

衛星画像を用いた被災地水田のタンパク含有率の推定

木村 洋美¹・阿部 信行^{1,2}・福山 利範¹

Estimating rice grain protein contents using IKONOS and SPOT data of paddy fields in earthquake damaged area

by

Hiromi KIMURA, Nobuyuki ABE and Toshinori FUKUYAMA

Abstract

We presumed the rice grain protein content rate using image of IKONOS, SPOT2, SPOT5 sensors in Budokubo and Hanzogane region. As a result, in Hanzogane region, significant relation was admitted between the rice grain protein content rate and digital number of Band2 of SPOT5 data in Hanzogane region.

And significant relation was admitted between the rice grain protein content rate and the normalized difference vegetation index(NDVI) of IKONOS data in Budokubo region.

In addition, we presumed the rice grain protein content rate and made it to the map using obtained regression. The protein content rate was able to be understood from the map in the sight and the large area.

To obtain the regression of higher accuracy it is necessary to examine the method of acquiring the taking an image satellite date and extraction method of digital number. And, it is necessary to inspect whether the protein content rate can be presumed in the case of small rice field using satellite.

キーワード：米粒タンパク含有率, SPOT2号, SPOT5号, IKONOS衛星, 水田, NDVI

Keywords : rice grain protein content rate , SPOT2 , SPOT5 , IKONOS , paddy field , NDVI

はじめに

本研究の対象地域は、平成16年10月23日に発生した中越大地震により深刻な農業被害を受けた中山間地域の水田である。中山間地域を支える農業復興は重要な課題である。

本研究では圃場内の米の品質を広域的に把握し、品質向上につなげることを目的とし、衛星画像の解析により食味の要因となる米粒タンパク含有率の予測を行うことで被災地の農業復興への可能性を検討した。また、得られた推定式を利用し、タンパク含有率の範囲に応じて5段階に色分けされた図(タンパク含有率推定マップ)を作成した。

解析条件

解析対象地

本研究の解析対象地は新潟県北魚沼郡川口町武道窪地域・新潟県長岡市半蔵金地域である。

使用データ・ソフトウェア

使用した衛星画像はフランスの地球観測衛星SPOT5号による2006年7月26日の画像(分解能10m×10m)、SPOT2

号による2006年9月4日の画像(20m×20m)、アメリカの商業衛星IKONOSの2006年8月19日の画像(4m×4m)である。

半蔵金地域の解析にはSPOT2号・SPOT5号の画像を、武道窪地域の解析にはSPOT2号・SPOT5号・IKONOSの画像を使用した。

なお、解析に使用したソフトウェアはEADAS IMAGINE8.7, Arc GISである。

解析方法

解析I—米粒タンパク含有率の推定

衛星画像の調査水田の特定

一圃場が比較的小さい半蔵金地域では、SPOT5号(分解能10m×10m)、SPOT2号(20m×20m)のどちらの画像も調査水田の特定が難しい。そこでEADAS IMAGINEを使用し、空中写真のオルソ画像をもとに作成した半蔵金地域の水田・道路のベクタデータと現地調査で取得したDGPSの位置情報を衛星画像と重ね合わせることで水田を特定した。このとき、衛星画像と重ね合わせたベクタデータとの間にずれが

¹農学部 ²災害復興科学センター

生じていたためArc GISを使用し、位置を微調整した。

また、武道窪地域ではIKONOS画像（4 m×4 m）は水田間の境界が鮮明だったため、地図と照らし合わせることで識別可能であったが、SPOT 5号、SPOT 2号は水田のベクタデータと重ね合わせることで調査圃場を特定した。

輝度値の抽出（使用ソフト：ERDAS IMAGINE）

武道窪地域は識別した調査圃場内で範囲を指定し、その範囲に含まれるピクセルの輝度値を抽出した。また、半蔵金地域では比較的圃場が小さいため圃場内の1ピクセルの輝度値を抽出した。そして、抽出した各バンドの輝度値の平均を求め、その値から正規化植生指数NDVIの値を算出した。NDVIは可視光赤（R）と近赤外（IR）波長域の輝度値を用いて次式で算出した。

$$NDVI = (IR - R) / (IR + R)$$

回帰式作成

得られた調査圃場の各バンドの平均値・NDVIの平均値と、現地調査（武道窪15圃場、半蔵金10圃場）で得た米粒タンパク含有率との間の相関を調べ、有意な相関があるものに関して回帰式を求めた。

解析Ⅱータンパク含有率推定マップ作成

武道窪地域のタンパク含有率推定マップを作成した。ERDAS IMAGINEを使用しIKONOS衛星データから水田を抽出した。分類方法は教師付き分類を用いた。教師付き分類は画像中から判別したいカテゴリの特徴を代表するトレーニングデータを抽出し、そのデータを元に母集団の特徴を推定

し分類する方法である。

次にEADAS IMAGINEのモデラーを使用し、抽出された水田のピクセルの輝度値をタンパク含有率の推定式に当てはめ、推定された各ピクセルのタンパク含有率を5段階に区分するモデルを作成した。そして、ピクセルをタンパク含有率の範囲に応じて5色に色分けし、衛星画像と重ね合わせた。

現地調査

DGPSを使用し、半蔵金地域の調査圃場の位置を測定した。また、武道窪地域の15圃場、半蔵金地域10圃場について坪刈りを行い、食味分析計（PS-500 静岡製機株式会社）を用い玄米および精米のタンパク含有率（%）を測定した。

結果

米粒タンパク含有率の推定結果

SPOT5号を使用した半蔵金地域の解析結果

水田や道路のベクタデータ、現地調査で取得したDGPSの位置情報などを衛星データと重ね合わせれば、水田の位置は十分特定が可能であり、調査水田からピクセルを取り出すことも可能であった。また、玄米タンパク含有率とBand 2（R）の間には相関係数0.66、有意水準5%の正の相関が認められ、精米タンパク含有率とBand 2（R）の間には相関係数0.79、有意水準1%の正の相関が認められた（表-1）。得られた回帰式は次式のとおりである。

表-1 タンパク含有率と各バンド輝度値およびNDVIとの相関係数（半蔵金地域；SPOT5）

	n	Band 1 (B)	Band 2 (G)	Band 3 (NIR)	Band 3 (NIR)	NDVI
玄米タンパク含有率	10	0.05	0.66*	-0.42	-0.42	-0.58
精米タンパク含有率	10	0.25	0.79**	-0.36	-0.41	-0.57

表-2 タンパク含有率と各バンド輝度値およびNDVIとの相関係数（武道窪地域；SPOT5）

	n	Band 1 (B)	Band 2 (G)	Band 3 (NIR)	Band 4 (SWIR)	NDVI
玄米タンパク含有率	15	-0.09	-0.07	0.39	0.27	0.32
精米タンパク含有率	15	0.03	0.1	0.28	0.04	0.14

表-3 タンパク含有率と各バンド輝度値およびNDVIとの相関係数（武道窪地域；SPOT2）

	n	Band 1 (B)	Band 2 (G)	Band 3 (NIR)	NDVI
玄米タンパク含有率	15	-0.08	-0.3	0.12	0.23
精米タンパク含有率	15	-0.05	-0.19	0.12	0.18

表-4 タンパク含有率と各バンド輝度値およびNDVIとの相関係数（武道窪地域；IKONO）

	n	Band 1 (B)	Band 2 (G)	Band 3 (R)	Band 4 (NIR)	NDVI
玄米タンパク含有率	15	-0.08	-0.19	-0.13	0.38	0.38
精米タンパク含有率	15	-0.22	-0.32	-0.26	0.5	0.58*

$$y = 0.0741x + 0.6002 \quad r = 0.66 \quad (\text{玄米タンパク含有率})$$

$$y = 0.1254x - 5.3287 \quad r = 0.79 \quad (\text{精米タンパク含有率})$$

その他のバンドの輝度値およびNDVIとの間には有意な相関は認められなかった。

SPOT 2号を使用した半蔵金地域の解析結果

本研究で使用したSPOT 2号の画像は幾何補正済みのものであったが、位置情報のベクタデータを重ねた際、山間部に行くほど画像のずれが大きくなっていることが分かった。高標高地をもとに再度幾何補正を試みたが、画像に歪みが出るなどの支障が出たため、補正することができなかった。中山間地の画像解析を行う場合は幾何補正前の画像を幾何補正する必要があったと考えられる。また、画像中の水田の特定が困難であった。SPOT 5号の解析と同様に、衛星画像に水田や道路のベクタデータ、現地調査で取得したDGPSの位置情報などを衛星データと重ね合わせたか、ずれが生じていた。そこでArc GISを使用し、位置の微調整を試みた。しかしながら微調整の際、指標となる農道や水田が不鮮明であり、調整が困難であった。これは分解能20mに対して、道路の幅や水田の大きさが小さすぎたためと考えられる。

半蔵金地域のような小規模圃場では一圃場に入るピクセル数が少ないため、周辺の畦や道路の影響を受ける。よって、より正確な位置情報と厳密なピクセルの選定が必要である。

SPOT 5号を使用した武道窪地域の解析結果

各バンドおよびNDVIと玄米および精米タンパク含有率に有意な相関は認められなかった(表-2)。

SPOT 2号を使用した武道窪地域の解析結果

各バンドおよびNDVIと玄米および精米タンパク含有率に有意な相関は認められなかった(表-3)。

IKONOSを使用し武道窪地域の解析結果

玄米タンパク含有率と各バンドの輝度値およびNDVIとの間に有意な相関は認められなかった。また、精米タンパク含有率とNDVIの間には相関係数0.58、有意水準5%の正の相関が認められた(表-4)。得られた回帰式は次式の通りであり、タンパク含有率推定式として利用した。

$$y = 11.4x - 2.1744 \quad r = 0.58$$

各バンドの輝度値との有意な相関は認められなかった。また、NDVIとタンパク含有率との関係を表すグラフを図-1に示す。

米粒タンパク含有率推定マップの作成

図-2はタンパク含有率区分図を重ねる前のIKONOS画像であり白線で囲った部分は現地調査を行った15圃場である。また、図-3は完成したタンパク含有率推定マップである。

考 察

タンパク含有率の推定についての考察

北海道では米粒タンパク含有率と水稻成熟期に取得されたSPOT/HRVデータのバンド1、バンド2の輝度値との間に有意な負の相関が、また、バンド3の輝度値、NDVIと有意な正の相関が認められ、特にNDVIの間には相関係数が0.86以上・有意水準0.1%以上の高い相関が認められている(安積・

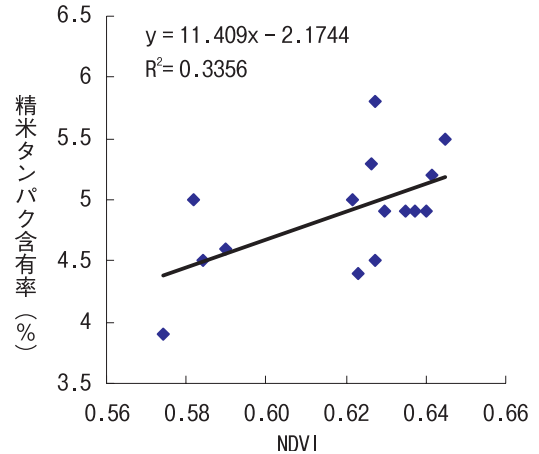


図-1 精米タンパク含有率とNDVIとの関係(武道窪地域; IKONOS)

志賀, 2003)。

しかし本研究では半蔵金地域におけるSPOT 5号のBand 2 (R)と玄米および精米タンパク含有率、武道窪地域におけるIKONOSのNDVIと精米タンパク含有率との間に有意な相関が認められた他は有意な相関は得られなかった。有意な相関が得られなかった要因として下記の3項目が考えられる。また、武道窪地域のタンパク含有率の推定に利用した回帰式の推定誤差率は7.57%であった。

撮影時期

安積ら(2003)は観測日から成熟期までの日数が長いほど両者の相関が低下することより精度の高い回帰式を得るには観測日から成熟期までの日数を20日以内にするなどを明らかにしている。本研究で使用したSPOT 5号の衛星データは成熟期の約2ヶ月前、IKONOS画像が成熟期の約1~1.5ヶ月前であったため、米粒タンパク含有率と輝度値およびNDVIとの相関は低かったと考えられる。SPOT 2号については比較的成熟期に近い画像であったが、分解能と水田の面積の問題があり十分な精度の回帰式が得られなかったと考えられる。

輝度値の取得方法

本研究の武道窪地域の解析では水田内の輝度値の平均値を用いたが、IKONOS等の高分解能衛星では坪刈り箇所を識別し、識別したピクセルの輝度値を用いることによって、より精度の高い値が得られると考えられる。また、ピクセルとタンパク含有率を対応させる際、収穫方法は坪刈りではなくピクセルサイズに合わせ、4m×4mで行うのが適切であると考えられる。

圃場の大きさ

北海道のように1圃場の面積が大きい地域では20m×20mの分解能でも農道や畦の影響を受けないピクセルの抽出が可能であるが、半蔵金地域のような中山間地の比較的狭い圃場では、20m×20mの分解能では水田の特定が難しく輝度値の抽出が不可能であった。また武道窪地域では圃場の特定は可能であったものの、ピクセルが大きいために周囲の農道や畦



図-2 武道窪地域のIKONOS画像

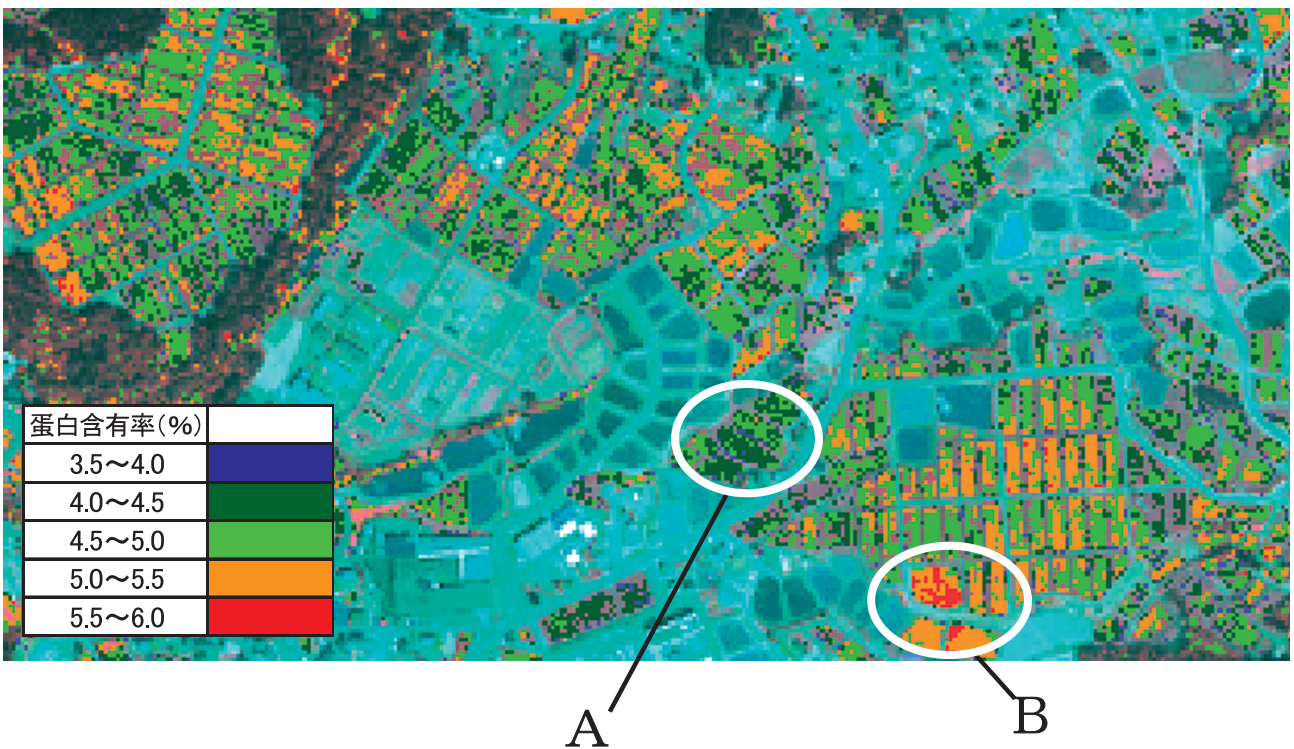


図-3 タンパク含有率推定マップ

も含んでしまい、輝度値に影響が出た可能性が考えられる。
 一方、10m×10mの分解能では武道窪地域・半蔵金地域共に輝度値の抽出が可能であったが、周囲の農道や畦の影響を受けていないとは言い切れない。よって、中山間地のような比較的小さい水田が分布している地域で、北海道など比較的面積の大きい平場で行われているような衛星データを利用したタンパク含有率の推定が可能であるかを検証していく必要がある。

タンパク含有率推定マップ作成の考察

図-3のタンパク含有率推定マップを見ると、タンパク含有率が低い水田は範囲Aに、高い水田は範囲Bにまとまって分布している。このように地図化することによって圃場ごとのタンパク含有率の違いを視覚的かつ広域的に把握することが可能である。

タンパク含有率推定マップから把握可能なタンパク含有率のばらつきについてはその要因を施肥や土壌条件などの視点

から調査する必要がある。タンパク含有率を左右する様々な要因を照らし合わせることによって、要因を究明し、今後の食味改善の参考情報にすることが可能である。

想定される利用場面としては以下の項目が挙げられる。

- ① 局所的にタンパク含有率が高い圃場の場合、窒素施肥・有機物投入の削減等の栽培管理を個々の農家に指導することができる。
- ② タンパク含有率のばらつきと、震災によって作り直した圃場の箇所を照らし合わせることで、震災後の米の品質の変化を把握することが可能である。
- ③ 収穫開始前にタンパク含有率推定マップが得られた場合は収穫順序の決定や分別集荷などの参考になる。
- ④ 複数年次のデータ蓄積により、品質改善技術の効果の検証が可能である。

ま と め

武道窪地域15圃場・半蔵金地域10圃場を坪刈りして得られた玄米および精米の米粒タンパク含有率とSPOT 2号・SPOT 5号・IKONOS画像の輝度値との関係を調査した。

半蔵金地域では、玄米タンパク含有率とBand 2 (R) との間には相関係数0.66、有意水準5%の正の相関が認められ、精米タンパク含有率とBand 2 (R) との間には相関係数0.79、有意水準1%の正の相関が認められた。また、その他のバンドの輝度値およびNDVIの間には有意な相関は認められな

かった。

SPOT 2号は水田の特定が難しく、輝度値を抽出することができなかった。

武道窪地域ではIKONOS画像を用いた武道窪地域の解析でタンパク含有率とNDVIとの関係から得られた回帰式 $y = 11.4x - 2.1744$ ($r = 0.58^*$) を用いて水田の部分のピクセルをタンパク含有率の範囲に応じて5段階に色分けしたタンパク含有率推定マップを作成した。

完成したマップからタンパク含有率のばらつき視覚的・広域的に把握することが可能であった。今後はより精度の高い回帰式を利用したマップを作成し、圃場のタンパク含有率のばらつきの原因を、営農方法や土壌条件、水管理などの視点から究明すること、さらにその情報を農家にフィードバックすることが農業復興支援に繋がるのではないかと考えられる。

謝辞

本研究にご配慮頂いた川口町役場阿部恒夫氏、長岡市半蔵金桃沢善一郎氏に厚く御礼申し上げます。

引用文献

- 安積大治・志賀弘行 (2003) : 水稲成熟期のSPOT/HRVデータによる蛋白含有率の推定。日本リモートセンシング学会誌, 23 : 451-457.
- 安積大治・志賀弘行 (1999) : 衛星リモートセンシングを利用した米粒タンパク含有率区分図の作成。新しい研究成果, 97-101.

