

# UAV データによる 3 次元復元データを用いた 送電線周辺における植生管理法の開発

新井 達也<sup>†1</sup> 景山 陽一<sup>†1</sup> 石沢 千佳子<sup>†1</sup> 白井 光<sup>†1</sup> 石井 雅樹<sup>†2</sup> 末廣 健二<sup>†3</sup>  
高橋 伸明<sup>†3</sup> 小林 拓也<sup>†3</sup> 矢口 正平<sup>†4</sup> 佐藤 利春<sup>†5</sup> 澤田 道弘<sup>†5</sup> 千葉 樹<sup>†5</sup>

秋田大学<sup>†1</sup> 秋田県立大学<sup>†2</sup> 株式会社秋田ケーブルテレビ<sup>†3</sup>  
株式会社 TEAM CNA CREATION<sup>†4</sup> 株式会社羽後林産<sup>†5</sup>

## 1. 背景・目的

電力は、私たちの生活における重要なライフラインの一つである。したがって、電力を輸送する送電線と植生間の離隔状態を定期的に把握することは、電力を安全に使用するために必要不可欠である。無人航空機(UAV; Unmanned Aerial Vehicle)は、運用コストが低く、UAV によって取得される画像データ(UAV データ)は高分解能であり、任意のタイミングにおけるデータの取得が可能である。近年、運動からの形状復元(SfM; Structure from Motion)<sup>[1]</sup>によって作成された 3 次元データの利活用が普及している。したがって、UAV データによって作成された 3 次元データを利用することは、低コストかつ高精度の離隔計測を可能にすると考える。そこで本研究では、UAV データによって作成された 3 次元データを用いた送電線周辺における植生管理法を提案し、その有用性について検討を加える。

## 2. 対象地域および使用データ

本稿では、秋田県大仙市にある秋田幹線 No.132・No.133 間、秋田市にある岩谷線 No.48・No.49 間および羽川線 No.12・No.13 間を対象とする。支持物構造は、秋田幹線および岩谷線は四角鉄塔であり、羽川線は鋼板組立柱である。なお、本稿では、これらの支持物を鉄塔と表記する。

UAV は DJI 社製の Phantom4 Pro V2.0<sup>[2]</sup>を使用し、UAV に標準搭載されている可視光カメラを用いて静止画像の撮影を行った。データ取得日は 2019 年 5 月 27 日(5 月データ)、2019 年 7 月 3 日(7 月データ)、2019 年 8 月 26 日(8 月データ)の 3 日間である。UAV データの例を図 1 に示す。UAV は送電線の斜め上空を飛行し、撮影角度は送電設備の方向に設定した。また、使用する静止画像は 3 次元データ作成のため、80%以上重複(オーバーラップ<sup>[3]</sup>)させたものを用いた。

## 3. 提案手法

### 3.1 3 次元データ作成

本検討では、UAV データから 3 次元データを作

Development of vegetation management method around transmission lines using 3D reconstruction data from UAV data

<sup>†1</sup> Akita University

<sup>†2</sup> Akita Prefectural University

<sup>†3</sup> Cable Networks Akita Co., Ltd.

<sup>†4</sup> Team CNA Creation Co., Ltd.

<sup>†5</sup> Ugorinsan Co., Ltd.



図 1 UAV データ例(羽川線 8 月データ)

成するために、SfM を用いる。SfM は、複数の画像データ間における共通の特徴を持つ点(タイポイント<sup>[4]</sup>)からカメラの位置と姿勢および対象の形状を推定する技術である<sup>[1]</sup>。なお、本検討では SfM ソフトウェアとして、Agisoft 社製の Agisoft Metashape Professional Version 1.5.2<sup>[4]</sup>を用いる。SfM では、①タイポイントマッチング結果からカメラの位置と向きを推定、②推定されたカメラ位置に基づいて高密度の点群を構築の 2 つの処理を順に行う。

次に、SfM で構築した高密度の 3 次元点群を 10cm×10cm×10cm 単位のボクセルモデル<sup>[5]</sup>に変換し、X 軸、Y 軸、Z 軸の各軸方向における 2 次元平面に分解する。

### 3.2 鉄塔情報作成

電力会社が所有する鉄塔構造図を用いて、2 次元の簡易的な鉄塔モデルを作成する。鉄塔モデルは、横の直線(腕)および縦の直線(柱)の集合で表現し、各直線の両端には送電線の支点であることを是非を指定する。

### 3.3 鉄塔座標・姿勢指定

作成した鉄塔情報とボクセルモデル上における鉄塔の各腕および柱の座標が一致するように、鉄塔原点の座標を指定する。この時、ボクセルモデル上の鉄塔が傾いている場合が存在するため、鉄塔原点を中心とした回転を可能とする。

### 3.4 正規化

3 次元アフィン変換(平行移動、回転、拡大・縮小、せん断)<sup>[6]</sup>を以下の手順で行い、2 つの鉄塔における、3.3 節で指定した鉄塔原点(補正対象鉄塔座標)と電力会社が所有する鉄塔位置情報(正規鉄塔座標)が一致するように補正を行う。なお、本節における正規鉄塔座標は、原点および平面 Y=0 上の任

意の点とする。

(1) 平行移動(XYZ 軸方向)

1 つの補正対象鉄塔座標を正規鉄塔座標に平行移動する。

(2) 回転(Z 軸回り)

補正対象鉄塔座標間を結ぶ直線と、正規鉄塔座標間を結ぶ直線が一致するように、Z 軸回りの回転を行う。なお、鉄塔を含めた点群がすべて傾いている場合は、(3)の処理以後に補正対象鉄塔座標と正規鉄塔座標が一致するように回転量を調節する。

(3) 回転(X 軸回り)

3.3 節で指定した鉄塔の傾きを基に X 軸回りの回転を行う(傾き補正)。

(4) 拡大・縮小(X 軸方向)

補正対象鉄塔座標および正規鉄塔座標の X 軸が一致するように、X 軸方向に拡大または縮小を行う。

(5) せん断(Z 軸方向)

補正対象鉄塔座標および正規鉄塔座標の Z 軸が一致するように、X 軸方向に比例した Z 軸方向のせん断を行う。

3.5 送電線座標算出

3.3 節で指定した 2 つの鉄塔における各腕の座標と、電力会社が所有する送電線弛度表における弛度を用いてカタナリー曲線を算出し、この結果を 10cm×10cm 単位で点として出力する。

3.6 送電線・植生間離隔距離算出

鉄塔間を結ぶ Z 軸に平行な平面を基準とし、これを yz 平面とする。このとき、各軸を x 軸、y 軸、z 軸とする。この y 軸に垂直な平面(xz 平面)を用いて送電線・植生間の離隔距離を y 座標 10cm ごとに算出する。

4. 実験結果および考察

本検討における植生管理への有用性を検証するため、正規化後における各データの鉄塔の座標値、各データを重ね合わせたボクセルモデル、ならびに送電線・植生間における離隔計測結果を評価する。

各データにおける正規鉄塔座標と正規化後に手動で指定した鉄塔座標との誤差(正規化後鉄塔復元誤差)を表 1 に示す。なお、正規化後に手動で指定した鉄塔座標は、異なるデータ間で同一の座標を用いる。正規化を行うことで、正規鉄塔座標との誤差が最大 0.1m に収まる結果を得た。したがって、正規化を行うことは、異なるデータにおける鉄塔座標の一致を可能にすると判断される。

羽川線 No.13 周辺において、正規化後の各データのボクセルモデルを重ね合わせた結果を図 2 に示す。羽川線の各データにおける復元した鉄塔の傾きは、UAV データの取得条件に起因し、3.0° ~ 10.5° とばらついている。したがって、傾き補正を行わない場合、鉄塔の腕および柱の位置を一致させることは困難である。一方、正規化における傾き補正を施すことで、図 2 のように鉄塔の腕およ

び柱の座標を一致させることが可能となった。

離隔計測結果の例として、羽川線における最短の離隔距離を算出した結果を図 3 に示す。送電線と任意の軸を平行にすることで、送電線・植生間の任意の位置における離隔距離を面情報として算出することが可能である。

以上の結果は、正規化を施したボクセルモデルを用いることは、植生の変化の把握に有用であることを示唆している。

5. 謝辞

本研究にご協力下された東北電力株式会社関係各位に深くお礼申し上げます。

表 1 正規化後鉄塔復元誤差

鉄塔	番号	正規鉄塔座標との誤差[m]		
		X	Y	Z
秋田幹線	No.132	0.0	0.0	0.0
	No.133	0.0	0.1	0.1
岩谷線	No.48	0.0	0.0	0.0
	No.49	0.0	0.0	0.0
羽川線	No.12	0.0	0.0	0.0
	No.13	0.0	0.0	0.0

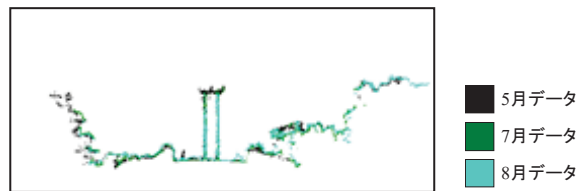


図 2 ボクセルモデル重ね合わせ結果 (羽川線 No. 13 周辺)

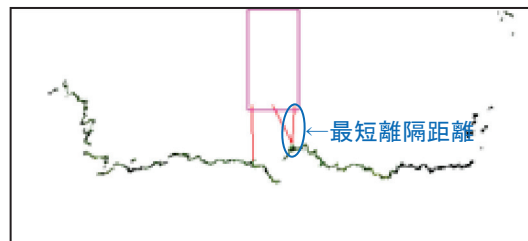


図 3 離隔計測結果の例 (羽川線 8 月データ, 最短距離 : 3.40m)

参考文献

[1] Richard Szeliski: コンピュータビジョン, 共立出版 (2013)

[2] DJI Phantom 4 Pro V2.0 - スペック, チュートリアル, ガイド - DJI, <https://www.dji.com/jp/phantom-4-pro-v2/info#specs> (Accessed 2019/12/24)

[3] 日本写真測量学会: 三次元画像計測の基礎 - バンドル調整の理論と実践 -, 東京電機大学出版局 (2016)

[4] Agisoft Metashape, <https://www.agisoft.com/> (Accessed 2019/12/24)

[5] 高木幹雄, 下田陽久: 画像解析ハンドブック, 東京大学出版会 (2004)