

令和 3 年 9 月 8 日

チェルノブイリ立入禁止区域における ドローンを用いた新たな森林バイオマス評価手法を開発

本学環境放射能研究所 (IER) のヴァシル・ヨシェンコ教授らの SATREPS チェルノブイリプロジェクト (代表: 難波謙二、IER) 国際研究グループは、チェルノブイリ立入禁止区域の森林を対象として、無人航空機 (ドローン) を活用した森林バイオマス評価手法を開発しました。これらの手法の実用化により、放射線汚染地域で調査を行う作業者の被ばく量の低減、立ち入りが困難な地域での調査実施、調査による野生動物への影響の軽減が期待されます。

本成果は、筑波大学、ウクライナ国立生命環境科学大学、チェルノブイリエコセンターとの共同研究によるものです。

研究の背景

令和 3 年 4 月 26 日でチェルノブイリ原発事故から 35 年が経過しました。しかしながら、チェルノブイリ立入禁止区域では現在でも高い放射線量が計測されます。生態系における放射性物質の移動や再配分を理解するためには、持続的かつ定期的なバイオマスインベントリのモニタリングが必要です。また、近年では森林火災も頻発しており、燃料となる森林評価のためにも重要です。

一方、低価格のドローンの普及と画像処理技術の進歩により、高解像度地表リモートセンシングが可能となりました。この地表リモートセンシング技術には人間による調査と比較して、いくつかの利点があります。特に、放射線量が高いチェルノブイリ立入禁止区域では、ドローンを用いることで、生態学的モニタリングや森林インベントリ調査時における作業員への放射線被ばくを低下させることが可能になります。また、アクセスが困難な地域での調査を容易にし、人が立ち入る事による野生動物への影響も抑えられます。

さらに、チェルノブイリの森林は環境中の強い放射線により形態異常を示すことも知られています。本研究では、チェルノブイリ立入禁止区域を対象とし、樹齢・密度・形態異常の有無など様々な条件において、ドローンにより森林バイオマスを評価するための手法を開発しました。

チェルノブイリ立入禁止区域に実験用サイトから写真測量データを取得

調査は、チェルノブイリ立入禁止区域の 31 の典型的なヨーロッパアカマツ (*Pinus sylvestris*) で構成された複数の観測林 (人工林および自然林を含む) で実施しました (図 1)。観測林は、樹齢が数年 ~15 年、バイオマスインベントリは $0.4 \sim 19.8 \text{ kg/m}^2$ 、平均樹高は $4.1 \sim 36 \text{ m}$ で構成されていました。地上での測定による樹高と直径の値に基づき、それぞれのマツ林のバイオマスインベントリを推定しました。次に、実験サイトでドローン (Phantom 4Pro ドローン、SZ DJI

Technology Co., Ltd.) による航空測量調査を実施、取得した航空画像は、Agisoft Photoscan1.4.5 および QGIS3.4.11 を用いて処理し、合成デジタルマップ (オルソフォト; 図 2)、地表面の詳細な 3D 画像 (数値標高モデル、DEM)、森林の林冠表面の詳細な 3D 画像 (数値表層モデル、DSM)、林冠高モデル (CHM; 図 3) を作成しました。ドローン調査における CHM は、個々の樹木の座標と高さを検出するためのラスター 3D 画像です。調査の結果、観測林では、樹齢や樹木の空間分布が不均一であるため、全樹木の一部しか検出できないことがわかりました (図 4)。そこで、全樹木が検出できない場合でも、確実に地上バイオマスを推定できる CHM パラメータやその組み合わせを特定する手法を開発しました。

手法 (1): CHM (樹冠高モデル) 手法

CHM の平均値を指標としてバイオマスインベントリを推定する手法

多数の分析パラメータの中でも、CHM の平均値と、主要な樹木区画 (幹、枝、葉) のバイオマスインベントリおよび地上バイオマスの合計との間に強い相関関係があることがわかりました。したがって、図 5 に示した単純な線形依存性を用いて、地上部の総バイオマスインベントリを推定することができます。

手法 (2): IDT (個別樹木検出) 手法

検出した個別の樹木の平均樹高に基づいてバイオマスインベントリ推定する手法

一方で、観測林においてドローンから検出された樹高の平均 (H) は、観測林のバイオマスインベントリの推定にも使用できることがわかりました。この場合、CHM のすべての樹冠面積の合計と、観測林の総面積の比率を加えることで、正確な推定値を得ることができました (図 6)。

開発された手法の適用を制限する要因

パラメータ中、総樹冠投影面積は、いずれの手法においてもバイオマスインベントリ推定値の精度に影響を与える要因となることがわかりました。総樹冠投影面積が高い (0.90 以上) 密林では、ドローンによるバイオマスインベントリ推定値と現地調査結果との平均相対偏差は 0 に近く、放射生態学的モニタリングを目的としたドローン調査データの精度が十分であることを示しています。しかし、疎な観測林では、ドローンによる推定値の相対偏差が大きく、これは両手法の限界と考えられます。今後、ドローンを用いた手法のさらなる開発や精度の向上に取り組めます。

* バイオマスインベントリ : (ここでは対象とする森林の) 生物資源の量

謝辞

本研究は JST/JICA (JPMJSA1603) 放射能環境動態・影響評価ネットワーク共同研究拠点 (ERAN, Y-19-01) の助成を受けたものです。研究を進めるにあたり、ご協力いただいた Serhii Kirieiev 氏 (SSE Ecocentre)、植松慎一郎博士 (前 CRIED)、永田広子氏、片岡浩氏 (IER) のご協力に感謝いたします。

【掲載誌・論文】

- ・掲載誌: *Journal of Environmental Management* (<https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.113319>)
 - ・公開日: 令和3年7月22日付
 - ・タイトル: “Scots pine stands biomass assessment using 3D data from unmanned aerial vehicle imagery in the Chernobyl Exclusion Zone”
 - 著者: Dmytrii Holiaka¹, Hiroaki Kato², Vasyl Yoschenko^{3,*}, Yuichi Onda², Yasunori Igarashi³, Kenji Nanba³, Petro Diachuk¹, Maryna Holiaka¹, Roman Zadorozhniuk¹, Valery Kashparov¹, Ihor Chyzhevskiy⁴
 - 1: Ukrainian Institute of Agricultural Radiology, National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine / ウクライナ農業放射線研究所
 - 2: Center for Research in Isotopes and Environmental Dynamics at University of Tsukuba / 筑波大学アイソトープ環境動態研究センター
 - 3: 福島大学環境放射能研究所 / Institute of Environmental Radioactivity at Fukushima University
 - 4: State Specialized Enterprise Ecocentre, State Agency of Ukraine on Exclusion Zone Management / 国営特殊企業エコセンター
- *Corresponding author r705@ipc.fukushima-u.ac.jp

(お問い合わせ先)

福島大学 環境放射能研究所

プレスリリース内容

教授 ヴァシル・ヨシェンコ

電話: 024-504-2724

メール: r705@ipc.fukushima-u.ac.jp

特任助教 五十嵐康記

電話: 024-504-2723

メール: y-igarashi@ipc.fukushima-u.ac.jp

プロジェクト全体

教授 難波謙二

電話: 024-548-8273, 024-504-2720

メール: nanba@sss.fukushima-u.ac.jp



図1. チェルノブイリ立入禁止区域における地上観測と UAV 調査

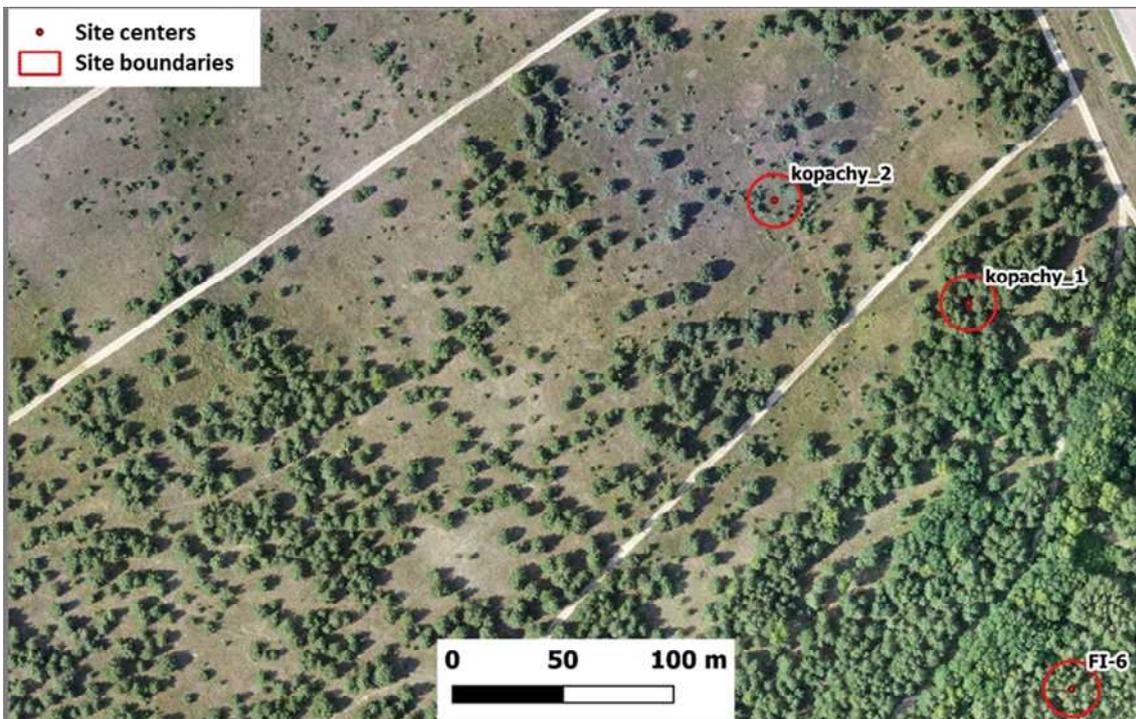


図2. オルソフォトマップの例

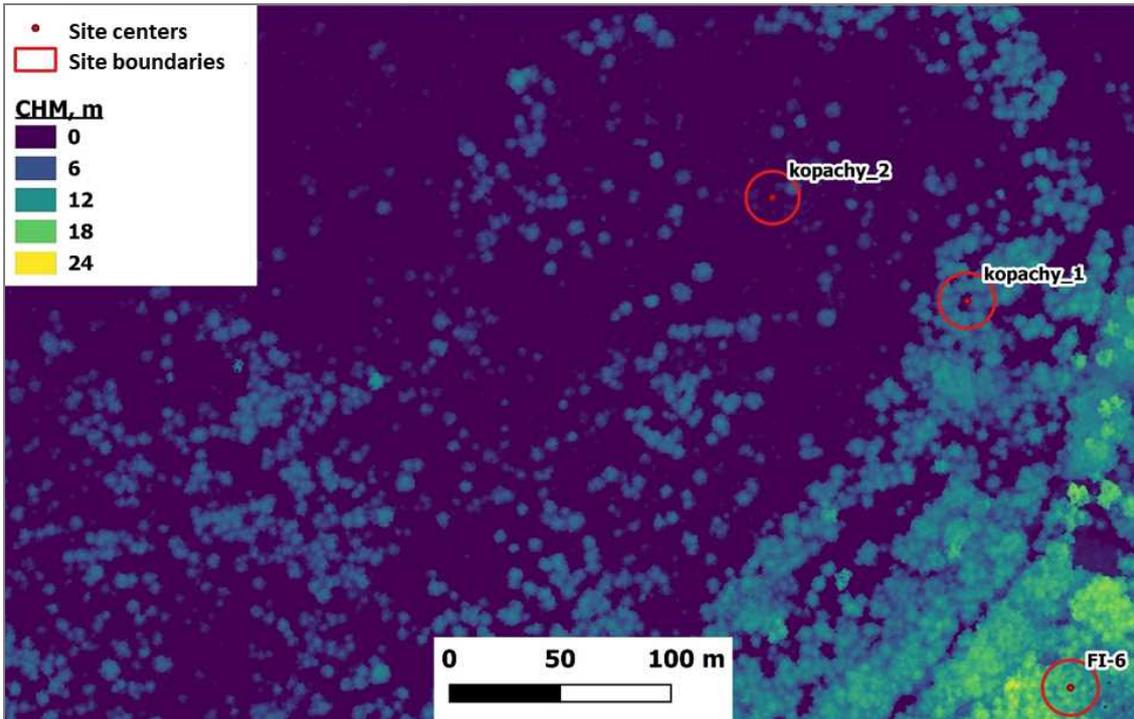


図 3. CHM の例

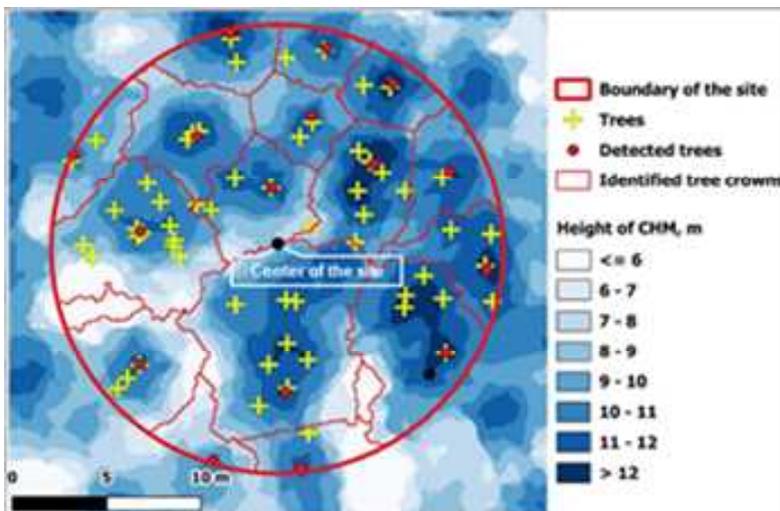


図 4. CHM が示す樹木の位置と、実際の測定による検出樹木の位置の例

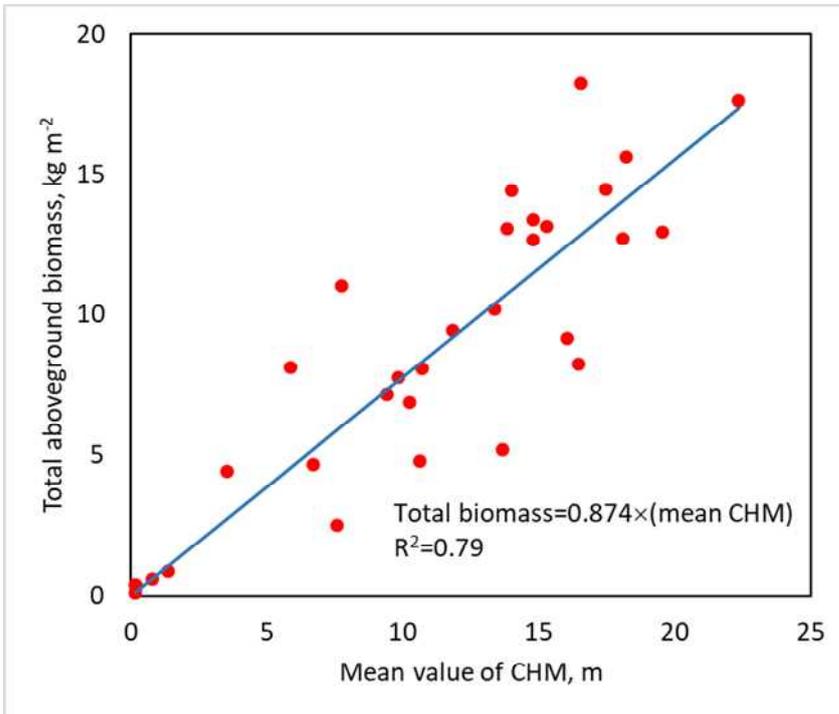


図 5. 平均 CHM 値と観測林での総地上バイオマスオンベントリとの相関関係

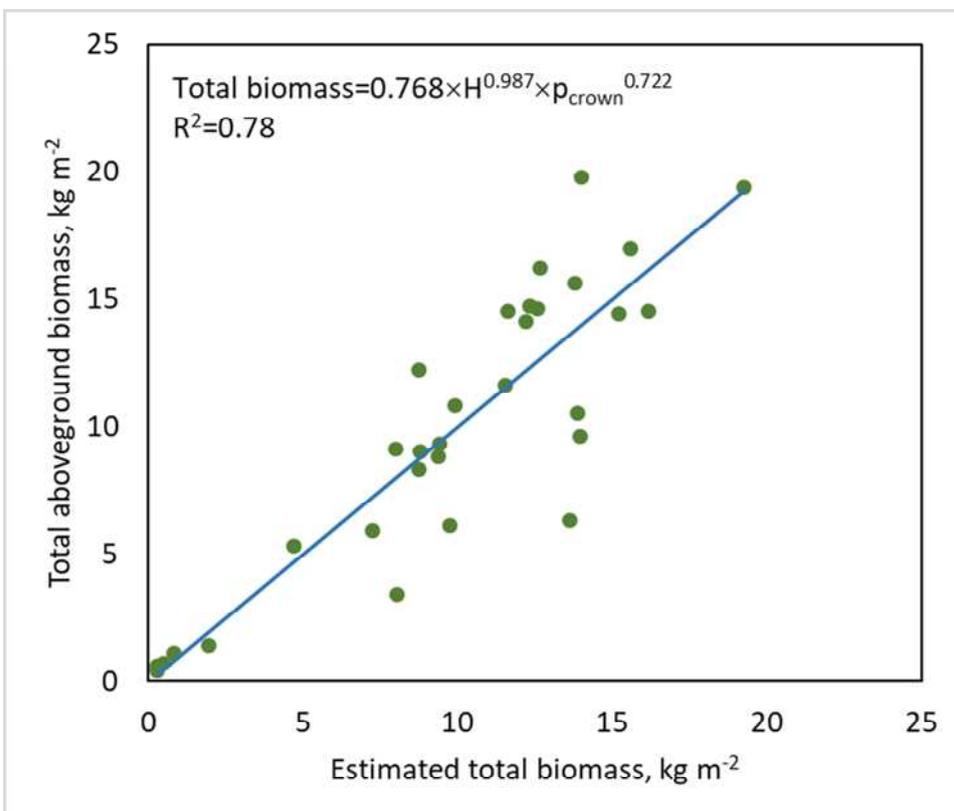


図 6. 検出された樹木と総樹冠投影面積のパラメータを用いた総地上バイオマスインベントリの推定値