

5. 食品の異物検査手法に関する研究

～3点視法と擬似マッピング法～

食産業技術支援グループ ○青木 央

1. はじめに

食品の苦情や相談の要因を分類すると、腐敗・変敗、カビの発生、異味・異臭、変色、変質や表示、取扱方法（調理法、開封方法、保存の仕方）などがあり、これらと比較して、全体の2割は、「異物の混入」に関しての苦情となっている。食品の安全と安心から、この課題に関する消費者の視点は、年々厳しくなる方向にあり、寄せられる件数も増加の傾向にある¹⁾。クレームが発生したとき消費者から理化学的な分析検査が求められた場合、解決する手段として取られる3大手法は、既に一般化していて「顕微鏡観察」、「赤外分光分析」、「X線定性元素分析」である。その他にも復元、燃焼臭気試験、溶解性試験などさまざまな分析手法が適宜、応用されるが、異物の検査の場合は、サンプルがこれひとつで少量という条件のもとで、確実な分析を実行する必要があるため、非破壊検査が優先されるという特殊事情がある。工業技術センターでもこの異物検査でよく実施される生物顕微鏡観察と赤外分光分析法の2つの分析手法については、依頼実績が増加傾向にある。(図1)これには理由があって、ひとつは分析機器の進歩、それから、写真のデジタル化、インターネット情報検索などのIT環境の変化がある。また、食品関係では金属探知機が普及しているので金属異物の混入リスクが低いという事情や社会的な事件の影響もある。今回の発表では、この顕微鏡と赤外分析を紹介しながら、発展的な応用を試行した研究開発の事例を述べる。ここの副題でいう「3点視法」も「擬似マッピング法」も便宜的に使用している独自の呼称である。

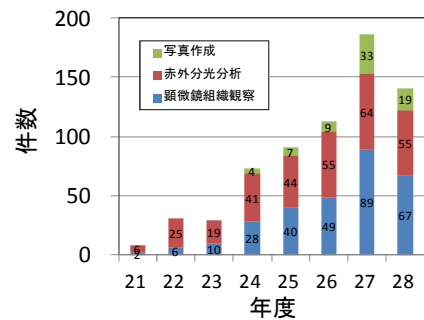


図1 過去8年間の検査依頼の様子

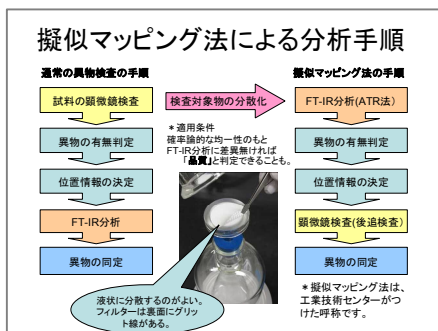
「3点視法」とは、通常の生物顕微鏡の観察手法である「明視野法」 $N(x,y)$ の他に、側面から照明光を当てる「暗視野法」 $DF(x,y)$ 、それから、コントラストを強調し、水分の多い生物試料に適合した「位相差法」 $PH(x,y)$ の3つの方法によって取得した画像を情報処理する方法である。いわば「3視点合視法」と表現した方が判り易いかもしれない。イメージを第三者に伝え易くする方法の工夫で、観察方法の特徴を知らなくてもいい便利な手法、異なる材料の混在している場合に利点のある手法になると思ったので応用を試行した。従来フィルム式では、画像 $G(x,y) = [N(x,y) + DF(x,y) + PH(x,y)] \times 1/3$ と表現する事、すなわち単純な重ね合わせが限界であった。しかし、次のような

新しい画像 $G(x,y)$ の構成概念式 $G(x,y) = a \cdot DF(x,y) * N(x,y) + b \cdot PH(x,y)$ a,b:補正係数

が計算できれば、光の透過、散乱、屈折率の違いを同時に表現することが可能になるのではないかと考えた。これが3点視法である。演算子*は画像の「畳み込み」という概念で、直感的には顕微鏡照

明の仮想的な無影化を実現し、それに生物試料に適したコントラストを加えるという方式になる。

また、「擬似マッピング法」は、赤外分光分析法が混合物の分析に弱いという方法を改善し、顕微赤外分光光度計という顕微鏡と一体化した高価な分析装置を用いない代替法として考案した。赤外分光分析は、熱線の吸収により化学物質の構造情報を得る分析方法である。まず、フィルタ面に捕捉した試料から、複数の赤外分析データを取得し解析して異物の有無を判定し、次に被験物に対する検査スポットの位置情報から異物のある位置を割り出し、



後追いで顕微鏡観察をすることで、異物の発見と同定を可能とする手法である。平面である位置情報 (x,y) と取得データがリンクするため2次元マッピング法の一種である。手順は、通常の異物検査の逆で、違いを前頁下のスライド図に比較した。

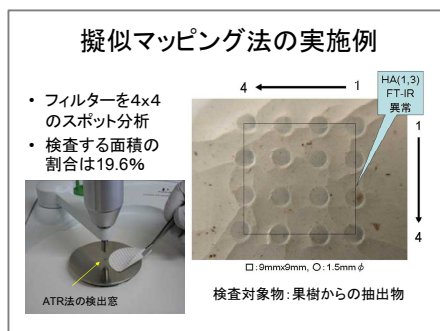
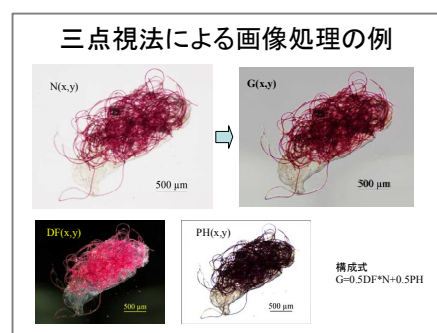
2. 実験方法

2.1【3点視法】顕微鏡用の試料は、定法にしたがって、スライドガラスに採取し、カバーガラスをかけて検鏡する。装置は双眼生物顕微鏡（Nikon Eclipse-Ni）に、明視野、暗視野、位相差の3観察法一体型のレンズ・コンデンサセットを用いた。撮像は、Nikon カメラ DS-Ri1 で BMP 形式によりおこなった。3点視法の構成概念式により画像処理ソフト(Adobe Photoshop5.0LE)を使用した。

2.2【擬似マッピング法】試料は、メンブレンフィルター（ミリポア HA47mm ϕ 0.45 μ m グリット付）に捕捉し、デシケータで乾燥後、赤外分光分析した。装置は、ATR ユニット付赤外分光光度計（PerkinElmer Frontier, universal ATR）を使用した。標準添付アプリで重ね書きを実施し、スポットの各スペクトルを比較した。試料の検査面に圧力をかけた痕が残ることを位置情報に活用する。後追いの顕微鏡観察は、スライドガラスにフィルタを切り取り、3点視法で使用した顕微鏡を用いた。

3. 結果及び考察

3.1【3点視法】PC アプリによる画像処理により、検査対象物の特徴を1枚の画像に表現した観察結果を右のスライド図に示した。画像処理ソフトの具体的な内部関数は公開情報がなかったので、試行錯誤でコマンドを試すことになったが、演算子*はレイヤーの「乗算」、演算子+は「オーバーレイ」を用いると結果が良かった。a と b は、「不透明度」を%で設定すると結果が良かった。例えばスライド図には $G=0.5DF * N+0.5PH$ を表現した写真画像が表現されている。補正係数 a と b の設定は主観が入るため、この設定を一定の規則にしたがって、客観的に設定できるように公式化（主観の排除）できれば、第三者証明に利用できると思われる。異物検査という特殊な事情、生物試料と非生物試料が混在する試料特性により利用が見込まれる観察方法と思われる。



3.2【擬似マッピング法】左のスライド図には、無作為にフィルタ面を ATR 法で 16 スポット検査し、赤外分光分析のデータを比較した例を示す。この例では、ひとつのスポット HA (1,3) が他と異なるスペクトルを示し、顕微鏡で後追い観察したところ、カビの菌糸が発見された。微生物汚染（死骸）の例ではあるが、異物への検査能力があることが知れた。この方法では、作業がルーチンであり、簡便なため、ロボットの導入による高能率な作業手順として発展させることができる利点があると思われる。検査の面積率は 19.6% であるため、5回のルーチン作業で全単位面の検査が可能になる。

4. まとめ

異物検査は、分析機器と IT 技術の進歩により、実施できる環境が整って来ている。顕微鏡検査では、明視野、暗視野、位相差の3つの観察手法を駆使することにより、同定の確実性を向上できるが、これらを一定の構成式により1枚の画像に説明を表現できる。赤外分光分析では、検査対象物に位置情報を付加することで、異物の検出を能率よくできる。擬似マッピング法の手順は、目視検査の疲労低減などの利点も見込まれるので、自動化への発展を期待したい。

参考文献

- 1) 東京都福祉保健局：「食品の苦情統計」 <http://www.fukushihoken.metro.tokyo.jp/shokuhin/kujou/>

謝辞：この発表は、北海道と函館市が委託する高度技術開発・応用研究事業（H26-28 年度）で研究された成果です。また、北海道経済産業局、（公財）北海道科学技術総合振興センターならびに（公財）JKA（けいりん）の実施する事業資金により整備された研究機材も活用されています。関係者の皆様には、この場をかりて、感謝申し上げます。