

令和 6 年 6 月 4 日現在

機関番号：82118

研究種目：基盤研究(S)

研究期間：2017～2021

課題番号：17H06126

研究課題名(和文)高輝度ミュオンマイクロビームによる透過型ミュオン顕微鏡イメージング

研究課題名(英文)Transmission Muon Microscope by muon microbeam, realizing 3-D Imaging

研究代表者

三宅 康博(Miyake, Yasuhiro)

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・研究員

研究者番号：80209882

交付決定額(研究期間全体)：(直接経費) 156,300,000円

研究成果の概要(和文)：光科学・加速器科学と電子顕微鏡学の究極的な融合により、透過型ミュオン顕微鏡を開発し、新たな顕微鏡イメージングを確立する。電子より200倍重いミュオンは、同じ速度で約200倍の試料透過能力を有し、荷電粒子であることから電磁場の可視化能力を有する。再加速エネルギーをあげることにより、超高圧電子顕微鏡をもってしても到達不可能な10 μm厚超領域のトモグラフィ3次元測定、生きた細胞の透過観察を実現することができる。電子顕微鏡と光学顕微鏡の分解能ギャップを埋める全く新しい顕微鏡が誕生する。また、超低速ミュオンを再加速して、高輝度ミュオンマイクロビームを作り出し、ミュオン回折実験を行う。

研究成果の学術的意義や社会的意義

10 MeVまで再加速したミュオンの透過能力と、超低速ミュオン源の極小エミッタンス性を生かせば、超高圧電子顕微鏡をもってしても到達不可能な10 μm厚超領域のトモグラフィ3次元解析が可能になり、細胞全体の微細構造の全貌、神経細胞のネットワーク微細構造までも明らかにする事ができる。高い透過能力は、SiN製の薄い窓を持つ生体試料用の耐真空セルの使用を可能にし、生きた細胞の透過観察を可能にすることができる。最終的には、多段冷却と収差補正により、分解能0.1 nmの性能向上させることができ、学術的、社会的意義は、極めて大きいといえる。

研究成果の概要(英文)：By combining the novel knowledge of optical and accelerator science and electron microscopy we are developing transmission muon microscopy and establish a completely new microscopic imaging technique. Muons, which are 200 times heavier than electrons, have an ability to penetrate a sample about 200 times at the same velocity and have a potential ability to visualize electromagnetic fields because they are charged particles. By increasing the re-acceleration energy, it is potentially possible to achieve 3D tomographic measurements in a region of 10 μm thickness, which is unreachable even with an ultra-high-voltage electron microscope, and to observe live cells through the microscope. A completely new microscope that bridges the resolution gap between electron microscopes and optical microscopes will be born. In addition, ultra-slow muons will be re-accelerated to produce a high-brilliance muon microbeam for muon diffraction experiments.

研究分野：ミュオン科学。世界で初めて超低速ミュオンビームを創り出し、ナノサイエンスに貢献する。

キーワード：ミュオン ミュオン加速 超低速ミュオン レーザー 顕微鏡 量子可干渉性 波動性

1. 研究開始当初の背景

サブ eV にまで冷却された超低速ミュオンビームを用いて、物質界面を有する多層膜、ナノ構造を含む新機能性物質等の薄膜界面の局所磁場、電子状態、スピン伝導の超高感度観測を目的として、新学術領域研究「超低速ミュオン顕微鏡」計画（鳥養映子代表、平成 23-27 年度）を押し進めてきた。超低速ミュオンの生成は、J-PARC ミュオン施設で得られる世界最高強度のパルス表面ミュオン(4 MeV)を、タングステン箔に入射し、真空中にミュオニウム（正ミュオンと電子が結合した軽い水素状原子、Mu）を発生させることから始まる。このとき、4 MeV から 0.2 eV までの 7 桁の冷却が行われるにも拘わらず、その収率が 4% と極めて高いことが重要である。最近では、室温シリカエアロゲルを用いて、収率 7% で、0.03 eV の 8 桁の冷却にも成功している。真空中に漂い出てくる Mu をレーザー共鳴イオン化法（1s-2p-unbound）により電子を剥ぎ取り、加速・収束することにより、超低速ミュオンが得られる。これまでミュオンは、スピンを持った放射性的な粒子として、生成・崩壊時の空間反転非対称性を利用する研究に、その用途が限られてきた。本研究の本質は、超冷却・再加速により、時間・空間コヒーレンスに優れた高輝度ミュオンマイクロビームを創成して、ミュオンの粒子性と波動性の 2 面性を実証するとともに、これを駆使した新しい顕微法を確立する。

2. 研究の目的

本計画では、平成28年2月にその生成に成功した30 keVの超低速ミュオンを、300 keVまで再加速する事によって量子干渉性を直接証明する。次に、更に10MeVまで再加速して、深さ10 μ m以上の対象物を分解能1 μ m以下で観察可能ならしめる透過型顕微鏡（1段冷却）を開発する。最終的には、多段冷却と収差補正により、分解能0.1 nmの性能向上を目指す。下記の4つの研究開発項目を達成する。

(1) 超低速ミュオン再加速技術の開発： 30keV 超低速ミュオンはビーム径が数 mm で、且つ、たかだか 100 nm 程度の透過能しかないので、ミュオンを 300 keV まで、誘導加速により再加速する。再加速のステージ毎に、回折実験を行い、ミュオンが波である事を実証する。最終的に誘導加速マイクロトロンにより 10MeV まで加速することを実現させ、可干渉性を持つミュオンマイクロビームを誕生させる。

(2) 超伝導対物レンズの開発： 高い分解能と透過型電子顕微鏡を上回る試料透過能を実現する為、超伝導技術を用いて 10MeV ミュオンまで対応可能な超伝導対物レンズを開発する。

(3) 透過ミュオンイメージング手法の確立： 上記の超伝導対物レンズ系及び、収束・拡大レンズ系、デフレクタ系、試料ステージ、及びミュオン画像検出器を整備し、透過ミュオンの回折像、吸収像および位相差像のイメージング手法を確立する。

(4) 実用材料のイメージング： SiN 製の薄い窓を持つ生体試料用の耐真空セルを用いた、生きた細胞そのままの生物試料観察、動作中 Li イオン電池の電極/電解液界面観察や、従来よりも広いダイナミックレンジでの半導体内部電位分布の可視化を行い、電子顕微鏡を上回る試料透過能力と検出感度を有するイメージング手法であることを実証する。

3. 研究の方法

(1) 研究方法

超低速ミュオンは、生まれつき熱運動まで冷却されている為、空間分布と発散角、運動量分布で表される 6 次元のエミッタンスが極めて小さい。このエミッタンスを保存しつつ、300 keV まで誘導加速により再加速する。ビーム径は再加速されれば縮小される（リウビルの定理）ことが重要である。従来の IGBT を用いた誘導加速では、1 コア当たり数 kV という電圧が限界であったが、Semiconductor Opening Switch ダイオードを使用する事で、超高速に電流速断し、非常に高い di/dt を発生させ、1 コア当たり 30 kV の高い加速を得る。10 コアで 300kV の加速を行う。

【ミュオン再加速技術の開発】 300keV から 10 MeV までの再加速を行う為に、マイクロトロン用磁極(4 台 1 組の偏極電磁石)の製作を行い、誘導加速装置を利用し、誘導加速マイクロトロンとする[1]。このような誘導加速方式では高周波加速のようなパンチ長によるエネルギー分散が発生しない為、10 MeV までエネルギーが上がれば、位相差顕微鏡に必要なエネルギー分散 10^{-5} に抑える事ができる。エミッタンスも 30 keV 時の 1/10 程度に断熱収縮し、より可干渉性の高いマイクロミュオンビームによる透過型ミュオン顕微法を確立する。 [1]「クラスターイオン用誘導加速マイクロトロン」高山健 第 10 回日本加速器学会 (2013)

【超伝導対物レンズ系の開発】 電子より 200 倍重く、磁場で曲げにくいミュオンを、短い焦点距

離で収束させ結像させる為に、高い磁場強度と磁場勾配を有する超伝導技術を用いる。特に、ポールピースには、Dietrich 等が電子顕微鏡用に開発した超伝導反ポールピースの方式を採用する。マイスナー効果により狭い領域に磁場を収束させ、短い焦点距離を実現する。日本電子に技術移転されていた Dietrich 等の基本技術を、無償利用の許可がえられている。この基本技術を元に、均質な Nb₃Sn 粉末焼結体を用いて、20 T 以上の励磁が可能な超伝導反ポールピースを製作する。

(2) 研究を遂行する上で生じた問題点及びその解決方法

研究は当初計画では、安定度の高い周回型加速器であるフラットトップ加速の誘導加速型のマイクロトロンを用い、超低速ミュオンを再加速することを試み、実際に誘導加速装置を構築した。しかしながら、開発の途中で実際に作成された誘導加速装置ではミュオンを 10MeV 以上に加速するためには 20 マイクロ秒以上の時間を要することが判明した。このため、シンクロトロンなどの他の周回型やリフレクトロンなどの往復型の加速器を用いた場合の、最高加速勾配を得る方法や加速の所要時間を網羅的に検討した。その結果、サイクロトロンのみがミュオンの寿命内で 10MeV 以上まで加速できると判明した。

この検討結果を踏まえ、加速方式をマイクロトロンからサイクロトロンへと切り替える大きな方針転換を行った。サイクロトロンの開発に関しては、理化学研究所の仁科加速器センターが歴史的な実績をもっていることから、理研に対して協力を求め、実際に複数の理研研究者の協力が得られ設計と制作に大きな力となった。また、民間企業として住友重機械工業(株)はサイクロトロンの製作に関して世界的な実績があるため、こちらにも協力を仰いだところ、商用の陽子サイクロトロンの設計をベースにし、最小の時間と費用で、世界初のミュオン用サイクロトロンの製作にこぎつけることができた。この際、当初の加速目標として 10MeV を目指していたが、費用を本科研費の範囲内に収めるため、「あらゆる電子顕微用よりも厚い試料の透過観察」ができることの証明を主題として、加速を 5MeV にする計画変更を行った。

(3) 当初に予定していた研究経費の使用計画を変更して行った研究計画・研究方法

当初の計画では、誘導加速型のマイクロトロンの開発により透過ミュオン顕微鏡の開発を目指したが、実際に誘導加速器を制作したところ、加速に要する時間がミュオンの寿命よりも大幅に超えてしまう事が判明した。このため、マイクロトロンではなく、世界初のミュオン用のサイクロトロンの開発へと計画を変更し、ミュオン寿命の半分で 5 MeV まで加速できる装置の開発に成功した。

(4) 研究進捗評価で受けた指摘事項に対する対応状況

回折実験の実施状況

回折実験装置を開発し、数か月間にわたる統計蓄積により回折パターンの取得を試みたが、現時点では明瞭な回折パターンの取得には成功していない。原因は、低加速 (30keV) の超低速ミュオンをそのまま使用したため、標的として極薄試料のグラフェンしか使用できず、回折強度が十分でなかった事が大きいと考えられる。サイクロトロン加速後のビームの使用により、エミッタンスが縮小され、透過能力も飛躍的に向上することから、試料として厚い結晶を用いることが可能となり、数割台の大きな散乱強度を得て、本実験は最終的にミュオンの波動性が証明される見通しである。

超低速ミュオンの安定供給

安定供給にはライマンα光を生成するレーザー装置の安定駆動が課題であった。レーザー装置に複数のビームモニターと遠隔駆動装置を付加し、フィードバック制御により安定化を試みたところ、ライマンα光の継続的な安定供給が可能になった。また、真空窓に紫外線パルスの照射の結果として生じる欠陥であるカラーセンターを、真空窓の位置を容易に動かせる機構の導入により、ビームの経時的な出力低下を最小限に抑えることができるようになった。また窓材料を従来の LiF から最新手法で制作された MgF₂ に変えることにより、カラーセンターそれ自体の生成を抑えることもできる様になっている。

4. 研究成果

(1) 本研究課題による研究成果

本研究により以下の研究成果が得られた：

① 世界初のミュオンを周回加速するミュオンサイクロトロンの開発

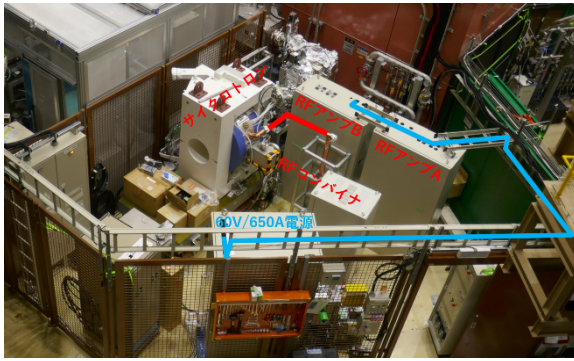


図1. 設置されたサイクロトロン

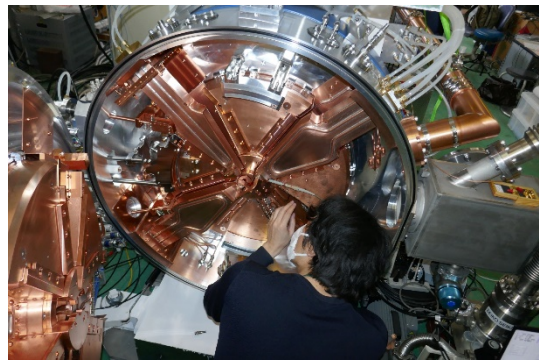


図2. 開発したサイクロトロンの内部

超低速ミュオンを再加速し物質透過能力を付与するサイクロトロンの開発に成功した(図1)。本装置はミュオンの寿命 2.2 マイクロ秒の半分の時間で、30kV の超低速ミュオンを 5MeV まで加速するものである。本研究では低コストでコンパクトなミュオンの再加速手段を検討した。線形加速器は条件を満たす装置ではあるが、高コストかつ広い場所を占有する装置であり選択できない。従い、再加速の手法は周回型加速器より選択することとなった。

当初はフラットトップ加速の誘導加速マイクロトロンによる開発を進め、実際に加速装置の組み立てを行ない、電子加速により加速の試験を行なった。しかしながら加速に要する時間がどうしても 10 マイクロ秒を越えてしまい、ミュオンの寿命内での加速が不可能と判明した。このため、シンクロトロン等を含む他のあらゆる周回型や往復型の加速器を検討した。この結果、サイクロトロンにより低コスト、コンパクト、そして最短の加速時間が得られることを見出した。これを受け、サイクロトロン開発に長年の実績のある住友重機械工業(株)と理化学研究所仁科加速器研究センターの協力を得て、ミュオン専用のサイクロトロンを設計し、製作した(図2)。

ミュオン顕微鏡のレンズの色収差を低減するためには、加速エネルギーの安定度 $\Delta E/E$ として 10^{-5} 位の安定度が求められる。理研が蓄積してきたサイクロトロンのフラットトップ RF 加速と、超低速ミュオンのパルスビームのパルス圧縮技術の組合せによりこれが可能とわかり、実装した。

サイクロトロンの制作においては、超高精度の磁場を生成するため、新規に開発したサーチコイル式の 3 次元磁場測定器を用い、磁場測定と測定磁場のシミュレーションに基づくサイクロトロン磁石の磁極の微調整(シミング)を多数繰り返す、結果として 10^{-5} 位の加速安定度が得られることをシミュレーションにより保証した。

製作したサイクロトロン本体は 3m 四方に収まるコンパクトなものとなり、電源やアンプ等の付帯装置、さらに顕微鏡本体の設置場所を含めても、開発・設置場所となっている J-PARC の物質生命科学研究所(MLF)の U1B エリア内に設置することができた。RF のフルパワー共振などの試験は完了しており、まもなくミュオン再加速が開始される状況となっている。

② 顕微鏡鏡筒に用いる超電導対物レンズの起動

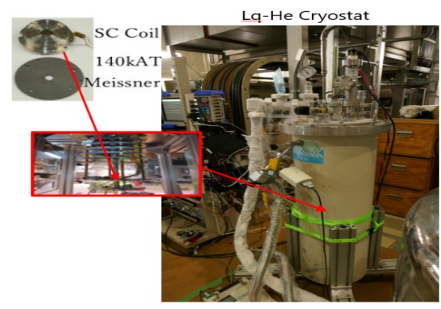
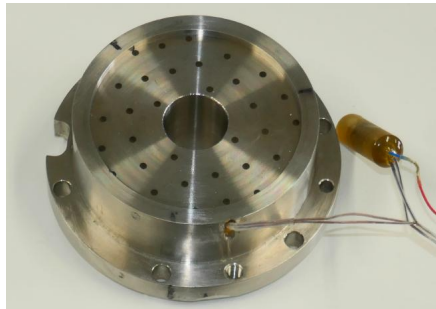


図3. 超伝導対物レンズ(左)、超伝導コイル(中)、超伝導レンズの軌道実験の様子(右)

再加速したミュオンビームを用いて試料を透過観察する透過型ミュオン顕微鏡の本体である顕微鏡鏡筒の最重要の要素となる超伝導対物レンズの冷却と励磁に成功した(図3)。この超伝導対物レンズは 1980 年代にドイツのディートリッヒ氏により開発され、日本電子(株)へと技術移転されたものであり、高加速のビームを収束・結像する能力をもっている。

本品の当初目的は、高加速(短波長)ビームの使用により、レンズ収差を低減し、超高分解能の電子顕微鏡を実現しようとするものであったが、収差補正技術の登場により忘れ去られた技術となっていた。ミュオン顕微鏡には高加速のビームの収束・結像が不可欠であり、日本電子より技術と装置の無償提供を得て、KEK の低温セクションと協力して超伝導対物レンズを最構築し、数 10 年ぶりとなる最起動に成功した。

③ 超低速ミュオンビームの超高輝度化

透過型ミュオン顕微鏡の実現には、高輝度のミュオンビーム源が必要である。現在は1段冷却の超低速ミュオンの発生装置が稼働中であるが、その稼働の安定化と、多段のビーム冷却装置により輝度を飛躍的に高める検討と装置設計を行なった。

1段冷却装置の安定稼働には、ミュオニウムから電子を剥ぎとるレーザー装置の安定駆動が不可欠である。分担者の大石により、光学系の自動調整機構の導入による継続的なフィードバック自動調整、窓への真空紫外光の照射で生成されるカラーセンターを窓の物理的な移動で避け続ける機構の導入などで、目標値を毎秒1000ミュオンに対し、毎秒300ミュオンの長期安定供給ができるようになった。

現在の1段冷却ではビーム収束による最小ビーム径は1mmほどであるが、2段冷却により30ミクロン、3段冷却により1ミクロン、4段冷却により30ナノメートルと飛躍的な輝度の向上が望めると結論された。また、2段目以降の標的は、入射エネルギーが2~3keVと低くかつエネルギー分散はさらに小さいことから、極薄(数10ナノメートル)の多穴質のシリコン酸化膜を採用でき、ロスを半分未満に抑える設計が可能であると判明した。必要となるミュオニウムから電子を剥ぎとるレーザー装置も、照射領域が極小となるため、現在のライマンα光の代わりに近赤外のフェムト秒レーザーパルスによる多光子吸収プロセスが使えることも判明した。この結果、追加の3段分のビーム冷却装置で、輝度が8桁も向上させることが可能となり、現在、装置開発を進めている。

④ ミュオンの波動性を証明する回折実験

ミュオンの波動性を世界で初めて証明するための回折実験を行なった。実験は1段冷却の超低速ミュオンを30kVで引出し、常伝導対物レンズを用い、結晶としては単層グラフェンを用いた。必要なエミッタンスは1mm mradであるが、1段冷却の装置では100mm mradと大きなエミッタンスしか得られないため、絞りによりビーム光量を大きく減らした状況で、長時間露光(3カ月間)により回折パターンを取得を試みた。

現時点において明瞭な回折パターンは得られていない。30kVの未加速のビームの透過力の限界に起因する単層グラフェンによる少ない回折量と、1段冷却のみの輝度の低さに起因していると考えられる。サイクロトロン再加速によるエミッタンス向上と透過力の向上による厚い結晶試料からの大きな回折強度の組合せにより本実験は成功するものと想定しており、サイクロトロン加速と鏡筒設置を進めている。

(2) 当初に予見していなかった新たな展開等によって得られた研究成果

当初予見していなかった展開としては、サイクロトロンが短寿命粒子の加速に極めて有効であるという点を見出した事にある。従来、この様な目的には、高コストで大きな接地面積を必要とし、さらには大きな電力を必要とする線形加速器が用いられてきた。この発見により、ミュオンのみならず各種の短寿命粒子の再加速という新たな分野が開けたといえる。

加速器ミュオンをそのまま用いたイメージングに成功した。ミュオン顕微鏡による電磁場可視化のデモンストレーションとして、物質中の電磁場が可視化できることを示す実験を実施し、実際に大気中に置いた永久磁石が作る磁場分布の透視イメージングに成功した(図4)。

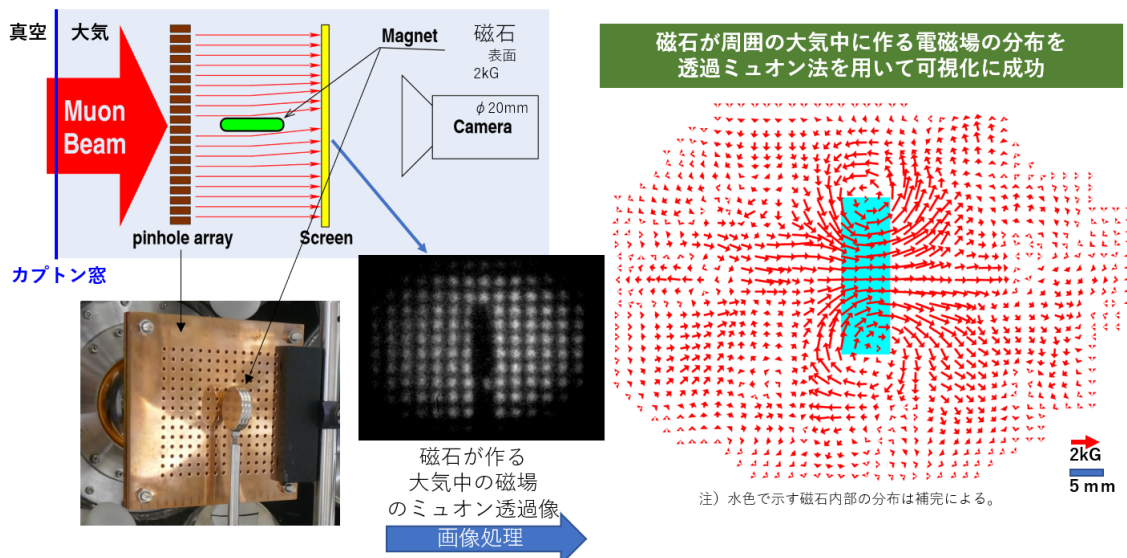


図4. 加速器ミュオンを用いた大気中の磁場の可視化実験のセットアップ(左)と測定結果(右)。

5. 主な発表論文等

〔雑誌論文〕 計38件（うち査読付論文 33件／うち国際共著 0件／うちオープンアクセス 35件）

1. 著者名 K. Shimomura, A. Koda, A. D. Pant, H. Sunagawa, H. Fujimori, I. Umegaki, J. Nakamura, M. Fujihata, M. Tambo, N. Kawamura, N. Teshima, P. Strasser, R. Kadono, R. Iwai, S. Matoba, S. Nishimura, S. Kamioka, S. Kanda, S. Takeshita, T. Yuasa, T. Ito, T. Yamazaki, T. Mibe, W. Higemoto, Y. Miyake, Y. Kobayashi, Y. Oishi, Y. Nagatani, Y. Ikedo	4. 巻 245
2. 論文標題 Pulsed muon facility of J-PARC MUSE	5. 発行年 2024年
3. 雑誌名 Interactions	6. 最初と最後の頁 31(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1007/s10751-024-01863-8	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Oishi Y, Adachi T, Saito N, Ikedo Y, Ishida K, Kanda S, Umezawa T, Kamioka S, Teshima N, Nakamura J, Nakamura S, Miyake Y, Iwasaki M, Wada S, Shimomura K	4. 巻 2462
2. 論文標題 Intense Lyman-alpha light source for ultra-slow muon generation	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Journal of Physics: Conference Series	6. 最初と最後の頁 012026(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1088/1742-6596/2462/1/012026	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 永谷幸則	4. 巻 -
2. 論文標題 ミュオン顕微鏡	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 第38回分析電子顕微鏡検討会 予稿集	6. 最初と最後の頁 26-31
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 J Ohnishi, Y Nagatani, A Goto, T Yamazaki, Y Miyake, T Yuasa, T Adachi, Y Nakazawa, T Adachi, H Tsutsui, S Kusuoka, T Onda	4. 巻 PASJ2023
2. 論文標題 MUON ACCELERATION BY CYCLOTRON	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	6. 最初と最後の頁 877-880
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y Nakazawa, T Adachi, J Ohnishi, T Adachi, Y Ikedo, Y Oishi, K Shimomura, P Strasser, S Kanda, A Goto, N Teshima, Y Nagatani, Y Miyake, T Yamazaki, T Yuasa, T Umezawa, K Umeda, S Nakamura	4. 巻 PASJ2023
2. 論文標題 BEAM PROFILE MEASUREMENT OF THE ULTRA-SLOW MUON FOR THE TRANSMISSION MUON MICROSCOPE AT JPARC/MUSE	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 Proceedings of the 20th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	6. 最初と最後の頁 835-838
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 永谷幸則、下村浩一郎	4. 巻 65
2. 論文標題 透過型ミュオン顕微鏡	5. 発行年 2023年
3. 雑誌名 日本結晶学会誌	6. 最初と最後の頁 33-41
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 J Ohnishi, Y Nagatani, A Goto, T Yamazaki, Y Miyake, T Yuasa, T Adachi, T Adachi, H Tsutsui, S Kusuoka, Y Kumata, T Onda	4. 巻 PASJ2022
2. 論文標題 PROGRESS IN DEVELOPMENT OF MUON CYCLOTRON	5. 発行年 2022年
3. 雑誌名 Proceedings of the 19th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	6. 最初と最後の頁 906-910
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 J Ohnishi, A Goto, Y Nagatani, T Yamazaki, T Yuasa, T Adachi, Y Miyake, H Tsutsui, S Kusuoka, Y Kumata, T Onda	4. 巻 PASJ2021
2. 論文標題 DATA ANALYSIS OF MAGNETIC FIELD MEASUREMENT OF MUON CYCLOTRON	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Proceedings of the 18th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan	6. 最初と最後の頁 845-849
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 無
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 MIYAKE Yasuhiro	4. 巻 19
2. 論文標題 J-PARC Muon Facility, MUSE	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Journal of Computer Chemistry, Japan	6. 最初と最後の頁 A12 ~ A18
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.2477/jccj.2020-0016	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 三宮工, 新井善博, 永山國昭, 永谷幸則	4. 巻 772
2. 論文標題 線形加速器を用いた透過電子顕微鏡	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 26-29
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 永谷幸則	4. 巻 55
2. 論文標題 電子顕微鏡と加速器技術の融合 過去、現在、そして未来	5. 発行年 2020年
3. 雑誌名 固体物理	6. 最初と最後の頁 231-244
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 永谷幸則, 三宅康博	4. 巻 773
2. 論文標題 透過型ミュオン顕微鏡の開発	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 Isotope News	6. 最初と最後の頁 31-36
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 三宅康博	4. 巻 91
2. 論文標題 J-PARCミュオン施設の紹介とミュオン分析の特徴や開発状況	5. 発行年 2021年
3. 雑誌名 金属	6. 最初と最後の頁 41-48
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) なし	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスではない、又はオープンアクセスが困難	国際共著 -

1. 著者名 T. Yamazaki, T. Adachi, Y. Nagatani, Y. Miyake, J. Ohnishi, A. Goto, Y. Kumata, S. Kusuoka, T. Onda, H. Tsutsui	4. 巻 2019
2. 論文標題 MUON CYCLOTRON FOR TRANSMISSION MUON MICROSCOPE	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Proceedings of International Conference on Cyclotrons and their Applications (CYC2019)	6. 最初と最後の頁 209-212
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.18429/JACoW-Cyclotrons2019-TUP024	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Miyake, Y. Nagatani, T. Yamazaki, P. Strasser	4. 巻 67
2. 論文標題 Transmission Muon Microscope by muon microbeam, realizing 3-D Imaging	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 Microscopy	6. 最初と最後の頁 i3(1-1)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1093/jmicro/dfy075	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 M. Maekawa, S. Sakai, S. Hagiwara, A. Miyashita, K. Wada, A. Kawasuso, A. Yabuuchi, and S. Hasegawa	4. 巻 2182
2. 論文標題 Magnetic Doppler broadening measurement on Gadolinium-doped GaN	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 AIP Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 050007(1-4)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1063/1.5135850	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている (また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 T. Sannomiya, Y. Arai, K. Nagayama, and Y. Nagatani	4. 巻 123
2. 論文標題 Transmission Electron Microscope Using a Linear Accelerator	5. 発行年 2019年
3. 雑誌名 Phys. Rev. Lett.	6. 最初と最後の頁 150801(1-5)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.1103/PhysRevLett.123.150801	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

1. 著者名 Y. Miyake, K. Shimomura, N. Kawamura, A. Koda, P. Strasser, K. M. Kojima, H. Fujimori, S. Makimura, Y. Ikedo, Y. Kobayashi, J. Nakamura, Y. Oishi, S. Takeshita, T. Adachi, A. D. Pant, H. Okabe, S. Matoba, M. Tampo, M. Hiraishi, K. Hamada, S. Doiuchi, W. Higemoto, T. U. Ito, and R. Kadono	4. 巻 21
2. 論文標題 J-PARC Muon Facility, MUSE	5. 発行年 2018年
3. 雑誌名 JPS Conf. Proc.	6. 最初と最後の頁 011054(1-6)
掲載論文のDOI (デジタルオブジェクト識別子) 10.7566/JPSCP.21.011054	査読の有無 有
オープンアクセス オープンアクセスとしている(また、その予定である)	国際共著 -

[学会発表] 計83件(うち招待講演 22件/うち国際学会 17件)

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 高輝度負ミュオン源
3. 学会等名 第14回Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 第18回 SBRC Cryo-EM International Seminar (国際学会)
4. 発表年 2024年

1. 発表者名 永谷幸則, 大西純一, 山崎高幸, 中沢雄河, 足立泰平, 安達利一, 後藤彰, Patrick Strasser, 反保元伸, 土居内翔伍, 下村浩一郎, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡の現状報告
3. 学会等名 日本物理学会第78年次大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西純一, 永谷幸則, 中沢雄河, 後藤彰, 山崎高幸, 三宅康博, 足立泰平, 安達利一, 湯浅貴裕, 筒井裕士, 楠岡新也, 恩田昂
2. 発表標題 サイクロトロンによるミュオンの加速
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 中沢雄河, 足立泰平, 大西純一, 安達利一, 池戸豊, 大石裕, 下村浩一郎, Strasser Patrick, 神田聡太郎, 後藤彰, 手島菜月, 永谷幸則, 三宅康博, 山崎高幸, 湯浅貴裕, 梅澤卓矢, 梅田幸佑, 中村真毅
2. 発表標題 J-PARC/MUSE透過型ミュオン顕微鏡における超低速ミュオンのビームプロファイル測定
3. 学会等名 第20回日本加速器学会年会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 永谷幸則, 山崎高幸, 足立泰平, 安達利一, 大西純一, 後藤彰, Patrick Strasser, 反保元伸, 土居内翔伍, 名取寛顕, 奥津賢一, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡による電磁場イメージング
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 大西純一, 永谷幸則, 後藤彰, 山崎高幸, 三宅康博, 足立泰平, 湯浅貴裕, 安達利一, 筒井裕士, 楠岡新也, 熊田幸生, 恩田昂
2. 発表標題 ミュオンサイクロトロンの開発状況
3. 学会等名 日本物理学会2023年春季大会
4. 発表年 2023年

1. 発表者名 Y.Nagatani
2. 発表標題 Recent developments of muon microscopes
3. 学会等名 The 1st International Symposium on Quantum-field Measurement Systems for Studies of the Universe, Particles, and Other Applications (QUPosium2022) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡によるマイクロ～マクロな電磁場イメージングとその将来性
3. 学会等名 中間子科学の将来討論会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 ミュオン顕微イメージングの応用
3. 学会等名 第7回 文理融合シンポジウム
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 大西純一, 永谷幸則, 後藤彰, 山崎高幸, 三宅康博, 足立泰平, 湯浅貴裕, 安達利一, 筒井裕士, 楠岡新也, 熊田幸生, 恩田昂
2. 発表標題 ミュオンサイクロトロンの開発状況
3. 学会等名 第19回日本加速器学会年会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則, 山崎高幸, 足立泰平, 安達利一, 大石裕, 大西純一, 後藤彰, Patrick Strasser, 名取寛顕, 奥津賢一, 下村浩一郎, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡の開発の現状
3. 学会等名 日本物理学会 2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 神田聡太郎, 手島菜月, 足立泰平, 池戸豊, 三宅康博, 永谷幸則, 大石裕, 下村浩一郎, Strasser Patrick, 梅澤卓矢
2. 発表標題 J-PARC MLF MUSEにおける超低速ミュオンの現状
3. 学会等名 日本物理学会2022年秋季大会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則, 山崎高幸, Strasser Patrick, 足立泰平, 河村成肇, 大石裕, 湯浅貴裕, 的場史朗, 池戸豊, 安達利一, 染谷宏彦, 大西純一, 後藤彰, 下村浩一郎, 三宅康博
2. 発表標題 40MeV透過型ミュオン顕微鏡の開発計画
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第78回学術講演会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 超低速ミュオンの夢が開くときー二刀流をめざすミュオン新ビームライン始動ー
3. 学会等名 J-PARCプレス勉強会
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡イメージングに向けて
3. 学会等名 物質科学研究討論会：基礎と応用の新展開（招待講演）
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 走査型および透過型ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 第12回 Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2022年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 走査型および透過型のミュオン顕微鏡
3. 学会等名 秋田県立大学 知能メカトロニクス研究会（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永谷幸則, 山崎高幸, 足立泰平, 安達利一, 大西純一, 後藤彰, Patrick Strasser, 名取寛顕, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡の開発の現状
3. 学会等名 日本物理学会2021年秋季大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 大西純一, 後藤彰, 山崎高幸, 永谷幸則, 湯浅貴裕, 安達利一, 三宅康博, 筒井 裕士, 楠岡 新也, 恩田昂, 熊田幸生
2. 発表標題 ミュオンサイクロトロンでの磁場測定結果の分析
3. 学会等名 第18回日本加速器学会年会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン粒子を用いた顕微鏡の実現に向けて-自然科学と人文科学-
3. 学会等名 第58回アイソトープ・放射線研究発表会 特別講演(招待講演)
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永谷幸則, Strasser Patric, 大石裕, 山崎高幸, 足立泰平, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第76回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永谷幸則, 富田雅人, 向中野信一, 村田和義, 百生敦
2. 発表標題 FZP-STEMによる位相と振幅の再構成
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第76回学術講演会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永谷幸則, Strasser Patric, 名取寛顕, 三宅康博
2. 発表標題 走査ミュオン顕微鏡の基礎技術
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 湯浅貴裕, 永谷幸則, 山崎高幸, 足立泰平, 安達利一, 染谷宏彦, 池戸豊, 三宅康博, 大西純一
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡用サイクロトロン磁場の測定および磁極の調整
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎高幸, 足立泰平, 池戸豊, 神田聡太郎, Dey Sourav Kumar, 的場史朗, 三宅康博, 永谷幸則, Amba Datt Pant, 下村浩一郎, Patrick Strasser, 湯浅貴裕, 安達利一, 染谷宏彦, 吉田光宏, 後藤彰, 大西純一, 熊田幸生, 楠岡新也, 恩田昂, 筒井裕士
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 日本物理学会 2020年秋季大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 J-PARC Muon Facility, MUSE
3. 学会等名 錯体化学会 第70回討論会 (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 Y.Nagatani
2. 発表標題 Scanning negative muon microscopy by muon-catalyzed fusion using tritium
3. 学会等名 3rd Asia Pacific Symposium on Tritium Science (APSOT-3) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永谷 幸則, ストラッサー パトリック, 名取 寛顕, 山崎 高幸, 大石 裕, 足立 泰平, 三宅 康博
2. 発表標題 走査型および透過型のミュオン顕微鏡
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第63回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 ミュオンで物質内部を見る
3. 学会等名 第63回放射線化学討論会 (招待講演)
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎 高幸, 三宅 康博, 永谷 幸則, 安達 利一, 吉田 光宏, 後藤 彰, 大西 純一, 熊田 幸生, 楠岡 新也, 恩田 昂, 筒井 裕士
2. 発表標題 ミュオンマイクロビーム生成のためのフラットトップ RF 空洞の開発
3. 学会等名 第17回日本加速器学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 大西 純一, 後藤 彰, 山崎 高幸, 永谷 幸則, 三宅 康博, 安達 利一, 筒井 裕士, 楠岡 新也, 恩田 昂, 熊田 幸生
2. 発表標題 ミュオンサイクロトロン設計と製作
3. 学会等名 第17回日本加速器学会年会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 ミュオン摩擦冷却
3. 学会等名 第11回 Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎高幸
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 第11回 Muon科学と加速器研究
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 走査ミュオン顕微鏡の生物・考古学および産業への展開
3. 学会等名 第4回文理融合シンポジウム（招待講演）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 山崎高幸, 足立泰平, 池戸豊, 神田聡太郎, Dey Sourav Kumar, 的場史朗, 三宅康博, 永谷幸則, Amba Datt Pant, 下村浩一郎, Patrick Strasser, 湯浅貴裕, 安達利一, 染谷宏彦, 吉田光宏, 後藤彰, 大西純一, 熊田幸生, 楠岡新也, 恩田昂, 筒井裕士
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 永谷幸則, 山崎高幸, 足立泰平, 安達利一, 大西純一, 後藤彰, Patrick Strasser, 名取寛頭, 三宅康博
2. 発表標題 ミュオン顕微鏡の現状報告
3. 学会等名 日本物理学会 第76回年次大会
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 Y.Miyake
2. 発表標題 Integration of arts and sciences by using negative muon non-destructive analysis at J-PARC MUSE
3. 学会等名 日本鉄鋼協会第181回春季講演大会国際セッション（招待講演）（国際学会）
4. 発表年 2021年

1. 発表者名 y.miyake
2. 発表標題 Muon science at J-PARC pulsed muon source
3. 学会等名 The 1st RAON Users Workshop (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永谷幸則, Patric Strasser, 大石裕, 三宅康博
2. 発表標題 走査ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第75回学術講演会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西純一
2. 発表標題 ミュオン加速用サイクロトロン
3. 学会等名 第17回AVF合同打ち合わせ
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 ミュオンによる産業利用の可能性
3. 学会等名 第4回J-PARC MLF産業利用報告会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 大西純一, 後藤彰, 山崎高幸, 安達利一, 永谷幸則, 三宅康博, 筒井裕士, 楠岡新也, 熊田幸生, 恩田昂
2. 発表標題 ミュオン加速用サイクロトロン軌道計算
3. 学会等名 第16回日本加速器学会年会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y.Miyake
2. 発表標題 Ultra Slow Muon and Low Energy Muon
3. 学会等名 THE 21ST INTERNATIONAL WORKSHOP ON NEUTRINOS FROM ACCELERATORS (NUFACT2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 足立泰平, Pant Amba Datt, 池戸豊, 大石裕, Patrick Strasser, 伊藤孝, 髭本亘, 牧村俊助, 河村成肇, 下村浩一郎, 門野良典, 三宅康博, 鳥養映子
2. 発表標題 J-PARCにおける超低速ミュオンビームのコミッショニング状況 7
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永谷幸則, Patrick Strasser, 名取寛顕, 三宅康博
2. 発表標題 走査負ミュオン顕微鏡の開発の現状
3. 学会等名 日本物理学会2019年秋季大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 T. Yamazaki, Y. Nagatani, Y. Miyake, T. Adachi, J. Ohnishi, A. Goto, Y. Kumata, S. Kusuoka, T. Onda, H. Tsutsui
2. 発表標題 Muon Cyclotron for Transmission Muon Microscope
3. 学会等名 22nd International Conference on Cyclotrons and their Applications (CYC2019) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 Y.Miyake
2. 発表標題 Ultra Slow Muon Generation and Its Application for Transmission Muon Microscopy at J-PARC Muon Facility, MUSE
3. 学会等名 The 3rd J-PARC Symposium (J-PARC2019) (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 永谷幸則
2. 発表標題 走査負ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 知能メカトロニクス研究会 (招待講演)
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 山崎高幸, 永谷幸則, Patrick Strasser, 足立泰平, 池戸豊, 三宅康博, 安達利一, 吉田光宏, 大西純一, 後藤彰, 熊田幸生, 楠岡新也, 恩田昂, 筒井裕士,
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡のためのフラットトップRFサイクロトロンの開発
3. 学会等名 2019年度量子ビームサイエンスフェスタ
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 正ミュオン、負ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 2019年度物質科学研究討論会（招待講演）
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 山崎高幸, 永谷幸則, Patrick Strasser, 足立泰平, 池戸豊, 三宅康博, 安達利一, 大西純一, 後藤彰, 熊田幸生, 楠岡新也, 恩田昂, 筒井裕士,
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡のためのフラットトップRFサイクロトロンの開発
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永谷幸則, Patrick Strasser, 名取寛顕, 三宅康博
2. 発表標題 走査ミュオン顕微鏡の開発の現状
3. 学会等名 日本物理学会第75回年次大会
4. 発表年 2020年

1. 発表者名 永谷幸則, 新井善博, 三宮工, 白井忠雄, 相原龍三, 飯島義市, 永山國昭, 吉田光宏, 林崎規託, 三宅康博
2. 発表標題 線形加速器搭載電子顕微鏡 500kV Linac TEM の現状および透過型ミュオン顕微鏡計画
3. 学会等名 日本顕微鏡学会第74回学術講演会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 身近な素粒子ミュオンとその応用
3. 学会等名 旭化成(株)基盤技術研究所セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 山崎高幸, 永谷幸則, Patrick Strasser, 下村浩一郎, 三宅康博, 安達利一, 吉田光宏, 林崎規託, 大西純一, 奥野広樹, 後藤彰, 楠岡新也, 筒井裕士, 密本俊典, 熊田幸生
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡のためのミュオンサイクロトロンの開発
3. 学会等名 日本物理学会 2018年秋季大会
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 ミュオンの産業利用の可能性
3. 学会等名 クラレ(株)における中性子産業応用セミナー (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 三宅康博
2. 発表標題 高輝度ミュオンマイクロビームによる透過型ミュオン顕微鏡イメージングにむけて
3. 学会等名 日本顕微鏡学会 第61回シンポジウム (招待講演)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 Y.Miyake
2. 発表標題 J-PARC Muon Facility, MUSE -Status and Recent Activity-
3. 学会等名 Physics of muonium and related topics (招待講演) (国際学会)
4. 発表年 2018年

1. 発表者名 永谷幸則, Patrick Strasser, 三宅康博
2. 発表標題 収束可能な負ミュオン源と走査型分析顕微鏡
3. 学会等名 日本物理学会 第74回年次大会
4. 発表年 2019年

1. 発表者名 三宅康博, 吉田光宏, 永谷幸則, 林崎規託, 池戸豊, 下村浩一郎, 足立泰平, パント アンパ ダット, パトリック ストラッサー, 岩下大器, 荻津透, 藪内敦, 村田和義, 鳥飼幸太
2. 発表標題 透過型ミュオン顕微鏡
3. 学会等名 日本物理学会2017年秋季大会
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A. Yabuuchi, A. Kinomura, M. Maekawa, A. Kawasuso
2. 発表標題 Study of Ion-Beam-Synthesized α -FeSi ₂ Films Probed by a Slow Positron Beam
3. 学会等名 International Workshop on Positron Studies of Defects 2017 (PSD-17) (国際学会)
4. 発表年 2017年

1. 発表者名 A.D. Pant, T. Adachi, Y. Ikedo, P. Strasser, K. Shimomura, Y. Oishi, J. Nakamura, W. Higemoto, R. Kadono, Y. Miyake and E. Torikai
2. 発表標題 Simulation study of transportation of ultra slow muon on U-line, MLF, J-PARC
3. 学会等名 日本物理学会第73回年次大会
4. 発表年 2018年

〔図書〕 計1件

1. 著者名 永宮正治, 民井淳, 小沢恭一郎, 前川藤夫, 羽場宏光, 吉田敦, 阿部知子, 郡司卓, 後田裕, 中村哲, 柴山光宏, 三宅康博, ...他	4. 発行年 2023年
2. 出版社 日本原子力産業協会 原子力システム研究懇話会	5. 総ページ数 195
3. 書名 NSA/COMMENTARIES 量子ビーム科学の基礎と応用	

〔出願〕 計1件

産業財産権の名称 荷電粒子輸送装置	発明者 永谷幸則, 名取寛 顕, P.Strasser, 三宅 康博他5名	権利者 東北大学、高工 エネルギー加速器 研究機構
産業財産権の種類、番号 特許、特開2022-69391	出願年 2021年	国内・外国の別 国内

〔取得〕 計0件

〔その他〕

<p>高輝度ミュオンマイクロビームによる透過型ミュオン顕微鏡イメージング https://slowmuon.kek.jp/MuonMicroscopy.html 透過型ミュオン顕微鏡イメージング https://www2.kek.jp/imss/msl/MuonScience-G/Research/SlowMuon+.html</p>
--

6. 研究組織

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
研究分担者	永谷 幸則 (Nagatani Yukinori) (00393421)	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・特別准教授 (82118)	
研究分担者	吉田 光宏 (Yoshida Mitsuhiro) (60391710)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・加速器研究施設・准教授 (82118)	
研究分担者	林崎 規託 (Hayashizaki Noriyosu) (50334537)	東京工業大学・科学技術創成研究院・教授 (12608)	
研究分担者	荻津 透 (Ogitsu Toru) (30185524)	大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構・超伝導低温工学センター・教授 (82118)	
研究分担者	大西 純一 (Ohnishi Jun-ichi) (30634703)	国立研究開発法人理化学研究所・仁科加速器科学センター・特別嘱託技師 (82401)	
研究分担者	鳥養 映子 (Torikai Eiko) (20188832)	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・協力研究員 (82118)	

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	足立 泰平 (Adachi Taihei) (10729700)	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・博士研究員 (82118)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	池戸 豊 (Ikedo Yutaka) (90415050)	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・技師 (82118)	
連携研究者	下村 浩一郎 (Shimomura Koichiro) (60242103)	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 (82118)	
連携研究者	Patrick Strasser (Patrick Strasser) (20342834)	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・研究機関講師 (82118)	
連携研究者	大石 裕 (Oishi Yu) (60569804)	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・特別准教授 (82118)	
連携研究者	中村 惇平 (Nakamura Jumpei) (30621982)	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・准技師 (82118)	
連携研究者	Pant Amba Datt (Pant Amba Datt) (60760121)	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・博士研究員 (82118)	
連携研究者	鳥飼 幸太 (Torikai Kouta) (90443077)	群馬大学・医療部付属病院重粒子線医学研究センター・准教授 (12301)	
連携研究者	藪内 敦 (Yabuuchi Atsushi) (90551367)	京都大学・原子炉実験所・助教 (14301)	

6. 研究組織（つづき）

	氏名 (ローマ字氏名) (研究者番号)	所属研究機関・部局・職 (機関番号)	備考
連携研究者	村田 和義 (Murata Kazuyoshi) (20311201)	生理学研究所・脳機能計測・支援センター・准教授 (63905)	
連携研究者	山崎 高幸 (Yamazaki Takayuki) (40632360)	東京大学・素粒子物理国際研究センター・特任研究員 (12601)	

7. 科研費を使用して開催した国際研究集会

〔国際研究集会〕 計0件

8. 本研究に関連して実施した国際共同研究の実施状況

共同研究相手国	相手方研究機関