

大型加速器建設における UAV レーザ計測及び赤色立体地図等の利活用検討 STUDYING THE UTILIZATION OF UAV LASER SURVEY AND A RED RELIEF IMAGE MAP (RRIM) IN THE CONSTRUCTION OF A LARGE ACCELERATOR

寺澤弘陽^{#, A)}, 高野裕司^{A)}, 橋本貴之^{B)}, 川端康正^{C)}, 沖田潤一郎^{D)}, 大平尚^{E)}, 成田晋也^{F)}, 吉岡正和^{F)}
Hiroaki Terasawa^{#, A)}, Yuji Takano^{A)}, Takayuki Hashimoto^{B)}, Yasumasa Kawabata^{C)},
Junichiro Okita^{D)}, Hisashi Odaira^{E)}, Shinya Narita^{F)}, Masakazu Yoshioka^{F)}

A) PPP/PFI Promotion office, Social Infrastructure Management Division, ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

B) MMS/UAV Survey Office, Survey Technologies Dept., ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

C) Regional Creation Section No.1, Tohoku Infrastructure Management Dept., ASIA AIR SURVEY CO., LTD.

D) Project Promotion Division, Bureau of ILC Promotion, Iwate Prefectural Government (until march 2020)

E) Chair, Iwate Prefectural Government

F) Iwate University

Abstract

The International linear collider (ILC) is the world's largest and most advanced electron-positron collider with a total length of 20 km, and its candidate site is Kitakami mountainous area in Tohoku. The construction of ILC involves the establishment of related ground surface facilities such as an onsite campus, an access road, and an access tunnel entrance, in addition to the collider itself. In this research, while mainly assuming the establishment of an access tunnel entrance facility, we created a red relief image map (RRIM) through UAV laser survey in the ILC candidate site and verified its effect on the detailed facility arrangement study. The UAV laser survey was conducted in prefectural forests of Iwate Prefecture in 2019. The RRIM created based on the survey data made it possible to grasp the ground surface, angle of the slope, collapsed lands, forest roads hidden by trees, traces of an old charcoal kiln. In addition, with the longitudinal and traverse figures and contour lines obtained from the survey data, we considered it possible to conduct the study of the facility location and the arrangement plan appropriately and efficiently.

1. はじめに

国際リニアコライダー (ILC) は、全長 20 km におよぶ地下トンネルに建設される大規模研究施設であり、世界最高、最先端の電子・陽電子衝突型加速器である。現在、我が国では宮城県北部から岩手県南部にかかる北上山地を候補地として、その学術的意義や地域への波及効果を鑑み、誘致が検討されている。

国際リニアコライダーの建設にあたっては、加速器本体の建設だけでなく、メインキャンパス、アクセス道路、アクセストンネルの坑口等の関連地上施設の整備が伴う (Fig. 1)。これらの周辺施設整備の初期段階では、安全

かつ安定した立地の検討や施設配置計画を早期に立案するため、詳細かつ視覚的に地形を把握できる基盤地図が必須となる。

本報告では、基盤地図の候補として、地形可視化技術の一種である赤色立体地図を UAV (Unmanned Aerial Vehicle) を用いたレーザ計測により作成し、その利活用について検討を行ったものである。なお、本報告は岩手県の協力の元、岩手大学とアジア航測株式会社が実施する共同研究の内容の一部をとりまとめたものである。

2. グリーン ILC の実現と地域の活性化

ILC は運転に係る総消費電力が年間 7 億 kWh と試算されており、候補地域に大電力負荷施設を建設する計画といえる。水戸谷・吉岡らは、ILC の電力供給圏内の人々の日常生活に、排熱、騒音、景観などで影響を与えることは最小限にとどめなければならず、その解決のためには、「グリーン ILC」の考え方を実現することが望ましいと提唱している [1]。また、地域の様々な資源や施設を有効活用した「グリーン ILC シティ」を実現するにあたり、エネルギー関連施設、農業関連施設、工業団地や各々を結ぶネットワークの整備が必要となる。先述した基盤地図を活用し、これらの周辺施設整備を推進することは、グリーン ILC の実現に向けた一歩となり、さらには地域の活性化につながるものと考えられる。なお、本研究では地上関連施設の整備における赤色立体地図等

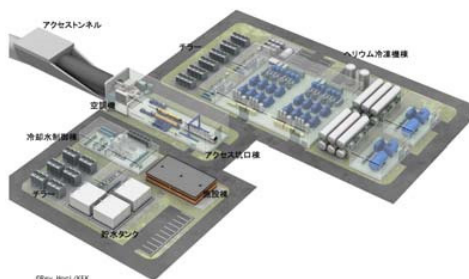


Figure 1: A pit mouth of an access tunnel.

「国際大型加速器計画のコスト削減に関する調査研究 調査報告書 大学共同利用機関法人高エネルギー加速器研究機構 (平成 30 年 2 月)」より引用

hrk.terasawa@ajiko.co.jp

の利活用と、ILC 候補地内の森林資源の活用に向けた3次元点群データの利活用方法について検討した。

3. UAV レーザ計測による赤色立体地図等の作成

3.1 対象地と手法

本研究の対象地は、ILC 候補地の地域特性を考慮し、岩手県某所の傾斜地(非公開)を対象とした。また、地上関連施設の規模を1~2 haと想定し、施設配置とレイアウトの検討に必要な面積を9 haに設定した。UAVレーザ計測システムを搭載した機体(Table 1)を用い、対象地域の計測を実施した。点群の計測密度は地形図等の作成に耐えうる200 点/m²以上とし、植生による影響を極力避けるため、落葉期である2019年11月に計測した。

Table 1: Equipment Used for Surveying

SkyMatics UAV (Pro-Drone ODM)	Size : 660 mm × 1,957 mm × 1,957 mm Maximum speed : 60 km/h Maximum flight time : 25 min Maximum altitude : 5,000 m
Fagerman Technologies Inc. LidarUSA ScanLook TreX	Laser scanner : Riegl VUX-1 UAV GNSS/IMU : Applanix APX20, Weight : 6.5 kg

UAV レーザ計測で取得したデータを統合・解析し、3次元点群データを作成した。また、調整用基準点との標高較差の比較点検及び計測コース間の標高較差の比較点検を行ったうえで、赤色立体地図作成ツール(アジア航測株式会社製)を用いて赤色立体地図を作成した。

3.2 赤色立体地により判明した地形的特徴

UAV レーザ計測と同時に取得した空中写真を Fig. 2 に、レーザ計測データから作成した赤色立体地図を Fig. 3 に示す。

空中写真では一面が植生に覆われており、詳細な地形を把握することができないが、赤色立体地図では植生で隠れた林道、沢、傾斜地等の地形を鮮明に把握することができた。また、赤色立体地図では地表面に複数の凹地がみられた(Fig. 2 矢頭)。これらを検証するため、2020年6月に現地調査を実施したところ、直径3 m程度、深さ約1 m程度の凹地であることが確認できた。これらは斜面に対して上下に2つ並ぶものが多かった。付近の住民へのヒアリング及び地域の史誌を確認した結果、これらは炭焼きの跡地(炭がま)であると推測された。

上記のように赤色立体地図を作成することで地形の微細な形状を視覚的に把握できたことから、実際のアクセス坑口地上部の候補地において、大まかな施設配置を検討するうえで基礎的な情報を得ることができると期待された。



Figure 2: Aerial photograph.

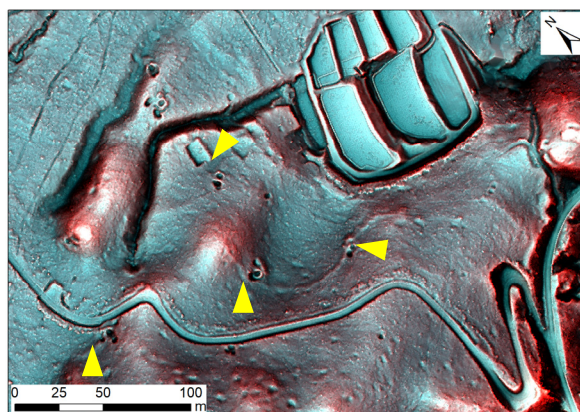


Figure 3: Red Relief Image Map. Arrow head: traces of old charcoal kilns.

3.3 3次元点群データの活用と期待される効果

赤色立体地図の元データとなるレーザ計測データは、様々な応用により施設整備に利用することが可能である。本研究では、UAV計測で得られた3次元点群データから1 m間隔の等高線を発生させ、赤色立体地図に重ねた(Fig. 4)。これにより、地形的な特徴に加え、高さ情報を知ることが可能となり、施設の概略設計もしくは基本設計の背景図として利用することができる。なお、既存の国土地理院の1/25,000地形図の高さの精度は5 m程度といわれるが(村上 [2])、本研究で得られた等高線の高さの精度は約0.2 mであった。

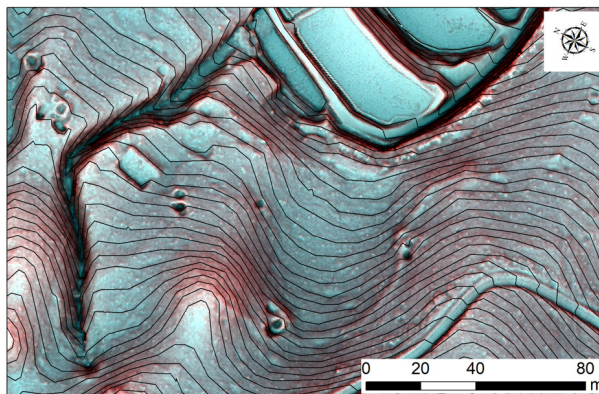


Figure 4: Contour line on Red Relief Image Map.

また、空中写真の色調を3次元点群データに付与し、専用のビューワソフトに搭載することで鳥観図として表現することが可能である (Fig. 5)。視覚的に現況を理解できることから、関係者との協議や説明等に使用することが可能であり、施設整備の理解醸成に役立つことが期待される。

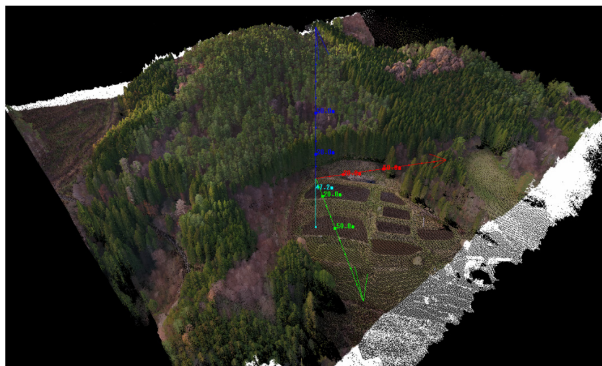


Figure 5: Bird's-eye view image of 3D dot group data.

さらに任意の断面で3次元点群データを抽出、表示させることで、地形の傾斜や樹木の繁茂の様子を把握することも可能である。実際のアクセストンネルの坑口施設の立地を検討する際に、現地測量を実施せずに任意の斜面の傾斜を把握することができるため、候補地を効率的に絞り込むことができると期待される。

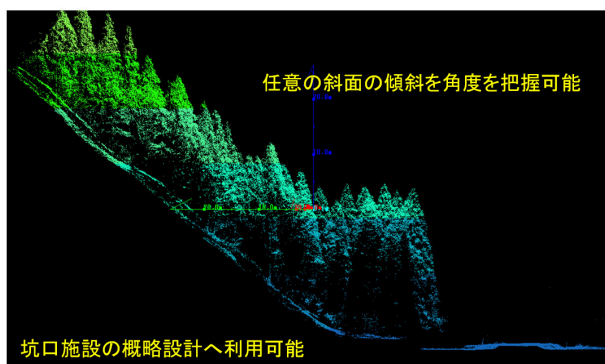


Figure 6: Cross-sectional image of 3D dot group data.

4. 今後の取り組み

4.1 岩手県内の森林資源の利活用、林産業の活性化に向けた取り組み

本研究では、UAV 計測により赤色立体地図を作成し、施設整備において有益な基盤地図となることを実証できた。また、UAV 計測により得られた3次元点群データは、施設整備の様々な場面で利活用できると期待された。

また、赤色立体地図の元データとなったレーザ計測データは、Fig. 6 に示したように樹木の形状を詳細に把握できることから、近年、以下の①～⑥に示した森林資源の解析等に用いられている。その一例を Fig. 7 及び Fig. 8 に示す。

- ① 林相区分図の作成
- ② 樹頂点の抽出・立木本数の算定
- ③ 樹高の計測
- ④ 胸高直径の推定
- ⑤ 材積の推定
- ⑥ 単木樹木情報 (樹高、胸高直径、材積等) の整理



Figure 7: Example of forest type classification using laser data.

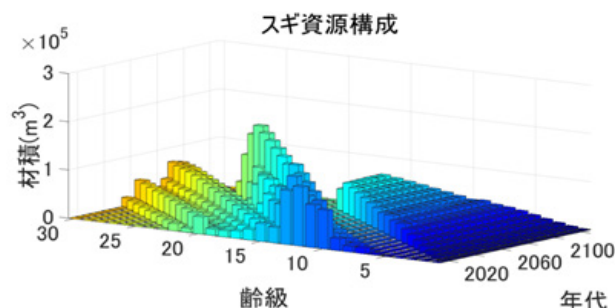


Figure 8: Example of forest volume estimation.

今後、本研究では、UAVにより得られた高精度の3次元点群データを用いてこれらの森林資源解析の実証を行い、精度の高い森林管理手法に基づいた木材供給システムの構築や森林経営の健全化に向けた取り組みにつなげることで、岩手県内の林産業の活性化に資する研究を継続する予定である。

参考文献

- [1] G. Mitoya, M. Yoshioka, Proceedings of the 14th Annual Meeting of Particle Accelerator Society of Japan. August 1-3, 2017, Sapporo, Japan
- [2] H. Murakami, Accuracy Estimation of Digital Map Series Data Sets Published by the Geographical Survey Institute, Geoinformatics, Vol.6, no.2, p.59-64, 1995.