

国営公園における広域的なナラ枯れ被害状況の把握

日本工営株式会社 ○青 柳 一 翼

論 文 要 旨

国営讃岐まんのう公園は、令和3年度以降のナラ枯れ被害の拡大に伴う計画的なナラ枯れ対策が必要であったが、人手による調査では公園全体の被害状況の把握は困難であった。このため、マルチスペクトルカメラを搭載したドローン撮影によって、ナラ枯れ被害状況の確認可否の他、ナラ枯れと紅葉の分類可否を踏まえた調査適期について公園内の一部区域において検討した。また、今後のまんのう公園全域に対する調査を見据え、衛星画像を用いたナラ枯れ被害状況の確認可否について検討し、効率的な調査計画についても検討した。撮影した空中写真のデジタル画像及びNDVI画像からナラ枯れ被害状況は把握可能であったが、紅葉との分類は困難であり、ナラ枯れ発生後かつ紅葉前までの調査が適期であった。また、衛星画像からナラ枯れ被害の概況が確認できたことから、広域的な被害状況の把握に有効であった。本検討より、ドローン撮影及び衛星画像を活用することで、広域的なナラ枯れ被害状況を把握でき、国営公園における現地調査の効率化を図れることが確認された。

キーワード：ドローン、GIS、ナラ枯れ、マルチスペクトル、樹木管理

ま え が き

国営讃岐まんのう公園は、香川県仲多度郡まんのう町に位置する国営公園であり、敷地面積350haに対し、森林面積が約74%(約260ha)を占める自然豊かな国営公園である。本公園では、令和3年度にナラ枯れ被害が確認され、現在まで被害は拡大傾向である。被害の放置は倒木の危険性を招くことから、安全・安心な公園運営を実施するにあたっては、ナラ枯れ被害状況の把握及び対策が求められている。本公園では、令和3年度から令和5年度において、まんのう公園管理センターの人手によるナラ枯れ調査の実施に伴う対策が講じられているが、ナラ枯れ調査は複数人で数ヶ月の期間を要していたことから、効率的な調査の実施が求められている。

以上より、近年注目されているドローン撮影技術及び衛星画像を活用した効率的なナラ枯れ被害状況の把握を試行し、最適な調査手法について検討した。

1. 公園内におけるナラ枯れを取り巻く状況

(1) 被害状況

本公園では、令和3年9月にナラ枯れ被害が確認され、当年においては合計62本(枯損木:13本, フラス:49本)の被害状況であった。令和4年度には、414本(枯損木:107本, フラス:307本)、令和5年度では669本(枯損木:240本, フラス:429本)の被害木が確認された。

令和3年度はまんのう公園の一部で確認されていたが、令和4年度以降は公園内全域に被害が拡大している。また、現地調査により確認された被害状況は園路沿い周辺のみで

あり、地形上確認することができない林内にも被害が拡大していることが想定される。

(2) 対策工の実施状況

令和3年度に樹幹注入やビニール被覆及び伐倒・燻蒸が実施され、令和4年度以降は園路沿いの伐倒・燻蒸のみ実施されている。継続的な被害木処理により、公園利用者への被害は生じていない。

(3) 管理上の課題

被害状況の確認にあたっては、まんのう公園管理センターの人手による現地調査が実施されているが、地形上進入困難な地点や目視確認の限界があることから、公園全体のナラ枯れ被害状況は不明瞭であった。また、ナラ枯れ被害の拡大に伴い、調査には複数人で数ヶ月を要している状況である。

被害が確認された樹木は、現地のナンバリングテープ及びテキストデータにより整理しているが、生育位置や樹木情報等を含んだ統一的な管理体制は構築されていない。ナラ枯れ対策を実施するにあたっては、正確な被害の範囲や対象樹木の判別は現地で行う必要があり、基礎情報が不十分な状態である。

以上より、位置情報を有する広域的な空中写真の撮影が可能となるドローンを用いて、ナラ枯れ被害状況の効率的な把握を目的とした調査手法を検討した。

2. ドローンを用いたナラ枯れ調査

(1) 調査手法

空中写真からナラ枯れ被害を確認するため、ドローンにマルチスペクトルカメラを装備し、直下方向の撮影を実施した。また、ナラ枯れ被害木の分類可否について検証するため、下記に示す複数の調査手法を用いることで、最適な撮影手法について検討した。

a) 撮影高度別

空中写真においてナラ枯れ被害の確認可否を検討するにあたり、撮影高度を50m, 100m, 140mで設定した。また、各撮影高度におけるナラ枯れ確認可否の他、撮影時間や解析時間等についても整理した。

b) 撮影画像別

撮影画像から、表-1に示す植生指数を算出し、ナラ枯れの確認可否について検討した。また、マルチスペクトル画像を用いることで、ナラ枯れ被害を受けているが枯死していない穿入生存木の分類可否についても検討した。

c) 調査時期別

ナラ枯れは赤褐色に変色することから、紅葉の時期は分類が非常に困難である。そこで、空中写真におけるナラ枯れの分類可否について検討するため、9月の緑葉期と11月の紅葉期に撮影を行った。

(2) 画像解析手法

a) ナラ枯れ被害箇所の抽出

マッピングソフトを使用してデジタルオルソ画像(以下、デジタル画像)を作成した。その画像から、表-1に示す植生指数のマルチスペクトル画像を作成した。ナラ枯れ被害箇所はデジタル画像を用いて目視で抽出し、ポリゴンを作成した。マルチスペクトル画像に対しては、ポリゴンと比較することで、ナラ枯れ被害箇所を抽出した。

b) 葉色の比較検証

ナラ枯れ被害木と紅葉している樹木の分類について、以

下の通り検討した。ナラ枯れ被害木は①及び②から抽出し、紅葉している樹木は③及び④で確認した。

- ①緑葉期(9月)のデジタル画像からナラ枯れ被害木を確認
- ②まんのう公園管理センターによる現地調査結果から、現地踏査により位置情報を設定し、ナラ枯れ被害木の位置を確認
- ③既往成果²⁾の植生図から常緑樹のナラ枯れ対象種(シイ・カシ等)の分布を確認
- ④紅葉期(11月)の撮影画像を用いて赤褐色の樹木を抽出
- ⑤デジタル画像におけるRGB値の差分やNDVI画像をもとに比較

(3) 撮影範囲

ナラ枯れ被害が拡大している「さぬきの森」を対象とした。撮影範囲は約20haであり、そのうち約19haが森林部であった。針広混交林であり、構成樹種はナラ枯れ対象木の常緑樹であるシイやカシの他、落葉樹のコナラ、針葉樹のスギ、ヒノキ等が生育している。

3. 調査結果

(1) 撮影高度別

緑葉期と紅葉期における各高度(50m, 100m, 140m)の撮影時間等を表-2に示す。撮影高度が高くなるにつれ、地上分解能は低くなるが、撮影・解析時間は短くなった。また、撮影高度50mの時はバッテリー交換のため、2回に分けて飛行する必要があった。

各高度(50m, 100m, 140m)のデジタル画像を図-1に示す。ナラ枯れ被害木は、全てのデジタル画像から分類でき、撮影高度が50mのとき、最も鮮明に確認できた。一方で、広葉樹を単木レベルで把握することは困難であること、撮影時間等やナラ枯れの位置が確認できることを考慮すると、撮影高度140mが最も効率的であった。

表-1 植生指数

指標名	正式名称	計算式	
NDVI	NDVI(Normalized Difference Vegetation Index) : 正規化植生指数	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$	(1a)
NDRE	NDRE(Normalized Difference Red Edge) : 正規化レッドエッジ指数	$\frac{NIR - Red\ Edge}{NIR + Red\ Edge}$	(1b)
LCI	LCI(Leaf Chlorophyll Index) : 葉クロロフィル(葉緑素)指数	$\frac{NIR - Red\ Edge}{NIR + Red}$	(1c)
GNDVI	GNDVI(Green Normalized Difference Vegetation Index) : 緑正規化植生指数	$\frac{NIR - Green}{NIR + Green}$	(1d)
OSAVI	OSAVI(Optimized Doil-Adjusted Vegetation index) : 肥料含有植生指数	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.16}$	(1e)
NWI	NWI(Normalized Wilt index) : ナラ枯れ指標 ¹⁾	$-NDGI \times (NDVI + NDGI)$	(1f)

表-2 撮影高度別の各諸元

撮影時期	高度	撮影時間	解析時間	地上分解能
緑葉期 (9月)	50m	51分	2時間41分	約1.3cm
	100m	23分	38分	約2.7cm
	140m	19分	17分	約3.9cm
紅葉期 (11月)	50m	49分	2時間47分	約1.3cm
	100m	29分	43分	約2.7cm
	140m	17分	26分	約3.9cm

撮影高度	緑葉期 (9月)	紅葉期 (11月)
50m		
100m		
140m		

図-1 撮影高度別のデジタル画像

(2) 撮影画像別

デジタル画像から樹木が赤褐色に変色している箇所を目視で抽出し、表-1に示す植生指数に対するマルチスペクトル画像との比較検証を行った。図-2に示すとおり、緑葉期ではNDVI及びGNDVIに枯死木の位置を示す傾向が確認され、穿入生存木については、他の健全木との分類はできなかった。紅葉期はNDVIで枯死木の位置を示す傾向が確認されたが、GNDVIでは健全木に対しても植生指数が低く表示された。また、他の指標では枯死木等の確認が不明確であった。したがって、ナラ枯れ被害状況の確認には、NDVIが最も適していることが示唆された。

(3) 紅葉とナラ枯れの分類について

緑葉期に抽出したナラ枯れ被害箇所に対して、紅葉期のマルチスペクトル画像及びRGB値の差分画像を図-3に示す。

ナラ枯れ被害木と紅葉している樹木に対して、デジタル画像及びマルチスペクトル画像を比較した結果、画像間の差異は確認されず、ナラ枯れ被害木と紅葉している樹木を分類することは困難であった。

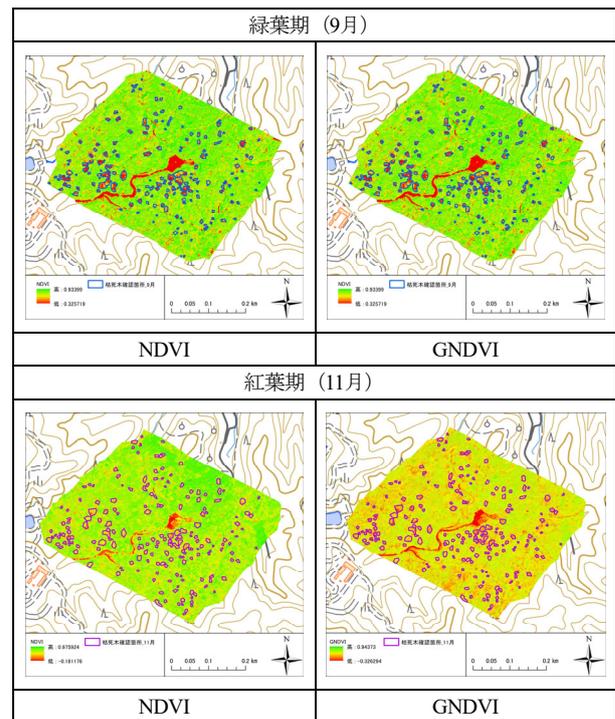


図-2 ナラ枯れ被害状況とマルチスペクトル画像

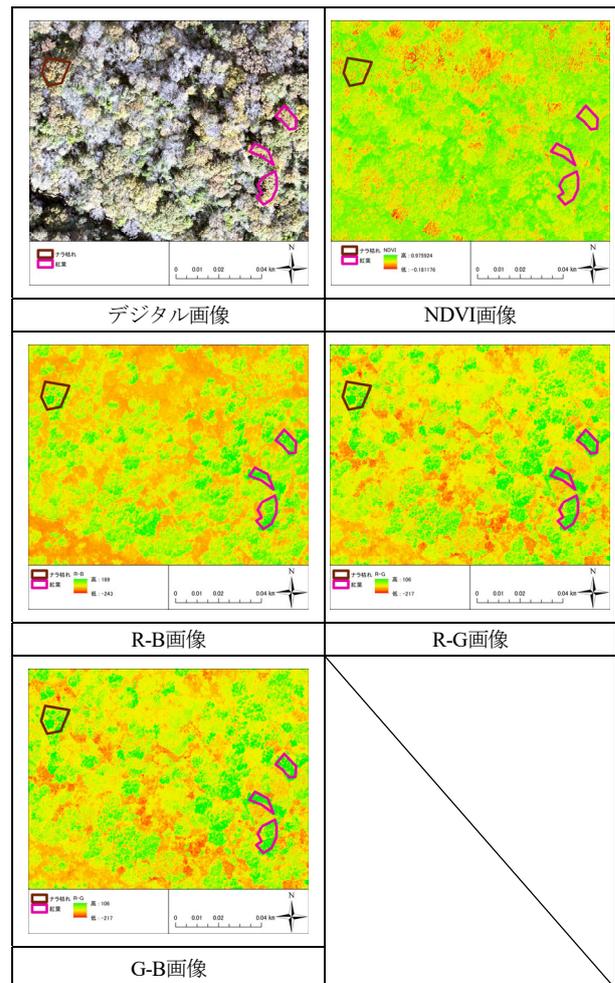


図-3 ナラ枯れと紅葉の分類

4. 衛星画像を用いたナラ枯れ調査

ドローンを用いることで効率的にナラ枯れの被害状況が把握できた。一方で、公園全域においてドローンを運用するにあたっては、来園者等の上空を飛行させることが非常に困難であるため、休園日もしくは通行封鎖等の安全処置を取る必要がある。また、ドローンの飛行時間等の制限を考慮すると、公園全域を撮影する場合には、より広範囲を撮影できる衛星画像を併用することで、効率的な被害状況の把握ができると考えた。よって、更なる効率的な調査手法の検討にあたって、衛星画像を用いたナラ枯れ被害状況の把握について検討した。

(1) 解析手法

表-3 および図-4 に示す衛星画像を取得し、ナラ枯れ被害状況について確認した。本衛星画像はマルチスペクトルを含んでいることから、ナラ枯れ判別に有効であった NDVI のほか、図-5 に示す画像解析を行った。精度検証には、過年度のナラ枯れ調査結果やデジタル画像を用いた。

表-3 衛星画像の各諸元

衛星名称	Pléiades
撮影日時	令和5年11月3日 AM 2:03:41
地上分解能	2m

Pléiades (50cm) ©CNES 2022, Distribution Airbus DS

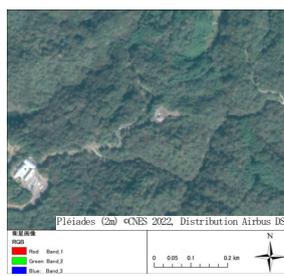


図-4 衛星画像

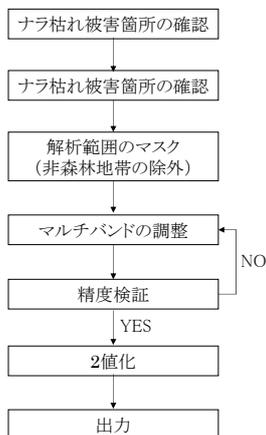


図-5 解析フロー

(2) 解析結果

ナラ枯れ被害と想定される箇所についての目視確認はできたが、図-6 に示すとおり NDVI 画像からナラ枯れ被害箇所について確認することは不可能であった。マルチバンドを用いた画像解析からは、概ねナラ枯れ被害箇所の特定ができたことから、衛星画像からもナラ枯れ被害の特定は可能であったが、精度はドローンより低く、概況把握に留まった。

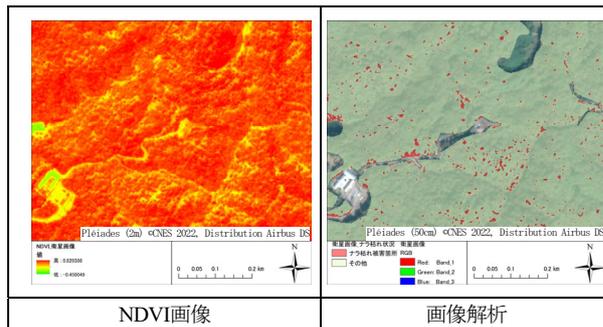


図-6 解析結果

5. 考察

(1) ドローンによるナラ枯れ分類

ドローン撮影によってナラ枯れ被害状況を把握することが可能であり、さぬきの森全域にナラ枯れ被害が生じていることが確認された。本検討より、デジタル画像や NDVI 画像からナラ枯れ被害箇所を特定できたことから、今後のナラ枯れ調査にあたっては、人手に代わってドローンを活用した調査への移行が考えられる。

(2) ナラ枯れと紅葉の分類可否について

本検討において、ナラ枯れと紅葉を分類することはできなかった。ここで、カロチノイドにより黄色に変色する黄葉については宇都宮昭ら(2010)¹⁾より、ナラ枯れとの変色過程が異なることが示唆されているが、紅葉に対する変色過程の違いについては、解明されていない。ナラ枯れと紅葉の分類を行う際には、樹木の生理作用の違いを解明した上で、ナラ枯れと紅葉の変色過程で生じるそれぞれで異なる波長帯を特定し、ハイパースペクトルカメラ等を用いた検証を行う必要があると考えられた。

また、紅葉期の撮影画像はナラ枯れ被害木と紅葉した樹木が含まれており、緑葉期にナラ枯れを分類できた NDVI 画像からもナラ枯れ被害箇所を検出することは困難であった。以上より、ドローン撮影時は、ナラ枯れ被害の発生後である晩夏から紅葉前の撮影が望ましいと考えられた。

(3) 衛星画像によるナラ枯れ分類

衛星画像を用いてナラ枯れ被害の概況を把握できたことから、ドローン調査前に衛星画像を用いて調査対象範囲を絞り込むことで、さらなる省力化を図れることが示唆された。また、衛星画像の取得状況に応じて、経年的な被害状況の比較を行うことで、被害の拡大状況について把握し、次年度の被害予測についても検討可能であると考えた。

6. 今後の課題

今回の検討では、さぬきの森を対象にマルチスペクトルカ

メラを搭載したドローンを活用することで、ナラ枯れ被害を効率的に把握できた。紅葉期におけるナラ枯れ被害状況の把握は困難である一方で、緑葉期に撮影を行うことで、広域的なナラ枯れ被害を把握できることが判明した。また、衛星画像では、まんのう公園全域におけるナラ枯れ被害の概況について把握することができ、より効率的な調査手法を検討することができた。

今後の課題としては、ナラ枯れ被害箇所を検出する解析モデルの簡易化やナラ枯れポテンシャルマップの作成、ナラ枯れ被害状況のデジタルマップ化が挙げられる。これらの取組は、安全・安心な公園運営を実施するにあたっての適切なナラ枯れ対策の実施に貢献すると考えられる。検討にあたっては、ナラ枯れ被害の拡大傾向を推測するナラ枯れポテンシャルマップを作成し、全被害木を対象とせず、利用者に危険が及ぶ可能性がある園路沿い周辺等を抽出することで調査範囲を絞り込む。調査結果から、ナラ枯れ対策工の実施箇所を選定することで、費用対効果の高い公園樹の管理が実現できると考える。さらに、各種マップや対策工の実施状況を一元管理可能なデジタルマップを作成することにより、調査員に依存しない統一的なデータ管理が実現できると考える。

国営讃岐まんのう公園における樹木管理を行う上では、本技術を適用することにより、広域的な森林において効率的にナラ枯れ被害状況を取得でき、適切な公園樹を管理することが可能であることが確認された。

あ と が き

今後の展望として、本事例がまんのう公園の森林保全管理や効率的な調査手法となるよう更なる検証を重ねるほか、引き続き知見の蓄積や精度向上に関する検討を実施してまいります。

本内容は国土交通省四国地方整備局香川河川国道事務所より受託した令和5年度業務成果に基づくものです。ここに深く謝意を表します。また、まんのう公園管理センターの職員の方々には、調査において多大なご協力をいただきました。この場をお借りして、心よりお礼を申し上げます。

参 考 文 献 (または 引用 文 献)

- 1) 宇都有昭ほか, (2010), 「可視/近赤外ハイパースペクトルデータに基づくナラ枯れ指標 NWI に関する研究」, 写真測量とリモートセンシング, vol.49, No.5, p294-309
- 2) 国土交通省四国地方整備局 国営讃岐まんのう公園事務所, (2006), 「平成17年度まんのう公園樹林調査業務委託」