

## UAV・MMSで取得した植生のある堤防堤体表面DEMデータ精度への入射角の比較

愛媛大学 正会員 ○陣内尚子  
愛媛大学大学院 正会員 岡村未対

### 1. はじめに

河川堤防は古くから徐々に築堤されたため、内部の材料や構造が不明である。また、堤体や基盤に比較的透水性の良い土質が存在すると、降雨や高水の繰り返し作用により、土が徐々に吸い出され劣化が進行し、洪水時の破堤に結びつく。これに対し、現存の堤防に関する主なデータは、およそ延長1km毎のボーリング調査である。堤体の不均一性が極めて高く、状態が経時的に変化し、さらに堤体のごく局所的な欠陥が破堤に繋がる被災の特徴からして、この調査頻度で危険箇所を抽出するのは現状では不可能と見て良い。また、膨大な延長のために、既往の調査法やセンサーの設置で内部の状態を把握することは極めて困難である。一方、近年ではUAV等からの高精度の写真やレーザー測定により、高密度・高精度のリアルタイム地表面形状情報から堤防内部の損傷度を評価する技術の研究が行われている(岡村ら, 2017)。そこでは、堤体表面のDEMデータの精度が特に重要である。今日ではDEMをLP(レーザープロファイラー)で取得することができ、コンクリート構造物等の場合にはその精度が確認されているが、河川堤防の場合には植生の影響が懸念される。そこで本研究では、UAVとMMSに搭載したLPで測定した堤体形状データを用い、堤体表面形状データの精度に及ぼす植生、レーザーの点密度、法面への入射角の影響を検討した。

### 2. 調査方法とデータの処理

調査対象は重信川右岸14.6k地点の堤内側堤防法面である。

堤体の横断面と調査に使用した車両の走行位置を図1

に示す。堤内側比高1.4m、法面勾配1:3の堤体表面を、現在用いられている代表的な2つの方法で測定し、DEMを取得した。一つはレーザースキャナ2基搭載のMMS車両で、もう一つはLPを搭載したUAVに堤体直上を飛行させて計測を行った。

MMSの仕様は、計測Rate100Hz、Shot数300,000発/s、走行速度10~20km/hrであり、UAVの仕様は計測Rate200Hz、Shot数500,000発/s、飛行速度20km/hr、堤防天端より10m上空より飛行した。これらの計測は連続した二日間で行った。また、植生の影響を低減するため計測の数日前に除草した。

取得したDEMデータの処理方法は、まずGIS解析ソフトのArcGISDesktop10.5を用い、MMS及びUAVの点群データを読み込んだ。点密度は、UAV、MMS共に1㎡当たり約900点あった。点群データをTINを用いたラスター変換を行い、UAVとMMSの標高差を取り水平間隔5cmメッシュの標高差データを作成した。このデータから図2に示す6本の縦断方向側線上のデータを抽出した。これらの測線を天端から道路に向けてLine0、Line1、Line2、Line3、Line4、Line5とする。

### 3. 結果と考察

図3は、6側線上の標高差である。天端のアスファルト舗装上のLine0と法尻道路上のLine5では標高差はほぼ0、法面部分のLine1,2,3,4でも標高差はほぼ0である。過去にパイピングが発生した箇所では幅50cm~数mで深さ数cm程度の凹みが法面上に現れることが報告されている(岡村ら, 2017)。そこで各測線での小さな凸凹に着目する。ただし、10-15m地点のLine1、2、3、4、5、30-40m地点のLine4及び55-60m地点のLine1、2、3、4に5cm程度のノイズが確認できるため、これらのノイズは除去した上で以下の考察を行った。図2の測線を縦断方向距離で10mごとの区間に分割し、各区間の最大値と最小値の差分を求めた。図4は、この差分とレーザーの法面への入射角との関係である。道路面上の測線(Line0とLine5)では2~3cm程度の差分がある。植生のある法面

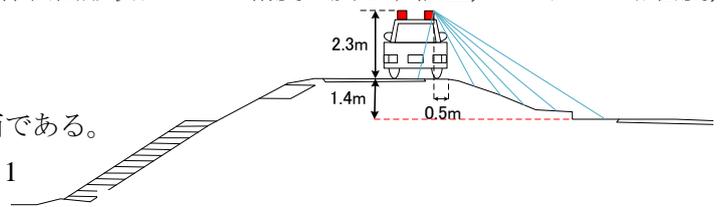


図1 重信川右岸14.6k地点横断面図と車両走行位置

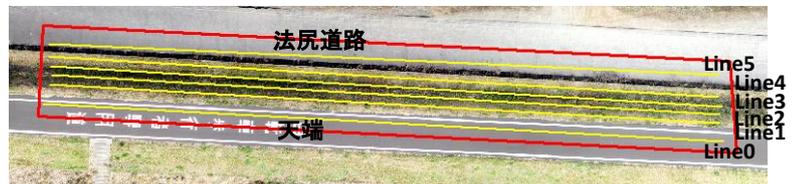


図2 調査対象区間と側線位置

上の Line4 (入射角 50°) でも差分は 2.5cm 以下と道路面上の測線とほぼ同程度であり、これより除草直後で入射角が大きければ植生の影響はほとんど無いことがわかる。入射角が小さくなり、レーザーが法面に対して鋭角に入射すると差分は急激に大きくなるが、入射角が 30° 以上あれば差分は約 6cm 以下である。図 5 は、各区間の差分の標準偏差 (σ) と入射角の関係を示している。ここでも入射角が小さくなると差分の標準偏差は急増しているが、入射角が 30° 以上であれば、標準偏差は 1cm 以下である。すなわち約 95% (±2σ 以内) の点が ±2cm 以下の凸凹を示すデータとなっている。これら測線上のデータに波長 0.5m のローパスフィルターをかけた結果を図 6 に示す。FFT フィルターをかけることにより、波長 0.5m 以下のランダムな凹凸を除去でき、入射角 30° 以上では差分が 4cm 以下となった。これより、植生のある堤体表面においても、除草後であれば 4cm 程度の高さの変化を検知できることがわかった。このことは、出水の前後二時期に DEM データを取得することにより、堤体や基礎地盤内のパイピングの位置と規模を高い精度で特定できる可能性のあることがわかった。なお、UAV は堤防のほぼ真上から下方に向けてレーザーを照射するため、法面表面への入射角は鋭角とはならず、良い測定条件である。一方、MMS は、路肩 0.5m 走行の自動車から斜め下方に向けてレーザーを照射するため、堤体表面への入射角は小さくなる。そのため本論文で述べた差分の原因は主に MMS のデータによるものと考えられるが、今後検証が必要である。

4. まとめ

本研究では UAV と MMS に搭載した LP で取得した堤体形状データを用い、データの精度に及ぼす植生、レーザーの点密度、法面への入射角の影響を検討した。検討対象とした重信川右岸 14.6k の堤防で、除草直後に LP 計測を実施し DEM を取得した。測定誤差はレーザーの法面への入射角が小さくなるほど増加するが、入射角が 30° 以上の場合には DEM データにフィルター処理を行うことにより、±2cm 程度の高さの変化を検知できることがわかった。これより、現状で取得できる植生のある法面形状データから堤体や基礎地盤内のパイピングの位置と規模を高い精度で特定できる可能性のあることがわかった。

5. 参考文献 岡村未対・平尾優太郎・前田健一(2017)：パイピングにより堤体表面に現れる沈下分布の特徴，河川技術論文集，第 23 巻，pp. 399-404.

謝辞 本研究で使用した DEM データは、国土交通省四国地方整備局松山河川国道事務所から提供を受けたものである。記して謝意を表す。

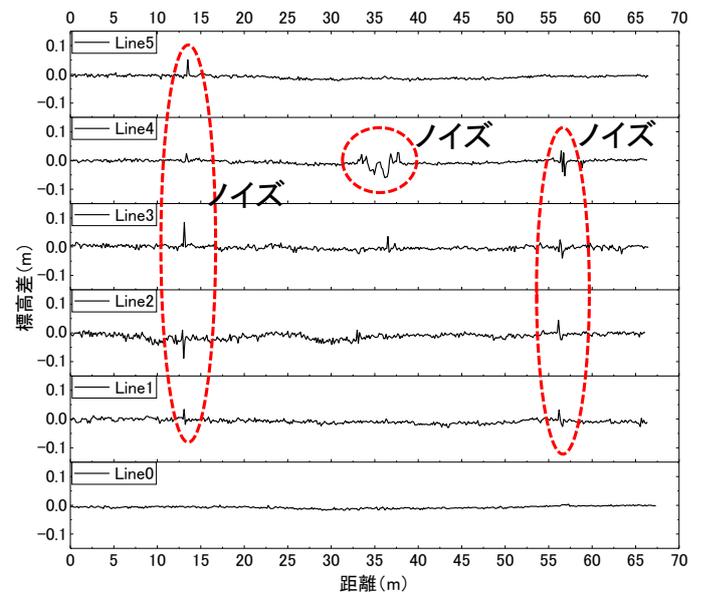


図 3 側線と標高差

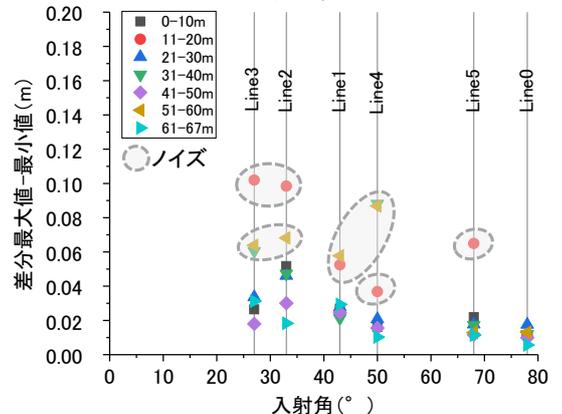


図 4 最大値，最小値の差分と入射角の関係

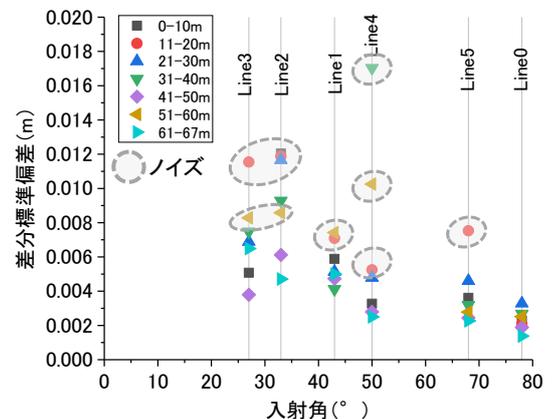


図 5 差分標準偏差と入射角の関係

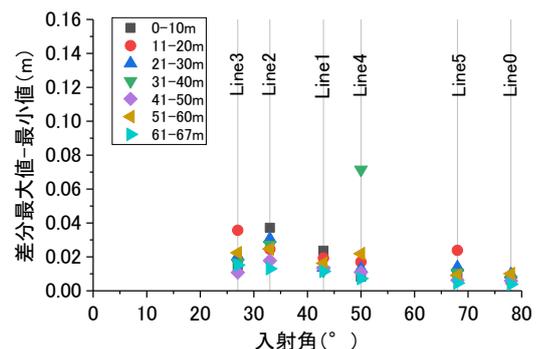


図 6 最大値，最小値の差分と入射角の関係

(1hz ローパスフィルター)