

平成 15 年度環境省委託業務結果報告書

不法投棄等衛星
監視システム開発調査

平成 16 年 3 月

独立行政法人 国立環境研究所

目 次

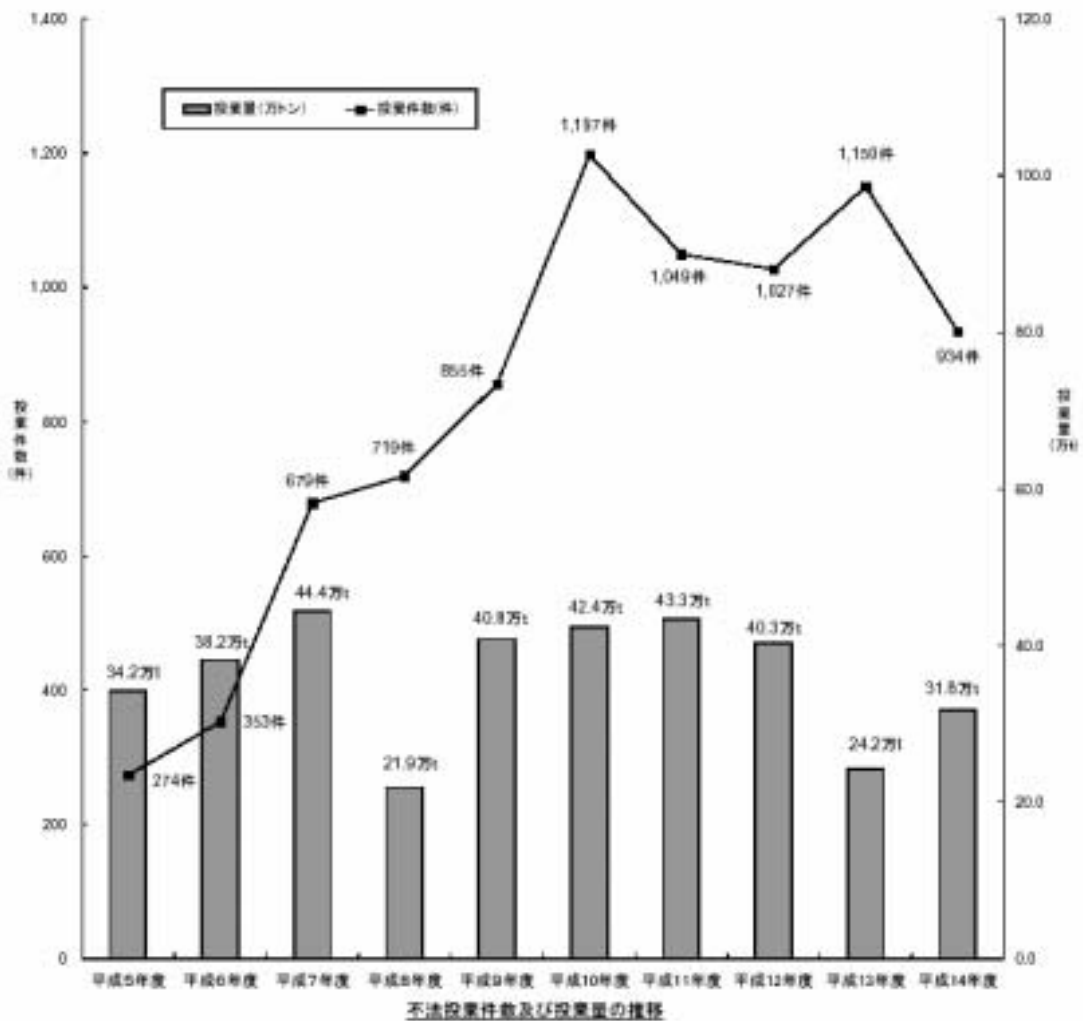
1 . 調査の背景と目的	1
2 . 調査の概要	5
2 . 1 調査概要と全体構成	5
2 . 2 調査の実施方法	7
3 . 衛星画像解析手法の改善	9
3 . 1 前年度までの検討成果と今年度の検討の目的	9
3 . 2 多バンド画像解析手法	9
3 . 2 . 1 これまでの解析手法の概要と改善すべき課題	10
3 . 2 . 2 解析手法の改善	11
3 . 2 . 3 解析手法の改善効果	22
3 . 2 . 4 まとめ	25
3 . 3 単画像解析手法	26
3 . 3 . 1 単画像解析手法の狙い	26
3 . 3 . 2 単画像解析手法における領域分割の導入	26
3 . 3 . 3 不法投棄現場に共通する特徴の抽出	27
3 . 3 . 4 手法の流れ	29
3 . 3 . 5 検知精度の定量的評価	31
3 . 3 . 6 まとめ	34
3 . 4 複数画像解析手法	35
3 . 4 . 1 複数画像解析手法の狙い	35
3 . 4 . 2 複数画像解析手法における領域分割の導入	35
3 . 4 . 3 画像のテクスチャ特徴の抽出	36
3 . 4 . 4 手法の流れ	37
3 . 4 . 5 検知精度の定量的評価	39
3 . 4 . 6 まとめ	53
3 . 5 実証試験エリアへの適用とその結果	53
3 . 5 . 1 実証試験に適用する画像解析手法の検討	53
3 . 5 . 2 茨城県での実証試験における画像解析の結果	54
3 . 5 . 3 栃木県での実証試験における画像解析の結果	59
3 . 5 . 4 実証試験結果による画像解析手法の考察	62
3 . 5 . 5 まとめ	67
3 . 6 実証試験の結果をふまえた改善検討	67
3 . 6 . 1 複数画像解析手法における処理および閾値の見直し検討	67
3 . 6 . 2 単画像解析手法と複数画像解析手法の組み合わせ解析手法の検討	72
3 . 6 . 3 閾値の設定方法と結果表示方法の検討	77

3.6.4	まとめ	79
3.7	本章のまとめ	80
4	不法投棄等の新規発見業務における衛星監視システムの実証	87
4.1	目的と実証項目	87
4.1.1	実証試験の目的	87
4.1.2	実証項目	87
4.2	方法	89
4.2.1	実証試験の全体フロー	89
4.2.2	対象地域	89
4.2.3	実施体制	91
4.2.4	実証試験システムの構築	91
4.2.5	画像解析手法	95
4.2.6	試験の実施手順	96
4.3	結果と考察	99
4.3.1	目視判読での現場抽出（試験A）の実証結果と考察	99
4.3.2	新規発見情報の共有化（試験B）の実証結果と考察	111
4.3.3	現場の変化状況把握（試験C）の実証結果と考察	112
4.3.4	統計分析（試験D）の実証結果と考察	113
4.4	本章のまとめ	114
5	不法投棄等の日常監視業務における衛星監視システムの実証	117
5.1	目的と実証項目	117
5.1.1	実証試験の目的	117
5.1.2	実証項目	117
5.2	方法	119
5.2.1	対象地域	119
5.2.2	試験スケジュール	119
5.2.3	実施体制	121
5.2.4	用いた実証試験システム	121
5.2.5	用いた衛星画像等	127
5.2.6	実証試験の実証項目の詳細と実施手順	127
5.3	結果と考察	136
5.3.1	日常衛星監視（試験E）の結果と考察	136
5.3.2	場所や状況把握の効率化（試験F）の結果と考察	142
5.3.3	監視情報の管理（試験G）の結果と考察	144
5.4	本章のまとめ	148

6 . 衛星監視システムの実務活用に向けた導入・運用方法の設計	149
6 . 1 実務活用に向けた衛星監視システムの設計	149
6 . 1 . 1 2つの実証試験結果に基づいた基本方針の整理・設計	149
6 . 1 . 2 組織体制と必要な機能	152
6 . 2 その他システム等との連携方策	157
6 . 2 . 1 エコパトロール等の既存システムとの連携	157
6 . 2 . 2 自治体内における画像・GISデータの共同利用	159
6 . 3 コスト試算	167
6 . 3 . 1 システム導入費	167
6 . 3 . 2 システム運用費	168
6 . 4 . 本章のまとめ	168
7 . 総括と今後の課題	171
7 . 1 . 本調査の結果のまとめ	171
7 . 2 . 3年間の調査業務の総括	172
付録1 衛星の種類と特徴	
付録2 航空機空中画像の種類と特徴	
付録3 衛星画像判読マニュアル	
付録4 衛星画像と航空機空中写真の比較	
付録5 衛星画像等の利活用事例	
付録6 不法投棄要監視地域のゾーニングシステム	

1. 調査の背景と目的

環境省の調査¹⁾によると、平成5年度に調査を開始して以来、不法投棄量は概ね約40万トン前後で推移し、投棄件数は増加傾向にあった。平成13年度に投棄量が大幅に減少し、平成14年度には投棄件数も減少するなど改善の兆しが認められたが、平成14年度の投棄量は32万トンにまで戻っている（図1-1参照）。各自治体においては、不法投棄に起因する重篤な環境汚染などを懸念し、不法投棄の未然防止と早期発見による迅速な原因者の究明、原状回復等の対策を進めているが、投棄件数の約3割（投棄量では約2.5割）は原状回復されていない状況である。



注)1 投棄件数及び投棄量は、都道府県及び保健所設置市が把握した産業廃棄物の不法投棄のうち、1件当りの投棄量が10t以上の事業多量計対象とした。
 (ただし特別管理産業廃棄物を含む事業については、投棄量10t未満を含む全ての事業を集計対象とした。)
 2 平成5～7年度の状況は平成8年度調査、平成8～10年度の状況は平成11年4月調査、
 平成11年度の状況は平成12年6月調査、平成12年度の状況は平成13年8月調査、平成13年度の状況は平成14年6月調査。

図1-1 不法投棄件数及び投棄量の推移¹⁾

以上のような背景から、廃棄物の不法投棄等を未然に防止するとともに、不法投棄等の不適正処理が行われた場合には、早期に発見し速やかな対応を講じることが生活環境保全上の支障を防止する観点から必要とされる。そこで環境省では、不法投棄につながる前兆行為や投棄後の場所を迅速かつ確実に監視するために、人工衛星を活用したシステムの開発に平成12年度から着手し、自治体の要請に応じて「衛星監視センター」が人工衛星による投棄場所の検出を行い、自治体の監視業務を支援する新たなシステム（図1-2参照。以後「衛星監視システム」と呼ぶ）を検討してきた。昨年度までの検討で、(1)GISを用いた不法投棄要監視地域のゾーニングシステム、(2)衛星画像による不法投棄箇所検知システム、(3)自治体の実務を効果的に支援するための衛星監視業務運用システムの3つの要素についての技術的検討が行われた^{2)~4)}。

本調査は、平成12~14年度における環境省調査の継続調査に位置づけられ、開発した不法投棄を効率的に監視するための不法投棄要監視地域ゾーニング技術及び各種人工衛星によって不法投棄箇所を確実に検知するための不法投棄箇所検知技術、ならびに自治体担当者の運用を支援するために両技術を組み込んだ衛星監視システムの有効性を実証するため、実証試験用のシステムを開発するとともに、数自治体の協力を得て実証試験を実施し、これら技術・システムの改善を行うものである。昨年度までの技術的検討に加えて実務的検討を行うことで、不法投棄等衛星監視システムの実用化を図る。

以下に、各調査項目を説明する。

1) 実証試験システム及び実証試験用マニュアルの作成

平成14年度に検討した実証システムの設計仕様を基に、衛星による要監視地域抽出のための情報提供、衛星画像解析結果の閲覧等の業務を行う実証試験用衛星監視システム（以下「実証試験システム」という。）を作成する。また、自治体の担当者がスムーズに本システムを利用できるように、その利用マニュアルを作成する。

2) 実証試験の実施及び評価

ア 実証試験の実施

数自治体（千葉県・茨城県・栃木県）の協力を得て、上記（1）で作成した実証試験システムを用いた実証試験を実施する。実証試験の期間は四ヶ月程度とし、その間に国立環境研究所職員の見学・指導により、人工衛星による撮影、各種画像解析、地上パトロールの計画立案ならびに地上パトロールの実施など、実証試験システムの一連の運用作業を実施する。

イ 実証システムの評価及び改善策検討

アで実施した実証試験の結果をもとに自治体行政の実務におけるシステム運用ならびに技術上の問題点の抽出、改善策の検討を2.2で示す検討委員会で行う。また、自治体における廃棄物管理分野以外の衛星画像の利用方法などの衛星監視システムの高度利用の可能性を調査する。

3) 衛星監視システムを用いた実務活用ガイド（マニュアル）作成

上記(1)、(2)の結果をもとに、実用化に向けた衛星監視システムの実務活用ガイド（マニュアル）を作成する。ガイド（マニュアル）には、モデル的な活用例として不法投棄箇所（違法堆積含む）の新規発見、投棄箇所の継続的監視、廃棄物処理施設などにおける不適正処理の監視、地上パトロールの効率化などについて記載し、衛星監視システムを導入、活用した場合の

不法投棄および不適正処理の低減およびその費用対効果についても、実証試験を通して得られた成果を基に記載する。また、実用段階での衛星画像や地理情報データのライセンスの取り扱いの内容についても記述するものとする。なお、システムで利用する衛星画像や地理情報の廃棄物管理以外の他分野への活用例などについても記述する。

参考文献

- 1) 環境省：産業廃棄物の不法投棄の状況（平成14年度）について、2003年12月22日
- 2) 環境省：平成12年度不法投棄等衛星監視システム開発調査報告書、平成13年3月
- 3) 環境省：平成13年度不法投棄等衛星監視システム開発調査報告書、平成14年3月
- 4) 環境省：平成14年度不法投棄等衛星監視システム開発調査報告書、平成15年3月

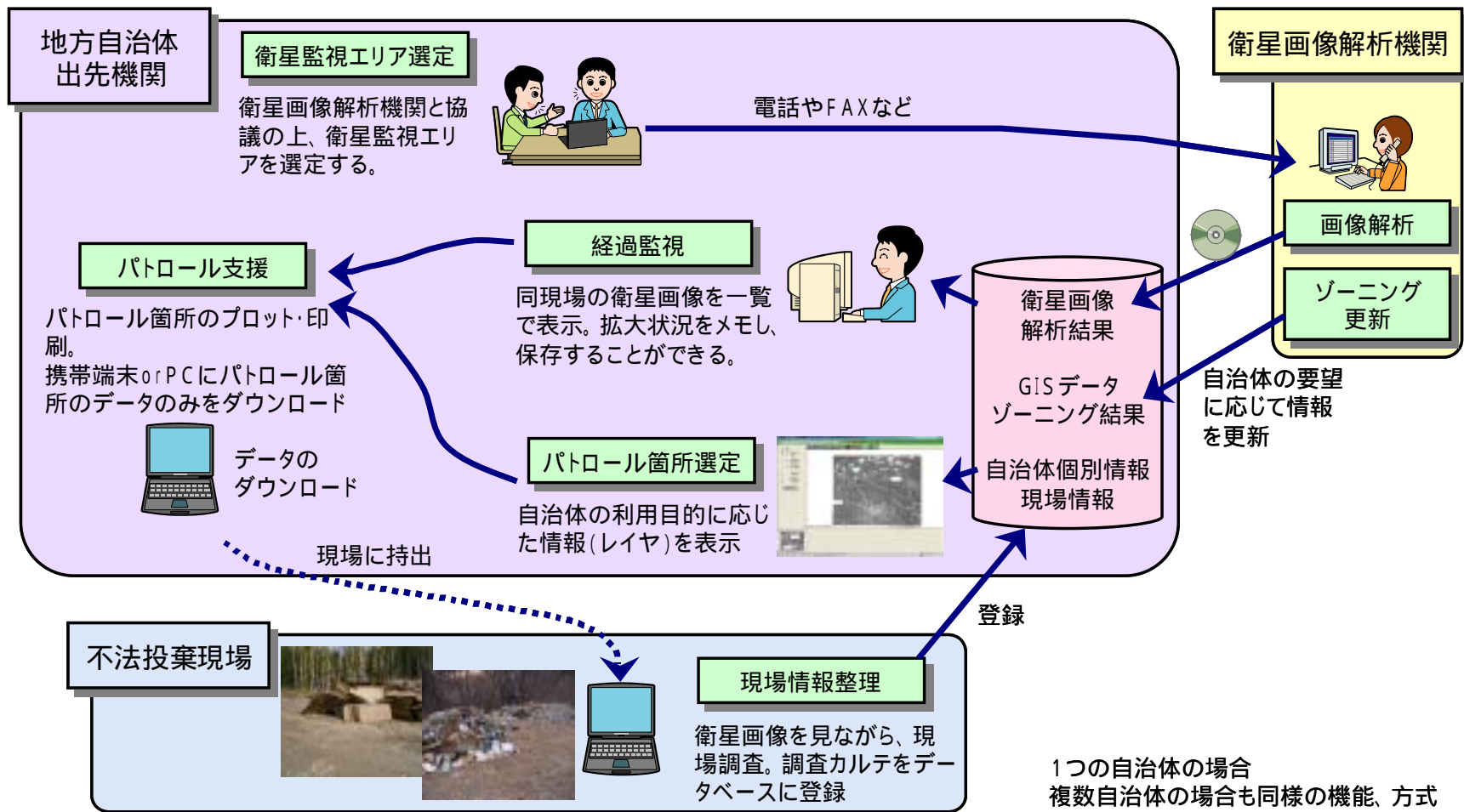


図1-2 不法投棄等衛星監視システムのイメージ（平成12～14年度環境省調査^{2）～4）}に基づく）

2. 調査の概要

2.1 調査概要と全体構成

調査の概要を図2-1に示す。前年度までの検討で開発された3つの要素技術のうち、衛星画像検知システムは森林領域を対象としたNDVI変化に基づく手法のみしか開発・確立できておらず、その適用範囲には限界があったことから、第3章では森林領域以外の画像解析手法の開発・検討を行った成果を述べる。第4章と第5章では、前年度までの検討で開発された3つの要素技術の実務有効性を実証するために行った2種類の実証試験について述べる。続く第6章では、これらの実証試験の結果を整理するとともに、コスト面ならびに他のシステムとの連携可能性を検討しながら、衛星監視システムの衛星監視システムの実務活用に向けた導入・運用方法の設計を行った成果を述べた。最後に、第7章では3年間の検討成果を総括した。また、実務活用ガイドについては、自治体担当者が理解しやすいようにする必要があることから、報告書の付録として、報告書本体とは別途に作成することとした。

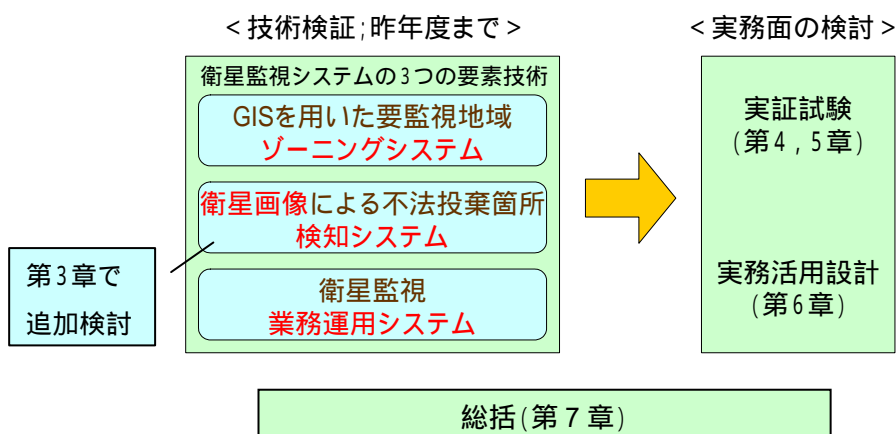


図2-1：本調査の概要

実証試験は、図2-2に示す(1)衛星監視システムを用いた未知の不法投棄等の新規発見業務（青の部分）、(2)衛星監視システムを用いた既知の不法投棄現場等の日常監視業務（緑の部分）、(3)巡視記録の管理業務（黄の部分）の3つの業務を想定し、第4章で新規発見業務、第5章で日常監視業務について不法投棄等衛星監視システムを活用した実務の実証試験をそれぞれ行った。なお、巡視記録管理業務は日常監視業務として主に第5章で検討を行ったが、新規発見情報の入力に係る内容は第4章の新規発見業務の検討のなかで行った。

検討項目は、表2-1に示すように、技術・コスト面・業務面の大きく3項目について検討し、表2-1で青字で示した項目は実証試験で、また、赤字で示した項目は第6章でそれぞれ検討を行った。

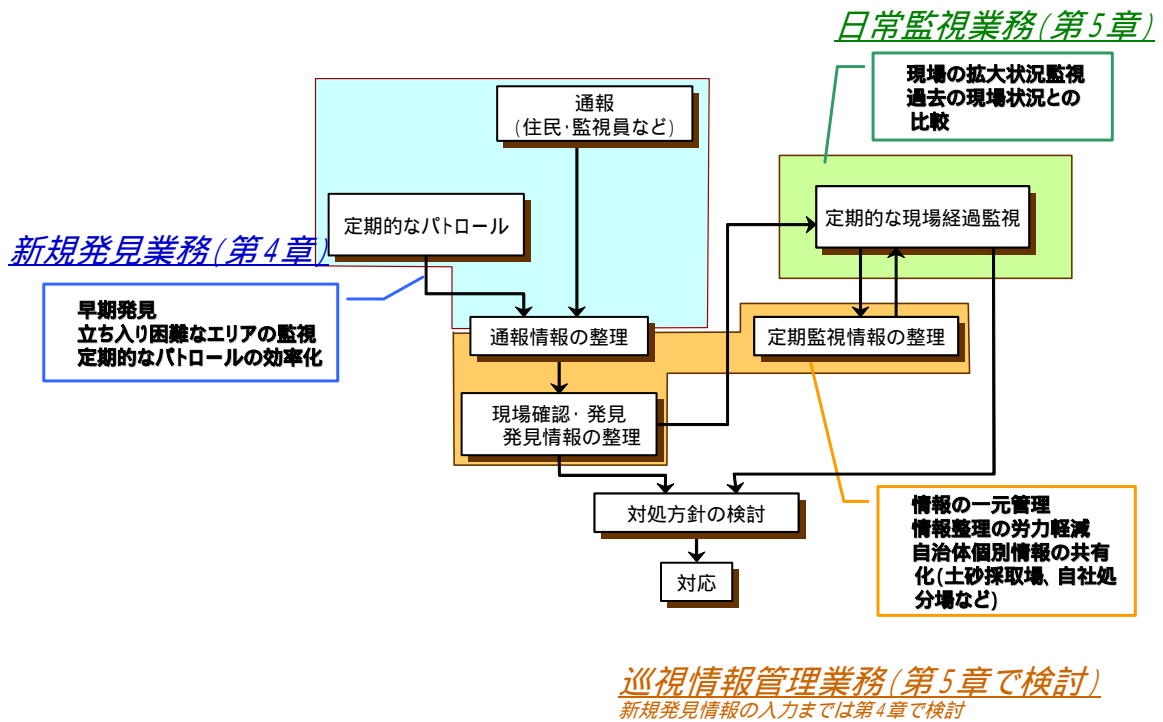


図2-2：実証試験で検討する業務

表2-1 今年度の検討項目

検討項目	内容
技術	判読・検知能 (分解能、地上発見困難地域における検知能) 監視頻度 (撮影周期、天気の影響等による撮影失敗)
コスト	システム導入コスト 運用コスト (衛星画像コスト、システム運用コスト)
業務	既存業務フローとの連携性 (どのように利用するか) 現在の監視体制との親和性 (誰が利用するか) 廃棄物部局で利用しているその 他のシステムとの連携可能性 (利便性・効率性)

2.2 調査の実施方法

実証試験は、関東圏域で過去数年の不法投棄量が多い上位3県を対象に行った。表2-2に示すように、「(1)衛星監視システムを用いた未知の不法投棄等の新規発見業務」の実証を栃木県と茨城県で行い、「(2)衛星監視システムを用いた既知の不法投棄現場等の日常監視業務」の実証を千葉県で行った。

表2-2 実証試験の実施県とその実証概要

	実証業務分類	実証業務詳細
栃木県	新規発見業務	・那須周辺における新規発見業務 (発見からパトロールまでの出先機関との一連の業務連携に関する検討を含む)
茨城県		・牛久周辺における新規発見業務 (発見からパトロールまでの出先機関との一連の業務連携に関する検討を含む)
千葉県	日常監視業務	・市原周辺における不適正処理施設等の定点監視業務 ・県庁における履歴情報の蓄積・利用業務

加えて、以下の委員で構成される検討委員会を設置し、本調査の実施計画、進捗状況等に関する指導・助言等を踏まえながら、本調査を推進した。また、自治体出身の委員の方々と実証試験後に意見交換会を行い、詳細かつ具体的な要望・改善点の把握を行った。

平成 15 年度不法投棄等衛星監視システム開発・調査検討委員会

岡部隆男	千葉県環境生活部産業廃棄物課	副主幹
小野雄策	埼玉県環境科学国際センター廃棄物管理グループ	主幹
河野達治	福岡県環境部監視指導課	課長
猿田忠義	茨城県生活環境部廃棄物対策課不法投棄対策室	係長
長瀧友廣	和歌山県環境生活部環境政策局廃棄物対策課	主任
松村浩二	青森県環境生活部環境政策課廃棄物・不法投棄対策グループ	総括主査
丸山利一	栃木県 生活環境部 環境整備課廃棄物対策室	主事
安岡善文	東京大学生産技術研究所	教授

：座長

3.衛星画像解析手法の改善

3.1 前年度までの検討成果と今年度の検討の目的

本章では、前年度までの検討で開発された画像解析手法の改善を行った結果を述べる。

前年度までの検討は、森林領域を対象とした植生変化に基づく検知手法が不法投棄箇所の検知に有効であることを確認した。また、画像解析による検知結果と目視判読による現場および現場周辺の状況の知識を用いることにより、誤検知箇所を除去し、不法投棄の可能性が高い箇所を絞り込む方法を検証した。

今年度は、前年度の植生変化に基づく検知手法では適用不可であった裸地等の森林以外の領域（植生の関連しない領域）を対象とした手法を検討する。また、目視判読による絞り込みの負担を軽減するためにも、検知精度の向上および検知結果の見易さの改善を図る。

この目的をふまえ、今年度は以下の3項目についての検討を行った。

(1) 廃棄物の反射スペクトルに基づく検知手法の改善（多バンド画像解析手法）

[検討内容] 前年度検討した廃棄物の反射スペクトルに基づく検知手法の精度向上

(2) 投棄現場の画像特徴に着目したルールベースの検知手法の開発（単画像解析手法）

[検討内容] 森林等の適用域を限定せず、一枚の画像のみから現場の検知が可能な手法の開発
検知結果の見易さ改善のための領域分割の導入

(3) 投棄による地表構造の変化に着目した検知手法（複数画像解析手法）

[検討内容] 前年度検討した森林領域を対象とした植生変化に基づく手法に加え、森林以外の領域を対象とした地表構造の変化に基づく検知手法の開発
検知結果の見易さ改善のための領域分割の導入

また、検討した手法のいくつかを実証試験に適用し、有効性の検証を行った。

3.2 多バンド画像解析手法

地表の物体が太陽放射光を反射するとき、その物体の種類や状態によって反射の特性は異なる。この特性を波長ごとにみたものを、「反射スペクトル」といい、物体の種類や状態を判別するための一つの有用な情報となる。廃棄物の反射スペクトルが既知であれば、衛星画像上において廃棄物の反射スペクトルに似た場所を検索することで、不法投棄候補地を絞り込むことができると考えられる。このような手法を用いる場合、幅広い観測波長域を持つ多バンドの衛星画像が必要となる。

以上のような認識に基づき、これまで、不法投棄された廃棄物の反射スペクトルを収集し、その情報を元に多バンド画像から不法投棄現場を検出する手法について検討してきた¹⁾。この手法を

¹（独）国立環境研究所：平成14年度環境省委託業務結果報告書 不法投棄等衛星監視システム開発調査、2003

用いることにより、ある程度不法投棄現場候補地を絞り込むことが可能であるとの結果を得たが、不法投棄現場ではない場所を誤検出するケースが多かった。そこで、上記手法の検出精度を向上させることを目的として、これまでに検討してきた手法の改善を試みた。

3.2.1 これまでの解析手法の概要と改善すべき課題

まず、昨年度までに検討した解析手法の概要を説明し、改善すべき課題として残されていた点について述べる。図3-1は、昨年度検討した反射スペクトルに基づく不法投棄検出手法の概略図である。この手法における作業プロセスは大きく分けて、データ変換と、不法投棄候補地の選定の2つに分けることができる。以下でそれぞれについて説明する。

(1) データ変換プロセス

反射スペクトルに基づく不法投棄手法で用いられるデータは、多バンド画像と、不法投棄現場において実測した廃棄物の反射スペクトルデータの2種類である。データ変換プロセスでは、これらの2種類のデータ形式を統一するための作業が行われる。

まず、2種類のデータの単位を統一するための作業が行われる。ASTER等の多バンド画像のデータはDN値（データ圧縮を図るため、センサで観測された放射輝度を0～255の指数で表したもの）で表されているのに対し、廃棄物の反射スペクトルデータは反射率（太陽入射光に対する地表で反射された成分の比）として表されている。このため、まず衛星画像のDN値を反射率に変換し、2種類のデータの単位を統一する作業が行われる。

次に、2種類のデータの波長域を揃える作業が行われる。衛星画像は、ある特定の波長域における電磁波の放射強度を観測しているのに対し、反射スペクトルデータは、可視域～短波長赤外波長域のすべての波長域における反射率を連続的に計測している。このため、廃棄物の反射スペクトルデータから、衛星画像の観測波長域における値を抽出し、2種類のデータの波長域を揃える。

ここで、DN値を反射率に変換する作業において、昨年度用いた手法では解析者によって変換結果に違いがあることや、衛星画像によっては変換に必要なリファレンスピクセルを得ることができない等の問題があり、これを改善する必要があった。

(2) 不法投棄候補地の選定プロセス

次のプロセスでは、上記でデータ形式が統一された衛星画像と廃棄物の反射率データを用い、不法投棄候補地を選定する作業が行われる。昨年度までの手法では、衛星画像上において、廃棄物に類似した反射率を有する場所を検索するという手法が用いられた。具体的には、まず衛星画像と廃棄物の反射率のデータを、それぞれ観測波長帯ごとの反射率を要素とする分光反射ベクトルとして表記し、両者の内積によってベクトルのなす角を計算した。この結果作成される画像において、 θ が小さいほど廃棄物に類似した反射率を有する場所であり、 θ の閾値を絞り込むことによって不法投棄候補地を選定することができた。しかしながら、昨年度までの手法では、廃棄物の反射スペクトルのばらつきを考慮できないことや、廃棄物に類似した反射スペクトルを有する場所を区別できないこと等の理由から、不法投棄候補地として誤検出される場所が多く存在する結果となり、検出精度に問題があった。

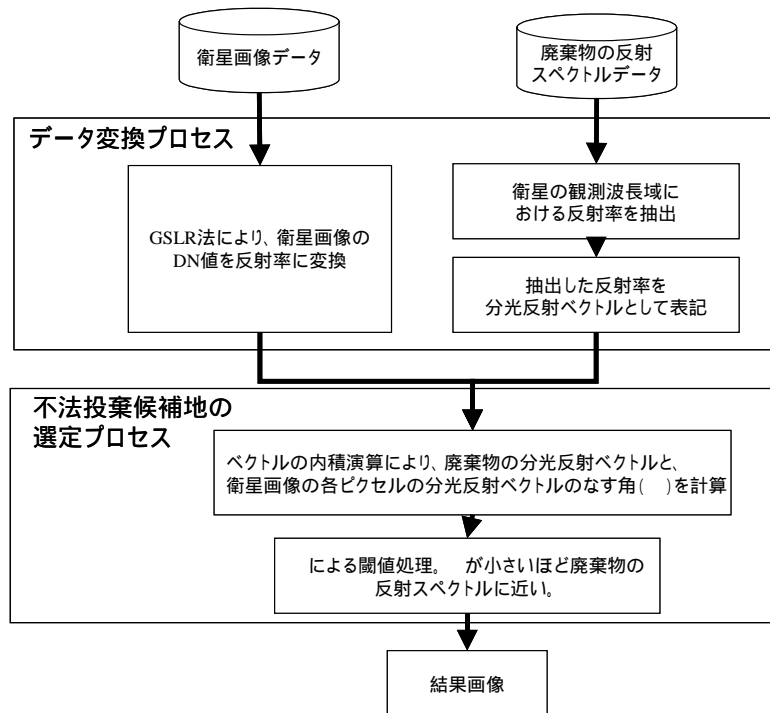


図3-1 昨年度までの解析フロー

3.2.2 解析手法の改善

以上述べたように、これまでの解析手法にはいくつかの改善すべき課題が残されていた。そこで、解析手法を改善し、検出精度の向上を試みた。具体的には、データ変換におけるDN値を反射率に変換する手法の改善と、不法投棄候補地の選定における新たな指標による検出手法を追加した。以下でそれぞれについて説明する。

(1) データ変換手法の改善（衛星画像のDN値を反射率に変換する手法の改善）

多バンド画像解析に基づく不法投棄検出手法は、地上で実測した廃棄物の反射スペクトルに類似したピクセルを衛星画像上で検索することによって行われる。そのため、衛星画像のDN値を反射率に変換する作業は、不法投棄の検出結果を大きく左右する重要なプロセスである。

衛星画像のDN値を反射率に変換する手法としては、LR法やGSLR法と呼ばれる手法が提案されている。LR法は、その仮定の一つに「解析対象地域全体における平均的な地表の放射エネルギーのスペクトルのパターンはその入射エネルギーのスペクトルのパターンとほぼ等しい」とあるため、特定の物質（例えば植生）が密に分布する地域などでは正確なスペクトルパターンは導出できない²。一方、GSLR法は、対象とする波長領域で反射率が一定の波長依存性がないピクセルを用いることにより、LR法に比べ正確な反射スペクトルパターンを導出することができる手法²である。

¹土田聡ら: Gray Scale Log Residual 法 -反射率パターン解析のための一手法-, 日本リモートセンシング学会誌 Vol.12 No.3 pp.29-43, 1992

これまで、GSLR法を用いてDN値を反射率に変換する作業を行ってきた。しかしながら、GSLR法においてリファレンスピクセルを選択する作業は画像解析者の判断に委ねられるため、解析者が代われれば結果が変わることがあった。また、用いる衛星画像によっては、そもそもリファレンスピクセルを得ること自体が困難な場合もあった。そこで、ここでは、リファレンスピクセルを必要とせずにDN値を反射率に変換するために、以下のような手法を用いた。

a) DN値 入射輝度への変換

まず次式(1)により、衛星画像のDN値はセンサへの入射輝度 $Rad.sat.$ に変換できる。

$$Rad.sat. = c(DN - 1) \cdots (1)$$

c は単位変換係数であり、バンド、ゲインモードにより異なる（表3-1）。ゲインモードは、バンド1～2がハイゲイン、3～9がノーマルゲインに設定されている。

表3-1 ASTERデータの放射輝度 / DN値 単位変換係数

バンド 番号	変換係数 ($W/(m^2 \cdot sr \cdot \mu m)/DN$)			
	ハイゲイン	ノーマルゲイン	ローゲイン1	ローゲイン2
1	0.676	1.688	2.25	N/A
2	0.708	1.415	1.89	
3N	0.423	0.862	1.15	
3B	0.423	0.862	1.15	
4	0.1087	0.2174	0.29	
5	0.0348	0.0696	0.0925	0.409
6	0.0313	0.0625	0.0830	0.390
7	0.0299	0.0597	0.0795	0.332
8	0.0209	0.0417	0.0556	0.245
9	0.0159	0.0318	0.0424	0.265

初期状態では、バンドによってゲインモードが異なるため、バンド間のゲインモードを揃える必要がある。ここでは、バンド1、2のDN値をノーマルゲインモードのDN値に変換し、すべてのバンドをノーマルゲインモードのDN値に揃えた。

次に、パスラジアンズ（入射した太陽光のうち、地表に到達せずに大気中で反射され、衛星センサへと到達した成分）による影響を除去するため、この値を推定した。パスラジアンズの推定方法は種々あるが、ここでは、各バンドの測定データの最小値はパスラジアンズに等しいと仮定し、次式によりパスラジアンズ b を決定した。

$$b = c(DN_{min} - 1) \cdots (2)$$

b) 入射輝度 反射率への変換

入射輝度 $Rad.sat.$ は、電磁波の大気透過率 T_ϕ 、地形による効果 Gr 、地表への入射輝度 In 、地表物体の反射率 $ref.$ 、パスラジアンズ b により次式のように表すことができる。

$$Rad.sat. = T_\phi \cdot Gr \cdot In \cdot ref + b \cdots (3)$$

ここで、衛星センサには、センサが計測できる最大の入射輝度の値（DN値の254に相当する）が設定されている。この最大入射輝度は、DN値の有効利用、飽和の回避を目的として、センサへの入射光量が最大となる条件を想定し、推定されたものである。このときの計算条件として、地

表面に関しては完全拡散面（どの方向から見ても輝度の等しい表面）で、反射率は70%と設定されている。

最大入射輝度を設定する際の電磁波の大気透過率を T'_ϕ 、地形による効果を Gr' 、地表への入射輝度を In' 、地表物体の反射率を ref' 、パスラジアンスを b' とすると、最大入射輝度 $Rad.sat.max$ は次式のように表すことができる。

$$Rad.sat.max = T'_\phi \cdot Gr' \cdot In' \cdot ref' + b' \dots (4)$$

ここで、次のように仮定する。

イ．使用する衛星画像の撮影時と最大入射輝度決定の際の解析条件とでは気象状態は似通っていると考え、透過率、パスラジアンス、入射光強度は両者で等しい ($T'_\phi = T_\phi, b' = b, In' = In$) とする。

ロ．最大入射輝度決定の際の解析条件では、地形効果はないもの ($Gr' = 1$) と考え、地表物体としては高い分光反射率を持つ灰色体を想定する。 (ref' の値はバンドに依らない) とすると、式(1),(2),(3),(4)から式(5)を経て式(6)を得る。

$$\frac{c(DN - DN_{min})}{c(254 - DN_{min})} \cong \frac{T_\phi \cdot Gr \cdot In \cdot ref}{T_\phi \cdot 1 \cdot In \cdot ref'} \dots (5)$$

$$\frac{DN - DN_{min}}{254 - DN_{min}} \cong \frac{Gr}{ref'} \cdot ref \dots (6)$$

式(6)では、ある波長の分光反射率 ref は左辺の値と比例し、その比例係数 (Gr / ref') が波長に依存しない形になっている。このことから、式(6)左辺の値を用いることで反射率を計算できる。

図3-2は、本手法を用いて、不法投棄現場における衛星データのDN値を変換して得られた反射率と、地上において不法投棄現場の反射率を測定したデータをグラフにプロットしたものである。また、比較のためにLR法により変換した反射率も併記してある。これを見ると、本手法によって推計した反射率と、地上で実測した反射率は、LR法による推計結果と比較して良好な結果が得られていることがわかる。

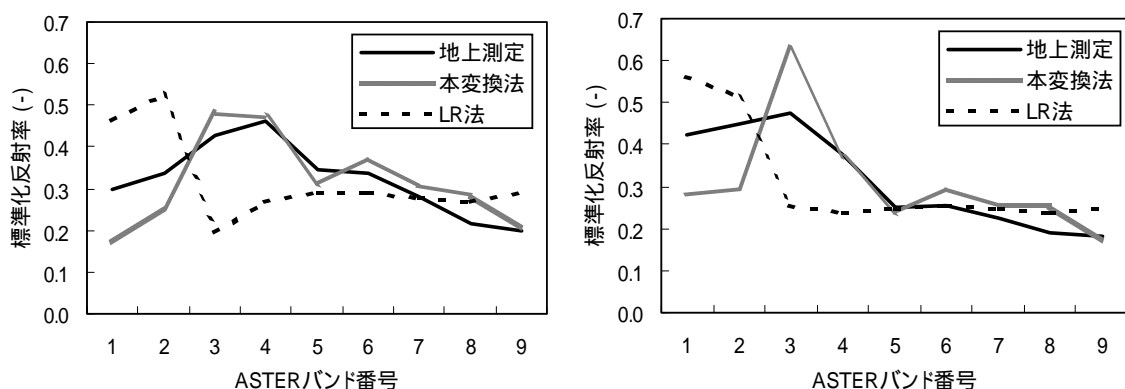


図3-2 DN値から変換して得られた反射率と地上測定による反射率
(右：廃プラスチック系混合廃棄物、左：廃家電)

(2) 不法投棄候補地の選定手法の改善（1 時期の画像を用いた解析）

a) 閾値の設定条件に関する分析

図3-3は、茨城県にある不法投棄現場周辺（1.2km×1.2km）のASTER画像である。また、図3-4はこの画像において、昨年度までの手法を用いて廃プラスチックを主体とする混合廃棄物の不法投棄候補地を検出した結果である。図3-4をみると、不法投棄検出のための閾値を絞り込むことにより、誤検出を低減させることができるが、閾値をある値（この場合閾値 = 12）以下にすると不法投棄候補地（図中の赤い円でかこまれた場所）が該当ピクセルから外れてしまうことがわかる。この原因として、廃棄物の種類や構成比によって反射スペクトルにはばらつきがあるため、検出のためのリファレンスとして用いられる廃棄物の反射スペクトルと、実際の不法投棄現場の反射スペクトルが完全には一致しないことが考えられる。また、衛星画像のDN値を反射率に変換するときには、大気の影響等により誤差が発生するため、この影響が考えられる。

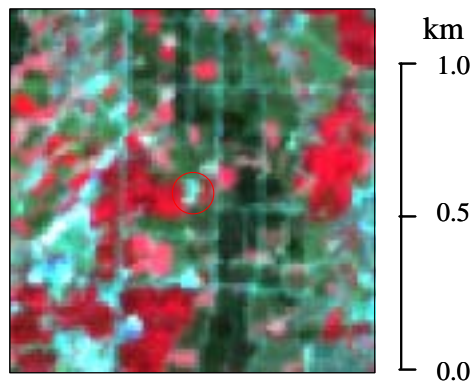


図3-3 不法投棄現場周辺のASTER画像
（赤い円内は不法投棄現場）

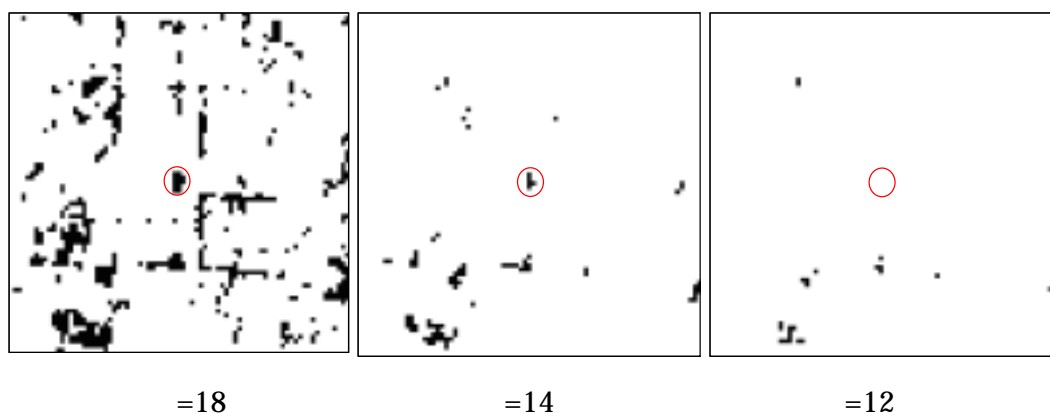


図3-4 閾値を変化させた場合の不法投棄候補ピクセル
（赤い円内は不法投棄現場）

廃棄物の反射スペクトルのばらつきや、データ変換プロセスで発生する誤差によって、衛星画像内の不法投棄現場の反射スペクトルと地上で実測した廃棄物の反射スペクトルがどの程度違うかを評価するため、両者の違い計算した結果が表3-2である。表において の値が大きいほど、両者の反射スペクトルの違いが大きいことを意味する。

これを見ると、衛星画像と実測データとの間には、 でみて10～24度程度の違いがあることがわかる。

以上により、不法投棄候補地の選定プロセスにおいて、閾値の値を表3-2の 以下に絞り込むと、不法投棄現場を検出できない可能性があるといえる。そのため、閾値を設定する場合には、表3-2のような の値を参考にする必要がある。ただし、閾値が大きい場合、それだけ誤検出が増加することを考えると、他の手法を併用して誤検出を低減させる必要がある。

表3-2 衛星画像から得られた反射率と地上測定による反射率の違い

	衛星画像撮影日	衛星データと実測データ間での分光反射ベクトルの角度差(度)
廃プラスチック主体の混合廃棄物	2000.3.29	12.4
	2000.5.16	17.2
	2001.6.04	10.8
廃家電	2000.3.29	20.2
	2000.5.16	23.6
	2001.6.04	32.8

2000年時点と比較して反射スペクトルが大きく異なっており、何らかの改変があったものと考えられる。

b) 廃棄物のスペクトルのばらつきやデータ変換時の誤差に影響を受けない検出手法の検討

以上のような問題による不法投棄の誤検出は、廃棄物とよく似た反射スペクトルを有する場所において発生する。表3-3は、衛星画像上で不法投棄候補地を選定したときに誤検出されたピクセルについて、実際にはどのような被覆であったかを高分解能衛星画像によって確認した結果を整理したものである。これをみると、廃プラスチック主体の混合廃棄物、廃家電については、裸地または田畑すなわち土壌との区別が難しいことがわかる。このため、廃棄物と土壌とを区別できる検出手法を新たに検討することにより、誤検出の低減が期待できる。ただし、前節の検討結果を踏まえると、検出手法は廃棄物のスペクトルのばらつきやデータ変換時に発生する誤差等から影響を受けにくい手法である必要がある。

表3-3 誤検出した廃棄物と実際の被覆 単位: %

実際の被覆	水域	森林	草地	裸地・田畑	人工物	計
誤検出した廃棄物						
廃プラスチック主体の混合廃棄物	0.6	11.9	27.3	45.8	14.4	100.0
廃家電	2.5	8.6	0.6	54.6	33.7	100.0

そこで、まず土壌と廃棄物の反射スペクトルを区別することを目的に、異なる種類の土壌を収集し、その反射スペクトルを計測した。図3-5に、収集した土壌の写真と、それぞれの土壌の反射スペクトル計測結果を示す。土壌の種類、色の違いを基準に全部で16サンプルを準備したが、その中には反射スペクトルが良く似たものが存在していたため、クラスター分析を用いて収集した土壌を6つのグループに分類した(図3-6、表3-3)。なお、用いたクラスター分析の手法はWard法、クラスター間の距離は平方ユークリッド距離である。

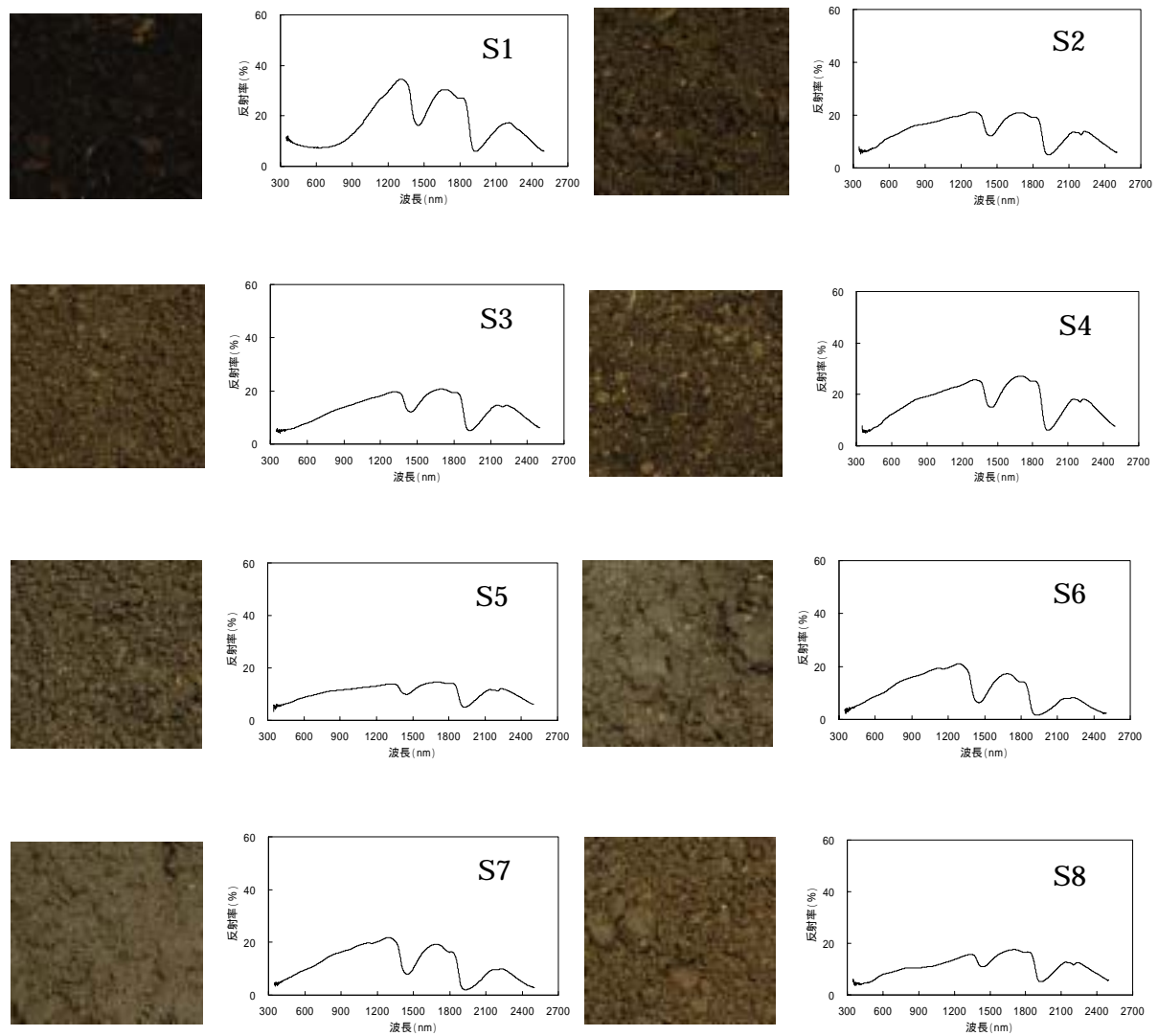


図3-5 土の反射スペクトル測定結果

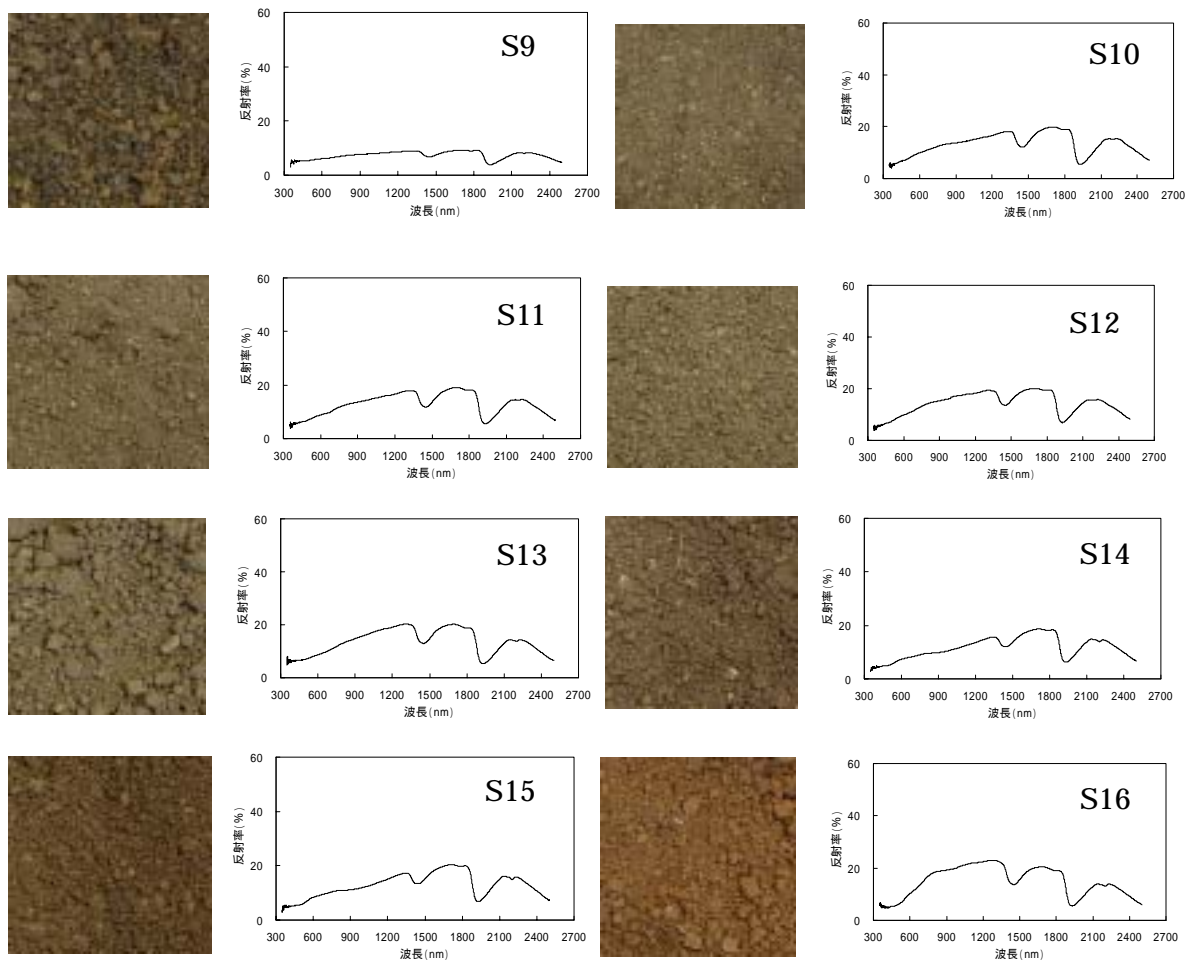


図3-5 土の反射スペクトル測定結果（続き）

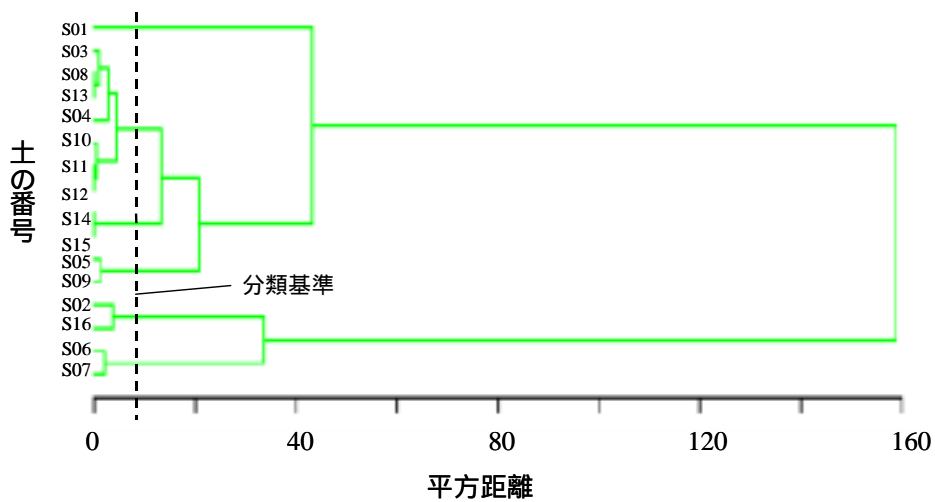


図3-6 クラスタ分析（Ward法）による土の分類樹形図

表3-3 土の分類結果

分類グループ	土の番号
G1	S1
G2	S3, S4, S8, S13, S10, S11, S12
G3	S14, S15
G4	S5, S9
G5	S2, S16
G6	S6, S7

廃プラスチック主体の混合廃棄物（図3-7）の反射スペクトルと、前述した手法により6つのグループに分類した土壌の反射スペクトルとを比較したものを図3-8に示す。ただし、ASTERセンサの観測波長帯（1～9バンド）における反射率を抽出し、それを標準化している。これをみると、廃棄物、土壌ともに反射スペクトルにはばらつきがあるが、全体的な形状は良く似ていることがわかる。このため、反射スペクトルの全体的な形状に基づいて両者を区別することは難しいといえる。しかしながら、ある特定のバンドに着目すると、両者の間に一定の違いが見うけられる。図3-9は、ASTERバンド6～9における反射スペクトルに注目したものである。図において、廃棄物、土壌の反射スペクトルはともに右肩下がり傾向を示しているが、廃棄物は下に凸のカーブであるのに対し、土壌は上に凸になっている。

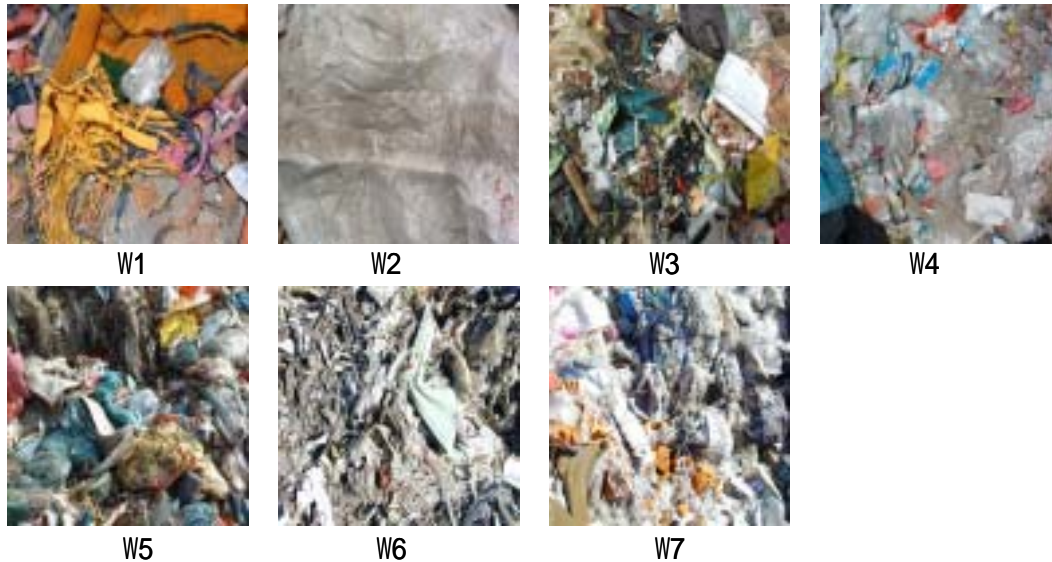


図3-7 反射スペクトルを計測した廃プラスチック主体の混合廃棄物

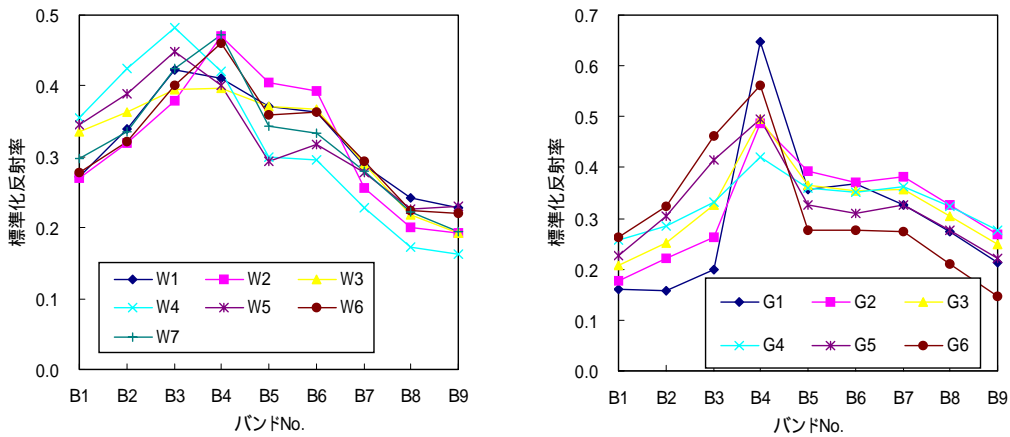


図3-8 ASTERバンド1～9における廃棄物（左）と土（右）の反射スペクトル

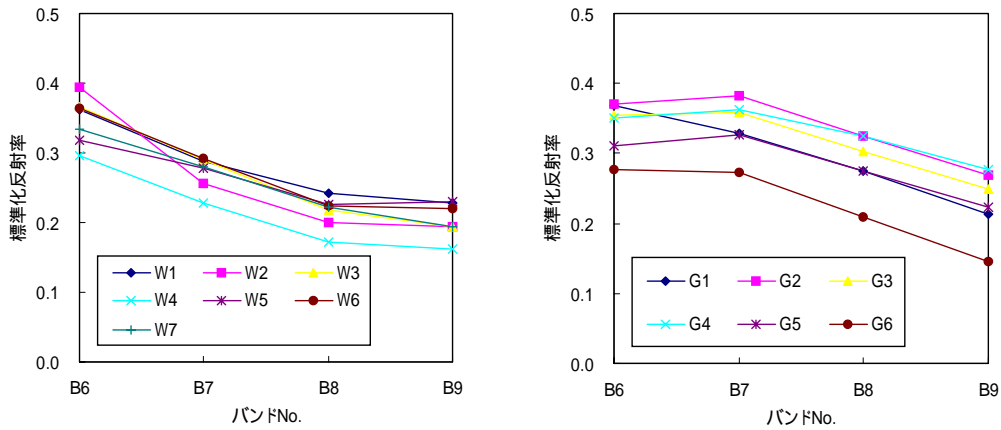


図3-9 ASTERバンド6～9における廃棄物（左）と土（右）の反射スペクトル

この違いに着目することで、廃棄物と土壌とを区別できると考えられる。いま、バンド6からバンド9の反射率 $R_{B6 \sim B9}$ を用いることにより、正規化差分指標 $NDI_{B6+B9, B7+B8}$ を、次式(7)のように表すことができる。

$$NDI_{B6+B9, B7+B8} = \frac{(R_{B6} + R_{B9}) - (R_{B7} + R_{B8})}{(R_{B6} + R_{B9}) + (R_{B7} + R_{B8})} \dots (7)$$

この式により廃棄物および土壌の $NDI_{B6+B9, B7+B8}$ を計算した結果を図3-10に示す。これを見ると、

廃棄物の値は、土壌の値よりも高いことがわかる。ここで、式(7)で計算される $NDI_{B6+B9, B7+B8}$ は、

バンド間の反射率の相対的な違いを表す指標であるため、データ変換時に誤差が発生したとしても、廃棄物の値が土壌の値を上回るという傾向は保持される。この式と、昨年度検討した手法を併用することにより、誤検出を低減させることが期待できる。

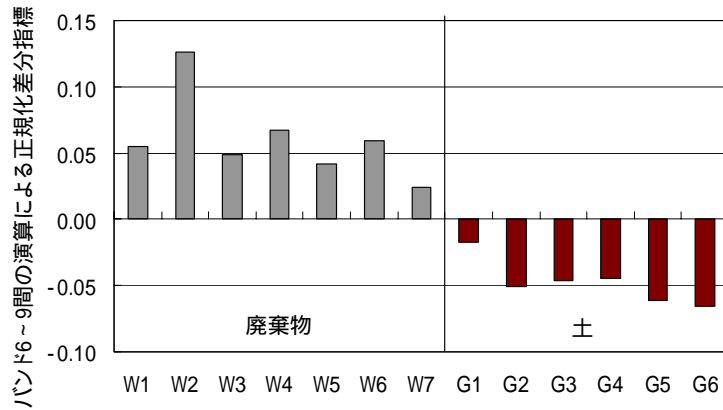


図3-10 バンド6～9間の演算による正規化差分指標

同様に、廃家電と土壌を見分けるための正規化差分指標は次式(8)のようになる。

$$NDI_{B1,B5} = \frac{R_{B1} - R_{B5}}{R_{B1} + R_{B5}} \dots (8)$$

この場合、式(7)とは用いるバンドが異なっており、バンド1とバンド5の反射率を用いている。式(8)により正規化差分指標を計算した結果を図3-13に示す。



図3-11 反射スペクトルを計測した廃家電

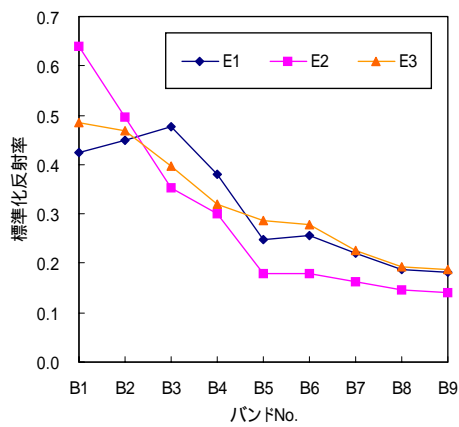


図3-12 ASTERバンド1～9における廃家電の反射スペクトル

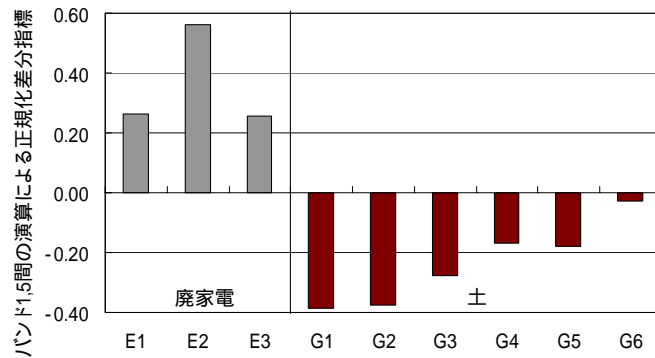


図3-13 ASTERバンド1,5間の演算による正規化差分指標

図3-14は、異なる時期に撮影された2枚のASTER画像において、裸地・田畑および不法投棄現場における正規化差分指標を計算した結果である。不法投棄現場の正規化差分指標は、裸地または田畑の正規化差分指標よりも高い値をとる傾向が見て取れる。

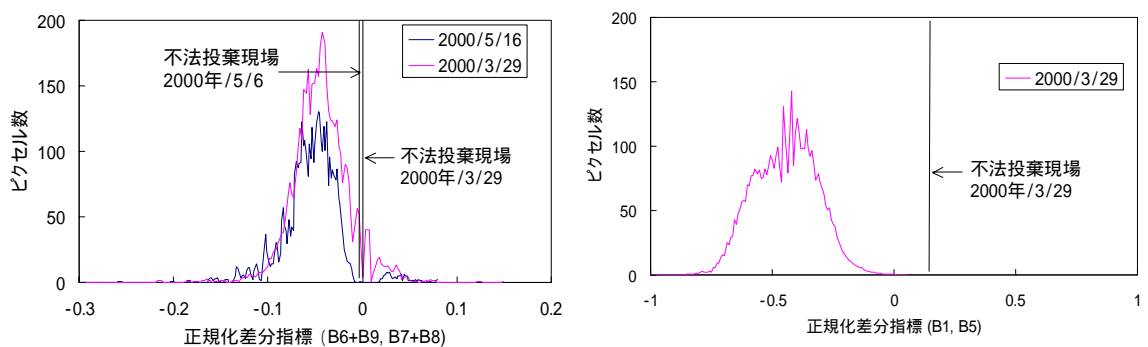


図3-14 衛星画像における裸地・田畑および不法投棄現場の正規化差分指標
(廃プラスチックを主体とする混合廃棄物(左)、廃家電(右))

ここで、廃家電の場合、土壌と比較して分光反射ベクトルの絶対値が大きいため、この指標についても併用することでさらに誤検出を低減できると考えられる。図3-15は、分光反射ベクトルの絶対値について、廃家電と土壌とを比較したものである。

(3) 不法投棄候補地を選定する手法の改善(2時期の画像を用いた解析)

以上において述べてきたことは、1時期の衛星画像において廃棄物を検出する場合での手法改善案である。ここで、不法投棄前後における2時期の画像を用い、不法投棄現場における反射スペクトル変化を検出するプロセスを手法に組み込むことができれば、検出精度をさらに向上できると考えられる。

不法投棄が行われる場所は、森林、草地、裸地、田畑などがある。森林に廃棄物が投棄された場合、NDVI変化により不法投棄を検出できることが昨年度までの検討(国立環境研究所、NTTデ

ータ)によりすでに報告されている。そこで、ここでは、裸地または田畑に廃棄物が投棄された場合を想定し、この場合の反射スペクトルの変化を検出する手法について検討した。

まず、前節で述べたとおり正規化差分指標の計算の結果、廃棄物は土壌よりも値が大きいことが分かっている。このため、不法投棄前後の2時期の画像で比較した場合、不法投棄があった場所では正規化差分指標が減少していると考えられる。この場所を検出し、さらに1時期の画像による解析の結果とを重ね合わせることで不法投棄の検出精度向上が期待できる。

以上の内容により、改善された不法投棄検出手法のフローを図3-16に示す。

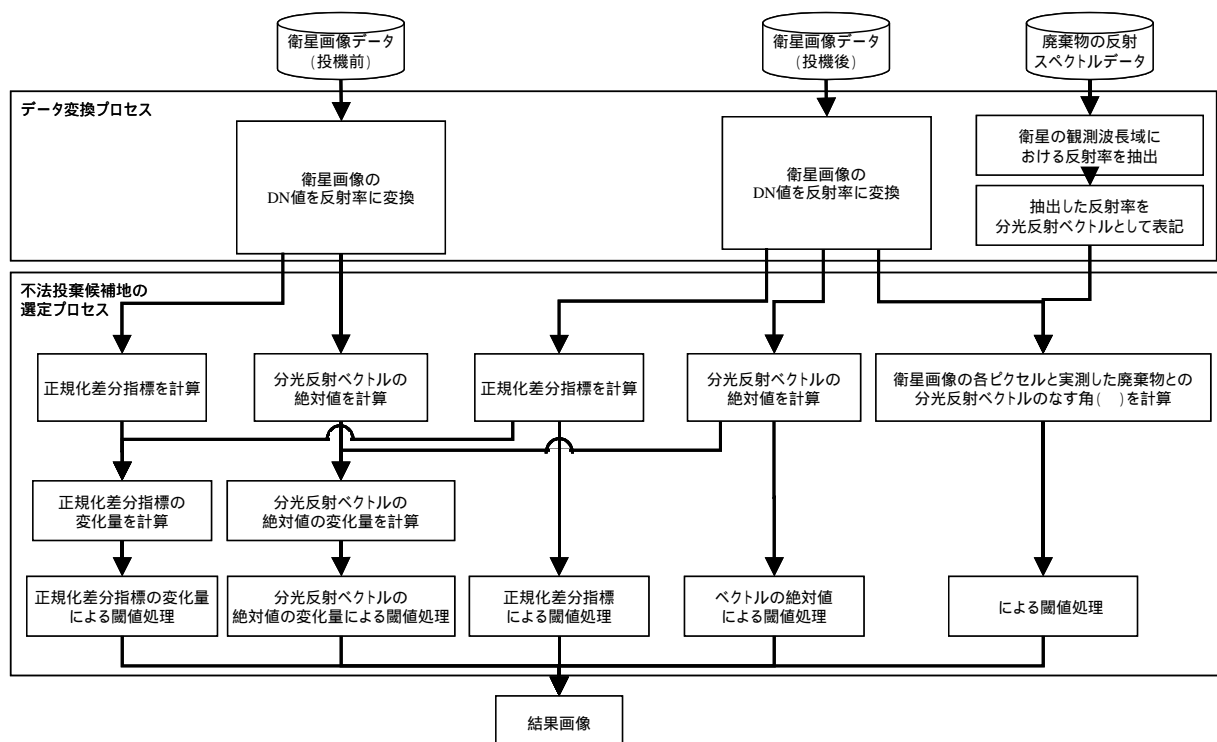


図3-16 改善された解析フロー

3.2.3 解析手法の改善効果

解析手法の改善効果を検討するため、不法投棄の誤検出がどの程度低減するかを評価した。図3-17は、ケーススタディの対象とした地域（不法投棄現場を含む5 km × 9 kmの範囲）におけるASTERフォールスカラー画像（バンドを3に赤、バンド2を緑に、バンド1を青に設定して表示した画像）である。この衛星画像について、昨年度までの手法では検出が困難であったケース（裸地・田畑に廃棄物が不法投棄された場合）を想定し、この現場を検出することを試みた。各検出プロセスにおける解析結果画像を図3-18および図3-19に示す。また、手法の改善効果について評価するため、各プロセスごとの検出ピクセル数についてまとめたものを表3-4および表3-5に示す。なお、

各プロセスにおける閾値は、衛星画像から得られた反射率と地上測定で得られた反射率とを比較し、その差として得られた値を参考に設定した。

表3-4および表3-5の結果より、多バンド画像解析手法の改善効果を検討した結果、昨年度までに検討した分光反射ベクトルの角度差のみを用いた場合と比較して大幅に精度が向上していることを確認した。

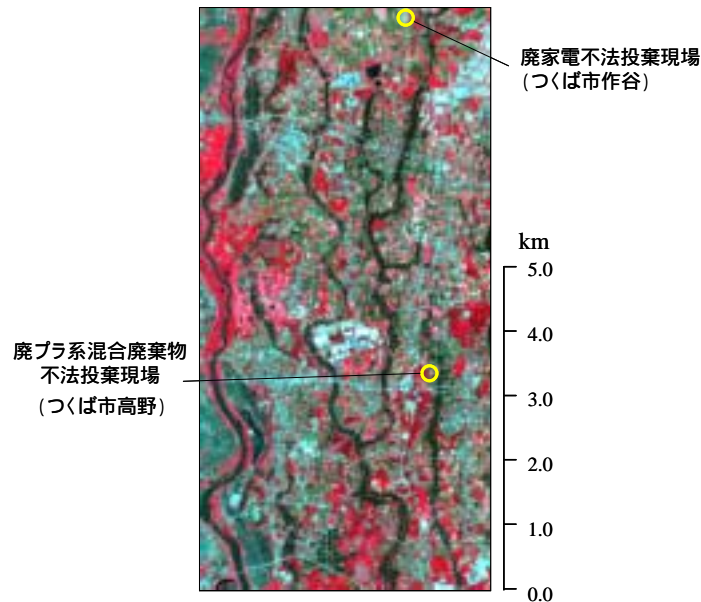


図3-17 解析対象地域のASTERフォールスカラー画像
(図中の円内は不法投棄現場)

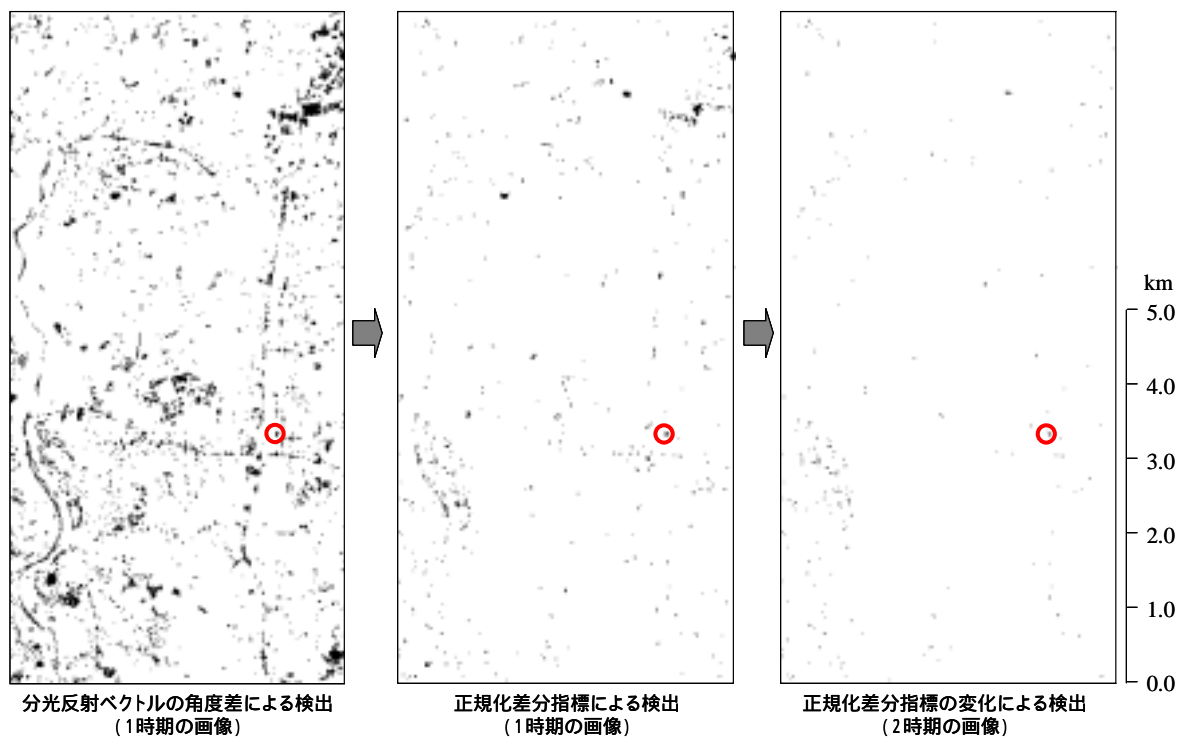
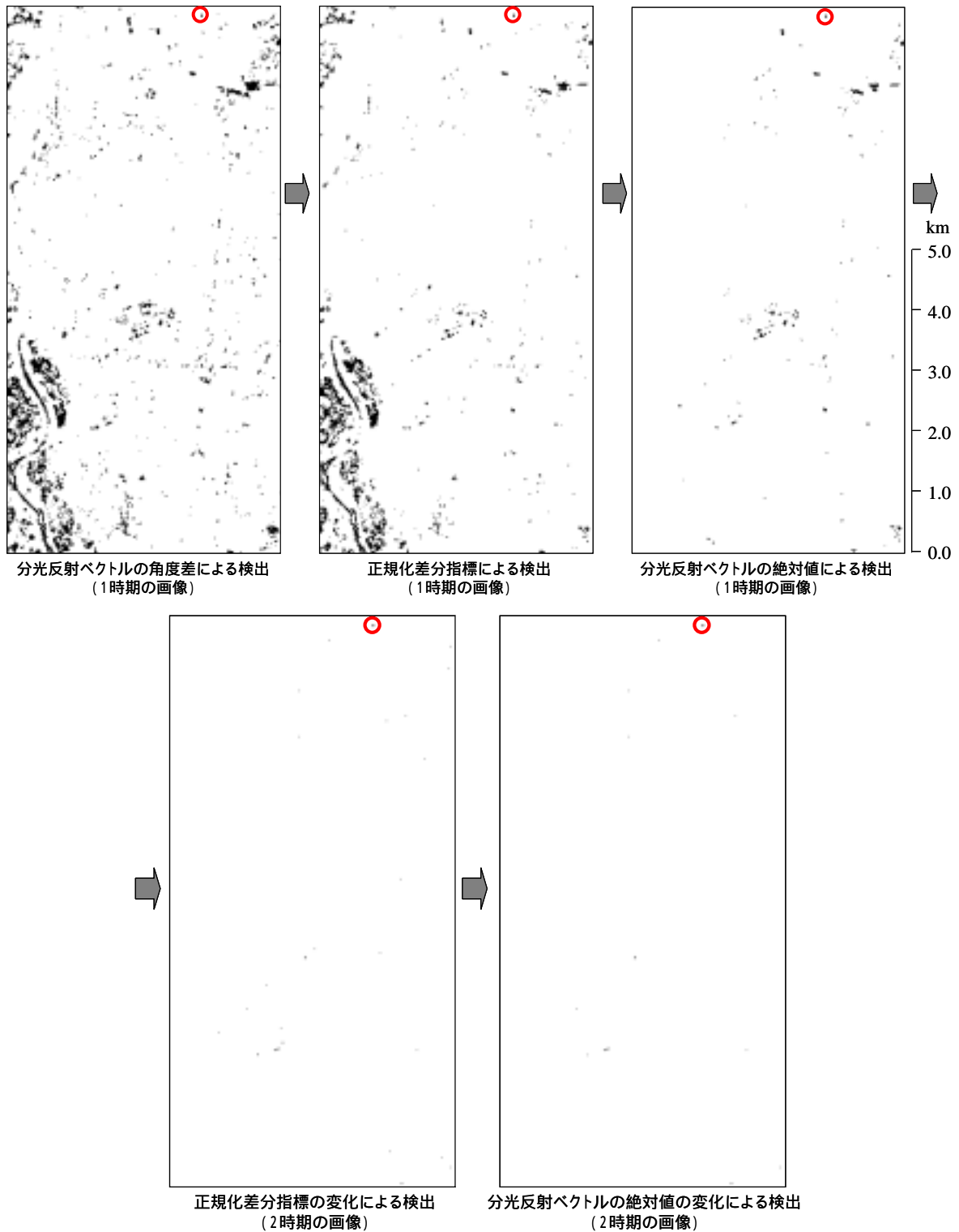


図3-18 異なる検出手法の組み合わせによる不法投棄候補地の絞込み
(廃プラスチック主体の混合廃棄物を検索した場合)



**図3-19 異なる検出手法の組み合わせによる不法投棄候補地の絞込み
(廃家電を検索した場合)**

**表3-4 異なる検出手法の組み合わせによる不法投棄候補地の絞込み
(廃プラスチック主体の混合廃棄物を検索した場合)**

	画像内の 総ピクセル数 A	不法投棄候補地の 検出ピクセル数 B	絞込み率(%) B/A×100	不法投棄現場の ピクセル数 C	誤検出率(%) (B-C)/B×100
分光反射ベクトルの角度差	195,938	11,159	5.70	5	99.96
正規化差分指標	195,938	1,349	0.69	5	99.63
正規化差分指標の変化	195,938	333	0.17	5	98.50

**表3-5 異なる検出手法の組み合わせによる不法投棄候補地の絞込み
(廃家電を検索した場合)**

	画像内の 総ピクセル数 A	不法投棄候補地の 検出ピクセル数 B	絞込み率(%) B/A×100	不法投棄現場の ピクセル数 C	誤検出率(%) (B-C)/B×100
分光反射ベクトルの角度差	195,938	7,924	3.89	4	99.95
正規化差分指標	195,938	5,275	2.62	4	99.92
分光反射ベクトルの絶対値	195,938	585	0.30	4	99.32
正規化差分指標の変化	195,938	38	0.02	4	89.47
分光反射ベクトルの 絶対値の変化	195,938	23	0.01	4	82.61

3.2.4 まとめ

本節では、不法投棄された廃棄物の反射スペクトルを収集し、その情報をもとに多バンド衛星画像から不法投棄現場を検知する手法について、前年度までに検討した解析手法を改善し、検知精度の向上を試みた。この場合の結果をまとめると以下ようになる。

- ・ 衛星データの変換手法を改善し、解析者によって解析結果が異なる点が修正され、安定した解析結果を得ることが可能となった。
- ・ データ変換にリファレンスピクセルを必要としない解析手法であるため、画像の撮影状態に左右されず解析を実施することが可能となった。
- ・ 不法投棄候補地の選定手法を改善し、前年度検討した解析手法（分光反射ベクトルの角度差による検知）に、正規化差分指標による検知、分光反射ベクトルの絶対値による検知を追加した。これにより、不法投棄候補地をさらに絞り込むことが可能となった。
- ・ 2時期の画像を用いて、不法投棄前後での反射スペクトルの変化を抽出する手法について検討した。2時期の画像を用いた検知結果と、1時期の画像での検知結果を併用することにより、検知精度を向上させることができた。

- ・多バンド画像解析手法の実活用は、将来、多バンド高分解能衛星センサが利用できるようになることが必要と考えられた。

3.3 単画像解析手法

3.3.1 単画像解析手法の狙い

前年度の森林伐採に着目した植生減少を用いた手法では、植生の無い場所を対象とした検知ができないという問題があった。そこでまず、植生に関する特徴以外に新たな特徴を導入し、植生の無い場所を対象とした検知を可能にする。

さらに、複数の画像を用いた解析は、解析結果が撮影時の気象条件（雲、もや、日射方向）により影響を受け易い、継続的に画像を取得する必要がある、必要コストが高くなるなど、実用面からの制約により解析が難しい場合がある。そのため、一枚の画像から不法投棄現場の検知も可能とする。

また、前年度までの解析手法では、画像の画素を基本単位とした解析であったため、細かいノイズが多く出る場合があり、検知結果も画素ごとに表示されるため、目視においてどこに注目すればよいか絞り込みが難しいという問題があった。そこで、まず解析の前段階で類似度の高い画素をまとめて小領域を作成し、その小領域に対して解析を行い、さらに検知結果も小領域ごとに表示することにより、目視判読における見易さを改善する。

なお、本解析手法は一枚の画像のみを用いた検知であることから、新規現場 / 既存現場の区別をせず、画像が取得された時点での不法投棄現場と疑わしき箇所を検知するものである。

3.3.2 単画像解析手法における領域分割の導入

解析処理を行う前段階として、領域分割を実施する。類似度の高い画素をまとめて、画像の全範囲に対し小領域を作成する。本解析手法における領域分割の注意点は、画像内の個々の地物や同質の地表エリア（例えば田畑等）が1つの領域となるよう画像（空間）を分割することである。

本解析手法の定量的評価（3.3.5項参照）で用いたエリアに対する領域分割の結果を、図3-20に示す。この図において青色で描かれている線が、個々の領域の境界を表している。

なお、本領域分割の結果は、Definiens社のオブジェクト指向画像解析ソフトeCognitionを用いて作成した。

領域分割以降の解析処理は、全て作成した領域単位で実施する。

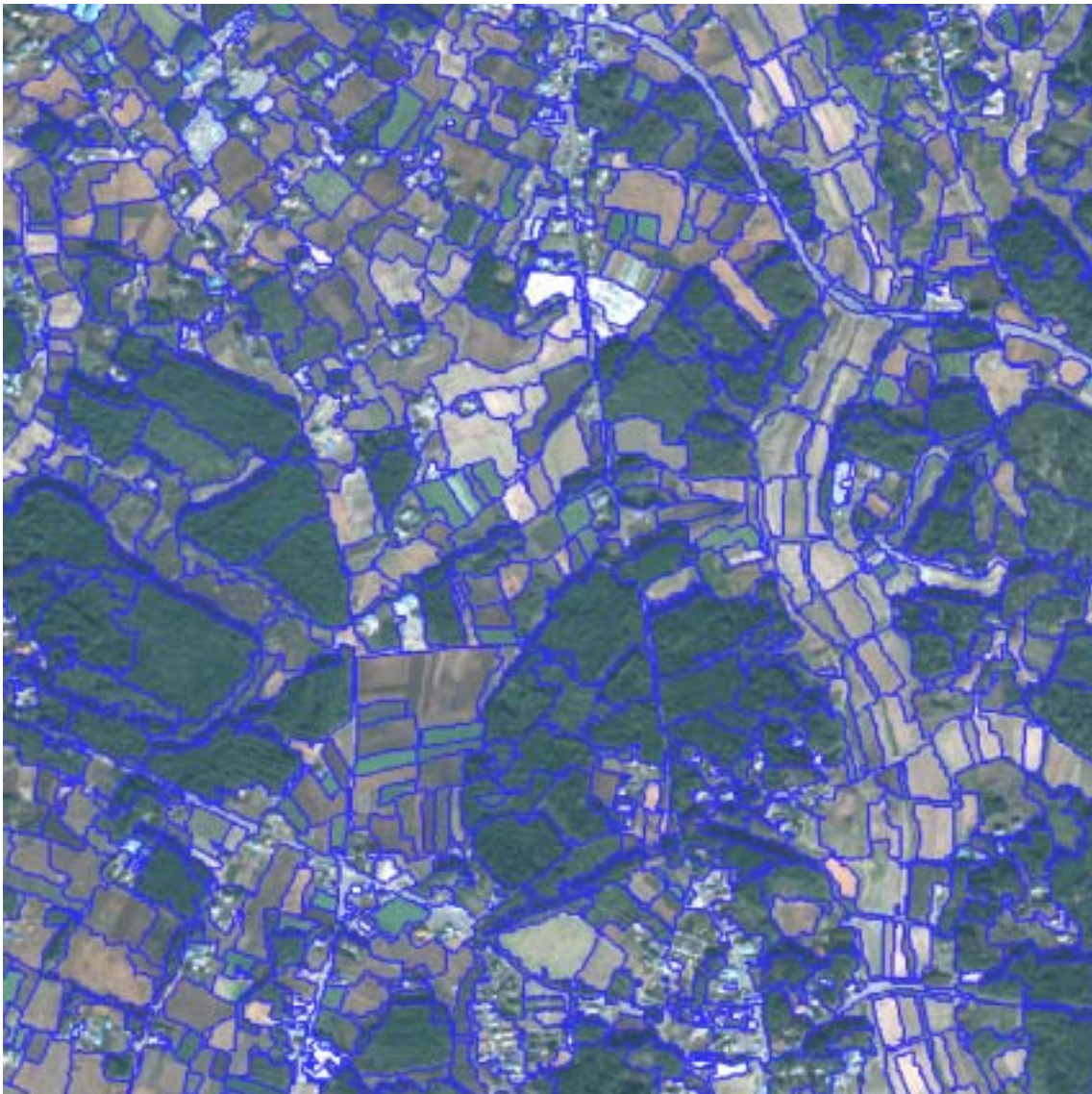


図3-20 定量的検証エリアを対象とした領域分割結果（東西約2km・南北約 2km）

3.3.3 不法投棄現場に共通する特徴の抽出（目視判読における知見の利用）

検証試験の結果から、人間が一枚の画像から目視により不法投棄現場を検知する際は、個々の廃棄物を見極めて発見しているわけではなく、画像上での現場の雰囲気（特徴）を用いていると思われる。そこで、この人間が目視により不法投棄現場を検知する際の知識（およびノウハウ）を元に、不法投棄ではない現場と不法投棄と疑わしき現場を判別するために有効な画像特徴を選出し、検知のルールを定義する。このルールベースの解析により、一枚の画像を用から、個々の廃棄物の状態にとらわれず不法投棄現場を検知することができる。

この考えに基づき、自治体ヒアリング等により選出した不法投棄現場検知のルールを、表3-6に示す。

表3-6 知識に基づいた不法投棄現場の検知のルール

特徴	ルール
スペクトル特徴	植生指数が高い領域は不法投棄現場でない。
	不法投棄現場の輝度はある程度高いが、輝度が極端に高い領域、低い領域は不法投棄現場でない。
テクスチャ特徴	植生指数のばらつきが大きな領域は不法投棄現場でない。
	不法投棄現場は輝度のばらつきが大きい、輝度のばらつきが極端に大きな領域、小さな領域は不法投棄現場でない。
領域形状特徴	極端に大きな領域や小さな領域は不法投棄現場ではない。
	細長い領域は不法投棄現場でない。
周辺領域特徴	人工物に囲まれた領域は不法投棄現場でない。

3.3.4手法の流れ

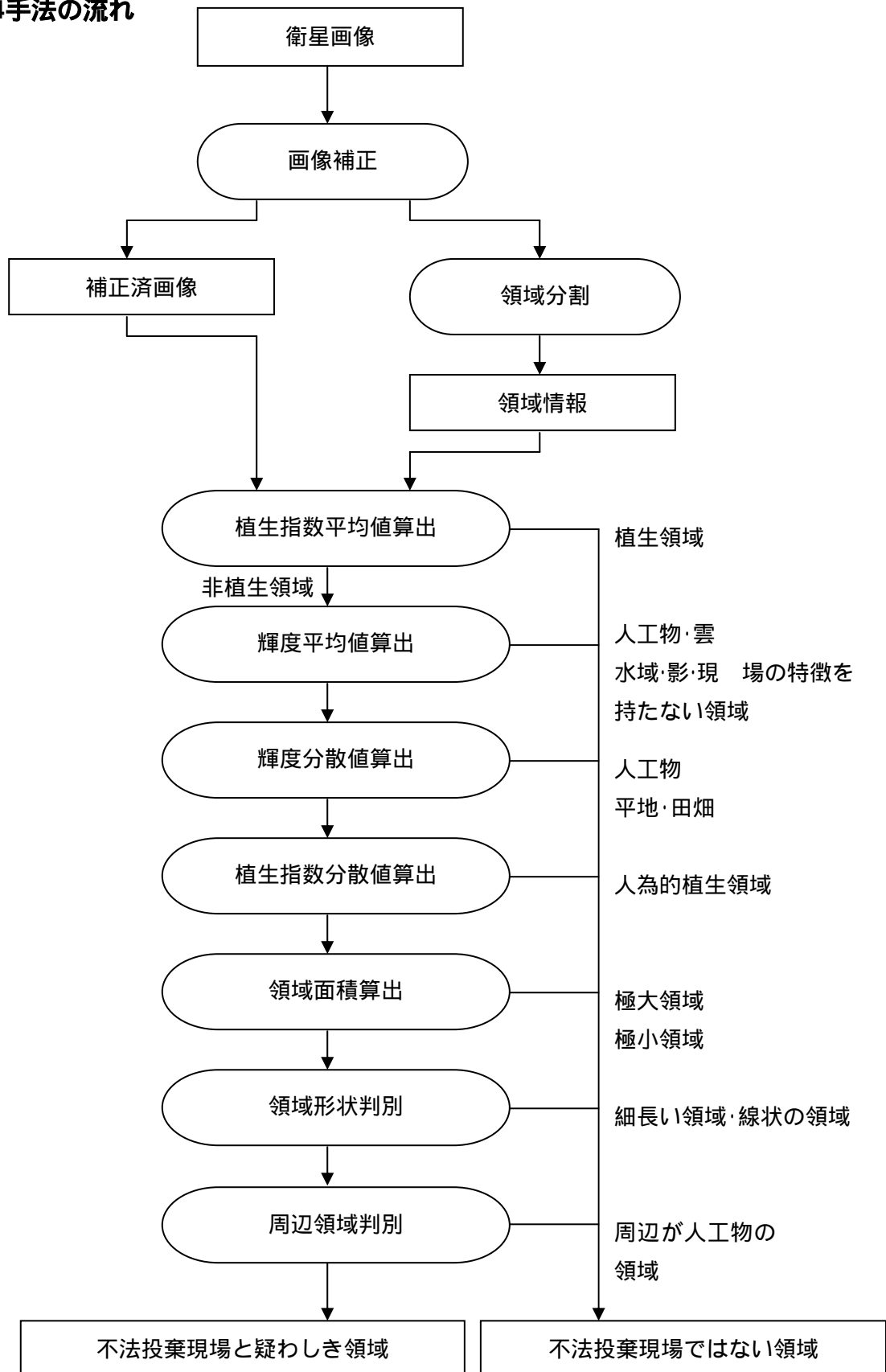


図3-21 単画像解析手法の処理の流れ

以下では、図3-21の各処理について説明する。また、主要な特徴量については、実際の解析で設定した閾値を例として示す。これらの閾値は、適宜解析の際に妥当な値に設定する必要がある。

【衛星画像】用いる衛星画像は可視領域を含むマルチスペクトルの画像。

【画像補正】輝度補正（放射輝度変換、大気補正）、幾何補正等を行う。

【領域分割】補正済画像を用いて、個々の地物や同質の地表エリアが1つの領域となるよう画像(空間)を分割する。なお領域分割にはBバンド、Gバンド、Rバンド、I_rバンドを用いている。

【植生指数平均値算出】補正済画像において正規化植生指標（NDVI）を求めた後、個々の領域内で平均値を算出し、植生領域か非植生領域かを判断する。

$$NDVI = (I_{r\text{バンド}} - R\text{バンド}) / (I_{r\text{バンド}} + R\text{バンド})$$

$$E(NDVI) \geq T_{E,NDVI} \quad \text{植生領域}$$

$$E(NDVI) < T_{E,NDVI} \quad \text{非植生領域}$$

E(・)：領域毎の平均

T_{E,NDVI}：閾値（設定値約0.3）

【輝度平均値算出】補正済画像のBバンド、Gバンド、Rバンドの輝度の領域内平均値を算出し、全てのバンドの輝度平均値が極めて高い領域は人工物(ビル、工場等)もしくは雲と判断する。また、不法投棄現場の輝度はある程度高いことから、全てのバンドの輝度平均値が低い領域は影、水域もしくはそれ以外の現場の特徴を持たない領域と判断する。

$$(E(I_B) + E(I_G) + E(I_R)) / 3 > T_{E,I,H} \quad \text{人工物、雲}$$

$$(E(I_B) + E(I_G) + E(I_R)) / 3 < T_{E,I,L} \quad \text{影、水域、現場の特徴を持たない領域}$$

E(・)：領域毎の平均

I_B, I_G, I_R：各々Bバンド、Gバンド、Rバンドの輝度

T_{E,I,H}：閾値（設定範囲300～500）

T_{E,I,L}：閾値（設定範囲100～250）

【輝度分散値算出】補正済画像のBバンド、Gバンド、Rバンドの輝度の領域内分散値を算出し、幾つかのバンドの輝度分散値が極めて高い領域は人工物（住宅等）と判断する。また、全てのバンドの輝度分散値が極めて低い領域は平地もしくは田畑（植生低）と判断する。

$$(V(I_B) + V(I_G) + V(I_R)) / 3 > T_{V,I,H} \quad \text{人工物（住宅等）}$$

$$(V(I_B) + V(I_G) + V(I_R)) / 3 < T_{V,I,L} \quad \text{平地、田畑}$$

V(・)：領域毎の分散

I_B, I_G, I_R：各々Bバンド、Gバンド、Rバンドの輝度

T_{V,I,H}：閾値（設定範囲30～50）（本解析ではBバンドのみの分散を使用）

T_{V,I,L}：閾値（設定範囲10～20）（本解析ではBバンドのみの分散を使用）

【植生指数分散値算出】補正済画像においてNDVIを求めた後、個々の領域内で分散値を算出し、分散値が高い領域は人為的な植生領域（市街域等における）と判断する。

$$V(NDVI) > T_{V,NDVI} \quad \text{人為的植生領域}$$

V(・)：領域毎の分散

$T_{V,NDVI}$: 閾値 (設定範囲0.075 ~ 0.100)

【領域面積算出】個々の領域の面積を算出し、面積が極めて大きい領域、小さい領域は不法投棄現場候補から除外する。

$T_{S,A}$: 下限閾値 (設定値約500m²)

$T_{L,A}$: 上限閾値 (設定値約5000m²)

【領域形状判別】個々の領域について、長さ l と幅 w (長さ l 幅 w)の比率 (幅 w /長さ l)を求める。比率が極めて小さい領域は細長い領域 (道路、畦道等) であるとして不法投棄現場候補から除外する。ここで、長さ l と幅 w の比率は、領域内の画素の空間位置から算出した分散共分散行列から2つの固有値 (E_1, E_2 ; $E_1 > E_2$) を求めて、 E_2/E_1 により表す。

また、個々の領域について、領域を内包するよう楕円形を当てはめ長径 M ・短径 N を求めた後、そこから算出される面積 (短径 N ×長径 M)と元の領域の面積を比較する。両者の面積が大きく異なる領域は複雑な線状の領域 (輪のような領域等) であるとして不法投棄現場候補から除外する。

$E_2/E_1 < T_{L,S}$ 細長い領域

E_1, E_2 : 領域を構成する画素の位置から算出される固有値 ($E_1 > E_2$)

$M \cdot N/A > T_{C,S}$ 複雑な線状の領域

M, N : 楕円形の長径、短径

A : 領域の面積

$T_{L,S}$: 閾値 (設定値約0.2)

$T_{C,S}$: 閾値 (設定値約5)

【周辺領域判別】各領域について隣接する周辺の領域を調べ、領域外周の何%が人工物と判断された領域と接しているか算出する。設定した割合以上人工物の領域と隣接している場合は、当該の領域を不法投棄現場候補から除外する。

T_R : 閾値 (設定値約80%)

3.3.5 検知精度の定量的評価

ここでは本解析手法の検知性能を評価するため、前年度用いた定量的検証エリアを対象に検知試験を行った。定量的検証エリアとは、検知性能の定量的かつ客観的な評価を行うために、限定された範囲のエリアを設け、その地表物を調査し、解析手法による検知結果と照合するために不法投棄現場等の正解データ (土地被覆分類図) を作成したエリアである。



図3-22 定量的検証エリアの画像（東西約2km・南北約 2km）

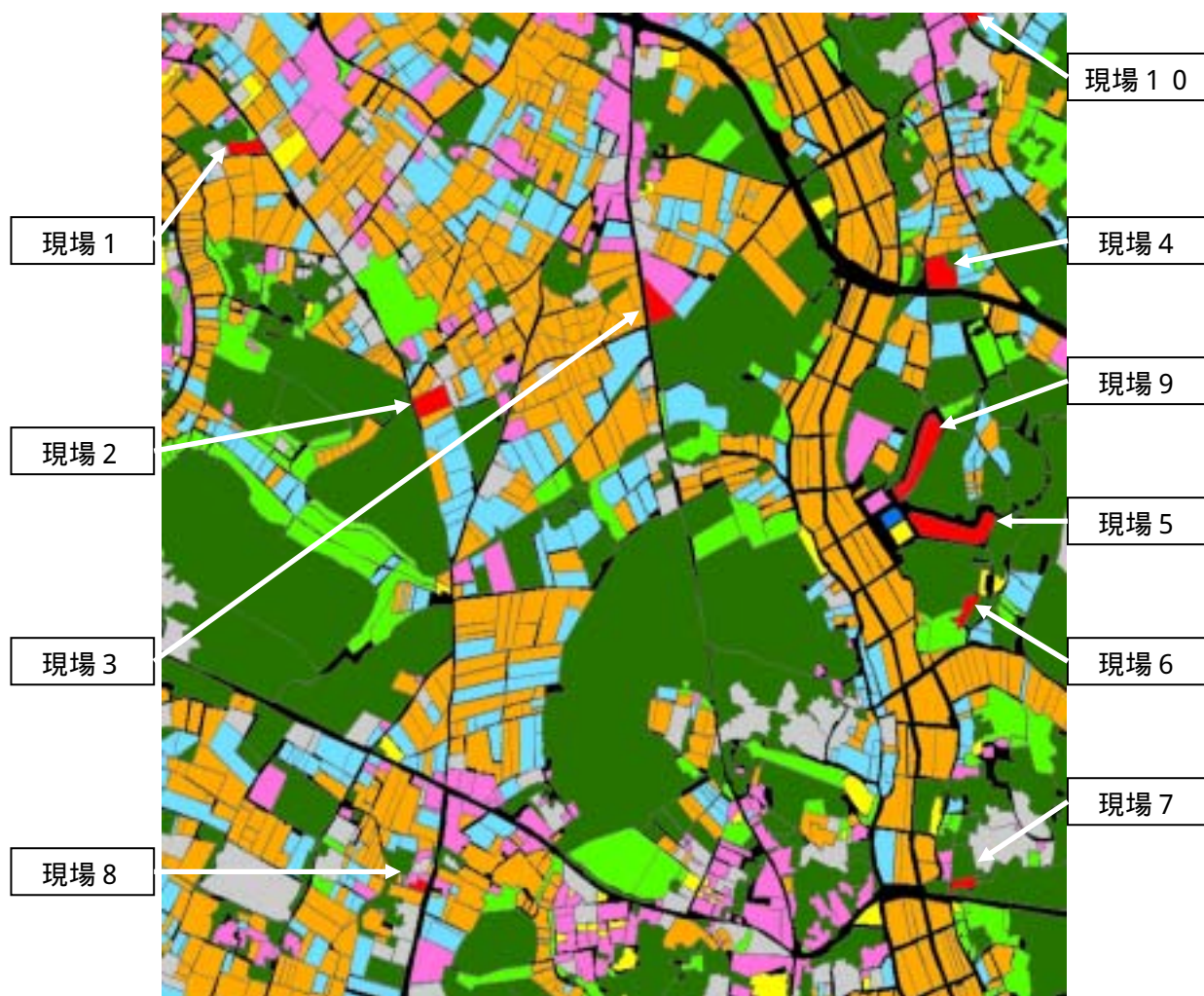


図3-23 不法投棄現場箇所（土地被覆分類図）

（ 森林[緑]、 田畑（植生あり）[橙]、 田畑（植生なし）[薄青]、 草地[黄緑]、 裸地[黄]、 人工物[桃]、 不法投棄現場等[赤]、 水域[青]、 その他[白] の9分類）

定量的検証エリアを対象に、本解析手法で検知を行った結果の画像を図3-24に示し、定量的評価の結果を表3-7に示す。なお、表3-7の定量的評価において、1箇所の現場（非現場）が複数の領域で検知されていた場合は、それらを合わせて1箇所と計数している。

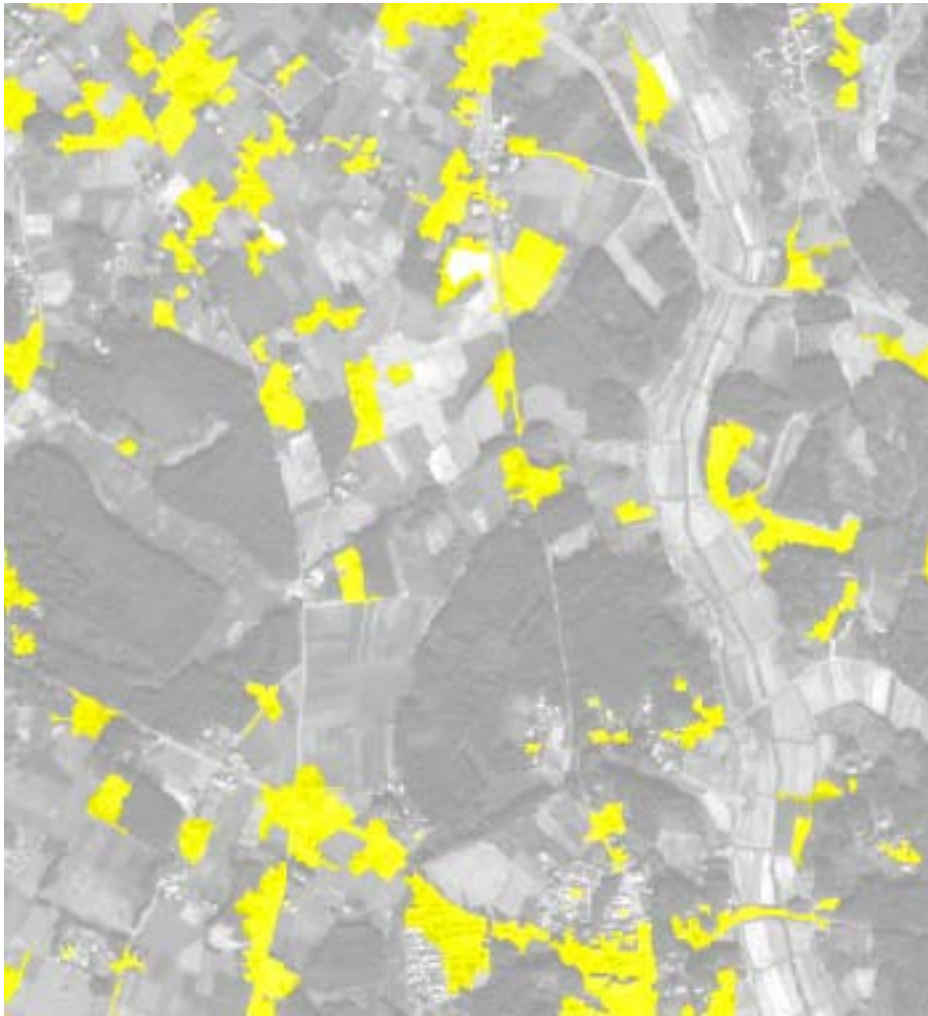


図3-24 定量的検証エリアを対象とした検知結果
(東西約2km・南北約 2km)

表3-7 検知結果の定量的評価

	検知領域数 (箇所)		非検知領域数 (箇所)		網羅率 (%) $a/(a+c)$	誤検知率 (%) $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	8	44	2	-	80.0	84.6

3.3.6 まとめ

本節では、

- ・ 森林領域等の適用域を限定しない検知を可能にする
- ・ 一枚の画像のみから現場の検知を可能にする
- ・ 領域ごとの検知を可能にする

といった3点を改善目標とし、投棄現場の画像特徴に着目したルールベースの検知手法の開発(単画像解析手法)を行った。

さらに、定量的検証エリアを対象に検知性能の定量的評価を行い、網羅率80.0%、誤検知率84.6%の結果を得た。この値は、前年度の同エリアを対象として実施した、植生変化による解析手法の網羅率80%、誤検知率97%の結果と比較して、同等の網羅率のまま誤検知率を減らすことができた。

一枚の画像を対象とすることにより利用面での利便性を向上するとともに、解析手法の適用を全域に拡張し、さらには検知性能も前年度よりも向上させることができた。

3.4 複数画像解析手法

3.4.1 複数画像解析手法の狙い

これまでに検討されてきた画像解析により不法投棄現場を検知する手法は、主に画像に写されている物体(森林、廃棄物)の分光放射輝度(スペクトル)の特徴を用いたものである。これに対し本解析手法では、スペクトルの特徴に併せ、画像の空間的特徴(テクスチャ特徴)を用いる。

画像解析により不法投棄現場を検知することの難しさは、検知対象となる廃棄物が多種である、さらに投棄状態も多様(廃棄物同士の混合、土砂との混合、覆土)であるなどの、不法投棄の特性に拠るものである。この検知対象・状態の特定が困難な状況においては、スペクトルの特徴のみでは、十分な検知結果が得られない場合も多い。

しかしながら、不法投棄が行われた場合、投棄される廃棄物が何であっても、多くの場合見た目の変化が生じる。この見た目の変化を画像上の空間的特徴(テクスチャ特徴)の変化として捉えることができれば、スペクトルの特徴のみでは検知が困難な場合でも対処可能である。

そこで本解析手法では、正規化植生指標(NDVI)などのスペクトルの特徴に加えて、テクスチャ特徴も用いる。これにより、これまでの植生に関連した領域のみでなく、植生の関連しない領域をも対象とした検知を可能にする。

また、本解析手法でも単画像解析手法と同様に、解析の前段階で領域分割を施し、作成した小領域に対して解析を行う。さらに、検知結果も小領域ごとに表示する。

なお、本解析手法は、二枚の画像を用い、各画像の撮影時期の間で新規に発生した不法投棄現場と疑わしき箇所を検知するものである。

3.4.2 複数画像解析手法における領域分割の導入

単画像解析手法と同様に、解析処理を行う前段階として、領域分割を実施する。本解析手法における領域分割の注意点は、画像内の個々の地物や同質の地表エリア(例えば田畑等)が1つの領域となるよう画像(空間)を分割することであるとともに、複数の画像間で領域境界の整合性が取れていることである。特に複数の画像間で極端な位置ずれ等が生じていた場合は、異なる場所の画像特徴を後段の解析処理で用いることとなり、良好な検知結果は期待できなくなり、注意が必要である。

領域分割以降の解析処理は、全て作成した領域単位で実施する。

3.4.3 画像のテクスチャ特徴の抽出

前年度の手法開発においては、フーリエ変換を用いて空間的特徴(周波数特徴)を抽出したが、十分な検知精度が得られなかった。そこで、前年度の問題点を踏まえ、今年度は領域分割を導入し、それに伴い画像上の局所的な空間的特徴を効果的に表すハラリックの同時生起行列を用いて、テクスチャ特徴の抽出を行う。ここで抽出するテクスチャ特徴は、複数画像間の撮影状況の違いを考慮して、ハラリックの同時生起行列に基づいた差分統計量である。

ここで、ハラリックの同時生起行列に基づいた差分統計量の算出法を、以下に簡単に述べる。

まず、領域内のある一画素(i)に着目し、着目している画素の輝度とその周辺にある画素の輝度の差(絶対値)を求め、輝度差kに対する周辺画素個数からなる度数分布 $f_i(k)$, ($k=1,2,\dots$)を作成する。

次に、着目する画素(i)を領域内の全ての画素に置き換えて同様に度数分布を作成し、それら全てを加算することにより、一領域に対して一つの度数分布 $F(k)$, ($k=1,2,\dots$)を得ることができる。さらに度数分布 $F(k)$ の全ての要素の和が1になるように正規化し、確率 $P(k)$, ($k=1,2,\dots$)とする。このようにして作成した確率 $P(k)$ は、領域内のテクスチャの構造を反映したものである。

本解析手法で最終的に抽出する差分統計量は、この確率 $P(k)$ を用いてテクスチャを特徴づける値として、以下の式により求める。

Angular Second Moment：領域内のテクスチャが一様な場合に高い値となる特徴量

$$\sum_k \{P(k)\}^2$$

Entropy：領域内のテクスチャが乱雑な場合に高い値となる特徴量

$$-\sum_k P(k) \cdot \log\{P(k)\}$$

本解析手法では、領域分割後の領域ごとに上記差分統計量を抽出し、この特徴量の画像間の変化により不法投棄現場を検知する。さらに、過去(投棄前)と現在(投棄後)の画像間で輝度の差分をとり、その結果得られた差分画像もテクスチャ特徴の変化の情報として用い、より検知の精度を向上させる。

また、本解析手法では、森林領域についてはNDVIを用いた植生変化により不法投棄現場の検知を行い、森林以外の領域についてはテクスチャ特徴の画像間の変化により不法投棄現場の検知を行う。

3.4.4 手法の流れ

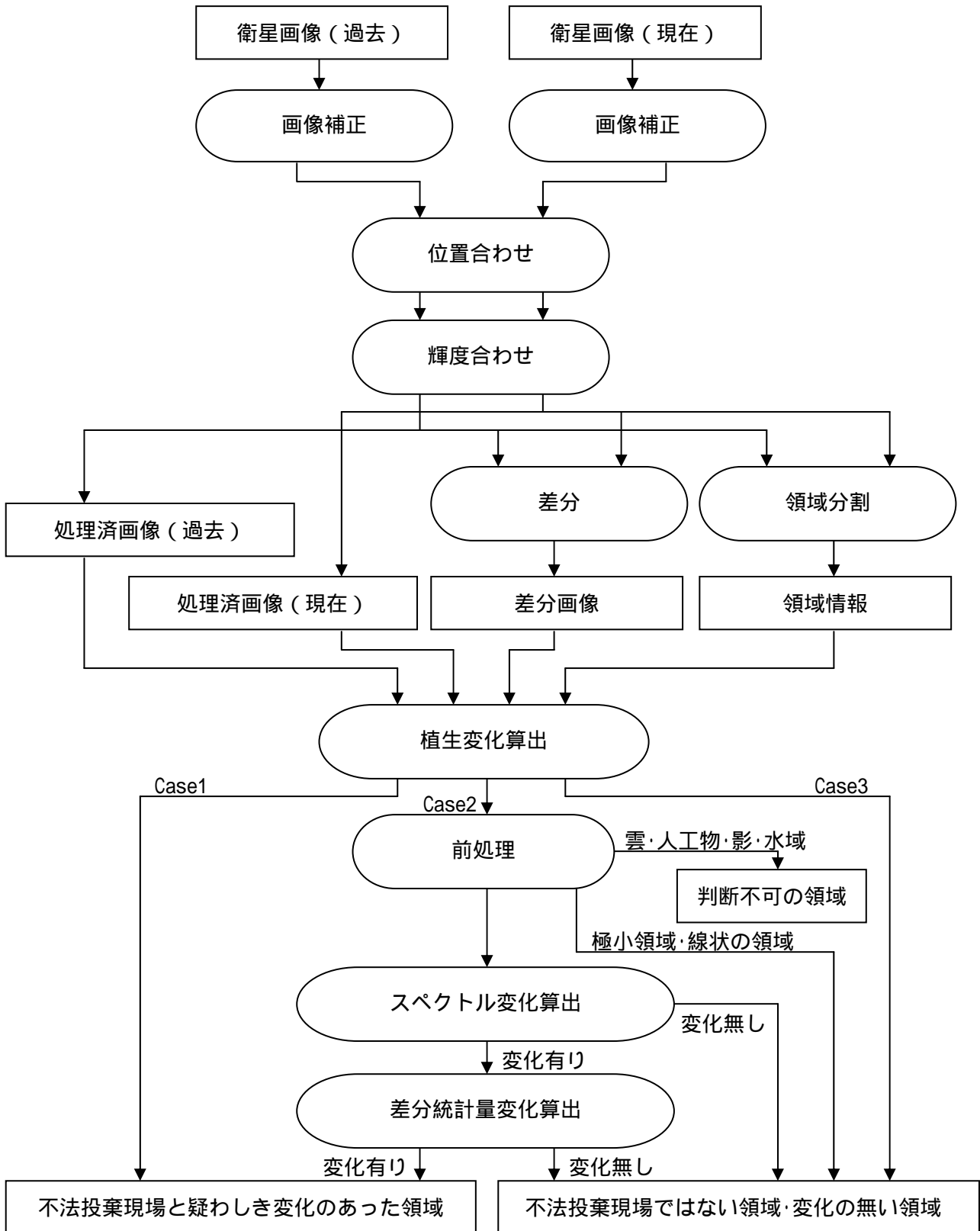


図3-25 複数画像解析手法の処理の流れ

以下では、図3-25の各処理について説明する。また、主要な特徴量については、実際の解析で用いた閾値を例として示す。これらの閾値は、適宜解析の際に妥当な値に設定する必要がある。

【衛星画像(過去・現在)】過去と現在の2枚の画像間で発生した“新規”不法投棄現場を発見する。

用いる衛星画像は可視領域を含むマルチスペクトルの画像。

【画像補正】輝度補正(放射輝度変換、大気補正)、幾何補正等を行う。

【位置合わせ】2枚の画像の画像内容(建造物等)の位置を合わせる。

【輝度合わせ】建造物等の撮影時期によって変化しない地物を用いて、2枚の画像の輝度を合わせる。

【差分】輝度合わせまでの処理を終了した処理済画像(過去)と処理済画像(現在)の差分をとり、差分画像を作成する。

$$\text{差分画像} = |\text{画像(現在)} - \text{画像(過去)}|$$

【領域分割】処理済画像(過去)と処理済画像(現在)の2枚の画像の情報を用いて、個々の地物や同質の地表エリアが1つの領域となるよう画像(空間)を分割する。なお領域分割には、各画像のBバンド、Gバンド、Rバンド、Irバンドを用いている。

【植生変化算出】処理済画像(過去)と処理済画像(現在)の各々において正規化植生指標(NDVI)を求め、植生の変化を算出し、個々の領域を判断する。

$$\text{NDVI} = (\text{Irバンド} - \text{Rバンド}) / (\text{Irバンド} + \text{Rバンド})$$

$$E(\text{NDVI}) \geq T_{E, \text{NDVI}} \quad \text{植生有り}$$

$$E(\text{NDVI}) < T_{E, \text{NDVI}} \quad \text{植生無し}$$

$E(\cdot)$: 領域毎の平均

$T_{E, \text{NDVI}}$: 閾値(設定値約0.3)

Case1 : 処理済画像(過去)植生有り 処理済画像(現在)植生無し

Case2 : 処理済画像(過去)植生無し 処理済画像(現在)植生無し

Case3 : 処理済画像(過去)植生有り 処理済画像(現在)植生有り

or 画像(過去)植生無し 画像(現在)植生有り

【前処理】処理済画像(過去)もしくは処理済画像(現在)でBバンド、Gバンド、Rバンド全ての輝度が極めて高い領域は雲もしくは人工物(ビル、工場等)と推定できる。また、処理済画像(過去)もしくは処理済画像(現在)でBバンド、Gバンド、Rバンド全ての輝度が極めて低い領域は影もしくは水域と推定できる。この両方の状況とも画像から得られる情報は乏しいため、当該領域は不法投棄現場としての判断が不可である領域とする。

また領域面積、領域形状について、面積が極小の領域または形状が線状の領域は、不法投棄現場候補から除外する。

各々の処理で用いた閾値は、3.3.4項の単画像解析手法で示したものと同様である。

【スペクトル変化算出】処理済画像(過去)と処理済画像(現在)の各々の輝度値をベクトルで表し、スペクトルの変化量をそのベクトル間の角度とし、個々の領域のスペクトル変化を判断する。

$$V_{\text{画像(過去)}} = (E(I_{\text{画像(過去),B}}, E(I_{\text{画像(過去),G}}, E(I_{\text{画像(過去),R}}, E(I_{\text{画像(過去),Ir})))$$

$$V_{\text{画像(現在)}} = (E(I_{\text{画像(現在),B}}, E(I_{\text{画像(現在),G}}, E(I_{\text{画像(現在),R}}, E(I_{\text{画像(現在),Ir})))$$

$$= \arccos \{ V_{\text{画像(過去)}} \cdot V_{\text{画像(現在)}} / (|V_{\text{画像(過去)}}| |V_{\text{画像(現在)}}|) \}$$

T ベクトルの変化大 スペクトル変化有り

<T ベクトルの変化小 スペクトル変化無し

E(·) : 領域毎の平均

$$I_{\text{画像(過去),B}}, I_{\text{画像(過去),G}}, I_{\text{画像(過去),R}}, I_{\text{画像(過去),Ir}}$$

: 処理済画像(過去)のBバンド、Gバンド、Rバンド、Irバンドの輝度

$$I_{\text{画像(現在),B}}, I_{\text{画像(現在),G}}, I_{\text{画像(現在),R}}, I_{\text{画像(現在),Ir}}$$

: 処理済画像(現在)のBバンド、Gバンド、Rバンド、Irバンドの輝度

T : 閾値 (設定値約0.03)

【差分統計量変化算出】処理済画像(過去)と処理済画像(現在)および差分画像の各々において差分統計量 (Angular Second Moment、Entropy) を求め、差分統計量の変化を算出し、個々の領域を判断する。

ASM: 領域内のテクスチャが一様な場合高い値となる (Bバンド、Gバンド、Rバンドの各々で算出し平均値をとる)

Ent: 領域内のテクスチャが乱雑な場合高い値となる (Bバンド、Gバンド、Rバンドの各々で算出し平均値をとる)

$$H = Ent_{\text{差分画像}}$$

$$D = ASM_{\text{差分画像}}^{-1} \times |ASM_{\text{画像(現在)}}^{-1} - ASM_{\text{画像(過去)}}^{-1}| \times |Ent_{\text{画像(現在)}} - Ent_{\text{画像(過去)}}|$$

H > T_H 地表物の構成の変化大

H < T_H 地表物の構成の変化小

D > T_D テクスチャ特徴の変化大

D < T_D テクスチャ特徴の変化小

T_H: 閾値 (設定値約2)

T_D: 閾値 (設定値約1)

(H > T_H) (D > T_D) テクスチャ変化有り

(H < T_H) (D < T_D) 以外 テクスチャ変化無し

3.4.5 検知精度の定量的評価

3.3.5項と同様に、手法の検知性能を評価するため、前年度用いた定量的検証エリアを対象に試験を行った。本解析手法では、森林領域と森林以外の領域に対し、それぞれ植生変化による検知とテクスチャ変化による検知の2つの手法を適用する。本来、複数画像解析手法としての1つの解析手法であるが、ここでは適用領域ごとの2つの手法をそれぞれ別々に評価する。

(1)森林以外の領域を対象としたテクスチャ変化による検知

定量的検証エリアでは、取得した画像の撮影時期の間に、新規の不法投棄現場が無かったため、合成画像を作成し、新規の不法投棄現場を模擬的に生成し試験を行った。合成画像は、現在の画

像で不法投棄現場である箇所に対する過去の画像の同じ箇所に、平地の画像を貼り付けて作成した。なお、貼り付けた平地の画像は、同一の画像内の近隣に存在する平地から切り取った。

現在の画像に存在する不法投棄現場の特徴はそのままであり、過去の画像において貼り付けた平地も輝度等に手を加えてはいないので、本来の平地の特徴を維持している。このことから、合成画像による試験であるが、本解析手法の評価は可能である。

なお、画像を合成した現場は7箇所である。



(a) 現在の画像（東西約2km・南北約 2km）

図3-26 定量的検証エリアの画像



(b)過去の画像（合成画像）（東西約2km・南北約 2km）

図3-26 定量的検証エリアの画像（つづき）

画像を合成した7箇所の現場は、図3-23の現場1～7である。それらの拡大画像を図3-27に示す。



(a)現場1の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）



(b)現場2の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-27 各現場と合成した箇所の画像



(c)現場3の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）



(d)現場4の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-27 各現場と合成した箇所の画像（つづき）



(e)現場5の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）



(f)現場6の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-27 各現場と合成した箇所の画像（つづき）



(g)現場7の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-27 各現場と合成した箇所の画像（つづき）

定量的検証エリアを対象に、本解析手法（テクスチャ変化による検知）で検知を行った結果の画像を図3-28に示し、定量的評価の結果を表3-8に示す。なお、表3-8の定量的評価において、1箇所の現場（非現場）が複数の領域で検知されていた場合は、それらを合わせて1箇所と計数している。



図3-28 定量的検証エリアを対象とした検知結果（テクスチャ変化による検知）
（東西約2km・南北約 2km）

表3-8 検知結果の定量的評価（テクスチャ変化による検知）

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（％） $a/(a+c)$	誤検知率（％） $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	5	19	2	-	71.4	79.2

(2)森林領域を対象とした植生変化による検知

上述の(1)の試験と同様に、合成画像を作成し、新規の不法投棄現場を模擬的に生成し試験を行った。ただし、ここで貼り付けた画像は、植生変化による検知であるため、平地ではなく森林の画像である。

ここで、(1)で使用した過去と現在の2枚の画像は、過去の画像が夏、現在の画像が冬であったため、季節による植生減少が生じており、誤検知が多発することが予想されたため、さらに過去の

冬の画像も用い、前年度検討した3時期の画像を用いた検知手法を適用した。これにより、新たに追加したさらに過去の画像においても、森林の画像を貼り付け合成画像を作成した（図3-29）。

なお、画像を合成した現場は、上述(1)の試験と同様の7箇所である。



図3-29 定量的検証エリアの合成画像（過去：東西約2km・南北約 2km）

画像を合成した7箇所の現場は、図3-23の現場1～7である。それらの拡大画像を図3-30に示す。ただしここでは合成した過去の画像と、合成したさらに過去の画像のうち、前者のみを掲載した。



(a)現場1の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）



(b)現場2の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-30 各現場と合成した箇所の画像



(c)現場3の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）



(d)現場4の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-30 各現場と合成した箇所の画像（つづき）



(e)現場5の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）



(f)現場6の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-30 各現場と合成した箇所の画像（つづき）



(g)現場7の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（過去の画像の中央部分が合成）（東西約290m・南北約 290m）

図3-30 各現場と合成した箇所の画像（つづき）

定量的検証エリアを対象に、本解析手法（植生変化による検知）で検知を行った結果の画像を図3-31に示し、定量的評価の結果を表3-9に示す。なお、表3-9の定量的評価において、1箇所の現場（非現場）が複数の領域で検知されていた場合は、それらを合わせて1箇所と計数している。



図3-31 定量的検証エリアを対象とした検知結果（植生変化による検知）
（東西約2km・南北約 2km）

表3-9 検知結果の定量的評価（植生変化による検知）

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（％） $a/(a+c)$	誤検知率（％） $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	6	20	1	-	85.7	76.9

(3)複数画像解析手法としての定量的評価

複数画像解析手法では、特徴の異なる2つの手法を適用するため、適用領域ごとに2つの手法を別々に評価した。しかし、本来この2つの手法は別々に適用するものではなく、対象となっている領域を適宜判断し自動で適用されるものであるため、これら2つの手法の結果を合わせたものが、複数画像解析手法の結果といえる。

そこでここでは、目安としてはあるが、これまでの2つの定量的評価結果を合わせ、平均をとって複数画像解析手法としての定量的評価結果とした。評価結果を表3-10に示す。

表3-10 検知結果の定量的評価

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（％）	誤検知率（％）
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場	$a/(a+c)$	$b/(a+b)$
森林以外の領域	5	19	2	-	71.4	79.2
森林領域	6	20	1	-	85.7	76.9
複数画像解析	11	39	3	-	78.6	78.0

3.4.6 まとめ

本節では、

- ・ 森林領域等の適用域を限定しない検知を可能にする
- ・ 一枚の画像のみから現場の検知を可能にする
- ・ 領域ごとの検知を可能にする

といった3点を改善目標とし、投棄による地表構造の変化に着目した検知手法(複数画像解析手法)を行った。

さらに、定量的検証エリアを対象に検知性能の定量的評価を行い、網羅率78.6%、誤検知率78.0%の結果を得た。この値は、前年度の同エリアを対象として実施した、植生変化による解析手法の網羅率80%、誤検知率97%の結果と比較し、網羅率は同等のまま誤検知率を減らすことができた。

二枚の画像を用いた前年度の森林領域を対象とした植生変化に基づく手法に、森林以外の領域を対象とした手法を加えて解析手法の適用を全域に拡張し、さらには検知性能も前年度よりも向上させることができた。

3.5 実証試験エリアへの適用とその結果

実証試験では茨城県、栃木県のそれぞれの画像に対し解析を実施し、実利用における解析結果の有効性を検討した。本節では、実証試験の結果およびその考察について述べる。

3.5.1 実証試験に適用する画像解析手法の検討

今年度の目的として、解析手法の改善に加え、実証試験に適用し実利用における解析結果の有効性を検討することがある。解析手法の改善では、多バンド画像解析手法、単画像解析手法、複数画像解析手法の3つの解析手法について検討した。

実証試験での実利用における有効性検討では、まず実証試験の実施に先立ち、適用する画像解析手法の検討を行った。その結果、各解析手法についての以下の理由から、単画像解析手法、複数画像解析手法の2つの手法を実証試験に適用することとした。

(1)多バンド画像解析手法

- ・ 幅広い波長帯で観測できるセンサが必要であることから、中分解能衛星画像を対象とした中～大規模の現場の検知に適用する手法であり、目視判読を絡めた実利用とは現行では乖離がある。

(2)単画像解析手法

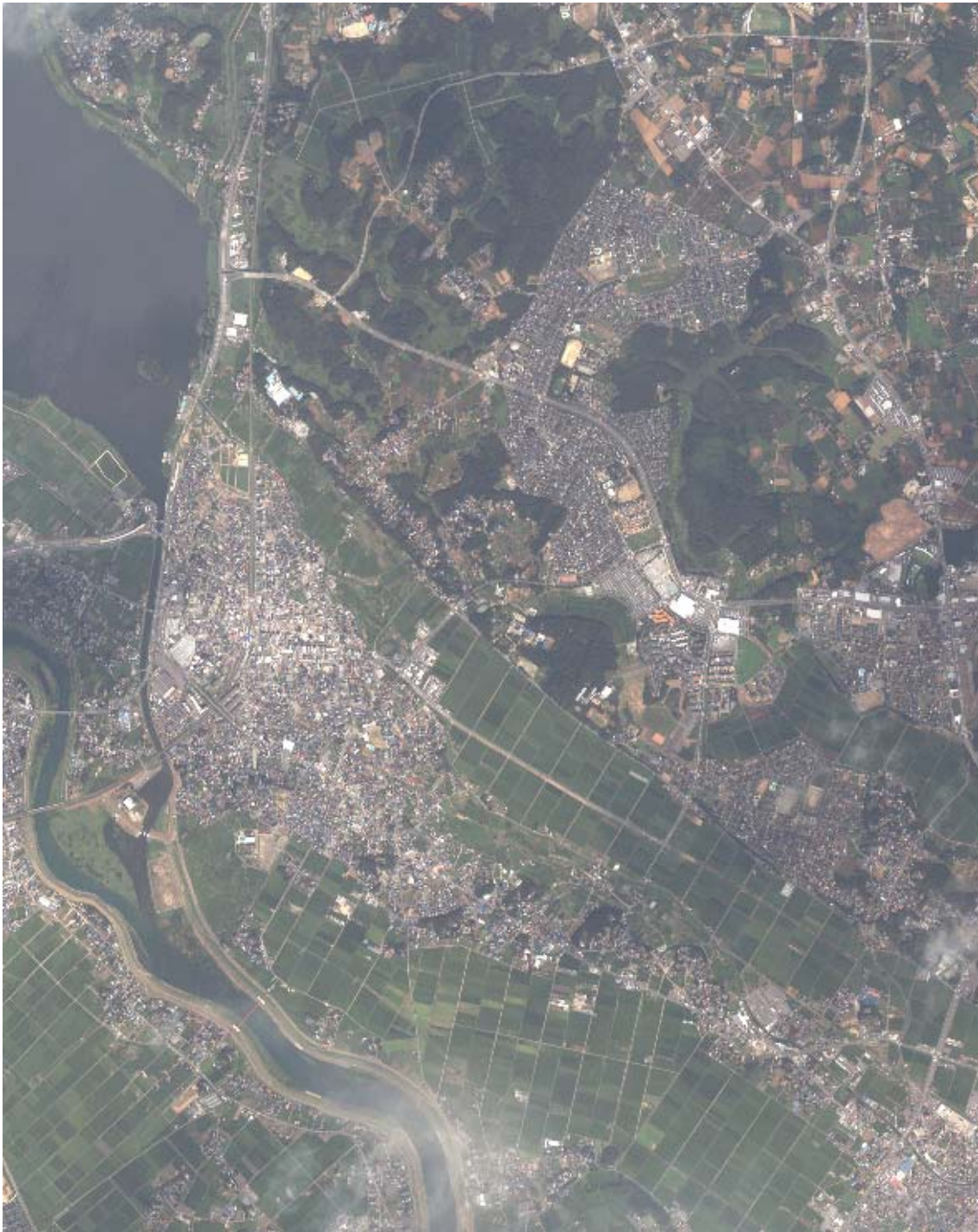
- ・定量的検証エリアを対象とした評価で網羅率 80.0%、誤検知率84.6%であり、前年度同エリアを対象として実施した植生変化による解析手法の評価結果と比べ、網羅率は同等のまま誤検知率を減らすことができた。

(3)複数画像解析手法

- ・定量的検証エリアを対象とした評価で網羅率 78.6%、誤検知率78.0%であり、前年度同エリアを対象として実施した植生変化による解析手法の評価結果と比べ、網羅率は同等のまま誤検知率を減らすことができた。

3.5.2 茨城県での実証試験における画像解析の結果

茨城県の実証試験において解析に用いた画像を図3-32に示す。また、図3-32(a)の画像に単画像解析手法を適用した結果を図3-33に、図3-32(a),(b)の画像に複数画像解析手法を適用した結果を図3-34にそれぞれ示す。



(a)現在の画像（東西約5km・南北約 6km）

図3-32 実証試験で用いた画像



(b)過去の画像（東西約5km・南北約 6km）

図3-32 実証試験で用いた画像（つづき）

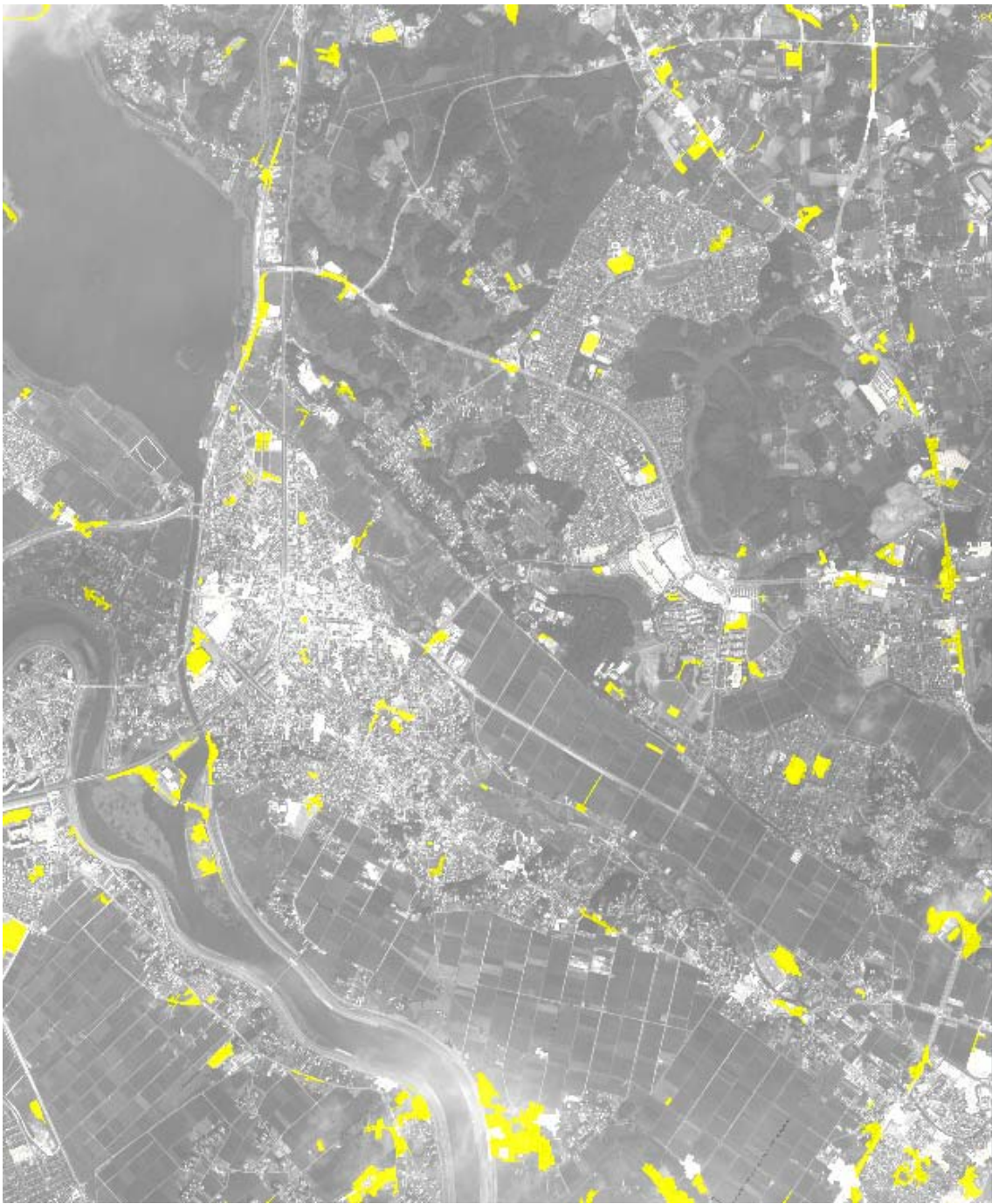


図3-33 単画像解析手法による検知結果（東西約5km・南北約 6km）



図3-34 複数画像解析手法による検知結果
(植生変化による検知箇所[緑]、テクスチャ変化による検知箇所[桃])
(東西約5km・南北約 6km)

単画像解析手法の検知結果では、道路、住宅域での検知が目立つ。これらは概ね誤検知と考えられる。また、画像下方の薄い雲のかかった場所での誤検知も見られる。これは雲が薄くかかることにより、本来の地表物の特徴が変化し、不法投棄現場の特徴と類似してしまったためである。

複数画像解析手法の検知結果では、住宅域でのテクスチャ変化による誤検知が特に目立つ。これは、住宅域は実際には変化していなくても撮影条件の相違により画像上では影などの変化が表れ、さらには住宅域は本来強いテクスチャ特徴を持っているために、テクスチャ変化が顕著に現れる。これを不法投棄現場が発生した特徴と誤認してしまうことが要因であると考えられる。一方、植生変化による検知では、道路などに多少の誤検知が見られるが、植生が減少している箇所が概ね良好に検知されている。

3.5.3 栃木県での実証試験における画像解析の結果

栃木県の実証試験において解析に用いた画像を図3-35に示す。また、図3-35(a)の画像に単画像解析手法を適用した結果を図3-36に、図3-35(a),(b)の画像に複数画像解析手法を適用した結果を図3-37にそれぞれ示す。



(a)現在の画像（東西約14km・南北約 10km）

図3-35 実証試験で用いた画像



(b)過去の画像（東西約14km・南北約 10km）

図3-35 実証試験で用いた画像（つづき）

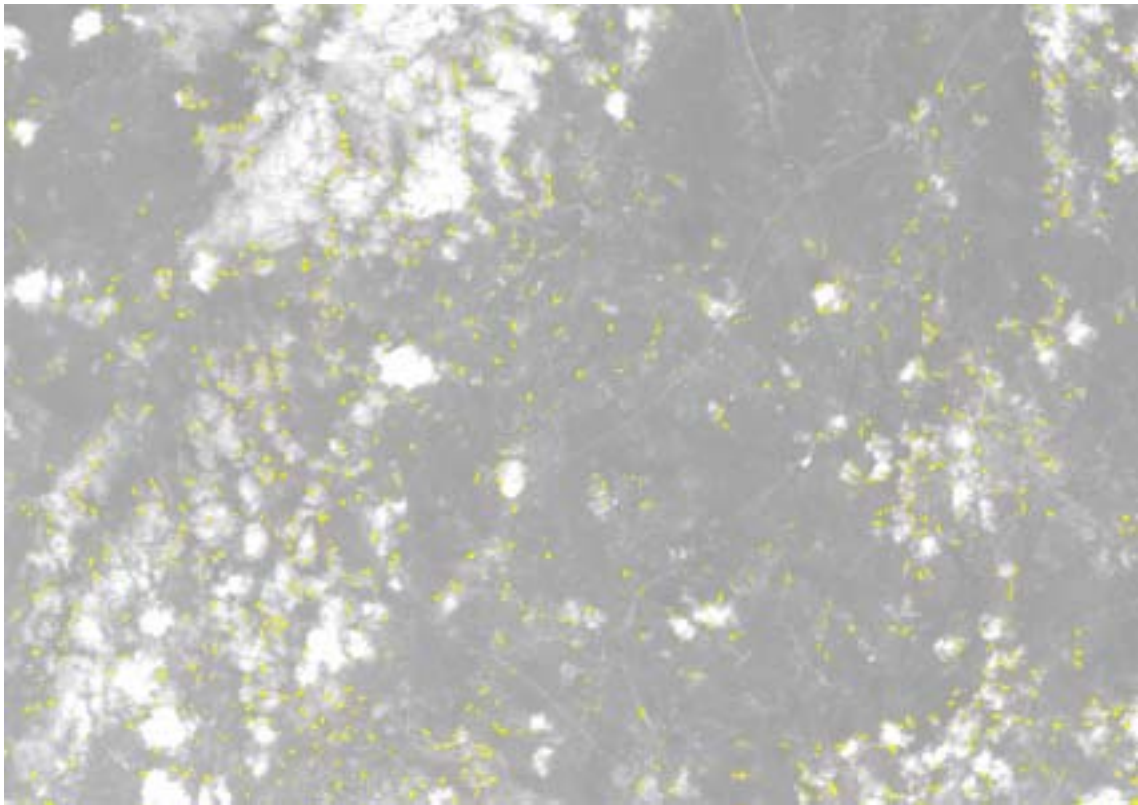


図3-36 単画像解析手法による検知結果（東西約14km・南北約 10km）

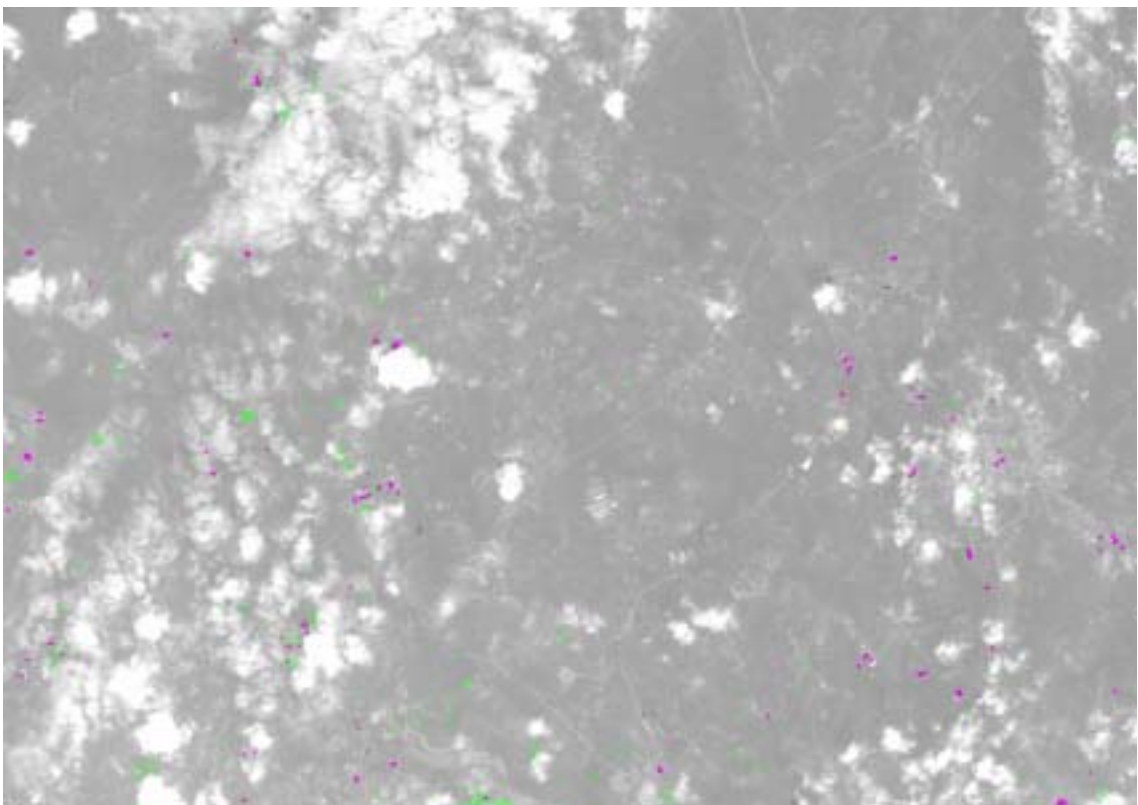


図3-37 複数画像解析手法による検知結果
（植生変化による検知箇所[緑]、テクスチャ変化による検知箇所[桃]）
（東西約14km・南北約 10km）

単画像解析手法の検知結果では、雲のかかった場所での誤検知が著しい。特に、雲の濃い場所では誤検知はあまり無いが、雲の周辺の薄くなっている場所に対して多く誤検知が生じている。これは茨城県での結果と同様に、雲が薄くかかることにより、本来の地表物の特徴が変化したことが原因である。

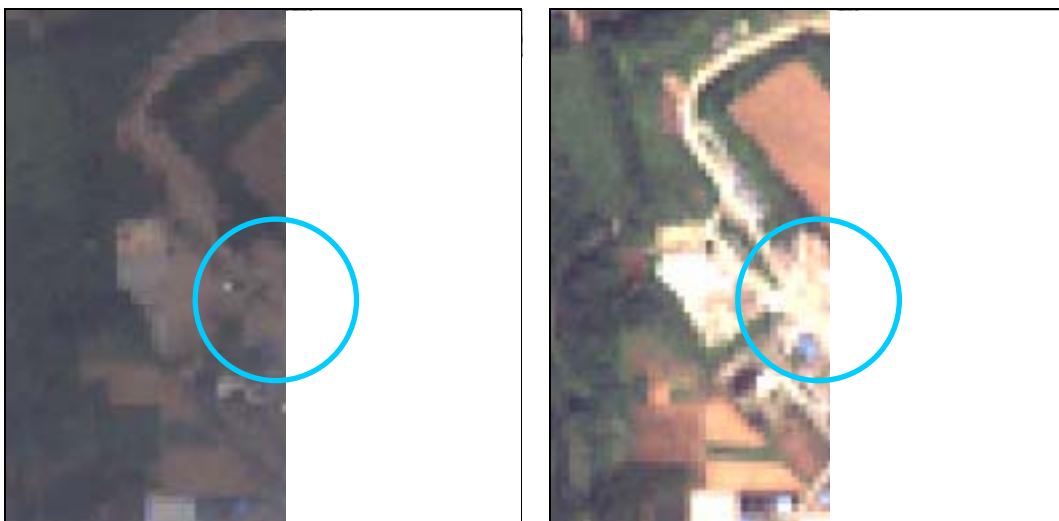
複数画像解析手法の検知結果では、目立った傾向はあまり無いが、2枚の画像のうちどちらか一方に雲が存在する場所では、テクスチャ変化による検知、植生変化による検知ともに誤検知が多い。また、テクスチャ変化による検知では、ビニールハウスによる変化を誤検知している場所がいくつか見られた。

3.5.4 実証試験結果による画像解析手法の考察

実証試験において、目視判読によって検知された箇所のうち、現地調査により最終的に不法投棄現場と判断された箇所（4.3節参照）について、画像解析結果ではほとんどが検知されていないという結果であった。ここでは、これら不法投棄現場と判断された箇所についての、画像解析の状況を検証する。

ちなみに、目視判読で検知された箇所は、茨城県、栃木県合わせて16箇所であり、そのうち不法投棄現場と判断されたのは6箇所（茨城4、栃木2）であった。

図3-38に6箇所の現場の画像を示す。図の説明で用いている現場の番号は、4章で用いている現場番号と一致している。また、図中の青色の丸は現場位置を示す。



(a)茨城現場2の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（東西約290m・南北約 290m）

図3-38 目視判読によって検知された不法投棄現場



(b)茨城現場4の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（東西約290m・南北約 290m）



(c)茨城現場5の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（東西約290m・南北約 290m）

図3-38 目視判読によって検知された不法投棄現場（つづき）



(d)茨城現場8の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（東西約290m・南北約 290m）



(e)栃木現場1の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（東西約290m・南北約 290m）

図3-38 目視判読によって検知された不法投棄現場（つづき）



(f) 栃木現場6の過去の画像（左）と現在の画像（右）
（東西約290m・南北約 290m）

図3-38 目視判読によって検知された不法投棄現場（つづき）

以降では、個々の現場について画像解析（単画像解析手法・複数画像解析手法）の状況について述べる。

(a) 茨城現場2について

・単画像解析手法

輝度のばらつきが極端に大きな（輝度の分散が高い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。この条件で排除されなかった場合は、最終的に検知されていた。

・複数画像解析手法

輝度のばらつきに変化が無い（テクスチャ特徴の変化が小さい）領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。過去と現在の画像を見比べた限りでは、この判断は適切であると思われる。

(b) 茨城現場4について

・単画像解析手法

輝度のばらつきが極端に大きな（輝度の分散が高い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。この条件で排除されなかった場合は、最終的に検知されていた。

・複数画像解析手法

現在の画像において植生の存在する領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。過去の画像では雲がかかっているため、新規の不法投棄現場であるかは判断不可であり、結果的にこの判断は適切であると思われる。

(c) 茨城現場5について

・単画像解析手法

輝度のばらつきが極端に大きな（輝度の分散が高い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。この条件で排除されなかった場合は、最終的に検知されていた。

・複数画像解析手法

輝度のばらつきに変化が無い（テクスチャ特徴の変化が小さい）領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。また、スペクトルの変化も無い領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。過去と現在の画像を見比べた限りでは、この判断は適切であると思われる。

(d)茨城現場8について

・単画像解析手法

輝度のばらつきが極端に大きな（輝度の分散が高い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。また、領域分割において周辺の道路と併せて一つの領域となっており、領域の形状特徴からも道路の一部と判断された。この2つの条件で排除されなかった場合は、最終的に検知されていた。

・複数画像解析手法

現在の画像において植生の存在する領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。過去の画像では雲がかかっているため、新規の不法投棄現場であるかは判断不可であり、結果的にこの判断は適切であると思われる。

(e)栃木現場1について

・単画像解析手法

領域内にまばらに植生が存在する（植生指数の分散が高い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。また、輝度のばらつきも極端に大きな（輝度の分散が高い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。この2つの条件で排除されなかった場合は、最終的に検知されていた。

・複数画像解析手法

輝度のばらつきに変化が無い（テクスチャ特徴の変化が小さい）領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。また、スペクトルの変化も無い領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。過去と現在の画像を見比べた限りでは、この判断は適切であると思われる。

(f)栃木現場6について

・単画像解析手法

輝度のばらつきが小さな（輝度の分散が低い）領域であり、不法投棄現場ではないと判断された。この条件で排除されなかった場合は、最終的に検知されていた。

・複数画像解析手法

現在の画像において植生の存在する領域であり、新規の不法投棄現場ではないと判断された。過去の画像では雲がかかっているため、新規の不法投棄現場であるかは判断不可であり、結果的にこの判断は適切であると思われる。

3.5.5 まとめ

実証試験エリアの画像に対し画像解析を実施し、実利用における解析結果の有効性を検討した。解析結果を用いて実施した、目視判読における有効性のヒアリング結果も含め、以下に検討の結果をまとめる。

(1)茨城県・栃木県の画像に対する解析結果全般について

- ・単画像解析手法では、雲の影響を大きく受けている。特に雲の周辺部では、雲が薄くかかることにより本来の地表物の特徴が変化し、これが原因で誤検知を生じている。
- ・複数画像解析手法では、住宅域において本来変化が無くても、画像の撮影条件の相違により、画像上ではテクスチャの変化が起こり、これが原因で誤検知を生じている。

(2)目視判読および現地調査により不法投棄現場と判断された6箇所の現場について

- ・単画像解析手法では、6箇所全てについて検知できていなかった。それら現場についての解析の状況は、ほとんどの現場が画像輝度のばらつき、すなわち地表面の乱雑さの条件によって不法投棄現場の候補から排除されていた。画像輝度のばらつきに対する閾値の設定を変更することにより、6箇所の現場のほとんどが検知可能となることが分った。
- ・複数画像解析手法では、ほとんどの箇所について現場の経時変化がなく、検知されていなくて然るべき状況であった。

(3)解析結果の目視判読における有効性について（自治体目視判読実施者ヒアリング結果）

- ・画像解析結果の検知箇所が多く、目視判読のポイントを絞り込めない。
- ・一つの閾値による結果のみではなく、異なる閾値で解析した幾つかの結果を用いる方が有効である。
- ・解析結果の基準を分りやすくし、目視判読者が閾値を適宜変更して解析できることが望ましい。
- ・植生変化の解析結果は、目視判読のポイントを絞り込むことができるため有効である。

3.6 実証試験の結果をふまえた改善検討

実証試験における不法投棄現場に対する画像解析結果の状況から、特に単画像解析手法について閾値の設定に課題があることが分った。また、実証試験の解析の結果および自治体目視判読実施者のヒアリングの結果から、誤検知の多さ、閾値設定の方法、解析結果の表示方法に、さらなる改善の必要があることが分った。

この結果をふまえて、本節では誤検知を削減するためのさらなる解析手法の改善検討、閾値の設定方法と結果表示方法の検討を行った。

3.6.1 複数画像解析手法における処理および閾値の見直し検討

実証試験の結果をふまえて、検知精度の向上、誤検知の削減を目的とし、処理および閾値の見直しを行った。単画像解析手法については、個々のルールにおける閾値の設定が見直しの中心となるが、この課題を解決するのは容易ではない。この閾値設定の課題およびその解決方針につい

ては、3.6.3項で述べる。ここでは複数画像解析手法を対象とし、処理の追加、閾値の見直しを行った。以下にその結果について述べる。

(1)見直しの内容

(a)森林領域を対象とした検知における処理の追加

実証試験で用いた複数画像解析手法では、森林領域を対象とした検知は単に植生指標の変化のみで実施していた。一方、森林以外の領域を対象とした検知では、差分統計量（テクスチャ特徴）変化算出の前処理として、画像輝度による閾値処理・領域面積による閾値処理・領域形状による閾値処理を実施している。基本的にこれらの処理は適用領域に関係なく有効であるので、森林領域を対象とした検知においても前処理を追加した。

(b)森林以外の領域を対象とした検知における処理の追加

複数画像解析手法のスペクトル変化算出による閾値処理において、実証試験では変化前後の画像の輝度ベクトルのなす角度を用いて変化有無の判断を行っていた。しかしながら、この輝度ベクトルのなす角度のみを判断の対象とすると、輝度ベクトルの大きさに変化があった場合でも角度が小さければ変化なしと判断され、不法投棄現場の候補から除外される可能性があり、ひいては検知漏れを引き起こすことになる。これを解決するため、輝度ベクトルの大きさに変化があった場合は、不法投棄現場の候補から除外しないように処理を追加した。

具体的には、3.4.4項に示したスペクトル変化算出の処理を以下のように変更した。

【スペクトル変化算出】処理済画像（過去）と処理済画像（現在）の各々の輝度値をベクトルで表し、スペクトルの変化量をそのベクトル間の角度およびベクトルの大きさの差とし、個々の領域のスペクトル変化を判断する。

$$V_{\text{画像(過去)}} = (E(I_{\text{画像(過去),B}}, E(I_{\text{画像(過去),G}}, E(I_{\text{画像(過去),R}}, E(I_{\text{画像(過去),Ir})))$$

$$V_{\text{画像(現在)}} = (E(I_{\text{画像(現在),B}}, E(I_{\text{画像(現在),G}}, E(I_{\text{画像(現在),R}}, E(I_{\text{画像(現在),Ir})))$$

$$= \arccos \{ V_{\text{画像(過去)}} \cdot V_{\text{画像(現在)}} / (|V_{\text{画像(過去)}}| |V_{\text{画像(現在)}}|) \}$$

$$M = | |V_{\text{画像(過去)}}| - |V_{\text{画像(現在)}}| |$$

(< T) (M < T_M) ベクトルの変化小 スペクトル変化無し

(≥ T) (M ≥ T_M) ベクトルの変化大 スペクトル変化有り

E(・) : 領域毎の平均

$$I_{\text{画像(過去),B}}, I_{\text{画像(過去),G}}, I_{\text{画像(過去),R}}, I_{\text{画像(過去),Ir}}$$

: 処理済画像(過去)のBバンド、Gバンド、Rバンド、Irバンドの輝度

$$I_{\text{画像(現在),B}}, I_{\text{画像(現在),G}}, I_{\text{画像(現在),R}}, I_{\text{画像(現在),Ir}}$$

: 処理済画像(現在)のBバンド、Gバンド、Rバンド、Irバンドの輝度

T : 閾値 (設定値約0.03)

T_M : 閾値 (設定値約10)

(c)前処理における領域形状による閾値処理の閾値見直し

前処理における領域形状による閾値処理は、道路や畦道などの細長い領域や線状の領域を不法投棄現場の候補から除外するための処理である。領域形状は、手法を適用する地域や撮影された画像の状態が異なっても大きく影響を受けないので、この処理における適正な閾値は比較的安定していると考えられる。このことから、定量的検証エリアを対象にした検知試験および実証試験においては、領域形状の閾値 $T_{L,S}$ を0.2に固定して用いていた(3.3.4項および3.4.4項参照)。しかしながら試験結果の検証を行ったところ、0.2の閾値は厳しい設定値といえ、必要以上に不法投棄現場候補を除外していることが分かった。そこでこの閾値の見直しを行い、閾値 $T_{L,S}$ をよりゆるい値の0.1に修正した。

ちなみに、閾値処理の対象となる領域形状を表す変数 E_2/E_1 の変動範囲は $0 < E_2/E_1 \leq 1.0$ であることから、閾値の修正量としては1/10程度である。

(2)見直しによる検知精度の定量的評価

上述の見直しを行った後で、再度複数画像解析手法の定量的評価を実施した。以下でその結果について述べる。

3.4.5項の定量的評価と同様にして、合成画像を用いたシミュレーションにより検知精度の再評価を行った。使用した画像は3.4.5項と同じである。

(a)森林以外の領域を対象としたテクスチャ変化による検知



図3-39 定量的検証エリアを対象とした検知結果（森林以外の領域を対象）
（東西約2km・南北約 2km）

表3-11 検知結果の定量的評価（森林意外の領域を対象）

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（%） $a/(a+c)$	誤検知率（%） $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	7	22	0	-	100.0	75.9

(b)森林領域を対象とした植生変化による検知



図3-40 定量的検証エリアを対象とした検知結果（森林領域を対象）
（東西約2km・南北約 2km）

表3-12 検知結果の定量的評価（森林領域を対象）

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（%） $a/(a+c)$	誤検知率（%） $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	6	17	1	-	85.7	73.9

(c)複数画像解析手法としての定量的評価

森林以外の領域を対象とした検知と森林領域を対象とした検知の、2つの定量的評価結果を合わせた複数画像解析手法としての定量的評価結果を表3-13に示す。

表3-13 検知結果の定量的評価

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（％）	誤検知率（％）
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場	$a/(a+c)$	$b/(a+b)$
森林以外の領域	7	22	0	-	100.0	75.9
森林領域	6	17	1	-	85.7	73.9
複数画像解析	13	39	1	-	92.9	75.0

ここで、3.4.5項の見直し前の複数画像解析手法の定量的評価結果と比較すると、見直し前では網羅率78.6%、誤検知率78.0%、見直し後が網羅率92.9%、誤検知率75.0%であり、網羅率・誤検知率の双方の点において改善されていることが分る。特に網羅率の改善については、上述の(1)-(a)の領域形状に関する閾値の見直し効果が大きく影響している。

3.6.2 単画像解析手法と複数画像解析手法の組み合わせ解析手法の検討

誤検知を削減するためのさらなる解析手法の改善として、単画像解析手法と複数画像解析手法との組み合わせを検討した。複数画像解析手法は、新規に発生した現場の検知を目的としているが、これに単画像解析手法を組み合わせることにより、不法投棄現場と思われる箇所を事前にスクリーニングする効果が付け加わることになる。これにより複数画像解析手法を単独で用いるよりも、誤検知を削減できることが期待される。

2つの解析手法の組み合わせ方は、単純に両結果のANDをとることで実現する。その際の両解析手法の閾値は、各解析手法を単独で適用する場合よりゆる目に設定する必要がある。なぜならば、一方の解析手法で漏らしてしまった現場は、他方の解析手法で検知されていてもAND演算により最終結果では漏れてしまうことになり、結果的に網羅率の点において各解析手法単独の結果よりも悪化する可能性があるからである。

以下では、この組み合わせの解析手法による定量的評価の結果と、茨城県の実証試験画像に適用した結果について述べる。なお、ここで組み合わせた複数画像解析手法は、3.6.1項の見直し後の手法である。

(1) 検知精度の定量的評価

3.4.5項の定量的評価と同様にして、合成画像を用いたシミュレーションにより検知精度の評価を行った。使用した画像は3.4.5項と同じである。

(a)森林以外の領域を対象としたテクスチャ変化による検知



図3-41 定量的検証エリアを対象とした検知結果（森林以外の領域を対象）
（東西約2km・南北約 2km）

表3-14 検知結果の定量的評価（森林意外の領域を対象）

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（%） $a/(a+c)$	誤検知率（%） $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	7	8	0	-	100.0	53.3

(b)森林領域を対象とした植生変化による検知



図3-42 定量的検証エリアを対象とした検知結果（森林領域を対象）
（東西約2km・南北約 2km）

表3-15 検知結果の定量的評価（森林領域を対象）

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（％） $a/(a+c)$	誤検知率（％） $b/(a+b)$
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場		
検証エリア	6	8	1	-	85.7	57.1

(c)組み合わせ解析手法としての定量的評価

複数画像解析手法での定量的評価と同様に、森林領域以外を対象としたテクスチャ変化による検知結果と、森林領域を対象とした植生変化による検知結果の2つを合わせて、組み合わせ解析手法の結果といえる。表3-16に、上述の2つの定量的評価結果を合わせた、組み合わせ解析手法としての定量的評価結果を示す。

表3-16 検知結果の定量的評価

	検知領域数（箇所）		非検知領域数（箇所）		網羅率（％）	誤検知率（％）
	現場(a)	非現場(b)	現場(c)	非現場	$a/(a+c)$	$b/(a+b)$
森林以外の領域	7	8	0	-	100.0	53.3
森林領域	6	8	1	-	85.7	57.1
組み合わせ解析	13	16	1	-	92.9	55.2

ここで、3.6.1項の複数画像解析手法の見直し後の定量的評価結果と比較すると、見直し後の複数画像解析手法単独では網羅率92.9%、誤検知率75.0%であり、誤検知率において大きく改善の効果があることが分る。数値で改善されている以上に、複数画像解析手法単独での検知結果の画像と、組み合わせ解析手法での検知結果の画像を見比べると、視覚的にその改善効果は大きいといえる。

(2)茨城県の実証試験エリアへの適用

上述の(1)では定量的検証エリアを対象にして数値的評価を行ったが、ここではさらに茨城県の実証試験エリアを対象にして、組み合わせ解析手法の改善効果を確認する。使用した画像は3.5.2項と同じである。結果を図3-43に示す。

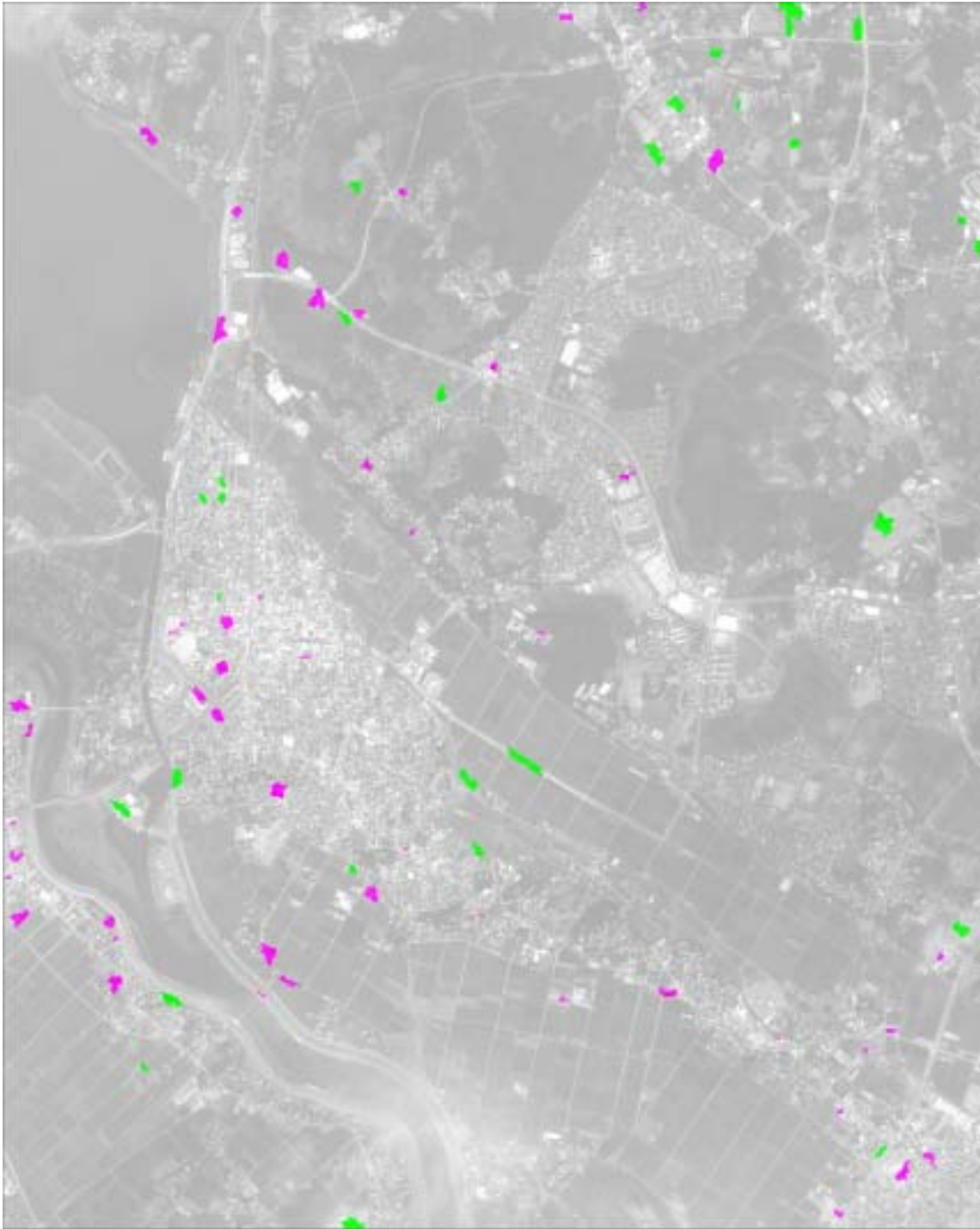


図3-43 組み合わせ手法による検知結果
(植生変化による検知箇所[緑]、テクスチャ変化による検知箇所[桃])
(東西約2km・南北約 2km)

茨城県の実証試験エリアにおいて、使用した2枚の画像間で新規に発生した不法投棄現場の所在が確認できていないため、適正に検知できていることについては明言できないが、複数画像解析手法の課題であった住宅域での誤検知が大幅に削減されている。

3.6.3 閾値の設定方法と結果表示方法の検討

誤検知の削減についての方策の一つとして、閾値の調整が挙げられる。特に単画像解析手法においては、多くのルールを用いて閾値処理をおこなっているため、この閾値の調整が重要である。しかし、誤検知を減らすために閾値による安易な絞り込みを行うことは、全体の検知箇所数を減らし、ひいては本来検知すべきである箇所をも削除することになる。閾値により誤検知を減らすことは、同時に検知漏れの可能性を高めてしまう結果となり、すなわち誤検知率と網羅率はトレードオフの関係にあるといえる。実証試験における単画像解析手法に関する閾値設定の課題の焦点はここにある。

閾値設定の課題は特に単画像解析手法に顕著に表れるが、他の解析手法にとっても同様な課題である。ここでは、このような状況を考慮して閾値設定の方法について検討した。また、その閾値の設定に伴い、いかにして結果を表示するかについて、あわせて検討した。

(1) 閾値の設定方法の検討

閾値の設定方法について検討した結果を、図3-44を用いて述べる。

図3-44は1つのルールに対応しており、1つの特徴量に対する閾値の設定に関するものである。グラフの横軸は特徴値であり、縦軸は各特徴値を持つ領域の面積比である。また、赤い点は、過去もしくは他の地域における既知の現場の特徴値を示す。

このグラフの情報から、検知のための閾値を決定する。赤い点が多くある所は、現実の現場の事例であるため、この点をどの程度含む閾値を設定するかで、その特徴量で検知される事例に基づいた網羅率が算出される。この事例が増加するほど、事例に基づいた網羅率の精度は向上していく。一方、グラフの度数から、当該の閾値を設定すると、どの程度の面積が検知されるか推測することが可能である。この面積は、誤検知と直接対応しているわけではないが、誤検知が発生する量の目安となる。

この網羅率と誤検知の量のトレードオフを参考に閾値を設定することにより、解析者もしくは目視判読実施者の望む精度での検知結果を可能にする。例えば、図3-44で述べると、解析の閾値をLv3の範囲に設定すれば、誤検知の量を少なくすることはできるが、その反面、不法投棄現場を漏らす可能性も高い。逆に、解析の閾値をLv1の範囲（Lv1はLv1, Lv2, Lv3の範囲を全て含む）に設定すれば、誤検知の量は多いが、不法投棄現場を漏らす可能性は低く抑えることができる。

実際には、単画像解析手法においては、他の多くの特徴量が存在するので、最終的な結果の網羅率および誤検知率に直結するわけではないが、信頼度の算出と同様な演算により、最終的な網羅率および誤検知率を予測することは可能である。

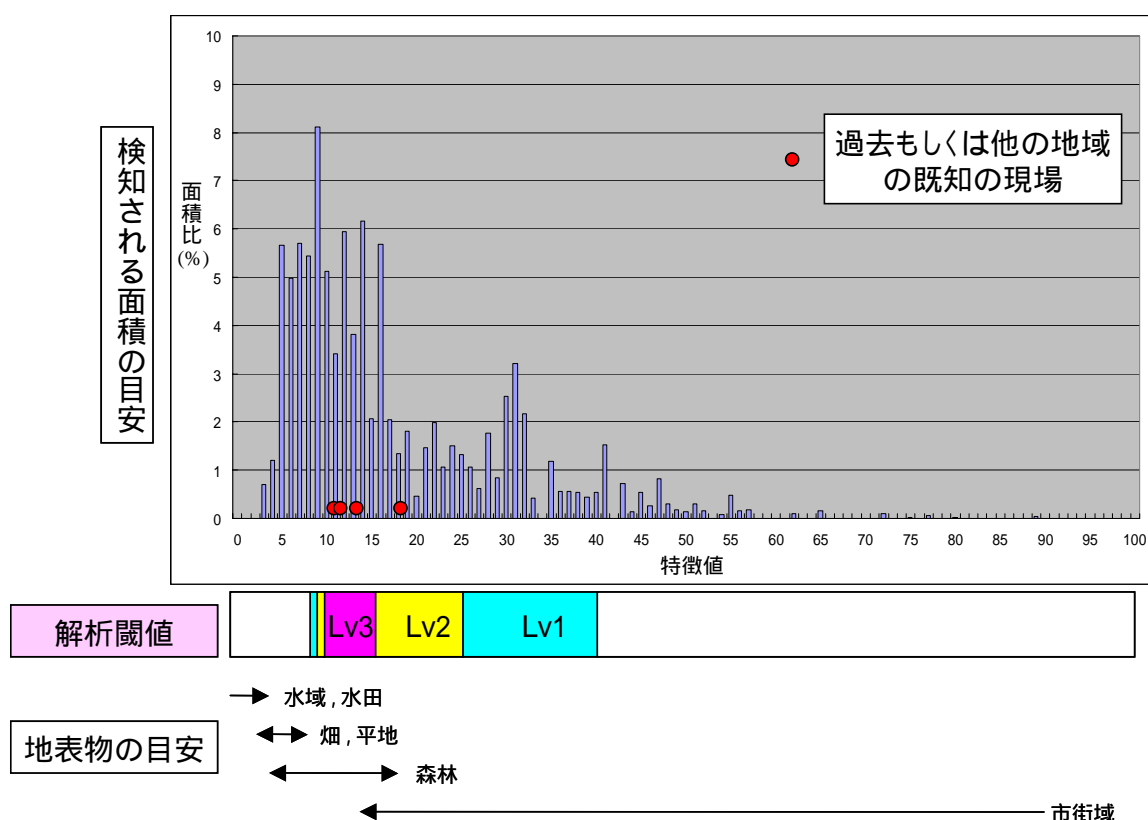


図3-44 閾値の設定方法

(2)結果表示方法の検討

上述の(1)の方法により閾値を設定した場合であっても、不法投棄の現場には実に様々な状態があるため、常に検知漏れの可能性は存在する。特に、誤検知の箇所を減らすため厳しい閾値を用いて解析を行った場合、その検知漏れの危険性は増大する。このことを考慮すると、検知対象地域の重要度に応じて、例えば重要な地域は誤検知が多くとも検知漏れの危険性の低いゆるい閾値を用いた結果を参照するなどの、異なる閾値で解析した結果を適宜参照できることが有効であると思われる。

地域の重要度や目視判読実施者の要求に応じた解析結果の参照を可能にするために、本検討では複数の閾値を用い解析を行い、多段階レベルでの結果表示を行うことを考えた。用いる閾値は、上述の(1)の方法により、複数の網羅率（事例に基づいた予測値）に対応した値を設定する。

この考えに基づき、3.6.2項で実施した組み合わせ解析手法の茨城県の実証試験エリアへの適用を例にとり、3段階の閾値を用いた多段階レベルの表示例を図3-45に示す。

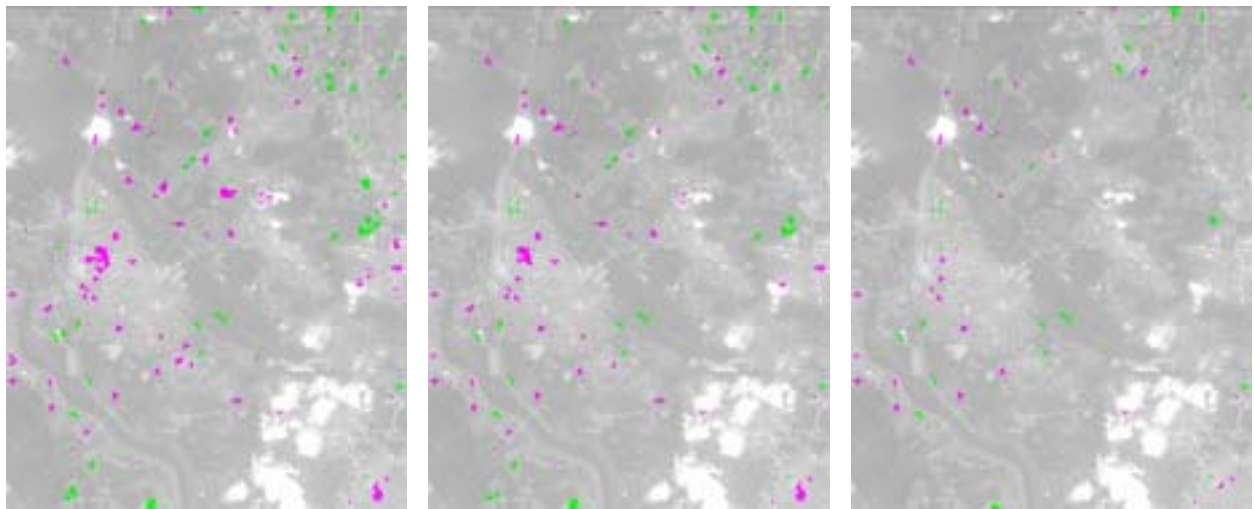


図3-45 複数の閾値を用いた多段階レベルの検知結果表示

3.6.4 まとめ

実証試験の結果をふまえた改善検討の結果、以下の結論を得た。

(1)複数画像解析手法における処理および閾値の見直し検討

- ・ 複数画像解析手法において閾値処理の追加、閾値の再設定を行うことにより、網羅率・誤検知率の双方の点において改善することができた。

(2)単画像解析手法と複数画像解析手法の組み合わせ解析手法の検討

- ・ 単画像画像解析手法と複数画像解析手法を組み合わせる手法を提案した。定量的評価の結果、網羅率を低下させることなく誤検知をさらに約6割まで削減させることができた。
- ・ 実証試験の画像を用いて検証した結果、複数画像解析手法の課題であった、市街域において誤検知が多く発生することを低減できることが分った。

(3)閾値の設定方法と結果表示方法の検討

- ・ 過去もしくは他の地域の既存現場を事例として用いることにより、解析結果の網羅率・誤検知率を予測して閾値を設定する方法を提案した。これにより、解析者もしくは目視判読実施者の望む精度での検知結果が可能となる。

- ・複数の閾値による解析結果を多段階レベルで表示する方法を提案した。これにより、目視判読実施者が、地域の重要度等に応じて異なる表示レベル（検知精度）を参照するなどの使い方も可能となる。

3.7 本章のまとめ

今年度は、前年度開発した衛星画像解析手法を改善するために、多バンド画像解析手法、単画像解析手法、複数画像解析手法の3つの手法を検討した。また、上記の3つの手法のうち、単画像解析手法と複数画像解析手法は現行で実用レベルの開発ができたと考えられたため、実証試験に適用した。以下にこれらの結論を述べる。

(1)多バンド画像解析手法

- ・衛星データの変換手法を改善し、解析者によって解析結果が異なる点が修正され、安定した解析結果を得ることが可能となった。
- ・データ変換にリファレンスピクセルを必要としない解析手法であるため、画像の撮影状態に左右されず解析を実施することが可能となった。
- ・不法投棄候補地の選定手法を改善し、昨年度検討した解析手法（分光反射ベクトルの角度差による検知）に、正規化差分指標による検知、分光反射ベクトルの絶対値による検知を追加した。これにより、不法投棄候補地をさらに絞り込むことが可能となった。
- ・2時期の画像を用いて、不法投棄前後での反射スペクトルの変化を抽出する解析手法について検討した。2時期の画像を用いた検知結果と、1時期の画像での検知結果を併用することにより、検知精度を向上させることができた。
- ・多バンド画像解析手法の実活用は、将来、多バンド高分解能衛星センサが利用できるようなることが必要と考えられた。

(2)単画像解析手法

- ・現場特徴を元にしたルールベース解析を導入し、一枚の画像から不法投棄現場の検知を行うことが可能となった。
- ・一枚の画像からの検知といった情報量の少ない困難な条件でありながら、定量的評価において、前年度の検知手法と同等の網羅率である約8割を維持したままで、誤検知率を10割に近い値から約8割にまで削減することができた。
- ・領域分割を導入し、領域単位での解析を実施することにより、画素単位でのノイズの影響が軽減され、解析結果が安定するとともに見易さも向上させることができた。
- ・実証試験に適用し、雲に近い場所において誤検知が多く発生する傾向があることが分った。閾値設定に課題があることが判明した。

(3)複数画像解析手法

- ・ テクスチャ変化に基づいた解析を導入し、植生の関連しない裸地等を対象とした不法投棄現場の検知を行うことが可能となった。
- ・ 定量的評価において、前年度の検知手法と同等の網羅率である約 8割を維持したままで、誤検知率を10割に近い値から約8割にまで削減することができた。
- ・ 領域分割を導入し、領域単位での解析を実施することにより、画素単位でのノイズの影響が軽減され、解析結果が安定するとともに見易さも向上させることができた。
- ・ 実証試験に適用し、市街域において誤検知が多く発生する傾向があることが分った。

さらに実証試験の結果から誤検知を削減する必要性ならびに解析結果の表示方法に課題があることが判明したため、誤検知を削減するためのさらなる解析手法の改善検討、閾値の設定方法と結果表示方法の検討を行った。以下にこれらの検討の結論を述べる。

(4)複数画像解析手法における処理および閾値の見直し検討

- ・ 複数画像解析手法において閾値処理の追加、閾値の再設定を行うことにより、網羅率・誤検知率の双方の点において改善することができた。

(5)単画像解析手法と複数画像解析手法の組み合わせ解析手法の検討

- ・ 単画像画像解析手法と複数画像解析手法を組み合わせる手法を提案した。定量的評価の結果、網羅率を低下させることなく誤検知をさらに約6割まで削減させることができた。
- ・ 実証試験の画像を用いて検証した結果、複数画像解析手法の課題であった、市街域において誤検知が多く発生することを低減できることが分った。

(6)閾値の設定方法と結果表示方法の検討

- ・ 過去もしくは他の地域の既存現場を事例として用いることにより、解析結果の網羅率・誤検知率を予測して閾値を設定する方法を提案した。これにより、解析者もしくは目視判読実施者の望む精度での検知結果が可能となる。
- ・ 複数の閾値による解析結果を多段階レベルで表示する方法を提案した。これにより、目視判読実施者が、地域の重要度等に応じて異なる表示レベル(検知精度)を参照するなどの使い方も可能となる。

本章で検討した画像解析手法の検知能力をまとめた結果を表3-17に示す。

表3-17 画像解析手法の検知能力のまとめ

解析技術の基本検知性能				定量的評価結果		検知状況	適用可能性	備考
解析手法	検知の狙い	検知対象	適用可能 / 不可能	網羅率	誤検知率			
NDVI 変化 解析手法 (前年度検討 手法)	前兆行為とし ての森林伐採 手法)	植生減少領域 (新規発生現場)	可	・森林域への(伐採後) 投棄 ・投棄物種類によらない	(80%)	× (97%)	・網羅率の結果は良好 ・誤検知が多い ・投棄面積が300m ² 以上の場合 はほぼ検知可能	(森林域 のみ)
			不	・裸地への投棄				
単画像 解析手法	知識に基づい た投棄現場の 特徴	現場の画像特徴を 有する領域 (新規発生および 既存現場)	可	・水域以外の全域 ・投棄物種類によらない	(80%)	(85%)	・DVI 変化の結果に比べ網羅 率は同等のまま誤検知率を 削減 ・雲に近い場所において誤検 知が多く発生する傾向あり	・一枚の画像のみ から検知可能 ・適切な閾値の設 定が重要
			不	・無し				
複数画像 解析手法	投棄による地 表構造の変化	テクスチャ変化の ある領域 (新規発生現場)	可	・水域以外の全域 ・投棄物種類によらない	(79%) 見直し (93%)	(78%) 見直し (75%)	・DVI 変化の結果に比べ網羅 率は同等のまま誤検知率 を削減 ・市街域において誤検知が多 く発生する傾向あり	・二枚の画像の位 置合わせ、輝度 合わせが重要
			不	・覆土後整地された投棄				
単画像解析と 複数画像解析の 組み合わせ手法	知識に基づい た投棄現場の 特徴と投棄に よる地表構造 の変化	現場の画像特徴を 有しかつテクス チャ変化のある領域 (新規発生現場)	可	・水域以外の全域 ・投棄物種類によらない	(93%)	(55%)	・組み合わせにより網羅率は 同等のまま誤検知率をさ らに削減	・閾値の設定によ っては各手法単 独の検知結果よ り網羅率が悪化 する可能性あり
			不	・覆土後整地された投棄				
多バンド画像 解析手法	廃プラ・廃家 電等主要投棄 物のスペクト ル特徴	主要投棄物と同種 の物質 (新規発生または 既存現場)	可	・水域以外の全域 ・主要投棄物と同様 なスペクトルの物質	- () - ()	(廃プラ 98.5%) (廃家電 82.6%)	・画像全体に対し、廃プラで 0.17%、廃家電で0.01%ま で検知結果を絞り込めた	(中~大 規模現場)
			不	・主要投棄物以外の投棄物				

() 評価方法が他の解析手法とは異なり、一概に比較はし難いため “ ” とした。

本章での検討の結果、単画像解析と複数画像解析の組み合わせ手法が、最も検知性能が良好であった。この手法を最も有力な手法として提案することとする。表3-18にその手法の特徴、図3-46に手法の処理の流れをそれぞれ示す。

表3-18 提案する画像解析手法

解析手法	単画像解析と複数画像解析の組み合わせ手法
アルゴリズム	不法投棄現場の様々な特徴を元に総合的に判定
適用範囲	全領域
必要画像枚数	2枚
必要画像解像度	高分解能マルチスペクトル衛星画像（IKONOS:4m，Quickbird:2.8m相当）
検知精度（ ）	網羅率 約9割，誤検知率 約6割

（ ）茨城県の一部地域（定量的検証エリア）における結果

なおここで注意が必要なのは、本章で用いた単画像解析手法、複数画像解析手法および組み合わせ手法に関する網羅率・誤検知率の数値は、全て茨城県の一部地域を対象として実施した定量的評価の結果に基づいているということである。

定量的評価では、取得した画像の撮影時期の間に新規の不法投棄現場が無かったため、合成画像を作成し、新規の不法投棄現場を模擬的に生成し試験を行っている。さらに、各解析手法の実施に際しては、閾値等の解析パラメータを最適に調整している。このことから、本章で扱っている定量的評価の結果は、あくまでも各手法が有する検知の能力を計るための数値であり、常に表記された精度（網羅率・誤検知率）での検知が実施できることを意味するものではない。さらにいえば、検知精度は対象とする地域や撮影された衛星画像の状態、不法投棄現場状況、設定した解析パラメータ等に影響を受けるため、実利用においては定量的評価で示した値より低い検知精度になる可能性の方が大きい。各解析手法を実施する際には、これらのことに十分留意しておく必要がある。なお、実効的な検知精度を得るには、実際の事例に基づく解析結果を増やし、統計的に評価していく必要があると考える。

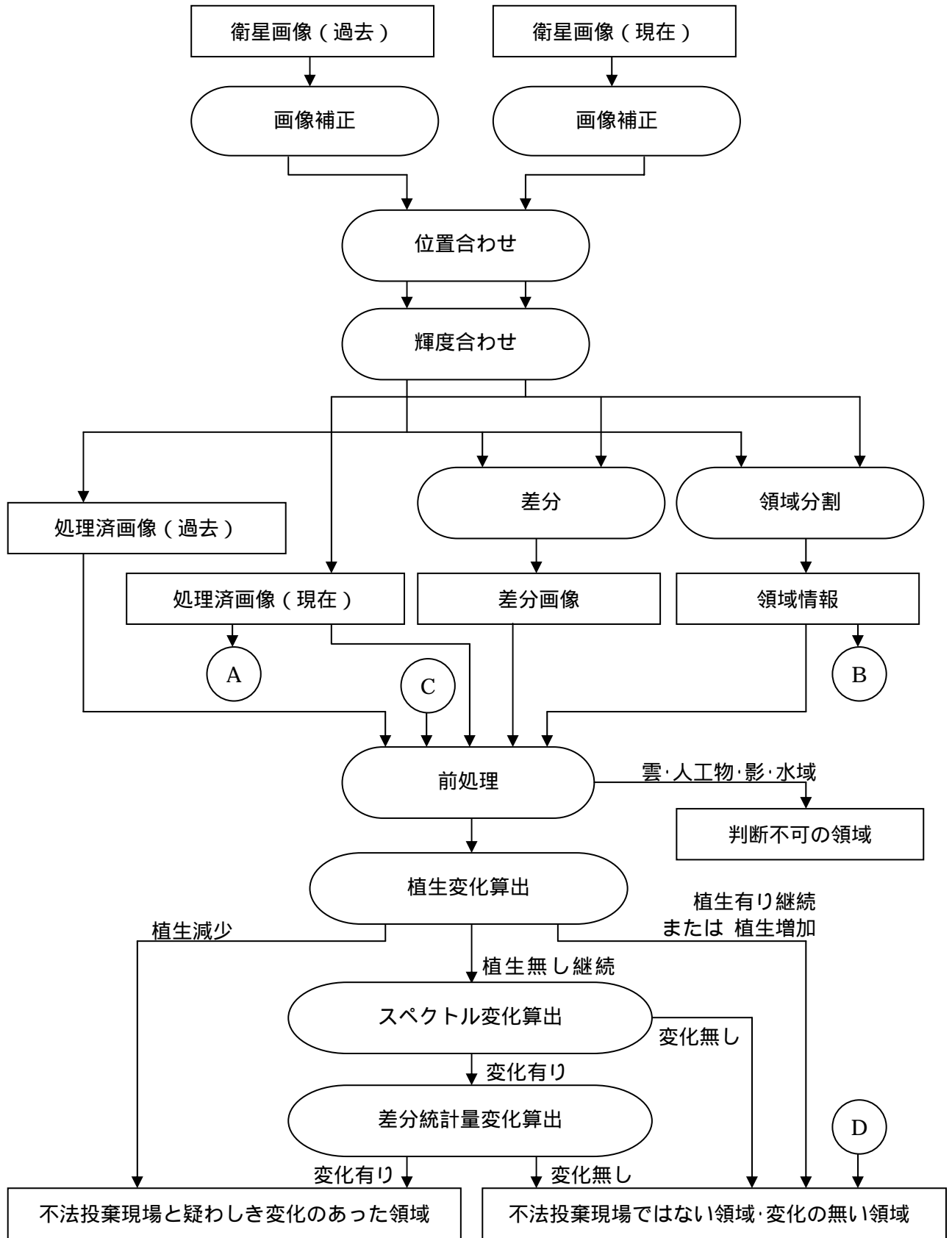


図3-46 単画像解析と複数画像解析の組み合わせ手法の処理の流れ

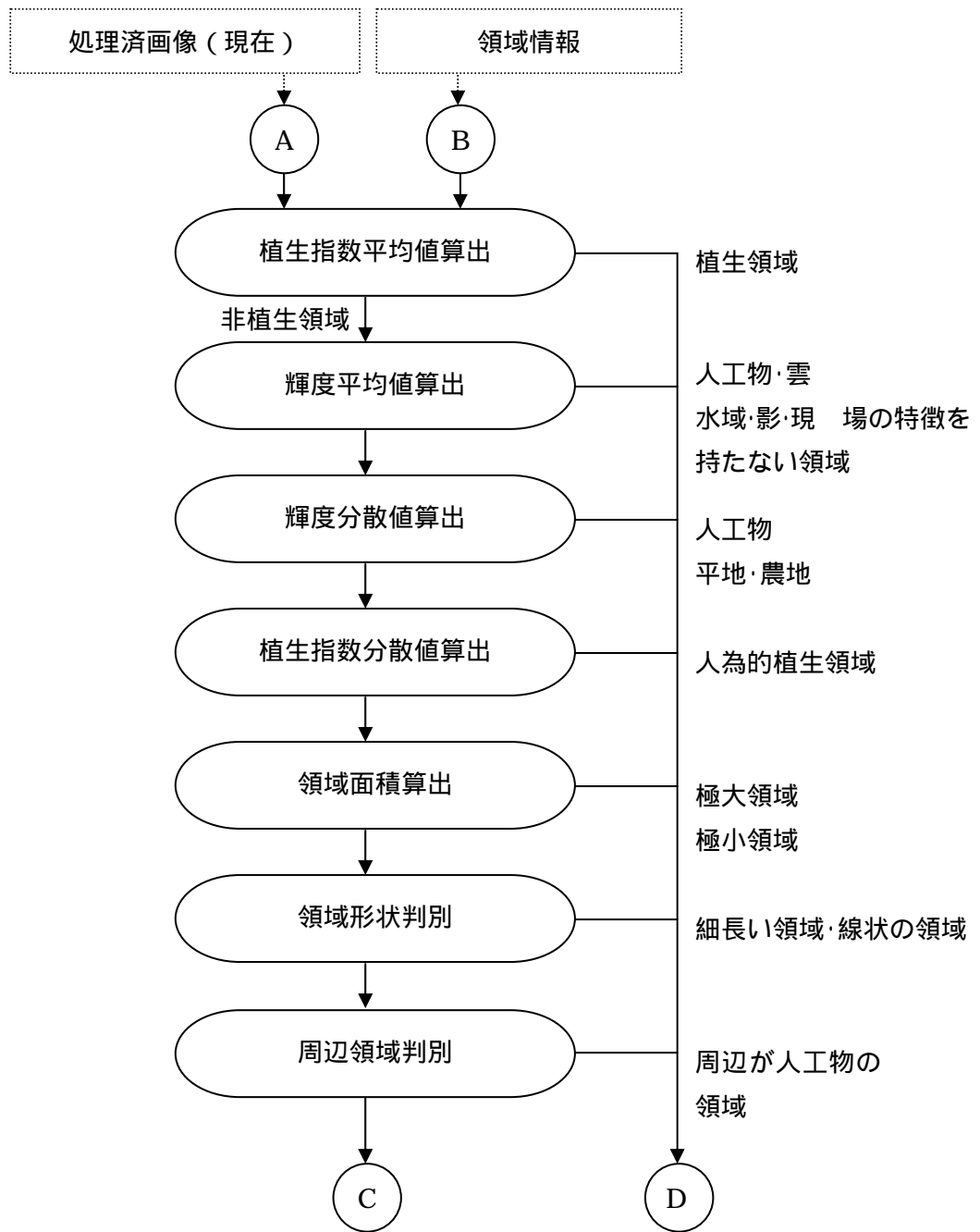


図3-46 単画像解析と複数画像解析の組み合わせ手法の処理の流れ（続き）

4.不法投棄等の新規発見業務における衛星監視システムの実証

本章では、不法投棄等衛星監視システムの実証試験のうち、「新規発見業務」における実証試験を実施し、4つの実証項目について検討を行った。

4.1 目的と実証項目

4.1.1 実証試験の目的

以下の2つを目的として、新規発見業務における実証試験を実施する。

- (1) 衛星画像を利用して不法投棄等を新規発見することが可能であり、かつ業務に有効活用できることを実証する。
- (2) 実証システムを用いた試験を行い、システムの実用化に向け、必要となる機能を明確化する。

4.1.2 実証項目

実証試験においては、以下の4つの実証項目について検討を行った。

- (1) 目視判読での現場抽出（試験 A）
本試験では、衛星画像の解析結果や、ゾーニング結果、様々な GIS データなどを利用した目視判読を実施することで、不法投棄現場候補を抽出できるかについて試験を行う。
- (2) 新規発見情報の共有化（試験 B）
本試験では、新規発見情報を県庁職員、出先機関職員の間で共有化することの有効性について試験を行う。
- (3) 現場の変化状況把握（試験 C）
既知の不法投棄現場について、過去と現在の現場状況を衛星画像を用いて比較することにより業務に有効な情報として利用できるかどうかについて試験を行う。
- (4) 統計分析（試験 D）
蓄積した不法投棄現場情報を統計的に分析することで、次からの現場情報絞り込み作業の支援情報となりえるか、業務が効率化されるか、について試験を行う。

上記の4つに分類された試験をさらに詳細な試験項目に細分化した実証試験項目を表 4-1 に示す。

表 4-1 実証試験における実証項目

試験内容		実証項目		評価方法	
A	現場候補絞込み	A1	絞込みにかかる時間、費用についての実証	A1-1	全体の作業時間の計測
				A1-2	作業に要した費用（人件費、データ費用など）の計測
				A1-3	絞込みの効率性（1現場あたりにかかる費用）の計測
		A2	絞込み可能な現場の大きさの実証	A2-1	絞込み可能な現場のおおよその面積の計測
		A3	解析結果の利用用途の実証	A3-1	利用タイミングについてのヒアリング
				A3-2	利用目的についてのヒアリング
				A3-3	有効性についてのヒアリング
		A4	絞込みに有効なGISデータ（ゾーニングデータを含む）とその利用用途の実証	A4-1	有効なGISデータについてのヒアリング
				A4-2	利用タイミングについてのヒアリング
				A4-3	利用目的についてのヒアリング
A5	作業の実施における役割分担の実証	A5-1	実務に即した作業者についてのヒアリング		
		A5-2	作業者に必要となる条件についてのヒアリング		
B	事案情報の共有化	B1	パトロール実施前の事案情報共有化の実証	B1-1	共有化すべき事案情報についてのヒアリング
				B1-2	情報の共有化方法についてのヒアリング
		B2	パトロール実施後の事案情報共有化の実証	B2-1	共有化すべき事案情報についてのヒアリング
				B2-2	情報の共有化方法についてのヒアリング
		B3	不法投棄事案情報以外の情報共有化の実証	B3-1	不法投棄事案情報以外（資材置き場など）の情報共有化による有効性についてのヒアリング
		C	現場の変化状況把握	C1	既知の現場について、時期の異なる複数画像を比較する有効性についての実証
D	統計分析				

4.2 方法

4.2.1 実証試験の全体フロー

実証試験の全体フローを図 4-1 に示す。想定される実際の業務の流れの中で A～D の各試験を実施していく。また、各試験の終了時に自治体担当者との意見交換を実施し、試験内容、結果について精査した上で、次の工程へと進める方法で実施した。また、試験の全工程終了後に試験に参加した自治体の他に、複数の自治体を交え、総合的な意見交換会を実施した。

なお、実証試験は平成 15 年 6 月より準備を開始し、平成 16 年 1 月末日までの期間で実施した。

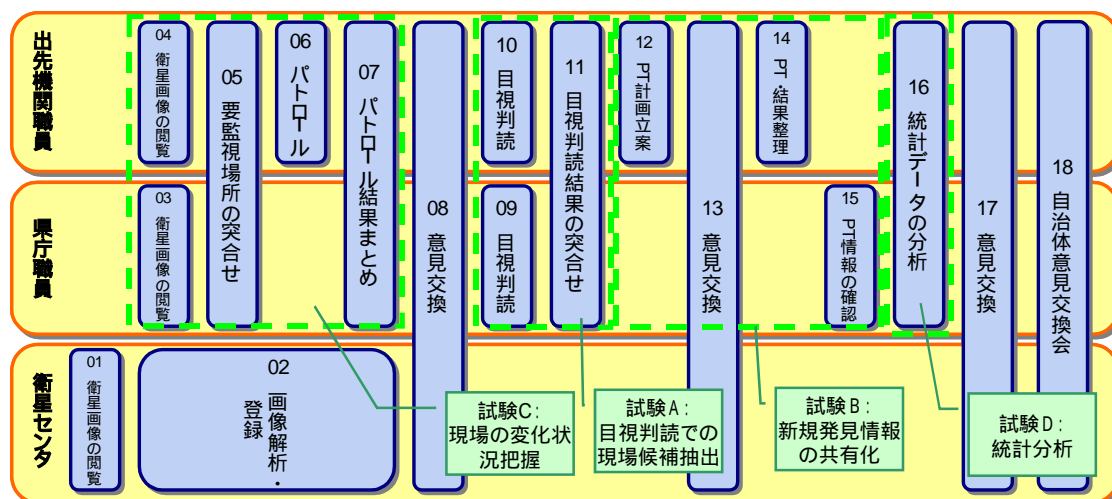


図 4-1 実証試験の全体フロー

4.2.2 対象地域

実証試験の対象地域は、昨年度実施した検証試験の対象地域と同一地域を選定した。ただし、衛星画像の取得状況から、検証試験の対象地域のうち一部を実証試験の対象地域として、試験を実施している。各自治体の対象地域の詳細を以下に述べる。

(1) 茨城県の対象地域

茨城県では図 4-2 の地域を実証試験の対象地域とした。茨城県牛久市を中心とした東西 14km、南北 14km の領域のうち、南西部分 6km×5km を対象として試験を実施した。

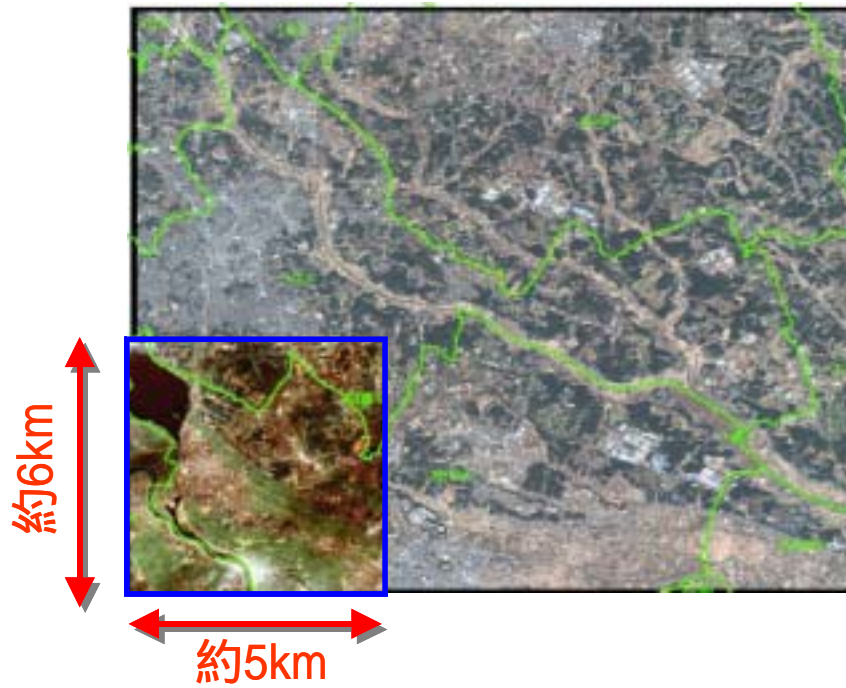


図 4-2 茨城県の対象地域

(2) 栃木県の対象地域

栃木県では図 4-3 の地域を実証試験の対象地域とした。栃木県黒石市を中心とした東西 14km、南北 14km の領域のうち、北部分 10km × 14km を対象として試験を実施した。



図 4-3 栃木県の対象地域

4.2.3 実施体制

実証試験は図 4-4 の体制で実施した。なお、本実証試験においては、茨城県、栃木県のご協力を頂き、それぞれの県庁および出先機関を含む体制で試験を実施した。

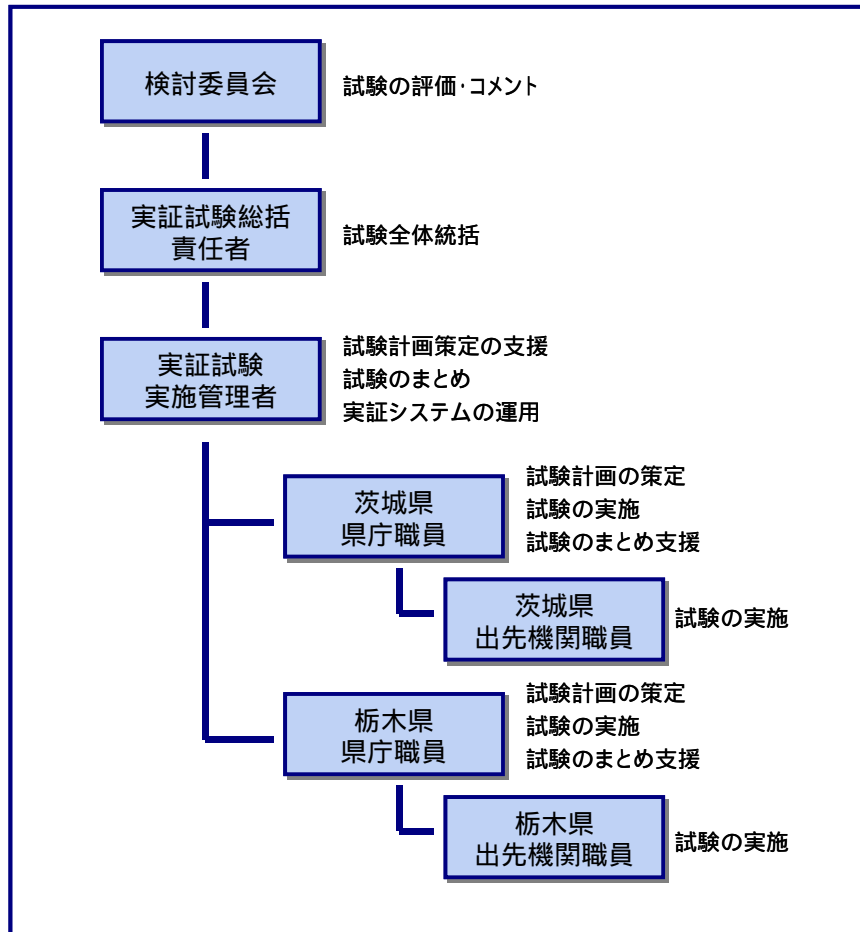


図 4-4 実証試験の実施体制

4.2.4 実証試験用衛星監視システムの構築

実証試験の実施に際して、昨年度の検討結果に基づき、実証試験システムを構築した。以下に実証試験システムの概要について述べる。

(1) システム構成

実証試験システムの構成を図 4-5 に示す。実証試験システムは、データをサーバ側で一元管理し、ネットワークを経由して複数の利用者が情報を閲覧できるよう、クライアントサーバ方式で構成した。以下にそれぞれの役割を説明する。

1) 自治体サーバ

衛星画像や GIS データなどの情報を一元的に蓄積、管理を行い、クライアントからインターネットを経由して各種情報を共有化できる環境を提供する。各ユーザからのアクセスは、個別に付与されたユーザ ID とパスワードによってユーザ認証を行う。なお、本実証試験においては、サーバは監視センターが管理運営を行った。

2)クライアント

インターネットを経由し、サーバ上にある情報の閲覧や、実証試験システムに実装された機能を利用する。本実証試験においては、県庁、出先機関で実業務に利用している端末をクライアントとして利用した。

汎用性を高めるため、クライアントは汎用的なブラウザのみでシステムを利用可能な構成とした。

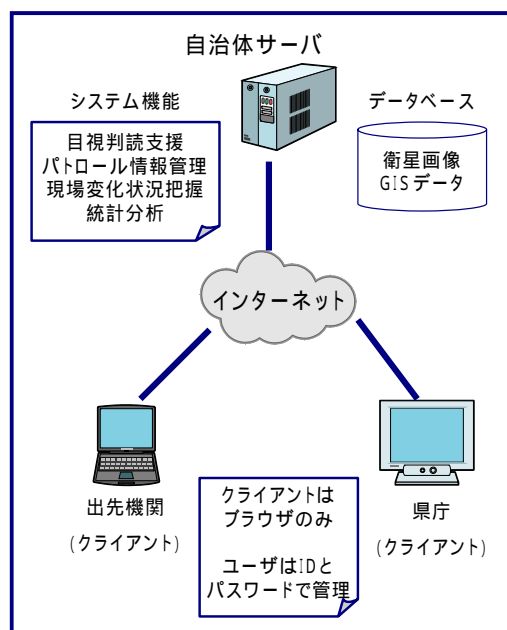


図 4-5 実証試験システムの構成

(2) システムに実装される情報

実証試験において、利用する様々なデータは、昨年度の検討を元に選定を行った。実証試験においては、衛星画像データや GIS データ等の情報は、サーバ上に一元管理し、各クライアントからインターネットを経由して利用した。一部の情報については、実証試験を効率的に進めるために、事前に各自治体から情報提供を受け、実証試験システムに登録を行った上で試験を実施した。実証試験システムに実装される各種の情報およびその詳細を表 4-2 に示す。

表 4-2 実証試験システムで提供される情報

#	レイヤグループ名	レイヤグループの内容
1	画像データ	平成14年に撮影した2枚 + 平成15年に撮影した1枚 画像は撮影の度に追加され、過去の画像を含む全ての画像が常時閲覧可能
2	解析データ	平成14年に撮影した2枚 + 平成15年に撮影した1枚 画像は撮影の度に追加され、過去の画像を含む全ての画像が常時閲覧可能
3	ゾーニングデータ	現場ゾーニング、度数ゾーニングの2種類 ユーザによる編集は不可
4	過去現場データ	平成12年度～14年度の不法投棄現場データ ユーザによる編集は不可
5	地図データ	最新のベクタ地図データ(都道府県界、市区町村界、字界、河川湖沼、主要道路、高速道路、線路、駅、 ユーザによる編集は不可
6	パトロールデータ	パトロール現場を示すベクタデータ 目視判読の結果からパトロールの結果に至る情報が属性として管理される ユーザによる編集が可能
7	ユーザ定義データ	各ユーザが独自に登録可能なデータ(自社処分場など) ユーザによる編集が可能

(3) 機能概要

実証試験システムの機能の概要を以下に説明する。実証試験システムの機能は、その目的から実務において利用される機能に絞って、昨年度の検討結果に基づき実装した。

1) 目視判読機能

目視判読機能は、衛星画像の解析結果、ゾーニング結果、地図などの各種 GIS データを表示し、ユーザの目視判読を支援する機能である。目視判読により抽出した現場候補をポリゴンデータとして管理し、属性情報を管理することができる。目視判読機能において管理する情報を表 4-3 に示す。

表 4-3 目視判読情報の登録情報

	項目名	内容
1	事案名	ユーザが任意に設定する事案の名称
2	内部管理番号	事案を一意に識別する管理番号
3	市区町村名	対象現場の属する市区町村名
4	地目	対象現場の住宅地図上の地目
5	担当者名	目視判読を実施した担当者の氏名
6	判読作業日	目視判読を実施した日
7	優先度	現地調査等の対応の優先度
8	目視判読結果	目視判読により得られた所見等

2) パトロール計画機能

パトロール計画機能は、目視判読機能を利用して絞りこんだ現場候補についてパトロール計画の立案を支援する機能である。パトロール計画機能において管理する情報を表 4-4 に示す。

表 4-4 パトロール計画機能の登録情報

	項目名	内容
1	担当者名	パトロール計画を立案した担当者名
2	パトロール計画日	パトロール計画を立案した日付
3	パトロール回数	現場パトロールの実施回数
4	パトロール順序	パトロールにおける巡回順序
5	パトロール留意点	パトロールにおける事前留意点

3) パトロール結果機能

パトロール結果機能は、パトロール計画に基づきパトロールを実施した現場についての結果を登録、管理する機能である。パトロール結果機能において管理する情報を表 4-5 に示す。

表 4-5 パトロール結果機能の登録情報

	項目名	内容
1	担当者名	パトロールを実施した担当者名
2	パトロール実施日	事案を一意に識別する管理番号
3	現場の状況	対象現場の属する市区町村名
4	投棄品目	対象現場の住宅地図上の地目
5	投棄量	目視判読を実施した担当者の氏名
6	備考	目視判読を実施した日
7	現場写真	現地調査等の対応の優先度

4) 経過監視機能

経過監視機能では、既知の不法投棄現場について、過去の現場状況と現在の状況を衛星画像で比較することにより、現場の変化状況を把握し、状況を管理する機能である。経過監視機能において管理する情報を表 4-6 に示す。

表 4-6 経過監視機能の登録情報

	項目名	内容
1	経過監視日	経過監視を行った日付
2	経過状況	経過監視の結果（同一現場に対して 20 回分まで登録可能）

5) 傾向分析機能]

傾向分析機能では、目視判読機能、パトロール結果機能により蓄積された現場候補情報に対して簡易な統計分析を行い、グラフを表示する機能である。傾向分析機能において分析可能な項目を表 4-7 に示す。

表 4-7 統計分析機能による分析項目

	項目名	内容
1	投棄規模分析	特定の市区町村もしくは県全域に対して、7 レベルに分類した投棄規模(m ³)ごとの事案件数を算出する。
2	地目分析	特定の市区町村もしくは県全域に対して、5 つに分類した地目ごとの事案件数を算出する。
3	投棄品目分析	特定の市区町村もしくは県全域に対して、15 種類に分類した投棄品目ごとの事案件数を算出する。

4.2.5 画像解析手法

画像解析手法は、3.5 節で述べた手法を用いた。

実証試験において利用した衛星画像の詳細を表 4-8 に示す。実証試験は、昨年度に実施した検証試験と同一のエリアにおいて実施する予定であったが、天候不順等の影響により、検証試験エリアの一部を切り出したエリアで実施した。茨城県においては、QuickBird の衛星画像が取得できなかったため、同様の仕様を有する IKONOS 衛星の画像で代替した。

表 4-8 実証試験で利用した衛星画像 1（新規撮影）

都道府県名	衛星名	撮影日	撮影領域
茨城県	IKONOS	2003 年 8 月 11 日	5km × 6km
栃木県	QuickBird	2003 年 8 月 3 日	14km × 10km

また、画像解析および一部の試験項目においては、過去の画像との比較を行うため、昨年度の検証試験時に取得した衛星画像も合わせて利用した。昨年度取得し、本年度の実証試験で利用した衛星画像の詳細を表 4-9 に示す。

表 4-9 実証試験で利用した衛星画像 2 (昨年度撮影)

都道府県名	衛星名	撮影日	撮影領域
茨城県	QuickBird	2002 年 7 月 31 日	14km × 14km
	QuickBird	2003 年 11 月 7 日	14km × 14km
栃木県	QuickBird	2002 年 8 月 3 日	14km × 14km
	QuickBird	2002 年 11 月 12 日	14km × 14km

4.2.6 試験の実施手順

本節では、実証試験の詳細な実施手順について述べる。

(1) 試験 A の実施手順

試験 A の実施手順を図 4-6 に示す。試験 A では、実証試験システムを用いて、衛星画像の目視判読を実施する。目視判読は本庁担当者、出先機関担当者それぞれに実施して頂き、結果の突合せを行うという形で進める。現地パトロールは出先機関担当者に通常業務と同様の手順で実施した上で、本庁職員、出先機関担当者に対するヒアリングを行い結果を取りまとめる。

試験 A の成果物は、試験 A 部分の実証項目の評価のほかに、目視判読におけるチェックポイントの整理を実施する。

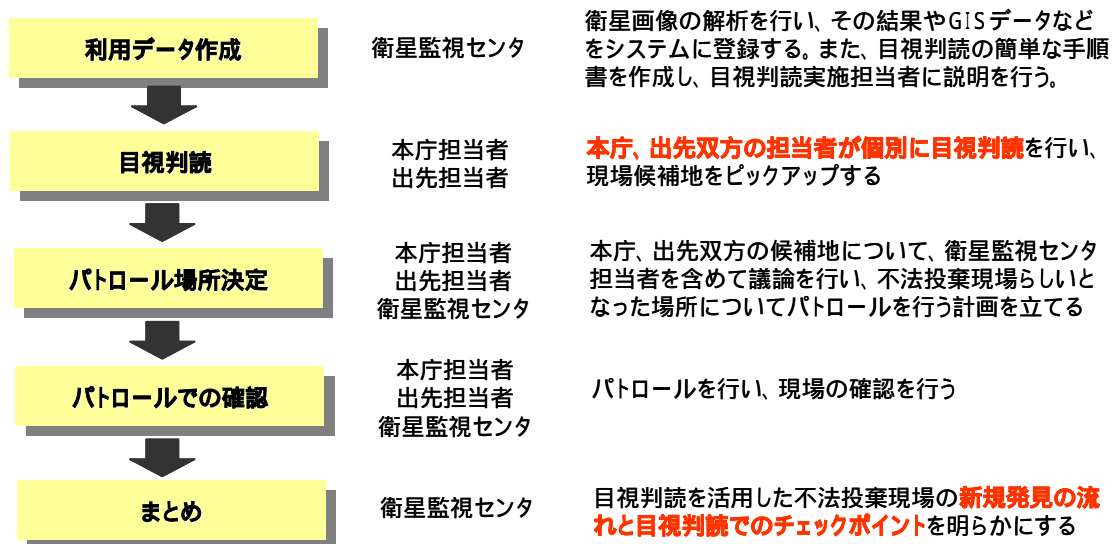


図 4-6 試験 A の実施手順

(2) 試験 B の実施手順

試験 B の実施手順を図 4-7 に示す。試験 B では試験 A で実施した目視判読、パトロール結果を実証試験システムに登録する作業を実施した上で、本庁職員、出先機関担当者に対するヒアリングを行い実証項目の評価を行う。

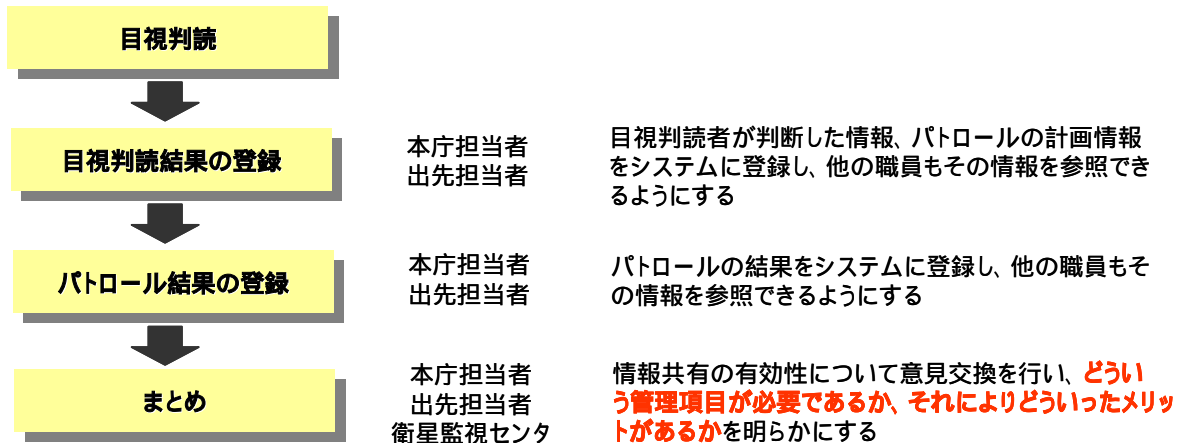


図 4-7 試験 B の実施手順

(3) 試験 C の実施手順

試験 C の実施手順を図 4-8 に示す。試験 C では、本庁および出先機関が把握している既知の現場について、経過監視機能を持ちいて変化状況の把握作業を実施した上で、本庁職員、出先機関担当者に対するヒアリングを行い実証項目の評価を行う。

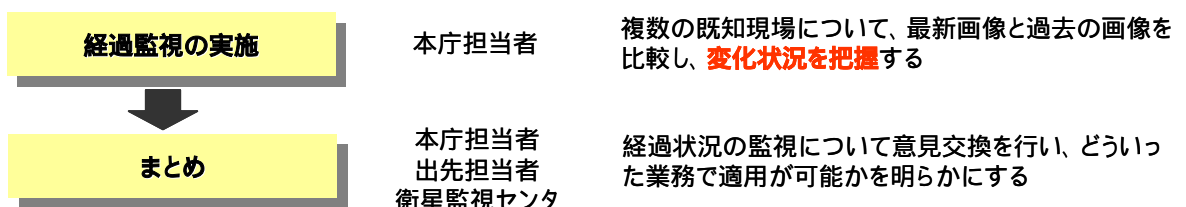


図 4-8 試験 C の実施手順

(4) 試験Dの実施手順

試験Dの実施手順を図4-9に示す。試験Dでは、試験Aおよび試験Bで登録した現場情報について、統計分析機能を用いて変化状況の把握作業を実施した上で、本庁職員、出先機関担当者に対するヒアリングを行い実証項目の評価を行う。

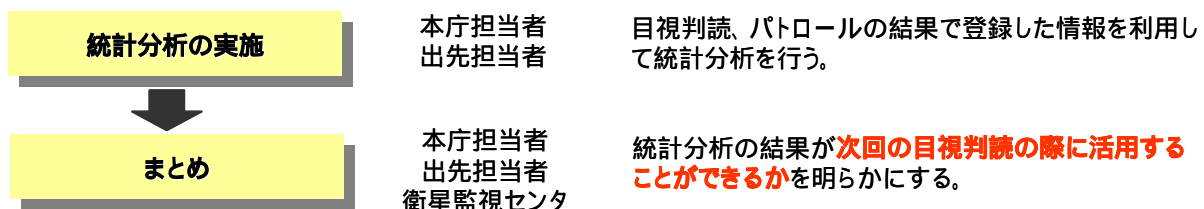


図4-9 試験Dの実施手順

4.3 結果と考察

本節では、実証試験の結果を整理し、考察を行う。

4.3.1 目視判読での現場抽出（試験 A）の実証結果と考察

（1）抽出現場パトロール結果

試験 A で実施した目視判読の結果に基づき、茨城県 10 箇所、栃木県 6 箇所の抽出現場をパトロールした。以下に、両県の現場パトロールの結果を示す。

（1）茨城県の現場パトロール結果

（事案番号） 0000000001

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆表面が均一でない
- ◆車の進入路のように見える部分がある

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆住宅

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 0000000003

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆色が不自然に明るい(白っぽい)
- ◆表面が均一でない
- ◆建物の屋根のようなものが見える

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出
- ◆資材置き場
- ◆以前野焼きしたような跡がある

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 0000000004

衛星画像(1/8000)

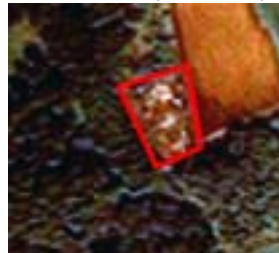


200m

目視判読状況

- ◆土の色が周りと異なる
- ◆表面が均一でない

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆墓地

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

(事案番号) 0000000005

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆畑の中にぼつんと他の見た目と違うところがある。
- ◆表面が均一でない

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出
- ◆資材置き場
- ◆アスファルト、コンクリ片が保管(適正保管と思われる)。一部廃棄物らしきものありだが、覆土されている

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 0000000006

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆畑の中に他の見た目と違うところがある。
- ◆表面が均一でない
- ◆車の出入り跡のようなものがある

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出
- ◆廃電柱(木製)の保管所
- ◆周辺の草の生え具合から、保管2~3年であると思われる

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 000000007

衛星画像(1/4000)



100m

衛星画像(1/1000)



25m

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

目視判読状況

- ◆畑の中にぼつんと他の見た目と違うところがある。
- ◆表面が均一でない

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆休耕田
- ◆休耕田のため、夏でも裸地となっており、周辺の畑とは状況が違う



(事案番号) 000000008

衛星画像(1/8000)



200m

衛星画像(1/2000)



50m

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

目視判読状況

- ◆建物か車のような人工物がある
- ◆バラバラではなく、きれいに人工物が並んでいる

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆カーディーラー
- ◆敷地の奥に車が整列されている



(事案番号) 0000000009

衛星画像(1/8000)



200m

衛星画像(1/2000)



50m

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

目視判読状況

- ◆畑の中にぼつんと他の見た目と違うところがある。
- ◆表面が均一でない

パトロール結果

- ◆適正検出
- ◆資材置き場
- ◆不法に農地転用した疑いあり



(事案番号) 0000000010

衛星画像(1/8000)



200m

衛星画像(1/2000)



50m

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

目視判読状況

- ◆畑の中にぼつんと他の見た目と違うところがある。
- ◆表面が均一でない

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆家庭菜園
- ◆敷地内に様々な草花が栽培されているため、表面が不均一に見えたと思われる



(事案番号) 000000011

衛星画像(1/8000)



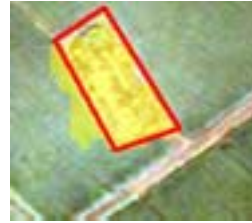
200m

衛星画像(1/2000)



50m

解析結果(1/2000)



目視判読状況

- ◆単画像解析結果が出ている
- ◆表面が均一でない
- ◆奥に水色の建物のようなものがある

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆墓地
- ◆敷地奥に枯れ木を積んでいる
- ◆水色はビニールであると想定



茨城県の現場パトロール結果のまとめを図 4-10 に示す。茨城県においては、10箇所の現場を抽出、パトロールし、4件の適正検知結果を得た。語検出の結果は、住宅、休耕田、墓地など多岐に渡る結果となった。

現場No.	適正検知	現場の地目
1	×	住宅
2		資材置き場
3	×	墓地
4		資材置き場
5		廃電柱置き場
6	×	休耕田
7	×	カーディーラー
8		資材置き場
9	×	家庭菜園
10	×	墓地

適正検知 : パトロールの結果、適正に検知できたと判断した
 × : パトロールの結果、適正検知ではなかった

図 4-10 茨城県の現場パトロール結果

(2) 茨城県の現場パトロール結果

(事案番号) 0000000002

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆表面が均一でない
- ◆周りが森に囲まれた中にぽつんと土が露出している
- ◆右下に車のようなものがある

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出
- ◆不法投棄
- ◆敷地は木を伐採して作られた跡がある。重機や車がある。不法投棄を覆土した跡がある

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 0000000003

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆表面が均一でない
- ◆主要道路から奥まったところにあ
り、細い道路の一番奥になっている

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆住宅
- ◆ビニールハウスが民家の奥にあり、伐採された木が点在している

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 0000000004

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆ 周りが森に覆われている
- ◆ 土の色が他の箇所と比べて不自然

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆ 適正検出ではない
- ◆ 造成地
- ◆ 伐採した木が積まれている
- ◆ 盛土がしている箇所あり

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない



(事案番号) 0000000006

衛星画像(1/8000)



200m

目視判読状況

- ◆ 周りが森に覆われている
- ◆ 土が露出している
- ◆ 不自然な形をしている

衛星画像(1/2000)



50m

パトロール結果

- ◆ 適正検出ではない
- ◆ 造成地

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

(事案番号) 000000007

衛星画像(1/16000)



400m

衛星画像(1/8000)



200m

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

目視判読状況

- ◆森の中に点々と裸地がある
- ◆不自然な形をしている

パトロール結果

- ◆適正検出ではない
- ◆造成地
- ◆点在する全てが造成地



(事案番号) 000000012

衛星画像(1/8000)



200m

衛星画像(1/2000)



50m

解析結果

該当部分に
解析結果は
出ていない

目視判読状況

- ◆森に囲まれた場所に裸地がある
- ◆土の色が不自然

パトロール結果

- ◆適正検出
- ◆計画取下げ抗争中の処分場計画地
- ◆基礎打設のために敷地を掘り下げて
いる箇所あり。少量の投棄物が若干散
乱している。川の水が入ってきている。



栃木県の現場パトロール結果のまとめを図 4-11 に示す。栃木県においては、6 箇所の現場をパトロールし、2 箇所の適正検知という結果を得た。栃木県は、北部に森林域が多く、かつ森林を伐採しての宅地造成が多く見られる。その結果誤検地箇所のほとんどが住宅や、造成地という結果となった。

現場No.	適正検知	現場の地目
1		不法投棄
2	×	住宅
3	×	造成地
4	×	造成地
5	×	造成地
6		処分場計画地

適正検知 :パトロールの結果、適正に検知できたと判断した
×:パトロールの結果、適正検知ではなかった

図 4-11 栃木県の現場パトロール結果

(2) 考察

A1 : :絞込みにかかる時間、費用についての実証

試験項目 A1 に対する実証結果を表 4-10 に示す。絞込みにかかる時間について、両県の間にはばらつきが見られる。これは両県の担当者が実施した目視判読の進め方や、判読の細かさなどが原因となっていることが考えられる。

表 4-10 実証項目 A1 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
A1	(1)時間 30 平方キロメートルの絞込みに約 3 時間 (14km×14km に換算すると、約 20 時間) (2)費用 茨城県平均月給 399,824 円から計算すると約 8000 円(14km×14km では、約 53000 円) (3)現場絞込み数と現場数 絞込み数 11 件中 4 件は適正検出(11 件の現場 パトロールに約 4 時間)	(1)時間 およそ 100 平方キロメートルの絞込みに 6 時間(14km×14km に換算すると、約 12 時間) (2)費用 栃木県平均給料 370,018 円から計算すると 約 15000 円(14km×14km では、約 30000 円) (3)現場絞込み数と現場数 絞込み数 7 件中 1 件は適正検出(7 件の現 場パトロールに 6.5 時間)

A2 : :絞込み可能な現場の大きさの実証

試験項目 A2 に対する結果を表 4-11 に示す。現場の大きさについては、両県ともに 20m

～30m を超える現場であれば目視による判読が可能であるとの結果が得られた。目視判読の際に判断材料として利用する特徴として色の違いを挙げている。隣接する土地との色やパターンの違いを元に判読を行っている様子が伺えるが、逆に、色合いが似通ったものの区別がつかないという状況も明らかになっている。

表 4-11 実証項目 A2 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
A2	(1)大きさ 20m×20m 以上ないと目視判読は困難分解能 1m の IKONOS の場合) (2)特徴 色とパターンで調べている 周囲と色変化の極端な所は比較的目視判読は容易(水田にある資材置き場など) 大きな現場では車両の出入り跡や、出入り口から死角になっている堆積物を発見可能	(1)大きさ 20～30m 四方以上ないと目視判読は困難(最近の不法投棄傾向は小規模化しているため、それほど大きな現場はあまりない) (2)特徴 破碎された廃プラと土の判別が非常に困難。 ほとんどは色の違いで判読 未知現場を鉄板などを手がかりに判断するのは無理

A3 : 解析結果の利用用途の実証

試験項目 A3 に対する結果を表 4-12 に示す。解析結果は目視判読の補助資料として有効であるという結果が出た。但し、解析結果を有効に使うためには、解析手法に対しての理解度や、作業時間などによって、解析結果の有効性が変わってくるとの所見も得られた。画像判読の経験を持っている担当者は、解析結果をある程度頭の中で絞込みを行い有効に活用している反面、見慣れない担当者であると、「解析結果が多すぎて参考にならない」という状況も考えられる。解析結果を有効に活用するためには、ユーザのレベルに応じた解析レベルの調節機能や、衛星画像との比較がしやすいような表示方法などを導入する必要があると考えられる。

表 4-12 実証項目 A3 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
A3	(1)利用目的 判読ポイントを直感的に絞り込むことによる目視判読時間の短縮化 (2)有効性 目視判読者のスキルや作業時間の制限などを考慮し解析結果の閾値を変えたいいくつかのパターンがあったらより有効となる 解析結果は判断材料のひとつ。植生変化については有効な手がかりとなり得る。	(1)利用目的 (2)有効性 解析結果の数が多すぎて有効活用ができなかった 解析結果の基準がもっとわかりやすいとよい 閾値を自分で変更できるようにし、左右に解析結果のある、なし画像を並べて見られると良い

A4 : 絞込みに有効な GIS データ (ゾーニング含む) とその利用用途の実証

試験項目 A3 に対する結果を表 4-13 に示す。実証試験において実装した各種 GIS データについては必須であるとの所見が得られた。実際の例では、衛星画像だけで道路や河川な

どの地目を判断することは非常に難しく、現場位置の特定や、周囲の状況の把握には、GISデータは必要不可欠である。また、現在の業務において住宅地図(1/1500 相当)を利用している都道府県が多く、本システムにおいても同様の精度の地図が欲しいとの意見もあった。但し、通常より現場を回って業務を行っているため詳細な土地勘を持っている出先機関職員と、県全域を管轄している県庁職員では、必要とする地図のレベルに大きな差があることもわかった。

過度に地図情報を重ねてしまうと、目視判読を阻害する要因にもなりかねないことから、GISデータを任意に選択し、表示、非表示を選択できるような機能は必須であると考えられる。

ゾーニング結果については、県全域の大きな傾向を把握できることから、監視エリアを決める際の参考資料として利用できるとの所見が得られた。

表 4-13 実証項目 A4 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
A4	(1)利用目的 現場候補絞込み時の周辺情報収集 現場候補絞込み後の詳細な場所特定 (2)有効なデータ 大まかな位置照合に、鉄道、高速道路を利用 具体的な位置特定には、字界を利用 ゾーニング結果は広域での傾向を把握するために利用 作業効率を上げるために、衛星画像や解析結果に格子状の目盛りを入れてほしい 現場の緯度経度の情報がわかると場所の特定がしやすい(カーナビでの利用のため)	(2)有効なデータ 高速道路、県道、鉄道、河川を利用 ゾーニング結果は県全域など広域での傾向把握に利用 道路は主要道だけでは不十分であり、幅員1.5m程度の道路も利用したい 住宅地図と同様のレベルの詳細な地図が必要 衛星画像や解析結果に格子状の目盛りがあることで作業効率が非常に向上する 現場の緯度経度の情報がわかると場所の特定がしやすい

A5：実施における役割分担の実証

試験項目 A5 に対する結果を表 4-14 に示す。現在の業務においては、原則として管轄する出先機関が対応しており、必要に応じて都道府県庁への支援を要請するという役割分担をしている。そのため、過去の事案に関する対応状況や、付近の土地勘についても出先機関が多くのノウハウを蓄積している。このことから、新規発見を目的とした目視判読は出先機関で実施し、県庁では、出先機関からの支援要請など、必要に応じて対応するという役割分担が有効であると考えられる。

表 4-14 実証項目 A5 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
A5	(1)役割分担 県庁職員、出先職員それぞれに保有する情報の種類、量が異なるため、作業は並行して行い、突合せをする方法が最良 出先機関でメインに利用することとなるはず	(1)役割分担 出先職員がメインで使用するシステムとなるだろう。 現場情報を持ち、土地勘もある出先機関が作業を実施することが望ましい。本庁では複数の出先をまたがる案件、暴力団など警察と協力してするめる案件をメインに担当している

4.3.2 新規発見情報の共有化（試験 B）の実証結果と考察

B1:パトロール候補地情報共有化の実証

試験項目 B1 に対する結果を表 4-15 に示す。目視判読時の登録情報については、現場を確認してみないと有効な情報かどうかの判断がつかないことから、詳しい目視判読情報の登録は不要であるとの所見が得られた。

また、実際の業務においては、担当者が非常に多忙であるため、パトロールの実施日や、ルートなどは事前の計画通りに進められないことが多い。実際には他の業務と並行して担当者が臨機応変に対応しているケースが多く、パトロール計画を共有化するメリットは少ないと考えられる。

表 4-15 実証項目 B1 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
B1	(1)情報の内容 目視判読段階での情報は、「何か怪しい」レベルのものであり、現場に行ってみないと有効な情報化どうかかわからないため、詳しい目視判読状況の登録は効果が少ない。 パトロールルートの決定に関しては担当者の業務状況やその他の現場の状況、天候などにも影響を受けるため事前にシステムで決定することは必要ない。	(1)情報の内容 目視判読ではパトロール計画、パトロール実施の各日付が最低限登録できればよい、さらに緯度経度があれば有効である。 パトロール計画工程は不要

B2:パトロール結果情報共有化の実証

試験項目 B2 に対する結果を表 4-16 に示す。過去の投棄現場やパトロール結果は各県独自の 방법으로管理されている。パトロール結果を有効に活用するためには、これらの過去の蓄積情報との関連付けを行うことが重要である。また、パトロール結果は、長期間の蓄積によって効果を発揮する。目視判読のノウハウの醸成や、投棄傾向の把握、過去の事案との関連等を調査する際にも過去の履歴が一元管理されるような仕組みが必要だ

と考えられる。

表 4-16 実証項目 B2 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
B2	<p>(1)情報の内容 茨城県独自で台帳として管理している項目があるため、共通的なシステムで管理する項目以外の部分は備考への記載などで対応が必要(現場規模の分類、品目の分類など) 結果的に現場でなかった場所の情報も登録して残しておくことで次回の目視判読の参考資料となる。</p> <p>(2)使い勝手 1件の投入に1分程度で対応可能であり、現在のパトロール結果取りまとめ作業よりもずっと効率的</p>	<p>(1)情報の内容 現場状況について、県独自の指標を設定しているものがある 県で利用している台帳管理に項目などを合わせれば現在の復命書の代わりとなるはず パトロール結果はフリーフォーマットで記述できるしくみが欲しい 台帳管理として、現場情報の履歴管理も合わせて行いたい</p>

B3：不法投棄事案情報以外の情報共有化の実証

試験項目 B3 に対する結果を表 4-17 に示す。目視判読や現地調査の際には、不法投棄事案以外の情報も参照し、総合的な判断を行う必要がある。現在の業務においても、産廃処理業者データベースや、既存の台帳管理システムなどの情報を利用していることから、これらのデータベースとの連携や、資材置場、処分場などの地目情報の登録は、新規発見業務において有効であると考えられる。

表 4-17 実証項目 B3 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
B3	<p>(1)情報の内容 資材置き場、処分場などの不法投棄事案以外の情報についても、状況は常に変化しているため、現場の台帳管理と同じような履歴管理があることが望ましい</p>	<p>(1)情報の内容 全国の処理業者の情報を参照したい 県の許可業者については「台帳管理システム」で一元管理している。(能力、許可品目、役員の情報が大切)</p>

4.3.3 現場の変化状況把握（試験 C）の実証結果と考察

C1:既知の現場について時期の異なる複数画像を比較することの有効性の実証

試験項目 C1 に対する結果を表 4-18 に示す。複数画像を用いることで、中長期的な状況の変化を的確に捉えることができる。但し、現在の衛星画像の分解能では詳細は変化を把握することは難しい。大規模な施設などの変化を把握し、行政指導の参考資料として活用することは有効であると考えられる。

表 4-18 実証項目 C1 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
C1	(1)有効性 大規模な土砂採取場など、複数年にかけて変化していく場所の経過状況を把握するには非常に有効 分解能、画像の色合いについては経過監視の作業効率や精度に大きな影響を与える 細かい変化を衛星画像の分解能で捉えるのは難しい。	(1)有効性 過去の画像を利用して不法投棄発生からの時系列の変化を捕らえられれば、行政指導などの参考資料として有効である。 指導後の撤去状況などの確認にも有効である。

4.3.4 統計分析（試験 D）の実証結果および考察

D1:傾向分析の絞込みへの有効性実証

試験項目 D1 に対する結果を表 4-19 に示す。事案情報を統計化することで、次回からの目視判読作業の支援材料となる可能性は低い。但し、本庁、出先機関が行っている定型業務を自動化するような分析機能を実装することで、業務効率が改善される可能性は考えられる。

表 4-19 実証項目 D1 に対するヒアリング結果

	茨城県	栃木県
D1	(1)有効性 出先(事務所)レベルで現場の統計化作業は実施しておりこれをシステムで自動化することにメリットはある 県全域での統計分析であれば有効であるが、業務で直接使用するというよりは、傾向分析の意味合いが強い。	(1)有効性 データを統計化することで上への報告の際にまとめが簡素化する面はある。 現場をパトロールしている担当者にとっては、経験から得た地域特性、処分場の位置、最近の傾向などから総合的に分析しているため、有効性はあまり感じられない。

4.4 本章のまとめ

(1) 不法投棄監視業務における衛星画像の有効性

実証試験結果より、衛星画像による不法投棄の新規発見・監視は、20m四方以上程度の中規模以上の面積であり、かつ広範囲な植生伐採や大規模な投棄堆積など画像の変化として現れる不法投棄、不適正保管であれば有効であるとの結論が得られた。

衛星画像を用いた不法投棄監視には、効率よく目視判読を行うことが必須条件となる。実証試験の結果から得られた知見として、目視判読におけるポイントは以下の2点である。

GIS データ等の支援情報を有効に活用し、的確に現場周辺の状況を把握する。

衛星画像での現場の見え方に関するノウハウを蓄積することで、目視判読により得られる情報量を向上し、判読精度を高める。

については実証試験により、有効な GIS データおよびその利用目的についての精査を行った。地図データをはじめとする GIS データは詳細な場所の特定はもちろんのこと、衛星画像だけでは把握が困難な、詳細な道路情報など周辺状況の把握に有効であるとの知見が得られた。

については、実証試験の結果に基づき、目視判読におけるチェックポイントの整理を行った。目視判読におけるチェックポイントを表 4-20、表 4-21 に示す。

表 4-20 現場特徴によるチェックポイント

	チェック項目	誤判読の事例
1	過去の画像と比較して、急激な植生の変化がみられる。(もしくは解析により検出されている)	農業用地の開墾、住宅造成地など
2	周辺と不自然に地面の状況(地目、色合い)が異なる。(もしくは解析により検出されている)	墓地、休耕田など
3	土地の境界が不明瞭、もしくは土地の区画が不自然な形をしている。	休耕田など
4	雑然と堆積物のようなものが置かれている。(影により堆積物を確認できる、様々な色が混ざって見える等)	住宅造成地、ビニールハウスなど
5	表面に不自然な起伏が見られる。	墓地、休耕田など
6	周囲を塀、柵等に囲まれている。	公園、運動場、住宅造成地など
7	重機の通過したような轍や、鉄板等がみられる。	住宅造成地など

表 4-21 現場周辺状況によるチェックポイント

	チェック項目	誤判読の事例
1	周辺に民家が少ない。	
2	車両が通行可能な道路が広がっている。	
3	障害物に囲まれており、周囲からの見通しが悪い。	森林を伐採しての大規模造成地など

実証試験において得られたこれらのチェックポイントに対して、実際の業務における運用時に同様のノウハウを明文化し、蓄積することで担当者のノウハウに依存しない均質かつ高精度な不法投棄新規現場の目視判読に繋がることが期待できる。

現在の不法投棄の多くは、各自治体が実施している住民通報対応や、監視員によるパトロールなどで適切な対応がなされており、投棄の規模の縮小化、件数の減少化が進んでいる。しかしその一方で、投棄前の発見に繋がるような目の届かない場所へのパトロールや、許可施設等に対する監視などには手が回らないのが現状である。これらに対して、衛星画像を用いた中期的かつ網羅性の高い監視を行うことにより、新規発見の遅れ、発見漏れを防止し現場の大規模化を防ぐことが可能となる。

(2) 実用化システムに必要となる機能

実証試験の結果より、不法投棄等衛星監視システムに求められる機能として、以下のようない知見が得られた。

(ア) 目視判読機能

- ・ 複数の衛星画像を比較して閲覧できること。
- ・ 解析結果、地図、ゾーニングなどのデータを効率よく閲覧できること。
- ・ 判読した現場に対する属性情報として、必要な情報が登録、管理できること。

(イ) パトロール結果の登録、管理機能

- ・ 情報、ノウハウの蓄積の観点から、不法投棄、不適正保管の現場だけでなく、その他パトロールした箇所の情報も蓄積、管理できること。
- ・ パトロール結果に対する属性情報として、必要な情報が登録、管理できること。

(ウ) 既知現場の経過監視機能

- ・ 既知の現場に対して、複数の画像、過去の登録情報を参照しながら効率的に経過の分析ができること。

(エ) 他のシステムとの連携機能

- ・ 台帳管理システムとの連携が可能なこと。
- ・ 産廃処理業者データベース等との情報連携が可能なこと。

なお、衛星画像を用いた新規発見業務を行う上でも、パトロール結果の蓄積、管理機能が必須であるとの結果が得られた。これについては、第5章で検討する。

5.不法投棄の日常監視業務における衛星監視システムの実証

本章では、不法投棄衛星監視システムの実証試験のうち、「日常監視業務」における実証試験を実施し、3つの実証項目について検討を行った。

5.1 目的と実証項目

5.1.1 目的

「各地の自治体における日常監視業務に衛星監視システムを有効的・効果的に活用できることを実証する」ことをねらいとして、以下の2つを目的として、日常監視業務に関わる実証試験を実施する。

- (1) これまで日常監視が十分でなかった不法投棄現場、施設等の監視を、衛星画像を用いて補強することができるか
- (2) 衛星画像ならびに衛星監視システムを日常の監視業務（経時変化、場所特定、情報管理など）で活用し、業務の効率化を高めることができるか

5.1.2 実証項目

実証試験においては、以下の3つの実証項目について検討を行った。

- (1) 経時変化の把握（衛星監視試験：試験E）

パトロールなど日常監視業務では十分に網羅していない既知の不法投棄現場を対象に、衛星画像を用いた現状確認業務を想定し、不法投棄現場の現在の状況や撮影時期の異なる衛星画像の比較による経時変化の把握ができるかについて試験を行った。
- (2) 場所や状況把握の効率化（電話対応管理試験：試験F）

産廃110番での電話対応時に、不法投棄現場の場所や状況等の通報内容を衛星監視システムの利用で容易かつ確実に確認できるかについて試験を行った。
- (3) 監視情報の管理（巡視記録試験：試験G）

衛星監視システムにより不法投棄現場の位置や監視情報の登録・更新を行い、衛星監視システムが不法投棄に関する情報管理に有用であるかについて試験を行った。

図5-1に実証試験の目的と実証項目を整理する。実証項目の詳細については5.2.6節(1)で述べる。

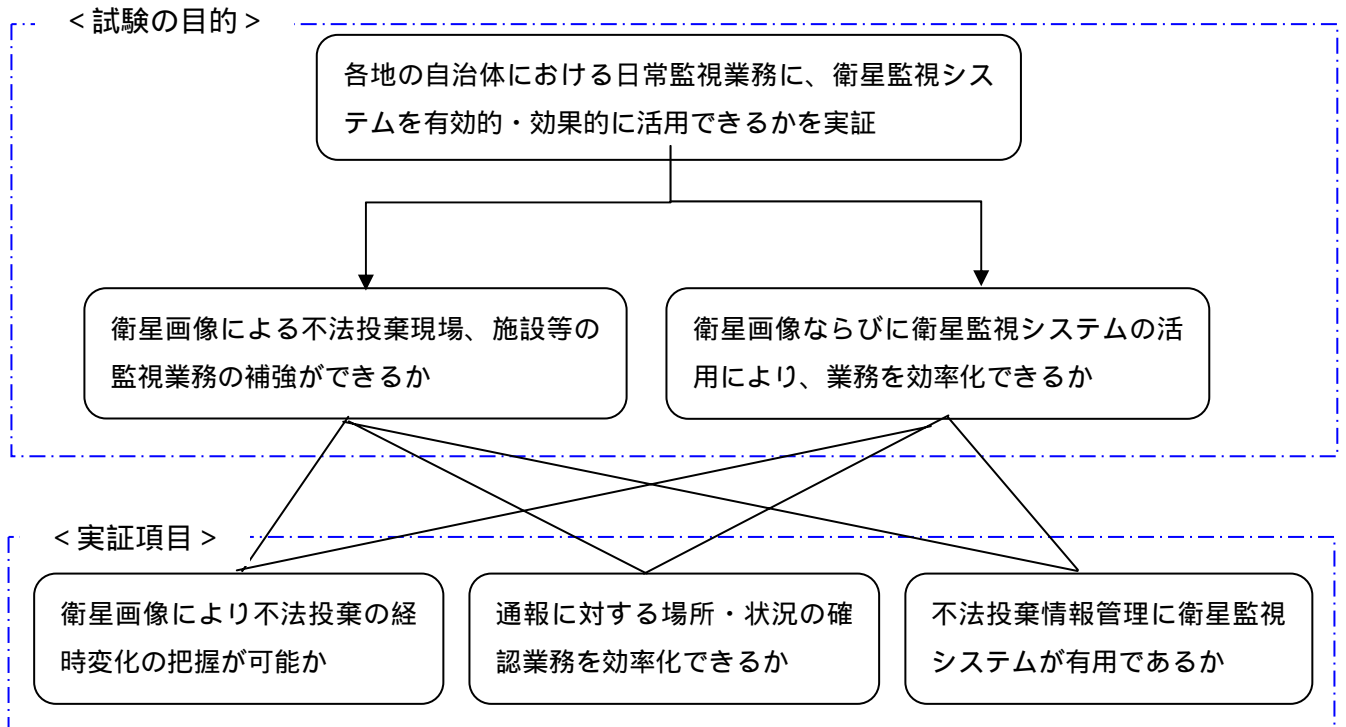


図 5-1 日常監視業務実証試験の目的

5.2 方法

5.2.1 対象地域

日常監視業務に関わる実証試験の実施は、昨年度の実証実験において購入した衛星画像があること、市原市において空中画像を整備していることを踏まえ、千葉県で不法投棄が多発している市原市を試験対象地域とした。実証試験では千葉県環境生活部産業廃棄物課及び市原市の協力を得て行うこととした。対象地域を図5-2に示す。

- ・中心座標（日本測地系）：北緯 35度27分30秒、東経140度09分10秒
- ・範囲：上記座標を中心にした南北約 14km、東西約14kmの矩形

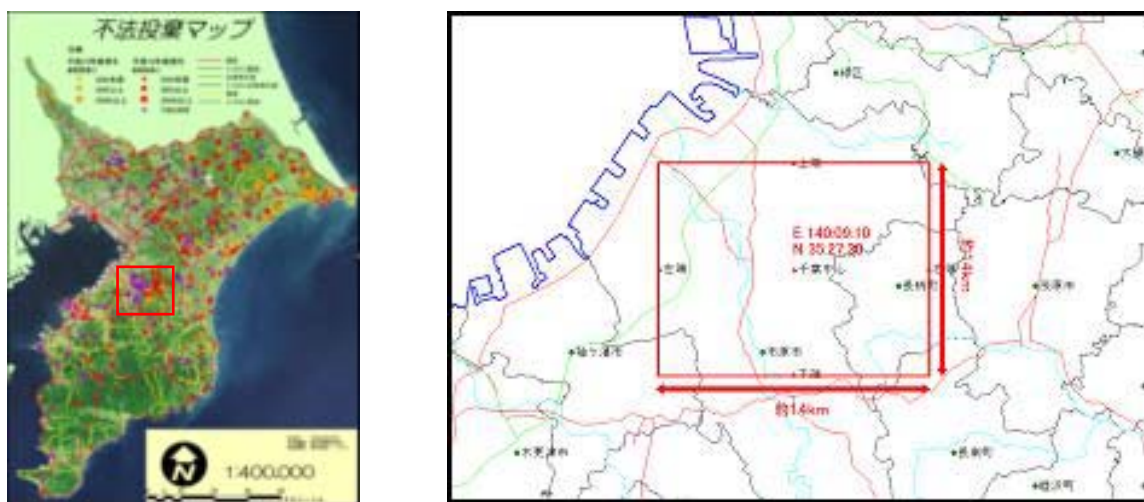


図 5-2 日常監視業務実証試験対象地域

5.2.2 試験スケジュール

本実証試験の全体スケジュールは、必要とする最新衛星画像の撮影条件・時期を考慮して次のように設定した。

表 5-1 実証試験のスケジュール

項目	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月	1月	2月	3月
実証試験方針検討												
業務ヒアリング												
衛星監視システム開発												
衛星監視システム調整												
衛星画像登録												
試験内容の検討												
試験デモンストレーション												
衛星監視試験												
電話対応管理試験												
巡視記録試験												
試験ヒアリング												
試験結果の考察												

(1) 実証試験衛星監視システム開発

前年度までの検討結果を踏まえ、実証試験に向けて試験の内容や実施方法・工程、システム開発の基本的な考え方などを検討した。

(2) 業務ヒアリング

日常監視業務の実態や業務上の課題等について、試験に協力いただく千葉県環境生活部の職員を中心にヒアリングし、実証システムへの要望把握や試験内容確定の参考とした。

(3) 衛星監視システム開発

実証試験に備え、11月からインターネットを介したシステムが利用できるよう、衛星監視システムを開発した。

(4) 衛星監視システム調整

10月からの試験運用中に生じたシステム機能への要望および12月上旬撮影の最新衛星画像の取込みなど、調整期間中に対応可能な事項を反映した。

(5) 衛星画像登録

衛星監視システムで利用する最新の衛星画像を6月に注文を行った。衛星画像の登録を8月後半に予定していたが、必要条件下での撮影ができなかったため、12月上旬に撮影が成功した最新衛星画像を購入しシステムに取込むことにした。

また、併せて、市原市資産税課が所有する平成14年12月撮影の空中画像データを借用し衛星監視システムに取り込んだ。

(6) 試験内容の検討

実証試験で設定した各種試験の内容について、実際業務を行っている千葉県担当部局等と調整し、実効的な試験となるよう検討を重ね、試験直前デモンストレーション前の12月半ばを目処に検討を終えるものとした。

(7) 試験デモンストレーション

システム開発が概ね完了した9月を目途に、県担当部局職員を対象にシステムの概説およびシステム動作のデモンストレーションを実施した。

また、千葉県および市原市の試験参加予定者を対象に、実証試験システムの操作説明を事前に行い、システム利用の修練を要請した。1月半ば実施予定の実証試験1ヶ月前を目処とし、12月半ば過ぎに実施予定とした。

(8) 衛星監視試験

衛星監視試験では、衛星監視システムへの取り込みを予定した衛星画像の撮影が12月になってしまうことから、これ以降のシステム調整を考慮して、衛星監視試験の実施を1月中旬とした。

(9) 電話対応管理試験

電話対応管理試験についても、衛星監視システムを利用して行うことから、システム調整後を予定するものとして、1月中旬の試験実施とした。

(10) 巡視記録試験

巡視記録試験についても、電話対応管理試験と同様に衛星監視システムを利用して行うことから、システム調整後を予定するものとして、1月中旬の試験実施とした。

(11) ヒアリング

各種試験の内容および結果に関する意見・感想等を得るため、試験期間中および試験後に試験参加者に対してヒアリングを行うものとした。また、予定されている全体調査に関わる意見交換会の場において、試験概要と結果を報告し、各県の試験参加担当者から意見を聴取するものとした。したがって、各種実証試験終了後の2月上旬を目処とした。

(12) 試験結果の考察

1月中旬実施の実証試験および同時に実施予定のヒアリングと2月上旬予定の意見交換会後に、各実証試験の試験項目について考察を加える。

5.2.3 実施体制

実証試験の実施にあたっては、千葉県・千葉支庁および市原市の不法投棄対策関係職員に参加していただいた。各試験では、試験内容に応じた実施体制を組むものとし、次のようにした。

(1) 衛星監視試験

・衛星画像の比較、確認・・・千葉県産業廃棄物課職員
千葉支庁職員および市原市職員

(2) 電話対応管理試験

・電話を受け付ける職員・・・千葉県産業廃棄物課職員
千葉支庁職員および市原市職員
・システムの操作・・・・・・千葉県産業廃棄物課職員
千葉支庁職員および市原市職員

(3) 巡視記録試験

・巡視を行う職員・・・・・・千葉支庁職員および市原市職員
・記録を行う職員・・・・・・千葉支庁職員および市原市職員

(4) ヒアリング

・ヒアリングを受ける職員・・・千葉県産業廃棄物課職員
千葉支庁職員および市原市職員

5.2.4 用いた衛星監視システム

日常監視業務に関わる実証試験の内容を実態に則したものとするために、千葉県における不法投棄対策業務についてヒアリングし、その結果をふまえて4.2.4節で述べた実証試験用衛星監視システムの設計を千葉県向きにカスタマイズした。

(1) 業務ヒアリングの実施

実証試験で利用するシステムのカスタマイズと、実証試験項目の詳細を設定するために、千葉県産業廃棄物課の職員を対象に、日常の業務についてヒアリングを行った。ヒアリングで得られた意見を以下のア)～カ)に示す。

ア) パトロール等の現状について

- ・毎日24時間体制を基本として、県の職員が待機している。通報や現場パトロール、告発のための資料作成に大半の時間を割いており、人員不足を感じている。
- ・本庁職員および10の支庁職員が実施している。
- ・民間警備会社にも委託している市町村を把握している。
- ・パトロールは、通報現場および指導や監視中の現場が主であり、新規発見のためには実施していない。
- ・過去の不法投棄現場には年に1回程度は足を運ぶようにしている。
- ・スカイパトロールは過去において実施していたが、昨年からは実施していない。

イ) 管理帳票等について

- ・定型フォームはないが、各支所において案件ごとに管理している。それらの情報を年に一度手作業で集約して、環境省への実態調査表にまとめて提出している。
- ・事案ごとに日誌形式、紙綴りで保管し、場合によっては告発を行う際の資料となるようにしてまとめている。ただし、担当者に依存する面があり、データベース化の必要性を感じている。

ウ) 一般住民からの通報について

- ・「産廃・残土110番」を24時間体制で運用している。この窓口は、特定の監視をお願いしている人たちからの受付窓口を兼ねている。
- ・一般の通報は苦情が主となっており、また匿名である場合がほとんどである。
- ・通報の第一報は、市町村の窓口が届く場合が8割程度ある。県には市町村から県の支庁に連絡が入り、共同で対策を実施する。その中で、大きな事案のみが県の本庁に届けられる。
- ・住宅地図の検索および電話でのコミュニケーションの不足から確認に時間がかかる。そのため、衛星画像と各種検索用の注釈(地名、施設名、他)を加えたGISを用いて、現場位置の確認を正確にすることができるとよい。

エ) 監視体制の協力者について

- ・郵政公社、土地改良区、猟友会等は、一部の支所と協定を結んでおり、新規発見業務に近い部分で協力してもらっている。
- ・県からの委託で民間警備会社が県下全域を対象に監視している。
- ・現場への立入り調査を除き、県職員とほぼ同様のパトロールをしている。
- ・自治体では、不法投棄監視員をボランティアに近いかたちで依頼している。
- ・日常生活の中で、不法投棄に関する情報が得られれば通報してもらう。

- ・一般情報の収集協力であり、犯罪にからむような現場に近づかせることはない。
- ・各支庁および自治体からは、産廃に関する情報すべてを本庁に連絡してもらっている。
- ・県は希望する自治体職員に辞令を出し、不法投棄の立入り調査権限を付与している。
- ・調査権限はあくまで立入り調査までで、行政指導の権限はない。

オ) 衛星画像の利活用について

- ・具体的に事案が止まっているかの判断には、現場の草の生え方、周辺のタイヤ後(わだち)をみて判断している。それらが衛星画像から読み取れればいい。

カ) 関連システムについて

- ・不法投棄現場に関するデータベースをつくりたい。
- ・千葉県では土木部で収集する建設廃棄物の解体届けのデータベースを参照するシステムを作成した。
- ・エコパトロールシステムがあると、現場情報のデータベースが容易になるだろう。
- ・簡単に現地情報を入力できるシステムがよい。
- ・基本地図を用いて不法投棄データベースを作りたい。
- ・不法投棄現場のみならず、最終処分場、中間処理施設、残土処分場についても、データベースがあるとよい。

(2) 実証試験システムの開発

ア. 情報項目の設定

県関係者に対するヒアリング結果を基に、不法投棄に関する管理情報として、衛星画像による不法投棄現場の監視、これらに関するさまざまな附帯情報をシステム上で確認できるものとする。

a) 衛星画像 / 空中画像表示

システムでは事象試験対象範囲の衛星画像及び空中画像を表示できるものとする。また、経時変化を分かり易く確認するために、最新の画像と過去の画像を並べて見比べられる設計とする。

b) 不法投棄 / 不法堆積情報

産業廃棄物課及び支庁で管理する不法投棄情報のデータベース。現場写真とともにシステム上で管理する。

c) 電話対応情報

産廃110番で寄せられる情報の管理データベースを想定したデータベース。

d) 参考登録情報

システムに参考情報として登録する、不法投棄に関連する情報。中間処理施設や、残土処分場、土砂等採集場などをメモ情報として扱う。

イ. 衛星監視システムのカスタマイズ

ヒアリング結果から、実証試験で利用する衛星監視システムには以下のカスタマイズを盛り込むものとする。

- ・ わだち、草木の生え方の経時変化が読み取れるように、画面に複数時期の画像を表示できるように工夫する。
- ・ 千葉県職員は多発する不法投棄情報の管理のため、不法投棄現場に関するデータベースの必要性を感じている。そこで、日常監視を対象にしたシステムではデータベースを管理する機能を作成し、実証試験項目として検討する。データベースの項目は、環境省の不法投棄実態調査の項目を基本として、千葉県で独自に管理している投棄現場の住所詳細や投棄者の詳細を管理できるものとする。
- ・ 産廃110番通報では、位置の特定にいつも時間がかかっている。そのため、衛星画像および附帯する地図情報を載せたGISを用いたシステムを作成し、また、住所検索等の位置特定を補助する機能を設け、現場位置の確認等に有効なシステムとする。

ウ. 実証試験に用いる衛星監視システムの主な機能

a) 衛星監視機能（衛星画像の比較による事案管理）

不法投棄の事案を対象に、新旧の衛星画像を画面表示し、不法投棄現場の変化の有無を確認する。

システムでは以下の画面で左右に衛星画像を表示させた地図を利用する。



図 5-3 衛星画像を用いた監視

b) 電話対応機能（システムを利用した通報情報の共有化）

産廃110番に通報された情報を、システム上に記録して担当者間で情報共有を行い、通報内容のデータベースが蓄積できる機能とする。

電話対応ではシステムを操作しながら、通報現場を特定する。電話対応後、通報内容をシステムに登録するものとする。

また、通報情報の属性に「受付直後」や「対応済み」といった対応状況を記録することで、業務担当者間での対応状況が明らかにできるものとする。



図 5-4 電話対応内容の登録

c) 巡視活動記録（システムを利用した管理情報のデータベース化）

電話対応を受けて、または日常的な巡回活動において不法投棄事案の現場確認を行うときに、確認結果や指導内容をデータベースに記録する機能とする。

記録結果は、システムの地図及びデータベースに登録されるものとする。データベースでは同一事案の履歴管理を行い、経過管理情報として蓄積することができる。

また、システム上のデータを参照することで、不法投棄の対策業務に携わる職員間での情報共有化が図ることが可能な設計とした。



図 5-5 巡視記録の登録

d) データのダウンロード

システムで蓄積したデータベースは、テキスト情報 (csv) でダウンロードすることができるものとした。ダウンロードした不法投棄情報を編集加工することで、不法投棄情報の集計や実態把握のための資料作成に活用できるものとした。

エ. システムの構成

実証試験で使用するシステムの構成を次図に示す。システムはインターネットを利用して、サーバにあるデータ及びプログラムをブラウザから利用するwebタイプのクライアントサーバ方式で開発した。

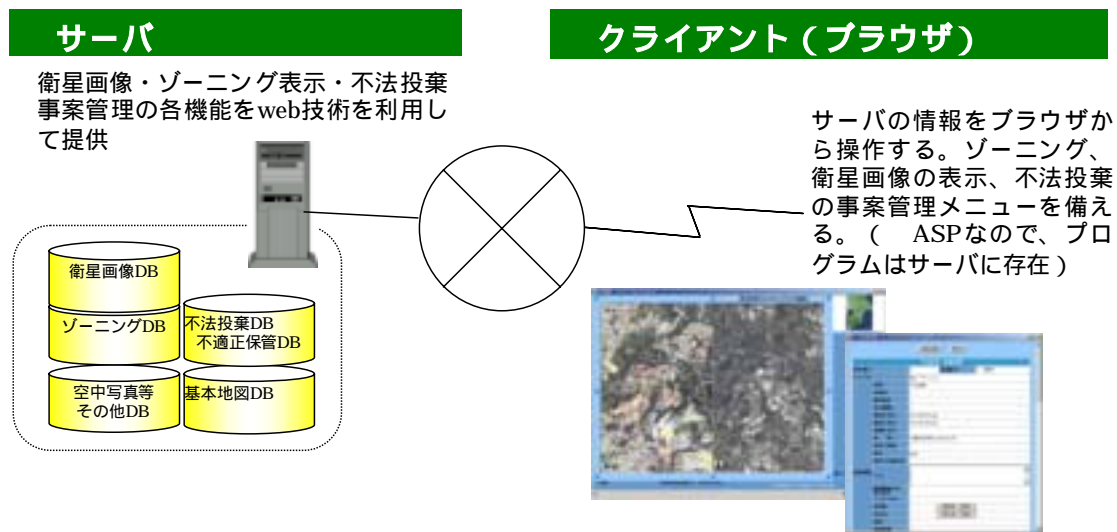


図 5-6 システム構成

オ. 使用するハードウェア・ソフトウェア

a) サーバ

設置場所：株式会社パスコが設置するサーバ機を利用する。設置場所は、株式会社パスコにあるサーバ保管場所とする。

b) クライアント

インターネット接続可能な、千葉県庁職員のPCを利用する。

必要条件：OSにWindowsを利用。インターネットエクスプローラを利用して、インターネット接続が可能であること

インストールソフト：なし

5.2.5 用いた衛星画像等

実証試験で使用した画像およびGISデータは次のとおりである。

表 5-2 画像データ

	種類	データ	撮影日	解像度
1	衛星画像	QuickBird	2003年12月撮影	1m
2	空中画像	市原市資産税課	2002年12月撮影	1m / 20cm
3	衛星画像	QuickBird	2002年7月撮影	1m
4	空中画像	国環研所有	2000年12月撮影	1m / 20cm
5	空中画像	国環研所有	1999年12月撮影	1m / 20cm

表 5-3 GIS データ

	種類	データ	主な内容
1	1/25000地図	パスコデジタルマップ	市町村界, 大字町丁界, 高速道路 主要道路, 鉄道, 河川, 海岸 湖沼, 市街地, 等高線
2	1/2500地図	都市計画図相当 (ME-MAP)	家屋, 詳細道路, 水路, 鉄塔
3	背景図	ランドサット画像	

5.2.6 実証試験の実証項目の詳細と実施手順

(1) 実証試験項目の詳細内容の決定

千葉県における不法投棄対策の現状と課題に関するヒアリング結果を踏まえ、またこれらを基に千葉県用にカスタマイズした衛星監視システムを用いて、次の実証試験項目の詳細内容を決定した。

ア. 経時変化の把握

千葉県では24時間体制の不法投棄監視をおこなっているが、監視を強化すればするほど、県の不法投棄対策職員は現場の確認、不法投棄者の特定、行政指導あるいは告訴といった業務に追われるようになる。

そこで、このような状況の中、パトロールなど日常監視業務では十分に網羅できていない既知の不法投棄現場を対象に、衛星画像を用いた現状確認業務を想定し、不法投棄現場の現在の状況や撮影時期の異なる衛星画像の比較による経時変化の把握ができるかを実証することとした。

イ.場所や状況把握の効率化

産廃110番での電話対応では、不法投棄に関するさまざまな情報を確認する。特に、不法投棄現場の場所の特定については、電話でのやりとりのため時間がかかってしまう。

そこで、位置情報を含む通報内容を、衛星監視システムを利用することで、容易かつ確実に確認できるかを実証することとした。

ウ.監視情報の管理

千葉県では、年に数百件の新規不法投棄が発覚しており、本庁が管理する大規模・特赦な案件を除き、不法投棄に関する情報はそれぞれ県の出先機関である支庁が案件ごとに管理を行っている。しかしこれらは紙綴りであり他の部署等で内容を確認することはできない。また、現場写真は別の台帳で管理されているなど、一体的な情報管理が行われていない状況にある。

そこで、衛星監視システムにより不法投棄現場の位置や監視情報の登録更新を行い、衛星監視システムが不法投棄に関する情報管理に有用であるかを実証することとした。

エ.実証試験項目のまとめ

日常監視業務に対して実証試験で行う項目を整理する。衛星監視試験、電話対応管理試験、巡視記録試験のそれぞれで、衛星監視システムが有効に利用できることを調査するために下表に示す試験内容を実施してシステムの評価を行う。

表 5-4 実証項目一覧

種別	実証項目	試験内容	評価方法	
日常監視業務	衛星画像により不法投棄の経時変化の把握を実証	不法投棄の現状把握のために必要な要素が、ディスプレイ上、目視で確認できるかどうかを衛星単画像を用いて確認	試験参加者全員が、衛星単画像の要素別分解能の評価をチェックシートに記入 衛星画像による不法投棄現状把握の有効性についてヒアリング	
		同一箇所の衛星画像と空中画像を用いて、状況変化把握のために必要な要素の視認性を比較	試験参加者全員が、衛星画像と空中画像で分解能にどのような相違があるかをチェックシートに記入 衛星画像と空中画像の分解能の相違についてヒアリング	
		同一箇所の不法投棄現場を、撮影時期の異なる衛星画像で比較して、不法投棄現場の経時変化を確認	試験参加者全員が、撮影時期の違いによる状況変化を目視で確認できるかをチェックシートに記入 衛星画像による不法投棄現場の経時変化確認の有効性についてヒアリング	
	電話対応管理試験	通報に対する場所・状況の確認業務の効率化を実証	模擬通報を受け、衛星監視システムにより不法投棄現場	不法投棄現場の位置確認において、衛星監視システムの効率性についてヒアリング
			模擬通報を受け、現行手法である住宅地図により不法投棄現場の位置を確認	不法投棄現場の位置確認において、現行手法と衛星監視システムの相違についてヒアリング
			不法投棄現場の附帯情報を衛星監視システムに登録あるいは更新	衛星監視システムが有する不法投棄情報の管理機能の効率性についてヒアリング
巡視記録試験	不法投棄情報管理に衛星監視システムの有効性を実証	特定の不法投棄現場情報をPCに落した後、パトロールに出向き、新たな状況変化の有無を確認	不法投棄現場の最新情報の更新において衛星監視システムの有効性についてヒアリング	
		パトロール先の現場の状況をデジタルカメラで撮影し、現場写真を衛星監視システムに追加登録	現場の写真を一連の情報として記録できることにおいて、衛星監視システムの有効性についてヒアリング	

(2) 実施手順

試験別の実証試験の実施手順を以下に示す。

ア．衛星監視試験

図5.2-3の衛星監視業務フローを想定しシミュレーションを行う形式で衛星監視試験を実施するものとした。

県庁職員のほか、パトロールを行っている支庁および市原市職員が、衛星監視システムを閲覧して、過去の不法投棄発生現場の衛星画像を確認する。現在、動きのある現場のほかに、動きが沈静化している現場においても再発が無いかを確認する。衛星監視システムに登録されている参考情報（中間処理施設や、残土処分場等）の付近の衛星画像を確認し、不審な動き等が無いことを確認できるかを判断する。

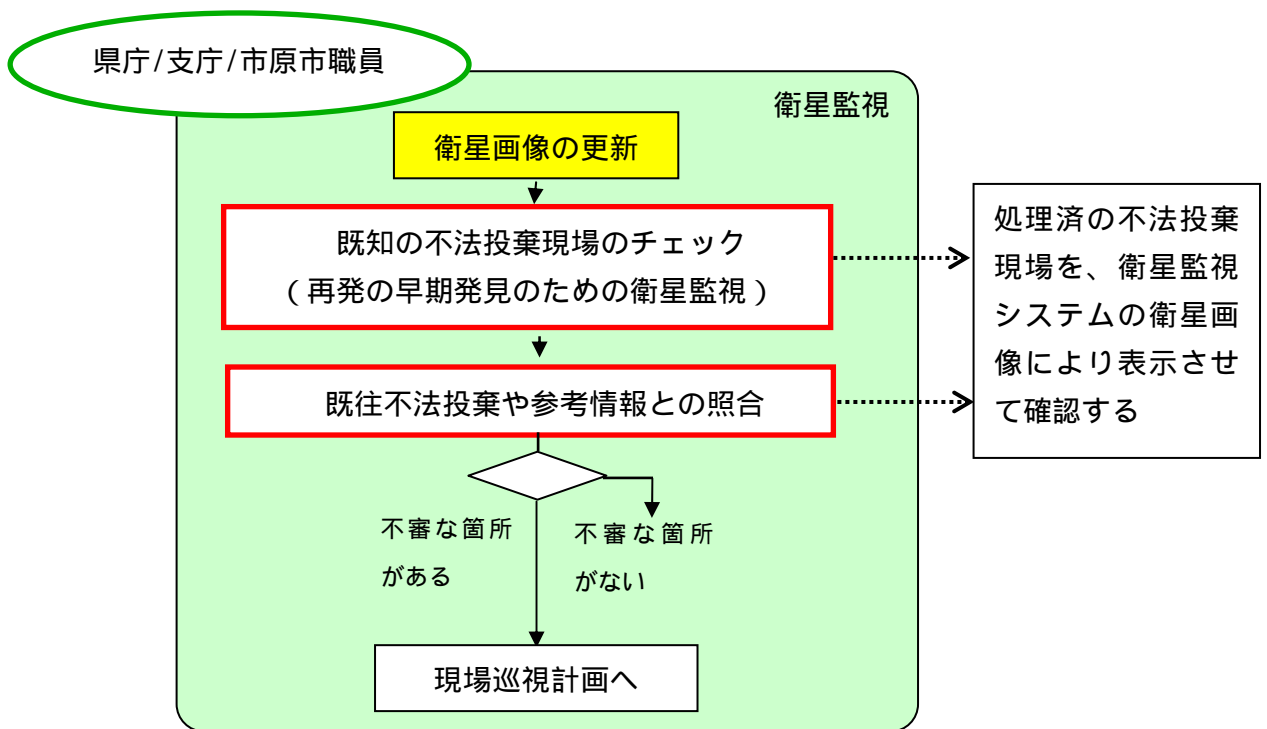


図 5-7 衛星監視試験での業務シミュレーション

【試験項目の詳細】

ディスプレイに表示される複数の不法投棄現場の衛星画像を見て、状況確認の実用に耐えられるかをチェックシート(調査票)に回答していく形式を採用するとともに、不法投棄対策経験の異なる試験参加者に業務に必要な画像分解能等についてヒアリングを実施するものとした。

1) 画像判読

始めに、衛星画像単独による判読試験を行い、次に実証試験システムの2画面表示の機能を利用して、登録してある衛星画像と空中画像とを比較するものとした。

不法投棄現場の状況確認に必要とされる項目から、判読における確認項目を次のとおりとした。

不法投棄現場の有無の確認	不法投棄範囲の特定
車両の出入り	鉄板の有無
わだちの有無	植栽の有無
柵等の有無	



衛星画像
(解像度1m)

航空機 空中画像
(解像度20cm)

図 5-8 許可処分場から不法投棄となった現場の画像

2) 経時変化判読

撮影時期の異なる同一箇所の不法投棄現場の衛星画像を見比べ、衛星画像と空中画像からそれぞれ現場や周辺状況の変化が判読できるかを確認するものとした。

不法投棄現場の状況変化に必要とされる項目から、判読における確認項目を次のとおりとした。

投棄面積の変化	投棄量の変化
地形の変化	植生の変化

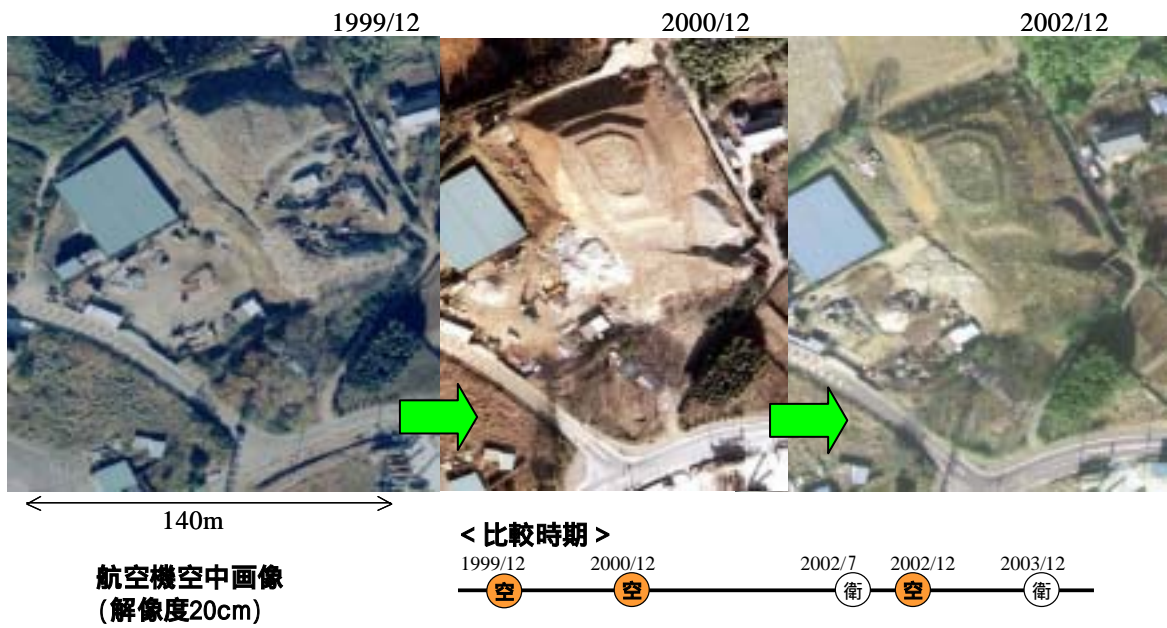


図 5-9 空中画像(上段)と衛星画像(下段)でみる
不法投棄現場の経時変化

試験に用いたチェックシートを表5-5に示す。

図 5-10 衛星画像試験に用いた画像判読チェックシート（調査票）

衛星画像判読確認シート	記入者名																																				
<p>不法投棄現場の確認に衛星画像を利用することについて、画像に写る情報の有効性を調査します。以下に示す地点の不法投棄現場の注目点が、実務に十分な精度で判読できるかチェックして下さい。</p>																																					
【地点名】	ダイマツ																																				
	表示縮尺 1:3000																																				
<p>【単画像判読】表示した衛星画像の注目点について判読できるかを判定してください。</p>																																					
<p>画像は衛星画像と空中写真の2種類について、それぞれ判読をお願いします。 その 衛星画像(解像度約1m) その 高分解能の画像(空中写真 解像度約20cm)</p>	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th style="text-align: left;">記入内容</th> </tr> <tr> <td>5 実務で十分な精度で判読できた</td> </tr> <tr> <td>4 判読できた</td> </tr> <tr> <td>3 何とか判読可能</td> </tr> <tr> <td>2 経験を積み、何とか判読できる</td> </tr> <tr> <td>1 判読不能</td> </tr> </table>	記入内容	5 実務で十分な精度で判読できた	4 判読できた	3 何とか判読可能	2 経験を積み、何とか判読できる	1 判読不能																														
記入内容																																					
5 実務で十分な精度で判読できた																																					
4 判読できた																																					
3 何とか判読可能																																					
2 経験を積み、何とか判読できる																																					
1 判読不能																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width: 5%;"></th> <th style="width: 30%;">注目点</th> <th style="width: 30%;">その 2003年12月7日衛星画像</th> <th style="width: 35%;">その 2002年12月24日空中写真画像 (分割画面の右小画面で見てください)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>不法投棄現場の有無確認</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>不法投棄範囲の特定</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>車輛の出入り</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td>4</td> <td>鉄板の有無</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>わだちの有無</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>植栽の有無</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>柵等の有無</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> <tr style="background-color: #cccccc;"> <td>8</td> <td>測量図との確認(該当の場合)</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> <td style="text-align: center;">5・4・3・2・1</td> </tr> </tbody> </table> <p style="text-align: center; font-size: small;">灰色で伏せた項目は事象が無いため回答不要です。</p>			注目点	その 2003年12月7日衛星画像	その 2002年12月24日空中写真画像 (分割画面の右小画面で見てください)	1	不法投棄現場の有無確認	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	2	不法投棄範囲の特定	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	3	車輛の出入り	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	4	鉄板の有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	5	わだちの有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	6	植栽の有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	7	柵等の有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1	8	測量図との確認(該当の場合)	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1
	注目点	その 2003年12月7日衛星画像	その 2002年12月24日空中写真画像 (分割画面の右小画面で見てください)																																		
1	不法投棄現場の有無確認	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
2	不法投棄範囲の特定	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
3	車輛の出入り	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
4	鉄板の有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
5	わだちの有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
6	植栽の有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
7	柵等の有無	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
8	測量図との確認(該当の場合)	5・4・3・2・1	5・4・3・2・1																																		
<p>【経年変化の判読】左右に並べた時期の異なる画像を比較して、注目点の判読が出来るかを判定してください。</p>																																					
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2" style="width: 15%;">注目点</th> <th style="width: 35%;">2003年12月 - 2002年7月衛星画像との比較</th> <th style="width: 50%;">2003年12月 - 1999年12月空中写真1mとの比較</th> </tr> <tr> <th style="text-align: center;">冬(左)、夏(右)との比較 / 1年半間隔</th> <th style="text-align: center;">冬同士 / 4年間隔</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>9 投棄面積の変化 変化ありの場合</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない</td> </tr> <tr> <td>10 投棄量の変化 変化ありの場合</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない</td> </tr> <tr> <td>10 地形の改変</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず</td> </tr> <tr> <td>11 植栽の変化</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず</td> <td>変化あり・変化なし・判読できず</td> </tr> </tbody> </table>		注目点	2003年12月 - 2002年7月衛星画像との比較	2003年12月 - 1999年12月空中写真1mとの比較	冬(左)、夏(右)との比較 / 1年半間隔	冬同士 / 4年間隔	9 投棄面積の変化 変化ありの場合	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない	10 投棄量の変化 変化ありの場合	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない	10 地形の改変	変化あり・変化なし・判読できず	変化あり・変化なし・判読できず	11 植栽の変化	変化あり・変化なし・判読できず	変化あり・変化なし・判読できず																			
注目点	2003年12月 - 2002年7月衛星画像との比較		2003年12月 - 1999年12月空中写真1mとの比較																																		
	冬(左)、夏(右)との比較 / 1年半間隔	冬同士 / 4年間隔																																			
9 投棄面積の変化 変化ありの場合	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない																																			
10 投棄量の変化 変化ありの場合	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない	変化あり・変化なし・判読できず 増えた・減った・分からない																																			
10 地形の改変	変化あり・変化なし・判読できず	変化あり・変化なし・判読できず																																			
11 植栽の変化	変化あり・変化なし・判読できず	変化あり・変化なし・判読できず																																			
記事																																					
<div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: flex-end;"> <div style="text-align: center;">  <p>2002年12月空中写真</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>2002年7月衛星画像</p> </div> <div style="text-align: center;">  <p>1999年12月空中写真</p> </div> </div>																																					

イ. 電話対応管理試験

電話対応管理試験では、不法投棄通報を日常的に受電する職員に模擬通報を行い、不法投棄現場の場所の特定において、従来の方法である住宅地図を利用する場合と衛星監視システムによる不法投棄現場の場所特定の違いを試験するものとする。試験後に参加した職員にヒアリングを行い比較する。また、システムを利用して情報共有化が行えることなどのメリットについてヒアリングを実施する。

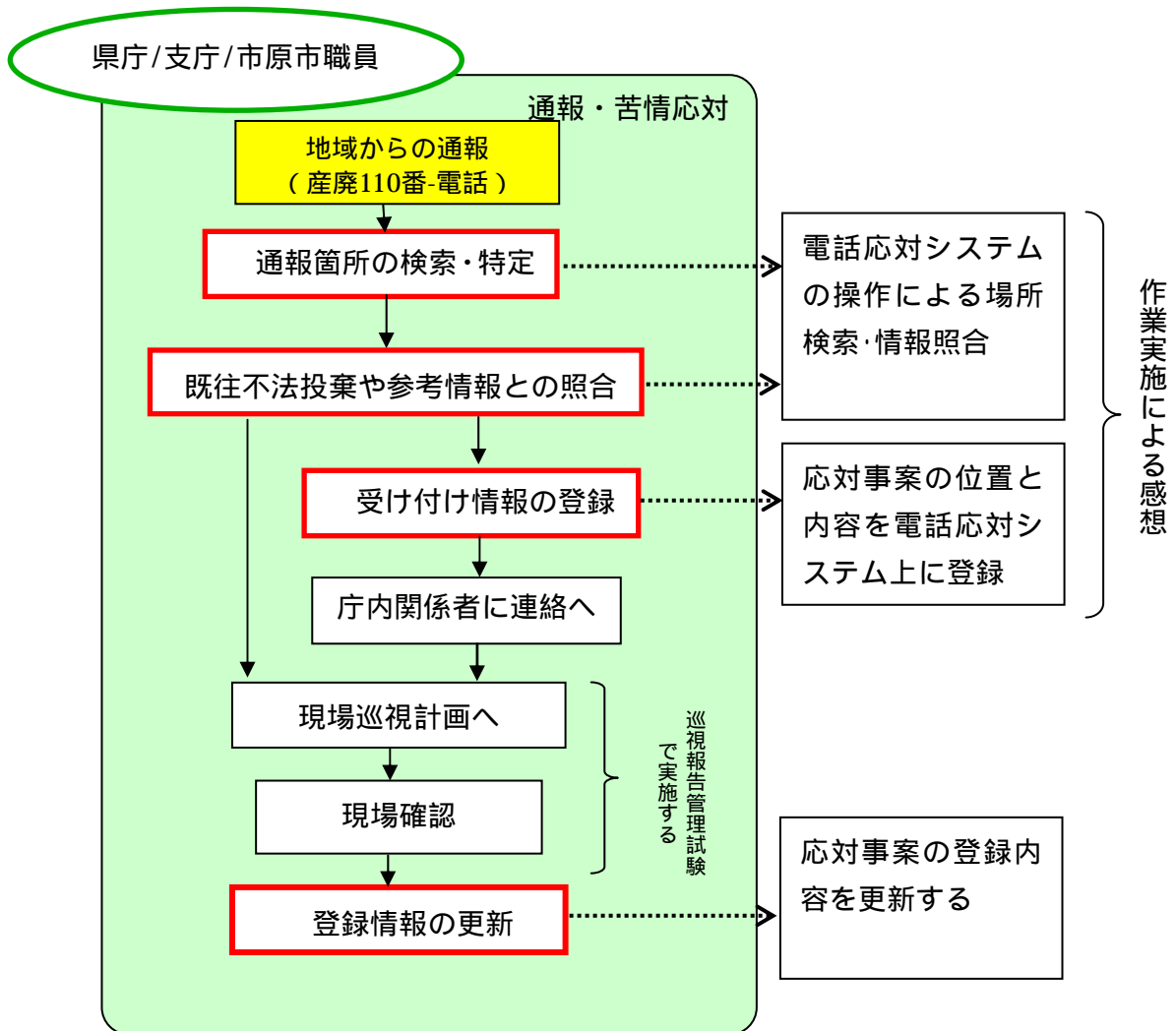


図 5-11 電話対応管理試験での業務シミュレーション

【試験項目の詳細】

産廃 110 番で通報を受けた職員が以下の手順で、衛星監視システムを利用して不法投棄情報を受け付ける。

- (a) 電話の受電、(通報者の氏名、連絡先等の聞き取り)

- (b) 衛星監視システムを起動し、該当範囲の大まかな場所を表示
- (c) 電話と衛星監視システムから、詳細な場所を特定
- (d) 通報箇所の状況を電話で聞き取り
- (e) 既往の不法投棄情報等の検索・照合
- (f) 内容確認

通報内容は、衛星監視システム内の案件管理情報に登録する。

(a) 対応内容の登録

(b) 関連各位へのメールでの連絡（登録番号等）

確認後、電話対応の情報として暫定的に登録された情報を更新する。

(a) 不法投棄データの更新,新規登録

(b) 電話対応情報の更新

（対応状況の記載、対応コードの変更「受付直後 対応済み」、関連する不法投棄情報へのリンク等）

ウ. 巡視記録試験

衛星監視システムを実際に利用して不法投棄現場の巡視（パトロール）を行う。

実証試験では、下図業務フローに従ったシミュレーションを実施するものとした。実際の実証試験地区内にある4ヶ所の不法投棄現場を対象にして、現場確認および衛星監視システムによるデータの登録を行うものとした。

実際の巡視及び、巡視結果の登録において衛星監視システムを利用し、使用後に、システムを利用した場合と、従来方法の巡視報告との違いを比較し、システムが有効であった点等をヒアリングする。

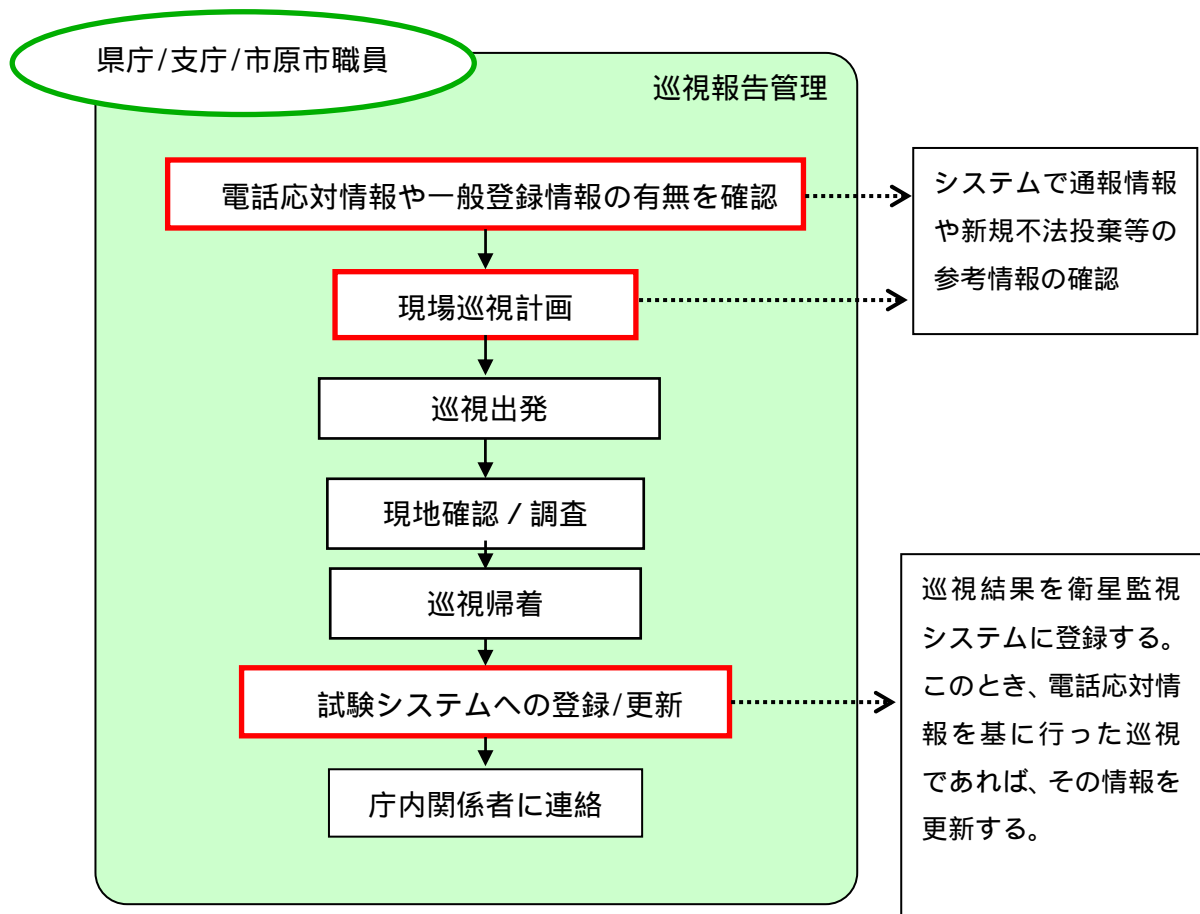


図 5-12 巡視記録試験での業務シミュレーション

【試験項目の詳細】

巡視記録試験フロー中のシステム操作は次のとおりとした。

衛星監視システムを起動して、検索機能を利用することで登録されたこれまでの巡視経過の情報や電話対応の情報を入手した。入手した情報を基にして、巡視計画を立案する。

巡視計画立案後、現場に持参する資料を衛星監視システムから出力（現場周辺図、対象不法投棄現場に関する前回帳票の印刷等）する。

巡視計画に従い、現場に赴き状況等を確認した。システムに映る衛星画像と現地とを比較する。

巡視から帰着後、現場の状況等に関する巡視結果を衛星監視システムに登録する。

- (a) 試験システムを起動
- (b) 調査地点の地図を拡大
- (c) 調査箇所の情報を更新（メモ、写真登録等）
- (d) 電話問い合わせ等の関連情報がある場合は、対応結果を更新
- (e) メール等で、関係各位に連絡（登録番号等）

5.3 結果

5.3.1 日常衛星監視（試験 E）の結果と考察

（1）判読結果

a）単画像判読（不法投棄現場の事例）



図 5-13 単画像判読に使用した衛星画像（左：解像度 1m）と
空中画像（右：解像度 20cm）

赤く囲った範囲に対象の不法投棄がある。衛星画像、空中画像共に不法投棄の所在が確認できる。また、不法投棄を取り囲む外周の道路や、不法投棄の山に移る影から問う器物の範囲が分かる。車輛の有無については何らかの人工物が敷地内にあることが読み取れる。柵の確認については、衛星画像では判断つきにくい、空中画像では判読できる。

c) 単画像判読 (最終処分場の例)



図 5-16 単画像判読に使用した衛星画像 (左: 解像度 1m) と空中画像 (右: 解像度 20cm)

実証試験中要望が出た最終処分場の画像を示す。直径が300m程度ある大規模な処分場である。画像からは、最終処分場の埋め立て状況、範囲、作業中の重機が見て取れる。また、土の色の違いが部分によってあることがわかり、埋めたて作業の進捗が見て取れる。衛星画像ではぼやけてしまうが、空中画像を拡大すると重機のわだち跡がわかる。

d) 経時変化の判読 (最終処分場の例)



図 5-17 空中画像でみる経時変化

空中画像から経時変化を確認する。2000/12の画像と2002/12の画像とで埋め立てられた地形の違いが分かり、埋め立てが進んでいることがわかる。植栽の変化は見付けにくいですが、1999/12とそれ以外の画像を比較すると分かるように、森林が失われて処分場に変化した規模のものは明らかに分かる。



図 5-18 衛星画像で見る経時変化

衛星画像を用いて変化を判読する。2002/7の画像と2003/12の画像では、処分場内の地形の違いが影の形から分かり、埋め立て処分が進んでいる事がわかる。また、2002/7の画像では処分場の南斜面に植生があるが、2003/12では確認できない。夏場に生える草が写るものと思われる。植生の有無から現場の活動を範囲が分かる。

(2) ヒアリングおよび調査票の結果

衛星監視試験に参加した職員から回収した判読シートを集計した結果ならびに試験後のヒアリングおよび意見交換会における意見を以下に示す。

表5-5 衛星監視試験の結果

	確認項目	衛星画像	空中画像
単画像判読	不法投棄の有無、範囲の判読	「 判読可能 」～「 判読不能 」まで回答に幅広くばらつきがあった	「 概ね判読可能 」が大半
	車輛出入状況、鉄板・わだちの判読	「 判読不能 」が大半	「 なんとか判読可能 」～「 経験を積み判読可能 」に分かれた
	植栽・柵等の判読	「 経験を積み判読可能 」～「 判読不能 」に分かれた	「 なんとか判読可能 」が大半
経時変化の判読	投棄面積・量の変化	「 判読可能 」と「 判読不能 」が半々 面積変化の判読は可能 だが、 量の変化は不明	「 判読可能 」が大半 面積変化の判読は可能 だが、 量の変化は不明
	地形・植栽の変化	実験初期は「 判読不能 」が多かったが、後半では「 判読可能 」になった	ほとんどが「 判読可能 」

画像判読評価(5段階)：判読可能、概ね判読可能、なんとか判読可能、経験を積み判読可能、判読不能

経年変化確認評価(3段階)：判読可能(変化あり)、判読可能(変化なし)、判読不能

【画像比較に関するヒアリング】

- ・衛星画像は解像度が低く全体的に見にくいですが、空中写真程度の解像度があれば使えるので、今後の改善に期待したい。
- ・撮影時期により画像の色味や影の出かたが異なるので、状況変化を確認する場合比較しにくい。
- ・1/5000程度で利用するのであれば、空中写真とそれほど解像度の差異がなくなるが、何のために使用するかが問題となる。
- ・衛星画像の撮影時期は冬場が条件的に良いそうだが、不法投棄状況の確認には植栽がはっきり見える夏場撮影の画像のほうが判読しやすい。

【経時変化に関する意見】

- ・状況確認にはリアルタイムの情報が必要であり、衛星画像の場合、撮影時期が開きすぎている。
- ・1週間ごと、最低でもひと月に1~2回くらいの頻度で新しい衛星画像が得られれば効果的な利用が考えられる。
- ・不法投棄は、監視が厳しくなったため、大量、集中、大規模型から少量、分散、ゲリラ的になってきている。その分、衛星画像ではより確認しにくくなるのでは。
- ・不法投棄は面的ではなく、高さ(容積)で増加するので衛星画像では判読しにくい。

- ・衛星画像上での距離計測が可能なことは、不法投棄場所のおおよその規模（面積・形状）把握には有効である。

【意見交換会における意見】

<画像の分解能について>

- ・衛星画像の標準撮影範囲（14km×14km）は限定的すぎる。50km×50km程度が必要ではないか。
- ・不適正保管であっても一般廃棄物のように見えるので、衛星画像によるメリットはどうか。
- ・分解能だけでなく、色合い（明るすぎると見えにくいなど）が経過監視の精度に大きな影響を与える。
- ・相当大規模な変化でないと衛星画像の分解能で変化を捉えるのは難しいのではないかと。
- ・衛星画像の判読には慣れが要るが、2日間の試験で相当慣れた。
- ・衛星画像の解像度が上がれば、必要に応じた状況確認が現場に行かずとも可能になり便利である。

<衛星画像の判読の利用について>

- ・山林の中でも衛星監視しているという「抑止効果」が期待できるのでは。
- ・月1回程度画像が更新されると不適正保管の状態変化の監視に有用に思われる。
- ・衛星画像購入にかかるコストはパトロール（委託）に対抗できないのではないかと。
- ・中間処理場や最終処分場の経過監視に有効であると考えられる。これら許可施設は、不法投棄案件に比べ定期監視ができていないのが実態である。
- ・特に規模の大きな処分場では、立ち入りによる確認がしきれない場合が多い。
- ・ミニ処分場、許可処理施設の現況確認、管理に有用ではないかと。
- ・時系列の変化が捉えられれば、行政指導を行う際の参考資料として利用できる可能性はある。
- ・中間処理施設等でパトロールが手薄になっているエリアの定期的な監視に利用できるのではないかと。
- ・スカイパトロールは飛行ルートが固定化していたり、投棄量の変化が確認できなかったり実施の有効性が問われており、中止した県もある。
- ・残土処分場の場合、置き場所の面積を知ることが必要であり、衛星画像で範囲の測定（外周、面積等）ができることは便利である。
- ・不法投棄場所の測量は直接職員がおこなうが、多数の人手を要する場合があり、衛星画像の精度があがり、画像測量が可能になると便利である。ただし、容積の把握に関してはなかなか困難であると思われる。
- ・不法投棄に関しては、現場での確認を基本としているので、衛星画像は不法投棄場所の位置や概況の確認のため参考程度に利用できる。
- ・衛星画像は、不法投棄場所の範囲や周辺状況を把握できるので有効である。

(3) まとめ

衛星監視試験結果を評価すると、以下に示す日常監視業務の対象と目的において衛星監視システムが有効に活用できると考えられる。

対象現場

【最終処分場等の許可施設】

日常の監視業務は、発覚した不法投棄現場を対象に主に行われており、最終処分場、中間処理施設、自社（ミニ）処分場等の許可施設に対しては適正処理の実施を前提に巡視（パトロール）の対象となりにくい施設である。しかし、現実には許可施設内において不適正保管されている事案も多いことから、何らかの方法で適否を確認することが求められている。

このような状況下で、衛星監視システムによる許可施設等の監視は施設の規模や塀等の存在に左右されることなく、いつでも最新の衛星画像により状況を確認することができる。

【沈静化している不法投棄現場】

以前、不法投棄が発覚し行政指導等で現状復旧した現場、あるいは告訴を受け、不法投棄が停止している現場などは、改めて不法投棄の対象となりやすい。許可施設同様に日常監視業務では巡視の対象となりにくい。

そこで、衛星監視システムを利用した机上監視を行うことで、過年度からの状況変化を確認し、再発の兆しがあれば、巡視計画の対象として現場での確認を行う。

監視目的

【不適正処理の兆候確認】

現状の衛星画像の撮影頻度は、天候等による大きな影響を受けなければ、半年に1回程度となっている。このことから、衛星画像の鮮度を半年と設定し、既知の不法投棄現場や許可施設等の不適正処理、不適正保管に対する中期的な監視に利用する。

【不法投棄再発防止の補完】

衛星画像による監視は半年に1回程度を最長とする間隔で監視計画を立案するものとし、日常的な監視業務である巡視を補完する業務手段として位置付けることで衛星画像を有効に利用することが可能である。

5.3.2 場所や状況把握の効率化（試験 F）の結果と考察

(1) 試験結果

デモンストレーションの後、不法投棄現場の位置および状況に関する模擬通報を2回行い、それぞれシステム利用の場合と従来方法である住宅地図利用の場合での作業差異を比較した。

不法投棄現場の特定にあたっては、両者の時間的な差異は見出せなかった。住宅地図を利用した場所特定では、概要地図と各ページの住宅地図との縮尺の差のため、ページめくり時に現在位置を見失うなど、普段から地域を把握していない職員が位置特定に時間がかかった。また、システムを利用した場合には、縮尺の差やページめくりによるロスは少ないものの、システム利用の

不慣れによる時間的ロスの発生が見られた。市原市の対応者は、日常的な巡視業務等から土地勘を有しており、住宅地図を用いた場合とシステムを利用した場合の両方で、場所の特定に大きな戸惑いを持たずにおおよその位置の見当をつけることができた。

(2) ヒアリング結果

不法投棄電話対応管理試験に参加した職員から、衛星監視システム利用による不法投棄現場の位置検索および通報情報の記録における有効性をヒアリングした。

【衛星画像の有効性】

- ・不法投棄場所の特定では、より確実な情報を得るに越したことはないが、いずれの場合も現地へ行き確認するので、電話対応ではおおよその位置が分かれば十分である。
- ・衛星画像は、住宅地図に比べ、不法投棄場所のみならず周辺の状況も同時に分かるので有用である。
- ・住宅地図は、名札情報がついているので、問い合わせ時には役に立つことがある。

【衛星監視システムの改良点】

- ・ほとんどの場合、幹線道路と周辺主要施設を目安に特定していくので、衛星画像上の情報として識別しやすくすると良い。
- ・検索に道路名称等があると便利だ。千葉県道路 GISデータは利用しなかったのか。道路名や橋などの道路施設に関する情報を表示できるだろう。
- ・職員は土地勘があるので、おおよその位置検索(大字程度)から入ると早く探せる。
- ・今回の衛星監視システムでは小さな縮尺からしか入れないので、字名と連動して住宅地図程度の縮尺から検索できると現場特定の時間を短縮できると思われる。
- ・いきなり衛星画像で検索するのではなく、おおよその位置検索には地図情報のほうが探しやすいので、地図から衛星画像への切り替えを容易にしたシステムだと使いやすくなる。

(3) まとめ

電話対応管理試験の結果から、衛星監視システムにカスタマイズした機能の以下のようにとりまとめることができる。

- ・衛星画像は住宅地図に比べ、周辺状況を確認できるところが有用である。
- ・場所の検索にあたっては、画像のみではなく河川道路や学校などの目標物を明示して利用すると有効である。
- ・衛星画像はおおまかな地図での表示より、詳細な地図まで位置を特定したのちの周辺状況の確認に有用である。

電話対応試験では、衛星監視システムを利用することで日常監視業務の効率化を予測したが、場所特定における土地勘など、結果的に属人的な部分の経験則とほぼ同等の結果しか見出せなかった。

5.3.3 監視情報の管理（試験 G）の結果と考察

（1）試験結果

巡視を行った4ヶ所について、事務所に帰った後、衛星監視システムに巡視結果の内容と撮影した写真を登録した。



図 5-20 巡視記録試験風景



図 5-21 不適正管理など産廃の状況

干法処理 記録情報	
案件番号	4
記録番号	
サイト名 (必須入力)	赤心工業
状態	干法処理
作成者 (必須入力)	担当者
検査項目	4
担当機関	担当機関A
調査年月日	年 月 日
調査年月日 (必須入力)	2004 年 月 日
通報年月日 (必須入力)	2004 年 月 日
場所 1	干法処理部事務所1850-2
場所 2 詳細	
地区	山形
地区その他の内容	
登録情報	廃土の上積み作業を行っている。
メモ	
関係施設名称 案件番号	
モーション	
廃棄物	投棄済 詳細
廃材名	実行済 詳細
状態	
環境影響	
土地所有者	土地所有者詳細
委託会社	委託会社 詳細
行政対応	行政対応 詳細
現状調査	現状調査 詳細
画像 1 (2048以下 GIF/JPEG)	参照
画像 2 (2048以下 GIF/JPEG)	参照
画像 3 (2048以下 GIF/JPEG)	参照
画像 4 (2048以下 GIF/JPEG)	参照
保存 閉じる	

図 5-22 巡視結果入力画面

(2) ヒアリング結果

巡視記録試験に参加した職員から、衛星監視システム利用による不法投棄現場巡視の記録における有効性についてヒアリングした。

【巡視について】

- ・県では、委託を含め24時間365日の監視体制を敷いている。
- ・不法投棄に関しては、現場での確認を基本としているので、衛星画像は不法投棄場所の位置や概況の確認のため参考程度に利用できる。
- ・衛星画像は、不法投棄場所の範囲や周辺状況を把握できるので有効である。
- ・これまで巡視等の際の写真撮影位置図は自作の略図を使用しているが、不法投棄場所の範囲や敷地形状などは把握しにくく不正確の図となっているので、衛星画像を撮影位置図として、また定点撮影の位置決定に十分活用可能である。
- ・データベース構築による情報管理は、綴り形式に比べ継続管理が容易で、写真管理にも優れている。
- ・ゴミの量の変化を把握することが重要であるが、衛星画像は参考程度にしかならないのでは。巡視後、過去の経過と比較するためにはリアルタイムの情報との比較が必要になる。
- ・市原市の場合、市内部の不法投棄情報管理の観点からは、衛星監視システム利用は特に問題ない。

【経過管理について】

- ・日常的な不法投棄情報は、監視日報にて管理しているが、新規発見時には別途報告書（日時、場所、概況、写真）を作成する。
- ・不法投棄情報は、支庁、市それぞれのフォームに記入し綴りにして管理している。別の支庁では、エクセルシートでデータ管理している場合もある。
- ・綴り形式で情報管理しているので、大きな案件以外、支庁間での情報流通・共有はしていない。
- ・支庁都市との間でつき1回程度の情報交換会議を開催しているので、情報共有の点では十分である。
- ・地目の確認は最終的には登記簿を見る必要がある。被害発生前の過去の衛星画像で、ある程度は確認できても告発資料には登記簿の内容を添付する。
- ・現場写真は別途写真綴りにて管理している。告訴時の証拠として生写真が必要であり、デジタル写真は加工が可能なので認められない。衛星監視システムではデジタル撮影が必要になるが、この場合フィルム撮影と両方をおこなう必要がある。
- ・支庁においては、不法投棄情報の電子管理は、今回の試験からその有効性を認めるが、千葉県の場合、最終的には告訴にまで持ち込むため、写真管理など告訴を前提とした情報管理システムの構築が必要である。

- ・支庁、関係部局、例えば砂利採取に関しては商工部局が所管であり、他部局との共通の情報流通システムが必要になる。日常的には、必要に応じて関係課間で情報交換はしている。
- ・不法投棄場所の位置管理は市販の地図ソフトを利用して旗揚げしているが、附帯情報とのリンクはできていない。
- ・市では隣接する市町間で不法投棄情報に関する情報交換はしておらず、基本的に支庁へ報告・連絡している。

【経過管理に関する意見交換会での意見】

- ・エコパトロール（巡視記録を形態端末から行うシステム）と衛星監視システムの利用は、使い勝手を良くしておくために一体化はしなくてよいのでは。ただし、両システムのリンクは必要である。
- ・紙管理が有用なデータもあるので、併用するほうが効果的に感じる。
- ・紙台帳などでは経過管理が思うようにできていないので、事業の経過記入欄など使える。
- ・他の有効活用方法について森林法や都市計画法による開発許可事務との連携に有用ではないか。特に年度別の事案管理や効率的な不法投棄場所監視に効果が期待される。

【経過管理に関する検討委員会での意見】

- ・衛星画像は必要に応じて対象範囲の指定と購入ができるように、画像のライブラリがシステムから見られるといい。

(3) まとめ

巡視記録試験から、日常監視業務において衛星監視システムを利用する場合においても巡視記録の管理は欠かせないものであることが分かった。そこで、巡視記録管理機能を衛星監視システムと併せて利用することの有用性を以下にまとめる。

【情報の共有化の有用性】

今まで不法投棄に関する情報は、一般案件であれば支庁において紙綴りベースで保管・管理されているため、本庁あるいは支庁間で情報を共有することができなかった。衛星監視システムを利用すれば、同一案件、同一業者等あるいは類似案件について情報必要者が同じ情報を取得・閲覧・更新することができるようになり、業務に関わる情報の均質化、広範化が進展する。

このように、他部署での不法投棄情報や違法行為者の動向情報などを事前に知ることができれば、自らの管内における能動的な対策業務の実施が期待される。

【情報の一元性の有用性】

これまでの情報整理は綴り形式のため、保管情報量に限界があるとともに、特定の複数時期における情報を比較したりすることができなかった。基本的に蓄積すれども、活用されずといった状態であった。

衛星監視システムの履歴管理機能を利用すれば必要な時期の情報を速やかに検索し、他時期の情報との比較も容易に行える。

また、写真管理もこれまでは案件綴りと写真台帳とが異なっていたため、個々に資料を探し照合するといった作業が必要であったが、衛星監視システムにより案件情報と写真を同じデータ上で管理できるようになり業務の効率化を図ることができるようになる。

5.4 本章のまとめ

実証試験を通して、日常監視業務における衛星監視システム、ならびに衛星画像を利用した日常監視とそれと併せて利用する巡視記録の管理の有用性を検討した。

その結果、衛星画像を利用した監視については、当初予想していた不法投棄現場の監視だけでなく、必ずしも十分な監視が行えないでいる許可施設等への調査を補完し、不適正保管・処理の減少に貢献できることが分かった。特に、視界が遮られている現場や、広くて立入り調査が困難な施設に有効である。また、沈静化した不法投棄現場に投棄が再発していないかどうかを確認・補足する手段として利用できることが分かった。

また、巡視記録を管理する機能を用いることで、以下の5つの意見が得られ、カスタマイズした衛星監視システムが日常監視業務に十分適用可能であることが得られた。

多部署間の情報の流通が円滑化する（連携を取る必要がある大規模事案で有効）

県内を広域で活動する不法行為者を情報で分析・把握することようになる

巡視履歴の蓄積によって、検索等が容易になり、報告資料や告発資料の作成が標準化・自動化できる

衛星画像を用いることで、巡視記録の情報の記載内容（写真撮影位置など）のわかりやすさと正確さが向上する

巡視履歴の蓄積によって、新規発見のための画像判読を行いやすくなる

また、衛星監視システムへ求める機能・仕様の要望としては以下のことが挙げられた。

- ・ 現場の動きが判読できる程度として、解像度が約 20cm あることが望ましい
- ・ 許可処分場の産廃搬入状態を把握するため、約半年に 1 度以上の撮影頻度が欲しい
- ・ 県内の許可業者等を網羅できることが望ましい

更に、今後のカスタマイズへの要望として、

- ・ フィルム写真が告発資料に求められるため、写真とシステム履歴情報の両方を効率的に管理できること
- ・ 事案管理システムとの連携（インデックスとしての利用）ができることが望ましい
- ・ 産廃処理業者等の業者データベースとの情報連携ができることが望ましい

ことがあげられる。

衛星監視システムを日常監視業務へ適用し、より大きな効果を得るためには、将来的に上記の機能要望をかなえる努力が必要であると考えます。

6. 衛星監視システムの実務活用に向けた導入・運用方法の設計

本章では、実証試験を通して確認を行った技術面・業務面での検討内容に加えて、衛星監視システムを実務活用していく上で更に検討しておくべき導入・運用方法について検討を行った。はじめに実証試験を踏まえた衛星監視システム導入に向けた基本方針、必要となる組織・機能について整理を行い、その後、衛星監視システム以外のシステム等との連携方法の検討、衛星監視システムの導入・運用に必要なコストの試算を行った。

6.1 実務活用に向けた衛星監視システムの設計

6.1.1 2つの実証試験結果に基づいた基本方針の整理・設計

第4、5章で実施した実証試験の結果に基づき、衛星監視システムの実務活用に向けて、基本方針の整理と衛星監視システムの基本的な設計を行った。

(1) 新規発見業務における衛星監視システムの利用用途

第4章で行った新規発見業務の実証試験の結果から、衛星監視システムに求められる利用用途について以下に整理を行った。

1) 監視目的

・現状の新規発見業務においては、不法投棄の新規発見自体が遅れたり、監視に漏れがあったりすることから、発見した時点で現場が非常に大規模化しているケースがある。衛星監視システムにより、こうした遅れ・漏れを防止し、現場の大規模化を防ぐことを監視の目的とする。

2) 監視対象

・高分解能の衛星画像により確認が可能となる 20m × 20m 程度の中規模から大規模の不法投棄現場・不適正保管現場を対象とする。

・見通しが悪く、道路に面したところから奥が確認できないような現場を対象とする。

・不法投棄対策に対しての住民意識がそれほど高くなく、不法投棄があっても積極的に行政側に情報が伝わってこないような地域を対象とする。逆に現状では、住民意識が高い地域については、迅速な不法投棄発見の通報があるため、あまり問題が深刻化していない。

・広範囲の植生伐採がある現場や、大規模に堆積がされている現場など、衛星画像を利用した目視判読で識別可能な現場を対象とする。

3) 監視頻度

・衛星の撮影能力や価格から年間 1～数回程度

(2) 日常監視業務における衛星監視システムの利用用途

第5章で行った日常監視業務の実証試験の結果から、衛星監視システムに求められる利用用途について以下に整理を行った。

1) 監視目的

- ・既知の不法投棄現場において、不法投棄の再発がないかどうかを確認し、不法投棄の大規模化を未然に防止することを目的とする。
- ・許可施設（最終処分場、中間処理施設等）の中で、特に日常的なパトロールで監視ができていない場所が、不適正処理の兆しがないかどうかを確認することを目的とする。

2) 監視対象

- ・過去に不法投棄があったが、現在は沈静化しており、定期的なパトロールを実施できていない既知の不法投棄現場を監視対象とする。
- ・許可施設の中で監視が十分に実施できていない場所を監視対象とする。
- ・過去と現在の衛星画像を比較して、面積の拡大など大きく状況が変化している現場を対象とする。

3) 監視頻度

- ・衛星の撮影能力や価格から年間 1～数回程度

(3) 衛星監視システム導入における前提条件

これまでの実証試験の結果から、衛星監視システムの導入における前提条件として、利用する衛星画像データと運用方法について検討を行った結果を以下の表 6-1 に示す。

表 6-1 衛星監視システム導入における前提条件

項目	内容
衛星画像	<ul style="list-style-type: none">➢ 分解能1mレベルの高分解能衛星を利用する。➢ 1自治体あたり年間1～数回程度の更新を行う。➢ 新規発見、日常監視ともに目視判読による判断を行うため、利用者に操作性の高い表示方法を提供する。
利用するデータ	<ul style="list-style-type: none">➢ 不法投棄ゾーニングは最新の不法投棄データを利用して定期的に更新する仕組みにする。➢ 画像解析は、衛星画像の取得の度を実施する。➢ 不法投棄現場の情報、産廃業者の情報を管理できることとする。
運用方法	<ul style="list-style-type: none">➢ 衛星画像の購入、画像解析/不法投棄ゾーニングの実施は自治体毎ではなく専門的な機関(解析機関)が実施していく。➢ システムで管理している情報は運用部門(衛星監視センタ)が一元管理し、利用者はネットワーク経由で情報にアクセスする。

(4) 衛星監視システム導入による効果

自治体での衛星監視システム導入による効果について検討した結果を以下に示す。

1) 不法投棄現場の発見の漏れを少なくできる

衛星画像を使った目視判読により、不法投棄等の新規発見が可能となり、既存の
新規発見手段（住民通報、パトロールでの発見）での漏れを少なくできるため、不法
投棄の大規模化を未然防止できる。

2) 沈静化現場の再発の早期把握ができる

過去に不法投棄があったが、現在は沈静化している現場の再発を早期に把握でき
る。

3) 許可施設の不適正処理の早期把握ができる

日常パトロールが不足しがちな許可施設の不適正処理を早期に把握できる。

4) 不法投棄現場情報の整理効率化ができる

不法投棄現場の情報をシステム上で一元的に管理することができるため、担当者
間での情報共有、情報整理が効率化できる。

(5) 衛星監視システム導入後の業務フロー

自治体における、衛星監視システム導入後の業務フローについて検討を行った。

1) 新規に追加となる業務

・衛星による重点監視地域の決定業務

自治体の中で重点的に衛星を利用して監視していく地域を決定する業務。不法
ーニングデータ等を利用して、今後不法投棄が発生する可能性の高いエリアを衛
星画像で重点的に監視していく。

・衛星画像を利用した現場候補抽出業務

衛星画像と解析結果などを利用し、目視判読を行うことで、不法投棄現場の候
補地を抽出し、候補地の情報を衛星監視システムに登録する業務。

・現場候補情報の整理業務

抽出した現場候補地に対して、必要に応じて現場調査、パトロールなどでの確
認を行い、確認した結果を整理する業務。現場で取得した写真や、不法投棄の場
合にはその投棄量、投棄種類などを整理する。

・衛星画像を利用した現場経過監視業務

通常のパトロールでの既知現場情報の変化確認の代替として、衛星画像を
利用した変化確認を行う。

2) 業務内容が一部変更する業務

・通報情報の整理業務

定期的なパトロールでの不法投棄の新規発見情報を衛星監視システムで管理
を行い、整理する業務。

・発見情報の整理業務

不法投棄現場を新規に発見した後、発見した現場の情報を衛星監視システムで整理する業務。

・定期監視情報の整理業務

定期的にパトロールを行った結果の現場情報の整理について、衛星監視システムを利用して管理する業務。

これらの新規追加業務と、変更される業務について、自治体の現状の業務フローに当てはめた場合のフロー図を以下の図 6-1 に示す。

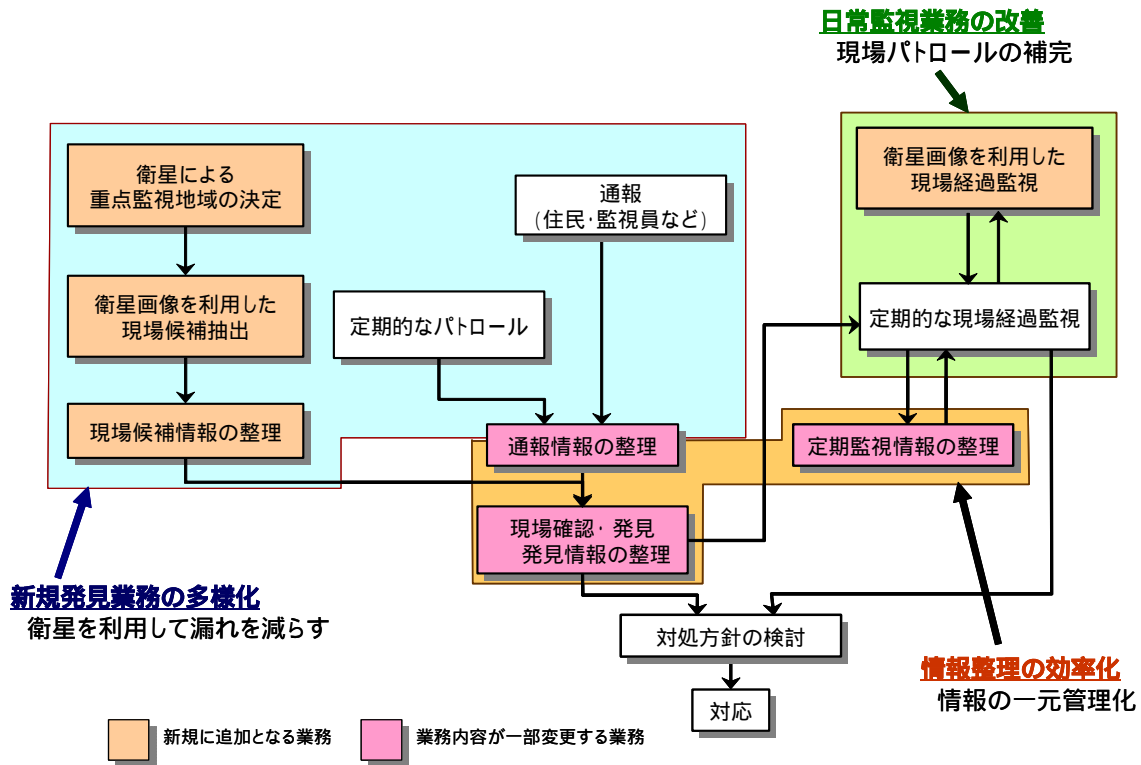


図 6-1 衛星監視システム導入後の業務フロー

6.1.2 組織体制と必要な機能

衛星監視システムの実務活用に向けて、必要となる組織体制および機能について検討を行った。最後に衛星監視システムの全体像について検討を行った。

(1)衛星監視システムに必要な組織体制

衛星監視システムの実務運用において必要とされる自治体等の組織体制について検討を行った。

1) 運用主体に必要となる組織

・運用管理者

運用主体であるセンタの運用管理の最高責任者。不法投棄対策は、個人情報の取得や行政指導といった業務を行う場合が多いので、本来、本庁内でシステム運用を担当する職員を配置することが望ましい。しかし、衛星監視システムについては包括的な専門知識が必要なことから、専門性の高い外部組織が実施することが妥当と判断される。運用管理者は外部組織としてセンタを運用する主体の最高責任者という位置づけとなる。専任者が行うことが望ましい。

・外部機関連絡窓口

衛星画像の提供機関に対して、衛星画像の注文、納品後の確認等を行う組織。同時に自治体との連絡窓口ともなることにより、運用主体と外部との連絡を一元化することができる。衛星画像の注文時には過去に撮影されたアーカイブデータを衛星画像提供機関が保有しているかどうかを調査する必要があり、専門地域が必要である(調査のための検索用ホームページについては付録 1 を参照)。専任者が行うことが望ましい。

・解析担当者

取得した衛星画像の解析処理や不法投棄ゾーニングの実施を行う組織。専任者が行うことが望ましい。

・ヘルプデスク

システムの操作説明や障害発生時の状況の把握を行う組織。専任者が行うことが望ましい。

・センタ運用者

運用主体が管理するセンタシステムの運用全般、障害発生時の監視、障害発生後の対応などを行う組織。特に個人情報を取り扱う業務であることから、情報セキュリティについても厳密な管理をしなければならないので、こうしたセキュリティ管理についても責任を持つ。専任者が行うことが望ましい。

2) 自治体に必要となる組織

・責任者

衛星監視システムの自治体側の最高責任者。衛星監視システムの導入から、実地的な運用方針や指針の検討、検証を行う組織。

・運用推進者

本庁、出先利用者の衛星監視システムの利用状況の監視、システムのアップデートやメンテナンスの管理、実行等を行う組織。合わせて、利用者に向けたシステム利用教育なども実行する。

・ヘルプ窓口

本庁利用者、出先利用者からの障害情報やシステムの操作説明などについて、運用主体側のヘルプデスクへの連絡窓口となるべき組織。

・本庁利用者

県内における不法投棄対策業務の中核として、出先機関等からの情報収集、整理、管理を行い、関係機関との調整を行うが、衛星監視システムの運用においても実際の運用方針や指針の検討、実行、検証を行っていく組織

・出先利用者

出先機関の不法投棄対策担当者で、担当するエリアについての関連案件すべての対応を衛星監視システムで行う実質的なメイン利用者。出先機関職員は日常、新規発見案件に関わる行為者の特定・行政指導や不法投棄防止パトロール・立入り調査など多岐にわたる業務を行っている。

・現場監視員

定期的に現場をパトロールし、状況変化等を監視する業務担当で、警備会社への外部委託などもあるとしている。監視員が出先機関職員の場合は、衛星監視システムを直接利用して現場パトロール結果等を登録することは容易であるが、委託の場合、閲覧・記録・更新といった実際の運用やセキュリティの問題等に十分配慮する必要がある。

これらの組織体制の検討結果のまとめを以下の図 6-2 に示す。

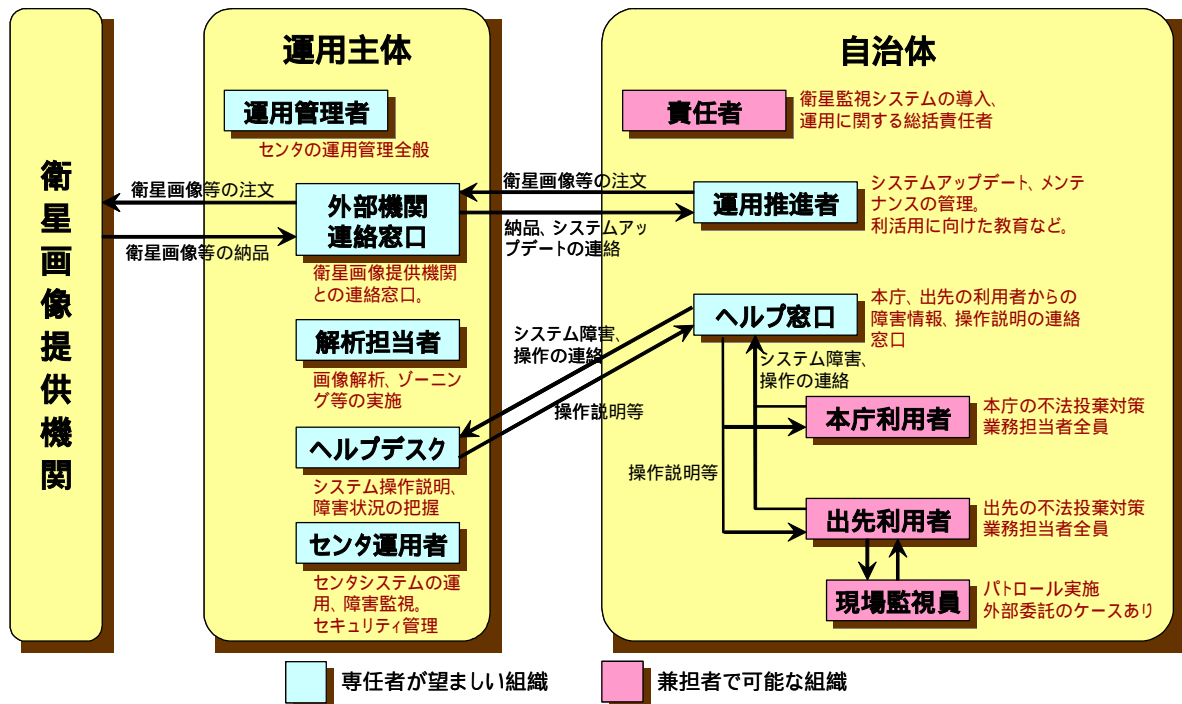


図 6-2 衛星監視システムに必要な組織体制

(2)衛星監視システムに必要となる機能

衛星監視システムに必要となる機能について検討を行った。検討の結果を以下の表6-2に示す。

表6-2 衛星監視システムに必要となる機能

業務分類	機能名称	機能概要
共通系業務	衛星画像の操作	<ul style="list-style-type: none"> 選択した衛星画像の表示、拡大・縮小、緯度経度指定による移動などの機能 複数画像の重ね合わせ表示、並べて表示が可能
	解析結果の操作	<ul style="list-style-type: none"> 解析結果に関する上記と同等の機能
	GISデータの操作	<ul style="list-style-type: none"> GISデータ(含不法投棄ゾーニング)に関する上記と同等の機能
新規発見業務	目視判読の支援	<ul style="list-style-type: none"> 過去の目視判読の結果を地図上に表示する機能(目視判読を行う際の支援材料として使う)
	候補地の登録	<ul style="list-style-type: none"> 目視判読結果による候補地の登録機能 登録データは複数担当者間で共有化が可能
	候補地パトロール結果の登録	<ul style="list-style-type: none"> 現場候補地のパトロール結果を登録する機能 登録データは複数担当者間で共有化が可能
日常監視業務	現場変化の監視支援	<ul style="list-style-type: none"> 過去に現場であった場所の情報を地図上に表示し、現場変化の監視支援を行う機能
	産廃業者情報の参照	<ul style="list-style-type: none"> 産廃業者情報(名称、住所、管理者名等)を参照する機能
	現場台帳の管理	<ul style="list-style-type: none"> 不法投棄関連の現場パトロール情報を登録し、管理する機能。現場写真や関連者情報などを登録、管理することが可能
センタ 運用業務	共通データの登録	<ul style="list-style-type: none"> 解析機関から提供される、衛星画像、画像解析結果、GISデータ、ゾーニングデータを予めシステムに登録する機能
	ユーザの管理	<ul style="list-style-type: none"> システム利用者の情報を管理する機能
	データの管理	<ul style="list-style-type: none"> システムで取り扱うデータを管理する機能 システム障害発生時のデータベースの復元機能
	運用状況の監視	<ul style="list-style-type: none"> セキュリティ監視を行う機能 ハードウェア障害、ソフトウェア障害、ネットワーク障害の有無の監視を行う機能

(3)衛星監視システムの全体像

これまでの検討結果から、衛星監視システムの全体像について検討を行った。その結果について以下の図 6-3 に示す。

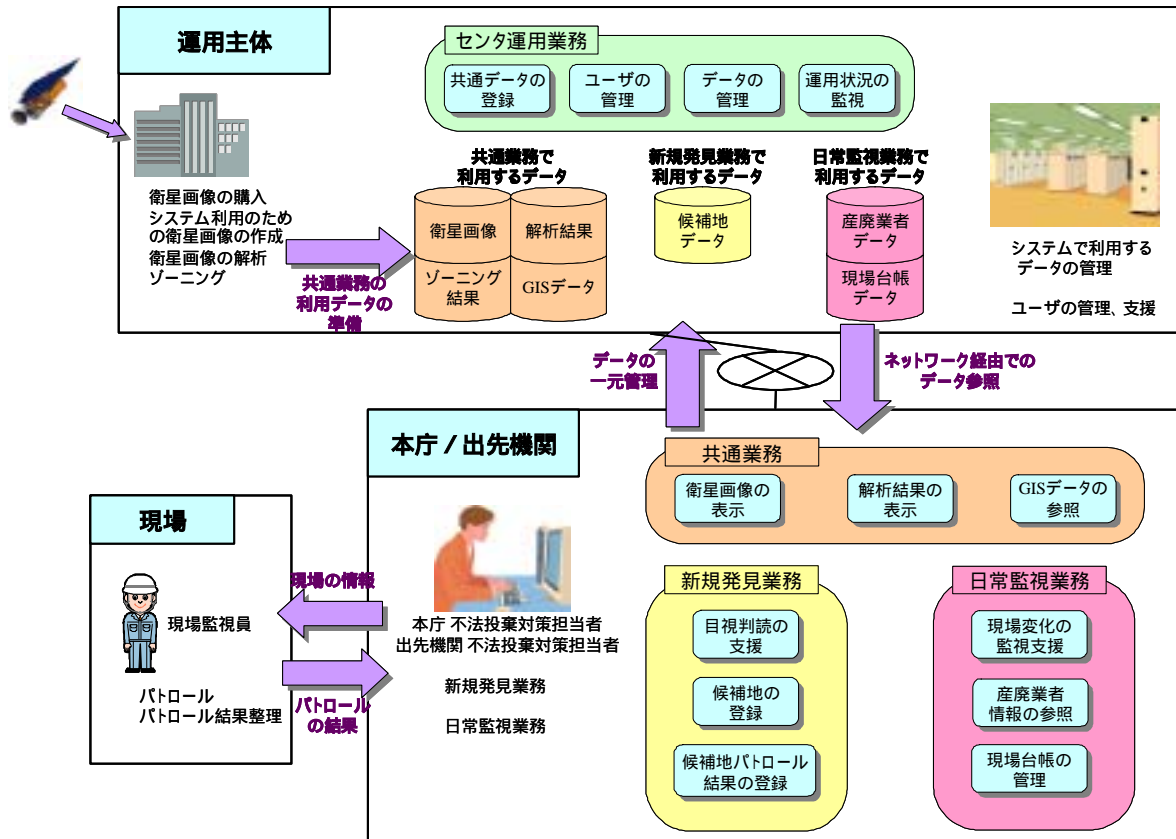


図6-3 衛星監視システムの全体像

6.2 その他システム等との連携方策

本節では、衛星監視システムの普及とより効果的な運用を目的に、衛星監視システムと環境部局内ですでに使用している他のシステムとの連携および他部局で運用しているシステムやデータ等との連携の考え方について検討する。

6.2.1 エコパトロール等の既存システムとの連携

(1) 情報管理システム化の必要性

日常監視業務に関わる実証試験では、既知の事案や中間処分場等の適正処理施設の現状把握について、衛星画像を利用して経年変化を確認した。実証試験では、対象とする自治体の実態に合わせてカスタマイズしたシステムを構築し、衛星画像を利用した机上監視およびパトロールでの衛星画像の活用を試みた。また、これらの結果や関連情報については、継続的、一元的な管理が必要との考えに基づき、衛星監視システムに経過情報の管理機能を付与した。

試験後の自治体関係者へのヒアリングでは、衛星画像とリンクした事案の経過情報管理に対する評価が高く、不法投棄対策における関連情報管理のシステム化の必要性が確認された。

(2) 情報管理の動向

不法投棄等の対策に関わる各自治体の業務は、新規事案の発見に伴い増加の一途をたどっている。日常業務では、不法投棄の未然防止・新規事案発見のためのパトロール、行政指導、告訴等手続きおよび沈静化事案の経過監視や適正処理施設の実態把握等が継続的に行われており、これらに関する情報管理は非常に煩雑なものとなっている。

このような状況の中、対策業務や情報の管理を効率化するために、既成のシステムを導入したり、独自のシステムを開発・運用したりする自治体が出始めている。既成システムとして、「エコパトロール」(産業廃棄物処理事業振興財団)を例に挙げ、以下に解説する。

《「エコパトロール」の概要》

デジタルカメラや GPS を装備した携帯情報端末 (PDA) を利用して、不法投棄・不適正処理・保管情報等を把握し、対策をとるためのシステムである。



- 不法投棄現場等の監視対象を「事案」として個別に管理
- ・監視対象の基礎的なデータ (所在地、業者名、廃棄物の種類等) を管理
- ・「事案」は「不法投棄」、「業者管理」、「野外焼却」の3つに区分
- 不法投棄現場等を継続して監視するため、調査結果を「経過報告」として管理
- 調査のたびに経過報告を登録
- ・経過報告を事案に関連づけて現場の状況変化を管理
- 調査結果をもとに、拡大防止策の検討、生活衛生への支障除去等の対策を実施

図6-4 エコパトロールの特徴

(3) 既存システムとの連携

既存システムが不法投棄対策部局にある場合は、それらの利用がおおいに有効である。不法投棄衛星監視システムでは、表6-2 衛星監視システムに必要となる機能で示した機能を備えるが、その中の日常監視機能に関する役割の多くは、既存のエコパトロール等のシステムで用意できる。

システムの重複を避けるため、両システムは統合せず独立したシステムとして、それぞれの特徴を明確にして運用することが効果的であると考える。

(4) 連携効果

衛星監視システムの運用にあたっては、環境部局内の他システムと連携することで次のような効果が期待される。

他システムが導入されていない場合、衛星監視システムは統合型の不法投棄対策システムであり、複数のデータベースを複合的に管理できる能力を有しているので、単体システムの導入でも効果的な利用が可能である。

1) 業務の効率面における連携効果

「エコパトロール」などにより不法投棄情報がすでに得られていることで、衛星監視システム利用上、新規発見業務における誤検知の低減、日常監視業務での監視地点の把握や経過管理に効果的に活用可能である。

既存システムで収集した情報を最新の衛星画像データと合わせて確認可能となる。

衛星監視システムおよび既存システムがデータの一元性を確保しながら相互に高度化し、不法投棄対策業務の効率化に寄与できる。

2) 費用面での連携効果

「台帳管理」や「業者管理」などの重複機能を分担することで、衛星監視システムの導入コストを縮減することができる。

連携システムで蓄積した現場情報をゾーニング分析に利用できるので、ゾーニングの作成・更新に必要なコストの一部を縮減できる。

6.2.2 自治体内における画像・GISデータの共同利用

(1) 衛星画像・空中画像の他部局との共同利用

1) 共同利用の必要性

衛星画像による実証試験では、不法投棄現場等の新規発見や既知の事案の経過監視等において衛星画像の有効性が認められた。しかし、実務面で衛星監視システムを運用していく場合の課題の一つに、システムの元データとなる衛星画像の購入価格が高価なことが挙げられた。

そこで、衛星画像をより容易に利用できるようにするために、他部局との共同利用の可能性について検討した。

2) 衛星画像等の利用分野事例

ここでは、自治体の衛星画像データおよび空中画像データを利用した各分野での事業例を挙げる。事例に挙げる各分野の詳細を付録4に示す。

収集事例の各県が利用している画像データの仕様を表6-3に示す。

表6-3 紹介事例の画像の仕様

部局	紹介事例	分野	利用データ	利用データの解像度	カラー/バンド	撮影対象/面積	更新頻度	撮影時期
環境	A県	バイオマス	ハイパースペクトル画像	20cm	ハイパー	森林部740km ² (県面積の33%)	-	
	B県	SEA	高分解能衛星画像	1m	R,G,B,IR	計画事業地域 (40Km ²)	-	
森林	C県	森林現況把握	空中画像	1m	モノクロ	森林部 (9000km ²)	5年	
	D県(水道部局)	水源涵養林の管理	空中画像	1m	モノクロ	森林部(250km ²)	5年	
	E県	緑の基本計画	中分解能衛星画像(LANDSAT)	15-30m	R,G,B,IR	森林部 (県面積の全域)	5年	
農業	新潟県	品質評価	高分解能衛星画像	1m	R,G,B,IR	対象農地	毎年	収穫前
	多数	中山間	空中画像	20cm	可視画像	山間部農地	-	
土木	全県	砂防	空中画像	20cm	可視画像	砂防指定地	5年	
	多数	河川	空中画像	20cm	可視画像	河川区域のみ (河川管理区間の河川上を幅1km程度)	-	
統合型GIS	岐阜県	統合型GIS	高分解能衛星画像(IKONOS) 中分解能衛星画像(SPOT)	1m 20m	可視画像 可視画像	全域 全域	- -	
	岡山県	統合型GIS	空中画像	-	可視画像	全域	-	
市町村	各地	税務	空中画像	20cm	カラー/ モノクロ	市町村全域 または 路線化区域	毎年 または 3年に一度	1月1日前後
	市原市財務部資産税課	税務	空中画像 マルチスペクトル画像	カラー密着または20cm解像度画像	カラー密着(H3, H6, H9, H12) デジタル画像(H15)	市原市全域	H3, H6, H9, H12, H15	1月1日前後

3)画像データ 共同利用可能な部局

衛星画像や空中画像を利用する事業の事例から、衛星画像の積極的な利用部局は環境、森林、農業および土木分野であることがわかった。そこで、不法投棄衛星監視システムで利用する衛星画像が、他部局の事業と共通利用できるかどうかを事例の条件から検討した。

不法投棄対策部局から、他部局に画像を提供する場合と、逆に他部局で整備した画像を利用する場合について、環境、森林、農業、土木の各部局およびこれに市町村を加え、衛星監視システムで利用する衛星画像と比較した。

表6-4 他部局と画像利用条件の検討

画像購入の条件		提供の方向	環境 (樹種調査)	森林 (森林管理)	農業 (圃場品質評価)	土木 (砂防)	市町村 (税務)
画像仕様	画像解像度0.7-1m カラー、 R,G,B,IR	不法投棄対策部局から提供するとき	分析に利用するバンドが必要	可視画像領域で十分	分析に利用するバンドが必要	現況確認のために20cm程度の画像が必要	現況確認のために20cm程度の画像が必要
		他部局が整備した画像の利用	画像解像度0.7-1m カラー、R,G,B,IR	モノクロの場合がある	画像解像度0.7-1m カラー、R,G,B,IR	可視画像のみ	可視画像のみ
撮影範囲	県土を広く網羅すること	不法投棄対策部局から提供するとき	対象事業の範囲が含まれること	対象事業の範囲が含まれること	対象の圃場が含まれること	対象の砂防指定地が含まれること	市町村全域が含まれること
		他部局が整備した画像の利用	森林対象の場合県土の50%以上	県土の50%以上の撮影	対象の圃場のみの範囲	× 砂防指定地のみの範囲	× 市町村全域
更新頻度	定期的な更新が事業として実施されること	不法投棄対策部局から提供するとき	対象事業の撮影時期と一致する必要がある	定期的な更新が必要(5年に一度、5分割して毎年更新)	収穫期に撮影することが必要	定期的な更新が必要(5年に一度程度、既存のデータを加工して更新する)	定期的な更新が必要(3年に一度、指定日近辺の情報が必要)
		他部局が整備した画像の利用	事業を行った時のデータのみ扱う	× 定期的な更新がされている(5年に一度、5分割して毎年更新)	収穫期に撮影するが、対象事例に乏しい	定期的な更新がされている(5年に一度程度、既存のデータを加工して更新する)	定期的な更新がされている(3年に一度)

画像購入の各条件に当てはめ、不法投棄対策分野で購入する衛星画像を他部署で利用することを考える。衛星監視システムで購入する画像の撮影時期については半年に一度程度であり、時期は不定期である。また、分解能が1m程度である。このことから、主に現況確認目的で利用する、環境、森林、土木、市町村(税務)での利用が考えられる。農業については、撮影時期について厳密な条件指定があつて利用しにくい。

次に他部局で利用しているの画像の導入について考える。環境部局では撮影頻度が少ないこと、農業と土木部局では対象範囲の狭さが理由となり、広範囲を画像で網羅したい不法投棄対策では使用しにくいと判断できる。

比較の結果、定期的な更新があること、差分解析に必要なバンドをもつこと等の条件をすべて満たす衛星画像はないが、比較的共同利用しやすい衛星画像を扱う部局は、森林部局と市町村であるといえる。

また、県庁などで統合型GISで、多部署間で利用する目的で使用する、衛星画像鵜や空中画像がある場合、それらは十分に活用できる。

4)画像 共同利用の効果

衛星画像の共同利用における効果は次のような点が挙げられる。

他部局の衛星画像を利用することで、衛星画像等の購入コストを縮減できる。また、新規に衛星画像を購入する場合は、部局間で購入予算を分担できる可能性がある。

他部局と撮影時期や費用分担について調整を行うことで、自治体として定期的に画像の購入を行うことができる。

他部局が撮影あるいは購入した過去の衛星画像を入手できれば、差分比較や開発行為の状況を確認できる。

5) 画像共同利用における留意点

衛星画像の共同利用あたっては、次のような事項に配慮することが重要である。空中画像を利用するときは、システム上で地理情報と重ね合わせるため、位置座標が正確に設定されるオルソ加工（正射投影）データが必要である。

種類の異なる画像間で解析をおこなうためには、データのバンド数の条件を満たすことが必要である。

データ間のピクセルの重なりについては、整合性を検証することが必要となる。共同で衛星画像を利用するときには、画像提供各団体のデータ利用許諾について複数部署での利用の許可を得る必要がある。

(2) 他部局のGISデータの利用、開発関連情報の利用

1) 他部局のGISデータ等利用の必要性

行政事務の円滑かつ的確な執行等のため、行政ではこれまで数多くの地図を作成してきた。近年、地図のデジタル化の進展とともに、単に地図情報のみならず地図上に地域のさまざまな空間データ等を持たせる技術が進み、これらの情報をGIS（地理情報システム）で組み合わせることにより、今まで見えなかった多様性の高い地理・空間情報が得られるようになった。

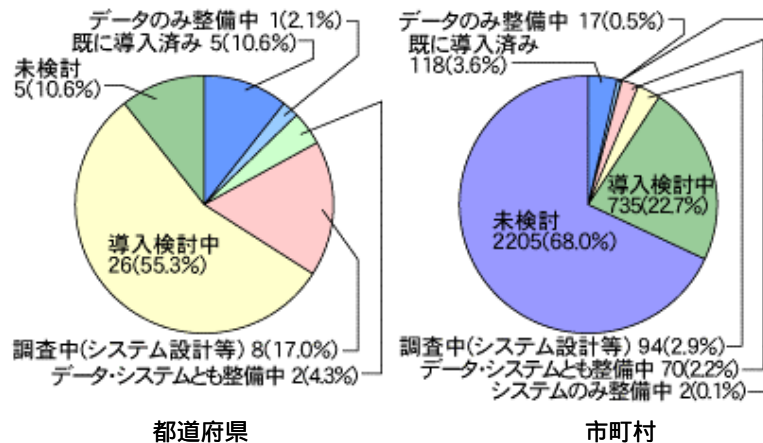
衛星監視システムもGISをベースとしており、衛星画像も空間データの一つとして扱われ、必要に応じて道路や家屋等の情報を載せることが可能である。また、これらの基本的なGISデータのほかに、他部局が業務上得られた情報をGISに載せ管理している場合がある。

そこで、不法投棄対策業務で必要かつ有用と考えられる他部局のGISデータ等について調査し、これらの利用の可能性を検討した。

2) GISデータの入手

自治体におけるGISの導入状況は下図6-4に示すとおりであり、導入済みから検討中までを含めると9割以上の都道府県が前向きな取り組みをしている。

統合型GISの現状



(平成14年度末の数値)

NSDIPAのホームページから

http://www.lasdec.nippon-net.ne.jp/rdd/gis-p/case/lo_case/h14.html

図6-5 自治体におけるGISの導入状況

このように、県や本庁各部局でGISベースのシステム導入が盛んに行われているが、県を中心にさまざまな情報を一元的に取り扱う統合型のGISの普及が主流となりつつある。この場合、不法投棄対策部局は、統合型GISが有する多種多様なデータベースから必要なデータを入手することが可能になる。

3) 他部局作成のデータ利用

衛星監視システムの効果的な運用の面から、他部局が作成したデータ利用の可能性を検討した。

実証試験の結果、新規発見業務における対象事案の誤検知および日常監視業務における沈静化事案の事後監視や中間処理場等の適正保管確認における衛星画像の分解能等が課題になった。これらの課題に対しては、森林部局および都市部局の開発関連情報が、衛星監視システムによる業務精度を補完できると考えられる。《林地開発許可制度》

無秩序な開発から森林機能を防ぐため、森林法に基づいて林地開発制度が定められている。1ヘクタールを越える森林の開発には所要の手続きを行い千葉県

知事の許可が必要である。また、1ヘクタール以下の開発であっても樹木の伐採を行う場合は、伐採届が必要となる。したがって、本制度に該当する森林開発および樹木の伐採については、基本的に森林部局と市町村が全て把握していることになる。

このため、不法投棄対策部局がこれらの情報を得られれば、適法な森林伐採箇所を衛星画像上にプロットすることで、不法投棄現場や不適正保管箇所の検討対象から除外することができる。また、日常監視業務においても既知の事案周辺で開発情報の有無を確認できることは、これらを除外したパトロール計画の立案などに役立てることができる。

《都市計画法に基づいた開発行為等の許可申請》

都市計画法に基づいた開発行為に関する制度であり、都市計画区域の内外にかかわらず、開発面積に応じた手続きが必要である。

手続き先は開発面積により県および市町村窓口が指定されている。したがって、林地開発許可制度同様に、これらの窓口では、適法な開発行為を把握していることになる。

このため、不法投棄対策部局がこれらの情報を得られれば、適法な開発行為箇所を衛星画像上にプロットすることで、対策業務に役立てることができる。

4) GISデータ等利用の効果

検討の結果、県が整備する統合型GISや他部局が作成するデータ利用の効果は次のように整理できる。

衛星画像から新規発見を行うときの誤検知しやすい箇所について、GISデータを利用することで、墓地や資材置き場という不法投棄現場とあいまいになりがちな情報に対する適否判断が可能になる。

開発に関する届出情報の入手により、衛星画像から新規発見した開発現場が、不法投棄現場か適法な開発行為であるか否かの事実判断を的確に補完することができるようになる。

(3) 産廃事業者情報

1) 事業者情報の必要性

実証試験では、中間処理施設や、ミニ処分場を対象として日常監視を行うことが有用であるとした。また、実証試験の自治体職員とのヒアリングから、産廃不法投棄を行った事業者の一覧も重要だとの意見が得られた。

産廃事業者情報は、各県の産業廃棄物事業の担当部署で名簿に管理されており、また、全国の事業者のデータベースはホームページ上でも閲覧できるように整備されている。それらの情報の有効活用について検討する。

2) 利用方法

衛星監視システム上で、事業者の名簿から位置情報を作成し、最終処分場や許可処分場の情報を登録する。それらを衛星画像と重ねて現場を確認する際に利用することができる。

過去に不法投棄を行った事業者情報などは、行政区域を跨り広範囲で、活動することがある。衛星監視システムとは別なデータベースから検索して、前項で紹介した既成のパトロールシステム等と併せて利用することで、不法行為者の活動の対策に役立てることができる。

県と市町村、隣接する県同士の情報交換や、情報流通に衛星監視システムを利用し、現状の定例会を補足あるいは置き換えるものとして利用することができる。

3) 効果

これまで紙綴りによる台帳管理が主流であった不法投棄の現場情報については、衛星監視システムや、既存の台帳管理システムの利用により、現場写真も含めた統合的な情報管理が可能になる。これまで各案件に関する情報は、不法投棄が発生した出先機関で作成・管理され、他の出先機関での不法投棄発生状況等の実態については、リアルタイムでの確認・把握ができなかった。また、県内で広く活動する同一産廃業者が各出先機関で個別に記録されているケースも想定される。

衛星監視システム及び既存システム等を利用することにより、不法投棄対策を行う職員がいつでも県内各地の不法投棄情報、産廃事業者情報を得ることができ、対策の高度化（迅速性の向上、対策効率の向上、見逃しの防止）に有効である。

(4) 自治体内における画像・GISデータの共同利用における留意点

1) 法制面における留意点

衛星監視システムにおける他のデータ利活用については、表示情報の種別ごとに次の法律との抵触が発生するので、データ利活用の際には、十分な確認や承認・了承を得ることが必要である。

地形図を背景情報として利用する場合

測量法

地番図を背景情報、地番内容・位置の確認に利用する場合

地方税法

家屋図・課税マスター等を内容・位置の確認に利用する場合

地方税法

住民情報を内容・位置の確認に利用する場合

住民基本台帳法

建築確認申請情報を内容・位置の確認に利用する場合

個人情報保護法、個人情報保護条例、著作権法

各主題情報などを複製または二次的に加工して利用する場合

著作権法

《対応策》

統合型GISの運用部局に参画することで、必要データを滞りなく入手できる仕組みづくりを行う。また、これから統合型GISを導入するあるいは導入を検討している自治体の不法投棄対策部局は、衛星監視システム等に有用なデータを当初から統合型GISに持たせておくことで、他部局が作成する関連情報と併せて必要な情報を容易に入手することができるようになり、効果的かつ円滑な衛星監視システムの運用を促進できることになる。

2) 届出情報の存在場所の確認

林地開発許可制度および都市計画法に基づく許可情報については、森林伐採や開発行為の規模等によって、手続き窓口が異なる。例えば開発する森林面積によって届け出先が、市町村と県とで異なる。また、都市部の開発では、規模と併せて、法的規制の条件（市街化区域、市街化調整区域、未線引きの区域であるか等）によっても出先が異なる。

そのため、システムから届け出先が分かる仕組みが便利である。地理情報としてこの範囲の開発はどこに届けられるかという内容を持つデータをシステムに付属することが考えられる。例えば、現在、土地利用基本計画の範囲の情報は各県がデジタル化して作成し、国土交通省の土地水資源局で集約することとなっている。これらの既存情報を利用することが考えられる。また、統合型GISを運用する自治体に置いては、同様の情報を整備している場合が考えられるため、それらを利用することが望ましい。

3) 産廃事業者情報の利用

産廃事業者の情報は名簿が作成されているが、衛星監視システムで利用するためには、GISデータに加工することが必要である。住所情報から位置データを作成するアドレスマッチングという作業が必要になってくる。

6.3 コスト試算

本節では、衛星監視システムの導入費およびシステム運用費についてコストの試算を行う。

6.3.1 システム導入費

衛星監視システムの導入費用について検討を行った。まず前提条件として、システムの対象範囲について検討を行った。

- ・「現場台帳の管理」と「産廃業者情報の参照」の2つの機能については、前節での検討の通り、既存システムを流用することが可能であるため、試算対象外とした。
- ・画像購入、画像解析、不法投棄ゾーニングの実施については、外部機関（解析機関）が実施することとし、試算対象外とした。

これらについて、対象範囲のイメージを以下の図 6-4 に示す。

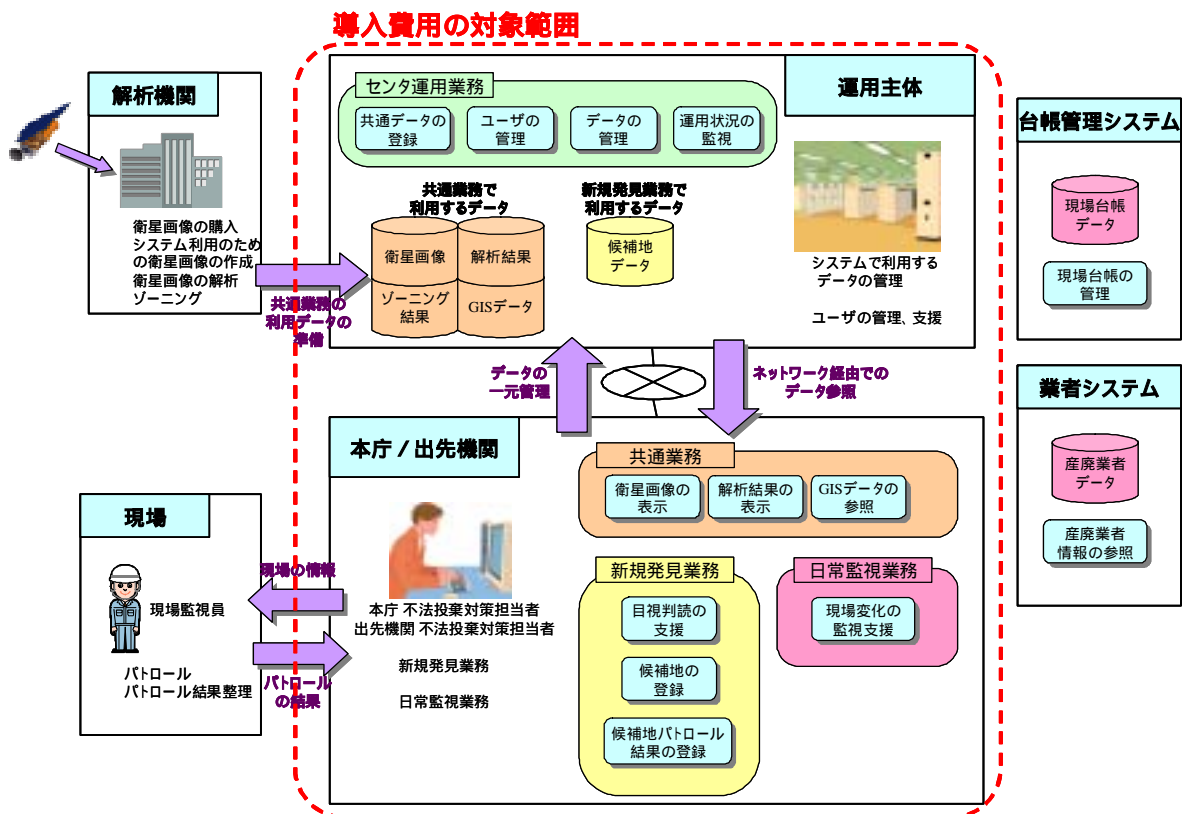


図 6-6 システム導入費の対象範囲

試算の結果、上記の対象範囲でシステムを導入した場合、システム導入費用として数千万円程度の費用がかかると想定される。

6.2.2 システム運用費

衛星監視システムの運用費用について検討を行った。

(1)前提条件

- ・衛星画像は、自治体の一部分（14km×14km）を対象に、年間2回購入することとした。
- ・衛星画像は、複数ある民間の高分解能衛星のうち、QuickBird衛星を対象とした。
- ・不法投棄ゾーニングは、自治体の全体を対象に、不定期に購入することとした。
- ・運用主体にかかる人件費等は、複数自治体による共同利用によるコスト削減等も想定できるため、試算対象外とした。
- ・運用主体と本庁、出先機関のネットワークはインターネット利用を想定しており、試算対象外とした。また、プリンタ用紙、トナー代等も対象外とした。

(2)試算結果

上記の前提条件で試算したシステム運用費用について以下の表 6-3 に示す。

表 6-5 システム運用費用

項目	単価(千円)	数量	合計(千円)	備考
衛星画像費用	1,440	2	2,880	優先撮影
画像解析費用	500	2	1,000	
不法投棄ゾーニング費用	3,000	1	3,000	GISデータの購入、物流分析は対象外

この結果から、システムの運用費用に必要となる金額は1自治体あたり、年間388万円と不法投棄ゾーニングの実施の度に300万円程度がかかることが想定される。

6.4 本章のまとめ

本章では、実証試験における技術面・業務面での検討に加えて、衛星監視システムを実務活用していく上で必要となる項目について検討を実施した。

まず、衛星監視システムの設計を行い、その中では衛星監視システムを実用化する上でどういった利用用途が想定できるか、導入のための前提条件は何かを検討した。これを受けて、衛星監視システム導入によって自治体の業務がどのような効果を生むか、業務フロー自体はどのように変更となるかを検討した。また、衛星監視システムに必要となる組織体制を検討し、システムの運用側にも専任者が必要となり、自治体側にも衛星監視システムの専門となる担当が必要であることが明らかになった。これらの検討結果から、衛星監視システムの全体像を明らかにした。

次に、業務の効率化、コストの低減のために既存のシステムおよび画像・GISデータの共同利用について検討を行った。既存システムについてはデータの一貫性を確保し、情報の高度利用という意味での業務効率面の連携効果と、システム導入コストの削減という費用面の

連携効果があることが明らかになった。また、画像・GISデータの共同利用については、他部局の保有するデータで航空機による空中写真を含めて利用可能性があることが明確になった一方で、技術面、法制度面での留意事項も明らかにした。

最後に、コスト試算ということで、システムの対象範囲を明らかにしつつ、システム導入費とシステム運用費用を算出した。

7 総括と今後の課題

7.1 本調査の結果のまとめ

本調査では、前年度までの検討で開発された3つの要素技術である(1)開発した不法投棄を効率的に監視するための不法投棄要監視地域ゾーニング技術、(2)各種人工衛星によって不法投棄箇所を確実に検知するための不法投棄箇所検知技術、(3)自治体担当者の運用を支援するために両技術を組み込んだ衛星監視システムの有効性を実証するため、実証試験用のシステムを開発するとともに、数自治体の協力を得て実証試験を実施し、これら技術・システムの改善ならびに衛星監視システムの実務活用設計を行った。昨年度までの技術的検討に加えて実務的検討を行うことで、不法投棄等衛星監視システムの実用化を図るものである。

前年度までの検討で開発された3つの要素技術のうち、衛星画像検知システムは森林領域を対象としたNDVI変化に基づく手法のみしか開発・確立できておらず、その適用範囲には限界があったことから、第3章では森林領域以外の画像解析手法の開発・検討を行った。第4章と第5章では、前年度までの検討で開発された3つの要素技術の実務有効性を実証するために、新規発見業務ならびに日常監視業務について不法投棄等衛星監視システムを活用した実務の実証試験を行った。続く第6章では、これらの実証試験の結果を整理するとともに、コスト面ならびに他のシステムとの連携可能性を検討しながら、衛星監視システムの実務活用に向けた導入運用方法の設計を行った。

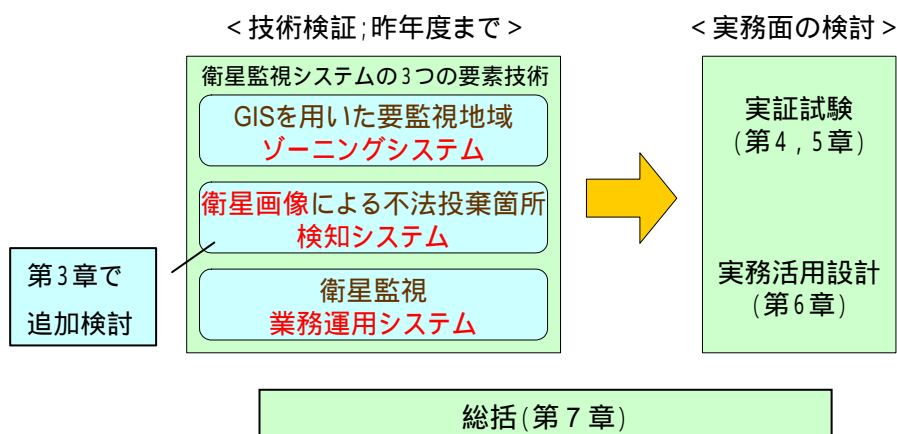


図7-1：本調査の概要

以下に、得られた主な成果をまとめた。

1) 衛星画像解析手法の改善（第3章）

前年度開発した衛星画像解析手法を森林領域以外でも適用できるように、多バンド画像解析手法、単画像解析手法、複数画像解析手法の3つの手法を検討した。その結果、単画像解析手法、複数画像解析手法については昨年度手法と同等の網羅率である約8割を維持したままで、誤検知

率を約 9.5 割から約 8 割までに削減することに成功した。これらの 2 つの手法は実用レベルにあると考えられたため、さらに実証試験で活用して、改善検討を行った。その結果、誤検知を削減する必要性ならびに解析結果の表示方法に課題があることが判明した。そこで、単画像画像解析手法と複数画像解析手法を組み合わせた手法を検討したところ、網羅率を 1 割向上させ約 9 割、誤検知をさらに約 6 割まで削減させることができた。

2) 実証試験の実施 (第 4 章、第 5 章)

新規発見業務ならびに日常監視業務における不法投棄等衛星監視システムの実証試験を茨城県、栃木県、千葉県 の 3 県で実施した。新規発見業務における実証試験では目視判読での現場抽出、新規発見情報の共有化、現場の変化状況把握、統計分析の 4 つの実証項目について、また、日常監視業務における実証試験では、経時変化の把握、場所や状況把握の効率化、監視情報の管理の 3 つの実証項目について、それぞれ検討を行った。その結果、新規発見業務においては、衛星画像による不法投棄の監視は 20m 四方以上程度の中規模以上の面積であり、かつ広範囲な植生伐採や大規模な投棄堆積など画像の変化として現れる不法投棄、不適正保管であれば有効であるとの結論が得られた。また、日常監視業務においては、必ずしも十分な監視が行えないでいる許可施設等への調査を補完し、不適正保管・処理の減少に貢献できることが分かった。特に、視界が遮られている現場や、広くて立入り調査が困難な施設に有効である。また、沈静化した不法投棄現場に投棄が再発していないかどうかを確認・補足する手段として利用できることが分かった。さらに、不法投棄等衛星監視システムに求められる機能を把握するとともに、衛星監視システムが業務の効率化に有用であることを確認することができた。

3) 衛星監視システムの実務活用に向けた導入・運用方法の設計

実証試験の結論をふまえて、最後に、衛星監視システムの導入・運用方法の設計を行った。組織体制、導入後の業務フローを明示するとともに、他のシステムとの連携や他部署との衛星画像の共同利用をふまえた方策の検討を行い、低コストでの導入・運用方策を提示することができた。

7.2 3 年間の調査業務の総括

1) 要素技術の開発

ゾーニング、画像解析、業務運用システムという 3 つの要素技術の開発を行い、基盤技術を確立した。

2) 技術検証と実務実証

2 年間にわたって、3 県において衛星監視システムの技術面と実務面の検討を行い、実務に活用可能な衛星監視システムの適用範囲を明確にした。

3) 実務活用に向けた導入・運用方法の設計

低コストでの導入・運用に向け、他のシステムとの連携や他部署との衛星画像の共同利用をふまえて衛星監視システムの導入・運用方法の設計を行った。

自治体による有効活用に向けて、衛星監視システムの実務活用ガイドを作成した。

不法投棄等衛星 監視システム開発調査

付録

付録 1 衛星の種類と特徴	付録 1
付録 2 航空機空中画像の種類と特徴	付録 17
付録 3 衛星画像判読マニュアル	付録 25
付録 4 衛星画像と航空機空中写真の比較	付録 37
付録 5 衛星画像等の利活用事例	付録 41
付録 6 不法投棄要監視地域のゾーニングシステム	付録 55

付録1 衛星画像の種類と特徴

ここでは、現在あるいは近い将来に利用が可能となる衛星画像の概略仕様を示す。

1 光学センサ

1.1 パンクロマチックセンサ

パンクロマチックセンサ画像とはいわゆる可視域の白黒の画像で、現在商用で利用できる画像としてはQuickBird衛星から得られる約0.6mの画像が最も分解能が高い。またSPOT5のオーバーサンプリング画像は60km×60kmの広範囲のシーンサイズでありながら、約2.5mの高い分解能をもつ。図1に高分解能のQuickBird画像、SPOT5画像、図2に中分解能のSPOT4画像を示す。また、現在から近い将来において利用可能な主なパンクロマチックセンサ画像を表1に示す。なお、本センサでは、曇天の場合は地表面を撮影することが出来ないため、実利用の際には撮影時期を考慮する必要がある。

一般的に空間分解能が高いほど小さな物体が見えるが、一度に撮影できるエリアは狭くなり、単位面積あたりの価格も高くなる。よって小さいエリアを詳細に見る場合、あるいは数～十数メートルの対象物を検出したい場合には高分解能（分解能1m程度）のセンサを用い、数十メートル以上の大きさをもつ対象物や広い範囲の大まかな状況を監視したい場合は中分解能（分解能10m程度）のセンサを利用することが合理的であると考えられる。



(a)QuickBird



(b)SPOT5

図1 高分解能パナクロマチックセンサ画像の例 (QuickBird , SPOT5)



図2 中分解能パナクロマチックセンサ画像の例 (SPOT4)

表1 主なパンクロマチックセンサ画像

衛星名	軌道要素	観測センサ名	波長域	空間分解能	シーンサイズ	価格	備考
Quick Bird	太陽同期極軌道 高度:450km 傾斜角:98° 回帰日数:1-3.5日	PAN	0.45 ~ 0.90 μm	0.6m	16.5 × 16.5km	3,700円/km ² (マルチとのセット価格4,900円/km ²) 新規撮影追加料金なし(ただし優先撮影の場合1.5倍) 最小注文単位 ・アーカイブ:25km ² ・新規撮影:64km ²	米デジタルグローブ 2001年打ち上げ済
IKONOS	太陽同期軌道 高度:680km 傾斜角:98.12° 回帰日数:11日	PAN	0.45 ~ 0.90 μm	1m	走査幅11km	5,500 ~ 24,000円/km ² 新規撮影追加料金1新規撮影基準エリア(東西20km × 南北50kmまで)1,200,000円 最小注文単位 ・アーカイブ:25km ² (最小注文幅2km) ・新規撮影:121km ² (最小注文幅5km)	米スペースイメーシング 1998年打ち上げ済
OrbView 3	太陽同期極軌道 高度470km 傾斜角:97.25° 回帰日数:2-3日	PAN	0.45 ~ 0.90 μm	1m	8 × 8km	(未定)	米オーブイメージ 2003年打ち上げ済
EROS-A1	太陽同期軌道 高度:480km 回帰日数:2-7日	PAN	0.50 ~ 0.90 μm	1.8m	12.5 × 12.5km	アーカイブ1シーン:260,000円 新規撮影追加料金なし(ただし優先撮影の場合+250,000円)	イスラエルイメージサット 2000年打ち上げ済
SPOT2	太陽同期準回帰軌道 高度:約822km 回帰日数:26日	HRV-PAN	0.51 ~ 0.73 μm	10m	60 × 60km	アーカイブ1シーン:280,000円 新規撮影1シーン:400,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円)	仏スポットイマージュ 1990年打ち上げ済
SPOT4	太陽同期準回帰軌道 高度:約822km 回帰日数:26日	HRVIR-PAN	0.61 ~ 0.68 μm	10m	60 × 60km	アーカイブ1シーン:280,000円 新規撮影1シーン:400,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円)	仏スポットイマージュ 1998年打ち上げ済
SPOT5	太陽同期準回帰軌道 高度:約822km 回帰日数:26日	HRG-PAN	0.48 ~ 0.71 μm	2.5m	60 × 60km	アーカイブ1シーン:980,000円 新規撮影1シーン:1,100,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円) (1/2,1/4,1/8のシーンサイズも可能)	仏スポットイマージュ 2002年打ち上げ済
				5m	60 × 60km	アーカイブ1シーン:497,000円 新規撮影1シーン:617,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円) (1/2,1/4,1/8のシーンサイズも可能)	
IRS-1C	太陽同期準回帰軌道 高度:817km 回帰日数:24日	PAN	0.50 ~ 0.75 μm	5.8m	70.5 × 70.5km	2001.3.31以前 アーカイブ1シーン:295,000円 アーカイブサブシーン(23 × 23km):125,000円 2001.4.1以後 アーカイブ1シーン:122,000円 アーカイブサブシーン(23 × 23km):44,000円	印 1995年打ち上げ済
IRS-1D	太陽同期準回帰軌道(楕円) 高度:780km 回帰日数:25日	PAN	0.50 ~ 0.75 μm	5.2-5.8m	70.5 × 70.5km	2001.3.31以前 アーカイブ1シーン:295,000円 アーカイブサブシーン(23 × 23km):125,000円 2001.4.1以後 アーカイブ1シーン:122,000円 アーカイブサブシーン(23 × 23km):44,000円	印 1997年打ち上げ済
Landsat 7	太陽同期軌道 高度:705km 回帰日数:16日	ETM ⁺ -PAN	0.52 ~ 0.90 μm	15m	185 × 185km	アーカイブ1シーン:84,000円 [*] (*パンクロ+マルチ+熱赤外のセット価格)	米NASA 1999年打ち上げ済
ALOS	太陽同期軌道 高度:692km 傾斜角:98.2° 回帰日数:46日 サブサイクル:2日	PRISM	0.52 ~ 0.77 μm	2.5m	70 × 70km (直下)	(未定)	日本JAXA 2004年打ち上げ予定
EO-1	太陽同期準回帰軌道 高度:約705km 回帰日数:16日	ALI-PAN	0.48 ~ 0.69 μm	10m	37 × 42km	アーカイブ1シーン:46,500円 新規撮影1シーン:299,700円 (パンクロ+マルチのセット価格)	米国NASA 2000年打ち上げ済

1.2 マルチスペクトルセンサ

マルチスペクトルセンサとは、可視から赤外域の波長帯の電磁波を一度に複数(数~十数個)のチャンネル(バンド)で観測するセンサで、現在商用で利用できる画像としてはQuickBird衛星から得られる約2.4mの画像が最も分解能が高い。図3に高分解能のQuickBird画像、図4に中分解能のSPOT4画像を示す。また、現在から近い将来において利用可能な主なマルチスペクトルセンサ画像を表2に示す。

マルチスペクトルセンサは衛星ごとに観測する電磁波の波長帯とその数(一般にバンド数あるいはチャンネル数と呼ぶ)が異なるため、それぞれの衛星によって観測できる情報が異なる。図5に示すように、最近のいわゆる高分解能衛星はR(Red: 赤)、G(Green: 緑)、B(Blue: 青)、IR(InfraRed: 近赤外)の計4バンド、古くから様々な分野で利用されているSPOTは青バンドがなく、R、G、IR、SWIR(Short Wave InfraRed: 短波長赤外)の計4バンド、Landsat TMおよびLandsat TMの後継センサであるETM+は、R、G、B、IR、SWIR 2バンド、TIR(Thermal InfraRed: 熱赤外)の計7バンドを有する。RGBに近い3つのバンドを持つ場合はいわゆるトゥルーカラー画像(人間の見た目に近いカラー画像)を作成できることから、背景画像として利用されたり、あるいは目視による物体や状況の判読に利用される。また、IR(近赤外)は一般に植物の活性度と強い相関があることが知られていることから、植物情報の取得に利用されており、SWIR(短波長赤外)は主に鉱物資源探査の分野で有効性が確認されている。TIR(熱赤外)については次節で述べる。

本センサも前述のパンクロマチックセンサと同様に、曇天の場合は地表面を撮影することが出来ないため、実利用の際には撮影時期を考慮する必要がある。また、衛星によって同じ場所を撮影できる間隔(回帰日数)が異なるので注意する必要がある。一般に、高分解能衛星はポインティング機能(撮影したい場所にセンサを向ける機能)を持っているので、回帰日数は数日と短い、この機能を持たない中分解能衛星の回帰日数は2週間~5週間程度である。

マルチスペクトルセンサは、単にカラー画像を提供するのみならず、人間の視覚では捉えることの出来ない電磁波を検出するため、人間の視覚では検知できないような情報もコンピュータ解析処理により導き出すことが出来る可能性がある。



図3 高分解能マルチスペクトルセンサ画像の例 (QuickBird)



図4 中分解能マルチスペクトル画像の例 (SPOT4)

表2 主なマルチスペクトルセンサ画像

衛星名	軌道要素	観測センサ名	波長域	空間分解能	シーンサイズ	価格	備考
Quick Bird	太陽同期極軌道 高度: 450km 回帰日数: 1-3.5日	MULTI	0.45 ~ 0.52 μm 0.52 ~ 0.60 μm 0.63 ~ 0.69 μm 0.76 ~ 0.90 μm	2.4m	16.5 × 16.5km	4,100円/km2 (バンクロとのセット価格4,900円/km2) 新規撮影追加料金なし(ただし優先撮影の場合1.5倍) 最小注文単位 ・アーカイブ: 25km2 ・新規撮影: 64km2	米デジタルグローブ 2001年打ち上げ済
IKONOS	太陽同期準回帰軌道 高度: 約822km 回帰日数: 26日	MULTI	0.45 ~ 0.52 μm 0.52 ~ 0.60 μm 0.63 ~ 0.69 μm 0.76 ~ 0.90 μm	4m	走査幅11km	5,500 ~ 16,000円/km2 新規撮影追加料金1新規撮影基準エリア(東西20km × 南北50kmまで)1,200,000円 最小注文単位 ・アーカイブ: 25km2(最小注文幅2km) ・新規撮影: 121km2(最小注文幅5km)	米スペースイメージング 1998年打ち上げ済
OrbView 3	太陽同期準回帰軌道 高度: 約822km 回帰日数: 26日	MULTI	0.45 ~ 0.52 μm 0.52 ~ 0.60 μm 0.63 ~ 0.69 μm 0.76 ~ 0.90 μm	4m	8 × 8km	(未定)	米オーブイメージ 2003年打ち上げ済
SPOT2	太陽同期準回帰軌道 高度: 約822km 回帰日数: 26日	HRV-MULTI	0.50 ~ 0.59 μm 0.61 ~ 0.68 μm 0.78 ~ 0.89 μm	20m	60 × 60km	アーカイブ1シーン: 280,000円 新規撮影1シーン: 400,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円)	仏スポットイメージ 1990年打ち上げ済
SPOT4	太陽同期準回帰軌道 高度: 約822km 回帰日数: 26日	HRVIR-MULTI	0.50 ~ 0.59 μm 0.61 ~ 0.68 μm 0.78 ~ 0.89 μm 1.58 ~ 1.75 μm	20m	60 × 60km	アーカイブ1シーン: 280,000円 新規撮影1シーン: 400,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円)	仏スポットイメージ 1998年打ち上げ済
SPOT5	太陽同期準回帰軌道 高度: 約822km 回帰日数: 26日	HRG-MULTI	0.50 ~ 0.59 μm 0.61 ~ 0.68 μm 0.78 ~ 0.89 μm	10m	60 × 60km	アーカイブ1シーン: 497,000円 新規撮影1シーン: 617,000円 (ただし優先撮影の場合+550,000円) (1/2, 1/4, 1/8のシーンサイズも可能)	仏スポットイメージ 2002年打ち上げ済
Terra	太陽同期軌道 高度: 約705km 傾斜角: 約98.2° 回帰日数: 16日	ASTER-VNIR	0.52 ~ 0.60 μm(直下視) 0.63 ~ 0.69 μm(直下視)	15m	60 × 60km	アーカイブ1シーン: 9800円* (*マルチ + 熱赤外のセット価格)	米NASA(センサ所有日本ERSDAC) 1999年打ち上げ済
		ASTER-SWIR	1.600 ~ 1.700 μm 2.145 ~ 2.185 μm 2.185 ~ 2.225 μm 2.235 ~ 2.285 μm 2.295 ~ 2.365 μm 2.360 ~ 2.430 μm	30m			
		MODIS	0.62 ~ 14.385 μm に36バンド	250m 500m 1,000m	走査幅 2,330km	(不明)	
IRS-1C	太陽同期準回帰軌道 高度: 817km 回帰日数: 24日	LISS- - MULTI	0.52 ~ 0.59 μm 0.62 ~ 0.68 μm 0.77 ~ 0.86 μm	24m	141 × 141km	2001.3.31以前 アーカイブ1シーン: 295,000円 アーカイブサブシーン(70 × 70km): 225,000円 2001.4.1以後 アーカイブ1シーン: 122,000円 アーカイブサブシーン(23 × 23km): 92,800円	印 1995年打ち上げ済
			1.55 ~ 1.7 μm	70m			
IRS-1D	太陽同期準回帰軌道(楕円) 高度: 780km 回帰日数: 25日	LISS- - MULTI	0.52 ~ 0.59 μm 0.62 ~ 0.68 μm 0.77 ~ 0.86 μm	21-23m	141 × 141km	2001.3.31以前 アーカイブ1シーン: 295,000円 アーカイブサブシーン(70 × 70km): 225,000円 2001.4.1以後 アーカイブ1シーン: 122,000円 アーカイブサブシーン(23 × 23km): 92,800円	印 1997年打ち上げ済
			1.55 ~ 1.7 μm	63-70m			

表2 主なマルチスペクトルセンサ画像（続き）

衛星名	軌道要素	観測センサ名	波長域	空間分解能	シーンサイズ	価格	備考
Landsat 5	太陽同期軌道 高度：705km 回帰日数：16日	TM-MULTI	0.45～0.52 μm 0.52～0.60 μm 0.63～0.69 μm 0.76～0.90 μm 1.55～1.75 μm 2.08～2.35 μm	30m	185 × 185km	アーカイブ1シーン：84,000円* (*マルチ+熱赤外のセット価格)	米NASA 1984年打ち上げ済
Landsat 7	太陽同期軌道 高度：705km 回帰日数：16日	ETM*-MULTI	0.45～0.52 μm 0.52～0.60 μm 0.63～0.69 μm 0.76～0.90 μm 1.55～1.75 μm 2.08～2.35 μm	30m	185 × 185km	アーカイブ1シーン：84,000円* (*パンクロ+マルチ+熱赤外のセット価格)	米NASA 1999年打ち上げ済
JERS-1	太陽同期準回帰軌道 高度：約568km 傾斜角：約98° 回帰日数：44日	OPS-VNIR	0.52～0.60 μm 0.63～0.69 μm 0.76～0.86 μm 0.76～0.86 μm(前方視)	18 × 24m	75 × 75km	アーカイブ1シーン：2,400円	日本NASDA 1992年打ち上げ済 1998年受信終了
		OPS-SWIR	1.60～1.71 μm 2.01～2.12 μm 2.13～2.15 μm 2.27～2.40 μm	18 × 24m	75 × 75km	アーカイブ1シーン：2,400円	日本NASDA 1992年打ち上げ済 1998年受信終了
ALOS	太陽同期軌道 高度：692km 傾斜角：98.2° 回帰日数：46日 サブサイクル：2日	AVNIR-2	0.42～0.50 μm 0.52～0.60 μm 0.61～0.69 μm 0.76～0.89 μm	10m (直下)	70 × 70km (直下)	(未定)	日本JAXA 2004年打ち上げ予定
EO-1	太陽同期極軌道 高度：450km 傾斜角：98° 回帰日数：1-3.5日	ALI-MS	0.433～0.453 μm 0.450～0.515 μm 0.525～0.605 μm 0.630～0.690 μm 0.775～0.805 μm 0.845～0.890 μm 1.200～1.300 μm 1.550～1.750 μm 2.080～2.350 μm	30m	37 × 42km	アーカイブ1シーン：46,500円 新規撮影1シーン：299,700円 (パンクロ+マルチのセット価格)	米国NASA 2000年打ち上げ済

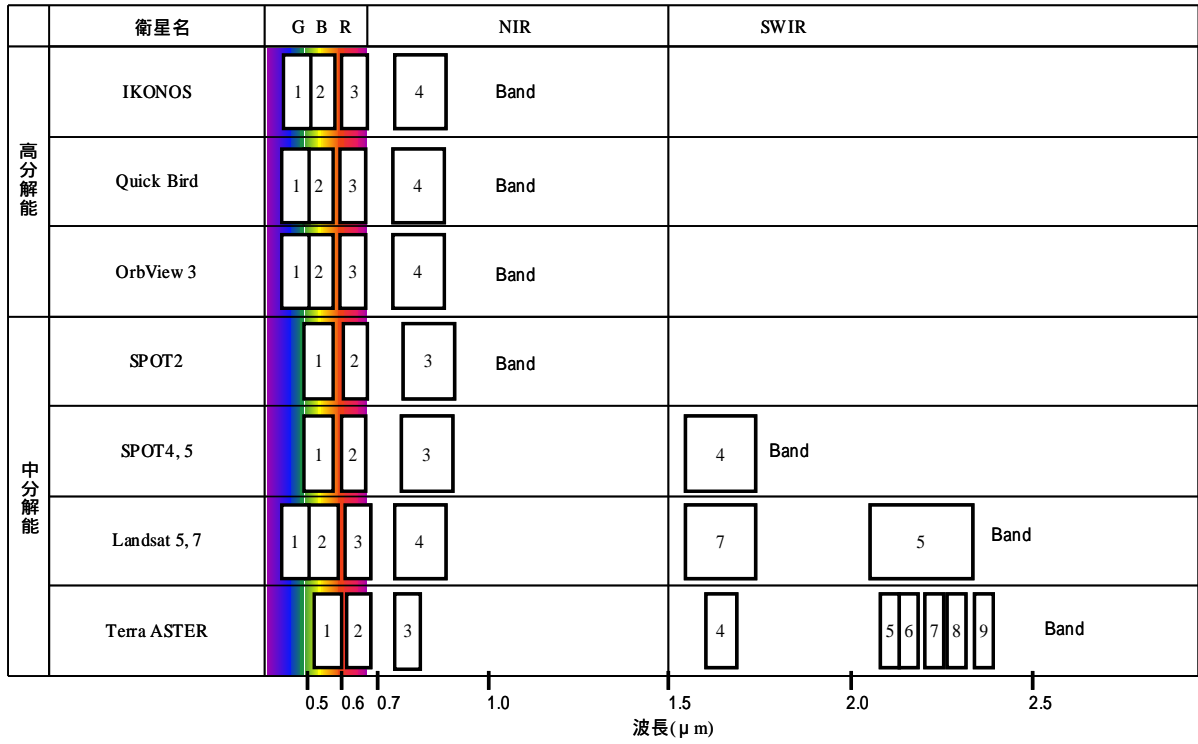


図5 代表的な衛星の観測波長帯

2 熱赤外センサ

熱赤外センサはマルチスペクトルセンサの一部と考えられることが多いが、可視～近赤外域のセンサと違って地上からの電磁波の放射を捉えることから、温度測定が可能である。図6にLandsat 7衛星の熱赤外画像を示す。また、現在から近い将来において利用可能な主な熱赤外センサ画像を表3に示す。

一般に、都市のヒートアイランド現象の監視、火山及び火災監視、地熱の上昇、夜間の陸域観測、火力発電所の温排水の把握、海面温度による漁場推定などに利用されている。



図6 熱赤外センサ画像の例 (Landsat ETM⁺)

表3 主な熱赤外センサ画像

衛星名	軌道要素	観測センサ名	波長域	空間分解能	シーンサイズ	価格	備考
Landsat 5	太陽同期準回帰軌道 高度:705km 回帰日数:16日	TM-TIR	10.40 ~ 12.50 μm	120m	185 × 185km	アーカイブ1シーン:84,000円* (*マルチ+熱赤外のセット価格)	米NASA 1984年打ち上げ済
Landsat 7	太陽同期準回帰軌道 高度:705km 回帰日数:16日	ETM ⁺ -TIR	10.40 ~ 12.50 μm	60m	185 × 185km	アーカイブ1シーン:84,000円* (*マルチ+熱赤外のセット価格)	米NASA 1999年打ち上げ済
Terra	太陽同期極軌道 高度705km 傾斜角:98.2° 回帰日数:16日	ASTER-TIR	8.125 ~ 8.475 μm 8.475 ~ 8.825 μm 8.925 ~ 9.275 μm 10.25 ~ 10.95 μm 10.95 ~ 11.65 μm	90m	60 × 60km	アーカイブ1シーン:9800円* (*マルチ+熱赤外のセット価格)	米NASA(センサ所有日本ERSDAC) 1999年打ち上げ済

3 合成開口レーダセンサ

合成開口レーダは、センサから照射したマイクロ波の反射波の強さや位相差を観測するもので、現在取得可能な衛星画像は中分解能（十数m）であるが、近い将来、数mの分解能を持つセンサを搭載した衛星の打ち上げが予定されている。図7にRADARSAT-1の合成開口レーダ画像を示す。また、現在から近い将来において利用可能な主な合成開口レーダ画像を表4に示す。

このセンサは、回帰日数が30日前後であることから数日間隔の定期的観測への利用には不向きではあるが、マイクロ波を用いるため曇天や夜間の撮影も可能であることが大きな特徴となっている。また、照射する周波数帯（波長帯）や偏波の種類によって地表面での透過状況や反射状況が異なることから、植生の観測や、植生下の地表面状態の把握、水面の波の状況など、様々な分野での利用が期待されている。さらに、2004年打ち上げ予定のRADARSAT-2衛星では、インタフェロメトリ情報（位相差情報）を用いて高精度な高さ情報（高さ方向の誤差：数cm）を収集することや、ポラリメトリ情報（偏波情報）を用いて多チャンネル画像を作成し情報抽出することも可能である。



図7 合成開口レーダ画像の例 (RADARSAT-1)

表4 主な合成開口レーダ画像

衛星名	軌道要素	観測センサ名	周波数	空間分解能	シーンサイズ	価格	備考
JERS-1	太陽同期準回帰軌道 高度: 約568km 傾斜角: 98° 回帰日数: 44日	SAR	1.275GHz	18 × 18m	75 × 75km	アーカイブ1シーン: 2,500円	日本JAXA 1992年打ち上げ済 1998年受信終了
Radarsat-1	太陽非同期 高度: 約79.8km 傾斜角: 約99° 回帰日数: 24日	FINE	5.3GHz HH偏波	10m	50 × 50km	1シーン: 303,300 ~ 453,300円	カナダ、レーダサットインターナショナル 1995年打ち上げ済
		STANDARD		30m	100 × 100km	1シーン: 279,000 ~ 438,000円	
		WIDE		30m	130 × 130km 150 × 150km 165 × 165km	1シーン: 318,500 ~ 475,400円	
		ScanSAR Narrow		50m	300 × 300km	1シーン: 335,900円	
		ScanSAR Wide		100m	500 × 500km	1シーン: 303,700円	
		High		25m	70 × 70km		
		Low Incidence		35m	170 × 170km		
Radarsat-2	太陽同期軌道 高度: 798km 回帰日数: 3日	Ultra-FINE	5.405GHz HH偏波 HV偏波	3m	20 × 20km	(未定)	カナダ、レーダサットインターナショナル 2004年打ち上げ予定
		STANDARD		28m	100 × 100km		
		WIDE		100m	500 × 500km		
ALOS	太陽同期軌道 高度: 692km 傾斜角: 98.2° 回帰日数: 46日 サブサイクル: 2日	PALSAR (高分解能モード)	1.27GHz HH偏波 VV偏波 HH&HV偏波 VV&VH偏波	10m	70km	(未定)	日本JAXA 2004年打ち上げ予定
		PALSAR (高観測幅モード)		1.27GHz HH偏波 VV偏波	100m		

4 ハイパースペクトルセンサ

ハイパースペクトルセンサ画像は可視～赤外域の電磁波を数百のバンドで捉えるものである。図8にハイパースペクトルセンサ画像（航空機搭載型センサにより撮影）を示す。ハイパースペクトルセンサ画像は、マルチスペクトルセンサ画像と比較すると多くのバンドデータを有するため、従来の画像解析手法とは異なる処理による情報抽出も可能で、マルチスペクトルセンサ画像からは抽出が困難であった観測対象物の詳細な性質の把握が可能である。本センサも前述のパンクロマチックセンサやマルチスペクトルセンサと同様に、曇天の場合は地表面を撮影することが出来ないため、実利用の際には撮影時期を考慮する必要がある。表5に現在から近い将来において利用可能な主なハイパースペクトルセンサ画像を示す。

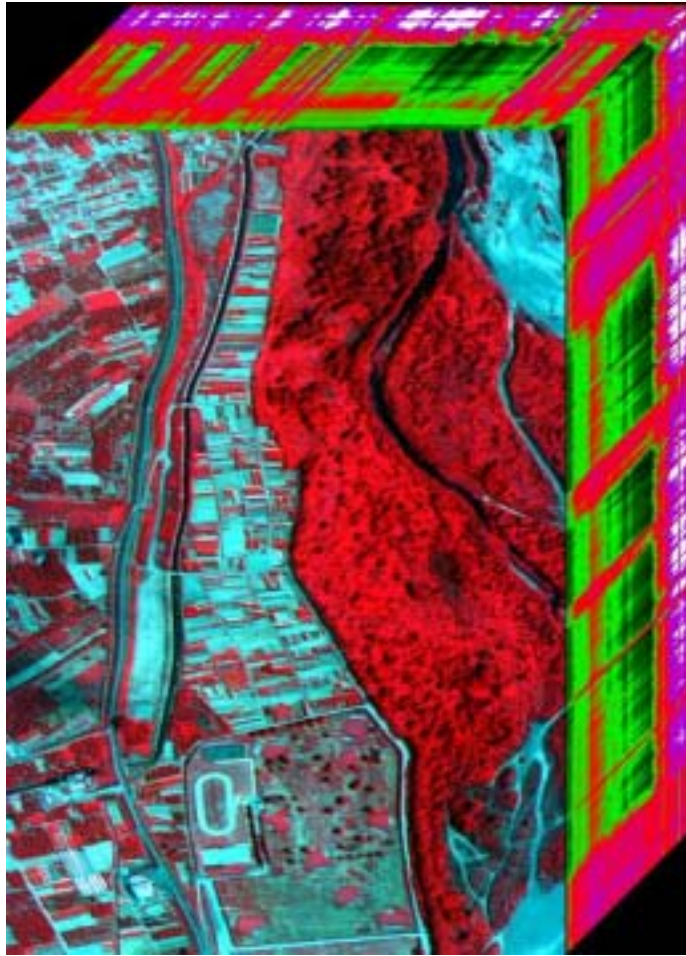


図8 ハイパースペクトルセンサ画像（航空機により撮影）

表5 主なハイパースペクトルセンサ画像

衛星名	軌道要素	観測センサ名	波長域	空間分解能	シーンサイズ	価格	備考
EO-1	太陽同期極軌道 高度:705km 傾斜角:約98° 回帰日数:16日	Hyperion	0.4 ~ 2.4 μmに220 バンド	30m	7.7 × 100km	アーカイブ1シーン: 46,500円 新規撮影1シーン: 299,700円 (パナクロ+マルチ+ハイ パーのセット価格 アーカイブ1シーン: 88,600円 新規撮影1シーン: 392,400 円)	米国NASA 2000年打ち上げ済

5 主要な衛星画像の検索サイト

以上に述べた衛星画像のうち、不法投棄箇所検知に有効と考えられた衛星画像の検索サイトを以下に示す。

【QuickBird】

Digital Globe

URL: <http://archivetool2.digitalglobe.com/ot/Map.jsp;jsessionid=dsuw3g0sd1>

【IKONOS】

Space Imaging

URL: <http://carterraonline.spaceimaging.com/cgi-bin/Carterra/phtml/login.phtml>

【SPOT 5】

Spot Image

URL: <http://sirius.spotimage.fr/anglais/Welcome.htm>

付録2 航空機空中画像の種類と特徴

1 空中画像の種類と特徴

空中画像には表1に示すいくつかの種類がある。衛星監視システムで利用できる画像は、GISデータと重ね合わせられるように、位置情報を与えてデータ化した画像データを利用する。

表1 空中画像の種類

空中画像	作成方法	主な媒体	利用目的の例	画像の例
空中写真(垂直写真)	アナログ撮影	フィルム、プリント、スキャン画像データ	・地図作成のための整備 ・現況確認等	
空中写真(斜め写真)	アナログ撮影	フィルム、プリント、スキャン画像データ	・ヘリパトロール写真 ・現況確認等	
オルソ画像	アナログ撮影した空中写真(垂直写真)を地形データ加味してゆがみ補正したもの	画像データ	・GISの背景画像 ・部分的な地図作成 ・現況確認等	
センシング技術を利用した撮影によるオルソ画像	デジタルスキャナーでの撮影	画像データ	・GISの背景画像 ・リモートセンシング	

画像の出展：国土地理院ホームページ、©市原市、©株式会社パスコ

2 衛星監視に利用する空中画像の特徴

空中写真は写真の中心部と周辺部に、航空機カメラのレンズからの遠近のためゆがみが生じる。そのため、GISの背景データとして重ねあわせを行う時には、オルソ加工という幾何補正が必要になる。オルソ加工した画像には表1で示した、空中写真を加工したものと航空機搭載のリモートセンシング技術を利用したセンサーで撮影したものがある。

2.1 空中画像の特徴

(1) 空中写真から加工する空中画像（オルソ画像）

オルソ画像は、空中写真をスキャナーで取得してデジタルデータにした後、空中三角測量成果および地形起伏データを利用し、コンピュータで正射投影変換を行い作成する。空中写真から加工したオルソ画像と高解像度衛星の仕様の比較を表2に示す。

表2 空中写真と衛星画像の比較

	空中写真から加工したオルソ画像	高分解能衛星画像
1. 解像度	撮影高度：通常 500m～6,000m 撮影縮尺：1/3,000～1/40,000 解像度 カラー：5～60cm モノクロ：2.5～28cm	モノクロ 1m マルチ 4m (データフュージョンによる 1mマルチ)
2. 撮影時間	通常 10時～14時	原則、1日1回定刻
3. 撮影場所	場所により許可申請必要。	撮影地区制限なし。
4. 周期	天候さえ許せば毎日可能。	解像度との関係で3日に1度撮影可能。
5. 広域性	広域をとる場合撮影時間がかかる。例えば 11×11km の範囲の場合約 1時間。	瞬時。例えば 11×11km の範囲の場合 2秒。
6. データ	デジタル化の必要。この時読み込むスキャナーによりデータに影響を受ける。	デジタルデータで収集される。
7. 写り方	高低差のある地形では画像内で縮尺が異なる。 通常広角レンズを使用する、その場合視野角が90度となり周辺の構造物等の傾きが大きい。	高々度で撮影しているため、高低差の影響はほとんどない 視野角1度と狭いため構造物等の傾きが少なく一定。
8. データ階調	デジタル化時通常各 256 階調	各 1024 階調
9. オルソ画像作成工程	写真 1 枚ごとに航空三角測量の工程を経なければならない。	広範囲で1度行えばよい。
10. モザイク	接合面で構造物の傾きが異なる。	接合面に違和感がない。

岐阜県 GIS モデル事業ホームページから引用・加筆

http://www.gis.pref.gifu.jp/02side_contents/02model_project/html/index.htm

(2)センシング技術を利用した撮影での空中画像

従来の空中写真で用いられている銀塩フィルム写真、すなわち「アナログ」媒体を経由せず、CCDラインセンサにより、地形画像をデジタルで直接取得する技術が近年登場し、公共測量の実績も増加しつつある。センシング技術を利用した撮影で取得する空中画像と、衛星画像及び空中写真から加工したオルソ画像との比較を表3に示す。

表3 空中画像の衛星監視システムへの適用

	空中写真から加工したオルソ画像	センシング技術を利用した撮影での空中画像	高分解能衛星画像
取得バンド	なし	センサーの仕様による。衛星画像データと同一処理で扱えるかどうかは別途検証が必要になる。	センサーの仕様による。
NDVI値の生成	不可	可	可
過去画像との重ね合わせ	撮影時期ごとに、若干のずれが生じる(位置、航空カメラの傾き)	同左	同左
不法投棄現場の目視判読	可	可	可
撮影コース間のつなぎ目	垂直写真の枚数ごとに接合部が発生する。接合部で建物の壁面などの向きが変わる	撮影コース間ごとに接合部が発生する。左記のオルソ画像と比べて接合部は目立たない。	同一画像内での接合部はない

自治体で所有する多くの空中画像は、アナログで撮影した密着写真をスキャンしてオルソ加工したものである。そのため、衛星画像データのようにスペクトルのバンドを持たず、NDVI値を求めることができないなど、衛星監視システムへの利用に制限がある。

一方、マルチスペクトル画像やハイパースペクトル画像といった、センシング技術を利用したセンサーから撮影する空中画像を用いることで、今後は衛星監視画像の役割を代用することが考えられる。この場合、衛星画像と異なり、必要範囲を必要なときに撮影できる点が特徴として挙げられる。また、費用面は、登場当初は衛星画像と比較して高かったが、近年1km²あたり20,000円程度で撮影を行える事業者も出現しており、衛星画像と同程度の単価になりつつある。

マルチスペクトルセンサーでの撮影に関する特徴を以下に記述する。

- ・ 直下センサーにより、倒れの少ない高品質なデジタルオルソ画像が作成可能。
- ・ ライン型デジタルセンサーによる、継ぎ目の無いデータを取得することができるため、画像の色ムラが少ない。

- ・ 近赤外線センサーを搭載しているため、クロロフィル（葉緑素）や水に反応する詳細なデータを取得することが可能。したがって、植生の活性度調査や、屋上緑化の現況把握調査などに活用することができる。
- ・ 16bit輝度階調を有するデジタル画像データが取得できることから、陰影部分の鮮明化処理が容易。
- ・ 前視・直視・後視のステレオ撮影が可能のため、地図作成コストの大幅削減が可能。
- ・ 人工衛星によるデジタル画像（非軍事用で最高1.0m解像度）に比べて高解像度（カラー20cm、白黒10cm）の画像データを取得できる。

空中画像は撮影する際に、航空機にセンサーを付け替えることで、リモートセンシングのデータを撮影することができる。マルチスペクトルセンサー以外にも衛星画像の種類の中で挙げた、熱センサーやハイパースペクトルセンサーを航空機から撮影することが可能である。

各センサーの種類と特徴は付録1を参照のこと。

2.2 空中画像の撮影方法

漏れが起きないように隣り合う写真の重なりが60%、コース間の重なりが30%となるように地上を撮影し、地図を作成する範囲をまんべんなく撮影するためUターンを繰り返す。デジタルでの撮影では、アナログの撮影方法とは異なり、シャッターを切りながら撮影するのではなく、スキャナーのように地上の画像を一様に取得する。アナログの撮影方法と、新技術によるデジタルでの撮影（マルチスペクトルセンサー等の場合）のイメージを図1に示す。

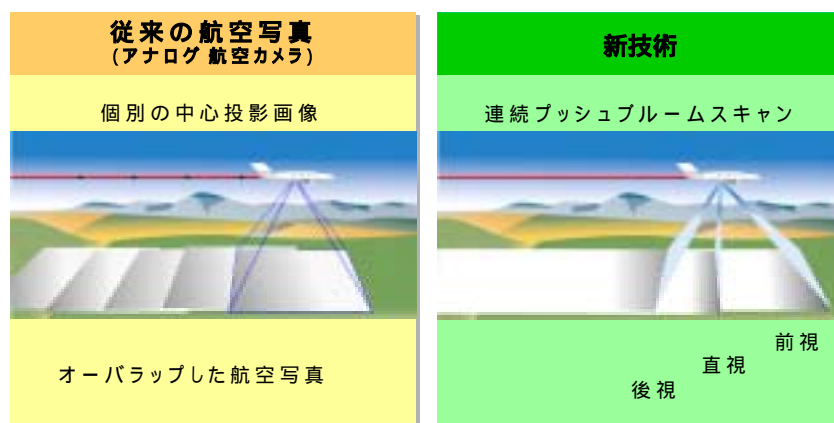


図1 撮影方法の違い

空中写真の撮影縮尺と、図化縮尺の比は、表4の値が標準として設定されている。撮影目的に合わせて縮尺を設定する。国土地理院では1/10,000及び1/25,000地形図を作成するために撮影縮尺1/30,000の空中写真を撮影する。

表4 撮影縮尺

図化縮尺	撮影縮尺	図化倍率
1/500	1/3,000 ~ 1/4,000	1:6 ~ 1:8
1/1,000	1/6,000 ~ 1/8,000	1:6 ~ 1:8
1/2,500	1/10,000 ~ 1/12,500	1:4 ~ 1:5
1/5,000	1/20,000 ~ 1/25,000	1:4 ~ 1:5
1/10,000	1/30,000	1:3

公共測量作業規定より

2 空中写真の撮影機関

日本全国の空中写真は国土地理院と林野庁および都道府県によって撮影されている。

国土地理院は主に都市部を、林野庁および都道府県は林野・山岳地域（林野関係という）を担当している。

図2に国土地理院と林野庁および都道府県が撮影する空中写真の撮影分担を示す。図は2003年度の撮影分担であり、年毎に調整が行われる。



図2 撮影機関の地域別の分担（国土地理院と林野庁・都道府県）（2003年8月）
（日本林業技術協会ホームページから）

2.1 国土地理院での撮影

(1)空中画像撮影について

国土地理院では、日本国土の地形図（1/25000や1/10000など）を作成するために、空中画像を撮影している。地形図は、空中画像撮影から現地調査、図化、編集、提供という段階を経て公に提供される。2万5千分の1地形図は、統一した規格で全国をカバーしている国の基本図で最も縮尺の大きなもので、行政、教育、レクリエーション等多方面に利用されている。

空中写真は2万5千分の1地形図の作成のために、日本全国をそろえており、地図変化の激しいところは約4年、その他のところは約10年に一度、経年変化更新のための撮影を実施する。

また、国土地理院では、鉄道、高速道路等の大規模プロジェクトが完成した場合には、直ちに地形図を修正し、最新の地理情報を提供する活動を行っている。

(2)空中画像の入手方法について

国土地理院の撮影した空中画像は、全国の取次店、(財)日本地図センター窓口(東京・つくば・国土地理院(情報サービス館内))で取り扱われており、表5に示す単位で販売されている。(航空写真1枚からの販売)

国土地理院の撮影の一部は民間事業者と協力しており、(財)日本地図センター(<http://www.jmc.or.jp/photo/photo.html>)では、中日本航空(株)、(株)NTT-ME、デジタル・アース・テクノロジー(株)、東京デジタルマップ(株)、ジェイアール東日本コンサルタンツ(株)の各社が撮影した空中写真の提供を行っている。

国土地理院の空中写真の全国の取次店は(財)日本地図センター ホームページ「空中写真・国土基本図取次店一覧」(<http://www.jmc.or.jp/sale/toritugi.html>)を参照。

(財)日本地図センター 空中写真部

〒305-0821 茨城県つくば市春日3-1-8

TEL 029-851-6657～8

FAX 029-852-4532

測量成果の利用に関する、空中画像利用の申請については国土地理院のホームページから問い合わせを行う(<http://www.gsi.go.jp/LAW/2930/index.html>)。

表5 空中画像の価格（日本地図センターホームページから）

種 類	規 格	定価(モノクロ) 定価(カラー)	
		(消費税込み)	
密着焼印画	2.3 cm × 2.3 cm	1,150円	3,650円
二倍引伸印画	4.6 cm × 4.6 cm	1,950円	7,500円
三倍引伸印画	6.9 cm × 6.9 cm	3,750円	19,950円
四倍引伸印画	9.2 cm × 9.2 cm	4,650円	25,050円
部分引伸印画	2.3 cm × 2.3 cm	2,500円	
”	4.6 cm × 4.6 cm	3,350円	14,650円
”	6.9 cm × 6.9 cm	5,850円	22,700円
”	9.2 cm × 9.2 cm	6,650円	28,000円
密着陽画原板	2.3 cm × 2.3 cm	3,400円	9,600円
35mm マイクロフィルム引伸	2.3 cm × 2.3 cm	1,200円	
スライド	6.0 mm		3,650円

2.2 林野庁での撮影

林野庁は社団法人日本林業技術協会を通じて、国有林及び民有林の森林計画策定、地形図作製、森林保全計画、治山計画調査等のために、モノクロ、カラーの空中画像撮影を行っている。わが国の4分の3を占める山林の空中画像を保有し、概ね5年に1度各地の空中画像を更新している。

撮影した空中画像は、森林計画策定のための正射写真図の作製、空中画像判読による林相図の作製、森林基本図の経年変化修正を行う。また、空中画像の効果的な活用、特にオルソフォトマップ等の利用の普及に努め、日本林業技術協会は林野庁との基本契約に基づき、林野関係の空中画像の作製・頒布を行っている。

林野庁での撮影は、全国の森林部を対象に毎年5月から9月末日までの夏期に実施される。そのときの撮影縮尺は1万6000分の1である。

林野庁で所有する空中画像のデータは、2003年度では図2の網掛け部分の範囲がモノクロプリントで販売されている（一部カラー）。

問い合わせ先

(社)日本林業技術協会 空中写真室 TEL 03-3261-6952 FAX 03-3261-3044

<http://www.jafta.or.jp/kokusoku/konyu.html>

2.3 オルソ画像の販売

オルソ画像は一部の民間企業において、過去画像とともに販売している。全国の主要都市を網羅して、ライブラリを用いて販売を行う企業の問い合わせ先を表6に示す。なお、1都府県やその一部地域のみを対象にデジタルオルソ画像の販売を行う企業は他にもあり、それぞれ注文に応じて地域の画像を取り扱う。

表6 オルソ加工した空中画像のライブラリでの販売

問い合わせ先	撮影対象範囲	撮影縮尺	分解能	販売単位	価格	参照URL
デジタル・アース・テクノロジー株式会社	東京23区全域、多摩、相模地域（山間部は除く）、名古屋市、大阪市、神戸市	1:12500	25cmまたは50cm	(1) 市区町村単位 (2) 4km×4km程度以上の矩形 デジタル・アース・テクノロジー社が定める500mメッシュ単位	¥4,200/km ² から	http://www.det.co.jp/index.html
株式会社パスコ	全国主要都市都市計画区域	1:10000または1:20000	20cmまたは40cm	市区町村単位	基本料金 + ¥2,800/km ² から	http://www.pasco.co.jp/business/products/ap_data/item.html

参考資料

- 1) 国土地理院ホームページ
- 2) 社団法人日本林業技術協会（日林協）ホームページ
- 3) 岐阜県GISモデル事業ホームページ
- 4) 社団法人日本測量協会：建設省公共測量作業規定、平成8年3月
- 5) 社団法人日本林業技術協会：第58回通常総会報告、平成15年5月

～不法投棄等衛星監視システム開発調査～

衛星画像判読マニュアル

平成16年3月

1. 本マニュアルの目的

不法投棄衛星監視業務の実施においては、解析画像だけでなく、衛星画像そのものの目視判読が重要である。一般的に衛星画像による撮影領域は非常に広範囲であり、ある程度の正確さを保ちながら全領域をくまなく目視判読するためには相応の時間や経験が必要となるだろう。そこで本マニュアルでは、自治体担当者が目視判読を行ううえでの参考となる情報を整理した。

2. 目視判読の流れ

本節では、衛星画像解析結果に対する目視判読の流れについて述べる。

衛星画像の判読には、実証試験システムによって提供される解析結果画像、パンシャープン画像（衛星カラー画像）、GISデータを利用する。目視判読の流れは、「誤検出領域の除去」工程と「投棄現場の抽出」工程の2つのステップに分けることができる。図2-1に目視判読の流れを示す。

(1) 誤検出領域の除去

本工程では、判読対象となる領域の中で、明らかに不法投棄現場ではないという誤検出箇所を衛星画像とGISデータを用いた判読を行うことで除去を試みる。除去の対象としては、比較的判読における特徴のはっきりした、市街地、森林、農地等が挙げられる。本工程により、明らかな誤検出の領域を除去し、不法投棄の可能性のある箇所のみを抽出することができる。

(2) 投棄現場の抽出

本工程では、(1)の誤検出領域の除去結果に対して、再度判読を行い不法投棄の可能性が高い領域の抽出を試みる。本工程の判読では、衛星画像の解析結果を基に、対象とする現場の見え方（現場特徴）に着目した判読と、対象とする現場の周辺の地目や地形（現場の周辺状況）に着目した判読を行い、投棄現場の抽出を行なう。本工程により、不法投棄の可能性のある箇所を、可能性が高い箇所と低い箇所に分類することができる。

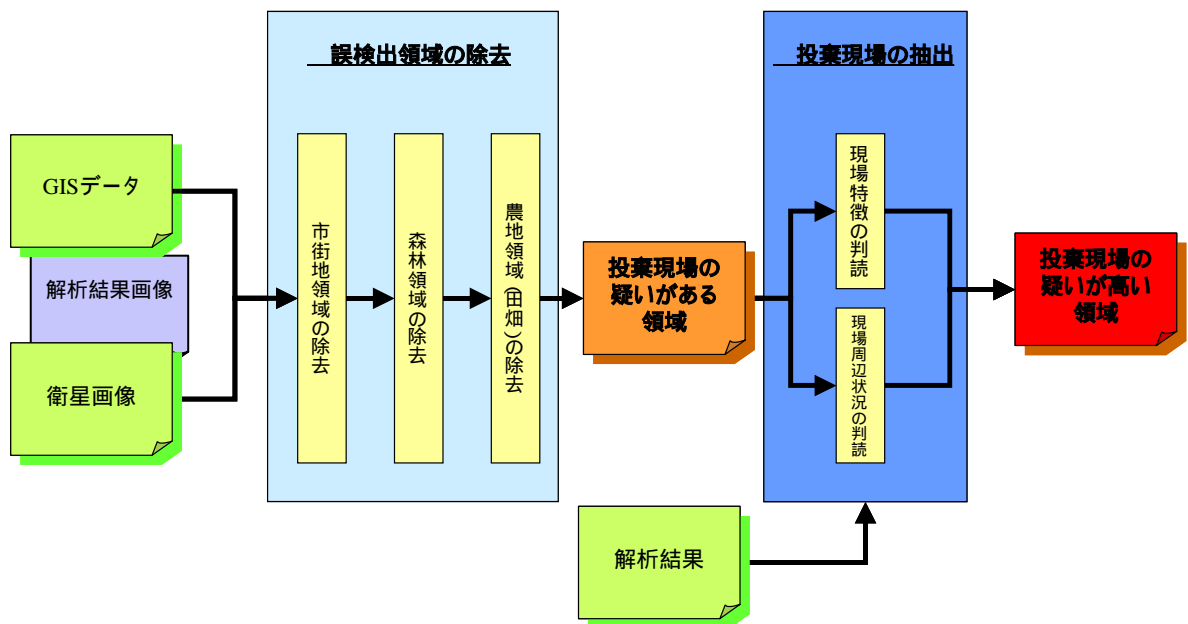


図2-1 目視判読の流れ

3. 目視判読による誤検出領域の除去

本節では、目視判読による誤検出領域の除去の概要と、判読事例について述べる。

3.1 誤検出領域除去の概要

誤検出領域の除去は、明らかに誤検出の可能性が高い箇所を取り除くことを目的として行なう。そのため、対象は判読し易い箇所（対象物が何なのか理解し易い箇所）となる。一般的に、人工的な地形変化を伴う領域は比較的判読が容易である。また、周辺の地目、地形を見ることで地形変化の目的を間接的に知ることの一つの判断材料となり得る（「学校施設の隣にある空き地はグラウンドの可能性が高い」等）。判読による誤検出の除去は、除去対象とする領域の地目の確からしさが高いことが前提となる。判読者の経験、能力に関わらず、高い確率で地目の判読が可能な領域のみ除去を行なうようにすることで、判読により誤って投棄現場を除去してしまう可能性を抑えなければならない。

これらの条件を考えると、比較的判読による除去がし易い領域として、「森林領域」、「市街地領域」、「農地領域」が挙げられる。次節から、各領域に対する判読のポイントを整理する。

3.2 森林領域の除去

最も判読が容易な領域である。樹木が密集している領域は、色、見た目等で比較的判読がし易い。森林領域は周囲に比べ高さが高いことが多く、森林領域の周囲には影が出ることもある。この影の部分が誤検出領域として現れることがある。同様に森林領域内にある荒地等、不法投棄の可能性が高い領域が影により隠されてしまうこともあるため注意が必要である。また、植生の多い夏場などは、森林内の草地などに生える雑草も色濃く見えることから森林と判読を誤る可能性もある。

その他に森林領域と似通った特徴を持つ領域として、以下のようなものが考えられる。

- ・ 大規模な公園
- ・ ゴルフ場
- ・ 果樹園 など
- ・

中には森林に比べ季節変化の激しいものも含まれる。森林領域に比べ、解析結果画像における誤検出が多く表れる可能性もあるため注意が必要である。

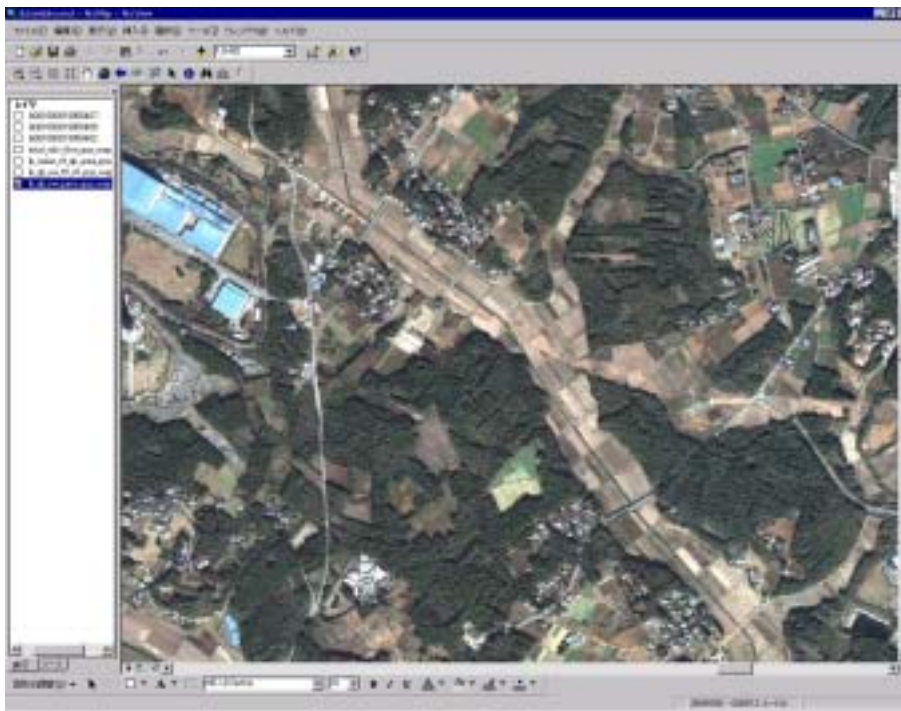


図3-1 森林領域の例

3.3 市街地領域の除去

大規模な建築物は容易に判読可能である。小規模な住宅等も数軒密集していれば比較的容易に判読できることが多い。また住宅等が密集している市街地は、GISレイヤ等を参考にすることで、短時間に広範囲の絞込みが可能であり、判読対象領域の面積を大きく減らすことができる。(但し、市街地に不法投棄が起きないという明確な根拠は無い。确实性を尊重するのであれば、GISデータによるスクリーニングはリスクがあることを把握しておく必要がある。)小さい領域に点在する住宅地等は、画像の撮影条件、周囲の地形によっては判読が困難なことがある。地面に積まれた人工物と見分けがつかない(判読を誤る)ことがあるので注意が必要である。

また、市街地ではなくとも、郊外に多くみられる大規模な工場や、舗装された駐車場なども、判読は比較的容易であるため、人工物としての除去は可能である。

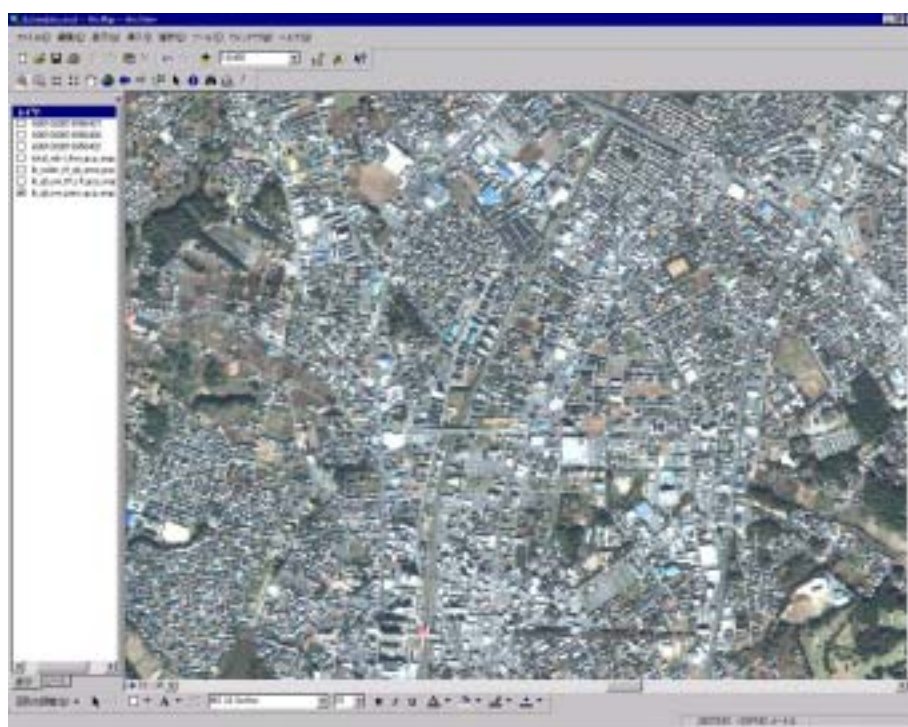


図3-2 市街地領域の例

3.4 農地領域の除去

比較的判読が容易であるが、判読ミスの可能性も高い領域である。撮影時期により植生の有無（画像の色）が大きく変化するため、スクリーニング画像に誤検出として現れる可能性も高い。厳密に区画整理がされている水田は、植生のある時期は均一に緑色に染まることが多いため比較的判読がし易いが、植生の無い時期では刈り取り時期を過ぎた水田なのか、休耕田なのか、荒地なのかといった判断は難しい。過去に休耕田に不法投棄された事例も見られるため、植生の無い時期には現場の状況に確信が無い限り、安易に除外することはリスクが大きい。畑については、植生の密度が水田に比べ低いことが多いため、農作物があったとしても雑草の生えた荒地などとの区別が難しい。また、農業従事者が多い地方では、個人の所有する山林の中を開墾して田畑を作っている例もみられ、畑と断定するには周囲の情報が少なく、判断のつき辛い場合もある。

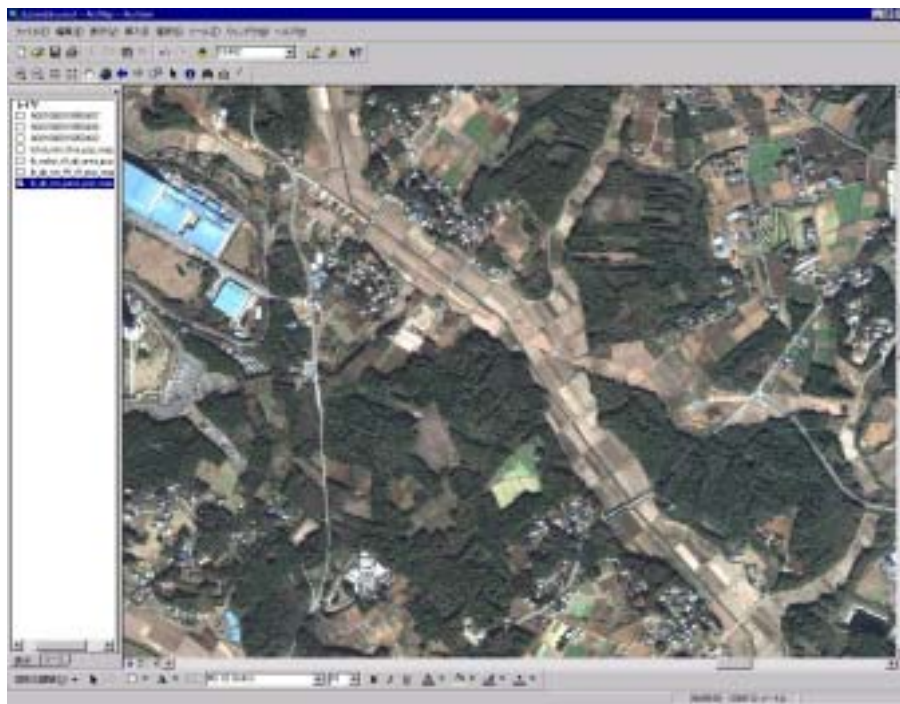


図3-3 農地領域の例

4. 目視判読による投棄現場の抽出

本節では、目視判読による投棄現場の抽出の概要と、判読事例について述べる。

4.1 投棄現場抽出の概要

投棄現場の抽出は、前工程である誤検出領域の削除の結果に対して、衛星画像の解析結果を元に不法投棄の可能性が高い領域を抽出する。投棄現場の抽出の具体的な手法としては、過去の不法投棄現場の傾向から、投棄現場そのものの画像特徴に着目して抽出を行う手法と、対象となる領域の周辺の状況（見通し、付近に民家が存在するか、など）から不法投棄現場の抽出を行う方法の2種類の判読を組み合わせることが有効であると考えられる。なお、ここでの不法投棄現場は、処分場、資材置き場なども含めて検討を実施している。

次節から、過去の不法投棄現場のパンシャープン画像による例をいくつか挙げ、投棄現場抽出に関する判読のポイントを「現場特徴による判読」と「現場周辺状況による判読」の観点で整理する。

4.2 現場特徴による判読事例

現場特徴による判読の事例として、以下の4つを挙げた。なお、このパンシャープン画像には不法投棄現場に加え、資材置き場の画像も含まれている。



図4-1 現場特徴による判読事例 1

囲い



図4-2 現場特徴による判読事例 2

囲い



図4-3 現場特徴による判読事例 3



図4-4 現場特徴による判読事例4

不法投棄現場に比較的共通して現れる条件として、以下のようなものが考えられる。

- ・ 周辺と不自然に地面の状況（地目、色合い）が異なる。
- ・ 表面に不自然な起伏が見られる。
- ・ 土地の境界が不明瞭もしくは土地の区画が不自然な形状をしている。
- ・ 雑然と堆積物のようなものが置かれている。（影などにより堆積物を確認できる、様々な色が混ざって見える）
- ・ 周囲を塀、柵等に囲まれている。
- ・ 重機の通過したような轍や鉄板等が見られる。

これら条件に合致した領域を画像から判断する際には、衛星画像の解析結果が非常に有効な資料となる。

また、上記条件にも挙がっているように、多くの不法投棄現場に共通した特徴として、鉄板などの囲いにより現場の中が見えないように囲まれているということが挙げられる。これについては実際、上記の事例1～3でも鉄板による囲いを行っていた。鉄板などによる囲いの有無については、判読によりある程度の精度で判断可能である。具体的には、鉄板とその影が規則性を持った列となっており、対象領域を囲む形で判読ができるため、鉄板などの囲いであると判断が可能である。ただし、影については必ずしも容易に判断できるような状況で撮影されているとは限らず（例えば夏の撮影画像だと影が短く判断が難しいなど）、撮影条件に左右されることもあると想定される。

また、直接的な現場特徴の判読ではないが、過去の画像と比較して急激な植生の変化がみられる箇所についても中長期的な変化に基づく判読指標として有効であると考えられる。

上記の条件で判断を行った結果、不法投棄現場に類似した特徴を持つ他の地目（農業用地の開墾や住宅造成地、休耕田など）を誤検知してしまう可能性もある。但しこれらは、判読および現場パトロールの結果を蓄積することで、除去することが可能となる。

4.3 現場周辺状況による判読事例

現場周辺状況による判読の事例として、以下の2つを挙げた。



図4-5 現場周辺状況による判読事例 1



図4-6 現場周辺状況による判読事例 2

現場周辺の状況として共通的な条件は、

- ・森林などの障害物に囲まれており、周囲からの見通しが悪い。
- ・周辺に民家が少ない。
- ・車両が通行可能な道路が繋がっている。

ということが挙げられる。

周辺からの見通しについては、森林に周囲が囲まれていることが多く、画像からは森林の一部が削り取られたような見た目となっているため、比較的判断は容易である。ただし、造成や陶業用地の開墾による森林の伐採、一部が削り取られているなどの状況もあるため、最終的な判断としては上記の衛星画像の解析結果を利用した「現場特徴による判読」と組み合わせて判断を行う必要があると思われる。

周辺に民家が少ない、大通りからそれほど離れていないという条件については、衛星画像からの判読も可能であるが、GISデータと組み合わせての判断も可能である。ただし、これに関してもあくまで「現場特徴による判読」での判読結果とあわせて判断する必要があると思われる。

5. 目視判読のチェックポイント

以下に、目視判読におけるチェックポイントをまとめた。

表 5-1 現場特徴によるチェックポイント

	チェック項目	誤判読の事例
1	過去の画像と比較して、急激な植生の変化がみられる。(もしくは解析により検出されている)	農業用地の開墾、住宅造成地など
2	周辺と不自然に地面の状況(地目、色合い)が異なる。(もしくは解析により検出されている)	墓地、休耕田など
3	土地の境界が不明瞭、もしくは土地の区画が不自然な形をしている。	休耕田など
4	雑然と堆積物のようなものが置かれている。(影により堆積物を確認できる、様々な色が混ざって見える等)	住宅造成地、ビニールハウスなど
5	表面に不自然な起伏が見られる。	墓地、休耕田など
6	周囲を塀、柵等に囲まれている。	公園、運動場、住宅造成地など
7	重機の通過したような轍や、鉄板等が見られる。	住宅造成地など

表 5-2 現場周辺状況によるチェックポイント

	チェック項目	誤判読の事例
1	周辺に民家が少ない。	
2	車両が通行可能な道路が広がっている。	
3	障害物に囲まれており、周囲からの見通しが悪い。	森林を伐採しての大規模造成地など

付録4 衛星画像と航空機空中写真の比較

現在の不法投棄監視業務において、衛星画像と競合する監視情報はスカイパトロールによる写真等の画像のみである。そこで、同一箇所の不法投棄現場あるいは不適正処理現場を撮影した衛星画像と航空機空中写真の判読性の違いを、茨城県の不法投棄等現場の画像を用いて比較・検討した。

< 衛星画像 >

人工衛星：Quick Bird

解像度：2.88m（高分解能マルチカラー画像）

撮影日：平成15年12月

< 航空機空中写真 >

撮影条件：ヘリコプターによるスカイパトロール時のカメラ撮影

撮影日：H15年6月

6箇所の現場についてそれぞれの画像を並べて、見た目の差異の比較を行なった結果を図1～6に示す。なお、両画像共に現場位置は同じであるが、正確に同じ範囲、倍率で表示してはいない。

衛星画像の画質は航空機空中写真に及ばないが、広範囲を一時に撮影することができる。また、衛星高度が航空機高度に比べて高いので、地表を真上から見下ろした構図となり、投棄現場の面積を計測するのに優れているといえる。さらに、他の時期に撮影された衛星画像等との比較により、現場の経時変化を容易かつ正確に把握することができる。一方、航空機空中写真の画質は衛星画像に比べてはるかに優れるが、広範囲の撮影には向かない。現場に対していろいろな角度から撮影することができるので、投棄物の高さの判読には優れているといえる。

表1に比較結果のまとめを示す。

表1 衛星画像と航空機空中写真の比較結果のまとめ

	衛星画像	航空機空中写真
広域の判読	優	劣
画像の拡大・縮小	可能	不可
画質	劣	優
面積の計測	優	劣
高さの判読	劣	優
経時変化比較	優	劣



衛星画像



航空機空中写真

図1 現場1：木くず100m³



衛星画像



航空機空中写真

図2 現場2：木くず30m³



衛星画像



航空機空中写真

図3 現場3：梱包廃プラ・建設廃材 2000m³



衛星画像



航空機空中写真

図4 現場4：木くず 200m³



衛星画像



航空機空中写真

図5 現場5：野焼き



衛星画像



航空機空中写真

図6 現場6：木くず3000m³

付録5 衛星画像等の利活用事例

衛星画像の利用にあたり、不法投棄対策部局のみでの利用では、県庁内でのデータ重複整備の発生や費用の単独部署での負担など非効率な利用となる。そこで、県庁内の他部署との共同利用の可能性を検討するために、他分野での衛星画像と空中画像の利活用事例を紹介する。

1 衛星画像及び空中画像の利活用事例の紹介

これまで空中画像は、国土地理院の事業にあげられる地形図や地図を作成する目的が主な利用方法であった。最近では、空中画像のみならず高解像度の衛星画像データを利用した研究が進んでいる。一部の自治体では、衛星画像データの利用を研究の比重が大きいながらも実用化を図るものや、衛星画像の利用を今後の検討とする場合が出現してきている。

本項では、自治体の衛星画像データおよび空中画像データを利用した各種事業の一例を取り上げる。

収集事例の各県が利用している画像データの仕様を表1に示す。

表1 紹介事例の画像の仕様

部局	紹介事例	分野	利用データ	利用データの解像度	カラー/バンド	撮影対象/面積	更新頻度	撮影時期
環境	A県	バイオマス	ハイパスベクトル画像	20cm	ハイパー	森林部740km ² (県面積の33%)	-	
	B県	SEA	高分解能衛星画像	1m	R,G,B,IR	計画事業地域 (40km ²)	-	
森林	C県	森林現況把握	空中画像	1m	モノクロ	森林部 (9000km ²)	5年	
	D県(水道部局)	水源涵養林の管理	空中画像	1m	モノクロ	森林部(250km ²)	5年	
	E県	緑の基本計画	中分解能衛星画像(LANDSAT)	15-30m	R,G,B,IR	森林部 (県面積の全域)	5年	
農業	新潟県	品質評価	高分解能衛星画像	1m	R,G,B,IR	対象農地	毎年	収穫前
	多数	中山間	空中画像	20cm	可視画像	山間部農地	-	
土木	全県	砂防	空中画像	20cm	可視画像	砂防指定地	5年	
	多数	河川	空中画像	20cm	可視画像	河川区域のみ (河川管理区間の河川上を幅1km程度)	-	
統合型GIS	岐阜県	統合型GIS	高分解能衛星画像(IKONOS) 中分解能衛星画像(SPOT)	1m 20m	可視画像 可視画像	全域 全域	- -	
	岡山県	統合型GIS	空中画像	-	可視画像	全域	-	
市町村	各地	税務	空中画像	20cm	カラー/ モノクロ	市町村全域 または 路線化区域	毎年 または 3年に一度	1月1日前後
	市原市財務部資産税課	税務	空中画像 マルチスペクトル画像	カラー密着または20cm解像度画像	カラー密着(H3、H6、H9、H12) デジタル画像(H15)	市原市全域	H3、H6、H9、H12、H15	1月1日前後

1.1 環境分野での活用

(1) 新エネルギー関連（バイオマス調査）

A県の環境局では木材のバイオマスの発生量調査の研究事業として平成14年度からハイパースペクトルセンサーを利用した空中画像撮影を実施した。30バンドのスペクトルを持つ解像度20cmの画像データを分析して、樹種分類及び樹冠疎密度調査を行い、間伐対象となる森林領域の抽出と、地域のバイオマス発生量の特定に用いている。

本事業は現在撮影から2年が経過し、分析手法の改良検討を重ね当初の目的となる樹種分類及び樹冠疎密度調査が可能となった。今後は、数年後に再度撮影を行い、経年変化比較調査を行う予定である。

近年、全国各地の県庁の環境部局において循環型社会形成推進関連の部署が新設され、今後、同様の木質バイオマス発生量調査事業の実施が期待される。

(2) SEA（戦略的環境アセスメント）関連

B県の文化環境部では、平成14年度に、計画立案立案段階での環境配慮におけるGISの有効性に関して実証的に検討した。実験地区を設け、県の各部局から横断的に構成員を組織した「戦略的環境アセスメント制度検討委員会」と協力して実施したものである。その中でリモートセンシング技術を用いた高解像度衛星画像解析を行い、GISと衛星画像を利用が公共事業の計画立案立案段階での環境配慮に、正確性、完全性、時間短縮、コスト、事務の高度化の面で有用であることを定量的に検証した。

1.2 森林分野での活用

森林部局では、空中画像データの利用は従来から進んでおり、多くの県で林野庁の撮影画像、国土地理院の撮影画像、そして民間の撮影データを購入し森林管理に役立てている。また、多くの県や市町村でランドサット画像が緑の基本計画策定支援に利用されている。

(1) 森林管理

C県の森林部局では、森林計画樹立区域の現況調査と設定のため、毎年空中画像データを購入・作成を実施している。利用する空中画像データは、林野庁および国土地理院が撮影する空中画像の出力図（モノクロプリントおよびモノクロ密着フィルム）を、スキャンしオルソ加工したものである。県内の森林地域を5分割し、5年周期で各区域の空中画像データが更新されるように事業を進めている。オルソ加工したデータはGISと合わせて、森林範囲の変化抽出と現況確認の調査に利用する。

D県では水源涵養林の把握のため水道部局で森林管理を行っている。県内の約250km²の範囲について、森林部の空中画像を有し、GIS上で管理するものである。

E県ではC県と同様の森林管理を行うにあたり、高解像度衛星画像を利用した撮影契約を検討中である。毎年、ある一定期間（4ヶ月）の間に撮影される衛星画像をモザイク加工し雲率0%の画像を作成し、その画像を購入するという内容である。



図1 D県の森林管理システム画面例

(2) 緑の基本計画

E県ではさらに緑の基本計画策定のため、森林部分の抽出にランドサット画像を利用した実績がある。緑地の分布状況を調査するために、リモートセンシング技術を用いて、土地利用分類と植生指数を求める。その結果はGISで管理して計画策定の資料としている。

F県では緑の基本計画策定に合わせ、1990年と1995年のランドサット画像から土地利用及び植生指数の差分比較を行った。差分比較を行うことで、森林の現地調査の対象を選定することを行った。

1.3 農業分野での活用

(1) 農業センター・試験場の取り組み

従来からリモートセンシングは、農業分野で盛んに研究が続けられてきた。その中で、高解像度衛星の登場で、更に利用の幅を広げた。IKONOSやQuickBirdの登場により、これまで適用が難しいとされてきた比較的小規模な農業にも従来の手法が適用されはじめ、圃場単位での管理も可能になってきた。

北海道や新潟県の農業試験場では高解像度衛星画像を利用して、タンパク推定方法によるコメの品質診断を試験的に行っている。近赤外領域のバンドから圃場の植生指数を調査し、止葉の葉色値と収穫時のタンパク値から、相関式を元にサンプル圃場の収穫時期の状態を予測するものである。

北海道開発局では平成15年6月に北海道農業のためのリモートセンシング実利用マニュアルを作成して、生産者レベルでの衛星データ活用と普及に手引きを示している。

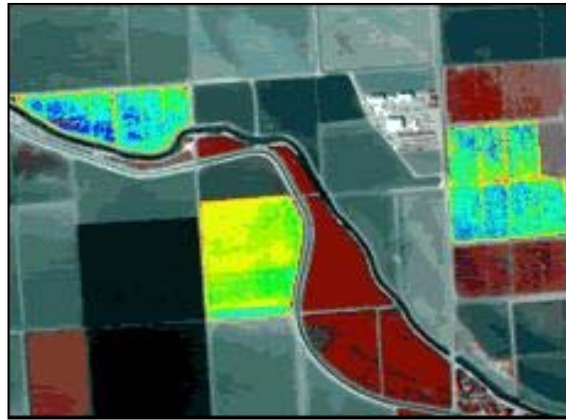


図2 圃場の植生指数（ESRIジャパン社ホームページから）

(2)中山間地域事業

農林地は適切な営農行為が継続されることによって、国土保全、生物・生態系保全といった多くの公益的機能を発揮している。しかし、中山間地域では営農条件などが不利な地域であることから、耕作放棄地の増加などにより多面的機能の低下が懸念されている。このため、農業生産の維持を通じて多面的機能を確保する観点から、中山間地域等直接支払制度が2000年度から実施されている。

中山間地域等における農業農村基盤の適切かつ総合的な整備に資するために、中山間地域等にかかるデジタルオルソ画像及び農地団地の区画形状等の空間データ基盤の管理を行っている。

1.4 土木分野での活用

(1)砂防分野

平成13年に施行された土砂災害防止法では、基礎調査を実施し土砂災害の恐れのある地域を特別警戒区域および警戒区域に指定することを定めている。その基礎調査を行うため従来の砂防指定地を中心に、人家の所在する山間部及び将来人家が建つ恐れのある地区を対象にオルソ画像の撮影を実施しデジタルマップ（3次元DM）を作成している。全国47都道府県すべての砂防部局で取り組みがなされ、2004年2月現在、約3分の2の進捗ペースで撮影が済んでいる。

土砂災害防止法のために整備するオルソ画像は、新規撮影または過去5年程度以内の画像をオルソ加工したものを利用する。基礎調査の対象範囲を含む図郭を対象に整備するため、不連続な必要最小限のデータの整備としている。

このオルソ画像は、5年ごとを目安にして更新を行い、法指定地の現況確認、再調査のために利用される。また、法指定地に対しては、人家の建築規制などの私権制限があるため、公示図書の背景図としても利用する。

(2)河川分野

国土交通省の直轄河川事務所では、平成11年度から河川GISの整備が行われ、事務所内のデータ管理ツールとしてGISが導入された。このとき、多くの河川事務所では河川上の現況把握を行うための垂直写真画像が整備された。その多くは空中画像であるが、一部の河川事務所では流域を網羅する高解像度衛星画像を撮影し、河川流域の現況把握に活用している。

都道府県の土木部局の河川管理事業では、国土交通省の直轄河川と比較して数は少ないものの一部の土木事務所等で河川区域の垂直写真や衛星画像を整備している。

その他、河川において空中画像を整備する目的に、流域の環境調査がある。ダムや堤防といった河川構造物の整備事業の事前調査において、周辺への環境影響評価や、事業実施中の環境モニタリングに利用するためである。

1.5 統合型 GIS での活用

岐阜県では「岐阜県域統合型GIS」を構築し、「県・市町村が共通的に利用する地理情報の整備・更新」、「GIS普及・啓蒙のための教育・研修」をはじめ、「県民、NPO、産業界、研究者、行政等の個別の様々な地理情報サービスを相互利用し、対話型で一括提供できる場の実現」を目指している。

岐阜県における地理情報を県・市町村等で共同整備・統合し、データの流通窓口を担う「岐阜県ふるさと地理情報センター」を中核に「岐阜県情報スーパーハイウェイ」により、県域の産業（産）、地方自治体（官）の「県庁統合型GIS」と「市町村統合型GIS」、さらには研究機関（学）等とで相互流通可能な「県域統合型GIS」のプラットフォーム構築を目指す。併せて、インターネットを通じて県民等とのお互いのデータ流通、公開を可能にする「県民公開提供・参加型GIS」により、新しい公共サービスの構築を目指している。

岐阜県ふるさと地理情報センターでは、上記の公共サービスの実現のため、地域ポータルサイト構築し、「ふるさと地理情報センター」のホームページから、地域情報やベースマップを公開している。その中では、県内各自治体から収集した地理情報に加えて、岐阜県が整備したイコノス画像やSPOT画像を背景図として公開している。

<http://www.gis.pref.gifu.jp/index.html>



図3 岐阜県ふるさと地理情報センターの画面

岡山県土地利用対策室では、県のホームページから「おかやま全県統合型GIS」を運用して、県内の地理情報を公開している。（<http://webgis.pref.okayama.jp/mwiiisapok/index.htm>）

平成13年から整備を進めた土地利用情報の公開システムを始めとして、防災、環境、都市計画、農業振興など、県庁はもとより市町村も含めた幅広い行政事務の効率化や充実、また産業振興や県民サービスの向上に資するためのツールとして、今後とも「岡山情報ハイウェイ」を活用し、さらなる施策の展開を図ることを目指している。

統合型GISのサイトでは、岡山県の所有する空中画像及び各市町村の所有する1/2,500地形図等を用いて作製したデジタルオルソフォト（電子空中画像：H14.3, H15.3作成（撮影年月：H12.5～H12.9））を背景画像に利用している。



図4 岡山全県統合型GIS画面

1.6 その他各県での活用事例

これまで挙げた事例のほか、各県で取り組まれている衛星画像の利用について、ホームページで検索できるものの一覧を挙げる。

表2 各県のホームページ上で公表されている衛星画像利用の報告

都道府県	部局	概要	URL
北海道	林業試験場	高分解能衛星データによる新たな森林管理システムの開発	http://www.pref.hokkaido.jp/skikaku/sk-kgsko/douritsu/hyouka/H14kaidai/12rinsi/b01.pdf
岩手、福島、徳島他多数	漁業資源部 水産試験場	海況予測技術の開発 NOAAからの水温画像の公開	http://www.pref.iwate.jp/~hp5507/gaiyou/keikaku/zenkikeikaku/teima4.htm
宮城	農業センター	リモートセンシング技術の高度利用と稲作環境管理技術の開発	http://www.pref.miyagi.jp/res_center/TAYORI/no166/rimosen.htm
栃木	土地利用対策課	土地利用情報システム	http://www.pref.tochigi.jp/kikaku/ma/pdf2003/3/4.pdf
岐阜	農山村政策課	高分解能衛星画像データ活用システムの開発(H13-H15)	http://www.pref.gifu.jp/s11439/gyoumu/gyoumu-3.htm
島根	島根県中山間地域研究センター	参加型マップシステム	http://www.chusankan.jp/GIS/
佐賀	農業センター	品質評価確立事業(人工衛星による米の食味・品質管理システムの開発)	http://www.pref.saga.jp/nourin/nougyoushikensenta/kenkyu/nouse/syoukai/kikakuryuutu/jouhou.html
鹿児島	環境保健部	リモートセンシングデータの利用に関する調査研究	
京都府他	環境部局	自然環境保全基礎調査	

1.7 市町村の空中画像利用

地方税法第408条は、「市町村長は、固定資産評価員又は固定資産評価補助員に当該市町村所在の固定資産の状況を毎年少なくとも1回実地に調査させなければならない」と規定している。

多くの市町村の税務担当部局では、固定資産税の賦課基準日である毎年1月1日前後に合わせて空中画像撮影を行い、現況調査のための資料を整備している。

撮影する空中画像は、土地や家屋の現況調査の支援として宅地の地目、用途、周辺状況(側溝の有無など)を判断するために、高度約600m上空から撮影した5000分の1の縮尺の写

真とすることが多い。その写真を画像データとしたときの解像度はおおよそ20cm程度になる。撮影範囲は基本的に市町村全域であるが、一部の市町村では路線価評価を行う範囲のみの撮影をする場合もある。

毎年撮影することがすべての市町村で行われているわけではない。財政上の都合から毎年の撮影ではなく、3年に一度の固定資産税の評価替えのタイミングに併せて撮影する市町村や、現場調査を主体とするために撮影を行わない市町村もある。

今回実証試験に協力いただいた、千葉県市原市では財務部資産税課が市全域を平成3年から3年ごとに税制上の基準日となる該当年の1月1日前後に撮影している。平成3年から平成12年までは密着カラー写真を整備し、平成15年は本実証試験で利用したデジタル画像を整備している（平成14年12月24日撮影）。

1.8 活用事例のまとめ

環境分野での衛星画像の利用は、ある特定の地域での調査研究に目的が置かれることが多い。また、撮影が行われるのは、その調査研究事案があるときに限られ、一時的な整備になる場合が多いと考えられる。

森林部局と土木の砂防部局において空中画像データの整備と利用が進んでいる。特に森林分野では、鮮度やオルソ加工の有無を度外視すると国土の4分の3を占める森林域を網羅する空中画像のデータが揃っていることになる。

農業分野は高解像度衛星画像を利用した研究が盛んであるが、導入されたデータの数量は研究段階であるため少ない。

2 不法投棄対策との共用の可能性

(1) 共通に衛星画像を利用できる部局について

不法投棄衛星監視システムで利用する衛星画像が、他部局の事業と共通利用できるかどうかを事例の条件から整理する。

不法投棄対策部局から、他部局に画像を提供する場合と、反対に他部局で整備した画像を利用する場合について、環境、森林、農業、土木、市町村の部局と比較する。

表3 他部局と画像利用条件の整理

画像購入の条件		提供の方向	環境 (樹種調査)	森林 (森林管理)	農業 (圃場品質評価)	土木 (砂防)	市町村 (税務)
画像仕様	画像解像度0.7-1m カラー、 R,G,B,IR	不法投棄対策部局から提供するとき	分析に利用するバンドが必要	可視画像領域で十分	分析に利用するバンドが必要	現況確認のために20cm程度の画像が必要	現況確認のために20cm程度の画像が必要
		他部局が整備した画像の利用	画像解像度0.7-1m カラー、R,G,B,IR	モノクロの場合がある	画像解像度0.7-1m カラー、R,G,B,IR	可視画像のみ	可視画像のみ
撮影範囲	県土を広く網羅すること	不法投棄対策部局から提供するとき	対象事業の範囲が含まれること	対象事業の範囲が含まれること	対象の圃場が含まれること	対象の砂防指定地が含まれること	市町村全域が含まれること
		他部局が整備した画像の利用	森林対象の場合 県土の50%以上	県土の50%以上の撮影	対象の圃場のみの範囲	× 砂防指定地のみの範囲	× 市町村全域
更新頻度	定期的な更新が事業として実施されること	不法投棄対策部局から提供するとき	対象事業の撮影時期と一致する必要がある	定期的な更新が必要(5年に一度、5分割して毎年更新)	収穫期に撮影することが必要	定期的な更新が必要(5年に一度程度、既存のデータを加工して更新する)	定期的な更新が必要(3年に一度、指定日近辺の情報が必要)
		他部局が整備した画像の利用	事業を行った時のデータのみ扱う	× 定期的な更新がされている(5年に一度、5分割して毎年更新)	収穫期に撮影するが、対象事例に乏しい	定期的な更新がされている(5年に一度程度、既存のデータを加工して更新する)	定期的な更新がされている(3年に一度)

(2)まとめ

画像購入の各条件に当てはめると、不法投棄対策分野での衛星画像の購入については、不法投棄部局から他部局へ衛星画像を提供することでどの部署へも可能性が高いことが分かる。反対に他部局の画像の利用については、環境部局では撮影頻度が少ないこと、農業と土木部局では対象範囲の狭さが理由となり使用しにくいと判断できる。森林と市町村の画像は可視領域の画像になるが比較的利用しやすい画像データをそろえている。

他分野と撮影時期や費用分担について調整を行うことで、都道府県として定期的な画像の購入を行うことができる。ただし、共通で衛星画像を利用するときには、画像提供各団体のデータ利用許諾について複数部署での利用の許可を得る必要がある。

3 衛星画像に関する利活用分野

地球観測データは、国土防災や国土管理の分野は言うまでもなく、土地利用状況の時系列的な把握や土地利用状況図の作成、都市の成長過程の把握や都市環境の継続的な監視、穀物の生育状態の把握、火山活動・山火事・赤潮等の広域災害の監視（モニタリング）、土壌水分調査、水質の分布図作成、森林資源や気象・積雪・海流・海面温度等の調査、地下資源や埋蔵遺跡の調査など、私たちの生活環境を解析するデータとして広く利用できることはこれまでの研究成果から実証されている。

そして、最近の地球的規模での環境対策についての世論に後押しされて、地球観測データは地球の自然を守り、限られた地球上の資源を有効に利用するためにかけがいのないデータであるとして、ますますその利用分野が拡大していこうとしている。表3及び表4に、これまでに実証されてきた利用内容を概観する。

表4 衛星データの主な利用ニーズ²⁾³⁾⁴⁾

利用分野	衛星データ利用の対象または目的	得られる成果	必要とする精度	測定頻度
植生調査 または 環境調査	土地被覆状況および植物（道路の法面植生、中央分離帯植生、都市内植生、等）の育成状況や活力度の高精度観測	植物の育成に応じた観測データ（植生分類、活力度、等）により的確な対応がとれる。	5～10mの空間分解能で十分対応できる。	1回/月程度または季節毎の観測
河川管理	河川毎の管理。平時は周辺の土地利用状況の把握、災害時は洪水域等、災害による被害状況の監視による状況分析	面的な評価が可能になる結果、広域にわたって質の高い河川管理が期待できる。	平時は10～20m、災害時は2～5mの空間分解能が必要	平常時1回/年、災害時2回/日
湖沼管理	湖沼水域での水質管理（汚濁状況、水温変化、水位、等）および流入/流出域が湖沼水域に及ぼすインパクト調査	水質汚濁の現状および影響要因を高精度で把握することで最適な湖沼の浄化対策が取れる。	10m未満の空間分解能であることが望ましい。	定常管理は1回/週、災害時は2回/日
河口流域の監視	河口流域での流出拡散状況、河川形状、ダム等の構造物の状態、周辺の土地利用状況、等について常時観測する。	自然災害による被害の大きい河川流域についての最適な災害対策が可能になる。	10m未満の空間分解能であることが望ましい。	定常管理は1回/週、災害時は2回/日
沿岸域の監視	後背地や直背地を含んだ沿岸海域、湾内および海峡部での海流の挙動や汚染状況を経時的に追跡する。	季節に応じた漁業支援対策、海洋構造物の計画支援対策に必要な情報が得られる。	データの精度よりは定期的にデータが得られることが重要	1回/日
赤潮の監視	海域のような広い範囲を対象とした水質の変化による赤潮等の異常発生についての監視と予測（定常観測）	時時刻々と変化する赤潮にたいする対策および赤潮の異常発生に対する予測体制の確立	30m程度で十分。高分解能よりは測定頻度が大切な要素	数回/日
沿岸海流の追跡	日本近海の暖流、寒流と言った海流の挙動（流れの動態、相互作用、陸域への影響）を経時的に追跡する	新しい海洋工学の確立。沿岸漁業への情報提供および海流が及ぼす陸域への影響を把握。	高い空間分解能は必要としない。温度情報が効果的である。	1回/日定期的な観測情報の収集
土壌水分	陸域での土壌水分および土壌水分の変化を調査。広域の土地被覆分布の予測等に効果的である。季節毎の観測体制	面的な土壌水分図の作成。季節毎、経年的な土壌分布図により土地利用構想に対する情報支援	20～30mの空間分解能、定期的なデータ収集が大切	月・季節毎の変化を抽出
洪水監視	河川や湖沼による広域の洪水被害状況の把握および浸水地域の予測や確認	時時刻々と変化する洪水の被害状況の把握及び的確な避難対策	2～3mの空間分解能が望ましい。	1日当たり2～3回
局地豪雨の監視	局地的に集中する豪雨の予測と豪雨による被害状況の把握。豪雨による被害状況の調査	山地崩落、斜面崩壊による構造物への被害予測および的確な避難対策	2～3mの空間分解能が望ましい。	1時間単位でのデータ収集

表4 衛星データの主な利用ニーズ(つづき)²⁾³⁾⁴⁾

利用分野	衛星データ利用の対象または目的	得られる成果	必要とする精度	測定頻度
津波監視	地震による津波の予測と津波による被害状況の把握	津波による構造物や集落への被害予測および的確な避難対策	2～3mの空間分解能が望ましい。	時間単位のデータ収集
火山監視	火山噴火(溶岩流、火砕流)や噴火による降灰の継続監視による現状認識と被害領域の確認と予測	火山噴火による構造物や集落への被害予測および的確な避難対策	2～5mの空間分解能。ステレオデータであることが不可欠	噴火時には2～3回/日の観測
緑の分布調査	都市や地域、林野の緑の面積や樹木の種類、樹木の活力度、等の実態調査。緑の被害調査にも効果的に利用	緑の分布図、樹種分類図、樹木の活力度分布図およびそれぞれの変化図、等の作成	対象とする面積によって異なるが10mの空間分解能が目安	月・季節の観測頻度
都市開発の過程調査	市町村あるいは大規模造成地を対象とした開発の進行程度を継続監視。市町村単位等の比較的狭い範囲が対象	土地の改変状況を示す時系列的な土地被覆図または土地被覆変化図の作成	2～5m程度の空間分解能が望ましい。	月・季節毎の観測頻度で十分
地域開発の過程調査	県あるいは数県を単位とした広域の開発過程を時系列的に把握。主として土地のスプロール化現象の把握	広域地域の開発状況を経年的に把握する土地被覆図または土地被覆変化図の作成	10m以下、5m程度の空間分解能が望ましい。	月・季節毎の観測頻度で十分
土地利用現況調査	利用の目的によって、県単位、市町村単位、開発予定地域といったようにデータを適用する範囲は異なる。土地利用の現況調査が目的になる。	都市計画、地域計画、土地利用計画の基本情報となる土地利用現況図の作成(利用目的によって分類項目は異なる)	20～10mの場合と2～5mの場合の2つの空間分解能が使い分けられる	月・季節毎に定期的な観測
基盤施設の基本計画	道路、鉄道、河川改修、等の施設計画(基本計画)への支援情報の提供(対象地域の現況把握が目的)	鳥瞰図の作成、DTMとの併用による各種の支援情報主題図の作成	2～3mの空間分解能が保証出来れば利用効果が大きい	基本的には年1回の情報で十分
植生分類	現存植生の状態を正確に把握することによって地域開発や都市計画の基本データとする。土地改変に伴う現状復帰	現存植生分類図の作成	2～3mの空間分解能であることが望ましい。	四季または年毎の観測データ
地図作成	写真測量(航測図の作成)に代わる手段として利用	地形図の作成(1/25,000～1/50,000または小縮尺のオルソフォトの作成)	2～3mの空間分解能が保証されれば利用価値は大きい	施設計画時点(任意)の観測
積雪・降雨観測	山岳地での積雪量の把握および地域的な降雨観測	積雪量および降雨量のリアルタイム観測による現状認識	精度よりは確実なデータ収集体制の確立	1日当たり数回の観測
地表面温度の測定	都市又は特定地域の地表面温度を継続的に測定して土地の資源を把握する。	地表面の温度分布図の作成	10～20、単位の分解能が望ましい。	1日当たり2～3回の観測
河川またはダム濁度調査	河川および河川に作られたダムに流入する濁水の継続的調査。ダムに堆積した土砂の観測	広範囲の河川およびダムの濁度を定期的に観測把握することによって河川やダムの現況把握	2～3mの空間分解能であることが望ましい。	濁度観測は2回/日、堆積観測は1回/年
地下空洞の調査	道路等の計画予定地域(又は既設道路の路面下)での地下空洞を調査する。	地盤沈下による地下空洞の検出	2～3mの空間分解能が望ましい。	1回/年
土地・地質調査	地下数mまでの範囲を対象にした土質調査および地質調査の支援情報として利用	広域にわたっての均一な精度で作成された土質図や地質図	空間分解能よりは深度方向の精度を要求	数年に1回の観測頻度
交通量及び駐車状況の調査	道路上を走行する自動車の交通量およびサービスエリアや路側に駐車する自動車の実態調査	広域にわたっての交通量および駐車状況の把握	2～3mの空間分解能であることが望ましい。	時間単位の観測頻度が望ましい。
湿原の調査	直接踏査出来ない湿原地域を季節毎に継続観察。繰り返し性、継続性を利用	季節毎に変化する湿原の様子を継続的に把握できる。	2～3mの空間分解能が望ましい。	季節、年毎の観測
空中画像の代替使用	鉄道や道路のルート計画、施工後の周辺環境情報の記録手段として利用。広域性、安価性を利用	広域を一度に繰り返し把握出来ると共に、計画路線周辺の状況も合わせて視認できる。	1m以下の空間分解能が望ましい。2～3mでも活用可能	年単位の観測で十分対応できる。

表5 衛星データの利用分野毎要求条件²⁾³⁾⁴⁾

利用分野	要求条件	観測域	要求精度	空間メッシュ		時間間隔 メッシュ	備考
				分解能	走査幅		
地図作成	・ 土地利用変化の抽出と土地被覆分類図の作成 ・ 1 : 2.5万および1 : 5万の地図作成	日本国内 日本国内と技術援助対象国	高さ方向の分解能 5m以内	5m 空間分解能は2m	15 ~ 30km 30 ~ 50km	1回/週 1回/年	・ 技術支援対象国も可能 ・ ステレオ観測機能が必要不可欠
農業	・ 生産力分布図の作成 ・ 土壌水分量の調査 ・ 地表面温度の調査	日本国内 日本国内 日本国内	5 ~ 10m の精度で十分	10m 10m 50m	100km 100km 50 ~ 150 km	1回/月 2回/月 1回/週	・ いずれも日本国 ・ 技術援助対象国も可能
林業	・ 樹木資源の調査 ・ 植生(樹種)調査	日本国内と技術支援対象国	10 ~ 30m の精度	5m 5m	15 ~ 50km	1回/年 1回/週	・ DTMの併用技術
地質資源	・ 地質図の作成 ・ 土壌図作成 ・ 温泉探査	日本国内と技術援助対象国	10 ~ 30m の制度の成果図	5m 5m 5m	15 ~ 30km	1回/年 1回/年 1回/月	・ DTM併用 ・ DTM併用 ・ 地形図併用
建設/都市環境調査	・ 計画・設計情報 ・ 施設の識別 ・ 植生分布図の作成 ・ 土地利用および土地被覆 ・ 地盤情報収集 ・ 熱環境調査	日本国内 日本国内 日本国内 日本国内 日本国内 日本国内	1 ~ 3m と 5 ~ 10m の 2種類の要求精度がある 0.1 ~ 5.0	1 ~ 2m 1 ~ 2m 1 ~ 2m 1 ~ 2m 5 ~ 10m 50 ~ 100 m	10km 10km 10km 15 ~ 30km 10km 50 ~ 100 km	1回/月 1回/月 1回/月 1回/月 数回/月 1回/月	・ 地形図併用 ・ 道路、橋、ダム ・ 都市部中心 ・ 四季の区別 ・ 軟弱地盤地帯 ・ 特に都市およびその周辺
海洋環境調査	・ 海面水温分布図の作成 ・ 温排水モニタ ・ 潮流調査 ・ 海面高の調査 ・ 波浪・波高の調査 ・ 水質調査	120 ~ 180E 日本沿岸 日本近海 全世界 日本近海 全海洋域	0.1 0.2 1cm	1,000m 10m 100m 10 ~ 20km 10 ~ 50km 1,000km	3,000km 50km 1,500km 1,500km 1,500km 1,500km	1回/日 1回/日 1回/日 1回/日 1回/日 1回/日	・ 海洋環境調査に当たっては精度よりも観測エリアが重要 ・ 日本近海については高い精度
漁業	・ 海色調査 ・ 赤潮の検出 ・ 油の検出	日本沿岸 日本沿岸 日本沿岸	1 ~ 2km の精度	30km ~ 50km	3,000km 1,500km 1500km	1回/日 1回/日 1回/日	・ 漁業についても海洋環境と同じ特徴を有する。
海運	・ 沿岸図作成	日本を含むアジア全域	20m の等深線作成を含む。	10m	30km	2回/年	・ 等深線作成 ・ 岩礁、珊瑚礁、等確認
航空	・ 火山灰分布情報の収集と提供	環太平洋または全球	数 km の精度で十分	数 km	1,000 ~ 2,000km	常時観測	・ リアルタイムによるデータ提供
災害監視	・ 火山災害の解析や基本図の作成 ・ 道路災害調査 ・ 河川災害調査 ・ 斜面災害調査(崩落・地滑り調査)	火山周辺	1 ~ 3m と 5 ~ 10m の要求精度の両方がある。	5 ~ 10km	30 ~ 50km	1回/週	・ 火山灰調査 ・ ステレオ機能 ・ 詳細な気象情報および地形図との併用が必要 ・ いずれも日本国以外の国に適用可能
		日本国内 日本国内 日本国内	目的によって使い分けられる。	1 ~ 5m 1 ~ 5m 1 ~ 2m	10 ~ 30km 10 ~ 30km 10 ~ 30km	1回/日 1回/日 1回/日	
局地的な気象観測	局地的な強い降雨観測、降雨量および降雨地域を対象とした降雨マップの作成。 雨期の降雨観測には極めて効果的である。	日本列島全域が対象 実際の観測は局地的になる場合が多い。	1 ~ 3km 単位の面的な要求精度が望まれる。	50 ~ 100m	30 ~ 50km	気象状況に応じて常時観測	・ 小さい降雨量は他のシステムを併用して観測 ・ 局地的災害監視に適用

また、図4に各分野で利用する画像データの仕様と適用範囲を示す。

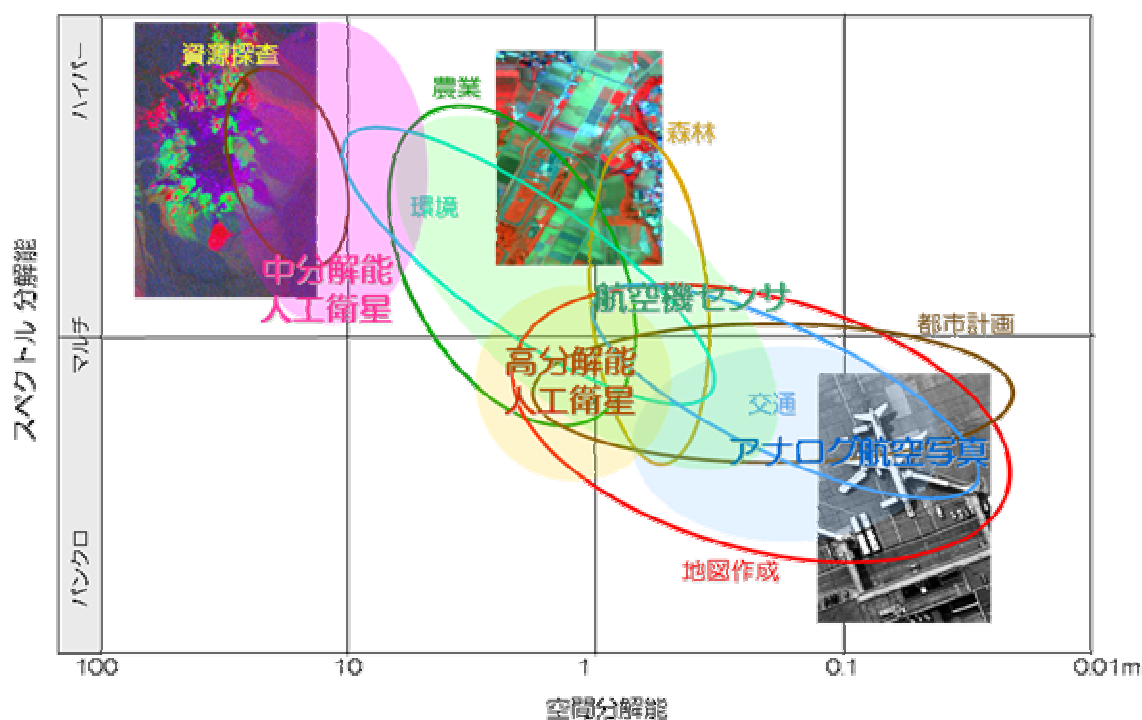


図5 画像データの仕様と適用範囲

表4、表5に挙げた各分野については、今後も研究が必要である点と、個別の研究テーマの問題については、解決できる仕様をそなえた衛星の開発を期待することが実用化に向けての課題となる。また、表4、表5で示した必要な解像度や撮影範囲の条件は、現在の衛星の撮影能力を元に記述した条件であるため、今後、より高性能な衛星画像データが手に入ることで研究成果が進歩する可能性が高いものである。

参考資料

- 1) ESRIジャパン株式会社ホームページ
- 2) (財)日本建設情報総合センター 編著 大林成行 人工衛星から得られる地球観測データの使い方、平成14年6月
- 3) 宇宙開発事業団監修：NASDA NEWS、(財)日本宇宙フォーラム、1999年
- 4) 石井吉徳著：近くの物理学、東京大学出版会、1988
- 5) 北海道開発局農協水産部：北海道農業のためのリモートセンシング活用マニュアル、平成15年6月

付録6 不法投棄要監視地域のゾーニングシステム

不法投棄が起りやすい地域を絞り込み、より効率的な監視を行うために開発された要監視地域ゾーニング手法を紹介する。前年度までの検討で、2つのゾーニングシステムを開発した。一つは不法投棄発生件数に着目したゾーニングであり、もう一つは投棄物の物流をさらに加味したゾーニングである。前者を汎用性の高いゾーニング手法として、また、後者を精度の高いゾーニング手法として、それぞれ利用するのがよいことが前年度までの検討で明らかにされている。

表1 ゾーニングシステムの種類

	ゾーニングの利用における位置づけ
不法投棄発生件数のゾーニング	汎用性の高いゾーニング。 不法投棄の発生現象を投棄場所の特徴から捉えたものであり、投棄場所として可能性がある地点が示される。そのため、現在における不法投棄の可能性は高くなくても、将来的に投棄物とその周辺にまで到達した場合に不法投棄が行われる地点が示される。
投棄物の物流ゾーニング	精度の高いゾーニング。 不法投棄の発生現象を、投棄場所および投棄物の両面から捉えたもの。ただし、ゾーニングの結果を得るのに投棄物の解析が必要なため、低予算ではこのゾーニング結果を利用できない。

ここでは、汎用性の高い不法投棄発生件数のゾーニングの詳細を述べる。

このゾーニングは、不法投棄が発生しやすい地域に共通する7つの地理属性（人口密度、一人当たり所得、失業率、基本道路距離、主要道路距離、森林縁深さ、地形分類）に着目し、次式であわされる不法投棄発生相対確率をそれぞれの地理属性について求め、その積によってゾーニングを行うものである。

$$\begin{aligned}
 \text{不法投棄調査報告の相対確率} &= \left(\frac{\text{各評価因子のカテゴリー別の不法投棄報告割合}}{\text{対象範囲内の全不法投棄報告割合}} \right) \\
 &= B / A
 \end{aligned}$$

関東圏域を25mメッシュ単位で10の区分にゾーニングした結果を図1に示す。

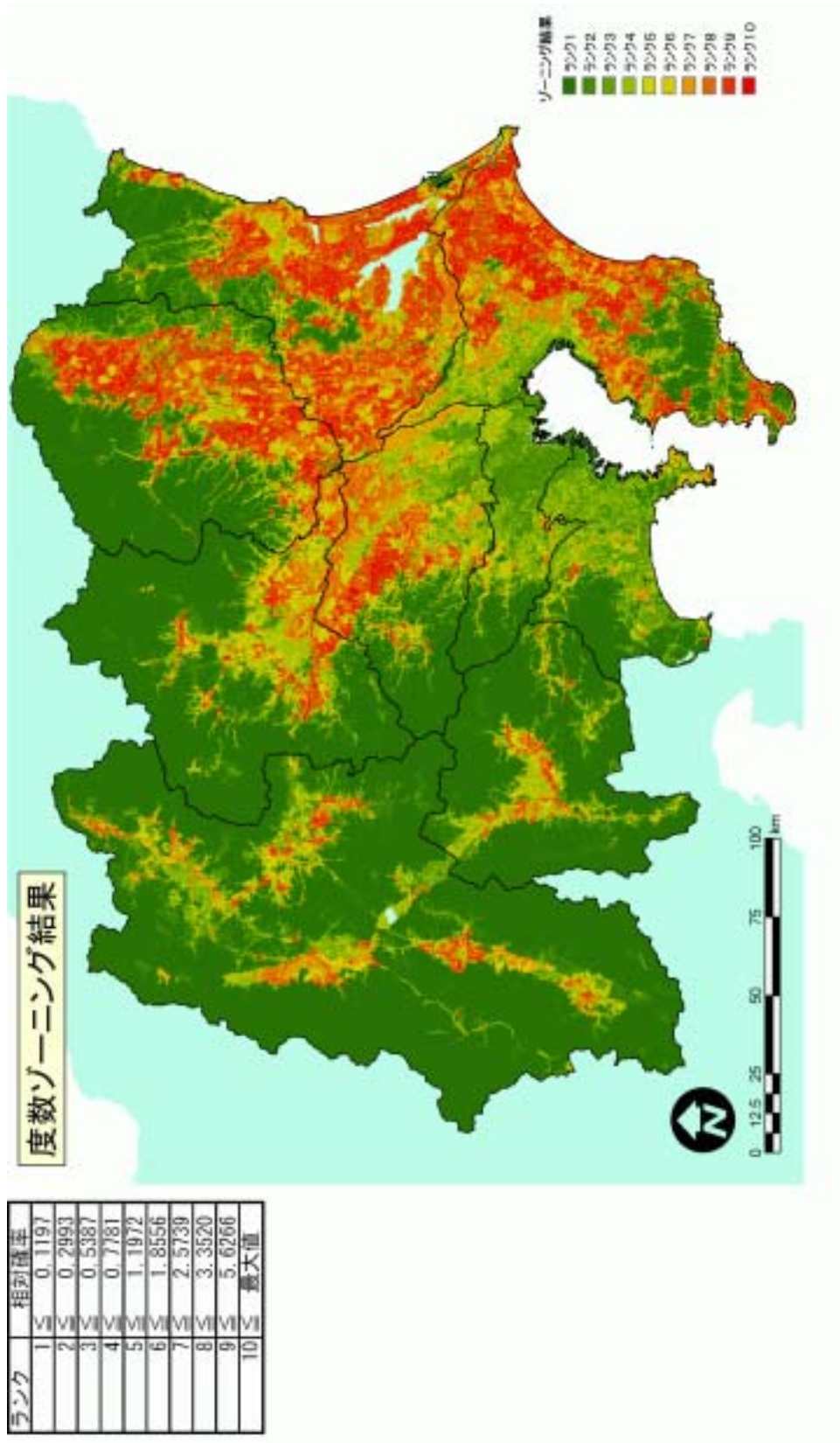


図1 不法投棄件数のゾーニングの結果