

御殿場市における衛星画像を用いたナラ枯れ検出の予備的調査

窪田雪人^{*1}, 星川健史^{*2}, 小栗幹一^{*3}, 鈴木静男^{*1}

Preliminary Investigation for the Detection of Japanese Oak Wilt Using Satellite Imagery in Gotemba City

KUBOTA Yukito^{*1}, HOSHIKAWA Takeshi^{*2}, OGURI Masakazu^{*3}, SUZUKI Shizuo^{*1}

Abstract: Recently, Japanese oak wilt damage has been increasing throughout Japan. This study aimed to assess the potential for estimating important parameters of Japanese oak wilt with satellite data. We estimated differences in composition between oak wilt and healthy oak sites in two years (2020 and 2019) in Gotemba City, Shizuoka Prefecture. Multispectral bands were used to detect oak wilt with a vegetation index NDVI (normalized difference vegetation index) of Sentinel-2. The most severely damaged site showed that the NDVI values in 2020 (a damaged year) were lower than those at the same site in 2019 (a non-damaged year) and those at a control site in both years. The study was preliminary research and demonstrated encouraging results using the freely accessible and middle-resolution Sentinel-2 imagery, which is expected to offer tools for detecting, mapping, and monitoring Japanese oak wilt.

Key Words: NDVI, *Quercus serrata* Murray, Remote sensing, Satellite image, Sentinel-2

1. はじめに

ナラ枯れは、糸状菌の一種による萎凋病である。5月から8月にかけて、この糸状菌（病原菌）を媒介するカシノナガキクイムシの侵入により感染する[1]。病原菌に感染した樹木は、防御反応により二次代謝物質（テルペン類やフェノール性物質）を生産するが、この物質による病原菌への阻害効果がないまま樹木内の道管に移動する。この物質は油状の性質を持つため、導管における水分や樹液の流れを阻害し通水障害に陥らせる。その結果、葉の萎れや変色が顕著に表れ急速に枯死する。葉の変色が表れた段階では、樹木の細胞は壊死し、元の健全木に戻ることは不可能である[1]。

近年、ナラ枯れは全国でも被害が増加傾向にある。令和2年に、多くの都道府県で被害材積量が拡大している中、静岡県全土でその量は、9,100 m³に達した[2]。ナラ

枯れを放置した場合、折損や倒木により施設や人への危険性が上昇する。また、ナラ枯れによるどんぐりの生産不足によって熊が餌不足に陥り、人里への出没の危険性が上昇するため、軽視することができない[3]。

現在、ナラ枯れ対策は主に2つの方法がある。1つ目は、伐採により枯死木内のカシノナガキクイムシを駆除する方法、もう1つは、枯死しにくい若い木のみ残り感染防止をする方法である[1]。本研究では、1つ目の対策に注目し伐採する枯死木をリモートセンシングにより観測する。ナラ枯れは、8月から9月にかけて葉が変色する特徴がある。本研究は、現地踏査により枯死木の多い地点を確認し、その範囲の衛星画像と比較することで、ナラ枯れ発生場所の反射スペクトル傾向を示す。

2. 方法

2.1 ナラ枯れ情報の収集

御殿場市役所からの資料をもとに2020年の御殿場市においてナラ枯れ被害木が多い地点を表1に記した。比較対象としてコナラの健全木が生育する地点をControlとして選定した。選定にあたっては、自然環境調査 Web-GIS の2万5千分の1植生図を用いた[4]。また、表1の位置を地図上に示した(図1)。

^{*1} 電子制御工学科

Department of Electronic Control System Engineering

^{*2} 静岡県立農林環境専門職大学

Shizuoka Professional University of Agriculture

^{*3} 日本DMC株式会社

Nihon DMC Co., Ltd.

責任著者: 鈴木静男 (shizuo.suzuki@numazu-ct.ac.jp)

2.2 被害地点の現地確認

表 1 で被害本数が突出して多い地点 1 に着目した。地点 1 の現地においてコナラの有無を確認した。御殿場市におけるナラ類の紅葉は 10 月中旬以降であるため、8 月から 10 月初旬に、葉が変色したコナラはナラ枯れの可能性が高い。

表 1 御殿場市におけるナラ枯れ被害地点と本数

地点番号	優占樹種	被害本数
1	コナラ	約 1000
2	コナラ	約 70
3	ナラ類	約 53
4	コナラ	約 40
5	コナラ	約 35
6	コナラ	約 30
7	コナラ	約 22
8	クヌギ, カシワ アカガシ	約 14
Control	コナラ	健全

御殿場市役所提供資料 (2020 年) から一部抜粋

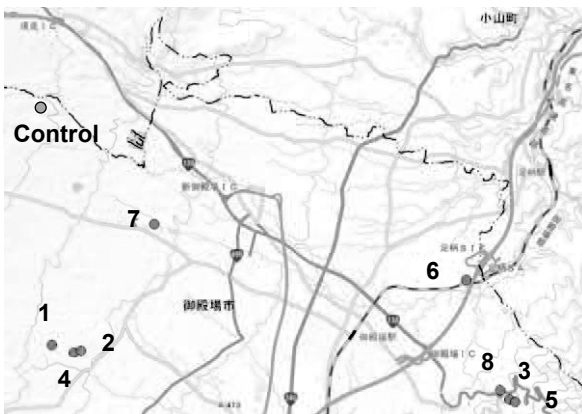


図 1 御殿場市におけるナラ枯れ被害地点

OpenStreetMap に加筆した。表 1 の地点番号と同じ。

2.3 被害地点の衛星画像取得

リモートセンシングによるナラ枯れ検出の可否を調べるために、地上分解能 10m の Sentinel-2[5]衛星画像を用いた。Sentinel-2 とは、欧州宇宙機関が打ち上げた衛星の一つで、観測結果を無償で公開している。Copernicus Open Access Hub を用いて Sentinel-2 衛星、打ち上げ状態 2A の画像データをダウンロードした[5]。観測バンド数は 13 あるが、本研究では表 2 に示した Blue,

Green, Red, Near - infrared (NIR) の 4 バンドを用いた[6]。表 1 において最も被害本数が多い地点 1 と Control の 2020 年 9 月 9 日、2019 年 10 月 10 日の衛星画像を用いた。

Jupyter Notebook 上で Python を使い、Sentinel-2 用 API を実行することで関心領域の画像情報を取得した。データを地図で可視化する folium、pandas の拡張機能であり衛星画像を処理する geopandas、衛星画像にマスク処理等を施す rasterio 等のライブラリを用いた。

表 2 Sentinel-2 衛星、打ち上げ状態 2A の画像データに関するバンド情報と分解能[6]

バンド	波長	中心波長 (nm)	分解能 (m)
B2	Blue	493	10
B3	Green	560	10
B4	Red	665	10
B8	NIR	833	10

2.4 衛星画像解析

今回の衛星画像データは、地表面反射率データに対して大気補正されたものである。測定バンドのうち、地上分解像度が pixel 当り 10m である可視青、可視緑、可視赤、近赤外のデータを用いた。衛星画像から対象とする領域を切り抜くことで、対象領域の全ピクセルがもつ値を解析に用いた。

ナラ枯れを解析するにあたって、正規化植生指数 (NDVI) を算出した。NDVI は次式で表される。

$$NDVI = \frac{NIR - R}{NIR + R}$$

ここで NIR は近赤外、R は可視赤の地表面反射率である。近赤外波長は植物の葉の細胞構造による反射率が大きい領域であり、赤波長は葉に含まれるクロロフィルによる吸収率が大きい領域であるため、NDVI は地表上に植物が多いほど大きい値を示す[7]。

3. 結果と考察

表 3 に地点 1 と Control における 2 ヶ年の NDVI 統計量を示し、図 2 から図 9 に対応する場所と時期における True color と NDVI 画像を示した。

2020 年の異なる地点で比較した場合、図 2 は森林内に茶色領域がみられるが、図 4 は茶色領域はみられない。これらのことは、地点 1 では通常の紅葉による葉の変色ではないことを示している。2019 年の異なる地点で比較した場合、図 6 と図 8 の両方で茶色い領域はみられない。

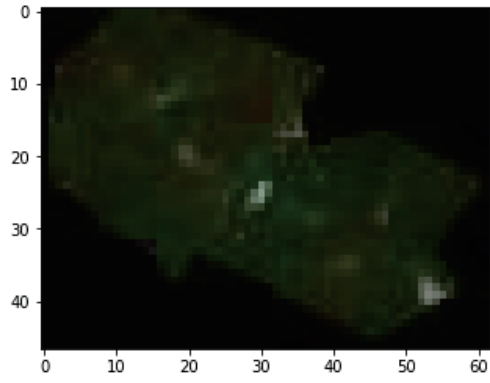


図2 地点1, 2020年9月9日, True color 画像

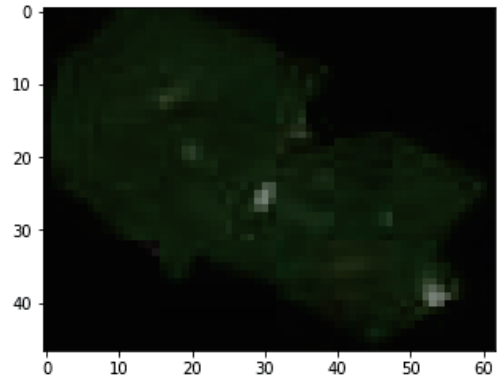


図6 地点1, 2019年10月10日, True color 画像

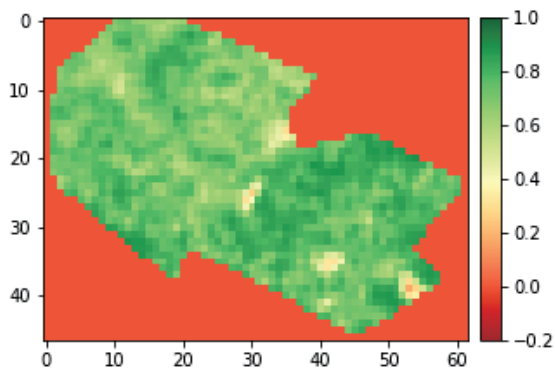


図3 地点1, 2020年9月9日, NDVI 画像

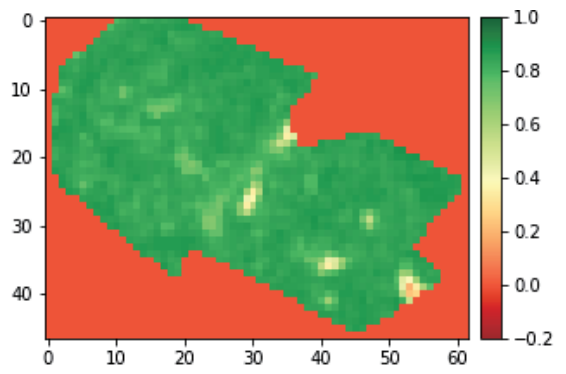


図7 地点1, 2019年10月10日, NDVI 画像

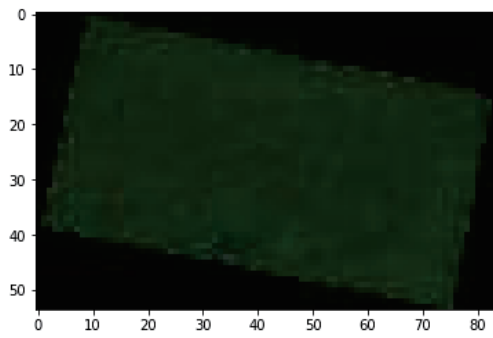


図4 Control, 2020年9月9日, True color 画像

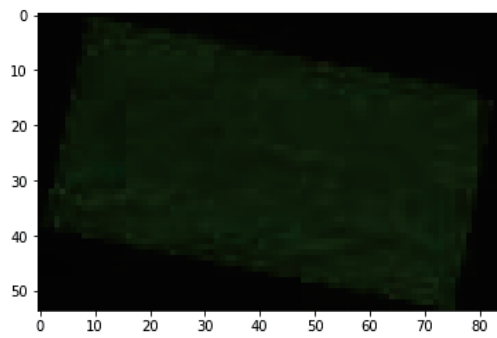


図8 Control, 2019年10月10日, True color 画像

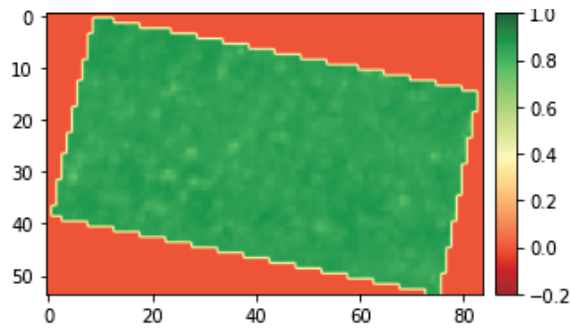


図5 Control, 2020年9月9日, NDVI 画像

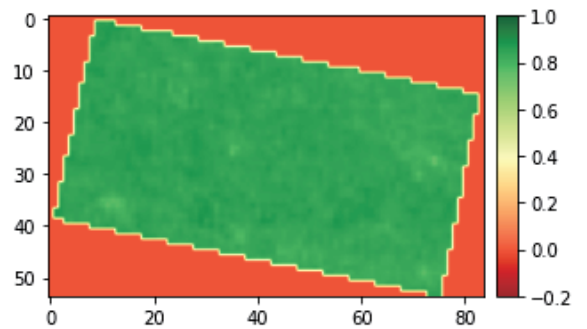


図9 Control, 2019年10月10日, NDVI 画像

このことは、地点 1 では 2020 年の葉の茶色い変色は、通常の紅葉ではないことがわかる。加えて、御殿場市の報告から、この茶色い変色は、ナラ枯れによるものであることが証明された。

表 3 地点 1 と Control における 2020 年 9 月 9 日と 2019 年 10 月 10 日の NDVI 統計量

画像情報	中央値	平均	標準偏差
地点 1 2020/09/09	0.74	0.73	0.09
Control 2020/09/09	0.86	0.85	0.02
地点 1 2019/10/10	0.85	0.83	0.06
Control 2019/10/10	0.85	0.85	0.02

上記と同様に NDVI 画像について述べる。2020 年の異なる地点で比較した場合、図 3 では森林内に 0.2~0.4 の黄色いピクセルが多くみられ、0.6~1.0 の緑色のピクセル割合が図 5 と比較して少ない。一方、2019 年の異なる地点で比較した場合、図 7 と図 9 の両方とも図 5 と同様に 0.6~1.0 の緑色のピクセル割合が多い。このことは、地点 1 における 2020 年の 0.2~0.4 の黄色いピクセルは、ナラ枯れによるものであることが推測される。

表 3 の NDVI 統計量において、地点 1・2020 年 9 月 9 日の中央値と平均値は、他の 3 つの場所・年の中央値、平均と比較して低い。標準偏差から NDVI のばらつきを考慮しても、上記の中央値と平均が、地点 1・2020 年 9 月 9 日で明らかに低いことがわかる。これら表 3 の統計量からも NDVI は、ナラ枯れ地点と健全な林とは違っていることが示された。

木下ら[8]は、衛星画像 (WorldView-2) を用いた解析で、NDVI の指標画像から枯死木を面的に抽出した。しかし、感染木の抽出には至らなかった。同様に、永井ら[9]も衛星画像 (Sentinel-2) を用いてナラ枯れによる植生変化の観測が可能であった。これらの研究と同様に我々の予備的調査においても、ナラ枯れ範囲の推定に衛

星画像 (Sentinel-2) を用いた NDVI 利用の可能性が示された。現時点ではデータ数が少ないため、更なる調査が必要である。

4. 謝辞

本研究を進めるにあたり、御殿場市役所より 2020 年の御殿場市におけるナラ枯れ被害データをご提供頂きました。ここに記して謝意を表します。

参考文献

- [1] 黒田慶子：ナラ枯れの発生原因と対策，植物防疫，65(3)，2011，pp. 162-166.
- [2] 林野庁：ナラ枯れ被害，都道府県別ナラ枯れ被害量（被害材積）の推移（総数），林野庁ホームページ，https://www.rinya.maff.go.jp/j/hogo/higai/attach/pdf/naragare_R3-7.pdf，参照日：2022-10-02.
- [3] 大井徹：ツキノワグマの生態と分布拡大，森林野生動物研究会誌，39，2014，pp. 21-24.
- [4] 環境省，自然環境調査 Web-GIS，植生調査，<http://gis.biodic.go.jp/webgis/index.html>，参照日：2022-09-30.
- [5] European Space Agency, Copernicus Open Access Hub, <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>，参照日：2022-09-30.
- [6] 一般財団法人リモート・センシング技術センター，Sentinel-2A / 2B / 2C / 2D, <https://www.restec.or.jp/satellite/sentinel-2-a-2-b.html>，参照日：2022-09-30.
- [7] 井上吉雄ほか（2019）農業と環境調査のためのリモートセンシング・GIS・GPS 活用ガイド，森北出版，pp152.
- [8] 木下篤彦，神野忠広，服部保，岩間基巳，金宗煥，細見温子，鈴木淳司：六甲山系におけるナラ枯れの現状—被害把握におけるリモートセンシング活用への取組み—，砂防学会誌，66(1)，2013，pp. 58-61.
- [9] 永井信，遠藤拓洋，下田彰子：SENTINEL-2A/B 衛星による自然教育園のナラ枯れ観測，自然教育報告，53，2021，pp. 35-38.