ラジコンヘリ空撮写真の画像解析による水稻病虫害の被害推定

Ⅲ. コブノメイガおよび穂いもちの被害量と空撮画像バンド間演算値との関係

千脇健司・金谷 元*

(岡山県農業総合センター農業試験場・*現岡山県農業総合センター津山農業改良普及センター)

前報 I²⁾ で葉いもちの被害が発生した出穂前の水田をラジコンヘリコプターで空撮し、得られた水田画像において葉いもちの被害量と19種類の空撮画像バンド間演算値とを単回帰分析し、相関係数を比較することから、葉いもちの被害量の推定に有望な空撮画像バンド間演算を選び出し、高い精度で被害量の推定が可能であることを明らかにした。

また、前報Ⅱで同様の方法により、出穂前の水田画像においてイネツトムシ（イチモンジセセリ）の被害量の推定に有望な空撮画像バンド間演算を選び出したが、株当たりツト数が1程度までの被害発生下ではイネツトムシの被害量を推定することが困難であった。

そこで、筆者は同様の方法により、出穂後の水田画像において混合して発生したコブノメイガおよび穂いもちのそれぞれについて、被害量の推定に有望な空撮画像バンド間演算を選び出し、高い精度で被害量の推定が可能か否かを検討したのでここに報告する。

本論に先立ち、試験について多くのご教示を頂いた農林水産省農業環境技術研究所隔測研究室の井上吉雄博士、美濃伸之博士に心より感謝の意を表する。

試験方法

1. 水田の空撮並びにコブノメイガおよび穂いもちの被害調査

1998年9月17日および1999年9月17日に岡山県農業総合センター農業試験場（岡山県山陽町）内の出穂後の水田（圃場名：B2，面積：10a（20m×50m））をラジコンヘリコプター（以下、ラジコンヘリとする）で、両日とも午前9時30分から同10時15分の間に空撮し、5枚の写真を得た（第1表）。出穂期は1998年8月26日および1999年8月30日であった。

空撮に使用したカメラ、レンズおよびカラーリバーサルフィルムは、両日ともマミヤ645、45mmレンズお

よびフジクローム、デイライトタイプ「PROVIA 400 Professional」とした。空撮時にはラジコンヘリに搭載したビデオカメラから送られてくる映像を地上のテレビモニターで観察しながら、解析対象の水田が写真のほぼ中央に位置するよう操作しながら空撮した。

第1表 ラジコンヘリ空撮概要

年次	撮影高度 (推定)	撮影範囲 (推定)	f	シャッタースピード	フィルムの大きさ
1998	49 m	46 m×62 m	8	1/500	60mm×60mm
	53 m	49 m×67 m	8	"	"
	75~76 m	71 m×93 m	11	"	"
1999	65 m	61 m×81 m	5.6	1/500	60mm×60mm
	57~60 m	56 m×70 m	6.7	"	"

空撮した水田にはいもち病罹病性品種の関東90号を栽培し、防除薬剤の種類や使用回数を変えることにより、コブノメイガおよび穂いもちの被害程度が異なる区（11m²/区）を設けた（第2表）。コブノメイガの被害

第2表 コブノメイガ、穂いもちおよび葉いもちの被害発生状況¹⁾

被害調査 項目 ²⁾	1998年			1999年		
	最小値	最大値	平均値	最小値	最大値	平均値
コブノメイガ						
被害葉数	0	0.89	0.23	0.80	7.00	1.33
穂いもち						
発病穂率	0.5	59.0	24.0	21.0	90.0	52.0
発病度	0.1	32.2	10.4	0.9	59.0	29.1
葉いもち						
病斑数	3.9	218.1	59.8	13.2	123.9	49.1
病斑面積率	0.2	15.5	1.9	0.4	21.0	2.9

¹⁾ 被害量の最小値、最大値、平均値を示した。区数は1998年が51区、1999年が47区。²⁾ コブノメイガ被害葉数および葉いもち病斑数はともに株当たりの数値、穂いもち発病穂率および葉いもち病斑面積率はともに%で示した。穂いもち発病度は日本植物防疫協会「イネ・ムギ等殺菌剤圃場試験法」の調査基準による。葉いもち病斑面積率は病虫害発生予察事業実施要項の「いもち病罹病程度調査基準」による。

Kenji Chiwaki and Gen Kanadani* (Agric. Exp. Stn., Okayama Pref. Gen. Agric. Ctr., *Present: Tsuyama Agric. Ext.Ctr., Okayama Pref. Gen. Agric. Ctr.): Estimating injury of rice plant pest based on natural color photographs taken from radio controlled helicopter Ⅲ. Relationship between rice leafroller injury with rice panicle blast and color indices derived from natural color image.

2001年2月24日受理

調査は1998年9月16日および1999年9月17日に、穂いもちの被害調査は1998年9月17日および1999年9月20日に行った。

なお、区によって葉いもちの被害程度は異ったが、8月中旬以降は被害が停滞したので各区とも出穂後の上位葉の被害は全般に少なかった（葉いもち調査日：1998年8月4・5日、1999年8月9・10日）。

2. 画像データの作成

前項1で得られた5枚の水田の空撮写真は、それぞれをスキャナから1,200dpiの解像度で画像解析装置に取り込み、R、G、B（赤、緑、青）の3バンド、各バンドが8ビット（256階調）のデジタル画像データ（以下、空撮画像とする）とした。

なお、使用したカラーリバーサルフィルムが適正露光下で感応する波長域は、青感層で390～520nm、緑感層で450～595nm、赤感層で550～680nmの可視光域であった（富士写真フィルム㈱プロフェッショナル写真部「FUJIFILM DATA SHEET」参照）。また、本試験の場合カラーリバーサルフィルムを通過する透過光をスキャナが読み取るが、スキャナが読み取る透過光の波長域（参考値）は、青色光で400～490nm、緑色光で460～630nm、赤色光で570～700nmであった（シャープ株式会社プリンタ／スキャナお客様サポートセンター資料参照）。

これら5つの空撮画像は、画像ごとに水田内の各区の画像データを抽出し、R、G、B各バンドのヒストグラムの平均値を用いてバンド間演算（以下、空撮画像バンド間演算とする）を行った。各区からの画像データの抽出は、区の中央部分の画像とした。

空撮画像バンド間演算は、衛星リモートセンシングで一般的に用いられる植生指数であるDVI（差植生指数）¹⁾、RVI（比植生指数）¹⁾、NDVI（正規化植生指数）¹⁾を参考に作成した、 R 、 G 、 B 、 $G + R$ 、 $G - R$ 、 G/R 、 $(G - R)/(G + R)$ 、 $G + B$ 、 $G - B$ 、 G/B 、 $(G - B)/(G + B)$ 、 $R + B$ 、 $R - B$ 、 R/B 、 $(R - B)/(R + B)$ 、 $R + B + G$ 、 $R + B - G$ 、 $(R + B)/G$ 、 $(R + B - G)/(R + B + G)$ 、 $G + R - B$ 、 $(G + R)/B$ 、 $(G + R - B)/(G + R + B)$ 、 $G + B - R$ 、 $(G + B)/R$ 、 $(G + B - R)/(G + B + R)$ の25種類とした。

なお、画像解析装置は、ハードウェアとしてスキャナ（シャープ株式会社、JX-325M）等周辺機器を接続したUNIXワークステーション（サンマイクロシステムズ社、Sun SPARCstation LX/GX）、ソフトウェアとしてERDAS IMAGINE Ver.8.2（ERDAS社）を使用した。

3. 画像データの解析

1998年および1999年の5つの空撮画像について、画像ごとに各区におけるコブノメイガの株当たり被害葉数、穂いもちの発病穂率および発病度のそれぞれと25種類の空撮画像バンド間演算値とを単回帰分析し、相関係数を比較することにより、コブノメイ

ガおよび穂いもちの被害量それぞれを推定するのに有望な空撮画像バンド間演算を選び出し、高い精度で被害量の推定が可能か否かを検討した。

結果および考察

コブノメイガの株当たり被害葉数、穂いもちの発病穂率および発病度のそれぞれの被害量において、5つの空撮画像を通じて相関が高く有望と考えられた空撮画像バンド間演算を第3表に示した。

第3表 コブノメイガ、穂いもちそれぞれの被害量推定に有望な空撮画像バンド間演算

対象病虫害	バンド間演算	相関係数 ¹⁾	r ² (寄与率)
コブノメイガ	G/R	-0.62**	0.39
株当たり被害葉数	$(G - R)/(G + R)$	-0.63**	0.39
	$R + B - G$	0.60**	0.36
	$(R + B)/G$	0.66**	0.43
	$(R + B - G)/(R + B + G)$	0.66**	0.43
穂いもち	G/B	-0.48**	0.23
発病穂率	$(G - B)/(G + B)$	-0.48**	0.23
	$(R + B)/G$	0.58**	0.33
	$(R + B - G)/(R + B + G)$	0.58**	0.33
穂いもち	G/B	-0.47**	0.22
発病度	$(G - B)/(G + B)$	-0.47**	0.22
	$(R + B)/G$	0.58**	0.34
	$(R + B - G)/(R + B + G)$	0.59**	0.34

¹⁾ 5つの空撮画像間で最も高いものを示した。

**：p < 0.01，*：p < 0.05

25種類の空撮画像バンド間演算の内、有望と考えられた演算は、コブノメイガの株当たり被害葉数において G/R 、 $(G - R)/(G + R)$ 、 $R + B - G$ 、 $(R + B)/G$ 、 $(R + B - G)/(R + B + G)$ の5種類、穂いもちの発病穂率および発病度において G/B 、 $(G - B)/(G + B)$ 、 $(R + B)/G$ 、 $(R + B - G)/(R + B + G)$ の4種類であった。

しかし、本試験のように、出穂前に葉いもちの被害が、出穂後にコブノメイガと穂いもちの被害が混合して発生している状況下（第2表）では、コブノメイガ、穂いもちそれぞれの被害で r^2 （寄与率）が0.43以下の回帰式しか得られず、それぞれの被害量を推定するのは困難であった。

有望と考えられた上記の演算の内、 $(R + B)/G$ 、 $(R + B - G)/(R + B + G)$ の2種類の演算は、コブノメイガおよび穂いもちのいずれの被害においても有望であった。従って、被害を発生させた病害虫を特定はできないが、その被害量を包括的に把握するための有望な演算である可能性があり、今後さらに詳細な検討を必要とする。

引用文献

- 1) 秋山 侃・福原道一・斎藤元也・深山一弥（1996）農業リモートセンシング — 環境と資源の定量的解析 —，農林水産省農業環境技術研究所，茨城，pp. 166.
- 2) 千脇健司・金谷 元・田中福三郎（1999）関西病虫研報 41：3 - 10.