

ドローン撮影による稲穂の縞模様と干拓排水路の来歴

Old reclamation influenced rice field patterns observing by drones

近藤 進 河原和好 上村喜一 小林満男

あらまし

無人航空機(ドローン)応用の可能性を探るため、水田の長期観察をおこなった。この結果、稲穂の成熟期に、新田開発・耕地整理以前の地盤構造(来歴)の影響を見ることができた。

1. はじめに

無人航空機(以下ドローンとする)の進歩は著しく、物流、農業、測量・インフラの点検・災害救助等に応用されている。[1] [2] [3] 農業分野では、以前からヘリコプターによる農薬散布が行われていたが、マルチコプタータイプの急激な進歩により、この農薬散布を始め、農地の耕作状態の調査、[4]ピンポイントでの観察・消毒・追肥等、大規模な農業経営に応用されている。特に空撮機能を備えたドローンが安価に提供されるようになり、農業法人、自治体、企業にも浸透し始めている。ここでは、ドローンの空撮機能を用い、水田の観察を行った。この結果、新田開発・耕地整理以前の地盤構造が稲穂成熟期に水田模様として現れることを確認した。

2. 水田の縞模様

2018 年より週 1 回～2回上空からドローンによる水田の観察を行った。巨視的な観察から、耕起・田植え・追肥等による成長の不均一が観察された。また、コンバインによる稲刈りあとが、次年度の稲の生長に影響することを報告した。これらの不均一は農業機械の移動方向に起因するため、一般的には畦に平行または垂直となる。[5]一方多くの水田を調べると、田植え機やコンバインの



図1 収穫期の縞模様 (2018 年 9 月 13 日)

①畦に平行な縞模様

②畦と異なる向きの縞模様

③雑草

移動と異なる植生の変化も観察された。

図1は高度120mから撮影した大学に隣接する藤蔵新田の水田を示す。収穫期で一部の稲刈りが開始されている(2018年9月13日)。水田には黄緑色の縞状の筋が観察される。稲葉の色は、葉色値(SPAD)として、生育状況を把握する手段の一つである。苗の活着・分けつの後、葉色値により出穂の状態等を把握して、水や追肥の管理がなされている。[6] [7] [8] ここでは、写真での縞模様の判別が容易であるため、葉色値は用いないが、おおよそ稲刈り時期に相当する27~32である。穂の結実状態が異なるため、それぞれの水田一枚ごとの葉色値は異なる。

前述したように、田植え、耕起、稲刈りの機械走行のあとが、稲の生長に影響する。田植え機やコンバインは畦に沿って移動するため、水田の畦の形状にほぼ並行または垂直である。このため、これらに起因する稲の植生模様も畦と平行または垂直となる。また、コンバインによる稲刈りのあとが、翌年の田植え後、穂の出る直前まで水田の模様として影響する。[5]

図1に示す稲田の縞模様(緑色の濃い筋)は、①に示すような畦と平行なものもあるが、②のように必ずしも畦の方向とは一致していない部分もある。これらの縞模様は畦を横切って連続していることから、耕作に依存しない原因が推測される。また、場所によって③に示すような雑草がみられる。雑草はこの筋の上、葉色値の高い部分(緑の濃い部分あるいは黄色くない部分)に集中している。このことは、雑草の種子が飛び、筋状模様を発生させている可能性もある。



図2 翌年(2019年)の縞模様 (2019年9月4日) ①の拡大を図3に示す

3. 翌年(2019年)の縞模様

図2はほぼ同じ場所の1年後(2019年9月4日)の状態を示す。前年とほぼ同じ位置に同じ筋状模様が観察される。雑草の種子が飛んで水田に筋状模様を形成するとすれば、模様は年ごとに变化する。図1の筋状模様と翌年(図2)の模様の位置は同じである。図3は筋状模様の一部(図2の①)を拡大したものである。明瞭な縞模様が観察できる。道路と畦の交点に給水栓があり、



図3 図2①の部分拡大



図4 図3赤枠内の拡大



図5 図2 ①の道路側からの風景

この周辺は緑が濃い傾向にある。図4は、図3の赤枠で囲んだ領域をさらに拡大したものである。筋状模様（縞模様）の境界は不鮮明となるが、葉色の違いであることがわかる。いわゆる雑草は観察されない。1m程度の間隔で葉色の緑色の濃い部分があり、これが筋状、そして縞状模様を構成していることがわかる。

図5は同じ水田を人間の目の高さで撮影したものである。人間の目の高さからでは、縞模様を見ることはできない。図4および図5から、この筋状模様は、近くでは観察されにくく、ある程度離れたところから認識することができる。

また、この模様は、田植え期から出穂期直前まではわかりにくく、一部が黄色く変色し始めた 8



図6 稲刈り後の水田 ひこばえによる縞模様（矢印）

月以降に認識することができる。

さらに、これらの模様は、稲刈り直後のひこばえ時にも、観察することができる。ひこばえとは、稲刈り後、残った稲株から葉や穂が再成長した状態である。図6は稲刈り後のひこばえ状態を示す。稲刈り直後はみられないが、約 2 週間後の水田に矢印で示すような筋状模様を見ることができる。この模様がみられるのも、コンバインあと等の農機移動によるものとは異なり、藤蔵新田など一部の地域に限られている。



図7 越後赤塚駅周辺の 1956 年の航空写真（国土地理院）[9] ①藤蔵新田
②現在の新潟国際情報大学の位置 ③越後線 ④越後赤塚駅

4. 悪水路(排水路)

図7は 1956 年の越後赤塚駅周辺の航空写真(国土地理院撮影)を示す。[9] 左下部①が藤蔵新田である。②が現在の新潟国際情報大学の敷地、③が越後線④が越後赤塚駅である。藤蔵新田周辺には①を中心として黒い放射状の筋が見られる。

藤蔵新田は、かつて乳の潟(ちのかた)と呼ばれる潟であった。江戸時代から明治時代初期にかけて潟の新田開発が進められたが、干拓されたり、潟に戻されたりの歴史を持つ。[10][11] 潟の中央部は(図 7 の①の部分)は干拓以前から島で弁財天社がまつられていた。航空写真(図 7)の放射状の黒い筋は、干拓後の悪水路である。一般に干拓時の排水を悪水、排水路を悪水路と呼ぶ。明治9年の藤蔵新田の地図「藤蔵新田耕地地割繪圖」によれば地割とともに悪水路ごとに名前がつけられている。この古地図の悪水路と航空写真による水路は、多少の時間的変化はあるが、ほぼ対応している。[12]

図8は藤蔵新田の南側を撮影したものである。黄緑色の縞模様が観察されるが、特徴的な逆 U 字状(矢印で示す)の模様がみられる。図9は航空写真(図7)の藤蔵新田南部を拡大したものである。ドローン写真と向きを同じにするため、航空写真は左に 72° 回転させている。具体的には拡大航空写真(図9)の上が越後赤塚駅方向にあたる。赤の台形は、ドローン撮影された範囲を示す。矢印で示す逆 U 字状黄緑色の模様は航空写真の逆 U 字型の悪水路と一対一に対応している。

図1で示した畦に平行な①の縞模様を含め、黄緑色の濃い筋状模様は、航空写真の水路と対応している。したがって、稲の縞模様は新田開発時の悪水路と一致していることがわかる。



図8 藤蔵新田の南側の縞模様 逆U字の模様



図9 藤蔵新田の拡大航空写真(撮影方向に写真を回転) 赤台形枠が図8の撮影範囲 [9]

5. 水の影響

稲の葉および穂の色は、水と養分(肥料)に依存する。養分の多いところ、水分の多いところでは、稲の成長が早い。穂のつかない茎を制限する分けつや、丈を抑えるため(稲の倒壊を防ぐ)、中干し・溝きりといった水分管理が行われる。水分が多いと稲の伸びが早く、出穂が遅れ、結実が遅く、葉の黄化も遅れる。図3の給水栓の近くで、緑色が濃いのもこの理由による。藤蔵新田では悪水路による水分の影響が大きく、結実時に黄緑色の縞模様が残ったと考えられる。

図1の③に示した雑草が黄緑色の筋にのっているのも、これらの排水路の水分の多いため、発芽しやすく成長しやすいものと思われる。

稲は、田植え時期の前後はあるが、ほぼ均一に成長する。このため水田一枚ごとにほぼ均一な葉色値を示す。したがって、前回報告したような、コンバインのあとのように、水や養分の差が、葉の色や穂の形成に敏感に現れる。藤蔵新田では、さらに排水路の影響が残ったため、筋状あるい

は縞模様として収穫時の稲に現れたものと考えられる。

ここでは、新田開発の歴史を持つ藤蔵新田を取り上げたが、耕地整理後の水田にも同様な筋状模様が観察される。ドローンによる観察から、かつての河川の跡、水路の跡が、発穂後の水田模様として見ることができる。図10は、耕地整理以前の水路の様子が現れた例を示す。干拓のような新田開発でなくても、稲穂の成熟期に、かつての地盤構造の影響を見ることができる。



図 10 水路模様が現れた水田

6. まとめ

ドローンにより水田の長期観察を行った。この中で、藤蔵新田では農業機械の移動と異なる稲の縞模様がみられた。これらには、地区の新田開発時の悪水路（干拓時の排水路）の形状が反映されている。稲は極めて均質に成長する植物であり、以前の地盤構造（来歴）が成熟期の水田に反映される。藤蔵新田以外の地域でも同様な影響を観察することができた。

参考文献

- [1] 野波健蔵（編著）「ドローン産業応用のすべて」、オーム社(2018)
- [2] 「小特集 ドローンがもたらす新しい世界」、電子情報通信学会誌 vol.101No.12 (2018)
- [3] 小川健太 鈴木透 高橋佑亮 上山和夫 牛山克己 嶋田哲郎「ドローンを活用したガンカモ類調査ガイドライン」, http://www.izunuma.org/pdf/drone_guideline.pdf (2019)
- [4] 「転作作物の作付け確認にドローン」,新潟日報 2019年6月11日, <https://www.niigata-nippo.co.jp/news/economics/20190611475474.html> (2019)
- [5] 近藤進 河原和好 上村喜一 中野又右衛門 小林満男 「無人航空機（ドローン）による水田と白鳥の観察」,新潟国際情報大学経営情報学部紀要(2019)
- [6] 平成30年度なんかん米コシヒカリ BL 栽培暦, JA にいがた南蒲 http://www.ja-niigatanankan.or.jp/wp-content/themes/janankan/images/page/farm/file/h30/h30koyomi_koshihikari.pdf, (2018)
- [7] 南魚沼コシヒカリ栽培ごよみ, JA 魚沼みなみ, http://www.ja-uonuma.or.jp/pdf/110525_saibaigoyomi.pdf, (2018)
- [8] 大越和樹「LEDによる稲苗ルッコラの生長」,平成29年度新潟国際情報大学卒業論文

(2018)

[9] 国土地理院航空写真（1956年5月5日撮影）,

<https://mapps.gsi.go.jp/contentsImageDisplay.do;jsessionid=87576458023ED764D0E67F5F28C851B0?specificationId=1182388&isDetail=true>

[10] 「越後一揆と石黒家」,(2011)

<http://sr-shikoutei-2.cocolog-nifty.com/blog/2011/08/post-e4ef.html>

[11] 太田和宏「新潟市西区に関する潟と人の共存（里潟）について」平成26年度 新潟市潟環境研究所 研究成果報告書（2018）

https://www.city.niigata.lg.jp/kurashi/kankyo/kataken/kataken_kankoubutsu.files/kazuhiro_oota.pdf

[12] 「新潟懸西蒲原郡赤塚村大字藤藏新田耕地地割繪圖」, 明治9年12月7日（赤塚・中原邸保存会）