

異物検出機の原理と適切な運用方法

Principle and practical use of Contaminant Inspection Systems for food contaminations

金井 貴志 Takashi Kanai

[要 旨]	金属検出機や X 線異物検出機などの異物検出装置の性能を発揮させるためには、機器の選定、設定、保守を被検査品に合わせて適切に行わなければならない。異物検出装置の検出原理が異なれば、装置の特徴も大きく変わるため、導入の際は原理を踏まえ、適切な運用方法を把握することが重要である。
[Summary]	Contaminant Inspection Systems such as X-ray Inspection System and Metal Detector need to be selected, adjusted and maintained in order to achieve the best performance. These systems have its own character depends on principle for detection due to a difference in feature. Hence, it is important to understand the principle for detection of contaminant and the practical use.

1 まえがき

昨今の食中毒事件や、異物混入事故、あるいは福島第一原子力発電所の爆発事故による放射性物質の農産物や魚介類への汚染の報道などにより、消費者の食品に対する安全・安心の意識がこれまで以上に高まっている。このような消費者の意識変化に伴い、各都道府県の保健所、消費生活センター、あるいは食品メーカーに届けられる食品への苦情が増加している。

苦情の中で最も多いものは、異物の混入である。一旦、異物混入事故を起こすと企業のイメージダウンは勿論、場合によっては企業が存亡の危機に直面することも実際に起きており、企業の損失は計り知れない。そのため食品メーカーは、食品製造工程の異物混入防止策を講じ、また万が一誤って異物が混入した場合でも出荷されることがないような工夫に力を入れている。このような背景により、異物検出装置の重要性は年々高まっている。

代表的な異物検出装置には金属検出機と X 線異物検出機がある。金属検出機は金属異物による電磁波の変化を検知し、金属の有無を検査する装置である。検出対象は金属のみに限定されるが、構造が簡単のため価格が安く、比較的小型である。一方、X 線異物検出機は、医療用のレントゲン装置と同様に X 線を使用して食品を透視し、金属やガラス、樹脂など様々な種類の異物を検出可能な装置である。金属検出機と比較すると金属以外の異物も検査可能であるが、高価かつ大型である。

本稿では、金属検出機と X 線異物検出機の原理と適切な運用方法を記述する。異物検出装置の導入や安定的な装置の運用の参考にして頂きたい。

2 金属検出機

金属検出機は、金属の検出を目的とした異物検出装置である。被検査品が金属検出機を通過するときの電磁波の変化を検知することで金属の有無を検査する。金属検出機は、大別すると交流型金属検出機(以降、交流型 MD)と直流型金属検出機(以降、直流型 MD)の 2 種類がある。図 1 に当社の代表的な交流型 MD と直流型 MD を示す。以下、それぞれの装置の検出原理を、続いて異物の検出特性、最後に運用方法について述べる。



交流型MD(KDS8102BW)

直流型MD(KD8200AW)

図 1 金属検出機の外観

External view of Metal Detector

2.1 交流型 MD の検出原理

交流型 MD は、すべての金属が検出できる汎用型の金属検出機であり、検出に交流磁界を用いることにその特徴がある。本装置は主に開口部を持つ検出ヘッド、被検査品を検出ヘッド内に導くためのベルトコンベア、装置全体を制御し検査結果を表示する指示器より構成される。

交流型 MD は、すべての金属異物の検出が可能であるが、金属の中でも、鉄・ニッケル・コバルトなどの強磁性体と、ステンレス鋼・アルミニウム・銅などの非磁性体では検出原理が異なる。強磁性体の場合、送信コイルから発せられた交流磁界により金属が磁化し、磁力線が金属側に引き寄せられる。これを差動構成の受信コイル

で検知することにより、金属の有無を知ることができる(図 2 b)。一方、非磁性体の場合、送信コイルから発せられた交流磁界により金属に渦電流が発生し、さらに、金属近傍に磁界が発生する。この磁界の変化を差動構成の受信コイルで検知することで金属の存在を知ることができる(図 2 c)。強磁性体の検出と大きく異なるのは、渦電流の位相が送信コイルの位相に比べ 90 度遅れる点である(図 3)。このため装置の検出回路は 2 種類の位相信号を検出する構成になっている。

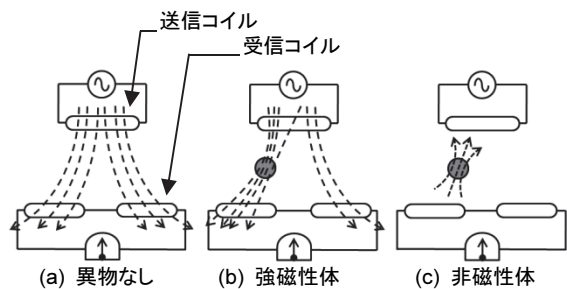


図 2 交流型 MD の検出原理
Detection principle of Metal Detector

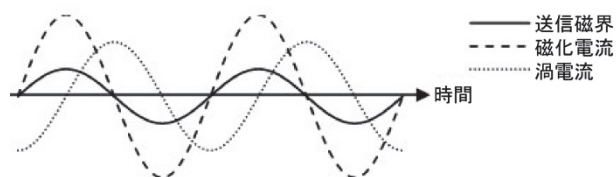


図 3 送信磁界と渦電流の関係
Relationship between magnetic field and eddy current

交流型 MD を用いた場合、対象金属により最適な交流磁界の周波数が存在する¹⁾。図 4 はその一例で鉄とステンレス鋼の特性を模式的に示している。一般的に非磁性体は強磁性体に比べ高い周波数において検出感度が高い。金属検出機の検出感度を最大限に引き出すため、当社の交流型 MD は、2 種類の交流信号を同時に発生できる構成とし、また検出回路を 2 種類の位相信号を検出する構成とすることで、より高感度検出を実現している。

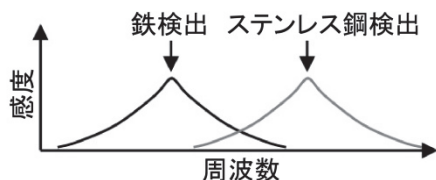


図 4 磁界周波数と検出感度の関係
Relationship between magnetic field frequency and signal levels

2.2 直流型 MD の検出原理

レトルト食品や菓子など、包装材にアルミニウム箔を使用した食品の検査に交流型 MD を用いると包装材のアルミニウム箔に影響を受けるため、食品に混入した金属の判定が困難になる。そこで、

アルミニウム箔を使用した食品の金属検出には直流型 MD を用いる。そこで、アルミニウム箔を使用した食品の金属検出には直流型 MD を用いる。直流型 MD は永久磁石で金属を磁化し、磁気的な変化をピックアップコイルで検知する手法を採用している。図 5 に直流型 MD の基本構成とその検出原理を示す。本装置は、主に、ベルトコンベア、永久磁石を備えた着磁器、ピックアップコイルを備えた検出ヘッドより構成される。ベルトコンベアで搬送された被検査品は、着磁器を通過する。このとき、強磁性体が混入していればこの金属は磁化される。一方、アルミニウム箔は、非磁性体であるため磁化されない。この後、被検査品はベルトコンベアにより検出ヘッドを通過するが、このとき、ピックアップコイルにファラデーの電磁誘導の法則に従い起電力が発生する。この電圧を検知することにより金属の混入を検出できる。食品製造設備に多用されているステンレス鋼は、非磁性体であるが、その装置の一部が長年の金属疲労で欠落し混入する場合があります。このときは、磁性体に変質するため、本装置を用いた検出が可能である。

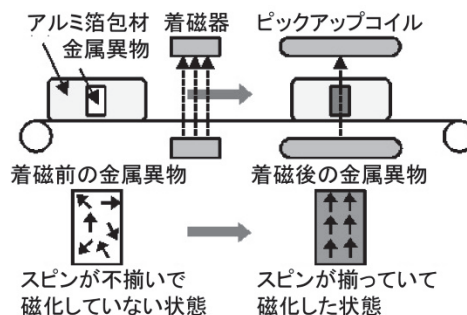


図 5 直流型 MD の検出原理
Detection principle of M series Metal Detector

2.3 異物検出特性

金属検出機では、異物の材質や形状、混入方向、混入位置に応じて検出感度が異なる。以下に交流型 MD と直流型 MD の異物検出特性を述べる。装置の導入や運用に当たっては装置固有の異物検出特性を十分に理解しておくことが重要である。

2.3.1 異物材質

交流型 MD を用いた異物検査の場合、強磁性体である鉄などの検出感度が最も高く、続いて非磁性体のアルミニウム、ステンレス鋼の順に検出感度が低下する。非磁性体の検出感度は渦電流の流れやすさで決まるため、電気抵抗値の低い物質ほど検出感度は高くなり、容易に検出できる(表 1)。

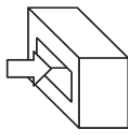
表 1 非磁性体の電気抵抗値
Electric resistance value of the non-magnetic material

元素	電気抵抗値(μΩcm)	検出感度
銅	1.72	高い ↑ ↓ 低い
アルミニウム	2.75	
亜鉛	6.1	
鉛	21	
ステンレス鋼	55	

2.3.2 異物形状

異物の形状や混入方向によって交流型 MD の検出感度が変化する。例えば、針金状の鉄異物であれば進行方向に向いている方が、より高感度に検出可能である。一方、円盤状であれば平らな面が鉛直上方を向いている方が、より高感度に検出可能である(表 2)。

表 2 交流型 MD の形状と混入方向と検出感度の関係
Relationship between detection sensitivity and direction of contaminant

搬送方向	形状	混入方向	鉄	ステンレス鋼
交流型 MD (同軸型) 検出ヘッド 	針金		△	△
			◎	△
			○	△
	円盤		◎	○
			△	◎
			○	△

2.3.3 検査位置

被検査品に対して開口が大きすぎると検出感度が低下することがあるため、被検査品の大きさに適した開口の金属検出機を選択すべきである。図 6 に示すように検査位置によって検出感度が異なる。交流型 MD(同軸型)の場合、位置 A、C、G、I の検出感度が高く、位置 E の検出感度が低い。一方、直流型 MD では位置 A、B、C、G、H、I の検出感度が高く、位置 D、E、F の検出感度が低い。

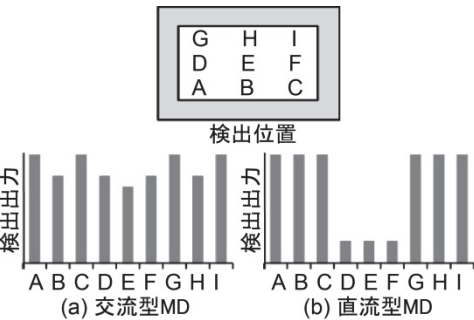


図 6 検査位置と検出感度の関係
Relationship between detection sensitivity and position

2.3.4 被検査品の影響

交流型 MD を用いた異物検査において、被検査品にも渦電流が流れる場合があり、被検査品の種類や状態によって検出感度が変化する。一方、直流型 MD の異物検査の場合、被検査品は磁化されないため、被検査品の種類や状態によらず検出感度が一定である。以下に被検査品の種類や状態と交流型 MD への影響の関係を述べる。

- 搬送姿勢
ヘッドに侵入する時のヘッドと平行な面の被検査品の断面積が大きいほど被検査品に流れる渦電流が大きくなり、被検査品の影響が大きくなる。
- 包装形態
被検査品が大きいほど被検査品に流れる渦電流が大きくなり、影響が大きくなる。被検査品が小さい場合であっても、被検査品同士が接触すると影響が大きくなる。
- 水分量と塩分量
被検査品の水分量と塩分量が少ないほど渦電流が流れにくく、影響が小さくなるため、検出感度が高くなる(図 7 a)。
- 温度
被検査品の温度が低いほど渦電流が流れにくくなるため、被検査品の影響が小さくなり、検出感度が高くなる(図 7 b)。

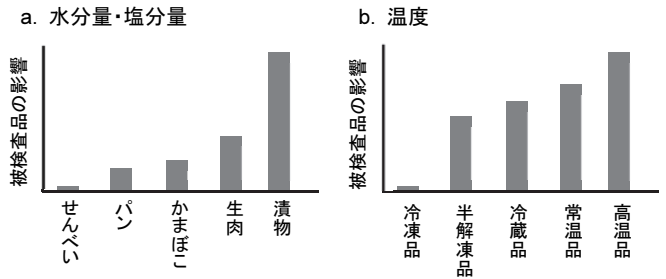


図 7 被検査品の影響
Influence on the inspection of foods

2.4 金属検出機の選定と適切な運用方法

次に、金属検出機を安定的にかつ高感度に運用するための選定、設定、メンテナンス方法について述べる。

2.4.1 金属検出機の選定

被検査品の特徴に適した金属検出機を選定するために、表 3 記載の項目に注意する。

表 3 金属検出機の選定
Selection of Metal Detector

項目		詳細
被検査品	包装状態	被検査品にアルミニウム箔が使用されている場合は、直流型 MD (KD8200AW など)を選定する。
	大きさ	被検査品が検出ヘッドに衝突して誤検出の原因になることがあるため、被検査品に対してある程度大きい開口を選択する必要があるが、大きすぎると感度が低下する。
	搬送状態	被検査品が液体で搬送される場合は、パイプ式を選定する。
金属検出機の	搬送速度の変更	複数の種類の被検査品を検査するなど、搬送速度を変更する必要がある場合は、搬送速度を変更可能な金属検出機を選定する。
	防水性	被検査品が原材料や包装前である場合、水洗いに備え、防水機を選定する。

2.4.2 金属検出機の設定

「2.3.4 被検査品の影響」で説明したように被検査品の種類や状態が検出感度に影響するため、最適な検査が行えるよう、金属検出機の稼働前に被検査品に応じた検査・判定条件に調整する必要がある。表 4 に注意する点を記載する。

表 4 金属検出機の設定
Setup of Metal Detector

項目	詳細
被検査品	生産品と同じ被検査品を使用する。
	生産時と同じ品温の被検査品を使用する。
	生産時と同じ方向に被検査品を搬送する。
	1つの被検査品を使用して検査条件を決定する。ただし、検出リミットの調整には、複数の被検査品を使用し、被検査品の影響のばらつきを考慮する。
	被検査品が冷凍品の場合、温度上昇に伴い被検査品の影響が増加するため、短時間常温放置した被検査品を使用すると良い。
	被検査品の大きさが不均一な場合、大きい被検査品を使用すると良い。被検査品が大きいほど被検査品の影響が大きくなるからである。
環境	室温を生産時と等しくする。
	周辺装置を生産時と同じように稼働させる。
確認	検査・判定条件の調整後は、正常品を使用し、誤検出の有無を確認する。

2.4.3 金属検出機の感度確認

正常な検査を行うためには、検査開始の前後に所定の検出感度であるかを確認すること、また金属検出機を安定に動作させるために、感度確認は電源投入の 30 分後(直流型 MD は 60 分後)に行うことも重要である。さらに、テストピース(図 8)の設置位置にも注意を払う必要がある。「2.3.3 検査位置」で説明したように、検査位

置と検出感度の関係が金属検出機の種類により異なるため、金属検出機の特性を踏まえた上、最も検出感度が低い位置にテストピースを固定し、感度確認を行う。

直流型 MD の感度確認にはテストピースの消磁が必要不可欠である。直流型 MD の着磁器で着磁されたテストピースの磁化はあまり低下しないため、以下の手順の通りに消磁し、感度確認を行う。

- (1) 図 9 のようにテストピースを消磁器に近づけ、電源スイッチを入れ徐々に 1 m 程度離し、電源を切る。
- (2) 着磁器と検出ヘッドの間からテストピースを流し、異物なしの判定であることを確認する(消磁されたことの確認)。
- (3) 被検査品に固定したテストピースを検出可能か確認する。



図 8 金属検出機用テストピースの外観
External view of test pieces for Metal Detector

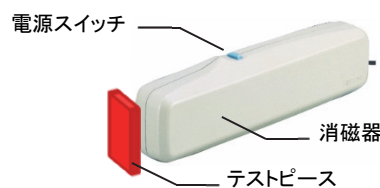


図 9 消磁器の外観
External view of degausser

2.4.4 金属検出機のメンテナンス

金属検出機が正常に動作するように、表 5 記載の点検を行う。

表 5 金属検出機のメンテナンス
Maintenance of Metal Detector

項目		詳細
始業前	接触箇所	前後段のベルトコンベアとの接触の有無を確認する。
	搬送ベルトの蛇行	搬送ベルトが蛇行していないことを確認する。
	感度確認	「2.4.3 金属検出機の感度確認」で説明した点に注意して、所定の検出感度であることを確認する。
終了後	感度確認	始業前の点検に同じ。
	清掃	必ず電源プラグを抜き、水または中性洗剤で濡らせた布で清掃する。防水機を水で洗浄する場合は水温を 40℃以下にする。なお、金属ブラシやシンナーやトルエンなどの有機溶剤を使用しないこと。
毎週	搬送ベルト	搬送ベルトを取り外し、端面のほつれや剥離がないことを確認する。
	モータ・ローラ・搬送ベルト	ベルトコンベアを運転状態とし、異音がないことと搬送ベルトが蛇行していないことを確認する。

2.4.5 金属検出機の誤検出の要因

誤検出が頻発し、金属検出機を安定的に運用できない場合は、
表 6 記載の事項が原因である可能性がある。

表 6 誤検出の要因
Cause of false detection

項目	詳細
物理的 衝撃	被検査品が重なって搬送されるなどして、検出ヘッドにぶつかると誤検出の原因になることがある。
	前後段のベルトコンベアが金属検出機にぶつかると、誤検出の原因になることがある。
	脚のロックナットが緩み金属検出機ががたつくと、誤検出の原因になることがある。
電氣的 干渉	インバータ制御機器などから異常な電源ノイズが発生することがあり、誤検出の要因になることがある。
	近くに設置されているインバータ機器などから発生している電磁界ノイズが誤検出の原因になることがある。金属検出機をノイズ発生源から離すか、電源ケーブルなどを設置された金属製ダクト内に通す。
	他の金属検出機が近くにあると、電氣的に干渉し、誤検出の原因になることがある。送信周波数を変更するか、2～5 m 以上離して設置する。
その他	検出ヘッドとコンベアベルトの間にゴミが溜まると誤検出の原因になることがあるため、定期的な清掃が必要である。

2.5 金属検出機のまとめ

金属検出機の種類、検出原理、検出特性、および適切な運用方法に的を絞って説明した。装置の導入と運用をスムーズに行うには、装置の特性を理解し、性能を十分に引き出すことが重要である。

3 X 線異物検出機

X 線異物検出機は被検査品に X 線を照射し、その透過量を測定することにより被検査品中の異物の有無を検査する装置である。図 10 に代表的な X 線異物検出機を示す。金属検出機では検査が困難であった、石、ガラス、骨、樹脂なども検出することができ、より広い対象での異物検出に対応することができる。異物検出以外では、透過画像による形状認識により欠品、割れ、欠けを検査することができることも金属検出機との大きな相違点である。

X 線異物検出機には、1 つの X 線エネルギー帯を利用するシングルエナジータイプ(以降、シングル XR)と 2 つの X 線エネルギー帯を利用するデュアルエナジータイプ(以降、デュアル XR)がある。ここでは、それぞれの X 線異物検出機の検出原理と検出機能について述べる。



図 10 X 線異物検出機の外観
External view of X-ray Inspection System

3.1 シングル XR の検出原理

図 11 にシングル XR の概略図を示す。本装置は、X 線発生源、ラインセンサ型の X 線検出器、ベルトコンベアより構成される。検査時には X 線は常時出力されており、X 線検出器で連続測定している。ベルトコンベアで被検査品を搬送し被検査品の透過画像を取得する。図 12 はシングル XR の透過画像を 1 つの断面について模式的に示した図である。図で示すように、被検査品に異物が混入すると透過量が変化する。その情報を検知することで異物の混入を検出することができる。

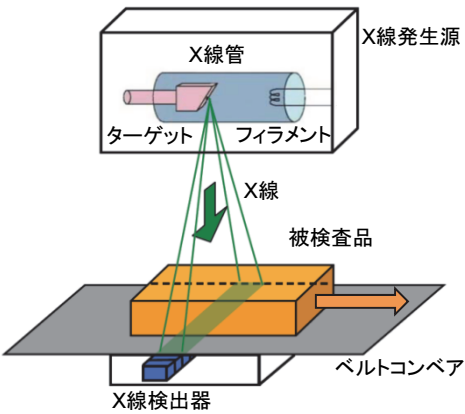


図 11 X 線異物検出機の概略図
Principle of X-ray Inspection System

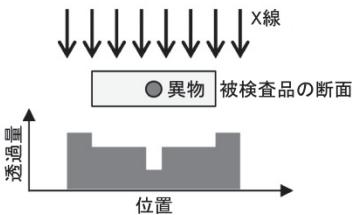


図 12 被検査品と異物に X 線照射したときの透過量の模式図
A schematic view of x-ray transmission amount by irradiating a product and a contaminant

被検査品に凹凸がなく均一な形状であれば、単純に被検査品と異物の透過率の差を利用して異物を検出できるが、実際には、被検査品の凹凸などにより透過量に変化し、異物による変化との区別がつかなくなる。そこで、取得した透過画像に画像処理アルゴリズムを適用することで、被検査品の影響を低減し、異物を強調させる。例えば、透過量が小さい領域の面積や、その周辺領域との透過量の変化の差から、被検査品の凹凸と異物を区別する場合、被検査品や強調させたい異物に応じて適切な画像処理アルゴリズムを選び、様々な異物を検出するために複数の画像処理アルゴリズムを使用して異物検査を行なっている。図 13 にその一例を示す。この例では、微小異物検出に最適なアルゴリズム、針金検出に最適なアルゴリズム、面積が大きい異物に最適なアルゴリズムを使用している。複数の異物が混入している場合は、異物の大きさや面積によりそれぞれに適切なアルゴリズムが存在する。これらのアルゴリズムに適した検出対象を分担させ、最終的にそれらの情報を統合することで異物の検出能力を高めている。

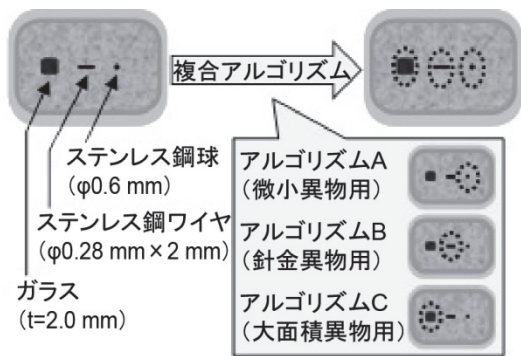


図 13 複合アルゴリズムの概念図
Conceptual diagram of the combined algorithm

3.2 デュアル XR の検出原理

シングル XR は、X 線の透過量を測定し、透過量の小さくなる部に異物が混入していると判断している。しかし、被検査品の厚みの変動が大きい場合やウインナーソーセージの袋詰めのように被検査品が重なる場合には、透過量が大きく変動してしまう。この状態では異物による透過量の変化が、被検査品の透過量の変化に埋もれてしまい、異物を検出できない。図 14 にその 1 例を示す。図はブロックチョコレートの検査結果である。図からわかるように、チョコレートの重なり部と異物が同様の黒さで表示されており、両者の区別が困難である。デュアル XR はこのような課題を解決するために考えられた手法である。X 線を照射し、X 線検出器で透過量を測定するという基本原理はシングル XR と同じであるが、シングル XR が 1 つのエネルギー帯の透過量を測定するのに対して、デュア

ル XR は異なる 2 つのエネルギー帯の透過量を同時に測定する。X 線の透過率は物質と X 線のエネルギーに応じて変化するため、異物と被検査品の透過率の関係が 2 つのエネルギー帯で異なる。これを利用することで被検査品の影響を低減し、異物を強調することができる²⁾。

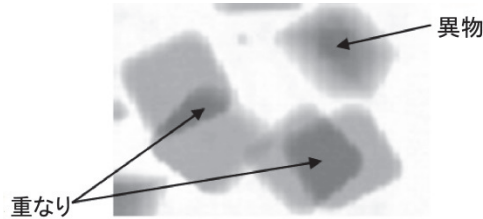


図 14 X 線透過画像に移った被検査品の重なりと異物
The overlaps of the products and the contaminant on the X-ray image

3.3 異物検出特性

次に、X 線異物検出機の検出特性について述べる。本装置は、物質を透過する X 線の透過量を測定し、透過量の違いにより異物を検出する装置である。したがって、X 線の透過率の低い異物ほど検出感度が高くなる。表 7 に示す食品と異物に含まれる代表的な元素と原子番号と密度の積の関係のとおり、透過率は原子番号と密度の積が大きいほど低く、原子番号と密度の積の値が大きい金属である鉄は検出しやすい異物である³⁾。

表 7 元素と透過率の関係
Relationship between elements and transmission

種別	食品に多く含まれる元素		異物に多く含まれる元素	
	水素	炭素	ケイ素	鉄
原子番号	1	6	14	26
密度 [g/cm ³]	0.1	2.3	2.3	7.9
原子番号 × 密度	0.1	14	33	204
透過率	高い ← → 低い			

3.4 X 線異物検出機の機能

X 線異物検出機は取得した透過画像から被検査品の形状なども知る事ができる。被検査品の形状情報を使用することで異物検出感度が向上するとともに、異物検査以外の検査が可能になる。以下に各種検査機能を説明する。

3.4.1 マスキング機能

マスキング機能は、本装置の出力画像の一部の領域を判定から除外する機能である。食品に用いられる容器や包装材など、被検査品固有の透過量の小さい領域を異物検査領域から除外することで、異物検出感度を向上させることができる。図 15 のように、異物

検出感度に影響する部分の形状に応じて、エッジマスク、缶マスクなどがある。

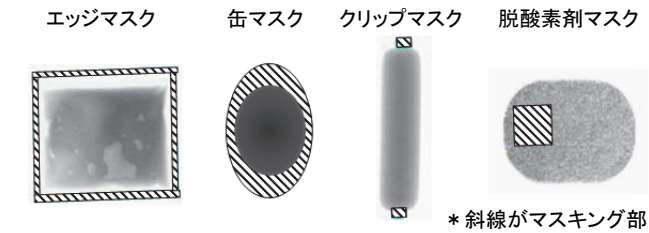


図 15 マスキング機能
Mask Functions

3.4.2 噛み込み検査

スライスハムやシップ菓などにおいて、包装用のシール部分での内容物の噛み込みを検査する機能である。図 16 に噛み込みの例を示す。

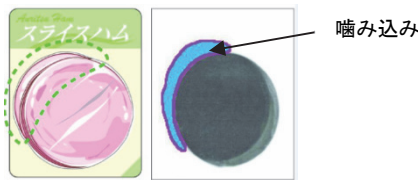


図 16 噛み込み検査の透過画像
The X-ray image of package check

3.4.3 欠品検査

被検査品の内容物の個数を検出し、欠品を検査する機能である。内容物の 1 個あたりの質量のばらつきが大きく、1 箱全体の質量で判定が難しい欠品も検査可能である。図 17 に欠品の例を示す。

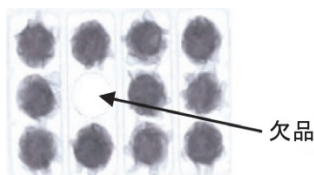


図 17 欠品検査の透過画像
The X-ray image of missing product detection

3.4.4 形状検査

透過画像から、被検査品の外形や面積、質量などを解析することで、図 18 に示す欠けなどの形状不良を検査する機能である。パンやクッキーなどのクリーム抜きも検査可能である。

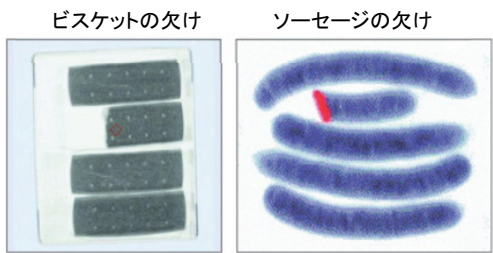


図 18 形状検査の透過画像
The X-ray image of shape detection

3.5 X 線異物検出機の選定と適切な運用方法

次に、X 線異物検出機を安定的にかつ高感度に運用するための選定、設定、メンテナンス方法について述べる。

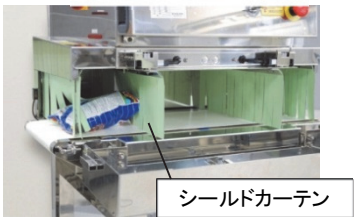
3.5.1 X 線異物検出機の選定

被検査品の特徴に適した X 線異物検出機を選定するために、表 8 記載の項目に注意する。

表 8 X 線異物検出機の選定
Selection of X-ray Inspection System

項目		詳細
被検査品	大きさ	被検査品の大きさに適した開口を有する X 線異物検出機を選択する。
	搬送状態	被検査品が液体で搬送される場合は、パイプ式を選定する。
	包装状態	被検査品の包装状態に適した、X 線漏洩防止機構を選択する必要がある。通常の包装品はカーテンタイプを、軽量の包装品や未包装品はステンレスカバータイプ 1 を、軽量のバラ状品はステンレスカバータイプ 2 を選択する(図 19)。
設置場所	環境	高温度環境、高湿度環境、アルコール噴霧環境、粉塵環境など、ファンによる X 線発生源の強制空冷が行えない環境下では、エアコン搭載機を選択する。

カーテンタイプ



ステンレスカバータイプ1

ステンレスカバータイプ2



図 19 X 線漏洩防止機構の外観
External view of X-ray leakage prevention mechanism

3.5.2 X 線異物検出機の設定

検査開始の前には必ず被検査品に適したアルゴリズム、および X 線出力と異物判定条件を設定する必要がある。その際、表 9 記載の点に注意する。

表 9 X 線異物検出機の設定
Setup of X-ray Inspection System

項目	詳細
アルゴリズム	被検査品に適したアルゴリズムを選択する。
被検査品	生産品と同じ被検査品を使用する。
	生産時と同じ品温の被検査品を使用する。
	生産時と同じ方向に被検査品を搬送する。
	最初の搬送で X 線出力を決定するため、被検査品の中で最大厚さを持つもの、または最大厚さとなるように被検査品の形状を調整して搬送させる。
	複数の被検査品を使用し、ばらつきを考慮する。
確認	設定後、正常品を検査し、誤検出の有無を確認する。

3.5.3 X 線異物検出機の感度確認

正常な検査を行えるよう検査開始の前後と、稼働中には一定時間おきに、所定の検出感度であるかを確認することも重要である。感度確認時にはテストピース(図 20)の設置位置に注意する。X 線異物検出機は、金属検出機と異なり、検出感度が被検査品の凹凸や密度などに左右されるため、被検査品の様々な部位にテストピースを固定し、感度確認を行う。



図 20 X 線異物検出機用テストピースの外観

External view of test pieces for X-ray Inspection System

3.5.4 X 線異物検出機のメンテナンス

X 線異物検出機が正常に動作するよう、表 10 記載の点検を行う。

表 10 X 線異物検出機のメンテナンス
Maintenance of X-ray Inspection System

項目		詳細
始業前	非常停止スイッチ	非常停止スイッチを動作させたときに X 線照射が停止することを確認する。
	接触箇所	前後段のベルトコンベアとの接触の有無を確認する。
	感度確認	「3.5.3 X 線異物検出機の感度確認」で説明した点に注意して、所定の検出感度であることを確認する。
	シールドカーテン	コンベアカバーを開き、シールドカーテンに切れ・欠け・割れなどの損傷やねじれなどの変形が無いことを確認する。シールドカーテンに損傷や変形がある場合はすぐに交換する。
	エアフィルター清掃	フィルタを外し、フィルタの汚れを掃除機、水などで落とし、完全に乾いた状態で取り付ける。オプションのエアコンを取り付けている場合はエアコンのフィルタを清掃する。
稼働時	感度確認	所定の検出感度が得られているか、一定時間おきに(約 2 時間おきを推奨)に感度確認を行う。
終了後	清掃	搬送ベルトを取り外して、ベルトコンベア面中央の樹脂カバーに傷をつけないように柔らかい布などでごみを取り除く。搬送ベルトの下、およびシールドカーテンについての汚れを濡れた布などで落とす。
毎週	搬送ベルト	搬送ベルトを取り外し、端面のほつれがないことを確認する。
	モータ・ローラ・搬送ベルト	ベルトコンベアを運転状態にし、異音や、搬送ベルトの蛇行、搬送ベルトの張力を確認する。
毎月	コンベアローラの清掃	搬送ベルトをゆるめ、ローラの汚れを濡れた布などで落とす。
	X 線樹脂カバーの点検	装置の使用状況によって樹脂カバーが劣化し、欠けなどが発生して、ベルトコンベア内に落下する可能性があるため、ひび割れや傷がないことを確認する。
半年	X 線漏洩量	X 線異物検出機の全表面の X 線漏洩量を測定し、X 線漏洩量が規定値以下であることを確認する。
	X 線発生源のエアバッグ	X 線発生源のエアバッグに破れや、オイルの侵入、X 線発生源との接続チューブの外れがないか確認する。
適宜	X 線発生源と X 線検出器の交換	X 線発生源と X 線検出器は使用に応じて経年劣化するため、長期間の使用で検出感度の低下を招く恐れがある。高感度に運用するために適宜、X 線発生源と X 線検出器を交換する必要がある。交換時期が近付くと、X 線異物検出機の起動時にメッセージが表示される。

3.5.5 X線異物検出機の誤検出の要因と対策

アルミ包材のしわや被検査品の重なりなどの影響により誤検出を引き起こす場合、それらが生じないように搬送、検査することが最善である。しかし、そのような対応が取れない場合、ノイズ除去レベルを調整することで誤検出を防ぐことができる。ノイズ除去レベルとは、被検査品の影響を低減させる度合いを調整する値で、値を大きくすれば被検査品の影響を低減させるが、大きすぎると異物の影響も低減させてしまうため、適切な値に調整することが重要である。

3.6 X線異物検出機のまとめ

X線異物検出機の種類、検出原理、検出特性、および適切な運用方法について説明した。金属検出機に比べ多機能であるため、装置の性能を十分に引き出すためには、装置の特性に加え機能も十分理解することが重要である。また、X線異物検出機におけるメンテナンスは安全上の理由からも大変重要であるため、点検や清掃を徹底して行う必要がある。

4 むすび

異物検出装置の高度化に伴い異物検出性能は向上したが、被検査品や検出したい異物に適合した異物検出装置を選定しなければ高い性能を引き出すことができない。また日々の点検も安定した検査には重要である。本稿が異物検査業務に関わる方々の参考となれば幸いである。

参考文献

- 1) 久保寺, 綿引, 石田, 西尾, 野崎, 三谷:
“スーパーメボリⅢ duw/M シリーズ金属検出機の開発”, アンリツテクニカル 85 号, pp.28-38 (2007.9)
- 2) 綿引, 武田, 三谷, 山崎, 井上, 木場, 斎藤, 宮崎, 和田, 金井:
“デュアルエナジー方式 X 線異物検出機の開発”, アンリツテクニカル 87 号, pp.53-59 (2012.3)
- 3) 阿部:
“X 線異物検出機 KD7203AW の開発”, アンリツテクニカル 80 号, pp.81-89 (2002.1)

執筆者



金井 貴志
アンリツ産機システム(株)
開発本部
基盤技術部