

2019年2月 技術職員インターンシップ

技術職員インターンシップ
5日コース 仕事体験

しおり

高エネルギー加速器研究機構
技術職員インターンシップ実行委員会

開催期間 2019年2月18日ー2月22日

1. はじめに

私たち「高エネルギー加速器研究機構(KEK)」は、加速器と呼ばれる装置群を使った研究を推進する研究所です。国内外の研究者に対して研究の場を提供すると共に、個別の大学では設置できない大型加速器による共同利用の場を提供する「大学共同利用機関法人」として、加速器科学の先端研究や関連分野の研究に大きく貢献しています。

私たちの研究には、これまで誰も知らなかった現象や考え方など、未知の世界に挑戦するやりがいと、それを見つけて広く共有することが次の発見の引き金になり、知識の限界をどんどん広げていく…そんな面白さがつまっています。是非、私たちの職場の楽しさを体験して下さい。

2. 5日間コース課題リスト

今回体験できる実習は以下の通りです。すべての希望に沿えなかった点もあると思いますが、先輩職員の紹介や懇親会でなんでも質問してみてください。

- つくば I FPGA の使い方
 - つくば B 放射線検出器の校正とこれを用いたガンマ線エネルギー測定と核種決定
 - つくば C 化学分析
 - つくば D フォトン・ファクトリーの高周波制御技術
 - つくば G 液化ヘリウム冷凍機と極低温装置の製作技術
 - つくば E 大型円形加速器の高周波加速電圧制御技術
 - つくば F モデルレゾナントリングを使った高周波技術
 - つくば L X線ビームラインの設計
-
- 東海 A J-PARC MR 速い取り出し用セプタム電磁石
 - 東海 B 大強度ビームの高周波加速システムとその制御装置
 - 東海 AC MLF におけるデータ収集環境の構築

3. 連絡先

4. 日程

(1日目) 2月18日(月) 管理棟大会議室

- 10:00 自己紹介、日程説明
- 10:10 高エネ研紹介。高エネ研の技術職員とは
- 10:40 先輩職員から
- 12:00 昼食会 職員会館2階大集会室南

- 13:00 つくばキャンパス見学
 - 13:10～ 筑波実験室
 - 14:00～ ERL開発棟
 - 14:40～ 空洞製造施設(CFF)
 - 15:10～ コッククロフト・ウォルトン型高電圧加速器
 - 15:50～ 放射光科学研究施設

- 16:30 まとめ・質問
- 17:00 ドミトリーにチェックイン
- 18:00 懇親会(職員会館 レストラン)

(2日目) 2月19日(火)

集合場所：つくばキャンパス 職員会館2階大集会室南

実習：9:00～17:00

- ・FPGAの使い方
- ・放射線検出器の校正とこれを用いたガンマ線エネルギー測定と核種決定
- ・化学分析
- ・フォトン・ファクトリーの高周波制御技術
- ・液化ヘリウム冷凍機と極低温装置の製作技術

(3日目) 2月20日(水)

集合場所：つくばキャンパス 職員会館2階和室

実習：9:00～17:00

- ・FPGAの使い方
- ・大型円形加速器の高周波加速電圧制御技術
- ・モデルレゾナントリングを使った高周波技術
- ・X線ビームラインの設計

朝、集合の前にドミトリーをチェックアウトして下さい。

荷物はドミトリーに残さず、集合場所にお持ち下さい。

実習終了後、17:10発の業務連絡バスで東海キャンパスに移動します。

最初のバス停、東海1号館で下車して下さい(18:31到着予定)。
(夕食の幹旋、翌朝の案内、21日の夕食会の案内。出迎え対応)
ドミトリーチェックイン (時間外なのでドミトリーフロントで)

(4日目) 2月21日 (木)

集合場所：東海キャンパス 1号館117号室

実習：9:00～17:00

- ・J-PARC MR 速い取り出し用セプタム電磁石
- ・大強度ビームの高周波加速システムとその制御装置
- ・MLFにおけるデータ収集環境の構築

昼食は研究棟3階会議室で。弁当の注文を朝に取ります。

実習終了後、実習担当者がドミトリーに送ります。

夕食会をおこないます。ドミトリー入り口に17:30時集合。

(5日目) 2月22日 (金)

集合場所：東海キャンパス ドミトリー玄関前

8:50 集合 → 加速器準備棟へ移動

9:20 東海キャンパス紹介

9:50 東海キャンパス見学

10:00～ 中央制御棟

10:40～ ニュートリノ前置検出器

11:20～ ハドロン実験施設

12:00～ 物質・生命科学実験施設 (MLF)

12:40 昼食 (研究棟4階会議室)

13:30 先輩職員から

14:30 質疑応答・座談会

15:00 解散

朝、集合時間前にドミトリーをチェックアウトして下さい。

荷物はドミトリーに残さず、集合場所にお持ち下さい。

15時頃に終了し、解散となります。

解散後の交通手段

業務連絡バス 15:16 東海1号館→16:35 つくばキャンパス (無料)

高速バス 15:49 東海原研前→19:14 東京 (最終バス)

路線バス 16:06 原研前→16:14 東海駅 16:40 特急→18:13 東京

5. 各コースの紹介

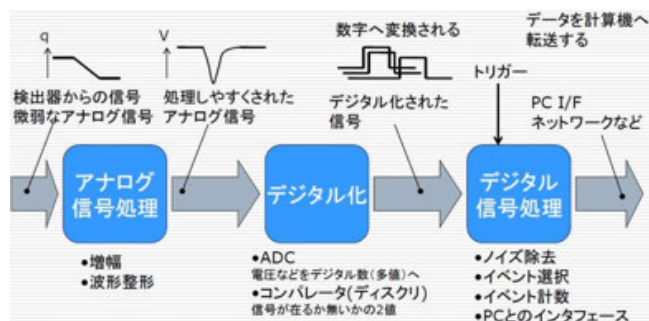
つくば I : 「FPGA の使い方」

担当： (素粒子原子核研究所)

概要： 高エネルギー物理実験等では衝突などによって生成した粒子の挙動を電気信号として検出します。この信号はアナログ信号で、データ収集用の電子回路上でデジタル信号に変換し、解析に使えるデータとしてコンピューターに転送しています。この流れに不可欠なデジタル処理を FPGA (Field Programmable Gate Array) と呼ばれる集積回路が担っています。この FPGA に関する基礎的な技術を学び、開発現場で行っている Xilinx 社の CAD を使用して、FPGA デジタル回路設計を体験していただきます。

実習：2 (講義：先端計測実験棟多目的室)

1. 高エネルギー物理実験で使われる検出器・測定器からのデータ収集システムについての基礎とデジタル回路の特徴を体験します
2. 組み合わせ回路(and, or 等)を FPGA に実装して動かしてみます
3. FPGA が書き換え可能となっている原理を覗きます
4. 順序回路(FlipFlop)を FPGA に実装して動作を体験します



ここがポイント

- デジタル回路を実装できる FPGA を 0 から学ぶことができ、回路技術者が実際に使う Xilinx 社 CAD の実習ができます。
- センサーからのアナログ信号をデジタル信号に変換し、データとして計算機に転送する流れの中で、FPGA の果たす役割の重要性が実感できます。

つくばB：「放射線検出器の校正とこれを用いたガンマ線エネルギー測定と核種決定」

担当：

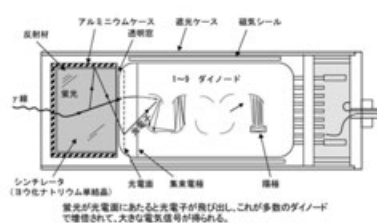
(放射線科学センター)

概要： 放射線科学センターでは加速器の運転に伴う放射線と放射能を測定し放射線管理をおこなっています。

本コースでは、放射能測定に使用する放射線検出器(NaI(Tl)シンチレーション検出器、Ge 検出器)を用いてガンマ線エネルギースペクトルを取得し、検出器の校正を行った後に、放射性核種の決定を行います。

実習：1 (放射線管理棟)

1. 放射線科学センターの業務の紹介。
2. 本コースにおいて使用する放射線検出器(NaI(Tl)シンチレーション検出器、Ge 半導体検出器)の動作原理、使用方法の説明。
3. NaI(Tl)シンチレーション検出器、Ge 検出器に分かれてそれぞれの信号を確認し、数種類のガンマ線源を用いてエネルギースペクトルのデータを取得する。
4. 得られたエネルギースペクトルのピーク位置とガンマ線エネルギーの関係を両対数グラフに書き、校正曲線を求める。
5. この校正曲線を用いて放射性核種の決定を行う。



ここがポイント

- NaI(Tl)シンチレーション検出器、Ge 半導体検出器の動作原理と取り扱いについて学ぶことができます
- 検出器の信号をオシロスコープを用いて確認できます。
- ガンマ線源のエネルギースペクトルを取得することができます。
- 検出器を用いて、放射性核種の決定ができます。

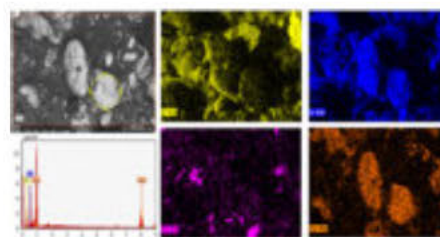
つくばC：「化学分析」

担当： (共通基盤研究施設所)

概要： 当部門では水質検査や作業環境測定を行っているため、多種多様な分析装置が設置されています。作業環境測定とは、化学薬品を使用する際、作業者が薬品による健康被害を受けないことを確認するための分析です。その他に、研究者から化学分析の依頼を受け付けています。本コースでは、作業環境測定のサンプリングデザインから分析までを行い、適切な作業環境であるかどうかの評価を行います。更に、研究者から依頼された実際の試料を用いて、未知試料の化学分析にも挑戦してもらいます。

実習：1 (化学実験棟)

1. 作業環境測定の概要、必要な器具及び装置の解説
2. 作業中の実験室において、サンプリング及びガスクロマトグラフによる測定
3. 幾何平均値、幾何標準偏差から評価値を算出し、管理濃度との比較
4. 蛍光X線分析装置やX線回折装置等を使用した未知試料の定性分析
5. 報告書の作成



依頼分析の例

ここがポイント

- ・作業環境測定は研究者の安全を、水質分析は地域社会への責任を果たすため。
- ・機構の主役にはなり得ないが、意外と実権を握っている！？
- ・研究を継続できるのは、共通基盤研究施設があつてこそ。
- ・機構内の様々なトラブルに、化学分析でお応えする技術者集団です。

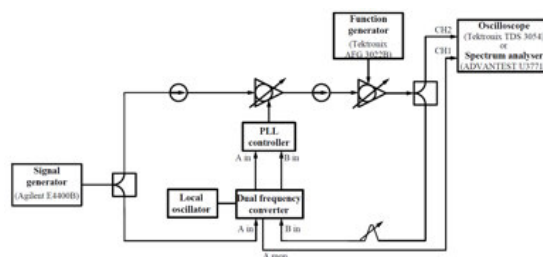
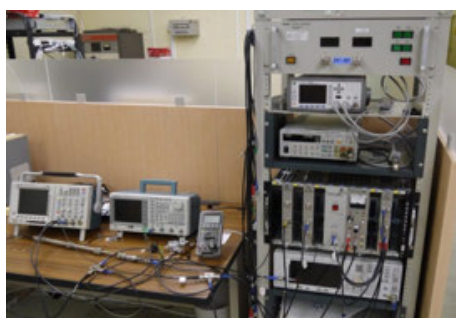
つくばD:「フォトン・ファクトリーの高周波制御技術」

担当： (加速器研究施設)

概要： フォトン・ファクトリーは放射光と呼ばれる強力なX線や真空紫外線を発生する電子加速器です。この加速器では、高周波加速システムを使って電子にエネルギーを供給しています。本コースでは、フォトン・ファクトリーで高周波を制御するために使われている回路モジュールを使用し、高周波制御系の一部を組み立て、試験を行います。一連の作業を通して高周波制御技術を体験します。

実習：1日 (午前：PF 実験準備棟・輪講室、午後：PF 光源棟2階・制御準備室(3))

1. (午前) フォトン・ファクトリーの高周波加速システムの概要について説明します (15分)
2. 電子回路に馴染みのない方でもわかるように、高周波回路の基本を易しく説明します (60分)
3. 午後の実習内容について説明します (60分)
4. フォトン・ファクトリーの高周波加速システムを見学します (30分)
5. (午後) まず、高周波測定器を使って、位相をずらす回路(フェーズシフター)などの特性を測定します (60分)
6. 次に、高周波回路モジュールを幾つか組み合わせて、フェーズロック・ループ(PLL)を組み立て、その動作を試験します。ここでは、高周波信号に位相変調を与えておき、PLLを動作させた時に位相変調が小さくなる様子をオシロスコープやスペクトラム・アナライザで観測します。(120分)



ここがポイント

- 高周波加速システムは、加速器におけるエンジンに相当します。
- 高周波加速システムにおける多彩な技術のうち、高周波回路技術を体験します。
- 高周波回路の基本について易しく解説します。

つくば G : 「液化ヘリウム冷凍機と極低温装置の製作技術」

担当： (加速器研究施設)

概要： 我々加速器冷凍機グループは、SuperKEKB で運転される超伝導空洞を液体ヘリウム冷凍機で冷却運転を行っており、その他に超伝導空洞高性能化のため、専用のクライオスタットや極低温機器の研究開発を行っています。それら装置を極低温に冷却する液化ヘリウム冷凍機や制御、クライオスタット製作技術は、超伝導空洞と密接な関係を持ち、大型物理実験を行う上で重要な役割を担っています。

本コースは、超伝導装置を極低温 (4.2K~2.0K) に冷却する液化ヘリウム冷凍機を熱力学の側面から分かりやすく解説し、安全に運転するための保守や関係法令を説明します。さらにクライオスタット製作に必要な技術について体験します。

実習：1 (座学：D11 コンテナハウス・会議室)
(実技：物理 PS 第三収納庫および COI 棟 (超伝導加速器利用促進棟))

1. 座学

- A: 加速器冷凍機グループ紹介
- B: 液化ヘリウム冷凍機の理論
- C: ヘリウム冷凍機の関係法令
- D: クライオスタット製作技術
- E: ヘリウム冷凍システムの見学

2. 実習

- A: トランスファーラインの製作
 - ・内管用薄肉配管切出し作業
 - ・液体窒素を使った内管氷結曲げ作業 (見学)
 - ・MLI 巻き付け作業
 - ・TIG 溶接作業 (見学)
 - ・ヘリウムガスによるリーク試験



ここがポイント

- ・大型物理実験には必ず超伝導装置が使用されるため常に必要とされる知識と技術。
- ・液化ヘリウム冷凍機を安全に運転するための法律上の手続き。
- ・クライオスタット製作技術は、真空、熱、材料、計測技術など多くの技術が必要。

つくばE：「大型円形加速器の高周波加速電圧制御技術」

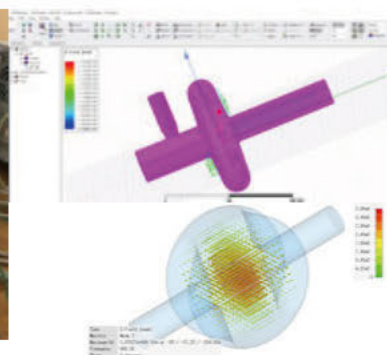
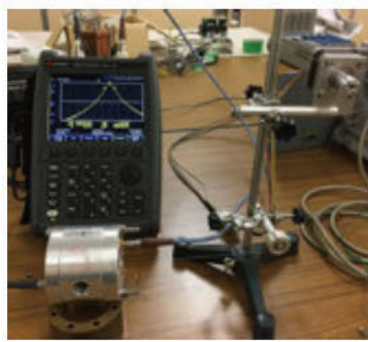
担当：

(加速器研究施設)

概要： 大型加速器では荷電粒子を加速するために、加速空洞と呼ばれる高周波の共振器（定在波）を用いて [MV] (10^6 [V]) 級の高い電場を作ります。そして、必要な加速電圧をビーム合わせて一定に保つよう制御されます。では、どうやって加速電圧を正確に知ることができのでしょうか？加速空洞内の高い電界を直接測れるようなプローブはありません。本コースでは、加速電圧を知るための、摂動法を用いた電界の強さを測る方法を体験します。また、電磁場の振る舞いをシミュレーションのイメージを用いて理解を深めます。併せて加速電界（強さと位相）を制御する技術を紹介し

実習：1日（午前：座学講義1～3、午後：実習4～5）（1号館談話室1・D10電源棟制御室）

1. SuperKEKBの高周波加速システムを紹介します。
2. 加速に必要な高周波、電磁場の基礎知識を学びます。
3. 加速電界（高周波信号）の制御技術について紹介します。
4. 高周波の測定技術を学ぶと共に、加速空洞を模擬したモデルを用いて、電界の強さを測るビード摂動法（加速空洞の特性評価）の実習を行ないます。
5. シミュレーションソフト（HFSS）を用いて、加速空洞における電磁場の振る舞いをイメージで理解します。



ここがポイント

- ・ビーム加速には日常とは桁違いに大きな高周波電場が必要。
- ・この高い加速電圧はビームに合わせてぴったりと制御される。
- ・メガボルトの加速電圧を直接測れるものはない。いろいろ測って間接的に知る。

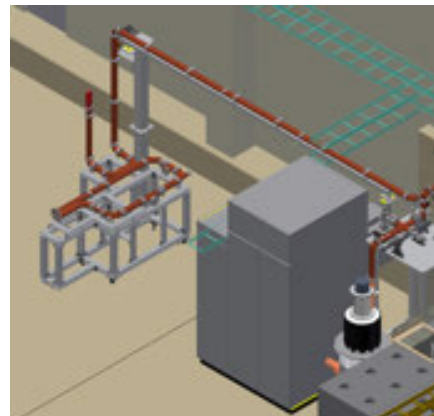
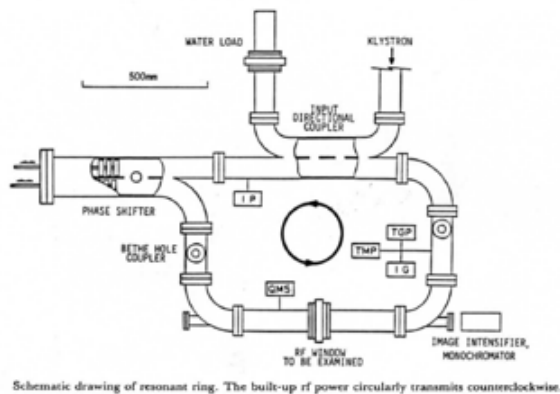
つくばF 「モデルレゾナントリングを使った高周波技術」

担当： (加速器研究施設)

概要： 本コースでは、まずKEKB 電子陽電子入射器（電子線形加速器）の高周波（マイクロ波）システムについて紹介します。次に、高周波の伝搬特性を理解するためにレゾナントリング（高周波回路の一種）を組み立てます。できたレゾナントリングに低電力の高周波を投入してみて高周波特性を調べます。たとえばレゾナントリングの位相長を調整することでリングを周回する高周波が重ねあわされる様子を観察します。

実習：1日 (電子陽電子入射器棟 旧KLY 準備室)

1. 電子陽電子入射器 高周波システムの紹介・見学 (90分)
2. モデルレゾナントリングの組み立て(60分)
3. レゾナントリングの特性試験 (180分)
4. 試験結果の確認(90分)



ここがポイント

- KEKは、高エネルギー電子陽電子ビームを使ういろいろな研究の世界的拠点の一つ
- 電子線形加速器では、実験に必要な電子陽電子を作り出し高エネルギーまで加速する。
- 粒子の加速は、マイクロ波のパワーを使う。実習ではマイクロ波の特徴を体感

つくばL：「X線ビームラインの設計」

担当： (物質構造科学研究所)

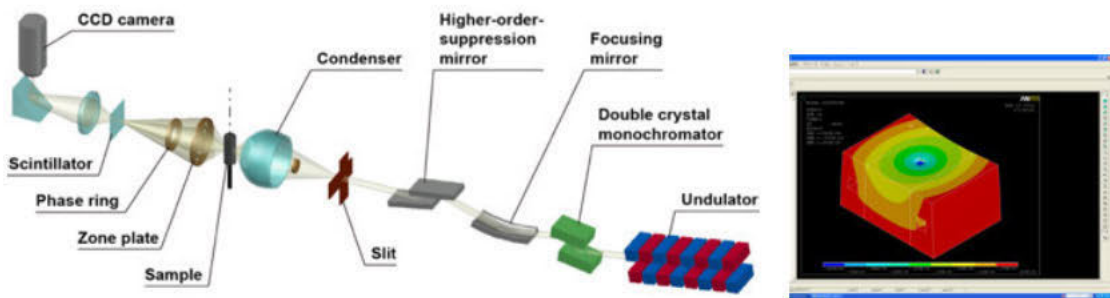
概要： 放射光科学研究施設では、電子蓄積リングから発生する、放射光と呼ばれる強力な光（X線、真空紫外線など）を使い、医療用新薬開発の鍵となるタンパク質の構造解析など、物質の性質や材料の機能を解析する様々な実験が行われています。

電子蓄積リングの発光点から実験試料まで、放射光を実験の用途に適した状態に加工しながら導くシステムをビームラインと呼びます。X線用のビームラインでは放射光の中から実験に必要な波長（エネルギー）を取り出す分光器や放射光を実験試料上に集めるためのミラーなどが設置されており、技術職員はその技術開発、設計などを行っています。

本実習ではX線ビームラインの設計を体験します。

実習：1日（放射光実験準備棟輪講室、PF-AR光源棟実験ホールなど）

1. X線ビームラインの設計とは（1時間）
2. ビームラインの構成、光学設計（3時間）
3. 光学素子の熱・歪みの計算（2時間）
4. ビームライン、実験装置の見学（1時間）



ここがポイント

- ・実験に必要なX線の性能とは
- ・電子蓄積リングで発生する放射光を、いかに効率よく実験サンプルまで導くか
- ・分光結晶の1度の温度上昇でも、ビーム性能は大きく劣化。いかに温度上昇を小さくし安定させるか。なぜ液体窒素で分光結晶を冷却するのか

東海 A : 「J-PARC MR 速い取り出し用セプタム電磁石」

担当： (加速器研究施設)

概要： 本コースでは、電磁石に関する基礎を学び、J-PARC メインリング(MR)で使用されている入出射用電磁石の解説を行います。また、実際に実験で使用している電源が設置されている電源棟内の見学を計画しています。実習は同じ電源棟内で行い、簡単な電磁石の模型や磁石を使った磁場測定の基礎を学び、将来導入予定の新しいセプタム電磁石の実機を用いた磁場や電流測定を行います。

実習：1日 (座学：J-PARC 研究棟、見学及び実習：MR 第3電源棟)

1. 身近な磁石から宇宙まで、磁気と電磁石の基礎を学習します。
2. J-PARC 全般と MR の解説を行い、MR で稼働している入出射電磁石と電磁石用電源の基礎を学習します。将来計画についても解説します。
3. MR 第3電源棟内で出射電磁石用電源の実機と将来導入予定で現在試験中の新しいセプタム電磁石の見学を行います。現場で働いている人の話も聞けます。ビーム運転の日程次第ですが実際に運転している様子を見る事もできます。
4. 実習としてセプタム電磁石の模型や永久磁石を用いた磁場測定をしながら電磁石の仕組みを学習します。その後試験中の新しいセプタム電磁石を用いて電流測定、磁場測定を行います。
5. 最後に総括として皆さんの感想や質問等を交えた雑談をしたいと思います。



ここがポイント

- ・大型加速器施設の現場を体験し、現場の声を聴き、実機を使って実習ができます。
- ・磁石という身近な物が加速器実験を支える重要な要素です。
- ・電磁石の原理は単純、そこに込められた高度で精密な技術を感じよう。

東海 B : 「大強度ビームの高周波加速システムとその制御装置」

担当： (加速器研究施設)

概要： J-PARC メインリング(MR)は世界最高クラスの加速粒子数を持つ大強度陽子ビームを供給します。この加速器の“心臓”である高周波加速システムと“頭脳”である制御システムを学習し、これらの運用と発展に携わる技術職員の仕事を体験していただきます。座学で高周波加速システムと MR 制御システムの概要を解説、実習で制御プログラム作成及び制御装置への導入とセットアップを開催します。(事前知識等は必要ありません。どの分野の方でも理解できるよう進行します。)

実習：1 (中央制御棟、 ENDEL 棟)

1. ①シンクロトロン高周波加速システム、②MR 制御システムとインターロック、
午前 ③高周波加速システムの電源制御、以上3点について解説(中央制御棟:90分)
2. テスト用高周波加速装置の見学(説明…中央制御棟、見学… ENDEL 棟:60分)
3. 基本的な制御プログラムの作成(中央制御棟:120分)
- 午後 4. 実際に高周波加速システムの電源制御で使用されるプログラムの解説。制御装置へのプログラム導入とセットアップ等の実習(中央制御棟:90分)



高周波加速空洞



Programmable Logic Controller (PLC: YOKOGAWA)

ここがポイント

- ・陽子ビームの高周波加速 (キーワード:高周波電圧の理由※1、電子と陽子の違い)
- ・J-PARC の制御システムとインターロック (キーワード:シーケンス制御、MPS※2)
- ・制御装置、プログラム (キーワード:PLC、ラダープログラム)

※1、高周波電圧 数 Mz ~ の周波数の交流電圧 (=RF: Radio Frequency)

※2、MPS Machine Protection System の略語

東海C：「MLFにおけるデータ収集環境の構築」

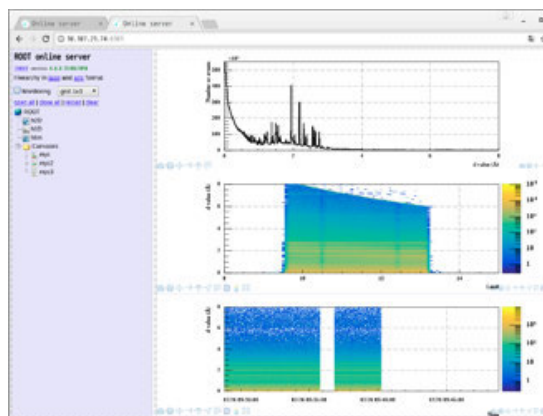
担当： (物質構造科学研究所)

概要： 東海村にある物質・生命科学実験施設（MLF）は世界最高強度を誇るパルス中性子源施設であり、物質構造科学など様々な分野の研究が実施されています。物質構造科学研究所の中性子科学研究系では、MLFに8本の中性子実験装置を建設し、運用にあたっています。各中性子実験装置では、目的に応じて、規模の異なるデータ収集システムを導入しています。実際に使われているデータ収集システムは検出器で発生した大量のデータを大容量ストレージに保存するだけでなく、測定と同時にデータを解析するオンラインシステムを兼ね備えています。本実習では、小規模なデータ収集環境を構築し、エミュレータを使った中性子実験を体験します。

実習：1 (東海一号館)

本実習には、簡単なC/C++、Pythonなどのプログラミング言語の知識を必要とします。

- MLFにおけるデータ収集システムの概要説明 (2時間程度)
- 関連するソフトウェアの説明 (1時間程度)
- データ収集システムの構築 (2時間程度)
- エミュレータを使った中性子実験の疑似体験 (1時間程度)



ここがポイント：

- MLFにおける標準的なデータ収集ソフトウェアをベースに作成
- Zabbixによる計算機負荷を監視した上で、データ収集システムを設計
- KVSソフトウェアであるredis（レディス）を用いたオンラインシステム
- 高速ネットワークの整備と仮想マシンの導入による高度化も併せて実現