

## 1 . 概要

人工衛星を用いた地球観測は、21世紀を迎えて、観測精度が格段に向上し、ユ-ザが使用できる地球観測デ-タの種類も選択利用できるまでになってきた。その一方で、一般のユ-ザは、地球観測デ-タを使用するに際して、どのデ-タを選択したら良いのか(空間分解能の選択)、どの波長域を使用したら良いのか(有効波長帯の選択)困惑することが多くなってきたとも言われている。しかし、長い期間の試行錯誤を経て、人工衛星を用いた地球観測は地球発見の時代から地球システムを理解する時代へと進展してきたと言っても過言ではない。言い換えると、地球観測デ-タ(衛星デ-タ)の利用技術については新しい時代の展開が期待できるようになってきたと言える。

社会基盤整備事業を例にしても、これまで長い年月にわたる多方面からの検証実験の積み重ねと各種の数値シミュレーションモデルを用いた研究成果を基盤に、地球観測デ-タの実利用化への機運が急速に大きくなってきた。国土防災を中核とした国土管理も宇宙からの視点で考え直してみようとする意識が定着し始めている。

しかしながら、実際に地球観測デ-タを利用しようとした場合、それらを使用した既存の適用事例を短時間に検索し、参照できないといった一般ユ-ザの声が大きいことも事実である。さらに、毎日のように地球上に送られてくる地球観測デ-タについても、具体的な利用事例を含めて、ユ-ザのニーズに沿った形で提供できる運用体制になっていないことも指摘されている。これらの問題は、これまで、ユ-ザ個々の問題として片づけられてきた事柄でありうるが、実務として地球観測デ-タを利用することを考えるとき、放置できない問題として認識されるようになってきたことも事実である。一般業務の片手間で地球観測デ-タをハンドリングすることの難しさを多くの人達が認識できるようになってきた証拠でもある。

本章では、高分解能衛星デ-タとして配布が始まったIKONOSデ-タを中心にその利用事例を可能な限り作成し、実務を前提に人工衛星デ-タ(地球観測デ-タ)を利用しようとするユ-ザの便を考えたものである。また、IKONOSデ-タの利用価値を確認する意味で、一部の利用事例では、LANDSAT/TMデ-タやASTERデ-タを併用する形で事例を作成してある。具体的な事例作成に際しては、便宜上、河川分野、海岸分野、砂防分野、道路・交通分野、環境分野、都市分野といった区分をした上で、それぞれの分野別の5~6事例に対して、対象領域の選定、主題図作成の手順、主題図から得られる所見、衛星デ-タを用いることによる効用と限界、衛星デ-タを利用するに際しての留意点についてそれぞれ記述してある。

## 2 . 建設分野を対象とした人工衛星デ-タの適用分野

国土建設から国土管理に大きく意識が転換していく中で国土防災が国土管理の中に占める割合がますます大きくなっている。従って、人工衛星から得られる地球観測デ-タを適用する場合の目的としては、災害時に迅速に対応するための情報等(災害情報、環境情報、国土利用情報、等)の収集を広域に、かつ詳細に得ることが大きな目的になると言っても過言ではない。この目的を実現するために、国土管理の定義と国土管理を実行していくための要求水準を明確にした上で、人工衛星デ-タ(地球観測デ-タ)を利用する上での効用について関係者(実務者と研究者)が連携して詳細な調査を行うことが重要である。以

下に、人工衛星データ（地球観測データ）を用いることによって効果があると考えられる分野を列挙した。これらの内容は、これまでの多くの研究論文や研究討論会、委員会等で議論されてきたのものであり、すでに多くの研究者によって効用が実証され、実用化している事柄も沢山含まれている。

## 2.1 広域の環境モニタリングにおける人工衛星データの利用

林野の植生活性度調査（植生指標図の作成を含む）

土地利用調査（正確な季節毎の土地被覆図の作成や土地分級評価を含む）

軟弱地盤調査

自然災害による被災地調査（被災地マップの作成を含む）

自然環境の復元状況調査（社会基盤施設整備によるインパクト調査）

## 2.2 都市および地域計画への人工衛星データの利用

土地分級評価（土地が有する使用価値、潜在価値、存在価値の評価・分析）

土地利用計画

都市内の緑被率調査（画像の比演算処理・分析システムの適用）

都市の経年的成長過程の継続調査と成長予測（土地被覆時系列分析を含む）

住宅市街地の環境情報の監視（熱環境分布図の作成を含む）

市町村単位での都市計画支援（土地利用構想システムの適用）

都市内河川の防災対策

土砂災害の防災対策

土地・家屋の実態調査

都市内の工作物調査

屋上緑地の調査

## 2.3 農地管理における人工衛星データの利用

農地や畑地の現況把握（作付状況調査を含む）

農地や畑地の管理（営農システムの開発を含む）

農地管理支援（土地利用構想システムの適用を含む）

## 2.4 沿岸海域を対象とした人工衛星データの利用

構造物の施工計画・施工状況調査

沿岸海域の生産力調査

海岸線の浸食、堆砂状況の現況把握

沿岸海域での波向・波高調査

沿岸直背地の環境状況把握（防砂林、畑地、砂丘、等々）

河口からの流出状況把握

自然災害による沿岸海域へのインパクト調査

## 2.5 河川・湖沼調査における人工衛星データの利用

流域水文情報（濁水、堆砂、流域植生、河道、等）の収集と蓄積

流域の微地形調査および植生調査

河口域の経年的なモニタリング

災害予測（インパクト調査を含む）

浸水区域、倒木状況、斜面崩落、積雪量、等の監視

- 河口堰等の施設計画（事前調査を含む）
- 湖沼や河川を対象とした水質・水温調査（水質・水温分布図の作成を含む）
- 湖沼や河川での水性植物の調査と管理
- 治水・利水計画（水量のモニタリングを含む）
- 2.6 砂防分野における人工衛星データの利用
  - 流域の土砂環境把握
  - 地すべり危険度評価（自然斜面の安定性評価を含む）
  - 大規模岩盤斜面の長期的変形調査（SARデータの応用技術の適用を含む）
- 2.7 道路分野における人工衛星データの利用
  - 移動体調査・交通量調査
  - 道路網計画・路線や施設計画
  - 衛星通信技術を用いた道路交通分野への適用可能性検討
  - 路線周辺の環境分析（植栽管理や環境要素のモニタリングを含む）
- 2.8 施工分野における人工衛星データの利用
  - 軟弱地盤地帯の把握
  - 自然災害地の現況把握（土砂災害、水害、等々）
  - 災害復旧作業計画
  - 施工重機等の位置認識および最適配置計画
- 2.9 社会基盤施設の維持管理を対象とした人工衛星データの利用
  - 位置認識
  - 社会基盤施設等の状況把握
- 2.10 地図作成を目的とした人工衛星データの利用
  - 各種地理情報との融合利用（各種主題図の作成や地形分析を含む）
  - 景観シミュレーション（地形の3次元表現と動画の作成を含む）

### 3. 効果的な人工衛星データの利用のために

広域の環境変化に迅速に対応するためには、気象・大気情報、土地利用形態、都市の発展状況、土地被覆状況、植生の活性度状況、等の関連情報を短時間に、詳細に収集できることが重要となる。特に、自然災害の発生時には、被災状況を一刻も早く把握することが国民の生命・財産を守る上で極めて重要となる。

これらの目的を実現するためには、人工衛星を用いた地球観測技術を始めとする航空宇宙技術に対する要求水準を明確にした上で、その情報利用効果などに関して、産・官・学の研究者等が連携して取り組み、その成果が関係者に広く公開されるとともに、その結果が、再び、地球観測技術や衛星運用技術の新規開発に反映されるような研究開発体制が不可欠である。特に、現状では民間研究機関のノウハウを積極的に取り入れた技術開発が重要である。先端科学の導入とその運用には、従来の枠組みを越えた（異分野を包含した）多くの人達が参加できる体制と雰囲気が必要である。

#### 3.1 実用化を前提とした人工衛星データの利用動向

宇宙に視点を置いた地球観測（または広域環境観測）についての定義を明確にした上で、地球上の広域環境観測を前提とした人工衛星利用技術の研究・開発に関する当面の課題と

しては、人工衛星を用いた地球観測技術と観測体制および観測データ（衛星データ）の処理・解析技術が挙げられる。具体的な項目を列挙すると以下のものがある。

人工衛星（GPSは除く）を用いた環境要素毎の観測方法の確立と観測体制の整備  
広域環境観測を前提とした人工衛星データ（地球観測データ）の効果的な蓄積方法の開発および人工衛星データの利用体制の確立

地球観測データ（人工衛星データ）の有効性についての検証（GISとの統合利用を含む）と利用事例の蓄積、実用化を前提とした応用研究の実施

未利用分野への適用性についてのニーズの把握とその利用方法についての詳細な検討

センサ・開発側に対するユ・ザサイドからの要望事項の取りまとめ

上記の内容をさらに詳細な分野別の人工衛星利用技術にまでブレ・クダウンすると以下のようなになる。

（１）河川分野を対象とした人工衛星利用技術

流域を対象とした水文情報や植生情報等の情報収集技術に関する研究開発（情報の収集と蓄積の技術）

衛星データの利用を前提とした河川情報管理システムの開発（情報の利活用の技術）

（２）砂防分野を対象とした人工衛星利用技術

流域の土砂環境（堆砂、流砂）把握

地すべり危険度評価手法への応用

大規模岩盤斜面の長期的変形調査

（３）路分野を対象とした人工衛星利用技術

移動体調査

交通量 / 渋滞状況調査

衛星通信技術の道路交通分野への適用可能性

道路環境調査（路側沿線の土地利用変化、道路敷内の植生調査、法面環境調査）

（４）植生の活性度（または被害状況）調査を対象とした人工衛星利用技術

都市の緑地状況調査（緑地分布、緑被率計算、樹種判定、病虫害調査、等）

林野の植生活活性度調査

（５）生活環境要素の調査を対象とした人工衛星利用技術

土地利用状況調査

水質調査

大気質調査

軟弱地盤調査

土壌水分調査

作付状況調査

住宅市街地のヒ・トアイランド調査

（６）自然災害調査を対象とした人工衛星利用技術

自然災害地の現況把握

災害復旧作業計画の作成

施工機械の自動運行システムの開発（位置認識を前提とした自動運行）

( 7 ) 沿岸海域を対象とした人工衛星利用技術

海岸線の浸食、堆砂状況の現況把握

波向・波高調査

直背地の環境状況把握

河口からの流出状況把握

自然災害のインパクト調査

( 8 ) 地図作成を目的とした人工衛星利用技術

基準点設置に関する基本的な情報観測体制の整備

D E Mに関するアルゴリズムの開発

さらに、以下に列挙するような利用システムや利用技術の開発が重要となる。還元すれば、地理情報システム（GIS）が整備されることを前提とした上で、生活環境空間の情報収集や収集データ（衛星データ）を一層効果的にする目的で、各種の地理情報と衛星観測データとの統合情報システムの確立を目指した分野であると言える。

( 1 ) 情報の利活用(観測データの二次的利用ソフトウェアの開発)のための開発項目

河川流況予測システム

沿岸海域の情報管理システム

土地被覆分類支援システム

生態情報の統合化システムおよび活用システム

市街地情報の活用技術

大気拡散予測システム

気象情報の観測および予測システム

水質、水温情報の継続的監視システム

等々

( 2 ) 広域環境情報を効果的に計測（または観測）するための開発項目

G P Sの高度利用技術

光工学データの高精度化技術（観測波長帯の狭小化、量子化ビット数の増大化）

合成開口レーダ（SAR）データの利用技術（地上分解能の高度化）

( 3 ) 情報システム構築に関する開発項目

G P Sを利用した統合情報基盤

生活環境空間に関する各種データの品質評価手法

生活環境空間情報に関わるメタデータの効果的な蓄積方法および配付体制

3 . 2 人工衛星データを利用する上での留意事項

上記の研究開発の内容を効果的に進めるための留意事項として以下の点が考えられる。すなわち、利用する衛星のタイプ（観測頻度）、観測データの精度や種類によって研究開発の成果（研究目標）や利用方法が異なってくる。それぞれの利用対象や研究内容毎に利用方法を明確にしておくことが大切である。

例えば、

従来方法による極軌道周回衛星で数日に1回または1日に数回程度観測するのか、新たに常時観測体制を導入するののかについての意思決定

使用するセンサは光学センサなのか、SARセンサなのか、あるいは両方を併

用するののかについての意思決定

光学センサ - の空間分解能はどの程度まで要求するのか？、1 ~ 3 mで良いのか？、それとも5 m程度で良いのか？、ステレオデ - タはどうするのか？、についてのある程度の見通しが必要である。ユ - ザサイドにおける意思決定の問題に帰着する問題かもしれない。

SARデ - タの要求精度はどの程度か？、偏波の組み合わせをどのようにするか？、等について意思決定した上で、SARデ - タで何が可能なのかについて検討する。

災害時等に対応することを想定した場合でも、何を（どのような情報）どのように対応するのかを決定しておく。

上記の留意事項を検討・検証するに際して大切なことは、必ずしも、現状のデ - タ処理方法を前提とした上で将来のシステムを考える必要はない。また、そうであってはならないことも多い。しかしながら、従来から蓄積されてきた数多くの研究開発の成果を無視して全て新たに開発しようとする姿勢は時間的にも経済的にも得策とは言えない。その際には、以下に列挙する研究開発の姿勢が求められることになる。

従来から長い年月をかけて開発・整備されてきた個別の観測、蓄積、利用ツ - ルに新しい概念を導入して高度化を図る。

コスト・パフォ - マンスを分析した上でコストの縮減を図り、サ - ビス水準の高度化を図る。

従来から異分野と思われてきた分野で開発され、利用されている技術に関心を持つ。特に、情報通信技術を可能な限り導入し、効果的な利用を図る。

従来から行われてきた環境情報の収集、管理についての視点（概念）を転換した上で新しい発想で研究開発を行う。

### 3.3 広域環境情報調査のための技術的課題

上述の内容と重複する部分もあるが、以下に、人工衛星を用いて広域環境情報調査のために考えておかなければならない技術面からの課題を整理した。

(1) 生活環境空間に関わる情報の“確かさ”を常に視野に入れておくことが大切である。これには、以下の2点から明確にすることができる。

現実の環境情報があるがままの姿として捕らえているか否か？

現実と表現との乖離（誤差）がどの程度なのか？

このことが環境情報の正確さの裏付けとなり、誤差の明示も含めて情報の信頼性につながることになる。人工衛星を用いた地球観測デ - タ（衛星デ - タ）の領域では「衛星デ - タの代表性」の問題であり、“ピクセルあるいはミクセル問題”として議論されており、結論は未だ出ていない。この種の議論は観測センサ - が新しくなる度に繰り返される問題である。衛星デ - タを扱う場合の画像の分類問題に帰着する。

(2) 観測の頻度（サイクル）や観測デ - タの精度（地上分解能）についての要求仕様を明確にする。

人工衛星を用いた広域環境調査に当たっては、必要以上に沢山のデ - タを収集したり、必要以上に精度の高いデ - タを要求することは得策ではない。観測デ - タの利用目的が明確になると、自ら必要とする観測デ - タの観測頻度や観測精度が決まってくる。人工衛星やそれに搭載する観測センサ - の種類が多様多様になってくるに従って、この問題は特に

重要になる。

具体的には、人工衛星の観測頻度を常時観測にするのか、2～3日に一度の観測で良いのか、1～2時間ごとの観測が必要なのか、といった議論であり、観測データの精度（空間分解能）はセンチメートル単位を求めるのか、1～4メートルで良いのか、従来型の10メートル前後で十分なのかについて明確な線引きをしておくことが大切である。

（3）広域環境情報の解析手法や解析結果の利用者を類型化することの是非

広域環境情報の解析結果を利用する人（政策立案者、技術者、研究者、等）は、それぞれの行動レベル（行為の難易や行動の時間レベル）や経験レベル、能力レベルによって異なることは自明である。また、高度な技術判断や研究開発に関わる問題よりは誰もができる範囲の日常的な業務の中に情報の利用ニーズが多いことも多くの調査結果から明らかにされている。従って、衛星データを用いた広域環境情報の普及、啓蒙にはニーズの多い日常的な業務に対応できる機能から優先的に整備、充実することが肝要であると言える。

そのためには、解析結果を利用する人や業務を類型化し、類型化された中で、それぞれに要求されるシステム機能の必然性を明確にすることが必要であるといった意見が導き出される。また、一方では、ユザや業務を類型化するよりは、個々の業務に利用される広域環境情報のレベル（使用するデータの精度や画像処理・解析結果の精度、あるいは使用頻度、等）についてゆるやかな枠組みを設定しておくことがより大切である、といった考えもある。いづれにしても、実行に移す前に、類型化の是非について多角的な議論が必要であることは言うまでもない。ニーズに的確に応えることのできるシステムは高く評価されることになり、結果として、利用の持続性と市場領域を広げことに繋がる。

（4）情報の価値を認識する技術と情報を収集する機会を明白にする。

情報の質と量は、課題解決の的確性と速度に多く影響する。従って、情報を認識する技術と情報を収集する（利用する）技術を1対1の形で明確にしておくことは大切なことである。しかし、取得情報の多寡によるユザ毎のメリットの大小については市場原理に任せることも大切なことである。公的な機関が関与する範囲を明確にしておくことが重要になる。

（5）環境保全と開発といった相反する2つの行為についての共生限界抽出のロジカルプロセスを明確にする。

生活環境空間が議論の対象になるとき、保全と開発が直接的な話題の対象となる。両者のバランスを考慮することは極めて大切な行為であるが、必ずしも一意的に合意形成に至らないことが多い。提案された数多くのロジカルパターンを駆使して合意形成のプロセスをシミュレーションする努力は大切であるが、両者の調和だけを前提に言及することの是非について議論しておくことも大切である。