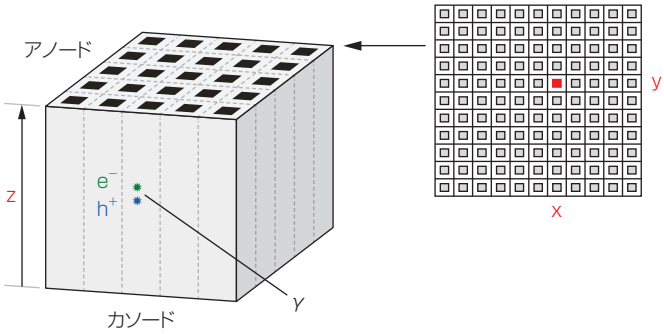
放射線の位置を突き止める携帯式イメージングスペクトロメータ

ミシガン大からスピンアウトした米H3D社は、ポラリス-H(Polaris-H)と呼ぶ軽量(4kg)の携帯式放射線カメラを商品化した。これは、ガンマ線源の同位体組成を識別するだけでなく、放射線源の分布位置を撮像することもできる小型イメージングスペクトロメータである。

高解像度スペクトロメータは高エネルギーのガンマ線検出を通して放射源を特定する。高純度ゲルマニウムを使った標準高解像度スペクトロメータは662keVで0.4%以下の半値全幅(FWHM)のエネルギー分解能を達成できるが、低温冷却が必要であり、放射線イメージング機能がない。

これまで、ガンマ線イメージングは3つの方法のうちのいずれか1つで実行されてきた。符合化開口結像では、高原子番号のマスクを検出器面の前に置き、そのマスクが検出器上に落とす影を使って順方向の放射線源分布をデコンボリューションする。しかし、ガンマ線の約半分がマスク内で失われるため、イメージング効率は低い。イメージングは、関心の方向に回転する検出器上の厚いコリメータを使って実行することもできる。しかし、検出効率はまったく低く、観測に要する時間も非常に長い。3つめのイメージングは2つの検出器面を使って、それらの面間のコンプトン散乱対を記録することによって実行される。各面の1つの相互作用によるイベントの確率は小さいので、イメージング効率も低い。

対照的に、H3D社のカメラは、1つのブロックの結晶材料を使って、シールドなしで撮像できる。これはピクセル化されたテルル化カドミウム亜鉛(CdZnTeまたは「CZT」)結晶を使用し、50keVから3MeVのガンマ線相互作用に対してゲルマニウムベーススペクトロメータと同程度のエネルギー分解能を維持しながら、放射線源の位置の確認と撮像の両方を実行するイメージングスペクトロメータとして機能する。さらに、スチルベンまたは結晶シンチレーション検出法とは異なり、ガンマ線エネルギーをより正確に決定し、線源分布の画像も形成する。



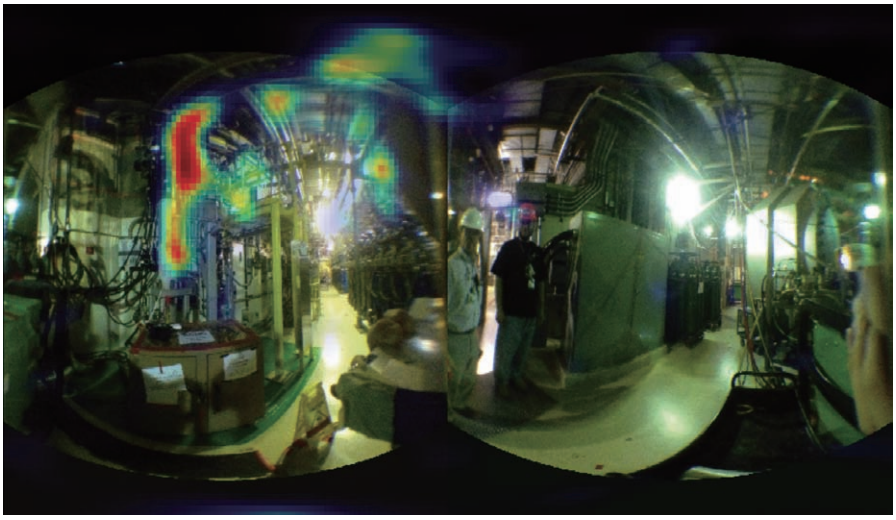


図1　携帯式放射線カメラ内のピクセル化CdZnTe結晶検出器は放射線源からのガンマ線イベントを同位体特定識別する(上)。ここで、色分けされた画像はパイプエルボー内のコバルト60とマンガン54のビルドアップを示す(下)。

3D位置検出

ポラリス-H検出器は、ピクセル化され、パターン化された121ピクセルから成るアノード表面をもつバルクCZT結晶で構成され、特定用途向け集積回路(ASIC)チップに接合されている。

貫通性が非常に高いので、ガンマ線はあらゆる方向から20×20×15mmのCZT結晶に入射するであろう。そのとき、ガンマ線はコンプトン散乱を受け、検出器内で二度相互作用することになる。結晶のアノード-カソード間に印加され

た電界は各相互作用の結果として生じた電荷をアノード画素へと移動させ、そのxとy位置を特定する（**図1**）。それから、アノード／カソード信号比または電荷ドリフト時間を使って、ガンマ線相互作用のz位置または深度を計算し、検出器内の相互作用エネルギーと位置の3Dマップを生成する。これらのエネルギーと位置は、ガンマ線が放出された方向についての情報を提供する。

データは内臓コンピュータによって実時間で処理される。ユーザーはそのユニットから最長15ftまでのケーブルで接続されているタブレットディスプレイ上でスペクトルと画像を実時間で見ることができる。遠隔監視用のインターネット接続を介した伝送も利用可能であり、オペレータの人間は強いガンマ線源の極近くいることを望まないであろうということを考えれば、特に有用である。

画像生成に向けて、画素毎の相互作用情報が多種多様な再構成法を使って処理される。例えば、単純逆投影（SBP）アルゴリズムは、検出器システムを取り囲むメッシュ上の放射線源の空間分布を識別するコンプトン画像処理技術を使う。CZT結晶の高い原子番号が数百keV以上のコンプトン画像の捕獲を可能にする。

ポラリス-Hは、ゲルマニウムベースのスペクトロメータで可能な0.4%以下のFWHMには、いまだ達していない。しかし、最新のシステムは全イベントに対して662keVで1.1%のFWHMと単一の相互作用イベントに対して662keVで0.8%のFWHMに近づいている。

「これまで、迅速に起動し、特定のガンマ線源の撮像に使える、超小型な機器は誰も持ったことがなかった」とH3D社のR&Dエンジニア、クリストファー・ワール氏（Christopher Wahl）は言う。「それが現場に存在する以上、ユーザーは、これまで不可能であった新しい応用を次々と見出すであろう。最近、原子力発電所は他の機器では見落とされていた床下のパイプ内のホットスポットを発見した。直ちに、ホットスポットを遮蔽し、作業者の被曝量を抑えることが可能だ」と付け加えた。

（Gail Overton）LFWJ

光産業技術マンスリーセミナー

OITDA
Optoelectronics Industry and Technology Development Association

プログラム（7～8月）

No. / 開催日	講演テーマ / 講師
第 374 回 7月21日(火) 15:30-17:30	「空間多重伝送を実現する光ファイバ技術」 講師：八木 健氏 （古河電気工業（株）ファイテルフォトニクス研究所　部長）
第 375 回 8月19日(火) 15:30-17:30	「CIS系薄膜太陽電池技術の現状と将来展望」 講師：櫛屋 勝巳氏 （ソーラーフロンティア株式会社　執行役員　技術戦略企画部　部長）

■場所　一般財団法人光産業技術振興協会
■定員　各６０名
■参加費　光協会賛助会員：1,500円（税込み）　／　一般参加：3,000円（税込み）
※支払いは、当日受付にて現金でお願いします。

■申込方法　オンライン申込フォーム　>>> **http://www.oitda.or.jp/main/monthly/monthly_postmail.html**
■申込締切　定員になり次第締め切ります。なお、締め切った場合にはWeb上にその旨を掲載します。

問い合わせ先　一般財団法人光産業技術振興協会マンスリーセミナー担当　潮田、綿貫
〒112-0014　東京都文京区関口1-20-10 住友江戸川橋駅前ビル7F　TEL：03-5225-6431　FAX：03-5225-6435
E-mail：mly@oitda.or.jp　URL：http://www.oitda.or.jp/