

平成23年 3月 1日現在

研究種目：特定領域研究

研究期間：2005～2009

課題番号：17070005

研究課題名（和文） ストレンジネスで探るクォーク多体系

研究課題名（英文） Multi-quark Systems with Strangeness

研究代表者

永江 知文（NAGAE TOMOFUMI）

京都大学・大学院理学研究科・教授

研究者番号：50198298

研究成果の概要（和文）：原子核やハドロンの世界を記述する新しい研究領域としてクォーク多体系物理学を構築することを目指し、ストレンジネスという新しい軸のもとに国内の関連する実験と理論の研究者を本特定領域研究に結集した。この研究活動を通じて、特に、次世代を担う若手研究者の育成に努めた。同時に、国外の研究者との研究協力を発展させ、我が国が世界に誇る大強度陽子加速器施設 J-PARC への研究参加を促すことができた。

研究成果の概要（英文）：As a new research field of nuclei and hadrons, we have aimed at establishing “Quark Many-Body Physics” with strangeness degrees of freedom. A lot of nuclear physicists in Japan both in theoretical and in experimental researches have been involved in this research area. Not only young researchers but also many scientists from abroad are now actively working in strangeness nuclear physics at the high-intensity proton accelerator facility J-PARC.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2005年度	6,500,000	0	6,500,000
2006年度	12,600,000	0	12,600,000
2007年度	14,500,000	0	14,500,000
2008年度	15,500,000	0	15,500,000
2009年度	16,400,000	0	16,400,000
総計	65,500,000	0	65,500,000

研究分野：原子核物理学実験

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：実験核物理、量子ビーム、ハイパー核、ストレンジネス核物理

1. 研究開始当初の背景

本特定領域の研究領域としての学術的基盤は、平成8年度～10年度にかけて実施された特定領域研究「ストレンジネスを含む原子核」（領域代表：今井憲一）によって、大きく発展してきた。特に、その研究成果である世界に先駆けたハイパー核ガンマ線分光

の成功や新しい二重ラムダハイパー核の発見とその束縛エネルギーの決定などの実験結果は、この分野の理論研究を含めて多くの若手研究者を引き込み、更なる発展を待っている状態にあった。

その次なる発展の大きな足がかりを与えてくれると期待されたのが、発足当初に建設

中であった J-PARC 加速器施設である。J-PARC で得られる世界最高強度の K 中間子ビームを用いた次世代のストレンジネス原子核物理実験には、世界中から大きな期待が寄せられている。

本特定領域の総括班では、このような背景を踏まえて、J-PARC を中心とする国際研究協力を推進するとともに、理論と実験との連携を深めて、J-PARC での新しい実験プログラムを魅力的で世界にアピールできるものに仕上げていくことが望まれていた。

2. 研究の目的

本特定領域「ストレンジネスで探るクォーク多体系」では、原子核およびその構成要素である素粒子群ハドロンをクォーク多体系として統一的に捉え、3種類目のクォーク「ストレンジネス」の役割に注目した新しい物理の構築をめざす。総括班では、各計画研究、公募研究を統括し、それらの研究相互の有機的連携を図ると共に、その成果を広く総括し公表することによって、今後の研究へと発展させて行くことを目的とする。ストレンジネスを原子核の中に埋め込んで作られるハイパー核は、発見以来50周年を超える歴史の長い研究対象であるが、最近、当総括班に属する研究者らを中心とした日本の研究グループの実験的、理論的研究から、世界的な研究成果が多数得られている。例えば、 Λ ハイパー核の構造の精密測定、 Σ ハイパー核、ダブル Λ ハイパー核の発見、K 中間子原子核の発見などの実験的成果、ハイパー核の構造の精密計算、強い相互作用の基礎理論である QCD に基づくストレンジネスの相互作用の計算などの理論的成果は世界的に高く評価を受けている。同じく総括班メンバーの中野らによって発見されたストレンジネス+1 をもつエキゾチックバリオンはペンタクォークとして世界中の話題となり、多くの素粒子実験、理論の研究者が研究を進めている。

この現状を踏まえて、本領域「ストレンジネスで探るクォーク多体系」は、新しい視点でクォーク多体系であるハドロンおよび原子核の構造ならびにダイナミクスにおけるストレンジネスの役割を探求することを目的とする。特に、現在この研究分野における最重要課題は、J-PARC の完成時における実験的、理論的研究の周到な計画と準備であるが、総括班の指導により、各計画研究、公募研究の国際的かつ有機的連携を図ることにより、関連研究者の総力を上げて取り組むことを可能とする。また、総括班の指導により、将来の研究の主体となる若手研究者の養成を分野全体の課題として重点的に取り組むことを目標とする。

3. 研究の方法

総括班は、各計画研究の整合的な進展の統括を行うとともに、全国的な広がりでの研究が進められるように、公募研究の採択を行って、すそ野の広い研究体制の確立を目指すこととした。各計画研究代表者は、それぞれの計画研究を遂行すると共に、総括班による研究者の組織化、有機的連携の形成を担うものと位置づけた。

より領域全体の連携を密にして研究成果を領域としてまとめあげる方向で活動をすすめる。そのために以下の施策を実行した。

- (1) 領域全体に関する総括班の打合せ連絡会を行い、研究計画の具体的な進行に関する打合せを行う。このために国内旅費を充てる。
- (2) 研究の現状を総括し、計画研究の実施をサポートするために、国内研究発表会を企画し開催する。研究会の報告書を作成し、広く領域の研究活動を公表する。同時にホームページ上に公開する。
- (3) 世界におけるこの分野の動向について調査するため、米国ジェファーソン研究所、イタリア・フラスカッティ研究所、ドイツ・GSI 研究所、などの主要研究所を訪問して調査を行う。これに外国旅費を充てる。
- (4) 関連する国際ワークショップを開催する準備を進める。時期、場所、規模の検討を行う。打ち合わせ並びに情報収集に外国旅費を充当する。
- (5) 若手研究者を育成するためのスクールを開催する。講師として内外の関連研究者数人を招聘し、集中講義を行う。講義録をホームページ等に掲載し公開する。
- (6) 国外の関連研究者の招聘、共同研究を行う計画をたて、関係者への連絡等を計る。
- (7) 研究成果を発信するために、研究会報告書の発行およびホームページの整備を行う。
- (8) 研究領域の組織化、スムーズな運営を図るために、研究補助者を1名雇用する。研究補助者は、領域内情報交換、総括班の主催するワークショップ、スクールなどの計画、実施、ホームページ等による情報発信の整備、国内外との打ち合わせ等において、研究代表者を支援する。

研究の最終年度に当たる平成21年度には、これまでの研究によって得られた研究成果をまとめあげるとともに、これを一般へも公開し社会への還元を計る。このため、一般向けの公開講座や講演会も積極的に取り組み、一般への啓蒙活動に努める。また、この分野の主要国際会議である「ストレンジネスとハイパー核に関する国際会議 Hyp-X」を、日本

で開催することが決まっているので、この会議の準備を進め、開催する。この会議では、実験が開始される J-PARC でのストレンジネス核物理について、全世界の関連する研究者に対してアピールしていくこととした。そのために、海外から多くの著名な研究者を招へいし、新しい J-PARC 施設の見学も含めて広報活動にも取り組んだ。また、新しい実験の成果についても、この会議を通じて、世界の研究者に広めることとした。

4. 研究成果

(1) 総括班主催の研究会

総括班の主催により、大学院生を含めた領域全体にかかわる研究者が一堂に会する研究会を以下のように開催した。

第1回 平成17年11月17-19日
伊東（静岡）

第2回 平成18年12月13-15日
熱海（静岡）

第3回 平成19年11月26-28日
秋保（宮城）

第4回 平成20年10月29-31日
山代（石川）

毎回、理論と実験の双方から80～90名の班員が出席し、最新の研究成果について夜遅くまで議論を行った。特に、J-PARCでの新しい実験を実験課題審査会に提案を行う時期には、理論と実験とが協力してその推進にあたった。発表結果は、総括班でとりまとめて印刷を行い、多くの関連研究者に配布した。

(2) 第10回ハイパー核とストレンジ粒子物理学に関する国際会議(Hyp-X)

平成21年9月14日（月）より9月18日（金）まで、第10回ハイパー核とストレンジ粒子物理学に関する国際会議を、茨城県東海村会議場リコッティにおいて開催した。

参加者は、日本人約100名を含む総計約180名の参加であった。海外からの参加者は、ヨーロッパから46名、北米から8名、アジアから16名、を含む約80名であった。過去のこの会議の参加者数の統計からすると、前回に引き続き多い方である。次第にこの分野の研究者が増加してきていることを伺わせる。今回は、日本での開催ということもあって、特にアジア諸国（中国、韓国、インド、ミャンマー、インドネシア、台湾など）からの参加者も多かったところが特徴といえる。

また、何と言っても、今回は、東海村に JAEA と KEK が共同で建設してきた大強度陽子加速器施設（J-PARC）が完成して稼働し始めるという時期に当たり、これに対する世界中の関連する研究者の熱意が感じられた。

全部で、41件の総合講演が行われた。総合講演においては、この分野での最新の成果について、多くの注目すべき報告が相次いだ。これ以外に54件の一般講演と44件のポスターセッションでの発表が行われた。



Hyp-X 会議風景

(3) ストレンジネス核物理に関する国際スクール

京都大学基礎物理学研究所においてストレンジネス核物理に関する国際研究スクールを平成21年9月10日から12日まで開催した。講師は、A. Gal, K. Imai, Ed Hungerford, T. Motoba, A. Ramos, J. Mares の6名をお願いした。40名近い大学院生の参加があった。大学院生にも自身自身の研究の紹介を行ってもらい、講師との活発な議論ができたことが好評だった。

(4) 高校生のための講演会

高校生のための講演会を、平成21年8月1日（土）に京都大学において開催した。講師は、永江知文（京大）、肥山詠美子（理研）、中野貴志（大阪大学核物理研究センター）の3名であった。遠くは横浜や九州からの参加者も含めて、72名の参加者があった。



高校生のための講演会風景

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9件）

1. T. Nakano 他 55 名, “Evidence for the Θ^+ in the $\gamma d \rightarrow K^+ K^0 p n$ reaction”, Physical Review C 79 (2009) 025210.
2. H. Tamura, “Gamma-Ray Spectroscopy

- of Λ Hypernuclei”, Lecture Notes in Physics 781 (2009) 139-146.
3. M. Iwasaki, 他 25 名, “Kaonic nuclear state search via K^- reaction at rest on ^4He target”, Nuclear Physics A 804 (2008) 186-196.
 4. P. Achenbach, A. Sakaguchi (27 番目) 他 28 名, “In-beam test of scintillation fiber detectors at MAMI and at GSI”, Nucl. Inst. And Meth. A 593 (2008) 353-360.
 5. H. Tamura, 他 7 名, “Gamma-ray spectroscopy of hypernuclei: Recent results and future plans”, Nuclear Physics A 804 (2008) 73-83.
 6. T. Nagae, “The J-PARC project”, Nuclear Physics A 805 (2008) 486-493.
 7. O. Hashimoto and H. Tamura, “Spectroscopy of Λ hypernuclei”, Prog. Of Particle and Nuclear Physics, 57 (2006) 564-663.
 8. A. Hosaka, M. Oka, T. Shinozaki, “Decay of Θ^+ in a Quark Model”, Physical Review D 71 (2005) 074021.
 9. T. Nagae, “J-PARC Project: Strangeness Nuclear Physics Programs”, Nuclear Physics A 754 (2005) 443c.

[学会発表] (計 9 件)

1. 岡真, “How exotic can hadrons be?”, 日本物理学会第 6 4 回年次大会、平成 21 年 3 月、立教大学。
2. 中野貴志, “Study of Θ at LEPS/Spring-8”, 日本物理学会第 6 4 回年次大会、平成 21 年 3 月、立教大学。
3. T. Nagae, “Physics Prospects at J-PARC”, QNP2009, September (2009) Beijing, China.
4. A. Sakaguchi, “Production of Neutron-rich Lambda hypernuclei at J-PARC”, SENDAI08, December (2008) Sendai, Japan.
5. 永江知文, “SKS と Λ ハイパー核分光”, 日本物理学会第 6 3 回年次大会、平成 20 年 3 月、近畿大学。
6. M. Iwasaki, “Kaonic Atoms and Search for Kaonic Nucleus”, NP2006, Nuclear Physics Symposium, May (2006), Shanghai, China.
7. 岩崎雅彦, “KpX から K 核へ”, 日本物理学会 2006 年秋季大会、平成 18 年 9 月、奈良女子大学。
8. H. Tamura, “Hypernuclear spectroscopy with hadron beams: from KEK, BNL to J-PARC”, CIPAN2006, Pion Grande, USA, May 2006, AIP Conf. Proc.

Vo. 870 (2006) 466-470.

9. T. Nagae, “The physics program at J-PARC”, PANIC, Santa Fe, USA, October 2005, AIP Conf. Proc. Vol. 842 (2006) 1021-1029.

[図書] (計 2 件)

1. S. Nagamiya, T. Motobayashi, M. Oka, R.S. Hayano, T. Nagae, “Proceedings of the 23rd International Nuclear Physics Conference (INPC2007)”, Nuclear Physics A805 (2008), Elsevier Pub. Co., 589 pages.
2. B.F. Gibson, K. Imai, T. Motoba, T. Nagae and A. Ohnishi, “Proceedings of the 10th International Conference on Hypernuclear and Strange Particle Physics”, (2010), Elsevier Pub. Co., 470 pages.

[その他]

ホームページ等

<http://nexus.kek.jp/Tokutei/>

6. 研究組織

(1) 研究代表者

永江 知文 (NAGAE TOMOFUMI)
京都大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：50198298

(2) 研究分担者

田村 裕和 (TAMURA HIROKAZU)
東北大学・大学院理学研究科・教授
研究者番号：10192642

阪口 篤志 (SAKAGUTI ATSUSHI)
大阪大学・大学院理学研究科・准教授
研究者番号：70205730

岩崎 雅彦 (IWASAKI MASAHIKO)
独立行政法人理化学研究所・仁科加速器
研究センター・主任研究員
研究者番号：60183745

中野 貴志 (NAKANO TAKASHI)
大阪大学・核物理研究センター・教授
研究者番号：80212091

岡 真 (OKA MAKOTO)
東京工業大学・大学院理工学研究科・教授
研究者番号：60144606

(3)連携研究者

高橋 俊行 (TAKAHASHI TOSHIYUKI)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子
核研究所・准教授
研究者番号：50281960

土岐 博 (TOKI HIROSHI)
大阪大学・核物理研究センター・教授
研究者番号：70163962