

つくば A : 「ステンレス製真空容器の製作」

担当： 川又弘史、牛谷唯人、保住弥紹、文珠四郎秀昭（共通基盤研究施設所属）

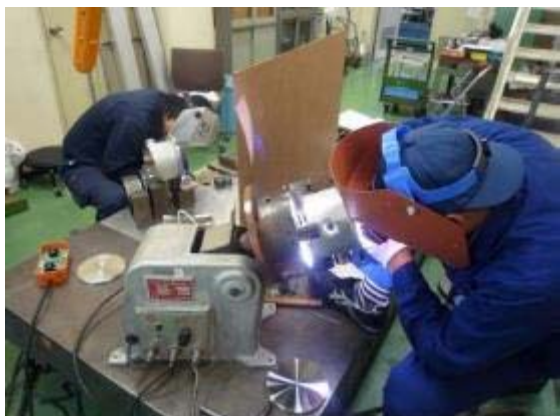
概要： 機械工学センターでは、機構が推進する計画や実験装置開発に対して製造およびエンジニアリング支援を行っています。現在までに行ってきた仕事や製作物の紹介、工場設備の紹介を通して業務内容を理解し、その一部を体験します。

本実習では、機械工学センターにおける実験機器製作の一例として「ステンレス製真空容器の製作」を体験します。作業の基本となる安全講習から、製作における基礎知識と技術の講義までを行い、製品製作の過程を体験します。

日程： 1日（つくば 第二工作棟）

- ・ 機械工学センターの紹介（15分程度）
- ・ 工場設備の紹介（15分程度）
- ・ 作業の安全に関する説明と、工程・手順の説明（1時間程度）
- ・ 真空容器の TIG 溶接組立（3時間程度）※適時休憩を挟みます
- ・ 製作部品のリークテスト（1.5時間程度）

本実習は溶接作業が主体となる為、汚れても良い作業着を御用意願います。



TIG 溶接



リークテスト

ここがポイント

- ・ 作業における危険を把握して、安全に溶接作業を行います。
- ・ 日常的な製品にも使われている“溶接”を自身の手で体感する実習です。
- ・ 溶接作業では、品質向上のために真空容器内部を清浄に保つ必要があります。
- ・ 溶接に失敗しても補修できます。職人技への第一歩を学びましょう。
- ・ 製作物は記念に御持ち帰りいただけます。

つくばB：「放射線モニターの点検校正」

担当： 飯島和彦、大山隆弘、豊田晃弘、佐波俊哉（放射線科学センター）

概要： 放射線科学センターでは本機構が推進する加速器科学、物理実験等を行う上で基盤となる放射線安全管理をおこなっています。

本コースでは、KEK つくばキャンパスの放射線集中監視装置で使用している放射線モニターの点検校正を行い、現場に設置して、放射線集中監視装置で測定データの確認を行います。

実習：1日（放射線管理棟およびKEK つくばキャンパス内）

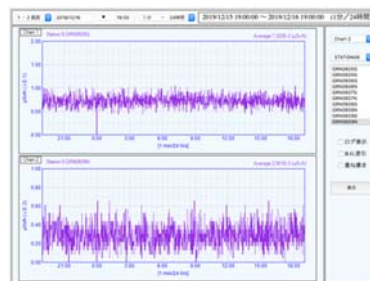
1. 放射線安全管理業務の概要説明
2. KEK つくばキャンパスの放射線集中監視装置の説明
3. 放射線モニターの点検校正作業
4. 現場での放射線モニターの交換作業
5. 放射線集中監視装置での動作確認
6. 作業のまとめ。その他の形式の放射線検出器の紹介



放射線モニター



放射線集中監視装置



放射線モニターデータ

ここがポイント

- ・放射線検出器の原理と構造を理解出来ます
- ・放射線モニターの校正方法を理解できます。
- ・放射線検出器の出力信号をオシロスコープで見て信号処理について理解できます
- ・放射線集中監視装置を操作してデータを見ることが出来ます。

つくばC：「リニア新幹線にも使われる液体ヘリウムを観察しよう」

担当： 仲井浩孝、中西功太、清水洋孝、小島裕二、本間輝也、原 和文（加速器研究施設）

概要：私たちのグループは液化ヘリウム冷凍機で約-296℃の液体ヘリウムを製造し SuperKEKB 加速器で運転している超伝導加速空洞を冷却する運転業務を行っています。また一部の液体ヘリウムを利用して各種極低温機器の研究開発も意欲的に行っています。本職場体験の座学は超伝導装置を冷却するヘリウムの物性を説明し液化ヘリウム冷凍システムの基礎を判りやすく解説してから稼働中の日光液化ヘリウム冷凍システムを見学します。実習は液体ヘリウム容器をガラス製容器に移し、液体ヘリウム自体と低温で起こる金属の超伝導転移を観察します。次に真空ポンプで液体ヘリウムを減圧し約-271℃に冷却して粘性抵抗が無い状態の超流動ヘリウムを生成します。そして超流動ヘリウム特有の噴水効果や液量を測定する超伝導液面計の挙動の変化を観察します。上記の現象を直接目で見るとは珍しく専門家にも好評の展示です。

日程：1日（物理 PS 第1低温棟、1号館談話室など）

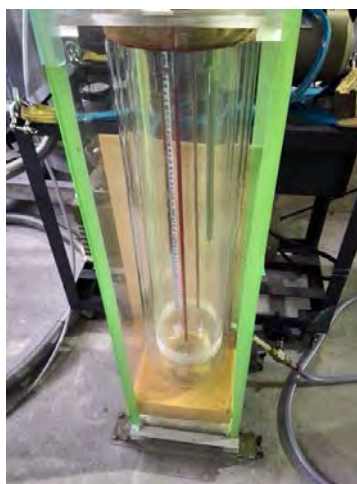
座学：1号館談話室1（予定） 中西（1時間）

- ・ヘリウム液化冷凍システムの基礎

見学：日光液化ヘリウム冷凍機 原（30分）

実習：物理 PS 第1低温棟 小島、本間、原（3時間）

- ・液体ヘリウムの小分け作業と液体ヘリウム、超伝導転移の観察
- ・超流動ヘリウムの生成と噴水効果、超伝導液面計の挙動の観察



ここがポイント

- ・希少物質ヘリウム物性と液化の過程や方法を専門家が判りやすく説明してくれます。
- ・超伝導加速器の長期連続運転を支えた大型液化ヘリウム冷凍機の見学ができます。
- ・見ることが珍しい液体ヘリウムを観察します。
- ・超伝導材料と超流動ヘリウムが持つ特徴的な現象を見ることができます。
- ・極低温を扱う技術は将来計画している大型加速器や加速器のバージョンアップに必ず求められる仕事です。その中には、真空断熱や温度/圧力計測、計算機を用いたシステム制御器やプログラム、恒温装置、高温装置など多方面に応用できる技術です。

つくばD：「SuperKEKB 加速器制御で用いられる分散制御の体験」

担当： 佐々木信哉（加速器研究施設）

概要：高ルミノシティ*の衝突型加速器 SuperKEKB の制御技術についての仕事体験コースです。最初に SuperKEKB の制御方法である分散制御**について解説し、SuperKEKB 制御室を見学します。次に、制御ツール EPICS を用いての機器の制御を、実際にプログラムして動作を実行することで確認します。コマンドラインやグラフィカルなユーザーインターフェースを通して、分散制御を実際に体験します。

日程：1日（KEKB コントロール棟会議室）

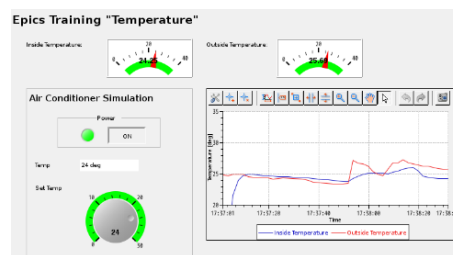
- ・ SuperKEKB の制御室見学（30分程度）
- ・ SuperKEKB と加速器の制御の概要説明（30分程度）
- ・ EPICS を使った機器制御・GUI 作成の体験（1時間程度）
- ・ EPICS データベース作成による制御システム構築の体験（3時間程度）



SuperKEKB 制御室



制御機器



制御 GUI 画面

ここがポイント

- ・ SuperKEKB 加速器で制御する機器は1万台、データ数は実に20万点に上ります。これらに対し分散制御システムで対応しています。
- ・ KEK の加速器では EPICS というソフトウェアで分散制御を実現しています。
- ・ EPICS での値のやり取りは、Channel Access というルール（プロトコル）を使って実現しています。

*ルミノシティとは、SuperKEKB のような衝突型加速器における衝突頻度を表す量

**分散制御とは、制御システムの一種で、制御装置が脳のように中心に1つあるのではなく、システムを構成する機器ごとに制御装置があるもの。制御装置はネットワークで接続され、相互に通信し監視し合う。

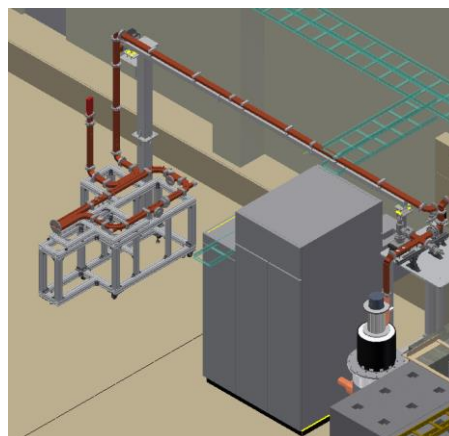
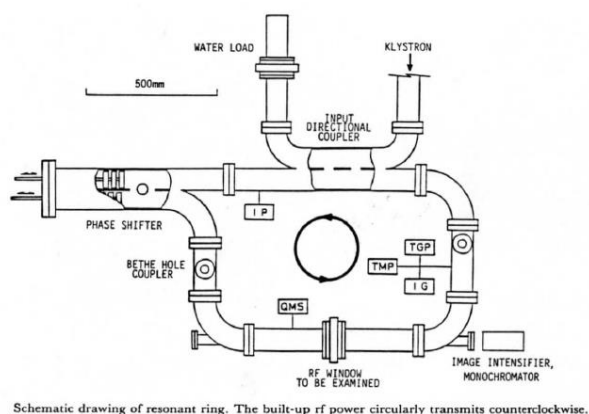
つくばE：「モデルレゾナントリングを使った高周波の体験」

担当： 夏井拓也、松本修二（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。

日程：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. 成果発表（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。仕事体験ではマイクロ波の特徴を体感。

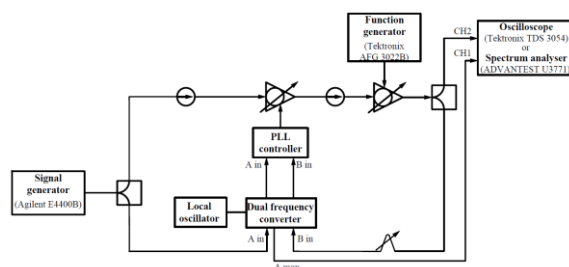
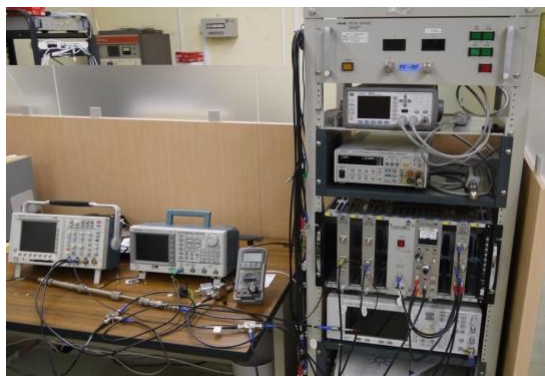
つくばF：「フォトン・ファクトリーの高周波制御回路」

担当： 坂中 章悟、高橋 毅（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て、高周波制御系の一部を組み立て、その試験を行います。

日程：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）やミキサなどの特性を測定し、その動作を理解します (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・アナライザーで観測します。(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。

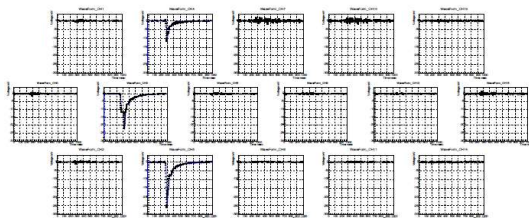
つくば G: 「宇宙線(または放射線源)からの信号を測定してみよう」

担当: 山野井豊、 鈴木純一、 濱田英太郎 (素粒子原子核研究所)

概要: COMET 実験では、素粒子の 1 種であるミューオンが電子に転換する過程を探索することで、標準理論を越える新たな物理法則の発見を目指しています。この実験では、真空中で動作し、電子の運動量を非常に優れた測定精度で検出できるストロー飛跡検出器を利用します。さらに、放射線環境や磁場中で動作するにもかかわらず、検出器からの信号を精度を落とさずに読み出す特殊な電子回路も利用します。本体験では、COMET 実験の検出器や電子回路のプロトタイプを用いて、データ読み出しから記録するまでの一連のシステム (データ収集システム) を構築し、宇宙線や放射線源の信号を測定します。手と頭の両方を動かしながら、目に見えない物を見えるようにするためのシステムを動作させることで素粒子原子核研究所における技術者の仕事の一部を体験します。

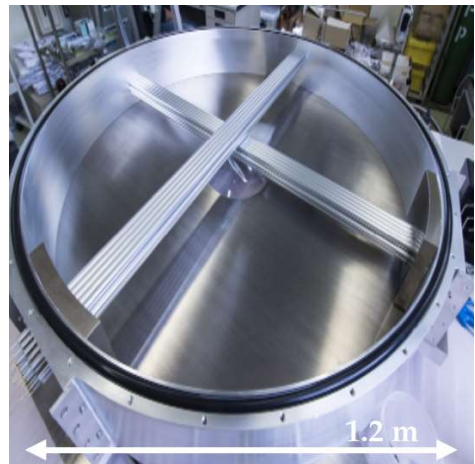
日程: 1 日 (つくば ニュートリノ電源棟)

- ・ COMET 実験におけるデータ収集システムの概要の講義 (1 時間程度)
- ・ 読み出し回路 ROESTI の動作試験体験 (2 時間程度)
- ・ データ収集システムの構築体験 (2 時間程度)
- ・ 宇宙線や放射線源の信号の測定体験 (2 時間程度)



読み出し回路 ROESTI のプロトタイプ (上) と
ビーム試験で得られた信号の様子 (下)

高い時間分解能 ($< 1\text{ns}$) で信号を処理するとともに
大強度ビームに対応



ストロー飛跡検出器のプロトタイプ
低いエネルギー領域 ($\sim 100\text{ MeV}$) で高い
運動量分解能 ($< 200\text{ keV}/c$)

ここがポイント

- ・ 素粒子原子核研究所では素粒子・原子核といったマイクロな世界の謎を解明するとともに、宇宙誕生直後の様子を再現させ、その様子を明らかにする。
- ・ 素粒子原子核研究所の技術者は、今までにない実験装置や新しい観測装置の開発、設計、運用を行う。他にはない特殊な装置やエレクトロニクス等の幅広い知識と経験を蓄積できる。

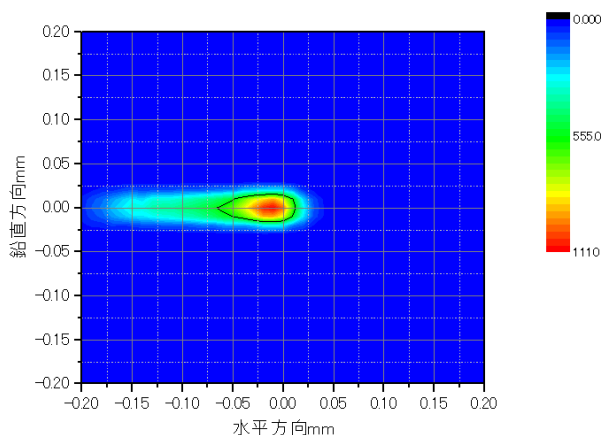
つくばH：「放射光ビームラインの光学技術」 ～～デザインから建設まで～～

担当： 豊島章雄、田中宏和、丹羽尉博、菊地貴司、小菅隆、若林大佑（物質構造科学研究所）

概要：放射光実験施設 (Photon Factory, PF) では、電子蓄積リングから放射される放射光 X 線を用いて、物理・化学・生物・地学にまたがる多種多様な研究が日夜行われています。幅広い実験のニーズに合わせて、放射光を適切なエネルギーやサイズに加工し、光源から試料まで安全に輸送するシステムをビームラインと呼びます。現在 PF には約 50 のビームラインが存在し、その設計から製造、設置、調整と保守に至るまでの全てに携わっている点が、PF の技術者の大きな特徴です。本実習では、比較的低いエネルギー（長い波長）の放射光を扱うビームラインを例に、その設計と設置の基礎を学びます。机の上で思い描いたものが、実際の現場でどのように組み立てられていくのか。手と頭を両方動かしながら、ビームライン技術者の仕事の醍醐味の一部を体験します。

実習：1日（放射光実験準備棟輪講室、同準備ホール、PF 光源棟実験ホールなど）

- ・放射光と Photon Factory の概要の講義（1 時間程度）
- ・ビームライン見学と説明（1 時間程度）
- ・光線追跡法による軟 X 線ビームラインの設計実習（2 時間程度）
- ・ビームライン模型を用いた制御体験（3 時間程度）



分光（単色化）時のビーム形状予測図

ニーズに合わせビームラインを設計するため、光線追跡法を用いたシミュレーションを活用



測量機を用いた光学素子設置作業

許容される測量精度は0.1mm程度

ここがポイント

- ・放射光実験施設は、日本の科学の発展に欠かせない存在
生命の仕組みの解明、新素材や新薬の開発などさまざまな分野で活用されている
- ・多様な実験ニーズに応えるために、ビームラインに関する幅広い知識と経験を蓄積
- ・大型装置の設計から設置、調整、保守まで全てを担当

つくば I : 「放射光ビームライン制御と安全システム」

～～分光器制御とインターロック～～

担当： 小菅隆、仁谷浩明、丹羽尉博（物質構造科学研究所）

概要：放射光実験施設(Photon Factory, PF)では、加速器から発生する「放射光」と呼ばれるとても明るく指向性が高い光を用いて、様々な実験が行われています。PFにおける放射光は、幅広い波長領域(赤外線から可視光、紫外線、X線、ガンマ線)を有する光で、放射光を実験装置まで導くビームラインには、必要な波長の光を取り出すための分光器や必要に応じて放射光を成型するためのミラーなどの光学系が設置されています。これらの光学系の精密な位置や設置角度の調整は、主にステッピングモータにより行われ、これらステッピングモータはコンピュータにより制御されます。ビームラインにおいては光学系の性能が重要な要素となりますが、これら光学系の性能を引き出すためには高性能な制御系を構築することも重要となります。また、X線を使用する場合には被ばくなどを防ぐための安全システム(インターロック)も重要であり、ビームライン制御や安全システム構築のためにはエレクトロニクスやコンピュータに関する広い知識が求められることとなります。ここではビームライン制御系の概要とインターロック系について体験していただきます。

実習：1日（放射光実験準備棟輪講室、PF 実験準備棟など）

- ・放射光と Photon Factory の概要（1時間程度）
- ・ビームライン制御についての説明（1時間程度）
- ・ビームライン模型を使ってのステッピングモータ制御の体験（3時間程度）
- ・ビームラインインターロックについて（1時間程度）



ここがポイント：

- ・コンピュータで物を動かすのに必要となるのは
- ・ハードウェアを動かす上で注意すべき点、加速、減速、バックラッシュ
- ・身の回りにもたくさんある安全装置、存在に気付かない状態が安全

東海 A : 「J-PARC MR 速い取り出し用セプタム電磁石」

担当： 芝田達伸、石井恒次（加速器研究施設所属）

概要：本コースでは電磁石や磁性に関する基礎と、J-PARC メインリング(MR)で使用されている入出射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磁石用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。仕事体験は同じ電源棟内で行います。セプタム電磁石の模型や永久磁石を使って磁場測定の基礎を体験します。

日程：1日（J-PARC 研究棟、MR 第3電源棟）

- ・身近な磁石から宇宙まで、電磁石と磁性体の基礎を解説します(1時間程度)
- ・J-PARC と MR の解説を行い、次に 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説明します。将来計画についても解説します(1時間程度)
- ・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(0.5時間程度)
- ・仕事体験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行いながら電磁石の仕組みを理解します(3時間程度)



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、電磁石の技術を理解できます。
- ・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:「大強度陽子ビームの体験（加速器の中をほぼ光速で走る陽子ビームの位置、形状、陽子の数などを見てみよう!）」

担当： 橋本義徳、岡田雅之、門脇琴美（加速器研究施設）

概要：J-PARC メインリングは、世界最高の周回加速粒子数をもつ大強度陽子シンクロトロンです。ニュートリノやミュオンなどの2次粒子を生成し、世界から注目を集めるT2K実験やハドロン実験にビームを供給しています。私達は、そのためのビーム診断装置を開発・製作することで、大強度陽子ビームの理解とその運転に貢献している技術者です。加速器の中で、その大強度陽子ビームはどんな姿でいるのかを、みなさんといっしょに調べてみたいと思います。また、そのための装置群の開発現場を体験しましょう。

日程：1日（MR 第2 搬入棟、RNB 実験準備棟、第1 電源棟など）

- ・ビームを見るための物理の準備。午前中2時間
電磁場、真空、光、2次粒子などを、レクチャー（簡単な物理で理解できるように）。そして、MRの加速のメカニズム。ビームはどのように加速器の中を進んでいくのかが理解できるように。
- ・テストベンチでの実習。午後1.5時間
ビームの形状を測る装置の開発現場を体験しよう。技術屋の仕事とは何だろう。その面白さ。
- ・加速器の現場を体験。午後1.5時間
実際のJ-PARC MRのビーム信号から、ビームの粒子数、位置、時間変化を調べてみよう。ビームが見えてきた！



ここがポイント

- ・加速器の装置の設計、開発、維持、運転、これらはみんな研究です。たゆまず、実験しながら進歩させていくものばかりです。
- ・原理はすべて物理です。大強度ビームを理解してやろう。そのためにどんな装置を作るか、なければ、考えて開発するか、チャレンジの連続でもあります。

東海C：「ニュートリノ実験に使われている安全装置を見てみませんか」

担当：仲吉一男、坂下 健（素粒子原子核研究所ニュートリノグループ）

概要：J-PARC ニュートリノ実験施設ではMR加速器から大強度の陽子ビームを取り出してニュートリノを生成し、295km離れたスーパカミオカンデに打ち込みニュートリノ振動実験を行っています。加速器から取り出した陽子ビームをターゲットまで導く一次ビームラインでは運転中に問題が起きて陽子ビームの軌道が正しい位置から外れた場合、ビームがダクトや他の機器に当たって壊してしまう可能性があります。そのため多くの安全装置（インターロック）がビームライン機器に実装されています。このコースでは、ニュートリノ一次ビームラインで使用されている電磁石電源の電流変動インターロックの仕組みについて説明します。またテスト用のシステムを使って電流変動が起きてインターロックが動作するまでの時間を測定します。

日程：1日（場所はJ-PARC ニュートリノ第一設備棟を予定）

- ・ニュートリノ実験とニュートリノ実験施設の説明（20分）
- ・仕事紹介（20分）
- ・電磁石電源インターロックシステムの概要（15分）
- ・NU1見学（制御システム、電磁石電源他）（40～60分）
- ・測定機器、測定方法の説明（60分）
- ・インターロック発報時間の測定（120分）

ここがポイント：

- ・J-PARCで行われているニュートリノ振動実験の概要がわかります。また、そこで求められている技術はどのようなものか知ることができます。
- ・ニュートリノ実験施設のビームラインで実際に使用されているインターロックシステムについて知ることができます。



1次ビームラインの電磁石



電磁石電源



インターロックシステム

東海 D：「MLF におけるデータ収集環境の構築」

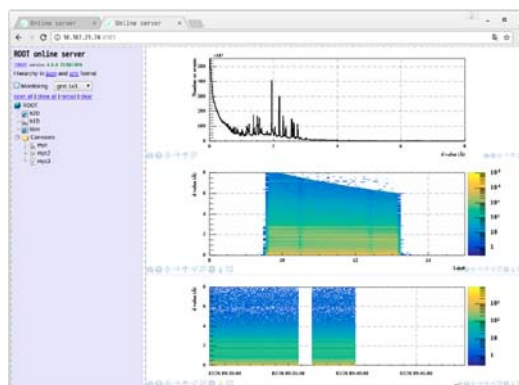
担当： 大下英敏、瀬谷智洋、金子直勝（物質構造科学研究所）

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、エミュレータなどを使った中性子実験を体験します。

日程：1日（東海一号館）

- ・ 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）
- ・ エミュレータなどを使った中性子実験の疑似体験（1 時間程度）

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。



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(※1)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(※2)ソフトウェアである Redis(※3)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

(※1)Zabbix:サーバー監視、ネットワーク監視などアプリケーションを集中監視するためのオープンソースの統合システム監視ソフトウェア。

(※2)KVS:Key-Value Store

(※3)Redis:REmote DIctionary Server