

# UAV 空撮画像を用いたてん菜の圃場別収量把握方法の検討

○佐藤 正衛, シジャネ スティーブン シジェヒア,  
吉田光希, 伊藤淳士, 土屋史紀

農業・食品産業技術総合研究機構 北海道農業研究センター, 〒082-0081 北海道河西郡芽室町新生南9線4番地

## 要旨

てん菜の圃場別収量の把握手法を提案した。本手法は、まず空撮画像から圃場別てん菜を判別し、圃場別てん菜を抽出してその体積を算出する。次に測定したてん菜体積とそれに対応する出荷伝票の重量から体積と重量との換算係数を求める。そして圃場別体積と換算係数を利用して圃場別予測収量を算出する。提案する方法は土場に堆積したてん菜の空撮画像と出荷伝票を用いる方法であり、従来からのてん菜生産方法を変更する必要はない。

## キーワード

てん菜, 予測収量, 圃場別収量, UAV, 空撮画像

## はじめに

農業生産における ICT, RT 技術の進展により精密農業やデータを活用した農場管理は今後急速に広まることが予想される。周密で高精度な生産管理が効果を発揮するためには基本的な成果指標である圃場ごとの収量の把握は不可欠である。これをうけ北海道十勝地域で作付けされている主要畑作物である小麦, 馬鈴薯, 豆類, てん菜について作物別に圃場別収量の既存成果 (農研機構 2008) や生産現場での把握状況を確認したところ, 澁原用馬鈴薯およびてん菜は圃場別収量の把握が困難であることが明らかとなった。そこで本研究ではてん菜について圃場別収量把握の方法を構築することを目的に基本的な考え方と技術を提示し, 試算結果にもとづき今後の課題を検討する。

## てん菜の収穫, 収量把握の現状

北海道十勝地域では一般的に一筆の区画が大きい圃場を利用して輪作体系を組んで複数種類の畑作物を栽培している。輪作体系の中心となる作物は小麦, 馬鈴薯, 豆類, てん菜である。これら作物の圃場別収量の可否をまとめたものが表 1 である。てん菜および澁原用馬鈴薯では圃場別収量が把握できない。

表 1 十勝地域の作物別収穫方法と圃場別収量把握の可否

| 作物        | 収量把握方法                   | 出荷の例             | 圃場別収量 |
|-----------|--------------------------|------------------|-------|
| 小麦        | 圃場でコンバイン収穫, 乾燥施設へ        | 圃場→トラック→乾燥貯蔵施設   | ○     |
| 馬鈴薯 (加工用) | 圃場で収穫, 鉄コン・トラックで貯蔵施設へ    | 圃場→鉄コン→トラック→貯蔵施設 | ○     |
| 豆類        | 圃場ごとに収穫後, トラックで加工施設へ     | 圃場→トラック→加工       | ○     |
| てん菜       | 圃場で収穫後, 土場で保管。2,3回に分けて出荷 | 圃場→土場→トラック→糖業    | ×     |
| 馬鈴薯 (澁原用) | 圃場で収穫後, 土場で保管。出荷         | てん菜同様            | ×     |

次にてん菜収穫の実際について概要を示す。収穫方法は大型機械収穫の導入が図られている地域があるものの現状は個別経営単位で収穫している。収穫したてん菜は各経営の土場へ運搬され工場へ出荷するまでの期間はそこで保管される。工場では受け入れ時にてん菜の重量を計量しているものの各経営の土場には複数圃場からてん菜が運搬され, まとめて堆積されているため, 圃場ごとの重量 (圃場別収量) を把握することはできない。

## 圃場別収量把握の方法

### 圃場別予測収量の考え方

てん菜の圃場別収量は次式で求める。

圃場別予測収量(t)

= 土場に堆積された圃場別てん菜体積(m<sup>3</sup>)×換算係数(t/m<sup>3</sup>)

ここでの技術的課題は (1) 土場に積まれたてん菜体積の測定, (2) ひとつの山として堆積したてん菜を圃場ごとに見分ける方法, (3) 測定した全体の体積を圃場ごとの体積に分割する方法, (4) 換算係数の値の求め方, に区分できる。これらの課題に対して本研究では UAV (unmanned aerial vehicle) の空撮画像データを利用して接近することとした。以下にそれぞれの方法を説明する。

### 対象および方法

空撮対象は十勝地域のてん菜作付けをおこなっている A 経営の土場に堆積されたてん菜である。A 経営では 3 箇所 (4 筆) 合計 10.5ha の圃場に移植 7.5ha, 直播 3ha のてん菜を作付けしている。収穫期間は 10 月 16 日から 10 月末日, 空撮は 2020 年 11 月 2 日, 11 月 6 日の 2 回, 間の 11 月 5 日に第一回目の出荷がおこなわれている。UAV は DJI Phantom4, カメラはマルチスペクトルカメラ, 空撮データの処理には Pix4D を用いた。

## 体積測定

空撮時に堆積するてん菜の周囲と上面に基準点（GCP）パネルを配置し RTK-GNSS で測位して位置情報を付与した。これら GCP と空撮画像を Pix4Dmapper の機能を利用して点群処理をおこない数値表層モデル（DSM; Digital Surface Model）を作成した。体積は地上解像度（GSD; Ground Sampling Distance）間隔のグリッド  $i$  について基準平面から 3D 地形の高度の距離（ $H_i$ ）とグリッド面積（ $GSD \times GSD$ ）から体積を求め、てん菜部分のグリッドについて合計値を算出した。堆積物上面の凹凸も考慮されており、体積は空撮第 1 回目は  $1,755 \text{ m}^3$ 、第 2 回目（第 1 回運搬後の残り）は  $733 \text{ m}^3$  であった。

## 圃場別てん菜の判別

マルチスペクトルカメラで取得したデータから LCI（葉クロロフィル（葉緑素）指数）により堆積物上面に境界線を検出した（図 1）。この境界線について A 経営にヒアリングを実施し圃場の違いによるものであることを確認した。図の Part A が直播、Part B、C が移植圃場から運搬されたものであった。

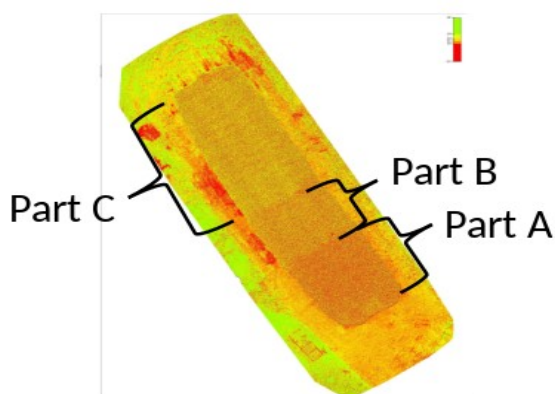


図 1 てん菜上面の LCI の値と境界線

## 体積の分割方法

LCI で検出した境界線を手作業でトレースして圃場別てん菜の分割を行った。境界線上のグリッドについて 3D 地形の表面から基準面まで垂線を下ろし堆積物を分割したこれにより分割された体積は A:  $519 \text{ m}^3$ 、B:  $387 \text{ m}^3$ 、C:  $847 \text{ m}^3$  である。

## 換算係数

てん菜体積と重量との換算係数は、2 回実施した体積測定値とそれらに対応する工場への出荷重量を用いて算出した。本稿で用いた重量は正味原料であり、正味原料は工場搬入時と搬出時の重量差から夾雑物を除去した粗原料重に目視等で決まる係数を乗じて測定される（表 2）。

全収穫物分もあわせると算出した 3 つの換算係数は 0.42, 0.45, 0.49 でありその値にばらつきが認められた。その原因として栽培様式（移植か直播）による形状の違い、収穫日、出荷時期の違いによる水分等の影響が考えられるものの影響は明らかではない。また測定誤差の可能性も排除できない。今後の追加検討が必要である。

表 2 測定結果にもとづくてん菜の堆積と重量との換算係数

|          | 体積 ( $\text{m}^3$ ) | 正味原料 (t) | 換算係数 ( $\text{t}/\text{m}^3$ ) |
|----------|---------------------|----------|--------------------------------|
| 全収穫物     | 1,755.50            | 788.27   | 0.45                           |
| 第 1 回運搬分 | 1,022.47            | 426.90   | 0.42                           |
| 第 2 回運搬分 | 733.03              | 361.37   | 0.49                           |

## 予測収量

堆積物を分割した圃場別てん菜体積と全収穫物を用いて算出した換算係数 0.45 から求めた予測収量を算出した結果、直播圃場 7.7t/10a、移植圃場 6.6、7.7t/10a であった。

表 3 予測収量

| 部位 | 栽培方式 | 全収穫物 ( $\text{t}/10\text{a}$ ) |
|----|------|--------------------------------|
| A  | 直播   | 7.78                           |
| B  | 移植 2 | 6.66                           |
| C  | 移植 1 | 7.75                           |
| 合計 |      | 7.49                           |

## おわりに

本稿では、圃場別収量の把握が困難であったてん菜について空撮画像および出荷重量から得た圃場別体積および換算係数を用いて圃場別予測収量を推計する方法を提案した。

今後の課題は、換算係数の変動要因の解析、より簡易な画像データ取得方法の確立、圃場別てん菜の境界の判別方法の精度向上等があげられる。またデータ処理方法の簡易化も普及上の課題として指摘できる。

## 謝辞

本研究の成果の一部は JSPS 科研費 JP19H00960 の助成を受けたものです。

## 引用文献

- 農研機構生物系特定産業技術研究支援センター（2008）水稲精密農業 収量コンバイン、  
< <https://www.naro.affrc.go.jp/org/brain/PF/syukaku/syukaku.htm> > , 2021 年 3 月 19 日参照。  
PIX4D, How Pix4Dmapper calculates the Volume, < <https://support.pix4d.com/hc/en-us/articles/202559239-How-Pix4Dmapper-calculates-the-Volume> > 2021 年 3 月 19 日参照。