

## 会議報告

## IWAA2010 報告

増澤 美佳\*

## Report on IWAA2010 (International Workshop on Accelerator Alignment 2010)

Mika MASUZAWA\*

## 1. はじめに

9月13日から9月17日にかけて第十一回加速器アライメント国際ワークショップ (International Workshop on Accelerator Alignment 2010: IWAA2010) が DESY で開催された<sup>1)</sup>。IWAA は 1986 年の CERN Accelerator School<sup>2)</sup> がきっかけとなり、第一回 IWAA が 1989 年に SLAC で、引き続き DESY (1990), CERN (1993), KEK (1995), ANL (1997), ESRF (1999), SPring-8 (2002), CERN (2004), SLAC (2006), そして前回 2008 年には KEK で記念すべき第十回 IWAA が開催されている<sup>3)</sup>。IWAA 開催は持回り制で、ほぼ 2 年おきにヨーロッパ, アメリカ, アジアの 3 つの地域を巡回している。アジア地域とは言っても実際は過去 3 回とも日本がホスト国となっているのが現状である。次回あたりはそろそろ中国で、という声も今回参加者から聞こえて来た。

このワークショップはテーマが加速器アライメントとかなり絞られていることもあり毎回参加者は 80 人程度と国際ワークショップの規模としては決して大きいものではない。加速器施設のアライメントグループからの参加が大部分ではあるが、測量器メーカーや測量会社などからの参加もある。今回日本からは、SPring-8 から 2 名、KEK から 3 名、測量会社から 2 名、の参加があった。ワークショップ参加人数が多くなく、また参加者の半数以上がいわゆる「常連さん」であることから発表の合間に実働部隊同志の盛んな意見・情報交換がされる。これも IWAA の特徴のひとつである。

IWAA では開催期間中に委員会を開いて、次の IWAA の開催場所、開催期間、テーマ・方針等を決定することになっている。今回の IWAA の方針は「各研究所の現状報告は口頭ではなく、ポスターにしまら

おう。」というものであった。限られた口頭発表のスロットをより具体的なテーマについての発表に割り当てたいという委員会の希望が反映された形となった。IWAA が実務優先のワークショップであることがここからもうかがえる。

## 2. GEODESY

今回の IWAA は Johannes Prenting 委員長を筆頭とする DESY のアライメントグループが中心となって運営された。DESY では 2 年近くに及ぶ PETRA III 放射光施設への大改修工事を終えて一息つく間もなく XFEL 建設が始まり、Prenting グループは相変わらず大忙しである。さすがに PETRA III の建設時には、新たに 8 人を任期付ではあるが採用してアライメントグループのマンパワーを補ったと聞いている。15 人の常勤スタッフに加えて、である。隣の芝生は青く見える、のかも知れないが迅速なマンパワーの補充は羨ましい限りである。

さて次頁図 1 がおなじみの DESY のロゴで、右側図 2 が DESY アライメントグループのロゴである。図 2 は、ドイツ語の方位、東 (Osten), 西 (Westen), 南 (Süden), 北 (Norden) を配し、英語の「測地学 (GEODESY)」を DESY に絡めたものである。シンプルではあるが必要なものは全部入っている、というロゴのお手本の様なデザインに感心した。

## 3. ワークショッププログラム

ワークショップ初日は 9 月 13 日であったがセッションは午後からスタートした。当日の朝に現地を飛んで飛行機・列車・自動車まで来ると、というヨーロッパ諸国からの参加者への配慮がされている。表 1 にプログラムの概略を示す。

ワークショップ前半の“Survey & alignment of machine

\* 高エネルギー加速器研究機構  
(E-mail:mika.masuzawa@kek.jp)



図1 DESY のロゴ (DESY 提供)

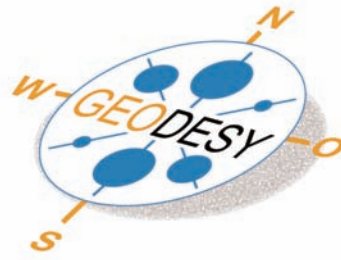


図2 DESY アライメントグループのロゴ (DESY 提供)

表1 ワークショッププログラム

	9/13 (月)	9/14 (火)	9/15 (水)	9/16 (木)	9/17 (金)
午前 1		測量	Vendor	Instr.	Vib.
午前 2		Instr.	講義 1	Vib.	Others
午後 1	測量	XFEL ツアー	講義 2	Vib.	Closing
午後 2	測量		招待講演	ポスター	

測量 : Survey & alignment of machine components & experiments

Instr. : Instrumentation, software and methods

Vendor : Vendor presentation

Vib. : Long Term Monitoring, Ground Motion, Vibration

講義 1 : Lecture on error theory

by Prof. Wolfgang Niemeier (TU Braunschweig, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie)

講義 2 : Lecture on adjustment theory

by Prof. Wolfgang Niemeier (TU Braunschweig, Institut für Geodäsie und Photogrammetrie)

招待講演 : The geodetic calibration line of the UniBw Munich

- Conception and implementation

by Prof. Otto Heunecke (UNI BW München)

components & experiments”セッションでは LHC, CLIC, ファクトリーマシン, FEL, 重イオン加速器, 放射光施設等から, 測量結果及び課題が報告された。ほとんどの施設で, レーザートラッカー等の 3 次元測量器と何種類かの測量器を互いの弱点を補うように組み合わせで大規模な測量網を作っている。ここではより誤差が小さくなるような測量機器の選択の仕方, 組み合わせ方について議論があった。精度のある測量網を作るためにはその骨格となるモニュメントも重要である。このモニュメントについては 3 次元的な測量網が組み易い様に, 加速器トンネルの設計段階から既に組み込まれているのが最近の加速器施設では普通である。またこのような加速器では予め測量器の配置場所, 移手段等についてまでも充分考慮されているケースが多い。

引き続きの “Instrumentation, software and methods” セッションでは測量機器や位置モニター機

器と応用解析ソフトウェアの話があった。話題の一つは「長い (数百 m) 直線を測る (モニターする) 方法」で, HLS (Hydrostatic Leveling Sensor) と WPS (Wire Position Sensor) を中心に現状と問題点が報告された。HLS については, 静電容量で水面と電極の距離を測る方式, 超音波で距離を測る方式, 光学的に距離を測る方式がありそれぞれのセンサーの長所・短所を同一基準で比較しようという試みが進んでいる。HLS の基本原理そのものは割合単純ではあるが, 要はセンサーの読み出しエレキの安定性をいかに低コストで確保するかがポイントのようである。比較試験の一環として各タイプのセンサーを Fermilab に集め同じ環境下で長期間モニターしている。この比較試験の中間報告が J. Volk からあった。彼に noisy だと言われてしまったセンサーを開発したグループは「ビームラインでしばらく使っていた中古センサーだからだ」と反論していた。しかしながら, これは彼らのエレキの対放射線性



図3 Johannes Prenting (DESY) 委員長による開会の挨拶



図4 ポスター会場。企業展示の一部もここで行われた

に問題があるということをかえって印象付けてしまう格好になった。

地元 European XFEL のグループからはレーザーとカメラを使って数百メートルの直線を測る方法についての発表があり、後述の XFEL ツアーではその実験装置の見学をすることが出来た。

個人的には“PERMANENT MONITORING OF THE LHC LOW BETA TRIPLETS: LATEST RESULTS AND PERSPECTIVES” というタイトルで CERN の H. Mainaud が報告した LHC の Low-beta トリプレットの位置モニターシステムの発表に興味を持った。HLS と WPS 両方を使って（この組み合わせはよくあるパターン）クライオスタットの冷却中と昇温中の動きをモニターしたもので、クライオスタット内の圧力と垂直方向の変動の相関関係が示された。もちろん実際の加速器の運転で問題になるのはクライオスタットそのもの変動（変形）よりも中のマグネットの位置の変動である。いかに中味の位置をモニターするか、はどこのグループにも共通する課題である。いくつかのアイデアが出されたが具体的なセンサー、インストールの

方法等については引き続き今後の検討項目となった。

参加企業数社からの口頭発表もあった。主に新製品についての発表だったので、聴衆はこの時一番真剣に聞いていたようだ。発表者が聴衆の手強い質問にもよく準備して答えていたのには感心した。特に Leica。さすが「お膝元」と言うべきか。参加企業には口頭発表の場以外にも常時展示場所があり各社新製品の宣伝に余念がなかった。

ところで、某社のブースで、ある製品の取り扱い説明書にない部分についての質問をしたところ「資料はマニュアルにある分だけだ」との答えが最初返って来た。せっかくドイツまで遠路はるばる来たのだから、とか何とか言って粘ると「それでは」ということで「これは実はエアバス社から請求されて作った資料だけ」と USB メモリーに入っているエアバス社向けのプレゼン資料をもらうことが出来た。内容は必ずしもこちらが期待していたものではなかったが、それでも測量機器メーカーにとって 3 次元測量器の大口受注先は最近では航空機（あるいは車）メーカーである、加速器業界での需要はほんのイプシロン程度に過ぎない、という現実をあらためて認識する出来事となった。

ワークショップの後半は“Long Term Monitoring, Ground Motion, Vibration” というテーマでいろいろなものがまとめられていたが、このセッションの 1/3 はセンサーや測量器の試験結果についての報告、1/3 が長期的な地盤変動についての報告、1/3 が地盤・加速器コンポーネントの振動についての報告であった。次世代放射光マシンや SuperKEKB などの次世代ファクトリーマシンにとって今まで「微小振動」と表現していた振動が問題になって来るという認識は参加者全員に共通なものであることから今後引き続き協力して検討していくことになった。

今回は新しい試みとして「講義」がワークショップの中日に設けられた。測量・測地学の専門大学の Wolfgang Niemeier 教授が誤差及び大規模測量ネットワークを組む際の測量機器の誤差の取り扱いについて講義をされた。この先生のお弟子さん達の何人かは DESY を始めヨーロッパの加速器・放射光施設の測量グループに入って活躍していると伺った。大学で学んだ測量学を geodesist（測量技師）として加速器アライメントの分野で活かしている訳で、ヨーロッパ加速器業界における測量人材の層の厚さをあらためて感じた。現在アメリカで活躍されている加速器アライメント関係の人達の何人かもドイツ、オーストリア、フランスの出身である。

ワークショップの参加者のバックグラウンドが様々で



あるので、講義のテーマと講義内容のレベルを設定するのに主催者側は悩んだそうである。結局、今回のテーマは、ドイツがガウス (Johann Carl Friedrich Gauß) の出身国ということもあり、また測量網構築に必要な不可欠であるということで「誤差論」が選ばれた。加速器の世界ではガウスは電磁気学の分野で有名であるが、彼はゲッティンゲンの天文台長で測量を通じて最小二乗法の発見などの誤差論、統計学を発展せしめた人でもある。このガウスに敬意を表して「最小二乗法」による測量網平均計算の講義と実習で3時間の時間が費やされた。

#### 4. XFEL ツアー

ツアーはあいにくの雨の中で行われた。まず連れて行かれたのはビジターセンター (Infopoint) で、ここで派手な指定服に着替えさせられた。足場が悪いこともあり田んぼ仕事でも始められそうな長靴も履かせられたのだが私の足に合うものが見当たらず仕方なく子供用の長靴を使った。

見学が行われた日には、2台使用予定のトンネル掘削機 TBM (Tunnel Boring Machine) のうちの1台 TULA (TUnnel for LAsEr) による最初の480 m区間の掘削工事が既に終了していた。TULAは外径6.17 m、全長71 m、重量550トンの大型 TBM である。11月には2台目の一回り小さな TBM が稼働予定とのことである。工事の安全を願って今年6月30日に政財界の方々を招待しての賑やかな式典が行われたそうだが、ツアーで訪れた時は、探鉱、建築、鍛冶、砲兵、地質関連の守護神と言われている聖バルバラの像がポツンと雨に打たれているのがどことなく寂しげであった。洋の東西を問わず、最先端科学をやろうとしているにもかかわらず、やはり現場レベルでは神様を奉りたくなる神妙な気持ちになる、というのはとてもよく理解できる。現に私たちも先日 KEKB 解体式を行ってこれから始まる予定の SuperKEKB 建設工事が無事終了することを願ったばかりである。

XFEL サイトはもちろんのこと、DESY サイト内には図8にあるような地上測量用の観測ピラーがいたる



図5 着替え前



図7 XFEL トンネル掘削現場。壁にあるのは聖バルバラ (Saint Barbara) の像。探鉱、建築、鍛冶、砲兵、地質関連の守護 (女) 神と言われている



図6 着替え後。皆お揃いで準備完了。これだけ派手ならば雨空でも目立つので置いてきぼりにならない



図8 DESY サイトの地上測量用観測ピラー

所にあったのも印象に残った。同行の三島氏によるとこのような観測ピラーがあるのは日本では SPring-8 と J-PARC だけとのことである。

## 5. バンケット

バンケットは遊覧船で川辺の景色を眺めながら、という趣向のものだった。ただ、この時期のハンブルグは雨が多く、バンケットの夜も XFEL 見学時同様雨に祟られてしまい残念ながら夜景を楽しむわけにはいかなかった。そんな中、対岸に光り輝くちょっと異様な一帯を発見。エアバス社の機体最終組立工場である、との説明を受けた。エアバス社ではヨーロッパ各地で生産した主翼や胴体をフランスのトゥールーズやハンブルグに集めて最終組み立てを行っているそうだ。確かに工場の一角で航空部品を運ぶための巨大貨物機のベルーガが光り輝いており、ベルーガの隣では普通のエアバス (A320) が小さく見えた。A380 もベルーガの中に入るのだろうか、どこでアセンブリするのだろうか? などと雑談している目の前で出来立てホヤホヤ (?) の A320 が闇の中納入先へ飛び立って行ったのも印象的だった。

## 6. 次回 IWAA

最終日の前日に委員会が開かれ次回の開催場所、時期、テーマ等について話し合った。次回の IWAA は 2 年後の 2012 年の秋に Fermilab で開催されることになった。テーマについては今回の発表を元に以下の原案を作ったのでこの場を借りて皆様にお知らせしたい。

- Survey and alignment of machine components and experiments
  - Super-B Factories
  - FEL
  - CLIC
  - Next generation light sources
  - Heavy ion accelerator facilities
- Instruments and software

- Inter-comparison of HLS and WPS
- Inter-comparison of analysis software (mainly network software)

- Ground motion
- Long-term monitoring
- Vibration
- Straightness measurement system
- Survey and monitoring of cryomodules
- Close range photogrammetry

## 7. 終わりに

このところ XFEL, European XFEL, LCLS, CLIC など、長距離の直線加速器の建設が目白押しである。また次回ワークショップ開催予定の Fermilab では NO $\nu$ A (NuMI Off-Axis  $\nu_e$  Appearance Experiment) Project の 810 km, LBNE (Long Baseline Neutrino Experiment) Project の 1200 km という広大な範囲に及ぶ測量に取り組んでいる。次回のワークショップではこのような、やや大げさな表現かも知れないが、「地球規模」の測量について更に充実した報告がされるであろう。また、加速器の高性能化に伴い益々重要になってくる加速器コンポーネントの精密アライメントやモニター方法、振動解析・対策についても、より進歩した結果が発表されると期待する。

最後になりましたが、今回の記事を執筆するにあたり写真、情報提供をして下さった以下の方々にお礼を申し上げます。

大澤康伸, 久米達哉 (KEK), 木村洋昭 (SPring-8), 阿部直宏, 三島研二 ((株) パスコ) (敬称略)

## 参考文献

- 1) <http://iwaa2010.desy.de/>
- 2) CAS Applied Geodesy For Particle Accelerators, CERN, Geneva, Switzerland 14-18 April, 1986.
- 3) 菅原龍平 “IWAA08 報告”. 「加速器」Vol.5, No.1 2008, P.78.