

博士論文の内容の要旨

氏名	岩本啓己
学位名	博士（農学）
学位授与年月日	2021年9月30日
論文題目	Analyses of spatial dynamics and photosynthesis in kudzu community by remote sensing (リモートセンシングによるクズ群落の空間動態および光合成の解析)

(博士論文の内容の要旨)

クズ (*Pueraria lobata* (Willd.) Ohwi) は農業や植生管理の場面において、経済的な損失および生態学的な課題を引き起こしている。侵略的な雑草の群落動態を管理スケールでモニタリングおよびモデリングすることは、拡大を抑制するための最適なりソース配分を検討する上で実用的な知見をもたらすと考えられる。無人航空機 (UAV: unmanned aerial vehicle) による空撮画像は、雑草群落の空間分布のモニタリングを可能にする。時期ごとの高解像度の画像から特定の種の情報を効率よく取り出すには、機械学習による画像分類が有効と考えられる。また、携帯型のクロロフィル蛍光センサーで測定したパラメータは、野外の雑草群落の光合成機能の評価に適する。本研究では、これらの新しいセンシング技術を活用して、クズ群落の生態学的特性と最適な管理方法を検討した。

経時的な UAV 画像に基づいて、クズ群落の空間分布の推移を評価した。画像を 50cm グリッドに分割し、RGB 画像の輝度値に基づいてサポートベクトルマシン (SVM: support vector machine) を用いて各グリッドのクズの在/不在を判別した。6月には判別が困難であったが、群落表層がクズに被覆された7月以降は、全グリッドの5%を教師データとして用いることで正解率 0.9 以上、F 値 0.9 以上での判別が可能であった。群落の端部は7月の葉群展開期に急速に拡大していたが、7月下旬の除草作業で地上部が取り除かれた範囲では、その後の 8~10 月の養分貯蔵期にも群落は拡大していた。また、3種類の植生指数から各調査日におけるクズ群落の LAI を推定する重回帰式を得た。その結果、10月の推定精度は低かったが (調整済み決定係数 < 0.2)、6~8月では調整済み決定係数が 0.42~0.57 の範囲で LAI を植生指数から推定することができた。クズが存在すると判別されたグリッドの LAI を推定したところ、LAI は 7~8月に群落中央部で減少しており、その間に分布の中心は群落の中央部から周縁部に移動していた。この変化は夏季に葉を更新する際、より高次の分枝に新たに葉を展開する過程で生じたものと考えられた。この群落中央から周縁部への葉の移動は、群落の光合成効率を高めると同時に、群落の占有範囲の拡大にも寄与するものと考えられた。

また、グリッドごとの占有状態に対し隠れマルコフモデル (HMM: hidden Markov model) を適用することで、時期ごとのクズ群落の空間動態を評価した。モデルは各グリッドの占有状態の判別過程を表す観測モデルと占有状態の時間的変化を表すシステムモデルからなり、クズの出現および拡大に関するパラメータをマルコフ連鎖モンテカルロ (MCMC: Markov chain Monte Carlo) 法によって推定した。パラメータの事後確率分布に基づいて刈り取り後の群落の拡大を評価したところ、7月の刈り取り後は8月の刈り取り後より群落の拡大しやすい傾向にあった。クズの空間占有動態からは、残存した越年茎や根冠から生じた茎が急速に成長し、除草などによる攪乱のダメージを補償することが示唆された。以上からクズ群落の拡大を抑制するには、盛夏期に特に群落周縁部の高次の分枝を除去することによって、着根および貯蔵器官への養分の蓄積を減らすことが有効と考えられた。

加えて、葉の調位運動がクズ群落の受光態勢および光合成効率に及ぼす影響について、携帯型の蛍光測定器を用いて検討した。野外の群落表層をナイロンネットで覆うことで調位運動を阻害し、群落内の層位ごとの光強度および光合成パラメータを測定した。群落の表層葉を太陽光に対して平行に向けることで、表層葉が直達光を回避するとともに、群落内部への光の透過量は増加した。下位葉のリニア電子伝達 (LEF: linear electron flow) が増加した一方で表層葉の LEF の減少は比較的小さく、光の透過によって群落としての光合成効率が高まることが示唆された。また、直達光を受けた下位葉は、非光化学的消光 (NPQ: non-photochemical quenching) によって過剰なエ

エネルギーを消去していた。これらの証拠から、クズの調位運動には表層葉の光阻害を回避するとともに、群落としての光合成効率を高める効果があるものと考えられた。

以上のように新しいセンシング技術によって、野外のクズ群落の空間動態や光合成機能に関する重要な知見が得られた。本研究のセンシングおよびモデリングは他の雑草種にも拡張できる。機械学習を含む空撮画像処理技術は、特定の種の空間分布を評価するのに有用である。また、様々なセンシングデータを統合し、生態特性を包括的に理解には柔軟な階層モデルが重要である。生態特性に関する知見とデータ処理の枠組みを蓄積することで、管理スケールでの雑草群落動態のシミュレーションが可能となるであろう。