

評価調査結果要約表

1. 案件の概要	
国名： インドネシア	案件名：衛星情報を活用した森林資源管理支援プロジェクト
分野： 林業・森林保全	援助形態：技術協力
所轄部署：地球環境部 森林・自然環境グループ 森林・自然環境保全第一課	協力金額（評価時点）：2.15 億円
協力期間	(R/D) 2008 年 9 月 11 日～2011 年 9 月 10 日 先方関係機関：林業省森林計画総局(DJP) (協力開始時：林業省森林計画庁)
	日本側協力機関：林野庁
	他の関連協力：
<p>1-1 協力の背景と概要</p> <p>インドネシアの熱帯・亜熱帯森林や湿地帯は、ブラジル、コンゴ民主共和国に次いで世界第3位の面積（1億2千万超 ha）を有する。一方、毎年2%前後の面積が減少しているとされており（国際連合食糧農業機関：FAO, 2005）、森林の保全と復旧は緊急的な課題と認識されている。森林減少の原因としては、森林火災、違法伐採・製材加工及び農業等への無計画な土地転用等が挙げられているが、これらは、①森林資源モニタリングの精度及び森林・土地利用に関する情報の未統合に起因する森林資源情報に対する信頼度の低さ、②土地利用等の許認可などに関する関係行政機関との調整の欠如、③急激な地方分権に伴う法的・制度的混乱、などが背景要因とされている。</p> <p>このような課題・問題の解決策の有効策として、一定程度の精度と信頼性をもった森林資源情報を入手し、関係機関（省庁や地方分権下の各種政府機関、民間企業等）が共有すること、並びに同情報に基づく適切な森林資源管理計画を立案・実施することが挙げられる。森林資源管理において、同国のような大国では、衛星情報を活用したリモートセンシング技術の活用が必須となってきている。</p> <p>インドネシア衛星情報を活用した森林資源管理支援プロジェクト（以下、衛星プロジェクト）は、PALSAR（JAXAのALOS衛星に搭載されているマイクロ波センサー）及びMODIS（米国のAQUA/TERRA衛星に搭載された光学センサーで、広域の森林資源調査が可能）の画像を活用した森林資源管理のための森林リモートセンシングに係る技術移転を行い、既存の森林資源モニタリング及び調査システムを強化するとともに、これらに係る中央、地方の人材育成を図るものとして2007年度新規案件として採択された。その後、2007年10月および2008年2月の事前評価調査を踏まえ、2008年9月に開始されたものである。</p> <p>衛星プロジェクトは開始以降、PALSARの画像解析のための技術指導や判読マニュアルの作成を行っている他、インドネシア国のREDD（森林減少・劣化に由来する温室効果ガスの削減）に関する活動（政府に対する情報提供、他国ドナー等との援助協調など）を行ってきた。2010年3月には、運営指導調査団を派遣し、活動の進捗状況と今後の協力の方向性の確認を行った。</p> <p>衛星プロジェクトは2011年9月に終了予定であるため、今般終了時評価を行うことになった。</p>	

1-2 協力内容

本協力は、PALSAR の画像を活用した森林資源管理のための森林リモートセンシングに係る技術移転を行い、既存の森林資源モニタリング及び調査システムを強化するとともに、これらに係る中央、地方の人材育成を図るものである。

【上位目標】

森林資源モニタリング・評価の向上を通じてインドネシアの持続的森林管理が促進される。

【プロジェクト目標】

より信頼度の高い森林資源モニタリング・評価を行うカウンターパートの能力が、技術移転と研修を通じて向上する。

【アウトプット】

- 1) 衛星画像情報を活用した森林資源モニタリング・評価のデータの精度が向上する。
- 2) カウンターパートの能力が向上する。

3) 投入（評価時点）

相手国側：

プロジェクト要員：管理スタッフ 2 名、技術スタッフ 5 名

ローカル・コスト：n/a

日本側：

専門家（2011 年 5 月末現在）計 7 名

研修員受け入れ計 18 名

ローカル・コスト 機材供与（2011 年 5 月末現在）5,184 千円相当

現地業務費（2011 年 5 月末現在）54,131 千円相当

2. 評価調査団の概要

調査者	(担当分野、氏名、職位)		
	団長/総括	畑 茂樹	JICA 地球環境部 技術審議役
	衛星画像解析	鷹尾 元	森林総合研究所 森林管理研究領域チーム長
	評価計画	鈴木 和信	地球環境部 森林・自然環境グループ 森・自然環境 保全第一課
	評価分析	広内 靖世	国際開発アソシエイツ
調査期間	2011 年 5 月 15 日～6 月 1 日		評価種類： 終了時評価

3. 評価結果の概要

3-1 実績の確認

3-1-1 アウトプットの実績

(1) アウトプット 1: 土地被覆図に表れる雲は PALSAR データを利用することによって、ゼロになった。プロジェクトの開発した手法 (PALSAR データ判読マニュアル及び PALSAR データ利用 (メイン衛星画像として) による土地被覆図作成ガイドライン) に基づき、PALSAR データのみを利用して作成されたサンプル土地被覆図の「技術的に達成可能な精度 (土地被覆図上の土地分類タイプと現地調査で確認された土地分類タイプの整合率)」は、85%以上であった。ただし、ベースライン情報 (LANDSAT データ利用時の精度) がないため、精度が向上したかどうかは不明である。プロジェクトで開発された手法は、計画では、2011 年 1 月から実用化される予定であったが、未だ実用化にいたっていない。DJP (旧森林計画庁) は、これまで利用してきた LANDSAT データを PALSAR データに置き換えることについて決めかねている。これには、①2011 年 2 月の JAXA の方針変更により、2010 年以降の PALSAR データの無償提供が中止になった、②2011 年 4 月の ALOS の予期せぬ観測運転停止により、PALSAR データ自体の提供が中断された、という外部条件が影響しているが、PALSAR データのマニュアル/ガイドラインの最終ドラフトが 2011 年 3 月にずれ込んだことも要因としてあげられる。なお、DJP は、2011 年の土地被覆図作成作業においては、雲のある地域の判読を改善するために PALSAR データを LANDSAT データの補助として利用することを計画している。しかし、今後の利用については、特に、将来的な PALSAR データの継続的提供及び JAXA のデータ提供方針が不透明であることから、不明確である。

(2) アウトプット 2: DJP については、プロジェクトで研修を受けた職員は PALSAR データを利用した土地被覆図作成作業の監督に必要なスキル・知識を得ることができたと思われる。一方、合計 17 ヶ所の支所 (UPT) については、能力形成の度合いに差がある。支所中、9 ヶ所においては、1 名以上の職員が上級研修を受講しており、彼らの指導によって、PALSAR を利用した土地被覆図作成が可能だと推測される。しかし、残りの 8 ヶ所においては、基礎研修受講者しかおらず、独力で、PALSAR を利用した土地被覆図作成作業を行うことはできないと推測される。さらに、これら職員は、これまで、実践的な経験を通して、スキルや知識を自分のものにする機会がほとんどなかったことにも留意すべきである。プロジェクトの残り期間において、OJT が予定されているが、対象職員/支所や OJT の方法等の詳細は未定であるため、上記課題がプロジェクト終了までに解決されるかどうか判断できない。

3-1-2 プロジェクト目標の実績

森林資源情報の信頼度の向上 (PALSAR データを利用した土地被覆図から得られる情報が政府文書でより言及される) については、PALSAR データを利用した土地被覆図が未だ作成されていないことから、確認できない。既に記した通り、DJP は今後の PALSAR 利用については、特に、将来的な PALSAR データの継続的提供及び JAXA のデータ提供方針が不透明であることから、決めかねている。なお、DJP は、2011 年の土地被覆図作成作業においては、PALSAR データを LANDSAT データの補助として利用することを計画しているため、PALSAR を利用した土地被覆図から得られる森林資源情報は、2012 年には他部署・他省庁と共有されると思われる。しかし、政府文書において、LANDSAT データのみを利用した土地被覆図の場合よりも、より言及されるかどうかは、現時点で

予測ができない。

3-2 評価結果の要約

3-2-1 妥当性

プロジェクトは現在でも妥当であるといえる。PALSAR の活用についても雲の影響を回避出来たなど妥当であった。

プロジェクトの上位目標及びプロジェクト目標は現在でもインドネシア国及び林業省の組織的ニーズと合致している。また、上位目標はインドネシア国の国家開発計画及び日本の ODA 政策とも整合性がある。日本の技術優位性も確認された。

3-2-2 有効性

プロジェクトの有効性は中程度だと判断される。

プロジェクト目標に向かって進捗はみられる。指標の不明確さや指標データの欠如等から、正確な達成度は判断できないが、アウトプットの全体的な達成度が、プロジェクトではコントロールできない外部要因(JAXA のデータ提供方針の変更による PALSAR データの無償提供中止及び ALOS の予期せぬ運用終了による PALSAR データ提供自体の中断)等の影響を受けて計画より低めであることから、プロジェクト目標の達成度も、計画より低めだと推測され、プロジェクト終了までに、プロジェクト目標が達成されることはないと思われる。

3-2-3 効率性

全体的にみると、プロジェクトは概ね効率的だった。

投入は、タイミング、質、量の面で、概ね適切であった。アウトプット 1 は概ね産出されたが、プロジェクトではコントロールできない外部条件 (JAXA のデータ提供方針の変更による PALSAR データの無償提供中止及び ALOS の予期せぬ運用終了による PALSAR データ提供自体の中断) の影響を受けて、十分に産出されることはないだろう。一方、アウトプット 2 は部分的に達成されたが、支所間の人材育成の度合いに格差があり、その差を埋めるための人材育成戦略が不明確であることから、プロジェクト終了までに十分に達成されるかどうか不明確である。

3-2-4 インパクト

上位目標のプロジェクト終了後 3 年以内の達成は、プロジェクトではコントロールできない外部要因 (JAXA のデータ提供方針の変更による PALSAR データの無償提供中止及び ALOS の予期せぬ運用終了による PALSAR データ提供自体の中断) の影響により、不確実である。

その他のインパクトとしては、いくつかの正のインパクト (ボゴール農科大学林学部への委託業務を通して、関わった講師・学生の PALSAR データ利用に関する技能・知識が向上したこと、プロジェクトの広報活動によって国内外に PALSAR に関する意識が向上したこと、等) が確認された。

負のインパクトは確認されておらず、予測もされない。

3-2-5 自立発展性

全体的にみると、以下のとおり自立的発展の可能性はあると思われる。しかしながら、PALSAR データの継続的提供及び JAXA のデータ提供方針に関する不透明さから、DJP は、森林資源モニタリング・評価システムにおける PALSAR データの利用について、ポスト・プロジェクト戦略を決めかねており、実際に自立発展性が確保されるかどうかは不明確である。

制度・組織面: 森林資源モニタリング・評価における衛星画像活用の法的・政策的支援は今後も継続されるとみられる。しかし、DJP は土地被覆図作成における PALSAR データの利用と関連する人材育成について、主に以下の理由により、未だに明確なポスト・プロジェクト戦略を策定するにいたっていない。

- (i) 2011 年 2 月の JAXA のデータ提供方針変更によって、JAXA による 2010 年以降の PALSAR データの無償提供が中止になった。
- (ii) 2011 年 4 月の ALOS の運用停止により、PALSAR データの提供自体が中断された。
- (iii) PALSAR データの提供再開まで数年の空白がある。

DJP は、これまで、LANDSAT データを利用した土地被覆図作成作業を大きな支障なく管理運営してきたことから、PALSAR データ利用が決定されれば、PALSAR データを利用した土地被覆図作成についても、管理運営していくことができると見込まれる。

財政面: インドネシア政府は、これまで、LANDSAT を用いた土地被覆図作成及び職員対象のリモートセンシング研修に必要な予算を措置してきており、PALSAR データ利用が決定されれば、PALSAR データを利用した土地被覆図作成についても、必要な予算が講じられると考えられる。

技術面: インドネシアのプロジェクト・スタッフ (DJP 本部職員) は、プロジェクト終了までに、PALSAR データを利用した土地被覆図作成作業の監督に必要な実践的知識・技能・経験を身につけると考えられる。しかし、PALSAR 利用に関する明確なポスト・プロジェクト戦略が定まっていないことから、DJP 本部/支所に移転された知識・技能及びプロジェクト成果品 (PALSAR データ判読マニュアル、土地被覆図作成における PALSAR 利用ガイドライン、研修ガイドライン等) が、プロジェクト後に、活用されるかどうかは不確実である。さらに、プロジェクトを通して上級レベルの技能・知識を得た支所と基礎レベルの技能・知識にとどまっている支所があるが、この差を埋める人材育成戦略が不明確であることも、プロジェクト終了後の移転技術・成果品の活用に懸念を抱かせる要因である。

3-3 効果発現に貢献した要因

3-3-1 計画内容に関すること 特になし

3-3-2 実施プロセスに関すること

特に PALSAR データ判読マニュアルの作成過程において、インドネシア国内の専門知識を最大活用するために、インドネシア大学、インドネシア国家航空宇宙研究所 (LAPAN)、及び国際林業研究センター (CIFOR) の専門家から成る技術諮問グループが形成された。同グループの有益な技術的助言は、マニュアルの技術的完成度を高めることに効果的であった。

3-4 問題点及び問題を惹起した要因

3-4-1 計画内容に関すること

プロジェクトのアイデアが十分に適切に PDM に反映されているといえない。たとえば、PDM のアウトプット及び活動の一部の表現が曖昧であり、多くの指標が十分に定義されておらず解釈が曖昧である (たとえば「信頼度」「精度」「整合性」「システム」など)。さらに、ほとんどの指標において、達成度を判断するためのクライテリア/計画値が明確ではなく、客観的な検証が困難である。また、一部の指標は「プロジェクトの要約」の誤ったレベルに設定されており、PDM に記された指標だけでは、プロジェクトの達成度を把握するのに十分ではない。この結果、プロジェクト開始後、関係者が PDM に示されたプロジェクトの内容を理解することに時間と労力を要することになった。

3-4-2 実施プロセスに関すること

インドネシア側のプロジェクト・スタッフが、通常業務及びその他の業務に忙殺されて、プロジェクト活動に十分に参加できなかった。しばしば、打ち合わせ・会議の時間を設定することも困難であった。

PDM については、2008 年 3 月の JICA 運営指導調査団の派遣時に、調査団及び DJP よって、専門家チームの準備した指標解釈に関するディスカッション・ペーパーのレビューが行われ、同ペーパーをさらに検討する必要性について合意した。しかし、その後、打ち合わせ時間をみつけることが困難だったこともあり、指標の解釈が確定されることはなかった。また、指標の解釈以外の PDM の課題については、見過ごされてきた。このため、PDM のアウトプット・プロジェクト目標・上位目標が具体的に目指すところ (達成が期待される状態) や達成状況 (見込み) について関係者が共通な理解をもつことが困難であった。

3-5 結論

プロジェクトは現在でも妥当である。プロジェクトの有効性は中程度と判断され、また概ね効率的であった。インパクトについては、上位目標のプロジェクト終了後 3 年以内の達成は、プロジェクトではコントロールできない外部要因の影響により不確実である。その他のインパクトとしては、いくつかの正のインパクトが確認され、負のインパクトは確認されておらず、予測もされない。自立的発展の可能性はあると思われる。しかしながら、PALSAR データの継続的提供及び JAXA のデータ提供方針に関する不透明さから、DJP は、森林資源モニタリング・評価システムにおける PALSAR データの利用について、ポスト・プロジェクト戦略を決めかねており、実際に自立発展性が確保されるかどうかは不明確である。

3-6 提言（当該プロジェクトに関する具体的な措置、提案、助言）

3-6-1 短期的提言（プロジェクト終了までにプロジェクトに対する提言）

- 終了時評価調査団は、2011年の4月のJGCにおいてOJTの実施が承認され、今でもOJTを計画中にあると理解した。残りの期間が限られていることを踏まえて、研修場所や対象者などの研修内容を議論し、早急に決定することを提案する。加えて、PALSAR画像を使用した土地被覆図を作成するための能力開発にギャップがあることから、プロジェクトにおいて能力開発に係る明確な戦略を構築することが必要である。
- プロジェクトが開発した土地被覆図作成のためのPALSAR画像利用ガイドラインはPALSAR画像解析のみを扱っており、林業省が採用しているランドサットのような通常の解析については参照をしていない。従って、ランドサット画像の解析を補完するPALSAR画像の解析方法をガイドラインに反映し、その技術的手法をこれまでにインドネシアにおいて採用されてきた土地被覆図の作成技術と統合することが望ましい。また、ガイドラインの名称も、これまでの地図作成にPALSAR画像を補完的に利用することが明確に分かるように変更することが望ましい。
- 今回の調査を通じて、プロジェクトが開発した技術が高い精度を持った非常に革新的なものであることが分かった。この業績に対する理解が外部の関係者によって、今後より広まっていくために、以下の活動を追加的に実施していくことを提案する。
 - ✓ 技術の精度を測定し、1982年にCardが提案したように区分毎の積算に係るバイアスを修正する。
 - ✓ 土地被覆区分の異なるレベル毎に技術的な精度表をまとめ、分類に係るより簡易、あるいは高いレベルの要求に応じていくために高い精度のものを実証する。
 - ✓ これまでに林業省が実施してきた方法で得られた技術的な精度とプロジェクトで開発したものと比較する。その結果、ベースラインとして2011年の6月あるいは7月に発表されると思われる「インドネシア土地被覆図（2011）」の一部として反映されることが期待される。
 - ✓ プロジェクトの成果の要約を英語でまとめ、印刷製本し、国際的な会議等の場でプロジェクトの結果を発表する。

3-6-2 長期的提言（プロジェクト終了後のインドネシア側に対する提言）

- 林業省は、土地被覆図の作成にPALSAR画像を補完的に利用し、判読マニュアルや研修ガイドラインといったプロジェクトの成果品を、毎年本部と全ての地方職員を対象として実施している研修の資料として活用する。特に、能力の高い限られた職員に対しては、将来的なPALSAR画像の利用の可能性を見据え、PALSAR画像の前処理的な知識と技術を提供する。
- 終了時評価調査団はプロジェクトが開発したPALSAR画像解析がこれまで林業省が採用してきた手法と比較して、特に地図作成に係る時間的な間隔が短い場合の緊急的な対応という点で潜在的な優位性があることを確認した。現行のランドサット画像（TM/ETM+）判読では、雲を取り除くために2年間程度、通常3から4年、あるいはそれ以上の画像の集積が必要なため、被覆図改定間隔を最低2年とするか、または間隔を2年以下とする場合には、その代償として雲の増加を容認する必要がある。従って、林業省が地図更新に係る期間を3年間から1年程度に短縮したいという計画は、今と同じ解析方法を採用していれば、精度の低い地図しか出来ない状況を生むだけである。逆に、

PALSAR や今後打ち上げが計画されている後継 ALOS は、短い期間で更新頻度を高くすることも可能な雲のない画像の提供が可能である。よって、林業省は、地図作成の間隔を短くしたいという必要性に鑑みて、インドネシアのある地域を対象に、PALSAR 画像の解析の応用の可能性を検証することが必要である。

- プロジェクトでは、非常に精度の高い PALSAR 画像解析の技術を開発した。これは、今後、土地被覆図作成に PALSAR 画像を使用する方法を証明したと思われる。林業省は、森林減少の発見や炭素量推計といった政策の実施に向け、将来広く使用される森林モニタリングシステムを構築するために、他の衛星画像や手法と併せて、PALSAR 画像の更なる利用可能性を考えることが必要である。

3-7 教訓

本プロジェクトを通じて、ボゴール農科大学と共同で業務を行ったことが、彼らの PALSAR 画像の処理に係る技術向上に大きく貢献したことが示された。国立大学のような教育機関は、政府に対する将来的な人材リソースの提供機関として有望であると思われる。

3-8 フォローアップ状況

特になし。なお、今後インドネシアにおける REDD+の協力に際しては、本件協力の成果の活用を検討していく予定である。