

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**

平成 1 5 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. 調査項目と全体構成	5
2. 2. 調査の実施方法	7
3. システム化にあたっての基礎調査	9
3. 1. 目的と構成	9
3. 2. 不法投棄の物流フローとその関連要因の検討	10
3. 2. 1. 自治体ヒアリング及び文献調査による情報収集	11
3. 2. 2. グループディスカッションによる物流フローの構造化	13
3. 2. 3. 関連要因のゾーニングへの適用可能性に関する検討	15
3. 3. GIS データを用いた不法投棄発生阻害要因の解析	17
3. 3. 1. 検討する因子の選定	17
3. 3. 2. 阻害要因の検討	19
3. 4. 本章のまとめ	24
4. 不法投棄要監視地域ゾーニング手法の高度化	25
4. 1. 目的	25
4. 2. 検討方針	25
4. 3. 不法投棄発生件数のゾーニング	27
4. 3. 1. 目的	27
4. 3. 2. 高度化手法の検討方法	27
4. 3. 3. 解析結果	31
4. 3. 4. まとめ	52
4. 4. 不法投棄発生規模のゾーニング	54
4. 4. 1. 目的	54
4. 4. 2. 高度化手法の検討方法	54
4. 4. 3. 解析結果	55
4. 4. 4. まとめ	66
4. 5. 投棄物の物流ゾーニング	67
4. 5. 1. 目的	67
4. 5. 2. 高度化手法の検討方法	67
4. 5. 3. 解析結果	73
4. 5. 4. まとめ	80
4. 6. 本章のまとめ	81

5. 衛星画像による不法投棄箇所検知手法の高度化	83
5. 1. 目的	83
5. 2. 検討方針	83
5. 3. 投棄物のスペクトルに基づいた検知手法	86
5. 3. 1. 廃棄物の反射スペクトルデータの収集	86
5. 3. 2. スペクトルの違いに基づく検知能力の評価	90
5. 3. 3. 衛星画像を用いた不法投棄箇所の検知	96
5. 4. NDVI を用いた植生変化による検知手法	102
5. 4. 1. 検討内容	102
5. 4. 2. 検討結果	102
5. 5. 土地被覆分類を用いた植生変化による検知手法	114
5. 5. 1. 検討内容	114
5. 5. 2. 検討結果	114
5. 6. バンド比演算を用いた植生変化による検知手法	118
5. 6. 1. 検討内容	118
5. 6. 2. 検討結果	119
5. 7. 空間情報による検知手法	122
5. 7. 1. 検討内容	122
5. 7. 2. 検討結果	127
5. 8. 個別検知手法を組み合わせた解析アルゴリズムの決定	130
5. 9. 本章のまとめ	138
6. 不法投棄衛星監視システムの検証試験	141
6. 1. 目的	141
6. 1. 1. ゾーニング技術検証の目的	141
6. 1. 2. 画像解析技術検証の目的	141
6. 1. 3. システム開発の目的	141
6. 2. 検証試験の概要	142
6. 2. 1. 検討手順	142
6. 2. 2. 実施体制	144
6. 2. 3. 対象エリア	144
6. 3. ゾーニング技術の有効性に関する検証	147
6. 3. 1. 対象エリア選定支援の結果（第1回検証試験）	147
6. 3. 2. ゾーニング利用システムの設計と検証（第2回検証試験）	148
6. 4. 画像解析技術の有効性に関する検証	153
6. 4. 1. 第1回検証試験の実施とその結果	153
6. 4. 2. 第2回検証試験の実施とその結果	165
6. 4. 3. 検証試験による画像解析技術の考察	203
6. 4. 4. 画像解析技術の結論	210
6. 5. 検証試験システムの構築と評価	213

6. 5. 1.	開発方針	213
6. 5. 2.	検証試験システムの構築	223
6. 5. 3.	検証試験システムの評価	231
6. 6.	本章のまとめ	234
7.	実証システムの設計	235
7. 1.	目的	235
7. 2.	基本方針	235
7. 3.	実証システムの機能についての検討	236
7. 3. 1.	自治体の業務フローの検討	236
7. 3. 2.	既存機能の改善検討	238
7. 3. 3.	追加機能の検討	240
7. 3. 4.	自治体の業務フローにおける実証システムの位置づけ	242
7. 4.	システム方式の検討	243
7. 5.	実証システムの全体像	245
7. 6.	本章のまとめ	246
8.	総括と今後の課題	247
8. 1.	本調査の結果のまとめ	247
8. 2.	今後の課題	249

付録1 不法投棄現場データの収集

付録2 不法投棄要監視地域ゾーニング手法検討の詳細

付録3 衛星センサの仕様

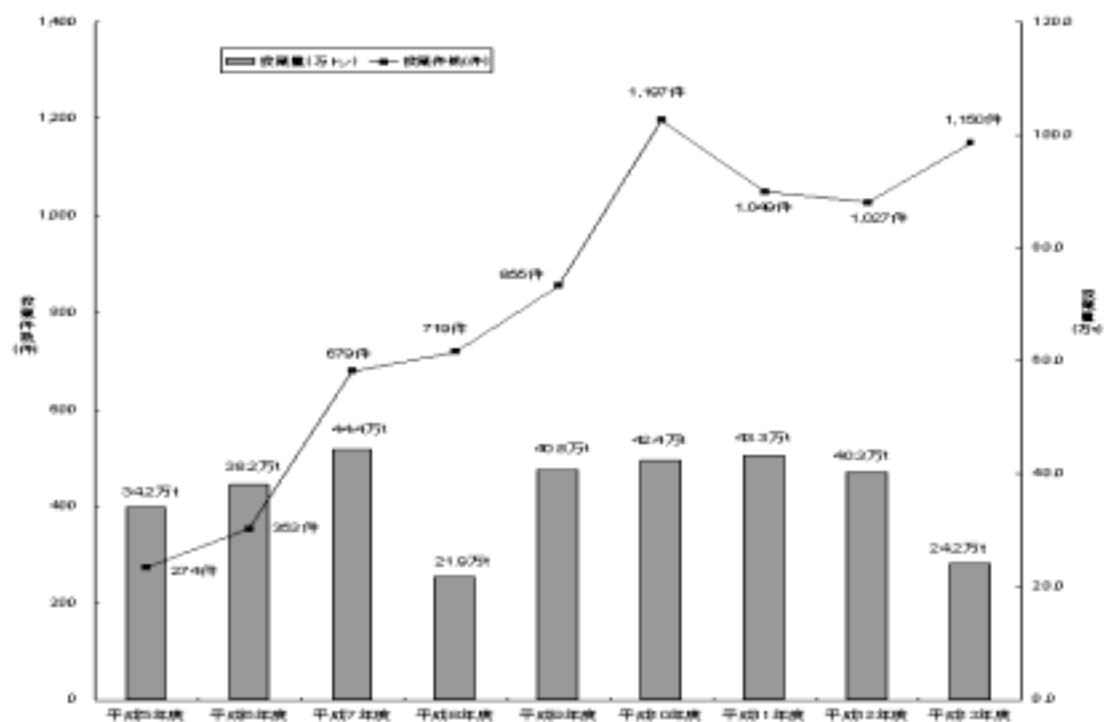
付録4 検証試験の結果詳細

付録5 ゾーニングによる衛星監視地域選定支援システムの仕様例

1. 調査の背景と目的

環境省の調査¹⁾によると、不法投棄量は平成5年度に調査を開始して以来、概ね約40万トン前後で推移してきた。また、不法投棄の件数については増加傾向にあった。平成13年度においては、不法投棄量は24万トンと大幅に減少しているものの、投棄件数は1,150件とやや増加している（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4割）は原状回復されていない状況である。

	平成5年度	平成6年度	平成7年度	平成8年度	平成9年度	平成10年度	平成11年度	平成12年度	平成13年度
投棄件数(件)	274	353	679	719	855	1,197	1,049	1,027	1,150
投棄量(万トン)	34.2	36.2	44.4	21.9	40.6	42.4	43.3	40.3	24.2



1) ① 投棄件数及び投棄量は、都道府県及び2万5千円以上の事業所が対象とした産業廃棄物の不法投棄のうち、1件当たり投棄量が10t以上の事業所を調査対象とした。
 (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調査対象とした。)
 ② 平成9～7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8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8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ている。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「不法投棄衛星監視システム」と呼ぶ）を提案し、その基本設計を行った^{2),3)}。

本調査は、平成12,13年度における環境省調査の継続調査に位置づけられ、提案された不法投棄衛星監視システムを効果的なシステムとして実用化するために、不法投棄監視の精度向上と自治体の実務の効果的支援の観点から、システムを構成するサブシステムの詳細をさらに検討するとともに、自治体で検証試験を行いその有効性を検証することを目的としている。具体的には、人工衛星による監視エリアを事前に絞り込み衛星監視の効率化を図るための地理情報システム（GIS）を用いた要監視地域のゾーニングシステムならびに人工衛星により撮影した画像の解析によって高精度に投棄箇所を識別・検出するための投棄箇所検出システムの高度化、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ならびに上記サブシステムの検証試験による評価・検証、来年度に実施予定の実証試験に向けたシステム設計を行う。また、これらの目的を達成するために各種の基礎調査を行い、必要な情報の収集・整理も併せて行う。

参考文献

- 1) 環境省廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課適正処理推進室：産業廃棄物の不法投棄の状況（平成13年度）について、2002年12月26日
- 2) 環境省廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課適正処理推進室：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) 環境省廃棄物・リサイクル対策部産業廃棄物課適正処理推進室：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

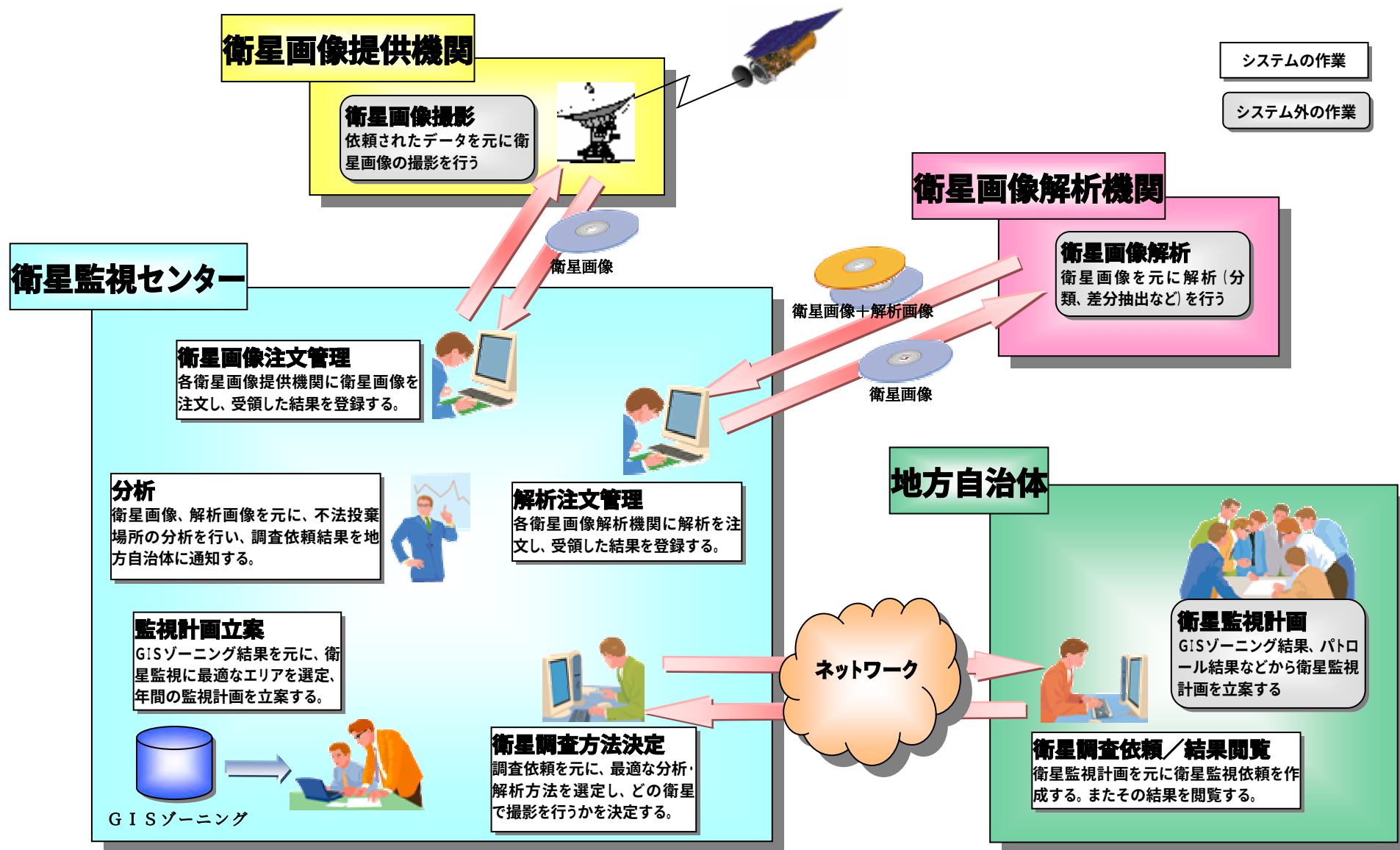


図1-2 不法投棄衛星監視システムのイメージ（平成12,13年度環境省調査²⁾、³⁾に基づく）

2. 調査の概要

2.1 調査項目と全体構成

本調査の概略を図2-1に示す。開発するシステムは、(1)GISを用いた要監視地域抽出（ゾーニング）システムの開発、(2)衛星画像による不法投棄箇所検知システムの開発、(3)それらを統合した実運用のための全体システムである衛星監視システムの設計の3つの要素に分かれている。それぞれのサブシステムにおいて前年度に開発されたシステムを高度化し、より精度の高い手法を構築するとともに、検証試験を2回行いサブシステムならびに全体システムの手法・仕様の検証を行い、来年度に実施する予定の実証試験に向けたシステム設計を行うことが今年度調査の目的である。また、それらの検討に用いる基礎情報を収集する目的で、自治体ヒアリング等の基礎調査を実施した。以下に、各項目の調査概要を説明する。

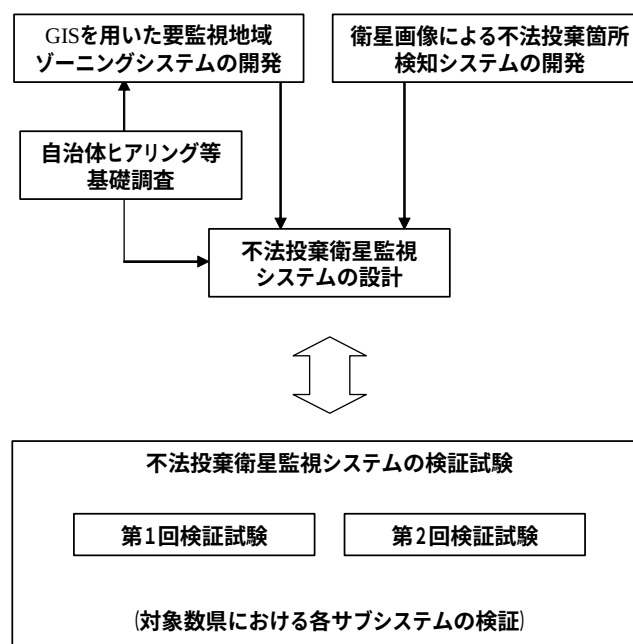


図2-1：本調査の概要

1) 衛星監視システムの高度化

ア GISを用いた要監視地域抽出（ゾーニング）システムの高度化

平成13年度の産業廃棄物の不法投棄情報を収集するとともに、時間距離や委託料金、不法投棄対策状況などの物流条件等を調査し、不法投棄の物流フローと不法投棄対策との関連をKJ法、ISM法等の構造化手法を用いて解析し、ゾーニングのための不法投棄モデルを発展させる。

また、システムの高度化のため、不法投棄対策を行っている自治体から5箇所を選び、現地調査及びヒアリングを行って、監視パトロール等のための要監視地域決定にあたっての考え方等の情報を収集する。さらに当該モデルと昨年度開発した基本ゾーニングモデルを組み合わせ、圏域情報と現場情報、あるいは投棄場所と投棄物の情報等を統合したより高度な要監視地域抽出（ゾーニング）システムの開発を行う。

イ 不法投棄箇所検知（モニタリング）システムの高度化

投棄場所と周辺環境を含めた空間特徴のパターンなどに着目した面的な識別・検知が可能な不法投棄箇所検知（モニタリング）システムの精度向上を行うとともに、識別・検知機能に影響を与える気象条件や季節条件などの様々な変動を除去する手法を開発する。さらに、各センサの特性を活かしつつ、高精度な検出が行えるように、異種センサ画像・異分解能センサ画像の統合解析アルゴリズムなどを検討する。これらの検討をもとに、検証試験において使用する標準的なアルゴリズムを確立する。

ウ システムの統合化

上記アのゾーニングシステム及び上記イのモニタリングシステムの両方を組み合わせ、不法投棄検知機能を高精度化するとともに、経費面の検討も行い、自治体の不法投棄監視実務において実用可能なシステムを構築する。

2) 自治体を対象とした検証試験

ア 検証試験用システムと実施マニュアルの作成

自治体による利用を前提として、模擬的な衛星監視センターを設置し、上記(1)で構築したシステムを中心に、衛星による要監視地域抽出のための情報提供、衛星監視依頼に応じた衛星画像の発注・解析、衛星画像解析結果の報告等の一連の業務を行う検証試験用衛星監視システムを作成・設置する。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、その実施マニュアルを作成する。

イ 検証試験の実施と問題点抽出及び改善策検討

数自治体の協力を得て、アで作成した検証試験システムによる検証試験を二回実施する。検証試験の期間は、一回につき二ヶ月程度とし、検証試験システムの一連の運用作業を実施し、その結果をもとにシステム運用上の問題点の抽出、改善策の検討を行う。なお、検証試験に当たっては、協力自治体等における携帯情報端末を活用した監視活動との連携方策の検討も行うものとする。

3) 実用化に向けた衛星監視システムの設計等

上記(1)、(2)の結果をもとに、検証試験システムの改善等を行い、実用化に向けた衛星監視システムの設計を行うとともに、次年度の実証試験のためのマニュアルを作成する。なお、システムの設計に当たっては、実用段階での費用対効果など経費面からの検討も併せて行うものとする。

2.2 調査の実施方法

以下のような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。

不法投棄等衛星監視システム開発・調査検討委員会		
長瀧友廣 (平成15年2月までは、前主任 東山一樹)	和歌山県環境生活部環境政策局廃棄物対策課	主任
中西雅行	千葉県環境生活部産業廃棄物課監視指導室	室長
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	主任研究員
菊池智和	青森県環境生活部県境不法投棄対策チーム	総括主査
角 敬之	福岡県環境部監視指導課	課長
藤田忠正	栃木県 生活環境部 環境整備課廃棄物対策室	室長
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
○ 安岡善文	東京大学生産技術研究所	教授

○：座長

3. システム化に当たっての基礎調査

3.1 目的と構成

本章では、不法投棄要監視地域ゾーニング手法の高度化、及び衛星画像による不法投棄箇所検知手法の高度化に向けての基礎調査を行った。

前年度において開発したゾーニングシステムにおいては、特に不法投棄の物流フローを表現したモデルの高度化・システムへの組み込みが課題となっている。こうしたモデルの構築にあたっては、不法投棄の物流フローの実態とその関連要因（物流に関するコスト・時間・距離、関係者、背景等）を明らかにすることが必要である。そこで3.2では、文献調査、ヒアリング調査、グループディスカッションを実施して関連情報を収集・整理し、以下の3点を検討した。

- ① 不法投棄物流フローの実態に関する情報収集・整理
⇒ ヒアリング調査・文献調査を行い、物流フローの実態に関する情報を収集・整理する
- ② 不法投棄物流フローのパターン・関連要因の構造化
⇒ KJ 法によるグループディスカッションを実施し、不法投棄の物流フローのパターンとその関連要因の構造化を行う
- ③ 関連要因のゾーニングへの適用に関する検討
⇒ ゾーニングモデル高度化のための基礎資料として、関連要因のゾーニングへの適用可能性を検討する

一方、衛星画像による不法投棄箇所検知手法の高度化に当たっては、衛星画像データだけでなく、GISデータも併用した統合的な検知システムを構築し、検知精度向上の可能性を検討する必要がある。そこで3.3では、GISデータの検知システムへの適用について、以下の2点を検討した。

- ④ 不法投棄の阻害因子の抽出
⇒ 不法投棄が発生しにくい地域にはどのような特徴があるのか、GIS データを用いた検討を実施して不法投棄の阻害因子を明らかにする
- ⑤ GIS データの検知システムへの適用方法の検討
⇒ 検知システムの精度向上に向けた GIS データの適用方法について検討する

3.2 不法投棄の物流フローとその関連要因の検討

不法投棄のフローとその関連要因について、ヒアリング調査・文献調査等を実施して情報収集するとともに、これら情報を用いたKJ法等の構造化手法を適用し、不法投棄フローパターンとその関連要因に関する構造化を行った。また、これらの知見に基づき、不法投棄フローに係る関連要因とそのゾーニングへの適用可能性を検討した。本調査の検討の流れを図3-1に示す。

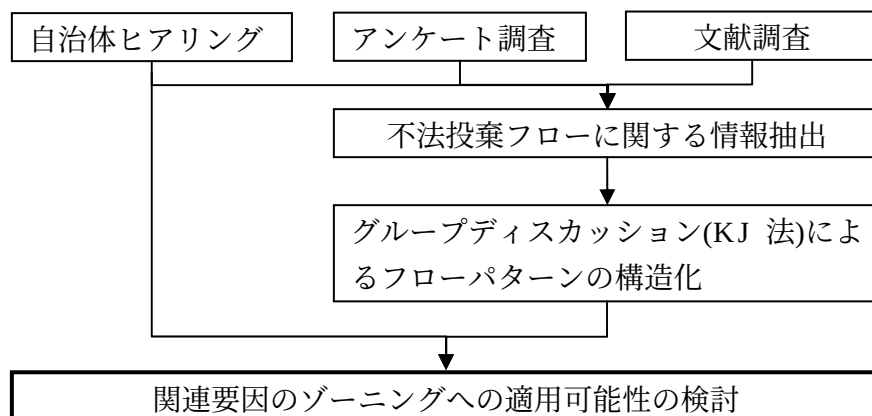


図3-1 物流フローに関する検討の流れ

3.2.1 自治体ヒアリング及び文献調査による情報収集

(1) 調査の対象・日程

①埼玉県環境防災部廃棄物指導課（平成14年8月19日）、②千葉県海匝支庁県民環境課（平成14年9月13日、平成15年1月28日）、③奈良県生活環境部廃棄物対策課（平成14年9月17日）、④茨城県生活環境部廃棄物対策課（平成15年3月10日）、⑤栃木県生活環境部環境整備課（平成15年3月10日）の行政担当者を対象に、ヒアリング調査を実施した。主な調査項目は、不法投棄の物流フローの実態とその関連要因等とした。

また、文献情報として、千葉県海匝支庁発行の報告書「不法投棄ゼロへの挑戦」¹⁾、及び石渡著「産廃コネクション」²⁾より情報抽出を行った。

(2) 調査結果の概要

① 不法投棄の運搬距離・時間

廃棄物の種類としては、「軽いものは多量に積めるが、コンクリートガラは長距離輸送すればコスト的に合わないので、重いものは近場に捨てられて、軽いものは遠くまで持って行って捨てられるのではないか。処理料金の安いものは遠くまで持っていけない。」との意見があり、廃棄物の比重・処理料金相場によって運搬できる距離が異なる可能性が示唆された。

具体的な時間距離としては、「片道1時間から先で4時間から手前ぐらいが産廃で、アクセス道路があって、東京から一日で行って帰ってこられるところの方が良い。都内から近く、1日4回（往復）運べる場所は合法的な残土処分場でも儲かるので、逮捕されるリスクのある不法投棄にはなりにくい」とのことであった。また、石渡²⁾によれば「不法投棄のダンプは夕方の都心のラッシュを過ぎてから積み出し場所を出発し、午後10時から午前2時頃に捨て場に到着、朝のラッシュ前に帰還するため、高速道路を使わずに、都心から下道で3～4時間の距離が不法投棄の限界線」と指摘されている。

② 不法投棄の運搬コストの相場

不法投棄に携わる無許可収集運搬業者の相場について、ある県の事例では「10トン車(25～30m³)で県内移動の場合は8万円、広域的に県をまたぐ場合は10万円、高くて15～16万円程度。不法投棄現場の相場は、今年の相場で45,000～55,000円程度。最近は厳しくなって小規模化し、コストが上がって値上がりしている」とのことであった。

③ 不法投棄現場の態様²⁾

石渡²⁾によれば、不法投棄現場の態様として、①大規模常習現場、②小規模現場、③単発棄て逃げ現場、等が挙げられている。①大規模常習現場の規模は1～2ha、10万m³程度であり、1日の投棄量がダンプ20台以上の現場である。②小規模現場（ゲリラ現場）は、監視の厳しい地域で不法投棄を継続するための巧妙な手口であり、規模300～1000m³、1日の投棄量はダンプ5台程度の現場である。これら①②の現場はともに不法投棄のプロが投棄場所を確保して組織的に行うものである。

一方、③単発棄て逃げ現場は、不法投棄をあてにして①②の現場周辺に集まった無許可収集運搬業者が、投棄現場の封鎖により投棄できずに引き返す際、所かまわず投棄するものであり、規模は30～150m³（ダンプ1～5台）の現場である。無許可収集運搬業者はトラック無線を使って情報を確かめるが、電波が届く範囲の現場手前10～20kmで応答がなければ引き返すことが多いため、こうした棄て逃げ現場は広域に拡散することが指摘されている。

④ 組織的不法投棄現場の立地条件

不法投棄の立地条件としては、石渡²⁾によれば①現場近くまで舗装道路が整備されていること、②現場進入路が100～1000メートルの未舗装の林道、農道になっていること、③付近に民家が少ないこと、が挙げられている。また、地形の特徴としては、①15メートルないし30メートルの谷津になった山林、②土砂採取場の跡地、③ため池、休耕田などが隣接していること、④付近に畜産団地があり、宅地開発に適さず、悪臭の素地があることが挙げられている。

また、不法投棄に関与する不動産仲介業者が不法投棄現場の候補として目をつける場所の特徴として、石渡²⁾は①リゾート開発計画などで買い占められた後に計画が頓挫した土地、②金融取引などで失敗して抵当に取られた土地、③不在地主が所有する土地、④土建業者が所有する土地を挙げ、その他に農地における農地造成・汚泥の発酵処理、山林における小規模伐採、といった手口による不法投棄の事例が指摘されている。

なお、かつて不法投棄の常習地帯となった地域の特徴として、「中心に許可のある管理型最終処分場がある。その周辺に安定型の最終処分場がある。その周辺に安定型（の許可）も取れないで、自社処分場ができる。自社処分場が他社物を入れて不法投棄をやる。その後、自社処分場は作れなくなり、次に不法投棄、という階層構造がある。」との指摘があった。石渡²⁾は、産業廃棄物の最終処分場立地に関与する不動産仲介業者等が自社処分場、不法投棄現場の斡旋へと次々に関与する場合があること、また双方の適地の類似性を指摘しており、最終処分場と不法投棄現場の分布が近接する可能性が示唆された。

⑤ 行政の監視指導の影響

不法投棄に対する行政の監視指導の影響として、自治体ヒアリングにおいて「あるエリアで小規模分散した現場を全部つぶせば、ダンプが『あのエリアに行くと大変なことになるので行きたくない』というのはあって、ダンプが来なくなる。しかし他のエリアに行く。そこでたたけば他のエリアへ行く。という具合に次々に迷走することになるが、それはいくらやってもきりが無い。それで手薄になったところにまた戻ってくる。手薄なところを渡り歩いていく。叩いても新天地を求めてダンプは迷走する。」との指摘があった。行政の監視指導の強化によって不法投棄が追い出されるものの、近隣地域へと移動していく可能性が指摘された。

3.2.2 グループディスカッションによる物流フローの構造化

(1) 調査の対象・日程

不法投棄の物流フローについて、KJ法による議論を中心としたグループディスカッションを実施した。調査対象は、茨城県、栃木県、千葉県の不法投棄監視指導行政の担当者とし、平成14年8月30日及び平成15年3月28日に実施した。

実施にあたっては、上述した文献情報及びヒアリング調査結果から定性的情報を抽出するとともに、対象者に対する事前アンケート調査を実施して情報を整理した。抽出した情報はカード化してグループディスカッションに使用した。

グループディスカッションにおいては、産業廃棄物の排出事業者から不法投棄現場に至るまでの全体フローの構造化を実施した。また、グループディスカッション後にこれらの構造図を対象者にフィードバックし、補足意見を徴収して構造図を修正した。

(2) 全体フローの構造化に関する検討結果

排出事業者から不法投棄現場に至る産業廃棄物の全体フローをまとめた結果を図 3-2 に示す。

産業廃棄物の合法的な処理フローは、排出事業者→（積替保管施設）→中間処理施設→最終処分施設といった順に処理・処分され、処理過程において手分別・選別・資源化処理等を通じて一部の有価物がリサイクルされる（図 3-2中の点線より上部）。

一方、図 3-2の点線より下に示されているのは不法投棄等に至る可能性のあるルートである。違法ルートへの流出パターンとしては、①排出事業者から直接流出する、②積替保管業者から混合された廃棄物が流出する、③中間処理業者からオーバーフローした廃棄物が再委託経由で流出、あるいは直接流出する、④最終処分業者から廃棄物の横流し・掘り起こし等によって流出する、⑤無許可積替保管業者から流出する、といったパターンが挙げられた。

排出事業者からの流出パターンとしては、建設系の混合廃棄物が排出場所から不法投棄現場等に直行する例があるものの、排出場所が都内の場合は不法投棄現場まで遠いため、都の近郊にある無許可積替保管業者へ持ち込まれることが多いとのことであった。無許可積替保管業者へ持ち込まれたものは、全て違法ルートへ流出することになる。

積替保管業者においては、排出事業者から収集した廃棄物だけでなく、排出事業者自らが持ち込む廃棄物をマニフェストなしで受託する例が見られる。これら廃棄物は混合・減容されてマニフェストと共に中間処理施設へ搬入されるものの、中間処理施設が受け入れないものや処理料金の嵩むものなど、正規の処理ルートでさばききれないものを違法ルートへ流出させる例が指摘された。また、排出事業者から収集運搬費と処理費を併せて徴収し、多額の差益を得る目的で廃棄物を違法ルートに流出させる悪質な事業者もある、とのことであった。

中間処理業者においては、施設の老朽化、過剰な営業等によって、入荷量が実際の処

理能力を超え、処理しきれずにオーバーフローした廃棄物が積み上がる事例が見られる。こうした業者は、自らの受託料金より安い値段で同業者に再委託することになる。一方、再委託された業者は、低料金で受託するために正規の処理・処分が経営上困難となり、廃棄物を違法ルートに流出させて受託料金と委託料金の差益を確保する例もある、とのことであった。また、中間処理業者の中には、オーバーフローした廃棄物を手抜き・違法処理して、あるいは未処理のまま違法ルートへ流出させる事例も見られる。

最終処分業者においては、残存容量の逼迫している場合に、最終処分業者が延命を図る目的で、受託した廃棄物を違法ルートへ横流しし、マニフェストには受領印を押して処分を偽装する例が見られる。また、入荷量を制限している最終処分場もあり、二次収集運搬業者が、搬入できずにオーバーフローした廃棄物を違法ルートへ流出させる場合もある、とのことであった。

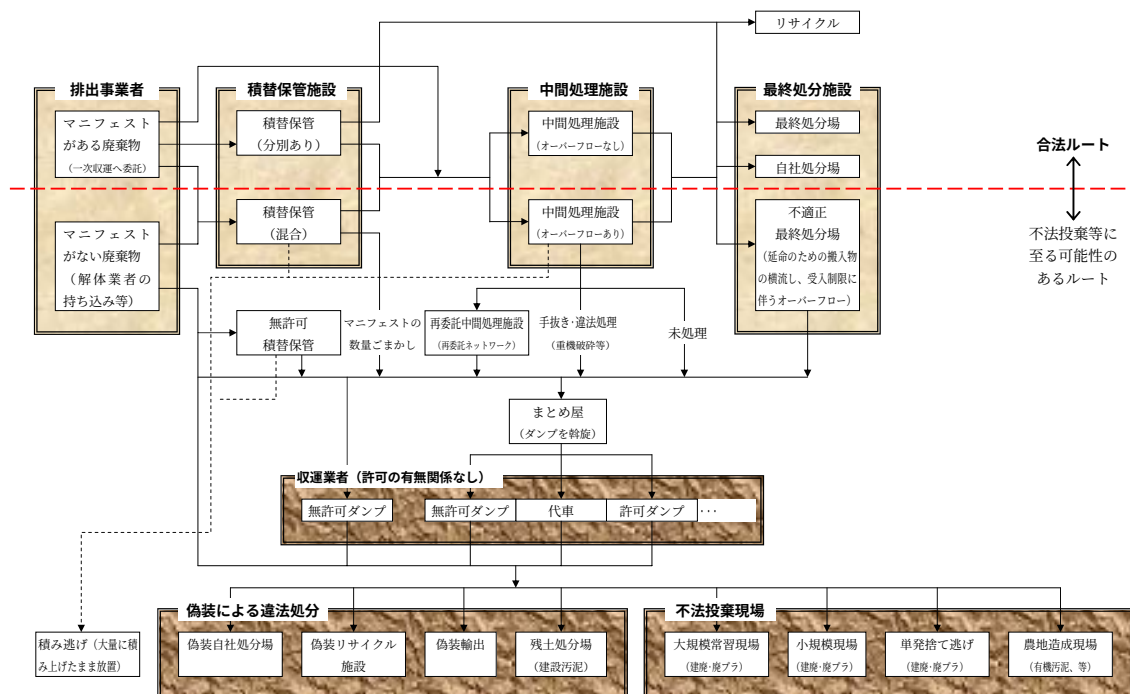


図 3-2 排出事業者から違法処分・不法投棄現場に至るフロー

3.2.3 関連要因のゾーニングへの適用可能性に関する検討

以上の結果を踏まえ、不法投棄フローの関連要因とそのゾーニングへの適用可能性を以下にまとめた。

① 物流フローについて

不法投棄のパターンは、図 3-2に示すようにスタート地点として発生源・積保施設・中間処理施設・最終処分施設といった種類があり、これらの分布状況を考慮する必要がある。輸送距離については、「下道で1～4時間のところ（一日で往復できる場所）」、「朝夕のラッシュを避けて夜間に移動する」といった指摘もあり、こうした仮定条件に基づいて指標化することが考えられる。

また、廃棄物の種類毎に受託料金は異なっており、運搬できる距離にも差があると考えられる。物流モデル作成にあたっては、廃棄物種類別の受託料金の相場、運搬料金と距離の関係といった情報の整理が望ましい。

② オーバーフローについて

中間処理施設においては、処理能力と比較して廃棄物を過大に受託する「オーバーフロー受託」が不法投棄の要因となっている。また、最終処分場では残余容量の逼迫している場合に不法投棄を実施する例も見られる。廃棄物の発生量と中間処理施設の処理能力・最終処分場の残余容量について、一定の距離圏内のバランスを数値化することなどの検討を行うことが望ましい。

③ 投棄規模について

不法投棄現場には組織的なものと単発的なものがあり、それぞれ関連要因が異なることから、これらを区別してゾーニングモデルを構築することが望ましい。区別する基準としては、投棄規模（例えば300m³以下とそれ以上）や地主の関与等に基づいて判断することが考えられる。

④ 行政指導・処分・事件化について

行政指導・処分・事件化を徹底した場合、運搬業者が怖がってそのエリアに近寄らなくなり、不法投棄がその地域から追い出され、不法投棄に対する阻害要因となっている状況が見られる。こうした行政の監視指導の状況を表す指標として、ある行政管轄区域における時系列の原状回復（撤去状況）・行政指導・処分・事件化データが考えられる。また、不法投棄が追い出されたエリアの周辺地域へ移動することもあると考えられることから、上記指標と時系列の現場分布の変化の関連について検討することが望ましい。

⑤ その他の不法投棄場所の適地について

不法投棄に関与する不動産仲介業者が不法投棄現場の候補として目をつける場所として、①リゾート開発計画などで買い占められた後に計画が頓挫した土地、②金融取引などで失敗して抵当に取られた土地、③不在地主が所有する土地、④土建業者が所有する土地、⑤農地における農地造成・汚泥の発酵処理、⑥山林における小規模伐採等が挙げ

られており、これらの要因についても考慮することが望ましい。また、最終処分場と不法投棄現場が近接する可能性が指摘されていることから、最終処分場の周辺地域における不法投棄現場の分布を検討することが望ましい。

3.3 GIS データを用いた不法投棄発生阻害因子の検討

不法投棄発生の阻害要因は、衛星監視による誤検知箇所の除去や監視地域の選定など広く用いることができると考えられる。そこで、本節では、不法投棄の阻害要因として使用できるGISデータについて検討を行なった。

3.3.1 検討する因子の選定

まず、阻害因子の検討を行なうにあたり、表 3-1の資料を収集した。

表 3-1 資料一覧

	データ	内容
1	地形図	1/25000 の GIS データ (PDM25000)
2	土地利用基本計画図	土地利用基本計画図のデータ (茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、長野) 国土交通省の公開型システム Lucky から借用
3	詳細地形図データ	茨城、栃木、千葉の検証試験実施地区の 1/5000 程度の詳細地形図 (ME-MAP)

このうち、不法投棄発生を阻害する因子および、衛星画像解析で誤検知が想像される項目として、以下の因子について検討を行うこととした。

(1) 地形図から

都市集積度が高いと思われる条件として、人口密度が高い地域や市街化区域としての建物密集地、また管理者の明確な土地として、緑被帯等のデータを検討する。

- ・主要建物の周辺
- ・建物密集地
- ・人口集中地区 (4000人/km²以上の人口密度)
- ・緑被帯

(2) 法的規制から

法的規制による都市集積度の高い地域の情報、及び土地管理者の明確な農地、自然公園地域について検討する。

- ・都市地域市街化区域
- ・農業地域農用地
- ・森林地域
- ・自然公園

(3)詳細地形図から

検証試験の衛星解析において誤検知されやすい要因として以下の因子を検討する。

- ・家屋 （建物上には不法投棄はないと考える）
- ・鉄塔 （森林部での金属反応を除く）
- ・街区 （住宅密集地における衛星監視は不要と考える）

上記のデータの例を図 3-3と図 3-4に示す。



図 3-3 地形図から抽出した阻害要因候補

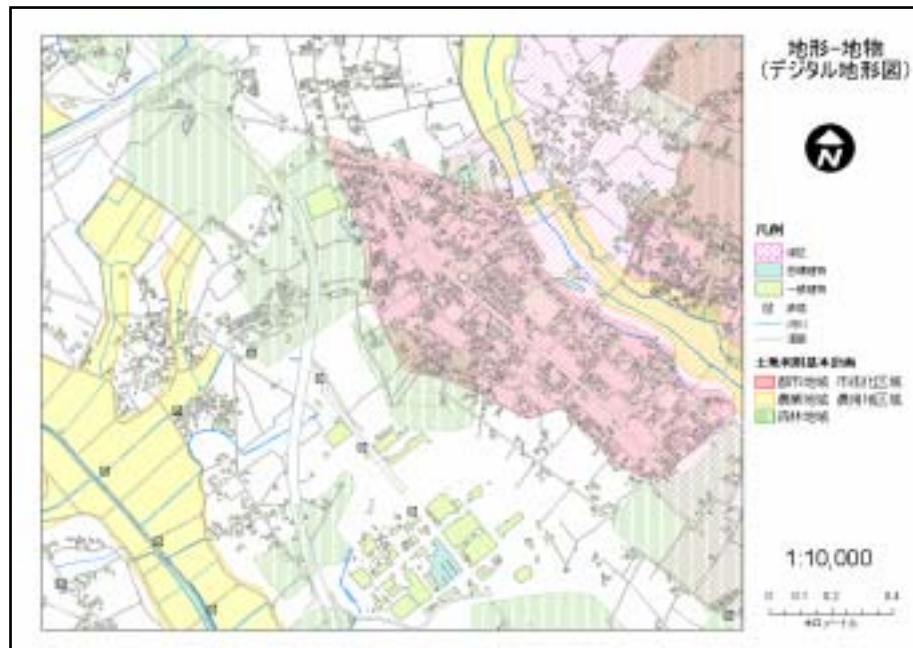


図 3-4 土地利用基本計画、詳細地形図から抽出した阻害要因候補
および誤検知抽出データの候補

3.3.2 阻害因子の検討

まず、阻害要因と考えられる因子と平成13年度不法投棄確認位置のオーバーレイ解析を行い、阻害要因と考えられるものの範囲内にある不法投棄確認位置件数を求めた。その結果を表 3-2に示す。

表 3-2 不法投棄場所の計数結果

阻害要因候補		対象範囲	件数	比率	備考	採用
地形図から抽出した不法投棄の阻害要因						
人口集中地区	人口密度4000人/Km2以上の国勢調査地区	(茨城・栃木・千葉) 3県全域の2カ年614件	2	0.3%	松戸市金ヶ作 (H13) 白井市 富士 (H13)	○
建物密集地	地形図の建物密集地	(茨城・栃木・千葉) 3県全域の2カ年614件	0	0.0%		○
主要建物	主要建物と周囲200M以内	(茨城・栃木・千葉) 3県全域の2カ年614件	162	26.4%		
主要建物	主要建物と周囲100M以内	(茨城・栃木・千葉) 3県全域の2カ年614件	49	8.0%		
主要建物	主要建物と周囲50M以内	(茨城・栃木・千葉) 3県全域の2カ年614件	17	2.8%		○
緑被帯	管理者のいる緑地	(茨城・栃木・千葉) 3県全域の2カ年614件	8	1.3%	ゴルフ場6、河川敷1、海浜公園1	○
法的規制(土地利用基本計画との重なり)						
都市地域市街化区域		茨城・千葉の検証地域内の75件	0(3)	0.0%	3件とも現況が森林	○
農業地域農用地区域		茨城・栃木・千葉3県の検証地域内の79件	13	16.5%		
森林地域		茨城・栃木・千葉3県の検証地域内の79件	39	49.4%		
自然公園地域		栃木・千葉の検証地域内の65件	3	4.6%		
詳細地形図から抽出(衛星解析の誤検知利用として検討)						
ME-MAP (5mGRIDに加工)	家屋	茨城・栃木・千葉3県の検証地域内の80件	2	2.5%		○
ME-MAP (5mGRIDに加工)	高塔	茨城・栃木・千葉3県の検証地域内の80件	0	0.0%		○
ME-MAP (5mGRIDに加工)	街区	茨城・栃木・千葉3県の検証地域内の80件	12	15.0%		

衛星画像解析として誤検知箇所であることを判読するために有効となる情報として、1／5000の詳細地形図で検討した家屋と高塔については、重なる不法投棄が2件と少なく、衛星監視システム内での利用の可能性があると考えられた。

その他の因子については、全不法投棄確認位置件数に対する阻害要因範囲内の不法投棄確認位置件数の比率が3%未満のものを阻害要因の候補として引き続き検討することとした。

4.1のゾーニング手法と同様に相対確率を算定した結果を図 3-5に示す。

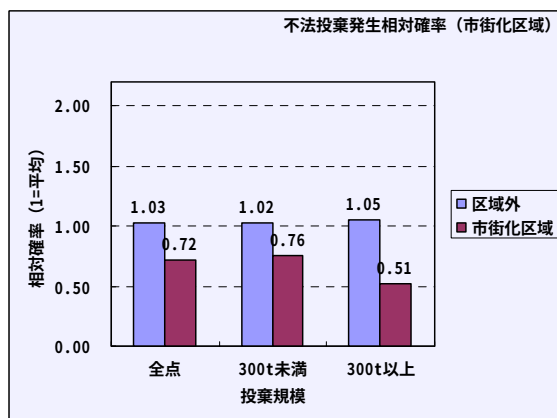
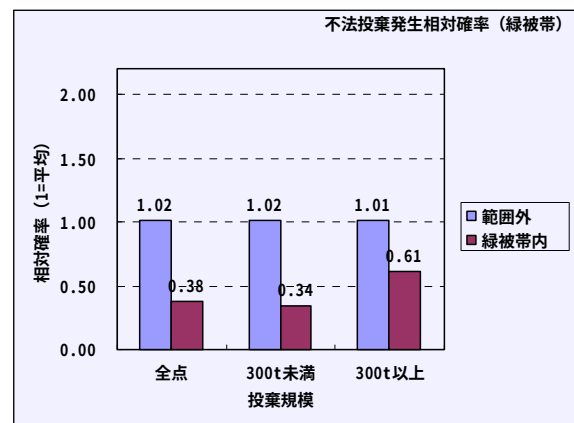
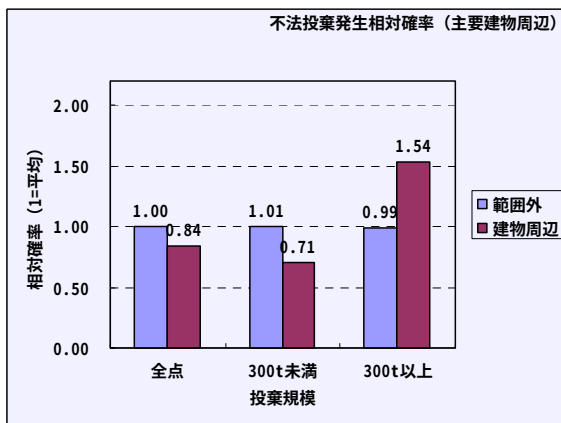
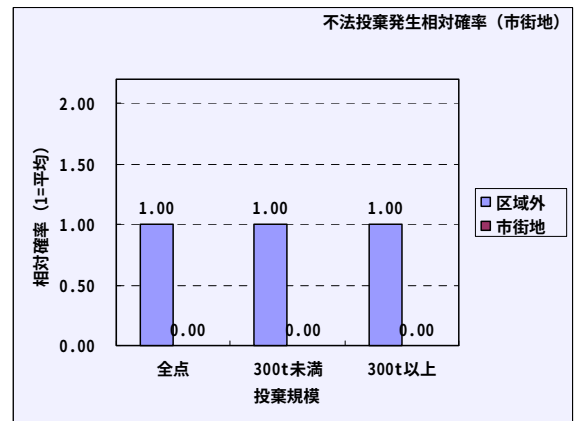
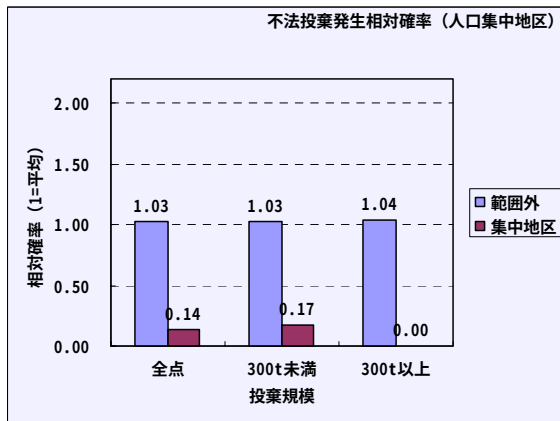


図 3-5 障害因子候補の相対確率

阻害要因の候補で求めた相対確率では、人口集中地区と市街地のデータに関して、範囲内か範囲外の違いにより相対確率に明らかな違いが見られた。

また、土地利用基本計画の都市地域市街化区域のデータについて、相対確率では明らかな違いは見られなかったが、以下にあげる理由による影響が考えられる。

- ・ 土地利用基本計画の地域種別と現況土地利用の違いによる影響
- ・ 土地利用基本計画で都市地域と指定された地域には、現況土地利用で森林や農地となっている地域が存在する。

森林は、4.1のゾーニングにおいて、森林縁からの距離がゾーニング因子として採用されたように不法投棄の発生しやすい土地利用であり、土地利用基本計画において、都市地域との指定がなされていても、現況の土地利用が森林の場合は、不法投棄が存在するものと考えられる。そこで、土地利用基本計画と森林の関係と発現した不法投棄の件数を求めた。結果を表 3-3に示す。

表 3-3 不法投棄の件数表

	地域	件数	割合
1	市街化区域のみ	19/421件	4.5%
2	市街化区域－森林範囲	16/421件	3.8%
3	市街化区域－森林を 100m 拡大した範囲	7/421件	1.7%
4	市街化区域＋その他未線引きの用途地域	31/421件	7.3%
5	市街化区域＋その他未線引きの用途地域－森林範囲	28/421件	6.7%
6	市街化区域＋その他未線引きの用途地域－森林を 100m 拡大した範囲	12/421件	2.8%

これより、土地利用基本計画の都市地域市街化区域から、現況森林部分を除くと不法投棄の件数が減少することから、土地利用と森林の両方をふまえるのがよいと考えられた。

以上の結果をふまえ、以下の要因を阻害要因として扱うこととした。

- 人口集中地区
- 市街地（建物密集地）
- (市街化区域－森林を100m拡大した範囲)

阻害要因となるGISデータは、衛星画像解析で不法投棄現場を探知するときに、図 3-6に示す手順例などを適用することで、より効率的な衛星画像解析ができると考えられた。詳細については、6.3.2で述べる。

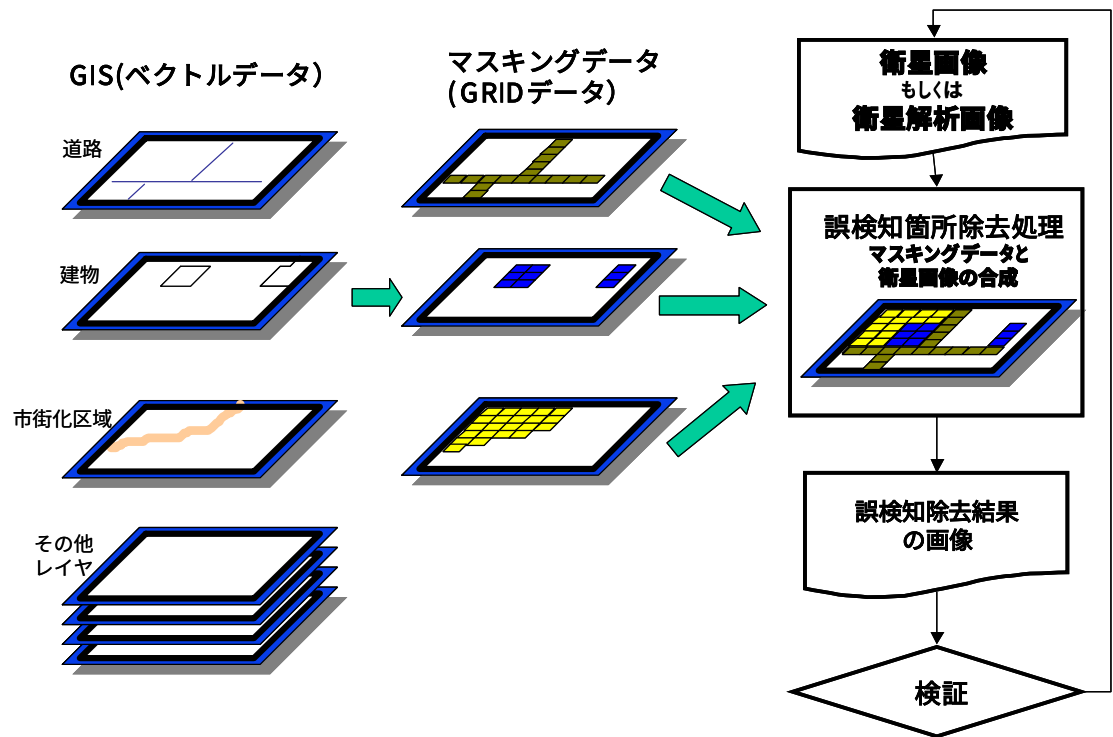


図 3-6 障害因子の利用方法の例

3.4 本章のまとめ

ゾーニングシステムの高度化のための基礎情報を得ることを目的として、不法投棄のフローとその関連要因に関するヒアリング調査・文献調査、KJ法等によるグループディスカッションを通じて、不法投棄に至るまでのフローパターンとその関連要因に関する構造化を行った。検討の結果、ゾーニングにあたっては、投棄規模・地主の関与の状況を区別したモデル化が必要であると考えられた。また、ゾーニング因子として①物流フロー、②処理能力のオーバーフロー状況、③行政の監視指導の状況、④最終処分場の周辺地域、等の要因が抽出された。

また、衛星監視による誤検知箇所の除去や監視地域の選定など広く用いることができると考えられる不法投棄発生の阻害要因について、阻害要因として使用できるGISデータについての検討を行なった。その結果、①人口集中地区、②市街地（建物密集地）、③(市街化区域－森林を100m拡大した範囲)」の3つを不法投棄の阻害因子として活用するのが良いと考えられた。

参考文献

- 1) 千葉県海匝支庁県民環境課：不法投棄ゼロへの挑戦 (2002)
- 2) 石渡正佳：産廃コネクション、WAVE出版 (2002)

4.不法投棄要監視地域ゾーニング手法の高度化

4.1 目的

本章では、地理情報システム（GIS）を用いて、不法投棄が起こりやすい地域を絞り込み、より効率的な監視を行うための要監視地域ゾーニング手法を開発することを目的として、前年度までの検討で得られたゾーニング手法を高度化し、実際のシステム運用で利用するゾーニング手法を確立することとした。

4.2 検討方針

前年度の検討では、自治体の担当者等により多面的な情報を提供するために、社会的因子、経済的因子、土地利用的因子、地形的因子、物流的因子の5因子群に着目して以下の4種類の基本ゾーニングを作成することができた。

1. 不法投棄が発生しやすい市区町村のゾーニング（発生件数）
2. 投棄物が到達しやすい市区町村のゾーニング（物流）
3. 不法投棄が発生しやすい地点のゾーニング（発生件数）
4. 不法投棄規模が拡大しやすい地点のゾーニング（発生規模）

しかし、3と4の現場レベル（25mメッシュ単位）の不法投棄現場データ数が少なく、その検証が十分に行えなかった。また、1と2は市区町村単位のゾーニングであり、不法投棄が関東圏域内で偏って発生する不法投棄の現状を表現することができたものの、監視エリアの選定という意味では必ずしも利用性が高いものとはいえなかった。さらに、1と3はゾーニングの最小の面積単位が異なるのみで同一の事象に着目しており、本来、現場レベルに統合化してゾーニング結果を得るべきものであった。また、ゾーニング結果の検証方法を確立することができなかった。

そこで、本年度は、これらの問題点を改善するために、以下の方針でゾーニング手法の高度化を試みることにした。

1. ゾーニングは、不法投棄の発生件数¹、不法投棄の発生規模²、ならびに投棄物の物流³の3つに着目して、現場レベル（25mメッシュ単位）で行う。
2. ゾーニングの検証方法を確立し、得られたゾーニング結果を検証する。

そのために、まず、現場レベルの不法投棄現場データ数を増やすこととした。この詳細については、付録1で述べる。

¹ 前年度の1と3のゾーニングに対応。

² 前年度の4のゾーニングに対応。

³ 前年度の2のゾーニングに対応。

以下の各節では、不法投棄発生件数ゾーニング、不法投棄発生規模ゾーニング、ならびに投棄物の物流ゾーニングの高度化を検討した結果を述べる（以下、略すときは、それぞれ度数ゾーニング、規模ゾーニング、物流ゾーニングという）。

なお、前年度の報告書で述べたように、ゾーニングを行うためにはデータベースが面的に整備されていなければならない、重要な因子を全てゾーニングに利用できるわけではない。そこで、図4-1に示したようにゾーニングシステムを階層化し、不在地主分布や環境汚染による被害が大きい地点などの、GIS上で地図情報DB化できないデータや主観的な判断・価値観を含むデータなどは、参考情報として基本ゾーニングと重ね合わせ表示するなどして、自治体の担当者等が判断することとし、基本ゾーニングのゾーニング因子として利用しないこととした。このような参考情報の表示については、6.3.2で述べる。

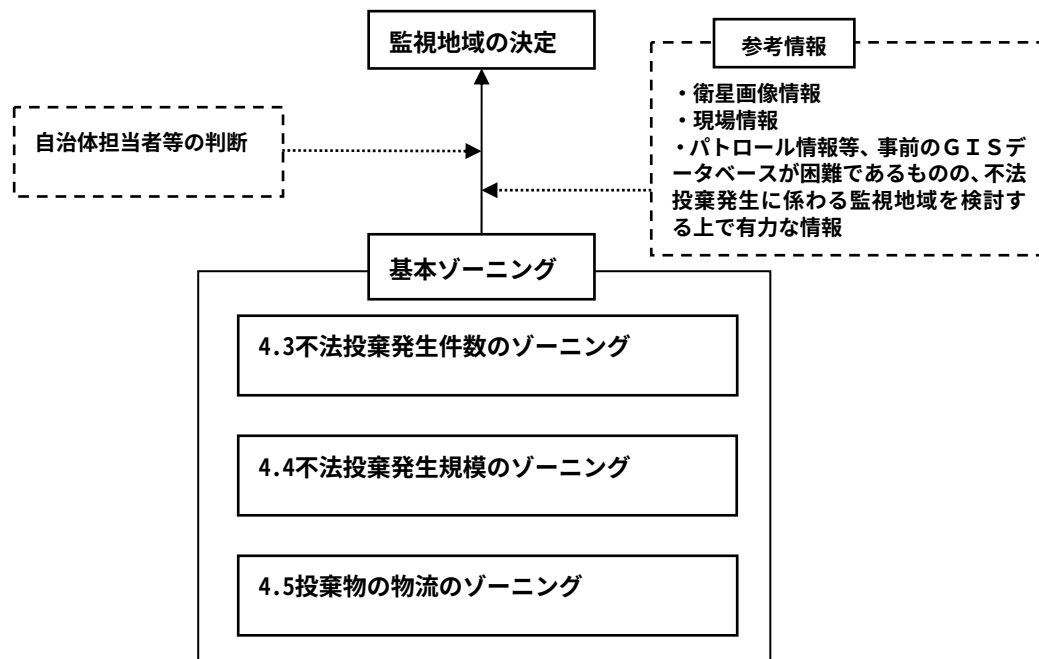


図4-1：ゾーニングシステムの階層化

4.3 不法投棄発生件数のゾーニング

4.3.1 目的

前年度の検討によって、現地調査データの件数が少なく、地域的に偏りがあったため、関東圏域の検証を行なうに十分な量と質のデータではなかったことが今後の課題として挙げられた。また、ゾーニング結果の的中率を判断する方法など手法の確立が十分でなかったことが挙げられた。

そこで本年度は、茨城・千葉・栃木3県の不法投棄現場データを整理した結果を用いてゾーニングの計算方法、ゾーニング結果の検証方法、ゾーニング因子の選定についての高度化検討を行なうこととした。

4.3.2 高度化手法の検討方法

(1)ゾーニング計算手法

前年度は、ゾーニングの計算方法として、不法投棄に関連する因子ごとに不法投棄発生相対確率を求め、その和によってゾーニングを行った。しかし、不法投棄発生相対確率を条件付き確率事象として捉えた場合、これらを集約する手法は、積によるべきことが判明した（付録2-1）。そこで、相対確率は次式で求めることにし、各因子の相対確率の積によってゾーニングの総得点を求めることとした⁴。

$$\begin{array}{c} \text{不法投棄調査報告の} \\ \text{相対確率} \end{array} = \left[\begin{array}{c} \text{各評価因子のカテゴリー別の} \\ \text{不法投棄報告割合} \end{array} \bigg/ \begin{array}{c} \text{対象範囲内の} \\ \text{全不法投棄報告割合} \end{array} \right]$$
$$= B/A$$

なお、総得点の計算にあたっては、各因子の独立性を確認する必要がある。各因子の独立性の確認については、4.3.2(3)の3)で述べる。また、不法投棄の因子は表4-1に示す因子について検討を行なった⁵。

⁴ 分母（A）の対象範囲は、不法投棄現場データを収集・整備した範囲とした。つまり、圏域レベルは全国市区町村、現場レベルは千葉県、茨城県、栃木県の3県とした。

⁵ ゾーニングの計算については、因子ごとのゾーニング段階で、圏域レベルと現場レベルのGISデータ（25mセルのGRID）の形式を同一として計算することとした。

表4-1 検討した因子

(圏域レベル：市区町村単位)

大分類	地理属性名	単位	データの出典もしくは作成方法
人口	人口	人	平成7年度「国勢調査」(総務庁統計局)
	H2年～7年人口増減率	%	平成7年度「国勢調査」(総務庁統計局)
	人口密度(市町村)	人/km ²	平成7年度「国勢調査」(総務庁統計局)
	世帯数	世帯	平成7年度「国勢調査」(総務庁統計局)
	世帯密度	世帯数/km ²	平成7年度「国勢調査」より作成
	年少人口(15歳未満)割合	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	生産年齢人口(15～64歳)割合	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	老年人口(65歳以上)割合	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	人口昼夜間比率(夜間=100)	—	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
生活基盤	1人当たり所得	千円	(株)日本マーケティング教育センター(平成6年度調査)
	失業率	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
産業	就業者総数に占める割合(第1次産業)	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	就業者総数に占める割合(第2次産業)	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	就業者総数に占める割合(第3次産業)	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
その他 犯罪	犯罪件数(都道府県別)	件	平成13年度「第50回日本統計年鑑」(総務庁統計局)
	検挙件数(都道府県別)	件	平成13年度「第50回日本統計年鑑」(総務庁統計局)
土地利用	住宅地の平均地価	百円/人/m ²	平成9年度「地価公示」(国土庁土地鑑定委員会)
	総面積	km ²	平成7年度「全国都道府県市区町村別面積調」(国土地理院)
	非可住地面積	km ²	平成8年度「面積調」平成2年度「世界農林業センサス」より作成
	森林面積	km ²	平成2年度「世界農林業センサス」(農水省統計情報部)
	耕地面積	km ²	平成4年度「耕地面積統計」(農水省統計情報部)

(現場レベル：25mメッシュ単位)

大分類	地理属性名	単位	データの出典もしくは作成方法
監視性	人口密度(字単位)	人/km ²	平成7年度「国勢調査」町丁字別集計(総務庁統計局)
	保健所・警察からの距離	m	GISデータ((株)パスコ,PDM25000)から距離を測定
	行政界からの距離	m	GISデータ((株)パスコ,PDM25000)から距離を測定
アクセス性	役所標高差	m	GISデータ((株)パスコ,PDM25000)から標高差を測定
	道路からの距離	m	GISデータ((株)パスコ,PDM25000)から幅員3メートル以上の道路を抽出し、距離を測定
	主要道路からの距離	m	GISデータ((株)パスコ,PDM25000)から国道及び主要地方道(高速道路等の有料道路は含まない)を抽出し、距離を測定
地況	森林縁距離	m	自然環境GIS現存植生図データ(環境省)の森林部からの距離を測定
	地形分類	—	国土数値情報 自然地形メッシュ(国土交通省)
	傾斜区分(50m区分)	度	数値地図25000 標高データ(国土地理院)から作成
土地利用	土地利用分類	—	自然環境GIS現存植生図データ(環境省)の植生自然度分類 1市街地等、2耕作地等、3果樹園等、4背丈の低い草原、5背丈の高い草原、6植林、7二次林、8特に自然植生に近い代償植生、9自然植生、10自然草原等

(2)ゾーニング結果の検証手法

上記の手法により算定されたゾーニングの総得点が不法投棄の実状に適合するかについては、「臨床判断学における診断テスト等の優劣比較方法」（ROC曲線による方法）を応用して用いることとした。

ROC曲線は縦軸を感度、横軸を偽陽性率としてプロットして得られた曲線を指し、プロットされた曲線が左上に位置する検査方法が、感度が高く（疾病を適切に検知）、かつ偽陽性率が低い（間違いが少ない）検査方法として優れていると判断される（詳細は付録2-2を参照）。ここで、ゾーニング結果をもとに監視地域を決めた場合に、実際の不法投棄状況との関係が表4-2のように得られたとする。このとき、ROC曲線で用いる「感度」は、発見が期待される不法投棄件数の割合を示す「不法投棄現場の網羅率」に対応し、また「偽陽性率」は、監視する地域の絞り込み割合「監視面積の絞り込み率」⁶に対応する。

表4-2 ゾーニング結果と実際の不法投棄状況との関係表

	不法投棄有り	不法投棄なし
要監視地域	a	b
監視しない地域	c	d

不法投棄現場の網羅率 = $a / (a + c)$

監視面積の絞り込み率 = $b / (b + d)$

不法投棄データを用いて作成したROC曲線を図4-2に示す。

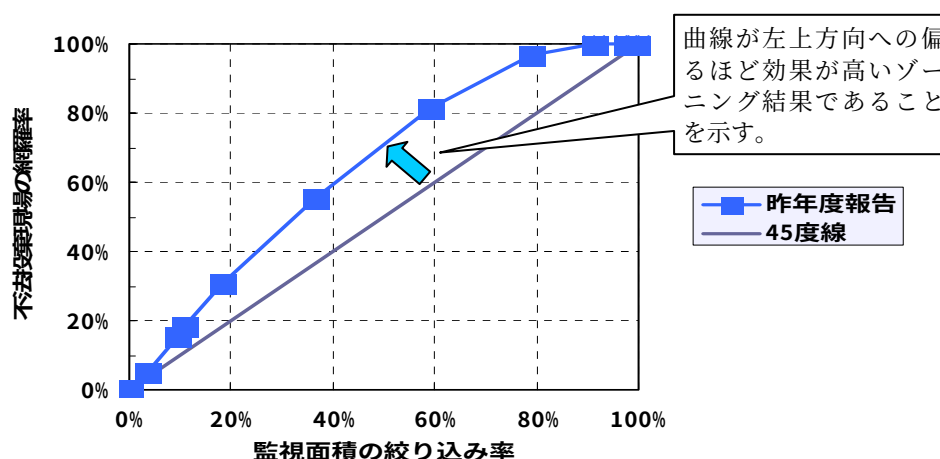


図4-2 不法投棄監視におけるROC曲線

⁶ 厳密に、監視面積を絞り込み率といった場合の式は $(a+b) / (a+b+c+d)$ と表されるべきである。しかし、不法投棄の場合には発生確率が低いため $a \ll b$ 、 $c \ll d$ であり、近似的に、上式が監視面積の絞り込み率となる。

ROC曲線を用いたゾーニング手法の検証においては、不法投棄の網羅率が高くかつ監視を行っている地域が少ないほどROC曲線が左上方に位置することから、それぞれの手法によるゾーニング結果のROC曲線を作成し、この曲線がより左上方に位置する手法を優れているものと判断する。

(3)ゾーニング因子の選定条件の検討

ゾーニングに用いる因子については、以下の3点に着目して、図4-3の手順で選定することとした。

- ・不法投棄要因としての説明性
- ・ゾーニングへの寄与度
- ・因子同士の重複性

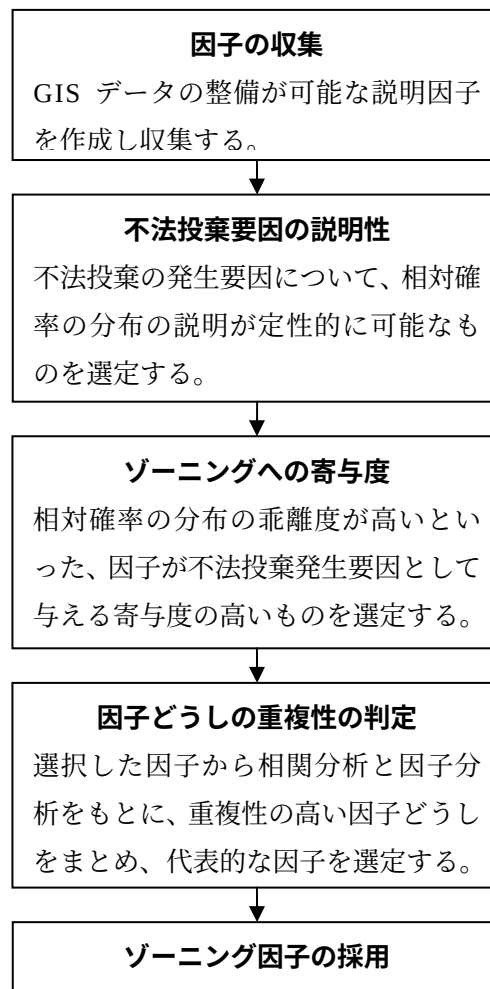


図4-3 ゾーニング因子の採用手順

以下、各項目について述べる。

1) 不法投棄要因としての説明性

検討する因子の相対確率がこれまでのヒアリング結果や不法投棄の構造解析結果（前年度報告書を参照）から説明できるものを選定することとした。

2) ゾーニングへの寄与度

本年度算定する因子別の相対確率は、当該因子が不法投棄に与える影響として求められるが、ある因子が不法投棄と関連性を持たない場合、相対確率の分布は、一様分布に近づくと考えられる。このことから、相対確率分布の一様分布からの乖離度の大きいものが、ゾーニングを集約した際に与える影響も大きいと考えられる。この一様分布からの乖離度をゾーニングへの寄与度として、因子の選定に用いることとする。

一様分布からの乖離度を求める方法として、Kolmogorov-Smirnovの検定法の値を用いる方法⁷、ローレンツ曲線と45度線の間の面積を算出する方法⁸の2つを用いることとした。

3) 因子どうしの重複性

各評価因子を集約するにあたっては、相対確率の積を用いるため、評価因子がそれぞれ独立した情報である必要がある。また、不法投棄の要因と考えられる因子どうしには、共通する要件を内包しており、相関が高いものが存在すると考えられる。そこで、以下の方法を用いて因子の重複性を評価し、因子の選定に用いることとした。

- ・ 相関分析
- ・ 因子分析

4.3.3 解析結果

(1)相対確率の算出等と因子の選定

4.3.2の(3)の手順で、ゾーニング因子として採用するかどうかを検討した結果をまとめて表4-3～4に示す。ここで、因子の重複性の詳細な結果は付録2-3に示した。また、不法投棄要因の説明性については、説明性が高いものに○を、説明ができないものに×、その中間のものに△をそれぞれ付した。最終的な採用の判定は、右から2番目の列に○と×で示し、不採用の場合にはその理由を記した。

⁷ Kolmogorov-Smirnov の検定法は、母集団の累積相対度数 $S(x)$ と標本の累積相対度数 $s(x)$ を調べ、順位変数の各区間 x ごとに $d(x)=|s(x)-S(x)|$ を求め、その最大値 $D=\max\{d(x)\}$ を用いて、標本が母集団に属するかどうかを検定する方法であり、この D 値を用いる。

⁸ 相対確率の値が小さい順に並び替えて、縦軸に累積の相対確率をプロットしてローレンツ曲線を求めた。

なお、相対確率を計算にあたっては、圏域レベルは環境省産業廃棄物不法投棄実態調査（平成11、12年度）の全国市区町村の不法投棄データを用い、また、現場レベルは付録1で収集した3県における平成13年度の不法投棄現場データを用いた。

以下、特徴的であった因子についての結果を以下に述べる。

表4-3 ゾーニング因子の選定結果（圏域レベル）

	不法投棄要因の説明性			因子どうしの重複性		ゾーニン グ効果の 度合い ^{b)}	採用 結果	不採用の理由 もしくは備考（※）
	相対確率の 分布形状	説明される 要因	判定	因子分析に よる類型	高い相関があるもの ^{a)}			
人口密度	中程度で↑	監視性と アクセス性 を示す （開発地に 関連）	○	1 & 2	世帯密度、住宅地価、生 産人口、老年人口	0.174	△	※主要な要因として採用するが、より詳 細な字単位の人口密度データが利用でき るので実際には利用しない。
世帯密度			○	1 & 2	人口密度、住宅地価、生 産人口、人口、世帯数	0.155	×	
住宅地価			○	1	人口密度、世帯密度、所 得、生産人口、人口、世 帯数	0.107	×	
生産人口			△	1	老年人口、所得、人口密 度、世帯密度、住宅地 価、1次産業	0.137	×	
人口	多いほど↑	（発生源に 関連）	△	1	世帯数、住宅地価、世帯 密度	0.174	×	都市部で不法投棄が多く、説明性不十 分。
世帯数			△	1	人口、住宅地価、世帯密 度	0.128	×	
人口増減率	多いほど↑	（開発地に 関連）	△	3	老年人口	0.108	×	説明性不十分。より説明が容易でかつ関 連が高い人口密度で代用
年少人口			△	1 & 3	人口増加	0.132	×	
老年人口	やや小で↑		×	3	生産人口、人口密度	0.139	×	
所得	少ない方が↑	経済性を示 す	○	1 & 4	生産人口、住宅地価	0.100	○	※ともに経済性に関係すると考えられる が、因子どうしの重複性が低いので両方 採用した。
失業率	多い方が↑	経済性を示 す	○	属せず	—	0.116	○	
犯罪件数（県別）	やや小で↑	不明確	×	4	検挙件数	0.126	×	説明困難
検挙件数（県別）			×	4	犯罪件数	0.118	×	
総面積	一定以下で↓	（都市部に 関連）	△	2	非可住地面積、森林面積	0.120	×	都市部に関する因子であるが、都市部は 人口密度ですでに表されている。
非可住地面積			○	2	森林面積、総面積	0.096	×	
森林面積			○	2	非可住地面積、総面積	0.099	×	
耕地面積	小さいほど↑	不明確	×	2	総面積	0.177	×	説明性の結果が矛盾
人口昼夜間比率	多い方が↑		×	属せず	—	0.126	×	説明困難
1次産業人口割合	中程度で↑	不明確	△	1	生産人口	0.076	×	寄与度が小さく、説明困難
2次産業人口割合			△	属せず	3次産業	0.058	×	
3次産業人口割合			△	1	1次産業	0.088	×	

a)相関係数|r|が0.5以上を示した。また、0.7以上は全て示し太字で表記し、0.5～0.7は最大値のみを示した。

b)相対確率分布の一樣分布からの乖離度（ロレンツ曲線と45度の直線の間の面積）

表4-4 ゾーニング因子の選定結果（現場レベル）

	不法投棄要因の説明性			因子どうしの重複性		ゾーニング効果の 度合い ^{b)}	採用 結果	不採用の理由 もしくは備考（※）
	相対確率の 分布形状	説明される 要因	判定	因子分析に よる類型	高い相関があるもの ^{a)}			
人口密度			○	1	標高差	0.144	○	
役場との標高差	中程度で↑	監視性と 広域アクセ ス性を示す	○	1	道路距離	0.192	×	道路距離、人口密度との関連が高い。また、これらと地形分類との関連でしか説明ができない。分かりにくい。
地形分類	山地で↓↓ 丘陵地で↑		△	—	—	0.108	○	※人口密度と同様に監視性と広域アクセス性を示すと考えられるが、因子どうしの重複性が低いために採用した
保健所・警察からの距離	中程度で↑	不明確 （監視性と アクセス性 に関連）	△	1	人口密度	0.223	×	説明性不十分。より説明が容易でかつ関連が高い人口密度で代用。
行政界からの距離	近いほど↑	監視性を示す	○	属せず	—	0.097	×	寄与度が小さい
道路からの距離	近いほど↑	狭域アクセス性を示す	○	1	標高差	0.288	○	※ともに投棄物の到達性を示すが、広域移動性と狭域（投棄現場への）移動性の異なる要因を示すと考えられるため両方採用
主要道路からの距離	近いほど↑	広域アクセス性を示す	○	1	—	0.179	○	
森林縁からの距離	森林縁付近で↑	見通しを示す	○	1	標高差	0.201	○	
土地利用形態	草地・低木地で↑、天然林で↓	不明確	×	—	—	0.013	×	寄与度が小さく、説明性不十分
傾斜区分	3-10°で↑、10°以上で↓	不明確	△	1	人口密度	0.000	×	

a) 相関係数 $|r|$ が0.5以上を示した。また、0.7以上は全て示し太字で表記し、0.5～0.7は最大値のみを示した。

b) 相対確率分布の一樣分布からの乖離度（ロレンツ曲線と45度の直線の間の面積）

(a)圏域レベルの因子の相対確率

1)一人当たりの所得

一人当たりの所得による相対確率は、図4-4で示すように500千円/人以下のカテゴリで1.30と高く、所得が少ないほど相対確率が高い傾向がみられた。地域の経済性と不法投棄の関連を示すものとして、この因子をゾーニング因子として採用することとした。

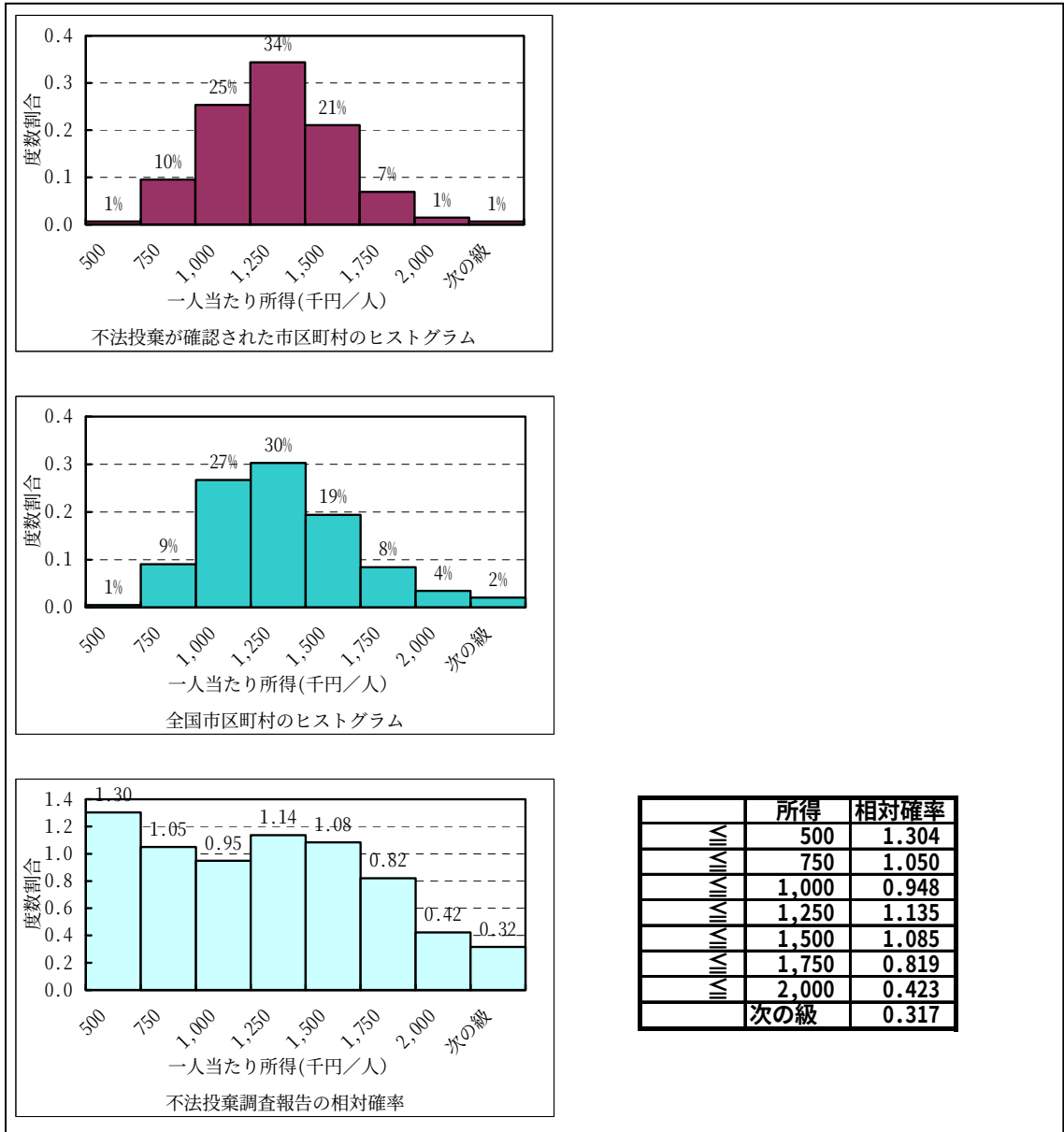


図4-4 相対確率の計算結果（一人当たりの所得）

2)人口密度

人口密度は、前年度の検討で最も顕著に不法投棄の傾向を表した因子である。人口密度による相対確率は、図4-5で示すように300～1000人/km²のカテゴリで最も高く、これ以外のカテゴリでは、人口密度が高くなるか低くなるにつれて低くなる傾向がみられた。これは、監視の目の行き届きやすい都市域（人口密度が高い）やアクセスしにくいへき地等（人口密度が低い）で不法投棄が発生しにくく、監視の目が少なくかつアクセスしやすい都市近郊地域で不法投棄が発生しやすいことを示していると考えられる。そこで、ゾーニング因子の候補として選定したが、最終的には、表4-3で示すように現場レベルの人口密度データがあることからゾーニング因子として採用しないこととした。

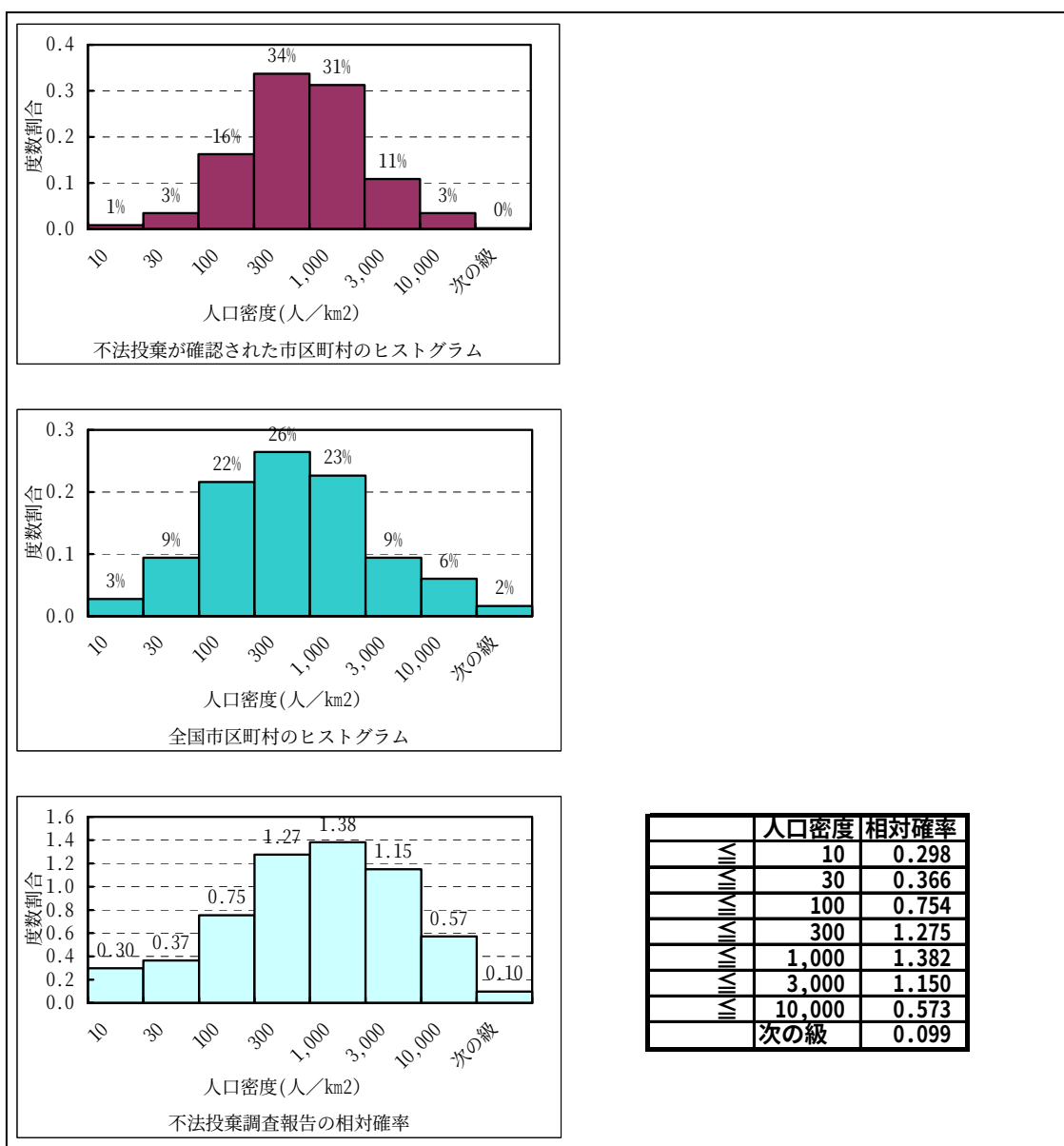


図4-5 相対確率の計算結果（人口密度）

3)第一次産業割合

第一次産業割合の相対確率は、図4-6で示すように3%以下のカテゴリ、いわゆる都市部で低いが、それ以外のカテゴリでは同程度の値であった。不法投棄の発生しやすい箇所としての説明性が低い、かつ寄与度が低い（表4-3）ため、ゾーニング因子として採用しないこととした。

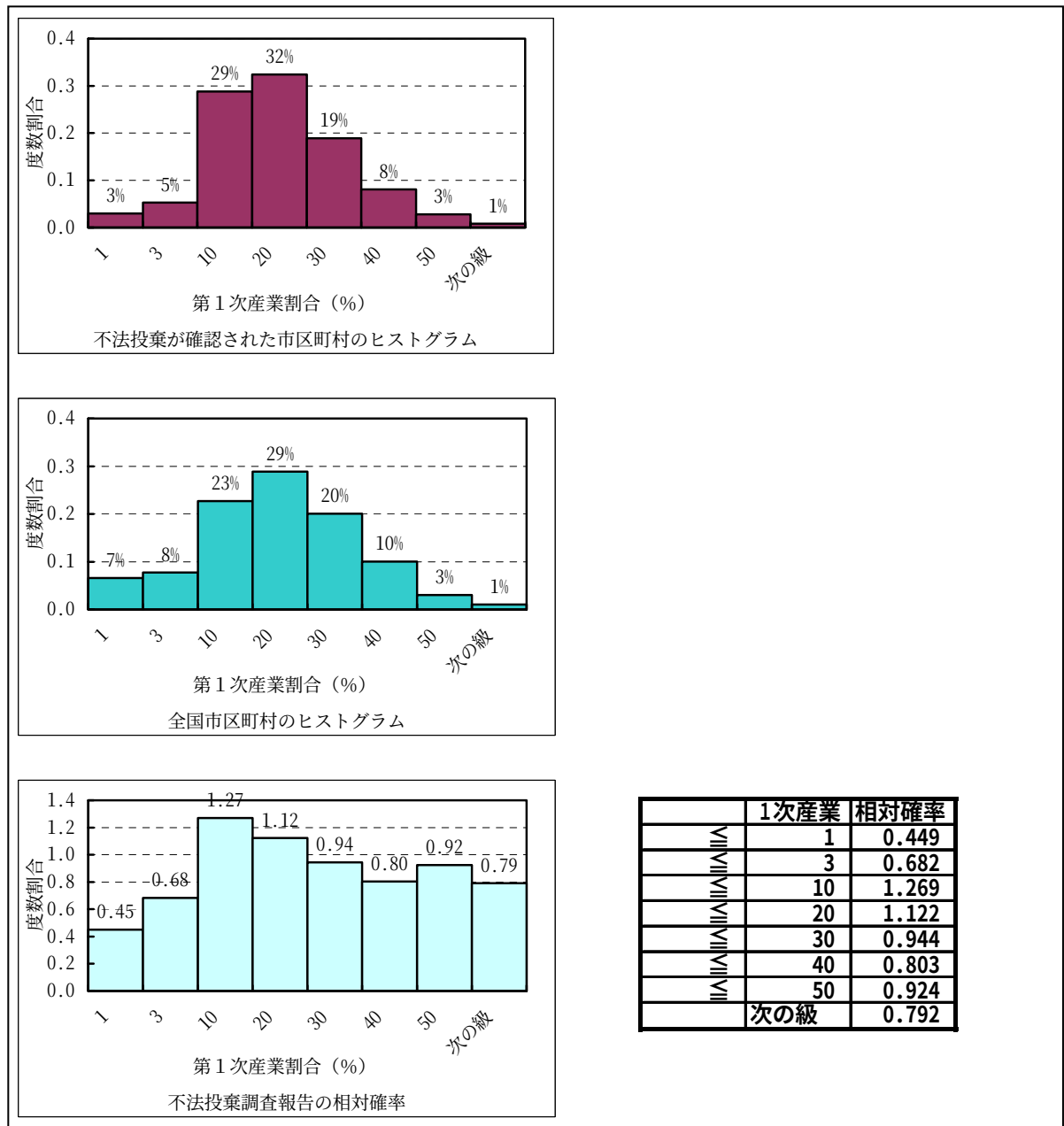


図4-6 相対確率の計算結果（第一次産業割合）

4)失業率

一人あたり所得とともに地域の経済性を示す要因であるが、一人あたり所得と因子どうしの重複性が低い（表4-3）ため検討を行なった。失業率の相対確率は、図4-7で示すように2%以下のカテゴリで低かった⁹。また、相対確率が高いカテゴリに含まれる市町村が全体に占める割合は49%であり、地域の絞込みが可能であると考えられる。そこで、地域の経済性と不法投棄の関連を示すものとして、失業率をゾーニング因子として採用することとした。

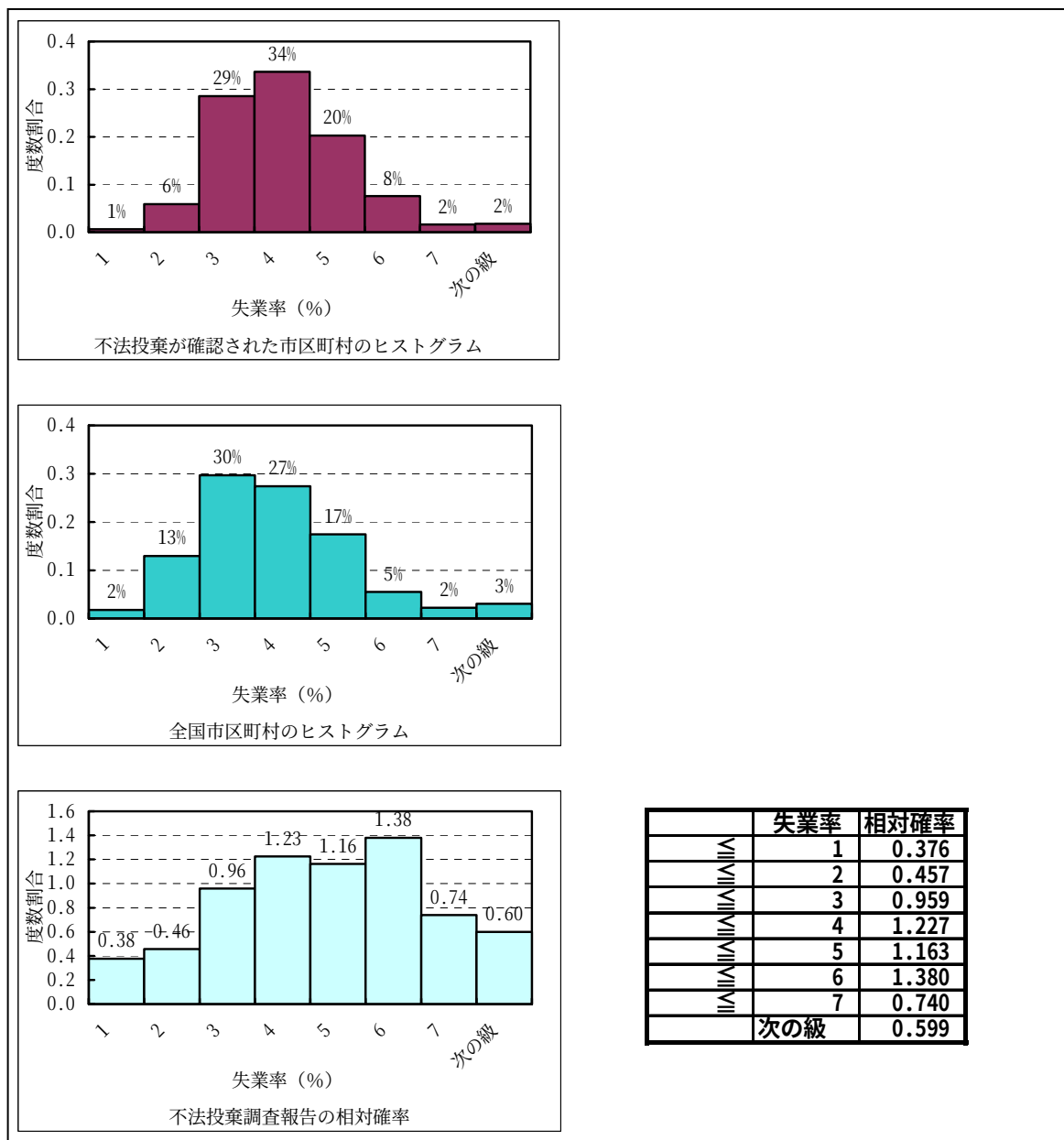


図4-7 相対確率の計算結果（失業率）

⁹ 6%を超えるカテゴリは、やや低い相対確率であるが、全国的にも偏った地域が該当したため代表性が低い。

(b)現場レベルの因子の相対確率

1)監視性－人口密度（字別）

人口密度の相対確率は、図4-8で示すように100人～1000人/km²カテゴリで1.56と1.48の高い値を示した。現場レベルの人口密度は不法投棄される場所の監視性を反映していると考えられ、この相対確率の分布傾向は、監視の目の行き届きやすい都市域や人口密度の低い山地等で不法投棄が発生しにくく、都市周辺の中間的な人口密度の区域が多いことを示すものと考えられる。そこで、人口密度をゾーニング因子として採用することとした。

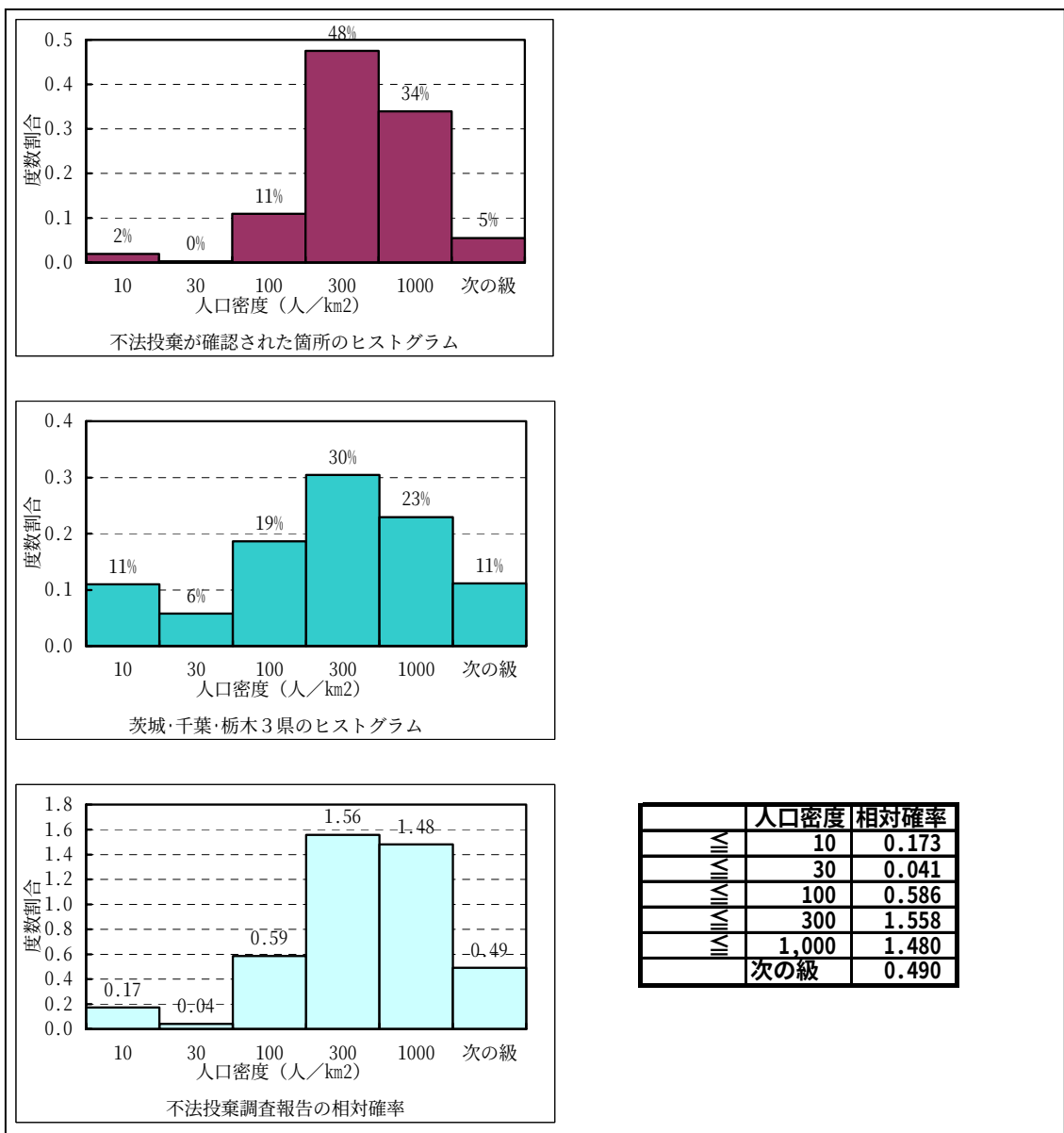


図4-8 相対確率の計算結果（人口密度）

2)監視性－行政界距離

行政界距離の相対確率は、図4-9で示すように300m以下のカテゴリで最も高く、距離が遠いカテゴリで低い値を示す傾向があった。「行政界に近い 監視の目が行き届きにくい」、「行政界が遠い 都市域に近く監視の目が行き届きやすい」という監視性を反映したものと考えられるので、評価因子の候補として選定した。しかし、ゾーニングへの寄与度が小さいため（表4-4）、最終的には、ゾーニング因子として採用しないこととした。

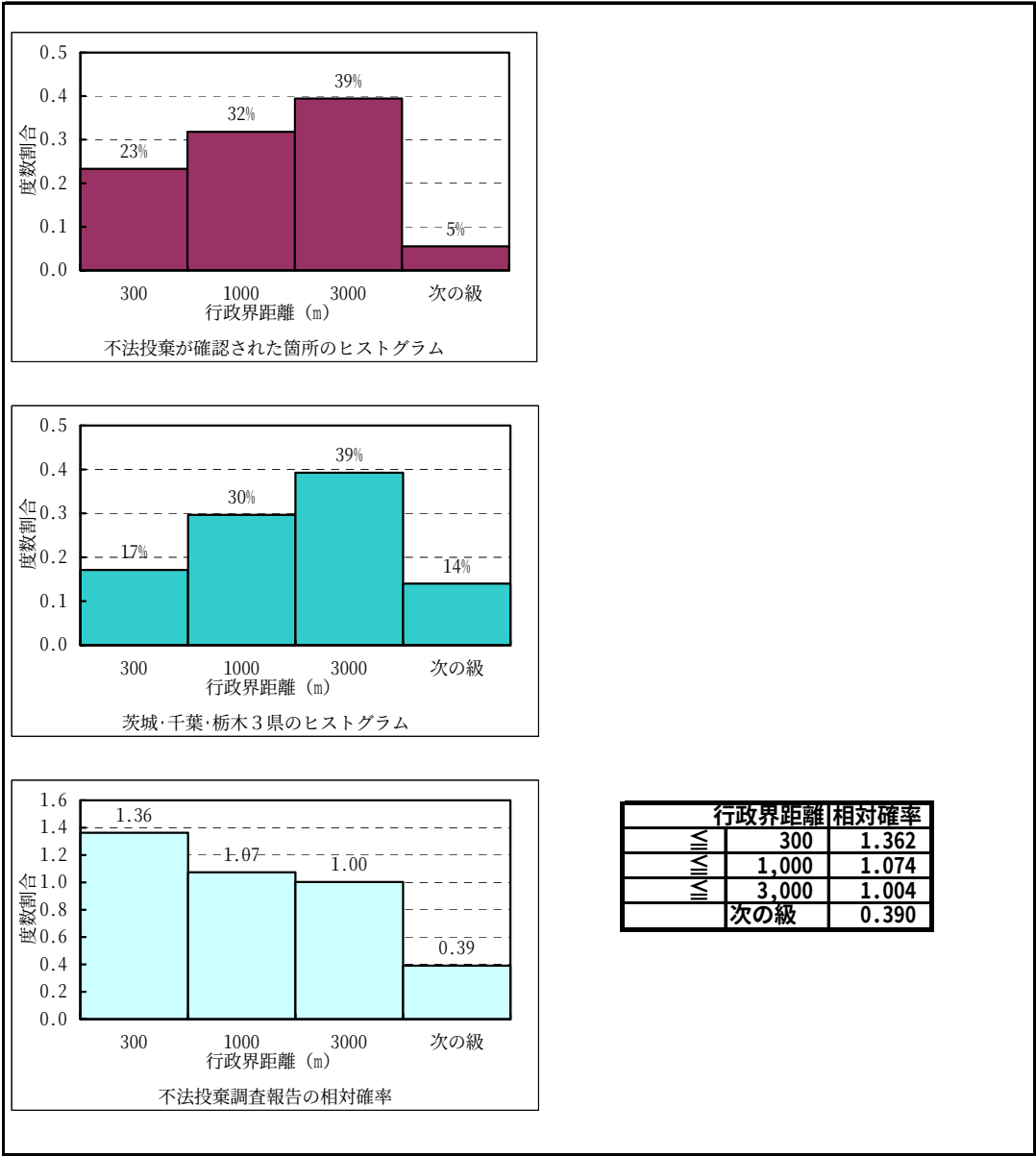


図4-9 相対確率の計算結果（行政界距離）

3)監視性一役場との標高差

不法投棄の発生現場と役場の標高差との相対確率は、図4-10で示すように0mを除いた0～100mの高さのカテゴリで高く、100mより高い標高差のカテゴリでは低かった。市町村の行政機関は、行政区域内の人口密度が高い都市中心部に設けられることが多い。これに対して、不法投棄は丘陵地や中山間部で発生しやすいとされており、役場との不法投棄位置の標高差にはある傾向が示され则认为られる。したがって、役場との標高差は標高の高い山地において不法投棄が少ないことを示していると考えられるが、評価因子として地形分類を別途検討していること、また、相関分析において道路距離、人口密度との関連が高いことから、他の因子による代用が可能であると考えられるため、ゾーニング因子として採用しないこととした。

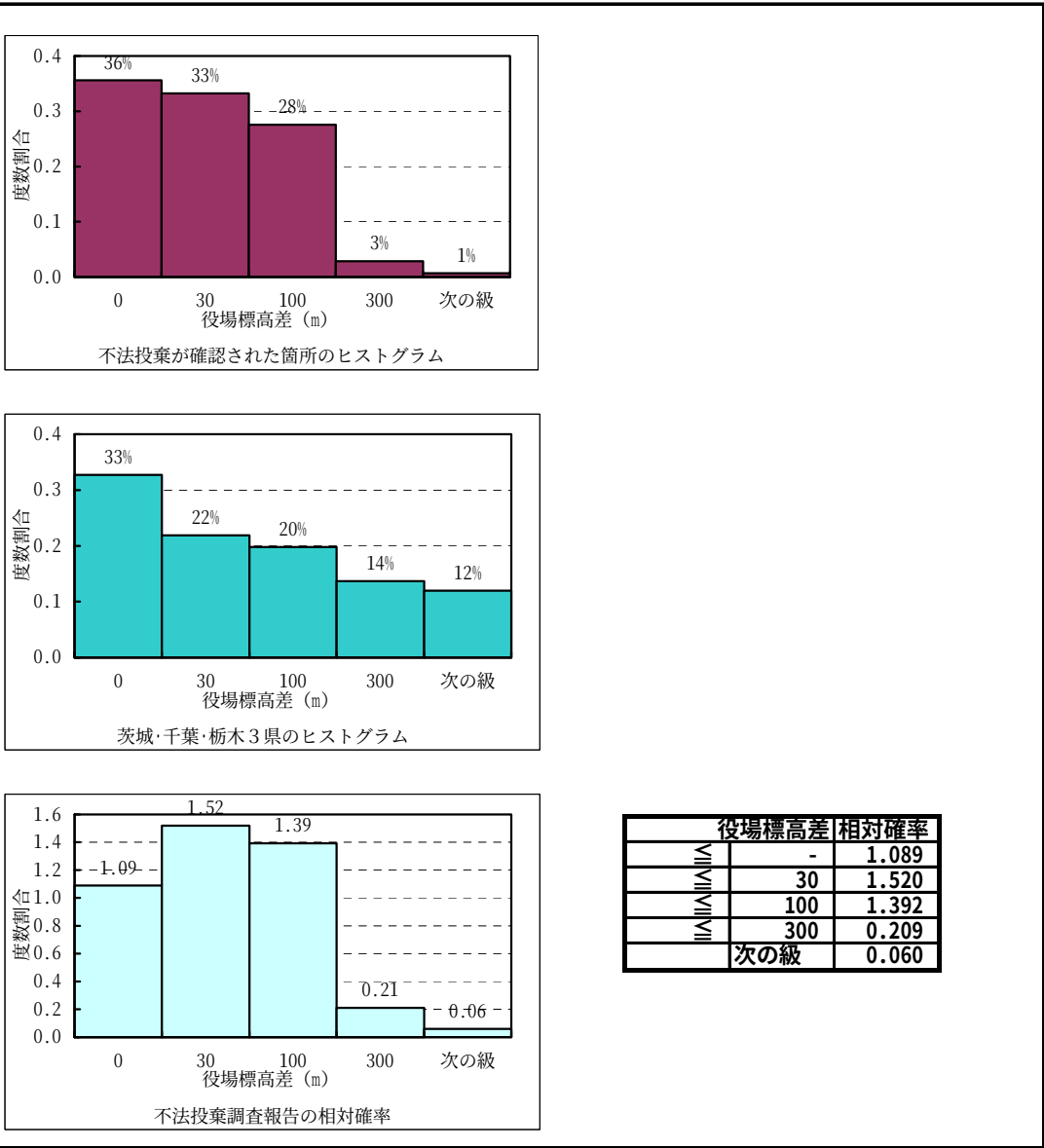


図4-10 相対確率の計算結果（役場標高差）

4)監視性－保健所警察距離

保健所及び警察署からの距離の相対確率は、図4-11で示すように1000～3000m離れた場所での確率が1.29と比較的高かった。監視性を示す因子であれば距離が遠いほど確率が高くなるはずであるが、3000m以遠では確率が低くなり、説明ができなかった。また、この因子と関連性が高い人口密度で説明する方が容易である。そこで、人口密度で代用することとし、ゾーニング因子として採用しないこととした。

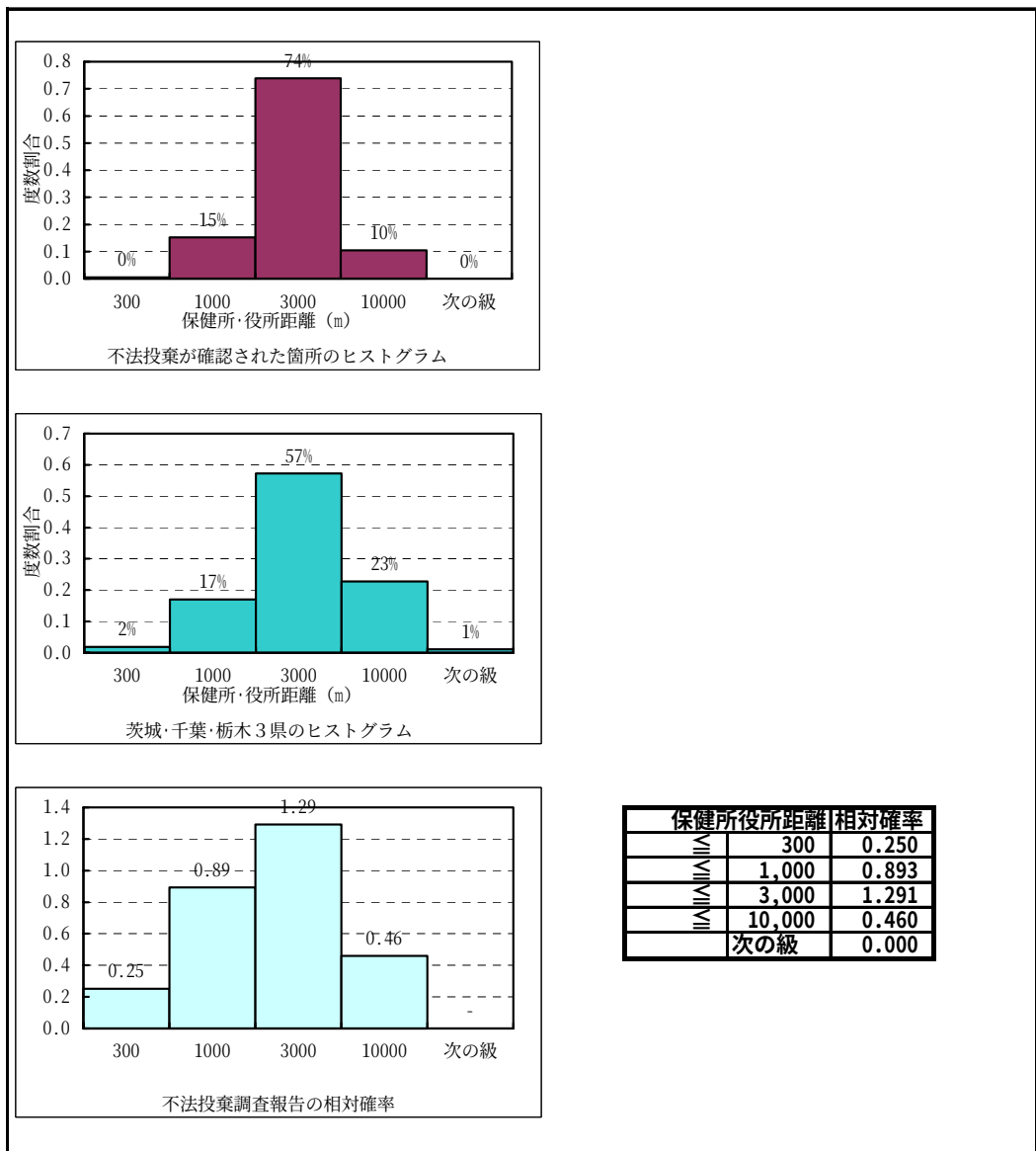


図4-11 相対確率の計算結果（保健所・役所距離）

5)アクセス性—道路からの距離

道路からの距離の相対確率は、図4-12で示すように道路から100m以内のカテゴリで1.4と最も高く、距離が離れるにしたがって低くなる傾向を示した。このことは、道路に近いところほどアクセスしやすく、不法投棄がされやすい傾向があることを示している。そこで、ゾーニング因子として採用することとした。

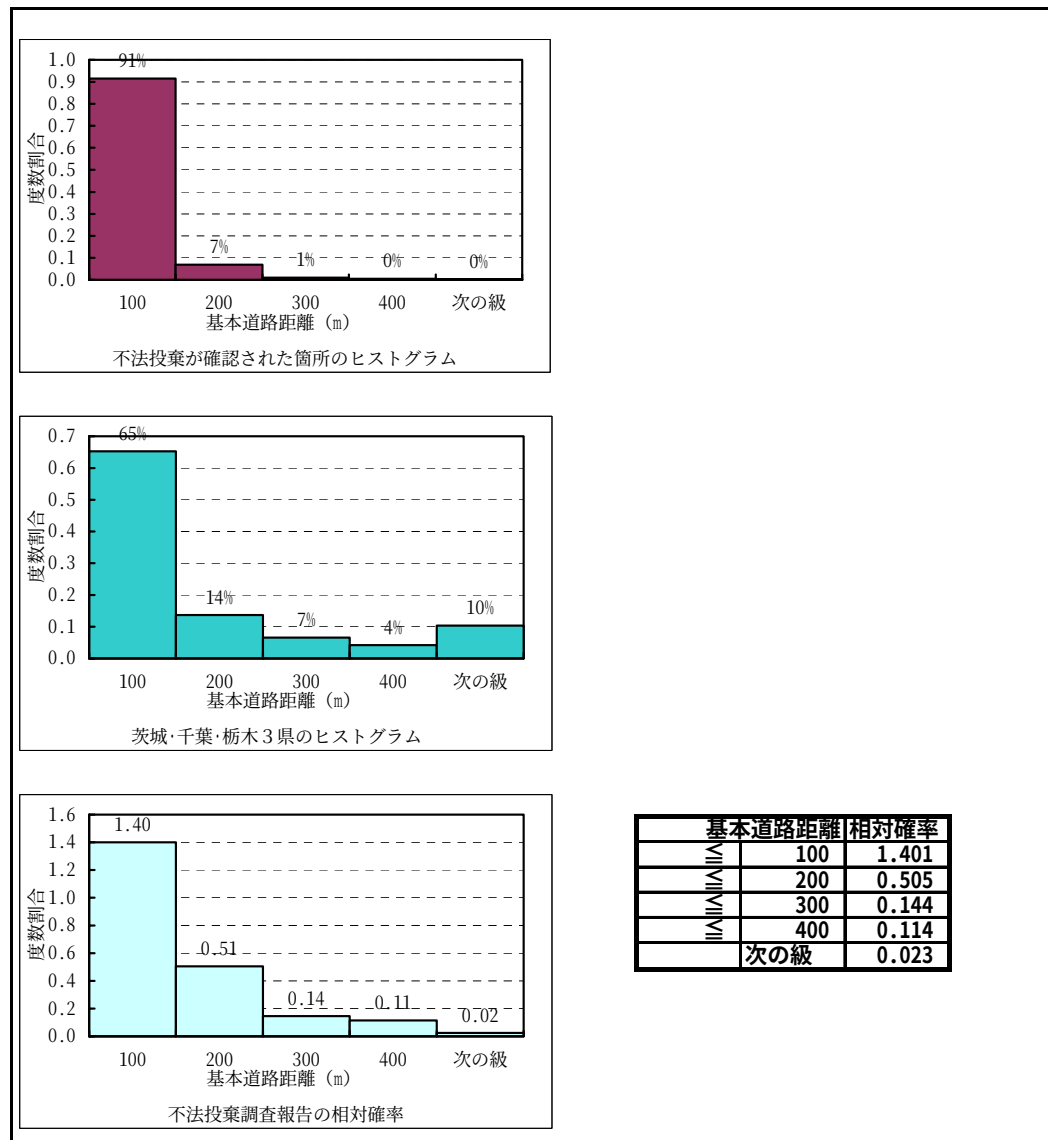


図4-12 相対確率の計算結果（道路からの距離）

6) アクセス性—主要道路からの距離

不法投棄の現場にアクセスする道路からの距離とは別に、不法投棄されやすい地域へのアクセスという視点で主要道路からの距離を検討した¹⁰。主要道路からの距離の相対確率は、主要道路から100m以内のカテゴリで1.72と最も高く、100～1600mのカテゴリで同じ程度の値を示した。ここで、100m以内のカテゴリにおける相対確率は基本道路と同様に現場のアクセス道路として機能していることに由来するものと考えられ、また、主要道路距離から100～1600mまでのカテゴリにおける相対確率は地域へのアクセスとしての機能を示すものと考えられる。そこで、主要道路からの距離をゾーニング因子として採用することとした。

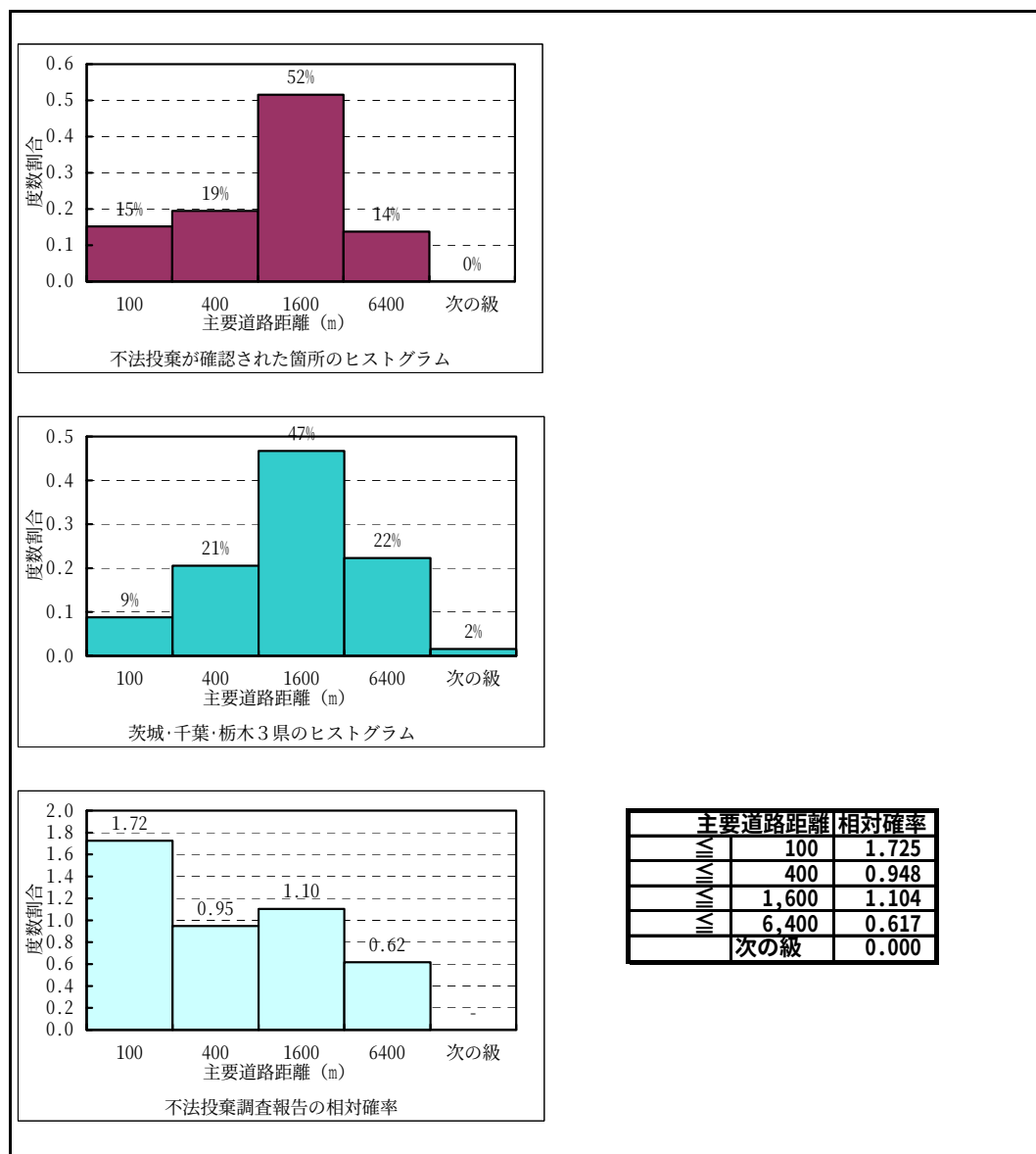


図4-13 相対確率の計算結果（主要道路からの距離）

¹⁰ 主要道路からの距離と道路からの距離は、相関分析の結果（表4-4）から独立性があると考えられた。

7)見通しー森林縁深さ

森林縁深さの相対確率は、図4-14に示すように森林縁を境に外側100m以内及び内側100m以内での相対確率がそれぞれ1.70と1.40と高かった。これは、森林によって見通しが利かなくなる方角がある場合に不法投棄が発生しやすいこと示していると考えられる。また、森林から100m以上内部に入った場所では、同様に見通しが悪いものの、そこまでの進入が困難・面倒となることから不法投棄が発生しにくくなっていると説明ができる。以上のことから、ゾーニング因子として採用することとした。

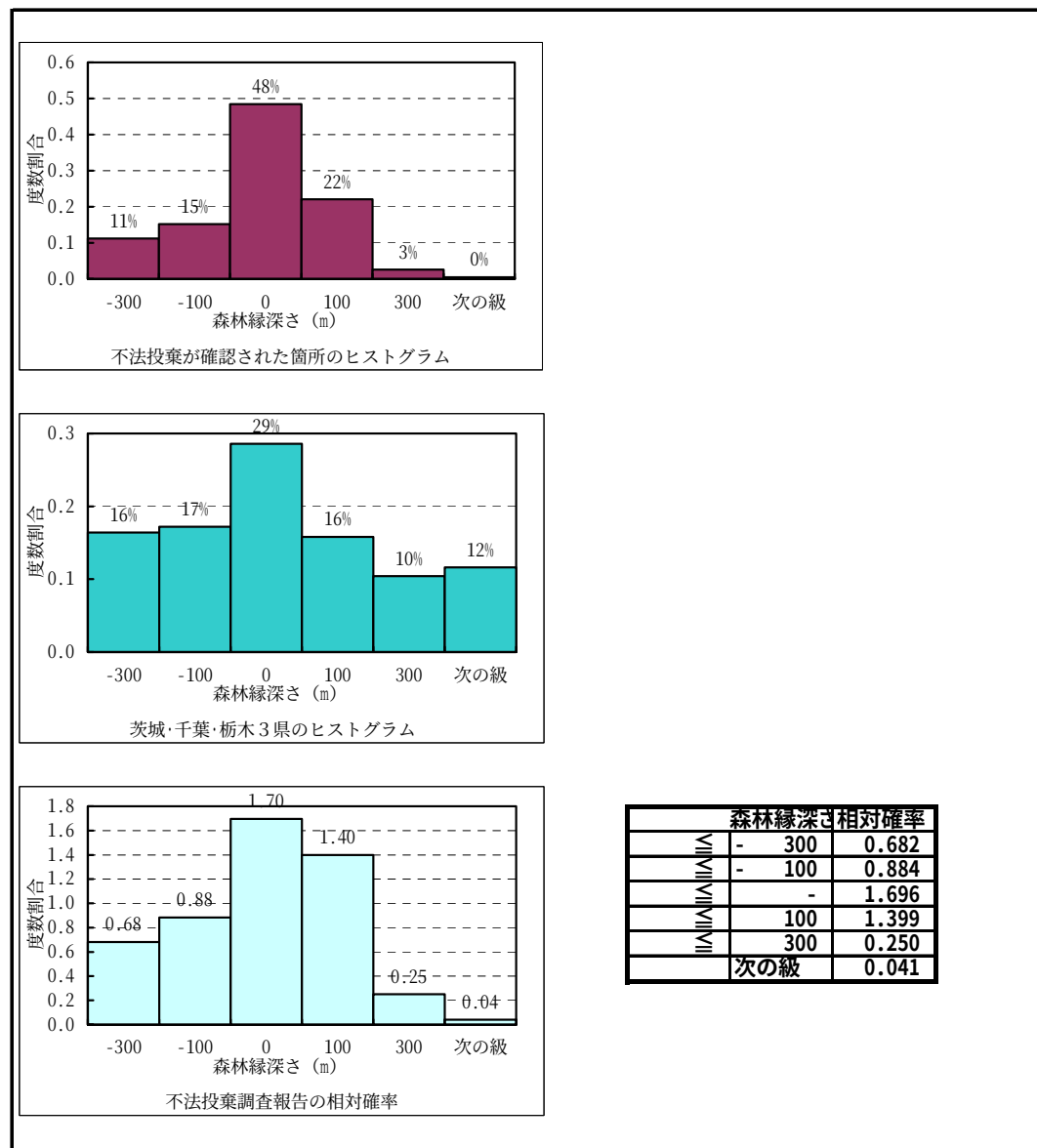


図4-14 相対確率の計算結果（森林縁深さ）

8)地況特性―土地利用形態（植生）

土地利用形態（植生）の相対確率は、図4-15で示すように、草地・低木地で高く、天然林で低かったが、全体としては同程度の値であった。不法投棄の発生要因としての説明が困難であり、かつゾーニングへの寄与度が低い（表4-4）ことから、ゾーニング因子として採用しないこととした。

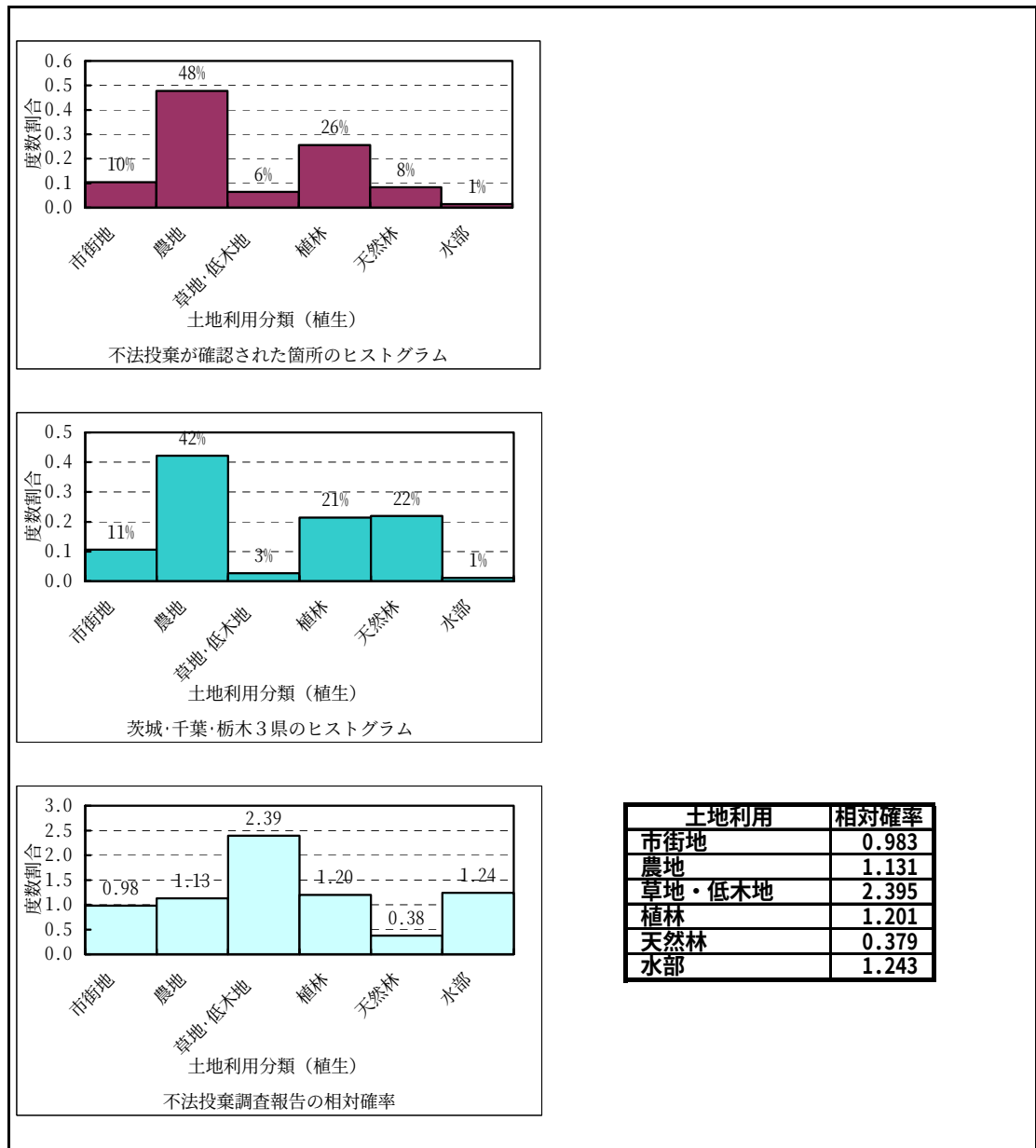


図4-15 相対確率の計算結果（土地利用分類）

9)地況―地形分類

地形分類による相対確率は、図4-16で示すように山地で最も低い0.32であり、丘陵地で最も高い1.61であった¹¹。これは、一般に丘陵地、段丘が、都市近郊に位置し、アクセス性も高く場所によっては見通しが悪い場所となっており、不法投棄が発生しやすい地域であることを示しているものと考えられる。このことから、ゾーニング因子として採用するとした。

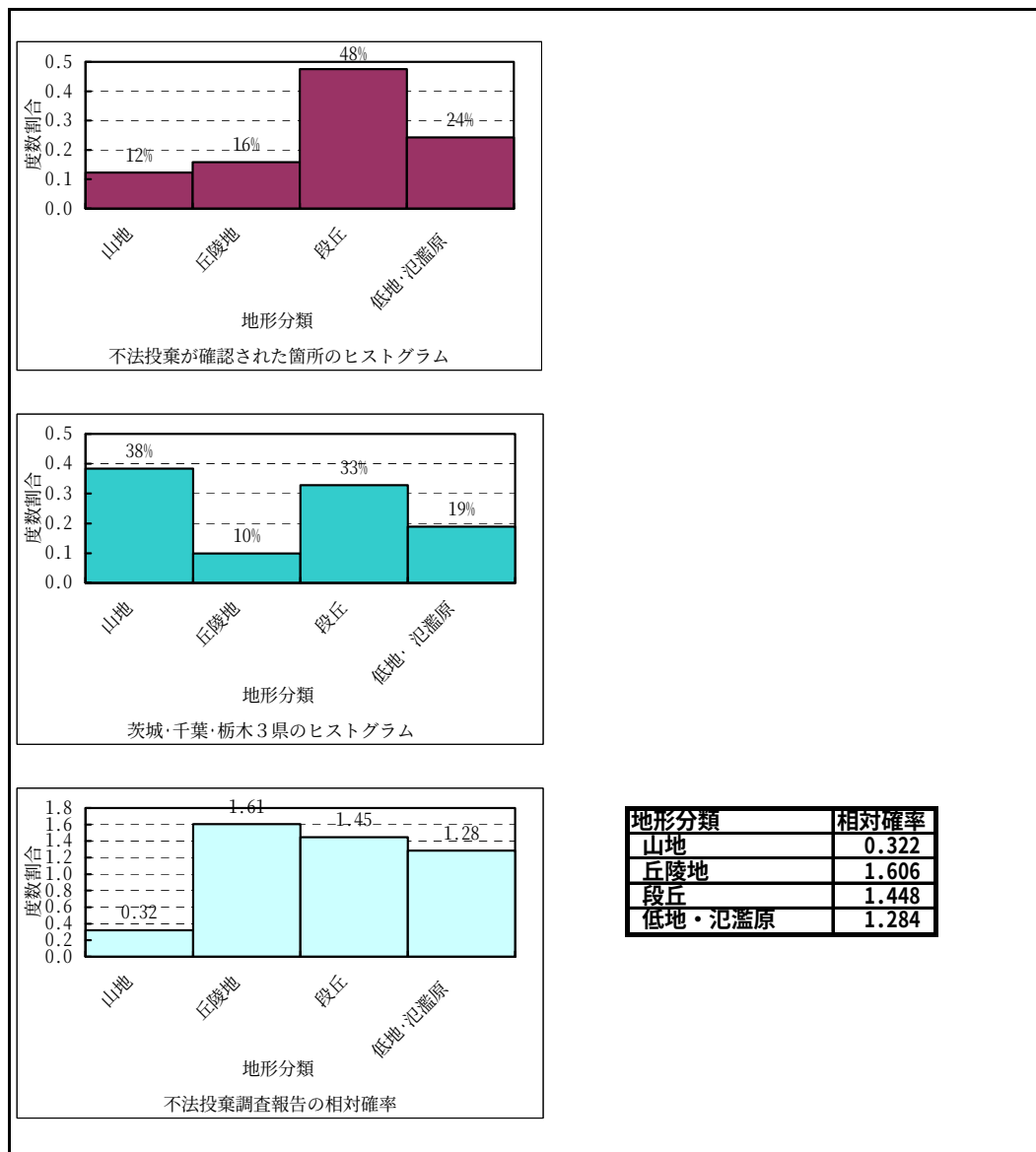


図4-16 相対確率の計算結果（地形分類）

¹¹ 前年度の検討結果では丘陵地の相対確率が10.87と突出していたが、現場の数を拡充して再解析を行ったことにより他の評価要因と同程度の値に改善された。

10)地況－傾斜区分

傾斜区分の相対確率は、傾斜度が3°～10°のカテゴリで1.44と高く、傾斜度が3度以下のカテゴリでは同程度の値で、10°より大きいカテゴリでは小さくなる傾向を示した。これは、直接谷間へ投棄が可能な傾斜地で不法投棄が起こりやすく、急傾斜地では投棄物の運搬が困難なために不法投棄が発生しにくいことを示していると考えられる。そこで、ゾーニング因子の候補として選定したが、ゾーニングへの寄与度が小さいことから、最終的にはゾーニング因子として採用しないこととした。

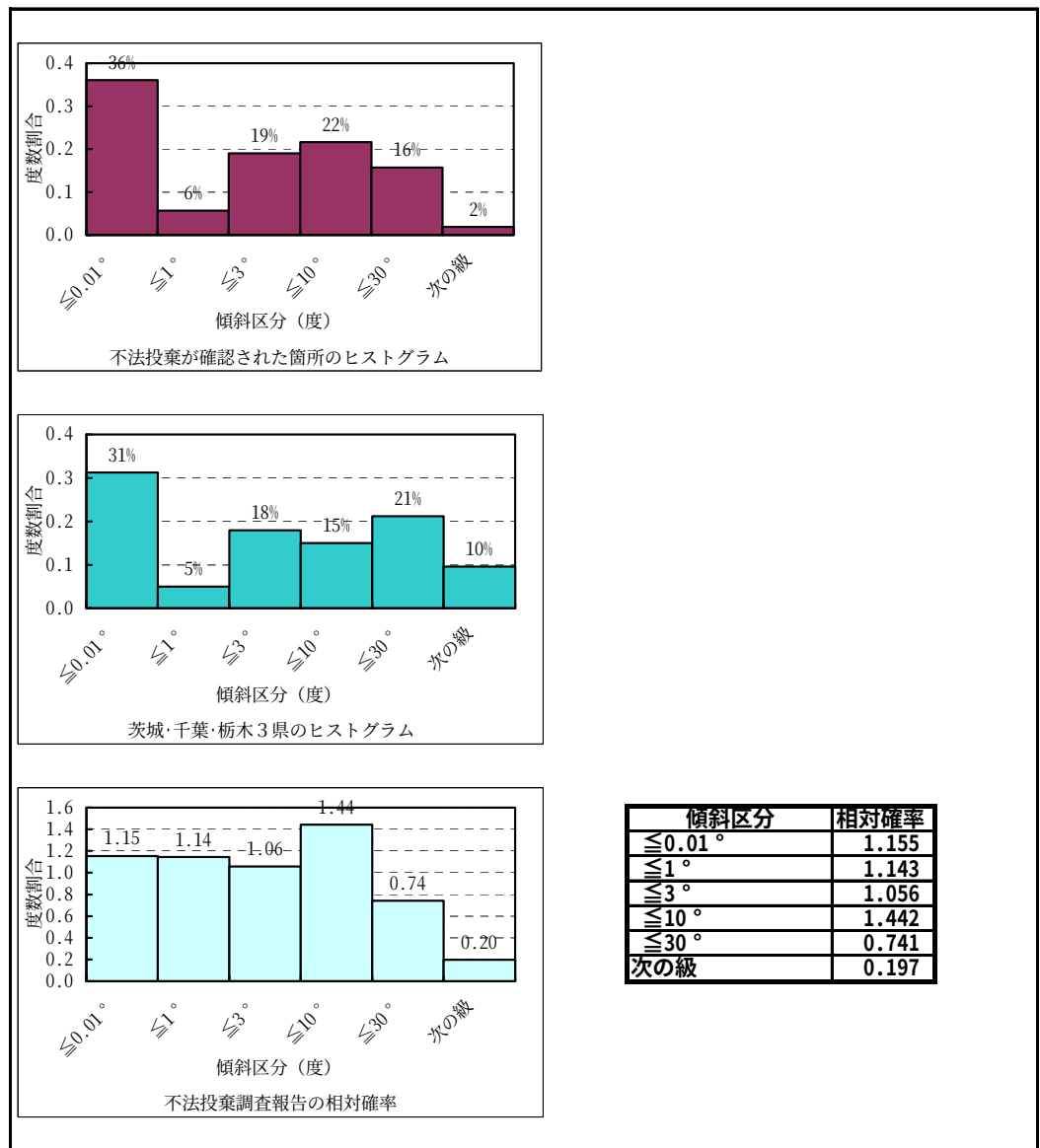


図4-17 相対確率の計算結果（傾斜区分）

以上のことから、ゾーニング因子として、以下の7つの因子をゾーニング因子として採用することとした。

- 一人当たり所得（圏域レベル）
- 失業率（圏域レベル）
- 人口密度（現場レベル）
- 基本道路距離（現場レベル）
- 主要道路距離（現場レベル）
- 森林縁深さ（現場レベル）
- 地形分類（現場レベル）

(2)因子別相対確率からのゾーニングの算出

これらの因子の相対確率の積を求め、表に示す基準で10ランクに区分し、県別に展開した結果を図4-18に示す。

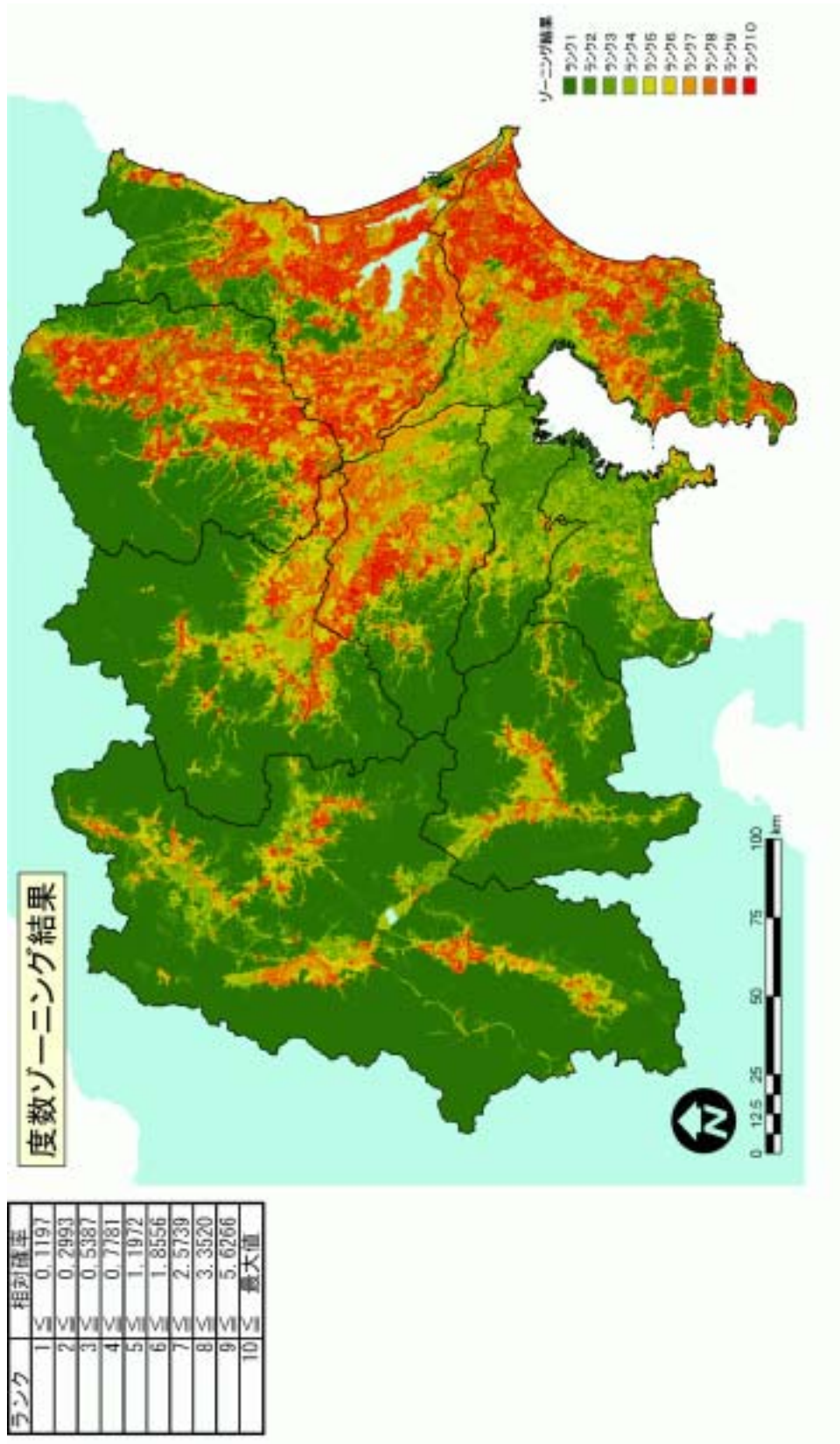


図4-18 不法投棄件数のゾーニングの結果

(4)ゾーニング結果の検証

得られたゾーニングの結果よりROC曲線を比較し、結果の検証を行った。

(a)平成13年度の不法投棄発生箇所による検証

まず、ROC曲線を作成し、前年度のゾーニング結果¹²との比較を行った。結果を図4-19に示す。なお、用いた不法投棄データは、茨城県、栃木県、千葉県の上年度の不法投棄現場データ（付録1）であり、本年度のゾーニングで用いたデータである。

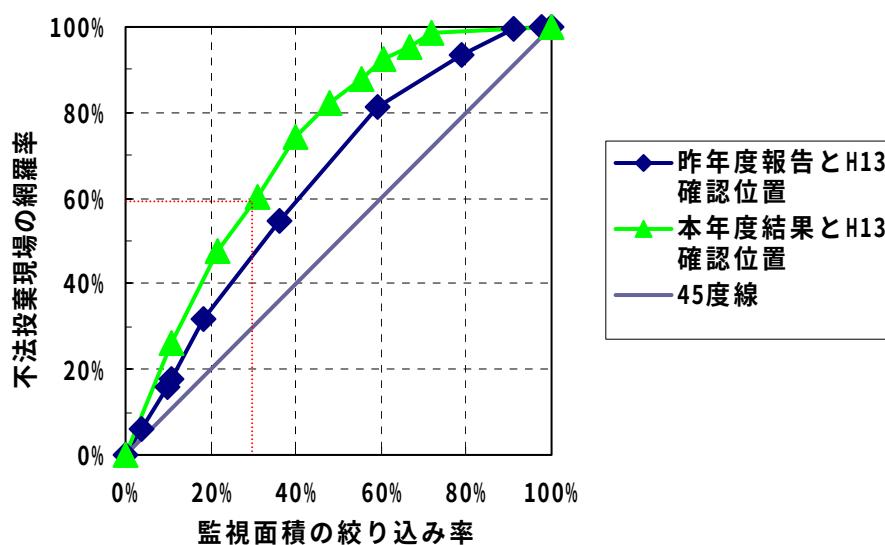


図4-19 前年度のゾーニング結果との比較による検証結果

これより、本年度のゾーニング結果を用いたROC曲線は、前年度のゾーニング結果より左上に位置し、ゾーニングの精度が向上していることが分かる。

(b)平成12年度不法投棄発生箇所による検証

図4-19で検証に用いた不法投棄データは、本年度のゾーニングで用いたデータであるので、その推定精度は比較的高いことはゾーニング手法の良し悪しではなく、データに基づいている可能性がある。また、ある年の不法投棄データだけでなく、他の年の不法投棄データについても良好なゾーニング結果が得られていることが望ましい。

そこで、次に、3県の1年前、すなわち平成12年度の不法投棄現場データ（付録1）を用いてROC曲線を作成し、比較を行った。結果を図4-20に示す。

¹² 前年度の「現場度数ゾーニング」と「圏域度数ゾーニング」の和を求めた結果。

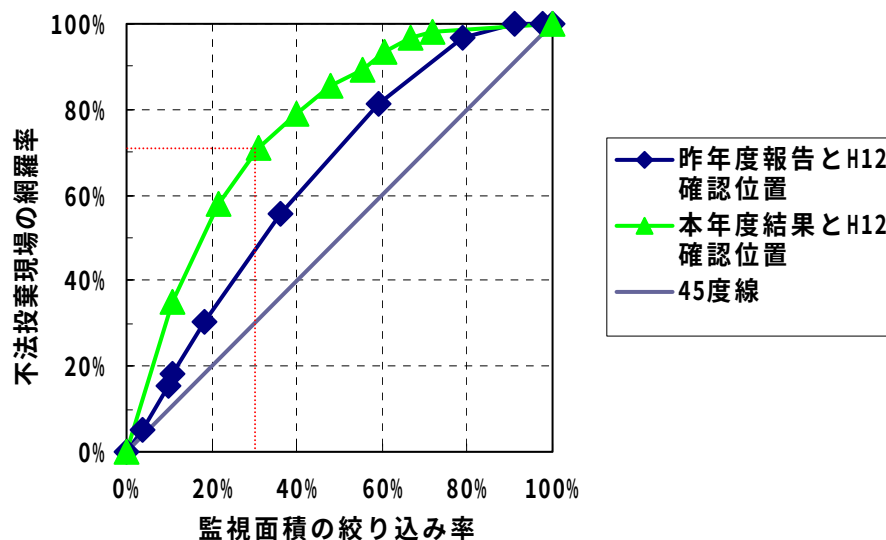


図4-20 異なる年度の不法投棄データを用いた検証結果

これより、本年度結果によるROC曲線のほうが、昨年度結果によるROC曲線と比較して左上に位置し、ゾーニング精度が向上していることが分かる。

また、図4-19と図4-20の監視対象面積の絞り込み率と不法投棄の網羅率の値をみると、監視面積を全体の約30%まで絞り込んでも不法投棄の60～70%（縦軸）を網羅することができ、また、監視面積を全体の約20%まで絞り込んでも不法投棄の45～60%（縦軸）を網羅することができることが分かる。

4.3.3 まとめ

不法投棄件数ゾーニングの高度化を行い、以下の結論を得た。

- ・ 十分な不法投棄現場データを収集し、25mメッシュ単位のゾーニングを行うことができた。
- ・ ゾーニング結果の検証方法としてROC曲線を用いた手法を開発し、それを適用した結果、昨年度のゾーニング手法より精度の高いゾーニング手法を開発することができた。ゾーニング手法は、相対確率の積による方法を用いるのがよいことが分かった。
- ・ 本年度得られたゾーニングの結果により、監視面積を全体の約30%まで絞り込んでも不法投棄の60～70%（縦軸）を網羅することができ、また、監視面積を全体の約20%まで絞り込んでも不法投棄の45～60%（縦軸）を網羅することができることが分かった。

- ・ゾーニング因子として、一人あたり所得（圏域レベル）、失業率（圏域レベル）、森林縁深さ、道路からの距離、主要道路からの距離、地形分類、人口密度を採用した。

なお、不法投棄の傾向は時間とともに変化するものであり、それらを的確にゾーニングしていくことが課題である。これについては、付録5でゾーニングの更新方法について述べる。また、茨城、栃木、千葉以外の各県に適用して検証を行うことが望まれ、これについては今後の課題とする。

4.4 不法投棄発生規模のゾーニング

4.4.1 目的

不法投棄を監視する上では、不法投棄が発生しやすい場所をあらかじめ予測するだけでなく、不法投棄が発生した場合の規模を予測できることが望ましい。前年度は、6県、95箇所における不法投棄現場の規模データ等を用いて、不法投棄規模が拡大しやすい地点のゾーニングを試み、「行政界距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」の4つの因子を用いて、不法投棄規模の拡大しやすい地域を予測できる可能性があることが示された。

しかしながら、解析に供した現地データが95件に限定されたため、現地調査データの件数を増やし、その上で十分な検討を行う必要があると判断された。

そこで本年度は、拡充した現地調査データ（付録1参照）を用いて解析を行うこととした。

4.4.2 高度化手法の検討方法

検討は、表4-5に示す4つの方法を試みることにした。

表4-5 規模ゾーニングの高度化に係る解析方針

手法	解析対象データ	解析手法
1	青森県、千葉県、茨城県、栃木県、和歌山県、福岡県の6県、平成11,12年度95件のデータ	数量化Ⅰ類による解析
2	千葉県、茨城県、栃木県の3県、平成13年度411件のデータ	
3	千葉県、茨城県、栃木県の3県、平成13年度データのうち一定規模以上のデータ	
4	千葉県、茨城県、栃木県の3県、平成13年度411件のデータ	大規模データを利用した相対確率による解析

(1)数量化Ⅰ類による解析手法（1～3）の検討方法

①現場レベルのデータ整備

4.3で用いた現場レベルのデータを利用した。

②ゾーニング因子の抽出

平成13年度解析結果において、高い精度で不法投棄規模を予測できることが示唆された4つの因子（「行政界距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」）を用いて解析を行った。

③数量化Ⅰ類による解析・検証

数量化Ⅰ類とは目的変数（量的データ）を複数の質的なデータである説明アイテムから推定する多変量解析手法の1つである。現地調査を通じて得られた不法投棄規模（対数値）の調査データと推定値の差の平方和が最小となるように、各カテゴリのスコア値を算出することで、推定式を作成するものである。

推定式を用いることで、 m 数個の説明アイテム X_m について、それぞれ該当するカテゴリのスコアを積和すれば下記に示すとおり、不法投棄規模（対数値）の推定値が求められるようになる。なお、不法投棄規模の対数値を用いたのは、その分布が正規分布より対数正規分布に近かったためである。

$$Y = b_1 X_1 + b_2 X_2 + \cdots + b_m X_m + \beta$$

Y	: 不法投棄規模（対数値）	[トン]
$\hat{Y}$	: 不法投棄規模（対数値）の推定値	[トン]
$X_1, X_2, \cdots X_m$	: 説明アイテム定数（該当するカテゴリは1、他は()）	
$b_1, b_2, \cdots b_m$	: カテゴリ数量（スコア値）	
β	: 定数	

(2)大規模データを利用した相対確率による解析手法 (4)

前節に示した度数ゾーニングにおいては、規模を考慮せず、不法投棄の発生位置とその位置の特性による分析を行なったが、ここでは、不法投棄の発生要因として考えられる因子が不法投棄の規模による違いがある場合には、算定される不法投棄発生の相対確率に違いがあると考えられるため、不法投棄位置を規模により分類し、相対確率を算定し、その違いについて検討を行なうこととした。

相対確率の算定方法及び検証方法については、4.3.2で述べた不法投棄件数ゾーニングと同じである。

4.4.3 解析結果

(1)手法1 前年度データを用いた数量化Ⅰ類による解析

表4-6に各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア地の算出結果を、表4-7に各説明アイテム間の単相関係数を、図4-21に調査データと本解析による推定式により算出した推定値の関係を整理した結果¹³を示す。

標本数（ $n=95$ ）で重相関係数は0.57であった。また、次頁以降に示すとおり、各説明アイテムについてもそれぞれの特徴と一致しており、4つの因子（「行政界距離」、「森林縁深

¹³ 昨年度調査で得られた不法投棄データは投棄面積のみのデータであったため、投棄面積で解析を行った。

さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」）データを利用し、数量化Ⅰ類により得られた推定式を用いることで、不法投棄規模が拡大しやすい地域を予測できると評価できた。

表4-6 各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア値の算出結果

説明アイテム	カテゴリ	スコア値	度数	範囲	単相関係数	偏相関係数
行政界距離	1	～300m	0.0940	28	0.3661	0.0849
	2	300～600m	0.1760	16		
	3	600～1000m	0.0632	12		
	4	1000～2000m	-0.1231	18		
	5	2000m～	-0.1900	21		
森林縁深さ	1	～300m	0.2815	7	0.6630	0.3370
	2	-300m～-100m	0.0058	14		
	3	-100m～0m	-0.1506	48		
	4	0m～100m	0.1053	20		
	5	200m～	0.5124	6		
地形分類 (大分類)	1	山地	-0.1811	10	0.5471	0.1855
	2	丘陵地	0.1460	59		
	3	段丘	-0.1775	26		
	4	低地・氾濫原	-0.4011	4		
土地利用形態 (植生)	1	農耕地	-0.0633	29	0.4171	0.2564
	2	植林	0.2273	6		
	3	天然林	-0.1381	39		
	4	市街地	0.2789	21		
定数項			3.4819	95		

重相関係数	0.5718
重相関係数の2乗	0.3269

表4-7 各説明アイテム間の単相関係数

アイテム	行政界距離	森林縁深さ	地形分類	土地利用形態 (植生)
行政界距離	-	0.2478	-0.0802	-0.2183
森林縁深さ	0.2478	-	-0.1473	0.1599
地形分類	-0.0802	-0.1473	-	-0.2956
土地利用形態 (植生)	-0.2183	0.1599	-0.2956	-

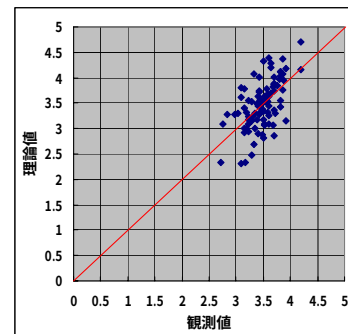


図4-21 調査データと本解析による推定式により算出した推定値の関係

1) スコア値と説明アイテムの評価

各ゾーニング因子の寄与程度の指標となる偏相関係数を参照すると、
森林縁深さ > 地形分類 > 土地利用形態（植生） > 行政界距離
となっており、見通しに関係するゾーニング因子が果たしている役割が大きいことが分かった。以下、それぞれのゾーニング因子ごとのカテゴリ評価を示す。

(a)行政界距離

各カテゴリ区分のスコア値を比較すると、
300～600m > 300m以下 > 600～1,000m > 1,000～2,000m > 2,000m以上
となっており、1,000mまで、1,000～2,000m、2,000m以上、という区切りでみれば、概ね「行政界に近い」＝「監視の目が届きにくい」という関係が反映され、行政界距離が近くなる程、不法投棄面積が大きくなる傾向がみられた。

(b)森林縁深さ

各カテゴリ区分のスコア値を比較すると、

200m以上 > -100m以下 > 100～200m > -100～0m > 0～100m

となっており、森林から奥深く監視の目が届かない条件下で不法投棄規模が大きく、監視の目の届きやすい区域では不法投棄規模が小さくなる傾向がみられた。その一方で、森林縁から-100m、つまり、森林縁から外側に100m以上離れた箇所では不法投棄規模が大きくなる傾向が確認されたが、これは悪質業者が森林の外側の平地部で遮蔽等を行って継続的に不法投棄を行っている事例があることが関係していると考えられた。

(c)地形分類

各カテゴリ区分のスコア値を比較すると、

丘陵地 > 段丘 山地 > 低地・氾濫原

となっており、都市近郊に広がる低山地である丘陵地において不法投棄規模が大きくなる一方、アクセス性の悪い山地、見通しがきき、監視の目が行き届き易い低地・氾濫原で不法投棄規模が小さくなる傾向がみられた。

(d)土地利用形態（植生）

各カテゴリ区分のスコア値を比較すると、

天然林 > 草地・低木地 > 農耕地 > 植林

となっており、都市近郊に広がる天然林、農耕地において不法投棄が大きくなる一方で、見通しがきき、監視の目が行き届き易い市街地、人為管理が施された植林では不法投棄規模が小さくなる傾向がみられた。

(2)手法2 データ数を拡充した数値化I類による解析

表4-8に各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア地の算出結果を、表4-9に各説明アイテム間の単相関係数を、図4-22に調査データと本解析による推定式により算出した推定値の関係を整理した結果を示す。

表4-8 各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア値の算出結果

説明アイテム	カテゴリ		スコア値	度数	範囲	単相関係数	偏相関係数
行政界距離	1	～300m	-0.0206	94	0.150	0.059	0.079
	2	300～600m	-0.0161	68			
	3	600～1000m	-0.0473	57			
	4	1000～2000m	-0.0102	111			
	5	2000m～	0.1024	67			
森林縁深さ	1	～-300m	-0.0191	44	0.314	0.013	0.086
	2	-300m～-100m	-0.0035	54			
	3	-100m～0m	0.0527	131			
	4	0m～100m	-0.0176	156			
	5	100m～	-0.2610	12			
地形分類 (大分類)	1	山地	-0.0334	42	0.140	0.073	0.080
	2	丘陵地	0.1064	67			
	3	段丘	-0.0152	192			
	4	低地・氾濫原	-0.0293	96			
土地利用形態 (植生)	1	農耕地	-0.0753	197	0.440	0.172	0.197
	2	草地・低木林	-0.2396	26			
	3	植林	0.2007	99			
	4	天然林	0.0557	33			
	5	市街地	-0.0156	42			
定数項			1.7263	397			

重相関係数	0.2188
重相関係数の2乗	0.0479

表4-9 各説明アイテム間の単相関係数

アイテム	行政界距離	森林縁深さ	地形分類	土地利用形態(植生)
行政界距離	1.0000	-0.0178	-0.0547	-0.0587
森林縁深さ	-0.0178	1.0000	0.0080	-0.3644
地形分類	-0.0547	0.0080	1.0000	-0.0102
土地利用形態(植生)	-0.0587	-0.3644	-0.0102	1.0000

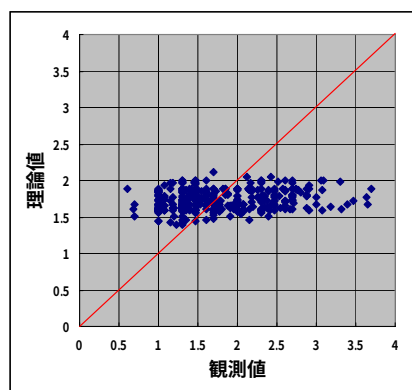


図4-22 調査データと本解析による推定式により算出した推定値の関係

標本数（ $n=411$ ）で重相関係数は0.219（重相関係数の2乗＝0.048）と低く、本解析で得られた推定式の信頼性は高いとは言えない。

また、解析に供した4つの因子（「行政界距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」）と不法投棄量との関係をプロットした散布図からも、いずれの要因も不法投棄量との間に明確な傾向は認められなかった。

以上の検討より、前年度の検討で有用性が示唆された「数量化Ⅰ類による不法投棄面積拡大規模の予測」手法は本年度拡充したデータを用いた場合には、適用できないことが分かった。

(3)手法3 一定規模以上の不法投棄現場データを用いた数量化Ⅰ類による解析

手法1ではその有用性が示唆されたのに対し手法2で有用性が確認できなかった要因としては、手法1が300トン以上の規模が中心であったのに対し、手法2が10トン以上の小規模不法投棄データもすべて対象としたことが考えられる。

そこで、次に、本年度調査データのうち不法投棄規模が一定規模以上の調査データのみを対象として同様な解析を行った。

図4-23に不法投棄規模別の件数と全不法投棄量に対する不法投棄規模別の累積不法投棄量の割合を示す。300トン以上の規模の不法投棄は、件数では全体の約15%であるが、投棄量では全体の約75%を占めることが分かる。また、不法投棄規模が大きくなるほど原状回復費用が高くなることが平成13年度報告において示されており、大

規模な不法投棄の傾向を分析し、対策を講じるための検討を行なうことは、不法投棄対応費用の削減につながるものと考えられる。

一方、不法投棄規模が1000トン以上のデータの全データに占める割合は、件数で約3%、投棄量で43%となっており、この規模の不法投棄を対象とした解析は、件数が少ないことから困難である。

以上のことより、300トン以上の規模の不法投棄データに注目して検討することとした。

データ区間	頻度 (A)	累積%	上位から の累積%	投棄総 量	投棄量の 累積%	上位から の累積%
<10	4	1.0%	100.0%	19	0.0%	100.0%
<30	170	41.8%	99.0%	2,778	3.8%	100.0%
<100	108	67.8%	58.2%	4,852	10.3%	96.2%
<300	70	84.6%	32.2%	11,079	25.2%	89.7%
<1000	50	96.6%	15.4%	23,866	57.2%	74.8%
1000>=	14	100.0%	3.4%	31,868	100.0%	42.8%

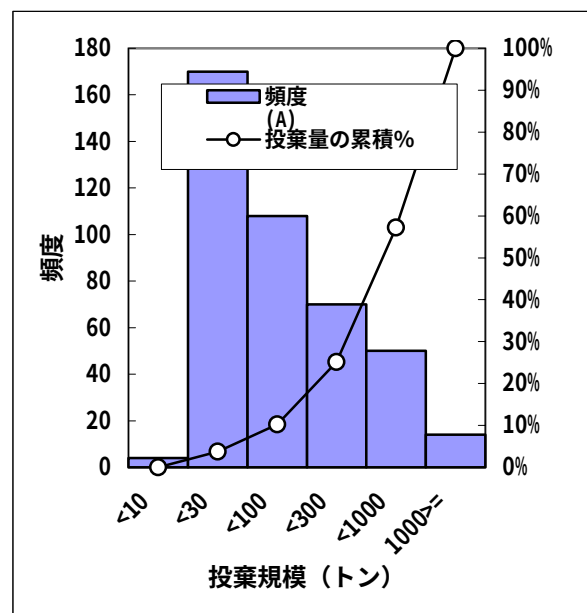


図4-23 平成13年度における不法投棄規模・投棄量のヒストグラム

表4-10に各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア地の算出結果を、表4-11に各説明アイテム間の単相関係数を、図4-24に調査データと本解析による推定式により算出した推定値の関係を整理した結果を示す。

標本数 (n = 64) で重相関係数は0.311 (重相関係数の2乗 = 0.097) と低く、本解析で得られた推定式の信頼性は高いとはいえない。

表4-10 各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア値の算出結果

説明アイテム	カテゴリ	スコア値	度数	範囲	単相関係数	偏相関係数
行政界距離	1	～300m	0.077	13	0.204	0.150
	2	300～600m	0.103	12		
	3	600～1000m	-0.115	9		
	4	1000～2000m	-0.010	18		
	5	2000m～	-0.085	12		
森林縁深さ	1	～300m	0.094	4	0.239	0.083
	2	300m～100m	0.176	7		
	3	100m～0m	0.085	20		
	4	0m～100m	-0.100	33		
地形分類(大分類)	1	山地	0.116	4	0.226	0.088
	2	丘陵地	-0.063	15		
	3	段丘	0.008	34		
	4	低地・氾濫原	0.020	11		
土地利用形態(植生)	1	農耕地	-0.032	26	0.246	0.084
	2	植林	-0.349	24		
	3	天然林	0.086	5		
	4	市街地	-0.186	9		
定数項			2.794	64		

重相関係数	0.3111
重相関係数の2乗	0.0968

表4-11 各説明アイテム間の単相関係数

アイテム	行政界距離	森林縁深さ	地形分類	土地利用形態(植生)
行政界距離	1.0000	-0.1366	-0.3124	0.0024
森林縁深さ	-0.1366	1.0000	-0.0722	-0.5896
地形分類	-0.3124	-0.0722	1.0000	-0.0057
土地利用形態(植生)	0.0024	-0.5896	-0.0057	1.0000

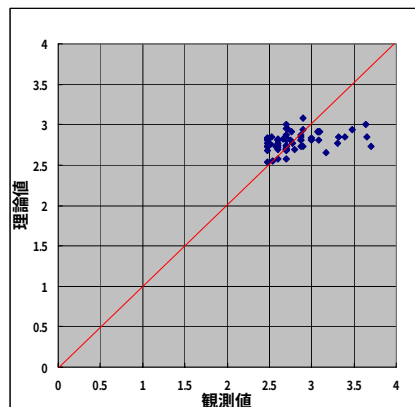


図4-24 調査データと本解析による推定式により算出した推定値の関係

また、解析に供した4つの因子（「行政界距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」）と不法投棄量との関係をプロットした散布図からも、いずれの要因も不法投棄量との間に明確な傾向は認められなかった。

手法1ではその有用性が示唆されたのに対し、手法3で有用性が確認できなかった原因としては、平成11年度～平成13年度にかけての不法投棄発生に係わる特徴の変化、具体的には、平成12年改正法の全面施行に伴う、都道府県における監視の強化の効果によって、①大規模に土地を確保して大規模不法投棄を行うといった事案が減少したこと（不

法投棄が大規模化する以前に不法投棄が発覚、迅速な措置命令等により大規模不法投棄事案が減少していること）ならびに、②監視の効果の反面でトラック5～10台程度の小規模、場当たりの不法投棄に増加傾向があること（小口分散化の傾向）が関係していると考えられる。

(4)手法4 大規模データを利用した相対確率による解析

1)解析方法

次に、規模による相対確率の違いを検討するため、投棄規模が300トン以上の投棄箇所を用いて、度数ゾーニングと同様の方法を用いて解析を行なった。

解析は、図4-25の手順で行なった。

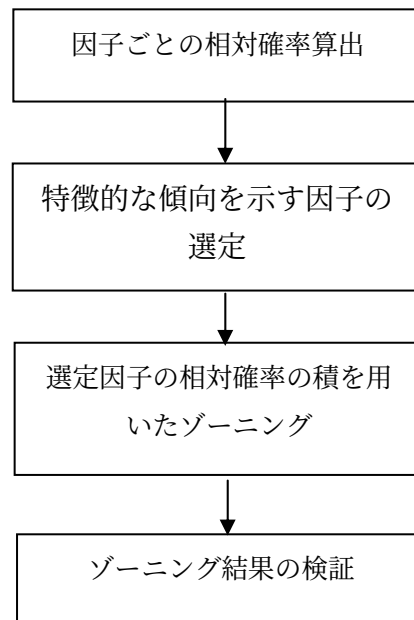


図4-25 大規模データを利用した解析方法

2)各因子の相対確率

現場度数ゾーンニングの検討で整備したGISデータを利用して、規模別因子別の相対確率を図4-26に示す。

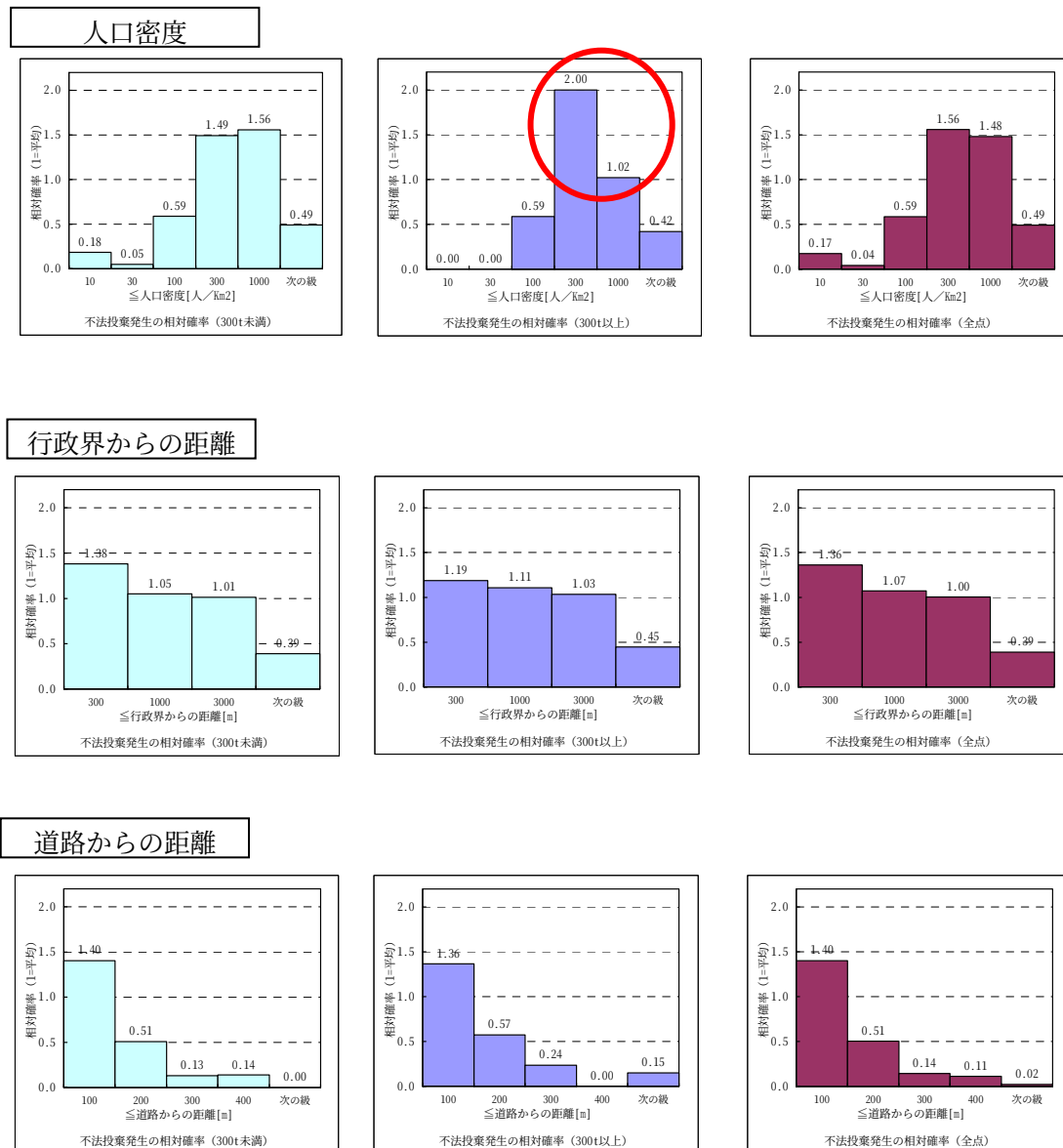
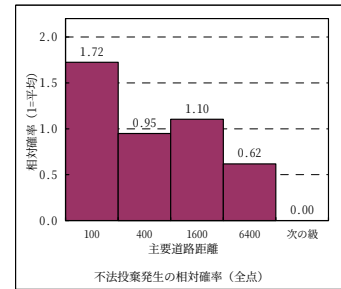
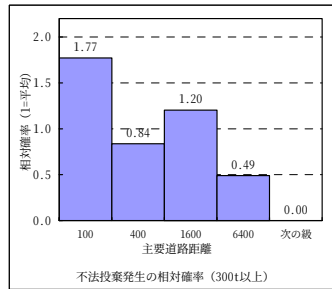
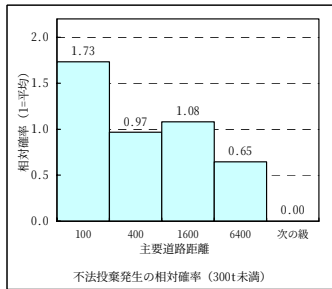
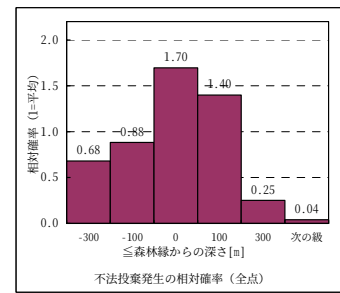
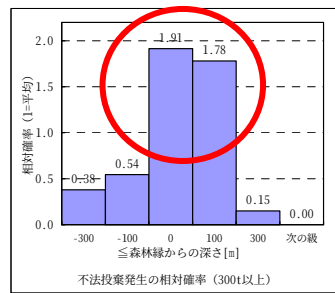
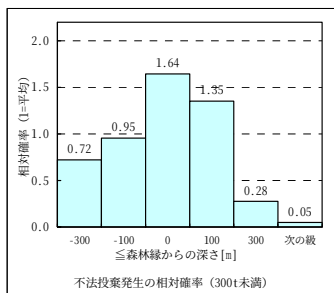


図4-26 規模別因子別の相対確率（1）

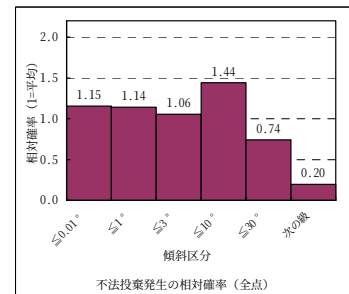
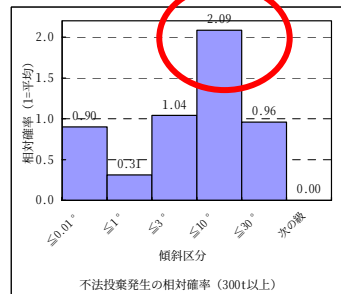
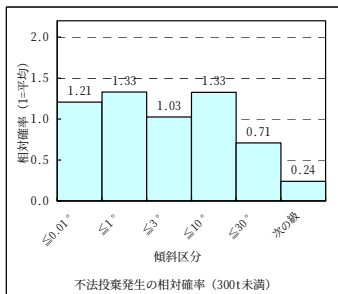
主要道路から距離



森林縁深さ



地形分類



傾斜区分

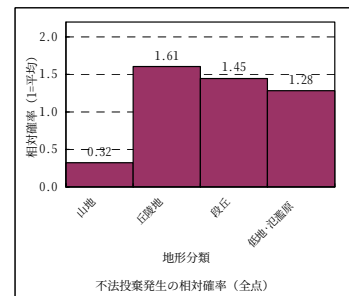
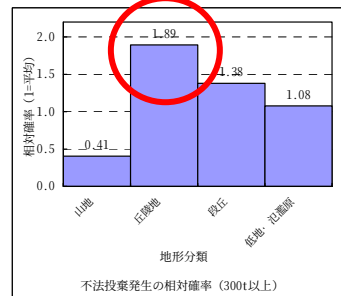
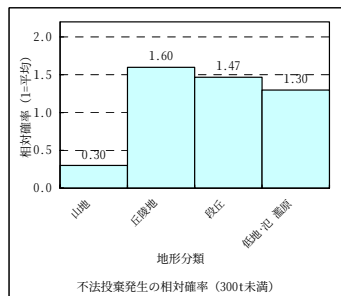


図4-26(つづき) 規模別因子別の相対確率

なお、ここでは、4.3の不法投棄件数ゾーニングで用いた因子ならびに投棄規模による違いが認められた傾斜区分についての結果を示した。

以上のことから、以下の地点で投棄規模が大きくなる傾向が認められた。

人口密度：100人から300人/km²

森林縁深さ：－100mから100m

地形分類：丘陵地

傾斜区分：3～10度

3)ゾーニング結果の算出

4.3の不法投棄件数ゾーニングで用いた因子ならびに投棄規模による違いが認められた傾斜区分をゾーニング因子（下記）として、ゾーニングの結果を求めた。

- 一人あたりの所得（圏域レベル）
- 失業率（圏域レベル）
- 人口密度（現場レベル）
- 道路からの距離（現場レベル）
- 主要道路からの距離（現場レベル）
- 森林縁深さ（現場レベル）
- 地形分類（現場レベル）
- 傾斜区分（現場レベル）

結果を図 4-27 に示す。

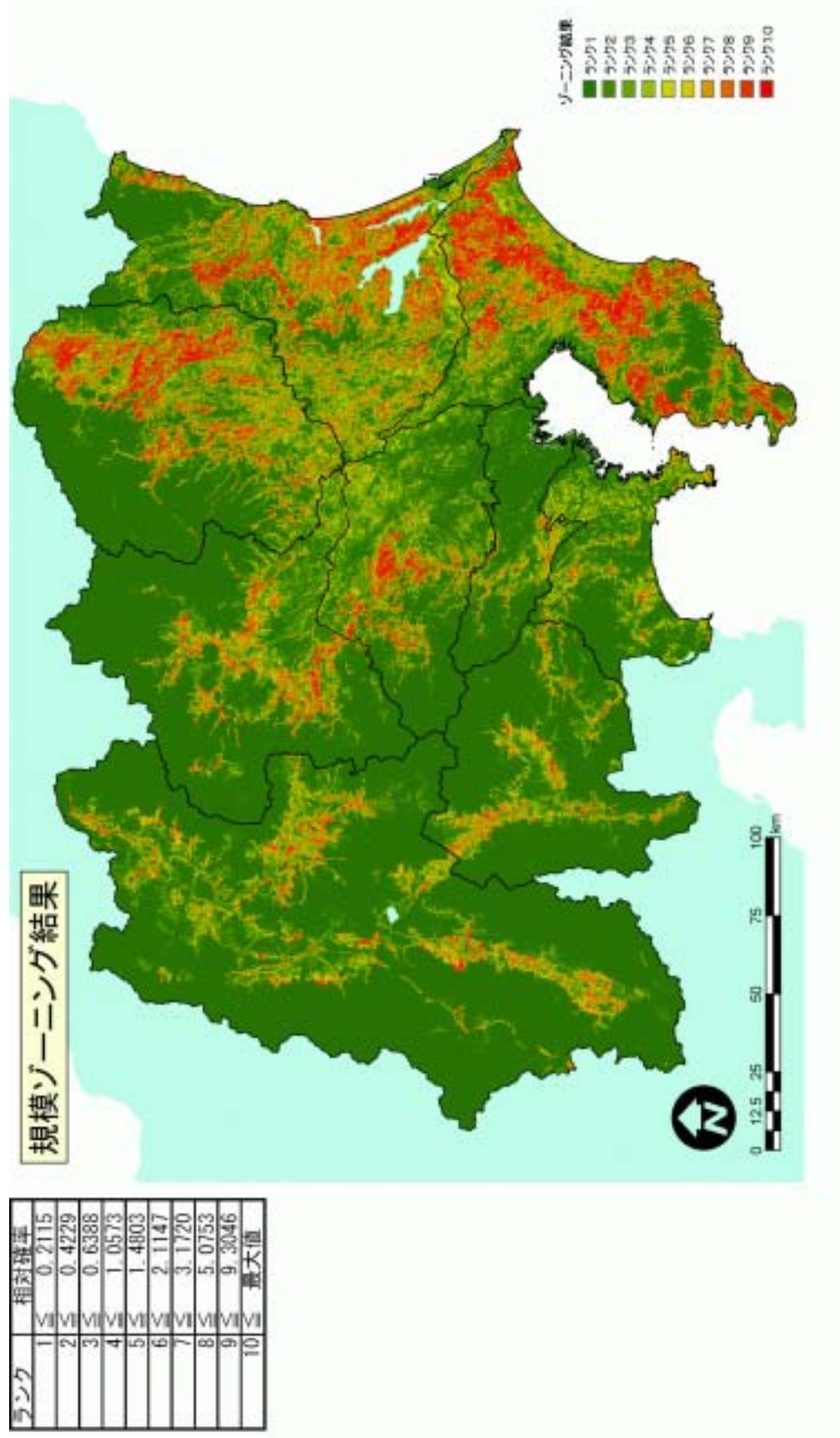


図4-27 相対確率による規模ゾーニングの結果

5) 相対確率を用いた規模ゾーニング結果の検証

4.3で求めた不法投棄件数ゾーニングの結果と規模ゾーニング結果について、平成13年度不法投棄箇所のうち投棄量が300t以上の大規模投棄データを用いて作成したROC曲線を図4-28に示す。

規模ゾーニングのROC曲線が左上にあり、大規模な不法投棄の発生箇所を検討する上で不法投棄件数ゾーニングより若干効果があると考えられる。しかし、この傾向は、右上側のゾーニングランクの低い地域にみられるものであり、左下側のゾーニングランクの高い地域では大きな違いは見られなかった。このため、あえてこれらのゾーニングを併用する必要はなく、不法投棄件数ゾーニングのみを用いればよいと考えられた。

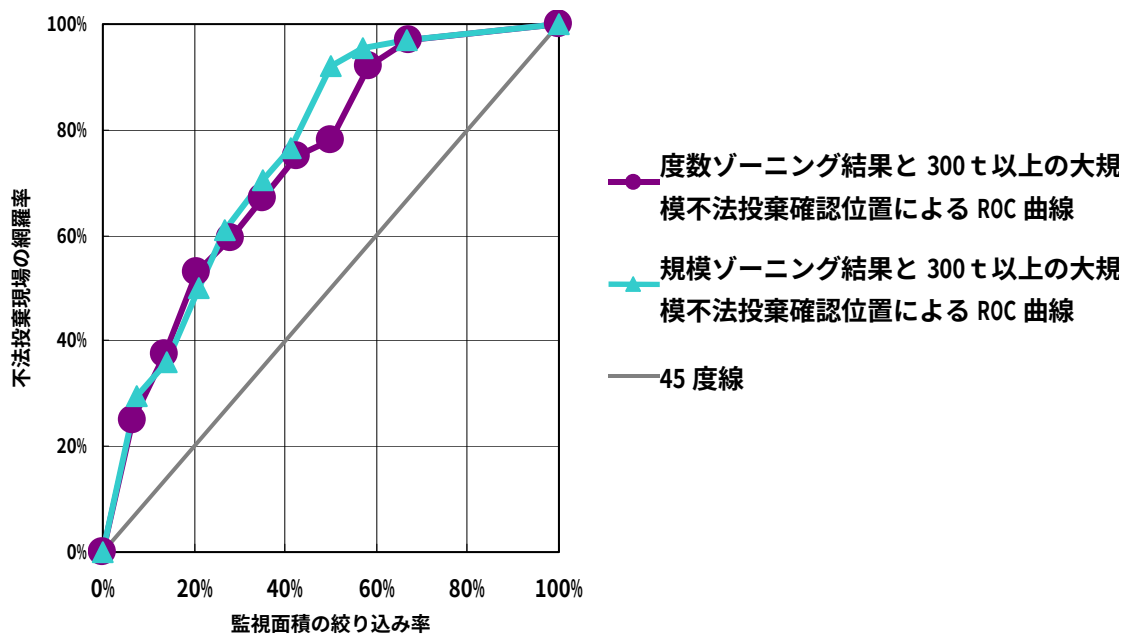


図4-28 ROC曲線による不法投棄の件数ゾーニングと規模ゾーニングとの比較

4.4.4 まとめ

不法投棄規模のゾーニングは、数量化Ⅰ類による3種類の手法を検討したが、数量化Ⅰ類による手法は適用できなかった。また、相対確率による手法については、不法投棄件数ゾーニングより若干効果があると考えられたものの、あえて2つのゾーニングを併用する必要はなく、不法投棄件数ゾーニングのみを用いればよいと考えられた。

したがって、本節で検討した不法投棄規模のゾーニングは利用しないこととした。

4.5 投棄物の物流ゾーニング

4.5.1 目的

前年度における検討の中で挙げられた物流ゾーニングの課題は、廃棄物の到達量を考慮すること、廃棄物輸送について単なる距離ではなく時間距離をふまえること、委託料金等を考慮すること¹⁴、中間処理施設から不法投棄現場へ運ばれることを考慮すること、投棄場所毎の投棄されやすさを考慮することであった。

そこで今年度はこれらの課題を考慮し、投棄物の到達しやすさ並びに投棄されやすい場所の双方を考慮したゾーニング結果を得ることを目的として、物流ゾーニングの高度化を行うこととした。

4.5.2 高度化手法の検討方法

(1)物流ゾーニングの手順とその考え方の概要

まず物流ゾーニングを行うにあたっての手順とその考え方の概要を述べる。

物流ゾーニングの手順を図 4-29 に示した。まず物流フローの出発点を求め、そこから投棄物がどこにどのくらい配分されるかを計算する物流モデルを作成し、配分量でランク分けすることによって物流ゾーニングを行った。

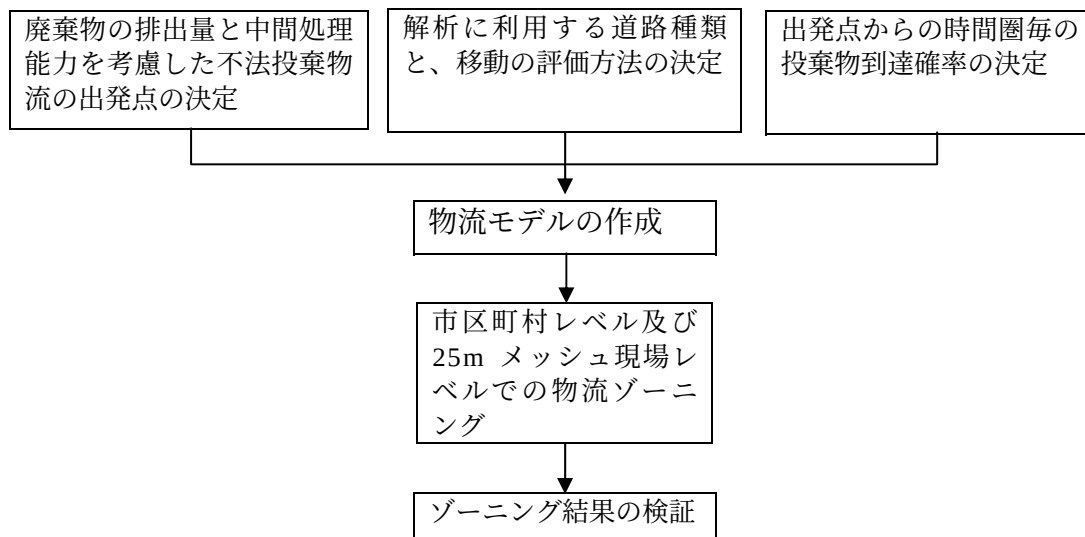


図 4-29 物流ゾーニングの手順

¹⁴ 委託料金を考慮するには、廃棄物品目や各関連業者の収益などの詳細な検討が必要であるが、ゾーニングを行うに十分な精度、量のデータを取得することは難しいので、ここでは検討しないこととした。

物流の出発点は排出源と中間処理施設のそれぞれを出発点とする不法投棄物流を考慮することとした。投棄物は出発点からの時間圏毎の到達確率による大まかな配分を行った後、4.3の不法投棄件数ゾーニング結果を用いて市区町村レベルに配分し、さらに25mメッシュの現場レベルに細かく配分することとした。物流モデルでは、配分量が大きい場所ほど投棄物が到達しやすい場所と考え、配分量を元にランク付けをし、物流ゾーニング結果を求めた。

(2)不法投棄物流の出発点についての考え方

1)出発点の決定方法

不法投棄に至るケースの例として、家屋等の建築物の解体に伴い発生し、そのうちのあるものは中間処理を経ることなく投棄現場に直送されることがある。一方で、中間処理施設が非常に安価な料金で廃棄物を過剰に受入れ、適正処理を行うことなく不法投棄に至るケースも指摘されている。投棄物のフロー推定の出発点として、以上の2つのケースを考慮することが重要であると考えた。そこで、廃棄物を多量に排出する、あるいは中間処理の受入れ量の多い地域は他の地域に比べて相対的に不法投棄の出発点となる可能性が高いという仮定を置き、関東圏域における廃棄物排出量推計値（平成11、12年度）及び中間処理能力の大きさを重みとした重心座標を求め、それぞれを不法投棄物流の出発点とすることにした。

対象圏域における廃棄物の排出量の重心算出の手順は以下のとおりである。建設系廃棄物の排出量（前年度報告済み）は、表4-12のように種類毎に規模が異なっている。過去の不法投棄物種類と投棄量から勘案して、汚泥は除外して計算を行う。すなわち、重心決定の対象となる建設系の産業廃棄物は、廃プラ、紙くず、木くず、繊維くず、金属くず、ガラス陶磁器くず、がれき類、混合廃棄物とした。また、対象とする関東圏域において廃棄物排出量の多い市区町村を上位200まで表示したものが図4-30である。対象圏域に広く分布しているが、実際に対象圏域において発生する不法投棄の主たる原因となる地域が、東京やその周辺であることが自治体ヒアリング等でも多く聞かれるところであるため、重心計算の対象範囲は東京、千葉、埼玉、神奈川の一都三県内の市区町村と決定した。重心計算は、これらの市区町村の各市区役所、町村役場位置の緯度経度について、各市区町村の推計排出量による重みをつけて次式から算出した。

表 4-12 建設系産業廃棄物の排出量¹⁵

単位:千t / 年

汚泥	廃プラスチック	紙くず	木くず	繊維くず	金属くず	ガラス及び陶磁器くず	がれき類	混合廃棄物	計
8,522	379	117	1,407	14	447	1,629	28,580	3,017	44,112

¹⁵ 自己処理量と現場内利用量は除く。対象地域は福島、茨城、栃木、群馬、埼玉、千葉、東京、神奈川、山梨、長野、静岡の一都十県。

$$X = \frac{X_1 D_1 + X_2 D_2 + \cdots + X_n D_n}{\sum_{k=1}^n D_k}$$

$$Y = \frac{Y_1 D_1 + Y_2 D_2 + \cdots + Y_n D_n}{\sum_{k=1}^n D_k} \quad (k=1 \sim n)$$

X：重心の経度、 Y：重心の緯度

X_k ：市区町村 k の市区役所あるいは町村役場の位置の経度

Y_k ：市区町村 k の市区役所あるいは町村役場の位置の緯度

D_k ：市区町村 k の年間廃棄物排出量推計値

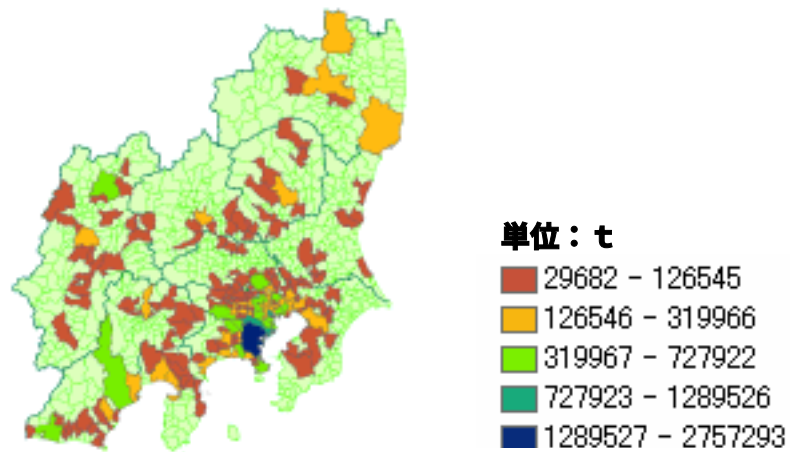


図 4-30 廃棄物排出量の多い上位 200 市区町村
(汚泥は含まない)

中間処理施設を出発点とする不法投棄については、処理能力の分布（図 4-31）及び排出量の多い東京周辺からの移動距離を勘案して、東京、千葉、茨城、栃木、群馬、埼玉、神奈川の一都六県を重心計算の対象範囲とした。また、対象となる処理種類は、上述の廃棄物を処理する焼却と破碎の 2 種類とした。重心の計算式は排出量の式と同様で、重みとして市区町村毎の年間の焼却及び破碎能力の値を用いた。

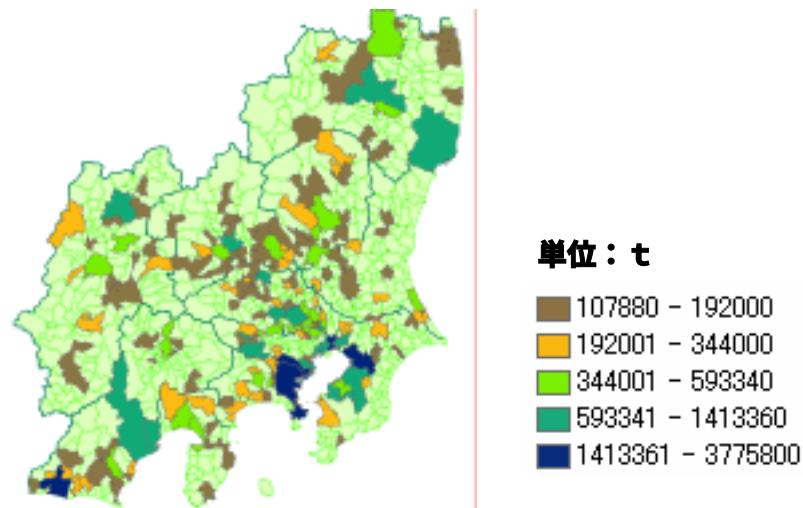


図 4-31 処理能力（破碎）の大きい上位 200 市区町村

2) 排出源と中間処理施設の 2 つの出発点の寄与率の推定方法

廃棄物の排出源を出発点とした不法投棄と、中間処理施設を出発点とした 2 種類の配分計算結果は不法投棄の特徴をそれぞれ表していると考えられる。そのため、過去の投棄場所及び投棄量のデータは、これらの結果をある一定の寄与率 α で重ね合わせた結果になっていると考えられる。そこでこの寄与率 α を用いた次式から、各市区町村への配分量を算出した。

$$S'_{k} = \alpha \times S_{ka} + (1 - \alpha) \times S_{kb}$$

$$0 \leq \alpha \leq 1$$

S'_{k} : 寄与率 α の下での市区町村 k への配分量

S_{ka} : 排出重心からの配分量, S_{kb} : 中間処理重心からの配分量

ここで寄与率 α を 0 から 1 の範囲で変化させ、過去の不法投棄事例をより正確に表すゾーニング結果を与える α をもって、寄与率を決定することとした。配分量と過去の不法投棄事例との適合具合の判定には、4.3.2 の(2)節で述べた ROC 判定を応用した方法を用いた。

(3)出発点からの時間圏毎の投棄物到達確率の算出方法

1)幹線道路の選定及び移動時間の考慮

前年度は投棄物の移動について各市区町村間を結ぶ道路の距離をもとに計算を行った。しかし、不法投棄される廃棄物の輸送の多くは10トンドンプのような大型のトラックを利用することから、今年度は考慮すべき道路種類として、比較的幅広で通行可能重量の大きい幹線道路（主要地方道以上）を選択することとした。渋滞による混雑や上り下りの坂道などの道路状況、昼夜速度の違い、速度規制状況や高速道路利用の有無などを考慮した方がより実態を正確に表すことができる。そこで、これらの要素を反映することのできる移動時間によって評価を行うこととした。また不法投棄の輸送は高速道路を使わずに夜間に行われるケースが多いという自治体ヒアリング結果を参考にして、道路ネットワーク解析の際には、有料道路を利用しない、夜間の通行速度データをもとに計算を行った。

2)出発点からの時間圏毎の投棄物到達確率の算出

前年度の検討では、適正処理ルート of 解析結果を用いたが、移動距離の計算に際して必ずしも実際の不法投棄事例からの知見を十分に活用した結果とはならなかった。そこで今年度は、過去の不法投棄事例から移動距離の分布を求め、距離毎の投棄物到達確率を求めることとした。過去の不法投棄事例のうち廃棄物の輸送の出発点が判明した案件、あるいはそれと思しき場所がある程度特定された案件について千葉県及び栃木県からデータを入手し、出発点及び投棄地点の市区町村間の移動時間を求め、時間圏毎の投棄物到達確率を算出した。

(4)投棄物の配分方法

不法投棄物流の出発点からの到達時間による投棄物の到達し易さと各市区町村における不法投棄のされやすさの両方によって投棄物の到達量が決定されるとして、出発点における投棄物量を以下で述べるように周辺地域に配分することとした。

例えば出発点である重心位置に100万トンの量を与えた場合、まず重心からの到達時間による投棄物の到達し易さによって、前項で定めた時間圏毎の到達確率から表4-13の様に配分量を算出する。次に、ある時間圏内に含まれる市区町村で、不法投棄のされやすさによって決定される配分率での配分計算を次式で行った。このとき、不法投棄のされやすさとして、4.3で求めた「不法投棄物の捨てられ易

表 4-13 出発点（排出量重心）からの時間圏毎の投棄物配分量

時間圏	投棄物到達量
0～120分	289,000 t
0～150分	133,000 t
0～180分	200,000 t
0～210分	267,000 t
0～240分	111,000 t
0～240分以上	0 t
計	1,000,000 t

さ」を指標化した相対確率の値、すなわちゾーニングの結果を用いることとし、25mメッシュ現場レベルゾーニング相対確率を各市区町村で合計したものをを用いた。

$$S_k = S_m \times (A_k / \Sigma A)$$

S_k ：ゾーニングランク m に属する市区町村 k への配分量

S_m ：ゾーニングランク m 全体の配分量

A_k ：市区町村 k の相対確率の合計値

ΣA ：ゾーニングランク m に含まれる全市区町村の相対確率合計値

各市区町村への配分量が決まった後、その配分量でランク分けを行い、市区町村のゾーニングのランクを定めた。配分量の分布を見ると、 α によらずに、配分量が多くなるに従って該当する市区町村数は対数的に減少することから、配分量によるランク区切りは対数的に行った（配分総量 100 万トンに対し、0～30 トン、30～100 トン、100～300 トン、・・・、10,000～30,000 トンの 7 分類）。

また、各市区町村に割り振られた配分量を、さらに 25mメッシュ現場レベルの相対確率によって同様に現場レベルに配分し、その配分量に従って 25m メッシュレベルのゾーニングのランクを求めた。

(5)結果の評価方法

結果は、市区町村レベルの物流ゾーニングについては、平成 12 年度の環境省不法投棄実態調査の市区町村別投棄量データによって、また 25m メッシュ現場レベルの物流ゾーニングについては、平成 13 年度の千葉、茨城、栃木の 3 県の現場レベル不法投棄調査データを用い、共に 4.3.2 の(2)で述べた ROC 判定を応用した方法によって検証を行った。

4.5.3 解析結果

(1)出発点としての重心の決定結果

対象圏域における汚泥を除く建設系廃棄物排出量の重心及び、中間処理能力の重心位置の計算結果を地図上にプロットしたものを図 4-32 に示す。排出量の重心は東京都区部に、中間処理能力の重心は埼玉県南部の市部に示された。これより、東京を中心として大量に発生した産業廃棄物が、大きな流れとして埼玉を中心とした周辺の地域で中間処理されるという状況が理解できる。

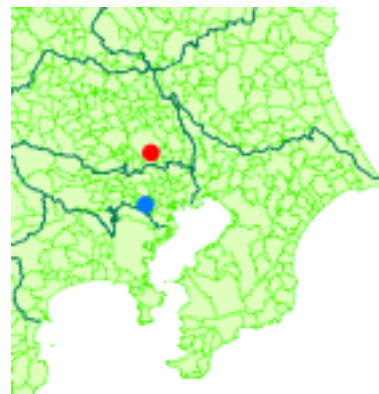


図 4-32 重心位置
青丸は排出量の重心
赤丸は中間処理能力の重心

(2)到達圏の決定と投棄物到達確率の算出結果

過去の不法投棄事例から得られたデータを用いて、出発点からの到達時間によって市区町村レベルで時間圏を区切り、それぞれの時間圏への投棄物到達確率を算出した。

1)時間圏毎の到達確率の算出

過去の不法投棄事例から、移動時間毎の投棄事例数のヒストグラムを図 4-33 に示す。サンプル数は 45 である。90～120 分圏において度数が最も高くなる結果となった。これらの投棄事例には東京や埼玉近辺を出発点とする不法投棄の移動事例ではないものが一部含まれるが、次の 2)で述べるように、先に示した重心を出発点として 120 分時間圏を計算すると不法投棄の多発地帯における不法投棄発生現場の多くをカバーすることが出来たことから、このヒストグラムを元に時間圏毎の到達確率を作成すること

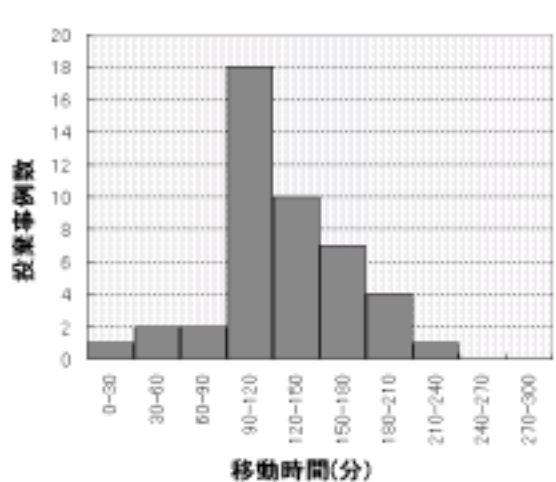


図 4-33 移動時間毎の投棄事例のヒストグラム

とした。出発点から 120 分の圏内（0～120 分圏）では、人口密度が高い等の理由で不法投棄の起こりにくい地域が含まれている（図 4-27 参照）が、これらの地域は物流的に考えて、出発点から不法投棄の多発地域に至る途中で少なからず通過する場所であり、投棄物の到達しやすさという観点では多発地域と同等かそれ以上であると考えて良い。このような理由から 0～120 分の圏内は同等の投棄物到達確率を有するとした。

以上の補正を行った時間圏毎の投棄物到達確率を図 4-34 に示す。0～120 分圏は一つの時間圏としてまとめ、以下 120～150 分圏、150～180 分圏、というように 30 分刻みでの度数比による到達確率を算出した。過去の不法投棄事例による時間圏毎の到達確率を作成することによって、投棄物到達時間がより長い時間圏ほど、より到達確率が低くなることを数値的に表した。

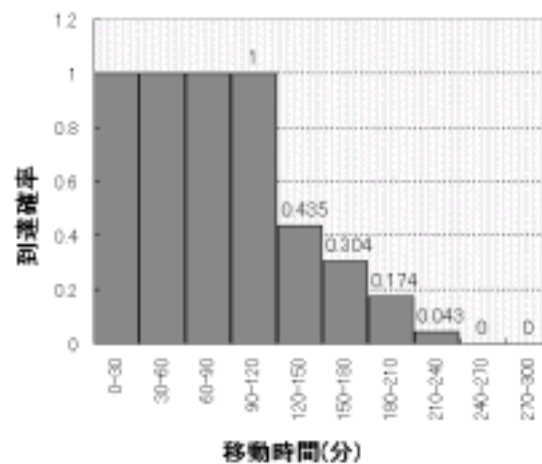


図 4-34 時間圏毎の投棄物到達確率

2) 2つの出発点からの到達圏の算出結果

それぞれの重心位置を出発点とし、夜間の幹線道路通行速度で、有料道路を利用しないという条件の下に、図 4-34 のヒストグラムによる時間圏分類に従って一定時間内に到達できる時間圏を図 4-35 に示す。また図には平成 13 年度の千葉、茨城、栃木における不法投棄箇所のポイントデータも重ねて表示した。なお、物流ゾーニングでは投棄物の流れを考慮する必要がある関係から、特に対象圏域とのフローのやり取りがあると考えられる福島県及び静岡県を含めた解析を行った。

重心を排出側から中間処理能力側に移した時に、時間圏が変化した市区町村の分布状況を図 4-36 に示す。茨城、栃木、群馬の各県の北部地域への到達時間が短縮される（30 分以内）のに対し、特に山梨県の市町村への到達時間が延びる（30 分以内）ことが示された。このように東京や埼玉周辺からの山梨方面へのアクセス性の低さを示す解析結果は、両地域間に存在する山間地の影響を受けているものと考えられ、山梨県での不法投棄の発生件数・量が少ないという事実を一部説明しているものと推測される。

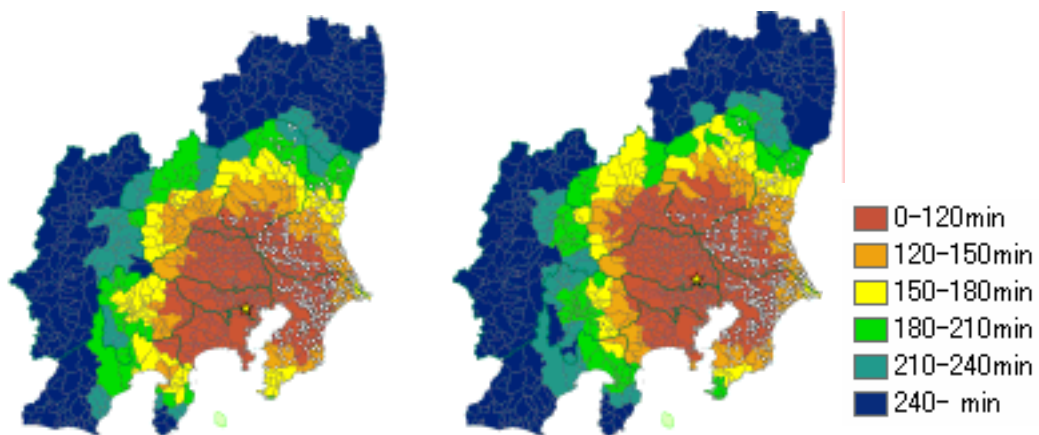


図 4-35 出発点からの時間圏分類（市区町村レベル）

☆は出発点（左図：排出量重心、右図：中間処理能力重心）

○は平成 13 年度の不法投棄箇所（現場レベル：千葉県、茨城県、栃木県）
福島県と静岡県も含めて表示

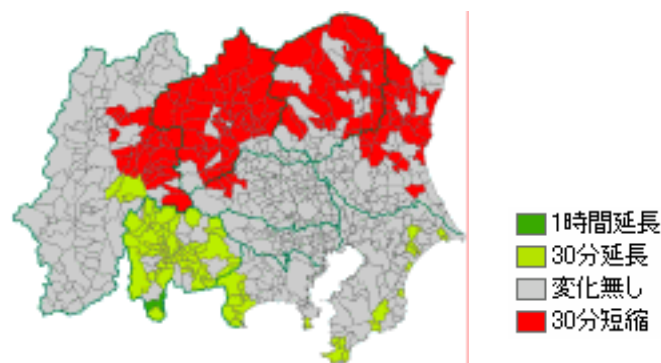


図 4-36 出発点を排出重心から中間処理能力重心に移す際に時間圏が変化した市区町村

(3)投棄物の配分とゾーニング結果、及びその評価

過去の不法投棄データを用いた検証によって 2 つの出発点の混合割合の寄与率 α を決定し、市区町村レベルでの物流ゾーニングを行った。また 25mメッシュ現場レベルでの物流ゾーニングを行い、結果について評価を行った。

1) 出発点の重み (α) の決定結果

平成 12 年度の環境省不法投棄実態調査結果による市区町村レベル不法投棄量データを用いて、対象圏域の全面積に対する要監視面積の割合（監視面積の絞込み率）と対象圏域内で発生した不法投棄の全投棄量に対する要監視地域で発生した投棄量の割合（不法投棄量の網羅率）を計算し、ROC 曲線を求めた。 α を 0.05 刻みで変化させ、ROC 曲線を比較した結果、 $\alpha = 0.8$ が最適と判断された。結果を図 4-37 に示す。ゾーニングランク 5~7 に当たる、全圏域面積の 4 割弱を占める市区町村を監視することで、全圏域から報告された不法投棄量の 9 割以上を網羅することができた。

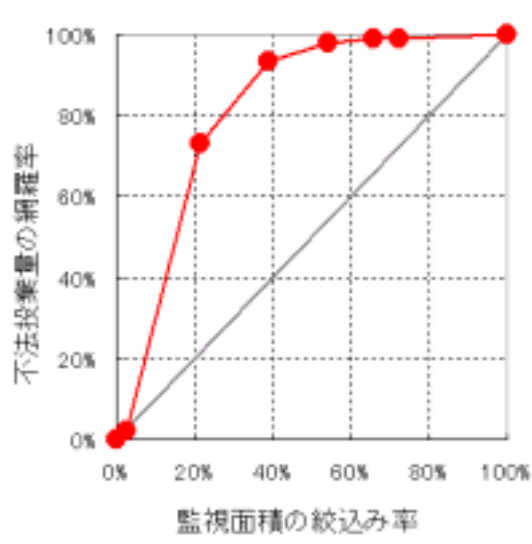


図 4-37 物流ゾーニング結果（市区町村レベル、 $\alpha = 0.8$ ）の ROC 曲線

2) 市区町村レベルでの物流ゾーニング結果とその評価

排出重心及び中間処理能力重心からの到達量の寄与率 α を 0.8 とした場合の市区町村レベルの配分を行い、そのランク分けを行った物流ゾーニング結果を図 4-38 に示す。図には平成 12 年度環境省不法投棄量実態調査ポイントデータを重ねた。実態調査データで不法投棄が報告された市区町村とゾーニングランクの適合状況を図 4-39 に示す。ランク 5~7 にゾーニングされた市区町村では、対象圏域で実際に報告された不法投棄総量 20.3 万トンのうち 18.9 万トン（93.1%）、また不法投棄総件数 128 件のうち 100 件（78.1%）を占めた。また、投棄規模 300 トンを超える大規模な事案に限って見れ

ば、投棄総量 19.7 万トンのうち、18.5 万トン（93.9%）、総件数 43 件のうち、36 件（83.7%）であった。

なお、ランク 1～4 に分類された市区町村のうち 300 トンを超える報告のあった 7 市区町村（図 4-40）については、そのうち 6 件が長野県内に存在した（廃棄物種類は、がれき類、廃プラスチック、木くず）。今回の物流モデルでは排出と中間処理能力の重心、つまり東京都・埼玉県近辺を出発点とした不法投棄物流について検討を行ったために生じた問題であると考えられる。つまり、実際には長野県内を出発点とし、同県内に投棄する比較的短距離の事例が想定される。その他にも、栃木県南部の中間処理施設から千葉県への投棄現場に輸送された報告事例など様々な事例があり、そうした個々の事例を全て捉えるためには、計算の量が膨大になるものの、出発点の設定を重心ではなく各市区町村とすることが必要になる。計算の簡略化も含め、これについては今後の課題とする。

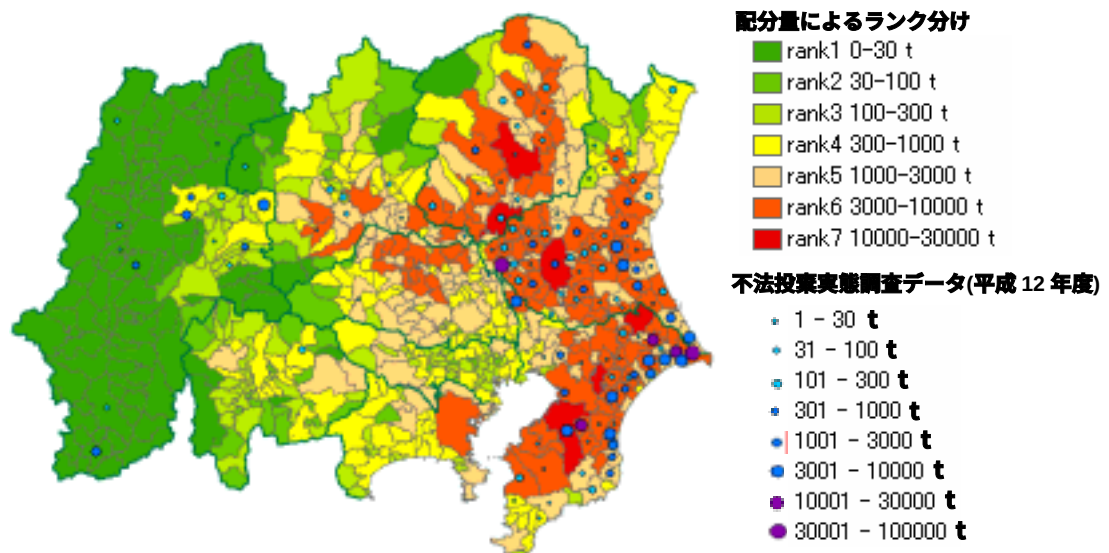


図 4-38 物流ゾーニング結果（市区町村レベル）と不法投棄実態調査(平成 12 年度)の比較

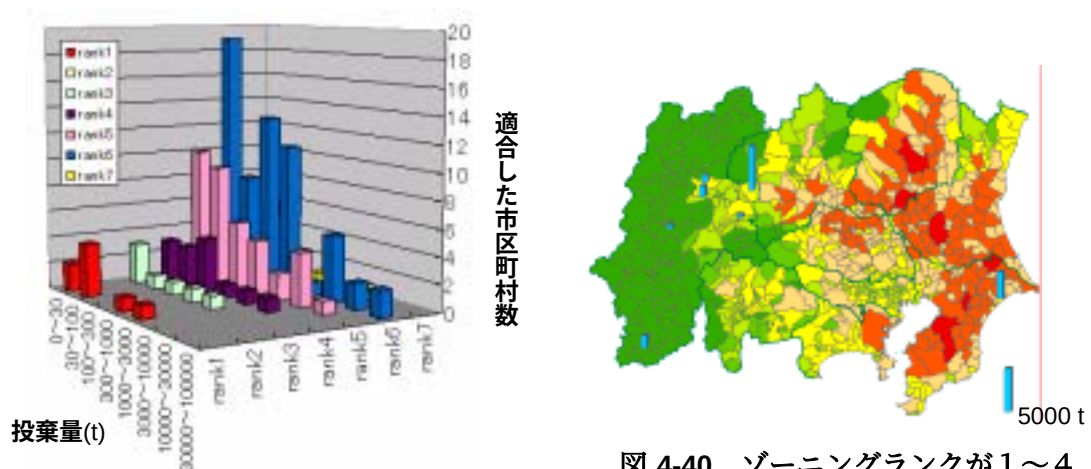


図 4-39 ゾーニングの適合状況

図 4-40 ゾーニングランクが 1～4 で、300 トン以上の大規模な不法投棄のあった市区町村

3) 25mメッシュ現場レベルでの物流ゾーニング結果とその評価

2)で各市区町村に配分された配分量を、さらに 25m メッシュ現場レベルに配分して、現場レベルの物流ゾーニングを行った。結果を図 4-41 に示す。ランク分けは 10 段階とし、分類法はランク 2~10 についてはセル数が同じになるように等量分類し、配分量がゼロになる多数のセルをまとめてランク 1 とした。「起こりやすい場所」のゾーニング結果に、「投棄物の到達し易さ」を加えたことで、出発点から遠距離の地域にありながらも図 4-18 で示した不法投棄発生件数のゾーニングでランクの高かった地域（例えば栃木県的那須地域、千葉県館山地域、山梨県甲府盆地や長野県のいくつかの地域など）への物流モデルによる配分量が減少し、物流ゾーニングとしてはランクが下がった。そのため、自治体の方から見てもより実態に近いゾーニング結果を得ることができたと考えられる。

次に、現場レベルでの平成 13 年度の不法投棄量データの整備されている千葉、茨城、栃木の 3 県の値を用いて、ROC 判定を応用した方法によって検証を行った結果を図 4-42 に示す。横軸は 3 県内の各ランクに属するセルの合計面積から計算した監視面積の絞り込み率、縦軸は 3 県の不法投棄量の網羅率である。8 割の投棄量を網羅するために監視すべき面積は、3 県の総面積のうち 5 割であることが分かった。また、監視面積を 2 割に絞り込んでも、全体の量の約 5 割は網羅できることが分かった。

なお、判定結果の曲線に凹みが見られたが、これは物流ゾーニングランク 3 と 5 に該当するセルに異常値的に規模の大きな不法投棄が発生していたことに起因するものであった。また、不法投棄多発地域である 3 県で比較する限り、不法投棄発生件数（度数）ゾーニングの ROC 曲線とそれほどの差が認められていないが、前述した栃木県的那須地域、千葉県館山地域、山梨県甲府盆地や長野県のいくつかの地域などの物流ゾーニングによって高度化された地域も含めた判定を行うことができるのならば、そうした地域を監視すべき面積から外すことによって物流ゾーニングに優位性が生じると考えられる。

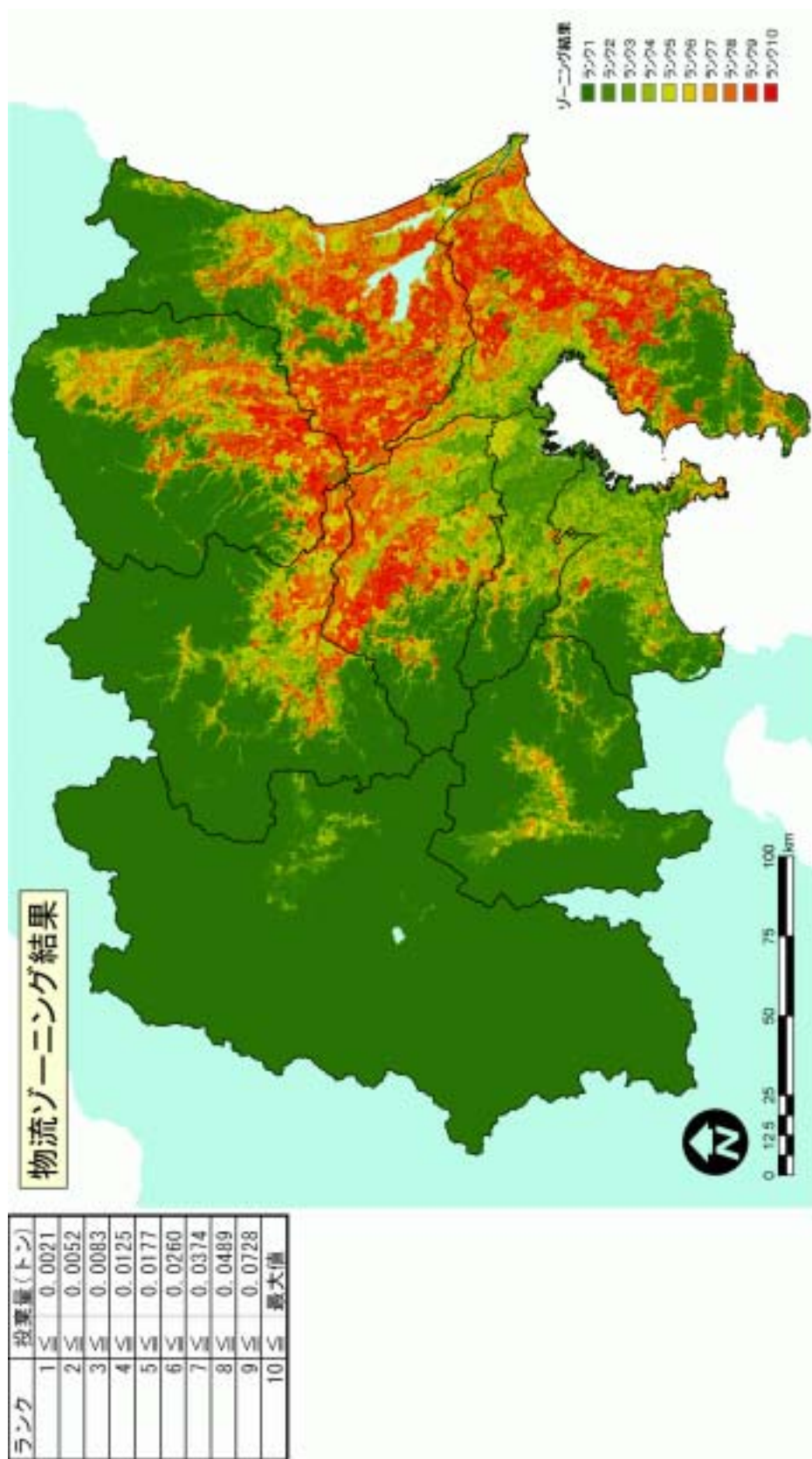


図4-41 25mメッシュレベル物流ゾーニングの結果

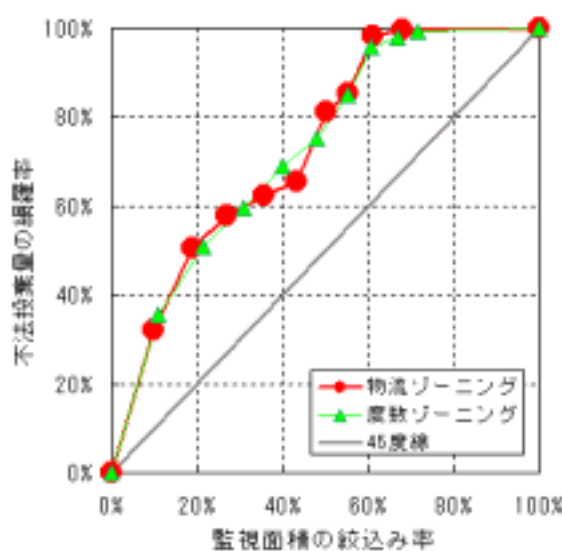


図 4-42 物流ゾーニング結果
(25m メッシュ現場レベル)
の ROC 曲線

4.5.4 まとめ

不法投棄物流ゾーニングの高度化を行い、以下の結論を得た。

- ・廃棄物の排出量と中間処理能力の分布からそれぞれの重心座標を求め、不法投棄物流の出発点とした物流モデルを作成することができた。
- ・物流モデル作成の計算条件として、輸送車両に大型ダンプトラックを利用するという前提の下、有料道路ではない幹線道路における、夜間の移動時間データを選択することによって、より実態に近い条件での解析が可能となった。
- ・過去の不法投棄実績を考慮して、時間圏毎の投棄物到達確率を算出し、出発点からの投棄物の配分量を計算することができた。
- ・排出源と中間処理能力のそれぞれの重心からの配分量について、過去の不法投棄量の分布実態調査結果との ROC 判定によって寄与率 α を決定し、市区町村レベルでの投棄物の配分による物流ゾーニング結果を得ることができた。これによって、投棄物の移動ならびに投棄されやすい場所の双方を考慮したゾーニング結果を得ることができた。
- ・市区町村レベルの物流ゾーニングでは、圏域の全面積の 4 割弱を監視することで 9 割強の投棄物を網羅することができた。
- ・25m メッシュ現場レベルの物流ゾーニングでは、千葉県、茨城県、栃木県の不法投棄多発地域を含む 3 県の 8 割の投棄量を網羅するために監視すべき面積は、3 県の総面積のうち 5 割である結果が得られた。また監視面積を 2 割に絞り込んでも、全体の量の約 5 割は網羅できる結果となった。

なお、不法投棄の物流ゾーニングは不法投棄監視業務に用いることその他、モデルのパラメータを変更することにより、監視強化による投棄阻止の影響で、周辺地域に向かうであろう投棄物の移動挙動およびその量を予測するといった応用的な利用も期待できる。

4.6 本章のまとめ

本章で検討した不法投棄の発生件数、発生規模、ならびに投棄物の物流の3つに着目したゾーニング手法のまとめを表4-14に示す。

不法投棄要監視地域のゾーニングは、投棄物の物流ゾーニングを精度の高いゾーニング手法として、また、不法投棄発生件数のゾーニングを汎用性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と考えられた。

表4-14 ゾーニング高度化検討のまとめ

	利用可能性	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、将来的に投棄物が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。
不法投棄発生規模のゾーニング	×	—
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。

なお、自治体における利用目的や予算制約の違いがあるため、これらの2つのゾーニングの利用の仕方は自治体ごとに異なるものと考えられる¹⁶。この点については、次年度予定している実証試験において検討を行うことが望まれる¹⁷。

¹⁶ 特に、将来的に投棄物が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を把握する場合もしくはゾーニング結果の作成に予算制約がある場合には、後者の不法投棄発生件数のゾーニングを利用するのがよいだろう

¹⁷ 本年度の検証試験においてもゾーニング技術の有効性についての検証を行っている（6.3 参照）が、ゾーニング結果の利用方針を検証したものであり、高度化されたゾーニングの具体的な費用などを考慮した検討とはなっていない。

5.衛星画像による不法投棄箇所検知手法の高度化

5.1 目的

本章では、前年度に実施した各種センサの不法投棄箇所検知可能性検討の結果から有効性が高いと判断された光学センサに検討対象を絞り、不法投棄箇所検知手法の高度化を行った。高度化の目的は、検知精度の向上ならびに、様々な誤検知要因の除去とした。

5.2 検討方針

前年度の検討結果について、平成13年度報告書から抜粋し表5-1に示す。光学センサを対象として検討した検知方法は、前兆行為としての森林変化領域の抽出と、地表の空間的特徴変化領域の抽出である。

表5-1 各種衛星センサからみた不法投棄検知能力のまとめ
(平成13年度報告書から抜粋)

検知センサ		アルゴリズム	検知の可否		誤検知
光学 セン サ	マルチス ペクトル	前兆行為としての 森林伐採	可	森林部で投棄面積が12m四方以上ある投棄物 (分解能1mの場合)	単に森林が変化した場所 収穫後の田畑
			否	裸地の投棄物	
	パンクロ マチック	地表の空間的特 徴変化	可	(さらなる検討が必要)	森林部の影 田畑の植生が変化した場所 構造物が変化した場所
			否	地表変化が目視でも確認できない場合	

この結果をふまえ、本年度は以下の手法について検討を行うこととした。

(1)光学マルチスペクトルセンサ

・廃棄物スペクトルに基づいた解析

【目的】 廃棄物固有の特徴から、不法投棄現場の直接的な検知。

森林伐採後などにおける地表物の廃棄物可能性判断。

・植生変化による解析 (NDVI・土地被覆分類・バンド比演算)

【目的】 森林伐採の検知能力向上・誤検知削減。

(2)光学パンクロマチックセンサ

・空間情報による解析

【目的】 森林部以外の裸地も含めた範囲における、不法投棄現場の直接的な検知。

本年度検討する個別の手法を含めた不法投棄現場検知の解析手順の概要を図5-1に示す。不法投棄現場検知は、スクリーニング段階と、検知段階、スコアリング段階に大きく分けることとした。

スクリーニング段階は、衛星画像解析では不法投棄の検知が困難である森林（森林内への投棄）、建物（建物内での投棄）、水域（水中への投棄）の領域を画像中から除いて、衛星検知対象とする領域を抽出する。

検知段階では、衛星検知対象領域内の不法投棄現場に関連する情報を個別の検知手法で抽出する。本年度は、森林伐採を伴う不法投棄現場検知、森林伐採を伴わない不法投棄現場検知、投棄物の直接検知による不法投棄現場検知の3種の検知方針をとることとした。それぞれの検知を実現する手法として、過去と現在の植生変化を用いた手法、画像の空間情報を用いた手法、廃棄物のスペクトル情報を用いた手法を採用した。植生変化を用いた手法は、過去と現在の植生変化により、不法投棄の際に事前に実施される森林伐採を検知する。空間情報を用いた手法は、植生変化では検知できない過去・現在ともに森林でない領域（田畑や裸地）に適用し、不法投棄によって生じた不自然な地形（画像の2次元パターン）を検知する。廃棄物のスペクトル情報を用いた手法は、基本的には検知対象領域全域に適用し、廃棄物固有のスペクトル特徴から不法投棄物を直接検知する。

スコアリング段階では、個別の検知手法で得た結果を統合判断して、不法投棄現場を特定する。検知段階で用いられる検知手法のうち、廃棄物のスペクトル情報を用いた手法以外は、不法投棄の際に生じ得る情報を検知するものであって、それらが必ずしも起こるとは限らない。そのため、検知した情報の確実性、重要性を踏まえて重み付けし、判断することが必要となる。また、廃棄物のスペクトル情報を用いた手法においては、不法投棄現場以外にも同様の情報が得られることが考えられる。このような場合、前出の2つの手法で不法投棄現場を絞り込み、その場所に対して適用することが有効である。スコアリング段階では、このような手法間の依存関係も考慮して統合判断を行う。

さらに、現実的な問題として、不法投棄の特性は地域によってもばらつきがある。それぞれの地域において効果的に不法投棄現場を検知するためには、その地域特性に合わせた判断が重要となる。スコアリング段階における判断の重み付けを、地域特性に応じて変更できるようにしておくことで、各地域に適した統合判断を柔軟に行うことができるようになると思われる。

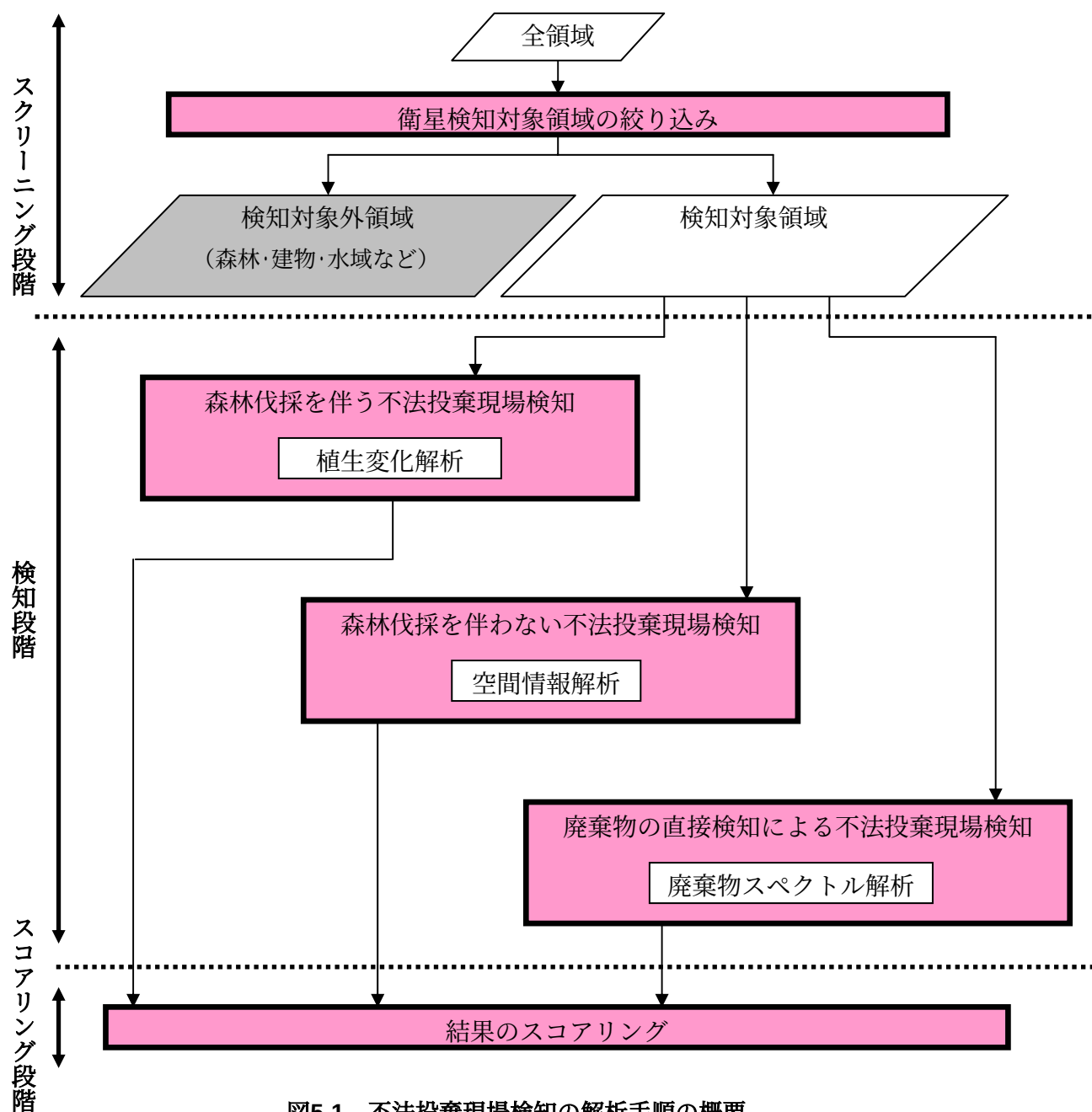


図5-1 不法投棄現場検知の解析手順の概要

以降の節では、廃棄物スペクトルに基づいた解析、植生変化による解析、空間情報による解析の個々の手法について各種検討を行った結果を述べる。また、スコアリングの手法については6.4.2で述べる。

5.3 廃棄物スペクトルに基づいた検知手法

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。そこで、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、その情報を元に衛星画像から不法投棄現場を検知する手法について検討した。具体的な検討内容を以下に示す。

- ①不法投棄現場における投棄廃棄物の反射スペクトルデータの収集
- ②廃棄物と投棄前の状態（裸地・草地・コンクリート床）との反射スペクトルの違いによる検知可能性の評価
- ③衛星画像を用いた不法投棄現場の検知

5.3.1 廃棄物の反射スペクトルデータの収集

(1)計測対象とした廃棄物投棄現場

廃棄物の反射スペクトルは、実際の不法投棄現場において計測した。計測対象とした不法投棄現場に関する情報を表 5-2 に示す。なお、廃家電については適当な現場がなかったため、九州大学において廃家電の不法投棄現場を模擬的に作成し、その場所の反射スペクトルを計測した。また、廃コンクリート、廃スレート、廃アスファルトについては、産業廃棄物中間処理場において反射スペクトルを計測した。

表5-2 廃棄物の反射スペクトルの計測場所と計測条件

廃棄物	場所	測定日	時刻	測定面積
廃プラ・木屑・紙屑	つくば市高野	2002.10.29	10:30-11:00	約7.2m ² (約3.6m ² × 2地点)
廃プラ	茨城町鳥羽田	2002.10.30	10:20	約7.2m ² (約3.6m ² × 2地点)
廃家電	九大 (模擬実験)	2002.9.24	13:00	約3.6m ²
木屑・廃プラ	つくば市下別府	2002.10.29	11:30	約3.6m ²
木屑	つくば市沼田	2002.10.29	13:45-14:10	約2.3m ² (約0.57m ² × 4地点)
廃コンクリート	小川町下吉影 (中間処理場)	2002.10.30	11:15-11:45	約4.6m ² (約2.3m ² × 2地点)
スレート	〃	2002.10.30	11:15-11:45	約0.42m ² (約0.14m ² × 3地点)
廃アスファルト	〃	2002.10.30	11:15-11:45	約4.6m ² (約2.3m ² × 2地点)
アスファルト碎石	〃	2002.10.30	11:15-11:45	約0.28m ² (約0.14m ² × 2地点)
廃タイヤ (ホイル有)	小川町小川	2002.10.30	12:30-13:00	約3.9m ² (約1.3m ² × 2地点)
廃タイヤ (ホイル無)	〃	2002.10.30	12:30-13:00	約2.6m ² (約1.3m ² × 2地点)

(2)反射スペクトル計測装置

不法投棄された廃棄物は均一ではないため、ある程度広範囲の平均のスペクトルを測定する必要がある。この問題に対処するため、地上 4m～7m の高さから、面積 2.3m²～7.1m² の範囲の地表面反射スペクトルを計測できる装置を作成した。図 5-2 に、作成した反射スペクトル計測装置とそれを用いた計測の様子を示す。

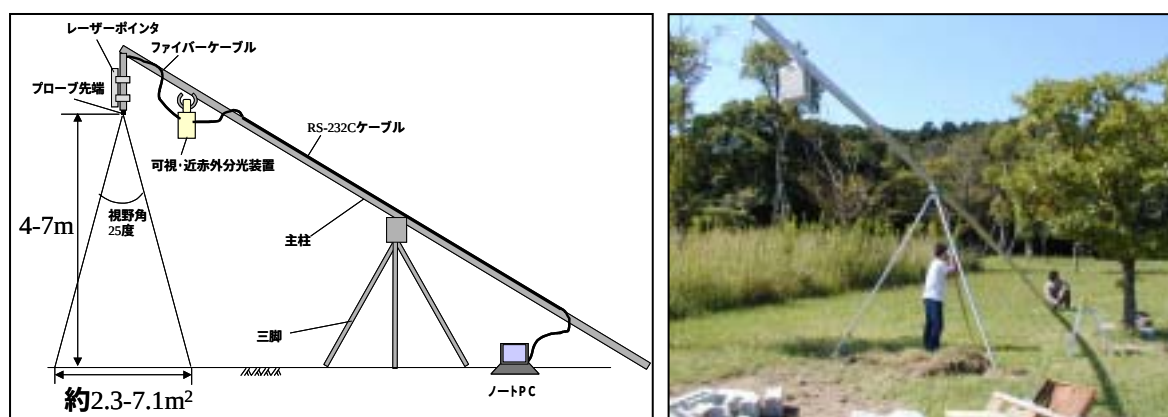


図 5-2 廃棄物の反射スペクトル計測装置（上）と計測の様子（下）

(3)計測結果

図 5-3 は、廃棄物の反射スペクトルを計測した場所の様子である。これらの場所において、反射スペクトルを計測した結果を図 5-4 に示す。なお、廃棄物の反射スペクトルとの比較対照となる投棄前の状態として、裸地、草地、コンクリート床についても同様に反射スペクトルを計測した（図 5-5）。



図 5-3 反射スペクトルを計測した廃棄物投棄現場*の様子

※廃家電は九大内での模擬実験現場、廃コンクリート・廃スレート・
廃アスファルトは産業廃棄物の中間処理場において計測

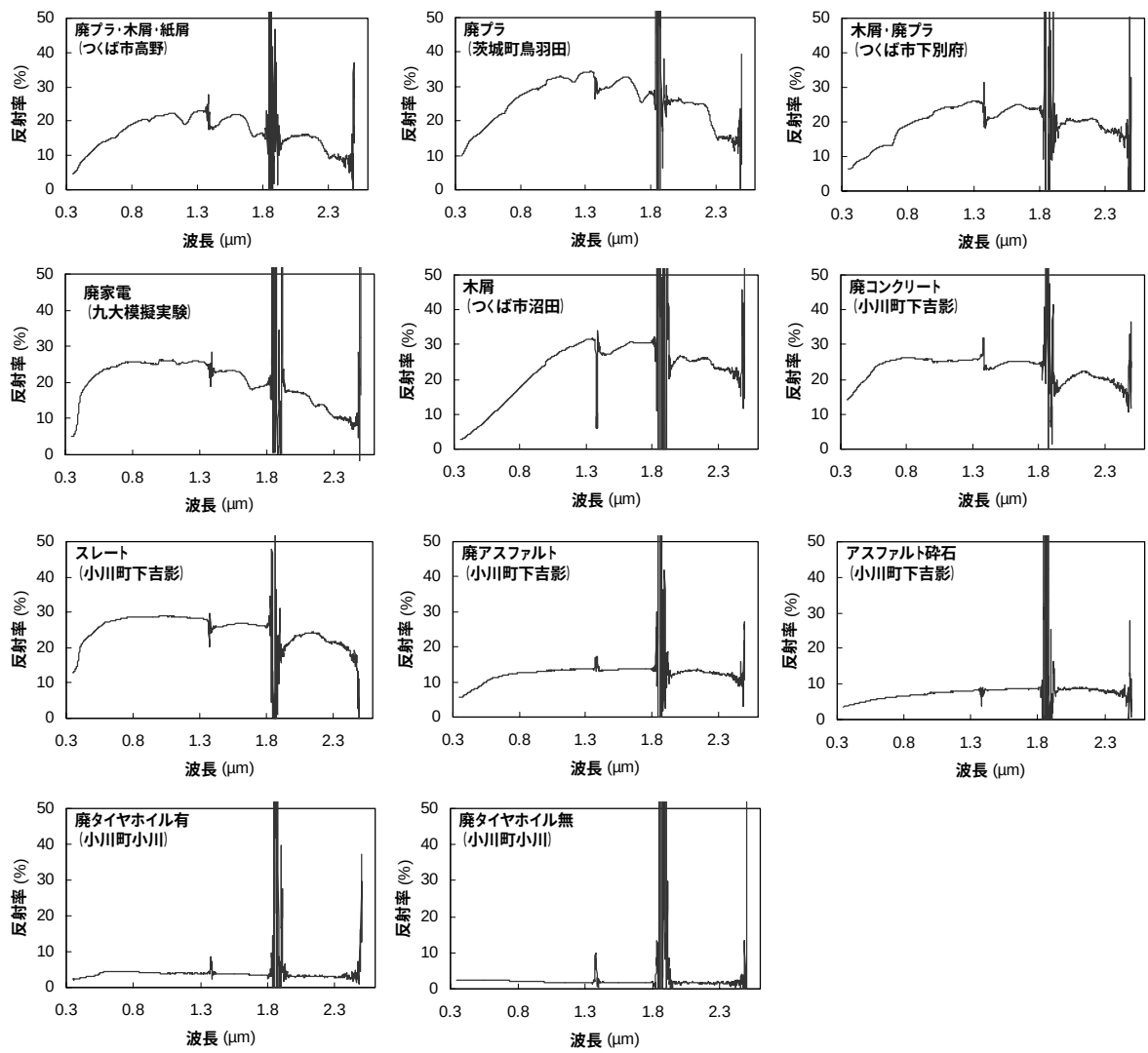


図 5-4 廃棄物の反射スペクトル計測結果

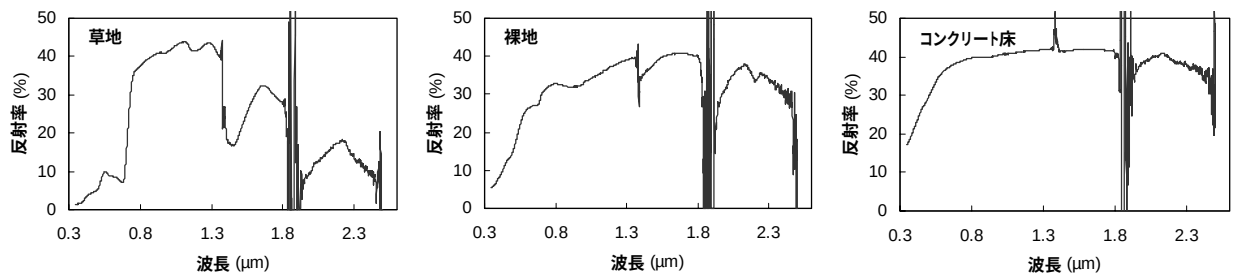


図 5-5 廃棄物との比較対照とした草地、裸地、コンクリート床の反射スペクトル

5.3.2 スペクトルの違いに基づく検知能の評価

次に、廃棄物の反射スペクトルの違いに基づく投棄場所の検知能を評価した。具体的には、5.3.1 で得られた廃棄物の反射スペクトルデータから、衛星センサの観測波長帯（バンド）での値を抽出し、ベクトル（分光反射ベクトル）表記された反射スペクトルデータを得た。次に、廃棄物の分光反射ベクトルと、草地、裸値、コンクリート床のように廃棄物が無い場所の分光反射ベクトルを用いて内積演算、外積演算等の各種演算処理を行い、反射スペクトルの違いに基づく不法投棄検知手法を検討した。

(1) 反射スペクトルデータのベクトル表記

衛星センサのバンドごとに抽出された分光反射率データを用いることで、廃棄物の反射スペクトルのパターンをベクトル表記¹することを検討した。これにより、反射スペクトルの違いを区別するための各種演算処理（内積演算や外積演算等）が可能となる。

いま、物質 X のバンド n における反射率を R_n と置くと、物質 X の反射スペクトルパターンはベクトルを用いることにより式 5-1 のように表すことができる。

$$V_X = (R_1, R_2, \dots, R_n) \quad \dots \quad (\text{式 5-1})$$

以降、ベクトル表記した反射スペクトルパターンを分光反射ベクトルと呼ぶ。このベクトルは、衛星センサのバンド数 n に応じた次元を持つことになる。衛星センサのバンド数は、衛星の種類によって異なる（図 5-6）。例えば、中分解能の光学センサである ASTER は波長 $0.52 \mu\text{m} \sim 2.43 \mu\text{m}$ の間に 9 つのバンドを有しており、SPOT-5 のセンサは、波長 $0.5 \mu\text{m} \sim 1.75 \mu\text{m}$ の間に 4 つのバンドを有する。他方、高分解能衛星である IKONOS や Quickbird では、波長 $0.45 \mu\text{m} \sim 0.9 \mu\text{m}$ の間に 4 つのセンサを持っている。本研究では、ASTER、SPOT-5、IKONOS、Quickbird、の 4 種類の衛星センサについて、それぞれの観測波長帯での分光反射率を抽出し、分光反射ベクトルを計算した。

ここで、衛星画像における分光反射ベクトルの議論をする場合、同一対象物であっても日照部分と日陰部分では反射率が異なることが問題となる。これを除去するために、分光反射ベクトルをその絶対値で除することにより、ベクトルの正規化を行った¹。

¹ 稲村実、豊田弘道、藤村貞夫：多重分光画像のベクトル表現とその演算処理、計測自動制御学会論文集、14(5)、pp.120-26、1978

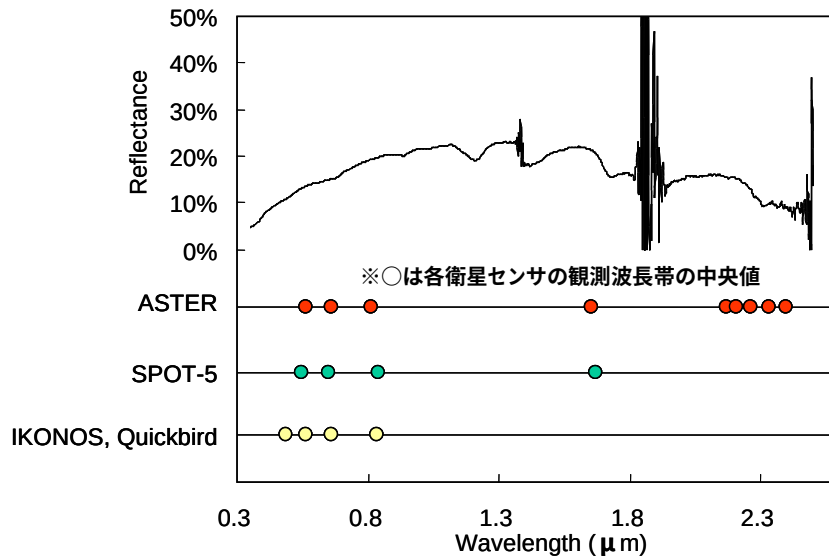


図 5-6 廃棄物の反射スペクトルと衛星センサの観測波長帯
(反射スペクトルデータは、つくば市高野の不法投棄現場)

(2)分光反射ベクトルの内積演算^{1,2}による検知方法

異なる正規化された 2 つのベクトルを V_1 、 V_2 とすると、2 つのベクトルの内積は、式 5-2 で表される。

$$V_1 \cdot V_2 = \cos \theta \quad \cdots \quad (\text{式 5-2})$$

ここで、式 5-2 を変形すると、

$$\theta = \cos^{-1} \cdot V_1 \cdot V_2 \quad \cdots \quad (\text{式 5-3})$$

となり、 θ は、分光反射ベクトル V_1 と V_2 のなす角を表している。 θ の値が大きいほど V_1 と V_2 は類似しており、小さいほど異なることを表す。この θ を計算することにより、2 つの物質の分光反射ベクトルの違いの程度（分離度）を評価することができる²。つまり、廃棄物が投棄されている場所とそうでない場所との分光反射ベクトルの違いを求めることができる。

(3)廃棄物の検知可能性の評価結果

これらのデータを用いて式 5-3 より θ を求めた結果を表 5-3 に示す。表は廃棄物が投棄されていない場所（草地、裸地、コンクリート床）と、各種廃棄物（廃プラ、廃家電、廃コンクリート、廃アスファルト、廃タイヤ）のスペクトルパターンの違いを

² 田中壮一郎、三浦知昭、藤川真治、土田聡：スペクトル・パターン解析による ASTER データからの鉱物分類とその精度評価予測、日本リモートセンシング学会誌、Vol.19、No.5、pp.44-68、1999

ベクトルの角度差 θ で表したものである。 θ が小さいほど、不法投棄現場の検知が困難であり、逆に θ が大きいほど検知が容易であることを示す。この結果をみると、廃棄物の種類により、また衛星の種類により不法投棄の検知能力が異なっていることが分る。例えば、投棄前の状態が裸地やコンクリートであった場所に廃プラスチックが投棄された場合、ASTER センサの θ の値は比較的大きい値であるが、一方で、SPOT5 や Quickbird の θ は小さい値となっている。これは、衛星センサのバンド数、観測域が異なっており、廃プラスチックに特徴的な短波長赤外域のセンサは ASTER のみに搭載されているためである。ただし、ASTER は SPOT や Quickbird に比べてセンサの空間分解能が 15m もしくは 30m と低く、衛星センサの空間分解能とバンド数の間にはトレードオフの関係があるのが現状である。

表 5-3 廃棄物反射スペクトルの分離度に関する計算結果

(単位:度)

衛星波長帯 (分解能)	ASTER (可視・近赤外15m、 短波長赤外30m)			SPOT-5 (可視・近赤外10m、 短波長赤外20m)			IKONOS (3.3-4.0m) Quickbird (2.44-2.88m)		
	草地	裸地	コンクリ床	草地	裸地	コンクリ床	草地	裸地	コンクリ床
投棄廃棄物									
投棄前									
廃プラ・木屑・紙屑 (つくば市高野)	19.3	13.1	12.3	22.0	4.6	6.1	31.2	5.4	6.2
廃プラ (茨城町鳥羽田)	20.1	11.0	10.8	22.1	3.6	6.4	31.9	6.4	5.6
廃家電 (九大模擬実験)	27.3	23.6	19.6	32.4	17.1	8.7	38.4	11.2	2.3
木屑・廃プラ (つくば市下別府)	22.0	4.3	8.8	19.0	4.6	12.2	27.8	6.6	9.4
木屑 (つくば市沼田)	26.3	9.4	14.8	19.5	12.8	21.4	23.5	8.9	15.8
廃コンクリート (小川町下吉影)	25.7	10.8	6.2	29.5	11.4	2.7	38.2	10.2	1.2
廃スレート (小川町下吉影)	26.1	11.5	6.8	30.3	12.7	4.1	39.1	11.9	3.0
廃アスファルト (小川町下吉影)	26.4	4.3	1.8	26.3	6.8	1.9	35.8	7.4	1.7
アスファルト砕石 (小川町下吉影)	27.7	3.6	6.5	25.2	3.6	6.3	36.5	9.2	1.4
廃タイヤホイール無 (小川町小川)	30.0	19.6	14.8	36.8	20.1	11.5	44.1	17.9	9.0

(4)混合廃棄物の検知可能性の評価結果

不法投棄現場には、単一の廃棄物が捨てられているケースの他にも、2種類以上の廃棄物が混在して捨てられているケースがある。例えば、前述の廃棄物反射スペクトル測定箇所のうち、つくば市高野、つくば市下別府は、廃プラスチック、木屑、紙屑等の複数種類の廃棄物が混在して投棄されている場所である。このような混合廃棄物の反射スペクトルは、各廃棄物の混在比に依存して変化する。そこで、混合廃棄物投棄現場での廃棄物の混在比と反射スペクトルとの関係について分析した。

いま、測定対象は、 $W_1, \dots, W_k$ なる k 種類の廃棄物が $a_1, \dots, a_k$ なる比率で混在しているものとする。このような対象 W に、分光エネルギー強度 $I_{(\lambda)}$ の光が入射すれば、その反射光のエネルギー強度 $I(\lambda)$ は、おのおのの物質による反射光の総和となるから、

$$I_{(\lambda)} = (a_1 R_{1(\lambda)} + \dots + a_k R_{k(\lambda)}) \cdot S_{(\lambda)} \quad \dots \quad (\text{式 5-4})$$

上式から、対象 W の分光反射率 $R(\lambda)$ は各分光反射率 $R_i(\lambda)$ の混在費 a_i に関する加重和

$$R = a_1 R_1 + \dots + a_k R_k \quad \dots \quad (\text{式 5-5})$$

となる。式 5-5 は、混合廃棄物 W に対応するベクトル R が各単一廃棄物に対応するベクトル $R_1, \dots, R_k$ の一次結合で与えられ、しかもその係数は混在比 $a_1, \dots, a_k$ であることを示している¹。これを利用し、混合廃棄物における個別廃棄物の混在比を変化させたときの反射スペクトルの分離度を評価した。

a) 想定した混合廃棄物

ここでは、つくば市高野、つくば市下別府のような、廃プラスチック、木屑、紙くずを主成分とする混合廃棄物の不法投棄を想定した。

図 5-7 は、今回想定した混合廃棄物の主成分となる廃プラスチック、木屑、紙屑の反射スペクトルを室内において測定したものである。木屑、紙屑は屋外に長期間放置したものをを用いた。廃プラスチックについては、色の違いによって可視域の反射率が異なってくる。そのため、赤、青、黄、緑、白、黒、灰色の廃プラスチックのそれぞれの反射スペクトルを計測し、それらを平均したものを用いた。図 5-7 をみると、木屑と紙屑はよく似た反射スペクトルパターンを示しているが、一方で廃プラスチックの反射スペクトルは波長 $2.2 \mu\text{m} \sim 2.5 \mu\text{m}$ 付近における反射率が低いのがわかる。

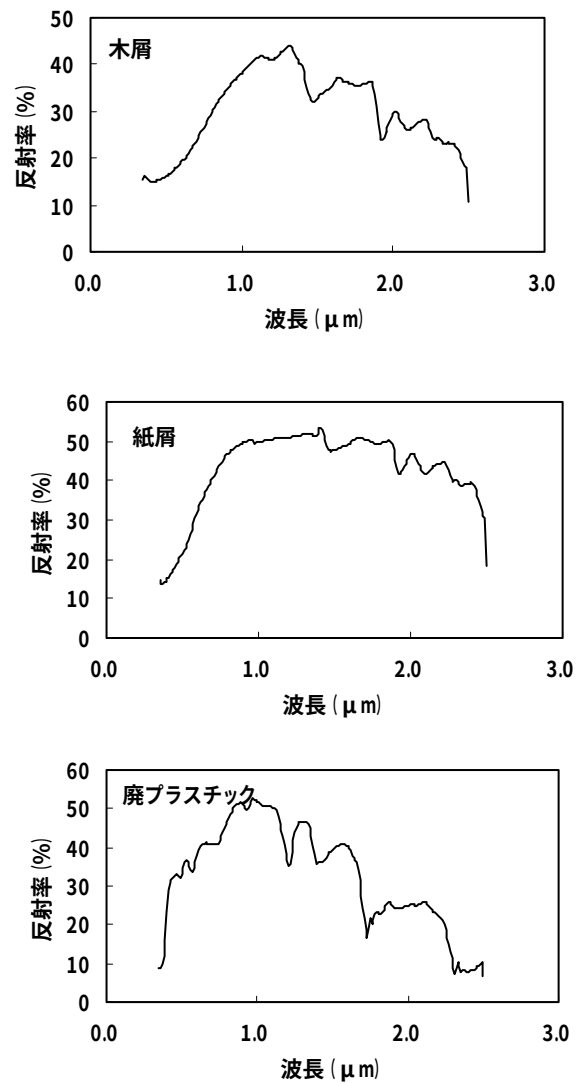


図 5-7 木屑、紙屑、廃プラスチックの反射スペクトル

b) 廃棄物の混合比率を変化させた場合のスペクトル分離度

次に、混合廃棄物の各成分の比率を変化させた場合に、混合廃棄物と裸地とのスペクトル分離度がどのように変化するかを計算した。ここでは、計算単純化のために、スペクトルパターンが似ている木屑と紙くずをまとめて、「木屑・紙屑」とした。つまり、「木屑・紙屑」と「廃プラスチック」の 2 種類の廃棄物の混合比率を変化させ、その場合のスペクトル分離度を評価した。

計算結果を図 5-8 に示す。この図は、縦軸に混合廃棄物と裸地のスペクトル分離度（分光反射ベクトルのなす角）、横軸に、混合廃棄物における廃プラスチックの比率をとっている。この結果から、混合廃棄物の投棄現場と裸地を見分ける場合、廃プラスチックの混在比率が高いほど検知しやすいことがわかる。逆に、木屑や紙屑のような廃棄物は、裸地と反射スペクトルが似ているため、これらの比率が高い投棄現場では検知が困難になることがわかる。さらに、衛星センサの観測波長帯を考慮した場合、バンド数の多い ASTER センサでは、廃プラスチックの混合比率が上昇したときのスペクトル分離度の上昇幅が最も大きい。逆にバンド数の少ない IKONOS、Quickbird では、廃プラスチックの比率が高くなっても、スペクトル分離度はそれほど高くない。

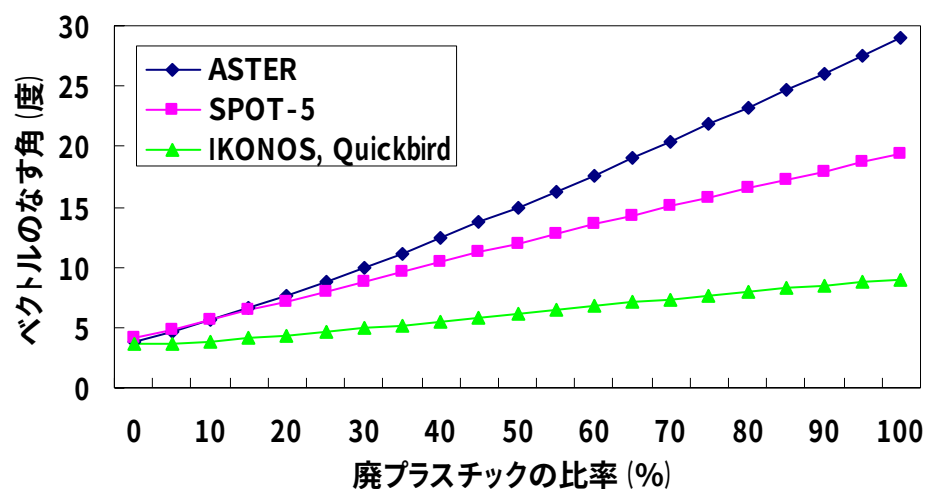


図 3-8 廃プラスチックの比率を変化させた場合の混合廃棄物と裸地のスペクトル分離度

(5) 分光反射ベクトルの外積演算による検知手法

ベクトル画像に関する外積演算は、一種の消去フィルタの役割を果たす¹。例えば、ある地域の衛星画像 U1 と、すべてのピクセルがそれぞれ廃プラスチック、木屑、紙屑に設定されている画像 U2～U4 を準備する。このとき、U1～U4 について外積演算を行うことにより得られる画像は、衛星画像 U1 上において、廃プラスチック、木屑、紙屑の分光反射ベクトルを持つ領域と、それらの廃棄物の混在領域でのピクセル値が小さくなった画像となる。この場所を探すことで、不法投棄候補地を検知することができると思われる。外積演算では、複数の分光反射ベクトルの混合領域を探すことができるため、これを利用できれば、混合廃棄物の検知に有効であると思われる。ただし、外積演算に関する具体的な検討は、5.3.3(3)で行うこととした。

(6)まとめ

不法投棄された廃棄物の反射スペクトルを収集し、その情報をもとに不法投棄現場を検知する可能性について検討した結果、以下の結論を得た。

- a) 廃プラスチック：廃プラスチックを含む混合廃棄物は可視・近赤外波長域の反射スペクトルが裸地と似ているため、この波長域では裸地と区別することが難しい。Quickbird、IKONOS等の衛星センサは、分解能は高いが可視・近赤外域のバンドしか持っていないため、廃プラスチックを検索しても裸地を誤検知する可能性が高い。一方、廃プラスチックの短波長赤外域における反射スペクトルは、裸地とは異なる値を示しているため、ASTERのような短波長赤外域のバンドを持つ衛星画像では、検知能力は高いと考えられる（ただし、ASTERの分解能は15m～30mと他の衛星に比べて低い）。
- b) 廃コンクリート・廃アスファルト：廃コンクリート・廃アスファルトの反射スペクトルは、今回検討したすべての衛星センサについて、裸地との分離度は高いことがわかった。しかし、当然ながらコンクリート床との分離度は非常に低く、廃コンクリートを検索してもコンクリート構造物や道路等の人工物を誤検知する可能性が高い。
- c) 木屑：木屑の反射スペクトル分離度は、相対的に高い値を示している。ただし、木屑と廃プラスチックが混合された廃棄物は、裸地のスペクトルに非常に近くなるため、区別が難しくなる。
- d) 廃タイヤ：廃タイヤは全ての波長域において反射スペクトルが小さく、他の物体との区別は容易であると考えられる。
- e) 混合廃棄物：混合廃棄物の投棄現場を検知する場合、木屑、紙屑が多いと、裸地との区別がつくにくく、検知が困難になる。逆に、混合廃棄物に占める廃プラスチックの割合が高くなると、検知が容易になると考えられる。
- f) バンド数が少ないIKONOS、Quickbirdの画像は、バンド数が多いASTER等の衛星画像と比較して、反射スペクトルによる不法投棄検知能力は低くなる。ただし、ASTERはバンド数は多いが分解能が低く、数百m²規模の不法投棄現場を検知するのは難しいと考えられる。

5.3.3 衛星画像を用いた不法投棄箇所の検知

次に、衛星画像を用いて不法投棄箇所の検知を試みた。

(1) 衛星画像データの反射率への変換

衛星画像データの単位は、放射輝度を指数化した値（DN 値）である。そのため、まず衛星データの DN 値を反射率に変換する必要がある。この変換には、GSLR 法（Gray

Scale Log Residual 法)³を用いた。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（例えば積雲等）をリファレンス・ピクセルとして用いて、DN 値を反射率パターンに変換する方法である。以下で GSLR 法について説明する。

衛星画像内のピクセル p における b バンドの反射率を R_{pb} 、ピクセル p の全バンドの反射率の相乗平均を R_p とおくと、反射率パターン R_{pb}/R_p は式 5-6 で求めることができる。

$$\frac{R_{pb}}{R_p} = \frac{D_{pb} / D_p}{G[D_b] / \left\{ \prod_{b=1}^n (G_p[D_b])^{1/n} \right\}} \quad \dots \quad (\text{式 5-6})$$

ここで、 D_{pb} は衛星画像のピクセル p の b バンドの DN 値、 $G[D_{pb}]$ はリファレンス・ピクセル p の b バンドにおける DN 値である。

今回は、画像内に積雲のような波長依存性のないピクセルが存在しなかった。そのため、反射スペクトルが既知である裸地（運動場）をリファレンス・ピクセルとして採用し、式 5-4 の右辺に裸地の反射スペクトルの波長依存性に関する補正係数を乗じることにより衛星データの DN 値を反射率パターンに変換した。

(2)内積演算による不法投棄検知例

反射率パターンに変換された衛星画像データを内積演算して、不法投棄現場を検知する手法を検討した。対象地域は、つくば市高野不法投棄現場周辺約 6km×6km とした。解析に使用した衛星画像を図 5-9 に示す。

この画像の全ピクセルについて、つくば市高野の不法投棄現場（廃プラ、木屑、紙屑）で計測した反射スペクトルとのなす角 θ を計算した結果を図 5-10 に示す。この図では、黒い画素ほど、反射スペクトルパターンが不法投棄現場に似ていることを表している。

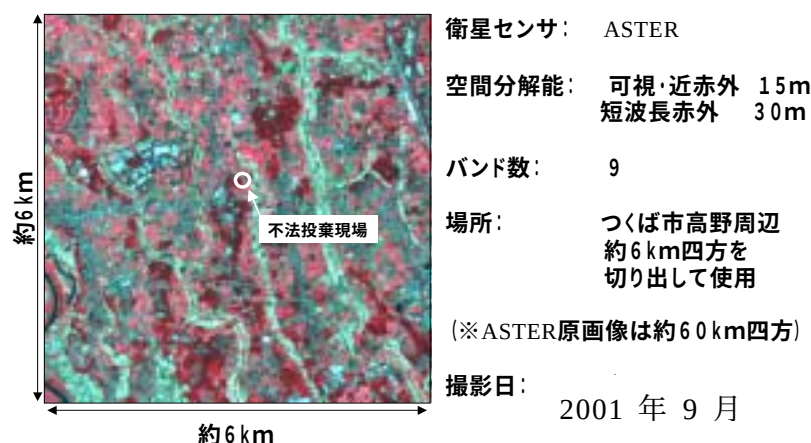


図 5-9 解析に使用した衛星画像

³ 土田聡、小田島高之、田中壮一郎：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

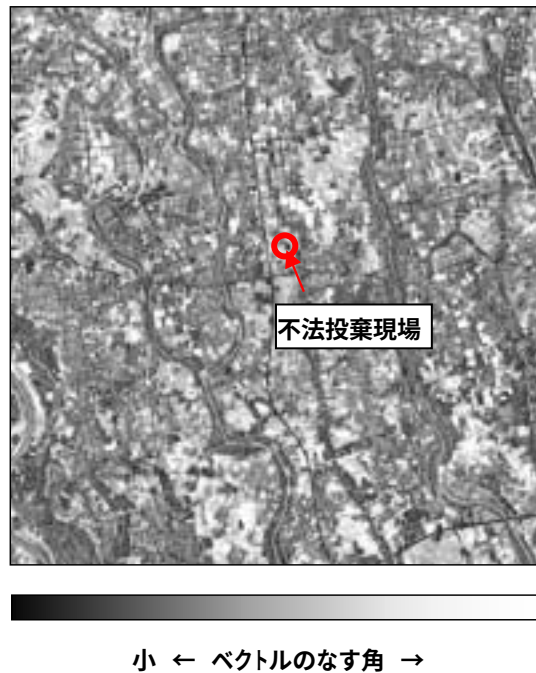


図 5-10 ベクトルのなす角の大きさ

次に、図 5-10 の画像において、 θ に関する閾値を設定することにより画像を 2 値化したものが図 5-11 である。この画像では、黒い部分が廃プラスチックと反射スペクトルのパターンが類似した場所であることを表している。 θ の閾値を小さく設定することにより、不法投棄候補地を絞り込むことができる。また、図 5-12 は実際の不法投棄現場（図中の円内）周辺を拡大したものである。不法投棄現場をきちんと検知できていることが確認できる。しかし、不法投棄現場でない場所も誤検知していることがわかる。誤検知しやすい場所は、コンクリート構造物や道路のような人工物と植生の境界部分（ミクセル）であった。

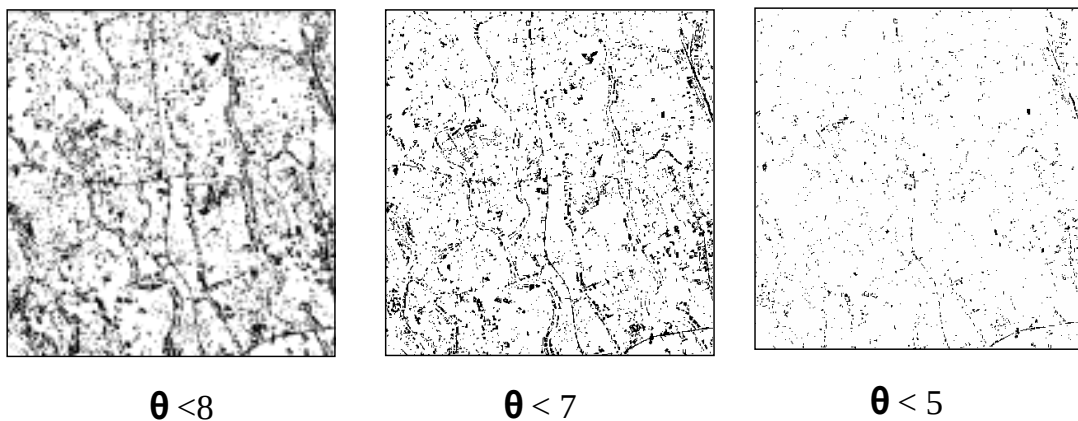


図 5-11 閾値を変化させた場合の不法投棄候補エリアの変化

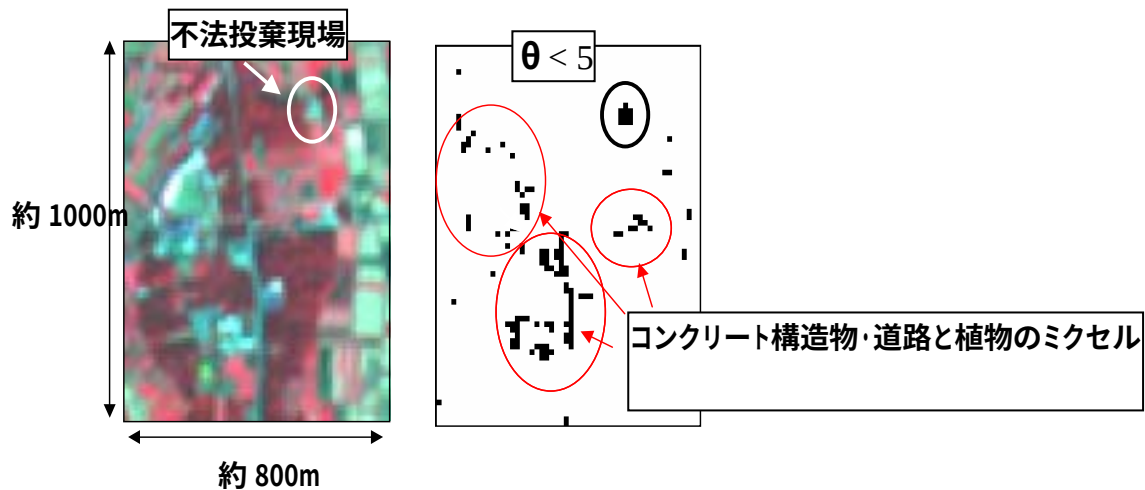
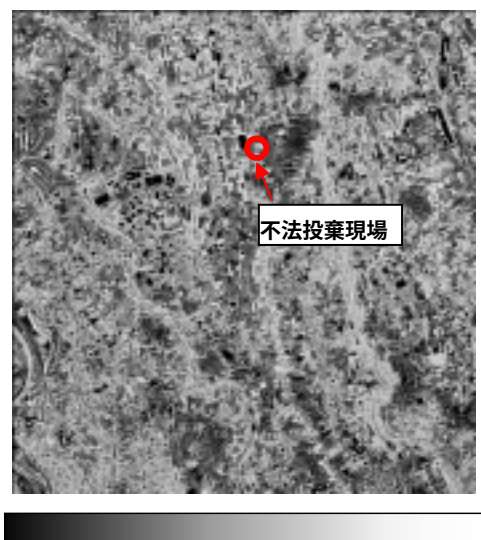


図 5-12 不法投棄現場周辺の拡大画像

(3) 外積演算による不法投棄検知例

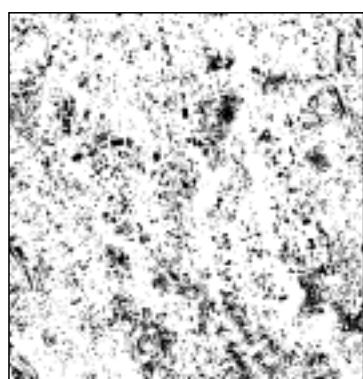
次に、外積演算を用いた不法投棄検知手法を検討した。この場合に用いた画像は、前節で使用したつくば市の高野周辺の ASTER 画像と、すべての画素が廃プラスチックに設定されている画像、木屑に設定されている画像、紙屑に設定されている画像の計 4 枚である。つまり、衛星画像から廃プラスチック、木屑、紙屑およびそれらの混合領域を探すことを検討した。外積演算により 1 次元の画像を作成するためには、今回のように 4 枚の画像を用いた場合、4 つのバンドが必要となる。ASTER 画像は全 9 バンドなので、この中からバンド 2、4、6、8 を選び、これを使って計算を行った。

図 5-13 は、4 つの画像を外積演算することにより作成された画像である。この画像では、ピクセル値が 0 に近いほど、廃プラスチック、木屑、紙屑およびそれらの混合領域に近いことを表す。外積計算の値はマイナスもとりうるため、このままではどの場所が不法投棄候補地か判別できない。そこで、閾値を設定することにより、絞込みを行った結果が図 5-14 である。衛星画像内の不法投棄現場を検知できる限界の閾値を設定したところ（図 5-14 の右図）、不法投棄現場として誤検知された場所は、衛星画像の総ピクセル数の 9.7% もあった。

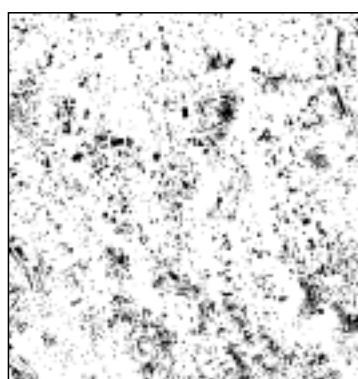


小 ← 外積演算の値 → 大

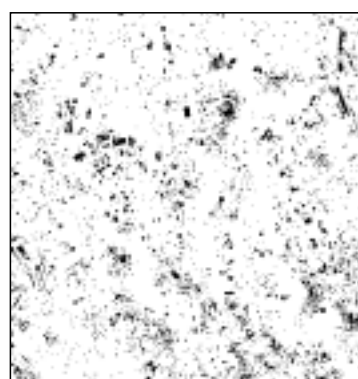
図 5-13 外積演算による不法投棄候補地の検索



閾値=200



閾値=150



閾値=90

図 5-14 閾値を変化させた場合の不法投棄候補エリアの変化

(4) 2つの手法による結果の重ね合わせ

以上の手法を用いることにより、衛星画像から不法投棄候補地を検知した。検知された画素が画像内に占める割合は、ベクトルの角度差を用いた場合には4.1%、外積演算を用いた場合には9.7%であった。ここでは、これら両者を重ね合わせることで、さらに不法投棄候補値を絞り込んだ。結果を図5-15に示す。結果的に、不法投棄候補地として検知された画素の割合を、2.8%まで絞り込むことができた。このように、2つの手法を複合的に用いることは、不法投棄候補地の絞り込みに有効であると考えられる。

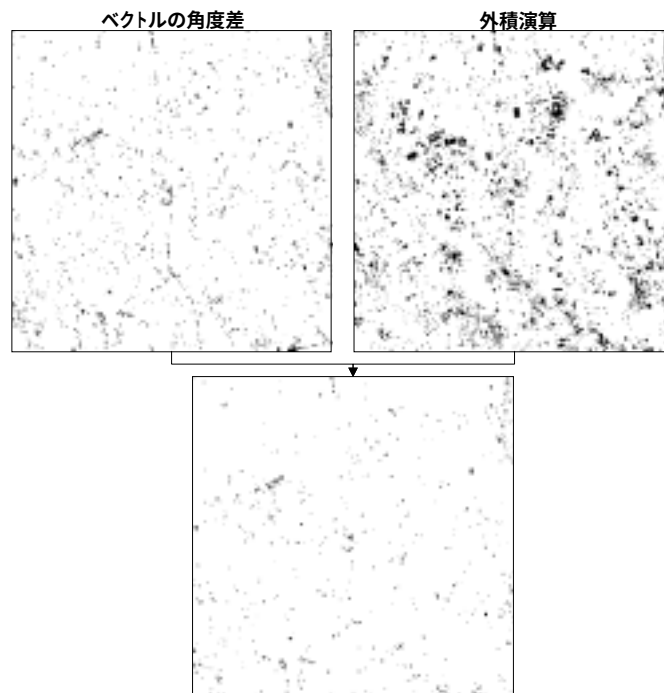


図 5-15 2つの手法による不法投棄候補地の絞り込み

(5) まとめ

衛星画像を用いて不法投棄現場の検知を試みた結果、以下の結論を得た。

- a) 本手法で廃棄物を検知する場合、検知能力は廃棄物のスペクトル特性と衛星センサの観測波長域によって異なった。
- b) 分光反射ベクトルの演算を演算により不法投棄候補地を検知する場合、内積演算に基づく手法と、外積演算に基づく手法がある。それぞれの手法単独では、誤検知する場所が多いが、両者を組み合わせることにより、候補地をある程度（今回の検討では全面積の2.8%）まで絞り込むことができた。

5.4NDVI を用いた植生変化による検知手法

5.4.1 検討内容

本手法の適用対象は、中分解能および高分解能の光学マルチスペクトルセンサの画像である。

本節で述べる植生変化による解析は、森林を伐採して投棄が行われる場合を検知対象としている。森林領域では、地上パトロールでも投棄現場を発見し難いと考えられるため、衛星画像により検知する意義は大きいと考えられる。

森林伐採が起きれば、その前後で植生は減少する。この植生の変化を検知するために、次式で算出される植生指数（正規化植生指数NDVI：Normalized Difference Vegetation Index）を用いた。

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

NIR : 近赤外域の観測値

R : 赤色域の観測値

NDVIの値は-1から1の範囲に分布し、植生の有る場所で高い値を示す。これは、NDVIの値は植生が赤色域のスペクトルを吸収し、近赤外域のスペクトルを反射する特性に基づいているためである。そのため、森林伐採の生じた場所ではNDVIが減少する。

平成13年度では、森林伐採の検知におけるNDVIの有効性について検討した。本年度ではさらに次の点について検討を行った。

- (1) NDVIにより森林伐採を検知する際の閾値決定の検討
- (2) 検知可能面積の検討
- (3) 誤検知削減の検討

5.4.2 検討結果

(1) 閾値決定に関する検討

NDVIの値は植物の状態や季節によって変化する。そのため、NDVIの値がどの程度変化すれば植生に変化があったと判断するかが解析上のポイントとなる。このことは、植生変化を抽出する際の閾値を、いくつに設定すれば妥当であるか検討しなければならないことを意味する。

地上物の反射率を一定とした場合でも、観測された時の状態によりNDVIの値がいかに変動するかについてシミュレーションした結果が、表5-4のように報告されている。

表5-4 NDVI変動シミュレーションによる結果

	設定範囲	NDVI 変動範囲	NDVI 変動量
温度	0℃～35℃	0.530～0.482	0.048
湿度	10%～50%	0.530～0.495	0.035
視程（エアロゾル濃度）	10 km～100 km	0.350～0.530	0.180
背景反射率（パスラジアンズ）	10%～40%	0.560～0.450	0.110
日（太陽天頂角）	365 日	0.487～0.503	0.016
時間	9：00～15：00	0.500～0.503	0.003

※地上物の反射率は $Re(\text{近赤外})=30\%$ $Re(\text{赤})=5\%$ に設定している。

※観測場所はメリーランド州ボルチモアをベースとしている。

(参考) Daehyok Shin, Sensitivity of NDVI to Atmospheric Effects, Univ. of North Carolina Report, June, 2000

表5-4のNDVI変動量と、NDVIの値が-1から1の間であることを考えると、観測時の状態によりその値は大きく影響を受けることになるといえる。さらにこれに植物自体の変化も加わり、NDVIの変動はさらに大きくなる。このことから、衛星画像においてNDVIにより森林伐採の有無を判断する際には、過去・現在の各画像ごとに閾値を設定することが良いと考えられる。

そこで、各画像ごとに閾値を決定する方法として、画像内の森林領域のサンプルを取り出し、そのNDVIの実データに基き決定する方法について以下に検討した。

まず、図5-16に示す画像から森林領域のNDVIを抽出した。図5-17(a)は元画像からサンプルとする森林領域を残したマスク画像であり、図5-17(b)は元画像から算出したNDVIの画像である。図5-17(b)のNDVIの画像に(a)のマスクを施し、森林領域に対応するNDVIのみを抽出した結果が図5-17(c)である。

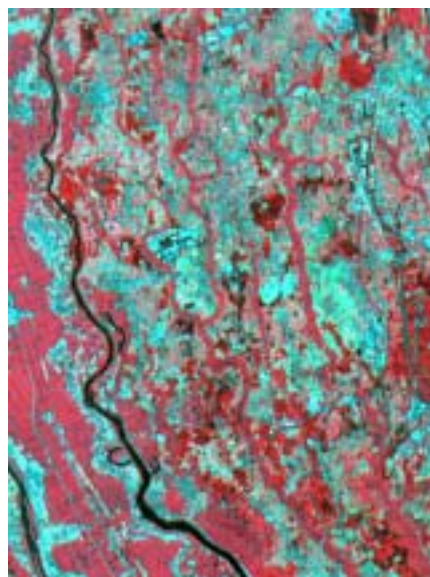
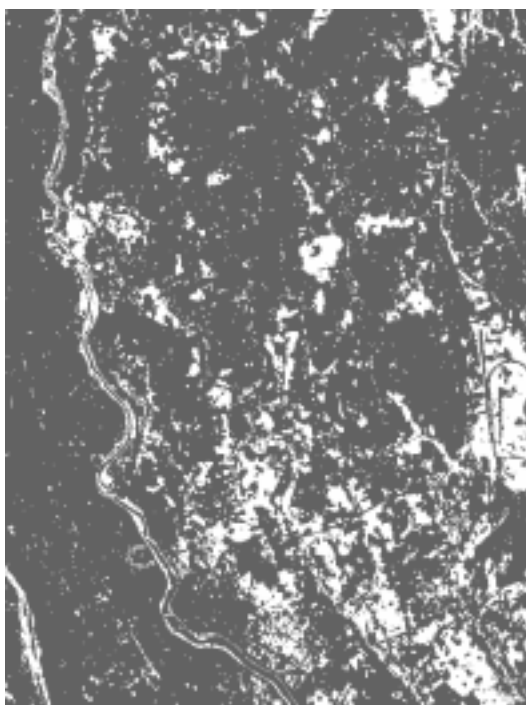
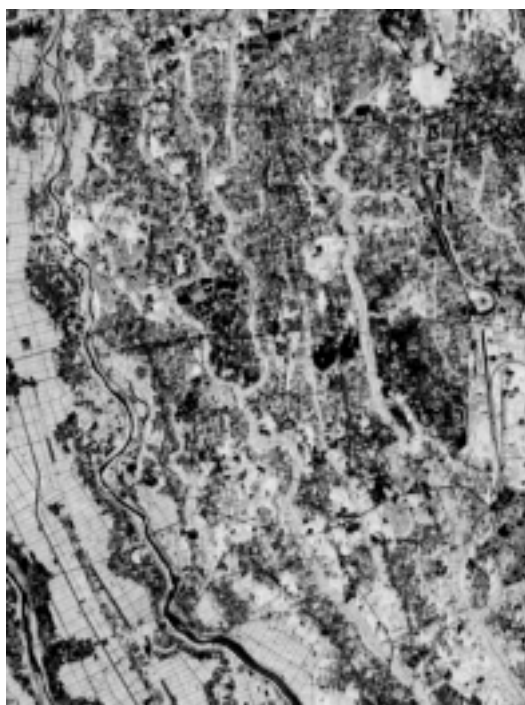


図5-16 SPOT2マルチスペクトル画像（1997/7/5）



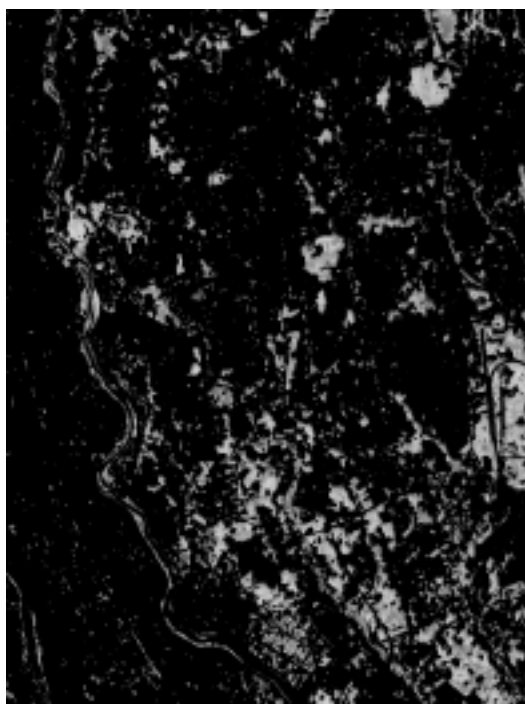
(a)森林領域マスク画像

白領域：サンプルとした森林領域
黒領域：マスクする領域



(b)NDVI 画像

明るい部分は NDVI の値が高い
部分に対応



(c)サンプルとした森林領域の NDVI 画像

図5-17 森林領域のNDVIの抽出

図5-18に図5-17(c)で抽出したサンプル森林領域のNDVIの値をヒストグラムに示す。

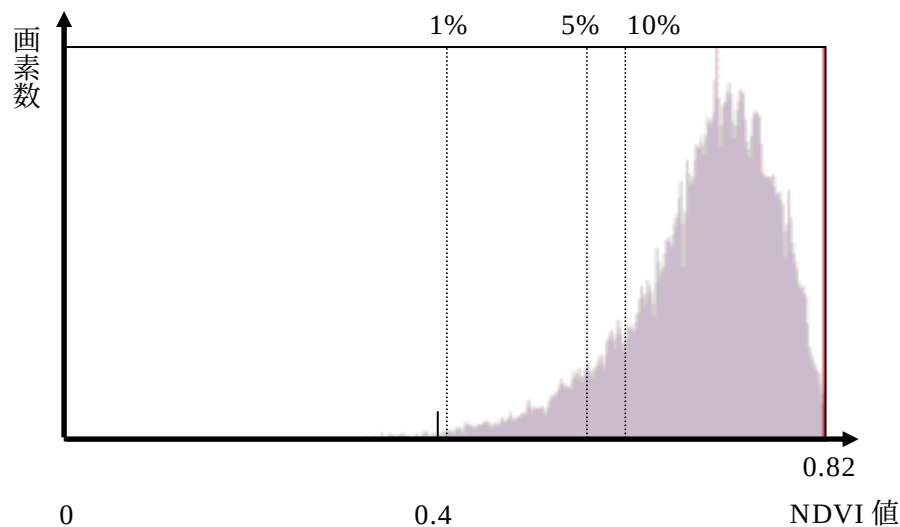
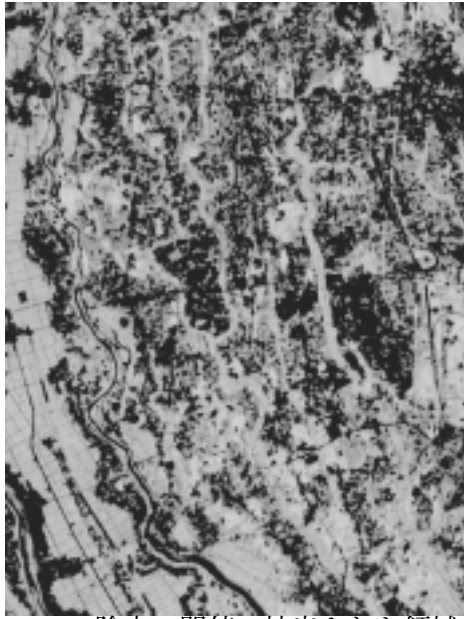


図5-18 森林領域のNDVIのヒストグラム

図5-18のヒストグラムは本来森林領域から抽出したNDVIなので、このヒストグラムの大半の領域を含む位置に閾値を決定すれば、元のNDVIの画像から森林領域を良好に抽出できると考えられる。そこで、ヒストグラムのNDVI値の高い方から99%を残し1%を除去する閾値（約0.42）、95%を残し5%を除去する閾値（約0.56）、90%を残し10%を除去する閾値（約0.61）の3通りの値を用い、それぞれ元のNDVIの画像から森林領域を抽出することを試みた。結果を図5-19に示す。

図5-19(a)、(b)、(c)と閾値を上げていくことにより、森林として抽出される領域が減少していることが確認できる。図5-19(a)では、非常に多くの領域が抽出されており、森林以外の田畑などの領域も抽出している。反面、図5-19(c)では、抽出される領域は少なくなっているが、森林の領域を取りこぼしている可能性が高い。結果的に、田畑などの植生に影響されず、森林のみの領域を抽出するような閾値の設定は困難であった。

不法投棄箇所の検知という目的から、検知もれを極力抑えるべきであることを考えると、閾値は低めに設定するべきであるといった要請事項は存在するが、結局のところ、妥当性を判断する基準が無く、適切な閾値を決めることはできなかった。



(a)1%除去の閾値で抽出された領域



(b)5%除去の閾値で抽出された領域



(c)10%除去の閾値で抽出された領域

図5-19 各閾値で抽出された領域

判断基準が明確でない状況で、適宜閾値を変更して用いることは、一定の閾値を用いた場合よりも結果のあいまい性を増すこととなり、実利用においては得策ではないといえる。このことからここでは一律に定めた閾値を用いて解析を行うこととした。

NDVIの値と地表の植生との関係は、経験的に次のようになっている。

$-1.0 \leq \text{NDVI} < 0.3$ …… 植生以外

$0.3 \leq \text{NDVI} < 1.0$ …… 植生（草・藪・森林など）

森林伐採域を取りこぼさない配慮から、森林に限定せず植生全てを抽出する閾値を使用すべきと考え、実利用では0.3が閾値として妥当であると考えた。

(2)検知可能面積に関する検討

NDVIの変化で検知可能な不法投棄現場の規模（面積）について考察した。

NDVIの変化で検知可能な面積は、センサの分解能と、変化を求める画像間の位置合わせ精度に影響される。

まず最初に、位置合わせによるズレが無いとする。NDVIは画素単位で算出される値なので、画素ごとで変化が抽出される。ここで位置ズレが無いとすれば、変化前の画像の位置と、変化後の画像の位置が同じ場所であり、画素対画素の精度で完全に一致しているので、変化のあった領域は正確に画像に反映される。したがって、森林が伐採されて不法投棄現場となる場合には、単にその森林伐採面積が検知可能性を左右する。実際にはNDVIの閾値の設定によっても検知は左右されるが、少なくとも森林伐採の領域が、他の領域と混ざっていない状況で画像に観測される（ミクセルとなっていない）ことが必要であることを考えると、森林伐採面積の一边が2画素以上であることが必要最低条件といえる。すなわちこの場合、センサの分解能を $X(\text{m/pixel})$ とすると、少なくとも $4X^2(\text{m}^2)$ 以上の面積が抽出には必要であるということになる。

次に、位置合わせによるズレが有るとする。この場合、図5-20に示すような森林域の中で伐採・不法投棄が行われた場合は、基本的に検知可能面積に位置ズレの影響は無い。しかしながら、森林領域の縁で伐採・不法投棄が行われた場合は、最悪の場合図 5-21に示すように変化抽出結果に位置ズレの影響が現れ、検知可能面積に影響を与える。

ここで、位置ズレの程度を D 画素とし、少なくとも森林伐採の領域がミクセルとなっていないことが必要であることを考えると、森林伐採のズレ方向のサイズが $(D+2)$ 画素以上であることが必要最低条件といえる。実際のところ、ズレの方向は未定なので、 $(D+2)^2(\text{pixel}^2)$ 以上の面積が必要であると考えるのが妥当であろう。すなわちこの場合、センサの分解能を $X(\text{m/pixel})$ とすると、安定した検知が期待できるのは、少なくとも $\{X(D+2)\}^2(\text{m}^2)$ 以上の面積をもつ領域ということとなる。

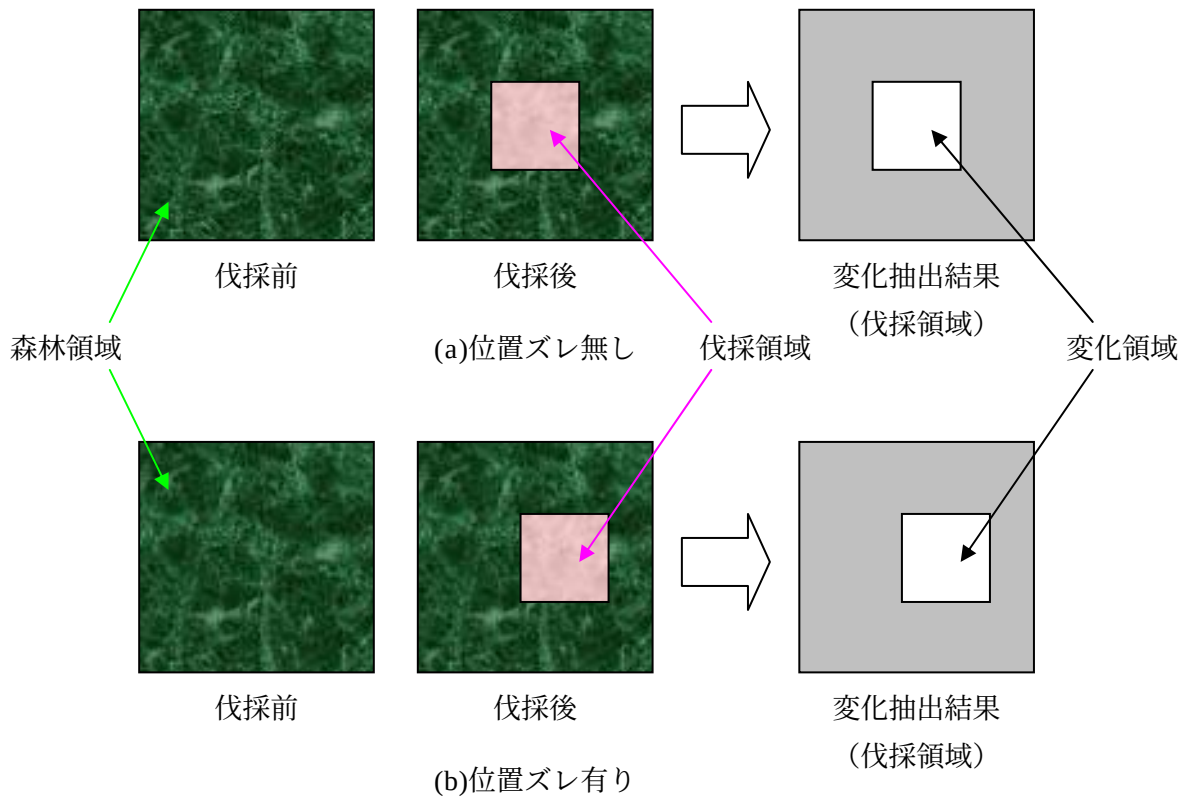


図5-20 森林領域の中で伐採が起こった場合の位置ズレの影響

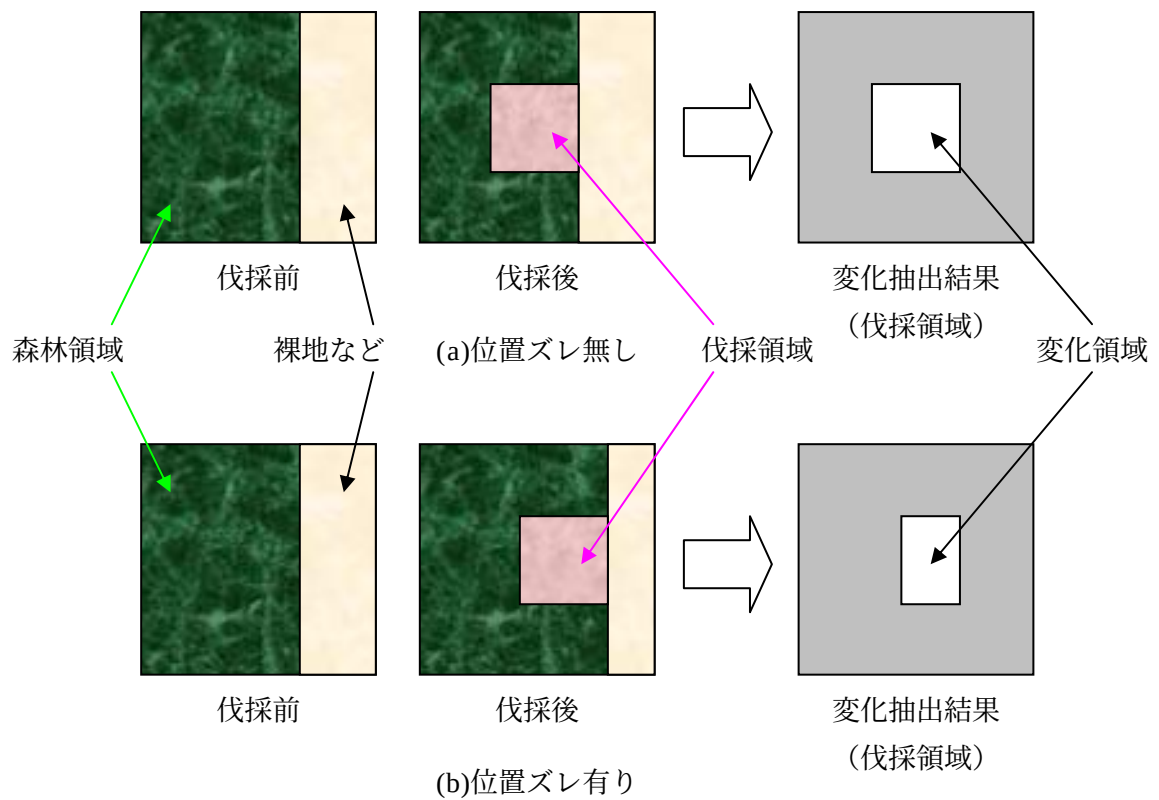


図5-21 森林領域の縁で伐採が起こった場合の位置ズレの影響

実利用においては、位置合わせは人手によって行う場合が多い。この際の位置合わせ誤差の目安は、通常1画素以内である。仮に位置ズレを1画素とし、上述の検知可能面積を試算すると、以下の値を得る。

SPOT4	分解能20m	…	検知可能面積60m四方（3600m ² ）
SPOT5	分解能10m	…	検知可能面積30m四方（900m ² ）
QuickBird	分解能2.88m	…	検知可能面積8.64m四方（約75m ² ）

しかしながらこの値は、森林伐採の領域がミクセルとならないことを条件に理論的に導いた面積であり、これよりも小さな面積の現場は、必ずしも検知できないというわけではない。実際に、平成13年度の検証においては、分解能20mのSPOT4において約1800 m²の森林伐採領域を検知した結果を得た。分解能10mのSPOT5において同様に考えると、約450 m²程度の森林伐採領域の検知も、可能性は有るということになる。

ここで述べた検知可能面積は、この値よりも小さくなるにつれて、森林伐採の領域がミクセルとなる度合いも増し、検知結果における当該領域の検知の不確実性も増すということを意味している。

(3)誤検知削減に関する検討

・季節変化による植生変化について

NDVIなどの植生指標を用いて森林伐採などの植生変化を検知する場合、実衛星画像においては様々な変化が存在するため、必ずしも目的とする変化のみを検知することが容易でない場合がある。特に森林伐採の検知においては、季節による変動が大きな問題となる。7月から10月にかけては植生の多い時期であり、この時期に観測した衛星画像と植生の少ない11月から6月に観測した衛星画像で植生の減少領域を抽出した場合、森林伐採のみならず田畑や草地も検知することとなる。

以下の図5-22は、過去の画像が植生の多い時期のもの、現在の画像が植生の少ない時期のものとして、2時期の画像からNDVIの値を求め、植生の減少領域を検知した結果である。図5-22(c)の検知結果画像において、白い部分が植生減少領域として検知された領域である。



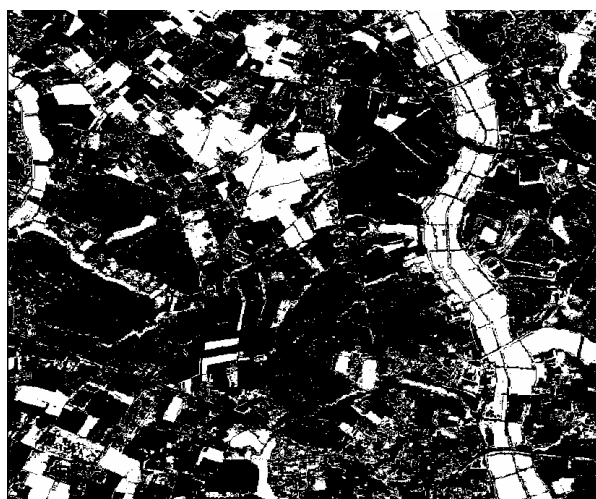
(a)過去の画像（植生の多い時期）



(b)現在の画像（植生の少ない時期）

（QuickBird マルチスペクトル画像 2002/7/31）

（QuickBird マルチスペクトル画像 2002/11/7）



(c)検知結果

図5-22 2時期の元画像と検知結果

この結果では、森林伐採の領域とともに田畑の多くが検知されている。特に中央右寄りの縦に伸びる河川域の田畑は顕著である。

そこで、森林伐採領域の検知における季節変化による田畑などの検知を軽減するために、3時期の画像からNDVIの値を求め、植生の減少領域を抽出することとした。3時期の画像を用いた植生の変化検知手法の流れを図5-23に示す。

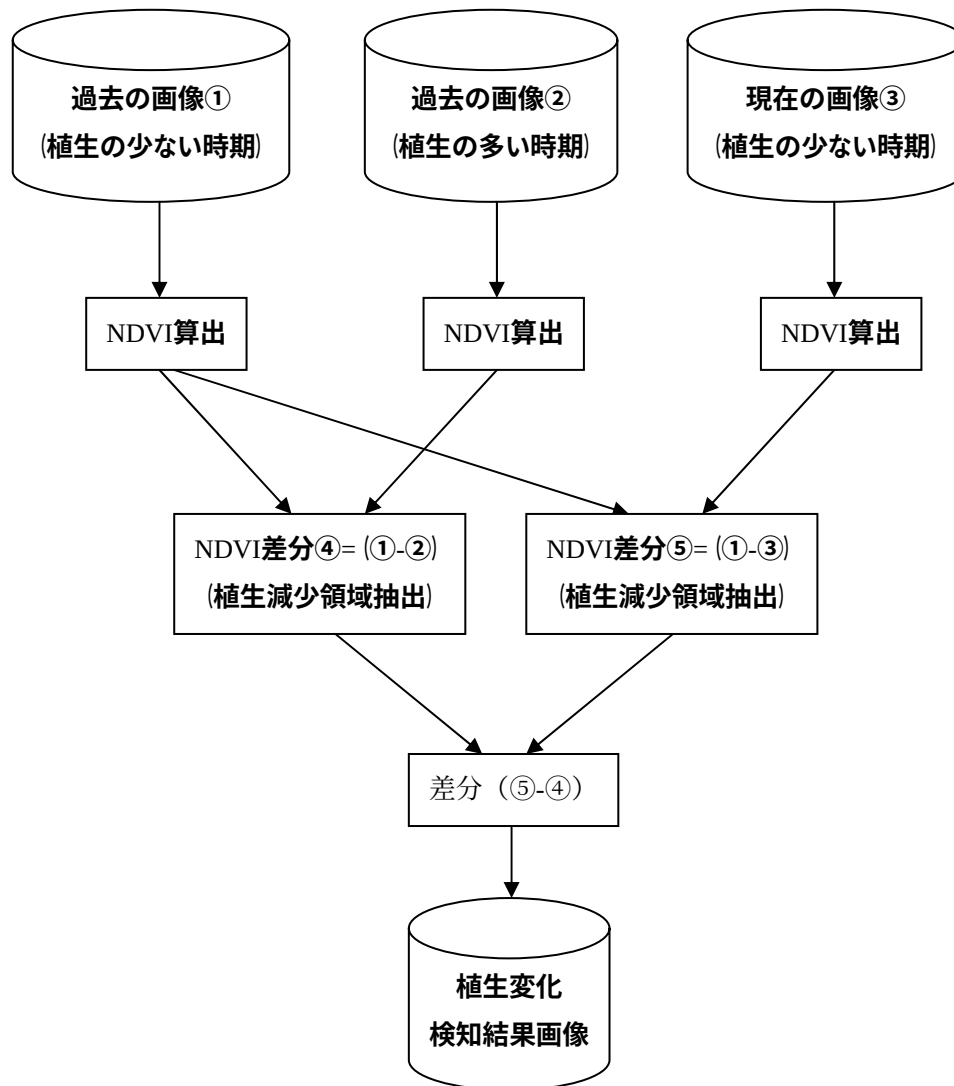


図5-23 3時期の画像を用いた植生変化検知手法の流れ

図5-23の流れを簡単に説明する。まず、新たに加えた植生の少ない時期の過去の画像①と、植生の多い時期の過去の画像②のNDVIの差分を求める。これにより抽出された植生減少領域④は、田畑などの領域の大半が植生が増加する方向にあるので、主に森林伐採に関わる領域である。次に、植生の少ない時期の過去の画像①と、植生の少ない時期の現在の画像③のNDVIの差分をとる。これにより抽出された植生減少領域⑤は、2枚の画像がほぼ同じ時期に撮影されたものであるため、主に森林伐採に関わる領域である。最後に植生減少領域⑤から植生減少領域④を除去する、その結果、田畑などの植生に大きく影響を受けず、過去の画像②と現在の画像③の間の森林伐採に関わる領域を検知することができる。

図5-23の流れに基づき、3時期の画像を用いて求めた結果を図5-24に示す。元画像は先出の2枚の画像に、さらに過去の画像を1枚加えたものである。図5-24(d)の検知結果画像において、白い部分が植生減少領域として検知された領域である。



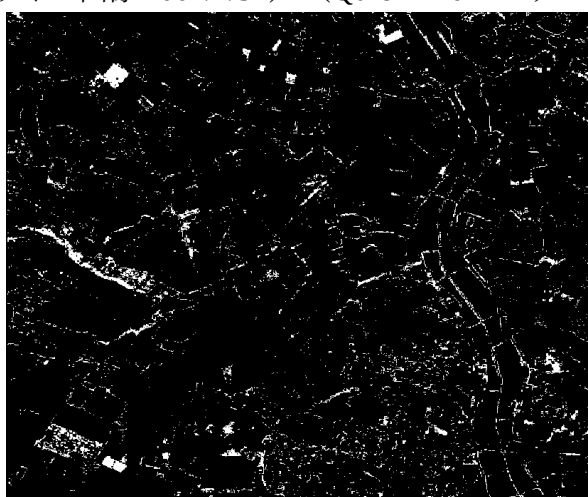
(a) 過去の画像（植生の少ない時期）
（IKONOS マルチスペクトル画像 2001/4/23）



(b)過去の画像（植生の多い時期）
（QuickBird マルチスペクトル画像 2002/7/31）



(c)現在の画像（植生の少ない時期）
（QuickBird マルチスペクトル画像 2002/11/7）



(d)検知結果

図5-24 3時期の元画像と検知結果

3つの時期の画像を用いることにより、田畑や草地の検知が大きく削減できることが分かった。さらに、処理に用いる画像が1枚増えていることから、対象域に対する情報が増え、小さくノイズのように検知された領域も削減されているといった効果も認められた。

(4)まとめ

森林伐採の検知におけるNDVIの有効性について検討した結果、以下の結論を得た。

- (a)NDVIの値は個々の画像の撮影状況、撮影時期に影響されるため、森林伐採抽出の際の閾値は、画像ごとに設定する必要がある。そこで、画像の森林部分のサンプル領域をピックアップし、その領域のNDVI値のヒストグラムから、森林領域を抽出するための閾値を決定することを検討したが、妥当な値を見つけることができなかった。このことから、森林だけでなく他の植生も抽出する一律の閾値0.3が、実利用では妥当であると判断した。
- (b)不法投棄現場の検知可能面積については、画像上でミクセルにならないことを条件に、安定した検知が期待できる面積の指標を示した。位置合わせ誤差が1画素程度であるとする、中分解能衛星（分解能20m）で $60\text{m} \times 60\text{m} = 3,600\text{m}^2$ 以上、Quickbirdなどの高分解能衛星（分解能2.88m）で $8.64\text{m} \times 8.64\text{m} = 74\text{m}^2$ 以上といった結果を得た。これよりも小さな面積の現場は、必ずしも検知できないというわけではなく、検知もれとなる可能性が高くなることを意味している。
- (c)季節変化による検知結果への影響は、過去の画像が植生の少ない時期で、現在の画像が植生の多い時期ならば、2時期の画像で植生（減少）変化を良好に検知できるが、その逆の場合は、人工的な植生変化と季節による植生変化変化が区別できず、広い範囲で誤検知を生じるところにある。これに対し、3時期の画像を用いる手法を採用し、植生の多い時期から植生の少ない時期での植生（減少）変化を、田畑などに影響されず良好に検知できた。

5.5 土地被覆分類を用いた植生変化による検知手法

5.5.1 検討内容

本手法の適用対象は、中分解能および高分解能の光学マルチスペクトルセンサの画像である。

土地被覆分類による植生変化検知は、異なる時期の画像個々に人手により分類を行い（教師有り分類）、分類結果の画像間で植生領域の減少を抽出し、森林伐採を検知する手法である。画像に基づき人手によって植生変化検知を行う場合、地物を個々に見ていく方法が最も良い結果を生むと考えられる。しかしながらこの方法は、通常十数kmから数十km四方の検知対象領域の全域をくまなく目視確認することを意味し、多大な処理時間と労力を必要とするため現実的な問題として実施困難である。そこで次善の策として、マルチスペクトルを用いた分類により、植生変化検知を行う。この分類は人手によるトライ&エラーで行うため、プログラムによる自動処理と比べると処理時間はかかるが、地物を個々に見ていく方法を除けば、実施可能な範囲で最良に近い検知結果が得られると考えられる。

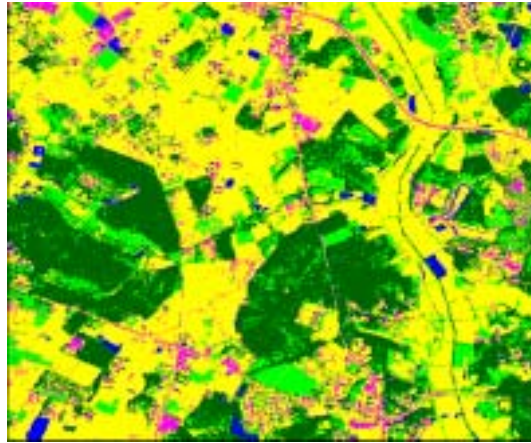
そこで、人手でできる森林伐採検知の可能性を測るとともに、他の植生変化検知手法と比較する意味も含め、土地被覆分類による植生変化検知の検討を行った。なお土地被覆の分類は、森林・その他植生・人工物・土・水・（雲）といった代表的な 5種類（+1種類）とした。

5.5.2 検討結果

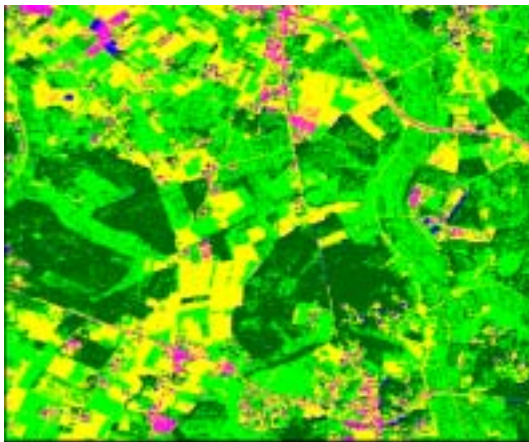
(1) 土地被覆分類を用いた植生変化検知結果

用いた画像は既に5.4.2の図5-24に示した(a)(b)(c)の3枚の元画像であり、青、緑、赤、近赤外の4つのバンドの情報をを用いて分類を行った。ここでは、季節変化による影響を軽減するため、NDVIと同じく3時期の画像を用いた植生変化検知を行った。各時期ごとの処理の流れについても同様である。

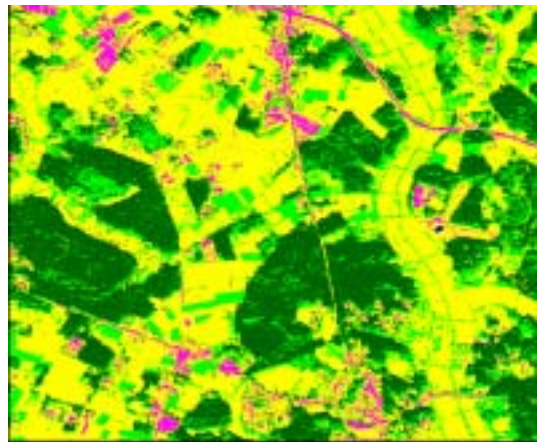
図5-25に個々の画像の土地被覆分類結果、および図5-26に植生変化検知の実施結果を示す。図5-26の検知結果画像において、白い部分が植生減少領域として検知された領域である。



(a)過去の画像（植生の少ない時期）の分類結果



(b)過去の画像（植生の多い時期）の分類結果



(c)現在の画像（植生の少ない時期）の分類結果

凡例

森林 .. 緑
土 .. 黄

その他植生 .. 黄緑
水 .. 青

人工物 .. 紫
(雲) .. 白

図5-25 土地被覆分類の結果

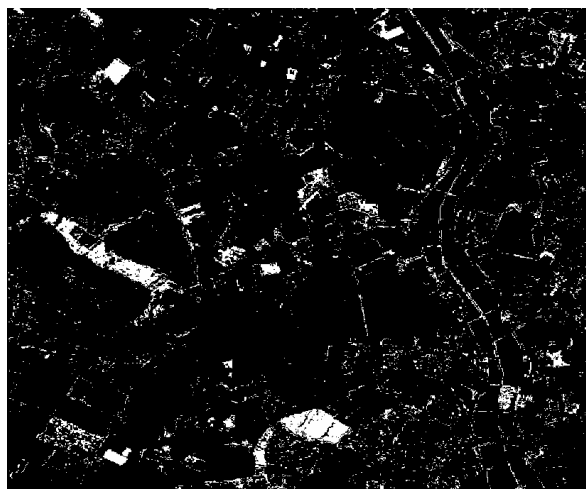


図5-26 土地被覆分類による植生変化検知の結果

土地被覆分類による植生変化検知の結果と、NDVIによる植生変化検知の結果を比較検討する。

検知された画素の位置には双方の結果で多少のズレがあるが、全体的には検知された場所はほぼ一致している。しかしながら一致していない部分も多少有り、それらのうち比較的顕著に現れている場所について、以下で詳細に見る。

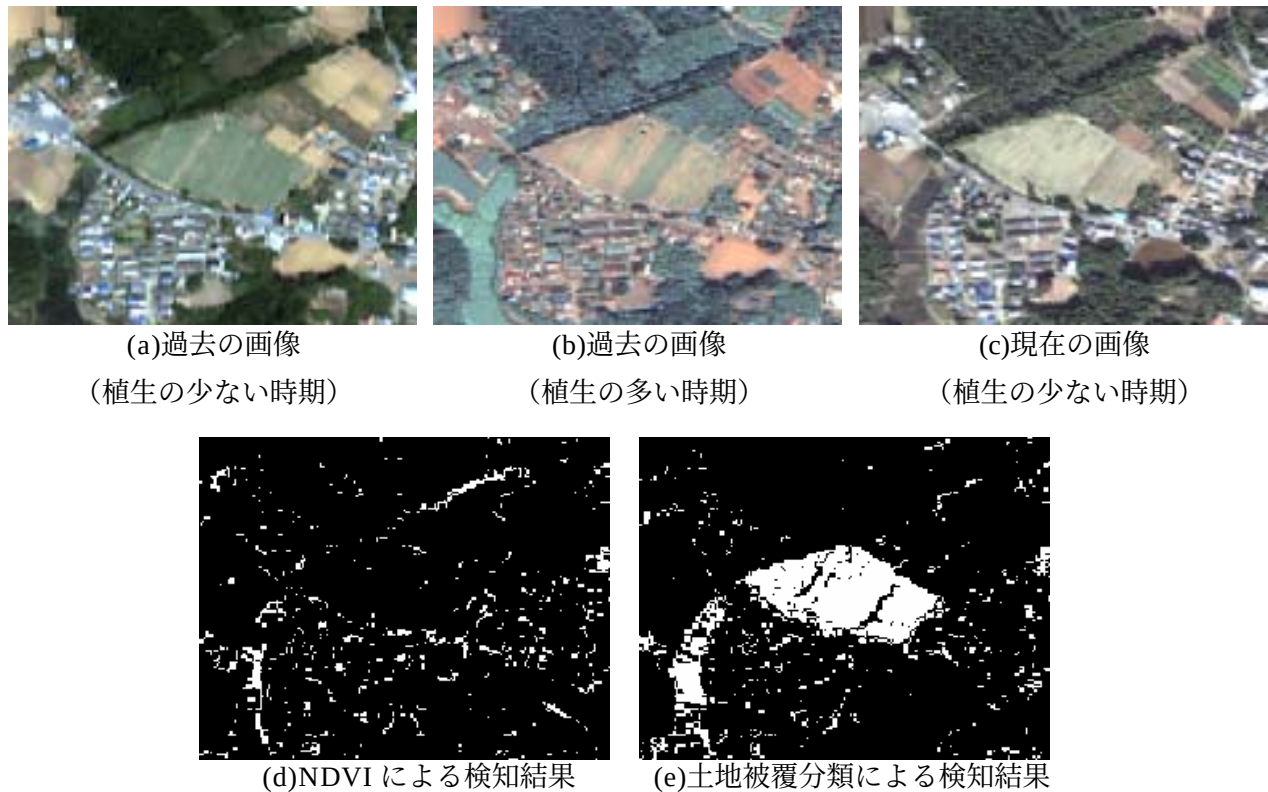


図5-27 土地被覆分類による結果とNDVIによる結果の相違場所(1)

図5-27の場所において、NDVIでは(a)(b)(c)全ての画像において植生有りと判断されており、結果的に検知されなかった。一方、土地被覆分類では(a)(b)の画像で植生有りと判断され、(c)の画像において土と判断されている。このため結果的に植生変化有りとなり、検知されている。双方の相違点は(c)の画像の植生有無の判断である。

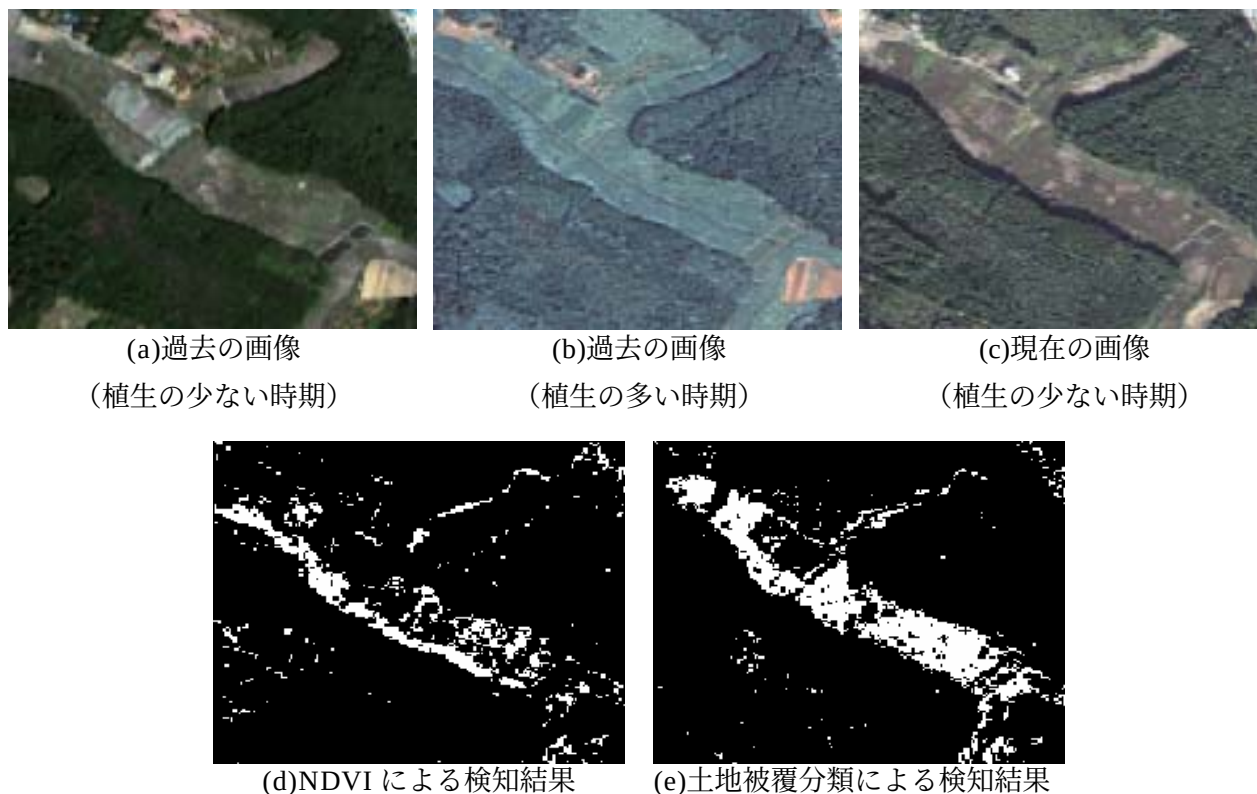


図5-28 土地被覆分類による結果とNDVIによる結果の相違場所(2)

図5-28の場所においては、NDVIおよび土地被覆分類ともに(a)(b)の画像において植生有りと判断しており、(c)の画像においてNDVIと土地被覆分類の判断が異なっており、土地被覆分類の方が広い範囲で土に変化していると判断したため、検知結果に違いが生じた。

図5-27、図5-28ともにNDVIがわずかな植生にも反応し、植生有りとしたために生じた結果の相違であった。実際、相違を招いた画像を人間が目視で確認しても、植生有りとすべきか、無しとすべきか判断が難しい場所である。

上述のような微妙な植生の判断において相違はあったが、他の多くの検知場所についてはNDVIと土地被覆分類でほぼ同じであった。このことからNDVIと土地被覆分類の植生変化検知の性能には、それほど大きな開きはないと考えられる。

(2)まとめ

森林伐採の検知における土地被覆分類の有効性について検討した結果、以下の結論を得た。

(a)土地被覆分類による植生変化領域の検知結果は、植生が低い場所や、植生が疎らで土とのミクセルになっているような場所を除けば、NDVIによる検知結果とほぼ同じであった。土地被覆分類は、高い精度の分類を達成するためには、人手による多大な労力が必要となる。実利用の観点から考えた場合、ほぼ同じ結果が得られたNDVIによる検知手法の方が有望であると考えられる。

5.6 バンド比演算を用いた植生変化による検知手法

5.6.1 検討内容

本手法の適用対象は、中分解能および高分解能の光学マルチスペクトルセンサの画像である。

NDVIを用いた植生変化による解析では、衛星画像の赤（R）バンドと近赤外（NIR）バンドの2バンドの情報のみで森林伐採域の検知を行っている。本節では、緑（G）バンドも含めたより多くのマルチバンドの情報をを用いることにより、森林伐採域の検知精度を向上させることを検討した。具体的にはバンド比演算と呼ばれる手法を導入し、森林伐採域の検知を試みた。

バンド比演算は、個々のスペクトルバンド間で比を取る方法であり、地表の傾斜角度や付近の地形の影によって生じる変動を軽減することができる。したがってバンド比演算を行うことによって、地表の物質に固有な特性が強調され、安定した植生変化の検知が可能になると考えられる。

(1) 本検討で実施した手法の流れ

手法の簡単な流れを図5-29に示す。まず、植生を対象としていることから、（G, R, NIR）の3バンドの画像において、 NIR/G 、 NIR/R のバンド比演算を行い、2バンドの画像を生成した。次に、生成した（ NIR/G , NIR/R ）の2バンドの画像から植生の有る領域を抽出するため、植生のサンプルエリアを指定し、そのエリアの統計情報を元に植生有無の判断を行った。異なる時期の画像についても同様な処理を行い、最後に、それら異なる時期の画像間で植生が変化している部分を抽出し、植生変化（減少）領域の検知を行った。

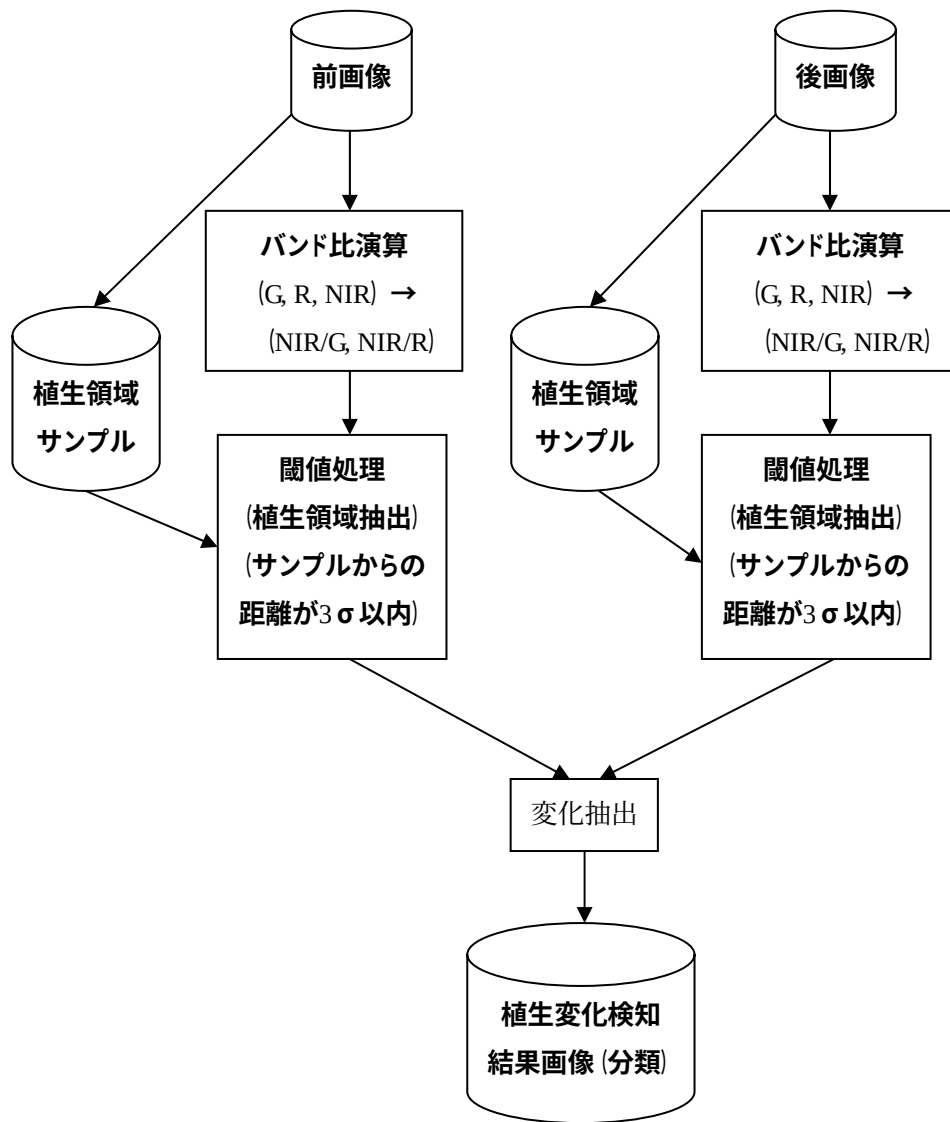


図5-29 バンド比演算を用いた植生変化検知の流れ

5.6.2 検討結果

(1) バンド比演算を用いた植生変化検知結果

用いた元画像は5.4.2の図5-24に示した(a)(b)(c)の3枚の画像とした。前項で述べたバンド比演算を用いた検知の結果を図5-30に示す。ここでは、季節変化による影響を軽減するため、NDVIと同じく3時期の画像を用いた植生変化検知を行った。各時期ごとの処理の流れについても同様である。図5-30の検知結果画像において、白い部分が植生減少領域として検知された領域である。

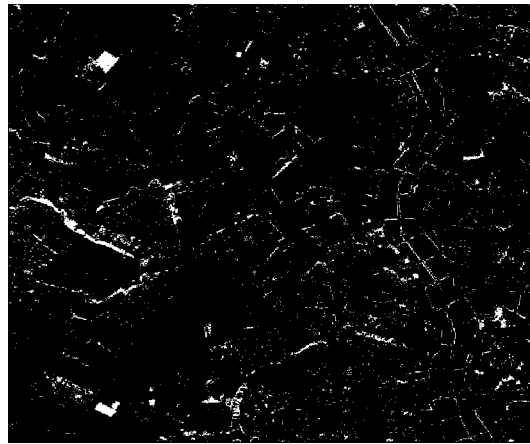


図5-30 バンド比演算を用いた植生変化検知の結果

検知された場所はほぼ一致しているが、NDVIの方が草地における植生変化の領域を多く検知している。バンド比演算のみが検知した植生変化の領域はあまり多くはないが、図5-31に示す領域に対しては、NDVIに比べて妥当な検知結果が得られている。

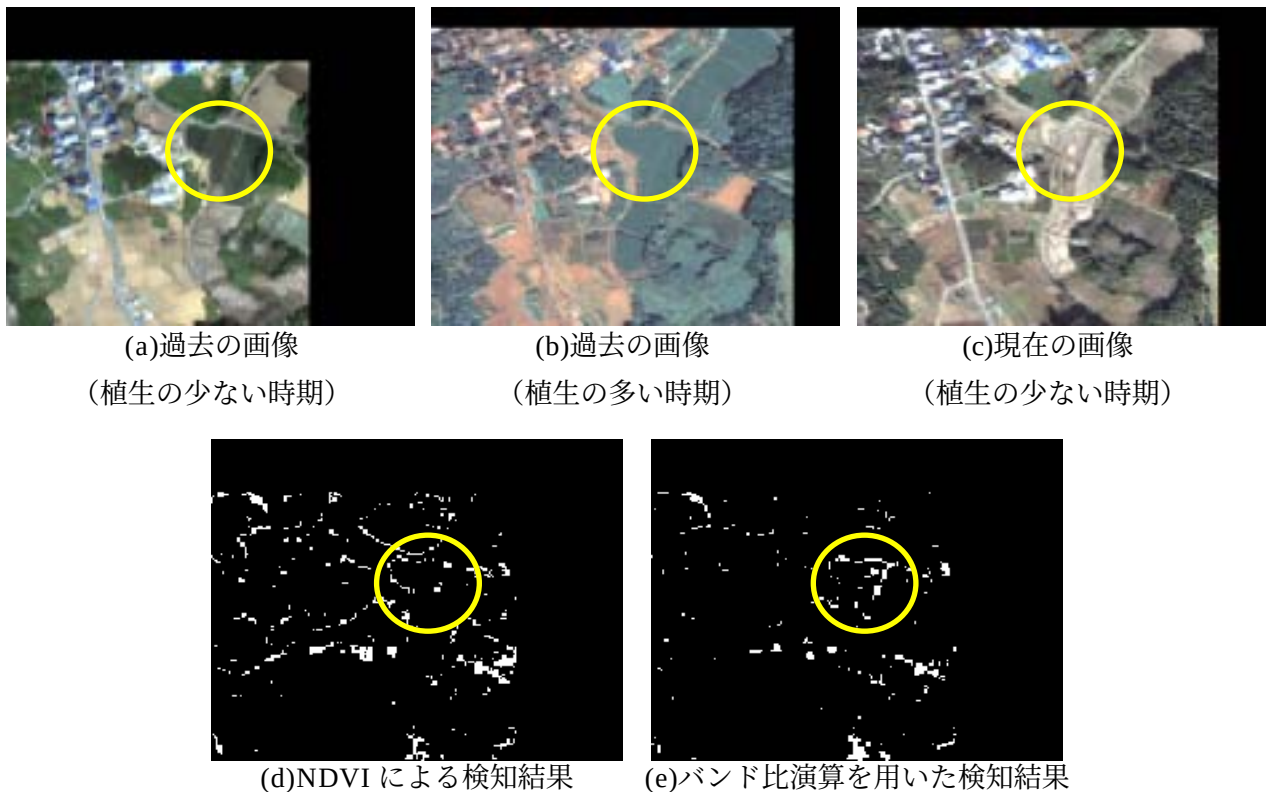


図5-31 バンド比演算による結果とNDVIによる結果の相違場所(1)

次に、NDVIによる検知、バンド比演算を用いた検知の双方において、比較的多く存在した誤検知の例を図5-32に示す。誤検知された場所は森林縁の影の部分であった。双方とも誤検

知をしているが、バンド比演算は変化を強調する方向にあるため、明瞭な影が存在した場合、NDVIに比べ幾分誤検知しやすい傾向にあった。

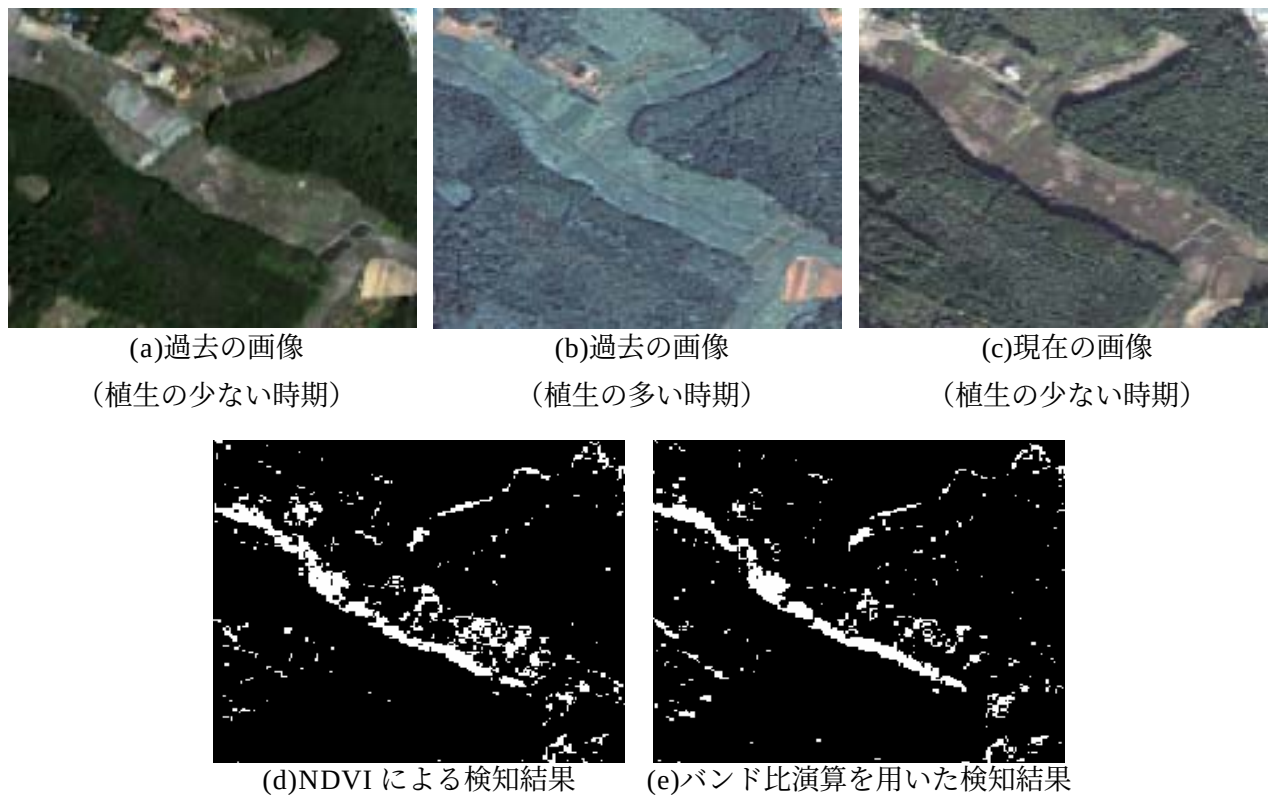


図5-32 バンド比演算による結果とNDVIによる結果の相違場所(2)

影領域の誤検知については、画像上の情報の変化に忠実に反応し、見た目で植生が減少しているという現象を反映しているという点では、バンド比演算による検知が一方的に劣っていると結論づけられないが、植生変化については、NDVIを用いた検知の方が、変化領域をより多く検知しており、バンド比演算に比べ有効であると考えられる。

(2)まとめ

森林伐採の検知におけるバンド比演算の有効性について検討した結果、以下の結論を得た。

- (a) バンド比演算を用いた植生変化領域の検知結果は、NDVIによる検知結果とほぼ一致していた。バンド比演算のみが適正に検知した領域も確認できたが、NDVIの方が幾分多く植生変化領域を検知していた。森林伐採を取りこぼさないことが重要であることを考えると、NDVIの方が多く植生変化領域を検知していたことは重要であり、この点においてNDVIによる検知手法の方が有望であると考えられる。
- (b) バンド比演算を用いた植生変化領域の検知は、森林縁などにおける影を誤検知することが幾分多かった。これは、画像上の情報の変化に忠実に反応していることでもあり、バンド比演算の利点ととらえることもでき、森林以外の領域における検知に適用できる可能性が残る。

5.7 空間情報による検知手法

5.7.1 検討内容

本手法の適用対象は、高分解能の光学パンクロマチックセンサの画像である。

5.4～5.6で述べた手法は植生の変化を捉え、森林伐採による不法投棄現場を検知する事を目的としている。本節で述べる手法は、画像の空間情報（パターン）に基づいた解析により、植生変化の伴わない、裸地などの場所における不法投棄現場を検知対象としている。

また、空間情報による解析では、1枚の画像から検知が可能となることが期待される。1枚の画像を対象とすることにより、以下の利点がある。

- ・ 観測条件の違いによる影響を受けにくい
- ・ 幾何補正の位置合わせ誤差を考慮する必要が無い
- ・ コスト的に有利である

(1)本検討で実施した検知手法

画像上で見る不法投棄現場の空間情報（パターン）は現場によって様々であり、必ずしも典型的なパターンが存在するとは限らない。これに比べて森林、人工物等は巨視的（統計的）にある種のパターンが存在する。そこで検知の方針としては、不法投棄現場の可能性の低いある種のパターンを持つ領域を画像内から排除していくことを考えた。検知における領域の絞り込みの流れを図5-33に示す。まず森林領域、次に人工物領域および水域、最後に田畑および平地の領域を空間情報を用いて除去することとした。

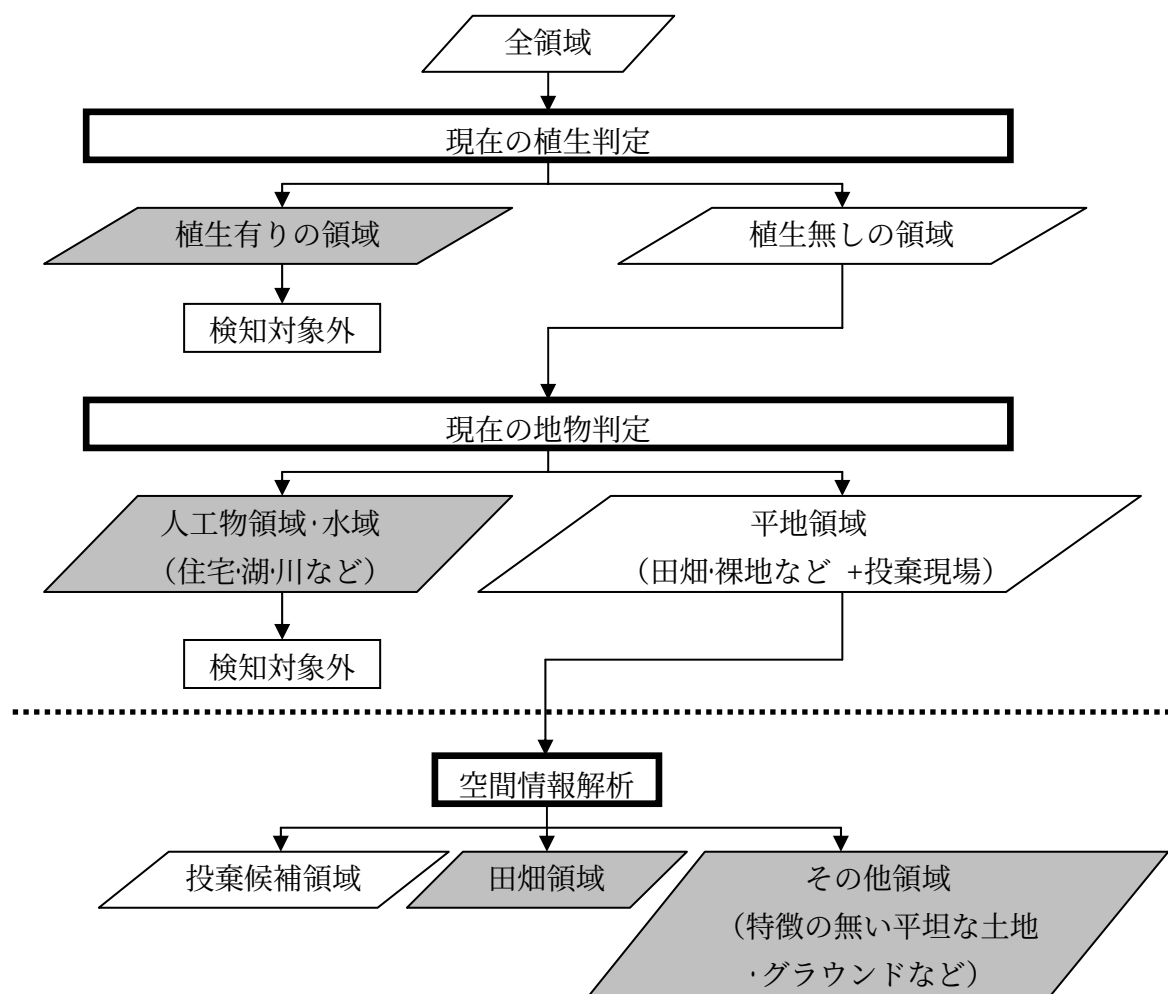


図5-33 空間情報による対象領域絞り込みの流れ

(2) 森林、人工物、田畑、平地領域の除去について

本年度実施した空間情報解析は、フーリエ変換により抽出した空間周波数を用いている。

画像中に含まれる主な領域は、森林、住宅等の人工物、田畑などである。人工物や田畑は、境界線に着目した直線性・直交性などの幾何学的特徴をもち、森林などの自然物は、テクスチャの自己相似性などの特徴をもつ。一方、不法投棄の現場を考えた場合、その特徴は、投棄物自体が作り出す凸凹のランダムさ、覆土などにより生じる凸凹のランダムさといったある種のランダム性（不規則性）にあると考えられる。しかしながら、不法投棄現場を検知する場合、このランダム性に加え、投棄物・投棄状態の多様性もあるため、その特徴を元に直接不法投棄現場を検知することは困難である。

これらことから、本年度検討では、基本的な手法であるフーリエ変換を用い、画像の空間周波数情報を直接抽出して、他の領域と不法投棄現場の領域の空間周波数の相違から、それらを判別することを目標に検討を行った。

図5-33で述べた絞り込みを行うため、まず空間情報として基本的な画像の空間周波数を扱う。すなわち画像内の小領域に対しフーリエ変換を施し、その空間周波数情報から絞り込みを行った。

それぞれの地物の画像とその空間周波数の例を図5-34に示す。

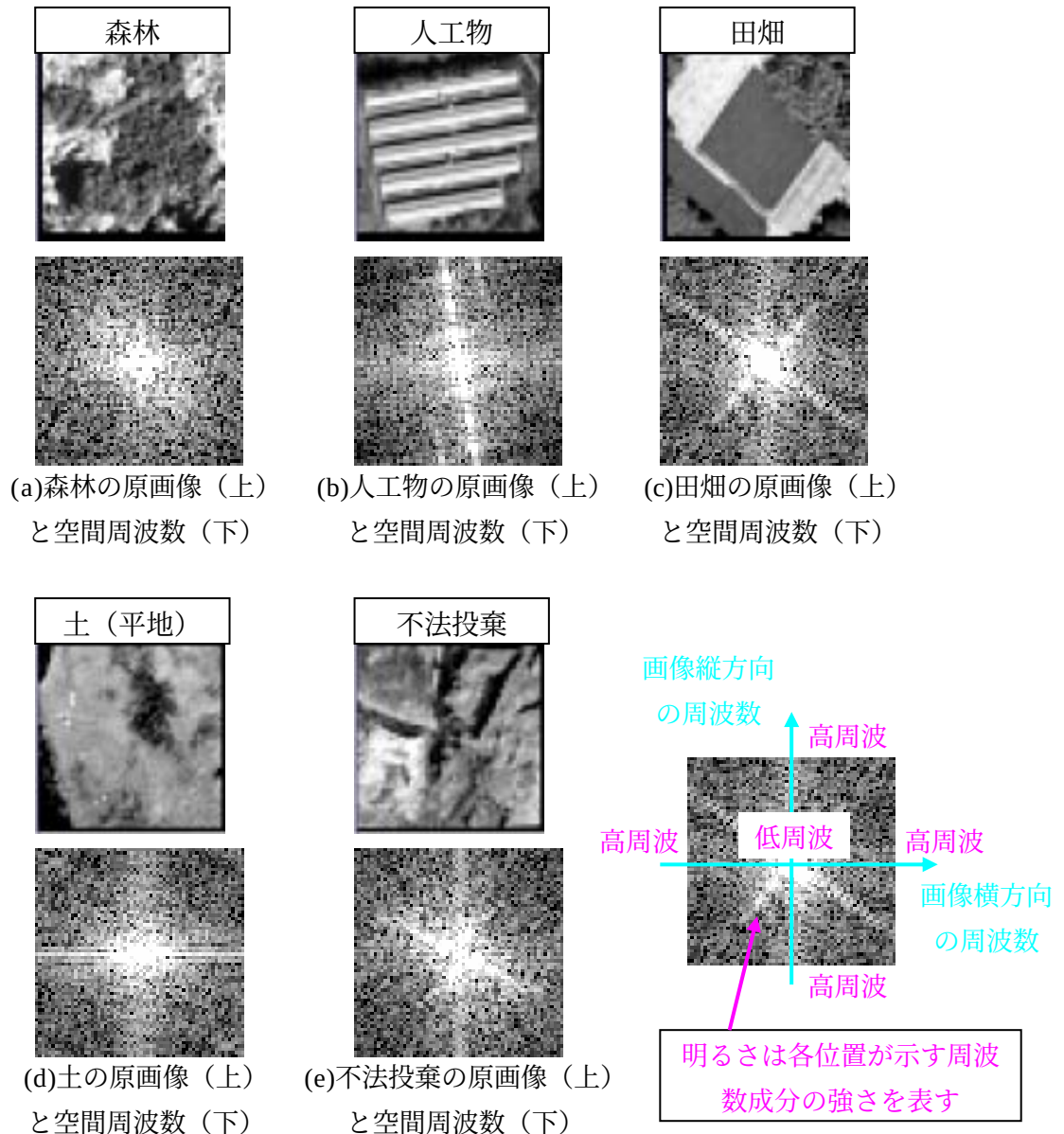


図5-34 地物の画像と空間周波数の例

これらの事例の解析から、森林領域は他の領域よりも低周波成分が弱い、人工物は高周波成分が強い、田畑は高周波成分が弱いといった結果を得た。この解析結果をふまえて、森林領域の除去は、フーリエ変換で得た空間周波数情報に低周波強調を施して特徴量を抽出し、その特徴量が低い値となる領域を除去することで行うこととした。また、人工物、田畑の領域の除去は、フーリエ変換で得た空間周波数情報に高周波強調を施して特徴量を抽出し、その特徴量がそれぞれ高い値、低い値となる領域を除去することで行うこととした。

低周波強調および高周波強調を施して特徴量を抽出する方法として、図5-35に示すパラメータを用いて次式で算出することとした。

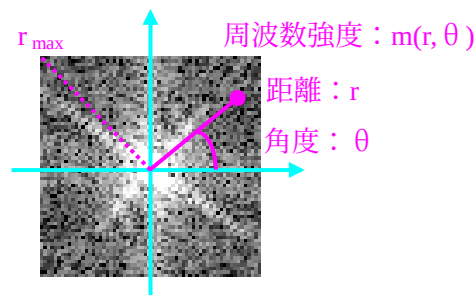


図5-35 低周波・高周波強調をによる特徴量の抽出

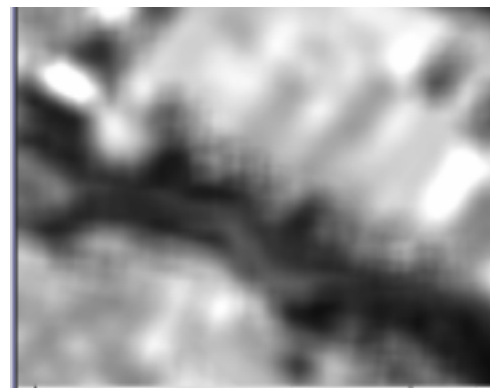
$$\text{低周波強調による特徴量: } F_{\text{Low}} = \int \int (r_{\text{max}} - r)^2 \cdot m(r, \theta) dr d\theta$$

$$\text{高周波強調による特徴量: } F_{\text{High}} = \int \int r^2 \cdot m(r, \theta) dr d\theta$$

低周波強調を施した結果の画像の例を図5-36(a)に示し、高周波強調を施した結果の画像の例を図5-36(b)に示す。森林、人工物、田畑に対応する場所において、上述した特徴が現れているのが分る。



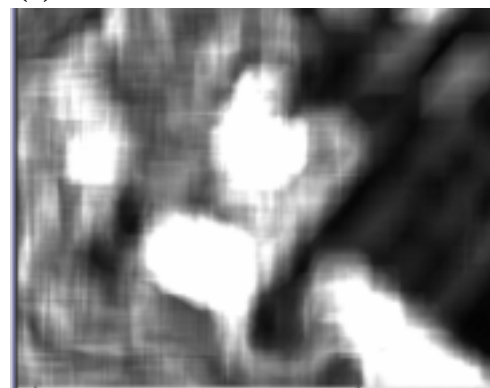
(a)QuickBird パンシャープン画像



(b)低周波強調による特徴量算出結果



(c)QuickBird パンシャープン画像



(d)高周波強調による特徴量算出結果

図5-36 低周波・高周波強調を施した結果画像例

空間情報解析による、森林、人工物、田畑領域の除去の流れを図5-37に示す。

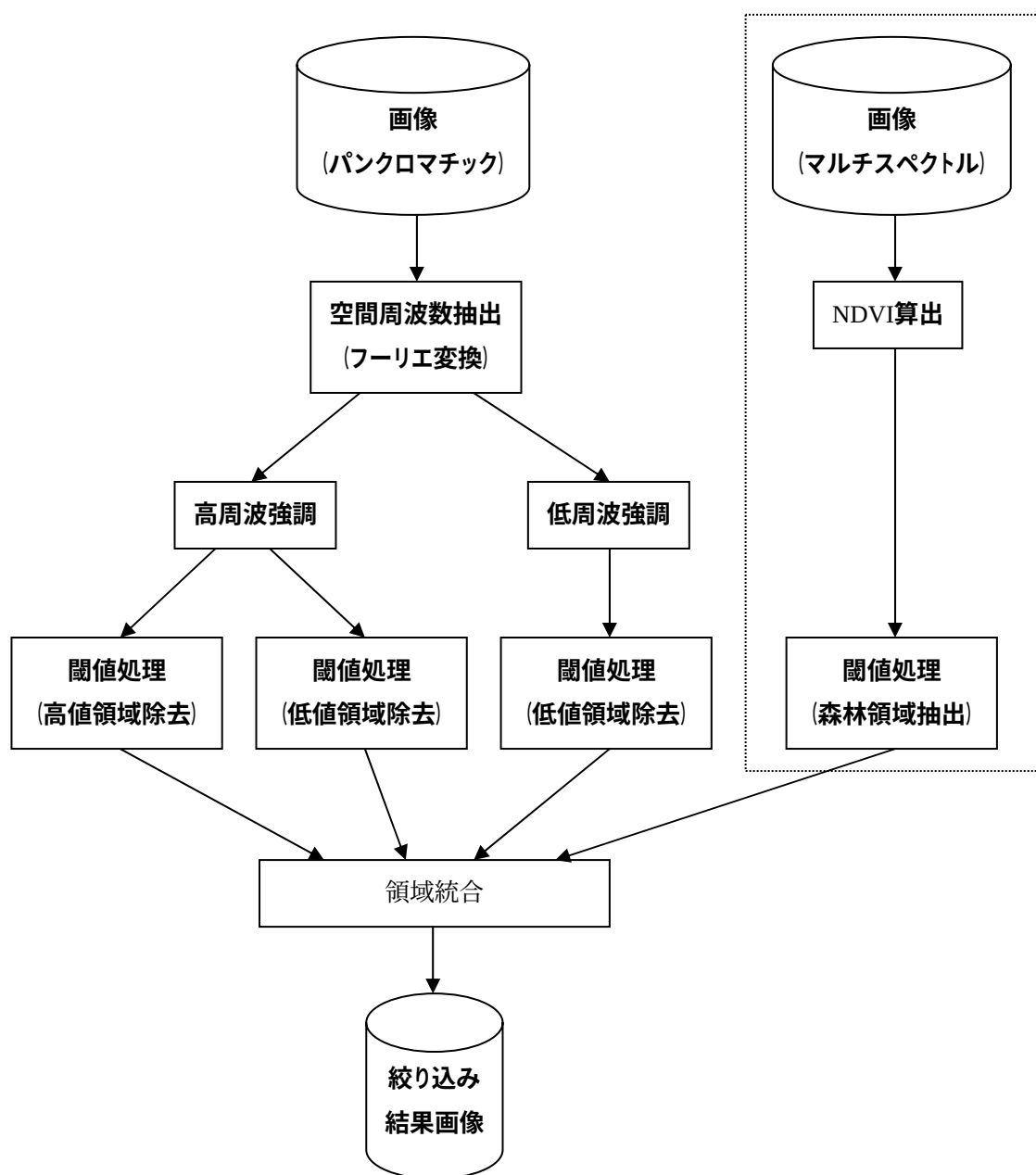


図5-37 空間周波数を用いた対象領域絞り込みの流れ

図5-37の破線で囲まれた部分は、NDVIを用いて森林領域の除去を行う。実利用を考えた場合、パンクロマチックの画像と同時に撮影されたマルチスペクトルの画像が利用可能な場合には、空間周波数による森林域の除去においてNDVIの植生情報を併用することも有効である。

なお、フーリエ変換で得られる空間周波数情報では、平地と不法投棄現場の領域は類似した特徴をもつため、現状の方法の拡張では両者を区別することは難しいと考え、これについては検討しないこととした。

5.7.2 検討結果

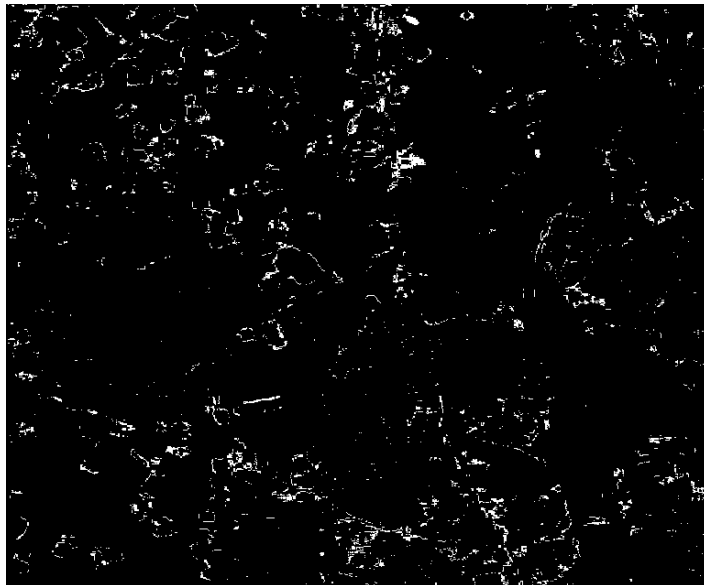
(1) 空間情報による不法投棄現場検知結果

図5-38(a)に用いた元画像を示す。また、対象領域の絞り込みの結果を図5-38(b)に示す。

なお、ここでは森林領域の除去において、図5-37に示した流れでNDVIの情報も併用した。



(a)QuickBird パンクロマチック画像（2002/11/7）



(b)対象領域絞り込み結果

図5-38 空間周波数を用いた対象領域絞り込み

図5-38の白く示された位置が、空間周波数を用いた絞り込みの結果、残された場所である。この場所を以降では不法投棄現場候補領域と呼ぶ。

画像の一定の範囲を切り出し、周波数を抽出して、領域の判定を行っているので、実際には白く示された場所の周辺を含めた範囲が不法投棄現場候補領域となる。ちなみにここで処理に用いた画像切り出しの範囲は、約40画素×40画素（約24m×24m）である。

全般的な結果としては、森林、田畑の領域については比較的良好に除去されていることが確認できた。森林はNDVIの効果が強いと考えられるが、田畑については元画像が植生の少ない時期の画像であるため、NDVIの効果はほとんどなく、単純に空間周波数による絞り込みの効果であるといえる。

また、森林、田畑、人工物の境界の領域が、不法投棄現場候補領域として残されていることが確認できた。これは、空間周波数に特徴的なパターンをもたない場所を不法投棄現場候補領域として残すことを目的としたため、空間周波数抽出のために切り出した画像範囲の中にこのような複数の領域が混ざると、本来の特徴が抽出できなくなり、不法投棄現場候補領域として残ってしまったことが考えられる。この傾向は、単なる人工物の領域についても見受けられ、当初見込んだ空間的な人工物の並びの規則性が薄れ、まばらになっているような場所では、誤って不法投棄現場候補領域と判定している場所が多々確認できた。

処理結果として特徴的な場所について詳細に述べる。



図5-39 空間周波数を用いた対象領域絞り込み結果(1)

図5-39は良好に抽出された結果の例である。実際の不法投棄の場所であるか不明ではあるが、両方の場所とも不法投棄現場候補として妥当であるといえよう。さらに画像中央縦に走る田畑の領域に関しても、良好に除去されている。



図5-40 空間周波数を用いた対象領域絞り込み結果(2)

図5-40は誤って抽出された結果の例である。上の全般的な状況のところで既に述べたが、まばらに存在する人工物の領域は、誤って抽出される傾向にある。これは図5-38の元画像を見ると分るが、まばらな建物と影の組み合わせも、空間周波数的に悪影響を及ぼしていると考えられる。

(2)まとめ

不法投棄現場の検知における空間情報の有効性について検討した結果、以下の結論を得た。

- (a) 不法投棄現場候補領域の絞り込みでは、森林、田畑の領域除去については効果があった。ただし、人工物の領域や領域の境界においては、誤る場合が多々あった。同じ場所のマルチスペクトル画像を用いることが可能ならば、森林領域の除去については、NDVIの値もあわせて利用することによって、より良好に除去できる。さらに、画像内のエッジなどの局所的な情報と組み合わせることにより、異なる空間周波数をもつ領域にまたがって画像切り出しを行い誤検知してしまうことを、抑制できると考える。
- (b) 不法投棄現場と平地などの判別については、有効な手法を構築することができなかった。フーリエ変換による空間周波数の情報では、双方の特徴は似ており、判別するのは困難であると考ええる。他の空間情報の導入など、手法の再検討が望まれる。

5.8 個別検知手法を組み合わせた解析アルゴリズムの決定

以上の個別の検知手法の検討結果をふまえ、検知領域を森林領域とそれ以外の領域の2つに分けて、個別検知手法を組み合わせた解析アルゴリズムを決定した。以下に、その解析アルゴリズムの詳細を述べる。なお、個別の検知手法の検討結果については、5.9で述べる。

(ア)森林領域での投棄現場検知の解析アルゴリズム（3時期の画像を用いた植生変化検知）

解析の手順を図5-41に、解析処理フローを図5-42に示す。まず、スクリーニング段階において、現在の画像のNDVI値を用いて森林を除いた検知対象領域を抽出する。水域・建物の除去は、検知段階の植生変化検知が兼ねている。次に、以下の2つの手法を用いて投棄現場を検知する。

- ・ NDVI値を用いた森林伐採を伴う不法投棄現場の可能性がある領域の抽出（植生変化検知）
- ・ スペクトルによる投棄物である可能性の判定

(イ)森林領域以外での投棄現場検知の解析アルゴリズム

解析の手順を図5-43に、解析処理フローを図5-44に示す。まず、スクリーニング段階において、GISデータの地目情報、現在の画像のNDVI値、周波数情報によって推定される建物領域の情報をを用いて水域・森林・建物を除いた検知対象領域を抽出する。次に、以下の2つの手法を用いて投棄現場を検知する。

- ・ 周波数情報による不法投棄現場の可能性がある領域の抽出
- ・ スペクトルによる投棄物である可能性の判定

なお、画像は全て輝度補正・幾何補正（位置合わせなど）したものを使用している。

また、処理フローの図中で※を記した閾値は、本年度の解析で用いた値であり、適用場所や検知対象廃棄物に応じて再検討することが望ましい。

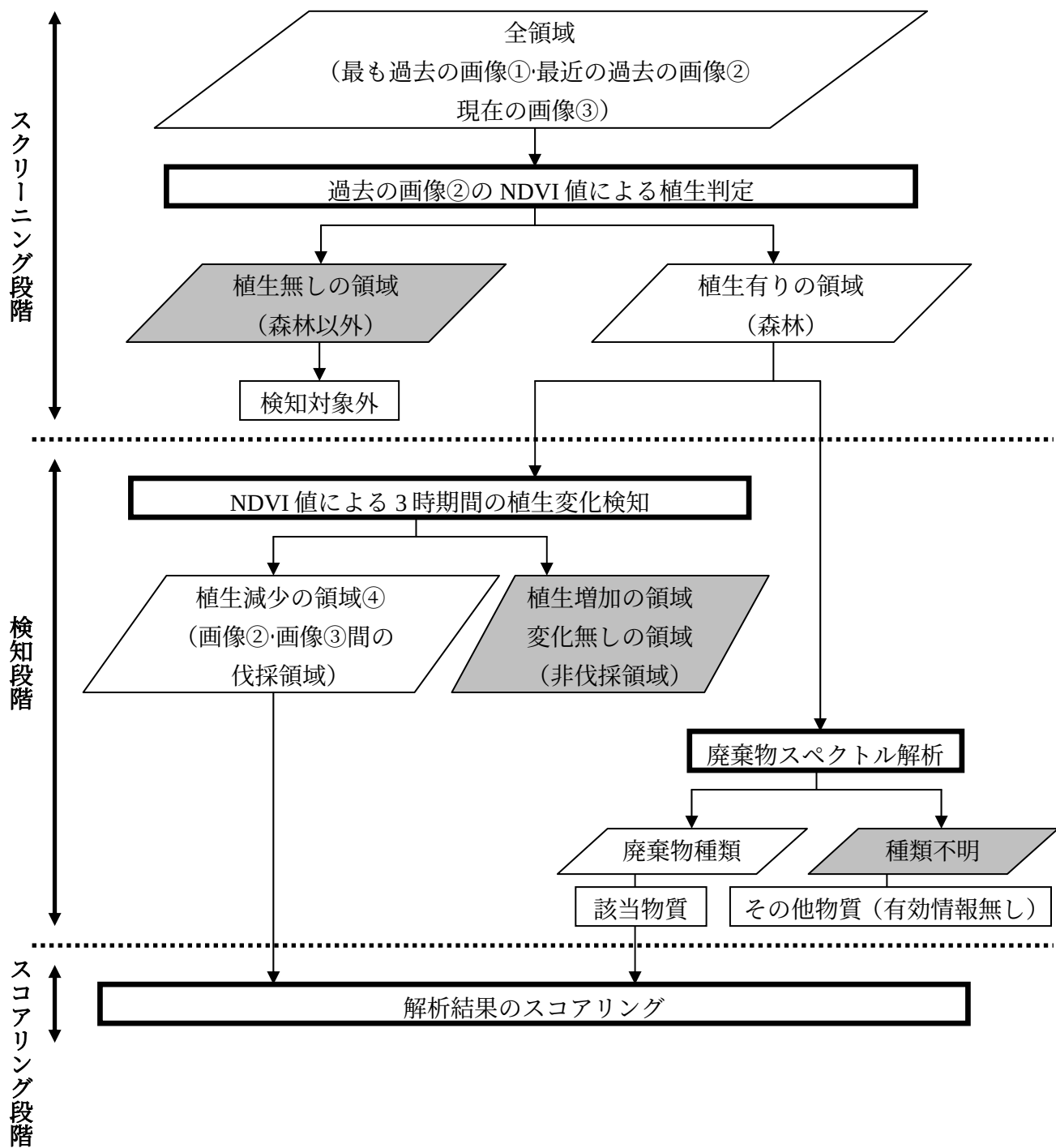


図5-41 森林領域での投棄現場検知の手順

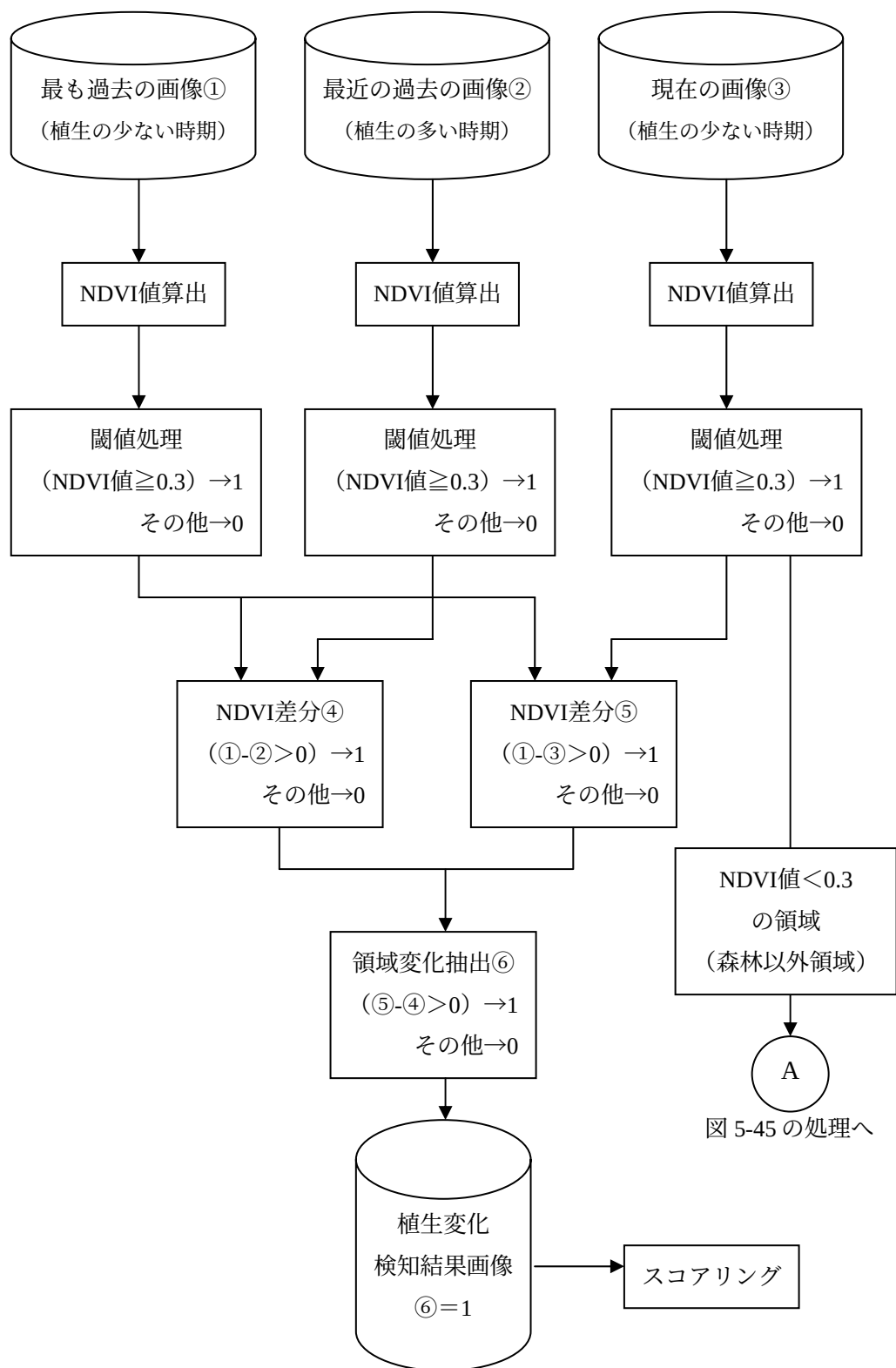


図5-42 森林領域での投棄現場検知の解析処理フロー

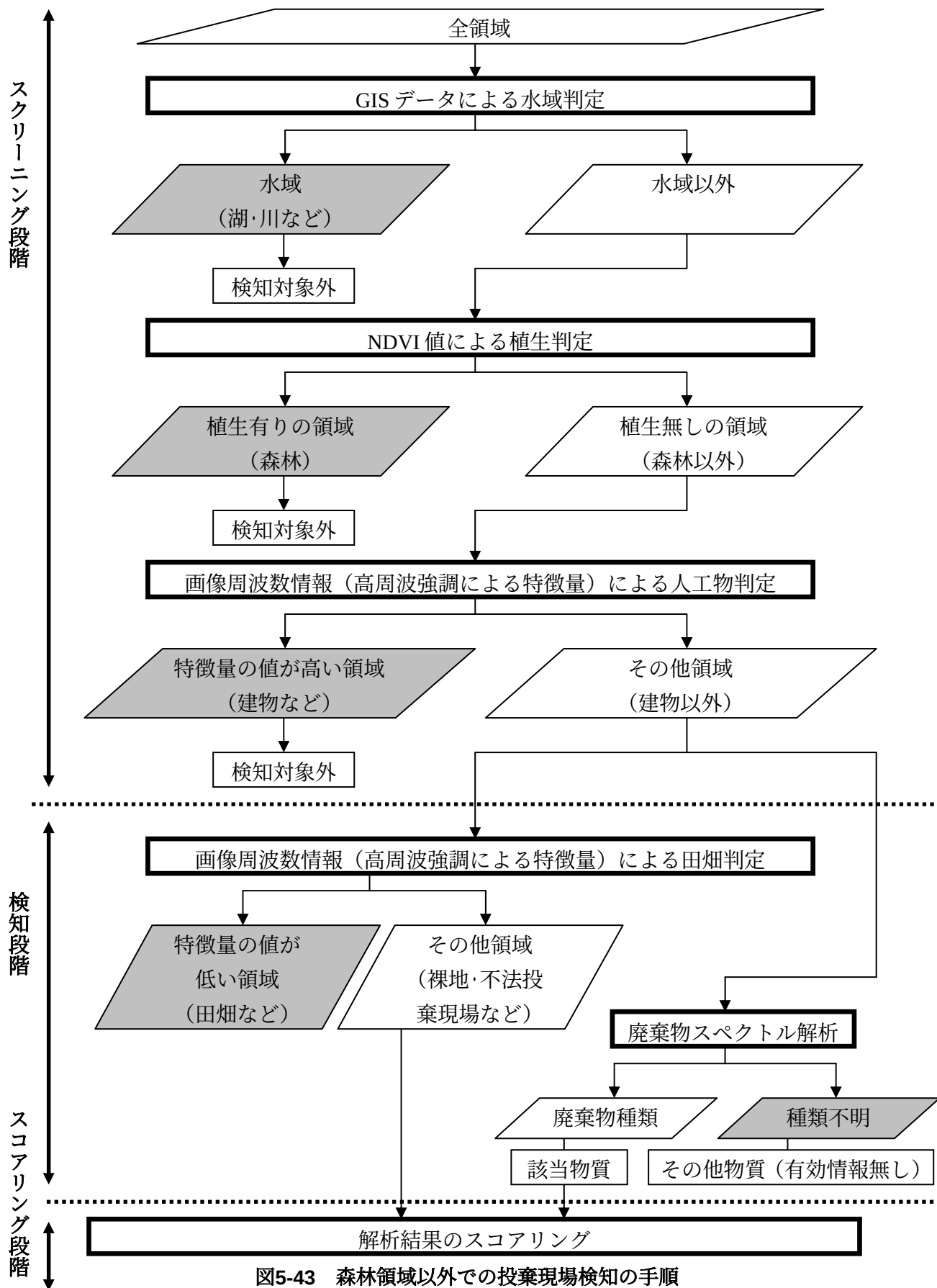


図5-43 森林領域以外での投棄現場検知の手順

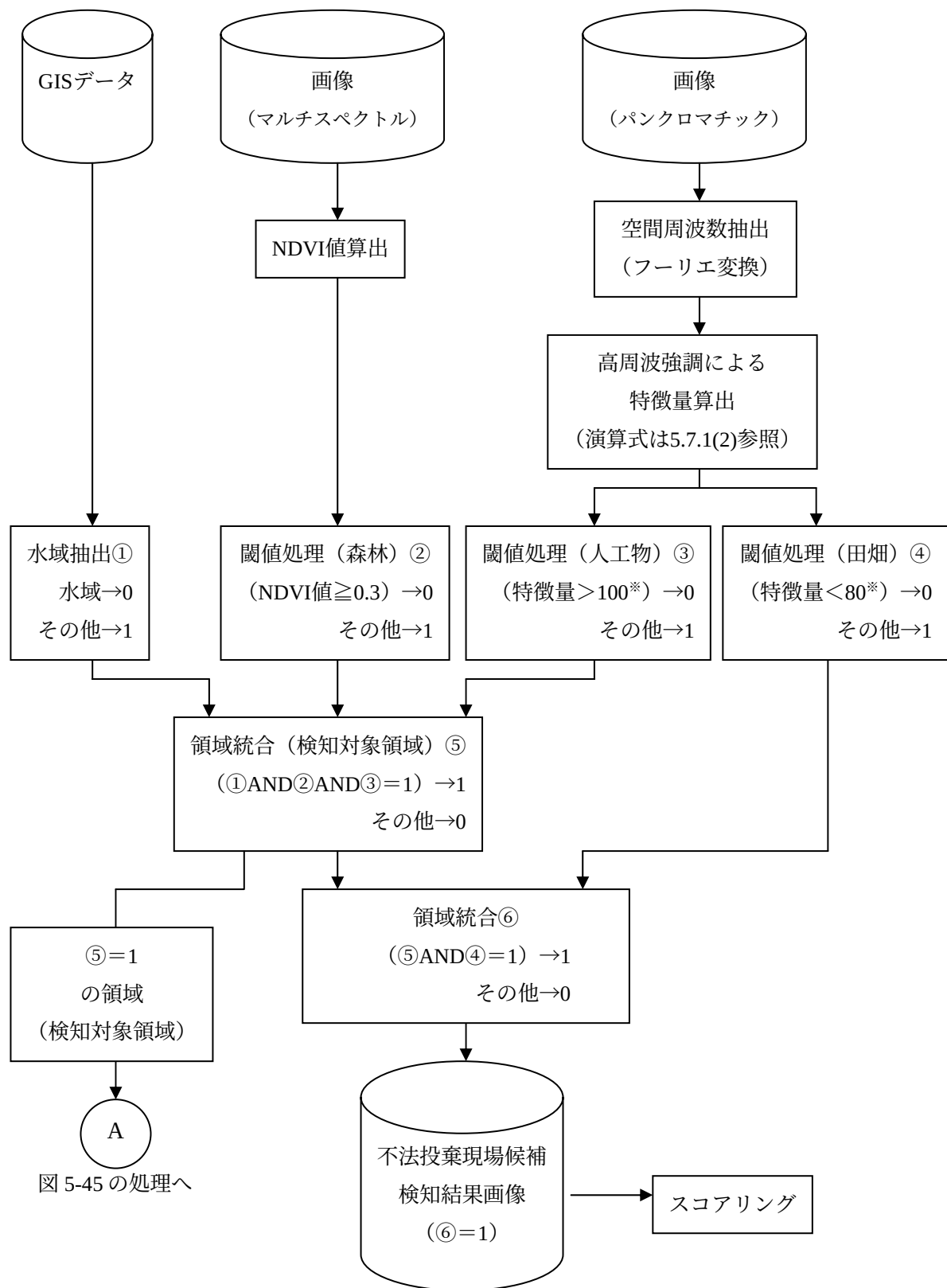
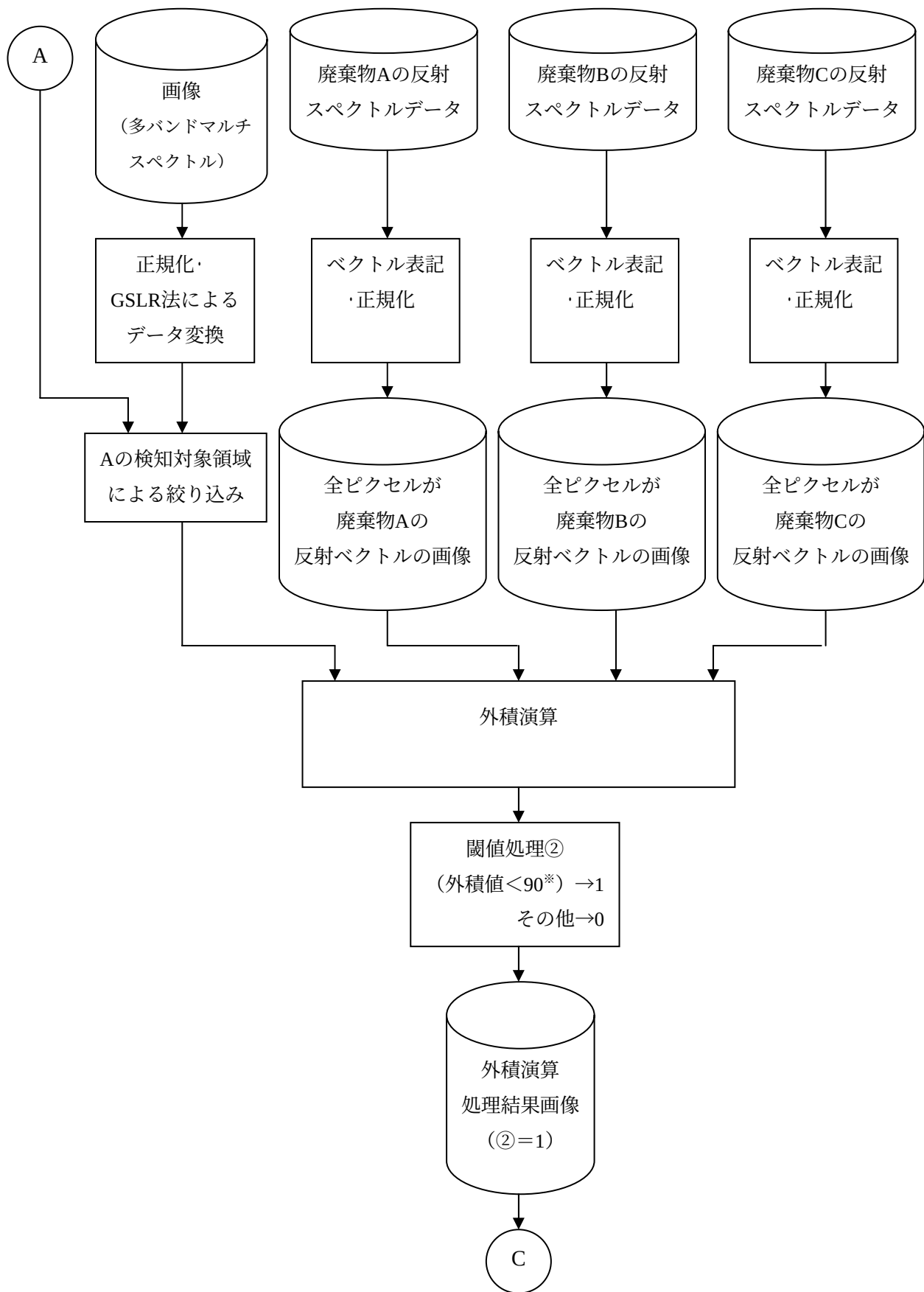


図5-44 森林領域以外での投棄現場検知の解析処理フロー





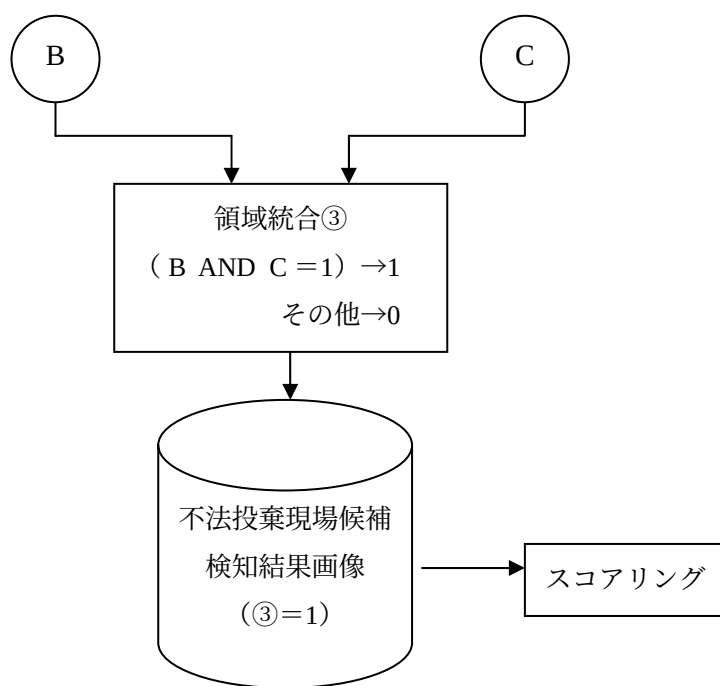


図5-45 スペクトルによる投棄物である可能性の判定処理フロー

5.9 本章のまとめ

本年度は光学センサに検討対象を絞って、不法投棄箇所検知手法の高度化検討を行い、以下の結論を得た。

(1) 廃棄物スペクトルに基づいた解析

- ・廃棄物の反射スペクトルの特性を幅広い波長帯で観測できるセンサを搭載した衛星の画像（例えばASTERのような多バンドのセンサを持つ衛星の画像）を用いることで、不法投棄現場候補地の絞り込みが出来ることが分った。
- ・幅広い波長帯で観測できるセンサは、現行では中分解能衛星（ASTERの分解能は15mまたは30m）であるため、小規模な不法投棄現場の検知は難しい。また、QuickbirdやIKONOSのような高分解能衛星（Quickbirdの分解能は2.88m、IKONOSの分解能は1m）では、バンド数が少ないため、廃棄物の反射スペクトルに基づく不法投棄検知手法で不法投棄現場を検知することは難しい。
- ・廃棄物の反射スペクトルに基づく不法投棄検知手法は、多バンド中分解能衛星画像を用いて、中～大規模の不法投棄現場を検知するという目的に使用すべき手法であると考えられる。

(2) NDVIを用いた植生変化による解析

- ・NDVIの値は個々の画像の撮影状況、撮影時期に影響されるため、森林領域を抽出する際の閾値は、画像ごとに設定する必要がある。しかし、本検討では妥当な判断基準を見つけることができなかった。実利用を考えた場合、現状では一定の閾値を用い、抽出された場所を目視等により個別に調べることが妥当であると考ええる。
- ・不法投棄現場の検知可能面積については、画像上でミクセルにならないことを条件に、位置あわせ誤差も考慮すると、安定した検知が期待できるのはSPOT4などの中分解能衛星（分解能20m）で $60\text{m} \times 60\text{m} = 3,600\text{m}^2$ 以上、Quickbirdなどの高分解能衛星（分解能2.88m）で $8.64\text{m} \times 8.64\text{m} = 74\text{m}^2$ 以上である。
- ・季節変化による誤検知については、3時期の画像を用いることで、植生の多い時期から植生の少ない時期までの間の森林伐採領域を、田畑領域の植生変化に影響されることなく検知できることが分った。

(3) 土地被覆分類を用いた植生変化による解析

- ・土地被覆分類による植生変化領域の検知結果は、NDVIによる検知結果と大きな相違はないことが分った。双方の結果の違いは、草地などの微妙な植生の判断から生じていた。実利用の観点から考えた場合、人手のかからないNDVIによる検知が有望であると考えられる。

(4)バンド比演算を用いた植生変化による解析

- ・バンド比演算を用いた植生変化領域の検知結果は、NDVIによる検知結果とほぼ一致していた。NDVIの方が幾分多く領域を検知していたが、バンド比演算のみが適正に検知した領域もあった。
- ・森林縁の影の部分で他の手法より幾分誤検知が多く見られた。これは、バンド比演算がスペクトルの変化を強調するためであると考えられる。

(5)空間情報による解析

- ・フーリエ変換により抽出される空間周波数の情報から、不法投棄現場を検知することを検討した。森林、人工物、田畑の領域を除去し、不法投棄現場候補領域（不法投棄現場、平地など）を絞り込む段階と、さらに不法投棄現場と平地などを判別する段階の2段階での実現を試みた。
- ・不法投棄現場候補領域の絞り込みでは、森林、田畑の領域除去については効果があった。ただし、人工物の領域や領域の境界においては、誤る場合が多々あった。領域のエッジなどの局所的な情報と組み合わせて実施することが有効であるとする。
- ・不法投棄現場と平地などの判別については、有効な手法を構築することができなかった。フーリエ変換による空間周波数の情報では、双方の特徴は似ており、判別するのは困難であるとする。他の空間情報の導入など、手法の再検討が望まれる。

(6)解析アルゴリズムの決定

- ・(1)～(5)の個別の検知手法の検討結果をふまえ、5.8で述べたように個別検知手法の組み合わせによる現時点での具体的な実現形態として、検知領域を森林領域とそれ以外の領域とした2つの解析アルゴリズムを決定することができた。この検証結果については、6.4で述べる。

なお、周波数情報による建物領域および田畑領域の推定手法については、改善の余地があり、手法の再検討が望まれる。

6.不法投棄衛星監視システムの検証試験

6.1 目的

本章では、不法投棄衛星監視システムの検証試験を行った。検証試験は、衛星画像の解析技術・GIS ゾーニング技術を適用し、不法投棄対策実務に応用していくための基盤技術の検証、ならびに、検証システムの実運用形態に即した業務検証試験を行うことを目的とした。以下に、ゾーニング技術、画像解析技術、システム設計・開発の各項目の目的について述べる。

6.1.1 ゾーニング技術検証の目的

前年度の成果で得られたゾーニング結果から衛星監視エリアを選定する手順ならびにゾーニング利用システムの機能について検討を行うとともに、自治体担当者へのヒアリングを行って改善点を抽出することにより、不法投棄等衛星監視システムでゾーニング結果を利用するシステムの設計および実運用について検討することを目的とした。

6.1.2 画像解析技術検証の目的

前年度の検討ならびに第 5 章で今年度新たに検討した画像解析技術の有効性を定量的に検証するとともに、画像解析技術の改善点を明確にすることを目的とした。また、解析結果の表示方法ならびに目視判読方法についての検討を行い、技術面だけでなく、画像解析技術の結果を自治体担当者が利用する際の実務利用面での有効性についても検証を行うこととした。

6.1.3 システム開発の目的

第 1 回検証試験では、前年度までのシステム検討結果・自治体へのヒアリング結果を参考に検証システムの要件を整理し、第 2 回検証試験で使用するシステムを構築することを目的とした。第 2 回検証試験では、検証システムを利用した不法投棄衛星監視業務の実運用について検討することを目的とした。

6.2 検証試験の概要

6.2.1 検討手順

それぞれの検証試験の概要を図 6-1、図 6-2 に示す。第 1 回検証試験は、平成 14 年 5 月から 12 月にかけて実施し、第 2 回検証試験は平成 14 年 9 月から平成 15 年 2 月にかけて実施した。

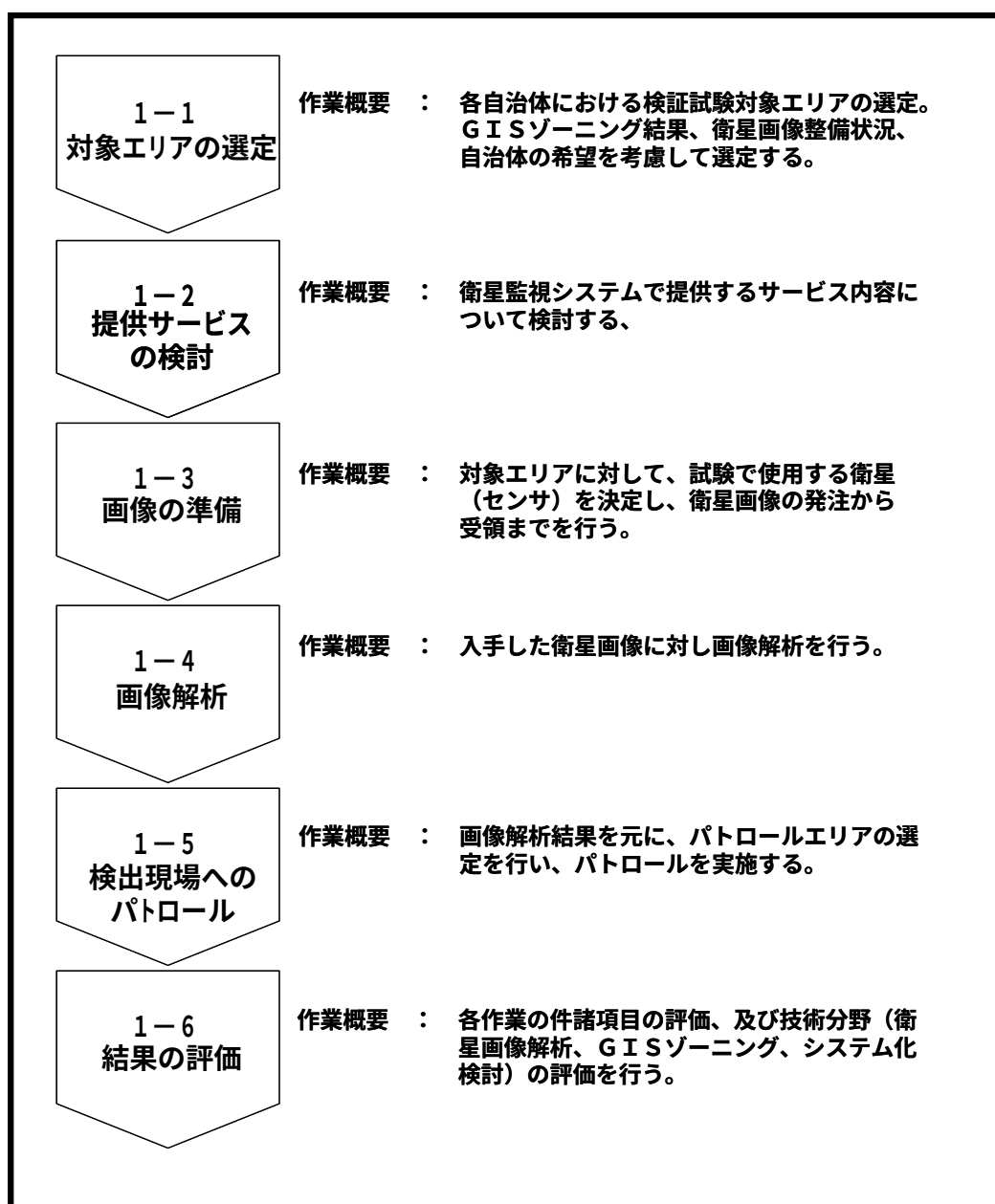


図6-1：第 1 回検証試験の概要

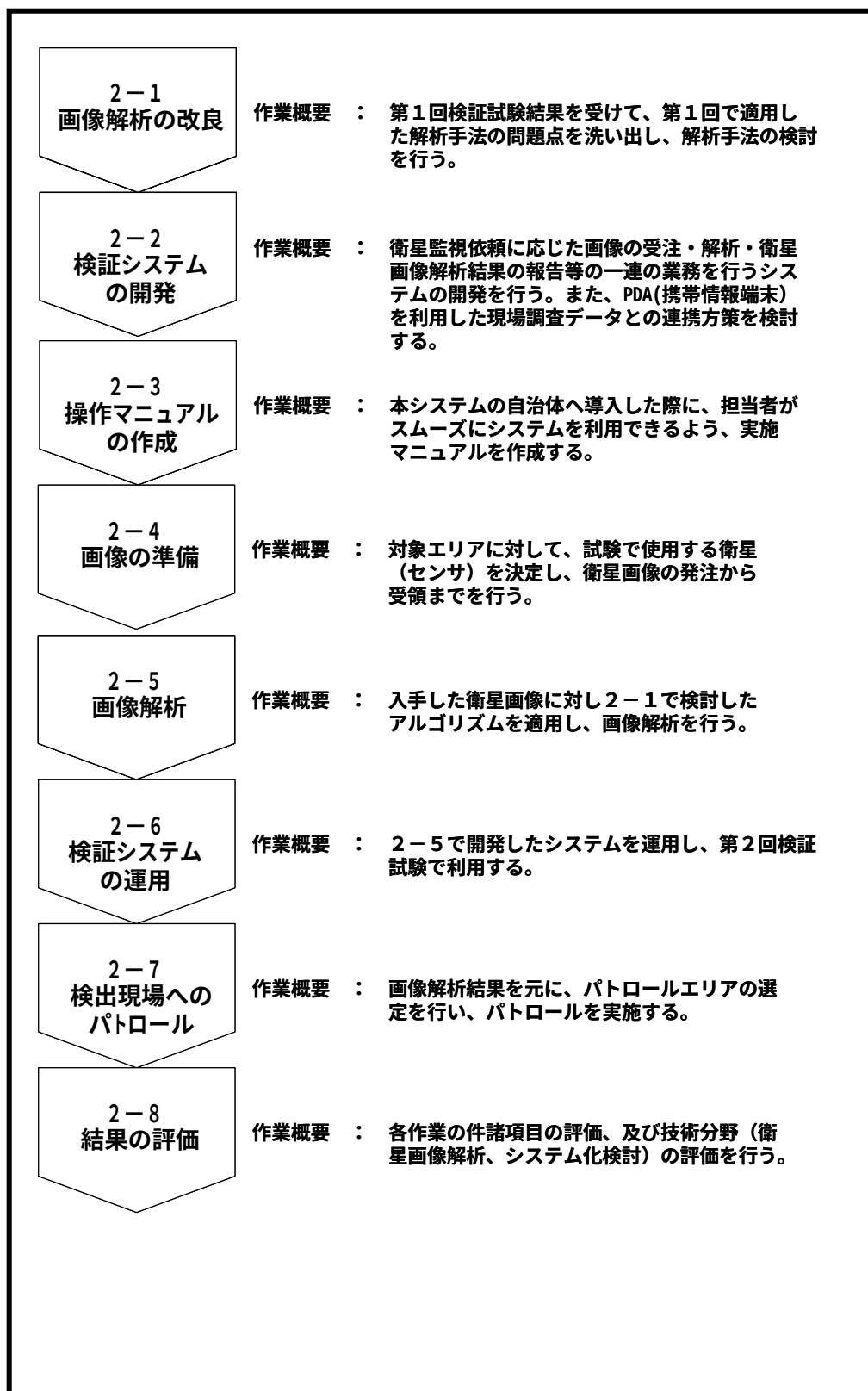


図6-2：第2回検証試験の概要

6.2.2 実施体制

本検証試験は図 6-3 に示す実施体制で行なった。

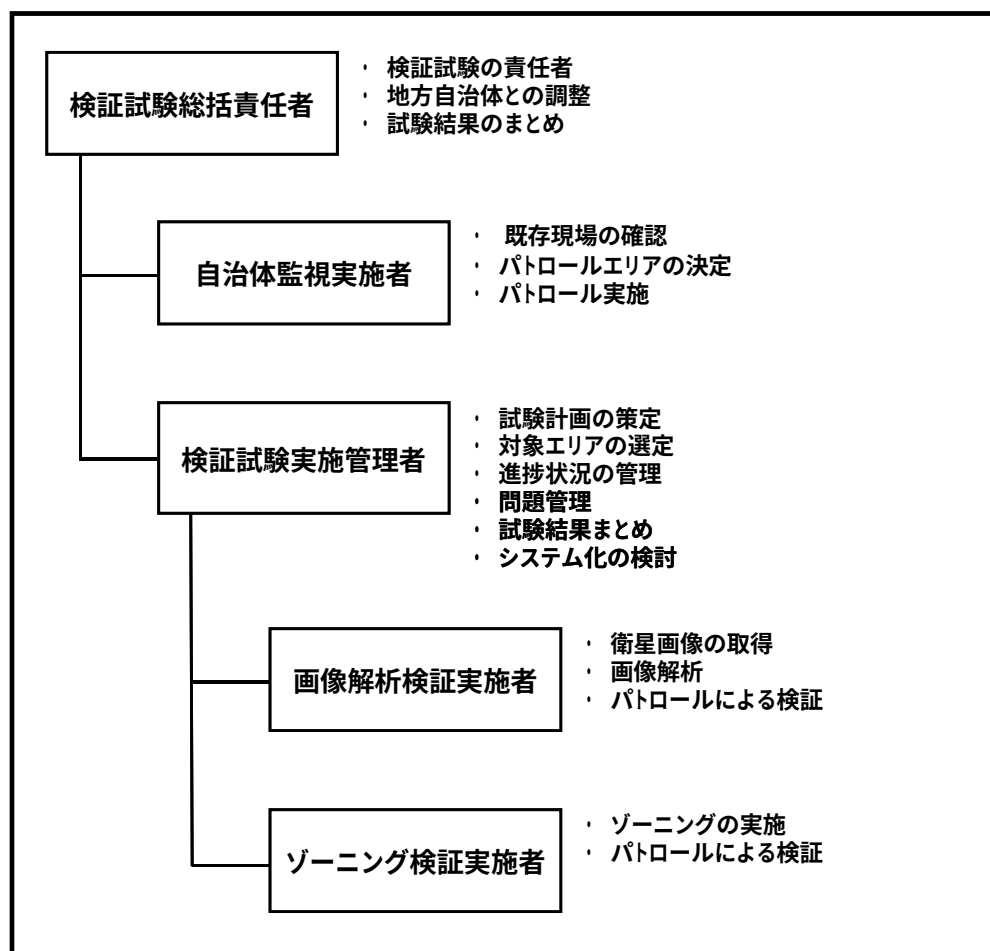


図6-3：検証試験における実施体制図

6.2.3 対象エリア

第1回検証試験、第2回検証試験ともに、茨城県、栃木県、千葉県（順不同）を対象エリアとした。エリア選定の詳細は、6.3.1 で述べる。なお、対象エリアは、第1回検証試験、第2回検証試験で同一のエリアとした。

各自治体の対象エリアの詳細を以下に述べる。

(1)茨城県

茨城県では図 6-4 のエリアを検証試験の対象エリアとした。

- ・中心座標（日本測地系）：北緯35度57分50秒、東経140度12分20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6-4：茨城県対象エリア

(2)栃木県

栃木県では図 6-5 のエリアを検証試験の対象エリアとした。

- ・中心緯度経度（日本測地系）：北緯37度00分20秒、東経140度03分30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6-5：栃木県対象エリア

(3)千葉県

千葉県では図 6-6 のエリアを検証試験の対象エリアとした。

- ・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6-6：千葉県対象エリア

6.3 ゾーニング技術の有効性に関する検証

6.3.1 対象エリア選定支援の結果（第1回検証試験）

第1回検証試験では、前年度のゾーニング結果を用いて、自治体担当者と対象エリアの選定を行った。対象エリアの検討時に用いたゾーニング資料を図6-7に示す。ここで、前年度のゾーニング結果は、圏域レベルの度数ゾーニング結果と現場レベルの度数ゾーニング結果のランクを合計したものを使用した。また、不法投棄現場の位置を市区町村単位で示した地図を併せて用意し、これを対象エリアの選定に用いた。

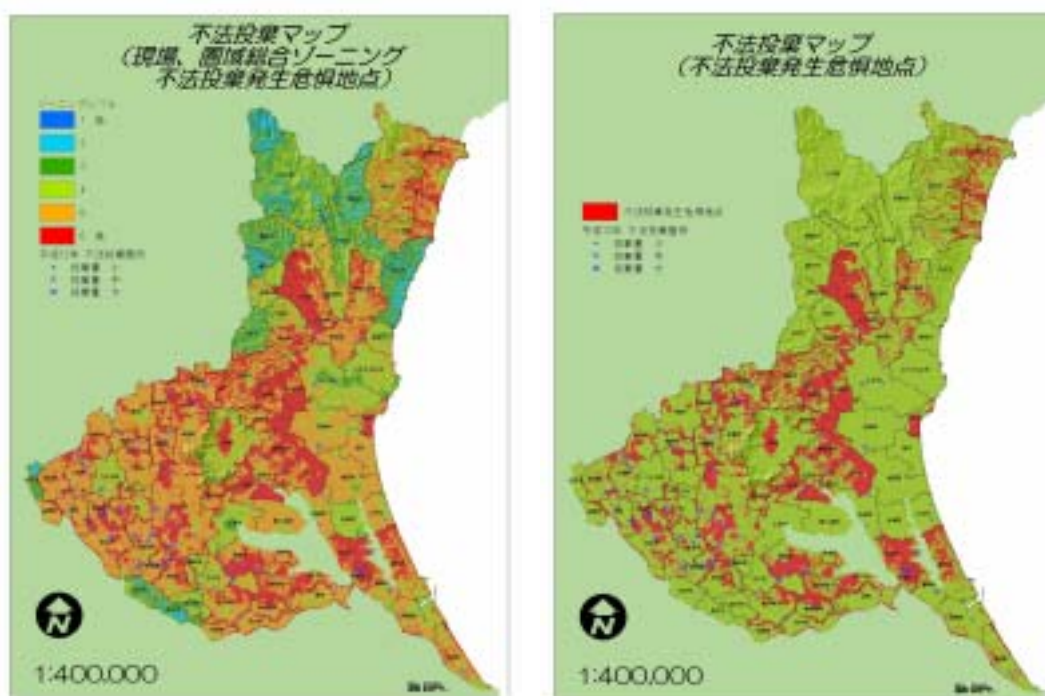


図6-7 検証試験の対象エリア選定に使用したゾーニング結果（茨城県の例）

左図：前年度成果の圏域度数ゾーニング結果（1～4 ランク）と現場度数ゾーニング（1～4 ランク）のランクを合計し、1～7段階のランキングマップとした。

右図：左図のランクの最高ランク（ランク7）を赤く表示した。

このゾーニング結果を基に、自治体の担当者との協議のうえで、対象エリアの候補を選定した。ここで、衛星画像の撮影範囲を示す約15km範囲の正方形に厚紙を切り抜いた「枠」を用意して、対象範囲の候補地に重ね合わせて比較を行い、以下の候補地に絞り込んだ。

茨城県 生活環境部（5月22日）

第1候補 牛久・龍ヶ崎

第2候補 鹿嶋市周辺

第3候補 つくば南部・水海道（＋新治村）

栃木県 生活環境部（5月22日）

第1候補 黒磯・那須野

第2候補 茂木・市貝・芳賀

千葉県 環境生活部（5月23日）

第1候補 市原、長柄

第2候補 銚子

第3候補 木更津

その後、衛星画像の撮影の可否を判断し、各県の第1候補を選定した。選定したエリアの詳細は、6.2.3で述べたとおりである。

なお、エリア選定に用いる地図には道路を掲載すべきという意見をいただいた。

6.3.2 ゾーニング利用システムの設計と検証（第2回検証試験）

第2回検証試験では、衛星監視システムと合わせてゾーニングを利用するシステムの機能を検討し、自治体の担当者とヒアリングを行い、実現可能性を調査した。

(1) システムの設計

まず、システムの設計を、衛星監視エリアの選定手順と機能設計に分けて行った。ここで、機能設計は、表示画面等の自治体担当者が直接関わる部分についての設計を行った。以下にシステム設計の概略を述べる。なお、設計の詳細は付録5で述べる。

(a) 衛星監視エリア選定の手順

不法投棄等を衛星監視する範囲を選定するために利用する手順を図6-8に示す。

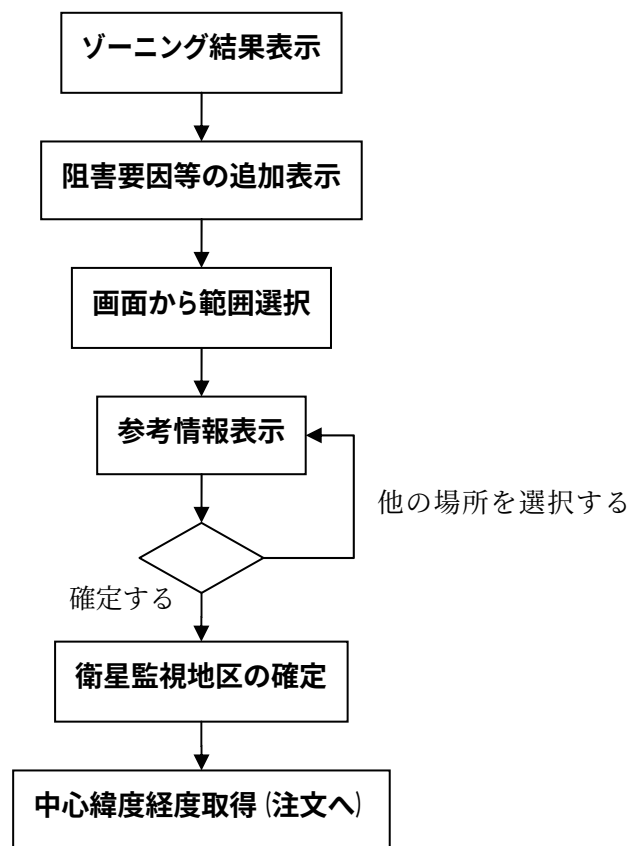


図6-8 衛星監視エリア選定の手順

(b) ゾーニング結果の表示

システム上にゾーニング結果表示を行なった場合の画面イメージを図6-9に示す。

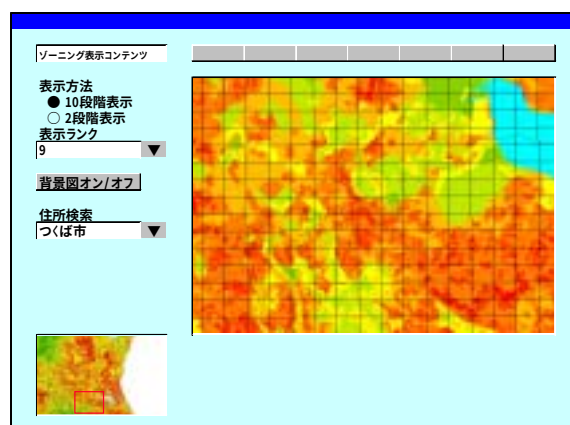


図6-9 ゾーニング表示画面の例

ゾーニング結果表示の初期設定では、ゾーニングのランクを10段階の色別に分類した表現を利用することとした。

ゾーニングランクの設定は、「不法投棄現場の網羅率」を用いて10段階でランキングした結果を利用することとした。

ゾーニングの情報表示は、衛星監視システムにおいて他のGISデータ及び衛星画像データとともに表示するものとする。

(c) 阻害要因の表示

本報告書の3.3.2で検討した阻害要因を、GISデータの一つとして参考に重ねあわせる機能を設けることとした。阻害要因を表示画面に重ねあわせることで、衛星監視エリアの選定を支援することとした（図6-10）。

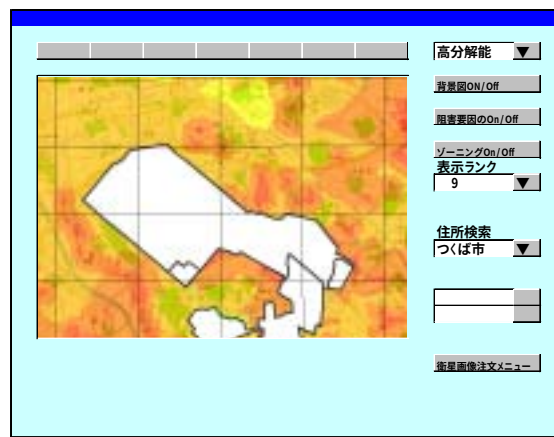


図6-10 阻害要因の表示イメージ

(d) 衛星監視範囲の指定画面

ア) 衛星監視範囲指定

衛星監視区域の設定画面のイメージを図6-11に示す。

衛星監視区域は、ゾーニング結果やGISの背景データを参考にして、ユーザが画面上で領域を指定して選択することとした。

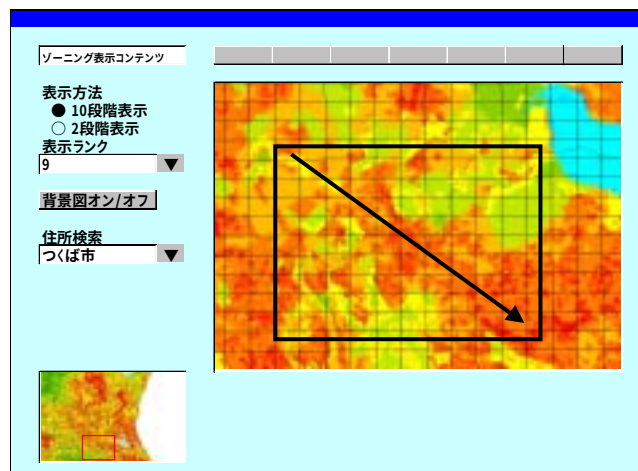


図6-11 衛星監視区域の設定画面のイメージ

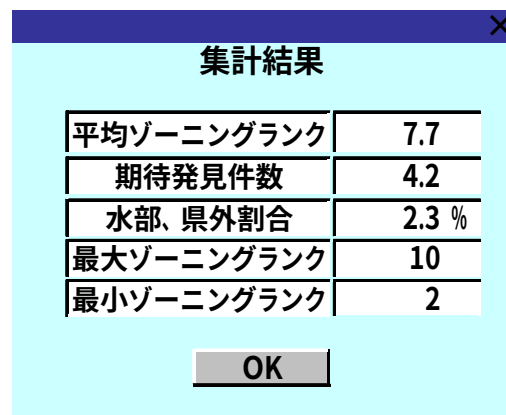
イ) 参考情報表示

衛星監視区域の対象エリアの指定時に、判断の参考とするため、システムで選択した場所のゾーニング集計情報を表示する機能を設けることとした。

利用者は画面上で、任意の範囲を矩形選択して情報表示を要求することとした。範囲選択後、画面にゾーニング結果の集計が表示され、不法投棄の発生しやすさを複数の箇所定量的に比較することができる。

範囲選択と集計情報表示は、繰り返し実行できるものとし、衛星監視区域の対象エリアをユーザが検討できるようにすることとした。

表示内容の画面イメージを図6-12に示す。



平均ゾーニングランク	7.7
期待発見件数	4.2
水部、県外割合	2.3 %
最大ゾーニングランク	10
最小ゾーニングランク	2

OK

図6-12 参考情報表示画面

(3)設計内容についてのヒアリング

以上の設計内容について、自治体の担当者にヒアリングを行った。ヒアリングでは、ゾーニングをシステム画面イメージに合わせて表現した資料を用い、衛星監視システムとの連携や位置付けの説明を行い、意見を伺った。

(a) ヒアリングの対象

以下に示す3県の不法投棄対策部署の担当職員にヒアリングを行なった。ヒアリングの日程を示す。

- 茨城県 生活環境部 2003年1月24日
- 栃木県 生活環境部 2003年1月23日
- 千葉県 環境生活部 2003年1月22日

(b) ヒアリング結果

衛星監視システムに関するヒアリング結果のなかからゾーニングに関する意見を表6-1に示す。

表6-1 ゾーニング利用システムに関するヒアリング結果

分類	ヒアリングコメント	考えられる対応
ゾーニングについて	ゾーニング結果では大方の傾向はつかめる。警察署や保健所等の位置情報を組込んで欲しい。	ゾーニングの高度化で、警察署の立地について検討している。ゾーニングにおいては、人口密度で代表されることとなったが、警察所の位置情報については、取得済みであり、背景情報として表示させることは可能である。
不法投棄情報	県の保管する情報をメモするためにもシステムに登録したい。 登録項目は、発覚日、投棄者、投棄量、程度があればいい。あとは帳票から検索して調べられる。 県内の持つ不法投棄情報のデータベース化を1年に1度くらいはまとめて行ないたい。	情報登録する機能を設け、登録した情報はゾーニングの更新に利用できるようにする。
阻害要因について	阻害要因について、改めて表示させる必要はない。ゾーニングの算出に計上して欲しい。 阻害要因としてあげられる工業団地について、その周辺での投棄が最近増えている。	阻害要因のデータは、背景GISデータの一種類として扱う。
その他	県が把握している不法投棄に関連して、産廃処分場跡地や石切り場跡地などのデータがデータベース化されるとおおいに参考になる。 ゾーニング結果と蓄積された不法投棄箇所情報が数年後には産廃処理施設の立地用の検討資料になる可能性がある。	ユーザの持つ情報を位置登録する機能をGISに設けて参考情報として表示させる機能が考えられる。 不法投棄情報の蓄積や、ゾーニングの認知が重要である。

また、ヒアリングでは、ゾーニングに関しては一つの情報として扱い、衛星監視エリア選定機能に限定せずに使用したいという意見が多く出された。

以上のことより、ゾーニング結果そのものについての意見は特になく、ゾーニング結果と一緒に表示させる情報を適切に選定する必要があることが分かった。

6.4 画像解析技術の有効性に関する検証

6.4.1 第1回検証試験の実施とその結果

(1)第1回検証試験の目的

画像解析技術の有効性を検証するために、以下の項目に着目して検証試験を行った。

①解析結果の有効性の定量化

画像解析結果が不法投棄現場の発見や現場パトロールの業務に有益かどうかを定量的に評価する。

②解析技術の改善点の明確化

画像解析の結果と実際の現場状況を対比することにより、画像解析技術の問題点と改善点を明確にする。

(2)検証する画像解析技術

前年度までの現場調査の結果より、大規模な不法投棄は森林伐採後に発生することが多く、不法投棄現場には重機や鉄板が持ち込まれることが多いことが分かり、以下の画像解析技術について適用可能性が高いことを確認した。

- 植生変化に着目した画像解析技術

現在の画像と過去の画像から森林領域の植生状況の差分を求めることにより、森林伐採を検知する。植生状況は、NDVIまたは土地被覆分類から得ることができる。

- 金属反応に着目した画像解析技術

現在のレーダ画像の輝度値が高い部分を求めることにより、金属廃棄物や重機等を検知する。

そこで、この2つの画像解析技術を検証することにした。以下に技術の詳細を示す。

(a)植生変化に着目した画像解析技術

植生変化は、図6-13に示す2種類の方法の組み合わせにより、精度良く検知できると考えた。

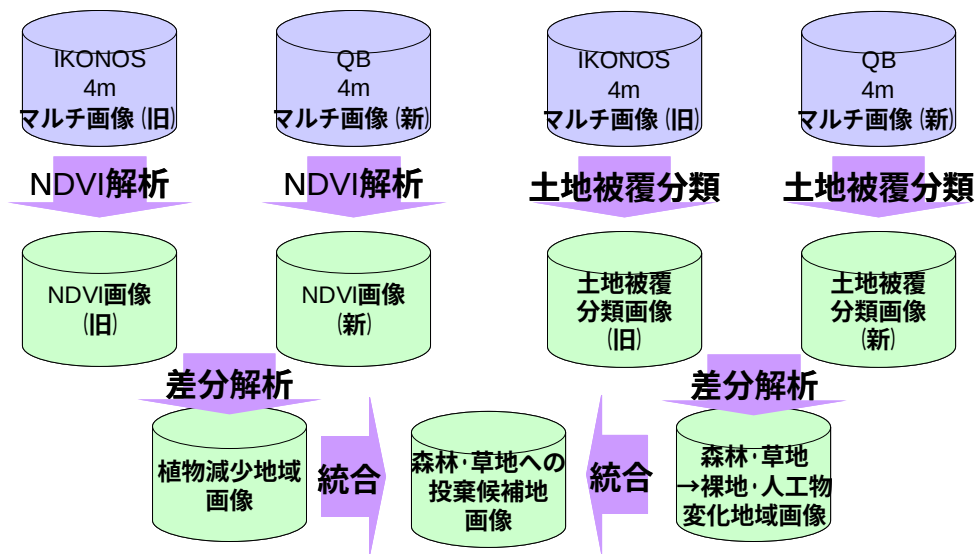


図6-13 植生変化の解析フロー

- NDVI変化

植生変化の割合を連続的な数値で出すことができる。自動処理が可能であるが、画像間で数値のばらつきを生じる可能性がある。

- 土地被覆分類変化

土地被覆の変化から植生変化を明示的に出すことができる。正確な検知が期待できるが、熟練者による手作業が必要であり、画像解析に日数がかかる。

(b) 金属反応に着目した画像解析技術

金属反応は、図6-14に示す2種類の方法の組み合わせにより、検知できると考えた。

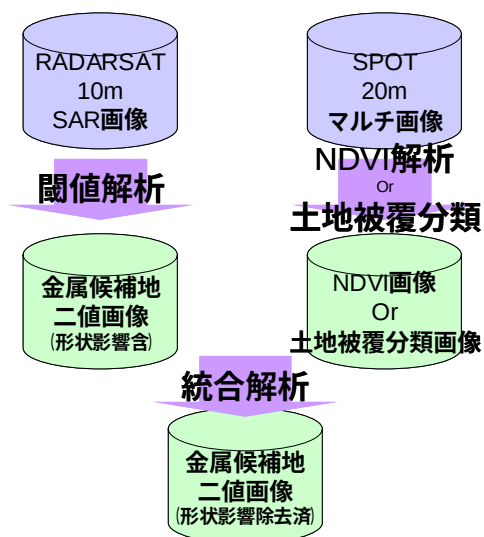


図6-14 金属反応の解析フロー

- レーダ画像の閾値処理

閾値を適切に設定することにより、不法投棄現場にある重機や鉄板を検知できる可能性がある。森林の樹冠の反射による誤検知の可能性はある。

- NDVI画像の閾値処理

閾値を適切に設定することにより、森林部を抽出することができる。従って、レーダ画像による森林部の誤検知を除去できる。

(3)検証に用いた衛星画像

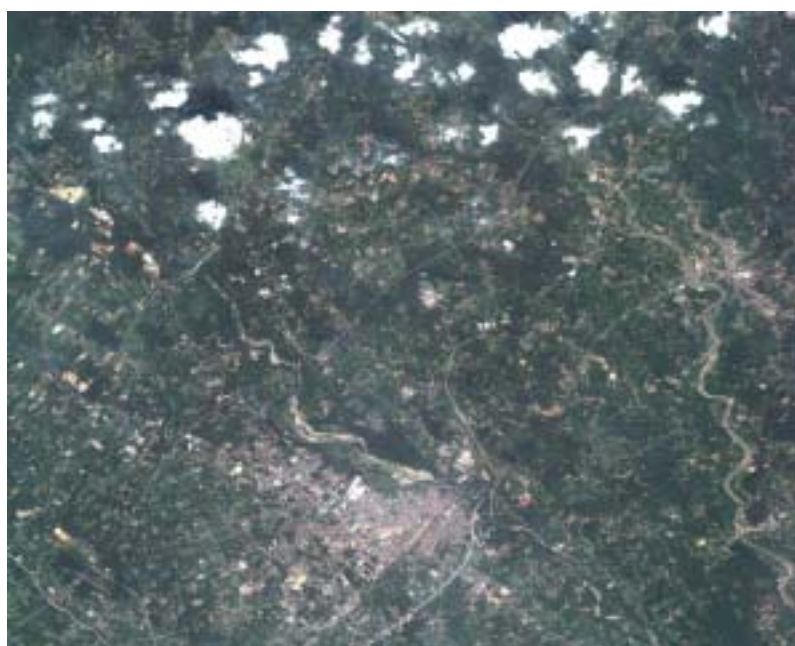
茨城、栃木、千葉の3県それぞれについて、第1回検証試験用の検証エリアを設定し、衛星画像を新規撮影した。これらの新規撮影画像の中の狭域画像を図6-15に示す。撮影した画像は、分解能が異なる2種類の光学衛星画像と1種類のレーダ衛星画像である。さらに、植生変化を見るために、表6-2に示す同じエリアのアーカイブ画像を入手した。なお、狭域画像はマルチスペクトルの空間分解能が3m～4mで撮影範囲が約10km四方の画像であり、広域画像はマルチスペクトルの空間分解能が10m～20mで撮影範囲が約60km四方の画像である。



(a) 茨城県の検証エリアの狭域画像

(QuickBird画像 2002年7月31日撮影 東西約14km・南北約 14km)

図6-15 第1回検証試験で新規撮影した狭域画像



(b) 栃木県の検証エリアの狭域画像
 (QuickBird画像 2002年7月31日撮影 東西約14km・南北約 14km)



(c) 千葉県の検証エリアの狭域画像
 (QuickBird画像 2002年7月31日撮影 東西約14km・南北約 14km)

図6-15 (つづき) 第1回検証試験で新規撮影した狭域画像

表6-2 第1回検証に用いた衛星画像の種類と撮影日

画像種別		衛星 (分解能)	茨城	栃木	千葉
狭域 植生変化	変化前	IKONOS (4m)	2001.4.23	2000.9.21	2001.4.23
	変化後	QuickBird (3m)	2002.7.31	2002.7.31	2002.7.31
広域 植生変化	変化前	SPOT2 (20m)	2001.6.3	2001.6.4	2001.7.12
	変化後	SPOT2/4 (20m)	2002.8.8 (SPOT4)	2002.9.19 (SPOT2)	2002.8.8 (SPOT4)
広域 金属反応	変化後	Radarsat (10m)	2002.7.17	2002.7.17	2002.7.17

(4)解析結果の検証方法

あらかじめ要検知現場を抽出しておき、画像解析による検知現場が要検知現場を網羅しているかどうか、要検知現場以外を検知していないかどうかをチェックし、解析精度を要検知現場の網羅率（適正検知現場数／全要検知現場数）と誤検知率（誤検知現場数／全検知現場数）で定量化することにした。図6-16にその定義を示す。ここで、要検知現場には不法投棄現場だけでなく、外見上からは不法投棄現場と区別することが困難な不適正保管場所、資材置き場、残土処理場、宅地開発地等も含めて評価することにした。評価対象現場は、既知現場と未知現場という2つの観点から各県数十箇所ずつを表6-3のように抽出した。

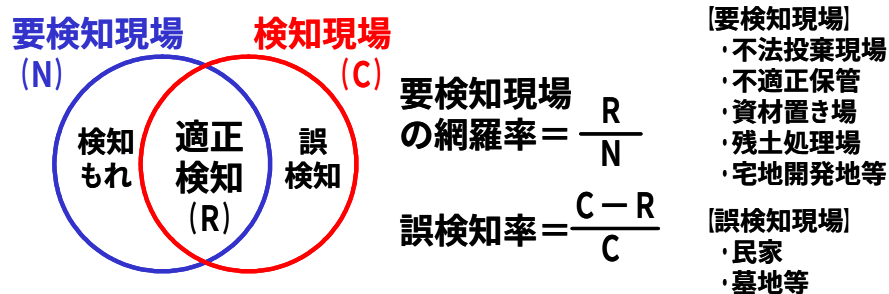


図6-16 要検知現場の網羅率と誤検知率の定義

表6-3 抽出した既知現場と未知現場の数

現場種別		茨城	栃木	千葉
既知現場	候補地	22	3	21
	現況確認済	18	2	11
未知現場	候補地	89	181	63
	現況確認済	17	33	39

①既知現場

既知現場は、平成13年度末の時点で不法投棄場所として自治体が把握していた現場である。このうち、自治体へのヒアリングにより現況が確認できた場所のみを評価対象現場に選び、これを要検知現場として、要検知現場の網羅率を評価した。

②未知現場

未知現場は、今回の検証試験で衛星画像から我々が抽出した現場である。衛星画像から、図6-17に示す手順により評価対象現場と要検知現場を選定した。

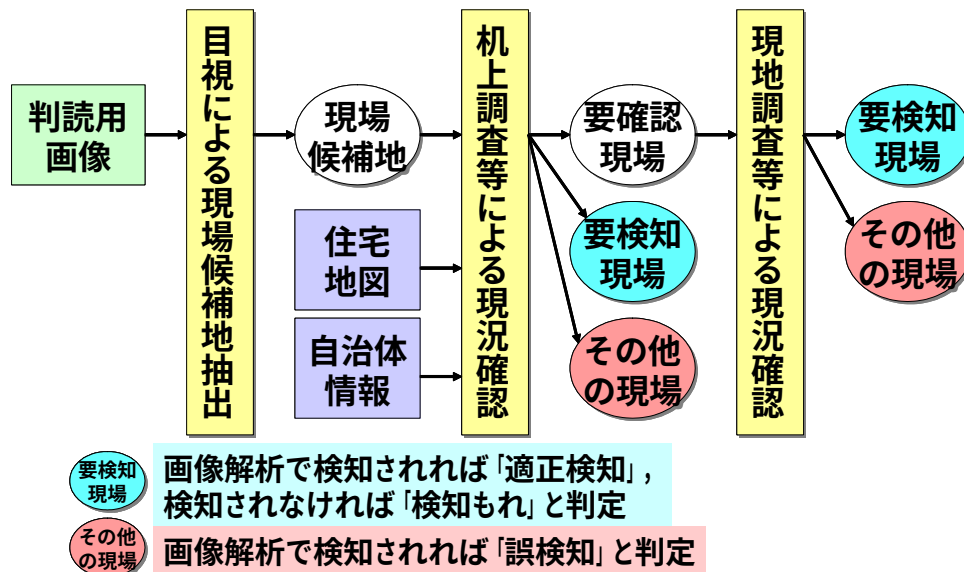


図6-17 衛星画像からの未知現場抽出方法

- 狭域・判読用画像の目視判読
画像全体を目視判読することにより、不法投棄現場の可能性があるとされる場所を抽出し、評価対象現場とした。
- 住宅地図によるランク付け
すべての評価対象現場について住宅地図で状況を調べ、要検知現場とそうでない現場、現地での現況確認が必要な調査対象現場の3種類に分類した。
- 現地調査による現場確認
調査対象現場の状況を実際に現地で確認して、要検知現場とそうでない現場に分類するとともに、見取り図の作成、スナップ写真の撮影等、解析結果の評価に必要な情報収集を行った。

(5) 検証試験の結果

(a)既知現場の網羅率

既知現場での検証では、要検知現場の網羅率、すなわち不法投棄現場が画像解析によってもれなく検知されているかどうかを評価した。結果を表6-4に示す。3県ともに網羅率が低い（検知もれが多い）という結果になったが、これはある意味では当然の結果である。なぜな

らば、既知現場のほとんどはすでに自治体の監視下におかれており、新たな森林伐採や投棄行為が行われていないため、植生変化は生じないためである。したがって、植生変化に着目した画像解析技術は既知現場ではなく、未知現場に適用すべきといえることができる。しかし、金属反応に着目した画像解析技術でもほとんど検知できていない点については、その解明が必要である。

表6-4 既知現場の網羅率

現場種別	茨城	栃木	千葉
既知現場数	22	3	21
現況確認済現場数	18	2	11
要検知現場数 (N)	18	2	11
適正検知現場数 (R)	0	1	3
(再掲)	狭域・植生変化	0	3
	広域・植生変化	0	2
	広域・金属反応	0	1
要検知現場の網羅率 (R/N)	0%	50%	27%

(b)未知現場の網羅率

未知現場での検証では、まず既知現場と同様に要検知現場の網羅率の評価と、解析技術別の適正検知数の評価を行った。結果をそれぞれ表6-5、図6-18に示す。表6-5より、3県の網羅率は61～77%（検知もれは39～23%）の範囲であり、大きなばらつきはない。しかし、図6-18より、解析技術の有効性には地域差があり、特に千葉県以外では広域画像を用いた植生変化と金属反応に着目した画像解析技術の適正検知が少ないことが分かる。

表6-5 未知現場の網羅率

現場種別	茨城	栃木	千葉
候補地数	89	181	63
現況確認済現場数	17	33	39
要検知現場数 (N)	13	17	36
適正検知現場数 (R)	10	11	22
(再掲)	狭域・植生変化	7	13
	広域・植生変化	5	15
	広域・金属反応	3	9
要検知現場の網羅率 (R/N)	77%	65%	61%

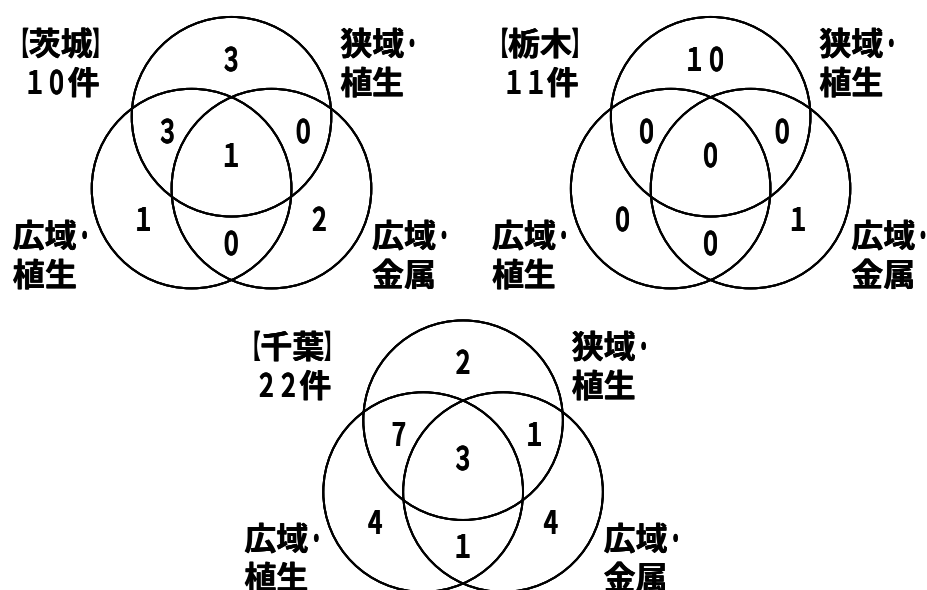


図6-18 解析技術別の適正検知現場数の内訳

(c)未知現場の誤検知率

次に、未知現場には要検知現場以外の現場も含まれているため、これらの現場を含めた誤検知率の評価、すなわち画像解析の結果にどの程度の誤検知が含まれているかを評価した。結果を表6-6に示す。3県の誤検知率は87～35%であり、大きなばらつきが生じた。特に栃木県では広域画像を用いた植生変化に着目した画像解析技術の誤検知が多かった。

表6-6 未知現場での誤検知率評価結果

現場種別		茨城	栃木	千葉
候補地数		89	181	63
現況確認済現場数		17	33	39
検知現場総数 (C)		43	85	34
適正検知現場数 (R)		10	11	22
誤検知現場数 (C-R)		33	74	12
(再掲)	狭域・植生変化	21	68	9
	広域・植生変化	12	8	6
	広域・金属反応	7	6	1
誤検知率 ((C-R)/C)		77%	87%	35%

(6)検知もれと誤検知の原因の考察

検証対象とした画像解析技術について、茨城県で現場調査を行ったいくつかの現場をケーススタディとして、画像解析の結果と実際の現場状況を対比しながら、検知もれと誤検知の原因分析を行った（現場調査結果の詳細は付録4を参照）。

(a) 植生変化に着目した画像解析技術

最初の図6-19は、現場ID39の狭域NDVI変化画像、広域NDVI変化画像、地上で撮影した現場状況写真である。ここは解体工事現場であり、芝でごみを隠したと思われる山が作られている。狭域画像では現場の北端部分でNDVI変化が検知されているが、広域画像では検知されていない。これは、現場の中でも植生変化が生じた部分がわずかであるため、広域画像では空間分解能の不足により検知できなかったとも考えられる。



(a) 狭域画像(QuickBird画像)

(b) 広域画像(SPOT4画像)

(東西約750m・南北約 700m 対象現場は黄色のポリゴン、
NDVI変化は水色、金属反応は赤色のラスタで示す)



(c) 現場状況写真

図6-19 現場ID39の画像解析結果と現場状況

次の図6-20は、現場ID80の狭域NDVI変化画像、広域NDVI変化画像、地上で撮影した現場状況写真である。ここは田畑の一角に作られた資材置場で、石、砂、土、鋤さい、木材、コンクリートが投棄されていた。しかし、NDVI変化は狭域画像、広域画像のいずれにおいても検知されておらず、検知もれとなった。この検知もれは、現場面積が小さいことと、もともと裸地だったところに不法投棄が行われたためと考えられる。



(a) 狭域画像(QuickBird画像)

(b) 広域画像(SPOT4画像)

(東西約750m・南北約 700m 対象現場は黄色のポリゴン、
NDVI変化は水色、金属反応は赤色のラスタで示す)



(c) 現場状況写真

図6-20 現場ID80の画像解析結果と現場状況

次の図6-21は、現場ID52の狭域NDVI変化画像、広域NDVI変化画像、地上で撮影した現場状況写真である。ここは市街化調整区域内の畑であるが、狭域のNDVI変化が検知されたため誤検知となった。この誤検知は、作物の収穫等によって植生変化が生じたためと考えられる。



(a) 狭域画像(QuickBird画像)

(b) 広域画像(SPOT4画像)

(東西約750m・南北約 700m 対象現場は黄色のポリゴン、
NDVI変化は水色、金属反応は赤色のラスタで示す)



(c) 現場状況写真

図6-21 現場ID52の画像解析結果と現場状況

以上の結果は、次のようにまとめることができる。

- 広域画像は、空間分解能が低いため、よほど大規模な不法投棄現場でないと正しく発見できる可能性は小さい。
- 狭域画像は、比較的小規模な不法投棄現場でも発見できるが、森林伐採等の植生変化を伴わないものは発見できる可能性は小さい。
- 田畑は作物の収穫によって植生変化が生じるので、誤検知が生じる。特に、変化前が夏の画像で変化後が冬の画像の場合には、誤検知が多発する可能性が大きい。

(b)金属反応に着目した画像解析技術

図6-22は、現場ID87の狭域NDVI変化画像、広域NDVI変化画像、地上で撮影した現場状況写真である。ここは不法投棄現場であり、建設残土の埋め立てを行うため、鉄板が敷設され、重機が搬入されていた。NDVI変化は狭域画像、広域画像のいずれにおいても非常に明確に検知されているが、金属反応は検知されていない。この検知もれは、レーダ画像の分解能が低すぎるためか、画像撮影時と現場調査時で状況が変わったかのいずれかであると考えられる。



(a) 狭域画像(QuickBird画像)

(b) 広域画像(SPOT4画像)

(東西約750m・南北約 700m 対象現場は黄色のポリゴン、
NDVI変化は水色、金属反応は赤色のラスタで示す)



(c) 現場状況写真

図6-22 現場ID87の画像解析結果と現場状況

なお、金属反応は前述した現場ID39や現場ID52の付近にも検知されているが、必ずしも規則性があるわけではない。これらを総合的に判断すると、金属反応の検知性能に関しては疑問があるため、第2回検証試験結果を含めて6.4.3でさらに詳しく考察する。

(7) まとめ

第1回検証試験を実施して、画像解析技術、解析精度、解析結果の利用方法に関し以下の結論を得た。

- 解析技術について

植生変化に着目した検知技術は有効であるが、その効果は地域によって異なる。また、金属反応に着目した検知技術は、植生変化に着目した検知技術よりも有効性が低い。

- 解析精度について

植生変化と金属反応を組み合わせた解析結果の精度（要検知現場の網羅率と誤検知率）は不十分であり、検知もれと誤検知を削減するための改良が必要である。

- 使用する画像情報について

植生変化は、画像のスペクトル情報（色の情報）のみを利用しており、空間パターン情報（形の情報）を生かしていない。

- 利用方法について

解析結果の解釈方法、および現場パトロール等の自治体における実務での利用方法が明確でない。

- 評価方法について

第1回検証試験で行った解析結果の精度の評価方法は、判読画像の目視チェック結果に基づいているため、客観的な評価になっていない可能性がある。

6.4.2 第2回検証試験の実施とその結果

(1)第2回検証試験の目的

6.4.1で述べた第1回検証試験の結果を受け、以下の改善検討を行った。

- ①地域特徴の分析
- ②解析手順の追加・改良
- ③解析結果の利用方法の具体化
- ④精度評価方法の見直し

以下、これらの検討内容と結果について述べる。

①地域特徴の分析

第1回検証試験で調査した現場の特徴を整理するとともに自治体のニーズをヒアリングし、現場の衛星画像の特徴を考慮することにより、画像解析の着眼点と追加特徴量の候補を抽出した。結果を表6-7に示す。各県の不法投棄現場の共通的な特性として植生変化があること、色が白または茶であること、テクスチャがランダムであること、領域形状が不規則であることが確認できた。

表6-7 地域特徴の分析結果

地域	対象地域 の特徴	現場の特徴			自治体のニーズ	現場の画像特徴	着眼点と追加特徴量
		大きさ	場所	その他			
茨城	市街地: 1 田畑: 8 森林: 1	小	田畑	・不法投棄と森林伐採の関連は薄い ・自社敷地内での小規模な不法投棄 (不適正保管) が目立つ ・資材置き場の敷地内での不法投棄が目立つ	・早期発見 ・経過の監視	・領域形状が不規則 (田畑のように長方形でない) ・テクスチャがランダム ・白あるいは茶色の土のように見える ・金属反応が出た地域に怪しい場所が多い ・小規模 ・見通しが悪い場所が多い ・植生変化はない場合が多い	・植生の有無: 無 ・テクスチャ: ランダム ・色: 白、茶 ・金属反応: 有 ・領域形状: 不規則
栃木	市街地: 1 田畑: 5 森林: 4	中・小	森林	・森林が多くを占めるため、各種開発ですべて森林伐採が起こる ・森林が深く、衛星から道路の検知が不可能な場合が多い ・見通しが悪いところだらけ ・民家は非常にまばら ・別荘密集地など管理されていない ・捨てる気があればどこにでも捨てられる ・小規模な投棄がほとんど ・田畑を囲っての投棄はない	・森林地区に発生する現場の早期発見	・小規模 ・植生変化あり ・見通しは常に悪い	・植生の有無: 無 ・植生変化: 有 ・テクスチャ: ランダム ・色: 白、茶 ・領域形状: 不規則
千葉	市街地: 1 田畑: 2 森林: 7	大	森林	・大規模かつ大胆 (道路脇でも平気) ・大規模森林伐採と不法投棄との結びつきが強い反面、中小規模の投棄現場では植生の変化を伴う例は少ない。 ・投棄現場の周辺を金属性のついたてで囲み、周辺から見えないようにしている例が多い。(平野部が多く、自然の地形による目隠しがされる場所が少ないからか?) ・土取りの跡地に捨てている例が多く見受けられる。(平野部の特徴?)	・今後増えてくると思われる、中小規模の投棄現場の発見	・テクスチャがランダム ・白あるいは茶色の土のように見える ・焼却炉での金属反応あり ・大規模 ・短期間での植生変化あり ・見通しとの関連は低い	・植生の有無: 無 ・植生変化: 有 ・テクスチャ: ランダム ・色: 白、茶 ・金属反応: 有

②解析手順の追加・改良

上記で抽出した特性のうち、植生変化についてはNDVI変化に加えてバンド比演算を追加し、テクスチャについては空間情報解析を追加した。また第2回検証試験では、第1回検証試験で撮影した夏の画像と新規に撮影した冬の画像の変化を抽出するため、田畑の農作物がなくなることと草類が枯れることによって植生変化が生じ、誤検知が多発することが予想されたため、3時期の画像を用いるように改良を行った。詳細については、5章で述べたとおりである。

● 追加

－ 空間情報解析

植生変化を伴わない不法投棄現場を発見するための技術である (5.7参照)。

－ バンド比演算

植生変化を伴う不法投棄現場を発見するための技術であり、既存のNDVI変化よりも高い精度が得られる可能性がある (5.6参照)。

● 改良

－ NDVI変化

3時期の画像を用いることにより、季節変化によって生じる収穫後の田畑や冬枯れの草地の誤検知を除去する (5.4参照)。

－ 土地被覆分類変化

NDVI変化と同じ (5.5参照)。

③解析結果の利用方法の具体化

画像解析から結果利用までのワークフローを図6-23に示すように整理した。

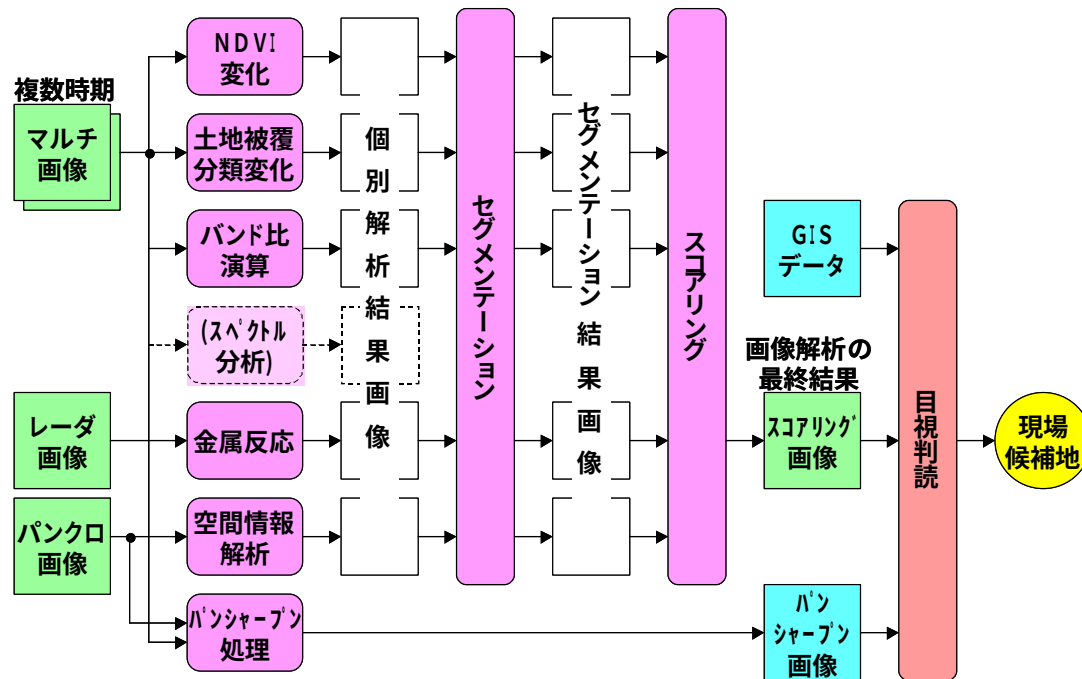


図6-23 画像解析結果の利用方法

－ セグメンテーション

セグメンテーションは、画像解析結果として得られた画素を一定のサイズの領域にまとめる処理である。これにより、解析結果のノイズを除去して、誤検知を削減するとともに、ユーザの視認性を向上させることが期待できる。

－ スコアリング

スコアリングは、複数の画像解析技術による解析結果を統合する処理である。これにより、誤検知を削減するとともに、現場パトロール地を決定するための優先順位を与えることを目標とする。

－ 目視判読

目視判読は、画像解析の最終結果と判読画像やGISデータを参照することにより、実際に現場パトロールに行く現場候補地を決定する処理である。

④精度評価方法の見直し

定量的かつ客観的な評価を行うためには、現地の状況を詳しく調査する必要があるが、衛星画像で撮影されたエリア全体を調べることは期間的に不可能である。そこで、限定された範囲の定量的検証エリアを設け、その中を出来る限りくまなく調査し、画像解析結果との照合をするための正解データを作成する。正解データは、森林、植生のある田畑、植生のない田畑、草地、裸地、人工物、不法投棄現場等（処分場や資材置場を含む）、水域、

不明の9種類のポリゴンによって構成する。画像解析結果と正解データを突き合わせることで、解析結果の網羅率と誤検知率を解析技術別に定量化することにした。

上記の改善検討結果を受け、第2回検証試験では以下の項目に着目して、画像解析技術等の検証を行った。

- 画像解析技術の評価
前述の精度評価方法によって、解析技術ごとに本来検知すべき領域が正しく検知できているかどうかを定量的に確認する。
- 解析結果の表示方法の評価
セグメンテーションが解析精度に与える影響を定量的に明確化するとともに、スコアリングの有用性を確認する。
- 解析結果の利用方法の明確化
画像解析の最終結果から実際に現場パトロールを行う候補地を決定するためのプロセスを明確化し、その有用性を確認する。

(2)検証する画像解析技術および解析結果の表示方法

(a)画像解析技術

第2回検証試験では、第1回検証試験で使用した3種類の画像解析技術と、5章で新たに検討した2種類の画像解析技術の計5技術を検証対象とした。

- 植生変化その1（NDVI変化）
3時期のNDVI処理をした画像間の差分を図6-24の手順で求める。

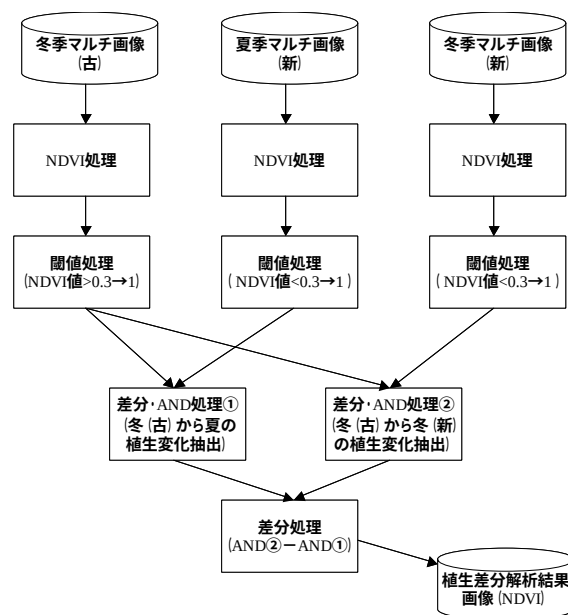


図6-24 NDVI変化の解析フロー

- 植生変化その2（土地被覆分類変化）

3時期の土地被覆分類処理をした画像間の差分を図6-25の手順で求める。

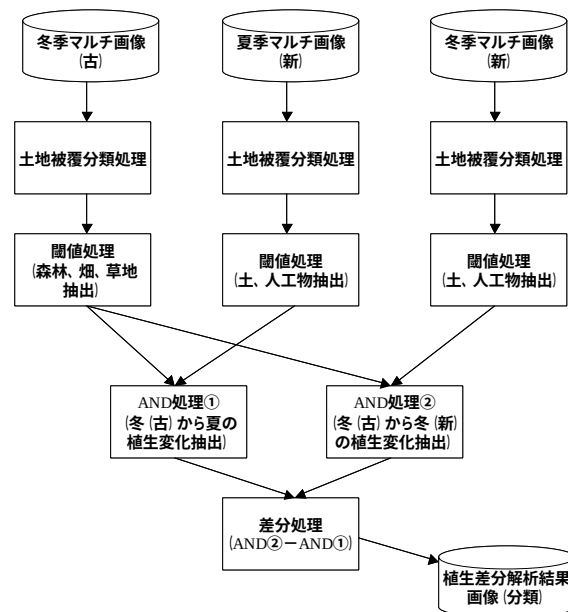


図6-25 土地被覆変化の解析フロー

- 植生変化その3（バンド比演算）

3時期のバンド比演算処理をした画像間の差分を図6-26の手順で求める。

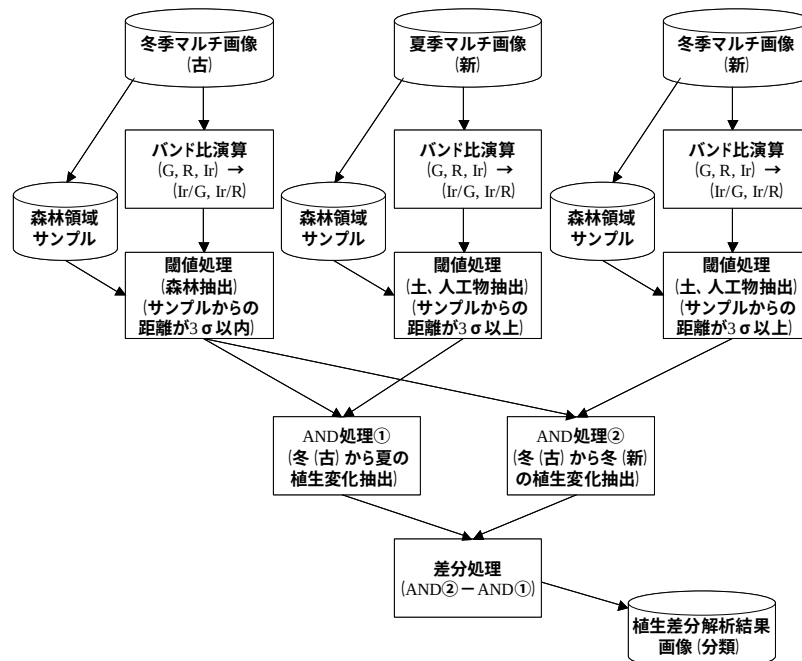


図6-26 バンド比演算の解析フロー

- 金属検知

レーダ画像の閾値処理とNDVI処理の共通部分を図6-27の手順で求める。

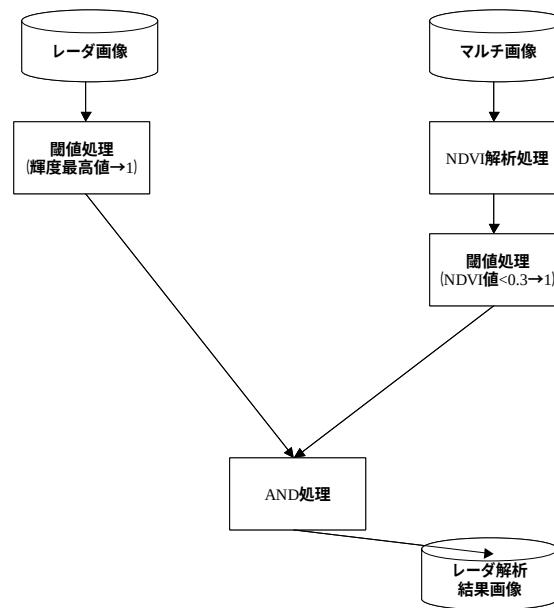


図6-27 金属検知の解析フロー

- 空間情報解析

フーリエ解析処理とNDVI処理の共通部分を図6-28の手順で求める。

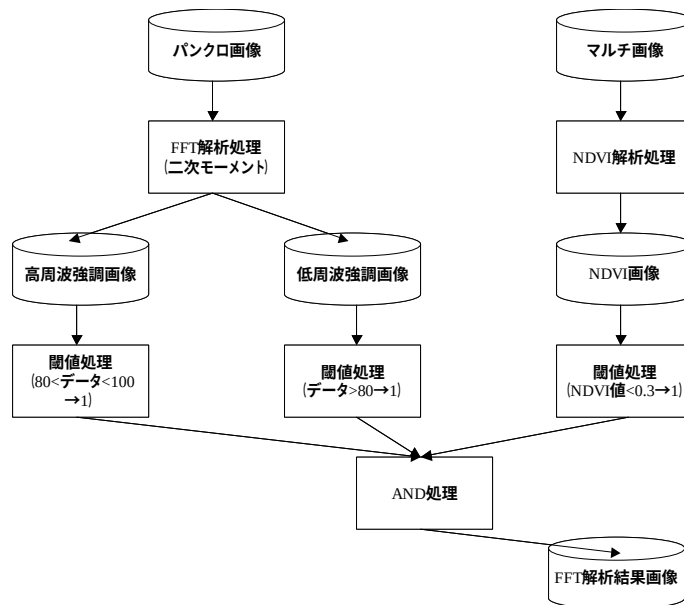


図6-28 空間情報解析の解析フロー

(b)解析結果の表示方法

自治体における実務で解析結果を利用しやすくするための表示方法として、以下の2種類の方法を検証対象とした。

- セグメンテーション

解析結果画像の画素をグループ化する手法1と別途マルチスペクトル画像から作成したセグメント情報を重ねあわせる手法2を検討した。その手順を図6-29に示す。その結果、手法2は高い精度のセグメント化を自動処理で行うことが困難なことがわかったため、手法1を採用することにした。

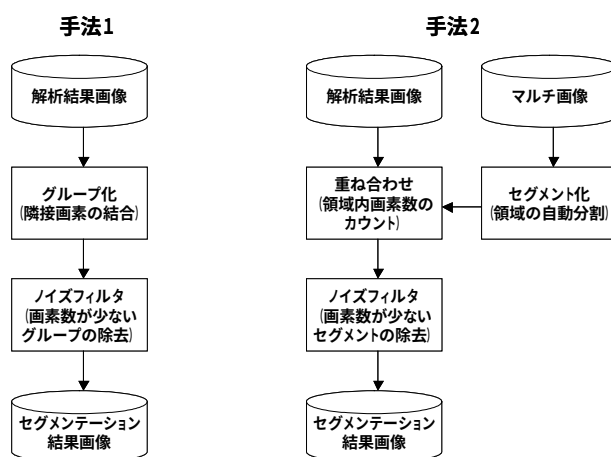


図6-29 セグメンテーションの処理フロー

- スコアリング

デジジョンテーブルを用いることにより、個別の解析結果に重みをつけて統合し、順位付けする。重みは、個別の解析技術の精度に応じて決定することにした。

(3)検証に用いた衛星画像

第1回検証試験と同様に、分解能が異なる3種類の光学衛星画像と1種類のレーダ衛星画像を新規撮影した。これらの新規撮影画像の中の狭域画像を図6-30に示す。また、植生変化については3時期の画像を必要とするため、第1回検証試験で使用した表6-8の画像を再利用した。なお、新規撮影した画像のうち、栃木県と千葉県狭域画像は山間部を中心に積雪があったため、画像の一部しか使用できなかった。また、茨城県と栃木県で使用した広域高分解能画像（SPOT5画像）は、従来の広域画像（SPOT4画像）と同じ広さのエリアを一度に撮影でき、かつ空間分解能が2倍（パンクロマチックは4倍）に向上しているため、狭域高分解能画像の代替画像として利用可能であれば、コスト的なメリットが大きいと考えられる。



(a) 茨城県の検証エリアの狭域画像
 (QuickBird画像 2002年11月7日撮影 東西約14km・南北約 14km)



(b) 栃木県の検証エリアの狭域画像
 (QuickBird画像 2002年11月12日撮影 東西約14km・南北約 14km)

図6-30 第2回検証試験で新規撮影した狭域画像



(c) 茨城県の検証エリアの狭域画像
(QuickBird画像 2002年12月8日撮影 東西約14km・南北約 14km)

図6-30 (つづき) 第2回検証試験で新規撮影した狭域画像

表6-8 第1回検証に用いた衛星画像の種類と撮影日

画像種別		衛星 (分解能)	茨城	栃木	千葉
狭域 植生変化 空間情報	変化前	IKONOS (4m)	2001.4.23	2000.9.21	2001.4.23
	変化前	QuickBird (3m)	2002.7.31	2002.7.31	2002.7.31
	変化後	QuickBird (3m)	2002.11.7	2002.11.12	2002.12.18
広域 植生変化 空間情報	変化前	SPOT2 (20m)	2001.6.3	2001.6.4	2001.7.12
	変化前	SPOT2/4 (20m)	2002.8.8 (SPOT4)	2002.9.19 (SPOT2)	2002.8.8 (SPOT4)
	変化後	SPOT4(20m)/ SPOT5(10m)	2002.11.13 (SPOT5)	2002.10.12 (SPOT5)	2002.10.30 (SPOT4)
広域 金属反応	変化後	Radarsat (10m)	2002.10.21	2002.10.21	2002.11.14

さらに、これらの画像の中から定量的検証エリアを選定するのに際しては、検証に必要な十分な種類と数の土地被覆が含まれること、相当数の不法投棄現場等が存在することを考慮し、図6-31に示す茨城県稲敷郡阿見町内の約2km四方の区域に設定した。



(a) 定量的検証エリアの衛星画像
 (QuickBird画像 2002年11月7日撮影 東西約2km・南北約 2km)



(b) 定量的検証エリアの土地利用状況
 (緑は森林地域、黄緑は農用地区域、青は河川・水辺、薄いピンクは街区、
 濃いピンクは家屋形状・主要建物、赤色のポリゴンは不法投棄等の現場)

図6-31 定量的検証エリア

(4)定量的検証エリアでの検証方法

(a)画像解析技術の検証方法

定量的検証エリアの正解データを作成するため、この区域を撮影した狭域・判読用画像をもとにして目視による領域分割（ポリゴン作成）を行った。さらに画像上での目視による判定および現地での現場調査によって、各ポリゴンを9分類（森林、植生のある田畑、植生のない田畑、草地、裸地、人工物、不法投棄現場等、水域、その他）に分けた土地被覆分類画像を作成した。結果を図6-32に示す。この土地被覆分類画像は、夏の画像と冬の画像に対応した2枚を作成した。この2枚の画像によって、限定エリア内のポリゴンは、夏画像と冬画像各8分類（評価対象外としたその他を除く）の組み合わせにより、表6-9の64種類のいずれかに分類される。この表を正解データとして、各解析技術について以下の方法で解析精度を評価した。



図6-32 定量的検証エリアの土地被覆分類

（①森林[緑]、②田畑（植生あり）[橙]、③田畑（植生なし）[薄青]、④草地[黄緑]、⑤裸地[黄]、
⑥人工物[桃]、⑦不法投棄現場等[赤]、⑧水域[青]、⑨その他(評価対象外)[白] の9分類）

表6-9 定量的検証エリア内のポリゴン数

夏画像 冬画像	森林	田畑 植生有	田畑 植生無	草地	裸地	人工物	不法 投棄等	水域	合計
森林	229			1					230
田畑 植生有	1	180	162						343
田畑 植生無		436	335						771
草地	3	13	6	110	4				136
裸地		1	4	15	21	1			42
人工物		2	1		2	193			198
不法投 棄等							11		11
水域								1	1
合計	233	632	508	126	27	194	11	1	1732

①植生変化（NDVI変化・土地被覆分類・バンド比演算）

NDVI変化、土地被覆分類、バンド比演算の3つの技術はいずれも、植生のある土地被覆（森林、植生のある田畑、草地）から植生のない土地被覆（裸地、人工物、不法投棄現場または処分場等）へ変化したことを検知するものである。したがって、この変化に対応したポリゴンと画像解析結果が合致した場合は適正検知、合致しなかった場合は検知もれまたは誤検知となる（表6-10）。なお、季節変化による植生のある田畑から植生のない田畑への変化は、3時期の画像を用いることにより検知しないようにしているため、検知された場合は誤検知の扱いとした。

表6-10 NDVI変化・土地被覆分類変化・バンド比演算による検知対象ポリゴン

夏画像 冬画像	森林	田畑 植生有	田畑 植生無	草地	裸地	人工 物	不法 投棄等	水域	合計
森林									
田畑 植生有									
田畑 植生無									
草地									
裸地				15					15
人工物									
不法投 棄等									
水域									
合計				15					15

②金属反応

金属反応は、植生がなくかつレーダを反射しやすい重機・鉄板等が存在する不法投棄現場等を検知するものである。したがって、不法投棄現場等のポリゴンと画像解析結果が合致した場合は適正検知、合致しなかった場合は検知もれまたは誤検知となる（表6-11）。

表6-11 金属反応による検知対象ポリゴン

夏画像 冬画像	森林	田畑 植生有	田畑 植生無	草地	裸地	人工 物	不法 投棄等	水域	合計
森林									
田畑 植生有									
田畑 植生無									
草地									
裸地									
人工物									
不法投 棄等							11		11
水域									
合計							11		11

③空間情報解析

空間情報解析は、不法投棄現場と類似のテクスチャパターンを持つ土地被覆（裸地、不法投棄現場等）を検知するものである。したがって、この土地被覆のポリゴンと画像解析結果が合致した場合は適正検知、合致しなかった場合は検知もれまたは誤検知となる（表6-12）。

表6-12 空間情報解析による検知対象ポリゴン

夏画像 冬画像	森林	田畑 植生有	田畑 植生無	草地	裸地	人工物	不法 投棄等	水域	合計
森林									
田畑 植生有									
田畑 植生無									
草地									
裸地		1	4	15	21	1			42
人工物									
不法投 棄等							11		11
水域									
合計		1	4	15	21	1	11		53

(b)解析結果の表示方法の検証方法

①セグメンテーション技術

セグメンテーション技術の目的は、個別の画像解析結果の誤検知の削減であるが、その副作用として要検知現場の網羅率の低下が懸念される。そこで、前項で評価した解析技術のうち、NDVI変化の結果画像からセグメンテーション画像を試験的に作成し、セグメンテーション化前後の解析精度を比較することにより、効果を検証した。

②スコアリング技術

スコアリング技術の目的は、複数の解析技術による解析結果を統合化することによって、不法投棄現場の発見という観点からの総合的な画像解析結果の適合率の向上である。そこで、個別の解析技術で結果が良好だった解析技術を選択し、試験的に作成した決定表（デシジョンテーブル）を用いて解析精度の高さに応じた重み付けを行うことにより、スコアリングの効果を検討した。

(5)検証結果

(a)画像解析技術の検証結果

①植生変化その1（NDVI変化）

NDVI変化の解析技術を狭域、広域高分解能、広域の3種類の画像に適用した。狭域画像はIKONOSと2時期のQuickbird画像であり、広域高分解能画像は10m分解能にリサンプリングしたIKONOS・QuickbirdとSPOT5画像であり、広域画像は2時期のSPOT2/4と20m分解能にリサンプリングしたSPOT5画像である。解析結果は、ポリゴンの面積別に集計した（図6-33～35、表6-13～15）。表6-13より、狭域画像の場合、対象エリアを検知できた割合は良好であり（網羅率80%）、面積が300m²以上ならばほぼ確実に検知できた。表6-14より、広域高分解能画像の場合、対象エリアを検知できた割合は狭域画像よりもかなり低下し（網羅率47%）、特に面積が1000m²未満になると検知もれが目だった。表6-15より、広域画像の場合、対象エリアを検知できた割合はさらに低下し（網羅率7%）、面積が1000m²以上でも検知もれが生じた。また、すべての画像において誤検知が非常に多かった（誤検知率97～99%）。この誤検知の要因については、後の(6)でさらに詳しく考察する。



図6-33 狭域・NDVI変化の画像解析結果

（東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す）

表6-13 狭域・NDVI変化の定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	6	1	300.8	317.4
	100m ² ～	5	2	128.2	171.3
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 12 (80%)	【検知もれ】 3 (20%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 349 (97%)			



図6-34 広域高分解能・NDVI変化の画像解析結果

(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-14 広域高分解能・NDVI変化の定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	3	4	351.3	717.6
	100m ² ～	3	4	128.2	183.3
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 7 (47%)	【検知もれ】 8 (53%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 208 (97%)			



図6-35 広域・NDVI変化の画像解析結果

(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-15 広域・NDVI変化の定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	0	1	-	1706.0
	300m ² ～	0	7	-	717.6
	100m ² ～	1	6	171.3	237.9
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 1 (7%)	【検知もれ】 14 (93%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 136 (99%)			

②植生変化その2（土地被覆分類変化）

土地被覆分類変化の解析技術を狭域画像に適用し、解析結果をポリゴンの面積別に集計した（図6-36、表6-16）。表6-16の結果（網羅率73%）は、表6-13の狭域・NDVI変化の結果（網羅率80%）とほとんど差がないことがわかる。



図6-36 狭域・土地被覆分類変化の画像解析結果
（東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す）

表6-16 狭域・土地被覆分類変化の定量評価結果

画像解析結果 正解データ		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	6	1	300.8	317.4
	100m ² ～	4	3	128.2	155.8
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 11 (73%)	【検知もれ】 4 (27%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 450 (98%)			

③バンド比演算

バンド比演算の解析技術を狭域画像に適用し、解析結果をポリゴンの面積別に集計した(図6-37、表6-17)。表6-17の結果は、表6-13の狭域・NDVI変化の結果(網羅率80%、誤検知率97%)と比較して網羅率は67%と若干低く、誤検知率は95%と若干低い、大きな差はないことがわかる。



図6-37 狭域・バンド比演算の画像解析結果

(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-17 狭域・バンド比演算の定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	5	2	300.8	717.6
	100m ² ～	4	3	133.6	183.3
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 10 (67%)	【検知もれ】 5 (33%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 189 (95%)			

④空間情報解析

空間情報解析技術を狭域および広域高分解能の画像に適用し、解析結果をポリゴンの面積別に集計した（図6-38～39、表6-18～19）。表6-18より、狭域画像でも検知もれが多く（網羅率45%）、表6-19より、広域高分解能画像ではさらに検知もれが多くなった（網羅率19%）。狭域画像と広域高分解能画像のいずれにおいても、面積と要検知現場の網羅率の間に明確な因果関係は認められなかった。なお、十分な検知精度が得られなかった原因については、6.4.3でさらに詳しく考察する。



図6-38 狭域・空間情報解析の画像解析結果

（東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す）

表6-18 狭域・空間情報解析の定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	6	-	6009.0
	1000m ² ～	9	7	1217.0	2874.0
	300m ² ～	10	8	317.4	655.4
	100m ² ～	5	8	109.9	183.3
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 24 (45%)	【検知もれ】 29 (55%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 301 (93%)			



図6-39 広域高分解能・空間情報解析の画像解析結果
(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-19 広域高分解能・空間情報解析の定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	1	5	3854.0	6009.0
	1000m ² ～	3	13	2859.0	2874.0
	300m ² ～	6	12	795.2	927.1
	100m ² ～	0	13	-	290.7
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 10 (19%)	【検知もれ】 43 (81%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 168 (97%)			

⑤金属反応

金属反応の解析結果をポリゴンの面積別に集計した（図6-40、表6-20）。表6-20より、適性検知は1件のみであり、正しく検知できているとは言えない状況であった（網羅率9%）。十分な検知精度が得られなかった原因については、6.4.3でさらに詳しく考察する。



図6-40 広域・金属反応の画像解析結果

（東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す）

表6-20 広域・金属反応の定量評価結果

正解データ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	4	-	6009.0
	1000m ² ～	1	5	1768.0	2859.0
	300m ² ～	0	1	-	630.4
	100m ² ～	0	0	-	-
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 1 (9%)	【検知もれ】 10 (91%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 7 (87%)			

(b)解析結果の表示方法の検証結果

①セグメンテーション

セグメンテーションによる解析結果の見え方の変化と解析精度への影響を調べるため、狭域および広域高分解能のNDVI変化の解析結果画像に、弱いセグメンテーションと強いセグメンテーションの2種類を適用した(図6-41～43、表6-21～23)。弱いセグメンテーションとは、解析結果の隣接画素をグループ化した結果が1画素のみのグループの除去、すなわち孤立した単一画素の除去を行うものである。強いセグメンテーションとは、解析結果の隣接画素をグループ化した結果が100m²以下のグループの除去を行うものである。なお、広域高分解能画像は1画素が100m²であるため、単一画素を除去する弱いセグメンテーションと100m²以下を除去する強いセグメンテーションは全く同じ効果となる。

狭域画像に対する弱いセグメンテーションでは、図6-41より解析結果の見え方はほとんど変化がないこと、表6-21より網羅率・誤検知率ともにほとんど変化がないことがわかった。一方、狭域画像に対する強いセグメンテーションでは、図6-42より解析結果の見え方は多少改善されるが、表6-22に示すように網羅率が80%から20%へと大幅に悪化し、誤検知率は98%とほとんど変わらないことがわかった。また、広域高分解能画像に対するセグメンテーションは、ノイズとなっていた一部の画素は除去されたものの、要検知現場の網羅率と誤検知率のいずれの数値にも明確な変化は現れなかった。



図6-41 狭域・NDVI変化の弱いセグメンテーション表示
(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-21 狭域・NDVI変化の弱いセグメンテーションの定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	6	1	300.8	317.4
	100m ² ～	5	2	128.2	171.3
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 12 (80%)	【検知もれ】 3 (20%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 315 (96%)			



図6-42 狭域・NDVI変化の強いセグメンテーション表示
(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-22 狭域・NDVI変化の強いセグメンテーションの定量評価結果

正解データ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	2	5	351.3	717.6
	100m ² ～	0	7	-	237.9
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 3 (20%)	【検知もれ】 12 (80%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 146 (98%)			



図6-43 広域高分解能・NDVI変化のセグメンテーション表示
(東西約2km・南北約 2km 検知対象は黄色のポリゴン線、検知結果は赤色のラスタで示す)

表6-23 広域高分解能・NDVI変化のセグメンテーションの定量評価結果

正解データ \ 画像解析結果		ポリゴン数による評価		ポリゴン面積による評価	
		検知	非検知	検知できた 最小面積	検知できな かった最大 面積
検知対象	3000m ² ～	0	0	-	-
	1000m ² ～	1	0	1706.0	-
	300m ² ～	3	4	351.3	717.6
	100m ² ～	3	4	128.2	183.3
	～100m ²	0	0	-	-
	対象計	【適正検知】 7 (47%)	【検知もれ】 8 (53%)		
検知対象外	対象外計	【誤検知】 208 (97%)			

②スコアリング

これまでの検討結果から、解析精度が高いと考えられた狭域・NDVI変化に重み2、狭域・空間情報解析に重み1、GISデータの阻害因子に重み1を割り当てた。なお、NDVI変化については100m²以上のグループを構成する画素は信頼性が高いと考えて重み1を加算した。また、阻害因子については、ひとつも該当しない場合に重み1を加算する方式をとった。以上の考え

方に基づいてデシジョンテーブルを作成し、画像表示を行った結果を表6-24と図6-44に示す。図6-44より、複数の個別解析結果を統合して利用者にわかりやすく表示できるようにはなかったが、この検証エリア内に植生変化を伴う不法投棄現場は存在しなかったため、効果を定量的に検証することはできなかった。したがって、要検知現場のスコアが高くなるようなデシジョンテーブルの作り方については今後の検討課題である。

表6-24 スコアリングのためのデシジョンテーブル

GISデータの阻害因子		非該当		該当	
空間情報解析		検知	非検知	検知	非検知
NDVI変化	検知かつ 100m ² 以上	5	4	4	3
	検知かつ 100m ² 未満	4	3	3	2
	非検知	2	0	1	0



図6-44 狭域画像の解析結果のスコアリング表示例

(東西約2km・南北約 2km 重み5以上：赤、3：橙、2：黄緑、1：薄青、
不法投棄等は黄色のポリゴン線)

(6)植生変化の誤検知原因の考察

前述したとおり、植生変化（NDVI変化、土地被覆分類変化、バンド比演算）のいずれの解析結果においても、非常に多数の誤検知が発生した。植生変化の画像解析では、季節変化の

影響を除去するために、図6-45に示す1年前の冬の画像、半年前の夏の画像、今回の冬の画像の3枚の画像を使用した。これらの画像を対比しながら、いくつかの典型的な誤検知の場所をケーススタディとして、誤検知の原因分析を行った。



(a)1年前の冬の画像(IKONOS画像)



(b)半年前の夏の画像(Quickbird画像)



(c)今回の冬の画像(Quickbird画像)



(d)NDVI変化の画像解析結果

図6-45 定量的検証エリア北西部分の季節変化の状況
(東西約1.3km・南北約 1.2km)

まず、図6-45中で黄色の円で囲んだAの部分に注目する。Aの部分は、画像(a)と画像(b)では植生のある畑だったものが、画像(c)では駐車場になっている。画像解析のアルゴリズムは、このような「植生あり→植生あり→植生なし」という変化パターンは検知対象になっているため、検知されて当然の結果であるといえる。次に図6-45中のBの部分は、画像(a)と画像(b)では植生のある畑だったものが、画像(c)では植生のない畑になっている。これは、画像の撮影時期がたまたま作物の収穫が終わった時期になったため、誤検知が生じたと考えられる。次に図6.4-33中のCの部分は、画像(a)、画像(b)、画像(c)のいずれにおいても植生のある畑であるが、画像(c)では他の画像と比べて直線状の影が濃く写っており、これが誤検知の原因になったと考えられる。影の写り方は、太陽の位置・高度と衛星の位置・高度の関係に依存

し、特に太陽高度が低い冬の時期に、急峻な起伏や背の高い樹木がある地域を撮影した場合には、影による誤検知は避けられない。以上の点を考慮して、画像の目視判読を行う必要があることがわかった。

(7)費用対効果の検討

解析結果を作成するための費用は、衛星画像の取得と解析処理の実行にかかるコストに大別できる。以下では、システムの実運用を行う際の参考に資するため、第2回検証試験でかかったコストに基づいて費用対効果を検討した。

衛星画像の取得にかかるコストは、取得する衛星画像の種類と面積に大きく依存する。狭域、広域高分解能、広域の各衛星について、パンクロマチック画像とマルチスペクトル画像を同時に新規撮影した場合のコストを表6-25に示す。この表より、広域高分解能画像の単位面積当たりのコストは狭域画像の約1/10であるため、大規模投棄現場のみに適用が限定される（不法投棄現場の網羅率が1/2となった）ものの、特に広域のエリアを低いコストで監視する必要がある場合には有用であることがわかる。

表6-25 衛星画像の取得コスト

画像種別	衛星	撮影面積 (フルシーン)	撮影価格 (パ°ソクロ+マルチ)	単位面積当たりのコスト
狭域	Quickbird	16.5km×16.5km	1,334,000円	4900円/km ²
広域高分解能	SPOT5	60km×60km	1,750,000円	486円/km ²
広域	SPOT4	60km×60km	486,300円	135円/km ²

次に、解析処理の実行にかかるコストは、使用する解析技術の種類と面積に大きく依存する。コストの大部分は人件費であると考えられ、人件費は作業工数で決まるため、各解析技術別のコストを表6-26に示す。この表より、土地被覆分類とバンド比演算は、それぞれNDVI変化の4倍と1.2倍のコストがかかったにもかかわらず、解析精度はNDVI変化よりも悪いので、費用対効果の点からは利用する価値はない。また、空間情報解析はNDVI変化よりも単位面積当たりのコストは高いが、1枚のパンクロマチック画像から解析結果を出せるため、解析精度が向上すれば利用する価値は高いと考えられる。

表6-26 解析処理の実行コスト

解析技術	衛星	処理面積 (フルシーン)	処理工数 (補正+解析)	単位面積当たりのコスト
NDVI変化	Quickbird	16.5km×16.5km	24人時	0.088人時/km ²
	SPOT5	60km×60km	24人時	0.007人時/km ²
土地被覆分類	Quickbird	16.5km×16.5km	96人時	0.353人時/km ²
	SPOT5	60km×60km	96人時	0.027人時/km ²
バンド比演算	Quickbird	16.5km×16.5km	28人時	0.103人時/km ²
	SPOT5	60km×60km	28人時	0.008人時/km ²
空間情報解析	Quickbird	16.5km×16.5km	36人時	0.132人時/km ²
	SPOT5	60km×60km	76人時	0.021人時/km ²
金属反応	Radarsat	60km×60km	8人時	0.002人時/km ²

(8) 解析結果の利用方法の検討

画像解析の最終結果をもとに現場パトロール候補地を決定する方法を検討した。これまでに検討した様々な画像解析技術の誤検知率が87～98%であることから、10～30箇所の検知箇所に1箇所程度含まれる要検知現場を抽出することはできても、それをさらに絞り込むことは画像解析技術単独では難しい。そこで、解析画像に対しては目視判読を行って誤検知を削減することとし、目視判読を併用した解析結果の利用方法を検討することにした。

(a) 目視判読の流れ

目視判読の流れは、図6-46に示すように「誤検知領域の除去」と「投棄現場の抽出」の2つのステップに分けることができる。ここで衛星画像の判読には、検証試験システムによって提供されるスコアリング画像（解析結果画像）、パンシャープン画像（衛星カラー画像）、GISデータを利用することを前提とした。また、判読に利用するパンシャープン画像は、分解能1m程度の狭域画像を使うことを想定している。

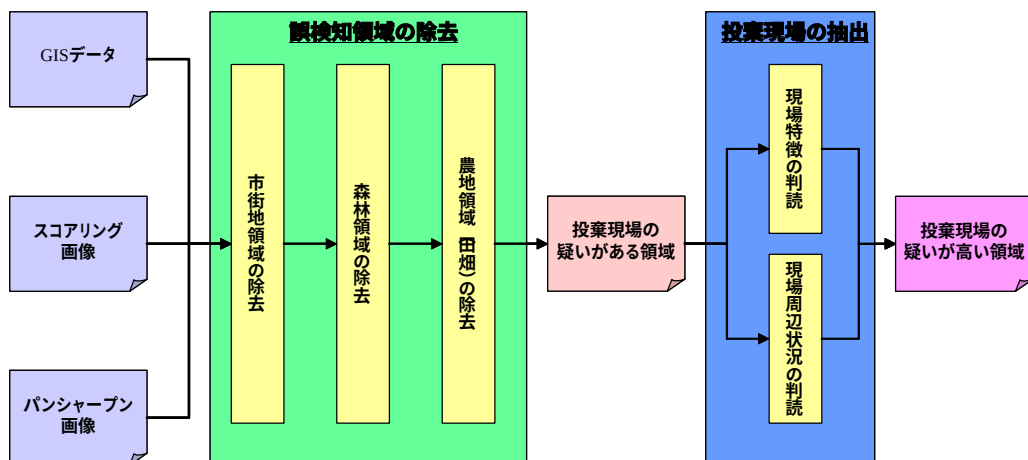


図6-46 目視判読の流れ

(7)誤検知領域の除去

ここでは、衛星画像とGISデータを対比することにより、解析結果として抽出されている箇所のうち、明らかに不法投棄現場ではない誤検知箇所を目視判読によって除去する。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。これにより、明らかな誤検知の領域を除去し、不法投棄の可能性がある箇所のみを抽出することができると考えられる。

ただし、解析結果の1つとして採用している植生の変化に着目する技術は、季節変化の影響を大きく受ける。植生の比較的多い夏季は、解析精度が良くなるが、全体的に植生の少ない冬季は、人為的な植生の伐採と季節変化による植生の減少、さらには太陽高度の低下による日影の影響が同時に起こるため誤差が大きくなる傾向があることを踏まえて行う必要がある。

(1)投棄現場の抽出

次に、(7)の誤検知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行う。ここでの判読では、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う。これにより、不法投棄の可能性がある箇所を、可能性が高い箇所と低い箇所に分類することができると考えられる。

(b)目視判読による誤検知領域の除去

誤検知領域の除去は、明らかに誤検知の可能性が高い箇所を取り除くことを目的として行う。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）。判読による誤検知の除去は、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できるだけ低く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。以下に各領域に対する判読のポイントを整理する。

(7)森林領域の除去

最も判読が容易な領域と考えられる。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やすい。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がある。この影の部分が誤検知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所がある。これらの領域は森林領域に比べ、解析結果画像における誤検知が多く表れる可能性があるため注意が必要である。

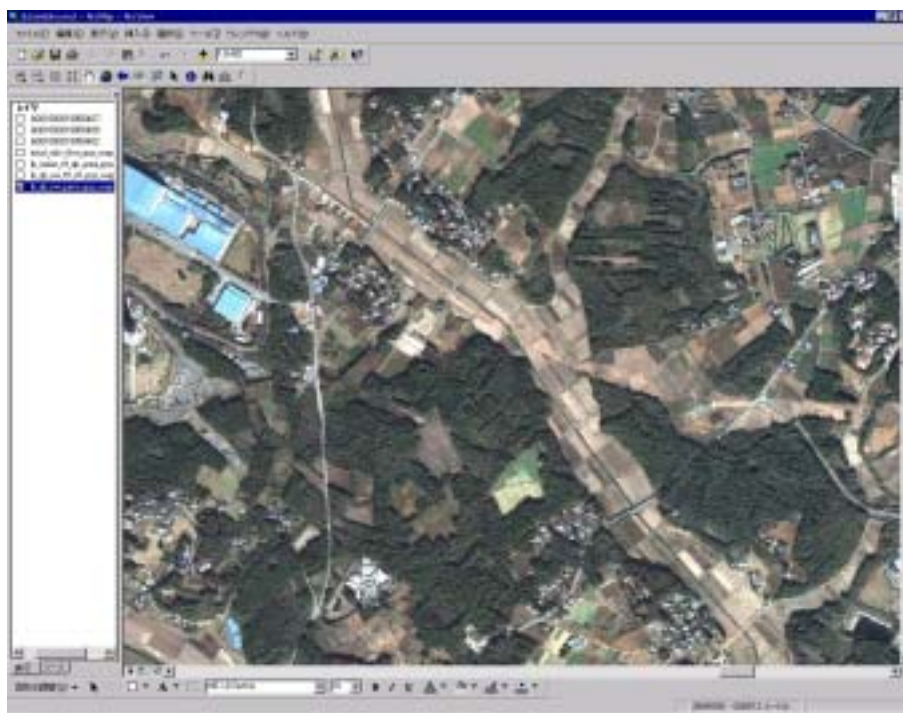


図6-47 森林領域の衛星画像例

(イ)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¹。小さな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。

¹ 市街地には不法投棄が起きにくいものの、絶対に起こらないとは言えないので、絞込みにはリスクがあることを理解しておく必要がある

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。

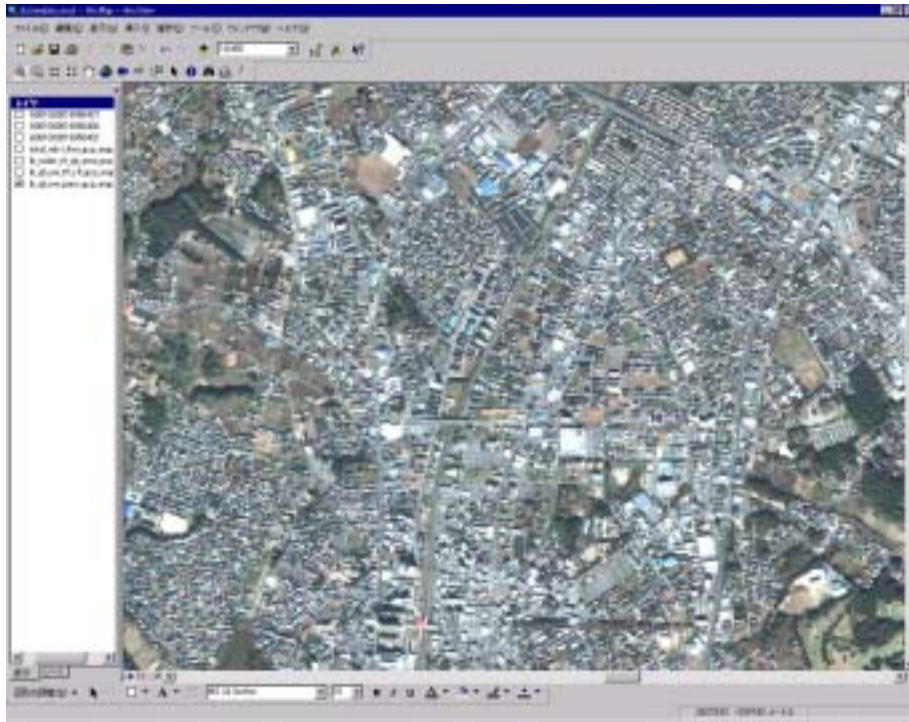


図6-48 市街地領域の衛星画像例

(ウ)農地領域の除去

比較的判読が容易であるが、判読ミスの可能性が高い領域である。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、解析結果画像に誤検知として現れる可能性が高い。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やすいが、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があったため、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、判断のつきにくい場合もある。

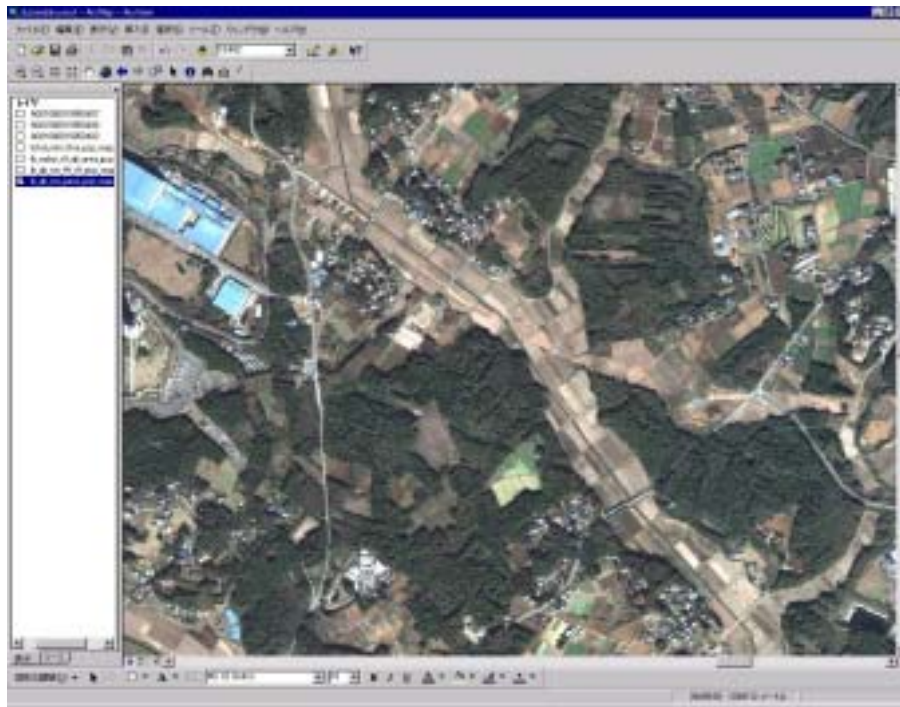


図6-49 農地領域の衛星画像例

(c)目視判読による投棄現場の抽出

投棄現場の抽出は、不法投棄の可能性が高い領域を選択的に抽出する。投棄現場の抽出の具体的な技術としては、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技術と、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行う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た。以下に、過去の不法投棄現場のパンシャープン画像の目視判読例をいくつか挙げ、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」の観点で整理した。

(7)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、4つの画像を示す（図6-50）。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。



(a)判読事例1



(b)判読事例2



(c)判読事例3



(d)判読事例4

図6-50 現場特徴による判読事例

これらに共通していることは、

- ・土以外の様々な色が混じっていること。
- ・領域全体が平坦でなく、不均一な状態であること。

である。これは不法投棄現場が、廃棄物を山積みしていたり、廃棄物として建設廃材をはじめとした複数の物質が入り混じっていることが要因と考えることができる。これら条件に合致した領域を画像から判断するのは比較的容易であり、また、不法投棄現場の条件としても多くの現場が同様の状態であると想定されるため、判読による投棄現場抽出の非常に有力な情報となりうる。

また、多くの不法投棄現場に共通した特徴として、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でも囲いが設けられていた。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、囲い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、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があると想定される。

こうした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（土砂採取場など）を誤検知してしまう可能性がある。ただし、こうした誤検知についても直接的に不法投棄現場であると判断できなくとも、将来において不法投棄の現場候補として考えられるという点で判断材料として残しておく必要があると考えられる。

(イ)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、図6-51に示す2つの画像を例示する。



(a) 判読事例1



(b) 判読事例2

図6-51 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。
- ・道路からそれほど離れていない。

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様子となっているため、比較的判断は容易である。ただし、

造成や土砂採取による森林の伐採、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「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、道路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。

(9)まとめ

第2回検証試験を実施して、以下の結論を得た。

(a)画像解析技術について

定量的検証エリアで評価を行い、画像解析技術の解析精度を定量的に求め、以下の知見を得た。

①植生変化その1（NDVI変化）

狭域画像を用いれば、要検知現場の網羅率が80%で植生変化が生じた現場を検知できることが分かった。ただし、誤検知率が97%と誤検知も非常に多かった。広域高分解能画像を用いたときは網羅率が47%に低下し、広域画像を用いたときは網羅率が7%に低下した。したがって、広域画像の利用は実用的でなく、広域高分解能画像は狭域画像の代替として広範囲のエリアを低コストで監視する業務には利用可能であるといえる。

②植生変化その2（土地被覆分類変化）

NDVI変化と比較して解析精度の差はほとんどない。NDVI変化が自動処理で行えるのに対して、土地被覆分類変化は画像1枚当たり数日の人手作業が必要になるため、解析結果の提供時間およびコストの観点から土地被覆分類変化の有用性はないといえる。

③植生変化その3（バンド比演算）

NDVI変化と比較して現状では解析精度の差はほとんどなかった。NDVI変化が2バンドのデータ利用なのに対し、バンド比演算は3バンドのデータ利用なので、最適化を行うことによって原理的にはバンド比演算の解析精度はNDVI変化を上回る可能性はあるが、今回の検証試験では確認できなかった。

④空間情報解析

狭域画像を用いれば、網羅率が45%で不法投棄現場等および裸地を検知できた。ただし、誤検知率が93%で誤検知も非常に多いことが分かった。広域高分解能画像を用いたときは網羅率が19%に低下した。したがって、利用は狭域画像に限定されると考えられる。

⑤金属反応

要検知現場の網羅率が9%で検知もれが非常に多く、誤検知率が87%と誤検知が非常に多かった。したがって、利用は実用的でないと考えられる。

(b)解析結果の表示方法について

セグメンテーションとスコアリングについて検討を行い、以下の知見を得た。

①セグメンテーション

狭域画像に対する弱いセグメンテーションはほとんど効果がないこと、強いセグメンテーションは適正検知していた現場の半数以上を除去してしまうことがわかった。セグメンテーションの強さを調整することによって、適正検知を除去することなく誤検知をある程度削減することが可能になるとは考えられるが、強いセグメンテーションでもかなりの量の誤検知が残るため、セグメンテーションだけで誤検知を十分削減できる見込みはない。以上のことから、セグメンテーションは行わない方が良いと考えられる。また、広域高分解能画像に対するセグメンテーションも有効性はないと考えられる。

②スコアリング

スコアリングによって画像解析結果が見やすくなることは確認できた。適切なスコアリングの方法については今後の課題である。

(c)解析結果の利用方法について

画像解析の最終結果から目視判読で現場パトロール候補地を決定する手順を作成できた。今後は、自治体の実務担当者に実際に利用してもらうことにより、目視判読のポイントをさらに充実させていくことが望ましい。

6.4.3 検証試験結果による画像解析技術の考察

画像解析技術の有効性に関する第1回検証試験および第2回検証試験の結果について、検知能力が十分でなかった空間情報解析と金属反応について考察した。

(1)空間情報解析について

検証試験の結果において、最も顕著に現れている誤りは、人工物の領域や領域境界の場所であった。

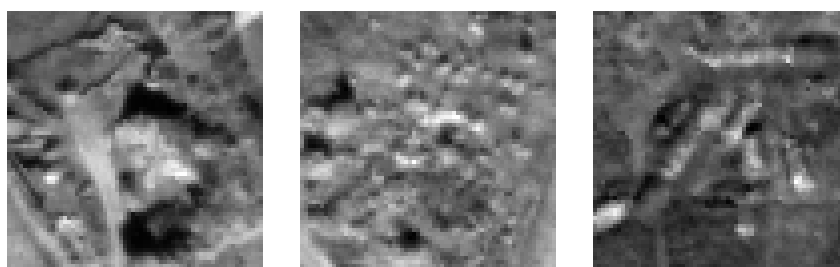
人工物の領域については、直線構造による規則性から得られる空間周波数の特徴を用いて、他の領域と区別する狙いであった。しかしながら検証試験のエリアにおいては住宅が疎らに存在しており、この前提に当てはまらない場所が多くあったため、結果的に不法投棄現場候補領域として検知されてしまった。より広い範囲で空間周波数を抽出すれば、規則性が存在して妥当に判断できる可能性はあるが、本検討では約24m×24mの範囲で空間周波数を抽出しているので、規則性が現れず誤りが生じたと考えられる。

領域境界は、例えば森林と田畑、森林と住宅といった異なる地物の領域の境界で生じた誤りである。これは空間周波数を抽出する際の範囲が、双方の領域を含んだために、十分な空間周波数特徴が現れなかったと考えられる。この場合は、より狭い範囲で空間周波数を抽出すれば、影響を受ける範囲を軽減できると考えられる。

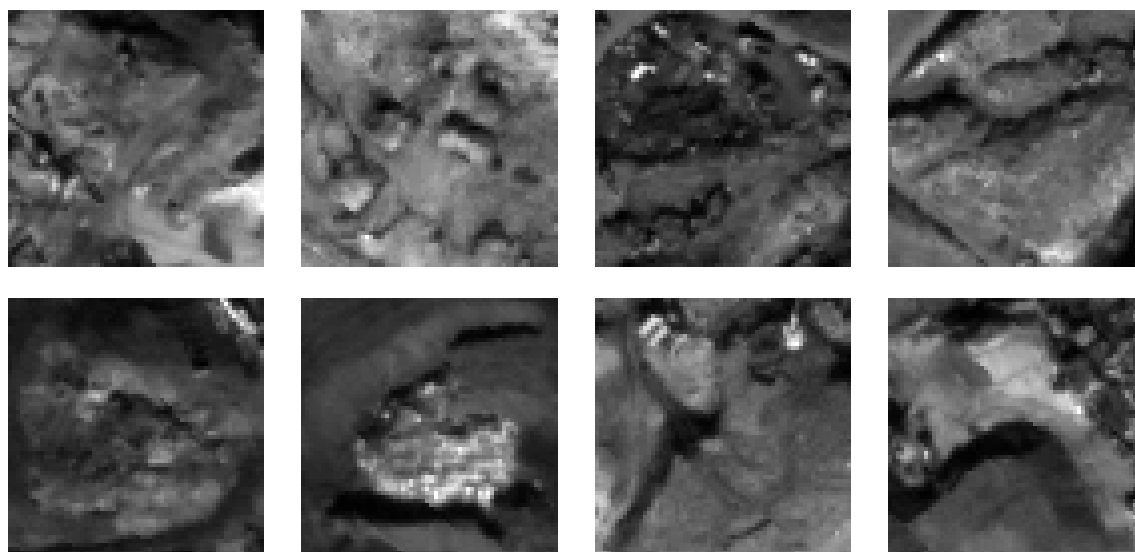
上述のように、本手法ではフーリエ変換を用いて空間周波数を抽出する際の画像範囲が、結果に大きく影響を与える。範囲を広くすることは、範囲内の画像周波数特徴を取り出しやすくなる反面、広くすることにより、異なる領域の境界を含みやすくなる。範囲を狭くすることは、この逆の現象を招く。このことから、狭域画像を用いた場合でも正確に検知できる可能性があるのは、大規模な不法投棄現場に限られる。

最後に、本年度検討した手法では、不法投棄現場の候補領域を抽出するまでに留まっており、結果的に直接不法投棄現場を検知するまでに至らなかった。これは、フーリエ変換により抽出した空間周波数情報からでは、不法投棄現場と平地を判別する特徴を見出せなかったことに起因している。参考として、不法投棄現場（不法投棄現場に類似した場所および処分場）と平地の画像例を、図6-52に示す。

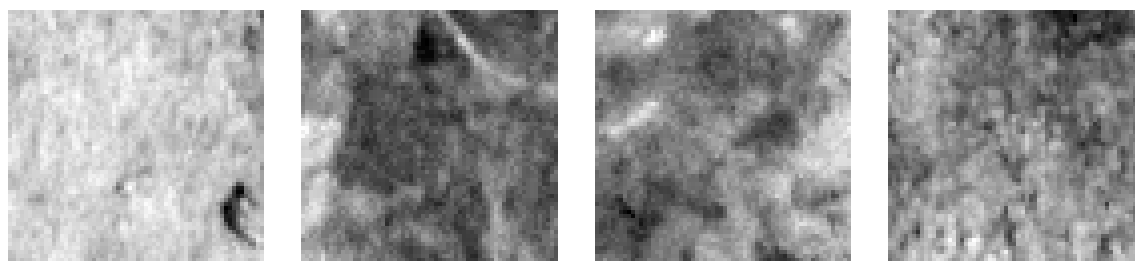
これらの状況から、空間周波数を用いた投棄現場検知手法は検知に十分な能力をもっていないというのが現時点での判断である。空間周波数利用の是非を含めて、手法の基本部分からの再検討が望まれる。



(a)不法投棄現場



(b)不法投棄現場に類似した場所および処分場



(c)平地

図6-52 不法投棄現場と平地の画像例

(2)金属反応について

レーダー画像を用いた金属系物質の検知において、本年度の検証試験で図6-53に示すような検知漏れが生じることが確認できた。

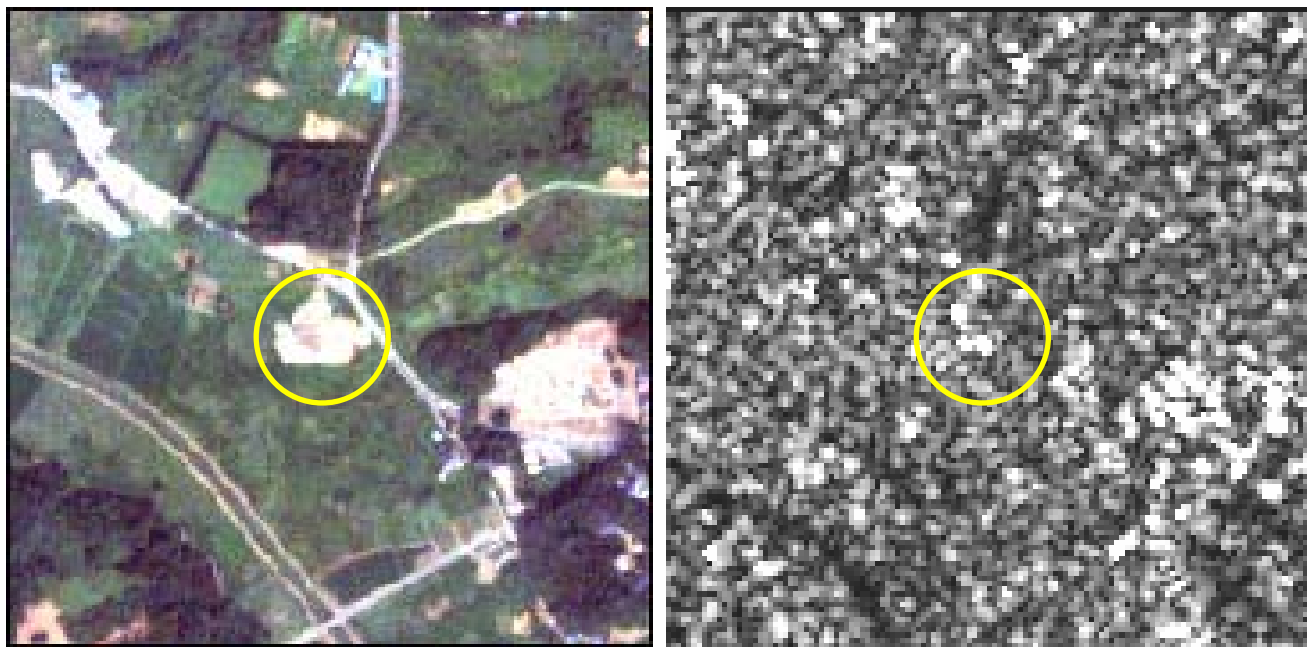


(a)中古車屋（検知漏れ）



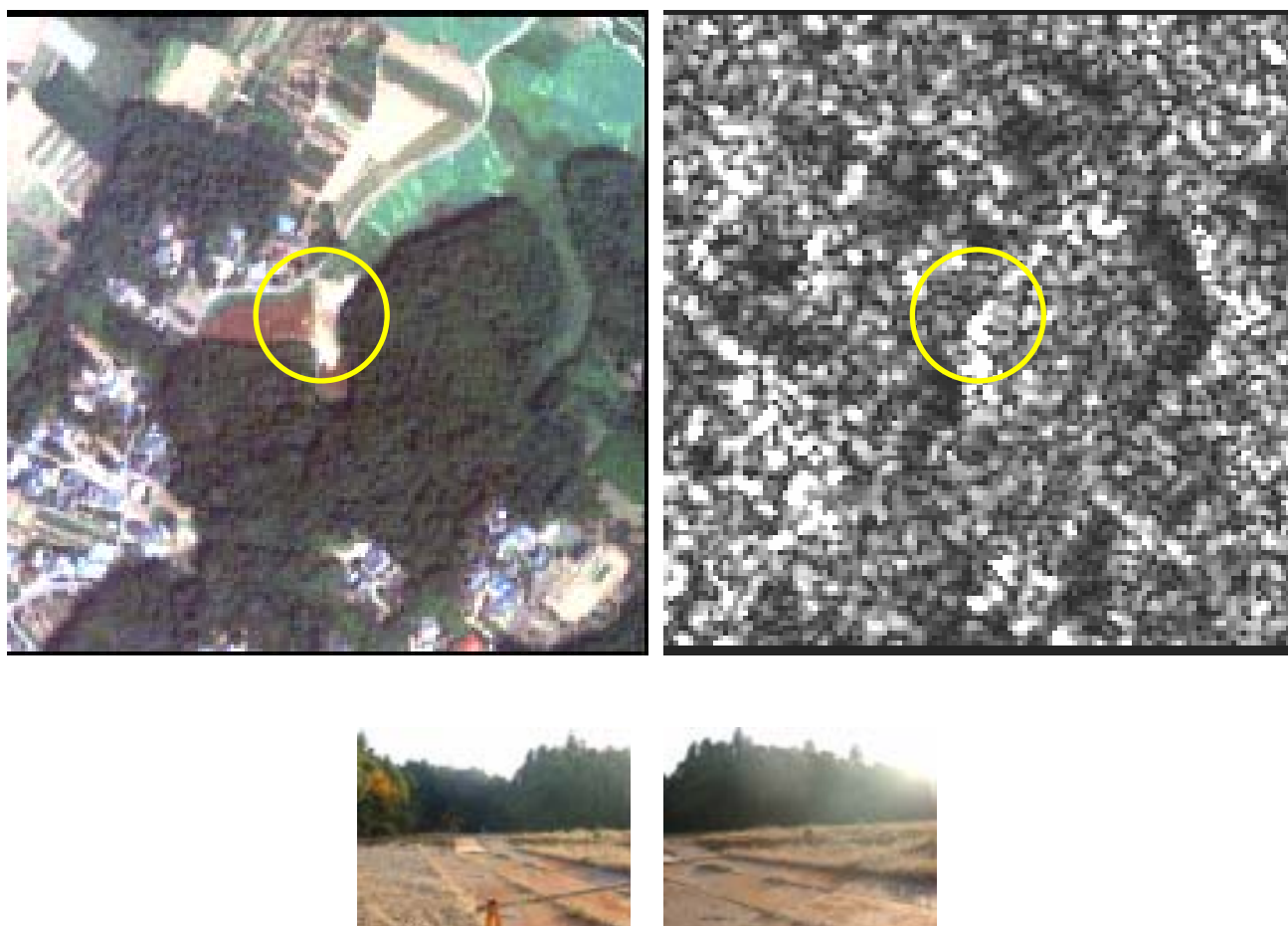
(b)山積みの廃車（検知漏れ）

図6-53 レーダー画像における検知漏れの例



(c)鉄板（検知漏れ）

図6-53（つづき） レーダー画像における検知漏れの例



(d)鉄板（検知漏れ）

図6-53（つづき） レーダー画像における検知漏れの例

レーダー画像から金属系物質を検知する際には、金属系物質はレーダーを強く反射することから、画像の中で最も明るい領域を抽出するよう閾値を設定していた。しかしながら、図6-53に挙げた例は、いずれも当該の閾値では検知できていない。その一方で、金属系物質の存在が確認できない場所が、当該の閾値で誤検知されている例も、検証試験の結果で多く見受けられる。

レーダー画像における明るさは、地上物からのレーダー反射の強度に対応している。しかし、センサが受け取るレーダー反射強度は、地上物の種類のみには依存するわけではなく、以下の要因により様々な影響を受ける。

・対象物に対するレーダーの局所的な入射角

通常の衛星レーダーセンサは、センサからレーダーを地表に向けて送出し、その散乱波を受信する、能動型といわれる方式である。

レーダーセンサが受信するのは、対象物での散乱によって入射方向に戻ってくる（後方散乱）レーダーの強度である。したがって、対象物表面の粗さにも関係するが、通常入射角が大きくなると、図6-54に示すようにセンサが受け取るレーダー強度は小さくなる。

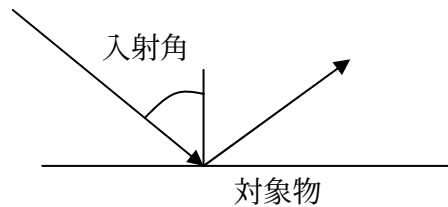


図6-54 対象物に対するレーダーの入射角による誤検知

・対象物表面の粗さ

対象物に送出されたレーダーは、対象物表面で反射（散乱）する。センサが受け取るのは、散乱成分のレーダー強度であり、その散乱の強度は対象物表面の粗さに依存する。

図6-55に示すように、対象物表面が滑らかな場合は、反射の成分が主であり、散乱成分は非常に小さい。対象物表面が粗くなるにつれ、反射成分が小さくなり、散乱成分が大きくなっていく。すなわち、同種の対象物に同じ入射角でレーダーを送出した場合、表面が粗い方がセンサが受け取るレーダー強度は大きい。

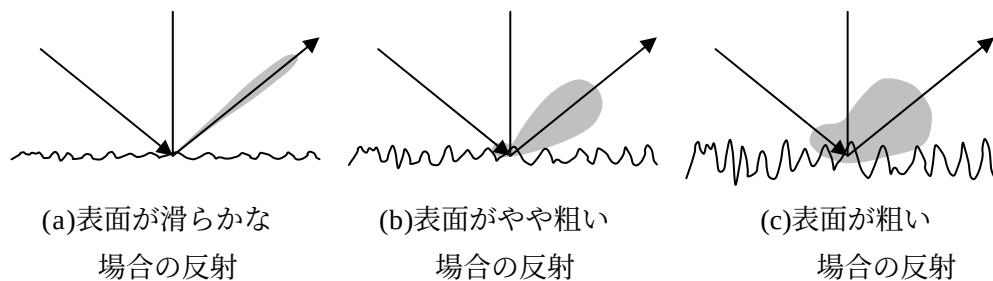


図6-55 対象物表面の粗さによる誤検知

・対象物の構造（コーナーリフレクト）

通常センサが受け取るのは、後方散乱成分のレーダー強度である。しかしながら、対象物の構造によっては、図6-56のように、反射成分が二次反射しセンサに受信されることが起こる（コーナーリフレクト）。この場合、反射成分は後方散乱成分よりも通常強いいため、対象物本来が示すレーダー反射強度よりも、強いレーダー強度を受信することとなる。

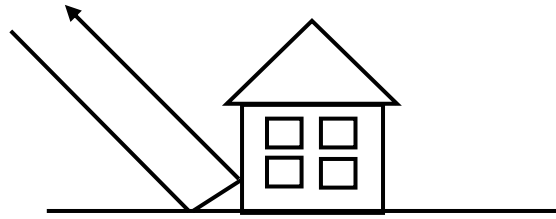


図6-56 対象物の構造による誤検知（コーナーリフレクト）

これらの要因から、例えば金属系物質であっても、対象物に対するレーダーの入射角が大きければレーダー反射強度は弱くなり、さらにその表面が滑らかであれば、散乱成分が小さくなり、そのレーダー反射強度はさらに弱くなる。逆に、金属系物質でなくとも、局所的に入射角が非常に小さくなった場合や、対象の構造によりコーナーリフレクトが生じた場合は、そのレーダー反射強度は強くなる。前者が、金属板が十分なレーダー反射強度を示さず検知漏れとなった理由と考えられ、後者が、建物や川岸の土手で強いレーダー反射強度を示し誤検知となった理由と考えられる。

上述した要因から生じるレーダー反射強度の現象を区別するのは困難であり、そのため金属反応を安定に検知することは困難である。

以上のことから、現状では金属反応による投棄現場検知は適用困難と判断せざるを得ないと考ええる。

6.4.4 画像解析技術の結論

これまでの検討結果をもとに、画像解析技術の結論を以下に述べる。

(1)採用する画像解析手法について

画像解析技術の検知能力をまとめた結果を表6-27に示す。

・NDVI変化

森林伐採を伴う新規の不法投棄検知に効果が高い。狭域画像を用いた手法を採用する。また、大規模現場のみに適用が限定されるが広域高分解能（SPOT5）についても適用可能性があり、採用する。

・その他の手法

いくつかの手法については、条件付きで適用可能性があると認められたが、有力な手法として採用するには至らなかった。

(2)採用する解析結果の表示方法について

個別の解析手法での誤検知は避けられないため、目視判読を支援するために以下の手法を採用することとした。

・スコアリング

個別の解析手法を複数用いた場合に、それぞれの解析結果を1つの指標で統合することができるとともに、要検知現場の網羅率を維持しつつ（適正検知を除去しない）、解析結果の見易さを向上させることができる。

なお、デシジョンテーブルの作り方には検討が必要である。

(3)解析結果の利用方法について

個別の解析手法での誤検知は避けられないため、解析画像に対しては目視判読を行い、誤検知を削減することとした。そこで、目視判読の手順ならびに目視判読のポイントを提案した。

なお、自治体担当者に実際に目視判読をしていただくことにより、実務利用できる形に仕上げていくことが望まれる。

表6-27 画像解析技術の不法投棄検知能力のまとめ

解析技術の基本検知性能				第2回検証試験結果(狭域)		検知状況			適用可能性	備考
解析技術	検知の狙い	検知対象	適用可能／不可能	網羅率	誤検知率	狭域 (QuickBird, IKONOS)	広域高分解能 (SPOT5)	広域 (SPOT2, SPOT4)		
NDVI変化	前兆行為としての森林伐採	植生減少領域 (植生有り →植生無し)	可	○ (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	・網羅率が狭域の1/2程度に低下 ・誤検知は狭域とほぼ同じ ・投棄面積が1000m ² 未満で検知もれが増加	・網羅率がさらに低下 ・誤検知の割合も増加	○(狭域) △(広域高分解能) ×(広域)	
			不							
土地被覆分類変化	前兆行為としての森林伐採	植生減少領域 (植生有り →植生無し)	可	○ (73%)	× (98%)	・網羅率の結果は良好 ・誤検知が多い ・検知結果はNDVI変化の結果とほぼ同じ	—	—	△(狭域)	人手による作業量大
			不							
バンド比演算	前兆行為としての森林伐採	植生減少領域 (植生有り →植生無し)	可	△ (67%)	△ (95%)	・網羅率の結果は良好 ・NDVI変化の結果に比べ網羅率は悪いが誤検知率はわずかに良い	—	—	△(狭域)	NDVI変化・土地被覆分類変化に比べ検知もれが増加
			不							
空間情報解析	投棄後の地表の空間的特徴	森林、人工物、田畑、水域以外の領域	可	△ (45%)	△ (93%)	・検知もれが多い ・人工物周辺での誤検知が多い	・網羅率が大きく低下 ・誤検知の割合も増加	—	△(狭域) ×(広域高分解能)	検知能力が十分でないが森林伐採を伴わない不法投棄の検知手法となり得る
			不							
金属検知	金属系投棄物 投棄現場の重機や金属板	金属物質	可	× (広域) (9%)	△ (広域) (87%)	—	—	・検知もれがかなり多い ・検知された全体数は少ない	×(広域)	
			不							
スペクトル分析	廃プラ等主要投棄物	主要投棄物と同種の物質	可	—	—	・衛星センサから得られるバンド数が少ないため誤検知がかなり多い ・適用は困難	・狭域と同様	・中～大規模の投棄に適用可能 ・誤検知が多い 〔 SPOT2, SPOT4 × ASTER ○ 〕	×(狭域) ×(広域高分解能) △(広域)	多バンドセンサの使用が条件 (ASTERなど)
			不							

網羅率 = (適正検知現場数／全要検知現場数)

誤検知率 = (誤検知現場数／全検知現場数)

6.5 検証試験システムの構築と評価

6.5.1 開発方針

検証試験システムの開発方針として、サービス内容の検討、システム化すべき機能の検討、システム方式の検討を行なった。

(1) サービス内容の検討

検証試験システムにより提供するサービス内容として、「対象ユーザ」、「衛星画像の発注と撮影頻度」、「提供情報」の3項目について検討を行った。

(a) 対象ユーザ

システムの利用対象ユーザは、システムの運用管理を行う「運用者」と、システムを利用して業務を行う「ユーザ」に区別し、「ユーザ」については、管轄している業務領域の観点から、都道府県の枠を超えて業務を行う「全国ユーザ」と、各都道府県を管轄として業務を行う「県ユーザ」に区別した。全国ユーザには中央省庁等のユーザを、県ユーザには各都道府県の不法投棄対策業務担当者および出先機関の不法投棄対策業務担当者をそれぞれ想定した。また、出先機関、関連機関への展開を考慮に入れ、利用可能な機能の観点から「権限ユーザ」と「一般ユーザ」に分類した。表6-28に対象ユーザのまとめを示す。

なお、利用できる機能はユーザごとに異なる。機能の利用権限については(2)で述べる。

表6-28 システムの対象ユーザ

#	ユーザ種別	想定利用者
1	運用者	衛星監視センター運用者
2	権限ユーザ(全国)	中央省庁の担当者
3	一般ユーザ(全国)	中央省庁の担当者
4	権限ユーザ(県)	都道府県の担当者
5	一般ユーザ(県)	都道府県の出先機関担当者

(b) 衛星画像の発注と撮影頻度

衛星画像の発注は、指定した発注期間内に一年分をまとめて発注する形態とした。図6-57に示すように、通常、衛星画像の発注から納品までには、短くても数週間の期間が必要となる。年間一括発注の形態をとることで、撮影候補日に対して余裕を持った発注が可能となり、目的の撮影日に撮影できないというリスクを低減することが可能となる。また、年間の撮影スケジュールを一度に立てることから、不法投棄対策業務担当者の負担を軽減し、かつ計画的な監視スケジュールが立案できる。また、同様に撮影までの期日を考慮した場合、撮影間隔も重要な要素となる。現状利用可能な衛星の機体数、現状での撮影状況等を鑑みて、撮影の間隔は3ヶ月以上（年間の同地点撮影は最大4回）と設定した。

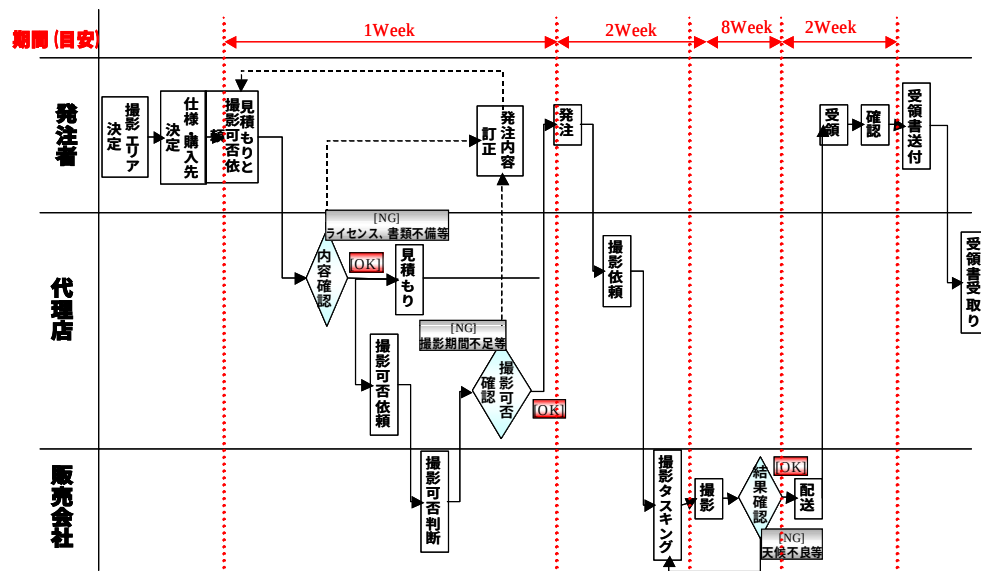


図6-57 衛星画像の発注から納品までの流れ

(c) 提供情報

検証試験システムで提供する衛星画像等の情報（商品）は、画像の分解能および、画像解析の有無により、表6-29の種類とした。

表6-29 提供情報の種類

#	名称	衛星画像 の分解能	画像解析 の有無	価格	エリア	使用目的
1	広域判読支援	中 (10～20m)	無	低	広 (35km×35km程度)	目視判読で不法投棄場所を発見
2	狭域判読支援	高 (1～4m)	無	高	狭 (14km×14km程度)	目視判読で不法投棄場所を発見
3	広域監視商品	中 (10～20m)	有	低	広 (35km×35km程度)	解析結果で不法投棄場所を発見
4	狭域監視商品	高 (1～4m)	有	高	狭 (14km×14km程度)	解析結果で不法投棄場所を発見

以下に、それぞれの仕様について説明する。

ア) 広域判読支援

広域判読支援は、広域エリア（35km×35km）の衛星画像を目視判読することで、大規模な不法投棄箇所を探し出すことを想定したものである（図6.5-2）。利用する衛星画像には中分解能衛星（分解能10m～20m程度）を想定しており、分解能が低い反面、高分解能衛星に比べ安価に広範囲の情報を取得することができる。広域判読支援では、数十m四方以上の投棄を発見することを想定している。

広域判読支援は以下の情報（コンテンツ）を閲覧できる。

① カラー衛星画像

衛星画像を人間の目が一般的に把握できる色に調整（赤、緑、青の3色から構成）し、写真のような見栄えにしたカラー衛星画像。

② 背景地図

衛星画像と重ねあわせることで、地理情報を補うために利用する。表示される項目は行政界（都道府県界、市区町村界、字界）と主要道路、主要鉄道、主要河川等である。

③ 過去の不法投棄現場情報

PDAシステム（産業廃棄物処理振興財団が運営する「エコパトロール」システム、以下「PDAシステム」）から取得した過去の現場情報を表示する。また登録されている現場情報を検索することができる。

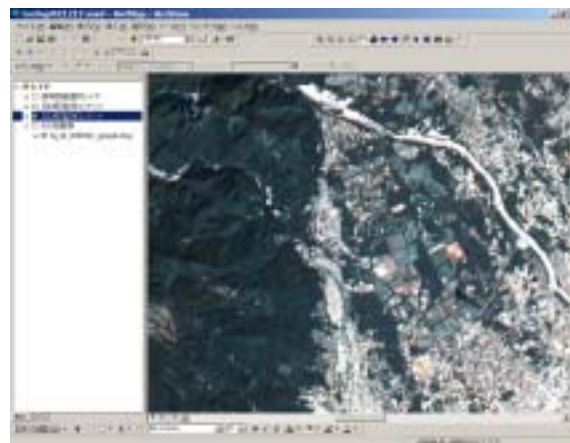


図6-58 広域判読支援の情報内容

イ) 狭域判読支援

狭域判読支援は、狭域エリア（約5km～13km×約5km～13km）の衛星画像を目視判読することで、中規模な不法投棄箇所を探し出すことを想定したものである（図6.5-3）。利用する衛星画像には高分解能衛星（分解能2m～4m程度）を想定しており、中分解能衛星に比べ高価であり、撮影範囲が狭い反面、限られた範囲の情報を詳細に取得することができる。狭域判読支援では、十数m四方以上の投棄を発見することを想定している。

狭域判読支援は以下の情報を閲覧できる。

① カラー衛星画像

衛星画像を人間の目が一般的に把握できる色に調整（赤、緑、青の3色から構成）し、写真のような見栄えにしたカラー衛星画像。

② 背景地図

衛星画像と重ねあわせることで、地理情報を補うために利用する。表示される項目は行政界（都道府県界、市区町村界、字界）と主要道路、主要鉄道、主要河川等である。

③ 過去の不法投棄現場情報

PDAシステムから取得した過去の現場情報を表示する。また登録されている現場情報を検索することができる。

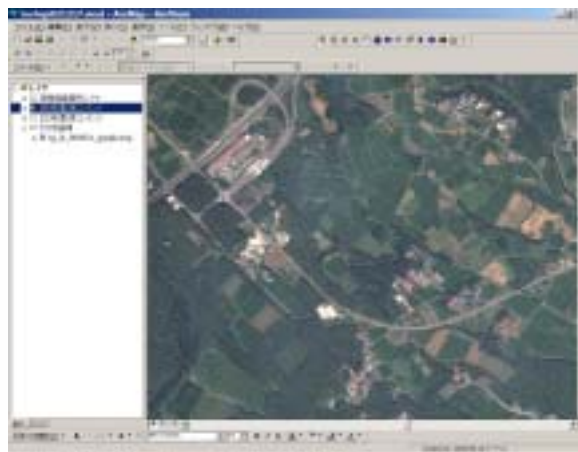


図6-59 狭域判読支援の情報内容

ウ) 広域監視

広域監視は、広域エリア（35km×35km）の衛星画像に対する画像処理を行い、不法投棄と想定される場所を抽出したもので、広域判読支援の情報と比較して、より効果的に不法投棄箇所を発見することができる。（図6.5-4）利用する衛星画像には中分解能衛星（分解能10m～20m程度）を想定しており、分解能が低い反面、高分解能衛星に比べ安価に広範囲の情報を取得することができる。広域監視では、数十m四方以上の投棄を発見することを想定している。

広域監視は以下の情報を閲覧できる。

① 画像解析結果（不法投棄候補箇所の抽出結果）

植生の被覆状況の変化、金属物質の分布状況等の解析を行い、不法投棄の発生箇所を推定することができる。不法投棄の可能性が高い箇所は色づけされており、衛星画像、背景地図と重ねることで不法投棄の可能性が高い地点を把握することができる。

② カラー衛星画像

衛星画像を人間の目が一般的に把握できる色に調整（赤、緑、青の3色から構成し、写真のような見栄えにしたカラー衛星画像。

③ 背景地図

衛星画像と重ねあわせることで、地理情報を補うために利用する。表示される項目は行政界（都道府県界、市区町村界、字界）と主要道路、主要鉄道、主要河川等である。

④ 過去の不法投棄現場情報

PDAシステムから取得した過去の現場情報を表示する。また登録されている現場情報を検索することができる。



図6-60 広域監視の情報内容

エ) 狭域監視

狭域監視は、狭域エリア（約5km～13km×約5km～13km）の衛星画像に対する画像処理を行い、不法投棄と想定される場所を抽出したもので、狭域判読支援の情報と比較して、より効果的に不法投棄箇所を発見することができる（図6.5-5）。利用する衛星画像には高分解能衛星（分解能2m～4m程度）を想定しており、中分解能衛星に比べ高価であり、撮影範囲が狭い反面、限られた範囲の情報を詳細に取得することができる。狭域監視では、十数m四方以上の投棄を発見することを想定している。

狭域監視は以下の情報を閲覧できる。

① 画像解析結果（不法投棄候補箇所の抽出結果）

植生の被覆状況の変化、金属物質の分布状況等の解析を行い、不法投棄の発生箇所を推定することができる。不法投棄の可能性が高い箇所は色づけされており、衛星画像、背景地図と重ねることで不法投棄の可能性が高い地点を把握することができる。

② カラー衛星画像

衛星画像を人間の目が一般的に把握できる色に調整（赤、緑、青の3色から構成）し、写真のような見栄えにしたカラー衛星画像

③ 背景地図

衛星画像と重ねあわせることで、地理情報を補うために利用する。表示される項目は行政界（都道府県界、市区町村界、字界）と主要道路、主要鉄道、主要河川等である。

④ 過去の不法投棄現場情報

PDAシステムから取得した過去の現場情報を表示する。また登録されている現場情報を検索することができる。

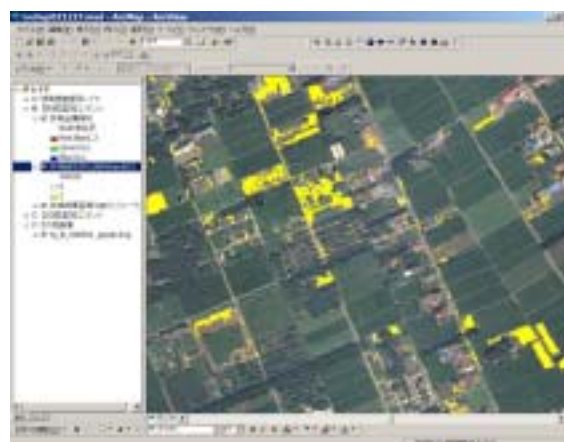


図6-61 狭域監視の情報内容

(2)システム化すべき機能の検討

ここでは、(1)において検討した開発方針に従い、システム化すべき機能の検討を行った。また、あわせてシステム化すべき各機能について、ユーザ単位に利用権限を設定した（表6-30）。

(a) 閲覧機能

システムに登録されている衛星画像等の情報を閲覧する。ただし、閲覧できる内容は各ユーザの権限によって制限されており、権限外の内容については閲覧できない。権限ユーザ（県）、一般ユーザ（県）は、ユーザの所属都道府県の情報のみが閲覧可能である。権限ユーザ（全国）、一般ユーザ（全国）、運用者は、都道府県にかかわらず、全ての情報を閲覧できる。閲覧機能には、一般的なGISソフトウェアに見られる拡大、縮小、レイヤ選択等の機能の他、衛星画像を紙に印刷して業務で利用することも想定して印刷機能も実装する。

(b) 注文機能

衛星画像の撮影日や、緯度経度等の情報を指定し、インターネットを介して衛星画像の発注を行う。注文を行わず、衛星画像の閲覧のみを行うユーザも想定されることから、注文は権限ユーザ（県）、権限ユーザ（全国）のみが実施できることとする。

(c) ユーザ管理機能

システムを利用する各ユーザごとに、ユーザの名称、所属都道府県名等の個別情報を管理する。運用者の機能として、ユーザの新規登録、削除を行うことができるほか、その他のユーザは、パスワード等の自分の登録情報を修正する機能を実装する。システムに事前に登録されたユーザIDとパスワードを利用することで、システムのユーザ以外からの不正なアクセスを制限する。また、各ユーザの登録情報を利用することで、ユーザごとに利用可能な機能、閲覧可能な都道府県等を管理する。

(d) 提供情報管理機能

検証試験システムで提供する情報の種類は4種類であるが、運用開始後の提供情報の追加、変更に対応するため、運用者のみ利用可能な機能としてこれらの新規登録、管理を行う機能を実装する。

(e) 注文管理機能

ユーザが、自分が行った注文の処理状況の管理を行う。権限ユーザ（県）および、権限ユーザ（全国）、運用者が利用する。運用者は、全てのユーザから受け付けた注文の進行状況を管理し、ステータスの変更を行うことができ、その他のユーザは、自分の行った注文の進行状況を確認することができるようなインターフェースを実装する。

表6-30 ユーザ権限ごとの利用可能な機能

#	ユーザ種別	想定利用者	閲覧	注文	ユーザ管理	提供情報管理	注文管理
1	運用者	衛星監視センター運用者	○ (※1)	—	○	○	○
2	権限ユーザ (全国)	中央省庁の担当者	○ (※1)	○	○ (※3)	—	—
3	一般ユーザ (全国)	中央省庁の担当者	○ (※1)	—	○ (※3)	—	—
4	権限ユーザ (県)	都道府県の担当者	○ (※2)	○	○ (※3)	—	—
5	一般ユーザ (県)	都道府県の出先機関担当者	○ (※2)	—	○ (※3)	—	—

- ※ 1 都道府県に関わらず、全ての内容が閲覧可能
- ※ 2 自分の所属する都道府県の内容のみ閲覧可能
- ※ 3 自分の登録済みユーザ情報のみ閲覧、修正可能

(3)システム方式の検討

ここでは、平成13年度までに実施した作業に基づき、検証試験システム開発のシステム方式を検討した。検討にあたっては、下記の点をポイントとした。

- 各都道府県庁の不法投棄対策業務担当者だけでなく、出先機関、関連機関の担当者も衛星画像の閲覧が可能なこと。
- システムの利用者は煩雑な設定を行うことなく、衛星画像を閲覧できること。
- データの量の増加があっても、支障なくシステムが利用できること。
- 許可を得ていない者が勝手に衛星画像を閲覧したり、データの不正ダウンロードなどができないこと。

上記のポイントを考慮し、システム方式を以下のように決定した。

(a)システム方式

システム利用者の拠点に設置されたユーザ端末（クライアント）と、衛星監視センターに設置されたサーバからなるクライアント/サーバ型のシステム構成とする。

(b)通信方式

ユーザ端末とサーバ間の通信は、インターネットを介して行うこととする。

(c)ユーザ端末の実装方式

ユーザ端末では専用のソフトウェア等は使用せず、一般的なインターネットブラウザのみでシステムが利用できることとする。

(d)セキュリティの確保

システムの利用に際しては事前のユーザ登録を行い、ユーザごとにセキュリティレベルを設定する。

(e) データの管理方式

システムで提供する衛星画像等のデータは、衛星監視センター側で一括で管理し、必要最低限のデータをユーザ端末に送信する方式とする。

(4) システムの全体像

これまでの結果から検証試験システムの全体像についてまとめを行った。その結果を図6-62に示す。

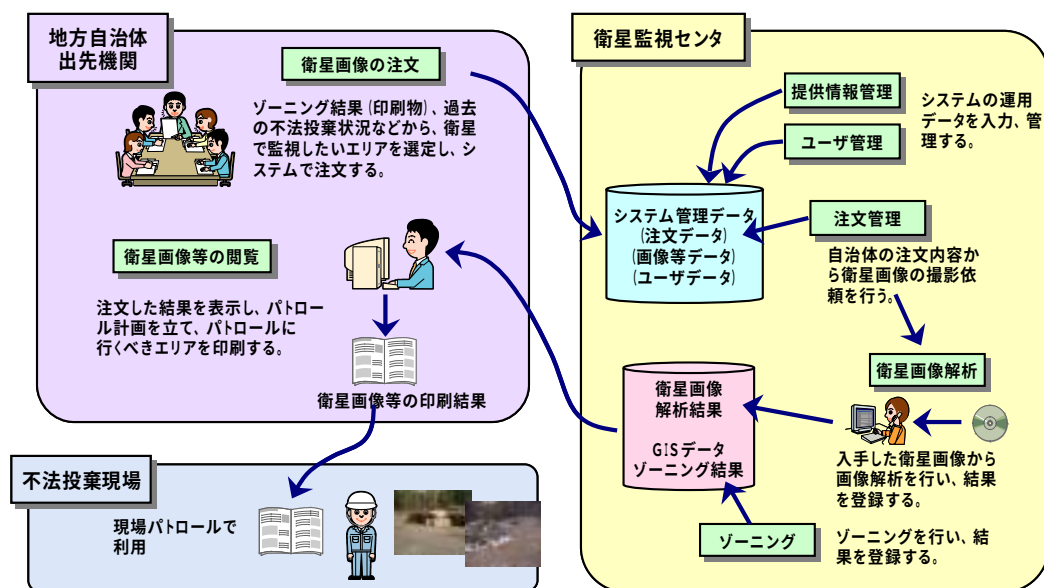


図6-62 検証試験システムの全体像

6.5.2 検証試験システムの構築

(1) システム構築の流れ

6.5.1節の開発方針に基づいて、検証試験システムを構築した。構築作業は平成14年9月上旬から12月中旬に渡り、図6-63の5工程で行った。

以下、各工程の概要について説明する。

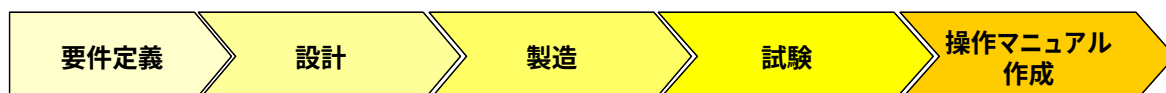


図6-63 検証試験システムの開発工程

(a) 要件定義工程

要件定義工程では、システム化対象となる業務の明確化、および運用の流れ（ビジネスフロー）を洗い出すことを目的とする。また、機能、画面、帳票について、対応する業務の明確化にあわせておおよそのイメージを固める。

(b) 設計工程

設計工程は、要件定義工程で定義された業務機能の要件を詳細化し、外部仕様として凍結すること、アプリケーション全体に共通する基本構造を設計し、プログラムの内部仕様を、設計することを目的とする。

(c) 製造工程

製造工程では、要件定義工程、設計工程の成果に基づき、プログラムの製造、実システムの構築を実施する。

(d) 試験工程

試験工程は、製造したシステムに対し、要件定義工程、設計工程で定義した仕様を満たしているか、システムの品質が許容範囲内に収まっているかを確認し、必要であれば対処を行うことを目的とする。

(e) 操作マニュアル作成

検証試験システムを自治体の不法投棄対策業務担当者に利用して頂くにあたり、「不法投棄等衛星監視システム（検証用）操作手順書」（以下、操作マニュアル）を作成した。操作マニュアルは、対象ユーザ別の5冊構成になっており、各々のユーザが利用できる機能についての詳細な手順を記述した。検証試験システムを利用したことがないユーザでも一連の操作が行えるような詳細な記述を心がけた。

操作マニュアルの例を図6.5-8に示す。全文書については付録4を参照のこと。

(2)要件定義工程における作業

要件定義工程では、業務機能の分析、システム方式の設計、概要データモデル分析という3つの工程で検討を行なった。以下に各工程の概要を説明する。

(a)業務機能の分析

業務機能の分析では、システム化を検討している業務およびその関連業務について、業務、組織、情報の流れの洗い出しを行なった。洗い出した業務、組織等を整理するとともに、明文化されていない業務のルールや慣習についても整理し、明文化することでシステム化の対象範囲を明確にした。検討した業務フローは全体の概略を示した概要業務フロー図と、個別の業務を示した詳細業務フロー図として整理した。

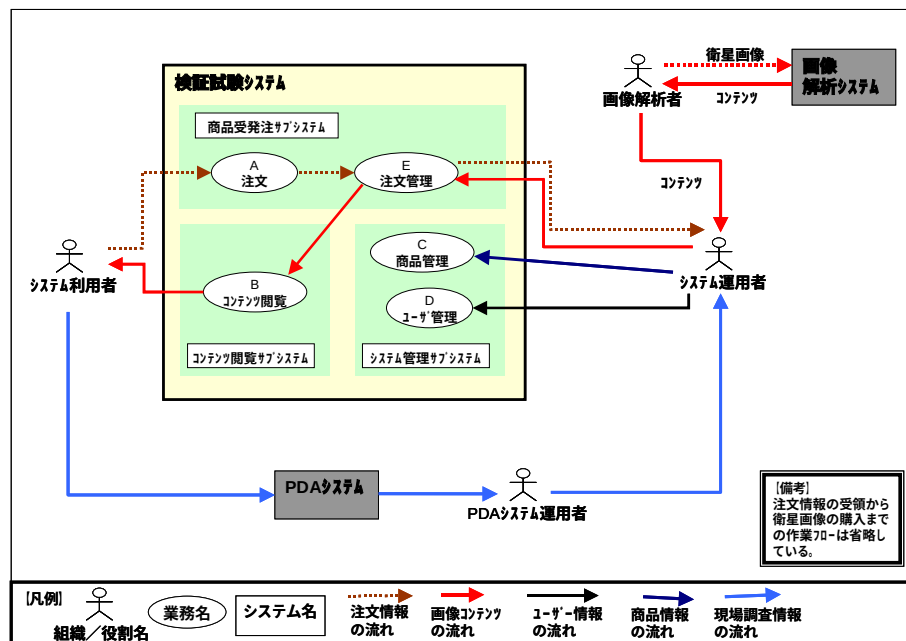


図6-65 概要業務フロー図の例

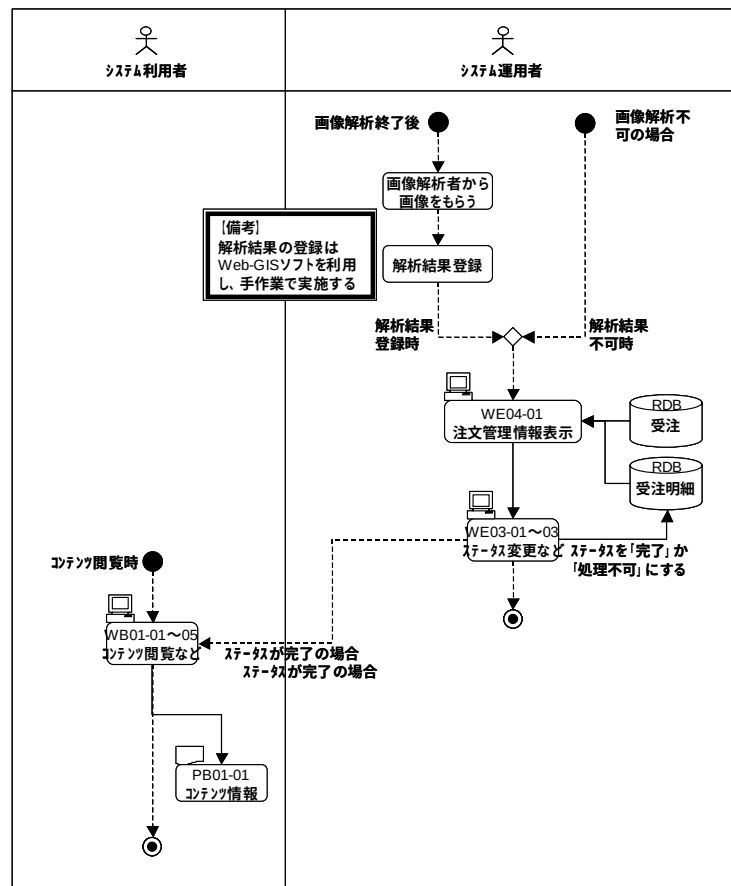


図6-66 詳細業務フロー図の例

(b)システム方式の設計

システム方式については、システム方式やネットワークの構成イメージを検討した。最終的には、システム全体のイメージを必要なソフトウェアや機器の構成までブレイクダウンした。

(c)概念データモデル分析

データ検討では、システムに実装するデータモデルの検討を中心に行なった。システムで管理するデータの定義や、付与するコード類の詳細な定義を行い、データ間の関係等を図式化することで、システム内のデータ構造のイメージを固めた。

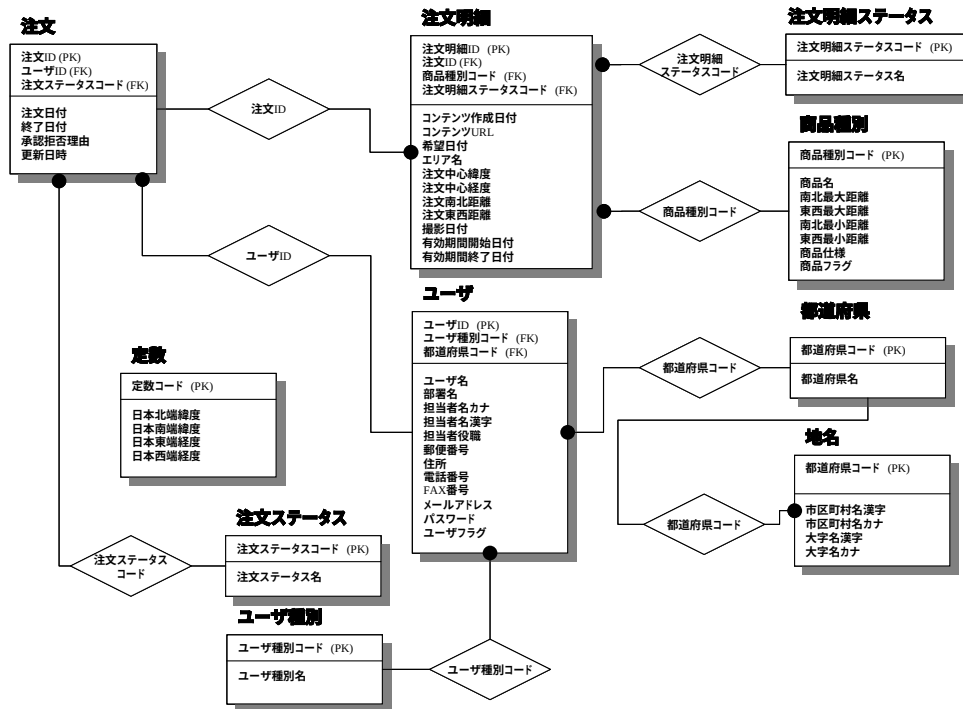


図6-67 データモデル図の例

(3)設計工程における作業

設計工程では、ソフトウェアアーキテクチャ設計、ユーザインターフェース設計、業務共通処理設計、プログラム設計という4つの工程で設計を行なった。以下に各工程の概要を説明する。

(a)ソフトウェアアーキテクチャ設計

ソフトウェアアーキテクチャ設計では、要件定義工程の検討内容に基づき、開発ソフトウェアの物理的、論理的レイヤの構成の設計を行い、ソフトウェア開発における方針等を策定した。

(b) ユーザインターフェース設計

ユーザインターフェース設計では、システムに実装する画面レイアウトや個々のユーザインターフェースのイメージ等を設計した。また、画面間の遷移ルートや、入力、出力項目等についての定義づけも行なった。



図6-68 画面レイアウト仕様の例

(c) 業務共通処理設計

業務共通処理設計では、ボタンの押し下げ等のイベント時に発生するシステム内の処理を洗い出し、処理のロジックや、画面に出力されるメッセージ等の設計を行なった。

機能 ID	FC02	機能名	商品追加
画面 ID	WC02-02	画面名	商品追加確認
処理 ID	SC02-02-02	処理名	「キャンセル」ボタン押下
処理フロー			
a) ユーザチェック (SZ01-01-01 参照) ↓ b) 商品追加画面(WC02-01)の表示			
入力値			
[1 商品情報：1.1 商品名 1.2 南北最大距離 1.3 東西最大距離 1.4 南北最小距離 1.5 東西最小距離 1.6 商品仕様] [2 ユーザ情報：2.1 ユーザ ID 2.2 ユーザ名 2.3 ユーザ種別 2.4 セッションキー]			
入力値チェック			
処理ロジック			
■ a) ユーザチェック (SZ01-01-01 参照) ■ b) 入力値を基に、商品追加画面(WC02-01)を表示する (1) テキストボックスに、入力値を初期値として設定する。			
エラー処理			
出力値			
[1 商品情報：1.1 商品名 1.2 南北最大距離 1.3 東西最大距離 1.4 南北最小距離 1.5 東西最小距離 1.6 商品仕様] [2 ユーザ情報：2.1 ユーザ ID 2.2 ユーザ名 2.3 ユーザ種別 2.4 セッションキー]			

図6-69 個別処理定義書の例

(d) プログラム設計

プログラム設計では、設計書に基づきプログラム製造を行う際の方針や、作成するプログラムコードの記述規約など、プログラミング全般にわたる方針の策定を行なった。

(4)製造工程における作業

製造工程では、要件定義工程および設計工程における検討内容を受けて実際のプログラム製造、システム環境構築を行なった。

(5)試験工程における作業

試験工程では、単体試験、結合試験、総合試験という3つの工程でシステムの試験を行なった。試験の実施に際しては、試験担当者間で試験の密度等に差がでないように事前に試験の観点や技法を標準化した上で行なった。

以下に各工程の概要を説明する。

(a)単体試験

単体試験では、個別の関数、モジュールに閉じた形で個々の仕様を満たしているかの試験を行なった。

(b)結合試験

結合試験では、画面間遷移、業務間連携を中心としたシステムの試験を行なった。

(c)総合試験

総合試験では、実運用環境を用いた、実運用ルールに則った機能、運用の確認試験を行なった。

6.5.3 検証試験システムの評価

(1)評価の流れ

検証試験システムの評価は、図6-70の3工程で実施した。以下、各工程の主な作業と検討事項、成果物について説明する。

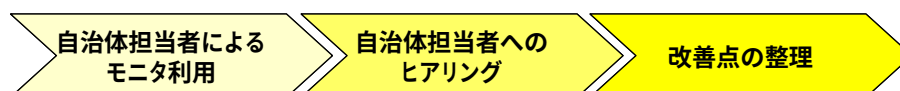


図6-70：検証試験システム評価の流れ

(2)不法投棄対策業務担当者によるモニタ利用

検証試験の対象3自治体の不法投棄対策業務担当者に操作マニュアルを配布し、約2週間モニタとしてシステムを利用して頂いた。ユーザが利用する全ての機能について、実運用に即した形で利用して頂くことで、実業務に適用した際の問題点の洗い出しを行った。

(3)不法投棄対策業務担当者へのヒアリング

モニタ利用の期間終了後、平成15年1月22日～1月24日の3日間に渡り、3自治体の不法投棄対策業務担当者にヒアリングを実施した。ヒアリング項目のポイントを以下に示す。

- ・ 通常業務に利用しているネットワーク、端末の環境に関する質問
- ・ 検証試験システムの基本方針に関する質問
- ・ 検証試験システムの各機能の操作性に関する質問
- ・ 現場情報（PDAシステム「エコパトロール」から取得）の利用可能性に関する質問

ヒアリングの結果得られたコメントを以下に記述する。(☆印は(e)の改善点の整理でコメントを採用したもの)

(a)通常業務に利用しているネットワーク、端末の環境に関する質問

- ・ 1人1台のインターネット接続可能なノートPCがある。（出先機関も同様）
- ・ 解析結果の印字に必要なカラープリンタは一部の自治体のみあり。

(b)検証試験システムの基本方針に関する質問

- ・既存の中分解能衛星で見つけられるような超大規模現場は住民からの通報で発見することがほとんどであり、発見のためのパトロールはあまり実施していない。
- ・中分解能の衛星画像の有効性はあまりないと思われる。
- ・現場を新たに発見するという目的での衛星の利用はあまりないと思われる。
- ・衛星の特徴（撮影からのタイムラグなど）を考慮すると、新規発見に使用するよりも、大規模現場の経過観察に使用するほうが良いと考えられる。
- ☆Webでの注文～決済は自治体業務を鑑みると実現は難しい。
- ・撮影面積は固定のほうがわかりやすい。
- ・価格は固定が望ましい。（予算を事前に決める必要があるため）
- ☆衛星監視エリアの決定に際しては、衛星の撮影条件などを考慮した専門的な知識が必要となるので、自治体だけで決めるのは難しい。

(c)検証試験システムの各機能の操作性に関する質問

- ・解析結果の表示にかかった時間は「数秒～30秒」と自治体によってバラツキがあるが、それほど遅くはない。
- ☆自治体の保有する個別情報(土砂採取場、自社処分場など)を表示できるとよい。
- ・パトロールした情報など、簡単な情報を解析結果に書き込めるとよい。
- ・いつからいつまでの解析結果なのかわからないので、具体的な期間を表示したほうがよい。
- ・拡大機能はある程度まで拡大したら見づらくなるので、一定以上の拡大はできないようにしたほうがよい。
- ☆自治体の利用目的に応じて表示する画像・地図情報を選択できるようにしたい。

(d)現場情報（PDAシステム「エコパトロール」から取得）の利用可能性に関する質問

- ・現場情報の管理という意味で、PDAシステムの有効性は高い。
- ・衛星画像解析結果にPDAシステムの現場情報を表示させることで、現場の絞込みに有効だと思われる。

(4)改善点の整理自治体へのヒアリングで収集したコメントを精査し、システム機能の改善点の整理、検討を行った。その際、システムの実現性も考慮した。得られた改善方針を以下に示す。(詳細な改善内容、改善後の機能イメージについては、7.3.2で述べる。)

(a)注文機能について

(自治体のコメント)

1. Webでの注文～決済は自治体業務を鑑みると実現は難しい。
2. ☆衛星監視エリアの決定に際しては、衛星の撮影条件などを考慮した専門的な知識が必要となるので、自治体だけで決めるのは難しい。

(改善の方針)

- ・ 注文機能はシステム上では実装しない。
- ・ 衛星画像解析機関と自治体で協議の上、衛星監視エリアを選定する。

(b)閲覧機能について

(自治体のコメント)

3. 自治体の保有する個別情報(土砂採取場、自社処分場など)を表示できるとよい。
4. 自治体の利用目的に応じて表示する画像・地図情報を選択できるようにしたい。

(改善の方針)

- ・ ひとまとめにした画像等の情報単位での表示ではなく、自治体の利用目的に応じて表示するレイヤを決める方式とする。
- ・ 自治体の保有する個別情報も表示できるようにする。

6.6 本章のまとめ

本章では不法投棄衛星監視システムの検証試験についての検討を行い、以下のまとめを得た。

(1) ゾーニング技術の有効性に関する検証

4章で検討しているゾーニング技術の有効性について、検証試験エリアの選定や自治体担当者へのヒアリングを通じて検討を行い、衛星監視対象エリアの絞込みに使う方法や、衛星監視システムを使用して利用する方法について検討を行い、実運用における有効性を検討した。これより、ゾーニング結果の利用における各種の改善点を抽出することができた。特に、ゾーニング結果と一緒に表示させる情報を適切に選定する必要があることが分かった。

なお、この成果をふまえた改善設計の結果については、7章および付録5で述べる。

(2) 画像解析技術の有効性に関する検証

第1回検証試験では、前年度の検討により有効性が確認された画像解析手法として植生変化に着目したNDVI画像解析と金属反応に着目した画像解析について検証した。その結果、NDVIを用いた植生変化による検出方法は有効であるが、その効果は地域によって異なること、また金属反応に着目した検出手法は植生変化に着目した検出手法よりも効果が低いことが判明した。そこで第2回検証試験では、新たな手法として土地被覆変化とバンド比演算による植生変化による検知手法、ならびに空間情報による検知手法を加えた5種類の画像解析技術を対象にして、限定されたエリアでの定量的評価を行った。その結果、NDVIを用いた植生変化による検出方法の有効性は再確認できたが、その他の手法は解析精度が低く、実用にならないことが判明した。さらに、解析結果の表示方法としてセグメンテーションとスコアリングの導入を試みたところ、スコアリングを行うことで画像解析結果が判読しやすくなることを確認した。また、画像解析によって検知された箇所には誤検知箇所が含まれるため、目視判読によって誤検知を除く手順ならびに目視判読のポイントを提案した。

(3) 検証試験システムの構築と評価

検証試験システムの構築と評価では、前年度までの検討結果に基づき、システム化にあたっての基本方針の検討を行なった。システムを利用する前提条件となるユーザの概念や、提供情報の仕様などの基本検討結果を受けて、システムの設計、構築を実施した。操作マニュアルを作成し、不法投棄実務担当者に実際に利用して頂くことで、検証試験システムを実際の不法投棄対策実務に適用した際の有効性、問題点を洗い出し、システムの実現性を考慮したうえで、検証試験システムの改善方針を決定した。

7 実証システムの設計

7.1 目的

本章では、検証試験システムの機能を改善し、次年度に予定している実証試験で使用するための実証システムの設計を行う。実証システムには、実証試験を実施していく上で必要十分な機能を実現している必要がある。

そこで本設計では以下に挙げる実証試験の目的を満たすシステムを設計することを目的とした。

＜実証試験の前提＞(実証システムの設計に影響のある部分)

- ①6章で抽出された検証試験システムの改善点について、不法投棄対策業務担当者の意見を十分に反映する。
- ②衛星画像を利用した現場の早期発見だけでなく、不法投棄現場や不適正保管現場の定期監視への活用についても実証する。

7.2 基本方針

システム機能・システム方式の2つの面に着目して、実証システム設計の基本方針を以下に述べる。なお、検証試験システムからの変更部分についてのみ述べた。

＜システム機能における基本方針＞

- ・自治体の不法投棄対策業務を総合的にサポートするために、検証試験システムの早期発見の目的に加え、定期監視までのその他の業務で利用する機能を追加する。
- ・既存機能の見直しとして、自治体の不法投棄対策業務担当者の改善の要望をふまえて、機能を改善する。
- ・追加機能として、自治体の不法投棄対策業務担当者の要望を実現する機能を追加する。

＜システム方式における基本方針＞

- ・自治体が独自でシステムを運用できるシステム方式とする¹。
- ・システムのメンテナンスについて、自治体の不法投棄対策業務担当者の負担を軽減する仕組みを検討し、実現する。
- ・衛星画像等のデータは、その他業務での利活用を踏まえて自治体で保存・管理する。

¹ これまで、衛星監視センターを中心に各自治体がユーザとなるマルチクライアント方式のシステム検討を行ってきた。実証システムの設計においては、仮にこのような衛星監視センターに実証システムを設置しても、軽微な修正でシステムを利用できるように設計・検討を行うこととした。

7.3 実証システムの機能についての検討

7.2の基本方針を受け、実証システムの機能について、自治体の業務フローの検討、既存機能の改善検討、追加機能の検討を行い、業務フローにおける実証システムを位置づけた。

7.3.1 自治体の業務フローの検討

まず、現状の自治体の不法投棄対策業務フローとその中で実証システムに求められる機能について検討を行った。自治体の不法投棄対策業務フローは、以下の8つの業務に整理された。

(1)通報(住民・監視員など)

不法投棄現場を発見した住民や、郵便局員などの監視員から、自治体(本庁、出先機関)に不法投棄発見の通報を行う。

(2)定期的なパトロール

自治体(本庁、出先機関)による定期的なパトロール。主に自動車でパトロールを行い、新規に不法投棄現場を発見するために実施する。

(3)通報情報の整理

通報(住民・監視員など)および定期的なパトロールで連絡のあった情報を整理し、住所の確認、現場確認の時期の計画などを行う。

(4)現場確認・発見→発見情報の整理

自治体職員が中心となって現場を確認する業務。通報情報などの正確性を確認し、不法投棄現場を発見したら、発見時の情報(カメラでの撮影情報なども含む)を整理する。

(5)定期的な現場経過監視

現場状況を定期的に確認を行う業務。主に自動車でパトロールを行う。

(6)定期監視情報の整理

定期的な現場経過監視で収集した情報を整理し、発見時の情報と連携をとりながら情報のとりまとめを行う業務。

(7)対処方針の検討

現場発見時の情報や、定期的な現場経過監視の情報から、自治体担当職員が対処方針を検討する。

(8)対応

対処方針の検討で検討した方針に対して対応を行う。

これら8つの業務の関係性を明らかにするために、業務フローを検討した結果を図7-1に示す。

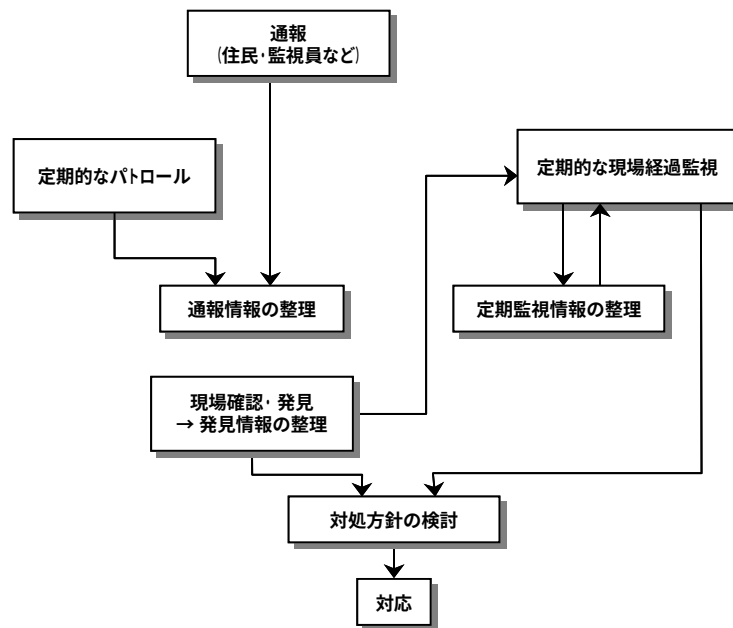


図7-1 自治体の不法投棄対策業務フロー

上記8つの業務の中から、自治体の不法投棄対策業務担当者が実証システムに求める機能について業務を3つに分類し、それぞれの共通する要望を検討した。その結果を図7-2に示す。

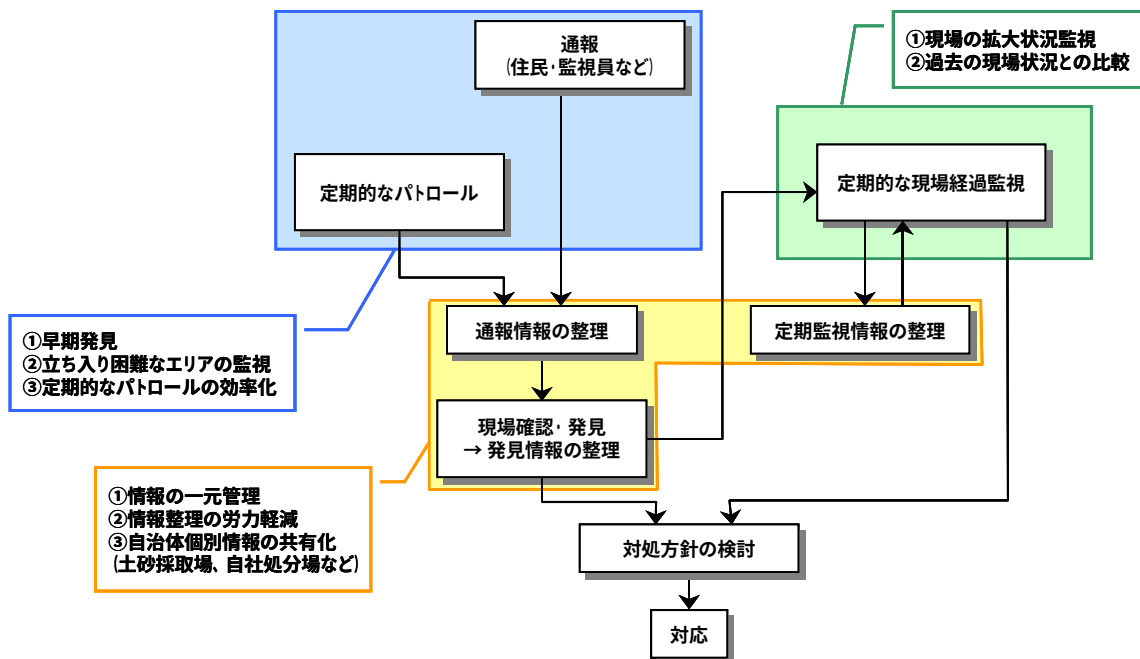


図7-2 実証システムに求められる要望

7.3.2 既存機能の改善検討

検証試験システムの機能は、図7-1の業務フローにおいて図7-3のように位置づけられる。また、既存機能については、6.5.3でその改善方針を抽出した（表7-1）。ここでは、上記の実証システムに向けた既存機能の改善方針をふまえ、具体的な改善内容を検討した。

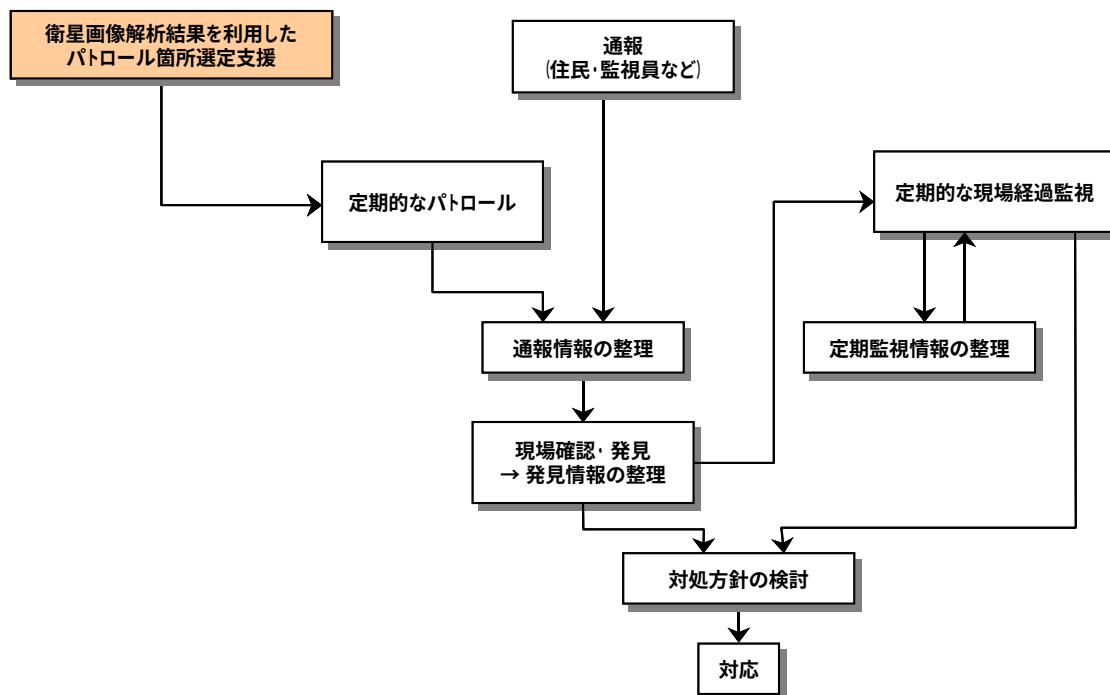


図7-3 既存機能の位置づけ

表7-1 既存機能の改善方針

既存機能	自治体のコメント	実証システムに向けた既存機能の改善方針
注文機能	Webでの注文～決済は自治体業務を鑑みると実現は難しい。 衛星監視エリアの決定に際しては、衛星の撮影条件などを考慮した専門的な知識が必要となるので、自治体だけでは決めることは難しい。	システムでの注文機能は行わない。 衛星画像解析機関と自治体の方で協議の上、衛星監視エリアを選定する。
衛星画像等の閲覧機能	自治体の利用目的に応じて表示する画像・地図情報を選択できるようにしたい。 ゾーニング結果は衛星画像と併せて閲覧したい 自治体の保有する個別情報（土砂採取場、自社処分場など）を表示できるようにしたい。	商品単位での表示ではなく、自治体の利用目的に応じて表示するレイヤを決める方法とする。 ゾーニング結果も衛星画像と併せて閲覧できるようにする。 自治体の保有する個別情報も表示できるようにする。
提供情報管理機能	大きな改善要望はなし	改善は行わない。（検証試験システムのままとする。）
ユーザ管理機能	大きな改善要望はなし	改善は行わない。（検証試験システムのままとする。）
注文管理機能	大きな改善要望はなし	改善は行わない。（検証試験システムのままとする。）

改善後の機能概要を以下に示す。

(1)注文機能

システムでの注文は行わないので、実証システムのシステム化対象外とする。

(2)閲覧機能

自治体の利用目的に応じて表示する情報を選択できる機能。ゾーニング結果ならびに自治体が独自に保有する情報（自治体が登録した情報）を表示することも可能である。具体的なイメージを図7-4に示す。

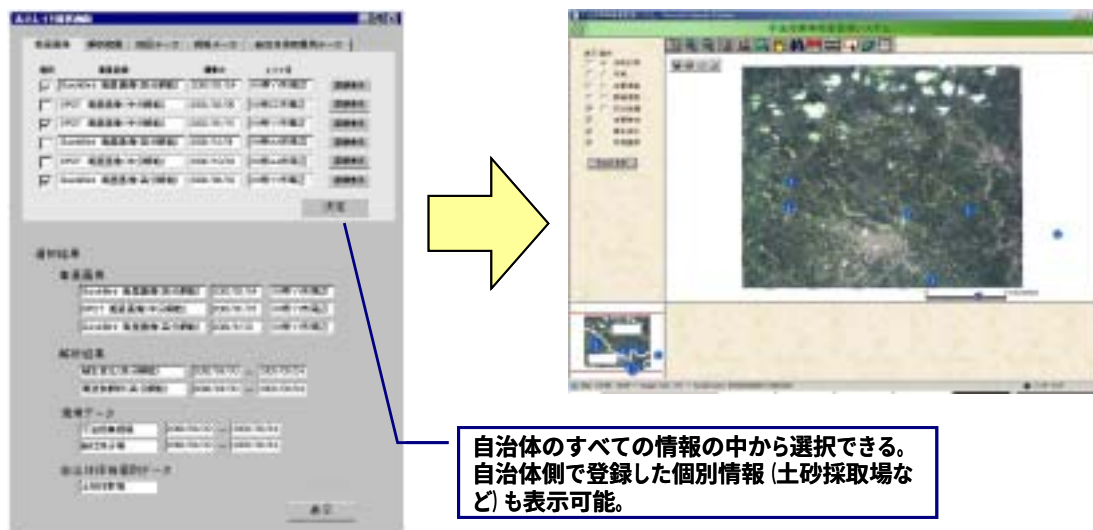


図7-4 衛星画像等の閲覧機能(改善版)

(3)提供情報管理機能

大きな改善要望がなく、検証試験システムをそのまま流用する。

(4)ユーザ管理機能

大きな改善要望がなく、検証試験システムをそのまま流用する。

(5)注文管理機能

大きな改善要望がなく、検証試験システムをそのまま流用する。

7.3.3 追加機能の検討

7.3.2の既存機能の改善検討に加え、実証システムで追加すべき機能について、自治体ヒアリング結果などから検討を行った。検討結果を表7-2に示す。

表7-2 機能の追加方針

追加機能についての要望	実証システムに向けた追加機能方針	追加機能名称
衛星画像にパトロール対象箇所を書き込み、現場パトロールの際にそのデータを持って行き活用したい。	衛星画像にパトロールエリアをプロットし、印刷できる機能を追加する。 衛星画像の表示できるノートPCなどを使用し、衛星画像と照らし合わせての現場パトロールができるようにする。	パトロール支援
新規の発見だけではなく、既知現場の経年的な変化を定期的に監視する業務にも活用したい。	同現場の経年変化を一覧できるような機能を追加する。 現場の拡大状況をメモできる機能を追加する。	衛星画像解析結果を利用した経過監視支援
パトロールした情報を衛星画像と重ね合わせ、他の担当者、他機関と情報の共有化をしたい。	パトロール現場で、調査結果を登録できるようにし、他の担当者、他機関と共有できるようにする。 自治体の保有する個別情報（土砂採取場、自社処分場）も登録できるようにする。	自治体個別情報の共有化 現場情報の整理の効率化

これらの追加機能について、それぞれの機能概要を以下に示す。

(1)パトロール支援機能

衛星画像にパトロールエリアをプロットする機能。パトロールのポイントを記載することができる。ノートPCにパトロールエリアのデータのみをダウンロードし、現場でのパトロールに活用できる。具体的なイメージを図7-5に示す。

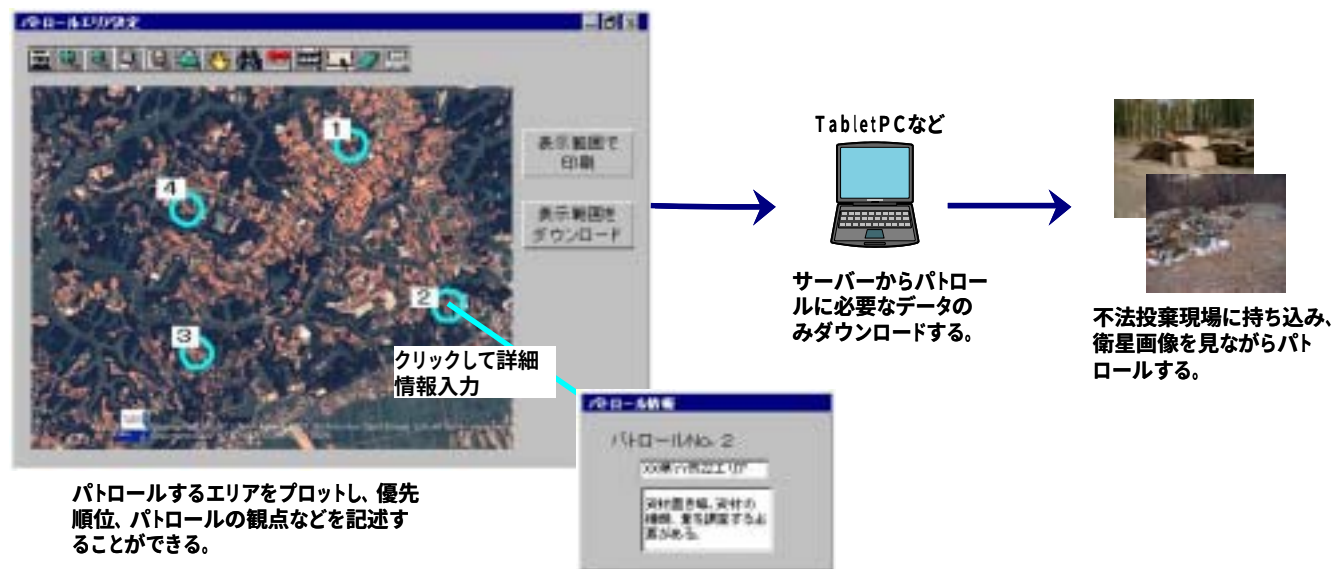


図7-5 パトロール支援機能（追加機能）

(2) 衛星画像解析結果を利用した経過監視支援機能

特定の現場に着目し、現場の拡大状況を一覧表示し、監視する機能。画像への書き込み、コメントの書き込みができる。具体的なイメージを図7-6に示す。



図7-6 経過監視支援機能（追加機能）

(3) 自治体個別情報の共有化&現場情報の整理の効率化機能

不法投棄現場、自社処分場、資材置き場など関連する情報をデータベースに登録する機能。具体的なイメージを図7-7に示す。

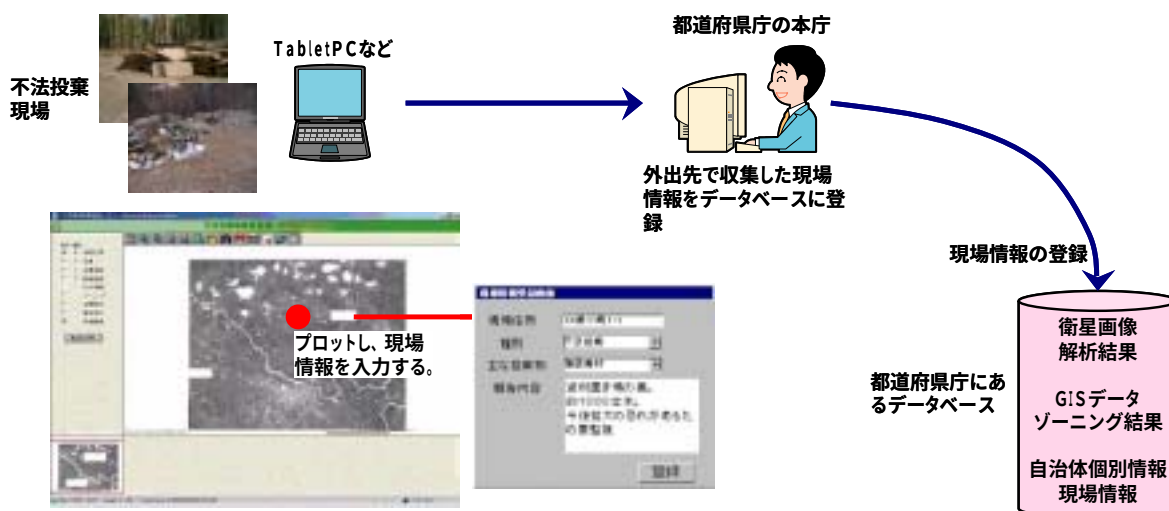


図7-7 現場情報整理機能

7.3.4 自治体の業務フローにおける実証システムの位置づけ

7.3.2で検討した既存機能の改善結果と、7.3.3で検討した機能追加結果を自治体の業務フローの中で位置づけた。結果を図7-8に示す。

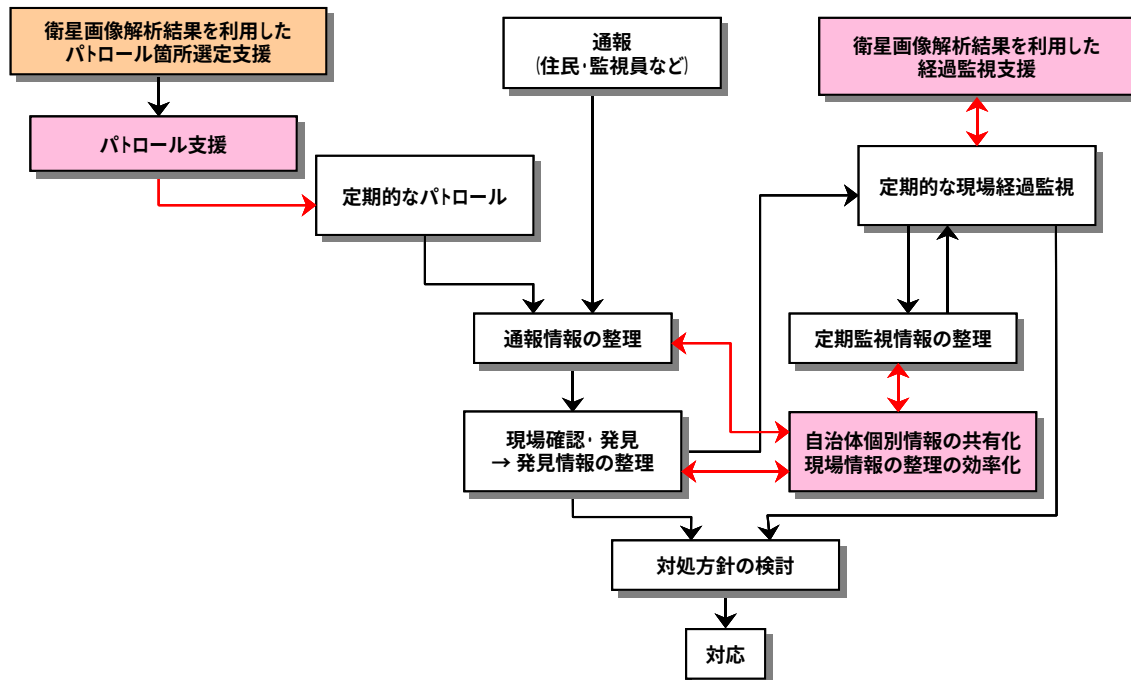


図7-8 追加機能を含めた実証システムの位置づけ

これより実証システムを利用することで自治体の不法等投棄対策業務の様々な局面で情報整理、各種支援業務をサポートできると考えられる。

7.4 システム方式の検討

以上の検討結果をふまえて、実証システムの方式検討を行った。システム方式は、以下の項目を満たす方式とすることとした。

- ・衛星監視センタとしての役割のうち、画像解析、ゾーニング更新部分以外は自治体に役割を移動する。

これにより、以下の内容は各自治体で実施することとなる。

衛星画像、解析結果画像などのデータの購入発注

データの管理（ライセンス管理を含む）

- ・自治体内部（本庁、出先機関）ではネットワークを経由して解析結果画像の表示などが実施できるようにする²。
- ・衛星画像の解析は、衛星画像解析機関が行うこととし、自治体は衛星画像解析機関に電話などの方法で衛星画像の解析を依頼することとする。

これらの方式についての具体的なイメージ図を図7-9に示す。

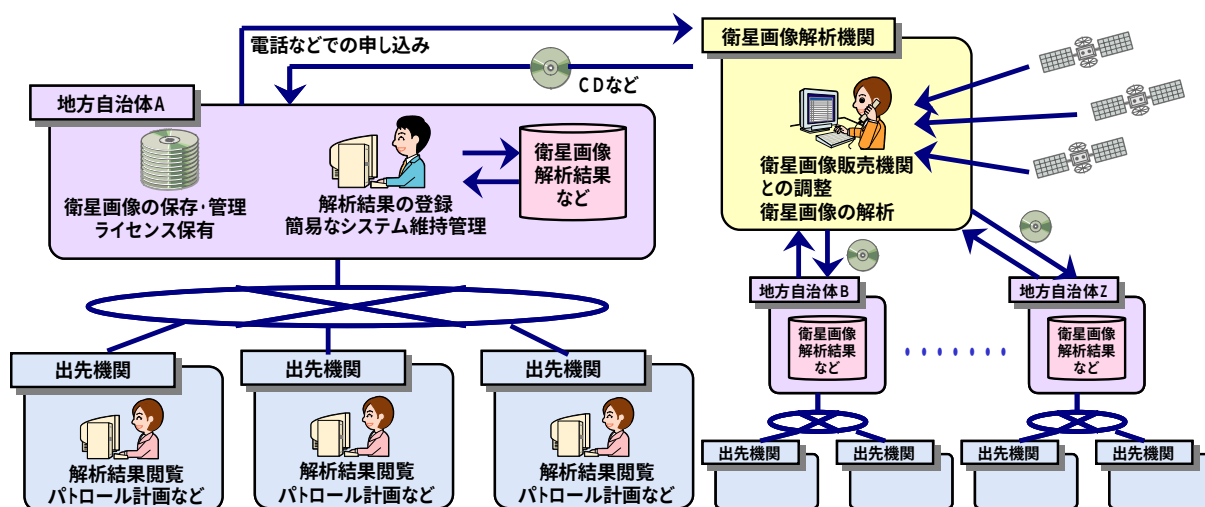


図7-9 実証システムにおけるシステムの方式のイメージ

ここで検討を行った実証システムの方式と、検証試験システムの方式について、それぞれを実現した際の運用面での違いとして、画像購入手続き、画像の利用用途、画像のライセンス管理について比較検討を行った。結果を表7-3に示す。なお、○印は比較結果から優位と想定される方式を意味する。

² 自治体内部にシステムを設置するとしても、実際には業者に委託してシステムの運用を行う場合などが考えられる。したがって、システムの物理的な設置場所や実際の運用管理者は必ずしも自治体であるとは限らない。

なお、実証システムの方式を採用した場合においては、検証試験システムの方式について、それぞれを実現した際の運用面での違いとして、画像購入手続き、画像の利用用途、画像のライセンス管理について比較検討を行った。結果を表7-3に示す。なお、○印は比較結果から優位と想定される方式を意味する。

表7-3 検証試験システムと実証システムの比較

	検証試験システム	実証システム	
	衛星監視センタでのデータ一括管理 インターネットベース方式	各自治体でのデータ分散管理 イントラネットベース方式	
衛星画像購入に関する事務手続き	衛星監視センタが衛星画像購入を一括して行うため、自治体は衛星監視センタのみと衛星画像購入手続きを行えばよく、自治体の事務作業は比較的簡易となる。	○ 自治体は複数の衛星画像販売機関と衛星画像購入手続きを行う必要があり、事務作業は比較的複雑なものとなる。	-
衛星画像の利用用途	広域の衛星画像を利用する場合、複数の都道府県にまたがる画像は共通で利用できる。	— 都道府県をまたがった衛星画像利用はできない。	-
衛星画像のライセンス管理	衛星監視センタが管理を行う。自治体に衛星画像を公開する場合、通常の衛星画像価格に加え、別途料金（ライセンス費用）が発生する可能性がある。	- 各自治体が管理を行う。自治体内部での衛星画像の公開のため、追加費用は必要なし。	○

7.5 実証システムの全体像

これまでの検討結果から、実証システムの全体像についてまとめを行った。その結果を図7-10に示す³。

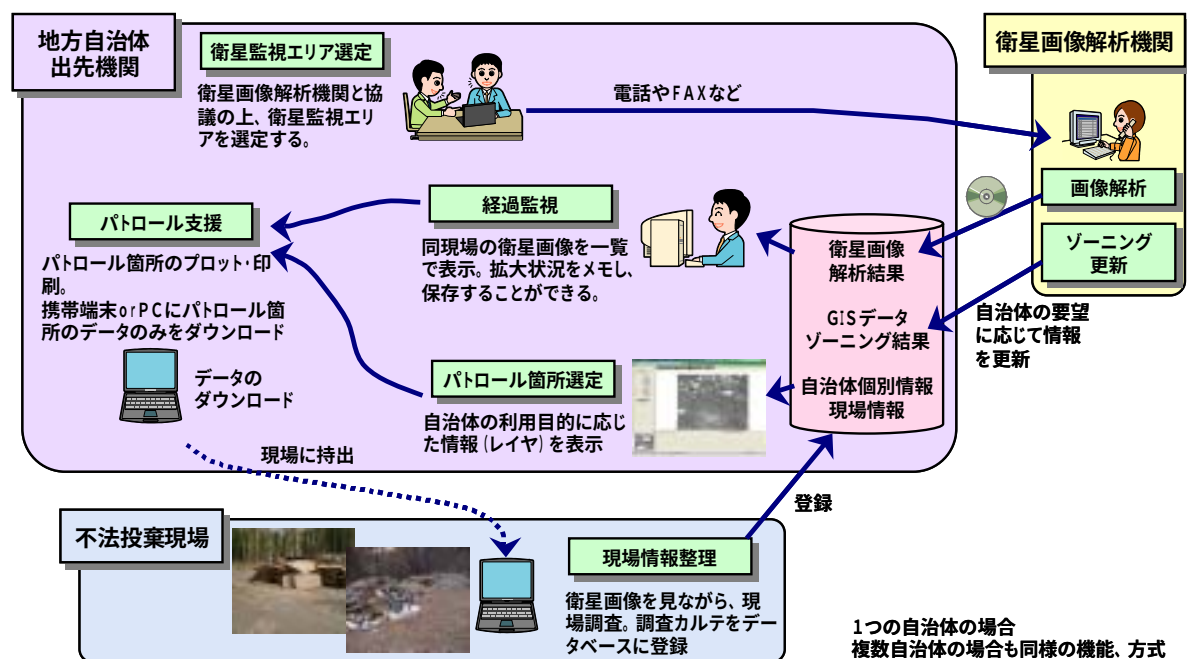


図7-10 実証システムの全体像

³ ゾーニングの利用および更新方法については、付録5を参照のこと。

7.6 本章のまとめ

本章では、来年度に実施予定の実証試験で使用する実証システムの設計を行った。設計においては平成14年度に構築した検証試験システムを前提とした上で、基本的な方針を検討し、機能面、システム方式面に分けて詳細な検討を実施した。

実証システムの機能面については、自治体ヒアリングのコメントを受け、検証試験システムの中で今後改善を行うべき部分、新たに実証システムで追加すべき部分という点で検討を実施した。その結果、検証試験システムの注文機能は実証システム対象外とし、閲覧機能を拡充すること、また実証システムでは新たに、パトロールエリアを地図に示す機能、同一現場の衛星画像の経過を閲覧する機能、不法投棄現場の情報を管理する機能を追加することがよいと考えられた。

実証システムの方式面については、衛星監視センタに衛星画像データ、解析結果画像データなどの情報を一元管理するのではなく、各自治体で自分の自治体の情報を分散管理する方式とすることで検討を行った。その結果、データの分散管理方式は自治体のシステムメンテナンスが必要とはなるものの、衛星画像のライセンス保有を自治体が一元化できるなどのメリットがあることが分析できた。

8 総括と今後の課題

8.1 本調査の結果のまとめ

本調査では、(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 つの要素からなる不法投棄衛星監視システムに関し、それぞれのサブシステムにおいて前年度に開発されたシステムを高度化し、より精度の高い手法を構築するとともに、検証試験を 2 回行いサブシステムならびに全体システムの手法・仕様の検証を行い、来年度に実施する予定の実証試験に向けたシステム設計を行うことを目的に各種検討を行った（図 8-1）。

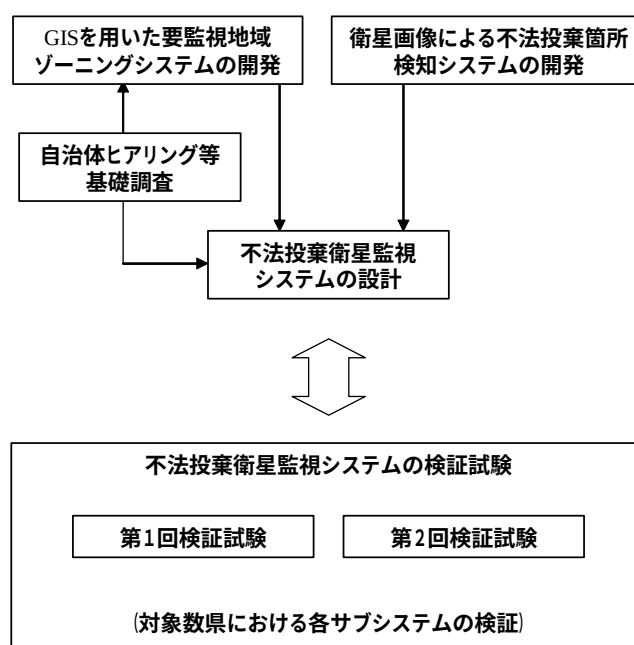


図8-1：本調査の概要

以下に、各サブシステムの調査概要と得られた主な成果をまとめた。

1) 不法投棄要監視地域ゾーニングシステム

まず、基礎調査として、投棄物のフローについてヒアリング調査等を行い、フローのパターンとその関連要因に関する構造化を行った。また、不法投棄現場 600 件以上の位置情報ならびに地理属性情報をデータベース化した。

次に、これらの情報をもとに、不法投棄要監視地域のゾーニングを行った。ゾーニングは、25m メッシュ単位で関東圏域を対象に行うこととし、①投棄件数、②投棄規模、③投棄物の物流に着目した 3 種類の方法を検討した。その結果、①については人口密度、森林縁距離、地形分類、主

要道路距離、道路距離、所得、失業率の7因子を採用し、昨年度より精度の高い結果を得ることができた。監視地域を全域の20%に絞り込んだ場合の不法投棄場所の網羅率は約50%となった。②については、2つの方法を試みたが①を規模ゾーニングに適用した場合より大幅な精度向上を図れないことが分かった。③については、不法投棄現場に持ち込まれた廃棄物の移動距離・時間のデータを収集し、関東圏域における廃棄物排出源とその中間処理場の重心からの廃棄物の到達可能地域を求めた。この結果と①の結果を組み合わせで解析し、投棄物の物流と投棄場所の双方を考慮したゾーニング結果を得た。その結果、監視地域を全域の20%に絞り込んだ場合の不法投棄量の網羅率は約50%となった。以上のことから、ゾーニング手法は①と③を利用することとした（結果の詳細は、4.3.4、4.4.4、4.5.4を参照）。

また、検証試験の期間、開発したゾーニングシステムの有効性について、検証試験エリアの選定や自治体担当者へのヒアリングを通じて検討を行い、衛星監視対象エリアの絞込みに使う方法や、衛星監視システムを使用してゾーニング結果を利用する方法について検討を行い、実運用における有効性を検討した。これより、ゾーニング結果の利用における各種の改善点を抽出し、衛星監視業務運用システムの設計仕様を決定することができた（結果の詳細は、6.3を参照）。

2) 不法投棄箇所検知システム

まず、光学センサに検討を絞って、不法投棄箇所検知手法の高度化検討を行い、検知精度の向上ならびに、様々な誤検知要因の除去を試みた。検討した検知手法は、廃棄物のスペクトルに基づいた検知手法、NDVIを用いた植生変化による検知手法、土地被覆分類を用いた植生変化による検知手法、バンド比演算を用いた植生変化による検知手法、空間情報による検知手法の5つである。これらの検討結果をふまえ、現時点での具体的な実現形態として、複数の個別手法を組み合わせた検知アルゴリズムを決定した。検知領域は、森林領域とそれ以外の領域の2つにわけて、それぞれの解析アルゴリズムを決定することができた（結果の詳細は、5.9を参照）。

次に、検証試験では、画像解析技術の解析精度を定量的に求め、その有効性を検証した。その結果、採用する画像解析手法は、森林領域を対象としたNDVI変化に基づく手法（狭域および広域高分解能（SPOT5））とした。また、画像解析手法だけでは誤検知が避けられないため、目視判読を行い誤検知を削減することとした。目視判読を支援するためにスコアリング手法を採用して、解析結果の見やすさを向上させ、画像解析の最終結果から目視判読で現場パトロール候補地を決定する手順ならびに目視判定のポイントを提示した（結果の詳細は、6.4を参照）。

3) 衛星監視業務運用システム

まず、前年度までの検討結果に基づいてシステム化に当たっての基本方針の検討を行なった。システムを利用する前提条件となるユーザの概念や、提供情報の仕様などの基本検討結果を受けて、検証試験用のシステムを作成した。また、操作マニュアルを作成し、検証試験期間中に不法投棄実務担当者実際に利用して頂くことで、実際の不法投棄対策実務に適用した際の有効性、問題点を洗い出し、システムの実現性を考慮したうえで、システムの改善方針を検討した。その結果、来年度利用する実証システムの機能面については、検証試験システムの注文機能は実証シ

システム対象外とし、閲覧機能を拡充すること、また実証システムでは、新たにパトロールエリアを地図に示す機能、同一現場の衛星画像の経過を閲覧する機能、不法投棄現場の情報を管理する機能を追加することがよいと考えられた。また、各機能を検討する際に、自治体の不法投棄対策業務を意識した形で検討を行い、実証システムではどのように現状の自治体の業務が変わるかを明確にした。また、実証システムの方式面については、衛星監視センタに衛星画像データ、解析結果画像データなどの情報を一元管理するのではなく、各自治体で自分の自治体の情報を分散管理する方式は自治体のシステムメンテナンスが必要とはなるものの、衛星画像のライセンス保有を自治体が一元化できるなどのメリットがあることが分析できた（結果の詳細は、6.5と7章を参照）。

8.2 今後の課題

今年度の検討により、3つの要素からなる不法投棄衛星監視システムの高度化・設計がなされたが、実利用に向けての課題が残されている。次年度においては、自治体の業務のなかで衛星監視システムをどのように活用していくかなど、自治体の不法投棄対策実務を広範にサポートできるように自治体におけるシステム利用の有効性を実証する必要がある、以下のような課題について検討していくべきである。

(1) 実証システムの作成

今年度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。）を作成すること。

(2) 実証試験の実施及び評価

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について、自治体の協力を得て、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こと。

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、ならびに検知情報の提示方法や検知技術の問題点などの抽出、改善策の検討を行うこと。

(3) 衛星監視システムを用いた実務活用マニュアル作成

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マニュアルを作成すること。

不法投棄等衛星 監視システム開発調査

付録

付録1 不法投棄現場データの収集	付 1
付録2 不法投棄要監視地域ゾーニング手法検討の詳細	付 7
付録3 衛星センサの仕様	付 17
付録4 検証試験の結果詳細	付 31
付録5 ゾーニングによる衛星監視地域選定支援システムの仕様例	付 141

付録1 不法投棄現場データの収集

第4章で用いた現場レベル¹の不法投棄現場データの収集方法とそれらの属性付加方法について述べる。

1 不法投棄位置データの作成

1.1 資料収集

現場レベルの不法投棄のデータ作成のために、千葉県、栃木県、茨城県の不法投棄対策部署の協力を得て、環境省の不法投棄実態調査に記載した不法投棄の現場位置図の資料を収集した。

25mメッシュを単位とする現場レベルのデータ精度確保のために、約50,000分の1以上の精度の位置情報が必要となる。そのため現場の位置図として、各県の担当者から、平成12年度、13年度の不法投棄の位置を住宅地図（約5000分の1）または市販の道路地図（約50,000分の1）に記入して頂いた。

1.2 不法投棄箇所のデータ化

次に、現場位置図及び確認位置住所を参照しながら、1:25000デジタル地形図データ及びLANDSAT衛星画像との重ね合わせて投棄箇所を入力してデータ化した。入力にはGISソフト（ArcGIS8.2）を利用してSHAPE形式のポイントのデータを作成した。

県別の作成データ数を表1に示す。

表1 県別の作成データ数

	平成12年度入力分/ 不法投棄実態調査報告数	平成13年度入力分/ 不法投棄実態調査報告数	備考
茨城県	105/106件	163/164件	不適正保管を別途入力 平成12年度:126/129件 平成13年度:180/181件
栃木県	24/24件	26/26件	-
千葉県	64/89件	232/237件	不適正保管を別途入力 146/150件
合計	193/219件	421/427件	

¹ 25m メッシュレベルの位置情報を有することを指す。

不法投棄実態調査報告で挙げられている不法投棄情報には、一部、位置情報が不明なもの、位置情報があいまいで位置を特定できないもの、解決済みのものがあり、これらについては、データの作成を行なわなかった。

このうち、平成13年度分の作成データについては、不法投棄実態調査報告で挙げられた件数の98%以上を入力しており、ゾーニングの高度化を行なうために利用可能であると考えられる。また、平成12年度分の作成データについても、88%以上の入力を行なうことができたため、高度化結果の検証に用いることが可能であると考えられる。

また、作成した不法投棄位置データは、衛星データと重ね合わせ表示を行なった現場カルテを作成し、入力位置の確認を行なった。

県別の平成13年度不法投棄確認位置を図1～3に示す。

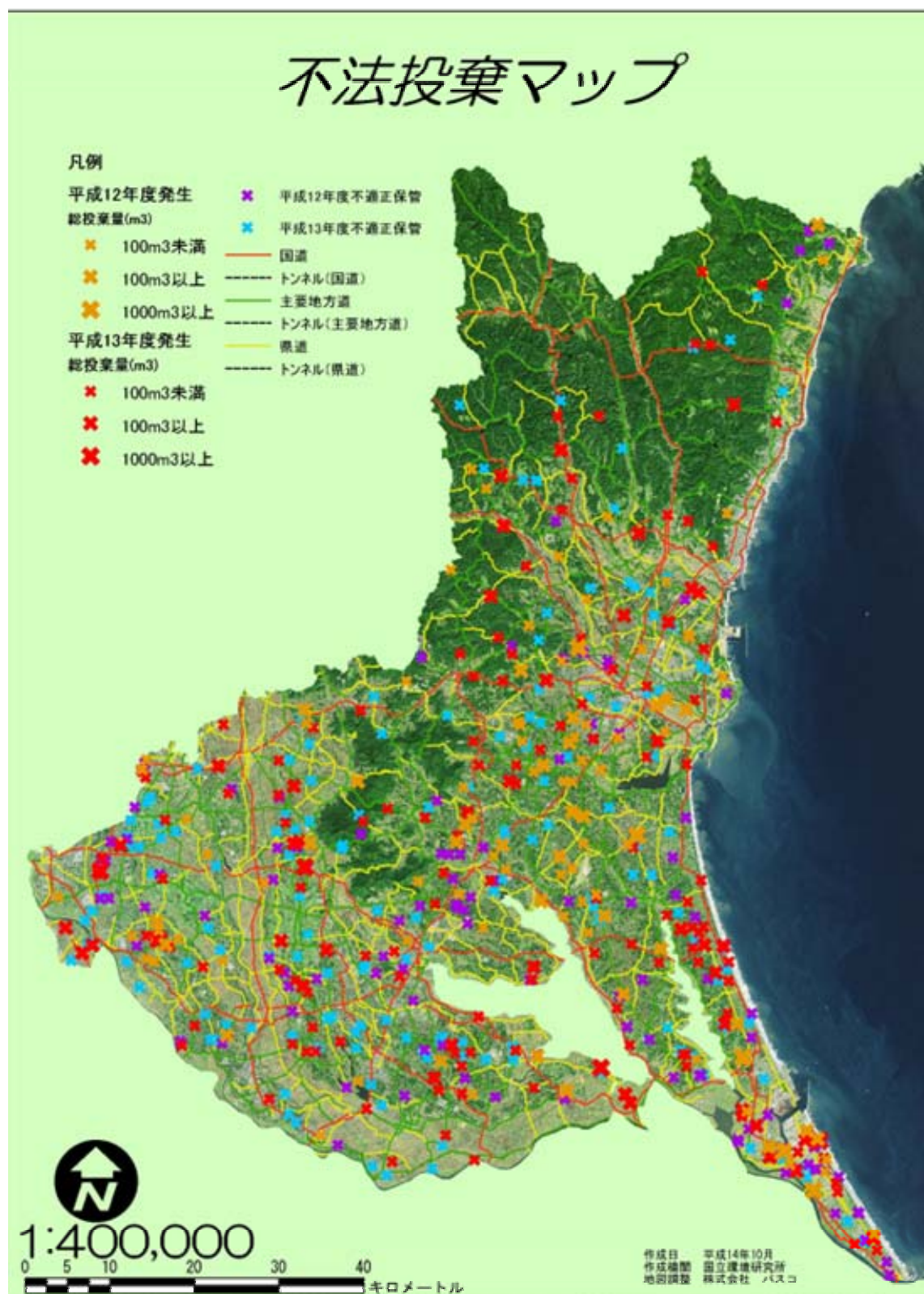


図1 不法投棄位置（茨城）

不法投棄マップ



図2 不法投棄位置（栃木）

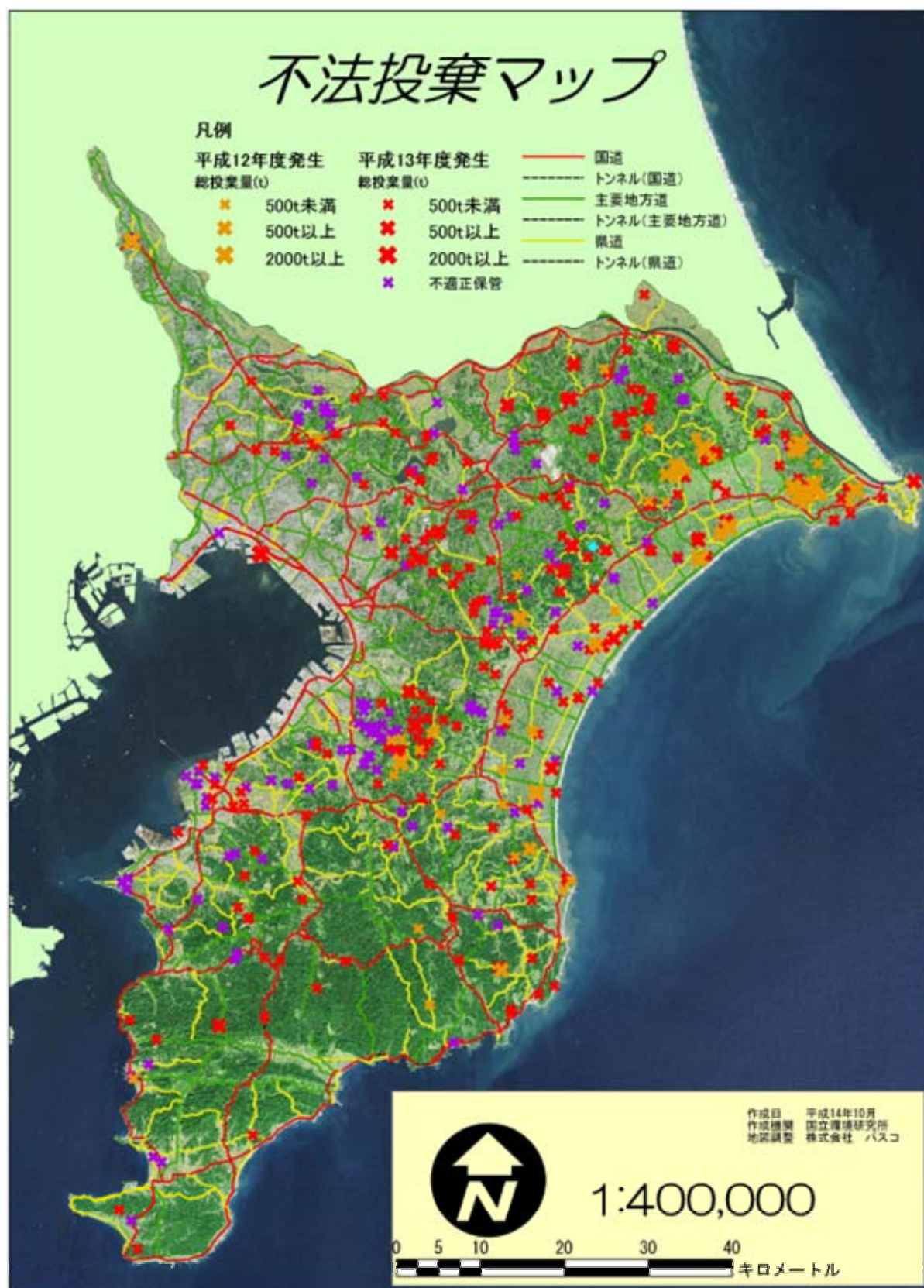


図3 不法投棄位置（千葉）

2 投棄量集計情報作成

1で作成した不法投棄位置データに、投棄規模の付加を行なった。
投棄規模は自治体より収集した不法投棄箇所のリストに示された、総投棄量とした。

収集した不法投棄の投棄量の記載について茨城県資料については、投棄量が体積で示されており、千葉県、栃木県は重量で示されていた。そのため、茨城県の資料を他県の資料との整合を図るため、1 m³あたりを1 トンに換算して利用するものとした。

また、投棄量が、重量または体積以外で示されているものについては、投棄量が不明なものとして取り扱った。

3 GIS を利用した評価因子の属性付加

1で作成した不法投棄位置データに、平成13年度報告において、不法投棄発生要因として作成した評価因子のGISデータと本年度調査で作成した不法投棄位置データをオーバーレイ解析し、不法投棄位置に該当するGISデータが持つ属性値を不法投棄位置データの属性値として付加した。

付加した属性項目は本文表4-1に示したとおりである。

付録2 不法投棄要監視地域ゾーニング手法検討の詳細

1 不法投棄相対確率の集約化方法の検討

まず、次のように各事象を標記する。

D：不法投棄（illegal Dumping）が発生する。

A_i：評価因子 A のカテゴリ i に該当する。

B_j：評価因子 B のカテゴリ j に該当する。

この場合、ある対象母集団（例えば、日本全国）において不法投棄が発生する確率は P(D) で表され、また、評価因子 A のカテゴリ i で不法投棄が発生する確率は P(D | A_i) で表される。

したがって、これらの単純な比が当初想定していた相対確率を示し、(1)式で表される。

$$\text{相対確率 } R(A_i) = P(D | A_i) / P(D) \quad (1)$$

また、X と Y という事象を考えた場合、一般に条件付確率は(2)式で定義される。

$$P(X | Y) = P(Y \cap X) / P(Y) \quad (2)$$

したがって、(1)式は(3)式で表される。

$$R(A_i) = P(D \cap A_i) / \{P(D) \cdot P(A_i)\} \quad (3)$$

一方、X と Y が独立であれば、(4)式が成立する。

$$P(X \cap Y) = P(X) \cdot P(Y) \quad (4)$$

よって、A_i と D が独立であれば、相対確率は 1 となることが(3)、(4)式から分かる。つまり、A_i が不法投棄に関係していれば相対確率が 1 以外の値をとり、関係していなければ 1 の値をとる。

前年度の検討では、(3)式から 1 を引いて相対確率を求めていたが、これが相対確率を正しく示してはいないことになる（相対確率的なものは表している）。したがって、本年度は、この 1 を引かない値を相対確率として定義・利用する。

次に、(1)式を 2 因子の場合に拡張してみる。この場合の相対確率は(5)式で表される。

$$\begin{aligned} R(A_i \cap B_j) &= P(D | A_i \cap B_j) / P(D) \\ &= P(D \cap A_i \cap B_j) / \{P(D) \cdot P(A_i \cap B_j)\} \end{aligned} \quad (5)$$

一方で、1 因子の相対確率 R(A_i) と R(B_j) の積を求めてみる。

$$\begin{aligned} R(A_i) \times R(B_j) &= [P(D \cap A_i) / \{P(D) \cdot P(A_i)\}] \times [P(D \cap B_j) / \{P(D) \cdot P(B_j)\}] \\ &= \{P(D \cap A_i) \times P(D \cap B_j)\} / \{P(D)^2 \cdot P(A_i) \cdot P(B_j)\} \end{aligned} \quad (6)$$

ここで、A と B が独立な場合には、(6)式の分子を(7)式で表すことができるので、(6)式は(8)式で表すことができる。

$$\begin{aligned}
P(D \cap A_i) \times P(D \cap B_j) &= P(D) \cdot P(A_i | D) \times P(D) \cdot P(B_j | D) \\
&= P(D)^2 \cdot P(A_i \cap B_j | D) \\
&= P(D) \cdot P(A_i \cap B_j \cap D)
\end{aligned} \tag{7}$$

$$\begin{aligned}
R(A_i) \times R(B_j) &= P(A_i \cap B_j \cap D) / \{P(D) \cdot P(A_i) \cdot P(B_j)\} \\
&= P(A_i \cap B_j \cap D) / \{P(D) \cdot P(A_i \cap B_j)\}
\end{aligned} \tag{8}$$

(8)式は(5)式と同じであることが分かる。したがって A と B が独立であれば、それぞれの因子の相対確率の積により、多因子の相対確率を求めることができることになる。

2 ROC 曲線の解説

「臨床判断学における診断テスト等の優劣比較方法」におけるROC曲線（receiver operating characteristic curve、受診者動作特性曲線）は、表1の検査結果から縦軸を感度、横軸を偽陽性率としてプロットして作成される。

表1 検査結果と感度と偽陽性率の算出式

	疾病あり	疾病なし
検査結果：陽性	a	b
検査結果：陰性	c	d

$$\text{感度} = a / (a + c)$$

$$\text{偽陽性率} = b / (b + d)$$

このとき、プロットされた曲線が左上に位置する検査方法が、感度が高く（疾病を適切に検知）、かつ偽陽性率が低い（間違いが少ない）検査方法として優れていると判断される。

3 因子同士の重複性の解析結果

3.1 因子分析

不法投棄が発生した市区町村の各評価因子について因子分析を行った結果を表2（ここでは、固有値1以上となる因子までを示した）に示す。

これらの表からわかるように、固有値>1となる共通因子が4個抽出でき、その内容を見ると、

第1因子…………人口、都市の種類にかかわるグループ

第2因子…………土地利用にかかわるグループ

第3因子……………地域開発にかかわるグループ
 第4因子……………犯罪にかかわるグループ
 の4つのグループに大別して考えることが出来る。

表2 圏域レベルの因子分析結果

	因子 1	因子 2	因子 3	因子 4
人口（対数）	0.92	-0.13	-0.05	0.11
人口増減率	0.26	0.16	-0.65	0.02
世帯数（対数）	0.93	-0.13	0.03	0.12
世帯密度	0.78	0.53	0.03	0.25
人口密度	0.76	0.56	-0.03	0.25
年少人口割合	-0.07	0.02	-0.64	-0.30
生産年齢割合	0.76	0.18	-0.26	0.42
老年人口割合	-0.71	-0.18	0.56	-0.26
昼夜間人口比率	0.09	0.00	0.21	0.10
所得	0.61	0.18	-0.11	0.54
失業率	0.46	0.23	0.24	-0.04
第1次産業割合	-0.66	-0.23	0.14	-0.28
第2次産業割合	-0.27	0.19	-0.45	0.14
第3次産業割合	0.76	0.04	0.24	0.10
犯罪件数（対数）	0.34	0.05	0.01	0.86
検挙件数（対数）	0.34	0.14	0.05	0.85
住宅地の平均地価（対数）	0.77	0.29	0.00	0.34
総面積（対数）	-0.09	-0.84	0.00	-0.21
非可住面積	-0.09	-0.94	0.10	-0.01
森林面積	-0.10	-0.93	0.11	-0.01
耕地面積	0.02	-0.63	-0.15	-0.12
説明済	6.57	3.85	1.66	2.54
寄与率	0.31	0.18	0.08	0.12
因子負荷量 ≥ 0.700 0.700 > 因子負荷量 ≥ 0.500				

また、現場レベルの因子分析と相関分析については、統計データの性質上、集計が困難であるため、以下の手法を用いて検討した。

- ① 茨城、栃木、千葉県の三次メッシュ（1kmメッシュ）それぞれにランダムな箇所にポイントを作成する。
- ② 発生した約4125地点の、評価因子の値を、GISを用いて取得する。
- ③ 4125件のデータをもとに因子分析を行なう。

その結果を表3に示す。現場レベルの因子は2グループ以上に分類できないことがわかった。

表3 現場レベルの 因子分析結果

	因子 1
人口密度(対数)	-0.795
保健所・警察署からの距離（対数）	0.697
行政界からの距離（対数）	0.088
役所との標高差	0.820
道路からの距離	0.688
主要道路からの距離（対数）	0.534
森林縁深さ	0.692
傾斜区分	0.636
説明済	3.439
寄与率	0.430
 因子負荷量 ≥ 0.700	
0.700 > 因子負荷量 ≥ 0.500	

3.2 相関分析

現場レベルと圏域レベルの因子を相関分析した結果を表4～5に示す。

表4 相関分析結果（現場レベル）

	人密対数	保警距対	行界距対	標高差	基本道路	主道距対	森林縁深	地形分類	傾斜区分	土地利用
人密対数	1.00	-0.63	-0.10	-0.64	-0.49	-0.43	-0.56	0.47	-0.53	0.32
保警距対		1.00	-0.02	0.55	0.41	0.45	0.48	0.24	0.42	0.21
行界距対			1.00	0.08	0.04	0.02	0.10	0.03	0.09	0.01
標高差				1.00	0.69	0.42	0.56	0.30	0.50	0.25
基本道路					1.00	0.36	0.47	0.17	0.43	0.18
主道距対						1.00	0.33	0.11	0.33	0.12
森林縁深							1.00	0.33	0.51	0.38
地形分類								1.00	0.36	0.34
傾斜区分									1.00	0.30
土地利用										1.00

ここで、カテゴリー変数－数量変数の場合は相関比を求め、また、カテゴリー変数－カテゴリー変数の場合は独立係数を求めた（カテゴリー変数は地形分類と土地利用）

太字&下線：|R| ≥ 0.700 太字：0.700 > |R| ≥ 0.500

表5 相関分析結果（圏域レベル）

	人口対数	人口増加	人密対数	世帯対数	世密対数	年少人口	生産年齢	老年人口	昼夜間人	所得	失業率	第1次産	第2次産	第3次産	犯罪対数	検挙対数	地価対数	面積対数	非可住面
人口対数	1.00	0.20	0.69	0.99	0.71	-0.09	0.68	-0.61	0.06	0.59	0.34	-0.58	-0.13	0.58	0.41	0.42	0.72	0.10	-0.05
人口増加		1.00	0.28	0.16	0.25	0.53	0.38	-0.57	-0.11	0.28	-0.01	-0.28	0.08	0.16	0.16	0.14	0.26	-0.18	-0.24
人密対数			1.00	0.69	1.00	-0.11	0.78	-0.71	0.07	0.68	0.47	-0.67	-0.01	0.55	0.49	0.54	0.83	-0.65	-0.57
世帯対数				1.00	0.71	-0.14	0.67	-0.59	0.08	0.59	0.37	-0.58	-0.18	0.62	0.43	0.43	0.72	0.10	-0.03
世密対数					1.00	-0.15	0.78	-0.69	0.08	0.69	0.49	-0.67	-0.06	0.60	0.51	0.55	0.83	-0.63	-0.54
年少人口						1.00	-0.10	-0.30	-0.16	-0.25	-0.07	0.10	0.14	-0.19	-0.21	-0.22	-0.17	0.05	-0.07
生産年齢							1.00	-0.92	0.04	0.79	0.31	-0.71	0.02	0.58	0.58	0.55	0.77	-0.36	-0.24
老年人口								1.00	0.03	-0.66	-0.28	0.64	-0.07	-0.48	-0.48	-0.45	-0.67	0.33	0.26
昼夜間人									1.00	0.21	0.02	-0.06	-0.12	0.14	0.07	0.08	0.15	-0.03	0.00
所得										1.00	0.04	-0.67	0.03	0.53	0.58	0.60	0.78	-0.32	-0.23
失業率											1.00	-0.36	-0.21	0.47	0.23	0.24	0.33	-0.28	-0.18
第1次産												1.00	-0.25	-0.64	-0.39	-0.40	-0.68	0.31	0.22
第2次産													1.00	-0.58	-0.07	-0.05	-0.07	-0.13	-0.16
第3次産														1.00	0.37	0.37	0.61	-0.15	-0.06
犯罪対数															1.00	0.95	0.51	-0.25	-0.13
検挙対数																1.00	0.56	-0.30	-0.21
地価対数																	1.00	-0.38	-0.33
面積対数																		1.00	0.74
非可住面																			1.00
森林面積																			
耕地面積																			

太字&下線：|R|≥0.700 太字：0.700>|R|≥0.500

太字&下線：|R|≥0.700 太字：0.700>|R|≥0.500

4 選定されたゾーニング因子の相対確率図

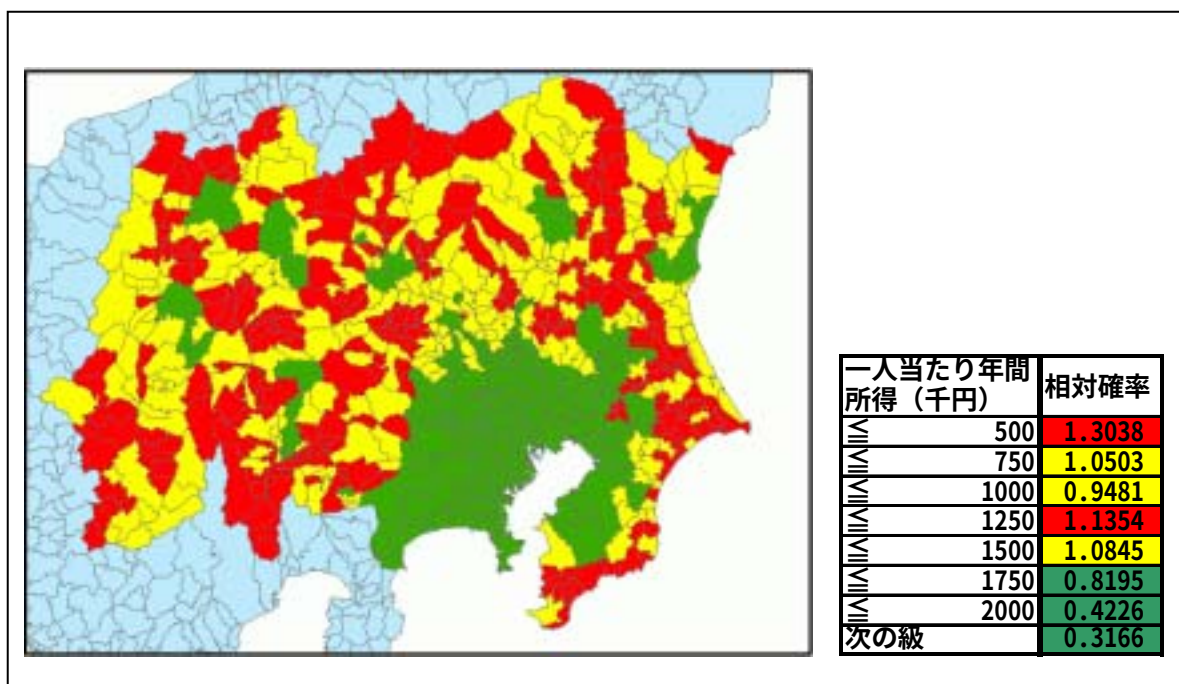


図1 一人当たり所得の相対確率図

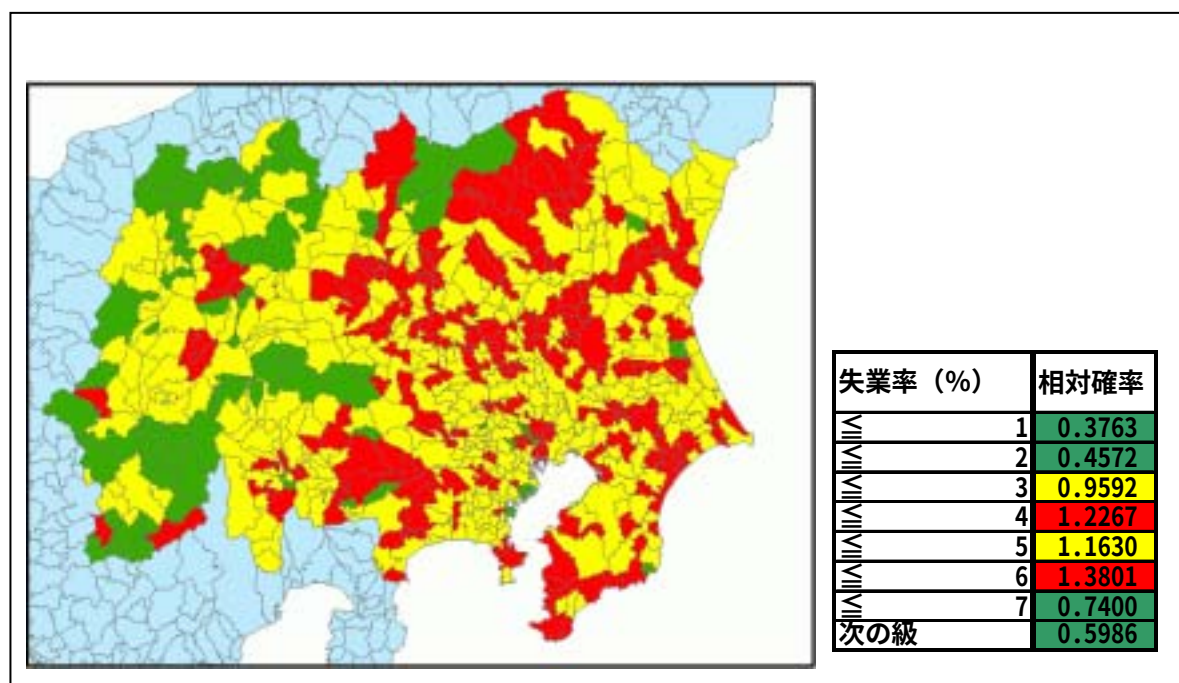


図2 失業率の相対確率図

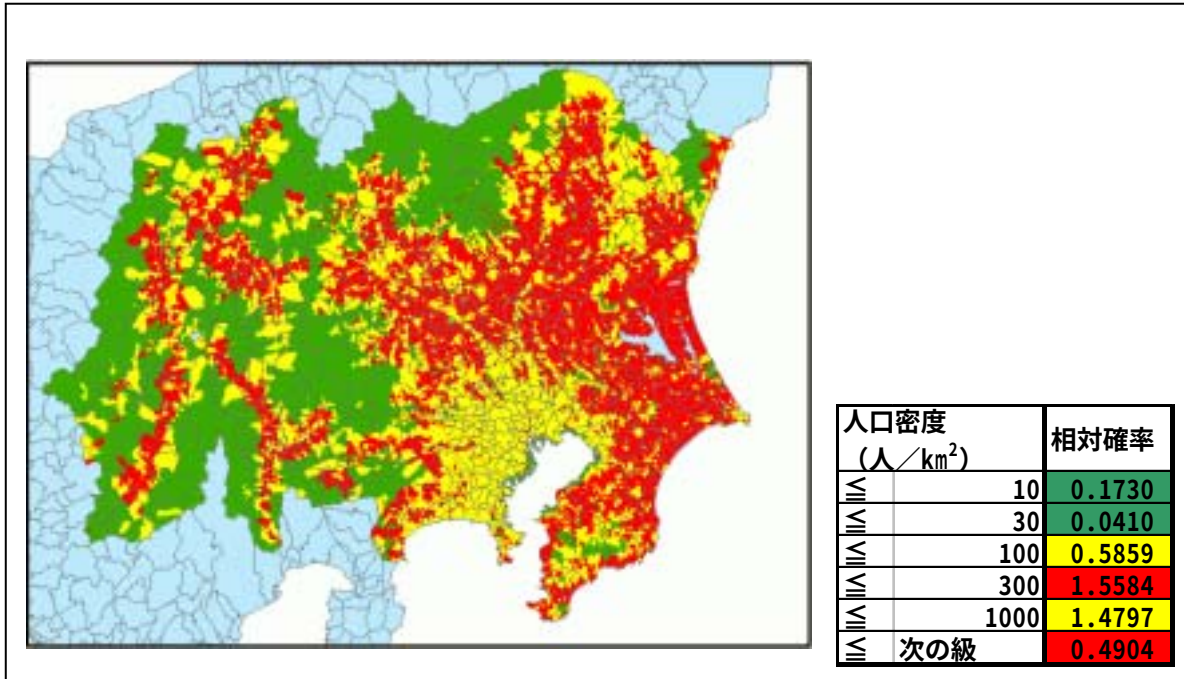


図3 人口密度の相対確率図

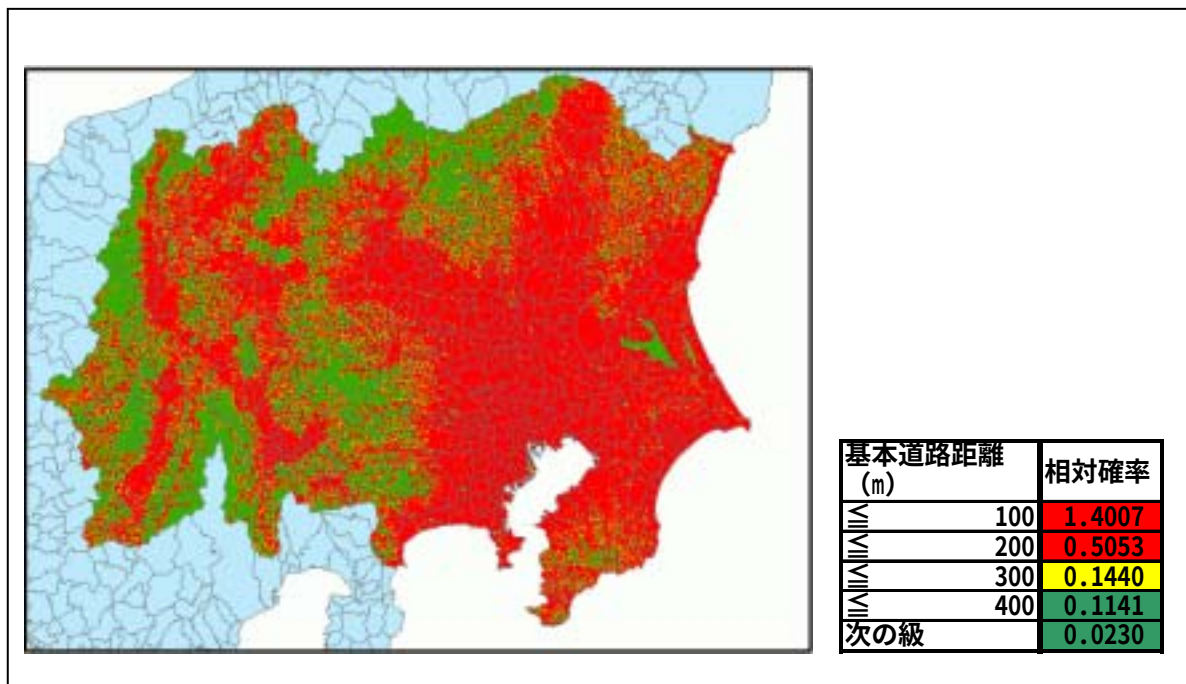


図4 基本道路からの距離の相対確率図

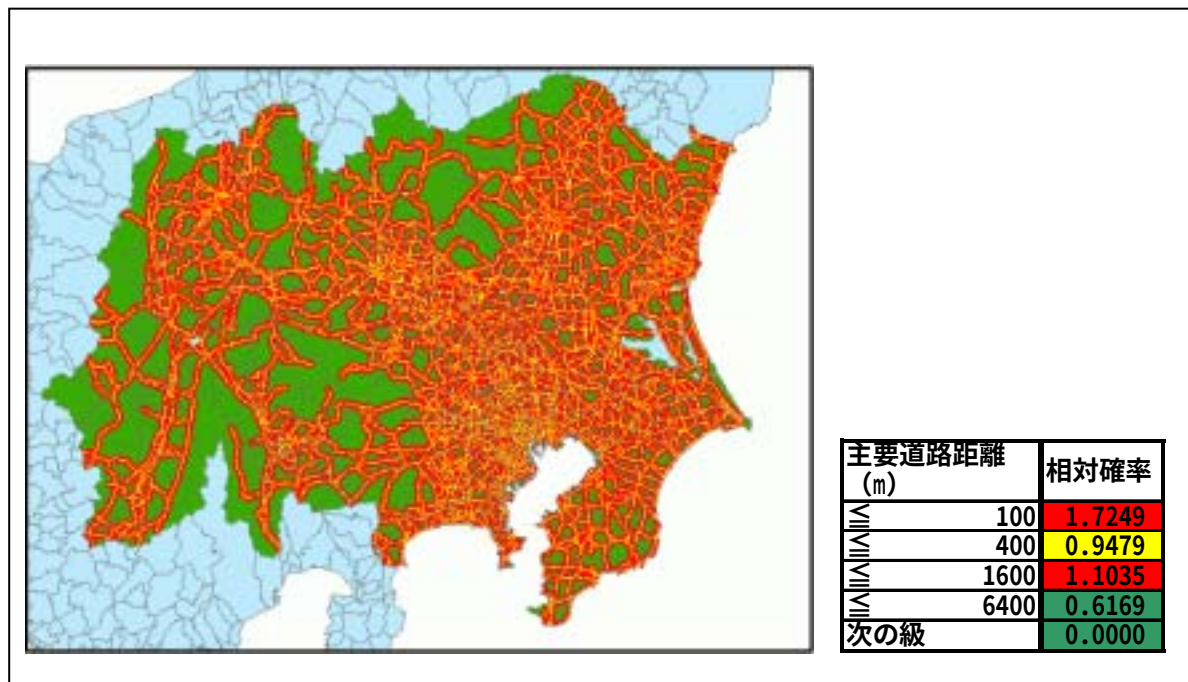


図5 主要道路からの距離の相対確率図

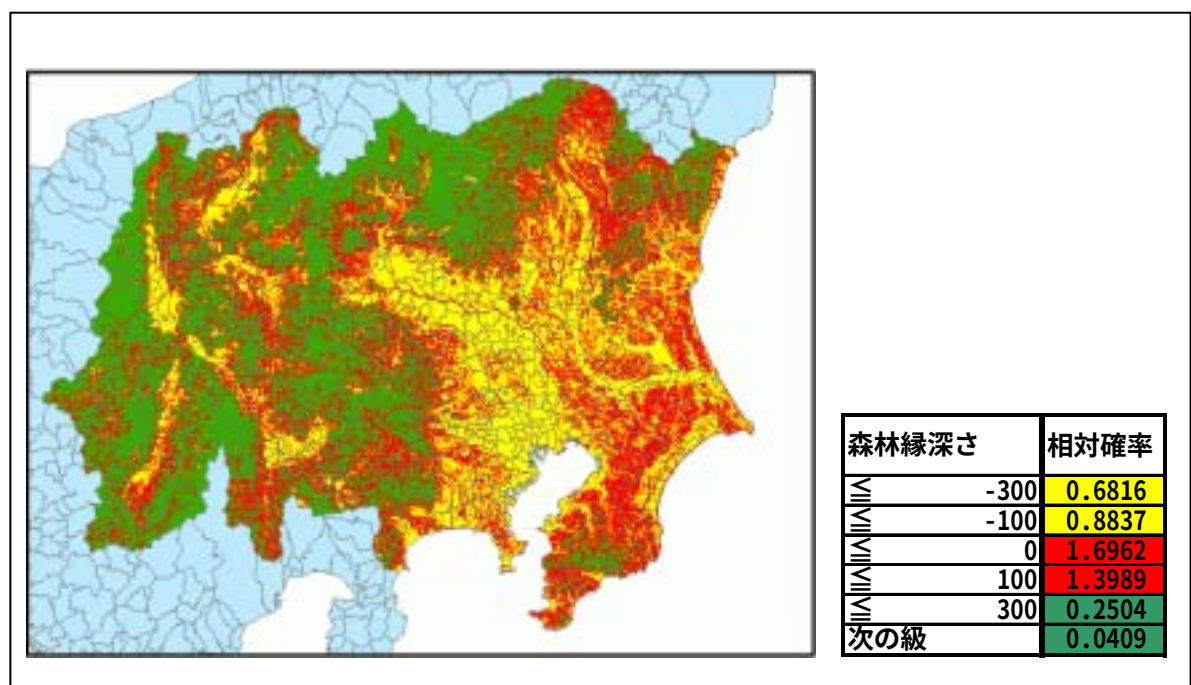


図6 森林縁深さの相対確率図

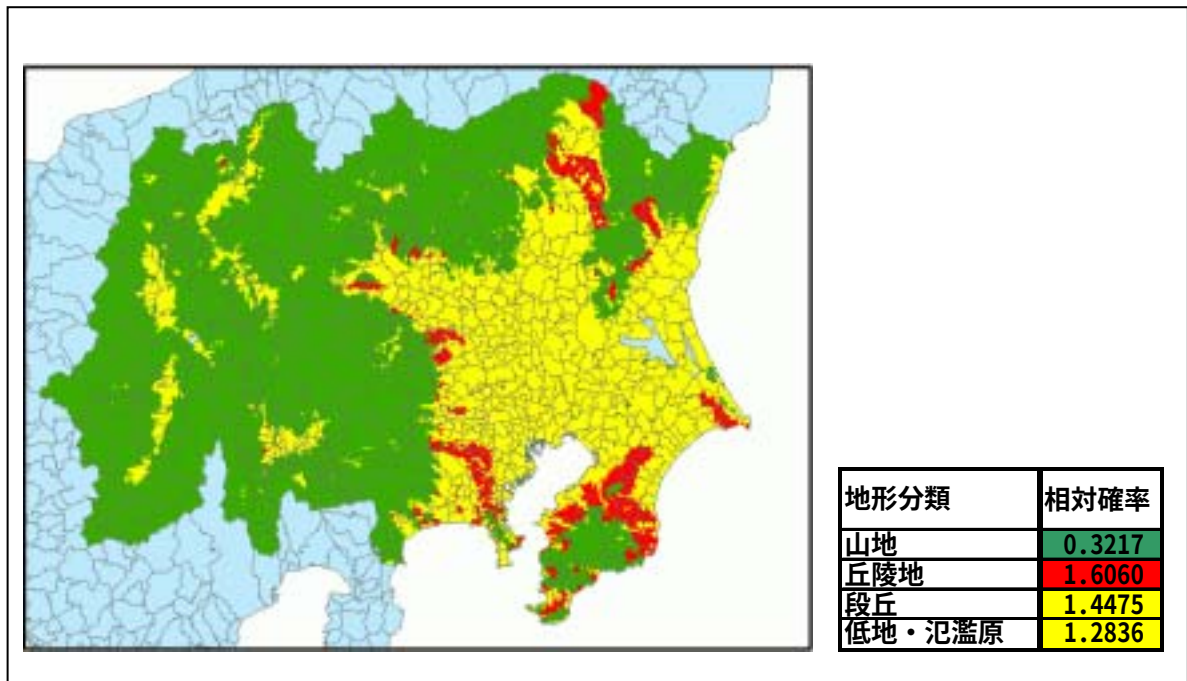


図7 地形分類の相対確率図

付録3 各種衛星センサの仕様

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 中分解能パン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-2	太陽同期極軌道 高度:450km 傾斜角:98° 回帰日数:3日	PAN	0.45～0.90 μm	0.72m	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。	2001年打ち上げ済
IKONOS	太陽同期軌道 高度:680km 傾斜角:98.1° 回帰日数:11日	PAN	0.45～0.90 μm	1m	11×11km	・5,500～24,000円/km ² ・新規撮影追加料金1シーン(11×11km) 1,200,000円	1999年打ち上げ済
OrbView 3	太陽同期 高度470km 傾斜角:97.25° 回帰日数:3日	PAN	0.45～0.90 μm	1m	8×8km	(未定)	2003年打ち上げ予定
EROS-A1	太陽同期軌道 高度:480km 傾斜角: 回帰日数:7日	PAN	0.50～0.90 μm	1.8m	12.5×12.5km	・アーカイブ1シーン:130,000円 ・新規撮影1シーン:640,000円	2000年打ち上げ済
SPOT2	太陽同期軌道 高度:約822km 傾斜角:約99° 回帰日数:26日	HRV-P	0.51～0.73 μm	10m	60×60km	アーカイブ1シーン:236,800～259,700円	1990年打ち上げ済
SPOT4	太陽同期軌道 高度:約822km 傾斜角:約99° 回帰日数:26日	HRVIR-M	0.61～0.68 μm	10m	60×60km	アーカイブ1シーン:236,800～259,700円	1998年打ち上げ済
SPOT5	太陽同期軌道 高度:約830km 傾斜角:約99° 回帰日数:26日	HRG-P	0.48～0.71 μm	2.5m	20×20km 30×30km 40×40km 60×60km	500,000円 621,000円 860,000円 1,100,000円 ※新規撮影追加料金なし。 優先撮影の場合のみ、+550,000円。	2002年打ち上げ済
				5m	20×20km 30×30km 40×40km 60×60km	338,000円 399,000円 525,000円 650,000円 ※新規撮影追加料金なし。 優先撮影の場合のみ、+550,000円。	
IRS-1C	太陽同期軌道 高度:817km 傾斜角:98.7° 回帰日数:24日 既回帰日数:3日	PAN	0.50～0.75 μm	5.8m	70.5×70.5km	アーカイブ1シーン:295,000円	1995年打ち上げ済
IRS-1D	太陽同期軌道 (楕円) 高度:780km 傾斜角:98.7° 回帰日数:25日 既回帰日数:3日	PAN	0.50～0.75 μm	5.2-5.8m	70.5×70.5km	アーカイブ1シーン:295,000円	1997年打ち上げ済
Landsat 7	太陽同期軌道 高度:705km 傾斜角:98.2° 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)	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	PRISM	0.52～0.77 μm	2.5m	70×70km	(未定)	2004年打ち上げ予定

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したり、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-2	太陽同期極軌道 高度: 450km 傾斜角: 98° 回帰日数: 3日	MULTI		0.45~0.52 μm 0.52~0.60 μm 0.63~0.69 μm 0.76~0.90 μm	2.88m	16.5×16.5km	4,100円/km ² (バンクロとのセット価格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。	2001年打ち上げ済
IKONOS	太陽同期軌道 高度: 680km 傾斜角: 98.1° 回帰日数: 11日	MULTI		0.45~0.52 μm 0.52~0.60 μm 0.63~0.69 μm 0.76~0.90 μm	4m	11×11km	・5,500~24,000円/km ² ・新規撮影追加料金1シーン: 1,200,000円	1999年打ち上げ済
OrbView 3	太陽同期 高度470km 傾斜角: 97.25° 回帰日数: 3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)	2003年打ち上げ予定
SPOT2	太陽同期軌道 高度: 約822km 傾斜角: 約99° 回帰日数: 26日	HRV-XS		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: 205,300~226,600円	1990年打ち上げ済
SPOT4	太陽同期軌道 高度: 約822km 傾斜角: 約99° 回帰日数: 26日	HRVIR-XI		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: 205,300~226,600円	1998年打ち上げ済
SPOT5	太陽同期軌道 高度: 約830km 傾斜角: 約99° 回帰日数: 26日	HRG-X		0.50~0.59 μm 0.61~0.68 μm 0.78~0.89 μm	10m	20×20km 30×30km 40×40km 60×60km	338,000円 399,000円 525,000円 650,000円 ※新規撮影追加料金なし。 優先撮影の場合のみ、+550,000円。	2002年打ち上げ済
				1.58~1.75 μm	20m			
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 0.63~0.69 μm 0.76~0.86 μm (0.76~0.86 μm)	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)	1999年打ち上げ済
			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			
Terra	太陽同期軌道 高度: 約705km 傾斜角: 約98.2° 回帰日数: 1~2日	MODIS		0.405~14.385 μm に36バンド	250m 500m 1,000m	走査幅 2,330km	(不明)	1999年打ち上げ済
IRS-1C	太陽同期軌道 高度: 817km 傾斜角: 98.7° 回帰日数: 24日	LISS-III-MULTI		0.52~0.59 μm 0.62~0.68 μm 0.77~0.86 μm 1.55~1.75 μm	24m	141×141km	・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	1995年打ち上げ済
					70m			
IRS-1D	太陽同期軌道(精円) 高度: 780km 傾斜角: 98.7°	LISS-III-MULTI		0.52~0.59 μm 0.62~0.68 μm 0.77~0.86 μm 1.55~1.75 μm	21-23m	141×141km	・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	1997年打ち上げ済
					63-70m			
Landsat 5	太陽同期軌道 高度: 705km 傾斜角: 98.2° 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)	1984年打ち上げ済
Landsat 7	太陽同期軌道 高度: 705km 傾斜角: 98.2° 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* (*バンクロ+マルチ+熱赤外のセット価格)	1999年打ち上げ済
ADEOS-II	太陽同期軌道 高度: 802.9km 傾斜角: 98.62° 回帰日数: 4日	GLI		0.375~12.5 μm に36バンド	250m 250m 1,000m	走査幅 1,600km	(未定)	2002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: 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	70×70km	(未定)	2004年打ち上げ予定

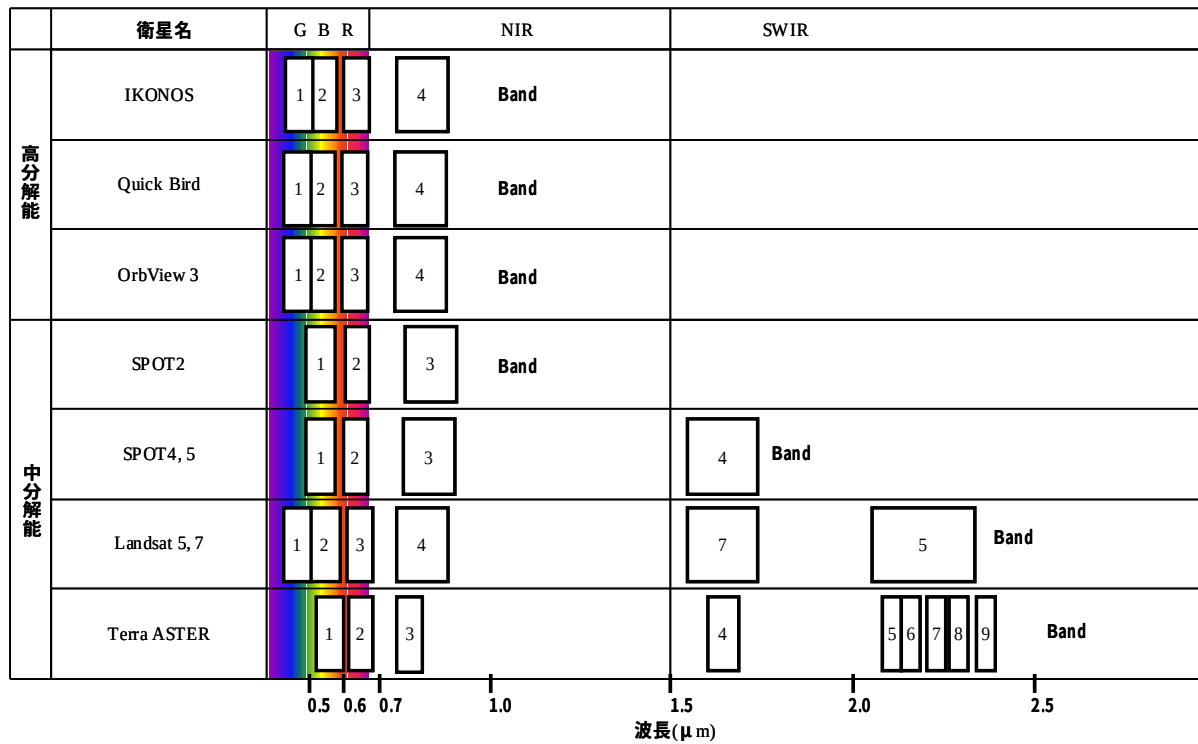


図5 代表的な衛星の観測波長帯

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	太陽同期軌道 高度: 705km 傾斜角: 98.2° 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)	1984年打ち上げ済
Landsat 7	太陽同期軌道 高度: 705km 傾斜角: 98.2° 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* (*パナクロ+マルチ+熱赤外のセット価格)	1999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-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)	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 高度：約568km 傾斜角：約98° 回帰日数：44日	SAR	1.275GHz	18m	75×75km	アーカイブ1シーン：120,000円	1992年打ち上げ済 1998年受信終了
Radarsat-1	太陽非同期 高度：約793km ～821km 傾斜角：約99° 回帰日数：24日	FINE	5.3GHz HH偏波	10m	50×50km	1シーン：442,600～592,600円	1995年打ち上げ済
		STANDARD		30m	100×100km	1シーン：383,400～542,400円	
		WIDE		30m	130×130km 150×150km 165×165km	1シーン：430,300～587,300円	
		ScanSAR Narrow		50m	300×300km	1シーン：417,100円	
		ScanSAR Wide		100m	500×500km	1シーン：501,000円	
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 VV&VH偏波	3m	20×20km	(未定)	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 回帰日数：46日	PALSAR (高分解能モード)	1.275GHz HH偏波 VV偏波 HH&HV偏波 VV&VH偏波	10m	70km	(未定)	2004年打ち上げ予定
		PALSAR (高観測幅モード)	1.275GHz HH偏波 VV偏波	100m	250-350km		

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。

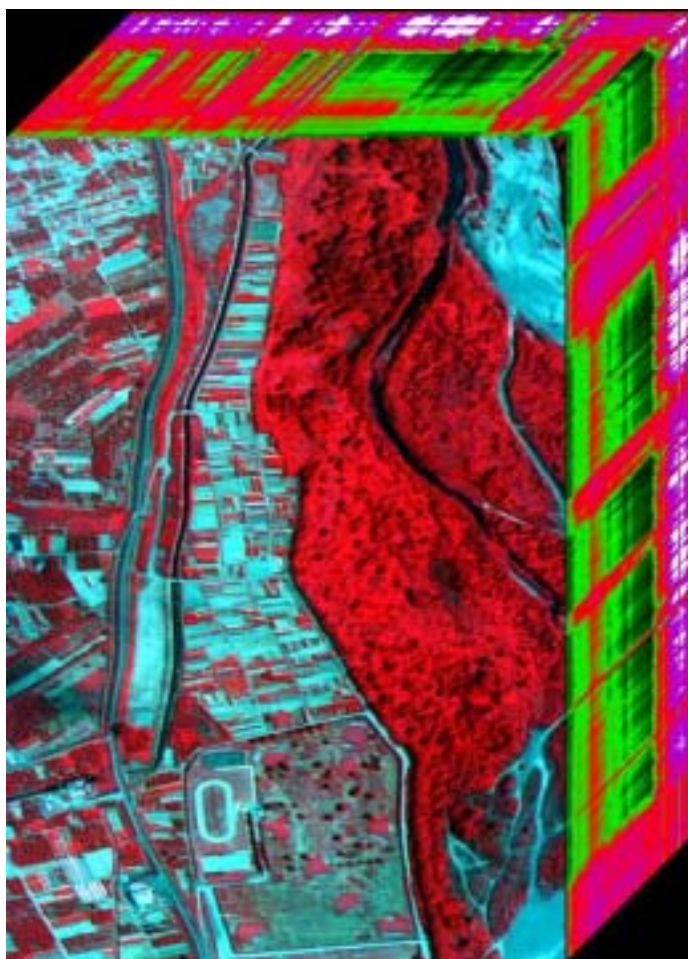


図8 ハイパースペクトルセンサ画像（航空機により撮影）

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	太陽同期軌道 高度：約705km 傾斜角：約98° 回帰日数：16日	Hyperion	0.4～2.4 μm に 220バンド	30m	7.5×100km	アーカイブ1シーン： 88,600円	2000年打ち上げ済
ARIES-1 Specifacatons	(不明)	Hyperspectral Sensors	0.4～1.05 μm 2.0～2.5 μm	30m	(不明)	(未定)	打ち上げ時期未定

付録 4 検証試験の結果詳細

1. 第 1 回検証試験の結果

1.1 茨城県

(1)未知現場の検証結果一覧（実施日：2002年11月18日）

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
0	—	—	×	×	×	—	—
1	—	—	×	×	×	—	—
2	—	—	○	×	×	誤	—
3	—	—	○	○	×	誤	—
4	—	—	×	×	×	—	—
5	A	土砂等埋立許可事業	○	×	×	適正	—
6	—	—	×	×	×	—	—
7	—	—	×	×	×	—	—
8	—	—	×	○	×	誤	—
9	—	—	×	×	○	誤	—
10	A	資材置場	×	×	×	もれ	検出不可
11	—	—	×	×	×	—	—
12	—	—	×	×	×	—	—
13	A	資材置場	×	×	×	もれ	検出不可
14	—	—	×	×	×	—	—
15	—	—	×	×	×	—	—
16	—	—	×	×	×	—	—
17	—	—	○	×	×	誤	—
18	—	—	×	×	×	—	—
19	—	—	×	×	×	—	—
20	—	—	×	×	○	誤	—
21	A	不法投棄現場。鉄製トラッ クコンテナあり。	×	×	○	適正	—
22	A	一般家屋 木材あり。	○	×	×	誤	不明
23	—	—	×	×	×	—	—
24	—	—	×	×	×	—	—
25	—	—	×	×	×	—	—
26	—	—	×	×	×	—	—
27	A	自動車修理工場	×	×	×	—	—
28	—	—	×	×	×	—	—
29	—	—	×	○	×	誤	—
30	—	—	○	×	×	誤	—
31	—	—	×	×	×	—	—

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
32	—	—	×	×	×	—	—
33	—	—	×	×	×	—	—
34	—	—	×	×	×	—	—
35	A	土器等の発掘現場。道路建設予定地。	×	○	×	適正	—
36	A	資材置場。違法焼却施設あり。	○	×	○	適正	—
37	—	—	×	×	○	誤	—
38	—	—	×	×	×	—	—
39	A	解体工事現場。芝でごみを隠したと思われる山あり。	○	×	×	適正	—
40	—	—	×	×	×	—	—
41	—	—	×	×	×	—	—
42	—	—	×	×	×	—	—
43	—	—	×	×	×	—	—
44	—	—	×	×	×	—	—
45	—	—	×	×	×	—	—
46	—	—	○	×	×	誤	—
47	—	—	○	×	×	誤	—
48	—	—	×	×	×	—	—
49	—	—	×	×	×	—	—
50	—	—	×	×	×	—	—
51	—	—	×	×	×	—	—
52	A	畑。市街化調整区域で不法投棄がされ易い場所	○	○	×	誤	不明
53	—	—	×	○	×	誤	—
54	—	—	○	×	×	誤	—
55	—	—	○	○	×	誤	—
56	—	—	×	○	×	誤	—
57	—	—	○	×	×	誤	—
58	—	—	×	○	×	誤	—
59	—	—	○	×	×	誤	—
60	—	—	○	×	×	誤	—
61	A	資材置場。所々に瓦、土の山があり。	○	×	×	適正	—
62	—	—	○	×	○	誤	—
63	—	—	×	×	×	—	—
64	A	自家最終処分場。産廃を土と混ぜ合わせ、山を作っている。	×	×	○	適正	—
65	—	—	×	×	×	—	—
66	—	—	×	○	×	誤	—
67	—	—	×	×	×	—	—
68	—	—	×	×	×	—	—

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
69	—	—	×	○	×	誤	—
70	—	—	×	×	×	—	—
71	—	—	○	×	×	誤	—
72	—	—	○	×	×	誤	—
73	—	—	○	×	○	誤	—
74	A	土砂採取場。広大な敷地に 石や土砂の山が多数あり。	○	○	×	適正	—
75	—	—	×	×	○	誤	—
76	—	—	○	×	×	誤	—
77	—	—	○	○	×	誤	—
78	—	—	○	×	×	誤	—
79	—	—	×	×	×	—	—
80	A	資材置場。投棄物は、石、 砂、土、鋤さい、木材等	×	×	×	もれ	検出不可
81	—	—	×	×	×	—	—
82	—	—	×	×	×	—	—
83	—	—	×	×	○	誤	—
84	—	—	×	×	×	—	—
85	—	—	×	×	×	—	—
86	A	住宅増設地。	○	×	×	誤	住宅増設による森林伐 採
87	A	不法投棄現場、建設残土を 埋立中、重機と鉄板あり	○	○	×	適正	—
88	A	荒地。	○	×	×	誤	不明

A：現場調査実施、B：住宅地図、自治体確認

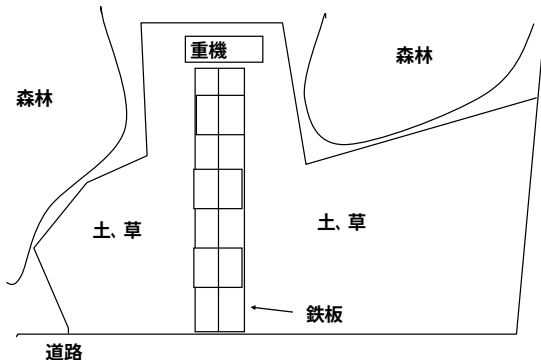
○：検出あり、×：検出なし、—：未評価、解析なし

(2)現場事例

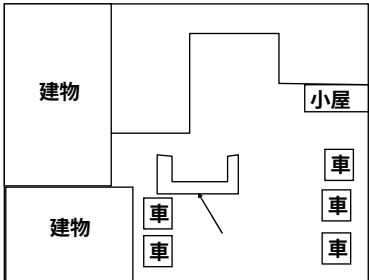
【画像注釈】

- ・ 画像サイズ : 約474m × 約474m
- ・ ベクタデータ
 - 黄色 : 対象現場
- ・ ラスタデータ
 - 黄緑 : NDVI2時期差解析結果
 - 青 : 土地被覆分類2時期差解析結果
 - 水色 : NDVI2時期差解析結果かつ土地被覆分類2時期差解析結果
 - 赤 : 金属反応解析結果
- ・ 背景画像
 - 狭域画像 : QuickBirdパンシャープン画像（分解能0.7m）
 - 広域画像 : SPOT4擬似ブルーマルチ画像（分解能20m）

現場 5 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	土砂等埋立許可事業	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	荒地、田	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	1550.7m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	土砂等による埋立許可事業と書かれている看板あり。鉄板の道があり。	コメント	現場に鉄板がある為、金属反応解析によって検出するべき所である。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 10 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	資材置場	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2537.2m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	建設業資材置場	コメント	植生変化がなく、鉄板も無い為、今回の手法では検出出来ない。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

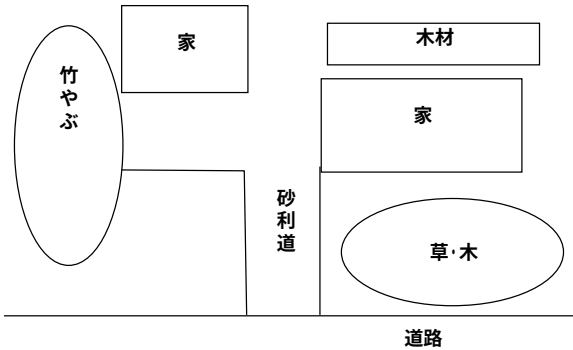
現場 13 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	資材置場	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2873.5m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	瓦礫、建築廃材の山が数箇所あり。また重機もある。	コメント	植生変化がなく、鉄板もない為、今回の手法では検出出来ない。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

現場 21 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	不法投棄現場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	田	狭域・植生変化	×
投棄物の種類	産業廃棄物、トラックコンテナ	広域・植生変化	×
現場面積	721.1m ²	広域・金属反応	○
現場特徴	数箇所廃棄物があり。また、トラックコンテナ内にも廃棄物があり。	コメント	金属反応解析は、トラックコンテナを検出した。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

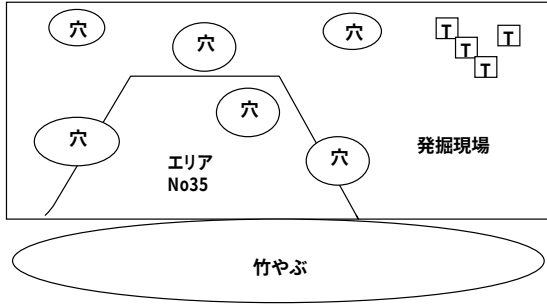
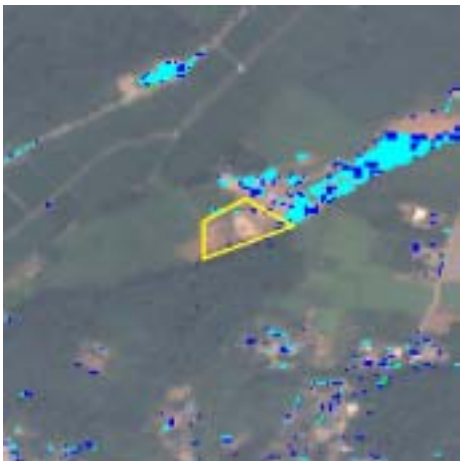
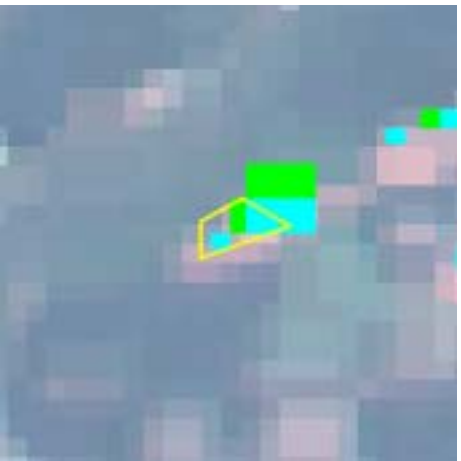
現場 22 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	一般家屋	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	建築作業所、畑・牧 草地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	1938.5m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	一般家屋 木材が少々置いてある。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 27 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	自動車修理工場	判定結果	—
住宅地図の凡例	自動車修理工場	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2164.3m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	約30~50台の自動車（廃車を含む）が置いてあった。	コメント	大量の車がある為、金属反応解析によって検出するべき所である。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

現場 35 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	発掘現場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	針葉樹林	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	2421.6m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	道路建設前の土器等発掘作業現場	コメント	植生変化解析は、道路建設における森林伐採を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

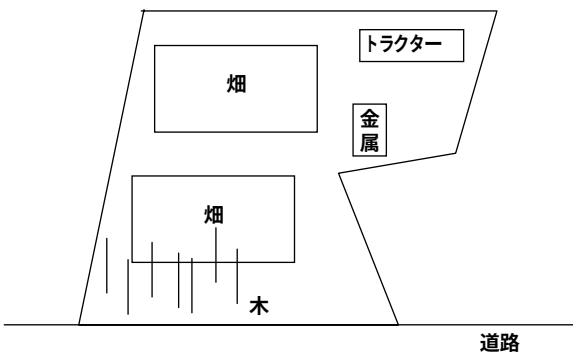
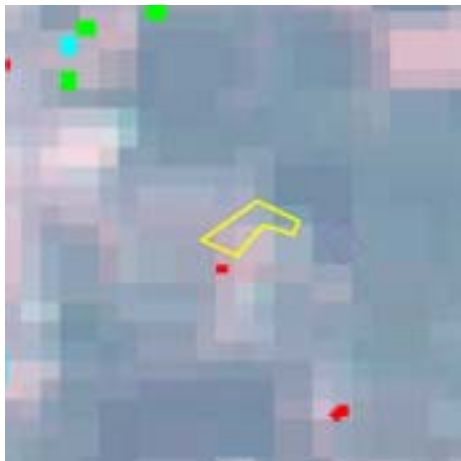
現場 36 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2519.3㎡	広域・金属反応	○
現場特徴	鉄パイプの資材が整然と置かれている。入り口が砂利道の坂で乗用車では侵入不可能である。違法焼却施設があり、トタン壁で囲まれている。	コメント	金属反応解析は、鉄パイプが大量にあるが検出した量は少ない。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

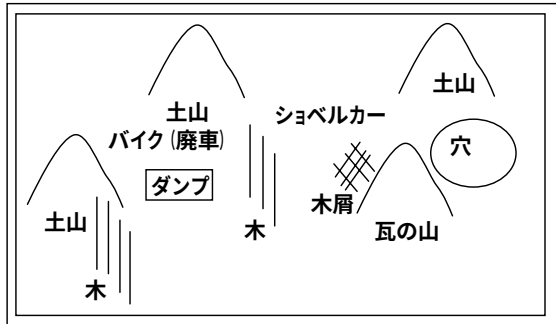
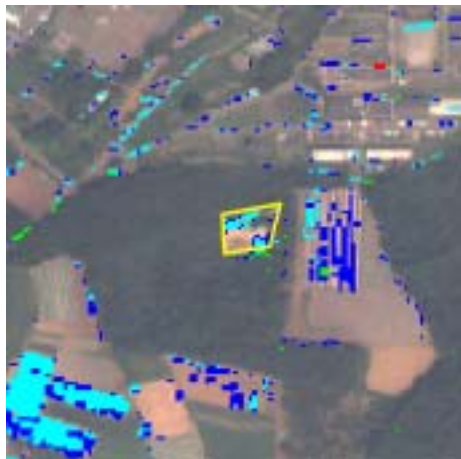
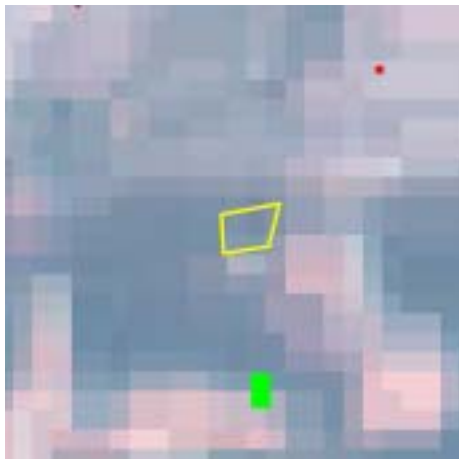
現場 39 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	解体工事現場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	4587.0m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	廃棄物で作られた山に芝生が植えられている。 (芝生で隠されている。)	コメント	
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

現場 52 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	田畑	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	その他の樹木	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	1915.2m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	田畑 ただ、家が建てられない調整区域である為、不法投棄が行われやすい場所である。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

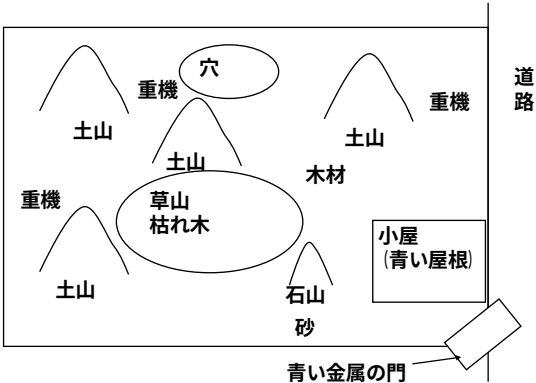
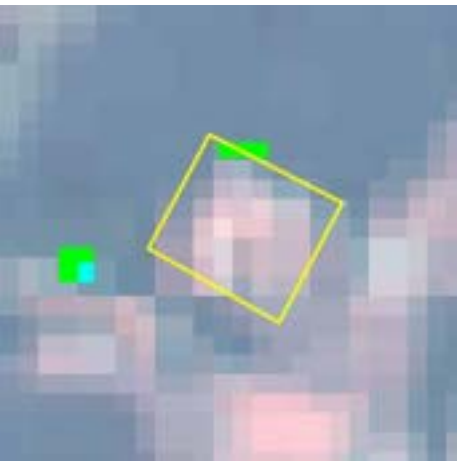
現場 61 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	針葉樹林、広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	1836.4m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	土、瓦の山が数箇所あり。 また、瓦等を埋めると思われる穴があり。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 64 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	自家最終処分場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2757.0m ²	広域・金属反応	○
現場特徴	産業廃棄物自家最終処分場 産廃を土と混ぜ合わせ、山を作り、芝生を被せている。高さは約10mである。	コメント	鉄板があるが面積が狭い為、金属反応解析は、鉄板に反応しているか否か不明である。斜面に反応した可能性もある。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

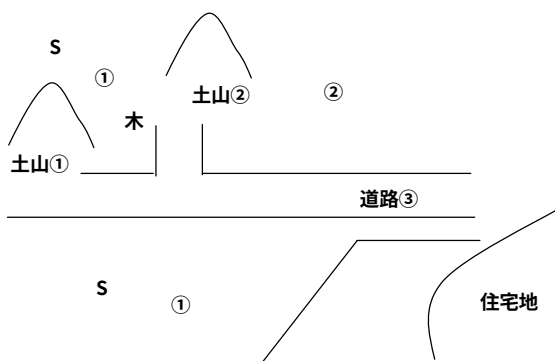
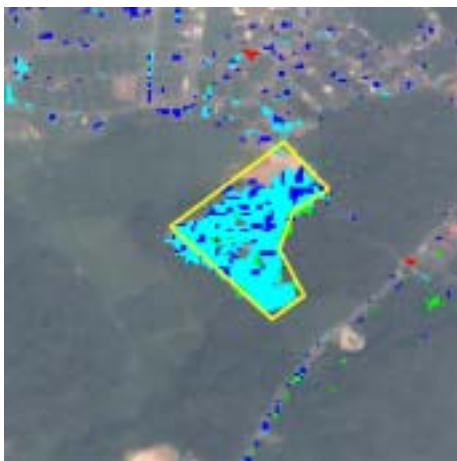
現場 74 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	土砂採取場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	資材置場、作業所	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	17457.5m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	石、土砂の山が多数あり。全体の面積は広大である。（東京ドーム1個分）	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

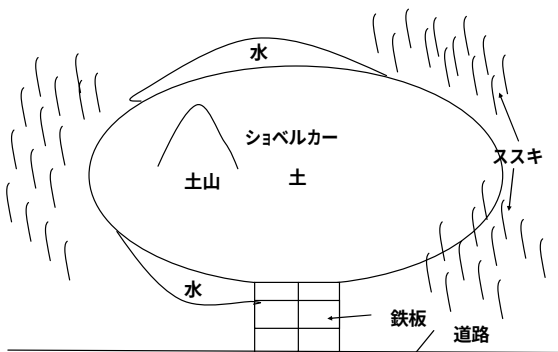
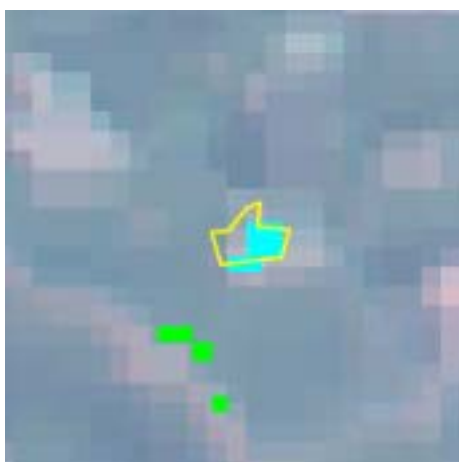
現場 80 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	資材置場	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2002.8㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	土砂、土の山が数箇所あり。また、鉱さいと呼ばれる産業廃棄物があり。	コメント	植生変化がなく、鉄板も無い為、今回の手法では検出出来ない。
現場見取り図		現場写真	
田んぼ 田んぼ 石山 重機 土山 コウサイ 資材 木材 コンクリート 砂 田んぼ 道路			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

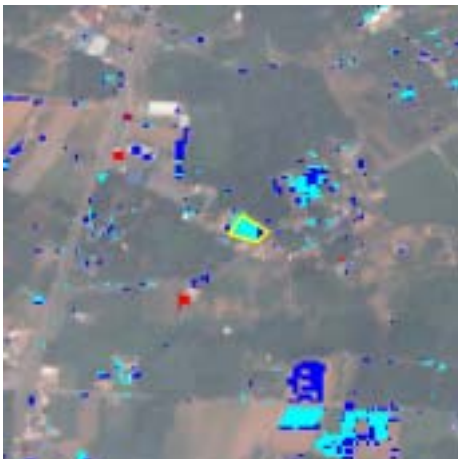
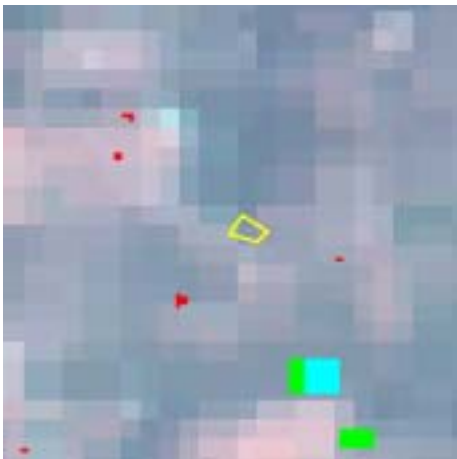
現場 86 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	住宅増設地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	針葉樹林、広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	11202.5㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	住宅増設地 種類の違う土の山が数箇所あり。	コメント	植生変化解析は、住宅増設による森林伐採を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 87 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	建設残土埋立地	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	2338.9m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	建設残土を埋め立てている。鉄板の道あり。	コメント	植生変化解析は、建設残土埋立ての為の草地伐採を検出した。また、金属反応解析により鉄板を検出する事が出来ていない。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 88 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	荒地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	その他の樹木	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	457.6m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	放火によって家が半焼し、荒地となった。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
焼け野原 家 道路 プレハブ 店 アスファルト 煙 ガラスくず タイヤ、冷蔵庫、ブロック			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

1.2 栃木県

(1)未知現場の検証結果一覧（実施日：2002年11月20日）

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
0			×	×	×	—	—
1			×	×	×	—	—
2			×	×	×	—	—
3			×	○	×	誤	—
4			×	×	×	—	—
5			×	×	×	—	—
6			×	×	×	—	—
7			×	×	×	—	—
8			×	×	×	—	—
9			×	×	×	—	—
10			×	×	×	—	—
11	A	造成地	○	×	×	誤	造成地による森林伐採
12			○	×	×	誤	—
13			×	×	×	—	—
14			○	×	×	誤	—
15			○	×	×	誤	—
16			×	×	×	—	—
17			×	×	×	—	—
18	A	草地	○	×	×	誤	不明
19			×	×	×	—	—
20			×	×	×	—	—
21			×	×	×	—	—
22			×	×	×	—	—
23			○	×	×	誤	—
24			×	×	×	—	—
25			○	×	×	誤	—
26			○	×	×	誤	—
27			○	×	×	誤	—
28	A	造成地	○	×	×	誤	造成地による森林伐採
29			○	×	×	誤	—
30			○	×	×	誤	—
31			○	×	×	誤	—
32			×	×	×	—	—
33			×	×	×	—	—
34			×	×	×	—	—
35			×	×	×	—	—
36			×	×	×	—	—
37			×	×	×	—	—
38			×	×	×	—	—

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
39			○	×	×	誤	—
40			○	×	×	誤	—
41			×	×	×	—	—
42			○	×	×	誤	—
43			○	×	×	誤	—
44			○	×	×	誤	—
45	A	造成地	○	×	×	誤	造成地による森林伐採
46			×	×	×	—	—
47			×	×	×	—	—
48			○	×	×	誤	—
49			×	×	×	—	—
50			×	×	×	—	—
51			×	×	×	—	—
52			×	×	×	—	—
53			○	×	×	誤	—
54			○	×	×	誤	—
55			○	×	×	誤	—
56			○	×	×	誤	—
57			○	×	×	誤	—
58			×	×	×	—	—
59			○	×	×	誤	—
60			○	×	×	誤	—
61			○	×	×	誤	—
62	B	最終処分場	×	×	×	もれ	—
63	A	新築家屋	○	×	×	誤	新築家屋建設による森 林伐採
64	B	資材置場	○	×	×	適正	—
65	A	資材置場	○	×	×	適正	—
66	B	廃棄物処理場	○	×	×	適正	—
67	A	資材置場	○	○	×	適正	—
68	B	廃棄物処理場	○	×	×	適正	—
69	A	分別場	○	×	×	適正	—
70			○	×	×	誤	—
71			○	×	×	誤	—
72			×	×	×	—	—
73			×	×	×	—	—
74			×	×	×	—	—
75			×	×	×	—	—
76			×	×	×	—	—
77			×	×	×	—	—
78			×	×	×	—	—
79	B	砂利採取場	×	×	×	もれ	—
80	A	砂利採取場	○	○	×	適正	—

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
81	B	産業廃棄物処理場	×	×	×	もれ	—
82			○	×	×	誤	—
83	A	新しく開墾した畑	○	×	×	誤	畑開墾による植生減少
84			×	×	×	—	—
85			○	×	×	誤	—
86			×	×	×	—	—
87			○	×	×	誤	—
88			×	×	×	—	—
89			○	×	×	誤	—
90			×	×	×	—	—
91			○	○	×	誤	—
92			○	×	×	誤	—
93			×	×	×	—	—
94	A	堆肥が積んであった形跡あり。	○	×	×	誤	不明
95	A	造成地	×	×	×	—	造成地による森林伐採
96			○	×	×	誤	—
97	B	作業所	○	×	×	適正	—
98			○	×	×	誤	—
99			○	×	×	誤	—
100			○	×	×	誤	—
101			×	×	×	—	—
102			×	×	×	—	—
103			×	×	×	—	—
104			×	×	×	—	—
105			×	×	×	—	—
106			×	×	×	—	—
107			×	×	×	—	—
108	B	砂利・中間処理工場	○	×	×	適正	—
109	B	砂利・中間処理場	○	×	×	適正	—
110	B	砂利・中間処理場	×	×	○	適正	—
111	B	資材置場 墓場	○	×	×	適正	—
112			○	○	×	誤	—
113	B	建設作業所	×	×	×	もれ	—
114			○	×	×	誤	—
115			○	×	×	誤	—
116			○	×	×	誤	—
117			○	×	×	誤	—
118			×	×	○	誤	—
119			×	×	×	—	—
120			×	×	×	—	—
121			×	○	×	誤	—
122			×	×	○	誤	—

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
123			×	×	×	—	—
124			×	×	×	—	—
125			○	×	×	誤	—
126			○	×	×	誤	—
127			○	×	×	誤	—
128			×	×	×	—	—
129			○	×	×	誤	—
130			×	×	×	—	—
131			×	×	×	—	—
132			×	×	×	—	—
133	B	宅地開発	○	×	×	誤	—
134			×	×	×	—	—
135			×	×	×	—	—
136			×	×	×	—	—
137			○	○	○	誤	—
138			×	×	×	—	—
139			×	×	×	—	—
140			×	×	×	—	—
141			×	×	×	—	—
142			×	×	×	—	—
143			×	×	×	—	—
144	A	畑。花が枯れた跡があり。	×	×	×	—	—
145	B	資材置場	×	×	×	もれ	—
146			×	×	×	—	—
147			○	×	×	誤	—
148			○	×	×	誤	—
149	B	資材置場	×	×	×	もれ	—
150			×	×	×	—	—
151			×	×	×	—	—
152			○	×	×	誤	—
153			×	×	○	誤	—
154			○	×	×	誤	—
155			×	×	×	—	—
156			○	×	×	誤	—
157	A	荒地	○	×	×	誤	不明
158	A	不明	○	×	×	誤	不明
159	B	資材置場	○	×	×	適正	—
160			×	×	×	—	—
161			×	×	×	—	—
162			×	×	×	—	—
163			×	×	×	—	—
164			×	×	○	誤	—
165			○	×	×	誤	—

現場ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植生変化	広域植生変化	広域金属反応	判定	誤検出・検出もれの推定要因
166			×	×	×	—	—
167			×	×	×	—	—
168			×	×	×	—	—
169			×	×	×	—	—
170			×	×	×	—	—
171			○	○	○	誤	—
172			×	×	×	—	—
173	A	道路建設予定地	×	×	×	—	—
174			×	×	×	—	—
175	B	資材置場	○	×	×	適正	—
176			×	×	×	—	—
177			○	×	×	誤	—
178			○	×	×	誤	—
179			×	×	×	—	—
180			×	×	×	—	—

A：現場調査実施、B：住宅地図、自治体確認

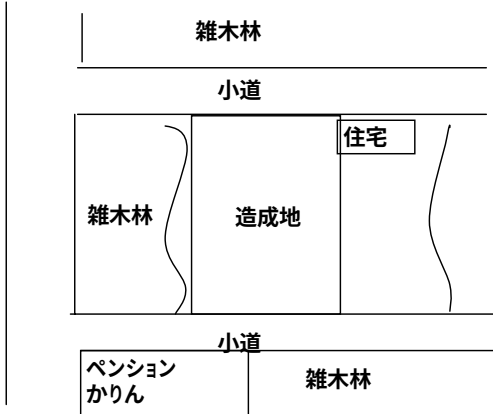
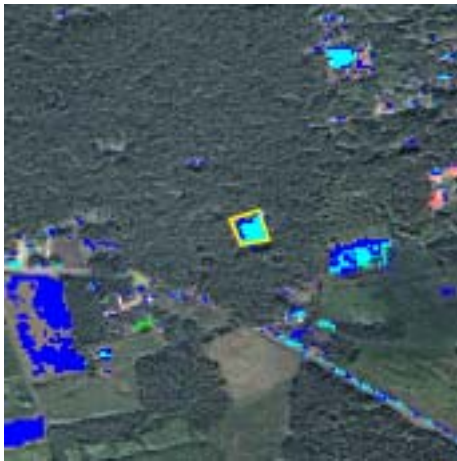
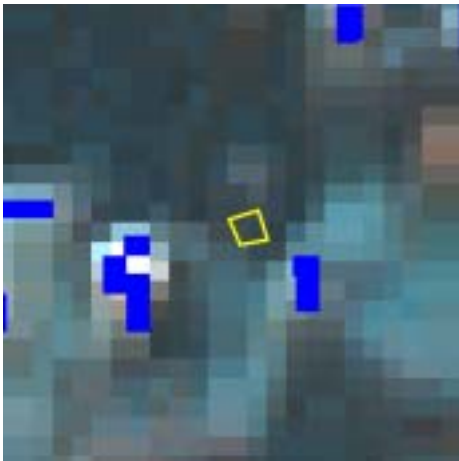
○：検出あり、×：検出なし、—：未評価、解析なし

(2)現場事例

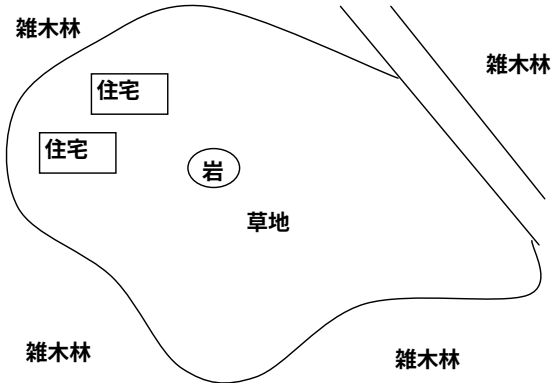
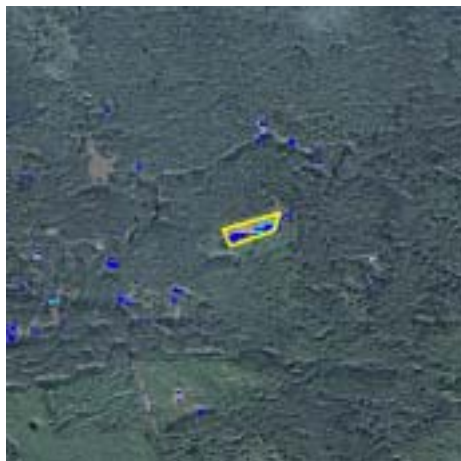
【画像注釈】

- ・ 画像サイズ ： 約474m × 約474m
- ・ ベクタデータ
 - 黄色 ： 対象現場
- ・ ラスタデータ
 - 黄緑 ： NDVI2時期差解析結果
 - 青 ： 土地被覆分類2時期差解析結果
 - 水色 ： NDVI2時期差解析結果かつ土地被覆分類2時期差解析結果
 - 赤 ： 金属反応解析結果
- ・ 背景画像
 - 狭域画像 ： QuickBirdパンシャープン画像（分解能0.7m）
 - 広域画像 ： SPOT2擬似ブルーマルチ画像（分解能20m）

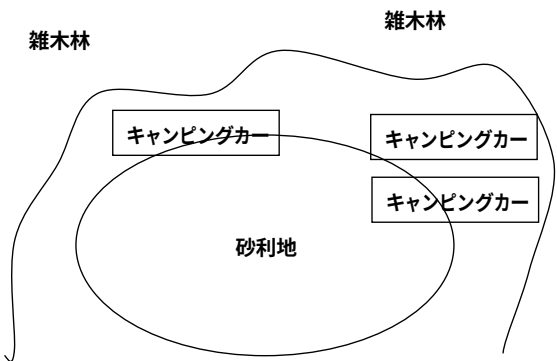
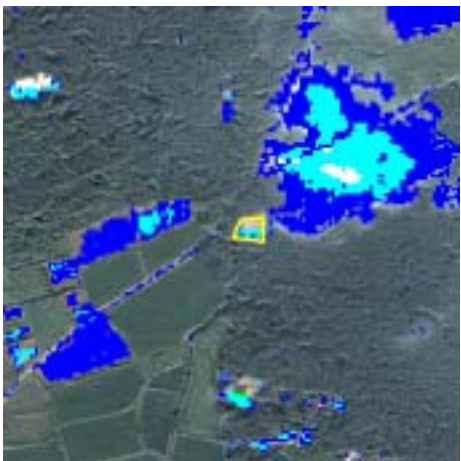
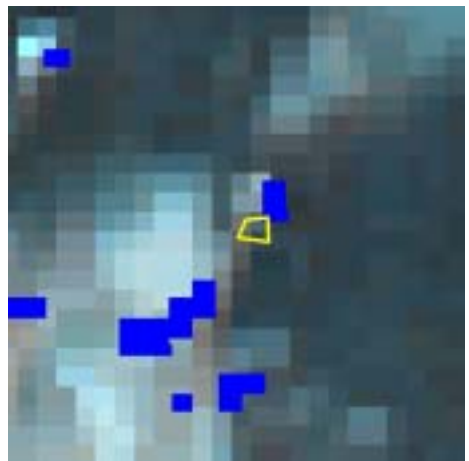
現場 11 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	造成地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例		狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	748.3㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	造成地 売地看板あり。	コメント	植生変化解析は、造成地による森林伐採を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

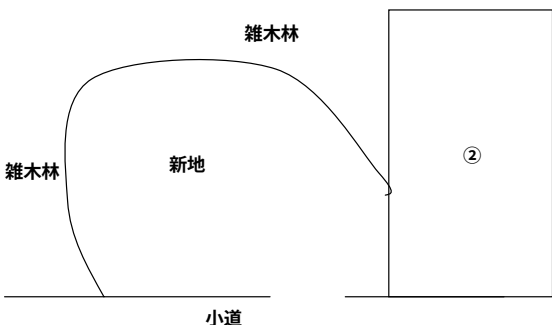
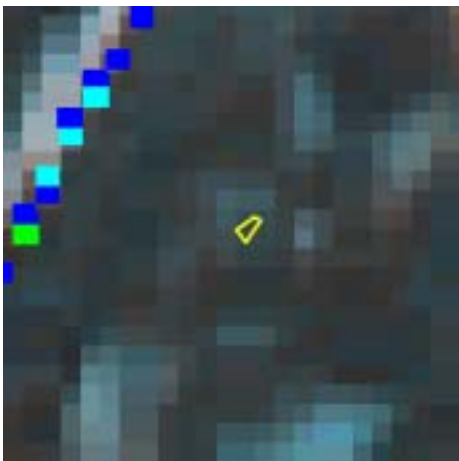
現場 18 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	草地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例		狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	732.9m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	草地 野球場2個分程度の広さ。 土が柔らかく、耕して間もないと思われる。雑木林を切り倒して牧草畑とする事もある。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

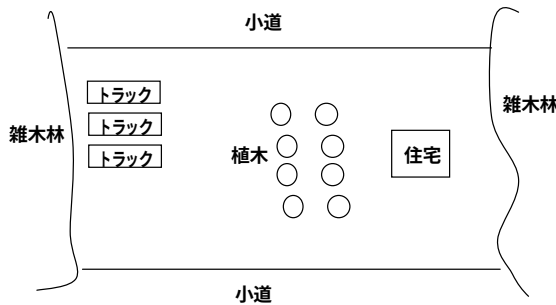
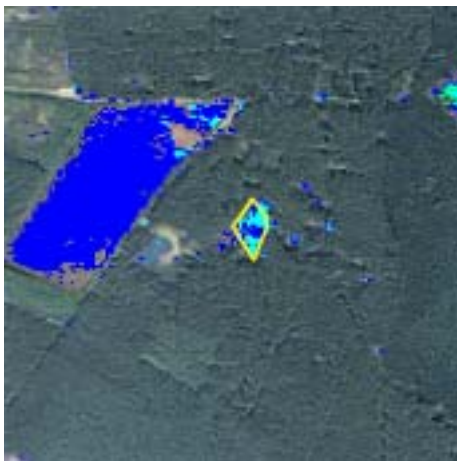
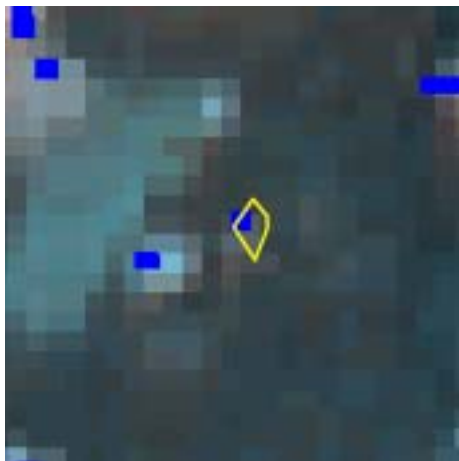
現場 28 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	造成地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例		狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	481.5㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	造成地 古いキャンピングカーが 数台あり、地面は砂利で ある。	コメント	植生変化解析は、造成地による森林伐採を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

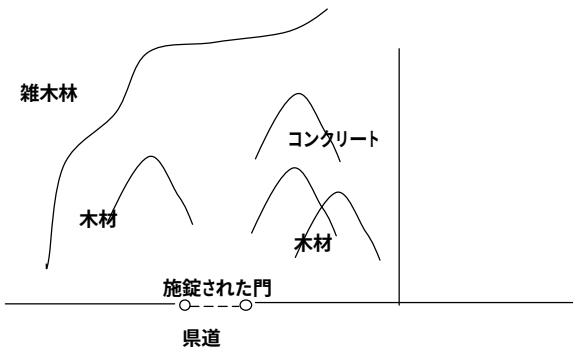
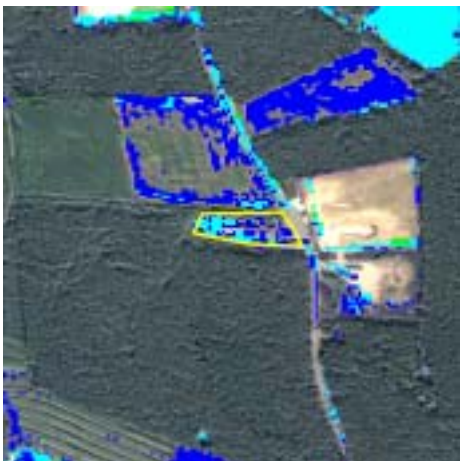
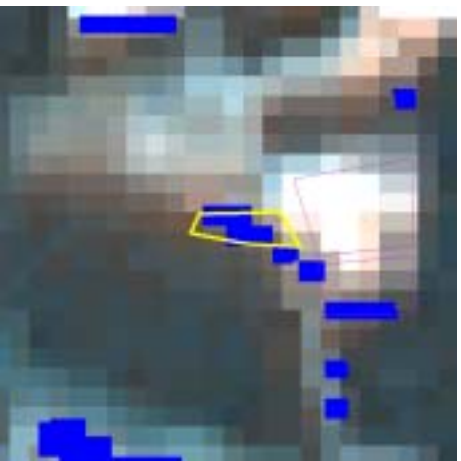
現場 45 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	造成地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例		狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	238.5㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	造成地	コメント	植生変化解析は、造成地による森林伐採を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

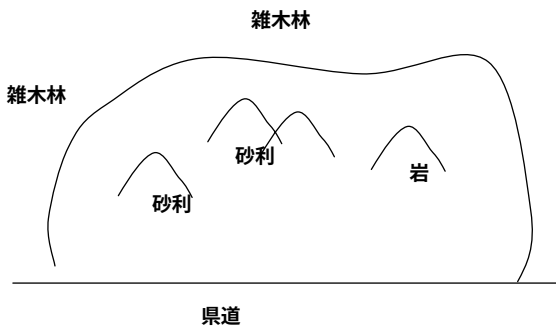
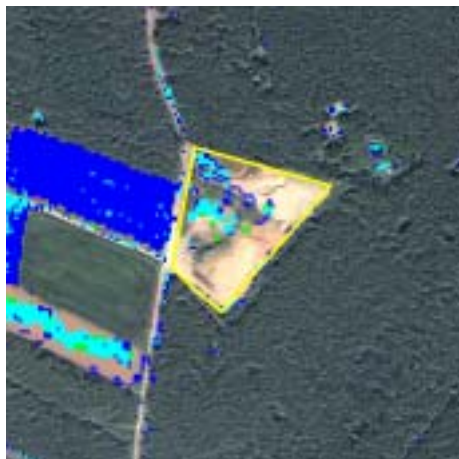
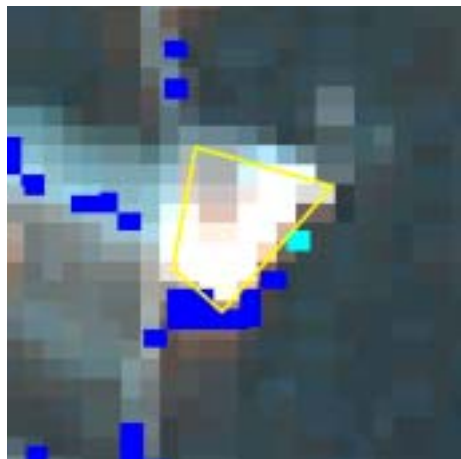
現場 63 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	一般家屋	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	953.9m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	新築の家と植木があり。	コメント	植生変化解析は、新築家屋建設による森林伐採を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 65 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2367.7m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	木材、鉄筋を含む粉碎したコンクリートの山があり。コンクリートの山は、道から見えない所に放置されている。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 67 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	12268.2m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	岩、砂利が置いてある。 建設会社所有の許可された資材置場である。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

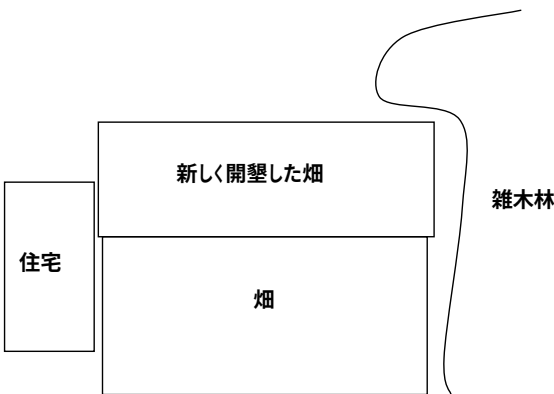
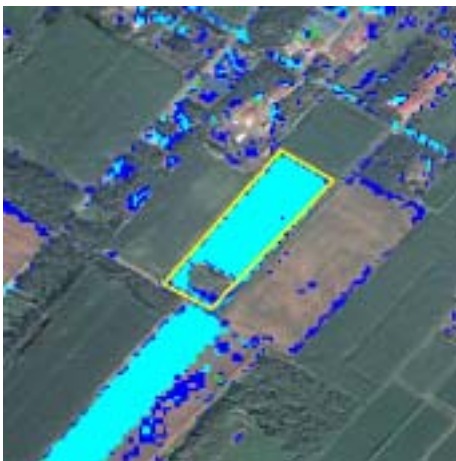
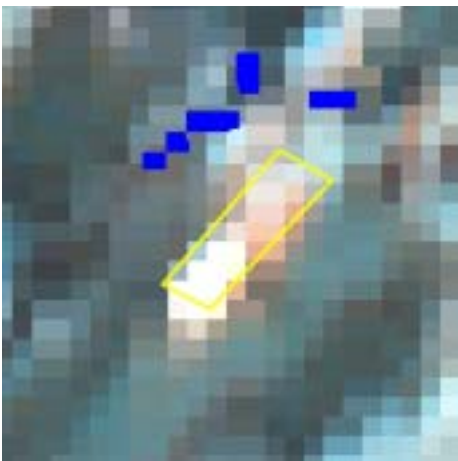
現場 69 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	分別場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	878.4m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	許可された分別場 置いてある物も許可済み である。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

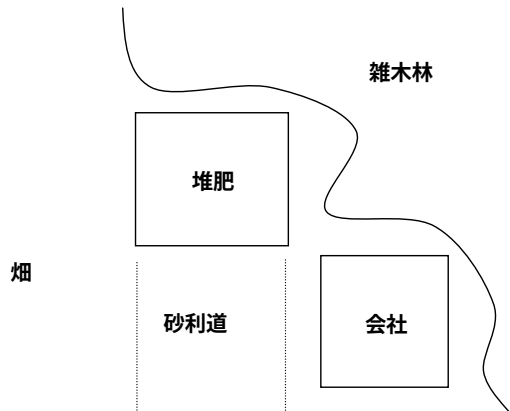
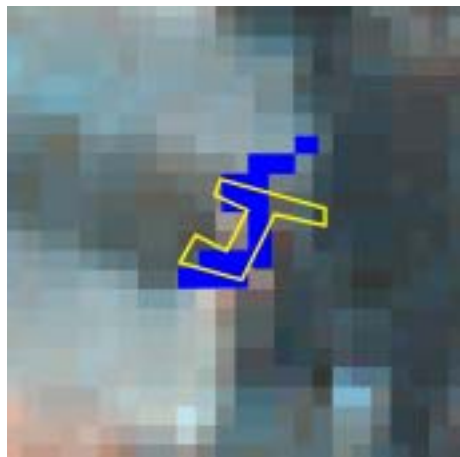
現場 80 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	砂利採取場	判定結果	適正検出
住宅地図の凡例	針葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	7535.0m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	許可された砂利採砂場	コメント	
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

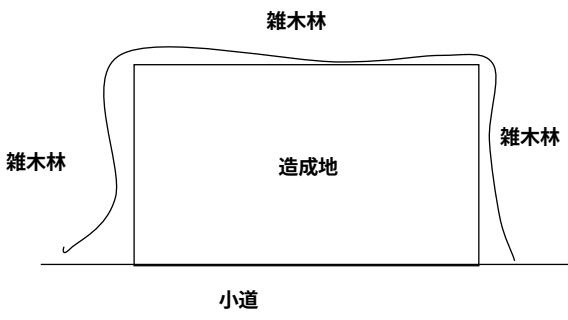
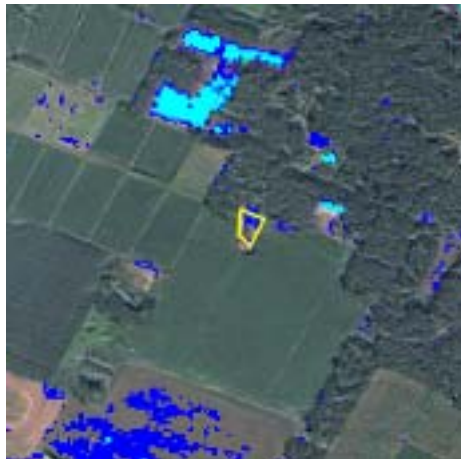
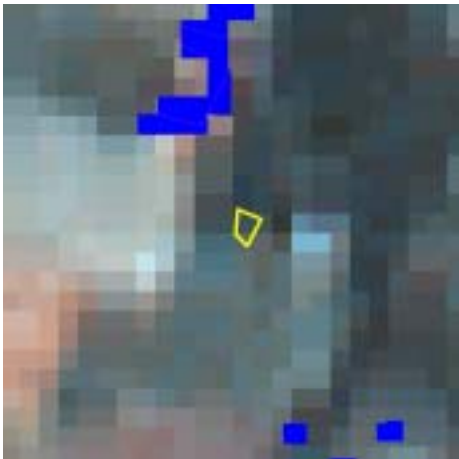
現場 83 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	畑	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	8553.4m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	新しく畑にしたと思われる土地あり。	コメント	植生変化解析は、畑開墾による植生変化を検出した。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

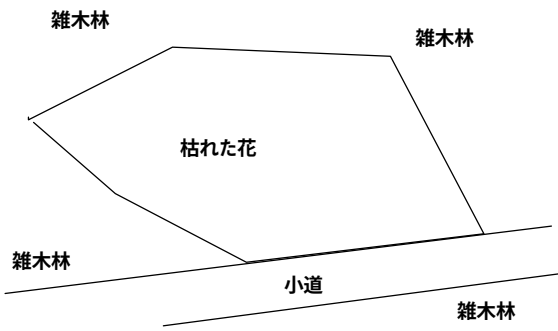
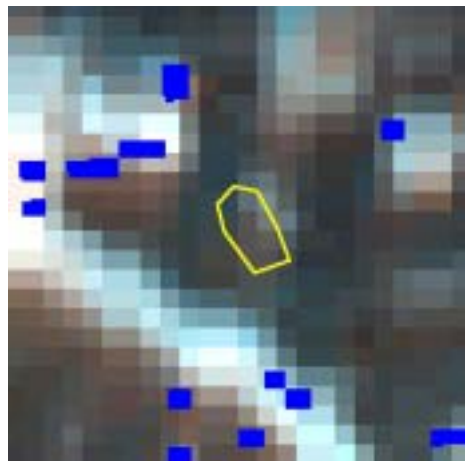
現場 94 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	不明	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	4338.3m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	堆肥を積んであった形跡あり。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

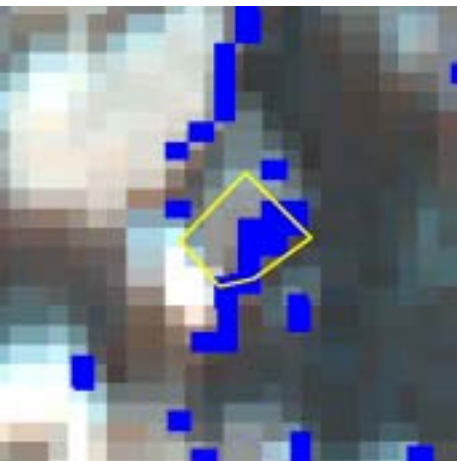
現場 95 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	造成地	判定結果	—
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	464.4m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	造成地	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

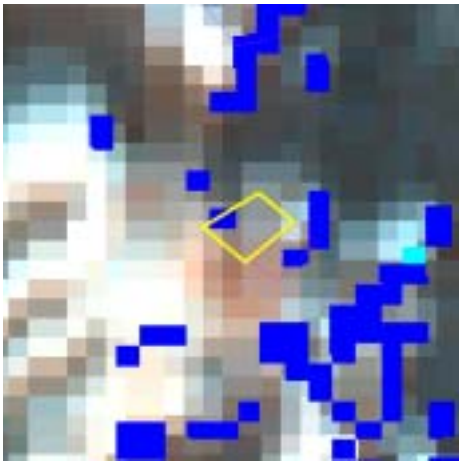
現場 144 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	畑	判定結果	—
住宅地図の凡例	田	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	3135.8m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	広大な畑に花が枯れた跡がある。（何かを栽培したまま放置した形跡あり。）	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

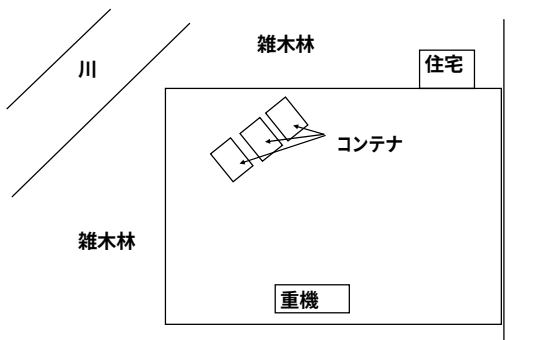
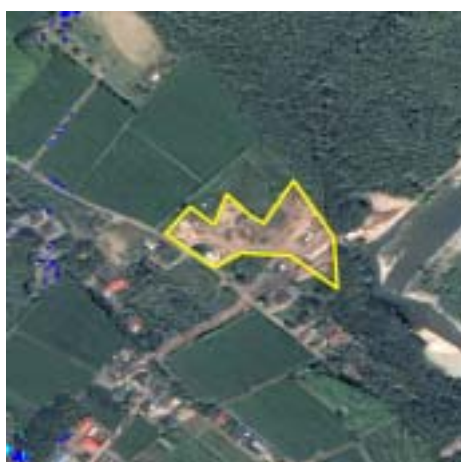
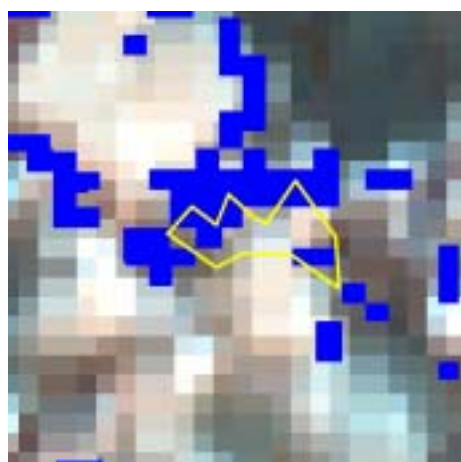
現場 157 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	荒地	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	6818.3㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	荒地 土がとても柔らかい。売地看板あり。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
雑木林 雑木林 雑木林 フェンス 荒地			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 158 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	不明	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	○
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2709.2㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	植生変化があったと思われる場所には砂利が敷いてあった。また、高さ15cm程度の敷居が埋めてあった。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
畑 木 木 雑木林 砂利 敷居 資材置場 雑木林		  	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 173 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	工事現場	判定結果	—
住宅地図の凡例	針葉樹林、畑・牧草地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	7023.4㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	主要地方道（黒磯羽線） 建設予定地	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

1.3 千葉

(1)未知現場の検証結果一覧（実施日：2002年12月2日）

現場ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植生変化	広域植生変化	広域金属反応	判定	誤検出・検出もれの推定要因
0			○	×	×	誤	—
1			×	×	×	—	—
2	B	荒地 残土処分	○	○	×	適正	—
3	B	荒地 残土処分	×	×	×	もれ	—
4	B		×	×	×	—	—
5	B	荒地	×	×	○	誤	—
6	B	不適正保管	×	×	○	適正	—
7	B	造成工事	○	○	○	誤	—
8	B	資材置場	×	×	×	もれ	—
9	B	残土埋立地	○	○	×	適正	—
10	B	埋立中	×	×	×	もれ	—
11	B	不適正保管	○	○	×	適正	—
12	A	資材置場 鉄板あり	×	×	×	もれ	不明
13	A	砂利採取場	×	×	×	もれ	検出不可
14			×	×	×	—	—
15	B	資材置場脇	×	×	×	—	—
16	B	資材置場	○	○	×	適正	—
17	A	資材置場	×	×	×	もれ	検出不可
18			○	○	×	誤	—
19			○	×	×	誤	—
20			×	×	×	—	—
21	B	許可済残土処分場	○	○	○	適正	—
22	B	残土	○	×	×	適正	—
23	B	資材置場	○	○	×	適正	—
24			×	×	×	—	—
25			×	×	×	—	—
26			×	×	×	—	—
27			×	○	×	誤	—
28			×	×	○	誤	—
29	B	不法投棄現場	○	×	×	適正	—
30	B	不法投棄現場	×	×	○	適正	—
31	B	不法投棄現場	×	○	×	適正	—
32			○	○	×	誤	—
33			×	×	×	—	—
34	B	土	×	×	×	—	—
35	B	資材置場	×	×	×	もれ	—
36			×	○	×	誤	—
37	B	産業廃棄物処理場	×	×	○	適正	—
38	A	草地	×	×	×	—	—

現場 ID	現場確認		画像解析			評価結果	
	方法	現場の状況	狭域植 生変化	広域植 生変化	広域金 属反応	判定	誤検出・検出もれの 推定要因
39	B	鉄筋鋼業	×	○	×	誤	—
40	B	自家処分場	○	×	○	適正	—
41			×	×	×	—	—
42	B	建設会社	×	○	○	誤	—
43			×	×	×	—	—
44			○	×	×	誤	—
45	A	ガラクタ、鉄板等が放置されている。	×	×	×	もれ	検出不可
46	A	ゴルフ場専用ごみ置場	×	○	×	誤	不明
47	A	不法投棄現場	×	×	×	もれ	検出不可
48	A	家庭菜園	×	×	×	—	—
49	A	家庭菜園	×	×	×	—	—
50	B	残土処分場	×	○	×	適正	—
51	B	残土処分場	○	○	×	適正	—
52			×	×	×	—	—
53			○	○	×	誤	—
54	B	残土	○	○	×	適正	—
55	B	資材置場	×	×	×	もれ	—
56			×	×	×	—	—
57	B	資材置場	×	×	×	もれ	—
58			○	○	×	誤	—
59			○	×	×	誤	—
60			○	×	×	誤	—
61	B	土砂採取場 残土	○	○	○	適正	—
62			×	×	×	—	—

A：現場調査実施、B：住宅地図、自治体確認

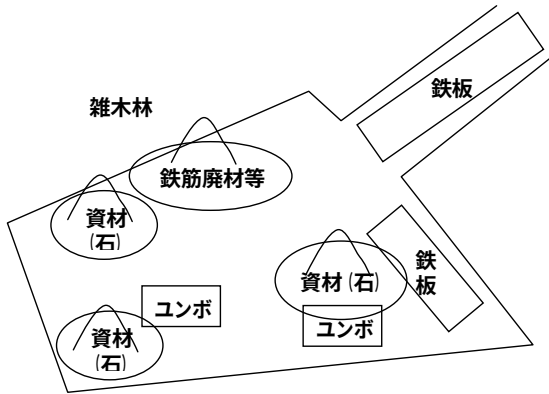
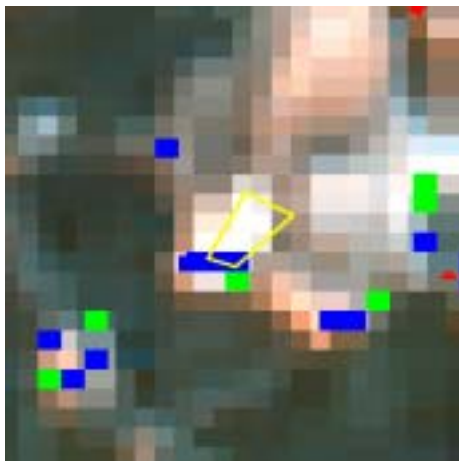
○：検出あり、×：検出なし、—：未評価、解析なし

(2)現場事例

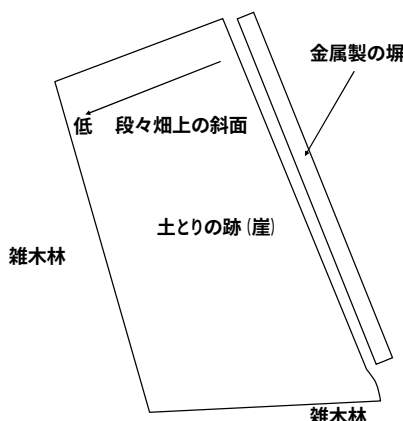
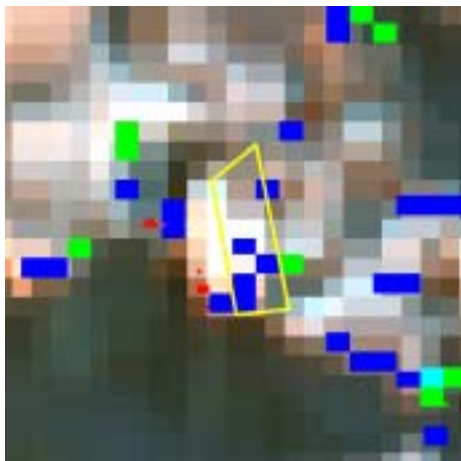
【画像注釈】

- ・ 画像サイズ : 約474m × 約474m
- ・ ベクタデータ
 - 黄色 : 対象現場
- ・ ラスタデータ
 - 黄緑 : NDVI2時期差解析結果
 - 青 : 土地被覆分類2時期差解析結果
 - 水色 : NDVI2時期差解析結果かつ土地被覆分類2時期差解析結果
 - 赤 : 金属反応解析結果
- ・ 背景画像
 - 狭域画像 : QuickBirdパンシャープン画像（分解能0.7m）
 - 広域画像 : SPOT4擬似ブルーマルチ画像（分解能20m）

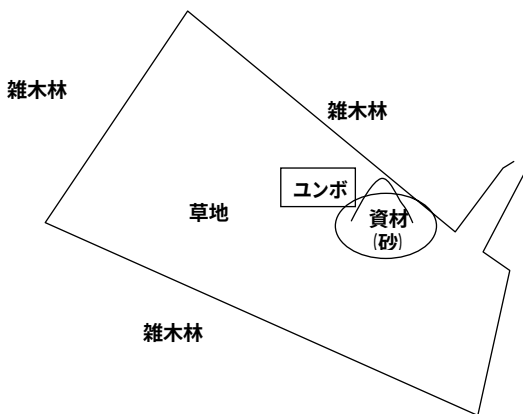
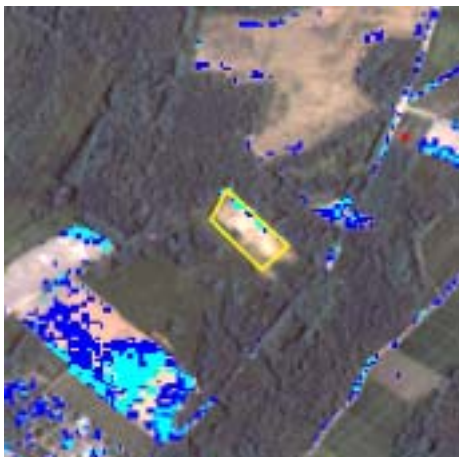
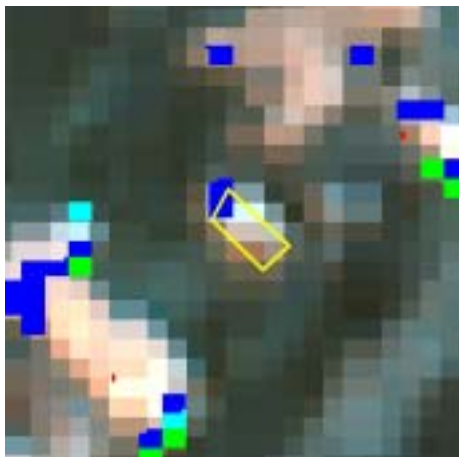
現場 12 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2609.2㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	資材（石）の山が数箇所ある。距離の長い鉄板の道がある。	コメント	現場には鉄板の長い道があったが、金属反応解析によって検出できていない。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

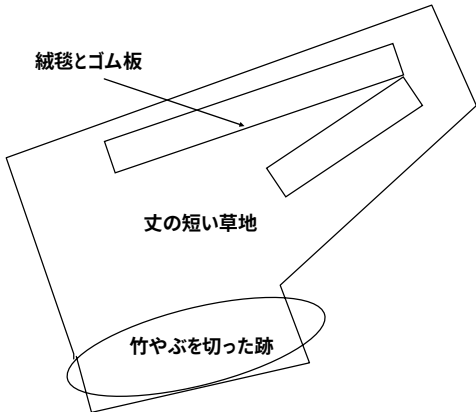
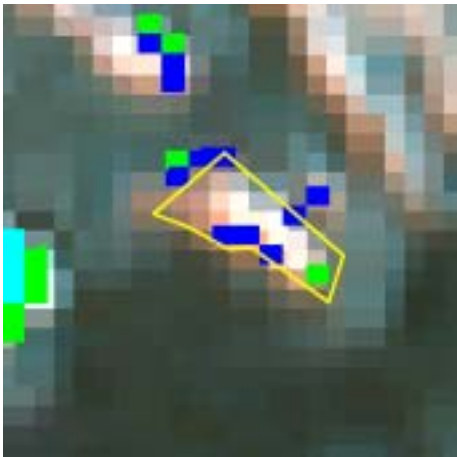
現場 13 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	砂利採取場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	6901.7m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	砂利採取場 高低差が約25mある。	コメント	植生減少がなく、鉄板も無い為、検出不可である。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 17 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	資材置場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	針葉樹林	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	2334.4m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	資材置場（自家処分場） 砂は黄土色である。	コメント	植生減少がなく、鉄板も無い為、検出不可である。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

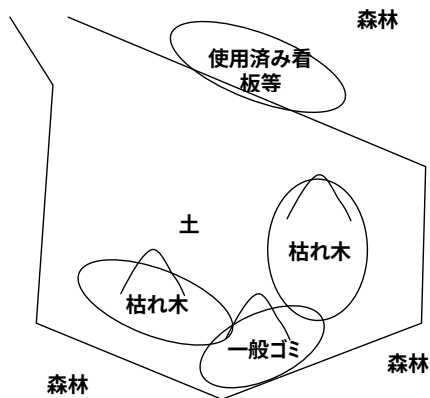
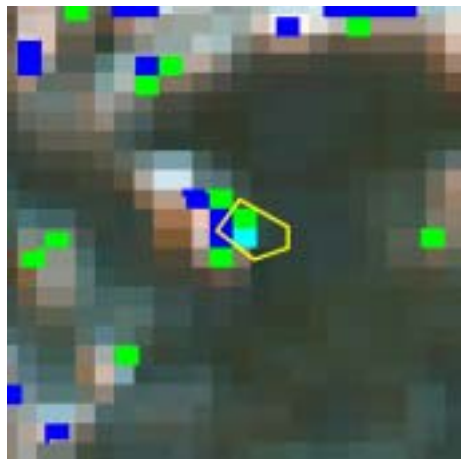
現場 38 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	草地	判定結果	—
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	9677.4m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	草地 布が道のように敷いてある。約1m ² のごみあり。地盤はぬかるんでいる。	コメント	植生減少はあったようだが、時季が違った為、検出なし。
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

現場 45 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	不明	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	荒地、針葉樹林	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	1817.8m ²	広域・金属反応	×
現場特徴	選挙看板、トタン、木、ガラクタ、鉄板が放置されている。使われていない重機あり。近辺に大きな穴あり。元々斜面だった所を埋め立てて家を建てた模様である。	コメント	現場に鉄板があるが、金属反応解析によって検出する事が出来なかった。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

現場 46 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	ゴルフ場専用ごみ置場	判定結果	誤検出
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	○
現場面積	2188.6㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	ゴルフ場内の敷地 ゴルフ場のゴミ、枯れ草、木、看板が放置されている。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

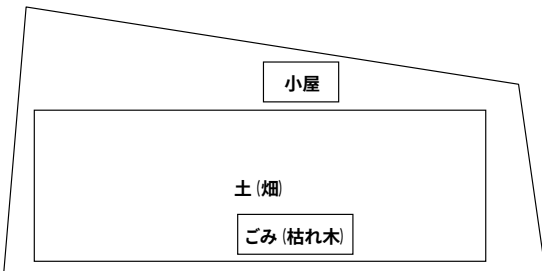
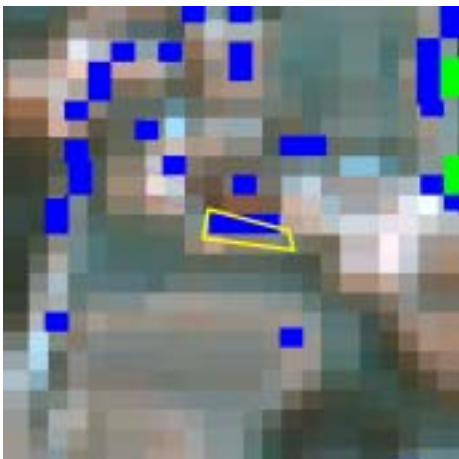
現場 47 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	不法投棄現場	判定結果	検出もれ
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類	瓦礫、木屑、石	広域・植生変化	×
現場面積	1376.6㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	既に確認済みの不法投棄現場である。廃棄物の山が数箇所ある。地面は砂利であり、その下にゴミが埋まっている可能性あり。	コメント	既存現場である為、検出不可である。
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

現場 48 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	家庭菜園	判定結果	—
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	1118.8㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	家庭菜園 道路沿いに家電製品のゴミあり。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
備考			

現場 49 の情報

現場概要		評価結果	
土地利用の形態	家庭菜園	判定結果	—
住宅地図の凡例	荒地	狭域・植生変化	×
投棄物の種類		広域・植生変化	×
現場面積	1813.4㎡	広域・金属反応	×
現場特徴	家庭菜園 空き缶、アルミ缶、ビン、 家庭ゴミあり。	コメント	
現場見取り図		現場写真	
			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）	
			
備考			

2 第2回検証試験

2.1 茨城県における検証試験結果

(1)検証現場の結果一覧（実施日：2003年2月27日）

現場 ID	画像解析					現場調査	評価結果	
	NDVI 変化	土地 被覆	バンド 比	金属 反応	空間 情報	現場の状況	判定	誤検出の推定要因
89	×	×	×	×	○	廃電柱置場，地面は一面コンクリートで整地	誤	廃電柱
91	×	×	×	×	○	資材置場，砂山と重機あり	適正	—
92	○	○	○	×	○	不法投棄現場，全面がトタンの壁で中の様子は不明	適正	—
93	×	×	×	○	○	資材置場，鉄骨が整然と積み上げられた状態	誤	鉄骨
94	×	×	×	○	×	田，付近に雑木林	誤	不明
95	×	×	×	○	×	資材置場，木材(パレット)が一面に山積みされた状態	適正	—
96	×	×	×	○	×	資材置場，金属くず，産廃の山	適正	—
98	○	○	×	×	×	民家の庭，枯れ葉と立ち木に覆われた状態	誤	不明
101	○	○	×	×	○	草地，もとは畑だったが、現在利用されていない様子	誤	田畑利用形態の変動
102	×	×	×	×	×	畑，何も植えられていない状態	—	—
103	×	×	×	×	○	駐車場，地面は砂利，もとは資材置場	誤	車
104	×	×	×	×	○	土砂採取場，土山は2つ(高さ10mほどと7～8m)	適正	—
105	×	×	×	×	×	中古車業者，多数の中古車が駐車中	—	—
106	×	×	×	×	×	畑，ゆるやかな傾斜し，何も植えられていない状態	—	—
107	○	○	○	×	○	道路建設現場，高さ2～3m程度の盛土あり	適正	—

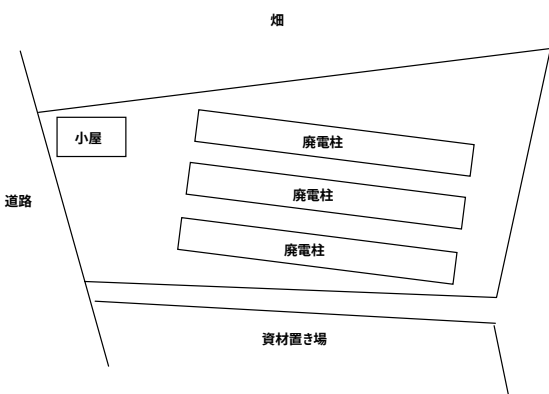
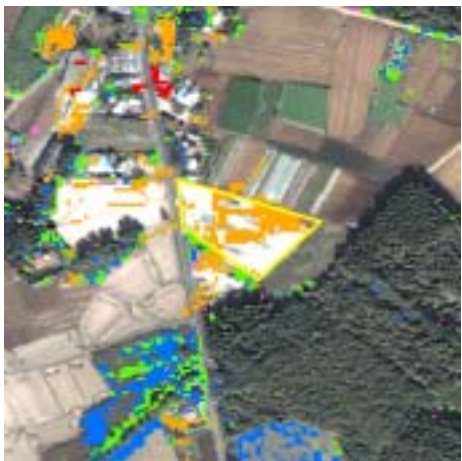
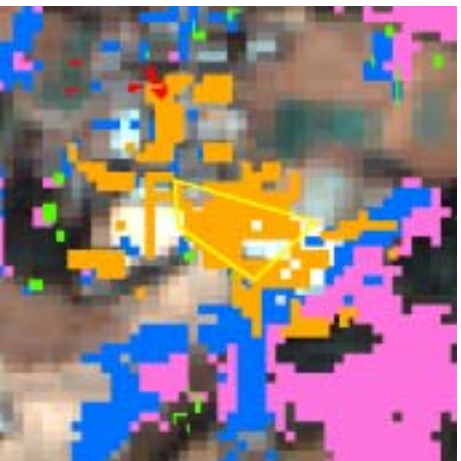
○：検出あり、×：検出なし、—：未評価、解析なし

(2)現場事例

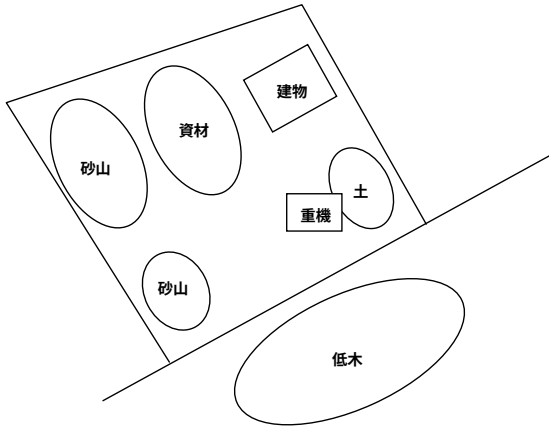
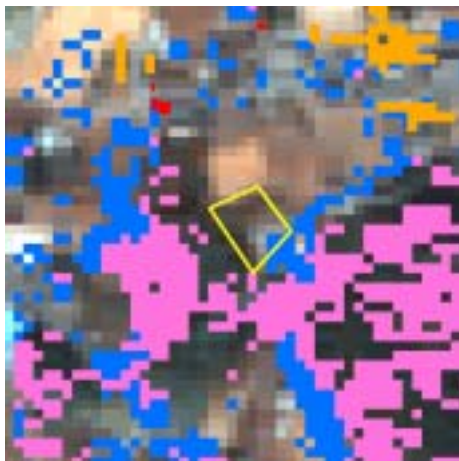
【画像注釈】

- ・ 画像サイズ : 約474m × 約474m
- ・ ベクタデータ
 - 黄色 : 対象現場
- ・ ラスタデータ
 - 黄緑 : NDVI3時期差解析結果
 - 青 : 土地被覆分類3時期差解析結果
 - 桃 : バンド比演算3時期差解析結果
 - 橙 : 空間情報解析結果
 - 赤 : 金属反応解析結果
- ・ 背景画像
 - 狭域画像 : QuickBirdパンシャープン画像（分解能0.7m）
 - 広域画像 : SPOT5擬似ブルーマルチ画像（分解能10m）

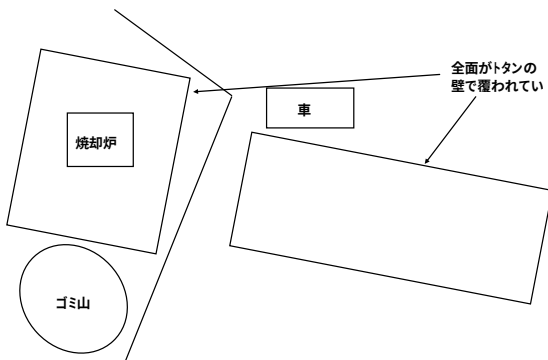
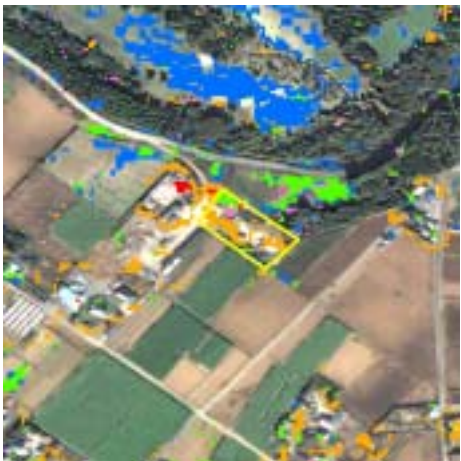
現場 89 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	廃電柱置場	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	電柱置場	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	6188.1㎡	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	地面は一面コンクリートで整地され、廃電柱が均一に置かれている。	狭域空間情報	○	広域空間情報	○
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、3箇所に分けられた廃電柱を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

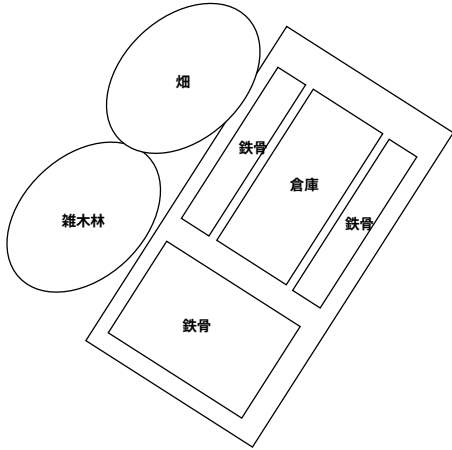
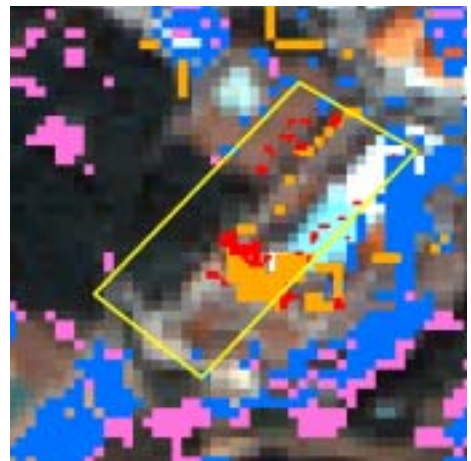
現場 91 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	資材置場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	3114.5㎡	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	砂、土、資材が分別されて山積みされている。	狭域空間情報	○	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、砂、土、資材の山より、見た目が不均一な領域として検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 92 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不法投棄現場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例	資材置場	狭域NDVI	○	広域NDVI	×
投棄物の種類	不明	狭域被覆分類	○	広域被覆分類	×
現場面積	3171.2m ²	狭域バンド比	○	広域バンド比	×
現場特徴	全面がトタンの壁で囲まれており、内部の様子は不明である。	狭域空間情報	○	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

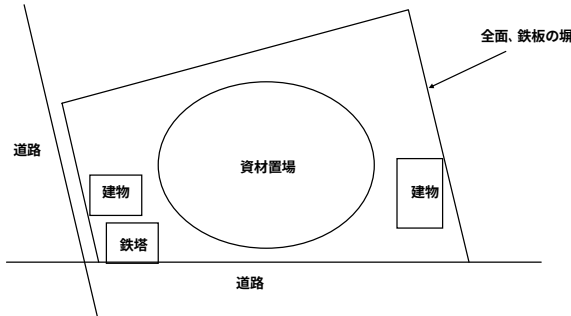
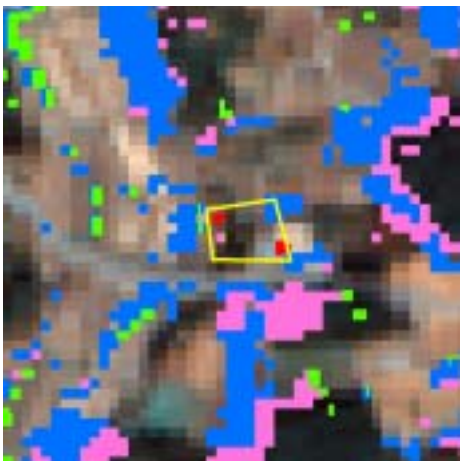
現場 93 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	資材置場	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	工場	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	35546.0m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	鉄骨が整然と積み上げられている。	狭域空間情報	○	広域空間情報	○
				広域金属反応	○
		コメント	空間情報解析並びに金属反応解析は、鉄骨を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

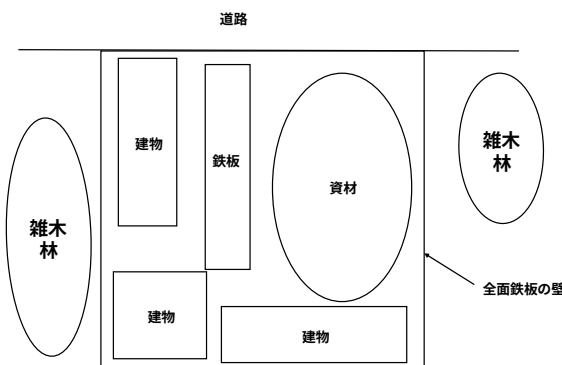
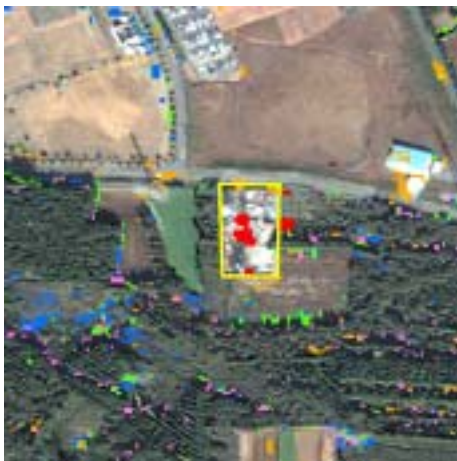
現場 94 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	田畑	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	田	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	702.5m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	収穫後の田畑 周辺に雑木林がある。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析が何を検出しているか不明である。		
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

現場 95 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	資材置場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例	資材置場	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	3608.6m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	木材（パレット）が一面に山積みされている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析は建物の屋根を検出した。また、上空からの見た目が不均一である為、空間情報解析で検出するべき所である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

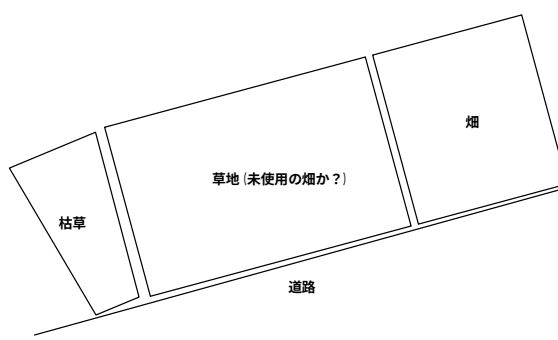
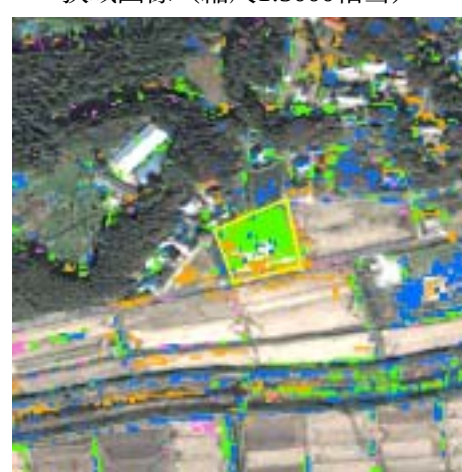
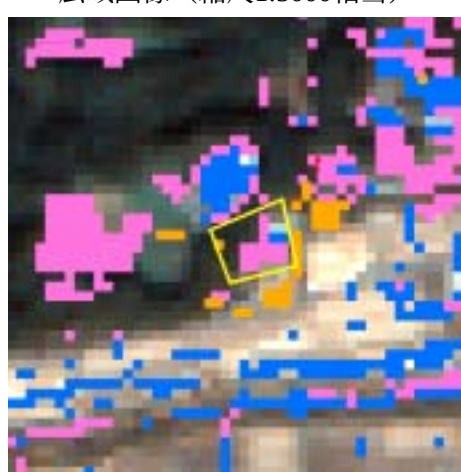
現場 96 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	資材置場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例	資材置場	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	4620.8m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	金属くず、産廃が分別されて積まれている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析は、金属くずを検出した。また、上空からの見た目が不均一である為、空間情報解析で検出するべき所である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

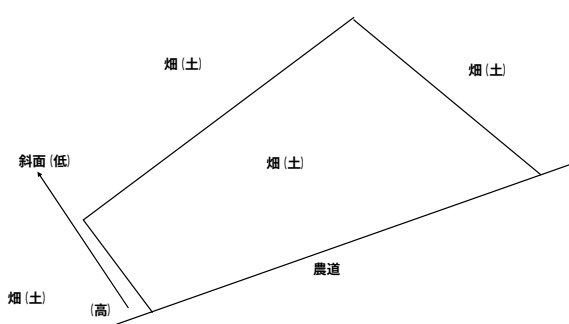
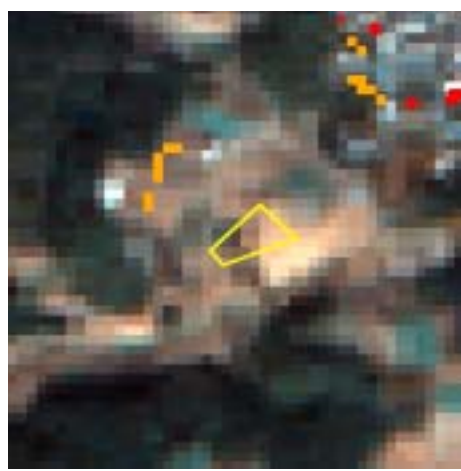
現場 98 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	民家の庭	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	民家	狭域NDVI	○	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	×
現場面積	1178.6㎡	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	枯葉と立ち木に覆われている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

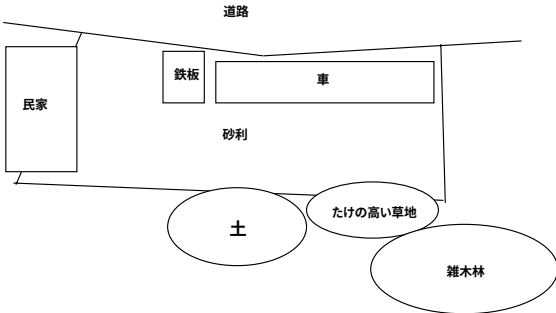
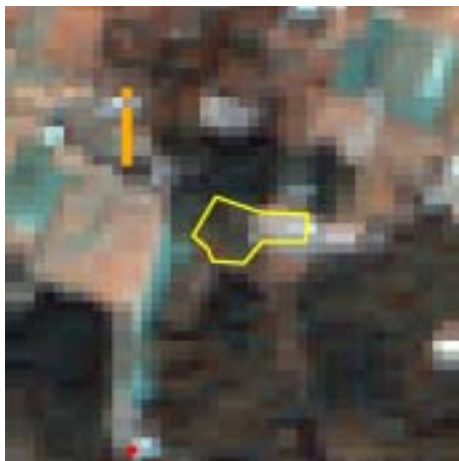
現場 101 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	田	狭域NDVI	○	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	×
現場面積	3981.3m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	○
現場特徴	以前は田畑であったが、現在は利用されていない。	狭域空間情報	○	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、田畑の利用形態が変わった事による植生変化を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

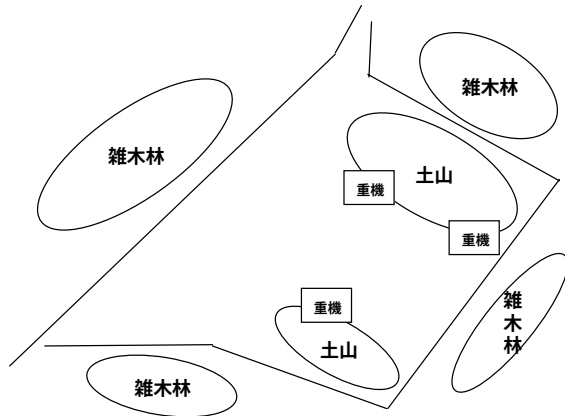
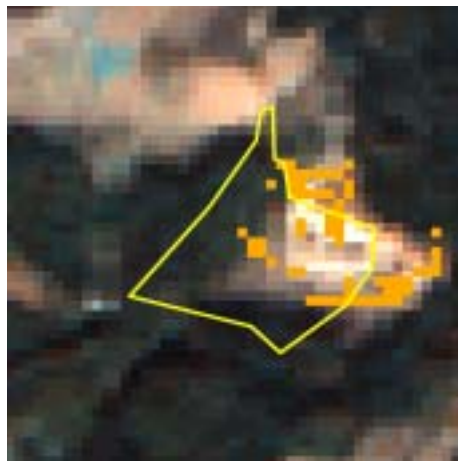
現場 102 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	田畑	判定結果		—	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	2086.1m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	何も植えられていない状態である。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

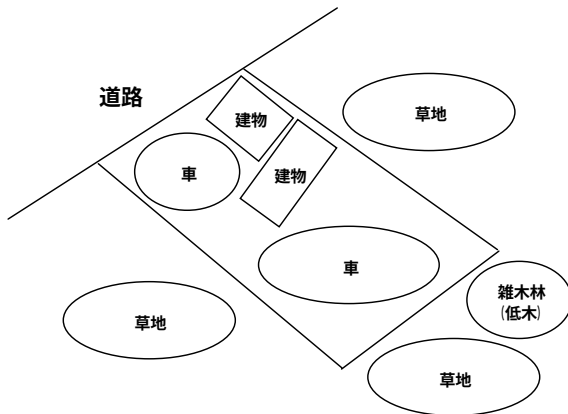
現場 103 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	駐車場	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地、畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	3907.2m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	地面は砂利で覆われており、車が数台駐車してある。	狭域空間情報	○	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、領域のエッジ又は車と車周辺を不均一な領域として検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

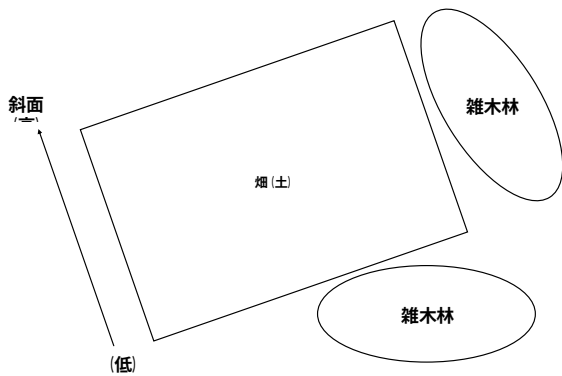
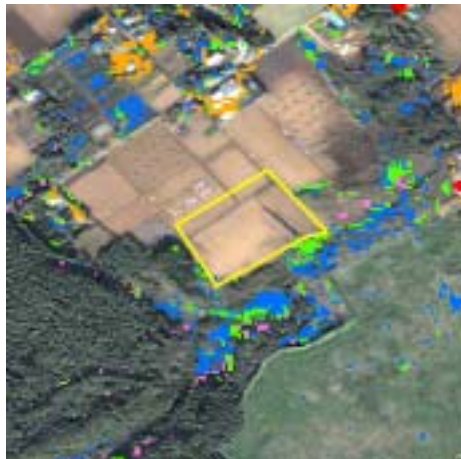
現場 104 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	土砂採取場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	23208.1m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	大規模な土砂採取場である。土が積まれている山の高さは、約7～10mである。	狭域空間情報	○	広域空間情報	○
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、土山と土山周辺を不均一な領域として検出した。また、領域のエッジも影響している。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

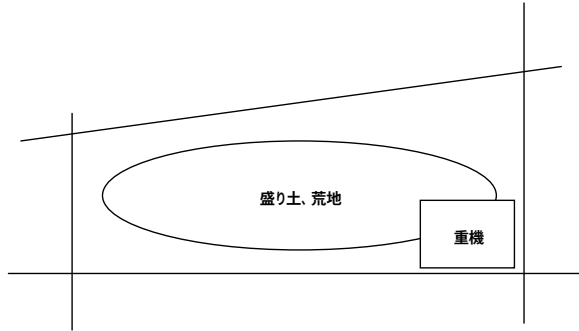
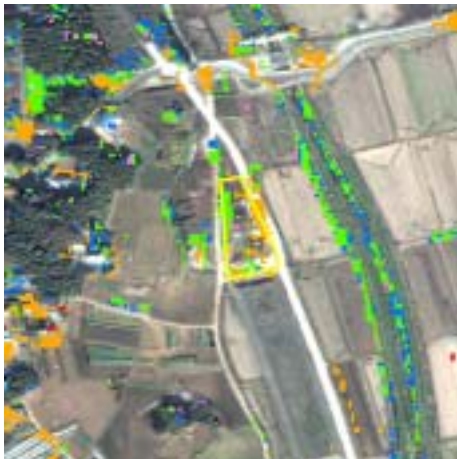
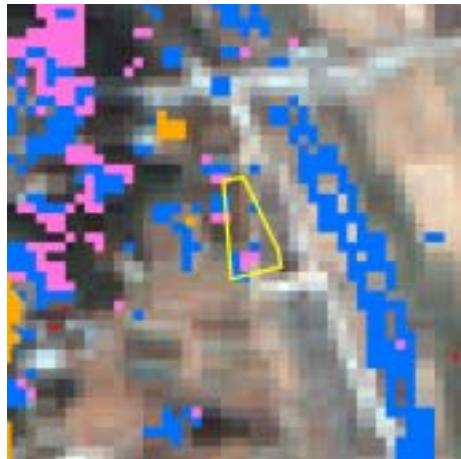
現場 105 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	中古車店	判定結果		—	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	1719.5㎡	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	中古車店 地面はコンクリートの破片らしいものが敷き詰められている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 106 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	田畑	判定結果		—	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	×
現場面積	7527.4m ²	狭域バンド比	×	広域バンド比	×
現場特徴	何も植えられてない状態である。緩やかな斜面になっている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 107 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	工事現場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例	田	狭域NDVI	○	広域NDVI	×
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	○
現場面積	3193.1m ²	狭域バンド比	○	広域バンド比	○
現場特徴	道路建設現場 高さ約2～3mの盛土がある。	狭域空間情報	○	広域空間情報	×
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、道路建設による植生伐採を検出した。空間情報解析は、領域のエッジを検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

2.2 栃木県における検証試験結果

(1)検証現場の結果一覧（実施日：2003年2月18日）

現場 ID	画像解析					現場調査	評価結果	
	NDVI 変化	土地 被覆	バント 比	金属 反応	空間 情報	現場の状況	判定	誤検出の推定要因
85	×	×	—	×	×	民家の庭，住人がおらず荒れ果てた状態	—	—
102	×	×	—	×	×	土山，ゴミ，廃車，コンテナが投棄	もれ	—
119	×	×	—	×	×	事業所敷地，廃車と廃タイヤが山積み	もれ	—
201	×	○	—	×	×	民家跡地，枯れ草中に瓦礫が残留	誤	不明
207	○	○	—	×	×	草地，丈の低い草中に枯れ木の山	誤	枯れ木
210	×	×	—	×	×	休業中の日帰り温泉，土山に大きい石あり	—	—
225	×	○	—	×	×	別荘	誤	不明
226	○	○	—	×	×	貯水池の新設工事現場，重機・鉄板あり	適正	—
227	×	×	—	×	×	民家の庭，土山とビニールシートで覆われた小山	—	—
239	○	○	—	×	×	造成中の宅地，枯れ草中に伐採した木あり	誤	宅地開発
240	○	○	—	×	×	同上	誤	同上
243	○	○	—	×	×	宗教施設のため除外	—	—
245	○	○	—	×	×	草地，2m程度の盛土	誤	不明
246	○	○	—	×	×	現場特定不能のため除外	—	—
247	○	○	—	×	○	草地，残雪あり，周囲は丈の低い木	誤	積雪

○：検出あり、×：検出なし、—：未評価、解析なし

(2)現場事例

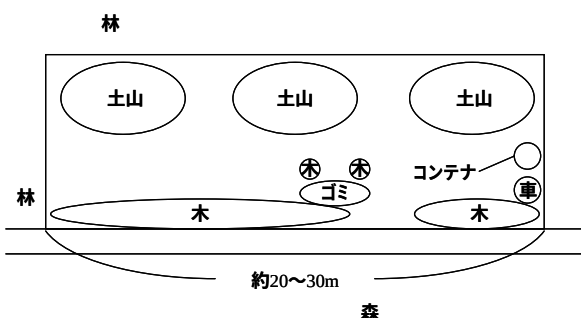
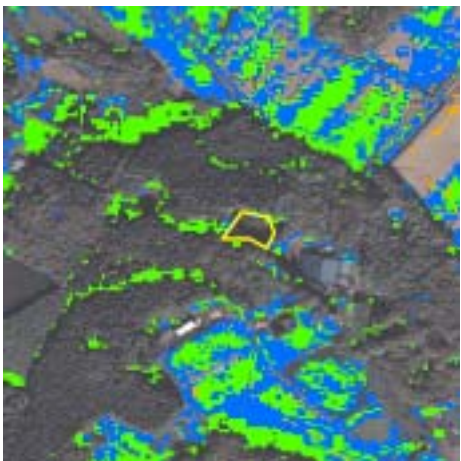
【画像注釈】

- ・ 画像サイズ : 約474m × 約474m
- ・ ベクタデータ
 - 黄色 : 対象現場
- ・ ラスタデータ
 - 黄緑 : NDVI3時期差解析結果
 - 青 : 土地被覆分類3時期差解析結果
 - 桃 : バンド比演算3時期差解析結果
 - 橙 : 空間情報解析結果
 - 赤 : 金属反応解析結果
- ・ 背景画像
 - 狭域画像 : QuickBirdパンシャープン画像（分解能0.7m）
 - 広域画像 : SPOT5擬似ブルーマルチ画像（分解能10m）

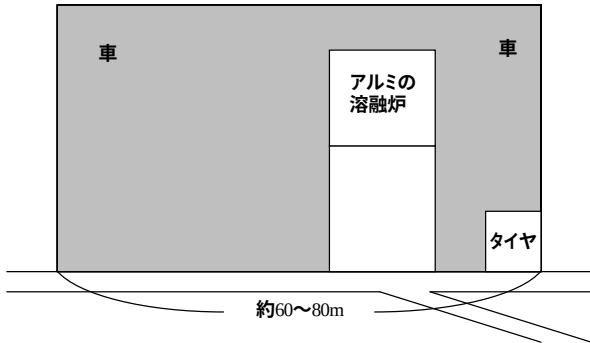
現場 85 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	荒地	判定結果		—	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	1991.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	民家の庭 住人がおらず荒れ果てて いる	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

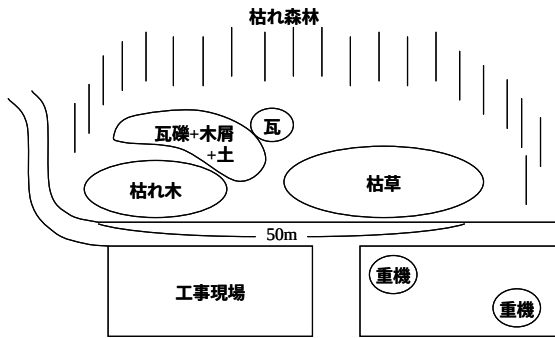
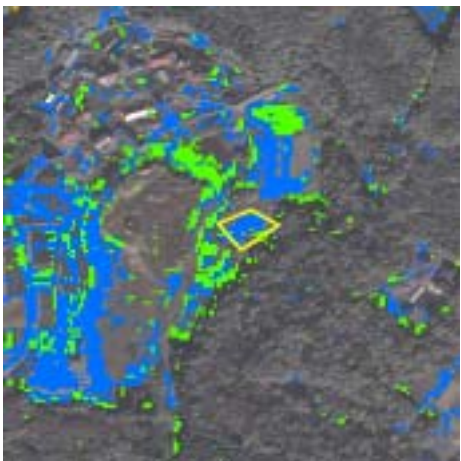
現場 102 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不法投棄現場	判定結果		検出もれ	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	－
投棄物の種類	廃車、コンテナ	狭域被覆分類	×	広域被覆分類	－
現場面積	946.6m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	高さ約2～3mの盛土が数箇所ある。ごみも投棄されているが、違法か否かは不明。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

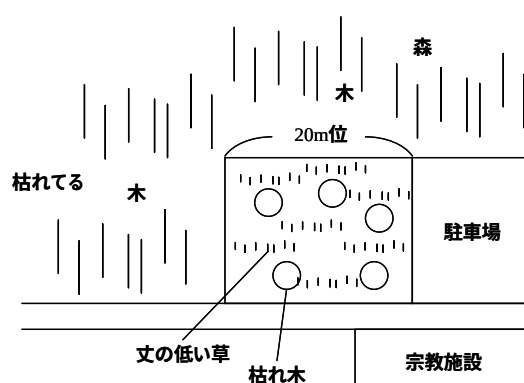
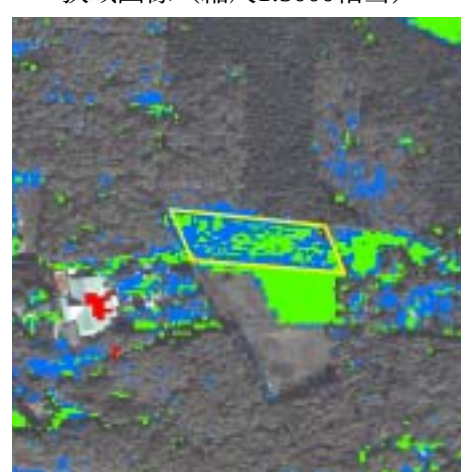
現場 119 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	車解体業者	判定結果		検出もれ	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	5020.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	事業所敷地 廃車、廃タイヤが山積み されている。高さは約2～ 3m。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	廃車が大量にある為、金属反応解析によっ て検出するべき所である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 201 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	荒地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	1041.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	民家跡地	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 207 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	6171.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	枯れ木、枯草が山積みされている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、草木の伐採によ植生変化を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 210 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不明	判定結果		—	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	512.5m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	休業中の日帰り温泉 土が山積みされている。 また、大きな石があり。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

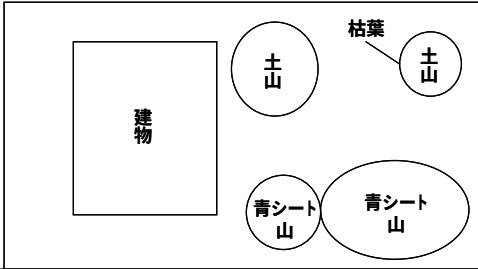
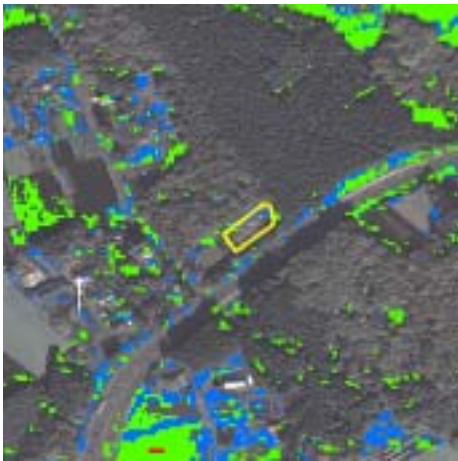
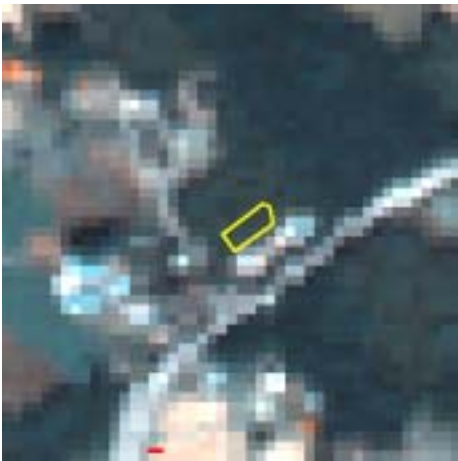
現場 225 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	別荘地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	720.3m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	別荘地	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

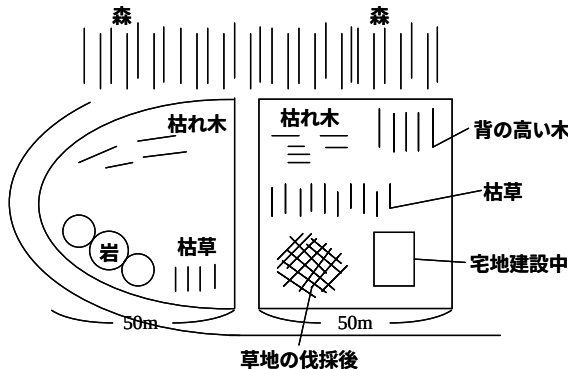
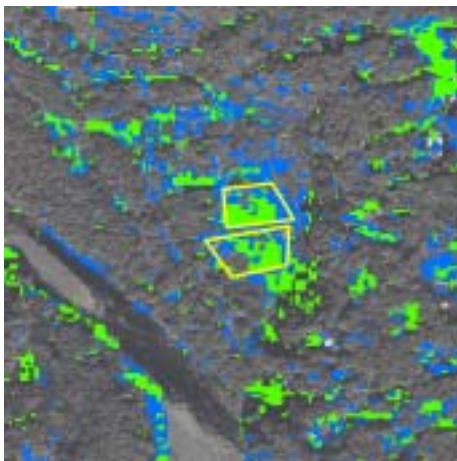
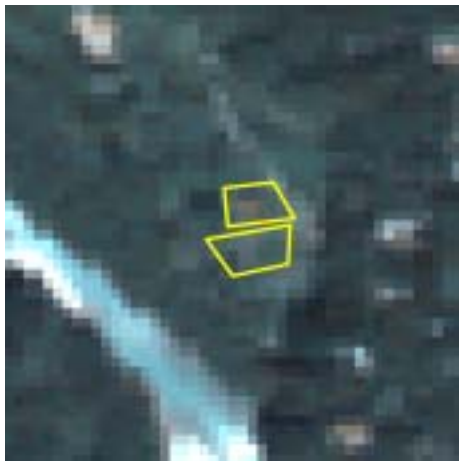
現場 226 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	工事現場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	2087.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	配水地増設工事 重機、鉄板あり。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、配水地増設工事による森林伐採を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

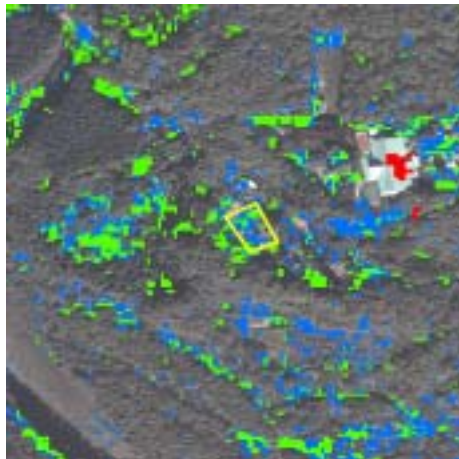
現場 227 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	会社敷地	判定結果		—	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	972.4m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	土が山積みされ、青いシートが被せられている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
 4号		未撮影			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

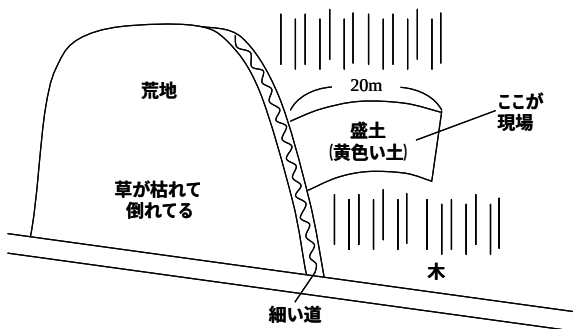
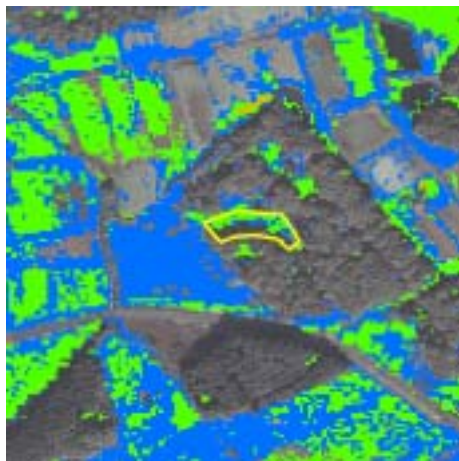
現場 239,240 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	宅地分譲地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	4371.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	区画整理されている宅地分譲地。伐採された木が横たわっている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、宅地開発による森林伐採を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

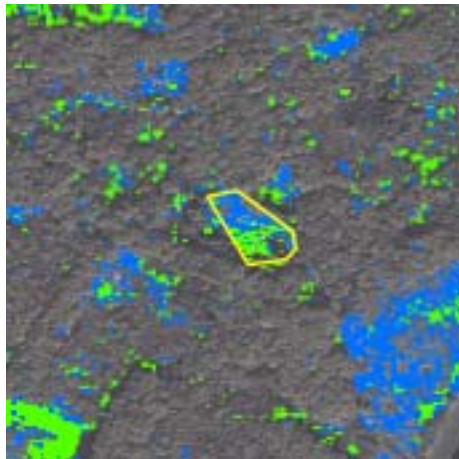
現場 243 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	宗教施設	判定結果			
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	1166.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	宗教施設 内部の様子を確認する事が出来なかった。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
未作成		未撮影			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

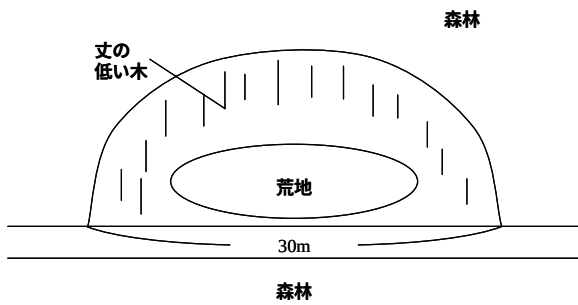
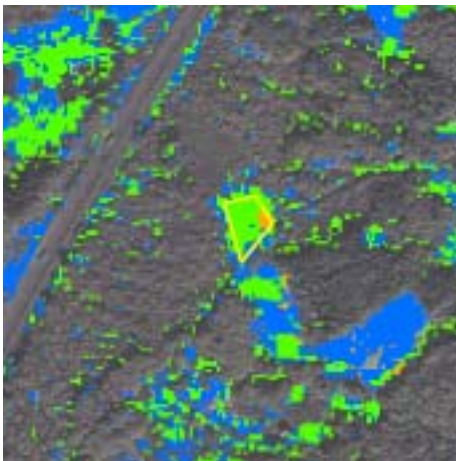
現場 245 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不明	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	1766.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	高さ約2mの盛土。色は黄色い。石も混ざっている。森林伐採が行われたか否かは不明である。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 246 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不明	判定結果		—	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	3102.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	場所特定不可の為、現場調査を未実施	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
未作成		未撮影			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 247 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	荒地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例		狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	1500.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	荒地 周辺を低木が囲んでいる。残雪あり。森林伐採が行われたか否かは不明である。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、積雪による植生減少を検出した。空間情報解析は、領域のエッジを検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

2.3 千葉県における現場検証試験結果

(1)検証現場の結果一覧（実施日：2003年2月26日）

現場 ID	画像解析					現場調査	評価結果	
	NDVI 変化	土地 被覆	パ ン ド 比	金属 反応	空間 情報	現場の状況	判定	誤検出の推定要因
63	×	○	—	×	○	畑・草地，少量の建築廃材， コンテナが放置	誤	盛土(数ヶ所)
64	×	×	—	×	○	畑，丈の高い枯れ草(約2m) が焼かれた跡	誤	丈の高い草
65	×	×	—	○	○	畑，定植後間もない状態	誤	不明
66	×	×	—	×	○	駐車場跡地で現在は草地， 倒伏した丈の高い枯れ草	誤	倒伏した草
67	×	×	—	×	○	傾斜した草地，ふじつるの 枯れ草	誤	土地の段差
68	○	○	—	×	○	資材置き場裏の草地，1～ 2mの高台で道がない	誤	土地の起伏
69	○	○	—	×	○	草地，周囲は林で高い草に 覆われた状態	誤	丈の高い草
70	×	×	—	○	×	畑，一部に丈の高い枯れ草 (約1.5m)	誤	丈の高い草
71	×	○	—	○	×	家庭菜園，近くに深い谷あ り	誤	谷の斜面
72	×	○	—	○	×	民家の駐車場，車庫と鉄塔 あり	誤	不明
73	×	○	—	○	○	河川敷，芝生になった平地 と堤防斜面	誤	斜面及び水溜り
74	×	×	—	○	×	民家の庭，裏側は崖	誤	崖の斜面
75	○	○	—	○	×	草地，2～3mの枯れ草が生 い茂った状態	誤	丈の高い草
76	○	○	—	×	×	竹林の中を伐採，古畳(ダン プ2台分)が投棄	適正	—
77	○	○	—	×	×	草地，約1.5mくらいの草が 一面に茂った状態	誤	丈の高い草
78	○	○	—	×	×	山の斜面で下草を刈り、野 焼きを行っていた模様	適正	—
79	○	○	—	×	×	草地，枯れ草がある様子だ が，中は確認できず	—	枯れ草
80	○	○	—	×	×	草地・柿畑，所々に 0.3mく らいの枯れ草あり	誤	枯れ草
81	×	○	—	×	×	養豚場の裏の草地，一帯が 枯れ草で覆われた状態	誤	枯れ草

現場 ID	画像解析					現場調査	評価結果	
	NDVI 変化	土地 被覆	バンド 比	金属 反応	空間 情報	現場の状況	判定	誤検出の推定要因
82	○	○	—	×	○	雑木林がえぐられた草地, 丈の高い草が倒伏	誤	倒伏した草

○：検出あり、×：検出なし、—：未評価、解析なし

(2)現場事例

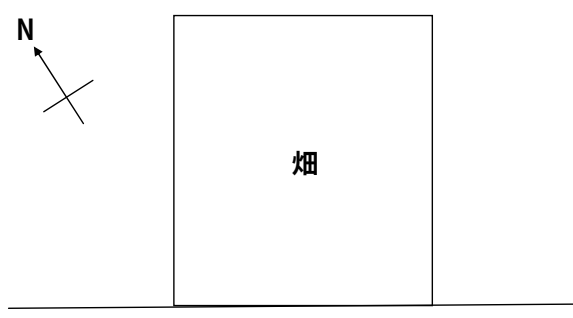
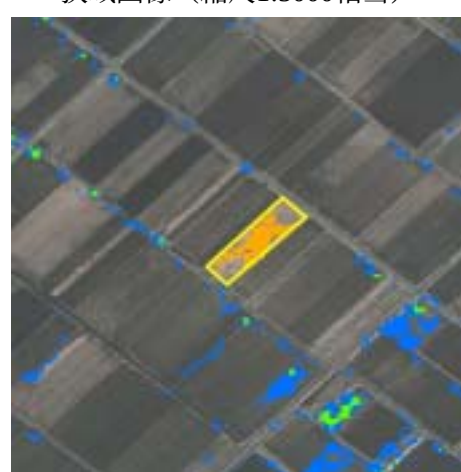
【画像注釈】

- ・ 画像サイズ ：約474m × 約474m
- ・ ベクタデータ
 - 黄色 ：対象現場
- ・ ラスタデータ
 - 黄緑 ：NDVI3時期差解析結果
 - 青 ：土地被覆分類3時期差解析結果
 - 桃 ：バンド比演算3時期差解析結果
 - 橙 ：空間情報解析結果
 - 赤 ：金属反応解析結果
- ・ 背景画像
 - 狭域画像 ：QuickBirdパンシャープン画像（分解能0.7m）
 - 広域画像 ：SPOT4擬似ブルーマルチ画像（分解能20m）

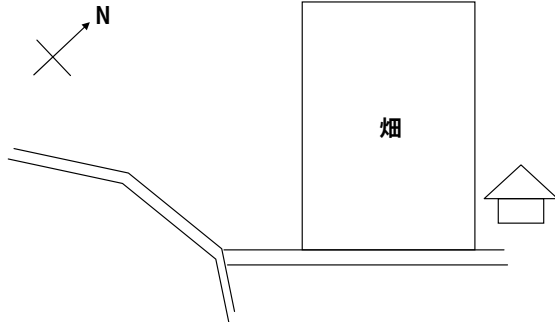
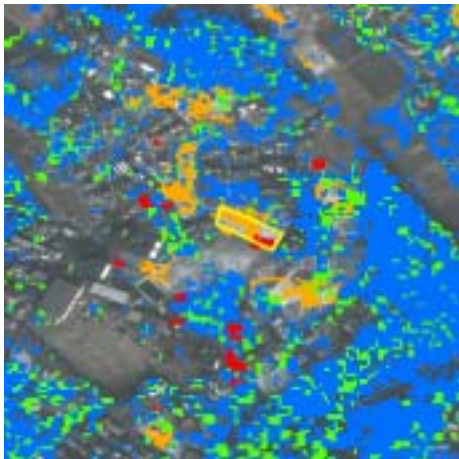
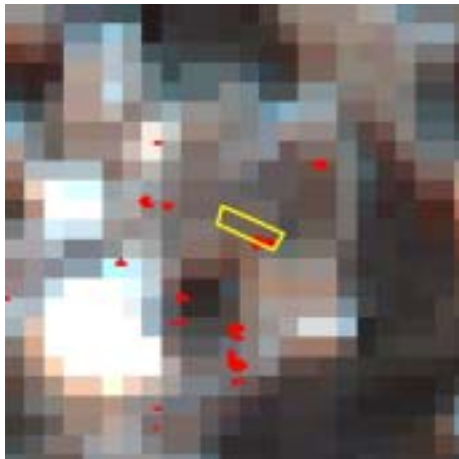
現場 63 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不明	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	2134.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	田畑・草地 少量の建築廃材と数箇所の盛土があり。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、領域内にある様々な物の不均一性により検出した。		
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

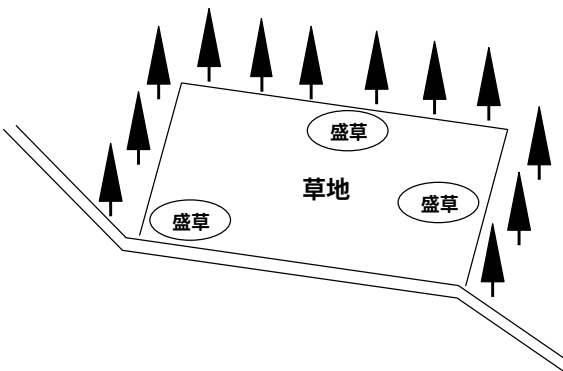
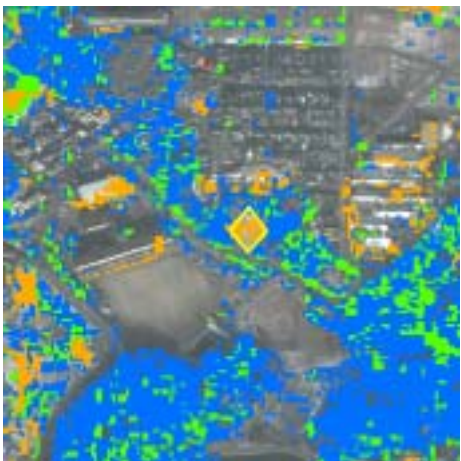
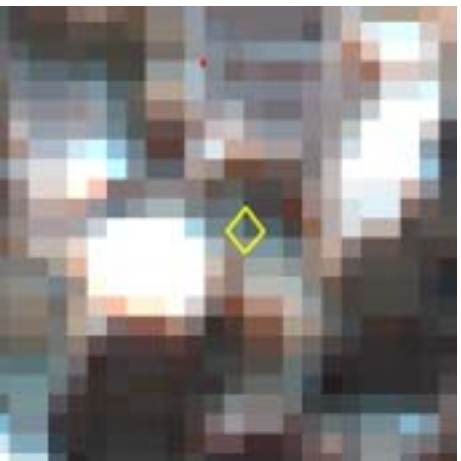
現場 64 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	田畑	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	田	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	2564.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	田畑 丈の高い枯れ草（約2m） が焼かれている。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、高い丈の草を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
N 		  			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

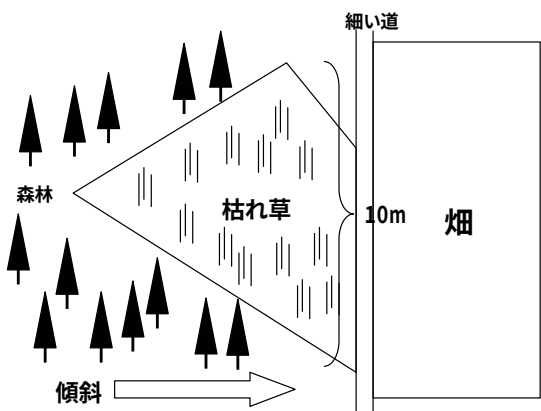
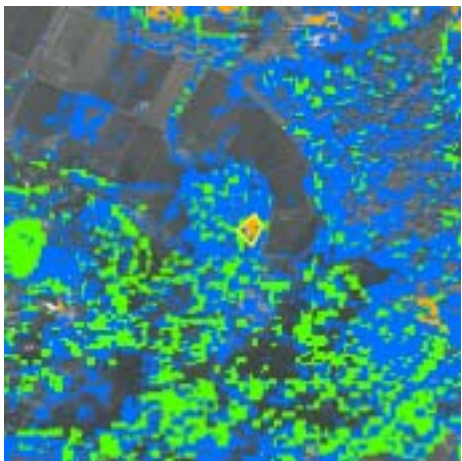
現場 65 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	田畑	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	1073.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	田畑 定植後間もない状態である。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	○
		コメント	空間情報解析は、領域のエッジを検出した。金属反応解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 66 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	718.4m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	草地 駐車場の跡地であり、現在は丈の高い草が倒伏している。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、高い丈の草を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

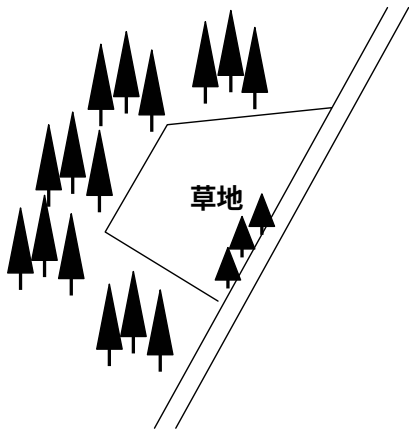
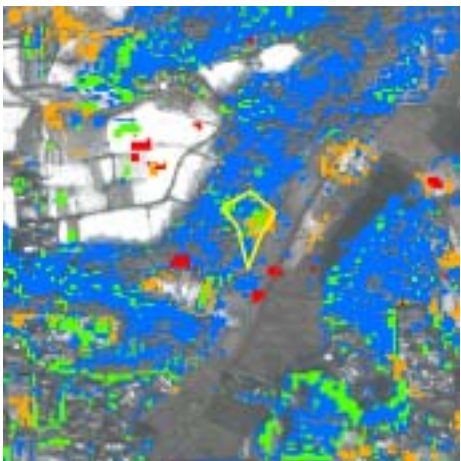
現場 67 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	332.7m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	草地 ふじつるの枯れ草で覆われている。地形が傾斜している。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	空間情報解析は、高い丈の草を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

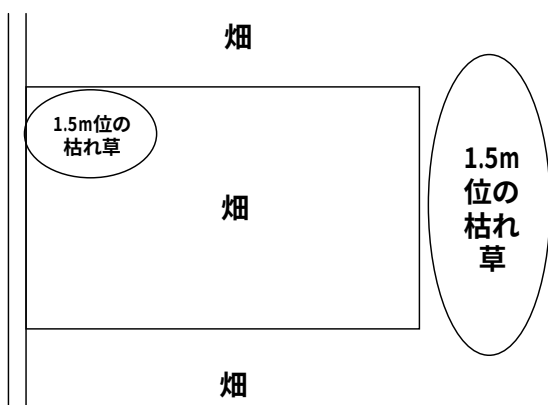
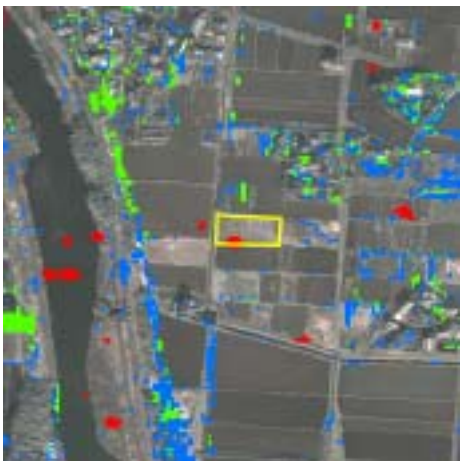
現場 68 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	5703.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	草地 現場は手前資材置場の奥の少し高くなっている所である（約1～2mの高台）。道がなく、近づく事ができなかった。	狭域空間情報	○	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析検出原因は不明である。空間情報解析は、地面の段差を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
備考					

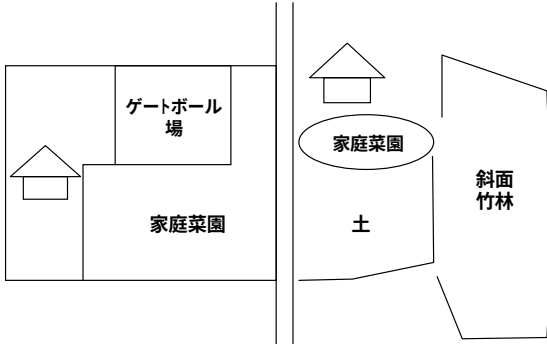
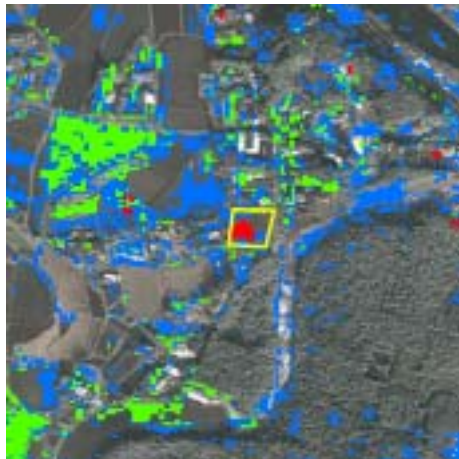
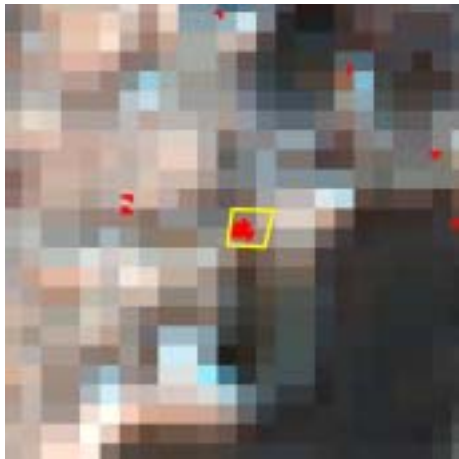
現場 69 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	1536.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	高い丈の草地 周辺は林に囲まれている。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析検出原因は不明である。空間情報解析は、高い丈の草を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

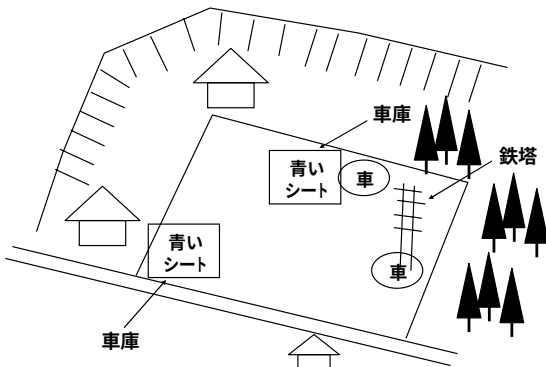
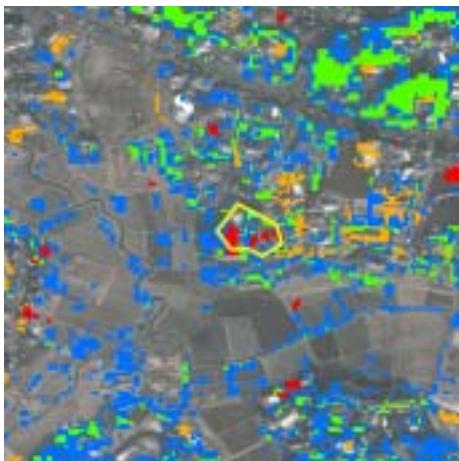
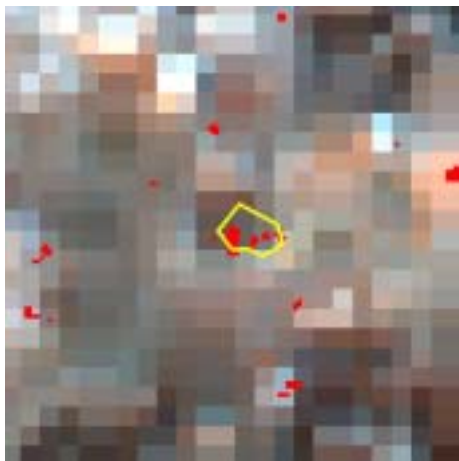
現場 70 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	田畑	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	－
現場面積	1575.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	田畑 一部に丈の高い枯れ草 (約1～2m) があり。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

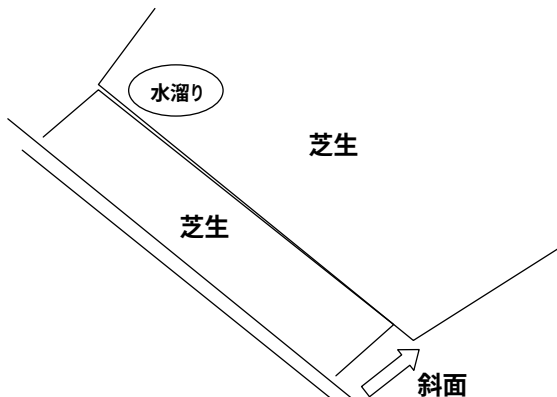
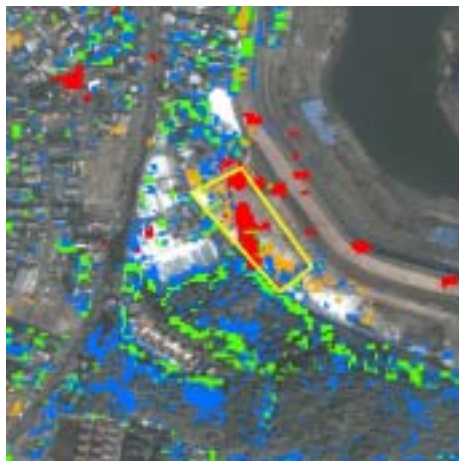
現場 71 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	民家	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	1250.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	家庭菜園 近くに深い谷があり。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

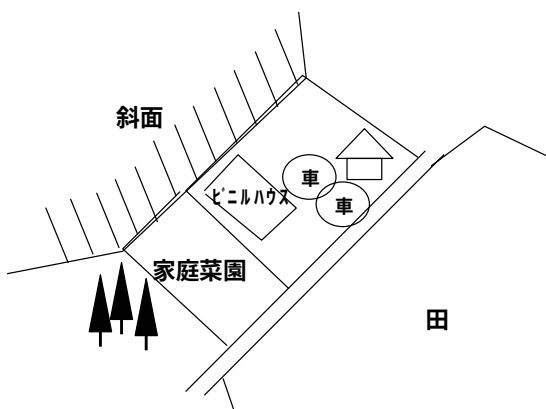
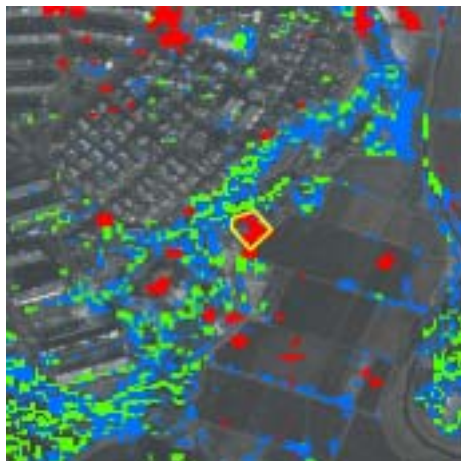
現場 72 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	民家	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	1782.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	民家の駐車場 高台になっている。（周 辺が斜面）	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

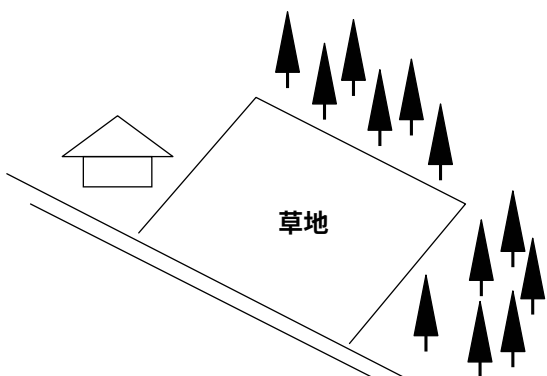
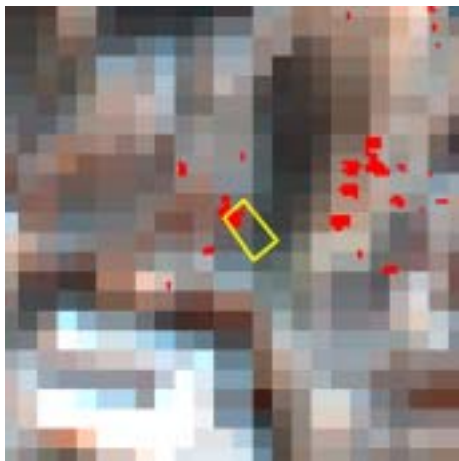
現場 73 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	5387.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	河川敷の芝生地帯 平地と斜面になっている。	狭域空間情報	○	広域空間情報	—
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応解析は、斜面を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

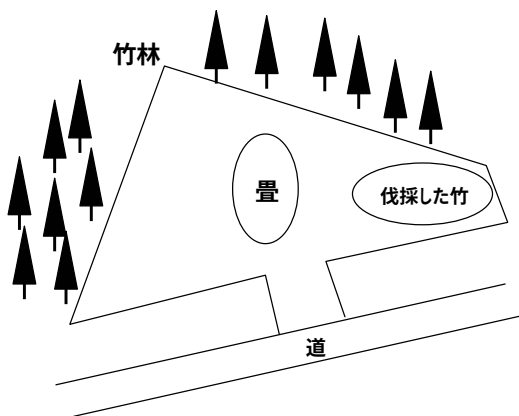
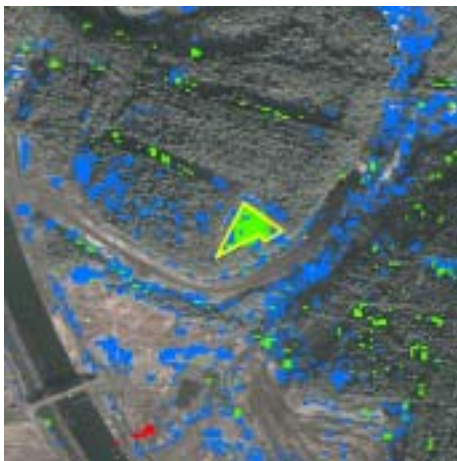
現場 74 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	民家	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	畑・牧草地、針葉樹林	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	×	広域被覆分類	—
現場面積	764.7m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	民家 民家の裏側が崖（斜面） になっている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	○
		コメント	金属反応検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

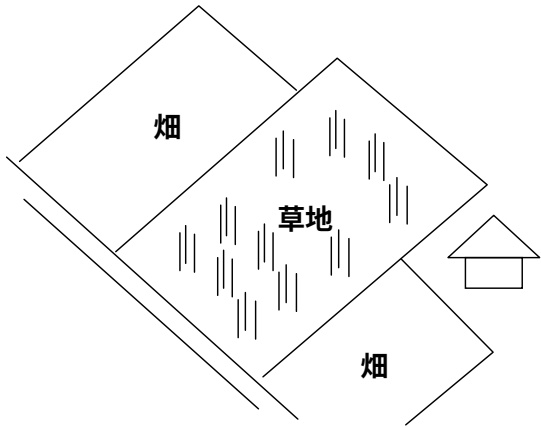
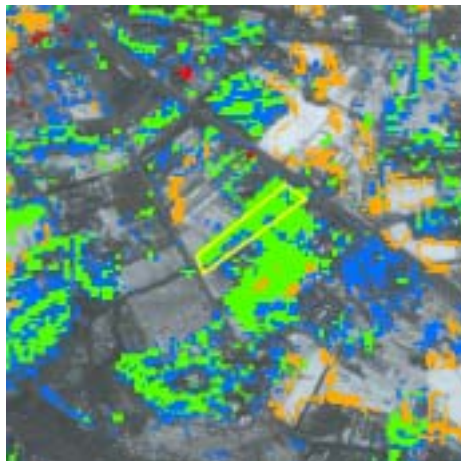
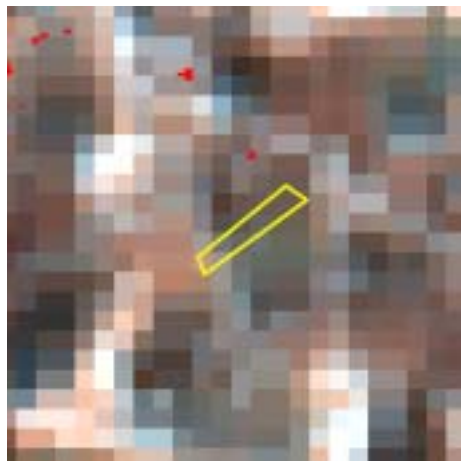
現場 75 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	1297.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	草地 丈の高い枯れ草（約2～3m）で覆われている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	○
		コメント	植生変化解析並びに金属反応解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

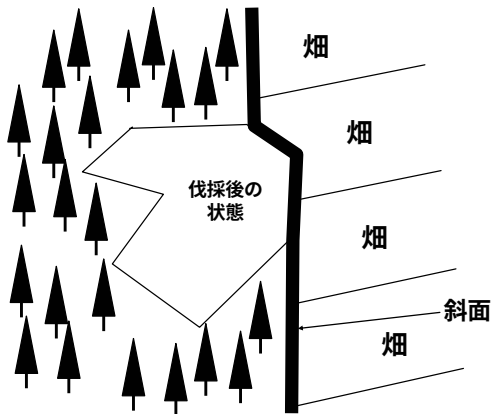
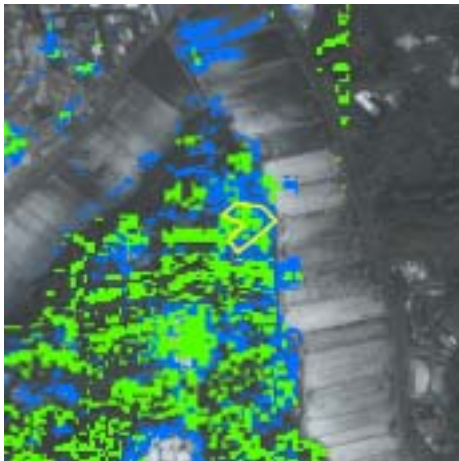
現場 76 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不法投棄現場	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類	畳	狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	1157.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	竹林の中を伐採している。古畳が投棄されている。（ダンプ2台分）	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、不法投棄による森林伐採を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

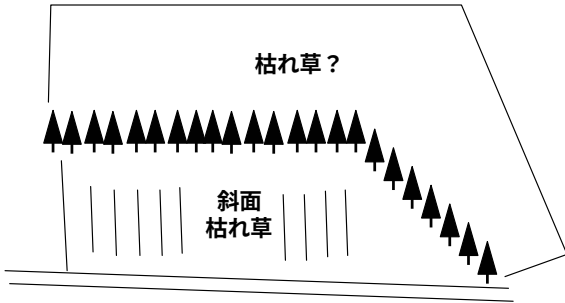
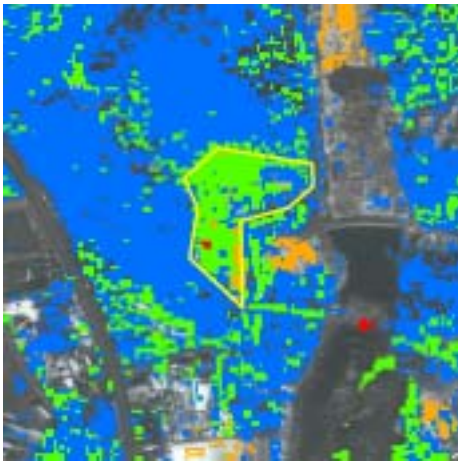
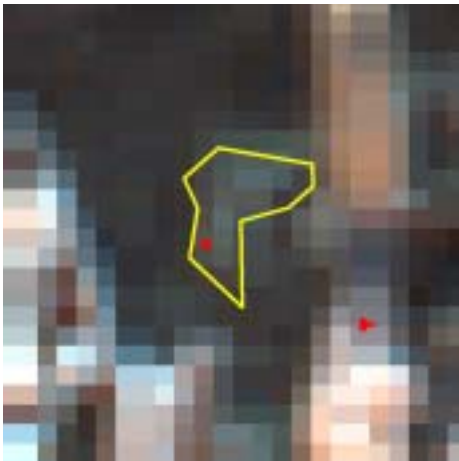
現場 77 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	畑・牧草地	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	2198.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	丈の高い草（高さ約1～2m）で一面均等に覆われている。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

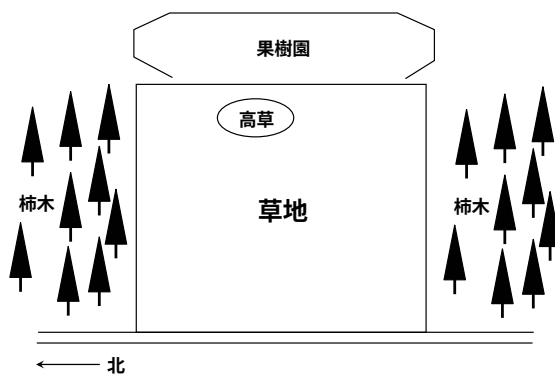
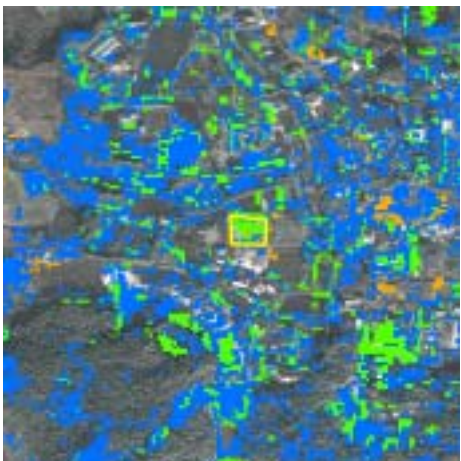
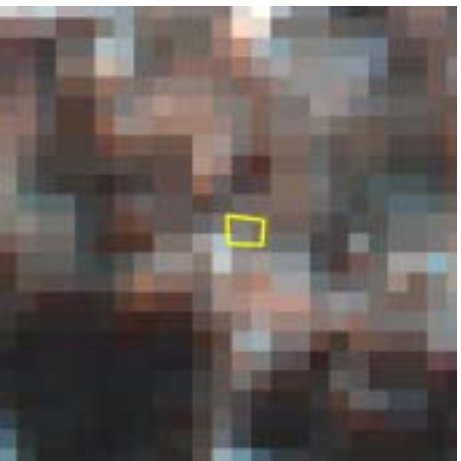
現場 78 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		適正検出	
住宅地図の凡例	広葉樹林	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	1140.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	草地 山の斜面 野焼きを行っている。下草を刈り、樹木の伐採を行っている模様。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

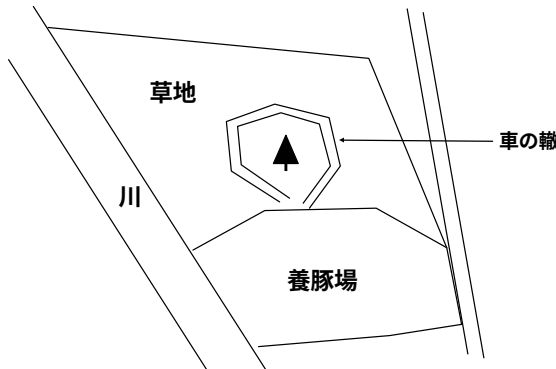
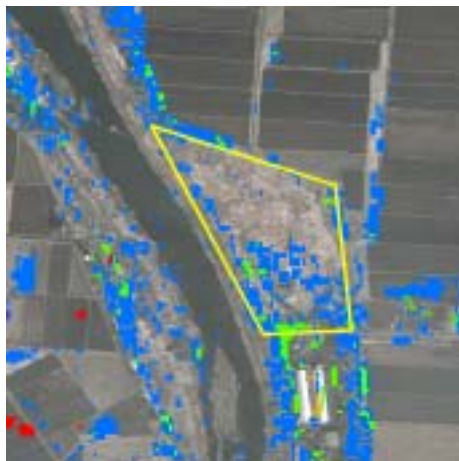
現場 79 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	不明	判定結果		—	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	○	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	8792.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	詳細に確認する事ができなかった。周辺に家電品の投棄があり。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント			
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

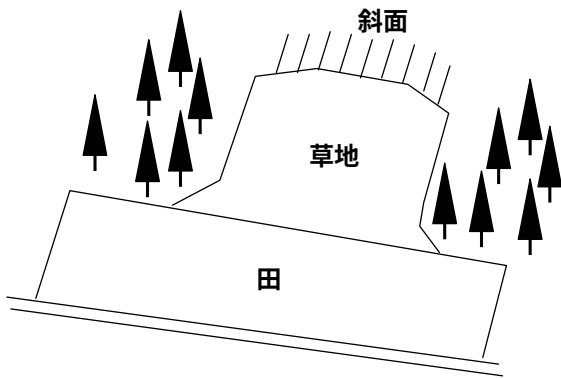
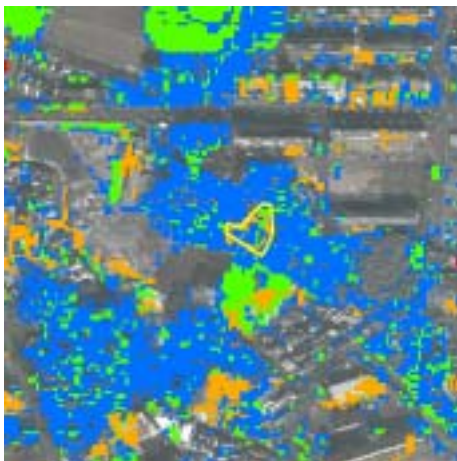
現場 80 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	817.1m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	草地・柿畑 所々に枯れ草（高さ約0.3m）あり。	狭域空間情報	×	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析検出原因は不明である。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 81 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	×	広域NDVI	—
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	—
現場面積	19540.0m ²	狭域バンド比	—	広域バンド比	—
現場特徴	養豚場の裏の草地 一帯が枯れ草で覆われて いる。家畜の糞をまいた ような跡が見られる。	狭域空間情報	×	広域空間情報	—
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析は、誤分類により誤検出し た。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

現場 82 の情報

現場概要		評価結果			
土地利用の形態	草地	判定結果		誤検出	
住宅地図の凡例	荒地	狭域NDVI	○	広域NDVI	－
投棄物の種類		狭域被覆分類	○	広域被覆分類	－
現場面積	1157.0m ²	狭域バンド比	－	広域バンド比	－
現場特徴	草地 丈の高い草が倒伏している。車で辿り着く事は不可能である。	狭域空間情報	○	広域空間情報	－
				広域金属反応	×
		コメント	植生変化解析検出原因は不明である。空間情報解析は、高い丈の草を検出した。		
現場見取り図		現場写真			
					
狭域画像（縮尺1:5000相当）		広域画像（縮尺1:5000相当）			
					
備考					

付録5 ゾーニング利用システムの仕様例

6.3.2で述べたゾーニング利用システムについて、検証試験の結果をふまえた詳細な仕様を述べる。ゾーニングの利用方法、機能、用いるデータ、ならびにゾーニングの計算（更新）の順に説明する。

1 ゾーニングの利用方法

ゾーニングの利用方法として、次の2つを想定した。

(1)衛星監視システムの対象エリアの選定支援

衛星監視システムでは、衛星画像の撮影および解析範囲を指定する必要がある。撮影場所の対象範囲があらかじめ定まっている場合は問題ないが、複数案から選定する必要がある場合や、これまで監視活動が頻繁ではなかった範囲から新たに指定したい場合など、担当者はどの範囲を指定したらよいか判断に迷う場合がある。また、撮影場所の対象範囲が決まっている場合においても、範囲のなかで特に重点的に監視を行いたい場所を明確にしたい時がある。そのときに、ゾーニング結果を参照して、不法投棄されやすい場所の絞込み情報を用いることを検討する。

ゾーニングは不法投棄の発生しやすい地域が地図となって示されることから、自治体の担当者は地図から判読して対象地域を選択することができる。後述する衛星監視システムやGIS等のゾーニングのデータを利用するシステムがあるときは、定量的に比較検討を行い選択することが可能になる。複数の候補地域から対象エリアのゾーニング平均ランクが高い方や、最大値が高い方、あるいは特定の地点のランクが高い方などの選び方が考えられる。

さらに、対象エリアの指定後にも、今後新たに監視を強化したい場所の優先順位の検討に役立てることができる。

(2)日常の不法投棄業務への利用

衛星監視システムの対象エリアの選定に限らず、ゾーニングは日常の不法投棄対策業務に利用することも可能である。ゾーニングは背景となる地図情報と重ねて出力し、不法投棄版の「ハザードマップ」として県内の不法投棄の発生しやすい地域を明らかにすることができる。県内の不法投棄対策を強化すべき範囲が明らかになり、効率的な業務が可能になると思われる。

また、ゾーニングは過去の不法投棄の発生傾向を示したものであるため、新規の発生箇所を集計することで、発生傾向の変化を把握することが可能である。

2 監視地域選定に求められる機能

2.1 必要な機能

ゾーニング技術の利用目的から、以下の機能をシステムに設定するものとした。ここでは、第7章で述べた衛星監視システムの中でゾーニングを扱うものとし、そのときのメニューをゾーニングシステムとして記述する。

(a)ゾーニング結果を得るための機能

システム上でのゾーニング結果の表示や、GISの検索機能を利用した表示範囲の設定が相当する。

(b)衛星監視区域を選定する機能

ユーザが衛星監視区域を指定をするときにゾーニング結果およびゾーニングの集計情報の提供を行い、衛星監視区域指定を援助する。

(c)ゾーニング結果を管理する機能

ゾーニング結果を更新するために必要になる、不法投棄の発生位置情報を登録する機能を用意する。また、データ解析・計算をする専門機関を想定して、ゾーニング結果を更新する手法を別途検討する。

(d)ユーザのメモ登録機能

任意の地点にユーザが持つメモ情報等を登録し、ユーザ間で情報を共有化する。

2.2 機能の一覧

システムの機能と、利用するユーザの設定を表1に示す。

表1 機能一覧

	機能	機能概要	システムの操作者
ゾーニング基本機能			
1	ゾーニング結果の印刷	ゾーニング結果表示した画面を印刷する。	一般ユーザ／管理者ユーザ
2	地域検索	住所、地名から表示させたい地域を選択して、GISの表示範囲を切り替える。	一般ユーザ／管理者ユーザ
3	ゾーニング結果の表示	ゾーニング結果をシステムの画面上で表示する。 ゾーニング結果を背景のGISデータに重ねて表示する。	一般ユーザ／管理者ユーザ
4	ゾーニング結果の表示切替	ゾーニングの表示方法を選択する。 ・ 10段階のカラー段階図での表示 ・ 指定ゾーニングレベル以上のみの単色表示。	一般ユーザ／管理者ユーザ
5	衛星画像、解析画像の重ねあわせ	ユーザが注文した衛星解析画像を表示する。 ・ 衛星画像の表示 ・ 解析画像の表示	一般ユーザ／管理者ユーザ
6	ユーザメモ情報の登録	ユーザがGIS上にメモを作成する感覚で地点情報を登録する。 登録した情報は、他のユーザと情報共有化する。	一般ユーザ／管理者ユーザ
衛星画像注文メニューとの連携			
7	衛星監視対象範囲の確認	衛星監視対象地域案を画面上の操作で指定する。 指定した範囲に関するゾーニング結果の参考情報を表示する。	一般ユーザ／管理者ユーザ
8	衛星監視対象範囲の確定	衛星監視対象地域案が確定した後に衛星画像の注文情報を確定させる。	管理者ユーザ
ゾーニングシステム更新関連			
9	不法投棄場所の登録	ゾーニングで利用する統計データの基礎になる不法投棄の発生箇所の位置と投棄量を登録する。	管理者ユーザ

2.3 システム内容

ゾーニングシステムは衛星監視システムのメニューの一つとして設計される。そのため、システムの共通部についてはハードウェア・ソフトウェア・管理体制については衛星監視システムの運用と同一のものとする。また、情報提供範囲は、登録ユーザの所属する都道府県とする。基本的には、それぞれのデータは都道府県を単位とするが、北海道は支庁別に分割する。規模な離島については含めないものとする。

(1)システムの画面

システムの各機能で表示する画面イメージを以下に述べる。

(a)衛星監視システム初期画面

初期画面は衛星監視システムのGIS表示画面と同様とする。

(b)ゾーニング表示画面

システム上にゾーニング結果表示を行った場合の画面イメージを図1に示す。

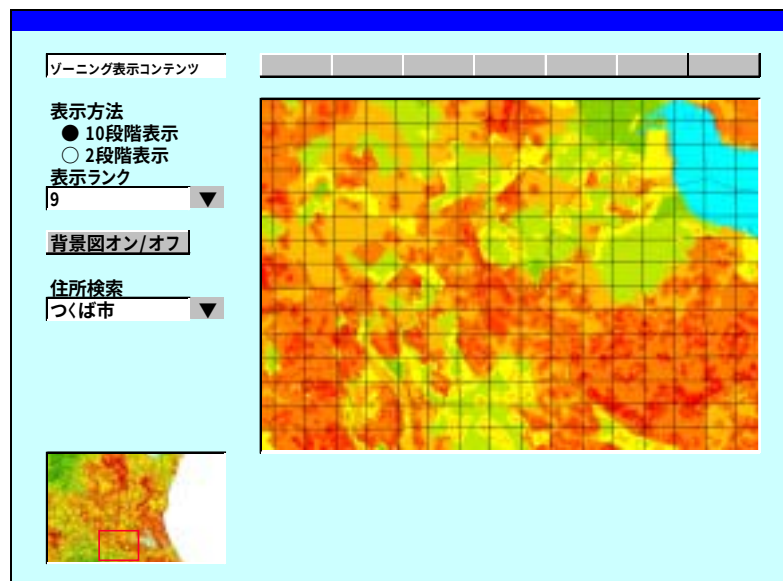


図1 ゾーニングの表示画面

ゾーニング結果表示の初期設定では、ゾーニングのランクを10段階の色別に分類した表現を利用する。また、ゾーニングランクの設定は、第4章で述べたROC曲線の「不法投棄現場の網羅率」を参考として、10段階のランクから選択できるものとする。

ゾーニングの情報表示は、衛星監視システムにおいて他のGISデータ及び衛星画像データと同レベルの一つのGISレイヤとする。

(c)衛星監視範囲の指定画面

ア) 衛星監視範囲指定

衛星監視区域の設定画面のイメージを図2に示す。

衛星監視区域は、ゾーニング結果やGISの背景データを参考にして、ユーザが画面上で領域を指定して選択する。

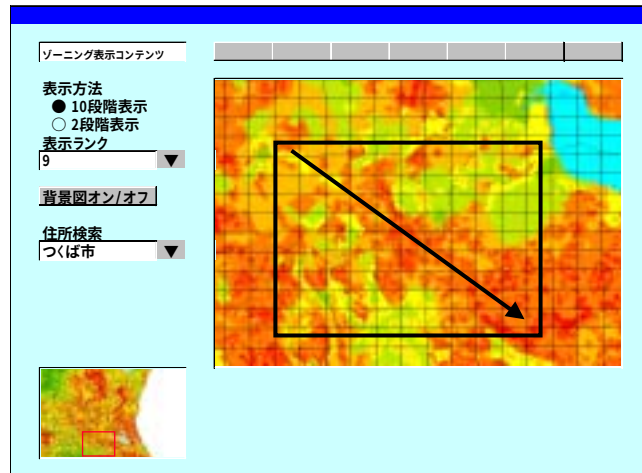


図2 衛星監視区域の設定画面

イ) 参考情報表示

衛星監視区域の対象エリアの指定時に、判断の参考とするため、システムで選択した場所のゾーニング集計情報を表示する機能を設ける。

利用者は画面上で、任意の範囲を矩形で選択する。範囲選択後、画面にゾーニング結果の集計が表示される。集計結果を利用して、不法投棄の発生しやすさを複数の箇所で定量的に比較することができるものとする。

範囲選択と集計情報表示は、繰り返し実行できるものとし、衛星監視区域の対象エリアをユーザが検討できるようにする。

表示内容の画面イメージを図3に示す。

集計結果	
平均ゾーニングランク	7.7
期待発見件数	4.2
水部、県外割合	2.3 %
最大ゾーニングランク	10
最小ゾーニングランク	2
OK	

図3 参考情報表示画面

統計情報で表示する項目には、ゾーニング結果から集計される表2の項目を含めるものとする。

表2 集計項目一覧

	集計項目	内容
1	平均ゾーニングランク	三次メッシュ範囲のセルのゾーニングの平均値を取得
2	期待発見数	ゾーニングレベルから算出する、1平方キロあたりの期待発見数
3	水部、県外割合	ゾーニング対象範囲外の水部や、県外が含まれる割合
4	最大ゾーニングランク	三次メッシュ範囲のゾーニングランクの最大値
5	最小ゾーニングランク	三次メッシュ範囲のゾーニングランクの最小値

システムでは選択範囲の集計を計算する時間を短縮するために、予めゾーニングを基に、地域の統計量を集計したデータベースを作成する。そのデータベースを、集計機能の使用時に参照するものとする。

集計は、国土基本メッシュの三次メッシュ（約1km四方）を利用して行う。

(d) ゾーニング表示の切り替え

不法投棄の要監視区域を明示するため、ゾーニングの表示は、(b)で示した10段階の色別分類のほか、図4のようにユーザ指定のランクを基準とした2色表示が可能なものとする。ユーザ指定のゾーニングランク以上の地域を透過表示、ユーザ指定ランク未満のものを網掛け表示とする。

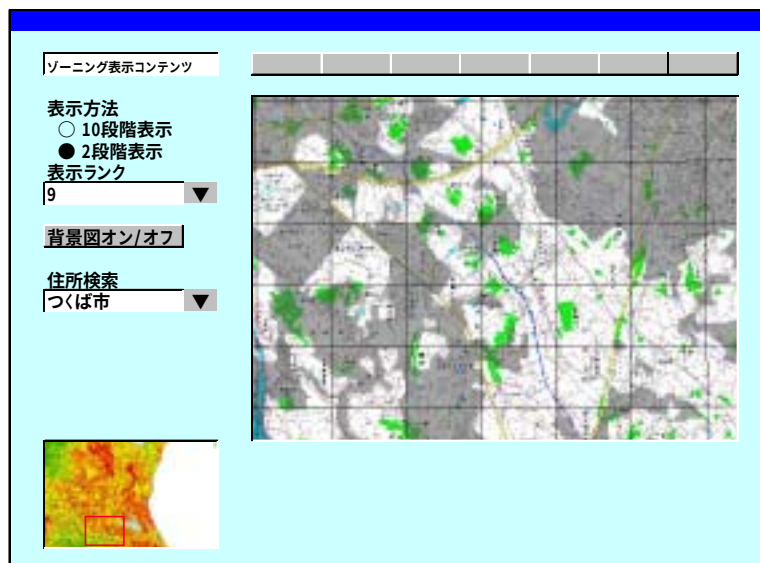


図4 ゾーニング表示の切り替え画面（1）

また、ゾーニング結果の情報が背景と重なり詳細が不明確な場合が想定される。そこで、要監視区域の2色表示の他、図5のように背景情報を一括して表示/非表示とする切り替えができるものとする。背景情報の個別の表示/非表示はGISの基本操作を利用して行なう。

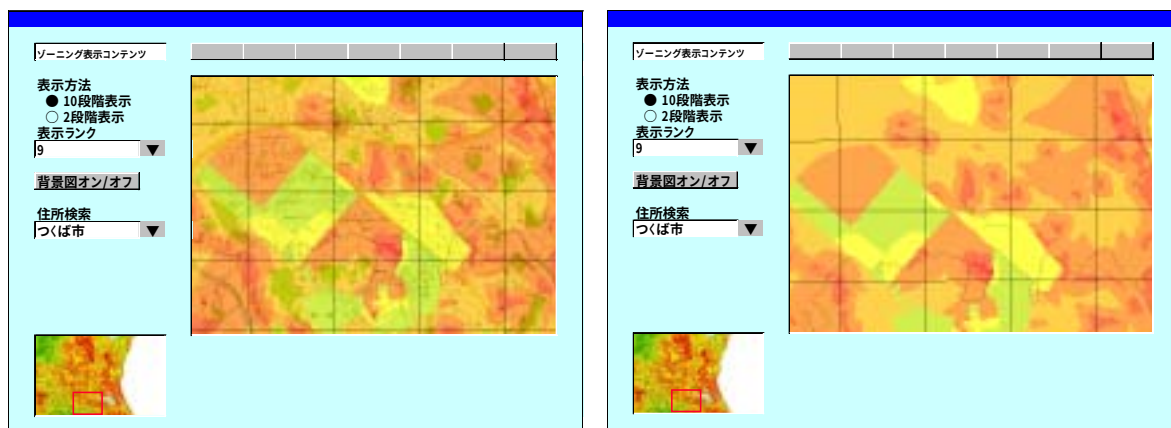


図5 ゾーニング表示の切り替え画面（2）

(e) ユーザメモ情報登録

ユーザが任意の地点にメモや参考情報を記録する機能の画面イメージを図6に示す。

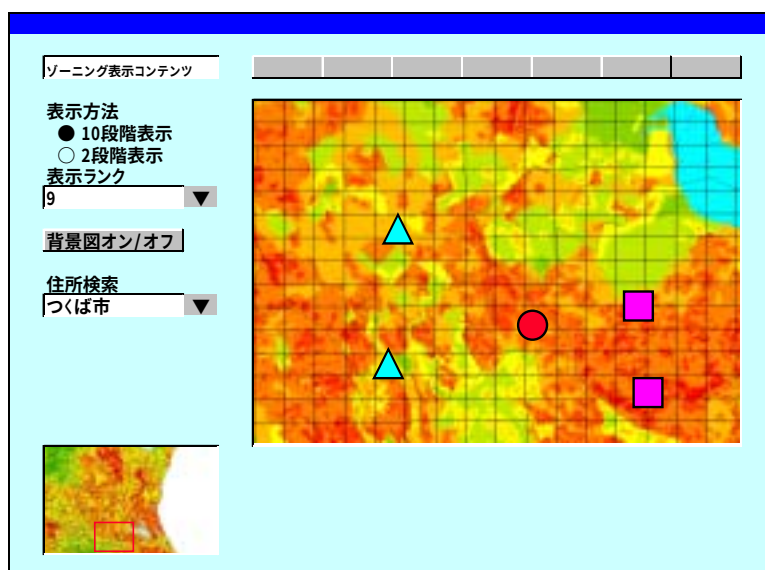


図6 ユーザメモの登録画面

ユーザは画面上で背景GISデータやゾーニング結果、衛星画像を参考にして、メモ情報を登録するポイントを指定する。ユーザが登録した情報は、画面上に指定した凡例でポイント情報として表示され、背景のGIS情報同様にシステム上で一つのレイヤとして取り扱う。このときの操作等は以下の仕様とした。

- ポイント指定後、登録する情報の属性項目を入力して、登録を行なう。
- 登録した情報は、システムを使用するユーザ間で情報共有されるものとする。
- 登録された情報は、閲覧メニューで内容を確認することや、削除メニューで不要になった情報を削除することができるようにする。

情報登録時、及び削除時と閲覧時の画面イメージを図7に示す。

登録情報	
名称	〇〇処分場跡地
登録日付	2002年〇月〇日
凡例フラグ	● ▼
コメント 任意の内容、メモを記述	
登録	キャンセル

削除情報	
名称	〇〇処分場跡地
登録日付	2002年〇月〇日
凡例フラグ	● ▼
コメント 任意の内容、メモを記述	
以上の情報を削除します。よろしいですか。	
登録	キャンセル

登録情報	
名称	〇〇処分場跡地
登録日付	2002年〇月〇日
コメント 任意の内容、メモを記述	
確認	

図7 情報登録時、及び削除時と閲覧時の画面

(2)画面遷移

システム内における、ゾーニング結果の表示、衛星監視地区の選択、ユーザメモ情報の登録・削除・閲覧の各機能の画面遷移を図 8に示す。（太字のボックスは管理ユーザが行なう作業）

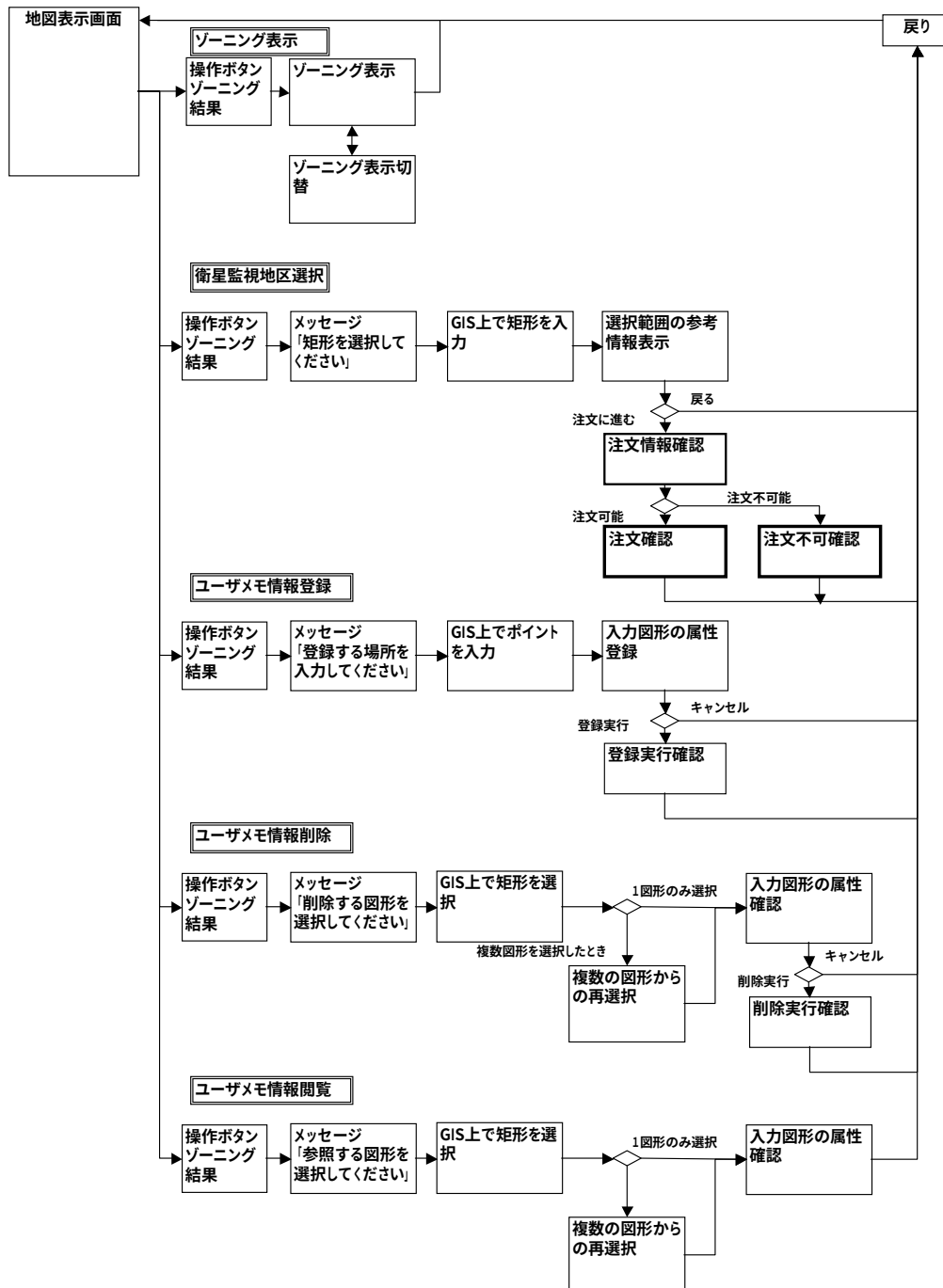


図8 画面遷移図

(3)その他の機能

ゾーニングをわかりやすくするために、GISの機能を利用して視覚的に表現した鳥瞰図で示す方法がある。図9のように鳥瞰図で表示することで、地形条件と不法投棄との関連性が理解しやすくなるとともに、一部の自治体で実施されているスカイパトロール時のコースの事前準備等にも利用できると考えられる。

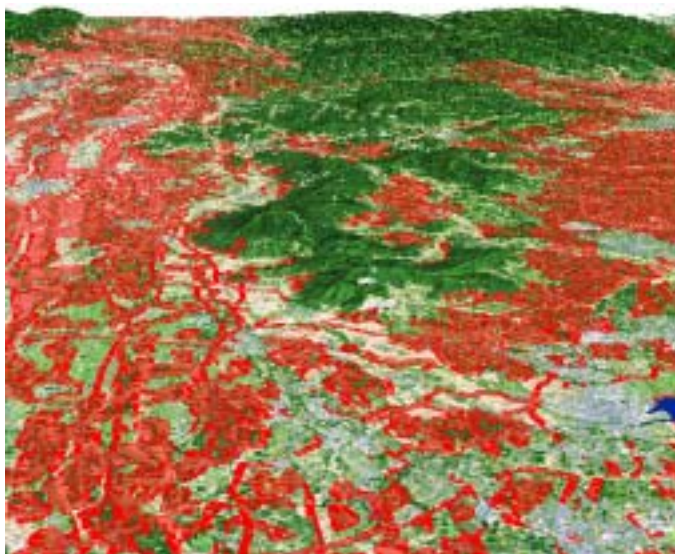


図9 鳥瞰図上に示したゾーニング結果（ランク8~10を赤く表示）

つくば研究学園都市から筑波山方向（背景にランドサット画像を使用）

3 用いるデータ

(1)ゾーニングマップ

ゾーニング結果のデータはArcINFO／GRID形式のデータとした。GRIDデータは地理的空間を小さな正方形のセルで表現するデータである。それぞれのセルには値を一つ保有することができ、ゾーニングにおいては、ゾーニングランクを持たせるものとする。また、整備するゾーニング結果の範囲は該当する都道府県を対象とし、セルサイズは25mを基本とする。

ゾーニング結果はGISを利用して以下の仕様で作成されるものとした。

(a)データ形式

ArcINFO/GRIDデータ

(b)解析サイズ

1ピクセル25m四方のセル

(c)セル値

ゾーニングランク値（1~10）が整数で格納される

(2)背景地図

衛星監視システムでゾーニング結果等のGISデータを表示するときには、同時に背景を表示させて、ユーザに表示位置を分かりやすく示す必要がある。背景となるGISデータには、画像データに座標を与え幾何補正したイメージデータと、地理座標を持つGIS用に作成されたベクトルデータがある。それぞれのデータについて、衛星監視システムでの利用を検討する。

(a)背景画像データ

背景画像データに利用するデータとしては、

ア)全国のデータベースをそろえることができること

イ)低価格でそろえることができること

ウ)地図情報レベルが5万分の1程度の精度があること

の条件が必要になる。

以上のことを満たすGISデータには国土地理院から発行されている、数値地図200000（数値地図画像）及び数値地図50000（数値地図画像）の利用が考えられる。

背景地図画像は、衛星監視システムと共通のデータを利用する。

(b)背景ベクトルデータ

GISの背景には、画像データだけでなくベクトルデータも存在する。ベクトルデータに関しても画像データ同様に(a)のア)、イ)、ウ)の各条件が求められる。

条件を満たすデータとして、国土地理院から発行されている数値地図25000および、国土交通省からダウンロードできる国土数値情報の利用が考えられる。

また、背景ベクトルデータには、ゾーニングを計算するときに利用したPDM25000の全国版を利用する案も考えられる。但し、民間の作成データベースを利用する場合には別途利用者数に応じたライセンス料を考慮する必要がある。

(3)統計情報

衛星監視区域を指定するために選択した矩形に関する統計情報のデータをあらかじめシステム内部で保存しておくことで、システムへのアクセス速度を向上させることができる。そこで、そのような仕様とした。

統計情報は、ゾーニング結果及びGISデータから作成したデータベースに格納する。
データベースは、国土基本メッシュの三次メッシュ（約1km四方）の集計を作成する。
統計情報で集計する項目には表3の情報を含める。

表3 集計項目一覧

	集計項目	内容
1	平均ゾーニングランク	三次メッシュ範囲のセルのゾーニングの平均値を取得
2	期待発見数	ゾーニングレベルから算出する、1km ² あたりの期待発見数
3	水部、県外割合	ゾーニング対象範囲外の水部や、県外が含まれる割合
4	最大ゾーニングランク	三次メッシュ範囲のゾーニングランクの最大値
5	最小ゾーニングランク	三次メッシュ範囲のゾーニングランクの最小値

(4)ユーザ入力情報

ユーザからシステムの登録機能を使って入力されるメモデータは以下の設定とした。

(a)データタイプ

位置情報を画面から入力するため、位置精度についてはユーザの操作に依存する。そのため、参照位置を示すデータとし、形状については最も入力が容易なポイント（単点）とする。

(b)属性情報

表4の情報をデータの属性として最低限揃えるものとする。

表4 属性情報一覧

	項目	内容
1	名称	データのタイトル、注記として地図表示または検索キーとして利用する。
2	コメント	データに関する登録者の任意コメント
3	日付	登録日付。システムの日付を自動的に付加する。
4	凡例用フラグ	データの種別別に凡例を設定しておき、ポイントデータの表示の色、シンボル形状の指定に反映する。

(5)参考情報

表5に示す土地利用基本計画における都市地域や水部等のGISデータを不法投棄阻害要因の参考情報として、背景図に登録することとした。

表5 参考情報一覧

	参考情報項目	使用データ
1	建物密集地	ゾーニング高度化で利用したGISデータを加工して作成する。
2	人口密度(4000人/km ²)以上	ゾーニング高度化で利用したGISデータを加工して作成する。
3	河川、海洋等の水部	ゾーニング高度化で利用したGISデータを加工して作成する。
4	「市街化区域＋その他未線引きの用途地域」の範囲から「森林＋100m」の範囲を除いた範囲	国土交通省から土地利用基本計画図のデータの借用を検討する。（土地利用調整総合支援ネットワークシステムのデータ）

4 ゾーニングデータの提供方法

解析機関で行った結果をまとめ、自治体の担当者に提供するときには、衛星監視システムのデータとして送付する方法がある。この他にも、出力図としてや画像データとしての提供方法が考えられる。それぞれの方法について説明する。

(a)出力図を提供

ゾーニングを県範囲の「地図」に加工し、印刷したものを提供する。ゾーニング結果を、パソコンを使わずに直接閲覧することができる。

(b)画像データとして提供

ゾーニングを「JPEG」や「PNG」形式などの一般的な画像データに加工して提供する。このことにより、データを受け取った担当者が市販の画像処理ソフトで加工や再編集ができるようになる。

(c)GISデータとして提供

ゾーニングを不法投棄衛星監視システムもしくはGRIDデータを表示できるGISソフトと共に提供する。不法投棄衛星監視システムを導入する場合は、ゾーニングの背景となる道路や河川、地名等の注記や、衛星画像データおよび衛星画像解析データと共に利用することができる。また、不法投棄の発生現場情報の入力や分析などの機能を利用することもできる。

不法投棄衛星監視システムを導入する自治体では(a)、(b)、(c)のすべての提供方法の選択ができる。出先事務所等でシステムを導入しない場合などは(a)または(b)の利用になる。

5 ゾーニングの計算

不法投棄の傾向は不変ではなく、また、地域ごとにその傾向は異なることが予想される。そこで、衛星監視システムで表示するゾーニングについては、都道府県などの地域別に作成することや、作成から期間が過ぎたときや、地域再開発に伴う道路新設等で地理条件が大きく変化したときに、ゾーニングを再計算・更新することが必要になる。

(1) ゾーニングの計算機関

ゾーニングの計算は、多くの統計情報を集計し、専門的なGISを利用する為、自治体の担当者が計算することは、現実的に困難である。そのため、解析機関を通してゾーニングの計算を行い、各自治体の担当者に提供する場合について、計算フローや手順を示す。

(2) 計算のタイミング

ゾーニングを計算する範囲と時期について整理する。

(a) ゾーニングの計算範囲

第4章ではゾーニングを茨城県、栃木県、千葉県の3県のデータを利用して計算を行った。不法投棄の発生傾向に地域ごとの違いがある場合は、ゾーニングは第4章の結果をそのまま利用せずに、都道府県ごとの地域の統計を求めて作成することが考えられる。

(b) ゾーニングの計算時期

ゾーニングは以下の時に計算を行う必要がある。

- ・初回
- ・初回作成時から不法投棄の発生傾向が変化したとき
- ・統計情報が更新されたとき
- ・地理条件が大幅に変化したとき

初回については、本年度のゾーニング結果を利用できるが、その他の場合については、不法投棄の現場情報の収集や統計情報の更新を行い、計算をする必要がある。

(3) 参照する情報

ゾーニングの計算時には、以下の情報を必要とする。

(a) ゾーニングを算出するためのアルゴリズム

(b) 因子ごとの素ゾーニング結果

(c) 過去の不法投棄発生地点の因子ごとの得点

(a)のアルゴリズムは第4章で得られた成果を利用するものとする。(b)の因子ごとの素ゾーニング結果については、地域の地理条件及び国勢調査等の統計情報が変更になったときに再度構築するものとする。(c)の不法投棄情報は、各都道府県の担当者が保有する

過去の不法投棄の位置情報が必要なため、各都道府県の担当者から情報を提供してもらう。

(c)の情報提供の手段については、衛星監視システムやGISで入力する方法が考えられる。

入力時には不法投棄発生箇所の位置情報とその属性を取得し、位置については、自治体の担当者がシステムから入力する方法が考えられる。また、属性についてはシステム上で必要項目を入力できる機能を設けて、位置情報と共に収集する。システムを使った不法投棄発生箇所の入力は、ゾーニングに必要なデータ収集のみならず、各県の担当者が必要とする案件管理も行えることが望ましい。ゾーニングの計算のために必要な、不法投棄発生箇所の情報収集する項目案を表6に示す。

表6 入力属性一覧

	項目	内容
1	事案名	不法投棄に関する見出し
2	投棄量	不法投棄の発生量を(t)単位で入力する
3	発覚日	発覚した日付
4	行為者名	不法投棄の行為者（更新は利用しない）
5	コメント	担当者のメモ（更新には利用しない）

(4)ゾーニングの計算

ゾーニングは、自治体の担当者が解析機関に依頼して計算するものと考えられる。各自自治体の担当者は、ゾーニングの計算をするために必要な不法投棄の発生現場の情報を提供し、後日計算結果を4節の(4)で示したいずれかの方法で受け取るものとした。

ゾーニングを更新する場合の計算の依頼から、受け取りの概要を図10に示す。

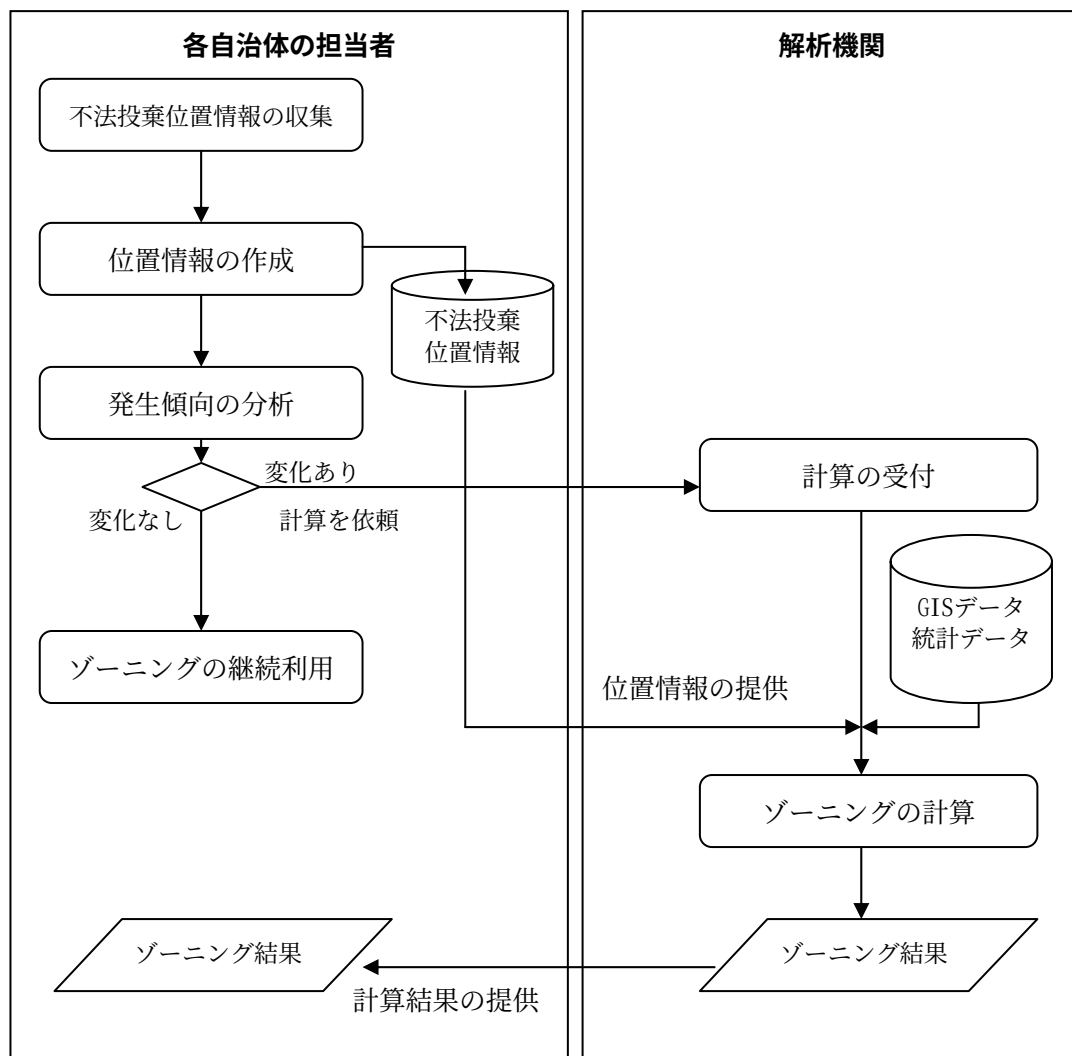


図10 ゾーニング作成フロー

(5)計算フロー

ゾーニングの計算は図11の手順を想定した。解析機関では、これらの操作をできる限り自動計算化し、衛星監視システムの担当者の負担を軽減させることで、各自治体への計算結果の提供を迅速に行えるようになる。

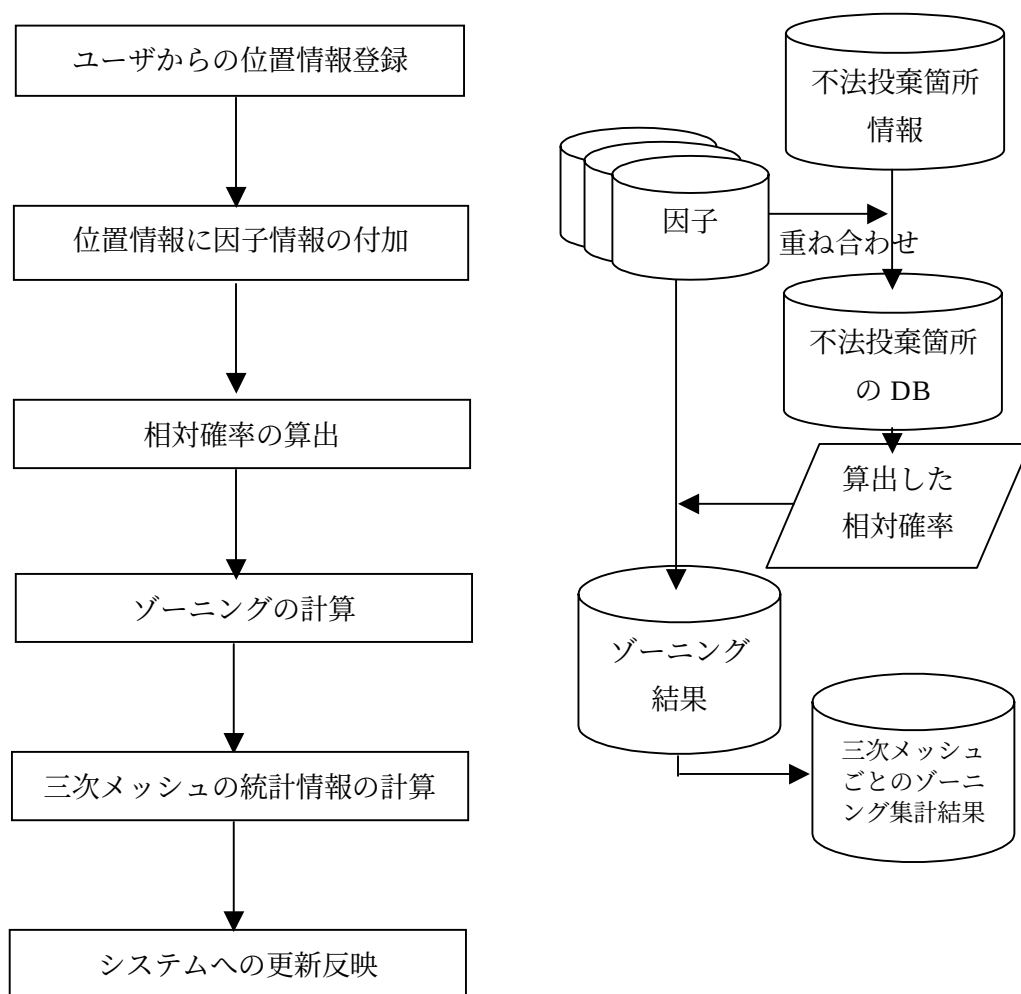


図11 ゾーニングの計算手順

(6)計算結果の確認

ゾーニングの計算結果は自治体の不法投棄の担当者が意図する不法投棄の発生傾向が的確に求められているか、事前に担当者と計算結果内容を確認することが望ましい。

(7)ゾーニングの計算に関する課題

不法投棄の監視にゾーニングを有効に利用するには、不法投棄の発生傾向を常に観察し、発生傾向が変化した場合に新たに計算を行って、実状と一致させることが重要である。そのため、不法投棄の発生傾向を把握するためには、不法投棄の新規発見箇所を、ゾーニングの地図上に不法投棄衛星監視システムを用いて登録して、傾向を確認することが考えられる。現状の把握を継続的に続け、傾向が変化すると判断できる場合に、それまで登録した新規の不法投棄の発見情報を利用してゾーニングの計算をすることが可能である。