

ドローンを活用した近赤外画像撮影による水稲栽培の生育状況の把握

キーワード デジタルカメラ、パソコン、デジタル教科書・教材

学校名 愛媛県立伊予農業高等学校

所在地 〒799-3111
愛媛県伊予市下吾川1433

ホームページ
アドレス <http://iyo-ah.esnet.ed.jp/cms/>

1. 研究の背景



写真-1 葉緑素の測定

水稲栽培の生育状況の把握は、サンプル株の調査結果（写真-1）から水田全体を推測するが、全体を正確に把握することはできない。そこで、生育状態の良いイネはクロロフィルの吸収効率が良いことを利用し、近赤外バンドまたは、ブルーバンドを近赤外線カメラで撮影し正規化植生指数を求めることにした。

2. 研究の目的

今回はカメラが安価で農家でも購入可能なブルーバンドで撮影することにした。正規化植生指数は、図-1の計算式で一画素ごと+1から-1として算出する。生育状況の良いイネは正規化指数が+1に近く、悪いイネは-1近くになる。

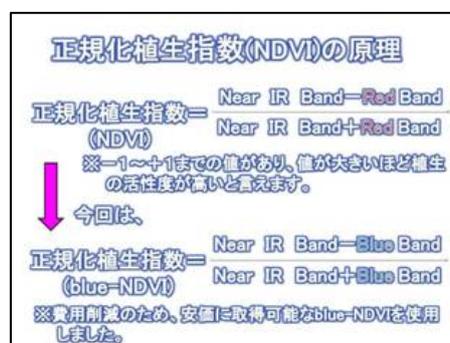


図-1 正規化植生指数の算出

3. 研究計画

研究計画（図-2）として、無農薬、無肥料、除草剤も殺菌剤も一切使わない自然栽培を実施した。対象圃場は、学校水田3筆9,000㎡で、栽培は環境開発科の生徒が「農業と環境」（1年）「総合実習」（3年）「課題研究」（3年）で行い、費用は愛媛県費で賄われ、サンプル株の草丈、葉緑素、水温調査も併せて行った。なお、水田にはスクミリンゴガイが1筆当たり数千匹以上生息しイネを食害している。撮影指導とデータ解析は、有限会社ウインズの石田圭佑氏に依頼し、機材の購入や講師謝金は、パナソニック教育財団の助成金を使用した。

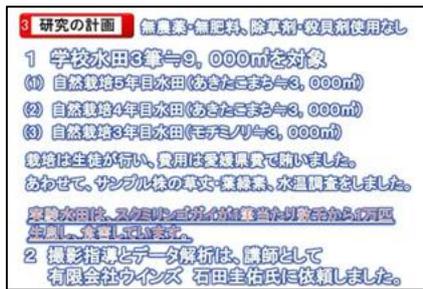


図-2 研究授業



写真-2 地上基準点



写真-3 ドローン

4. 研究の実践

実験圃場はドローン規制地域にはないが、民家からの距離を考慮し飛行許可をもらった。次に「測量」(1年)の実習でネットワーク型 RTK 測量を行い、グランドコントロールポイント (GCP) すなわち、調整用基準点を水田 11 箇所を作り、対空標識 (写真-2) とした。カメラは IRPro 社製、ドローンは GPS、が受信でき、6 軸ジャイロセンサーを搭載した DJI 社製を購入 (写真-3) した。撮影コースは南北方向に 3 往復、東西方向に 2 往復させオーバーラップさせながら鉛直写真を撮得した。図-3 の黄色の点がグランドコントロールポイント。青い面が撮影面、黒い軸が撮影軸である。

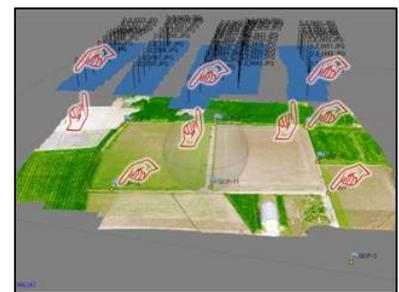


図-3 撮影方法

写真-4 は、近赤外線画像でオレンジ色に見えるのがイネで、条間、株間がそろっていないのはスクミリンゴガイの食害によって欠株を生じているためである。写真-4 の左下に対空標識が写っている。撮影は多時期を比較検討するため 5 月から 10 月まで 10 回行った。また、図-4 は、水温調査用のデータロガー設置場所 3 箇所と、白丸の生育調査場所 9 箇所を、スタティック測量から得られた測点からトータルステーションで放射法により求めた位置図である。図-5 は、写真中の上から、1 号水田 (中生種のモチミノリ自然栽培 3 年目水田)、3 号水田 (極早生種のみきたこまち自然栽培 5 年目水田)、4 号水田 (あきたこまち自然栽培 4 年目) である。



写真-4 近赤外線画像



図-4 測定位置図



図-5 圃場位置図

5. 研究の結果

まず、撮影画像を Photo Scan ソフトでデータを処理し、False Color 画像を取得する。次に、図-6 のように、正規化植生指数の+1 から-1 の値を1画素ごとに色調を変え、水田全体の生育状況を表す。今回は、緑が濃いほど指数が高く、白っぽいほど指数が低く表している。図-6 の田植え後4日目の平均草丈は16cmで、スクミリンゴガイの食害に合わないよう浅水湛水にしているため、赤い曲線で囲まれた部分はイネが露出し指数がやや高くなっている。図-7 の田植え後20日目の平均草丈は26cmで、やはり浅水湛水のため、赤い曲線で囲まれた部分はイネが露出し指数が高くなっている。食害された部分はこの時期まで苗を補植した。図-8 の田植え後36日目の平均草丈は50cmである。この時期になると、スクミリンゴガイの食害が低減されるので、タイヤチェーンを水田の両端からロープで引っ張って除草するが、深水湛水にしているためか水田全体の指数が低く、特に赤丸の部分はさらに低くなっている。図-9 の田植え後50日目の平均草丈は、あきたこまちで約70cmになっている。スクミリンゴガイの食害が多かった部分は指数が低く白っぽく写っている。図-10 は、田植え後59日目、平均草丈はあきたこまちで85cmで、すでに幼穂形成期に入っている。植生指数が低い場所がはっきり現れている。図-11 は、田植え後75日目、あきたこまちは出穂期が過ぎ草丈も95cmに達しており、



図-6 田植え後4日目

図-7 田植え後20日目

図-8 田植え後36日目

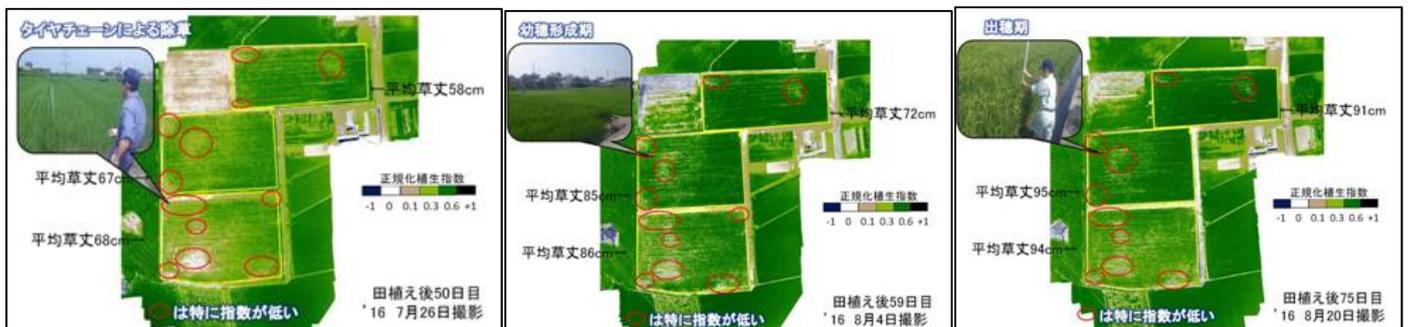


図-9 田植え後50日目

図-10 田植え後59日目

図-11 田植え後75日目

植生指数の低い場所がはっきり判別できる。図-12は、田植え後98日目、あきたこまちは間もなく刈り取りである。スクミリンゴガイの食害にあった場所は最後まで指数が低いままである。図-13は刈り取り後の水田で、株元から再び茎が伸びる「糶田^{ひっしだ}」になっているため、あきたこまちの2筆は植生指数がやや高くなっている。

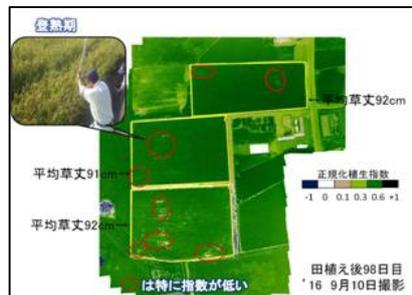


図-12 田植え後98日目

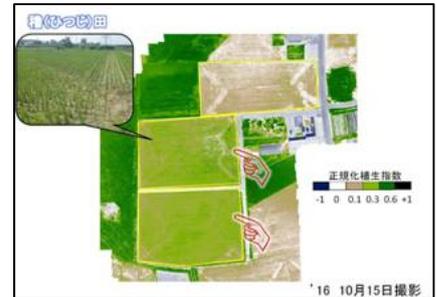


図-13 刈り取り後

図-14のグラフはサンプル株9箇所の葉緑素の変化であるが、ほとんど違いが分からない。また、データロガー

から水温データを取り出し、「農業情報処理」(1年)で履修しているエクセルで積算温度を計算し、図-15のようにグラフ化した。この図から84日間の水温の積算温度は、北側の積算温度が高いことが分かる。しかし、図-16のように草丈に大きな差はなく、北側のサンプル株の株数が多いことは分かるが、水田全体を把握することはできない。

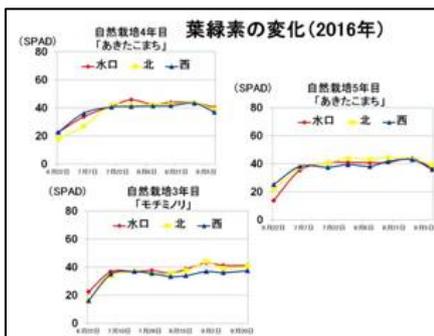


図-14 葉緑素の変化

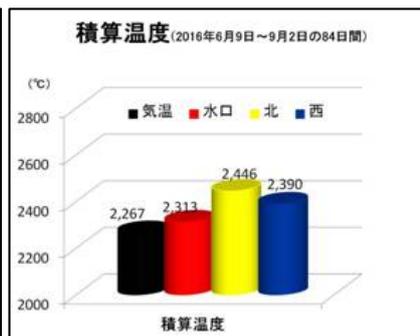


図-15 積算温度

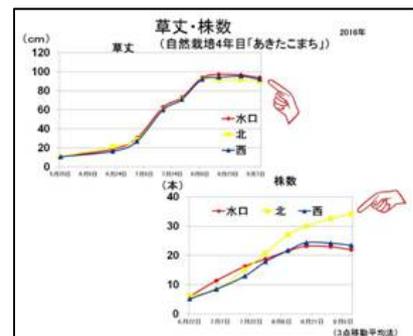


図-16 草丈・株数

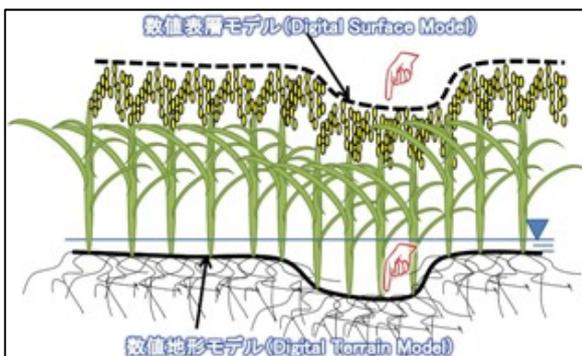


図-17 数値表層モデルと数値地形モデル

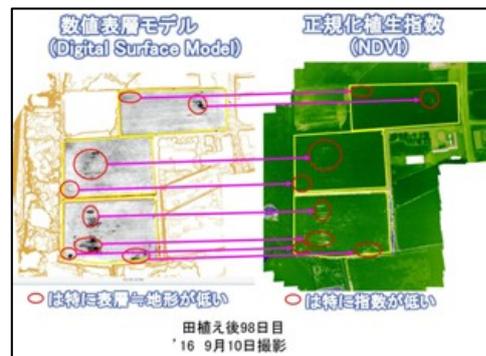


図-18 数値表層モデルと正規化植生指数

図-17のように、ドローン撮影によって、数値表層モデルが求められ、結果として数値地形モデル、つまり、地形の低い部分が求められる。図-18中の左図は撮影画像から数値表層モデルに5cm間隔で等高線を入れたもので、特に低い部分を黒色にしている。これを左図の正規化

植生指数の低い部分と比較すると、両者が見事に一致している。つまり、水田の高低差が 5cm もない低い部分でスクミリングガイの食害が起こっていると言える。

6. 結論

結論として、この手法は水田全体の生育状況を把握できる極めて有効な方法で、慣行栽培においても細やかな施肥管理や病虫害防除が可能である。この手法の手順を図-19 に示す。

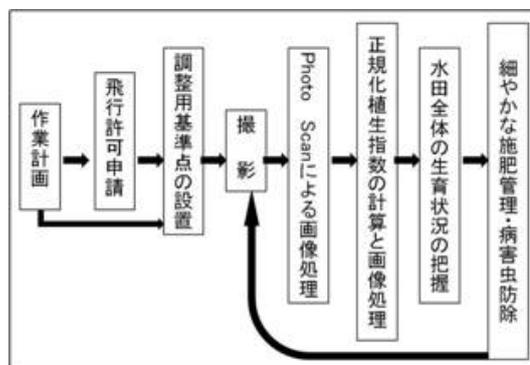


図-19 作業手順

7. 普及活動



写真-5 テレビ局の取材 写真-6 ブースでの説明 写真-7 審査会での発表

この取組は、すでにテレビ局の取材(写真-5)を受け愛媛県民の知るところとなった。また、日本科学未来館で行われた G 空間 EXP02016 Geo アクティビティコンテストに出場し、11月24日から26日までブースで来場者に説明(写真-6)し、25日にはプレゼンテーション(写真-7)も行った。その結果、来場者による投票では1位になり来場者賞を、プレゼンテーションでは、教育効果賞の2部門を受賞し、来場者と審査員から高い評価をいただいた。

8. 生徒の意識の変化

環境開発科1年生の科目「農業と環境」について、5月(1回目)と12月(2回目)に生徒40名に対して、授業評価を行った。調査は、4:大変あてはまる、3:あてはまる、2:あまりあてはまらない、1:まったくあてはまらない、とし平均値を求めて数値化した。

表－1 生徒の授業評価（「関心・意欲・態度」に関する11項目）

1	「関心・意欲・態度」に関する内容	1回目	2回目	増減
1	農業に興味・関心を持っている。	2.8	3.1	➔
2	食について興味・関心を持っている。	2.7	2.9	➔
3	環境について興味・関心を持っている。	3.0	3.3	➔
4	植物や家畜に興味・関心を持っている。	2.5	2.6	➔
5	植物・家畜の生理・生態に興味・関心を持っている。	2.4	2.6	➔
6	栽培・飼育について興味・関心を持っている。	2.5	2.8	➔
7	植物・家畜の利用について興味・関心を持っている。	2.4	2.6	➔
8	環境調査について興味・関心を持っている。	2.8	3.2	➔
9	環境保全について興味・関心を持っている。	2.8	3.3	➔
10	学校農業クラブ活動に興味・関心を持っている。	2.3	2.8	➔
11	プロジェクト学習について関心を持っている。	2.5	2.8	➔

表－1のように、「環境調査について興味・関心を持っている」が+0.4ポイントと最も高い増加を示しているが、11項目すべてで増加している。

表－2 生徒の授業評価（「思考・判断・表現」に関する11項目）

2	「思考・判断・表現」に関する内容	1回目	2回目	増減
1	農業の現在の諸課題について考えている。	2.1	3.0	➔
2	食に関する諸課題について考えている。	2.1	2.8	➔
3	環境問題について考えている。	2.7	3.2	➔
4	栽培・飼育方法を生育状況を見て、判断し、管理している。	2.2	2.7	➔
5	栽培・飼育方法を生理・生態を考えた上で管理している。	2.2	2.6	➔
6	植物・家畜の利用について考えている。	2.3	2.7	➔
7	植物・家畜などの観察をし、観察結果をまとめている。	2.5	2.7	➔
8	植物・家畜などの生育調査をし、生育結果をまとめている。	2.4	2.6	➔
9	学校農業クラブ活動に積極的に参加している。	1.9	2.5	➔
10	意見発表で自分の意見をみんなの前で発表している。	1.8	2.5	➔
11	プロジェクト学習をまとめ、発表している。	1.7	2.3	➔

表－2のように、「農業の現在の諸課題について考えている」が+0.9ポイント増加、「食に関する諸課題について考えている」+0.7ポイント増加、「意見発表で自分の意見をみんなの前で発表している」+0.7ポイント増加、「学校農業クラブ活動に積極的に参加している」

+0.6ポイント増加、「プロジェクト学習をまとめ、発表している」0.6ポイント増加など11項目すべてで増加している。

表-3 生徒の授業評価（「技能」に関する9項目）

3 「技能」に関する内容		1回目	2回目	増減
1	農業に関する見学や観察、統計・資料から情報を収集し、読み取り記録・整理しまとめている。	2.8	2.9	➡
2	栽培・飼育に関する基礎的な技術を身に付けている。	2.3	2.8	➡
3	植物・家畜の利用方法の技術を身につけている。	2.2	2.7	➡
4	栽培・飼育の計画・管理・評価に関する技術を身につけている。	2.2	2.7	➡
5	環境調査に関する技術を身につけている。	2.7	3.1	➡
6	環境保全に関する技術を身につけている。	2.5	2.9	➡
7	農業クラブ活動の意見発表を通して、発表する技術を身につけている。	1.8	2.8	➡
8	農業クラブ活動の鑑定競技を通して、鑑定の資料を収集している。	2.1	2.8	➡
9	プロジェクト学習を通して栽培・観察・調査記録をまとめている。	2.2	2.8	➡

表-3のように、「農業クラブ活動の意見発表を通して、発表する技術を身につけている」+1.0ポイント増加、「農業クラブ活動の鑑定競技を通して、鑑定の資料を収集している」+0.7ポイント増加など9項目すべてで増加している。

表-4 生徒の授業評価（「知識・理解」に関する8項目）

4 「知識・理解」に関する内容		1回目	2回目	増減
1	食と農業に関する基礎的な知識を身につけ、理解している。	2.5	2.7	➡
2	農業と環境に関する基礎的な知識を身につけ、理解している。	2.8	3.1	➡
3	植物・家畜の種類と特性に関する基礎的な知識を身につけ、理解している。	2.3	2.7	➡
4	栽培・飼育に関する基礎的な知識を身につけ、理解している。	2.3	2.7	➡
5	植物・家畜の利用に関する知識を身につけ、理解している。	2.3	2.7	➡
6	環境保全に関する基礎的な知識を身につけ、理解している。	2.6	2.9	➡
7	農業クラブ活動の鑑定競技を通して、鑑定の知識を身につけている。	2.2	2.9	➡
8	プロジェクト学習を通してプロジェクト学習法を身につけ、理解している。	2.2	2.7	➡

表-4のように、「知識・理解に関する8項目」についても8項目すべてで増加した。これらのことより、今回の研究課題は、生徒の環境調査や食に関する諸問題を喚起し、興味深く受け入れられ、他の科目との関連づけも図られたものとする。

9. 今後の課題

自然栽培 5 年目のあきたこまちを三浦環境科学研究所に依頼し、質量分析した。検査したネオニコチノイド系農薬 6 項目は、基準値の 1/10 以下であった。2017 年は愛媛県の「エコえひめ農産物」制度の指定を受け、学校周辺農家とともに、今後もこの研究課題に取り組みたい。

10. 参考文献

- ・農業農村工学会誌「水土の知」2016 年 9 月号