東南アジアにおけるリモートセンシングの利用と将来の展望

Utilization of Remote Sensing and its Prospect in South East Asia

スーウィット・ウィブーンセート*

Suvit Vibulsresth

概 要：東南アジアにおいては、人口急増、農業増産、熱帯林破壊、土壌侵食、水資源枯渇などの問題を抱えており、資源管理および開発計画にリモートセンシングの有効利用が期待されている。インド、タイおよびインドネシアには既にLANDSAT 受信局が建設され、LANDSAT データの利用が図られているが、未だに単純な段階の利用にとどまっており、今後地理情報システム (GIS) との結合などリモートセンシングの高度利用を導入し、上記諸問題を解決するための手法として、東南アジアの発展のために役立たせたいと考える。このたび、日本学術振興会 (JSPS) の支援により、昭和61年末から昭和62年初めまで約2ヶ月間滞日する機会に恵まれたので、日本写真測量学会に入会し、会員諸兄に東南アジアにおけるリモートセンシングの現状と将来の展望を以下に紹介する次第である。

1. 東南アジアにおける諸問題

東南アジアにおいては以下にのべるような多くの問題に悩まされている。

(1) 人口急増

現在世界の人口は48億人であり、年平均増加率は1.7%である。この増加率は約40年で2倍になる速度である。東南アジアにおいては2%をこえる国が殆んどあり、バングラデシュやパキスタンなどでは3%をこえる速度である。インドは現在7億であるが、約2.2%の増加率であるので、このまま増加を続けると、今世紀末には約10億に近づき、30年後には倍の14億になり、50年後には20億になる。著者の住むタイはこれほど深刻ではないが、政治不安の影響でラオスおよびカンボジャからの難民流入が多く、社会問題となっている。また農村から都市への移動が激しく、都市の巨大化の速度が都市の基盤整備の速度を超え環境悪化が進行している。

(2) 農産物の不足

アジアは世界の穀物総生産量約150億トンのうち、半分以上の80億トンを入力する食料不足大陸である。しかし、農耕地の増加率は平均して1%以下にしかすぎ

ず、人口増加率より低い。このことは化学肥料や農薬により反当り収量を増加させる、いわゆる掠奪農業を強いることになり、一方で土壌の質の低下を招き土壌侵食の一因となる。インドネシアにおいては、ジャワ島に集中している人口を他の多くの島に人口を分散させる政策を取っており、農業開発適地の選定が急務となっている。

(3) 森林破壊

東南アジアにおいては、インドネシア、タイ、マレーシアが木材輸出国であり、日本が最大の木材輸入国である。タイの例をあげると、世界第2次大戦前はタイの森林面積は約70%であった。表1に示すように、1961年には写真判読により53.3%の森林面積があった。LANDSAT MSS 画像の判読により1973年に43.2%、1978年に34.2%、1982年に30.5%であり、1985年には29.1%と遂に30%を割ってしまった。タイ北部のみが約50%の森林面積を有し、他の地域は30%以下であり、東北部はわずか15%しか残っていない。著者は、健全な国として森林面積は最低30%を有しているべきであり、20%は赤信号であり、10%を切れば絶望の状態と考える。タイは現在まさに危険信号が点灯しているといえる。悲しいことにタイ北部はこの24年間に19.0%の減少があり、この速度で減少が続けば30年後には50%から30%に減少することになる。他の地域は森林を切りつくし、伐採が困難なところのみにしか森林が残されていない状況となっている。インドネシアおよびマレーシアについても、タイとほぼ同様な傾向である。

* Director, Remote Sensing Division
National Research Council of Thailand
「写真測量とリモートセンシング」vol.26, No.1, 1987

表1 タイ国における森林面積の減少

地 域	1961 (Air-PHOTO 1:60,000)		1973 (LANDSAT-1)		1976 (LANDSAT-2)		1978 (LANDSAT-2)		1982 (LANDSAT-3)		1985 (LANDSAT-4,5)	
	面 積 (km ²)	%	面 積 (km ²)	%	面 積 (km ²)	%	面 積 (km ²)	%	面 積 (km ²)	%	面 積 (km ²)	%
北 部	116,275	68.54	113,595	66.96	102,327	60.32	94,937	55.96	87,756	51.73	84,126	49.59
東 部	21,163	57.98	15,036	41.19	12,631	34.60	11,037	30.24	8,000	21.92	7,990	21.89
東北部	70,904	41.99	50,671	30.01	41,494	24.57	31,221	18.49	25,886	15.33	24,224	14.35
中 部	35,660	52.91	23,970	35.56	21,826	32.38	20,426	30.31	18,516	27.47	17,228	25.56
南 部	29,626	41.89	18,435	26.07	20,139	28.48	17,603	24.89	16,442	23.25	15,485	21.90
全 国	273,628	53.33	221,707	43.21	198,417	38.67	175,224	34.15	156,600	30.52	149,053	29.05

地 域	24年間の減少	
	面 積	%
北 部	32,149	18.95
東 部	13,173	36.09
東 北 部	46,680	27.64
中 部	18,432	27.35
南 部	14,141	19.99
全 国	124,575	24.28

水の過剰利用により地盤沈下を誘発し、雨期における恒常的な氾濫をおこしている。

上にあげた問題以外にも数多くの問題があり、いずれもリモートセンシングを利用した問題解決が期待されている。図1から図4は典型的なアジアの問題を示した衛星画像および地上写真である。

2. 東南アジアにおけるリモートセンシングの利用条件

東南アジアにおいては、国土の資源に関する基本調査が遅れている。このため天然資源に関する主題図の整備が遅れている。このことが、資源に関する現状把握を遅らせ、資源の乱伐を許す一因となり、適切な資源管理政策の立案を遅らせている。この問題の解決がリモートセンシングに最も期待されているところであり、各国とも国土の保全と健全な国土建設のための重要な科学技術として位置づけている。

LANDSAT データは、国レベルまたは地域レベルの広域の実状を効果的に眺められる点で他の方法より安価である。MSS データは十分な解像力ではないとはいえ、マルチスペクトルであり、時系データでもある。タイでは TM データを近い将来受信可能であり、MSS の限界を改善してくれるであろう。

東南アジアにおいては、次の5項目がリモートセンシングデータの利用にとって大切な条件となっている。

(1) 既存地形図との重ね合せ

既存の25万分の1および5万分の1の地形図と重ね

(4) 土壌侵食

インド、パキスタンのような半乾燥地帯においては過剰放牧、薪材伐採などにより、ネパールにおいては山地造成により、タイ、スリランカ、インドネシアにおいては森林伐採、焼畑農業などにより土壌侵食がおきている。インドは最も深刻であり、国土の約3分の1は荒地となっており土壌侵食の進行とともに一部で砂漠化が憂慮されている。土壌侵食に伴う土壌流出は一方では海岸の河口部で大量の土砂堆積をもたらし、別の問題を提起している。黄土高原の土壌侵食が黄河の濁流を生じ河口部で年平均約20km²の三角州を形成しているのは、この問題の典型的な例といえる。

(5) 水資源の不足

水源地域での森林破壊などによる保水機能の低下および下流の都市域の急激な膨張による流出率の増大により、雨期においては洪水氾濫が頻発し、逆に乾期においては水資源が不足する。バンコクにおいては地下

図1 1983年12月1日に取った LANDSAT-4 の写真 (バンド5)
左上部白い部分がタイ国領土であるが、昔は森林が多かったが、今は殆んど残っていない。そのすぐ南がカンボジアで森林が多く残っており (黒い部分) 右上から下へ流れるメコン川がよく見える。メコン川の右はラオスでカンボジアと同様、森林はたくさん残っている。

図2 タイ北部の風景
森林破壊の大きな原因の一つが焼畑農業である。

図3 1983年11月初めのLANDSAT-4のバンド7のバンコク周辺の写真
洪水の氾濫跡がわかる

図4 1983年9月—11月の間のバンコク市の洪水の状態である

合せられるような幾何補正および再配列が必要である。既存の地形図と同じ縮尺の主題図を判読により整備する上で不可欠である。

(2) 高画質の写真の作成

多くの利用者は写真を利用した判読を行うので、いかに判読を助けるようなエンハンス画像を提供するかが重要である。判読の目的別に各種のエンハンスのメニューを整備しておく必要がある。

(3) 低価格なデジタル画像処理装置の普及

中大型の計算機システムは高価なため普及型のシステムではない。普及を増進させるためにはパーソナルコンピュータを利用した低価格システムが必要であり、この分野での日本の協力を期待している。

(4) 教育および研修の充実

人材の育成が急務となっている。大学での正課導入、社会人の短期（3～6ヶ月）研修、セミナー等の集会、現地語の教科書作成、本国人の教官育成など課題が山積している。

(5) 研究開発に対する資金援助

東南アジア固有の問題に対する基礎研究を着実に進めるための体制作りと同時に継続的な予算の支援が必要である。その場限りの国際協力より、継続性のある地道な支援が強く望まれる。

東南アジアにおいては各種レベルの基本調査が遅れているのでリモートセンシングデータは、種類および解像力を問わずすべて有用である。

タイは日本の静止気象衛星の画像を利用できるが、気象のみでなく海洋にも有効利用できる。NOAAのAVHRRのデータは無料であることから利用をさらに推進させる必要があろう。海洋汚染の監視、漁業情報の提供などはNOAA画像の良い利用分野である。LANDSATは特に陸域において有効であるが、アジアの実状からすると受信料金（年額60万米ドル）とデータの販売料金が低いといわざるをえない。SPOT画像は高分解能で画質が良いが、同様に高価格である悩みがある。この点日本の打上げるMOS-1は未だ価格が確定していないが、東南アジア諸国は受信料およびデータ価格とも無料ないしそれに近い低価格が設定されることを強く期待している。

スペースシャトルに搭載された画像レーダ（SIR-A, B）により東南アジアの一部が撮像されたがきわめて有用であった。熱帯雨林地帯には一年中雲におおわれているところがあるので、レーダ画像は天候に左

右されずに画像が得られる点で光学センサーの補完的役割として利用できる。

人工衛星画像の分解能はLANDSAT MSSで約25万分の1、TMで約10万分の1、SPOT HRV（10m）で無理してなんとか5万分の1の縮尺の地図に相当する調査を可能にする。しかし、実際の詳細な計画や管理のためには航空写真による大縮尺の調査が必要である。しかし殆どの東南アジアの国では航空写真は軍の規制と厳しい管理のもとにのみ利用可能であるので広く民間レベルでの利用はできない。この意味で衛星データによる研究開発は、民間レベルおよび国際協力レベルでも容易であり、将来の発展性がある。

3. タイにおけるリモートセンシングの利用

タイにおけるリモートセンシングの簡単な歴史をのべる。1971年9月に省庁間リモートセンシング連絡調整委員会（National Remote Sensing Coordinating Committee）が設立された。これ以降すべてのリモートセンシングに関する政府レベルの活動はこの委員会で討議され、許認可が行われる。この委員会の議長はNRCTの事務局長Dr. Choompol Iwasdiyakornである。1972年にERTS-1の主任研究者（PI）、1973年にスカイラブ地球観測計画のPI、1975年にERTS-2フォローオンのPIがタイ国から認められた。1978年には、科学技術およびエネルギー省が設立され、NRCもその翼下に入りリモートセンシング部が設立され、著者がその責任者になった。

1979年9月にLANDSAT地上局の建設が閣議で承諾され、1981年11月にLANDSATおよびNOAAの地上局が完成した。この間に1981年6月にGMS地上局が完成した。

1983年からはLANDSAT MSSデータの国外配布がはじまり、表2に示すように現在では海外からのデータ利用は全体の約60%に達している。

1986年10月にはLANDSATのTMデータおよびフランスのSPOTデータを受信するための契約が行われ、近い将来にこれらのデータ取得がはじめられる。1986年11月には日本の打上げるMOS-1の受信局の建設が閣議で承認され12月にNRCTとNASDAの間で覚え書き（MOU）が結ばれた。1987年10月頃にMOS-1受信局がLANDSAT受信局と同じ敷地内に建設

表2 過去3年間のタイ受信局のLANDSAT データ売り上げ

単位：米ドル

利 用 者	1984 年 度		1985 年 度		1986 年 度	
	金 額	%	金 額	%	金 額	%
官 庁	66,888	55.2	47,101	31.9	91,620	35.4
法 人	1,770	1.5	295	0.2	3,892	1.5
国 際 機 関(海外)	42,146	34.8	94,813	64.3	162,164	62.8
民 間 企 業	10,287	8.5	5,360	3.6	678	0.3
合 計	121,091	100.0	146,567	100.0	258,354	100.0

される予定である。

以上に簡単な歴史をのべたが、現在までのタイにおけるリモートセンシングの活動の特徴をのべると次のようになる。

タイ国内では表2に示すように民間企業での利用は殆どなく、政府機関による利用が主である。

(2) 政府機関においては、本庁は調整役をしており、試験研究機関が衛星データの実際の利用を行っている。

(3) 特に活躍している試験研究機関は次の4機関である。

i) ナショナルリサーチカウンセル (NRC)

リモートセンシング部

ii) 王立森林局森林管理部

リモートセンシング課

iii) 農業経済局農業統計センター

リモートセンシング課

iv) 土地開発局土地利用計画部

リモートセンシング課

以上が簡単なタイにおける現状であるが、次に近隣諸国の活動を著者の知る範囲で紹介しよう。

インドネシアでは国土地理院 (BAKOSURTANAL) が地図の作成を担当しており衛星画像の利用をしている。地形図等の作成用に航空写真の撮影を軍とともに管轄しているのでリモートセンシングの研究に有利な立場にある。しかし、宇宙関係は LAPAN が責任官庁であり、1984年には LAPAN の管理のもとに LANDSAT MSS の受信局が完成した。こゝにはデジタル画像処理装置も導入され今後充実するものと期待される。公共事業省には、日本の JICA の援助で農業開発のためのリモートセンシングデータ処理システム一式が供与され稼動中である。しかし農業以外の

目的の利用が認められていないため、中広い利用の阻害となっていると聞いている。大学ではジョクジャカルタ大学でリモートセンシングの研究を行っており、リモートセンシングセンターがある。

フィリピンは1977年に天然資源管理センター (NRMC) が設立され、当時デジタル画像処理装置であった GE 社の Image 100 が導入された。1978年には ERIM の国際シンポジウムがマニラにおいて開催され、フィリピンはアジアにおけるリーダー的存在であった。しかしその後はマルコス政権の低迷とともにリモートセンシングも低迷をつづけ今日に至っている。

マレーシアは農林省農業開発研究所 (MARDI) や森林省の研究所等で衛星画像の利用が図られているが、未だに中心となる機関がない状態である。マラヤ大学でリモートセンシングを研究しているが、研究の端緒についたところである。

SPOT データの代理店として TERRA CONTROL という民間企業が1986年に設立され、データの処理および配布をはじめた。

国連のアジア太平洋経済社会委員会 (ESCAP) のもとに地域リモートセンシング計画 (RRSP) が設立されており、研修、パイロットプロジェクト、人員交流、情報交換などが精力的に行われている。この活動の一つとして、政府間咨問委員会 (Intergovernmental Consultative Committee : ICC) が設けられ、東南アジア諸国の間の意志決定者レベルの調整や意志疎通が図られている。

ASEAN の中に科学技術委員会 (COST) が設けられており、リモートセンシングに関する計画が近く始められるものと期待されている。

バンコクにあるアジア工科大学 (AIT) には地域リ

モートセンシングトレーニングセンター (ARRSTC) があり、短期 (4 ケ月) の研修がなされている。当初アメリカの国際開発事業団 (USAID) の援助で設立されたのであるが、その後西独およびフランスの援助も加えられている。研修は IBM のデジタル画像処理システムを中心に行われているが、研修修了者が自国に帰国したあとコンピュータシステムがなく、研修の成果をすぐに仕事に活用できないことが悩みとなっている。

カナダは研究レベルでの国際協力を進めるために、国際開発研究センター (IDRC) を設立し、シンガポールに支所を有している。IDRC はリモートセンシングの研究にも積極的な支援をしており、マングローブ林の調査研究のためにタイ、フィリピンおよびインドネシアに 3 年間援助を行っている。

4. 将来の展望

人工衛星を利用したリモートセンシングは、アジア地域において、森林破壊、砂漠化、土地利用変化などグローバルな環境監視の技術として、ますます発展すると考えられる。

このためには、NOAA AVHRR のように低分解能でも広域を頻度多くデータ収集する日常的監視機能と、LANDSAT TM や SPOT HRV のように頻度はそれほどないが高分解能画像を提供する機能の両者による多段的リモートセンシングが定着するものと考えられる。

東南アジアにおいては ASEAN を通じて多国間の協力システムを推進することが可能であり、リモートセンシングの分野においてもデータの入手とその有効利用について地域内での国際協力がますます進められるであろう。

最後に著者が考えていることをのべて本稿の結論としたい。

- (1) 東南アジアにおけるリモートセンシングの利用は初期の簡単なレベルにある。大学および研究所を含めて官民協力して高度利用のための研究および調整を組織的にかつ継続的に推進する必要がある。
- (2) 日本は JICA により毎年アジア諸国の技術者を育成しているが、その数は十分ではない。タイ側から

すると少なくとも今の 2 ~ 3 倍に増加してほしい。昭和 61 年度から科学技術庁が ASEAN 諸国との協同プロジェクトを発足させた。このような人材育成、協同プロジェクトおよび研究基盤援助は ASEAN 諸国が日本に最も強く期待していることであり、今後さらに充実されることを望む。

- (3) 宇宙開発事業団 (NASDA) の協力によりタイに MOS-1 受信局が設置されることになった。受信したデータはタイには勿論のこと、広くアジア諸国に無料または超低価格で迅速に配布してくれることを望む。LANDSAT や SPOT のデータの高価格がリモートセンシングの普及を阻害している。タイの LANDSAT 受信局においても 60 万ドルの受信料を払い込んでいるのに対し、表 2 に示すように 25 万ドルの売り上げしかなく不足分の予算を得るのに悩まされている。
- (4) リモートセンシングの資源管理への高度利用として地理情報システム (GIS) を導入することが必要であるとの示唆を受けているが、東南アジアに適したシステムを確立するためには、その有効性を検証する研究を早急に推進する必要がある。

おわりに

今回日本学術振興会の援助により東京大学生産技術研究所村井研究室に 2 ケ月間在籍し、リモートセンシングの研究を行うことができた。2 ケ月の間に、熊本において東海大学の主催するアジア農業リモートセンシングシンポジウム、盛岡において岩手大学の主催する宇宙からのリモートセンシングデータの高度利用に関するセミナー、大阪において日本リモートセンシング協会の主催する地域リモートセンシングセミナーに参加できた。また滞日中に NRCT と NASDA の間で締結された MOS-1 受信局の MOU の調印に立ちあうことができた。国土地理院および公害研究所の担当者と科学技術庁の協同プロジェクトの打合せもできた。RESTEC, NCM, 国際航業など技術的な視察もできた。協力して下さった多くの日本の友人に謝意を表したい。最後に日本語の原稿を監修して下さい村井俊治教授に深甚な謝意を表わす。