

＜研究会報告＞

国際ワークショップ「高フラックス X 線検出器」 *International Workshop on High Flux X-ray Detectors*

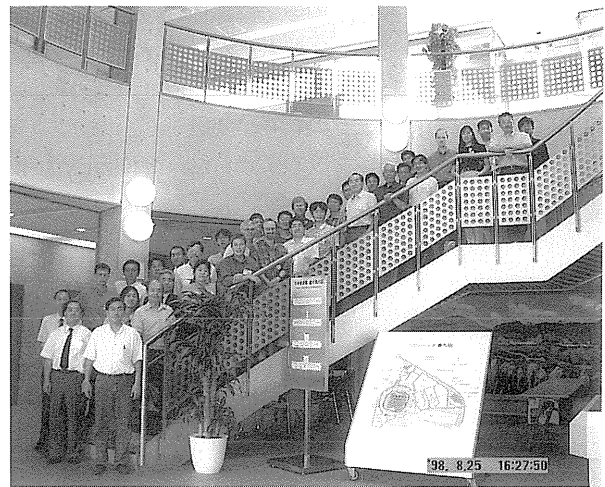
八木直人, 鈴木昌世, 豊川秀訓, 岡田京子, 八木克仁, 植木龍夫

(財)高輝度光科学研究センター

1. 国際ワークショップの背景

空間分解能 ($\Delta x, \Delta y$) 及び時間分解能 (Δt) は X 線検出器の性能を表す主要な値として頻繁に引用される。「X 線検出器の検出面は最小計測単位 ($\Delta x, \Delta y$) に、その検出時間は最小計測単位 (Δt) に量子化されている」という表現も採られる。 $[\Delta x \times \Delta y]$ で定義される量子化検出面は“pixel”と、また $[\Delta x \times \Delta y \times \Delta t]$ で定義される量子化空間は“voxel”と呼称されるのは周知の通りである。一例として $\Delta x = \Delta y = 100(\mu\text{m})$, $\Delta t = 1(\text{msec})$ を採用すると、voxel の体積は $[\Delta x \times \Delta y \times \Delta t] = 1 \times 10^{-5}(\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ となる。各 voxel がフォトン・カウンターとして動作していると仮定すると、各 voxel に 10^4 個の X 線光子が蓄積された場合、統計誤差は 1% までに軽減できると期待されるが、最低でも X 線ビームの強度は $\phi = 1 \times 10^9(\text{mm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1})$ 必要となる。現実には、試料による X 線の吸収、検出器の X 線検出効率などが存在するので、 $\phi \sim 1 \times 10^{11}(\text{mm}^{-2} \cdot \text{sec}^{-1})$ 程度の X 線ビーム強度が求められる。

第三代放射光施設は、電離放射線計測上、「高フラックス (High Flux)」と呼ぶに値するこの領域の X 線を実現するに至った。翻って、X 線検出器は当該 voxel 値を達成しているだろうか、十分な検討がなされて然るべきである。勿論、求められる voxel 値は個別の実験的研究に依存し、測定時間に関しても積分型検出から微分型検出まで選択範囲は広がる。一般的には、高フラックス X 線ビームを利用した放射光実験という観点から、① X 線検出器に課せられる条件を抽出し、② X 線検出器開発計画の現状を調査して、③ 高フラックス対応型 X 線検出器を実現する上で解決すべき問題点と対策を検討すべきと考えられる。SPring-8 に於いて「高フラックスビームライン」の建設が本格化する状況に照らしても、諸外国の優れた研究にも目を向け、こうした場を提供する国際ワークショップの開催が時期的にも求められていたが、幸い各方面のご協力を仰ぐことができ、平成10年8月24日(月)～26日(水)の期間に標記国際ワークショップを開催することができた。以下、その概要を報告したい。



2. 国際ワークショップ「高フラックス X 線検出器」

午後からの開催となった本ワークショップの初日は、主催者側が歓迎の意を込めて、SPring-8 サイドの活動に関して講演を行った。冒頭、菊田惺志放射光研究所副所長 (高輝度光科学研究センター) が挨拶に立ち、利用研究の観点から大型放射光施設「SPring-8」の現状を紹介した。続いて、八木直人実行委員長 (高輝度光科学研究センター) が本ワークショップの主題を説明し、SPring-8 に建設される「高フラックスビームライン」の紹介を行った。コーヒブレイクの後、ワークショップは X 線検出器を個別に発表する講演形式に移行した。SPring-8 に於ける標準的な X 線検出器に関しては、再び、八木委員長が、2 次元配列型 CCDX 線検出器に関しては鈴木昌世 (高輝度光科学研究センター) が、マイクロストリップガス検出器に関しては越智敦彦氏 (東京工業大学) が、大強度 X 線照射下に於ける電離箱の挙動に関しては佐藤一道氏 (理化学研究所) が各々講演を行った。その後、ワークショップは、大型放射光施設「SPring-8」の見学に移り初日を終えた。

二日目以降のワークショップは、概ね、検出媒体に関しては「気体」から「固体」へ、測定時間に関しては「微分型」から「積分型」へ展開する形式で進行した。二日目午

前中のセッション「ガス検出器」では、R. Lewis氏 (Daresbury Lab) から RAPID X-Ray Detector に関して、中山博史氏 (名古屋大学) から Micro-Gap Wire Chamber に関して、B. Tolochko氏から Siberian Synchrotron Radiation Center に於ける X線ガス検出器の開発に関して、各々、総合的な報告が行われた。引き続き行われたセッション「ピクセルアレイ検出器」では、G. Rossi氏 (Cornell University) が時分割 X線回折実験のためのピクセルアレイ検出器に関して、P. Datte氏 (University of California San Diego) がデジタルピクセルアレイ検出器の詳細に関して講演を行った。セッション「アバランシェ・フォトダイオード」では、岸本俊二氏 (物質構造研究所) が多重アバランシェ・フォトダイオードを用いた高速 X線検出器に関して講演した。また、セッション「シンチレーター/XAFS」では、黒田啓一氏 (CERN) がファイバーを用いた“Digital Radiation Imager”に関して、また大柳宏之氏 (電子技術総合研究所) が高輝度光源を用いた高速・高感度 XAFS のための X線検出器開発に関して、各々、講演を行った。同日の午後には、講演に加えて、ポスターセッションが企画され、百生敦氏 (日立製作所基礎研究所)、伊藤和輝氏 (物質構造研究所)、西勇二氏 (東京工業大学)、R. Hamlin氏 (ADSC)、C. Nielsen氏 (ADSC)、G. Rossi氏 (Cornell University)、岡田京子の各氏によるポスター発表と同時に、理学、日本ブルカー、Keycom、応用光研、SEIKO EG & G、浜松フォトリクス、レオニクス各社による企業展示も開催された。

ワークショップの最終日には、セッション「X線イメージ・インテンシファイヤー/イメージ・プレート」が設けられ、雨宮慶幸氏 (東京大学) がイメージ・インテンシファイヤーと結合した X線二次元検出器とその回折実験への応用に関して、M. Thomas氏 (University of Erlangen) が高速イメージ・プレートに関して、また、急速、R. Hamlin氏 (ADSC) が QUANTUM4 に関して講演を行った。その後、ワークショップは、X線検出器一般を、① FOT と結合した CCD 検出器、② X線イメージ・インテンシファイヤーと結合した CCD 検出器、③ イメージ・プレート、④ ガス検出器、⑤ ピクセルアレイ検出器、⑥ アバランシェフォトダイオード、⑦ ファイバーイメージング検出器、⑧ 半導体検出器と分類した上で、各検出器の特徴、性能、現状などに関して総合的な議論を行っ

た。その内容は、SPRING-8 利用者情報 (1998年11月、52頁) に詳しい。最後に、上坪宏道放射光研究所所長 (高輝度光科学研究センター) が挨拶に立ち、最先端の加速器を有する第三世代放射光施設において先駆的研究を遂行するには優れた X線検出器が不可欠であり、検出器技術のさらなる前進を期待すると結んで、本ワークショップは全ての日程を終えた。

3. 国際ワークショップを終えて

さて、本ワークショップで紹介された X線検出器の内、冒頭に掲げた検出時空間の量子化という概念が適応可能な X線検出器に関して voxel 値を試算してみると、微細電極構造を有するガス検出器では $0.1 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm} \times 10^{-7} \text{ sec} = 10^{-9} (\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ 、ピクセルアレイ検出器では $0.15 \text{ mm} \times 0.15 \text{ mm} \times 10^{-6} \text{ sec} = 2.3 \times 10^{-8} (\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ 、ファイバーイメージング検出器では $0.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm} \times 10^{-6} \text{ sec} = 4 \times 10^{-8} (\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ 、X線イメージ・インテンシファイヤーと結合した CCD 検出器では $0.2 \text{ mm} \times 0.2 \text{ mm} \times 2 \times 10^{-2} \text{ sec} = 8 \times 10^{-4} (\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ 、ファイバー結合型 CCD 検出器では $0.1 \text{ mm} \times 0.1 \text{ mm} \times 1 \text{ sec} = 10^{-2} (\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ 、イメージ・プレートでは $0.08 \text{ mm} \times 0.08 \text{ mm} \times 9 \text{ sec} = 5.8 \times 10^{-2} (\text{mm}^2 \cdot \text{sec})$ 程度まで進展していることが分かる。また、本ワークショップでも、ガス検出器の微細電極構造化、X線イメージング検出器の CCD 化が X線検出器の基本的潮流として改めて確認された。しかし、voxel 値以外の性能、例えば、ピクセル総数、ダイナミックレンジなども含めて考える時、何れの検出器も開発要素をかなり残していることにも気がつく。今後は、利用研究ごとに、これら積分型検出から微分型検出まで分布する X線検出器群から最適候補を選び出して、各研究に特化された高フラックス X線ビーム対応型 X線検出器の開発を推進することになろう。そうした過程に於いて、本ワークショップが何らかの意義を有するに至れば甚だ幸いであると考えられる。最後に、ご協力頂いた方々に、改めて厚く御礼申し上げます、本ワークショップの報告としたい。

追記：本ワークショップのプロシーディングスに関しましては、(財)高輝度光科学研究センター・企画調査部 (担当 八木克仁、TEL 07915-8-0985) までお問い合わせ下さい。