

令和元年度 成績概要書

課題コード（研究区分）：3101-215101（経常研究）

1. 研究課題名と成果の要点

- 1) 研究成果名：水稲を対象とした UAV リモートセンシングの活用法
(研究課題名：UAV リモートセンシングによる水稲生育・収量推定法の開発)
- 2) キーワード：水稲, UAV リモートセンシング, NDVI_{pv}, 窒素吸収量, 収量
- 3) 成果の要約：水稲を対象とした UAV リモートセンシングについて、安定した植生指数を取得できる撮影条件を明らかにした。6~7月中旬の NDVI_{pv} から生育初期におけるおおよその窒素吸収量を把握できる。また、出穂期~出穂期1週間後に取得できる最大 NDVI_{pv} から、圃場位置に対応した収量の相対比較が可能である。

2. 研究機関名

- 1) 担当機関・部・グループ・担当者名：中央農試・生産研究部・水田農業G・研究主任 長田亨
- 2) 共同研究機関（協力機関）：

3. 研究期間：平成 30~令和元年度（2018~19年度）

4. 研究概要

1) 研究の背景

UAV リモートセンシングは人手に比べて広範囲の作物を対象に、短時間かつ面的な評価が可能である。また、衛星リモートセンシングに比べて時間的かつ空間的な分解能が高い。しかし、UAV や搭載できるセンサーの性能が向上する一方で、UAV リモートセンシングの農業における有益な活用法に関する情報は少ない。

2) 研究の目的

安定した植生指数（NDVI 等）を取得できる UAV リモートセンシングの撮影条件を明らかにするとともに、水稲を対象とした UAV リモートセンシングの活用法について検討する。

5. 研究内容

1) 水稲を対象とした UAV リモートセンシングの撮影条件

- ・ねらい：安定した植生指数を取得できる UAV リモートセンシングの撮影条件を明らかにする。
- ・試験項目等：〔使用機材等〕 3DR solo (UAV)、RedEdge-M (マルチスペクトルカメラ)、Metashape (SfM-MVS ソフトウェア)、ArcGIS Pro2.4 (GIS ソフトウェア)、〔実施圃場〕 中央農試移植栽培圃場、〔供試品種〕 「ななつぼし」、〔調査方法〕 水稲生育調査：草丈、茎数、乾物重、窒素吸収量、収量、収量構成要素、タンパク質含有率を調査した。UAV リモートセンシング：基本的な手順はカメラや UAV メーカーの推奨方法および既往の報告に準じ、移植~収穫まで定期的実施した。また、撮影時間帯や撮影高度の影響について検討した。

2) 水稲を対象とした UAV リモートセンシングの活用法

- ・ねらい：生育や収量の評価など、水稲を対象とした UAV リモートセンシングの活用法について明らかにする。
- ・試験項目等：水稲の生育・収量を評価可能な UAV リモートセンシングの実施時期や植生指数について検討した。

6. 成果概要

- 1) 朝方や夕方の撮影は植生指数の数値が高くなる。また、南中時刻頃は水面の太陽反射が写り込む。撮影時間帯の影響を小さくするためには、これらの時間帯を避けた南中時刻の前後 2 時間に撮影する（データ略）。
- 2) 撮影高度が 20m と低いと飛行速度が遅く画像がぶれやすい。また、100m では地上分解能が低いため背景の水や土をうまくマスクできず、NDVI_{pv} の処理区間の差が縮小し、窒素吸収量など生育量との相関が低下した（図 1）。ゆえに撮影高度は画質が比較的安定しかつ地上分解能が高い 50m（地上分解能約 3.5cm/pixel）とする。
- 3) 窒素施肥量や移植日によらず NDVI_{pv} は移植後から次第に上昇し、出穂期頃に最大値に達する。出穂期から 1 週間程度はほぼ横ばいに推移し、その後成熟期に向かって低下する。ゆえに、出穂期~出穂期 1 週間後の間に取得した NDVI_{pv} を最大値としてみなすことができる（図 2）。
- 4) 出穂期頃までの各撮影日における窒素吸収量と NDVI_{pv} との間には、高い正の相関関係が認められた。相関係数を比較すると、2018 年が NDVI_{pv} (7/4 の相関係数 0.94) と NDVI (同 0.95) は同等、2019 年が NDVI_{pv} (7/3 の相関係数 0.88) は NDVI (同 0.75) よりも高く、NDVI_{pv} は窒素吸収量の評価に適していると考えられた。
- 5) 6~7 月中旬における NDVI_{pv} と窒素吸収量との間には、撮影日や移植日によらない比例関係が認められた。また、2018-2019 年の NDVI_{pv} に対する窒素吸収量のプロット域は、年次によらず概ね重なっていた。カメラが RedEdge-M の場合、窒素吸収量の回帰式〔窒素吸収量(kg/10a)=-11.09+21.99・NDVI_{pv}〕は RMSE=0.42kg/10a であり、この回帰式から水稲の生育初期 (NDVI_{pv}<0.7) におけるおおよその窒素吸収量を把握できる（図 3）。
- 6) 出穂期~出穂期 1 週間後の間に取得できる最大 NDVI_{pv} と精玄米収量の間には、2018 年および 2019 年それぞれに比例関係が認められた。ゆえに最大 NDVI_{pv} から、当年の収量について圃場の位置情報に対応した相対比較が可能である。ただし、最大 NDVI_{pv} に対する精玄米収量のプロット域には、年次による偏りを生じた。この偏りは気温や日射量など登熟期間の気象の違いが影響していると推察された（図 4）。

＜具体的データ＞

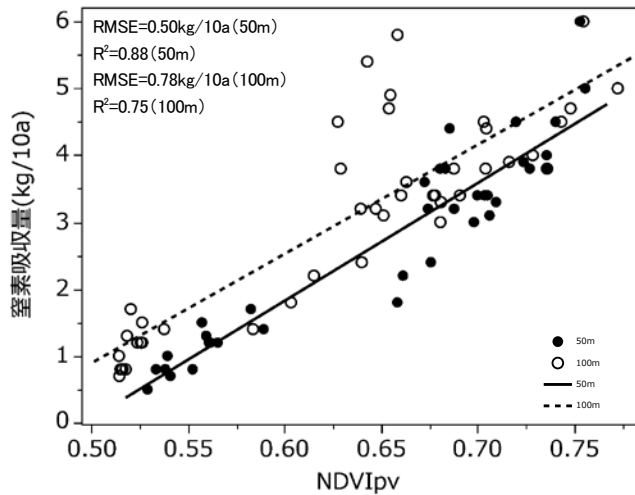


図1 撮影高度が窒素吸収量とNDVIpvの関係に及ぼす影響(2018.7.4)

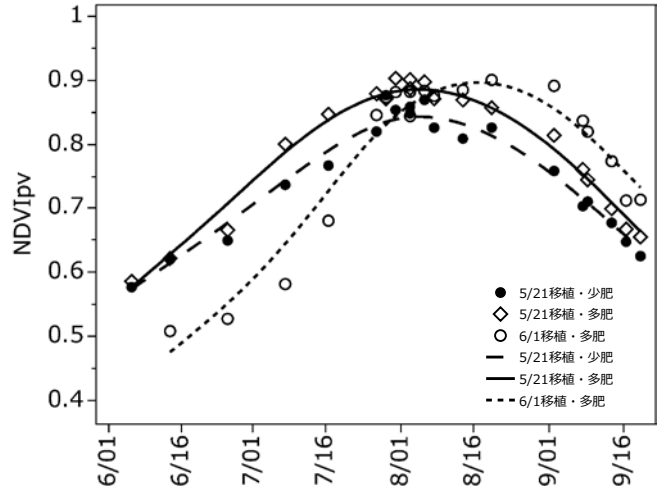


図2 生育期間中におけるNDVIpvの推移(2018)
出穂期: 7/28 (5/21 移植)、8/8 (6/1 移植)

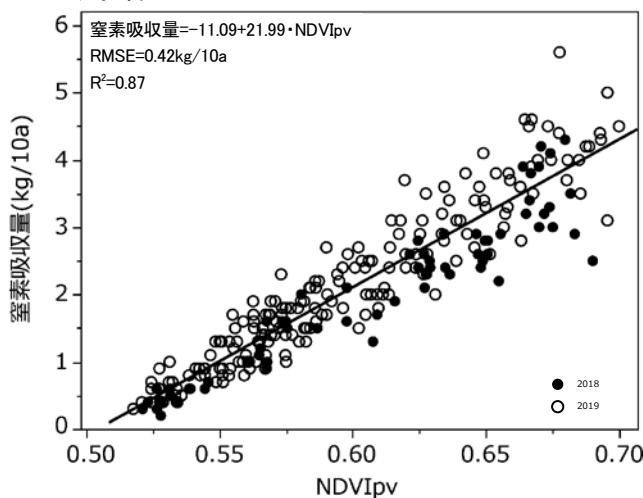


図3 生育初期(6~7月中旬, NDVIpv<0.7)におけるNDVIpvと窒素吸収量の関係(2018-2019)

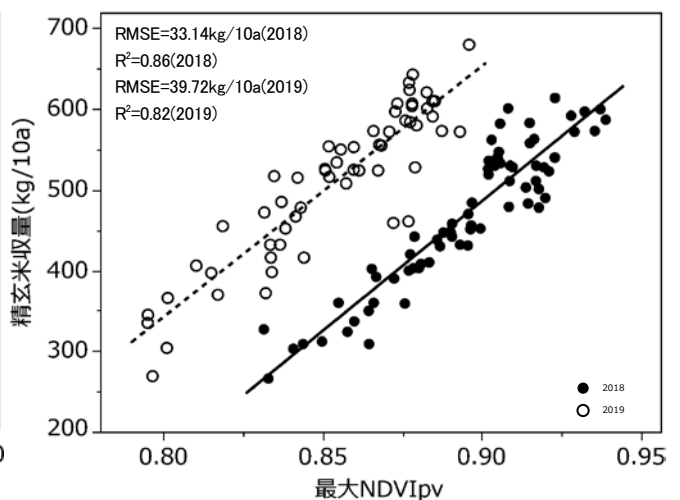


図4 最大NDVIpvと精玄米収量の関係(2018-2019)

用語説明:

UAV: 無人航空機、通称ドローン。

リモートセンシング: 衛星や UAV などに搭載したセンサー (カメラ) を用いて、物体が反射・放射する電磁波を遠隔から計測し、物体の性状を識別する技術。

マルチスペクトルカメラ: 赤、緑、青以外にも近赤外など複数の波長帯の画像情報を取得できるカメラ。

NDVI: 正規化植生指数、植物の活性度を示す。NDVI=(近赤外反射率-赤反射率)/(近赤外反射率+赤反射率)

NDVIpv: NDVI>0.5 (RedEdge-M の閾値) を植物と定義し抽出。背景の水や土をマスクした植生指数。

SfM-MVS: カメラの位置情報、画像間に共通する特徴点から 3次元モデルを構築する技術。

RMSE: 二乗平均平方根誤差、回帰式の適合度を表す指標の1つ。

7. 成果の活用策

1) 成果の活用面と留意点

- (1) UAV リモートセンシングを利用し、圃場位置に対応した水稻の生育状況を把握することに活用できる。
- (2) 本試験は、3DR solo(UAV)、RedEdge-M(マルチスペクトルカメラ)、Metashape(SfM-MVS ソフトウェア)、ArcGIS Pro2.4 (GIS ソフトウェア) を使用し、「ななつぼし」の移植栽培を対象に行った。
- (3) RedEdge-M 以外の機種を使用する場合には、地上分解能が同等 (約 3.5cm/pixel) となる高度を設定する。また、NDVIpv を出力する際は NDVI の絶対値が異なるので、水や土をマスクできるような閾値を調整する。
- (4) UAV の使用にあたっては、航空法等関連する法令を遵守すること。

2) 残された問題とその対応

なし

8. 研究成果の発表等

なし