

高分解能衛星データを用いた水田のタンパク含有率の推定

阿部 信行¹・福山 利範²

Estimating Rice Grain Protein Contents using IKONOS Data of Paddy Fields in Earthquake Damaged Area

by

Nobuyuki ABE¹・Toshinori FUKUYAMA²

Abstract

We presumed the rice grain protein content rate using image of IKONOS, sensors in Budokubo and Hanzogane region which were the stricken area of a Cyuetsu great earthquake.. As a result, significant relation was admitted between the rice grain protein content rate and the band 2 of IKONOS data in Budokubo region. In Hanzogane region, relation was admitted between the rice grain protein content rate and normalized difference vegetation index (NDVI) data. 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 use high resolution satellite data for the protein content rate can be presumed in the case of small rice field.

キーワード：米粒タンパク含有率, IKONOS衛星, 水田, NDVI

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

はじめに

本研究の目的は、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の農家に対し、支援の一環として食味に優れた米生産のための情報提供にある。米の食味は、米粒のアミロース含有率とタンパク含有率の影響を受けるとされている（山下ら、1974）。アミロース含有率は主に品種と登熟期間の気温で決まるので、制御の余地は少ない。一方、タンパク含有率は生育後半の窒素栄養状態の影響を受けるため、施肥量や散布時期による制御が可能である。佐賀農協では、集荷時のタンパク含有率が6.3%以下と以上では、買い取り価格に差をつけていることが報道されている（朝日新聞、2007）。既に衛星データを用いて、水稻成熟期の米粒タンパク含有率の推定が行われている（安積ら、2003）。平成18年度にIKONOS衛星、SPOT衛星の画像を用いて、米粒内のタンパク含有率の推定を試行的に行った（木村ら、2007）。有意水準5%でバンド別の輝度値と米粒内タンパク含有率との間に、正の相関関係を示した結果が得られている。そこで、今年度、高分解能衛星IKONOSを用いて、米粒内のタンパク含有率の推定を試みた。結果を報告する。

対象地域、使用データおよび解析手法

解析対象地

研究対象地は新潟県北魚沼郡川口町武道窪地区・相川地区及び新潟県長岡市半蔵金地区である。川口町内の水田は、区画整理が行われており、比較的一枚当たりの面積は大きい。しかし、長岡市半蔵金地区は棚田になっており、一枚当たりの面積は非常に小さい。両地区とも、植え付けはコシヒカリが主であり、試験用の水田はすべてコシヒカリである。水田への移植は、武道窪地区が5月上旬、半蔵金地区が中旬、出穂期は8月上旬から中旬、収穫期は9月中旬から下旬である。両地区の収穫は約2週間の差があるが、同じ地区内での生育のバラツキは少ない。

使用データ・使用ソフト

使用した衛星データはアメリカの商業衛星IKONOSの2007年8月24日の画像である。分解能は4m×4mである。画像解析ソフトはERDASIMAGINE8.7, ArcGIS9.1である。

現地調査

研究対象地の農家の圃場を対象に、収穫時に坪刈を実行した。稲を大学のフィールドセンターに運び、2週間の乾燥後、

¹新潟大学農学部, 災害復興科学センター ²新潟大学農学部

脱穀、舂すりを行い、玄米、精米のタンパク含有率は、食味分析計（PS-500 静岡製機株式会社）を用いて、計測を行った。

解析方法

衛星データから米粒タンパク含有率の推定方法

高分解能衛星データのIKONOSであれば、水田位置図に対応した画像上の位置を容易に特定できる。水田位置図と画像との対応にはArcGISを使用して、位置を微調整した。武道窪、半蔵金共に、一枚の水田内に含まれる輝度値を抽出後、その平均値を算出して、水田ごとの平均輝度値とした。各調査水田から得られた各バンドの平均値・NDVIの平均値と、現地調査で得た米粒タンパク含有率との相関を調べ、有意な相関関係があるものに対し、回帰式を適合させた。

タンパク含有率推定マップの作成

武道窪地区、半蔵金地区のタンパク含有率推定マップを作成した。IKONOS衛星データから、教師付き分類で水田を抽出した。既に水田に水が入っているため、水田の分類精度は高かった。抽出された水田を対象に、ERDAS IMAGINEのモデラーから、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段階に区分した。その結果を衛星データに重ね合わせて表示した。

結果

米粒タンパク含有率の推定結果

各バンド輝度値、NDVIと米粒タンパク含有率の相関関係を、武道窪地区を表-1に、半蔵金地区を表-2に示した。武道窪地区と半蔵金地区とでは、最も高い相関係数を示したバンドが異なった。武道窪地区では、最も相関係数の高かったバンド2と玄米の米粒タンパク含有率との間には以下の回帰式が成立した。

$$Y = -0.0525x\text{BAND}2 + 27.4185 \quad (\text{武道窪})$$

一方、半蔵金地域では、画像に含まれるサンプル数が少なく、統計的な解析ができないが、玄米タンパク含有率、精米タンパク含有率との間には表-2に示す相関係数が得られた。玄米で最も高い相関係数を示したのは、NDVIであり、

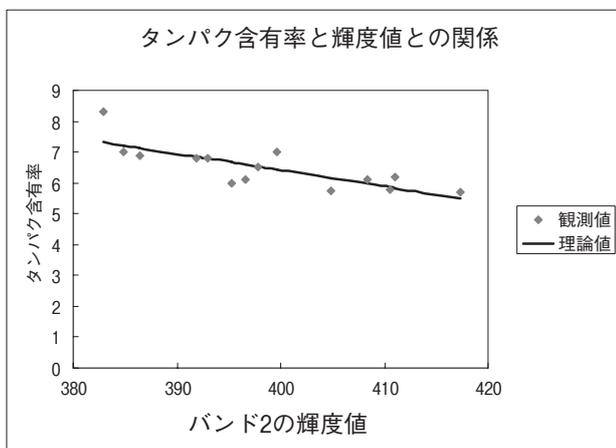


図-1 タンパク含有率と輝度値との関係（武道窪）

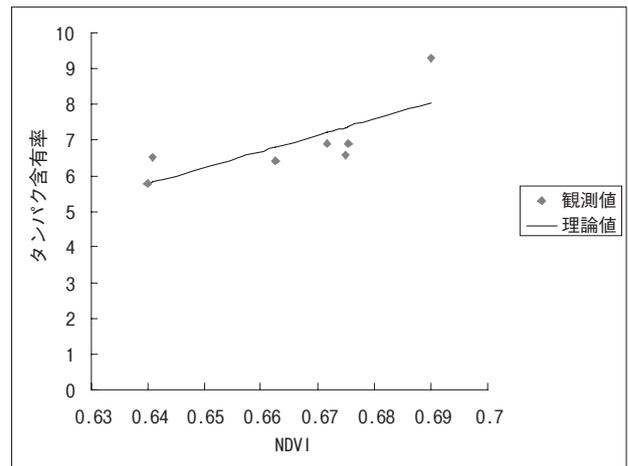


図-2 タンパク含有率とNDVIとの関係（半蔵金）

武道窪とは異なる傾向を示した。

$$Y = -0.05249x\text{Band}2 + 27.4185 \quad (\text{武道窪図-1})$$

$$Y = 45.62x\text{NDVI} - 23.4238 \quad (\text{半蔵金図-2})$$

米粒タンパク含有率推定マップの作成

水田として抽出された箇所を対象に、上述の回帰式から、各ピクセルごとに、タンパク含有率を推定し、5段階で表示した。武道窪地区を中心としたタンパク含有率分布図を図-3に、半蔵金地区のタンパク分布図を図-4に示した。

考察

タンパク含有率とバンドとの関係

安積ら（2003）はSPOT/HRV、HRVIRデータを使って、タンパク含有率との相関を調べ、バンド2（レッド）、NDVIとの間に有意な相関が得られたことを報告している。今回の武道窪地区では、バンド2（グリーン）との間が最も高い負の相関関係を示した。安積ら（2003）の報告もバンド1のグリーン領域とは負の相関関係を示している。安積らの報告では、NDVIが最も高い相関を示しているが、武道窪では、高い相関を示さなかった。これは、衛星データと成熟度との差、あるいは品種による稲の色の差もある。グリーン域とタンパク含有率に負の相関が生じるのは、以下のように考えられる。窒素肥料が多いと、稲の色は、緑色が濃くなる。一方、窒素肥料が少なければ、緑色が薄くなり、黄色が増す。黄色になれば、輝度値が大きくなるので、タンパク含有率とは負の相関関係を示すことになる。

撮影時期

安積ら（2003）は、米粒タンパク含有率の高い相関を得るためには、観察日から成熟日までの日数を20日以内にすることを指摘している。今回の成熟日は武道窪で20日、半蔵金で30日となっており、成熟期からは少し、離れている。

輝度値の取得方法

武道窪、半蔵金、いずれも画像で圃場ごとの水田を識別し、坪刈した稲からのタンパク含有率を用いた。画素サイズは4m×4mなので、坪刈した箇所の輝度値を取り出した方がいいが、坪刈した箇所の輝度値を正確に取り出すことは難しい。

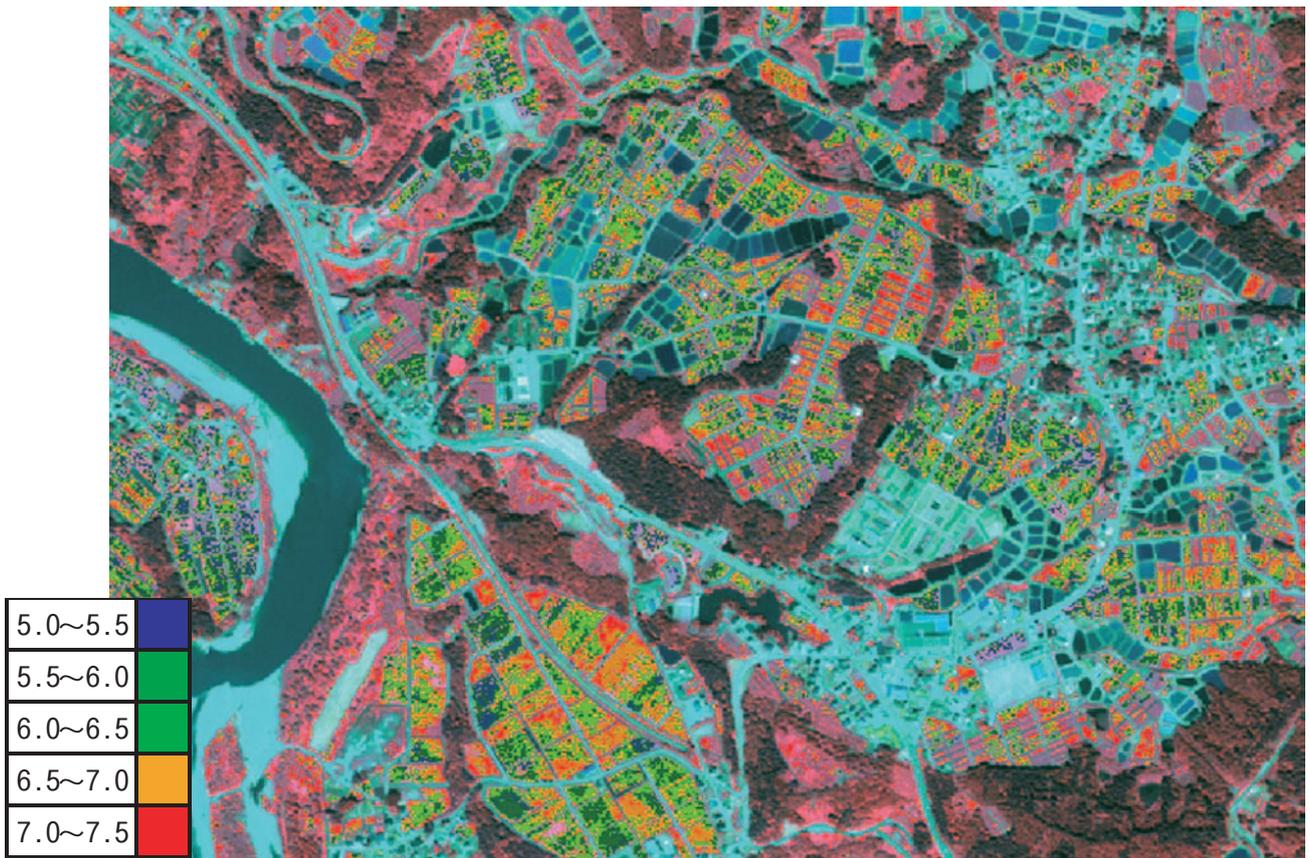


図-3 タンパク含有率マップ (武道窪)

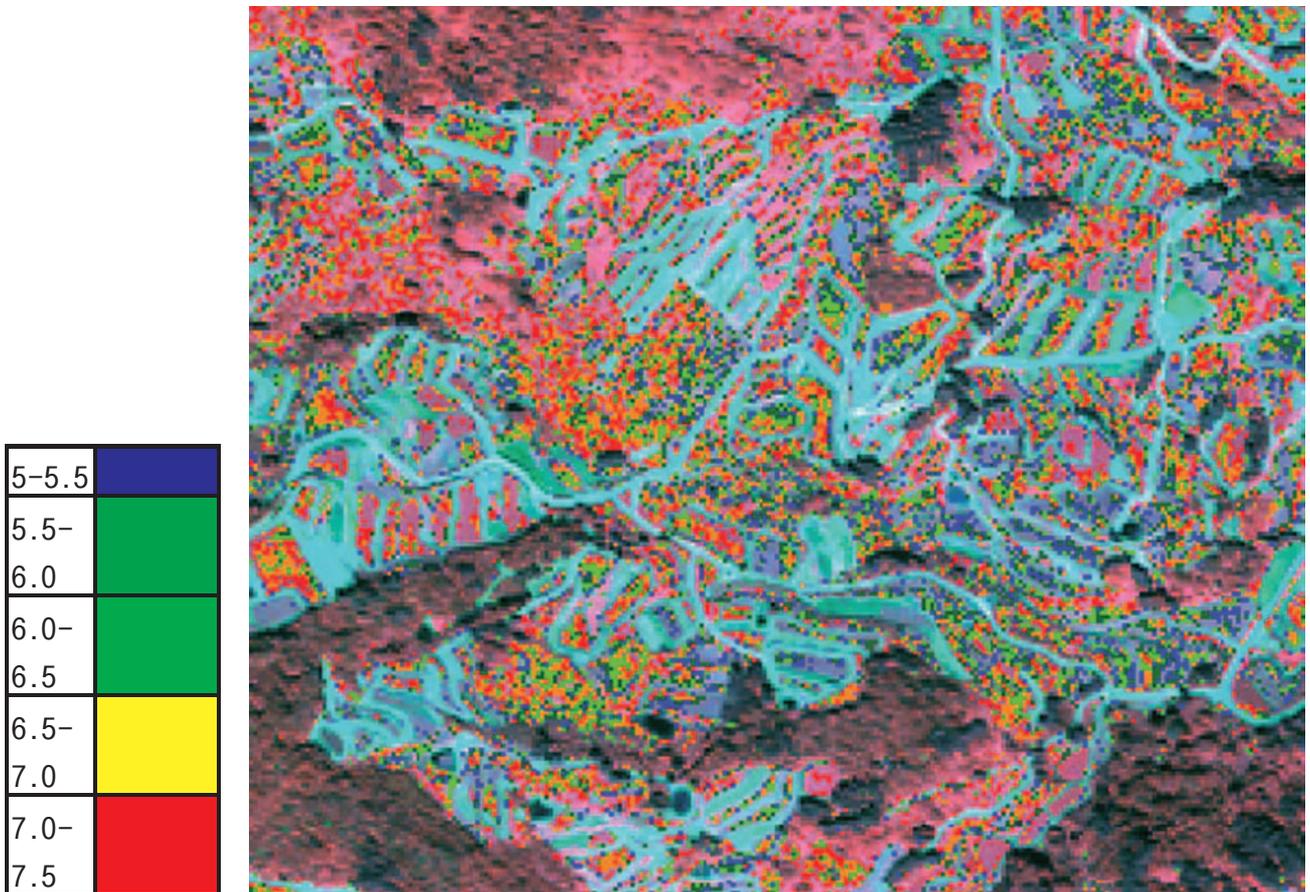


図-4 タンパク含有率マップ (半蔵金)

従って、一枚の水田から広く穂を取り、その平均値と水田一枚の平均輝度値とを対比させた方がより適切だと考えられる。

圃場の大きさ

武道窪、半蔵金、いずれもイコノスの分解能（4m×4m）があれば、圃場の形状に関わらず、ピクセルごとの輝度値が抽出できた。一方、特に半蔵金地区の棚田の状況では、例えばALOS等の10m×10mの分解能を考えると、圃場周囲の農道や畦の影響を受けると予想される。従って、棚田が多い中山間地域のタンパク含有率推定には、高分解能衛星が不可欠と言える。

タンパク含有率マップ作成

図-3、4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、高い水田は比較的まとまっていることが分かる。タンパク含有率には窒素肥料量、肥料散布時期、土壌条件等、様々な要因が考えられる。武道窪地区の生産組合が所有する圃場は、肥料の量、時期、種類等も同じ条件である。しかし、タンパクマップからは、タンパク含有率に差が認められる。土壌条件の影響か、あるいは中越地震で、2005年に稲の栽培ができなかった圃場による差なのか、検証する必要がある。そのためには、複数年の解析が不可欠である。

坪当たりの玄米収穫量と玄米タンパク含有率との関係

武道窪地区を対象に、収穫量とタンパク含有率との関係を調べた。図-5に示すように、両者には正の相関関係が認められた。収穫量が多い水田の玄米にはタンパク含有率も高い傾向があり、窒素量との関係が示唆される。

2006年度と2007年度とのタンパク含有率との関係

図-6に、両年のタンパク含有率を示した。正の相関関係が見られることから、タンパク含有率が高い水田は、次年度

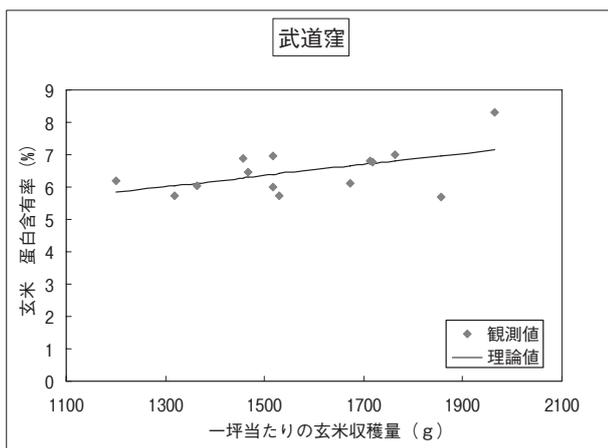


図-5 玄米収穫量とタンパク含有率との関係

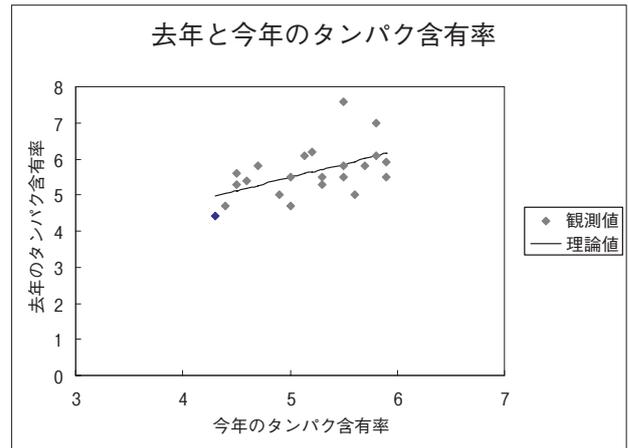


図-6 2007年と2008年の玄米タンパク含有率との関係(武道窪)

も高い傾向を示している。肥料や土壌等の要因に影響されると考えられるが、営農状態との解析も重要である。

まとめ

武道窪地区14箇所・半蔵金地区7箇所を坪刈して得られた玄米及び精米の米粒タンパク含有率とイコノス衛星の輝度値との関係を調査した。

武道窪地域では、タンパク含有率とバンド2との回帰式を用いて水田のタンパク含有率を5段階表示できた。生産組合所有の水田のタンパク含有率もばらついていた。一方、半蔵金地区は画像の関係でデータ数が少なかったが、NDVIとタンパク含有率の間には、関係式が認められた。半蔵金は棚田の面積も小さいが、イコノス画像での判読は可能であった。

謝辞

本研究にご配慮頂き、調査の便宜をはかって頂いた川口町役場農林振興課阿部恒夫氏、長岡市半蔵金柁沢善一郎氏に厚くお礼申し上げます。調査には、井上真典君の協力を得た。お礼を言います。

参考文献

- 朝日新聞（2007）うまいコメ宇宙の目で、地域総合、大阪、6月17日
- 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。
- 木村洋美・阿部信行・福山利範（2007）衛星画像を用いた被災地水田のタンパク含有率の推定、新潟大学災害復興科学センター年報、No.1、143-147。
- 山下鏡一・藤本亮夫（1974）肥料と米の品質に関する研究 4 窒素肥料による精米のタンパク質の変化と食味との関係、東北農業試験場研究報告、48、91-96。