

平成 2 6 年 6 月 4 日現在

機関番号： 1 2 1 0 2

研究種目： 若手研究(B)

研究期間： 2012 ~ 2013

課題番号： 2 4 7 8 0 2 4 7

研究課題名（和文）近赤外分光法を用いたアレルギー穀物の高速判別

研究課題名（英文）High-speed inspection of allergen grains by near-infrared spectroscopy

研究代表者

源川 拓磨（Genkawa, Takuma）

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号： 1 0 5 7 1 6 9 8

交付決定額（研究期間全体）：（直接経費） 3,500,000 円、（間接経費） 1,050,000 円

研究成果の概要（和文）：輸入小麦中に混入するソバや玄米などのアレルギー穀物を高速に判別するために、高速近赤外分光法とケモメトリックス技術を組み合わせた判別分析法について検討した。その結果、1) 近赤外分光法を用いた化学成分に基づく穀物の判別が可能であること、2) 判別の基準となる化学成分が穀物表層側に分布すること、3) 主成分分析法に基づいた高精度かつ高速な判別が可能であることを明らかにした。

研究成果の概要（英文）：We investigated high-speed inspection of allergen grains such as brown rice and buck wheat mixed in imported wheat grains by near-infrared spectroscopy combined with a chemometrics technique. We found that 1) it is possible to discriminate cereal grains based on chemical components by using near-infrared spectroscopy, 2) the chemical components used for the discrimination exist near the surface of the grains, 3) high-accuracy and high-speed discrimination using principal component analysis is available.

研究分野： 農学

科研費の分科・細目： 農業工学・農業情報工学

キーワード： 高速判別 近赤外分光法 アレルギー穀物

## 1. 研究開始当初の背景

食物アレルギーは深刻な健康被害を引き起こすことから、我が国ではアレルギーの原因となる特定原材料の生産ラインを完全に分離することが義務付けられている。しかし、輸入穀物、例えば輸入コムギにおいては、輸入元での加工や輸送中にソバやコメといったアレルギーを引き起こす穀物（アレルゲン穀物）が混入する可能性があり、これらの意図しない混入による食物アレルギーの発生が報告されている。現状では輸入ロットごとに抜き取り調査を行っているが、抜き取り調査はその精度性がサンプル数や調査頻度に左右される。穀物輸入大国である我が国において、輸入穀物中のアレルゲン穀物の除去は食の安全・安心を確保するための喫緊の課題となっている。このような背景のもと、国内外でアレルゲン穀物の選別法に関する研究や技術開発が行われているが、実用的な処理量を満たすには至っていない。例えば、画像解析による色彩選別は高精度な選別が可能であるものの、穀粒の輪郭や色彩の情報に基づいて判別であり、穀粒1粒ずつの選別操作となるため、実際の製造プロセスでの処理量を満たすことは不可能である。

## 2. 研究の目的

本研究では、輸入穀物中のアレルゲン穀物の選別システムとして、近赤外分光法による高速穀物判別法を確立する。これまでの研究で開発した高速近赤外分析計と本研究で構築する高速判別アルゴリズムを採用することで、実用的な判別処理速度を達成する。さらに、判別基準の科学的根拠を示すために、穀粒表層の主要成分を明らかにし、判別基準となる化学成分と一致することを証明する。

## 3. 研究の方法

本研究の計画・方法は以下の3つの内容から構成される。

- (1) 近赤外分光法による穀粒判別アルゴリズムの構築
- (2) 穀粒表層の主要成分の把握
- (3) スペクトル解析アルゴリズムによる判別速度の高速化

研究内容(1)では、輸入コムギおよびアレルゲン穀物の近赤外スペクトルの測定および解析を行い、それぞれの穀物を判別可能であることを示した。研究内容(2)では、それぞれの穀物の穀粒表面の主要成分を分析し、その化学成分と判別基準となる化学成分が一致することを確認した。研究内容(3)では、主成分分析法を用いてノイズを除去することにより、判別精度を維持したまま判別処理速度を向上させる手法について検討した。

## 4. 研究成果

- (1) 近赤外分光法による穀粒判別アルゴリズムの構築

図1に実験に供試した穀物の外観を示す。

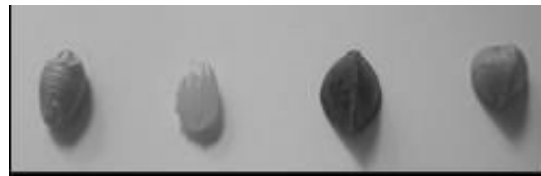


図1 供試材料（左から順にコムギ，玄米，玄ソバ，ソバ）

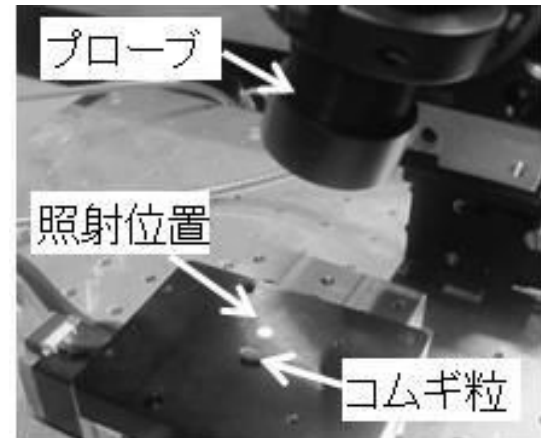


図2 スペクトル測定の様子

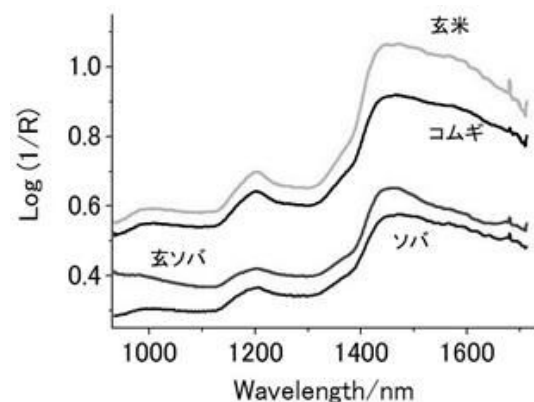


図3 穀物の近赤外スペクトル（縦軸は吸光度を示す）

左から順に、コムギ、玄米、玄ソバ、ソバである。粒径は殆ど同じであるが、原ソバは黒色の硬い果皮に覆われている。これらの穀物について150粒ずつ近赤外スペクトルを測定した（図2）。図3にそれぞれの穀物の平均スペクトルを示す。縦軸は反射率を吸光度単位で表示したものである。玄米およびコムギについてはベースラインの位置が高く、反対に玄ソバとソバは低い位置にある。これらのベースラインの違いは穀物の粒径と粒内組織の密度の違いを反映しているものと考えられるが、穀物の含有成分を反映したものではない。したがって、このままのスペクトルではベースラインの違い、すなわち反射強度のレンジの違いを利用した判別分析になってしまう。また、玄ソバとソバを比較すると、玄ソバでは950～1100 nmの領域で吸光度が上昇している。これは玄ソバの黒い果皮に含

まれる色素成分の電子遷移バンドが観測されていると考えられる。また、1200 nm 付近のスペクトル形状もソバおよび玄ソバとコムギおよび玄米との間で違いが確認できる。このバンドは CH 基に帰属され、脂質の量の違いを反映していると考えられる。ベースライン変動の補正を行いつつ、これらの含有成分の違いがスペクトル形状の違いとして明瞭に現れるようにスペクトル変換処理を行う必要があり、本研究では SNV (Standard Normal Variate: 標準正規化) を採用した。SNV は統計処理における標準化であり、吸光度の平均値を 0、標準偏差を 1 にする変換処理である。さらに傾き補正 (detrend) を行ったスペクトルを図 4 に示す。ベースライン変動が補正され、すべてのスペクトルが同じスケールで表示されている。この SNV スペクトルでは、玄ソバの 950 ~ 1100 nm の電子遷移バンドがより強調されており、1400 nm 付近の OH バンドも他の穀物と異なっている。このバンドを拡大すると (図 5)、ソバは玄米やコムギに比べて 1480 nm 付近の吸光度が高い。このバンドは NH 基に帰属されており、ソバは玄米やコムギに比べてタンパク含量が高いことから、このタンパク含量の違いが反映されていると考えられる。

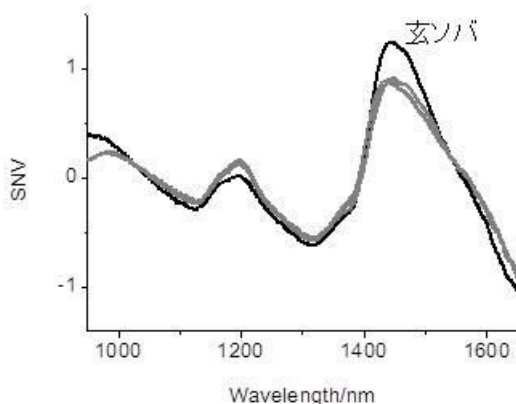


図 4 穀物の SNV スペクトル (950 ~ 1650 nm)

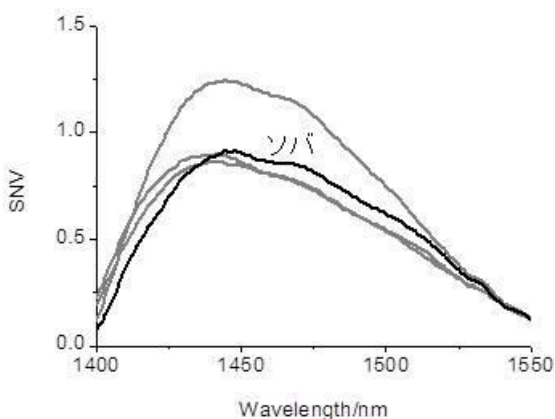


図 5 穀物の SNV スペクトル (1400 ~ 1550 nm)

(2) 穀粒表層の主要成分の把握  
近赤外スペクトルには穀物表面付近の化

学成分の情報を強く反映していると考えられる。そこで、穀物の断面を共焦点レーザー顕微鏡で観察し、粒内の成分分布について検討した。図 6 にそれぞれの穀物の観察結果を示す。コムギおよび玄米では表面の果皮部分が蛍光を発しているが、ソバについては内部の子葉からも強い蛍光が得られている。ソバのタンパクは果皮以外にも子葉部に豊富に含まれていることから、近赤外光は表面だけ

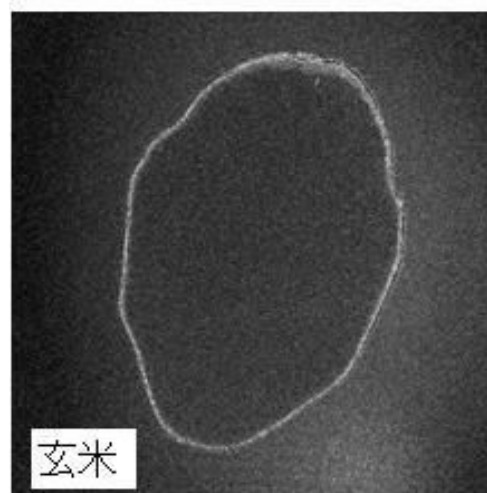
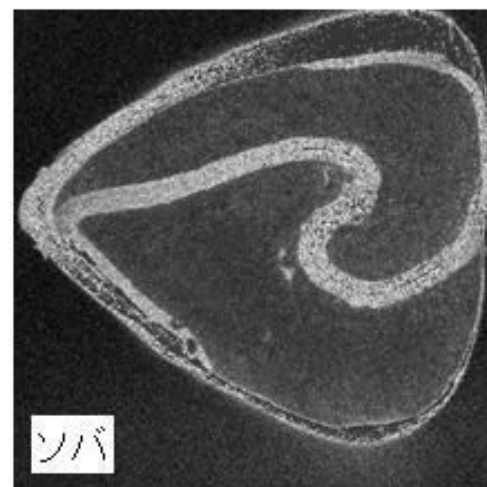
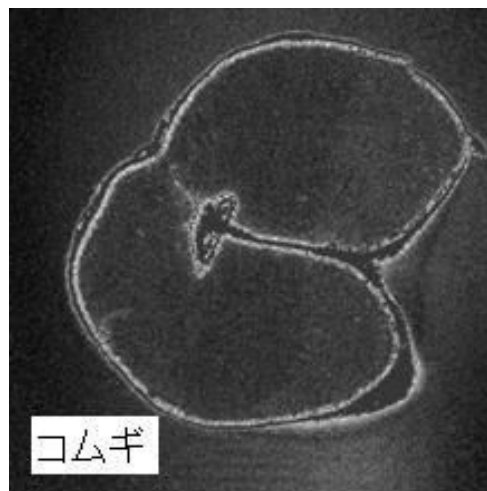


図 6 穀物断面の共焦点レーザー顕微鏡画像

でなく内部まで十分に透過し、タンパク含量の情報がスペクトルに反映されていたことが明らかとなった。

(3) スペクトル解析アルゴリズムによる判別速度の高速化

図4、図5に示したように、含有成分の差異を強調しつつ、物理的要因の差異の影響(ベースライン変動)を低減するためのスペクトル前処理を行ったスペクトルを準備した。このスペクトルに対して主成分分析を基礎とする判別分析法を適用した。主成分分析を適用することにより、スペクトル変動を化学成分の差異を反映している変動パターンとノイズ信号による変動パターンに分離し、このうち前者を用いて判別モデルの評価を行った。図7に主成分分析を行って得られた主成分スコアプロットを示す。第1主成分を基準とすると、玄ソバとそれ以外のサンプルを明確に判別できている。また、第2主成分方向にはソバとそれ以外の穀物に分けられることが示されている。

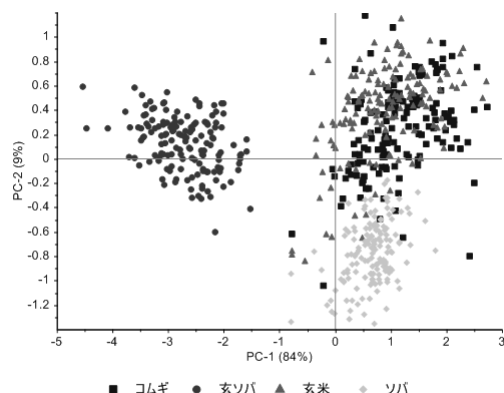


図7 主成分プロット

評価用のスペクトルデータは、10 mm/s の速度で移動する穀物について、測定条件として1回積算と10回積算したものを用了。いずれの測定条件でも測定時間はミリ秒単位であった。評価の結果、コムギと玄米については互いに誤判別されるケースが僅かに認められたものの、アレルギー性を示す玄ソバおよびソバについては判別率100%であった(表1)。

表1 正誤判定結果

	実際			
	コムギ	玄ソバ	玄米	ソバ
コムギ	134	0	12	0
玄ソバ	0	150	0	0
玄米	10	0	138	0
ソバ	6	0	0	150

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

〔学会発表〕(計 1 件)

源川拓磨，村山広大，石川大太郎，杉野弘幸，小宮山誠，尾崎幸洋，2014．高速近赤外分光計によるアレルギー穀物の1粒判別，農業施設学会 2014 年度大会，神戸，2014 年 8 月 27 日～29 日

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

源川 拓磨 (GENKAWA, TAKUMA)

筑波大学・生命環境系・助教

研究者番号：10571698