

Technical Note

X線検査による欠品・形状検査 応用編

X線検査機は、異物検出のみならずさまざまな検査を同時に行える複合検査機として多方面で活用されています。X線検査機のメーカーは各社異なる用語を使っていますが、透過画像に複数の画像処理を施して異常を検出するという仕組みは同じです。

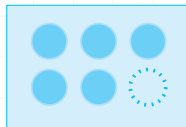
前号では、欠品検査と形状検査機能の基本的な紹介をしました。この号では、同じ目的で二つの機能が選べる場合に、どちらを選んだら確実な判定に近づくかを解説する応用編です。

各機能と使用目的（復習）

前号で紹介した機能について復習しましょう。

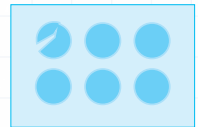
入数検査

影の個数から「入数（個数）」に関わる異常を発見する



形状割れ検査

影の外周の長さから異常を発見する（割れると外周が増す）



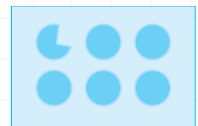
入量検査

全体を俯瞰して基準より薄い部分があるかを見つける



形状欠け検査

影が欠けていることから異常を発見する



相対質量検査

濃淡がある被検査品の相対質量を基準に、軽いもの重いものを見つける



選択肢が2つある場合、どちらを選択するか？

被検査品によっては、1つの機能でしか検査できないものと、2つの機能が選択できる場合があります。2つの選択肢がある場合、どちらの機能のほうが確実に判定できるか、実験してみます。

事例① スライスチーズの1枚抜け

スーパーやコンビニでよく見かけるスライスチーズですが、5枚入り、7枚入り、10枚入り、12枚入りといろいろあります。1枚抜けを検査したい場合、どの検査機能を使えばいいでしょうか。「入数検査」は内容物に重なりや接触があると数えられないので、選択肢から外れます。この被検査品の特性から想像できることは、

- チーズが1枚抜けるだけでX線の透過量が変わりそう（影が薄くなる）。
- 入量検査、相対質量検査のどちらも使えそう。



1枚抜けを検出するには、それに相当する分、影響値が下がる必要があります。

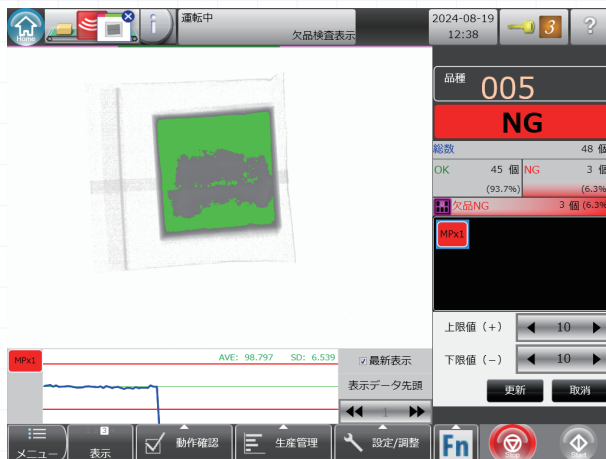
7 枚入りスライスチーズの一枚抜け

7 枚入りの 1 枚抜けなら、 $100\% \div 7$ 枚で、一枚あたり 14.29% になります。経験豊富な当社社員が測定誤差を考慮し、X 線検査機のしきい値を 84% に設定しました。次に、一枚抜いた検体を 10 回流します。その時の影響値は以下のとおりでした。

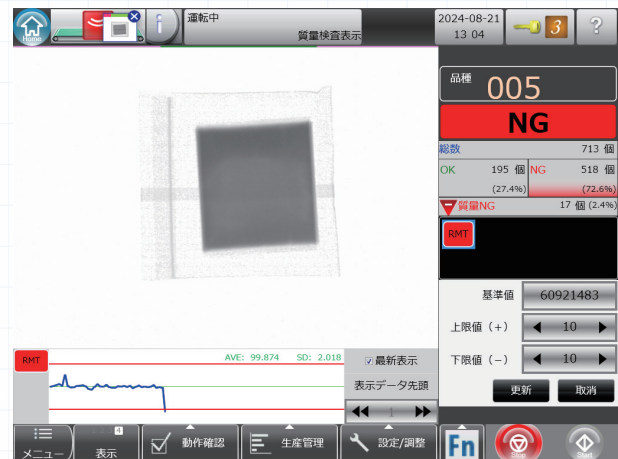
入量検査の影響値の平均：80%

相対質量検査の影響値の平均：82%

どちらも 10 回とも一枚抜け (NG) 判定ができました。



入量検査で 1 枚抜け検出可能



相対質量検査で 1 枚抜け検出可能

10 枚入りスライスチーズの一枚抜け

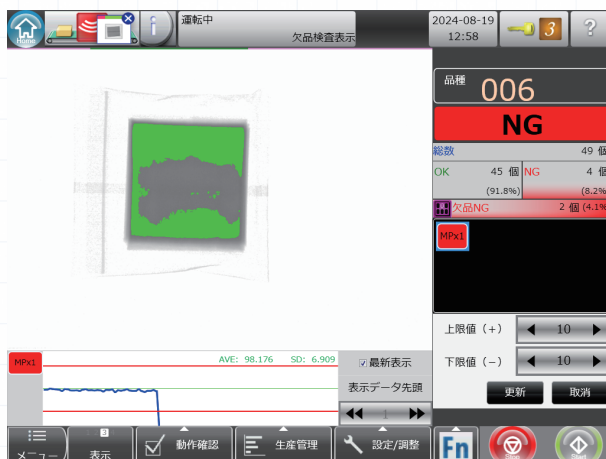
10 枚入りの 1 枚抜けの減少分は、 $100\% \div 10$ 枚で、一枚あたり 10% になります。先ほど同様、当社社員が測定誤差を考慮してしきい値を 88% と設定し、一枚抜けの検体を 10 回流しました。

入量検査の影響値の平均：85%

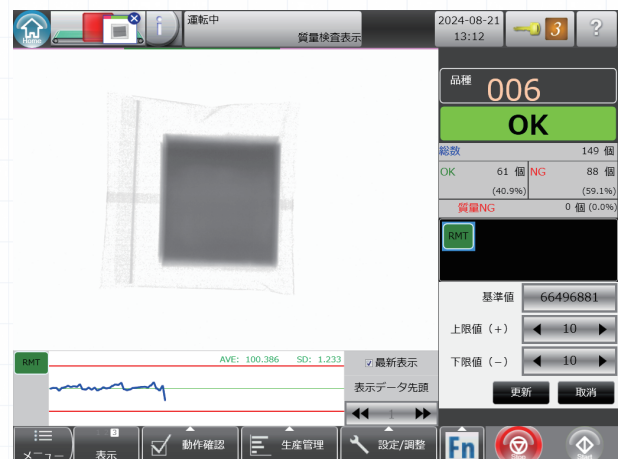
相対質量検査の影響値の平均：91%

入量検査は 10 回とも一枚抜け (NG) 判定になりましたが、相対質量検査では影響値がしきい値を下回らないので「一枚抜け」を判定できません。

ただし、上記の結果を踏まえ、相対質量検査の設定条件を少し変えると、影響値の平均を 87% に下げることができたので、絶対に使えないとは言いきれません。



入量検査で 1 枚抜け検出可能



相対質量検査で 1 枚抜け検出不可

事例② 16 個入り 2 段重ねチョコレートでの 1 個抜け

16 個入りの球状のチョコレートが 8 個/段で二層になっています。チョコレートを動かないようにする仕切りがあるため、上段と下段のチョコレートは垂直方向に対して同じ位置にあり、上から見る透過画像では 8 個入りのように映ります。厚みが一定でない球状の検体なので、X 線が透過する位置によって、2 個のときは 1 個の半分の透過量になるとは言えませんが、どの位置でも 1 個と 2 個では透過量に明らかな差が出ることは予想できます。



16 個入りの 1 個抜けなので、 $100\% \div 16$ 個で、一個あたり 6.25% になります。当社社員が測定誤差を考慮して、X 線検査機のしきい値を 92% に設定しました。一個抜いたサンプルを流したとき、

入量検査の影響値の平均：87.5%

相対質量検査の影響値の平均：92.2%

になりました。

入量検査はしきい値を確実に下回る数値で「一個抜け」を判定できましたが、相対質量検査は、影響値としきい値がほぼ同じなので、判定が不安定になります。影響値だけみれば相対質量検査のほうが正確ですが、一個抜けを見つけるためのリミットを設定しやすいのは入量検査になります。



入量検査では 1 個抜け判定可能

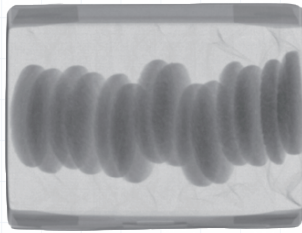
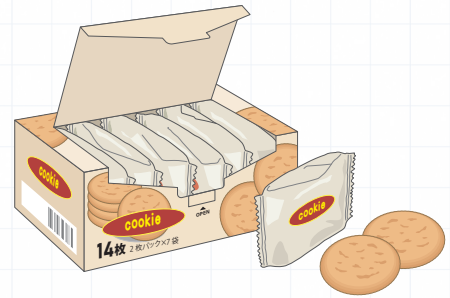


相対質量検査では 1 個抜け判定不可

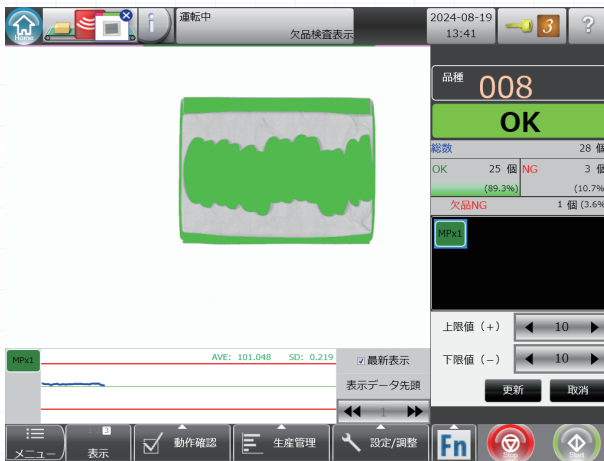
事例③ 7袋入りビスケットの1袋抜け

一袋2枚入りのビスケットが7袋封入されているこの被検査品で1袋抜け(欠品)を検出するにはどちらの検査機能を使用しますか？

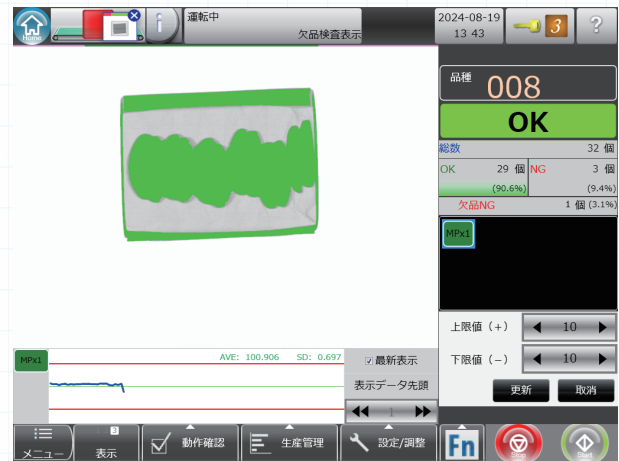
一袋抜けの減少分は、 $100\% \div 7$ 袋で、一袋あたり14.29%になります。
測定誤差を考慮して、X線検査機のしきい値を84%に設定しました。



入量検査は、あらかじめ決めた濃度より濃い部分の面積を見て判定します。画面上では、その部分が特定の色で塗りつぶされます。同じような影響値を持つ箱のエッジも自動的に塗りつぶされるので、正常品でも影響値は大きくなります。一袋減らしても影響値はしきい値84%を下回らないので、NG判定になりません。

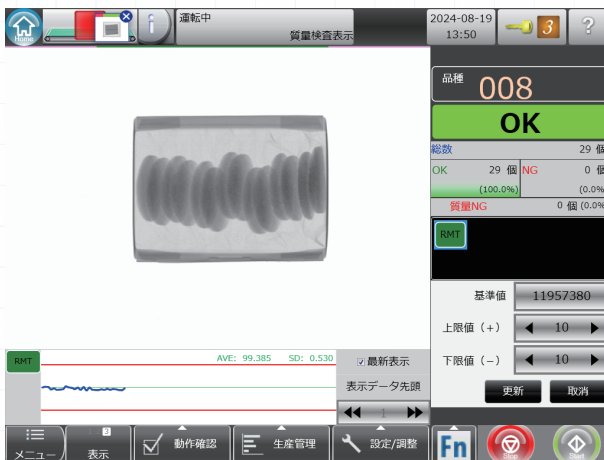


7袋入り良品



1袋抜けだが下限値を下回っていない

相対質量検査では、箱の影響を無視できるリミットを追加できます。そのため、ビスケット部分の影響値のみで考えることができます。ビスケットの影は濃淡はあっても、全体で計算した体積は箱の中で袋の位置がばらついても変化しません。一袋抜けでは、しきい値84%を下回る影響値となり、確実に判定できました。



7袋入り良品

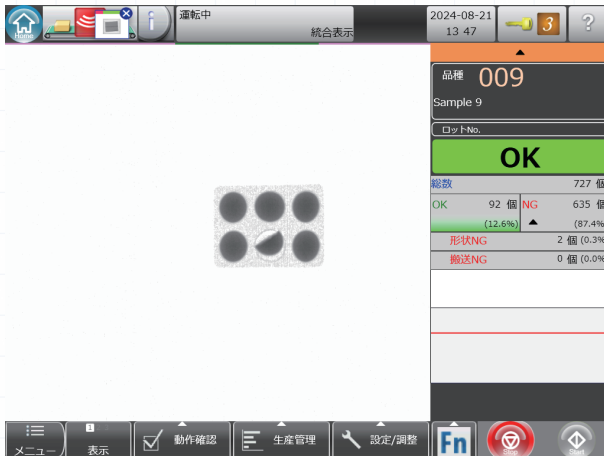


1袋抜けで下限値を下回っている

事例④ タブレット菓子の割れ、欠け

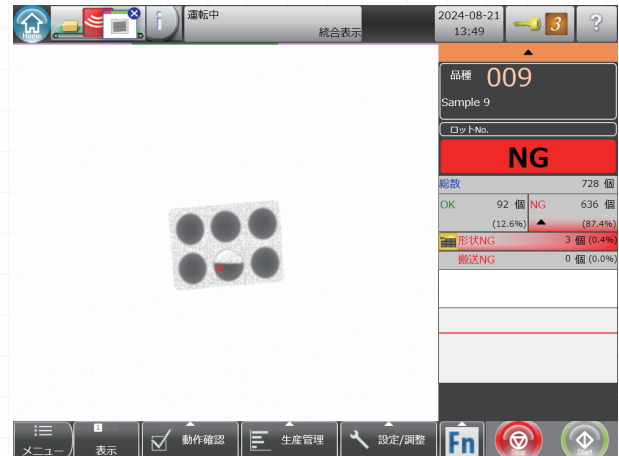
形状不良の検査を行う場合、形状割れ検査または形状欠け検査が使えます。

割れ検査は製品の影の外周の長さを、欠け検査は影の面積をもとに不良品かどうかを判定しています。割れや欠けがある製品でも、外周の長さが変わらない場合は、不良品として判定されないことがあります。そのため、品種設定時に両方の機能を選択することを推奨します。



「割れ検査」のみ使用

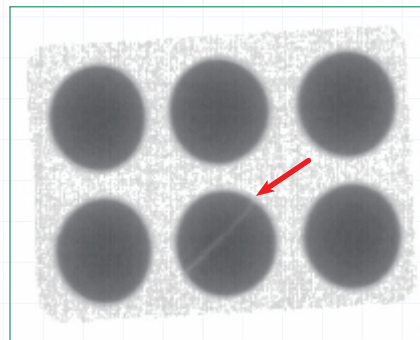
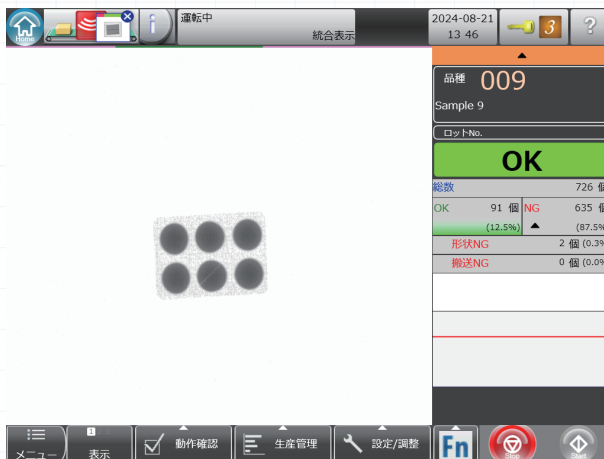
欠けのある製品だが、外周がほぼ同じなので、良品として誤判定されているケース



「割れ検査」と「欠け検査」を併用

欠けのある製品は面積が変わるので、「欠け検査」により不良品として正しく判定されているケース

ただし、包装前に割れて、欠けた製品は検出可能ですが、下図の矢印部分のように包装後に力が加わって割れた場合は、面積や外周が変わらないため、X線検査ではNGと判定できません。



割れているが不良品と判定されていないケース

まとめ

今回は、「入量検査」と「相対質量検査」の二つの選択肢を使って実験してみました。いずれのケースでも、影響値としきい値との差が大きいほうが、使いやすいと言えるでしょう。実際の運用では、「入量検査」「相対質量検査」の両方を有効にして、どちらかのリミットを超えたら NG 判定を出す運用もよく行われています。今回のテクニカルノートが「複合検査機としての X 線検査」をより有効に使っていただくヒントになれば幸いです。

形状不良は、対象物や製造工程により、さまざまな事象がありますので、X 線検査機を使わずに、質量検査機やカメラ検査機、近赤外線検査機などを使った方が高感度に安定して検査ができる場合もあります。視野を広くしていろいろな検査方式を検討いただくようお願いします。