

倒木リスクスクリーニング技術について

西日本高速道路エンジニアリング中国（株）正会員 ○松井 爽 増田 俊二
 西日本高速道路（株） 柴田 知己 繁富 剛
 西日本高速道路エンジニアリング中国（株）正会員 品川 武 高橋 英樹
 同上 正会員 極楽寺 隼也 小澤 徹三

1. 目的

安全な道路交通を確保するとともに倒木による第三者等被害を未然に防止するため、道路緑地における日常点検として「危険木リストアップ」点検、緑地調査及び剪定・伐採等の維持管理作業等が行われている。しかし、長大のり面では点検・作業等において安全性・効率性等の課題、道路区域外を含む高速道路沿道地域では私有地への立入許可・財産権への干渉等の非経済的な課題、及び、林木価格の低下や過疎化等により森林管理の低下傾向も含め、異常気象や台風等による影響等が想定され対象箇所を一巡するのに必要な期間（約5年以上）での生育環境変化等の課題が生じている。そのため、用地内外を問わず、短期間で危険木をスクリーニングし、点検対象を絞り込むと同時に、点検優先順位を付与できるような科学的調査手法を用いた経済的且つ安全側に評価が可能な技術が求められている。

高速道路のような帯状に分布する対象を用地内外を問わず短期間に調査するためには、リモートセンシング技術を活用した物理的計測手法等が、現在のところ、最も合理的な科学的調査手法と言える。筆者らは1979年以来その有効性に注目し、特に2000年代の関連技術の発展に伴い調査研究を行ってきており、リスク木スクリーニング手法等について整理したものである。

2. 経緯

調査研究の主な経緯を表-1に示す。

道路沿道の環境評価のため航空機をプラットフォームとする赤外カラー空中写真を用いて、植物の活力（生育状況）の把握を行うことから始め、プラットフォームは、衛星、航空機（ヘリコプター含む）、MMS(Mobile

表-1 関連調査研究発表文献の例

年次	題名	主な内容	発表先
1980	赤外カラー空中写真を利用した植生環境調査について	道路周辺の自然環境への各種影響調査のため、航空機による赤外カラー空中写真撮影・グランドツルース調査手法等を整理し要領化を行った。	内海他, 昭和54年度日本道路公団試験所報告, pp. 224-236, 1980. 12
2015	UAVを用いた緑地評価・資産台帳システムについて	UAV空中写真による赤外カラー・点群データSfM (Structure for Motion) 解析により緑地評価（倒木リスク等）・資産管理の可能性を確認した。	小澤他, 第31回日本道路会議, 論文2005, 2015. 10
2016	レーザプロファイラーによる樹木リスク調査可能性検討	UAV・MMS・航空レーザデータを合成し、樹木リスクスクリーニング手法の有効性について確認された。	高橋他, 第33回業務研究発表会, 論文48, 2016. 7
	固定式レーザプロファイラーを用いた樹木情報抽出方法の検討	各種モニタリングや効率的な維持管理に必要な樹木情報抽出のため、固定式レーザプロファイラーを用いたところ、更新及び現地と図面の照合が容易、リスク情報等も入手できることが確認された。	高橋他, 第71回年次学術講演会, 論文VII-129, 2016. 9
2017	樹木リスク調査について	倒木リスクを効率的に把握するため飛行機及びUAVにより、NDVI解析・樹高解析により倒木リスク樹木の抽出が可能であることが判明した。	極楽寺他, 第32回日本道路会議, 論文1087, 2017. 10
2019	現地データ収集の効率化について	現地データ収集の効率化のため、人力、車両及び空中（UAV・衛星・飛行機）等のプラットフォーム別に検討を行った。	高橋他, 第74回年次学術講演会, 論文CS9-33, 2016. 9
2020	三次元計測システムを用いた緑地管理の効率化	可搬式レーザスキャナによる樹木位置・幹周計測・図面記入の自動作成による内業省略化により効率化されることが判明した。	極楽寺他, 第75回年次学術講演会, 論文VI-339, 2020. 9
2021	倒木リスク対策効率化の検討について	可搬式・UAVレーザデータを合成し、AIによる倒木リスク対象木の自動選別により、作業対象木を明確化できることが確認された。	品川他, 第76回年次学術講演会, 論文VII-89, 2021. 9

キーワード：リモートセンシング、倒木リスク、スクリーニング、点検効率化

連絡先：〒733-0037 広島市西区西観音町2-1 西日本高速道路エンジニアリング中国(株) 土木保全部 TEL082-532-1435

Mapping System) , UAV(Unmanned Aerial Vehicle) , 地上レーザスキャナー, バックパック式スキャナーを個別のデータ利用及び各種データの合成利用等について検討し, 調査研究目的も環境調査, 緑地評価, 資産台帳, 緑地管理計画, 倒木リスクスクリーニングとなっている。

近年の半導体技術の進展により, レーザ発光素子は個体から半導体へと進展し, 小型化・省エネルギー化・高出力化され, LiDAR (Laser Imaging Detection and Ranging) として利用される機会が多くなっている。そのため, 多角的に撮影された写真解析技術から, 直接的な距離測定・解析技術で物体を検知する方式が主流となっている。同時に, プラットフォームも航空機から, 自動車・UAV・人へと拡大しており, 移動速度に反比例し, 計測時間に比例して一般的に精度が向上することになる。そこで, 全体を把握すると同時に, 精度を上げるため, 各種プラットフォームで計測された三次元データを統合することが必要となっている。筆者らも, 衛星, 航空機, UAV, MMS, 固定式・バックパック式 (以下「BP 等」という。) と精度を向上させるとともに, 衛星・航空機・完成図面の全体的なデータに, UAV・MMS・BP等のデータを統合・合成することによりデータ補完を行い, AIによる解析を含め全体的な精度向上に努めてきた。

3. プラットフォームの検討

安全確保を最優先とすると同時に倒木リストアップ点検・診断の作業効率向上等のため, 高速道路沿線の用地内外に分布する緑地から倒木リスクのある樹木を事前にスクリーニングするためのプラットフォームの検討を行った。プラットフォームとしては, 精度・能力・各種規制等を検討したところ, 現段階では総合的に航空機の評価が高いものと推測された (表-2・3参照)。

表-2 プラットフォームによる主な特性

項目		精度	データ取得 (5hr/日)	備考
車両	MMS	・ cm単位 ・ 座標データ	・ 約400 km/日計測可能	・ 本線の通常走行でデータ取得 ・ レーザデータ, 画像
空中	衛星画像	・ 数m~数十cm単位 ・ 座標データ	・ 約12万km/日 (地球1周/90分)	・ 既存画像の購入が主で対象個所の確認必要 ・ 新規撮影では撮影範囲を指定可能 ・ レーザデータ (レーダー), 画像
	航空機	・ 数十cm単位 ・ 座標データ	・ 約2000km/日 (幅50m)	・ 準備期間必要, 晴天日 (高空) ・ レーザデータ, 画像
	UAV	・ 数cm単位 ・ 座標データ可	・ 約50km/日 (時速10km/hr)	・ 曇りも可能だが (低空) 法的規制等課題 ・ レーザデータ, 画像
人力	BP等	・ cm単位 ・ 座標データ可	・ 調査に時間必要 ・ 約10km/日 (時速2km/hr)	・ 徒歩で詳細なデータ取得可能 ・ レーザデータ, 画像

表-3 プラットフォーム別評価例

調査手法		精度	コスト	データ最新性	データ取得効率	総合評価
車両	MMS	◎	△	◎	○	○
空中	衛星	△	△	○	◎	○
	航空機	◎	△	◎	◎	◎
	UAV	◎	○	◎	○	○
人力	BP等	◎	△	○	△	○

4. スクリーニング手法検討

(1) 樹高解析

航空レーザ計測データを解析することで高速道路沿線に分布する樹林地の樹高解析を行い、基礎データとする。樹高解析は、DSM（樹冠表層高モデル）とDEM（地盤高モデル）の差分解析を行い、DCM（樹高モデル）を作成する。DSM（樹冠表層高データ）からDEM（地盤標高データ）を引くことでDCM（樹高モデル）が得られる（図-1参照）。

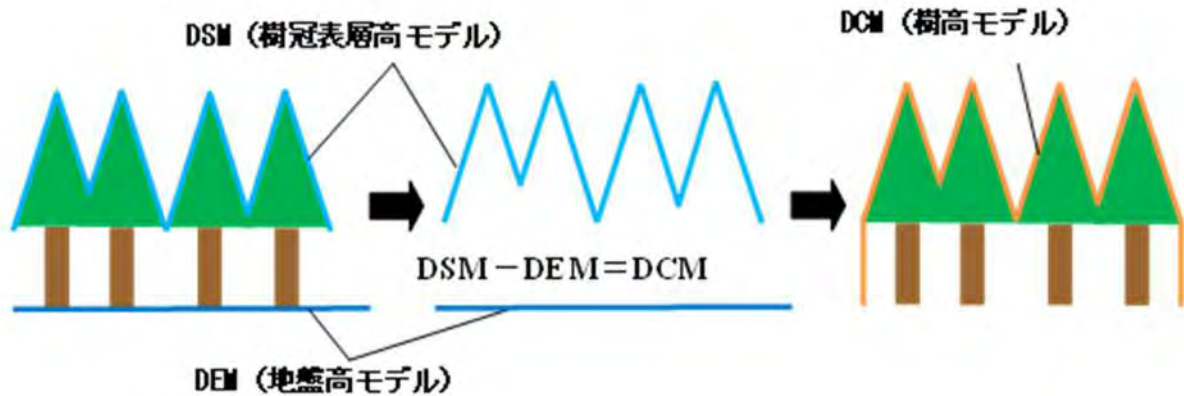


図-1 航空レーザ計測データによる樹高測定概念図

(2) 離隔解析

樹木位置、樹高及び本線等到達状況について検討するため、対象樹木と本線との距離を離隔とし、樹高解析結果を用いて離隔解析を行った。

倒木が生じた場合の本線等に対する到達イメージを図-2に示す。

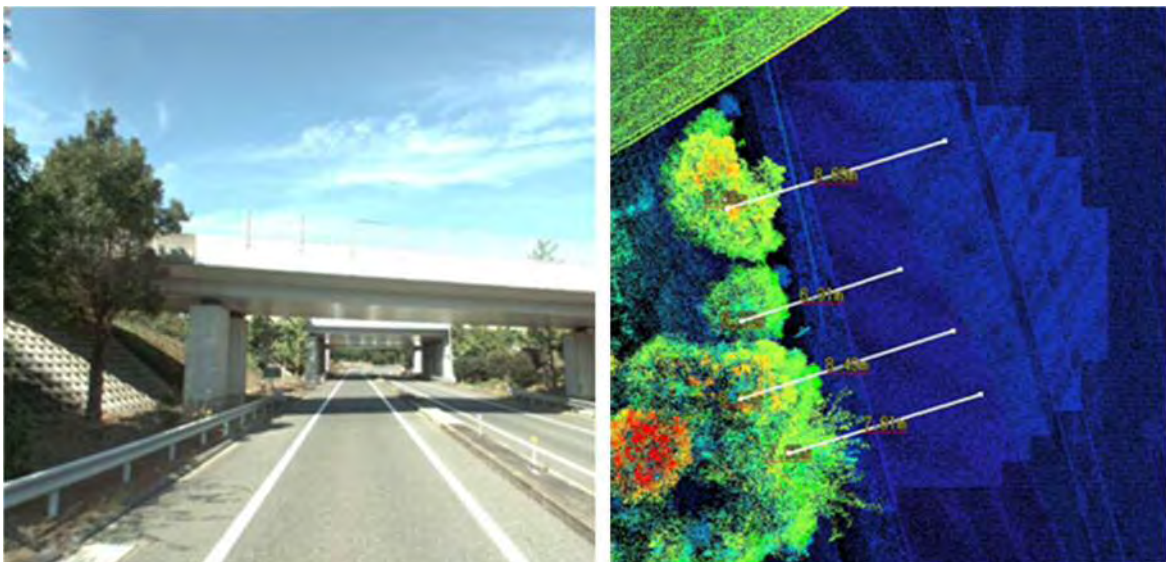


図-2 樹木位置・樹高と本線等到達イメージ

(3) 枯損・衰弱木評価

マルチスペクトルスキャナー等により近赤外画像を取得し、クロロフィルに反応する近赤外線により、樹木等の植物が濃淡の付いた赤色に処理されたフォールスカラー画像が作成される。フォールスカラー画像では、色の薄い方がクロロフィル量も少ないと判定されることから、それらが視覚的にも把握できる。枯損・衰弱木は

葉緑素が無い又は少ないため、活力低下傾向を示す樹木の相対的な評価、効率的な抽出を行うことができる。これらのモニタリングにより、生木の衰退傾向を把握し、リスクのスクリーニングが可能になる(図-3参照)。

また、健全な樹木葉の近赤外光反射率(NIR: Near InfraRed)と赤色反射率(R: Red)の差は大きくなり、不健全な場合は差が小さくなることを利用したNDVI(Normalized Difference Vegetation Index)指数を用いることも可能である(図-4参照)。

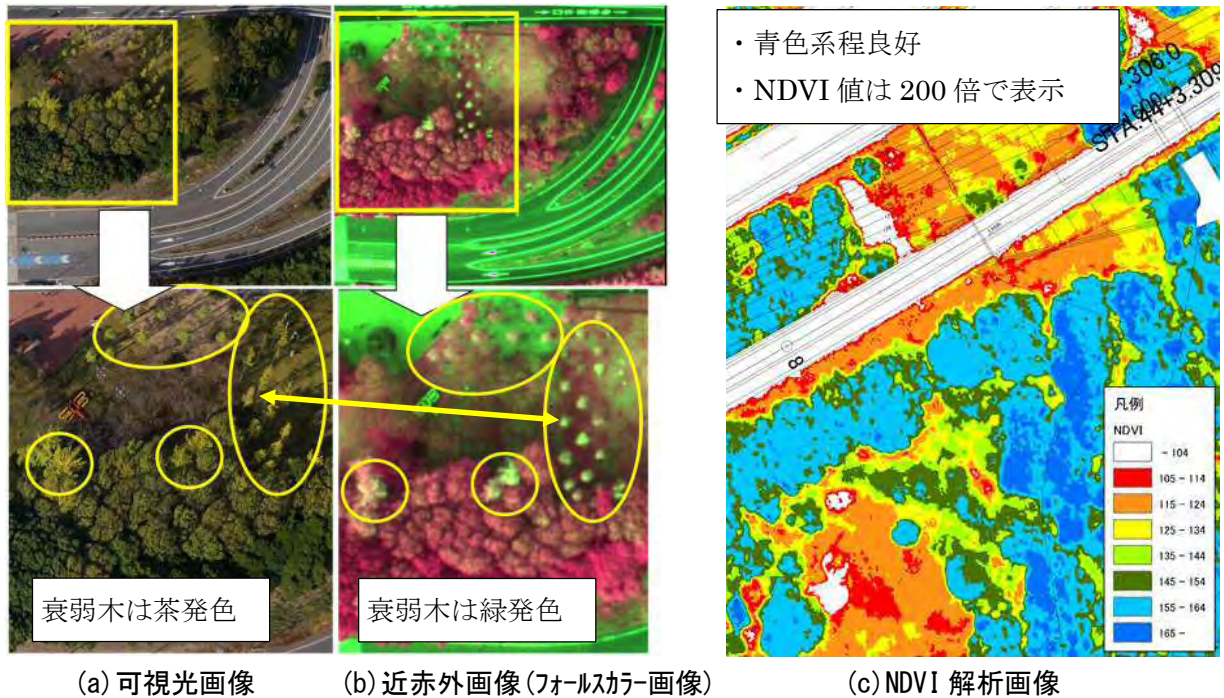


図-3 可視光画像・近赤外画像・NDVI 解析画像の例

NDVI 値の範囲

$$\left(\frac{\text{NIR 小} - \text{R 大}}{\text{NIR 小} + \text{R 大}} \right) \left[-1 < \text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{R}}{\text{NIR} + \text{R}} < 1 \right] \left(\frac{\text{NIR 大} - \text{R 小}}{\text{NIR 大} + \text{R 小}} \right)$$

生育不良 ←————→ 生育良好

図-4 NDVI 値の考え方

5. おわりに

レーザーデータによる樹高解析と離隔解析により、主に倒木リスクスクリーニング技術は成立しており、さらに、スクリーニングを行うため枯損・衰弱木評価(マルチスペクトル画像)を利用することが可能である。また、これらで取得した三次元データは、地形データのみを抽出すれば、防災点検に使用可能であり、災害時には災害前後のデータの差分から崩壊土量等の把握が容易に可能である。すなわち、樹木リスクのみでなく、防災点検、災害調査・設計、変異等のモニタリング及び台帳等として維持管理作業等のデータとしても利活用が可能である。また、各プラットフォームの長所短所を補い合うためにも全3次元データを統合し、モデル化することによりシュミレーション等が可能となるため、さらに力学的データを重ね合わせることも含め、変化状況を予測し、デジタルツインとしての活用が期待される。