

UAV 空撮画像を用いた法面緑化成立状況の定量評価技術

鹿島建設(株) 正会員 ○板川 暢 山口毅志 高山晴夫 竹内秀雄 小澤一喜 加藤康生
岩手大学農学部 原科幸爾 東京農業大学農学部 山田 晋

1. 背景・目的

法面緑化工（植生工）施工後の成績判定は、植被率（緑被率）を基準に行われている。判定基準として「法面から 10m 離れて、のり面全体が緑に見え、植被率が 70～80%以上である」等の数値目標が定められているものの¹⁾、曖昧な基準が含まれており、定量的な植被率の算出方法は定めてられていない。また、調査者の主観に依る目視判定によって行われるのが一般的であり、認識のずれが生じ易い状況にある。特に、植生高や優占種の違いによって、目視判定では“真値”としての植被率を算出することは困難である。その結果、見込みを下回ることによって法面緑化の主要目的である造成地の浸食防止の効果が著しく低下し、品質事故に繋がる可能性がある。こうした事態を未然に防ぐために、施工後の養生期間中および引き渡し（竣工検査）時に、緑化の成否の基準となる定量的な植被率を取得する方法を検討・開発した。

2. 調査対象地

調査対象地は茨城県の造成工事現場の盛土造成地で、法面緑化工には植生シート工による播種が施されている（2020 年春季施工）。対象法面に、植生調査および UAV（無人航空機）空撮のための調査区を設定した（図-1）。法面（1 段あたりの法面高 5m、法面長約 11m）の幅 30m を 1 区画とし、連続する最上段から最下段までを一つの調査区とした。環境条件、施工時期等によって植生状況が異なることを考慮し、法面方位の異なる三つの調査区を設定した。

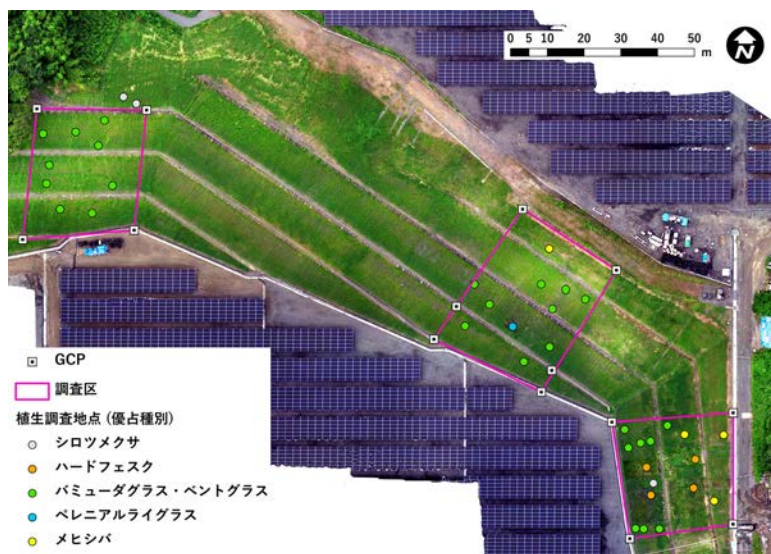


図-1 対象法面のオルソ画像（2020 年 7 月撮影）

3. UAV 空撮・画像処理

本研究では、長大な法面の緑化状況（植被率）を正確かつ短時間・省力で定量的に把握することを前提として、UAV を用いて緑化法面の空撮を行った。各調査区の植生の活性度の指標となる NDVI（正規化植生指数）分布図を作成するために、UAV に搭載されたマルチスペクトルセンサカメラを用いて空撮画像を取得した。各調査区の境界角等に GCP（地上基準点）用の対空標識を設置し、位置座標をネットワーク型 RTK-GNSS で記録した。空撮は夏季（2020/7/30-31）と秋季（2020/10/7 および 10/9）に実施し、10 時～15 時に航行高度・時間・照度等の異なる条件で複数回空撮を行った。各調査区を網羅するように撮影範囲を設定し、法面下段から対地高度 30m、50m、70m で自動航行（エンドラップ率 85%・サイドラップ率 65%、カメラ俯角 90 度（鉛直）、飛行速度 2～3m/s）による空撮を行い、マルチバンド画像を取得した。機材は 3DR Solo（Parrot Sequoia 搭載）および DJI P4 Multispectral を使用した。取得した空撮画像からオルソ画像を合成し、近赤外域と可視赤域の反射率から NDVI 分布図を作成した。取得条件の違いによる算出誤差等を低減するために、GCP に基づいた位置補正を行った。

4. 植生調査

調査対象地の緑化状況を把握するための植生調査を夏季・秋季の二時期に実施した。各調査区で地点数等に偏りが無いように考慮した上で、植生の優占種・被度、立地等が異なる 38 箇所の調査地点を選定した（図-1）。各調査地点で 1m 方形区を設定し、方形区内の植被率、出現種の被度等を記録した。また、1m 方形区の内部に 25cm サブ方形区を設定し、秋季調査の記録後、サブ方形区内の出現個体をすべて根元から刈り取り、乾燥重量を計測した。

キーワード：法面緑化工、植被率、UAV、マルチスペクトルセンサ、NDVI

連絡先：〒182-0036 東京都調布市飛田給 2-19-1 鹿島建設(株)技術研究所 TEL 042-489-6327

5. NDVI 値による植被率推定モデルの構築

植被率の推定モデルの構築と緑化成績判定の規準となる NDVI の閾値を算出した。作成した全ての NDVI 分布図を対象に、調査地点を中心とした 1m メッシュ内の NDVI 値（平均値・最大値・最小値・レンジ）を算出し、植生調査で記録した植被率との対応関係を、二項分布を仮定した一般化線形混合モデル（GLMM）で分析した。方形区の植被率を目的変数、NDVI 値を説明変数、優占種・算出元画像の違いをランダム効果に採用した。ランダム効果の優占種は乾燥重量が最大となる種、算出元画像は NDVI 値の算出に使用した各 NDVI 分布図を設定した。なお、推定モデルは二時期でそれぞれ構築した（各時期の NDVI 値で、同時期の植被率を推定）。構築した推定モデルから、成績判定の基準となる植被率¹⁾を満たす 1m メッシュあたりの NDVI 平均値を算出し、成績判定の該当箇所を抽出する際の閾値とした。

加えて、夏季に「判定保留」となった場合に、1～2 カ月の養生後に再判定することを踏まえて¹⁾、再判定時期の秋季に「可」となる可能性のある箇所を抽出するための推定モデルも構築した。同様の GLMM で、夏季時点の植被率（説明変数）から秋季時点の植被率（目的変数）を予測するモデル（ランダム効果：優占種）を構築し、秋季に「可」の判定基準を満たすことが予測される箇所の夏季時点の植被率を求めた。

分析の結果、夏季時点の NDVI 値から植被率を予測するモデルでは、有意な寄与を示した変数は NDVI 平均値のみだった。秋季を対象としたモデルでは NDVI 平均値のみを説明変数としたモデルの適合度が最高だった。以上から、両時期ともに寄与度が高かった NDVI 平均値を説明変数としたモデルを、植被率の推定に採用した。

6. 緑化成績判定の推定・可視化

合成した NDVI 分布図を、セル値の平均を格納した解像度が 1m メッシュの分布図に変換し、NDVI 平均値の閾値に基づいて「可」、「判定保留」、「不可」の成績判定に該当する箇所を推定・可視化した（図-2）。推定される成績判定は、緑・薄緑部分が空撮時点で「可」、黄部分が「判定保留」、赤部分が再施工を要する「不可」の箇所を示す。夏季の推定の青部分は「判定保留」のうち、秋季には植被率が「可」判定基準を満たす可能性がある箇所である。なお、推定モデルを用いて 1m メッシュあたりの植被率を算出し、特定範囲の平均値を算出することで、広範囲の植被率も算出も可能である。

7. まとめ

UAV を活用し、法面の植被率の定量的な評価、成績判定の推定ができる本技術は、調査・点検に労力を要するような長大な法面でも簡易に適用でき、基準の曖昧さの排除、調査効率の大幅な改善等に貢献するものである。今後、取得時期・環境条件の異なる空撮画像や調査地のデータを用いて分析を進め、汎用性と予測精度の向上を図っていく。

参考文献 1) 日本道路協会：道路土工 切土工・斜面安定工指針（平成 21 年度版）、pp.521, 2009.

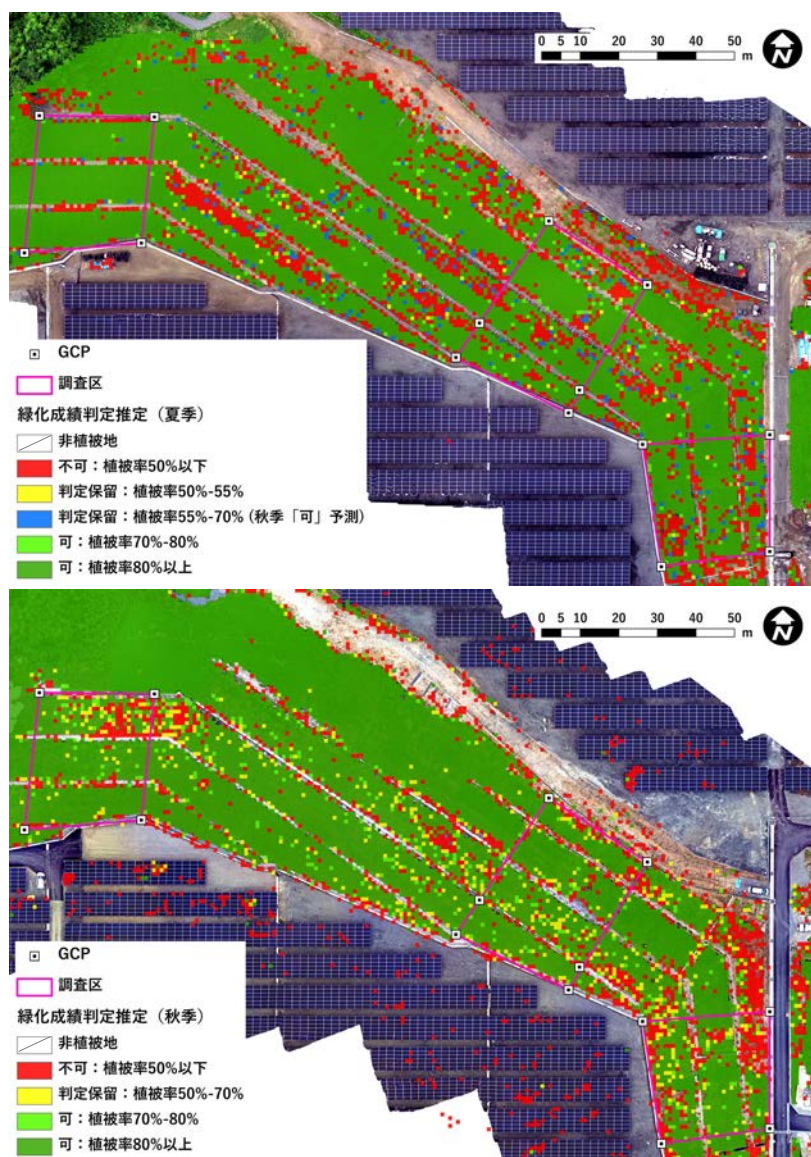


図-2 緑化成績判定の推定（上：夏季/下：秋季）