

衛星リモートセンシングによる森林資源の把握とモニタリング

誌名	農林水産技術研究ジャーナル
ISSN	03879240
巻/号	95
掲載ページ	p. 10-16
発行年月	1986年5月

農林水産省 農林水産技術会議事務局筑波産学連携支援センター
Tsukuba Business-Academia Cooperation Support Center, Agriculture, Forestry and Fisheries Research Council
Secretariat



衛星リモートセンシングによる 森林資源の把握とモニタリング

大 貫 仁 人

1. 森林資源調査とモニタリング における衛星リモートセン シングの意義

1980年に米国政府は「西暦2000年の地球」¹⁾と題した特別調査報告書を大統領に提出し、地球上から緑が急速に失なわれつつある危機について報告した。つづいて、FAOは1981年に「熱帯林資源評価報告書」²⁾を発表し、熱帯諸国76カ国における熱帯林(天然高木林)が約1,130万ha/年(日本の森林面積の45%に相当する)というスピードで消失するであろうこと、そして、2000年までには閉鎖林の12%もの森

林が消滅してしまうことを推定した³⁾。この森林破壊の主な原因は、人口増加による農地開発、焼畑耕作、放牧地造成、燃料材取得による乱伐・開発であるとし、近い将来、燃料材不足や水源材破壊によって途上国民の生活の破壊すらもたらされることを警告している。

このようなグローバル的な森林の現状を明らかにし、その将来の予測を可能としたものは、米国NASAが1972年から現在まで継続的に打上げてきた地球資源観測衛星ランドサット・シリーズからの地球観測データであったといっても過言ではない。この衛星と取得されるデータの概要を表-1に示す。この衛星からのデータの特性として、①同時広域性(1

表 1-1 ランドサット-4号の諸元とTMとMSSの仕様⁴⁾

項目	主要諸元	観測機器		
		項目	TM	MSS
衛星高度	約 705km	バンド数	7バンド	4バンド
軌道傾斜角	約 98.2°	量子化レベル	256段階(8ビット)	64段階(6ビット)
周期	約 98.9分	瞬時視野角 (IFOV)	30m(バンド1~5,7) 120m(バンド6)	83m
衛星軌道	太陽周期軌道	地表観測幅	約 185km	約 185km
回帰日数	16 日	1シーン当たりの 画策数×ライン数	6,320×5,020 (未補正)	3,240×2,340 (未補正)
降交点通過 地方太陽時	9:30AM	波 長 帯 (μm)	バンド1 0.45-0.52	バンド4 0.5-0.6
搭載 観測機器	TM, MSS		≧ 2 0.52-0.60	≧ 5 0.6-0.7
通信回線	Xバンド, Sバンド Kuバンド, Lバンド		≧ 3 0.63-0.69	≧ 6 0.7-0.8
			≧ 4 0.76-0.90	≧ 7 0.8-1.1
			≧ 5 1.55-1.75	
		≧ 6 10.40-12.50		
		≧ 7 2.08-2.35		
備 考	衛星重量 1,644 kg 設計寿命 3年	備 考	重量 243kg	重量 65kg

Itsuhito OHNOKI: Satellite remote sensing for forest resource inventory and monitoring.

表 1-2 ランドサット・TMの利用電磁波帯と設計目標⁹⁾

チャンネル番号	電磁波帯	設計目標
1	0.45~0.52 μm	沿岸水系の作図, 植生と土壌の区分 針葉樹と広葉樹の区分
2	0.52~0.60	緑色植物の可視光緑色の反射帯, 植物の生育状態 濁水分布や水深測定
3	0.63~0.69	クロロフィル吸収帯, 鉄銹石の検知
4	0.76~0.90	バイオマス調査, 水と陸の識別
5	1.55~1.75	植物の含水量測定, 土壌水分測定, 雲と雪の区分
6	10.40~12.50	植物の熱ストレス測定, 熱分布図作成
7	2.08~2.35	銹物の識別, 熱水の分布図作成, 植物活力

シーンは185km×185kmをカバーする), ②観測周期性(16日回帰で15日で全地球をカバーする), ③継続的(1972年から現在まで)で, 同一規格と内容(MSSは地上分解能80m)をもつこと, および, ④電算機処理可能(データ処理の高速化と自動化が図れる)であること等をあげることができる。

ところで, グローバル的な森林資源の調査や監視を行なう場合, 森林の定義と分類基準を統一し, 同一年度で同じ調査手法や解析法を用いることが重要である。各国はそれぞれ独自の調査体系にもとづいて林業統計を収集整備しているものの, 調査年度,

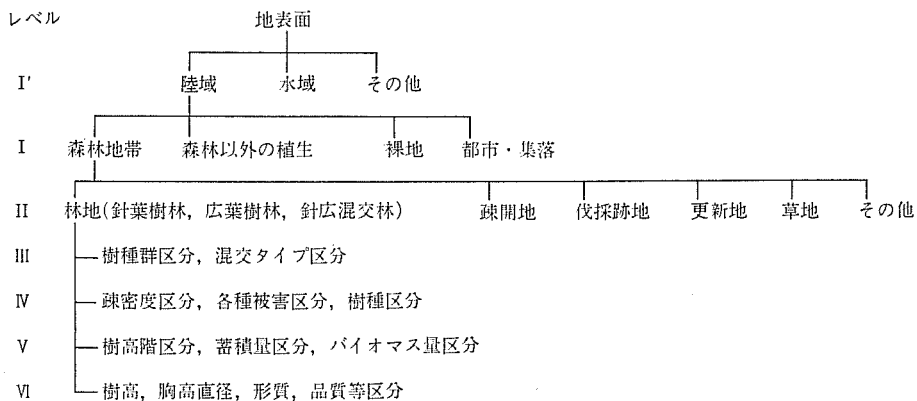
調査レベル, 調査精度がばらばらであったり, 森林そのものの定義が異なっている場合が多い。前記したFAOの熱帯林資源評価にあたっては, このランドサット画像を基準データとして用い, 統一した定義と分類基準により各国の統計資料をチェックし, 場合によっては, 再調査も行なった。ランドサット画像としては, バンド5と7, または, バンド4, 5と7の1/100万や1/50万のカラー画像を用い, 肉眼的判読による手法がとられた。この判読の客観性を高めるため, 共通した森林分類項目の定義と判読鍵が用いられた。

2. 衛星リモートセンシングによる森林資源の解析

森林資源に関する情報を質的観点で情報レベルを設定すると表-2⁹⁾となる。現在の衛星リモートセンシングには, 地上分解能や利用電磁波帯に制約があり, 得られる情報レベルにはおのずと限界がある。また, この情報レベルは, 用いる解析法によっても違ってくる。

前述したFAOの調査では, 衛星データの解析は判読的手法で行なわれた。例えば, タイでは, FAOの指導の下で, 1/50万と1/100万の衛星画像の判読的手法を用いた熱帯林植生分類システムを開発し, この手法を用いて森林資源図を作成している。この判読手法は, 地域, 地形, 標高等の立地特性や生態学的特性を総合的に勘案することにより画像分類ができることに利点があり, レベルⅢまでの分類が可能であると考えられる。しかし, このマニュアル的

表-2 森林資源に関する情報レベル



手法は、人材の養成、客観性、迅速性等に問題があり、新しい技術の導入が求められている。

ところで、ランドサットデータの特性は、電算機処理可能なデジタルデータであることであり、デジタル的画像解析手法の開発が米国、カナダ、ヨーロッパ、日本で進められ、温帯林から亜寒帯林の森林解析実験が進められてきた。これらの研究成果からランドサットMSSデータにより解析できる情報レベルをみると次の通りである。

① レベルⅠとⅡは、ほぼ80～90%の精度で解析可能であり、多季節データを利用することにより精度向上が図れる。

② レベルⅢについては、多季節データを用いることにより一部可能であり、標高や地形データを組み合わせることにより区分項目の細分化が可能となる。

③ レベルⅣ～Ⅵは資源量に関連する情報項目で空中写真レベルで可能ではあるが、ランドサットMSSデータだけでは、かなり難しい。

発展途上国のように既存資料の少ない地域ではレベルⅡの情報でも十分利用できる。前記のFAOの調査も、このレベルⅡの情報を地球規模で短時間に解析できることに意味があった。

日本や西欧のような集約林業地帯では、精確度の高いレベルⅢ～Ⅵの情報収集ができないと実用的利用は難しい。しかし、この地域においても森林変動の監視には、レベルⅡの情報でも有効に利用できる。

広大な森林面積を有し、比較的粗放な林業経営が行なわれている米国やカナダでは、積極的な衛星リ

モートセンシングの活用が図られており、レベルⅡの情報を利用して、効率的にレベルⅣ～Ⅵの情報を得る研究が進められている。この場合、後述する衛星データ解析——空中写真判読——地上調査といった多レベル情報の組合せ手法が考えられている。

3. 多レベルリモートセンシングによる情報の高度化

現在、リモートセンシングにおいて利用できるプラットフォームには、静止衛星（高度35,000km）、円軌道衛星・スペースシャトル（1,000～200km）、航空機（20～1km）、ヘリコプター（2km～100m）、気球・地上測定車（50～0m）等があり、目的に応じて使い分けられる。得られるデータも表-3に示すような利用面からみた特徴がある。例えば、衛星データは、同時広域性、周期的継続性といった利点があるのに対し、地上解像力の粗さに問題がある。航空機データは、随時的データ取得の可能性や地上解像力の細かさには利点がある反面、広域をカバーしたり、操返し観測するには経費と時間がかかるという欠点をもつ。このような特性の異なる各レベルのデータを有効に組合せて利用することにより、時間的にも、経済的にも効率の高い情報収集を可能とすることができ、そのための研究が進められている。

図-1には、広葉樹バイオマス調査で実験した多レベル情報利用法³⁾を示す。この調査法の概要は次の通りである。

① ランドサット画像に国土数値情報の行政区位

表-3 各種データの特性の比較

データの種類 データの特性	地上調査データ	航空機データ	人工衛星データ
広域性	△	○観測時間がかかる	◎
広域同時性	△不可能	○航行時間の差異がある	◎
周期性	△ロボット観測で可能	△経費が増大	◎
緊急性	○時間的に間に合わない 接近不可能	◎	△周期の間は不可能
定性的精度	◎高い詳細度	◎解像度がすぐれている	○解像力に限界がある
定量的精度	◎計測可能	○空中写真林分材積表の活用	△補助データが必要
電子計算機処理	○可能ではあるが量的能力なし	○可能だが経費が高い	◎解像力に問題あり
単位面積当りの経費	△	△	◎

◎：非常にすぐれている
○：ややすぐれている、または普通
△：やや劣る

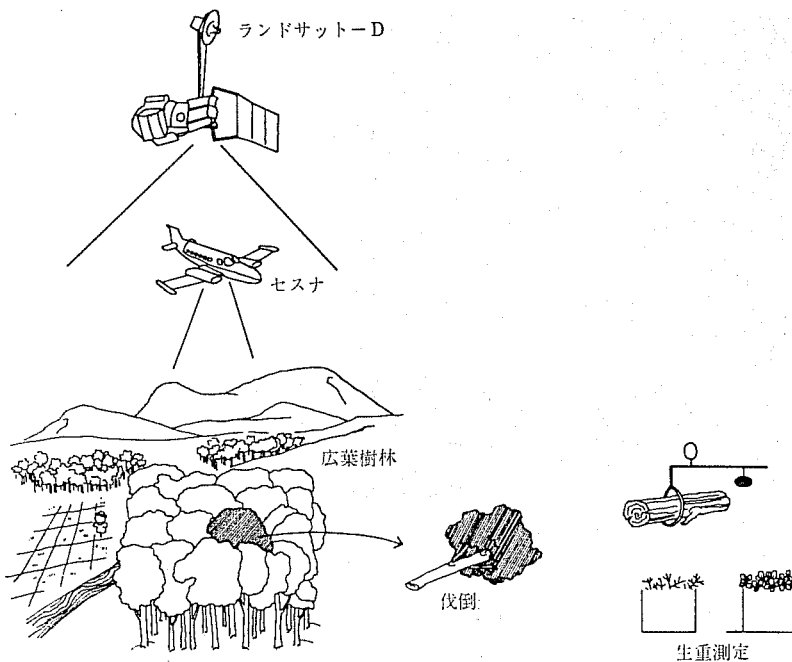


図-1 多段的データの利用法

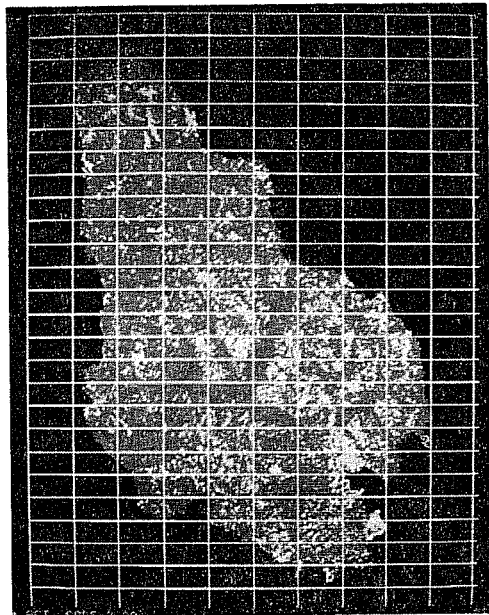


写真-1 ランドサットデータから求めた大
子町の広葉樹林分布(白)図と設定
されたP S U

置ファイルを重ね合せ、対象森林の抽出を行なう
(写真-1 参照)。

② デジタル的画像解析手法による広葉樹林の
解析と分布図の作成。そして、解析画像上に第1次

抽出プロット(P S U)を設定する(写真-2参照)。
次に、P S Uの抽出を行なう。

③ 抽出されたP S Uに対して、大縮尺空中写真を
撮影(写真-2参照)し、広葉樹林の林型区分と面
積の測定を行なう。そして、空中写真上に第2次抽
出プロット(S S U)を設定し、広葉樹の解析を行
ない、S S Uを抽出する。

④ 抽出されたS S Uに対して地上プロット調査
を行ない、第3次抽出プロット(T S U)を設定し、
T S U(単木)の抽出を行なう。

⑤ 抽出されたT S U(単木)を伐倒し、測樹学
的計測と幹、枝、葉の生重量を測定する。

⑥ 幹、枝、葉からサンプルを抽出し、含水率を
測定し、乾重量との関係を調べる。

以上の実験を茨城県北部の天子町32,500haを研究
対象地域に選定して行なった。伐倒木53本、地上プ
ロット26点、写真判読プロット93点、大縮尺カラー
写真撮影面積約300haから求めた天子町の広葉樹面
積は、 $8,750\text{ha} \pm 1,167\text{ha}$ (誤差率13.3%)で、パイ
オマス(ha当り)は $144.77\text{トン} \pm 9.81\text{トン}$ (誤差
率6.8%)であった。

この多レベル情報利用法は、広域的な森林資源調
査法として、今後有効的に活用されるものと考えら
れる。

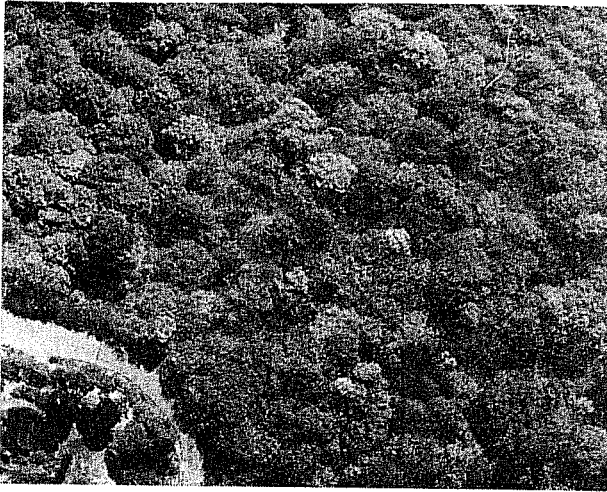


写真-2 抽出されたP S U内の大縮尺空中写真(原1/3,000)
広葉樹が単木的に樹種、樹高、樹冠直径が判読される。

4. 多時期リモートセンシングデータを用いた森林資源のモニタリング

前記したようにランドサットシリーズでは、1972年以来現在まで同一仕様、同一規格のMSSデータを継続的にとりつづけている。これは、資源や環境の時系列的変動を解析する上で極めて重要である。そして、これが衛星リモートセンシングの大きな利点でもある。

得られたデータをその都度、同一のデータベースに集積して、画素単位または画素群単位で自動的に比較すれば、対象物の変化や事象の変動を自動的に追跡することができる。

時系列的な資源変動を解析する手法の1例として、ランドサットデータを用いた森林伐採地解析システム^{5,6)}を図-2に示す。このシステムは、現在各都道府県で行なっている伐採照査業務の能率と精度向上を図る目的で農林水産省林業試験場と北海道林務部が共同研究を行ない開発したものである。

この共同研究は、北海道十勝地方と日高地方の民有林を対象に行なわれた。伐採地解析画像を写真-3に、またそのときの精度を表-4に示す。地上解像力80mの

MSSデータを用いても、0.5ha以上の伐採地が実用的に利用可能な精度で解析できることを示している。図-5では、伐採地解析画像上に森林計画図(1/5,000)が写し込まれているため、伐採地の林小班名を読みとることができ、この図と森林調査簿とを組合せることにより、森林伐採の内容(所有者、樹種、伐採材積量)を把握することもできる。この伐採地解析システムは、実用的観点からの評価を受け、実際の業務への活用を図るべく目下検討中である。

ここで開発した手法は、森林伐採地の解析ばかりでなく、台風や豪雨による林地崩壊や風倒被害、火

表-4 ランドサットデータによる森林伐採地解析精度
(北海道池田町民有林23,000ha)

(伐採面積と伐採箇所)

	伐採面積 規模 (ha)ah	AERIAL PHOTO INTERPRETATION			
		判 読 区 分 (箇 所 数)			
		I	II	III	TOTAL
ランドサットデータによる森林伐採地解析	0.0~1.0	43	25	14	82
	1.0~2.0	19	14	3	36
	2.0~3.0	11	3	2	16
	3.0~4.0	8	3	0	11
	4.0~5.0	2	0	0	2
	5.0~	5	0	0	5
	TOTAL	88	45	19	152
	areas(ha)	147.75	51.0	16.0	214.75

(Ⅲ：解析エラー) 解析精度 面積：90.2%、箇所数：82.3%

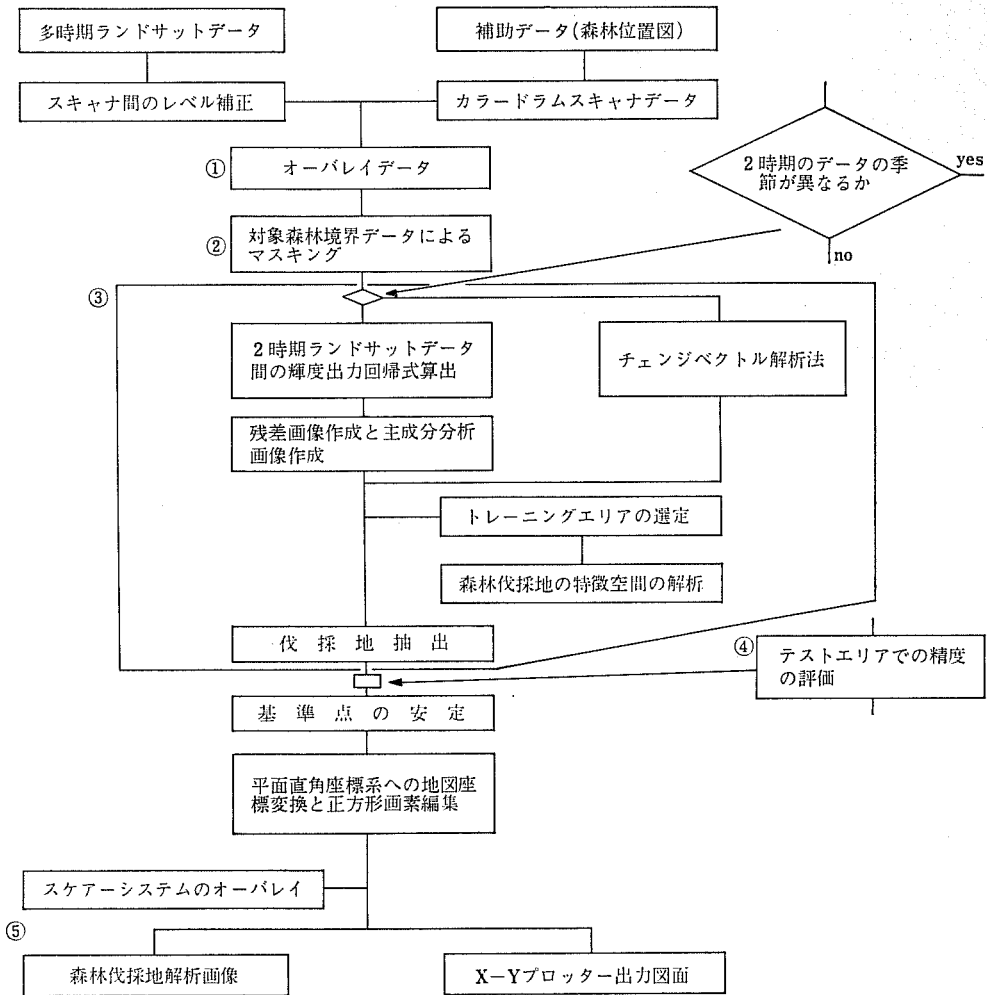


図-2 ランドサットデータによる伐採地解析フロー

山噴火や山火による森林被害，病虫害被害等の解析に用いられ，さらには，伐採や被害跡地の更新状況や荒廃状況を監視するためにも十分利用可能な技術である。

5. おわりに

衛星リモートセンシングの活用方法として現在考えられている利用分野には，森林資源情報収集ばかりでなく，表-5に示すような森林環境や森林被害に関する情報収集もあげることができる。このような多岐にわたる情報内容をもつ衛星リモートセンシングは，総括情報を必要とする森林科学にとって近い将

来欠くことのできない情報源となるものと期待される。

現在利用可能なランドサット TMデータは，MS Sデータに比べ地上分解能が細かくなり(30m)，利用電磁波帯も増加(0.45~12.50 μ)し，森林解析能が著しく向上している。この利点については，紙面の都合で割愛した。米国はこのランドサットシリーズを民間会社の運営に委ね1990年以後まで継続することを明らかにしている。フランスは SPOT 1号を1986年2月23日に打上げ，3号までの継続を確言している。この SPOT には，地上解像力10mの立体視可能な画像取得能力をもつ HRV というセンサーを登載し，地球資源の三次元的観測を可能とする。

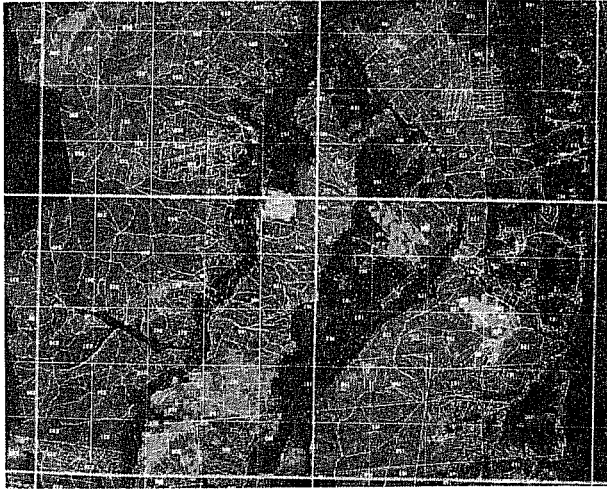


写真-3 森林伐採地解析画像 (原1/5万)
 白 : 1979.9~1980.9 の伐採地
 灰白 : 1980.9~1981.9 の伐採地
 森林計画図が重ね焼きされていて、林小班が明瞭に読みとれる。

表-5 衛星リモートセンシングの利用分野

- | |
|--|
| (1) 森林資源調査と資源の時系列的変化の解析, 森林資源現況, 分布, 構成, 現存蓄積量, バイオマス, 伐採状況, 更新状況, 林地外転用状況 |
| (2) 森林環境調査と環境の時系列的変化の解析, 積雪, 融雪状況, 気象 (温度, 降雨, 日照) 条件, 立地条件 (地形, 位置) |
| (3) 水土保持調査 : 山地荒廃現況と推移の解析, 治山事業効果の評価, 山地荒廃危険度区分 |
| (4) 各種災害調査 : 病虫害の被害状況と伝播状況の解析, 噴火, 山火事による被害状況と推移の解析, 台風, 豪雨, 地震による被害状況と推移の解析 |

わが国も1987年冬に国産衛星MO S-1を打上げるべく準備を進めている。これらの衛星リモートセンシング時代の発展期に、この技術が、森林資源把握とモニタリングに十分利用され、地球規模での森林資源と環境の保全に役立つものとなることを期待したい。

(林業試験場 航測研究室長)

参考文献

- 1) アメリカ合衆国政府/逸見謙三・立花一雄監訳: 西暦2000年の地球, 家の光協会 (1980)。
- 2) FAO: Tropical Forest Resources Assesment Project (in the framework of GEMS), 19, FAO Forestry Paper (1982)。
- 3) 渡辺 桂: 熱帯林はどういうスピードで減りつつあるか? 林業技術, No. 484(1982)。
- 4) 大貫仁人: ランドサットデータの林業的利用——現状と将来——林業技術, No. 468 (1981)。
- 5) 大貫仁人・他: 森林伐採調査におけるランドサットデータの利用, 日本リモートセンシング学会第2回学術講演会論文集 (1982)。
- 6) 大貫仁人他6名: 森林伐採調査法, リモートセンシング技術の利用実証に関する研究成果報告書, 科学技術庁 1985。
- 7) 大貫仁人: 森林情報とリモートセンシング, 土地改良測量設計第20号 1984。
- 8) 長谷川訓子・大貫仁人: 多レベルリモートセンシング利用による広葉樹林バイオマスの推定, 日本リモートセンシング学会第5回学術講演論文集 1985。
- 9) NASA: Landsat Data Users Notes No. 24, 1982。