

# ドローンによるナラ枯れ調査手法の検討

香川河川国道事務所 公園課 古市 圭司  
香川河川国道事務所 公園課長 岡田 和美

国営讃岐まんのう公園では、令和3年度にナラ枯れ被害が確認されて以降、ナラ枯れ被害の拡大に伴い、計画的なナラ枯れ対策が必要となっているが、人手による調査では公園全体のナラ枯れ被害状況の把握は困難である。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検討した。撮影した空中写真のうち、デジタル画像及びNDVI画像からナラ枯れ被害状況は把握できたが、紅葉との分類は困難であり、紅葉前までの調査が適期であった。本検討より、広域的なナラ枯れの把握にはドローンによる撮影が有効であり、現地調査の効率化を図ることが確認された。

キーワード ドローン、ナラ枯れ、マルチスペクトル、画像解析、GIS、樹木管理

## 1. はじめに

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、ナラ枯れ被害が確認された令和3年度以降被害が拡大している。安全・安心な公園運営を実施するにあたっては、倒木の可能性がある被害木を早期に発見し、対策を行うことが必要不可欠であり、対策の実施にあたってはナラ枯れ被害状況を把握する必要がある。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が実施されたが、数ヶ月の期間を要していることから、効率的な調査の実施が求められている。よって、近年注目されているドローン撮影技術を活用した効率的なナラ枯れ被害状況の把握を試行し、最適な撮影・解析手法について検討を行った。

## 2. 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、合計62本（枯損木：13本、プラス：49本）の被害状況であった。令和4年度においては、414本（枯損木：107本、プラス：307本）、令和5年度では669本（枯損木：240本、

プラス：429本）の被害木が確認された。

令和3年度は本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状況となった。また、現地調査により確認された被害状況は園路沿いのみであり、園路から離れた森林部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・燻蒸を実施し、令和4年度以降は園路沿いの伐倒・燻蒸のみを実施している。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る。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ができておらず、ナラ枯れ対策を実施するにあたり、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った。

以上から、位置情報を有する広域的な空中写真により、ナラ枯れ被害状況について効率的に把握を行った。

### 3. 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、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

空中写真におけるナラ枯れ被害の確認可否の検討にあたり、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分類可否の他、撮影時間や解析時間等についても整理を行った。

##### 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、ナラ枯れの分類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健全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、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。

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<sup>2)</sup>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。さぬきの森は針広混交林であり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。撮影範囲は約20haであり、そのうち森林部は約19haであった。

### 4. 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が必要であり、2回に分けて飛行する必要がある。

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50mの時の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把握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	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red}$
NDRE	NDRE(Normalized Difference Red Edge)：正規化レッドエッジ指数	$\frac{NIR - Red\ Edge}{NIR + Red\ Edge}$
LCI	LCI(Leaf Chlorophyll Index)：葉クロロフィル(葉緑素)指数	$\frac{NIR - Red\ Edge}{NIR + Red}$
GNDVI	GNDVI(Green Normalized Difference Vegetation Index)：緑正規化植生指数	$\frac{NIR - Green}{NIR + Green}$
OSAVI	OSAVI(Optimized Doil-Adjusted Vegetation index)：肥料含有植生指数	$\frac{NIR - Red}{NIR + Red + 0.16}$
NWI	NWI(Normalized Wilt index)：ナラ枯れ指標 <sup>1)</sup>	$-NDGI \times (NDVI + NDGI)$

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

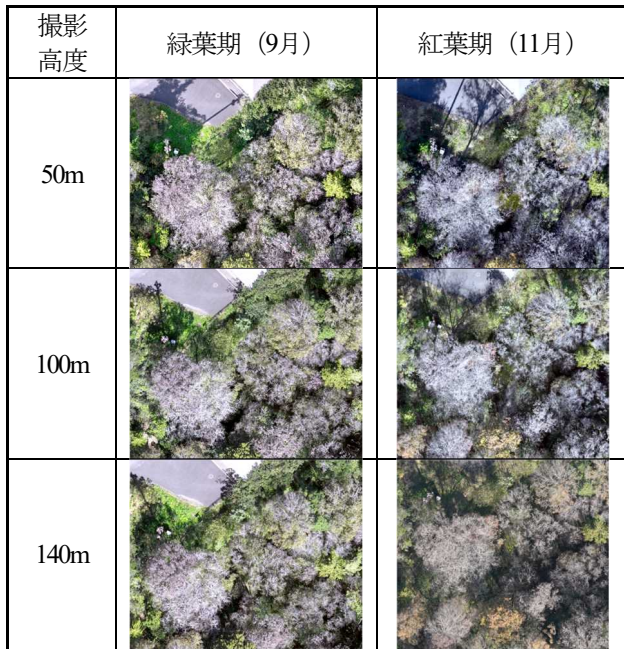


図-1 撮影高度別のデジタル画像

(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たが、紅葉期のGNDVIでは健全木に対しても植生指数が低く表示される傾向が確認された。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RGB値の差分画像及びマルチスペクトル画像を図-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。

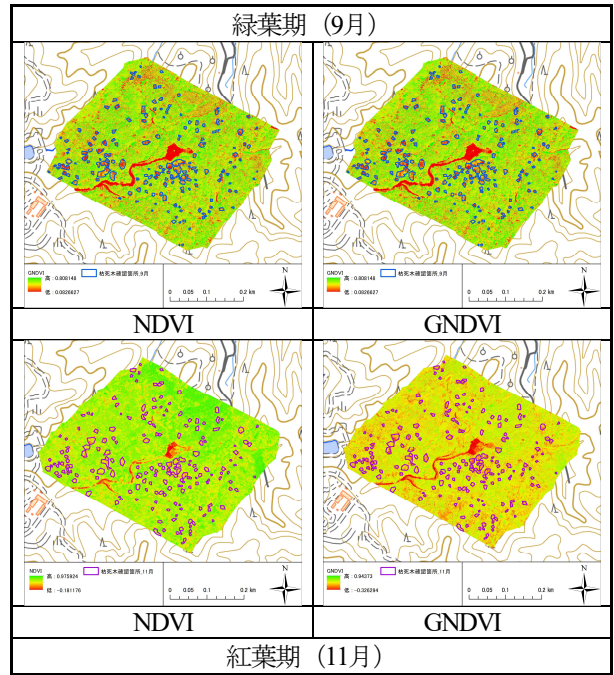


図-2 ナラ枯れ被害状況とマルチスペクトル画像

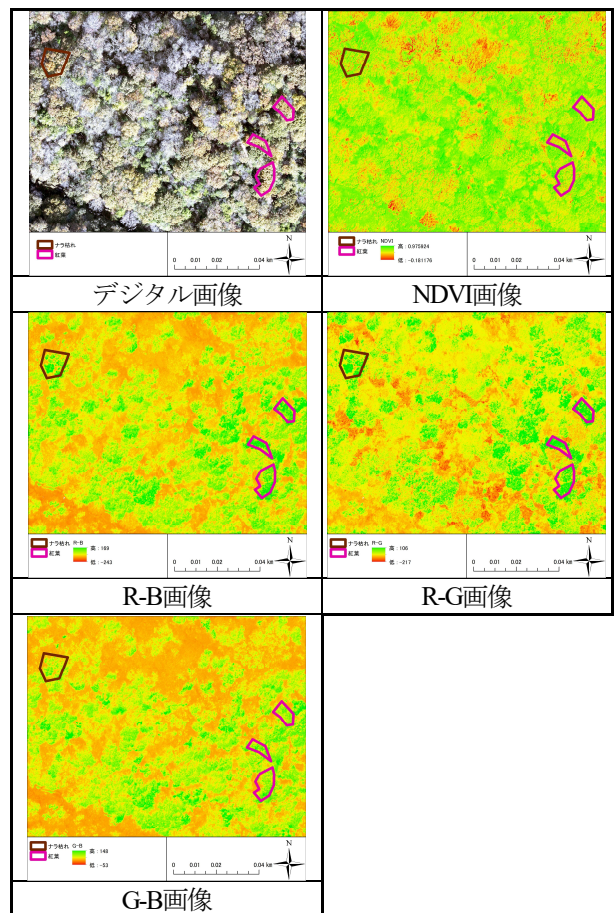


図-3 ナラ枯れと紅葉の分類

## 5. 考察

### (1) ドローンを使用したナラ枯れ調査について

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。また、デジタル画像やNDVI画像からおおよそのナラ枯れ被害箇所を抽出できたことから、今後のナラ枯れ調査にあたっては、現地調査前にドローンを活用したナラ枯れ調査を実施することで、対象となる地域を絞り込み、省力化を図れることに加え、画像による経年的なデータの比較が可能であると考えた。

### (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）<sup>1)</sup>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ことが確認された。

## 6. おわりに

今回の検討では、さぬきの森を対象にドローンを活用したマルチスペクトルカメラによって、ナラ枯れ被害について効率的に把握することができた。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。

ここで、今後の公園全域でのドローン運用に際して、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ことから、公園全域を撮影する場合には、より広範囲を撮影することができる衛星画像を併用することで、より効率的な被害状況の把握ができると考え、衛星画像を用いたナラ枯れ被害状況の把握可否についても検討が必要と考える。また、今後の課題として、ナラ枯れ被害箇所を自動抽出する解析モデルの作成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。特に、安全・安心な公園運営を実施するにあたっては、適切なナラ枯れ対策の実施が必要不可欠と考える。一方で、全被害木を対象とするのではなく、園路沿いの利用者に危険が及び可能性がある地点やナラ枯れ被害が拡大すると考えられるナラ枯れポテンシャルマップを作成することで、ナラ枯れ対策工を実施する箇所を選定し、継続的な記録に残すことで費用対効果の高い公園樹の管理を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、適切な公園樹の管理に活用できると考えられる。

今後は衛星画像を併用した被害状況の把握の検討、樹木の効率的な管理を行うためのマニュアルの検討を進めていく。

## 参考文献

- 1) 宇都宮昭ほか、（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」