

MLF MUSE D ラインの状況 Status of D-line MUSE MLF

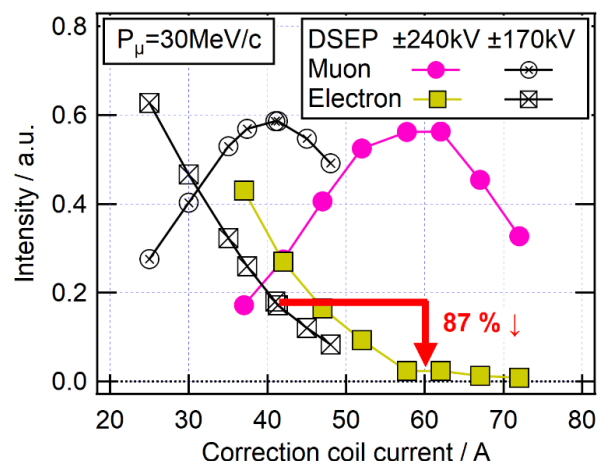
竹下聡史, Patrick Strasser, 池戸豊, 土居内翔伍, 橋本亜希子,
梅垣いづみ ^A, 反保元伸, 下村浩一郎, 三宅康博
KEK 物構研, 豊田中研 ^A

電磁石をビーム輸送に用いたミュオンビームラインでは、下流側に導いているミュオンと同一の運動量を有する電子/陽電子が、ミュオンビームと同じ軌道を通ることとなる。このため、ミュオンビーム中に電子/陽電子が混ざってしまい、測定の S/N を悪化させるなどの影響が出てしまう。J-PARC MUSE D-line では、この電子/陽電子をフィルタするために、電場と磁場を組み合わせた「電子/陽電子セパレータ」（所謂ウィーンフィルタ）と言われるコンポーネントがビームラインに導入されている。

電場電極の印加電圧が高いほど電子/陽電子のフィルタ効果は高くなるが、D-line のセパレータにおいては放電が生じやすい状況となっており、印加電圧を $\pm 170\text{kV}$ に制限せざるを得ない状況であった。放電は電極とケーブルの接続部が原因であることがわかったため、同 U-line や S-line で実績のある絶縁保護対策が為されたケーブル・電源への交換を行った。これにより、印加電圧の昇圧が可能となり、現在 250kV までの電圧印加に成功した。

印加電圧昇圧により、どの程度電子/陽電子が落とされているかを調べるため、セパレータの直下流に設置されている 4 象限スリットにより、スリットスキャンを行い、ビームプロファイルやビーム強度等の測定を行った。この結果、電子は、交換前の 13% まで低減された（図 1）。

右図．新しくインストールされたセパレータ電源による、ビーム中の電子除去効果。



ミューオン線形加速器 APF 方式 IH-DTL の開発 Development of Inter-digital H-mode drift-tube linac prototype with alternative phase focusing for muon linac

中沢雄河¹、飯沼裕美¹、岩下芳久²、岩田佳之³、大谷将士⁴、河村成肇⁴、
北村遼⁵、近藤恭弘⁵、齊藤直人⁶、須江祐貴⁷、長谷川和男⁵、林崎規託⁸、
三部勉⁴、森下卓俊⁵、安田浩昌⁹、山崎高幸⁴、吉田光宏⁴、

1 茨大理工、2 京大、3 NIRS、4 KEK、5 JAEA、6 J-PARC center、
7 名大理、8 東工大、9 東大理、

1999-2001 年に実施された米国ブルックヘブン国立研究所の E821 実験[1]において、0.54 ppm という高精度で測定されたミューオンの異常磁気能率($g-2$)が素粒子標準模型の予想値から 3.7σ の乖離が報告されており[2]、標準理論を超えた物理の存在が期待されている。

先行実験では、エミッタンスの大きいミューオンビームを蓄積するために収束電場を必要としたが、J-PARC E34 実験[3]では全く異なる手法での測定を計画している。E34 実験では超低速ミューオンの再加速により、低エミッタンスのミューオンビームを生成し、ビーム蓄積に収束電場を必要としない手法をとることで、先行実験における系統誤差を削減し、高精度な測定を目指す。

本研究では、E34 実験におけるミューオン線形加速器”IH-DTL(Inter-digital H-mode Drift-Tube-Linac)[4]”の開発を進めている。IH-DTL では高周波電場のみでビーム収束をする APF 方式を採用しているため、ビーム入射には位相空間分布での適切なマッチングが必要となる。そこで、前段の加速器 RFQ とのビームマッチングの確認及び空洞の性能評価のための IH-DTL プロトタイプを製作した。本ポスターでは、空洞の性能評価と RF 伝送路としてのカップラー及びチューナーの設計における解析の結果を報告する。

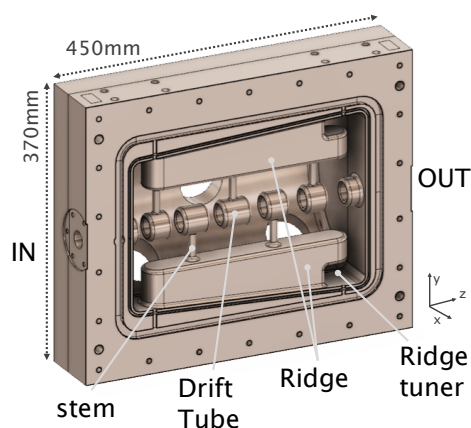


Fig. 1: Sectional view of IH-DTL prototype.

- [1] G. W. Bennett *et al.*, Phys. Rev. D73, 072003 (2006)
- [2] A. Keshavarzi *et al.*, Phys. Rev. D 97, 114025 (2018)
- [3] M. Abe *et al.*, arXiv:1901.03047 (2019)
- [4] M. Otani *et al.*, Phys. Rev. Accel. Beams. 19, 040101 (2016)

無酸素 Pd/Ti コーティングの開発と放射光光源、 ビームライン、エンドステーションへの応用の展望 Development of oxygen-free Pd/Ti non evaporating getter coating and Prospects for application to SR ring, beamlines, and endstations

○間瀬一彦 1,2, 宮澤徹也 2, 菊地貴司 1

KEK 物構研 1, 総研大高エネ 2

次世代放射光施設では、1)ビームタイム期間中の振動と騒音の発生防止、2)建設、運転、メンテナンスのコストとマンパワーの大幅削減、が求められる。我々はこうした要求に応えられる新しい真空技術として、無酸素 Pd/Ti コーティングを開発した。無酸素 Pd/Ti をコートした真空容器は、133~150°Cで3~12 時間ベーキングしたあと室温に戻すと H₂ と CO を排気する、大気曝露と活性化を繰り返しても H₂ と CO に対する排気速度が低下しない、 1×10^{-4} Pa 程度の酸素を導入しながらベーキングすると H₂、H₂O、CO、CH₄ などの脱ガスを低減できるといった特長を持つ。また、放射光源、ビームライン、エンドステーションの真空チェンバーに応用すれば、既存のイオンポンプ、ZrVFe を利用した NEG ポンプ、ゲートバルブ、ターボ分子ポンプの台数を減らせるので、建設と運転のコストとマンパワーを大幅に削減できる。また、短時間ベーキングで炭化水素の少ない超高真空を実現できるので、光学素子の炭素汚染を防止でき、メンテナンスに要するコストとマンパワーを大幅に削減できる。

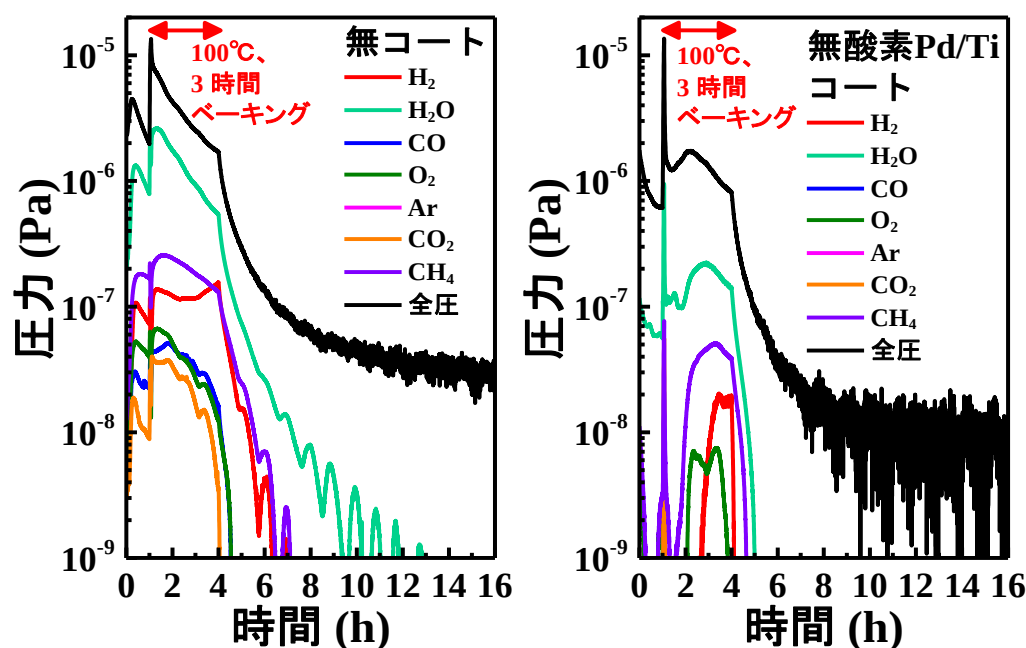


図. 無酸素 Pd/Ti を成膜していない SUS304 製真空容器と無酸素 Pd/Ti 成膜した SUS304 製真空容器の真空排気中の分圧曲線の比較。

**J-PARC ミューオン $g-2$ /EDM 実験:
縦方向ビームプロファイルモニターによる
ミューオンバンチ構造測定**

**J-PARC E34 muon $g-2$ /EDM experiment:
A bunch structure measurement of muons by a
longitudinal beam profile monitor**

中沢雄河¹、須江祐貴²、飯嶋徹^{2,3}、飯沼裕美¹、石田勝彦⁴、居波賢二²、
牛澤昂大⁵、大谷将士⁶、河村成肇⁶、北村遼⁷、近藤恭弘⁷、齊藤直人⁸、
下村浩一郎⁶、竹内佑甫⁹、長谷川和男⁷、二ツ川健太⁶、三宅康博⁶、三部勉⁶、
森下卓俊⁷、安田浩昌¹⁰、山崎高幸⁶、四塚麻衣²、

1 茨大理工、2 名大理、3 名大 KMI、4 理研、5 総研大、6 KEK、
7 JAEA、8 J-PARC center、9 京大理、9 東大理、

ミューオンの異常磁気能率($g-2$)は素粒子標準理論における基本的な物理量である。先行実験[1]での測定値は予測値から 3.7σ の乖離を示しており[2]、このズレが標準理論の破れを示唆する新しい物理現象に起因していると考えられている。

J-PARC ミューオン $g-2$ /EDM 実験[3]では、ミューオン $g-2$ のズレを先行実験とは異なる手法で高精度測定することを目標にしている。実験技術要素の一つとして、この実験では熱エネルギー(25meV)程度の超低速のミューオンを、線形加速器で212MeV まで加速することで、指向性の良い低エミッタンスのミューオンビームを生成する。

ミューオン線形加速器の開発において、2017年には初段加速器であるRFQを用いた世界初のミューオンRF加速を実証、さらに横方向のビームプロファイル測定を実施した。次の段階としてRFQ後段の加速器での加速試験を計画しているが、後段加速器への円滑なビーム入射のためには、RFQによって324MHzで加速されたミューオンのバンチ構造を測定する必要がある。そこで、MCP検出器を用いた高時間分解能(30-40psec)縦方向ビームプロファイルモニターを開発し、2018年11月にはMLF-D2にて、このモニターを用いて加速ミューオンバンチ構造を測定した。

本ポスターでは最新の実験結果および解析について報告する。

[1] G. W. Bennett *et al.*, Phys. Rev. D73, 072003 (2006)

[2] A. Keshavarzi *et al.*, Phys. Rev. D 97, 114025 (2018)

[3] M. Abe *et al.*, arXiv:1901.03047 (2019)

酸化物膜付加ボロン K 発光(183 eV)対応 軟 X 線ラミナー型回折格子の回折効率評価

Evaluation of diffraction efficiency of soft X-ray laminar-type diffraction gratings for boron K emission (183 eV) by overcoating oxide layers

小池雅人¹、羽多野忠²、ピロジコフ アレキサンダー¹、寺内正己²、
浮田龍一³、西原弘晃³、笹井浩行³、長野哲也³

1 量研量子ビーム、2 東北大多元研、3 島津デバイス

表面物質が Ni の軟 X 線ラミナー型回折格子(刻線密度:1200 本/mm、溝深さ:14 nm、デューティー比: 0.4)上に TiO₂ 又は CeO₂ 膜を堆積し B-K 発光(183eV)において 1 次光の回折効率が極大となる膜厚と入射角を数値計算により探索し、それぞれ最適膜厚が 25.8 nm と 31.5 nm 及び最適入射角が 84.360°と 82.840°の値を得た。この結果に基づき回折格子に上記の酸化物膜を付加した。TiO₂と CeO₂の膜厚の実測値はそれぞれ 22.0 nm と 30.2 nm であった。放射光(PF-11D)を用いてそれぞれの回折格子の回折効率の入射角依存性を測定した結果、183 eV において従来の Ni 回折格子を入射角 87.07°で用いる場合に対して、回折効率と受光立体角の増加により最大で分光された光量が 2.4 倍(TiO₂、入射角:85.262°)、3.8 倍(CeO₂、入射角:84.492°)に増加する結果を得た。

本研究の一部は東北大学多元物質研究所先端計測開発センター平成 28～29 年度 CAMS プロジェクト基金から助成(研究題目名「極端紫外線回折格子の高回折効率コーティング法の開発」)を受け実施した。また、本研究の回折効率測定は高エネルギー加速器研究機構物質科学研究所放射光科学実験施設 BL-11D において放射光共同利用実験課題番号 2016G144, 課題名「極端紫外線領域の低入射角高効率回折格子の開発」(2016 年 4 月～2018 年 3 月)の一部として実施した。

Indian Beamline at Photon Factory- a Multipurpose hard x-ray Station

G. Das¹, A. Bhattacharyya¹, M. K. Mukhopadhyay², C. Narayana¹ and M. K. Sanyal²

¹Jawaharlal Nehru Centre for Advanced Scientific Research, Bengaluru,
Karnataka-560064, India

²Saha Institute of Nuclear Physics, Kolkata, West Bengal-700064, India

The Indian beamline (BL-18B) has been constructed at photon factory synchrotron radiation facility with an experimental emphasis on various x-ray spectroscopic probes for material science applications. The beamline is installed on a bending magnet source with a working x-ray energy range of 7–20 keV. The optics of the beamline comprises of a double-crystal monochromator with Si (111) symmetric and asymmetric crystals. BL-18B equipped with a four circle goniometer and an eight circle goniometer. The beamline offers a combination of different x-ray spectroscopic probes, e.g. x-ray diffraction, x-ray reflectivity, diffuse scattering, small angle x-ray scattering and etc. We describe various salient features of the BL-18B experimental station and the detailed description of its capabilities through the measured results, obtained for various materials.

Acknowledgment: The Indian Beamline project at Photon Factory has been funded by Department of Science and Technology, Government of India with Jawaharlal Nehru Centre for Scientific Advanced Research as nodal institute. The authors would like to thank Prof. R. Kumai and other KEK staffs for their support in this development of the beamline.

無酸素 Pd/Ti を用いた非蒸発型ゲッターポンプの開発 Development of non evaporating getter pump using oxygen-free Pd / Ti.

○菊地貴司 1, 宮澤徹也 2, 西口宏 3, 間瀬一彦 1,2

KEK 物構研 1, 総研大高エネ 2, (有)バロックインターナショナル 3

非蒸発型ゲッター(NEG)ポンプはオイルフリー、振動フリー、省エネルギーといった特徴があり、放射光源、ビームラインなどの超高真空の維持に広く使われている。最近我々は新しい NEG である無酸素 Pd/Ti を開発し、H₂ と CO を排気できることを確認した(図1)。さらに ICF203 フランジ、パイプ、底板、9 枚の仕切板、支板から構成される真空容器(図2)の内面に無酸素 Pd/Ti を成膜して、新しい NEG ポンプを開発した。本 NEG ポンプは 150℃で 12 時間ベークすることにより活性化でき、汚れに強く、ダストを生じない。オリフィス法で初期排気速度を測定したところ、H₂ に対しては約 680 L/s、CO に対しては約 900 L/s であった。また、大気導入と活性化を 9 回繰り返しても排気速度が低下しなかった。本 NEG ポンプは、電流導入と専用電源が必要なく、ベークングの際に活性化でき、寿命が長い。放射光光源やビームラインに利用すればコストを大幅に削減できる。

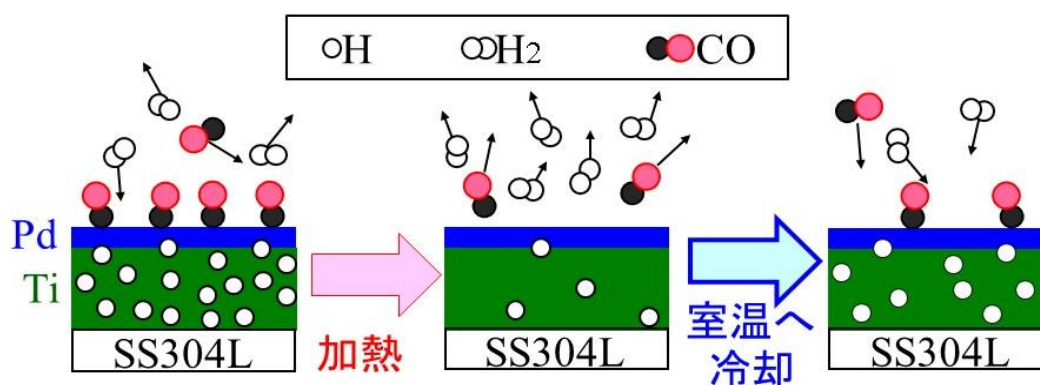


図1．無酸素 Pd/Ti 薄膜の H₂、CO 排気メカニズム

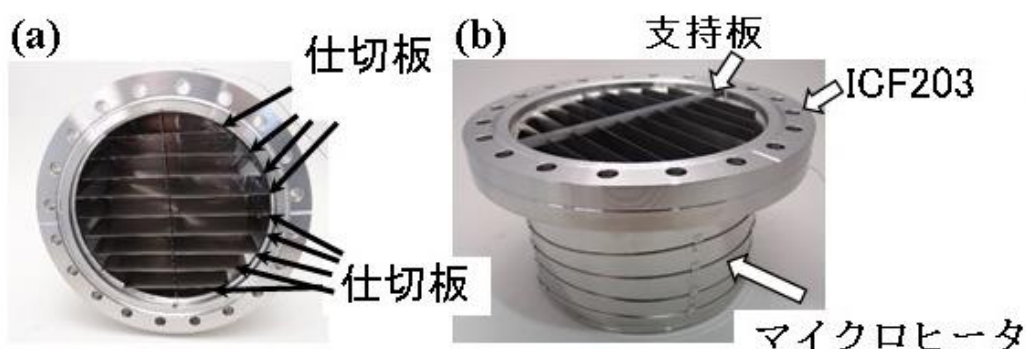


図2．NEG ポンプ用真空容器の写真

中性子反射率計 SOFIA における集光ミラー・検出器開発 4 Development of Focusing Mirror and Detector for Neutron Reflectometer SOFIA (4)

山田悟史¹，細畠拓也²，日野正裕³，藤原健⁴，
堀耕一郎¹，根本文也¹，佐藤節夫¹，山形豊²
¹KEK, ²理研, ³京大, ⁴産総研

中性子反射率法は物質の界面で反射された中性子を計測し、その干渉から数 nm～数百 nm スケールにおける深さ方向に対する散乱振幅密度の分布を観察する手法である。中性子は物質透過性が高く、物質に内在する「埋もれた界面」を容易に評価することが可能な上、重水素化ラベル法を用いることによって特定の部位にコントラストを付けて観測できるというメリットがある。

J-PARC MLF の BL16 に設置された試料水平型中性子反射率計 SOFIA は大強度パルス中性子ビームを生かした短時間測定と低いバックグラウンドを特徴とする装置である。また、2 次元検出器を利用した入射角分布の補正や非鏡面反射測定やダブルフレームモードを利用した時分割測定における wide-Q 領域測定、測定プログラムにおける入射ビーム強度に対する最適化や試料アライメントの自動化などを実装しており、高いスループットと利便性を兼ね備えている。一方、光学系や検出器についてはそれぞれダブルスリットコリメーションと ⁶LiF/ZnS シンチレーターを採用したコンサバティブなもので、改良の余地が残されている。これに対し、我々は現在集光ミラーによる光学系、および ¹⁰B コンバーターと GEM を組み合わせた検出器の開発を行っている。

集光ミラーによる光学系は一次元楕円ミラーを用いて試料集光を行うことにより、小さな面積の試料に対して大きな発散のビームを利用することを目的とする。これは、ビームサイズと同時にビーム発散も同時に小さくする必要があるダブルスリットコリメーションに対する大きなアドバンテージで、固液界面など試料の一部にしかビームを照射できないような測定において測定効率の向上が期待できる。我々は、集光ミラーの素材として NiP めっきを施したアルミ材を採用し、半値全幅 0.17 mm のビームサイズを達成することに成功している。検出器については ¹⁰B が中性子をキャプチャーする際に生じる荷電粒子を GEM で検出する、ピクセル読み出し型の 1 次元検出器を開発中である。この際、中性子の吸収率を上げるためにコンバーターの厚みを増やしすぎると、荷電粒子が自己吸収されてしまうという問題が生じる。これに対し我々は、ピュアな B 薄膜に Ti をコートしたコンバーターに中性子を斜入射することで B 密度と実効的な厚みを増やし、検出効率を向上させることに成功した。

当日の講演では、最新版の集光ミラー、および検出器の開発状況と実験結果について発表する予定である。

KEK-PF 真空ゲージシステムの現状 Current status of KEK-PF vacuum gauge system

石井晴乃¹、小菅隆¹、仁谷浩明¹

1 高エネルギー加速器研究機構、物質構造科学研究所

高エネルギー加速器研究機構物質構造科学研究所では放射光実験施設としてフォトンファクトリー(PF)と PF-AR の 2 つの電子蓄積リングと 30 本のビームラインを運用している。各ビームラインは放射光を実験試料へ導くための配管や光学機器等で構成されている他、安全かつ正常に実験を行うためのインターロックシステムが設けられており、インターロックシステムはシャッターやハッチの扉などの開閉状態などを感知するセンサー等とプログラマブルロジックコントローラ(PLC)で構築されている。インターロックシステムに取り込まれるステータスの一つとしてビームラインの真空度があり、ビームラインの真空を保つことは放射光を使った実験を行うためには非常に重要である。インターロックシステムに取り込まれる真空度のステータスは真空計測機器の異常や真空度が著しく低下した際に変化し、真空を保護するようにインターロックが働く仕組みになっている。また、KEK-PF ではビームラインの真空度をビームラインにつき数台から十数台のセンサーとそれにつながる真空ゲージコントローラを用いて計測しているが計測した結果を記録するような機能はないため、真空悪化が起こった際にそれが起こった原因の解明するための情報が非常に少なかった。我々は真空度を記録することは原因の早急な解明と解決に非常に役立つと考え真空ゲージコントローラをモニタリング、制御するシステムを構築した。本システムは制御ソフトウェア Simple Transmission and Retrieval System(STARS)を利用し、ネットワーク経由でゲージコントローラを制御するシステムで、システムを経由して得た真空度や通信の履歴は制御ソフトウェアが構築されている制御 PC に蓄積される。また、蓄積されたデータを利用しビームラインの真空度等を簡単に確認できるよう GUI も作成した。現在、本システムは PF と PF-AR の半分以上のビームラインに導入されており、早期なトラブルシューティングを実現するなど実績も上げている。

BL-20 ビームラインインターロックシステムの更新 Replacement of BL-20 Beamline Interlock System

小菅隆¹、石井晴乃¹、齊藤裕樹¹、仁谷浩明^{1,2}

¹ 高エネルギー加速器研究機構・物質構造科学研究所

² 総合研究大学院大学・高エネルギー加速器科学研究科

Photon Factory(以下 PF)では、ビームライン毎に「放射線安全」、「ビームライン真空の保持」、「ビームラインコンポーネントの保護」を目的としたビームラインインターロックシステム(BLIS)が設置されている。現在、PFには30のビームラインがあり、BLISの導入時期もさまざまである。BLISの安定な動作のためには随時保守を行うこと不可欠であるが、BLISの老朽化を見越した定期的な更新作業も必要である。BLISの更新は計画的に進められているが、その際の労力を含むコストの削減は非常に重要である。

これまで、我々はBLIS設計の自動化やBLISを制御するProgrammable Logic Controller(PLC)のプログラム作成の自動化などを行ってきた。これら自動化については大きな成果を上げており、システム設計に約一ヶ月かかっていたのを約一週間に、PLCプログラム作成に数ヶ月かかっていたのを数日程度に短縮する事に成功した。また、経費面でも最新のBLISでは従来のものに比べて約半分となっている。

今回我々はPF-2.5GeVリングに設置されたビームラインBL-20のBLIS老朽化に対応するため、更新作業(図1)を行った。ここでは、BLIS設計の自動化やPLCプログラム自動作成の詳細と、実際のBL-20 BLIS更新作業について報告する。

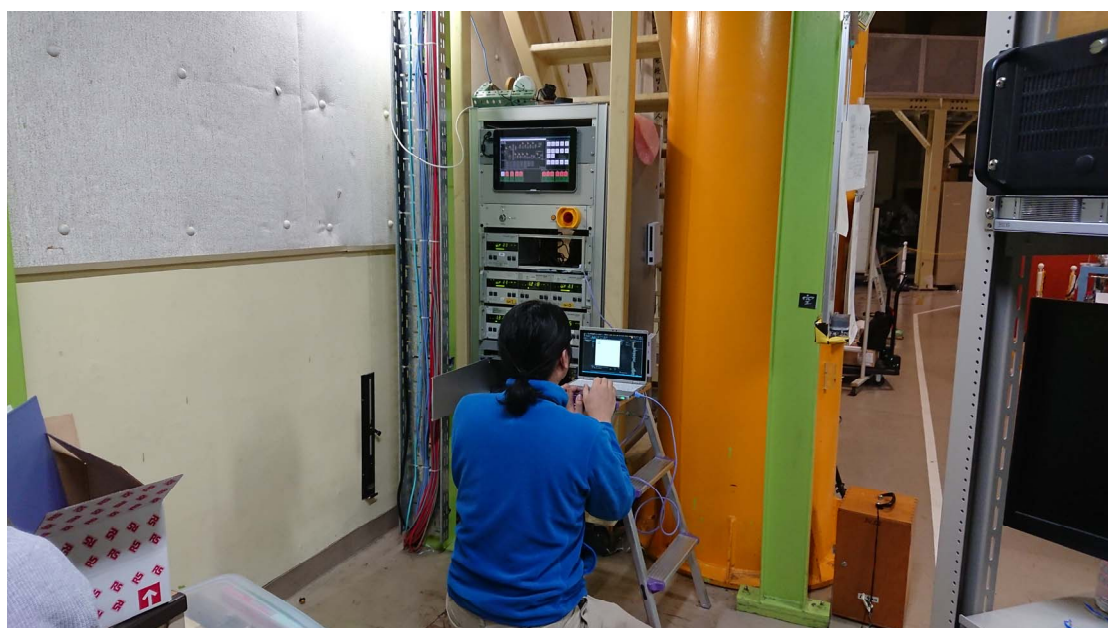


図1. BL-20 ビームラインインターロックシステム更新作業の様子