

科学研究費助成事業 研究成果報告書

平成 26 年 6 月 24 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(A)

研究期間：2010～2013

課題番号：22244033

研究課題名(和文)大強度パルスミュオン発生のための湾曲ソレノイド開発

研究課題名(英文)Development of curved solenoid for intense pulsed muon generation

研究代表者

下村 浩一郎(Shimomura, Koichiro)

大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所・准教授

研究者番号：60242103

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 35,400,000円、(間接経費) 10,620,000円

研究成果の概要(和文)：従来より1桁上回る輸送効率を持つビームラインを構築するため、新しい光学設計に基づくミュオンビームラインを設計した。本ビームラインは従来の4重極電磁石、偏向電磁石からなる方式と異なり、ソレノイドおよび軸収束系を用いている。本科研費ではその最も重要な構成要素である、湾曲型のソレノイドの開発を行った。

この湾曲ソレノイドは上2つの45度の湾曲部を約6mの直線部の前後に設置する構成になっており、中性子・ガンマ線などのバックグラウンドの低減をはかり、かつ直線部にステアリング磁石を設置することで、正・負のミュオンを弁別できる。本装置を用いてJ-PARCにおいて世界最高強度のミュオンビームが達成された。

研究成果の概要(英文)：We developed Super Omega for intense pulsed muon generation at J-PARC MUSE. The Super Omega is composed of three parts, a normal conducting capture solenoid, a superconducting curved transport solenoid and a superconducting axial focusing solenoid. The muon beam in the U-line is extracted at a 45 degree angle with respect to the proton beamline in the backward direction of the muon production target. The capture solenoid has a large solid angle acceptance of 400 mrad, so that a large amount of muons can be captured and focused at the entrance of the curved solenoid. The curved solenoid has two curved sections of 45 degree each of opposite direction, and a 6 m long straight section. The axial focusing solenoid further transports the muons linearly 8 m in the experimental hall. The Super Omega was installed in the summer of 2012. The obtained muon rate is currently the highest intensity surface muon source in the world.

研究分野：数理科学

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：ミュオン 超伝導電磁石

1. 研究開始当初の背景

ミュオンは加速器から得られる2次ビームとしてこれまで広い範囲の研究分野に用いられてきた。たとえば、

- ・ g-2、ミュオン稀崩壊の研究を通じた素粒子物理学の研究。
- ・ 基礎物理の分野でも電子の次に安定な荷電レプトンとしての特性を生かして電子とミュオンの束縛状態(ミュオニウム)の分光学的測定。
- ・ 原子核研究ではミュオン捕獲現象による原子核の大きさの決定や、ミュオンが触媒として働く核融合反応の研究。
- ・ 超伝導・磁性・半導体などの物性研究では内部磁場に対する微視的プローブとしての利用等

である。

近年、従来の強度を4~5桁上回るミュオン源を建設する可能性がニュートリノファクトリー/ミュオンコライダーの開発研究等で検討され、その実現性が高まってきている。このような大強度ミュオンを発生させることができれば様々なミュオンに関連した物理の飛躍的な発展が可能となり、さらには

- ・ eV程度の超低エネルギーミュオンビームの実用化、
- ・ ミュオンを用いた非破壊分析手法の実用化

等の幅広い新しい研究分野を創出することにもなる。

ミュオンは高エネルギーの陽子ビームを標的に衝突させ、発生したパイオンからの崩壊によって得られているが、特に標的表面近傍に止まったパイオンから得られるミュオンは表面ミュオン、クラウドミュオンと呼ばれている。これらのミュオンは発生源の空間的広がりが小さいこと、エネルギーが4 MeVと低いこと、スピン偏極が100%であること等の特徴を持ちミュオン利用の観点から理想的な性質を持っている。しかしながら従来技術の電磁石(偏向電磁石、4重極電磁石)を用いて構築されるミュオンビームラインでは発生するミュオンのわずか0.1%のみが実験標的まで輸送されるに過ぎず、大部分は利用されずに飛び散ってしまう。このような状況を打破するため我々のグループでは旧つくばミュオン施設において軸収束型超伝導コイルによるミュオン輸送を可能とする「大オメガ」を建設し、輸送立体角1000 mSrを達成し従来の25倍もの効率でミュオンビームを供給することに成功していた。

2. 研究の目的

上記先行研究を生かし、さらにビーム強度を増やすことを目的として、大口径軸収束タ

イプのミュオンチャネルの開発を行う。この際大量にミュオンを発生させる際に必然的に伴う高強度の放射線に耐えられるよう初段には「常伝導ソレノイド磁石系」を用い、その下流に設置される「湾曲型超伝導ソレノイド」による効率的な輸送と低バックグラウンド化をはかり、最後に実験標的位置に焦点を結ばせる為にこれまで我々のグループにより開発されてきた「大オメガ(軸収束型超伝導磁石系)」タイプの収束系を用いる。このような新しいコンセプトのビームチャネルをJ-PARCミュオン施設に設置した場合、世界最高強度(正ミュオン $4 \times 10^8/s$ 、負ミュオン $4 \times 10^7/s$ 、従来型の約20倍の効率)のパルスミュオンビームを発生させることが可能となる。

本研究は、ミュオン粒子を大口径の軸収束光学エレメントのみで輸送しかつ運動量分析を行い、さらには陽電子のバックグラウンド、中性子バックグラウンドを完全に除去するという世界でも例を見ない独創的な研究であり、広範なミュオン科学を発展させることができる。

さらにこの装置が開発された暁には、以下のような本装置以外では不可能な研究が可能となる。

- ・ ミュオニウムの超微細相互作用定数の超精密測定

ミュオニウムは量子電磁気学の検証を最高水準で行うことのできる理想的な束縛系であり、その超微細相互作用定数の測定の精度向上は微細構造乗数($\alpha^{-1}=137$)およびミュオンの質量の精度の向上に直接寄与する。また最近、超弦理論などの考え方を基礎においた理論的考察や、超高エネルギー宇宙線の観測などから、ローレンツ対称性やCPT対称性が破れる可能性が指摘されているが、この効果によりミュオニウムの超微細相互作用定数が強い磁場の中で地球の公転にしたがって変化することが予想されている。このような実験はすでに米国のロスアラモス研究所で調べられているが、J-PARCでは、ミュオニウムをさらに大量に発生させ、精度をさらに高めていくことが可能となる。

- ・ ミュオニウムの1S-2Sレーザー分光によるミュオン質量の精密測定

ミュオニウムの1S-2S準位間のレーザー共鳴分光法による精密測定は、不定性のない量子電磁気学の精密検証といった側面のみならず、ミュオンの質量の精度向上にも寄与する。

上記2つの測定はその精度はこれまでの実験では、統計量で決まっており、従来の実験条件より2桁高いパルス状ミュオンビー

μを供給可能な本装置の完成で、その精度を1桁以上上げることが可能となる。また得られる物理量（ミュオンの質量、磁気モーメント、微細構造乗数）は以下の $g-2$ の測定から新しい物理を引き出すためにも極めて重要である。

・超低速ミュオンビームの発生とその基礎物理への応用

現在超低速ミュオンを用いた新しい方式の $g-2$ の測定実験が提案されているが、本装置のその実現のための基幹技術ともなっている。その早期実現は $g-2$ 測定を進展させるためにも極めて重要である。

3. 研究の方法

研究成果高強度軸収束表面ミュオンチャンネル全体概念図を以下に示す。陽子ビームをグラファイト生成標的に照射して生まれるミュオン、パイオンなどの2次粒子を、耐放射線性（無機絶縁コイルMIC製品）の常伝導ソレノイド磁石系（ $\sim 0.3T$ ）によって捕獲する（大立体角捕獲セクション）。この後、捕獲された2次粒子は、2T程度の湾曲超伝導ソレノイド電磁石に導かれる。この超伝導ソレノイド電磁石は、入射部、出射部が対称に湾曲しており、湾曲部においてビームと垂直に発生する磁場成分で生じる軌道のずれを補正する事ができる（輸送セクション）。輸送セクションによってビームトンネル外に導かれた2次粒子は軸収束型超伝導電磁石系によって小さく収束され、実験に供される。

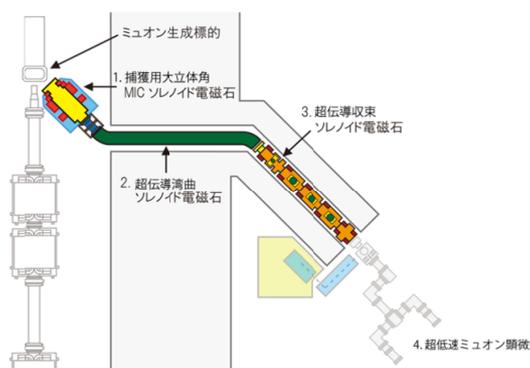


図1 高強度軸収束表面ミュオンチャンネル全体概念図

本研究では先行して開発されている常伝導ソレノイド磁石系、現在詳細設計、一部のテストコイルによる開発研究が進行している湾曲部用超伝導コイルの実績を踏まえ、「湾曲型超伝導ソレノイド」の開発をおこなう（予算の関係上もっとも緊急かつ開発度の

高い先端部分に集中する）。最終的にはこれらの装置をJ-PARCミュオン施設に設置することにより、世界最高性能の低エネルギーミュオンチャンネルを実現することを目的としている。

「湾曲型超伝導ソレノイド」はミュオンをターゲットから実験エリアまで輸送するために、最低でも7m程度の長さが必要となる。またその大部分は放射線シールドの中に組み込まれる必要があるので、このためソレノイドはシールド内への組み込みが比較的簡易にできる独立システムにできることが望ましく、経済性、保守性の観点から、オンラインヘリウム冷凍機による冷却ではなく、GM小型冷凍機を用いた冷却方式を採用する。

4. 研究成果

大立体角軸収束ミュオンビームライン（スーパーオメガ）の一部をなす超伝導湾曲ソレノイド電磁石の設計・製作を進めた。またスーパーオメガは汎用の大強度ミュオンビームラインであり主として超低速ミュオンビーム研究に用いられる。当研究では多くの成果が上がっているが、本研究提案に関して特に重要な点を以下に記す。

(1)大立体角捕獲用、耐放射線（無機絶縁コイルMIC製）ソレノイド磁石の設計、製作

生成標的から放出される $30MeV/c$ の運動量を有する表面ミュオンや運動量がやや低いクラウドミュオンを $400mSr$ 以上の大立体角で取り込む常伝導ソレノイド磁石の設計を行った。磁場による陽子ビームの軌道のズレとソレノイドへの放射線損傷を最少にするデザインを見出すことに成功し、すでに製作・設置が終了している。

(2)湾曲超伝導ソレノイド電磁石の設計：

スーパーオメガでは、入射部に直線のソレノイドを置き、途中で45度の湾曲部を設けたソレノイドによってミュオンの軌道を曲げ、その後、再び直線状のソレノイドによってトンネル外まで輸送した後に再び45度の湾曲部を設けて軌道のずれを補正するデザインとなっている。輸送効率を最適化するためのコイルのレイアウト、放射線による熱流入の定量評価に基づく冷却系のデザイン等を含んだ基本設計が進められた。

以上の成果をもとにした設計をもとに、スーパーオメガの建設が、平成24年度には無事終了し従来世界最高強度のパルスミュオ



図2 本開発研究によって実現されたスーパーオメガビームライン

ンを発生していた既存のビームライン（Dライン）に比べさらに20倍の強度（陽子ビーム1MWあたり $4 \times 10^8/s$ ）を達成した。

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 16 件）

1. " Measurement of Muonium Hyperfine Splitting at J-PARC " (査読有)
K. S. Tanaka, M. Aoki, H. Inuma, Y. Ikedo, K. Ishida, M. Iwasaki, Y. Ueno, R. Ohkubo, T. Ogitsu, R. Kadono, O. Kamigaito, N. Kawamura, D. Kawall, S. Kanda, K. Kubo, T. Kume, A. Koda, K. M. Kojima, N. Saito, N. Sakamoto, K. Sasaki, K. Shimomura, M. Sugano, D. Tomono, A. Toyoda, H. A. Torii, E. Torikai, K. Nagamine, K. Nishiyama, P. Strasser, Y. Fukao, Y. Fujiwara, Y. Matsuda, T. Mibe, Y. Miyake, and M. Yoshida, JPS Conf. Proc. **2** (2014) 010405. DOI: <http://dx.doi.org/10.7566/JPSCP.2.010405>
2. " Development of High-Rate Positron Tracker for the Muonium Production Experiment at J-PARC " (査読有)
S. Kanda, H. Fujimori, Y. Fukao, Y. Ikedo, K. Ishida, M. Iwasaki, N. Kawamura, K. M. Kojima, M. Lee, S. Makimura, T. Mibe, Y. Miyake, J. Nakamura, Y. Nagashima, T. Nagatomo, K. Nagumo, S. Nishimura, S. Okada, N. Saito, K. Shimomura, T. Suzuki, P. Strasser, K. Ueno, and E. Won, JPS Conf. Proc. **2** (2014) 010404. DOI: <http://dx.doi.org/10.7566/JPSCP.2.010404>
3. " Ultra Slow Muon Project at J-PARC MUSE " (査読有)
Y. Miyake, Y. Ikedo, K. Shimomura, P. Strasser, N. Takashi, J. Nakamura, S. Makimura, N. Kawamura, H. Fujimori, A. Koda, Y. Kobayashi, K. Nishiyama, R. Kadono, W. Higemoto, T.U. Ito, T. Ogitsu, Y. Makida, K. Sasaki, T. Adachi, and E. Torikai, JPS Conf. Proc. **2** (2014) 010101(1-6). DOI: <http://dx.doi.org/10.7566/JPSCP.2.010101>
4. " Positron separators in Superomega muon beamline at J-PARC " (査読有)
Y. Ikedo, Y. Miyake, K. Shimomura, P. Strasser, N. Kawamura, K. Nishiyama, S. Makimura, H. Fujimori, A. Koda, J. Nakamura, T. Nagatomo, Y. Kobayashi, T. Adachi, A.D. Pant, T. Ogitsu, T. Nakamoto, K. Sasaki, H. Ohhata, R. Okada, A. Yamamoto, Y. Makida, M. Yoshida, T. Okamura, R. Okubo, W. Higemoto, T.U. Ito, K. Nakahara, and K. Ishida, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B **317** (2013) 365-368. DOI: 10.1016/j.nimb.2013.07.060
5. " Superconducting curved transport solenoid with dipole coils for charge selection of the muon beam " (査読有)
P. Strasser, Y. Ikedo, Y. Miyake, K. Shimomura, N. Kawamura, K. Nishiyama, S. Makimura, H. Fujimori, A. Koda, J. Nakamura, T. Nagatomo, T. Adachi, A.D. Pant, T. Ogitsu, Y. Makida, M. Yoshida, K. Sasaki, T. Okamura, H. Ohhata, T. Nakamoto, R. Okada, R. Ohkubo, A. Yamamoto, W. Higemoto, T.U. Ito, K. Ishida, and K. Nakahara, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res., Sect. B **317** (2013) 361-364. DOI: 10.1016/j.nimb.2013.07.046
6. " Development status of superconducting solenoid for the MuHFS experiment at the J-PARC " (査読有)
K. Sasaki, M. Sugano, R. Ohkubo, H. Inuma, T. Ogitsu, N. Saito, K. Shimomura, and A. Yamamoto, J. Phys.: Conf. Ser. **408** (2013) 012074(1-4). DOI:10.1088/1742-6596/408/1/012074
7. " The H line: a brand new beam line for fundamental physics at the J-PARC muon facility " (査読有)
N. Kawamura, A. Toyoda, M. Aoki, N. Saito, S. Mihara, K. Shimomura, and Y. Miyake, J. Phys.: Conf. Ser. **408** (2013) 012072(1-4). DOI:10.1088/1742-6596/408/1/012072
8. " Superconducting Magnet Design for the Hyperfine Structure Measurement of Muonium at the J-PARC " (査読有)
K. Sasaki, M. Sugano, R. Ohkubo, T. Ogitsu, N. Saito, K. Shimomura, and A. Yamamoto, IEEE Trans. Appl. Supercond. **23** (2013) 4500704(1-4). DOI: 10.1109/TASC.2013.2245714
9. " Cryogenic Design of a Superconducting Solenoid for Muonium Hyperfine Structure Measurement " (査読有)
M. Sugano, K. Sasaki, R. Ohkubo, T. Kume, N. Kimura, R. Okada, T. Okamura, K. Shimomura, N. Saito, T. Ogitsu, and A. Yamamoto, IEEE Trans. Appl. Supercond. **23** (2013) 3800204(1-4). DOI: 10.1109/TASC.2012.2233259
10. " Ultra slow muon microscopy by laser resonant ionization at J-PARC, MUSE " (査読有)
Y. Miyake, Y. Ikedo, K. Shimomura, P. Strasser, N. Kawamura, K. Nishiyama, A. Koda, H. Fujimori, S. Makimura, J. Nakamura, T. Nagatomo, R. Kadono, E. Torikai, M. Iwasaki, S. Wada, N. Saito, K. Okamura, K. Yokoyama, T. Ito, and W. Higemoto, Hyperfine Interact. **216** (2013) 79-83. DOI:10.1007/s10751-012-0759-4
11. " J-PARC Muon Facility, MUSE " (査読有)
Y. Miyake, K. Shimomura, N. Kawamura, P. Strasser, A. Koda, S. Makimura, H. Fujimori,

- Y. Ikedo, K. Nakahara, S. Takeshita, M. Kato, K. Kojima, Y. Kobayashi, K. Nishiyama, R. Kadono, W. Higemoto, T. U. Ito, K. Ninomiya, K. Kubo, and K. Nagamine, *Physics Procedia* **30** (2012) 46–49. DOI: 10.1016/j.phpro.2012.04.037
12. " Status of the Superomega Muon Beam Line at J-PARC " (査読有)
Y. Ikedo, Y. Miyake, K. Shimomura, P. Strasser, K. Nishiyama, N. Kawamura, H. Fujimori, S. Makimura, A. Koda, T. Ogitsu, Y. Makida, T. Adachi, K. Nakahara, M. Yoshida, A. Yamamoto, T. Nakamoto, K. Sasaki, K. Tanaka, N. Kimura, W. Higemoto, Y. Ajima, K. Ishida, Y. Matsuda, and A. Sato, *Physics Procedia* **30** (2012) 34–37. DOI: 10.1016/j.phpro.2012.04.037
13. " Muon Beam Slicer at J-PARC MUSE " (査読有)
W. Higemoto, T.U. Ito, K. Ninomiya, R.H. Heffner, K. Shimomura, K. Nishiyama, and Y. Miyake, *Physics Procedia* **30** (2012) 30-33. DOI: 10.1016/j.phpro.2012.04.033
14. " Ultra Slow Muon Microscopy for Nano-science " (査読有)
Y. Miyake, N. Nishida, J. Yoshino, W. Higemoto, E. Torikai, K. Shimomura, Y. Ikedo, N. Kawamura, P. Strasser, S. Makimura, H. Fujimori, K. Nakahara, A. Koda, Y. Kobayashi, K. Nishiyama, R. Kadono, T. Ogitsu, Y. Makida, K. Sasaki, T. Adachi, and K. Nagamine, *J. Phys.: Conf. Ser.* **302** (2011) 012038(1-6). DOI:10.1088/1742-6596/302/1/012038
15. " Possibility of precise measurements of muonium HFS at J PARC MUSE " (査読有)
K. Shimomura, *AIP Conf. Proc.* **1382** (2011) 245-247. DOI: 10.1063/1.3644324
16. " The Status of the Superomega Muon Beamline " (査読有)
Y. Ikedo Y. Miyake, K. Shimomura, P. Strasser, K. Nishiyama, N. Kawamura, H. Fujimori, S. Makimura, A. Koda, K. Nakahara, T. Ogitsu, Y. Makida, T. Adachi, M. Yoshida, A. Yamamoto, T. Nakamoto, K. Sasaki, K. Tanaka, N. Kimura, W. Higemoto, Y. Ajima, K. Ishida, Y. Matsuda, and A. Sato, *AIP Conf. Proc.* **1382** (2011) 220-222. DOI: 10.1063/1.3644317

[学会発表] (計 24 件)

日本物理学会 第 69 回年次大会 (東海大学 湘南キャンパス)

1. 2014 年 3 月 30 日
J-PARC MUSE におけるミュオニウム
の超微細構造の精密測定
▶ 松田恭幸, 下村浩一郎他
2. 2014 年 3 月 30 日

J-PARC/MLF ミュオンビームライン U
ラインの現状

▶ 池戸豊, 下村浩一郎他

3. 2014 年 3 月 30 日
J-PARC MUSE におけるミュオニウム
超微細構造測定
▶ 田中香津生, 下村浩一郎他
4. 2014 年 3 月 30 日
ミュオニウム超微細構造測定に向け
た磁場測定プローブの開発
▶ 水谷丈洋, 下村浩一郎他

日本物理学会 2013 年秋季大会 (徳島大学
常三島キャンパス)

5. 2013 年 9 月 27 日
イメージインテンシファイアを用い
たミュオンビームプロファイルモニ
タの開発
▶ 伊藤孝, 下村浩一郎他
6. 2013 年 9 月 27 日
ミュオニウムの超微細構造精密測定
のための R&D の現状
▶ 下村浩一郎他
7. 2013 年 9 月 27 日
J-PARC/MLF におけるスーパーオメガ
ミュオンビームライン IX
▶ 池戸豊, 三宅康博, 下村浩一郎
8. 2013 年 9 月 27 日
J-PARC における超低速ミュオン顕微
鏡
▶ 長友傑, 下村浩一郎他

日本物理学会 2013 年秋季大会 (高知大学
朝倉キャンパス)

9. 2013 年 9 月 20 日
J-PARC MUSE におけるミュオニウム
超微細構造測定
▶ 田中香津生, 下村浩一郎他
10. 2013 年 9 月 20 日
ミュオニウム超微細構造測定に向け
た磁場プローブの開発
▶ 水谷丈洋, 下村浩一郎他

日本物理学会 第 68 回年次大会 (広島大学
東広島キャンパス)

11. 2013 年 3 月 26 日
ミュオニウムの超微細構造の精密測
定に向けての開発現状
▶ 下村浩一郎他
12. 2013 年 3 月 26 日
J-PARC/MLF におけるスーパーオメガ
ミュオンビームライン VIII
▶ 池戸豊, 下村浩一郎他
13. 2013 年 3 月 26 日
J-PARC MUSE における超低速ミュオ
ンビームラインの建設 2
▶ 長友傑, 下村浩一郎他
14. 2013 年 3 月 27 日
大強度ミュオンビームライン
Super-Omega におけるビーム測定

- ▶ 足立泰平, 下村浩一郎他
- 15. 2013年3月27日
J-PARC MUSEにおけるミュオニウム
超微細構造測定
▶ 田中香津生, 下村浩一郎他
- 16. 2013年3月27日
ミュオニウム超微細構造精密測定用
超伝導磁石システムの開発
▶ 佐々木憲一, 下村浩一郎他
- 17. 2013年3月27日
J-PARC MUSEにおけるミュオニウム
超微細構造測定実験でのビームプロ
ファイルモニタの開発
▶ 田島美典, 下村浩一郎他

日本物理学会 2012年秋季大会(横浜国立大学)

- 18. 2012年9月20日
J-PARC・MLF・超低速ミュオン顕微鏡
計画のためのレーザー輸送系の設
計・製作の現状
▶ 中村惇平, 下村浩一郎他
- 19. 2012年9月20日
J-PARC MUSEにおける超低速ミュオ
ンビームラインの建設
▶ 長友傑, 下村浩一郎他
- 20. 2012年9月20日
J-PARC MUSEにおけるミュオニウム
の超微細構造の精密測定
▶ 豊田晃久, 下村浩一郎他
- 21. 2012年9月20日
J-PARC/MLFにおけるスーパーオメガ
ミュオンビームラインVII
▶ 池戸豊, 下村浩一郎他

日本物理学会 2012年秋季大会(京都産業大学)

- 22. 2012年9月12日
J-PARC MUSEにおけるミュオニウム
生成実験のための陽電子飛跡検出器
の開発
▶ 神田聡太郎, 下村浩一郎他
- 23. 2012年9月12日
J-PARC MUSEにおけるミュオニウム
超微細構造測定
▶ 田中香津生, 下村浩一郎他
- 24. 2012年9月12日
ミュオニウムの超微細構造精密測定
のための高磁場均一度を有する超伝
導磁石システムの開発
▶ 菅野未知央, 下村浩一郎他

〔図書〕(計 0件)

〔産業財産権〕

出願状況(計 0件)

取得状況(計 0件)

〔その他〕

ホームページ等

http://msl.kek.jp/MSL_index.html

6. 研究組織

(1)研究代表者

下村 浩一郎 (SHIMOMURA Koichiro)
高エネルギー加速器研究機構・物質構造科
学研究所・准教授
研究者番号: 60242103

(2)研究分担者

斉藤 直人 (SAITO Naohito)
高エネルギー加速器研究機構・素粒子原子
核研究所・教授
研究者番号: 20321763

岩崎 雅彦 (IWASAKI Masahiko)
理化学研究所・仁科加速器科学研究
センター・主任研究員
研究者番号: 60183745

(3)連携研究者

三宅 康博 (MIYAKE Yasuhiro)
高エネルギー加速器研究機構・物質構造科
学研究所・教授
研究者番号: 80209882

河村 成肇 (KAWAMURA Naritoshi)
高エネルギー加速器研究機構・物質構造科
学研究所・研究機関講師
研究者番号: 60311338

ストラッサー パトリック

(STRASSER Patrick)
高エネルギー加速器研究機構・物質構造科
学研究所・研究機関講師
研究者番号: 20342834

萩津 透 (OGITSU Toru)

高エネルギー加速器研究機構・共通基盤研
究施設超伝導工学センター・教授
研究者番号: 30185524