

### 3.6.4 過去の森林炭素蓄積量の変化の算出

第2フェーズから活動開始予定である。ただし、炭素蓄積量の推定に関しては航空機データ (GeoSAR) と森林公社が所有する地上データを活用した炭素蓄積量の推定を試行的に行った。以下に手法の概要と初期解析で得られている結果について報告する。

#### (a) 樹冠高体積推定 (Canopy Volume Estimation)

衛星リモートセンシングは2次元の面積ベースの解析 (Activity Data) には強いが、REDD+では面積だけでなく、炭素蓄積量 (3次元の体積ベース) に基づく排出係数 (Emission Factor) の開発が要求される。通常は地上調査によって開発されるが、PNGの場合は土地所有者の問題とアクセス道路の問題のため、国土全体に広範囲に調査を行うことが困難である。また、地上調査でも密林地帯では正確に樹高を計測することが難しい場合がある。

そのため、PNGにおける本プロジェクトでは衛星リモートセンシング解析に加えて航空機データによる樹冠高体積モデルの利用を検討している。図 3-75 に樹冠高体積に基づく炭素蓄積量推定の概要を示す。航空機データにより Digital Surface Model (DSM : 地表高) と Digital Terrain Model (DTM : 地盤高) を同時に取得し、DSM から DTM を差し引くことで樹冠高体積が推定できる。推定した樹冠高体積と地上サンプルデータを用いて、材積の推定を行う。

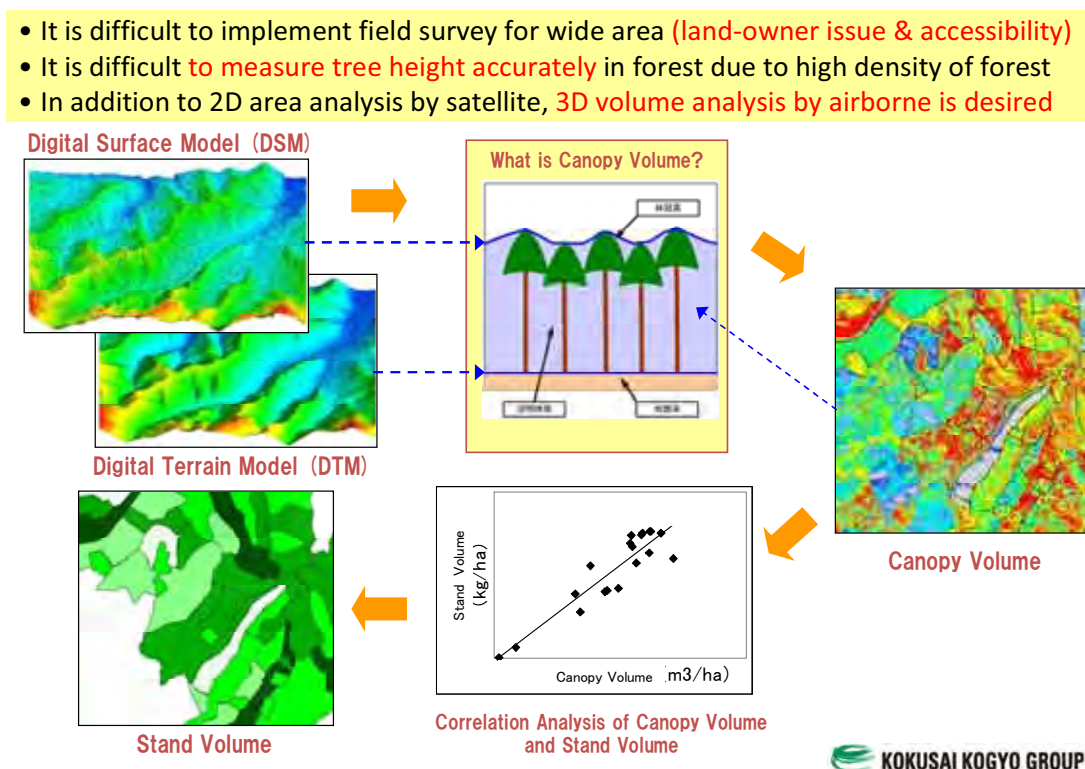


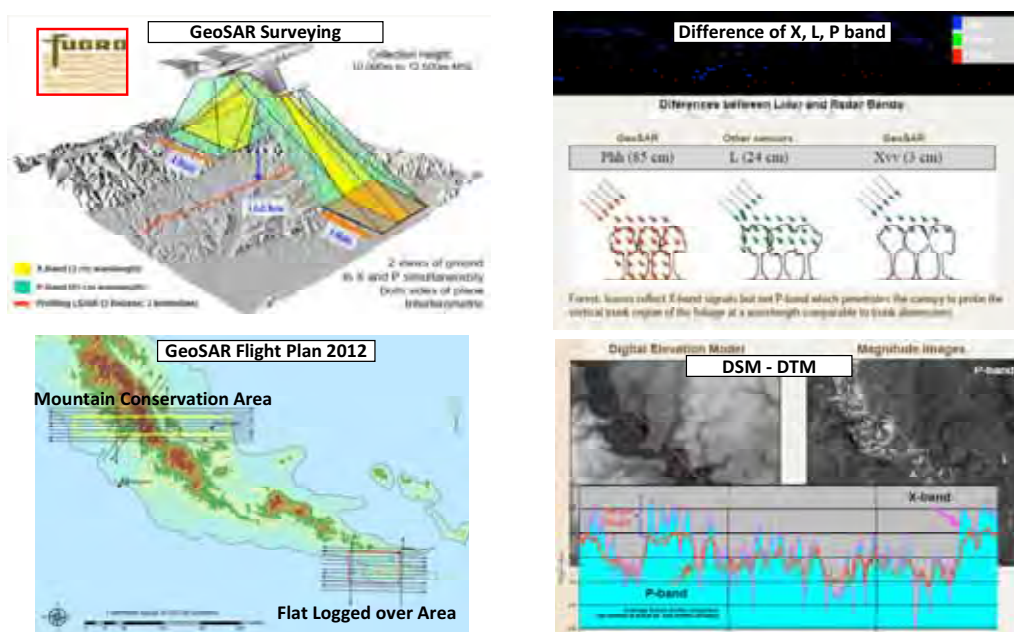
図 3-75 樹冠高体積に基づく炭素蓄積量推定の概要

#### (b) 利用する航空機データ(GeoSAR)の概要

本プロジェクトでは樹冠高体積の推定にGeoSARと呼ばれる航空機レーダのデータを利用する計画

である。GeoSAR を利用する理由は、2006 年に PNG 本島全土について GeoSAR のデータが取得されているからである。図 3-76 に GeoSAR のシステム概要、X/L/P バンドの特徴、DSM と DTM の差、GeoSAR の飛行計画を示す。GeoSAR は X バンドと P バンドにより DSM と DTM を同時に取得するユニークなシステムであるが、地上データを用いた検証と校正必要である。本プロジェクトでは PNGFA が所有する地上データを用いて解析を行う予定である。2012 年に一部エリアについて GeoSAR データを新規に取得する計画である（環プロ無償の調達による）。

- GeoSAR X-band and P-band DEM were collected for **whole mainland of PNG in 2006**
- Necessary for calibration using existing **PNGFA inventory and some additional data**
- New GeoSAR will be collected for **sample areas over REDD+ pilot activities in 2012**



1

図 3-76 航空機レーダ(GeoSAR)の概要

(c) 既存の GeoSAR データの初期解析の結果

図 3-77 は PNGFA が計画している REDD+パイロット活動地域における 2006 年の GeoSAR データの初期解析結果を示す。左下の図は本地域の地形状況を示している。この地域には PSP (Permanent Sample Plot) とインベントリデータが存在している。全体の大きな画像は単純に DSM から DTM を差し引いた樹冠高体積データを 2.5 次元表示している。青色は樹冠高が低いエリア、次に緑色、黄色、そして赤色が最も樹冠が高いエリアを示している。樹冠の高さや密度の状況を面的に把握できることは REDD+非常に有益であり、幸運にも GeoSAR のデータは PNG 本島全体をカバーしている。現在、PSP のデータとインベントリのデータを用いて解析を進めている。

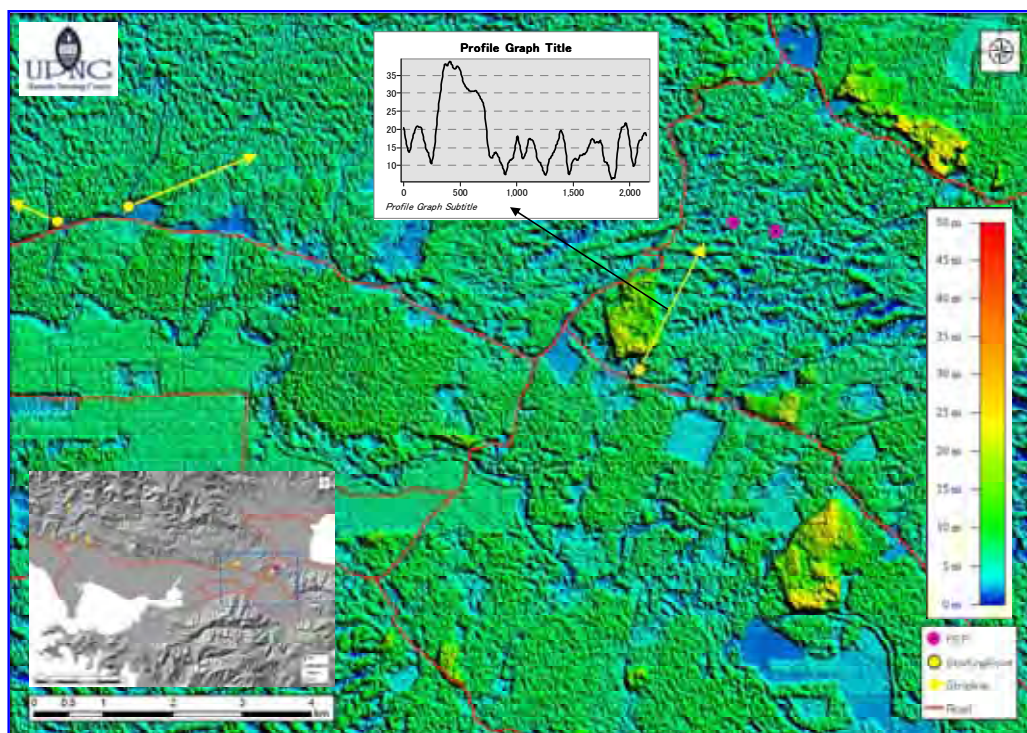


図 3-77 GeoSAR(2006 年)の初期解析結果

#### (d) 樹冠高体積推定のための地上調査の計画

既存の GeoSAR データの初期解析の結果も参考に、樹冠高体積推定のための地上調査の計画を行った。ただし、どのような調査が望ましいか分析・把握するために、事前調査を行うこととした。

事前調査調査の目的は以下の2つとした。

- ① PNG 国において GeoSAR を活用した国レベルでの森林炭素蓄積量の推定に寄与するための樹冠高体積推定手法を開発する
- ② 森林インベントリ調査および GeoSAR から得られる樹冠高体積の関係性を検証・分析して森林炭素蓄積量を試行的に推定する

一方で、樹冠高体積推定のための地上調査として、本プロジェクトで利用するリモートセンシングデータの精度に関して考慮する必要がある。そこで本プロジェクトで用いる主な2つのデータ (GeoSAR および RapidEye) について、それぞれの特徴を整理した。

##### A) GeoSAR

- ・ 空間分解能 (正方形) : 5 x 5 m
- ・ フライト計画 : 東西方向 (南北方向でない)
- ・ 位置精度 (2012 年データ、2006 年でない)
  - 垂直方向 : 1.0~5.0m (絶対)、1.0~3.0m (相対)
  - 水平方向 : 2.5~4.0m (絶対)、1.0m (相対)

##### B) RapidEye

- ・ 空間分解能 (直下点 : 6.5m を 5.0m にリサンプリング)
- ・ 位置精度 (水平、相対) : 4-30m (1/25,000~1/50,000)

※GeoSAR や RapidEye は LiDAR や高分解能衛星より分解能や精度は劣るものの、広大な PNG 全土をカバーすることができる手段である

また、これまで PNG で行われてきた PSP (Permanent Sample Plot) やインベントリ調査のレビュー、OCCD を支援している UN-REDD/FAO や Winrock International、東南アジア (ラオス) の事例の調査を行い、今回の設計の参考とした。

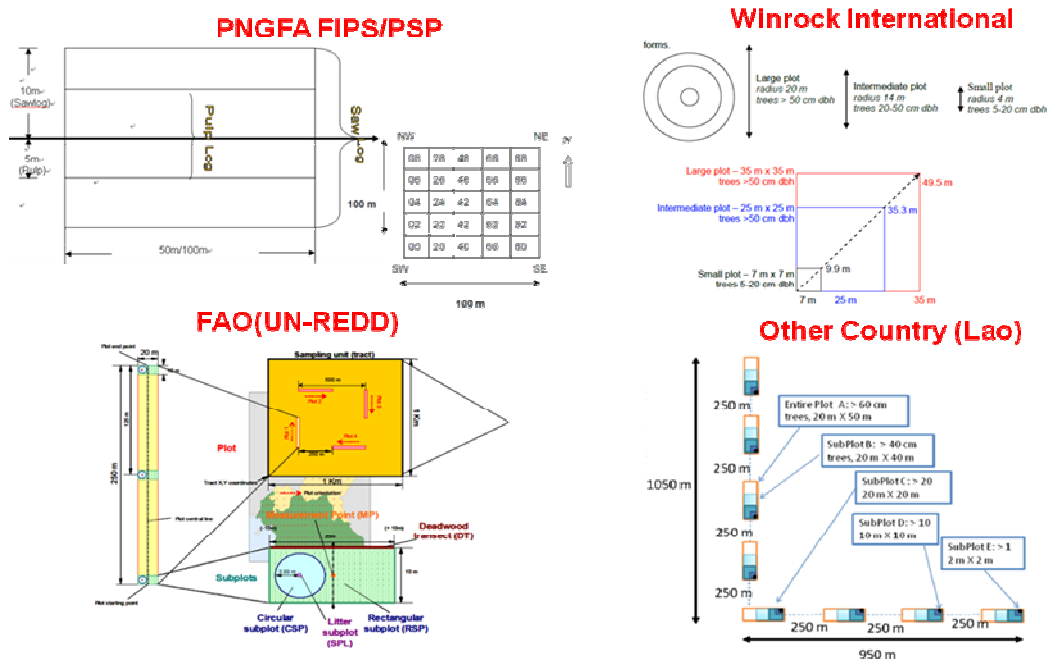


図 3-78 既存の PSP&インベントリ調査、国際機関・他国のプロット事例

### <プロットの形状>

プロットには様々な形状、それぞれの特徴があるが、本プロジェクトのプロット設計に向けて一般的な利用事例、長所および短所について整理した (ただし、様々な考え方があり、必ずしもこの通りでない)。

表 3-28 プロットの形状とその特徴整理

形状	利用事例	長所	短所
円形	Temporal Plot (for stratified map)	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査が早い(慣れれば)</li> <li>調査点数が多くできる</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>斜面補正が難しい</li> <li>正確な測定が困難</li> </ul>
正方形	PSP (Permanent Sample Plot)	<ul style="list-style-type: none"> <li>安定的/統一的</li> <li>斜面補正が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>密林では調査困難</li> <li>多様な調査が困難</li> </ul>
矩形	NFI (National Forest Inventory)	<ul style="list-style-type: none"> <li>標高断面積分析が可能</li> <li>斜面補正が容易</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>GPS 測量が必要</li> <li>調査困難地に遭遇</li> </ul>

### <プロットの大きさ、位置>

プロットの大きさや位置についても様々な考え方があがるが、本プロジェクトのプロット設計に向けて長さ、標高、斜面、方角について、事例を参考に整理を行った。

表 3-29 プロットの大きさ、位置等と事例

要素		事例
長さ	長辺	<ul style="list-style-type: none"> <li>NFI(FAO の NFMA) : 250m</li> <li>GeoSAR の標高断面積の変化: 250m は確保が望ましい</li> </ul>
	短辺	<ul style="list-style-type: none"> <li>調査地域の最大樹高: 対象地では約 40m</li> <li>Wood Hole Research Center の LiDAR 用プロット(40m x 40m)</li> </ul>
標高		<ul style="list-style-type: none"> <li>標高のバリエーションがあるとよい(ただ調査は困難となる)</li> <li>既存土地利用区分は標高にも基づいて作成されている</li> </ul>
斜面		<ul style="list-style-type: none"> <li>標高のバリエーションがあるとよい(ただ調査は困難となる)</li> <li>既存土地利用区分は標高にも基づいて作成されている</li> </ul>
方角		<ul style="list-style-type: none"> <li>飛行方向の影響を考慮して東西、南北の両方を確保したい</li> <li>ラスターデータの解析を考慮すると真東西、真南北が望ましい</li> </ul>

なお、PNGFA 所有の既存のインベントリ調査のプロット位置を GeoSAR のサンプルに重ねてみたものが図 3-79 である。GeoSAR の分解能 5m の地上分解能を考慮すると、短辺 10m は小さく、長辺 50m 毎は記録単位としては大きすぎ、方向は斜めではなく真東西か真南北が望ましいと思われる。

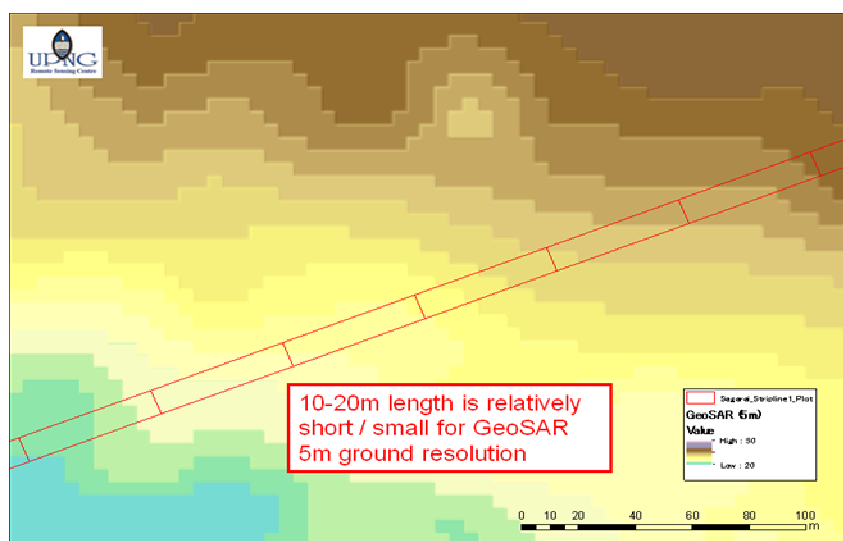


図 3-79 GeoSAR 標高データと PNGFA のインベントリ調査プロット

調査・分析した情報を基に、事前調査のプロット形状およびサイズを検討・設定した。航空機 SAR データとの比較・検証のため、測定幅は 40m と広めに設定した。また、航空機の飛行方向による影響を検討するため、東西方向のプロットと南北方向の L 字型でプロットを設定した。調査面積は 1ha となるように長さを 250m に設定した。事前調査のプロットデザインを図 3-80 に示す。調査プロット、サブプロットについては、10m 四方のプロット、5m 四方および 1m 四方のサブプロットを設定した。

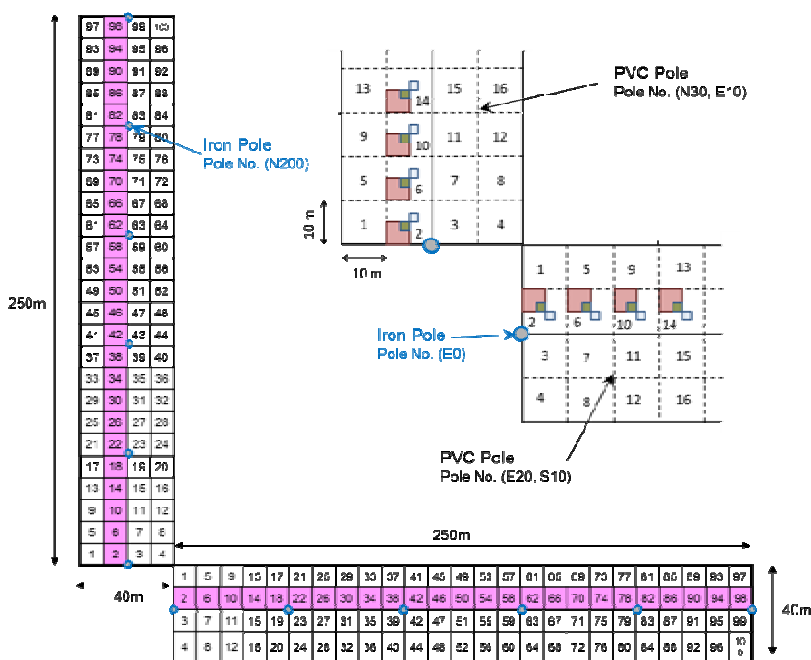


図 3-80 プロットデザイン(幅 40m×長さ 250m の L 字プロット)

また、既存の PSP では樹冠のサイズを計測しているが、この長辺と短辺の平均を用いて擬似的な樹冠投影図を作成することができる。GeoSAR のデータは樹冠のサイズ、重なり具合とも関係がある可能性があるため、事前調査でも PSP と同様に樹冠のサイズを計測することとした。既存の PSP を用いて擬似的な樹冠投影図を作成した例を図 3-81 に示す。

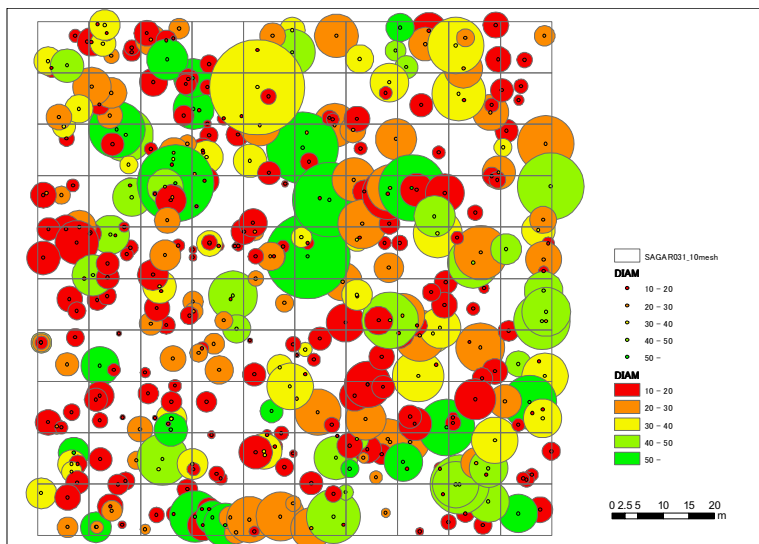


図 3-81 PSP データを用いて作成した擬似樹冠投影図

(e) 樹冠高体積解析のための事前の地上調査

炭素蓄積量推定のための本格現地調査の調査内容の検討、および航空機 SAR データの解析手法の検討のため、プロジェクトサイトの1つである Milne Bay 州の Central Suau において、2012 年 5 月 1 日～12 日にかけて事前現地調査を行った。現地調査位置を図 3-82 に示す。青線は Milne Bay 州の州都 Alotau から現地までの旅程を示している。



図 3-82 現地調査位置図(上図:Milne Bay 州広域図、下図:Central Suau 拡大図)

また、本事前調査の調査項目を表 3-30 に示す。プロットの形状は図 3-80 に示したとおりであるが、サブプロットについては、現地調査時において調査項目と調査時間の制限のため、カウンター

パートおよび長期専門家と相談の上で中止として、10mプロット内の毎木調査に専念した。

表 3-30 プロット毎の調査項目

	Plot size	Area	Measurement Object	Size of Object
Entire plot	40m x 250m	1 ha	Live and dead standing trees, and vines	dbh ≥ 10cm
			Dead lying wood	diameter ≥ 30cm
Sub plot	5m x 5m Quadrates (pink color)	0.0625ha	Live and dead standing trees	10cm > dbh ≥ 1cm
			Dead lying wood	30cm > diameter ≥ 10cm
	1m x 1m Quadrates (green color)	0.0025 ha	Trees	dbh < 1cm
			Dead wood	diameter < 10cm
			Understory vegetation without trees	All
			Litter	All

現地調査は3班に分かれて実施した。基点から真東（および真北）に距離を測定しながら、左右直角に20m測定してプロットを設定する班と、毎木調査を左右に分かれて実施する2班の合計3班集体とした。毎木調査班は、胸高直径、樹高、樹木位置、樹冠サイズ、樹冠密度、枯死木の測定とプロット写真を撮影した。現地調査の様子を図 3-83 に示す。





① 基点からセンターラインの設定



② プロットの設定(左右 20m の位置出し)



③ 樹高の測定(根元、7m ポール、樹高の角度)



④ Densiometer による樹冠カバー率の測定



⑤ 胸高直径の測定 1



⑥ 胸高直径の測定 2

図 3-83 現地調査作業風景

(f) 既存の GeoSAR データと地上調査結果の解析

調査結果に基づく、GeoSAR と現地調査の樹冠高体積推定に関する解析は、過去データの初期解析

を行った後、現在新規で取得したデータを用いて解析を進めているところである。

解析の途中結果として、現地調査結果を GIS データ化（樹冠サイズ含む）して、高分解能衛星画像（GeoEye）の上に重ね合わせたものを図 3-84 に示す。

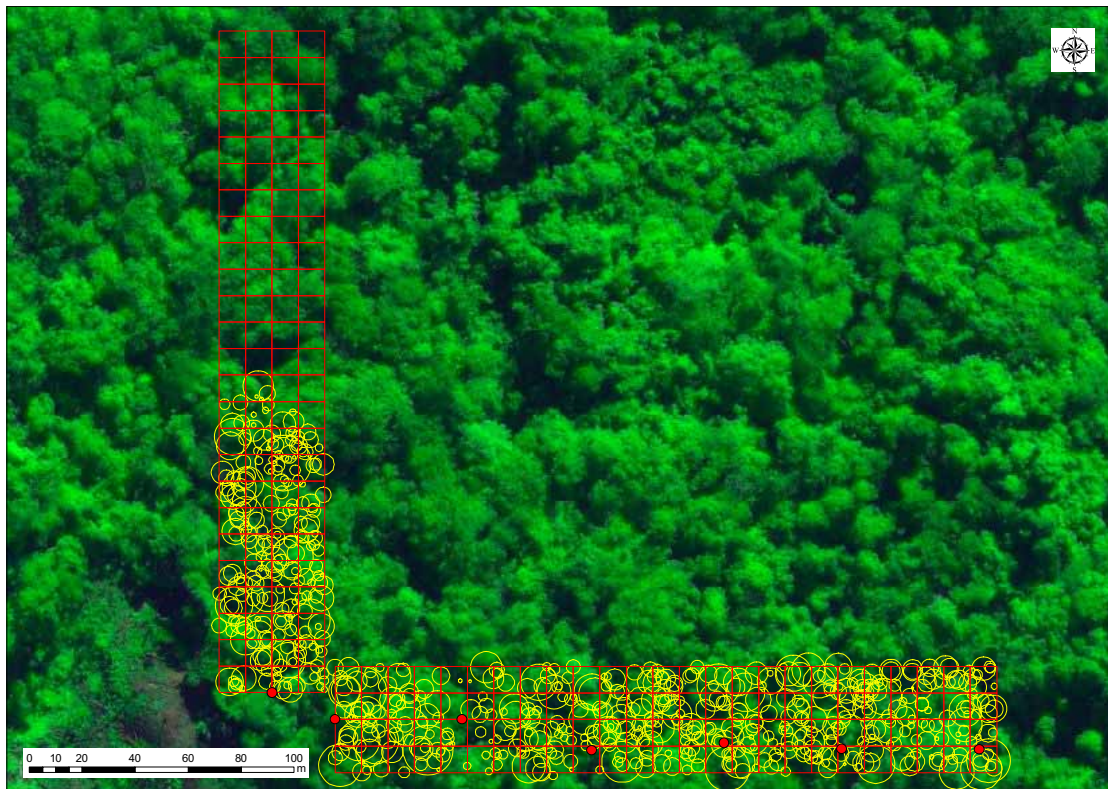


図 3-84 現地調査結果に基づく擬似樹冠投影図と高分解能衛星画像(GeoEye)

### 3.6.5 試行的な参照排出レベルの作成

第2フェーズから活動開始予定である。

## 第4章 研修・ワークショップ

### 4.1 研修（本邦研修を含む）

集団研修「森林リモートセンシング」2011/7/18-2011/8/20（Elizabeth氏）  
国別研修（国際航業受託）：2011/9/10-9/24（Constin氏）2011/9/10-10/08（Perry氏）  
森林総研 REDD+セミナー：2011/2/7-2/8（Constin氏、Bruno氏）  
集団研修「森林リモートセンシング」2012/7/3-2012/8/18（Patrick Nimiago氏）  
集団研修「国家森林モニタリング」2012/5/14-2012/7/6（Elizabeth氏）  
森林総研短期専門家研修「地下バイオマス調査」2012/9/3-9/13（原口参加）

※環境プログラム無償技術支援として、以下の本邦研修を実施している  
本邦研修「大量画像処理に向けたリモートセンシング1」（Perry氏、Rabbie氏）  
本邦研修「大量画像処理に向けたリモートセンシング1」（Samuel氏、Patrick Laa氏）

JICA 技プロの国際航業受託分の研修内容については「第3章 活動の進捗状況」で記載。  
環境プログラム無償分は環境プログラム無償技術支援業務実施の進捗報告書に記載予定。

### 4.2 ワークショップ

MRV デザインワークショップ（OCCD 主催）：2011/6/27～6/29（3日間）  
UN-REDD Inception Workshop：2011/7/12-7/13（2日間）  
森林公社総裁プロジェクト説明会：2011/11/3  
PNGFA-JICA ワークショップ1：2012/3/13-15（3日間）  
PNGFA 職員気候変動／REDD+啓蒙ワークショップ：2012/3/16-3/19（3日間）  
大洋州共同体ワークショップ：2012/6/18-22（5日間）※環プロ無償技術支援として参加  
National Forest Inventory ワークショップ（UN-REDD/FAO 支援）：2013/2/13-15（3日間）  
PNGFA-JICA ワークショップ2：2013/3/4-8（5日間）

(1) PNGFA-JICA ワークショップ1 : GPS イントロダクション & GIS デモ

● ワークシッブスケジュール

Date	Time	Activities	Presenter (Rapporteur), etc.	MC	
Mon 12		(Participants come to POM) Meet participants at the airport	Samuel, Rabbie, James		
Tue 13	<b>Grant Aid Equipment Commissioning Ceremony</b>				
	10:00-10:15	Opening Remarks	a/MD: Mr. Goodwill Amos	Dr. Turia	
	10:15-10:25	Address by the Japanese ambassador	Japanese ambassador		
	10:25-10:40	Introduction of equipment	JICS: Ajioka		
	10:40-10:50	Presentation for purpose of Grant Aid equipment	KKC: Haraguchi		
	10:50-11:20	Allocation of Laptop and GPS	Constin		
	11:20-11:25	Closing	Dr. Turia		
	11:30-13:00	(Lunch)			
	<b>PNGFA-JICA Project Workshop</b>				
	13:00-13:10	Opening Remarks	Dr. Turia	Samuel	
	13:10-13:30	Concept of Workshop	Constin		
	13:25-13:30	Q & A	Constin (Gewa)		
	13:30-14:00	Concept of REDD+ and PNGFA REDD Pilots	Gewa Gamoga		
	14:00-14:20	Q & A	Gewa Gamoga (Constin)		
	14:20-14:30	(Break)			
	14:30-15:20	Concept of JICA/PNGFA Project	Haraguchi		
	15:20-15:40	Q & A	Haraguchi (Gewa)		
15:40-16:00	1st day wrap-up	Constin			
Wed 14	<b>GPS Training</b>				
	9:30-10:10	Introductory lecture on GPS - What's GPS ? -	Perry	John	
	10:10-10:20	Q&A	Perry (Haraguchi)		
		(Break)			
	10:30-12:00	Hands-on training of GPS use	(*) Main: Patrick		
	12:00-13:00	(Lunch)			
	<b>GIS Training</b>				
	13:00-13:40	Introductory lecture on GIS - What's GIS ? -	Perry		
	13:40-13:50	Q&A	Perry (Haraguchi)		
	13:50-14:30	Introductory practical lecture on Arc GIS by using ArcGIS tutorial book	Haraguchi		
	14:30-14:40	Q&A	Haraguchi (Perry)		
	14:40-14:50	(Break)			
	14:50-16:00	Hands-on training of GPS and PC connection	Same as above (*)		
15:40-16:00	2nd day wrap-up	Constin (Perry)			
Thu 15	<b>Practical Training</b>				
	9:00-12:00	Short demonstration and exercise of ground truthing for Remote Sensing in PNGFA	Same as above (*)	Margaret	
	12:00-14:00	(Lunch)			
	14:00-15:00	Hands-on training of GPS and PC connection (II)	Haraguchi, Kawai, Patrick, Samuel, Rabbie		
	15:00-15:30	Q & A, Wrap Up	Patrick, Samuel, Rabbie (Rabbie)		
	15:30-15:45	Break			
	<b>Evaluation and Closing</b>				
	15:45-16:15	Quizz Session	Watanabe, Suzuki (Suzuki)	Ledino	
	16:15-16:30	Participants evaluation	Watanabe, Suzuki (Suzuki)		
16:30-16:50	Workshop Wrap Up	Constin (Margaret)			
16:50-17:00	Closing	Dr. Turia (Margaret)			

● 参加者リスト

NO.	NAME	POSITION/TITLE	DIRECTORATE/WORK LOCATION
1	Dr. Ruth Turia	Director, FPPD	FPPD, HQ, Port Moresby
2	Constin Bigol	Manager, Inventory & Mapping Branch	FPPD, HQ, Port Moresby
3	Perry Malan	Senior Cartographer	FPPD, HQ, Port Moresby
4	Patrick La'a	Cartographer	FPPD, HQ, Port Moresby
5	Ledino Saega	Senior Inventory Officer	FPPD, HQ, Port Moresby
6	Samuel Gibson	Inventory Officer	FPPD, HQ, Port Moresby
7	John Worimbangu	Senior Forest Plans Officer	FPPD, HQ, Port Moresby
8	Rabbie Lalo	Data Analyst	FPPD, HQ, Port Moresby
9	Gewa Gamoga	Climate Change Officer	FPPD, HQ, Port Moresby
10	Goodwill Amos	Manager – REDD & Climate Change	FPPD, HQ, Port Moresby
11	Ori Renagi	Inventory & Mapping Officer – Southern	FSD, Area Office – Port Moresby
12	Mary Betuels	Area Manager – Southern	FSD, Area Office – Port Moresby
13	John Orabi	Coordinator – Field Mobile Squad	FSD, HQ/Port Moresby
14	Dibela Noel	PFO – Alotau	FSD, Alotau, Milne Bay
15	Kevin Turburat	Inventory & Mapping Officer – Momase	FSD, Area Office – Lae, Morobe
16	Vincent Batau	Area Manager – Momase	FSD, Area Office – Lae, Morobe
17	Steven Saki	Forest officer	FSD, Vanimo, Sandaun
18	Kenneth Mamu	Project Supervisor – Madang	FSD, Madang
19	Leon Jerry Laki	Monitoring Officer	FSD, Madang
20	Richard Kali	PFO – Wewak	FSD, Wewak, ESP
21	Elizabeth M'Buleau	Inventory & Mapping Officer	FSD, NGI, ENBP
22	Ludwig Gunan	Area Manager – NGI	FSD, NGI, ENBP
23	Peter Lat	Inventory & Mapping Officer – Area West	FSD, Area West, WNBPN
24	Jerry Kowin	Area Manager – Area West	FSD, Area West, WNBPN
25	Rahab Ponoluh	Monitoring Officer	FSD, Asengseng, WNBPN
26	Timothy Palpali	Inventory & Mapping Officer	FSD, Area Office Highlands, EHP
27	Anda Akivi	Area Manager – Highlands	FSD, Area Office Highlands, EHP
28	Jim Williams	Plantation Officer	FSD, Area Office Highlands, EHP
29	Patrick Nimiago	Program Leader – Natural Forest Management	FRI – Lae
30	Bruno Kuroh	Ecologist – Growth & Yield	FRI – Lae
31	Miller Ka	Senior Ecologist	FRI – Lae
32	Prof. Simon Saulei	Director	FRI – Lae
33	Prof. Pal	HOD – Lands & Surveying Dept.	Unitech, Lae
34	Dr. Lopez	Lecturer – Forestry Department	Unitech, Lae
35	Dr. Phil Shearman	Remote Sensing Center	UPNG
36	Pro.Kaluwin Chalapan	HOD – Environmental Science & Geography	UPNG
37	Ms. Regina Kiele	Lecturer – GIS/Remote Sensing	UPNG
38	Joe Pokana	Senior Policy Analyst MRV	OCCD
39	Gerard P Natera	Manager – GIS Branch	DEC
40	Fredrick Ohmana	GIS Technical Officer – Land Use	DEC
41	James Sabi	Manager – TEM	DEC
42	Mika Andrew	Chief Land User Officer	DAL
43	Kenneth Nobi	RIO-DAL	DAL
44	Roger Suat	RIO-DAL	DAL
45	Stanely Oa	Senior Soil Scientist	DAL
46	Dai Nohokau	Officer FMA	FPPD, HQ, Port Moresby
47	Tatsuya Watanabe	Chief Technical Advisor	JICA
48	Kiyoshi Suzuki	Advisor/Forest Survey	JICA
49	Masamichi Haraguchi	Consultant, Team Leader	KKC (Kokusai Kogyo Co., Ltd)
50	Masaki Kawai	Consultant, Remote Sensing	KKC (Kokusai Kogyo Co., Ltd)

(2) PNGFA-JICA ワークショップ2:GIS & グラントゥルース

● ワークショップスケジュール

Date	Day	Time	Activities	Venue	Materials/Equipments	Officer in charge	Rapporteur
3-Mar	Sun		Travel to POM				
4-Mar	Mon		<WS Day 1>				
			<b>Introduction of the workshop</b>				
			(MC: Mr. Constin Bigol)				
		9:00 - 9:10	Opening Remarks	Board room		PNGFA - Dr.Turia	Margaret
		9:10 - 9:25	Explanation of concept note	Board room	Concept note	JICA - Watanabe	Margaret
		9:25 - 9:40	Explanation of overall schedule	Board room	Schedule table	JICA - Suzuki	Margaret
		9:40 - 10:20	Brief explanation of JICA project and Japanese Grant Aid Programme	Board room	Presentation	KKC - Haraguchi	Margaret
			<b>GIS hands-on training</b>				
		10:35 - 12:15	How to open and view various images/maps	I & M Branch	Simple manual for GIS	PNGFA - Perry/Patrick	
			(Lunch time)				
		13:15 - 14:30	How to print out various images/maps	I & M Branch	Simple manual for GIS	PNGFA - Perry/Patrick	
		14:45 - 16:00	How to overlay various images/maps on ArcGIS	I & M Branch	Simple manual for GIS	PNGFA - Perry/Patrick	
5-Mar	Tue		<WS Day 2>				
		8:30 - 10:00	Review exercise of GPS training on March 2012	I & M Branch, Parking	Revised manual for GPS	PNGFA - Patrick/Perry	
		10:15 - 11:45	How to put GPS footprints and photographs as a layer on ArcGIS	I & M Branch	Simple manual for GIS	PNGFA - Patrick/Perry	
		11:45 - 12:15	Points to be attentioned when viewing images/maps	I & M Branch		KKC - Haraguchi	
			(Lunch time)				
			<b>Orientation for Field Verification</b>				
			(MC: Mr. Perry Malan)				
		13:15 - 13:35	Overview of forest classification in PNG (FIMS)	Board room	Presentation	PNGFA - Constin	Margaret
		13:35 - 14:20	Development of forest base map, What forest base map shows	Board room	Presentation	PNGFA - Rabbie/Elizabeth	Margaret
		14:20 - 14:50	Development of Forest Resource Information Management Data Base	Board room	Presentation	KKC - Ishii	Margaret
		15:10 - 15:35	Scope of field verification and its workflow	Board room	Presentation	JICA - Suzuki	Margaret
		15:35 - 16:00	Instruction of field work	Board room	Report sheet	PNGFA - Samuel/Rabbie	Margaret
6-Mar	Wed		<WS Day 3>				
			<b>Trial of Field Verification</b>				
		8:00 - 14:00	Trial of field verification (Field data collection) (incl. lunch)	Sites located near POM	Garmin GPS, Report sheet	PNGFA - Samuel/Rabbie	
		14:30 - 16:30	Examination of collected data and data entry	I & M Branch		CP Team/JICA/KKC	
7-Mar	Thu		<WS Day 4>				
		8:30 - 9:00	Ground truth of remote sensing	I & M Branch	Presentation	KKC - Haraguchi	Elizabeth
		9:00 - 9:30	Overview of supervised classification and its workflow	I & M Branch	Presentation	KKC - Haraguchi	Elizabeth
		9:30 - 10:00	Discussion on field verification workflow	I & M Branch		KKC - Haraguchi	Elizabeth
			<b>Verification of draft forest base map</b>				
		10:15 - 10:45	How to conduct verification of draft forest base map	I & M Branch	Simple manual for verification	KKC - Kawai	
		10:45 - 12:00	Exercise of verification of draft forest base map	I & M Branch		CP Team/JICA/KKC	
			(Lunch time)				
		13:00 - 16:00	Exercise of verification of draft forest base map (continue)	I & M Branch		CP Team/JICA/KKC	
8-Mar	Fri		<WS Day 5>				
		8:30 - 12:30	Exercise of interpretation card work	I & M Branch	Manual for IC work	CP Team/JICA/KKC	
			(Lunch time)				
		13:30 - 13:45	Forestry and climate change framework for action	I & M Branch		PNGFA - Mr. Goodwill Amos	
		13:45 - 14:45	Discussion on draft forest base map	I & M Branch		KKC - Haraguchi/Kawai	Elizabeth
		15:00 - 15:30	Question and answer	I & M Branch		JICA/KKC	Elizabeth
		15:30 - 16:00	Evaluation	I & M Branch	Questionnaire	JICA - Watanabe/Suzuki	
		16:00 - 16:15	Closing	I & M Branch		PNGFA - Dr. Turia	
9-Mar	Sat		Travel back to respective province				

● ワークショップ参加者リスト

No.	Names	Organization	Location
1	Ori Renagi	PNGFA	Area Office - Southern
2	Mosa Sipara	PNGFA	Area Office - Southern
3	Kevin Turbarat	“	Area Office - Momase
4	Steven Ira	“	Area Office - Momase
5	Vesters Palo	“	Area Office - NGI East
6	Wan Ruin	“	Area Office - NGI East
7	Clive Sewelu	“	Area Office - West
8	Bernard Tewi	“	Area Office - West
9	Timothy Palpali	“	Area Office - Highlands
10	Yanda Sila	PNGFA	Bulolo Plantations
11	Kipiro Damas	PNGFA/ FRI	FRI - Lae
12	Agnes Sumareke	PNGFA /FRI	FRI - Lae
13	Tiberius Jimbo	PNGFA/FRI	FRI-Lae

※ 森林公社本部職員、JICA 長期専門家、コンサルタントは除く

## 第5章 その他

### 5.1 機材調達

#### (1) Rapid Eye (5,000km<sup>2</sup>)

表 5-1 RapidEye 調達リスト

ID	撮影日	タイル ID
2010-09-20T012202_RE2_3A-NAC_7257468_119356	2010年9月20日	5634301
2010-09-20T012202_RE2_3A-NAC_7257469_119356	2010年9月20日	5534328
2010-09-20T012203_RE2_3A-NAC_7257471_119356	2010年9月20日	5534327
2010-09-20T012206_RE2_3A-NAC_7257360_119356	2010年9月20日	5534228
2010-09-20T012206_RE2_3A-NAC_7257361_119356	2010年9月20日	5634201
2010-09-20T012206_RE2_3A-NAC_7257520_119356	2010年9月20日	5534227
2010-09-20T012209_RE2_3A-NAC_7257467_119356	2010年9月20日	5534128
2010-09-20T012209_RE2_3A-NAC_7257470_119356	2010年9月20日	5634101
2010-09-20T012210_RE2_3A-NAC_7257519_119356	2010年9月20日	5534127
2010-11-09T010945_RE5_3A-NAC_7259127_119356	2010年11月9日	5634403
2010-11-09T010948_RE5_3A-NAC_7259047_119356	2010年11月9日	5634303
2010-11-09T010955_RE5_3A-NAC_7259048_119356	2010年11月9日	5634103
2010-11-09T010955_RE5_3A-NAC_7259185_119356	2010年11月9日	5634102
2010-11-10T011256_RE1_3A-NAC_7258669_119356	2010年11月10日	5634402
2010-11-10T011256_RE1_3A-NAC_7258671_119356	2010年11月10日	5634401
2010-11-10T011257_RE1_3A-NAC_7258670_119356	2010年11月10日	5534428
2010-11-10T011259_RE1_3A-NAC_7258667_119356	2010年11月10日	5634302
2010-11-10T011303_RE1_3A-NAC_7258668_119356	2010年11月10日	5634202
2011-03-01T012208_RE2_3A-NAC_7258165_119356	2011年3月01日	5534427
2011-03-20T012118_RE2_3A-NAC_7272297_119356	2011年3月20日	5634203
2011-03-20T012118_RE2_3A-NAC_7272299_119356	2011年3月20日	5634202



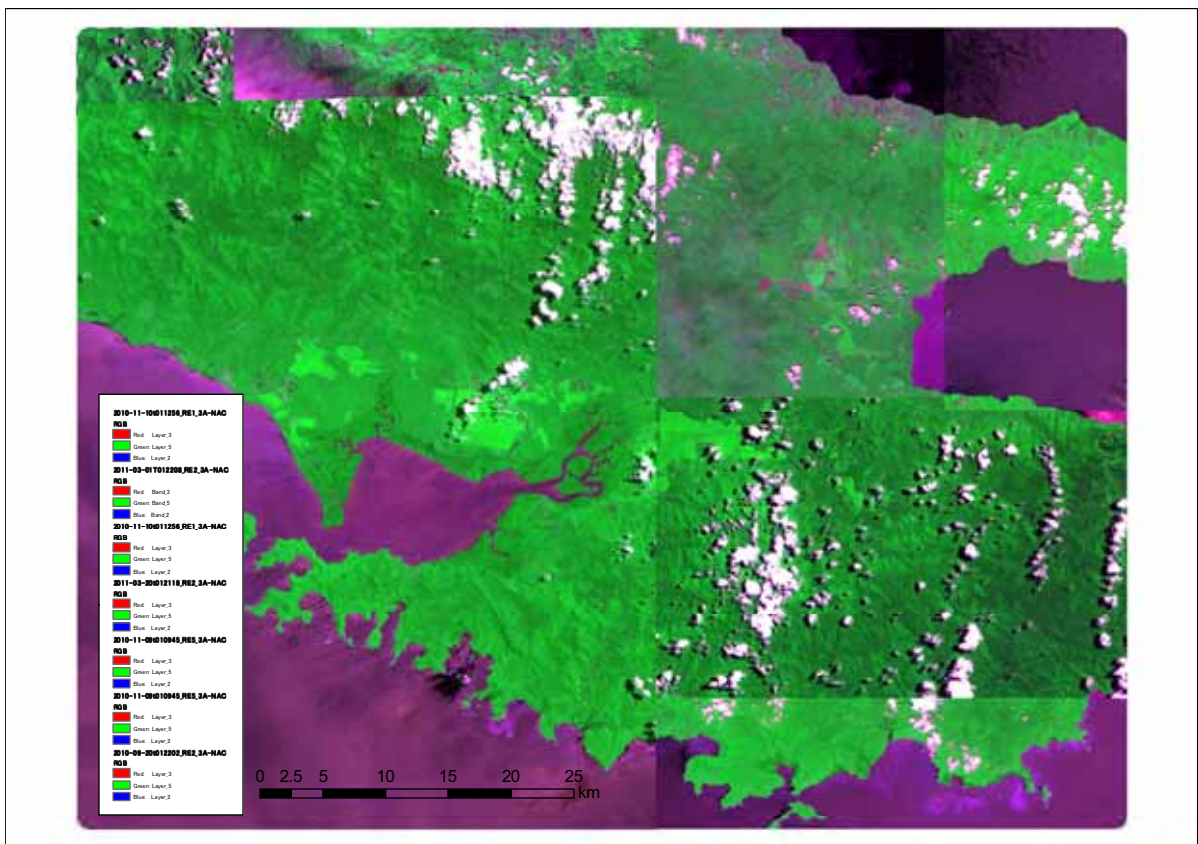
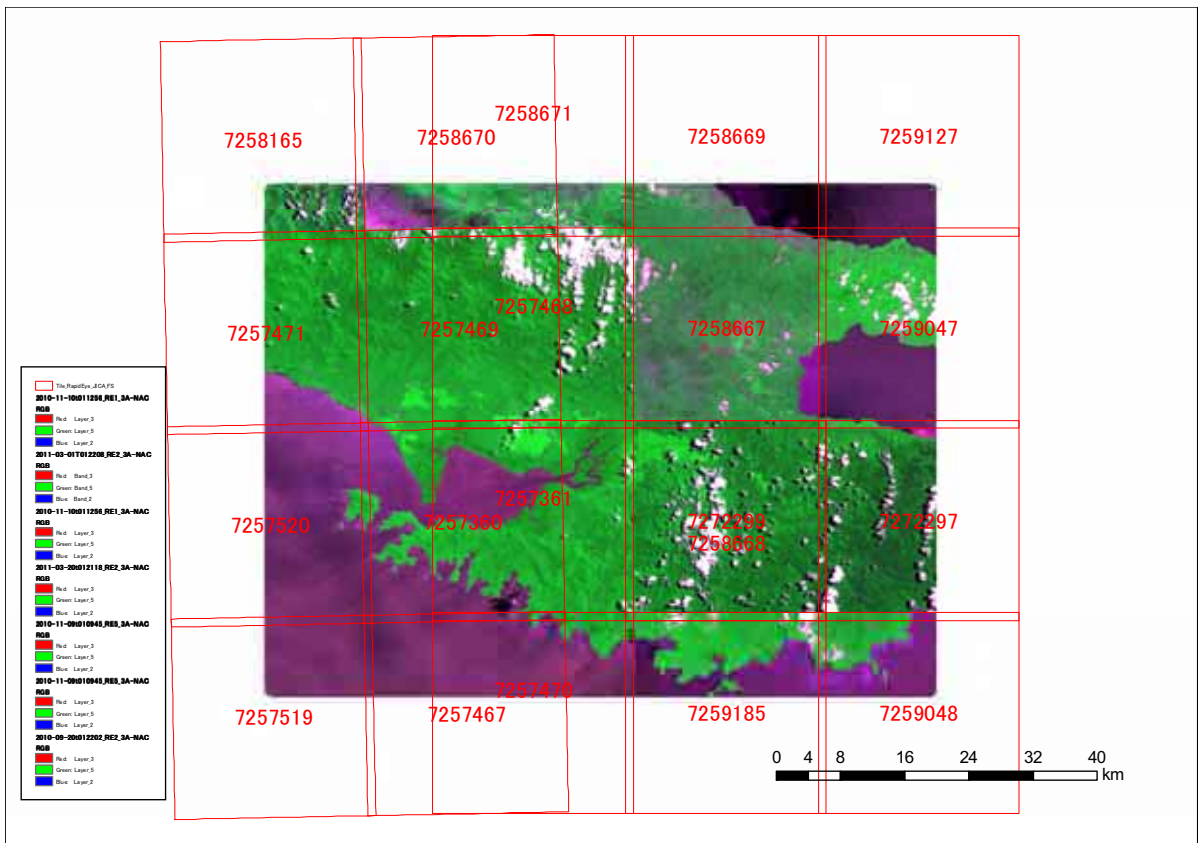


図 5-1 Rapid Eye 2010(5,000km2)

(2) PALSAR (2007, 2010 各4シーン)

■ PALSAR\_2007

表 5-2 PALSAR 2007 調達リスト:高分解能モード2偏波(FBD)

ID	撮影日	軌道	備考
PASL1100707251252371109050001	2007年7月25日	上昇(Asc)	東側の Path/南側の Row
PASL1100707251252451109050002	2007年7月25日	上昇(Asc)	東側の Path/北側の Row
PASL1100708111254441109050003	2007年8月11日	上昇(Asc)	西側の Path/南側の Row
PASL1100708111254521109050004	2007年8月11日	上昇(Asc)	西側の Path/北側の Row

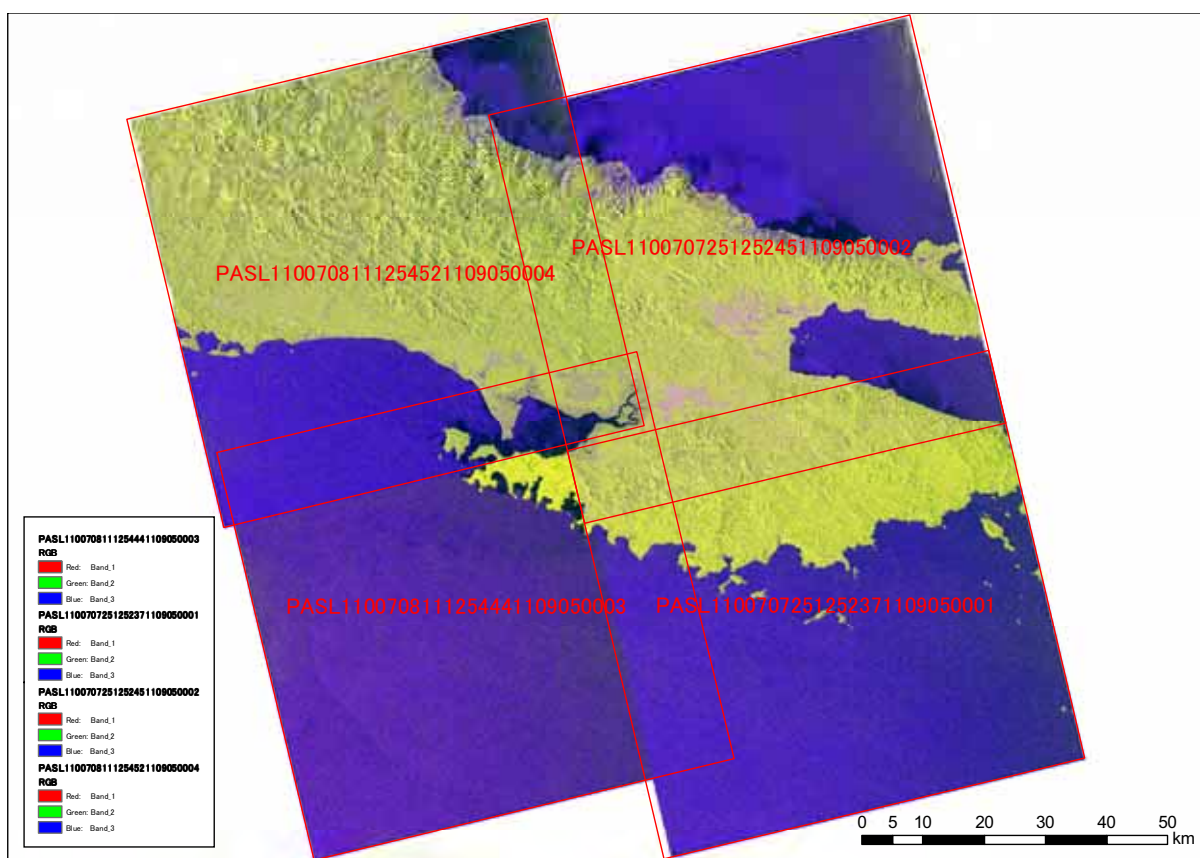


図 5-2 PALSAR 2007(R:HH G:HV B:HH/HV)

■ PALSAR 2010

表 5-3 PALSAR 2010 調達リスト:高分解能モード2偏波(FBD)

ID	撮影日	軌道	備考
PASL1101008021252391109050005	2010年8月02日	上昇(Asc)	東側の Path/南側の Row
PASL1101008021252471109050006	2010年8月02日	上昇(Asc)	東側の Path/北側の Row
PASL1101008191254351109050007	2010年8月12日	上昇(Asc)	西側の Path/南側の Row
PASL1101008191254441109050008	2007年8月11日	上昇(Asc)	西側の Path/北側の Row

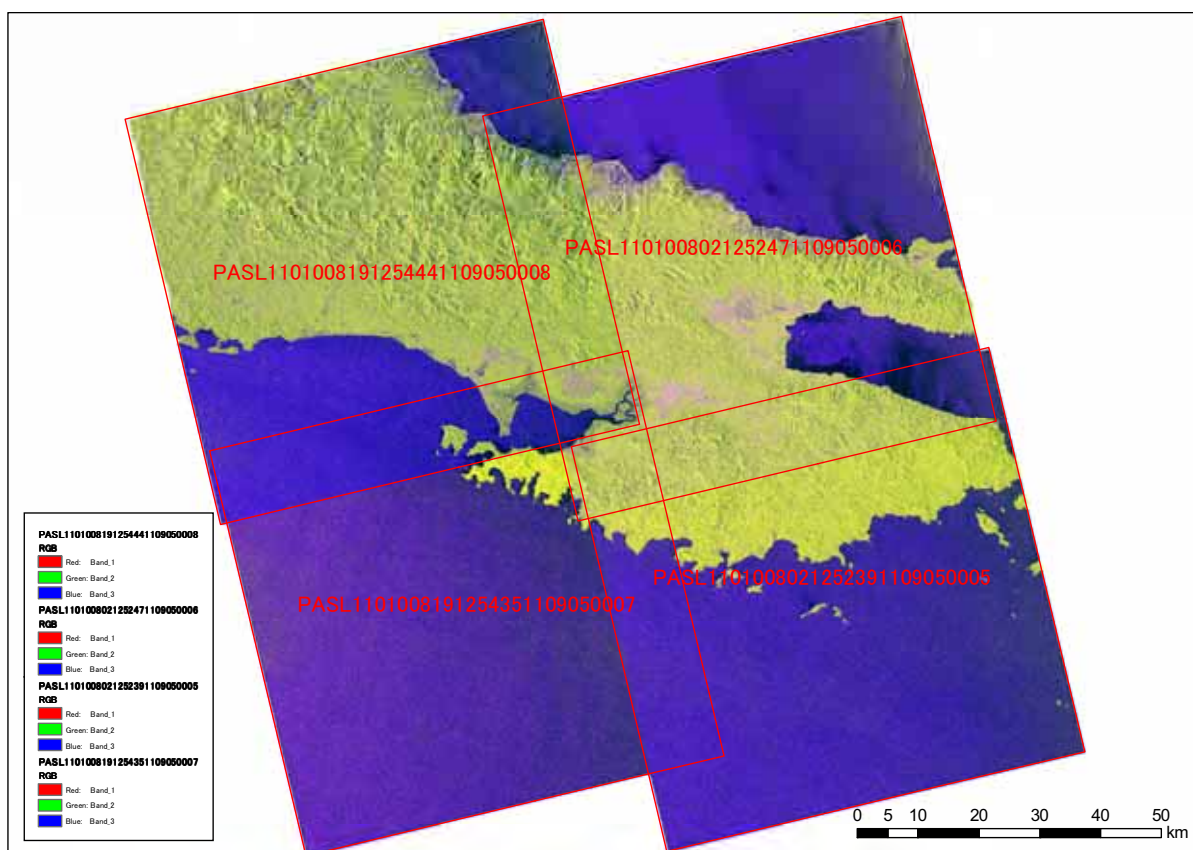


図 5-3 PALSAR 2010(R:HH G:HV B:HH/HV)

(3) GeoEye-1 (56km<sup>2</sup>)

表 5-4 GeoEye-1 調達リスト

ID	撮影日	備考
po_884867_pan_0000000	2010年6月12日	パンクロマティック
po_884867_blu_0000000	2010年6月12日	マルチ(青)
po_884867_grn_0000000	2010年6月12日	マルチ(緑)
po_884867_red_0000000	2010年6月12日	マルチ(赤)
po_884867_nir_0000000	2010年6月12日	マルチ(近赤外)

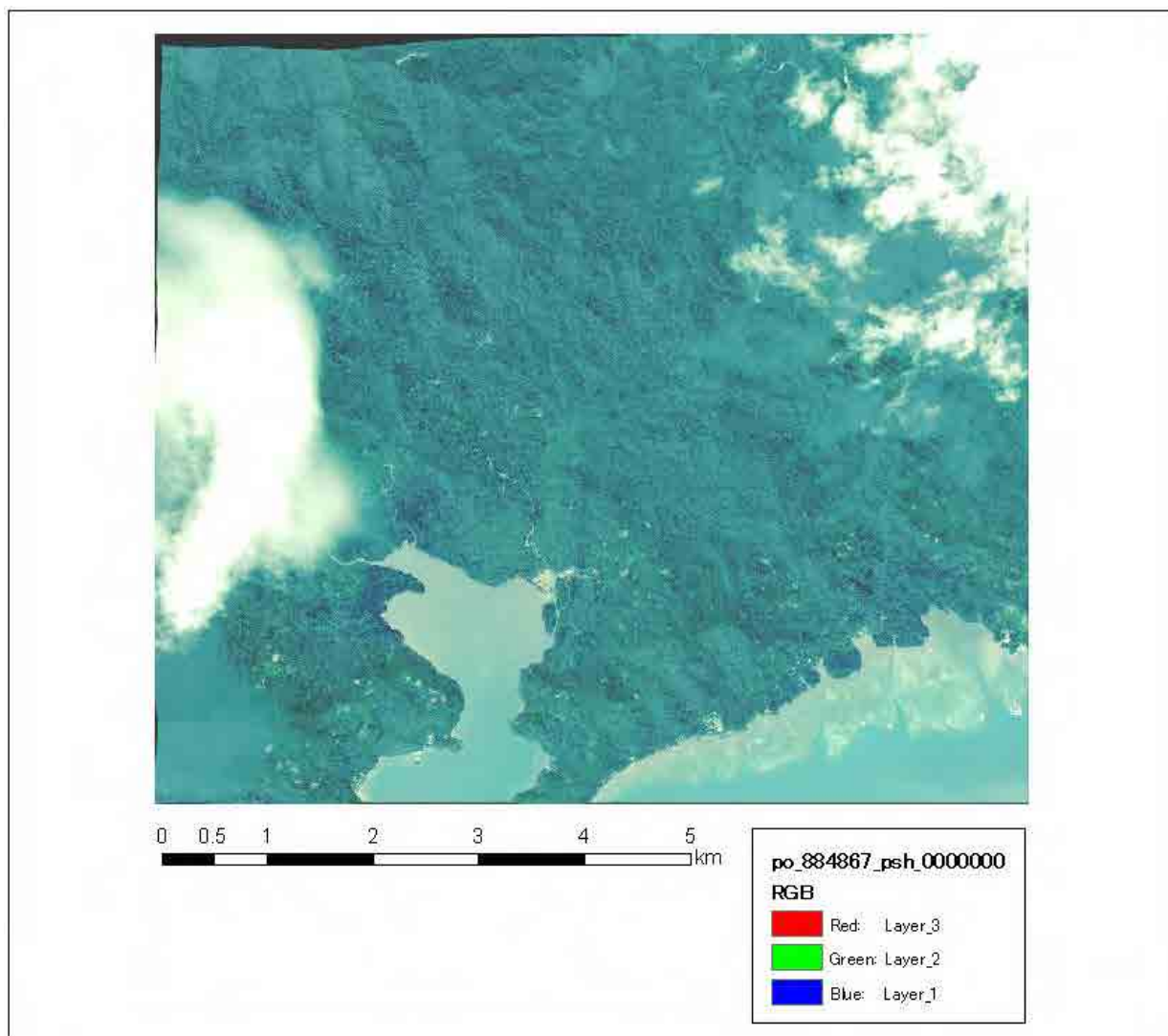


図 5-4 GeoEye-1 (56km<sup>2</sup>)

Grant Aid for Environment and Climate Change  
for the Independent State of Papua New Guinea

## - The Forest Preservation Programme -

April, 2011

JICS: Japan International Cooperation System  
Kokusai Kogyo Co., Ltd (Consultant)

### Forest Preservation Programme (FPP) Grant Aid Objective Components

#### Objectives

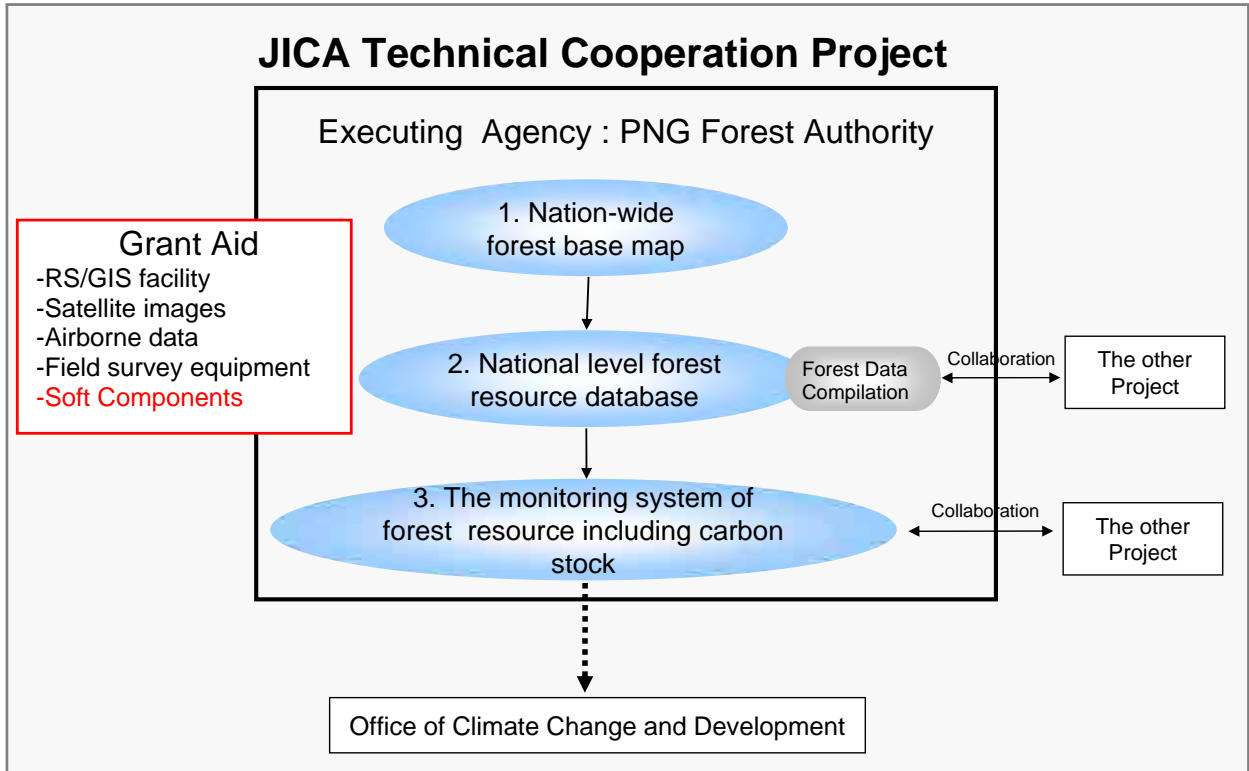
- 1) Forest Basemap Development
- 2) Forest State Monitoring

To Implement

#### Components

- 1) Equipment Procurement
  - **Items & Numbers** are proposed from JICS/consultant based on the application from PNGFA (July,2010) and the result of discussion (December,2010)
  - Item & Numbers (draft) **will be decided at the committee**
- 2) Soft Component (Technical Assistance)
  - **Scope & Activities** to go will be discussed between PNGFA & JICS/consultant based on the equipment procurement agreement
  - Deep/Close **discussion with JICA** Technical Cooperation for detail plan

# JICA Technical Cooperation Project & Grant Aid “Forest Preservation Programme”



## Forest Preservation Programme (FPP) Grant Aid Schedule (Tentative)

	2010							2011									2012
	3	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	3
E/N	▼																
A/A		▼															
Detail Design Study						■											
Internal Analyzing / Preparing Tender Doc							▬										
Selection of the goods											▼						
Consultative Committee											▼						
Finalizing Tender Doc												▬					
Posting of GPN													▬				
Distribution of Tender Documents														▬			
Tender Opening															▼		
Tender Evaluation																■	
Conclusion of Contract																▽	
Manufacturing Lead Time																▬	
Transportation																▬	
Arrival of the goods																▼	▼
Payment																▼	▼

## Applied & Proposing Equipments: A) GIS related

Item		Remarks
A) GIS related equipment; hardware/software		
A-1	Computer Hi-Tech (GIS Capacity)	Desktop PC
A-2	Laptop	Laptop PC
A-3	GPS (Mobile Mapper)	Portable GPS
A-4	A3 Printer (Color)	
A-5	A3 Scanner	
-	A1 Scanner	
A-6	A0 Scanner	
A-7	A0 Plotter	
A-8	Data Server	
-	ER Mapper license & backup software	Included in ERDAS Pro.
A-9	ERDAS	Level & Extensions
A-10	eCognition	Several license type
A-11	ArcGIS license	Level & Extensions
A-12	ArcGIS Server	For Web data-sharing
A-13	Database Management System	MS SQL Server
A-14	Integrated Development Environment	MS Visual Studio
A-15	MapInfo Upgrade	Minimum upgrade
-	Satellite Imagery (SPOT/ALOS)	No archive
A-16	Satellite Imagery 2010 (ALOS/PALSAR)	332 scene (tentative)
A-17	Satellite Imagery 2010 (RapidEye)	1055 tile
A-18	Satellite Imagery 2007 (ALOS/PALSAR)	332 scene (tentative)
A-19	Airborne RADAR Data	DTM & DSM
A-20	Airborne LiDAR Data	Validation/verification

5

## Applied & Proposing Equipments: B) Surveying C) Others

Item		Remarks
B) Surveying (Ground Truthing)		
B-1	Compass	
B-2	Clinometer	
B-3	Diameter Tape (10m)	
B-4	Distance Tape (100m)	
B-5	Distance Tape (50m)	
B-6	Digital Camera	
B-7	Wedge Prism (Angle Count) Factor 1 & 2	
-	Realacope	Unable to procure JPN/PNG
B-8	Hypsometer	Substitute of Realacope
-	Chain (elastic)	same with distance tape (Fibre)
B-9	Wood density measurement	Desitometer
C) Other Equipments		
C-1	Storage	
C-2	Cabinet (with longitudinal doors)	
C-3	Cabinet (with horizontal drawers)	
C-4	Multimedia Projector	Not include mic
C-5	Portable Generator	

6

# Forest Monitoring: Overall Concept

## Background & Needs

National Level Forest Resource Monitoring  
Forest Resource Basemap for Biomass/Carbon Estimation

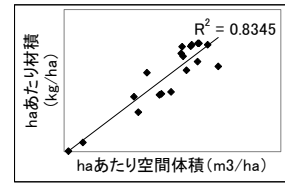
## Challenges & Countermeasures

Overall Comprehension using Radar Satellite (ALOS/PALSAR)  
Biomass/Carbon Modeling & Estimation by Sampling Analysis

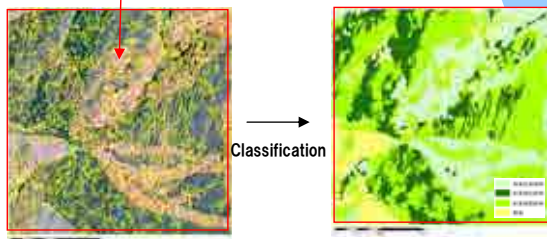
### National Level Forest Monitoring with Radar Satellite



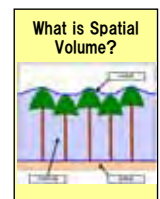
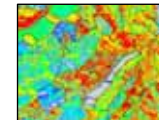
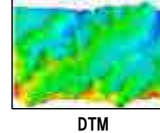
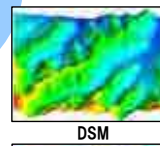
### Biomass/Carbon Modeling based on Spatial Volume



### Forest Basemap Development with Optical Satellite



### Sampling Analysis for Spatial Volume Estimation



2D: Area of Forest/Vegetation Type

3D: Spatial Volume for Carbon

7

# Forest Monitoring: Benchmark Map & Change Detection

## Background & Needs

Accurate Forest Base-map for Forest Management & Development Planning  
Sustainable Monitoring System for Forest Change (Deforestation) Detection

## Challenges & Countermeasures

Developing Forest Base-map with Constellation of Optical Satellites  
Change Detection with Multi-temporal Radar Image (ALOS/PALSAR)

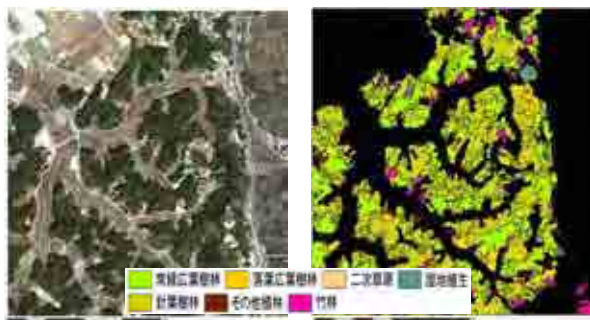
### Constellation of Optical Satellites



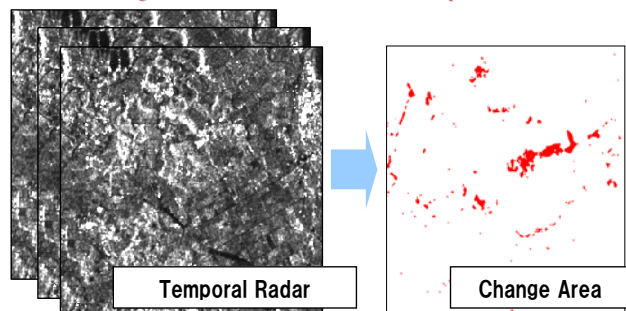
### Weather-independent of Radar Satellite



### Vegetation Type Classification for Forest Benchmark map



### Change Detection with Multi-temporal Radar



Benchmark Map by Optical Satellite

Change Detection by Radar Satellite

8



# Target Analysis for Forest Monitoring in PNG

**【To-Be】**  
1. National forest resource basemap is developed & utilized

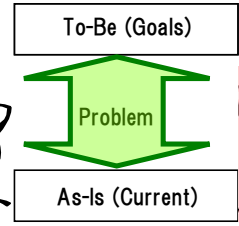
**【To-Be】**  
2. National level forest resource GIS/Database is developed & utilized

**【To-Be】**  
3. Carbon/Biomass stock is estimated for

**【Problem】**  
-PNGFA does not have data and facility to develop  
-Need time to develop national level map

**【Problem】**  
-The work flow does not fit with FIMS any more  
•Existing data are not well compiled into the system

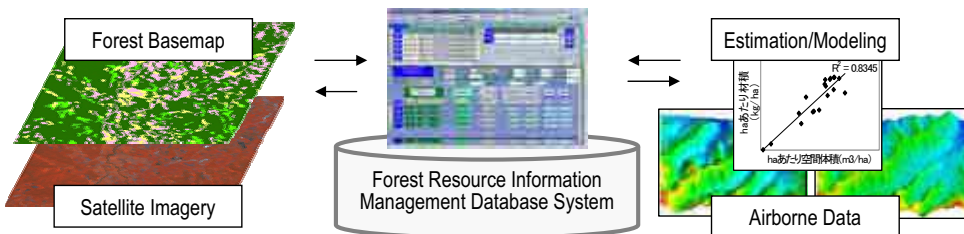
**【Problem】**  
-More than 90 % of PNG land is customary land  
•No access road to do field survey for whole country



**【As-Is】**  
1. National level forest basemap is not developed since 1972

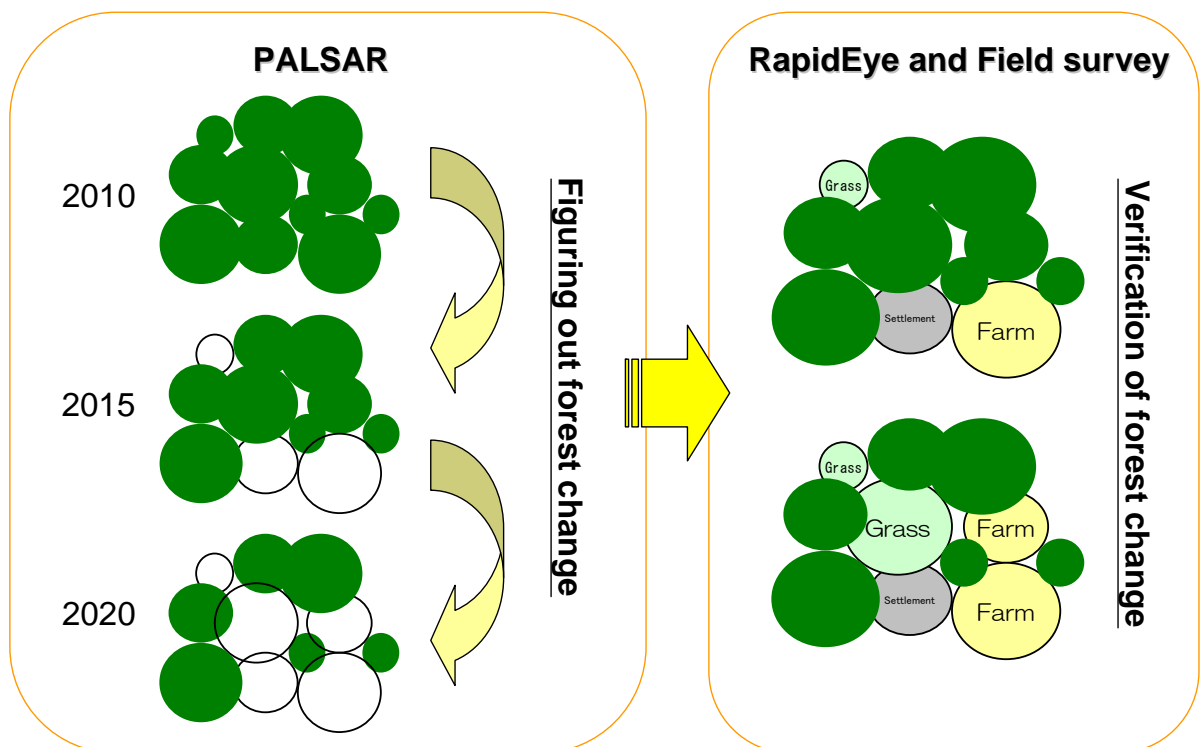
**【As-Is】**  
2. FIMS (Forest Inventory Mapping System) is not updated since 1998

**【As-Is】**  
3. Carbon stock estimation is necessary but no good data for it


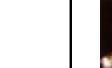




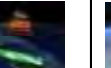




# Basic Concept for Forest Monitoring

- Proposed monitoring system -



## Satellite Imagery Comparison

Satellite	Terra (Aqua)		LANDSAT(5/7)		ALOS			SPOT(2/4/5)	RapidEye
Sensor	MODIS (Optical)	ASTER (Optical)	TM (Optical)	ETM+ (Optical)	PRISM (Optical)	AVNIR-2 (Optical)	PALSAR (Radar (SAR))	HRVIR (Optical)	RapidEye (Optical)
Overview									
Resolution	250m (Visible - Near-infrared) 500m (Visible - Shortwave infrared) 1,000m (Visible - Thermal infrared)	15m (Visible - Near-infrared) 30m (Shortwave infrared) 90m (Thermal infrared)	30m (Visible - Short-wave infrared) 120m (Thermal infrared)	15m (Panchromatic) 30m (Visible - Shortwave infrared) 60m (Thermal infrared)	2.5m (Panchromatic)	10 m (Visible - Near-infrared)	10m (High resolution) 25m (Multiple polarizations) 100m (Wide area observation)	2.5m/5 m (Panchromatic) 10m (Visible - Near-infrared) 20m (Mid-infrared)	6.5m (Multi spectral) 5m (After resampling)
Swath width	2,330km	60km	185km	185km	70km (Nadir) 35km (Triplet)	70 km (Nadir)	700m (High resolution) 20km (Multiple polarizations) 250~350km (Wide observation area)	60km	78km
Revisit cycle /Frequency	16 days /Daily	16 days	16 days	16 days	46 days	46 days /Within 3 days	46 days	26 days /Within 3 days	5 days
Providing Agency	JAXA	ERSDAC	USGS		RESTEC			Tokyo SPOT Image K.K.	Japan Space Imaging Co.
Web site	<a href="http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEQ/S/mod_nrt/index.html">http://kuroshio.eorc.jaxa.jp/ADEQ/S/mod_nrt/index.html</a>	<a href="http://imsweb.asr.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu.i.htm">http://imsweb.asr.ersdac.or.jp/ims/html/MainMenu/MainMenu.i.htm</a>	<a href="http://earthexplorer.usgs.gov">http://earthexplorer.usgs.gov</a>		<a href="https://cross.restec.or.jp/">https://cross.restec.or.jp/</a>			<a href="http://sirius.spotimage.fr/PageSearch.aspx?language=UK">http://sirius.spotimage.fr/PageSearch.aspx?language=UK</a>	<a href="http://www.spacimaging.co.jp/">http://www.spacimaging.co.jp/</a>
Features	Able to make observations on a daily basis.	Equipped with a number of bands. Have proven past results in resource exploration and vegetation analysis.	Able to make observations for a relatively wide area with high resolution. Have proven past results in land-use map development.	Equipped with TM and panchromatic sensors.	Able to conduct Triplet/Nadir & Backward stereo observations.	Able to make observations for emergent situations using pointing function.	Equipped with an all-weather sensor.	Commercialization in combination with DEM. Guarantee of quality.	Equipped with Red edge band, which is highly reactive to chlorophyll.
Notes				Data gaps are included because the sensor was broken in July, 2003.				Prices are high because satellites are commercial.	

## Satellite & Airborne Characteristic

Type	Satellite/Sensor	Advantage	Disadvantage	Usage
Mid Resolution	LANDSAT	Free, archive, wide coverage	Limitation of interpretation/classify	Analysis in the past
National Level	ALOS/ PRISM&AVNIR2	Good panchro resolution, value added service	Pan & MS are different sensor	National level development
	SPOT5	Comparing with past, abundant archive	Expensive (cmp. to ALOS), No blue band	National level development /partly update
High Resolution	RapidEye	Quick collection, Good MS resolution, RedEdge band	No Pan imagery, few archive imagery, no experiences, sub-distributor system	Urgent/Short term development (new tasking)
Very High Resolution (VHR)	QuickBird GeoEye	Possible to interpret tree kinds, village roads	Expensive, impossible to cover national level	Field survey complement, modeling validation
Airborne	LiDAR	DSM & DTM, high accuracy	Hilly area or high density area	Contribution for tree stand volume table
Radar/ SAR	ALOS/ PALSAR	Regularly, assured collection, strong for change detection	Limitation for using in mountain area	Regularly change monitoring

## ALOS Information

- ✓ **Launch:**  
Jan. 24, 2006 by H-2A Rocket #8  
> exceed 4 years celebration

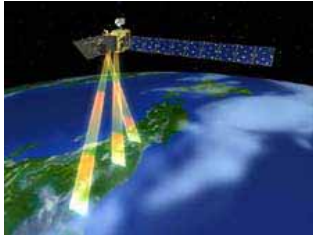
- ✓ **Objectives:**
  - Cartography (1/25,000 scale)
  - Regional environmental monitoring
  - Disaster monitoring, etc.

- ✓ **Three mission instruments:**
  - PRISM, AVNIR-2, PALSAR



### PRISM

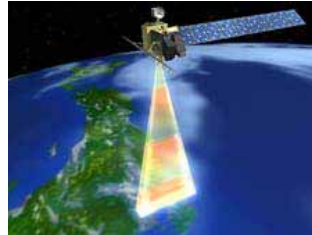
Panchromatic Remote sensing Instrument for Stereo Mapping



PRISM can acquire triplet stereo imageries by nadir-, forward, and backward-radiometers with 2.5m spatial resolution in 35km wide swath.

### AVNIR-2

Advanced Visible and Near-Infrared Radiometer type 2



AVNIR-2 can observe with 10m resolution in 70km swath, and it can be changed the observation area by pointing capability within +/-44 degrees in across track.

### PALSAR

Phased Array type L-band Synthetic Aperture Radar



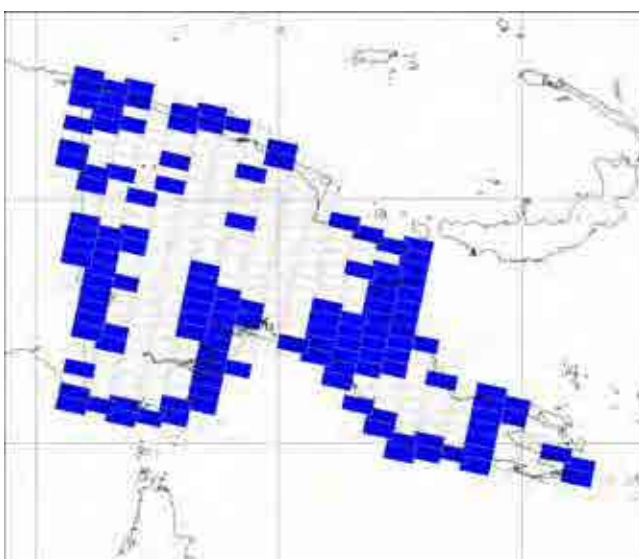
PALSAR can acquire the data in not only daytime but also nighttime as well as cloudy and rainy whether conditions.

Ref. JAXA Web

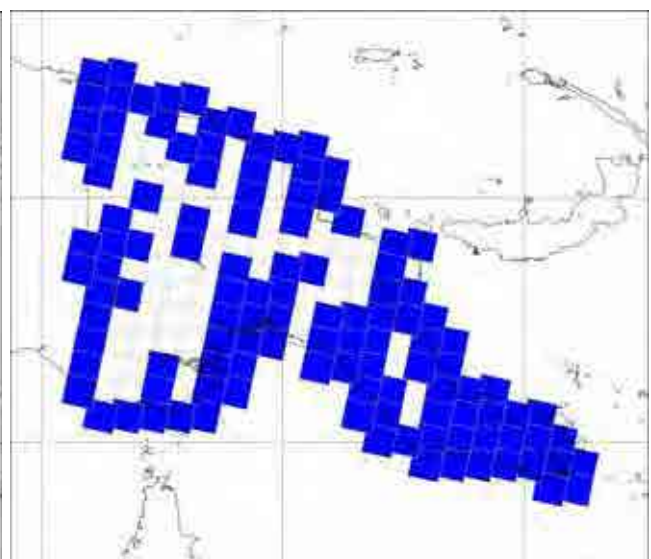
13

## ALOS Archive Situation

### ALOS/PRISM 2006-2009



### ALOS/AVNIR-2 2006-2009



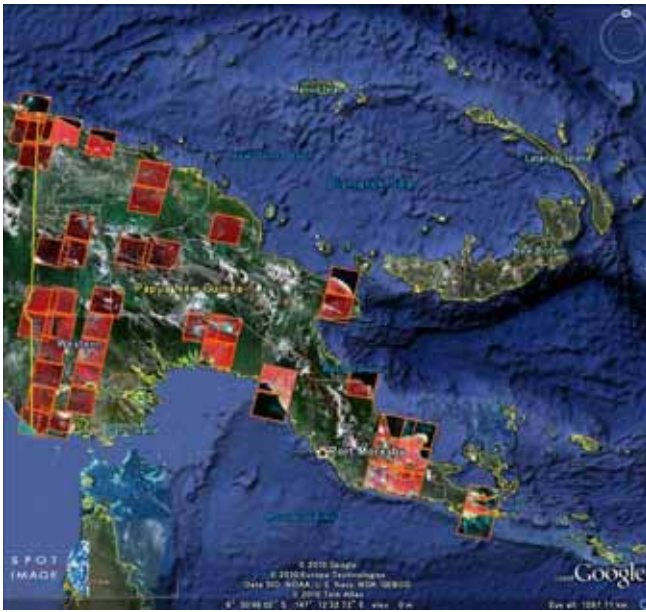
■ Collected with less than 20 % of cloud cover

ALOS optical sensors (PRISM & AVNIR-2) cannot cover whole country of PNG with good quality imagery even for several years

14

## SPOT Archive Situation

SPOT4 2002



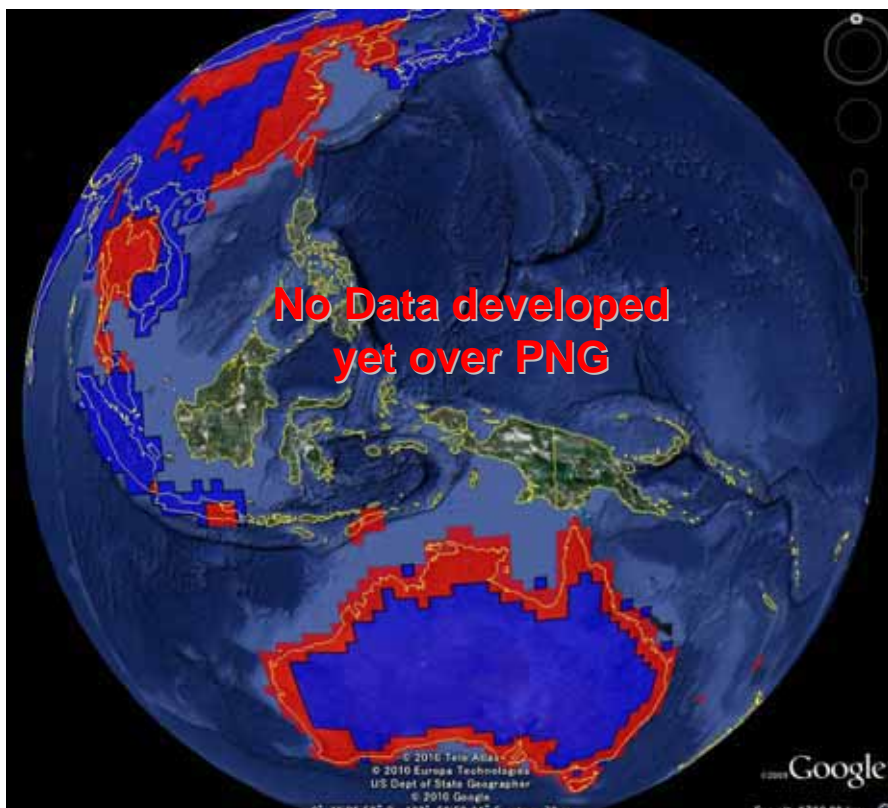
SPOT5 2008



Even SPOT cannot cover whole country of PNG well and they cannot assure to collect good quality imagery within a year

15

## SPOT Reference3D (SPOT DEM) Situation



16

## RapidEye Information



Orbit	620 km, sun synchronous
Number of Satellites	5
Spacecraft Mass	150 kg each
Image Data Downlink	>60 Mbps
Onboard Data Storage	>1500 km of image data
Max. Spacecraft Roll Angle	± 25 degrees
Payload Type	Push broom Optical Imager 5 Optical bands
Swath	78 km
Nadir Pixel Ground Sampling Distance	6.5 m
Global Revisit Time	1 day
Average Repeat Period (Europe and North America)	<5 days
DEM Generation Capability	Yes
Mission Life	7 Years

Ref. MDA Web

17

## RapidEye Archive Situation

Feb.24<sup>th</sup>, 2011



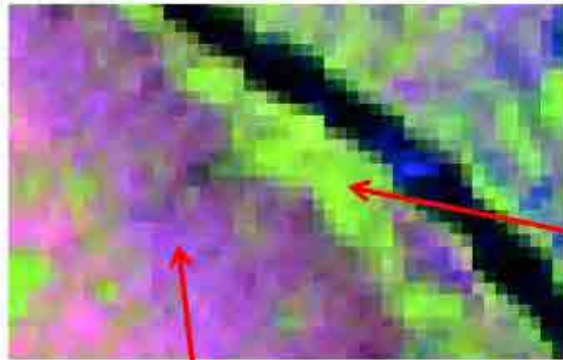
RapidEye (5 constellation satellites) is showing the ability to cover whole country of PNG within a year

18

# RapidEye Ability/Performance 1

PROSEK CONSULTING  
Sustainable Growth

## Forest types, canopy cover



Landsat, 30 meters

Riverine forest

Wetlands



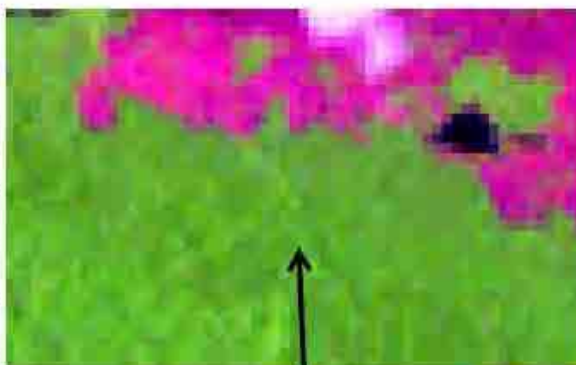
RapidEye, 6.5 meters

RapidEye  
system  
LANDSAT 4/5/7

© 2012 Remote Sensing Solutions GmbH

# RapidEye Ability/Performance 2

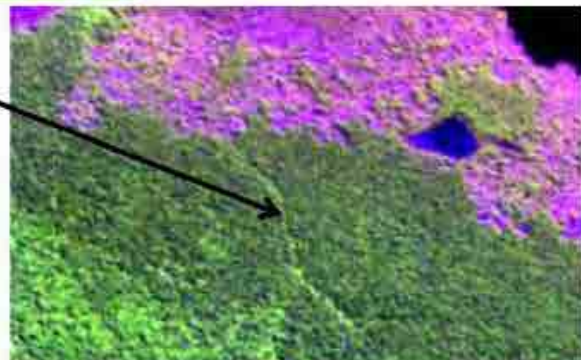
## Illegal logging



Landsat, 30 meters

RapidEye, 6.5 meters

Illegal logging trail

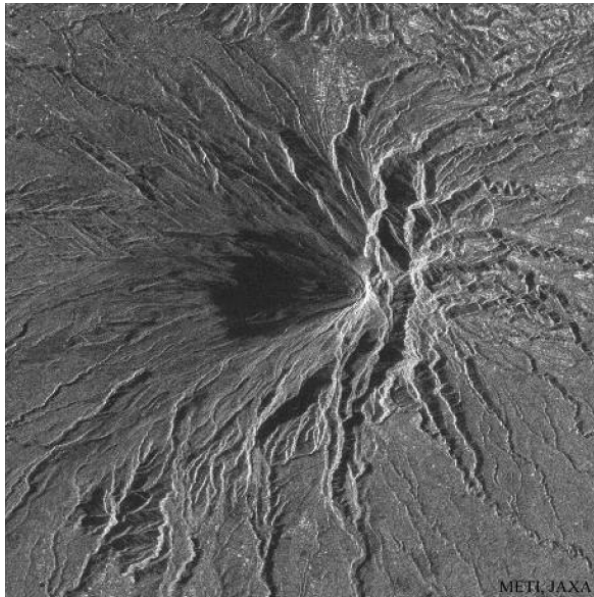


RapidEye  
system  
LANDSAT 4/5/7

© 2012 Remote Sensing Solutions GmbH

## Radar Satellite: Weather Independent

### Volcano MERAPI, Indonesia (2006/4/29) with Clouds



PALSAR



AVNIR-2



0 1 2 3 [km]

Radar satellite can monitor in any weather

Ref. JAXA Web

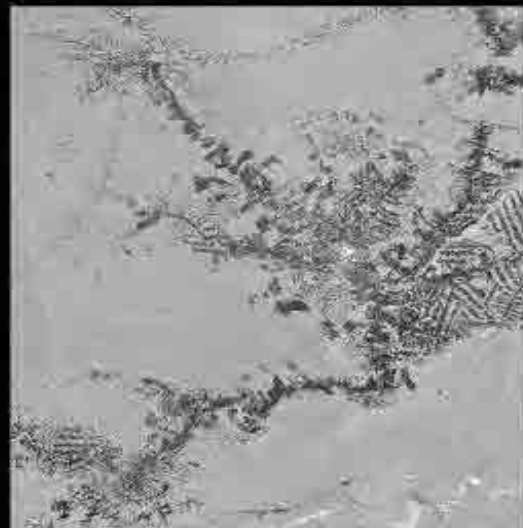
21

## Radar Satellite: Change Detection

### アマゾン西ロンドニア地方森林伐採領域の変化



JERS-1/SAR : Sep/Dec, 1995



PALSAR : May/Aug, 2006

0 100km



Radar satellite is strong for change detection

	画素数		画像面積 [km <sup>2</sup> ]	伐採域の 抽出画素数	伐採域面積 [km <sup>2</sup> ]
	pixel	line			
JERS	2471	2949	72869.8	433590	4335.9
PALSAR	2286	2707	61882.0	629915	6299.2
				伐採増加面積	1963.3

(c)JAXA/METI Analyzed by JAXA



22

# ALOS-2 and ALOS-3 Information

## ALOS F/O Mission: ALOS-2 (SAR) and ALOS-3 (Optical)

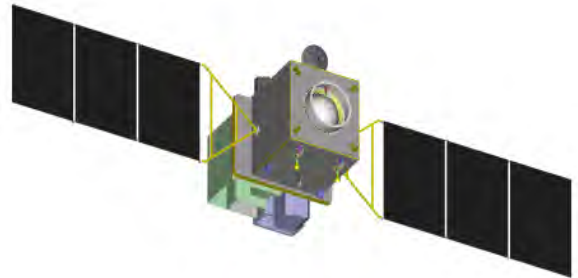
- National land monitoring and managements
- Resources managements
- Disaster monitoring
- ALOS-2 is planned to be launch in 2012-13, and ALOS-3 is hoped in 2014-15 (TBD)

### Current System Concept (under investigation)

- Monitoring disaster area affected by earthquake, volcano, flood, etc.
- Observing the disaster affected area within 3 hr (6 hr in night)
- A satellite constellation of two optical sensor satellites and two SAR satellites
- ALOS-2: 3m resolution (3x1m in spotlight mode) with 50km swath (SAR)
- ALOS-3: Panchromatic - 0.8m resolution in 50km swath; multi - 5m in 90km swath; and hyper-spectral 30m in 30km swath (TBD)



ALOS-2: SAR Satellite



ALOS-3: Optical Sensor Satellite

# Forest Monitoring Practice for REDD+

