

新宮道路におけるBIM/CIM対応を見据えた 3次元地形測量の標準化に向けて

岩原 歩¹・今城 由貴²

¹近畿地方整備局 紀南河川国道事務所 工務第二課 (〒646-0003 和歌山県田辺市中万呂142)

²近畿地方整備局 企画部 企画課 (〒540-8586 大阪府大阪市中央区大手前1-5-44)

紀南河川国道事務所では、i-constructionにおける「ICTの積極的な活用」に取り組んでいる。2019(平成31)年度に事業化された新宮道路において、BIM/CIM対応を踏まえた3次元地形測量をUAVレーザ測量等により実施した。新宮道路の事業区間は、JR紀勢本線・国道42号等を横断し市街地を含む地形条件であるため、2018(平成30)年度に事業化された串本太地道路レーザ測量での実績を踏まえ、UAVレーザ測量および地上レーザ測量、MMSレーザ測量を複合した方法を用いた。本稿はこれらの実績について報告するものであり、3次元地形測量を今後実施する際の一助となることを期待する。

キーワード UAVレーザ測量, 3次元モデル, BIM/CIM, i-construction

1. はじめに

2019(平成31)年度に事業化された延長4.8kmの新宮道路において、道路予備設計(B)および道路詳細設計に対応できる3次元地形図(レベル500)と3次元地形モデルの作成を視野に、2018(平成30)年度に事業化された串本太地道路で実施したUAVレーザ測量での実績を踏まえ、BIM/CIM対応を踏まえた3次元地形測量を実施した。新宮道路の事業区間は、国有林や国道42号・県道・JR紀勢本線・市街地を縦断する線形であるため、UAVレーザ測量の適応には、地形や飛行条件を考慮する必要があり、地上レーザ・MMSレーザを組み合わせた3次元地形測量を実施し、3次元モデルを作成した。



図1 新宮道路全景



図2 新宮道路の事業区間

なお、本報告では「3次元モデル」は道路予備設計(B)および道路詳細設計に必要な、3次元地形図データおよび3次元地形モデルデータの事とする。

2. 3次元地形測量の現状と課題

(1) 3次元地形測量の現状

従来の道路設計では、航空写真測量が概略設計から道路予備設計(B)まで用いられてきた。近年では航空写真測量に加え航空レーザ測量を併用して、レベル1,000またはレベル500の3次元地形図データを作成すること

が増えてきている。紀勢自動車道（紀伊田辺～すさみ間）では、早くからこの方法でレベル 1,000 の 3次元地形図を作成し概略設計を行っている。

2016年頃から i-construction の取り組みが始まり、2018年にUAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル（案）¹⁾が、2020年にBIM/CIM活用ガイドライン（案）²⁾が整備され、UAVレーザ測量技術の利用環境が整ったことで、道路予備設計（B）および詳細設計に適用できる新たな測量方法が可能となった。従来の路線測量では、地上測量で中心線測量・仮BM設置・縦横断測量を行う必要があったが、UAVレーザ測量等を使用する方法では詳細設計まで使用できる3次元モデルと縦横断図作成をUAVレーザ測量等で可能となり、現地作業を伴う地上測量を大幅に縮減できることから、工期の短縮や危険な個所での測量作業の軽減等が図られるようになってきている。

(2) 3次元地形測量の課題

UAVレーザ測量等で3次元モデルを作成するにあたり、前年度に実施した串本太地道路での実績を踏まえ、新宮道路においてUAVレーザ測量等を実施するための課題の抽出と対応方法を次のとおり整理した。

a) 串本太地道路での課題と対応方法

前年度に実施した串本太地道路でのUAVレーザ測量の課題と対応方法は表-1の通り。

表-1 串本太地道路でのUAVレーザ測量の課題と対応方法

課題	対応方法
① 要求仕様の作成	道路予備設計(B)および詳細設計に対応した仕様を策定
② 山地(森林)部での精度	地形計測可能なUAVレーザ機器を選定
③ 標高に係る品質確保	使用する既測基準点および調整点へ、水準点からの3級水準測量を実施し、基準点に標高精度を持たせた
④ 縦横断図の品質確保	3次元モデルの補備測量を地上レーザ測量等を用いて実施
⑤ 点検測量(UAVレーザ測量等の検証)	従来法により縦横断測量を行い、比較検証を実施

b) 新宮道路での課題と対応方法

前年度に実施した串本太地道路での作業工程を前提に技術的な課題を整理し、新宮道路では計測方法の改善を行った（次章(1)参照）。

新宮道路の課題は、主に山地部の串本太地道路と異なり市街地（都市近郊・耕地）が対象範囲の76%を占めJR紀勢本線や国道42号、県道・高圧送電線等のインフラ施設が全域に渡り点在しており、UAVレーザ測量の安全確保が難しい区間が多数あったため、地形条件およびUAVの飛行条件から検討を行い、適した測量方法を選択した。なお、新宮道路のUAVレーザ測量等を実

施する際の安全対策が必要となる地形条件および飛行条件を表-2にまとめた。

表-2 安全対策対象となる地形条件および飛行条件

検討対象	備考
① 市街地での飛行基地選定	市街地部における地権者調整
② 周辺施設 ・高圧送電線・JR紀勢本線・ヘリポート ・発電所・自動車専用道路・国道・県道 ・国有林・国立公園・都市公園・河川敷公園	管理者と協議・申請など実施
③ ②の内、UAVレーザが適応できない範囲	最適なレーザ計測方法を選択

3. 改善策と新たな取り組み

(1) UAVレーザ計測の計測点密度確保の工夫

UAVレーザ計測の安全と精度を確保する方法として、前年度に串本太地道路で実施した、対地高度約150mにて等間隔の平行コースに対して、新宮道路では表-2の条件を考慮して、飛行時間の削減かつ多方向からレーザ照射を行う格子状コース計測法（図-3）を採用し、計測点密度400点/m²以上を確保した。

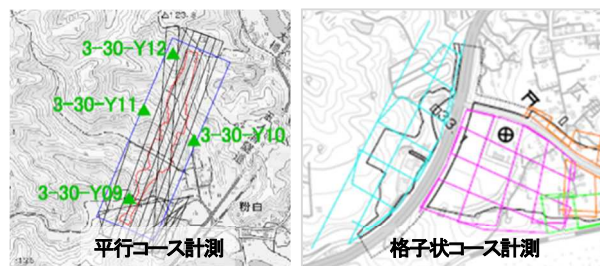


図-3 UAVレーザ計測の飛行経路

(2) レーザ計測方法の選択

地形条件（表-3）およびUAVレーザの飛行条件（表-4）の選択基準から最適なレーザ計測方法を選択し図-8に示す計測区分を行い、レーザ測量を実施した。

なお表-3・表-4は、本報告にて、UAVレーザ測量等の方法を検討する基準を標準的にまとめたものである。



図-4 地形区分(左から、市街地・都市近郊・耕地)

地形条件（表-3）では市街地以外はUAVレーザが有効であることが分る。実施においては植生状況などの現地踏査を行い、使用する計測機器のスペックを判断した。表-4のUAVレーザの飛行条件ではUAVレーザは安全

対策などをとる必要があるため△になっている。

なお、地上レーザはJ R紀勢本線や国道 42 号などの安全対策が取れない箇所に適用し、MMS レーザは人が立ち入れない自動車専用道路に適用した。レーザ計測の実施写真を図5～図-7に示した。

表3 選択基準1(地形条件)

地形条件		UAVレーザ	地上レーザ	MMSレーザ
平地	市街地	×	△	○
	都市近郊	△	○	△
	耕地	○	△	×
	森林	○	△	×
丘陵地 ・低山地	市街地	×	△	○
	都市近郊	△	○	△
	耕地	○	△	×
	森林	○	△	×
高山地	森林	○	×	×
備考		・森林や山地の計測に適す ・高高度かつ高密度な計測が可能な機器が必須	・地上測量であり、現地立ち入りが必要 ・補測などの小範囲の計測に適する	・車両に搭載した計測機器 ・道路からの計測が基本

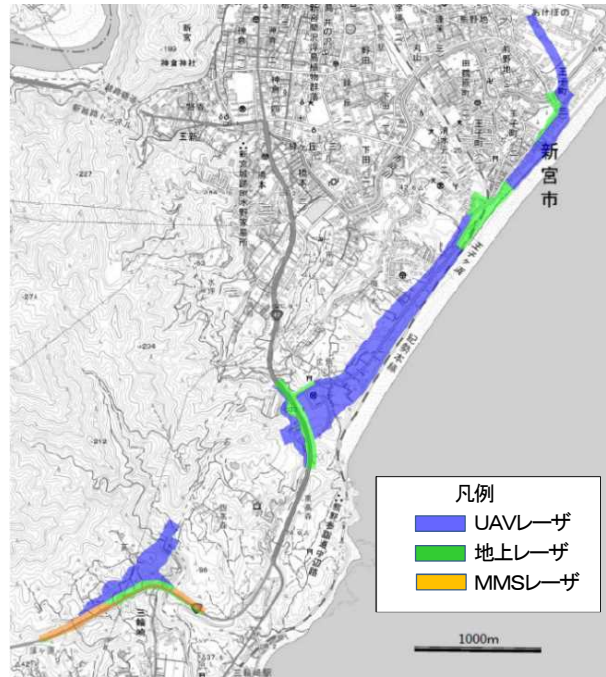


表4 UAVレーザの飛行条件と計測方法の適否

環境条件	UAVレーザ	地上レーザ	MMSレーザ
法律			
空港周辺の空域など※1	△	○	○
重要施設の周辺※2	×	○	○
インフラ施設			
送電線	×	○	△
鉄道	△	△	×
道路	△	○	○
港湾施設	△	○	×
その他			
高塔(ラジオ局、等)	△	○	○
携帯電話アンテナ	△	○	○
猛禽類の生息	△	○	○
備考		立ち入り可否に左右される	道路上からの視通が条件

(凡例) ○:適切 △:適応可能 ×:適応困難

※1:航空法(昭和27年法律第231号)第132条第2項第2号の規定による許可及び同法第132条の2第2項第2号の規定

※2:重要施設の周辺地域の上空における小型無人機等の飛行の禁止に関する法律(平成二十八年法律第九号)



図5 UAVレーザ計測

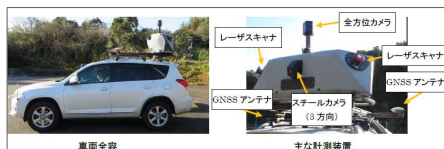


図-6 地上レーザ計測



図-7 MMSレーザ計測

4. BIM/CIM 対応の3次元地形成果

新宮道路では、UAVレーザ・地上レーザ・MMSレーザで計測した3次元点群(10cmグリッド)から数値図化作業を行い、3次元地形図データ(レベル500数値地形図)および3次元地形モデル、縦断面図・横断面図データを作成した(図9)。

縦断面図・横断面図は、3次元地形モデルを用いて、計画の線形計算に合わせてデータを切り出す方法で作成しているため、予備設計段階で線形が見直された場合などに、新たに現地の地上測量で測量し直す必要は無い。ただし、測線上の既存構造物については、現地確認と必要に応じて補測測量作業が必要なことがある。

その他、道路予備設計(B)で地形形状把握に利用される地形解析図(エルザマップ*)を作成した(図-10)。

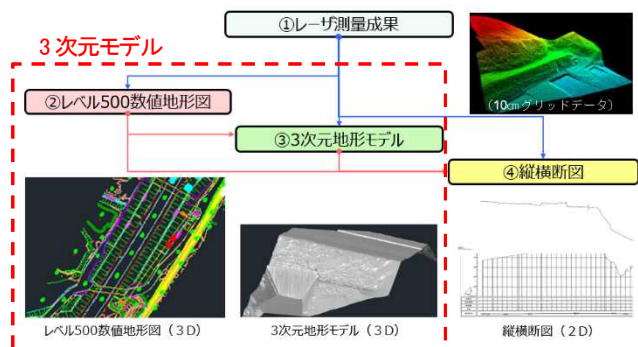


図9 3次元地形成果の構成

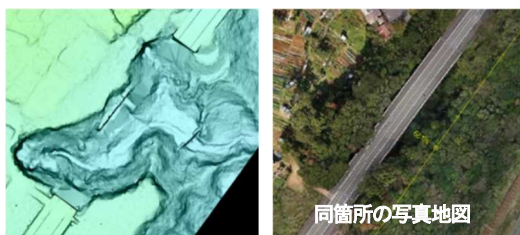


図-10 エルザマップ(左)

*エルザマップ: カラー段彩と傾斜角量を同時に表現し地形判読を容易にした図で、地質調査や設計に利用される地形表現

5. 3次元地形測定の整理

当事務所では、新宮道路で実施したUAV測量業務における課題等に対して工夫・改善した内容を踏まえ、UAVレーザ測量等を実施するために必要な標準的な資料をまとめたので、その内容と要旨を表5に示した。

表5 3次元モデル作成の標準化

項番	標準的な資料	要旨
1	要求仕様書	計画機関が独自に定めなければならない次の内容を定義した ・計測点密度・3次元地形図の精度 ・3次元モデルの精度・成果品目 ・点検方法
2	3次元地形測量と従来手法の対応表	UAVレーザを中心に工種・種別・細目を従来法との対応でまとめ、発注時の設計項目を明確にした
3	関係機関の調整・申請	3次元地形測量で必要となる工種毎の調整内容と申請先等を、汎用的にまとめた
4	レーザ計測方法選択の地形条件	地形条件に対応して各レーザ計測方法の適応条件を対比表とした
5	UAVレーザ計測方法選択の飛行条件	飛行条件に対応して各レーザ計測方法の適応条件を対比表とした
6	道路予備設計(B)および詳細設計に対応した3次元モデルの説明	作成する3次元モデルを次の点について、データ作成・データ利用の観点から図9に示した各データの内容を整理した ・形式・精度・データの特徴・使用用途

6. まとめ

前述のとおり、BIM/CIMの3次元モデル作成業務の効果や課題は、串本太地道路の山地および新宮道路の市街地の計測作業にて一定の整理ができた。特に、i-constructionで活用が注目されているUAVレーザ測量を中心に、従来の地上測量からUAVレーザ測量等を効果的に活用する標準的な方法(流れ)を整理できたと考えている。

一方、道路予備設計(B)および詳細設計での3次元モデルの利活用は、現在設計等を進めているところではあるが、今後課題になると考えられることが2点ある。

① データサイズの課題

3次元モデルの内、3次元地形モデルは3次元点群(=点)をTINモデル(=面)にするためデータが非常に大きくなり新宮道路(延長4.8km)では全域で約12.4GB、串本太地道路(延長18.4km)では全域で12.5GBになるため、3次元モデルを使った道路予備設計を進めるためには、ハード(PC)・ソフトともハイスペックな物が必要となる。なお、串本太地道路はトンネル部が多く事業延長は長いがデータ量は新宮道路に比べて小さい。

② 幅杭設置測量等における注意事項

従来の地上測量による幅杭設置は、中心線測量の際に4級基準点が設置され、それを使って幅杭設置測量を行う。ところが、UAVレーザなどを使った方法では、基準点設置が作業過程で不要なため、幅杭設置および用地測量のために4級などの基準点設置が新たに必要となる。

なお、データサイズの課題については、3次元地形モデル等を有効に活用していくために、測量、設計のみならず工事、管理においても今後の3次元データのあり方等について検討していく必要があると考えられる。

また、本報告が今後の3次元モデル作成の際の参考になれば幸いである。

謝辞: 本論文をまとめるにあたり、協力頂いた国際航業(株)の関係各位、ならびに貴重なご意見ご提言を頂いた方々並びに、UAVレーザ測量にご協力いただいた方々に心から感謝致します。

参考文献

- 1) UAV搭載型レーザスキャナを用いた公共測量マニュアル(案), 令和2年3月改定, 国土交通省国土地理院
- 2) BIM/CIM活用ガイドライン(案) 共通編, 令和2年3月(令和2年3月25日一部修正), 国土交通省
- 3) 作業規程の準則, 令和2年3月31日一部改正, 国土交通省国土地理院
- 4) 3次元点群データを使用した断面図作成マニュアル, 平成31年3月, 国土交通省国土地理院
- 5) 令和元年度近畿地方整備局研究発表会, イノベーション部門I, NO.15 紀南
- 6) 測量業務積算基準, 資-2-1-2, 国土交通省