

機関番号	研究種目番号	審査区分番号	細目番号	分割番号	整理番号
82401	03	-	4301		0002

平成21年度 (2009年度) 基盤研究 (S) 研究計画調書

平成 20 年 11 月 6 日
3 版

新規

研究種目	基盤研究(S)						
分野	数物系科学						
分科	物理学						
細目	素粒子・原子核・宇宙線・宇宙物理						
細目表 キーワード	素粒子(実験)						
細目表以外の キーワード	ミュオン異常磁気能率						
研究代表者 氏名	(フリガナ)	イワサキ マサヒコ					
	(漢字等)	岩崎 雅彦					
所属研究機関	独立行政法人理化学研究所						
部局	岩崎先端中間子研究室						
職	主任研究員						
研究課題名	高精度ミュオン $g-2$ 測定を拓く進化型超低速ミュオン源開発						
研究経費 〔千円未満の 端数は切り 捨てる〕	年度	研究経費 (千円)	使用内訳(千円)				
			設備備品費	消耗品費	旅費	謝金等	その他
	平成21年度	137,800	128,000	6,000	800	3,000	0
	平成22年度	29,800	18,000	5,000	800	6,000	0
	平成23年度	10,800	0	4,000	800	6,000	0
	平成24年度	9,800	0	3,000	800	6,000	0
	平成25年度	8,800	0	2,000	800	6,000	0
総計	197,000	146,000	20,000	4,000	27,000	0	
開示希望の有無	審査結果の開示を希望する						
研究計画最終年度前年度応募	--						

研究組織（研究代表者、研究分担者及び連携研究者）

	氏名（年齢）	所属研究機関 部局 職	現在の専門 学位 役割分担	平成21年度 研究経費 （千円）	エフオ ート （%）
研究代表者	60183745（50） イワサキ マサヒコ 岩崎 雅彦	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）岩崎先端中間子研究室 （24）主任研究員	素粒子・原子核実験 理学博士 全体統括	9,800	40
研究分担者	90261164（44） ワダ サトシ 和田 智之	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）大森素形材工学研究室 （24）副主任研究員	レーザー工学 理学博士 新規レーザー基本設計・開発	128,000	60
連携研究者	20321763（44） サイトウ ナオヒト 齊藤 直人	（82118）大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 （913）大強度陽子加速器計画推進部 （20）教授	原子核・素粒子物理 博士（理学） ミュオン g - 2 実験全般	-	-
連携研究者	40166070（53） ミドリカワ カツミ 緑川 克美	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）緑川レーザー物理工学研究室 （24）主任研究員	量子エレクトロニクス 理学博士 レーザー非線形効果制御	-	-
連携研究者	80209882（52） ミヤケ ヤスヒロ 三宅 康博	（82118）大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 （909）物質構造科学研究所 （20）教授	ミュオン科学 工学博士 レーザー開発	-	-
連携研究者	70321817（41） マツダ ヤスユキ 松田 恭幸	（12601）東京大学 （925）総合文化研究科 （27）准教授	原子物理 博士（理学） レーザー開発	-	-
連携研究者	70176189（51） イシダ カツヒコ 石田 勝彦	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）岩崎先端中間子研究室 （24）副主任研究員	ミュオン科学 理学博士 ミュオニウム源開発	-	-
連携研究者	10134842（57） マツザキ テイイチロウ 松崎 禎市郎	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）岩崎先端中間子研究室 （24）副主任研究員	ミュオン科学 理学博士 ミュオニウム源開発	-	-
連携研究者	50233276（46） オオモリ ヒトシ 大森 整	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）大森素形材工学研究室 （24）主任研究員	超精密加工 工学博士 超精密加工	-	-
連携研究者	90333327（38） サイトウ ノリヒト 斎藤 徳人	（82401）独立行政法人理化学研究所 （999）大森素形材工学研究室 （24）協力技術員	非線形光学 博士（理学） レーザー開発	-	-
合計 - 名				研究経費合計	-

研究目的

本欄には、研究の全体構想及びその中で本研究の具体的な目的について、冒頭にその要旨を記述した上で、適宜文献を引用しつつ記述し、特に次の点については、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。（記述に当たっては、「科学研究費補助金（基盤研究等）における審査及び評価に関する規程」（公募要領 52～99 頁参照）を参考にしてください。）

- ① 研究の学術的背景（本研究に関連する国内・国外の研究動向及び位置づけ、応募者のこれまでの研究成果を踏まえ着想に至った経緯、これまでの研究成果を進展させる場合にはその内容等）
- ② 研究期間内に何をどこまで明らかにしようとするのか
- ③ 当該分野における本研究の学術的な特色・独創的な点及び予想される結果と意義
- ④ 基盤研究（A）に、本研究と関連する研究課題を応募している場合には、到達目標等の相違点、また、関連のない研究課題を応募している場合には、研究内容等の相違点（該当者は必ず記述してください。）

要旨： 低温高密度ミュオニウム源・レーザー強度増強等により、効率及びエミッタンスの点で大きく進化した超低速ミュオン源を実現する事により、新規・高精度ミュオン異常磁気能率測定実験の為に技術基盤を確立する。

① 研究の学術的背景

今年、南部・小林 - 益川の3氏が「標準模型」の確立に向けた基礎研究でノーベル物理学賞を受賞された画期的な年になった。一方で、この「標準模型」すら、完全な理論とは考えにくい。そこで、さらにそれを超える物理の探求のため、種々の手法で研究が成されてきた。中でも**ミュオンの異常磁気能率(g-2)測定は、唯一「標準模型」から有意にずれており、申請代表者も参画するBNL E821 実験と理論値とは3.7 標準偏差異なる¹⁾** (図1)。電子の g-2 が実験と理論で極めて良い一致を示す事は、標準模型の非常に良い基盤となる事実である。逆にミュオン g-2 は、標準模型を超える物理に対する感度が電子に比べ質量比の2乗倍だけ在り、この為、従来の精度(0.7ppm)を超えた超高精度実験は極めて決定的な意味を持つ^{注1)}。

一方で、従来から我々は、理研 RAL 支所で**ミュオニウムのレーザー乖離による超低速パルス状偏極ミュオン源(超低速ミュオン)²⁾** 開発を行ってきた^{注2)}。これは、高温のタングステン標的に静止させたミュオンは、ミュオニウムとして真空中に「蒸発」するので、高強度レーザーにより乖離させて熱的ミュオン源とする手法であり、乖離直後のミュオンは殆ど静止している。

昨年来ミュオン g-2 の新たな実験手法を模索していたが、極めて最近、**超低速ミュオンをさらに進化させ実験に応用すれば、閉じこめ電場が不要**

となるため、従来の測定に比べて殆ど系統誤差が無く、飛躍的に精度を上げた実験が可能であるとの着想に至った³⁾。ただし、現実的な実験時間内で行う為には、たとえ J-PARC^{注3)} の大強度陽子ビームを持ってしても、低温高密度ミュオニウム源・レーザー強度増強等により生成効率の飛躍的増強(最低2桁)が不可避である。

理研 RAL 支所のレーザーシステムは約 10 年前の技術に立脚しており、この間、我々は特に固体およびファイバーレーザーを融合させたハイブリッドレーザー技術を世界に先駆け発展させてきた。ここで開発した **Nd:GdVO₄ 結晶は、ミュオニウムのライマンα線レーザー増強に理想的特性を持ち⁴⁾、電流駆動半導体レーザーや波長可変ファイバーレーザーとの組み合わせにより飛躍的大強度化は十分現実的である。**

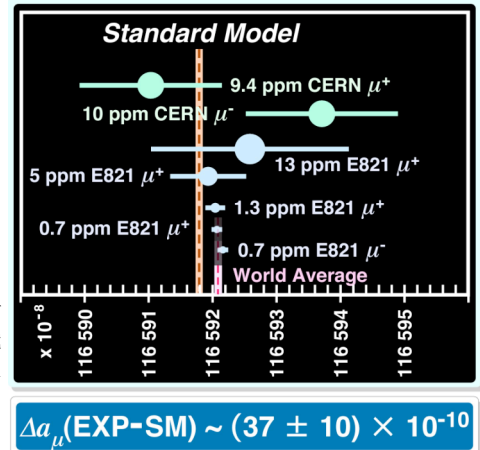


図1 ミュオン異常磁気能率の実験値及び理論値

注1) 標準模型を超える物理の探求として CERN の巨大加速器 LHC を用いた研究が知られるが、レプトンセクターの研究は難しく、本申請を技術基盤として実現しようとする g-2 測定の意義は LHC 稼働後も薄れ無い。

注2) ミュオニウム乖離による超低速ミュオン生成法は東大永嶺・三宅氏(当時)により μ SR 法の可能性を広げるものとして提唱され、理研 RAL 支所において共同開発研究している。

注3) 東海に KEK と JAEA が共同で建設し、今年度稼働を開始した大強度陽子加速器研究施設。

参考文献

- 1) Physical Review D 73 (2006) 072003; Nucl. Instr. Meth. A 579 (2007) 1096-1116
- 2) Spectrochimica Acta Part B 58 (2003) 1019-1030; Nucl. Instr. Meth. B 266 (2008) 335
- 3) 現在はまだ執筆途中ではあるが、<http://ag.riken.jp/g-2/g-2.pdf> に、より詳細な検討文章が在る。
- 4) Optics Letters 28(2003)2333-2335; Japanese Journal of Applied Physics 43,2 (2004) 644-645

② 期間内達成目標

研究機関名	独立行政法人理化学研究所	研究代表者氏名	岩崎 雅彦
-------	--------------	---------	-------

研究目的(つづき)

- ・ 表面ミュオンビーム^{注4)}のミュオニウム生成標的への効率的収束法の確立
- ・ SiO₂等、常温 (< 0.1eV) 以下のミュオニウム生成標的の開発
- ・ ライマンα (VUV) レーザーの大強度化による高効率(数10%)ミュオニウム乖離の実現

を達成し、並行して再加速による超高精度ミュオン g-2 測定を実現する為の実験装置群の詳細設計・検討を行う事で、「従来とは独立な手法・装置で、系統誤差が無視出来る超高精度正電荷ミュオン g-2 測定」に取り掛かり、標準理論からのずれを確立する為の技術基盤を確立する。

注4) 陽子標的に静止した π^+ が2体崩壊する事によって得られるおよそ 30MeV/c の、ほぼ完全偏極・単色ビーム。

③ 特色・独創性

一様磁場中にパルスミュオンを閉じこめ、サイクロトロン回転以上にスピンの回転する成分のみを観測 (g=2 によるスピン回転のキャンセル) する事で、精密かつ効率的に g-2 測定が行われてきた。この際、一様磁場では磁場方向には収束作用がなく、スピンの擾乱を生じさせないよう四重極電場によるリング閉じこめが必要不可欠となる。相対論的ミュオンにとっては、電場も $\vec{\beta} \times \vec{E}$ 方向の磁場として感じる。約 3GeV/c (魔法運動量) では、このスピン回転の大きさが丁度ゼロで、閉じこめ電場によるスピン回転がなく、観測時間は相対論的に伸び、高い偏極・収量が容易に得られる等大きな利点を持つ。しかし同時に、**魔法運動量は実験の系統誤差の源にもなっている。**

- ・ 偏極ミュオンを 3GeV/c の π の前方崩壊から生成する為、 π の混入が大きい。
- ・ 混入した π の核反応により深刻なバックグラウンドが発生する。
- ・ 前方崩壊陽電子しか検出出来ない。
- ・ 陽電子エネルギーはカロリメトリックにしか決定出来ない。
- ・ 電磁シャワーのカバーの為、検出器細分化が不能で、パイルアップに弱い。
- ・ 検出器の長期的なゲイン変動に弱い。
- ・ 電磁場の収束長の干渉からミュオン軌道がコヒーレントベータトロン振動(CBO)を起こす。
- ・ CBO により有効立体角が変動する為、陽電子崩壊時間スペクトルが変調を受ける。

縦方向閉じこめ電場が必要なければ、これらの問題は一挙に解決する。本研究による進化した超低速ミュオンと、ミュオン再加速を利用する事でそれが可能となる。 実際、閉じこめ磁場方向への運動量分散が十分に小さく、観測に必要な間、観測空間領域からの散逸が無ければ不要である。ビームへの π 混入や CBO は自動的に解決し、再加速を 300MeV/c 程度に抑えれば、細分化した位置検出器によって陽電子をロスなしに測定可能で、パイルアップにも強い。重心系での陽電子エネルギーに焼き直す事も容易で、スピンに対する前後非対称度を導出でき、データから直接、寿命や散逸に無関係な非対称度の時間変化部分のみを取り出す事が出来る(図2)。さらに、リング内のミュオンビームが入射ごとにふらついても、多数の陽電子の軌道から入射ごとの中心軌道すら決定可能であると期待される。**この為、本研究は、世界に先駆けて「標準理論」の破れの有無を決定づける為の、J-PARC 等での本格実験実現に欠く事が出来ない。**

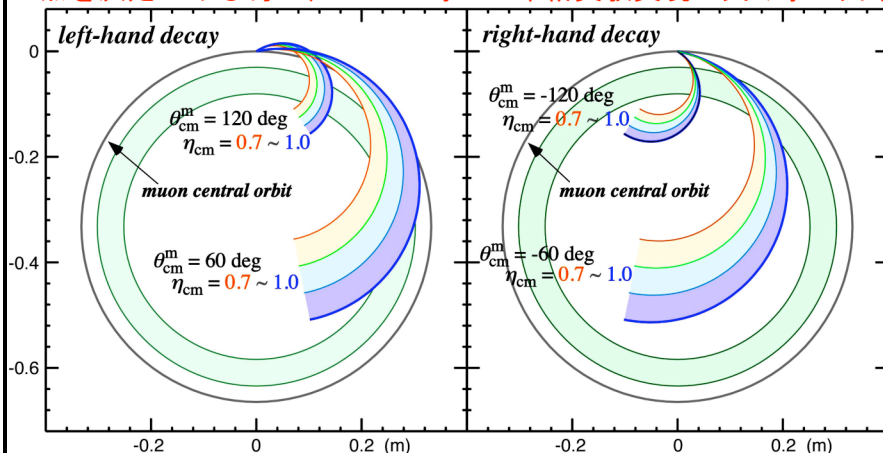


図2：ミュオン中心軌道(黒)と崩壊陽電子の軌跡(300 MeV/c, 3T の場合)。左図はミュオン進行方向に向かって左 60~120 度の陽電子、右図は反対側の陽電子の軌跡。η は重心系での最高陽電子エネルギーに対する割合で、スピン回転に最大感度を持つ 0.7 ~ 1.0 のエネルギー領域が色分けして示して在る。緑の領域に位置検出器を配置する事で効率良く陽電子を観測する事が出来る。この左右比を取ると、寿命等の指数部分がキャンセルするので求めたい非対称度のみをデータから直接求められる。

④ 基盤研究(A)：応募なし。受け入れ予定の研究費との相違・必要性は、本公募様式 S-16 に記載。

研究計画・方法

本欄には、研究目的を達成するための具体的な研究計画・方法について、冒頭にその要旨を記述した上で、平成21年度の計画と平成22年度以降の計画に分けて、適宜文献を引用しつつ、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。ここでは、研究が当初計画どおりに進まない時の対応など、多方面からの検討状況について述べるとともに、研究計画を遂行するための研究体制について、研究代表者及び研究分担者の具体的な役割（図表を用いる等）及び研究分担者とともに行う必要がある場合には、学術的観点から研究組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性についても述べてください。また、研究体制の全体像を明らかにするために、連携研究者及び研究協力者（海外共同研究者、科学研究費への応募資格を有しない企業の研究者、大学院生等（氏名、員数を記入することも可））の役割についても必要に応じて記述してください。

要旨： 低温高密度ミュオニウム源実現を目指す、**I) 表面ミュオンビーム収束**、**II) 低温ミュオニウム生成標的**と、VUV 実用光源レーザー実現を目指す、**III) 高輝度ライマンαレーザー**の3つを早期に実現する。表面ミュオンビーム収束により発生するミュオニウムの空間的広がりを押さえ、低温ミュオニウム生成標的とする事によりミュオニウムの散逸を抑える事で、レーザーとの空間・エネルギー（ドップラー広がり）・時間軸の重なりを大きくし、立体角制限による更なるエミッタンス改善を行う事で、新次元の進化した超低速ミュオン源を創成する。これらは、互いに相乗的な効果が期待出来るため、g-2 実験に理想的な上下方向運動量分散の殆どないミュオン源の実現が可能となる。同時に、**IV) ミュオン g-2 本体実験の詳細設計**を連携により並行して行う。

全体年次計画： H21 では、理研レーザー研究棟でレーザー開発を進め、H22 夏にはレーザーシステム全体を理研 RAL 支所に移設し、RAL-ISIS からの表面ミュオンと組み合わせ、ミュオニウム生成標的の開発と併せて、実用光源・実用ミュオン源の本格的開発研究を開始し、早期実現を目指す。

研究体制：組織の必要性・妥当性及び研究目的との関連性：

図3に本研究の組織図を示す。I IIの素核実験技術が中心となる部分は岩崎が、IIIのレーザー技術が中心となる部分は和田が、IVのg-2本体詳細検討は斎藤と連携しつ

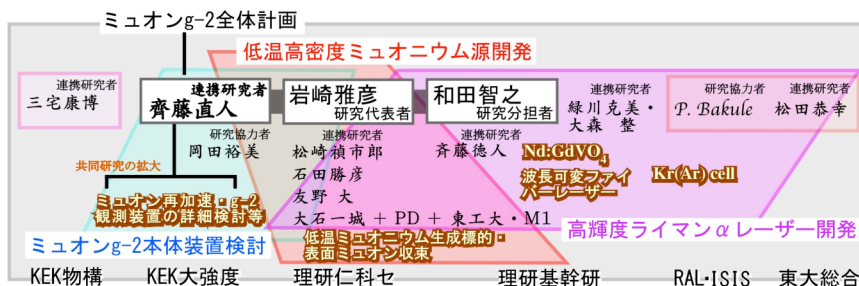


図3 研究組織図。素核実験技術とレーザー技術の融合により相乗的研究推進を目指す、専門を十全に活かす事で効果的に研究目的を実現する。さらに連携研究者・研究協力者と緊密に協力し、共同研究の枠組みを拡大しつつ研究を推進する。

I. 表面ミュオンビーム収束用多重キャピラリー開発 (H21)

現在、最も静止密度の高く収量の得られるミュオン源は30MeV/cの表面ミュオンである。当然、通常の方法では陽子標的以下のサイズにビームを絞る事は出来ない為、細いビームは従来コリメータが使用されてきた。この方法ではビームを捨てるだけであるが、一方、低運動量粒子は物質表面で良く“反射(多重散乱)”されるので、キャピラリー型の収束装置を考える事は意味がある。我々は最近、この手法で表面ミュオンの空間密度を上げられる事を示した⁴⁾。さらに、PHOTONIS社で最近開発されたSNO(図4)に金メッキを施して利用する事で、高効率の多重キャピラリー“レンズ”ともいべき技術を開発し、更なる効率化を図る。基礎技術はすでに検証されており特段の困難は想定されない。

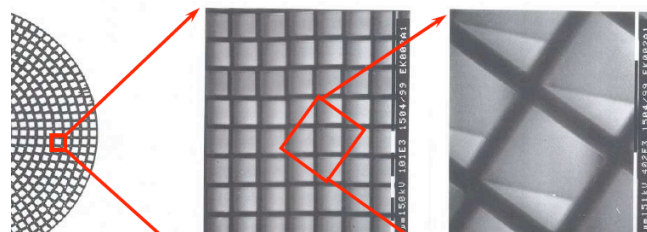


図4 PHOTONISのSNO。MCPを応用した全反射を利用したX線集光用レンズ。穴は矩形で20x20マイクロン、厚さ500マイクロンが標準。

II. 低温ミュオニウム生成標的の開発 (H21~H25)

これまでに高効率で真空中にミュオニウムを発生する物質として、高温のタングステンと室温のSiO₂パウダーが知られている⁵⁾。SiO₂パウダーはタングステンに比べ、温度が低いにも係わらず約2倍効率が大きく、乖離ミュオン引き出しに高電場が使える点や縦磁場によりミュオニウム生成の際の50%脱偏極を回避出来る^{注3)}可能性があるなど多くの利点を持つ。数日で効率が下がり、パ

研究機関名	独立行政法人理化学研究所	研究代表者氏名	岩崎 雅彦
-------	--------------	---------	-------

ウダーであるため鉛直の膜を実現するのは困難という2つの欠点を持つが、逆に、安定動作さえ実現出来れば理想的なミュオニウム生成標的となる。真空中における数日での効率劣化は、表面吸着物質の欠損が原因と疑われるが、その詳細は分かっていない。上記 SNO を SiO₂ パウダーホルダーとする可能性や、1 ミクロン厚程度の鉛直薄膜 SiO₂ パウダー形成法が在るが、真空・引き出し電場中での安定性等についても詳細な R&D が必要となる。鉛直膜状標的の実現が困難な場合の対応策は、斜めの標的ホルダーを利用した、ホルダーに垂直なビーム斜め取出が現実的である。上記研究と並行し、ゼオライト等、より良い標的物質の探索も行う。

レーザービーム照射位置・タイミングの最適化や、それに基づくミュオニウムの空間分布・時間発展・エネルギー等の詳細な研究、得られるミュオンビームのエミッタンス測定は、実際にミュオニウムをレーザー乖離し、電場で引き出して測定する事が効率的であるため、H22 後半から本格的に研究を開始する。これらには、すでに十分な実績を持ち、大きな困難は想定されない。

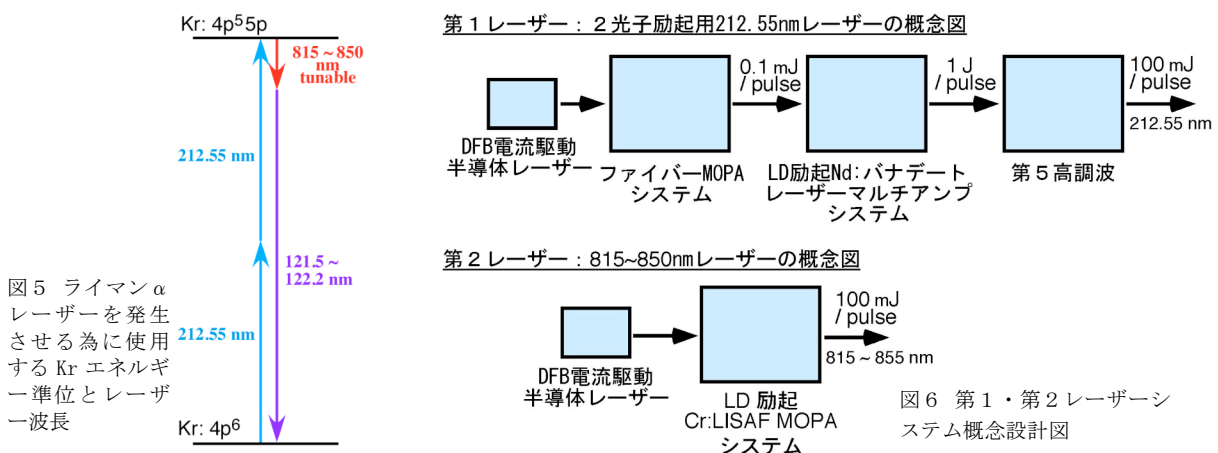
注 3) ミュオニウム生成標的に 2kG 磁場を印加する事で、脱偏極しなくなる。ただし、エミッタンスを小さく保ったままで、取り出す為には、十分な R&D が必要。従来低速ミュオン開発に使用してきた 2100K タングステン標的は、放電しやすいだけでなく、近傍にコイルを配置する事も現実的でないという欠点を持つ。

Ⅲ. ミュオニウム共鳴イオン化用新規レーザーシステム開発 (H21~H23)

本研究計画では、122nm VUV レーザーによってミュオニウム電子を 1S から 2P に励起すると同時に、355nm 紫外線レーザーで 2P 電子を電離するミュオニウム共鳴イオン化法を採用する。研究目的で述べた画期的なミュオン研究を実現する実用光源とする為には、安定で高出力を得ることが難しい 122nm において、これまでの達成出力約 1 μJ を 2 桁程度増強し 100 μJ クラスのパルスレーザーとする必要がある。これは、レーザー技術が実用光源として全く確立されていない波長・出力領域であり、**レーザー物理学においても画期的なチャレンジであるだけでなく、物性研究等にも幅広い応用が可能となる。**

0) 122nm(ライマンα)高出力レーザー発生原理、全体システムデザイン

波長 200nm 以下では、直接レーザー発振可能な実用的媒質が無く、また、非線形波長変換に用いられる光学結晶も存在しない。このため、変換効率に問題が残るが、ガス中での 3 次の非線形効果を用いた波長変換が現実的である。使用するガスは様々な提案があるが、安定動作可能な Kr を非線形媒質とする。図 5 に Kr のエネルギースキームを示す。Kr を 212.55 nm の第 1 レーザー (ω₁) を用いて 2 光子励起し、第 2 レーザー (ω₂) に 815-850 nm の波長可変レーザーを用いることで、122nm (ω₃ = 2ω₁ - ω₂) の波長変換光を発生する。図 6 にシステムの概念図を示す。本レーザーシステムでは、1 ns のパルス幅を採用する。



1) 第 1、第 2 レーザー仕様および必要出力

固体レーザー及び 212.55、815-850nm で必要な光の出力および必要仕様を概算する。Kr による VUV 発生では、小信号領域と呼ばれる比較的変換効率が低い領域で波長変換を行うことから、変換効率は励起レーザーのパワー P₁ および P₂ に対し、およそ (変換効率) ∝ P₁² P₂ となり、これまでの研究から、上記 122nm の出力目標達成の為には、パルス幅を同程度とすれば、計算上 P₁ の波長で 100mJ、P₂ の波長で 100mJ 程度の出力が必要となる。パルス繰り返しは、

ミュオンビームと同期させるため 1 ~ 50 Hz での可変制御を可能とする。

2) 第 1 レーザー

2. 1) **第 1 レーザーの基本波発生:** レーザーシステムは、我々が世界に先駆け開発した 1062.75nm ($5 \times \omega_1$) に良好な利得をもつ Nd : GdVO₄ レーザーを中心に開発を行う⁶⁾。発振器には分布帰還型構造 (DFB) をもつ半導体レーザー (LD) を利用する。これにより、シングル縦モード発振が達成される。Kr への 2 光子共鳴効率を上げる為、温度制御し 2GHz という狭帯域で中心波長の同調を行う。LD は共振器長が短いため、ジッターが無く電流の時間波形がそのままレーザー出力される。したがって、レーザーの繰り返し・パルス幅などのシステム全体の同期制御は、電流回路のみで容易に制御できる。

2. 2) **ファイバー増幅器:** 発振器から得られた基本波は、ファイバー増幅器の中で 0.1mJ レベルまで増幅を行う。出力光の非線形波長変換を行うために、直線偏光を維持する必要がある、また、ファイバー内の自己位相変調によるスペクトル幅の拡大を避けることが重要である。本技術においても、我々の開発したファイバー増幅器技術を導入する⁷⁾。

2. 3) **Nd:GdVO₄ 前段増幅、Yb : YAG 後段増幅:** ファイバー増幅器から得られた出力は、さらに、Nd:GdVO₄ 結晶を利用した前段増幅システムによりパルスあたり数 10mJ まで増幅を行う。Nd:GdVO₄ は、利得の中心が 1062.9 nm でバンド幅 2 nm であり、ほぼ利得中心での増幅が可能である。最終的に、ストレージエネルギーの大きなセラミック Yb:YAG⁸⁾ を用いて最終増幅を行いパルス 1J まで出力を高める。

2. 4) **非線形波長変換:** 波長 1062.75nm、1 J のエネルギーを持ったパルス为非線形波長変換 (第 5 高調波) によって 212.55nm に波長変換を行う。第 2 高調波へは LBO 結晶、第 4 高調波・第 5 高調波には結晶軸方向の異なる CLBO 結晶を用いる。変換効率 10% で 212.55nm 光を出力約 100mJ 得ることを目標とする。特に重要となるのが、CLBO 結晶の導入である。高い効率が得られるものの損傷が大きく実用化されていなかったが、我々はこの結晶の使用法を詳細に研究し、長期安定運用にすでに十分な成果・実績を得ている。

3) 第 2 レーザー

波長 815-850nm で波長可変なパルス光源を開発する。第 1 レーザー同様、DFB タイプの LD を発振器とし、LD 励起の Cr:LiSALF を利用した増幅システムで、約 100mJ まで出力増幅を行う。

4) Kr ガスセルによる VUV 光の発生

Kr ガスセルによる波長変換においては、第 1 レーザーと第 2 レーザーを同時にガスセルに入射することにより $2\omega_1 - \omega_2$ の波長に当たる 122nm (ライマン α) の VUV 光を発生させる。H21 では、第 1、第 2 レーザーの開発と並行して、波長変換の最適化のために集光条件、バッファーガスの圧力をパラメーターとしてシミュレーションを行い、最適化の指針を得る。H22 に VUV の発生・最適化を行う。レーザー開発では、VUV においてまったく未踏の出力領域であるため、最もリスクがあると考えている。対応策として、ビーム複数分割が最も有望と考えられる。

IV. ミュオン g-2 本体実験の詳細設計 (H21~)

連携研究者である斎藤を中心に共同研究の枠組みを広げつつ、ミュオン g-2 実験に必要なミュオン再加速・キッカー・閉じこめ磁場・インフレクター・測定装置の詳細設計・シミュレーションによる全体システムの詳細検討を行い、ミュオン源に目処が付き次第、高精度ミュオン g-2 実験全体装置建設に取り掛かれるよう準備研究を進める。

参考文献 (続き)

- 4) Journal of the Physical Society of Japan, Letter 76 (2007) 093501
- 5) 我々の文献ではないが、例えば、<http://arXiv.org/> の arXiv: nucl-ex/0404013 等が挙げられる
- 6) Opt. Lett. **28** (2003) 2333-2335
- 7) Topical meeting, Advanced Solid State Photonics, CA, USA, MB15 (2007) <http://www.opticsinfobase.org/> 収録
- 8) Opt. Commun. **281** (2008) 4411-4414

今回の研究計画を実施するに当たっての準備状況等

本欄には、次の点について、焦点を絞り、具体的かつ明確に記述してください。

- ① 本研究を実施するために使用する研究施設・設備・研究資料等、現在の研究環境の状況
- ② 研究分担者がいる場合には、その者との連絡調整の状況など、研究着手に向けての状況（連携研究者及び研究協力者がいる場合についても必要に応じて記述してください。）
- ③ 本研究の研究成果を社会・国民に発信する方法等

研究施設・設備： 主な研究拠点は、H22年夏まで研究基盤の揃った理研レーザー研究棟(和光)が中心となり、それ以降は、開発研究に十分なミュオンビームタイムを確保出来ると期待される理研 RAL 支所(英国)に拠点を移し、第3実験ポート及びレーザーハットで研究を展開する。両者とも必要十分なインフラを持つ。ミュオニウム源開発では、収束法開発など DC ビームが必要な際は、適宜 TRIUMF(カナダ)等でも研究を行う。

連絡調整： ミュオン源開発は、岩崎・和田が全体のコアとして研究を行う。RAL-ISIS 所長 A. Taylor 氏とも、従来の日英協力の枠を超えた強い共同研究推進を行う事で意見が一致しており、今回、理研から ISIS に移籍する Bakule 氏、東大・松田氏、KEK 三宅氏等等、従来からの超低速ミュオン共同開発研究とも深く関連するため、今後とも共同研究を行う。

また、連携研究者の斎藤が共同研究の枠組みをさらに拡大しつつ g-2 本体装置準備研究(ミュオン加速方法・検出器等)を推進し、全体の連絡調整を行う。

成果発信： 本研究により、J-PARC 等での理想的ミュオン g-2 実験が現実的となる。それにより、もし**標準理論の破れが確定**すれば、インパクトは国内に留まらない。本研究単体でも、**ミュオン科学・レーザー物理への波及効果**は大きく、成果が上がり次第、情報発信する。

研究計画最終年度前年度の応募を行う場合の記入事項（該当者は必ず記入してください（公募要領 14～15 頁参照））

本欄には、研究代表者として行っている平成 21 年度が最終年度に当たる継続研究課題の当初研究計画、その研究によって得られた新たな知見等の研究成果を記述するとともに、当該研究の進展を踏まえ、今回再構築して本研究に応募する理由（研究の展開状況、経費の必要性等）を記述してください。（なお、本欄に記述する継続研究課題の研究成果等は、7 頁の「これまでに受けた研究費とその成果等」欄には記述しないでください。）

研究種目名	審査区分	課題番号	研究課題名	研究期間
				平成 年度～ 平成 21 年度

当初研究計画及び研究成果等

応募する理由

これまでに受けた研究費とその成果等

本欄には、研究代表者及び研究分担者がこれまでに受けた研究費（科学研究費補助金、所属研究機関より措置された研究費、府省・地方公共団体・研究助成法人・民間企業等からの研究費等。なお、現在受けている研究費も含む。）による研究成果等のうち、本研究の立案に生かされているものを選定し、科学研究費補助金とそれ以外の研究費に分けて、次の点に留意し記述してください。

- ① それぞれの研究費毎に、研究種目名（科学研究費補助金以外の研究費については資金制度名）、期間（年度）、研究課題名、研究代表者又は研究分担者の別、研究経費（直接経費）を記入の上、研究成果及び中間・事後評価（当該研究費の配分機関が行うものに限る。）結果を簡潔に記述してください。（平成20年度の科学研究費補助金の研究進捗評価結果がある場合には、基盤 S - 9 「研究計画と研究進捗評価を受けた研究課題の関連性」欄に記述してください。）
- ② 科学研究費補助金とそれ以外の研究費は線を引いて区別してください。

研究代表者（岩崎雅彦）

科学研究費補助金：該当なし

日米科学技術協力事業：単年・平成10年度・「ミュオン g-2 測定」・分担・研究経費 3,500 千円

BNL E821 実験において必要不可欠である、ストレージリング内におけるミュオンビームを直接観測する為のシンチレーションファイバーを利用した測定器「ファイバーハープモニター」の設計・開発・設置・運用を行った。本装置により、初めてリング内でのミュオンビームのコヒーレントベータトロン振動(CBO)の直接精密観測が可能となった。このCBOは、振動に伴い検出器の有効立体角の時間変調を引き起こし、崩壊陽電子(又は電子)の時間スペクトルに同周期の時間変調をもたらす為、直接観測なしには重大な系統誤差を生む(PRD73(2006) 072003 図 21・NIM A579(2007)1096 図 2 等)。本装置により、CBOによる系統誤差を劇的に改善し、BNL E821 実験におけるミュオン異常磁気能率測定の精度向上に大きな貢献をした。BNL E821 実験全体にかかった研究費に較べ研究費割合は大きくないが、既存の装置を最大限活かす事で大きな成果に繋げる事が出来た。この実験が、現在唯一標準模型との有意なずれを検出している物である。本装置を通しての貢献および実験参加を原動力として、斎藤・岡田等と共に昨年来集中討議を重ねる事で新たな g-2 実験計画着想へ至るなど、本研究(基盤 S)立案のコアとして活かされている。研究代表者は黒川眞一氏(KEK)

日英科学技術協力事業：10年間・平成12~22年・「超低速ミュオン開発研究」・-/代表・研究経費 68,000 千円

平成8年当初、永嶺・三宅氏(東大・当時)等の発案で、東大中間子実験施設(当時)において物性研究に資する為のミュオンビーム開発として2100Kの高温タングステンにミュオニウム生成標的とした低速ミュオンビーム開発研究が開始した。当該研究は上記研究を更に発展させる為、平成12年から理研RAL支所の中心課題の一つとして理研も主体的な共同開発者となってスタートさせた。松田・Bakule氏(理研・当時)等が理研側中心研究者として参画し、日英科学技術協力事業の一環として、新規の専用実験ポート・レーザーキャビンを実現させ、開発研究に必要な種々の光学素子等の導入により、この8年でレーザー強度・ミュオン強度とも約300倍を達成させると共に、時間分解能が高く、良いエミッタンスを持ち、単色性が高く、偏極(~50%)したミュオンビームが得られる事を実証した。この成果も新たな g-2 実験計画着想へ至る源動力となった。本研究(基盤 S)はここでの成果をさらに進化させ、高密度低温ミュオニウムを生成して超低エミッタンスを実現する。当該研究費代表者は、H13まで永嶺兼忠(理研・当時)であった。H14からは本研究(基盤 S)計画の代表でもある岩崎雅彦に代表者が替わっている。

なお、本超低速ミュオン開発研究のレーザー本体経費等は共同研究者である三宅氏(KEK)が科研費等により拠出している。この為、ここでは上記研究経費には含めないが、上記研究は氏等との共同研究の成果で在る。

研究機関名	独立行政法人理化学研究所	研究代表者氏名	岩崎 雅彦
-------	--------------	---------	-------

これまでに受けた研究費とその成果等（つづき）

研究分担者（和田智之）

科学研究費補助金：該当なし

経済産業省：平成 18 年度地域新生コンソーシアム研究開発事業ものづくり革新枠・2 年間・平成 18 年～平成 20 年・「光フロンティア領域を支える次世代機能性光学材料及び素子の開発」・代表・
研究経費 500,000 千円

上記研究は、埼玉地域にある企業・官・公的研究所からなるコンソーシアムを構成し、先端光学素子の開発を推進する為のものである。ここでは、実用的な Yb を活性イオンとしたレーザーダイオードにより直接励起ができる超短パルスレーザーのためのレーザー結晶、ミラー、半導体可飽和吸収素子、フォトニック結晶ファイバーを開発した。レーザー結晶技術では、Yb:GdVO₄の育成に成功すると共に、さらに光学評価・実用化研究を推進した。この成果により、本研究計画の最も基盤となるライマンα光を、波長変換によって作り出す際の大元となる励起レーザー1063nmを効率的に発生させることができるレーザー技術が世界に先駆けて確立した。

関東経済産業局：平成 20 年度地域イノベーション創出研究開発事業・単年・平成 20 年度「光フロンティア領域を開拓する次世代光応用システムの開発」・代表・
研究経費 99,975 千円

平成 20 年度まで受けた、上記予算の継続予算として、コンソーシアムで開発した最新の光学素子を利用して超短パルスレーザー加工機を開発・実現させる為のものであり、期間内に成果を挙げるべく順調に研究を遂行している。

研究計画と研究進捗評価を受けた研究課題の関連性

- ・本欄には、本応募の研究代表者が、平成20年度に、「特別推進研究」、「基盤研究（S）」又は「学術創成研究費」の研究代表者として、研究進捗評価を受けた場合に記述してください。
- ・本欄には、研究計画と研究進捗評価を受けた研究課題の関連性（どのような関係にあるのか、研究進捗評価を受けた研究を具体的にどのように発展させるのか等）について記述してください。

該当なし

人権の保護及び法令等の遵守への対応（公募要領9頁参照）

本欄には、研究計画を遂行するにあたって、相手方の同意・協力を必要とする研究、個人情報の取り扱いの配慮を必要とする研究、生命倫理・安全対策に対する取組を必要とする研究など法令等に基づく手続きが必要な研究が含まれている場合に、どのような対策と措置を講じるのか記述してください。

例えば、個人情報を伴うアンケート調査・インタビュー調査、患者から提供を受けた試料の使用、ヒト遺伝子解析研究、組換えDNA実験、動物実験など、研究機関内外の倫理委員会等における承認手続きが必要となる調査・研究・実験などが対象となります。

なお、該当しない場合には、その旨記述してください。

該当なし

研究経費の妥当性・必要性

本欄には、「研究計画・方法」欄で述べた研究規模、研究体制等を踏まえ、次頁以降に記入する研究経費の妥当性・必要性・積算根拠について記述してください。また、研究計画のいずれかの年度において、各費目（設備備品費、旅費、謝金等）が全体の研究経費の90%を超える場合及びその他の費目で、特に大きな割合を占める経費がある場合には、当該経費の必要性（内訳等）を記述してください。

本研究計画の最大の眼目は、従来強度を遥かに超えるライマン α (VUV) レーザーの開発である。レーザー部分は、十分な経験と実績とを合わせ持ち、それぞれ良い精度で積算されている。製作に十分なノウハウと実績を持ち短期間での基本製作が可能である。本研究のようにミュオニウム生成標的が低温となると、ミュオニウムは殆ど標的から移動しない。この為、生成標的のR&Dは新レーザー開発終了後に行うのが最も効率が良く、効率的に全体計画を遂行する都合上、研究費の多くを最初の2年度に重点配分する必要がある。

ミュオニウム源の開発研究においては、静電場加速および偏向装置、位置・時間検出器が新たに必要となる。これらは、通常の素核実験基礎技術による検出器群あるいは取り出し用ビームラインであり、その実績をもとに積算している。初年度への予算の偏りを多少なりとも緩和する為、ミュオニウム源の備品費はレーザー主要部分の開発を待って2年目とした。

また、これらを有機的・効率的に推進する為、専従のPDを是非とも一人増強したい。

主な現有設備 （記入に当たっては、基盤研究（S）研究計画調書等作成・記入要領を参照してください。）						
研究機関	設備名	仕様（形式・性能）	専用・共同利用の別	設置年度	備考	
理化学研究所	レーザー研究棟		専用	1983	日英科学研究協力協定に基づいた、ミュオン科学研究	
理化学研究所	理研 RAL 支所		専用（機関間共同研究は行う）	1995		
設備備品費の明細 （記入に当たっては、基盤研究（S）研究計画調書等作成・記入要領を参照してください。）（金額単位：千円）						
年度	品名・仕様	数量	単価	金額	主として使用する研究者及び設置機関名	購入予定時期
2 1	1063nm レーザーシステム ・波長 1063nm ・出力 1J	一式		75,000	和田智之・理化学研究所	21年 6月
	波長可変レーザーシステム ・波長 815~850nm ・出力 100mJ	一式		35,000	和田智之・理化学研究所	21年 8月
	波長可変ユニット ・第五高調波	一式		18,000	和田智之・理化学研究所	21年 10月
			小計	128,000		
2 2	Kr セルシステム ・波長 122nm	一式		10,000	和田智之・理化学研究所	22年 6月
	超低温ミュオン引き出し光学系 ・常温標的/高精度取出電場	一式		8,000	岩崎雅彦・理化学研究所	22年 8月
			小計	18,000		
					注) ここではスペースの都合上一式としたが、一括購入と言う意味ではない。開発・組立・運用は理研内で行う	
研究機関名	独立行政法人理化学研究所			研究代表者氏名	岩崎 雅彦	

消耗品費等の明細

(記入に当たっては、基盤研究(S)研究計画調書等作成・記入要領を参照してください。)

(金額単位：千円)

年度	消耗品費		旅費		謝金等		その他	
	事項	金額	事項	金額	事項	金額	事項	金額
平成21年度	SNO	1,000	(国内)	400	PD (半年)	3,000		
	標的サンプル	1,000						
	光学マウント	2,000						
	光学素子	2,000	(外国)	400				
	計	6,000	計	800	計	3,000	計	0
平成22年度	標的サンプル	1,000	(国内)	100	PD	6,000		
	光学マウント	2,000						
	光学素子	2,000	(外国)	700				
		計	5,000	計	800	計	6,000	計
平成23年度	標的サンプル	1,000	(国内)	100	PD	6,000		
	光学マウント	1,500						
	光学素子	1,500	(外国)	700				
		計	4,000	計	800	計	6,000	計
平成24年度	標的サンプル	1,000	(国内)	100	PD	6,000		
	光学マウント	1,000						
	光学素子	1,000	(外国)	700				
		計	3,000	計	800	計	6,000	計
平成25年度	標的サンプル	1,000	(国内)	100	PD	6,000		
	光学マウント	500						
	光学素子	500	(外国)	700				
		計	2,000	計	800	計	6,000	計

平成21年度基盤研究(S) 研究者調査

研究者	(ふりがな) 氏名	いわさき まさひこ 岩崎 雅彦		生年月日 (年齢)	S 33年8月30日 (50歳)	
	所属研究機関 ・部局・職	独立行政法人理化学研究所・岩崎 先端中間子研究室・主任研究員	学位	理学博士	現在の専門	素粒子・原子 核実験
研究業績						
<p>本欄には、これまでに発表した論文、著書(教科書、学会抄録、講演要旨は除く)、産業財産権、招待講演のうち、主要なものを選定し、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり、通し番号を付して記入してください。なお、学術誌へ投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限ります。</p>						
発表論文名・著書名 等						
<p>(例えば発表論文の場合、論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください。)(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。著者名が多数にわたる場合は、主な著者を数名記入し以下を省略(省略する場合、その員数と、掲載されている順番を○番目と記入)しても可。なお、研究代表者・研究分担者及び連携研究者には下線を付してください。)</p>						
<p>1) 論文名 Search for Lorentz and CPT violation effects in muon spin precession 著者名 G.W. Bennett et al. 62人中27番目 掲載誌名 Phys. Rev. Lett. 100 (2008) 091602 査読有</p>						
<p>2) 論文名 Pulsed source of ultra low energy positive muons for near-surface μSR studies 著者名 Pavel Bakule, Yasuyuki Matsuda, Yasuhiro Miyake, Kanetada Nagamine, Masahiko Iwasaki, Yutaka Ikeda, Koichiro Shimomura, Patrick Strasser, Shunshuke Makimura 掲載誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B 266 (2008) 335-346 査読有</p>						
<p>3) 論文名 Search for strange tribaryon states in the inclusive ${}^4\text{He}(K_{\text{stopped}}^-, p)$ reaction 著者名 M. Sato, H. Bhang, J. Chiba, S. Choi, Y. Fukuda, T. Hanaki, R.S. Hayano, M. Iio, T. Ishikawa, S. Ishimoto, T. Ishiwatari, K. Itahashi, M. Iwai, M. Iwasaki, P. Kienle, J.H. Kim, Y. Matsuda, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, S. Suzuki, T. Suzuki, D. Tomono, E. Widmann, T. Yamazaki, H. Yim 掲載誌名 Physics Letters B 659 (2008) 107-112 査読有</p>						
<p>5) 論文名 Kaonic nuclear state search via K^- reaction at rest on ${}^4\text{He}$ target 著者名 M. Iwasaki, H. Bhang, J. Chiba, S. Choi, Y. Fukuda, T. Hanaki, R.S. Hayano, M. Iio, T. Ishikawa, S. Ishimoto, T. Ishiwatari, K. Itahashi, M. Iwai, P. Kienle, J.H. Kim, Y. Matsuda, H. Ohnishi, S. Okada, H. Outa, M. Sato, S. Suzuki, T. Suzuki, D. Tomono, E. Widmann, T. Yamazaki, H. Yim 掲載誌名 Nuclear Physics A 804 (2008) 186-196 査読有</p>						
<p>6) 論文名 Statistical equations and methods applied to the precision muon (g-2) experiment at BNL 著者名 G.W. Bennett et al. 62人中27番目 掲載誌名 Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A 579 (2007) 1096-1116 査読有</p>						
<p>7) 論文名 Density Enhancement of Muon Beams with Tapered Glass Tubes 著者名 Takao M. Kojima, Dai Tomono, Tokihiro Ikeda, Katsuhiko Ishida, Yoshio Iwai, Masahiko Iwasaki, Yasuyuki Matsuda, Teiichiro Matsuzaki, and Yasunori Yamazaki 掲載誌名 Journal of the Physical Society of Japan, Letter 76 (2007) 093501 査読有</p>						
<p>8) 論文名 Precision measurement of the $3d \rightarrow 2p$ x-ray energy in kaonic ${}^4\text{He}$ 著者名 S. Okada, G. Beer, H. Bhang, M. Cargnelli, J. Chiba, S. Choi, C. Curceanu, Y. Fukuda, T. Hanaki, R.S. Hayano, M. Iio, T. Ishikawa, S. Ishimoto, T. Ishiwatari, K. Itahashi, M. Iwai, M. Iwasaki, B. Juhasz, P. Kienle, J. Marton, Y. Matsuda, H. Ohnishi, H. Outa, M. Sato, P. Schmid, S. Suzuki, T. Suzuki, H. Tatsuno, D. Tomono, E. Widmann, T. Yamazaki, H. Yim, J. Zmeskal 掲載誌名 Physics Letters B 653 (2007) 387-391 査読有</p>						
研究機関名	独立行政法人理化学研究所			研究代表者氏名	岩崎 雅彦	

研究業績 (つづき)

9) 論文名 Final Report of the Muon E821 Anomalous Magnetic Moment Measurement at BNL.

著者名 G.W. Bennett et al. 62 人中 27 番目

掲載誌名 Phys. Rev. D73 (2006) 072003 査読有

10) 論文名 A search for deeply bound kaonic nuclear state

著者名 T.Suzuki, H.Bhang, G.Franklin, K. Gomikawa, R.S.Hayano, T.Hayashi, K.Ishikawa, S.Ishimoto, K. Itahashi, M.Iwasaki, T.Katayama, K.Ishikawa, Y. Matsuda, T. Nakamura, S.Okada, H.Outa, B.Quinn, M.Sato, M.Shindo, H.So, T.Sugimoto, P.Strasser, K.Suzuki, S.Suzuki, D.Tomono, A.M.Vinodkumar, E.Widmann, T.Yamazaki, T.Yoneyama

雑誌名 Nuclear Physics A **754** (2005) 375c-382c 査読有

11) 論文名 Measurement of the Kaonic Hydrogen x-ray Spectrum

著者名 G. Beer, A. M. Bragadireanu, M. Cargnelli, C. Curceanu-Petrascu, J.-P. Egger, H. Fuhrmann, C. Guaraldo, M. Iliescu, T. Ishiwatari, K. Itahashi, M. Iwasaki, P. Kienle, T. Koike, B. Lauss, V. Lucherini, L. Ludhova, J. Marton, F. Mulhauser, T. Ponta, L. A. Schaller, R. Seki, D. L. Sirghi, F. Sirghi, and J. Zmeskal.

Physical Review Letters 94 (2005) 212302 査読有

12) 論文名 Discovery of a strange tribaryon $S^0(3115)$ in ${}^4\text{He}(\text{stopped } K^-, p)$ reaction

著者名 T. Suzuki, H. Bhang, G. Franklin, K. Gomikawa, R.S. Hayano, T. Hayashi, K. Ishikawa, S. Ishimoto, K. Itahashi, M. Iwasaki, T. Katayama, K. Ishikawa, Y. Matsuda, T. Nakamura, S. Okada, H. Outa, B. Quinn, M. Sato, M. Shindo, H. So, T. Sugimoto, P. Strasser, K. Suzuki, S. Suzuki, D. Tomono, A.M. Vinodkumar, E. Widmann, T. Yamazaki, T. Yoneyama

掲載誌名 Physics Letters B **597** (2004) 263-269 査読有

13) 論文名 Precision Spectroscopy of Pionic 1s states of Sn Nuclei and Evidence for Partial Restoration of Chiral Symmetry in the Nuclear Medium

著者名 K. Suzuki, M. Fujita, H. Geissel, H. Gilg, A. Gillitzer, R.S. Hayano, S. Hirenzaki, K. Itahashi, M. Iwasaki, P. Kienle, M. Matos, G. Munzenberg, T. Ohtsubo, M. Sato, M. Shindo, T. Suzuki, H. Weick, M. Winkler, T. Yamazaki, T. Yoneyama

掲載誌名 Physical Review Letters **92** (2004) 072302 査読有

14) 論文名 Measurement of the Negative Muon Anomalous Magnetic Moment to 0.7 PPM

著者名 G.W. Bennett et al. 62 人中 27 番目

掲載誌名 Physical Review Letters 92 (2004) 161802 査読有

15) 論文名 Precise muon lifetime measurement at the RIKEN-RAL muon facility and prospects at a high intense muon source

著者名 D. Tomono, S.N. Nakamura, Y. Matsuda, M. Iwasaki, G. Mason, K. Ishida, T. Matsuzaki, I. Watanabe, S. Sakamoto, K. Nagamine

掲載誌名 Nucl. Instrum. Meth. A503 (2003) 283-286 査読有

研究者氏名	岩崎 雅彦				
研究費の応募・受入等の状況・エフォート 本欄は、第2段審査（合議審査）において、「研究資金の不合理的な重複や過度の集中にならず、研究課題が十分に遂行し得るかどうか」を判断する際に参照するところであり、研究代表者及び研究分担者の応募時点における、(1) 応募中の研究費、(2) 受入予定の研究費、(3) その他の活動、について、次の点に留意し記入してください。なお、複数の研究費を記入する場合は、線を引いて区別して記入してください。 ① 「エフォート」欄には、年間の全仕事時間を100%とした場合、そのうち当該研究の実施等に必要となる時間の配分率(%)を記入してください。 ② 「応募中の研究費」欄の先頭には、本応募研究課題を記入してください。 ③ 科学研究費補助金の「特定領域研究」及び「新学術領域研究」の領域提案型にあつては、「計画研究」、「公募研究」の別を記入してください。 ④ 所属研究機関内で競争的に配分される研究費についても記入してください。					
(1) 応募中の研究費					
資金制度・研究費名・研究期間（配分機関等名）	研究課題名（研究代表者氏名）	役割（代表・分担の別）	平成21年度研究経費(期間全体の額)(千円)	エフォート(%)	研究内容の相違点及び他の研究費に加えて本応募研究課題に応募する理由
【本応募研究課題】 基盤研究（S） （H21～H25）	高精度ミュオン g-2 測定を拓く進化型超低速ミュオン源開発	代表	137,800 (197,000)	40	
(This row is intentionally left blank for additional entries.)					
研究機関名	独立行政法人理化学研究所		研究代表者氏名	岩崎 雅彦	

研究費の応募・受入等の状況・エフォート（つづき）					
（２）受入予定の研究費					
資金制度・研究費名・研究期間（配分機関等名）	研究課題名（研究代表者氏名）	役割（代表・分担の別）	平成21年度研究経費（期間全体）（千円）	エフォート（％）	研究内容の相違点及び他の研究費に加えて本応募研究課題に応募する理由
特定領域研究・計画研究（H17～H21）	K 中間子が拓く超高密度クォーク物質の研究（岩崎雅彦）	代表	19,000 (275,000)	40	<p>左記の計画研究はK中間子の原子核中での振る舞いを調べる事を目的としたハドロン物理研究であり、最終的に素粒子実験を目指す本応募研究課題とは目的も分野も本質的に異なる。両課題とも、緊急性が高く、同時実現が至上命題である。</p> <p>本応募研究課題研究とも関連する理研 RAL 支所運営費は、削減によりすでに研究費がなく、科研費以外研究遂行の余地が全くないため本応募研究課題に応募した。</p> <p>左記の計画研究は、理研から研究員7名（現在公募中含む）が専従しており、本応募研究課題にはそれとは独立の4名の理研研究員が連携研究者となっており、さらにPD・大学院生や理研外連携研究者の総力を結集する事で、十分並行して研究の達成が可能である。</p>
（３）その他の活動 〔上記の応募中及び受入予定の研究費による研究活動以外の職務として行う研究活動や教育活動等のエフォートを記入してください。〕				20	/
合計 （上記（１）、（２）、（３）のエフォートの合計）				100 （％）	

平成21年度基盤研究(S) 研究者調査

研究者	(ふりがな) 氏名	わだ さとし 和田 智之		生年月日 (年齢)	S38年10月27日 (44歳)	
	所属研究機関 ・部局・職	理化学研究所・大森素形材研究 室・副主任研究員	学位	理学博士	現在の専門	レーザー工学
研究業績						
<p>本欄には、これまでに発表した論文、著書（教科書、学会抄録、講演要旨は除く。）、産業財産権、招待講演のうち、主要なものを選定し、現在から順に発表年次を過去にさかのぼり、通し番号を付して記入してください。なお、学術誌へ投稿中の論文を記入する場合は、掲載が決定しているものに限ります。</p>						
<p>発表論文名・著書名 等 (例えば発表論文の場合、論文名、著者名、掲載誌名、査読の有無、巻、最初と最後の頁、発表年(西暦)について記入してください。)(以上の各項目が記載されていれば、項目の順序を入れ替えても可。著者名が多数にわたる場合は、主な著者を数名記入し以下を省略(省略する場合、その員数と、掲載されている順番を○番目と記入)しても可。なお、研究代表者・研究分担者及び連携研究者には下線を付してください。)</p>						
<p>1) 論文名 "Thermo-Optical modeling of high power operation of 2mm codoped Tm,Ho solid-state lasers" 著者名 O. A. Louchev, Y. Urata, M. Yumoto, <u>N. Saito</u>, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 J. Appl. Phys. 104, 033114-1 - 033114 -8 (2008) 査読有</p> <p>2) 論文名 "Efficient tunable Yb:YAG ceramic laser" 著者名 S. Nakamura, H. Yoshioka, Y. Matsubara, T. Ogawa, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Opt. Commun. 281. 4411-4414(2008) 査読有</p> <p>3) 論文名 "Electronic wavelength tuning of tunable laser with an acousto-optic filter" 著者名 M. Yumoto, Y. Maeda, <u>N. Saito</u>, T. Ogawa, M. Yamashita, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Jpn. J. Appl. Phys. (2008) 査読有</p> <p>4) 論文名 "Crystal growth and optical performance of Nd:Sr₃Ga₂Ge₄O₁₄ crystals" 著者名 A. Wu, J. Ding, J. Xu, H. Shen, T. Ogawa, <u>S. Wada</u> Phys. stat. sol. 205 No5, 1177-1180 (2008) 査読有</p> <p>5) 論文名 "High-Power High-Efficiency Yb³⁺-Doped Y₃Al₅O₁₂ Ceramic Laser at Room Temperature" 著者名 S. Nakanura, Y. Matsubara, T. Ogawa, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Jpn. J. Appl. Phys. 47, No4, 2149-2151(2008) 査読有</p> <p>6) 論文名 "Thermal conductivity/diffusivity of Nd³⁺ doped GdVO₄, YVO₄, LuVO₄, and Y₃Al₅O₁₂ by temperature wave analysis" 著者名 J. Morikawa, C. Leng, T. Hashimoto, T. Ogawa, Y. Urata, <u>S. Wada</u>, M. Higuchi, J. Takahashi 掲載誌名 J. Appl. Phys. 103, 063522-1-063522-9 (2008) 査読有</p> <p>7) 論文名 "Computational model for operation of 2mm co-doped Tm,Ho solid state lasers" 著者名 O.A. Louchev, Y. Urata, <u>N. Saito</u>, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Opt. Exp. 15, 11903-11912 (2007) 査読有</p> <p>8) 論文名 "Sodium D₂ resonance radiation in single-pass sum-frequency generation with actively mode-locked Nd:YAG lasers," 著者名 <u>N. Saito</u>, K. Akagawa, Mayumi. Ito, A. Takazawa, Y. Hayano, Y. Saito, Meguru. Ito, H. Takami, M. Iye, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Opt. Lett. 32, 1965-1967 (2007) 査読有</p> <p>9) 論文名 "Numerical simulation and optimization of Q-switched 2 mm Tm, Ho:YLF laser" 著者名 O. A. Louchev, Y. Urata, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Opt. Exp. 15, 3940-3947 (2007) 査読有</p> <p>10) 論文名 "90° phase-matched parametric frequency conversion in AgGa_{1-x}In_xS₂" 著者名 S. Benerjee, K. Miyata, K. Kato, <u>N. Saito</u>, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Appl. Phys. B. 87, 101-103 (2007) 査読有</p> <p>11) 論文名 "Automatic continuous scanning and random-access switching of mid-infrared waves generated by difference-frequency mixing" 著者名 <u>N. Saito</u>, M. Kato, <u>S. Wada</u>, H. Tashiro 掲載誌名 Opt. Lett. 31, 2024-2026 (2006) 査読有</p> <p>12) 論文名 "Growth of RE:LuVO₄ (RE = Nd, Tm, Yb) single crystals by the floating zone method and their spectroscopic properties" 著者名 M. Higuchi, T. Shimizu, J. Takahashi, T. Ogawa, Y. Urata, T. Miura, <u>S. Wada</u>, H. Machida 掲載誌名 J. Cryst. Growth 283, 100-107 (2005) 査読有</p> <p>13) 論文名 "Synchronization of 1064 and 1319nm Pulses Emitted from Actively Mode-Locked Nd:YAG Lasers and Its Application to 589nm Sum-Frequency Generation" 著者名 <u>N. Saito</u>, K. Akagawa, Y. Hayano, Y. Saito, H. Takami, M. Iye, <u>S. Wada</u> 掲載誌名 Jpn. J. Appl. Phys. 44, 1484-1487 (2005) 査読有</p>						
研究機関名	独立行政法人理化学研究所		研究代表者氏名	岩崎 雅彦		

研究業績 (つづき)

- 14) 論文名 “808-nm diode-pumped continuous-wave Tm:GdVO₄ laser at room temperature” 著者名 Y. Urata, S. Wada 掲載誌名 Appl. Opt. 44, 3087-3092 (2005) 査読有
- 15) 論文名 “Coherent 589-nm-light Generation by Quasi-Intracavity Sum-Frequency Mixing” 著者名 N. Saito, K. Akagawa, Y. Hayano, Y. Saito, H. Takami, M. Iye, S. Wada 掲載誌名 Jpn. J. Appl. Phys. 44, 1420-1422 (2005) 査読有
- 16) 論文名 “Efficient pulse operation of Nd:GdVO₄ laser with AO Q-switch” 著者名 T. Ogawa, T. Imai, K. Onodera, H. Machida, M. Higuchi, Y. Urata, S. Wada 掲載誌名 Appl. Phys. B. 81, 521-524 (2005) 査読有
- 17) 論文名 “Float zone growth and spectroscopic characterization of Tm:GdVO₄ single crystals” 著者名 M. Higuchi, K. Kodaira, Y. Urata, S. Wada, H. Machida 掲載誌名 J. Cryst. Growth. 265, 487-493 (2004) 査読有
- 18) 論文名 “Analytical method for design a TEM₀₀ mode resonator of a dual-rod Nd:YAG laser with full birefringence compensation” 著者名 R. Hua, S. Wada, H. Tashiro 掲載誌名 Opt. Commun. 232, 333-341 (2004) 査読有
- 19) 論文名 “Float zone growth of Nd:GdVO₄ single crystals along [110] direction and their laser performance” 著者名 M. Higuchi, H. Sagae, K. Kodaira, T. Ogawa, S. Wada, H. Machida 掲載誌名 J. Cryst. Growth 264, 284-289 (2004) 査読有
- 20) 論文名 “Crystal quality and optical properties of Nd:GdVO₄ single crystals by a floating zone method” 著者名 K. Onodera, T. Ogawa, H. Itagaki, H. Machida, S. Wada 掲載誌名 Opt. Materials. 26, 343-345 (2004) 査読有
- 21) 論文名 “Long-term damage test of CaF₂ optical window under irradiation of 4w Nd:YAG laser” 著者名 A. Takazawa, S. Sakuragi, Y. Tanaka, K. Yamada, S. Wada 掲載誌名 Jpn. J. Appl. Phys. 43, 2, 644-645 (2004) 査読有
- 22) 論文名 “Electronically tunable-laser light sources for near infrared spectroscopy” 著者名 H. Sato, N. Saito, K. Akagawa, S. Wada, H. Tashiro 掲載誌名 J. Near Infrared Spectrosc. 11, 295-308 (2003) 査読有
- 23) 論文名 “Efficient laser performance of Nd:GdVO₄ crystals grown by the floating zone method” 著者名 T. Ogawa, Y. Urata, S. Wada, K. Onodera, H. Machida, H. Sagae, M. Higuchi, K. Kodaira 掲載誌名 Opt. Lett. 28, 2333-2335 (2003) 査読有
- 24) 論文名 “Float zone growth and laser performance of Nd:GdVO₄ single crystals” T. Shonai, M. Higuchi, K. Kodaira, T. Ogawa, S. Wada, H. Machida 掲載誌名 J. Cryst. Growth. 241, 159-164 (2002) 査読有
- 25) 論文名 “Narrow-linewidth operation of a compact THz-wave parametric generator system” 著者名 A. Sato, K. Imai, K. Kawase, H. Minamide, S. Wada, H. Ito 掲載誌名 Opt. Commun. 207, 353-359 (2002) 査読有
- 26) 論文名 “Narrow-band, widely electronically tuned frequency-shifted feedback laser” 著者名 Y. Wang, N. Saito, S. Wada, H. Tashiro 掲載誌名 Opt. Lett. 27, 515-517 (2002) 査読有
- 27) 論文名 “Tabletop terahertz-wave parametric generator using a compact, diode-pumped Nd:YAG laser” 著者名 A. Sato, K. Kawase, H. Minamide, S. Wada, H. Ito 掲載誌名 Rev. Sci. Instrum. 72, 3501-3504 (2001) 査読有
- 28) 論文名 “Highly doped Nd:YAG crystal used for microchip lasers” 著者名 Dong, P. Deng, F. Gan, Y. Urata, R. Hua, S. Wada, H. Tashiro 掲載誌名 Opt. Commun. 197, 413-418 (2001) 査読有

研究者氏名	和田 智之				
研究費の応募・受入等の状況・エフォート 本欄は、第2段審査（合議審査）において、「研究資金の不合理な重複や過度の集中にならず、研究課題が十分に遂行し得るかどうか」を判断する際に参照するところであり、研究代表者及び研究分担者の応募時点における、(1) 応募中の研究費、(2) 受入予定の研究費、(3) その他の活動、について、次の点に留意し記入してください。なお、複数の研究費を記入する場合は、線を引いて区別して記入してください。 ① 「エフォート」欄には、年間の全仕事時間を100%とした場合、そのうち当該研究の実施等に必要となる時間の配分率(%)を記入してください。 ② 「応募中の研究費」欄の先頭には、本応募研究課題を記入してください。 ③ 科学研究費補助金の「特定領域研究」及び「新学術領域研究」の領域提案型にあつては、「計画研究」、「公募研究」の別を記入してください。 ④ 所属研究機関内で競争的に配分される研究費についても記入してください。					
(1) 応募中の研究費					
資金制度・研究費名・研究期間（配分機関等名）	研究課題名（研究代表者氏名）	役割（代表・分担の別）	平成21年度研究経費（期間全体の額）(千円)	エフォート(%)	研究内容の相違点及び他の研究費に加えて本応募研究課題に応募する理由
【本応募研究課題】 基盤研究（S） （H21～H25）	高精度ミュオン g-2 測定を拓く進化型超低速ミュオン源開発（岩崎雅彦）	分担	128,000 (138,000)	60	
研究機関名	独立行政法人理化学研究所		研究代表者氏名	岩崎 雅彦	

研究費の応募・受入等の状況・エフォート（つづき）					
（２）受入予定の研究費					
資金制度・研究費名・研究期間（配分機関等名）	研究課題名（研究代表者氏名）	役割(代表・分担の別)	平成21年度研究経費（期間全体）(千円)	エフォート（%）	研究内容の相違点及び他の研究費に加えて本応募研究課題に応募する理由
なし					
（３）その他の活動 〔上記の応募中及び受入予定の研究費による研究活動以外の職務として行う研究活動や教育活動等のエフォートを記入してください。〕				40	/
合計 (上記（１）、（２）、（３）のエフォートの合計)				100 (%)	