

ICT を利用した雑草調査法とマップの有効利用

信州大学農学部 渡邊 修

圃場における帰化雑草の増加

日本国内に発生する雑草は史前帰化植物や帰化植物を含めると1970年代までは約420種程度であったが、物資や人間の移動がグローバルになるにつれ、現在では約1,200種を超える種類が確認されている(榎本 1997)。帰化植物のすべてが雑草化するわけではなく、港湾や植物園など一次帰化センターから分布を拡大できずに消滅するものも多い。その中で雑草として国内に定着、蔓延するには、日本特有の酸性土壌や高温多湿、霜や積雪などに適応し繁殖力や分散力が強くシードバンクを形成し農耕地に適応できることなどの特徴を持つ必要がある。このような雑草の中で、アレチウリ、マルバルコウ、ワルナスビ、オオブタクサなどは日本各地で農業生産に大きな被害を出している(清水 1998; 黒川 2013; 浅井 2013)。上記に挙げた北米原産の帰化雑草は農耕地だけでなく非農耕地でも確認され、圃場周辺から圃場内へ侵入することがある。効率的な防除管理を進めるには圃場及びその周辺での早期発見と早期防除対策が重要であり(浅井 2011; 黒川 2013)、防除コストを低下させることにもつながる。

農業人口の高齢化により少ない人数で効率的に農業を行うには、農業機械、圃場の集約化と農業法人等による作業受託が増加してくるが、農業上被害の大きい帰化雑草が圃場に蔓延すると農業経営的に大きな影響を受ける。そのために、集落や栽培団地などでの雑草発生情報を効率的かつ的確に収集する必要がある。近年、GPS機器の小型化、端末機器の高性能化など情報通信技術(ICT)の発達によって、位置情報の取得と地図情報の利用が進み、農業生物情報の収集とデータベース化が容易となっている。農業関連の有害生物(病害

虫雑草、鳥獣など)は、収量や生産物の品質の維持に適切な管理が必要であるため、発生量や発生場所の効率的な収集法が必要である。ここでは、ICTを利用した問題雑草の簡易調査法について概説するとともに、フリーウェアを利用したマップ作成とその有効利用法について述べる。

GPS 機器を利用した雑草発生調査

雑草の分布調査を行うとき、地図上で現在位置を確認しながら発生場所を紙等で記録する方法が一般的であるが、目標物が少ない圃場調査では、現在地を短時間で確認することは難しい。携帯型GPSは衛星を3機以上捕捉できれば、農地では都市部や林内と比較して位置精度の誤差は比較的小さくGPS端末の単独測位が可能である。日本では準天頂衛星「みちびき」の運用が始まっており(松岡ら 2011)、準天頂衛星から出される補完信号に対応した端末を利用することで更に精度が上がると期待される。GPSは高機能携帯電話にも搭載されており、WIFI基地局や3Gネットワークによる位置情報の補正も有効である。さらに、GPSを搭載した市販のデジタルカメラで3軸ジャイロセンサーを搭載したものは、衛星をロストしても位置情報を高精度に補正する特徴がある。ここでは3軸ジャイロ(加速度センサーと方位センサー)を搭載したハイブリッドGPSデジタルカメラを利用した雑草調査法を紹介する。

(1) 調査スケール・精度・コスト

現地調査では、労力・コスト・時間が有限であるため、調査スケール、調査精度、労力・時間などコストの3要素を考慮する必要がある(図-1)。雑草分布調査では、限られた予算と調査人員で中広域をカバーし、かつ効率的に情報を収集する必要があるため、各地点での情報収集の時間

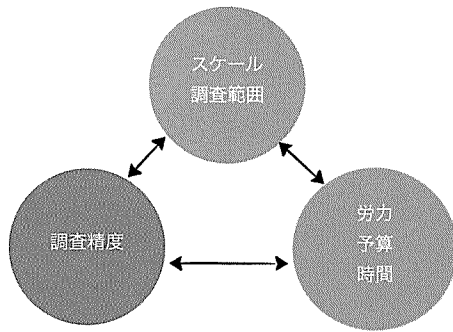


図-1 現地調査で考慮する3要素

をなるべく少なくする必要がある。単純に位置情報の取得であればごく短時間で雑草の発生位置を特定できるが、簡易調査によって、どのような情報をどの精度で取得すべきか、調査の目的によって設定する必要がある（西村ら 2013）。

雑草分布調査ではスケールを常に意識する必要があるが、個体→個体群→局所個体群（圃場）→地域個体群（数圃場）→メタ個体群（生産団地・集落）のレベルに大きく分けることができる。現在問題となっている帰化雑草は、分散力や繁殖力が強く機械による圃場間の移動が生じやすいことから、圃場内の調査精度を上げるよりも地域個体群やメタ個体群スケールで分布情報を把握することが重要である。ここで取り上げるメタ個体群とは、局所個体群（圃場内の雑草群落）の個体補充が、外部から生じることができる範囲を指す。また、地域個体群とは局所個体群とメタ個体群の中間的な位置付けで、ここでは数個から数十個の近接圃場を示す。国内の農地は機械作業等の共通化で圃場集約が進行しているため、雑草分布データの収集は複数圃場を対象にした地域個体群レベルで把握する必要があるが、このレベルの個体群情報が得られた事例はまだ少ない。

(2) GPS を利用したデータのサンプリング法

複数圃場において雑草分布調査を実施するとき、全筆で行うのかランダムサンプリングによって行うのかは、時間、労力、コストの面から決定される（図-1）。例えば大豆等の転換畑で雑草分布調査を実施する場合、普及の転作確認で利用さ

れている地積図等で事前に作付状況が確認できれば、転作圃場が分散していても比較的短時間で全筆調査が可能である。また、地域内の至る所に問題雑草が発生している場合、広域調査とランダム調査を組み合わせたテリトリーマッピング法による調査法も有効である（図-2）。この方法は地域を任意の大きさのメッシュで分割し、メッシュ内をランダムかつ一定距離移動することで、遭遇した個体群の位置をGPS等で記録することによって分布図を作成することができる（沼田 1986; 渡辺 2004）。メッシュ内で遭遇した割合から地域全体での出現率を推定でき、経年変化を比較するときには有用性が高い（渡辺ら 2002; 渡辺 2007）。

(3) 雑草個体群のアバンダンス

圃場における雑草の存在量（アバンダンス）は、通常であればコドラート調査や坪刈りなどを実施し、被度やバイオマス量を測定して評価するが、多数の調査地をカバーするには現実的でない。そこで遠観（0 から 4 段階程度）で発生カテゴリを設定し、被害程度を評価する方法が、短時間で広域をカバーするために有用である（鈴木 2010; 浅井 2011）。ただし、調査対象種の発生活態やフェノロジーを理解することも重要で、例えばアレチウリのようにある時期の調査結果で被害なしと判定されても、その1か月後には多発してい

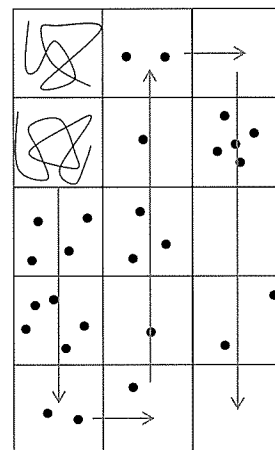


図-2 テリトリーマッピング法による面的調査
メッシュは任意サイズに分割し、メッシュ内はランダムに調査

ることもある（農研機構 2011）。調査時期、調査頻度などとともに、達観による評価ランクと作物被害程度を関連付けることも重要である、実際に問題となる雑草がどの程度被害を出しているのか、モデル地区を設けて実施することが有用である（足立ら 2005; 浅井 2011）。

(4) GPS データを利用した雑草マップ作成法

GPS カメラを利用した雑草の分布調査は、通常の GPS 機器による調査と比較して多くの利点がある（渡邊ら 2012, 2013）。雑草の写真同定が容易な種であれば、写真による個体撮影で位置情報を付与した雑草発生の証拠を残すことができる。また、被害程度を示す情報（ホワイトボード等）に書いた数字や色などを同時に写し込むことで、被害判定を集計しやすくなる。携帯型 GPS で測位した緯度経度のテキスト情報のみでは、どのような種類のデータを取得したのか、調査者が複数になると分かりにくい場合があるが、画像データと位置情報がセットであれば調査後の確認作業が容易である。GPS カメラを利用した雑草分布調査を長野県内で実施した例とマップ作成方法について概説する。

長野県松本地域では大豆圃場でマルバルコウが多く発生することが確認されている（宮原ら 2010）。ここでは発生状況を短時間に把握するため、転作圃場を予め記録した 1:7500 の縮尺の圃場図を利用し、車で移動しながら圃場内の雑草発生を調査した。調査人員は 3 人×車 6 台で、所要時間は 2 時間弱であった。GPS カメラの調査では以下の点に留意した。

①圃場の確認は車から降りて圃場の中央部付近で圃場全体を撮影する（調査実施地点を記録するため、雑草がなくても撮影する）。

②マルバルコウ発生程度（1 = 数個体、2 = 散発、3 = 多発）に応じ、撮影枚数によって対象雑草の発生程度を記録する。車で調査を行う場合、車窓から確認して撮影することも可能であるが、GPS カメラの位置情報はカメラを持っている人の位置が記録されるため、車の中から写すと道路の位置が記録される。道路の両側に対象圃

場がある場合、どちらの圃場で調査を行ったのか、GPS データのみでは判断が難しくなる。ここでは圃場確認の精度を上げるため、圃場内に立ち入ることを意識した。調査時間短縮のため達観による雑草発生カテゴリーを撮影枚数に応じて判断する方法を実施したが、結果として写真の枚数が非常に多くなり、後の処理が大変であった。GPS カメラで撮影された画像の位置情報は EXIF (Exchangeable image file format) に保存され、EXIF の中から緯度経度情報のみを抽出して、Google Picasa やカシミール 3D で半自動的に分布図が作成できる。ここではフリーソフトのカシミール 3D (<http://www.kashmir3d.com/>) を利用し、2 時間弱で調査を行った約 300 圃場の画像フォルダ管理と簡易表示を行った（図 -3）。画像ファイルのみで簡易マップを作成することで、問題となる雑草の地域への蔓延程度を短時間で可視化でき、防除対策の普及現場に利用できると考えられる。カシミール 3D のデジカメプラグインは EXIF ファイルの情報を直接読み込み、3 軸ジャイロを搭載した GPS カメラでは撮影方向を特定できるため、畦畔や農道から撮影した圃場の位置精度を高めるときに有用である。カシミール 3D では、ネットの利用でフリーの地図（電子国土）が利用できる。電子国土 2500 は 1/2500 地形図と同等で標高や道路幅、建築物の位置などを精度高く表示できる。しかし、圃場区画や農地などは個人情報を含むため、現在のところ電子国土地図では利用できない。

図 -4 の写真は Google earth でジオタグのついた GPS カメラ画像と写真撮影時に取得した GPS ログを同時に表示したものである。GPS ログは地域のどこを調査したのか、その範囲を可視化して調査を実施した証拠として残すことができる。Google earth の航空写真もしくは高解像度衛星画像は比較的新しい土地利用情報を反映しているため、農地の位置などを確認するとき有用性が高い。

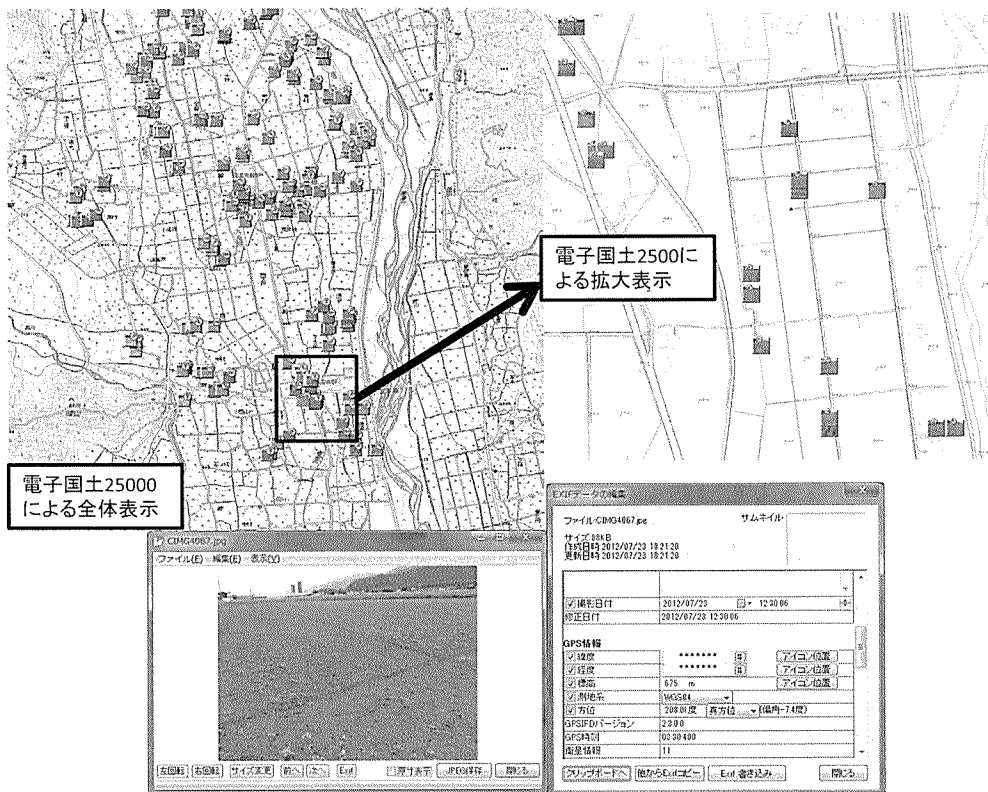


図-3 カシ米尔3Dのデジカメラプラグインを利用したGPSカメラ画像の表示と簡易マップ作成
大豆畑に発生するマルバコウを撮影。EXIFデータから緯度経度、撮影方向を表示



図-4 GPSカメラで撮影した圃場写真のGoogle earthによる表示とGPSのログ
GPSカメラの移動ログは約10秒ごとに自動保存され、kml形式で表示

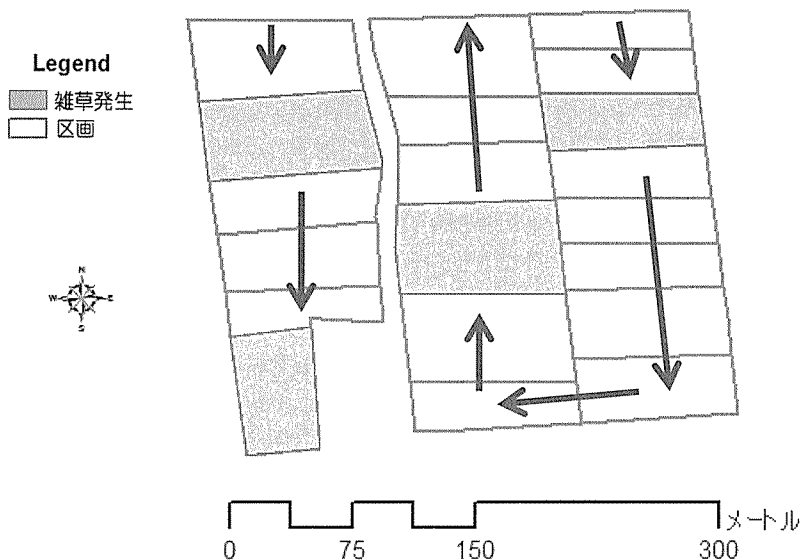


図-5 雑草発生圃場のマップを利用した作業圃場のスキップ
発生圃場の作業順番を後にすることで、不用意な雑草移動を防止

マップの利用と今後の課題

雑草の位置情報のデータベース化を進め、最新の分布情報に基づいてマップ化を進めることは、雑草を含む有害生物管理の観点から極めて重要な情報を提供する。防除対策を強化すべき地域の選定や対策実施範囲に関わる意思決定、防除対策を進めるためのコスト算出のための基本情報を提供する。圃場での問題雑草の発生マップを作成することで、例えばトラクターでの耕起やコンバインの使用する順番をスキップし後に回すことで、問題雑草の移動をある程度防ぐことが可能となる(図-5)。このような作業の有効性についてはすでに生産現場で意識的に行われているところもあるが、雑草発生マップを共有化することで圃場管理作業を合理的に行うことが可能となる。防除に関わるコストを考慮すると、本来ならば問題雑草が地域全体に蔓延する前に対策を強化することが大切である。雑草防除のコストを削減するには早期発見・早期対策がもっとも重要であろう(黒川2013)。雑草発生調査中に畦畔などで問題となる雑草を発見し、その位置を記録することは、早期対策につながる基本情報となる。GPSを利用し

て収集したデータをどのように管理すべきかいくつかの課題がある。GPSカメラで撮影した画像は多数になるため、例えばGoogle Picasaなどフリーのアプリを利用し、位置情報を保持したままkmz形式でバックする方法が簡易と考えられる。このkmz形式のファイルはGoogle earthで直接読み込むことができ、最新のマップ情報と連携できる。GPSカメラでは、撮影した対象物の確認ができるため、何を調査したものか後で確認することが容易である。農地の状態や雑草発生情報などは、単に普通にカメラで撮影するだけでなく、位置情報を付与した形で保存することで情報の共有化が格段に進む(農業環境技術研究所2011)。今回簡易マップで作成したJPGファイルは特別な処理をすることなく、カシミール3DやGoogle earthでそのまま表示し、情報共有=画像共有となるため、調査者が複数になっても作業はシンプルとなる。圃場図ポリゴンをArcGISやQGISなどで作成し、ポリゴンの属性情報として雑草発生情報を管理することは、マップ作成や発生情報のデータベース化を進める上で重要な手段となる。しかし、圃場図は一般では入手しにくいため、狭い範囲であればGoogle earthの航空写

真などから独自に作成することが必要である。

ICTを利用した雑草調査は、GPSを利用した圃場調査に加え、今後はUAV（小型無人ヘリ）を利用した調査へと発展する可能性がある（渡邊ら 2014）。UAVで撮影された画像は衛星画像や航空機と比較して超高解像度（ピクセル分解能が2～10cm程度）であるため、雑草個体群を空中から直接観測することが期待できる。UAVは撮影時期や撮影頻度をユーザーレベルで設定しやすく、高頻度の撮影画像によって通常の現地調査では発見しにくいエリアで、問題となる雑草を高精度に検出することが期待される。今回記述した内容の一部は「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術展開事業」で実施したものである。

引用文献

- 足立有右・山下雅幸・市原実・澤田均・木田揚一・浅井元朗 2005. 静岡県中遠地域転作麦圃におけるネズミムギによる雑草害の査定. 雑草研究 50(別), 66-67.
- 浅井元朗 2011. 畑作雑草の防除対策—情報共有と早期対応—. 雑草と植物の制御 7, 18-24.
- 浅井元朗 2013. 農耕地への外来雑草の侵入・拡散（特集 私たちの生活と生物多様）. 雑草研究 58(2), 78-84.
- 榎本敬 1997. 雑草フロラをつくりあげる帰化植物. 山口裕文編著「雑草の自然史—たくましさの生態学—」, 北海道大学出版会, 札幌, pp.17-34, pp.209-216.
- 黒川俊 2013. 外来難防除雑草の侵入・拡散経路と飼料作雑草の特性. 近年の対策技術. 平成 25 年度革新的農業技術習得支援研修「外来難防除雑草の防除技術」. 1-4pp.
- 松岡繁・綾田春樹・浅里幸起 2011. 準天頂衛星初号機「みちびき」による民間利用実証の推進. 電子情報通信学会技術研究報告. A・P. アンテナ・伝播 111(128), 63-68.
- 宮原薫・青木政晴 2010. 長野県松本地域の大豆作における帰化アサガオ類の発生実態とその要因. 雑草と作物の制御 6, 28-31.
- 西村愛子・浅井元朗 2013. 農耕地における雑草植生の種組成と量的構造評価のための簡易植生調査法. 雑草研究 58(2), 52-59.
- 農業環境技術研究所 2011. 農業と環境の空間情報技術利用ガイド（井上吉雄編）, pp.125-146.
- 農研機構 2011. 警戒すべき帰化雑草「アレチウリ」
http://www.naro.affrc.go.jp/publicity_report/publication/files/sicyos.pdf
- 沼田眞 1986. 生態学論考. 東海大学出版, 東京, pp.50-111.
- 清水矩宏 1998. 最近の外来雑草の侵入・拡散の実態と防止対策. 生態学会誌 48, 79-85.
- 鈴木智子・足立有右・市原実・山下雅幸・澤田均・稲垣栄洋・石田義樹・木田揚一・浅井元朗 2010. コムギほ場におけるネズミムギによるコムギ減収率の簡易査定法. 雑草研究 55, 174-182.
- 渡邊修 2007. 飼料畑における外来雑草の侵入実態と分布. 信州大学農学部紀要 43(1-2), 1-7.
- 渡辺修 2004. 草地生態調査における GIS の活用. 日本草地学会編「草地科学実験・調査法」第 25 章 4 節. 全国農村教育協会, 東京, pp.507-511.
- 渡邊修・久野雄大 2012. 上高地・槍穂地域に侵入したオオバコの分布と生育特性. 日本生態学会第 59 回全国大会講演要旨, P1-037J.
- 渡邊修・松尾野里子・野溝美憲・根橋信水・松本壮平・村上靖典 2013. GPS 簡易調査による上高地地域の外来植物の分布と解析. 信州大学農学部紀要 49, 19-27.
- 渡辺修・黒川俊二・佐々木寛幸・西田智子・吉村義則 2002. 地理的スケールからみた外来雑草の分布と発生パターン. 草地学会誌 48(5), 440-450.
- 渡邊修・青木政晴・大橋一允・武久聖 2014. UAV（小型無人ヘリ）を利用した高解像度画像による雑草群落の検出. 北陸作物育種学会第 51 回大会要旨集.