

画像診断技術を用いた鉄道沿線樹木管理手法の開発

東海旅客鉄道株式会社 正会員 ○金谷 大樹^{*1}
 東海旅客鉄道株式会社 正会員 安藤 和幸^{*2}
 東京大学大学院農学生命科学研究科 非会員 吉野 邦彦^{*3}

鉄道沿線には、多くの林地が存在する。しかし、その所有者が適切な管理をしていないケースがあり、特に強風時に、それらの鉄道沿線林地からの倒木による輸送障害が、しばしば発生する。

東海旅客鉄道株式会社（以下、「JR 東海」）では、線路内への倒木を未然に防ぐため、沿線の林地・公園等に存在する樹木を調査している。その調査では、樹木ごとに列車運行に対する危険性を判定し、危険性があると判断した樹木に対しては、その所有者と協議し伐採を行なっている。

一方で、樹木が倒木に至る原因は、病虫害などによる樹勢（樹木活性度）の減退、豪雨等による傾斜地等の土壌弛緩が考えられるが、特に樹勢の減退の判定には樹木に対する専門的知識が必要となるため、JR 東海では定期的に樹木医による沿線の樹木調査を行なっている。しかし、樹木医は街路樹調査など鉄道沿線以外のニーズも高く、頻繁に調査を実施することは困難なのが現状である。

1. 目的と方法

本稿では、樹木に対する専門知識を有しない者が、各種デジタルカラー航空写真と既存の画像アプリケーションを使用して鉄道沿線樹木の樹勢や倒木危険性を比較的簡便に判定するための手法を開発することを目的とした。

2. 航空写真による樹木活性度判定

JR 東海では、鉄道構造物等の管理のため、定期的にセスナ機による線路上空からの写真を撮影している。この写真データは日本測地系（JGD）2000 の座標を有しており、地理情報システム（GIS）上で扱いやすいものであったため、これを活用した樹木活性度判定を検討した。一方、近年のリモートセンシング関係の研究では、近赤外線を活用した正規化植生指標（NDVI）による樹木活性度判定が主流であるが、可視光線のみによる樹木活性度判定を試みた研究も存在するため、それらの知見を活用することとした。

（1）画像分析の対象

2012年9月上旬から10月上旬にかけて、東海道新幹線の上空から撮影した航空写真データを分析対象とした。東海道新幹線の航空写真は2017年度のものも存在したが、2012年度を採用した。その理由は、2012年の航空写真撮影の直後である10月下旬に樹木医による調査が行われており、航空写真撮影と樹木医による判定の時期が偶々同じであり、画像分析による樹木活性度判定の精度を高めることが出来るためである。

また、航空写真が広範囲であったため、樹木医による調査にて樹勢が減退していると判定された樹木が多かった、三島駅を中心とした三島地区、同じく掛川地区、豊橋地区を分析対象とした。

（2）樹木ごとの活性度判定のための画像処理

航空写真画像データから樹木活性度を判定するにあたり、画素単位での解析と、画素同士の空間的関係を重視したオブジェクトベースの解析が考えられた。今回用いた航空写真データの1画素の分解能は20cm程度であったことから、画素単位での分析では樹木の一部のみの活性度判定となる。一方、今回の開発で判定したいのは個々の樹木全体の活性度であることから、航空写真の林地部分を、樹木ごとの領域に区分し、その領域に含まれる画素データの平均値で活性度を判定することが妥当であると考えられた。

キーワード 航空写真, 樹木活性度, GRVI, DSM, 樹木高, 植生判定

連絡先 ※1) 〒453-0013 愛知県名古屋市中村区亀島1丁目4-12 (出向) シーエヌ建設(株) TEL 052-451-4514
 ※2) 〒485-0801 愛知県小牧市大山1545-33 総合技術本部 技術開発部 TEL 0568-47-5384
 ※3) 〒113-8657 東京都文京区弥生1-1-1 生物環境情報工学研究室 TEL 03-5841-5340

そこで、OBS (Object Based Segmentation) 機能を搭載する市販ソフトを活用し、線路から 25m の範囲について、凡そ樹木単体、もしくは同一植生のポリゴンを形成した [図 1]。

これらポリゴン領域から得られる画素データの平均値を、それぞれ R, G, B とし、領域の樹木活性度を判定することとした。



図 1 トリル坑口の OBS 例

(3) 樹木活性度の判定指標

航空写真による樹木活性度判定には、可視域における樹木の葉の分光特性を活用した。健全な葉のクロロフィル (葉緑素) は、赤色域と青色域を吸収し、緑色域を反射する。一方、活性度が低下した樹木では多くの葉のクロロフィル濃度が低下するため、特に緑色域の反射が減衰する。

この分光特性に着目した既存研究から、Woebbecke, D. Mら (1995) が見出した指標と、Takeshi Motohkaら (2010) が見出した GRVI (Green-Red Vegetation Index) を用いることとした。具体的に用いた活性度指標は、R, G, B, R/G, R/B, G/B, $(g-b)/|r-g|$, $(G-R)/(G+R)$ [GRVI], $2g-r-b$ である。

なお、r, g, b は明暗調整後の指標であり、 $r=R/(R+G+B)$, $g=G/(R+G+B)$, $b=B/(R+G+B)$ である。

(4) 樹木活性度の判定結果

各指標を用いた樹木活性度判定と、樹木医が実際に判定した結果を照合したところ、三島地区では R/G, $(G-R)/(G+R)$ と $2g-r-b$ の 3 つの指標において、高い正解率となった。なお、各指標における閾値は、樹木危険度の高い、活性度が低いと樹木医が判断した樹木群の適合率と、再現率の中間値である F 値を重視した。その結果、活性度が高いと樹木医が判断した樹木群の平均値と、活性度が低いと判断した樹木群の平均値の中間とした。

表 1 各活性度指標の正解率 (三島)

指標	適合率	再現率	F値	正解率
R	0.63	0.73	0.68	0.69
G	0.62	0.92	0.74	0.71
B	0.59	0.77	0.67	0.66
R/G	0.88	0.85	0.86	0.88
R/B	0.81	0.81	0.81	0.83
G/B	0.57	0.65	0.61	0.63
$g-b/ r-g $	0.62	1.00	0.76	0.73
$G-R/G+R$	0.88	0.85	0.86	0.88
$2g-r-b$	0.92	0.92	0.92	0.93

なお、分析結果を踏まえ、樹種の違いや撮影時の天候の違いを踏まえた閾値を設定することにより、適用性の拡大が図られると推察された。

3. 沿線樹木高と植生判定

倒木時の危険度を判定するため、樹木活性度のみならず、樹木高と線路からの距離のデータも望まれた。また、実際に輸送障害となった倒木の樹種は圧倒的に竹が多いため、植生判定も望まれた。しかし、分解能が 20cm の航空写真ではこれらの判定は困難なため、ヘリによる地上分解能約 5cm、オーバーラップ率 80% の連続撮影を行ない、地表標高の DSM (Digital Surface Model) を得た [図 2]。

新たに撮影した航空写真についても OBS を行ない、各ポリゴン内について地表標高の極大値を抽出することで、樹木頂の高さを推定することが出来た。

さらに、2(4)項で高い正解率であった $(G-R)/(G+R)$, $2g-r-b$ の 2 つの指標について各ポリゴンでの算出を行なった。その指標値を基に、現地での植生調査結果を教師データとした機械学習 (Random forest 法) を行ない、結果を GIS 上で可視化した [図 3]。なお、Overall Accuracy (予測正答値) は 80%程度であった。



図 2 トリル坑口の DSM 例

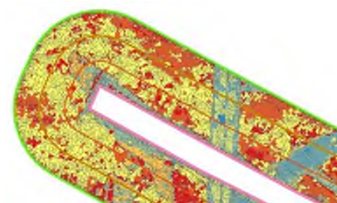


図 3 植生判定可視化例

謝辞

本開発にご支援を戴いた、東京大学生物環境情報工学研究室の下雅意様、矢崎様、弊社の五百旗頭氏、大木氏、竹上氏、薩美氏、新名氏、古野氏、前田氏に感謝する。

参考文献

- D. M. Woebbecke, G. E. Meyer, K. Von Bargen, D. A. Mortensen, Color Indices for Weed Identification Under Various Soil, Residue, And Lighting Conditions. American Society of Agricultural Engineers, 38, p259-269(1995)
- Takeshi Motohka, Kenlo Nishida Nasahara, Hiroyuki Oguma, Satoshi Tsuchida, Applicability of Green-Red Vegetation Index for Remote Sensing of Vegetation Phenology. Remote Sensing, 2, p2369-2387(2010)
- 矢崎 諒, 可視近赤外線空中写真を用いた鉄道沿線樹木活性度の評価手法の検討. 東京大学学位論文 (2019)