

ドローンによる空撮画像を活用した

根深ネギの生育状況の見える化

工藤新一・加藤貴浩・佐伯知勇・玉井光秀

Visualization of Welsh onion growth using aerial drone image

Shinichi KUDO, Takahiro KATO, Kazuo SAEKI and Mitsuhide TAMAI

大分県農林水産研究指導センター農業研究部

Oita Prefectural Agriculture, Forestry and Fisheries Research Center,
Agricultural Research Division

キーワード：ドローン、根深ネギ、マルチスペクトルカメラ、NDVI 処理技術、
オルソモザイク処理技術

目次

I 緒言

I 緒言	
II 試験方法	
1 耕種概要	
2 生育調査	
3 空撮方法	
4 画像解析	
III 結果	
1 NDVI 変換画像及び NDVI 値と根深ネギ生育量との関係	
2 オルソモザイク処理	
IV 考察	
V 摘要	
謝辞	
引用文献	
Summary	

大分県のネギ産出額は全国 5 位（2021 年産野菜生産出荷統計）であり、特に根深ネギは、2021 年の栽培面積が全国 4 位になるなど、本県を代表する園芸品目に位置づけられている。かつては、海岸部の干拓地を中心に栽培されてきたが、2005 年頃から始まった標高差を活かした県域での周年出荷や、2021 年度重点施策「ネギ産出額 100 億円プロジェクト」の開始により、近年では、中山間地への産地拡大が著しい。

産地振興にあたっては、経営体の大規模化や異業種からの参入も進み、経営面積の拡大や生産力の強化に繋がった。一方で、生育状況を隅々まで把握することが困難なため、大規模経営体を中心に、短時間かつ省力的な生育診断技術が求められている。

近年、近赤外光と赤色光の反射率から求めた正規化植生指数（NDVI：Normalized Difference Vegetation Index 以下 NDVI 値）等の画像解析技術や、人工衛星及びカメラを搭載したドローンなどの無人航空機による撮影

技術の進歩に伴い、農作物の生育診断への利用について研究が進められている。水稻では、草丈や収量の推定モデルを用いた生育診断や玄米タンパク質含有率の推定技術について報告されている（濱ら¹⁾、濱ら²⁾、濱ら³⁾）。露地キャベツでは、人工衛星及び生育ステージごとの NDVI 変換画像を用いた生育診断技術について報告されている（小阪ら⁴⁾）。

根深ネギでは、ドローン空撮画像による生育・収量マップ作成技術が報告されている（宮城県⁵⁾）。ただし、根深ネギは、生育が縦方向で横方向の広がり少なく、水稻やキャベツ等の先行品目と比較して、土壌を完全に被覆しない特徴がある。この理由から研究が進んでおらず、生育診断や出荷予測等の技術開発に対する道筋（可能性）も見えていない。

そこで、本研究では、根深ネギのドローン空撮画像を NDVI 画像に変換することで生育診断等への活用や生育との相関について検討したので報告する。

II 試験方法

1 耕種概要

試験は大分県豊後大野市三重町に位置する大分県農林水産研究指導センター農業研究部（標高 151m）内の圃場（多腐植質厚層アロフェン質黒ボク土）で実施した。供試品種は、「夏扇パワー」（サカタのタネ）を用いた。

2019 年度から 2021 年度の 3 年間とも、3 月上旬または中旬に播種を行い、チェーンポット CP303 を用いて、2.5 粒（2 粒・3 粒交互）播種とした。約 60 日育苗した後、本圃に条間 1m で定植した。2019 年度は 5 月 10 日に、2020 年度及び 2021 年度は 5 月 18 日に定植した。2019 年度は 11 月 19 日に、2020 年度は 12 月 18 日に、2021 年度は 12 月 19 日に収穫を行った。

土壌改良として、3 年間とも、栽培開始前に交換性石灰飽和度 50%、交換性苦土飽和度 15%、可給態リン酸（トルオーグリン酸）20mg/100g 乾土になるよう苦土石灰・熔リンを加え、調整した。

根深ネギの生育に差をつけるため、施肥量を変えた処理区を設けた。慣行区は標準施肥として、3 年間とも、基肥に重焼燐を 2kg/a、苦土入有機化成 A801 を 8kg/a を施用し、合計の基肥肥料成分量は N:0.64 kg/a、P₂O₅: 1.34 kg/a、K₂O: 0.64kg/a とした。追肥は、概ね 1 ヶ月に 1 回を目安に 5 回、土寄せ時に行った。1 回目は苦土入有機化成 A801 を 8kg/a、2、3 回目は苦土入有機化成 A801 を 4kg/a、4、5 回目は NK 化成 30 を 2kg/a

施用し、合計の追肥肥料成分量は N: 1.92 kg/a、P₂O₅: 1.28 kg/a、K₂O: 1.84kg/a とした。また、1 回目の土寄せは根深ネギの分岐部以下とし、2~4 回目は分岐部下 5cm 程度、5 回目（最終土寄せ）は分岐部まで土寄せを行った。

2019 年度は、標準施肥を行う「慣行区」に対して、基肥、追肥ともに 50%増肥した「50%増肥区」及び「無施肥区」を設定し、各処理区 3 反復（1 試験区 14m²）とした。

2020 年度は、「慣行区」に対して基肥、追肥ともに 50%減肥した「50%減肥区」及び基肥、追肥ともに 75%減肥した「75%減肥区」を設定し、各処理区 3 反復と（1 試験区 14 m²）した。

2021 年度は、2020 年度と同様に処理区を設定し、各処理区 3 反復（1 試験区 20 m²）とした。

2 生育調査

1 試験区あたり 1m 区間（1m×1m）の全株を対象に生育量の指標として、草丈、葉鞘径、葉鞘長及び全重量を調査した。草丈、葉鞘径及び葉鞘長は、反復毎に平均値を求め、全重量は反復毎の各株の重量を合算した。

2019 年度、生育中期の 9 月 13 日は、草丈及び葉鞘径を、生育後期の 11 月 19 日は、葉鞘径、葉鞘長及び全重量を調査した。

2020 年度は、生育中期から後期にかけて、8 月 18 日、10 月 2 日、11 月 10 日及び 12 月 18 日に、2021 年度も、生育中期から後期にかけて、10 月 15 日、11 月 16 日、11 月 29 日及び 12 月 19 日に葉鞘径、葉鞘長及び全重量を調査した。

3 空撮方法

マルチスペクトルカメラ Sequoia+（Parrot 社製）を搭載したドローンである Bluegrass-Fields（Parrot 社製）を用いて撮影した。

濱ら⁶⁾を参考に、撮影時の気象条件及び撮影時間帯は、晴天時の午前 10 時~11 時とし、撮影コースは南北方向、オーバーラップ率はフォワード、サイド共に 75%とし、撮影高度は 50m とした。その他の機体の制御等については、取扱説明書に従った。

なお、撮影は 2 の生育調査と同日に実施した。

4 画像解析

1) NDVI 値

NDVI 値の算出は、オープンソースの地理情報シス

テムソフトウェアである QGIS を用い、随時最新バージョンに更新して実施した。QGIS は、画像情報データ等の閲覧、編集、分析機能を有しており、近赤外光と赤色光の反射率より NDVI 値を算出できる。また、算出までのフローチャートを図1に示す。

なお、NDVI 値は、-1~1 の範囲で算出され、1 に近いほど植生活性が高く、-1 に近いほど低いことを示す。

2) NDVI 変換画像

マルチスペクトルカメラで撮影した RGB 画像、赤色画像及び近赤外画像をレイヤとして取り込み、NDVI 変換画像を作成した。QGIS により得られた NDVI 値をもとに、値が高いほど青色から赤色に近づくようにグラデーションを付け、植生活性が高い領域を赤系の色、低い領域を青系の色に色分けし、生育状況を可視化することで客観的に判断できるようにした。試験区の NDVI 値は、NDVI 変換画像の生育調査箇所である 1m 区間 (1m×1m) 内の各ピクセルが持つ NDVI 値の平均値とした。3 試験区の平均値を処理区の NDVI 値とし、生育量との解析に用いた。また、全重量については、各試験区の NDVI 値との解析にも用い、2020 年度及び 2021 年度は、NDVI 値と全重量の相関式に基づく全重量の理論値と実測値について比較をした。

3) オルソモザイク処理

取得した空撮画像は、レンズの中心に光束が集まる中心投影であるため、草姿が立性な根深ネギでは、画像の周縁部に向かうほど位置ズレが生じ、根深ネギが傾いて側面が写るようになる。また、冬期に向けて太陽高度が低くなるため、空撮画像に写る土壌部分が根深ネギの影となるなど、同一被写体の NDVI 値が、日射条件により変化することが想定される。そこで 2020 年度と 2021 年度の画像を用いて、空撮画像の位置補正による中心と端の歪みの軽減や日射補正を行うオルソモザイク処理を試みた。

最初に、Pix4D S.A.社製のソフトウェア Pix4Dfields (Ver.1.11.0) に撮影した RGB 画像、赤色画像及び近赤外画像を取り込み、オルソモザイク画像及び NDVI 変換画像の作成を行った。その後、QGIS に作成したオルソモザイク画像及び NDVI 変換画像をレイヤとして取り込み、生育調査を行った箇所である 1m 区間 (1m×1m) 内の各ピクセルが持つ NDVI 値の平均値を試験区の値とし、各試験区における全重量との解析に用いた。

III 結果

1 NDVI 変換画像及び NDVI 値と根深ネギ生育量との関係

1) 2019 年度

生育中期の 9 月 13 日調査では、施肥量と NDVI 値、草丈及び葉鞘径に正の相関が示された (図 2、図 3)。なお、慣行区と 50%増肥区間には草丈及び葉鞘径において有意差は見られなかった (表 1)。

同日の RGB 画像と NDVI 変換画像の比較をした結果、RGB 画像では生育差を視認することが困難であったが、NDVI 変換画像では慣行区及び 50%増肥区が無施肥区より赤色が濃くその範囲も広いことから、植生活性が高く、生育差を視認できた (図 4)。

生育後期の 11 月 19 日調査においても、施肥量と NDVI 値、葉鞘径、葉鞘長及び全重量には、正の相関が示された (図 5~7)。慣行区と 50%増肥区間には、生育中期と同様に生育に差はなく、葉鞘径、葉鞘長及び全重量において有意差は見られなかった (表 2)。また、施肥量と葉鞘径には有意差はみられなかったものの、他の調査項目と同様に、50%増肥区及び慣行区は、無施肥区よりも高い値を示した (表 2)。

同日に撮影した NDVI 変換画像においても、慣行区及び 50%増肥区が無施肥区より赤色が濃く、その範囲も広いことが視認できた (図 8)。

以上の結果から、生育中期と生育後期に、草丈や全重量などの生育量が多いと、NDVI 値が高くなることが示され、NDVI 変換画像から生育の比較が可能であることが示唆された。

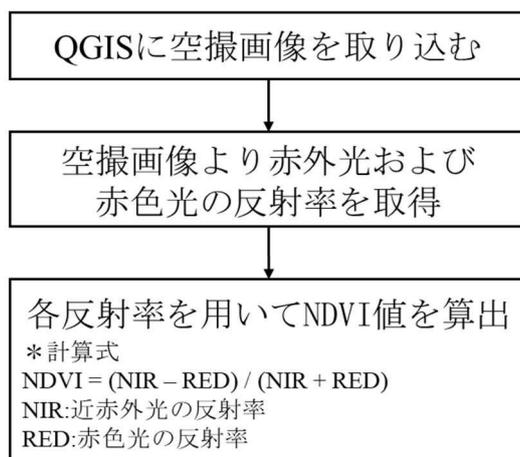


図1 NDVI 値算出までのフローチャート

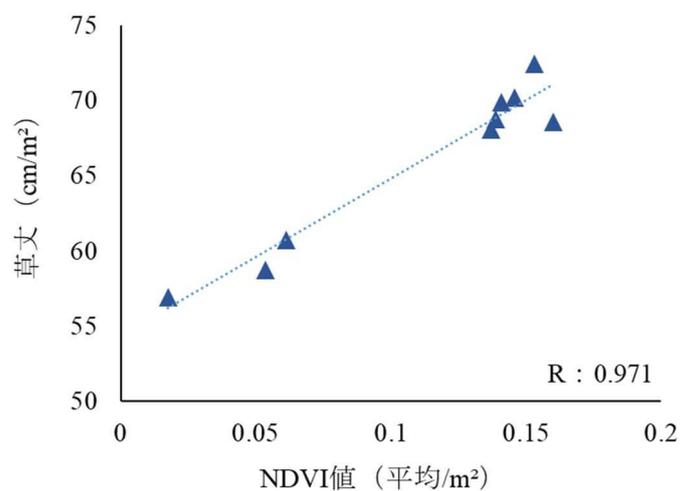


図2 NDVI 値と草丈の関係 (2019年9月13日)

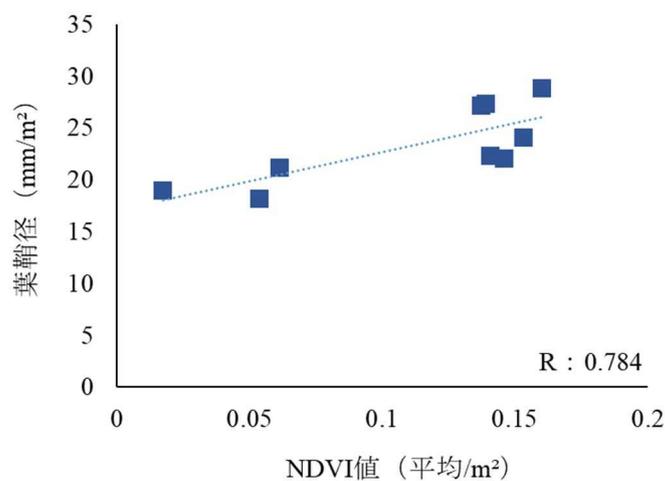


図3 NDVI 値と草丈の関係 (2019年9月13日)

表1 NDVI値及び根深ネギ生育量の各処理区間差^z（2019年9月13日）

処理区	NDVI値	草丈(cm)	葉鞘径(mm)
50%増肥区	0.146 a ^y	68.9 a	26.2 a
慣行区	0.146 a	70.5 a	24.5 ab
無施肥区	0.044 b	58.8 b	19.4 b

^z:各処理区における3反復の平均値（以下同様）、^y:異文字間に5%水準で有意差あり（Tukey法、n=3）

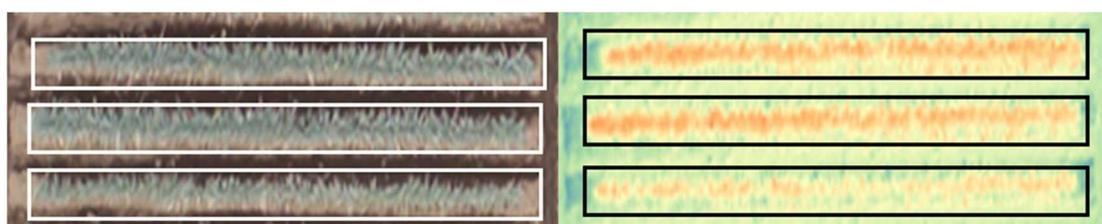


図4 根深ネギ RGB画像（2019年9月13日撮影）（左）とNDVI変換画像（右）

枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%増肥区、無施肥区である

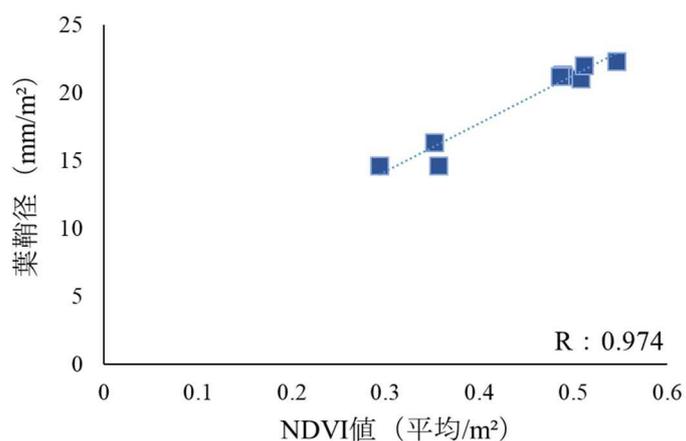


図5 NDVI値と葉鞘径の関係（2019年11月19日）

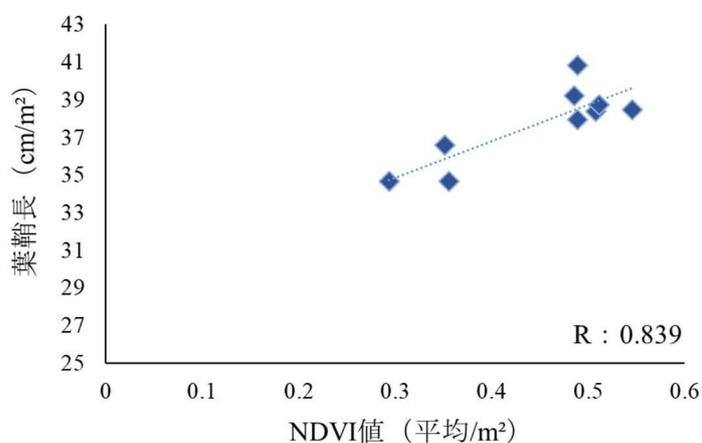


図6 NDVI値と葉鞘長の関係（2019年11月19日）

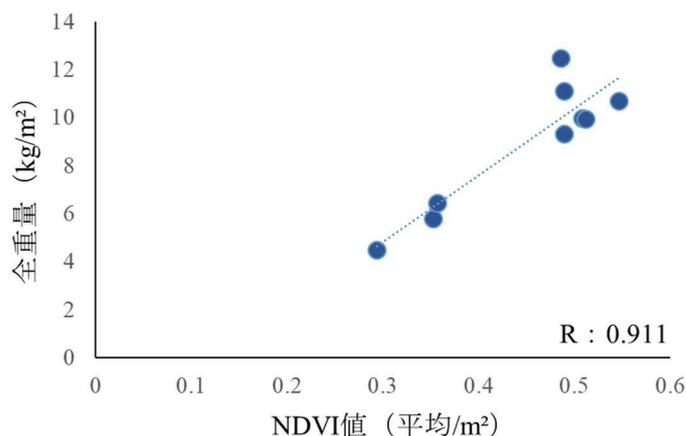


図7 NDVI 値と全重量の関係 (2019年11月19日)

表2 NDVI 値及び根深ネギ生育量の各処理区間差 (2019年11月19日)

処理区	NDVI値	葉鞘径(mm)	葉鞘長(cm)	全重量(kg/m ²)
50%増肥区	0.515 a ^z	21.8 n.s. ^y	38.8 a	11.04 a
慣行区	0.495 a	21.2 n.s.	39.1 a	10.14 a
無施肥区	0.334 b	15.2 n.s.	35.3 b	5.58 b

^z 異文字間に5%水準で有意差あり (Tukey法、n=3)、^y n.s.: 有意差なし

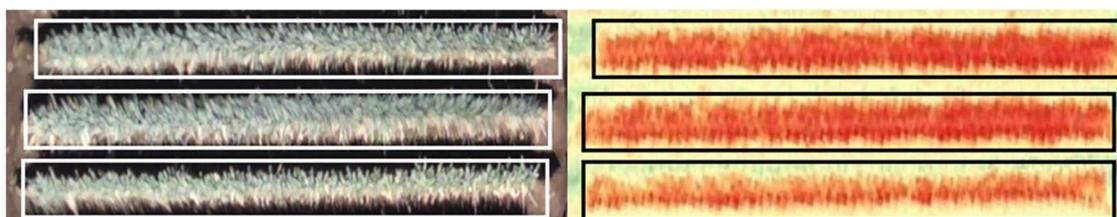


図8 根深ネギ RGB 画像 (2019年11月19日撮影) (左) と NDVI 変換画像 (右)

枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%増肥区、無施肥区である

2) 2020 年度

2019年度の試験結果において、慣行区と50%増肥区間には生育中期と生育後期の生育に差が見られなかったことから、2020年度以降は50%増肥区を減肥区に変更した。

定植後3ヶ月以降の全4回の調査において、減肥に応じたNDVI値及び全重量が低くなるとともに、NDVI変換画像における赤色の範囲は狭くなる傾向が視認できた(図9~12)。また、10月2日以降の施肥量及びNDVI値、並びに11月10日以降の施肥量及び全重量にいずれも有意差が示された(表3~6)。

一方、調査日ごとにおけるNDVI値及び全重量には、いずれも正の相関が示された。また、全調査日における両調査項目間の相関係数は、0.924と高い値を示した。ただし、全調査日を踏まえた相関式($y=17.698991x+1.693372$ 、 y :全重量、 x :NDVI値)に基づく全重量の理論値と実測値を比較したところ、最大1.80kg/m²と重量比35%の誤差が10月2日の調査データで確認された(図13)。

また、10月2日と12月18日のデータは、ほぼ直線上にあるものの、11月10日のデータはこれらとは平行の位置であった。

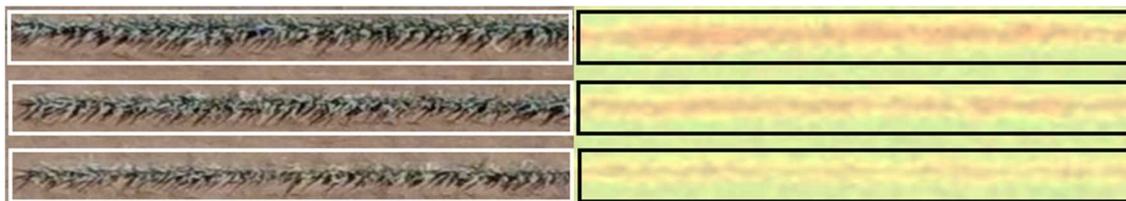


図9 根深ネギ RGB画像（2020年8月18日撮影）とNDVI変換画像（右）

枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%減肥区、75%減肥区である

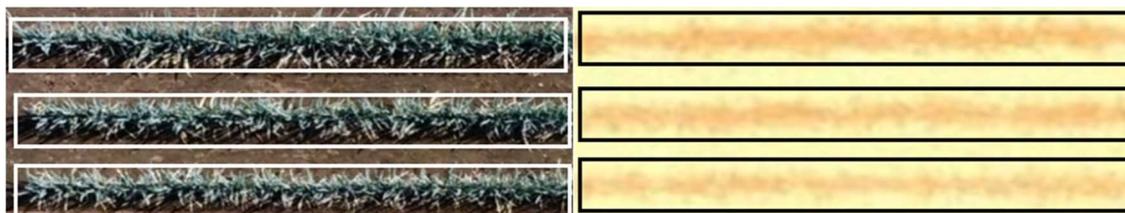


図10 根深ネギ RGB画像（2020年10月2日撮影）とNDVI変換画像（右）

枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%減肥区、75%減肥区である

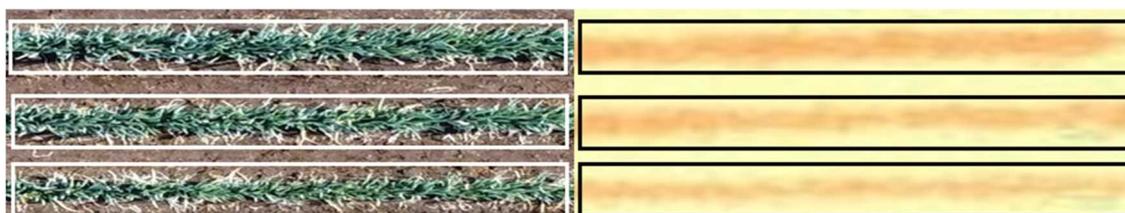


図11 根深ネギ RGB画像（2020年11月10日撮影）とNDVI変換画像（右）

枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%減肥区、75%減肥区である

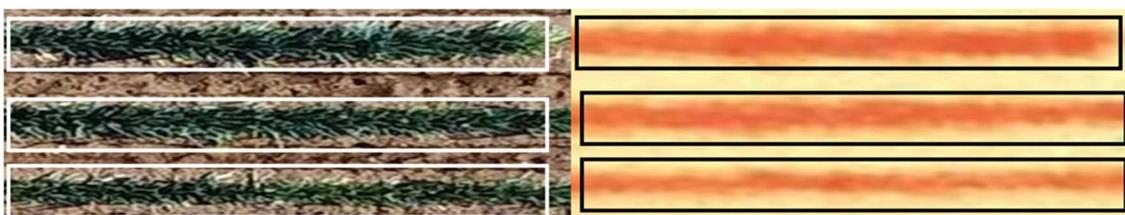


図12 根深ネギ RGB画像（2020年12月18日撮影）とNDVI変換画像（右）

枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%減肥区、75%減肥区である

表3 NDVI値及び根深ネギ全重量の各処理区間差（2020年8月18日）

処理区	NDVI値	全重量(kg/m ²)
慣行区	0.013 n.s. ^z	2.09 n.s.
50%減肥区	-0.030 n.s.	1.90 n.s.
75%減肥区	-0.042 n.s.	1.21 n.s.

^z: n.s. : 有意差なし (Tukey法、n=3)

表4 NDVI値及び根深ネギ全重量の各処理区間差 (2020年10月2日)

処理区	NDVI値	全重量(kg/m ²)
慣行区	0.169 a ^z	3.98 n.s. ^y
50%減肥区	0.121 ab	2.79 n.s.
75%減肥区	0.102 b	2.50 n.s.

^z: 異文字間に5%水準で有意差あり (Tukey法、n=3)、^y: n.s.: 有意差なし

表5 NDVI値及び根深ネギ全重量の各処理区間差 (2020年11月10日)

処理区	NDVI値	全重量(kg/m ²)
慣行区	0.223 a ^z	6.72 a
50%減肥区	0.172 b	4.71 ab
75%減肥区	0.114 c	4.06 b

^z: 異文字間に5%水準で有意差あり (Tukey法、n=3)

表6 NDVI値及び根深ネギ全重量の各処理区間差 (2020年12月18日)

処理区	NDVI値	全重量(kg/m ²)
慣行区	0.340 a ^z	8.40 a
50%減肥区	0.235 b	5.98 b
75%減肥区	0.222 b	4.94 b

^z: 異文字間に1%水準で有意差あり (Tukey法、n=3)

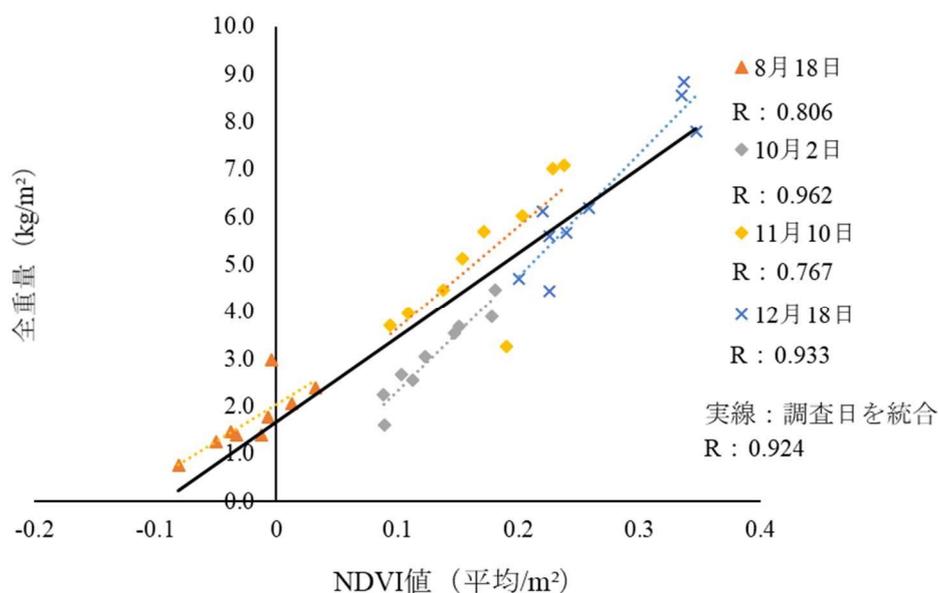


図13 NDVI値と全重量の関係 (2020年)

3) 2021 年度

2020 年と同様に、生育後期の 2 回の調査において、施肥量と NDVI 値あるいは全重量に有意差は示されなかったものの、12 月 19 日調査では、減肥に応じて両調査項目が低くなる傾向がみられた(表 7、8)。また、NDVI 変換画像における赤色の範囲は、減肥に応じて狭くなる傾向が視認できた(図 14、15)。

一方、定植後 5 ヶ月以降の 4 回の調査日ごとに

る NDVI 値及び全重量には、いずれも正の相関が示された(図 16)。ただし、全調査日における両調査項目間の相関係数は、0.643 と低い値を示した(図 16)。調査日ごとの相関式は、互いに平行の位置にあることから、全調査日を踏まえた相関式 ($y = 8.3387x + 2.1593$ 、 y : 全重量、 x : NDVI 値) に基づく全重量の理論値と実測値を比較したところ、最大 1.35kg/m^2 と重量比 41% の誤差が 12 月 19 日の調査データで確認された。

表 7 NDVI 値及び根深ネギ全重量の各試験区間差 (2021 年 11 月 16 日)

処理区	NDVI値	全重量(kg/m ²)
慣行区	0.113 n.s. ^z	3.45 n.s.
50%減肥区	0.077 n.s.	2.40 n.s.
75%減肥区	0.103 n.s.	3.03 n.s.

^z: n.s. : 有意差なし (Tukey 法、n=3)

表 8 NDVI 値及び根深ネギ全重量の各試験区間差 (2021 年 12 月 19 日)

処理区	NDVI値	全重量(kg/m ²)
慣行区	0.217 n.s. ^z	4.38 a ^y
50%減肥区	0.165 n.s.	2.60 b
75%減肥区	0.164 n.s.	2.83 ab

^z: n.s. : 有意差なし、^y: 異文字間に 5%水準で有意差あり (Tukey 法、n=3)

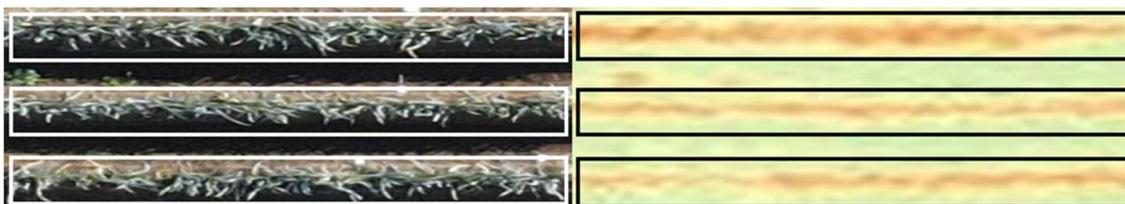


図 14 根深ネギ RGB 画像 (2021 年 11 月 16 日撮影) と NDVI 変換画像 (右)
枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%減肥区、75%減肥区である

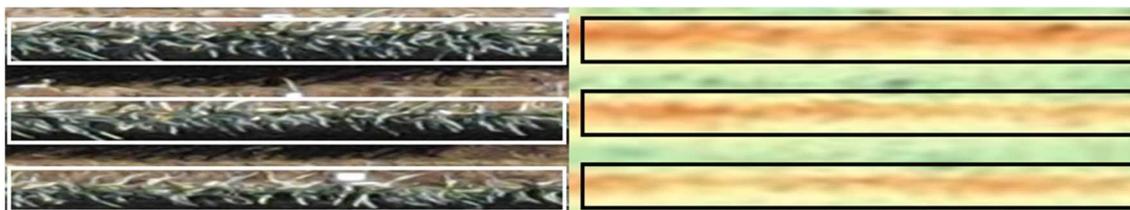


図 15 根深ネギ RGB 画像 (2021 年 12 月 19 日撮影) と NDVI 変換画像 (右)
枠内に根深ネギを示している、試験区は上から慣行区、50%減肥区、75%減肥区である

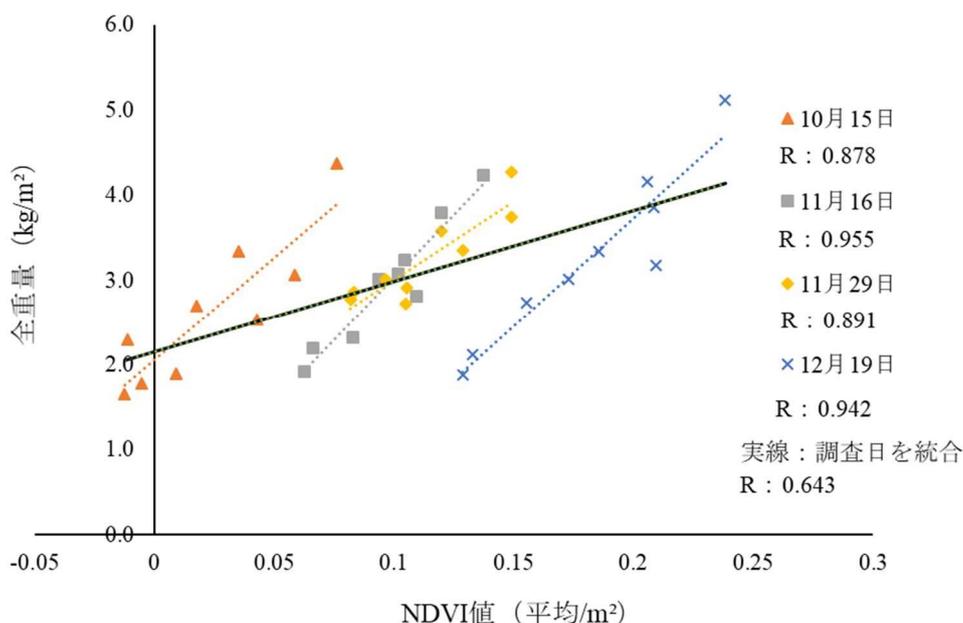


図 16 NDVI 値と全重量の関係 (2021 年)

2 オルソモザイク処理

オルソモザイク処理により、NDVI 変換画像における葉身あるいは葉鞘部分がより鮮明に赤色として視認されたため、処理前と比較して視認性が向上した (図 17)。また、相関係数は処理前で 0.924 を示したのに対し、処理後で 0.895 を示した (図 18)。そして、全調査日を踏まえた相関式 ($y = 14.15x + 1.319$, y : 全重量, x : NDVI 値) に基づく全重量の理論値と実測値を比較したところ、最大 2.05kg/m²と重量比 30%の誤差が 12 月 18 日の調査データで確認された。処理前の最大 1.80kg/m²と重量比 35%の誤差と比較して、オルソモザイク処理による効果は低かったが、重量比の誤差が小さくなった。

2021 年度も同様に空撮画像をオルソモザイク処理し、NDVI 値と全重量の相関を検討した。その結果、全調査日における両調査項目間の相関係数は、処理前に 0.643 を示したのに対し、処理後には 0.860 と高くなった (図 19)。なお、全調査日を踏まえた相関式 ($y = 14.23x - 0.678$, y : 全重量, x : NDVI 値) に基づく全重量の理論値と実測値を比較したところ、最大 1.12kg/m²と重量比 30%の誤差が 10 月 15 日の調査データで確認された。これは、処理前の最大 1.35kg/m²と重量比 41%の誤差と比較して小さくなった。

なお、2020 年度及び 2021 年度におけるオルソモザイク処理後の NDVI 値と全重量の関係と比較したところ、相関式が異なる傾向を示した (図 20)。

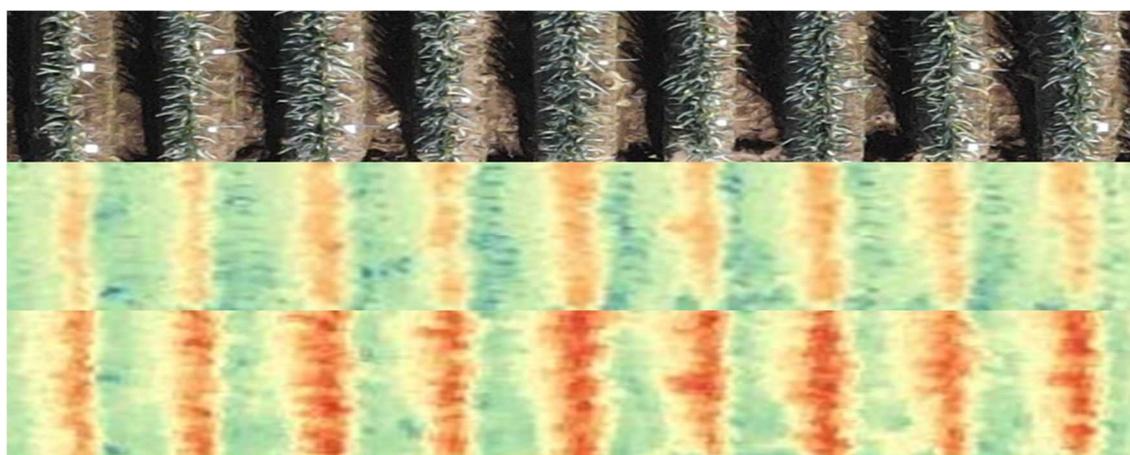


図 17 根深ネギ RGB 画像 (2021 年 12 月 19 日撮影) (上) とオルソモザイク処理前の NDVI 画像 (中央) 及びオルソモザイク処理後の NDVI 画像

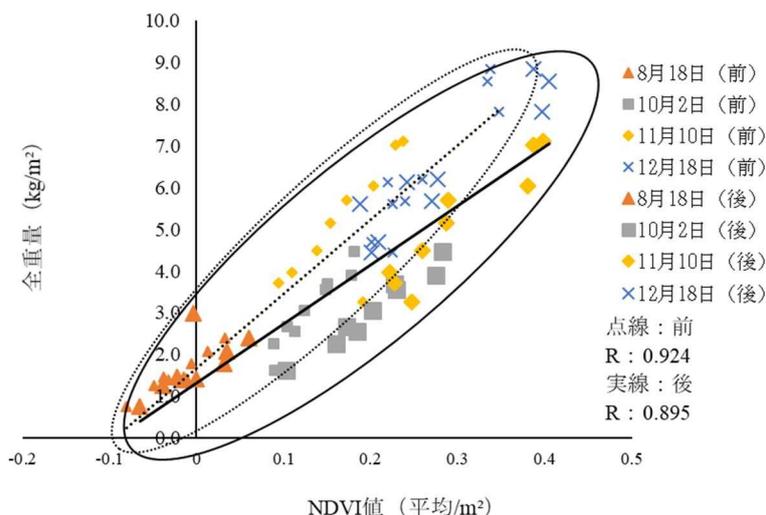


図18 オルソモザイク処理前後のNDVI値と全重量の関係（2020年）

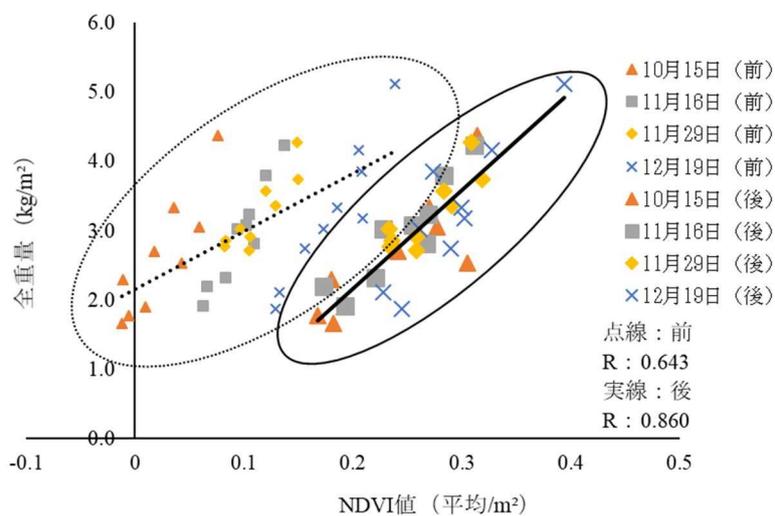


図19 オルソモザイク処理前後のNDVI値と全重量の関係（2021年）

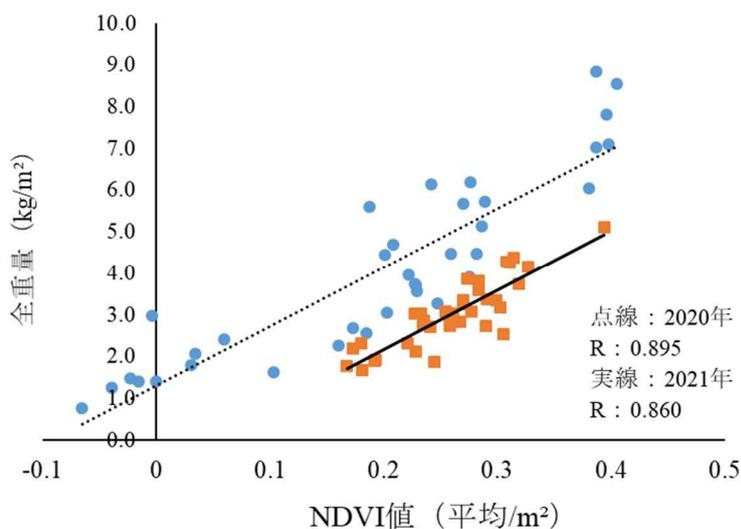


図20 オルソモザイク処理後のNDVI値と全重量の関係における年次間差（2020年、2021年）

IV 考察

今回の試験により、根深ネギ圃場の空撮画像を NDVI 画像へ変換することにより、草丈、葉鞘径及び全重量等の生育の良否を目視で評価でき、生育状況の見える化ができた。さらに、オルソモザイク処理により、画像の中心と端の歪みを補正することができ、葉身あるいは葉鞘部分がより鮮明に赤色として視認されたため、処理前と比較して視認性が向上した。この結果は、水稲やキャベツ等における報告と一致した（濱ら²⁾、小阪ら⁴⁾）。

一方で、NDVI 値と全重量の関係について、調査日ごとのデータでは、高い正の相関関係が見られたが、年間のデータを 1 本の相関式で計算すると全重量では 1.35~1.80kg/m²、重量比では 35%~41%の誤差が算出された。また、オルソモザイク処理後の NDVI 値と全重量の相関を検討した結果、2020 年は処理前後で相関係数の変化は小さかったが、2021 年は高くなった。その結果、両年度とも全重量に対する誤差範囲を 30%程度まで小さくすることができたものの、全重量を推定するにはさらなる精度の改善が必要である。誤差の原因として、橋本⁷⁾は、根深ネギの被覆範囲、撮影日ごとの天候、日照強度及び太陽の位置による日射条件による NDVI 値への影響について考察している。また、水稲やキャベツ等では、被覆度や日射条件等の差異による NDVI 値への影響が報告されている（濱ら²⁾、田中ら⁸⁾）。一方、根深ネギでは、土壌の影響を考慮した報告はなされているものの、影の影響について言及されていなかった（宮城県⁵⁾）。本研究では、調査時期が夏から冬に移り、太陽高度が低くなるにつれて、空撮画像における根深ネギの影が大きくなり、土壌の写る割合が減少した。加えて、古谷ら⁹⁾は影が NDVI 値に影響を及ぼすことを報告しており、NDVI 値は土壌より影の方が高いことから、水稲やキャベツ等と同様に相関式に差が生じたものと推察した。水稲やキャベツ等では、推定精度改善のため、日射条件等を考慮した植生指数の活用が報告されており（濱ら²⁾、濱ら³⁾）、根深ネギでも活用の可能性を検討する必要がある。

根深ネギ生産者は、経営規模の拡大に伴い、土寄せなどの圃場管理や圃場内や圃場間の移動に追われ、圃場内の隅々まで生育を把握する時間が確保できなくなった。このため、防除及び追肥時期の遅延により減収を招くなど、十分な収益確保には至っておらず、大規模経営体を中心に、短時間で省力的に生育状況を把握する技術開発が求められている。本研究により、根深

ネギの生育状況の見える化に一定の成果が得られたことは、生育診断や出荷予測等の技術開発に向けた前進であり、今後も、全重量の推定精度の改善を図るなど、根深ネギ生産者の経営をサポートする技術の実用化に寄与できるよう尽力したい。

V 摘要

根深ネギの生育中後期において、ドローン撮影画像による NDVI 値から根深ネギの生育量を可視化できるかを検討したところ、水稲やキャベツ等と同様に生育状況の可視化が可能であることが明らかになった。NDVI 値と全重量には、高い正の相関関係が認められ、NDVI 変換画像では、根深ネギの全重量を見える化をすることが可能であった。また、オルソモザイク処理を行うことによって、NDVI 値に対する全重量比の誤差を 30%程度まで軽減できた。

謝辞

本研究にあたり、画像データや収量データの提供等にご協力いただいた県内生産者及び各振興局、本庁等の県関係機関の担当者の方々に、深く感謝申し上げます。

引用文献

- 1) 濱侃・田中圭・望月篤・鶴岡康夫・近藤昭彦. UAV リモートセンシングおよび登熟期の気象データに基づく玄米タンパク含有率推定. 日本リモートセンシング学会誌 (2018) ; Vol.38 No.1 : 35-43.
- 2) 濱侃・田中圭・望月篤・新井弘幸・平田俊之・八幡竜也・鶴岡康夫・近藤昭彦. UAV リモートセンシング及び日射量を用いた水稲の草丈と収量の推定. 水文・水資源学会誌 (2018) ; Vol.31 No.2 : 68-82.
- 3) 濱侃. UAV を用いた近接リモートセンシングに基づく水稲の生育・収量・タンパクの観測・推定に関する研究. 千葉大学大学院理学研究科地球生命園科学専攻学位論文 (2019) .
- 4) 小阪尚子・宮崎早苗・井上潮・斉藤元也・安田嘉純. 時系列衛星画像によるキャベツの生育ステージ把握. システム農学会誌 (2006 年) ; 22 巻 2 号 : 77-88.
- 5) 宮崎県農業・園芸総合研究所. ドローン空撮によるネギ圃場の生育・収量マップ作成手法. 宮城県「普

- 及に移す技術」(2020年)；第96号：57_58.
- 6) 濱侃・田中圭・田寛之・近藤昭彦. ドローンに搭載可能な近赤外カメラの比較と検討：RedEdge と Yubaflex. 日本リモートセンシング学会誌 (2018) ； Vol.38 No.5：451-457.
- 7) 橋本直之. 作物圃場における栽培管理支援に向けた UAV リモートセンシングに係わる研究. 学位授与機関. Tohoku University. 学位授与番号. 11301 甲第 19315 号.
- 8) 田中美咲・濱侃・鶴崎幸・柴戸靖志. キャベツ圃場の生育を株単位で把握するためのドローン空撮方法と画像解析手法. 日本リモートセンシング学会誌 (2021) ； Vol.41. No.3：375_385.
- 9) 古谷孝之・田中・あゆみ. 桜川公園におけるドローンをを用いた樹木位置および樹高樹勢情報の取得. 樹木医学研究 (2018) ； 第22巻 2号：111_112

Visualization of Welsh onion growth using aerial drone image

Shinichi KUDO, Takahiro KATO, Kazuo SAEKI and Mitsuhide TAMAI

Summary

We investigated whether it is possible to visualize the growth amount of Welsh onion from the NDVI values taken by drone images during the middle-to-late stages of growth of Welsh onion, and it became clear that it is possible to visualize the growth status of Welsh onion in the same way as rice, cabbage, etc. A high positive correlation was observed between the NDVI value and the total weight, and it was possible to visualize the total weight of Welsh onion using the NDVI-converted image. Furthermore, by performing ortho-correction processing method, the error in the total weight ratio relative to the NDVI value could be reduced to about 30%.