

## ■ 会議報告

# 国際ビーム計測診断会議 (International Beam Instrumentation Conference, IBIC2012) 会議報告

持箸 晃 ((公財)高輝度光科学研究センター 加速器部門)

近年、加速器科学の飛躍的な発展に伴い、加速器はこれまでにない高品質なビーム（電子・陽子・イオンなど）を利用者に供給できるようになってきた。放射光源加速器に関して述べれば、低エミッタンス・極短パルスビームの実現等が該当する。こうしたビームの「品質」を適切に評価することは、高品質なビームの安定供給に欠かせない。加速器科学では、あらゆる原理・手法を駆使してこれまでにない高品質ビームの計測・診断を行っており、こうしたビーム計測・診断を行う研究が一つの重要な分野となっている。ここで報告する会議は、こうしたビーム計測・診断に関する国際会議である。

これまで、ビーム計測診断に関するワークショップは、ヨーロッパで開催されていたワークショップ DIPAC (European Workshop on Beam Diagnostics and Instrumentation for Particle Accelerators) 及びアメリカ合衆国で開催されていた BIW (Beam Instrumentation Workshop) であり、この2つのワークショップが交互に2年毎に開催されていた。これらのワークショップには、開催地であるヨーロッパ・アメリカだけではなく、アジア・オセアニアからの参加者も数多く、国際色豊かな会議となっていた。このことを踏まえ、ヨーロッパ・アメリカ・アジアの3極における統一的なビーム計測・診断に関する国際会議の開催が計画され<sup>1)</sup>、2012年の10月1日～4日に、記念すべき第1回国際ビーム計測診断会議が、高エネルギー加速器研究機構をホストとし、茨城県つくば市で開催された。

会議初日は Chair の KEK 三橋氏による開会の挨拶から始まり、次いで KEK 生田氏による KEK における加速器のプロジェクトの発表がなされた。その後、会議の主題となるビーム計測診断に関する発表が始まった。本会議は、加速器全般に関するビーム計測診断の会議であるため、放射光源加速器だけではなく、陽子・イオン加速器についても発表が数多くあった。ここでは、放射光源加速器に関連した発表について、かいつまんでご紹介したい。

初日の口頭発表は、国内からの報告が多く見受けられた。まず招待講演として SACLA におけるビーム計測装置に関する報告が理研の前坂氏によってなされた。SACLA のコミッションングにおけるビーム計測の詳細が報告され、どのデバイスも先端的な手法を用いたものであった。X線自由電子レーザーにとって効率よくレーザー発振するためには、電子ビームとX線との時間的・空間的 overlap が極めて重要である。SACLA では RF-BPM



IBIC2012開催地（つくば国際会議場）での集合写真

を用いたビーム位置検出手法を採用しており、その位置分解能は $0.6\ \mu\text{m}$  (rms) を達成しているとの報告があった。また、ビーム到達タイミング計測は Reference Cavity を用いて行われており、タイミング計測の分解能は27 fs (STD) を達成している。電子バンチ長の計測には、ストリークカメラによる手法に加えて電子ビームを RF 空洞によって進行方向に対して傾斜させて時間情報を空間情報に変換して電子バンチ長を計測する Deflecting Cavity による手法が用いられており、時間分解能10 fs が得られている。その他にも様々な先端的なビーム計測診断機器に関する報告がなされ、安定した SACLA の X 線レーザー発振にとってビーム計測診断装置は非常に大きな貢献をなしたとの印象を受けた。

また、新しいビーム計測装置の開発の発表として、JASRI の岡安氏による有機結晶を用いた電気光学的手法

による電子バンチ計測実験の報告がなされた。SACLA に代表される X 線自由電子レーザー加速器中を進行する極小・極短バンチの形状を 3 次元的・非破壊・シングルショットでリアルタイムに計測することを目指す極めて先端的手法である。これは、電子バンチ軌道付近に EO 結晶を配置し、電子バンチ通過によるクーロン場によって結晶の光学的特性が変化することを用いるものであり、結晶にチャープしたパルスレーザーをプローブとして入射すると、電子バンチ通過の影響がレーザーのスペクトルに刻印され、その刻印をスペクトル解析すれば電子バンチの進行方向の形状を得ることができる。また、複数の EO 結晶を電子ビーム軌道周囲に配置し、radial 偏光した hollow 型のプローブレザーを EO 結晶に入射することで、電子バンチの横方向の形状も測定することができ、電子バンチの 3 次元形状測定が可能となる。この方法は、従来は ZnTe や GaP といった非有機結晶を用いて行われており、時間分解能が 110~130 fs (FWHM) と限られていた。岡安氏は、ここに有機結晶 (DAST) を用いることで時間分解能を 30~40 fs (FWHM) と飛躍的に向上させることを目的に、SCSS において有機結晶を用いた電子バンチ計測の結果を報告した。非常に先端的手法であり、大変興味深い発表であった。

2 日目は、招待講演として DESY の B. Schmidt 氏による “Femtosecond Resolution Bunch Profile Diagnostics” と題した昨今の極短バンチ計測に関する Review が行われた。Deflecting Cavity による手法、コヒーレント放射による計測、EO サンプリングによる方法、Optical Replica Synthesizer による方法等、先端的手法が幅広く取り上げられた。また、その後のセッションで、兵庫県立大の庄司氏による NewSUBARU を用いた SPring-8 線形加速器ビームのシングルショット計測の発表が行われた。SPring-8 線形加速器は SPring-8 の入射器だけではなく NewSUBARU の入射器としても使用されており、NewSUBARU の安定な Top-up 運転には正確なパラメータ調整が必要である。このパラメータ調整におけるビームの shot-by-shot の入射効率の揺らぎの理解のため、入射ビームのシングルショット計測が必要である。庄司氏は、NewSUBARU を入射ビームを観測するデバイスとして捉え、NewSUBARU のパラメータを入射ビーム観測に最適化し、入射ビームの longitudinal, transverse 方向の運動をビーム周回毎にシングルショット観測し、入射ビームの phase space 内の運動を解析し、入射効率の揺らぎの理解を試みた。この手法は、光取出しラインを持つブースターシンクロトロンであればどの放射光施設でも可能であり、今後多くの施設で適用されることが期待できる内容であった。

2 日目の発表で興味深かったのは、KEK 谷本氏によるダストトラッピングの観測に関する招待講演である。ダストトラッピングとは、加速器のビームダクトの中に存在す

る微小な埃 (ダスト) が何らかの原因でビーム軌道上を横切った際、ダストがビームと衝突することで帯電しビーム軌道周囲のポテンシャルにトラップされて継続的にビームと衝突し続けるという現象である。この現象が起きると蓄積ビーム寿命の急落やビームロス等が起こる。谷本氏は、PF-AR において観測されるビーム寿命の急落をダストトラッピングによるものと捉え、初めてダストトラッピング現象をビデオ撮影することに成功した。発表ではダストトラッピングと思われる現象を捉えたビデオ映像が流れ、聴衆はビーム軌道付近を流れ星のように輝きながら通過してゆくダストにしばしば見入っていた。ダストトラップに関する理論モデルも議論され、大変興味深い発表であった。

3 日目は、KEK 三橋氏によるダブルスリット干渉計型ビームサイズモニターに関する招待講演が行われた。講演の中で、三橋氏は干渉計で良好な分解能を得るためには屈折光学系ではなく反射光学系を用いることを勧め、反射光学系を用いた干渉計による ATF でのビームサイズ計測値として  $4.7 \mu\text{m}$  を得たと報告した。また、干渉計型ビームサイズモニターの分解能の向上のアイディアとして、ダブルスリット干渉計のそれぞれのスリットに入射する光量のバランスを変える方法 (imbalanced method) を提案した。三橋氏に続き、Australian Synchrotron の M. J. Boland 氏が imbalanced method を用いた ATF2, ASLS における垂直ビームサイズ測定結果について報告を行った。

会期中、招待講演・一般講演と並んで、ビーム計測診断に関する講義 (チュートリアル) が KEK 飛山氏、KEK 平松氏、SLAC の J. D. Fox 氏によって 3 回に渡って行われた。飛山氏、平松氏の講義は特に加速器におけるビーム位置検出器 (BPM) に関する講義であったが、初歩的な内容から導入されて詳細に渡る内容となっており、BPM に明るくない筆者でも拝聴して大変勉強になった。“Learning from Beams” と題した J. D. Fox 氏の講義は、ビーム信号検出とその信号から得られる物理量、また signal processing の方法等の紹介であり、この講義もまた基礎的内容から詳細に渡る内容で大変勉強になった。こうしたチュートリアルセッションは次回の IBIC でも是非設けて頂きたいと思う。

口頭発表と併せてポスターセッションも 2 日間に分けて行われた。ポスター発表時間の中に全てのポスターを見ることができ、時間も規模も大変丁度よいという印象を受けた。ポスター発表の中にいくつか興味深い内容があったが、紙面の都合で割愛させて頂く。なお、IBIC2012 のサイト<sup>2)</sup>では Pre-press proceedings や発表者のスライドを閲覧することができる。興味のある方はご参照頂きたい。

Conference Dinner は筑波山の旅館の大広間で催された。参加者銘々に膳が据えられ、和気あいあいとした雰囲気の中での Dinner であった。「日本のおもてなしに感謝!」と言っていた参加者がいたことが忘れられない。Dinner の余興として「筑波山のガマの油売り」の口上が行われ、

---

会場の雰囲気を更に盛り上げた。

IBIC2012は10の招待口演，18の一般口演そして合計173のポスター発表が持たれ，活発な議論のうちに閉会した。IBICの開催地はアジア・オセアニア，ヨーロッパ，アメリカの3地域を巡回する。IBIC2013は英国 Diamond Light Source がホストとなり開催され，次回のアジア・

オセアニア地域の IBIC は2015年にオーストラリアのメルボルンで開催される予定である。

- 1) 三橋利行：「国際ビーム計測診断会議の設立および第1回開催について」加速器 Vol. 8, No. 3, 2011 (137-140).
- 2) <http://ibic12.kek.jp/index.php/Main/HomePage>