

衛星リモートセンシングによる秋まき小麦子実蛋白含有率の推定技術

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
著者名	安積,大治 林,哲央 志賀,弘行
発行元	日本土壌肥料学会
巻/号	77巻3号
掲載ページ	p. 317-320
発行年月	2006年6月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat





衛星リモートセンシングによる秋まき小麦 子実蛋白含有率の推定技術*

安積大治**・林 哲央***・志賀弘行**

キーワード リモートセンシング, 秋まき小麦, 蛋白含有率

1. はじめに

小麦の品質評価に関して, 2005年以降, 産地銘柄ごとに用途別評価基準値に基づくランク区分が行われている¹⁾。評価項目は, 北海道産秋まき小麦の主用途である日本めん用の場合, 「容積重」「フォーリングナンバー」「蛋白」「灰分」の4項目である。このうち子実蛋白含有率は, めんの加工適性・食感・めんの色に大きな影響を及ぼすことが知られており²⁾, 基準値は9.5%以上~11.5%以下, 同じく許容値は8.0%以上~13.0%以下である。子実蛋白含有率は小麦の窒素栄養状態を反映して変動するため, 窒素施肥管理および土壌条件の影響を強く受け, 圃場間あるいは圃場内においても大きく変動する。秋まき小麦の均質安定生産のためには, こうした生育変動を的確に把握し, 圃場管理に反映することが必要である。

人工衛星に搭載したセンサで地球を観測する衛星リモートセンシングは, 数m~30m程度の地上分解能で地表の情報を入手することが可能であり, 広域の圃場情報を収集できる。北海道ではこれまで, 水稻の収量³⁾や蛋白含有率⁴⁾, 小麦収量^{5,6)}, テンサイ根中糖分⁷⁾など, 収量や品質, 生育変動などを把握可能であるとの報告がある。

そこで, 本報告では衛星リモートセンシングにより, 秋まき小麦の子実蛋白含有率を推定し, その地理的変動を地図化する手法について検討した。

2. 本技術の概要

衛星リモートセンシングにより, 以下の手順で秋まき小麦の子実蛋白含有率の地理的変動を地図化した。

1) 衛星データから対象地域を切り出し, 秋まき小麦圃場を抽出する。

2) 秋まき小麦の収穫時期から3~4週間前以降に得た衛星データから, 秋まき小麦圃場の正規化植生指数(Normalized Difference Vegetation Index: NDVI, 近赤外波長域と赤波長域の輝度値の差を両者の和で除した値)を算出する。

3) 地上調査地点において, NDVIと子実蛋白含有率の一次回帰式を求め, 子実蛋白含有率の推定式とする。

4) 対象地域全域について, NDVIから子実蛋白含有率を推定し, 子実蛋白含有率の変動を地図化する。

この地図は, 産地の子実蛋白含有率の変動実態や地域特性の把握, 次年度以降の栽培管理の改善に利用できる。

3. 本技術開発の手順

1) 対象地域および使用した衛星データ

本技術は, 北海道網走支庁管内東藻琴村・斜里町および空知支庁管内長沼町・南幌町を対象地域として検討した。対象地域にはいずれも, 北海道における主要品種「ホクシン」が作付されている。

2002~2004年の秋まき小麦出穂前後~成熟期(6月初旬~7月中旬)にSPOT衛星, QuickBird衛星およびTerra/ASTER衛星で観測されたデータを解析に用いた。

SPOT衛星は地上分解能10m(5号)または20m(2号, 4号)で, 可視~短波長赤外域の3または4バンドを観測する。QuickBird衛星は地上分解能2.4mで, 可視~近赤外域の3バンドを観測する。Terra/ASTER衛星は可視~近赤外域に地上分解能15mの3バンドを有する。

長沼町・南幌町では, 2002~2003年は天候条件が不良であったため, 出穂以降にクリアな衛星データが観測されず, データが得られたのは2004年のみであった。使用した衛星データおよび現地調査点数を表1に示した。

2) 圃場の抽出

衛星データから対象地域を切り出して幾何補正した後, 秋まき小麦作付圃場を抽出した。東藻琴村は個々の圃場の作付情報が地図情報システム(GIS)に整備されていることから, これを小麦圃場抽出に利用したが, 他の町では作

Daiji Asaka, Tetsuo Hayashi and Hiroyuki Shiga: Estimation of Protein Contents in Winter Wheat Grain Using Satellite Remote Sensing

* 本報告の一部は2003年12月, 日本土壌肥料学会北海道支部秋季大会において発表した。また本報告は, 2005年1月の北海道農業試験会議(成績会議)において指導参考事項となった。

** 北海道立中央農業試験場(069-1395 北海道夕張郡長沼町東6線北15号)

*** 北海道立北見農業試験場(099-1496 北海道常呂郡訓子府町字弥生52)

2005年10月11日受付・受理

日本土壌肥料学雑誌 第77巻 第3号 p.317~320 (2006)

表 1 使用した衛星データおよび現地調査地点数

地域	年次	月 日	衛星	解析エリア	生育ステージ	地上調査地点数
網走	2002	6 5	SPOT 4	東藻琴村・斜里町	出穂期	28
		7 1	SPOT 5	東藻琴村・斜里町	収穫 4 週間前	28
		7 26	QuickBird	東藻琴村	収穫直前	22
	2003	6 3	SPOT 5	東藻琴村	出穂前	22
		6 12	Terra/ASTER	東藻琴村	出穂後	12
		6 23	SPOT 2	東藻琴村	収穫 5 週間前	12
		7 22	SPOT 4	東藻琴村	収穫 1 週間前	12
		7 24	QuickBird	東藻琴村	収穫直前	16
	2004	6 3	SPOT 4	東藻琴村・斜里町	出穂前	13
		6 14	Terra/ASTER	東藻琴村・斜里町	出穂後	11
		6 28	SPOT 5	東藻琴村・斜里町	収穫 4 週間前	13
		7 19	SPOT 4	東藻琴村・斜里町	収穫直前	14
空知	2004	6 11	SPOT 5	長沼町・南幌町	出穂後	61
		7 15	SPOT 4	長沼町・南幌町	収穫 1 週間前	40

同一年次でも地上調査地点数が異なるのは、衛星観測エリアからはずれている場合や、雲により調査地点の衛星データが取得できない場合があったため。

表 2 衛星データと子実蛋白含有率との相関係数

地域	年次	観測日	地点数	赤	近赤外	NDVI
網走	2002	6月5日	28	-0.43*	-0.08	0.20
		7月1日	28	-0.82**	0.63**	0.81**
		7月26日	22	-0.90**	0.73**	0.88**
	2003	6月3日	22	-0.09	0.25	0.26
		6月12日	12	0.44	0.36	0.45
		6月23日	12	-0.37	0.72**	0.86**
		7月22日	12	-0.86**	0.87**	0.91**
		7月24日	16	-0.83**	0.77**	0.85**
	2004	6月3日	13	-0.43	0.12	0.33
		6月14日	11	0.01	0.56	0.34
		6月28日	13	-0.58*	0.64*	0.69**
		7月19日	14	-0.77**	0.71**	0.92**
空知	2004	6月11日	61	0.06	0.24	0.13
		7月15日	40	-0.55**	0.50**	0.73**

*5%水準有意, **1%水準有意。

「赤」「近赤外」は各波長域の分光放射輝度値, 「NDVI」は近赤外波長域と赤波長域の輝度値の差を両者の和で除した値を示す。

付情報が整備されていないため、衛星データの分光反射特性から岡野ら⁹⁾の方法に準じて土地被覆分類を行い、秋まき小麦作付圃場を抽出した。

3) 子実蛋白含有率実測値と衛星データの関係解析

子実蛋白含有率の実測値は、地上調査を行った圃場で収穫した子実を乾燥粉碎後に硫酸過酸化水素法で全窒素含量を測定し、全窒素含量に蛋白換算係数 5.7 を乗じて、子実水分 13.5% に補正して表示した。

現地調査圃場の平均子実収量は、東藻琴村・斜里町では 6.2 Mg ha^{-1} (2002 年)~ 7.7 Mg ha^{-1} (2003 年), 長沼町・南幌町では 6.4 Mg ha^{-1} (2004 年)~ 7.9 Mg ha^{-1} (2003 年), 平均子実蛋白含有率は、東藻琴村・斜里町では 84 g kg^{-1} (2003 年)~ 105 g kg^{-1} (2002 年), 長沼町・南幌町では 77 g kg^{-1} (2002 年)~ 96 g kg^{-1} (2004 年) で、いずれの地域でも収量・子実蛋白含有率ともに年次変動が

大きく、また圃場間差異も大きかった。

衛星データの可視・近赤外域におけるデジタル値を、データに付属の変換係数を用いて大気上端における分光放射輝度 ($\text{W m}^{-2} \text{ sr}^{-1} \mu\text{m}^{-1}$) に換算して解析に用いた。その際大気補正は特に行わなかった。赤・近赤外域の分光放射輝度および NDVI と子実蛋白含有率の間には、表 2、図 1 に示すようにいずれの年次・地域でも有意な正の相関が認められ、収穫時期の 3~4 週間前以降の衛星データから子実蛋白含有率が把握可能と考えられた。

4) 秋まき小麦子実蛋白含有率の変動の地図化

以上のことから、衛星データから算出した NDVI を用いて、子実蛋白含有率を推定し地図化することができる。作成した地図の表示例を図 2 に示した。表示例は対象地域内の子実蛋白含有率の変動が圃場スケールで区分され、高蛋白圃場、低蛋白圃場を判別することができる。

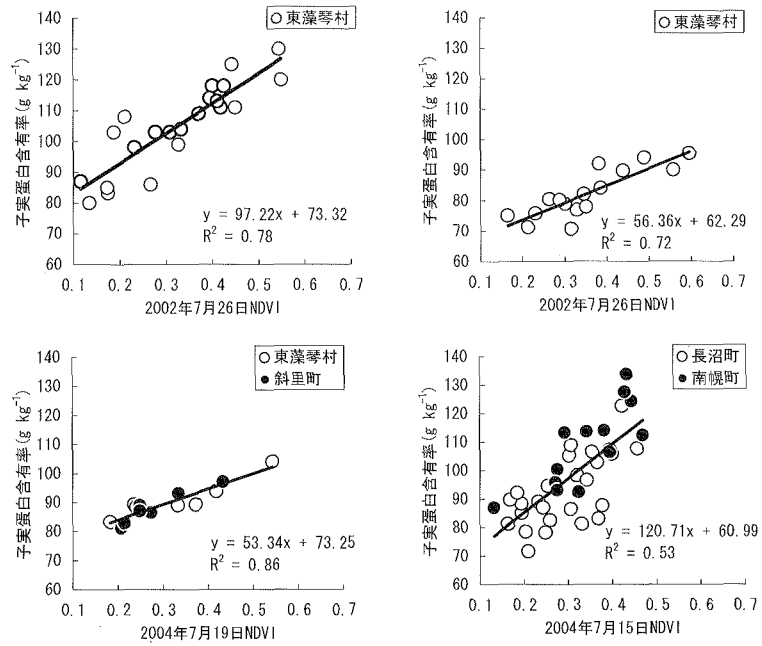
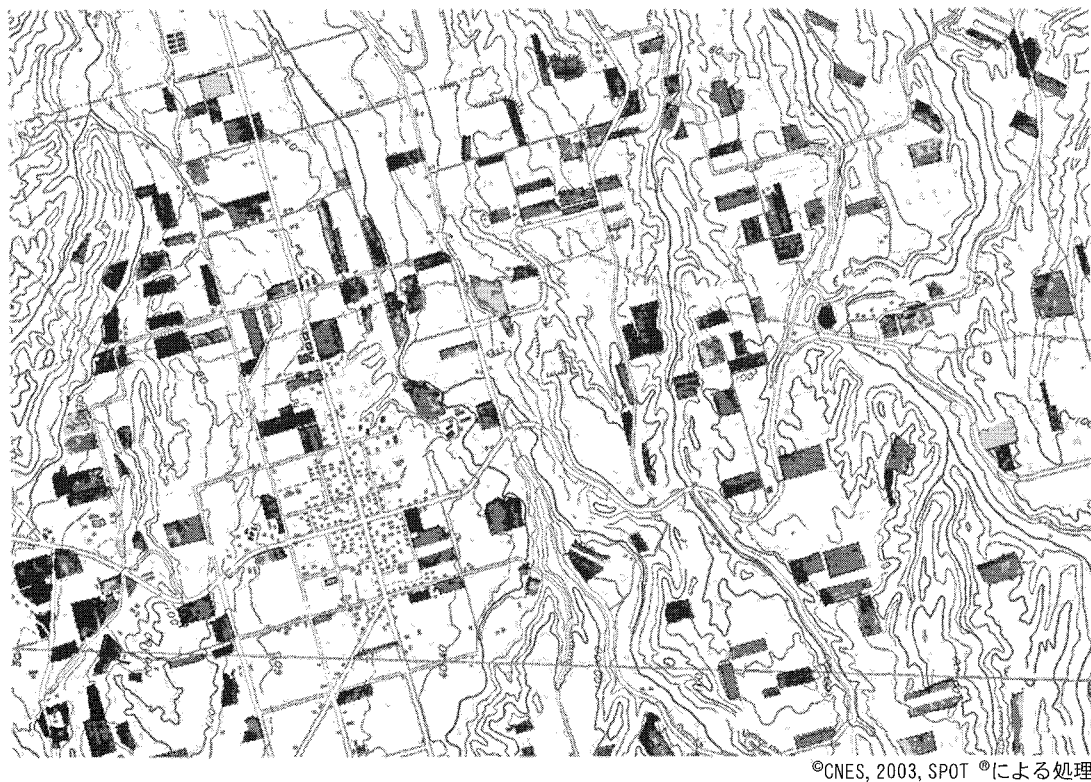


図1 収穫時期の NDVI と子実蛋白含有率の関係



©CNES, 2003, SPOT®による処理

図2 秋まき小麦子実蛋白含有率区分図の表示例 (2002年7月1日 SPOT 5号 NDVIより作成, 東藻琴村)
 蛋白含有率の区分: 濃灰 ($\sim 95 \text{ g kg}^{-1}$), 灰 ($95 \sim 115 \text{ g kg}^{-1}$), 明灰 (115 g kg^{-1} 以上).

4. 秋まき小麦子実蛋白含有率の地図の利用場面

NDVIから子実蛋白含有率を推定するには、収穫時の地上調査データの使用を前提とすること、また子実蛋白含有率の推定に使用する衛星データは、収穫時期の3~4週間前以降に取得されたものであることから、作成した地図を当年の栽培管理に利用することは困難である。また子実

蛋白含有率による分別収穫・集荷などは現在実施されていない。したがって、秋まき小麦子実蛋白含有率の地図の主な利用場面は、以下の通りである。

1) 秋まき小麦の子実蛋白含有率の変動を、圃場ごとに把握可能である。子実蛋白含有率が2005年からの用途別評価基準の基準値 (または許容値) をはずれる圃場につい

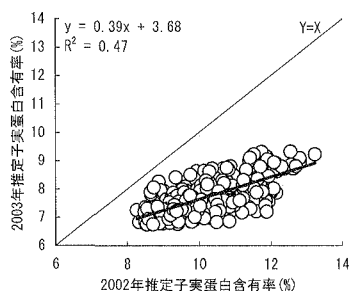


図3 連作圃場の推定子実蛋白質含有率の年次比較 (東藻琴村)

ては、生産者に対して聞き取りなどを行って原因を特定することにより、次年度以降の栽培管理の改善を効率的に行うことができる。

2) 広域の区分図を俯瞰することにより、子実蛋白質含有率の広域変動を把握可能であり、土壌や地形、気象条件などに対応した減肥や追肥などの対策を地域全体で講じる際の参考情報となる。

3) 区画の大きな圃場では1筆圃場内の子実蛋白質含有率の変動も把握可能であり、子実蛋白質含有率の圃場内の変動パターンを目視判断することで、その原因が栽培管理によるものか、あるいは圃場基盤の不均一性によるものかなどを判定できる。

4) 個々の圃場における子実蛋白質含有率の相対的な高低の序列は、年次が異なっても再現性を示す傾向があり、過去の子実蛋白質含有率区分図から、子実蛋白質含有率が高まりやすい傾向の圃場を判別することができる。図3に東藻琴村における2002年と2003年の連作圃場の推定子実蛋白質含有率の年次比較の例を示した。両年の子実蛋白質含有率のレベルは大きく異なるが、両年の子実蛋白質含有率の間には寄与率47%の相関が見られ、2002年に子実蛋白質含有率が高かった圃場は、翌年も高蛋白となる傾向が明らかであった。

以上のように、秋まき小麦子実蛋白質含有率の地図は、産地の子実蛋白質含有率の変動実態や地域特性の把握、次年度以降の栽培管理の改善への利用が想定される。表示例では、対象地域内の子実蛋白質含有率を3段階に区分して表示しているが、区分数は地域の子実蛋白質含有率の変動程度にあわせて設定することができる。

なお、地図の利用にあたっては、対象地域にGISが整

備・運用されていれば、地図の作成作業や、情報の蓄積・配布を効率的に行うことができる。またGISが整備されていない地域であっても、印刷物や画像データ等として、利活用が可能である。

5. 本技術適用上の留意点

本技術は、生産者団体や農家が、地域の秋まき小麦の均質安定生産にむけた取り組みに活用する。著しく生育の劣る圃場や雑草が旺盛に繁茂する圃場、衛星観測後の気象災害等により、子実蛋白質含有率の推定精度は低下する。

謝辞 本試験は、先端技術を活用した農林水産研究高度化事業「大規模収穫・調製に適した品質向上のための小麦適期収穫システム」の一環として実施し、東藻琴村農業振興センターおよび長沼町農業協同組合に多大なるご協力をいただいた。また、本稿をとりまとめるに当たり、北海道立中央農業試験場農業環境部長 今野一男博士および独立行政法人農業・生物系特定産業技術研究機構北海道農業研究センター生産環境部養分動態研究室長 建部雅子博士にご校閲頂いた。深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 農林水産省総合食料局長通知, 17 総食第 26 号 (2005)
- 2) 長尾精一: 最新食品加工講座 小麦とその加工, 建帛社, 東京 (1984)
- 3) 深山一弥・佐藤 博・安田嘉純・江森康文: 農用地調査へのリモートセンシング技術の適用性に関する研究—ランドサット MSS データを用いた水稲冷害分布の調査法—, 農業土木学会論文集, **105**, 27~35 (1983)
- 4) 安積大治・志賀弘行: 水稲成熟期の SPOT/HRV データによる米粒蛋白質含有率の推定, 日本リモートセンシング学会誌, **23**, 451~457 (2003)
- 5) 志賀弘行: 北海道の農業情報システム—土地評価のための農耕地情報統合とリモートセンシング利用—, システム農学, **9**, 32~39 (1993)
- 6) 池田順一・奥野林太郎・山縣真人: 高解像度衛星 IKONOS の画像データによるコムギ収量の予測, 土肥誌, **72**, 786~789 (2001)
- 7) 岡野千春・福原道一・岡本勝男・西宗 昭・嶋田典司: ランドサット TM データによる収穫期におけるテンサイの糖分・根重の推定と生産高の評価事例, システム農学, **10**, 11~20 (1994)
- 8) 岡野千春・福原道一・岡本勝男・西宗 昭・嶋田典司: 多時期ランドサット TM データによる十勝平野の作付図の作成, 同上, **9**, 82~91 (1993)