

委託試験成績（令和3年度）

| | | | |
|--|---|------------------|---------------|
| 担当機関名 | 岩手県農業研究センター | | |
| 部・室名 | 生産環境研究部 土壌肥料研究室 | | |
| 実施期間 | 令和3年度～4年度、新規 | | |
| 大課題名 | Ⅳ 環境保全を配慮した生産技術の評価・確立 | | |
| 課題名 | 岩手県の水稲栽培におけるリモートセンシング結果を用いた生育診断技術の確立 | | |
| 目 的 | <p>マルチスペクトルカメラ搭載ドローンによる水稲生育診断技術を活用し、生育に応じた適切な施肥管理を行うことにより、環境に配慮しつつ高品質な良食味米を安定的に生産できると期待される。</p> <p>そこで、今後面積拡大が見込まれる岩手県オリジナル良食味品種「銀河のしずく」について、マルチスペクトルカメラ搭載ドローンによる生育診断技術の確立を目指す。</p> | | |
| 担当者名 | 桐山直盛、伊藤美穂 | | |
| 1. 試験場所 岩手県農業研究センター圃場 | | | |
| 2. 試験方法 | | | |
| 室素施肥量を変えたグラデーション圃場を設置し、6月下旬及び幼穂形成期の生育診断指標と画像解析値（NDVI 値、植被率、NDVI 値×植被率）の関係を確認する。また、画像解析に日数を要することから幼穂形成期前に撮影を行い、幼穂形成期の生育量推定が可能か検討する。 | | | |
| (1) 供試機械名 マルチスペクトルカメラ搭載ドローン（P 4 M） | | | |
| (2) 試験条件 | | | |
| ア 圃場条件 圃場1：グライ台地土水田 6.6a 圃場2：多湿黒ボク土水田 8.8a | | | |
| イ 栽培等の概要 | | | |
| 品種名 「銀河のしずく」 | | | |
| 耕起 前年秋：9/30 施肥後：4/26 | | | |
| 代掻き 圃場1 荒代：5/7 植代：5/9 圃場2 荒代：5/6 植代：5/13 | | | |
| 施肥日 圃場1 基肥：4/26 圃場2 基肥：4/25 | | | |
| 施肥方法 全層施肥（窒素：硫安、リン酸：重過石、カリ：塩化カリ） | | | |
| 施肥量 ウ 試験区の構成と施肥量のとおり | | | |
| 播種 圃場1 4/20（乾籾 150g/箱、加温出芽、プール育苗、育苗日数 24 日間） | | | |
| 圃場2 4/27（乾籾 150g/箱、加温出芽、プール育苗、育苗日数 20 日間） | | | |
| 移植 圃場1 5/14 圃場2 5/17 | | | |
| 栽植密度 圃場1 21.3 株/㎡ 圃場2 22.2 株/㎡ | | | |
| ウ 試験区の構成と施肥量 | | | |
| | | ※試験規模 | |
| No. | 試験区名 | 基肥施肥量(kg/10a 成分) | |
| | | 窒素 | リン酸 |
| 1 | 基肥N2 | 2 | 7 |
| 2 | 基肥N4 | 4 | 7 |
| 3 | 基肥N6 | 6 | 7 |
| 4 | 基肥N8 | 8 | 7 |
| 5 | 基肥N10 | 10 | 7 |
| | | カリ | |
| | | 10 | |
| | | 圃場1 | 1 区 48 ㎡ 2 反復 |
| | | 圃場2 | 1 区 72 ㎡ 2 反復 |
| | | 生育調査株数 1 区 20 株 | |

エ ドローン撮影日

| 回数 | 撮影日 | 備考 | 回数 | 撮影日 | 備考 |
|----|------|-------------|----|------|------------|
| 1 | 6/20 | 幼穂形成期 19 日前 | 5 | 6/30 | 幼穂形成期 9 日前 |
| 2 | 6/23 | 幼穂形成期 16 日前 | 6 | 7/2 | 幼穂形成期 7 日前 |
| 3 | 6/25 | 幼穂形成期 14 日前 | 7 | 7/4 | 幼穂形成期 5 日前 |
| 4 | 6/28 | 幼穂形成期 11 日前 | 8 | 7/8 | 幼穂形成期 1 日前 |

3. 試験結果

(1) 水稻の生育

6月25日及び幼穂形成期(7/9)における水稻の生育は、窒素施用量が多いほど旺盛で、葉色は濃く、簡易栄養診断値(草丈×茎数×葉色)は高かった(表1、表2)。

(2) 6月下旬における生育量の推定

6月25日の撮影によって得られたNDVI値、植被率、NDVI値×植被率と6月25日における生育指標(草丈、茎数、葉色、簡易栄養診断値、乾物重、窒素吸収量)には、全ての項目において有意な相関関係がみられた(表3)。

このうち、NDVI値、NDVI値×植被率と簡易栄養診断値(草丈×茎数×葉色)の相関係数は0.9以上と高く、NDVI値、NDVI値×植被率と簡易栄養診断値の対数変換値の関係から、1%水準で有意な回帰式が得られ、その決定係数は0.8以上であった(図1)。

また、NDVI値、植被率、NDVI値×植被率と乾物重及び窒素吸収量の関係から、1%水準で有意な回帰式が得られ、その決定係数は0.61～0.79であった(図2、3)。

(3) 幼穂形成期(7/9)における生育量の推定

7月8日の撮影によって得られたNDVI値、植被率、NDVI値×植被率と幼穂形成期(7/9)における生育指標(草丈、茎数、葉色、簡易栄養診断値、乾物重、窒素吸収量)には、有意な相関関係がみられた(表4)。

このうち、NDVI値、NDVI値×植被率と簡易栄養診断値の相関係数は0.8以上で、NDVI値、NDVI値×植被率と簡易栄養診断値の対数変換値の関係から、1%水準で有意な回帰式が得られ、その決定係数は0.8以上であった(図4)。

また、NDVI値、NDVI値×植被率と乾物重の関係から、1%水準で有意な回帰式が得られ、その決定係数は0.68、0.76であった(図5)。

一方、NDVI値、植被率、NDVI値×植被率と窒素吸収量の相関係数は低かった(表4)。

(4) 幼穂形成期14日前(6/25)のドローン撮影による幼穂形成期の生育量の推定

6月25日(幼穂形成期14日前)の撮影によって得られたNDVI値、植被率、NDVI値×植被率と幼穂形成期(7/9)における草丈、葉色、簡易栄養診断値、乾物重には有意な相関関係がみられた(表4)。

このうちNDVI値、NDVI値×植被率と簡易栄養診断値(草丈×茎数×葉色)の相関係数は0.8以上と高く、NDVI値、NDVI値×植被率と簡易栄養診断値の対数変換値の関係からは、1%水準で有意な回帰式が得られ、その決定係数は0.77であった(図6)。

(5) 幼穂形成期 19 日前(6/20)のドローン撮影による幼穂形成期の生育量の推定

6 月 20 日(幼穂形成期 19 日前)の撮影によって得られた NDVI 値、植被率、NDVI 値×植被率と幼穂形成期(7/9)における草丈、葉色、簡易栄養診断値、乾物重には有意な相関関係がみられたが、栄養診断に必要となる簡易栄養診断値と乾物重の相関係数は低かった(表 4)。

4. 主要成果の具体的データ

表 1 6 月 25 日における生育調査結果

| | | 圃場 1 グライ台地土水田 | | | | | 圃場 2 多湿黒ボク土水田 | | | | |
|-------|----|---------------|-------|--------|--------------------|-------|---------------|-------|--------|--------------------|-------|
| 試験区 | | 草丈 | 茎数 | 葉色 | 簡易栄養診断値 | 窒素吸収量 | 草丈 | 茎数 | 葉色 | 簡易栄養診断値 | 窒素吸収量 |
| | | (cm) | (本/㎡) | (SPAD) | (草丈×茎数×葉色) | (g/㎡) | (cm) | (本/㎡) | (SPAD) | (草丈×茎数×葉色) | (g/㎡) |
| 基肥N2 | 1A | 49.9 | 393 | 38.6 | 0.76×10^6 | 3.59 | 44.8 | 362 | 34.1 | 0.55×10^6 | 1.90 |
| | 1B | 52.6 | 361 | 38.6 | 0.73×10^6 | 3.47 | 45.1 | 404 | 34.3 | 0.63×10^6 | － |
| | 平均 | 51.2 | 377 | 38.6 | 0.74×10^6 | 3.53 | 45.0 | 383 | 34.2 | 0.59×10^6 | 1.90 |
| 基肥N4 | 2A | 53.0 | 546 | 42.1 | 1.22×10^6 | 3.35 | 45.0 | 414 | 35.1 | 0.65×10^6 | 2.68 |
| | 2B | 52.1 | 471 | 41.6 | 1.02×10^6 | 4.09 | 45.9 | 392 | 35.5 | 0.64×10^6 | － |
| | 平均 | 52.5 | 509 | 41.9 | 1.12×10^6 | 3.72 | 45.5 | 403 | 35.3 | 0.65×10^6 | 2.68 |
| 基肥N6 | 3A | 53.6 | 543 | 40.7 | 1.18×10^6 | 3.91 | 45.1 | 422 | 36.1 | 0.69×10^6 | 3.26 |
| | 3B | 51.3 | 515 | 41.7 | 1.10×10^6 | 4.39 | 47.0 | 387 | 35.8 | 0.65×10^6 | － |
| | 平均 | 52.4 | 529 | 41.2 | 1.14×10^6 | 4.15 | 46.0 | 405 | 36.0 | 0.67×10^6 | 3.26 |
| 基肥N8 | 4A | 55.0 | 576 | 43.3 | 1.37×10^6 | 5.97 | 47.3 | 585 | 36.5 | 1.01×10^6 | 3.81 |
| | 4B | 52.7 | 536 | 42.2 | 1.19×10^6 | 4.91 | 49.8 | 434 | 36.8 | 0.80×10^6 | － |
| | 平均 | 53.9 | 556 | 42.7 | 1.28×10^6 | 5.44 | 48.5 | 509 | 36.7 | 0.90×10^6 | 3.81 |
| 基肥N10 | 5A | 56.0 | 557 | 43.3 | 1.35×10^6 | 6.20 | 48.5 | 632 | 36.5 | 1.12×10^6 | 3.98 |
| | 5B | 54.7 | 618 | 44.6 | 1.51×10^6 | 5.22 | 48.4 | 403 | 37.3 | 0.73×10^6 | － |
| | 平均 | 55.3 | 587 | 44.0 | 1.43×10^6 | 5.71 | 48.4 | 517 | 36.9 | 0.92×10^6 | 3.98 |

表 2 幼穂形成期(7/9)における生育調査結果

| 試験区 | | 圃場 1 グライ台地土水田 | | | | | 圃場 2 多湿黒ボク土水田 | | | | |
|-------|----|-----------------|-------------|--------------|------------------------|----------------|-----------------|-------------|--------------|------------------------|----------------|
| | | 草丈 (cm) | 茎数 (本/㎡) | 葉色 (SPAD) | 簡易栄養診断値 (草丈×茎数×葉色) | 窒素吸収量 (g/㎡) | 草丈 (cm) | 茎数 (本/㎡) | 葉色 (SPAD) | 簡易栄養診断値 (草丈×茎数×葉色) | 窒素吸収量 (g/㎡) |
| 基肥N2 | 1A | 65.2 | 384 | 41.1 | 1.03 × 10 ⁶ | 4.94 | 58.1 | 517 | 34.6 | 1.04 × 10 ⁶ | 5.33 |
| | 1B | 65.0 | 351 | 38.2 | 0.87 × 10 ⁶ | 4.75 | 58.4 | 539 | 34.8 | 1.10 × 10 ⁶ | － |
| | 平均 | 65.1 | 368 | 39.6 | 0.95 × 10 ⁶ | 4.85 | 58.2 | 528 | 34.7 | 1.07 × 10 ⁶ | 5.33 |
| 基肥N4 | 2A | 68.0 | 509 | 37.3 | 1.29 × 10 ⁶ | 4.63 | 60.1 | 566 | 35.8 | 1.22 × 10 ⁶ | 5.54 |
| | 2B | 67.7 | 441 | 40.9 | 1.22 × 10 ⁶ | 6.13 | 58.3 | 543 | 36.0 | 1.14 × 10 ⁶ | － |
| | 平均 | 67.8 | 475 | 39.1 | 1.26 × 10 ⁶ | 5.38 | 59.2 | 554 | 35.9 | 1.18 × 10 ⁶ | 5.54 |
| 基肥N6 | 3A | 69.7 | 521 | 38.3 | 1.39 × 10 ⁶ | 7.40 | 62.8 | 557 | 36.5 | 1.28 × 10 ⁶ | 7.73 |
| | 3B | 69.3 | 505 | 40.5 | 1.42 × 10 ⁶ | 5.37 | 58.2 | 562 | 36.6 | 1.20 × 10 ⁶ | － |
| | 平均 | 69.5 | 513 | 39.4 | 1.40 × 10 ⁶ | 6.39 | 60.5 | 559 | 36.6 | 1.24 × 10 ⁶ | 7.73 |
| 基肥N8 | 4A | 71.8 | 550 | 43.0 | 1.70 × 10 ⁶ | 6.64 | 63.9 | 662 | 36.8 | 1.56 × 10 ⁶ | 7.89 |
| | 4B | 70.7 | 515 | 40.2 | 1.47 × 10 ⁶ | 7.20 | 63.2 | 564 | 36.7 | 1.31 × 10 ⁶ | － |
| | 平均 | 71.3 | 532 | 41.6 | 1.58 × 10 ⁶ | 6.92 | 63.5 | 613 | 36.8 | 1.43 × 10 ⁶ | 7.89 |
| 基肥N10 | 5A | 73.6 | 575 | 44.7 | 1.89 × 10 ⁶ | 6.08 | 64.6 | 602 | 36.6 | 1.42 × 10 ⁶ | 10.86 |
| | 5B | 74.0 | 597 | 44.6 | 1.97 × 10 ⁶ | 8.64 | 62.6 | 564 | 36.5 | 1.29 × 10 ⁶ | － |
| | 平均 | 73.8 | 586 | 44.7 | 1.93 × 10 ⁶ | 7.36 | 63.6 | 583 | 36.6 | 1.35 × 10 ⁶ | 10.86 |

表3 6月25日における生育指標と各画像解析値の相関係数

| 撮影日 | | 草丈 | 茎数 | 葉色 | 簡易栄養診断値 | 乾物重 | 窒素吸収量 |
|----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 6月25日 (幼穂形成期14日前) | NDVI値 | 0.701 ** | 0.865 ** | 0.772 ** | 0.900 ** | 0.767 ** | 0.854 ** |
| | 植被率 | 0.921 ** | 0.712 ** | 0.963 ** | 0.911 ** | 0.889 ** | 0.820 ** |
| | NDVI値×植被率 | 0.766 ** | 0.865 ** | 0.834 ** | 0.935 ** | 0.782 ** | 0.856 ** |

注) **は1%、*は5%水準で有意、n=20 (乾物重、窒素吸収量は n=15)

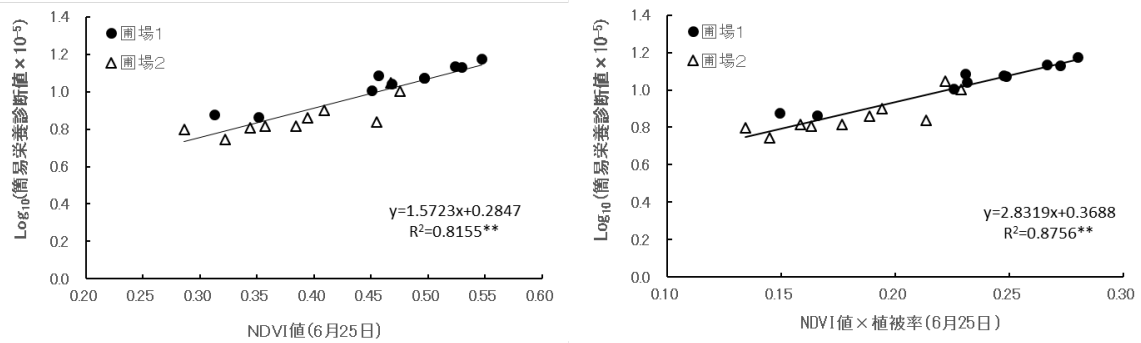


図1 画像解析値(6/25)と簡易栄養診断値(6/25)の対数変換値との関係
n=20、**は1%水準で有意

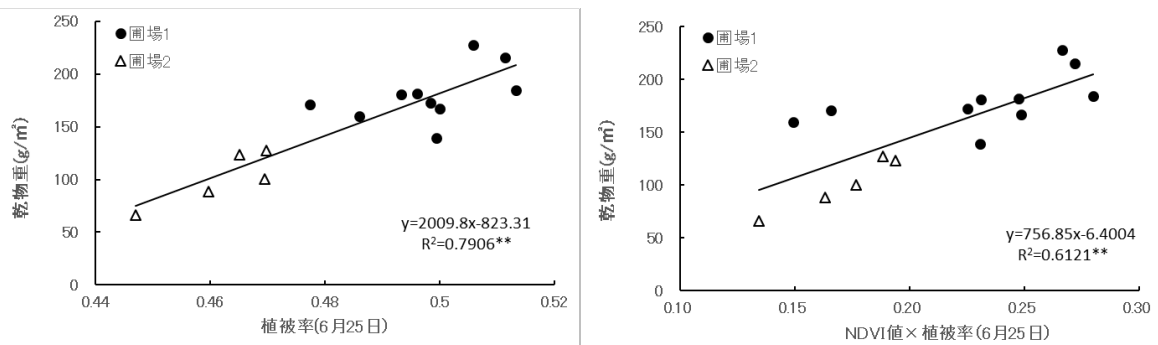


図2 画像解析値(6/25)と乾物重(6/25)の関係
n=15、**は1%水準で有意

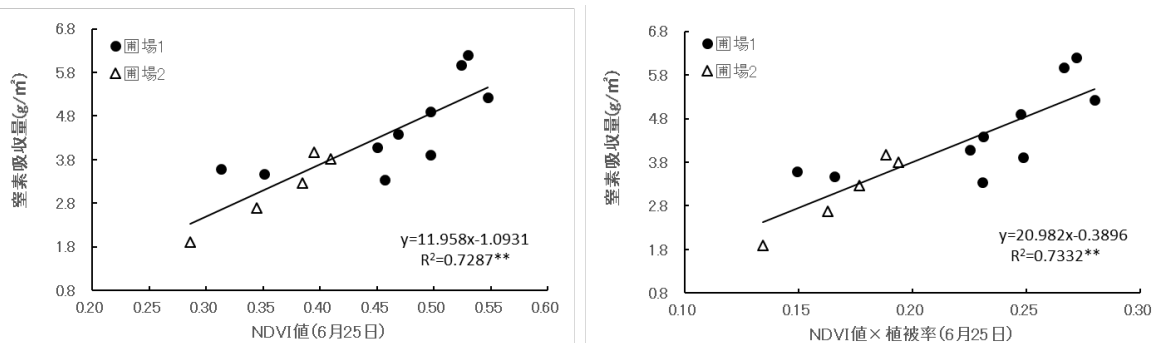


図3 画像解析値(6/25)と窒素吸収量(6/25)の関係
n=15、**は1%水準で有意

表4 幼穂形成期(7/9)における生育指標と各画像解析値の相関係数

| 撮影日 | | 草丈 | 茎数 | 葉色 | 簡易栄養診断値 | 乾物重 | 窒素吸収量 |
|----------------------|-----------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
| 7月8日 (幼穂形成期1日前) | NDVI値 | 0.603 ** | 0.639 ** | 0.492 | 0.867 ** | 0.828 ** | 0.556 * |
| | 植被率 | 0.835 ** | 0.033 | 0.771 ** | 0.655 ** | 0.765 ** | 0.117 |
| | NDVI値×植被率 | 0.680 ** | 0.567 ** | 0.568 ** | 0.879 ** | 0.872 ** | 0.514 |
| 6月25日 (幼穂形成期14日前) | NDVI値 | 0.839 ** | 0.402 | 0.661 ** | 0.870 ** | 0.819 ** | 0.282 |
| | 植被率 | 0.956 ** | -0.072 | 0.882 ** | 0.691 ** | 0.663 ** | -0.004 |
| | NDVI値×植被率 | 0.885 ** | 0.341 | 0.720 ** | 0.875 ** | 0.792 ** | 0.238 |
| 6月20日 (幼穂形成期19日前) | NDVI値 | 0.952 ** | -0.223 | 0.848 ** | 0.580 ** | 0.575 * | -0.168 |
| | 植被率 | 0.952 ** | -0.115 | 0.879 ** | 0.658 ** | 0.674 ** | -0.012 |
| | NDVI値×植被率 | 0.952 ** | -0.212 | 0.861 ** | 0.596 ** | 0.600 * | -0.136 |

注) **は1%、*は5%水準で有意、n=20 (乾物重、窒素吸収量は n=15)

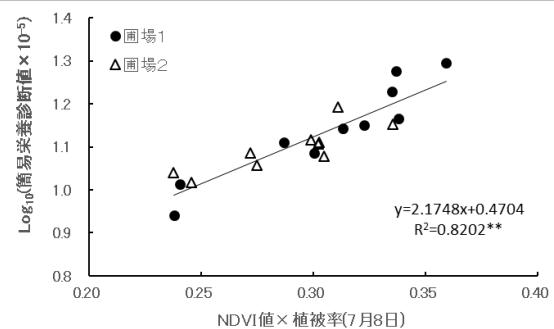
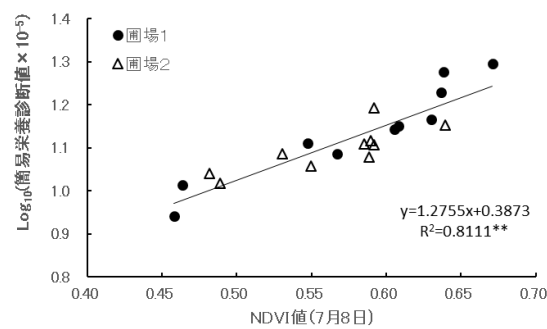


図4 画像解析値(7/8)と簡易栄養診断値(7/9 幼穂形成期)の対数変換値の関係
n=20、**は1%水準で有意

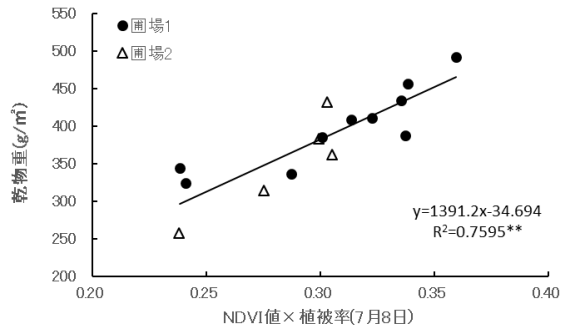
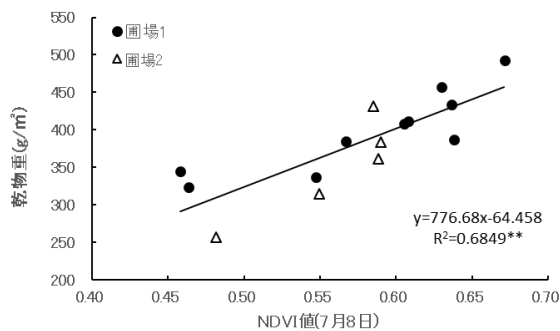


図5 画像解析値(7/8)と乾物重(7/9 幼穂形成期)の関係
n=15、**は1%水準で有意

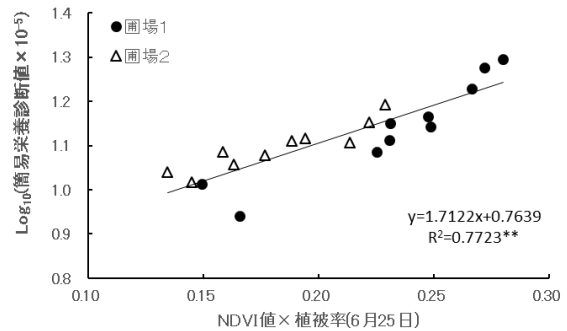
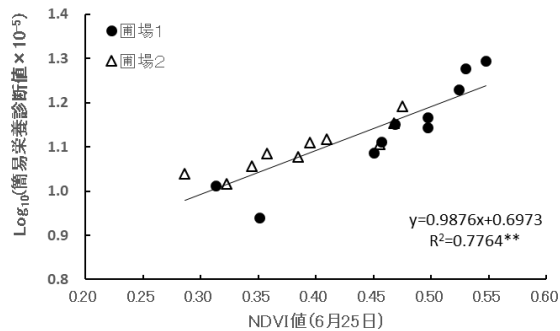


図6 画像解析値(6/25)と簡易栄養診断値(7/9 幼穂形成期)の対数変換値の関係
n=20、**は1%水準で有意

5. 経営評価

水田内での調査や、窒素吸収量を把握するための分析等が不要となり、栄養診断の省力化が期待できる。また、多数の圃場での生育診断が可能となり、適切な施肥管理を行うことで、環境に配慮しつつ、高品質な良食味米を安定的に生産できることが見込まれる。

6. 考察

(1) 6月下旬における生育量の推定

6月25日のドローン撮影で得られたNDVI値、植被率、NDVI値×植被率から、窒素吸収量、乾物重、簡易栄養診断値の推定が可能であると考えられ、県の栄養診断基準(参考1)に基づく栄養診断ができることが示唆された。

(2) 幼穂形成期における生育量の推定

幼穂形成期のドローン撮影で得られた、NDVI値、NDVI値×植被率から、簡易栄養診断値、乾物重の推定が可能と考えられ、県の栄養診断基準(参考1)に基づく栄養診断と追肥要否の判定(参考2)ができることが示唆された。

(3) 幼穂形成期前の撮影による幼穂形成期の生育量の推定

幼穂形成期14日前(6/25)のドローン撮影で得られたNDVI値、NDVI値×植被率から、幼穂形成期の簡易栄養診断値の推定が可能と考えられ、県の栄養診断基準(参考1)に基づく栄養診断と追肥要否の判定(参考2)ができることが示唆された。

一方、幼穂形成期19日前(6/20)のドローン撮影で得られたNDVI値、植被率、NDVI値×植被率は、簡易栄養診断値、乾物重との相関が低く、幼穂形成期の生育量推定による栄養診断は難しいと考えられた。

参考1 時期別栄養診断基準(銀河のしずく)

| 診断時期 | 乾物重 (g/m ²) | 窒素吸収量 (g/m ²) | 簡易栄養診断値 (草丈×茎数×SPAD) |
|-------|----------------------------|------------------------------|-------------------------|
| 6月下旬 | 40～120 | 1.2～3.0 | - |
| 幼穂形成期 | 250～400 | 3.5～6.0 | $0.8\sim1.4\times10^6$ |

参考2 幼穂形成期の栄養診断結果への対応策(銀河のしずく)

| 診断区分 (簡易栄養診断値) | 診断内容 | 穂肥の要否判定 |
|---------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| $0.8\sim1.2\times10^6$ 未満 | 十分な生育量 | 幼穂形成期に窒素成分 2kg/10a 程度の追肥 |
| $1.2\sim1.4\times10^6$ 未満 | 生育量やや過剰 | 幼穂形成期に減肥を検討 |
| 1.4×10^6 以上 | 生育量過剰、籾数過剰による 品質低下の恐れ | 無追肥 |

7. 問題点と次年度の計画

単年度の試験結果であることから、次年度も引き続き同様の試験を実施し、年次間変動を把握する。