

ICT活用牧草生産実証事業の取組みについて

1. はじめに

北海道内には53万haの草地資源があり、自給飼料を基盤とした畜産経営が行われています。経営規模は拡大傾向にあり酪農家1戸当たりの経産牛飼養頭数は約80頭で、これに伴い1戸当たり飼料作付面積も拡大しています。一方、草地の47.2% (2012~2014年調査) が雑草や裸地で、自力更新を含めた年更新率は3.1% (2020年畜産振興課調べ) となっており、草地管理の省力化・効率化が喫緊の課題となっています。こうしたことから、北海道では令和元年度から3年度まで衛星情報やドローンの活用により省力的に草地の植生を判別し、作成した圃場マップを自動操舵技術に連動させ雑草をピンポイントに駆除した上でその箇所に追播する簡易更新技術の実証を行いました。

2. ピンポイント草地更新の流れ

駆除対象とした主な雑草はエゾノギシギシです。生産者によっては、春先に一株ずつ背負の噴霧器で駆除することもあります。私たちはこのような草地管理を図1のような流れで行いました。①草地をドローンか衛星で撮影します。②撮影した画像はインターネットを通じて分析システムもしくは分析機関に送り、雑草を検出し、雑草の位置情報が付与されたマップを作ります。③その圃場マップをトラクタやドローンに連動させて、簡易更新作業を自動で行います。



図1 ピンポイント草地更新の作業イメージ

3. リモートセンシングによる雑草検出

雑草の検出にはドローンか衛星のどちらかを使います。衛星は一度に1,000haを診断できますが、使用した衛星は3m分解能（分析の最小単位の意。3m範囲内で最も多く生えている草の種類を色分けして表示）のため、群落化する雑草は捉えられますが、一株ごとに検出することは難しいことが分かりました。ドローンは一日に撮影できる面積が一般的には20haほどとされていますが、今回の実証では100ha撮影することができました。また、ドローンで撮影した画像は1cm分解能なので、雑草を一株ごとに検出できました。

4. ドローンを使った雑草検出実証

ドローンの自動撮影アプリを使って撮影しました。撮影したい圃場の範囲をスマホやタブレットなどで範囲指定すると、自動で全面的撮影をしてくれます。撮影した画像は自動でクラウドに保存された後、分析用システムに取り込まれ、診断されます。分析はAIつまり人工知能による画像認識技術を使い、画像の特徴から雑草が検出されます（図2）。

農業機械は、全面散布を基本に作られています。その為、雑草を一株ずつ除草剤で駆除したくても、そこまで小さく狭い幅での散布はできません。そこで、雑草を検出した圃場の画像データを作業機の幅にあわせてメッシュ状に正方形に区切ります。図2は液剤散布用ドローンの作業幅である5mに区切ってメッシュ状

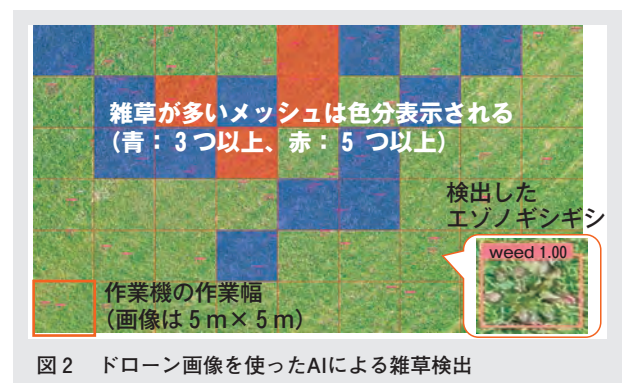


図2 ドローン画像を使ったAIによる雑草検出

にしたものです。この場合、5 m×5 mが最小散布単位となります。雑草分析用のアプリを使い、メッシュ毎に検出される雑草株数を設定すると図2のように色分けして該当のメッシュを表示してくれます。検出精度はメッシュ単位では87%です。個株単位では70%と画像認識技術としては、高いレベルで検出できました。

5. 衛星を使った雑草の検出

衛星を使った雑草検出は、光の反射特性を使い雑草を特定します。図3の左の画像は赤色のギンギシが多く、青色に向かうほど少ないことを意味しています。ドローンと同様に、使用する農業機械の作業幅に合わせてメッシュ状に区切り、散布するメッシュを選択して圃場マップを作成します。

6. 圃場マップとスマート農業機械の連動

衛星を使い作成した圃場マップは、シェープファイル（GISデータの世界標準形式）に変換した上で、各スマート農業機械メーカーに送信します。メーカーはそれぞれGPS付き自動操舵・操縦トラクタ、自動操舵ラジコンヘリに作業するメッシュを連動させました。散布用ドローンと農業用無人作業車（図4は液剤散布、粒剤・種子散布、運搬などができるバギータイプの作業車）は、直接、圃場マップを連動できないので、圃場マップから散布範囲の位置情報を確認し、人力で位置情報を入力して作業させました。機械そのも

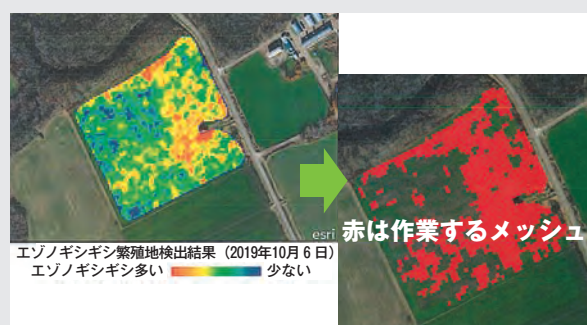


図3 衛星画像を使った雑草検出



図4 農業用無人作業車による除草剤散布

のは、圃場マップと連動する機能を持っていますが、他企業作成データとの連動を閉じているものがあり、今後オープンになると利便性が高まると感じました。

7. ピンポイント除草剤散布・播種

薬剤散布にはブームスプレーヤー、ドローン、ラジコンヘリ、農業用無人作業車を使いました。除草剤は選択性除草剤であるハーモニー75DF水和剤とアージラン液剤を使用しました。いずれの除草剤、機械を用いても正確にエゾノギンギシを駆除できました。

選択性除草剤を使って雑草を駆除した後、枯れて裸地になった箇所に雑草が侵入することがあるため、追播方法を検証しました。1年目のトラクタを使った追播ではフロストシーディングと簡易更新の一種である作溝法を試しました。

2年目はドローンとラジコンヘリによる追播を試みました。それぞれアタッチメントを液剤散布機から肥料散布機に付け替え、除草剤を散布したメッシュに種子を散布しました。2年目の実証地の紋別市では、表土処理を行わず、ラジコンヘリを使い肥料と種子を散布し、一部鎮圧した区域はありましたが、翌春の植生調査ではイネ科雑草の侵入（施工年0%→翌春15%）が確認されたことから、播種前に表土処理をした方が駆除効果を維持できる期間が長くなると推測しました。

8. 期待される薬剤費削減と省力化効果

雑草検出結果が全面積の4割と診断され、その4割をピンポイント草地更新する場合、当然ながら資材費と作業面積は4割で済みます。作業時間も4割の雑草が一定の場所に集約して生えていれば、4割で済みますが、分散の程度に応じて移動時間が発生します。

また、散布量はハーモニー75DF水和剤、アージラン液剤ともに100L/10aとトラクタ使用が前提の量になっているため、タンク容量が10～32Lと小さいドローン、ラジコンヘリでは作業時間が膨大となります。農業用無人作業車は100L積載できますがトラクタには及びません。追播は前述のとおり、表土処理した上で実施する方が、駆除効果が持続すると推察しました。今回の実証では、経済性も検討しましたが、本技術はまだサービス提供されておらず、使用したスマート農業機械には高額で未発売の機器もあったことから、経済性の評価には至りませんでした。

本技術体系ではドローンやラジコンヘリを使った作業は全て外部委託で行いました。飼料作物に使う農薬の散布は水稻防除繁忙期と重複しないため、高濃度の空中散布用濃縮希釈が認可されるようになれ

ば、作業時間が短縮され飼料作物生産でも、ラジコンヘリ・ドローンの利用が当たり前の作業体系として浸透するのではないのでしょうか。

カーボンニュートラルの観点から農薬をピンポイントに散布する方法は国が策定した「みどりの食料システム戦略」に盛り込まれ、令和4年度農林水産省補助事業『環境負荷軽減に向けた持続的生産支援対策』においては、本技術が取組メニューの一つとして採用されました。これらを受け、本実証に協力いただいた企業において、実装化に向け利用形態や利用料の設定を検討していただいております。関心のある方は、事業を活用して本技術をお試しいただければと思います。

9. 狭帯域スペクトルを用いたイネ科草種の判別

ピンポイント草地更新は広葉雑草であるエゾノギシギシを主な対象にしましたが、イネ科の雑草を判別することができれば、イネ科雑草群落をピンポイントに駆除・更新できるのではないかと考え、北海道大学大学院理学研究院の高橋幸弘教授にご協力いただき、イネ科草種の判別に挑戦しました。

手法は植物に当てた光の反射率の特徴から判別するスペクトル計測です。一般的に利用される4バンド（赤・緑・青・近赤外域）と呼ばれる波長域よりも、狭い範囲を細かく捉えることにより、識別の難しいものを判別する方法です。雪印種苗（株）北海道研究農場にご協力いただき、展示圃場に植えられている牧草と見本用雑草を分光反射率測定に基づき撮影し、識別に適した4つの波長域を特定しました（図5）。

特定した4つの波長域を写すことができるフィルターを装着したカメラをドローンに取り付け撮影し、牧草地全体の草種マップの作成を試みました。

撮影した牧草地は、チモシー、オーチャードグラス、リードカナリーグラスが支配的で、その3種を色分けして表示したマップが図6です。

図6の上図は各草種の純群落をRTK（リアルタイムキネマティックの略で、地上に設置した「基準局」からの位置情報データによって、高い精度の測位を実現する技術）の位置情報を付けて記録したものです。図7の左図で示された純群落が、右図ではほぼ正しく囲んでいることが分かります。

雪印種苗（株）北海道研究農場では、イネ科牧草2種（チモシー・オーチャードグラス）、イネ科雑草4種（シバムギ・リードカナリーグラス・ハルガヤ・メドウフォックステール）、マメ科3種（赤・白クローバー・アルファルファ）の撮影をしていただいたので、これ

ら9種の特徴的な波長域を特定することができました。

今回の実証では、この内3種しか検証できませんでしたが、令和4年度以降は道内の農業関係機関が本件の後継研究を北海道大学と共同で実施していただくことになっております。ドローンや衛星を使う省力的な植生調査の技術開発が一層進むよう期待しています。



図5 雪印種苗（株）北海道研究農場にて北海道大学が開発した分光測定器を使って撮影の様子

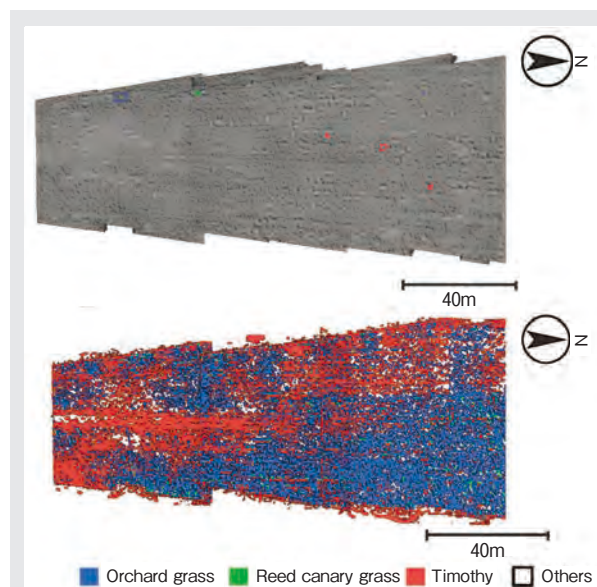


図6 上図：ドローン撮影画像に純群落位置を重ねたもの
下図：作成された草種マップ

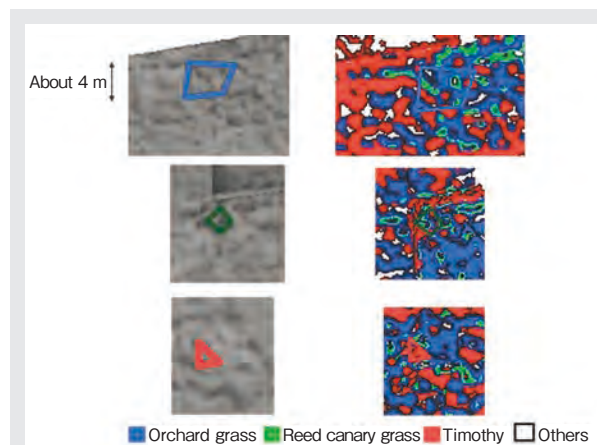


図7 図6の各草種の純群落位置を拡大したもの