

平成 23 年 2 月 11 日現在

研究種目：基盤研究 (A)  
 研究期間：2006 ～ 2009  
 課題番号：18204023  
 研究課題名 (和文) 超強力永久磁石の開発とその応用、特にリニアークライダーと中性子光学への新展開  
 研究課題名 (英文) Developments and Applications of Super Strong Permanent Magnet, New turns for Linear Collider and Neutron Optics  
 研究代表者  
 岩下 芳久 (IWASHITA YOSHIHISA)  
 京都大学・化学研究所・准教授  
 研究者番号：00144387

研究成果の概要 (和文)：超強力永久磁石の特性を活用して、リニアークライダー用最終集束レンズや、中性子集束についての研究を行った。最終集束レンズに関しては、5-ring-singlet による可変型 2 号機を製作、磁場調整の後、ATF 2 でのビームテストにより基本機能の確認ができた。これらにより今後の課題の抽出が可能になった。また中性子集束用の六極磁石は強度変調型を試作し、改良型 2 号機を ILL に持ち込んで極冷中性子の変調集束実験により白色中性子ビームの集束を実証した。この中性子ビームを使って中性子小角散乱実験を行い、コンパクトな装置で高分解能が達成できることが実証できた。

研究成果の概要 (英文)：We have been developing final focus lens for a linear collider and focus lens for neutrons with super strong permanent magnet technique. An adjustable quadrupole magnetic lens of 5-ring-singlet was successfully beam-tested at ATF2 beamline. Sextupole magnets with modulating capability have been also developed for neutron focusing. The second model was tested at ILL, Grenoble, with Very Cold Neutrons, where pulsed white beams were successfully focused. SANS experiments with this beam proved that a very compact VCN-SANS with high resolutions can be feasible.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2006 年度	8,900,000	2,670,000	11,570,000
2007 年度	13,200,000	3,960,000	17,160,000
2008 年度	9,600,000	2,880,000	12,480,000
2009 年度	5,400,000	1,620,000	7,020,000
年度			
総計	37,100,000	11,130,000	48,230,000

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：超強力永久磁石、改良型 Halbach 配列、四極磁石、六極磁石、多極磁石、リニアークライダー、最終集束レンズ、冷中性子

## 1. 研究開始当初の背景

(1) 永久磁石による強力磁石は Halbach による異方性希土類磁石を円周上に磁化の方

向を回転して配列した Halbach 型磁石に帰着する。放医研の熊田らは 2001 年 4 月、希土類系磁石材料で住友特殊金属

の発明である残留磁場  $B_r$  が 1.2 T であるネオマックスを用いて小型二極磁石の原理実証モデル器において、それまでの記録を大幅に更新する 4.45 T を実現した。このような強い定常磁場強度は従来は超伝導磁石などでしか実現されなかった。この実証モデル器は Halbach 型磁石をさらに発展させたもので、磁気飽和鉄の効果を積極的に利用するという従来の磁石の磁石設計の磁石設計の常識の盲点をつくものであった。

このような高磁場を発生させる技術を用いれば様々な実験装置が手軽に可能になる。

(2) 高エネルギー物理の次期計画の一つであるリニアコライダーでは質量の起源であるヒッグズ粒子などを探索すべく、電子、陽電子をシンクロトン放射でエネルギーを失わないよう、向かい合う直線上で高エネルギーに加速し、非常に細く集束、数ナノメートルまで絞って衝突させ、発生する粒子を観測する。これを行うための最終集束レンズの構成要素に関して、超伝導磁石も組上に載るが、以下のような弱点があるため必ずしも優位ではない。

1) 液体ヘリウムなどの設備が必要。密封循環型のヘッドを用いて外部からの供給をなくすものもあるが **Detector** のそばに置かないといけない最終集束レンズとしてはなじみにくい。

2) ほとんどのビームは衝突点でお互いすり抜けてくる。抜けてきたビームとコイルの干渉を避けるため小径化が必要であるが、この製作技術は BNL で開発中でまだ確立していない。

3) 極低温を保つ際に熱絶縁を施す必要がある、一般に細く長い構造を取るが、上述の様に従来の超伝導磁石より更に細く作る場合、剛性が減るのは自明で、わずかな外来振動が磁場中心の安定度を損ない、ひいては、ビーム同士の衝突を制御不能にする可能性がある。

前年までに、ビーム交差角を当時の NLC の値 20 mrad を採用し、超強力永久磁石を用いた強度可変型最終集束レンズのプロトタイプを製作し、磁場測定などにより、その評価を行った。これは二重リング構造を用いていて内輪が固定のため、強度を変える際の磁場中心の移動が小さく、再現性に優れていることが判った。

## 2. 研究の目的

2005 年に ITRP の勧告が将来加速器国際委員会 (ICFA) によって採用され、「超伝導による加速方式を今後のリニアコライダー計画で採用する」ことになった。これに伴い、ビームの交差角などが 14 mrad に決定されたため、これに対応する構造を開発する必要があった。

一方、中性子の世界でも我々の研究してきた超強力永久磁石が脚光を浴びている。これは、冷中性子ビームがその磁気モーメントにより六極磁場で集束できることが清水裕彦氏により実証されたため、中性子光学に関して、日本は現在世界的にトップを走っている。これを支え、更に日本のこの分野での優位性を高めるためにも、超強力永久六極磁石の開発研究が重要である。

これらから判るように、強力な磁場をコンパクトな磁石で発生させることが出来る超強力永久磁石は検出器と並んで、今後の科学の発展に重要な役割を果たす。これを推し進めるのが本研究の主目的である。これらは異質の用途に向けて開発研究を行っていて焦点が定まっていなように見えるかも知れないが、元来、加速器、ビーム物理は複合的な分野で境界領域にあり分野横断的な性格を持っている。超強力永久磁石の開発を研究テーマとし、それを手段ともするさまざまな分野に役立てていこうとする我々にとっては何らの違和感はない。

## 3. 研究の方法

(1) 小さい交差角に対応するため、Gluckstern の提唱した 5-ring-singlet 構造に基づいたプロトタイプを製作しその評価を行う (図 1)。これには、回転機構の設計、製作、五つある各リングの調整、および組立が製作に必要な手順となる。各リングは 20 セグメントの台形磁石よりなり、ネジで固定されるが、ボア内に発生する磁場を純粋な四極磁場に近づけるため微妙な位置調整などが必要である。この調整後、全体を組立、現実のハンドリング時の問題点洗い出しを行うため、ATF2 に持ち込んで設置、ビームテストを行う。これには、レンズ位置の微調整を行うためのムーバーも必要で、この設計、製作も行った。

(2) 中性子光学用の超強力永久六極磁石の開発においては、磁場精度はさほど必要なく、もっぱら高強度を追求する。しかし、パルス中性子に対応するため、25 Hz

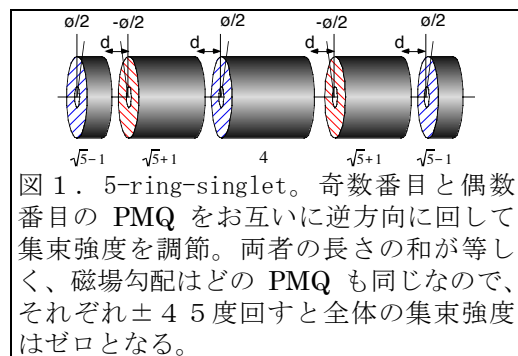


図 1. 5-ring-singlet。奇数番目と偶数番目の PMQ をお互いに逆方向に回して集束強度を調節。両者の長さの和が等しく、磁場勾配はどの PMQ も同じなので、それぞれ  $\pm 45$  度回すと全体の集束強度はゼロとなる。

程度の周期で強度変調する必要がある、それらも含めて検討する。完成した磁石はフランスの ILL に持ち込み、中性子集束実証実験を行う。

#### 4. 研究成果

超強力永久磁石の応用を開拓すべくリニアコライダ用最終集束レンズへの適用や中性子光学での利用について研究を行った。(1) まず、5-ring-singlet 構造のプロトタイプを製作し、その評価を行った (図2)。検出器周辺は粒子識別のために強い磁場をもつため、磁場中でも動作可能な超音波モーター等を使う必要がある、これの検証も兼ねている。磁石の組立に際して、個々の

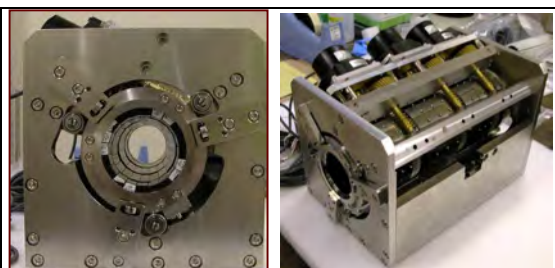


図2：試作した5リング・シングレット。左：対向ビームの逃げ道が左側に見える。右：三台の超音波モーターで駆動。奇数番目の3個の PMQ は機械的に繋がれていて、中央のモーターで回転させる。偶数番目は残り二台のモーターで独立に回転。

リング内の不要な多極成分を減らす必要がある。これには、磁石を回転して固定コイルにより多極磁場成分を測定し、それらを減らすように20個の台形磁石の位置を調節するアルゴリズムを開発した。調整後の各リングの半径20mmに於ける2N極成分の四極との相対値で $10^{-4}$ に収まっている(図3)。

これらの磁石リングを回転機構に回転時の軸あわせを行って組み込み、遠隔からのモーターコントロールにより駆動可能なことを確認した後、磁場測定を行い、図4のよ

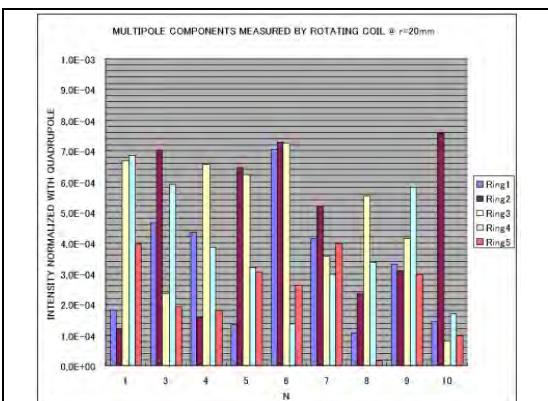


図3：各リングの残留多極成分の相対比

うな結果を得た。GL 積 (強度) は磁石を回転させることにより最大強度の0.3%以下まで下げることが出来、再現性も良いことが確認できた。

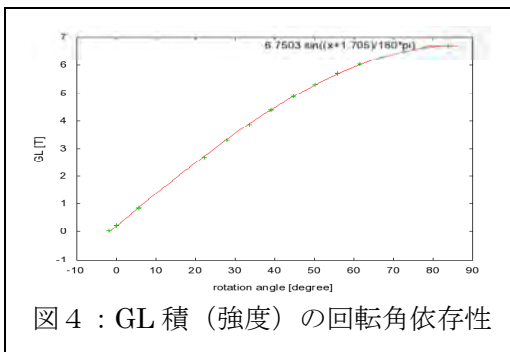


図4：GL 積 (強度) の回転角依存性

磁場測定後、実際に ATF2 に設置を行い、据え付け時の想定外の問題点などを洗い出し、位置出しの方法に改善の余地があることが判った(図5)。ビームテストの結果等は詳細な解析を待つ必要がある。磁場強度の再現性の追求など、今後の課題の洗い出しができた。



図5：ATF2 ビームラインに設置した永久磁石による最終集束レンズ

(2) また中性子集束用の強度変調型六極磁石の試作を行い、H20年度には改良2号機をフランス ILL に持ち込んで極冷中性子を使った集束実験を行った(図6)。これは二重リング構造をとっていて、固定内輪と回転する外輪を備えている。六極磁石は3回対称であるため、16Hzで

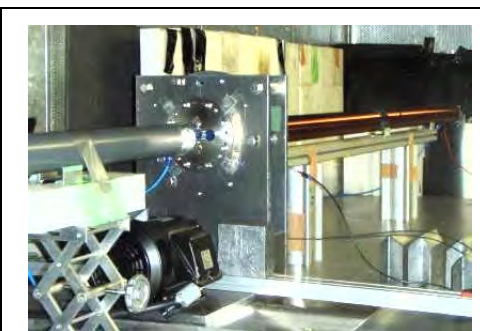


図6：ILL での設置状況

変調を行うために約 5.3 Hz でベルト駆動の外輪をモーターで廻す。翌年には変調まで行い、パルスと磁石強度の変調位相を合わせてやることにより 30~45 Å の幅の白色パルス中性子の集束に成功した (図 7)。また、それを使った中性子小角散乱 (SANS) 測定を行った。小角散乱実験の代表的結果を図 9 に示す。VCN を使った場合、中性子波長が長い場合、装置全体が 3~4 m で収まる。さらに同じ q 値でも散乱角自身が大きくなるため、分解能が上がるなどのメリットがあることが実証された。従来数十 m もある装置の小形化が高分解能を達成しながら可能になることから、今後、小形中性子源と組み合わせて中性子利用の普及を図る際に好適である。これまで中性子は研究者にとってあまりなじみが少なかったが、手軽に使えるようになれば多彩な研究のこれまでにないツールとして使え、多くの分野に貢献することが出来る。

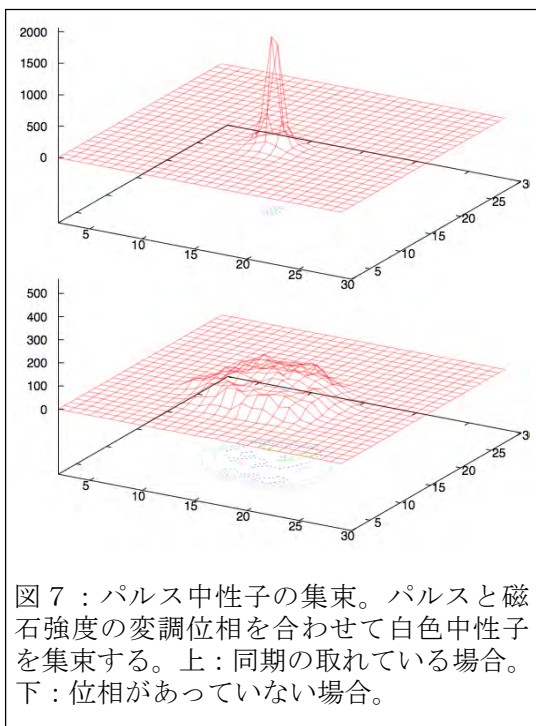


図 7 : パルス中性子の集束。パルスと磁石強度の変調位相を合わせて白色中性子を集束する。上 : 同期の取れている場合。下 : 位相があっていない場合。

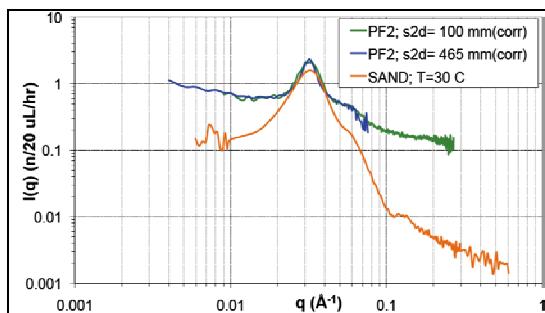


図 8 : tri-block-copolymer サンプルの SANS 測定結果。従来の大型装置と比べて分解能が高い。

## 5. 主な発表論文等

[雑誌論文] (計 12 件)

- ① H.M.Shimizu, Y.Iwashita, M.Kitaguchi, K.Mishima and T.Yoshioka, A Transport Optics for Pulsed Ultracold Neutrons, Nucl. Instrum. Methods Phys. Res. A (in press) (2010) 査読有
- ② Y. Iwashita, M. Ichikawa, M. Yamada, T. Sugimoto, H. Tongu, H. Fujisawa, M. Masuzawa, T. Tauchi, T. Oku, K. Hirota, H.M. Shimizu, Caitu Shi, and Y. Zhu, "Practical Applications of Permanent Magnet Multipoles", IEEE Trans. on Applied Supercond., 20, 3, (2010) 842-845 査読有
- ③ Y.Iwashita, T. Nagae, T. Tanimori, H. Fujioka, H.M. Shimizu, Satellite pulsed tiny neutron source at Kyoto University, Sakyō, NIM A, In Press, (2010) DOI: 10.1016/j.nima.2010.06.356. 査読有
- ④ M. Yamada, Y. Iwashita, T. Kanaya, M. Ichikawa, H.Tongu, et.al, The performance of a magnetic lens for focusing VCN-SANS, NIM A, in print. <http://dx.doi.org/10.1016/j.nima.2010.06.356> 査読有
- ⑤ P. Bambade (他 93 名、33 番目) (ATF Collaboration), Present status and first results of the final focus beam line at the KEK Accelerator Test Facility, Phys. Rev. ST-AB 13, 042801 (2010) 査読有
- ⑥ M. Yamada (他 23 名、2 番目), Development of modulating permanent magnet sextupole lens for focusing of pulsed cold neutrons, Physica B, Elsevier, 404 (2009) 2646-2651 査読有
- ⑦ M. Bleuel, J.M.Carpenter, B.J.Micklich, P.Geltenbort, K.Mishima, H.M.Shimizu, Y. Iwashita, K. Hirota, M.Hino, S.J.Kennedy, J.Lal, A Small Angle Neutron Scattering (SANS) Experiment using Very Cold Neutrons (VCN), Physica B, Elsevier, 404 (2009) 2629-2632 査読有
- ⑧ K.Taketani, K.Mishima, T.Ino, T.Yoshioka, S.Muto, T.Morishima, H.M.Shimizu, T. Oku, J. Suzuki, T.Shinohara, K. Sakai, H. Sato, K. Hirota, Y. Otake, M. Kitaguchi, M. Hino, Y. Seki, Y. Iwashita, M. Yamada, M. Ichikawa, et al., Highly polarized very cold neutrons through a permanent magnet quadrupole, Physica B: Condensed Matter, 404 (2009) 2643-2645 査読有
- ⑨ Y. Iwashita, M. Ichikawa, Y. Tajima, S. Nakamura, M. Kumada, C.M. Spencer, T. Tauchi, S. Kuroda, T. Okugi, T. Ino, S. Muto, H.M. Shimizu, Strong Variable Permanent Multipole Magnets, IEEE Trans. Appl. Supercond., 18, 2008, 957-960 査読有
- ⑩ Y. Iwashita, Y. Tajima, M. Ichikawa, S. Nakamura, T. Ino, S. Muto, H.M. Shimizu, Variable permanent magnet sextupole lens for focusing of pulsed cold neutrons, NIM A586, 2008, 73-76 査読有
- ⑪ Y. Iwashita, S. Nakamura, K. Yamada, A. Ogata, Y. Wada, K. Hirota, Possibility of a

Small Neutron Source by Laser-Plasma Interaction, Special Issue in International Journal of Modern Physics B (IJMPB), 21, 2007, 600-608 査読有

- ⑫ Y.Iwashita, A.Sato, Y.Arimoto, Magnetic Field Distribution Control with Anisotropic Inter-Pole Magnetic Field, IEEE Trans. Appl. Supercond., 16, 2006, 1286-1289 査読有

[学会発表] (計42件)

- ① 永久磁石を用いた小型 ECR イオン源の開発, M. Ichikawa, Y. Iwashita, H. Tongu, H. Fujisawa, M. Yamada, 第6回日本加速器学会年会, 2010年8月7日, 茨城県東海村
- ② Permanent Magnet Final Focus Doublet R&D for ILC at ATF2, Y. Iwashita, PAC'09, 2010年5月5日, Vancouver
- ③ Development of very small ECR H+ Ion Source with Pulse Gas Valve, M. Ichikawa, H. Fujisawa, Y. Iwashita, T. Sugimoto, H. Tongu and M. Yamada, PAC'09, 2010年5月5日, Vancouver
- ④ 山田雅子, 岩下芳久, 金谷利治, 市川雅浩, 頓宮拓, 清水裕彦, 山田悟史, 三島賢二, 広田克也, 日野正裕, 北口雅暁, Shane J. Kennedy, Bruno Guerald, Giuliana Manzin, Ken Andersen, Peter Geltenbort, Jyotsana Lal, John M. Carpenter, Markus Bleuel and NOP Collaboration, focusing VCN-SANS による水溶性3ブロック共重合体(PEO-PPO-PEO)溶液の温度相転移現象の観測, 日本物理学会・第65回年次大会, 2010.3.23, 岡山大
- ⑤ Y. Iwashita, Satellite Pulsed Tiny Neutron Source at Kyoto University, Sakyo, NOP2010, 2010年3月18日, Alpe d'Huez near Grenoble, France
- ⑥ M. Yamada, M. Ichikawa, Y. Iwashita, et.al, Development of magnetic lens for focusing of neutron beams and novel approach for high resolution TOF-SANS, NOP2010, 2010年3月17日, Alpe d'Huez near Grenoble, France
- ⑦ Y. Iwashita, Satellite Pulsed Tiny Neutron Source at Kyoto University, ICANS-XIX, 2010年3月10日, Grindelwald, Switzerland
- ⑧ Yamada M, Novel approach to high resolution SANS by synchronized focusing of a white neutron beam with a magnetic lens, ICANS-XIX, 2010年3月8日, Grindelwald, Switzerland
- ⑨ M. Yamada, Y. Iwashita, T. Kanaya, H. M. Shimizu, K. Mishima, N. L. Yamada, K. J. Shane, K. Hirota, M. Hino, P. Geltenbort, B. Guerard, G. Manzin, K. Andersen, J. Lal, J. M. Carpenter, M. Bleuel, 白色パルス中性子ビーム集束用磁気レンズを用いた VCN-focusing-SANS, 日本中性子科学会 第9回年会, 2009年12月29日, 茨城県東海村
- ⑩ Y. Iwashita, M. Ichikawa, M. Yamada, T. Sugimoto, H. Tongu, H. Fujisawa M. Masuzawa, T.Tauchi, T.Oku, K.Hirota, Practical Applications of Permanent Magnet Multipoles, 21st International Conference on Magnet Technology,

2009/10/21, Hefei, Anhui, China

- ⑪ Y. Iwashita, H. Fujisawa, H. Tongu, M. Masuzawa, T. Tauchi, Permanent Quadrupole Study Plan, 2009 Linear Collider Workshop of the Americas, 2009/10/1, Albuquerque, New Mexico
- ⑫ 山田雅子, 岩下芳久, 他, パルス中性子集束用磁気レンズを使った VCN-SANS, 2009 物理学会秋季大会, 領域10 X線・粒子線セッション(追加公演のため, 概要集, プログラムに記載なし), 2009年9月27日, 熊本県熊本市
- ⑬ 山田雅子, 岩下芳久, 他, VCN-SANS のためのパルス極冷中性子集束用磁気レンズの開発, 第6回日本加速器学会年会, 2009年8月7日, 茨城県東海村
- ⑭ 小形中性子源用陽子線型加速器のLEBT, S. Ushijima, H. Tongu, H. Fujisawa, M. Ichikawa, M. Yamada, Y. Iwashita, 第6回日本加速器学会年会, 2009年8月6日, 茨城県東海村
- ⑮ Y. Iwashita, ILC 最終集束レンズ用永久四極磁石のATF2でのテスト, 第6回日本加速器学会年会, 2009年8月5日, 茨城県東海村
- ⑯ 杉本貴則, 岩下芳久, 市川雅浩, 山田雅子, 田内利明, 増澤美佳, ATF2 実験に向けた強度可変4極永久磁石の製作II, 日本物理学会・第64回年次大会, 2009.3.27, 立教大
- ⑰ 山田雅子, 岩下芳久, 市川雅浩, 杉本貴則, 頓宮拓, 藤澤博, 三島賢二, 猪野隆, 竹谷薫, 吉岡瑞樹, 武藤豪, 清水裕彦, 他7名, 可変六極永久磁石による極冷中性子集束実験, 日本物理学会・第64回年次大会, 2009.3.27, 立教大
- ⑱ 市川雅浩, 岩下芳久, 杉本貴則, 頓宮拓, 藤澤博, 山田雅子, 永久磁石を用いた超小型 ECR H+イオン源の開発3, 日本物理学会・第64回年次大会, 2009.3.27, 立教大
- ⑲ 山田雅子, 岩下芳久, 市川雅浩, 杉本貴則, 藤澤博, 清水裕彦, 他10名, パルス中性子集束のための強度変調型永久6極磁石の開発, 日本中性子科学会第8回年会, 2008/12/1, 名古屋大学
- ⑳ T.Sugimoto, Y.Iwashita, M.Ichikawa, M. Yamada, I.Kazama, T.Tauchi, Development of the Continuously Adjustable Permanent Magnet Quadrupole for ATF, LINAC08, 2008/9/30, Vancouver, Canada
- 21 Masahiro Ichikawa, Hiroshi Fujisawa, Yoshihisa Iwashita, Takanori Sugimoto, Hiromu Tongu, Masako Yamada, DEVELOPMENT OF Very small ECR Ion Source with Pulse Gas Valve, XXIV Linear Accelerator Conference, LINAC08, 2008/9/30, Vancouver, Canada
- 22 M. Yamada, Y. Iwashita, M. Ichikawa, H. Tongu, H. Fujisawa, H. M. Shimizu, 他20名, Development of Modulating Permanent Magnet Sextupole Lens for Focusing of Pulsed Cold Neutrons, LINAC08, 2008/9/29, Vancouver, Canada
- 23 杉本貴則, 岩下芳久, 市川雅浩, 山田雅子, 風間一郎, 田内利明, ATF2 実験に向けた強度可変4極永久磁石の製作, 日本物理学会・秋季大会, 2008.9.23, 山形大
- 24 市川雅浩, 岩下芳久, 杉本貴則, 頓宮拓, 藤澤博, 山田雅子, 永久磁石を用いた

- 超小型 ECR H<sup>+</sup>イオン源の開発 2、日本物理学会・秋季大会, 2008.9.23, 山形大
- 25 山田雅子, 岩下芳久, 市川雅浩, 頓宮拓, 藤澤博, 杉本貴則, 清水裕彦, 他 19 名, パルス冷中性子集束用の強度変調型永久六極磁石の開発 II、日本物理学会・秋季大会, 2008.9.23, 山形大
- 26 M. Yamada, Y. Iwashita, 他 25 名, Development of Modulating Permanent Magnet Sextupole Lens for Focusing of Pulsed Cold Neutrons, 7th International Workshop on Polarised Neutrons in Condensed Matter Investigations, PNCMI 2008, 2008/9/2, Tokai, Ibaraki, Japan
- 27 山田雅子, 岩下芳久, 市川雅浩, 杉本貴則, 頓宮拓, 藤澤博, 清水裕彦, (他 19 名), 強度変調型永久六極磁石の開発、第 5 回日本加速器学会年会・第 33 回リニアック技術研究会, 2008.8.7, 東広島市中央公民館
- 28 杉本貴則, 岩下芳久, 市川雅浩, 山田雅子, 風間一郎, 田内利明, 強度可変 4 極永久磁石の開発、第 5 回日本加速器学会年会・第 33 回リニアック技術研究会, 2008.8.7, 東広島市中央公民館
- 29 市川雅浩, 岩下芳久, 杉本貴則, 頓宮拓, 藤澤博, 山田雅子, パルスガス弁を用いた小型 ECR イオン源の開発、第 5 回日本加速器学会年会・第 33 回リニアック技術研究会, 2008/8/6, 東広島市中央公民館
- 30 M. Yamada, Y. Iwashita, M. Ichikawa, H. Tongu, H. M. Shimizu, T. Ino, S. Muto, Development of Modulating Permanent Magnet Sextupole Lens for Focusing of Cold Neutrons, EPAC'08, 2008/6/26, Genoa, Italy
- 31 T. Sugimoto, Y. Iwashita, M. Ichikawa, M. Yamada, S. Kuroda, T. Tauchi, M. Kumada, Continuously Adjustable Permanent Magnet Quadrupole for a Final Focus, EPAC'08, 2008/6/26, Genoa, Italy
- 32 M. Ichikawa, H. Fujisawa, Y. Iwashita, H. Tongu, M. Yamada, Development of Piezoelectric Pulse Gas Valve for Small ECR Ion Source, EPAC'08, 2008/6/23, Genoa, Italy
- 33 永久磁石による ILC 最終集束レンズ II、岩下芳久, 市川雅浩, 田島裕二郎, 杉本貴則, 山田雅子, 熊田雅之, 田内利明, 日本物理学会・第 63 回年次大会, 2008.3.24, 近大
- 34 強度可変な 4 極永久磁石における誤差評価について、杉本貴則, 岩下芳久, 田島裕二郎, 市川雅浩, 田内利明, 黒田茂, 日本物理学会・第 63 回年次大会, 2008.3.24, 近大
- 35 冷中性子集束用の強度変調型永久六極磁石の開発、山田雅子, 岩下芳久, 市川雅浩, 田島裕二郎, 頓宮拓, 猪野隆, 清水裕彦, 武藤豪, 日本物理学会・第 63 回年次大会, 2008.3.24, 近大
- 36 永久磁石を用いた超小型 ECR H<sup>+</sup>イオン源の開発、市川雅浩, 岩下芳久, 田島裕二郎, 頓宮拓, 藤澤博, 日本物理学会・第 63 回年次大会, 2008.3.23, 近大
- 37 永久磁石による ILC 最終集束レンズ、岩下芳久, 市川雅浩, 田島裕二郎, 熊田雅之, 奥木敏行, 黒田茂, 田内利明, 大森恒彦, 山本均, 日本物理学会・第 62 回年次大会, 2007.9.24, 北大
- 38 超強力永久磁石を用いた強度可変多極磁石の磁場測定、市川雅浩, 岩下芳久, 田島裕二郎, 頓宮拓, 猪野隆, 清水裕彦, 武藤豪, 日本物理学会・第 62 回年次大会, 2007.9.24, 北大
- 39 リニアコライダー用最終集束レンズの磁場測定用ローテーティングコイルシステム、岩下芳久, 市川雅浩, 田島裕二郎, 熊田雅之, 日本物理学会・2007 年春季大会, 2007.3.28, 山形大
- 40 リニアコライダー用超強力永久四極磁石における磁場の軸方向分布、市川雅浩, 岩下芳久, 田島裕二郎, 熊田雅之, 日本物理学会・2007 年春季大会, 2007.3.28, 山形大
- 41 中性子ビーム偏極集光磁気レンズの開発 1- 永久磁石による四極磁気レンズと可変六極磁気レンズの設計-、猪野隆, 岩下芳久, 奥隆之, 金子直勝, 川合將義, 小林庸男, 下ヶ橋秀典, 佐藤節夫, 篠原武尚, 清水裕彦, 鈴木淳市, 田原俊央, 広田克也, 武藤豪, 森嶋隆裕, 日本物理学会・2007 年春季大会, 2007.3.19, 山形大
- 42 中性子ビーム偏極集光磁気レンズの開発 2- 永久磁石による四極磁気レンズと可変六極磁気レンズの試作-、猪野隆, 岩下芳久, 奥隆之, 金子直勝, 川合將義, 小林庸男, 下ヶ橋秀典, 佐藤節夫, 篠原武尚, 清水裕彦, 鈴木淳市, 田原俊央, 広田克也, 武藤豪, 森嶋隆裕, 日本物理学会・2007 年春季大会, 2007.3.19, 山形大

[その他]

ホームページ等

<http://wwwal.kuicr.kyoto-u.ac.jp/www/accelerator/sspm/index.htmlx>

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

岩下芳久 (IWASHITA YOSHIHISA)  
京都大学・化学研究所・准教授  
研究者番号：00144387

### (2) 連携研究者

笹尾 登 (SASAO NOBORU)  
岡山大学・極限量子研究コア・教授  
研究者番号：10115850

横谷 馨 (YOKOYA KAORU)  
高エネルギー加速器研究機構・加速器  
研究施設・教授  
研究者番号：40141973

田内 利明 (TAUCHI TOSHIAKI)  
高エネルギー加速器研究機構・加速器  
研究施設・教授  
研究者番号：20154726

清水 裕彦 (SHIMIZU HIROHIKO)  
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：50249900

白井 敏之 (SHIRAI TOSHIYUKI)  
放射線医学総合研究所 重粒子医科学セ  
ンター 理工学部・主任研究員  
研究者番号：50252507

熊田 雅之 (KUMADA MASAYUKI)  
放射線医学総合研究所・加速器物理工  
学研究部・客員研究員  
研究者番号：50044748