). 査読有

(8) Y. Fujita, **Detailed study of Gamow-Teller transitions: the impact on astro and nuclear-structure physics**, Nucl. Phys. A 805 408c-415c (2008). 査読無

(9) M. E. Howard, R. G. T. Zegers, Sam M. Austin, D. Bazin, B. A. Brown, A. L. Cole, B. Davids, M. Famiano, Y. Fujita, A. Gade, D. Galaviz, G. W. Hitt, M. Matos, S. D. Reitzner, C. Samanta, L. J. Schradin, Y. Shimbara, E. E. Smith and C. Simenel, **Gamow-Teller strengths in  $^{24}\text{Na}$  using the  $^{24}\text{Mg}(t, ^3\text{He})$  reaction at 115A MeV**, Phys. Rev. C 78, 047302 1-4 (2008). 査読有

(10) Y. Fujita for the RCNP, High Resolution ( $^3\text{He},t$ ) Collaboration B. Rubio, and W. Gelletly for the Valencia, Surrey, Osaka, GSI, Istanbul, Legnaro, Leuven, Lund, Madrid, New Delhi, Santiago  $\beta$ -decay collaboration, **Gamow-Teller Transitions in Stable and Unstable  $pf$ -shell**

**Nuclei**, AIP Conf. Proc. **1072** (2008) 3-8. 査読無

(11) P.H. Regan, N. Alkhomashi, N. Al-Dahan, Zs. Podolyak, S.B. Pietri, S.J. Steer, A.B. Garnsworthy, E.B. Suckling, P.D. Stevenson, G. Farrelly, I.J. Cullen, W. Gelletly, P.M. Walker, J. Benlliure, A.I. Morales, E. Casajeros, M.E. Estevez, J. Gerl, M. Gorska, H.J. Wollersheim, P. Boutachkov, S. Tashenov, I. Kojouharov, H. Schaffner, N. Kurz, R. Kumar, B. Rubio, A. Algora, F. Molina, J. Grebosz, G. Benzoni, D. Mucher, A.M. Bruce, A.M.D. Bacelar, S. Lalkovski, Y. Fujita, A. Tamii, R. Hoischen, Z. Liu, P.J. Woods, C. Mihai, J.J. Valiente-Dobon, **First Results with the RISING Active Stopper**, Int. J. Mod. Phys E 17, 8-11 (2008). 査読無

(12) Y. Fujita, R. Neveling, H. Fujita, T. Adachi, N.T. Botha, K. Hatanaka, T. Kaneda, H. Matsubara, K. Nakanishi, Y. Sakemi, Y. Shimizu, F.D. Smit, A. Tamii, and M. Yosoi, **Gamow-Teller strengths in A=34 isobars: Comparison of the mirror transitions  $Tz=+1 \rightarrow 0$  and  $Tz=-1 \rightarrow 0$** , Phys. Rev. C 75, 057305 1-4 (2007). 査読有

(13) A. Byelikov, T. Adachi, H. Fujita, K. Fujita, Y. Fujita, K. Hatanaka, A. Heger, Y. Kalmykov, K. Kawase, K. Langanke, G. Martinez-Pinedo, K. Nakanishi, P. von Neumann-Cosel, R. Neveling, A. Richter, N. Sakamoto, Y. Sakemi, A. Shevchenko, Y. Shimbara, Y. Shimizu, F. D. Smit, Y. Tameshige, A. Tamii, S. E. Woosley and M. Yosoi, **Gamow-Teller Strength in the Exotic Odd-Odd Nuclei 138La and 180Ta and Its Relevance for Neutrino Nucleosynthesis**, Phys. Rev. Lett. 98, 082501 1-4 (2007). 査読有

(14) M. Wiescher, G.P.A. Berg, M. Couder, J.L. Fisker, Y. Fujita, J. Gorres, M.N. Harakeh, K. Hatanaka, A. Matic, W. Tan and A.M. van den Berg, **Astrophysical Nuclear Reactions and the Break-out from the Hot CNO Cycles**, Progress in Particle and Nuclear Physics 59, 51-65 (2007). 査読有

(15) A. Tamii, T. Adachi, J. Carter, M. Dozono, H. Fujita, Y. Fujita, K. Hatanaka, H. Hashimoto, T. Kaneda, M. Itoh, T. Kawabata, H. Matsubara, K. Nakanishi, P. von Neumann-Cosel, H. Okamura, A. Perez, I. Polratska, V. Ponomarev, L. Popescu, A. Richter, B. Rubio, H. Sakaguchi, Y. Sakemi, Y. Sasamoto, Y. Shimbara, Y. Shimizu, F.D. Smit, Y. Tameshige, M. Yosoi, J. Zenihiro, and K. Zimmer, **Study of M1 excitations by high-resolution proton inelastic scattering experiment at forward angles**, Nucl. Phys. A 788, 53c-58c (2007). 査読無

(16) A. Tamii, T. Adachi, J. Carter, M. Dozono, H. Fujita, Y. Fujita, K. Hatanaka, H. Hashimoto, T. Kaneda, M. Itoh, T. Kawabata, H. Matsubara, K. Nakanishi, P. von Neumann-Cosel, H. Okamura, A. Perez, I. Polratska, V. Ponomarev, L. Popescu, A. Richter, B. Rubio, H. Sakaguchi, Y. Sakemi, Y. Sasamoto, Y. Shimbara, Y. Shimizu, F.D. Smit, Y. Tameshige, M. Yosoi, J. Zenihiro, and K. Zimmer, **Study of M1 and E1 excitations by high-resolution proton inelastic scattering**

**measurement at forward angles**, AIP Conf. Proc. (AIP, New York) 915 811-814 (2007) 査読無

(17) T. Adachi, Y. Fujita, P. von Brentano, A.F. Lisetskiy, G.P.A. Berg, C. Fransen, D. De Frenne, H. Fujita, K. Fujita, K. Hatanaka, M. Honma, E. Jacobs, J. Kamiya, K. Kawase, T. Mizusaki, K. Nakanishi, A. Negret, T. Otsuka, N. Pietralla, L. Popescu, Y. Sakemi, Y. Shimbara, Y. Shimizu, Y. Tameshige, A. Tamii, M. Uchida, T. Wakasa, M. Yosoi and K.O.Zell, **High-resolution Study of Gamow-Teller Transitions from the  $Tz=1$  Nucleus 46Ti to the  $Tz=0$  Nucleus 46V**, Phys. Rev. C 73, 024311 1-10 (2006). 査読有

[学会発表] (計 13 件)

(1) Y. Fujita, **Gamow-Teller Transitions -for the study of vital Nuclear Structure-**, EFES-ORNL workshop, ORNL, Oak Ridge Tennessee, USA, March 14-17, 2010.

(2) A. Tamii, **Probing Nuclear Responses Relevant to Nuclear Astrophysics via High-Resolution Nuclear Scattering Measurements**, Symposium OMEG10, Osaka, Japan, March 8-10, 2010.

(3) Y. Fujita, **Gamow-Teller Transitions in Proton Rich  $pf$ -shell Nuclei with Astrophysical Interest**, New Facet of Spin-Isospin Responses, Tokyo, Japan, February 18-21, 2010.

(4) A. Tamii, **E1 and M1 Strength Distributions in 208Pb**, New Facet of Spin-Isospin Responses, Tokyo, Japan, February 18-21, 2010.

(5) Y. Fujita, **Gamow-Teller Transitions studied in ( $3\text{He},t$ ) reaction and analogous  $\square$ -decay**, VIII Latin American Symposium on Nuclear Physics and Applications, Santiago, Chile, December 15-19, 2009.

(6) Y. Fujita, **Gamow-Teller Transitions studied in ( $3\text{He},t$ ) reaction and analogous  $\square$ -decay**, TOURS 2009 Symposium, Kobe, Japan, Nov. 16-20, 2009.

(7) A. Tamii, **M1 excitations in ( $p,p'$ ) reactions**, ECT workshop on "Spin-Isospin excitations probed by Strong, Weak and EM interactions", Trento, Italy, Sep. 28- Oct. 02, 2009.

(8) Y. Fujita, **Gamow-Teller Transitions studied by ( $3\text{He},t$ ) reactions and the comparison with analogous transitions**, ECT workshop on "Spin-Isospin excitations probed by Strong, Weak and EM interactions", Trento, Italy, Sep. 28- Oct. 02, 2009.

(9) Y. Fujita, **Gamow-Teller transitions -a key to open a jewel box of nuclear physics-**, 12<sup>th</sup> Int. Conf. On Nuclear Reaction Mechanisms, Varenna, Italy, June 15-19, 2009.

(10) Y. Fujita, **Gamow-Teller transitions starting from stable and unstable  $pf$ -shell nuclei**, 10<sup>th</sup> Int. Symp. On Nuclei in the Cosmos,

Mackinac Island, MI, USA, July 27 - Aug. 01, 2008.

(11) Y. Fujita, **Gamow-Teller transitions in stable and unstable nuclei**, Nuclear Physics and Astrophysics: from stable beams to exotic nuclei, Cappadocia, Turkey, June 25 - 30, 2008.

(12) Y. Fujita, **Gamow-Teller transitions –the impact on astro and nuclear-structure physics**, Int. Nuclear Physics Conf., Tokyo, Japan, July 3-8, 2007.

(13) Y. Fujita, **Gamow-Teller transitions of astrophysical interest**, Hirschegg 2006, Astrophysics and Nuclear Structure, Hirschegg, Austria, Jan. 15- 21, 2006.

[その他]

ホームページ等

<http://www.rcnp.osaka-u.ac.jp/~fujita>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

藤田 佳孝 (FUJITA YOSHITAKA)  
大阪大学・大学院理学研究科・准教授  
研究者番号：60093457

### (2) 研究分担者

民井 淳 (TAMII ATSUSHI)  
大阪大学・核物理研究センター・准教授  
研究者番号：20302804

### (3) 連携研究者

無