4. ベトナムにおける森林モニタリング事例

Forest monitoring in the case of Vietnam

鈴木 圭*・橋口 秀実*

Kei SUZUKI and Hozumi HASHIGUCHI

Abstract: This paper introduces forest monitoring and remote sensing (RS) utilization in the case of Vietnam. Vietnam has two forest monitoring schemes including annual field based monitoring and RS and systematic sampling method in every five years. In order to improve the accuracy and quality of the monitoring data, the utilization of tablet-PC with forest monitoring mobile application has started and expanded. Additionally, the trial of Quality Assurance and Quality Control (QA/QC) based on satellite images has been implemented. It is expected to use more RS technologies with the combination of developing RS tools including SAR and drones.

1. はじめに

REDD+においてリモートセンシングが果たす役割は、各国の国土面積の大小や季節林の有無、森林の増減を支配する要因、技術者の質や数などそれぞれが抱える国情によって異なってくる。逆に言えば、これらの前提条件をしっかりと認識することが、適切なリモートセンシング利用に繋がるといっても過言ではなからう。このことを勘案し、本項では最初にベトナムの森林の状況や森林モニタリングに関する政府の体制、法的根拠等を紹介し、リモートセンシングを導入する前提条件を明らかにする。その上でどのようにリモートセンシングを活用しながら森林減少モニタリングを行っているか事例紹介したい。

2. ベトナム国の概要

2.1 自然的・社会的背景

ベトナム国は南北約3,400kmに細長く分布しており、モンスーン気候の影響を受ける亜熱帯～熱帯地域である。この地理的特性から熱帯常緑林や落葉性フタバガキ林、高原性のマツ林、マングローブ林など多様な森林タイプが出現する。つまり、リモートセンシングを用いるためには、季節林の取扱いや多様な森林タイプ区分を行うための幅広い知見が必要であると言える。社会的背景に目を向けると、細長い国土の海岸線は平地が多く、西に向かうにつれ山岳地が出現するこ

とから、平地では水稲耕作が卓越し、山岳地では焼畑農業による陸稲耕作が広く営まれている。このことは、土地被覆状況が短期間に変化することを意味しており、リモートセンシングの利用を考える上で一つの課題であると言える。

2.2 ベトナム国における森林面積の動態

2016年12月31日現在、森林総面積は14,377,682haで森林率は41.19%と公表されている¹。このうち、天然林が10,242,141ha、人工林が4,135,541haという内訳である。下図に過去からの森林率の推移を示す。

この図から明らかなように1990年付近で森林面積の減少傾向は急反転し、その後微増を続けている。その大きな要因はベトナム国政府が森林資源の重要性を認識し、大規模な政策投下による植林活動（500万ヘク

図1 ベトナム国の森林率の推移²(縦軸: %, 横軸: 西暦)

*日本森林技術協会

「写真測量とリモートセンシング」VOL. 56, NO. 5, 2017

¹1819/Decision/MARD-VNFOREST

²横軸の西暦は、一部年次の欠損があることに留意

タール国家造林計画)³を実施したことが挙げられる。また、産業構造の近代化にともない、地方の営農従事者が都市に流入したことも一因とも言われている。これに加えて、2008年からパイロットを実施し⁴2010年から本格的に実施⁵した環境支払制度 (Payment for Ecosystem Services) も森林減少抑止力となっている。この制度は旺盛な都市域での電力需要を背景として、電力会社が発電ダムの上流域の森林所有者に対し、森林保全を行った対価を直接支払する仕組みであり、水源涵養機能へのインセンティブ付与である。このような理由からベトナム国においては森林減少のみならず、森林増加・回復のモニタリングにも焦点を当てることが不可欠であると言える。ただし森林面積の推移で留意しなければならない点は、森林の総面積は微増傾向にあるものの、高蓄積の密生常緑林は減少傾向が続いていることであり、この点についてのモニタリングも欠かすことができない。

森林減少と劣化については、これらを合計した森林破壊面積と称して統計局から公表されている (図2)。統計データが存在する1995年から森林破壊面積は減少を続けており、総森林面積の増加傾向と同期している。

REDD+の世界では森林減少・森林劣化の原因をドライバーと称し、これを明らかにした上で政策を講ずることを推奨している。ベトナム国における大規模な森林減少のドライバーは流域でのダム開発や新規道路開設、中部高原地域ではコーヒー栽培への農地転換、森林火災などが挙げられるものの、その面積は年々減少傾向にある⁷。また1件あたりの規模は小さいが、森

図2 ベトナム国の森林破壊面積⁶(縦軸: ha, 横軸: 西暦)

³661/Decision-Prime Minister

⁴380/Decision-Prime Minister

⁵99/2010/Decree-Government

⁶General statistics Office of Vietnam https://www.gso.gov.vn/Default_en.aspx?tabid=491

林減少総面積の大半を占めるドライバーは焼畑農業及びそれに関連した森林火災である。一方、森林劣化の最大のドライバーは農村部における薪炭材利用のための抜き切りである。つまり、森林減少についてリモートセンシングを用いる際には、比較的小さい規模の変化を検出する必要があることと森林劣化についてもモニタリングが必要であることが留意点として挙げられる。

2.3 森林モニタリングの担当官庁と関連機関

森林モニタリングに関係する政府機関としては、Ministry of Agriculture and Rural Development (MARD) の下部機関である Vietnam Administration of Forestry (VNFOREST) が主管している。VNFOREST の中でも Forest Protection Department (FPD), DID (Department of Information and Data) が森林モニタリングに関係し、REDD+を主管する VNREDD Office (VRO) は MRV の設計等に携わっている。このうち、FPD は全国4つの Regional office を持ち、更に各省に組織・人員を配置し、現場ベースでの森林破壊の取り締まりや情報収集を担う国内最大の政府機関である。政府外の組織として、Forest Inventory and Planning Institute (FIPI) や Vietnam Academy of Forest Science (VAFS), VFU (Vietnam Forest University) が挙げられる。FIPI と VAFS は独立採算性を求められおり、半官半民の性格を持っている。FIPI は全国9箇所に配置した FIPI の支所および研究センターを通じて、広範な森林調査を行うことができ、ハノイ本部は様々なりリモートセンシング画像解析を行う人材と能力を有している。VAFS は FIPI よりも研究志向の機関であり、教育機関である VFU とともに、方法論の開発やデータ分析等を行っている。概括的には、FPD が現場ベースの森林モニタリングを担い、FIPI がリモートセンシング解析を中心とした森林モニタリングを担っていると言える。

3. 森林モニタリングに関する2つのフレームワーク

ベトナム国では大きく2つの森林モニタリングに関

⁷Forest Carbon Partnership Facility, Readiness Preparation Proposal, November 2011 http://www.vietnam-redd.org/Upload/Download/File/Viet_Nam_R-PP_Revised_November_2011_4536.pdf

するフレームワークが運用されており、それぞれ実施間隔や情報源などに大きな違いがある。以下その特徴を示す。

3.1 FPD による森林変化モニタリング

森林モニタリングに関する法的文書として、78/2002/Decision/MARD-VNFOREST が挙げられ、要点は以下の通りである。

- ☑ 森林変化の報告は森林所有者の責務である
- ☑ 報告された森林変化は森林官により現地調査を通じて確認し、毎年末までの現況を翌年3月31日までに MARD に報告する
- ☑ 0.5ha 以上の変化について 1/10,000 の地図上に明記する必要がある

この Decision に基づいて、毎年 FPD ではコミューン全てに配置した森林官約4,400名を動員して森林変化情報を収集し、郡及び省によって確認・承認した結果を MARD に報告する活動を行っている（以下，“森林変化モニタリングと呼称）。森林変化モニタリングを通じて収集された情報は、VNFOREST からの決定文書として発表され、GENERAL STATISTICS OFFICE of VIET NAM から毎年の統計データとして公表される。

この方式により毎年のデータを収集することができるものの、森林官による現地調査を通じた情報収集は、目視確認により行われることと、紙ベースで報告されることから情報の散逸や精度面において課題があることが指摘されてきた。この課題をうけて、JICA は技術協力プロジェクト⁸の一環として Tablet-PC と Android 上で稼働するモバイルアプリケーションを開発し、精度及び信頼度の向上や作業時間の短縮を目指し

写真1 Android-OS 上で稼働するモバイルアプリケーション

た支援を行っている。

当プロジェクトでは技術開発だけでなく、機材提供と大規模な人材育成を並行的に行っており、その成果として森林変化面積の報告に Tablet-PC を用いることを認める政府決定文書が発表される見込みである⁹。Table-PC を用いた森林変化モニタリングは、①森林所有者からの変化報告をうけ、②森林官が変化箇所へ赴き、モバイルアプリケーションを用いて変化箇所の周囲測量を行い、③郡事務所のデスクトップアプリケーション上で測量結果と衛星画像、既存の森林図を重ね合わせ、変化箇所を最終化する という作業手順に準じて行われる。モバイルアプリケーションでは背景に GoogleMap などの衛星画像や森林所有者界などの GIS データを表示することが可能であり、リモートセンシングデータが有効に使われている。また、現地にて収集したデータは森林事務所に整備されたインターネット環境を介し、ワンクリックでデータサーバにアップロードされる機能を有し、従前の入力作業軽減に大きく貢献している。

FPD による森林変化モニタリングは、森林所有者の報告を出発点として調査が行われる仕組みであるため、森林所有者が意図的に森林変化を報告しなかった場合、調査は行われず結果として過小に森林変化面積が報告されることとなる。この問題に対し、先に紹介

図3 森林変化モニタリングの構造と Tablet-PC の位置付け

⁸持続的自然資源管理プロジェクト (<https://www.jica.go.jp/project/vietnam/037/index.html>)

プロジェクト期間：2015年8月～2020年8月

⁹2017年10月現在、関連 Decision を改訂中である。

写真2 森林官による Tablet-PC を用いた森林変化現地調査

した JICA 技術協力プロジェクトでは衛星画像を用いた、QA/QC システムを開発中である。これは Landsat や Sentinel など無料で公開されているリモートセンシングデータを用い、Google Earth Engine をコアアーキテクチャーとした森林変化箇所抽出アプリケーションであり、Web 上で稼働する。これにより任意の2時点間の衛星画像比較に基づいた森林減少箇所を大まかに抽出することが可能であり、森林所有者からの報告箇所と照合し、森林官の現地確認を支援するシステムである。このシステムは試行段階でありベトナム政府の承認までには至っていないが、関係者間での QA/QC の重要性は認識されており、リモートセンシング技術の有効活用が期待される。

3.2 NFI MAP と NFI&S

上記で述べた毎年行われる森林変化報告とは別に、全土をカバーするリモートセンシングデータとシステムティックサンプリング法に基づいた地上プロット調

表1 これまでの NFIMAP と MFI&S の調査実績

NFI&M (Map and inventory data/every 5 year)		NFI&S (Map and statistic data/every 10 year)	
1991-1995	Cycle 1	1990-1991	Only map and data
1996-2000	Cycle 2	1998-2000	1 st statistical data with map
2001-2005	Cycle 3		
2006-2010	Cycle 4		
2011-2015	—	2013-2016	finished
2016-2020	Cycle 5 (Under target program of forest sustainable development)		

査を組み合わせた National Forest Inventory & Map (以下、NFI&M と称す)、更に所有者情報や林班ごとの森林資源情報を精緻に調査する National Inventory & Statistics (以下、NFI&S と称す) が実施されている。NFI&M については約5年に一度、NFI&S について約10年に一度の頻度で実施されており、1990年代からの調査実績を有している(表1)。

以下に NFI&M の概要を示す。

【森林図に関する諸元】

- ☑ カバー範囲：全国土
- ☑ 衛星データ：主に Landsat (直近は SPOT データ等を利用)
- ☑ 分類項目：17区分とし、うち12区分が森林の区分
- ☑ 分類手法：過去はピクセル分類と目視判読であったが、直近はオブジェクト分類を採用している。

【地上調査に関する諸元】

写真3 2時点の Sentinel データの差から抽出した森林減少候補箇所(口絵カラー)

- ☑ 格子点間隔：8 km
- ☑ 調査方式：1 か所につき、20m×20m の方形サブプロットを40個配置
- ☑ 調査項目：全林毎木

REDD+の重要な要素として示されている炭素モニタリングについては、リモートセンシング情報と地上情報を組み合わせることをUNFCCCは推奨している。具体的には、リモートセンシング情報から活動量に関するデータ、地上情報から原単位データに関するデータを得て、これを乗算することで吸排出量を推計することを意味している。先に述べた地上調査に関する調査結果は、森林タイプ別の地上部材積やバイオマス量として集計・分析し、排出係数として整理されている。一方リモートセンシング情報から作成される森林分布図は森林タイプ別の面積として集計し、活動量として整理されている。この2つのデータを用いて時系列的に吸排出量を整理したものが参照レベルと呼ばれるものであり、ベトナム国では表1に示したNFIの過去データを用いて、JICA¹⁰等のドナー支援をうけつつ国レベルの参照レベルをUNFCCCに提出した¹¹。

4. まとめ

ベトナム国における森林モニタリングの概要は以下のように整理することができる。

- 森林モニタリングは、現地調査に基づいてFPDが毎年実施するスキームと、リモートセンシング情報とシステムティックサンプリングによる地上調査に基づいて、約5年間隔で実施するスキーム

の2つがある。

- 毎年の森林変化モニタリングは統計データとして公表され、森林計画その他政策立案の基礎情報として活用されている。更にREDD+におけるMRVの一環としても認識されており、REDD+の成果払い等に有効に機能する可能性を持っている。
- 森林変化モニタリングの精度向上等をめざし、現地調査におけるタブレットPCやモバイルアプリケーションの利用が広まりつつあり、リモートセンシングが有効に使われている。これに加えて、衛星画像を用いたQA/QCシステムを試行中である。
- NFI&MはUNFCCCが推奨する方法論に則っており、過去からの継続データが蓄積されている。これらのデータを用い、REDD+の重要な要素である参照レベルを作成・提出済みである。

今後の課題としては、上記に述べた2つのモニタリングシステムの情報連携や統合が挙げられる。残念ながら今のところデータの一貫性が欠如しており、それぞれの特徴を生かして相互補完する仕組みの構築が急務である。

上述の通り、ベトナム国における森林変化のモニタリングについては、リモートセンシング情報を単独で使う方法や補完的情報として使う方法など様々な面でリモートセンシングを利用していることが伺える。今後はSARデータの活用¹²やドローンデータとの組合せなど、更に発展的な取組が期待される。

¹⁰開発調査「気候変動対策の森林分野における潜在的適地選定調査」(http://open_jicareport.jica.go.jp/880/880/880_123_12067930.html)
調査期間：2009年9月～2012年3月

¹¹UNFCCC <http://unfccc.int/2860.php>

¹²JICAはJAXAと連携し、SAR技術を用いて森林変化情報を途上国向けに提供するイニシアチブ(JJ-FAST)を立ち上げている。