

衛星リモートセンシングによる秋まき小麦生育区分図の作成 技術

誌名	日本土壌肥料学雑誌 = Journal of the science of soil and manure, Japan
ISSN	00290610
巻/号	751
掲載ページ	p. 103-107
発行年月	2004年2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 小麦生育区分図の作成技術*

安積大治**・志賀弘行***

キーワード リモートセンシング, 秋まき小麦, 植生指数

1. はじめに

北海道における秋まき小麦の作付面積は103,100 ha (2002年)で, 畑作の輪作体系中に重要な位置を占めている。しかしながら, 産地や年次の違いによる品質の変動が大きいことが課題となっており, 圃場における生育状況を効率良く把握し, 適切な管理に結びつけるための技術が必要とされている。

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観測を反復することができる。近年では, センサの観測方向が可変なポインティング機能を搭載した衛星を利用することによりデータ取得の頻度や確実性が高まり, 北海道では水稲における蛋白含有率マップの作成技術を実用化している¹⁾。小麦についてもこれまでに収量推定への応用例が報告されており^{2,3)}, 生育変動の観測技術として利用可能と考えられる。

そこで, 秋まき小麦の主要な生育ステージに観測された衛星データから把握可能な生育情報を検討し, 秋まき小麦の生育区分図を作成する技術を整理したので, その内容を紹介する。

2. 衛星リモートセンシングによる秋まき小麦生育区分図作成技術の概要

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) 生育時期別に得た衛星データより, 秋まき小麦圃場のバンド別デジタル値 (Digital Number: DN) と正規化

植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index: NDVI, 近赤外波長と赤波長の差を近赤外波長と赤波長の和で除した値) を算出する。

3) これらのDNやNDVIと収穫時における穂数, 子実収量, 子実蛋白含有率および窒素吸収量の実測値との関係を検討し, 生育時期別に相関の高いDNやNDVIを選定する。

4) 選定したDNやNDVIを地域の子実収量や子実蛋白含有率に応じて3~5段階に区分し, 生育区分図として地図化する。

なお, 区分図作成の具体的な手順は次節に述べる。

3. 秋まき小麦生育区分図作成の具体的手順

1) 秋まき小麦作付圃場の抽出

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。本技術レポートにおける対象地域である東藻琴村は北海道の主要な畑作地帯である網走支庁管内にあり, 個々の圃場の作付情報が地図情報システムに整備されており, 小麦圃場抽出に利用できたが, 対象地域にこのような基盤情報が整備されていない場合は, 衛星データの分光反射特性から土地被覆分類を行う必要がある。なお, 幾何補正には国土地理院発行の1:25,000地形図画像データ「数値地図25000 (地図画像)」を加工して用いた。

2) DNおよびNDVIの算出

2000年と2001年の秋まき小麦起生期 (4月初旬) から成熟期 (7月中旬) までにLANDSAT衛星, SPOT衛星およびIKONOS衛星で計10回観測されたデータを用い, 東藻琴村18圃場についてそれぞれDNとNDVIを算出した。使用した衛星データを表1に示した。

3) 収穫期実測値データと衛星データの関係解析

東藻琴村の秋まき小麦栽培面積は907 ha (2000年)で, 北海道における主要品種「ホクシン」が作付されている。調査18圃場の平均子実収量は, 2000年が5,410 kg ha⁻¹, 2001年が5,920 kg ha⁻¹で2001年が優った。子実蛋白含有率は, 2000年が10.3%, 2001年が10.8%で2001年の方がやや高かった。総じて生育は2001年の方が良好であったが, 両年とも地域内の変動は大きかった。

各時期に取得された衛星データの赤波長あるいは近赤外波長DNおよびNDVIと収穫時調査の穂数, 子実収量,

Daiji Asaka and Hiroyuki Shiga: Mapping of Growth Variability in Winter Wheat Using Satellite Remote Sensing

* 本報告の一部は2000年12月, 日本土壤肥科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, 2002年1月の北海道農業試験会議において普及推進事項となった。

** 北海道立中央農業試験場岩見沢試験地 (069-0365 岩見沢市上幌向町217)

*** 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)

2003年7月28日受付・受理

日本土壤肥科学雑誌 第75巻 第1号 p.103~107 (2004)

表 1 使用衛星データ一覧

衛星	年月日	センサ	備考	秋まき小麦生育状況
LANDSAT 7	2000.4.23	ETM+		起生期 (融雪直後)
SPOT 4	2000.5.19	HRVIR		幼穂形成期
IKONOS	2000.6.22		雲あり	出穂 1 週間後
SPOT 2	2000.7.22	HRV		収穫直前
SPOT 2	2001.4.28	HRV		起生期 (融雪 2 週間後)
SPOT 2	2001.5.14	HRV		幼穂形成期
SPOT 2	2001.5.29	HRV		止葉期
SPOT 2	2001.6.8	HRV		出穂期
SPOT 4	2001.6.18	HRVIR		出穂 1 週間後
SPOT 2	2001.7.10	HRV	雲あり	収穫 1 週間前

表 2 秋まき小麦生育時期別の衛星データから把握可能な情報

衛星取得時期	衛星データ	把握可能な情報				
		穂数	子実収量	子実蛋白含有率	窒素吸収量	倒伏指数
起生期	赤波長 DN					
	近赤外波長 DN					
	NDVI	○				
幼穂形成期	赤波長 DN	○	○		○	
	近赤外波長 DN	◎	○			
	NDVI	◎	◎		○	
出穂期	赤波長 DN					
	近赤外波長 DN	◎	◎	◎	◎	
	NDVI	◎	◎	◎	◎	
収穫直前	赤波長 DN					△
	近赤外波長 DN			◎	○	△
	NDVI					

◎：2カ年とも危険率0.1%水準で有意。

○：2カ年とも危険率1%水準で有意。

△：年次や衛星観測時期、倒伏の程度等によって変化。

赤波長 DN, 近赤外波長 DN：赤波長, 近赤外波長のデジタル値。

NDVI：正規化植生指数 (Normalized Difference Vegetation Index, 近赤外波長 DN と赤波長 DN の差を近赤外波長 DN と赤波長 DN の和で除した値)。

子実蛋白含有率、窒素吸収量の関係を解析したところ、近赤外波長 DN と NDVI から以下の生育情報が把握可能と考えられた (表 2)。

(1) 起生期：4月下旬の NDVI は収穫時穂数と相関が高く、この時期の地上部生育量は穂数に反映する (図 1a：NDVI と収穫時穂数の関係)。

(2) 幼穂形成期：5月中旬の近赤外波長 DN, NDVI は収穫時穂数、子実収量と高い正の相関がある (図 1b：NDVI と子実収量の関係)。

(3) 出穂期：6月中～下旬の近赤外波長 DN, NDVI は子実収量、子実蛋白含有率および窒素吸収量と高い正の相関がある (図 1c：NDVI と子実蛋白含有率の関係)。

(4) 収穫 1 週間前～直前：7月中旬の近赤外波長 DN は、子実蛋白含有率、窒素吸収量と高い正の相関がある (図 1d：近赤外波長 DN と窒素吸収量との関係)。

4) 秋まき小麦生育区分図の作成

以上のことから、起生期～収穫前に取得された近赤外波

長 DN および NDVI を用いて、収量や子実蛋白含有率、窒素吸収量を推定し地図化することができるが、収穫時地上調査データの使用を前提とすると、当年の栽培管理や収穫などへは利用できないことになる。そこで、近赤外波長 DN および NDVI を数段階に色分けし、対象地域内の収量の多少や子実蛋白含有率の高低などを相対的に比較する秋まき小麦生育区分図を作成した (図 2, 3)。

なお、区分数は、地域の子実収量や子実蛋白含有率の変動程度にあわせて 3～5 段階に設定し、表 3 に示した小麦の生育特性に対応させることが可能である。また、用いる数値は表 2 の結果より起生期～出穂 1 週間後までは NDVI, 収穫前については近赤外波長 DN が適当と考えられた。

図 2 は SPOT 衛星データから作成した秋まき小麦生育区分図の表示例であるが、対象地域内の生育変動が圃場スケールで区分されており、多収圃場、低収圃場などを判別することができる。また、区画の大きな圃場では 1 筆内の

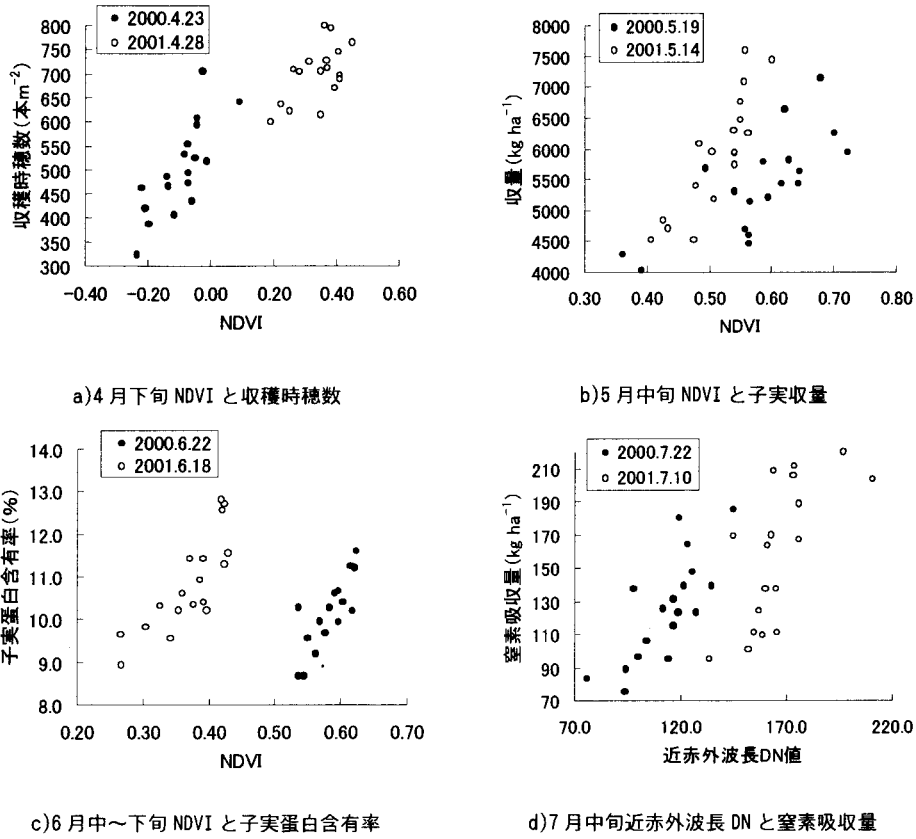


図1 衛星データと収穫時地上調査データとの関係



©CNES, 2000, SPOT, NASDAによる処理

図2 秋まき小麦生育区分図の表示例（北海道・東藻琴村一部）
 2000年5月19日 SPOT 画像 NDVI より作成。

生育ムラや子実収量の変動も把握可能である。

図 3 は、2000 年 6 月 22 日の IKONOS 衛星データから作成した秋まき小麦生育区分図であるが、SPOT 衛星に比べ圃場内の変動の様子を詳細に把握でき、畦の方向も識

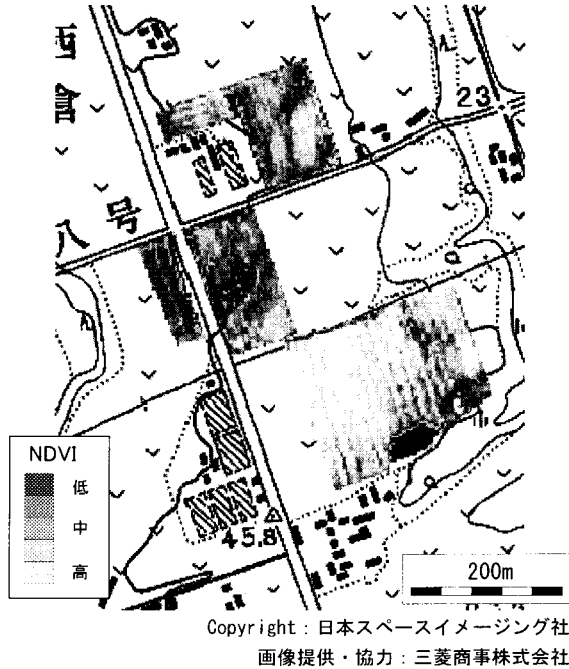


図 3 秋まき小麦生育区分図の表示例(北海道・東藻琴村一部) 2000 年 6 月 22 日 IKONOS 画像 NDVI より作成。

別することができる。また、収量変動のパターンを判読することで、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場合がある。さらに、データは割愛したが収穫直前の 7 月上旬の画像では、倒伏箇所や成熟の進行による黄化の程度の違いが容易に判読できる。このように、IKONOS や QuickBird などの高分解能衛星データを利用すると、1 筆圃場内の生育変動を詳細に把握でき、また、スペクトル情報の他に形状を加味した目視判読によって得られる情報量が多い利点がある。

4. 秋まき小麦生育区分図の利用

表 3 に示したように、秋まき小麦生育区分図で、近赤外波長 DN や NDVI が著しく高いもしくは低い圃場は、土壌環境や栽培管理手法に問題があることが想定される。従って、こうした圃場については、農業改良普及センター等の指導により、追肥の要否判断や倒伏軽減など当年に対応可能な対策等を実施することができる。さらに栽培管理を検証して、これを次年度以降の栽培管理改善にフィードバックすると、地域の生育変動を低減し均質化していくことが可能である。

表 4 に各生育時期別に作成した秋まき小麦生育区分図の具体的な利用場面を整理して示した。

観測当年では、冬枯れの著しい圃場における廃耕の判断や、起生期以降の追肥判断、子実収量や子実蛋白含有率の変動の把握、収穫計画の策定などが想定される。なお、当年の利用を効果的に行うには、現在 1 週間以上を要してい

表 3 秋まき小麦生育区分図から判断される生育特性の例

区分	NDVI もしくは近赤外波長 DN	起生期	幼穂形成期	出穂期	収穫直前
5	高		収穫時の倒伏・高蛋白・成熟の遅れが懸念される		
4	中	地域の標準的な生育レベル			
3	中				
2	中	やや低収レベル			
1	低	生育量が少なく、播種時の遅れなど栽培管理上の問題が想定される			

注) NDVI もしくは近赤外波長 DN を低～高に 5 区分した場合。

表 4 秋まき小麦生育区分図の利用場面

観測時期	使用データ	把握される情報	利用場面	
			当年	次年度以降
起生期	NDVI	起生期生育程度 収穫時穂数	冬枯れ等の把握	地域の生育変動 ○播種時期
幼穂形成期	NDVI	収穫時穂数 子実収量	追肥の要否判断	○土壌タイプ ○栽培管理 ○輪作体系 等
出穂期	NDVI	収穫時穂数 子実収量 子実蛋白含有率 窒素吸収量	子実収量や子実蛋白含有率の変動の把握	圃場の窒素肥沃度の区分
収穫直前	近赤外波長 DN	子実蛋白含有率 成熟の早遅 倒伏	収穫順番策定	成熟の早遅 地域区分

る衛星データ取得から生産現場への解析結果提供までのタイムラグを数日程度とすることが必要である。

次年度以降では、毎年の秋まき小麦生育区分図から生育変動要因を推定し、収量や子実蛋白含有率の安定化に役立てることが可能で、これは現在最も確実な利用方法である。また、成熟程度の早遅は地域特性があることから、複数年のデータから成熟の遅い圃場を特定し、収穫順序決定に利用することが考えられる。この際、圃場管理情報を蓄積した地図情報システムが整備されている地域では土壌情報や栽培管理情報と生育区分図を対比することによって、相乗的な利用効果が期待できる。

5. 本技術適用上の留意点

本技術で作成された秋まき小麦生育区分図は、地域内での収量や蛋白含有率などのばらつきの様子を相対比較するものであり、収量や蛋白含有率の分布図を作成するには収穫時に実際に測定した値との対比が必要である。収穫直前の雨による減収などには対応しておらず、また雑草が非常に多い畑などでは推定精度が低くなる。天候によっては観測を予定した時期に衛星データが取得されない場合があり、また2002年現在、衛星観測からデータ提供までは1

週間程度必要である。

謝 辞 本試験実施にあたっては東藻琴村農業振興センターに多大なるご協力をいただいた。また使用した衛星データのうち、2001年のスポット衛星データについては宇宙開発事業団(NASDA)の衛星リモートセンシング推進委員会より、IKONOS衛星データについては三菱商事/日本スペースイメージング社よりデータの供与を受けた。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 能代昌雄農業環境部長にご校閲頂いた。深く感謝の意を表します。

文 献

- 1) 安積大治・志賀弘行：水稻成熟期のSPOT/HRVデータによる米粒蛋白含有率の推定，日本リモートセンシング学会誌，印刷中
- 2) 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)
- 3) 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)