

学術論文

## 小型 X 線透視検査装置の研究開発

### Research and Development of Small Fluoroscope Equipment Using X-ray

平間 豊<sup>\*1</sup>, 金子 健<sup>\*2</sup>, 米倉 功<sup>\*3</sup>, 脇若 弘之<sup>\*4</sup> (正員),  
小谷 雅幸<sup>\*4</sup> (学生員), 高木 敏行<sup>\*5</sup> (正員), 遠藤 久<sup>\*5</sup> (正員)

Yutaka HIRAMA, Takeshi KANEKO, Isao YONEKURA, Hiroyuki WAKIWAKA (Mem.),  
Masayuki KODANI (Stu. Mem.), Toshiyuki TAKAGI (Mem.), Hisashi ENDO (Mem.)

The act of terrorism which woke up the world in the Sep. 11, 2001 resulted in heightened safety world wide. Stemming from this, we developed a portable and convenient piece of inspection equipment which can examine airport cargo and passenger's luggage. This study developed inspection equipment using X-ray, and it examined the technical evaluation and marketability. The technology of the X-ray apparatus in this study is at a world-class level, and with regard to size and cost, it beats all other competitors.

**Key words:** X-ray, fluoroscope equipment, safety, image processing method.

### 1 まえがき

米国における同時多発テロの発生以来, 国内でも危機意識が高まっている。企業においても不審物を持ち込ませない検査機器開発など自己防衛のニーズが強まった。そのため小包検査用の X 線透視装置を提案した [1]。最近, 食品の安全性について, 針金等の異物混入を防ぐため, 事前検査の必要性が高まっている。特に海産物における異物混入検査が望まれていることから, 小包用に開発した X 線透視検査装置をマーケティング及び技術的な面から実用性の評価を行った。

その結果, 本研究の X 線装置の安全性, 視認性は世界トップレベルの専門メーカー (日本における X 線透視画像解析技術は世界のトップクラス) と同等であるが, 小型・安価・使いやすさの面で他社製品より優位にあることが分かった。本論文の内容を以下にまとめる。

- (1) X 線の原理と開発装置の安全性について
- (2) 小型 X 線透視装置の構成と運用手順
- (3) 小包検査用 X 線透視装置の試験結果
- (4) X 線透視装置による食品の異物検査結果

### 2 X 線の原理と開発装置の安全性について

X 線はドイツのウィンヘルムレントゲンによって 1895 年に発見された。現在では医療用の他に成分分析, 診断治療, 遺伝子工学, 非破壊検査, 内部構造調査, 天文学等に広く応用されている [2]。

#### 2.1 X 線の原理

X 線は電磁波の一種で, 光と同様に真空中を  $3 \times 10^8$  (m/s) で進むが, その波長は紫外線よりはるかに短いため, 可視光が通らない物質でもよく透過するという性質を持っている [3]。そのため X 線はレントゲン撮影などの医療診断装置などに利用されている。

Fig.1 に X 線発生のおくみを示した。X 線は通常, 真空管の中で陰極線を加熱することで生じた電子が, 陽極に衝突して発生する [4]。医療現場のレントゲン撮影では, この X 線が身体を透過した際の線量の変化を検出器で測定し, その量に応じてフィルムに像を感光させている。またレントゲンと同様に, X 線を利用した医療装置に CT スキャナがある。この基本的原理はレントゲン撮影と同じであるが, CT スキャナでは断層・立体映像といった 3 次元表示が可能のため, 小さな細胞の変化や細部の病状を確認することが出来る。

CT スキャナは  $360^\circ$  あらゆる角度から, 体の希望する部分の X 線透過量を検出していき, そこから X 線吸収量 (減弱係数 = CT 値) を求め, コンピュータで復元処理を行ってデジタル画像として表示できる。レ

連絡先: 脇若 弘之, 〒380-8553 長野県長野市若里 4-17-1, 信州大学電気電子工学科,

e-mail: wakiwak@gipwc.shinshu-u.ac.jp

<sup>\*1</sup> 平間非破壊検査技術士事務所

<sup>\*2</sup> 東京デオドラント株式会社 <sup>\*3</sup> 藤田鐵工所株式会社

<sup>\*4</sup> 信州大学 <sup>\*5</sup> 東北大学

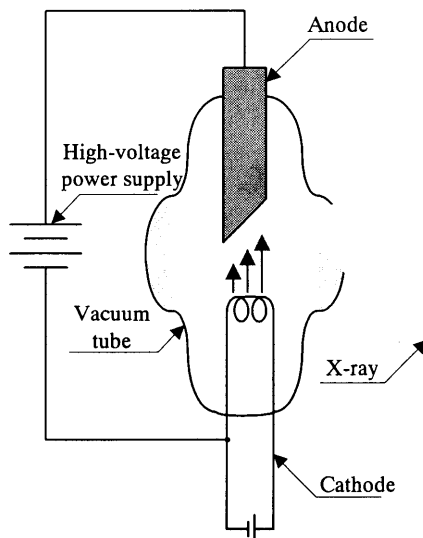


Fig. 1 Basic principle of X-ray emission.

レントゲン撮影がX線透過量をデータとしていたのに対し、CT スキャナでは吸収された X 線量をデータとして表示される[5]。

## 2.2 開発装置の安全性について

原子爆弾の放射線の被爆国である日本では、安全性については特に厳しい規制がある。レントゲンが発見されてから、医療用に広く利用されてきたが、戦後放射線の取り扱いの見直しが行われ、Fig.2 の照射線量チャートに示してあるように定量的な表示がされるようになった。

自然界において1年間に被爆する量は、2.4 mSv である。又、健康診断の胸部レントゲンでは1回当たり 0.3 mSv、胃の検診では 4.0 mSv 被爆している。開発した小包用小型 X 線透視装置は 0.001 mSv を目標にしているため、取り扱い資格も不要の安全性の高い柔 X 線装置となる。

## 3 小型 X 線透視装置の構成と運用手順

### 3.1 小型 X 線透視装置の特徴

本装置の特徴を以下にまとめる。

- (1) 本装置は法的規制を受けなく使用出来る。
- (2) 取り扱いが簡便である
- (3) 安全装置により通常の運用稼動状態では X 線が外に漏れない。
- (4) 入力電源は AC100 V とし事務所の壁コンセントで稼動可能である。

- (5) 安全のため、高圧発生部は露出しない構造とする。

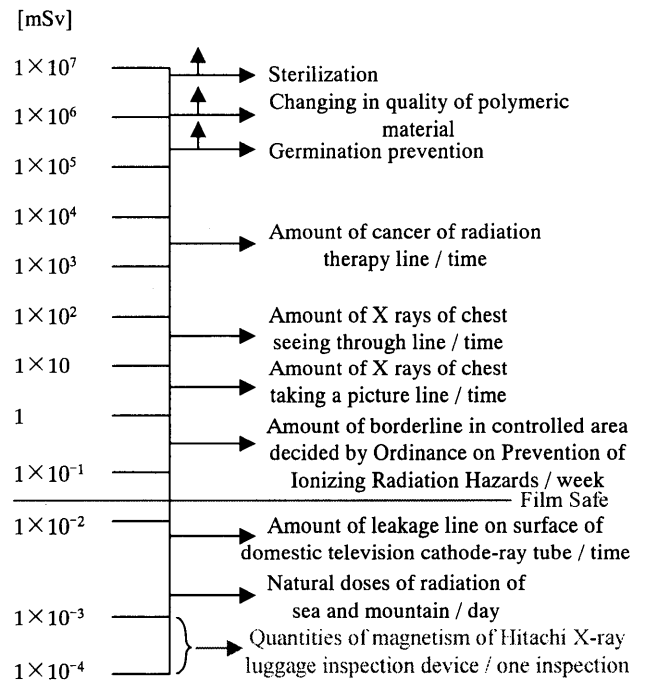


Fig. 2 Quantities of magnitude chart.

### 3.2 小包検査用 X 線透視装置の構成

Fig.3 に小包検査用 X 線透視装置のシステム構成を示した。本装置は、X 線発生部より検査対象物に X 線を当てて、X 線検出部で通過した X 線を検出し、透視画撮影部によって透視画像を撮影し 10 インチ液晶モニタにて透視画像を表示する。

Fig.4 に X 線透視装置の外観図を示した。サイズは奥行き 538 mm、横幅 500 mm、モニタ表示部の高さ 300 mm、トビラの付いた検査室の高さ 350 mm、透視画撮影部が内蔵されている部分の高さ 400 mm、キャスターの高さ 65 mm となっている。

Fig.5 に小包検査用 X 線透視装置の内部構造（側面図）を示した。Fig.3 に示したようにオプションとして 10 インチより大画面で表示したい時には外付けモニタを取り付け可能である。また、PC を取り付けることにより画像処理を行うことが出来る。画像処理により、表示された透視画像の拡大、濃度の変換により画像を鮮明にすることが可能である。

### 3.3 小包検査用 X 線透視装置の運用手順

Fig.6 に小包検査用 X 線透視装置の運用手順を示し

た。装置内への荷物の出し入れは操作者が扉を手動操作して行う。扉の完全閉鎖状態以外ではX線照射を自動停止する。また、X線照射中は扉をロックする機構をオプションで持つ。

スイッチ操作によりX線を3秒間照射し、その間に静止画像のキャプチャを行い自動停止する。連続運転を防止するためX線照射停止後、5秒間はスイッチ操作があっても照射せず、その後、自動的に照射する。

また、操作者に対する警報として通電されている状態の時には表示が出ている。X線照射中は表示及び音声による警報が行われる。

一般の事務所で使用可能とするため、装置外側での外部放射線による1cm線量当量率を $1\mu\text{v/h}$ 以下とする。

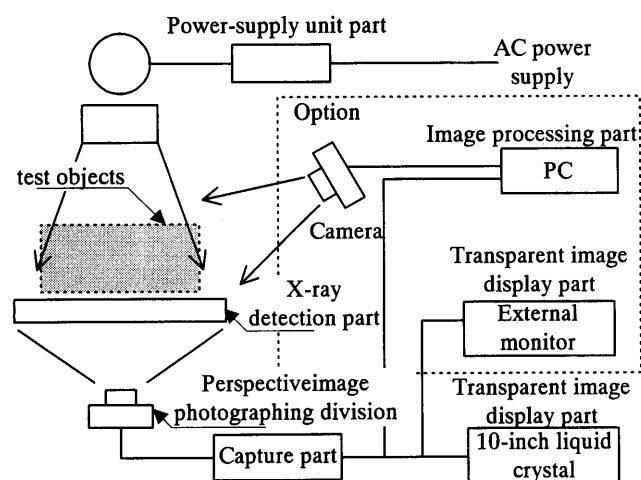


Fig. 3 The system constitution of parcel fluoroscopic apparatus.

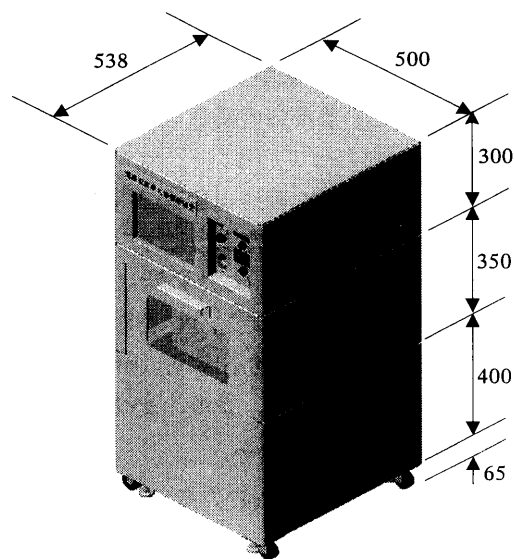


Fig. 4 Appearance figure of the parcel fluoroscopic apparatus (Unit : mm).

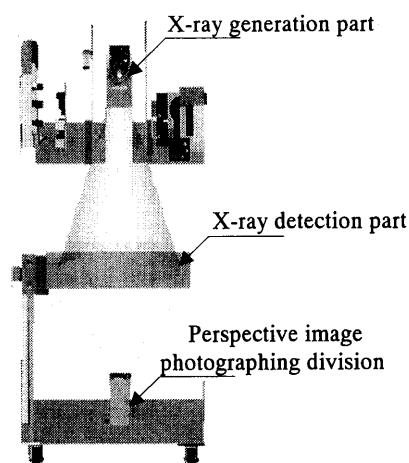


Fig. 5 The internal construction of parcel fluoroscopic apparatus (side view).

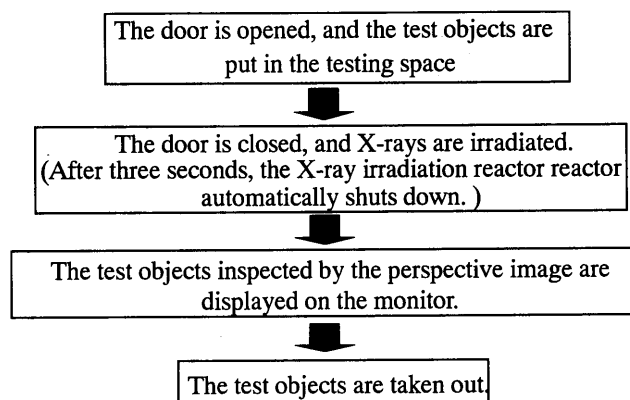


Fig. 6 Operation procedure of parcel fluoroscope equipment using X-ray.

#### 4 小包検査用 X 線透視装置の試験結果

##### 4.1 小包検査用 X 線透視装置の試験結果

3.3 節で示してある運用手順で小包検査用 X 線透視装置の試験を行った。検査対象物は Fig.7 に示した。検査対象物には刃物、電気機器などを用いた。検査対象物はダンボール箱で梱包してある。

Fig.8 に示してあるように、検査室に検査対象物を入れて試験を行った。

扉を閉め、X線を照射すると、Fig.9 に示してあるように、モニタに透視画像が表示された。試験時には、

ダンボール箱内の右上に電球を配置した。

Fig.9 を見て分かるように、Fig.7 のダンボールの中身を確認できるので、操作者は容易に検査対象物の中身が不審物か否かを判断することが出来る。

#### 4.2 透視画像の画像処理法

Fig.10 に画像処理法の違いによる透視画像を示した。小包検査用 X 線透過装置に画像キャプチャーボード入りパソコンを取り付けることにより、透視画像の画像処理が可能である。

左上の画像が原画像である。原画像は動画としての情報量は最も多いが、ランダムなノイズも多く、ちらつきも多いため、目視する場合に負荷が大きい。また、1 枚のフレームを取り出すと、劣化が大きく情報量の乏しい映像となる。

左下の画像は処理 1 である。処理 1 は数フレームを平均化してランダムノイズを相殺している。動画の場合は原画像に比べてちらつきも少なく、目視の負荷も軽減されている。また、処理が完了するまでの時間も短い。また、1 枚のフレームを取り出しても情報量のある映像であり、ストラップの細部まで見える。

右下の画像は処理 2 である。処理 2 は処理 1 よりも多数のフレームを平均化してランダムノイズを相殺している。よりソフトな画像となり、目視の負荷はさらに小さい。しかし、処理時間がやや長くなる。

右上の画像は処理 3 である。処理 3 は処理 2 の結果に先鋭化フィルターをかけて輪郭を強調したものである。ノイズが増幅される傾向にあるが、輪郭がはっきり表示される。

以上の、3 種類の処理法を対象物によって切り替えるとい。

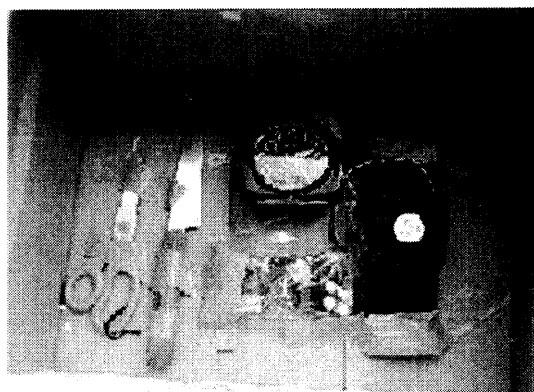


Fig.7 Contents of cardboard box of test objects.

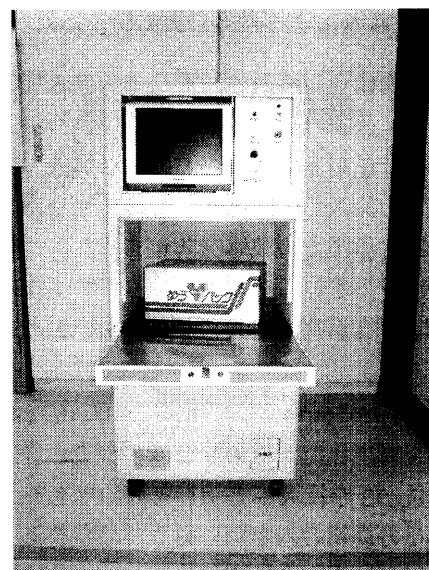


Fig.8 The cardboard box (containing the test objects) which was examined in the testing space.

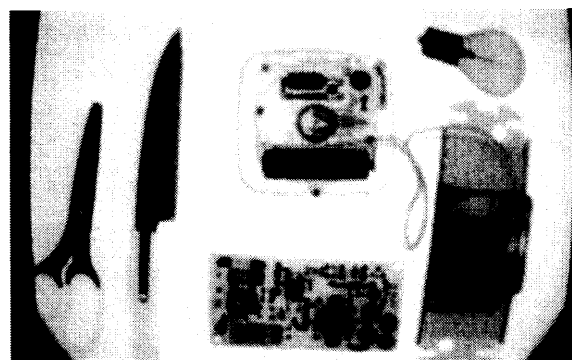


Fig.9 The perspective image is displayed on the monitor.

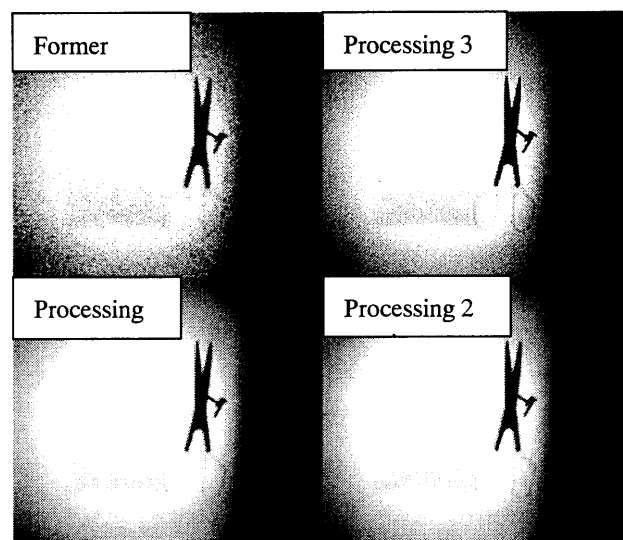


Fig.10 The perspective images by the different image processing methods.

## 5 X線透視装置による食品の異物検査結果

食品の異物検査用装置も3章の小包検査用と同様な特徴を持つ。装置の構成もほぼ同じであるがFig.11にある通り検査量が多い時は左右の扉を開放して、ベルトコンベアを挿入して流れ作業として使用出来る。この場合には、作業者の被爆を防止するため、検査装置の左右扉に挿入されるベルトコンベアの上下左右には、作業者の手足等が容易に入らない様厚い鉛カーテンで仕切っている。

Fig.12はイカに異物として混入された0.2 mm程度の細い針金を検出したX線透視装置の検査画像であり、Fig.13はFig.12を拡大して示したものである。

今後、この異物の内容別にカラー着色するソフトを導入するなどによって検査精度を向上させ本装置を普及させ食品の安全性確保を向上させる予定である。

## 6 あとがき

本論文では、小型X線透視装置の開発と応用について検討した、以下に、得られた結果をまとめる。

- (1) 医療用の高価な部品を使用しなくても、例えば中国製部品と日本の信頼性の高い部品を使用することによって、市販の1/3以下の価格で商品化が可能である。
- (2) 安全性確保のため、箱型としX線量の漏洩を最小に押える必要がある。
- (3) 画像精度は、医療用に用いられる分解能は必要なく、1 mmの中に4~5本の線が見分けられる分解能で充分であることがわかった。
- (4) X線管電圧は50 keV程度の軟X線で充分透視判別が可能であることがわかった。

今後、開発した小型X線透視装置の他に、プリント基板用及び昆虫や植物の種子、葉、茎などの組織や仕組みを観ることができ操作も簡単で安価(600 k円)な装置の実用化をはかる予定である。



Fig.11 Foreign body fluoroscopic apparatus of the food  
(Unit : mm)

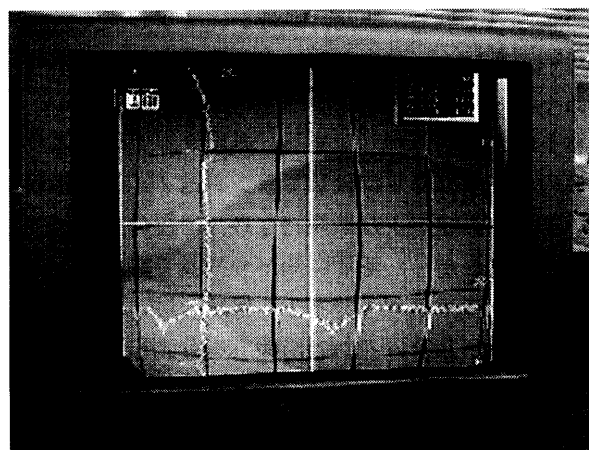


Fig.12 Foreign body (wire) fluoroscopic photograph of the cuttlefish.

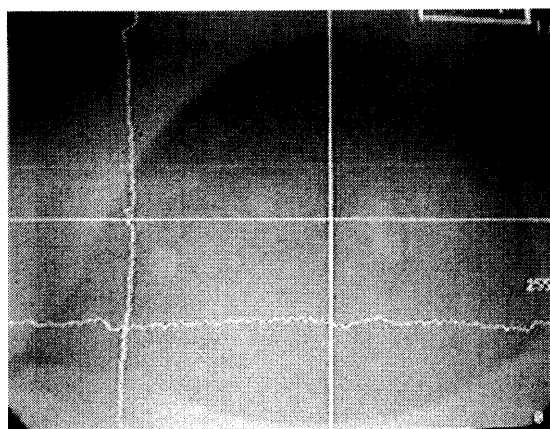


Fig.13 Wire contamination extension photograph of the foreign body.

## 参考文献

- [1] Chang Xiaoming, Yutaka Hiram, Takeshi Kaneko, Masayuki Kodani, Hiroyuki Wakiwaka, Development of Parcel Fluoroscope Equipment Using X-ray, CONFERENCE PROCEEDINGS OF THE SIXTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON ELECTRONIC MEASUREMENT & INSTRUMENTS, Vol.2, pp.1127-1132, 2003.
- [2] P・ブラソフ 著, 金光 不二夫, 進藤 加奈子 訳, X 線のはなし, 共立科学ブックス 72, pp.2-3, 1986.
- [3] 齊藤 喜彦, X 線の使い方, 共立出版株式会社, pp.32-33.
- [4] 日本化学会, 放射線防護入門, 丸善株式会社, pp.154-155, 1975.
- [5] 加藤 誠軌, X 線で何がわかるか, 内田老鶴圃, p.16, 1990.