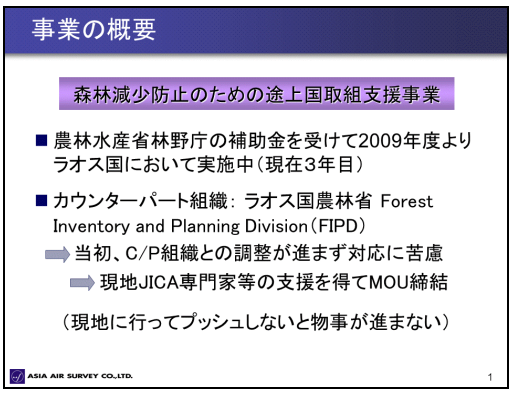
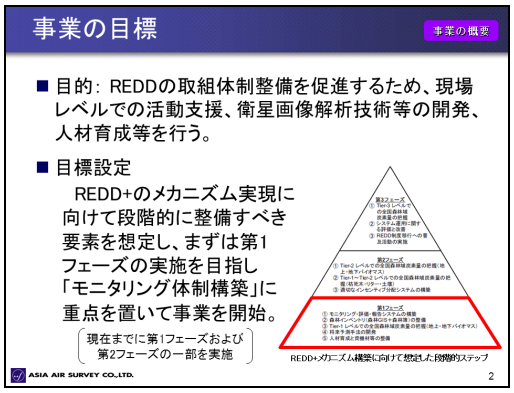
「ラオス国における森林減少劣化防止支援事業とREDD＋について」

佐野　滝雄（アジア航測株式会社　環境部）



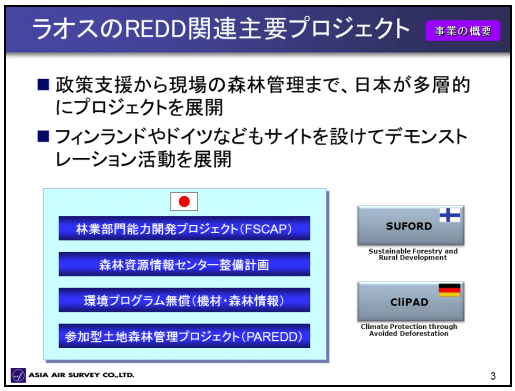
「森林減少防止のための途上国取組支援事業」は、林野庁の補助金を得て 2009 年度からラオスにおいて実施しているもので、現在 3 年目に入っている。カウンターパート組織は、ラオス国農林省（Forest Inventory and Planning Division：FIPD）である。ただし、この事業の最初の段階では、カウンターパート組織との調整が進まず、対応に苦慮した。とにかく現地に行ってプッシュしないと物事が進まない状況だったが、現地の JICA 専門家に大変なご助力をいただき、何とか MOU[66]締結にこぎ着けた。



事業目的・趣旨は、REDD の取組体制整備を促進するために、現場レベルでの活動支援、衛星画像解析技術等の開発、人材育成等を行うことである。この目的を受け、事業の目標設定を行ったが、REDD プラスのメカニズム実現に向けて段階的に整備すべき要素を想定し、まず基礎となる第 1 フェーズの実施を目指し、特にモニタリング体制構築に重点を置いて事業を始めた。

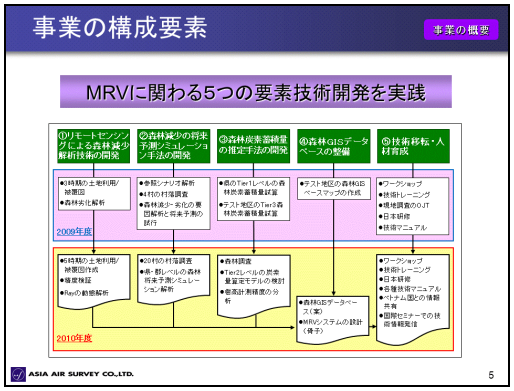
---

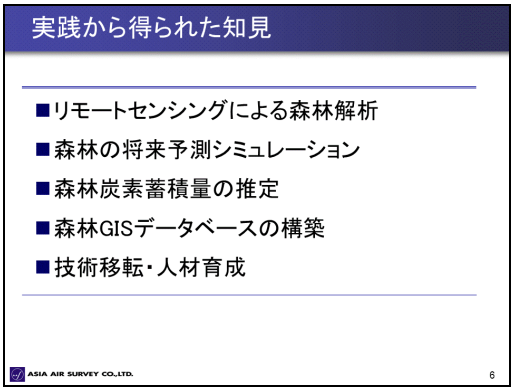
[66] Memorandum of Understanding：覚書



ラオスにおける REDD 関連の主要プロジェクトを概観すると、日本が多層的に援助を展開している一方で、フィンランド・世銀の SUFORD[67]やドイツの CliPAD[68]なども具体的なプロジェクトサイトを設け、デモンストレーション活動を展開している。

多くの事業が実際に動いている中で、我々の事業は、小規模でも一通りやってみることに重きを置いた。大型の援助プロジェクトは一国の REDD を推進するためには非常に有益だが、大きいがゆえに展開に時間を要するという側面がある。そこで、本事業では比較的小規模な対象地を選定し、REDD プラスの実現に求められる要素技術を短期間で開発し、結果を示すという考え方で取り組んだ。対象地区は、ラオスの中でも焼畑による森林減少が顕著な北部のルアンパバーン県と、比較的良好な森林が残る中部のボリカムサイ県のカムクット郡とした。

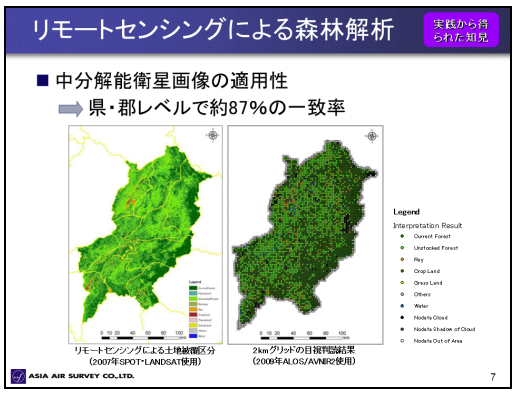


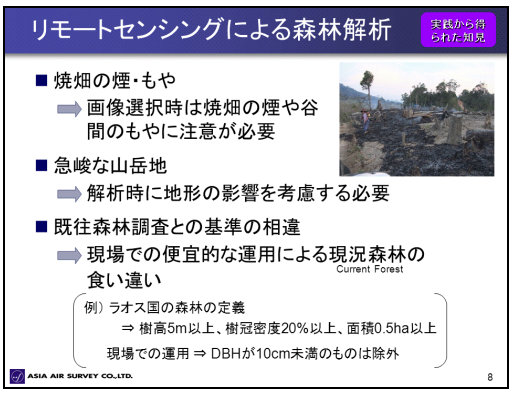


事業の構成は、一通りやってみるという方向性に沿って、MRV にかかわる五つの要素技術開発に取り組んだ。すなわち、①リモートセンシングによる森林減少解析技術の開発、②森林減少の将来予測シミュレーション手法の開発、③森林炭素蓄積量の推定手法の開発、

[67] Sustainable Forestry and Rural Development
[68] Climate Protection through Avoided Deforestation

④森林 GIS データベースの整備、⑤技術移転・人材育成である。2009 年度はこれらを一通り実施し、2010 年度にはそれぞれの精度の検証と熟度の向上を図った。





まず、「リモートセンシングによる森林解析」については、中分解能衛星画像を用いて県・郡レベルの土地被覆、森林被覆を実践し、約 87%の一致率を得た。検証方法はまず、2007 年の Landsat、SPOT から解析したルアンパバーン県の土地被覆区分図上に 2km メッシュのグリッドを掛け、その格子点について ALOS[69]/AVNIR-2[70]のパンシャープン化した画像で人が目視判読を行った。この約 5000 点の判読を真値としてリモートセンシングの精度を検証したところ 87%の一致率で、適用性は比較的良かったと評価している。

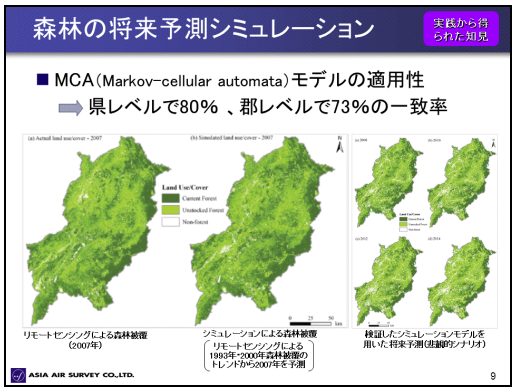
一方で、いくつかの課題が発見された。1 点目は、焼畑の煙・もやの問題である。ラオスは特に北部で依然として焼畑が盛んであるため、乾期の後半などは画像の選択を慎重に行う必要がある。一方、山がちな土地なので、焼畑を行っていない時期でも、特に午前中などは谷間にもやが立ち込めていることが多々あるため、画像の選択肢が限られ、注意が必要になる。

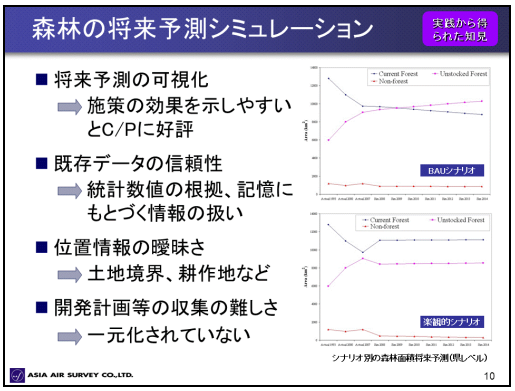
2 点目として、急峻な山岳地であるため、解析時に地形の影響、特に影の影響などを考慮する必要があった。

3 点目は、既往森林調査との基準の相違である。これは実際に解析を行って、カウンターパートの FIPD が持っている森林イベントリの数値と突き合わせたときに発生した。特にルアンパバーン県で、現況森林（Current Forest）の割合が極端に違い、我々の解析結果の方が FIPD の倍以上あった。この理由について議論したところ、ラオスにおける公式の森

[69] Advanced Land Observing Satellite：陸域観測技術衛星
[70] Advanced Visible and Near Infrared Radiometer type 2：高性能可視近赤外放射計 2 型

林の定義は樹高 5m 以上、樹冠密度 20%以上、面積 0.5ha となっているが、現場の運用では、実際に現地に入って DBH[71]が 10cm 未満のものは現況森林からは除外しているということが分かった。こうした運用ルールは、議論を深めるまではなかなか出てこなかった。





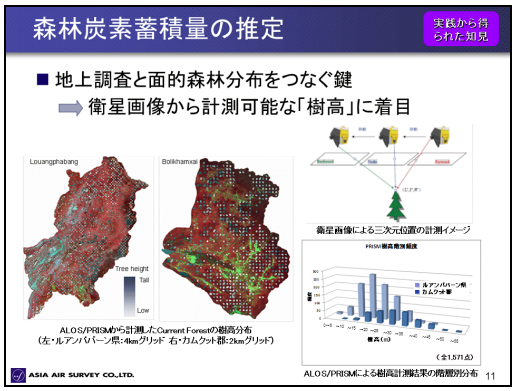
次に、「森林の将来予測シミュレーション」である。本事業では Markov-cellular automata (MCA) という空間的なシミュレーションモデルを用いて森林の変化予測を試みた結果、県レベルで 80%、郡レベルでは 73%の一致率を得た。具体的には、リモートセンシングによる 1993 年と 2000 年の森林被覆図のトレンドから 2007 年の森林被覆図を予測し、それをリモートセンシングによる 2007 年の森林被覆図と比較したところ、80%の一致率を得たということである。このようにリモートセンシングの結果と比較検証し、さらに補正をかけたモデルを基に、将来にわたる森林変化の予測を行った。ここに示した例は悲観的シナリオに基づく予測だが、このほかにも BAU シナリオ、楽観的シナリオに基づく予測を県と郡レベルについて行った。

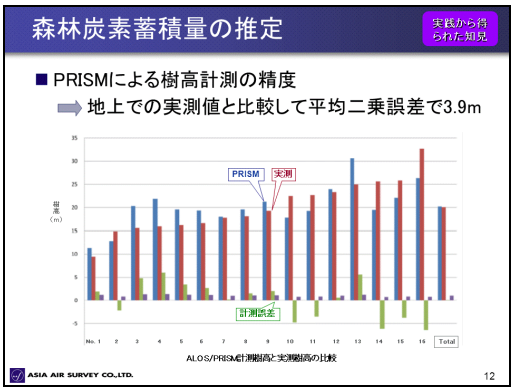
こうして実施した森林予測シミュレーションは、施策の効果を示しやすいとカウンターパートには好評だった。森林分布の予測図に加え、シナリオごとの推移をグラフとしても示し、将来予測を可視化することができる。

一方、将来予測の実施に当たっては既存データの信頼性の問題がある。例えば統計数値の根拠が明確でない、あるいは記憶に基づく情報は古くて信頼が置けないということがあり、シミュレーションの条件としてどう扱うべきか吟味する必要があった。さらに、位置情報のあいまいさという問題があった。ラオスでは、土地境界や耕作地の情報もあいまいであるため、一人の人の言うことを信じるだけでなく、クロスチェックをかける必要があ

[71] Diameter at breast height：胸高直径

った。さらに、開発計画等の収集の難しさがあった。森林減少に一番影響がある新規の道路やコンセッションなどの情報が一元化されていないため、これをどう収集していくかは引き続き課題となる。

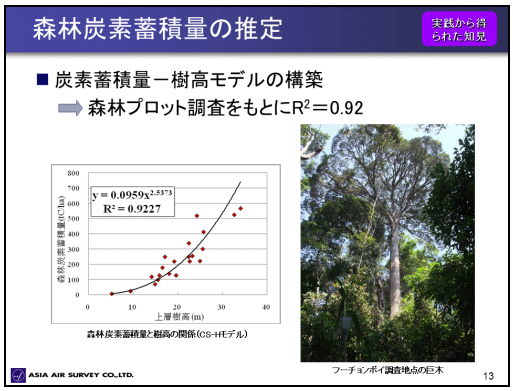




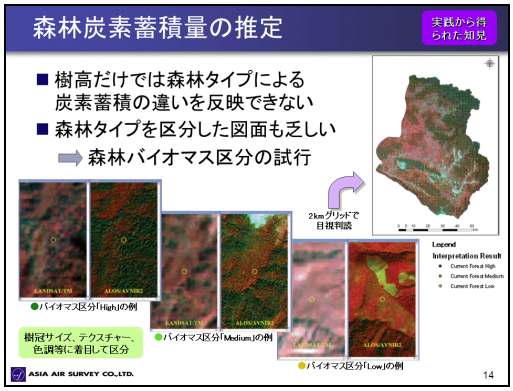
次に、「森林炭素蓄積量の推定」を行った。炭素蓄積量の算定は地上調査が基本だが、地上調査の結果と面的な森林分布をどうつないでいくかが鍵になる。本事業では、衛星画像から計測可能な樹高に着目した。国内でも古くから普及している空中写真のステレオマッチングで等高線を描く技術を ALOS/PRISM[72]の 3 方向を写した画像に当てはめ、地形の険しいラオスで、人がなかなか行けない場所の樹高の測定に応用した。ルアンパバーン県については 4km グリッド、カムクット郡は 2km グリッドで樹高を計測した結果、ルアンパバーン県では樹高 20m あたりにモードがあり、カムクット郡では 30～35m が最も多く、40m 超もかなりあるという結果になった。

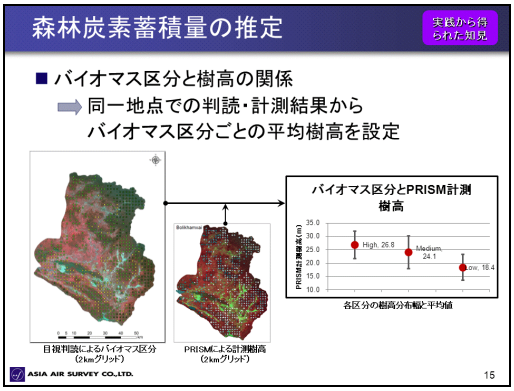
衛星で測った樹高の精度については、地上での実測値と比較した平均二乗誤差は 3.9m だった。この方法では理論的精度が 2.5m であり、地盤高の推定誤差を考慮すると、ほぼ想定内の誤差であると考えている。従ってこの方法は、一本一本で見ると大きな誤差を生むことがあるが、ある程度の広がりを持った範囲で多数の樹高を計測する場合では、それなりに適用性があると評価している。

[72] Panchromatic Remote-sensing Instrument for Stereo Mapping：パンクロマチック立体視センサー



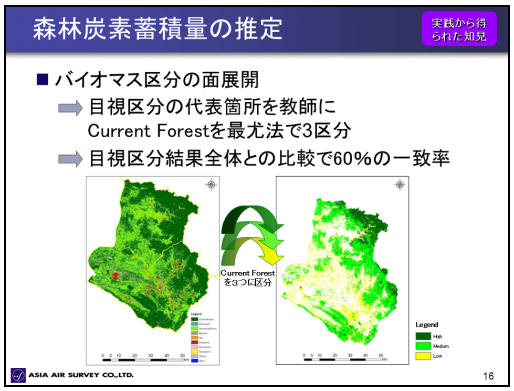
続いて、炭素量と樹高の関係については、森林プロット調査を基にして相関関係を導き、決定係数は $R^2=0.92$ となった。調査に際して、入りやすい場所ばかり狙っていると 20m ぐらいの樹高が多くなる傾向があった。それを避けるために、上層木の平均樹高で 35m 程度ある山深いところにも遠征し、できるだけ満遍なくサンプルが取れるように努めた。

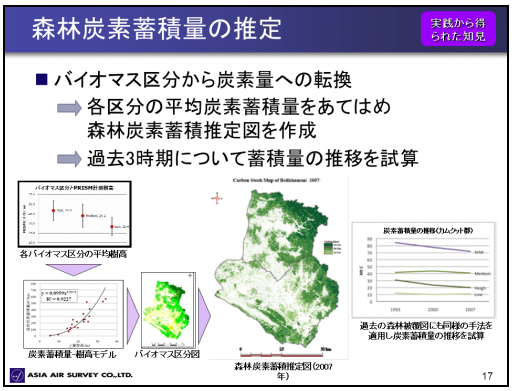




樹高と炭素の関係はひとまず導けたが、残念ながら樹高だけでは森林タイプによる炭素蓄積量の違いを反映できない。先ほど示した炭素蓄積量－樹高モデルのグラフで、横軸の樹高が同じでも縦軸の炭素量は調査プロットごとにかなりばらついていることがそれを示唆している。しかし、対象国のラオスにおいては森林タイプを区分した面的情報は乏しい状況だった。そこで私たちは、森林バイオマス区分という考え方を試行した。樹冠サイズやテクスチャー、色調などに着目し、郡全域について 2km グリッドの交点を目視判読で High・Medium・Low の三つのバイオマス区分に分けた。

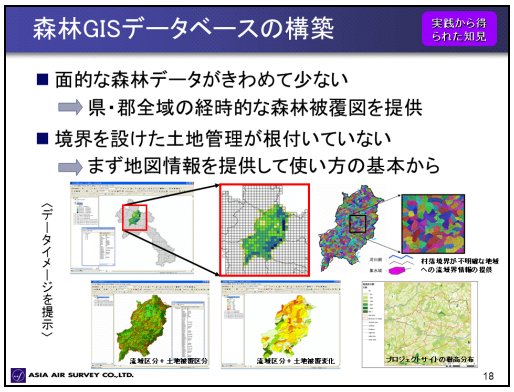
バイオマス区分と樹高との関係については、同じ 2km グリッドで読んだものを集計し、各バイオマス区分での樹高の分布と平均を求めた。





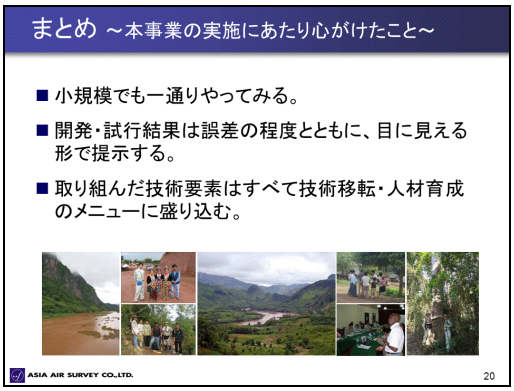
バイオマス区分を面展開するに当たって、目視判読で区分した代表個所を教師に、先にリモートセンシングで分類した Current Forest の範囲のみを取り出し、そこを最尤法で High・Medium・Low の三つに分けた。そして、これを目視区分結果全体との比較で検証したところ、一致率は 60%であった。これについてはまだ改善の必要がある。

一致率の問題は残ったが、ここではひとまずバイオマス区分から炭素量への転換を試みた。バイオマス区分ごとの平均樹高を炭素量ー樹高モデルに組み込んで各区分の単位量を出し、それをバイオマス区分図に当てはめて面展開することにより、森林炭素蓄積推定図にたどり着いた。これを過去の森林区分図にも適用し、カムクット郡全体の炭素量のトレンド分析を試行した。



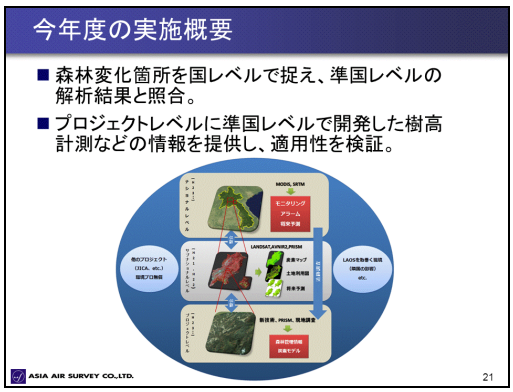
続いて、「森林 GIS データベースの構築」を行った。ラオスでは、中央でも地方でも面的な森林データが極めて少ない。ルアンパバーン県全体についてリモートセンシングで経時的な森林区分図・被覆図を作成したのは本事業が初であり、ほかにない情報として使っていただけるものと考えている。また、特に地方の現場レベルでは、境界を設けた土地管理が根付いていないように見受けられた。尾根や谷にはすべて名前が付いており、コミュニ

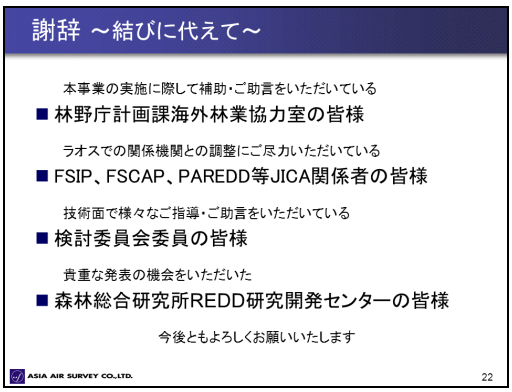
ティ内ではそれが共有されているが、図にはなっていない。今後、REDD の場面で物事を定量的に示していく中では、こうしたことが問題になるだろう。そこで、まず地図情報を提供して、使い方の基本から経験してもらう必要がある。



「技術移転・人材育成」については、初年度から高い頻度で技術研修を実施した。画像解析だけでなく、PRISM による樹高計測、シミュレーションによる将来予測、森林の現地調査なども含めた幅広い内容を盛り込んだ。ちょうど FIPD に日本の援助で森林資源情報センターが建設されるということもあり、研修への参加者は回を追うごとに増え、カウンターパート機関に森林予測のシミュレーションチームが発足するという嬉しいニュースもあった。

本事業の実施に当たって心掛けたことが三つある。まず、小規模でも一通りやってみること。そして、開発・試行結果は誤差の程度とともに、目に見える形で提示すること。さらに、取り組んだ技術要素はすべて技術移転・人材育成のメニューに盛り込んだことである。





最後に今年度実施中の内容を簡単に紹介する。これまで準国レベルのみでいろいろな活動を行ってきたが、今年度はマルチスケールでの森林モニタリングを意識して、森林変化箇所を国レベルでとらえ、昨年検証済みの準国レベルの解析結果と照合したり、準国レベルで開発した樹高計測などの情報をプロジェクトレベルに提供し、適用性を検証したりという試行を進めている。

質疑応答

（Q1：林野庁　田中）　蓄積量の解析では、蓄積と樹高のモデルから高・中・低のバイオマス区分で、それぞれ単位当たりの平均を出して全体を推計したそうだが、この場合、出てきた数値はどの程度の精度なのか。

（佐野）　炭素蓄積量－樹高モデルの決定係数 0.92 はかなりいいと思ったが、縦軸のプロットが随分散らばった。それが森林タイプによる蓄積量の違いを反映しきれていない現われではないかと思い、既存の森林タイプ区分図がなかったため、テクスチャーや樹冠のサイズなどで代替し、便宜的にバイオマス区分という形で三つに分けた。

精度については、面展開したときの一致率は 60%にとどまっており、これで十分とは言えない。特にルアンパバーン県については、使った衛星のシーン数が多岐にわたり、そのためか一致率がよくなかったため、まず 60%程度で比較的ばらつきの少ないボリカムサイ県カムクット郡について炭素量を示した。従って、あの平面的な炭素蓄積の推定図が量としてそのまま使えるとは思っていない。私たちが昨年度のレポートで取りまとめたのはあくまでドラフトの中間報告であり、実用段階に至るにはまだ改善の余地があると思っている。