

JLAB, Cornell, BNLのERL開発状況の調査報告

第71回ERL検討会
2013年4月11日(水)14時から
PF研究棟2階会議室

宮島 司
加速器第七研究系

はじめに

- 3月10日(日)から3月21日(木)まで、米国でERL開発を行っているJLAB, Cornell University, BNLに出張してきた
- 目的:各施設の進捗状況を確認(主にビーム運転状態)とIPACでの発表資料準備。

- 3月11日(月)、12日(火):JLAB (ERL全体として運転中)
- 3月14日(木)、15日(金):Cornell University (ERL入射器が運転中)
- 3月18日(月)、19日(火):BNL (超伝導RF電子銃のテスト開始)

- 各施設での進捗状況を報告する

- 他に、BNLでは、PFのポスドクだったCheng-sanに建設中のNSLS-IIを案内してもらった

JLABでの調査

- JLABでは、ERL全体の運転が続いており、豊富な運転経験を持っている
- コミッショニング手順について調査してきた(今回は施設見学の時間はほぼ取れなかったので、写真はなし)
- JLAB: D. Douglas, S. Benson, S. Zhang, T. powers, ...
- JLABでの調整の流れ(通常の運転時)
 1. 電荷のセット(60 or 150 pC/bunch)、その後いきなり入射器空洞で加速
 2. 合流部のスクリーンでプロファイルを確認
 3. レーザータイミングの調整
 4. 入射器空洞の調整、合流部スクリーンを使用
 5. 主空洞調整
 6. 進行方向(バンチ長)の調整
 7. 周長の調整
- JLABの人から頂いたコメント
 - RF調整では、バンチャー空洞とレーザータイミング調整が重要(JLABではレーザータイミングを変えて、バンチャーからのerror signalを見ているとのこと)
 - レーザーの安定性が極めて重要
 - 計算と測定結果を合わせることが重要
 - 一定の電荷でやった方が良い(空間電荷を一定に保つため)。そのためにはDrive laserの構造が重要とのこと。
 - Vector sumで空洞を駆動するのはあまりよくないのではないか

JLABでの調査

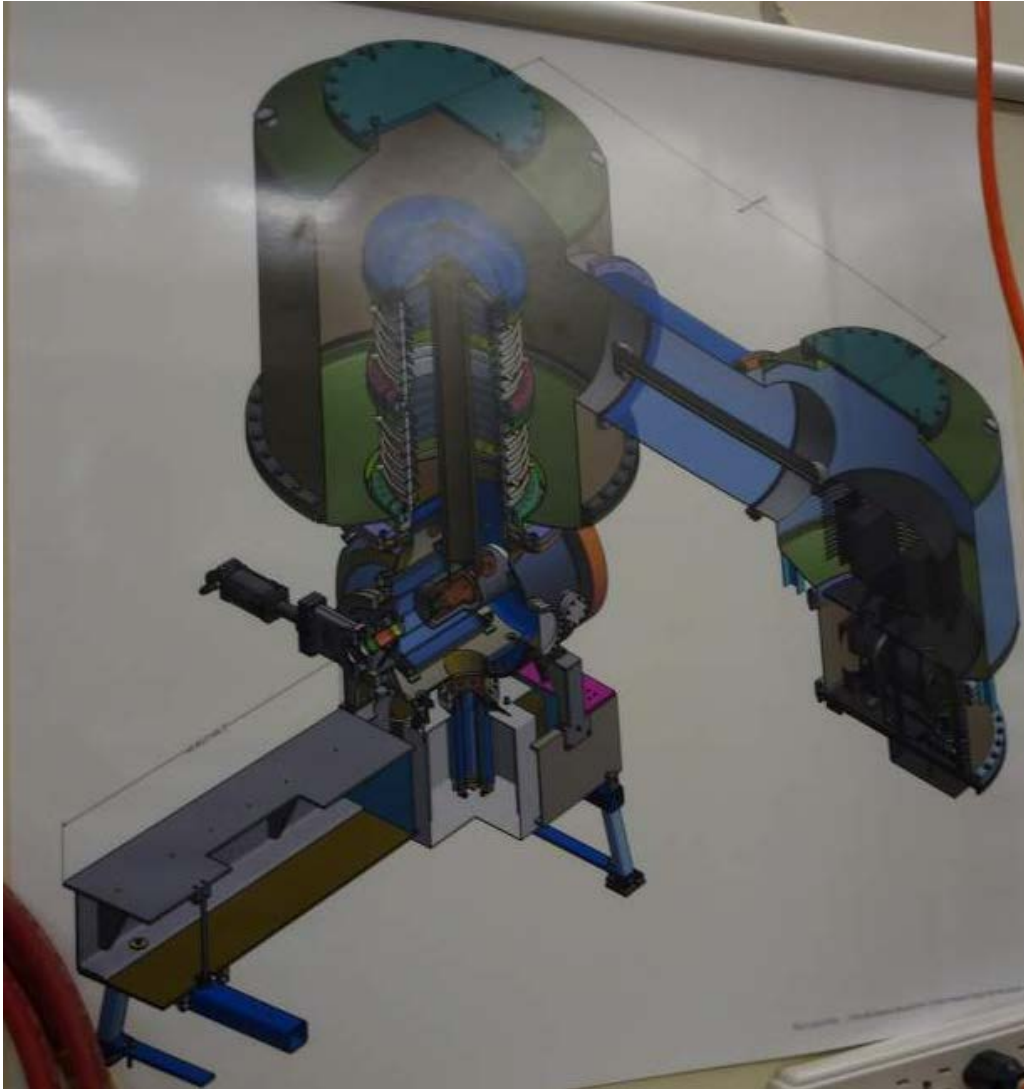
- モニターと電流
 - 各モニター毎に、レーザーの時間構造を設定できるようになっている
 - モニターと連動して自動で時間構造が変わるようなシステムとなっている
- 350 kV Inverted Gun
 - Simple = better
 - SAESのNEGシートというのを使うらしい
- Tom Powersさんとの打合せ
 - 超伝導空洞の運転コストを計算するエクセルファイルを作っている
 - 何故1.3 GHzなのかということを知られた
 - 750 MHzくらいがコスト的に有利であろうということで、そのエクセルファイルを使って10年間のコストを計算したが、そのときはそれほど1.3 GHzに対して変化がなかった

Cornell University

- 2008年からERL入射器(L0ビームライン)の運転が開始されている
- 主な調査項目
 - 現状の運転状態 (Adam Bartlinkさんが主にL0入射器の調整)
 - 電子銃の進捗 (Bruce, Karlさんが説明)
 - カソード開発 (Newman Lab. にカソード開発部屋 (GaAsとアルカリカソード)、Luca Cluteraさんが案内)
- L0ビームラインの運転状態 (Adam-sanの話)
 - 2009年の訪問時より格段に進んでいた
 - 2008年に完成して運転開始後、5年が経過。
 - 初めのうちは、ビーム調整でシフトを組んでおり、人が交代で調整をしていた⇒シフト引き継ぎがあまりうまくいかず、次のシフトではまたゼロからの調整に近かったとのこと
 - Adam-sanは1年くらい前にCornellに来たとのことで、自分で調整を全て行うようにしたとのこと(朝来て夕方まで調整して深夜まではやらない)。自分一人でやってビーム調整が安定したとのこと
 - ビーム運転モードは2つ
 - High current mode: Gun voltage 250 kV, 4-5 MeV(加速後)
 - Low emittance mode: Gun voltage 350 kV, 8 MeV(加速後)
 - RF位相は、2週間くらいのスパンでは安定している
 - 入射器空洞の下流に主空洞を設置して、ビームを通した時のHOMのテストを夏くらいに予定
 - Adam-sanからのコメント
 - ソレノイド磁場の再現性が重要(速く変えた場合とゆっくり変えた場合で磁場が異なる)。現在はゆっくりかえるようにしているとのこと
 - 電磁石類は基本入れっぱなし
 - レーザーも入れっぱなし
 - 大電流ダンプの前にラスタースキャン用の6極を置いていたが使い物にならなかった。4極磁石でのラスタースキャンが良い

電子銃開発

- 2台目の電子銃システムがほぼ組みあがっていた
- 3月18日の週から高電圧試験を開始したいとのこと(その後の進捗は未確認)



電子銃セラミック、真空チェンバー



- セラミック管
 - セラミック管はJAEA, KEKのもの比べると直径が大きい
 - 2分割式を採用
- 真空チェンバー
 - A4ステンレスを使用
 - 400度位でベーキングすること
- View portにはコーティングがしてあり、メッシュが配置されている
- 中にカソード・アノード電極が設置されている

電子銃用高圧電源



- 2台目を製造
- 設置場所: R128 (入射器とは別の場所で、電子銃開発用の部屋。ここで、初期エミッタンス・時間応答測定を以前に行っていた)
- Capacitor の容量が小さいので、放電のエネルギーが小さいとのこと
- SF6中に置かれ、SF6ガスは冷却水と熱交換が行われる
- 以前にSF6タンク内で水漏れがあったとのこと

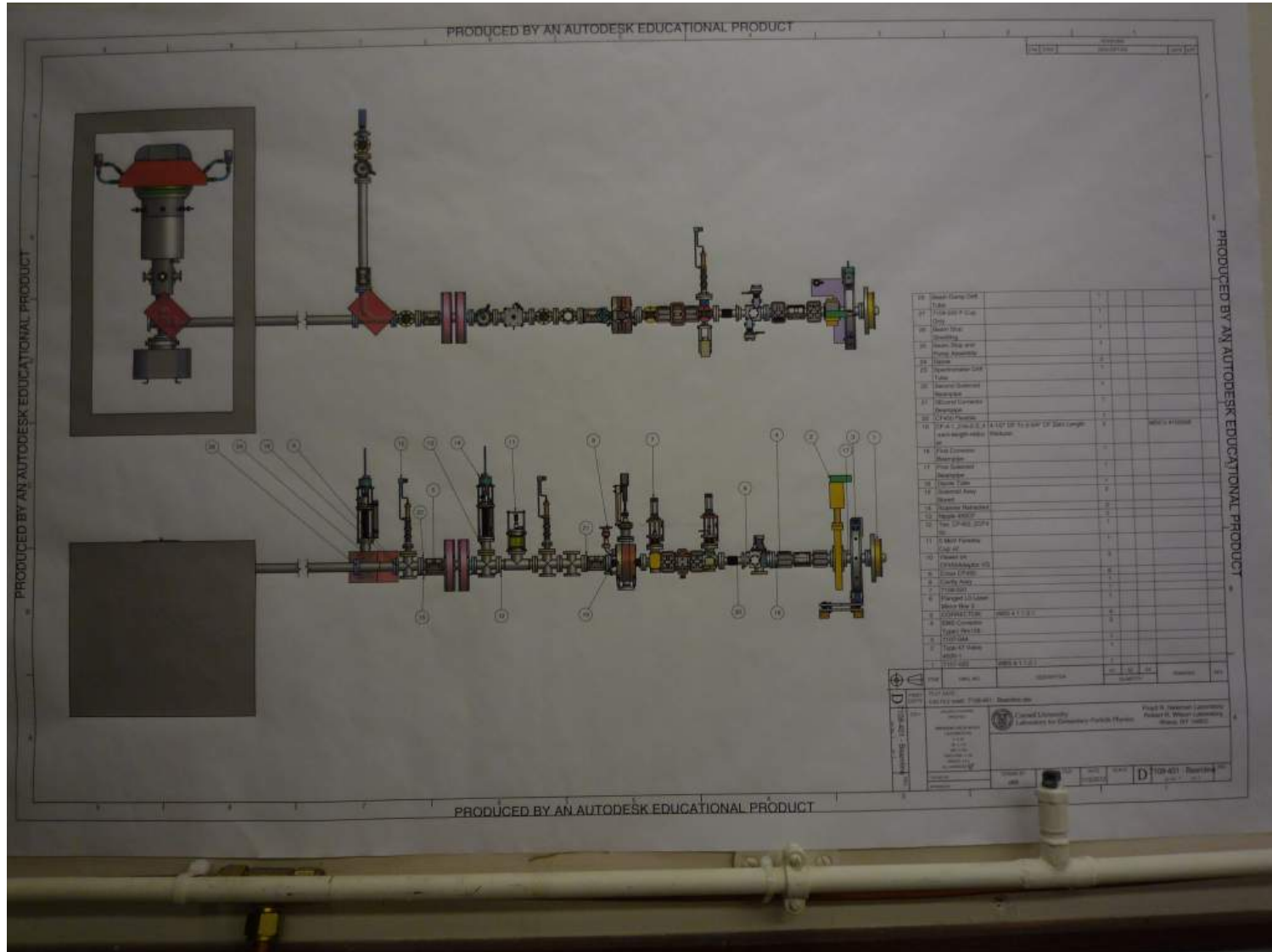
セラミック用ガードリング



- ガードリング: 銅製 (JAEA, KEKの電子銃ではチタン製)
- ガードリング全数は既にセラミック内に組み込まれている
- 写真のガードリングは研磨前

電子銃開発

- 高電圧印加試験の後に、電子銃下流にビームラインを接続してビーム試験を行う予定(夏前くらい?)



超伝導空洞開発

- 超伝導空洞関係のミーティングもあった(Matthias Liepeさん, Gerog)
- 質問された事:
 - フェライトの μ と ϵ はどのように測定しているのか？
- HOMSC12というのが開催されるらしい
- 以前にKEKにいらしたFurutaさんに超伝導空洞施設(Newman Lab.)を案内してもらいました
- また、超伝導関係のミーティングではいろいろ助けて頂きました

BNL

- 2009年に一度訪問(NSLS-IIでのパルス多極入射のワークショップ)
- そのとき既にERL用シールド内に空洞、電磁石類が並んでいた。
- ただその後の進捗がいまいちわからなかったので、現状を調査してきた
- また、NSLS-IIの建設も佳境に入っており、以前にPFにいたCheng-sanに建設中のトンネル内案内して頂いた
- BNL: D. Kayran-san, I. Ben-zvi-san, W. Cheng-san

- BNLのERLの進捗
 - ビーム運転はまだおこなっていない
 - Main linac, SRF gunのテストを実施した
 - SRF gunはCET (cold emission test, カソードなしでハイパワーテスト)を実施した。カソード周りでマルチパクティングの問題があるらしい

- 今後の予定
 - CET 4/23, metal cathode
 - CET 6/3, multi-alkaline cathode

- ERLのスペック
 - ビーム電流: 10 mA (最大では200 – 300 mA)
 - 周回部のエネルギーは 20 MeV

BNL ERLの写真

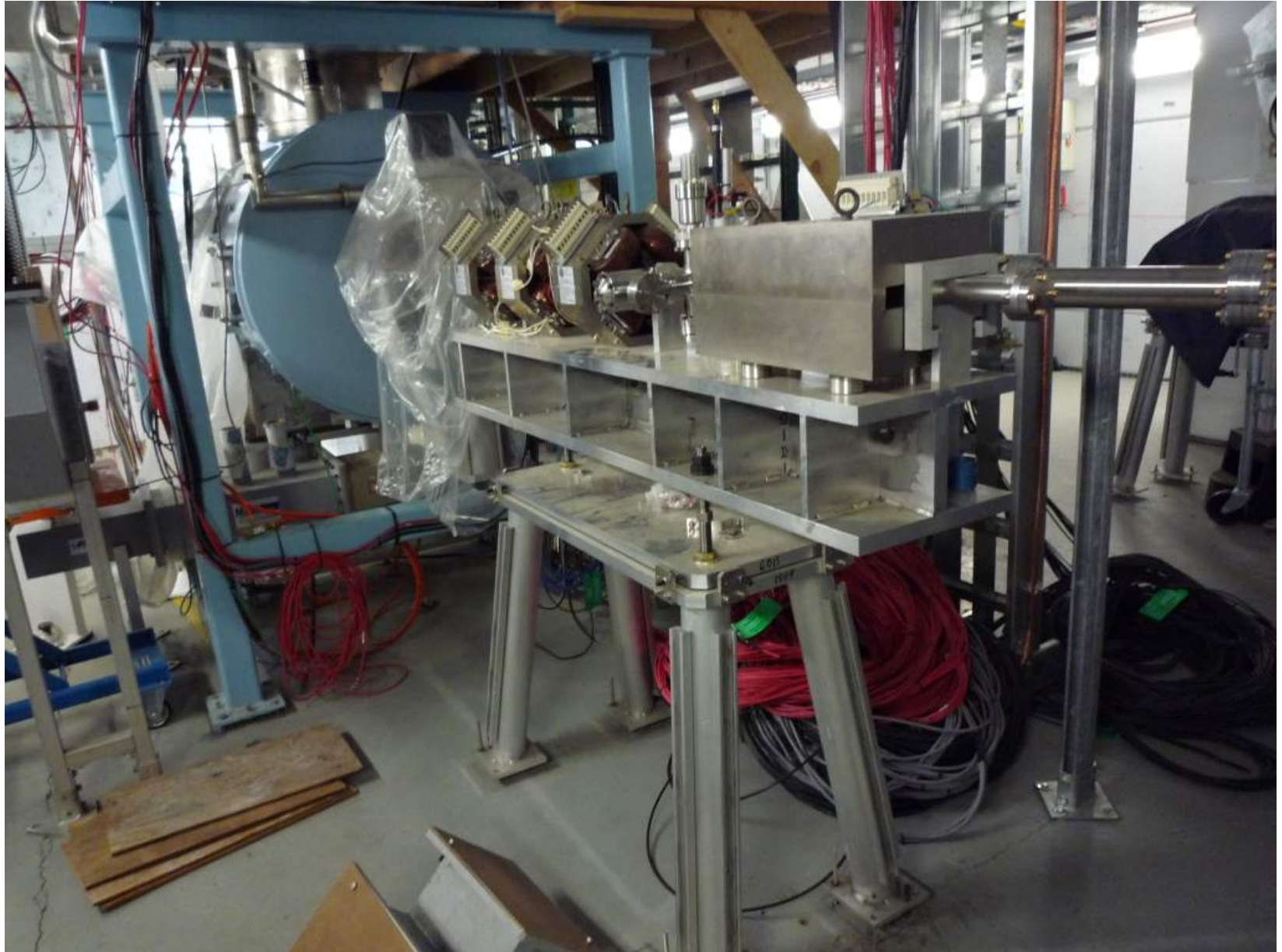
- 2009年訪問時からの変化は、SRF-gunが置かれたこと
- 周回部電磁石は2009年時にもあったが、今回は周長補正用架台が設置されていた



BNL ERL, 超伝導RF電子銃



BNL ERL, 主空洞下流



BNL ERL, 第一アーク(周長補正架台)



BNL ERL, 合流部(zig-zag type)電磁石

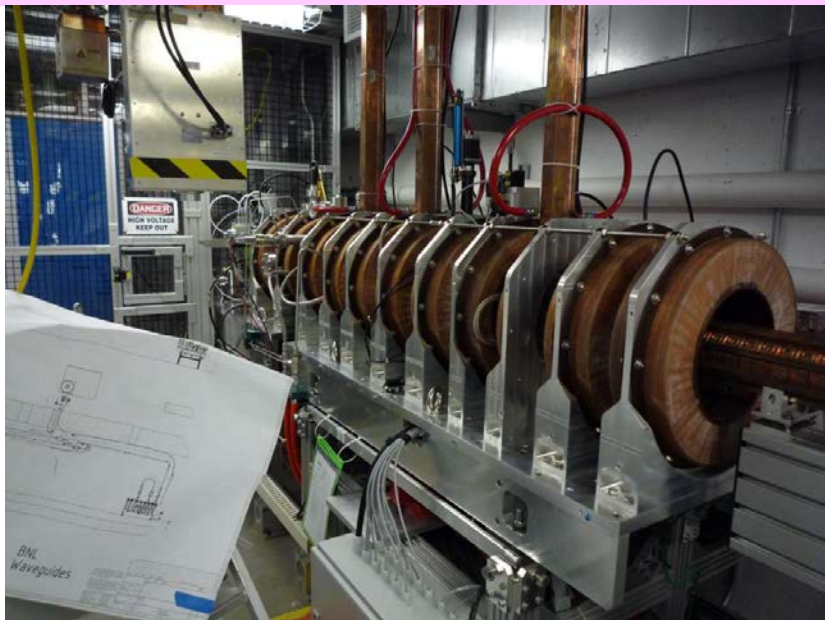


NSLS-II



- 線形加速器は完成し、昨年にも一度ビーム運転を開始した。
- 放射線遮蔽の問題で、一時運転を停止している
- 5月くらいから、線形加速器とブースターの運転を開始したいとのこと
- ストレージリングはアーク部の各セルの装置の設置が進んでいる。直線部の接続はまだこれから。

NSLS-II (線形加速器とブースター)



NSLS-II (ストレージリング)



NSLS-II (建屋、他)



まとめ

- 3月10日(日)から3月21日(木)まで、米国でERL開発を行っているJLAB, Cornell University, BNLに出張し、ERLの開発状況(特にビーム運転関係)の調査を行ってきた
- JLABでは、これまでの豊富な運転経験があり、ビーム調整方法等についてコメントを頂いた
- Cornell Universityでは、入射器ビームライン(L0ビームライン)での調整法がほぼ確立しており、安定したビームを供給できている
- 電子銃開発では、2台目の組み立てがほぼ終わり、すぐに高電圧試験を開始するとのこと
- アルカリカソード開発の開発室が整備されていた
- BNLでは、超伝導RF電子銃の開発を着実に進めており、初夏に電子銃からのビーム試験を開始する見通し
- NSLS-IIは、5月くらいからブースターのビーム運転を開始予定
- ビーム調整については、JLAB, Cornellともにレーザー安定性の重要性についてコメントを頂いた