

# 農道（舗装）の点検診断におけるUAV写真測量の活用について

渡島総合振興局産業振興部農村振興課 長田 公二  
○ 佐藤 健  
田中 悠輝  
(株)帝国設計事務所 佐々木 秀一

## I. はじめに

### 1. 農道整備を取り巻く現状

北海道における道営農道整備事業で整備した舗装延長は、約4,760km（平成28年度までの完了地区）となっており、事業費は平成6年度、地区数は昭和62年度をピークとして昭和50年代から今日まで整備が続けられている。<sup>1)</sup>

多くの農道が建設から30余年経過し、農道を管理している市町村では、舗装路面のひび割れ対策等、年々維持管理費が増加してくる老朽化対策に頭を悩ませている状況にある。

道営農道整備事業においても、平成20年度から農道の点検診断及び機能保全対策を実施し、ライフサイクルコストの低減に資する目的で保全対策事業を展開してきており、今後もその整備要望量の増加が見込まれている。

### 2. 農道（舗装）の点検診断における一般的な調査方法と課題

建設された農道が適正に管理・運用されるためには、日常からの点検活動が不可欠であり、農道管理者が定期的に目視による調査を行い、老朽度を把握しておくことが重要である。

農道（舗装）の保全対策事業においては、これら日常からの点検診断の管理票をもとに事業対象とすべきか判断するところであるが、「どのように、どこまで整備するのか」については、定量的な調査結果が必要となる。

舗装面において必要となる代表的な調査項目は、①ひび割れ、②わだち掘れ、③平坦性、④ポットホール、⑤路盤調査などがある。

今日一般的な調査方法としては「路面性状測定車」による計測が主流になりつつあり、上記①～③までの項目を同時に計測することができる。

道路本体に目立った損傷がなく、単純に路面改良工事だけで改修が完成するケースであれば、路面性状測定車の計測成果と道路台帳図のみで工事発注が可能であり、設計に必要な図書の作成はできる。しかし実際には、軟弱地盤に由来する不等沈下による路面の「うねり」、路肩法面の浸食・崩



図-1 路面性状測定車

ROADRECOGNITIONシステム

落を受けての路肩の沈下、あるいは、歩道や道路横断暗渠構造物などの高さの調整、など総合的に様々な箇所を改良工事しなければならない場合が多く見受けられる。

これらの調査を行うためには、路面性状測定車による路面情報のみでは不十分であるため、平面測量、縦横断測量等「路線測量」の項目を追加して調査することになる。

平成29年度から事業が始まる道営農道整備事業(保全対策型)大野平野地区においても、軟弱地盤に由来する不陸の解消、道路附帯物の工事が必要となっていた。

このため、当地区の点検診断、調査設計業務においても路線測量を実施する予定であったが、今回これに変えて試行的に、近年着目されているUAV(Unmanned Aerial Vehicle、無人航空機)を用いた写真測量を実施することとした。

本報文は、路線測量とUAV写真測量の比較、有効性についての検証し、とりまとめた結果について報告するものである。

また、路面性状測定車によるデータに変えて、撮影されたUAV写真データから、舗装面の健全度判定として「ひび割れ度判定による評価」が可能かについても検証し報告する。

#### 【 撮影機材仕様 】

機種：DJI社 PHANTOM 4

本体サイズ：350 mm、1,388 g<sup>ラ</sup>

カメラ仕様

写真解像度：4,000×3,000pix

CCD サイズ：6.25×4.26 mm

焦点距離：3.61 mm



図-2 今回使用したUAV

## II. 大野平野地区における調査の概要

### 1. 地区概要

- 対象延長：北斗市L=3, 978m区間、建設後30年前後経過
- 地区工期：点検診断\_平成29年度  
保全対策\_平成30年度～平成34年度
- 前歴事業：広域営農団地農道整備事業大野平野地区  
昭和49年～平成7年まで函館市から七飯町、北斗市にかけて整備、総延長L=17, 821m

### 2. 地区の特徴

- (1) 大野平野を横断し、農産物以外にも物流の基幹路線となっており、特に大型車両の交通量は多い。また、小学校や農産物直売所が隣接していることから、生活道路としての役割も果たし、片側のみではあるが歩道を設置している区間もある。
- (2) 市街地からは離れており、直線性が保たれ、起伏の少ない見通しのよい線形。
- (3) 泥炭等軟弱地盤地に建設されていることから、建設後経年沈下が発生しており、全線において路面の「うねり」も散見されている。

### 3. 調査概要

前歴事業完了時に道路台帳図が作成されているため、当時の平面、縦断線形が記録として残されており、平面線形は当時のままであるものの、隣接する附帯施設や民家の位置等は大きく変わってきている。

路面改良以外で歩道や法止擁壁、取付道路など、隣接施設の詳細調査が必要となると想定した箇所L=1.67kmを調査対象とし、調査横断幅は道路中心から左右に10m、計20mの横断幅を設定し、調査面積はA=0.033km<sup>2</sup>を対象とした。

## Ⅲ. 路線測量とUAV写真測量の比較検討

本業務において必要とされる路線測量の項目としては、既存の道路台帳図が活用できるため平面線形の変状が小さいと判断し、全体計画、現地踏査、及び線形決定を除外した。

UAV写真測量の測量精度の設定について、平面情報についてはかなり精度の高い成果が得られることが知られているが、高さの情報については、どの程度精度が保たれるかは不明瞭であったため、ガイドライン<sup>2)</sup>で最も低く飛行できる高度30mで設定した。

### 1. 作業内容

表-1 測量作業1kmあたりの作業量の比較

	作業項目	作業内容	1km当たり 作業量
路線 測量	現地測量(1/500)	作業計画、細部測量、数値図形化	0.02km <sup>2</sup>
	I P点設置測量	曲点2点	1km
	中心線測量	測点間隔20m、曲点2点	1km
	仮BM測量	3級水準測量	1km
	縦断測量	測点間隔20m	1km
	横断測量	測点間隔20m、全幅20m	1km
U A V 写 真 測 量	計画準備	既存地形データ検証、調査空域の設定と申請検討	1業務
	対空標識を使った標定点測量	100mに2点	20点
	UAV写真撮影	撮影高度30m、プログラミング準備含む	2.0ha
	データ処理、数値化出力	点群データ生成、解析、フィルタリング、図化出力	2.0ha

### 2. 地形上の作業制約条件

路線測量 視通が良く作業性は良いが、交通量が多いため作業員の安全対策が必要。

UAV写真測量 空港、市街地等の飛行禁止区域ではないが、新幹線高架、高圧線との交差部は調査出来ない。

### 3. 成果

両調査共通の成果 ・ 平面図（1／500）、縦断図、横断図

### 4. 精度

路線測量 平面図 : 4級基準点の精度と同程度  
縦断測量 : 往復観測の較差  $20\text{ mm}\sqrt{S}$ （ $S$ は観測距離（片道、km単位））

横断測量 : 距離： $L/500$ 、標高  $2\text{ cm} + 5\text{ cm}\sqrt{L/100}$   
（ $L$ は中心杭と端末見通杭の測定距離（m単位））

UAV写真測量 標定点の精度（地図情報レベル）

: 水平位置 0.1m以内、標高 0.1m以内

データ位置の精度（三次元点群データ）

: 0.05m以内\_水平 0.05m以内、標高 0.05m以内

### 5. 作業期間（1kmあたり\_\_作業計画から作図まで\_\_休日含む）

路線測量 約32日（価格積算要領<sup>3)</sup>による）

UAV写真測量 約23日（歩掛見積による）

### 6. 費用（平成29年度基準\_\_1kmあたり直接測量費）

路線測量 1,480千円（価格積算要領<sup>3)</sup>による）

UAV写真測量 1,115千円（歩掛見積5社による最低値）

### 7. 成果と課題

UAV写真測量により得られたデータをもとに三次元点群データを作成し図化した結果から得られた成果と課題を以下に述べる。

- ・ 細部にわたり平面、高さのデータを取得でき、測量単点数が多く取得できた。特に舗装路面の面的な「うねり」の詳細が判明できた。
  - 設計作業時により現地に適合した数量算出が可能となる。
- ・ 現地踏査では注視していなかった作工物の発見、想定した高さより大きく相違する箇所が発見が可能となった。
  - 施工すべき対策工の「抽出洩れ」を少なくすることが出来る。
- ・ 舗装と路肩の境界部の抽出が、路肩草類繁茂により写真判別が困難であった。
  - 微少細部の判別には、手作業によるノイズ除去が必要となる。それでも判別が困難な場合は、現地踏査による再調査により、データの補足が必要になる場合もある。

## IV. UAV写真測量データによる舗装部のひび割れ度判定

「農道（舗装）点検診断の手引き」<sup>4)</sup>では、健全度ランクについて（表-2）のとおり、「S-5」から「S-1」まで5段階のランク付けが示されている。

表-2 農道（舗装）の健全度ランクの設定<sup>4)</sup>

健全度 ランク	舗装の状態	判定の考え方 必須確認事項	対応する 対策の目安
S-5	変状がほとんど認められない状態	【判定の考え方】 ①新設時点とほぼ同等の状態	対策不要
S-4	路面に軽微な変状が認められる状態	【判定の考え方】 ①ひび割れ、わだち掘れ、平坦性低下などの軽微な変状が表層に生じているが、道路としての機能（走行性・安全性）はほぼ確保されている状態	要観察
S-3	路面の変状が顕著に認められる状態。路面の性能回復を図り、舗装構造の機能低下を遅らせる維持対策が必要な状態	【判定の考え方】 ①ひび割れ、わだち掘れ、平坦性低下などの顕著な変状が表層および基層に生じ、道路としての機能（走行性・安全性）が確保されていない状態 ②舗装構造の顕著な機能低下は認められない状態	維持補修
S-2	舗装構造の機能低下が顕著に認められる状態。舗装構造の機能回復を図るための修繕対策が必要な状態	【判定の考え方】 ①ひび割れ、わだち掘れ、平坦性低下などの変状が発生しており、舗装構造の顕著な機能低下が認められる状態 【必須確認事項】 1. 路盤（瀝青混合物を除く）・凍上抑制層の厚さが設計値を下回っている 2. 下層路盤の支持力低下によって残存等値換算厚（ $T_{A0}$ ）が目標値を下回っている。 3. 路床の支持力が設計 CBR を下回っている 4. 下層路盤および凍上抑制層の材料が劣化し、凍上の可能性がある 【追加確認事項】 路面に破損がみられるものの、開削調査の結果だけでは定量的な評価ができない場合に、次の項目について確認する。 5. 疲労破壊が認められる状態	修繕
S-1	舗装構造の機能低下が深部に至るとともに、路線全体に広範囲に及んでいる状態。修繕では経済的な対応が困難で、再建設が必要な状態。	【判定の考え方】 ①S-2 に評価される変状が更に進行し、修繕で対応するよりも再建設した方が経済的に有利な状態	再建設

これら路面性能の総合評価には、一般的に路面性状測定車による定量的な評価が用いられている。

そこで、UAV写真測量による成果を活用して、写真で得られたひび割れデータと路面性状測定車で得られたデータとの相関性を検討し、健全度を定量的に判定できないかを検討した。

### 1. ひび割れ率の算出方法

以下の手順で作業する。

- (1) UAV写真データを基に、本線部、歩道部とも図化ソフトにより、画像のコントラスト、色調からひび割れ箇所を抽出する。
- (2) ひび割れとして誤って検出したもの及び、画質状況により検出されなかったものがあるため、手作業により補正作業を行う。

- (3) (図-3) のとおり「ひび割れ率」を算出する。
- (4) 本線部の路面性状測定車の解析結果と比較して、健全度ランクを策定する。

目視、写真撮影、レーザー光線のいずれの方法であっても一度画像に変換し、調査対象区間を原則 50cm メッシュに区分し、ひび割れ率やひび割れ度を算出する。

なお、ひび割れ率算出に用いるひび割れの幅は 1mm 以上とする。このことは、路面性状測定車による計測の精度と整合性を持たせたことによる。(舗装調査・試験法便覧 平成 19 年 6 月 (社) 日本道路協会)

**【アスファルト舗装における算出方法】**

- i) 線状のひび割れが 1 本のマス目と、2 本以上あるマス目に分けて数える。
- ii) パッチングがある場合は、マス目に占める面積を目測し、その面積が 25% 未満、25% 以上 75% 未満、75% 以上の 3 種類に分けてマス目を数える。
- iii) 各マス目のひび割れ面積を、次の手法に沿ってひび割れ率を計算する。
  - イ) 線状ひび割れが 1 本の場合は、0.15 m<sup>2</sup> (60%) のひび割れ面積(率)とする。
  - ロ) 線状ひび割れが 2 本以上ある場合は、0.25 m<sup>2</sup> (100%) のひび割れ面積(率)とする。
  - ハ) パッチング面積が 25% 未満の場合は、ひび割れ面積(率)を 0 m<sup>2</sup> (0%) とする。
  - ニ) パッチング面積が 25% 以上 75% 未満の場合は、ひび割れ面積(率)を 0.125 m<sup>2</sup> (50%) とする。
  - ホ) パッチング面積が 75% 以上の場合は、ひび割れ面積(率)を 0.25 m<sup>2</sup> (100%) とする。

$$\text{ひび割れ率}(\%) = \frac{\text{ひび割れ面積}(\text{m}^2) \times 100}{\text{調査対象区間面積}(\text{m}^2)}$$

図-3 農道(舗装)の健全度ランクの設定<sup>4)</sup>

## 2. 「ひび割れ率」算出結果と比較検討

### (1) 路面性状測定車「ひび割れ率」算出結果

ひび割れ 17.3(%, 度)    わだち掘れ 15.3(mm)    平坦性 MCI 3.47(mm) 4.0    SP4080~SP4100(L)    ひび割れ率 17.3%

保護層

車道

SP4, 080

※ 1マス : 50cm × 50cm

SP4, 100

ひび割れ 78.6(%, 度)    わだち掘れ 17.6(mm)    平坦性 MCI 3.99(mm) 1.7    SP4080~SP4100(R)    ひび割れ率 78.6%

車道

歩道

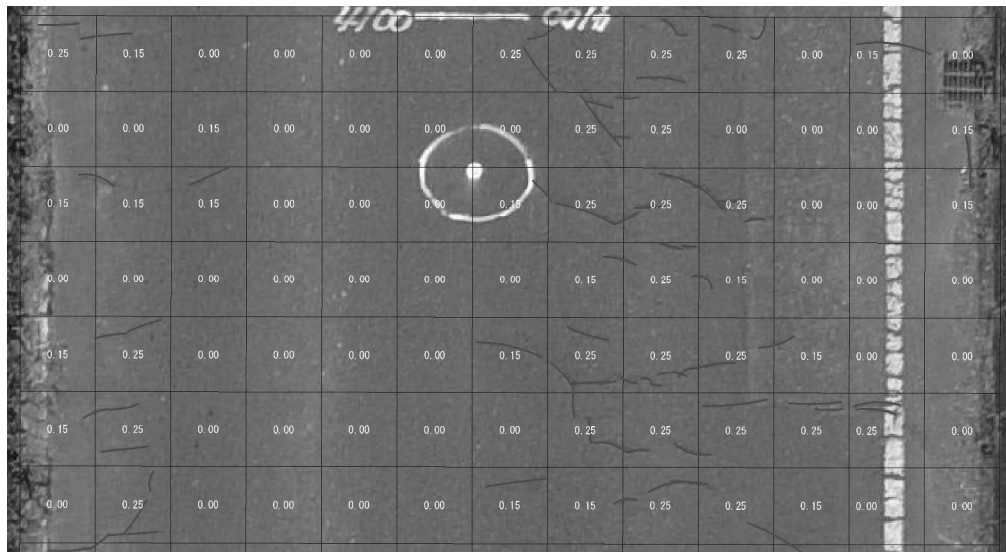
「○」: 1マス内の線状ひび割れ 1本    0.15m<sup>2</sup>(ひび割れ率 60%)    空欄: ひび割れ無し

「●」: 1マス内の線状ひび割れ 2本以上    0.25m<sup>2</sup>(ひび割れ率 100%)    「-」: 観測対象外

図-4 路面性状測定車による解析図

(2) UAV写真データによる解析結果

SP4100



SP4097

※ 1マス:50cm×50cm マス内数値:ひび割れ面積(1本:0.15m<sup>2</sup>、2本以上:0.25m<sup>2</sup>)

図-5 UAV撮影写真から「ひび割れ」を描写

これを比較のため(図-4)にならってプロットした図を(図-6)に示す。

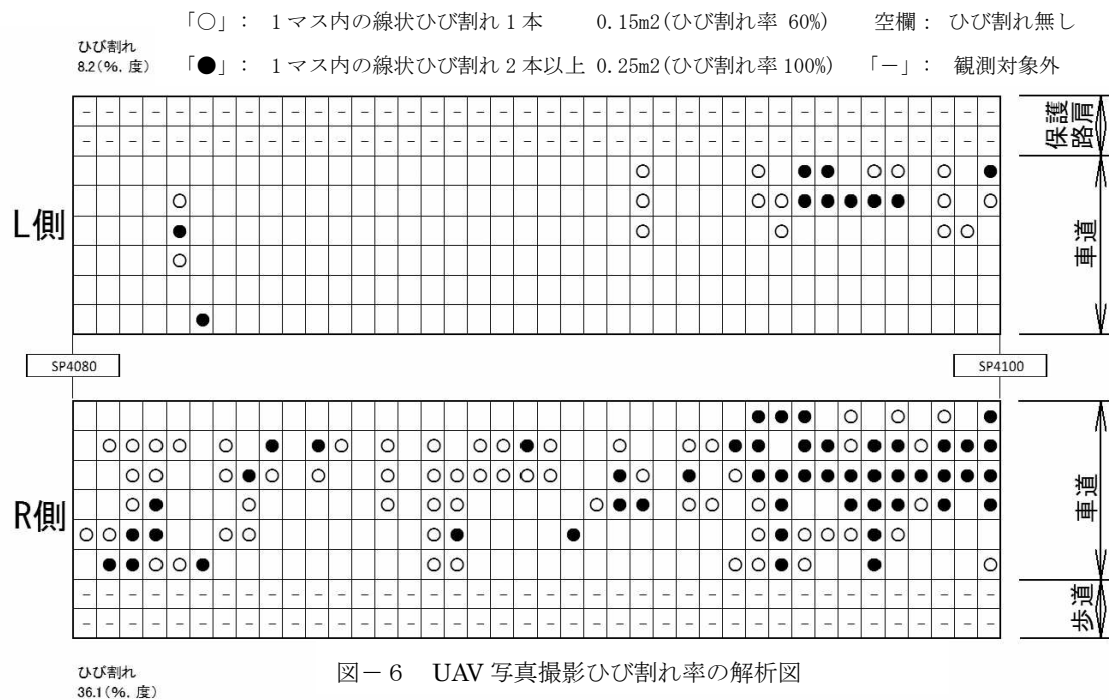


図-6 UAV写真撮影ひび割れ率の解析図

SP4080~SP4100(L)

ひび割れ率 8.2% = ひび割れ面積 4.90m<sup>2</sup> × 100 / 調査対象区間面積 60.0m<sup>2</sup>

SP4080~SP4100(R)

ひび割れ率 36.1% = ひび割れ面積 21.65m<sup>2</sup> × 100 / 調査対象区間面積 60.0m<sup>2</sup>

### (3) 比較と考察

路面性状測定車とUAV写真測量のひび割れ率を比較した結果、次の比率となった。

L側 : 比率 2.11 = 路面性状測定車 17.3% / UAV写真データ 8.2%  
R側 : 比率 2.18 = 路面性状測定車 78.6% / UAV写真データ 36.1%

- ・ 「ひび割れ率」で比較すると、UAV写真データの解析結果は、路面性状測定車の半分程度の値となった。これは、ひび割れ率算出に用いるひび割れ幅が1mm以上となっているなか、UAV写真では1mm幅の「微細ひび割れ」を抽出出来なかったためと考えられる。よって、そのまま健全度ランクを設定することはできなかった。
- ・ しかし、2つの測定方法の比率から見ると相関性は良いため、UAV写真データのひび割れ率を2倍することで、目安として路面性状測定車によるひび割れ率相当として換算算出は可能と考える。

## V. まとめ

- 今回の調査の機種選定においては、高性能の撮影機種ではなく、一般的に汎用性の高い機種を選定し調査を実施したことから、写真のノイズ除去が想定以上に必要となる、微細なひび割れの検出ができないなど、精度の面では不足する点もあったが、工事発注に必要な精度の設計資料は十分に得られることが分かった。
- 全線一様に写真撮影していることから、事後において「臨機に測量すべきであった」などの測量洩れに対しては、対応が可能であり手戻り作業が生じないことが優位点といえる。
- コスト面においては、調査費の低減が可能であると評価できる。しかし今回の調査では、対空標識の設置において、通常の面的なUAV写真測量が1haに4箇所程度で済むところが、線的な測量では100mに2箇所設置しなければならなかったことから割高となり、現地でのUAV飛行経費が安価な割に、大きな優位性を示すまでには至らなかった。
- UAV写真データから判読したひび割れデータは、そのまま路面性状測定車の代用として利用するまでには至らなかった。しかし、写真解像度の向上や適用ソフトの選択など、多角的に調査方法の検討を進めてゆくことにより、成果が得られるものと期待する。
- 今後さらに普及が進み、簡易に扱うことが出来るようになると、日常の農道管理において、経年的なひび割れの変化を管理するためのツールとしての可能性は広がって行くものと考ええる。

## VI. おわりに

当該分野は、座標を自動取得する対空標識の普及、UAV本体価格の低下、解析ソフトの高度化、廉価化など、技術革新のほか操作性簡便性が向上してきており、ますます幅広い分野で活用されてゆくものと考ええる。

今後は、これら技術革新を積極的に業務に取り込み、新たな活用方法の創出と技術力の研鑽に注力して行く。



<引用文献、参考文献>

- 1) 北海道農政部農村振興局：平成 29 年度全道農道整備事業等担当者会議資料
- 2) 国土交通省航空局：無人航空機の安全な飛行のためのガイドライン
- 3) 北海道農政部：土地改良事業委託積算基準（平成 28 年度版）
- 4) 北海道農政部農村振興局：農道（舗装）点検診断の手引き（平成 23 年 5 月）