高密度航空レーザ測量による道路斜面の形状把握

株式会社　パスコ　正会員　○井関禎之，船田征，太井史朗，非会員　久保田博之，橋本知宗
国土交通省　近畿地方整備局　非会員　増田寛四郎，松原優也

１．はじめに

近畿地方整備局は管内の直轄国道において，斜面安定度評価に資する航空レーザ測量を 2017 年度に実施した．2017 年度の測量成果は，計測点密度 10 点/㎡によるもので数メートル規模の形状が把握できたが，より正確な危険箇所の特定のためにはさらに高精度なデータ更新が必要であった．そこで，2020 年度に国道 2 号及び 29 号の一部区間において，1 メートル以下の形状把握を目的に，計測点密度 120 点/㎡（発注者の承諾を得て発注仕様の 100 点/㎡から変更）の航空レーザ測量を実施した．本稿では，高密度航空レーザ測量により把握が可能な道路斜面にある浮石転石等の形状規模を検証し，測量成果の活用方法についても検討した．

２．検証箇所と航空レーザ測量

検証場所は，道路防災点検で作成する防災カルテに浮石転石の記載がより多い国道 29 号において，グラウンドデータの点数のバリエーションを踏まえ 35k 付近，43k 付近，53k 付近の 3 箇所を選定した．航空レーザ測量は，固定翼機を使用し，**表 1** の計測諸元にて道路斜面の植生の影響が少ない 11 月に実施した．「UAV 搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル：国土地理院（平成 30 年 3 月）」によると，土工の出来形管理では 100 点/m²，植生等影響がある箇所における地形取得では 20～200 点/m²の計測点密度が標準値となっていることから，計測点密度 120 点/㎡の航空レーザ測量を実施した．

表 1　計測諸元

項目	内容
使用機器	Terrain Mapper
FOV(視野角)	40deg(±20deg)
対地高度	1700m
速度	130knot
サイドラップ	75%
計測点密度	1m×1mに120点

３．計測点密度 120 点/㎡を確保する際の留意点

最新の機材を用いた場合においても計測点密度 120 点/㎡を確保するには，同一コースを複数回計測する必要がある．そのため，各コースの計測データがもつ GNSS 測位やレーザの測距等による位置精度のばらつきを低減しつつ，データの重ね合わせを実施した．また，同一コースを複数回計測するため，**図 1** のように計測点間隔の斑が生じる恐れがある．例えば，1 コースあたり 10 点/m²のレーザ照射で複数回計測し合計 120 点/m²を確保する場合，均一な点間隔であれば 9.1cm，各コースの計測データが同一箇所を計測した場合 31.6cm 間隔となる．

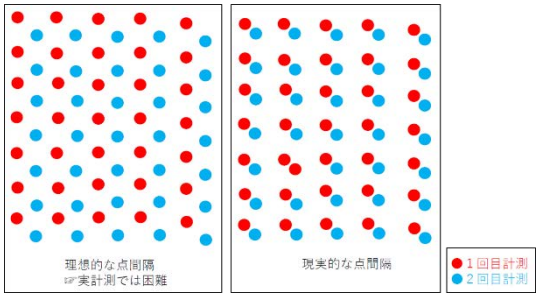

図 1　計測点間隔の斑のイメージ

４．形状把握できる規模の理論値

主に画像判読の分野で利用されるジョンソン基準[1]を用いて，データ解像度（計測点密度）と理論上把握できる形状の規模を整理した．ジョンソン基準の場合，物体の検知（物体が存在していることが分かる）には，2 画素±0.5 画素必要である．上述の点間隔及び計測データがもつ位置精度を踏まえた計測点密度と把握可能な形状規模を**図 2** に示す．また，計測点密度 120 点/m²の実際に取得できる形状規模をよりイメージしやくするため，オリジナルデータを用いて道路周辺にある身近な構造物のデータ取得状況を確認した．横断歩道の白線や信号機，落石対策工など 1m よりも小さい規模の地物を検知することができた．

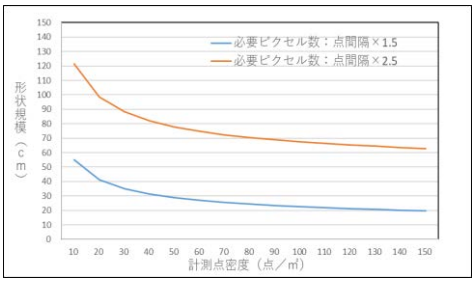

図 2　検知可能な形状規模の理論値

キーワード　航空レーザ測量，道路防災点検，道路斜面，三次元データ，CIM，i-Construction
連絡先〒556-0017 大阪市浪速区湊町 1-2-3 マルイト難波ビル 8 階 ㈱パスコ 関西事業部 TEL 06-6630-1933

© Japan Society of Civil Engineers

5．現地確認結果との比較

グラウンドデータから地形の凹凸を強調表現して作成した微地形表現図を現地に持参し，浮石転石の規模を記録した．**表 2** に確認結果，**図 3** に確認状況を示す．

表 2　現地確認結果

現地確認箇所	グラウンドデータの点数	結果
①国道 29 号 35k 付近	・ 植生の影響によりグラウンドデータの点数が比較的少ない	・ 最小 50cm～1m 規模の形状が判読できる ・ 植生の根本なども浮石転石同様に判読されてしまう
②国道 29 号 43k 付近	・ 植生の影響によりグラウンドデータの点数が比較的少ない	・ 最小 50cm～1m 規模の形状が判読できる ・ 植生の根本なども浮石転石同様に判読されてしまう
③国道 29 号 52k 付近	・ 植生の影響が少なくグラウンドデータの点数が比較的多い	・ 最小 50cm 規模の形状が判読できる ・ 植生の根本なども浮石転石同様に判読されてしまう
	＜付近の河原＞ ・ 河原のため植生の影響がなくグラウンドデータの点数が比較的多い	・ 最小 30cm 規模の形状が判読できる

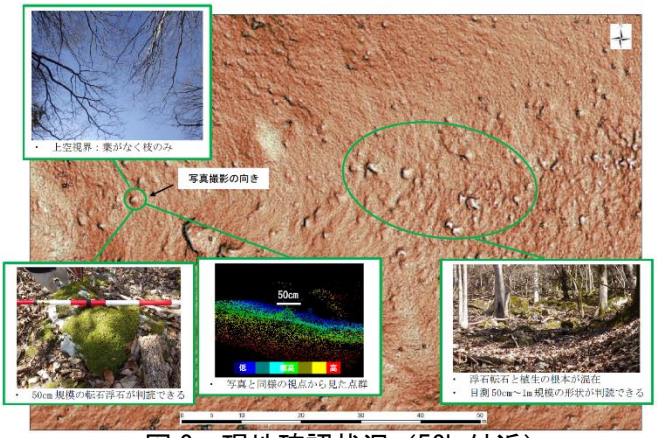

図 3　現地確認状況（53k 付近）

次に，理論値に現況確認結果を反映させ**図 4** のグラフを作成した．両者の比較を行い，以下の結果を得た．

【植生の影響がある箇所】理論値に近いものの，地物周辺の計測点密度にばらつきがあった．植生の葉の付き具合が一定ではないためと考えられる．

【植生の影響が少ない or ない箇所】理論値に近い結果であった．葉がなく枝のみの場合は，地物周辺の計測点密度が一定になるためと考えられる．

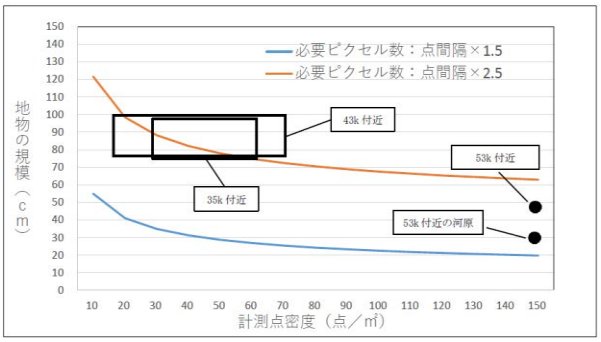

図 4　理論値と現地確認結果の比較

6．従来の航空レーザ測量との比較

2017 年度に実施した計測点密度 10 点/m2 の場合と 120 点/m2 のレーザ照射で計測した場合の植生下の地形の再現性を**図 5** に示す断面図により比較した．なお，計測点密度 10 点/m2 は 120 点/m2 の計測点を間引くことで擬似的に再現した．計測点密度 120 点/m2 で再現できた凹凸形状が 10 点/m2 では再現性が低くなっている．

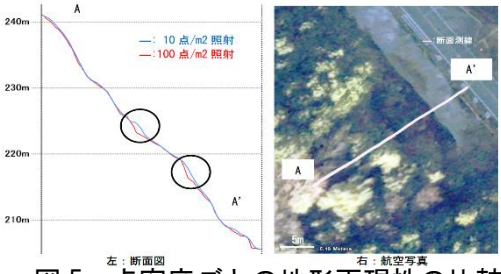

図 5　点密度ごとの地形再現性の比較

7．高密度航空レーザ測量の活用方法

計測点密度 120 点/m2 による航空レーザ測量成果で把握可能な形状規模や，過去に実施した 10 点/m2 の航空レーザ測量成果との比較結果を踏まえ，高密度航空レーザ測量の活用方法を検討した．

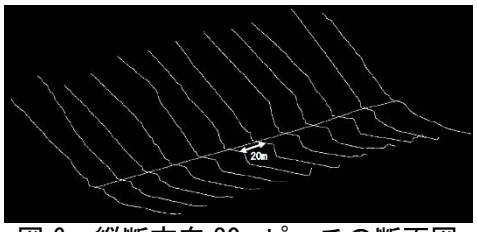

図 6　縦断方向 20m ピッチの断面図

【発注時の断面図】土工工事の発注時の断面図として活用可能であると考えられる．植生下の地形の三次元データであることから，樹木伐採の実施前に縦断方向 20m ピッチの断面図（**図 6**）を作成することができる．

【CIM 等への適用】CIM の三次元地盤モデルや，i-Construction での土工の起工測量への活用が考えられる．

8．今後の課題

現地確認した道路斜面において，計測点密度が理論上十分であるにも関わらず，20cm～30cm 規模の浮石転石の把握が困難であった．原因の 1 つに，固定翼機の高高度計測によるフットプリント（地上到達地点のレーザの半径）の大きさによる影響が考えられる．今後，低高度で計測できる回転翼機により，フットプリント径を小さくすることでより規模の小さい形状の把握を試行する必要性があると考えられる．

参考文献[1]John Johnson,1958,Analysis of image forming systems, in Image Intensifier Symposium, AD 220160, pp.244-273.

© Japan Society of Civil Engineers