

## 会議報告

## DIPAC2011 参加報告

栗本 佳典<sup>\*1</sup>・宮尾 智章<sup>\*2</sup>

## Conference Report of DIPAC2011 at Cap San Diego in Hamburg

Yoshinori KURIMOTO<sup>\*1</sup> and Tomoaki MIYAO<sup>\*2</sup>

## Abstract

DIPAC2011 (European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators 2011) was held at Cap San Diego in Hamburg from 16/May to 18/May in 2011. The number of participants is about 290. We discussed various topics related with the beam diagnostics and instrumentation. After the workshop, many of the participants joined in the DESY tour. In this article, we report the overview of the workshop and the DESY tour as well as several topics presented in the workshop.

## 1. はじめに

DIPAC (European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators) はビーム診断系のワークショップで二年に一回開催されている。今回はハンブルグの Cap San Diego と呼ばれる貨物船 (図 1) の中で行われた。無論、貨物船といっても現役を退いたもので、現在は博物館として展示されている。本ワークショップは今回が第 10 回目で、参加者は 290 人であった (第一回は 100 人)。また、DIPAC



図 1 会場の Cap San Diego

としてのワークショップは今回で最後であり、次回以降は同様のワークショップである BIW (Beam Instrumentation Workshop) と統合され、IBIC (International Beam Instrumentation Conference) として開催される。

## 2. 会議報告

会議の内容は、X-FEL 用の電子リニアックのビーム診断装置が中心であった。加速器の世界に入って一年足らずで、その上、陽子加速器に関する研究開発を行っている両著者にとっては、目新しい項目ばかりであった。しかしながら、会議のプログラムは、ビーム診断の種類でセッションが分けられており、かつセッションの頭にそのトピックに関するイントロ的な発表が必ず設けられていたため、初心者であっても理解しやすい会議であったように思う。

会議は三日間に渡って行われた。初日の午前中、X-FEL に使用されているビーム (電子, X 線) 診断系のサマリートークがあり、その後、位置モニター、プロファイルモニター、強度モニター、エレクトロニクスなど、診断装置毎のオーラルセッションが続いた。その他に、DESY や J-PARC などの施設全体のビーム診断系のサマリートークもあった。ポスターセッションも一日目と二日目の午後に二時間程度設けられており、終始議論でにぎわいを見せていた。

\*1 高エネルギー加速器研究機構 KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
(E-mail: kurimoto@post.j-parc.jp)

\*2 高エネルギー加速器研究機構 KEK, High Energy Accelerator Research Organization  
(E-mail: tomoaki.miyao@j-parc.jp)



図2 オーラルセッション会場（船内）

本報告で全てのセッションについて詳細に報告することは不可能であるので、著者らが印象に残った発表を報告するに留めておく。会議の詳細はホームページ<sup>1)</sup>で知ることができる。

二日目に Fermilab の M. Wendt 氏より、ビーム位置モニタ (BPM) の最近の動向についてサマリートーク<sup>2)</sup>がなされた。発表では BPM を広帯域型、共鳴空洞型に分類し、それぞれの動作原理や、R&D の現状などが報告された。著者らは J-PARC のモニタに関わっているが、それらはすべてストリップライン、対角線カット電極を用いた広帯域型であるため、共鳴空洞型の BPM に非常に興味をもった。共鳴空洞型 BPM では、ビームが空洞の中心をずれたときに励起される電磁場のダイポールモード  $TM_{110}$  を検出してビームの横方向変位で測定する。その際、コモンモードである  $TM_{010}$  の寄与を少なくする事が位置分解能を向上するために重要であるが、その対策として、 $TM_{010}$  と  $TM_{110}$  の間にカットオフ周波数をもった導波管をハイパスフィルターとして使うタイプが紹介された。同様の方式の、ILC 用に KEK で開発された IP-BPM (Interaction Point Beam Position Monitor) の位置分解能は 8.7 nm であり、世界記録である<sup>3)</sup>。

三日目に S. Wesch 氏より COTR (Coherent Optical Transition Radiation) についてのサマリートーク<sup>4)</sup>がなされた。X-FEL の電子リニアックのプロファイル測定では、OTR モニタがよく用いられている。OTR モ

ニタでは、ビームを金属フォイルにあてた時に生成される可視光領域の遷移放射を適当な光学系を用い CCD カメラ上に結像させ、ビームプロファイルを測定する。ところが、バンチの縦方向の長さが可視光の波長と同じスケール ( $\sim 1$  fs) になるか、バンチ内で同様のスケールの微細構造ができると、そのバンチもしくは微細構造内の電子からの遷移放射がコヒーレントに起こり (COTR)、プロファイルの情報を失ってしまう。COTR の現象自体は X-FEL の以前に報告がなされていたが、予期せぬ、かつ望まれない形で発見されたのは LCLS においてが初めてであった。これが起こると、局所的に信号が飽和してしまい、OTR モニタを使ってプロファイルやエミッタンスを測定することは不可能となる<sup>5)</sup>。

この COTR 現象は、FLASH など他の施設でも観測されている。LCLS では、COTR により OTR モニタでの測定が不可能な領域では、ワイヤスキャナを用いてエミッタンスを測定している。しかしながら、OTR モニタのように、単純でシングルショットの測定ができるイメージングの手法は捨てがたく、COTR 現象を緩和する方法、または COTR が効かないような測定法に関する R&D の報告もなされた。前者に関しては、Laser Heating と呼ばれるものが紹介された。これは、電子ビームに並行にレーザーを当て、進行方向の微細構造の原因となるエネルギー分布の局在化を緩和させ、COTR を抑えるという手法である。LCLS では実際にこの方法を用いてある程度 COTR を抑制しているが、

まだ OTR モニタが使えるレベルまでは抑制できていない<sup>6)</sup>。また、後者に関するものとしては、シンチレーションスクリーンを使う方法が報告された。これは、OTR は即座に発光するのに対して、シンチレーション過程は数百 ns の時間スケールであることを利用した手法で、非常に応答の速いカメラを使い、ゲートを 100 ns 程度遅らせてからシンチレーション光を観測する。実際、FLASH における実験で、OTR とシンチレーション光を区別する事ができているが<sup>7)</sup>、物質やジオメトリの最適化、またカメラが高額であるなど解決すべき問題がある。

さらに、ポスターセッションをいくつか紹介しておく。C. Simon 氏らは、GSI の FAIR にある陽子リニアックへのインストールに向けたボタン電極型の BPM のシミュレーション<sup>8)</sup>を行っている。この陽子リニアックは 3 MeV から 70 MeV まで加速させ、陽子加速器としては比較的低いエネルギーである。また、加速周波数が 325.225 MHz と J-PARC リニアックの加速周波数 (324 MHz) と近く、低エネルギー領域でのビーム位置を測る点では興味があった。低エネルギー領域ではビームライン内に存在する散乱したイオンの電極への蓄積 (チャージアップ) を避けるため電極をビームパイプ内面より引っ込める必要がある。一方で、引っ込めすぎると信号が減少する。シミュレーションによる最適値は、BPM (直径 14 mm) の電極をビームチェンバー内面から 0.5 mm 引っ込めた条件となり、この値で設計を進めている。また、この BPM の内訳は全 14 台中 6 台が超電導クロスパー H モード空洞 (CH-cavity) と呼ばれる加速空洞内にインストールされる予定であり、シミュレーションによると、cavity 内にあるタイプでは、ビームラインの切れ目でのウェークフィールドによる周波数特性の凸凹 (うねり) が存在した。そこで、BPM と CH-cavity 間にあるスリットを無くすと、周波

数特性の凸凹 (うねり) はなくなり、cavity のないタイプと同じ特性が得られた。今後はプロトタイプを製作し、テストベンチで測定を行い、シミュレーションとの比較を行う予定である。

J. Tan 氏らは、CERN の Linac4 に向けた BPM の開発と校正測定を行っている<sup>9)</sup>。CERN - Linac4 は 160 MeV まで加速させる H- ビームの加速器であり、J-PARC リニアックのアップグレード時 (400 MeV) の BPM との違いに興味があった。BPM はストリップライン型の電極を採用しており、開角 45 度、全長 60 mm の BPM について発表があった。テストスタンドでのシミュレーションも行われており、低い  $\beta$  ( $=v/c$ ) で、高周波ノイズが乗っている。これを解消させるために、信号取り出しポート側において、ビームパイプとストリップラインとの間にキャパシタを追加した。その結果、出力電圧に乗っていたノイズの 20 dB 程度の低減に成功している。周波数スペクトルも同様の結果が得られた。今後は製作済みの 5 台の BPM を、ワイヤーを使った全自動のテストベンチで校正する予定である。

### 3. DESY 見学

すべてのセッションが終了した翌日、DESY ツアーに参加した。ここでは、HERA, PETRA III 実験ホール、FLASH (Free-Electron Laser in Hamburg)、中央制御室、超電導空洞、レーザーワイヤースキャナのテストスタンド、European-XFEL (建設現場) 等を回った。この中で印象に残った点を報告する。大抵の加速器はビーム運転の最中であり、ビームラインを見学したい私にとっては少々残念ではあったが、HERA は 2007 年 6 月 30 日に運転が終了しているため、今回のツアーでは唯一ビームラインを見学できた施設である。中でも、陽子と電子の衝突点である ZEUS 検出器と電子加速器にある超電導加速空洞 (図 3) を中心に説明されていた。PETRA III の実験ホールは後から建てたものであるが、入口の床がコンクリートブロックのままだったのが驚きだった (欠陥工事ではないようだが、日本では考えられない)。中央制御室はコンパクトにまとめられていて、全体的に広々とした印象を受けた。最後は European-XFEL の建設現場 (図 4) を見学した。工事の進行は 50 % 程度であり、実験ホール、ビームラインすべて完成するのは 2014 年を予定している。そのほか、XFEL のテストベンチ、超伝導加速空洞のハイパワー試験、フィードバック制御、バンチ長の測定方法、BPM と Libera の信号処理回路等についての説明を受けた。



図 3 HERA 加速器にある超電導加速空洞



図4 European-XFEL 実験ホールの建設現場



図5 レーザーワイヤスキャナのテストベンチで説明している DESY のスタッフ

#### 4. 終わりに

DIPAC はビーム診断系に特化したワークショップで、人数もそれ程多くない為、かなり詳細な議論ができる場だと感じた。また、冒頭で述べたように、診断装置の原理や歴史を含めたサマリートークが幾つかありばめられており、ビーム診断の研究に携わって間もない人たちにとっては、たいへん勉強になった。最後に陽子加速器の研究開発に携わっている著者らの個人的な感想になるが、今回の DIPAC2011 は X-FEL の電子ライナックという、我々とは異なる専門分野の研究開発の状況をたくさん知る事ができ、大変有意義なワークショップであった。

#### 参考文献

- 1) <http://dipac2011.desy.de/>
- 2) M. Wendt, DIPAC2011 Proc., Hamburg, Germany, MOOC01
- 3) T. Nakamura, et al., LCWS/ILC2007, Hamburg, Germany. arXiv:0709.2254v1, eConfC0705302
- 4) S. Wesch, DIPAC2011 Proc., Hamburg, Germany, WEOA01
- 5) H. Loos et al., FEL2008 Proc. Gyeongju, Korea, p.485
- 6) Z. Huang et al., Phys. Rev. ST AB 13, 020703 (2010)
- 7) M. Yan et al., DIPAC2011 Proc. Hamburg, Germany, TUPD59
- 8) C.S. Simon et al., DIPAC2011 Proc. Hamburg, Germany, TUPD24
- 9) J. Tan, et al., DIPAC2011 Proc., Hamburg, Germany, MOPD97