

特集：気候変動

アマゾン：衛星監視システム強化への協力に向けて —協力プロジェクトの経緯と今後の展望—

宮本義弘

1. はじめに

熱帯林の消失が地球温暖化に繋がっていると懸念されている。こうした中、世界最大の熱帯林アマゾンの衛星監視システムに対する我国の協力が、森林破壊の有効な抑止力として期待できるとの関心が高まり、主要紙の一面やテレビでも数多く紹介された。また、絶好のタイミングで本年2月開催の「日伯政府間環境会議」では、我国ODAによるアマゾン森林監視システム強化への新たな協力プロジェクトが表明された。今後の協力成果に世界が注目している。

これに先立つ2006年、JICAはアマゾンの違法伐採を取り締まる連邦警察に対し、1名の衛星画像処理専門家を短期間派遣し、ブラジルの衛星監視システムの実態を把握した。この協力を通じて日本の衛星（ALOS、通称「だいち」）画像を導入すれば、夜間や曇天でも地上を監視できることから、監視システム強化と違法伐採抑制に画期的な効果が期待できると見込まれた。この小さなプロジェクトが今回の「ALOS画像を利用した衛星監視プロジェクト」につながる一連の協力の嚆矢となったのである。

この小論では、アマゾン熱帯林の消失速度の凄まじさと、その主因とされる違法伐採の

取り締まり強化の重要性、そして我が国ODAが取り組むプロジェクトの経緯と展望について紹介したい。

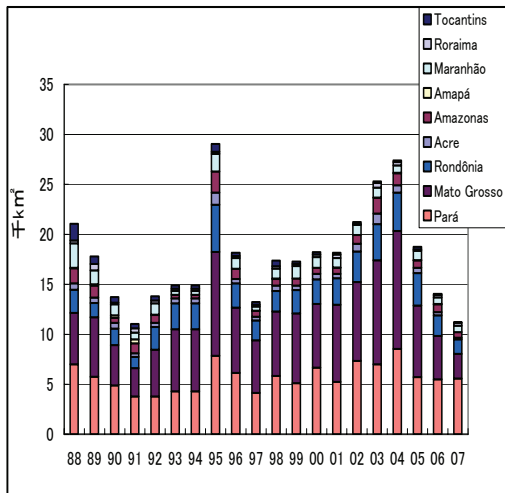
2. 高まる開発圧と消えるアマゾンvs.衛星監視システム

(1) アマゾン熱帯林破壊の現状

近年のアマゾン熱帯林の森林破壊状況は、東京都の10倍以上の面積が伐採された2004年をピークに、その後3年間は大幅に減少し、2007年はピーク時の約50%まで低下している。政府は、2004年に「アマゾン伐採防止のための行動計画」を導入して、多省庁にまたがる対策を強力に進め、その監視とコントロール強化が奏功したとしている。それでもなお、東京都の5～6倍の森林面積が毎年姿を消している。

森林破壊面積の減少傾向も取り締まりを緩めると再発・拡大する傾向が見られる。2007年後半¹になって森林破壊面積が急速に進んでいるという情報が、様々なメディアによって報道された。アマゾンの乾季は通常6～9月頃であり、これまではこの間に違法伐採の多くが行われると考えられていた。ところが、2007年は11月、12月に入っても伐採面積が止まらず、むしろ拡大しているとの結果

図1 法定アマゾンにおける伐採の状況



注: 88年は過去10年間の平均、93,94年は2年間
出典: INPE

がでており、新たな危機として関係者を驚かせている。ルーラ大統領はこの事態を受け、1月後半に緊急会議を招集し、対応に迫られた。農地拡大の制限や国道319号（ポルトベリョーマナウス間）沿いに新たな保護区の設置、連邦警察や軍隊の投入、監視の強化などの対策をとった。就中、重要視される監視強化策では、雲に覆われた地域での観測用航空機の優先利用をあげた。

「地球最後の農地」とされるアマゾンは、今世界的な食糧需要の拡大というグローバルな開発圧力に晒されている。アマゾンの森林破壊過程はまず違法に伐採を行う伐採業者が入り、その後焼畑などを通して農地に変用され、牧場さらには大豆農地などに変貌する²。過去10年間でブラジルは大豆生産量を急激に拡大させ、生産量ではアメリカに次いで世界2位、輸出量は過去10年間で1.8倍に拡大し、2007年には世界最大の輸出国となつ

た。その背景には、同時期に輸入量を9倍に拡大し、世界の輸入量の約半分をしめる中国の爆発的な需要増があるとされている³。

(2) アマゾン宇宙から監視する

アマゾン熱帯林破壊はその多くが違法伐採によるとされている。このため、違法森林伐採を監視し抑制することが焦眉の急とされる。広大なアマゾン地帯を監視する上で能力を発揮するのが衛星写真である。

ブラジル政府が公表する年間伐採面積は、ブラジル国立宇宙研究所（INPE）⁴がPRODES⁵を使って算出する。6月から9月が乾季で雲量が少ないことから、その間が衛星画像に基づく推定が最も効果的であり、8月1日を基準日としている。

アマゾン監視の最前線に位置するのが、環境省の下部組織であるIBAMA⁶（ブラジル環境再生可能資源院）と連邦警察(DPF)⁷を始めとする警察機構である。両機関ともに、INPEから提供される画像データを監視と取り締まりに役立てている。このほかにも、ブラジルにおいてはIMAZON（パラ州）などのNGO組織が違法伐採情報をネット上で公開するなど、非常に重要な役割を担っており、INPEなどが公表する指標などに対して、専門的観点からコメントを行うなど、行政側とのチェックアンドバランス機能が働いている。

(3) 宇宙からの監視の目を光らすINPE

INPE本部はサンパウロ市郊外のサンジョゼドカンポ市にある。INPEには衛星開発のための研究所や気象研究所、リモートセンシングなどの研究所があり、それぞれで世界的レ

ベルの研究が行われている。ちなみに、地球観測衛星の分野では、1988年、衛星を共同で打ち上げるパートナーを探していた中国との間で協定が結ばれ、これまでに共同開発した衛星3基が軌道上にあり、今後さらに二つの衛星が打ち上げられる予定である。中国との共同衛星は英語の頭文字をとり、CBERS⁸と呼ばれている。INPEにおけるアマゾン熱帯林の監視は、1989年に衛星画像を使って年間の伐採量を推定するところから始められた。当初は衛星写真の目視による手作業にて判定が行われていたが、2003年になってデジタル情報による自動解析システムが開発され、著しく作業効率が向上した。このデジタル処理の技術革新に大きく貢献したのが日系2世のヨシオ・シマブクロ博士であり、同博士が構築したシステムにより森林伐採面積の算出が高い精度で、かつタイムリーに行うことが可能となった⁹。

PRODESは、解像度30mの画像を活用し、年間の伐採量を高い精度で推定する目的で使われている。戦略的な森林管理を行う上で、有効な戦力となっているが、違法伐採を取り締まるためのツールとしては、タイムリーに情報を提供できないという点で不十分であった。違法伐採の取締りを行っているのはIBAMAであるが、取締りを強化するためには

よりリアルタイムに近い情報が必要であった。

この要求に対応して開発されたのがDETERである。DETERはポルトガル語で「リアルタイム伐採検知システム」の頭文字をとったものであるが、DETER自体には「止める」という意味がある。設計上は3～5日間隔のほぼリアルタイムに森林状況の変化を検知することが可能である。DETERで活用する画像の解像度は250mであり、25ha以上の変化が起きないと検知が難しいが、データ更新の頻度や実際に取締りを行うマンパワーの観点、およびデータ容量を加味してこの値になっている。データ更新は3～5日間隔で可能であるが、実際のオペレーションを加味して通常は1ヶ月に1度、クリティカルな状況ではそれ以上の時間精度で情報が提供されている。このINPEとIBAMAが作り上げたシステムは、世界的に有名な科学雑誌 *SCIENCE*¹⁰に「世界の垂涎的」と評されるほど、リモートセンシングと森林管理オペレーションを一体化させたものとして、注目を浴びている。

また最近では、より詳細な画像データを基に、違法な拓伐などを特定の地域で監視することを目的としたDETEX¹¹というシステムも開発しており、2007年から試験的に運用が始まっている。

表1 アマゾン監視のための衛星を活用したシステム

システム	目的	画像精度	利用衛星	備考
PRODES	年間の伐採量の計算	30m	LANDSAT(NASA)	年1回更新
DETER	ほぼリアルタイムによる森林火災、伐採の監視	250m	MODIS/TERRA, ACQUA(NASA) WFI/CBERS-2	画像は3-5日間隔 データ更新は1ヶ月
DETEX	森林保護区や民間委託される公有林の監視、択伐の監視	20m	CBERS-2	2007年から試験運用開始、未公開

(4) 違法伐採取締りの最前線

INPEが提供する情報をもとに実際に活動を展開するのがIBAMAと連邦警察である。IBAMAの中で取締りの中心的な役割を果たすのがCEMAM¹²（環境モニタリングセンター）である。CEMAMは現在約30人の技術者を擁し、そのうち2名が博士号、6名がリモセン分野での修士号を修得している。CEMAMには45台のワークステーション、9台のサーバーがあり、情報センターとしての機能を遺憾なく発揮することが出来ている。CEMAMでは、INPEから送られてくるデータをもとに、違法伐採が行われている地域を特定し、違法伐採取締りの戦略を策定する。疑わしいポイントにはすべて現場検証を行うのが理想であるが、広大なアマゾンではどれだけ予算と人を投入しても難しい。とくに雨季が終わって乾季が始まるころには、森林の被覆状態に変化があったことを示す表示が無数にあり、インフラやマンパワーの限界から全てを取り締まることは出来ない。よってクリティカルなポイントをいち早く特定し、優先度の高い地域に優先的に取り締まりチームを投入できるような体制をとっている。

IBAMAが活用する情報は主にDETERで作成されたもので、乾季などのクリティカルな期間では半月に1回、通常は1月に1回のペースで更新されている。DETERで違法な伐採が検知された地域に対しては、鑑定書が半自動的に作成される仕組みになっており、その鑑定書は作成後すぐに現場の鑑識チームに送付される。半自動的であるのは、違法伐採ポイントを特定するためには、他の様々

表2 1998年環境犯罪法制定後の嫌疑数

(2007年5月15日まで、連邦警察提供)

地域	環境に関する法律			
	1965年の法律		1998年環境犯罪法	
ブラジル全土	136	100%	17,681	100%
北部	28	21%	4635	26%
ロンドニア	2	1.5%	1604	9.1%
アクレ	2	1.5%	224	1.3%
アマゾナス	2	1.5%	485	2.7%
ロライマ		0.0%	125	0.7%
パラ	17	12.5%	1561	8.8%
アマパ	1	0.7%	243	1.4%
トカンチンス	4	2.9%	393	2.2%
東北部	23	17%	1983	11%
南東部	44	32%	5366	30%
南部	35	26%	4443	25%
南西部	6	4%	1254	7%

な情報を加味することが必要であり、そこはモニタリングセンターの技術者が画面を睨めながら判断しているからである。情報を受けた現場のチームは、各州の連邦警察の出先とも連携しながら通常は連邦警察などと合同で現場に急行する。

連邦警察で主に関わるのは科学技術部である。科学技術部には700名以上の犯罪鑑識監が所属しており、そのうち106名が環境分野の鑑識監であり、全国で28ある拠点に配属されている。彼らの主な任務は犯罪を立証するための鑑定書の作成であり、IBAMA本部やINPEとも緻密に連絡を取りながら、任務が遂行されている。

1998年に発効した環境犯罪法を契機に、多くの環境犯罪が取り締まられることとなった。その効果は、それ以前の検挙数と比較すると明らかであり、短期間で多くの逮捕者が出た。特に、2004年に策定されたアマゾン伐採防止のための行動計画により、IBAMA、DPFを中心とした13の省庁の連携活動の結果として、500人以上が逮捕されたほか、森林の伐採量が50%以上低下し、2000万ha以

上の土地が保護区に指定された。

3. アマゾン熱帯林保全に対する日本の協力

(1) アマゾン地帯での協力内容と今後の展開

アマゾンの熱帯林の消失は人類に対する脅威であることから、JICAの「対ブラジル国別事業実施計画」は、アマゾンの熱帯林の保全を最重要課題としている。JICAではこれまでも「国立アマゾン研究所」に対する熱帯林保全のための技術協力（1995.6～1998.9、1998.10～2003.9）や「ブラジル農僕研究公社」に対する持続的農業開発（1999.9～2004.2）、北伯群馬県人会がベレン市の郊外に所有する「群馬の森」を舞台とした森林保全と環境教育プロジェクト（2004.1～2007.1）などを通じて支援を行ってきた。今後はJICAが進めるプログラムアプローチの中で、森林資源の持続的な利用の促進とモニタリング等の強化を通じた管理行政能力の向上に向けた協力を強化していく考えである。

(2) アマゾン熱帯林監視分野での技術協力の意義

JICAは2006年、連邦警察国家犯罪研究所の環境犯罪チームに、GISデータベース構築のための短期専門家を派遣し、衛星画像等の鑑識能力の実態を把握し、その能力向上に向けた技術協力を実施した。また、当初連邦警察との協力案件であったが、IBAMAとの連携も欠かせないとの判断から、2007年3月に連邦警察から2名、IBAMAから1名の職員を受入れて、JAXA（宇宙航空研究開発機構）を含む関係機関での研修を実施した。

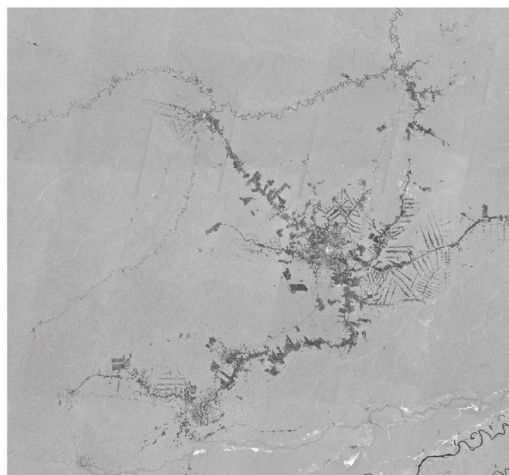
短期専門家の投入や日本での研修がきつ

かけとなり、JAXAとIBAMAの連携が始まった。2007年から、JAXAはIBAMAに対し「だいち」で撮影された映像の提供を始めており、既にIBAMAでは違法伐採の監視に役立てるために、実用に向けた試験が始まっている。「だいち」に掲載されたレーダーセンサー(PALSAR)は、アマゾンでの衛星監視の大きな壁となってきた雲の影響を受けずに地上の状況を検知することができる。「だいち」で撮影された画像が、アマゾンの監視に活用できるようになれば、雨季であっても正確な情報が入手でき、効果的・効率的なオペレーションに活かすことが可能となる。これまでの試験結果は上々であり、特に雨季における事象発生から検知までのタイムラグが大幅に減少することから、さらに効果的に取り締まりが行われ、更なる抑止力となることが期待される。

JICAは、2008年度からIBAMAおよび連邦警察を対象に、この「だいち」で撮影された映像を既存の監視システムに導入するための技術協力プロジェクトを開始する。システムだけがよくなっても監視効果が飛躍的に高まることはなく、それに携わる人材の育成と人的・組織的なネットワークの強化が必要である。被雲下における状況の把握と組織間ネットワークの強化を必要としていたブラジル側と、地球環境問題を重点分野とし、得意分野で貢献することを望んでいた日本側との思惑が一致し、プロジェクトが実施されるに至った。このプロジェクトは日本の先端技術がアマゾンの熱帯林保全という地球規模の課題に貢献するものとして話題を呼び、マスコミ各社が挙って取り上げた¹³。また国会

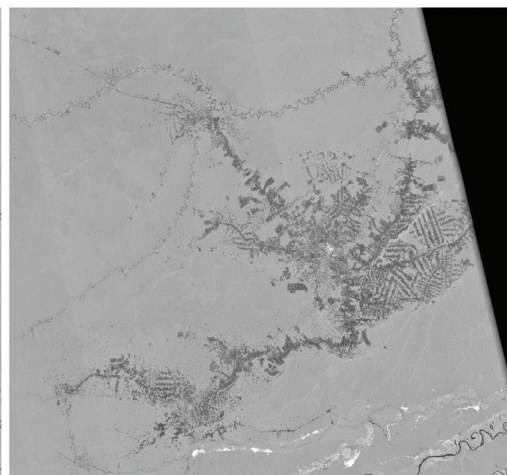
写真1 日本の衛星が捉えたアマゾン熱帯林の状況(影の部分が伐採された地域)

Amazon mosaic(Rondonia area)

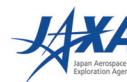


JERS (Sep/Dec, 1995, pixel spacing=100m)

Mode : FBS41.5[deg]
Polarization : HH
Map projection : Mercator



PALSAR (2006, pixel spacing=50m)



(c) JAXA, METI

でも違法伐採などの地球規模の課題に対する日本の貢献の好事例として取り上げられるなど、関心が高まっている¹⁴。

4. おわりに

アマゾンの森林破壊は他人事ではない。最新の研究成果では地球規模の気候変動にも影響していると言う。最も影響を被るのが南米の穀倉地帯である。アマゾン熱帯林上空はかなりの水分を含んでおり、Green Ocean（緑の海）とも呼ばれる。この湿気が大西洋からの気流にのり、ブラジル南部やアルゼンチンなど、現在では世界の台所を満たす穀倉地帯に雨をもたらす。「空飛ぶ大河（Rio Voador）」とも呼ばれるこの現象は、森林が消えると、空

気中の湿度が減り、干上がってしまう事も懸念される¹⁵。

2008年1月にJICAが開催した公開シンポジウムでもこの点が指摘され、多くのマスコミが注目した。食糧を輸入に頼っている日本にとっては焦眉の課題である。食糧の需給では供給が減ったら価格が上がるという単純な構図ではなく、供給が減るとたちまち市場から品物が消え、日本の台所を直撃する事態に陥る可能性もある。世界最大の熱帯林であるアマゾンの保全がブラジルだけでなく、世界、とりわけ食糧輸入国である日本のような国にとっては喫緊の課題である。

また、熱帯林はブラジルだけではなく、アジアやアフリカにも存在し、多くが危機的な

状況にあると言われる。ブラジルが作り上げた世界最高水準の監視システムが熱帯林を抱える各国で導入される成果は計り知れない。日本のこれまでの技術協力の経験とネットワークがブラジルの熱帯林監視システムと融合し、世界に広く展開することの期待もある。地球温暖化対策が焦眉の急と言われる中、大国ブラジルとのパートナーシップで文字通り「地球規模問題への取り組み」例へと繋がることを期待している。

(みやもと・よしひろ、国際協力機構
ブラジル事務所)

¹ 2007年度データとして公表されているのは2006年8月から2007年7月までのデータ。

² 『アマゾン—保全と開発—』(西澤利栄他、朝倉書店、

2005年)などに詳しい。

³ 『東洋経済』2008年3月号。

⁴ Instituto Nacional de Pesquisa Espacial

⁵ Programa de Calculo de Desflorestamento da Amazonia

⁶ Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

⁷ Departamento de Policia Federal

⁸ China-Brazil Earth Resources Satellites

⁹ JICAはシマブクロ博士を2008年1月に日本に招聘し、「森林消失と気候変動」と題した公開シンポジウムを開催した。本シンポジウムには200名近くが参加、多くのマスコミも参加し好評を博した。

¹⁰ SCIENCE, Vol316, 27 April 2007.

¹¹ Detecção de Exploração Seletiva (拓伐検地システム)

¹² Centro de Monitoramento Ambiental

¹³ 日本経済新聞2007年8月4日夕刊、『朝日新聞2008年2月10日朝刊など。

¹⁴ 2007年6月15日衆議院外務委員会。

¹⁵ O Estado de S. Paulo, 2007年11月25日など。

ラテンアメリカ参考図書案内②

『遠くて近い国 —シニア・ボランティアの見た21世紀ブラジル』

真砂 睦 無明舎出版 211頁 2007年8月 1,600円+税

著者はブラジルに、1970年代のいわゆる「日伯蜜月時代」とそれに続く80年代の現地経済混乱による「日伯関係空白の時代」の一時期を、野村貿易の駐在員としてベロオリゾンテ、リオデジャネイロで過ごし、退職後2003年から3年間、国際協力機構(JICA)派遣の日系社会ボランティアとして再びブラジルで生活した。その間、故郷の和歌山の地方紙に投稿した報告に加筆修正した、全67編の見聞録である。

歴史と文化とそれを背景にあるブラジル人の生活と性格、日系移民の過去と現在、そしてそのブラジル経済・社会への貢献、農牧業や工業の変化、人種差別の有無、農地改革や縁故主義、最近のブラジルの産業や社会変化のトピックスなど、広範な話題をそれぞれ2乃至4頁の短い文章で紹介している。しかし、多くのこの種の滞在記や見聞録とは異なり、相当ブラジル事情に通暁していなければ書けない、しっかりした裏付けがあることが窺え、内容の濃い、分かりやすい解説書になっている。秋田市にあるこの地方出版社は、これまでも中隅哲郎氏の『ブラジル学入門』、『ブラジル観察学』、『ブラジル日系社会考』はじめ10余点の優れたブラジル関係書を出版している。 [桜井 敏浩]