

国道42号における3次元数値地形図の活用について

増田 拓海¹・宮原 康佑¹

¹近畿地方整備局 和歌山河川国道事務所 計画課 (〒640-8227和歌山県和歌山市西汀丁16番地)

和歌山河川国道事務所では、国道42号の防災対策計画の検討を進めている。対象地域の一部では地滑りなどの危険区域が存在したため、地形・地質を詳細に把握しておくことが重要と考えた。しかし、地域特性として現地での測量が困難なことに加え、樹木が生い茂る環境下であった。そのため、今回は空中写真測量とともに、詳細な地形、形状まで把握できる航空レーザ測量を行い3次元数値地形図を作成した。

本稿では、実際に作業を行った者へのヒアリング結果をもとに、航空レーザ測量を用い作成した3次元数値地形図の効果、課題を報告する。

キーワード 3次元数値地形図, 空中写真測量, 航空レーザ測量

1. はじめに

和歌山河川国道事務所では、国道42号の防災対策計画の検討を進めている。

検討にあたり、本計画の対象地域の大半が山間部であり、和歌山県指定の土砂災害警戒区域も多数あることから、その地形・地質の特性を把握するため、正確に地表面を計測したうえで、地形図を作成することが重要であると考えた。

しかし、対象地域は、常緑樹が繁茂しており、空中写真測量だけでは地表面の計測が困難であった。さらに、果樹園や畑など日常的に利用をしている場所も多く、立ち入って計測することは現実的ではなかった。

そこで、今回は詳細な地表面を計測できる航空レーザ測量を用い、3次元数値地形図を作成した。

本稿では、実際に作業を行った者へのヒアリング結果をもとに3次元数値地形図の効果、課題を報告する。

2. 国道42号の防災対策計画の検討について

当事務所は、国道42号のうち和歌山県日高郡日高町～和歌山市の間、約57kmの道路管理を行っている。(図-1)

国道42号は、地域の経済や生活を支える上で重要な紀北地域と紀南地域を結ぶ南北の幹線道路である。しかし、

防災点検箇所や線形不良箇所を多く抱え、土砂災害による通行止めが多発している区間があるのが実情である。

また、国土交通省は、2021年4月27日に『防災・減災、国土強靱化に向けた道路の5か年対策プログラム』を公表し、高規格道路と代替機能を発揮する直轄国道とのダブルネットワークの強化を推進することとした。

これらを踏まえ、国道42号の防災対策計画の検討を進めているところである。



図-1 当事務所管内の国道42号の位置図

3. 3次元数値地形図の作成について

まず、今回検討する対象地域の概況を述べる。

- ①検討対象地域は広範囲であり山間部である。
- ②常緑樹が繁茂している。
- ③常緑樹以外のは、果樹園や畑など日常的に利用していることから立ち入り困難である。
- ④和歌山県指定の地すべりなどの土砂災害警戒区域が多くある。
- ⑤過去に土砂災害により通行止めが多発している。

そのうえで、防災対策計画の検討を進めるため、まず対象地域の地形測量を行い、正確な地形図を作成することとした。

一般的に今回のような対象地域が広範囲である場合、空中写真測量を活用し、地形図を作成することが多い。

空中写真測量は、航空機に搭載したデジタルカメラから撮影した写真を使用して、地形・地物を取得する手法である。地上から山間部などの立ち入れない区域のデータも取得できることに加え、広範囲に計測を実施することが可能という利点があるとされている。(図-2)



図-2 空中写真測量のイメージ²⁾

しかし、常緑樹が生い茂る環境下では地表面が撮影画像から判読できないため、詳細な地形まで取得することは困難である。さらに、等高線は、樹木の状況から地表面を想定して表現するため、正確に地表の凹凸を表現することができない。また、今回の対象範囲においては、補測調査を行うにも、常緑樹以外のは、果樹園や畑等日常的に利用しており、現地での作業は困難であった。

そこで、今回は、空中写真測量に加え、航空レーザ測量の活用を検討した。

航空レーザ測量は、航空機にGNSS/IMU、レーザスキャナ、カメラ等を搭載して、面的に点群データ、画像を取得する手法である。(図-3)

レーザは、植物の枝葉間も透過するため、森林でも詳細な地形データを得ることができる利点がある。

このデータを、航空レーザ測量システムの位置姿勢解析結果とレーザ計測の距離データを1つの点毎に解析し、その集合体として3次元点群データが生成する。

さらに建物や樹木などをフィルタリングと呼ばれる処理により除去することで、グラウンドデータを作成することができ、航空写真では木に隠れて見えない実際の地表面や道路形状を計測することができる。(図-4)、(図-5)

空中写真測量及び航空レーザ測量で得られたデータを用いて数値編集等を行うことで、図-6のような3次元数値地形図が作成される。

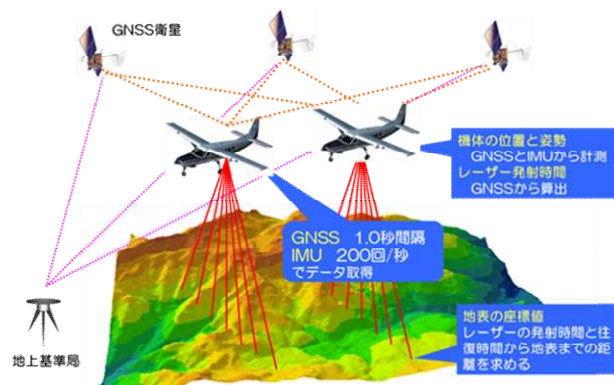


図-3 航空レーザ測量のイメージ

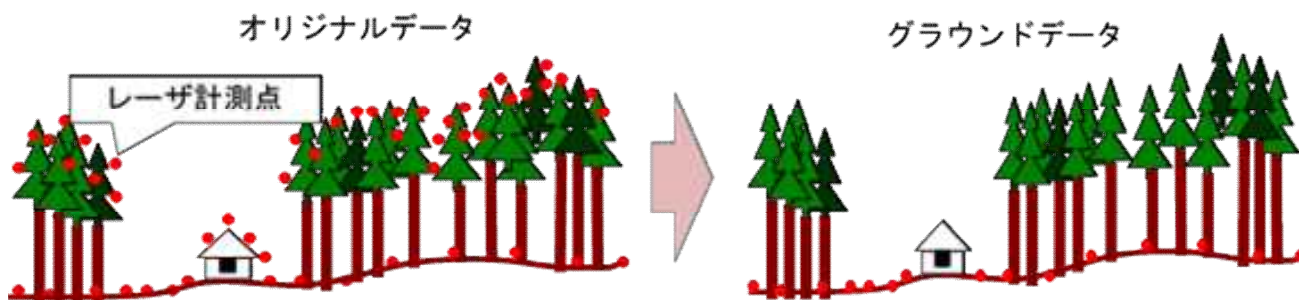


図-4 3次元数値地形図

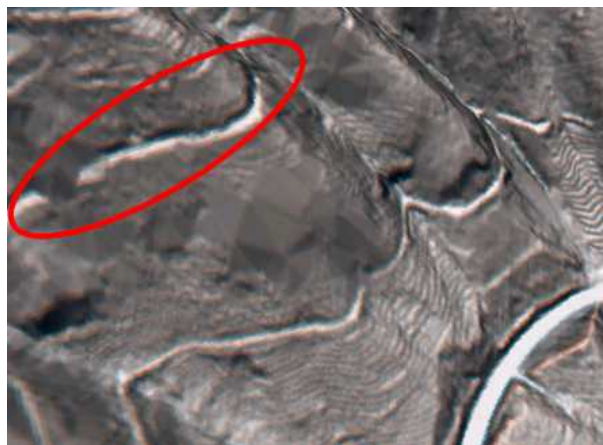
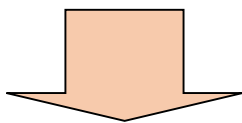


図-5 フィルタリングの効果

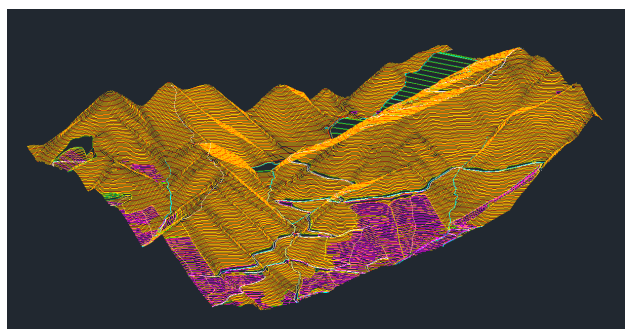


図-6 3次元数値地形図

4. 3次元数値地形図を用いた対策案の検討

(1) 地形・地質の分析評価

対策案の検討にあたっては、社会的、自然的、文化的

なコントロール要因を整理する必要がある。当然、関係行政機関などの協力を得て、必要な情報を入手し、情報整理していく。

本計画では特に防災面の課題解消が目的であり、地形・地質の分析評価を重点的に行っていくことが重要と考え検討を進めた。

地形・地質の分析評価のフローは下記の通りである。

① 文献・資料調査

文献や既存資料から対象範囲の地質情報や同様の計画で過去に発生した問題等を整理する。

② 地形判読

地形図や空中写真などを用いて地形を読み解くことにより、その土地の地形の成因を理解する。

③ 地表踏査

地質特性の把握、水環境の把握、現地確認を行う。

④ 分析・評価

調査結果を総合し、対象範囲の地形・地質の分析評価を行う。

今回の報告では、分析評価の結果について詳細は述べないが、分析評価を行った者に空中写真測量と航空レーザ測量で作成した地形図の違いについてヒアリングした。その結果を下記に示す。

○空中写真測量で作成した地形図

- ・地形判読では樹木により実際の地表面の状況を読み取りにくい。
- ・正確に地表の凹凸を表現することができないことから、想定される断層位置等を誤って記入する可能性がある。

○航空レーザ測量で作成した地形図

- ・地形判読ではグラウンドデータを用いた各種の解析図を用いることにより（図-7）、地形の凹凸などの微地形がよく分かるため、地形判読の精度が向上する。
- ・地形判読の精度が向上したことから、地形の変化点や露岩箇所をあらかじめ想定することができる。また、断層位置等も把握しやすいことから、重点的に調査する箇所が事前に把握でき、現地での踏査を効率的に行うことができる。

これらの報告から航空レーザ測量を併用した3次元数値地形図を用いることで、精度の高い地形・地質の分析評価が可能であることが判明した。

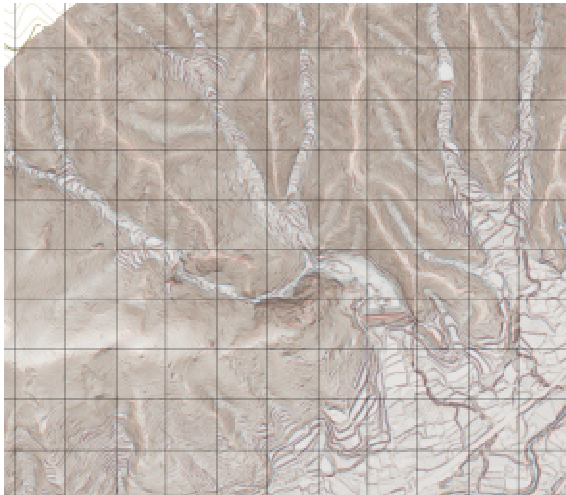


図-7 微地形解析図例 (CS立体図)

(2) 対策案の検討

本計画の目的は防災対策計画の検討であるため、前述の地形・地質の分析評価を行った成果を考慮しつつ、社会的、自然的、文化的なコントロール要因を整理する検討を進めた。

現時点においては検討中であるが、今回、対策案の検討を行った者に空中写真測量と航空レーザ測量で作成した地形図での作業性等の違いをヒアリングした。

その結果を下記に示す。

○空中写真測量で作成した地形図

- 山間部では、樹木の状況から地表面を想定して表現するため、地形図と実際の地表面で差が生じる可能性がある。
- 地形の精度が低いため、計画の見直しが発生した場合、その影響により事業費増及び工程遅延が発生する可能性がある。
- 今後、予備設計、詳細設計へと進んでいく中でその各段階において必要な地形図の範囲や精度に差異があるため、段階的に精度を上げた測量を行っていることが現実である。

○航空レーザ測量で作成した地形図

- 設計初期段階から精度の高い地形を活用することで、適切な道路構造の検討が可能となり、時間短縮及び設計精度の向上につながる。
- 予備設計、詳細設計など各段階においても利用が可能であり、データの伝承や作業の効率化などの視点で有効である。
- 今後、官民境界近傍の小構造部の設計のような慎重さが求められるものは、トータルステーションなどにより現地測量を行う必要がある。

これらの報告から、本計画で対策案を検討する場合、空中写真測量のみを用いて作成した地形図より、航空レーザ測量を併用して作成した3次元数値地形図のほうが、高評価であることが分かった。

5. まとめ

これまでの検証結果を以下にまとめる。

- ① 航空レーザ測量は、樹木などがあっても詳細な地形把握が可能である
- ② 航空レーザ測量は、立ち入りが困難な場所であっても詳細な地形把握が可能である
- ③ 3次元数値地形図により、微地形がよく分かり地形判読の精度が向上した。
- ④ 3次元数値地形図により、現地での踏査を効率的に行うことができた。
- ⑤ 高精度な地形・地質の分析評価結果を防災対策の検討に活用することができた。
- ⑥ 高精度の地形調査の結果を計画検討に活用することができた。

6. 今後の課題

『H29設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様【道路編】（案）』では、各段階の道路設計に必要な数値地形図の地図情報レベルを図-8の通り記している。

今回は、今後の検討、設計を見据えて地図情報レベル1,000で作成した。設計を実際に担当した者にヒアリングしたところ、予備設計においても精度が十分確保できているとのことであった。

また、詳細設計においても今回の数値地形図は、十分に利用可能な精度であると考えられる。

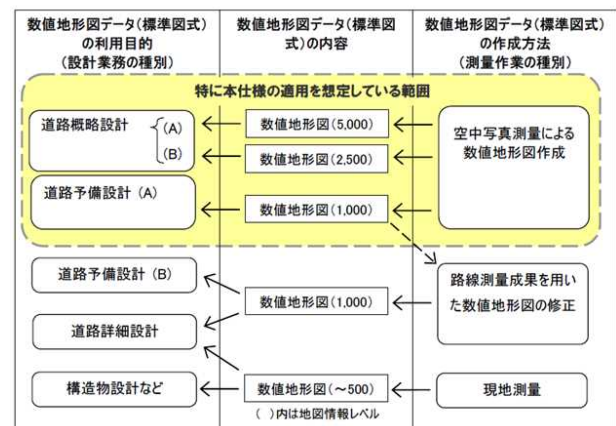


図-8 各設計段階に必要な地形図レベル³⁾

しかし、官民境界近傍において小構造物を設計する等、慎重さが求められる場合は、トータルステーション等により現地測量を行い、端点を確実に抑えるべきであると設計者からの意見があった。これは、施工業者や施工監理を行う者も同意見である。

そこには、レーザ測量の機械精度や地形図の精度の問題ではなく、レーザとパソコンソフトによる機械的、室内的な地図作成が本当に現実世界と合致しているのかという不信感が、最終的に現地に落とし込む詳細設計を担う者や施工を担う者の心中にあるように感じた。

今後、労働人口がますます減少傾向になる中、設計・施工段階の各プロセスを通じてさらなる効率性、省力化が求められることは間違いなく、地形図作成者の現地確認という基本的なことを忘れてはいけないと感じた。

謝辞：本論文の執筆にあたり、資料提供、助言を与えてくださった関係各位に感謝の意を表します。

参考文献

- 1) 国土交通省：防災・減災，国土強靱化に向けた道路の5か年対策プログラム（2021年5月）
- 2) 国土地理院：空中写真（測量用航空写真）の活かし方（2017年7月）
- 3) 国土交通省：H29設計用数値地形図データ（標準図式）作成仕様【道路編】（案）（2017年4月）