

## UAV を用いた水稲のタンパク含有率の推定に関する研究 Study on estimation of protein content of rice using UAV imagery

○金子大輝\* 柿本健吾\*\* 奥山太郎\*\* 山本忠男\*\*\* 谷宏\*\*\*

Taiki Kaneko, Kengo Kakimoto, Taro Okuyama, Tadao Yamamoto, Hiroshi Tani

### 1. はじめに

米のタンパク含有率は食味を左右する重要な要素である。タンパク含有率は施肥や土壌条件の影響を強く受け、栽培管理によって改善できることが知られている。北海道では広域で米のタンパク含有率を把握するために、光学衛星で観測した画像からタンパクマップが作成され、施肥管理などの栽培指導へ活用されている。しかし、光学衛星は回帰日数や雲量によって使用するデータ数が制約される。一方、UAVは機動性が高く、天候の影響も受けにくい新たなリモートセンシングのプラットフォームとして近年、注目を集めている。UAVを用いた水稲のタンパク含有率の推定に関する報告はまだ少なく、より多くの研究事例を蓄積する必要がある。そこで、本研究ではUAV画像から水稲のタンパク含有率を推定することを目的として、UAVでの撮影と生育調査を実施し、解析を行った。

### 2. 方法

(1) **研究対象圃場** 本研究では北海道美唄市に位置する水田圃場を対象とした。調査は連続した7つの圃場で行った。3圃場では移植栽培（以後、移植と称する）、4圃場では乾田直播栽培（以後、直播）が行われていた。栽培品種は、移植がななつぼし、ゆめぴりか、直播がさんさんまる、おぼろづきの計4種類である。1圃場につき2箇所調査プロット（1m×1m）を設けた。対象圃場では2015年に圃場整備が行われており、整備前にはそれぞれの圃場で、小麦と水稲の栽培が半分ずつの面積で行われていた。調査プロットは、各圃場において整備前に小麦と水稲作が行われていた部分のそれぞれに配置した。

(2) **現地調査** 対象圃場において2019年7月から9月にかけて計6回のUAVでの撮影と同時に、調査プロットでの生育調査を行った。調査項目は草丈、1株あたりの茎数、LAI、SPAD値である。また、成熟期（移植では9月12日、直播では9月20日）に刈取りを行い、十分な自然乾燥後にタンパク含有率を計測した。直播についてはタンパク含有率のみの計測を目的とした調査プロットを6箇所追加した。現地調査により移植では8月1日、直播では8月7日を出穂日とした。

(3) **使用したUAVデータ** 本研究で使用したUAVは、DJI社のPhantom 4 Proである。5バンドのマルチスペクトルカメラであるSentra社のMultispectral Double 4K SensorをUAVに装着し、画像を取得した。それぞれのバンドの中心波長は、青: 446nm, 緑: 548nm, 赤: 650nm, レッドエッジ: 720nm, 近赤外: 840nmである。撮影後、Pix4D社のSfMソフトウェアPix4Dmapper Version 4.4.12を用いて、オルソモザイク画像（地上分解能：約2.3cm）を作成した。画像から植生指数（NDVI, GNDVI, NDRE）を算出し、解析に使用した。

(4) **データ解析** 各撮影日について、タンパク含有率と植生指数との相関を調べた。また、高い相関係数が得られた撮影日のデータを用いて単回帰分析を行った。なお、移植と直播では生育ステージが異なるため、それぞれの栽培方法について解析を行った。

\*北海道大学大学院農学院 Graduate School of Agriculture, Hokkaido University \*\*株式会社環境保全サイエンス Kankyozen Science .Co \*\*\*北海道大学大学院農学研究院 Research Faculty of Agriculture, Hokkaido University  
キーワード: 圃場整備, 測量・GIS, リモートセンシング

### 3. 結果と考察

(1) **タンパク含有率** 移植のタンパク含有率と植生指数との相関係数の経時変化を図1に示す。相関係数は出穂後に一旦減少し、後に上昇する傾向があった。相関係数が最小を示したのは、NDREが出穂後25日、NDVIとGNDVIが出穂後35日であった。早い時期の相関係数に着目すると、出穂後15日のGNDVIとタンパク含有率との間に高い正の相関がみられた。一方、直播におけるタンパク含有率と植生指数との相関の経時変化(図2)を見ると、相関係数は出穂後の早い時期に上昇し、その後は減少する傾向がみられた。最大の相関係数を示したのは、すべての植生指数で出穂後20日だった。

移植と直播の両圃場で高い相関を示した出穂後15日および20日のGNDVIを用いて単回帰分析した結果を図3、図4に示す。両栽培法において決定係数、RMSEはともに良好だった。一般に、植生指数は水稻の窒素栄養状態と関係があり、タンパク含有率の推定に用いられている。本研究で対象とした品種でも高い推定精度が得られることが確認された。

図3、図4において、破線で結んだ2つの点は同一圃場のものであり、●が整備前に小麦作、△が水稻作を継続したプロットを示す。両図ともに、同じ圃場で比較した場合、小麦作を行っていたプロットでタンパク含有率が高く、GNDVIも大きくなる傾向があった。同一圃場でタンパク含有率の高低が生じた原因として、圃場整備の影響が示唆される。

### 4. おわりに

本研究では UAV 画像から水稻のタンパク含有率の推定モデルを作成した。また、圃場整備の影響と考えられる同一圃場内の生育ムラを観測した。これは圃場整備に伴う切盛によって下層土の土質に違いが生じたこと、あるいは下層土の土性の違いに起因すると考えられる。今後は土壌調査を行うことによって生育ムラの原因を明らかにし、タンパク含有率の高低を解消する方法を考える必要がある。

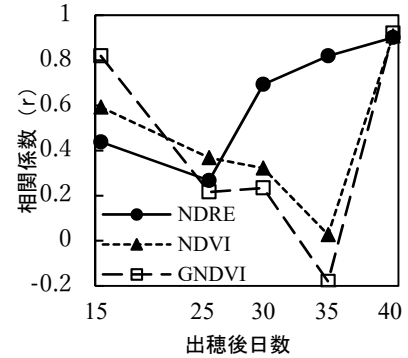


図1 タンパク含有率と植生指数との相関係数の経時変化(移植)  
Fig.1 Temporal change of correlation coefficient between protein content and vegetation index (Trans planting)

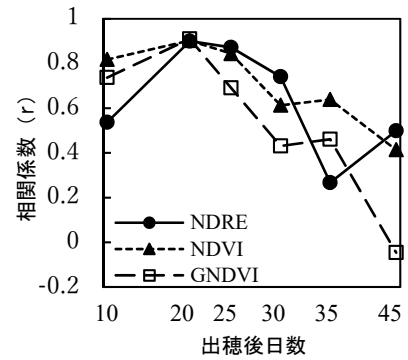


図2 タンパク含有率と植生指数との相関係数の経時変化(直播)  
Fig.2 Temporal change of correlation coefficient between protein content and vegetation index (Direct planting)

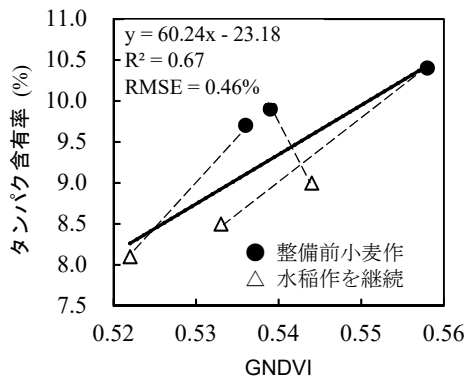


図3 タンパク含有率とGNDVIの関係(移植, 出穂後15日)

Fig.3 Relationship between protein content and GNDVI (Trans planting, 15 days after heading)

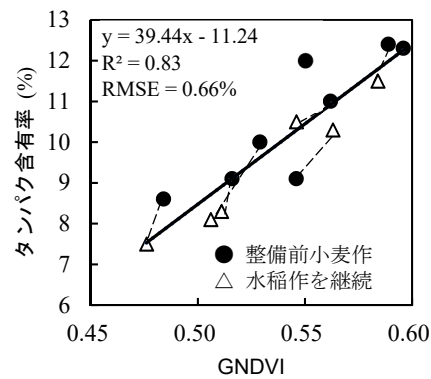


図4 タンパク含有率とGNDVIの関係(直播, 出穂後20日)

Fig.4 Relationship between protein content and GNDVI (Direct planting, 20 days after heading)