

情報の見える化と管理の効率化を可能とする「草地管理支援システム」

株式会社 パスコ
西村 一人
農研機構 畜産研究部門 主任研究員
北川 美弥

はじめに

草地管理支援システムの概要

草地管理支援システムを用いた効率的な草地管理

文献

1. はじめに

昭和 40 年以降、積極的に整備されてきた公共牧場は、近年では草地の経年化による生産性の低下が顕在化しており、加えて牧場運営母体である自治体や組合等の財政難が問題をより深刻化させています。こうした牧場を取り巻く環境の変化（悪化）はその総数にも現れており、ピークである昭和 50 年代後半の 1,179 牧場から平成 26 年度には 736 牧場にまで減少しています。一方、公共牧場の合計草地面積は 85,757ha と、国内草地総面積の 14% を、特に都府県では約 34% をも占めており（農林水産省生産局 2015）、輸入飼料が高騰している現状では、この豊富な草資源を有効に活用することが喫緊の課題ですが、そのためには広大な放牧草地を適正かつ効率的に管理することが必要です。

放牧草地を管理する上での大きな課題として、作業の多くが管理者の経験や勘に基づいて行われている点が挙げられます。これは放牧草地の持つ「広大さ」と「複雑さ」に起因していると考えられますが、それ故に管理の効率化に向けた作業体系の再構築を難しくし、技術そのものの継承を困難にするなど、経営改善と後継者育成の両面において大きな障壁となっています。

放牧草地の植生は、草の生産とそれを消費する家畜が相互に影響し合い、維持されるという特徴を持ちます。その過程では、家畜のもたらず攪乱圧、すなわち「踏みつけ、採食、排泄ふん尿」が重要な役割を果たすと考えられています。そして、多くの公共牧場が立地する山間傾斜地の放牧草地では、家畜の行動が傾斜の影響を強く受けるため、この相互関係はより複雑になります。そのため、「土地の傾斜－攪乱圧－植生」の関係を理解することは、適正かつ効率的な草地管理を行う上で極めて重要な要素となり、井出ら（1998ab、2003）は、これらの関係を整理し、管理の目安となる傾斜区分を提示してきました（表 1）。今回はこの目安を利用した新たな草地管理を実用化するために、草地管理に必要な情報の「見える化」、「共有化」、「データベース化」を可能とする「草地管理支援システム」を開発しました。本技術は、平成 26-27 年度に実施された「攻めの 農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業（うち産学の英知を結集した革新的な技術体系の確立）」において、その有効性が実証されています。

表 1. 傾斜区分ごとの草地の特徴.

傾斜区分	特徴
12°未満 (管理)	牛道はほとんど発生しない。休息場として利用されることが多く、糞の落下量は多い。土壌肥沃度は高く、牧草生産量は多いが、利用率は低い。
12°以上16°以下 (生産)	傾斜の影響で牛道が発生する。放牧牛は傾斜の増加に応じて牛道への依存度を高める。糞の落下量、土壌肥沃度、牧草生産量、および利用率は相対的に中位である。
16°以上 (保全)	傾斜の影響を非常に強く受け、放牧牛の歩行経路はほぼ牛道に限定される。糞の大半は牛道に落下するが、その量は少ない。土壌肥沃度は低く、牧草生産量は少ないが、利用率は高い。
谷地	谷地形。土壌肥沃度は高く、牧草生産量は多い。集水地形のため、土壌浸食が発生する可能性がある。

2. 草地管理支援システムの概要

公共牧場における草地管理は、牧区単位で行われていることが多いです。しかし、すでに述べた通り、牧区内の植生や土壌状態は家畜の行動に起因する要因等から不均一なため、均一に単純な管理を続けることは地力の偏在や植生の悪化を助長する可能性があります。特に、公共牧場の草地は面積が広大なため、牧区の状況に応じた効率的かつ省資源的な管理が必要不可欠です。

そこで草地管理支援システムは、既存情報（地図、衛星写真等）や現地調査に基づいて作成された牧場の電子地図を活用して具体的な数値に基づいた管理計画の策定を可能にするために、草地管理に必要な情報の「見える化」、「共有化」、「データベース化」を進めるためのシステムとしました。

(1) システムの構成と利用条件

草地管理支援システムの構成機器仕様は、図1の通りでインターネットを介して各種情報を共有します。インターネットを介したクラウド環境により、放牧地（タブレット PC）や事務所（デスクトップ、ノート PC 等）など、Web環境があれば場所を選ばずに利用することができます。つまり、現地の情報（牧区内の植生情報や現地写真等）を管理事務所等で共有・解析することが可能です。

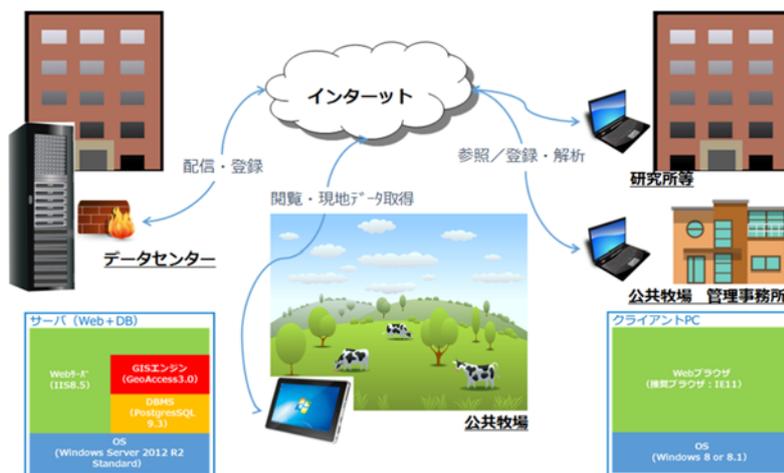


図 1. 草地管理支援システムにおける情報の流れ.

(2) 草地管理支援システムのベースとなる技術

草地管理支援システムは、地理情報システム（以下、GIS）をベースに、公共牧場の地形や背景、現地調査等の地図情報とそれに付随する属性情報を一元的に管理します。併せて、人工衛星等から取得する GPS 情報も取込み管理します。

<GISとは？>

「Geographic Information System」を略して「GIS」といいます。GISとは「デジタル地図の画面上に様々な情報を重ねて、それらの情報を用いて様々な分析（空間解析）を行うシステム」です。GISでは、現実世界の情報を、点（ポイント）、線（ライン）、面（ポリゴン）の3種類の図形で表現しています。これら3種類の点、線、面それぞれで表現される各主題図を「レイヤ」と呼び、レイヤを重ねて見ることで、GISは現実世界の情報を表現します（図2）。

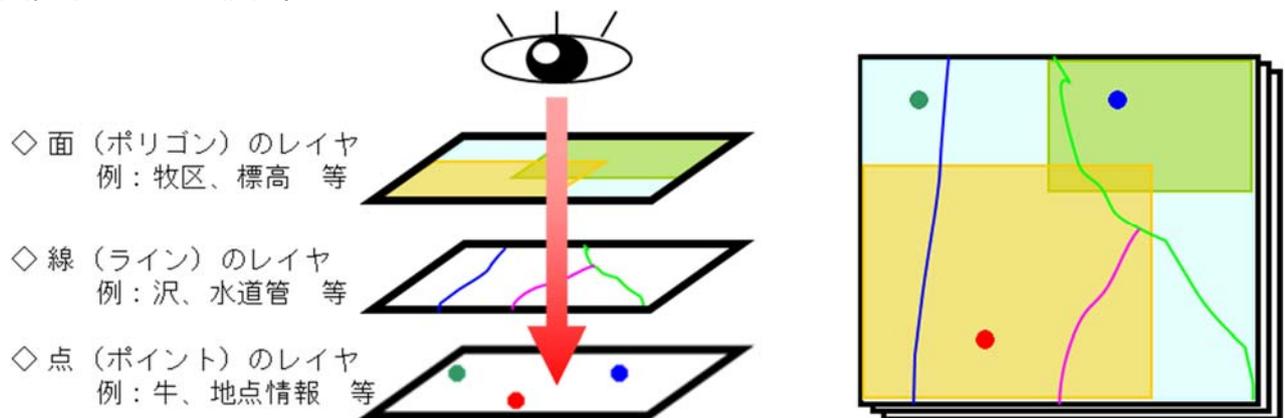


図2. GISの概念図

<GPSとは？>

「Global Positioning System（全地球的測位システム）」と呼ばれる、「位置を知るための仕組み」です。GPSは、地球を回る24個の衛星から発信される電波を利用して位置（緯度、経度、標高）を計算します。衛星の正確な位置は把握できるため、4つの衛星からの電波を受信することができれば正確な位置を知ることができます（図3）。

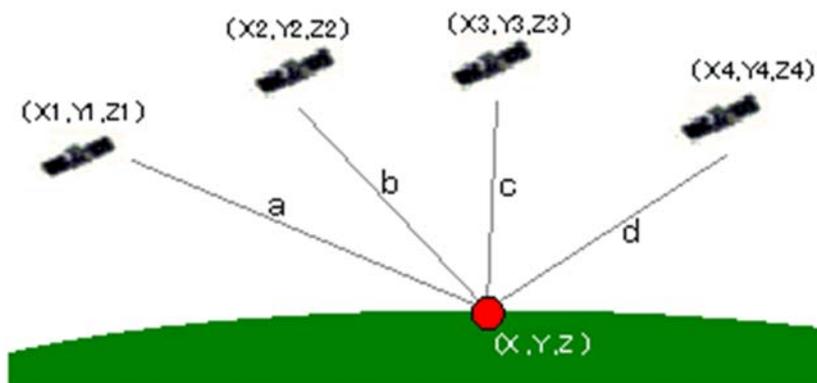


図3. GPSの仕組み。

(3) 草地管理支援システムで取扱うデータ

「草地管理支援システム」の利用にあたっては、初期整備として、地図データ、公共牧場内の傾斜角度等の地形データ、現地調査による牧区界や施設等のデータ等が必要になります。初期整備したデータと収集した GPS データ等を、GIS の機能を利用し、ゾーニング等の解析を行います。併せて、現地の植生情報を入力することにより管理することができます。

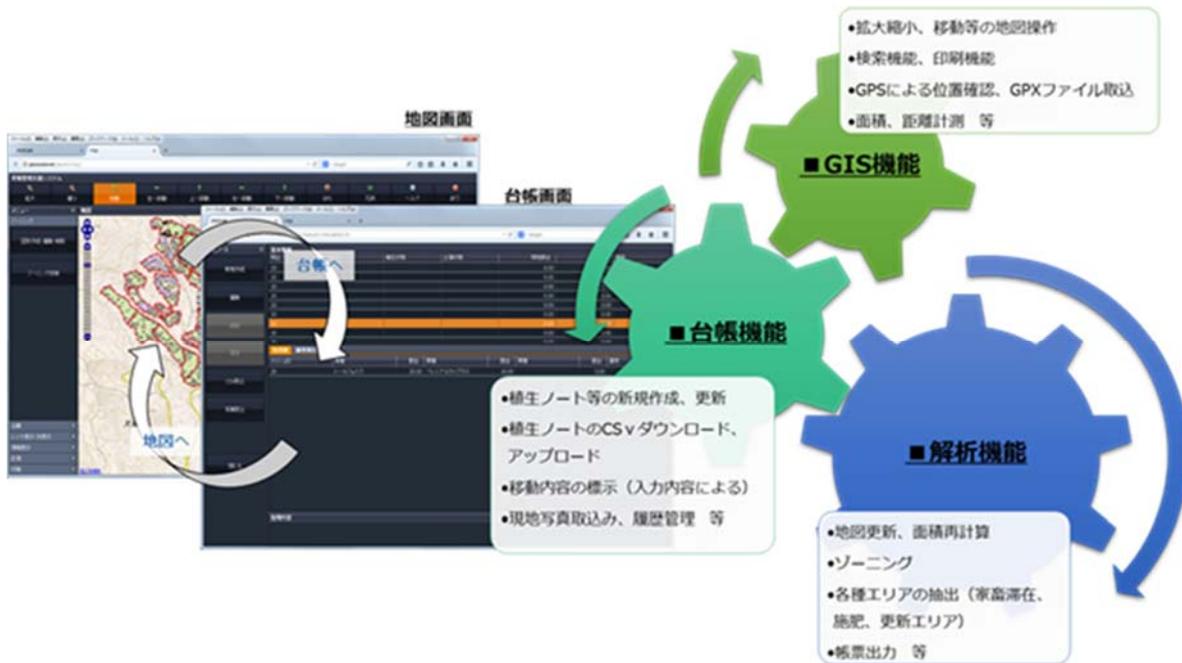


図 4. 草地管理支援システムの主な機能。

(4) 草地管理支援システムを構成する3つの主な機能 (図 4)

a) 地図 (GIS) 機能：牧区内の地形図や牧区界、施設情報等の地図データを管理・閲覧することができます。水のみ場やゲートなど目に見える施設の他にも、地中に埋設された給水パイプのように目に見えないものについても GIS 機能により、システムに登録することができます。施設の登録はモバイル PC 端末を野外に持ち出し、GPS による位置確認を行いながら直接入力することが可能です。これにより、地中に埋設された給水パイプのようなものでも現地で正確に記録することができ、さらに紙媒体の記録と異なり、確認時も GPS 機能を利用することにより位置特定が容易に行えます。さらにトラクタに搭載した携帯型 GPS の作業記録をシステムに取りこみ、走行軌跡を表示することが可能です (図 11)。これにより、実際の作業範囲および作業ルートの確認や、作業機が侵入できないエリアの抽出に利用することもできます。

b) 台帳機能：牧区内をさらに細分化して、各場所の牧草、雑草割合等を植生ノートで管理できます。地図画面と連携した台帳画面 (図 5) では、ある地点における牧草および雑草の被度割合といった植生データを入力することにより、その地点の基本情報 (傾斜区分など) に基づき雑草管理情報などが表示されます。植生データの輸入は、GPS 搭載のモバイル PC を用いて現場で行うことも可能ですが、管理事務所等において CSV ファイル形式で入力を行い、一括して更新することもできます。さらに入力されたデータは CSV ファイル形式で出力することも可能です。写真については、位置情報 (ジオタグ) が付いているものであれば、地図画面上の対応す

る地点の台帳に自動的に保存されます。すなわち、本機能を用いることで、①植生ノートの更新、②植生ノートの入出力、③ジオタグ付き現地写真の取込み、④履歴管理等を行うことができます。

c) ゾーニング等の解析機能：上記、a) と b) で管理されているデータをもとに、施肥エリアや家畜滞在エリア



図 5. 地図と台帳の一元管理による連携.

等を GIS の空間解析処理を利用し抽出します。GIS で取り扱う位置座標と結びつけることのできるデータを「空間データ」と呼び、この空間データを分析することを「空間解析」といいます。草地管理支援システムでは、公共牧場の様々な情報（レイヤ）を空間解析処理（ユニオン・空間結合等）し、「情報の見える化」を実現します。ゾーニング等の解析では、「ゾーニングエリアの抽出」「家畜滞在エリアの抽出」「施肥エリアの抽出」を、草地管理支援システムが自動計算し、それぞれの「レイヤ」を作成します。必要に応じて、「レイヤ」を、編集することも可能です。さらに「集計結果」として、傾斜区分ごとの面積等について牧区単位で一覧表として確認することができ、一覧表で表示している結果については、CSV ファイルへの出力することにより、Excel 等の表計算ソフトウェアを利用し、再集計や集計結果のグラフ等の資料を作成することが可能です。

（5）ゾーニング解析機能の例（「施肥エリア」抽出）

具体的な空間解析処理方法について、「家畜滞在エリア」データを利用した場合の「施肥エリア」の抽出を例に紹介します。「施肥エリア」の抽出の流れは、「ゾーニング」と「家畜滞在エリア」をそれぞれ抽出し、一定の条件を満たすエリアを「施肥エリア」として抽出します（図 6）。

1) ゾーニング（傾斜による区分）

不均一な草地を牧区ごとに管理することは、不要な場所への施肥や、牧草の衰退や雑草の繁茂を促進する可能性があり、効率ではありません。そこで効率的な管理を行いやすくするために、牧区内において状態の似たエリアをまとめることが「ゾーニング」です。草地管理支援システムでは、先にあげた表 1 をもとに、傾斜度に応じてゾーニングを行います。具体的には、牧区界より 10m 内側で作成された「トラクタ侵入可能エリア」と「傾斜区分」を空間解析処理し、トラクタ侵入可能エリア内を、傾斜角度毎に「12°以下」「12-16°」「16°」「谷」の 4 種類に分類します。

2) 家畜滞在エリアの抽出

牧区界より 10m 内側で作成された「トラクタ侵入可能エリア」と、現地で取得し取り込んだ「牛の位置情報

(GPS)」を空間解析処理し、トラクタ侵入可能エリア内の 10m メッシュ単位毎の牛のポイントデータを集計し「0 頭以上から 10 頭未満」「10 頭以上 20 頭未満」「21 頭以上」の 3 種類に分類します。

3) 施肥エリアの抽出_参考

抽出した「ゾーニングエリア」「家畜滞在エリア_参考」より、i)「ゾーニング」エリアで傾斜角度が 16 度未満、ii)「家畜滞在エリア_参考」の 10m メッシュ内の牛が 20 ポイント未満、の両条件を満たす空間解析処理により抽出・分類したエリアが「施肥エリア」となります。なお、分類された面積及び牧区内での面積比率も確認することができます。



図 6. ゾーニングエリア抽出の流れ.

3. 草地管理支援システムを用いた効率的な草地管理

(1) 傾斜区分を利用した施肥エリアの決定

草地管理支援システムでは、傾斜区分を利用して施肥エリアの抽出を行います。これは、複雑な地形条件では家畜の行動が傾斜により影響を受けて排泄ふんの分布が不均一になることから、ふんが集中するとされる傾斜の緩い場所では土壤中の養分が高くなると考えられることを要因にしています。

実際に放牧地を 10m メッシュに区切り、各地点における土壤中養分(カリウム)を調べたところ、カリウム濃度は傾斜が緩いほど高い傾向が認められます(図 7)。このため、放牧地全体に同じように施肥を行っても、場所によって肥料の効果は異なると考えられます。

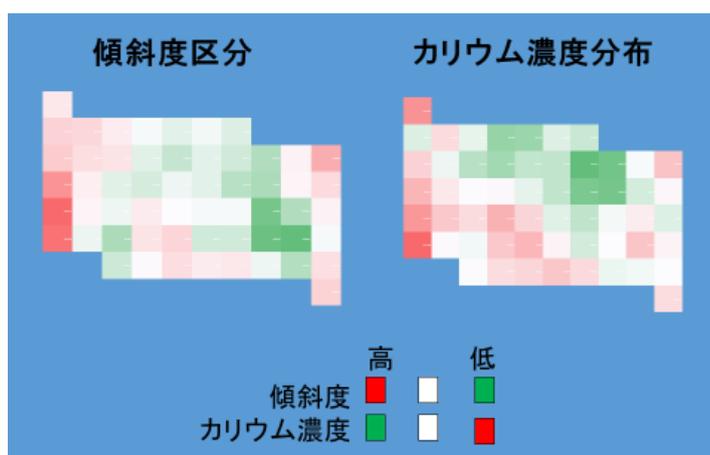


図 7. 傾斜度と土壤中カリウム濃度分布の関係.

そこで、草地管理支援システムで採用した傾斜区分の各区分にあたるエリアに、「施肥区」と「無施肥区」を設けて、施肥の有無が牧草生産量におよぼす影響を調査しました（図 8）。

その結果、施肥区での生産量を無施肥区での生産量で割った値（増収割合）は、傾斜区分のうち一番傾斜が緩い 12 度未満のエリアで、他の区分に比べ低く、肥料による牧草増収効果はほとんど認められませんでした。さらに放牧牛はふん周辺の牧草を食べないことが知られていて、井出ら（1998b）も傾斜の緩い場所では、放牧牛による採食率は低下することを明らかにしています。

つまり排泄ふんが集中する傾斜の緩い場所では、放牧牛が採食する牧草量は施肥をした場合もしない場合も、ほとんど変わらないと考えられます。このことから、傾斜区分を利用して施肥エリアを決定することは合理的な方法です。

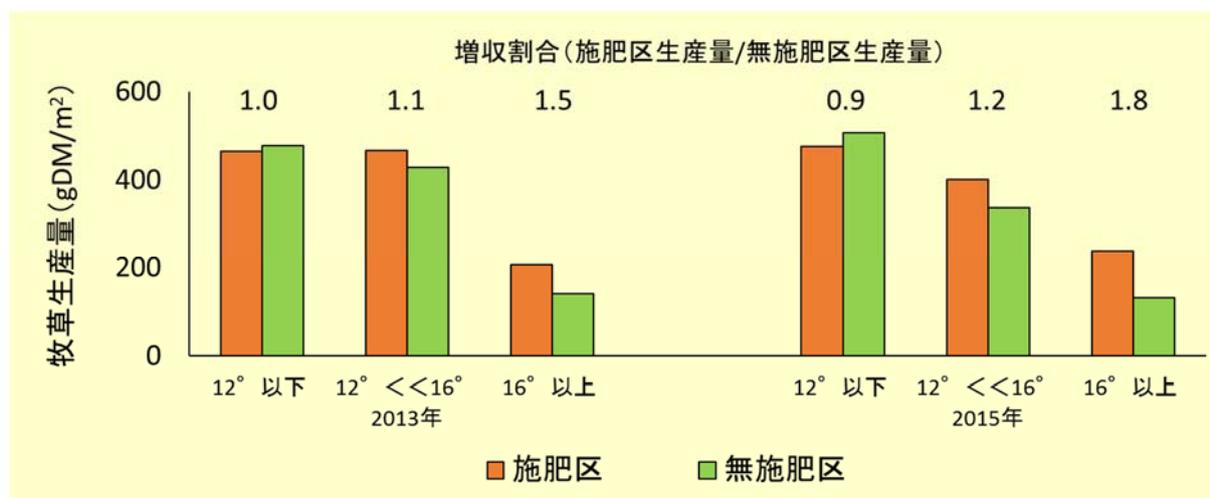


図 8. 各傾斜区分における施肥による増収割合の違い。

(2) 植生管理への利用と支援ツール

広い放牧草地において、牧草が均一に生育しないのと同様に、雑草も草地内に均一に侵入・定着するわけではありません。雑草もその草種によって、生育に適した環境があります。図 7 で示したように、傾斜地等を含む草地では、同じ牧区内であっても場所によって土壌養分状態が異なります。例えば草地雑草の代表格である、エゾノギンギンは土壌の肥沃なところを好むため、排

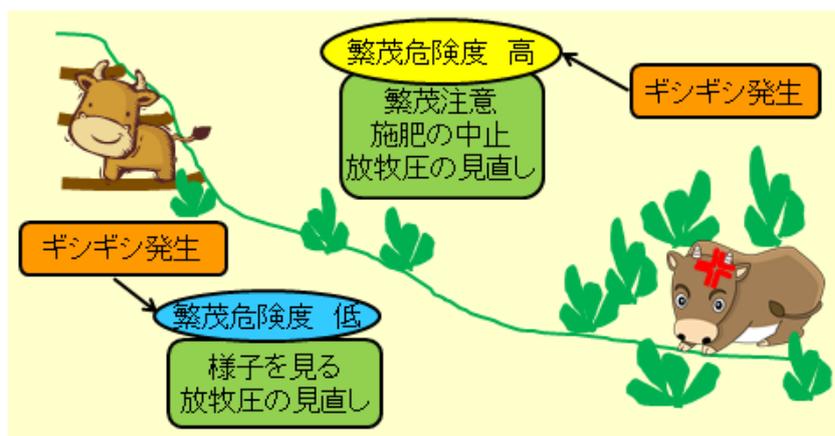


図 9. ゾーニングによる雑草管理のイメージ。

泄ふんの集中しやすい傾斜の緩い場所で多くみられます。一方、傾斜度の厳しい場所では認められても数は少なく、また大きな株になることも稀です。この他、傾斜の厳しい場所では土壌が乾燥しやすいため、乾燥に強いヒメスイバやメシバといった雑草が、一方、谷部では湿気を好むイヌビエなどの雑草が繁茂しやすい傾向が認められます。

このように、傾斜区分ごとに定着・繁茂しやすい雑草を整理することにより、定着・繁茂しやすい場所に侵入した雑草を集中的に防除することが可能となり、効率的な管理ができます（図 9）。

なお草地管理支援システムでは植生調査の位置情報が記録されることから、これまでは困難であった広大な牧区における、同じ場所での経年的な植生調査を行うことが可能となります。これにより、1つの牧区の中を植生の似た部分（必要な管理が同じ場所）を管理エリアとして設定することができます。この管理エリアごとに必要な作業を行うことで、合理的な維持管理作業が可能となります。

また草地管理支援システムでは、植生管理簿を入力した位置情報から、その場所の傾斜度情報等が紐付けられることを利用して、例えばエゾノギシギシが傾斜度 12 度以下の区分において植生管理簿に入力された場合は「ふんがたまっている場合はこのエリアへの施肥を止めましょう」、一方、16 度以上の区分で入力された場合は「増加傾向にある場合は、施肥量の過剰や放牧圧不足が考えられます」といったように調査地点の傾斜区分や土壌状態などから、管理に必要な情報を自動的に表示する機能が搭載されています（図 10）。また、草地更



図 10. 草地管理支援システムの雑草防除情報提示画面。

新の必要性についても関東・中部地域における採草地の植生診断基準（農林水産省生産局 2006）を利用し、植生管理簿に入力された牧草や雑草の被度情報から草地更新の要・不要についても自動的に表示する機能が搭載されています。これらの情報は管理エリアの設定時に参考になります。

（3）トラクタ作業の記録

起伏に富んだ山間傾斜地に立地している放牧草地では、斜面が複雑に入り組んだ見通しの悪い環境下でのトラクタ作業が不可欠です。経験豊富な作業者はそのような環境下でも安定した作業を行えますが、その技術は経験により得られたものである部分が多く、口頭で伝えることは難しいものです。草地管理支援システムでは、GPSガイダンスのように精密な作業状況を把握することは出来ま



写真 1. 携帯型 GPS（左）と外付け GPS 受信機を取り付けたポータブル PC（右）。

せんが、草地管理支援システムを搭載したパソコンに外付け GPS 受信機を取り付けることにより（写真 1 右）、インターネット環境が整備されている地域であれば、作業位置を確認することが出来ます。さらに携帯型 GPS

(写真 1 左) 等により記録されたルート (GPX ファイル) を元におおまかな作業範囲を確認することが出来ます (図 11)。これらのファイルは施肥作業ごとに記録しておくことが出来ますので、数年間、施肥がされていない場所や、重複により肥料が多めに播かれている場所などを確認することができます。例えば、ある場所だけ牧草の伸びが悪い、ギンギシ等の養分の多い土壌を好む雑草が繁茂しているような場合に、施肥ルートに問題が無いかチェックすることもできます。

(4) 施設管理への利用

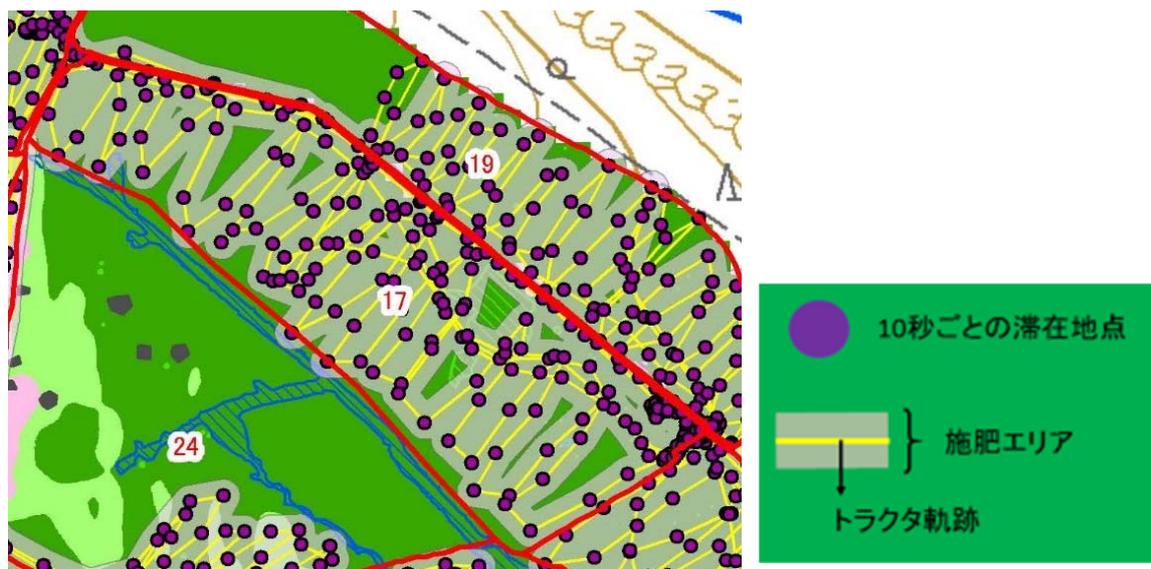


図 11. 草地管理支援システムで表示された施肥作業の記録。
(施肥エリアは重複していても同じ色で示されている)

放牧草地の管理作業は管理者の経験や勘に基づいて行われていることが多いため、近年では熟達した管理者の定年退職に伴う知識と技術の引き継ぎが問題になっています。特に、放牧施設の中には地中に埋設された給水パイプのように目に見えないものや、給水口などが牧区外に位置している場合等があり、埋設、設置時に紙面へ記録されている場合でもその位置が正確でない、さらに記録後に生じた変更が反映されていない等、当事者の記憶に頼らざるを得ない面が多々あります。そのため、当事者の退職はこれらの情報が消失することに繋がります。草地管理支援システムでは、このような問題を解決するために、GIS (地理情報システム, geographic information system) 機能によるシステムへの施設等の登録が可能です。特に GPS による位置確認を行いながら施設等の位置の入力が可能で、確認時も GPS の利用により容易に位置の特定が可能となり、位置確認作業にかかる時間を短縮できます。例えば修理が必要な牧柵位置を草地管理支援システムに記録し、これを利用して別の作業者に修理箇所を連絡するといった利用も可能です。

4. 文献

- ・井出保行・小島 誠・林 治雄 (1998a) 傾斜放牧草地の地形と草地管理. 1. 裸地と排糞の分布. 日草誌 44 : 208-214
- ・井出保行・小島 誠・林 治雄 (1998b) 傾斜放牧草地の地形と草地管理. 2. 排糞分布の偏りが土壌養分や牧草の生産量およびその利用率に及ぼす影響. 日草誌 44 : 215-222

- ・井出保行（2003）山地傾斜地における放牧草地植生の時間的・空間的变化(<特集>草地植生の時空解析)．日草誌 49：286-292
- ・農林水産省（2015）公共牧場を巡る情勢．農林水産省生産局，東京，http://www.maff.go.jp/j/chikusan/kikaku/lin/l_hosin/pdf/boku_27_8.pdf [2016年7月1日参照]
- ・農林水産省生産局（2006）草地管理指標－草地の維持管理編－．日本草地畜産種子協会，p58

* 本技術開発は、農林水産省が予算措置し、農研機構生研支援センターが実施する「攻めの農林水産業の実現に向けた革新的技術緊急展開事業」の支援を受けて行った。

PC 端末を現地に持ち出し、
GPSによる位置確認を行いなが
らデータを直接入力



本誌より転載・複製する場合は農研機構畜産研究部門の許可を得てください。

畜産研究部門 平 28 - 3 資料

放牧活用型畜産に関する情報交換会 2016

編集・発行 農研機構（国立研究開発法人 農業・食品産業技術総合研究機構）

畜産研究部門 草地利用研究領域 山本嘉人・井出保行・中尾誠司

電話：0287-36-0111(代) FAX：0287-36-6629

〒329-2793 栃木県那須塩原市千本松 768

発行日 平成 28 年 10 月 4 日

印刷 近代工房

〒324-0036 栃木県大田原市下石上 1603