

ドローンによるリモートセンシングを活用した 水稻乾田直播－小麦の多収二毛作体系

試験研究計画名：ドローンの高精度リモートセンシング技術の活用による乾田直播を基軸とした暖地水田輪作高収益化技術の開発と実証

地域戦略名：水田作農家の省力化技術導入による規模拡大と収量・品質安定化技術導入による高収益化

研究代表機関名：（研）農研機構九州沖縄農業研究センター

地域の競争力強化に向けた技術体系開発のねらい：

北部九州地域の水田では水稻、麦、大豆の二毛作が盛んに行われており、土地利用率は非常に高くなっています。しかし、他地域と同様に生産者の高齢化が進んでおり中核的担い手への農地の集積は徐々に進んでいます。今後、その傾向は加速すると考えられ、省力的な栽培技術の導入は必須です。九州沖縄農業研究センターでは振動ローラ式乾田直播技術（写真１）を開発し、普及を図っていますが、移植栽培とは肥効が異なることから低収になる事例も見受けられます。また、小麦は収量の年次変動が大きく、特に近年は低収になることが増えています。今後のさらなる大規模化で経営を安定させるためには、収量を高位安定化させることが必要です。そのためには、圃場ごとに生育状況を把握し、生育診断に基づいた適切な施肥を行うことが不可欠です。

従来の生育診断では葉緑素計やカラスケールが利用されてきましたが、多大な労力を要し、大規模経営で行うことは困難です。近年急速に普及しつつあるドローンは、低価格化、高機能化が急速に進み、撮影したい時期に安定した空撮画像（写真２）を取得できる特徴があります。そこでドローンを利用したリモートセンシングによる水稻、麦の生育診断技術に基づく最適施肥技術を開発し、乾田直播栽培と組み合わせることで、水稻で最大で約 13,000 円 /10a、小麦では 17,000 円 /10a の収益向上を実現する技術体系の開発を目指しました。



写真１ 乾田直播栽培に利用する振動ローラ



写真２ ドローン空撮画像

技術体系の紹介：

1. ドローンを利用した効率的な広域リモートセンシング技術

空撮にはDJI社のPhantom 4 proやMatrice 100などの汎用型ドローンを利用します（写真3、写真4）。汎用型ドローンには高性能な可視光カメラが搭載されていることが多いですが、作物の生育状況を把握するには専用のセンサーが必要です。センサーは可視光以外の波長も撮影できるマルチスペクトルカメラを利用します。マルチスペクトルカメラにはParrot社のSequoia+（セコイアプラス）やMicaSense社のRedEdge（現在はRedEdge-M）があります。マルチスペクトルカメラをドローンに搭載するには専用のマウントやアタッチメントを別途準備する必要があります。

空撮写真は、ドローンの飛行高度が低いほど詳細に、高いほど広範囲になります。すでに商用化されているドローンを利用したリモートセンシングサービスもありますが、空撮高度が30m以下のものが多く、1日の撮影面積は10ha程度が限界です。経営規模の大規模化を考えた場合、効率的に広域面積を撮影する必要があります。圃場単位で生育診断を行う場合には100m以上の高度でも精度に問題ありません。

空撮画像は広域面積を1枚の写真で撮影するのではなく、連続撮影した画像をコンピュータ上で専用の解析ソフトを使って貼り合わせ、1枚の広域画像に合成します（図1）。

解析ソフトには3D解析もできる高機能なソフト（Pix4D mapper や Agisoft Metashape など）もありますが、価格が高く、使用するにはハイスペックなパソコンが必要で解析にも時間がかかります。追肥

量を定めるための生育診断には3D解析は不要で、農業用に開発されたPix4D fieldsを利用すると一般的に市販されているパソコンでも短時間で解析ができ、高機能ソフトに比べると安価です。

マルチスペクトルカメラの画像から生育状況を把握するには、画像から得られた赤色波長と近赤外波長のデータからNDVIと呼ばれる植生指数を計算する必要があります。NDVIは-1から1の値で示され、値が大きいほど生育が良いと判断されます。NDVIは前出の解析ソフトPix4D fieldsで計算することができ（図2）、このNDVI

の値を使って最適な追肥量を決定します。本技術を利用すると図2の100haの広域面積をおよそ1.5時間で空撮でき、パソコンへのデータ転送も含めた画像解析作業は3時間程度でできます。



写真3 Sequoia+を搭載した
Phantom 4 Pro



写真4 RedEdgeを搭載した
Matrice 100

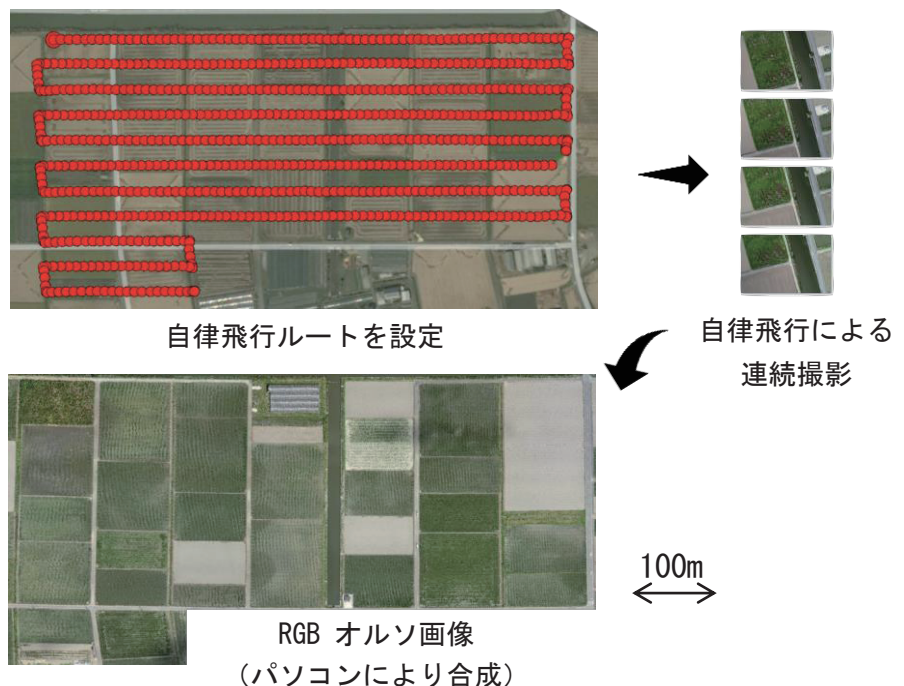


図1 ドローンによる空撮から全体画像を合成するイメージ
(可視光カメラを使用した場合)

2. ドローン空撮画像による生育診断を活用した乾田直播水稻の多収栽培技術

出穂 30 日前から出穂までの間にドローンによる空撮を行います。得られた画像から NDVI を算出し、その NDVI から最適な穂肥量を計算します。福岡県みやま市で振動ローラ式乾田直播栽培を行った「にこまる」で本技術に基づいた穂肥を実施したところ、隣接した慣行施肥圃場に比べて収量が 6% 増加しました（図 3）。水稻栽培では基肥と追肥を行う分施肥体系と緩効性肥料を利用した基肥一発施肥体系がありますが、本技術はいずれの施肥体系においても適用可能です。また、乾田直播栽培だけでなく移植栽培にも適用可能です。現在のところ、本技術の有効性については「ヒノヒカリ」と「にこまる」の 2 品種で確認済みです。

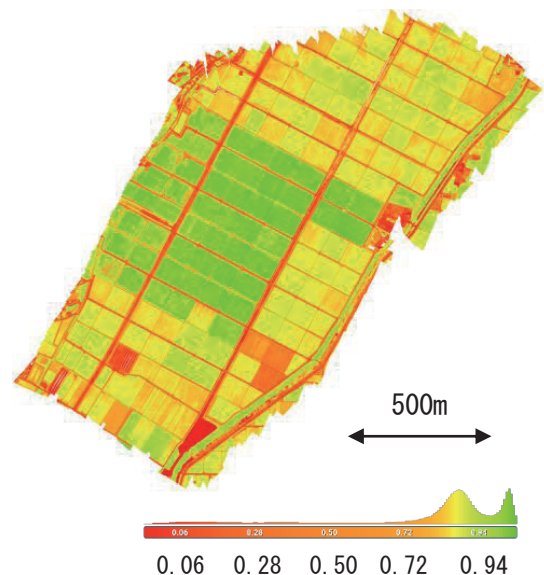


図 2 Pix4Dfields で作成した NDVI マップ（2018 年玉名市、約 100ha）

3. ドローン空撮画像による生育診断を活用した小麦の追肥重点型多収栽培技術

基肥を減らし、追肥で多く施用する追肥重点型施肥体系で小麦の収量が増加することがわかってきています。適切な量の追肥を施用することが重要で、追肥を行う時点での小麦の生育量から判断する必要があります。一つ一つの圃場の生育量を地上で測定することは難しいことから、ドローン空撮画像から得られる NDVI の値を基に追肥量を決定します。本技術を導入した複数の現地実証試験では隣接の慣行施肥圃場に比べて 10 ～ 50% 増収し、500kg/10a 以上の収量を得ることができました（図 4）。現在のところ、本技術の有効性については「シロガネコムギ」で確認済みです。

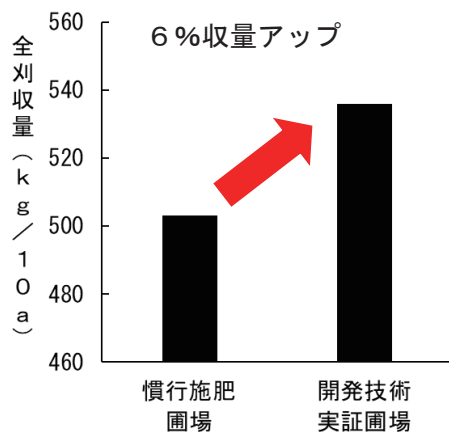


図 3 技術導入による乾田直播水稻「にこまる」の増収効果（2019 年、福岡県みやま市）
※施肥量は窒素成分で、慣行施肥圃場は全量基肥で緩効性肥料を用いて 6.7kg/10a。開発技術実証圃場は慣行施肥圃場と同様に基肥を行い、8 月 9 日に追肥として硫安で 1kg/10a。

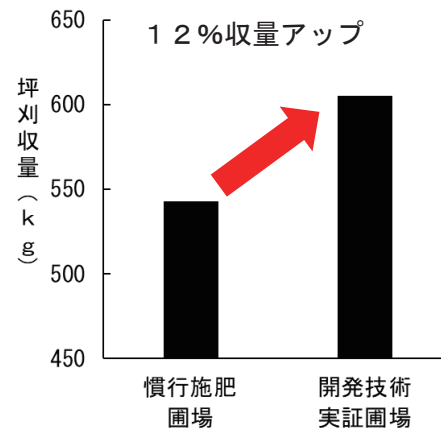


図 4 技術導入による小麦「シロガネコムギ」の増収効果（2019 年、福岡県みやま市）
※施肥量は窒素成分で、慣行施肥圃場は基肥に 5kg/10a、1 月 25 日に追肥として緩効性肥料を利用して 9.6kg/10a。開発技術実証圃場は基肥に 3kg/10a、追肥として 2 月 7 日と 3 月 9 日にそれぞれ硫安で 8kg/10a と 5kg/10a。

技術体系の経済性は：

経営改善効果

現地実証試験の結果をもとに作目別収支の増分を試算しました（表 1）。水稻では移植栽培から振動ローラ式乾田直播栽培に変更し、ドローンを利用したりリモートセンシングに基づく生育診断技術を導入した場合、10a 当たり 11,826 円（増収効果 7,219 円、品質向上効果 4,607 円）の所得増加が見込まれます。小麦ではドローンを利用したりリモートセンシングに基づく生育診断技術、追肥重点型多肥栽培などの導入による増収効果として 10a 当たり 16,110 円の所得増加が見込まれます。水稻・小麦の輪作圃場では通年で 10a 当たり約 28,000 円の所得増加を期待できます。なお、ドローンを利用したりリモートセンシングに基づく生育診断についてはいずれの作目においても事業者への委託を想定し、料金は先行事例等を参考に 10a 当たり 1,500 円（1 作物 1 回）と仮定して試算をおこないました。

表 1 開発技術導入による
所得増加効果

作目	所得増加効果 (円／10a)
水稻	11,826
小麦	16,110

経済的な波及効果

本技術体系が福岡県、佐賀県、長崎県の「ヒノヒカリ」栽培面積の約 10%である 2,500ha に導入された場合、生産者の収入は水稻と小麦（「シロガネコムギ」を栽培した場合）合わせて、約 7 億円の増加となります。また、本開発技術によるドローンを利用したりリモートセンシングの新たな事業の創出が期待されます。

こんな経営、こんな地域におすすめ：

対象品種（水稻は「ヒノヒカリ」、「にこまる」、小麦は「シロガネコムギ」）を栽培する暖地の水田作経営体におすすめです。特に、大規模な経営体や集荷カントリー単位での集落営農組織への導入に向いています。ただし、大規模経営の場合でも、対象品種を栽培する圃場があまり分散していないほうが、ドローンの空撮を無駄なく効率的に行うことができます。また、各作物での導入については二毛作でなくても可能なので、水稻単作圃場や大豆・小麦輪作圃場でも導入可能です。管理する圃場間の収量のバラツキが大きい場合には導入効果が大きいと考えます。

技術導入にあたっての留意点：

ドローン空撮による植生指数 NDVI の算出は品種に関わらず可能ですが、適切な追肥量を決定するための生育診断は品種ごとに異なります。現時点で適用できる品種は、水稻では「ヒノヒカリ」と「にこまる」、小麦では「シロガネコムギ」に限られます。その他の品種については今後検討して拡大する予定です。本技術は適切な量の追肥を行うことで安定的に高収量を目指す技術ですので、追肥作業が必要になります。特に水稻では暑い時期の作業になりますが、流し込み肥料やドローンを利用した肥料散布などで省力化が図れます。

研究担当機関名：（研）農研機構九州沖縄農業研究センター、（株）福岡九州クボタ

お問い合わせは：（研）農研機構九州沖縄農業研究センター地域戦略部 研究推進室

電話 096-242-7530 E-mail q_info@ml.affrc.go.jp

執筆分担（（研）農研機構九州沖縄農業研究センター 大段秀記、官森林、中野洋、松中仁、岡崎泰裕、田中良、深見公一郎、高橋仁康）