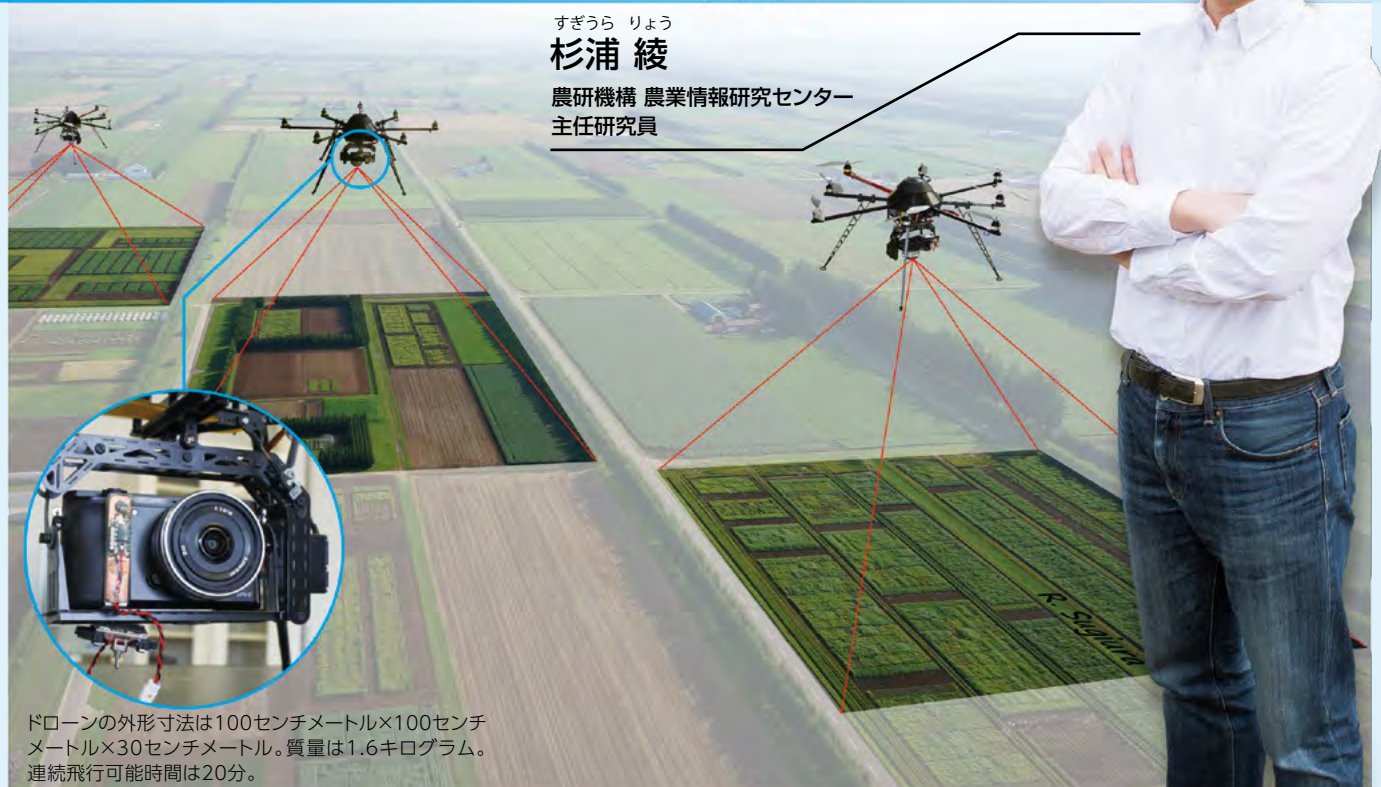


100メートル上空から 作物個体の生育を観察

ドローンで空撮した広大な畑の画像を解析し、作物個体の生育情報を得ることに成功したのは、農研機構農業情報研究センターの杉浦綾主任研究員だ。葉の長さや表面温度、草高などを計測し、何万もの作物の時系列変化や病害を個体ごとに検出する。野外環境で育つ作物の形質を高効率に計測・評価する技術は、栽培研究や農業の現場を大きく変える可能性を秘める。



手作業では困難な 形質計測を効率化

日本最大の畑作地帯を誇る北海道十勝地方。畑の平均面積は数ヘクタールで、10ヘクタールに達するものも少なくない。これだけ大規模になると、同じ畑でも作物の生育にばらつきが出て、全体の品質や収量を下げる。「畑が大きいからと大雑把に管理するのではなく、より精密に作物の生育状態を把握したい」と、農業・食品産業技術総合研究機構（農研機構）農業情報研究センターの杉浦綾主任研究員は語る。

ばらつきは畑を横から見渡すだけではわからない。畑の中に入り、膨大な時間と労力をかけて確認する作業が必要だった。「作物の草高を1つ1つメジャーで測ったり、生育のよし悪しや病害の発

生状況を目で確かめたりしますが、これが非常に大変です」。しかも実験室ではなく野外環境のため、夏場であれば、炎天下を歩き回らなければならない。当然ながら作業量には限界があり、「一日かけて取れるデータはせいぜい数10点から多くても100点」と形質や生育の時系列データが十分にそろわず、遺伝子情報との関係など網羅的な解明ができていなかったという。

「データを豊富に集めれば、もっと面白い栽培研究ができるはず」と、広大な畑での作物の生育を効率的に計測する手法を開発することを目指した。

ドローンの自作に成功 目視評価なみの精密さ

「生育のばらつきは、意外にも上空か

ら俯瞰した方がわかるのです」と杉浦さん。ムギの生育を無人ヘリで計測した経験から、空撮画像が地上の目で見るとはまったく違う効果をもたらすことに確信を持っていた。「ドローンはヘリよりも機体の構造が単純で、メンテナンスが格段に楽です。機械の故障も起きにくいし、何より安定感が違います。プロペラが8枚あり、飛行中に1枚や2枚が止まっても、残りのプロペラで飛んでいるので、墜落のリスクは無人ヘリより低いのです」。

ドローンが一般に普及している現在と違い、研究を始めた8年前は、かなり特殊な機器として市販されていた。「1機1000万円はしたので、とても手が出せませんでした」。そこで杉浦さんは計測用のドローンを自作することにした。モノづくりは学生時代から好きで、農業

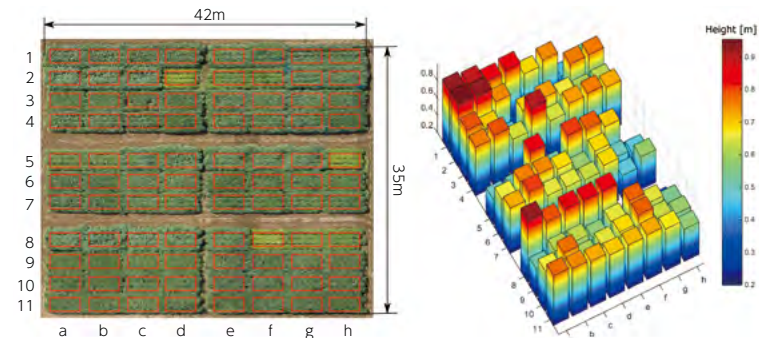
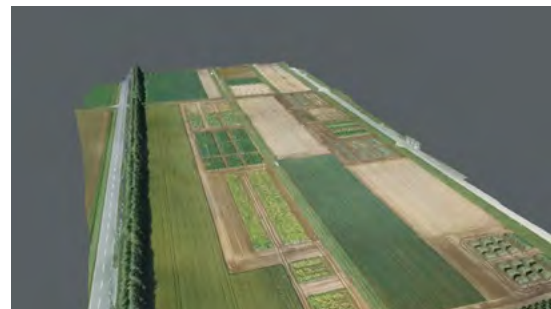


■図1 地面では作物がそろって見えるが(左下)、100メートル上空から見下ろすとばらつきが明確にわかる(左上)。1画素が地上の3センチメートルに相当し、作物個体が識別できるほど高精細に撮影できる(右)。

機械学の博士号を取得した。約20万円に必要な資材をそろえ、初号機を完成させた。初回の飛行では、「墜落しないようにと地上から祈るばかりだった」が、見事に空を舞った。

あらかじめプログラムした目標経路に沿って、GNSS(全球測位衛星システム)で自律飛行し、搭載した一眼レフカメラで畑を空撮する仕組みだ。使用方法が簡単であることに加えて、運用コストも低いので、頻繁に撮影できるのも長所だ。最初に撮った1枚を見た時は感動したという。空撮画像から得られた生育情報は、目視評価と比較しても十分な精度だった(図1)。

「ドローンを使うことには賛否両論がありました」と杉浦さんは振り返る。不安定で使い物にならないのではないのか。上空から見ることで何がわかるのか。ドローンによるビッグデータの活用は、多くの研究者にとって未知の領域だった。杉浦さんを常に勇気付けたのが二宮研究総括だった。『「周りは気にせず、どんどん行け」と後押ししてくださったのはありがたかったですね」。



■図2 畑の3次元形状(左)。撮影したダイズ畑を、肥料や個体同士の間隔、品種など条件によって88領域に分け(中央)、各領域の平均草高を算出した(右)。草高を時系列に計測することで、個体の倒伏や条件の違いによる成長速度への影響を推定できる。

今や稼働させるドローンは7台にも上る。自作した初号機は一度も墜落することなく、現役で活躍している。

生長量や病害を検出 3次元形状も復元

バレイショが5月に萌芽し、9月に葉を枯らすまでの4カ月間、杉浦さんは数日に1回、約4ヘクタールの畑でドローンを飛ばした。約10秒で高度100メートルに到達し、秒速4メートル、2秒に1回の頻度で撮影する。1回の空撮に必要な時間は離陸から着陸までわずか5分程度だ。「畑に育つ全個体を一度に記録できるので、日々変化する作物の生長を捉えるのに最適な方法です。まるで上空に定点カメラを設置したかのような画像を撮れます」と杉浦さん。

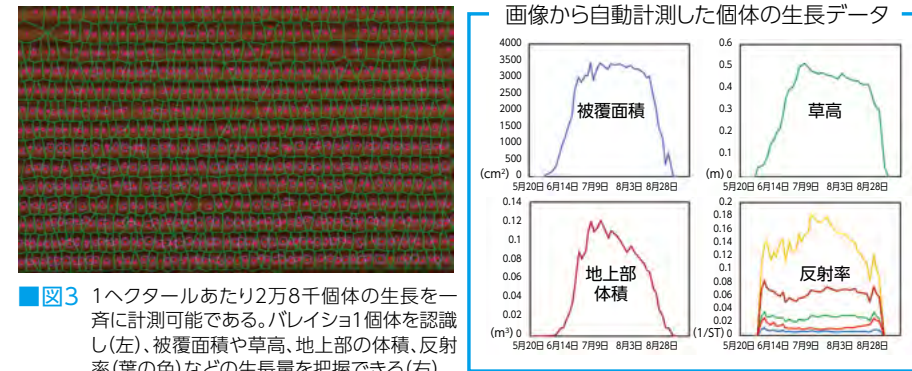
同一経路で定期的に撮影したことで、バレイショの全生育過程の変化を時系列に蓄積できるようになった。「収穫してしまえば何も残りませんが、過去の畑の様子をいつでも再現できるので」。過去の生育過程を追跡して、現在

の生育と比較するなど、これまでできなかった解析に道を拓く。

1回の撮影で捉える範囲は100メートル×150メートルで、畑の一部しか写らないが、約60枚に上る空撮画像をパッチワークのように合成すれば、4ヘクタールの畑が1枚の画像になる。さらに、隣接する画像の重なりを利用して、畑の作物や地形の3次元形状を復元できる。草高など作物の大きさの他、畑の微細な地形が計測可能だ(図2)。

驚くべきことに杉浦さんは、4ヘクタール分の画像に写る何万という作物個体の中から1個体の位置を検出するプログラムを開発した。3年かけて集めた膨大な画像から葉の領域のみを自動抽出して、葉の色や表面積、地上部の体積などの生長量を得ることに成功した。杉浦さんの強みは、群落ではなく、個体ごとの生長量の把握を実現したことだ(図3)。

ドローンに近赤外線カメラを搭載すれば、葉の色や表面温度を計測できる。葉の表面温度からは葉が受けるストレスが推定される。病害にかかる



■図3 1ヘクタールあたり2万8千個体の生長を一斉に計測可能である。バレイショ1個体を認識し(左)、被覆面積や草高、地上部の体積、反射率(葉の色)などの生長量を把握できる(右)。



■図4 バレイショの葉の表面が褐色に変化するのを検出して、病害の進行度合いを評価する(6メートル上空から撮影)。

表面が褐色に変化する。症状が微妙なため検出には熟練の目が必要だったが、色の変化から病害の進行度合いを評価する機能も開発した(図4)。数ヘクタール規模の畑でも病害の発生を見逃さず、被害拡大を抑えられる。

個体収量が推定可能に 土壌状態の把握にも活用

「栽培面積が広い畑での試験研究は難しかったのですが、これからは調べたいだけ畑をつくれるようになるでしょう」と、より広域な畑での栽培研究への応用に力を入れる。計測の労力を大幅に削減するだけでなく、計測者の主観を取り除いた客観的な評価手法である。

最終的な狙いは、生育情報、環境情報と収量を結ぶ関係の解明である。「データを取得しただけで終わらず、見いだした栽培知見を生かしたい」と、独学で機械学習の習得に挑んだ。計測したバレイショ個体の地上部の生育情報と、地下部の塊茎の質量、すなわち収

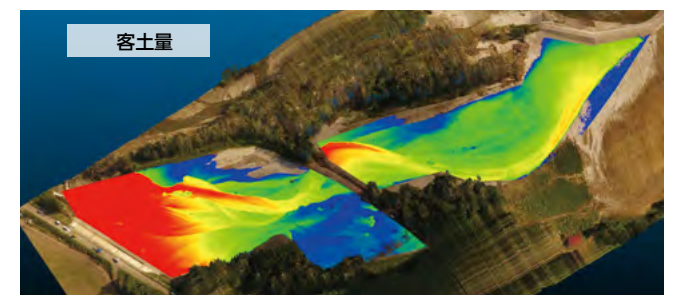
量との関連を機械学習で調べようというアイデアだ。野外環境での撮影であるためデータの質が安定せず、機械学習の精度を上げるのに時間がかかったが、地上部生長量と収量に強い関連が見えてきているという。

これまでは畑ごとの収量すら把握できなかった。それが畑1枚ごと、あるいは個体ごとに収量や収穫適齢期を予想できれば、追肥による収量向上など、個体ごとに処置を変える究極の精密農法が可能になる。出荷スケジュールや加工工場の稼働計画への反映や、最小限の農業で済ませる環境にやさしい農業を実現できるだろう。

土壌状態の把握

にも技術が応用されようとしている。十勝地方はうねりのある畑が多いことが特徴だが、高低差を埋めて平らにするのに必要な採土可能量を推定できる。2016年8月、北海道を大型台風が立て続けに襲った。被害実態の調査で、被災した農地の上空をドローンで空撮し、画像を3次元データに構築したところ、削られたり水没したりした農地の実態を定量的に捉えることができた。そこから災害復旧にかかる土砂の必要量やそれを確保するための予算を迅速に割り出すことにつながったという(図5)。

農学と植物科学の将来や情報科学との協働の意義について、杉浦さんは次のように語る。「効率的にデータを取るのに自動化やロボット化は欠かせません。データを取るほどに面白いことがわかるので、これからの農学や植物科学にとって情報科学との連携は必須になってくるでしょう」。農と情報をつなぐ人材を育成すべく後進の指導にも当たっている。「SFの技術が現実になる時代です。農業もかなり突拍子もないことをやってもいいのではないのでしょうか」。自らの研究世界を追究する杉浦さんの視線は、あたかもドローンから見渡すように高く、農業研究の広い地平を見つめている。



■図5 2016年8月に相次いで発生した台風による大雨で河川が氾濫した。9月14、15日に被災した約90ヘクタールの畑を空撮したところ、復旧に必要な搬入土の量(客土量)は134,698立方メートルと推定された。