

# 主任者 コーナー

“今こそ復習！” 主任者の基礎知識

## 第10回 手荷物エックス線検査装置

松田 淳

世の中にはエックス線を利用して社会に貢献している装置は数多くあり、医療用機器のほかに工業用分野で活躍している装置もある。本稿では、昨今重要となっているテロ行為防止対策等のセキュリティ分野で活躍している手荷物エックス線検査装置について紹介する。

### 1. 手荷物エックス線検査装置の必要性

国際空港は旅行者への“玄関”としての役割のほかに乗り継ぎ拠点となるハブ空港として近年特に重視されている。しかし、日本は戦略的な立ち遅れから、アジアのハブ空港の座を韓国仁川（インチョン）国際空港に奪われている現状はあるものの、規模が大きくなるに従い、その施設に往来する人員、貨物の取扱量が増え、よりセキュリティを強固にする必要がある。

空港などでのセキュリティ対象は大きく3つに分類することができる。1つは旅客、次に荷物（貨物）、そして空港施設自体である。旅客を対象としたセキュリティでの最重要項目は、確実に個人を認証することである。テロリストや危険物の所持者などを見極め、日本での不法入出国行為を防ぐことである。手荷物エックス線検査装置（図1）はこの危険物の検出や輸出入が禁止されているものを検出することに活躍している。



図1 手荷物エックス線検査装置

### 2. 手荷物エックス線検査装置の構造

これら装置にはラインセンサと呼ばれる検出器が採用されている。このデバイスには図2に示すようにベルトコンベア等の駆動機構が必要である。

図3に示すようなセンサ長が1mを超えるデバイスも製作可能であるが、画像を構成するためにはセンサの移動（スキャン）、又は対象物の移動（搬送）機構が必要となる。この画像での縦軸はセンサ長による情報であり、横軸は移動（時間経過）による変位情報の合成画像である。解像力に当たるセンサ素子の寸法は、異物検査などの工業用として0.2~0.8 mm/pixelの機種が多く、素子寸法以下の微細な構造（又は欠陥）の検出には不向きであるが、高速で、なおかつ形状判定等の視認性が高い特徴を有している。

## 主任者 コーナー

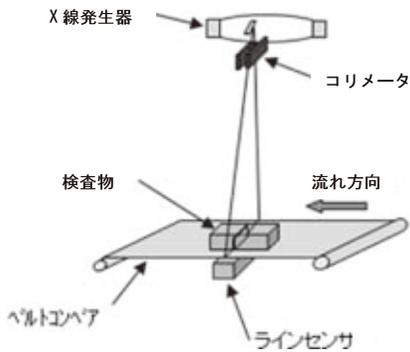


図2 ラインセンサの画像取得

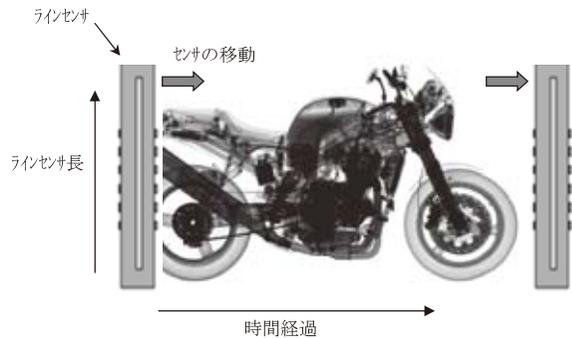


図3 大型スキャン機構

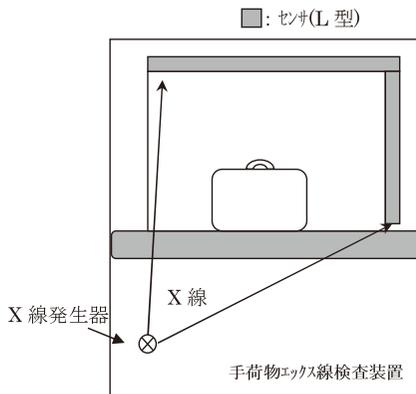
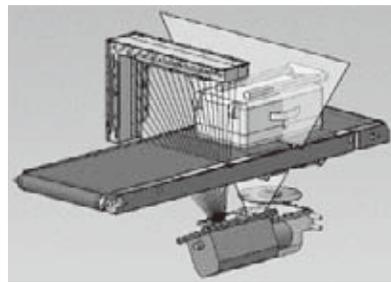


図4 手荷物エックス線検査装置のエックス線源とセンサの配置



航空会社により機内持込可能品の大きさの制限は異なるが、鞆やキャリーバッグ等を対象とするため、多くの手荷物エックス線検査装置に使用されている素子はエックス線に対する感度が良い1.5~2.5 mm/pixel程度の素子を有するラインセンサが多く使用されている。

手荷物エックス線検査装置の構成図の一例を図4に示すが、トンネル内を通過する場所によって検査ができない部位が生じないように、エックス線源は斜め方向に照射するように配置されている。手荷物を透過した放射線はセンサに到達するが、図5(a), (b)に示すように、セ

ンサ部に感度が異なった2種類の検出素子を配置することにより、広範囲の検出ダイナミックレンジ(例:140 kVのエックス線出力で、検査物がない状態から鋼30 mmまで一度のスキャンで検査可能)が確保され、検査物の比重を同定できるようなデュアルエナジ技法も開発されてきた。これは感度に差があるシンチレータ(本稿では素子の厚さが異なる)をスリット軸の前後に並べ、それぞれのシンチレータに飛び込んできた透過線量を光量として変換測定し、コンピュータ演算処理により検査物の比重を相対的に同定する方法である。この技法により密

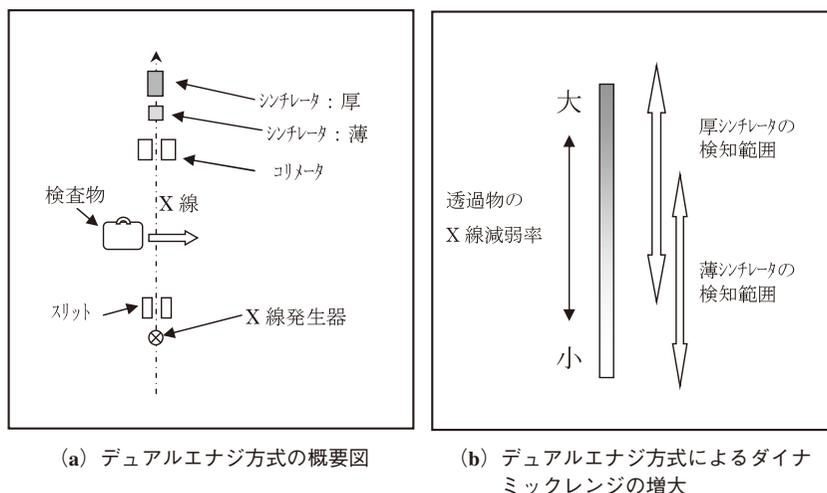


図5 デュアルエナジ方式の原理

度の分布，形状を画像化することが可能となり，更にカラー画像によって軽元素物質（有機物）-中間物質-重元素物質（金属）を一目で判別できるようになった。特に，拳銃，ナイフ，ワイヤ等の形状判定による識別として非常に有効な手法であり，中にはC4等のプラスチック爆弾を特定する装置もある。

### 3. 構造等に関する法律

一般にエックス線を使用する場合，操作する従事者には放射線管理の義務が生じる。しかし，昭和60年代の“ハイジャック防止法”により，一定の構造規格が満足していれば，特にエックス線作業主任者の必要性はなくなった。

電離放射線障害防止規則等に規定されている“管理区域”はこれら手荷物エックス線検査装置にも適用されており，“特殊な管理区域”として手荷物検査装置の手荷物の出入口は，労働者の手指等が装置内に入ることがないように2重の含鉛防護カーテンで仕切られ，この装置の外側での実効線量が，3月間につき1.3 mSvを

超えないように設計されている。

また，前記の場合であっても，装置の内部には管理区域は存在することから，電離放射線障害防止規則第3条第1項に定める“標識での明示”は必要である。

これらの条件が満足しておれば，エックス線作業主任者の選任の必要はない。ただし，従事者への放射線に対する情報，知識の提供，教育が必要であるのは言うまでもない。

一方，トンネル内を通過する手荷物に対して，極力放射線による影響がないような仕組みになっている。1つには，エックス線は常時発生させているのではなく，手荷物がエックス線の照射口・検出器の間を通過するときのみ照射される機構となっている。このため，トンネル内には光センサが備わっており，コンベア上の手荷物がこのセンサ遮って通過する際に照射されるようになっていて，同時にエックス線の警告灯が点灯する構造になっている。もし空港等に行かれる機会があれば，検査風景等を確認願いたい。また，ラインセンサを使用しているた

## 主任者 コーナー

め、照射したエックス線もラインセンサの幅（例 5 mm）程度にファンビームとして照射されており、手荷物への曝露時間も必要最低時間になっていることも被ばく低減に繋がっている。

また、実際に検査装置のトンネルを通過する際の被ばく量も各航空会社、フィルムメーカーの公表で ASA (ISO) 感度で 1600 のフィルムを通過させても異常を来たさない旨告知しているが、実際の管理状況としては手荷物への曝露量がコンベアの位置で、数  $\mu\text{Sv}$  以下に抑えるように管理している手荷物検査装置の製造者もある。

### 4. 最先端手荷物エックス線検査装置

前述の手荷物エックス線検査装置は透過像にて判別する方式であるが、ここで述べる後方散乱線検査装置は、対象物に照射したエックス線により発生した後方へのコンプトン散乱線（後方散乱線）の量を画像にする装置である。画像構成の原理は、細く絞ったエックス線をスキャンするように照射し、図 6 に示すように後方への弾性散乱線量を検出して画像化する機構である。この後方散乱線は、樹脂等原子番号の小さい材料からの散乱線量が多くなる特性があり、透過による画像と異なった画像となる。

この特性を利用して図 7 に示すように金属の陰に隠れている樹脂等が後方散乱線によって検出が可能となった。

米国ではホワイトハウス、最高裁判所、NASA（アメリカ航空宇宙局）、米軍基地等における入門検査用、米国内空港ではテロ対策用として、この型の AS&E 社 (AMERICAN SCIENCE AND ENGINEERING,

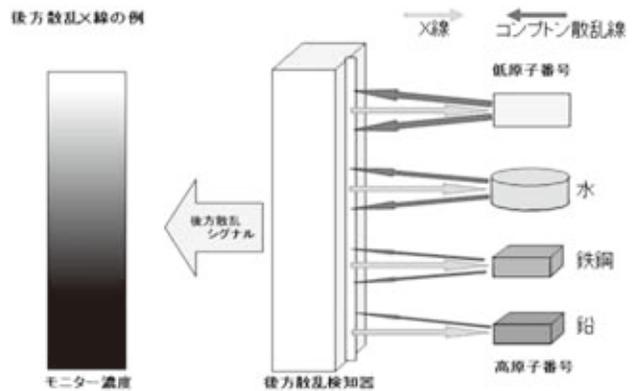


図 6 検査物の密度（比重）の差による後方散乱線の量

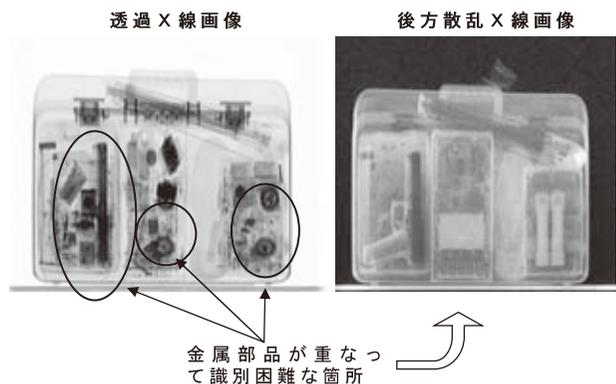


図 7 後方散乱 X 線画像の特徴（透過 X 線画像に対して）

表 1 社会悪物品の組成

主な爆発物及び薬物の組成	
・爆発物	・薬物
ニトログリセリン - $\text{C}_3\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_9$	モルヒネ - $\text{C}_{17}\text{H}_{19}\text{NO}_3$
RDX - $\text{C}_3\text{H}_6\text{N}_6\text{O}_6$	ヘロイン - $\text{C}_{21}\text{H}_{23}\text{NO}_5$
HMX - $\text{C}_4\text{H}_8\text{N}_8\text{O}_8$	マリファナ - $\text{C}_{21}\text{H}_{30}\text{O}_2$
PETN - $\text{C}_5\text{H}_8\text{N}_4\text{O}_{12}$	メタンフェタミン - $\text{C}_{10}\text{H}_{15}\text{N}$
TNT - $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_6$	LSD - $\text{C}_{20}\text{H}_{25}\text{N}_3\text{O}$
TETRYL - $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}_3\text{O}_8$	コカイン - $\text{C}_{17}\text{H}_{21}\text{NO}_4$

INC.) の手荷物検査装置が採用され、入念に手荷物や小型貨物の検査が実施されている。

これまで金属製の危険物（刃物・拳銃・爆



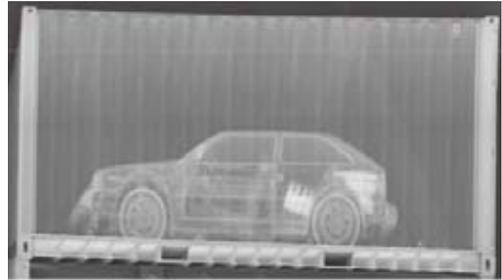
図8 大型エックス線コンテナ検査装置  
(透視機構と後方散乱による検出機構併用)

弾)等を主に検査対象としてきたが、最近では危険物が樹脂化されるケースも多く、従来の透過エックス線検査では検出できない状況にあり、後方散乱線での検査技術が着目されつつある。また、表1に示すように現在問題になっているプラスチック爆弾や麻薬などの社会悪品が海外から持ち込まれていると報道されているが、成分は樹脂などの有機物や無機物である。

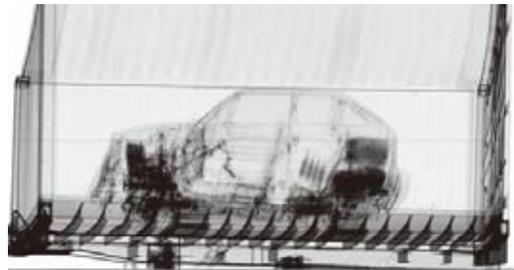
後方散乱線技法と透過エックス線技法の併用により、金属・樹脂成型品等の検査能力が向上し、テロ対策・犯罪対策・密輸入対策に非常に有効であると、注目されている。

### 5. 手荷物エックス線検査装置以外の検査装置（貨物用エックス線検査装置）

大型海上コンテナ、航空貨物、不審車輛等に対しては開披検査でしか対処できなかったものが、図8に示すように、車両自体を大型検査機構のトンネル内を通過することで手荷物エックス線検査装置のように検査できる装置も開発された。この場合、2時間位かかっていた開披検査が10分程度で検査することが可能となった。これらの検査手法では、テロ、密輸、密入国者などの管理を強化することが可能となり、各ハブ港での覚せい剤、大麻等の社会悪物品等の密



後方散乱線画像



透視画像

図9 大型エックス線コンテナ検査装置による取得画像

輸摘発にも活躍している装置である。一例として輸送コンテナ内の車両の検査画像を図9に載せるが、透過画像と後方散乱線での画像に特徴が見いだせるのが分かる。

### 参考文献

- 1) 松田淳, 製剤に対するX線検査装置の開発, 製剤機械技術研究会誌, 18(4), 51 (2009)
- 2) 松田淳, リアルタイムラジオグラフィ用高感度, 高分解能LIの開発, 放射線による非破壊評価シンポジウム, (社)日本非破壊検査協会 (1995)
- 3) 松田淳, デジタルX線非破壊検査技術, 日本真空学会機関誌, 54(1), 13-20 (2011)
- 4) ポニー工業(株)ホームページ <http://www.ponyindustry.co.jp/>

(ポニー工業(株))