

平成 13 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 4 年 3 月

は じ め に

この報告書は、環境省大臣官房廃棄物・リサイクル対策部から独立行政法人国立環境研究所に委託された「平成 13 年度不法投棄等衛星監視システム開発調査」の実施成果をとりまとめたものである。

廃棄物の不法投棄等を未然に防止するとともに、万が一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重要である。

本業務は、不法投棄等の状況を効率的に監視できるよう、人工衛星を活用した不法投棄等監視システムを開発することを目的とする。

本業務の遂行にあたっては、不法投棄対策の現状を把握するために地方自治体の担当者に現地調査・ヒアリング調査のご協力をいただいた。また、有識者、自治体担当者の方々委員からなる検討会を設置し、技術的助言や現場からの意見をいただき、より効果的・実用的なシステムの検討を行った。ここに、ご協力いただいた方々に心より御礼申し上げる。

平成 14 年 3 月

茨城県つくば市小野川 16-2
独立行政法人 国立環境研究所
理事長 合志 陽一

目 次

1.調査の背景と目的	1
2.調査の概要	3
2.1.調査項目と全体構成	3
2.2.調査の実施方法	4
3.システム化に当たっての基礎調査	5
3.1.目的と構成	5
3.2.ゾーニングシステム開発に関する基礎調査	6
3.2.1.現場レベルの情報の収集・整理	6
3.2.2.不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化	15
3.2.3.不法投棄場所の関連要因に関する情報整備状況の検討	20
3.3.衛星監視システム開発に関する基礎調査	24
3.3.1.目的	24
3.3.2.不法投棄対策実務改善の重要因子の抽出	24
3.3.3.重要因子の個別分析	26
3.3.4.衛星監視方法についての検討	29
3.4.まとめと今後の課題	30
3.4.1.ゾーニングシステム開発に関する基礎調査	30
3.4.2.衛星監視システム開発に関する基礎調査	30
4.GISを用いた要監視地域抽出（ゾーニング）システムの開発	33
4.1.不法投棄が発生しやすい市区町村のゾーニング	35
4.1.1.目的	35
4.1.2.方法	35
4.1.3.結果	42
4.1.4.まとめ及び今後の展望	62
4.2.投棄物が到達しやすい市区町村のゾーニング	63
4.2.1.目的	63
4.2.2.ゾーニング解析方法	63
4.2.3.結果	67
4.2.4.まとめと今後の展望	76
4.3.不法投棄が発生しやすい地点のゾーニング	77
4.3.1.目的	77
4.3.2.方法	77
4.3.3.結果	80
4.3.4.まとめと今後の展望	105
4.4.不法投棄規模が拡大しやすい地点のゾーニング	106
4.4.1.目的	106
4.4.2.方法	106

4.4.3.結果	109
4.4.4.まとめ及び今後の展望	121
4.5.ゾーニング結果の利用と今後の課題	122
5.衛星画像による不法投棄箇所検知（モニタリング）システムの開発	123
5.1.各種衛星センサの仕様と利用目的	125
5.1.1.光学センサ	125
5.1.2.熱赤外センサ	132
5.1.3.合成開口レーダセンサ	134
5.1.4.ハイパースペクトルセンサ	136
5.2.不法投棄現場の検知可能性のある衛星センサ	137
5.2.1.不法投棄の実施行為と生じる変化	137
5.2.2.検知可能性のある衛星センサ	138
5.3.各種衛星センサによる不法投棄の検知能力の評価	140
5.3.1.光学センサ	140
5.3.2.熱赤外センサ	179
5.3.3.合成開口レーダセンサ	193
5.3.4.パナクロマチックステレオセンサ	207
5.3.5.複数センサの統合利用による誤検知削減の検討	228
5.4.衛星センサによる不法投棄検知の可能性のまとめ	247
6.不法投棄等衛星監視システムの基本設計	253
6.1.自治体の実務調査	253
6.1.1.目的と調査内容	253
6.1.2.自治体の実務調査の結果	254
6.2.システム化方針の検討	261
6.3.システムの実現方式の検討	266
6.3.1.衛星画像注文条件の調査	266
6.3.2.衛星画像購入におけるライセンスの取り扱いに対する役割検討	276
6.4.衛星監視システムの運用に関する検討	280
6.4.1.衛星監視システムの運用に関する検討方法	280
6.4.2.衛星監視システムの運用イメージの検討	283
6.4.3.衛星監視システム運用へ向けての設計	289
6.5.今後のシステム設計への課題	317
7.総括と今後の課題	319
7.1.本調査の結果のまとめ	319
7.2.今後の課題	322

参考資料

- | | | |
|---|-----------------------------------|------|
| 1 | グループディスカッションによる不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化 | 参 1 |
| 2 | 衛星監視システム開発に関する基礎調査 | 参 11 |
| 3 | 詳細ビジネスフローの一覧 | 参 43 |
| 4 | 画面イメージの標準化の検討 | 参 79 |

1. 調査の背景と目的

環境省の調査¹によると、不法投棄件数は平成5年度に調査を開始して以来年々増加してきたが、平成11年度に初めて減少に転じ、平成12年度も引き続き減少した。また、投棄量についても、平成12年度は前年度に比べて減少したものの、全般的にみれば投棄量自体は約40万トン前後で推移している状況である（図1-1）。各自治体においては、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と原状回復等の対策を進めているが、投棄件数の3割（投棄量では6割）は原状回復されていない状況である。

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、平成12年度から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（以後、「不法投棄衛星監視システム」と呼ぶ）の開発調査に着手した（図1-2）²。

本調査は、平成12年度に検討し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、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、および自治体の実務を効果的に支援するためにそれらを統合した衛星監視システム全体の基本設計を行ったものである。

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 12 年度）について、平成 13 年 12 月 25 日付け

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

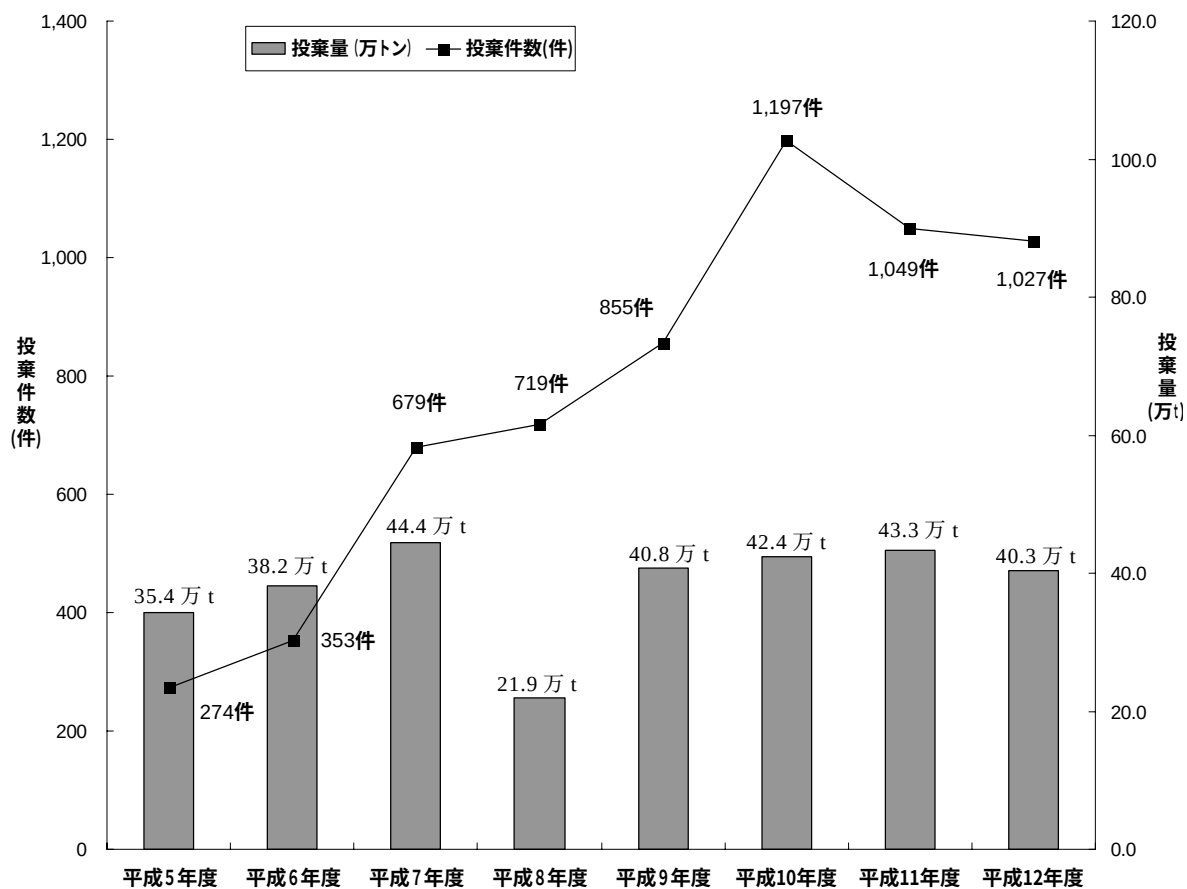


図 1-1：不法投案件数と投棄量の推移

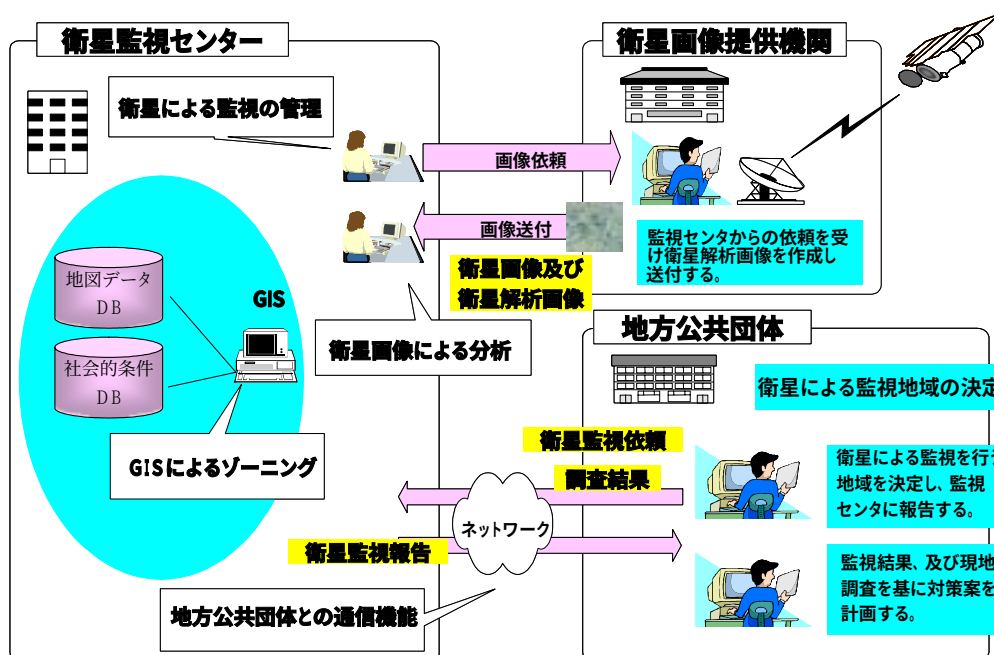


図 1-2：不法投棄等衛星監視システムのイメージ（平成 12 年度環境省委託調査に基づく）

2. 調査の概要

2.1 調査項目と全体構成

本調査の内容項目と全体構成を図2-1に示す。調査全体は、(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（モニタリング）システム、および(3) 衛星監視システムの検討およびシステムの基本設計、の大きく三つの調査項目に分かれており、それらの検討に用いる基礎情報を収集する目的で、投棄場所の現地基礎調査および自治体ヒアリング等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。

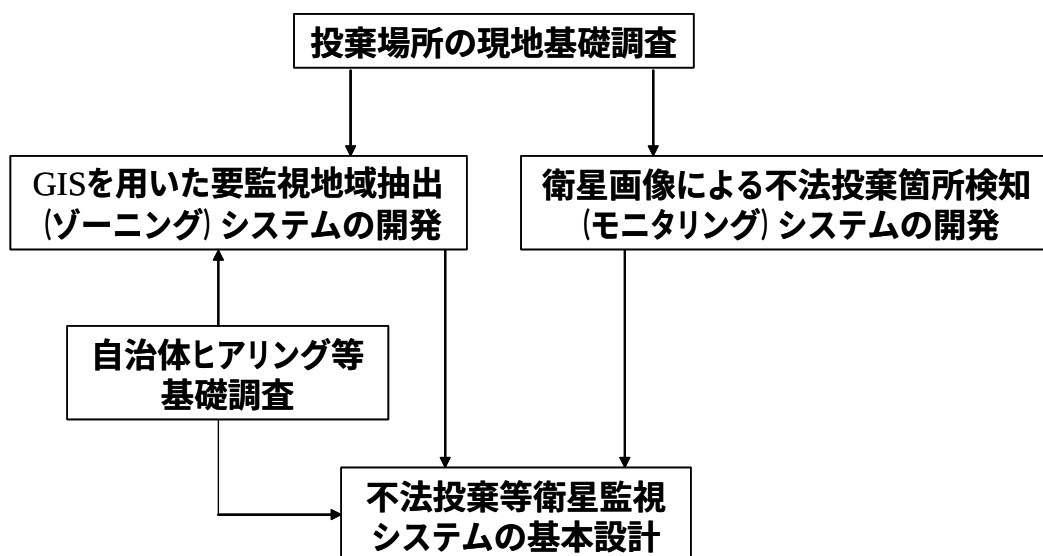


図2-1：本調査における調査内容項目の全体構成

(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

対象として選定した全国5県（青森県、栃木県、茨城県、和歌山県、福岡県）の不法投棄事例についての現地調査、ならびに平成12年度に現地調査を行った千葉県を加えた計6県を対象とした自治体ヒアリング調査を通じて不法投棄場所の関連要因に関する情報を収集し、現場レベルの地理・地形的特徴等を整理するとともに、KJ法による要因抽出、ISM (Interpretive Structural Model) 法等の構造化手法による不法投棄の発生構造のモデル化を実施する。

それらの基礎的な調査で得られた知見に基づき、道路の分布、地形的区分などの地理的条件、人口密度、地域の産業構造などの社会的条件、大量に不法投棄されやすい建設廃棄物等の収集運搬経路、移動量などの物流条件などをもとに圏域レベル及び地域レベルでの不法投棄等の発生要因を抽出する。これらの要因について多変量解析などの各種解析手法

とGISを併用した解析を行い、不法投棄等の発生をモデル化するとともに、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抽出システムを開発する。

(2) 衛星画像による不法投棄箇所検知（モニタリング）システムの開発

マルチスペクトラルセンサ、熱赤外センサなどの各種センサのスペックに着目して、投棄現場、投棄廃棄物の規模、森林等内部等にある投棄廃棄物や覆土等がなされた投棄現場などの検知可能性を検討する。また、実際の不法投棄現場の画像解析を行い、不法投棄現場を確実に検知できるか、ならびに不法投棄現場以外の場所を検知しないかを確認し、衛星監視の不法投棄現場への適用可能性を評価する。さらに、複数のセンサを組み合わせた場合の画像解析手法を検討する。

(3) 不法投棄等衛星監視システムの基本設計

上記(1)、(2)の結果を用い、複数衛星を組み合わせ、どの衛星センサで、どこを、どのくらいの頻度で、いつ撮影するか等の監視条件を検討し、衛星画像提供機関、地方自治体間のネットワーク機能を含めた包括的な衛星監視システムの基本設計を行う。システムの検討にあたっては、自治体ヒアリング調査結果を踏まえて、自治体の実務フローを整理するとともに、衛星画像取得の際の注文条件や衛星画像ライセンスの取り扱い等についても検討する。

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

岩井敏明	和歌山県生活環境部地域環境課廃棄物対策室	室長
大野健一	千葉県環境部監視指導室	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
木村正雄	青森県環境生活部環境政策課	管理班長
角 敬之	福岡県環境部監視指導課	課長
高山俊三	栃木県生活環境部環境整備課	課長
本田順一	茨城県廃棄物対策課不法投棄対策室	室長
○ 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、ゾーニングシステム、衛星監視システムの確立に当たっての基礎的検討を実施した。

ゾーニングシステムの開発に当たっては、モデル構築の基礎資料として、不法投棄される場所の関連要因を明らかにすることが必要である。3.2では、現地調査、県ヒアリング調査、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 現場レベルの情報の収集・整理
⇒ ゾーニングのための解析因子として、現場レベルの情報を収集・整理する
- ② 不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化
⇒ ゾーニングのための基礎資料として、不法投棄されやすい場所とその関連要因を明らかにするとともに構造化を図る
- ③ 不法投棄場所の関連要因に関する情報整備状況の検討
⇒ ゾーニングのための基礎資料として、不法投棄場所の関連要因に関する既存の統計情報の整備状況、未整備情報のデータ化の可能性を検討する

一方、衛星監視システムの開発に当たっては、不法投棄の実態に即した衛星監視方法（いつ監視すべきか、何に注目して監視すべきかなど）を確立する必要がある。3.3では、環境省の不法投棄実態調査の結果を分析し、以下の3点を検討した。

- ④ 不法投棄対策実務改善の重要因子の抽出
⇒ 「不法投棄対応費用削減」、「早期発見」の2点に重要な影響を与えている因子（重要因子）を明らかにする
- ⑤ 重要因子の個別分析
⇒ 重要因子それぞれについて、衛星監視方法を具体的に検討していく上で必要となる情報、関連を分析する
- ⑥ 衛星監視方法についての検討
⇒ 衛星監視時期、衛星監視頻度、衛星監視品目の観点から、不法投棄対策実務に最適な衛星監視方法について検討する

3.2 ゾーニングシステム開発に関する基礎調査

3.2.1 現場レベルの情報の収集・整理

(1) 調査の対象地区

調査対象地区は、平成12年度に調査を実施した千葉県（銚子地区・市原地区）以外に、青森県、栃木県、茨城県、和歌山県、福岡県の5県を選定した。以下、調査箇所を県別に示す。

青森県は、不法投棄が比較的集中している「県南東地域」から、表3-1に示す8ヶ所を選定した。

表3-1：現地調査箇所（青森県）

箇所番号	投 棄 地 点
1	青森県A村
2	青森県B市1
3	青森県B市2
4	青森県C町1
5	青森県C町2
6	青森県C町3
7	青森県C町4
8	青森県C町5

栃木県は、不法投棄が比較的集中している「県北地域」から、表3-2に示す11ヶ所を選定した。

表3-2：現地調査箇所（栃木県）

箇所番号	投 棄 地 点
1	栃木県A町1
2	栃木県A町2
3	栃木県A町3
4	栃木県B市1
5	栃木県B市2
6	栃木県C町1
7	栃木県C町2
8	栃木県C町3
9	栃木県C町4
10	栃木県C町5
11	栃木県C町6

茨城県は、不法投棄が比較的集中している「県南西地域」及び「県南地域」から、表3-3に示す15ヶ所を選定した。

表3-3：現地調査箇所（茨城県）

箇所番号	投 棄 地 点
1	茨城県A市1
2	茨城県A市2
3	茨城県A市3
4	茨城県A市4
5	茨城県A市5
6	茨城県B町
7	茨城県C町
8	茨城県D村
9	茨城県E市1
10	茨城県E市2
11	茨城県E市3
12	茨城県F町1
13	茨城県F町2
14	茨城県F町3
15	茨城県E市4

和歌山県は、不法投棄が比較的集中している「県北地域」から、表3-4に示す7ヶ所を選定した。

表3-4：現地調査箇所（和歌山県）

箇所番号	投 棄 地 点
1	和歌山県A町
2	和歌山県B町
3	和歌山県C町
4	和歌山県D町
5	和歌山県E町
6	和歌山県F市1
7	和歌山県F市2

福岡県は、「県中部地域」を中心に、表3-5に示す5ヶ所を選定した。

表3-5：現地調査箇所（福岡県）

箇所番号	投 棄 地 点
1	福岡県A町
2	福岡県B町
3	福岡県C町
4	福岡県D町
5	福岡県E市

(2) 調査項目

調査項目は、平成12年度調査との整合を考慮しながら、不法投棄場所とその周辺の地域特性の把握や誘導因子として検討できる以下の項目とした。

- ① 地域特性区分（山間・海岸・河川敷・道路近辺・その他）
- ② 基本道路（幅員3m以上の道路）からの距離
- ③ インターチェンジからの距離
- ④ 行政界からの距離
- ⑤ 投棄範囲
- ⑥ 周辺の地形（路面との高低差、山林、丘陵、沢、河川敷等の地形の特徴）
- ⑦ 平均標高・傾斜度
- ⑧ 周辺の状況（カムフラージュ状態・進入道路状態・施設の状況）
- ⑨ 投棄廃棄物概要（種類・量・流入元・投棄履歴）
- ⑩ 上記以外の現場の状況、発見状況、投棄主体・地主の特徴と関わり、等の定性的情報

(3) データ収集の方法

(a) 現地調査

現地調査は、抽出した不法投棄現場にて以下の事項について踏査した。

- ① 進入路の状況（延長・幅員・舗装状況）
- ② 周辺地況（土地利用・見通し等）
- ③ 廃棄物投棄状況（カムフラージュ状態・範囲等）
- ④ 県担当者へのヒアリング（現場状況、発見状況、投棄主体・地主の特徴と関わり、等の定性的情報）

(b) GIS調査

選定した調査箇所をGIS上にプロットし、図3-1のように、道路データ等と重ね合わせることで、以下に示す距離・標高等を読みとった。

- ① 基本道路からの距離
- ② インターチェンジからの距離
- ③ 行政界からの距離
- ④ 投棄地点の標高
- ⑤ 投棄地点の傾斜度

(c) 資料調査

行政資料に基づいて投棄面積等、投棄地点の現況を整理した。

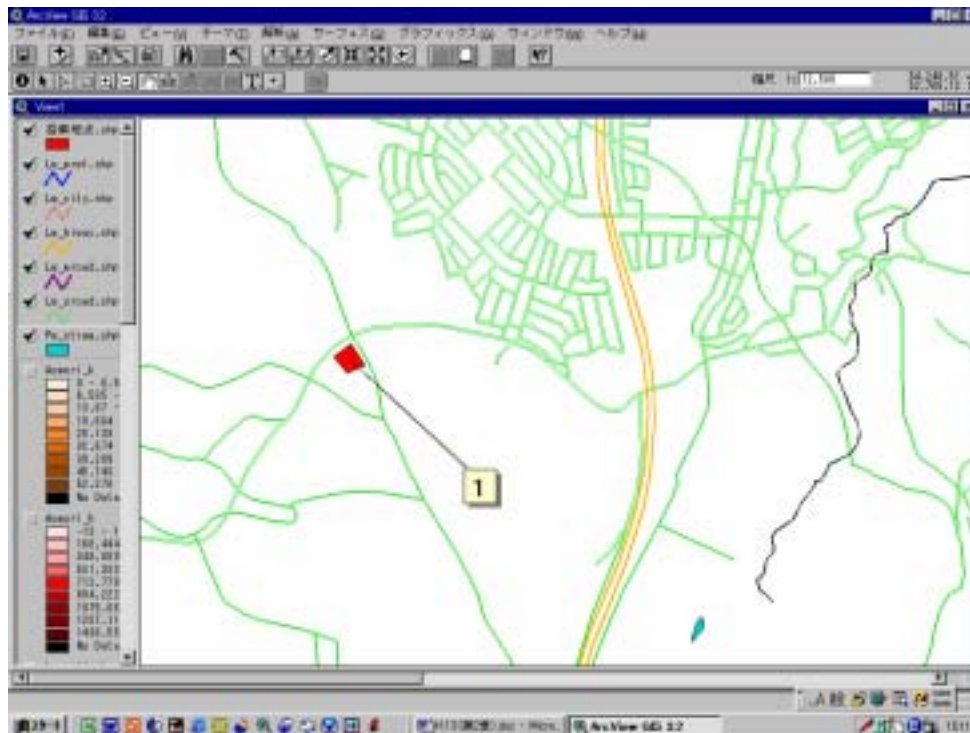


図3-1：調査地の GIS 表示例（青森県A町）

(d) 調査カルテの作成

各投棄地点ごとに調査カルテを作成し、前項の調査項目、位置図、投棄現場写真等を整理した。調査カルテの事例を図3-2～図3-4に示す。

廃棄物不法投棄現場調査カルテ 1							都道府県	茨城県
投 棄 場 所	投 棄 場 所	箇 所 番 号	3	箇 所 名	A市3	所 在 地		
		地域特性区分	山間部	海岸部	河川敷	〇	道路近辺	
			丘陵地	湖沼部近隣	その他（	）		
	投棄場所の状況	主要道路等からの距離	県道○号線から200m			投棄範囲（面積）	約1,900m ²	
		周 辺 の 地 形	平坦地			投棄範囲（高さ）	約8m	
		地中（地表）温度	6℃			平 均 標 高	25m	
		気 温	8℃			平均傾斜角	0.084度	
		カムフラージュ状態	周囲トタン場、入口銅板製フェンス3m			起伏の状態	山積み	
	周 辺 の 状 況	主 要 道 路	県道○号線、県道○号線					
		距 離	基本道路	—	インターチェンジ	11,857m	行 政 界	3,051m
		進 入 道 路	幅 員	—	延 長	—	舗 装 状 況	—
		住 宅・民 家	距 離	200m	主要建築物	民家	投棄地点からの見通し	北西側
		公 共 施 設	距 離	—	主要建築物	—	投棄地点からの見通し	—
		畜 産 施 設	分布状況	—	距 離	—	投棄地点からの見通し	—
		ミ ニ 処 分 場	分布状況	—	距 離	—	投棄地点からの見通し	—
		土 地 の 状 況	地 形 分 類				土地利用分類	
	土 壌 分 類							
そ の 他	自社中間処理場跡地、自然発火が数度あった							
廃 棄 物 概 要	廃棄物の種類	廃プラ、廃材、紙くず、がれき類、金属くず						
	廃 棄 物 の 量	約20,000m ³						
	廃棄物流入元							
	不法投棄履歴等							
そ の 他 特 記 事 項	法規制状況							
	土地所有者の変遷							
	光学的特性状況							
	住民監視体制							
	その他	北側：開けた芝畑、南側：開けた畑、東・西側：雑木林						
					箇 所 名	A市3	箇 所 番 号	3

図3-2：調査カルテ事例（調査シート）

廃棄物不法投棄現場調査カルテ 2

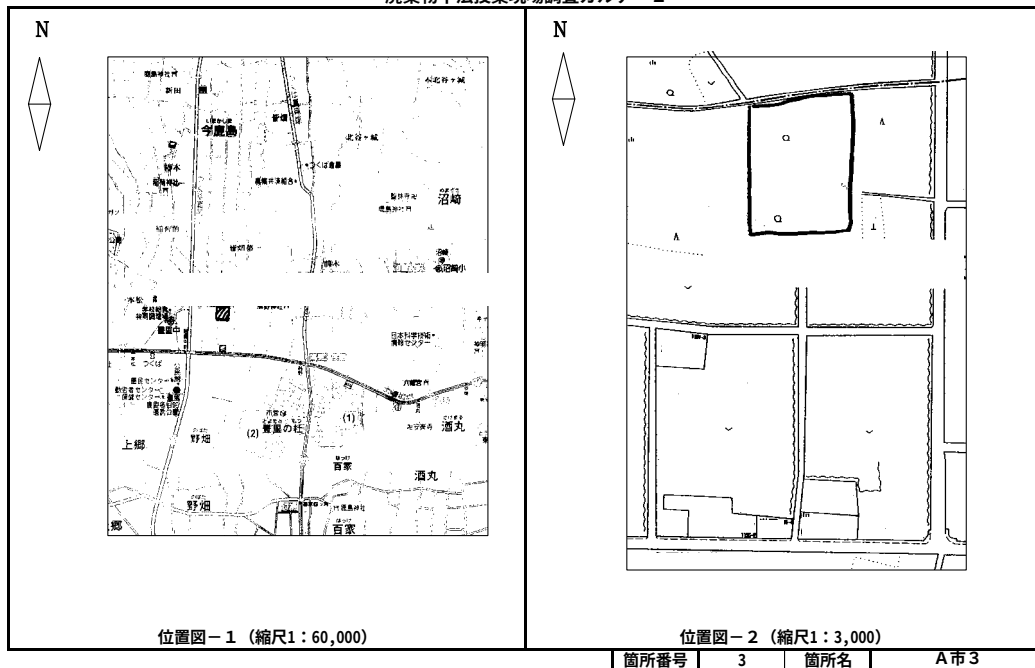


図3-3：調査カルテ事例（調査位置図）

廃棄物不法投棄現場調査カルテ 3

場内からの様子(1)

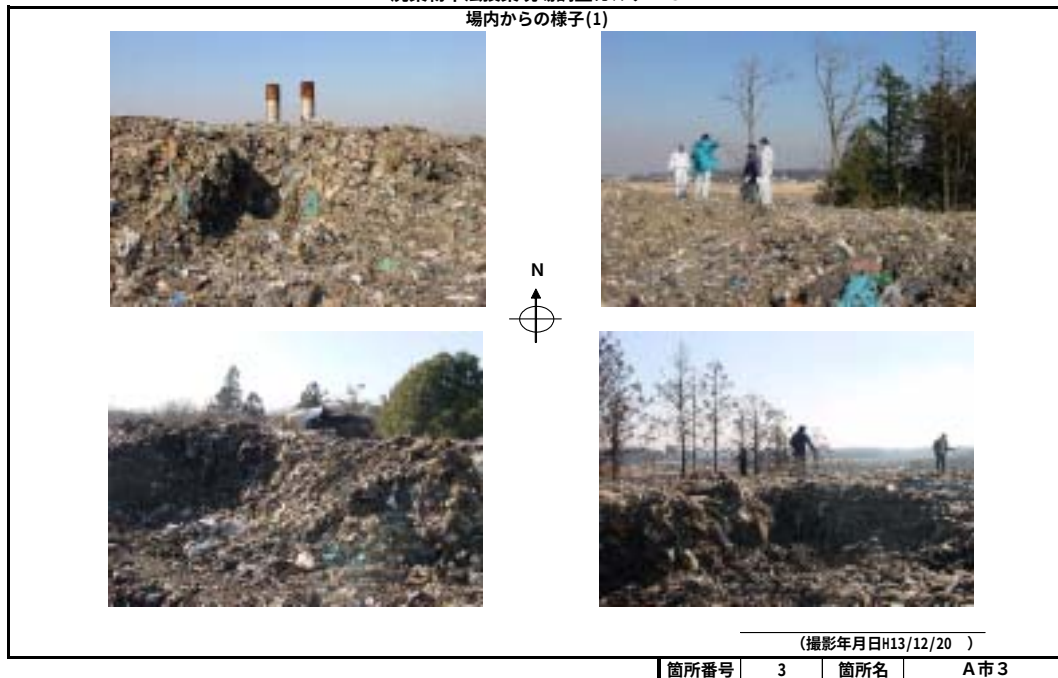


図3-4：調査カルテ事例（現場写真）

(4) 調査の結果

現地踏査とGIS調査による投棄地点別の現地調査結果を、それぞれ表に取りまとめた。なお、各項目の判定（測定）基準は表3-6に示すとおりである。また、各県別の調査結果一覧を表3-7～表3-11に示す。これらデータは第4章の解析において使用した。

表3-6：調査項目の判定（測定）基準

調査項目	判定（測定）基準
基本道路からの距離	基本道路から投棄地点の最も遠いポイントまでの距離(m) 隣接している場合は、ハイフン（－）表示
インターチェンジからの距離	I．Cから投棄地点の最も遠いポイントまでの距離(m)
行政界からの距離	行政界から投棄地点の最も遠いポイントまでの距離(m)
進入道路の延長	基本道路から投棄地点に至る道路の距離(m)
進入道路の幅員	進入道路の平均的な幅員(m)
標高	投棄地点の標高（100mメッシュの平均標高）(m)
傾斜角	投棄地点の傾斜角（100mメッシュの平均傾斜角）(度)
民家住宅距離	民家・住宅から投棄地点の最も遠いポイントまでの距離 (m)
家屋見通し	現地で投棄地点に立ち周辺を見渡して、家屋が可視か不可視か判断
投棄面積	①空中写真判読による計測、②行政資料の面積、③住宅地図などの面積計測、④GPS による計測面積のうち、可能な範囲で手法を採用（青森は②及び③、千葉は①、その他は②）(m ²)
投棄高さ	現地での実測値(m)

表3-7：現地調査結果（青森県）

箇所番号	基本道路距離	インターチェンジ距離	行政界距離	進入路延長	進入路幅員	標高	傾斜角	民家住宅距離	家屋見通し	投棄面積	投棄高さ
1	15.0	1,890.0	760.0	62.0	2.9	107.0	1.2	-	可視	210.0	1～2
2	－	9,588.0	613.0	0.0	-	70.0	0.4	50.0	可視	2,800.0	3～5
3	－	1,576.0	1.4	0.0	-	15.0	1.4	-	不可視	2,500.0	3～5
4	20.0	32,628.0	2,075.0	25.0	4.0	142.0	5.3	300.0	可視	1,000.0	1.0
5	65.0	32,796.0	2,945.0	35.0	2.5	176.0	0.5	-	不可視	200.0	3.0
6	190.0	31,485.0	3,102.0	210.0	2.0	175.0	0.6	-	不可視	3,000.0	2.0
7	60.0	30,426.0	530.0	65.0	3.0	244.0	5.5	-	不可視	1,223.0	5.0
8	-	30,866.0	877.0	0.0	-	233.0	0.5	-	不可視	1,724.0	1～2

表3-8：現地調査結果（栃木県）

箇所 番号	基本道路 距離	インターチェンジ 距離	行政界 距離	進入路 延長	進入路 幅員	標高	傾斜角	民家住宅 距離	家屋 見通し	投棄面積	投棄高さ
1	-	3,030.0	190.0	-	-	298.0	0.1	-	不可視	500.0	2.0
2	110.0	4,010.0	260.0	70.0	3.0	271.0	0.1	-	不可視	12,000.0	5.0
3	75.0	7,150.0	590.0	57.0	3.5	454.0	1.9	-	不可視	1,500.0	1～5
4	-	7,990.0	2,510.0	-	-	416.0	0.6	200.0	可視	3,000.0	約10
5	50.0	8,400.0	1,310.0	80.0	4.0	511.0	0.3	-	不可視	19,000.0	1～2
6	-	3,990.0	2,640.0	-	-	488.0	1.8	-	不可視	2,700.0	5.0
7	210.0	4,850.0	1,330.0	200.0	3.0	447.0	0.9	-	不可視	1,500.0	2～3
8	-	3,620.0	2,050.0	-	-	415.0	1.5	30.0	可視	3,300.0	2～3
9	-	4,110.0	3,370.0	-	-	359.0	0.5	20.0	可視	5,900.0	3.0
10	250.0	2,930.0	5,110.0	250.0	3.5	356.0	1.1	-	不可視	3,500.0	4.0
11	-	8,650.0	280.0	-	-	301.0	0.8	-	不可視	1,400.0	2～3

表3-9：現地調査結果（茨城県）

箇所 番号	基本道路 距離	インターチェンジ [*] 距離	行政界 距離	進入路 延長	進入路 幅員	標高	傾斜角	民家住宅 距離	家屋 見通し	投棄面積	投棄高さ
1	-	15,900.0	390.0	—	—	20.0	0.20	2.0	可視	1,900.0	2～4
2	-	14,240.0	1,870.0	—	—	28.4	0.07	—	不可視	6,000.0	0.0
3	-	11,860.0	3,050.0	—	—	25.0	0.08	200.0	可視	1,900.0	8.0
4	65.4	8,140.0	910.0	100.0	2.5	20.0	0.03	400.0	可視	4,200.0	2.0
5	-	7,440.0	1,370.0	—	—	22.0	0.28	—	不可視	850.0	6～7
6	-	13,540.0	1,370.0	—	—	20.0	0.34	20.0	可視	3,034.0	4～5
7	—	17,050.0	270.0	—	—	11.0	1.38	—	可視	2,000.0	6～7
8	-	2,830.0	140.0	—	—	25.0	0.09	50.0	可視	2,830.0	5～6
9	-	18,020.0	181.0	—	—	15.0	0.27	2.0	可視	1,652.0	5～10
10	—	18,000.0	200.0	—	—	13.0	0.22	25.0	可視	588.0	5～6
11	—	20,255.0	706.0	—	—	15.0	0.11	50.0	可視	6,500.0	0.5
12	57.0	17,990.0	200.0	60.0	5.0	15.0	0.00	50.0	可視	1,792.0	10.0
13	—	18,090.0	181.0	—	—	15.0	0.03	—	不可視	24,942.0	2.0
14	—	15,818.0	291.0	—	—	15.0	0.00	—	不可視	4,313.0	5.0
15	96.3	17,120.0	440.0	400.0	3.0	15.0	0.00	150.0	可視	1,000.0	1.5

表3-10：現地調査結果（和歌山県）

箇所 番号	基本道路 距離	インターチェンジ 距離	行政界 距離	進入路 延長	進入路 幅員	標高	傾斜角	民家住宅 距離	家屋 見通し	投棄面積	投棄高さ
1	123.0	2,100.0	590.0	170.0	3.6	115.2	3.26	—	不可視	15,000.0	20.0
2	—	10,990.0	880.0	—	—	139.3	2.66	200.0	可視	2,050.0	5～7
3	85.3	17,440.0	117.0	100.0	3.5	19.3	0.40	10.0	可視	770.0	5～6
4	26.0	12,140.0	579.0	22.0	5.0	83.0	0.37	20.0	可視	5,000.0	10.0
5	—	14,554.0	1,072.0	—	—	135.4	1.63	300.0	可視	3,800.0	2.5
6	—	16,237.0	2,245.0	—	—	179.0	1.45	500.0	可視	21,500.0	10.0
7	668.0	22,107.0	1,762.0	1,800.0	3.0	200.8	2.32	—	不可視	2,000.0	2～3

表3-11：現地調査結果（福岡県）

箇所 番号	基本道路 距離	インターチェンジ 距離	行政界 距離	進入路 延長	進入路 幅員	標高	傾斜角	民家住宅 距離	家屋 見通し	投棄面積	投棄高さ
1	—	1,593.0	757.0	—	—	236.6	5.31	400.0	可視	16,000.0	15～30
2	—	1,851.0	254.0	—	—	242.5	3.53	—	不可視	220.0	10.0
3	80.0	6,344.0	758.0	100.0	2.0	66.7	2.11	120.0	不可視	1,000.0	0.0
4	112.0	1,590.0	1,590.0	50.0	4.0	155.8	2.82	—	不可視	300.0	2.0
5	—	2,390.0	736.0	—	—	40.0	1.83	300.0	可視	2,000.0	10.0

3.2.2 不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化

(1) ヒアリング調査の結果

現地調査を実施した5県及び昨年度調査を実施した千葉県の不法投棄の監視指導を担当している行政担当者を対象としてヒアリング調査を実施した。結果の概要を以下に示す。

(a) 不法投棄の概況

青森県、栃木県、茨城県、千葉県においては、不法投棄の排出源を特定した事例を見ると、フローとしては首都圏のごみが埼玉県等で中間処理、積替保管された後、不法投棄へ流れる例が見られ、特に圧縮された廃プラ、シュレッダーダスト、有機系汚泥、燃え殻については青森県等へ遠距離移動する例もあった。福岡県では、年間発覚件数が20件程度で、県内の廃棄物がほとんどを占めるとのことであった。

規模的には、近年では住民の関心も高く監視活動も実施されてきているため、大規模に土地を確保して2～3ヶ月投棄するというようなものは少なくなっており、トラック5～10台程度の場合当たりのなものが増えてきているとのことであった。ただし、茨城県、千葉県では一晩で10tダンプ（約20m³）が50～200台搬入するような短期集中の事例も見られた。

時期としては、土曜日、日曜日や4月、5月の連休中などの休日、時間帯としては早朝・夕方、夜間などの行政職員がいない時を狙って実施される、とのことであった。

態様としては、特に首都圏の各県において、土砂に汚泥・燃え殻を混ぜて処分する、埋めては覆土を繰り返す、といった手口の巧妙化、悪質化が見られ、違法行為現場の確認が困難になってきている状況が伺える。

(b) 不法投棄に関連すると考えられる要因

地形的な要因としては、平地林、山際などを伐採して不法投棄する、道が入り組んでいる等で周辺から見通しがきかない、等が挙げられた。

交通面の要因としては、高速道路のインターチェンジ周辺等、アクセスのしやすいところで、林道、農道、市町村道の沿線から一本外れて中へ入ったような交通量の少ない場所が挙げられた。

また、行政側の要因として、市町村の行政の指導力の弱いところ、人員的にも対応しきれないところでは、初動が遅れて拡大するといった意見も見られた。また、市町村の飛び地、行政境界付近などは、行政の監視が手薄になることが挙げられた。

土地の状況としては、不在地主で管理が行き届いていないところに投棄される事例、山間部の土地や谷津田等の利用目的の乏しい土地、倒産物件に対して、不動産業者が介入して不法投棄する事例があった。主の中には不法行為を黙認する確信犯的なもの、借金等で弱みがあって不法投棄が分かっているにもかかわらず口出しできない例があった。特に大規模な事案では、地主が資材置場などとして使用を了承している場合が多いとの意見も見られた。

その他、土砂採取場跡地、自社処分場跡地など、特に手を加えなくても投棄可能な土地に投棄する事例が見られるとのことであった。

(c) 不良業者の実態

地域の実情を知っているブローカーが土地を探し、排出事業者から不良業者へ仲介するといった組織的な事例が見られる。また、マニフェスト、ナンバープレートの偽造等も見られるなど手口が巧妙化し、行為者の特定も難しくなっている。一方、福岡県ではブローカーの介在は認められない、とのことであった。

(d) 監視・指導の状況

監視体制においては、現職警察官や警察OBなどの警察関係者との連携が図られている。また、地域毎に監視員（非常勤職員、ボランティア）を任命して巡回監視に当たるとともに、民間の警備会社へ委託して不法投棄の危険性のある場所や、土日などの休日に動きがあった場合の警察への通報等の対応を図っている。

ヘリコプターによるスカイパトロールは、年間2～10回実施されているが、野焼きの監視としての効果が大きく、不法投棄の新規発見件数は少ないとのことであった。住民からの通報は、市町村、県出先機関、県庁等様々なところに寄せられ、不法投棄の通報専用のフリーダイヤルを設置する県も見られた。また、高速道路や主要国道などで廃棄物運搬車両を止めて積み荷を確認するところもあった。

(e) 行政指導を阻害している要因

廃棄物の定義で、有価物と廃棄物、産業廃棄物と一般廃棄物、産業廃棄物の種類の区分（建設汚泥と残土の区別等）が判断しづらく指導しにくい点が挙げられた。また、自社から排出した廃棄物の積替保管と主張する場合の指導が難しいとのことであった。

(f) 県の考える優先的課題、衛星の活用方法について

監視体制として、人的な基盤整備（廃棄物監視への警察職員の出向・併任など）、ハード的な基盤整備（GIS・衛星画像の利用、不法投棄頻発地点等への監視カメラ設置など）が挙げられた。

衛星の活用方法としては、特定の箇所を対象として1m単位（高分解能）での解析を実施して欲しい（定点観測）、立入検査を実施する前に不適正処理・不法投棄の端緒の発見手段として活用したい、森林での伐採行為、安定型最終処分場に対する指定外の品目の搬入を把握したい、との意見があった。

また、衛星監視はどれくらいのコストで何がどの程度分かるのか、コストメリットのメニューを早いうちに示して欲しい、との要望が寄せられた。

(2) グループディスカッションによる不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化

ヒアリングを実施した6県の不法投棄の監視指導担当者、及び埼玉県の不法投棄等に係る業務の担当者7名を対象に、KJ法による議論を中心として不法投棄に係るグループディスカッションを実施した。調査フローを図3-5に示した。

(a) KJ法によるグループ化の結果

ヒアリング調査結果、及び事前アンケート調査結果から抽出した不法投棄されやすい場所、問題点等をグループ化した結果は

表3-12の通りである。

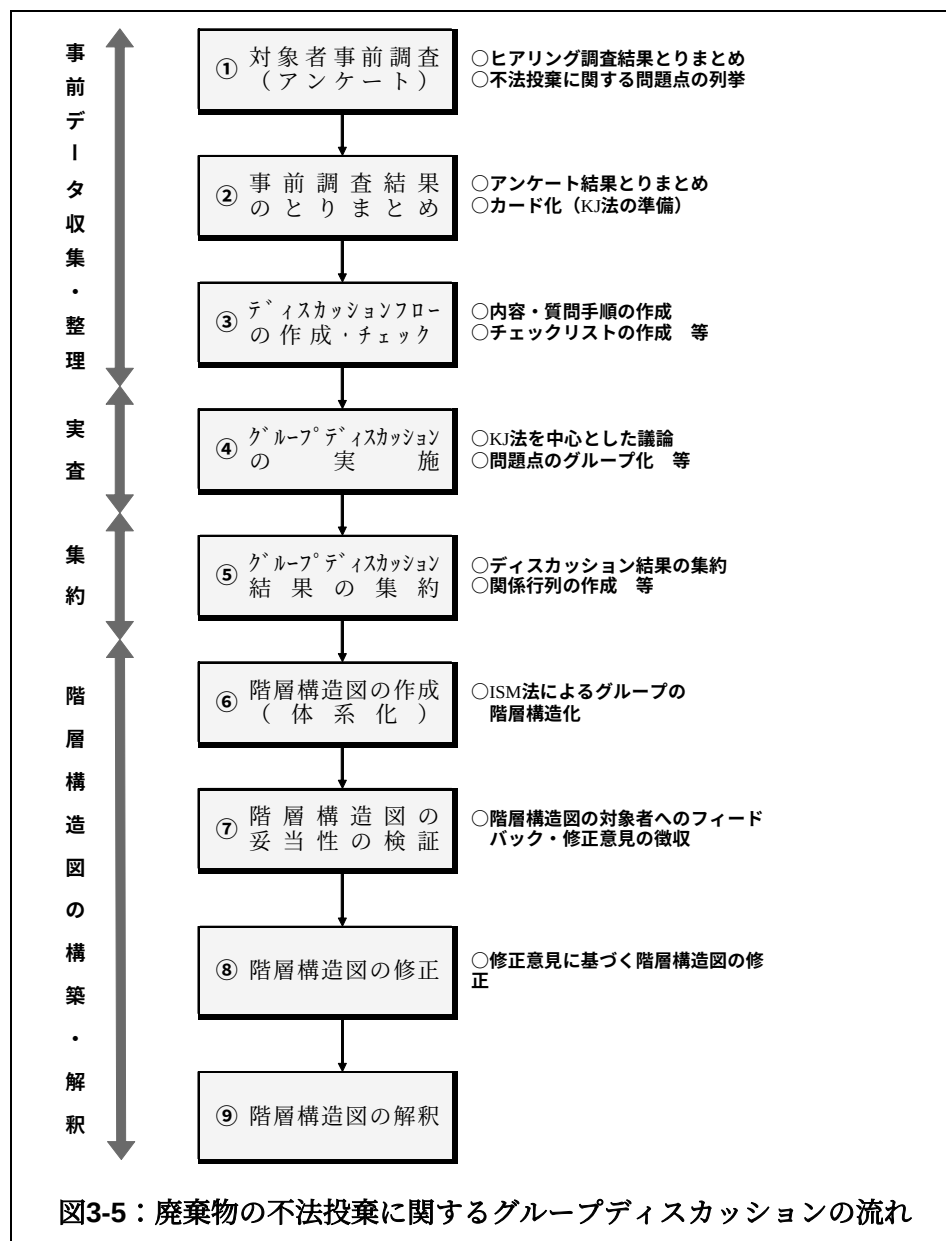


表3-12：KJ 法による不法投棄場所に関するグループ化の結果

①産廃関連事業者以外の事業者（が関与する場所）	鉄工所跡地 自社処分地内（埋立） 砂利採取跡地 土砂採取跡地 土を採って売却して利を上げた段階で逃げる 新興住宅開発地
②産廃関連事業者（が関与する場所）	産廃処理業施設周辺地 埋立終了した処分場の跡地 産廃処理業者の事業地の中
③経済性（知情性のある地主（の関与する場所））	地元の住民にとってメリットがある（土地代金が入る、維持管理費用軽減） 経済の弱い場所（県） 確信犯的な地主 お金をもらって使用目的を問わない地主 地主がお金をもらって使用目的を問わないこと 土地を資材置き場として安易に貸し付け
④経済性（ブローカーが介在する（場所））	地元の不動産業者の介在 地域の実情を知っているブローカーが不在地主の土地を探してくる 不動産業者による県外居住者や投棄者との賃貸契約
⑤ブローカーの手口	土地の権利関係が非常に複雑に動く
⑥地形的に見えにくい（場所）	手を加えずとも見づらい程度場所（木、入り組んでいる、L字形等） 山間部の谷間（dumping site） 谷津田等 湿地帯への投棄 林地（目隠し地） 周囲から見えにくい場所 山の上の方から谷間に向かって投棄 平地林を伐採 都市周辺部の人里離れた場所 河川敷（沿い）
⑦行政の監視（が届かない（場所））	市町村行政の指導力の弱いところ 行政境界付近（県境に近いなど） 職員の数的に対応しきれない市町村 行政の意識として行きづらいところ 監視体制・機能が不足しているところ 市町村の飛び地、他の町村を通らないと行けない場所
⑧無管理（の土地）	不在地主などで無管理の土地 別荘地でたてられないまま放置された土地 競売にかかっている土地
⑨周辺住民の監視が届かない（場所）	周辺に夜間照明や民家などがない場所
⑩現場直近のアクセス道路（の特徴）	林道・農道・市町村道の沿線 主要道路から一本中に入ったような場所 幹線道路から山間部に至る場所 旧道沿いの民有地 昼間の交通量と、早朝または夜間の交通量に開きがある場所 交通量はそれほど多くない場所
⑪交通の利便性が高い（エリア）	交通の利便性の高い場所 幹線道路沿い 高速道路インター付近

(b) ISM法による要因の構造化の検討結果

不法投棄場所の関連要因相互の階層構造を明らかにするため、ISM法を適用して要因の階層構造図を作成した。結果は図3-6の通りである。

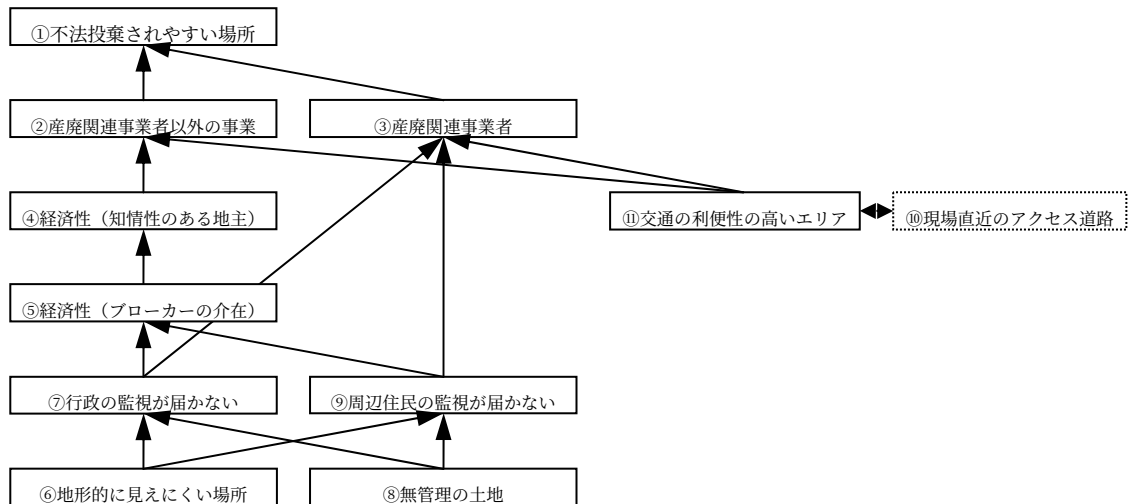


図3-6：不法投棄場所の関連要因の階層構造図

※ ISM (Interpretive Structural Modeling) 法：Warfieldによって開発された構造化の手法で、システムを構成する要素と要素の一対比較を実施し、要素間の関係に基づいて作成した関係行列に基づいて数理的に階層構造図を作成する手法である。

この階層構造図から得られた要因関係をまとめると、以下のように解釈される。

谷津田、平地林、河川敷などの「⑥地形的に見えにくい場所」、土地所有者が不在地主などで「⑧無管理の土地」では、「⑦行政の監視が届かない」、「⑨周辺住民の監視が届かない」といった状況になりやすい。これらの条件が整った場所に対して、地域の実情を知っている「⑤ブローカーが介在」し、「④地情性のある地主」が土地を安易に貸し付けたり、売却したりする。首都圏からの物理的距離・時間的距離が近い「⑪交通の利便性の高い」地域にあり、地主からの借り受け・購入によって確保された場所に「②産廃事業者以外の事業者」が不法投棄を実施する。

一方、「③産廃事業者」は「⑪交通の利便性の高い」地域に立地し、「⑦行政の監視が行届かない」、「⑨周辺住民の監視が行届かない」といった状況において、産廃処理業施設周辺地、埋立終了した処分場の跡地、産廃処理業者の事業地の中への違法な堆積行為が見られる。

「②産廃事業者以外の事業者」、「③産廃事業者」が不法投棄・違法堆積する場所の「⑩現場直近のアクセス道路」としては、主要道路から一本中に入ったような場所、交通量はそれほど多くない場所等があるが、こうした場所は不法投棄場所との関連はそれほど強くないと考えられる。

3.2.3 不法投棄場所の関連要因に関する情報整備状況の検討

「①不法投棄されやすい場所」には、図3-6の構造図においてレベル2以下に位置づけられた10個の要因が関連していると考えられる。第4章で検討するゾーニングモデルの開発にあたっては、これら要因を表す各種指標が有力な説明変数の候補となると考えられる。

本節では、不法投棄場所の関連要因と市町村レベルやメッシュレベルで整備されている既存の統計データ等との対応を検討するとともに、統計データが存在しない項目については今後のデータ化の可能性を検討した。なお、現地調査においても関連項目の情報収集を実施しており、これらの結果を併せて表3-13に示した。

②産廃関連事業者以外の事業者（が関与する場所）

「小規模処分場」、「土砂採取跡地」、「砂利採取跡地」といった特定の場所が挙げられている。こうした情報について、既存の統計データは存在しないが、各県においてそれぞれ所管の部署がある程度の情報を保有しているものと考えられる。こうした情報を体系的に収集整備すれば、有力な指標としてゾーニングに活用できることが期待される。

③産廃関連事業者（が関与する場所）

「閉鎖処分場」、「産廃処理業施設」等、廃棄物関係部局で保有する既存の情報をデータ化し、ゾーニングに活用することは可能と考えられる。

④経済性（地情性のある地主の関与する場所）

「地元の住民にとってメリットがある」、「経済の弱い場所（県）」といった項目が挙げられており、こうした経済性に対応する統計データとしては、市町村レベルの指標として「非可住地面積」、「所得」関連の各種指標、「失業率」が挙げられる。また、高齢化した農村部においてブローカーが介在し、高齢者が土地の使用目的を十分に確認しないまま農地等を貸し付ける事例が報告されており、こうした状況の代理指標として、市町村レベルでは「第一次産業割合」、「老年人口割合」、メッシュレベルでは「土地利用形態」が挙げられる。

⑤経済性（ブローカーの関与）

その実態を把握してデータ化することは困難であると考えられる。

⑥地形的に見えにくい場所

「平地林」が目隠しになっている事例が見られることから、対応するメッシュレベルの指標として「森林計画区域」、「森林縁からの距離」が挙げられる。また、「山間部の谷間」、「河川敷」といった道路に面した傾斜地・周辺地のグラントレベル（GL）から一段下がったような場所が挙げられており、対応するメッシュレベルの指標として「地形分類」、

「土地利用形態」、「傾斜」等のデータが挙げられる。なお、現地調査においては、対応する指標として「標高」、「傾斜角」、「周辺家屋からの見通し」に関する情報を収集整備した。

⑦行政の監視（が届かない場所）

「市町村行政の指導力の弱いところ」、「監視体制・機能が不足しているところ」等の項目が挙げられており、不法投棄に対する行政・警察の対応状況、行政の監視指導体制が不十分な場合に不法投棄が発生しやすい、といった関連が指摘されている。都道府県においては、これらの関連項目として「行政指導・命令の発出状況」、「警察の検挙状況」、「不法投棄の監視指導体制」等について把握されており、こうしたデータを活用すれば市町村レベルの指標を作成できるものと考えられる。ただし、近年不法投棄の多発地域を対象とした監視指導体制の重点的強化が図られる例も多く、上記で想定した「監視指導体制の不足が不法投棄につながる」といった関連と見かけ上矛盾する場合も想定される。解析に当たってはこれら指標の時系列的な変化に十分留意する必要がある。

また、「行政境界付近」、「行政の意識として行きづらいところ」等、位置的に行政の監視が手薄になりやすいような場所が挙げられており、対応するメッシュレベルの指標として「行政境界からの距離」、「保健所・警察からの距離」についてデータ化すれば有力な指標としてゾーニングに活用できることが期待される。なお、現地調査においてもこれら2指標に関する情報を収集整備した。

⑧無管理の土地

「不在地主などで無管理の土地」、「競売にかかっている土地」が挙げられているが、これらについての既存の統計データは存在しない。今後、「土地開発計画」、「競売土地」、「土地所有者の状況」に関する行政の関連部局との連携を図り、これら指標に関する情報整備の可能性を検討していく必要があると考えられる。また、「別荘地で建てられないまま放置された土地」等、バブル期に投機目的で開発された後に放置されている土地については、バブル期と現在の「地価」の変化を指標化する等、既存データを利用した指標作成の可能性を検討していく必要があろう。

⑨周辺住民の監視

市町村レベル・メッシュレベルの指標として「人口密度」、「非可住地面積」といった統計データが挙げられる。なお、現地調査においては、対応する指標として「民家住宅からの距離」、「周辺家屋からの見通し」に関する情報を収集整備した。

⑩現場直近のアクセス道路

「主要道路から一本中に入ったような場所」、「交通量はそれほど多くない場所」等の多様な項目が挙げられ、メッシュレベルでの指標化は困難と考えられる。こうした道路の

状況については、現地調査において「基本道路からの距離」、「進入道路の距離」、「進入道路の幅員」に関する情報を収集整備して基礎的検討を実施することとした。

⑪交通の利便性の高いエリア

メッシュレベルの指標として「インターチェンジからの距離」、「基本道路からの距離」が挙げられ、現地調査においてもこれら情報を収集した。

ただし、これら交通関連の要因としては、廃棄物の発生地点から不法投棄地点までの物理的・時間的距離が影響すると考えられ、第 4 章で実施する物流モデルの検討において、市町村レベル、メッシュレベルの指標化を今後検討していく必要があると考えられる。

表3-13：不法投棄場所の関連要因に関する情報整備状況

要因	項目	市町村レベルの 情報整備状況	メッシュレベルの 情報整備状況	現地調査項目	データ化の可能性
②産廃関連事業者以外 の事業者（が関与 する場所）	鉄工所跡地 自社処分地内（埋立） 砂利採取跡地 土砂採取跡地 土を採って売却して利を上げた 段階で逃げる 新興住宅開発地				小規模処分場、土砂採取跡地、砂利 採取跡地についての所管部署との連 携により可能性を検討する
③産廃関連事業者 （が関与する場所）	産廃処理施設周辺地 埋立終了した処分場の跡地 産廃処理業者の事業地の中				閉鎖処分場、産廃処理施設につい て既存情報をデータ化する
④経済性（知情性の ある地主（関与す る場所））	地元の住民にとって不利がある （土地代金が入る、維持管理費 用軽減） 経済の弱い場所（県） 確信犯的な地主 お金をもらって使用目的を問わ ない地主 地主がお金をもらって使用目的 を問わないこと 土地を資材置き場として安易に 貸し付け	非可住地面積 「所得」に関する各種指標 失業率 第1次産業割合 老年人口割合	土地利用形態		
⑤経済性（ブロー カーが介在する（場 所））	地元の不動産業者の介在 地域の実情を知っているブロー カーが不在地主の土地を探して くる 不動産業者による県外居住者や 投棄者との賃貸契約				
⑥地形的に見えにく い（場所）	手を加えずとも見づらい程度の 場所（木、入り組んでいる、L 字形等） 山間部の谷間（dumping site） 谷津田等 湿地帯への投棄 林地（目隠し地） 周囲から見えにくい場所 山の上の方から谷間に向かって 投棄 平地林を伐採 都市周辺部の人里離れた場所 河川敷（治い）		森林計画区域 森林緑からの距離 地形分類 土地利用形態 傾斜	標高 傾斜角 周辺家屋からの見通し	
⑦行政の監視（が届 かない（場所））	市町村行政の指導力の弱いとこ ろ 行政境界付近（県境に近い） 職員の数的に対応しきれない市 町村 行政の意識として行きづらいう ところ 監視体制・機能が不足している ところ 市町村の飛び地、他の町村を通 らないと行けない場所	行政指導・命令の発出状況 警察の検挙状況 「不法投棄の監視指導体 制」に関する各種指標	行政境界からの距離 保健所・警察からの距離	行政境界からの距離 保健所・警察からの距 離	
⑧無管理（の土地）	不在地主などで無管理の土地 別荘地でたてられないまま放置 された土地 競売にかかっている土地				過去の土地開発計画、競売土地、土 地所有者の状況に関する所管部局と の連携により可能性を検討する。 地価変化等について指標化の可能性 を検討する
⑨周辺住民の監視が 届かない（場所）	周辺に夜間照明や民家などがな い場所	人口密度 非可住地面積	人口密度	民家住宅からの距離 周辺家屋からの見通し	
⑩現場直近のアクセ ス道路（の特徴）	林道・農道・市町村道の沿線 主要道路から一本中に入ったよ うな場所 幹線道路から山間部に至る場所 旧道沿いの民有地 昼間の交通量と、早朝または夜 間の交通量に開きがある場所 交通量はそれほど多くない場所			基本道路からの距離 進入道路の距離 進入道路の幅員	
⑪交通の利便性が高 い（エリア）	交通の利便性の高い場所 幹線道路沿い 高速道路インター付近		インターチェンジからの距 離 基本道路からの距離	インターチェンジから の距離 基本道路からの距離	物流モデルの検討において、廃棄物 の発生日点から不法投棄地点までの 距離の指標化を検討する

3.3 衛星監視システム開発に関する基礎調査

3.3.1 目的

不法投棄対策実務において衛星監視を利用することのメリットとして、一度に広域エリアを監視できること、地上パトロール、スカイパトロールで発見の困難なエリアを発見できることなどが挙げられる。こうした衛星監視のメリットを最大限発揮し、かつ衛星監視における検知期待値(不法投棄現場発見の可能性)をできる限り上げるためには、現状の不法投棄の実態を分析し、実態に即した衛星監視方法(いつ監視すべきか、何に注目して監視すべきかなど)を確立する必要がある。本節では、環境省の不法投棄に関する実態調査の結果を分析し、以下の3点を検討した。

- ① 不法投棄対策実務改善の重要因子の抽出
 - ⇒ 「不法投棄対応費用削減」、「早期発見」の2点に重要な影響を与えている因子（重要因子）を明らかにする
- ② 重要因子の個別分析
 - ⇒ 重要因子それぞれについて、衛星監視方法を具体的に検討していく上で必要となる情報、関連を分析する
- ③ 衛星監視方法についての検討
 - ⇒ 衛星監視時期、衛星監視頻度、衛星監視品目の観点から、不法投棄対策実務に最適な衛星監視方法について検討する

3.3.2 不法投棄対策実務改善の重要因子の抽出

不法投棄対策実務においては、「不法投棄対応費用の削減」及び「早期発見」に重点的に取り組んでいく必要があると考えられる。これら2点に対して重要な影響を及ぼしている因子（重要因子）の抽出を実施した。

検討にあたっては、環境省産業廃棄物不法投棄実態調査結果（平成11年度実績及び平成12年度実績。以下、「実態調査結果」と呼ぶ）および、平成13年度実施の環境省産業廃棄物不法投棄監視体制等調査結果（以下、「監視体制調査結果」と呼ぶ）を使用して統計解析を実施することとした。これらデータのうち、「不法投棄対応費用」及び「早期発見」の実態を表す指標としてそれぞれ「原状回復費用」、「投棄開始から発覚までの期間」を取り上げ、これらを目的変数、表3-14に示す諸因子を説明変数として、数量化理論Ⅰ類（以下、数量化Ⅰ類）による解析を行った。

表3-14：「原状回復費用」、「投棄開始から発覚までの期間」への影響を解析した因子

目的変数	原状回復費用	投棄開始から発覚までの期間
関連を検討した因子 (説明変数)	投棄回数 地目 発見内容 投棄量 最も代表的な投棄品目 品目数 生活環境への影響 発覚から原状回復着手までの期間 実行者の業種 回復の方法	地目 投棄量(t) 最も代表的な投棄品目 投棄品目数 本庁監視員(人) 本庁監視員における警察関係者の有無 出先機関監視員(人) 出先機関監視員における警察関係者の有無 民間委託監視員(人日) 連絡協議会の種類

数量化1類による解析の結果から、「原状回復費用」、「投棄開始から発覚までの期間」に影響を与える項目として、偏相関係数が0.4以上のもの、及び範囲が大きいもの上位3項目を重要因子として抽出した。表3-15～表3-16に結果を示した。

表3-15：「原状回復費用」に対する重要因子の抽出結果

抽出されたアイテム	偏相関係数	範囲
投棄量	0.751	9,967
発覚から着手までの期間	0.502	4,620
最も代表的な投棄品目	0.431	3,788

表3-16：「投棄開始から発覚までの期間」

抽出されたアイテム	偏相関係数	範囲
投棄量	0.626	105
最も代表的な投棄品目	0.570	78
投棄品目数	0.493	56
出先監視人員(人)	0.593	
本庁監視人員(人)	0.578	
業務委託監視人員(人日)	0.475	
連絡協議会の種類	0.442	

「不法投棄対応費用削減」、「早期発見」に対する重要因子は、以下の4つに集約された。

- ・ 投棄量
- ・ 投棄品目（最も代表的な投棄品目、投棄品目数）
- ・ 期間（投棄－発覚期間、発覚－着手期間）
- ・ 監視体制（本庁監視人員、出先機関監視人員、業務委託監視人員、連絡協議会の種類）

3.3.3 重要因子の個別分析

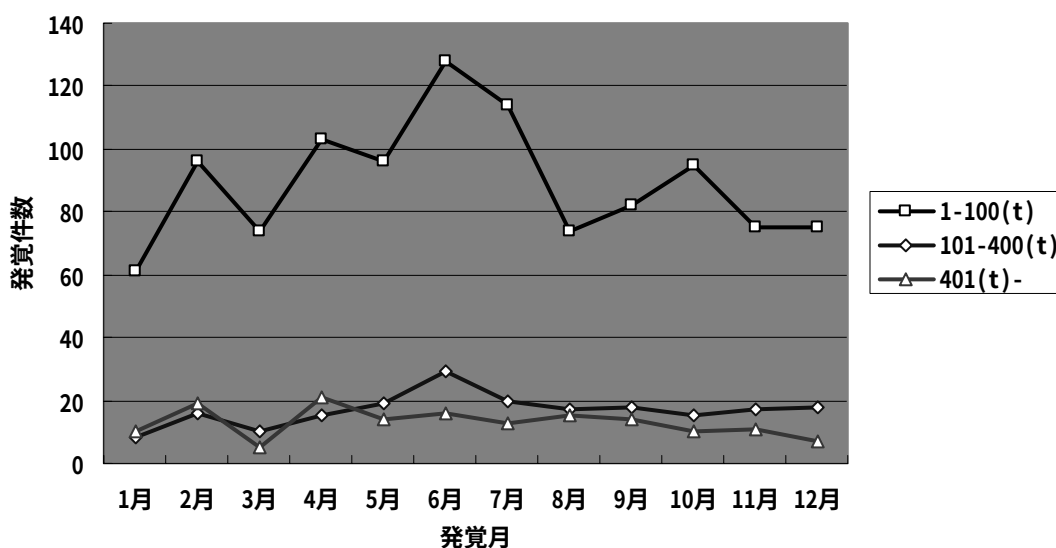
3.3.2で抽出された重要因子、すなわち「投棄量」、「投棄品目」、「期間」について、それぞれに関連性が高い項目との関係を個別に分析した。結果を以下に示す（なお、監視体制については詳細な検討を実施しなかった）。

(1) 投棄量に関する分析

「投棄量」については、「原状回復費用」、「発覚月」、「投棄から発覚までの期間」との関連性を分析した。

投棄量と原状回復費用の関連を検討した結果、投棄規模が大きくなるほど原状回復費用が高くなり、特に投棄規模が401t以上の場合に101～400tに比べて原状回復費用の平均値が約4倍であった。

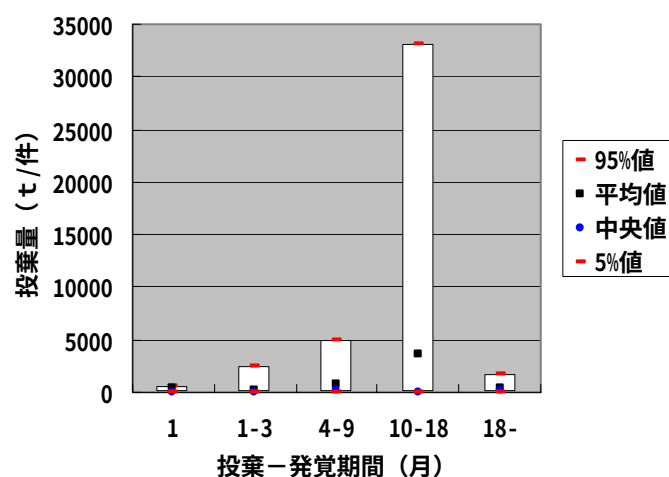
また、全国の投棄規模別・月別の発覚件数を図 3-7に示した。比較的大規模な投棄(401t以上)は2月、4月に発覚すること多いこと、中小規模の投棄(400t以下)は5月から7月にかけて発覚が多い。



	1～100 (t)	101～400(t)	401～(t)
有効データ数	1,073	202	155

図3-7：投棄規模別・月別の発覚件数（全国）

また、投棄から発覚までの期間と投棄規模との関連性を検討した結果を図3-8に示す。投棄後1ヶ月～18ヶ月まで時間を追うごとに投棄量が増えていき、特に10～18ヶ月経過した場合に投棄規模が大きい傾向が見られた。なお、18ヶ月以上経過した場合では、大規模な投棄場所はほとんど見られなかった。



	1	1-3	4-9	10-18	18-
有効データ数	91	20	14	10	13

図3-8：投棄発覚期間と投棄量との関連

(2) 投棄品目に関する分析

投棄品目は、衛星センサによる識別・検知能との関連を踏まえて類似素材ごとに表 3-17 に示すようにグループにまとめ、「原状回復費用」、「投棄規模」、「投棄から発覚までの期間」との関連性を検討した。

表3-17：投棄品目のグループ一覧

グループ	品目
①がれき系	がれき類
	ガラスくず・陶磁器くず
	鋳さい
②木材系	建設木くず
③石油系化合物	廃プラスチック
	ゴムくず
	廃油
④汚泥系	汚泥
	動物のふん尿
	動植物性残さ
⑤金属系	金属くず
⑥特別管理産業廃棄物	特別管理産業廃棄物
⑦その他	その他の建設系廃棄物
	燃え殻
	①～④以外のもの

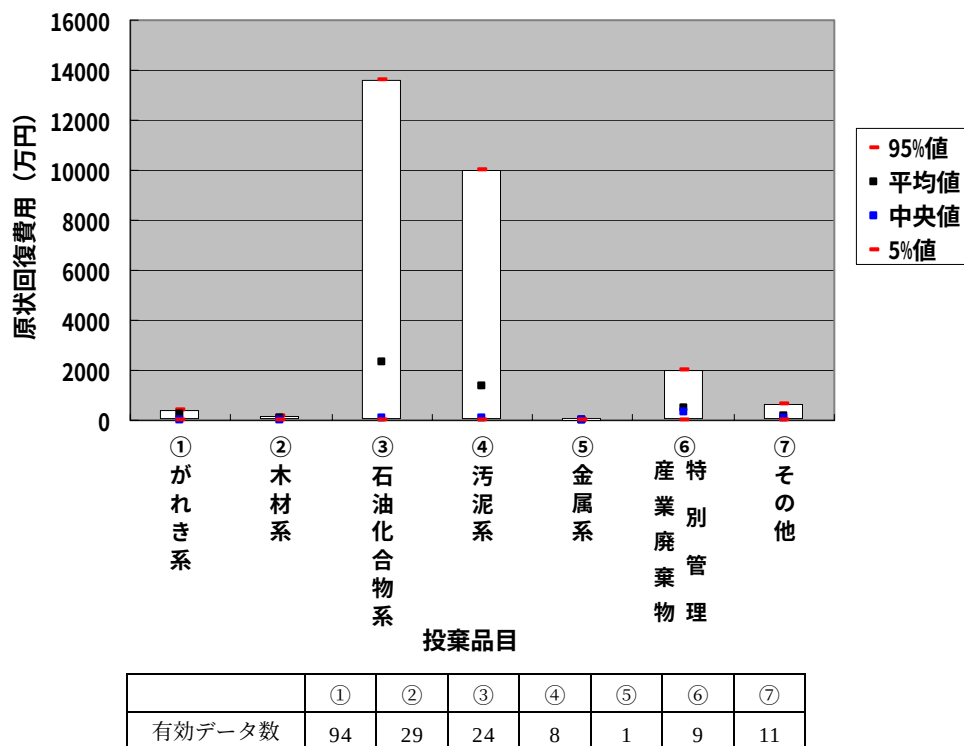


図3-9：投棄品目と原状回復費用との関連

グループ毎に不法投棄1件当たりの原状回復費用を検討した結果を図3-9に示した。原状回復費用は、石油系化合物、汚泥系を含んだ投棄に大きな原状回復費用がかかることが明らかとなった。また、投棄規模（1件当たりの投棄量）が大きかったのは、石油系化合物、有機物系、がれき系の順であり、金属系、特別管理産業廃棄物については比較的規模が小さい傾向が見られた。

投棄から発覚までの期間については、期間の長いものから順にがれき系、木材系、汚泥系となった。これらの品目には自然状態と識別しにくい類似物が存在し、発見が他の投棄物に較べると難しい可能性が示唆された。

3.3.4 衛星監視方法についての検討

3.3.3の検討結果より、衛星監視システムの開発にあたっては以下の点に留意する必要があると考えられる。

不法投棄発覚の極端に少ない月が存在しないことを考えれば毎月の監視が必要であり、また季節変動を考慮した衛星監視時期の設定が必要である。また大規模箇所の発生は2月と4月、小中規模は5～7月という規模別の傾向もあわせて、衛星監視時期の設定に組み込む必要がある。

品目としては、投棄規模の小さい特別管理産業廃棄物については投棄量あたりの原状回復費用が高いと考えられ、少量でも発見可能な手法の開発が望まれる。また、がれき系・木材系・汚泥系といった自然界に存在する物質は投棄開始から発覚までの期間が長い傾向があり、早期発見を支援するためには自然界に存在する物質と不法投棄された物質を区別して発見する手法の開発が必要と考えられる。

3.4 まとめと今後の課題

3.4.1 ゾーニングシステム開発に関する基礎調査

不法投棄される場所の関連要因を明らかにすることを目的として、全国から選定された5県における不法投棄現場45地点について、現地調査・GISデータによる調査・資料調査・聞き取り調査を実施した。また、不法投棄の監視指導を担当している行政担当官等を対象としてヒアリング調査・グループディスカッションを実施し、不法投棄が起こりやすい場所に関する定性的情報を収集した。

現地調査では、ゾーニングのための解析因子として現場レベルの情報を収集整理した。また、現地調査・ヒアリング調査・グループディスカッションで得られた定性的情報に基づいて、KJ法によって不法投棄場所の関連要因を抽出した。その結果、不法投棄場所の関連要因として、①産廃関連事業者以外の事業者の関与、②産廃関連事業者の関与、③知情性のある地主の関与、④ブローカーの介在、⑤地形的に見えにくい、⑥行政の監視が届かない、⑦無管理である、⑧辺住民の監視が届かない、⑨現場直近のアクセス道路の特徴がある、⑩交通の利便性が高い、の合計10個の要因が抽出された。また、ISM法を適用して要因相互の関連を構造的に明らかにした。

一方、上記検討を通じて抽出された不法投棄場所の関連要因それぞれについて、既存の統計情報の整備状況を検討するとともに、統計上整備されていない情報については今後のデータ化の可能性を検討した。

本年度は不法投棄場所の関連要因について検討したが、不法投棄の法制度・廃棄物の物流フローといった他の関連要因については未検討である。今後は、こうした要因についても検討を進め、法制度と不法投棄の物流フローの関連等についてもKJ法、ISM法といった構造化手法等による定性的検討を実施することが望まれる。

3.4.2 衛星監視システム開発に関する基礎調査

不法投棄の実態に即した衛星監視方法（いつ監視すべきか、何に注目して監視すべきかなど）の確立を目的として、環境省の実態調査結果等を用いて不法投棄の実態について分析を実施した。

不法投棄対策実務においては、「不法投棄対応費用の削減」及び「早期発見」に重点的に取り組んでいく必要があると考えられる。これら2点に対して重要な影響を及ぼしている因子（重要因子）を数量化Ⅰ類によって検討した結果、「原状回復費用」には「投棄量」、「発覚－原状回復着手期間」、「最も代表的な投棄品目」の影響が大きいこと、「投棄－発覚期間」には、「投棄量」、投棄品目（「最も代表的な投棄品目」、「投棄品目数」）、

監視体制（「本庁監視人員」、「出先機関監視人員」、「業務委託監視人員」、「連絡協議会の種類」）の影響が大きいことが明らかとなった。

また、抽出された「重要因子」それぞれについて、様々な要因との関連を分析した。その結果、原状回復費用は投棄規模に比例すること、全国的な傾向として比較的大規模な投棄(401t以上)は2月、4月の発覚が多いこと、中小規模の投棄(400t以下)は5月から7月にかけて発覚が多いこと、等が明らかとなった。一方「投棄品目」別に見ると、石油系化合物・汚泥系・特別管理廃棄物を含んだ投棄に大きな原状回復費用がかかっていること、石油系化合物・有機物系・がれき系の投棄規模が大きいこと、がれき系・木材系・汚泥系といった自然界に存在する物質は投棄－発覚期間が長いことが示唆された。

以上の検討結果より、衛星監視システムの開発にあたっては以下の点に留意する必要があると考えられる。

不法投棄発覚の極端に少ない月が存在しないことを考えれば毎月の監視が必要であり、また季節変動を考慮した衛星監視時期の設定が必要である。品目としては、投棄規模の小さい特別管理産業廃棄物については投棄量あたりの原状回復費用が高く、少量でも発見可能な手法の開発が望まれる。また、がれき系・木材系・汚泥系といった自然界に存在する物質は投棄開始から発覚までの期間が長い傾向があり、早期発見を支援するためには自然界に存在する物質と不法投棄された物質を区別して発見する手法の開発が必要と考えられる。

本年度は、上記分析を通して実態に即した衛星監視方法を検討したが、今後より精度の高い衛星監視方法を確立させる上で残された課題は以下の通りである。

① 自然条件(天候など)を考慮した衛星監視方法の具体化

衛星による監視はどんな条件下でも実施が可能なわけではない。とりわけ天候などの自然条件によっては(どの衛星を使用するかによらず)、撮影ができないこともありえる。例えば雲の割合が一定量以上だった場合、衛星の撮影は実施不可能か、実施しても精度の高い解析は望めない。また、自然条件については地域、都道府県ごとで異なっているため、地域、都道府県ごとに撮影できる時期、撮影できない時期が発生する。

このように、より精度の高い衛星監視方法の確立のためには、地域、都道府県ごと、時期(月)ごとの天候、雲の発生割合といったデータを加味する必要がある。

② 衛星毎の撮影条件を考慮した衛星監視方法の具体化

各衛星により回帰日数(周期)、日本上空を通過する時間、納期などに違いがある。衛星監視方法の確立においては、どの衛星をどういった目的で使用するべきか、使用できるかといった条件を整理するとともに、こうした衛星ごとの撮影条件も考慮する必要がある。

また、この点については①の自然条件と絡めて考慮する必要がある。例えば、①で最適な衛星監視時期(月)が確立したとしても、実際に撮影する衛星の周期が合致しないと撮影は行えない。

③ 監視精度、条件に応じた原状回復費用の削減効果の把握

①②の具体化を受け、より現実に近い条件での原状回復費用の削減効果を把握する必要がある。

3.3節の検討では、原状回復費用に影響を与える重要因子を抽出し、それぞれの重要因子がどの程度原状回復費用削減に寄与するかという検討を行ったが、①②の結果を受けて、こういった頻度で、こういった衛星を利用して監視を行うかを明らかにし、それによる原状回復費用削減のより現実に近いシミュレーションを実施していく必要がある。

④ 包括的な衛星監視システムの確立

不法投棄対策実務の改善においては、不法投棄監視体制の改善、不法投棄が発覚してから着手を行うまでの期間の短縮化など、衛星監視のみでは解決できない要素があることも明確となった。

最適な衛星監視システムを確立する上では、3.3節で詳細に検討した衛星監視方法を加味した衛星監視を行うことと、それに加えて、上記のような監視体制整備、効率的な不法投棄情報の活用といった包括的な衛星監視システムを考慮する必要がある。

4. GISを用いた要監視地域抽出（ゾーニング）システムの開発

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抽出システム（以下、ゾーニングシステム）を開発することを目的とする。

平成12年度不法投棄等衛星監視システム開発調査では、不法投棄が発生しやすい地点を予測することに主眼を置いて千葉県を対象としたゾーニングを試み、一定の成果を得ることができた。その一方で、物流情報が考慮されていない、圏域レベルでの不法投棄発生に係わる偏りを説明できないといった課題が残った。また、不法投棄が発生した場合の規模拡大の可能性の検討など、より多面的な情報を提供することは検討されなかった。

そこで、本年度は、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、以下の4種類の基本ゾーニングを作成することとした。

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

各基本ゾーニングの目的と各種データの制限から、各基本ゾーニングで主に解析される因子は表4-1のとおりである。

表4-1：各基本ゾーニングで解析される主要因子

ゾーニング の種類	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
1.	○	○	○	×	×
2.	×	×	×	×	○
3.	×	×	○	○	×
4.	×	×	○	○	×

○：直接的に解析される主要な因子

×：直接的に解析されない因子

（○の因子を介して、間接的に解析されることはある）

また、3.の基礎調査より、ゾーニングに用いる因子（以下、ゾーニング因子）には、人口密度、行政界距離など様々な因子を想定できることが分かっているが、その一方で、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、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て、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。

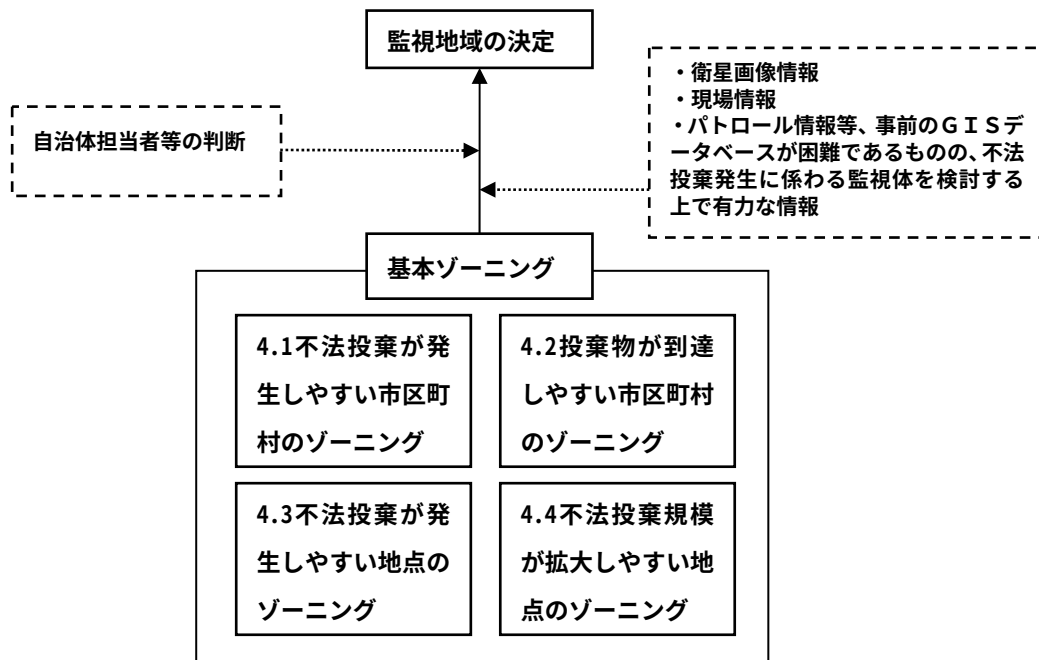


図4-1：ゾーニングシステムの階層化

4.1.不法投棄が発生しやすい市区町村のゾーニング

4.1.1 目的

本節では、全国的に入手可能な基礎情報を用いて、不法投棄が報告された市区町村に共通する地理的・社会的条件等の各種因子を解析し、不法投棄が発生しやすい地域の条件を市区町村のレベル（以下、圏域レベルという）で明らかにすることを目的とする。以下、このゾーニングを圏域度数ゾーニングという。

4.1.2 方法

圏域度数ゾーニングの手順を図4-2に示す。

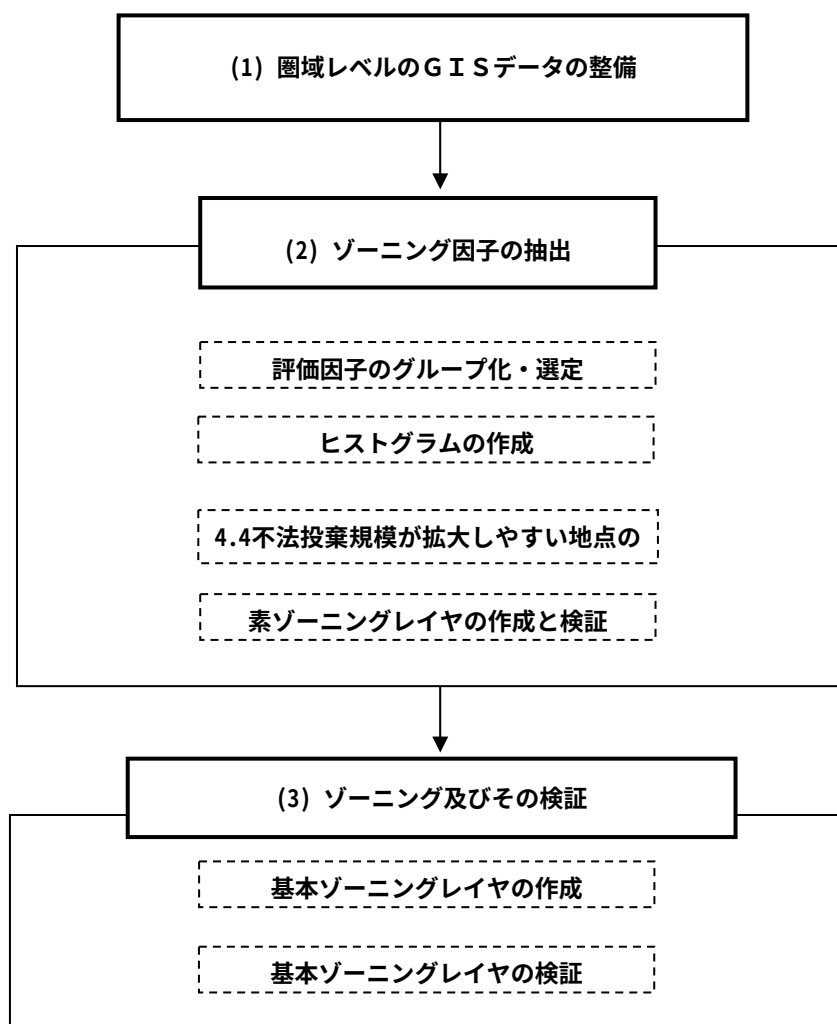


図4-2：圏域レベルの不法投棄発生地域ゾーニングの解析フロー

(1) 圏域レベルのデータ整備

表3-13で求めたデータ整備されている市区町村レベルの不法投棄関連要因を中心に、データを整備することにした。具体的には、表4.2に示す地理的条件、社会環境条件を評価因子として取りあげ、不法投棄が報告された市区町村を含め、全国市区町村の各種情報を収集・整理した。

表4-2：解析の対象とした評価因子

大分類	評価因子	単位	出典
人口	総人口	人	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	人口密度(市町村)	人/K m ²	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	世帯数	世帯	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	世帯密度	世帯数/K m ²	平成7年度「国勢調査報告」より作成
	H2年～7年人口増減率	%	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	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)
	所得指標(所得格差)	—	(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)
	労働力人口	人	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
	非労働力人口	人	平成7年度「国勢調査報告」(総務庁統計局)
土地利用特性	住宅地の平均地価	百円/m ²	平成9年度「地価公示」(国土庁土地鑑定委員会)
	非可住地面積	K m 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	K m ²	平成2年度「世界農林業センサス」(農水省統計情報部)
	原野面積	K m 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	K m ²	平成4年度「耕地面積統計」(農水省統計情報部)
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)

(2) ゾーニング因子の抽出

ゾーニングに用いた変数は、あくまでもデータベースが整備されている変数であり、必ずしも直接的な因果関係がある変数ばかりではない。そのため、例えば因子「森林縁深さ」については「見通しが悪い」状態、などそれぞれの変数は何らかの不法投棄要因を間接的に表しているものと考えられる。第3章ではそれらを定性的にグループ化したので、ここでは、各変数の背後にある要因を探るために、まず因子分析を行い、共通した要因に関係する変数を定量的にグループ化することとした。

次に、不法投棄とは関係なしに、各変数間にはある相関関係がある。例えば、市区町村の人口と世帯数との間には、不法投棄とは関係なく相関関係がある。このような相関係数が高い変数群については、その中から一つの代表変数を選定することとした。

また、この作業においては、単純に統計解析を行うのではなく、第3章の考察をふまえて不法投棄要因の構造を十分に考えた上で行って、ゾーニング因子として説明ができる、理解されやすいものを選定することとした。そこで、不法投棄報告の相対確率のヒストグラムについて考察を加え、その考察にもとづいて代表変数の選定を行うこととした。

この因子選定の考え方に基づく、ゾーニング因子の抽出の手順は次のようになる。

(a) 評価因子のグループ化・選定

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い、同一因子内の因子負荷量が0.7以上の変数を、同一の不法投棄要因グループとした。さらに、各グループについて、全国市区町村の各変数どうしの相関分析を行い、グループ内で相関係数が0.7以上（かつ有意確率p値が5%以下）である変数を明らかにし、各不法投棄要因グループの解釈・評価を行った。

(b) ヒストグラムの作成

各評価因子ごと、それぞれに設定した各カテゴリー(i)ごと、不法投棄が報告された市区町村、全市区町村のそれぞれについて、ヒストグラムを作成・整理した。

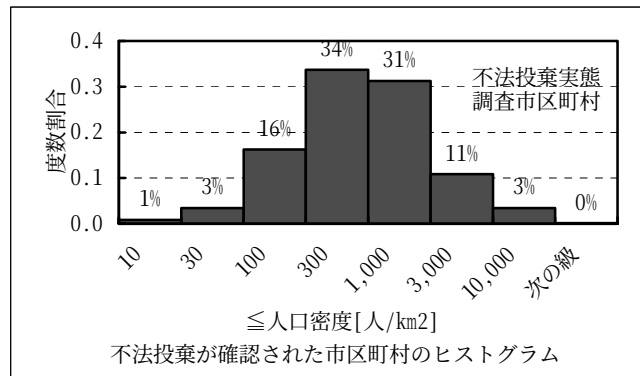


図4-3：不法投棄が確認された市区町村ヒストグラムの例（人口密度）

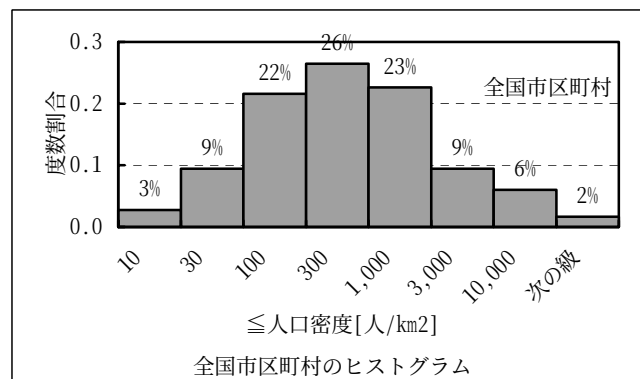


図4-4：全国市区町村ヒストグラムの例（人口密度）

(c) 不法投棄調査報告の相対確率の算出

下記に示すとおり、評価因子ごと、カテゴリー(i)ごとにカテゴリー割合を算出した。

$$\begin{aligned}
 \text{A: 全国市町村の不法投棄報告割合} &= \left[\frac{\text{全国における不法投棄が報告された市区町村数}}{\text{全国市区町村数}} \right] \\
 \text{B: 各評価因子のカテゴリー別の不法投棄報告割合} &= \left[\frac{\text{全国の該当カテゴリーにおける不法投棄が報告された市区町村数}}{\text{当該カテゴリーに属する全国の市区町村数}} \right]
 \end{aligned}$$

さらに下記に示すとおり、不法投棄調査報告の相対確率を算入することで、不法投棄が報告された市区町村と全国市区町村との間で異なる特性が存在するかどうかを確認した。

$$\begin{aligned}
 \text{不法投棄調査報告の相対確率} &= \left[\frac{\text{各評価因子のカテゴリー別の不法投棄報告割合}}{\text{全国市区町村の不法投棄報告割合}} \right] - 1 \\
 &= B/A - 1
 \end{aligned}$$

人口密度を例にすると、カテゴリー区分(i)別の不法投棄報告の割合から求めた相対確率を見れば、人口密度が100～300人/km²、300～1,000人/km²のカテゴリーでの相対確率がそれぞれ、0.27、0.38と高くなっており、不法投棄が発生しやすいことが推測される。逆に、人口密度が10,000人/km²以上のカテゴリーでの相対確率は-0.90と最も低く、不法投棄が起きにくいと推測される。

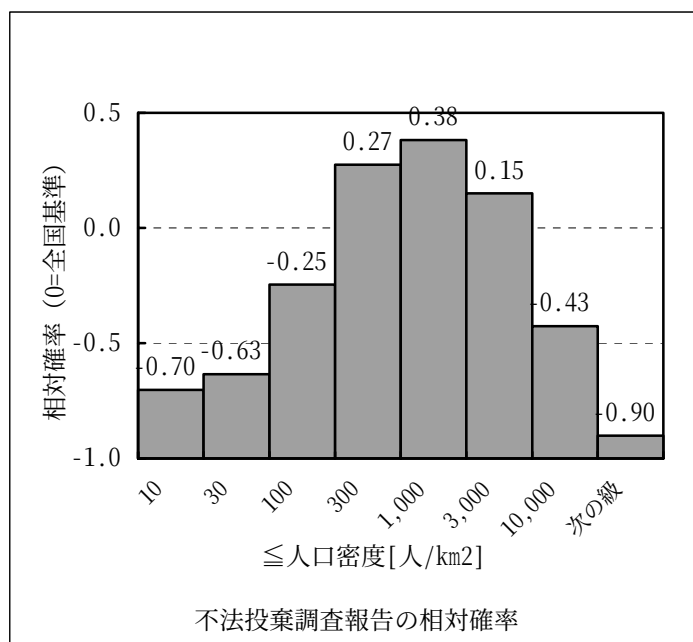


図4-5：不法投棄調査報告の相対確率の例(人口密度)

(d) 素ゾーニングレイヤ¹の作成と検証

評価因子ごと、相対確率に基づいたレベルを表4-3に示すように与えた。このレベルに基づいて素ゾーニングレイヤを作成した。一例として、人口密度の素ゾーニングレイヤ図を図4-6に示す。

表4-3：素ゾーニングレイヤのレベルの設定基準

不法投棄調査報告の相対確率	素ゾーニングレイヤのレベル
~-0.75	0
-0.75~-0.25	1
-0.25~+0.25	2
+0.25~+0.75	3
+0.75~+1.50	4
+1.50~	5

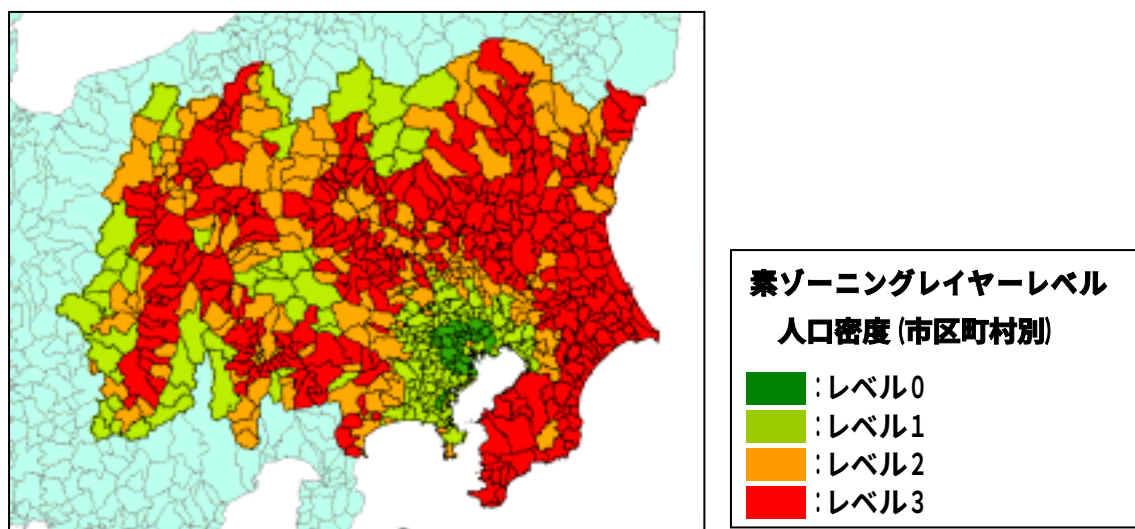


図4-6：素ゾーニングレイヤの例（人口密度）

¹ 素ゾーニングレイヤとは、基本ゾーニングレイヤを構成する単一因子レイヤである。

(3) ゾーニング及びその検証

市区町村単位で、それぞれのゾーニング因子の相対確率の総和をもって基本ゾーニング得点とする基本ゾーニングレイヤを作成した。

次に、関東圏を対象とした圏域レベルの基本ゾーニングを行った上で環境省産業廃棄物不法投棄実態調査データと重ね合わせ、基本ゾーニングレイヤの有用性について検証した。

さらに、環境省産業廃棄物不法投棄実態調査（平成11年度実績及び平成12年度実績）のデータを基本ゾーニング結果にそれぞれ重ね合わせ表示をさせ、不法投棄の発生件数とゾーニングレベルをクロス集計し、的中率等を求め、基本ゾーニングレイヤの有用性について検証した。図4-7に基本ゾーニングレイヤの作成・検証についてのフローを示す。

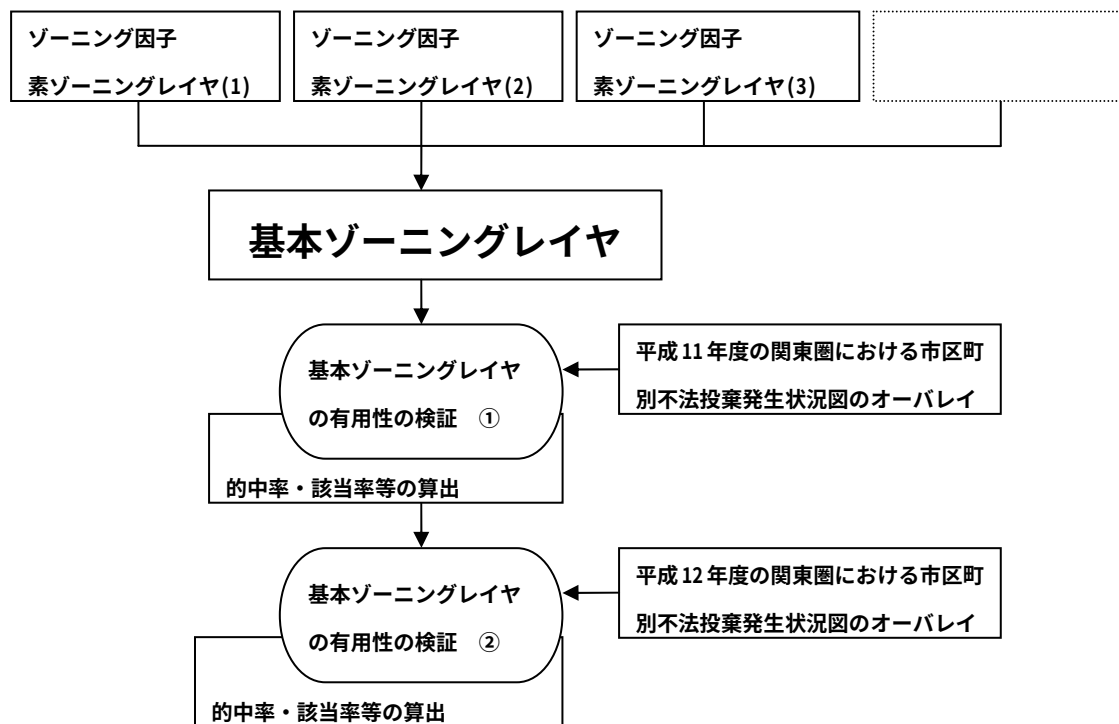


図4-7：基本ゾーニングレイヤの作成・検証フロー

4.1.3 結果

(1) データの整備

表4-2に示した評価因子に関する調査データを市区町村ごとに収集・整理するとともに、市区町村の位置を示す図形データとマッチングさせ、GISデータとして一元的に整備した。

表4-4に整備した圏域レベルデータベースの概要を示す。

表4-4： 圏域レベルデータベースの概要(例：岩手県滝沢村)

分類	項目	例示
キーコード	市町村コード	3305
	都道府県・政令市名	岩手県
	都道府県+市町村	岩手県滝沢村
不法投棄報告	総投棄量(t)の合計	572
	不法投棄の件数	2.0
人口	総人口(H7年) (人)	44,189
	H2年～7年人口増加率 (%)	16
	人口密度 (人/km2)	242
	世帯数 (世帯)	14195
	世帯密度 (世帯/km2)	77.9
	年少人口比 (%)	19.6
	生産年齢人口比 (%)	70.8
	老年人口比 (%)	9.6
	昼夜間人口比 (%)	87
生活基盤	1人当たり所得 (千円)	1,218
	全国平均を100とした所得指標	81
	完全失業者 (人)	720
	失業割合 (%)	3.2
産業	第1次産業割合 (%)	7.6
	第2次産業割合 (%)	26.7
	第3次産業割合 (%)	65.5
	労働者人口 (人)	22,722
	労働力人口就労者数 (人)	22,002
	15歳以上就業者数 (人)	23,077
	就労率 (%)	97
	非労働力人口 (人)	8,543
土地利用特性	住宅地の平均地価	509
	総面積 (km2)	182.3
	役場の標高 (m)	140
	可住地面積比 (%)	47.4
	非可住地面積 (km2)	96
	森林面積比 (%)	42.1
	森林面積 (km2)	77
	原野面積比 (%)	10.5
	耕地面積比 (%)	20.3
	耕地面積 (km2)	28
その他犯罪	犯罪総数(都道府県の値)	13,610
	犯罪率(都道府県の値) (%)	9.6
	検挙件数(都道府県の値)	4,414
	検挙率(都道府県の値) (%)	32.4

(2) ゾーニング因子の抽出

(a) 圏域レベル不法投棄発生地域ゾーニングのための評価因子の絞り込み

GISデータに整備された圏域レベルゾーニングの各評価因子の利活用方針について検討を行い、解析対象とする評価因子の絞り込みを行った。

表4-5：解析対象とした評価因子一覧

大分類	解析対象とした評価因子
人口	総人口
	人口密度(市町村)
	世帯数
	世帯密度
	H2～7年人口増減率
	年少人口(15歳未満)割合
	生産年齢人口(15～64歳)割合
	老年人口(65歳以上)割合
	人口昼夜間比率(夜間=100)
生活基盤	1人当たり所得
	所得指標(所得格差)
	失業率
産業	就業者総数に占める割合(第1次産業)
	就業者総数に占める割合(第2次産業)
	就業者総数に占める割合(第3次産業)
	労働力人口
	非労働力人口
土地利用特性	住宅地の平均地価
	非可住地面積
	森林面積
	原野面積
	耕地面積
その他 犯罪	犯罪件数(都道府県の値) ¹
	検挙件数(都道府県の値) ¹

1 犯罪件数、検挙件数は都道府県別データであるが、因子分析及び相関分析にあたっては値をそのまま用いた。

(b) 因子のグループ化・選定

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4-6(ここでは、固有値1以上となる因子までを示した)に、それぞれの因子間の相関関係を整理した結果を表4-7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6個抽出でき、その内容を見ると、

第1、第5因子……人口、所得にかかわるグループ

第2、第6因子……土地利用にかかわるグループ

第3因子……生活基盤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。しかし、第6因子については、寄与率が4.45%と低いのでこの時点で候補から外すものとする。

表4-6：不法投棄が発生した市区町村の各評価因子を対象とした因子分析結果

	因子1	因子2	因子3	因子4	因子5	因子6
人口対数	0.85	-0.26	0.23	0.02	0.16	-0.11
人口増加	0.43	0.21	-0.02	0.10	-0.55	0.17
人口密度	0.58	0.30	0.23	0.21	0.56	0.02
世帯対数	0.84	-0.28	0.27	0.02	0.19	-0.11
世帯密度	0.56	0.27	0.24	0.20	0.59	0.02
年少人口	0.05	0.12	0.10	-0.14	-0.61	0.06
生産人口	0.84	0.07	0.05	0.31	-0.07	0.01
老年人口	-0.81	-0.12	-0.11	-0.23	0.37	-0.04
昼夜間人	0.15	-0.31	0.09	-0.12	0.23	-0.08
所得	0.77	0.04	-0.25	0.31	0.01	0.12
就労率	-0.16	-0.09	-0.94	-0.06	-0.03	0.12
失業割合	0.16	0.09	0.94	0.06	0.03	-0.12
1次産業	-0.74	-0.04	-0.05	-0.10	0.00	0.05
2次産業	0.02	0.25	-0.47	0.09	-0.07	-0.04
3次産業	0.60	-0.18	0.44	0.00	0.05	0.00
犯罪対数	0.22	0.04	0.06	0.96	0.05	-0.03
検挙対数	0.21	0.11	0.09	0.86	0.05	-0.05
検挙率	-0.16	0.08	0.06	-0.66	-0.03	-0.05
地価対数	0.81	0.13	0.10	0.11	0.07	-0.03
面積対数	0.14	-0.86	-0.06	-0.10	0.02	-0.03
役場標高	-0.05	-0.18	-0.20	-0.05	0.00	0.77
非可住面	-0.02	-0.95	-0.05	-0.01	-0.02	0.04
森林面積	-0.02	-0.95	-0.05	-0.02	-0.02	0.05
耕地面積	-0.03	0.06	-0.16	-0.03	-0.07	0.79
固定値	7.19	3.29	2.57	1.81	1.37	1.07
寄与率(%)	29.94	13.71	10.72	7.54	5.72	4.45

： | 負荷量 | > 0.700

： 0.500 < | 負荷量 | < 0.700

表4-7：全国市区町村の各評価因子を対象とした相関分析結果

	人口対数	人口増加	人口密度	世帯対数	世帯密度	年少人口	生産年齢	老年人口	昼夜間人	所得	就労率	失業率	第1次産	第2次産	第3次産	犯罪対数	検挙対数	検挙率	地価対数
人口対数	1.00	0.20	0.56	0.99	0.53	-0.09	0.68	-0.62	0.06	0.59	-0.34	0.34	-0.58	-0.13	0.58	0.41	0.42	-0.22	0.72
人口増加	p= ---	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.008	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00
人口密度	0.20	1.00	0.00	0.16	-0.03	0.53	0.38	-0.57	-0.11	0.28	0.01	-0.01	-0.28	0.08	0.17	0.16	0.14	-0.13	0.26
人口密度	p=.000	p= ---	p=.967	p=.000	p=.215	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=.571	p=.571	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00
世帯対数	0.56	0.00	1.00	0.58	0.99	-0.36	0.57	-0.42	0.09	0.58	-0.40	0.40	-0.45	-0.16	0.48	0.51	0.55	-0.19	0.67
世帯対数	p=0.00	p=.967	p= ---	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00
世帯密度	0.99	0.16	0.58	1.00	0.56	-0.14	0.67	-0.59	0.08	0.59	-0.37	0.37	-0.58	-0.19	0.62	0.43	0.43	-0.22	0.72
世帯密度	p=0.00	p=.000	p=0.00	p= ---	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00
年少人口	0.53	-0.03	0.99	0.56	1.00	-0.38	0.53	-0.36	0.11	0.56	-0.38	0.38	-0.42	-0.18	0.47	0.49	0.53	-0.18	0.64
年少人口	p=0.00	p=.215	p=0.00	p=0.00	p= ---	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00
生産年齢	-0.09	0.53	-0.36	-0.14	-0.38	1.00	-0.10	-0.30	-0.16	-0.25	0.07	-0.07	0.10	0.14	-0.19	-0.21	-0.22	0.08	-0.17
生産年齢	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p= ---	p=.000	p=0.00	p=.000	p=.002	p=.002	p=.002	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00
老年人口	0.68	0.38	0.57	0.67	0.53	-0.10	1.00	-0.92	0.04	0.79	-0.31	0.31	-0.71	0.02	0.58	0.55	-0.39	0.77	
老年人口	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p= ---	p=0.00	p=.109	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.463	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00
昼夜間人	-0.62	-0.57	-0.42	-0.59	-0.36	-0.30	-0.92	1.00	0.03	-0.66	0.28	-0.28	0.64	-0.07	-0.48	-0.48	-0.45	0.34	-0.67
昼夜間人	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p= ---	p=.169	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.002	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00
所得	0.06	-0.11	0.09	0.08	0.11	-0.16	0.04	0.03	1.00	0.21	-0.02	0.02	-0.06	-0.12	0.14	0.07	0.08	-0.02	0.15
所得	p=.008	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.109	p=.169	p= ---	p=.000	p=.429	p=.429	p=.429	p=.009	p=.000	p=.000	p=.001	p=.000	p=.284	p=.000
就労率	0.59	0.28	0.58	0.59	0.56	-0.25	0.79	-0.66	0.21	1.00	-0.04	0.04	-0.67	0.03	0.53	0.58	0.60	-0.27	0.78
就労率	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p= ---	p=.050	p=.050	p=0.00	p=.211	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00
失業率	-0.34	0.01	-0.40	-0.37	-0.38	0.07	-0.31	0.28	-0.02	1.00	-1.00	0.36	0.21	-0.47	-0.23	-0.24	0.10	-0.33	
失業率	p=0.00	p=.571	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.002	p=0.00	p=0.00	p=.429	p=.050	p= ---	p= ---	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00
第1次産	0.34	-0.01	0.40	0.37	0.38	-0.07	0.31	-0.28	0.02	0.04	-1.00	1.00	-0.36	-0.21	0.47	0.23	0.24	-0.10	0.33
第1次産	p=0.00	p=.571	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.002	p=0.00	p=0.00	p=.429	p=.050	p= ---	p= ---	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00
第2次産	-0.58	-0.28	-0.45	-0.58	-0.42	0.10	-0.71	0.64	-0.06	0.36	-0.36	1.00	-0.25	1.00	-0.64	-0.39	-0.41	0.18	-0.68
第2次産	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.009	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p= ---	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00
第3次産	-0.13	0.08	-0.16	-0.19	-0.18	0.14	0.02	-0.07	-0.12	0.03	0.21	-0.21	-0.25	1.00	-0.58	-0.07	-0.05	0.05	-0.07
第3次産	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.463	p=.002	p=.000	p=.211	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p= ---	p=0.00	p=.001	p=.015	p=.017	p=.002
犯罪対数	0.58	0.17	0.48	0.62	0.47	-0.19	0.58	-0.48	0.14	0.53	-0.47	0.47	-0.64	-0.58	1.00	0.37	0.37	-0.19	0.61
犯罪対数	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p= ---	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00
検挙対数	0.41	0.16	0.51	0.43	0.49	-0.21	0.58	-0.48	0.07	0.58	-0.23	0.23	-0.39	-0.07	0.37	1.00	0.95	-0.65	0.51
検挙対数	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.001	p=0.00	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.001	p=0.00	p= ---	p=0.00	p=0.00	p=0.00
検挙率	0.42	0.14	0.55	0.43	0.53	-0.22	0.55	-0.45	0.08	0.60	-0.24	0.24	-0.41	-0.05	0.37	0.95	1.00	-0.38	0.56
検挙率	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.015	p=0.00	p= ---	p=0.00	p=0.00	p=0.00
地価対数	-0.22	-0.13	-0.19	-0.22	-0.18	0.08	-0.39	0.34	-0.02	-0.27	0.10	-0.10	0.18	0.05	-0.19	-0.65	-0.38	1.00	-0.17
地価対数	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.284	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=.017	p=.000	p=0.00	p= ---	p=.000	p=.000
面積対数	0.72	0.26	0.67	0.72	0.64	-0.17	0.77	-0.67	0.15	0.78	-0.33	0.33	-0.68	-0.07	0.61	0.51	0.56	-0.17	1.00
面積対数	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.002	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p= ---
役場標高	0.10	-0.18	-0.44	0.10	-0.41	0.05	-0.36	0.33	-0.03	-0.32	0.28	-0.28	0.31	-0.13	-0.15	-0.25	-0.31	0.02	-0.38
役場標高	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.000	p=0.00	p=.023	p=0.00	p=0.00	p=.140	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.464	p=0.00
非可住面	-0.20	0.01	-0.18	-0.20	-0.16	0.02	-0.18	0.17	-0.02	-0.05	0.26	-0.26	0.10	0.08	-0.14	-0.16	-0.16	0.09	-0.15
非可住面	p=.000	p=.759	p=.000	p=.000	p=.000	p=.351	p=.000	p=.000	p=.431	p=.014	p=0.00	p=0.00	p=.000	p=.001	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00
森林面積	-0.05	-0.24	-0.25	-0.03	-0.23	-0.07	-0.24	0.26	0.00	-0.23	0.18	-0.18	0.22	-0.16	-0.06	-0.13	-0.21	-0.08	-0.33
森林面積	p=.026	p=.000	p=0.00	p=.197	p=.000	p=.001	p=.000	p=0.00	p=.845	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.006	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00
耕地面積	-0.05	-0.25	-0.25	-0.03	-0.23	-0.08	-0.25	0.27	0.00	-0.24	0.18	-0.18	0.23	-0.15	-0.07	-0.14	-0.21	-0.07	-0.33
耕地面積	p=.019	p=0.00	p=0.00	p=.153	p=.000	p=.000	p=0.00	p=0.00	p=.843	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.002	p=.000	p=.000	p=.002	p=0.00
耕地面積	0.132	-0.028	-0.239	0.12	-0.225	0.132	-0.087	0.034	-0.006	-0.168	0.202	-0.202	0.276	-0.15	-0.11	-0.07	-0.161	-0.147	-0.266
耕地面積	p=.000	p=.204	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.000	p=.124	p=.790	p=.000	p=.000	p=.000	p=0.00	p=.000	p=.000	p=.001	p=.000	p=.000	p=0.00

: R>0.700

: 0.700>R>0.500

表4-8：各因子のグループ化

	共通因子	グループ	ゾーニング因子候補
(a)	1,5	人口、所得	所得、人口密度、第1次産業人口割合
(b)	2	土地利用	非可住地面積
(c)	3	生活基盤	失業率
(d)	4	犯罪	犯罪件数、検挙件数

※第6因子は寄与率が5%未満のため、この時点で棄却。

共通因子を（a）～（d）の4グループに分類し、各グループの中からゾーニング因子として適切な評価因子を検討する。

ア) 第1因子・第5因子

総人口、総世帯数、生産人口割合、老年人口割合、所得、第一次産業人口割合、地価の負荷量が大きく、それぞれの評価因子間の相関関係も認められた。人口、所得に関わる因子群であると言える。

本因子群からは、第1因子から所得、第5因子から人口密度をゾーニング因子（候補）として抽出するとともに、他の評価因子とやや性質が異なる第一次産業人口割合をゾーニング因子候補として抽出する。

イ) 第2因子

総面積、非可住面積、森林面積の負荷量が大きく、それぞれの評価因子間の相関関係も認められる。土地利用に関わる因子群であると言える。

本因子群からは、負荷量が大きく不法投棄の因子として説明しやすい非可住地面積をゾーニング因子候補として抽出する。

ウ) 第3因子

就労率、失業割合の負荷量が大きく、それぞれの評価因子間の相関関係も認められる。生活基盤に関わる因子群であると言える。

本因子群からは、負荷量が大きく不法投棄の因子として説明しやすい失業率をゾーニング因子候補として抽出する。

エ) 第4因子

犯罪件数、検挙件数の負荷量が大きく、それぞれの評価因子間の相関関係も認められる。犯罪に関わる因子群であると言える。しかしながら、ゾーニング因子としての採用については、犯罪件数、検挙件数とも市区町村レベルでの集計結果がなく、基礎情報は都道府県レベルに限定されることから、本業務では採用しないこととした。

(b) ヒストグラムの作成

ゾーニング因子候補として抽出した「1人当たり所得」、「人口密度」、「第一次産業人口割合」、「非可住地面積」、「失業率」の5因子についてヒストグラムを作成した。各評価因子について、それぞれに設定したカテゴリー区分に基づいてヒストグラムを作成し、不法投棄が報告された市区町村、全市区町村別に整理した結果を、図4-8～図4-12に示す。

(c) 不法投棄調査報告との相対確率の算出

ゾーニング因子候補として抽出した「1人当たり所得」、「人口密度」、「第一次産業人口割合」、「非可住地面積」、「失業率」の5因子について不法投棄調査報告との相対確率を、ヒストグラムと同じく図4-8～図4-12に示す。

ア) 1人当たりの所得

図4-8より、1人当たりの所得が750千円以下の市区町村では相対確率が0.30と高く、比較的不法投棄が発生しやすい傾向がある一方で、1人当たりの所得が1,750千円より大きい市区町村では相対確率は-0.58以下と低く、比較的不法投棄が発生しにくい傾向があった。第3章の定性的な検討で「経済性」が不法投棄要因の一つとして抽出できたことに加えて、所得が不法投棄の発生と定量的に関連付けられることが説明できている。

イ) 人口密度

図4-9より、人口密度が100～300人/km²、300～1,000人/km²の市区町村での相対確率がそれぞれ0.27、0.38と高く、比較的不法投棄が発生しやすい傾向がある一方で、人口密度が3,000人/km²より高い市区町村での相対確率は-0.90と低く、比較的不法投棄が発生しにくい傾向があった。つまり、不法投棄監視の目がゆきとどきやすい人口密度の高い市区町村で不法投棄が発生しにくく、不法投棄監視の目がゆきとどきにくい人口密度の比較的低い市区町村で不法投棄が発生しやすいことになる。第3章の定性的な検討で「周辺住民の監視」が不法投棄要因の一つとして抽出できたことに加えて、人口密度が不法投棄の発生と定量的に関連付けられることが説明できている。また、人口密度が30人/km²の以下の市区町村では相対確率が-0.63以下と低いことから、周辺住民の監視がゆきとどかなくても、不法投棄発生源から遠い人口密度がかなり低い市区町村では不法投棄が発生しにくいと考えられた。このことから、人口密度は「交通の利便性が高い」ことも表していると解釈できる。

ウ) 非可住地面積

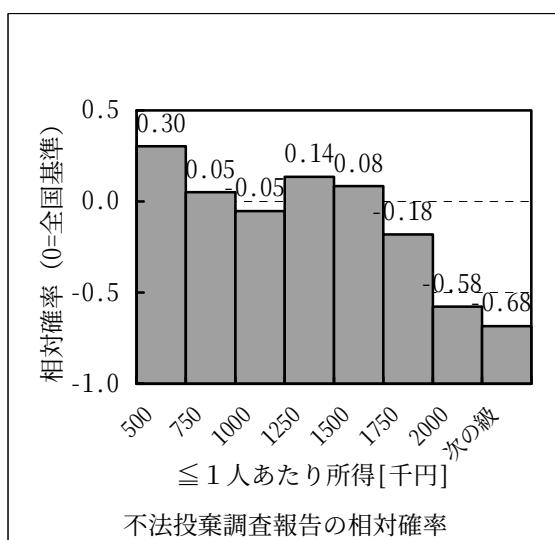
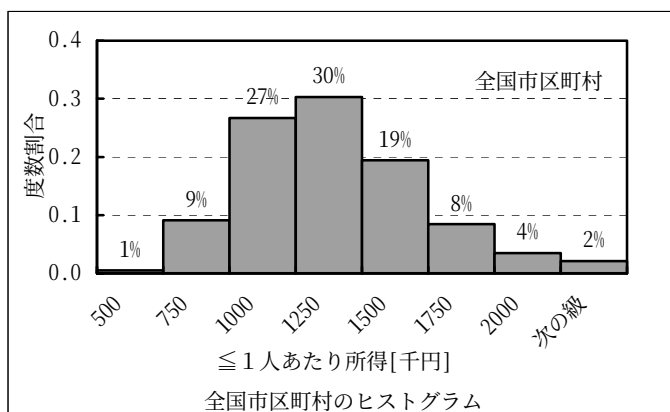
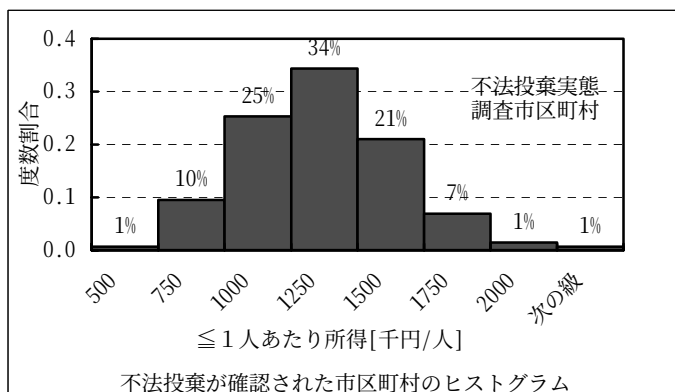
図 4-10 より、非可住地面積が 1 km^2 以下の市区町村で相対確率が $-0.59 \sim -0.74$ と低く、不法投棄が発生しにくい傾向がある一方で、非可住地面積が 1 km^2 より大きい市区町村では相対確率は 0 前後の値をとった。つまり、不法投棄を行える場所が少ない非可住地面積が小さい市区町村で不法投棄が発生しにくいことになる。そして、非可住地が、第 3 章で抽出された「知情性のある地主」、「地形的に見えにくい」、「監視が届かない」、「無管理の土地」などの要因と組み合わせることによって、不法投棄が発生しやすくなるものと考えられた。

エ) 第 1 次産業人口割合

図 4-11 より、第 1 次産業割合が 3%以下の市区町村で相対確率が -0.32 以下と低いが、第 1 次産業割合が 3~20%の市区町村で相対確率が $0.27 \sim 0.12$ と高くなり、さらに第 1 次産業人口割合が 20%以上となると相対確率が -0.06 から -0.21 と低くなった。これは、都心のような第 1 次産業人口割合が小さい市区町村では不法投棄が発生しにくいことを示していると解釈できる。また、第 3 章での定性的な検討で「経済性」が不法投棄要因の一つとして抽出され、第 1 次産業割合が経済性の一指標になると考えたが、3%より第 1 次産業割合が大きくなっても不法投棄が発生しやすくないことから、この因子は経済性以外の要因を表していると考えられた。第 1 次産業割合は、屋外作業にあたる労働人口と解釈することができるので、この割合が大きいほど監視が届きやすいと考えることができる。また、第 1 次産業割合が都市化の程度を示すと考えると、第 1 次産業割合が大きいほど都市部から遠く、投棄物が到達しにくいと考えることができる。

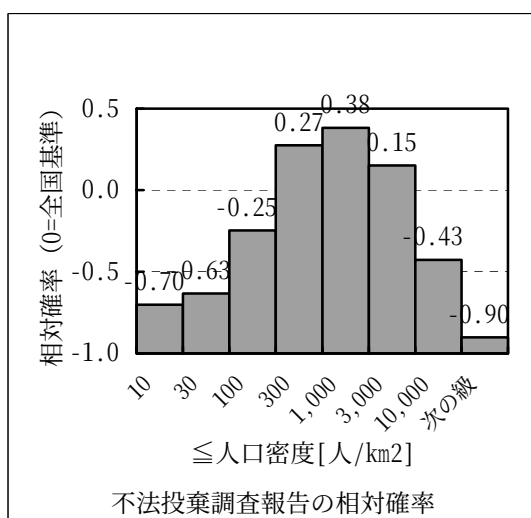
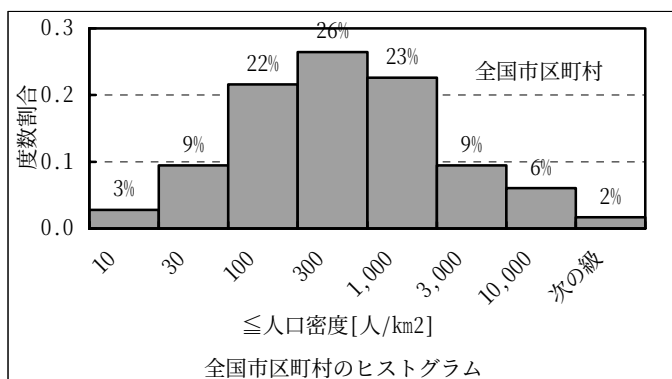
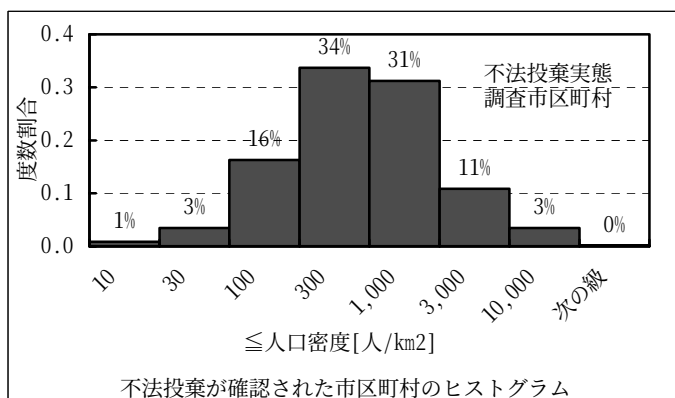
オ) 失業率

図 4-12 より、失業率が 3~6%の市区町村で相対確率が $0.23 \sim 0.38$ と高く、不法投棄が発生しやすい傾向がある一方で、失業率が 2%未満の市区町村、6%より大きい市区町村では相対確率は低く、それぞれ $-0.54 \sim -0.62$ 、 $-0.26 \sim -0.40$ と低くなっており、不法投棄が発生しにくい傾向があった。失業率が 6%より大きい市区町村は、全国の 3 県のみ属しており、これは別の特殊な要因があると考えられる。第 3 章での定性的な検討で「経済性」が不法投棄要因の一つとして抽出できたことに加えて、この因子が不法投棄の発生と定量的に関連付けられることが説明できた。



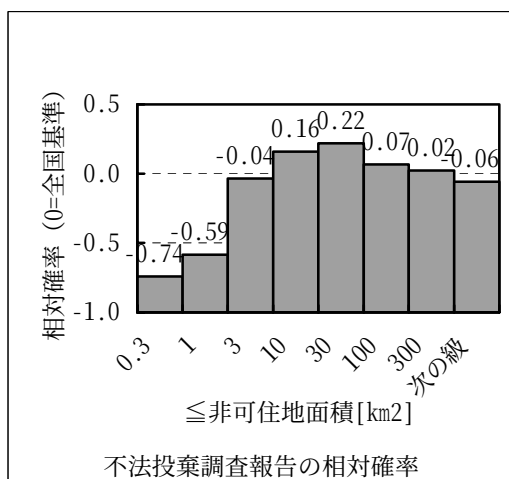
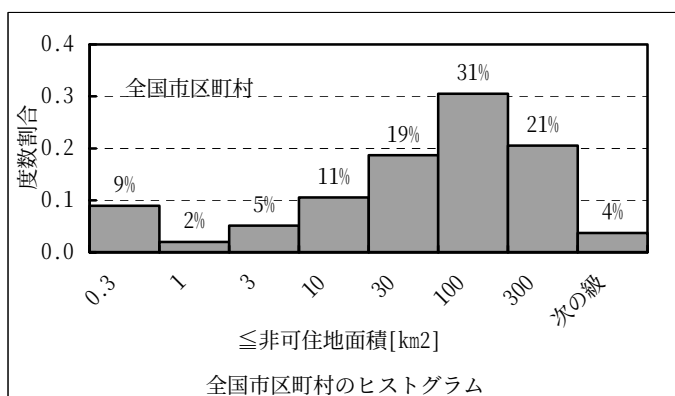
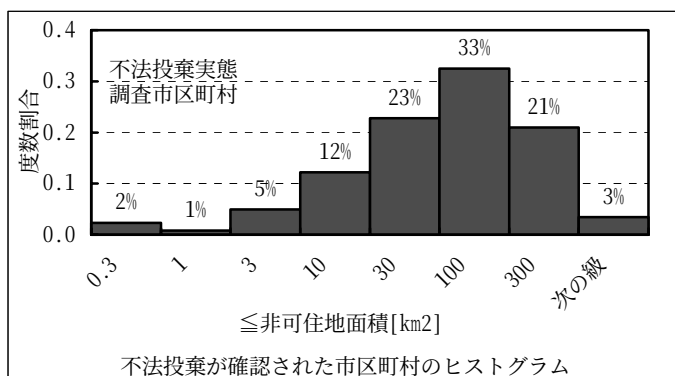
	所得	相対確率	レベル
Ⅲ	500	0.30	3
Ⅱ	750	0.05	2
Ⅰ	1000	-	2
Ⅳ	1250	0.14	2
Ⅴ	1500	0.08	2
Ⅵ	1750	-	2
Ⅶ	2000	-	1
Ⅷ	次の級	0.68	1

図4-8 圏域レベルの素ゾーニング結果（1人当たり所得）



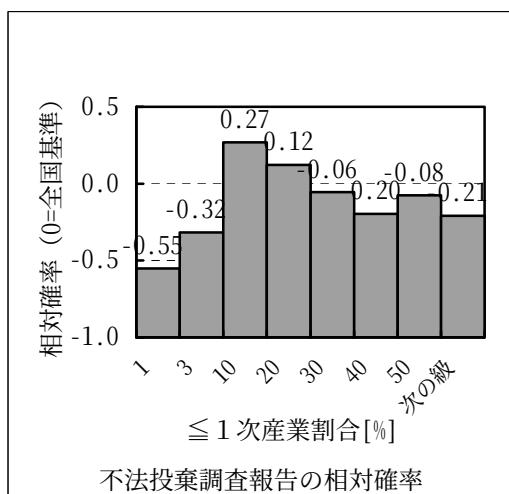
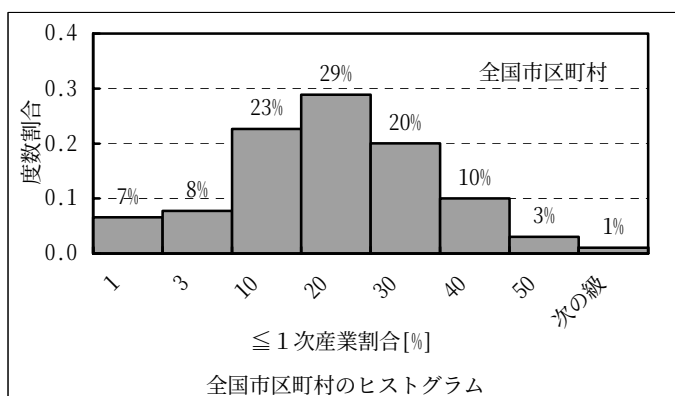
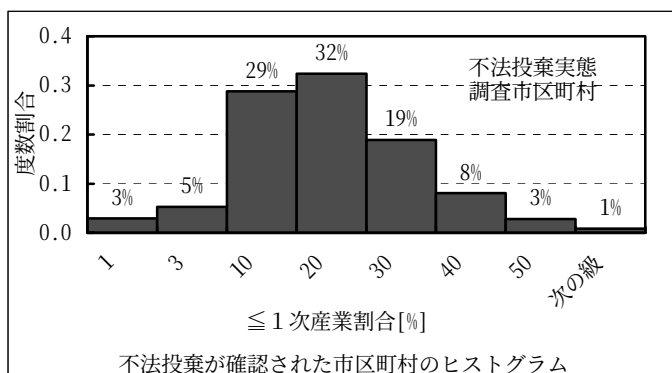
	人口密度	相対確率	レベル
≧	10	- 0.70	1
≧	30	- 0.63	1
≧	100	- 0.25	2
≧	300	0.27	3
≧	1,000	0.38	3
≧	3,000	0.15	2
≧	10,000	- 0.43	1
	次の級	- 0.90	0

図4-9 圏域レベルの素ゾーニング結果（人口密度）



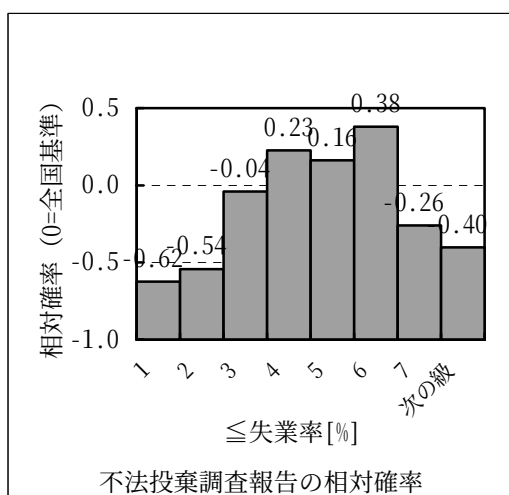
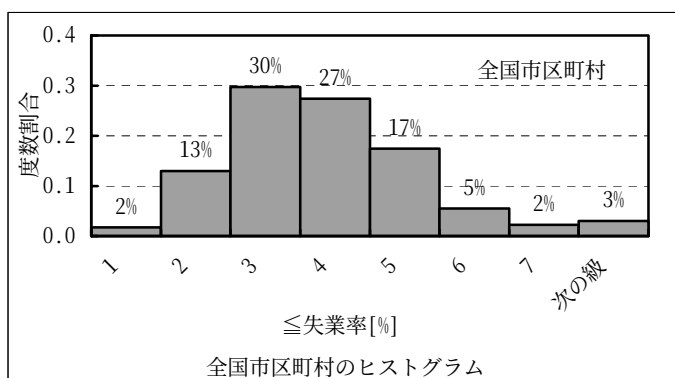
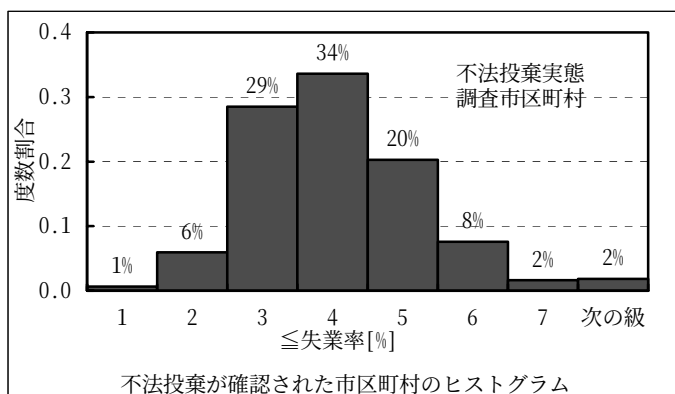
	非可住地面積	相対確率	レベル
Ⅷ	0.3	- 0.74	1
Ⅶ	1	- 0.59	1
Ⅵ	3	- 0.04	2
Ⅴ	10	0.16	2
Ⅳ	30	0.22	2
Ⅲ	100	0.07	2
Ⅱ	300	0.02	2
	次の級	- 0.06	2

図4-10 圏域レベルの素ゾーニング結果（非可住地面積）



	第1次産業	相対確率	レベル
Ⅲ	1	- 0.55	1
Ⅱ	3	- 0.32	1
Ⅰ	10	0.27	3
Ⅳ	20	0.12	2
Ⅴ	30	- 0.06	2
Ⅵ	40	- 0.20	2
Ⅶ	50	- 0.08	2
Ⅷ	次の級	- 0.21	2

図4-11 圏域レベルの素ゾーニング結果（第一次産業人口割合）



	失業率	相対確率	レベル
Ⅶ	1	- 0.62	1
Ⅵ	2	- 0.54	1
Ⅴ	3	- 0.04	2
Ⅳ	4	0.23	2
Ⅲ	5	0.16	2
Ⅱ	6	0.38	3
Ⅰ	7	- 0.26	1
	次の級	- 0.40	1

図4-12 圏域レベルの素ゾーニング結果（失業率）

(d) 素ゾーニングレイヤの作成と検証

ゾーニング因子候補として抽出した「1人当たり所得」、「人口密度」、「第1次産業人口割合」、「非可住地面積」、「失業率」の5因子について素ゾーニングレイヤを作成した。さらに素ゾーニング結果の傾向を見るため、不法投棄発生状況に関する情報（図中に市区町村単位で○印表示した。円の大きさが不法投棄件数の大小を表す）をオーバーレイした結果を図4-13～図4-17に示す。

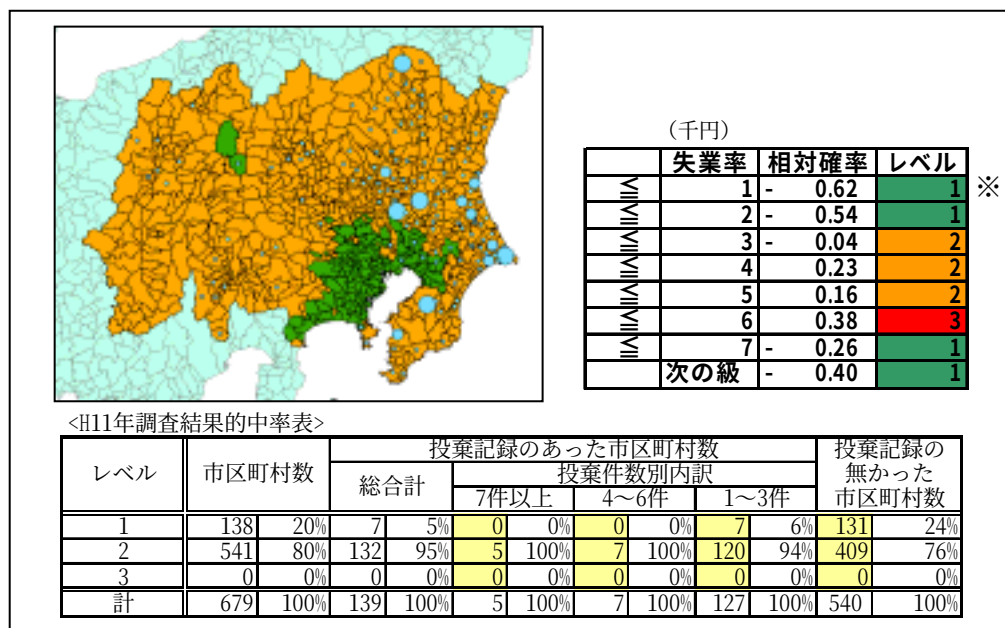


図4-13：素ゾーニングレイヤ図・素ゾーニングレベル表・H11年調査結果の中率表（1人当たり所得）

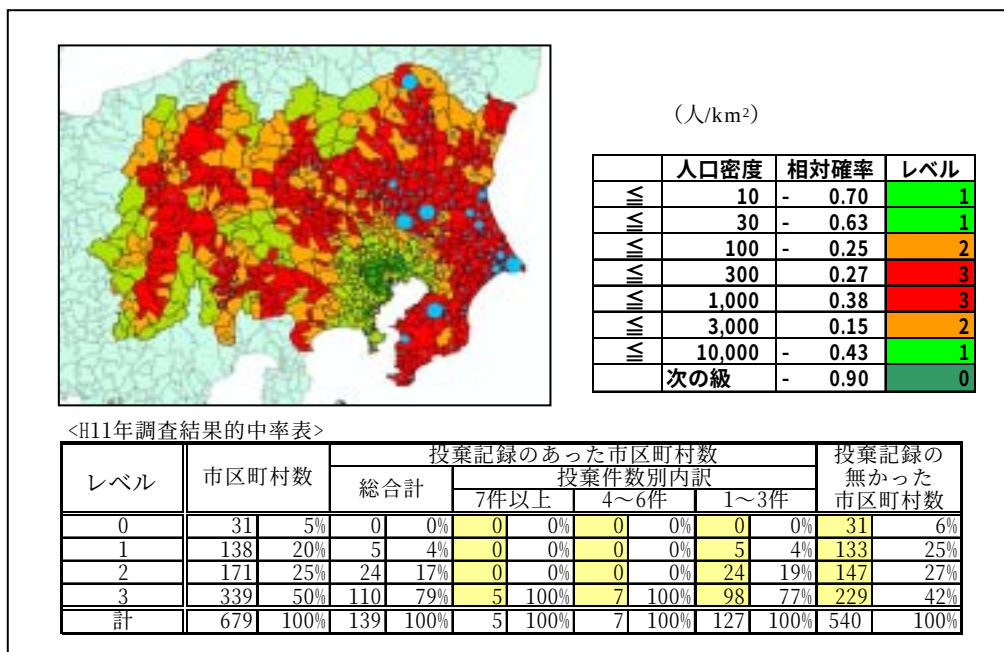
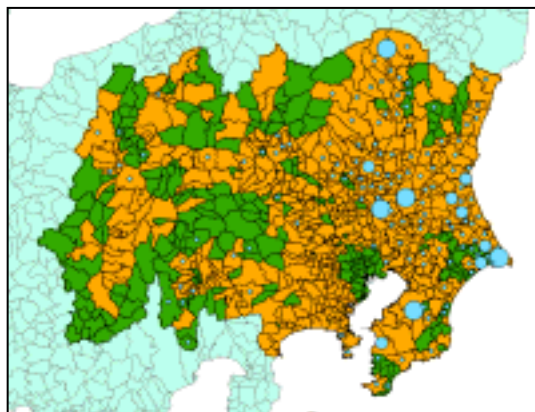


図4-14：素ゾーニングレイヤ図・素ゾーニングレベル表・H11年調査結果の中率表（人口密度）



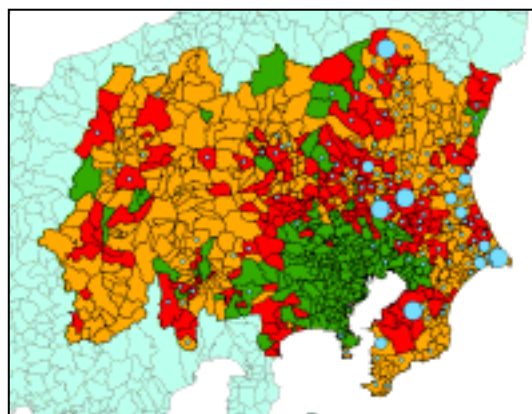
(km²)

	非可住地面積	相対確率	レベル
≡	0.3	- 0.74	1
≡≡	1	- 0.59	1
≡≡≡	3	- 0.04	2
≡≡≡≡	10	0.16	2
≡≡≡≡≡	30	0.22	2
≡≡≡≡≡≡	100	0.07	2
≡≡≡≡≡≡≡	300	0.02	2
	次の級	- 0.06	2

<H11年調査結果的中率表>

レベル	市区町村数		投棄記録のあった市区町村数								投棄記録の 無かった 市区町村数	
			総合計	投棄件数別内訳								
				7件以上		4～6件		1～3件				
0	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%	0	0%
1	230	34%	27	19%	0	0%	0	0%	27	21%	203	38%
2	449	66%	112	81%	5	100%	7	100%	100	79%	337	62%
計	679	100%	139	100%	5	100%	7	100%	127	100%	540	100%

図4-15：素ゾーニングレイヤ図・素ゾーニングレベル表・H11年調査結果的中率表
(非可住地面積)



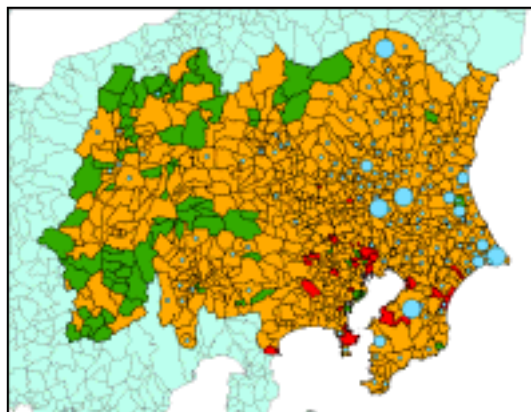
(%)

	第1次産業	相対確率	レベル
≡	1	- 0.55	1
≡≡	3	- 0.32	1
≡≡≡	10	0.27	3
≡≡≡≡	20	0.12	2
≡≡≡≡≡	30	- 0.06	2
≡≡≡≡≡≡	40	- 0.20	2
≡≡≡≡≡≡≡	50	- 0.08	2
	次の級	- 0.21	2

<H11年調査結果的中率表>

レベル	市区町村数		投棄記録のあった市区町村数								投棄記録の 無かった 市区町村数	
			総合計		投棄件数別内訳							
					7件以上		4～6件		1～3件			
1	182	27%	11	8%	0	0%	0	0%	11	9%	171	32%
2	333	49%	80	58%	2	40%	6	86%	72	57%	253	47%
3	164	24%	48	35%	3	60%	1	14%	44	35%	116	21%
計	679	100%	139	100%	5	100%	7	100%	127	100%	540	100%

図4-16：素ゾーニングレイヤ図・素ゾーニングレベル表・H11年調査結果的中率表
(第1次産業人口割合)



基 本

	失業率	相対確率	レベル
Ⅶ	1	- 0.62	1
Ⅵ	2	- 0.54	1
Ⅴ	3	- 0.04	2
Ⅳ	4	0.23	2
Ⅲ	5	0.16	2
Ⅱ	6	0.38	3
Ⅰ	7	0.26	1
	次の級	- 0.40	1

<H11年調査結果的中率表>

レベル	市区町村数		投棄記録のあった市区町村数								投棄記録の 無かった 市区町村数	
			総合計	投棄件数別内訳								
				7件以上		4～6件		1～3件				
1	77	11%	2	1%	0	0%	0	0%	2	2%	75	14%
2	570	84%	136	98%	5	100%	7	100%	124	98%	434	80%
3	32	5%	1	1%	0	0%	0	0%	1	1%	31	6%
計	679	101%	139	100%	5	100%	7	100%	127	100%	540	100%

図4-17：素ゾーニングレイヤ図・素ゾーニングレベル表・H11年調査結果的中率表
(失業率)

1) 1人当たり所得

図 4-13 の的中率をみると、投棄件数が 4 件以上の市区町村の全てが、比較的不法投棄が起こりやすい素ゾーニングレベル 2 に該当しており、素ゾーニングレイヤと不法投棄発生状況も概ね一致する傾向が確認された。素ゾーニングレベル 3 の市区町村は対象とする関東圏域には存在しない。さらに、全国で 1 人当たりの所得の素ゾーニングレベルが 2 である市区町村割合が 80%であるのに対し、投棄記録の報告されている市区町村では 94%が素ゾーニングレベル 2 の区分に含まれている。この率の高まりから、この因子の採用により、不法投棄の発生する市区町村の絞り込み効果があると考えられる。

以上のことから「1 人当たり所得」をゾーニング因子として採用することを確認した。

2) 人口密度

図 4-14 の的中率をみると、投棄件数が 4 件以上の市区町村の全てが、比較的不法投棄が起こりやすい素ゾーニングレベル 3 に該当しており、素ゾーニングレイヤと不法投棄発生状況も概ね一致する傾向が確認された。さらに、全国で人口密度の素ゾーニングレイヤレベルが 3 である市区町村割合が 50%であるのに対し、投棄記録の報告されている市区町村では 79%が素ゾーニングレイヤレベル 3 の区分に含まれている。この率の高まりから、不法投棄の発生する市区町村の絞り込み効果が大きいと考えられる。

以上のことから「人口密度」をゾーニング因子として採用することを確認した。

3) 非可住地面積

図 4-15 より、山間部における市町村で、非可住地面積が小さい市町村が認められた。そこで元データの検証を行ったところ、非可住地面積は森林面積、原野面積、湖沼面積より算出されており、これらのデータ整備が十分でないにもかかわらず、関東全域の非可住地面積を算出しているという問題が発見された。

そこで、「非可住地面積」はゾーニング因子として採用しないこととした。

4) 第1次産業人口割合

図 4-16 の的中率をみると、投棄件数が 4 件以上の市区町村の全てが、比較的不法投棄が起こりやすい素ゾーニングレベル 2 と 3 に該当しており、素ゾーニングレイヤと不法投棄発生状況も概ね一致する傾向が確認された。さらに、全国で第 1 次産業人口割合の素ゾーニングレベルが 2 または 3 である市区町村割合が 73%であるのに対し、投棄記録の報告されている市区町村では 93%が素ゾーニングレベ

ル2または3の区分に含まれる。この率の高まりから、不法投棄の発生する市区町村の絞り込み効果があると考えられる。

以上のことから「第1次産業人口割合」をゾーニング因子として採用することを確認した。

5) 失業率

図4-17の的中率をみると、投棄件数が4件以上の市区町村の全てが、比較的不法投棄が起りやすい素ゾーニングレベル2に該当しており、素ゾーニングレイヤと不法投棄発生状況も概ね一致する傾向が確認された。ただし、素ゾーニングレベル3の市区町村と不法投棄発生状況は今回検討した関東圏域においては必ずしも適切に適合しているとはいえなかったが、全国に汎用的なゾーニングシステムを作成するという目的のため、レベル3の区分について修正・補正を行うことはしなかった。

また、全国で失業率の素ゾーニングレベルが2である市区町村割合が84%であるのに対し、投棄記録の報告されている市区町村では98%が素ゾーニングレベル2の区分に含まれている。この率の高まりから、不法投棄の発生する市区町村の絞り込み効果があると考えられる。

以上のことから「失業率」をゾーニング因子として採用することを確認した。

(3) ゾーニング結果及びその検証

関東圏を基本ゾーニングレイヤの検証区域と位置づけ、前項で検討した5つのゾーニング因子の相対確率の総和である基本ゾーニング得点を自然分類¹に基づき4区分した。レベル1は-3.13~-1.42点、レベル2は-1.41~-0.55点、レベル3は-0.54~0.28点、レベル4は0.29点以上とした。これに基づいて、基本ゾーニングレイヤを作成した。平成11年度、平成12年度における関東圏における不法投棄の発生報告と基本ゾーニング図とのオーバーレイ結果を、図4-18、図4-19に示す。また表4-9、表4-10に各年度の不法投棄発生報告に対する圏域度数ゾーニング的中率表を示す。

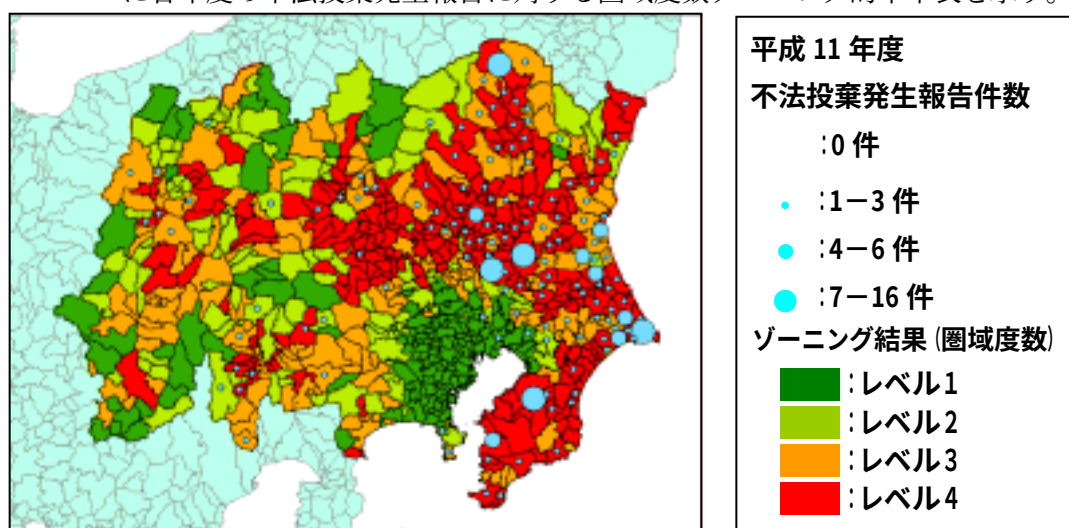


図4-18：不法投棄発生報告（平成11年度）－ゾーニング結果のオーバーレイ検証結果

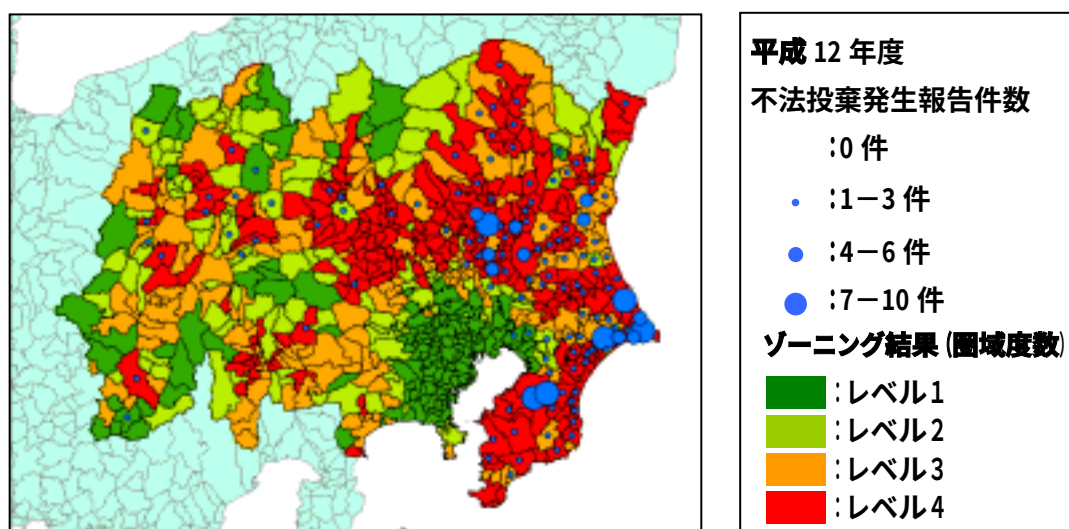


図4-19：不法投棄発生報告（平成12年度）－ゾーニング結果のオーバーレイ検証結果

¹ 自然分類とは、データを値の大きさの順に並べた時に、値の変化量の大きい所で区分を行う方法。5段階区分であれば、値の変化量の大きい方から上位4つまでの所で区分する。

平成11年度、関東圏で不法投棄の発生が報告されている市区町村のうち、4件以上の不法投棄が確認された12市区町村のすべてがレベル3～4に区分された。また、不法投棄の発生が報告されている139市区町村のうち85市区町村（61％）がレベル4に区分され、124市区町村（89％）がレベル3あるいはレベル4に区分された。

一方、レベル1に区分された市区町村のうちわずかに2市区町村で1～3件の不法投棄の発生があったが、4件以上の不法投棄が発生した事例はなかった。

表4-9：圏域度数ゾーニング的中率表（平成11年調査結果）

ゾーニング区分		市区町村数		投棄記録のあった市区町村数								投棄記録の 無かった 市区町村数	
				総合計		投棄件数別内訳							
						7件以上		4～6件		1～3件			
レベル1	-3.13 ～ -1.42	146	22%	2	1%	0	0%	0	0%	2	2%	144	27%
レベル2	-1.41 ～ -0.55	121	18%	13	9%	0	0%	0	0%	13	10%	108	20%
レベル3	-0.54 ～ 0.28	170	25%	39	28%	0	0%	2	29%	37	29%	131	24%
レベル4	0.29 ～ 1.39	242	36%	85	61%	5	100%	5	71%	75	59%	157	29%
計		679	100%	139	100%	5	100%	7	100%	127	100%	540	100%

平成12年度の調査データで検証を重ねると、関東圏では不法投棄の発生が報告されている129市区町村のうち83市区町村（64％）がレベル4に区分され、112市区町村（87％）がレベル3あるいはレベル4に区分された。

一方、レベル1に区分された市区町村のうちわずかに5市区町村で1～3件の不法投棄の発生があったが、4件以上の不法投棄が発生した事例はなかった。

表4-10：圏域度数ゾーニング的中率表（平成12年調査結果）

ゾーニング区分		市区町村数		投棄記録のあった市区町村数								投棄記録の 無かった 市区町村数	
				総合計		投棄件数別内訳							
						7件以上		4～6件		1～3件			
レベル1	-3.13 ～ -1.42	146	22%	5	4%	0	0%	0	0%	5	4%	141	26%
レベル2	-1.41 ～ -0.55	121	18%	12	9%	0	0%	0	0%	12	11%	109	20%
レベル3	-0.54 ～ 0.28	170	25%	29	22%	0	0%	2	20%	27	24%	141	26%
レベル4	0.29 ～ 1.39	242	36%	83	64%	6	100%	8	80%	69	61%	159	29%
計		679	100%	129	100%	6	100%	10	100%	113	100%	550	100%

以上のことから、作成した基本ゾーニングレイヤの中から、レベル4を中心とした監視を行うことで不法投棄発生の65%程度を監視でき、さらにレベル3,4を中心とした監視を行うことで不法投棄発生90%程度を監視できると評価できる。

また、表4-11に示すとおり、平成11年度に不法投棄発生報告がなく、平成12年度に新たに不法投棄発生報告があった58市区町村については、レベル3あるいは4に区分されていた市区町村が45市区町村(78%)に及んだ。基本ゾーニングレイヤでレベル3あるいはレベル4に区分された市区町村は潜在的に不法投棄発生の可能性を内包しているものと考えられた。

表4-11：平成12年度に新たに不法投棄発生が報告された市区町村のゾーニング結果

ゾーニング結果	合計	平成12年度に新たに不法投棄発生が報告された市区町村		
		投棄件数別内訳		
レベル		7 件以上	4～6 件	1～3 件
1	4	0	0	4(6.9%)
2	9	0	0	9(15.5%)
3	12	0	0	12(20.7%)
4	33	0	0	33 (56.9%)
計	58	0	0	58 (100.0%)

4.1.4 まとめ及び今後の展望

本業務を通じて圏域レベルで不法投棄の発生の可能性について、全国一律精度で入手が可能なGISデータのうち主に社会的因子、経済的因子、土地利用的因子に着目して、「人口密度」、「1人当り所得」、「失業率」、「第1次産業割合」の4つのゾーニング因子を選定し、これらを用いて要衛星監視地域のランク付けをするゾーニングレイヤを作成することができた。その結果、最も不法投棄が発生しやすい区分（レベル4）に該当する市区町村を監視することで65%程度、上位2区分（レベル3,4）に該当する区域を監視することで不法投棄が発生した地区町村を監視することで90%程度の不法投棄の発生を予測できた。

4.2 投棄物が到達しやすい市区町村のゾーニング

本節では、不法投棄が起こる可能性があると予測される場所のゾーニングには、不法投棄されやすい場所に廃棄物が到達してはじめて不法投棄が起こるという考え方に基づき、前節の地理・地形的なアプローチと平行して、「不法投棄を誘発する廃棄物が発生する地域」と「廃棄物が不法に到達しうる地域」を物流面からのアプローチによって予測する。

具体的には、首都圏を中心とした1都8県から発生する建設系廃棄物の処理・処分実態を物流面から捉え、不法投棄発生構造に対する仮説から不法投棄物流モデルを作成し、市区町村レベル（以下、圏域レベルと呼ぶ）での投棄物可到達地域のゾーニングを行った。以下、このゾーニングを圏域物流ゾーニングという。

4.2.1 ゾーニング解析方法

県ヒアリング、現地調査時のヒアリングから得た知見を元に、不法投棄発生構造の物流面からの仮説を立て、必要なデータを収集・整備し、物流モデルを作成して圏域レベルの投棄物可到達地域のゾーニングを行う。ネットワークを利用した解析及び事象の空間表現ツールとしてGISを利用する。

(1) 物流モデルとは

本研究でいう不法投棄物流モデルとは、廃棄物の発生場所、発生量、種類等の発生源データと、処理処分施設の位置、能力等の処理先データを地理情報システム（GIS）上で位置情報と関連付けて配置し、これらを移動速度、通行料金等のデータ属性を有する道路ネットワークで結びつけ、必要に応じて委託料金等の関連要因パラメータを導入しながら解析を行い、不法投棄物の起点と経路ならびに到達範囲を推測するものである。

(2) ゾーニング対象の設定

(a) 対象地域

首都圏を中心とした1都8県（茨城県、栃木県、群馬県、埼玉県、千葉県、東京都、神奈川県、山梨県、長野県）をゾーニング対象圏域（以下、「首都圏地域」という）として設定した。計算の過程においては隣接県の影響も考えて、福島県と静岡県からの物流も考慮した。

(b) 対象廃棄物

建設系の廃棄物として含有量の多い、がれき類（廃コンクリート・廃アスファルト）、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、混合廃棄物を対象廃棄物とした。

(3) ゾーニング解析に用いる基礎的情報の収集・整備

(a) 市区町村間距離の推計

圏域レベルでの物流解析のために、各市区町村間の距離を求める必要がある。市区役所、町村役場の所在地を各市区町村の代表点と設定し、それらの点を結ぶ幹線道路経由の距離を市区町村間距離と定義した。距離の算出のために、市区役所、町村役場の所在地データと、首都圏地域の幹線道路ネットワークデータを用意し、GISのネットワーク解析を利用して、幹線道路経由の市区町村間最短距離を算出した。

(b) 建設系産業廃棄物の排出地域と処理先地域の実情把握（アンケート調査）

首都圏を中心とした産業廃棄物の排出・処理の実態を把握するために、首都圏地域内に産業廃棄物の中間処理及び最終処分施設を保有し、主に建設系廃棄物を取り扱う業者を抽出し、当該処理施設における主な受託廃棄物ごとの委託者地域、受託後の処理方法に関する状況をアンケート調査した。アンケート調査は、既存施設の能力等、受託廃棄物の排出・処理状況、処理費用の3分野を郵送による発送・回収により実施した。

(c) 各種既存資料による建設系産業廃棄物の排出地域と処理先地域の実情把握

ア) 市区町村別の排出量の推定

首都圏地域内で排出される建設系産業廃棄物の産業廃棄物の種類別、工事種別（①土木工事、②建築工事、③解体工事（木造系）、④解体工事（非木造系）の4区分）の排出原単位に、平成11年度実績の市区町村別建築着工面積、建物解体面積、工事額、人口等の指標を用いて、市区町村別の排出量を算出した。

イ) 市区町村別の移動対象量の算出

各都県の産業廃棄物実態調査報告書等の結果を基に、排出量に対する委託処理量¹の割合を求め、ア)で算出した排出量にこの割合を乗じることより、市区町村別の移動対象量を算出した。

同様に、中間処理施設へ搬入する量と直接最終処分場へ搬入する量を算出した。更に、中間処理後の残渣物の最終処分場への搬入量を算出した。

¹ 自己処理量と現場内利用量を除く

(4) 不法投棄物流モデルによるゾーニング解析

適正処理される過程において、廃棄物の発生場所から見た場合に、処理施設まで遠い（輸送料金に關係）・受け入れ能力不十分などの問題が存在すれば、適正な処理に必要な委託料金の高騰を招き、相場価格の何分の一にダンピングした業者等による不法投棄を誘発する可能性があるとして推測することができる。

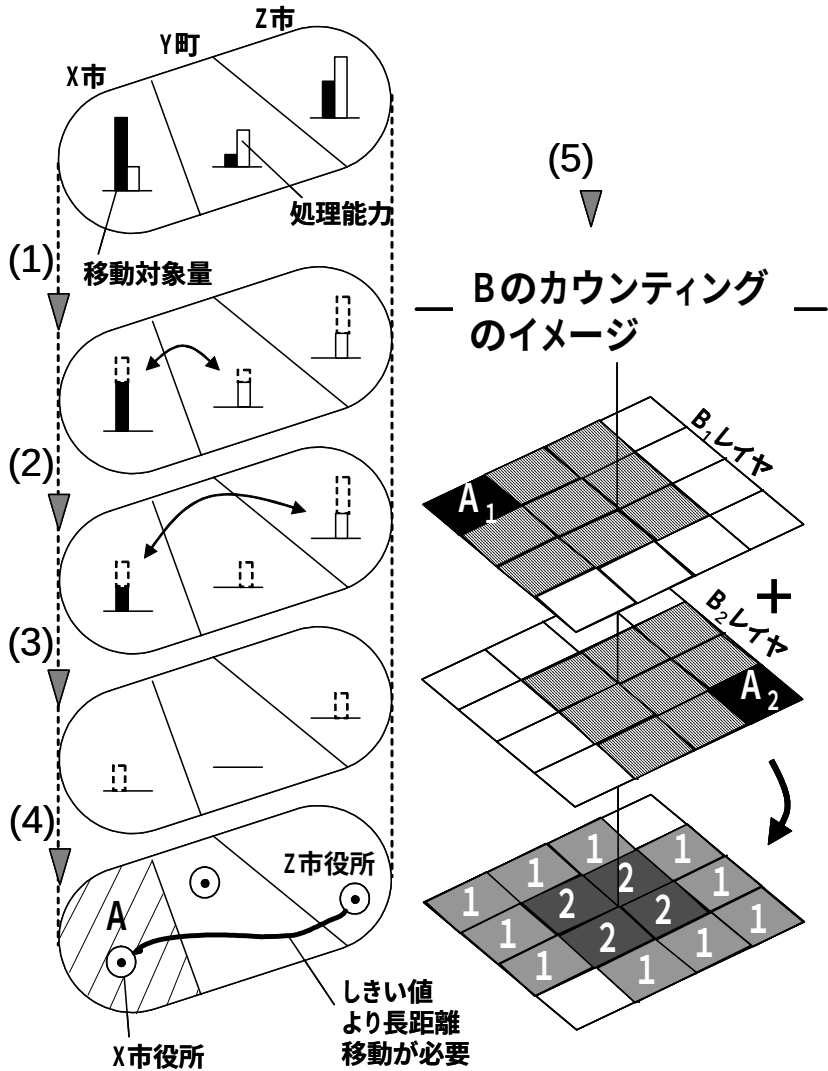
例えば県ヒアリング、現地調査時のヒアリングから、収集運搬業者が排出者から廃棄物を引き受ける際に、収集運搬～中間処理～最終処分まで一括した処理料金で契約しつつも、中間処理せずに廃棄物をそのまま不法投棄する等の事例の知見を得た。こういった事例は、上記のように廃棄物の処理料金が高騰する構造を有する地域から排出される廃棄物において起こりうると考えられる。

この知見に基づき、産業廃棄物の排出源と処理・処分施設の距離關係、及び処理能力の過不足の關係から不法投棄物流モデルを作成し、圏域物流ゾーニングの解析を行った。

以下、不法投棄物流モデルによる具体的な推定方法について述べる。各都県の産業廃棄物処理業者の許可台帳等を基に、中間処理施設と最終処分場の整理を行い、p.68で算出した首都圏地域における各市区町村の産業廃棄物移動対象量がどの地域で処理されるかという物流の推定を行った。

算出は、市区町村ごとに図4-20に示す手順に基づいて行った。

— Aの推定方法 —



- (1) 排出した廃棄物は、第一に排出市区町村の処理能力で処理が行われるとし、全市区町村で処理対象量と処理能力の差を算出した。この計算により、市区町村毎の処理能力の余力及び不足量を算出した。
- (2) 排出市区町村内に処理能力の余力がない場合は、余力がある最寄りの市区町村まで輸送して処理するという形で算出した。
- (3) 処理圏を段階的に広げ、未処理廃棄物量がゼロになるまでの計算を続けた。
- (4) 処理のための移動距離が、処理種類別に定めたしきい値を超える市区町村を「処理のために長距離輸送が必要な市区町村」(Aとする)とした。
- (5) Aの市区町村を中心にしきい値以下の移動距離で到達可能な市区町村を「Aから廃棄物が到達しうる市区町村」(Bとする)とした。この時、いくつかの市区町村から到達可能であるかのカウント数によって、廃棄物が到達し易い市区町村のランク分けを行った。

図4-20：不法投棄物流モデルによる推定方法図解

4.2.2 結果

(1) 建設系産業廃棄物の排出地域と処理先地域の実情把握（アンケート調査）結果

アンケートの回答を得た有効回答データ（739事業場）を廃棄物の種類別、処理方法別、受託者地域別にみると2,930件の回答を得た。このうち、処理施設の立地地域以外の地域から受託した廃棄物は、2,176件であった。

表4-12：アンケート調査の発送・回収状況

発送数	回収数	回収率
2,055	739	36%

処理施設の立地地域（市区町村）以外の地域から受託した廃棄物データ2,176件について、委託者と受託者の地域の関係から廃棄物の移動距離（p.68の市区町村間距離による）をみると、表4-13、図4-21のとおりであった。

平均移動距離を処理方式別にみると、埋立処分目的が69kmとなっており、中間処理目的に比べて約2倍であった。これは、最終処分場が不足している現状を表しているものと思われる。

中間処理目的の平均移動距離をみると、焼却目的が36kmであり、他の中間処理に比べて約10km程度距離が長かった。これは、昨今のダイオキシン類削減対策に基づく小型焼却炉の規制強化による焼却施設の減少も影響しているものと推測される。

表 4-13：処理業者のアンケート調査に基づく移動距離

		(単位：km)							総計
		1)がれき 類	2)汚泥	3)混廃	4)金属	5)廃プラ	6)木くず	7)他可燃	
埋立	平均移動距離	65	58	84	15	72	104		69
	サンプル数(n)	(48)	(25)	(26)	(5)	(22)	(7)		(133)
	最大移動距離	210	217	234	20	328	104		328
焼却	平均移動距離		230	39		70	30	34	36
	サンプル数(n)		(1)	(5)		(22)	(167)	(8)	(203)
	最大移動距離		230	76		234	217	106	234
選別	平均移動距離	37		22	24	22	10		24
	サンプル数(n)	(9)		(43)	(95)	(19)	(3)		(169)
	最大移動距離	74		109	149	58	16		149
選別焼却	平均移動距離			26		46	20		27
	サンプル数(n)			(58)		(5)	(11)		(74)
	最大移動距離			121		96	37		121
破碎	平均移動距離	24	25	36	30	36	29	124	26
	サンプル数(n)	(1119)	(1)	(109)	(61)	(70)	(97)	(2)	(1459)
	最大移動距離	252	25	193	171	217	153	212	252
脱水乾燥	平均移動距離		26						26
	サンプル数(n)		(81)						(81)
	最大移動距離		116						116
その他	平均移動距離	14	43	20		18	21		19
	サンプル数(n)	(21)	(3)	(24)		(4)	(5)		(57)
	最大移動距離	24	103	68		24	28		103
総計	平均移動距離	25	35	35	26	45	31	52	29
	サンプル数(n)	(1197)	(111)	(265)	(161)	(142)	(290)	(10)	(2176)
	最大移動距離	252	230	234	171	328	217	212	328

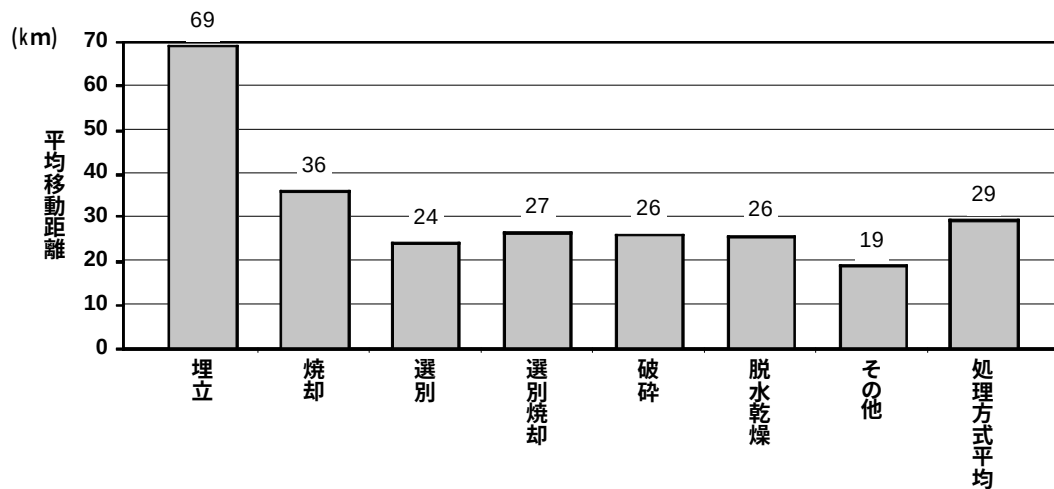


図 4-21：処理業者のアンケート調査に基づく処理方式別の移動距離平均

(2) 市区町村別の移動対象量の推定結果

排出量に対する委託処理率、中間処理施設への搬入率と直接、あるいは中間処理後の残渣物の最終処分場への搬入率を算出した。結果を表4-14に示す。

表 4-14：建設系廃棄物の排出量に対する各処理量の割合（％）

	汚泥	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	コンクリート片	廃アスファルト	混合廃棄物
①委託処理率	84.4	99.3	91.8	88.6	91.1	93.4	98.9	96.9	95.4	96.7
②中間処理施設へ搬入される率	80.1	90.8	88.7	86.6	89.1	91.1	86.2	95.2	94.8	87.7
③脱水施設	80.1									
④破碎施設 ※1						54.6	86.2	95.2	94.8	61.4
⑤焼却施設 ※2		54.4	53.2	52.0	53.5					26.3
⑥中間処理後最終処分場へ搬入される率 ※3	8.0	9.1	4.4	4.3	4.5	1.8	8.6	6.7	2.8	8.8
⑦直接最終処分場へ搬入される率	4.4	8.5	3.1	2.0	2.0	2.3	12.7	1.7	0.6	9.0

※1：②と④の差（金属くず）はリサイクル率である。

※2：②と⑤の差（混合廃棄物を除く）はリサイクル率である。

※3：中間処理により減量化・リサイクルされた後の残渣率である。

脱水、破碎処理後の残渣は一部リサイクルされる。焼却残渣はリサイクルしない。

次に、各市区町村別の建設系廃棄物の推計発生量に上述の委託処理率を乗じることによって移動対象量を算出した。

図4-22に代表的な建設系廃棄物の例として、中間処理するコンクリートの市区町村別移動対象量推定結果を示す。各都県では都市部において、また首都圏地域全体で見ると東京湾周辺部において特に移動対象量が大きいことがわかる。東京湾周辺部で集中的に発生したコンクリートは主に近隣の間処理施設で破碎された後、再生骨材としてリサイクルされる大部分を除いた残りが最終処分場に輸送されるが、埋立て能力が埋立て対象量に対して不足している場合には最終処分場を求めて長距離輸送を余儀なくされることが予想される。

図4-23は最終処分場の空間的分布状況を示したものである。首都圏地域では産業廃棄物最終処分場が立地している市区町村割合が少ないことに加え、ある程度の広さの地域内に立地が偏っている様子がわかる。

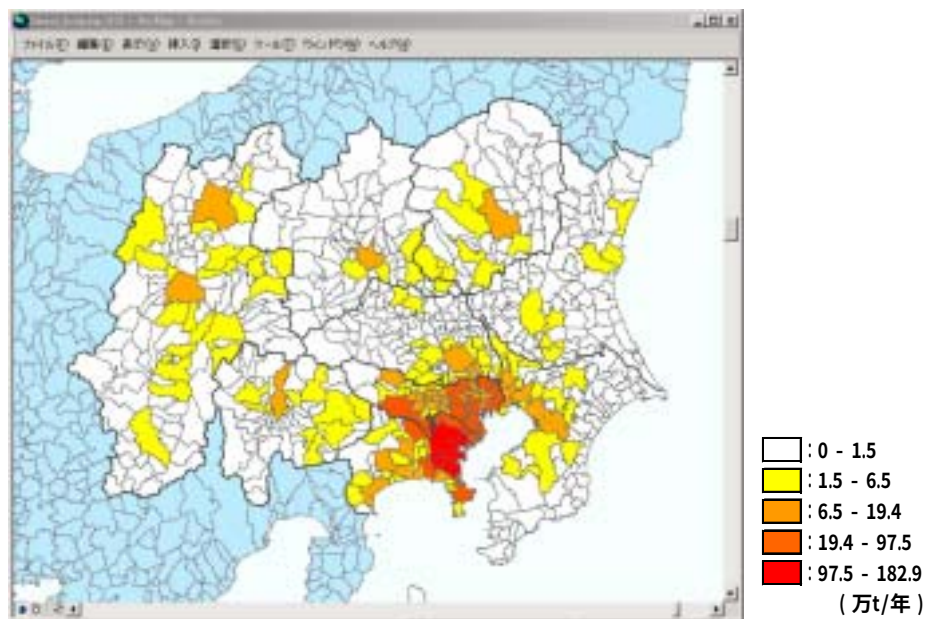


図4-22：平成11年度における市区町村別中間処理するコンクリート移動対象量推定結果

なお、参考として、各都県の産業廃棄物処理業者の許可台帳等を基に、中間処理施設と最終処分場の整理を行った結果の概略を図4-24、図4.25に示した。

各都県の産業廃棄物処理業者の許可台帳等を基に、中間処理施設と最終処分場の整理を行った結果、首都圏地域の809市区町村（島嶼部を除く）のうち、焼却施設が立地していない市区町村は全体の68%となっている。同様に破碎施設は53%、脱水施設は87%、最終処分場は83%の市区町村で立地していない。

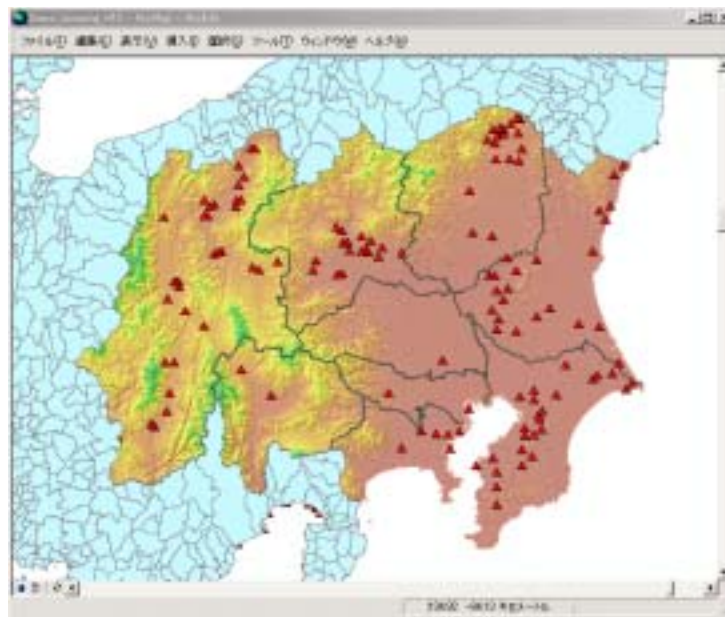


図 4-23：首都圏地域における産業廃棄物処分場の空間的分布状況 ▲最終処分場

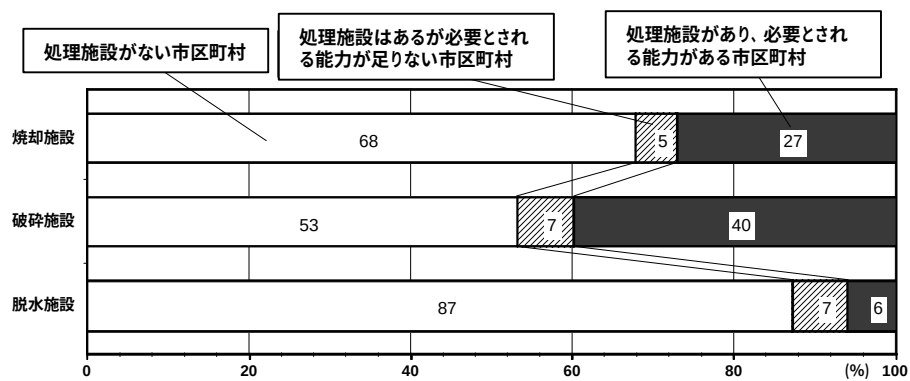


図 4-24：首都圏地域における産業廃棄物中間処理施設の整備状況

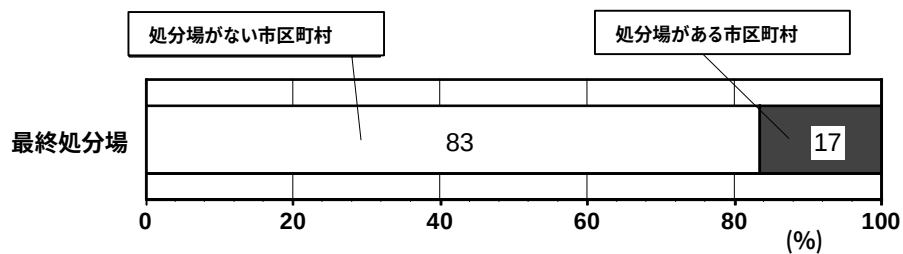


図 4-25：首都圏地域における産業廃棄物最終処分場の整備状況

(3) 投棄物の可到達地域の推定結果

図4-20に示した手順の計算を行うことにより、各市区町村の廃棄物が適正に処理・処分されるために移動しなければならない距離が算出された。処理業者アンケートで得られた最終埋立処分の移動距離データ(n=133)のヒストグラムを図4-26に示した。ヒストグラムから、データが大まかに140kmを境として「短～中距離」と「長距離」に分かれると判断し、138kmのデータ値をしきい値として設定した。また138kmは上記データの平均値(=69km)の2倍に相当する。しきい値より長距離移動しなければ埋立処分が完結しない市区町村を「埋立処分のために長距離輸送が必要な市区町村(=A)」とし、図4-27に示した。これらの市区町村数はしきい値が大きくなるほど減少する。

今後、各市区町村をAとして判定するか否かの判定基準となるしきい値をどのように設定するかについて、さらに多くの観点からの検討が必要である。

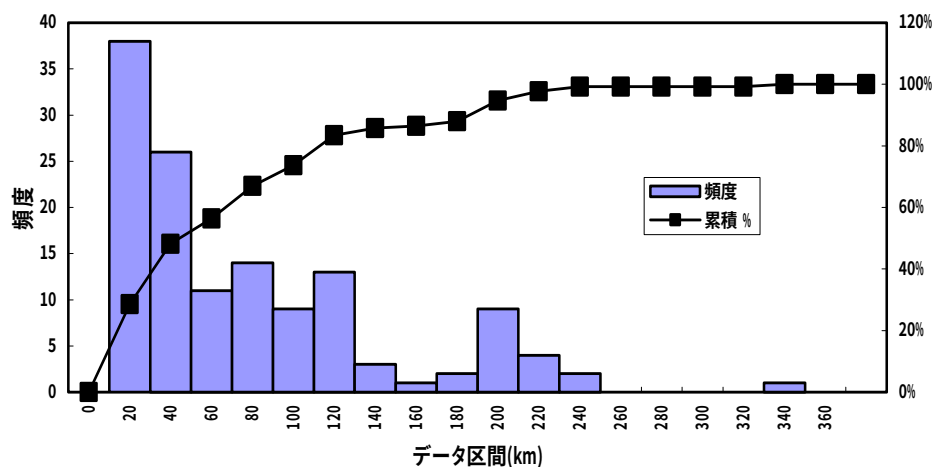


図 4-26：処理業者アンケート埋立処分の移動距離データ結果のヒストグラム

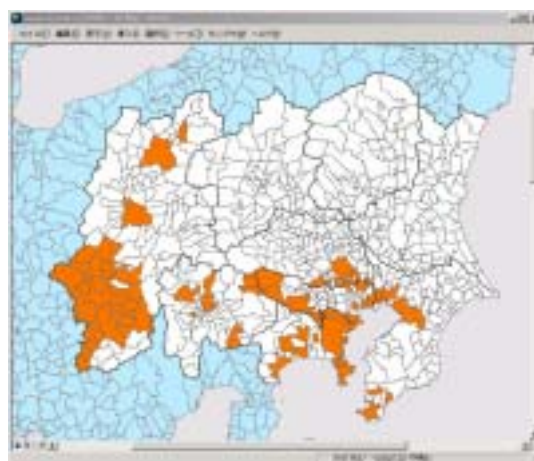


図 4-27：埋立処分のために長距離輸送が必要な市区町村のゾーニング結果

平均移動距離の 2.0 倍以上輸送しなければ処分が完結しない市区町村

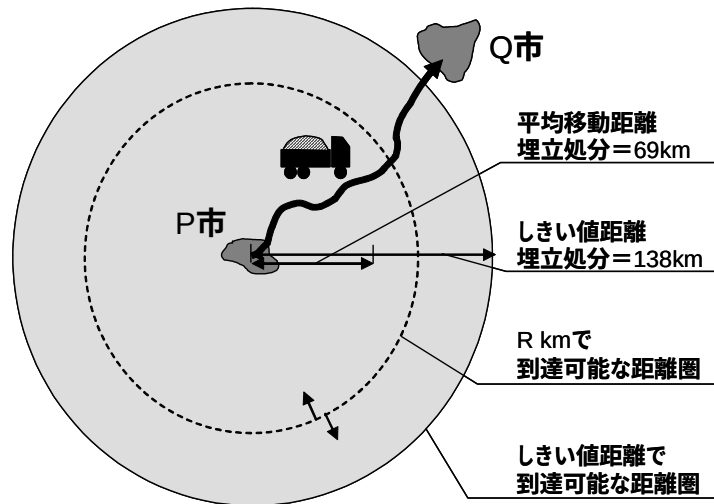


図 4-28：埋立処分物における不法投棄の可到達圏の考え方

図4-28は図4-20を埋立処分物について具体的に示したものである。P市の廃棄物がQ市において適正に埋立処分完了となり、その輸送距離がしきい値以上である時に、P市は埋立処分のために長距離輸送が必要な市区町村であるのでAに該当する。P市の廃棄物の委託処分を請負いながら、これを不法に投棄しようとする者にとって、適正処分のために必要な輸送距離に対してどれだけの距離圏を投棄場所として想定するかを、P市を中心に放射状の広がりとして考える。輸送距離は短ければ短いほど輸送費は安く、移動時間もかからないので、できるだけP市から近い距離圏での投棄を優先すると考えるのが妥当であろう

（※ただし安全、確実に投棄できるような場所が用意されており、かつ投棄者の考える輸送コストの制限条件もクリアしているような場合には、長距離の輸送が行われる可能性もある）。その距離圏を仮にP市から幹線道路経由の市区町村距離でR km以内で到達できる範囲とした場合に、図4-28で到達圏を模式的に示した点線の円内は「P市からの不法投棄物の可到達圏」であり、到達圏内の市区町村は「P市からの不法投棄物が到達しうる市区町村（＝B）」と考えることができる。

ただし圏域レベルで不法投棄が起こるかどうかについては、物流モデルで表す「廃棄物が到達しうる市区町村」と4.1の「不法投棄が発生しやすい市区町村のゾーニング」を併せて判断しなければならない。

図4-27において、Aに該当するそれぞれの市区町村に対するBのレイヤを重ね合わせてカウンティングを行った結果を図4-29に示した。到達可能距離は後に比較する図4-30との区別のつけやすさの点から、暫定的に90kmとして計算した。カウント数の分類法は、等間隔分類法や各クラスで市区町村数と同じになる等量分類法などあるが、視覚的な分かりやすさを優先して、自然分類法を用いた。カウント数はゼロ及び4段階の自然分類を加えた計5段階にランク付けし、色の塗り分けにより分類表示した。濃い赤色で表示されている市区町村ほど、廃棄物が不法に到達する機会の多い市区町村とすることができる。この考

えに従い、図4-27でAに該当する市区町村は、「Aを含めた周辺の市区町村での不法投棄を誘発する廃棄物が発生する可能性がある」と考えることができる。

図4-29では東京、神奈川、埼玉など東京湾周辺部の都県を中心として、適正処分されるまでに長距離輸送を必要とする廃棄物が不法に到達する機会が多い地域範囲として示されている。このようなカウンティングの結果は、しきい値の設定や廃棄物が到達しそうな距離圏の設定により変化するので、より適切なゾーニング結果を得るための設定条件に影響を及ぼす因子について検討してゆく必要がある。

なお長野県に廃棄物到達機会が多く示されているが、その原因の一つには、長野県に隣接する県（岐阜県、新潟県など。静岡県は考慮している）を対象県として加えていないために、長野県で発生する廃棄物の市町村外処分能力が過小評価されていることが挙げられる。一方、対象地域の北部ではカウント数が少ない結果となっているが、茨城県、栃木県、群馬県の一部に隣接する福島県については計算を行っているので、ある程度対象都県選定の妥当性は保たれているとして良いと考える。長野県、群馬県の一部に隣接する新潟県は考慮していないが、地形的な条件等もあり、関東圏からの廃棄物物流は少ないであろうという見込みから、対象県から外した。

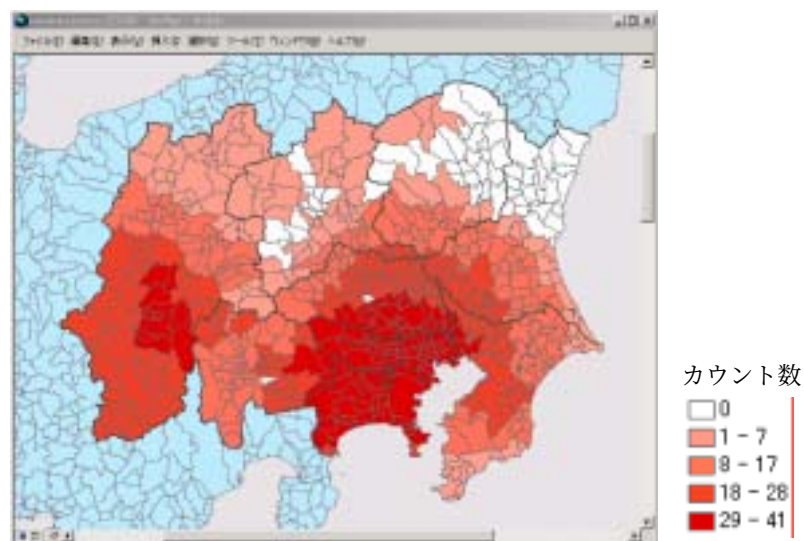


図 4-29：しきい値距離以上輸送しなければ処分が完結しない市区町村からの 90km 可到達圏内市区町村カウント結果

廃棄物が不法に到達しそうな距離圏は、今後様々な要因により広がってゆくことが予想される。そこで物流要因からこの影響を予測するために、図4-29に対して、廃棄物が不法に到達しそうな距離圏の最大移動距離を、90kmからしきい値と同じ138kmに広げた結果を図4-30に示した。Aに該当する市区町村数は図4-29と同じであるが、投棄物到達範囲の拡大により、全体的なカウント数の増加があり、また相対的にカウント数が最も高い地域が山梨県に移動した。

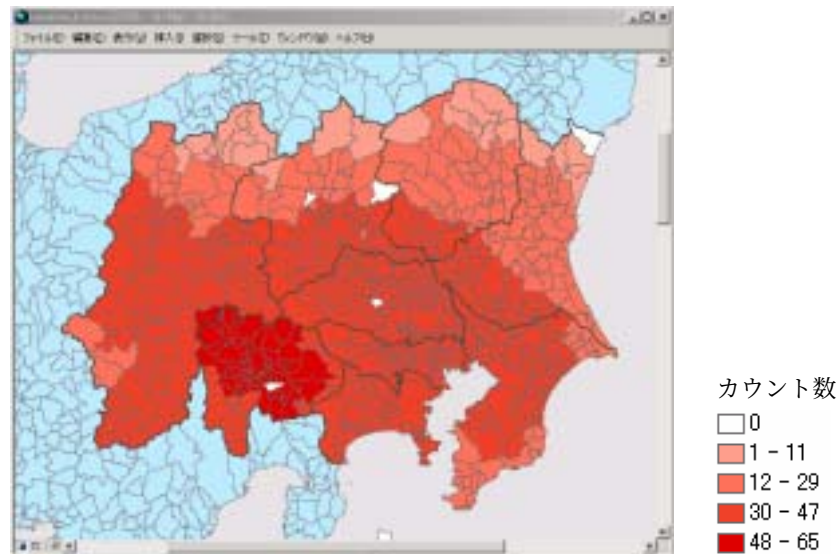


図 4-30：しきい値距離以上輸送しなければ処分が完結しない市区町村からの 138km 可到達圏内市区町村カウント結果

図4-29と図4-30を比較したときに、カウント増加数が多い市区町村を図示したものが図4-31である。東京や山梨、長野からの到達距離圏が重なる群馬県南部や山梨県などで増加数が多い結果となった。

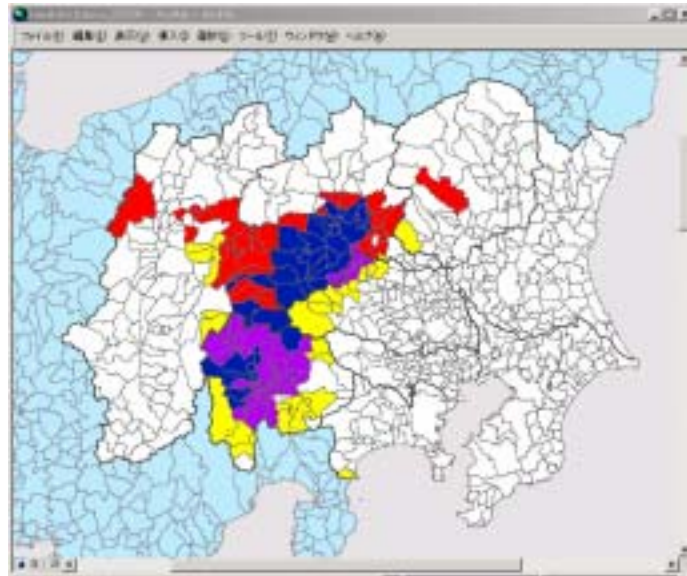


図 4-31：カウント増加数の大きい市区町村結果

- 増加数の大きい上位 10%の市区町村の内、増加率が上位 50%以上の市区町村
- 増加数の大きい上位 10%の市区町村の内、増加率が上位 50%未満の市区町村
- 増加数の大きい上位 10~20%の市区町村の内、増加率が上位 50%以上の市区町村
- 増加数の大きい上位 10~20%の市区町村の内、増加率が上位 50%未満の市区町村

本結果を、他の処理方式（焼却、破碎、脱水）による推定結果と併せて、実際に過去不法投棄の起こった市区町村のデータによりモデルの妥当性の検討を行った。平成11,12年度の不法投棄実態調査結果（環境省）によると、関東圏では千葉県や茨城県、栃木県等で多くの不法投棄事例が報告されている。図4-29の結果では東京湾周辺地域がカウント数の高い地域として示されたが、実際過去に不法投棄の起こった場所を一部含んではいるものの、その全てを含んだゾーニングとなっていない点で、まだ不十分であると言える。また図4-30についても実態をうまく表現できていないのであるが、山梨県でカウント数の高い地域が見られることは示唆的である。山梨県自体の廃棄物の発生量が少ないことも一因であると考えられるものの、この地域は東京都など廃棄量の大きい地域から遠くない位置にあるにも関わらず、不法投棄の報告件数は比較的少ない。ゾーニングは過去に不法投棄の起こった場所を再現するだけでなく、まだ不法投棄が起きていないものの、今後起こる可能性のある場所を含めて示すことが求められる。その観点から、この地域が潜在的

に不法投棄の起こりやすさを有しているかどうかの検討を、コスト面からのアクセスのし易さなどから判断してゆくことが求められると考える。

また、人口密度が高く人目につきやすい都市部のような場所は、不法投棄は難しいことから、ゾーニング結果として除かれているべきであるが、圏域物流ゾーニング解析では、モデルの設定上、そのような場所を含めた解析結果が示されるので、不法投棄の起こる可能性のある場所のゾーニングとするには、地理的・社会的条件からの絞込みも考え合わせて判断する必要がある。

ただし、現段階での圏域物流ゾーニング方法の問題点として、面積の小さな市区町村が密集している地域では、市区町村間距離が短いので、Aに該当する市区町村が存在した場合に、Bに重複して該当する市区町村が多くなることで、ランク度が高い結果を与えることが挙げられる。今後、市区町村単位の地域からの廃棄物到達機会数に加えて、廃棄物の到達量による評価も併せて行う必要がある。

また、移動時間や委託処理費用など、さらに多様な影響因子を考慮することも今後の課題として挙げられる。

4.2.3 まとめと今後の展望

本節では、産業廃棄物業者へのアンケート等により物流情報の基礎的情報を整備するとともに、不法投棄の物流面に着目した「不法投棄を誘発する廃棄物が発生する地域」と「廃棄物が不法に到達しうる地域」のゾーニングを行い、不法投棄物流モデルを用いた投棄物が到達しやすい市区町村のゾーニングの一つの方法論を示した。

なお、今回検討した物流モデルは排出源側から見た投棄心理の想定シナリオに基づいたものであるが、物流面から不法投棄行動を考えた場合に、他にも中間処理施設が不法投棄物流の出発点となる場合や、移動時間や委託処理費用などを考慮したモデルなど、様々な状況を想定した検討について候補が挙げられる。

そのため、今後の課題としては、廃棄物の到達量の評価を行うこと、廃棄物輸送に時間距離的な考え方を織り込むこと、委託料金等を考慮したシナリオの検討、中間処理施設が不法投棄物流の出発点である場合や投棄場所に着目したシナリオの検討などを引き続き行い、不法投棄物流モデルの実用性を高めてゆくことが挙げられる。

4.3 不法投棄が発生しやすい地点のゾーニング

4.3.1 目的

本節では全国的に入手可能な基礎情報を用いて、不法投棄が報告された地点に共通する地理的、社会的条件等の各種因子を解析し、不法投棄が発生しやすい地点の条件を25mメッシュレベル（以下、現場レベルという）で明らかにすることを目的とする。以下このゾーニングを現場度数ゾーニングという。

4.3.2 方法

現場度数ゾーニングの手順を図4-32に示す。

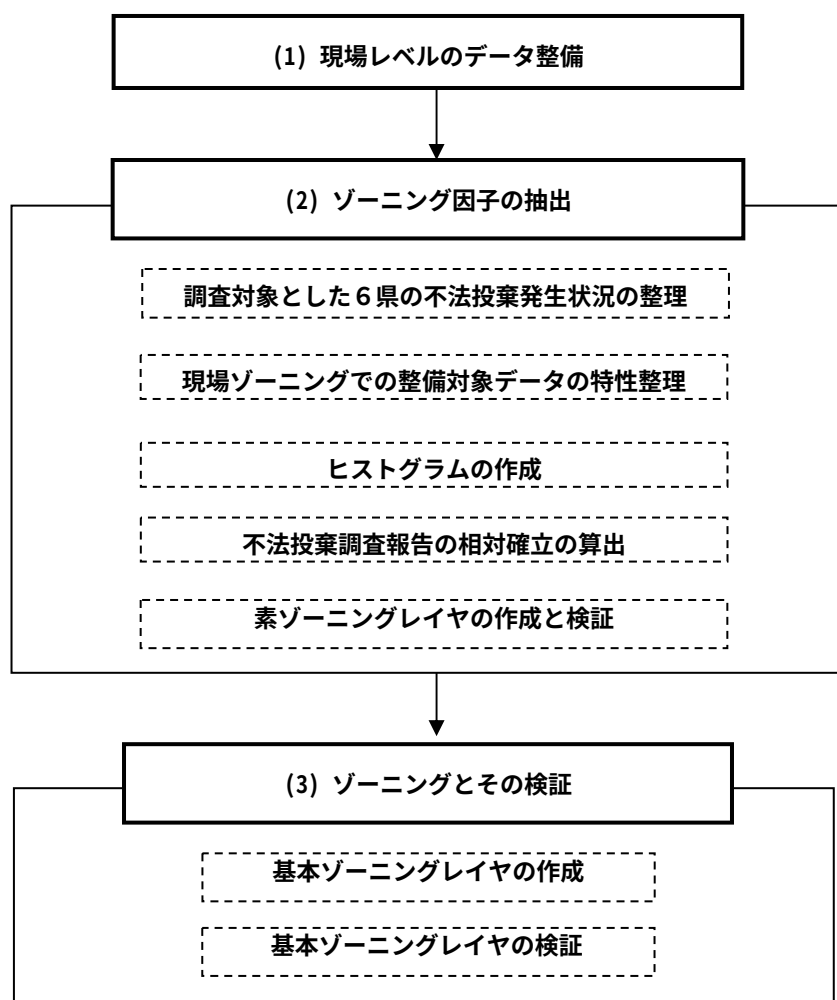


図4-32：現場レベルの不法投棄発生地域のゾーニングの解析フロー

(1) データ整備

表3-13で求めたデータ整備されているメッシュレベルの不法投棄関連要因を中心に、データを整備することにした。具体的には、表4-15に示す地理的条件、社会環境条件を評価因子として取りあげ、不法投棄が報告された地点を含む関東圏域の各種情報を収集・整理した。

表4-15：現場レベルGISデータ整備

大分類	評価因子	単位	出典
社会的 環境条件	監視性	人口密度	H7年「国勢調査・町丁字界別集計」より
		保健所・警察からの距離	PDMの注記地点との距離をとる
		行政境界からの距離	H12、H13現地調査結果と1/25000地形図を基としたGISデータより測定
		役場の標高	m
		役場との標高差	H12、H13現地調査結果で測定した標高と役場の標高の値との差
	アクセス	IC(インターチェンジ)からの距離	H12、H13現地調査結果と1/25000地形図を基としたGISデータより測定
		基本道路からの距離	H12、H13現地調査結果と1/25000地形図で3m以上の幅員を持つ道路(基本道路)のGISデータとの距離を測定
自然環境 条件	地況	森林縁深さ	自然植生GISデータより作成した森林部データとH12、H13現地調査結果とを重ね合わせて測定
		地形分類	国土数値情報 自然地形メッシュ
		傾斜区分(50m区分)	H13現地調査結果 (「千葉」は標高データから傾斜作成)
		地形副分類	国土数値情報 自然地形メッシュ
	土地管理 状況	土地利用形態(植生)	自然植生GISデータ 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
	基盤条件	表層地質(岩石区分)	国土数値情報 自然地形メッシュ
		表層地質(かたさ)	国土数値情報 自然地形メッシュ
		表層地質(時代)	国土数値情報 自然地形メッシュ
		表層地質(断層)	国土数値情報 自然地形メッシュ
		土壌統計	国土数値情報 自然地形メッシュ
		土壌統計付加記号	国土数値情報 自然地形メッシュ
	処理・処分	畜産処分場距離	H13現地調査結果 (千葉県はH12年度)
		畜産施設距離	H13現地調査結果 (千葉県はH12年度)
現場情報	一般情報	投棄物面積	m ² H13現地調査結果 (千葉県はH12年度)
		投棄面積の対数値	m ² 投棄面積の対数 (千葉県はH12年度)

(2) ゾーニング因子の抽出

(a) 現場ゾーニングでの整備対象データの特性整理

表4-15に示した現場ゾーニングで整備対象とした調査データは、「収集あるいは入手手段」、「既往資料を利活用することでのGISデータベース整備の可能性」、「不法投棄発生との直接的な因果関係」等の視点から現場ゾーニングでの整備対象とした調査データの特性を抽出し、整理した。

因子の特性整理には、全国一律の特性を表すパラメータと、地域特性をあらわすパラメータの2つの視点があることが考えられる。このことから2つの視点から特性を整理することとした。

(b) 素ゾーニングレイヤの作成

抽出されたそれぞれの評価因子についてヒストグラムを作成し、それぞれの評価因子ごとに、相対確率に基づいたレベルを25mメッシュごとに求めた。それに基づき素ゾーニングレイヤを作成し、整理した。

なお、素ゾーニングレイヤのレベルの設定基準は表4-3 (p44) と同じものを用いた。

(3) ゾーニングとその検証

(a) 基本ゾーニングレイヤの作成

抽出されたゾーニング因子の素ゾーニングレイヤごとの重ねあわせを行った。相対確率の和をもって、25mメッシュごとのゾーニング得点とした。

25mメッシュごとに整理したゾーニング得点を基本ゾーニングレイヤとして関東圏域に適用した。

(b) 基本ゾーニングレイヤの検証

それぞれのゾーニング因子の相対確率の総和をもって基本ゾーニング得点とする基本ゾーニングレイヤを作成した。その上で関東圏（千葉県、栃木県、茨城県）の不法投棄現地調査データと重ね合わせ、基本ゾーニングレイヤの有用性について検証した。

4.3.3 結果

(1) 現場レベルのデータ整備

表4-15に示した評価因子に関する調査データを市区町村ごとに収集・整理するとともに市町村の位置を示す図形データとマッチングさせ、GISデータとして一元的に整備した。表4-16に整備した現場レベルデータベースの項目を示す。

表4-16：現場レベルデータベースの項目（例）

データベース項目			例
整理コード			46
箇所番号			6
県名			千葉県
現場情報	一般情報	投棄面積	10668
		投棄面積の対数値	4.03
社会的環境条件	監視性	人口密度	225.27
		保健所・警察からの距離	2778.63
		行政境界距離	170.92
		役場の標高	28.00
		役場との標高差	95.80
	アクセス	IC(インターチェンジ)からの距離	20736.40
		基本道路距離	89.60
	見通し	森林縁深さ	81.40
		地形分類	9.00
		傾斜区分	7.58
		地形副分類	0.00
自然環境条件	土地管理状況	土地利用形態（植生）	7.00
		公園・緑化地域の分布	1.00
		森林改変・伐採	16.00
	基盤条件	表層地質（岩石区分）	33.00
		表層地質（かたさ）	5.00
		表層地質（時代）	5.00
		表層地質（断層）	0.00
		土壌統計	21.00
		土壌統計付加記号	0.00

(2) ゾーニング因子の抽出

(a) 現場ゾーニングでの整備対象データの特性整理

表4-15に示した現場ゾーニングで整備対象とした調査データを以下の視点からデータの類型化を行った。図4-33に調査データの特性整理結果を示す。

- ・収集あるいは入手手段
- ・既往資料を利活用することでの GISデータベース整備化の可能性
- ・不法投棄発生との直接的な因果関係

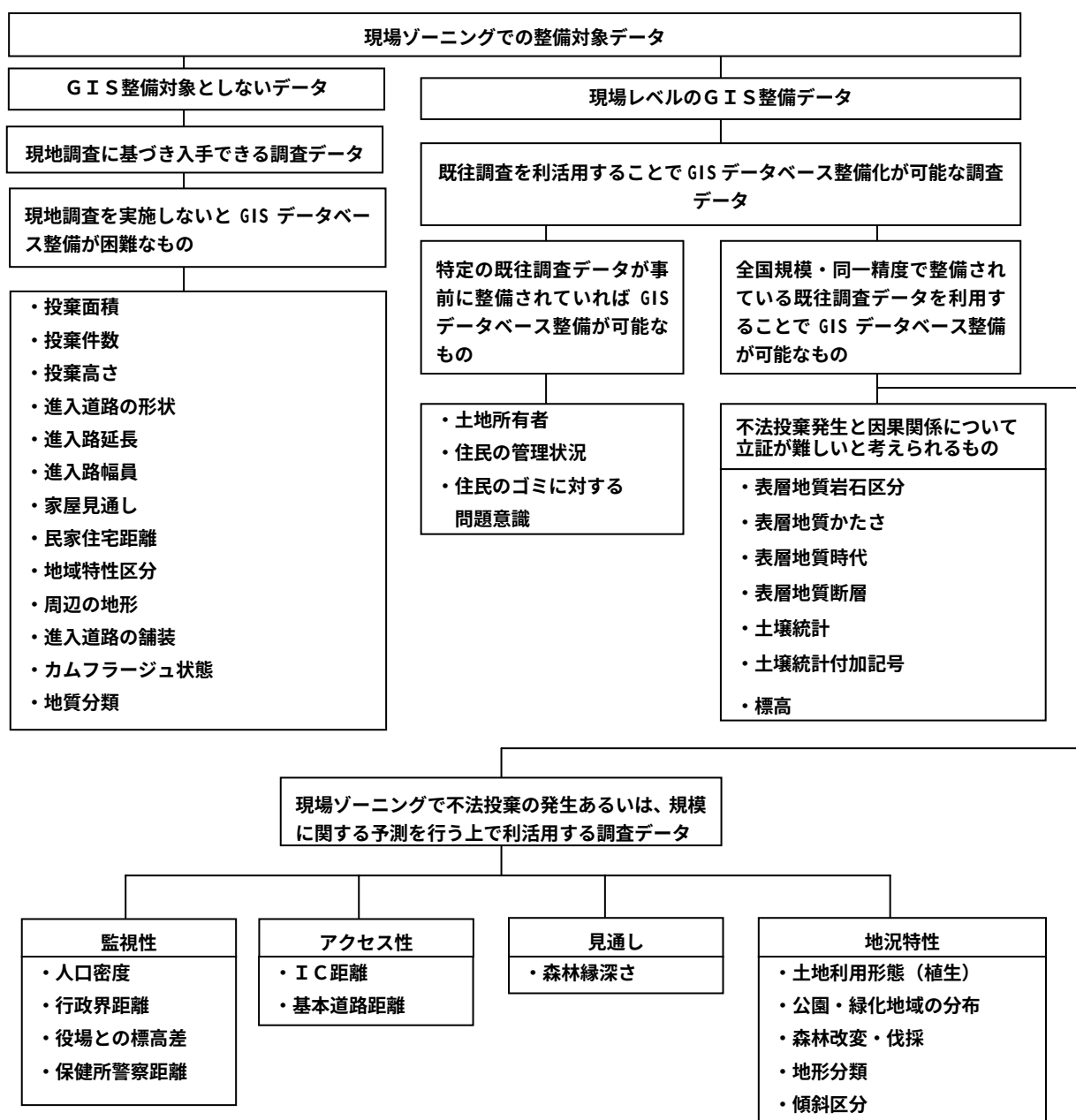


図4-33：現場ゾーニングで整備対象とした調査データの特性整理結果

さらに、現場度数ゾーニングレイヤは将来的には全国規模での利活用を念頭において考慮すると、現場ゾーニングでの整備対象データのうち基本ゾーニングレイヤは絞り込むことができる。

表4-17に利活用する調査データの絞り込み結果を示す。

表4-17：現場度数ゾーニングの展開にあたって利活用する調査データの絞り込み結果

調査データ		現場規模ゾーニングにあたっての利活用方針
監視性	人口密度	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
	行政界距離	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
	役場との標高差	×：標高差が必ずしも監視性と関連しないこともあることから不採用とした
	保健所警察距離	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
アクセス性	ＩＣ（インターチェンジ）距離	×：ＩＣの整備自体に全国較差があることから不採用とした
	基本道路距離	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
見通し	森林縁深さ	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
地況特性	土地利用形態（植生）	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
	公園・緑化地域の分布	×：植生状態、土地管理状態を含めて上記の土地利用形態（植生）で代表できると評価できることから不採用とした
	森林改変・伐採	
	地形分類	○：既往調査データのバラツキ等の特性を踏まえて検討
	傾斜区分	×：起伏量、山地に位置するか否か等と同様な内容を示すと考えられ、上記の地形分類で代表できると評価できることから不採用とした

(b) ゾーニング因子の抽出

現場ゾーニングでの整備対象データの特性整理の項で整理した結果を、調査データの分類ごとに、ゾーニング因子の抽出を行った。

ア) 監視性

『人口密度』、『行政界距離』、『保健所警察署距離』のそれぞれの評価因子について、不法投棄発生箇所におけるヒストグラムと関東圏域におけるヒストグラムを整理した。その結果及び県ごとの分布範囲整理結果、さらに因子ごとそれぞれに、相対確率に基づいたレベルを25mメッシュ単位で求め、素ゾーニングレイヤとして整理・展開した結果を図4-34～図4-42に示す。

『人口密度』についてみると、関東圏域全域の人口密度分布が各カテゴリーとも大差はなく、比較的平滑であるのに対し、不法投棄現地調査箇所のカテゴリー分布は人口密度 100～300 人/km²で明らかなピークがあり、このカテゴリーにおける不法投棄の相対確率が大きくなった。その一方、人口密度の高い区域、低い区域では相対確率が明らかに低い傾向があった。つまり、人口密度が高い監視の目のゆきとど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で不法投棄が発生しやすくなっている。

各県ごとのデータのばらつきについて見ると、大半が 30～500 人/km² の範囲内であった。また青森県、栃木県において人口密度がやや低い傾向が見られるものの、この 2 県は山間部が広域に広がり、人口集中地区が少ないことを考慮すると、県による大きな違いはないものと考えられる。

以上のように、『人口密度』は不法投棄の発生頻度との関係性が大きいと評価できることから評価因子として採用することとした。なお、この因子は表 3-13 でも「周辺住民の監視が届かない」という不法投棄要因の一指標として定性的に抽出されており、自治体ヒアリング等の定性的な結果でも説明がされていることから、採用の妥当性は高いと考えられる。

次に、『行政界距離』についてみると、2つのヒストグラムの分布に大差はないものの、相対確率のヒストグラムにおいては「行政界に近い 監視の目が行き届きにくい」、「行政界から遠い 監視の目が行き届き易い、都市地域に近い」という関係が反映された。具体的には、行政界から300m以内の区域で不法投棄が発生しやすく、3,000m以上行政界距離から離れると不法投棄が発生しにくくなるという傾向がみられた。

各県ごとのデータのばらつきについて見ても、概ね 0～3,000 m の範囲に集中しており、県による大きな違いはないものと言える。

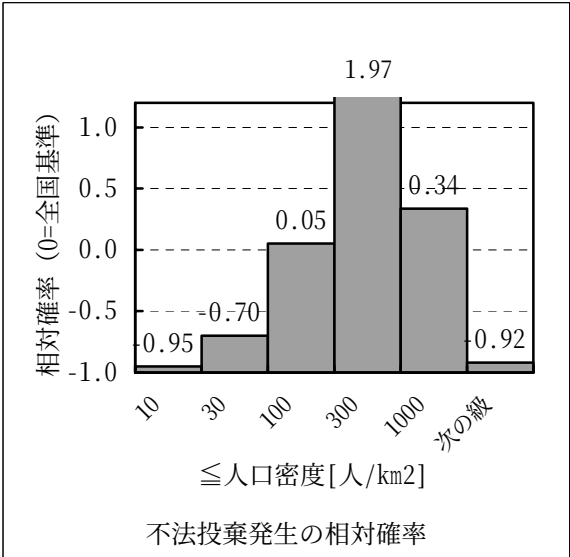
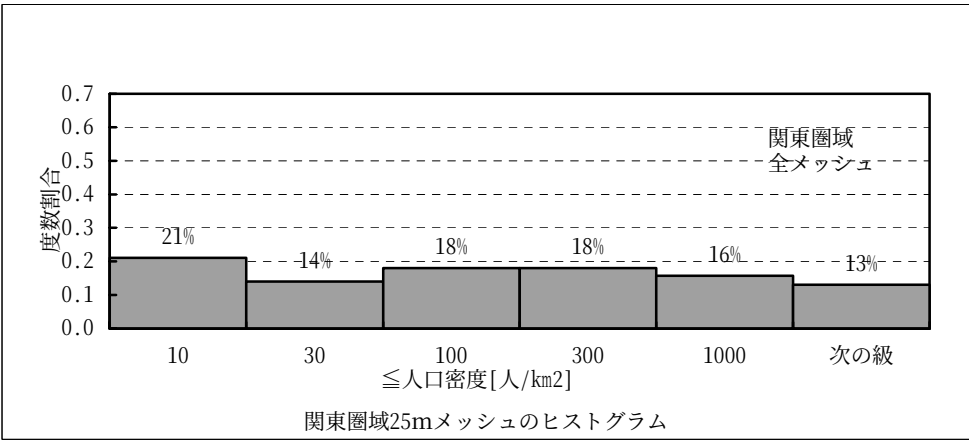
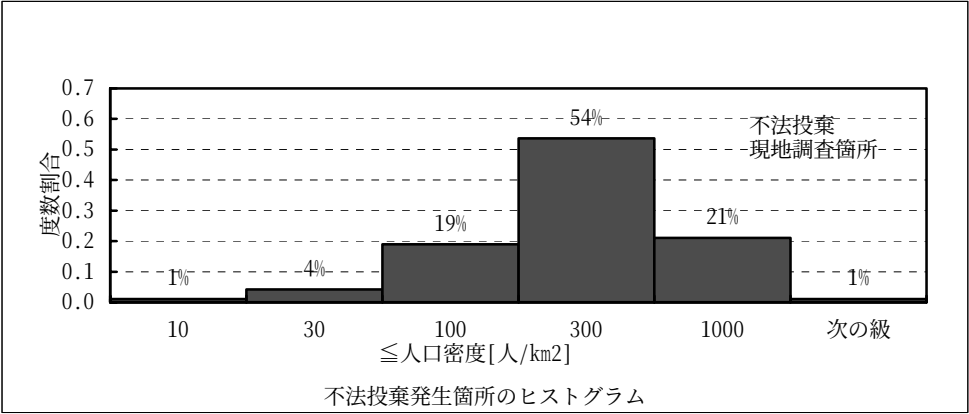
前述の「行政界に近い 監視の目が行き届きにくい」は、行政界が山間部等であることを想定した仮定であることを考慮し、下記に示す条件を前提とすれば、『行政界距離』

は不法投棄の発生頻度との関係性が大きいと評価できることからゾーニング因子として採用することとした。なお、この因子は表3-13でも「行政の監視が届かない」という不法投棄要因の一指標として定性的に抽出されており、自治体ヒアリング等の定性的な結果でも説明がされていることから、採用の妥当性は高いと考えられる。

最終的な評価のゾーニングレイヤの整理段階では、人口集中地区内が行政界になっている場合については必ずしも監視の目が届きにくいということにはならない。このことから、人口集中地区内（町丁字単位で人口密度が4,000人/km²以上）のゾーニングレベルは1とした。

最後に、『保健所警察距離』についてみると、関東圏全域の保健所警察距離が各カテゴリーとも大差なく、比較的平滑であるのに対し、不法投棄現地調査箇所におけるカテゴリー分布は、保健所警察距離が1,000～3,000mの区分に集中している傾向がみられた。

この傾向は、前述の人口密度と類似した傾向であり、保健所警察距離と人口密度とは同様な内容を示すと考えられることから、『保健所警察距離』は評価因子としては採用しないこととした。



(人/km ²)			
	人口密度	相対確率	レベル
Ⅲ	10	- 0.95	0
Ⅱ	30	- 0.70	1
Ⅰ	100	0.05	2
Ⅴ	300	1.97	5
Ⅳ	1000	0.34	3
Ⅵ	次の級	- 0.92	0

図4-34：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（人口密度）

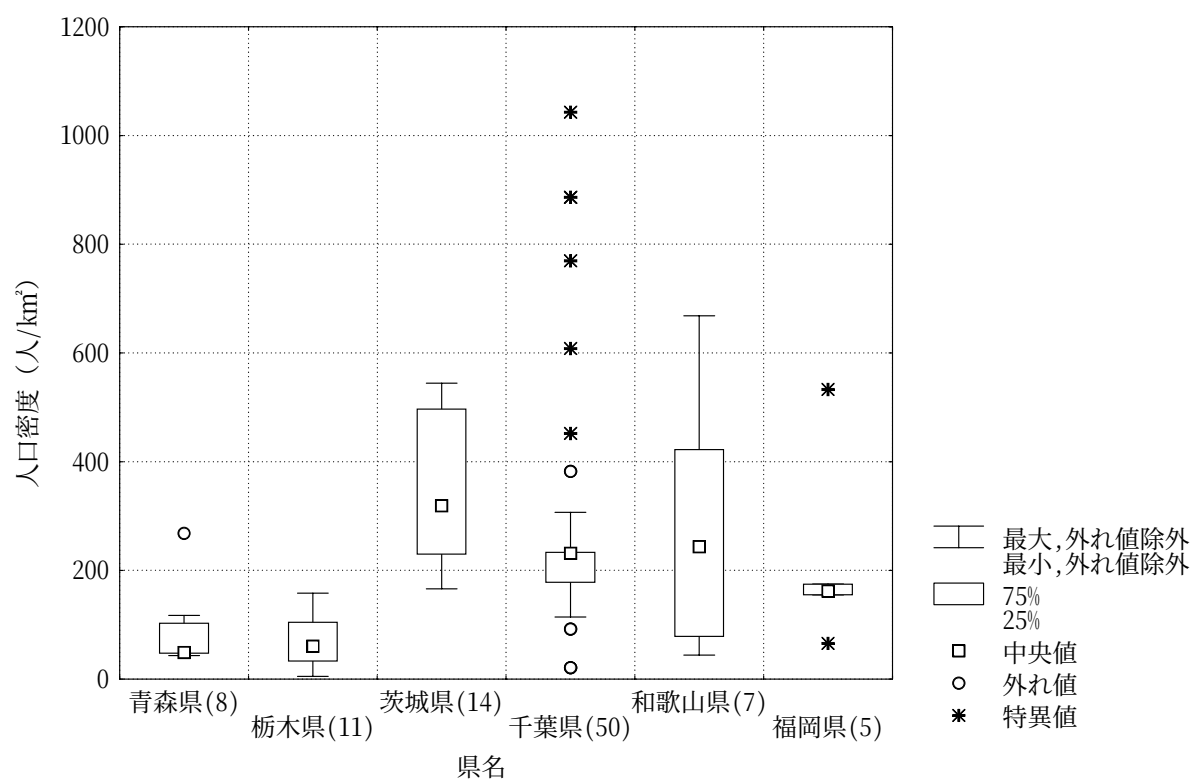
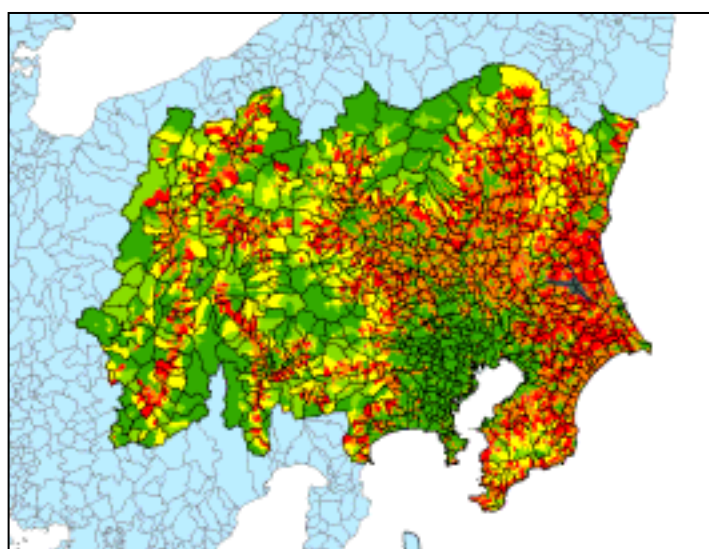


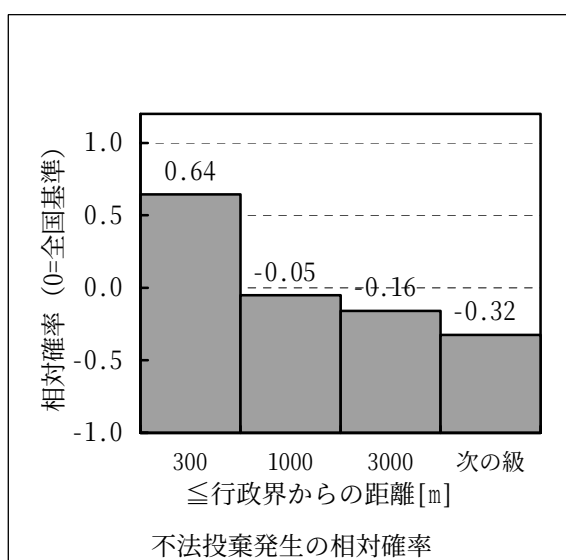
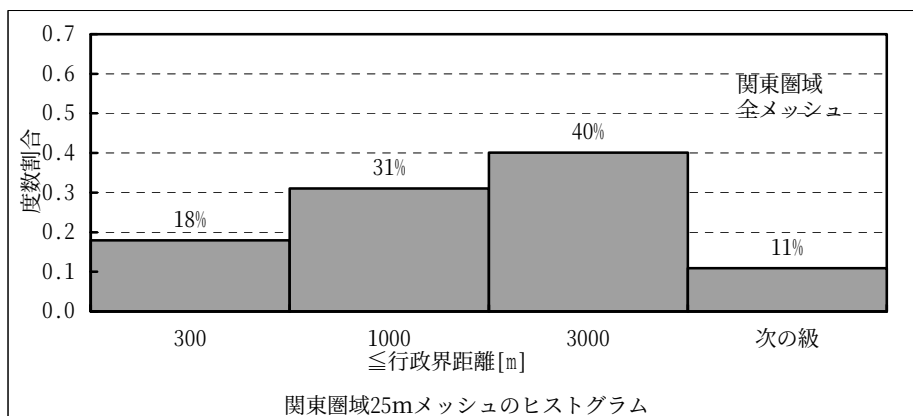
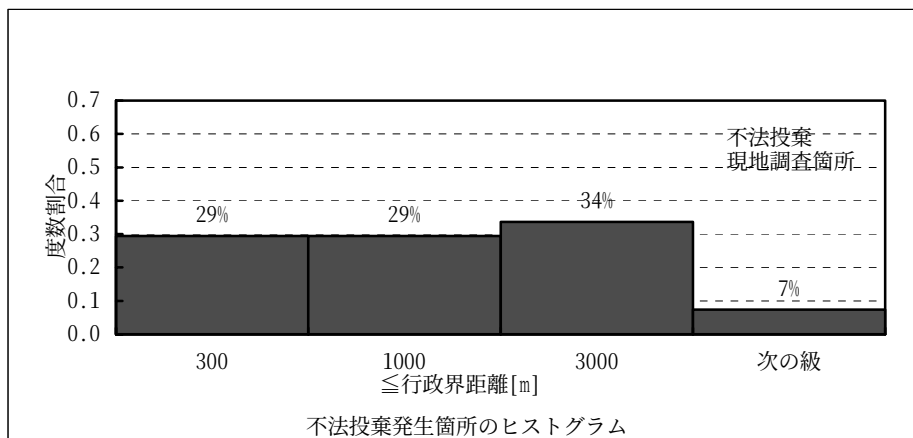
図4-35：『人口密度』に関する県ごとの分布範囲整理結果



(人/km²)

	人口密度	相対確率	レベル
Ⅷ	10	- 0.95	0
Ⅶ	30	- 0.70	1
Ⅵ	100	0.05	2
Ⅴ	300	1.97	5
Ⅳ	1000	0.34	3
Ⅲ	次の級	- 0.92	0

図4-36：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（人口密度）



(m)			
	行政界距離	相対確率	レベル
≧	300	0.64	3
≧	1000	-0.05	2
≧	3000	-0.16	2
	次の級	-0.32	1

図4-37：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（行政界距離）

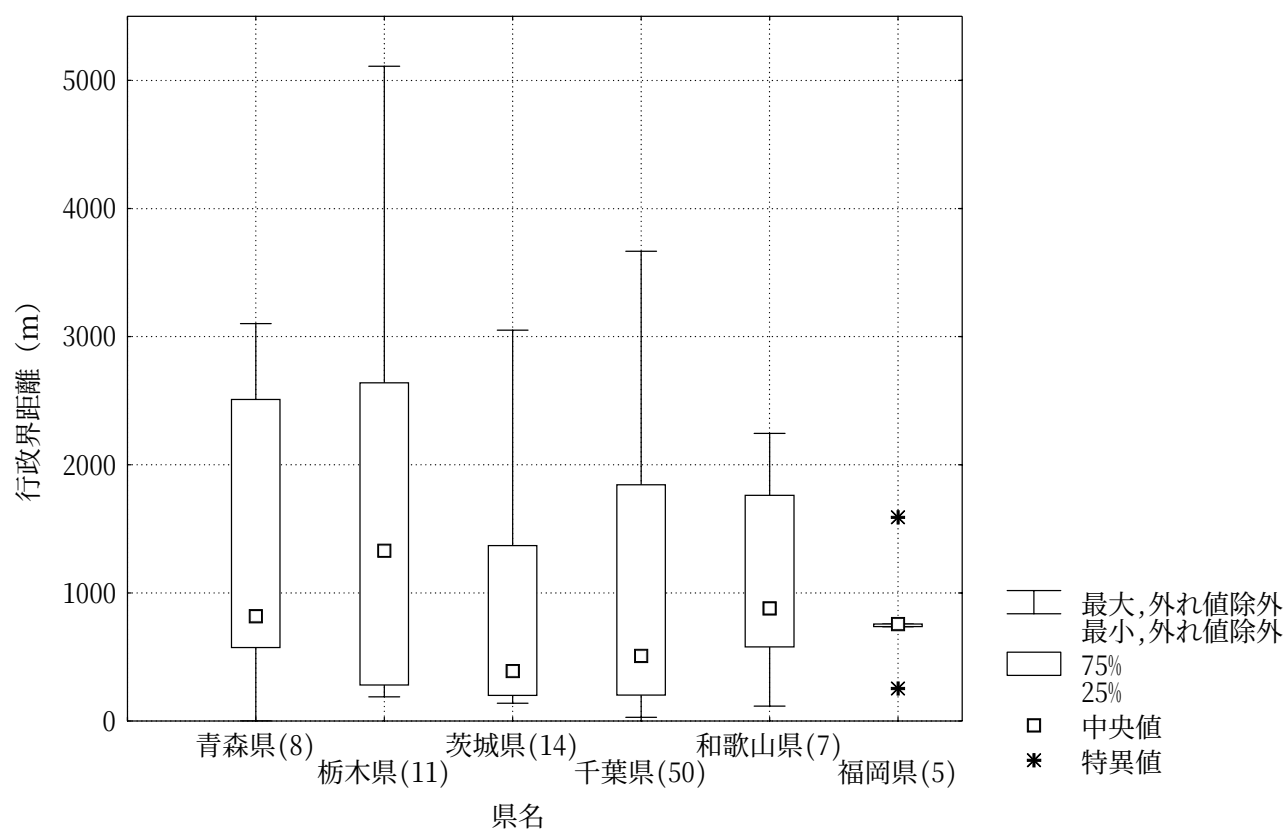
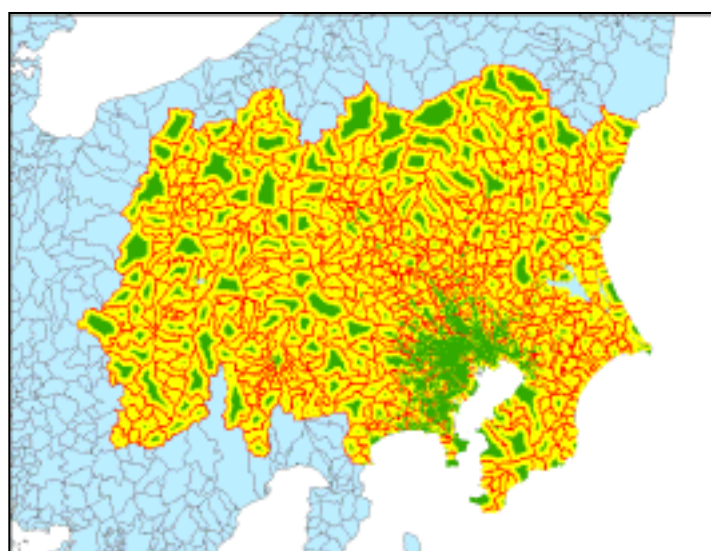


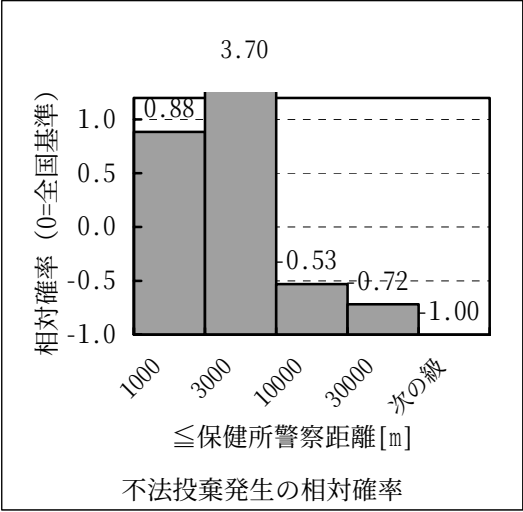
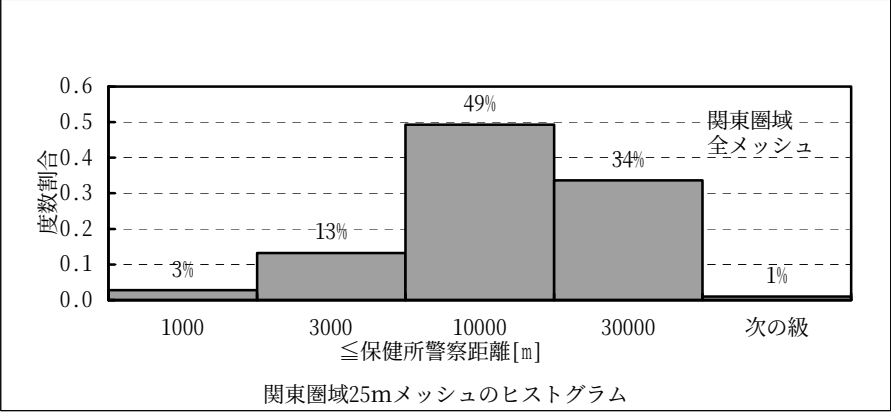
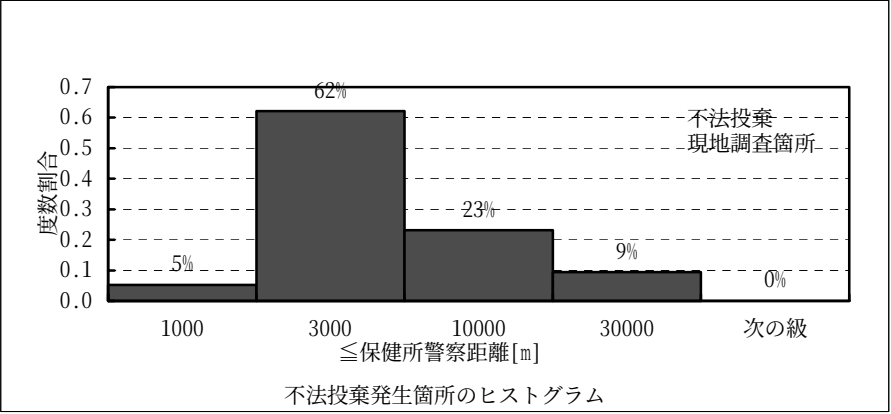
図4-38：『行政界距離』に関する県ごとの分布範囲整理結果



	行政界距離	相対確率	レベル
Ⅲ	300	0.64	3
Ⅳ	1000	- 0.05	2
Ⅴ	3000	- 0.16	2
Ⅵ	次の級	- 0.32	1

※ 人口集中地区（町丁字単位で人口密度が 4,000人/km² 以上）に関してはゾーニングを行う際、最低点の-0.32点として計算する。

図4-39：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（行政界距離）



	保健所警察 距離	相対確率	レベル
≧	1000	0.88	4
≧	3000	3.70	5
≧	10000	0.53	1
≧	30000	0.72	1
	次の級	1.00	0

図4-40：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（保健所警察距離）

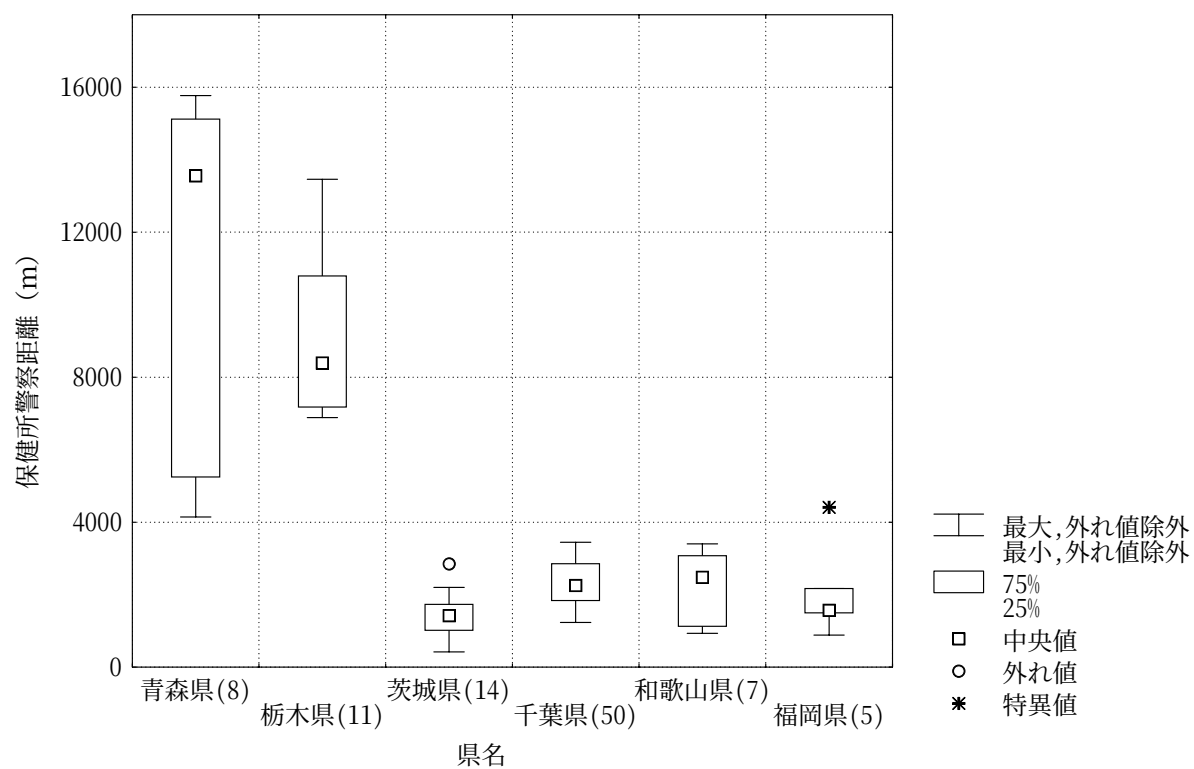


図4-41：『保健所警察からの距離』に関する県ごとの分布範囲整理結果

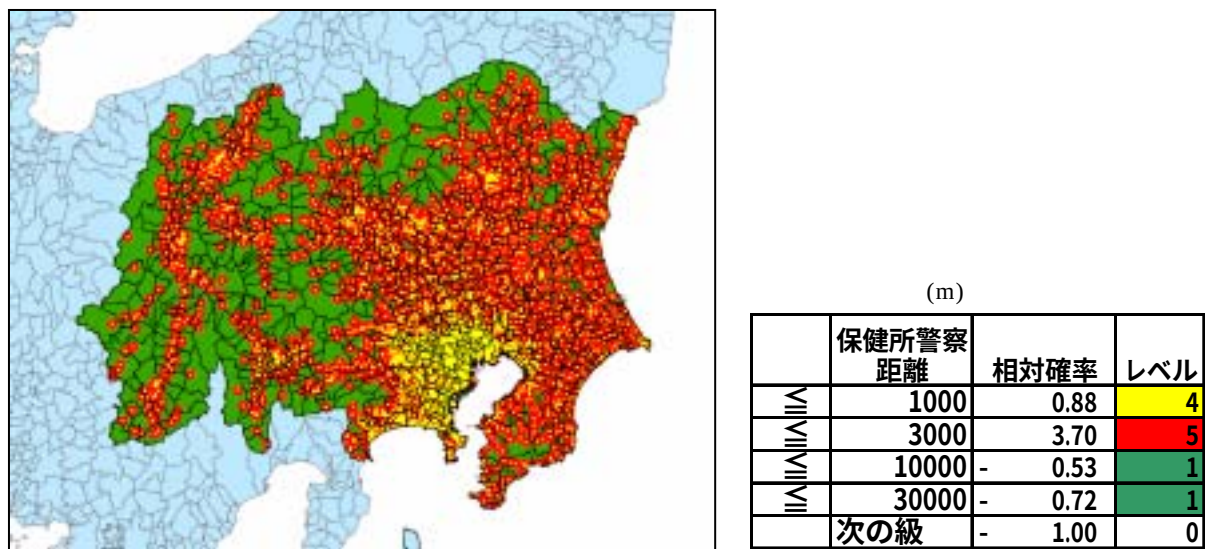


図4-42：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（保健所警察からの距離）

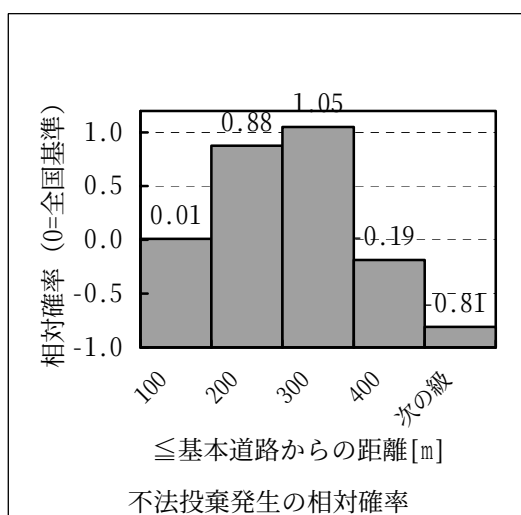
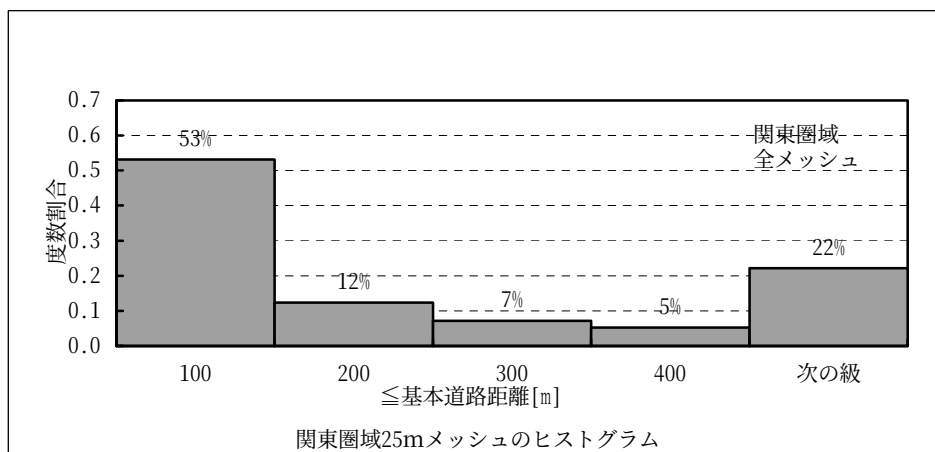
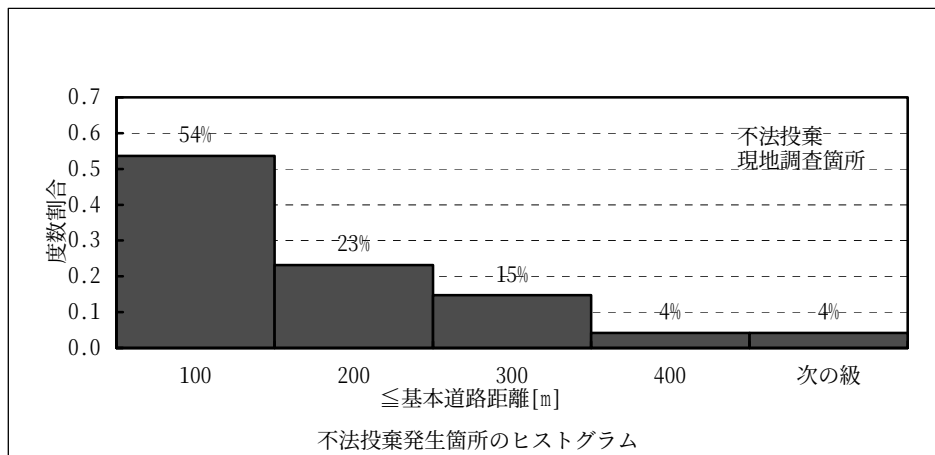
イ) アクセス性

アクセス性に係わる評価因子である『基本道路距離』について、不法投棄発生箇所におけるヒストグラムと関東圏域におけるヒストグラムを整理した。その結果と、25mメッシュ単位にゾーニング素点を求め、素ゾーニングレイヤとして整理・展開した結果を図4-43～図 4-45に示す。

「基本道路距離」について2つのヒストグラムを比較すると全体的な頻度分布タイプには大差はないものの、相対確率のヒストグラムでは「基本道路から近い アクセスしやすい」、「基本道路から遠い アクセスしにくい」という関係が反映され、基本道路からの距離が100～300mの範囲で不法投棄が発生しやすいことが分かった。また、基本道路からの距離が400m以上離れると、不法投棄がかなり発生しにくくなることが確認された。

また、県ごとのデータのばらつきについて見ても、概ね0～300mの範囲にあり、県ごとに大きな差は見られなかった。

以上のことから、『基本道路距離』は不法投棄の発生頻度との関係性が高いと評価できることから評価因子として採用することとした。なお、この因子は表3-13でも「現場付近のアクセス道路」という不法投棄要因の一指標として定性的に抽出されており、自治体ヒアリング等の定性的な結果でも説明がされていることから、採用の妥当性は高いと考えられる。



(m)			
道路距離	相対確率	レベル	
100	0.01	2	
200	0.88	4	
300	1.05	4	
400	0.19	2	
次の級	0.81	0	

図4-43：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（基本道路距離）

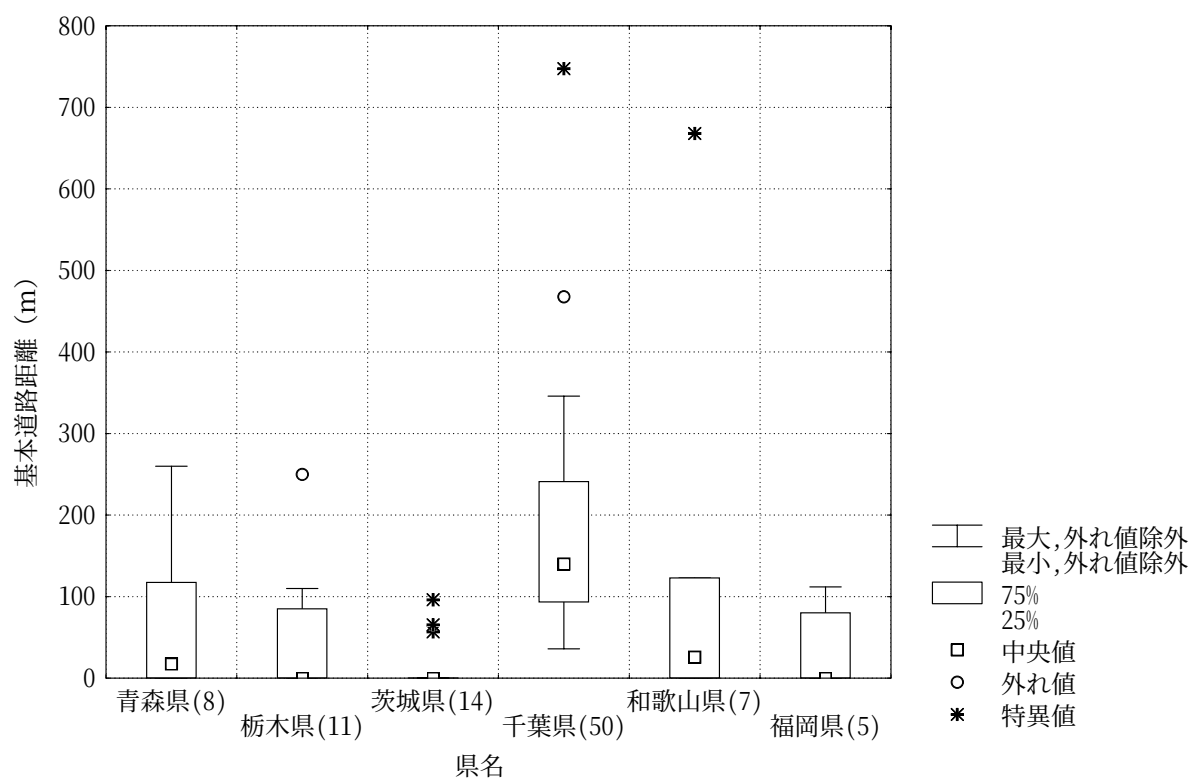
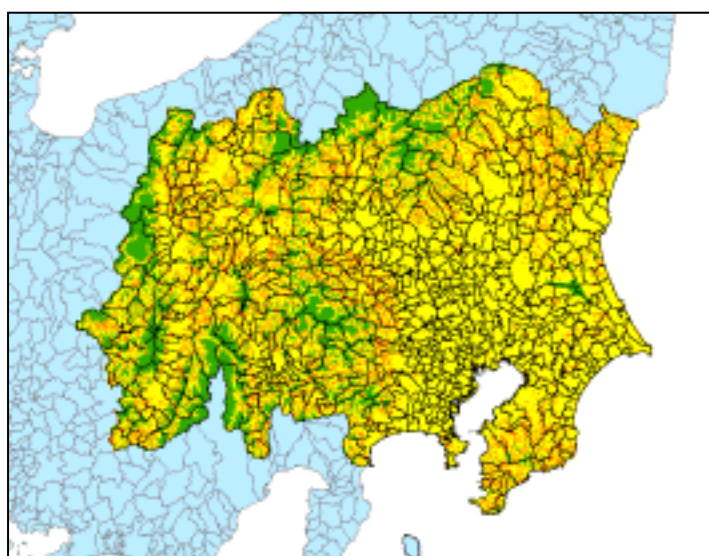


図4-44：『基本道路距離』に関する県ごとの分布範囲整理結果



(m)			
	道路距離	相対確率	レベル
VII	100	0.01	2
VII	200	0.88	4
VII	300	1.05	4
VII	400	0.19	2
	次の級	0.81	0

図4-45：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（基本道路距離）

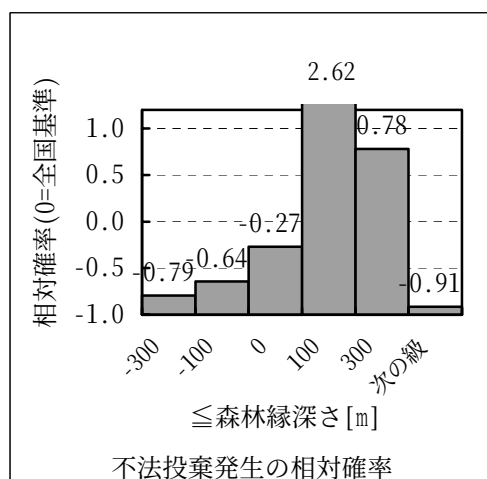
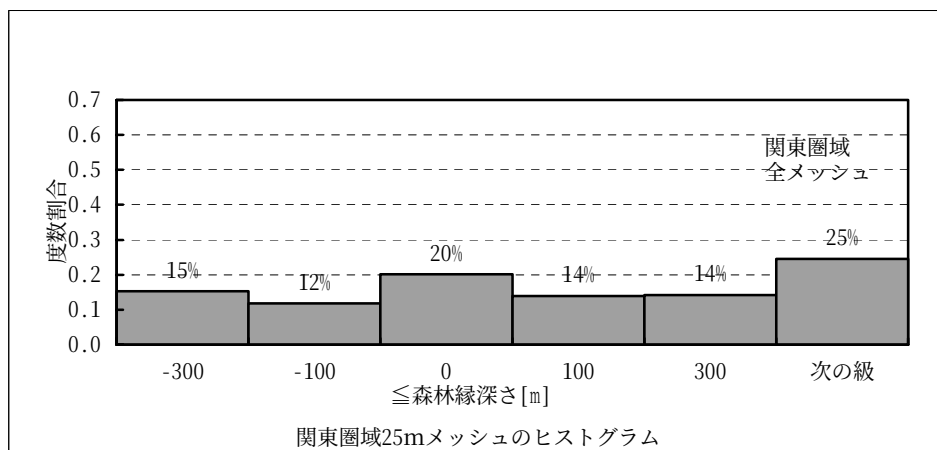
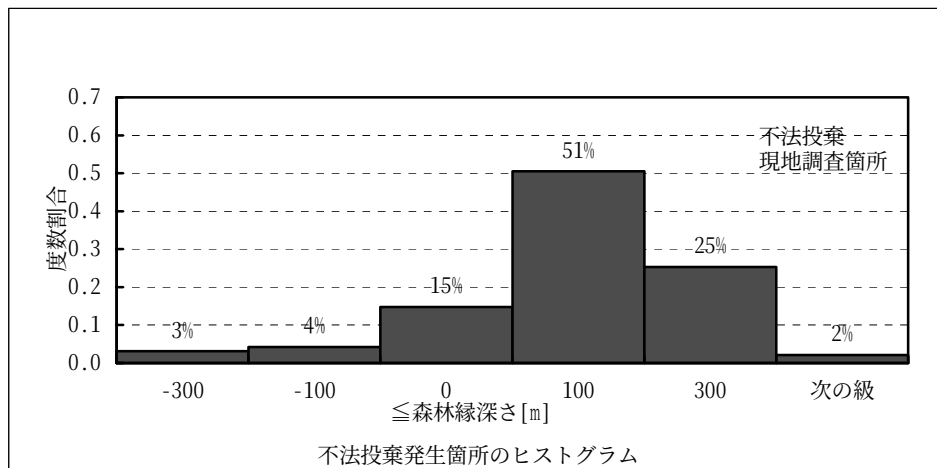
ウ) 見通し

見通しに係わる評価因子である『森林縁深さ』について、不法投棄発生箇所におけるヒストグラムと関東圏域におけるヒストグラムを整理した。その結果と、25mメッシュ単位にゾーニング素点を求め、素ゾーニングレイヤとして整理・展開した結果を図 4-46～図4-48に示す。

関東圏域全域の『森林縁深さ』の分布形態が各カテゴリとも大差はなく、比較的平滑であるのに対し、不法投棄現地調査箇所のカテゴリ分布は『森林縁深さ』0～100mで明らかなピークが見られた。相対確率でみると、森林縁深さが0～300mの区域で不法投棄が発生しやすい一方で、森林縁深さがマイナス値を示す森林から外側の区域や、アクセス性が大変悪くなる「森林縁深さが300m以上となる区域」では不法投棄が発生しにくくなることが分かった。これは、アクセスが比較的容易な見通しの悪い区域を中心として不法投棄が多く発生していることを示していると考えられた。

また、県ごとのデータのばらつきについて見ても、概ね -300～300 m の範囲にあり、県ごとに大きな差は見られなかった。

以上のことから、『森林縁深さ』は不法投棄の発生頻度との関係性が大きいと評価できることから評価因子として採用することとした。なお、この因子は表3-13でも「地形的に見えにくい」という不法投棄要因の一指標として定性的に抽出されており、自治体ヒアリング等の定性的な結果でも説明がされていることから、採用の妥当性は高いと考えられる。



	(m)		
	森林縁深さ	相対確率	レベル
VIII	-300	0.79	0
VIII	-100	0.64	1
VIII	0	0.27	1
VIII	100	2.62	5
VIII	300	0.78	4
	次の級	0.91	0

図4-46：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（森林縁深さ）

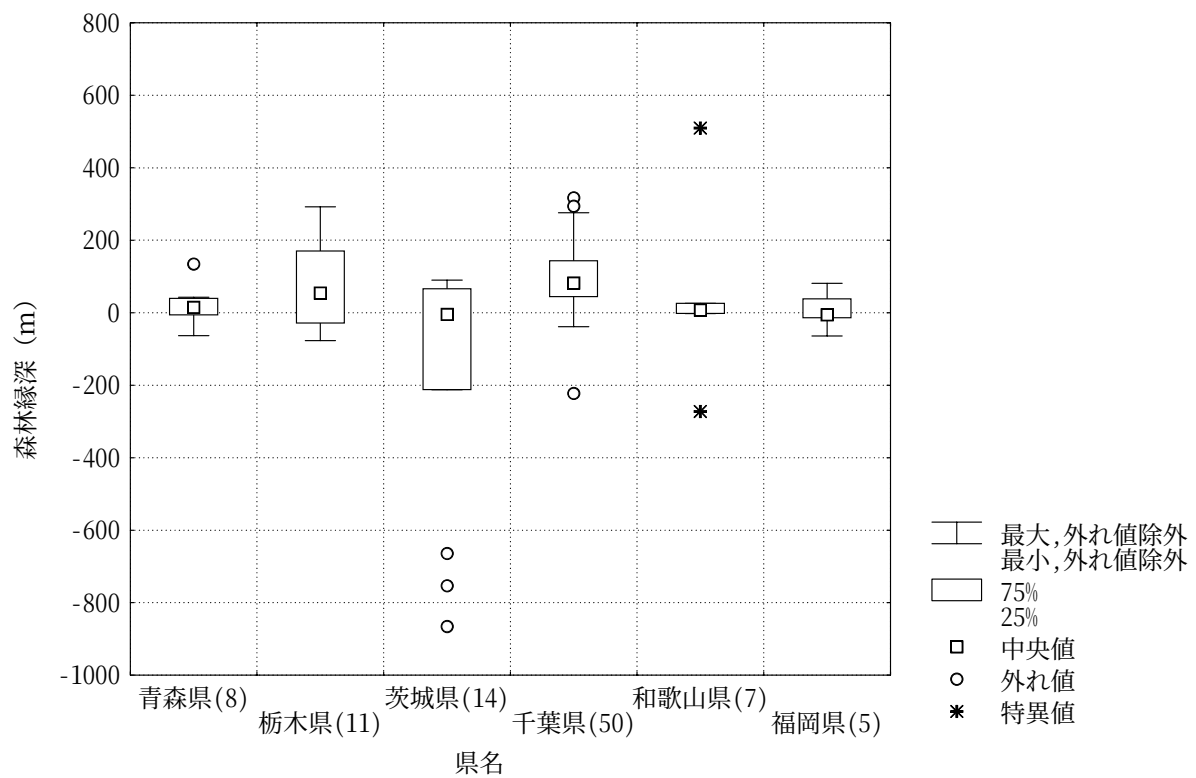
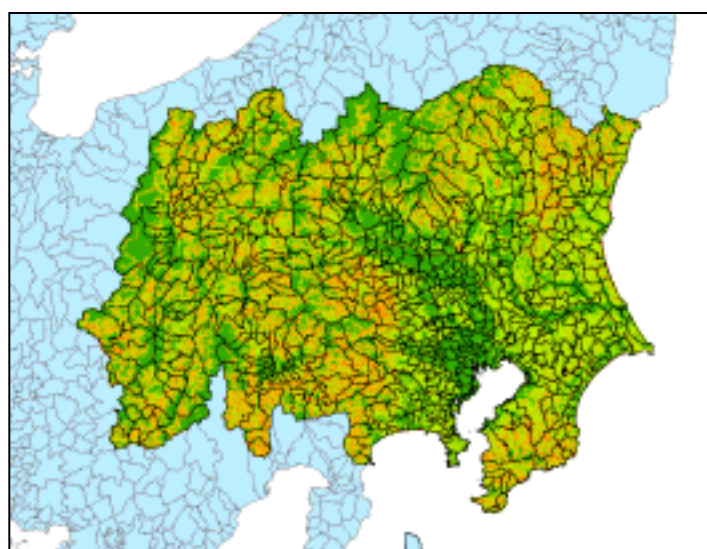


図4-47：『森林縁深さ』に関する県ごとの分布範囲整理結果



	森林縁深さ (m)	相対確率	レベル
VII	-300 -	0.79	0
VII	-100 -	0.64	1
VII	0 -	0.27	1
VII	100	2.62	5
VII	300	0.78	4
	次の級	0.91	0

図4-48：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（森林縁深さ）

エ) 地況特性

地況特性に係わる評価因子としてとらえた『土地利用形態（植生）』、『地形分類』について、不法投棄発生箇所におけるヒストグラムと関東圏域におけるヒストグラムを整理した。その結果と、それぞれ25mメッシュ単位にゾーニング素点を求め、素ゾーニングレイヤとして整理・展開した結果を図 4-49～図4-54に示す。

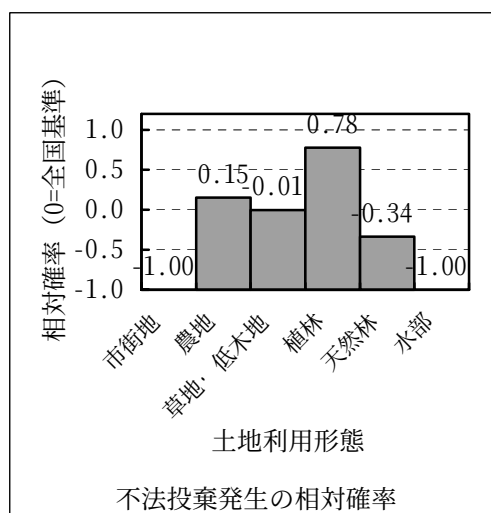
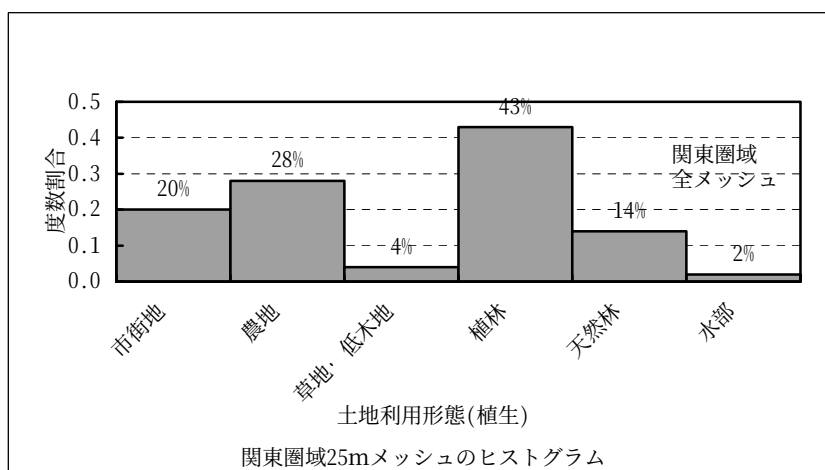
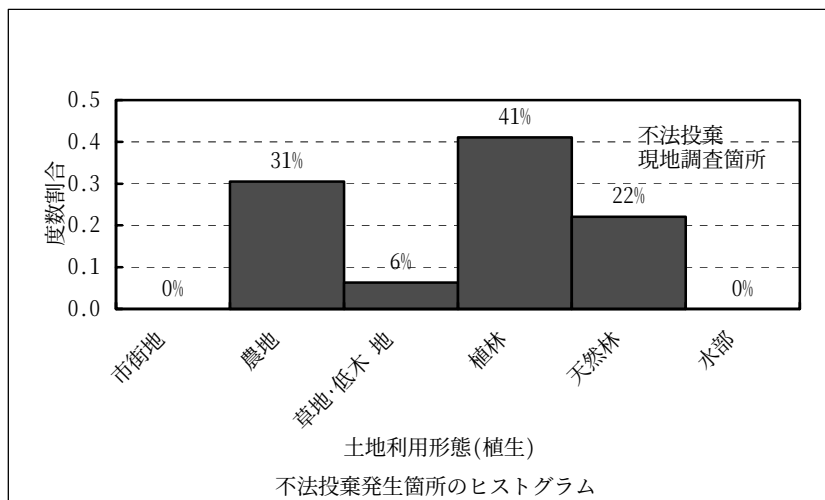
県ごと不法投棄発生箇所における度数構成と素ゾーニング結果をみると、『土地利用形態（植生）』、『地形分類』の双方とも県ごとのバラツキが極めて大きかった。今後、本年度業務で対象とした6県以外の市区町村を対象とした調査データの集積・解析を持って検証する必要があると言う課題はあるものの、双方の評価因子とも地域特性を示していると評価できる。

『土地利用形態（植生）』についてみると、図4-49と図4-51から分かるように、農地、あるいは、天然林で不法投棄の発生頻度の割合が高い傾向がみられるものの、全体的な頻度分布タイプには大差はなかった。不法投棄の発生頻度と『土地利用形態（植生）』について、明確な関係を抽出しにくいと考えられることから、『土地利用形態（植生）』を評価因子として採用しないこととした。

一方、『地形分類』についてみると、図4-50から分かるように、現地調査箇所では丘陵地での不法投棄の発生が圧倒的に高く、次いで段丘での不法投棄発生頻度が高い傾向がみられる一方で、関東圏では全域の59%を占める山地での不法投棄の発生記録は8%と極めて低かった。また、図4-54の素ゾーニング結果からもわかるように、地域の特性が見出せると考えられる。一般に丘陵地は都市近郊¹に位置し、アクセス性も高く、場所によっては見通しが必ずしも良くなかった。また、丘陵地では監視の目も必ずしも行き届いているとは言えず、不法投棄が発生する可能性は高い条件下にあるといえることから、『地形分類』は不法投棄の発生頻度との関係性が大きいと評価でき、地域特性にかかわる評価因子として採用することとした。なお、この因子は表3-13でも「地形的に見えにくい」という不法投棄要因の一指標として定性的に抽出されており、自治体ヒアリング等の定性的な結果でも説明がされていることから、採用の妥当性は高いと考えられる。

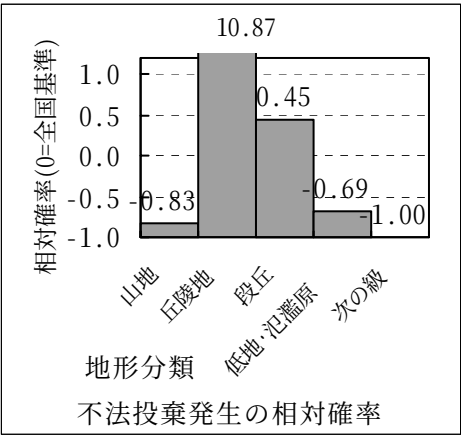
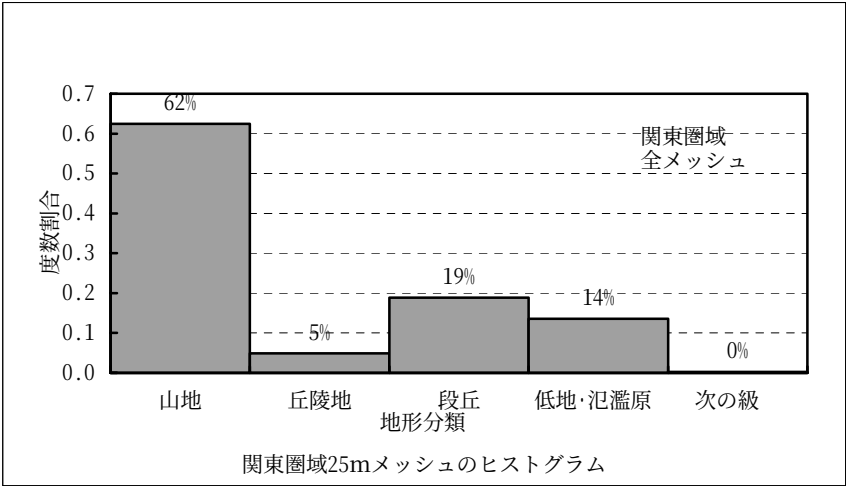
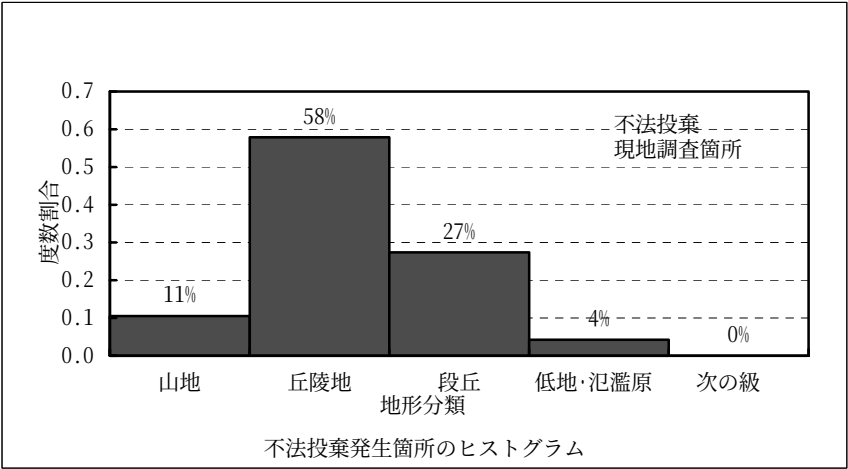
なお、今年度は図4-50の様に全国一律での解析を行ったが、図4-52に示されるように県ごとの地形分類の度数構成にはばらつきが大きいことから、その点に配慮した解析を行うべきである。

¹ 丘陵地は起伏量 100m未満の小起伏丘陵地と 100～200mの大起伏丘陵地に区分されるが、本調査では不法投棄の発生特性から、小起伏丘陵地を丘陵地カテゴリーとし、大起伏丘陵地は山地カテゴリーとして区分した。



土地利用形態	相対確率	レベル
市街地	- 1.00	0
農地	0.15	2
草地・低木地	- 0.01	2
植林	0.78	4
天然林	- 0.34	1
水部	- 1.00	0

図4-49：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（土地利用形態(植生)）



地形分類	相対確率	レベル
山地	-0.83	0
丘陵地	10.87	5
段丘	0.45	3
低地・氾濫原	-0.69	1
次の級	1.00	0

図4-50：不法投棄発生箇所と関東圏域におけるヒストグラム（地形分類）

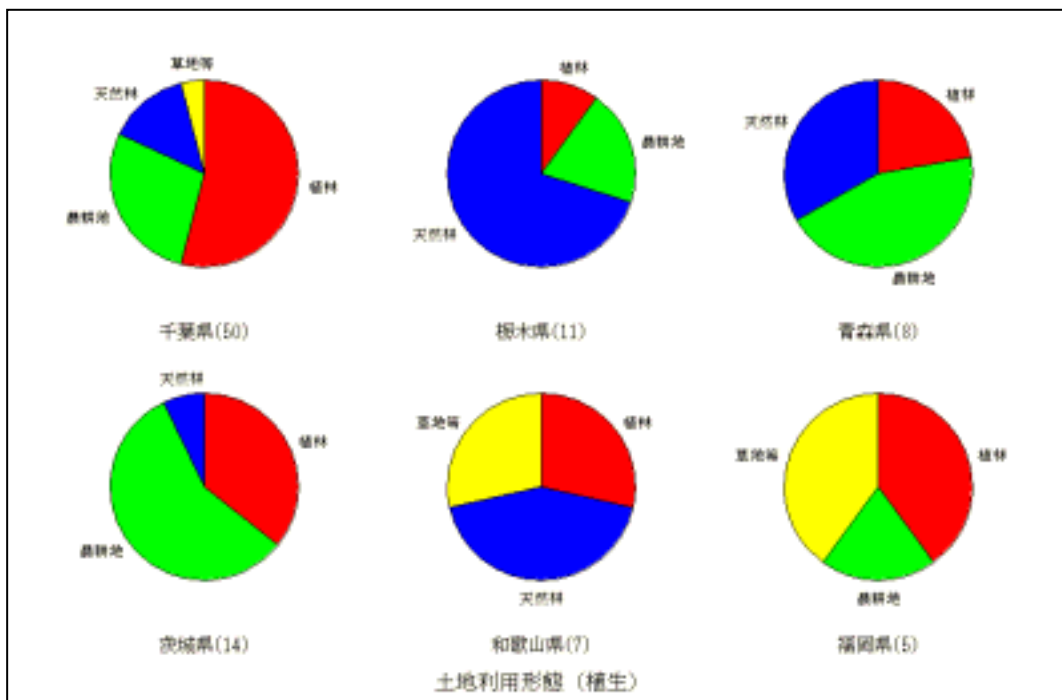


図4-51：県ごとの不法投棄発生箇所における度数構成（土地利用形態（植生））

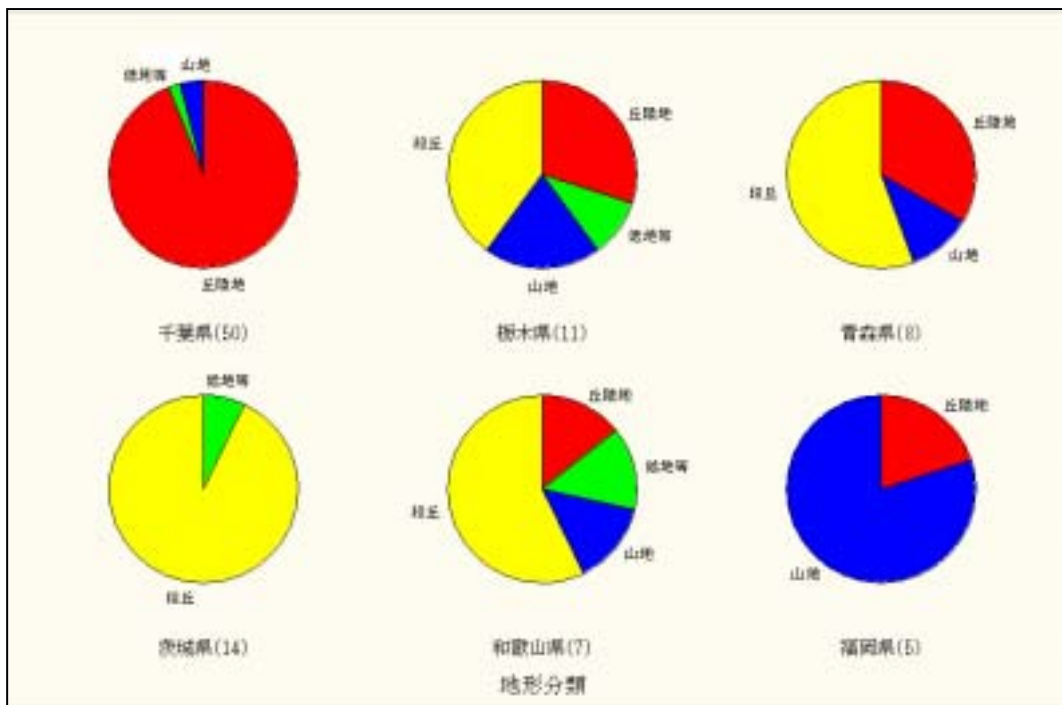
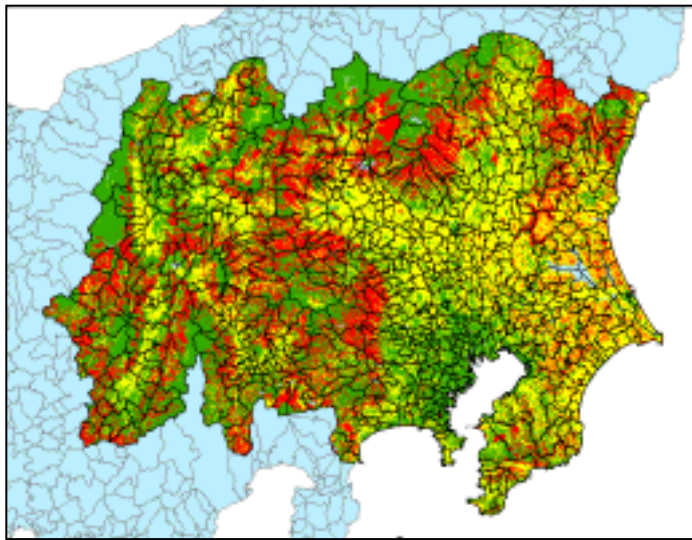


図4-52：県ごとの不法投棄発生箇所における度数構成（地形分類）

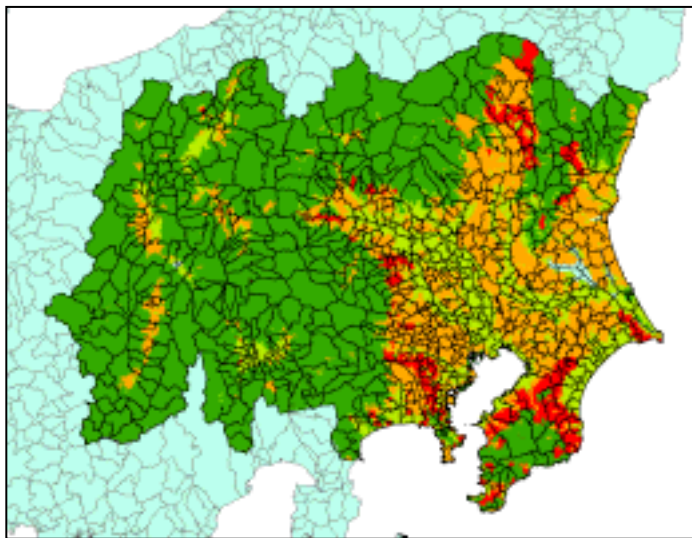


土地利用形態	相対確率	レベル
市街地	(-0.34)	1
農地	0.15	2
草地・低木地	-0.01	2
植林	0.78	4
天然林	-0.34	1

※ 「水部」は対象外とした。

※ 「市街地」は調査記録がなかったため、ゾーニングを行う際は、最低点の-0.34点として計算する。

図4-53：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（土地利用形態）



地形分類	相対確率	レベル
山地	-0.83	0
丘陵地	10.87	5
段丘	0.45	3
低地・氾濫原	-0.69	1

※ 「湖沼・河川」は対象外とした。

図4-54：素ゾーニング結果と素ゾーニングレベル（地形分類）

以上のことから、現場度数ゾーニングに係わるゾーニング因子として、『行政界距離』、『人口密度』、『基本道路距離』、『森林縁深さ』、『地形分類』を採用することとした。

(3) ゾーニング結果とその検証

(a) ゾーニング得点の算出・基本ゾーニングレイヤの作成

関東圏をモデルとし、抽出されたそれぞれのゾーニング因子について、25mメッシュごとに算出した相対確率の和をもって、25mメッシュごとのゾーニング得点とした。さらに自然分類¹に基づいて、表 4-18 に示す基準で 4 ランクに区分し、整理・展開した。図 4-55 にその結果を示す。

表4-18：現場レベルの不法投棄発生地域のゾーニング得点のランク付け基準

ゾーニングレベル	カテゴリ区分
1	-3.82 ~ -1.50
2	-1.49 ~ 1.07
3	1.08 ~ 6.75
4	6.76 ~ 17.17

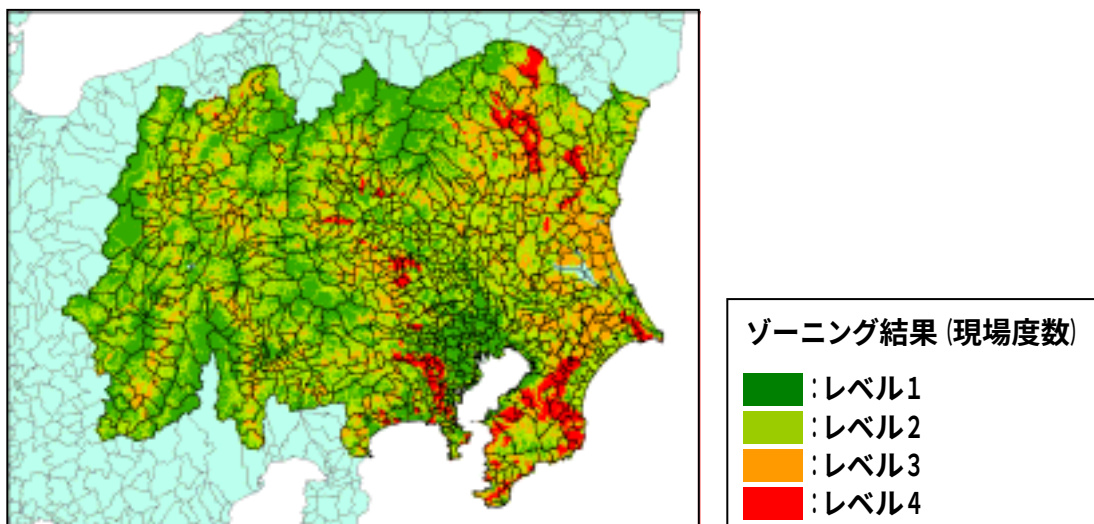


図4-55：現場レベルの不法投棄発生地域の基本ゾーニング

¹ 自然分類とは、データを値の大きさの順に並べた時に、値の変化量の大きいところで区分を行う方法。5段階区分であれば、値の変化量の大きい方から上位4つまでの所で区分する。

(b) 基本ゾーニングレイヤの検証

図4-56に関東圏のうち現地調査を実施した3県（千葉県、栃木県、茨城県）の現場レベルの不法投棄発生地域基本ゾーニング結果に現場調査結果をオーバーレイした結果を示す。また、図4-57、図4-58にそれぞれ不法投棄発生地域基本ゾーニング結果を、栃木県那須町周辺と茨城県つくば市周辺で拡大した図を示す。

これらの結果図から分かるように、実際の発生箇所の多くは基本ゾーニングで不法投棄発生の可能性が高い地域として評価されている地域であった。また、ゾーニングレベルが3～4と高い地点がそのほとんどを占める市区町村が存在することがわかった。それだけ広域な地区を、ランドパトロールのみで監視することは困難であることから、衛星によってそのような集中地域を監視する意義は十分にあると考えられた。

言い換えると現場レベルで不法投棄発生の可能性が高い地域は、全国一律精度で入手が可能なGISデータ（ここでは、「行政界距離」、「人口密度」、「基本道路距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」の5要因）から作成された素ゾーニングレイヤから成る現場レベル不法投棄発生に係わる基本ゾーニングレイヤを利活用することで、抽出することが可能であると考えられた。

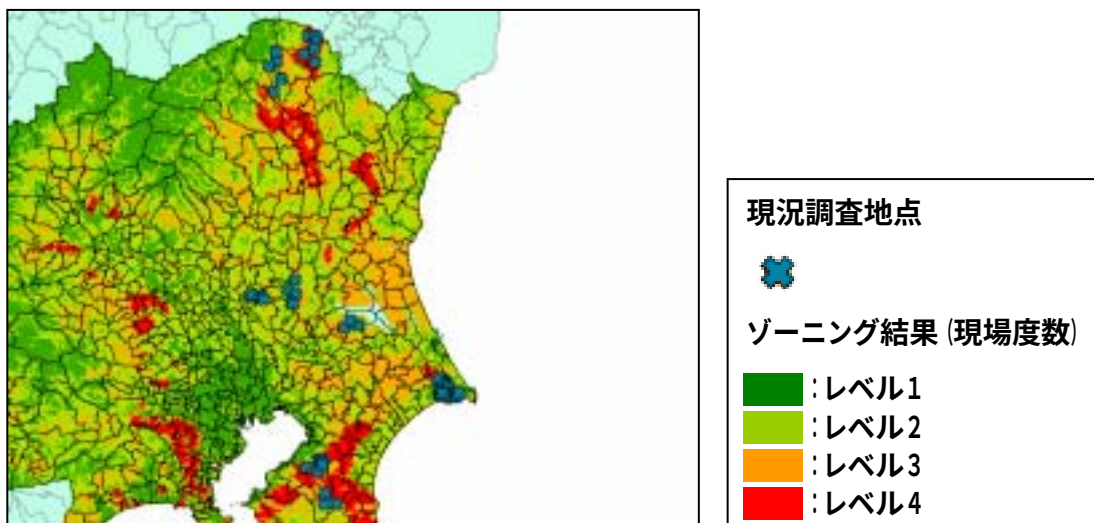


図4-56：現場レベルの不法投棄発生地域の基本ゾーニング（千葉県、栃木県、茨城県）

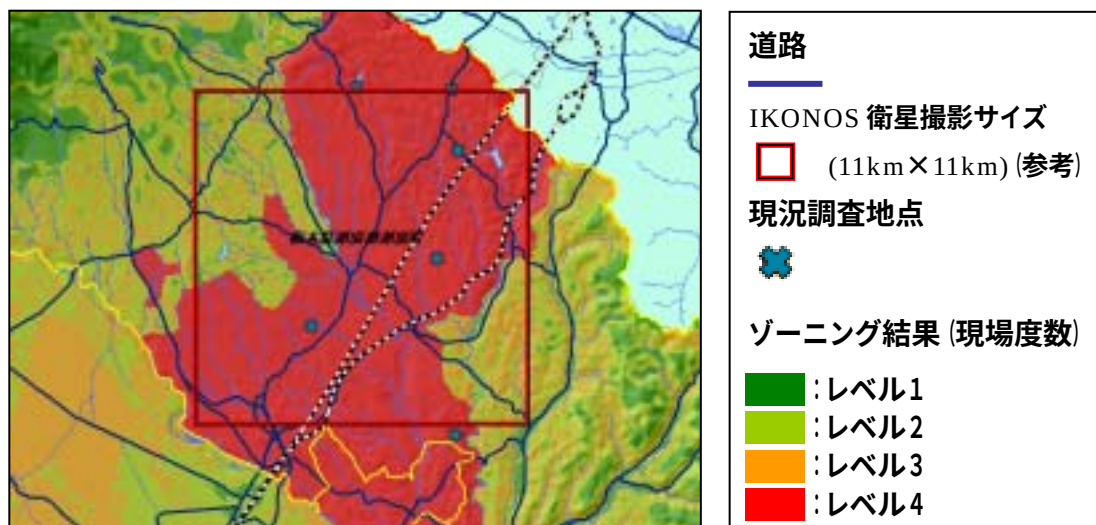


図4-57：現場レベルの不法投棄発生地域の基本ゾーニング（栃木県那須町）

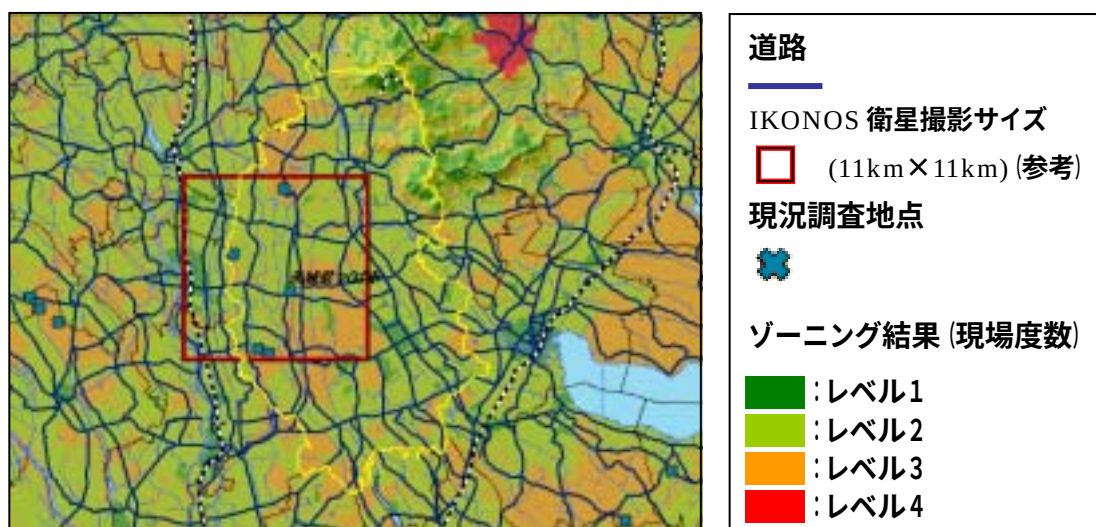


図4-58：現場レベルの不法投棄発生地域の基本ゾーニング（茨城県つくば市）

4.3.4 まとめと今後の展望

本業務を通じて、現場レベルの不法投棄発生の可能性について、全国一律精度で入手が可能なGISデータのうち主に地理的因子、地況的因子、土地利用的因子に着目して、「行政界距離」、「人口密度」、「基本道路距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」の5因子を選定し、これらを用いて要衛星監視地域のランク付けをするゾーニングレイヤを作成した。

この基本ゾーニングレイヤは、現状の不法投棄発生の可能性を予測するのはもちろんのこと、特定の条件が変わる場合、例えば、主要な道路の延長・開発に伴い、「森林縁深さ」、「基本道路距離」等の立地条件が変わった場合、あるいは変わることが予測される場合、リアルタイムで不法投棄発生の可能性予測について更新・再評価できる等、将来的な不法投棄監視に係わる体制検討段階、あるいは各種事業計画レベルで予測段階でも利活用できる。

しかし、神奈川県の一部において新興住宅地であるにもかかわらず、ゾーニングレベルが高くなっている問題点が残されている。これは、不法投棄発生相対確率を合計してゾーニングを行っていることと解析対象とした現地調査データが地域的に偏っていることに由来し、結果として、今回の現地調査データ数が多かった低起伏丘陵地の相対確率が極めて高くなったことが原因である。この問題については、(1)現地調査データを増やす、(2)都市計画市街化区域等などの法的に管理形態が規制されている区域を考慮する等で解決されることが考えられる。

また、現地調査データの数95件（95メッシュ）と限られ、かつ地域的に偏りがあることから、ゾーニングを行った関東圏域8,000万メッシュの検証を行うのに十分な数と質のデータが収集されていない。

来年度においては、不法投棄現場データを多数、収集・整理して、ゾーニングの再解析と検証を行うことが望まれる。

4.4 不法投棄規模が拡大しやすい地点のゾーニング

4.4.1 目的

不法投棄を監視する上では、第一義的に不法投棄が発生しやすい場所をあらかじめ予測することが必要である。さらに、より効率的な監視を推進する上では、不法投棄が発生した場合の規模拡大の可能性について予測し、監視の精度・内容を考慮する必要がある。

本節では、平成12年度業務で収集した千葉県における現場調査データに、本年度業務を通じて収集した青森県、茨城県、栃木県、和歌山県、福岡県の現場調査データを加え、各種データ及びGISを用いて不法投棄面積との関係を把握し、25mメッシュレベル（以下、現場レベルという）で不法投棄規模が拡大しやすい地点のゾーニングを行うこととする。以下、このゾーニングを現場規模ゾーニングという。-

4.4.2 方法

現場レベルの不法投棄発生規模のゾーニングの解析フローを図4-59に示す。

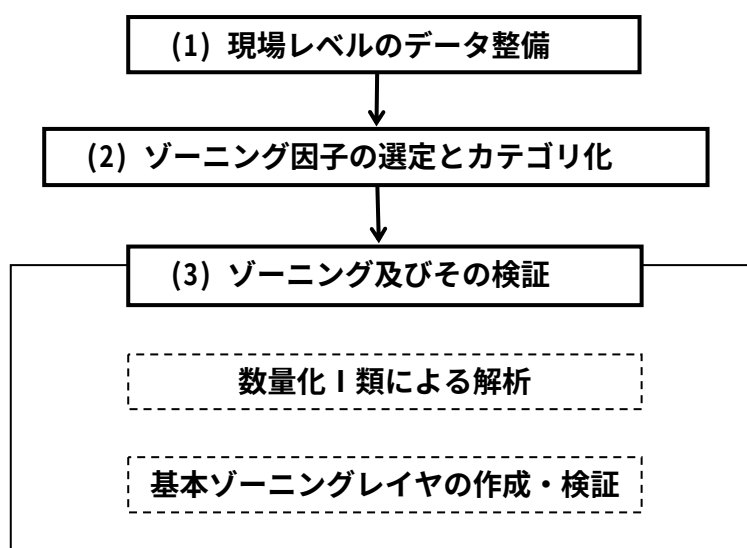


図4-59：現場レベルの不法投棄発生規模ゾーニングの解析フロー

(a)数量化Ⅰ類による解析

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面積（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、各カテゴリー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ーのスコアを積和すれば下記に示すとおり、不法投棄面積（対数値）の推定値が求められるようになる。なお、不法投棄面積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。

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

Y	: 不法投棄面積（対数値）[m ²]
$\bar{Y}$	: 不法投棄面積（対数値）の推定値 [m ²]
$X_1、X_2、\cdots X_m$	: 説明アイテム定数（該当するカテゴリーは1、他は0）
$b_1、b_2、\cdots b_m$	: カテゴリー数量（スコア値）
β	: 定数

(b)基本ゾーニングレイヤの作成・検証

推定式により不法投棄面積が対数値で求められることを利用して実数値へ戻すことにより、ゾーニング素点を求めることが出来る。

$$Y = \text{Log}A = b_1X_1 + b_2X_2 + b_3X_3 + \cdots + b_mX_m + \beta$$

$$\left(\begin{array}{ll} A & : \text{投棄面積 (m}^2\text{)}、(A = 10^{(Y)}) \\ X_1, X_2, X_3, \cdots, X_m & : \text{説明アイテム変数} \\ b_1, b_2, b_3, \cdots, b_m & : \text{カテゴリ数量 (スコア値)} \\ \beta & : \text{定数} \end{array} \right)$$

という関係式を展開すると、

$$A = 10^{(b_1X_1)} \times 10^{(b_2X_2)} \times 10^{(b_3X_3)} \times \cdots \times 10^{(\beta)}$$

と示すことができる。したがって、該当するカテゴリについて $10^{(b_m)}$ の積を求め、さらに $10^{(\beta)}$ を掛け合わせれば投棄面積が求まることになる。そこで、 $10^{(b_m)}$ をそのカテゴリの素点とした。

数量化Ⅰ類による解析を基に得られた、不法投棄面積（対数値）の推定式を用いて算出される不法投棄面積(対数値)を実数に戻し、その値をゾーニング得点として基本ゾーニングレイヤを作成した。次に、検証エリアとする関東圏域を対象とした現場規模レベルの基本ゾーニングを行った上で、現地調査で収集した検証データと重ね合わせ、基本ゾーニングレイヤの有用性について検証した。

4.4.3 結果

(1) ゾーニング因子の選定とカテゴリ化

(a) ゾーニング因子の選定

今回は「4.3 不法投棄が発生しやすい地点のゾーニング」で評価因子の絞り込みを行った結果を考慮して、監視性：行政界距離、見通し：森林縁深さ、地域特性：土地利用形態(植生)、地形分類を用いた。

なお、人口密度、基本道路距離については、それぞれ投棄面積との間に十分な相関が見られなかったことからゾーニング因子として用いなかった。

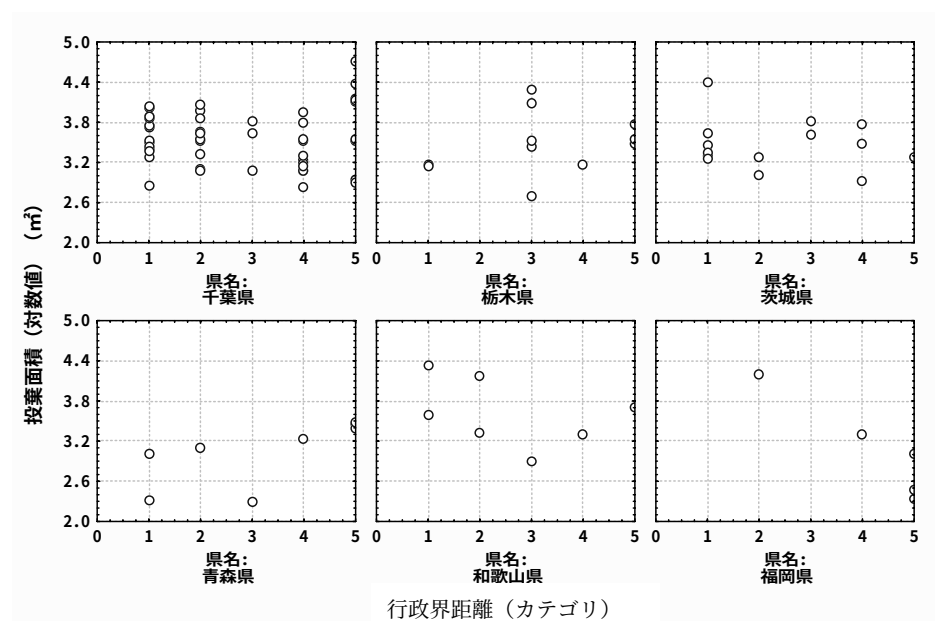
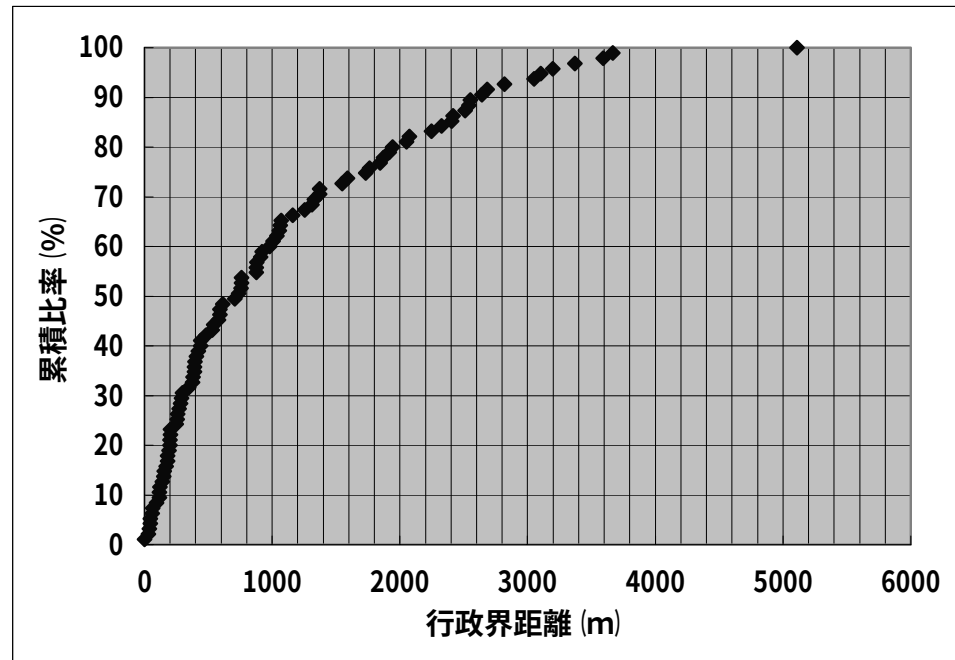
(b) ゾーニング因子のカテゴリ化

前述のとおり、不法投棄が発生した場合拡大しやすい地点のゾーニングを行うに当たってのゾーニング因子として、(a)監視性：行政界距離、(c)見通し：森林縁深さ、(d)地域特性：土地利用形態(植生)、地形分類が抽出された。このうち、行政界距離と森林縁距離は量的なデータであるのに対し、土地利用形態(植生)、地形分類は質的なデータである。本業務では、4つのゾーニング因子を利用して、不法投棄問題を推定するにあたって行政界距離、森林縁深さの2つのゾーニング因子のデータをカテゴリ化し、4つの質的なデータで用いることとした。

なお、カテゴリ区分設定(閾値の設定)は、ゾーニング因子の分布特性を考慮しつつ、図 4-60、図 4-61 に示すとおり設定した。

行政界距離

行政界距離が概ね300m、600m、1,000m、2,000mを閾値として、0～300m、300～600m、600～1,000m、1,000～2,000m、2,000m以上の5カテゴリ設定とした。

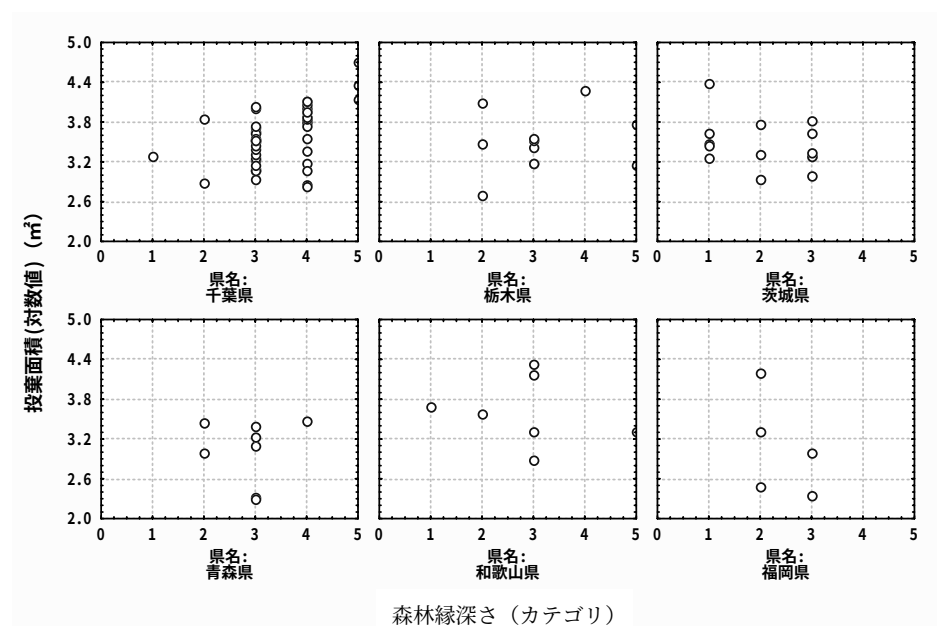
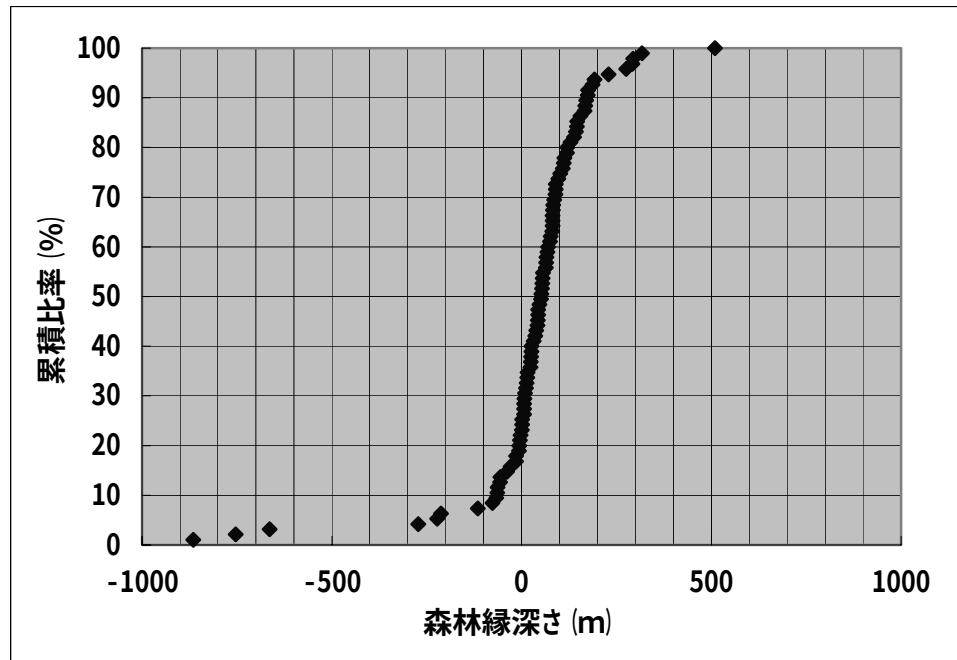


説明アイテム	カテゴリ	
行政界距離	1	～300m
	2	～600m
	3	～1000m
	4	～2000m
	5	2000m～

図4-60：『行政界距離』に関するカテゴリ化の考え方

・森林縁深さ

森林縁深さ-100m未満、0m、100m、200mを閾値として、 $\sim -100\text{m}$ 、 $-100\sim 0\text{m}$ 、 $0\sim 100\text{m}$ 、 $100\sim 200\text{m}$ 、 200m 以上の5カテゴリ設定とした。



説明アイテム	カテゴリ	
森林縁深さ	1	$\sim -100\text{m}$
	2	$\sim 0\text{m}$
	3	$\sim 100\text{m}$
	4	$\sim 200\text{m}$
	5	$200\text{m}\sim$

図4-61：『森林縁深さ』に関するカテゴリ化の考え方

(2) ゾーニング結果とその検証

(a) 数量化Ⅰ類による解析結果

表4-19に各説明アイテム別、カテゴリ別のスコア値の算出結果を、表4-20に各説明アイテム間の単相関係数を示す。

標本数（n=95）で重相関係数は0.57と高い（1％水準で統計的に有意）ことから、本解析で得られた推定式の信頼性は高いと言える。

表4-19：各説明アイテム別・スコア値の算出結果

説明アイテム	カテゴリ		スコア値 b _m	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	0.3202
	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	～-100m	0.2815	7	0.6630	0.3370	0.4275
	2	-100～0m	0.0058	14			
	3	0～100m	-0.1506	48			
	4	100～200m	0.1053	20			
	5	200m～	0.5124	6			
地形分類	1	山地	-0.1811	10	0.5471	0.1855	0.3952
	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	0.3820
	2	草地・低木地	0.2273	6			
	3	植林	-0.1381	39			
	4	天然林	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4-20：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	—

：1%水準で有意

(b)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。

ア) 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 > 600～1,000m > 1,000～2,000m > 2,000m～
となっており、1,000mまで、1,000～2,000m、2,000m以上、という区切りで見れば、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、行政界近く程、不法投棄面積が大きくなる傾向がみられた。

なお、前述のとおり、「行政界から近い」＝「監視の目が届きにくい」という関係は山地あるいは丘陵地の尾根や河川が行政界になっていることを前提としており、人口集中区域内（4,000人/km²以上）のいわゆる都市内が行政界となっている場合には上記の関係は成立しないことから、人口集中区域内におけるスコア値は「2,000m～」と同一値：「－0.1900」を適用するものとした。

イ) 森林縁深さ

各カテゴリ区分のスコア値を比較すると、

200m～ > ～－100m > 100～200m > －100～0m > 0～100m
となっており、森林から奥深い条件下で不法投棄規模が大きく、森林縁近くの「森林縁深さ」：－100～100mという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以上離れた、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面積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をして不法投棄を行っている事例が数例あることが関係していると考えられた。

なお、森林縁からアクセス道路がない状態で森林の奥側まで不法投棄規が大きくになるとは考えにくいことから森林縁深さ200m以上の扱いについては上限（制限値）を設定する必要があると考えられる。現地調査データでは森林縁深さの最大は509mであったことから、森林縁深さ600m以上については、スコア最小値・「森林縁深さ 0～100m」のカテゴリのスコア値「－0.1506」を適用するものとした。

ウ) 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^{※1} > 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。

エ) 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。

なお、現場データでは該当データがなかった「市街地」については、スコア最小値・「植林」のカテゴリのスコア値「-0.1381」を適用するものとした。

¹ 「4.3 不法投棄が発生しやすい地点のゾーニング」と同様に、起伏量 100m未満の小起伏丘陵地を丘陵地カテゴリとし、起伏量 100～200mの大起伏丘陵地は山地カテゴリとして区分した。

(c) 解析結果の検証

前述のとおり数量化Ⅰ類を用いて作成した推定式に係わる重相関係数 $r=0.5876$ （標本個数 $n=95$ ）で、1%水準で統計的に有意性が認められたことから、不法投棄面積（対数値）は行政界距離、森林縁深さ、地形分類、土地利用形態（植生）の4ゾーニング因子で推定できるものと考えられた。

なお、各アイテムのカテゴリースコアにさらに定数項の3.4819を加えることにより、不法投棄面積（対数値）を推定できる。推定式は以下に示すとおり整理できた。

調査データと推定式により算出した推定値との関係を図4-62に示す。概ね、調査データと推定値が類似する傾向がみられた。

●不法投棄面積（対数値）の推定式

不法投棄面積（対数値）

$$= \text{行政界距離スコア値} + \text{森林縁距離スコア値} + \text{地形分類スコア値} \\ + \text{土地利用形態（植生）スコア値} + 3.4819$$

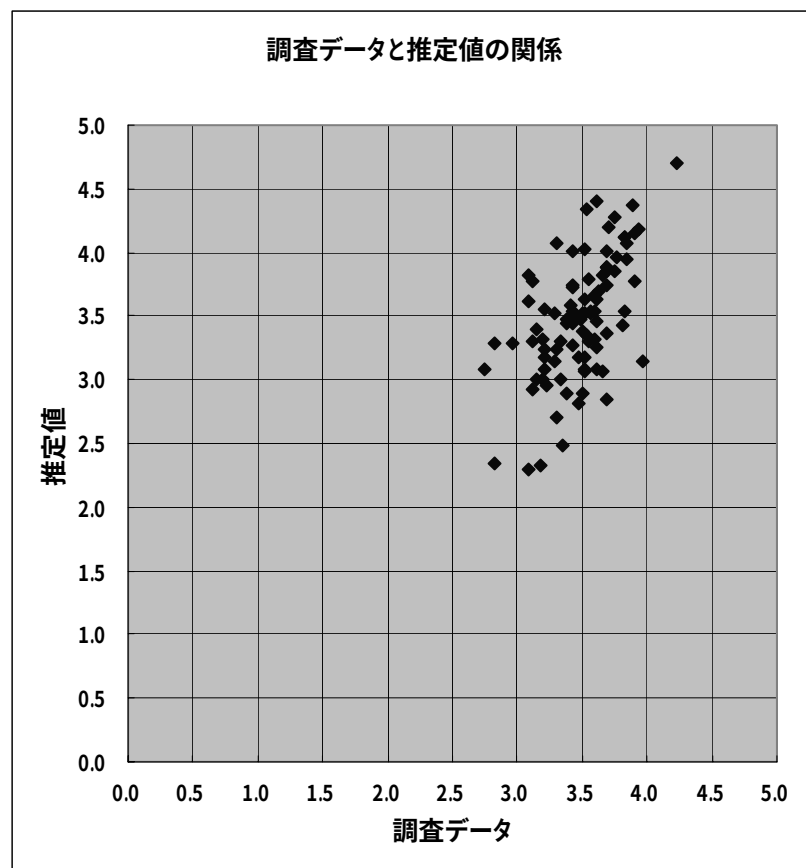


図4-62：調査データと推定式より算出した推定値の関係

(d) 基本ゾーニングレイヤの作成・検証

ア) ゾーニング得点の算出

前述の推定式により不法投棄面積が対数値で求められることを利用して実数値へ戻すことにより、ゾーニング素点を求めることが出来る（ゾーニング素点 = $10^{\wedge}(\text{スコア値})$ ）。その結果を表4-21に示す。なお、前述のとおり、各説明アイテムのスコア値（ゾーニング素点）は不法投棄規模の拡大しやすさを示している。例えば、行政界に近く森林縁から遠い（奥の方）丘陵地形の天然林では不法投棄規模は拡大しやすい一方で、行政界から離れた市街地、森林縁にも近い低地といった条件下では不法投棄規模はさほど大きくならないと予想される。

表4-21：各ゾーニング因子のカテゴリ区分とゾーニング素点

説明アイテム		カテゴリ	スコア値	ゾーニング素点
行政界距離	1	～300m	0.0940	1.2
	2	300～600m	0.1760	1.5
	3	600～1000m	0.0632	1.2
	4	1000～2000m	-0.1231	0.8
	5	2000m～	-0.1900	0.6
	6	人口集中地区	-0.1900	0.6
森林縁深さ	1	～－100m	0.2815	1.9
	2	－100～0m	0.0058	1.0
	3	0～100m	-0.1506	0.7
	4	100～200m	0.1053	1.3
	5	200～600m	0.5124	3.3
	6	600m～	-0.1506	0.7
地形分類	1	山地	-0.1811	0.7
	2	丘陵地	0.1460	1.4
	3	段丘	-0.1775	0.7
	4	低地・氾濫原	-0.4011	0.4
土地利用分類(植生)	1	農耕地	-0.0633	0.9
	2	草地・低木地	0.2273	1.7
	3	植林	-0.1381	0.7
	4	天然林等	0.2789	1.9
	5	市街地	-0.1381	0.7
定数項			3.4819	3032.9

イ) 基本ゾーニングレイヤの作成

4.4.2(3)の「(b)基本ゾーニングレイヤの作成・検証」で示した通り、算出した各説明アイテムのゾーニング素点と、定数項の実数値 3032.9 を掛け合わせることで、推定投棄面積を求めることができる。

例えば、

行政界距離のカテゴリが ⑤ 2,000m～ (ゾーニング素点：0.6)

森林縁深さのカテゴリが ③ 0～100m (ゾーニング素点：0.7)

地形分類のカテゴリが ② 丘陵地 (ゾーニング素点：1.4)

土地利用形態(植生)のカテゴリが ③ 植林 (ゾーニング素点：0.7)

である地点の推定投棄面積は、表4-21に基づき、

$$0.6 \times 0.7 \times 1.4 \times 0.7 \times 3032.9 = 1248.34 \text{ (m}^2\text{)}$$

と算出される。

このようにして得られた推定投棄面積をゾーニング得点として、現場レベルで関東域に展開し、表4-22に示す基準で4ランクに区分した結果を基本ゾーニングレイヤとして整理した。図4-61に現場レベルの不法投棄発生規模基本ゾーニング結果を示す。

この例の地点の場合だと、表4-22を見ればわかるように、ゾーニングレベルは、推定投棄面積が 350~1,700m² のレベル1に区分され、不法投棄が発生する規模は大きくなりにくいと推測できる。

表4-22：現場レベルの規模ゾーニング得点のランク付け基準

ゾーニングレベル	カテゴリ区分（推定投棄面積：m ² ）
1	350 ～ 1700
2	1700 ～ 3500
3	3500 ～ 7800
4	7800 ～

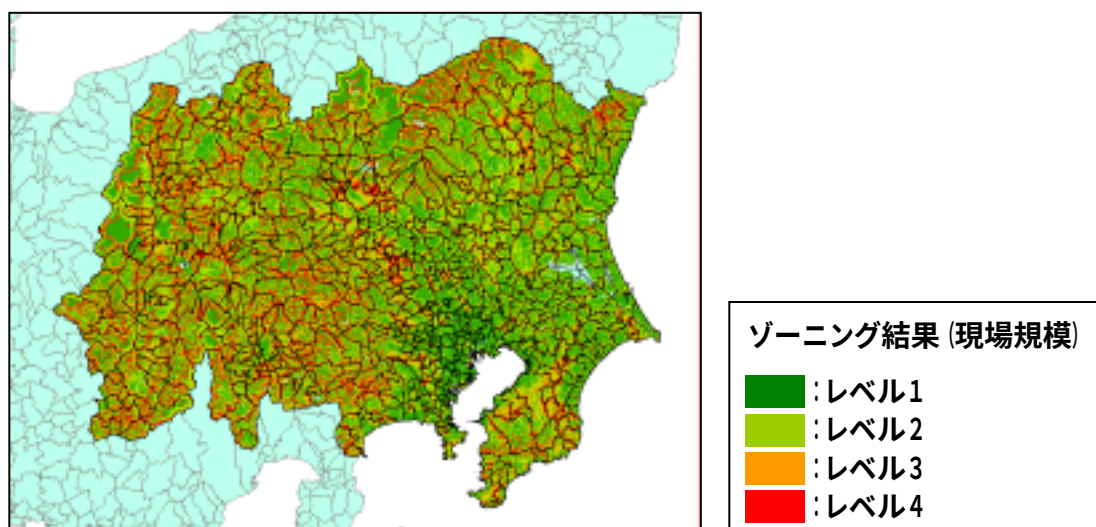


図4-63：現場レベルの不法投棄発生規模基本ゾーニング

ウ) 基本ゾーニングレイヤの検証

図4-64に、現場レベルの不法投棄発生規模基本ゾーニングに関東圏のうち現地調査データのある3県（千葉県、栃木県、茨城県）現場調査結果をオーバーレイした結果を示す。また、図4-65、図4-66にそれぞれ不法投棄発生規模基本ゾーニング結果を、栃木県那須町周辺と茨城県つくば市周辺で拡大した図を示す。

これらの結果図から分かるように、推定した不法投棄発生規模と実際の発生規模は概ね一致する傾向がみられた。このことから、不法投棄が発生した場合にどういった規模まで拡大する可能性があるかについて、全国一律精度で入手が可能なGISデータ（ここでは、「行政界距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」の4要因）を用いて予測することが可能であることが確認できる。

但し、現地調査データが95件に限定されるため、総合的な評価は難しい。今後の調査にて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。

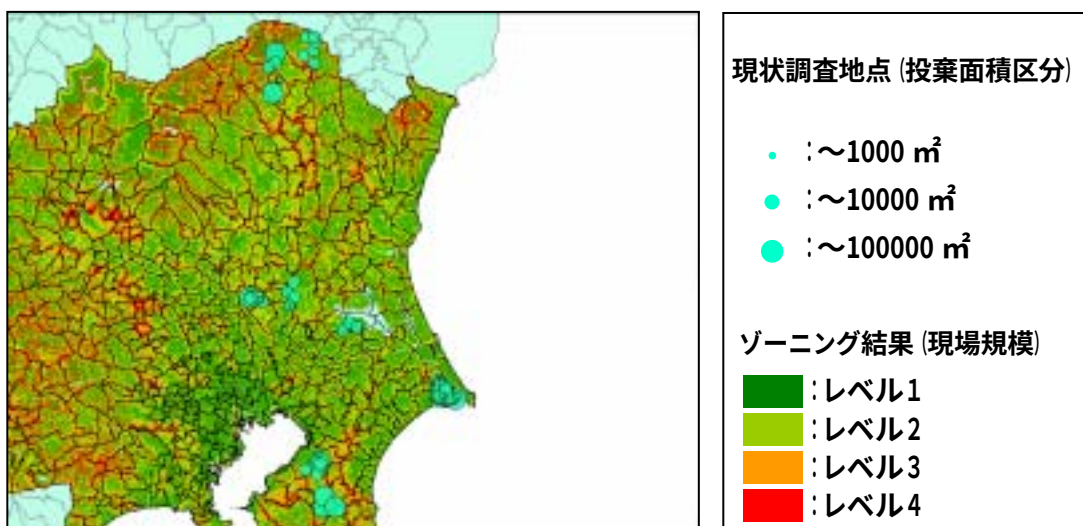


図4-64：現場レベルの不法投棄発生規模基本ゾーニングと現地調査データのオーバーレイ結果

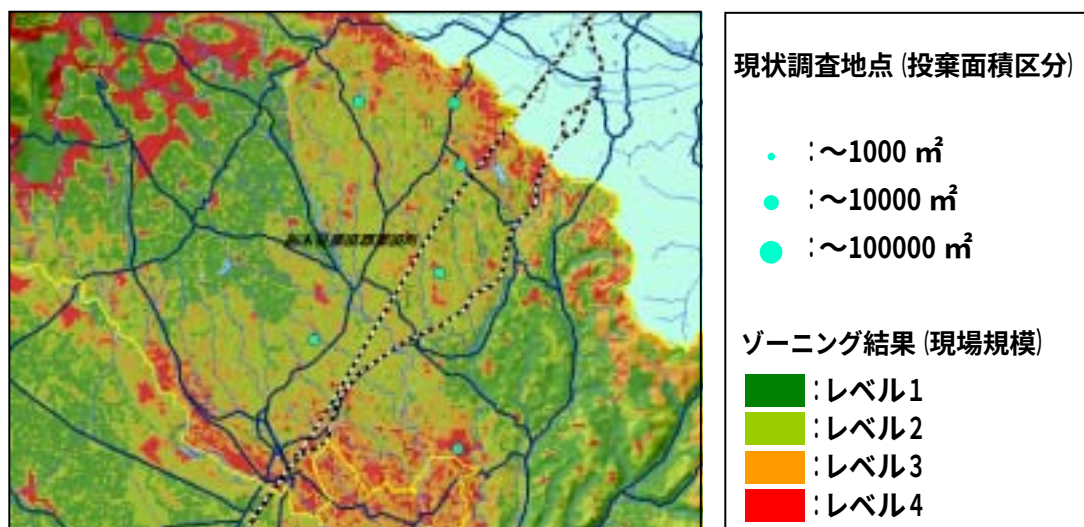


図4-65：不法投棄発生規模基本ゾーニングと現地調査データのオーバーレイ結果
(栃木県那須町)

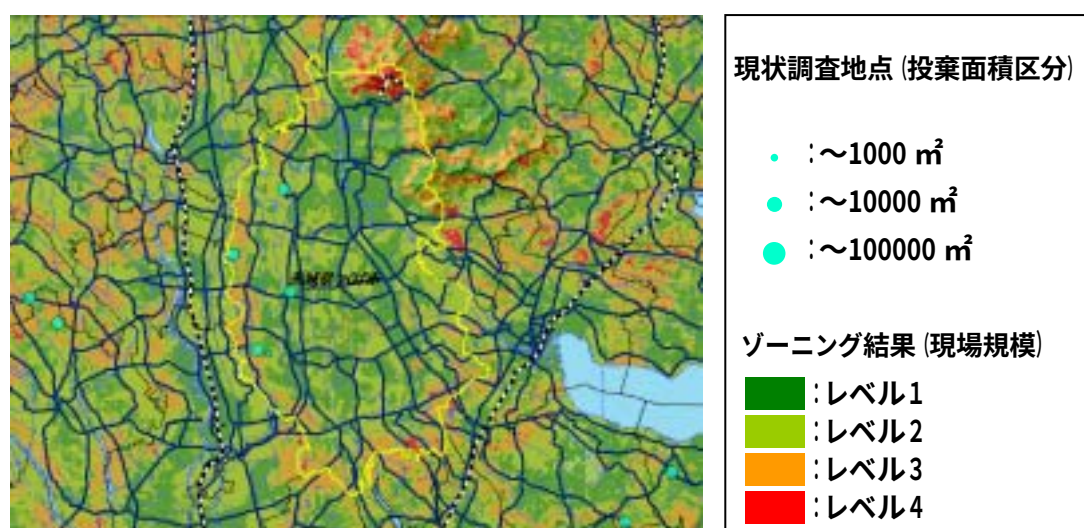


図4-66：不法投棄発生規模基本ゾーニングと現地調査データのオーバーレイ結果
(茨城県つくば市)

4.4.4 まとめ及び今後の展望

不法投棄が発生した場合にどういった規模まで拡大する可能性があるかについて、全国一律精度で入手が可能なGISデータのうち「行政界距離」、「森林縁深さ」、「地形分類」、「土地利用形態（植生）」の4因子を選定し、これらを用いて要監視地域のランク付けをするゾーニングレイヤを作成した。

このモデル式、ゾーニングレイヤは、現状の不法投棄発生規模を予測するのはもちろんのこと、特定の条件が変わる場合、例えば、森林伐採、開発に伴い、『森林縁深さ』、『土地利用形態（植生）』等の立地条件が変わった場合、あるいは変わることが予測される場合、リアルタイムで不法投棄発生規模予測について更新・再評価できる等、将来的な不法投棄監視に係わる体制検討段階、あるいは各種事業計画レベルで予測段階でも利活用できる。

しかしながら、解析対象とした現地調査データでは投棄規模の範囲がおよそ1,000～10,000m²の範囲に限られており、大規模から小規模までの不法投棄に及ぼす影響を感度良く解析できていない。さらに、現地調査データの数が95件（95メッシュ）と限られ、かつ地域的に偏りがあることから、ゾーニングを行った関東圏域8,000万メッシュの検証を行うのに十分な数と質のデータが収集されていない。

来年度においては、幅広い規模の不法投棄現場データを多数、収集・整理して、ゾーニングの再解析と検証を行うことが望まれる。

4.5 ゾーニング結果の利用と今後の課題

以上の検討により、四種類の基本ゾーニングシステムが開発できた。本章の最後に、これらゾーニング結果の利用の方向性、ならびにゾーニングシステム開発の今後の方針を述べる。

基本ゾーニングは、階層化された全体のゾーニングシステムのなかで、図4-67に示したように最も下位の基本的な要素として位置づけられる。この基本ゾーニングは、客観的、かつ地理情報システム（GIS）上でデータベース化されたデータのみを用いてゾーニングされている。一方で、不法投棄に関わるがGISでデータベース化されていない現場情報や事前のパトロール情報は監視地域を決定するにあたって貴重なデータである。現場から寄せられる多彩な情報を利用せずに、DB化できる情報のみでゾーニングして要監視地域を判断することは、多彩な情報を無駄にすることになってしまうだけでなく、新たな不法投棄発見の糸口を閉ざすことになってしまう。そこで、基本ゾーニング結果に、これらの現場データや衛星監視によって得られる衛星画像データも組み合わせた上で、自治体担当者等が監視地域を決定するものとする。四種類の基本ゾーニング結果を組み合わせて、他の追加データを組み合わせたりして得られるゾーニングを「二次ゾーニング」と呼ぶこととし、自治体担当者は、二次ゾーニング結果で判断するか、あるいは、基本ゾーニング結果と他の追加データを個別に吟味して判断することとする。

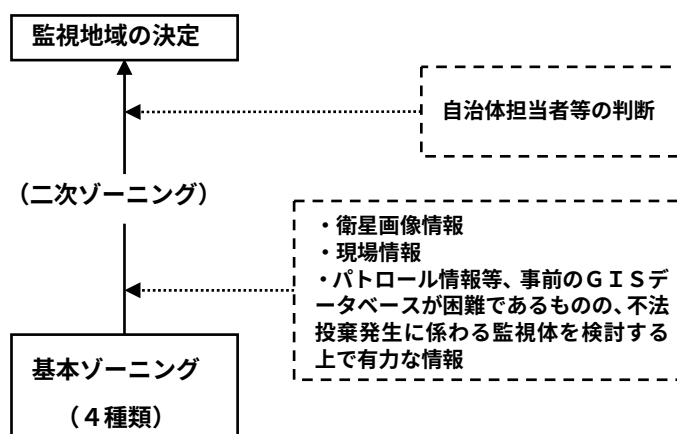


図4-67：階層化されたゾーニングシステムとその利用の概念図

システムの、基本ゾーニングをさらに組み合わせた二次ゾーニング結果を提示することで、自治体担当者等の意思決定をより強力にサポートできると考えられる。しかし、現段階では現場レベルの不法投棄現場データ数がまだ少なく現場レベルのゾーニング結果の検証が十分に行えず、そのために二次ゾーニング結果の検証もできていない。次年度は、現場レベルの不法投棄現場データ数を増やし、現場レベルの基本ゾーニング結果と二次ゾーニング結果の両方の検証を行うとともに、基本ゾーニング結果を組み合わせる二次ゾーニングを得る方法についても検討することが望まれる。

5.衛星画像による不法投棄箇所検知（モニタリング）システムの開発

近年、衛星センサの性能は目覚ましい発展を遂げている。第一に地上分解能の向上があげられる。SPOT2やLandsat5のような既存のセンサでは地上分解能は10～30m程度であったが、最新の高分解能センサでは、IKONOSやQuick Birdのように地上分解能1m程度のものが出現している。これらを使えば、地上物体の形状を詳細に観測することが可能である。

第二に観測バンド数の増加があげられる。既存センサでは観測バンド数は数バンドのものが多かったが、近年ではTerra ASTERのように10バンド以上（14バンド）の観測バンドを持つものも利用できるようになった。また実験衛星ではあるが、非常に細かいスペクトル幅で220もの観測バンドを持つHyperionのような、いわゆるハイパースペクトルセンサも打ち上げられている。ハイパースペクトルセンサは地上の対象物の光反射・吸収特性を細かく調べることができるので、従来のセンサでは測定が困難だった対象の詳細な物理・化学特性を知ることが可能になると考えられている。

第三に利用可能な衛星センサの種類が増えたことがあげられる。現在利用できる各種のセンサを組み合わせることにより、可視光、近赤外、熱赤外、さらにマイクロ波にわたる種々の波長帯域において対象の特性を様々な視点から調べることが可能になっている。

衛星画像の処理手法においても近年は高度な手法が開発されている。代表的なものとして以下のような例がある。

- ・ ミクセル分解手法：衛星画像中にあると予想される様々な土地被覆のスペクトル反射特性情報を利用して、画像ピクセルの中に存在する土地被覆の構成比率を推定する方法。
- ・ センサ複合利用手法：同一の衛星或いは異なる衛星に搭載された各種のセンサを複合利用することにより、地上観測の妨げとなる大気の影響や雲の影響を除去し、地上の変化を精度良く抽出することが可能になってきた。
- ・ 高度な大気補正手法：衛星センサで観測される地表面画像は、大気の間を通してみたものである。地表面の状態を正確に知るには大気の影響を的確に取り除いてやる必要がある。近年、MODTRANや6Sなど高度な大気影響補正ソフトウェアが簡便に利用できるようになった。

このような高度の画像処理手法を利用することにより、従来では取得することが困難であった地表面の情報を抽出することが可能になってきた。

さらに、衛星画像の利用を促進する要因として、簡便な画像処理ソフトの普及があげられる。ERDAS/IMAGINE、PCI、ENVIなどの画像処理ソフトを使えば、一般の人でも、一定期間のトレーニングを積み、専門家のサポートを受けることにより、高度な画像処理を行うことができるようになった。

衛星センサ、画像解析手法及び画像処理ソフトのこのような発展により、衛星画像データを廃棄物の不法投棄の検出に使用できる可能性がますます高くなってきたと考えられる。本章で

は、各種衛星センサの仕様と利用目的を考慮し、不法投棄現場の特性を踏まえた上で、衛星センサによる不法投棄検知の可能性について検討する。

本章の構成は以下のようになっている。5.1では、現在および近い将来利用可能な衛星センサの仕様と特性を概観する。5.2では、不法投棄現場の類型ごとに種々の衛星センサの適用可能性について考察する。5.3では、具体的に衛星センサとして、光学センサ、熱赤外センサ、合成開口レーダ、パンクロマチックステレオセンサ、及び複合センサ統合利用を取り上げ、各種センサによる不法投棄の検知能力を評価する。5.4は、これらの検討結果を取りまとめるとともに今後の課題について述べる。

5.1 各種衛星センサの仕様と利用目的

衛星画像を不法投棄等監視に有効かつ合理的に活用するには、まずそれぞれの画像特徴を十分把握する必要がある。そこで本節では、画像の種類ごとにその特徴と不法投棄等監視への活用の可能性について言及するとともに、現在あるいは近い将来利用が可能となる衛星画像の仕様の概略を一覧表に示す。

5.1.1 光学センサ

(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IKONOS衛星から得られる約1mの画像が最も分解能が高い（ただし、平成13年10月に60cm分解能のQuick Bird衛星の打ち上げが成功）。図5-1に高分解能のIKONOS画像、図5-2に中分解能のSPOT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5-1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できないため、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）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。具体的には、高分解能画像は不法投棄された物体や不法投棄物の運搬のために新しく作られた道路、作業のための重機類等の検知、中分解能画像は土地被覆状況の変化などの検知に使用することが考えられる。また同一箇所を別の角度から撮影した2枚のパンクロマチック画像をステレオ解析することにより高さ情報を入手することができるので、不法投棄前の土砂の採取状況や大規模な谷の埋め立てを検知できる可能性がある。なお、1m分解能の画像を用いた場合、高さ方向の精度は誤差5m程度である。



図5-1：高分解能パンクロマチックセンサ画像の例（IKONOS）



図5-2：中分解能パンクロマチックセンサ画像の例（SPOT）

表5-1：主なパナ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	0.6m	16.5×16.5km	3,700円/km ² (マルチとのセット価格4,900円/km ²)	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1シーン (11×11km) 1,200,000円	1998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)	2002年打ち上げ予定
EROS-A1	太陽同期軌道 高度：480km 傾斜角：約99° 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：260,000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-PAN	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-PAN	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	(不明)	0.61～0.68 μm	2.5m 5m	120×120km	(未定)	2002年打ち上げ予定
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	0.50～0.90 μm	15m	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

(注) アーカイブ：撮影済画像で一般に公開されているもの
価格の違いは、位置の補正などの条件などによる

(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IKONOS衛星から得られる約4mの画像が最も分解能が高い(ただし、平成13年10月に2.4m分解能のQuick Bird衛星の打ち上げが成功)。図5-3に高分解能のIKONOS画像、図5-4に中分解能のLandsat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5-2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5-5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)、NIR(Near 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、NIR、SWIR(Short Wave InfraRed:短波長赤外)の計4バンド、Landsat 5衛星搭載のTMセンサおよびLandsat 7衛星搭載のETM+センサは、R、G、B、NIR、SWIR2バンド、TIR(Thermal InfraRed:熱赤外)の計7バンドを有する。RGBに近い3つのバンドを持つ場合はいわゆるトゥルーカラー画像(人間の見た目に近いカラー画像)を作成できることから、背景画像として利用したり、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できないため、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ですが、この機能を持たない中分解能衛星の回帰日数は2～5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。例えば、NIRバンドを使用すればコンピュータによる自動解析処理だけで人工物と植生の区別が容易に行えるので、森林伐採跡地に不法投棄する場合を検知できる可能性がある。



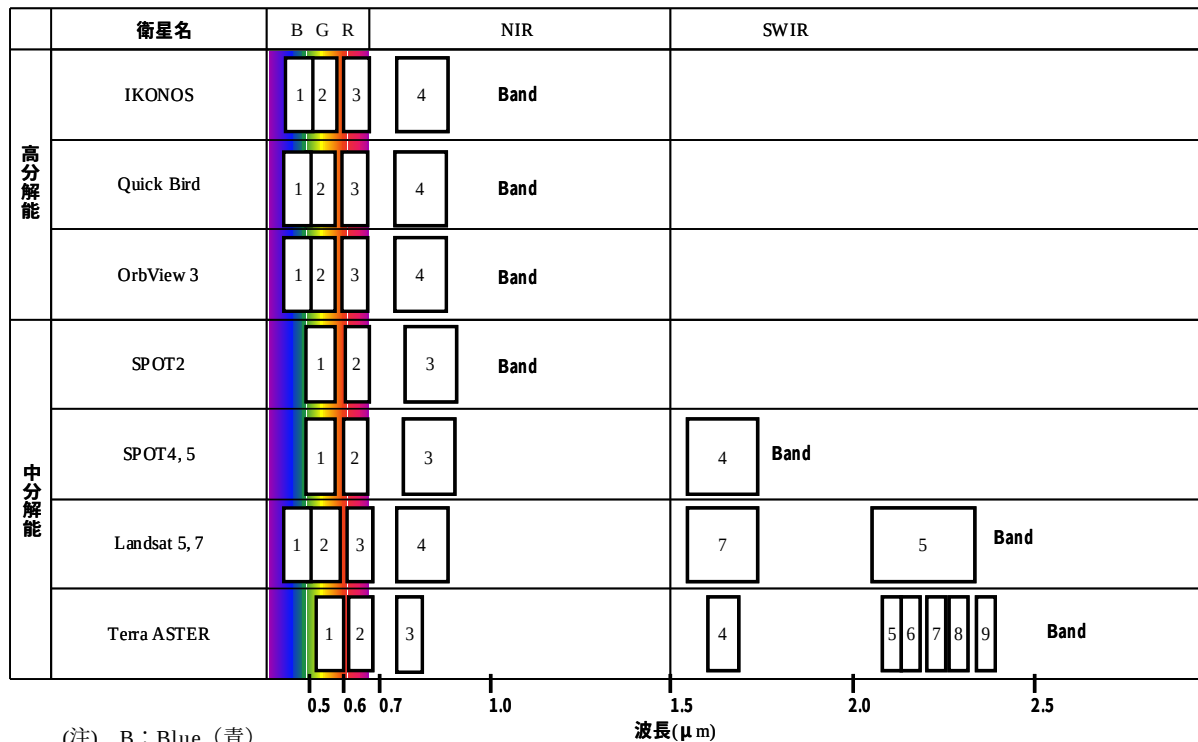
図5-3：高分解能マルチスペクトルセンサ画像の例（IKONOS）



図5-4：中分解能マルチスペクトル画像の例（Landsat 7）

表5-2：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	2.4m	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)	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1シーン：1,200,000円	1998年打ち上げ済
OrbView 3	太陽同期軌道 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)	2002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-MULTI		0.50～0.59 μm 0.61～0.68 μm 0.79～0.89 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-MULTI		0.50～0.59 μm 0.61～0.68 μm 0.79～0.89 μm 1.55～1.75 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	(不明)		0.50～0.59 μm 0.61～0.68 μm 0.79～0.89 μm 1.55～1.75 μm	10m 10m 10m 20m	120×120km	(未定)	2002年打ち上げ予定
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			
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 70m	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
IRS-1D	太陽同期軌道(楕円) 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 63-70m	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
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



(注) B : Blue (青)
 G : Green (緑)
 R : Red (赤)
 NIR : Near InfraRed (近赤外)
 SWIR : Short Wave InfraRed (短波長赤外)

図5-5：代表的な衛星の観測波長帯

5.1.2 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5-6にLandsat 7衛星の熱赤外画像を示す。また、現在利用可能な主な熱赤外センサ画像を表5-3に示す。なお、航空機搭載型センサもあり、航空機の場合は撮影範囲は狭くなるものの、空間分解能は数mで撮影可能である。

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。

不法投棄等監視への活用としては、投棄された産業廃棄物が化学変化などを起こして熱を発生するような場合の地表面の温度上昇の検出への利用が期待できる。

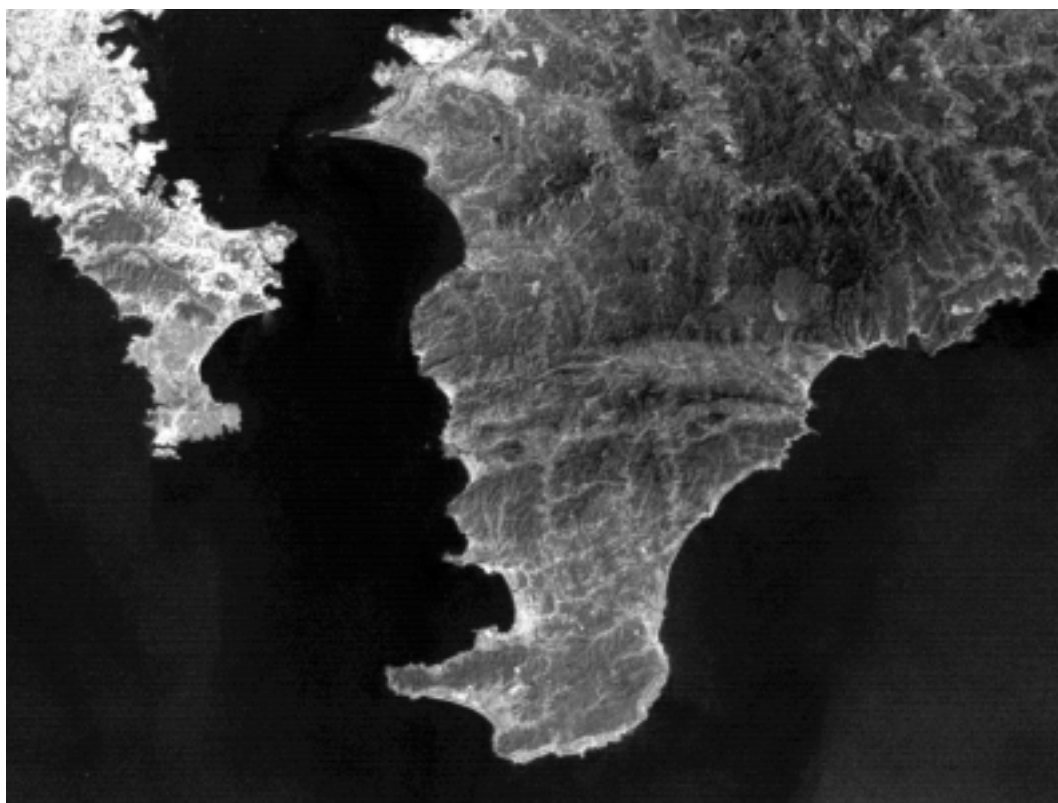


図5-6：熱赤外センサ画像の例（Landsat 7）

表5-3：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

5.1.3 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5-7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5-4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、2003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。

不法投棄等監視への活用としては、インタフェロメトリ情報（位相差情報）を用いた高さ情報変化に基づく不法投棄等現場や森林等の内部に投棄された廃棄物を検知できる可能性がある。また、金属類を強く検出するため、金属くず等の不法投棄現場や現場にある重機等を検知できる可能性がある。



図5-7：合成開口レーダ画像の例（RADARSAT-1 STANDARD）

表5-4：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	
		Ultra-FINE		3m	20×20km		
RADARSAT-2	太陽同期軌道 高度：798km 回帰日数：3日	STANDARD	5.405GHz HH偏波 HV偏波 VV偏波	28m	100×100km	(未定)	2003年打ち上げ予定
		WIDE		100m	500×500km		

5.1.4 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5-8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5-5に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。不法投棄等監視においては、特に投棄物種類の判別への利用が期待できるものの、現在は利用できるセンサがないため本年度は検討対象外とした。

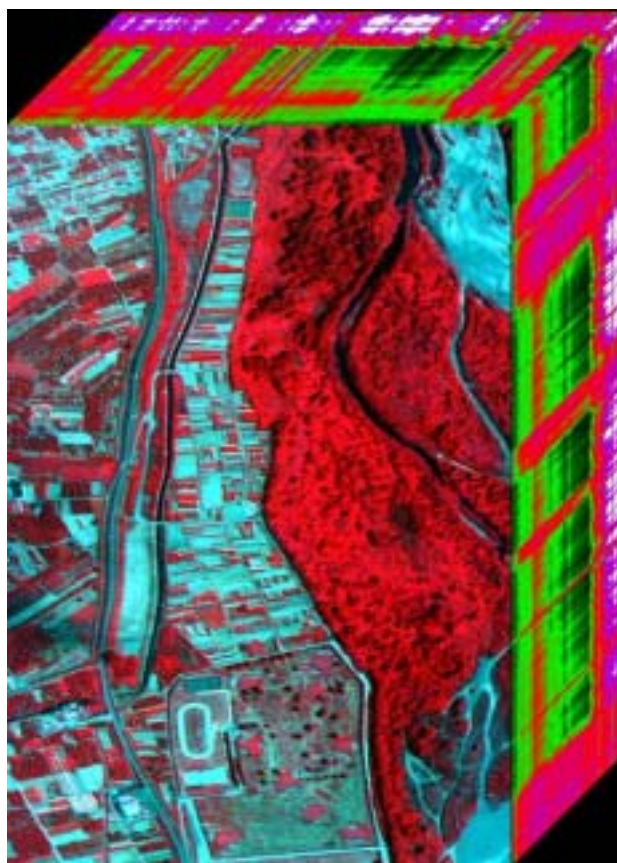


図5-8：ハイパースペクトルセンサ画像（航空機による撮影）

表5-5：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
ARIES-1 Specifications	(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

5.2 不法投棄現場の検知可能性がある衛星センサ

衛星センサには様々なものがあり、その種類によって異なる特長を持ち、撮影できる画像も異なる。各々の衛星センサの詳細については5.1で述べた。一方、検知の対象である不法投棄についても、その状況は様々である。そのため、衛星を用いて検知する場合、不法投棄の様々な状況にあわせて発生し得る特徴（変化）を捕えることが必要となる。

そこで本節では、不法投棄の実施行為とそれによって生じる変化を列挙した上で、それらの状況に対してどのような衛星センサに不法投棄現場の検知可能性があるかを考察し、今回の検討対象とするセンサとその検知対象事象を定めた。

5.2.1 不法投棄の実施行為と生じる変化

不法投棄の段階を、投棄前、投棄中、投棄後に分け、それぞれの段階で行われる主な行為と、その行為において発生しうる変化・特徴について以下に示す。

(1)不法投棄前の行為（前兆行為）

(a)森林の伐採

- ア)森林が減少する
- イ)植生状況（植生分布）が変化する
- ウ)伐採部分の高さが変化する
- エ)使用した重機が近くに存在する。

(b)地面の掘削

- ア)掘削部分の高さが低くなる
- イ)掘削部分の土質が変化する
- ウ)使用した重機が近くに存在する

(c)堀の設置

- ア)堀が現れる・堀の影が現れる

(d)進入導路の設置

- ア)進入道路が作られる

(2)不法投棄中の行為

(a)投棄物の搬入

- ア)投棄部分の土地被覆が変化する
 - ・廃プラスチック類
 - ・瓦礫類などの建設廃材
 - ・金属くず
 - ・ゴムくず・廃タイヤ
 - など

- イ)投棄部分の高さが変化する
 - ウ)投棄部分の形状が変化する
 - エ)使用した重機・運搬車両が近くに存在する
- (3)不法投棄後の行為
- (a)露出放置
 - ア)投棄部分の土地被覆が変化する
 - ・廃プラスチック類
 - ・瓦礫類などの建設廃材
 - ・金属くず
 - ・ゴムくず・廃タイヤ
 - など
 - (b)覆土（混合）
 - ア)覆土部分の形状が変化する
 - イ)覆土部分の土質が変化する
 - ウ)覆土部分の高さが高くなる
 - エ)投棄物が発熱することにより地表面温度が上昇する
 - オ)投棄物の伝熱性の違いにより地表面温度が変化する

5.2.2 検知可能性がある衛星センサ

5.2.1の不法投棄の行為において発生し得る特徴（変化）に対して、比較的、検知可能性がある衛星センサを以下に述べる。

まず、光学センサであるマルチスペクトルセンサは、森林伐採や地面の掘削の際の植生変化や、投棄物による土地被覆の変化の検知に有望である。さらに、植生や投棄物のスペクトルについてより多くの情報を得ることができる複数のバンドを有するセンサを用いれば、廃プラスチックや建設廃材といった投棄物の種類を、スペクトル反射特性から識別することもできるのではないかと考えられる。

光学センサの中でも高分解能パナクロマチック／マルチスペクトルセンサは、現場の状況や詳細な変化を把握することが可能であり、塀の設置や地面の掘削による影などの変化や、覆土による形状の変化、投棄物による土地被覆の変化の検知に有望である。さらに、高分解能センサでは、周囲に存在する重機を確認することも可能である。また、高分解能パナクロマチックセンサはステレオ撮影を行うことで高さ情報を抽出でき、投棄後の高さ変化の検知に有望である。

次に、熱赤外センサでは、温度の違いを検知できることから、森林伐採や覆土・混合による温度変化、投棄物の発熱などによる温度変化の検知に有望である。

最後に、合成開口レーダセンサについては、金属類に強く反応するため、金属くず等の投棄物の検知に有望である。また同様の理由から、投棄現場の重機類や運搬車両などの存在の検知についても有望である。

以上のことから、表5-6に示す検知センサと検知対象事象の組み合わせについて、不法投棄現場の検知可能性を検討することにした。ただし、「切削部分の土質が変化する」、「堀が現れる・堀の影が現れる」、「進入道路が作られる」、「覆土部分の形状が変化する」、「覆土部分の土質が変化する」については、実現可能性が低いと判断し、検討対象外とすることにした。

まず、光学センサについては、マルチスペクトルセンサによる植生変化の検知、パנקロマチックセンサによる土地被覆の変化の検知を行うこととした。熱赤外センサについては、覆土された現場の温度変化の検知を行うこととした。合成開口レーダセンサについては、金属系廃棄物、重機類の検知を行うこととした。また、パנקロマチックセンサのステレオ撮影による高さ変化の検知を行うこととした。

表 5-6：検討した検知対象事象とセンサの組み合わせ

不法投棄の種類等		検知対象事象		比較的可能性のある 検知センサ	検知特徴	検討 対象外
時 点	行 為					
投 棄 前	森林の 伐採	森林が減少する。		光学センサ (マルチスペクトル)	植生変化	
		植生が変化する。				
		伐採部分の高さが変化する。		パנקロマチック ステレオセンサ	高さ変化	
		使用した重機が近くに存在する。		合成開口レーダセンサ	レーダ反射強度	
	地面の 掘削	掘削部分の高さが低くなる。		パנקロマチック ステレオセンサ	高さ変化	
		掘削部分の土質が変化する。		高分解能光学センサ	土地被覆変化	×
		使用した重機が近くに存在する。		合成開口レーダセンサ	レーダ反射強度	
	堀の設置	堀が現れる・堀の影が現れる。		高分解能光学センサ	土地被覆変化	×
進入道路 の設置	進入道路が作られる。		高分解能光学センサ	土地被覆変化	×	
投 棄 中	投 棄	投棄部分の土地被覆が変 化する。	金属くず	合成開口レーダセンサ	レーダ反射強度	
			廃プラスチック類	高分解能光学センサ	土地被覆変化	
			瓦礫類などの建設廃材			
			ゴムくず・廃タイヤ			
			その他			
		投棄部分の高さが変化する。		パנקロマチック ステレオセンサ	高さ変化	
	投棄部分の形状が変化する。		高分解能光学センサ	土地被覆変化		
使用した重機・運搬車両が近くに存在する。		合成開口レーダセンサ	レーダ反射強度			
投 棄 後	露出放置	(「投棄中」の投棄された部分の土地被覆変化と同じ)		—	—	—
	覆 土 (混合)	覆土部分の形状が変化する。		高分解能光学センサ	土地被覆変化	×
		覆土部分の土質が変化する。				
		覆土部分の高さが地表面に比べ高くなる。		パנקロマチック ステレオセンサ	高さ変化	
		投棄物が発熱することにより地表面温度が上昇する。		熱赤外センサ	温度変化	
		投棄物が伝熱性の違いにより地表面温度が変化する。				

※光学センサとは、特記されていなければ、マルチスペクトルセンサとパנקロマチックセンサの両方を指す。

5.3 各種衛星センサによる不法投棄の検知能力の評価

本節では、光学センサ（パナクロマチックセンサ／マルチスペクトルセンサ）、熱赤外センサ、合成開口レーダセンサの特長を活かし、各々が適用可能と思われる不法投棄の変化特徴を検知することを試みた。パナクロマチックセンサにおいては、通常撮影とステレオ撮影といった異なる撮影機構によるアプローチも試みた。さらには、複数センサの統合利用の可能性についても検討を行った。

5.3.1 光学センサ

(1) 検知対象

光学センサで取得した不法投棄前・不法投棄後の 2枚の衛星画像を用い、投棄によって生じた変化を抽出する。これにより不法投棄現場を検知し、画像内で位置を特定することを試みる。

(2) シミュレーションによるボトムアップアプローチ

まず最初に、光学センサ（マルチスペクトルセンサ）で観測される情報から、不法投棄が検知可能であるかを検証することを目的として、地上で計測した投棄物のスペクトルを用いてシミュレーション実験を行った。

主な投棄物の種類として、廃プラスチック、タイヤ、瓦礫（コンクリート）を選定し、各々の反射スペクトルを計測した。それら計測データを図5-9に示す。投棄によって生じた変化を抽出する際には、同一場所の投棄前の反射スペクトルとの比較が重要であるため、一般的に投棄前に存在し得ると考えられる草地、裸地、森の反射スペクトルも取得した（草地、裸地は実際に計測したデータ、森はシミュレーションのライブラリデータ）。これらのデータも図5-9に併せて示す。

図5-9のデータは、物質が固有にもつ反射スペクトルを示したものである一方で、実際に衛星センサで観測されるのは、太陽の状態や大気の影響を受けた後の放射輝度（ラジアンズ）としてである。そこで、反射スペクトルのデータを元に、シミュレーションにより太陽の状態や大気の影響を加え、衛星センサで観測されるラジアンズを算出した。その結果を図5-10に示す。

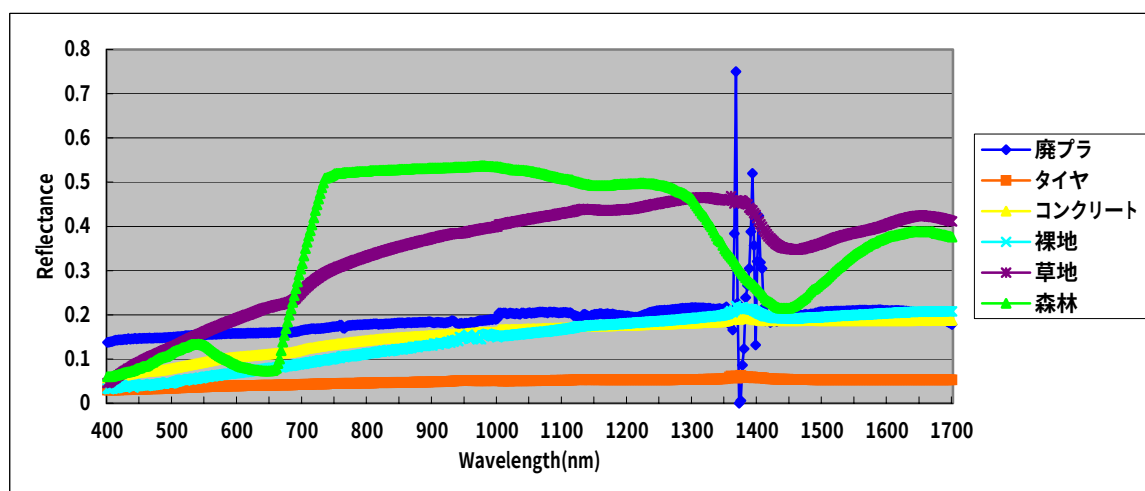


図5-9：反射スペクトル

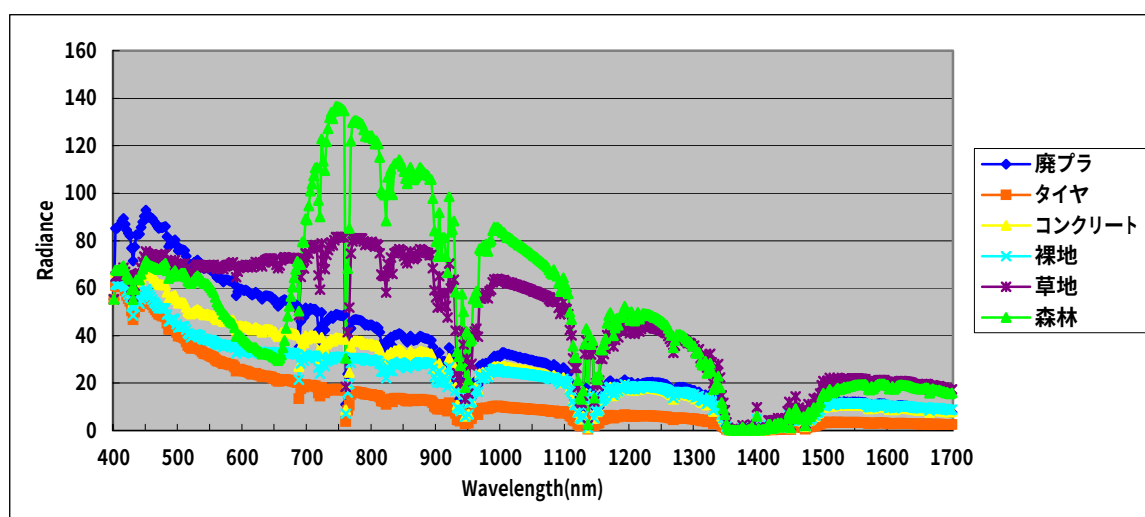


図5-10：ラジアンズ算出結果

図5-10の結果から、廃プラスチック、コンクリート、地面のラジアンズはスペクトル全体にわたって非常に似通っており、明確な区別が困難であると思われる。一方、森林のラジアンズと廃プラスチック、コンクリート、地面のラジアンズの相違は非常に大きく、区別が付き易い。この結果から、ラジアンズの情報を用いて不法投棄を検知する場合、森林を伐採するなどして投棄される状況は容易に検知し得るといえる。また逆に、森林以外の場所での投棄に対しては投棄前後の区別が付き難く、誤った検知をし易いといえる。

次に、森林領域に着目し、森林を伐採して廃プラスチックが投棄された状況を想定して、観測される廃プラスチックのラジアンズがどのように変化するかシミュレーションを行った。

シミュレーションの設定は、図5-11に示すように森林の中に半径30mの範囲で廃プラスチックが投棄された状況である。この場合、衛星センサで観測されるラジアンズを算出した結果を図5-12に示す。なお同図には参照のため、森林のみ、廃プラスチックのみの場合も示す。

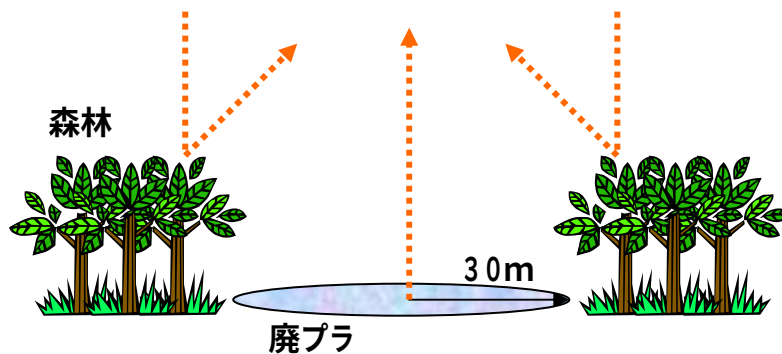


図5-11：シミュレーションの設定

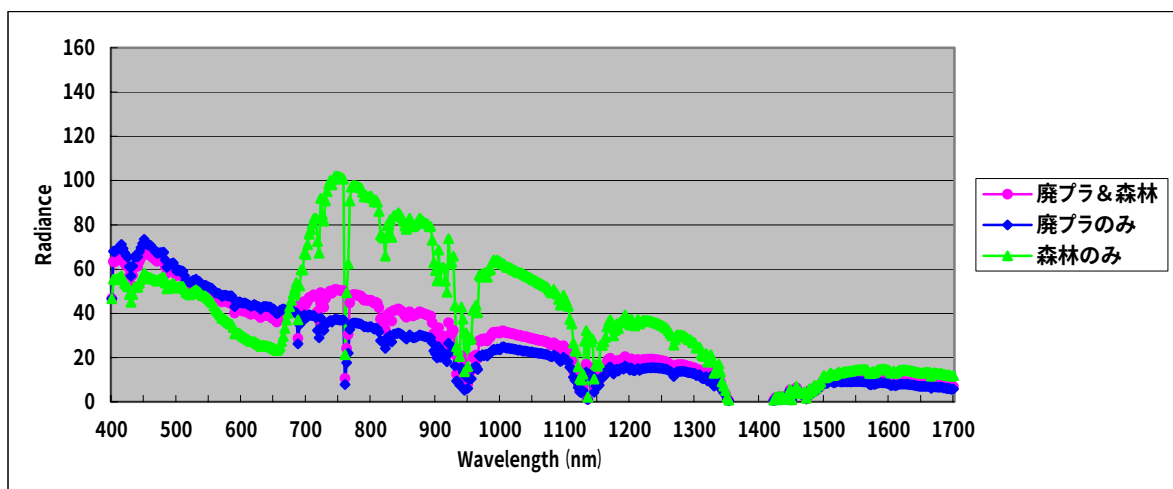


図5-12：森林に囲まれた廃プラスチックのラジアンズ算出結果

この結果からは、森林に囲まれた廃プラスチックのラジアンズはそれほど周囲の森林からのラジアンズの影響を受けておらず、廃プラスチックのみの場合に非常に近いことが分る。すなわち、中分解能の空間解像度 (SPOT2,4のマルチスペクトルセンサでは20m) 程度であっても、半径30mよりも大きな規模の投棄であれば、森林と区別することは比較的容易であり、検知が可能と思われる。

(3) 衛星画像を用いたトップダウンアプローチ

次に、実際に撮影された2枚の衛星画像を用いて、不法投棄による変化を抽出し、投棄現場の検知を試みた。

用いる画像の空間解像度としては、実際の不法投棄現場の規模と対比させると、中分解能衛星画像か高分解能衛星画像が適用可能と考えられる。そこで本検討では、中分解能衛星画像としてSPOT2のマルチスペクトルセンサ画像（20m解像度）、高分解能衛星画像としてIKONOSのパンクロマチックセンサ画像（1m解像度）／マルチスペクトルセンサ画像（4m解像度）を用いた。

図5-13、図5-14、図5-15に、今回の検討で対象とした茨城県の不法投棄現場の画像を示す。中分解能、高分解能の空間解像度の相違、および投棄規模と解像度との比率を分かりやすく示すため、各々の図において同一の投棄現場のSPOT2とIKONOSの画像を並べて表示している。なお、選出した不法投棄現場は、比較的中規模から大規模なものとした。

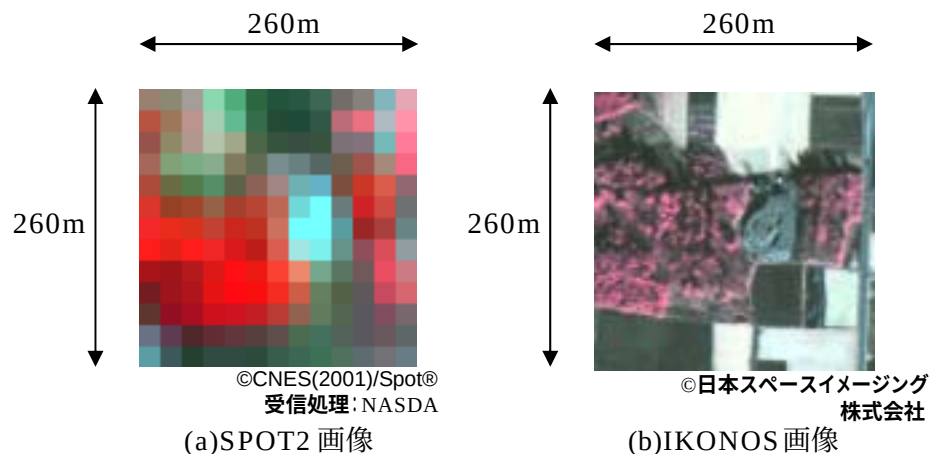


図5-13：マルチスペクトルセンサ画像（不法投棄現場1）

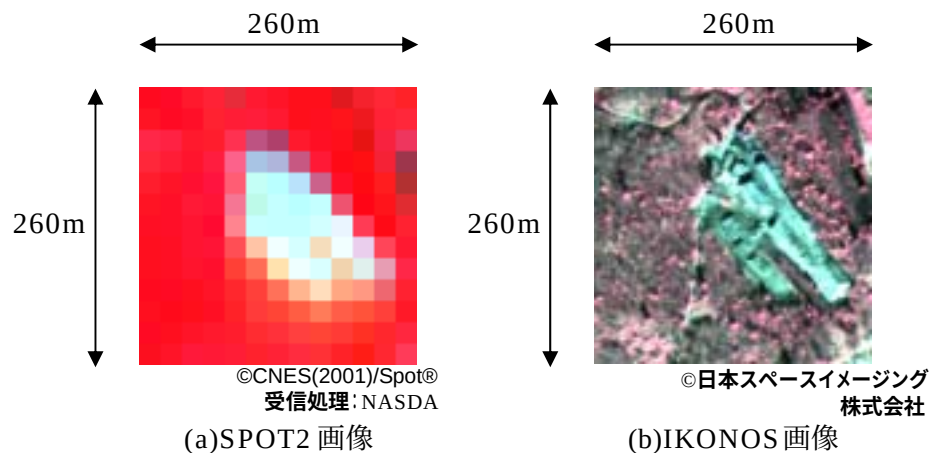


図5-14：マルチスペクトルセンサ画像（不法投棄現場2）

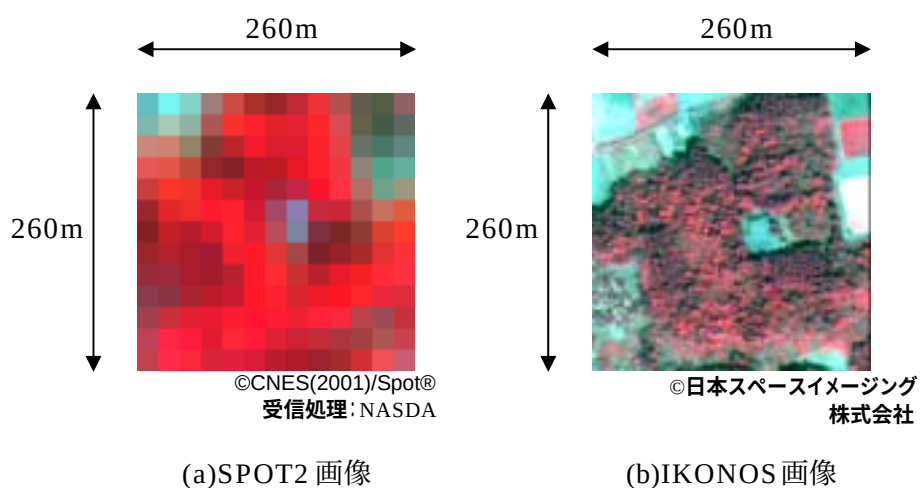


図5-15：マルチスペクトルセンサ画像（不法投棄現場3）

また、図の不法投棄現場1,2,3の詳細を、表5-7に示す。さらに本検討で使用した衛星画像のリストを、表5-8に示す。

表 5-7：不法投棄現場

	投棄時期	投棄規模		主要投棄物
		面積	量	
不法投棄現場1	1997年10月	約1,900m ²	約20,000m ³	廃プラ、木くず、紙くず、瓦礫類
不法投棄現場2	1999年6月	約6,000m ²	約75,000m ³	廃プラ、木くず、紙くず、瓦礫類、金属くず
不法投棄現場3	1998年11月	約850m ²	約5,000m ³	廃プラ、木くず、瓦礫類

表 5-8：使用した衛星画像

衛星	センサ名	撮影日	場所	
			PATH	ROW
SPOT2	HRV マルチ	1997年7月5日	332	278
SPOT2	HRV マルチ	2001年6月3日	332	278
IKONOS	マルチ	2000年2月25日	(霞ヶ浦周辺)	
IKONOS	マルチ	2001年1月17日	(霞ヶ浦周辺)	
IKONOS	パンクロ	2000年2月25日	(霞ヶ浦周辺)	
IKONOS	パンクロ	2000年3月2日	(霞ヶ浦周辺)	
IKONOS	パンクロ	2001年1月17日	(霞ヶ浦周辺)	

(a) 中分解能 衛星画像による不法投棄現場の検知

中分解能衛星画像（SPOT2画像）の空間解像度においては、不法投棄現場は画像上で数画素×数画素の領域となるため、形状やテクスチャといった画像空間的な特徴の変化で検知することは困難である。しかしスペクトルの変化による検知ならば、基本的に画素単位で実施できるため、中分解能衛星画像の空間解像度でも検知の可能性はある。

スペクトルの変化による検知を考えた場合、5.3.1(2)で述べたように裸地が投棄場所になった場合の変化は、森林が投棄現場になった場合の変化よりも抽出が一層難しい。そこでここでは、森林領域をターゲットとし、森林を伐採して投棄が行われる場合の検知を試みた。なお、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。

森林から投棄物へのスペクトルの変化を検知するために、次の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、植生の在る場所で高い値を示す。そのため、森林から投棄物に変化した場所ではNDVIが減少すると考えられる。そこで、NDVIが減少する場所を検知することを試みた。以下にその検知の手順と結果を示す。

ア) 前処理：画像の補正

まず前処理として、過去の画像（投棄前）と現在の画像（投棄後）に対し、撮影条件による相違をできるだけ排除するために補正を施した。主な補正には幾何補正と放射量補正があり、幾何補正では画像の歪や位置ずれを排除し、放射量補正では撮影時刻、センサ感度、大気状態等の影響を排除する。

ここでは8つのGCP¹をとり幾何補正を実施した。また放射量補正では投棄前、後の画像の観測値（DN値：Digital Number）の対応から回帰直線を求め、投棄前の画像の観測値に変換を施した。

幾何補正および放射量補正を施した後の、投棄前後の画像を図5-16に示す。ここで、図中の矩形は前述の3ヶ所の不法投棄現場の位置を示している。また、放射量補正の際の回帰直線のグラフを図5-17に示す。

¹ Ground Control Point 地上基準点：画像の幾何補正処理等に使用する地上の位置決めのためのターゲット

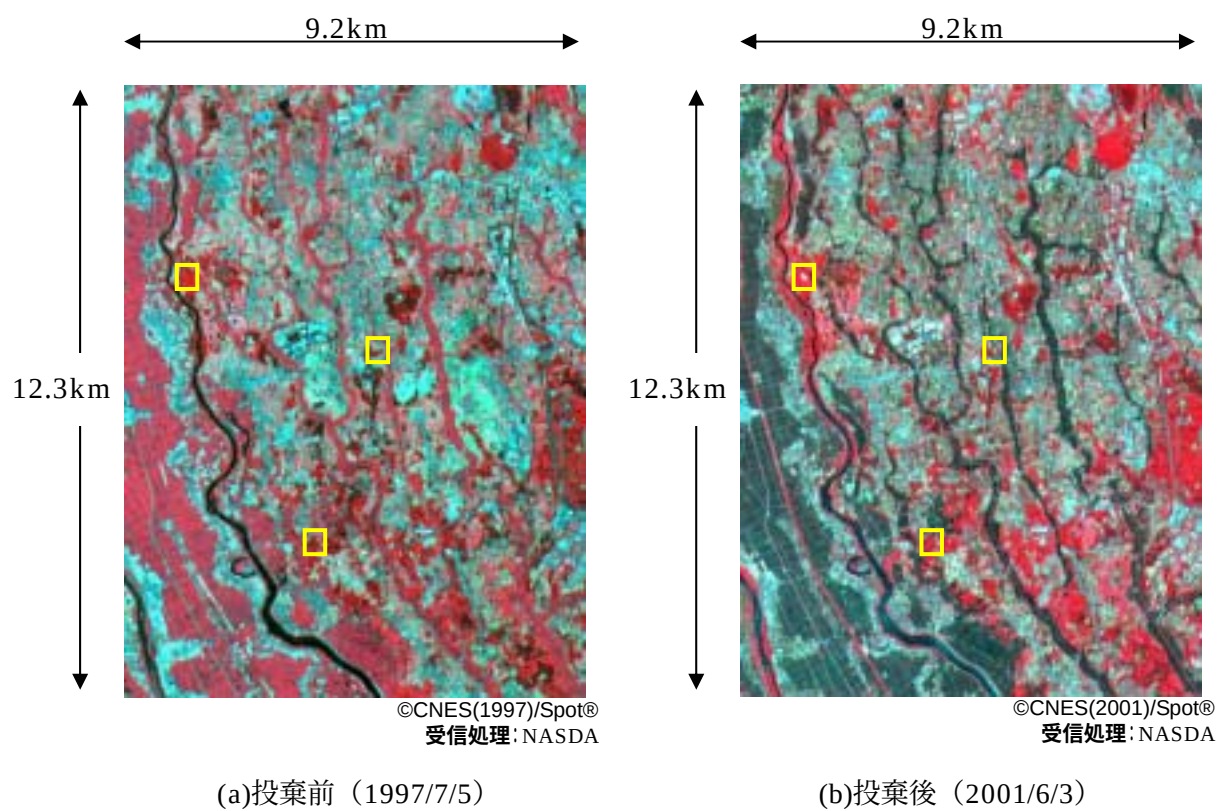


図5-16：補正後の投棄前後の画像（SPOT2）

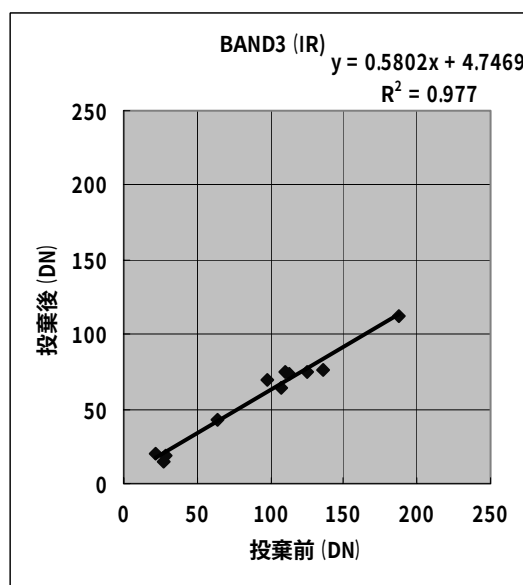
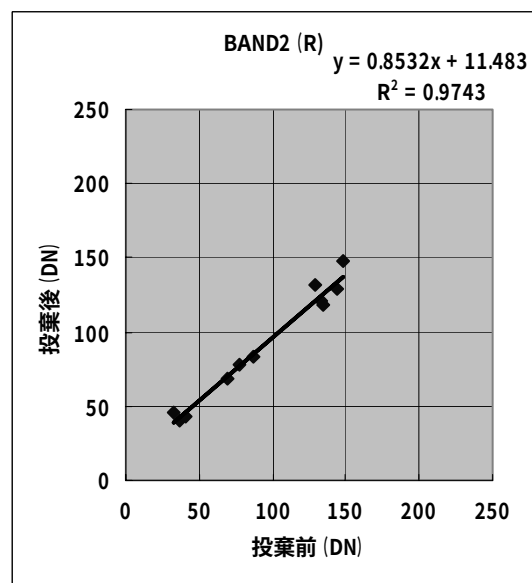
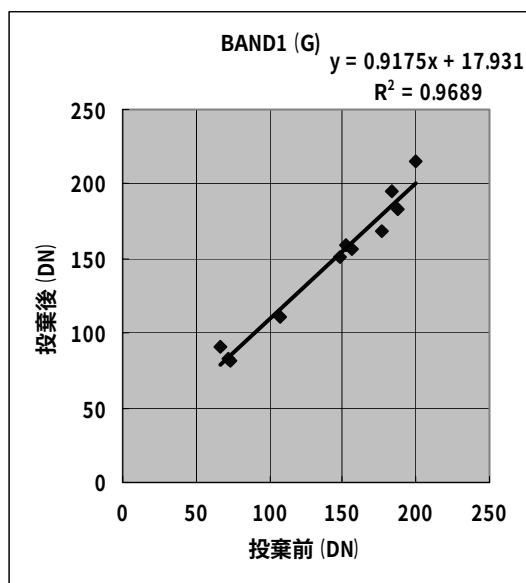


図5-17：回帰直線のグラフ

イ) NDVIの変化の算出

次に投棄前後の画像においてNDVIを算出し、その結果からNDVIの変化を求めた。投棄前、投棄後の画像のNDVIの算出結果を図5-18に示し、その変化の算出結果を図5-19に示す。

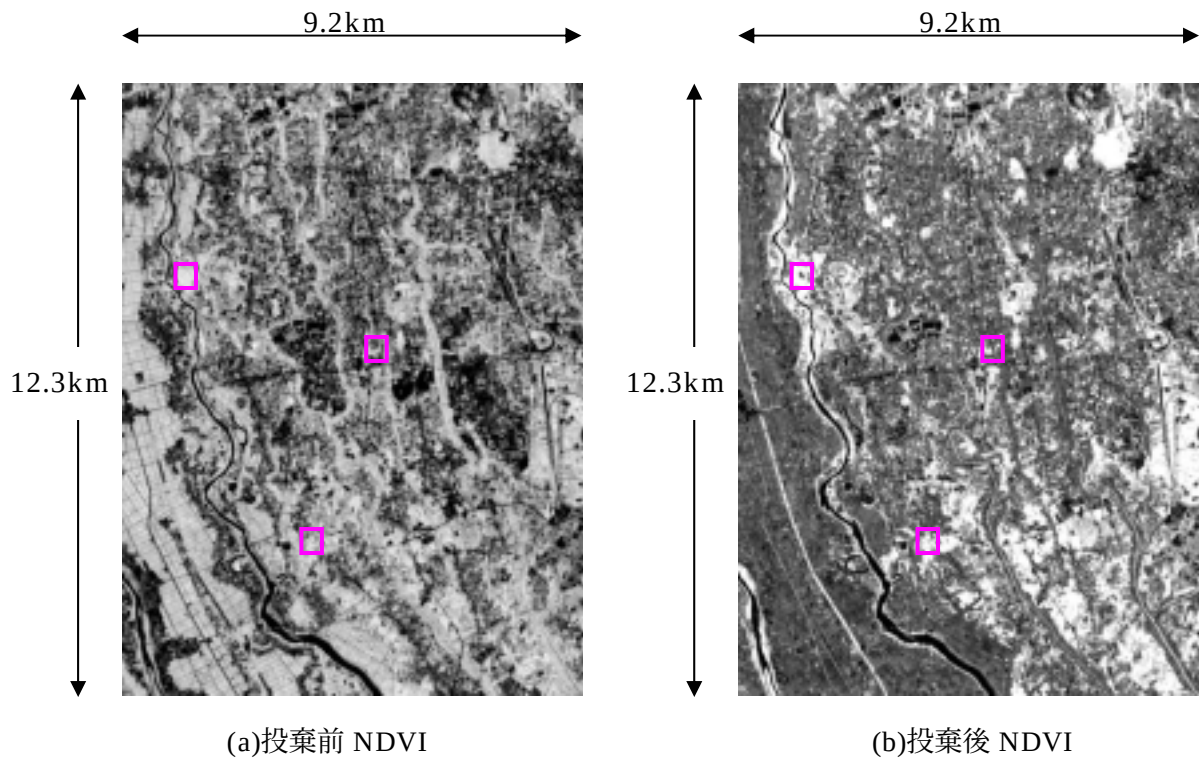


図5-18：NDVI算出結果（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

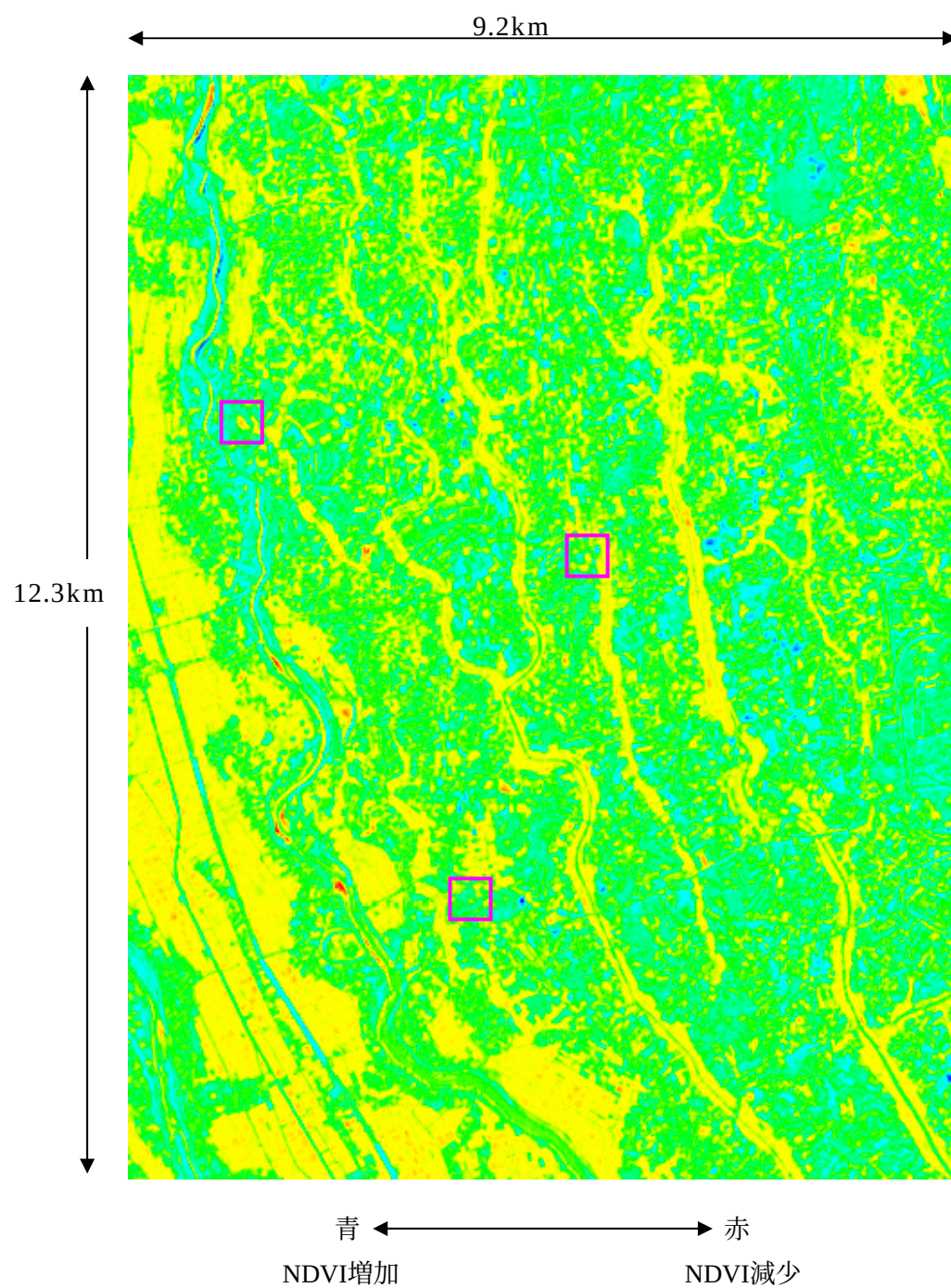


図5-19：NDVIの変化算出結果（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

ウ) 投棄現場候補の絞り込み

図5-19に示したNDVIの変化算出結果の段階では、画像全域に変化量が示されているだけであり、投棄現場として画像中の任意の局所領域を抽出するためには、絞り込みが必要である。そこで、NDVIの変化算出結果から、投棄現場の候補となる場所を絞り込んだ。

ここでは最も一般的に、NDVIの変化算出結果に対し閾値処理を施し、投棄現場候補（領域）の絞り込みを行った。ここで注意しなければならないのが、画像中でNDVIが最も減少しているところが、必ずしも投棄現場に対応するわけではないことである。NDVIの減少量は、単に変化前後のNDVIの値によって決定されるので、投棄とは関係の無い場所においても大きく減少することは十分有り得る。このことから、良好な選出結果を得るためには、投棄現場を絞り込むための有効な評価値の算出方法と、それに対する適切な閾値の設定方法が必須である。現状では、評価値の算出方法および閾値の設定方法に対し明確な指針は無く、今後の検討課題である。

以下では、評価値としてNDVIの減少した割合を設定し、それに対する閾値を「10%以上減少」「30%以上減少」「50%以上減少」「70%以上減少」として絞り込みを試みた。結果を図5-20に示す。（図中の矩形は不法投棄現場の位置を示す。）

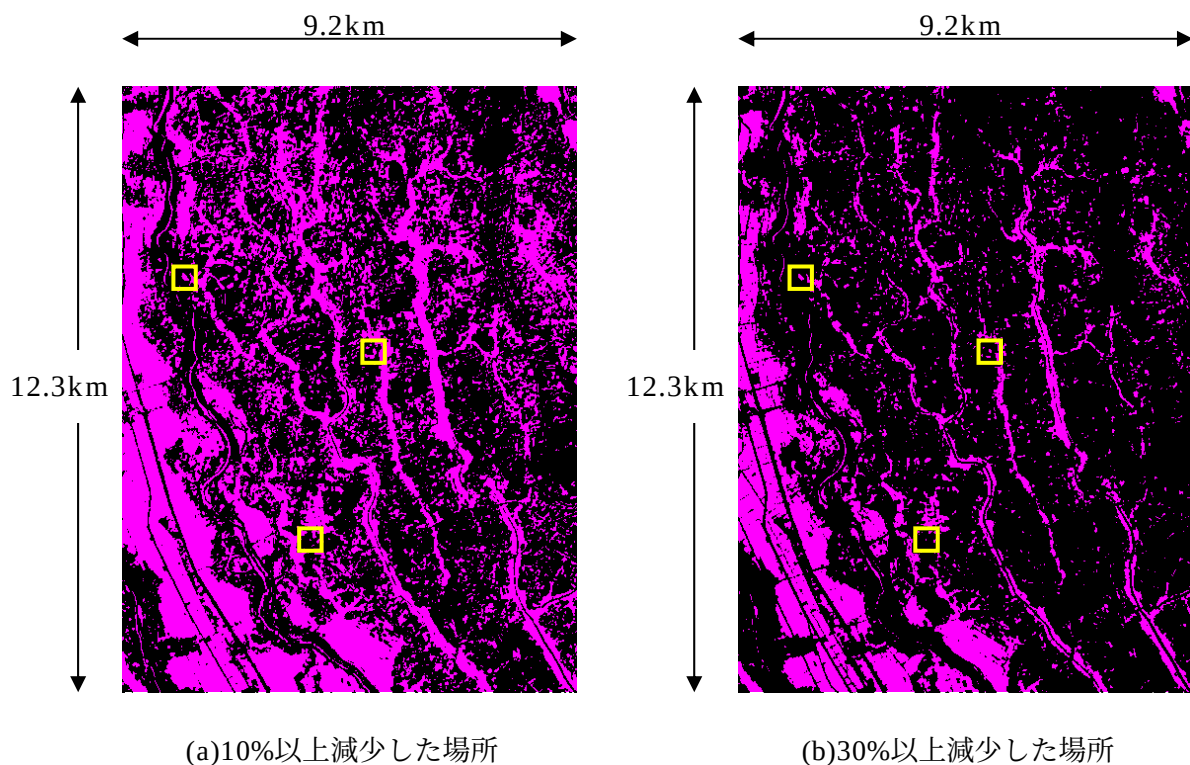


図5-20：閾値処理による投棄現場候補絞り込み結果
（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

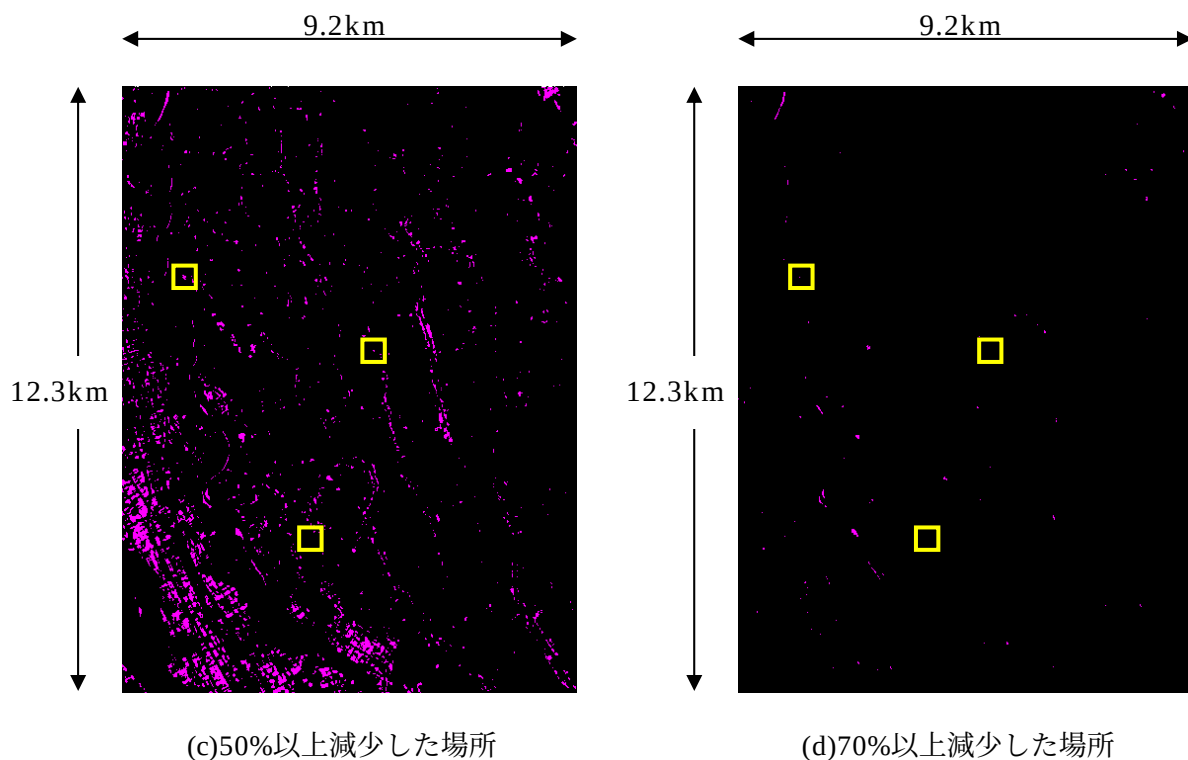


図5-20（続き）：閾値処理による投棄現場候補絞り込み結果
（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

図5-20において、(a)の「10%以上減少」の閾値では投棄現場以外の場所も多く抽出されており、絞り込みには不十分といえる。また、同図の(c)「50%以上減少」、(d)「70%以上減少」の閾値では投棄現場の場所がほとんど抽出されておらず、誤った絞り込み結果となっている。なお、一番下の投棄現場に限っては投棄現場の規模が小さかったため、全ての閾値においてほとんど抽出されていない。

これらのことから、今回の解析対象画像については、図5-20 (b)の「30%以上減少」の閾値が妥当であると考えた。以降の解析では、(b)の結果を用いて実施した。(b)の結果において不法投棄現場1,2,3の場所をクローズアップした様子を、各々図5-21、図5-22、図5-23に示す。

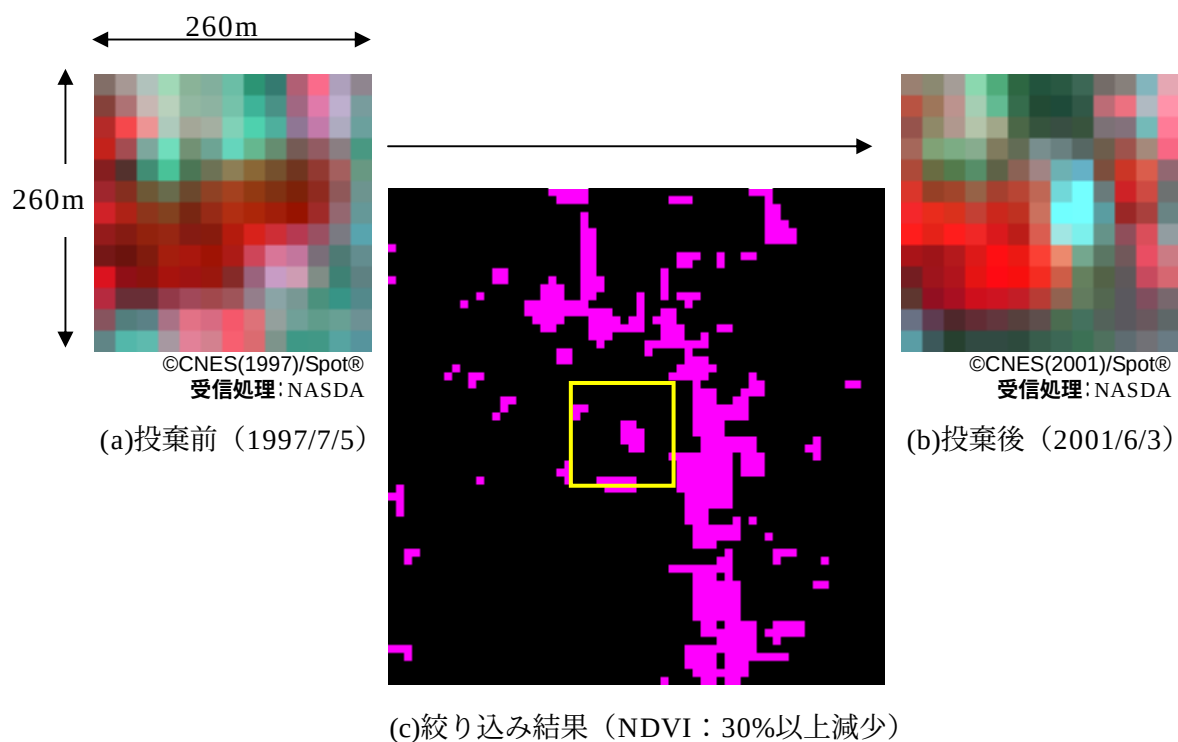


図5-21：投棄現場候補絞り込み結果（不法投棄現場1）
（矩形は図(a)および図(b)の範囲に対応する）

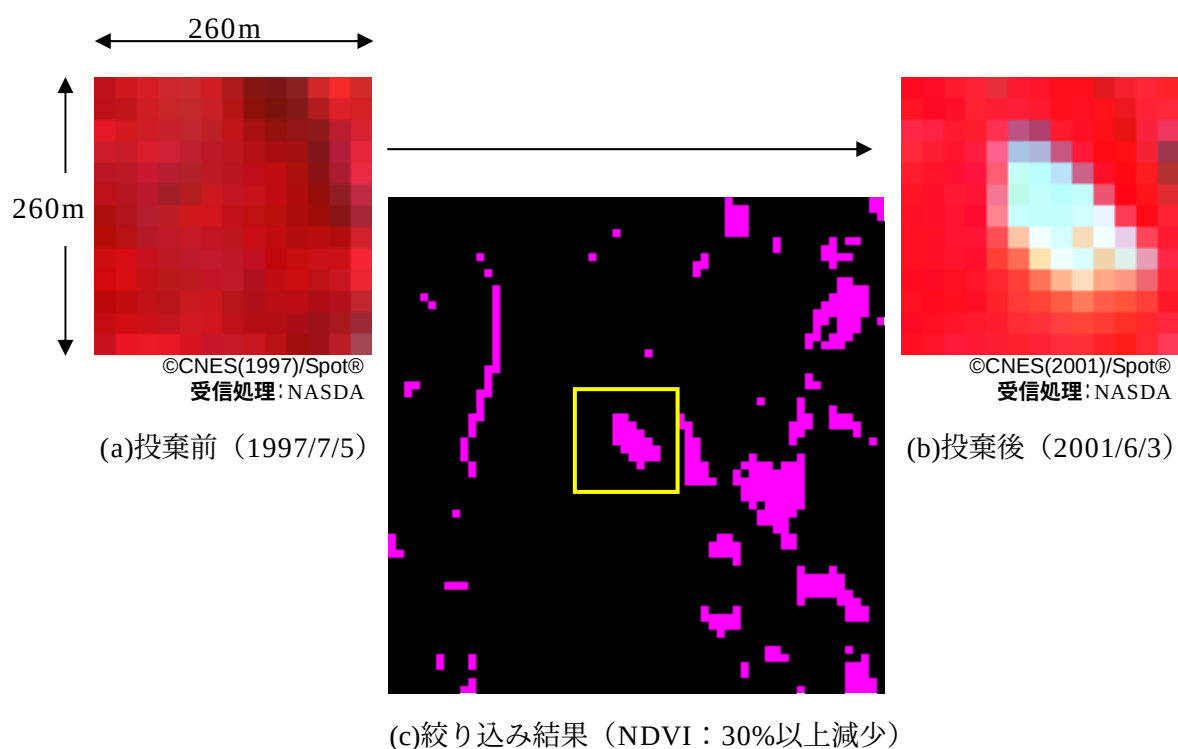


図5-22：投棄現場候補絞り込み結果（不法投棄現場2）
（矩形は図(a)および図(b)の範囲に対応する）

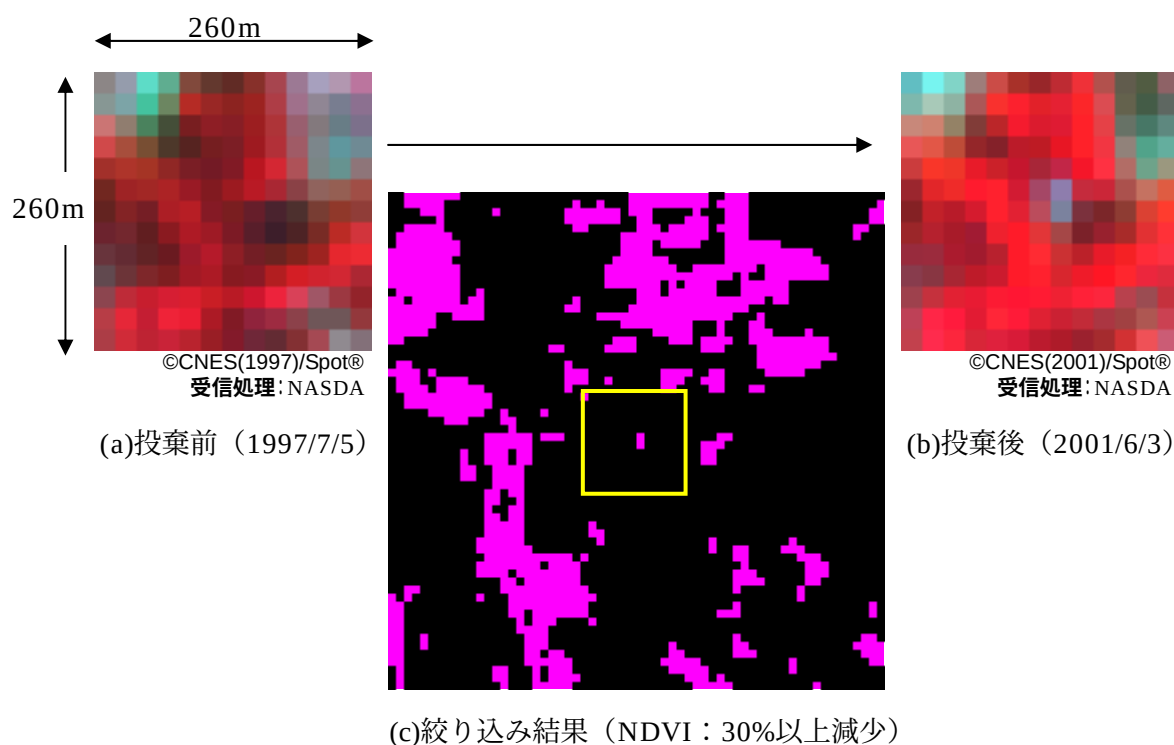


図5-23：投棄現場候補絞り込み結果（不法投棄現場3）
（矩形は図(a)および図(b)の範囲に対応する）

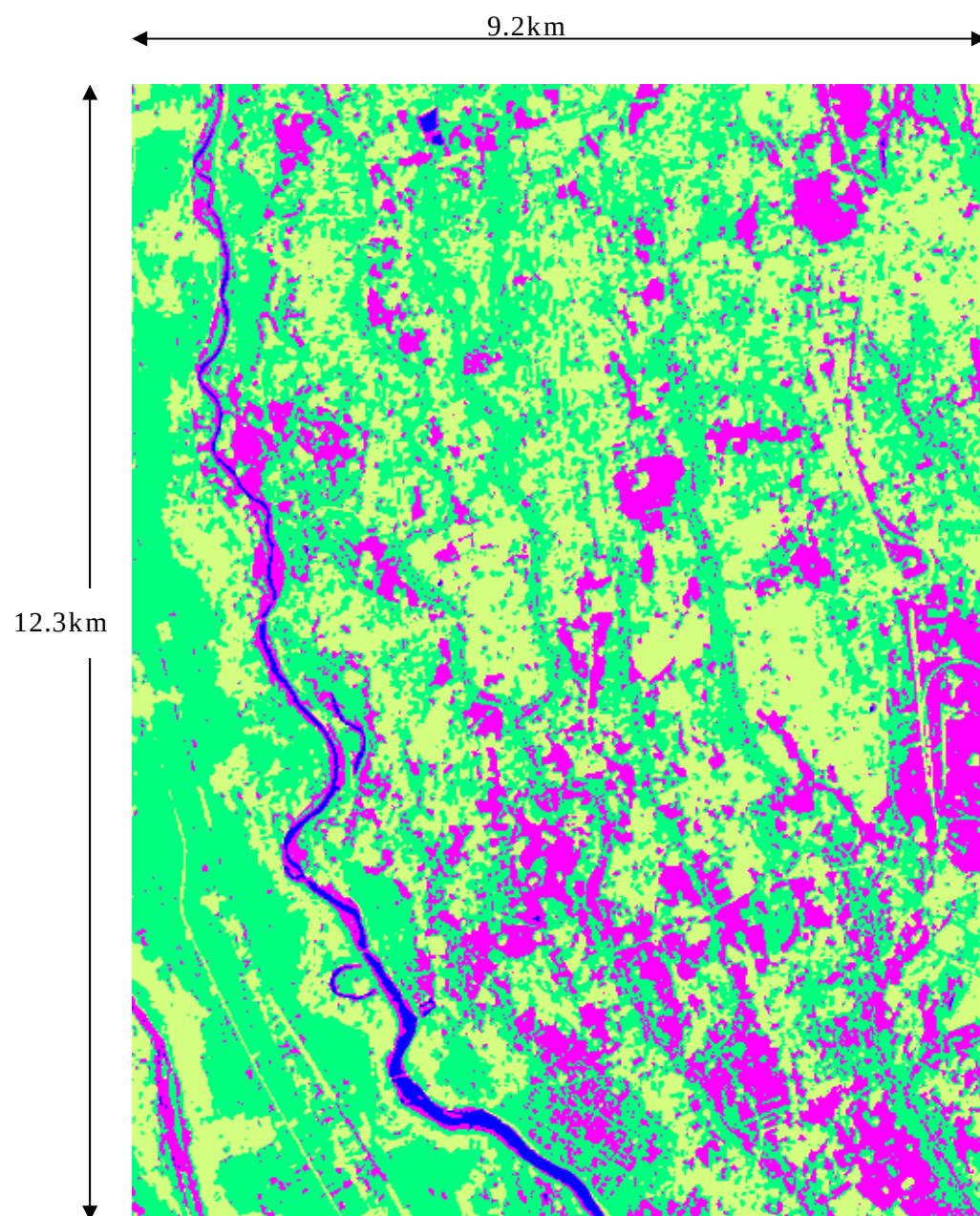
エ) スクリーニング

閾値処理により絞り込んだ結果では、不法投棄現場以外の場所も多数検知されている。一方、利用可能な様々な情報を用いて検知目的以外の場所をスクリーニングしていくことにより、検知の信頼性を向上させることができると考えられる。

そこで、投棄前の画像（図5-16(a)）に教師ありクラスタリング¹を施して土地被覆分類図を作成し、検知対象場所を森林領域にのみにスクリーニングすることで、さらなる絞り込みを行った。

これによって作成した土地被覆分類図を図5-24に示す。

¹ 教師ありクラスタリングとは、画像を数種類の領域に分類する処理の一つである（本検討では「森林域」「住宅域」「田畑および土壌」「水域」の4つに分類した）。まず、それぞれの分類を代表する画像内の場所を人手により指定（教師あり）した後、画像全体の各場所がどの代表場所に最も類似しているかを、画像観測値を比較することにより判断し、自動的に分類するものである。



- 紫色 : 森林域
- 黄緑色 : 住宅域
- 緑色 : 田畑および土壌
- 青色 : 水域

図5-24：作成した土地被覆分類図

さらに、図5-20の(b)の結果について土地被覆分類図の森林域でスクリーニングをした結果を、図5-25に示す（図5-25では、スクリーニング後の結果に、さらにNDVIの変化値を重ねて表示している）。

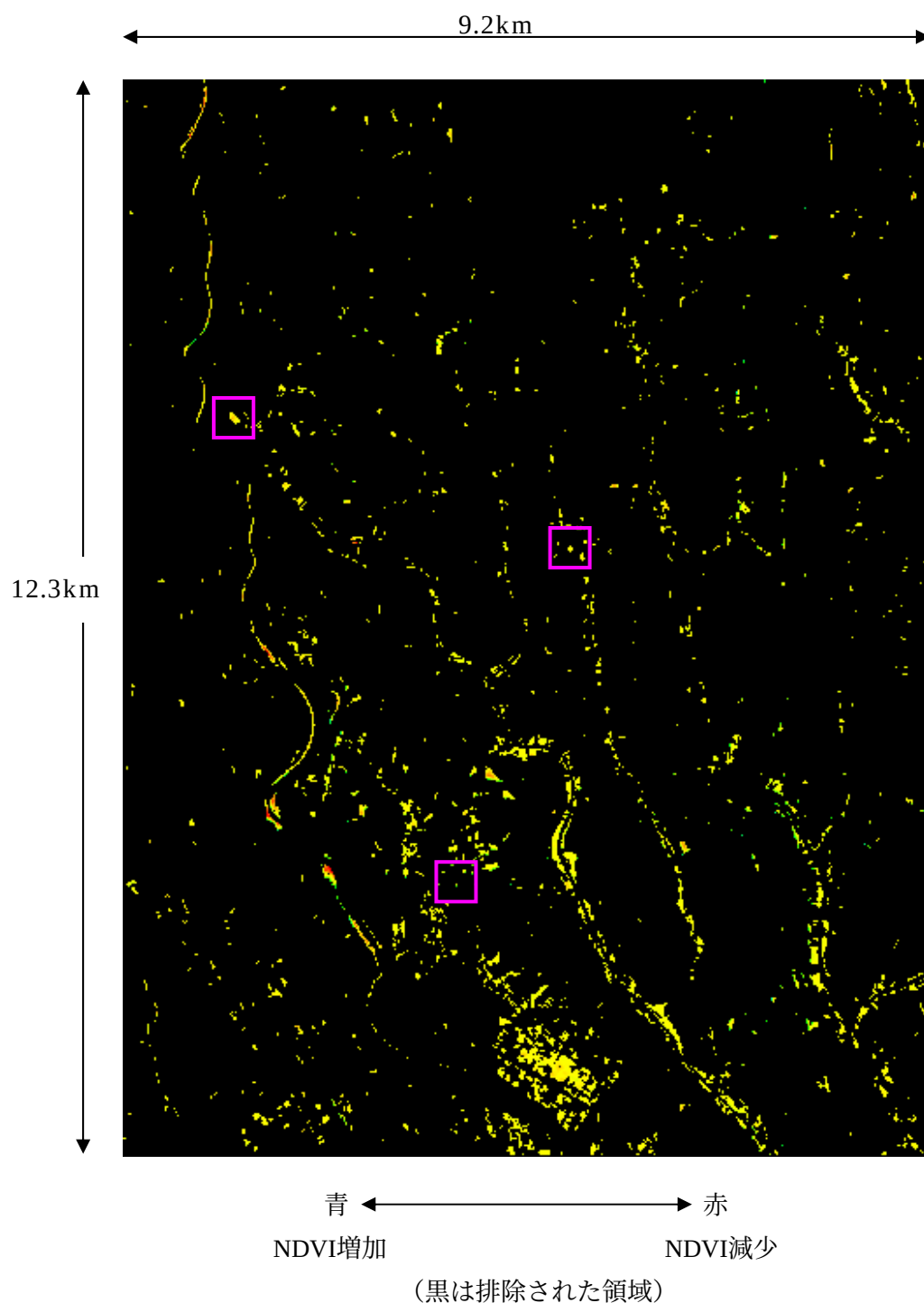


図5-25：スクリーニング後の投棄現場候補絞り込み結果
(矩形は不法投棄現場の位置を示す)

図5-25に示した最終的な投棄現場候補絞り込み結果では、未だ十分に絞り込めてい
るとは言えないが、目安として絞り込まれた面積の割合に着目すると、実際の投棄現
場の場所を保持しつつ画像全体の約2.9%までの絞り込みが行えている。

今回得た最終的な投棄現場候補絞り込み結果では、実際の投棄現場以外の場所が候
補として残っている。ここでは誤検知のうち特徴的であるいくつかの場所を取り上げ
て、それらが何に起因して残ったのかについて分析を行った。その結果を以下の図5-26
に示す。

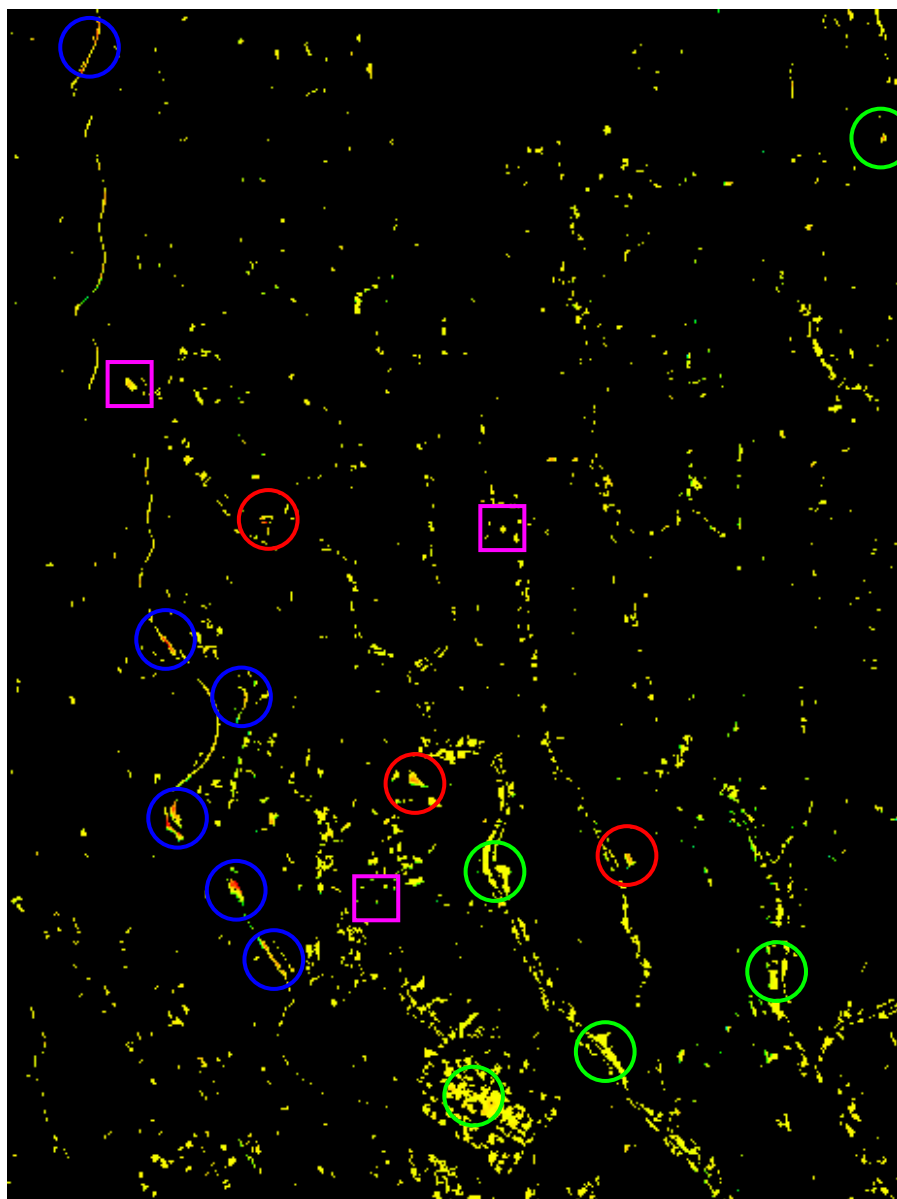


図5-26：特徴的な誤検知された場所の例

図中の円形で囲んである場所は、NDVIが大きく減少している、広い面積の領域が残っている、といった観点から取り上げた特徴的な場所である。また、円形の色は、その場所が最終結果に残った要因を示す。それぞれ以下のような要因である。なお、矩形で囲んである場所は実際の不法投棄現場を示す。

-  : 河川流域において流れの変化が起こり、植生のあった場所が河川になってNDVIの減少が起こった場所。
-  : 季節による田畑の変化によりNDVIの減少が起こり、さらに土地被覆分類において森林領域と誤った場所。
-  : 実際に森林領域が変化し、植生が無くなっており、本来残って然るべき場所。しかしながら、不法投棄現場であるか否かは、画像のみからでは詳細不明。

NDVIによる検知は、画素単位で実施可能なので、中分解能衛星画像に対しても有望なアプローチである。図5-21、図5-22で示したように、不法投棄現場1,2のクローズアップの結果を見ると、中から大規模の不法投棄現場に対しては的確に現場を捕えていることが分かる。不法投棄現場1に至っては、画像上で数画素程度の変化であるにも関わらず、変化を検知できている。不法投棄現場3については、画像上であまりに微小な変化なうえ、森林と混じりあって観測されているため検知に失敗したと考えられる。これらのことから、NDVIを用いた変化検知は、変化規模と画像空間解像度を考慮したうえで、森林伐採等による不法投棄の検知に有効であるといえる。

今後の課題としては、不法投棄を原因としない画像間の変化（季節変化、大気状態の影響、画像の位置合わせ誤差など）をいかにして不法投棄による変化と識別するかということが挙げられる。これについては、手順(ウ)、(エ)に示した候補場所の絞り込みにおいて、不法投棄の起こりそうにない場所を効果的に排除する方法などを検討する必要がある。

(b) 高分解能衛星画像による不法投棄現場の検知

高分解能衛星画像（IKONOS画像）の空間解像度（IKONOSパンクロマチック画像では1m）においては、スペクトルの変化だけでなく、形状やテクスチャといった画像空間的な特徴からも変化を抽出することが可能であると考えられる。

ア) スペクトルの変化による検知

ここでは最初に、中分解能衛星画像についての解析と同様に、IKONOSのマルチスペクトル画像を用いてスペクトルの変化による投棄場所の検知を試みた。検知の結果を以下に述べる。

まず、図5-27に使用した投棄前後の画像を示す。この画像は、前処理として幾何補正のみを施したものである。

ただしここで、IKONOS画像においては不法投棄前の画像が存在しなかったため、図5-27(a)の画像の不法投棄現場の部分は、近傍の森林の領域を貼り付けて合成した。

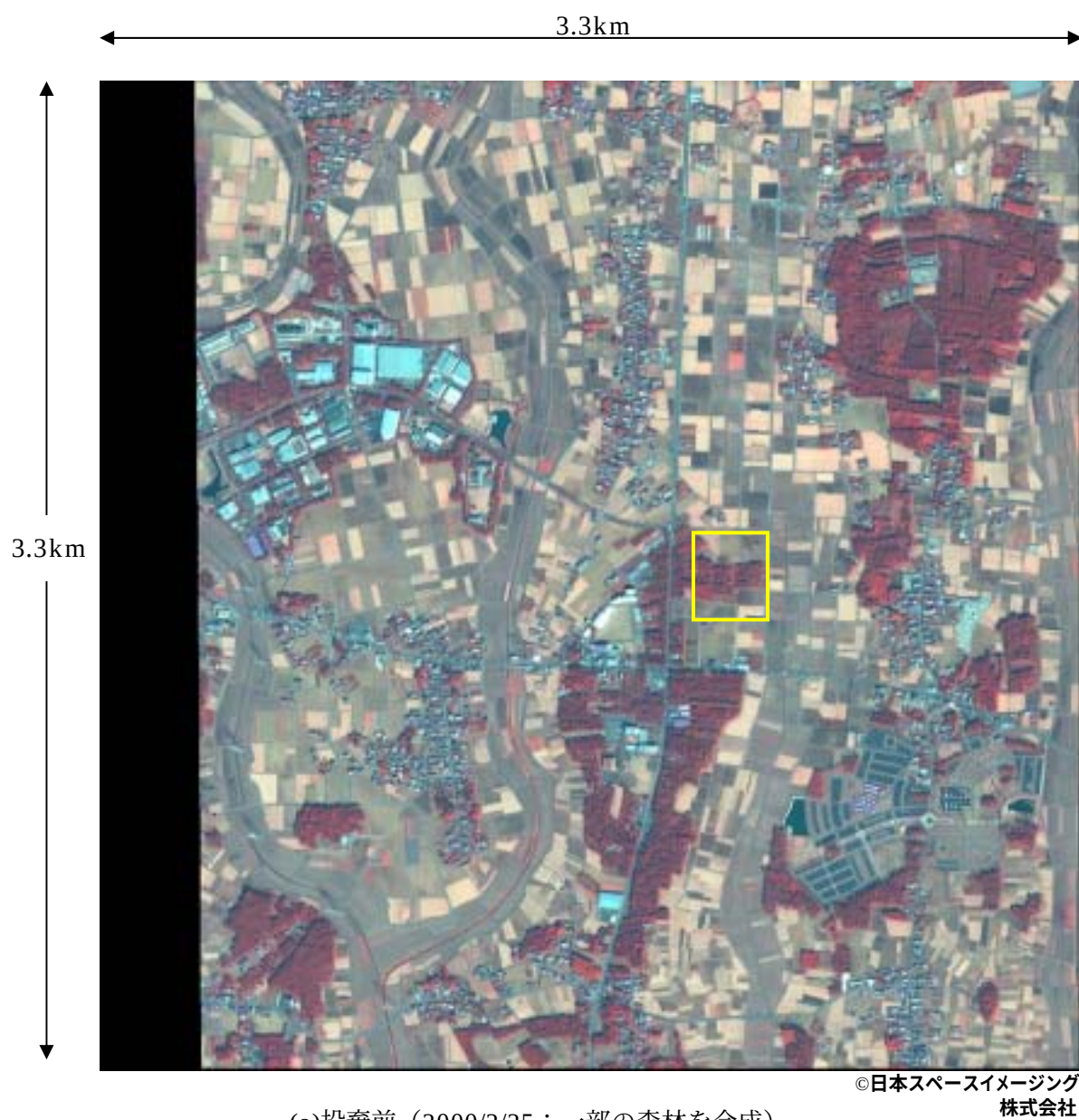


図5-27：投棄前後の画像（IKONOS）
（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

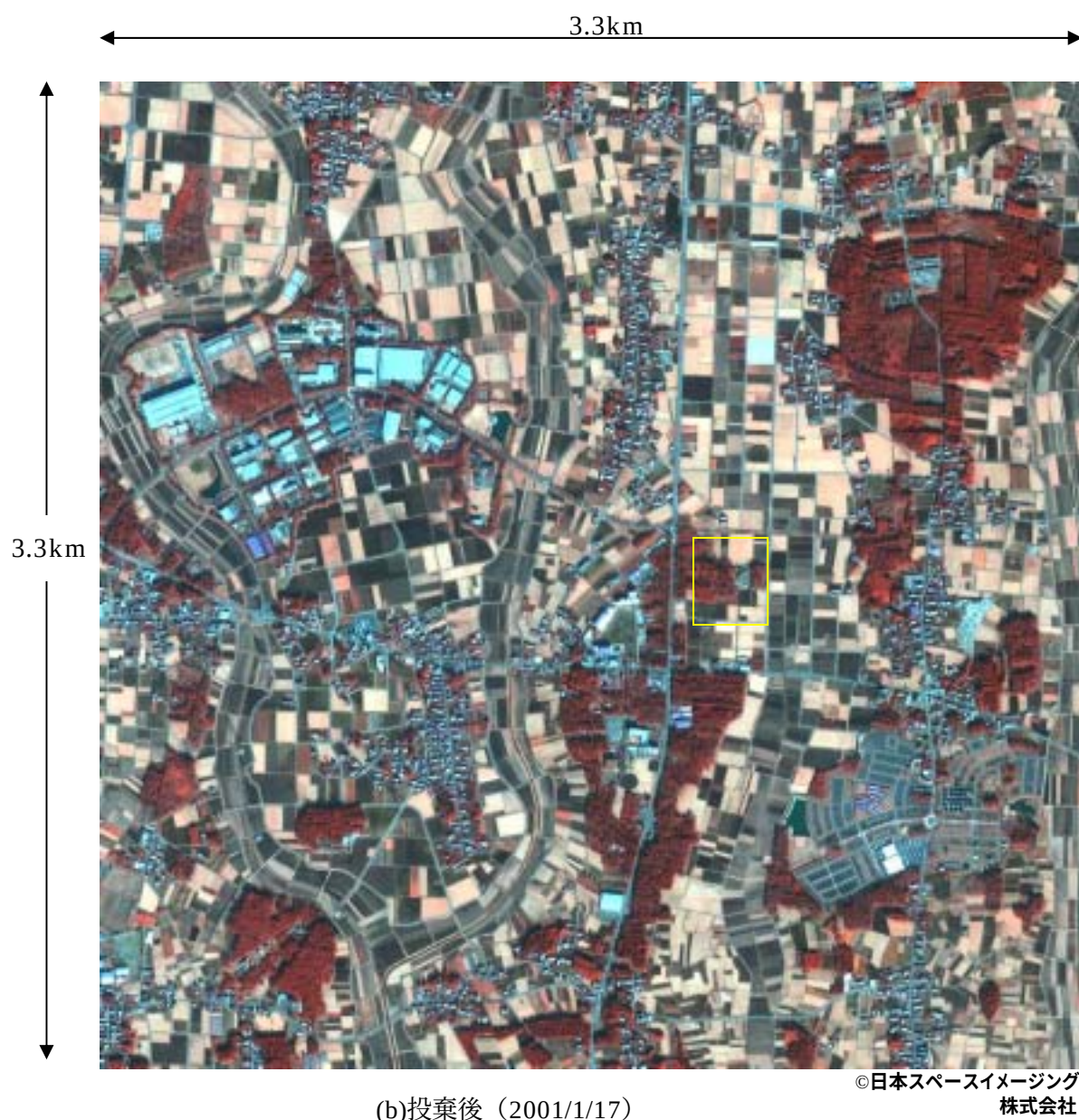
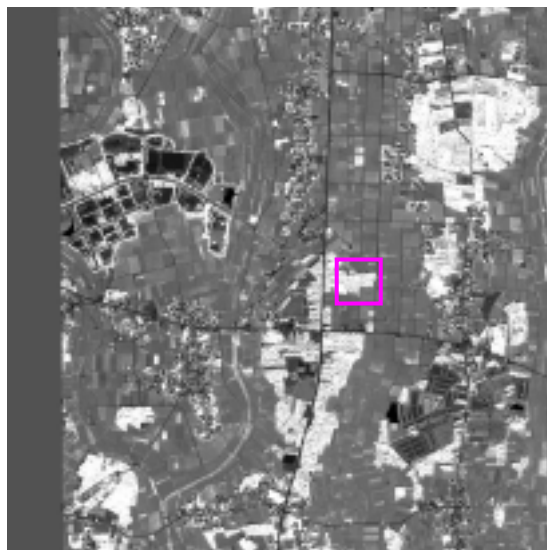


図5-27 (つづき) : 投棄前後の画像 (IKONOS)
(矩形は不法投棄現場の位置を示す)

次に投棄前後の画像においてNDVIを算出し、その後NDVIの変化を求めた。投棄前、投棄後の画像のNDVIの算出結果を図5-28に示し、その変化の算出結果を図5-29に示す。



(a)投棄前 NDVI



(b)投棄後 NDVI

図5-28：NDVI算出結果（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

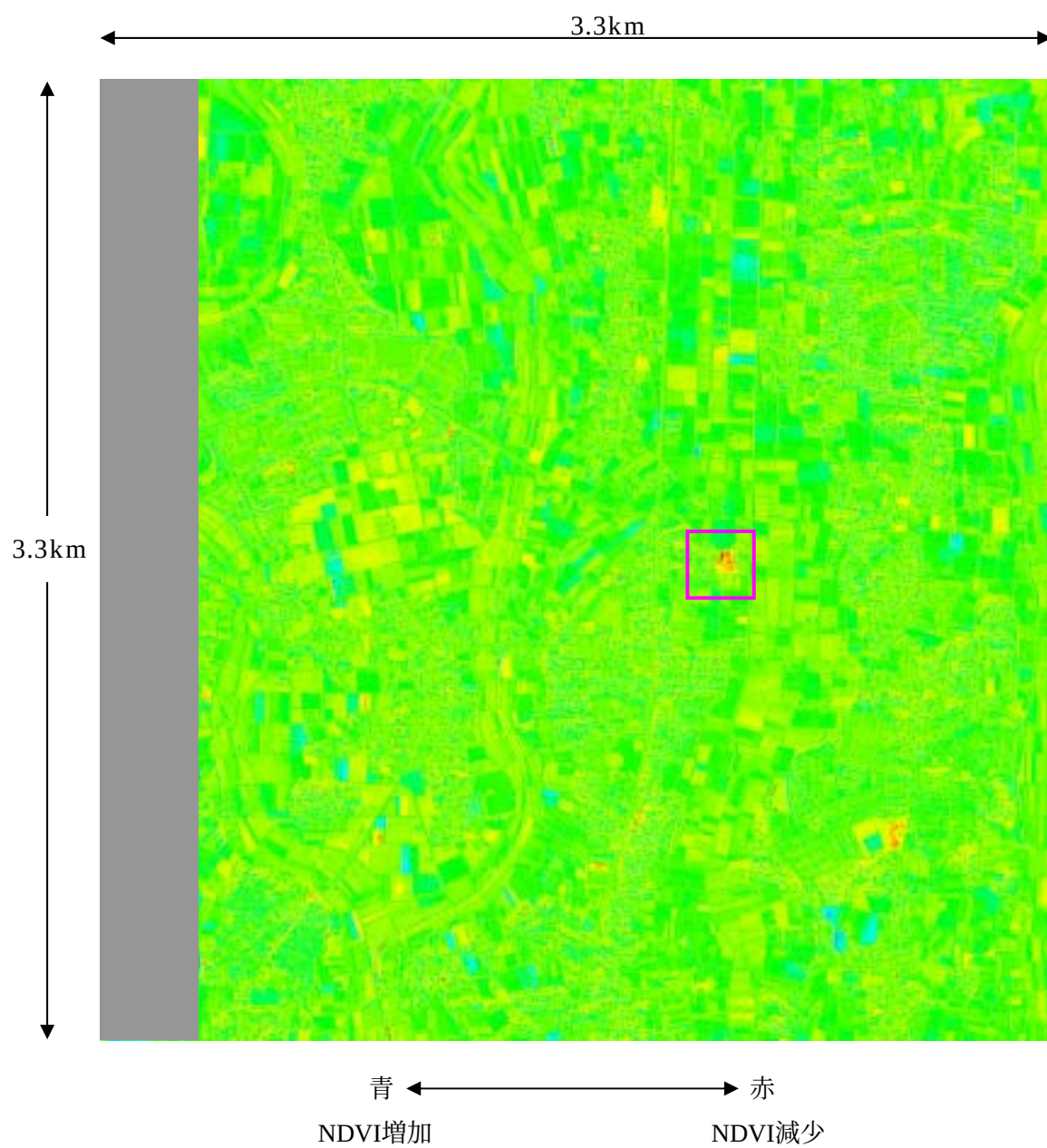


図5-29：NDVIの変化算出結果（矩形は不法投棄現場の位置を示す）

続いてNDVIの変化算出結果から、投棄現場の候補となる場所を絞り込んだ。中分解能衛星画像の時と同様に、NDVIの減少した割合を評価値として設定し、閾値を「30%以上減少」として絞り込みを行った。結果を図5-30に示す。

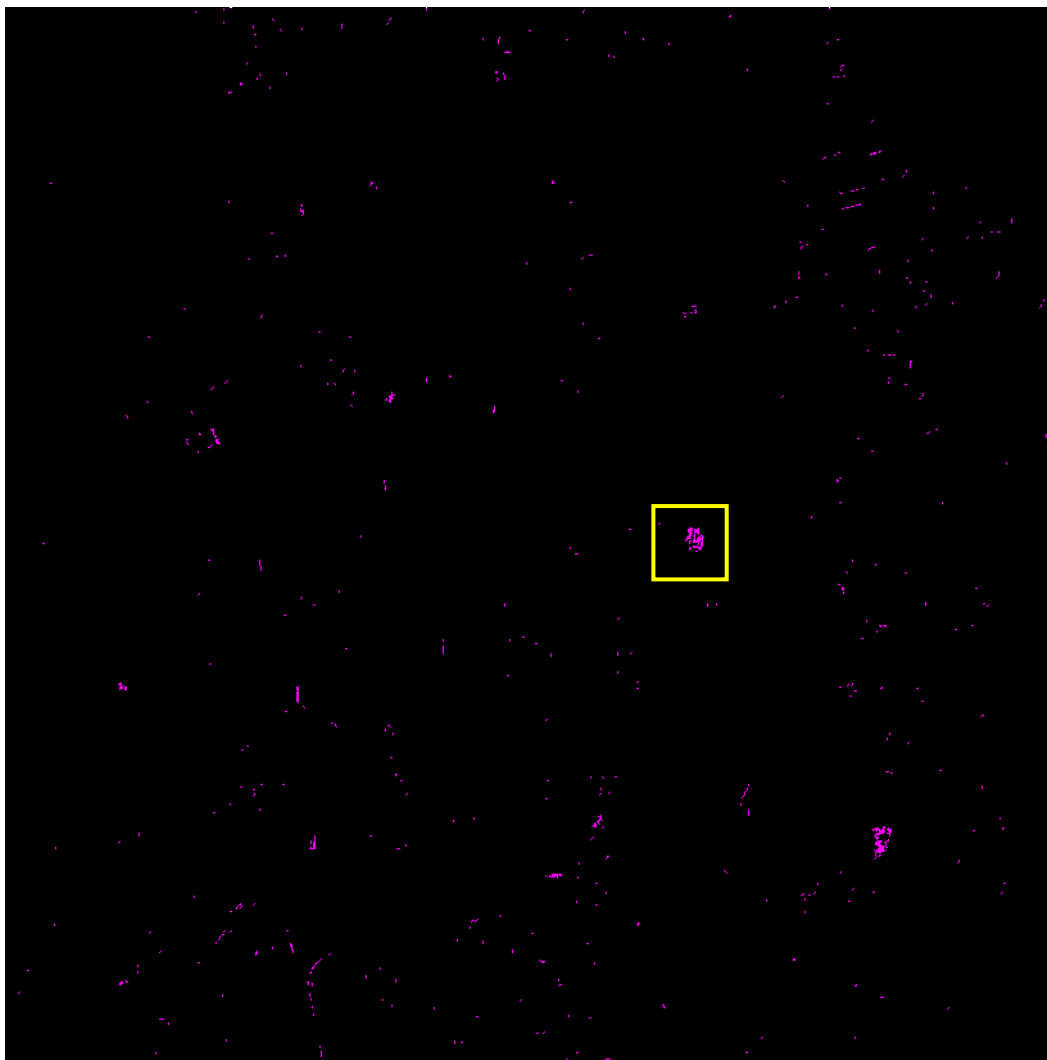


図5-30：閾値処理による投棄現場候補絞り込み結果
(矩形は不法投棄現場の位置を示す)

図5-30の結果において不法投棄現場の場所をクローズアップした様子を、以下の図5-31に示す。

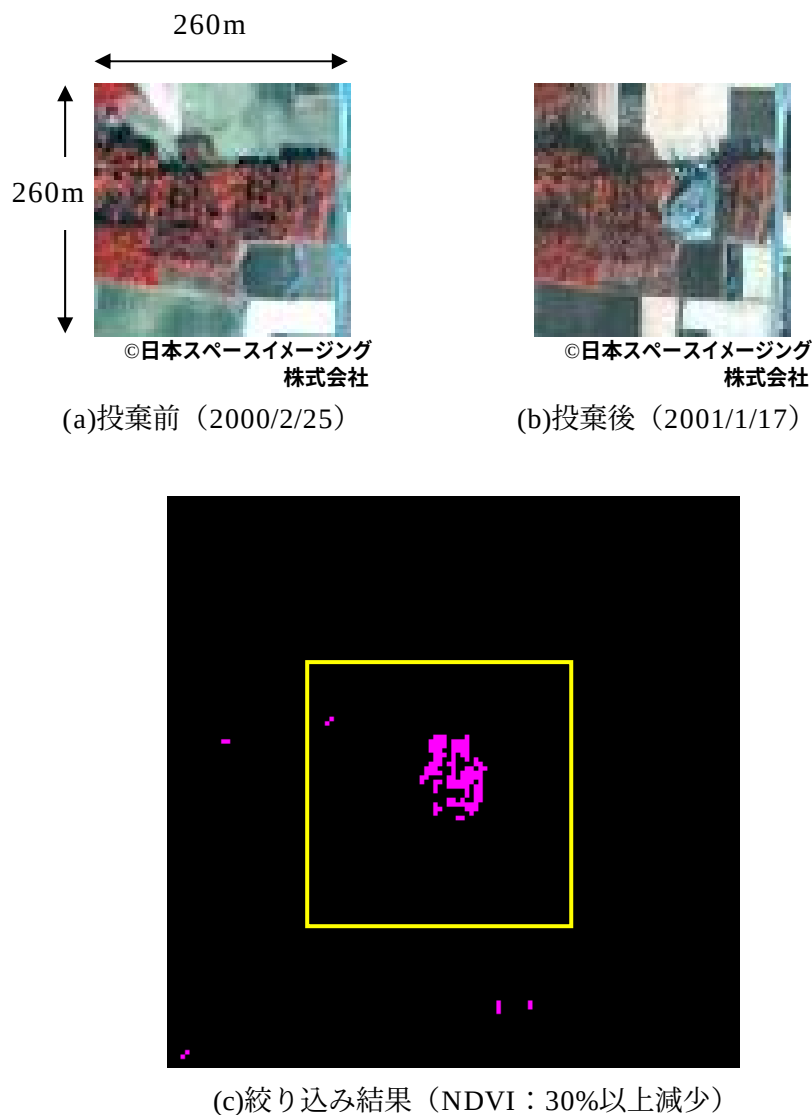


図5-31：投棄現場候補絞り込み結果（不法投棄現場1）
（矩形は図(a)および図(b)の範囲に対応する）

図5-30、図5-31を見ても分かるように、高分解能衛星画像（IKONOSのマルチスペクトル画像レベル）を対象にしたNDVIによる変化抽出結果は、森林が減少した部分が画像上である塊となって現れており、他の誤差やノイズによって現れたと思われる部分と容易に区別できた。中分解能衛星画像の時とは異なり、空間的な連結の情報をを用いることで投棄現場の絞り込みが比較的容易に行えると考ええる。高分解能衛星画像においても、様々な情報を用いて絞り込みの信頼度を上げることが有効ではあるが、中

分解能衛星画像において要請されるほど必須ではない。この優位性は対象とする投棄規模と画像空間解像度の比率の違いに起因している。

このことから、中～大規模な（不法投棄による）森林変化を高信頼度で検知するためには、IKONOSのマルチスペクトル画像相当もしくはそれ以上の空間解像度（4m）があることが望ましい。

イ）地表の空間的特徴の変化による検知

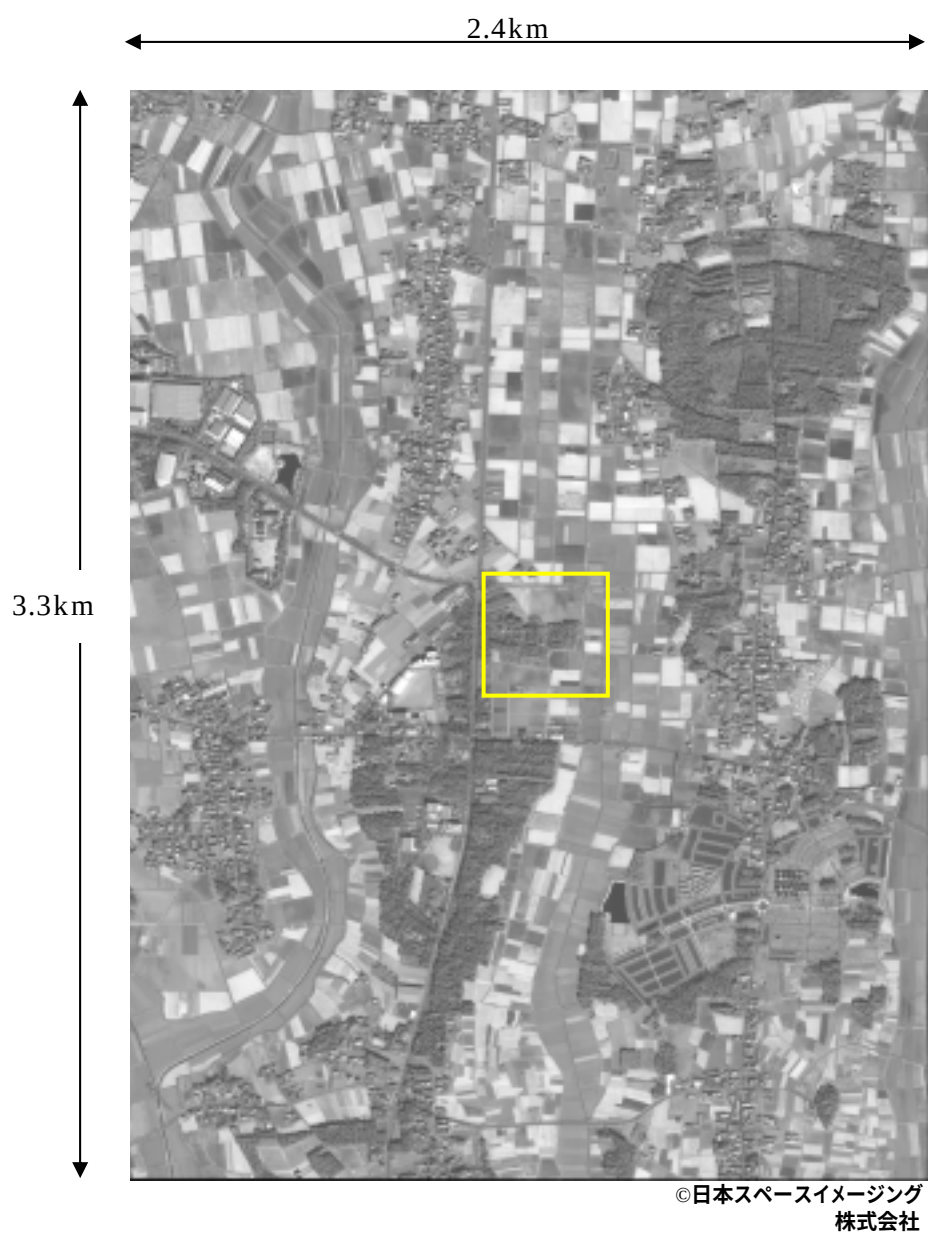
ア）では、高分解能衛星画像（IKONOSマルチスペクトル画像）を用いたスペクトルの変化による投棄場所の検知について述べた。

一方、高分解能衛星画像（IKONOSパナクロマチック画像）においては、形状やテクスチャといった画像空間的な特徴から変化を抽出することが可能であると考えられる。画像空間的な特徴の変化から、投棄現場の検知が可能になれば、NDVIでターゲットとしていた森林領域以外の場所、例えば田畑や裸地などにおける投棄場所の検知でも適用が可能となる。

そこで以下では、不法投棄によって生じた地表の空間的特徴の変化に着目して、不法投棄箇所の検知を試みた。具体的には、投棄前後の画像内の局所小領域（7m×7m）毎に画像相関¹をとり、変化の抽出を行った。

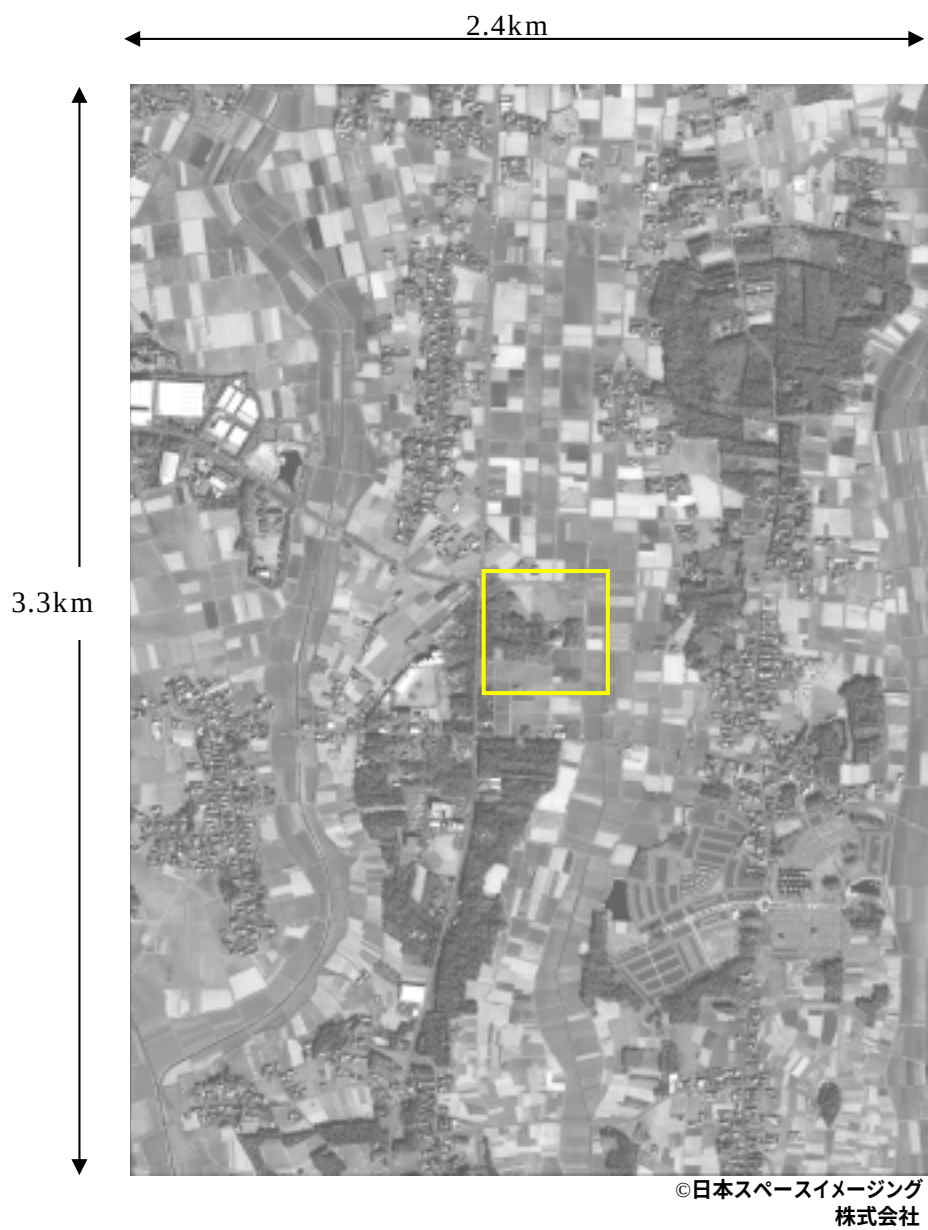
まず、ほぼ同時期に撮影された2枚の画像間（2000年2月25日と2000年3月2日）での変化抽出を行った。対象とする現場は、前出の不法投棄現場1であり、不法投棄前の画像が撮影されていなかったため、同一画像内の近傍にある林の領域を貼り付け擬似的に不法投棄前の画像を作成し、解析対象とした。図5-32に使用した2時期の原画像を示し、画像相関によって得られた変化検知結果を図5-33に示す。また、図5-34にこれらを拡大した結果を示す。なお、各々の結果画像において輝度の高いほうが、算出された相関係数がより低いことを表し、変化した場所であることを示している。

¹ 画像相関とは、同じ領域を撮影した2枚の画像を用いて、その領域における観測値どうしの相関係数を算出し、その一致の度合いを求める方法である。例えば、7画素×7画素の領域（計49画素）どうしの画像相関をとる場合には、各画素について、一方の画像の画素値（観測値）を横軸にプロットし、もう一方の画像の画素値（観測値）を縦軸にプロットして、計49個のプロットについて相関係数を求める方法と考えてもよい。算出された相関係数は-1から1の範囲に分布し、1に近づくほど正の相関が高い、すなわちここでは画像が変化していないことを示すことになり、0に近づくほど画像が変化していることを示す。-1から0までの負の相関はあまり意味を持たず、その範囲では画像が変化していることのみを示すので、全て相関係数0として扱った。



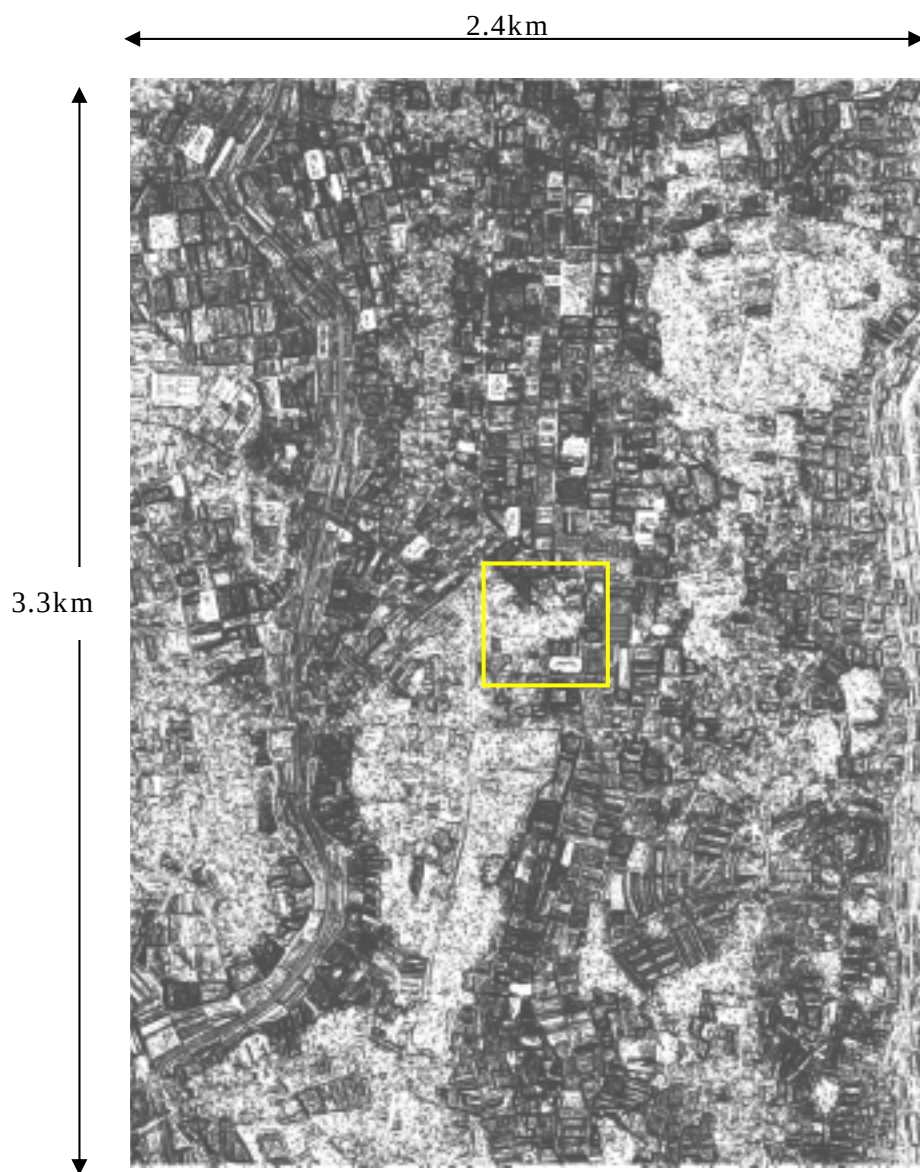
(a)投棄前（2000/2/25：一部の森林を合成）

図5-32：使用した2時期の原画像（矩形は不法投棄現場の位置を示す）



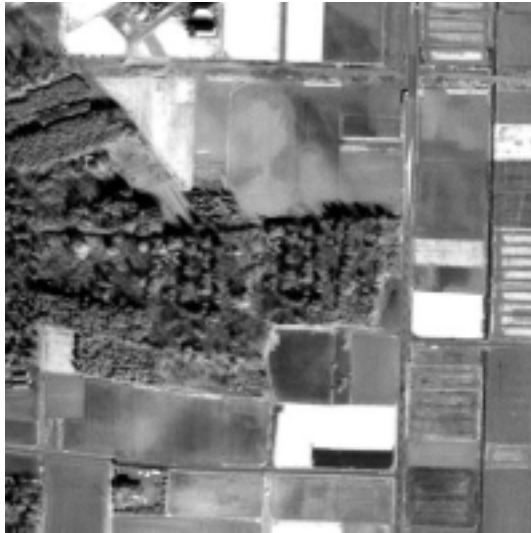
(b)投棄後（2000/3/2）

図5-32（つづき）：使用した2時期の原画像（矩形は不法投棄現場の位置を示す）



変化検出結果

図5-33：投棄現場変化抽出結果（全体）
（矩形は不法投棄現場の位置を示す）



©日本スペースイメージング
株式会社
(a)投棄前（2000/2/25）



©日本スペースイメージング
株式会社
(b)投棄後（2000/3/2）



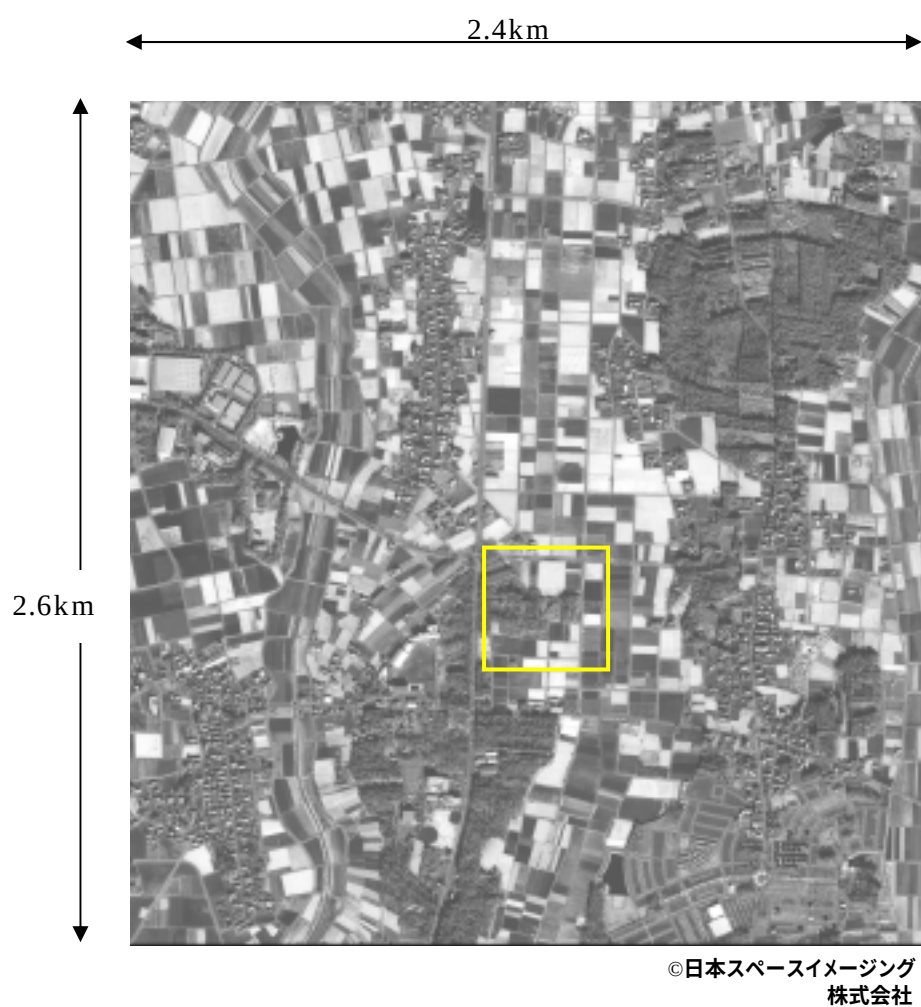
(c)変化検出結果

図5-34：投棄現場変化抽出結果（不法投棄現場1）

次に、撮影の期間が開いた2枚の画像間（2000年2月25日と2001年1月17日）で同様な変化検知を行った。使用した原画像を図5-35に、得た変化検知の結果を図5-36に示す。また、図5-37にこれらを拡大した結果を示す。なお、各々の結果画像において輝度の高いほうが、算出された相関係数がより低いことを表し、変化した場所であることを示している。

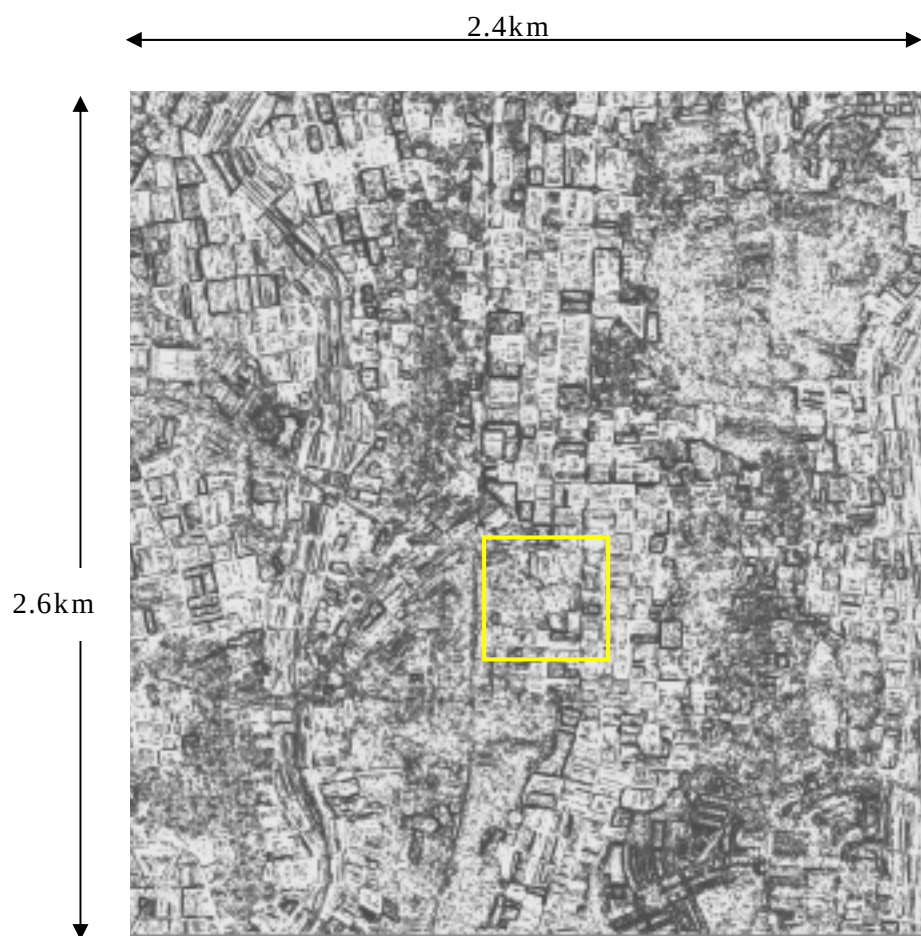
なお、投棄前の画像は前解析と同一なので、投棄前の全体画像は図5-32(a)に示したとおりである。

(a)投棄前（2000/2/25）：図 5-32(a)参照



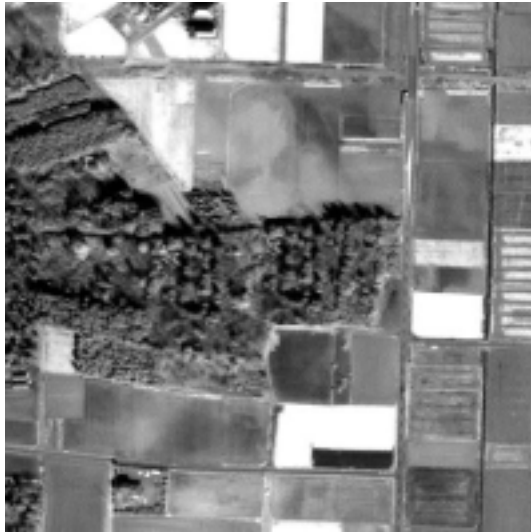
(b)投棄後（2001/1/17）

図5-35：使用した2時期の原画像（矩形は不法投棄現場の位置を示す）



変化検出結果

図5-36：投棄現場変化抽出結果（全体）
（矩形は不法投棄現場の位置を示す）



©日本スペースイメージング
株式会社
(a) 投棄前（2000/2/25）



©日本スペースイメージング
株式会社
(b) 投棄後（2001/1/17）



(c) 変化検出結果

図5-37：投棄現場変化抽出結果（不法投棄現場1）

解析結果より、2枚の画像間の撮影間隔の長短に関わらず、本来意図した変化の部分（不法投棄の場所）が明確に検知できず、他の場所における変化に埋もれてしまった。これは画像相関法自体が画像上の少しの位置ズレや、局所的な輝度変化に敏感に反応するためであり、このことから他の場所でも変化が検知されてしまったと考えられる。森林の領域などは元々複雑な輝度分布をもっているため、少しのズレや光の変化でも大きな変化として現れる。画像上でこのようなズレや輝度の変化を引き起こす要因は、撮影時期、撮影時刻による撮影方向の違い、太陽高度の違いが主である。そのため今回の解析では、撮影間隔が長いほうがより悪い影響が現れている。その他の要因としては、植生（今回の解析では畑）の変化、画像幾何補正の誤差なども存在する。

これらの変化（誤差）は衛星画像には必ず存在するものであり、避けては通れない。さらに衛星センサの空間解像度が上がれば上がるほど、この変化は顕著に現れるようになり、特に影などは無視できない変化を引き起こす。そのため、画像相関法に限らず他の手法を用いるにおいても、これら本来抽出目的としている以外の変化をいかに排除するかが、検知の信頼性を上げるための今後の大きな課題である。

また、今回の検討では画像相関法を用いたが、空間的な特徴を用いた変化の検知には外にも様々な手法が存在し、適用する手法によっても結果の改善は十分考えられる。変化の検知に適用する手法は、主に以下の観点によって特徴付けられる。

- (a)使用する画像特徴（画像輝度、1次微分値、2次微分値など）
- (b)算出する空間特徴（画像特徴の連続性、同時生起確率、空間周波数など）
- (c)変化抽出に使用する評価値（差分値、相関値、統計値など）

今回の検討で得た知見から今度の方向性を考えると、(a)においては微分値などの局所変動に敏感な特徴を用いるよりも、小領域の平均値などの局所変動にロバストな特徴を用いるべきであり、また(c)においても同様に、統計値などの積分的な特徴を用いるべきである。(b)においては、十分な指針は得ていないが、少なくとも今回の画像相関法のように、画像内の絶対位置に関連した特徴を用いることは避けるべきである。

(c) 中分解能および高分解能衛星画像の組み合わせによる不法投棄現場の検知

中分解能衛星画像は、その空間解像度が低いために不法投棄現場についての詳細な情報を得ることは困難であり、人間が見ても不法投棄現場であるのかどうか判断が付きにくい。一方、高分解能衛星画像は、中分解能よりも多くの情報を持ち、人間が見ることによっても判断が可能であるなどの、非常に大きな利点を有する。しかしながら、中分解能衛星画像は高分解能衛星画像に比べ、一度に撮影される範囲が広く、取得コストも安いという利点がある。

これらのことから考えると、現実的な適用方法として、まず中分解能衛星画像で広範に撮影し、不法投棄現場の疑いのある場所を選出し、その後当該の場所について高分解能衛星画像でピンポイント撮影して、解析処理もしくは人間の目視によって判断するのが最も有望であろう。

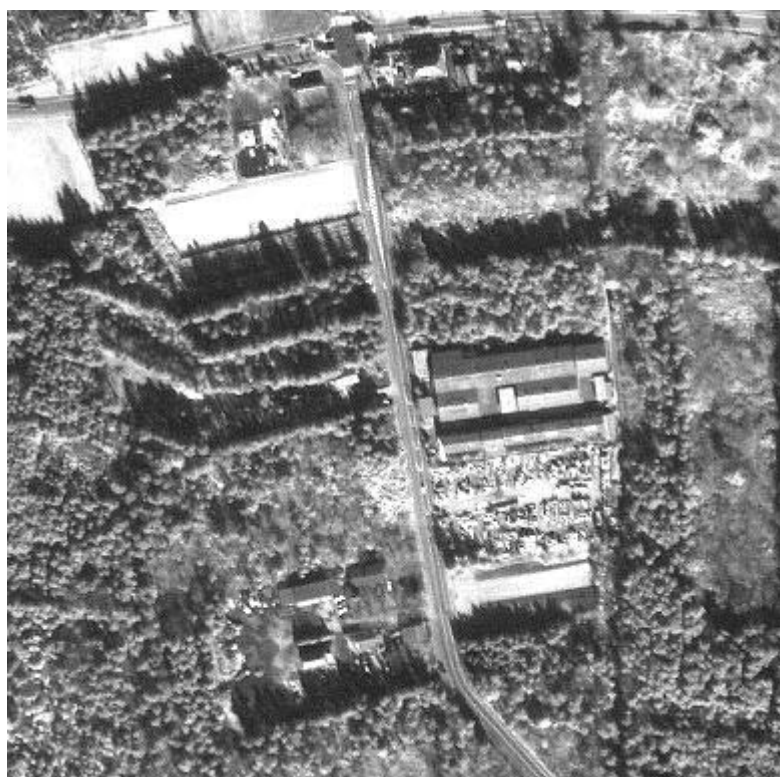
中分解能衛星画像で疑わしき場所の選定を行い、高分解能衛星画像を撮影して確認するといった一連の流れでは、検知の成否は中分解能画像のレベルでどこまで候補地を絞り込めるかに拠るところが大きい。今回の検討で得た図5-25の結果では、高分解能衛星画像を撮影するに十分な場所の絞り込みには至っていない。

今後はこの中分解能衛星画像における絞り込みの精度を向上させるために、

- ・過去の多時期の画像データの利用。
- ・スクリーニングのための外部データ（自然環境保全基礎調査データ、ゾーニングデータ）の利用。
- ・NDVIの変化の結果から、候補地を的確に抽出する評価値およびパラメータ（閾値）の決定。
- ・NDVIだけでなく、画像の他バンドの情報の利用

などが有効と考えられる。

さらに、中分解能衛星画像から高分解能衛星画像に連携し投棄現場の検知を行う際に、高分解能衛星画像で目視による確認等を行う場合は問題無いが、高分解能衛星画像においてさらに詳細な解析（処理）を行う場合には、現実的な問題として、投棄前の画像があらかじめ取得されているとは考え難く、投棄前後の変化による解析は困難である。この場合には、投棄後の1枚の画像から投棄現場の検知を行えるようなアプローチが必要である。例えば、今回の検討において図5-38に示すような投棄現場と思われるような場所を撮影した1枚の画像があった。



©日本スペースイメージング
株式会社

(a)IKONOS パンクロマチック画像



©日本スペースイメージング
株式会社

(b)IKONOS マルチスペクトル画像

図5-38：投棄現場に似た特徴をもつ場所



図5-39：現場の資材置き場の写真

実際にはこの場所は図5-39に示したような石材置き場であったのだが、少なくとも1枚の画像でも投棄現場と思わしき特徴は存在すると考えられる。このような解析を実現するには、人間の知識処理（ノウハウ）を組み込んだ、ある種のエキスパートシステムのようなアプローチをとることになるだろう。

このような1枚の画像から投棄現場の検知については、今後の課題である。

(4) まとめ

ここでは光学センサで取得した画像から、不法投棄現場を検知することを試みた。実施した検知手法は、不法投棄前後の画像を用い投棄による変化を抽出することにより、現場を特定することを狙ったものである。結果をまとめると以下ようになる。

- 中分解能衛星画像については、マルチスペクトル画像を用いスペクトルの変化を抽出することを試みた。具体的には、スペクトルの変化による抽出が有効と思われる森林領域をターゲットとし、正規化植生指数（NDVI）の減少量により画像内の投棄現場の検知可能性を検討した。さらに、投棄前の画像から土地被覆分類図を作成して、分類された森林の領域だけに投棄現場候補を絞り込むことによって、誤検知削減の可能性を検討した。その結果、元の画像面積の2.9%まで投棄現場候補領域を絞り込むことはできたが、その領域は画像全体に散らばっており、特定の候補場所を限定できるまでには至らなかった。今後は、そのような不法投棄を原因としない画像間の変化を、いかにして不法投棄による変化と識別し、誤って抽出される領域を減少させ信頼度を上げていくかが課題である。
- 高分解能衛星画像については、マルチスペクトル画像とパンクロマチック画像を用いて、それぞれ検知を試みた。
 - ・ マルチスペクトル画像においては、中分解能衛星画像の場合と同様に森林領域をターゲットとし、正規化植生指数（NDVI）の減少量によって検知可能性を検討した。その結果、中分解能衛星画像のように土地被覆分類図を用いて絞り込みを行わなくても、投棄現場候補は画像上である面積の塊となって現れており、比較的容易に特定の候補場所を限定できた。
 - ・ パンクロマチック画像においては、森林領域以外の田畑や裸地などにおける検知を狙って、地表の空間的な特徴の変化を抽出することを試みた。具体的には、小領域毎に投棄前後の画像間の相関をとり、相関値の低い領域を抽出することにより投棄現場の検知可能性を検討した。その結果、投棄前後の画像間の微小な変化にも敏感に反応し、特定の候補場所を限定することはできなかった。画像間の微小な変化に左右されない面的なパターン変化による検知可能性を検討することが今後の課題となる。
- 最後に、中分解能衛星画像と高分解能衛星画像の2種類の画像を用いた不法投棄現場の検知可能性を検討した。双方の画像の効果的な利用としては、中分解能衛星画像において投棄現場の候補を絞り込み、高分解能衛星画像において候補場所を確認するといった方法が考えられた。しかしながらこの方法を実現するには、まず中分解能衛星画像の解析の段階において、いかにして高い信頼度で候補場所を特定するかといった課題を、まず解決しなくてはならない。さらにその後、高分解能衛星画像において詳細な解析を行う場合には、今回行った2枚の画像間の変

化に基づく解析方法でなく、1枚の画像の特徴に基づく解析方法が必要となり、そのような解析方法を検討することが残る課題である。

5.3.2 熱赤外センサ

(1)検知対象

衛星熱赤外センサを用いて、覆土等によりカモフラージュされている投棄物を検出することが可能かどうかを検討した。

(2)理論

今、投棄物が埋められ、その上に覆土が施されている場所について考える。この場所の地表面温度が上昇する理由として、次の2つのことが考えられる。一つは、太陽光による地表面温度の上昇度合いが、投棄物が埋め立てられている場所とそうでない場所では異なることである。特に、温度伝達率が小さい投棄物が埋め立てられている場合には、表層の覆土の温度は上昇しやすいと考えられる。もう一つは、微生物分解や化学反応により発熱する性質をもった投棄物が埋め立てられているケースである。有機性の廃棄物が埋め立てられている廃棄物処分場では、層内温度が60℃を超えることがあり、また、ある産業廃棄物処分場では、不適正処分された有機系溶媒の化学反応により、地表から5cmの深さで80℃以上の温度を示したという報告がなされている。これらの両ケースについて、地中の廃棄物が地表面温度に与える影響のイメージを図5-40に示す。

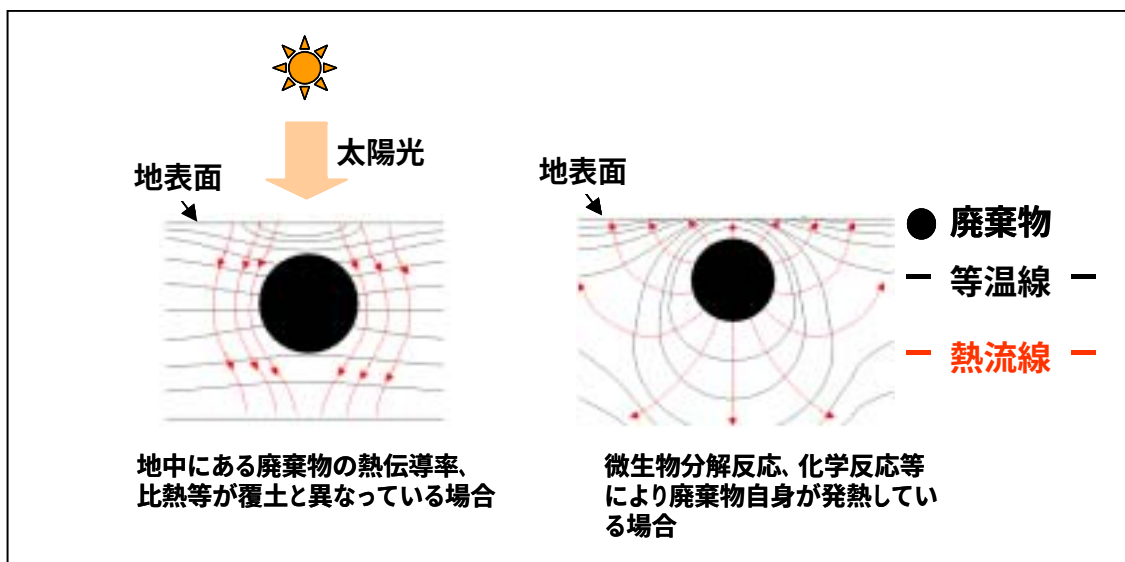


図5-40：地中の廃棄物が地表面温度に与える影響のイメージ図

ここでは、これら両ケースを対象に分析を行うが、前者を「覆土によりカモフラージュされた不法投棄を対象とした分析」、後者を「発熱性投棄物を対象とした分析」とし

た。図に示すような廃棄物の投棄による地表面の温度変化を衛星熱赤外センサにより検出できれば、覆土によってカモフラージュされた投棄物の不法投棄や、発熱性を有する投棄物の不適正埋め立て処分等の発見に利用できると考えられる。

(3)覆土によりカモフラージュされた投棄物の検知

(a) 埋め立て廃棄物が地表面温度に与える影響について

地下に埋設されている物体を地上から探知検査するためには、レーダー、電気抵抗、磁気などによる方法があるが、この他に、埋設場所の地表面に発生する温度分布をリモートセンシングで検知する方法がある¹。この手法は、地表面の温度分布から内部の熱の流れを解析する熱的イメージ法の応用であり、比較的表層の地下埋設物の存在を明らかにする方法である²。この方法を応用できれば、覆土によってカモフラージュされた廃棄物不法投棄現場を熱赤外線リモートセンシングにより検出することが期待できる。

ここでは、廃棄物が埋設されている場所の地表面に、実際にどれくらいの温度差があらわれるのかを実験により調査した。

廃棄物として想定した試料を地表面下10cm（覆土厚10cm）の深さに埋設し、その地点の地表面温度を経時的に計測した。試料としては、レンガ、コンクリート、発泡スチロール、石膏ボード、プラスチック板、ベニヤ板（縦40cm×横60cm、厚さはそれぞれ、6cm、10cm、1cm、3cm、0.5cm、0.5cm）の6種類を用意し、これらを日中を通して太陽光が直接入射する場所に埋設した（図5-41）。

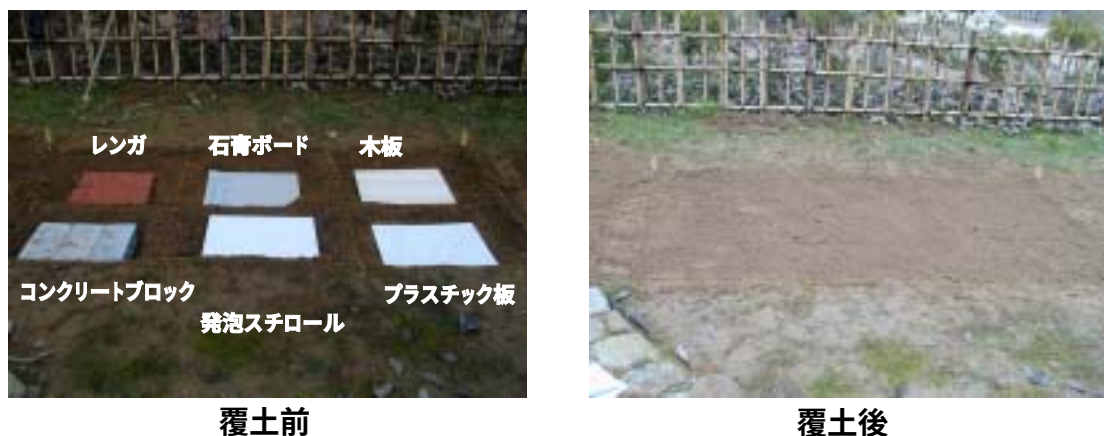


図 5-41：廃棄物を想定した各種試料の埋設状況

¹ 岡本芳三：遠赤外線リモートセンシング熱計測法，コロナ社，1994

² 范作芬ら：地下埋蔵物の熱的検知法に関する研究 第1報実験法研究，日本機械学会関東支部・精密工学会茨城講演会講演論文集

ア) 廃棄物の種類と地表面温度差との関係

前述した実験手法に基づき、2002年2月19日午前0時から2002年2月21日午後24時までの3日間において、各試料が埋設されている場所の地表面温度と、何も埋められていない場所の地表面温度を計測した。図5-42は、これらの差を経時的に示したグラフである。これをみると、埋め立て廃棄物の種類により、地表面温度の最大値・最小値、およびそれらが表れる時刻に違いが見られる。温度差が最も大きかったのは、発泡スチロールの約5.5度であった。断熱性の高い廃棄物が埋められている場合、昼間は、廃棄物真上の地表面から入射してくる熱流（日射、大気対流による熱伝達、地表面からの熱輻射の合計値）が廃棄物によって遮断され、深さ方向には伝わらずに廃棄物の上部に滞留する。このため、埋め立て廃棄物上の覆土の温度は周辺部に比べ高くなると考えられる。夜間に、昼の間蓄積した土中の熱が大気に逃げていく際、廃棄物の断熱性により廃棄物上部の覆土は通過せず、その周辺部から熱が逃げていくため、廃棄物の上の覆土の温度は周辺部に比べ低くなるものと考えられる。以上の実験は2月中旬の晴天日に行われたが、太陽光入射量が増加する夏季においては、廃棄物の埋設による温度差はさらに大きくなるものと考えられる。

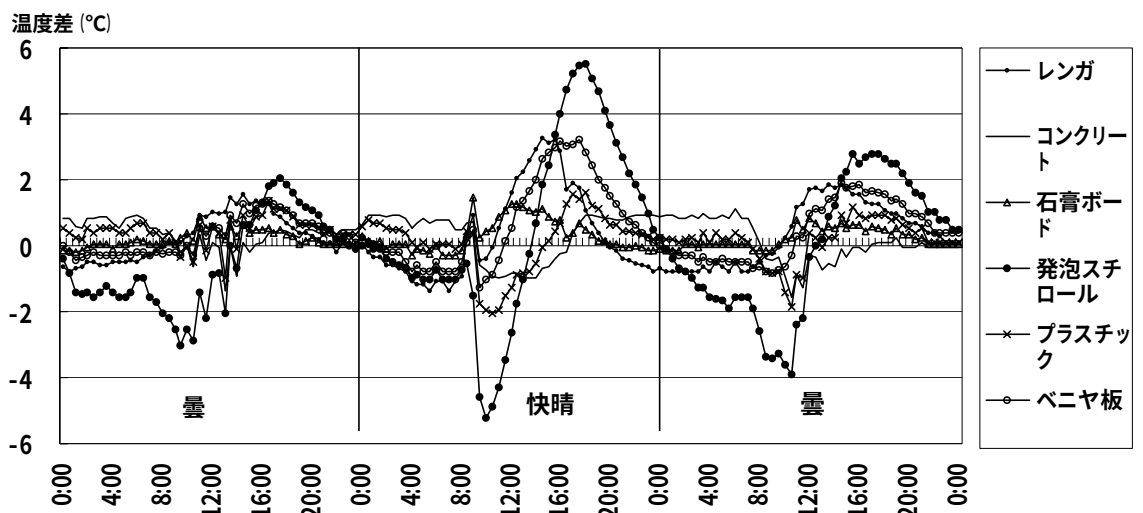


図 5-42：各種試料を埋設した場所と何も埋められていない場所の地表面温度の差
(2002 年 2 月 19 日～2 月 21 日)

イ) 廃棄物上の覆土の厚さと地表面温度との関係

次に、日中の太陽光による熱が、地表面からどの深さまで届いているかを調べた。結果を図5-43に示す。深さ方向温度分布の経時変化をみると、深くなればなるほど地中温度の日変化は小さくなることが分かる。また、深さ40cmでの地点では日射量の影響がほとんど見られないことが分かる。このことから、廃棄物上

の覆土厚が40cm程度になると、地表面温度変化による廃棄物の検出は難しいと考えられる。

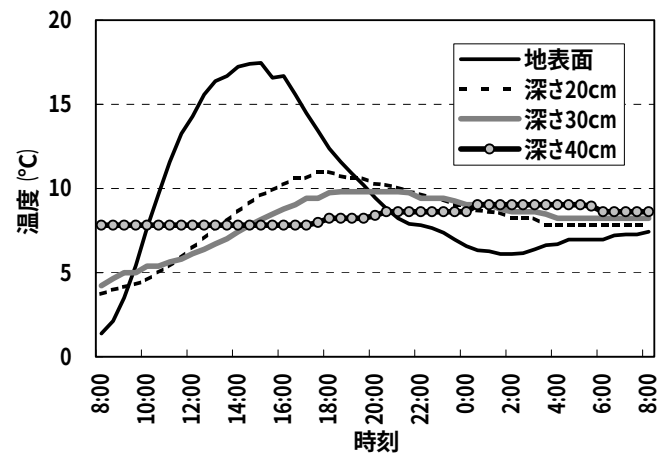


図5-43：深さ別に見た地中温度の変化

(b) Landsat7画像による検出可能性の検討

前述した廃棄物の埋設による地表面温度変化を、Landsat7衛星画像の熱赤外波長帯（バンド6）データから検出可能かどうかを分析した。分析の方法は、廃棄物の埋められている場所の地表面温度と、廃棄物がない場所の地表面温度をそれぞれ衛星画像より抽出し、両者を比較した。ここでは、廃棄物が埋められている場所として、福岡県内にある12箇所の安定型産業廃棄物処分場を採用した（表5-9）。これとの比較対照となる廃棄物が埋まっていない場所としては、グラウンドや採砂場等の裸地を採用した。

表 5-9：分析対象とした廃棄物処分場の概要

	種類	埋立面積 (m ²)	埋立容量 (m ³)	取扱品目
A	安定型	57,041	486,699	プ、ゴ、金、ガ、れ
B	安定型	53,621	218,381	プ、ゴ、金、ガ、れ
C	安定型	50,700	76,106	プ、ゴ、金、ガ、れ
D	安定型	25,263	262,549	プ、ゴ、金、ガ、れ
E	安定型	23,349	115,100	プ、ゴ、金、ガ、れ
F	安定型	22,503	32,699	プ、ゴ、金、ガ、れ
G	安定型	21,030	58,255	プ、ゴ、金、ガ、れ
H	安定型	20,297	126,000	プ、ゴ、金、ガ、れ
I	安定型	7,941	10,237	ガ、れ
J	安定型	6,238	91,025	プ、ゴ、金、ガ、れ
K	安定型	4,915	36,436	プ、ゴ、金、ガ、れ
L	安定型	3,286	2,195	ガ、れ

プ：プラスチックくず、ゴ：ゴムくず、金：金属くず、
ガラス：ガラスくず、れ：がれき類

具体的な分析の流れは、まず、幾何補正を施した衛星画像データと2万5千分の1地形図とを重ね合わせ、廃棄物処分場および裸地の位置を特定した。次に、特定した場所における熱赤外波長帯（バンド6）のDN値¹を抽出した。この値は、地表面から放射される熱赤外線放射量を0～255の指数で表しており、この値を地表面温度として代用した。この値は、式(1)～(3)によって温度に変換することも可能である。しかしながら、式(3)を計算するのに必要な実測地表面温度が得られなかったため、今回はDN値を温度に変換せずに使用した。

$$L_{\lambda} = [(L_{\max} - L_{\min}) / 255] \times \text{DN} + L_{\min} \quad \cdots (1)$$

$$T = K_2 / [\ln(K_1 / L_{\lambda} + 1)] \quad \cdots (2)$$

$$T' = a T + C \quad \cdots (3)$$

L_{λ} ：スペクトル放射[W/(m²・ster・μm)]

DN：バンド6（熱赤外波長域）のDN値 (-)

T：衛星から検出される地球地表面温度（K）

T'：補正された地表面温度（K）

$L_{\min}$, $L_{\max}$ ：スペクトル放射範囲 [W/(m²・ster・μm)]

K_1 ：Landsat7熱バンド校正定数₁ = 666.09[W/(m²・ster・μm)]

K_2 ：Landsat7熱バンド校正定数₂ = 1282.71[W/(m²・ster・μm)]

a, C：定数 (-)

最後に、廃棄物処分場と裸地のそれぞれについてDN値の平均値を計算し、両者の差を求めた。なお、ここでは太陽光による地表面温度上昇の違いを検出することが目的であるため、昼間に撮影された衛星画像データを用いた（表5-10）。

表 5-10：分析に用いた衛星画像の概要

衛星	センサ名称	撮影日	撮影時刻	場所 ⁴	
				path	row
LANDSAT7	ETM+	2000/3/7	10:46	113	37
〃	〃	2000/5/13	10:43	〃	〃
〃	〃	2001/9/18	10:41	〃	〃
〃	〃	2001/10/20	10:42	〃	〃

¹ 衛星センサは電磁波を記録し、それをデジタルナンバー（DN）に変換する。この DN 値はセンサが受けた電磁波の反射量、放射量を表している。DN 値が高いと衛星画像の画素が明るく表示され、低いと暗く表示される。記録される値のとり得る範囲はセンサのタイプによって異なる。例えば、LANDSAT を含む多くの画像は 2 の 8 乗の 8-bit データとして記録されているので、2 の 8 乗＝256 の値をもち、DN 値の範囲は 0 - 255 となる（0 はひとつの数字としてカウントされる）。

² 衛星画像の撮影場所は、衛星の軌道から決まる path 番号と中心の緯度から決まる row 番号により表される。この座標系は WRS（World Reference System：世界参照座標系）と呼ばれる。

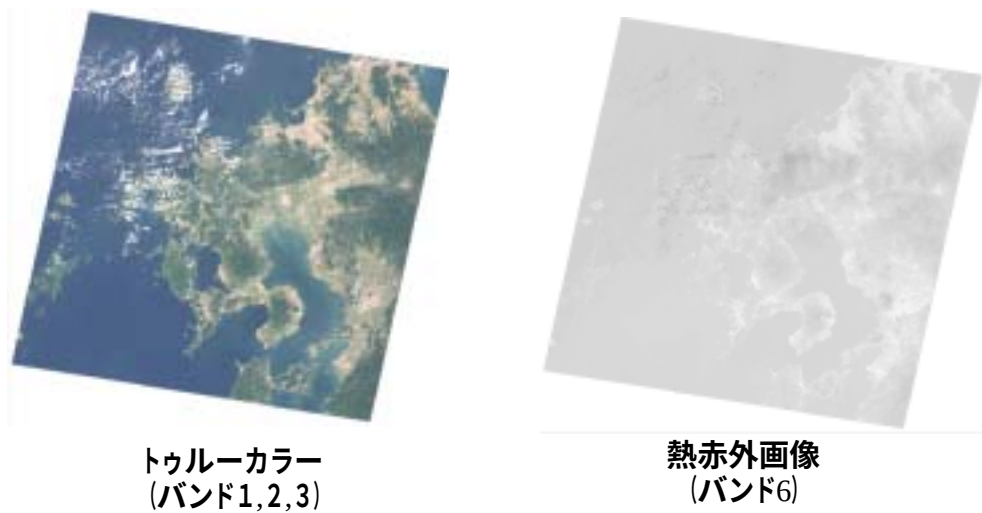


図 5-44：分析に用いた衛星画像（Landsat 7）

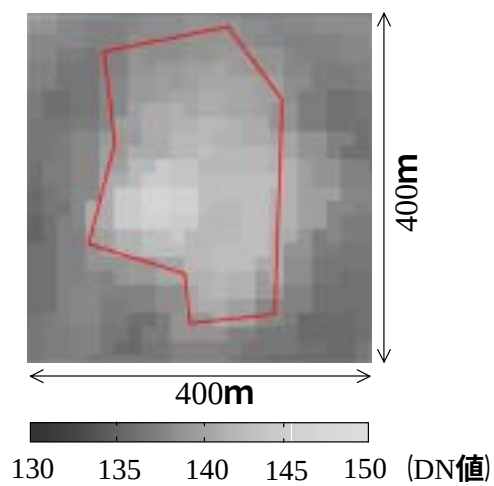


図 5-45：Landsat7 画像でみた産業廃棄物処分場
(バンド 6：熱赤外波長帯)

以上による分析の結果を図5-46に示す。この図は、廃棄物処分場と裸地におけるDN値の差をグラフにしたものである。これをみると、全体的に廃棄物処分場の方が裸地よりも地表面温度が高い傾向にあることがみてとれる。つまり、廃棄物が地中に埋め立てられている場所で地表面温度が相対的に上昇していることを衛星画像からある程度検出できるものと考えられる。ただし、前節で述べたように、埋め立てられている廃棄物の種類や覆土の厚さによって温度変化の度合いは異なるため、すべての処分場において高い温度を検出できたわけではない。

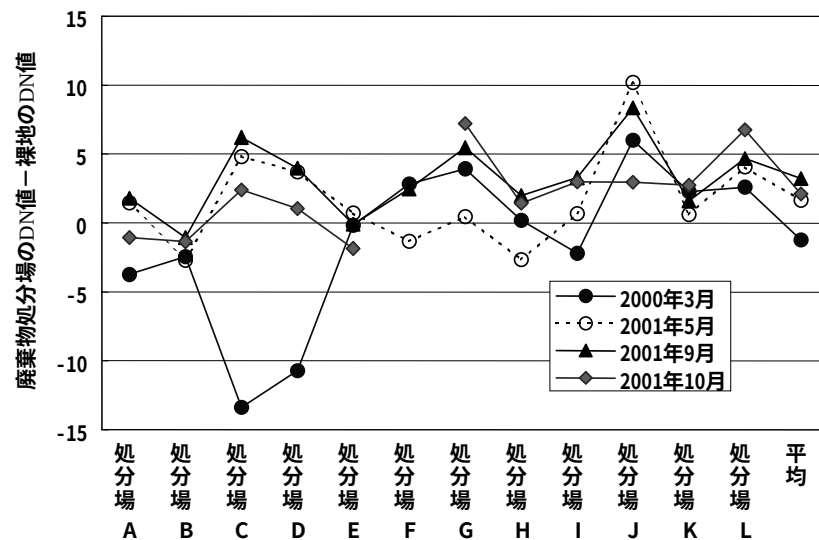


図 5-46：廃棄物処分場と裸地における DN 値の差

以上の結果から、昼間の衛星熱赤外センサを用いて地中にある廃棄物の有無を検出するために必要な条件として、以下のようなことがあげられる。

- ・ 発泡スチロール、ベニヤ板、レンガのように、熱伝導率、比熱の値が通常の土と比べて異なるものが埋められていること。
- ・ 覆土が厚すぎないこと（実験結果では40cm以下）。

ここで、供用中の廃棄物処分場では、15cm～20cm程度の即日覆土がなされており、今回対象とした廃棄物処分場でも同様の状況であったと考えられる。しかしながら、覆土の厚さが40cmを超える現場では、この手法による検出は難しいと言える。

また、宅地開発等による土地被覆の改変による地表面温度上昇についても考慮する必要がある。コンクリート建築物やアスファルトで舗装された場所は、土で被覆された場所と比べて昼間の地表面温度は高くなる。図5-47の左図は、廃棄物処分場

周辺の地表面温度分布である。この図をみると、廃棄物処分場では、地表面温度が相対的に高いことがわかるが、廃棄物処分場の右側にも温度が高い場所が分布している。この画像を地形図と重ね合わせた図5-47の右図をみると、廃棄物処分場の右側の高温部分は市街地や道路であることがわかる。また、図5-48に示すように、市街地と廃棄物処分場のDN値を比較すると、市街地の方が大きいことがわかる（ただし、実際には、熱赤外センサで観測される温度（DN値）には、対象物の温度の他にも、対象物の放射率が影響する）。

このことから、熱赤外センサから得られる温度変化のみに着目して廃棄物の有無を判断することは難しいといえる。都市化による地表面温上昇の影響を除外するためには、熱赤外波長帯以外のデータ（可視光、近赤外波長帯等）も併用して土地被覆分類を行うなどの作業が必要になると考えられる。

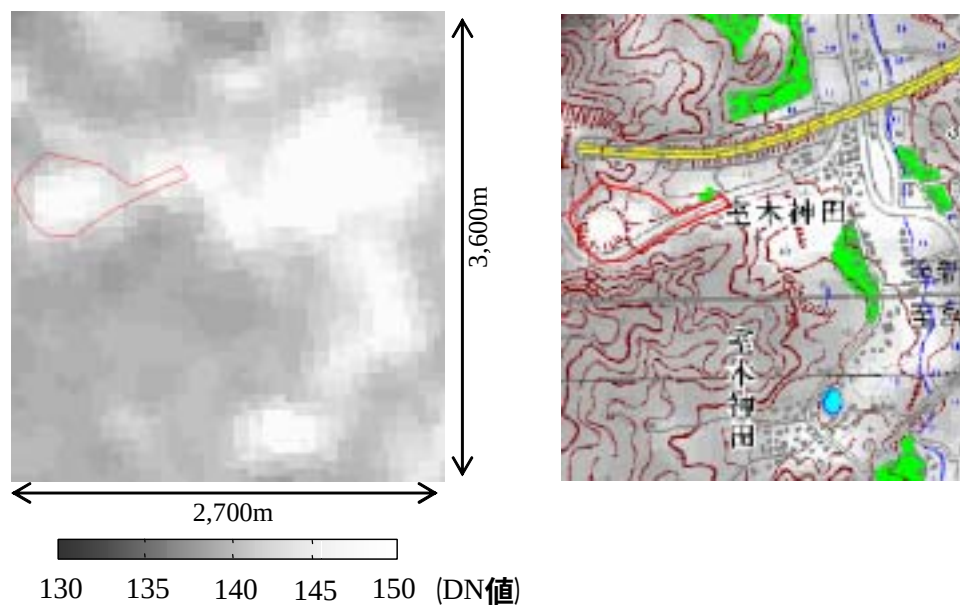


図 5-47： Landsat7 画像でみた廃棄物処分場および市街地の地表面温度
(赤線で囲まれた場所が廃棄物処分場)

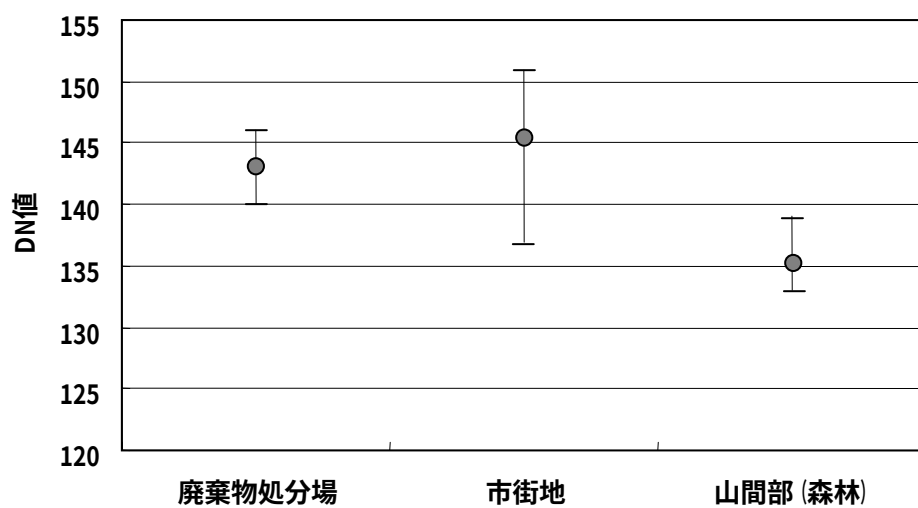


図 5-48：図 5-47 における廃棄物処分場、市街地および山間部の DN 値

(4)発熱性投棄物の検知

(a) 分析対象とした不適正処分現場の状況

次に、投棄物自体が発熱しているケースについて、廃棄物の不適正処分現場を対象として検討を行った。図5-49は、ある産業廃棄物処分場内を撮影したものである。ここでは、廃棄物が積み上げられて出来た山の斜面に3cm～5cm程度の穴がいくつもあいており、そこから水蒸気が噴出していた。この場所を放射温度計で計測した結果、約40℃と高温であり、異常高温のみられない周辺部との温度差は35℃以上もあった。

図5-50は、熱赤外映像装置（サーモトレーサ）を用いて、現場の地表面温度分布を撮影したものである。これをみると、周囲に比べて温度が高くなっている場所の分布状況が見て取れる。この現場では、地表面温度が周囲よりも明らかに高い場所が、約200m²にわたって分布していた。また、図5-50の右図は、この場所をバックホーで3m程度掘削した後の画像である。発熱している地中内部の廃棄物は、40℃を越えるかなりの高温であった。



図 5-49：廃棄物不適正処分現場の様子

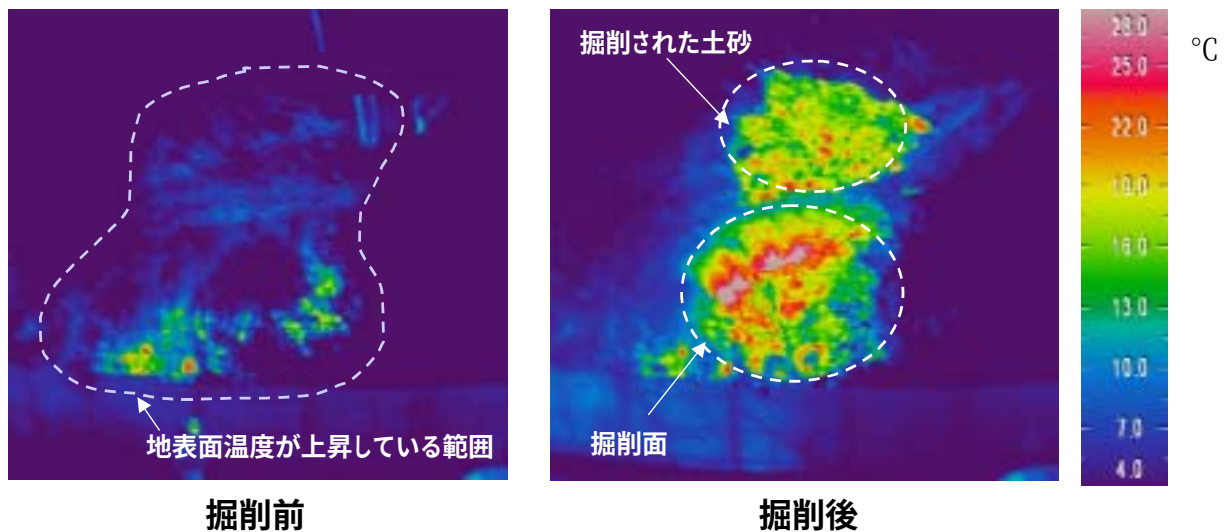


図 5-50：熱赤外映像装置（サーモトレーサ）でみた廃棄物不適正処分現場の地表面温度分布

(b) 夜間のLandsat7画像を用いた不適正処分現場検出能力の検討

ここでは、Landsat7データを用いて、廃棄物自体が発熱しているケースにおける地表面温度の上昇を検出可能かどうか検討した。発熱性の廃棄物を検出するためには、太陽光による温度上昇のない夜間の熱分布を調べるのが望ましいため、夜間に撮影されたLandsat7画像を用いることにした。

ア) 小規模な不適正処分現場検出への適用

図5.3.2-12は、前述した不適正処分現場を、Landsat7の夜間画像でみたものである。図中の赤線の枠が不適正処分現場の位置を示しているが、この図では、現場の地表面温度変化をまったく検出できていないことがわかる。LANDSATの熱赤外センサの分解能は1画素60m×60m（3, 600m²）であり、ここで対象とした現場（約200m²）のような小規模な範囲での温度変化を捉えことは難しいと考えられる。

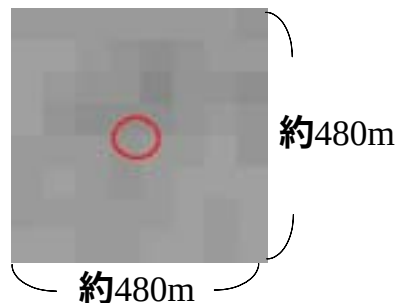


図 5-51：夜間の Landsat7 画像でみた廃棄物不適正処分現場

イ) 大規模な不法投棄現場検出への適用

図5-52は、大規模な廃棄物不法投棄現場を、昼間のLandsat7画像（トゥルーカラー）でみたものである。ここでは、900m×1200mの広大な範囲内に廃棄物が不法投棄されている。この場所を対象に、夜間における熱赤外波長帯での画像を見たものが図5-53である。これをみると、不法投棄現場の一部に、地表面温度の高い場所があることがわかる。温度が最も高い場所と、周囲とでは、DN値で約4の差があり、これを温度に直すと2度程度の差となる。ここで、不法投棄前後の2時点における画像を比較することでできれば、この期間での温度変化の検出ができたものと考えられるが、この地域のLandsat7夜間画像はこの画像の他には撮影されていなかったため、比較分析を行うことはできなかった。

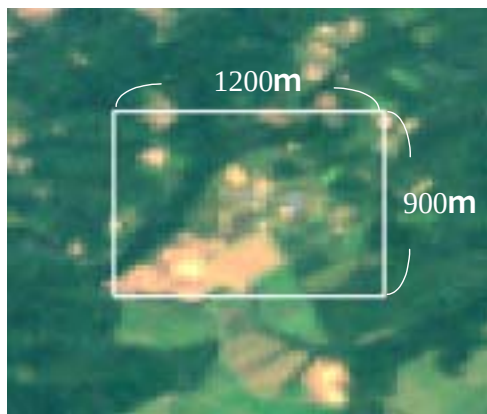
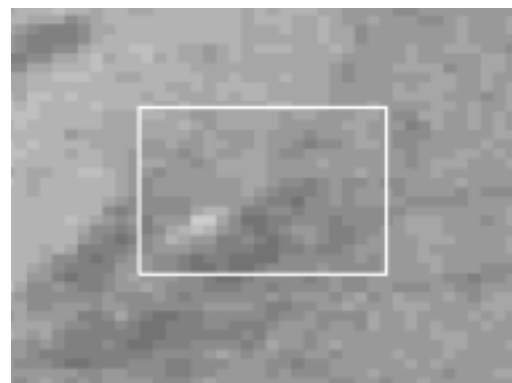


図 5-52 昼間の Landsat7 画像でみた
廃棄物不法投棄現場周辺の様子



95 100 105 110 (DN値)

図 5-53 夜間の Landsat7 画像でみた
廃棄物不法投棄現場周辺の熱分布

(c) Landsat7夜間画像のストック状況について

廃棄物の発熱による温度変化を検出するためには、太陽光による温度上昇の影響を受けにくい夜間に撮影された画像を用いることが望ましい。しかしながら、他の地域についても夜間画像のストック枚数はそれほど多くない。日本におけるLandsat7受信局の一つである宇宙開発事業団地球観測センターでは、夜間の画像は受信していないため、アメリカのU.S. Geological Survey (USGS)の検索システムで日本を対象に撮影されたLandsat7夜間画像を検索した。その結果を図5-54に示す。これをみると、九州、中国地方など一部の地域を除いて、画像のストック枚数は多くないことがわかる。衛星熱赤外センサは、Landsat7に登載されたセンサの他に、地球観測衛星Terraに登載されたASTERというセンサがある。しかしながら、ASTERの熱赤外センサの空間分解能は1画素あたり90m×90mであり、Landsat7の60m×

60mと比べてさらに分解能が低くなるため、このセンサを使用した場合、Landsat7と比較して検出能力は低下するものと考えられる。

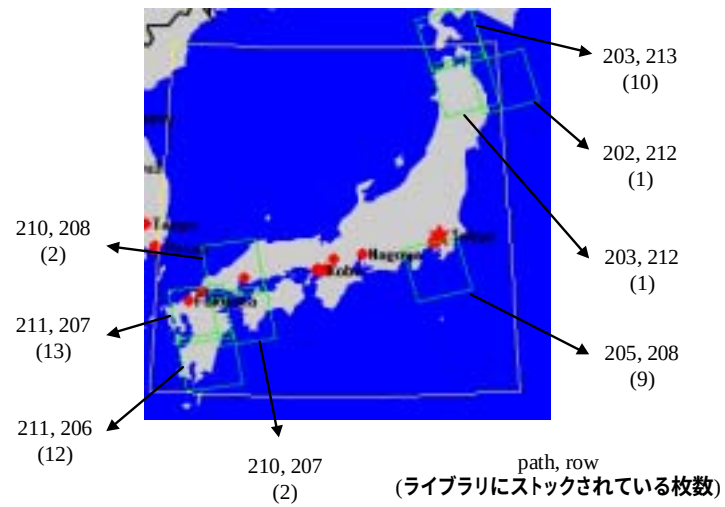


図 5-54 Landsat7 の夜間画像のストック状況
(米 USGS の Earth Explorer による検索結果, 2002 年 2 月末現在)

(5)まとめ

ここでは、Landsat7に登載された熱赤外センサを用いて不法投棄現場の検出が可能かどうかを評価した。結果をまとめると以下ようになる。

- 廃棄物が埋められている場所では、何も埋め立てられていない通常の裸地と比較して、太陽光による地表面温度上昇が大きい。この温度差は、廃棄物の温度伝達率や比熱、廃棄物上の覆土の厚さに左右される。本調査で行った実験結果から、発泡スチロール、レンガ、ベニヤ板などの試料が埋められた場所では、地表面の温度上昇が大きかった。また、廃棄物上の覆土の厚さが40cmを超える場合、地表面温度から地中の廃棄物を検出することは難しいことがわかった。
- 昼間におけるLandsat7の熱赤外波長帯のDN値を用いて、廃棄物が埋められている場所（廃棄物処分場）と裸地との地表面温度差を算定した結果、廃棄物処分場の方が温度が高い傾向にあることがわかった。今回分析対象とした廃棄物処分場は、最小のものでも面積が3,286m²（熱赤外画像の分解能と同程度の大きさ）あり、この程度の規模がなければ、地表面温度の変化により不法投棄を検出することは難しいと考えられる。
- 廃棄物の発熱による異常高温がみられた廃棄物不適正処分現場（約200m²）を対象に、夜間のLandsat7画像を用いて地表面熱分布を分析したが、まったく温度差を検出することはできなかった。このため、小規模な不法投棄現場の温度変化を衛星熱赤外センサにより検出することは難しいと考えられる。
- 大規模廃棄物不法投棄現場を対象に、夜間のLandsat7画像を用いて地表面熱分布をみたところ、不法投棄現場の一部に温度が高い場所を検出した。温度が最も高いところでは、周囲の平均と比較して約2度の差があった。不法投棄前に撮影された衛星画像が存在しなかったため、不法投棄前後での比較はできなかった。

不法投棄衛星監視システムの開発目的は、不法投棄の早期発見、早期対応であり、不法投棄の規模がまだ小さな段階でこれを発見することが要求されている。しかしながら、衛星熱赤外センサを用いた場合、大規模な不法投棄規模を検出することは可能と考えられるが、小規模な不法投棄現場を検出することは、現段階では難しい。今後、さらに精度の高い熱赤外センサが搭載された衛星が打ち上げられ、その画像が一般に提供されるようになれば、熱赤外センサによる不法投棄検出を再検討する意義があろう。

5.3.3 合成開口レーダセンサ

(1)検知対象

合成開口レーダセンサは、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し、金属類を強く検知する。ここでは、現在使用可能なRADARSAT-1衛星から得られる合成開口レーダ画像（Cバンド：周波数5.3GHz）を用いて、金属くず・廃家電等の検知、ならびに不法投棄現場にある重機等の検知の可能性を検討した。

(2)投棄物種類の違いによる検知可能性の検討

まず、茨城県の不法投棄現場を対象に、RADARSAT-1画像を用いて、投棄物種類が異なる不法投棄現場の検知を試みた。この地域には、(A)金属くず（廃家電）の投棄現場、(B)覆土された投棄現場、(C)廃プラスチック類の投棄現場が確認されている。それぞれの位置を図5-55、それぞれの現場の様子を図5-56に示す。また、検討に使用した画像を図5-57、画像仕様を表5-11に示す。

表5-11：検討に用いた衛星画像の仕様

衛星名	センサ名	センサ種類	解像度	撮影年月日
RADARSAT-1	STANDARD	合成開口レーダ	30m	2000年4月9日



日本スペースイメージング株式会社

図5-55：検討した不法投棄現場の位置



(a)エリア(A)

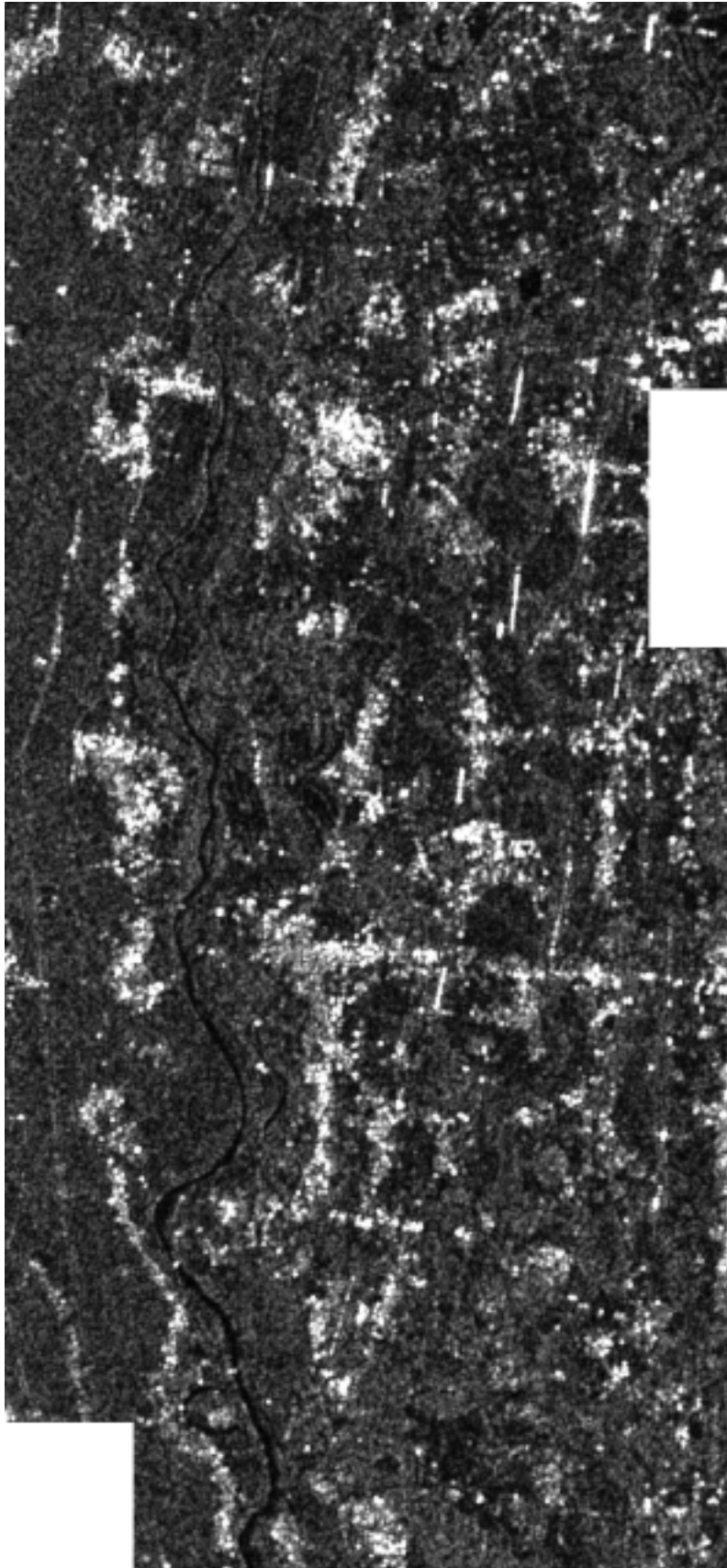


(b)エリア(B)



(c)エリア(C)

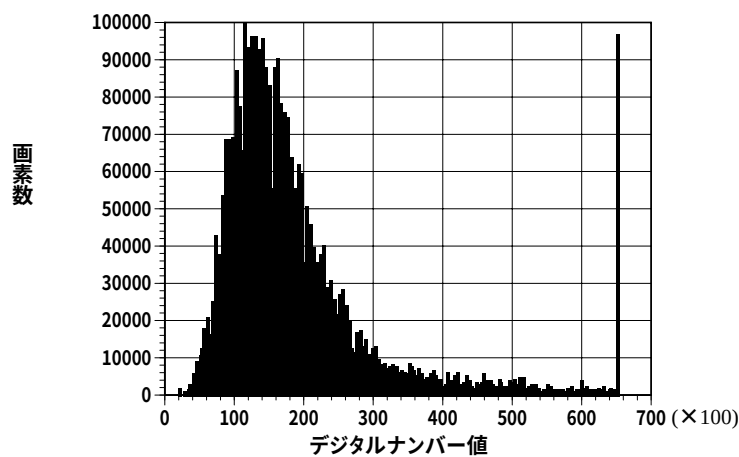
図5-56：検討した不法投棄現場の様子



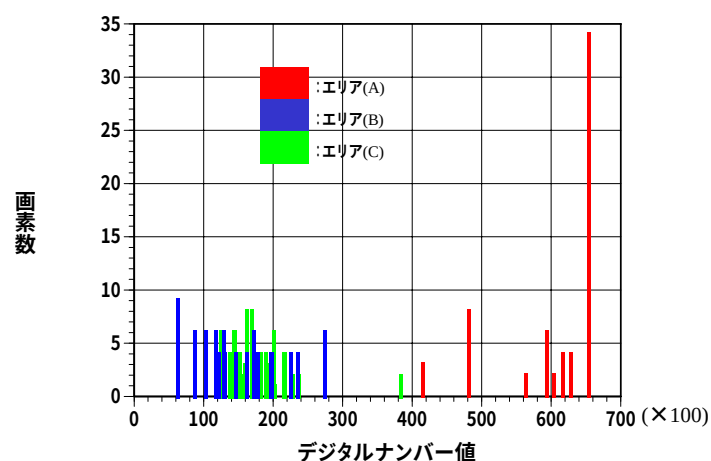
RADARSAT R-DatarcSA 2000
受信処理:宇宙開発事業団
作成配布:(財)リモートセンシング技術センター

図5-57：検討に使用したレーダ画像

はじめに、各不法投棄現場の合成開口レーダ画像のデジタルナンバー値（反射波の強度）を調べた。図5-58(a)にエリア全体のデジタルナンバー値の分布、(b)に各エリアのデジタルナンバー値の分布を示す。エリア(A)の金属くず（廃家電）の場合、多くの画素でデジタルナンバー値が飽和している（ここでは、65,535）ことから、この領域からは非常に強い反射波が検知されることがわかった。一般に、金属からは強い反射波が検知されることが知られており、合成開口レーダが投棄現場の金属くずに強く反応したと考えられた。エリア全体の分布と比較すると、飽和状態にある画素数は非常に少ないことから、このデジタルナンバー値を用いて金属くずの不法投棄現場を精度よく検知できる可能性がある。一方、エリア(B)の覆土された投棄現場およびエリア(C)の廃プラスチック類の投棄現場は、エリア全体での最頻値である10,000～20,000のデジタルナンバー値に広く分布していることから、デジタルナンバー値のみの解析処理では、検知は困難である可能性が高い。



(a)エリア全体



(b)不法投棄現場

図5-58：合成開口レーダ画像のデジタルナンバー値の分布

そこで次に、実際に各エリアのデジタルナンバー値を用いて、閾値処理により投棄物現場の検知を試みた。ここでは閾値として、エリア(A) 65,535以上、エリア(B) 6,000~28,000、エリア(C) 12,000~21,000を用いた。図5-59～図5-61にそれぞれ、エリア(A)の金属くず（廃家電）、エリア(B)の覆土された投棄現場、エリア(C)の廃プラスチック類の投棄現場のデジタルナンバー値で抽出したエリアを示す。図中、赤で示す領域が検知されたエリアである。また、表5-12に各処理前後に現場候補地として検知された画素数と削減率（処理後の画素数÷処理前の画素数×100）を示す。

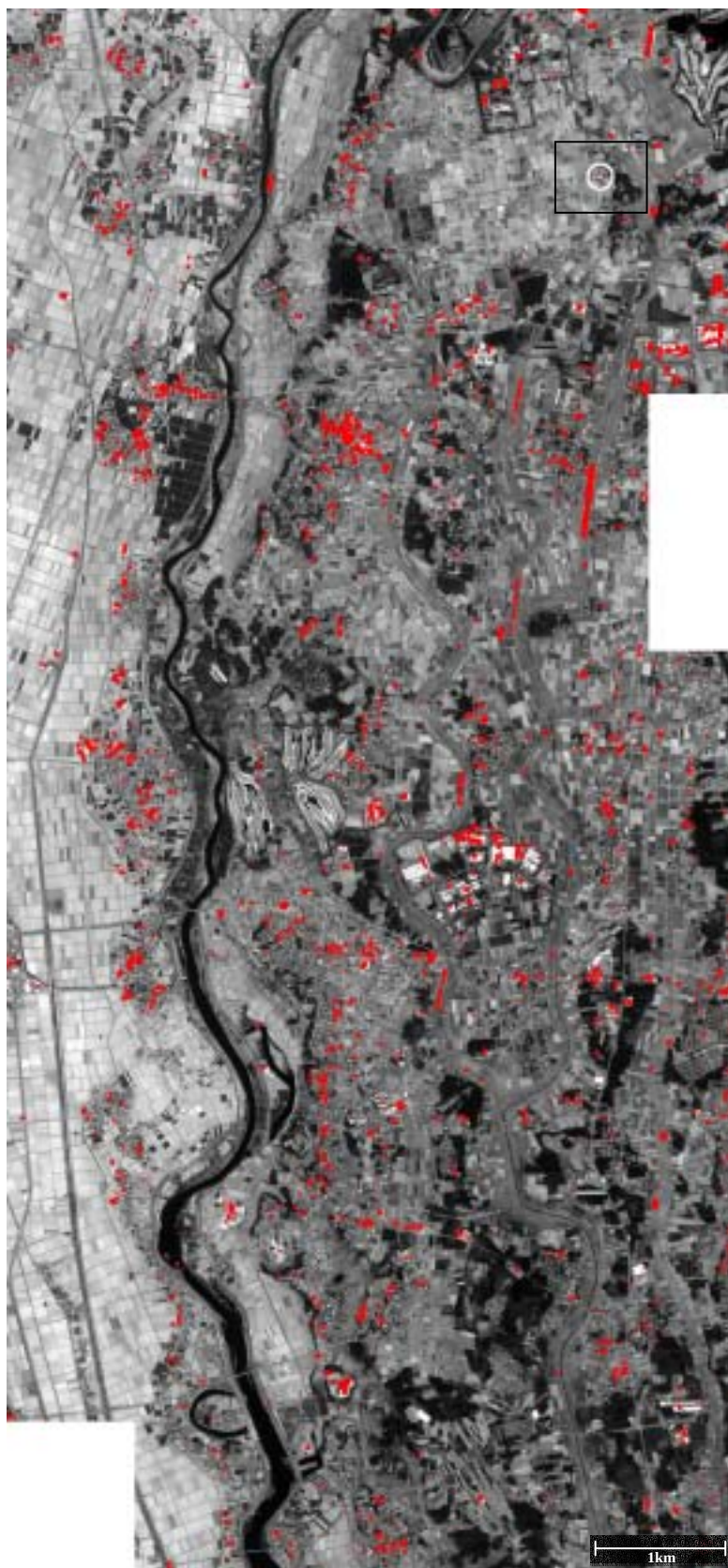
図5-60(a)に示すように、金属くず（廃家電）現場を検知でき、かつ現場の絞り込みができることが確認された。なお、エリア(A)の拡大図を図5-59(b)に示す。一方、図5-60、図5-61より、覆土された投棄現場や廃プラスチック類の投棄現場の値を用いた場合は裸地との分離が難しいことがわかった。

また、表5-12に示すように、(A)の金属くず（廃家電）現場の値での削減率は98.0%となっており、これは対象領域から面積で2%の広さまで絞り込みが可能であることを示している。一方、(B)の覆土された投棄現場の値では14.2%の削減率であることから85.8%の画素が絞り込み後も存在し、また(C)の廃プラスチック類の投棄現場の値でも削減率52.0%と約半分の面積が残存することがわかった。

以上より、合成開口レーダ画像の場合、金属に対して非常に強い反射強度を示すことが確認された。したがって、1画素以上（30m四方以上）の規模であれば、金属系投棄物を検知できると考えられる。さらに、家電廃棄物等の金属系廃棄物の検知に有効であるのみならず、不法投棄行為進行時に現場に設置される金属板や重機についても検知可能性がある。しかしながら、覆土された投棄現場や廃プラスチック類の投棄現場の検知は、現状の中分解能単バンドの合成開口レーダでは難しい。

表5-12：絞り込み結果

	絞り込み前の画素数	絞り込み後の画素数	削減率(%)
エリア(A)	4,845,324	96,316	98.0
エリア(B)	4,845,324	4,159,496	14.2
エリア(C)	4,845,325	2,326,588	52.0



背景：日本スペースイメージング株式会社

(a)全エリア

図5-59：レーダ画像からの検知結果（エリアA）



(b)エリア(A)拡大図：不法投棄現場 (1,900m²)

図5-59（つづき）：レーダ画像からの検知結果（エリアA）

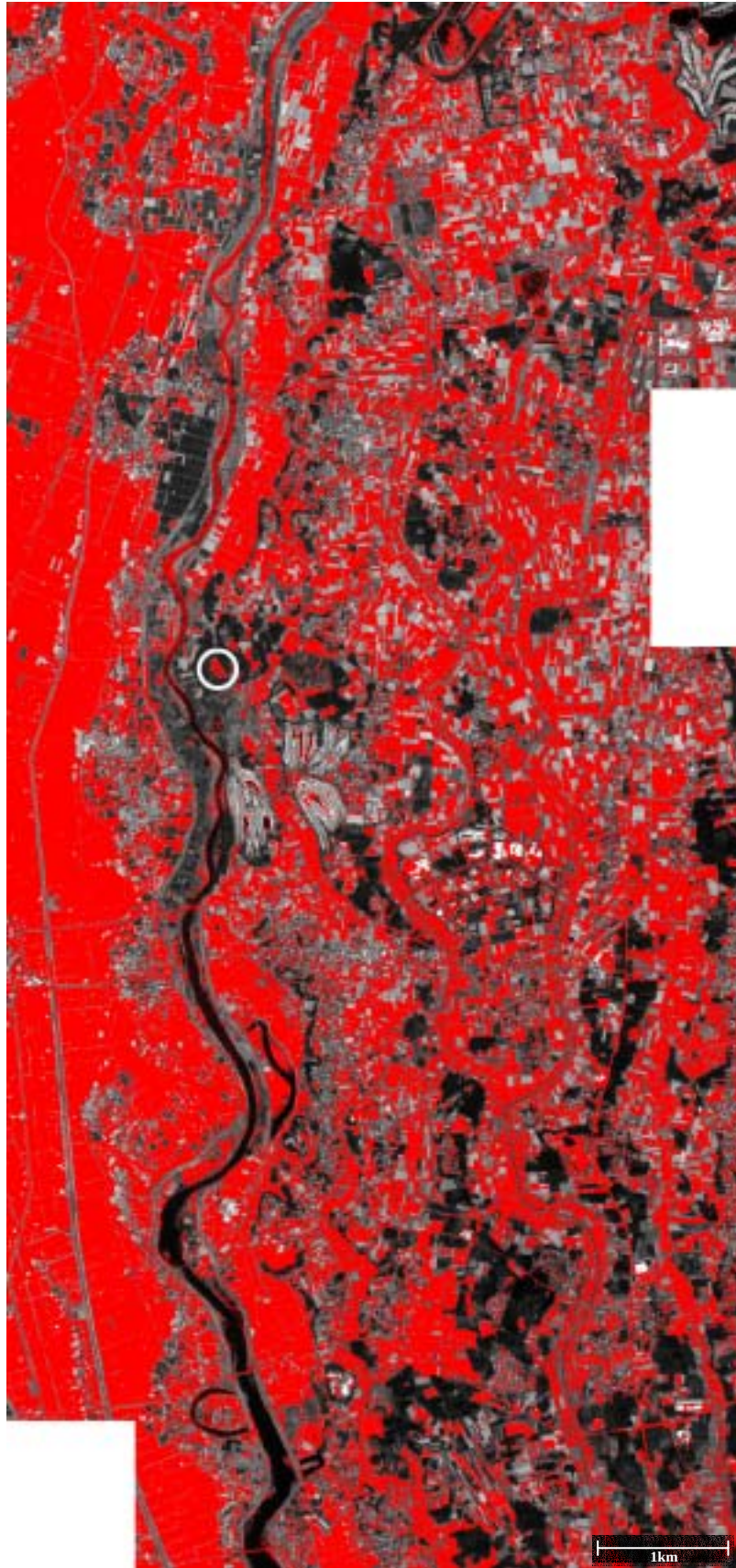


図5-60：レーダ画像からの検知結果（エリアB）

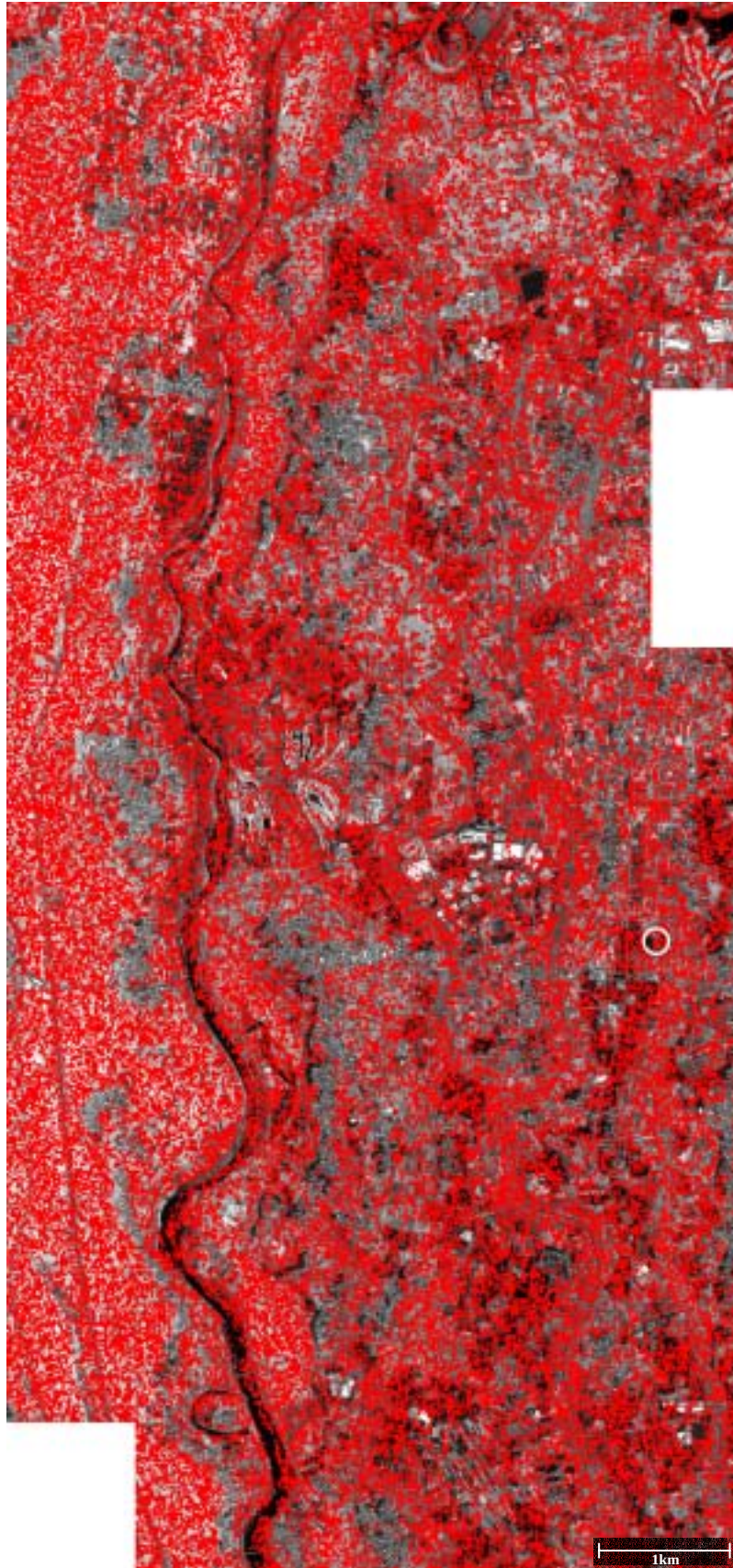
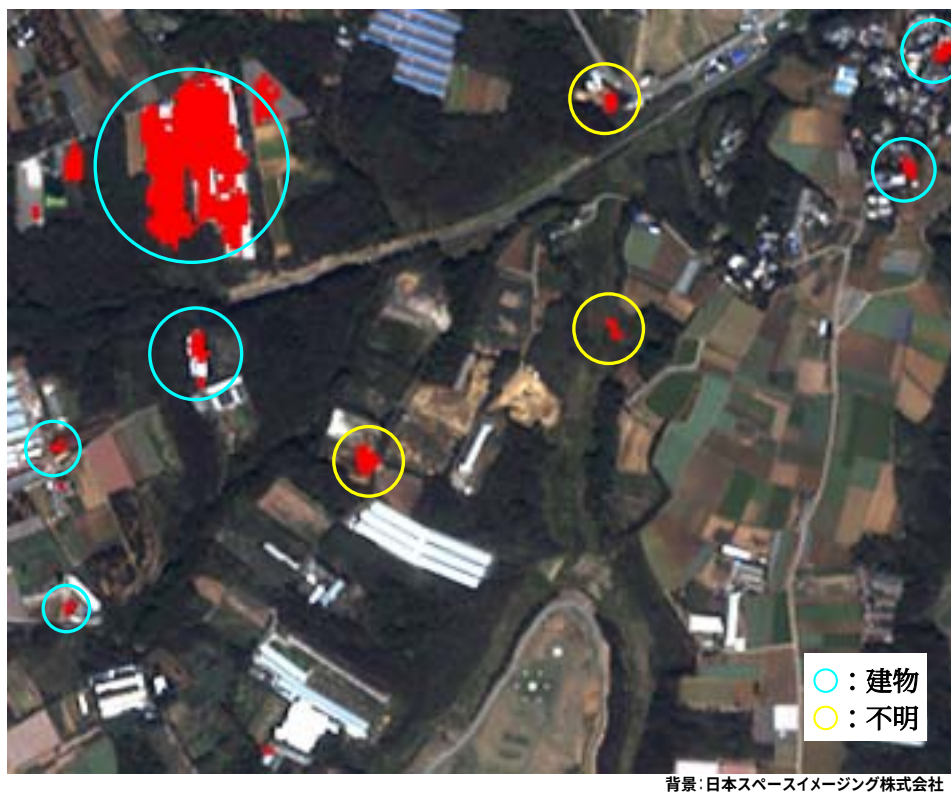


図5-61：レーダ画像からの検知結果（エリアC）

(3)誤検知の原因と差分による誤検知削減の検討

合成開口レーダセンサは、金属系廃棄物の検知に利用できることが分かった。しかし、図5-59に検知箇所が多数示されているように、不法投棄現場以外の場所も誤検知してしまう。今回、主な誤検知の原因としては、①金属製の屋根、②河川土手の2つが挙げられた。①については、金属製であるので当然ながら誤検知されても仕方がない。図5-62に、誤検知された場所の拡大図を示す。不法投棄現場ではなく、建物を誤検知していることが分かる。②については、図5-59中で南北方向に細長く検知されている領域が該当する。これは領域の傾斜角がレーダの入射方向と垂直に近い関係であったため、局所的に強い反射強度を示したことに起因するものと考えられた。これは一般に『コーナリフレクタ現象』と呼ばれ、対象物が直交する2平面で構成され、それが入射波の方向に対して直角に置かれている場合に生じる。



背景：日本スペースイメージング株式会社

図5-62：建物が誤検知された場所の例

このような誤検知を削減できれば、合成開口レーダセンサの有用性が増すことにつながる。そこで、2時期の差分画像¹を用いて、金属製物体の誤検知を削減する手法について検討を行った。表5-13に検討に使用した画像の仕様を示す。5.3.3(2)で用いた閾値処理を2時期の画像に適用しその差分解析を行った結果、図5-63に示すように、金属製の物体（ここでは工場の屋根）での誤検知が大幅に削減可能であることが確認できた。

また、今回のように画素単位での削減するのではなく、連続した領域をポリゴンとして削減することで、より精度高い誤検知の削減ができる可能性があると考えられた。

表5-13：画像の仕様

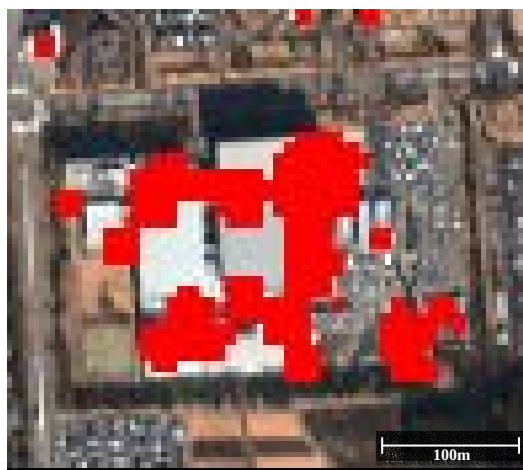
衛星名	センサ名	センサ種類	解像度	撮影年月日
RADARSAT-1	STANDARD	合成開口レーダ	30m	1999年7月16日
RADARSAT-1	STANDARD	合成開口レーダ	30m	2001年2月25日

¹ 新しい画像に検知されている領域から古い画像に検知されている領域を削除する。



背景：日本スペースイメージング株式会社

(a)1999 年画像による検知結果



(b)2001 年画像による検知結果



(c)差分による誤検知削減結果

(2001 年画像のみに検知があった領域)

図5-63：差分による金属屋根誤検知の削減

(4)まとめ

ここでは、現在使用可能なRADARSAT-1衛星から得られる合成開口レーダ画像（Cバンド：周波数5.3GHz）を用いて不法投棄現場の検知を試みた結果、家電等の金属系廃棄物の検知に有効活用できることが確認された。また、金属系物体を検知するというセンサの特性から、不法投棄現場に存在する重機や金属板も検知できる可能性がある。

なお、本手法は合成開口レーダが金属に対して非常に強い反射強度を示すという特性を利用したものであることから、領域の傾斜角とレーダの入射角の関係から局所的に強い反射強度を示す領域（河川土手等）での誤検知が発生するが、この誤検知は複数センサの統合利用などによって解決できると考えられる。具体的な解決方法については、5.3.5で述べる。

なお、2003年には3m分解能多バンドセンサを搭載したRADARSAT-2が打ち上げ予定である。これにより、合成開口レーダセンサから得られる画像の空間分解能が飛躍的に向上することから、今回の検討で用いた解析手法とは全く異なる手法による活用（例えば、周波数解析による地表面起伏情報を用いた不法投棄現場検知）等も期待できる。

5.3.4 パンクロマチックステレオセンサ

(1)検知対象

パンクロマチックステレオセンサで撮影した衛星画像を用いることにより、高さ情報を含む三次元データを作成することができる。ここでは、異なる時期の高さ情報の変化による不法投棄現場の検知、ならびに投棄物量の推定の可能性を検討した。

(2)理論

人間はステレオペア画像（同一エリアを異なる方向から撮影した2枚の画像）を見る時、一方を右眼で、他方を左眼で見ることにより、対象物を立体的に見ることができる。また両眼の視差により、対象物を奥行きあるものとして感じることができる。これらの性質をリモートセンシング技術に応用することにより、不法投棄エリアのモニタリングや投棄物量の推定に活用することができる。

その場合、以下の二つの問題点を解決する必要がある。「撮影時のカメラセンサの位置および傾きを算出すること」と「ステレオペア画像上から対応する点を見つけること」である。前者については、各衛星センサの仕様および軌道に関する情報を解析することにより解決することができる。また後者についても、撮影した画像の標定（撮影位置と傾きの各要素の再現）を行えば、計算式で求めることができる。

これらのことから、ステレオペア画像を用いることにより、高さ情報を抽出することができる。

リモートセンシング技術において、ステレオペア撮影を実施する場合、衛星に搭載するセンサを配置する方式として、以下の二つの方式が主に用いられる。

(a)クロストラックステレオ方式

対象地域の観測頻度を増やす機能を持つセンサを搭載することにより、異なる軌道から同一地域を観測することによって、ステレオペア画像を撮影するセンサ方式

(b)アロングトラックステレオ方式

複数個のリニアセンサを衛星の進行方向に垂直になるよう配置することにより、前方あるいは後方斜め方向に地上を観測することによって、ステレオペア画像を撮影するセンサ方式

アロングトラックステレオ方式は、ステレオペア画像を同一軌道でかつ数十秒以内に撮影することができ、地表面の状況の変化や雲の影響を受ける可能性が極めて低いという点でメリットがある。反対に、クロストラックステレオ方式は、ステレオペア画像を異なる軌道から撮影するため、画像の取得に少なくとも一日以上かかり、撮影条件や状況が全く変わってしまうというデメリットがある。

またステレオペア画像を考える上で重要なのがB/H比である。ステレオペア画像は、図5-64に示すよう撮影される。このように、衛星が移動した距離（Baseline）と衛星から地上までの距離（Height）の比であるB/H比が画像の見え方に直接影響を与えるため、高さ情報を作成する上で重要な要素となる。例えば、B/H比が小さいと視差が小さくなることから、高さ情報が低下する。一方、B/H比が大きいと起伏の大きな地形では山かげなどの影響で対応点取得が困難となり異常値が発生する可能性が高い。そのため、解析対象領域の地形や必要とされる高さ精度に基づき、最適なB/H比の画像を選択することが望ましい。

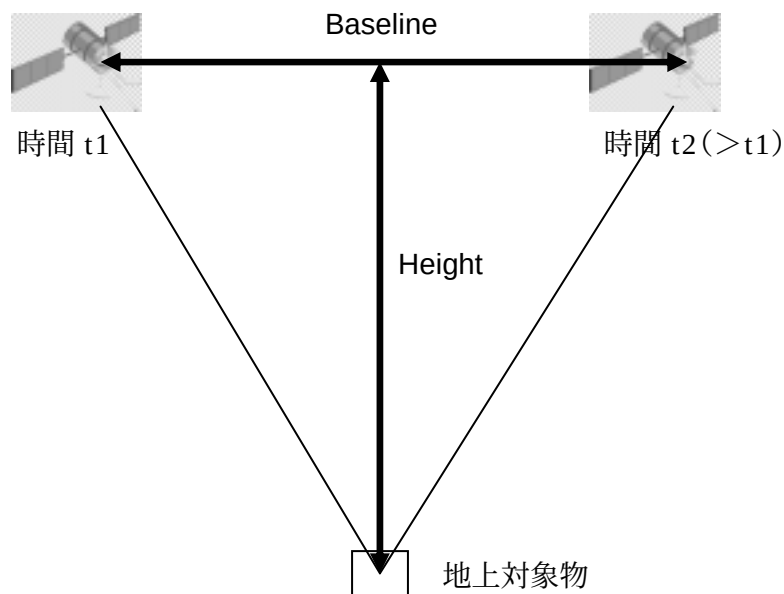


図5-64：B/H比に関するイメージ図

以下に、「検討概要」、「検討対象エリア」、「検討に使用した画像」、「検討結果」について記述する。

(3)検討方法

(a)検討概要

高さ情報の作成手順および評価手順を、表5-14に記述する。

表5-14：三次元データの作業手順および評価手順

順番	作業名	作業内容
①	画像データ登録	同一エリアが撮影されているステレオペア画像（デジタル画像）を2枚選択し取り込みを行う。
②	モデリング定義	撮影時に使用したセンサ（またはカメラ）のパラメータを入力し、センサのモデリングを行う。
③	GCP（※1）取得 および入力	画像上で指定可能な地点において、地図から水平方向（x,y）および垂直方向（z）の情報を取得する。
④	対応点取得	ステレオマッチング処理（※2）により、2枚の画像上での対応点を抽出する。
⑤	空中三角測量	GCPから撮影時のプラットフォームの傾きと空間での位置を求め、三次元データに必要な水平位置と標高を決定する。
⑥	三次元データ 作成	上記のモデリングと測量結果を用いて、測量の算出式から位置情報を含んだ三次元データを取得する。
⑦	個別評価	水準点および三角点（※3）を活用することにより、高さ情報の精度評価を行う。
⑧	変化抽出	2時期で作成したデータを用いて、引き算により高さ情報の差分を抽出する。
⑨	業務への活用	変化抽出で出力した結果を用いて、既存の投棄エリアのモニタリングや投棄物量を推定する。

※1）Ground Control Pointを省略した単語で、地上基準点を意味する。

※2）ステレオペア画像上の対応点を自動的に求める場合、面的相関法が用いられることが多い。各画像に、相関窓と探索窓（窓の大きさは、相関窓＜探索窓）を設定することにより、相関係数の値を計算する手法である。

※3）水準点は直接水準測量によって高さを求めた基準点を指し、三角点は三角測量で水平位置を求めた基準点を指す。ただし通常、三角点も高さ情報を保有する。

今回実施した検討内容について、図5-65に示す。

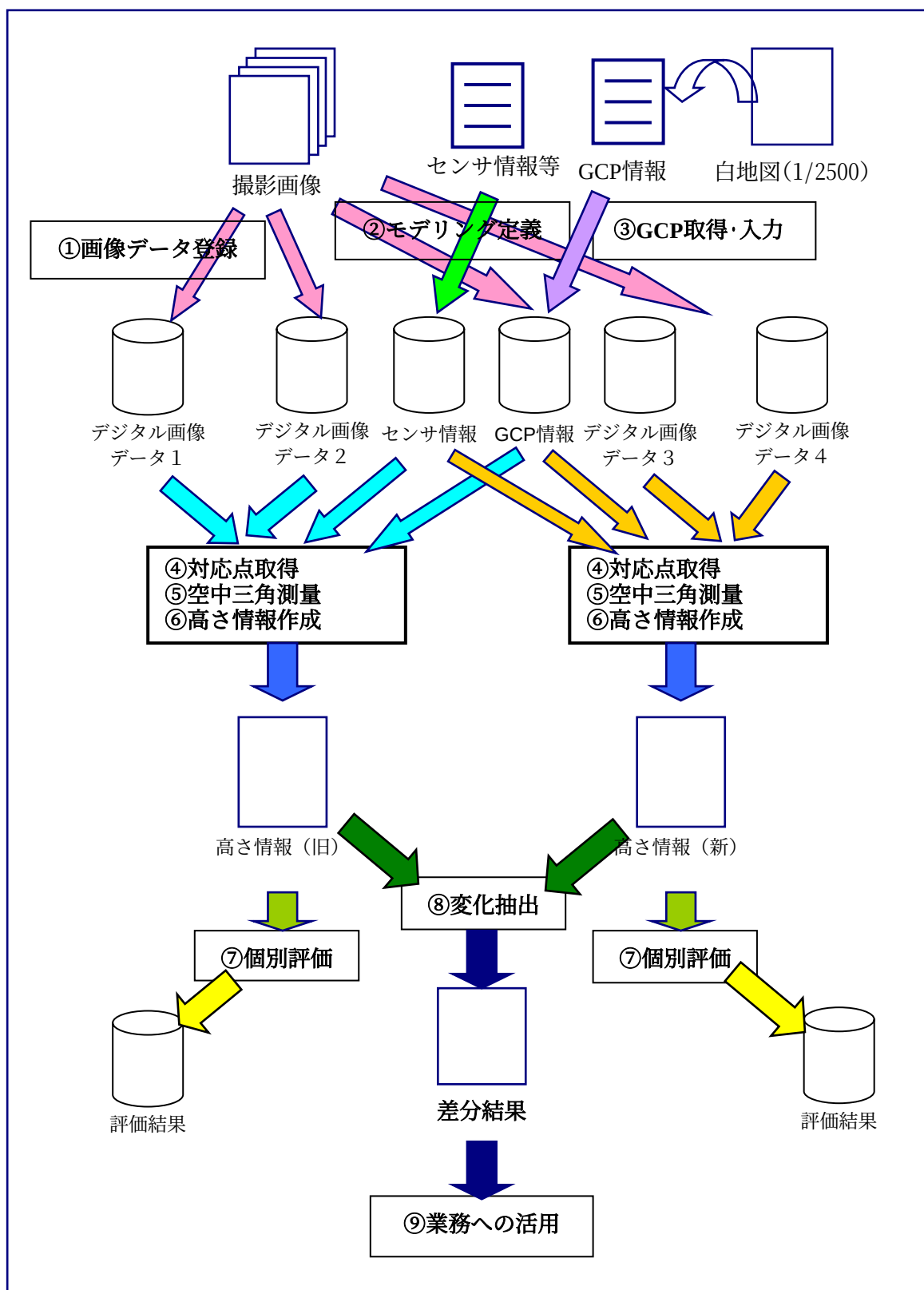


図5-65：高さ情報作成手順および評価手順

(b)検討対象エリア

今回の検討対象のエリアとして、千葉県銚子市を選択した。対象とした理由は、昨年度対象エリアとしていたため、十分な画像および現場調査データが存在すること、投棄エリアが複数存在すること、大規模な投棄が行われていることである。

(c)検討に使用した画像

SPOT2画像については、2時期を対象とした。現状のSPOT2衛星では、完全なステレオペア画像を撮影することができないため、それぞれ近い時期に撮影したパンクロマチック画像を利用した。分解能は10mである。（表5-15および図5-66～図5-69を参照）

EROS-A1画像については、衛星が打ち上げられて十分な時間が経過していないことから、対象エリアに画像が存在しないため、1時期のステレオペア画像を利用した。分解能は約2.5mである。（表5-16および図5-70～図5-71を参照）

さらに、近い将来利用が可能な1m以下の高分解能衛星画像（Quickbird衛星から撮影されたパンクロ画像で分解能は0.61m）の検討を行うため、航空写真を用いて擬似的に検討を行った。2時期を対象として、航空写真をデジタル化（数十cmでスキャンング）することにより、高分解能衛星の模擬画像を作成した。（表5-17および図5-72～図5-80を参照）

表5-15：対象画像一覧（SPOT2画像）

センサ名	撮影年月日	撮影角度	B/H比	備考
SPOT2	1994/4/5	L15.8	0.57	雲がかかっている
	1994/4/6	R16.2		(なし)
	2000/1/21	R3.3	0.11	(なし)
	2000/2/21	L2.9		(なし)

(注) L：衛星進行方向に向かって軌道に直角に左方向
R：衛星進行方向に向かって軌道に直角に右方向

表5-16：対象画像一覧（EROS-A1画像）

センサ名	撮影年月日	撮影角度	B/H比	備考
EROS-A1	2002/2/11	65 °	0.6	(なし)
	2002/2/11	135 °		

表5-17：対象画像一覧（高分解能衛星の模擬画像：航空写真）

カメラ名	撮影年月日	対象枚数	B/H比	備考
RC10A	1989/1/5	3	(鉛直撮影)	西から東へ撮影
RC10	2001/2/26	4		南東から北西へ撮影



10km CNES(1994)/Spot Image

图5-66：SPOT2画像（1994/4/5）



10km CNES(1994)/Spot Image

图5-67：SPOT2画像（1994/4/6）



10km CNES(2000)/Spot Image

图5-68：SPOT2画像（2000/1/21）



10km CNES(2000)/Spot Image

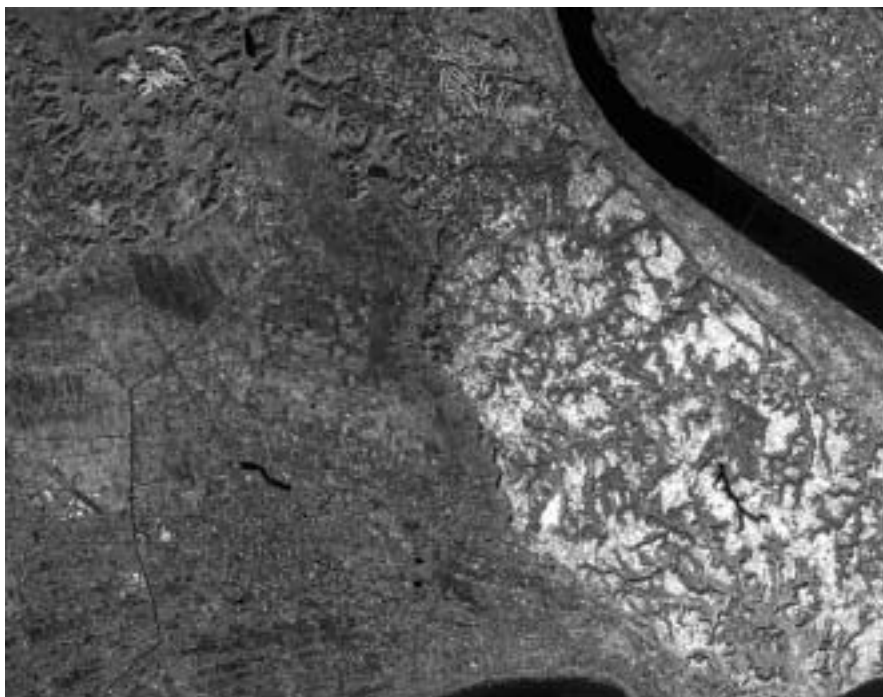
图5-69：SPOT2画像（2000/2/21）



Copyright2002 ImageSat International

2km

図5-70：EROS-A1画像（2002/2/11）



Copyright2002 ImageSat International

2km

図5-71：EROS-A1画像（2002/2/11）

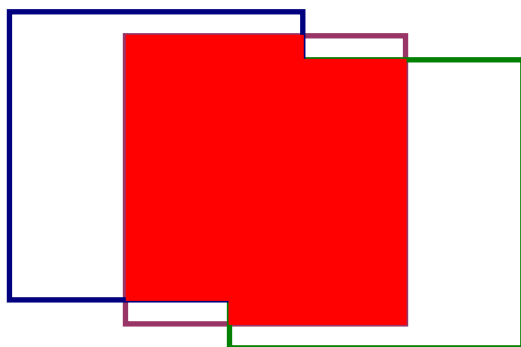


図5-72：高分解能模擬画像（1989/1）

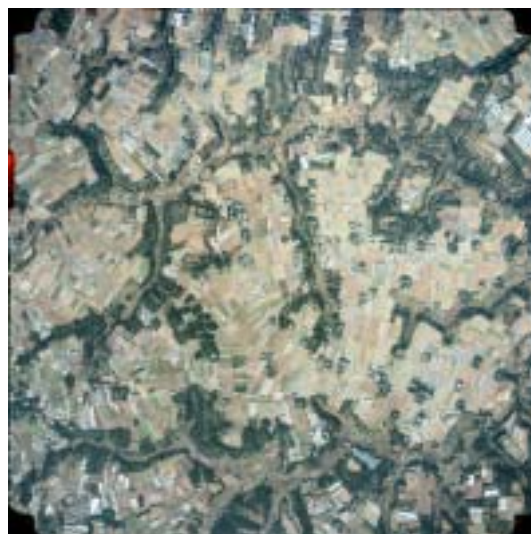
1989年に撮影した航空写真は、左の図5-72のような位置関係になっている。以下に掲載した航空写真は、左から順に付番（1～3）している。塗りつぶした部分は、高さ情報の作成対象エリア（オーバーラップエリア）を示す。



0.5km

Copyright 京葉測量株式会社

図5-73：高分解能模擬画像 1（1989/1）



0.5km

Copyright 京葉測量株式会社

図5-74：高分解能模擬画像 2（1989/1）



0.5km

Copyright 京葉測量株式会社

図5-75：高分解能模擬画像 3（1989/1）

※高分解能衛星の模擬画像として航空写真を用いた。

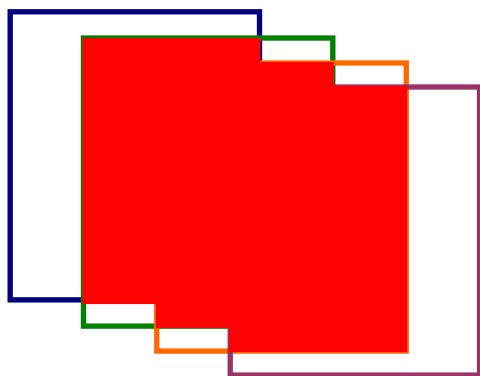
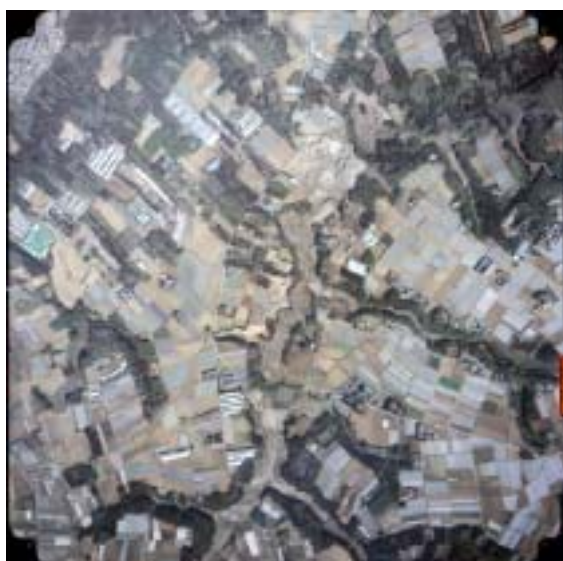


図5-76：高分解能模擬画像（2001/2）

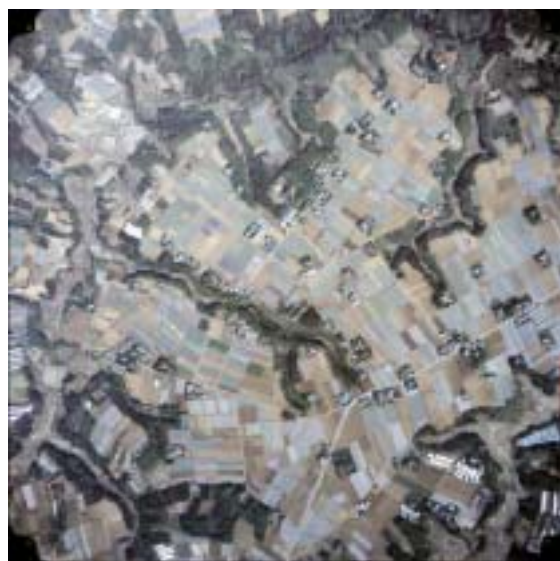
2001年に撮影した航空写真は、左の図5-76のような位置関係になっている。以下に掲載した航空写真は、左上から順に付番（1～4）している。塗りつぶした部分は、高さ情報の作成対象エリア（オーバーラップエリア）を示す。

※高分解能衛星の模擬画像として航空写真を用いた。



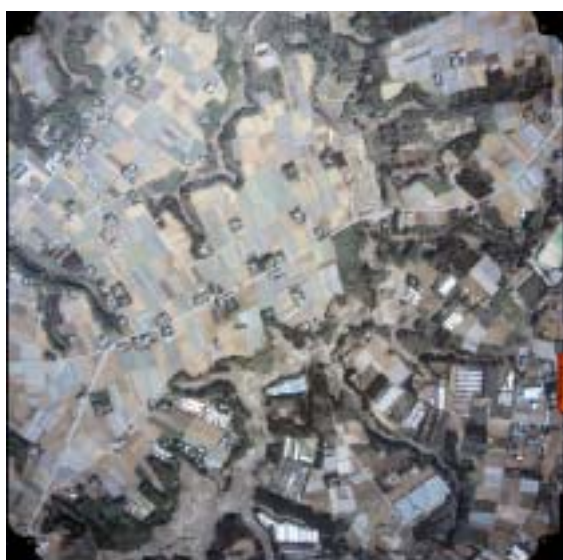
0.5km

図5-77：高分解能模擬画像 1（2001/2）



0.5km

図5-78：高分解能模擬画像 2（2001/2）



0.5km

図5-79：高分解能模擬画像 3（2001/2）



0.5km

図5-80：高分解能模擬画像 4（2001/2）

(4) 検討結果

高さ情報の作成とその精度評価、および変化抽出の結果について以下に記述する。

まず、ステレオペア画像を用いて高さ情報を作成した後、水準点および三角点を利用して、作成した高さ情報の精度を評価した。その際、差分は絶対値に変換し、各点の平均値を算出した。また、変化抽出については、新しい時期の高さ情報と古い時期の高さ情報との差より求めた。

(a)高さ情報の作成結果および精度評価結果

ア)SPOT2センサ

今回の検討で用いた画像は、SPOT2衛星が持つポインティング機能¹を用いて、クロストラックステレオ方式で撮影した画像である。そのため、これらの画像が同一年月日に撮影された画像ではないということに留意する必要がある。以下に、作成結果、精度評価結果について記述する。

a)作成結果

図5-81,82に、それぞれ1994年、2000年の高さ情報の作成結果を示す。図5-81では雲がかかっている部分の値が白く（高く）出力されており、図5-82では画像が同心円状に表示されていることが見て分かる。

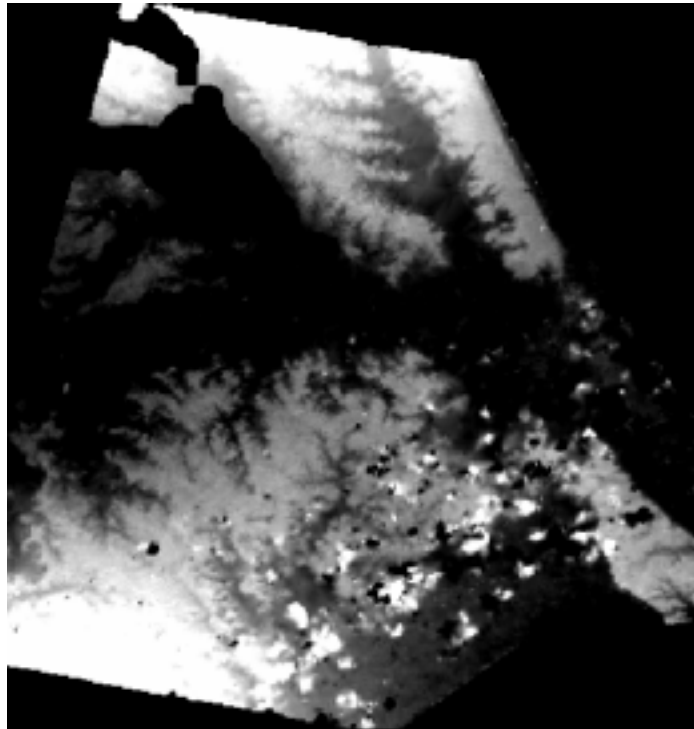
b)精度評価結果

上記の2時期の作成結果について、水準点（4ヶ所）および三角点（5ヶ所）による精度評価を行った。評価結果を以下の表5-18に示す。これより、1994年で約13m、2000年で約27mの誤差が生じることが分かる。これらの原因として考えられるのは、画像の分解能が粗い（10m）、撮影状態が同一でない、GCPが取得しにくい、B/H比が十分でない（2000年は約0.1）など、様々な要因が考えられた。

表5-18：水準点および三角点による精度評価結果

撮影年	平均誤差（絶対値）
1994年	12.7m
2000年	27.0m

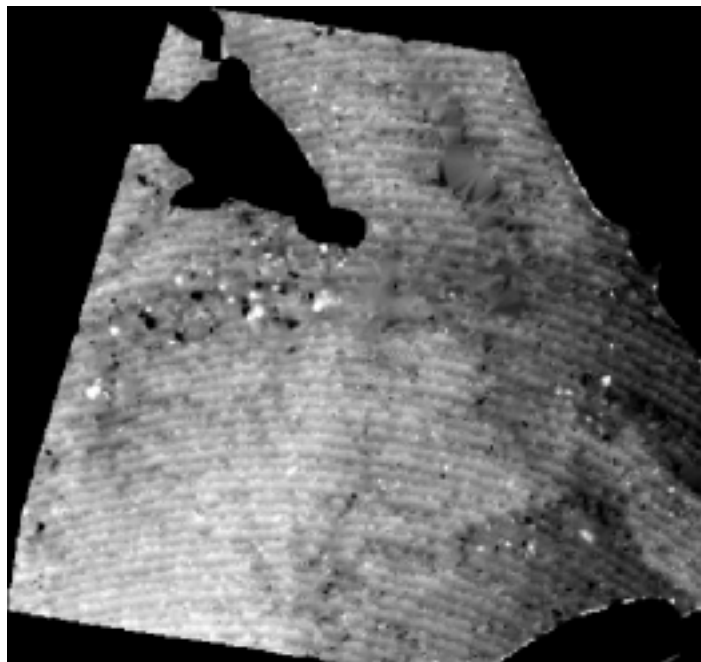
¹ 衛星直下ではなく、センサを傾けて斜め前方あるいは後方を撮影する機能



10km

CNES(1994)/Spot Image

図5-81：高さ情報の作成結果（1994年SPOT2）



10km

CNES(2000)/Spot Image

図5-82：高さ情報の作成結果（2000年SPOT2）

イ)EROS-A1センサ

EROS-A1衛星が持つセンサは、アロングトラックステレオ手法を採用している。そのため、同一年月日にステレオペア画像を撮影できるというメリットがある。ただし、EROS-A1衛星は、衛星の打ち上げ後十分な時間が経過していないため、1時期の画像のみを対象とした。以下に、作成結果、精度評価結果について記述する。

a)作成結果

図5-83に、高さ情報の作成結果を示す。この図から、地形の凹凸をとらえていることが分かる。

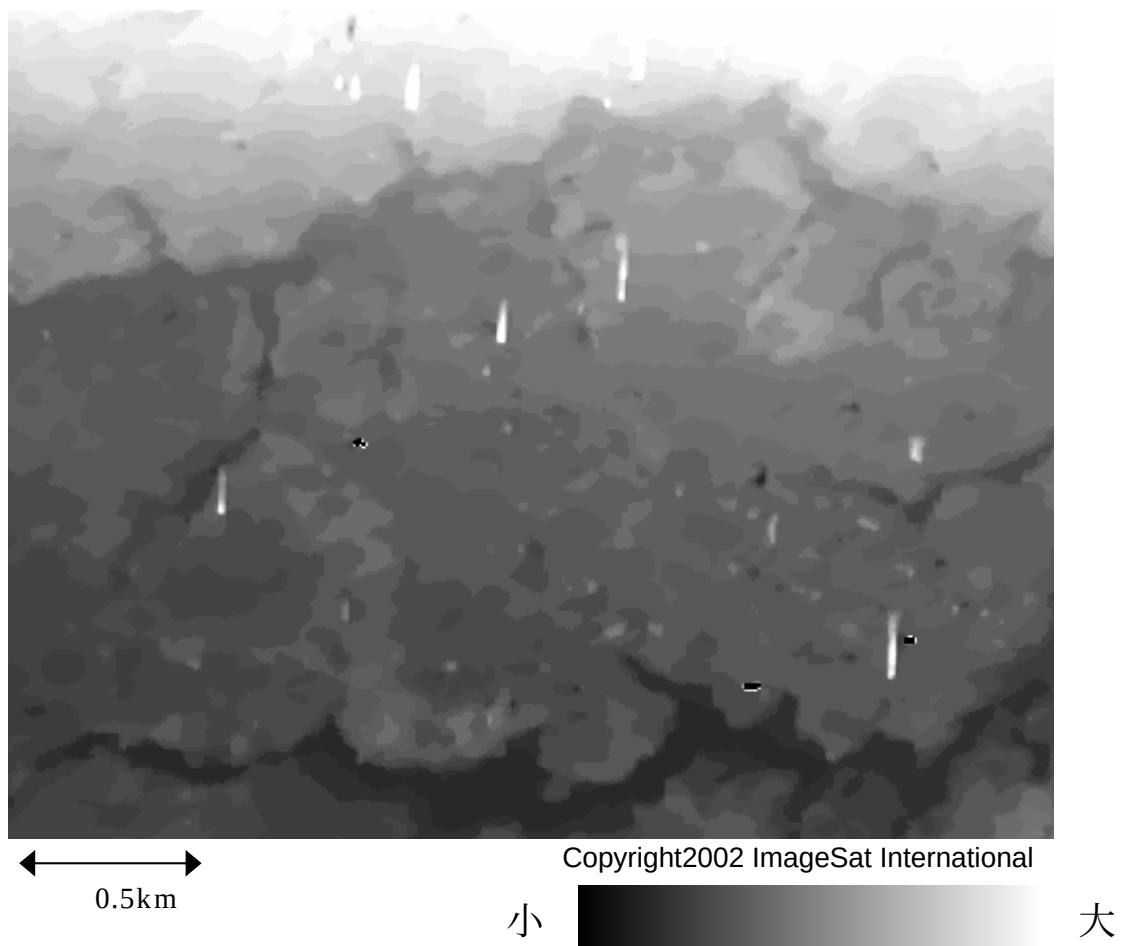


図5-83：高さ情報の作成結果（2002年EROS-A1）

b)精度評価結果

EROS-A1画像は、2002年の高さ情報のみを対象とした。対象エリアに存在する水準点（1ヶ所）および三角点（7ヶ所）の値を用いて、今回作成した高さ情報の精度評価を行った。表5-19に評価結果を示す。

この表から、今回のEROS-A1画像を用いた高さ情報の平均誤差は14.0mで、EROS-A1画像より空間分解能が低いSPOT2画像の誤差とほぼ同じレベルであった。この原因としては、今回撮影した衛星画像の撮影角度が、衛星の軌道（進行方向）に対して鉛直でなかったことが考えられる。

表5-19：水準点および三角点による精度評価結果

撮影年	平均誤差（絶対値）
2002年	14.0m

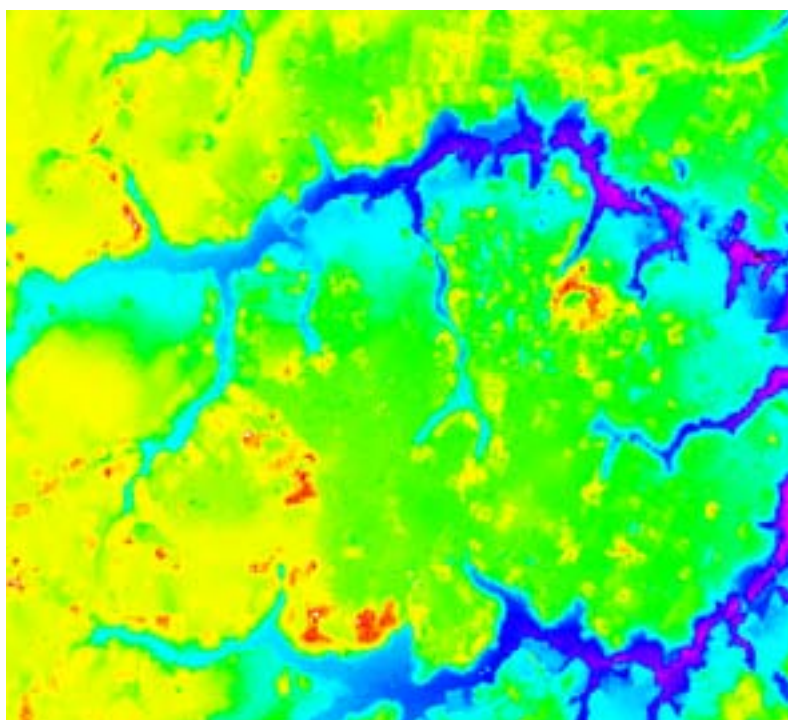
ウ)高分解能衛星の模擬画像（航空機センサ）

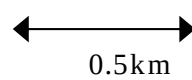
測量用の空中写真の撮影は、高度約2000mの上空から鉛直下向きに取り付けられた航空機用カメラを用いて行われる。その際、隣接するエリアが60%の割合でオーバーラップするよう撮影する。

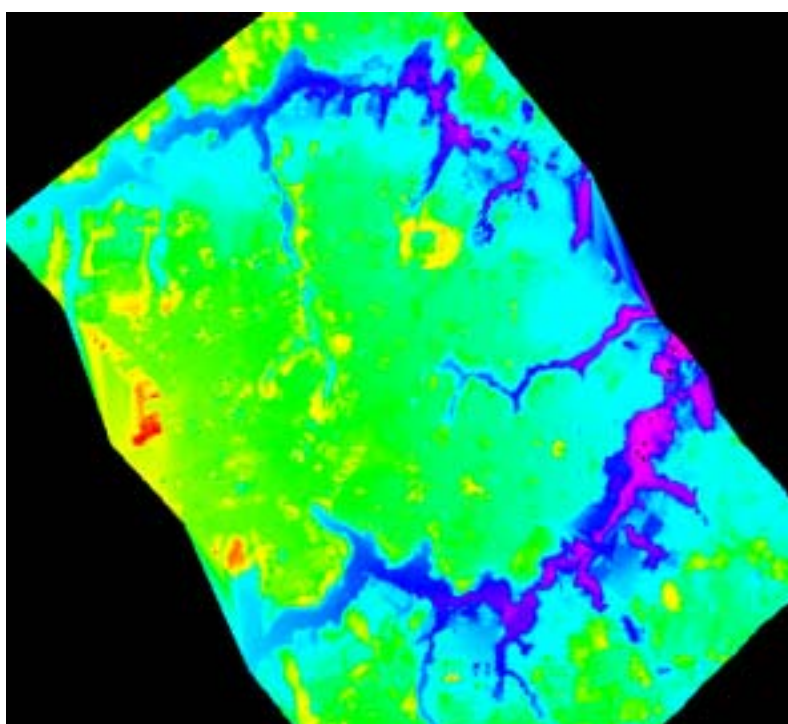
今回の実験では、1989年は図5-73～図5-75、2001年は図5-77～図5-80の航空写真を用いた。撮影された航空写真をスキャナで取り込むことにより、1m以下相当の解像度を持つデジタル画像（Quickbird衛星から撮影されたパンクロ画像）にした後、RGB3バンドのうちの1バンドを活用することにより、模擬的に高分解能衛星の高さ情報を作成した。ここで、異なる2時期の撮影範囲は完全に一致していないこと（図5-85の黒い部分は、両方の画像がなかった部分）、および撮影時の航空機の高度が異なることに留意する必要がある。以下に、作成結果、精度評価結果について記述する。

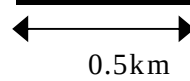
a)作成結果

1989年および2001年の航空写真から作成した高分解能衛星の模擬的な高さ情報を、図5-84および図5-85に示す。




 0.5km
 図5-84：高さ情報作成結果（1989年高分解能模擬画像）




 0.5km
 図5-85：高さ情報作成結果（2001年高分解能模擬画像）

小
 
 大

← 0 →

低く変化した 高く変化した

b)精度評価結果

1989年および2001年の各高さ情報について水準点（1ヶ所）による評価を実施した。その結果を、表5-20に示す。表の結果から、平均誤差の絶対値が1m以下の範囲に収まっていることが分かる。

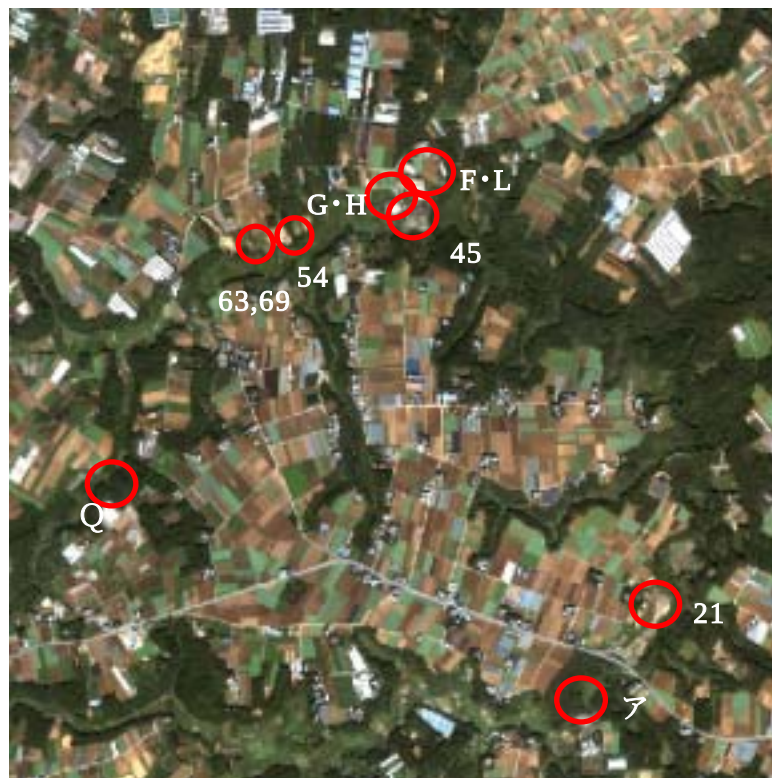
表5-20：水準点による精度評価結果

撮影年	平均誤差（絶対値）
1989年	0.8m
2001年	0.5m

(b)変化抽出結果

異なる2時期の高さ情報を元に、変化抽出を実施した。ここで、SPOT2衛星については、(a)の精度評価結果をふまえた上で変化抽出を実施しないこととした。

なお、抽出結果を評価するための不法投棄エリアを、図5-86に示す。図中の赤丸が不法投棄現場であり、それに付された番号・記号は千葉県による管理コードである。



Copyright 日本スペースイメージング株式会社

図5-86：評価対象エリア

ア)EROS-A1センサ（擬似検討）

EROS-A1衛星は、打ち上げ後十分時間が経過していない衛星のため、過去に遡って撮影された画像が存在しない。そのため、今回は航空写真（1989年）から作成した高さ情報を用いて差分を算出することにより、変化抽出作業を試みた。以下の図5-87に差分結果を示す。差分結果から、高さが高く変化した箇所が帯状に抽出されていることが分かる（赤丸の部分）。この赤丸で囲まれた範囲は不法投棄エリア（F/G/H/L/45/54/66/69）が含まれていることから、EROS-A1画像を活用することによって、不法投棄エリアを検知できる可能性は高いと考えられる。

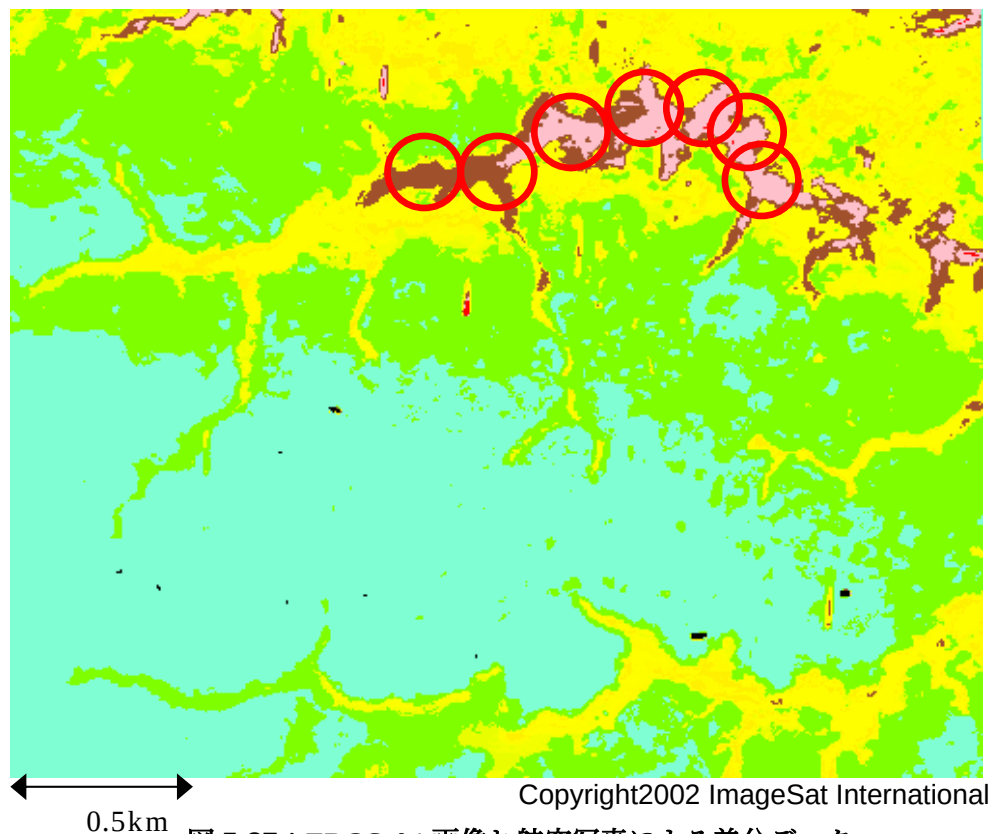
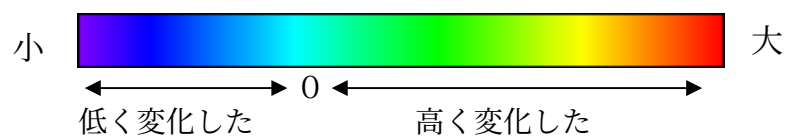


図 5-87：EROS-A1 画像と航空写真による差分データ



イ)高分解能衛星の模擬画像（航空機センサ）

2 時期の高分解能衛星の模擬画像（航空写真より作成）から作成した高さ情報に対して、2001年の高さ情報から1989年の高さ情報の値を引き、差分結果の画像を作成した。その結果を図5-88に示す。この結果において、変化量の大きな代表的な領域を選択し、各領域について、図5-89～図5-93で詳細に分析する。その結果、表5-21に示すように不法投棄エリアを7箇所（約44%）発見することができた。

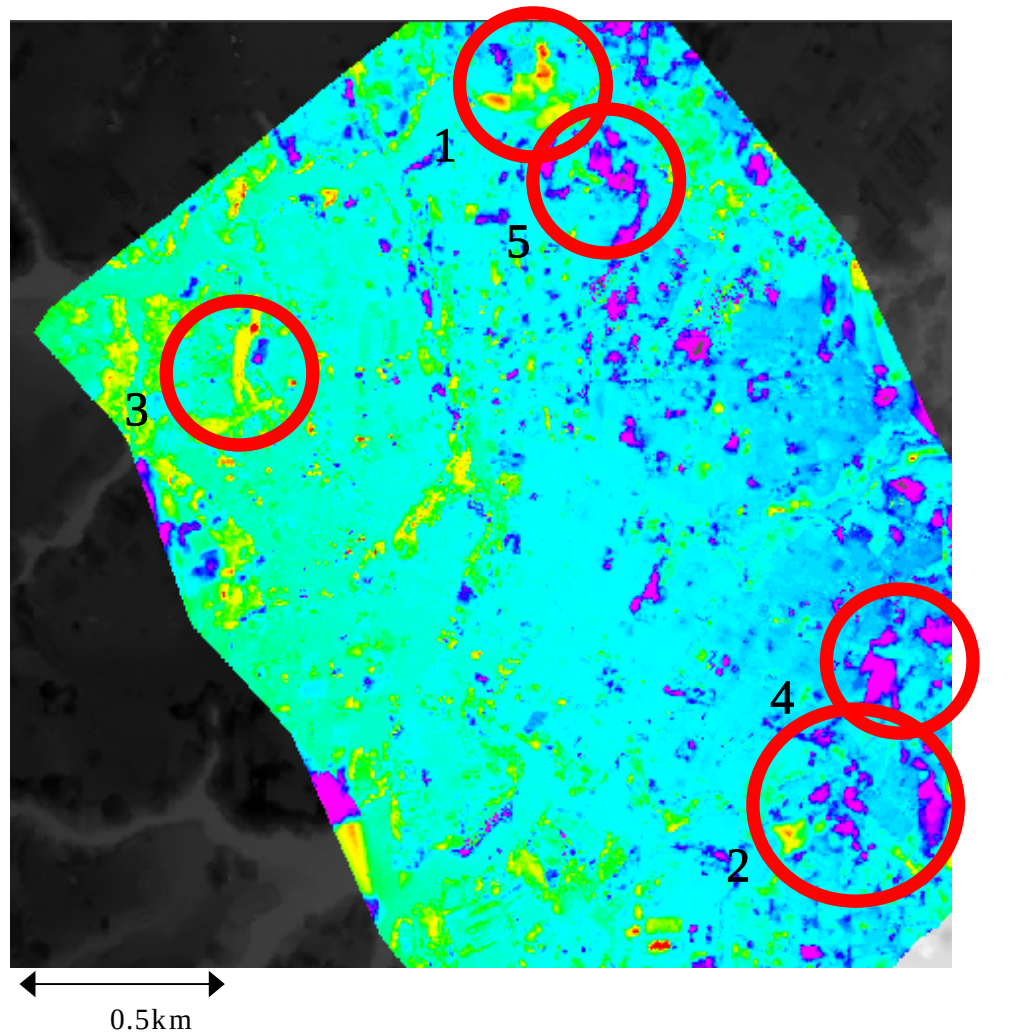
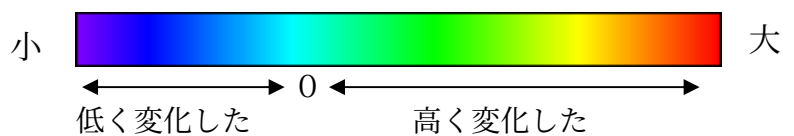


図5-88：異なる2時期の航空写真による差分データ



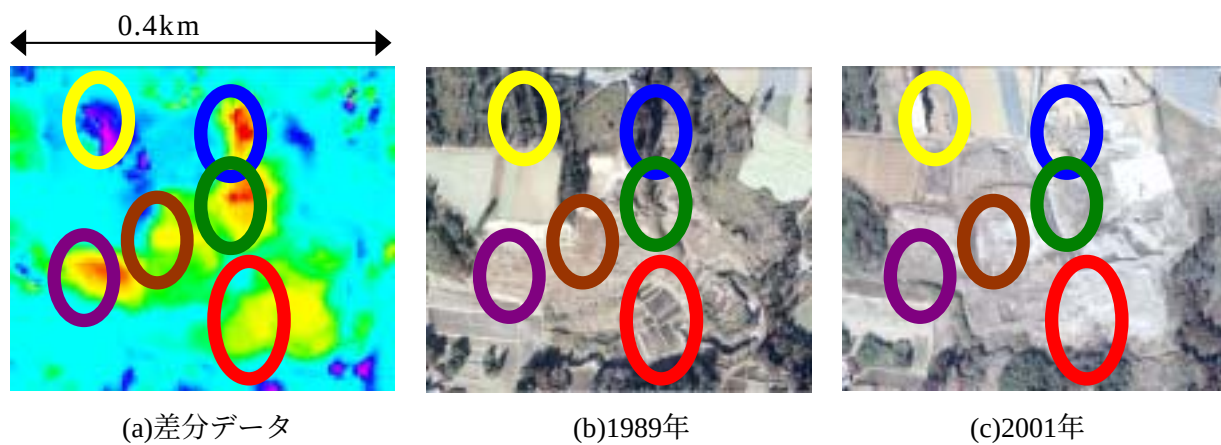


図5-89：エリア1（高：5カ所，低：1ヶ所）

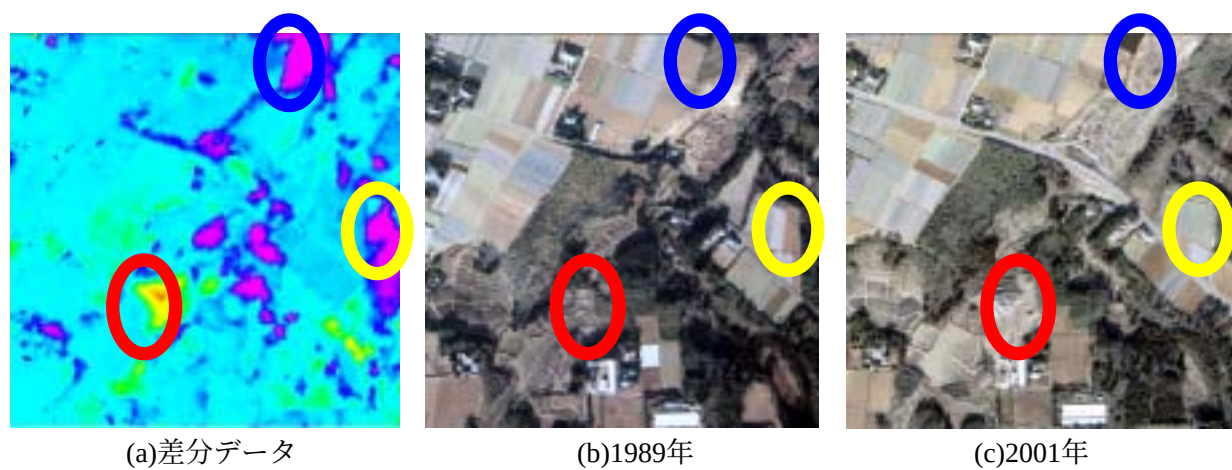
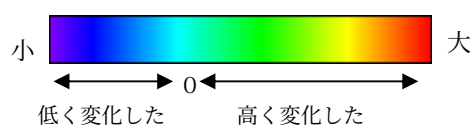


図5-90：エリア2（高：1カ所，低：2ヶ所）



図5-91：エリア3（高：3カ所，低：0ヶ所）



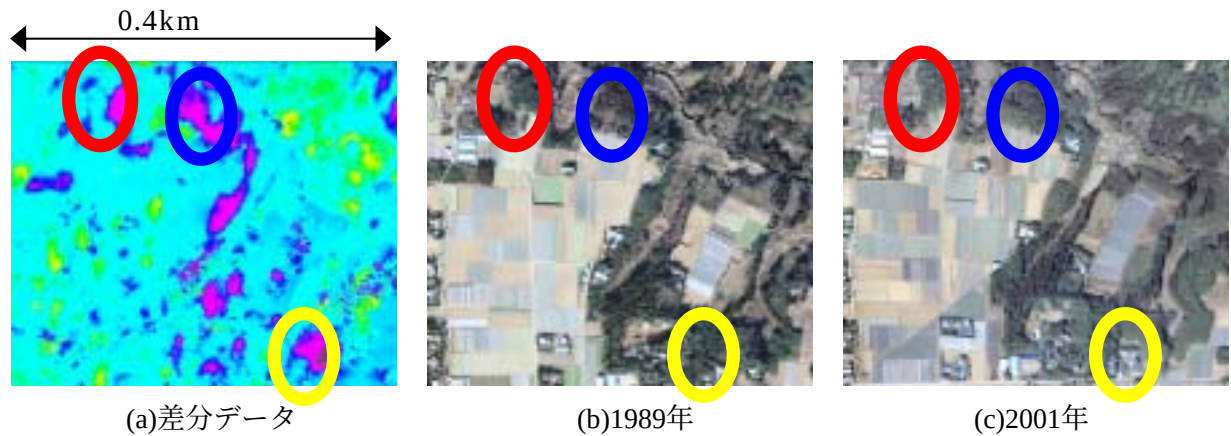


図5-92：エリア4（高：0カ所，低：3ヶ所）

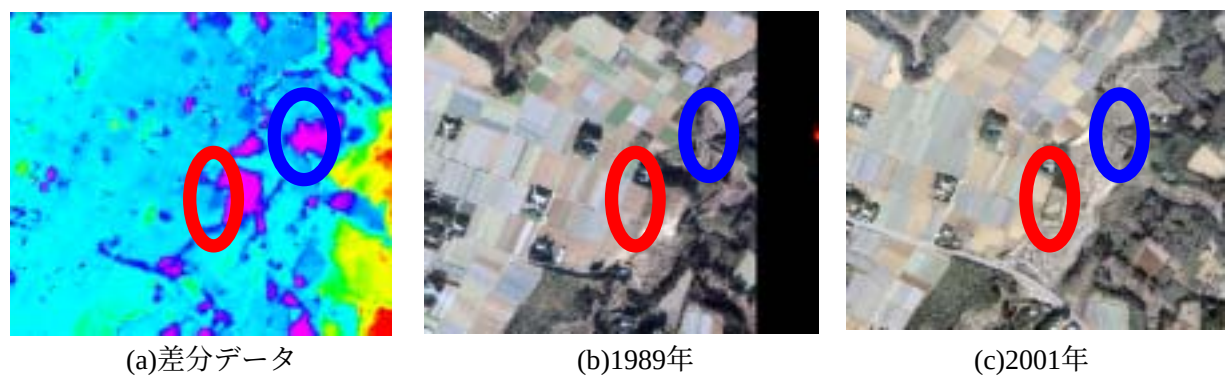


図5-93：エリア5（高：0カ所，低：2ヶ所）

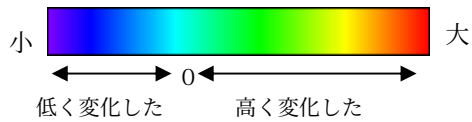


表5-21：投棄現場の抽出結果

エリア番号	色	高さの変化状況 (a)	画像から推定 (b) (c)	投棄現場の発見
1	赤	高くなっている	投棄エリア	45と一致
	青	高くなっている	投棄エリア	Fと一致
	黄	低くなっている	森林の減少	—
	緑	高くなっている	投棄エリア	Lと一致
	茶	高くなっている	投棄エリア	Gと一致
	紫	高くなっている	投棄エリア	Hと一致
2	赤	高くなっている	投棄エリア	アと一致
	青	低くなっている	地面の掘削	21と一致
	黄	低くなっている	森林の減少	—
3	赤	高くなっている	森林の成長	—
	青	高くなっている	森林の成長	—
4	赤	低くなっている	森林の減少	—
	青	低くなっている	森林の減少	—
	黄	低くなっている	森林の減少	—
5	赤	低くなっている	地面の掘削	—
	青	低くなっている	森林の減少	—

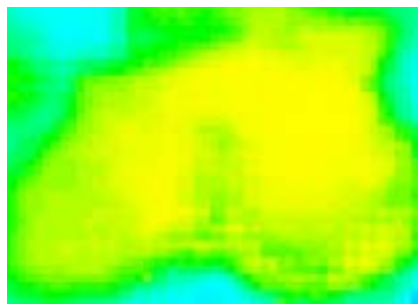
表5-21に示したように、今回の差分結果で高さ情報が変化した箇所は、「投棄エリア」、「森林の成長」、「森林の減少」、「地面の掘削」のいずれかにカテゴライズされた。実際の不法投棄監視業務においては、「投棄エリア」だけでなく、不法投棄の前兆行為である「森林の減少」と「地面の掘削」を検知する意義はある。したがって、このような高さ情報の差分データを用いて不法投棄場所ないしはその前兆行為を検知する意義は大きいと考えられる。ただし、「森林減少」については、パנקロマチックステレオセンサでは1時点で2枚の画像が必要なため、光学センサでの検知の方が優位と考えられる。

また、パנקロマチックステレオセンサによる不法投棄現場の検知で問題となるのは、高さ情報が変化した箇所から誤検知箇所、例えば「森林の成長」を除外することである。これについては、複数センサの統合利用によって解決できると考えられる。具体的な解決方法については、5.3.5で述べる。

一方で、差分抽出結果から全ての投棄エリアを抽出することはできなかった。当然ながら、地面を掘削したところに投棄物を埋めた場合など、投棄現場の高さ自体が変化していない箇所については、高さ変化による投棄エリアの抽出は不可能であるため、その他の方法によって検知することが求められる。

(c)投棄量の推定（疑似検討）

差分抽出結果から、投棄物の量を推定することができる。差分値（高さ）と抽出されたピクセル数（面積）を乗算することにより求めることができる。例として、不法投棄現場45について試算した結果を図5-94に示す。



$$\begin{aligned} & \text{面積 (m}^2\text{)} \times \text{変化した平均高さ (m)} \\ &= (20 \times 40) \times 9.6 = 7,680 \text{ (m}^3\text{)} \end{aligned}$$

図 5-94：不法投棄現場 45

この不法投棄現場の実際の面積は4,210m²である。一方で、ここで計算された面積は800m²である。検知の原理から、高さが変化した面積が800m²であり、残りの3,410m²は高さ変化が検知されなかったと考えられる。すなわち、この方法では、投棄量の全量を求めることができるのではなく、高さ変化が検知された領域の投棄変化量を求めることができることになる。

このことから、不法投棄や不適正保管が継続している現場のような既知の現場における投棄量変化の監視に活用できる可能性があると考えられた。

(5)まとめ

パナクロマチックステレオセンサによる高さ情報取得の精度評価結果をまとめると以下ようになる。

- SPOT2画像から作成した高さ情報については、10m以上の平均誤差が発生したため、不法投棄エリアのモニタリングや投棄物量の推定に十分な精度を持っていない。
- ただし、2002年に打ち上げが予定されているSPOT5衛星に搭載されているHRVセンサにより、精度向上の可能性が残されている。
- EROS-A1画像から作成した高さ情報についても、SPOTと同様に10m以上の平均誤差が発生した。この理由としては、今回用いた画像の撮影角度が悪いことが考えられた。
- 1m以下の高分解能衛星の模擬画像（航空写真より作成）から作成した高さ情報については、1m以下の平均誤差に収まったことから、不法投棄エリアのモニタリングや投棄物量の推定に十分な精度を持っていることが分かった。

また、高さ情報の変化による不法投棄現場の検知結果をまとめると以下ようになる。

- 高さ情報の差分データを用いて、不法投棄場所ないしはその前兆行為である「森林の減少」と「地面の掘削」を検知できた（当センサでは1時点で2枚の画像が必要なため、「森林減少」については、光学センサでの検知の方が優位と考えられる）。
- しかし、差分抽出結果は、投棄現場以外の箇所、例えば「森林の成長」も抽出しているため、それらの結果を除去する必要があった。
- また当然ながら、地面を掘削したところに投棄物を埋めた場合など、投棄現場の高さ自体が変化していない箇所については、高さ変化による投棄エリアの抽出は不可能である。

5.3.5 複数センサの統合利用による誤検知削減の検討

衛星センサを用いて不法投棄現場を検知する場合、その精度を上げるためには不法投棄現場と同じように検知される領域の削減手法を検討する必要がある。そこでここでは、複数センサの統合利用による誤検知領域削減手法について検討を行った。具体的には、光学センサと合成開口レーダセンサ等の異種センサ画像の統合利用ならびに衛星画像とゾーニング結果の統合利用による誤検知領域の削減手法について検討した。

(1)合成開口レーダセンサと光学センサの統合利用による誤検知削減

5.3.3で述べたように、合成開口レーダは、金属系廃棄物の検知および不法投棄行為進行時に現場に設置される金属板や重機の検知に有効活用できることが確認された。しかしながら、本手法は合成開口レーダが金属に対して非常に強い反射強度を示すという特性を利用したものであることから、領域の傾斜角とレーダの入射方向の関係から局所的に強い反射強度を示す領域（5.3.3の検討では河川土手）での誤検知が発生する。そこでここでは、光学センサ画像を用いて、5.3.3で述べた合成開口レーダによる現場候補検知結果の誤検知を削減する方法について検討した。具体的には、いくつかの現場で重機類の設置が確認されている千葉県銚子市の不法投棄現場周辺地域を対象とし、合成開口レーダ画像と中分解能マルチスペクトル画像を用いて領域を絞り込む手法について検討した。今回の検討に使用した画像を表5-22に示す。

表5-22：画像の仕様

衛星名	センサ名	センサ種類	解像度	撮影年月日
RADARSAT-1	STANDARD	合成開口レーダ	30m	2000年6月23日
SPOT 2	HRV	マルチスペクトル	20m	1992年7月31日
SPOT 4	HRVIR	マルチスペクトル	20m	2000年5月24日
Landsat 5	TM	マルチスペクトル	30m	1993年10月12日
Landsat 7	ETM ⁺	マルチスペクトル	30m	2000年9月21日

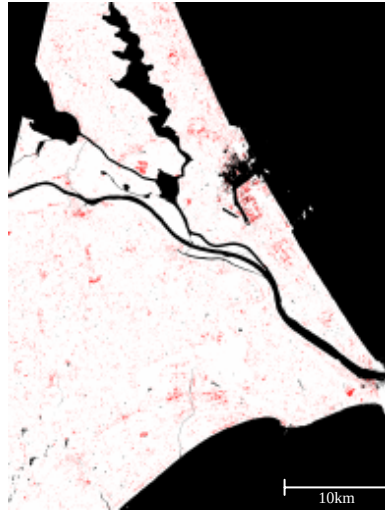
ここではまず、領域の傾斜角とレーダの入射方向の関係から局所的に強い反射強度を示す領域（河川土手等）での誤検知削減を試みた。具体的には、図5-95(a)および図5-96(a)に示す5.3.3のエリア(A)抽出手法で得られた現場候補地に対して、SPOT2,4画像およびLandsat5,7画像の解析により得られたNDVI画像、土地被覆分類画像、NDVIの二時期変化画像（以下NDVI差分画像と呼ぶ）、土地被覆の二時期変化画像（以下土地被覆差分画像と呼ぶ）のそれぞれを用いて、誤検知箇所の削減を行った。なお、図5-95(a)、図5-96(a)に示す解析対象地域では、森林縁で領域の傾斜角による強反射が起こっている。

SPOT2,4画像による絞り込み結果を図5-95(b)~(e)、Landsat5,7画像による絞り込み結果を図5-96(b)~(e)に示す。図中赤で示す領域が各処理後に残った現場候補地である。また、各処理前後に候補地として検知された画素数と削減率¹を表5-23に示す。SPOT2,4画像、Landsat5,7画像ともに、土地被覆差分画像、NDVI差分画像、土地被覆画像、NDVI画像の順に削減率が高いことがわかる。具体的には、土地被覆差分画像で90%前後、NDVI差分画像で約85%、土地被覆画像で40%前後、NDVI画像20%前後の削減率であった。

表5-23：絞り込み結果（画素数）

衛星	解析種類	絞り込み前 画素数	絞り込み後 画素数	削減率(%)
SPOT2,4	NDVI	481,975	433,473	10.1
	土地被覆		317,765	34.1
	NDVI差分		74,684	84.5
	土地被覆差分		52,393	89.1
Landsat5,7	NDVI	111,591	83,299	25.4
	土地被覆		62,605	43.9
	NDVI差分		17,746	84.1
	土地被覆差分		5,525	95.0

¹ 処理後の画素数÷処理前の画素数×100



(a)レーダセンサで得られた現場候補地



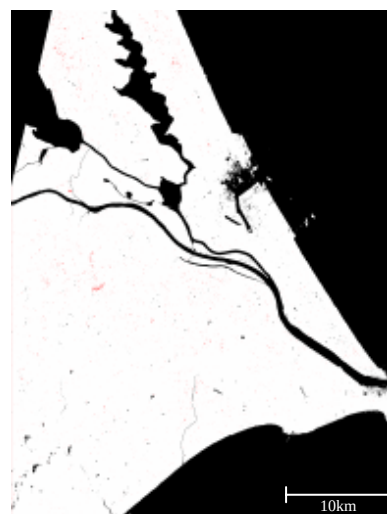
(b)NDVIによる絞込み結果



(c)土地被覆分類による絞込み結果

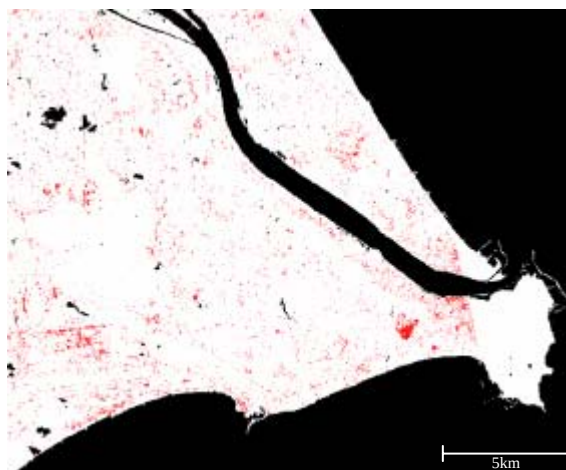


(d)NDVIの変化による絞込み結果

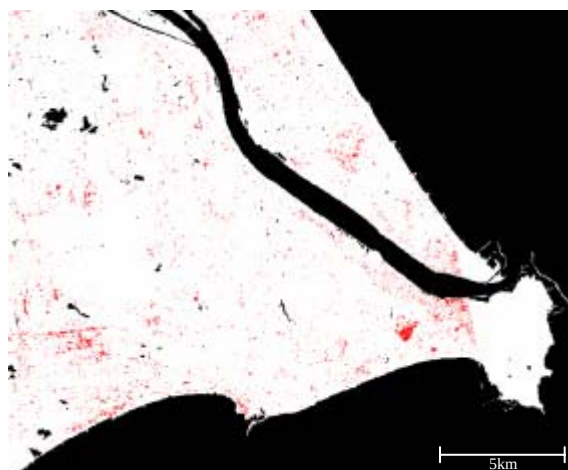


(e)土地被覆変化による絞込み結果

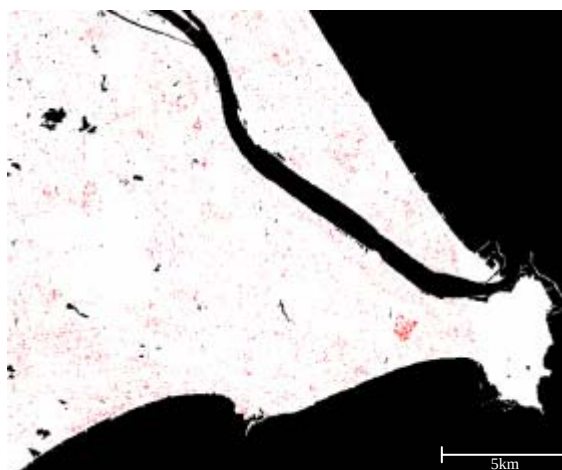
図5-95：SPOT2,4画像による絞込み結果（全域）



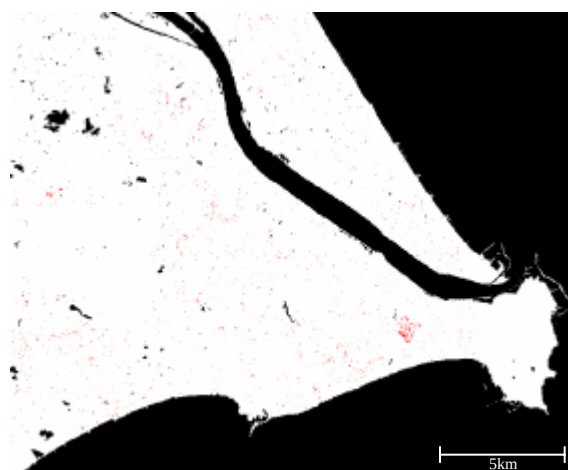
(a)レーダセンサで得られた現場候補地



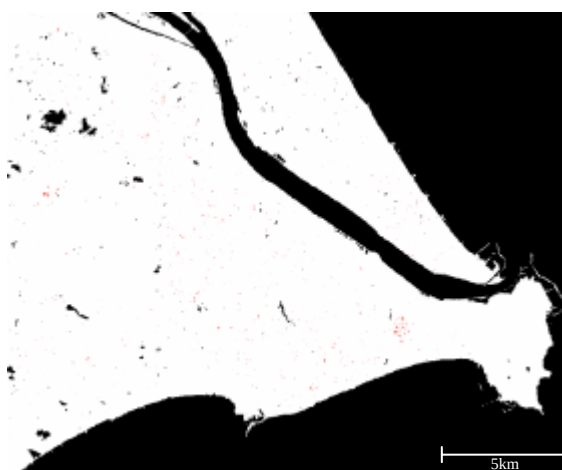
(b)NDVI による絞込み結果



(c)土地被覆分類による絞込み結果



(d)NDVI の変化による絞込み結果



(e)土地被覆変化による絞込み結果

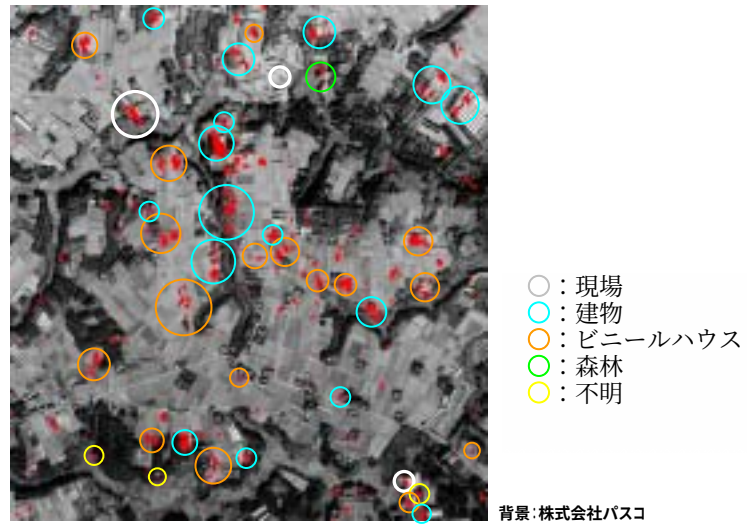
図5-96：Landsat5,7画像による絞込み結果（全域）

そこで、実際に不法投棄現場が複数存在する地区を対象に、この絞込み解析によりどの程度誤検知削減が可能かを現場数の削減率で評価した。図5-97～98、表5-24にその結果を示す。なお、結果をわかりやすく表示するため背景画像として航空写真を用いている。この評価対象地域には、6箇所の不法投棄現場があり、そのうち3箇所が合成開口レーダの解析により検知されている。また同時に森林縁等において37箇所の誤検知が確認されている（表中「絞込み前」）。表5-25に示すように、上記統合解析により誤検知数を最大で15箇所（誤検知箇所の削減率で約60%）にまで削減できることがわかった。特に、図5-97および図5-98から森林縁での誤検知が削減されている事がわかる。なお、Landsat5,7画像解析によるNDVI差分画像および土地被覆差分画像では、合成開口レーダにより検知した実際の現場の1つが、絞込み処理により誤検知と判断された。これは、今回使用したRADARSAT-1画像、SPOT2,4画像、Landsat5,7画像ともに精密軌道情報が取得不可能であるため、精密な幾何補正が出来ないことによる画像間の位置ずれによって生じたものと考えられる。しかしながら、2002年打ち上げ予定の次期SPOT5衛星、2003年打ち上げ予定の次期RADARSAT-2衛星では、この精密軌道情報が取得可能であるため、上記の問題は生じないものと考えられる。

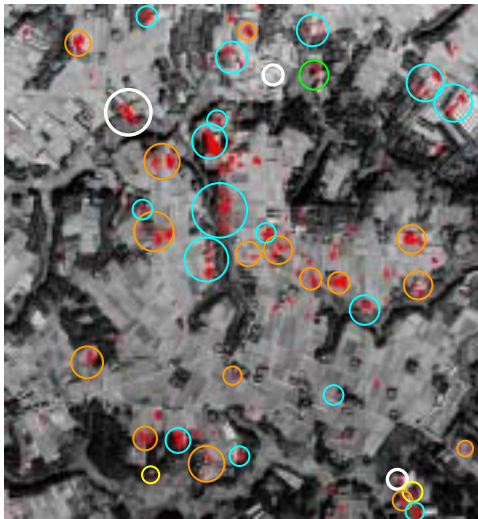
以上より、本手法によれば、合成開口レーダ画像解析で生じた領域の傾斜角による誤検知をある程度削減できた。

表5-24：絞込み結果（現場数）

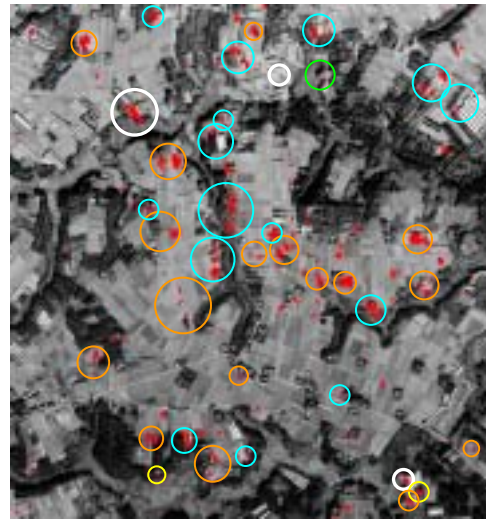
衛星	解析種類	正	誤	誤検出の削減率(%)
RADARSAT-1	絞込み前	3	37	
SPOT2,4	NDVI	3	35	5.4
	土地被覆	3	35	5.4
	NDVI差分	3	15	59.5
	土地被覆差分	3	17	54.1
Landsat5,7	NDVI	3	32	13.5
	土地被覆	3	33	10.8
	NDVI差分	2	24	35.1
	土地被覆差分	2	17	54.1



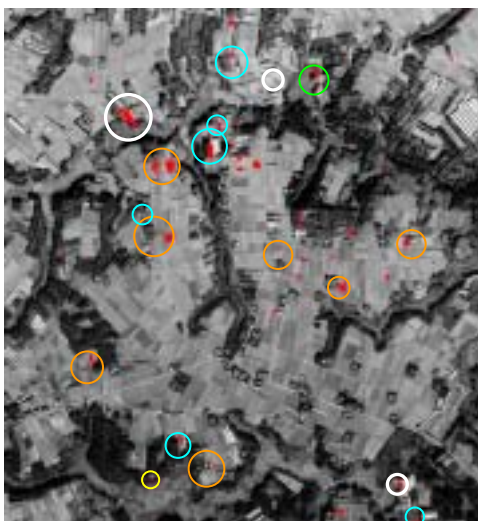
(a)レーダセンサで得られた現場候補地



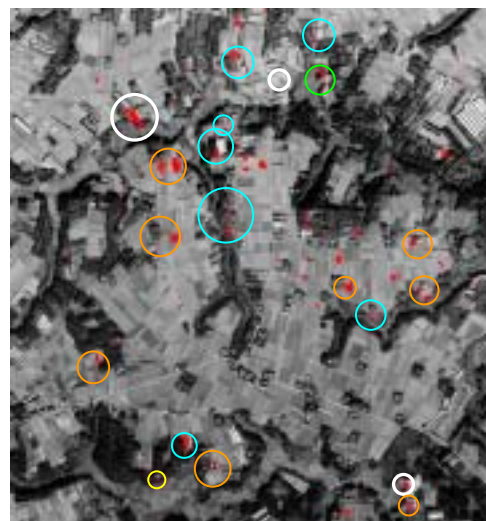
(b)NDVI による絞込み結果



(c)土地被覆分類による絞込み結果

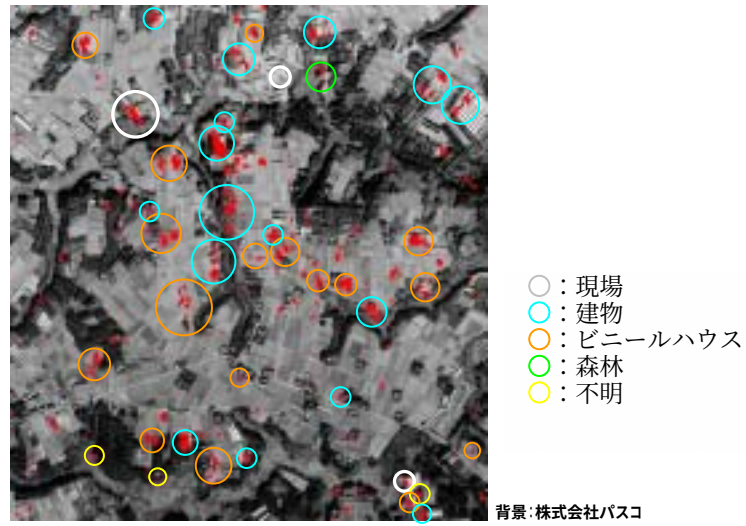


(d)NDVI の変化による絞込み結果

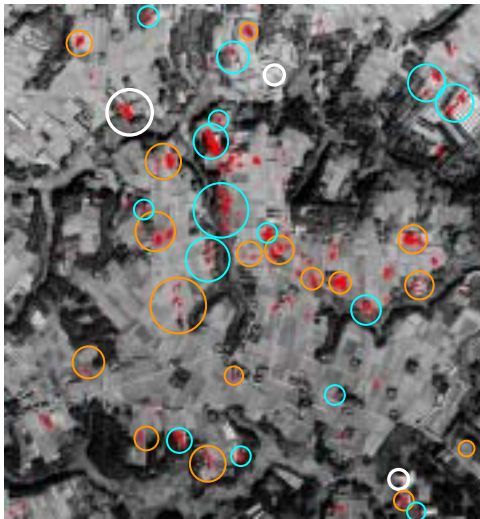


(e)土地被覆変化による絞込み結果

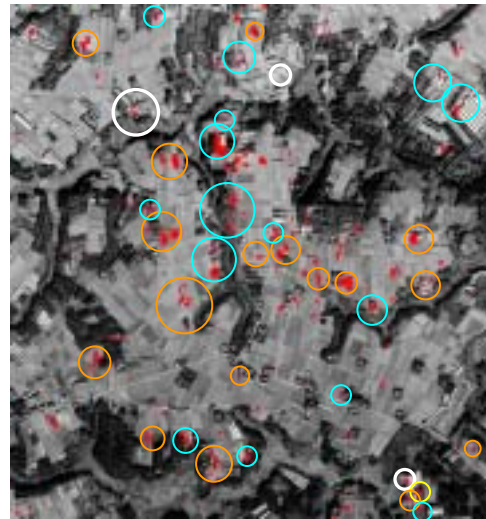
図5-97：SPOT2,4画像による絞込み結果



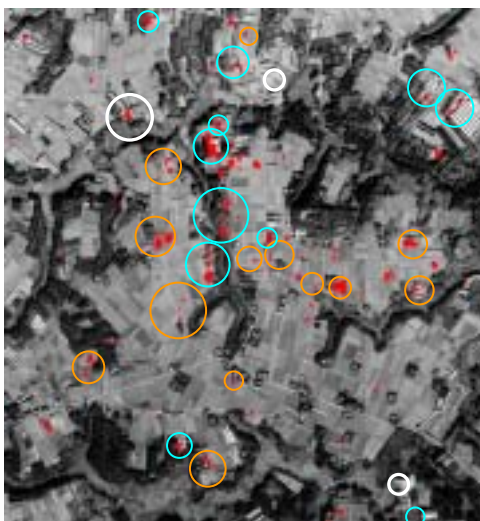
(a)レーダセンサで得られた現場候補地



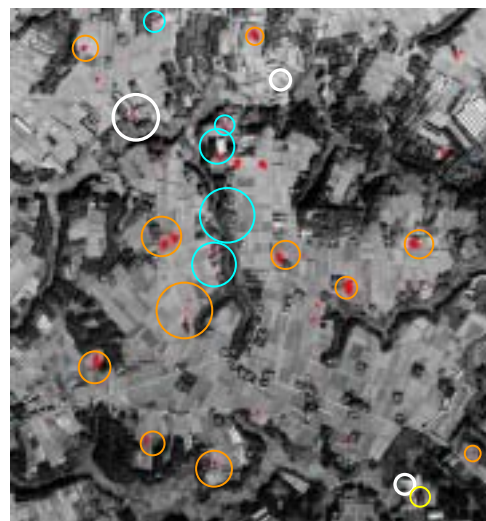
(b)NDVI による絞込み結果



(c)土地被覆分類による絞込み結果



(d)NDVI の変化による絞込み結果



(e)土地被覆変化による絞込み結果

図5-98：Landsat5,7画像による絞込み結果

(2)パングロマチックステレオセンサと光学センサの統合利用による誤検知削減

高分解能パングロマチックステレオセンサの高さ情報による不法投棄現場の検知に当っては、植物の生育や構造物の建設による誤検知が生じるため、ここでは光学センサ画像を用いて、5.3.4で述べた高分解能パングロマチックステレオセンサによる現場候補検知結果の誤検知を削減する方法について検討する。具体的には、5.3.5(1)での検討と同様に5.3.4で検討対象とした千葉県銚子市森戸地区を対象とし中分解能マルチスペクトル画像を用いて領域を絞り込む手法について検討した。今回の検討に使用した画像を表5-25に示す。

図5-99(a)に5.3.4の高分解能パングロマチックステレオセンサ解析で得られた現場候補地の画像を示す。5.3.4で述べたように、この解析結果では植物の生育等による誤検知が確認されている。そこでここでは、植物の生育等による誤検知削減を試みた。具体的には、図5-99(a)に示す5.3.4の手法で得られたパングロマチックステレオセンサによる現場候補地に対して、SPOT2,4画像およびLandsat5,7画像の解析により得られたNDVI画像、土地被覆分類画像、NDVI差分画像、土地被覆差分画像のそれぞれを用いて不法投棄領域の絞り込みを行った。

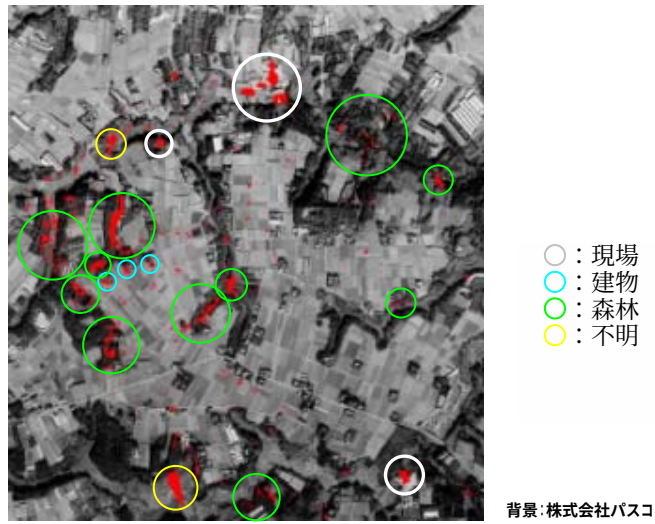
表5-25：画像の仕様

衛星名	センサ名	センサ種類	解像度	撮影年月日
(航空写真)	RC10A	擬似パングロマチック	1m	1989年1月5日
(航空写真)	RC10	擬似パングロマチック	1m	2001年2月26日
SPOT 2	HRV	マルチスペクトル	20m	1992年7月31日
SPOT 4	HRVIR	マルチスペクトル	20m	2000年5月24日
Landsat 5	TM	マルチスペクトル	30m	1993年10月12日
Landsat 7	ETM ⁺	マルチスペクトル	30m	2000年9月21日

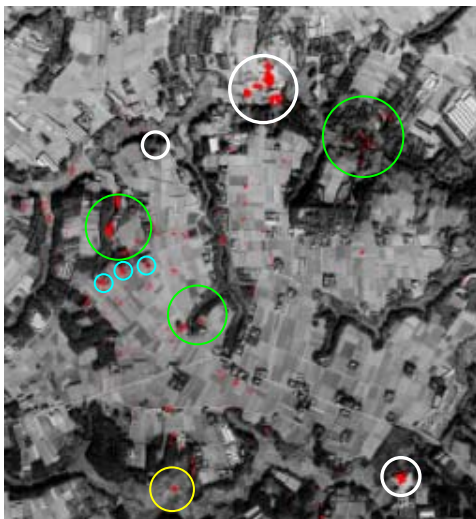
SPOT2,4画像による絞り込み結果を図5-99(b)～(e)、Landsat5,7画像による絞り込み結果を図5-96(b)～(e)に示す。図中赤で示す領域が各処理後に残った現場候補地である。また、表5-26に各処理前後に候補地として検知された画素数と削減率¹を示す。SPOT2,4画像、Landsat5,7画像ともに解析種類にかかわらず60～90%程度の削減率で、SPOT2,4画像の平均削減率が71.1%、Landsat5,7画像の平均削減率が84.0%とLandsat5,7画像を用いた方が削減率は若干高い。そこで、この絞り込み解析によりどの程度誤検知削減が可能かを現場数の削減率で評価した。表5-27にその結果を示す。この評価対象地域には、6箇所の不法投棄現場があり、そのうち3箇所がパンクロマチックステレオセンサの解析で得られた高さ変化情報により検知されている。また同時に植物の生育等において16箇所の誤検知が確認されている（表中「絞り込み前」）。表5-27に示すように、上記統合解析により誤検知数を最大で0箇所（誤検知箇所の削減率で100%）にまで削減できることがわかった。5.3.5(1)での統合解析と同様に、いくつかの統合解析において、パンクロマチックステレオセンサにより検知した実際の現場のいくつかは、絞り込み処理により誤検知と判断されているが、これも前述のように、今回使用したSPOT2,4画像、Landsat5,7画像ともに精密軌道情報が取得不可能であるため、精密な幾何補正が出来ないことによる画像間の位置ずれによって生じたものと考えられるため、精密軌道情報が取得可能な次期衛星では上記の問題は生じないものと考えられる。

以上より、本手法によれば、パンクロマチックステレオセンサ画像解析で生じた植物の生育等による誤検知をある程度削減できた。

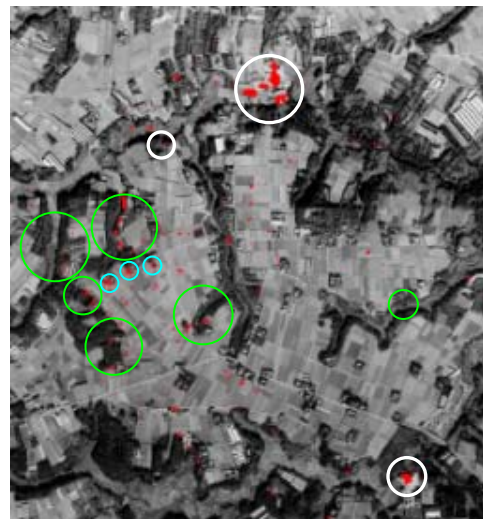
¹ 処理後の画素数÷処理前の画素数×100



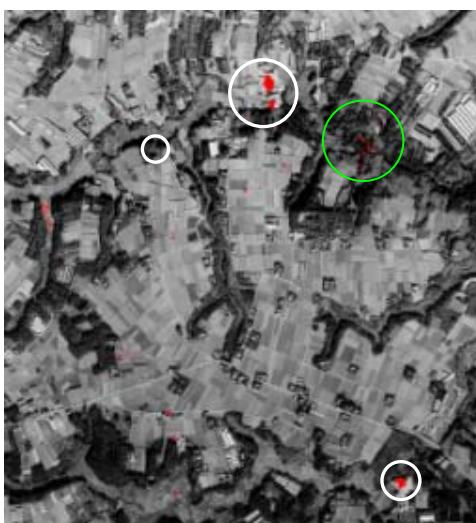
(a)高さ差分画像(差分 10m 以上)



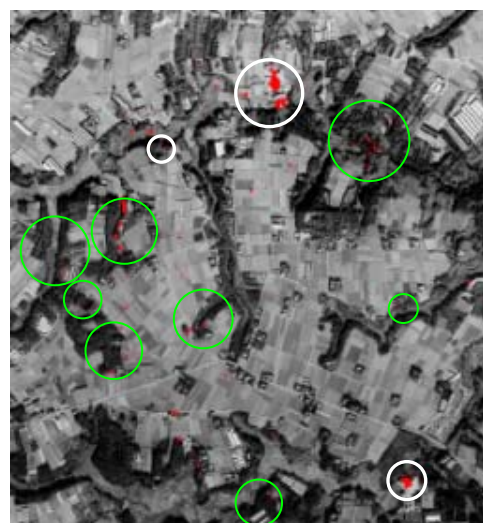
(b)NDVI による絞込み結果



(c)土地被覆分類による絞込み結果

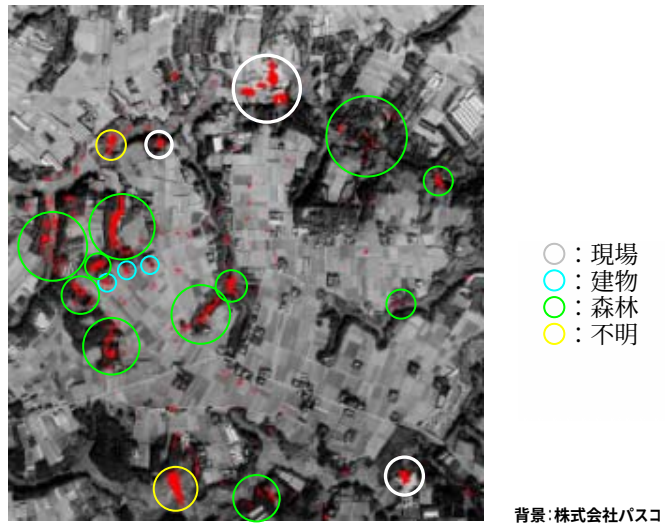


(d)NDVI の変化による絞込み結果

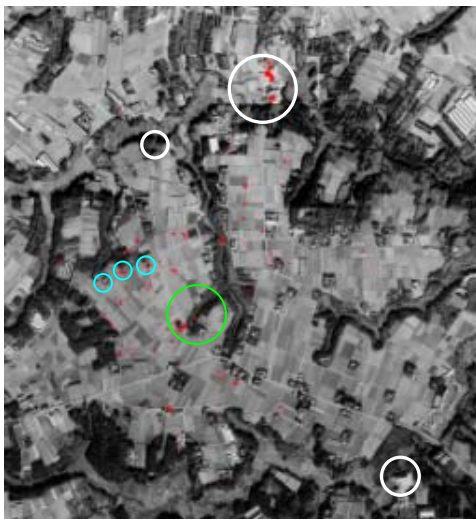


(e)土地被覆変化による絞込み結果

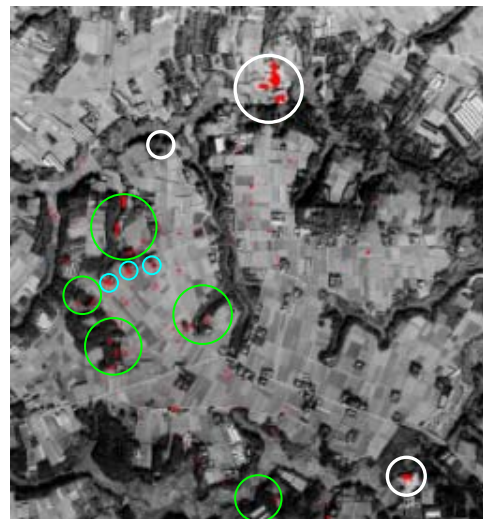
図5-99：SPOT2,4画像による絞込み結果



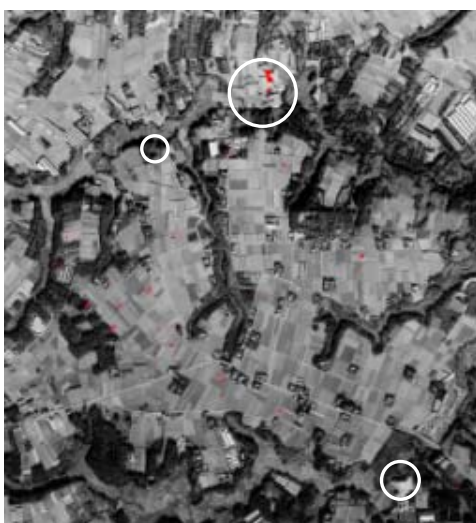
(a)高さ差分画像(差分 10m 以上)



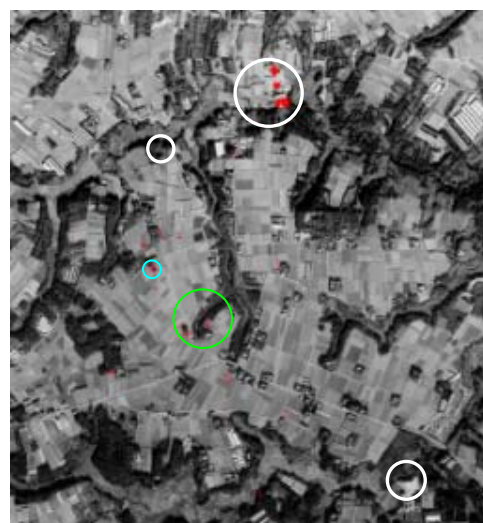
(b)NDVI による絞込み結果



(c)土地被覆分類による絞込み結果



(d)NDVI の変化による絞込み結果



(e)土地被覆変化による絞込み結果

図5-100：Landsat5,7画像による絞込み結果

表5-26：絞込み結果（画素数）

衛星	解析種類	絞込み前 画素数	絞込み後 画素数	削減率(%)
SPOT2,4	NDVI	21,580	8,791	59.3
	土地被覆		8,448	60.9
	NDVI差分		2,752	87.2
	土地被覆差分		4,961	77.0
Landsat5,7	NDVI		3,438	84.1
	土地被覆		6,649	69.2
	NDVI差分		1,476	93.2
	土地被覆差分		2,315	89.3

表5-27：絞込み結果（現場数）

衛星	解析種類	正	誤	誤検出の 削減率(%)
(航空写真)	絞込前	3	16	
SPOT2,4	NDVI	2	7	56.3
	土地被覆	3	9	43.8
	NDVI差分	2	1	93.8
	土地被覆差分	3	8	50.0
Landsat5,7	NDVI	1	4	75.0
	土地被覆	2	8	50.0
	NDVI差分	1	0	100.0
	土地被覆差分	1	2	87.5

(3)衛星画像と GIS データとの統合利用による誤検知削減

ここでは、衛星画像とゾーニング結果の統合利用による誤検知領域の削減手法について検討した。具体的には、平成12年度に検討を行った千葉県銚子市を対象に、費用対効果の面から不法投棄監視業務での利用の可能性が最も高い中分解能マルチスペクトル画像で得られた不法投棄現場候補地に対して、第4章で検討した現場度数ゾーニング結果と現場規模ゾーニング結果に基づき誤検知領域の削減が可能かどうかについて検討した。ここではSPOT2,4画像およびLandsat5,7画像の解析により得られたNDVI差分画像、土地被覆差分画像を用いて検討を行う。今回の検討に使用した画像を表5-28に示す。

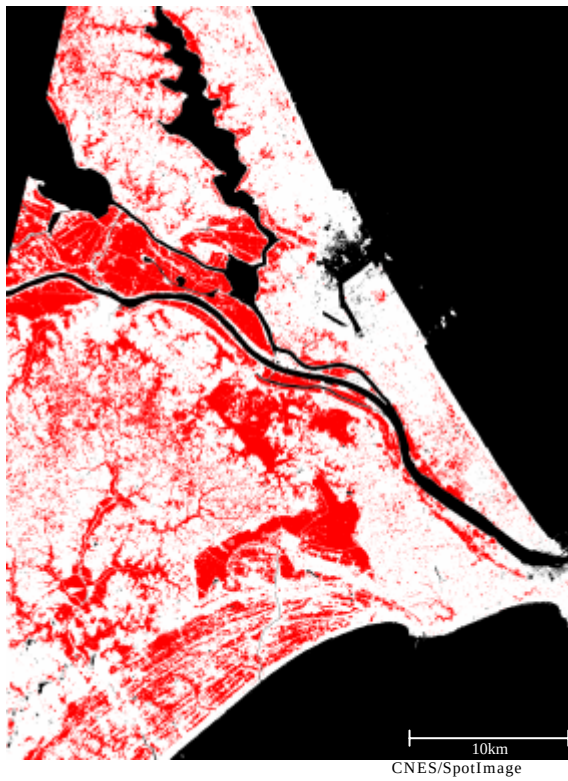
表5-28：画像の仕様

衛星名	センサ名	センサ種類	解像度	撮影年月日
SPOT 2	HRV	マルチスペクトル	20m	1992年7月31日
SPOT 4	HRVIR	マルチスペクトル	20m	2000年5月24日
Landsat 5	TM	マルチスペクトル	30m	1993年10月12日
Landsat 7	ETM ⁺	マルチスペクトル	30m	2000年9月21日

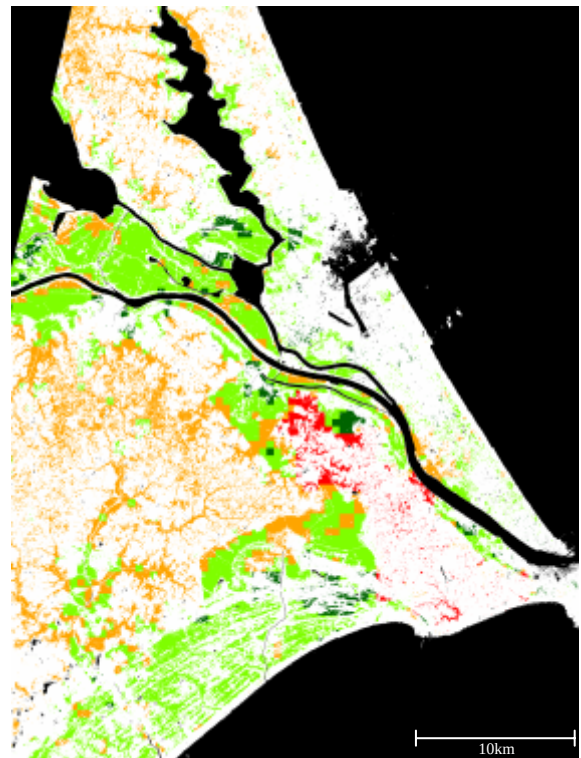
(a)現場度数ゾーニング結果との統合利用による誤検知削減

まず、4.3の現場度数ゾーニング結果を用いて、SPOT2,4画像およびLandsat5,7画像のNDVI差分画像、土地被覆差分画像により得られた不法投棄現場候補の誤検知領域削減が可能かどうかを検討した。図5-101～図5-104にそれぞれの結果を示す。各図中(a)はNDVI差分画像あるいは土地被覆差分画像で、図中赤で示す領域が現場候補地である。また(b)の解析結果は、現場度数ゾーニング結果を用いて、図中(a)の現場候補地を現場度数に応じて色分けしたものである。

図5-101～図5-104からわかるように、現場候補地の多くが同じ度数に割り当てられ、衛星画像で検知した現場候補地の確からしさや誤検知削減への活用は難しいことがわかった。

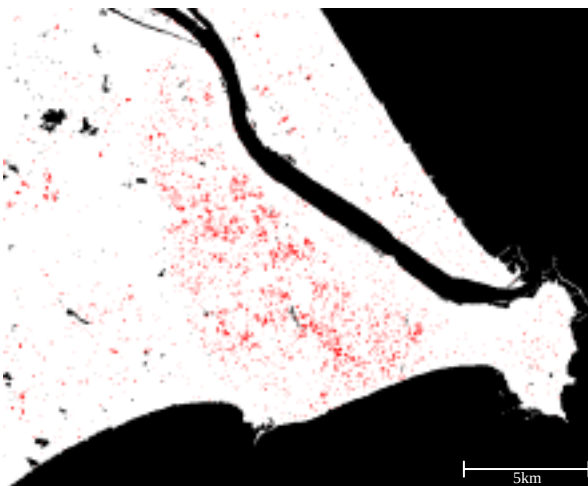


(a)NDVI 差分

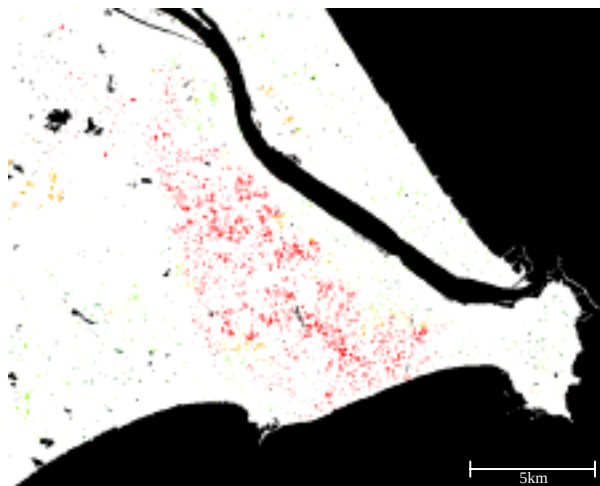


(b)絞込み結果

図5-101：NDVI差分結果の現場度数ゾーニングによる絞込み（SPOT2,4）

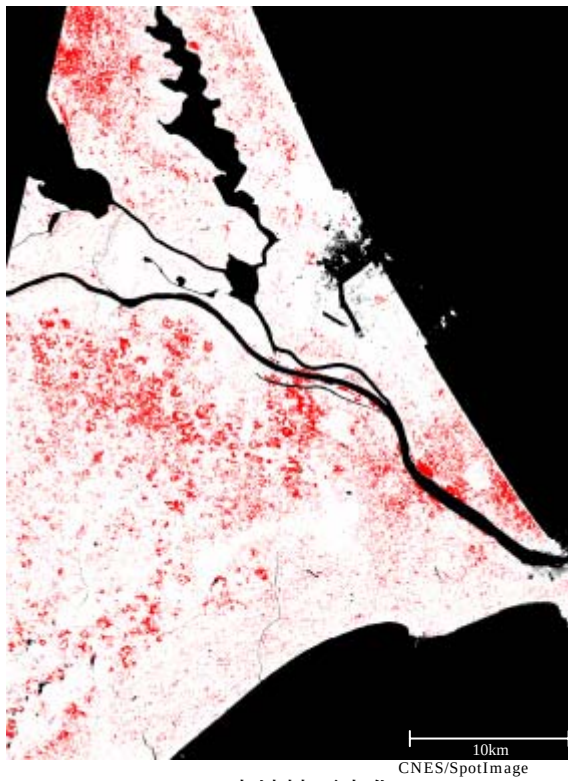


(a)NDVI 差分

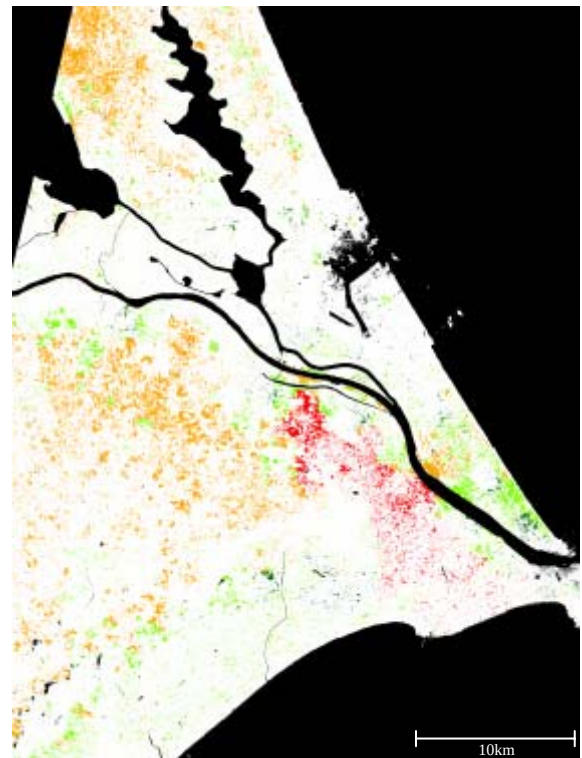


(b)絞込み結果

図5-102：NDVI差分結果の現場度数ゾーニングによる絞込み（Landsat5,7）

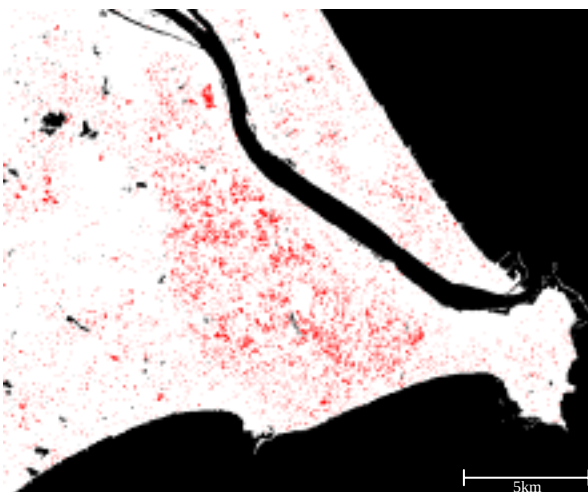


(a)土地被覆変化

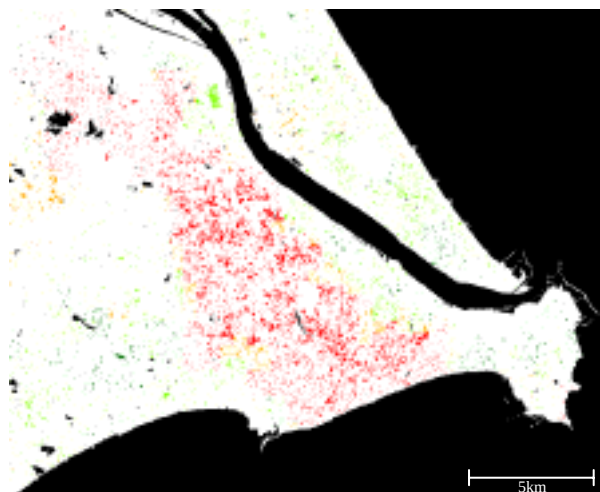


(b)絞込み結果

図5-103：土地被覆変化結果の現場度数ゾーニングによる絞込み（SPOT2,4）



(a) 土地被覆変化



(b)絞込み結果

図5-104：土地被覆変化結果の現場度数ゾーニングによる絞込み（Landsat5,7）

(b)現場規模ゾーニング結果との統合利用による誤検知削減

次に、4.4の現場規模ゾーニング結果を用いて、SPOT2,4画像およびLandsat5,7画像のNDVI差分画像、土地被覆差分画像により得られた不法投棄現場候補の誤検知領域削減が可能かどうかを検討した。図5-105～図5-108にそれぞれの結果を示す。各図中(a)はNDVI差分画像あるいは土地被覆差分画像で、図中赤で示す領域が現場候補地である。また(b)の解析結果は、現場規模ゾーニング結果を用いて、図中(a)の現場候補地を現場規模度数に応じて色分けしたものである。

図5-105～図5-108からわかるように、現場候補地の多くが同じ度数に割り当てられ、衛星画像で検知した現場候補地の確からしさや誤検知削減への活用は難しいと考えられる。

以上のことから、ゾーニング結果を用いて、衛星画像で検知された多数の候補地から誤検知箇所を削減して絞り込みを行うことは難しいと考えられた。

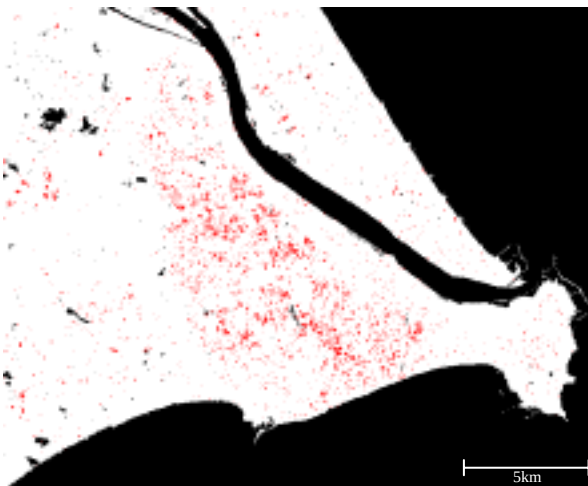


(a)NDVI 差分

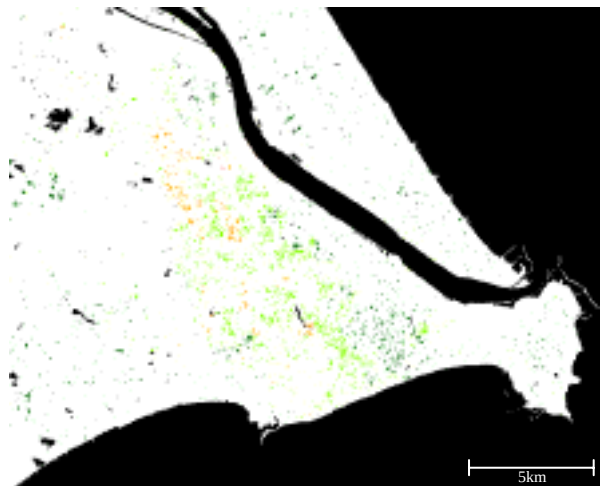


(b)絞込み結果

図5-105：NDVI差分結果の現場規模ゾーニングによる絞込み（SPOT2,4）

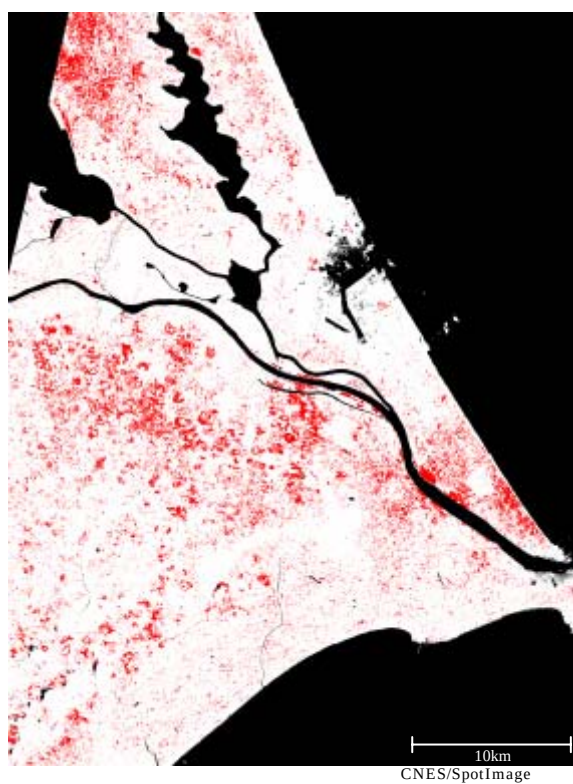


(a) NDVI 差分



(b)絞込み結果

図5-106：NDVI差分結果の現場規模ゾーニングによる絞込み（Landsat5,7）

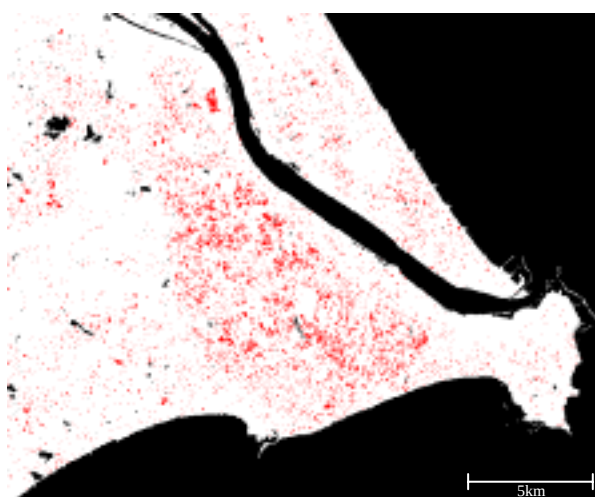


(a)土地被覆変化

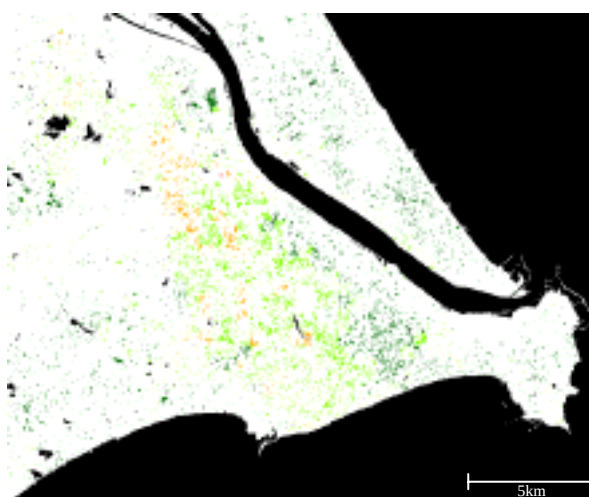


(b)絞込み結果

図5-107：土地被覆変化結果の現場規模ゾーニングによる絞込み（SPOT2,4）



(a)土地被覆変化



(b)絞込み結果

図5-108：土地被覆変化結果の現場規模ゾーニングによる絞込み（Landsat5,7）

(4)まとめ

ここでは、各センサに共通の課題である、不法投棄現場として誤検知される領域を削減するため、複数センサの統合利用による誤検知の削減手法について検討を行った。

まず、合成開口レーダセンサと光学センサ、パナクロマチックステレオセンサと光学センサの2つの組み合わせによる異種センサ画像の統合利用による誤検知領域の削減手法について検討した結果、複数センサの複合利用で誤検知をある程度削減でき、現場の絞込みに利用できることが示唆された。

次に、衛星画像とゾーニング結果の統合利用による誤検知領域の削減手法について検討した結果、衛星の空間分解能に比べて地理情報等に基づくゾーニング結果の空間分解能が著しく低いことから、現場候補地の多くが同じ度数に割り当てられ、衛星画像で検知した現場候補地の確からしさや誤検知削減への活用は非常に難しいことが分かった。衛星で誤検知を生じる要因は特定の要因に限られている（例えば、5.3.3で述べたエリア(A)の手法では金属屋根および地形が要因）ため、複数の不法投棄要因に基づいて作成されたゾーニング結果を用いるよりも、例えば各自治体が発行している都市計画図や都市規制図、土地利用現況図などの特定のGISデータを直接用いて、検知箇所が不法投棄現場でありうるかどうか（例えば、都市計画図で建築物の場所は金属屋根である等）を明確にして誤検知を削減する手法を検討することが望まれる。

5.4 衛星センサによる不法投棄検知の可能性のまとめ

本章では、各種衛星センサを用いた不法投棄箇所検知システムを開発するために、光学センサ、熱赤外センサ、合成開口レーダ、パנקロマチックステレオセンサによる不法投棄箇所の検知能力の評価、および複合センサの統合利用による誤検知箇所の削減手法の検討を行った。

衛星データによって不法投棄を検知する方法は大きく分けて二種類あると考えられる。一つは変化抽出による方法である。これは、多時期（多くは二時期）の衛星データを用いて、画像中でデータが変化した部分を抽出する方法である。衛星データを変化させる地表面の変化としては、不法投棄の他に、各種の土地利用・土地被覆変化、植生の季節変化などがある。また、衛星データは、観測条件の違いによる影響（観測時の太陽高度の差異による影響、衛星から対象を見る角度の違いによる影響、大気の状態による影響など）を受ける。さらに、多時期の衛星画像の位置合わせ（幾何補正処理）をする際のずれも変化と混同されてしまう。変化抽出手法による不法投棄の検知精度を向上させるためには、まず上記のうち観測条件の違いによる影響と幾何補正処理の誤差を何らかの方法で補正または除去が必要になる。それには、大気中での光の伝播をモデル化した6SやMODTRANなどの放射伝達モデルの使用と、高精度な幾何補正の実施が有効である。このような補正処理をした後、不法投棄の可能性が高い変化とそれ以外の地表面変化を分離する必要がある。それには、衛星データによる土地利用・土地被覆の分類結果を用いて、不法投棄の起こる可能性の低い住宅地域や開けた耕作地をブレスクリーニングする方法が有効であると思われる。

もう一つの不法投棄検知方法は、不法投棄に特徴的なスペクトル特性、温度情報、テクスチャー特性、空間パターン情報を単独あるいは組み合わせて利用することにより、不法投棄の可能性の高い地点を抽出するものである。不法投棄の検知効率を向上させるためには、これらの画像情報に加えて、不法投棄の起こりやすい地形や周辺状況に関する専門家の知識も適切に利用できるような知識データベースと組み合わせることも有効であると考えられる。この方法では一般に単一の画像を用いて不法投棄の検知を行うので、前記の変化抽出による方法に比べて、観測条件の違いによる影響を受けにくい。さらに、幾何補正の誤差による影響は、単一の画像を用いる場合には考慮をする必要がなくなる。ただし、空間情報や、専門家の知識を利用するためには、画像解像度は航空写真と同程度のものが必要になると考えられる。

本章で検討を行った不法投棄検知手法のうち、光学センサによる方法、パנקロマチックステレオセンサによる標高変化の抽出は、いずれも前者の変化抽出法の範疇に属する。一方、熱赤外センサによる方法、合成開口レーダによる方法、複数センサの統合利用による方法は、後者の不法投棄の特徴による方法に属する。これら種々の衛星センサによる画像を用いて検討した結果明らかになったのは、我が国で一般に起きている規模の不法投棄に対しては、相当地に高分解能の衛星画像が必要になるということである。

高分解能の光学センサであるIKONOSやQuickBirdから得られる画像は、航空写真と同程度の分解能があり、変化抽出および特徴による抽出のいずれにおいても有望である。ただし、これらの画像データは、現在のところ価格が相当に高いので、全国を監視するには無理がある。実用的な使用方法としては、中分解能衛星画像（SPOT2やLANDSAT5など）による検知結果や第4章でのゾーニング結果を用いて、あらかじめ不法投棄の起こりそうな地域を選別し、可能性の高い地域を選択的に観測するということが考えられる。光学センサのこのような利用方法に関しては、今後の課題である。

熱赤外センサに関しては、太陽光による加熱、あるいは廃棄物からの発熱のいずれの場合でも、我が国で通常見られる規模の不法投棄現場を検知することは困難であった。非常に大規模な不法投棄の場合には検知できる可能性があるが、不法投棄の早期発見、早期対応という観点からの実用性は高いとはいえない。Landsat7衛星のように可視・近赤外バンドと熱赤外バンドの両者を持っている衛星では、解像度の高い可視・近赤外データを使用して熱赤外データの解像度を擬似的に高める手法もあるが、未だ研究段階であり、今後の実証を待たねばならない。

合成開口レーダによる検知方法に関しては、金属系廃棄物の検知に有効活用できることが確認された。しかし、現在利用しうるレーダ画像は単一周波数のもののみであり、地表の物理的形状に関する情報と電磁気的特性の両者が単一観測バンドデータの中に混在してしまうので、不法投棄に伴う地表状態の変化を抽出することは、レーダ画像のみからは困難な場合が多い。

パナクロマチックステレオセンサに関しては、1m以下の高分解能衛星の模擬画像（航空写真より作成）から作成した高さ情報については、その推定精度が1m以下の平均誤差に収まったことから、不法投棄エリアのモニタリングや投棄物量の推定に十分な精度を持っていることが分かった。ただし、当然ながら、地面を掘削したところに投棄物を埋めた場合など、投棄現場の高さ自体が変化していない箇所については、高さ変化による投棄エリアの抽出は不可能である。

さらに、誤検知の削減のために、複合センサの統合利用などを検討した。光学センサと合成開口レーダセンサの統合利用によって誤検知を削減できることから、本手法が現場の絞込みに活用できると考えられ、今後、さらなる検討をする意義があると考えられた。一方、光学センサと第4章のゾーニング結果の統合利用について検討した結果では、衛星の空間分解能に比べ、地理情報等に基づくゾーニング結果の空間分解能が著しく低く、誤検知の削減にゾーニング結果を用いることは非常に難しいことがわかった。今後は、ゾーニング結果ではなく、土地利用などの特定のGISデータを直接用いた誤検知削減手法を検討するのがよいと考えられた。

以上の検討結果から、現時点における衛星センサによる不法投棄の検知について、森林地域における投棄および金属系廃棄物の投棄に対して検知可能性が高いことがわかった。さらに、異なるセンサから得た情報の統合や、GISデータ等の異質の外部データとの統合により、その検知性能を向上させる可能性があることもわかった。

本章全体の総括として、不法投棄の種類等からみた検知能力のまとめを表5-29に、各種衛星センサからみた検知能力のまとめを表5-30に示す。

表 5-29：不法投棄の種類等からみた各種衛星センサの監視・検知能力のまとめ

不法投棄の種類等				本年度検討範囲 ○：検討した △：類似状況を 検討した ×：検討できず	適用可能性* ○：可能性あり △：条件付可能性あり ×：可能性低い
時点	行為	検知特性	検知センサ		
投棄前	森林の伐採	森林が減少する。	光学センサ (植生変化)	○	△：中分解能（大規模のみ） ○：高分解能
		植生が変化する。			
		伐採部分の高さが変化する。	パナクロマチックステレオセンサ	○	×
		使用した重機が近くに存在する。	合成開口レーダセンサ	△	△：誤検知が多い
	地面の掘削	掘削部分の高さが低くなる。	パナクロマチックステレオセンサ	○	×
		掘削部分の土質が変化する。	高分解能光学センサ (目視、地表パターン変化)	×	△：目視 ×：地表の特徴変化
		使用した重機が近くに存在する。	合成開口レーダセンサ	△	△：誤検知が多い
	塀の設置	塀が現れる・塀の影が現れる。	高分解能光学センサ (目視、地表パターン変化)	×	△：目視 ×：地表の特徴変化
	進入道路の設置	進入道路が作られる。	高分解能光学センサ (目視)	×	△：習熟度次第
投棄中	投棄	投棄部分の土地被覆 が変化する。	金属くず	合成開口レーダセンサ	△：誤検知が多い
			廃プラスチック類	高分解能光学センサ (目視、地表パターン変化)	○
			瓦礫類などの建設廃材		○：目視（元が森林） △：目視（元が農地・裸地） ×：地表の特徴変化
			ゴムくず・廃タイヤ		
			その他		
		投棄部分の高さが変化する。	パナクロマチックステレオセンサ	○	×
		投棄部分の形状が変化する。	高分解能光学センサ (目視)	△	△：習熟度次第
投棄後	露出放置	（「投棄中」の投棄された部分の土地被覆変化と同じ）	—	—	—
	覆土 (混合)	覆土部分の形状が変化する。	高分解能光学センサ (目視、地表パターン変化)	×	△：目視 ×：地表パターン変化
		覆土部分の土質が変化する。			
		覆土部分の高さが高くなる。	パナクロマチックステレオセンサ	△	×
		投棄物が発熱することにより地表面温度が上昇する。	熱赤外センサ	○	×
		投棄物の伝熱性の違いにより地表面温度が変化する。			

* 本年度範囲で検討せず（×）のものについては、検討結果からの推察に基づく。

表 5-30：各種衛星センサからみた不法投棄検知能力と将来の可能性のまとめ

検知センサ		アルゴリズム	検知の可否		誤検知	現時点の適用可能性 ○：可能性あり △：条件付可能性あり ×：可能性低い		改善の方向性 (既存衛星利用)	将来的可能性
光学センサ	マルチスペクトル ・中分解能 ・解像度 20m	前兆行為としての森林変化 (NDVI)	可	森林部で（森林伐採後）投棄物が 60m 四方以上ある投棄物（物の種類によらない）	単に森林が変化した場所 収穫後の田畑	△ (大規模のみ)	検知能向上	複数のバンド情報を用いる。	ハイパースペクトルセンサが打ち上げられれば検知能力改善の可能性あり
			否	裸地の投棄物			誤検知削減	植生地図等の外部データを用いる。	
	マルチスペクトル ・高分解能 ・解像度 4m	前兆行為としての森林変化 (NDVI)	可	森林部で（森林伐採後）投棄物が 12m 四方以上ある投棄物（物の種類によらない）	単に森林が変化した場所 収穫後の田畑	○	不要		—
			否	裸地の投棄物					
	パンクロマチック ・高分解能 ・解像度 1m	地表の空間的特徴変化	可	（さらなる検討が必要であり、現時点で検知可能物・状態は不明）	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	△ (面的なパターン変化のみ)	検知能向上	ポイントの変化ではなく、面的なパターン変化に着目する。	観測条件の違い等による微小な変化を補正削減できれば、ポイントの変化について再検討の意義あり
			否	地表変化が目視でも判別できない場合			誤検知削減		
	マルチスペクトル & パンクロマチック ・高分解能 ・解像度 4m&1m	目視	可	10 数 m 四方以上ある露出放置された投棄物（場所によらない）	通常の投棄と類似した地表パターンを有する場所など （人の習熟度次第）	△ (人の習熟度次第)	検知能向上	不法投棄現場の衛星撮影事例集を作成し、人の習熟度を高める。 担当者・専門家のノウハウを活用した解析手順を導入する。	知識ベースに基づいたエキスパートシステムの実現により改善の可能性あり
			否	投棄物の粒径が小さい場合 地表背景と投棄物を区別できない場合 覆土または土と混合された場合			誤検知削減		
熱赤外センサ ・解像度 60m	地表熱変化	可	裸地において覆土（40cm 以下）された 60m 四方以上の投棄物（発泡スチロール等の断熱性が高い物または発熱性投棄物に限る）	市街地の温度変化	×	特になし		高分解能衛星が打ちあがれば再検討の意義あり	
		否	温度特性が土と類似した投棄物 覆土が厚い場合						
合成開口レーダセンサ ・解像度 30m	金属類	可	30m 四方以上ある家電製品等の金属系投棄物（場所によらない） 投棄現場の重機や金属板	金属製の屋根など 観測時に特定の条件を満たす地形、建造物	△ (誤検知を減らせば可)	検知能向上	不要	高分解能衛星が打ちあがれば異なる手法による活用可能性あり	
		否	金属系以外の投棄物			誤検知削減			中分解能光学センサー等の情報を組み合わせる。
パンクロマチック ステレオセンサ ・高分解能 ・解像度 2.5m	高さ変化	可	（さらなる検討が必要であり、現時点で検知可能物・状態は不明）	単に森林が変化した場所 市街地が変化した場所	×	特になし		高さの算出精度が高くなれば再検討の意義あり	
		否	地面を掘削した後に投棄物を埋めるなど、高さが変化しない場合						

6.不法投棄等衛星監視システムの基本設計

本章では、ゾーニング結果（第4章）ならびに画像解析の結果（第5章）をもとにつくられるサブシステム群を統合し、自治体等の不法投棄対策実務に適合した不法投棄等衛星監視システムを構築するための基本設計を行うことを目的とする。

まず、自治体の実務調査を行い(6.1自治体の実務調査)、それをもとにシステム化の範囲と方針を明確にした(6.2システム化方針の検討)。次に、システム化を検討していく前提として、実現方式の検討を行った(6.3システムの実現方式の検討)。最後に、これらの成果を受けて、衛星監視システムの基本検討を行うことで、システムの全体像を明確にした(6.4衛星監視システム検討)。

6.1 自治体の実務調査

本節では、システムの基本設計のための事前検討として、自治体(具体的には、青森県、栃木県、和歌山県、茨城県、福岡県、千葉県)の不法投棄対策実務担当者に実務についてヒアリングを行った結果を整理した。このヒアリング結果から、各自治体に共通する不法投棄対策の実務を明確にし、不法投棄監視・対応の現状実務フローを作成するとともに、実務における問題点についての整理を行い、衛星監視システムの位置付けと役割を明確にした。なお、本章での自治体は都道府県レベルの自治体を指す。また、自治体を出先機関、本庁に分けて呼ぶこととする。

6.1.1 目的と調査内容

(1)自治体の実務調査の目的

自治体実務調査は以下の2点を目的として実施した。

- (a)複数の自治体に対し、現状の不法投棄監視・対応に関する実務内容を調査することで、自治体で共通する実務内容を明確にすること
- (b)自治体の不法投棄監視・対応実務における問題点を調査し、その問題点を解決するために、衛星監視システムをどう設計していくべきかの基礎資料を収集すること

(2)自治体の実務調査内容

(a)実務調査対象自治体

実務調査は以下の6自治体を対象として実施した。

・青森県	(2001年11月14日実施)	・栃木県	(2001年11月22日実施)
・和歌山県	(2001年12月05日実施)	・茨城県	(2001年12月10日実施)
・福岡県	(2002年01月09日実施)	・千葉県	(2002年02月14日実施)

(b)実務調査の方法

各本庁の不法投棄対策の実務担当者、および保健所等の出先機関の監視担当者の方々からヒアリング形式で調査を実施した。また、実際の不法投棄現場を回り、不法投棄監視・対応実務について実地調査も行った。

(c)実務調査内容

実務調査を行った内容について概要をまとめると、以下の通りである。

ア)不法投棄の状況

- a)不法投棄の地理的分布、種類、規模
- b)不法投棄発生要因
- c)不良業者の実態

イ)監視・指導状況

- a)行政による監視状況
- b)行政の対応組織状況
- c)警察・他部局との連携状況

ウ)費用

- a)年間の不法投棄関連費用(監視、原状回復など)

エ)その他

- a)現状のコンピューターシステム化の状況

6.1.2 自治体の実務調査の結果

各自治体を調査した結果、不法投棄対応実務について、複数の自治体に共通した不法投棄対応に関する実務があることが明らかとなった。

ここでは、不法投棄事案1件1件に関する複数自治体の共通実務について

- 実務の実施タイミング
- 実務内容
- 関連する組織

といった観点でまとめを行うこととする。

(1)実務全体の流れ

現状の実務の実施タイミングの観点から、各自治体の不法投棄対応に関する実務を以下の3つのフェーズに分けて定義した。

(a)パトロールフェーズ

不法投棄が発見されるまでのフェーズ。監視担当者による定期的なパトロール、住民による通報などを含む。

(b)調査フェーズ

現場調査から対応方針を検討するまでのフェーズ。

(c)対応フェーズ

対応の実施フェーズ。不法投棄の継続・拡大防止対策、未然防止対策を含む。

上記(a)～(c)は不法投棄事案1件1件に焦点を当てた場合の定義であり、実際の不法投棄対応の実務は図6-1のように、それぞれのフェーズが一連の流れとなって作業が進んでいく。

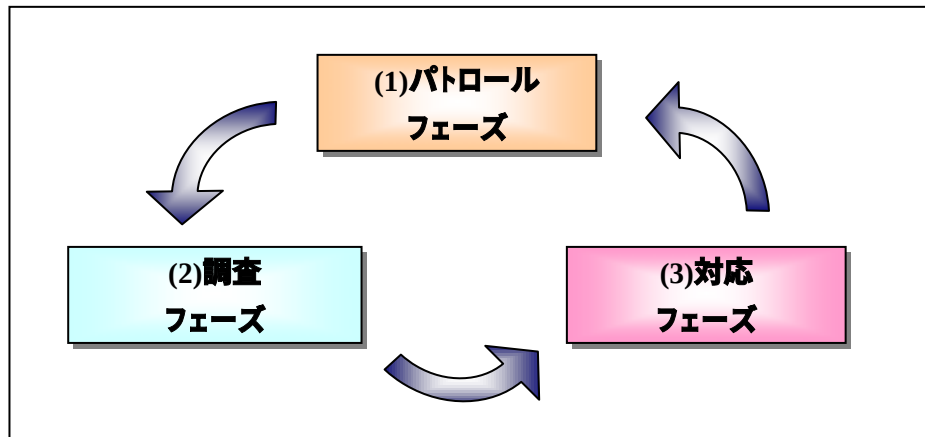


図6-1：実務全体の流れ

(2)個別実務のまとめ

実務全体の流れで整理した3つのフェーズそれぞれについて、実務内容、関連する組織という観点から以下に整理を行う。

(a)パトロールフェーズ

ア)パトロールフェーズ概要

パトロールフェーズについて全体概要を整理した結果が図6-2である。

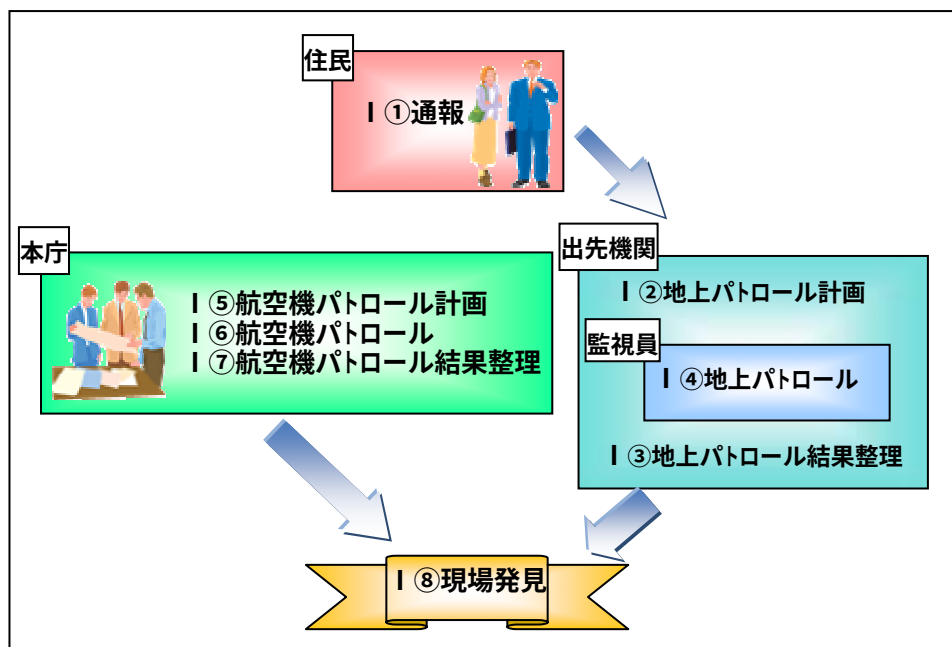


図6-2：パトロールフェーズ全体概要

イ)パトロールフェーズの実務内容と関連組織

パトロールフェーズの実務内容と関連組織をまとめたものが表6-1である。

表6-1：パトロールフェーズの実務内容と関連組織

項番	関連組織	実務内容	説明
I ①	住民	通報	付近住民が出先機関に通報する
I ②	出先機関	地上パトロール計画	住民の通報情報、過去のパトロール結果を元に、今後のパトロール計画を立てる
I ③		地上パトロール結果整理	地上パトロール結果の収集/整理を行う
I ④	監視員	地上パトロール	計画に基づいて地上パトロールを行う
I ⑤	本庁	航空機パトロール計画	過去の調査結果などを元に、今後の航空機パトロール計画を行う
I ⑥		航空機パトロール	計画に基づいて航空機パトロールを行う
I ⑦		航空機パトロール結果整理	航空機パトロール結果の収集/整理を行う
I ⑧	本庁 出先機関	現場発見	地上、航空機パトロールの結果から現場を発見/特定する。

(b)調査フェーズ

ア)調査フェーズ概要

調査フェーズについて全体概要を整理した結果が図6-3である。

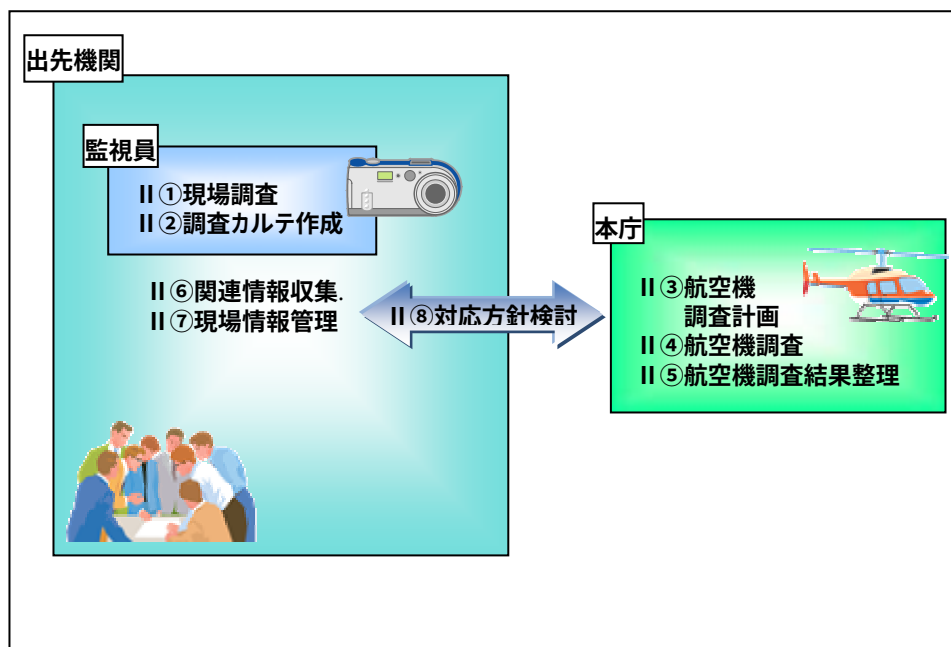


図6-3：調査フェーズ全体概要

イ)調査フェーズの実務内容と関連組織

調査フェーズの実務内容と関連組織をまとめたものが表6.1.2—2である。

表6-2：調査フェーズの実務内容と関連組織

項番	関連組織	実務内容	説明
Ⅱ①	監視員	現場調査	現地で詳細情報を調査する
Ⅱ②		調査カルテ作成	現場調査で得た情報を整理し、調査カルテとしてまとめる
Ⅱ③	本庁	航空機調査計画	地上からの調査が困難な場合、航空機調査の計画を立てる
Ⅱ④		航空機調査	計画に基づいて航空機調査を行う
Ⅱ⑤		航空機調査結果整理	航空機調査結果の収集/整理を行う
Ⅱ⑥	出先機関	関連情報収集	地目、地権者、行為者など現場調査を補完する情報を収集する
Ⅱ⑦		現場情報管理	現場調査の結果、関連情報収集結果、航空機調査結果を取りまとめ、不法投棄案件ごとに整理を行う
Ⅱ⑧	本庁・出先機関	対応方針検討	不法投棄案件ごとに対応方針を検討する

(c)対応フェーズ

ア)対応フェーズ概要

対応フェーズについて全体概要を整理した結果が図6-4である。

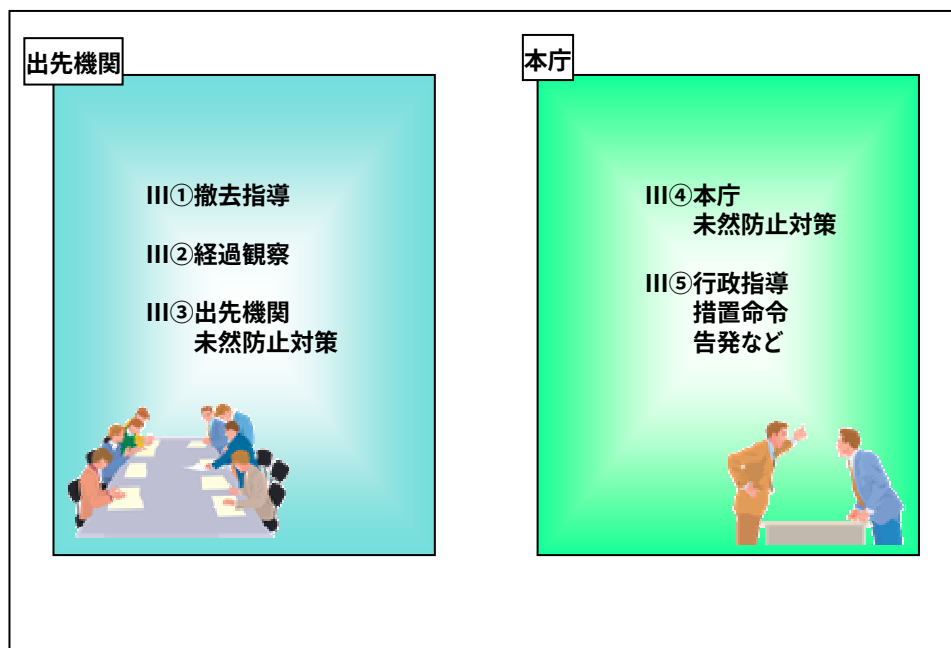


図6-4：対応フェーズ全体概要

イ)対応フェーズの実務内容と関連組織

対応フェーズの実務内容と関連組織をまとめたものが表6-3である。

表6-3：対応フェーズの実務内容と関連組織

項番	関連組織	実務内容	説明
Ⅲ①	出先機関	撤去指導	投棄者が判明した場合、対応策として、投棄物の撤去指導を行う
Ⅲ②		経過観察	投棄物によって環境が汚染されたり、投棄物を撤去した後に再び投棄されないように定期的に経過を観察する
Ⅲ③		出先機関 未然防止対策	出先機関による未然防止対策(防御柵の設置など)を行う
Ⅲ④	本庁	本庁 未然防止対策	本庁による未然防止対策(監視カメラの設置など)を行う
Ⅲ⑤		行政指導 措置命令 告発など	投棄者が判明した場合、対応策として、行政指導、措置命令、告発などを行う。

(3)実務フローのまとめ

個別実務の流れで整理したそれぞれの実務フェーズと関連組織をもとに、不法投棄対応実務の全体像をフロー化した結果が図6-5である。

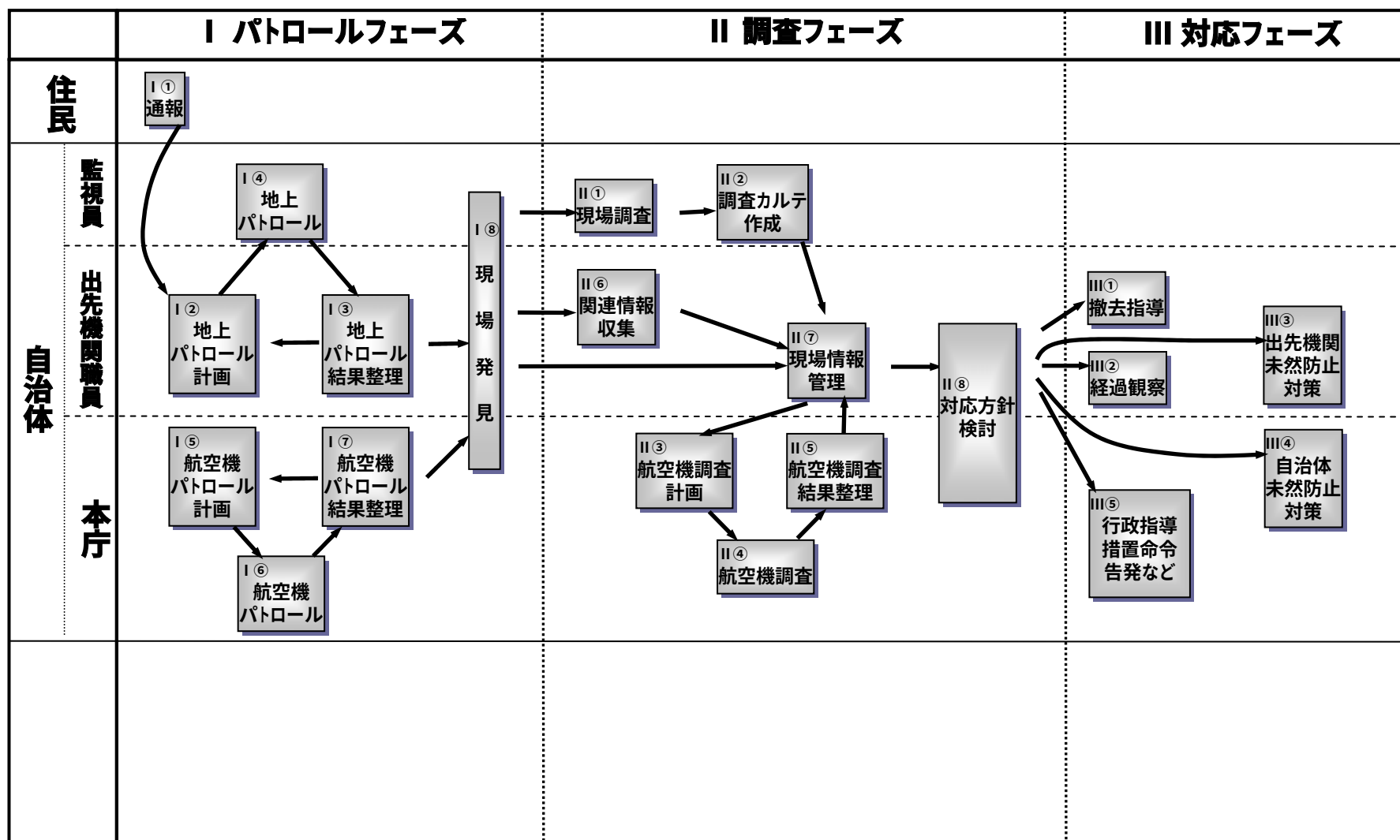


図6-5：現状の不法投棄対応実務フロー

(4)実務における問題点のまとめ

各自治体を調査し、不法投棄対応に関する実務について複数の自治体に共通した問題点を整理した。ここでは、以下に示す4つのカテゴリに問題点を分類し整理を行う。

- 過去の事例の情報活用における問題点
- 投棄現場発見方法における問題点
- パトロール、未然防止対策における問題点
- 事案ごとの情報整理における問題点

(a)過去の事例の情報活用における問題点

- 過去の不法投棄事例の活用が十分に行われていない。
- 他自治体の過去の不法投棄事例を活用できていない。
- 不法投棄発生要因の分析が十分に行われていない。

(b)投棄現場発見方法における問題点

- 航空機における新規現場発見率が低い。
- 航空機のチャーター費用が高い(民間機チャーターの場合)
- 地上パトロールでは立ち入りのできないエリアが存在する。
- 航空機パトロールでは発見できないエリア(覆土による隠蔽など)が存在する。
- 広域(県全体など)を一度に、定期的に調査をすることが難しい。

(c)パトロール、未然防止対策における問題点

- 地上/航空機パトロール結果を整理するのに時間がかかる。
- 地上/航空機パトロールの結果を次のパトロール計画に十分に活用できていない。
- 地上パトロール、航空機パトロール間での情報連携が十分に行われていない。
- 出先機関同士でのパトロール情報の連携が十分に行われていない。
- 未然防止対策結果を整理するのに時間がかかる。もしくは、整理をしていない。
- 本庁、出先機関間での未然防止対策を行っている情報についての連携が十分に行われていない。
- 出先機関同士での未然防止対策を行っている情報についての連携が十分に行われていない。

(d)事案ごとの情報整理における問題点

- 現地調査カルテの整理に時間がかかる。
- 現地調査カルテ、関連情報(地目、地権者、行為者など)などを事案ごとに整理するのに時間がかかる。
- 関連情報(地目、地権者、行為者など)を収集する際、他部局(土木・農林など)からの情報入手が迅速にできず、情報共有が十分に行われていない。
- 過去の事案の活用方法として、不良業者リスト(いわゆるブラックリスト)を作成するのに時間がかかる。もしくは、作成を行っていない。
- 月次/年次の集計を行うのに時間がかかる。

6.2 システム化方針の検討

本節では、まず、自治体の実務全体を範囲として、いくつかの業務をシステムとして定義するとともに、そのなかで衛星監視システムにより提供される業務を明確化し、全体の自治体業務システムに位置づけた。また、衛星監視システムのサブシステムごとにシステム化によるメリットを検討した。最後に、衛星監視システムを自治体の現状の実務フローに照らし合わせ、どのように自治体の実務が改善されるかを検討した。

まず、前節にてまとめた実務を以下のとおりに定義した。

(a) 「過去事例の活用における問題点」の解決方法の検討

「過去事例の活用における問題点」の解決方法として考えられる方法は以下の通りである。

- 過去の不法投棄事例等を元に、不法投棄発生の可能性を統計的に分析する。
- 他自治体の過去の不法投棄事例も分析に利用する。

これらの機能を有するシステムとして、衛星による「要監視地域抽出(ゾーニング)」システムを定義する。これは、衛星監視システムのサブシステムとする。

(b) 「投棄現場発見方法における問題点」の解決方法の検討

「投棄現場発見方法における問題点」の解決方法として考えられる方法は以下の通りである。

- 衛星画像を使用し、地上パトロールでは立ち入りのできないエリアの監視を行う。
- 衛星画像を使用し、航空機パトロールでは発見できないエリアの監視を行う。
- 衛星画像を使用し、広域の定期的な監視を行う。

これらの機能を有するシステムとして不法投棄箇所の「衛星監視(モニタリング)」システムを定義する。これは、衛星監視システムのサブシステムとする。

(c) 「事案ごとの情報整理における問題点」の解決方法の検討

「事案ごとの情報整理における問題点」の解決方法として考えられる方法は以下の通りである。

- 現地調査カルテ情報を電子情報として管理する。
- 関連情報を事案ごとに一元管理する。
- 過去の事例から不良業者リストなどの情報活用を行う。
- 年次/月次ごとに事例を集計する。

これらの機能を有するシステムとして「事案情報管理」システムを定義する。なお、このシステムは、衛星監視システムの外部システムとする。

(d) 「パトロール、未然防止対策における問題点」の解決方法の検討

「パトロール、未然防止対策における問題点」の解決方法として考えられる方法は以下の通りである。

- 地上/航空機パトロールの計画、結果を一元管理する。
- 地上/航空機パトロールの計画策定にあたり、相互のパトロール結果を利用する。

- 未然防止対策の計画、結果を一元管理する。
- 本庁、出先機関間で未然防止情報の相互利用を行う。
- 他部局(土木・農林など)の保有する関連情報も一元管理する。

これらの機能を有するシステムとして「パトロール・未然防止支援」システムを定義する。なお、このシステムは、衛星監視システムの外部システムとする。

以上に定義されたシステムを全体の自治体実務に衛星監視システムを位置づけた結果を図6-6に示す。

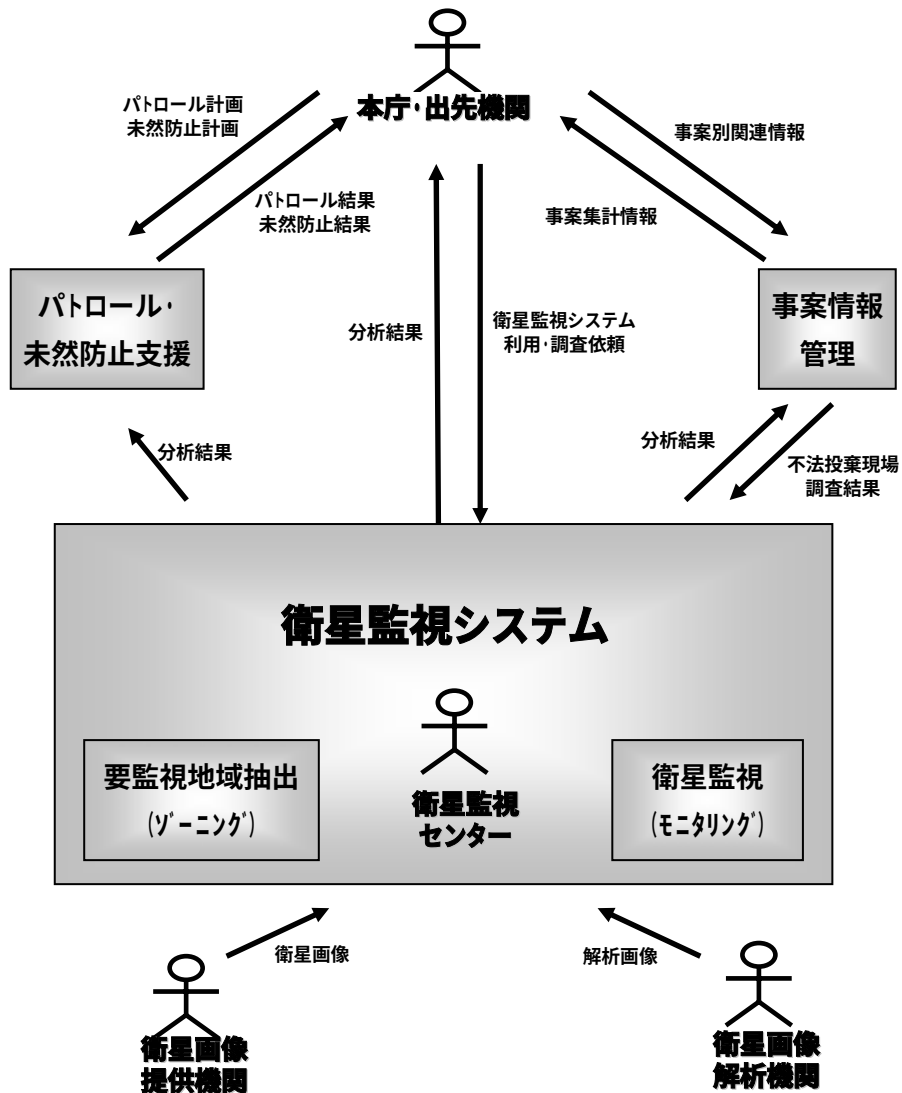


図6-6：自治体実務における衛星監視システムの位置づけ

次に、衛星監視システムの概要について、利用者、利用データ、業務の概要、システム化のメリットに関して検討した。結果は以下の通りである。

ア)システム利用者

- 自治体

イ)システム運用者

- 衛星監視センター（仮称）
- 衛星画像提供機関（衛星監視センターを通して利用）
- 衛星画像解析機関（衛星監視センターを通して利用、あるいは衛星監視センター内で解析業務を実施する）

ウ)利用データ

- GIS情報（ゾーニング因子<誘導因子、阻害因子>）
- 不法投棄現場調査結果データ
- 衛星調査依頼データ
- 衛星画像
- 解析画像
- 分析結果

エ)業務の概要

- GIS情報を元に、圏域レベルと現場レベルのゾーニングを行う。
- GIS情報を必要に応じて更新する。
- 過去の不法投棄事例をゾーニングに使用する。
- ゾーニング結果から、自治体ごとに衛星調査の必要性の高いエリアを選定し、コストを勘案した監視計画立案の支援を行う。
- 衛星画像を使用し、広域の定期的な監視を行い、不法投棄発生可能性の高いエリアを分析する。
- 衛星画像を使用し、地上パトロール、航空機パトロールで発見できないエリアと、不法投棄発生可能性の高いエリアを監視する。
- 衛星監視によって検知された不法投棄箇所の候補地の情報管理を行い、不法投棄パトロール・未然防止の支援をする。

オ)システム化のメリット

- 不法投棄発生可能性の高いエリアを把握できる。
- 衛星監視を効果的に行うための情報として活用できる。
- パトロール・未然防止の計画立案のための情報として活用できる。
- 広域を一度に監視することができるため、地上/航空機パトロールの代替として使用することで、地上/航空機パトロールの費用を大幅に抑えることができる。
- 地上/航空機パトロールでは発見が難しいエリアに対して、衛星画像の分析を通して人間の目では確認できない情報を分析できるため、不法投棄発見可能性が高くなる。

最後に、衛星監視システムのシステム構成について検討を行った。衛星監視センターのシステム構成の例を図6-7に、自治体のシステム構成の例を図6-8に示す。

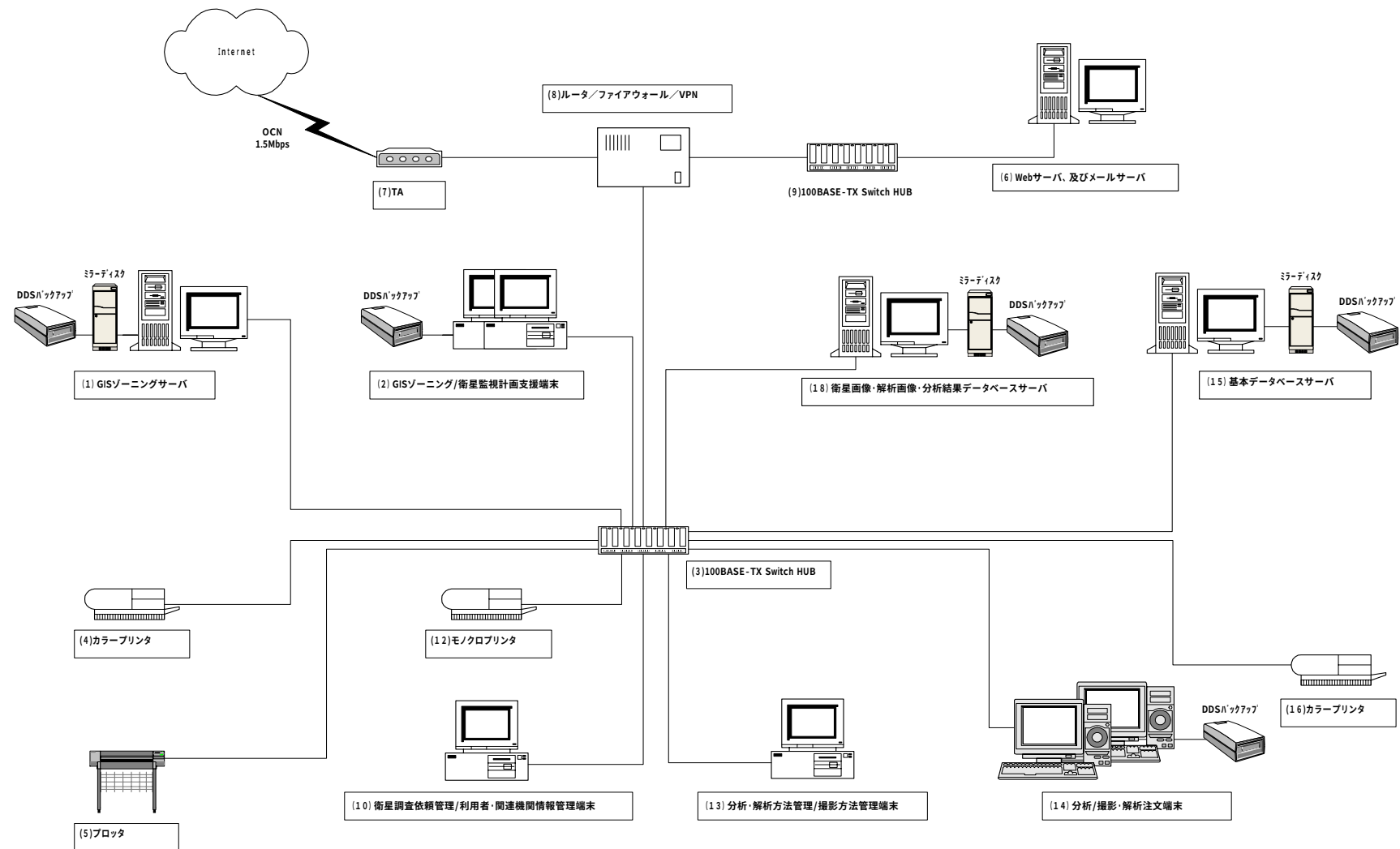


図6-7：衛星監視センターのシステム構成の例

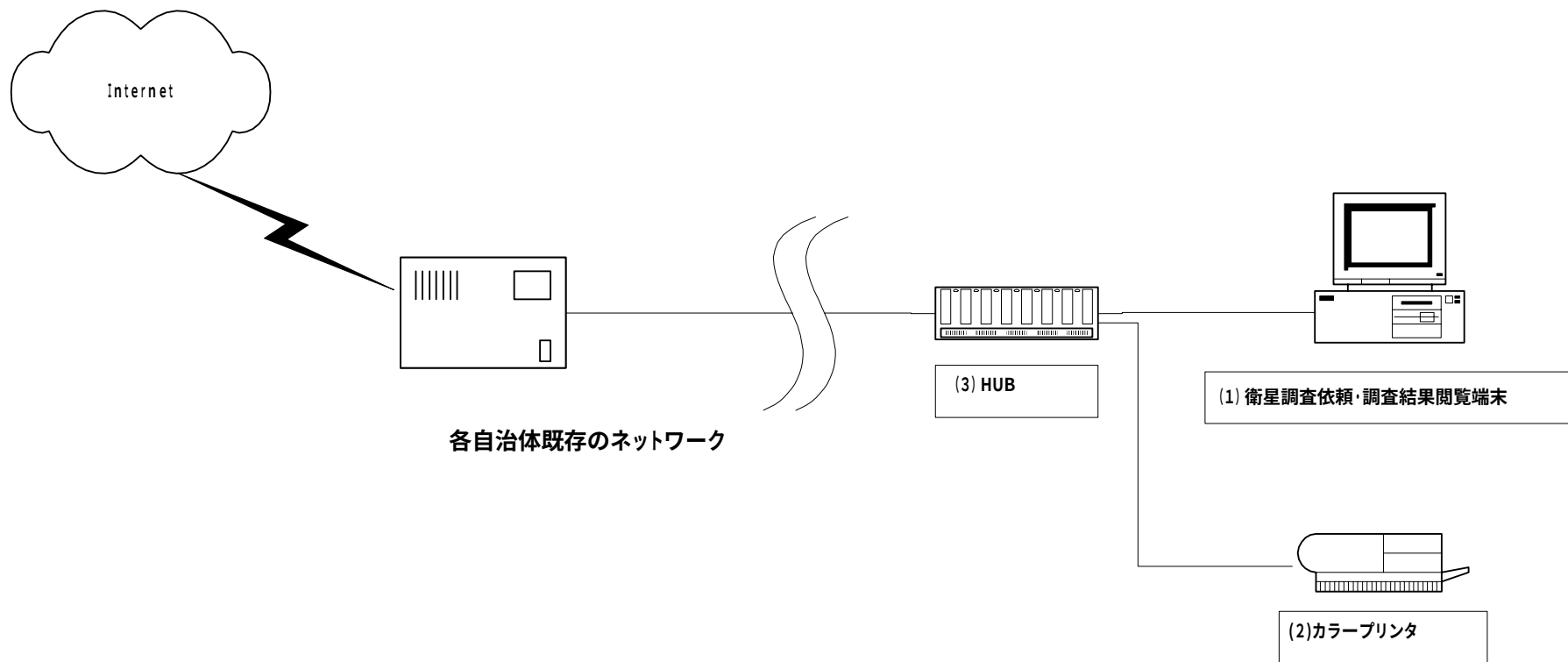


図6-8：自治体のシステム構成の例

6.3 システムの実現方式の検討

本節では、自治体と衛星監視センターの役割を明確にしながら、衛星画像購入に関するシステムの実現方式を検討した。まず、既存の衛星画像提供機関にヒアリングを行い、納期、ライセンス管理方法などの衛星画像注文条件を調査・整理した。次に、購入した画像のライセンスの取り扱いについて、自治体と衛星監視センターの役割分担方式を検討した。

6.3.1 衛星画像注文条件の調査

(1)衛星の種類

今回調査した衛星は以下の3つの種類である。

(a)高分解能衛星

より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使う。パンクロマチックセンサ(白黒)では約1m程度の分解能、マルチスペクトラルセンサ(カラー)では約4m程度の分解能である。

本節で対象とした衛星は、IKONOS、QuickBird、EROS-A1である。

(b)中分解能衛星

数十メートル以上の大きさを持つ対象物や広い範囲の大まかな状況を監視したい場合に使う。パンクロマチックセンサ(白黒)では約10m程度の分解能、マルチスペクトラルセンサ(カラー)は約25m程度の分解能である。

本節で対象とした衛星は、SPOT4、Landsat7である。

(c)合成開口レーダ(SAR)衛星

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、雲天や、夜間の撮影も可能である。

本節で対象とした衛星は、RADARSAT-1である。

また、今後打上げ予定の衛星としてOrbView-3、SPOT5を調査対象とした。

(2)衛星画像注文方法

衛星画像の注文方法についてまとめた結果を以下に示す。

(a)衛星画像注文の種類

ア)ライブラリー画像注文

ライブラリー化された衛星画像(以前撮影された衛星画像)の購入を行う。(購入前に衛星画像提供機関のホームページにて解像度を落とした間引き画像の閲覧が可能。)

イ)新規撮影画像注文

新たに衛星画像を取得する必要がある場合、撮影注文を行う。

(b)衛星画像注文方法

ア)電話

直接衛星画像提供機関と個別に電話で撮影日、納期等の相談を行う。(主に新規撮影画像注文の場合)

イ)FAX・郵送

衛星画像提供機関のホームページより衛星画像の注文シートをダウンロードし、必要事項を記入した後にFAX、あるいは郵送で送信を行う。

(c)注文時に必要となる事項

ア)ユーザ情報

納入先情報、使用目的(環境保全、地図利用、防災 等)

イ)製品名

各衛星の製品画像名(元画像、オルソ画像 等)

ウ)解像度／センサ

1m/白黒(パナクロマチック)、4m/カラー(マルチスペクトル) 等

エ)購入エリア

購入エリアの指定方法は以下3通りがある。

a)購入エリアの中心緯度経度と東西南北の長さで指定する。指定方法を図6-9で示す。

b)4点の緯度経度で指定する。指定方法を図6-10で示す。

c)衛星画像提供機関所定のメッシュで指定する。指定方法を図6-11で示す。

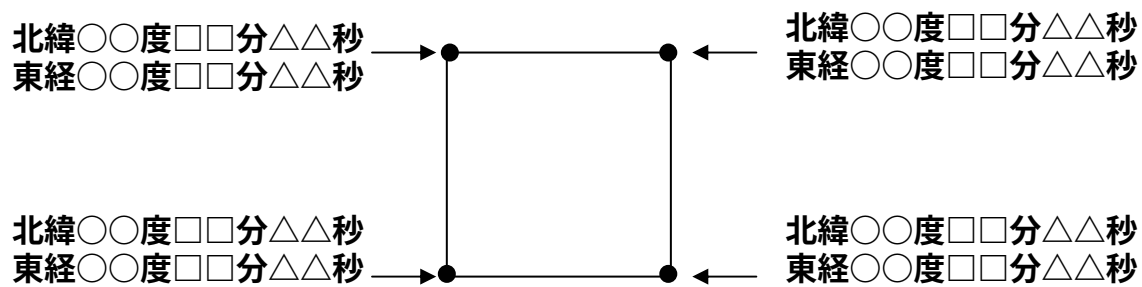


図6-9：購入エリアの中心緯度経度と東西南北の長さで指定

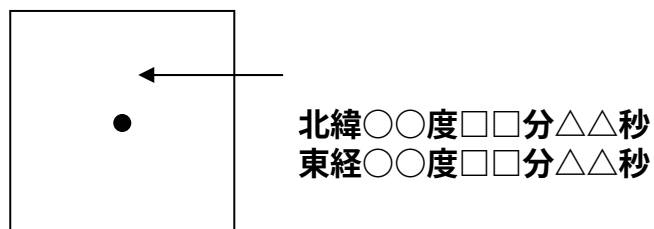


図6-10：4点の緯度経度で指定

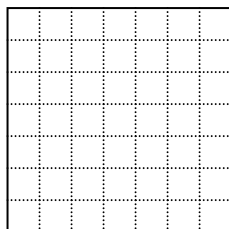


図6-11:衛星画像提供機関所定のメッシュで指定

オ)ファイル形式

GeoTiff、Tiff、ERDAS(.img)、JPEG、ビットマップ 等

カ)メディアの種類

CD-ROM、8mmテープ、4mmDAT、DVD 等

(d)受取方法

ア)宅配便

通常の場合は、メディア(衛星画像データ)を宅配便で受け取る。

イ)郵便

納期に余裕がある場合は、メディア(衛星画像データ)を郵便で受け取る。

ウ)ネットワーク経由のファイル転送

緊急の場合は、衛星画像データをネットワーク経由のファイル転送で受け取る。

(3)衛星画像注文例

衛星画像の注文の例として、新規撮影画像とライブラリー画像の場合を検討した結果を以下に示す。

(a)新規撮影画像の注文例

新規撮影画像の注文例としてIKONOSを例にして図6-12に示す。

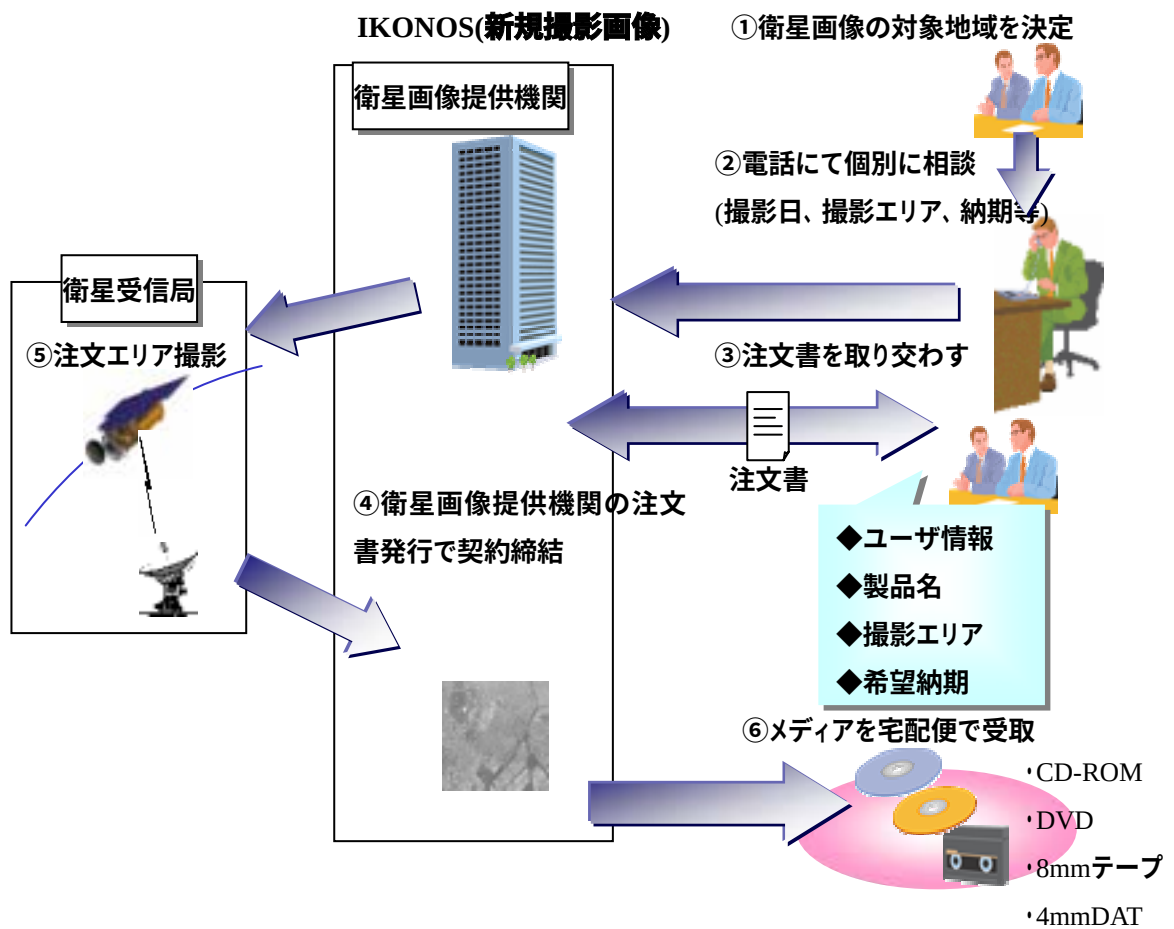


図6-12：新規撮影画像注文例

(b) ライブラリー画像の注文例

ライブラリー画像の注文例としてIKONOSを例にして図6-13に示す。

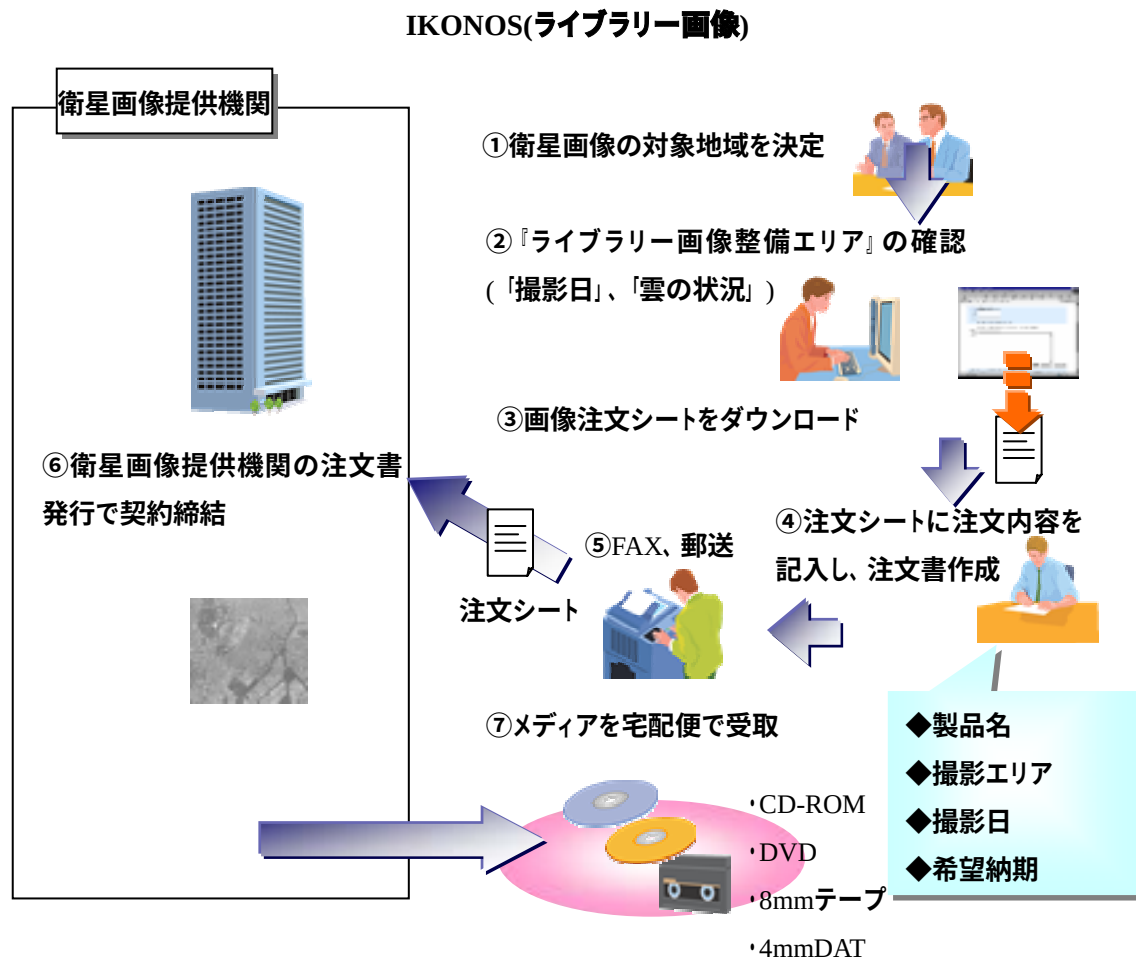


図6-13：ライブラリー画像注文例

(4) 衛星画像注文条件の例

衛星画像の注文するにあたり、考慮しなければいけない項目と衛星画像の販売権利について、IKONOS画像の新規撮影注文条件を例に挙げて以下に示す。なお、他衛星の画像販売権利については(6)衛星画像注文条件調査結果詳細一覧に示す。

(a) 納期

衛星画像提供機関と注文書を取り交わしてから、1～2ヶ月。なお、撮影時・場所によって納期は異なる。(衛星画像提供機関から衛星受信局に依頼し、撮影するまでに最も時間を費やす。)

(b)注文の締め切り

ア)通常の場合

撮影の1～2週間前まで

イ)緊急の場合

48時間まで

(c)撮影条件

被雲率が20%以上である場合、撮影は行わない。

(d)ライセンス形態

ア)一般ユーザ

同一法人、異なった3ヶ所までの所在地での内部利用

イ)マルチユーザ

同一法人、その下部・関連団体での 4ヶ所以上(無制限)の所在地での内部利用

ウ)その他

原則的に画像の加工・再販売等は可能だが、別途契約が必要。撮影枚数毎に付加価値料的ロイヤリティーが発生する。

(5)衛星画像購入にあたっての懸案事項と打開策

(a)懸案事項

衛星画像購入にあたっての懸案事項を以下に示す。

ア)納期

新規撮影の場合は衛星の周期等の影響、及び天候の影響により撮影注文から納品までに多くの時間を費やす。最も早くて4日(RADARSAT：観測要求、処理要求によって異なる。)、最も遅くて2ヶ月(IKONOS：撮影時・場所によって異なる。)である。

イ)価格

新規撮影による衛星画像の価格は高分解能衛星になればなるほど高価である。最安値は33万6千円(RADARSAT：Standardセンサ25m分解能、撮影エリア100km×100km)、最高値499万8250千円(IKONOS：マルチ1m分解能／パングロ4m分解能、撮影エリア121km² 特別コース)である。

ウ)ライセンス

原則的に画像の加工・再販売等は可能だが、別途契約が必要。撮影枚数毎に付加価値料的ロイヤリティーが発生する。

(b)懸案事項に対する打開策

上記に挙げた懸案事項に対して可能性のある打開策について以下に示す。

ア)納期

今後打上げられる衛星によって、衛星選定の選択肢が増える。これにより衛星の周期等による撮影日の影響が小さくなり、納期に時間がかかる問題も解消される。

イ)価格

今後衛星が増えることにより衛星画像の価格も安価になる。

ウ)ライセンス

ライセンスについては6.3.2自治体.衛星監視センターの役割検討の(2)衛星画像購入作業の役割検討に示す。

(6)衛星画像注文条件の調査結果詳細一覧

衛星画像注文に関する条件について分解能毎に調査した。

各高分解能衛星画像注文条件について表6-4に示す。

各中分解能衛星画像注文条件について表6-5に示す。

合成開口レーダ衛星画像注文条件について表6-6に示す。

今後打ち上げ予定の衛星画像について表6-7に示す。

表6-4：各高分解能衛星画像調査結果一覧

衛星名	センサ種類	分解能	撮影エリア (単位:km)	価格	納期	注文の締め切り	製品の種類 (元画像、オルソ等の 画像)、処理レベル	ライセンス	撮影条件	備考	代理店
IKONOS	パンクロマチックセンサ	1.0m	新規撮影基準エリア:最大東西20×南北50(km)、最小注文面積:121km ² 、最小注文幅:5km	新規撮影料(標準コース:エリア当たり120万円、特別コース:エリア当たり400万円)+画像代(パング・マルチ: ¥8,250/km ² 、パンシャープン: ¥10,500/km ²)	撮影時・場所によって異なるが、目安は1ヶ月～2ヶ月(天候不順地・時では、半年程かかる場合あり)	通常時(標準コース)の場合は1～2週間前、緊急時(特別コース)の場合は48時間前まで	・デジタルジオ画像 ・デジタルオルソ画像	原則的に画像の加工・再販売等は可能だが、別途契約が必要。撮影枚数毎に付加価値料的ロイヤリティが発生する。また、画像購入時のライセンス形態として、同一法人、3ヶ所までの異なった所在地での内部利用向けとなる「一般ユーザーライセンス」と同一法人、その下部・関連団体での無制限の所在地での内部利用向けとなる「マルチユーザーライセンス」がある。Webでの画像公開には別途契約が必要。しかし、省庁LANを使用しての公開であればマルチユーザーライセンスによって対応可能となる。	原則的に撮影日を指定しない場合は被雲率20%以上だと撮影はしない。	新規撮影料には標準コース(最大3回までの撮影、左記撮影条件該当、撮影日指定不可)と特別コース(撮影注文締切48時間前、撮影日指定可能、撮影回数1回のみ、左記撮影条件該当外)がある。	日本スペースイメージング(株)
	マルチスペクトラルセンサ	4.0m									
	パンシャープン (1m白黒画像と4mカラー画像を合成した1mカラー画像)	1.0m									
QuickBird	パンクロマチックセンサ	0.61m	スナップショット: 16.5km×16.5km、ストリップ: 16.5km×165km、ステレオ(標準): 16.5km×16.5km	画像に撮影料金が含まれる。IKONOSよりも安価になる予定。	通常ならば3～4週間が目安	通常時5日前まで。緊急時72時間前まで	・基本画像 ・幾何補正画像 ・オルソ画像等	購入した画像の再販売に関しては、注文毎に上乗せが生じる。画像解析等に関しては、企業毎によって異なり、個別契約を要する。	原則的に撮影日を指定しない場合は被雲率20%以上だと撮影はしない。	QuickBirdの観測幅に関しては、スナップショットは1ショットの基本的な撮影であり、ストリップは衛星の進行方向に連続して撮影。ステレオはスナップでの撮影に、角度を変えながら取ることによって3D表示を可能とする撮影である。また、未だ衛星が打ち上がって間もないため、詳細事項は決定されていない。	日立ソフトウェアエンジニアリング(株)
	マルチスペクトラルセンサ	2.44m									
EROS-A1	パンクロマチックセンサ	1.8m	12.5×12.5	新規撮影:64万円 アーカイブ:32万円	撮影時期・場所によって異なるが、3週間程度で納品	原則3日前	・輝度補正画像 ・幾何補正画像	加工は原則自由、再販については別途相談 Webでの画像公開は不可である。	被雲率が20%以下時に撮影された画像に関して購入義務が発生する。	オーバーサンプリング技術で分解能0.9m相当の画像を生成することが可能。ステレオペア画像の撮影が可能。	(株)NTTデータ (財)リモートセンシング技術センター

表6-5：各中分解能衛星画像調査結果一覧

衛星名	観測センサ名		分解能	撮影エリア (単位: km)	価格	納期	注文の締め 切り	製品の種類 (元画像、オルソ等の画像)、処 理レベル	ライセンス	撮影条件	備考	代理店名
SPOT4	HRVIR-X: High Resolution Visible and Infrared / Multispectral Mode	マルチ	20m	60×60	1シーン\317,200。加えてブ ロッキング代\97,600 (優先 観測要求時\475,800) また、同ビームモードで観 測角度が異なる2シーンを 組み合わせた画像を購入 する場合はペアの画像が \475,800+ブロッキング代 \237,900となる。	6日～20日 程度 (撮影 依頼の方法 によって異 なる)	3日前 (基本 的には1週間 前まで)	ラジオメトリック補正・幾何補正・ 地図投影・画像を北が上になるよ うな処理・オルソ補正	別途相談 Webでの公 開は不可で ある。	被雲率20%以 下時に撮影さ れた画像に 関しては購入 義務が発生 する	同じ場所を撮影する 場合は、2枚目以降、 画像代が半額とな る。	(株)イメージワン
	HRVIR-M: High Resolution Visible and Infrared / Monospectral Mode	パンクロ	10m									
Landsat7	ETM+:Enhanced Thematic Mapper, Plus	マルチ	30m	185×170	\84000、新規撮影料は無 料だが、固定観測なので撮 影したい場所は限定され る。また、撮影日の指定は できない。	4週間程度	3週間以上前	L0R(未補正) L1G(ラジオメトリ ック、幾何補正) でジオコード (真北が上) のオプション	別途相談 Webでの公 開は不可で ある。	被雲率20%以 下時に撮影さ れた画像に 関しては購入 義務が発生 する	国家レベルの問題が 生じた場合の注文は 常時受付。最も早い 観測計画に無料で組 み込まれる。	(財) リモート・セ ンシング技術セ ンター
		熱赤外	60m									
		パンクロ	15m									

表6-6：合成開口レーダ (SAR)衛星画像調査結果一覧

衛星名	センサ種類	分解能	撮影エリア (単位: km)	価格	納期	注文の締め切り	製品の種類 (元画像、オルソ等の 画像)、処理レベル	ライセン ス	撮影条件	備考	代理店
RADARSAT-1	Fine	8m	50×50	画像代:\40,500+ 処理要求代	4日～3週 間 (観測 要求、処 理要求に よって異 なる)	緊急観測要求 時:3日前、優先 観測要求時:4日 前、標準観測要 求時:4日前 (但 し、標準観測要 求の場合、要求 時には他の 要求が優先され ることがある)	シグナルデータ・シン グルコンプレックス・パ スイメージ・パスイメ ージ・プラス・マップイメ ージ・プレジションマップ イメージが処理レベル として挙げられる。(左 記、価格項目の画像 代にはパスイメージの 価格を表記)	別途相談 Webでの 公開は不 可	合成開口 レーダー (SAR) の場 合は、雲を 透過するた め雲量によ る影響はな い。	観測要求に関しては、緊急 観測:\135,000、優先 観測:\67,500、標準観 測:\13,500を支払う。ま た、画像送信に關して は、緊急観測要求の場合 はFTPで1日以内、そ の他の観測要求では CD-ROMの郵送で6日程 度かかる。処理時間要 求に關しては、準リアル タイム (数時間以内の処 理):\135,000、特急 (24 時間以内の処理):\n675,000、標準 (7日程 度の処理): 無料を支払 う。	(株)イメージワン
	Standard	25m	100×100	画像代:\33,600+ 処理要求代							
	Wide	30m	150×150	画像代:\39,800+ 処理要求代							
	ScanSAR Narrow	50m	300×300	画像代:\40,500+ 処理要求代							
	ScanSAR Wild	100m	500×500	画像代:\40,500+ 処理要求代							
	Extended High Mode	25m	75×75	画像代:\40,500+ 処理要求代							
	Extended Low Mode	35m	170×170	画像代:\40,500+ 処理要求代							

表6-7：今後打ち上げ予定の衛星画像一覧

衛星名	センサ種類	分解能	撮影エリア (単位:km)	価格	納期	注文の締め切り	製品の種類 (元画像、オルソ等の 画像)、処理レベル	ライセンス	撮影条件	備考	代理店
OrbView-3	パナクロマチックセンサ	1.0m	8×8	アーカイブ画像 1.5万円/km2 ※最低購入量 制限あり (予定) 新規撮影 1 シーン 100万円 (予定)	撮影時 期・場所 によって 異なる。	別途相談	・オルソ画像 ・幾何補正画像	画像の加 工、再販は 可能である が、別途契 約が必要。	被雲率を設 定して注文 を行うこと ができる。	2002年7月以 降に打上げ 予定(2002年 2月現在)	(株) NTTデー タ
	マルチスペクトラルセンサ	4.0m									
SPOT5	パナクロマチックセンサ	5m (オーバ サンプリ ング技術 で2.5m相 当まで作 成が可 能)	60×60 120×120	未定	未定	未定	・ラジオメトリック補正 ・幾何補正 ・地図投影	別途相談	未定	2002年4月打 上げ予定 (2002年2月 現在)	未定
	HRS (DEM作成用パナクロ マチックセンサ)	10m									
	マルチスペクトラルセンサ	10m									

6.3.2 衛星画像購入におけるライセンスの取り扱いに対する役割検討

(1)衛星画像購入に関連する作業

衛星監視システムにおける画像購入に関連する作業の内容は、大きく「衛星画像の注文」、「衛星画像の購入依頼」、「衛星画像の費用負担」、「画像解析の詳細依頼」、「解析結果・分析結果の利用」の4つに分けられる。作業内容については表6-8に表すとおりである。

表6-8：衛星画像購入における作業内容

作業	作業内容	作業主体	
		自治体	適正処理衛星監視センター
衛星画像と監視対象物の注文	監視計画に基づいて撮影エリアを決定して衛星画像ならびに監視対象物の注文を行う。	○	
衛星画像の購入依頼	注文された撮影エリアについて、衛星画像提供機関へ撮影を依頼し、衛星画像データ(媒体)の受取り、衛星監視センターへ登録、保管を行う。		○
衛星画像の費用負担	衛星画像の費用を負担する。	○	
画像解析の詳細依頼	注文された監視対象物に応じて、適切な解析方法を選択したうえで、衛星画像解析機関へ衛星画像の解析依頼を行い、解析結果データ(媒体)の受取り、衛星監視センターへ登録、保管を行う。		○
解析結果・分析結果の利用	Webを介してブラウザ上で解析結果・分析結果を閲覧する。	○	

○：作業主体を表す。

このように、各作業については、自治体と衛星監視センターの役割は明確になっている。しかし、衛星画像ライセンスの所持ならびに衛星画像費用の支払い¹については役割が明確になっていない。

そこで、「衛星画像ライセンスの取り扱い」における役割を検討した。

¹ ここでいう「支払い」とは、直接金銭を授受することを指す。ここでは、費用負担は自治体の役割であるため、衛星監視センターが衛星画像費用を支払うということは、自治体が発した費用を、衛星監視センターが衛星画像提供機関に支払うということを意味する。

(2)衛星画像ライセンスの取り扱いにおける役割の検討

衛星画像の購入をする際に自治体がライセンスを所持する場合、衛星監視センターがライセンスを所持する場合、それぞれについて検討を行い、利点と問題点を整理した。

(a)自治体がライセンスを所持する場合(媒体管理も含む)

ア)利点

- 各自治体内部で衛星画像が利用できる。

イ)問題点

- 全ての画像データを衛星監視センターで一元管理するためには、衛星監視センターが衛星画像提供機関、衛星画像解析機関と衛星画像、解析結果の再販契約が必要になる。
 - 衛星監視センターと自治体との間で画像データ(媒体)のやり取りが煩雑になる。
 - 衛星画像の解析を第三機関へ依頼する場合には、別途解析依頼契約が必要である。
- 自治体がライセンスを所持する場合の問題点について以下の図6-14に示す。

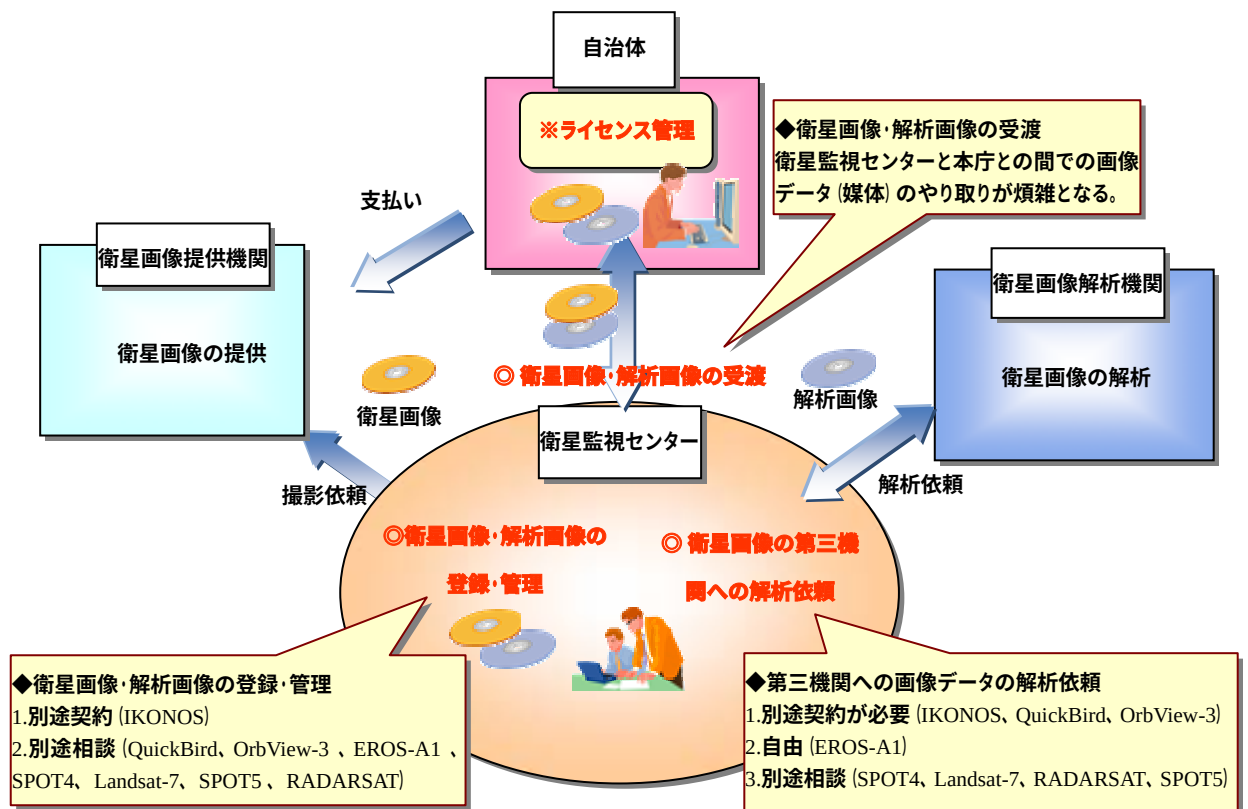


図6-14：自治体が衛星画像ライセンスを所持する場合の問題点

(b)衛星監視センターがライセンスを所持する場合(媒体管理も含む)

ア)利点

- 全ての画像データを衛星監視センターで一元管理することが可能になる。
- 複数の自治体で衛星画像を利用できる。
- 衛星画像購入に係わる自治体と衛星画像提供機関との調整が不要になる。

イ)問題点

- 衛星画像の第3機関への画像解析の依頼に別途契約が必要になる。
 - 自治体に衛星画像データ、解析結果を渡す場合は別途契約が必要になる。
 - 衛星画像の解析を第三機関へ依頼する場合には、別途解析依頼契約が必要である。
 - Webによる自治体への衛星画像の公開は別途契約が必要になる。
- ※ 衛星によってはWebによる衛星画像公開が認められないものもある。

衛星監視センターがライセンスを所持する場合の問題点について以下の図6-15に示す。

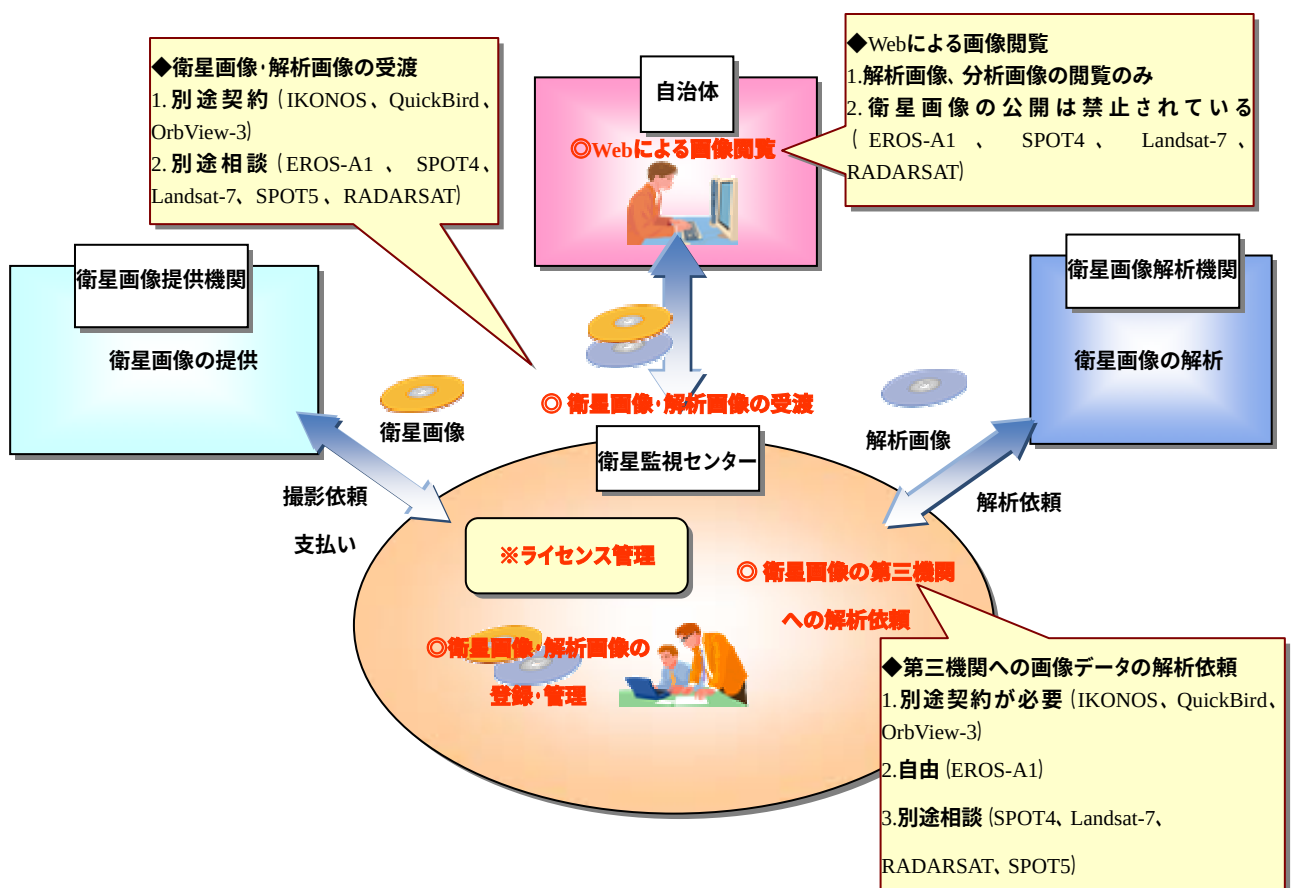


図6-15：衛星監視センターが衛星画像ライセンスを所持する場合の問題点

(c)自治体が衛星画像ライセンスを所持する場合と衛星監視センターが衛星画像ライセンスを所持する場合の比較

自治体、衛星監視センターがそれぞれ衛星画像を購入した場合について比較した結果を以下の表6-9に表す。

**表6-9：自治体が衛星画像ライセンスを所持する場合と
衛星監視センターが衛星画像ライセンスを所持する場合の比較**

	衛星画像ライセンスの所持主体	
	自治体	衛星監視センター
衛星監視センターへの衛星画像の登録・管理		○
衛星画像の第3機関への解析依頼	△	△
衛星監視センターへの解析画像の登録・管理		○
自治体への画像データ受渡	○	
複数自治体での衛星画像の利用		○
自治体内部での衛星画像の利用	○	

◎：最も優れている
○：優れている
△：どちらともいえない

6.4 衛星監視システムの運用に関する検討

本節では、システムの運用設計として、不法投棄等衛星監視システムが提供するサービス内容を検討する。この中ではシステムの利用イメージを具体化させるために、想定されるシステムの運用フローを検討する。また、各サービス内容に詳細なビジネスフローを検討することで、システム化機能を明確化し、機能間のデータの流れを明らかにする。最後に、画面イメージを明確にするために、標準的な画面の検討、代表的な画面の検討を行う。

6.4.1 衛星監視システムの運用に関する検討方法

衛星監視システムの運用に関する検討における全体の流れを明確にし、本節で使用する使用する用語及びドキュメントの概要について定義を行う。

(1)本節で使用するシステム設計に関する用語の定義

本節で使用するシステム設計に関する用語の定義を以下に示す。

(a)運用実務

自治体などにおける不法投棄対策実務を時系列で分別した作業単位である。

(b)業務

運用実務の中で、システム化対象を抽出し、その内容によって分別した作業単位である。

(c)機能

業務の内、自治体が行う作業を手作業と呼び、システムが実行する作業を機能と呼ぶ。

(2)検討結果一覧

本年度のシステム運用検討において作成したドキュメントを表6-10に一覧にして示す。また作成ドキュメントの流れを図6-16に示す。

表6-10：検討結果一覧

検討項目	検討内容	該当箇所	ドキュメント名
運用実務 検討	必要な運用実務について検討する。	表6-11	運用実務一覧
		図6-17～18	運用実務フロー
業務検討	必要な業務及びそれに付随するものについて検討する	表6-12	実務・業務マトリックス
		表6-13	業務一覧
		図6-19	概要ビジネスフロー
		表6-14	組織一覧
		表6-15	データ一覧
機能検討	必要な機能について検討する	表6-16	詳細ビジネスフロー一覧
		図6-21～27	詳細ビジネスフロー
		参考資料	
画面検討	画面の標準化及び代表的な画面について検討する	参考資料	画面イメージ標準化の検討
		表6-17	画面イメージ一覧
		図6-28～35	画面イメージ

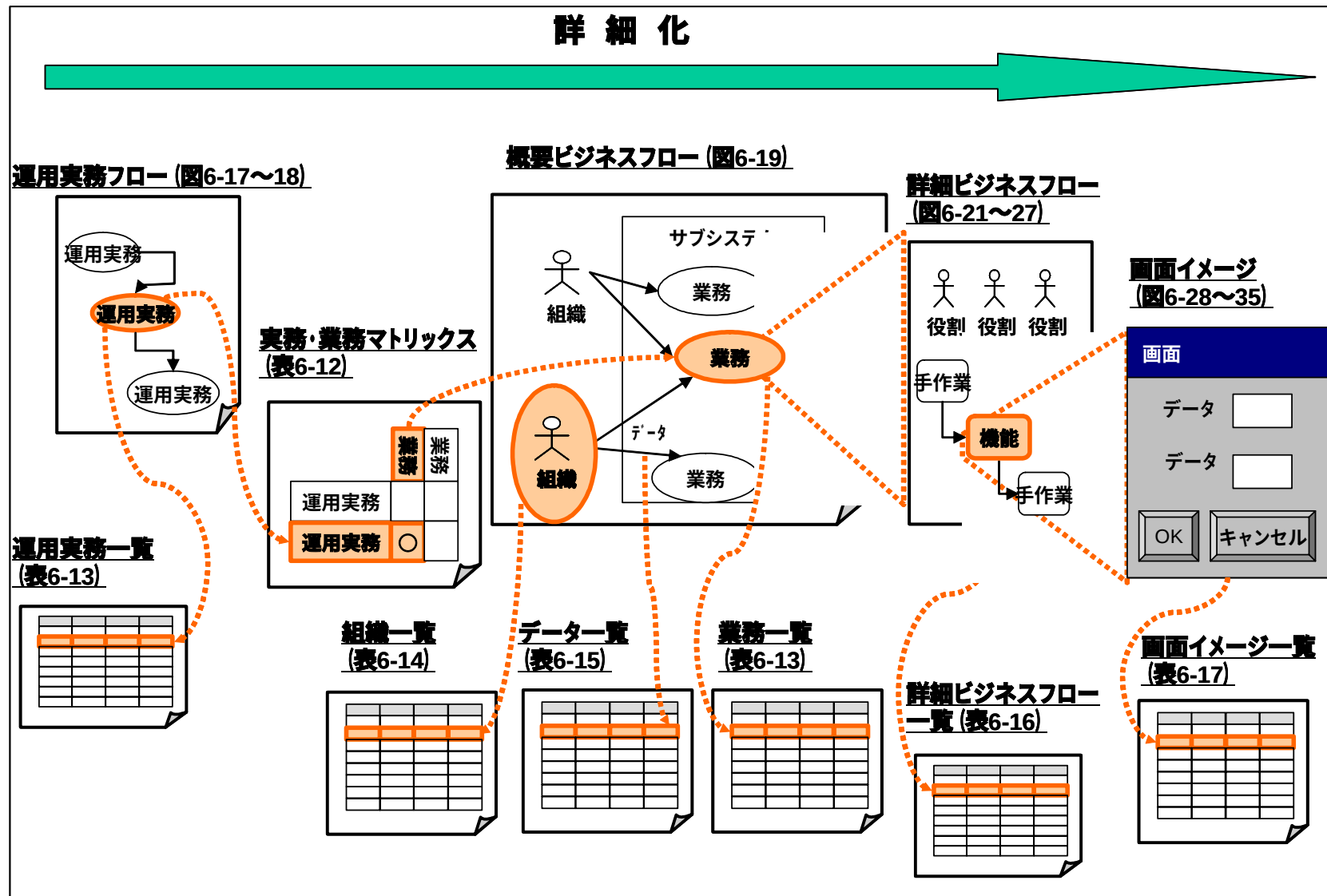


図6-16：作成ドキュメントの流れ

6.4.2 衛星監視システムの運用イメージの検討

衛星監視システムの運用イメージの検討を行う。

(1)運用実務一覧

システムの運用イメージを明確化する上で、必要とされる運用実務を検討した結果を表6-11に示す。なお、表の中に記載されているフェーズの意味を以下に定義する

(a)計画注文フェーズ

システム利用者がシステム利用依頼を申し込み、システム運用者による支援のもと、システム利用者が衛星による監視計画を立案し、衛星監視の調査依頼を申し込む段階。

(b)注文検討フェーズ

システム運用者がシステム利用者からの依頼を受け取った後、その依頼に最適な調査方法を検討し、その実現性等を検討する段階。

(c)実施フェーズ

衛星画像提供・解析機関や衛星監視センターによって調査が実施されている段階。

(d)受領フェーズ

調査を完了し、調査結果を閲覧したシステム利用者が今後の対処を検討する段階。

表6-11：運用実務一覧

フェーズID	フェーズ	運用実務番号	運用実務名	運用実務概要
I	計画注文フェーズ	I 1	システム利用依頼	システムを利用する自治体が、システム利用依頼を衛星監視センターに届け出る。
		I 2	ゾーニング結果による衛星監視の決定	ゾーニング結果、現地調査結果やパトロール計画に基づき、目視では判断できない不法投棄監視候補地に対して、衛星での監視を決定し、衛星の撮影範囲・撮影回数・撮影日等を決定し、計画書としてまとめる
		I 3	調査依頼	自治体が衛星監視計画書を下に、衛星画像を使って欲しい情報や条件を検討し、衛星による調査依頼を申し込む。
		I 4	依頼内容の確認	自治体からの調査依頼に対して妥当性を判断する。
		I 5	衛星調査エリア選定	ゾーニング結果を利用して、衛星による調査が必要なエリアを選定する
		I 6	衛星監視計画立案	衛星調査が必要なエリアをデータとして利用し、年間の監視計画立案の支援を行う。また、監視計画を利用してシステム運用者から衛星調査依頼を行う事も可能である。
II	注文検討フェーズ	II 1	分析・解析方法の検討・選定	調査依頼に最適な分析・解析方法を検討・選定を行い、分析・解析を実行する際に生じる費用等必要詳細項目を決定する。
		II 2	衛星撮影方法の検討・選定	検討・選定された分析・解析方法に対して最適な衛星及び撮影方法を検討・選定を行い、撮影を実行する際に生じる費用等必要詳細項目を決定する。
		II 3	撮影方法の実現可否問合せ	選定した撮影条件が実現可能か否かを衛星画像提供機関に問合せ
		II 4	撮影方法実現可否判断	衛星監視センターで検討・選定された撮影方法が実現可能かを判断し、返答する
		II 5	調査方法の実施是非問合せ	衛星監視センターが検討・選定した実現可能な分析・解析・撮影方法に対して、依頼されている調査を実施しても問題がないかを自治体にメールで問合せ
		II 6	調査方法実施の確認・検討	自治体が衛星監視センターの検討・選定した実現可能な分析・解析・撮影方法に関して問題がないかを確認し、返答を行う

表6-11（つづき）：運用実務一覧

フェーズID	フェーズ	運用実務番号	運用実務名	運用実務概要
III	実施フェーズ	III1	衛星画像の撮影を注文	注文検討フェーズで決定された撮影方法の下に、メール・電話・FAX等を利用して衛星画像提供機関に衛星画像の撮影を注文する
		III2	衛星画像撮影	衛星画像の撮影を行う。
		III3	撮影した画像を登録する	衛星画像提供機関から撮影された衛星画像をCD-ROM等で受け取り、それを保存し、管理する。また撮影された事によって判明する衛星画像の詳細情報を登録し、管理する
		III4	衛星画像の解析を注文	注文検討で決定された解析方法の下に、メール・電話・FAX等を利用して衛星画像解析機関に衛星画像の撮影を注文する
		III5	衛星画像解析	衛星画像の解析を行う
		III6	解析した画像を登録する	衛星画像解析機関から衛星画像の解析結果をCD-ROM等で受け取り、それを保存し、管理する
		III7	衛星画像分析	実施フェーズで保存された衛星画像の解析結果を利用して、衛星画像の分析を行う
		III8	分析した画像を登録する	衛星画像の分析結果を保存し、管理する
IV	受領フェーズ	IV1	調査依頼完了通知	調査依頼の完了を自治体に伝える
		IV2	調査結果閲覧	自治体が調査結果(衛星画像・解析結果・分析結果等)を検索・閲覧する
		IV3	今後の対処検討	調査結果を受けて、現地調査・パトロール計画等にどのように応用させるか、または再度衛星監視を続行するかを検討する

(2)運用実務フロー

検討された運用実務が実際どのように運用されるかを時系列でまとめ、運用実務フローとしてまとめた。なお、図は使用する衛星画像の種類と衛星監視注文主体によって以下のように分けて記述した。

(a)図6-17：運用実務フロー(新規撮影版)

自治体がシステム利用者として新規撮影画像による調査を依頼するケースを表す。

(b)図6-18：運用実務フロー(ライブラリー画像版)

自治体がシステム利用者としてライブラリー画像による調査を依頼するケースを表す。

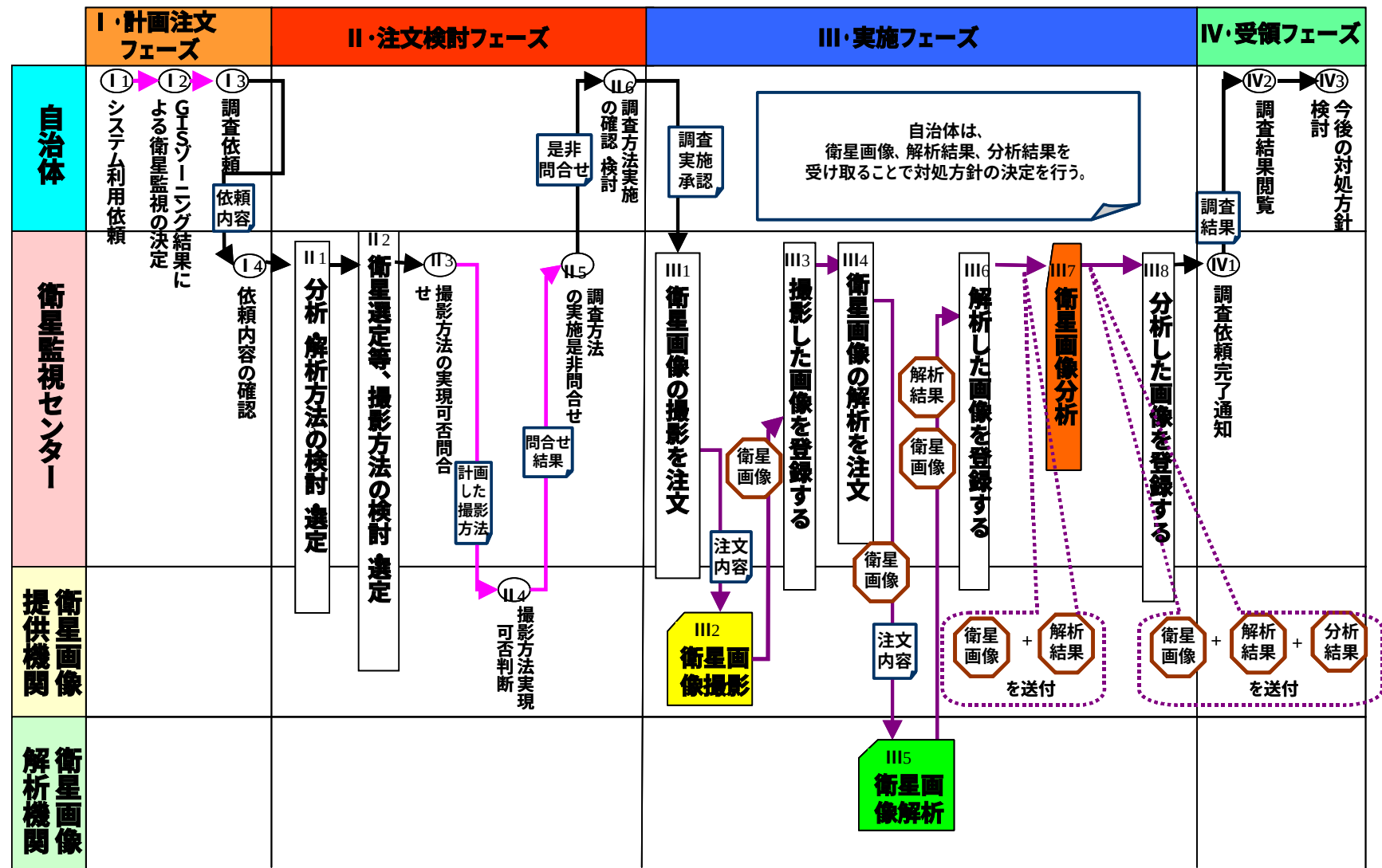


図6-17：運用実務フロー(新規撮影版)

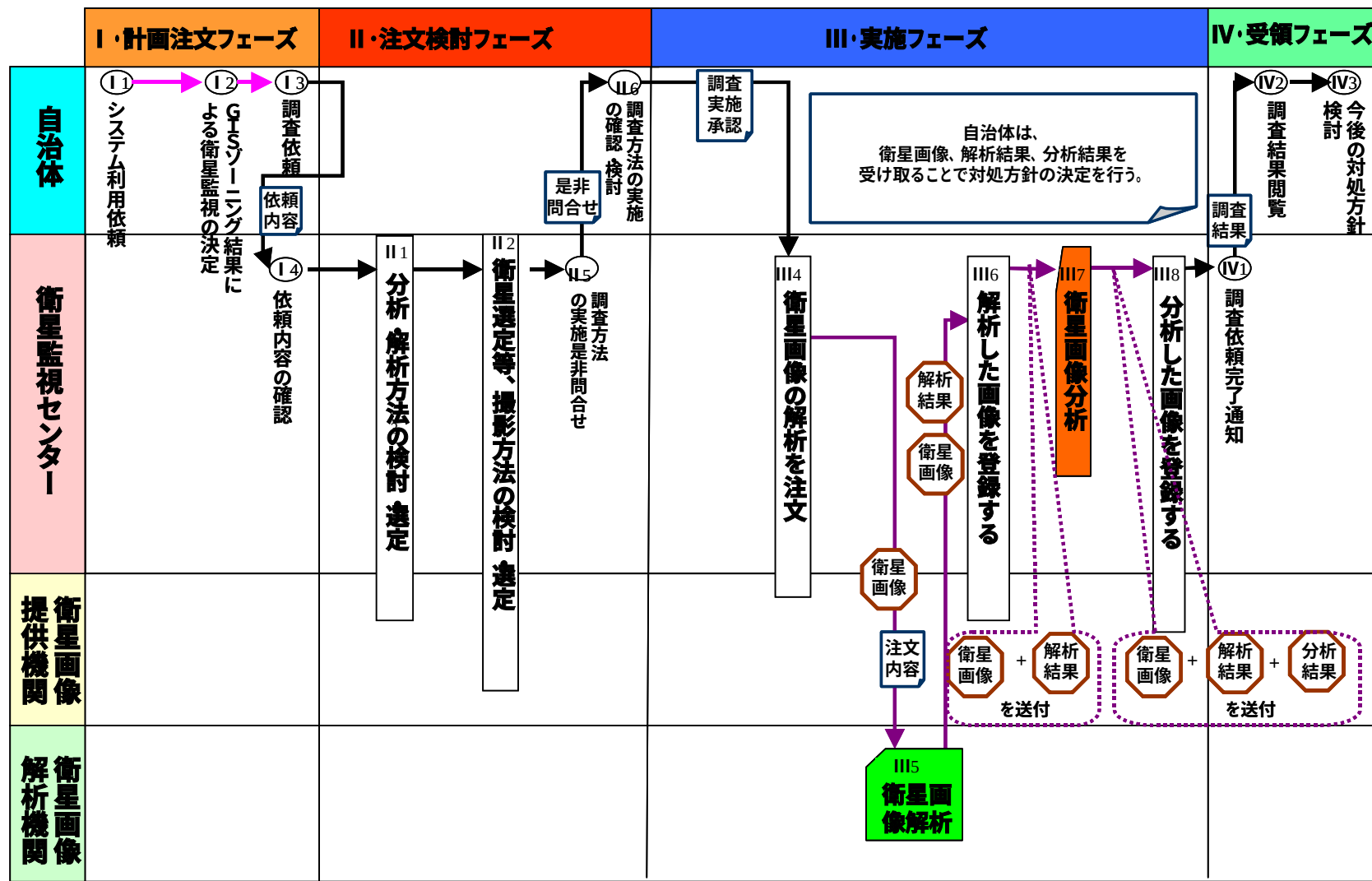


図6-18：運用実務フロー(ライブラリー画像版)

6.4.3 衛星監視システム運用へ向けての設計

本節にて検討を行った運用イメージの検討結果から、システム化対象業務を明確化し、各業務ごとに詳細なビジネスフローの検討を行うことで、詳細機能を検討する。また、画面イメージを明確化させるために、標準的な画面の検討、代表的な画面の検討を行う。

(1) システム化対象業務の検討と業務間の関連検討

(a) 運用実務とシステム化業務との関連検討

図6-17～18に示した運用実務フローで検討を行った運用実務の中から、システム化の対象とするものをいくつかの業務として定義し、その関係を示したものが以下の表6-12である。

表6-12：実務・業務マトリックス

運用実務ID 運用実務名	業務ID 業務名	A	B	C	D	E	F	G
		衛星 監視計 画支 援	衛星 調査 依頼	利用 者・ 関 連 機 関 情 報 管 理	理 分 析 ・ 解 析 方 法 管	撮 影 方 法 管 理	撮 影 ・ 解 析 注 文	分 析
I 1	システム利用依頼							
I 2	ゾーニング結果による衛星による監視の決定							
I 3	調査依頼		○					
I 4	依頼内容の確認		○					
I 5	衛星調査エリア選定	○						
I 6	衛星監視計画立案	○						
II 1	分析・解析方法の検討・選定				○			
II 2	衛星選定等、衛星撮影方法の検討・選定					○		
II 3	撮影方法の実現可否問合せ							
II 4	撮影方法実現可否判断							
II 5	調査方法の実施是非問合せ							
II 6	調査方法実施の確認・検討							
III 1	衛星画像の撮影を注文			○			○	
III 2	衛星画像撮影							
III 3	撮影した画像を登録する			○			○	
III 4	衛星画像の解析を注文						○	
III 5	衛星画像解析							
III 6	解析した画像を登録する						○	
III 7	衛星画像分析							○
III 8	分析した画像を登録する							○
IV 1	調査依頼完了通知			○				○
IV 2	調査結果閲覧		○					
IV 3	今後の対処方針検討							

＊表中の○印が運用実務と業務との間に関係があることを表す。

(b)業務概要の検討

システム化対象業務とその概要について検討した結果を表6-13に示す。

表6-13：業務一覧

業務ID	業務名等	業務概要
A	衛星監視計画支援	・ゾーニングの結果を登録し、GIS上に表示する。 ・衛星を適用すべき条件を登録する ・衛星調査が必要なエリアを抽出し、GIS上に表示する。 ・年間の監視計画立案支援を行う。 ・監視計画を利用して、システム運用者が衛星調査依頼を行う。
B	衛星調査依頼	・システム利用者が衛星調査依頼を行う。 (1回のみ衛星調査、定期的な衛星調査とも可能) ・システム運用者が衛星調査依頼を受け取る。 ・衛星調査結果の閲覧を行う。 ・衛星調査状況の閲覧を行う。
C	利用者・関連機関情報管理	・システム利用者情報の管理を行う。 ・衛星画像提供機関情報の管理を行う。 ・衛星画像解析機関情報の管理を行う。
D	分析・解析方法管理	・分析・解析方法の管理を行う。 ・衛星調査依頼に対して、最適の分析・解析方法の選定を行う。
E	撮影方法管理	・衛星情報の管理を行う。(新規打ち上げ衛星の登録も行う) ・衛星調査依頼に対して、最適の衛星の選定を行う。 (季節／撮影地域などの情報を元に衛星を選定)
F	撮影・解析注文	・衛星画像提供機関に撮影の依頼を行う。 ・撮影された衛星画像を受け取り、登録を行う。 ・撮影された衛星画像を元に、衛星画像解析機関に解析の依頼を行う。 ・解析された画像を受け取り、登録を行う。
G	分析	・衛星画像／解析画像を元に、分析を行う。 ・分析結果を登録する。

(c)業務間の関連検討

各業務間の関連の検討として、業務、それを利用する組織、業務間で利用されるデータ、組織と業務との間で利用するデータの関連を検討した結果を図6-19に示す。

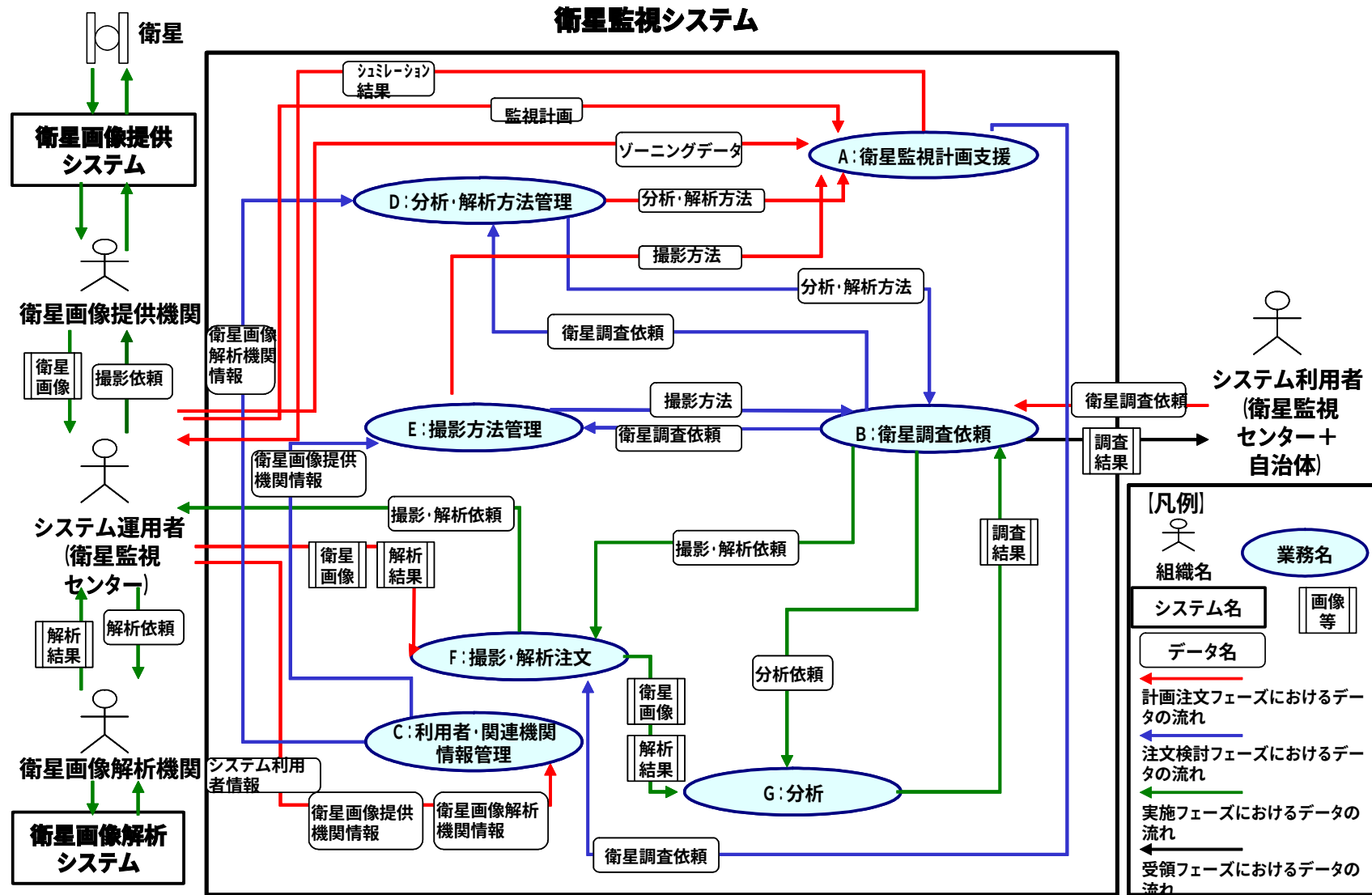


図6-19：概要ビジネスフロー

(d)システムに係る関連組織の検討

図6-19に示した概要ビジネスフローにて検討した結果から、システムに関連する組織とその概要についてまとめた結果を表6-14に示す。

表6-14 組織一覧

組織名	組織概要	組織数
衛星画像提供機関	・ 衛星画像の提供依頼を受け付け、衛星画像の受信し、適正監視センターに撮影された画像を提供する。	1～10
衛星画像解析機関	・ 画像の解析依頼を受け付け、画像を解析し、適正監視センターにその解析結果の提供を行う。	1～10
システム運作者 (衛星監視センター)	・ ズーニングを行い、結果を管理する。 ・ 年間の衛星監視計画を立てる。 ・ 衛星調査依頼の受け取り、進捗状況管理、結果の（システム利用者への）通知を行う。 ・ 分析・解析方式の管理を行う。 ・ 撮影方式の管理を行う。 ・ 衛星画像提供機関との撮影注文管理を行う。 ・ 衛星画像解析機関との解析注文管理を行う。 ・ 分析を行い、結果管理を行う。 ・ 衛星調査結果の管理を行う。	1
システム利用者 (地方自治体＋衛星監視センター)	・ 不法投棄現場の現地パトロール等によって得られた情報を基に、不法投棄候補地の監視の一環として、衛星による画像撮影及びその画像解析・分析を衛星監視センターに依頼する。	48

(*) 自治体に関しては1都道府県あたり1組織を想定している

(e)システムにて利用するデータの検討

図6-19に示した概要ビジネスフローにて検討した結果から、システムに必要とされるデータとその概要について検討した結果を表6-15に示す。

表6-15 データ一覧

データ名	データ概要
ゾーニングデータ	ゾーニングの結果データ。（GIS上に不法投棄発生可能性別に色分けされたデータ）
監視計画	自治体単位の年間の監視計画データ。（撮影エリア・回数・分析方法などのデータ）
シミュレーション結果	監視計画を元に総費用などをシミュレーションした結果のデータ
衛星調査依頼	システム利用者による衛星調査依頼のデータ（調査エリア、目的などのデータ）
撮影依頼	衛星調査依頼を元に作成した撮影依頼データ
解析依頼	衛星調査依頼を元に作成した解析依頼データ
分析依頼	衛星調査依頼を元に作成した分析データ
撮影方法	撮影方法のデータ（衛星・周期などのデータ）
分析・解析方法	分析・解析方法のデータ
システム利用者情報	システム利用者のデータ（自治体名称・担当者名・住所・電話番号など）
衛星画像解析機関情報	衛星画像解析機関情報（衛星画像解析機関名称・商品名称・価格）
衛星画像提供機関情報	衛星画像提供機関情報（衛星画像提供機関名称・商品名称・価格）
衛星画像	衛星画像データと属性情報
解析結果	解析画像と属性情報

(2)業務毎の詳細機能検討

ここまでで検討を行ったそれぞれの業務について、さらに詳細に検討を行い、システムで実現する機能を検討し、結果を詳細ビジネスフローとしてまとめた。

詳細ビジネスフローの一覧を表6-16に示す。このうち、代表的なビジネスフローの例を図6-21～27に示す。また、詳細ビジネスフローの凡例を図6-20に示す。全ビジネスフローは、参考資料に記した。

表6-16：詳細ビジネスフロー一覧

業務ID	業務名	詳細ビジネスフローID	詳細ビジネスフロー名	概要
A	衛星監視計画支援	FA01	GISゾーニング管理	・ゾーニング結果と関連データ（日付・場所など）をシステムに登録する。 ・ゾーニング結果を検索する。 ・ゾーニング結果を更新する。 ・ゾーニング結果を削除する。
		FA02	衛星適用度情報管理	・調査の際に衛星を適用すべき条件（森林伐採優先、環境汚染物質優先など）を各自治体単位で登録する。 ・衛星調査条件を検索する。 ・衛星調査条件を更新する。 ・衛星調査条件を削除する。
		FA03	衛星調査エリア選定	・ゾーニング結果、衛星調査条件因子を元に、各自治体単位で衛星調査の必要性の高いエリアを選定する。 ・衛星調査エリアの結果を検索する。 ・衛星調査エリアの結果を更新する。 ・衛星調査エリアの結果を削除する。
		FA04	監視計画	・衛星調査エリア選定結果を元に、各自治体単位で衛星監視計画を立案し、費用分析を行う。 ・監視計画結果を検索する。 ・監視計画結果を更新する。 ・監視計画結果を削除する。 ・監視計画結果を下に、システム運用者が衛星調査依頼を実施する。
B	衛星調査依頼	FB01	衛星調査依頼管理	・衛星調査依頼に登録する。 ・衛星調査依頼を検索する。 ・衛星調査依頼を更新する。 ・衛星調査依頼を削除する。 ・衛星調査依頼を受け付ける。
		FB02	調査結果閲覧	・衛星調査結果を閲覧する。
C	利用者・関連機関情報管理	FC01	利用者情報管理	・利用者情報を登録する。 ・利用者情報を検索する。 ・利用者情報を更新する。 ・利用者情報を削除する。
		FC02	衛星画像提供機関情報管理	・衛星画像提供機関情報を登録する。 ・衛星画像提供機関情報を検索する。 ・衛星画像提供機関情報を更新する。 ・衛星画像提供機関情報を削除する。
		FC03	衛星画像解析機関情報管理	・衛星画像解析機関情報を登録する。 ・衛星画像解析機関情報を検索する。 ・衛星画像解析機関情報を更新する。 ・衛星画像解析機関情報を削除する。

表6-16（つづき）：詳細ビジネスフロー一覧

業務ID	業務名	詳細ビジネスフローID	詳細ビジネスフロー名	概要
D	分析・解析方法管理	FD01	分析・解析方法管理	・ 分析・解析方法を登録する。 ・ 分析・解析方法を検索する。 ・ 分析・解析方法を更新する。 ・ 分析・解析方法を削除する。
		FD02	分析・解析方法選定	・ 調査エリア、発見目的などにより、分析・解析方法を選定する。 ・ 解析・分析方法選定結果を検索する。 ・ 解析・分析方法選定結果を更新する。 ・ 解析・分析方法選定結果を削除する。
E	撮影方法管理	FE01	撮影方法管理	・ 衛星情報・撮影方法を登録する。 ・ 衛星情報・撮影方法を検索する。 ・ 衛星情報・撮影方法を更新する。 ・ 衛星情報・撮影方法を削除する。
		FE02	撮影方法選定	・ 調査エリア、分析・解析方法などにより、衛星を選定する。 ・ 衛星選定結果を検索する。 ・ 衛星選定結果を更新する。 ・ 衛星選定結果を削除する。
		FE03	調査実施問い合わせ	・ 調査実施の可否をシステム利用者に問い合わせる。
F	撮影・解析注文	FF01	衛星画像管理	・ 衛星画像提供機関に撮影依頼を行う。 ・ 衛星画像提供機関から衛星画像を受け取り、登録する。 ・ 衛星画像を検索する。 ・ 衛星画像を更新する。 ・ 衛星画像を削除する。
		FF02	解析画像管理	・ 衛星画像解析機関に解析依頼を行う。 ・ 衛星画像解析機関から解析画像を受け取り、登録する。 ・ 解析画像を検索する。 ・ 解析画像を更新する。 ・ 解析画像を削除する。
G	分析	FG01	分析	・ 解析画像を元に、分析を行う。 ・ 分析終了後、調査が完了した事をシステム利用者に通知する。 ・ 分析結果を検索する。 ・ 分析結果を更新する。 ・ 分析結果を削除する。

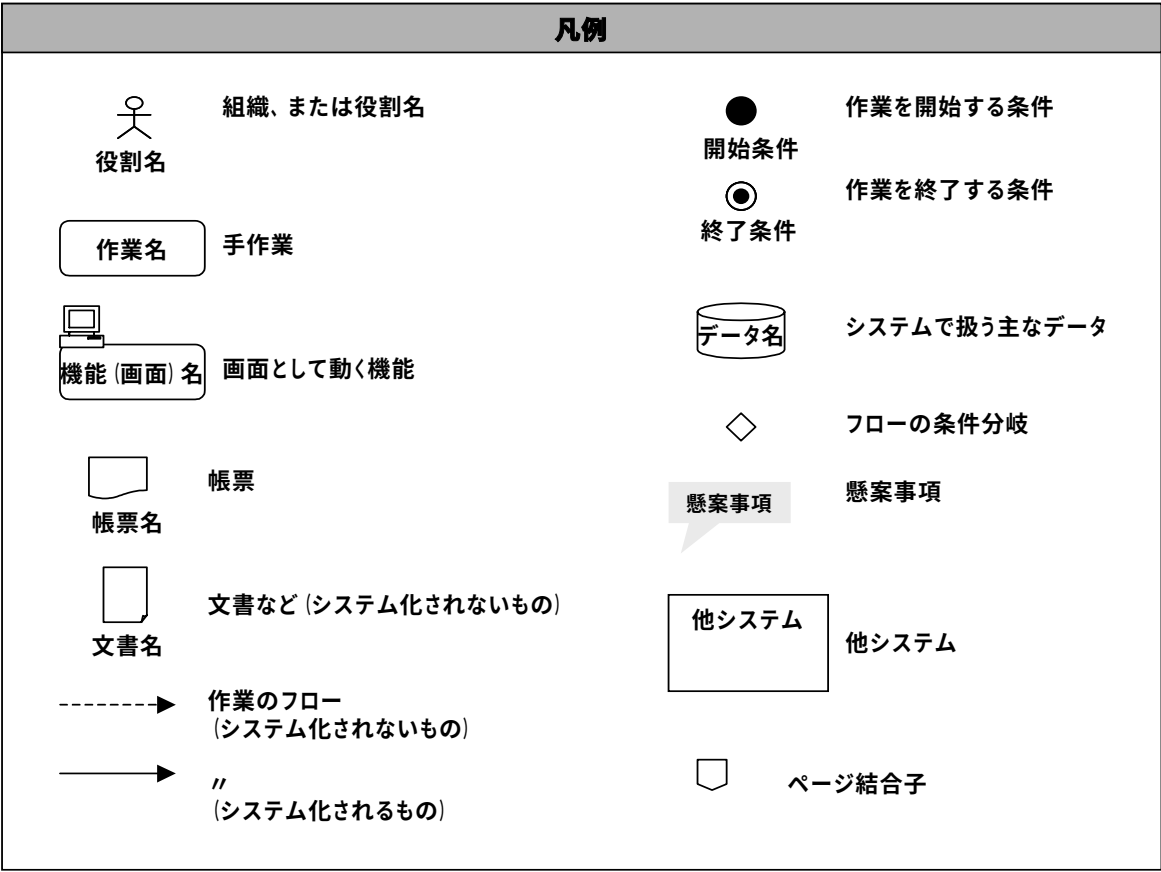


図6-20：詳細ビジネスフロー凡例

業務ID／名	A	衛星監視計画支援
詳細ビジネスフローID／名	FA03	衛星調査エリア選定 (1/2)

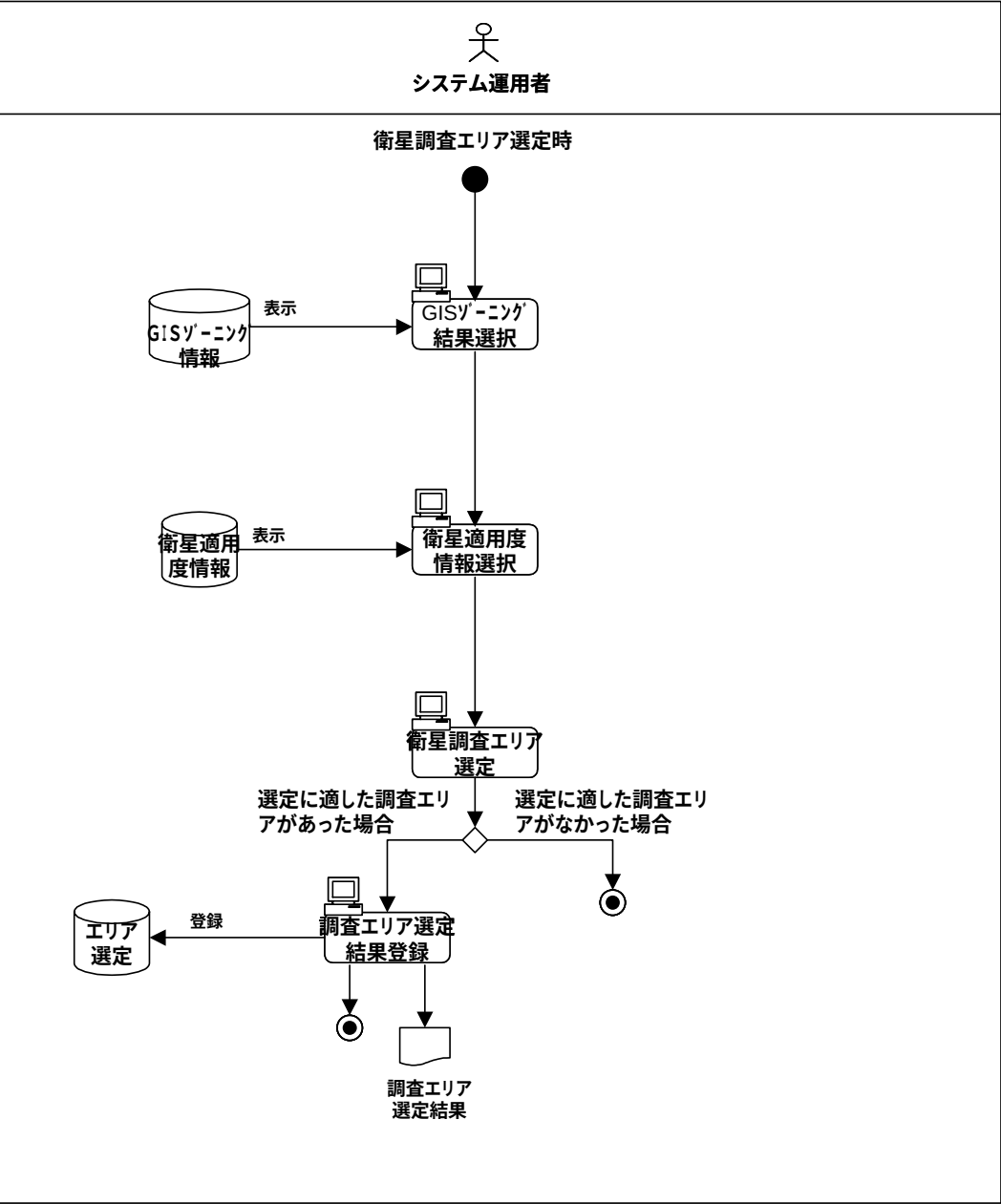


図6-21：衛星調査エリア選定

業務ID／名	A	衛星監視計画支援
詳細ビジネスフローID／名	FA04	監視計画 (1/3)

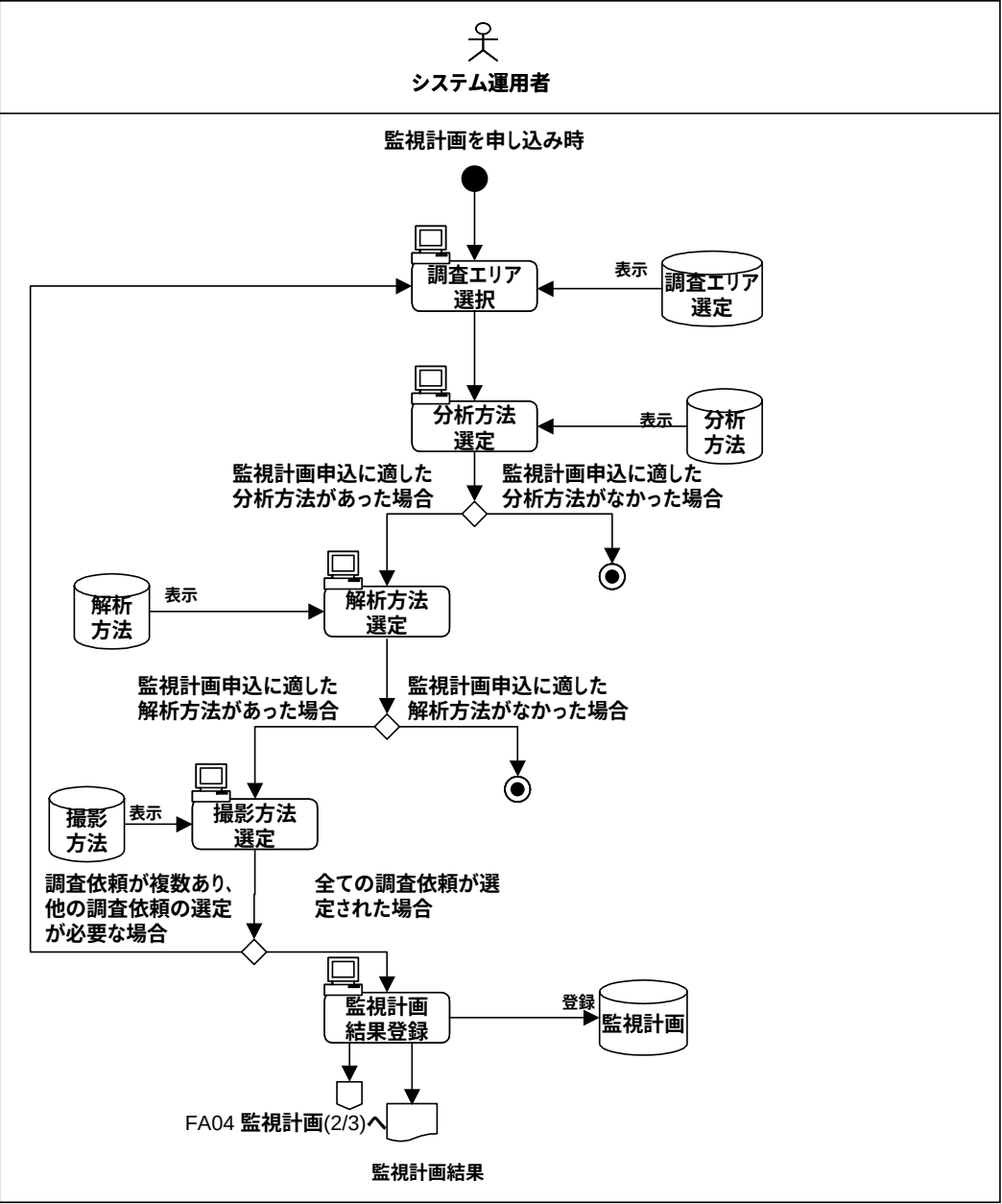


図6-22：監視計画（その1）

業務ID／名	A	衛星監視計画支援
詳細ビジネスフローID／名	FA04	監視計画 (2/3)

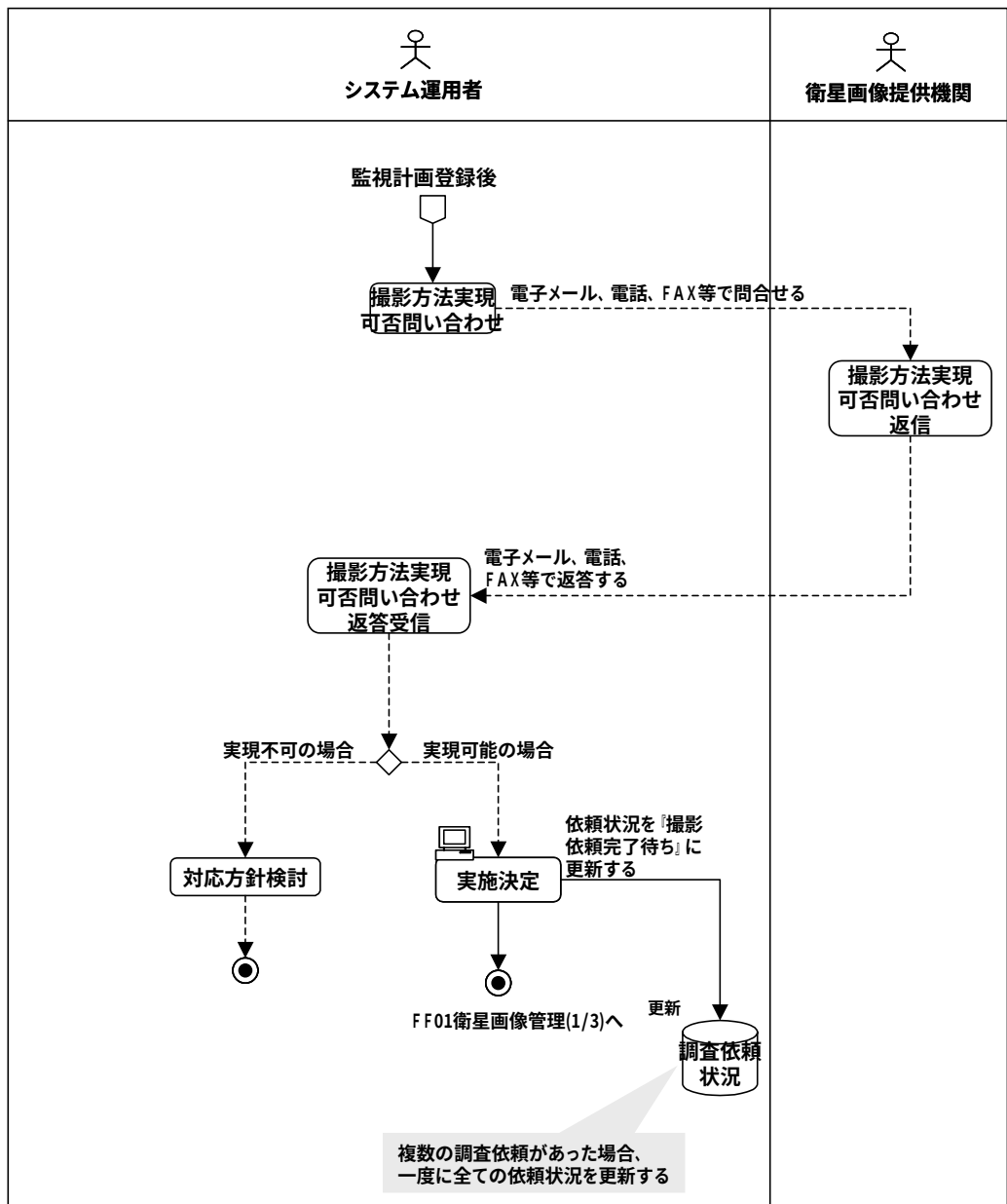


図6-23：監視計画(その2)

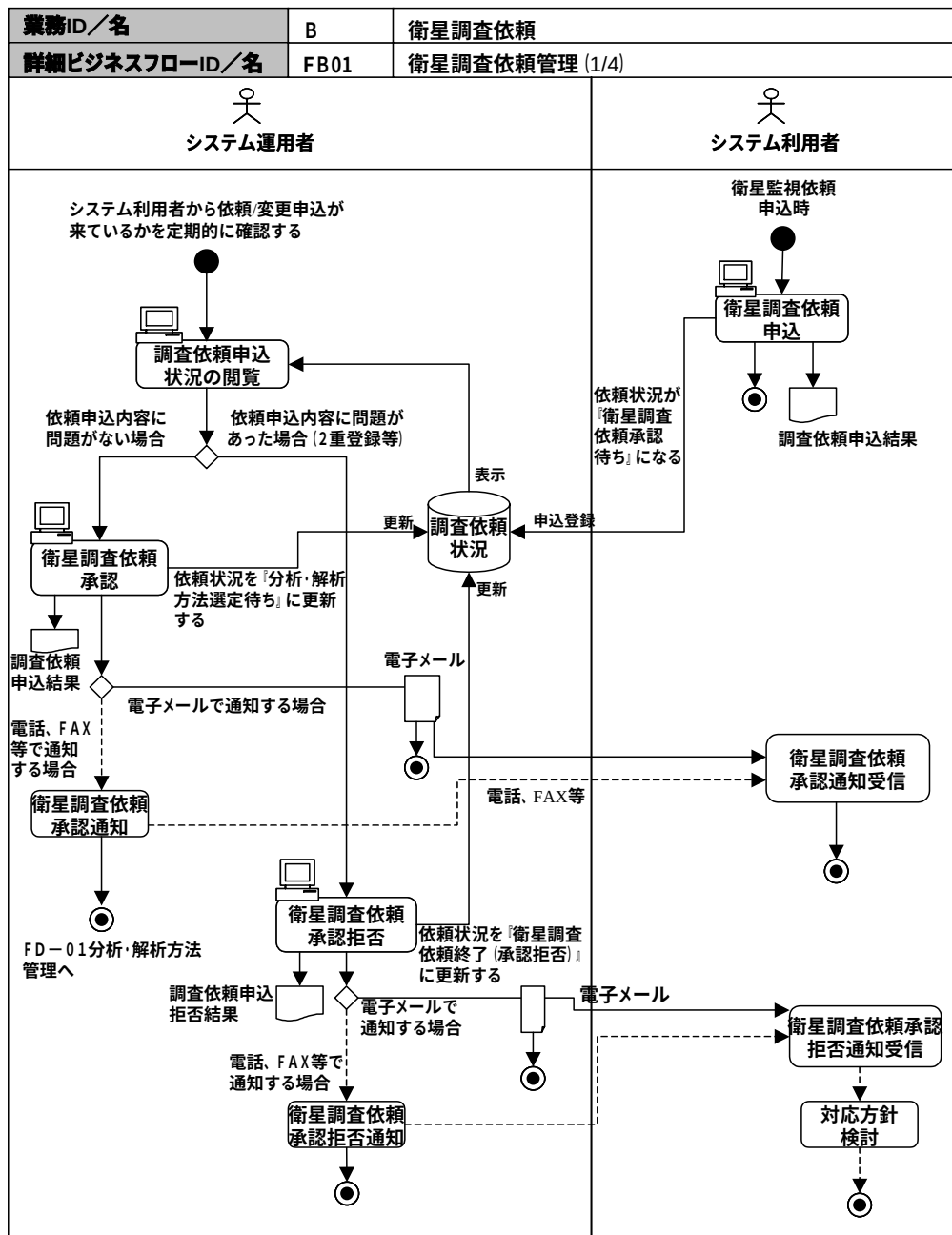


図6-24：衛星調査依頼管理

業務ID／名	B	衛星調査依頼
詳細ビジネスフローID／名	FB02	調査結果閲覧

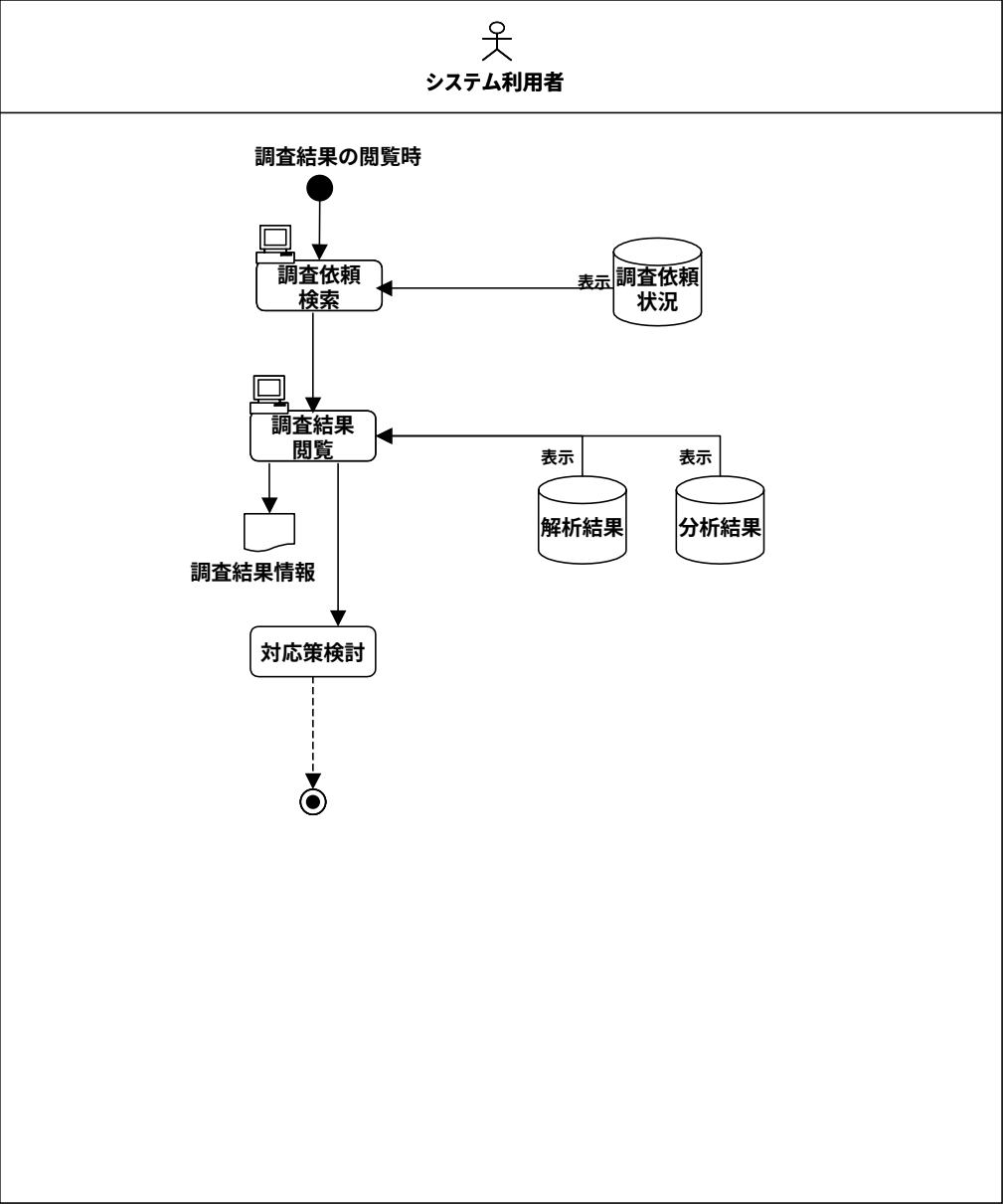


図6-25： 調査結果閲覧

業務ID／名	D	分析・解析方法管理
詳細ビジネスフローID／名	FD01	分析・解析方法管理 (2/2)

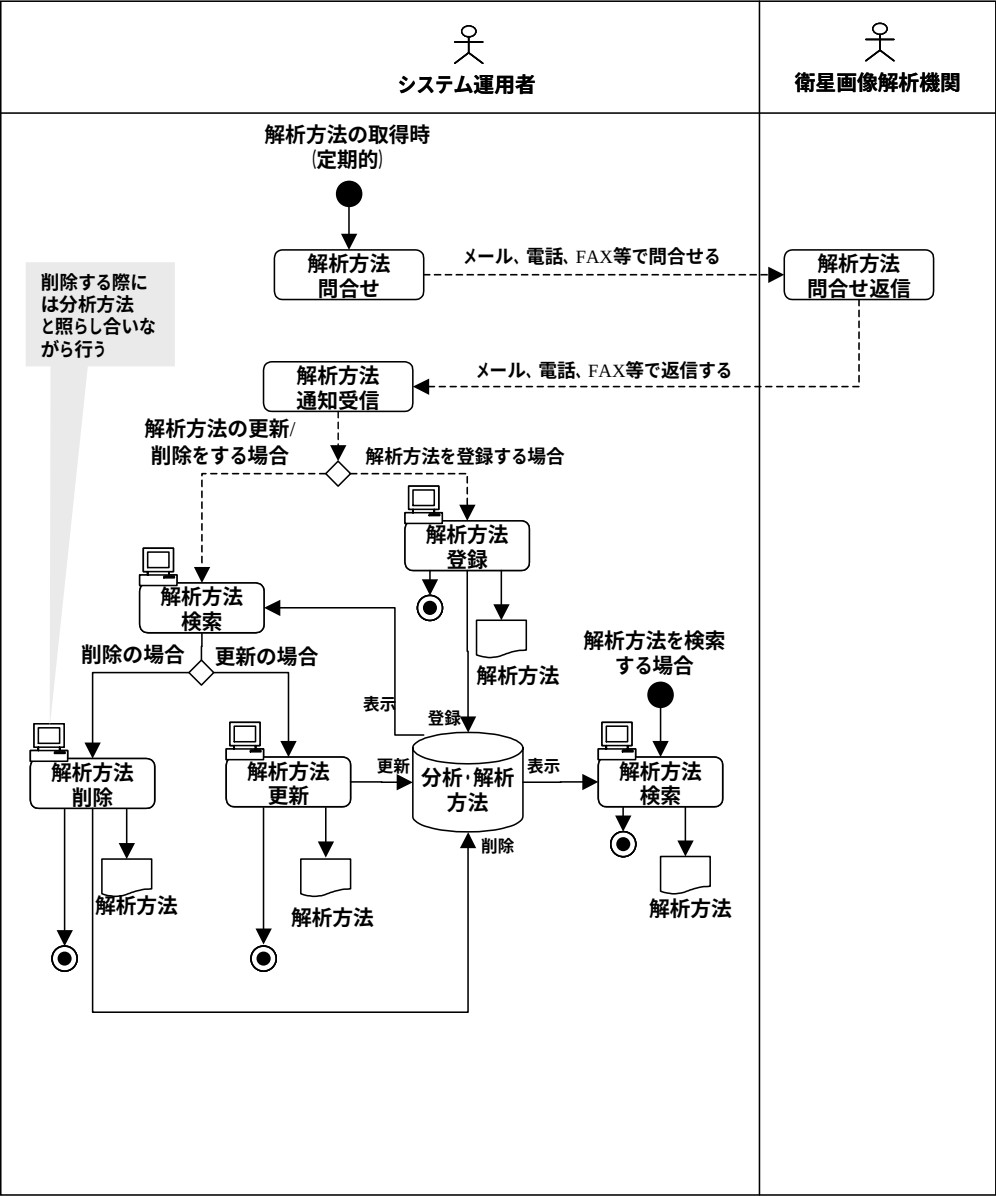


図6-26：分析・解析方法管理

業務ID／名	F	撮影・解析注文
詳細ビジネスフローID／名	FF01	衛星画像管理 (1/3)

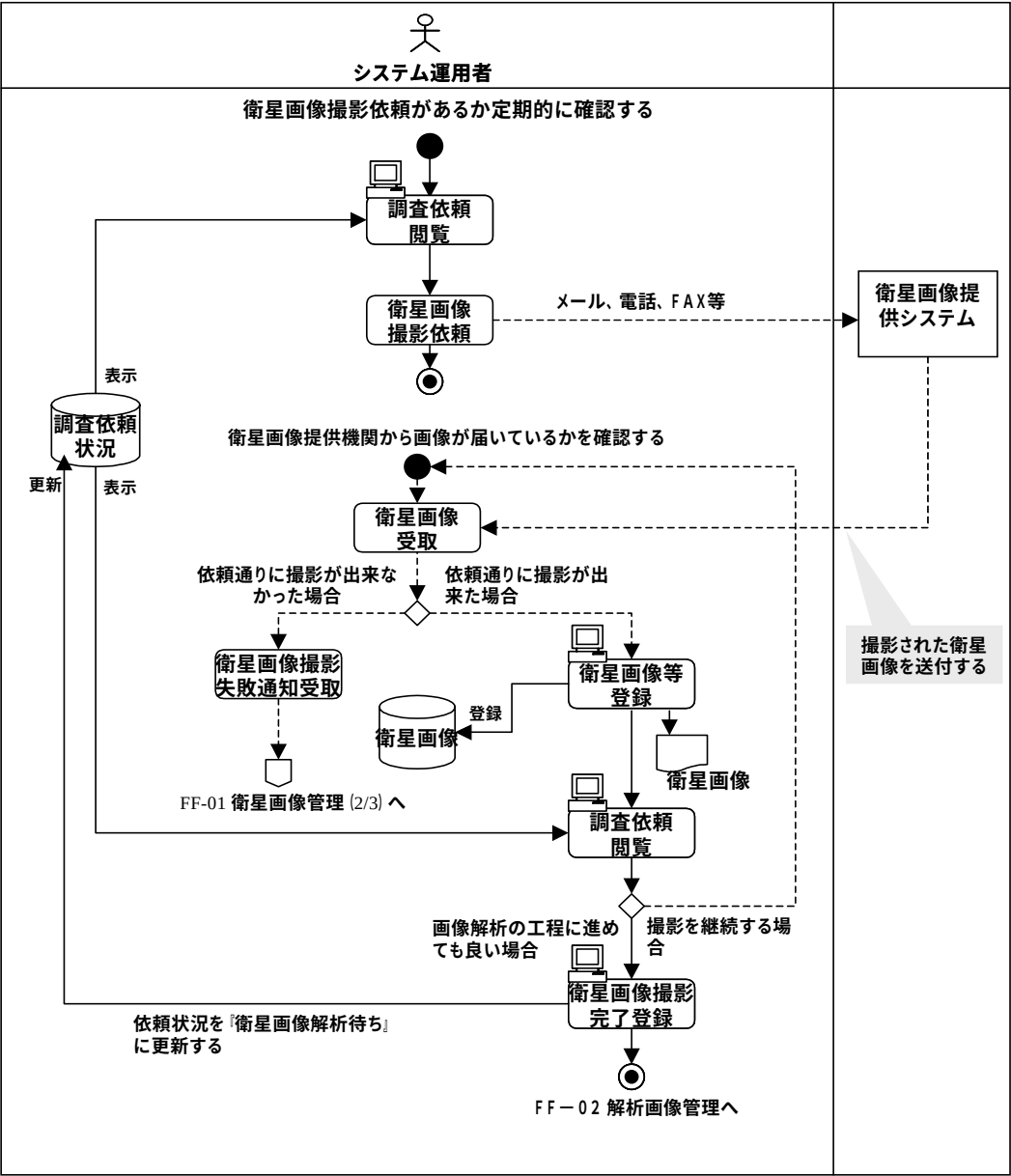


図6-27：衛星画像管理

(3)画面イメージの検討

ここまで検討を行ったそれぞれの業務について、画面イメージの検討を行った。まず、画面イメージを統一化させるために画面イメージ標準化の基準を検討した。この結果については参考資料に記す。次に、業務ごとに代表的な画面イメージの検討を行った。検討を行った画面は表6-17の通りである。

表6-17：画面イメージ一覧

業務ID	業務名	画面名	画面パターン
A	衛星監視計画支援	監視計画登録画面	登録画面
B	衛星調査依頼	衛星調査依頼画面	登録画面
		調査結果閲覧画面	詳細表示画面
C	利用者・関連機関情報管理	利用者情報管理画面	管理画面
D	分析・解析方法管理	分析・解析方法選定画面	登録画面
F	撮影方法管理	撮影方法管理	管理画面
F	撮影・解析注文	解析画像検索画面	検索・閲覧画面
G	分析	分析登録画面	登録画面

ア) 監視計画登録画面

a)画面概要

システム運用者が作成した年間の監視計画を登録する。

b)処理概要

あ)システム運用者が全ての項目を確認後、登録ボタンを押すと、監視計画が登録される。

い)システム運用者が印刷ボタンを押すと、監視計画画面が印刷される。

う)システム運用者が戻るボタンを押して、前画面、衛星監視計画支援画面が表示され、終了する。または登録ボタンを押して監視計画登録完了画面が表示され、終了する。

c)画面イメージ

画面のイメージは図6-28の通りである。



監視計画登録

公共団体名: ○○県
年間予算合計金額: 760万円

撮影範囲(緯度)	撮影範囲(経度)	撮影頻度(年間)	撮影方法	解析方法	分析対象	予算
38°	140°	4	中分解能	教師なし分類解析	森林伐採エリアの分析	400万円
35°	140°	1	高分解能	教師有分類解析	プラスチックの有無分析	120万円
38°	141°	2	中分解能	教師なし分類解析	大規模投棄場所パトロール	240万円

登録 印刷 戻る

図6-28：監視計画登録画面のイメージ

イ) 衛星調査依頼画面

a) 画面概要

システム利用者が衛星画像の撮影、画像の解析、画像の分析の衛星調査依頼をする際にその衛星調査依頼内容の登録を行う。

b) 処理概要

あ) システム利用者は、衛星調査依頼に関する情報を項目に入力、選択する。

い) システム利用者が全ての項目を入力後、登録ボタンを押すと、衛星調査依頼情報確認画面が表示され、入力内容の確認をする。

う) システム利用者が項目を入力後、リセットボタンを押すと、項目に入力した内容が削除され、初期表示にもどる。

え) システム利用者が戻るボタンを押すと前画面、衛星調査依頼管理画面が表示され、終了する。または登録ボタンを押すと次画面の衛星調査依頼情報確認画面が表示され、終了する。

c) 画面イメージ

画面のイメージは図6-29の通りである。

衛星調査依頼申込	
注文ID	ao545020
注文日	2001/12/20
公共団体名	〇〇県
住所	〇〇県△△市□□町××-×
電話番号	×××-×××-××××
FAX番号	×××-×××-××××
E-Mailアドレス	〇〇〇〇@△△.□□
不法投棄規模	小規模
不法投棄物種類	プラスチック
衛星の種類	高分解能
エリア名	
撮影範囲(緯度)	
撮影範囲(経度)	
撮影希望日	
納品希望日	
メディアの種類	CD-R
撮影秘匿要求	なし
備考	

登録 リセット 戻る

図6-29：衛星調査依頼画面のイメージ

ウ) 調査結果閲覧画面

a) 画面概要

システム利用者に衛星調査依頼情報、衛星情報、解析情報、分析情報・画像情報を表示する。

b) 処理概要

あ) 前画面で詳細ボタンを押すと、新しい画面で調査結果の表示を行う。

い) システム利用者が閉じるボタンを押すと終了する。

c) 画面イメージ

画面のイメージは図6-30の通りである。

調査結果閲覧

高知調査訪問情報					
調査日:			0900001		
調査日:			08/12/27		
出張担当者:			〇〇県		
住所:			〇〇県△市□□町×××-×		
電話番号:			×××-×××-××××		
FAX番号:			×××-×××-××××		
E-mailアドレス:			〇〇〇@△△.□□		
出張依頼種類:			単独様		
出張依頼者種別:			ブラスチャック		
事業の種類:			港外輸送運業		
取引先名:			□□周辺		
関係形態(得意) :			近~4年		
関係形態(仕入) :			1年~14年		
関係形態計 :			2005/01/04		
納品期限計 :			2005/06/01		
決算サイクル種類:			直下		
関係利益率計 :			なし		
備考:			梅になし		
入力:					
検索:	検索	完了	印刷	完了	分析
					完了

製品情報	
商標名:	CR20-81
製品名:	特許第三産業 特許第三産業
メーカー名:	アムケロマテックセンサ
分解能:	1.1μ
筐体色:	筐体材料 - 樹脂によって異なるが、高品質な樹脂で、
筐体:	11センチ
筐体厚:	平面的な形状で、
筐体重量:	12.5g (12.5mm)
筐体寸法:	縦横: 12.5mm 幅: 12.5mm
筐体形状:	加工は平面加工、両面に穴が開いて、
筐体製造者:	〇〇〇〇社
筐体形状:	1
筐体形状:	筐体形状 (12.5mm)
筐体重量:	〇〇〇〇社

最新情報	
調査コード:	art_154410002
研究調査機関名:	2002/03/01
研究調査者:	佐野昭雄・江
研究調査ビジュアル形式:	Box Type
研究の種類:	動物育示類
研究画像:	

最新情報	
調査ID:	at_120036
分析調査登録日:	2002/02/24
分析調査名:	足利徳川(阿)
分析調査ファイル形式:	Geo TIFF
分析画像:	
分析結果:	Ofx255形式にラスターデータの読み換えが完了しました。3Dモードで確認する必要があります。

193

図6-30：調査結果閲覧画面のイメージ

エ)利用者情報管理画面

a)画面概要

システム運用者がシステム利用者に関する情報を登録、またはシステム利用者に関する詳細な情報を閲覧する。

b)処理概要

あ)システム運用者が右画面の印刷ボタンを押すと通知メッセージが表示され、利用者情報一覧が印刷される。

い)システム運用者が右画面の詳細ボタンを押すと新しい画面が開き、システム利用者の詳細な情報が表示される。

う)システム運用者が左画面の管理者専用画面ボタンを押すと管理者専用画面が表示される。

え)システム運用者が左画面の利用者情報登録ボタンを押すと次画面、利用者情報登録画面が表示され、入力すると新しいシステム利用者の情報が登録される。

お)システム運用者が利用者情報登録ボタンをして画面の利用者情報登録画面が表示され、終了する。または管理者専用画面ボタンを押すと管理者専用画面が表示され、終了する。

c)画面イメージ

画面のイメージは図6-31の通りである。

利用者情報一覧				
	公共団体名	担当部署名	担当者名	FAX番号
☐	青森県	環境生活部 環境政策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	茨城県	生活環境部 廃棄物対策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	和歌山県	環境生活部地域環境課 廃棄物対策室	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	栃木県	生活環境部 環境整備課 廃棄物対策室	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	福岡県	環境部総務指導課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	千葉県	生活環境部 廃棄物対策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	東京都	環境局廃棄物対策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	富山県	産業廃棄物対策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	熊本県	環境管理部資源対策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	北海道	環境生活部環境資源部 廃棄物対策課	〇〇〇〇	〇〇〇〇
☐	愛知県	環境部環境管理室 廃棄物対策室	〇〇〇〇	〇〇〇〇

図6-31：利用者情報管理画面のイメージ

オ)分析・解析方法選定画面

a)画面概要

システム運用者が衛星調査依頼内容に合う分析、解析方法の選定結果を登録する。

b)処理概要

あ)システム運用者が確認ボタンを押すと分析・解析方法選定完了画面が表示され、終了する。

い)システム運用者が戻るボタンを押すと前画面、分析・解析方法管理画面が表示され、終了する

c)画面イメージ

画面のイメージは図6-32の通りである。

分析・解析方法選定画面	
衛星調査依頼情報	
注文ID:	00000001
注文日:	2001/12/27
公共団体名:	〇〇県
住所:	〇〇県△△市□□町××-×
電話番号:	×××-×××-××××
FAX番号:	×××-×××-××××
E-Mailアドレス:	〇〇〇〇@△△.□□
不法投棄規模:	中規模
不法投棄物種類:	プラスチック
衛星の種類:	高分解能衛星
エリア名:	□□周辺
撮影範囲(緯度):	35~40°
撮影範囲(経度):	135~140°
撮影希望日:	2002/01/04
納品希望日:	2002/03/01
メディアの種類:	CD-R
撮影秘匿要求:	なし
状況:	撮影 ☐ 解析 ☐ 分析 ☐
分析・解析方法情報	
分析方法:	森林伐採エリアの分析
解析方法:	教師なし分類解析

図6-32 図6-33

図6-32：分析・解析方法選定画面のイメージ

カ)撮影方法管理画面

a)画面概要

システム運用者が、撮影方法に関する情報を登録、変更、削除し、その詳細情報を表示する。

b)処理概要

あ) システム運用者がより詳しい情報を見たい撮影方法のチェックボックスをクリックし、詳細ボタンを押すと、新しいウィンドウが開き、その選ばれた撮影方法に関する詳細情報が表示される。

い) システム運用者が撮影方法一覧画面で印刷ボタンを押すと、通知メッセージが表示され、撮影方法一覧が印刷される。

う) メインメニューで撮影方法登録ボタンを押すと、撮影方法入力画面が表示され新しく撮影可能となった方法を登録する。

え)撮影方法一覧で変更したい撮影方法のチェックボックスをクリックし、メインメニューで撮影方法変更ボタンを押すと、撮影方法変更画面が表示され、撮影方法に関する変更情報を入力、変更する。

お)撮影方法一覧で削除したい撮影方法のチェックボックスをクリックし、メインメニューで撮影方法削除ボタンを押すと、撮影方法削除画面が表示され、撮影不可能となった方法を削除する。

か) メインメニューでシステム運用者が管理者専用画面ボタンを押すと、管理者専用画面に戻り、終了する。

c)画面イメージ

画面のイメージは図6-33の通りである。

撮影方法管理

管理者専用画面

Menu ~ for Administrator ~

撮影方法登録

撮影方法変更

撮影方法削除

撮影方法一覧					
	衛星名	製品名	センサ名	分解能	販売代理店
☐	EXOS-A1	輝度補正画像画像 幾何補正画像	パナクロマチックセンサ	1.0m	〇〇〇〇社
☐	ISOMOS	デジタルジオ画像 デジタルオルソ画像	パナクロマチックセンサ	1.0m	〇〇〇〇社
☐	ISOMOS	デジタルジオ画像 デジタルオルソ画像	マルチスペクトラルセンサ	4.0m	〇〇〇〇社
☐	ISOMOS	デジタルジオ画像 デジタルオルソ画像	パンシャープン	1.0m	〇〇〇〇社
☐	SPOT5	ラジオメトリック補正 幾何補正 地形投影	マルチスペクトラルセンサ	10m	未定
☐	SPOT5	ラジオメトリック補正 幾何補正 地形投影	HRSセンサ	10m	未定
詳細表示画面 印刷					

図6-33：衛星情報管理画面のイメージ

キ)解析画像検索画面

a)画面概要

システム運用者が解析画像を検索、閲覧する。

b)処理概要

あ)システム運用者は、検索画面で注文ID、画像IDなど絞りたい項目を入力、選択する。

い)システム運用者がリセットボタンを押すと入力した項目が削除され、初期表示に戻る。

う)システム運用者がいくつかの項目に入力した後、検索ボタンを押すと右側の画面に検索結果の一覧が表示される。

え)上記処理後、システム運用者が解析結果を見たい解析画像のチェックボックスをクリックし、詳細ボタンを押すと、新しい画面が開き、その選ばれた画像に関する解析結果と解析画像が表示される。

お)システム運用者が印刷ボタンを押すと、通知メッセージが表示され、解析画像検索結果一覧が印刷される。

か)システム運用者が管理者専用画面ボタンを押すと管理者専用画面を表示し、終了する。

c)画面イメージ

画面のイメージは図6-34の通りである。

サムネイル画像	画像ID	画像名	画像登録日	ファイル形式
☐	0000018	analyze_img1.jpg	2001/12/01	Geo Tiff
☐	0000018	analyze_img2.jpg	2001/12/08	Geo Tiff
☐	0000022	analyze_img3.jpg	2001/12/08	Geo Tiff

図6-34：解析画像管理画面のイメージ

ク)分析登録画面

a)画面概要

システム運用者が分析結果に関する情報を入力する。

b) 処理概要

あ)システム運用者が分析結果に関する情報を全ての入力項目に入力する。

い)システム運用者が分析画像登録元(場所)の入力項目で参照ボタンを押すとファイルの保存するための画面が表示される。保存場所を示し、開くボタンを押すともとの画面で分析画像登録元(場所)の項目に自動的にディレクトリーが表示される。

う)システム運用者が分析画像登録先(場所)の入力項目で参照ボタンを押すとファイルの保存するための画面が表示される。保存場所を示し、開くボタンを押すともとの画面で分析画像登録先(場所)の項目に自動的にディレクトリーが表示される。

え)システム運用者がリセットボタンを押すと、項目に入力した内容が削除され、初期表示にもどる。

お)システム運用者が詳細ボタンを押すと、その画像の衛星調査依頼情報・詳細情報・画像情報が新しいウィンドウで表示される。

か)システム運用者が戻るボタンを押して分析管理画面に戻るか、登録ボタンを押して次画面の分析登録内容確認画面を表示し、終了する。

c)画面イメージ

画面のイメージは図6-35の通りである。

図6-35：分析登録画面のイメージ

6.5 今後のシステム設計への課題

これまで不法投棄等衛星監視システムについて、システムを構成するサブシステムの機能やそれを担う関連主体の役割の詳細を検討し、衛星監視システムの全体像ならびにその基本設計を明らかにした。現段階での衛星監視システムのイメージを本章の検討結果の総括として図6-36に示す。

また、今後のシステム設計の課題は以下のとおりである。

- 画像解析技術のシステムへの 取り込み方法の確立

どういったパターンの不法投棄には、どういった衛星(センサ)を利用して、どういった解析方法で投棄箇所を発見するのか、といった不法投棄用の画像解析技術(アルゴリズム)を早急に確立させ、システムへの取り込み方法を決定する必要がある。

- ゾーニング結果との連携衛星監視計画を立案する際、ゾーニング結果をどのように利用するか、また逆に、画像解析でわかった現場の情報をどのようにゾーニングに利用していくか、といった連携方式を早急に確立する必要がある。

- システム導入の費用削減効果評価衛星監視の精度と迅速性を高めるために高分解能衛星で高頻度に撮影したり、複数の衛星画像の統合解析を行えば、コストはさらに高くなる。一方では早期発見につながり原状回復費用の削減につながる。これらの関係にある程度定量化し、システム導入による原状回復費用を含めた費用削減効果を評価する必要がある。

- 自治体担当者の利用による設計内容の確認自治体担当者が衛星監視システムをより活用しやすくするために、自治体担当者の意見をふまえることが重要である。そのために、自治体担当者に本システムを利用してもらいながら設計内容を確認する必要がある。その際には、衛星画像のライセンスの所持における設計についても検討する必要がある。

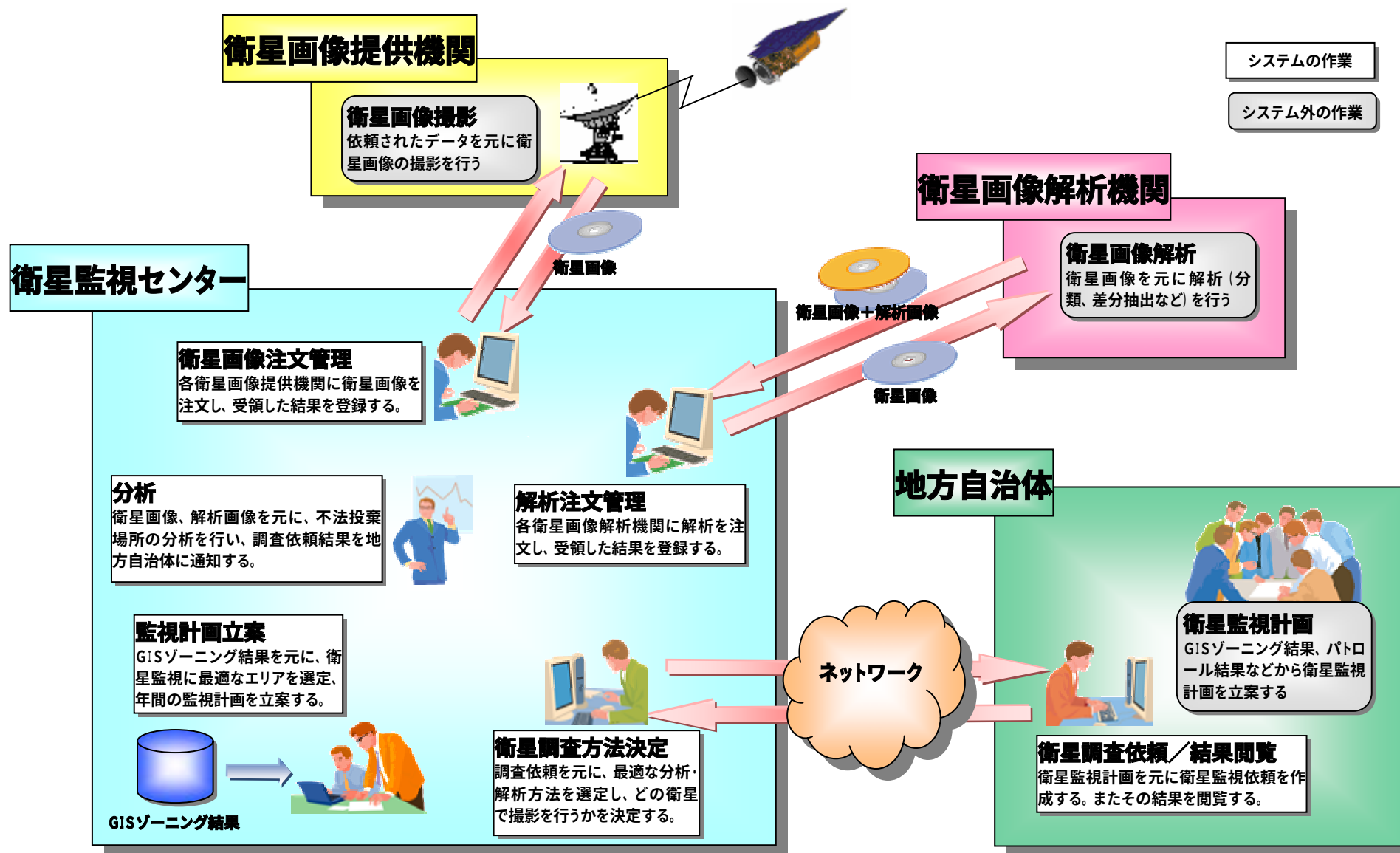


図6-36 衛星監視システムの全体像

7. 総括と今後の課題

7.1 本調査の結果のまとめ

本調査では、不法投棄箇所の早期発見と未然防止のために、迅速かつ高精度に投棄箇所あるいは投棄の前兆行為を人工衛星により発見するための衛星監視システムの開発を目的として、各種の検討を実施した。調査の内容は、(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（モニタリング）システム、および(3)衛星監視システムの検討およびシステムの基本設計、の大きく三つの調査項目に分かれており、それらの検討に用いる基礎情報を収集する目的で、投棄場所の現地基礎調査および自治体ヒアリング等基礎調査を併せて実施した（図7-1参照）。

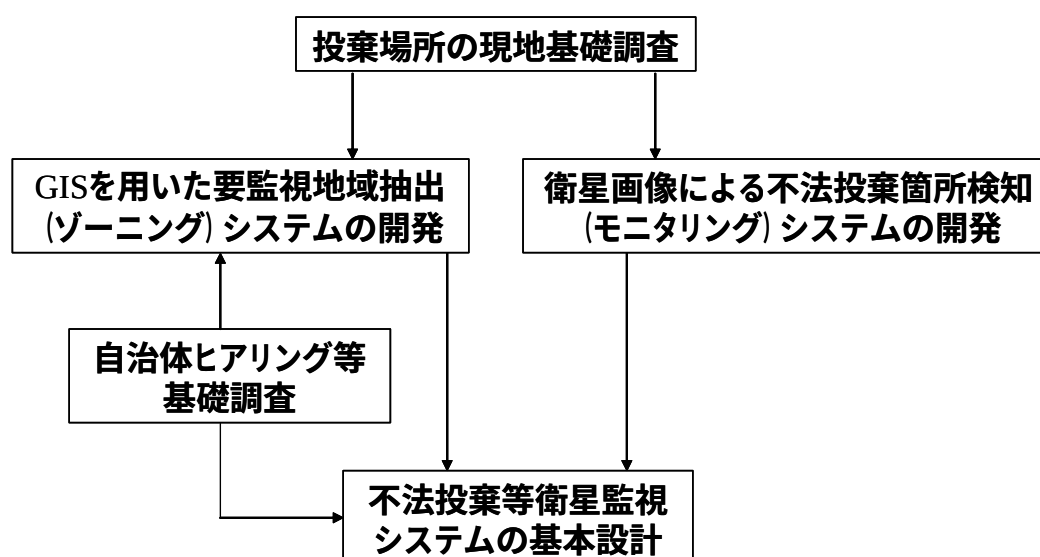


図7-1：本調査における調査内容項目の全体構成

以下に、各調査項目の概要と得られた主な成果をまとめた。

(1) システム化にあたっての基礎調査

不法投棄の発生に関連する要因を整理し、投棄が起こりやすい場所の特性との関係などを明らかにすることを目的として、青森県、栃木県、茨城県、和歌山県、福岡県の5県における不法投棄現場45地点について、現地踏査・GISデータによる調査・資料調査・聞き取り調査を行うとともに、平成12年度に現地調査を行った千葉県を加えた計6県を対象とした自治体担当者に対して不法投棄の実態や対応状況などに関するヒアリング調査・グループディスカッションを実施した。

まず、現地調査ならびにGISデータによる調査から、現場レベルの地理・地形的特徴などを抽出・整理した。それらの情報に加えて自治体へのヒアリング調査から不法投棄が発生する場所についての定性的情報を抽出し、KJ法によって関連要因をグループ化した。その結果、不法投棄場所の関連要因として、①産廃関連事業者以外の事業者の関与、②産廃関連事業者の関与、③知情性のある地主の関与、④ブローカーの介在、⑤地形的に見えにくい、⑥行政の監視が届かない、⑦無管理である、⑧周辺住民の監視が届かない、⑨現場直近のアクセス道路の特徴がある、⑩交通の利便性が高い、の合計10個の要因が抽出された。

これらの関連要因を表す指標として、既存の各種統計データを整理・対応づけるとともに、今後のデータ化の可能性について検討した。また、ISM法を適用した関連要因の構造化、現地踏査で収集したデータを用いた関連要因の検証を実施した。

さらに、衛星監視によって回避できる原状回復費用を求め衛星監視システムの費用－効果評価を行うために、環境省による不法投棄実態調査データを用いて、これまでの原状回復費用データを解析し、関連因子を整理した。

(2)GISを用いた要監視地域抽出（ゾーニング）システムの開発

基礎調査により得られた情報をもとに、不法投棄要監視地域のゾーニングシステムの開発を行った。ゾーニングは、①市区町村の主に社会的・経済的因子に着目した不法投棄が発生しやすい市区町村のゾーニング、②投棄物の物流に着目した投棄物が到達しやすい市区町村のゾーニング、③25mメッシュの主に地理的・土地利用的因子に着目した不法投棄が発生しやすい地点のゾーニング、④25mメッシュの不法投棄規模が拡大しやすい地点のゾーニングの4つの観点から行った。

関東圏域を対象にゾーニングを検討した結果、①については人口密度、所得、失業率、第1次産業割合の4つをゾーニングに用いることが適当と考えられた。これらの因子について、相対発生確率を求め、4つのゾーニング区分に分類したところ、最も不法投棄が発生しやすい区分に該当する市区町村を監視することで不法投棄が発生した市区町村の65%程度、上位2区分に該当する区域を監視することで不法投棄が発生した地区町村の90%程度が該当することが分かった。

②については、産業廃棄物処理業者へのアンケート等を行い廃棄物の物流データを整備し、市区町村ごとの建設系廃棄物の発生量と処理・処分能力とのバランスから「不法投棄を誘発する廃棄物が発生する地域」と「廃棄物が不法に到達しやすい地域」をゾーニングする方法論を提示した。廃棄物の到達量、時間距離や委託料金、投棄に至るシナリオを考慮した方法論は、今後検討が必要である。

③については、①と同様のアプローチでゾーニングを行った。現場レベルにおいては、人口密度、行政界からの距離、基本道路からの距離、森林縁深さ、地形分類の5因子を用いてゾーニングを行った結果、①のゾーニングでは表現されなかった詳細な地形状況等による影響を表現できた。

④については、行政界からの距離、森林縁深さ、地形分類、土地利用形態の4因子について、不法投棄面積を目的変数とした数量化Ⅰ類によりゾーニングを行った。重相関係数は0.58と必ずしも高い値ではなかったが、不法投棄の規模が大、中、小のいずれかの推算には利用できることが分かった。

なお、③と④については、ゾーニング結果の検証が十分でなく、来年度は、多数の検証データを収集することが必要である。

(3)衛星画像による不法投棄箇所検知（モニタリング）システムの開発

人工衛星の光学センサ、熱赤外センサ、合成開口レーダセンサ、パナクロマチックステレオセンサによる投棄箇所検知システムの開発を行った。まず、光学センサを用いたスペクトル特徴の変化による検知については、投棄物と土壌の区別は困難であったが、森林や草地との区別は可能であることが判明したことから、植生指数（NDVI）に着目した検知システムを検討した。その結果、中分解能センサでは大規模の不法投棄しか検知できないことが分かった。また、高分解能センサでの検知能力は高いと考えられた。さらに、地表の空間的特徴変化に着目すれば、投棄物と裸地とを区別でき衛星監視を適用できる地域を拡大できる可能性があると考えられたが、現段階では有効な検知アルゴリズムは発見できていない。ハイパースペクトルセンサを用いることにより、投棄物と裸地とを区別できる可能性は残されているが、現在、利用できる衛星がないので、将来の検討課題となる。

次に、熱赤外センサを用いた投棄物の発熱あるいは熱伝導率の違いによる検知については、投棄物が覆土されて見えない状態であっても発熱などの条件によっては、投棄物を検知できることが分かった。しかし、分解能が低く、かなり大規模の不法投棄現場にしか適用できないことが分かった。分解能が高いセンサが利用できるようになれば、再検討する意義はあると考えられる。

合成開口レーダセンサを用いた投棄物の反射波強度による検知については、廃プラスチックなどを検知することは困難であったが、金属系の投棄物については検知できることが分かった。しかし、誤検知が多く、これを減らすことが今後の課題となる。

パナクロマチックステレオセンサを用いた投棄現場の高さの変化による検知については、中分解能センサについては、高さ情報の算出精度が十分でなく、実用性は低いと考えられる。また、高分解能センサについては、検知の可能性があったが、費用面の問題があり、実際に利用できる可能性は高くはないと考えられた。

可能性が認められたセンサであっても、不法投棄ではない場所を同時に検知してしまうため、異なる複数センサの統合利用、あるいは衛星画像とGISデータとの統合利用を行う必要があることが分かった。合成開口レーダセンサと光学センサを統合利用したところ、誤検知を削減でき、現場の絞込みに有効であることが示唆された。一方、光学センサとGISゾーニングの複合利用について検討したところ、誤検知を削減することは非常に難しかった。今後は、ゾーニング結果ではなく、特定のGISデータを直接用いて誤検知の削減を検討するのがよいと考えられた。

以上の結果から、現時点における衛星センサによる不法投棄の検知については、森林地域における投棄および金属系廃棄物の投棄に対して検知可能性が高いことが分かった。さらに、異なるセンサから得た情報の統合や、GISデータ等の異質の外部データとの統合により、その検知性能を向上させる可能性があることも分かった。

(4)不法投棄等衛星監視システムの基本設計

衛星監視システムの基本設計を行った。まず、自治体の不法投棄実務担当者にヒアリングを行い、不法投棄監視・対応の現状実務フローを作成した上で、実務に適合する衛星監視システム化の方針を定めるとともに、衛星監視の実務フローを定めた。また、システムの実現可能性の検討として画像注文条件、役割分担などの各方法を比較し、より実現可能性が高い方法を選定した。

さらに、システムを構成する業務ごとに具備すべき機能を検討・整理するとともに、各業務事に機能に応じたビジネスフローを整理し、主要な画面イメージを検討・提示した。

7.2 今後の課題

システムとしての基本的な全体設計は行ったが、個々のサブシステムにおいては改善すべき点も多い。次年度においては、個々のサブシステムの高精度化や、検証試験による改善点の抽出などが必要であり、次年度の調査を実施する上では、以下のような課題について検討していくべきである。

(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

より多く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解析して、ゾーニングのための不法投棄モデルを発展させること。

多数の不法投棄現場情報に基づいて、現場（25メッシュ）レベルのゾーニング結果を再解析し、その検証を行うこと。

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こと。

(2)衛星画像による不法投棄箇所検知システムの開発

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い、森林以外での不法投棄現場を検知できるようにすること。

識別・検知機能に影響を与える誤検知物体や気象条件や季節条件などの様々な変動を除去して、誤検知を削減し、検知性能を向上させること。

(3)不法投棄等衛星監視システムの検証

上記のゾーニングシステム及びモニタリングシステムの両方を組み合わせた不法投棄等衛星監視システムについて、実際に自治体担当者に利用してもらい、その有用性を確認するとともに改善すべき点を修正して、システムの検証を行うこと。

さらに、その結果をもとに、実用化に向けた衛星監視システムを設計・開発すること。

不法投棄等衛星 監視システム開発調査

参考資料

- | | | |
|---|-----------------------------------|------|
| 1 | グループディスカッションによる不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化 | 参 1 |
| 2 | 衛星監視システム開発に関する基礎調査 | 参 11 |
| 3 | 詳細ビジネスフローの一覧 | 参 43 |
| 4 | 画面イメージの標準化の検討 | 参 79 |

参考-1 グループディスカッションによる不法投棄場所の関連要因の抽出・構造化の詳細

(3.2.2節関係)

不法投棄される場所の関連要因について、現地調査において収集した情報、ヒアリング調査結果、及び事前アンケート調査結果から定性的情報を抽出して整理し、KJ法による議論を中心として不法投棄に係るグループディスカッションを実施した。フローは図1-1のとおりである。

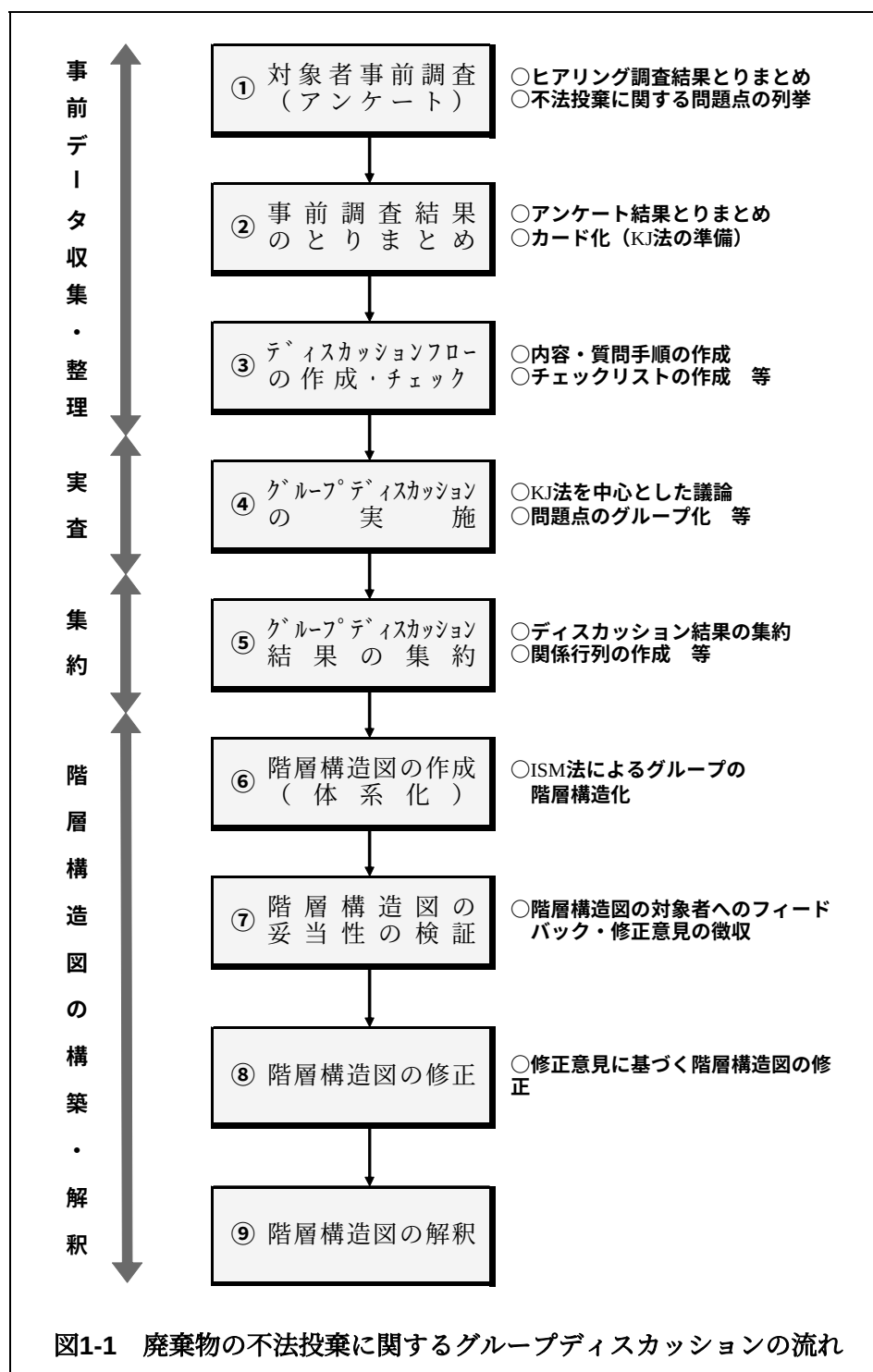


図1-1 廃棄物の不法投棄に関するグループディスカッションの流れ

(1) 調査対象及び調査日時

ヒアリングを実施した6県の不法投棄の監視指導を担当する行政担当官、及び埼玉県の不
法投棄等に係る業務の担当官7名を対象とした。

(2) 調査の概要

a) 対象者事前調査（アンケート）

グループディスカッションを実施するに当たって、不法投棄に係る問題点を事前に把握
し、その内容を明確化するため、出席対象者に対し事前のアンケート調査を行った。

本アンケート調査においては、3.2.2.1で実施したヒアリング調査結果のうち、不法投棄
されやすい場所に係る内容を抽出・整理し、列挙形式でグループディスカッション対象者
に事前に回答してもらう形式とした。

b) 事前調査結果のとりまとめ

a)のアンケート結果であげられた、不法投棄に係る具体的な問題点・要因について、類
似項目のグループ化を行うために、とりまとめを実施するとともに、KJ法の事前準備とし
て、調査結果のカード化を行った。

c) ディスカッションフローの作成・チェック

b)の事前調査結果のとりまとめを踏まえ、グループディスカッションの実施時に必要な、
調査手順等を記載したディスカッションフローを作成した。また、当該ディスカッション
フローによって、課題・問題点及びその解決策が引き出せるかについて、チェックを実施
した。

d) グループディスカッションの実施

事前に調査を行った不法投棄場所に関する問題点・要因のグループ化を行うため、KJ法
によるグループディスカッションを実施した。

e) グループディスカッション結果の集約

グループディスカッション（KJ法）で得られた結果をとりまとめ、各グループ間の関係
行列を作成した。

f) 分析（体系化）

各グループ間の関係行列に基づき、ISM法を適用して階層構造図を作成した。

g) 階層構造図の妥当性の検証

階層構造図を対象者にフィードバックし、要因間の関連の妥当性について意見徴収した。

h) 階層構造図の修正

g)で寄せられた意見に基づいて階層構造図を修正した

i) 階層構造図の解釈

修正した階層構造図に基づいて、解釈をとりまとめた。

(3) 対象者事前調査の結果

グループディスカッション対象者に対して不法投棄に関する具体的な場所、問題点等について、事前にアンケート調査を実施した。また、現地調査、ヒアリング調査で収集した情報のうち、不法投棄場所に関する定性的情報についても併せて抽出した。その結果、表1-1に示す48項目の場所、問題点等が挙げられた。

表1-1 不法投棄場所の関連要因

幹線道路から山間部に至る場所	交通の利便性の高い場所	主要道路から一本中に入ったような場所	幹線道路沿い
市町村の飛び地、他の町村を通らないと行けない場所	交通量はそれほど多くない場所	周囲から見えにくい場所	市町村行政の指導力の弱いところ
別荘地でたてられないまま放置された土地	不在地主などで無管理の土地	土砂採取跡地	新興住宅開発地
林道・農道・市町村道の沿線	谷津田等の利用目的の乏しい土地	行政境界付近（県境に近いなど）	周辺に夜間照明や民家などがない場所
旧道沿いの民有地	都市周辺部の人里離れた場所	平地林を伐採	河川敷沿い
砂利採取跡地	自社処分地内（埋立）	産廃処理業者の事業地の中	埋立終了した処分場の跡地
山間部の谷間（dumping site）	産廃処理業施設周辺地	経済の弱い場所（県）	河川敷への投棄（dumping site）（車が入り込める場合）
昼間の交通量と、早朝または夜間の交通量に開きがある場所	水田・畑の盛土と混入して埋立	湿地帯への投棄	高速道路インター付近
林地（目隠し地）	お金をもらって使用目的を問わない地主	職員の数的に対応しきれない市町村	地主が資材置き場などとして使用を了承
地元の住民にとってメリットがある（土地を手放せば土地代金が入る、維持管理費用が軽減できる）	行政の意識として行きづらいところ（市町村の飛び地、あるいは他の町村を通らないと行けない場所）	地域の実情を知っているブローカーが不在地主の土地を探してくる	手を加えずとも見づらい程度場所（木がある、入り組んでいる、L字形、丘の向こう）
地元の不動産業者の介在	山の上の方から谷間に向かって投棄	土地の権利関係が非常に複雑に動く	土を採って売却して利を上げた段階で逃げる
競売にかかっている土地	確信犯的な地主	河川沿い	鉄工所跡地

(4) KJ法によるグループ化の結果

表1-1に挙げた48項目の場所、問題点等をカード化し、KJ法を適用して親近性のある項目同士をまとめてグループを作成した。また、グループ内の項目に共通する概念を類推して各グループを命名し（表札の作成）、不法投棄場所の関連要因とした。項目のグループ化、グループの命名の結果を表1-2に示した。

なお、表1-2においては、各グループの意味を分かり易くする目的で、括弧内に語句を補足した。

表1-2 KJ法による不法投棄場所に関するグループ化の結果

①産廃関連事業者以外の事業者（が関与する場所）	鉄工所跡地 自社処分地内（埋立） 砂利採取跡地 土砂採取跡地 土を採って売却して利を上げた段階で逃げる 新興住宅開発地
②産廃関連事業者（が関与する場所）	産廃処理業施設周辺地 埋立終了した処分場の跡地 産廃処理業者の事業地の中
③経済性（知情性のある地主（の関与する場所））	地元の住民にとってメリットがある（土地代金が入る、維持管理費用軽減） 経済の弱い場所（県） 確信犯的な地主 お金をもらって使用目的を問わない地主 地主がお金をもらって使用目的を問わないこと 土地を資材置き場として安易に貸し付け
④経済性（ブローカーが介在する（場所））	地元の不動産業者の介在 地域の実情を知っているブローカーが不在地主の土地を探してくる 不動産業者による県外居住者や投棄者との賃貸契約
⑤ブローカーの手口	土地の権利関係が非常に複雑に動く
⑥地形的に見えにくい（場所）	手を加えずとも見づらい程度場所（木、入り組んでいる、L字形等） 山間部の谷間（dumping site） 谷津田等 湿地帯への投棄 林地（目隠し地） 周囲から見えにくい場所 山の上の方から谷間に向かって投棄 平地林を伐採 都市周辺部の人里離れた場所 河川敷（沿い）
⑦行政の監視（が届かない（場所））	市町村行政の指導力の弱いところ 行政境界付近（県境に近いなど） 職員の数的に対応しきれない市町村 行政の意識として行きづらいところ 監視体制・機能が不足しているところ 市町村の飛び地、他の町村を通らないと行けない場所
⑧無管理（の土地）	不在地主などで無管理の土地 別荘地でたてられないまま放置された土地 競売にかかっている土地
⑨周辺住民の監視が届かない（場所）	周辺に夜間照明や民家などがない場所
⑩現場直近のアクセス道路（の特徴）	林道・農道・市町村道の沿線 主要道路から一本中に入ったような場所 幹線道路から山間部に至る場所 旧道沿いの民有地 昼間の交通量と、早朝または夜間の交通量に開きがある場所 交通量はそれほど多くない場所
⑪交通の利便性が高い（エリア）	交通の利便性の高い場所 幹線道路沿い 高速道路インター付近

(5) ISM法による要因の構造化の検討結果

表1-2に示した不法投棄場所の関連要因について、要因相互の階層構造を明らかにするため、ISM法を適用して要因の構造化を実施した。

構造化の実施にあたっては、独立行政法人国立環境研究所の研究員がヒアリング結果等を参考にして要因間の関連、時間的先行性、及び因果の方向性を判断して関係行列を試行的に作成、構造図を作成した。次いで、作成した構造図をグループディスカッション対象者へフィードバックして要因間の関連の妥当性について意見を徴収し、適宜構造図の修正を実施することとした。

a) 関係行列の作成結果

関係行列の作成にあたって、KJ法によって得られた不法投棄場所の関連要因11グループのうち、「ブローカーの手口」については特殊性が高く、不法投棄場所との関連が弱いと考えられることから検討対象から除外した。また、これら関連要因の上位概念と考えられる「不法投棄されやすい場所」を検討対象に加え、合計11グループについて要因間の関連を判断して関係行列を作成した。結果を表1-3に示した。

表1-3 不法投棄場所に関する関係行列

	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	⑪
①不法投棄が起こりやすい・起こる	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
②産廃関連事業者以外の事業者が関与する	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
③産廃関連事業者が関与する	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
④知情性のある地主が関与する	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
⑤ブローカーが介在する	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
⑥地形的に見えにくい	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0
⑦行政の監視が届かない	1	1	1	1	1	0	1	0	0	0	0
⑧無管理である	1	1	0	1	1	0	1	1	1	0	0
⑨周辺住民の監視が届かない	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0
⑩現場直近のアクセス道路の特徴がある	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
⑪交通の利便性が高い	1	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1

例：要因②が要因①に影響を与えていれば②行の①列に「1」、影響を与えていなければ「0」を記入する。

b) 階層構造図の作成結果

表1-3に示した関係行列から可達行列を作成し、さらに可達行列から各グループの階層構造におけるレベル水準を決定した。その結果、以下の6レベルの階層構造が得られた。

レベル1	①不法投棄されやすい場所
レベル2	②産廃関連事業者以外の事業者（が関与する場所） ③産廃関連事業者（が関与する場所）
レベル3	④経済性（知情性のある地主（が関与する場所）） ⑩現場直近のアクセス道路（の特徴）
レベル4	⑤経済性（ブローカーが介在（する場所））
レベル5	⑦行政の監視（が届かない場所） ⑨周辺住民の監視が届かない場所 ⑪交通の利便性の高いエリア（の特徴）
レベル6	⑥地形的に見えにくい場所 ⑧無管理の土地

これらのレベルごとのグループ及び可達行列より、構造化行列を求め、階層構造図を作成した結果を図1-2に示した。

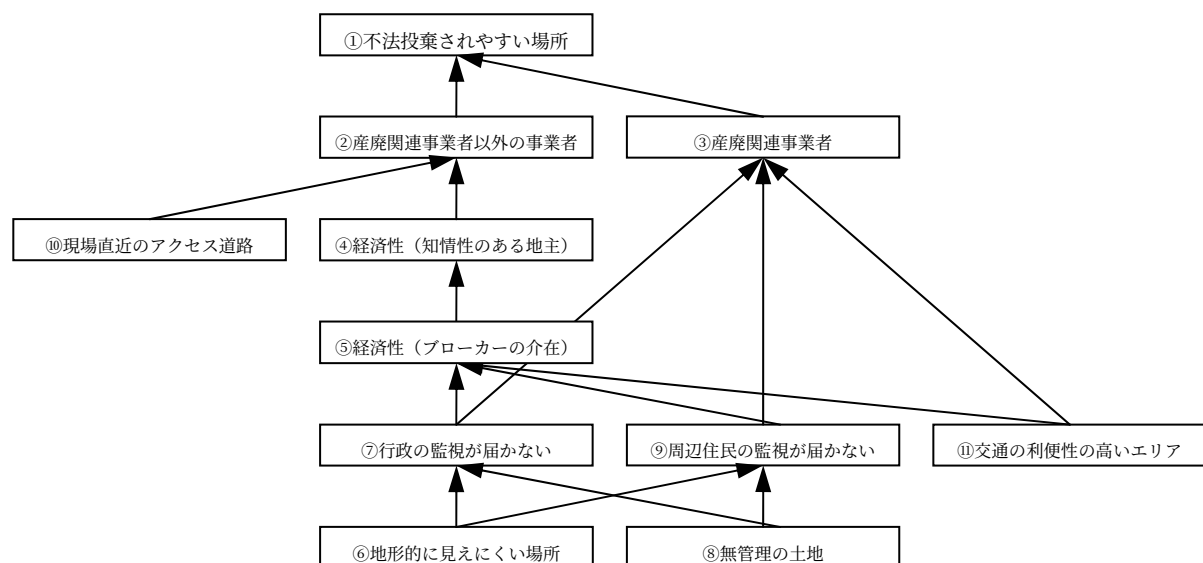


図1-2 不法投棄場所の関連要因の階層構造図

c) 階層構造図の妥当性の検証

図1-2に示した階層構造図をグループディスカッション対象者へフィードバックしたところ、構造図の妥当性について4名の方から回答があった。主な回答を以下に示した。

- ① 「⑪交通の利便性が高い」ことは、「⑤ブローカーの介在」に影響するというよりもむしろ「②産廃関連事業者以外の事業者」、「③産廃関連事業者」に影響すると思われる。
- ② 「⑩現場直近のアクセス道路」は若干異質な要因で他の要因との関連も弱く、不法投棄場所との相関も弱いと思う。敢えて関係づけるとすれば「⑪交通の利便性が高い」こととの相互の関係があると考えられる。
- ③ 「⑪交通の利便性が高い」という要因をどのように解釈するのが難しい。高速のインターチェンジや主要国道のすぐそばであれば人目も多く不法投棄は起こらない。また、県内には大きな国道がいくつか通っており、こうした国道から多少距離を取った地域を「⑪交通の利便性が高い」と考えると、県内の大部分が当てはまることになる。
「⑪交通の利便性が高い」という要因は、「東京・埼玉等の廃棄物発生地点・中継地点からの物理的距離・時間的距離が近い」と解釈した方が良いのではないか？

以上の意見を踏まえ、階層構造図を修正した結果を図1-3に示した。

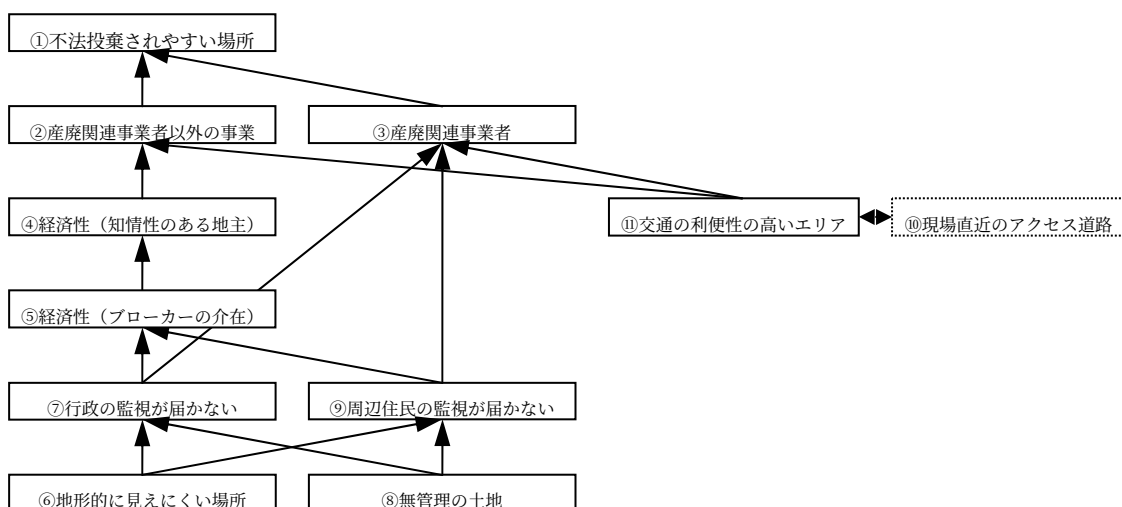


図1-3 不法投棄場所の関連要因の階層構造図の修正結果

d) 階層構造図の解釈

不法投棄場所に関する階層構造図から得られた要因関係をまとめると、以下のように解釈される。

谷津田、平地林、河川敷などの「⑥地形的に見えにくい場所」、土地所有者が不在地主などで「⑧無管理の土地」では、「⑦行政の監視が届かない」、「⑨周辺住民の監視が届かない」といった状況になりやすい。これらの条件が整った場所に対して、地域の実情を知っている「⑤ブローカーが介在」し、「④地情性のある地主」が土地を安易に貸し付けたり、売却したりする。首都圏からの物理的距離・時間的距離が近い「⑪交通の利便性の高い」地域にあり、地主からの借り受け・購入によって確保された場所に「②産廃事業者以外の事業者」が不法投棄を実施する。

一方、「③産廃事業者」は「⑪交通の利便性の高い」地域に立地し、「⑦行政の監視が行届かない」、「⑨周辺住民の監視が行届かない」といった状況において、産廃処理施設周辺地、埋立終了した処分場の跡地、産廃処理業者の事業地の中への違法な堆積行為が見られる。

「②産廃事業者以外の事業者」、「③産廃事業者」が不法投棄・違法堆積する場所の「⑩現場直近のアクセス道路」としては、主要道路から一本中に入ったような場所、交通量はそれほど多くない場所等があるが、こうした場所は不法投棄場所との関連はそれほど強くないと考えられる。

2.1 過去の事例分析を通した衛星監視方法の検討**(1) 目的**

不法投棄対策実務において衛星監視を利用することのメリットとして、一度に広域エリアを監視できること、地上パトロール、スカイパトロールで発見の困難なエリアを発見できることなどが挙げられる。こうした衛星監視のメリットを最大限発揮し、かつ衛星監視における検知期待値(不法投棄現場発見の可能性)をできる限り上げるためには、現状の不法投棄の実態を分析し、不法投棄対策実務改善のために衛星監視をどのように利用していくべきかを検討し、実態に即した衛星監視方法(いつ監視すべきか、何に注目して監視すべきかなど)を検討する。

(2) 検討の流れ

自治体で不法投棄対策実務を担当する方からのヒアリングを行った結果等から、不法投棄対策の実務の問題点、課題が明らかになった。

2.2節「不法投棄対策実務改善の重要因子の抽出」では、これら不法投棄対策の実務の問題点改善のための方策として「不法投棄対応費用削減」と「早期発見」が必要であるとの観点から、まず、この2点それぞれについて、過去の事例分析を通してどういった因子が影響を与えているのかを調査する。調査した結果から、この2点に共通する因子で、かつ重要な影響を与えている因子について重要因子と位置づけ、以下の詳細検討対象とした。なお、ここで行う事例分析には、環境省産業廃棄物不法投棄実態調査結果（平成11年度実績及び平成12年度実績。以下、「実態調査結果」と呼ぶ）および、平成13年度実施の環境省産業廃棄物不法投棄監視体制等調査結果（以下、「監視体制調査結果」と呼ぶ）を使用した。

2.3節「重要因子の個別分析」では、「不法投棄対策実務改善のための重要因子の抽出」で抽出した重要因子それぞれについて詳細に分析を行う。ここではこの後に衛星監視方法を具体的に検討していく上で必要となる情報とその関連性を分析することに焦点を当てた。

2.4節「衛星監視方法についての検討」では、ここまでで実施した過去の事例分析を受けて、衛星監視時期(いつ)、衛星監視頻度(どの程度の間隔で)、衛星監視品目(何を)、といった観点から不法投棄対策実務に最適な衛星監視方法について具体的に検討した。

本項の検討の流れの概念図を以下の

図2-1に示す。

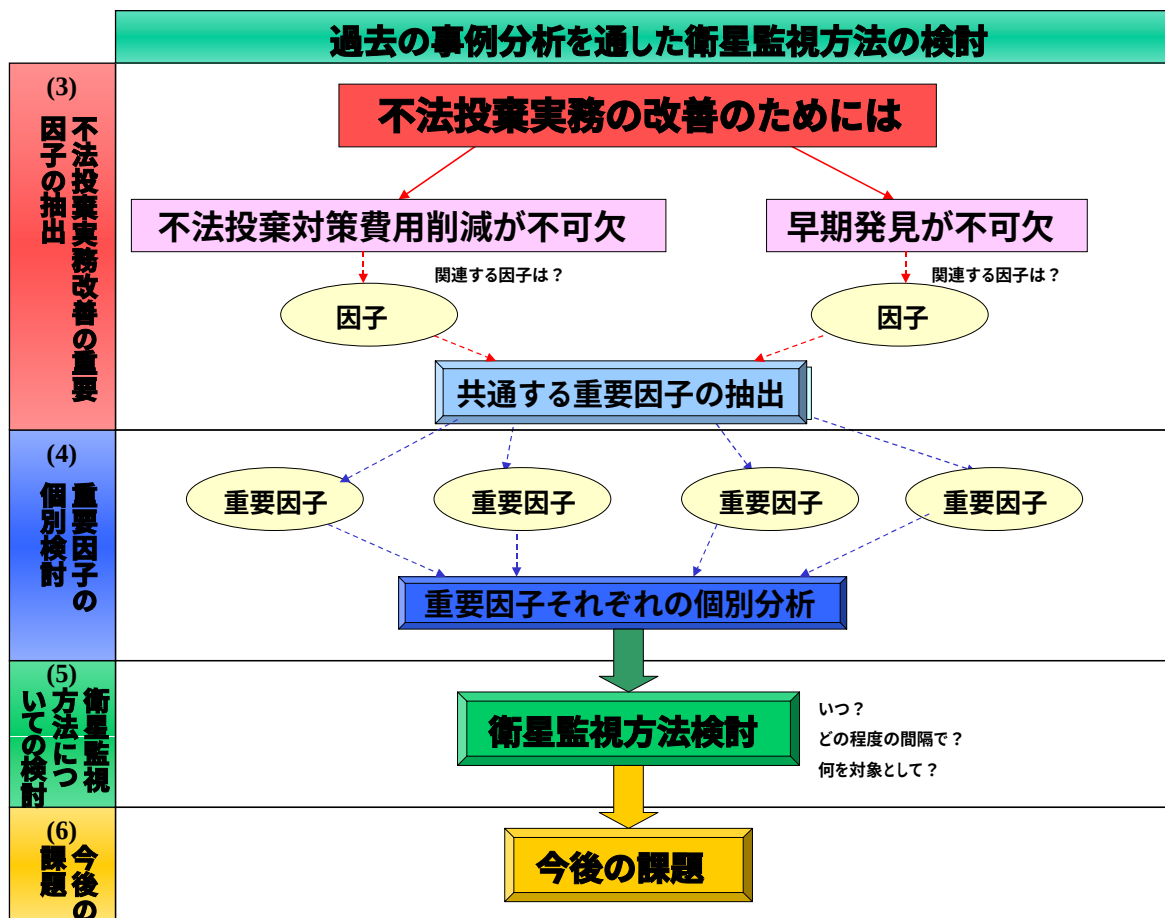


図2-1 本項の検討の流れ

2.2 不法投棄対策実務改善のための重要因子の抽出

不法投棄対策実務改善のための重要因子の抽出を目的として、平成11年度、平成12年度の「実態調査結果」と、平成13年度の「監視体制調査結果」を使用して統計解析を行った。ここでは「不法投棄対応費用削減」と「早期発見」に絞ってそれらの重要因子についての抽出方法と抽出結果について示す。

2.2.1 重要因子の抽出方法

(1) 使用したデータ

解析には平成11年度、平成12年度の「実態調査結果」と、平成13年度の「監視体制調査結果」、また積雪状況を表すデータを平成12年理科年表（国立天文台編）から積雪の深さの階級別日数（1961年から1990年までの平均値）を使用した。詳細な条件について以下に箇条書きで示す。

- ・ 原状回復費用については平成11年度実態調査結果にのみ存在する。
- ・ 投棄開始時期については平成12年度実態調査結果にのみ存在する。
- ・ 投棄開始から発覚までの期間（以下、投棄－発覚期間）については期間を月で示した。発覚時期に関しては日のデータを切り捨てて期間とした。
- ・ 発覚から原状回復着手までの期間（以下、発覚－着手期間）については、1ヶ月を30日として、日で示して期間とした。
- ・ 本庁、出先機関の人員に関しては監視・指導班、委嘱・嘱託監視員を合算したものを使用した。
- ・ 積雪日は各都市の10cm以上の積雪深さの月ごとの日数を各都道府県で平均し、その上で各地域ごとに平均を求めたものを使用した。

その他のデータ使用条件については各項目で記述する。

(2) 解析方法の選定

平成11年度、平成12年度の「実態調査結果」と、平成13年度の「監視体制調査結果」から、「不法投棄対応費用削減」と「早期発見」に関する重要因子を抽出するにあたり、目的変数をそれぞれ「原状回復費用」、「投棄－発覚期間」とした。次に重要因子の候補となりうる項目を両調査結果から抽出すると、質的データがほとんどであった。そのため、量的データの目的変数を複数の質的データで説明する数量化理論Ⅰ類（以下、数量化Ⅰ類）を適用して2つの解析を行った。

(3) 解析の前準備

数量化Ⅰ類を使用して解析を進めるために以下の前準備を行った。

- ・ アイテムとして選定した項目にデータのないデータセットの削除を行った。量的データの分布状況を把握し、各カテゴリーにできるだけ均等にデータが配分され、また専門家の観点からもできるだけ意味をもつレンジを各項目に設定し、量的データの質的データへの変換を行った。

2.2.2 「不法投棄対応費用削減」における重要因子の抽出

(1) 因子（アイテム）の選定

原状回復費用に影響を与えそうなアイテムを実態調査結果から選定した。その結果、以下の項目をアイテムとして使用することとした。

- ・ 投棄回数
- ・ 地目
- ・ 発見内容
- ・ 投棄量
- ・ 最も代表的な投棄品目
- ・ 品目数
- ・ 生活環境への影響
- ・ 発覚一着手期間
- ・ 実行者の業種
- ・ 回復の方法

(2) カテゴリーの設定

アイテムのうち、量的データのものに関して、カテゴリーの設定を行った。表2-1に各アイテムのカテゴリー設定結果を示す。

表2-1 アイテムのカテゴリー設定

カテゴリ 番号	発見－着手 期間	投棄回数	地目	発見内容	投棄量 (t)	最も代表的な投棄品 目	品目数	実行者の業種	生活環境への影 響について	回復の方法
1	1～10日	1	山林	住民の通報	1～20	がれき類	1種類	製造業	悪臭	廃棄物の撤去
2	11～20日	2	農地	行政によるパトロール	21～40	建設木くず	2種類	建設業	火災	現場の覆土
3	21～30日	3	宅地	その他	41～60	その他の建設廃棄物	3種類	商業・サービス業	飛散・流出・崩落	その他
4	31～40日	4	河川・海岸	-	61～80	廃プラスチック類	4種類	その他	汚水の流出	-
5	41～50日	5	その他	-	81～100	金属くず	5種類	不明	特になし	-
6	51～60日	6以上	-	-	101～150	ゴムくず	-	-	その他	-
7	61～90日	不明	-	-	151～200	汚泥	-	-	-	-
8	91～120日	-	-	-	201～400	動物のふん尿	-	-	-	-
9	121～150日	-	-	-	401～600	動植物性残さ	-	-	-	-
10	151～180日	-	-	-	601～1000	廃油	-	-	-	-
11	181日以上	-	-	-	1001以上	ガラスくず・陶磁器くず	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-	鋳さい	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-	特別管理産業廃棄物	-	-	-	-
14	-	-	-	-	-	その他の産業廃棄物	-	-	-	-

※最も代表的な投棄品目の「燃え殻」についてはサンプルデータがなかったためこの解析部分では対象外とした。

(3) 解析結果

数量化Ⅰ類で算出したカテゴリースコア、範囲、偏相関係数を表2-2～表2-3に示す。ここで、カテゴリースコアの範囲はアイテムの有効性を計る目安となる。またカテゴリースコアは高いほど外的基準（原状回復費用）を高くする。偏相関係数は各アイテムの外的基準（ここでは原状回復費用）との純粋な相関を表している。また重相関係数(R)は各アイテム間、ならびに外的基準との相関係数から求められ、重相関係数の2乗である決定係数(R^2)とともに解析の精度を表す指標となる。一般的に重相関係数は0.7を超えれば良い精度とされている。

表2-2 統計量表(1/2)

アイテム	カテゴリー	個数	カテゴリースコア	範囲	偏相関係数
発覚－着手期間：	1	44	44.46993	4620.07761	0.50183
	2	21	-176.48028		
	3	12	53.7869		
	4	13	-354.05534		
	5	7	443.6639		
	6	7	-1167.51787		
	7	16	126.72928		
	8	17	-1049.7945		
	9	5	-2471.81461		
	10	2	141.42025		
	11	18	2148.263		
投棄回数：	1	37	-159.10729	2714.73672	0.216
	2	7	920.96448		
	3	11	-52.68627		
	4	2	789.13689		
	5	1	-1793.77224		
	6	34	441.52279		
	7	70	-211.09299		
地目：	1	45	16.91919	1947.38253	0.25917
	2	48	-358.20131		
	3	9	-740.95843		
	4	3	-1464.99799		
	5	57	482.38454		
発見内容：	1	79	-260.06712	1924.24944	0.37997
	2	54	-424.79435		
	3	29	1499.45509		
投棄量：	1	46	-511.82256	9967.48279	0.75069
	2	44	-129.60446		
	3	13	-1009.99671		
	4	11	254.60544		
	5	8	-453.95776		
	6	10	-553.46148		
	7	4	124.56354		
	8	9	-901.16137		
	9	7	-1475.13064		
	10	3	2411.21867		
	11	7	8492.35215		

表2-3 統計量表(2/2)

アイテム	カテゴリー	個数	カテゴリースコア	範囲	偏相関係数
最も代表的な投 棄品目:	1	90	-452.11614	3787.66694	0.43085
	2	27	94.21328		
	3	2	298.05446		
	4	21	1844.67926		
	5	1	885.62483		
	6	4	399.75474		
	7	5	130.54117		
	8	1	1184.10941		
	9	2	78.0899		
	10	1	755.45301		
	11	2	-1942.98768		
	12	1	-1800.87857		
	13	4	-399.59775		
	14	1	864.47412		
品目数:	1	79	557.28238	3740.60867	0.3851
	2	53	-337.70966		
	3	18	-782.93897		
	4	8	87.43886		
	5	4	-3183.3263		
実行者の業種:	1	10	60.78	862.23893	0.17143
	2	95	239.05233		
	3	9	-115.59061		
	4	24	-623.18659		
	5	24	-305.04074		
生活環境への影 響について:	1	9	-1342.6757	1810.38464	0.21195
	2	1	-623.22971		
	3	19	-322.6205		
	4	15	467.70894		
	5	110	141.75711		
	6	8	-471.47701		
回復の方法:	1	157	8.0084	360.75912	0.02893
	2	2	-352.75072		
	3	3	-183.9389		
定数項			549.02531		

重相関係数 $R=0.83298$

決定係数 $R^2=0.69386$

(4) 重要因子の抽出

表2-2～表2-3に示した解析結果から、原状回復費用に影響を与える項目を偏相関係数と範囲に着目して重要因子を抽出した。偏相関係数は高い順に0.40以上まで、範囲は大きいものを上から3つ抽出した。表2-4～表2-5に結果を示す。

表2-4 重要因子抽出結果(1/2)

偏相関係数	アイテム
0.75069	投棄量
0.50183	発覚－着手期間
0.43085	最も代表的な投棄品目

表2-5 重要因子抽出結果(2/2)

範囲	アイテム
9967.48279	投棄量
4620.07761	発覚－着手期間
3787.66694	最も代表的な投棄品目

2.2.3 「早期発見」における重要因子の抽出

(1) アイテムの選定

投棄一発覚期間に影響を与えそうなアイテムを実態調査結果と監視体制調査結果から選定した。その結果、以下の項目をアイテムとして使用した。

- ・ 地目
- ・ 投棄量(t)
- ・ 最も代表的な投棄品目
- ・ 投棄品目数
- ・ 本庁監視員(人)
- ・ 本庁監視員における警察関係者の有無
- ・ 出先機関監視員（人）
- ・ 出先機関監視員における警察関係者の有無
- ・ 民間委託監視員（人日）
- ・ 連絡協議会の種類

(2) カテゴリーの設定

アイテムのうち、量的データのものに関して、カテゴリーの設定を行った。表2-6～表2-7に各アイテムのカテゴリー設定結果を示す。

表2-6 各アイテムのカテゴリー設定結果(1/2)

カテゴリー番号	地目	投棄量(t)	最も代表的な投棄品目	投棄品目数	本庁		出先機関		業務委託 監視人員 (人日)
					監視人員 (人)	警察関係者 の有無	監視人員 (人)	警察関係者 の有無	
1	山林	1～20	がれき類	1	0	有り	0	有り	0
2	農地	21～40	建設木くず	2	1～3	無し	1～3	無し	1～250
3	宅地	41～60	その他の建設廃棄物	3	4～10		4～10		251～500
4	河川・海岸	61～80	特別管理産業廃棄物	4	11～		11～20		501～
5	その他	81～100	ゴムくず	5			21～		
6		101～150	燃え殻						
7		151～200	動物のふん尿						
8		201～400	動植物性残さ						
9		401～600	廃油						
10		601～1000	ガラスくず・陶磁器くず						
11		1001以上	その他の産業廃棄物						

表2-7 各アイテムのカテゴリー設定結果(2/2)

カテゴリー番号	連絡協議会の種類	
1	設置なし	
2	都道府県と政令市の両方が参加しているもの	処理業界・排出事業者のいずれかが参加しているもの
3		処理業界・排出事業者のいずれも参加していないもの
4	都道府県と政令市のいずれも参加していないもの	処理業界・排出事業者のいずれかが参加しているもの
5		処理業界・排出事業者のいずれも参加していないもの

(3) 解析結果

数量化Ⅰ類で算出したカテゴリースコア、範囲、偏相関係数を表2-8～表2-9に示す。

表2-8 解析結果(1/2)

アイテム	カテゴリー	個数	カテゴリースコア	範囲	偏相関係数
地目	1	40	-1.04139	12.4808	0.27422
	2	26	5.52758		
	3	7	-6.95322		
	4	4	-4.90795		
	5	41	-0.82334		
投棄量(t)	1	35	-2.97931	105.37173	0.62574
	2	25	0.69316		
	3	18	-3.04239		
	4	6	8.45374		
	5	6	-7.09717		
	6	7	-2.55023		
	7	4	10.5018		
	8	8	2.59031		
	9	6	0.50658		
	10	2	-6.31072		
	11	1	98.27455		
最も代表的な 投棄品目	1	38	-0.39007	77.75107	0.56961
	2	26	0.64823		
	3	6	4.42121		
	4	22	-3.46022		
	5	4	-10.25685		
	6	5	20.00895		
	7	1	30.66951		
	8	1	2.92519		
	9	2	-47.08156		
	10	1	15.37565		
	11	12	2.81183		

表2-9 解析結果(2/2)

アイテム		カテゴリー	個数	カテゴリースコア	範囲	偏相関係数
投棄品目数		1	82	-0.93297	55.72423	0.4928
		2	16	0.1159		
		3	13	4.26148		
		4	3	-29.09247		
		5	4	26.63176		
本庁	監視人員 (人)	1	21	27.07998	45.27994	0.57783
		2	41	-2.06738		
		3	34	-18.19996		
		4	20	8.17781		
		5	2	-14.3374		
	警察関係者 の有無	1	22	-4.88734	6.00735	0.12579
		2	96	1.12001		
出先機関	監視人員 (人)	1	49	-3.26182	43.67242	0.59284
		2	6	-9.82964		
		3	7	-17.82021		
		4	43	0.17371		
		5	13	25.8522		
	警察関係者 の有無	1	56	-1.66226	3.16365	0.08984
		2	62	1.50139		
業務委託	監視人員 (人日)	1	45	-9.75859	19.76442	0.47541
		2	50	10.00583		
		3	17	-3.26857		
		4	6	-0.93157		
		連絡協議会の種類		1	20	-17.47475
2	37			2.083		
3	5			-9.3586		
4	16			16.48999		
5	40			1.38443		
定数項				7.15254		
重相関係数R=0.78950						
決定係数R2=0.62331						

(4) 重要因子の抽出

表2-8～表2-9に示した解析結果から、投棄－発覚期間に影響を与える項目を偏相関係数と範囲に着目して抽出した。偏相関係数は高い順に0.40以上を、範囲は大きいものを上から3つ抽出した。表2-10～表2-11に結果を示す。

表2-10 重要因子の抽出(1/2)

偏相関係数	アイテム
0.62574	投棄量
0.56961	最も代表的な投棄品目
0.59284	出先監視人員(人)
0.57783	本庁監視人員(人)
0.4928	投棄品目数
0.47541	業務委託監視人員(人日)
0.44199	連絡協議会の種類

表2-11 重要因子の抽出(2/2)

範囲	アイテム
105.37173	投棄量
77.75107	最も代表的な投棄品目
55.72423	投棄品目数

2.2.4 重要因子抽出結果

2.2.2節、2.2.3節の解析結果から、それぞれ偏相関係数0.40以上のもの、または範囲が大きい上位3項目を「不法投棄対応費用削減」と「早期発見」に対する重要因子として抽出し、以下の4つの項目に集約することができた。以下の重要因子については、「(4) 重要因子の個別分析」で個別に分析を行う。

- ✓ 投棄量
- ✓ 投棄品目（最も代表的な投棄品目、投棄品目数）
- ✓ 期間（投棄－発覚期間、発覚－着手期間）
- ✓ 監視体制（本庁監視人員、出先機関監視人員、業務委託監視人員、連絡協議会の種類）

2.3 重要因子の個別分析

ここでは2.2節で抽出した重要因子について「投棄量」「投棄品目」「期間」「監視体制」の4つの観点から、それぞれに関連性が高い項目との関係を個別に分析した結果を以下に示す。

2.3.1 投棄量についての分析

「投棄量、投棄規模」と「原状回復費用」「発覚月」の関連性を分析した結果を以下に示す。

(1) 投棄量と原状回復費用との関連

投棄規模別の原状回復費用を示したグラフを図2-2に示す。このグラフより投棄規模が大きくなるほど原状回復費用が高くなり、特に投棄規模が401t以上の場合101－400tの級数に比べて原状回復費用の平均値は約4倍に跳ね上がっている。

よって原状回復費用を削減するためには投棄規模が拡大しないための対策を打つ必要がある。

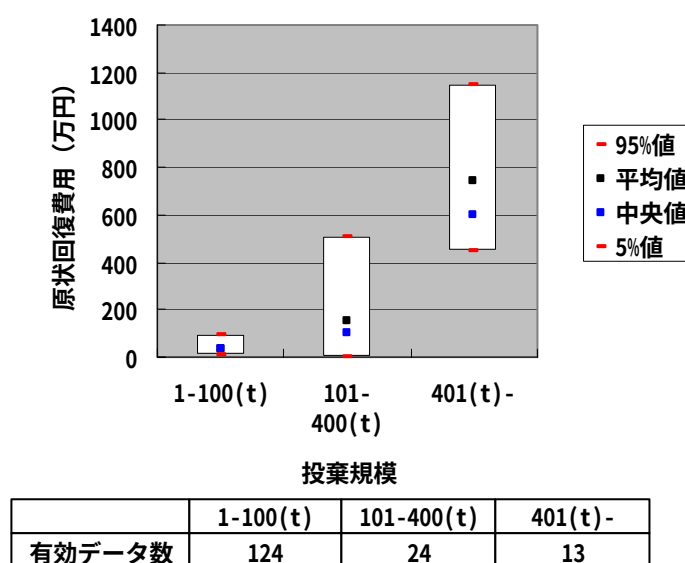


図2-2 投棄規模別の原状回復費用

(2) 投棄量と発覚月との関連

発覚月別の投棄量を全国と北海道、東北、関東、信越+北陸、東海+近畿、中国+四国、九州の8つのブロックで示したものを図2-3～図2-10に示す。地域のグラフに関しては、雪の影響をみるために、積雪日(10cm以上の積雪のあった日)のデータもあわせて示してある。一件あたりの投棄量が比較的多い月は2月、3月、5月、11月となっている。また逆に7月は投棄量が他の月に比べて少ない。ただし平均としては各月ともに100t前後で推移しており、上記で述べた傾向は投棄量が最大(95%値において)の事案について示している。

地域別で見ると、北海道(図2-4)では、東北(図2-5)と較べてみると雪の影響をあまり受けずに投棄されているのがわかる。また東北と関東(図2-6)と比較すると、東北では雪の影響で投棄量の少ない月に関東では比較的多くなっているのがわかる。他の地域においては積雪があっても、雪の影響を受けている箇所とそうでない箇所が存在する。投棄から発覚までの期間の地域差を加味していないので判断はできないが、積雪による投棄量の抑止効果を受けている地域とそうでない地域が存在する。積雪の影響を省いて、各地域の投棄量を見てみると、地域毎に投棄量の傾向があり、これらの傾向を踏まえた対策が必要である。

また前項で示したとおり原状回復費用を削減するためには投棄の拡大を防止することが重要であり、過去の事例で大規模な投棄が発見された月に関しては、それよりも前の時点で発見するための対策が必要と考える。

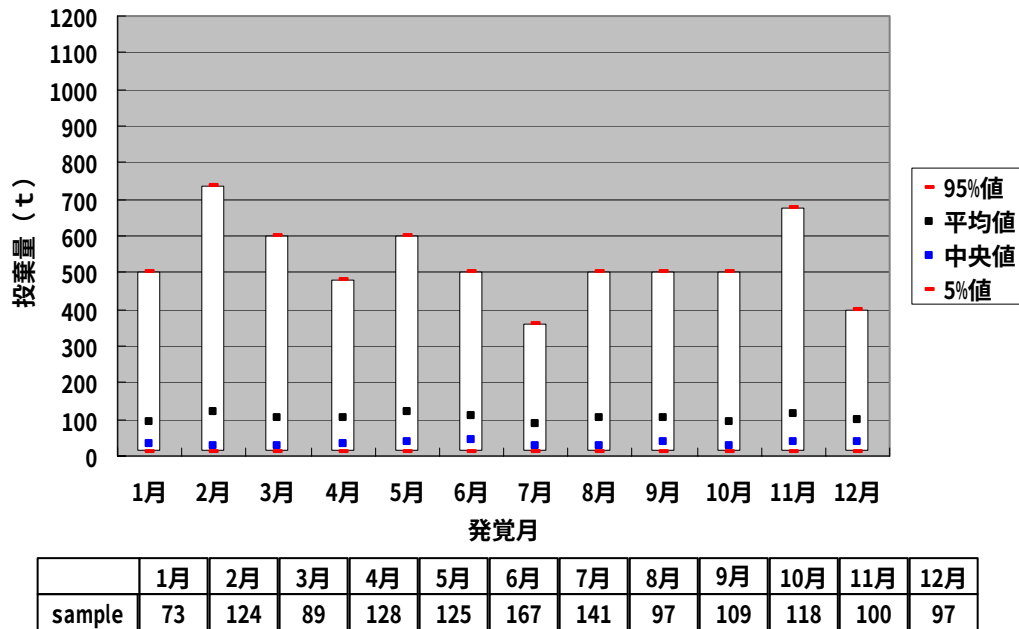


図2-3 発覚月別投棄1件あたりの投棄量（全国）

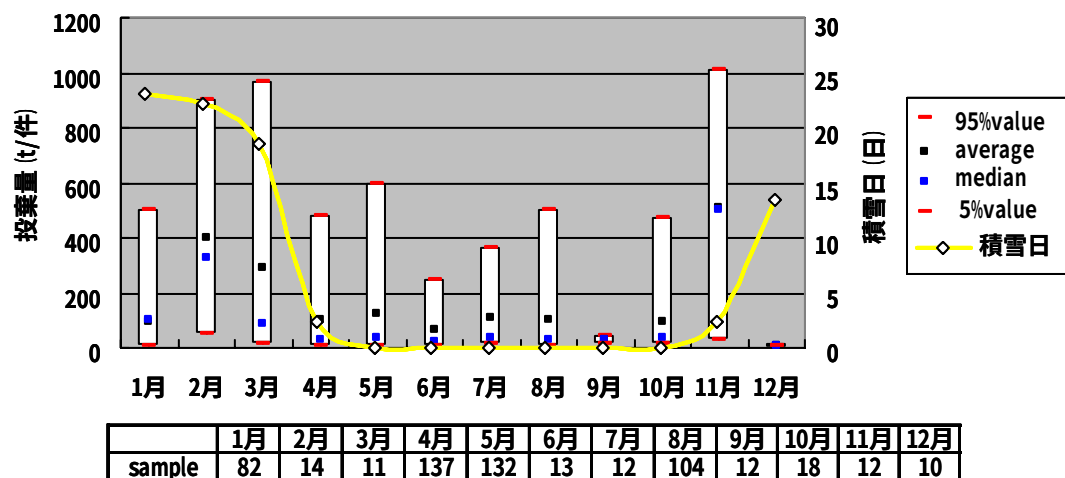


図2-4 発覚月別投棄 1 件あたりの投棄量と積雪日（北海道）

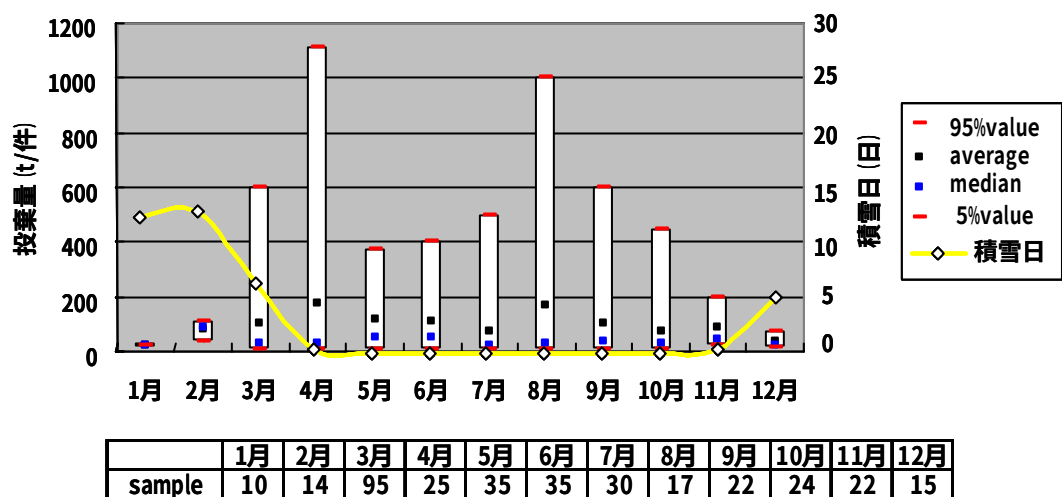


図2-5 発覚月別投棄 1 件あたりの投棄量と積雪日（東北）

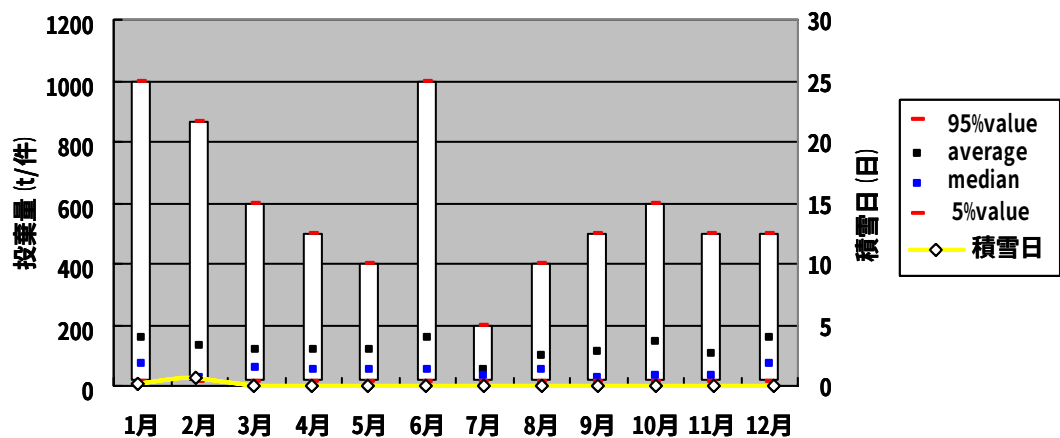


図2-6 発覚月別投棄 1 件あたりの投棄量と積雪日（関東）

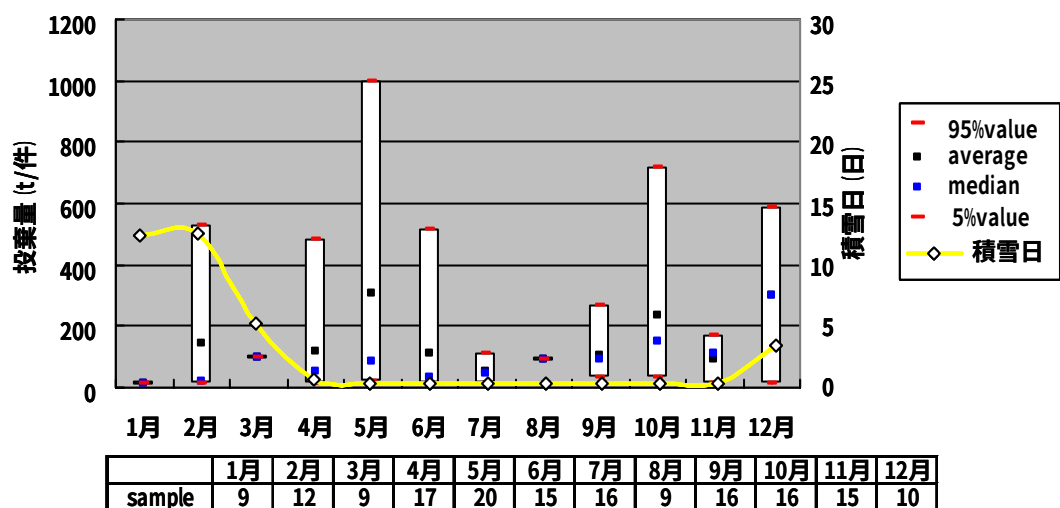


図2-7 発覚月別投棄 1 件あたりの投棄量と積雪日（信越+北陸）

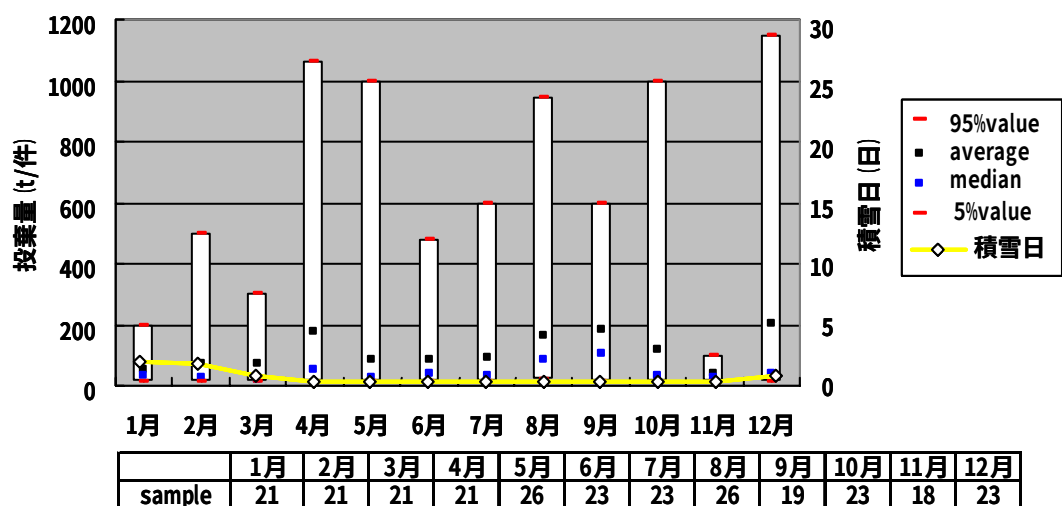


図2-8 発覚月別投棄1件あたりの投棄量と積雪日（東海+近畿）

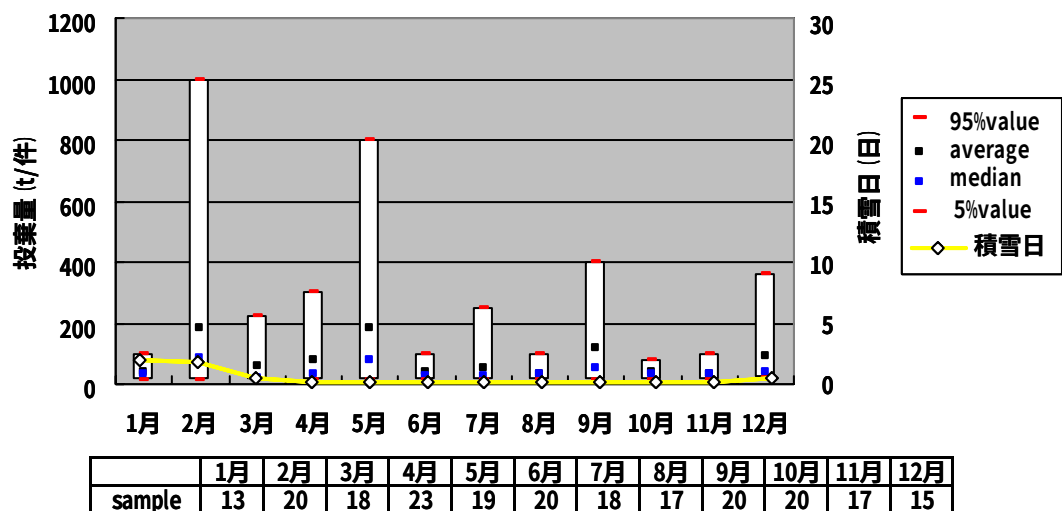


図2-9 発覚月別投棄1件あたりの投棄量と積雪日（中国+四国）

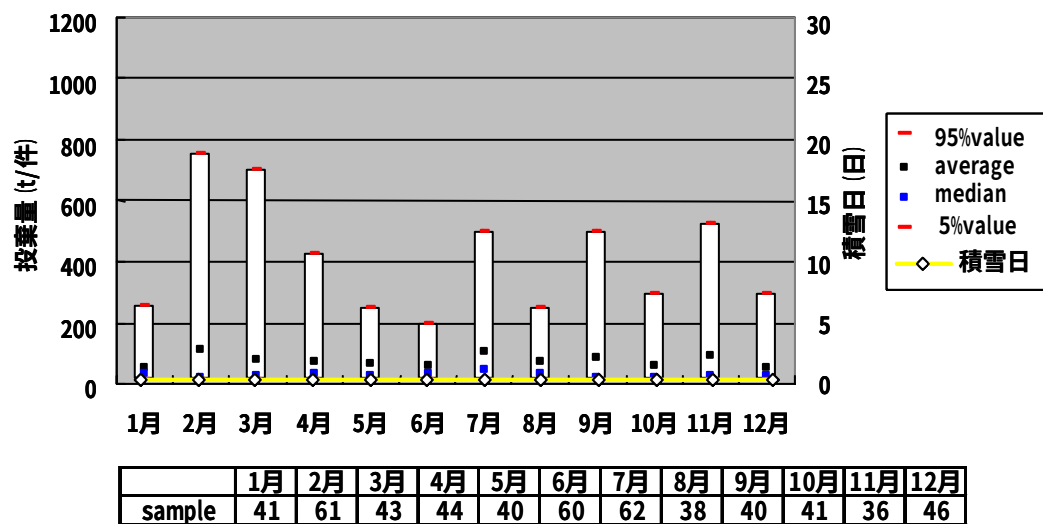


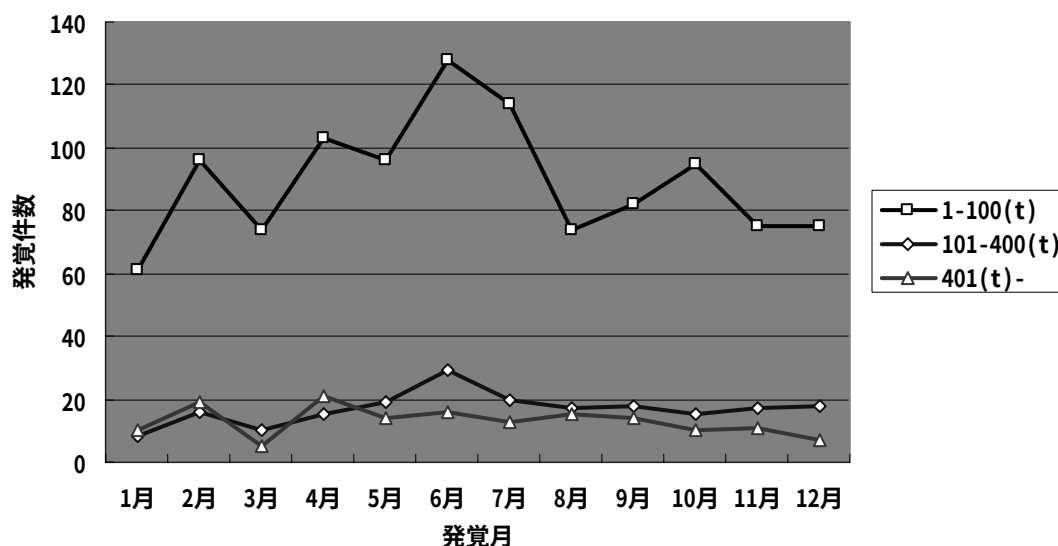
図2-10 発覚月別投棄1件あたりの投棄量と積雪日（九州）

(3) 投棄規模と発覚月との関連

投棄規模別の発覚件数を全国と北海道、東北、関東、信越+北陸、東海+近畿、中国+四国、九州の8つのブロックで示したものを図2-11～図2-18に示す。地域のグラフに関しては、ここでも雪の影響をみるために、積雪日(10cm以上の積雪のあった日)のデータもあわせて示してある。

全国のグラフを見てみると、比較的大規模な投棄(401t以上)は2月、4月に発覚すること多いことが分かる。また中小規模の投棄(400t以下)は5月から7月にかけて発覚が多い。この点に関しては投棄月の調査結果まで追跡して分析する必要があるが、6月～7月の梅雨による雨と気候が暖かくなることによる、投棄物の匂いの発生が住民の通報を促している可能性があり、さらなる分析が必要である。しかし、総じて2月以降から投棄が増加する傾向があると見ることができ、監視体制にも留意が必要である。

また地域毎に見てみると、ここでも北海道(図2-12)、東北(図2-13)、関東(図2-14)において比較をすると、北海道は積雪の影響をあまり受けておらず、東北では積雪の影響で冬期の投棄件数が少なくなっていることがわかる。雪の影響を省いて各地域のグラフを見てみると、関東と九州では大規模・中規模・小規模の比率や凹凸が全国の傾向と似た傾向をもち、他の地域は地域毎に傾向をもっていることがわかる。北海道で積雪の影響が見られない点については更なる分析が必要であるが、これら全国の傾向、地域毎の傾向、積雪の傾向等を踏まえて、投棄の防止と増加の歯止めを行うために、監視を強化した対策を打つ必要がある。



	1-100(t)	101-	401(t)-
sample	1073	202	155

図2-11 投棄規模別の発覚件数 (全国)

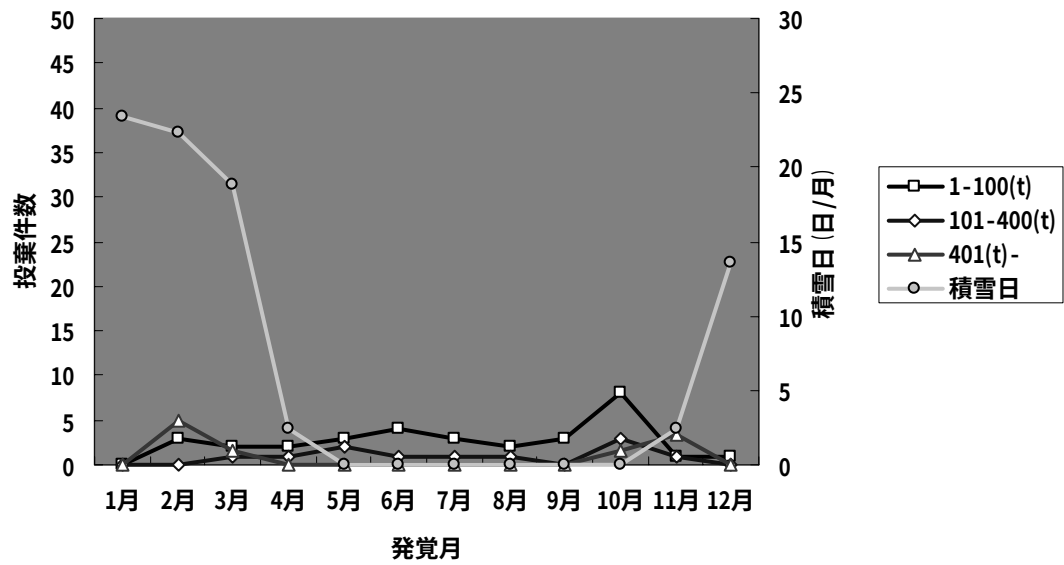


図2-12 投棄規模別の発覚件数（北海道）

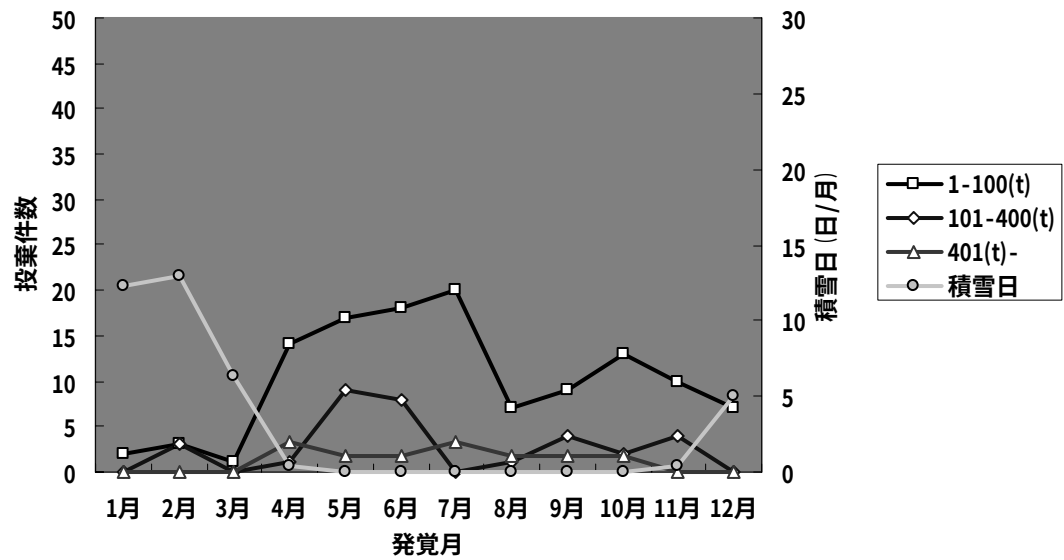


図2-13 投棄規模別の発覚件数（東北）

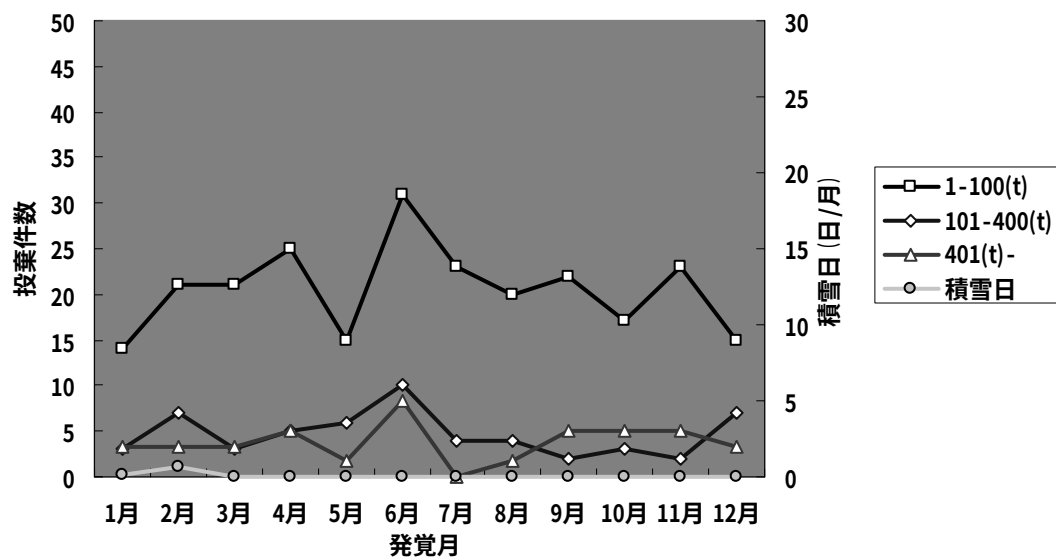


図2-14 投棄規模別の発覚件数（関東）

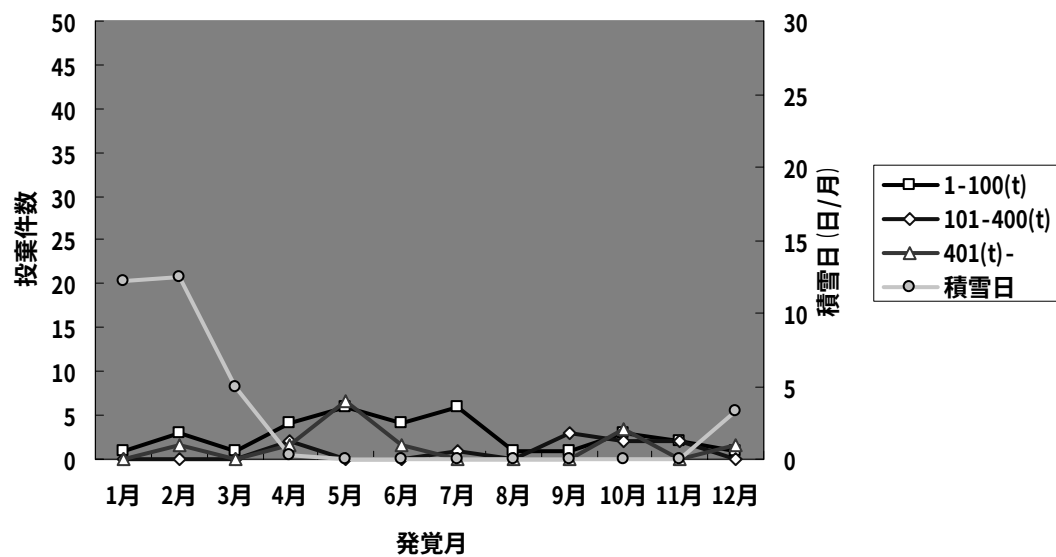


図2-15 投棄規模別の発覚件数（信越+北陸）

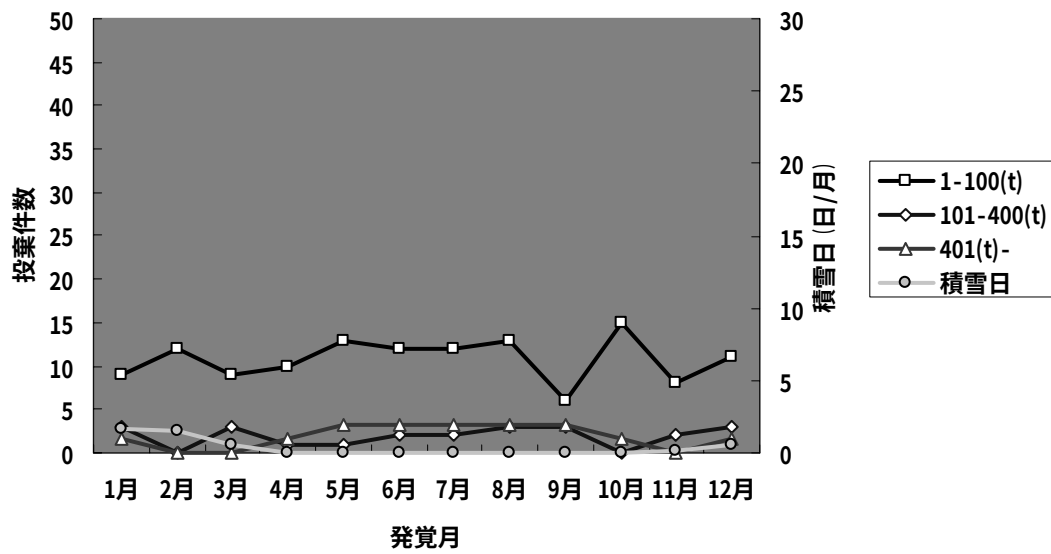


図2-16 投棄規模別の発覚件数（近畿+東海）

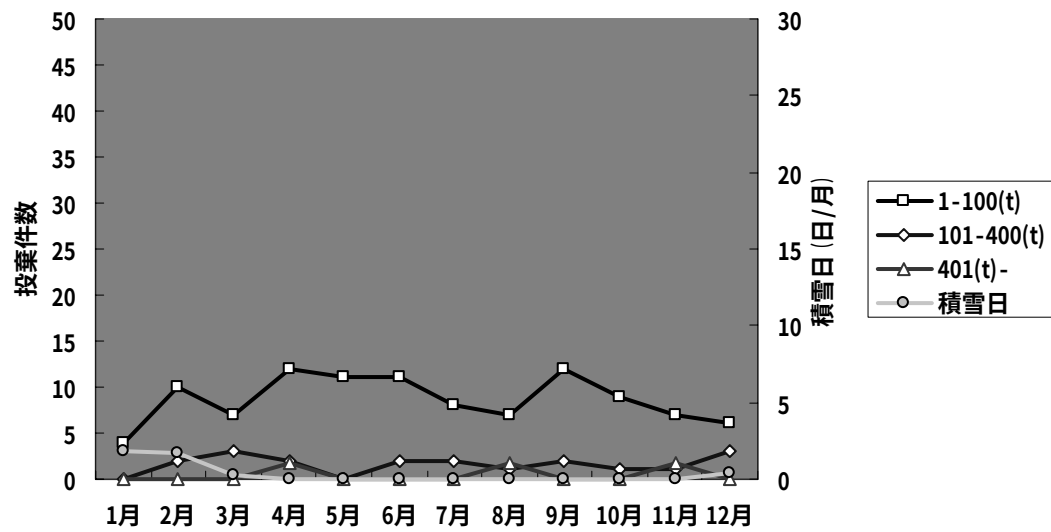


図2-17 投棄規模別の発覚件数（中国+四国）

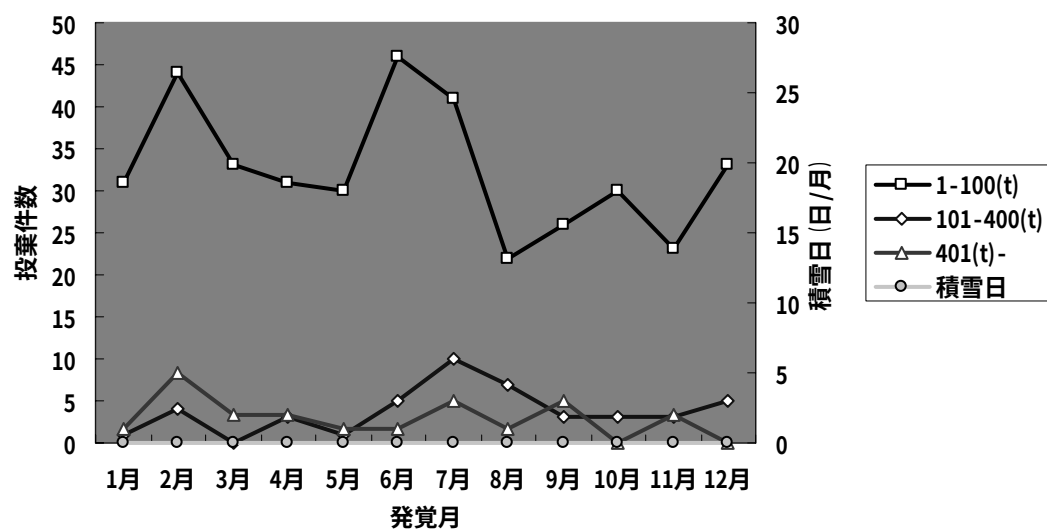


図2-18 投棄規模別の発覚件数（九州）

2.3.2 投棄品目についての分析

ここでは「投棄品目」とそれぞれ、「原状回復費用」、「投棄量」、「投棄一発覚期間」との関連性を分析した結果を以下に示す。

(1) 投棄品目と原状回復費用との関連

投棄品目を類似素材ごとにグループにまとめて、不法投棄1件ごとの原状回復費用との関連性を見たグラフを図2-19に示す。投棄品目のグルーピングを表2-12に示す。類似素材別にグループ分けした理由は、衛星センサによる識別・検知能との関連を踏まえたものであるが、投棄の発生要因や投棄物の発生元、投棄場所の特性との関連からのグループ分けの妥当性についてはさらに検討が必要であり、検討の第一段階として捉えるべきである。

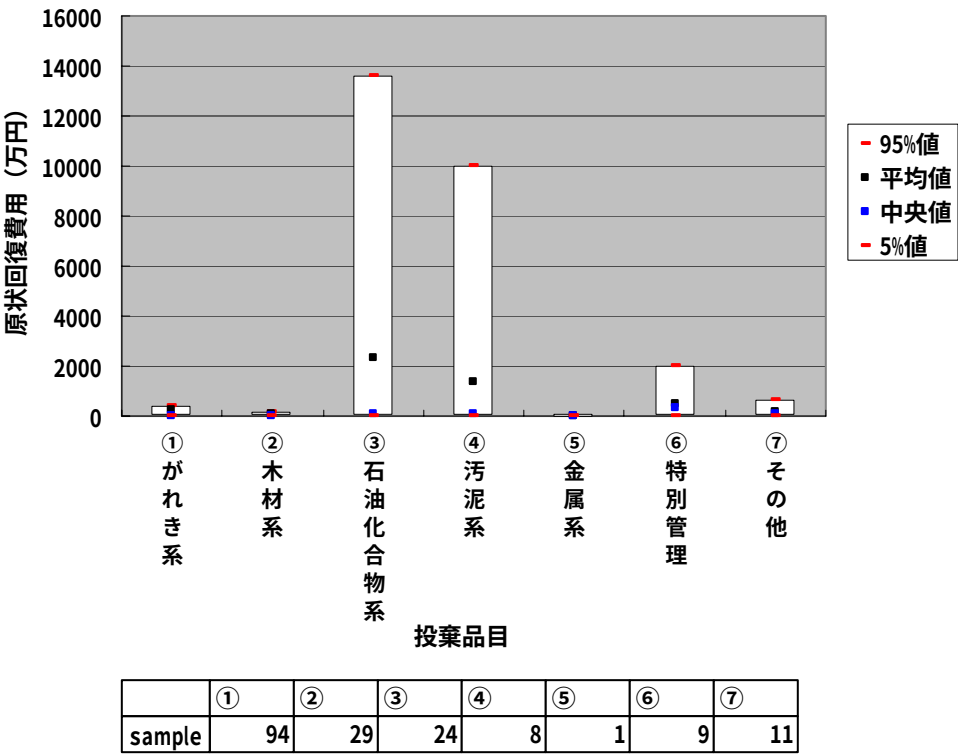


図2-19 投棄品目と原状回復費用との関連

投棄量を考慮せずに見てみると、原状回復費用では、石油系化合物、汚泥系を含んだ投棄に大きな原状回復費用がかかることが分かる。

表2-12 投棄品目のグループ一覧

品目番号	グループ	品目
①	①がれき系	がれき類
⑫		ガラスくず・陶磁器くず
⑬		鋳さい
②	②木材系	建設木くず
④	③石油系化合物	廃プラスチック
⑥		ゴムくず
⑪		廃油
⑧	④汚泥系	汚泥
⑨		動物のふん尿
⑩		動植物性残さ
⑤	⑤金属系	金属くず
⑭	⑥特別管理産業廃棄物	特別管理産業廃棄物
③	⑦その他	その他の建設系廃棄物
⑦		燃え殻
⑮		①～⑭以外のもの

(2) 投棄品目と投棄量との関連

ここでは表2-12に示した投棄品目のグループ別に不法投棄1件あたりの投棄量の分布を見たものを図2-20に示す。投棄量の多いものから順に、石油系化合物、有機物系、がれき系となっている。金属系、特別管理産業廃棄物は量的に比較的少ない投棄となっていることが分かる。発生元はほとんどが建設系のものであると考えられるが、発生元によって主に占める廃棄物種が異なり、規模も異なってくる。衛星監視システムでは、より大量の投棄廃棄物や、より有害な廃棄物の投棄場所を早期に発見する必要がある。

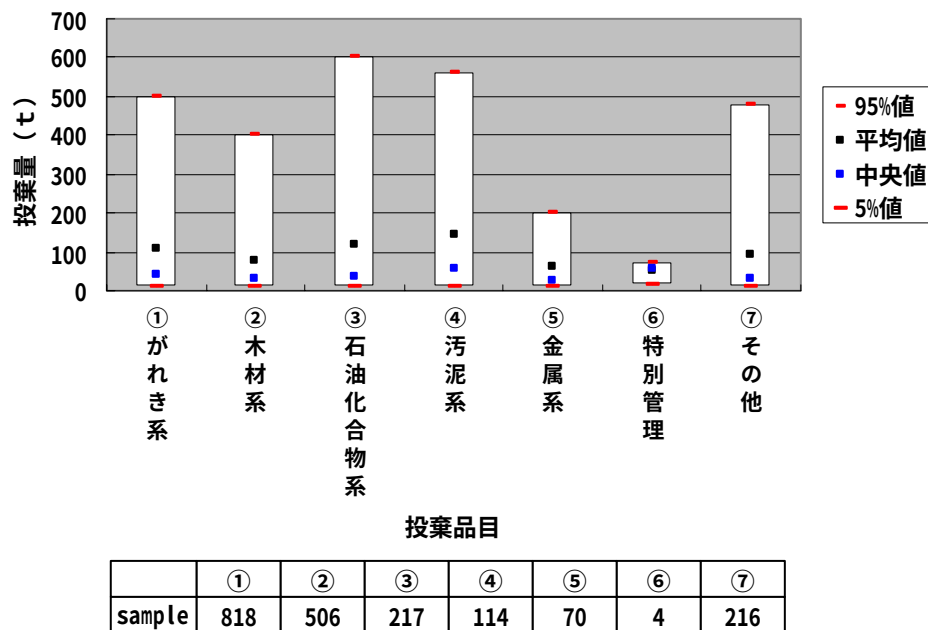


図2-20 投棄品目と投棄量との関連

(3) 投棄品目と投棄－発覚期間との関連

ここでは表2-12に示す投棄品目のグループごとに、不法投棄1件ごとの投棄－発覚期間の分布を見たものを図2-21に示す。投棄－発覚期間についてはその他のグループを除くと、期間の長いものから順にがれき系、木材系、汚泥系となっている。これらに共通的にいえるのは自然状態と識別しにくい類似物が存在し、発見が他の投棄物に較べると難しい点があげられる。

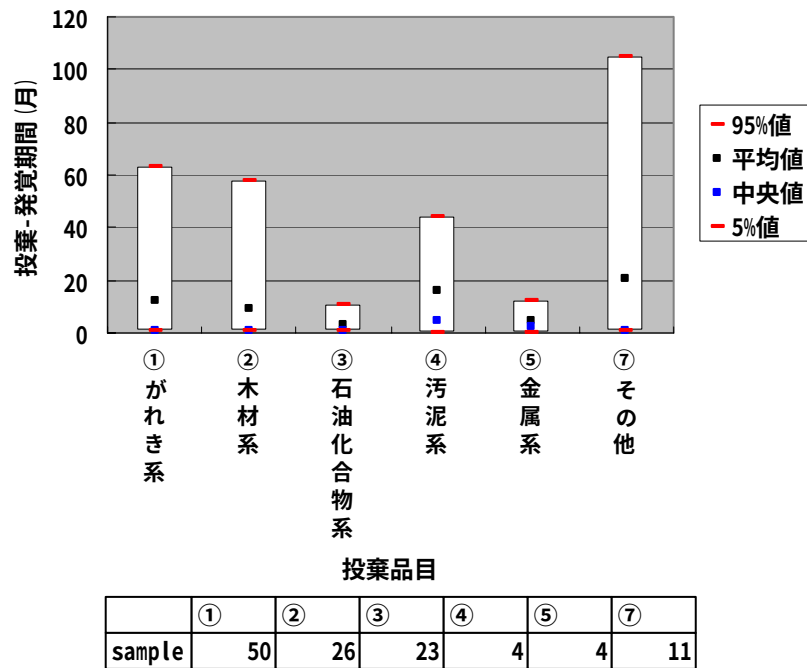


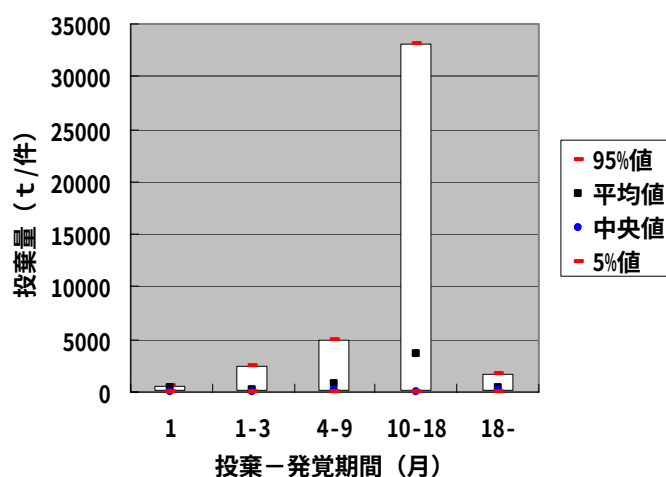
図2-21 投棄品目と投棄－発覚期間との関連

2.3.3 投棄－発覚－着手期間についての分析

ここでは「投棄－発覚－着手期間」とそれぞれ、「原状回復費用」、「投棄量」との関連性を分析した結果を以下に示す。

(1) 投棄－発覚期間と投棄量との関連

投棄－発覚期間と1件ごとの投棄量との関連性を図2-22に示す。投棄後1ヶ月～18ヶ月まで時間を追うごとに投棄量が増えていき、10－18ヶ月経過、大幅に増加する。18ヶ月以上の経過では大規模な投棄場所はほとんどなく、投棄量が少ないと住民等からの通報も少なく、そのまま放置されるケースや、投棄するのに困難な箇所は発見するのにも困難な箇所であるケースなどが考えられる。

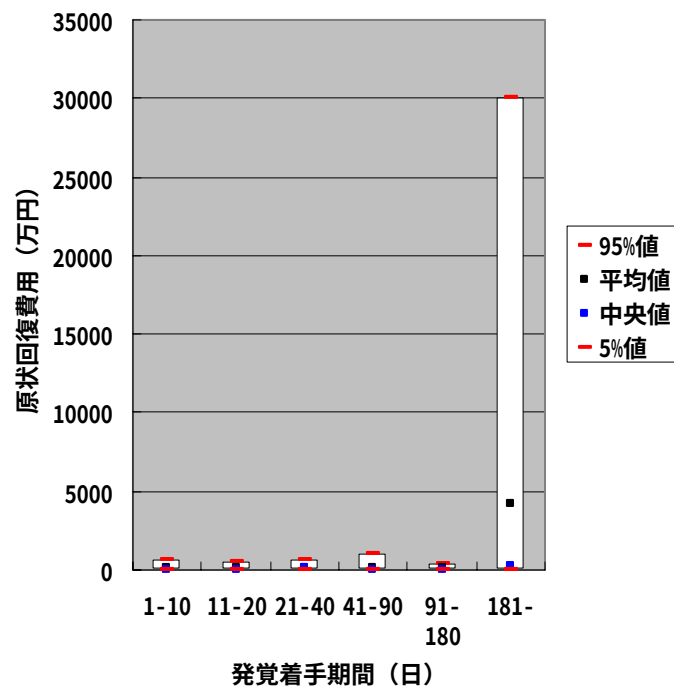


	1	1-3	4-9	10-18	18-
有効データ数	91	20	14	10	13

図2-22 投棄発覚期間と投棄量との関連

(2) 発覚一着手期間と原状回復費用との関連

発覚一着手期間と原状回復費用の関連性を図2-23に示す。図の通り、180日経過までは比較的低い位置で推移しているが、181日以上経過後着手の投棄に関しては、飛びぬけて高い費用となっている。これについては、原状回復が困難な投棄に対して何らかの準備を行った結果であるのか、または181日以上着手しなかったから原状回復費用の高騰を呼んだのかはこの分析からは判断できないため、詳細な分析が必要であると思われる。

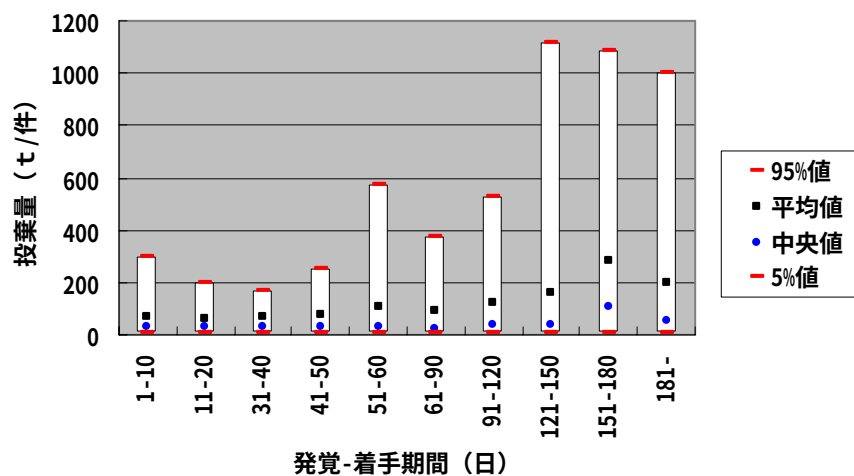


	1-10	11-20	21-40	41-90	91-180	181-180
有効データ数	51	25	31	36	26	18

図2-23 発覚着手期間と原状回復費用との関連

(3) 発覚一着手期間と投棄量との関連

発覚一着手期間と1件ごとの投棄量との関連性を図2-24に示す。平均値を追跡して大きな流れを見ると、時間を追うごとに発覚した投棄量が増加していくことが分かる。これについては、発覚一着手期間が長くなれば投棄が継続し投棄量が増えるのか、行政対応が行き届かず大規模な投棄箇所から優先的に対応していくために、小規模な時点で発覚しても対策に着手するまでに時間が経過し投棄量が増えてしまうのか、など実態については今後より詳細な分析が必要である。



	1-10	11-20	31-40	41-50	51-60	61-90	91-120	121-150	151-180	181-
有効データ数	199	115	68	43	32	75	47	37	18	75

図2-24 発覚一着手期間と投棄量との関連

2.3.4 体制についての分析

ここでは監視体制に関する詳細な分析を行っていないが、監視体制が投棄一発覚期間に大きな影響をもっているのは、数量化Ⅰ類による解析結果から明らかであり、監視人員の配置や人数、連絡協議会の体制など、監視体制に対して今後詳細な解析が必要である。

2.4 衛星監視方法についての検討

ここでは、2.2、2.3で検討した結果を踏まえて、衛星監視方法へのフィードバックを監視時期、監視頻度、監視対象品目の3点にまとめて示す。

2.4.1 衛星監視時期について

図2-2～図2-18で検討した結果をまとめたものを表2-13に示す。原状回復費用は投棄規模が大きくなると比例して高くなる傾向があるため、投棄量の増加を防止する監視方法が必要である。特に401 t 以上の投棄規模になる前に投棄を停止させる策が必要である。また発覚の極端に少ない月が存在しないことから、毎月の監視は必要であり、加えて、2月から8月に特に監視を強化することが重要である。また大規模箇所の発生は2月と4月、小中規模は5～7月という規模別の傾向もあわせて、衛星監視時期の設定に組み込む必要がある。

表2-13 投棄量についての分析まとめ

原状回復費用	投棄規模が大きくなるほど原状回復費用が高くなる 401t以上と101-400tの原状回復費用を比較すると約4倍に跳ね上がる
発覚月	投棄量が比較的多い投棄が発覚した月は、2月、3月、5月、11月である 大規模 (401t以上) 投棄は2月、4月に発覚数が多い 中小規模 (400t以下) 投棄は5月～7月にかけて発覚数が多い

2.4.2 衛星監視頻度について

図2-22～図2-24で検討した結果について、表2-14にまとめて示す。ここでは投棄後18ヶ月経過が一つのポイントになっており、投棄後10～18ヶ月以前に発見することが投棄量を抑止するために必要である。現状で10～18ヶ月経過後発覚している投棄を1～3ヶ月で発見することによる投棄量の抑止効果は大きなものであると想定できる。このため2.4.1節で示した結果を踏まえて、毎月監視と冬期から夏期にかけての監視強化が必要である。

表2-14 期間についての分析のまとめ

投棄－発覚期間と投棄量	18ヶ月まで徐々に投棄量が期間とともに増えていき、10-18ヶ月経過後、大幅に増加する 発見の困難な箇所は継続的な投棄の困難な箇所でもある
投棄量と投棄－発覚期間	期間が長くなると投棄量が増加していく傾向がある
原状回復費用と発覚－着手期間	181日以上経過後の着手では原状回復費用は膨大になる

2.4.3 衛星監視対象品目について

図2-19～図2-21から検討した結果について表2-15にまとめて示す。ここでは衛星で特に監視する必要のある品目について示す。まず汚泥系廃棄物は投棄量が多い上に原状回復費用も高くなっているので注目する必要がある。また特別管理産業廃棄物についても投棄量あたりの原状回復費用が高いと考えられるので、少量でも発見可能な手法の開発が必要である。また投棄－発覚期間との関連で、住民等からの通報が出にくい投棄物や発見されにくい投棄物は、発覚期間が長くなり投棄量も多くなる可能性もあり、それらの投棄品目があれば発見する手法の開発が必要とされる。

表2-15 投棄品目についての分析のまとめ

原状回復費用	石油化合物系、汚泥系を含んだ投棄に高い原状回復費用がかかる傾向がある
	特別管理産業廃棄物は単位量あたりの原状回復費用が多くかかっている
投棄量	石油化合物系、汚泥系、がれき系の順で投棄量が多くなっている
	金属系、特別管理産業廃棄物は比較的投棄量が少ない
投棄－発覚期間	がれき系、木材系、汚泥系等自然界にも存在するものは期間が長い
	石油化合物、金属系は期間が短い

参考-3 詳細ビジネスフローの一覧

(6.4.3 節関係)

検討を行った詳細ビジネスフローの詳細一覧を表3-1に、その凡例を図3-1に示す。

表3-1：詳細ビジネスフロー一覧(1/2)

業務ID	業務名	詳細ビジネスフローID	詳細ビジネスフロー名	概要
A	衛星監視計画支援	FA01	GISゾーニング管理	- GISゾーニング結果と関連データ（日付・場所など）をシステムに登録する。 - GISゾーニング結果を検索する。 - GISゾーニング結果を更新する。 - GISゾーニング結果を削除する。
		FA02	衛星適用度情報管理	- 調査の際に衛星を適用すべき条件（森林伐採優先、環境汚染物質優先など）を各自治体単位で登録する。 - 衛星調査条件を検索する。 - 衛星調査条件を更新する。 - 衛星調査条件を削除する。
		FA03	衛星調査エリア選定	- GISゾーニング結果、衛星調査条件因子を元に、各自治体単位で衛星調査の必要性の高いエリアを選定する。 - 衛星調査エリアの結果を検索する。 - 衛星調査エリアの結果を更新する。 - 衛星調査エリアの結果を削除する。
		FA04	監視計画	- 衛星調査エリア選定結果を元に、各自治体単位で衛星監視計画を立案し、費用分析を行う。 - 監視計画結果を検索する。 - 監視計画結果を更新する。 - 監視計画結果を削除する。 - 監視計画結果を下に、システム運用者が衛星調査依頼を実施する。
B	衛星調査依頼	FB01	衛星調査依頼管理	- 衛星調査依頼に登録する。 - 衛星調査依頼を検索する。 - 衛星調査依頼を更新する。 - 衛星調査依頼を削除する。 - 衛星調査依頼を受け付ける。
		FB02	調査結果閲覧	衛星調査結果を閲覧する。
C	利用者・関連機関情報管理	FC01	利用者情報管理	- 利用者情報を登録する。 - 利用者情報を検索する。 - 利用者情報を更新する。 - 利用者情報を削除する。
		FC02	衛星画像提供機関情報管理	- 衛星画像提供機関情報を登録する。 - 衛星画像提供機関情報を検索する。 - 衛星画像提供機関情報を更新する。 - 衛星画像提供機関情報を削除する。
		FC03	衛星画像解析機関情報管理	- 衛星画像解析機関情報を登録する。 - 衛星画像解析機関情報を検索する。 - 衛星画像解析機関情報を更新する。 - 衛星画像解析機関情報を削除する。

表3-1：詳細ビジネスフロー一覧(2/2)

業務ID	業務名	詳細ビジネスフローID	詳細ビジネスフロー名	概要
D	分析・解析方法管理	FD01	分析・解析方法管理	・ 分析・解析方法を登録する。 ・ 分析・解析方法を検索する。 ・ 分析・解析方法を更新する。 ・ 分析・解析方法を削除する。
		FD02	分析・解析方法選定	・ 調査エリア、発見目的などにより、分析・解析方法を選定する。 ・ 解析・分析方法選定結果を検索する。 ・ 解析・分析方法選定結果を更新する。 ・ 解析・分析方法選定結果を削除する。
E	撮影方法管理	FE01	撮影方法管理	・ 衛星情報・撮影方法を登録する。 ・ 衛星情報・撮影方法を検索する。 ・ 衛星情報・撮影方法を更新する。 ・ 衛星情報・撮影方法を削除する。
		FE02	撮影方法選定	・ 調査エリア、分析・解析方法などにより、衛星を選定する。 ・ 衛星選定結果を検索する。 ・ 衛星選定結果を更新する。 ・ 衛星選定結果を削除する。
		FE03	調査実施問い合わせ	・ 調査実施の可否をシステム利用者に問い合わせる。
F	撮影・解析注文	FF01	衛星画像管理	・ 衛星画像提供機関に撮影依頼を行う。 ・ 衛星画像提供機関から衛星画像を受け取り、登録する。 ・ 衛星画像を検索する。 ・ 衛星画像を更新する。 ・ 衛星画像を削除する。
		FF02	解析画像管理	・ 衛星画像解析機関に解析依頼を行う。 ・ 衛星画像解析機関から解析画像を受け取り、登録する。 ・ 解析画像を検索する。 ・ 解析画像を更新する。 ・ 解析画像を削除する。
G	分析	FG01	分析	・ 解析画像を元に、分析を行う。 ・ 分析終了後、調査が完了した事をシステム利用者に通知する。 ・ 分析結果を検索する。 ・ 分析結果を更新する。 ・ 分析結果を削除する。

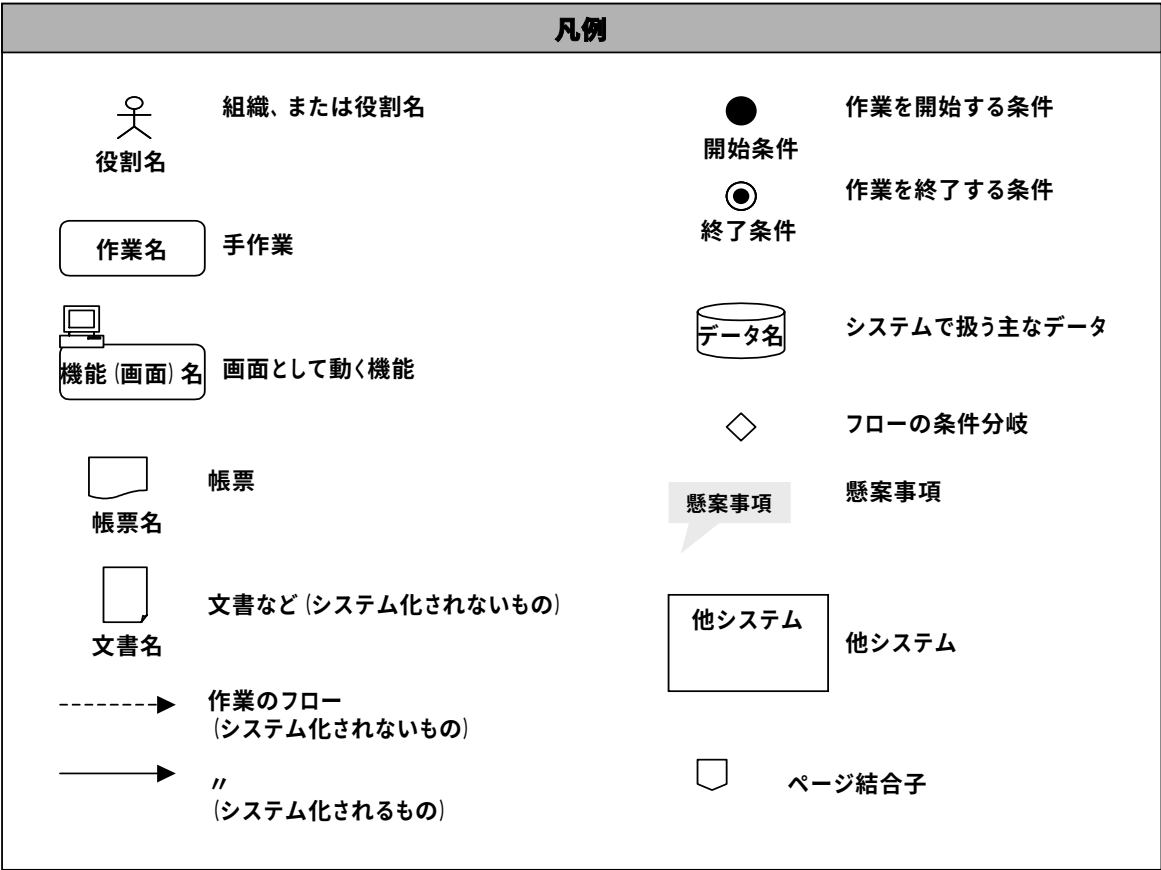


図3-1：詳細ビジネスフロー凡例

ア)衛星監視計画支援業務

a)GISゾーニング管理

GISゾーニング管理の詳細ビジネスフローを図3-2に示す。

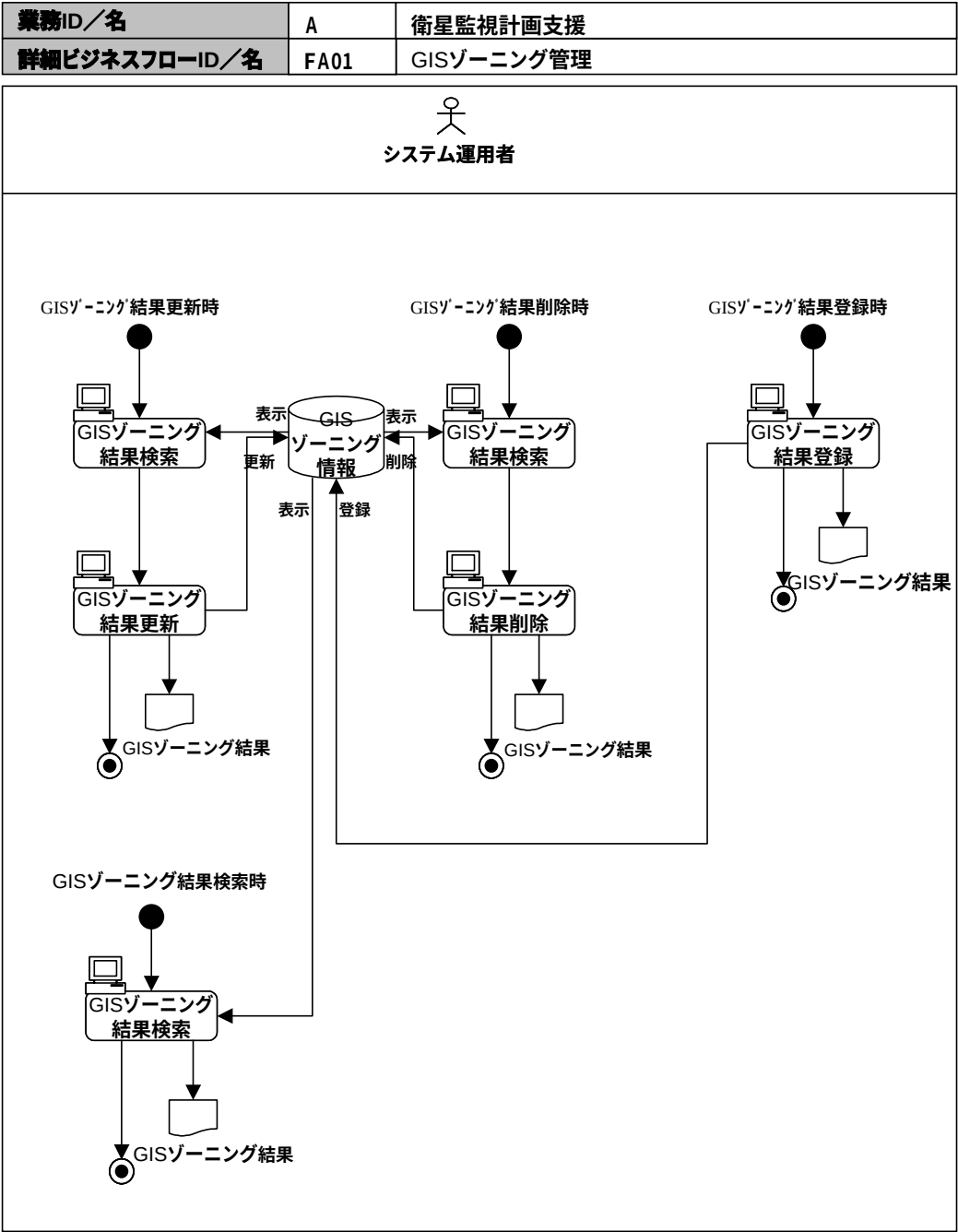


図3-2：GISゾーニング管理

b)衛星適用度情報管理

衛星適用度情報管理の詳細ビジネスフローを図3-3に示す。

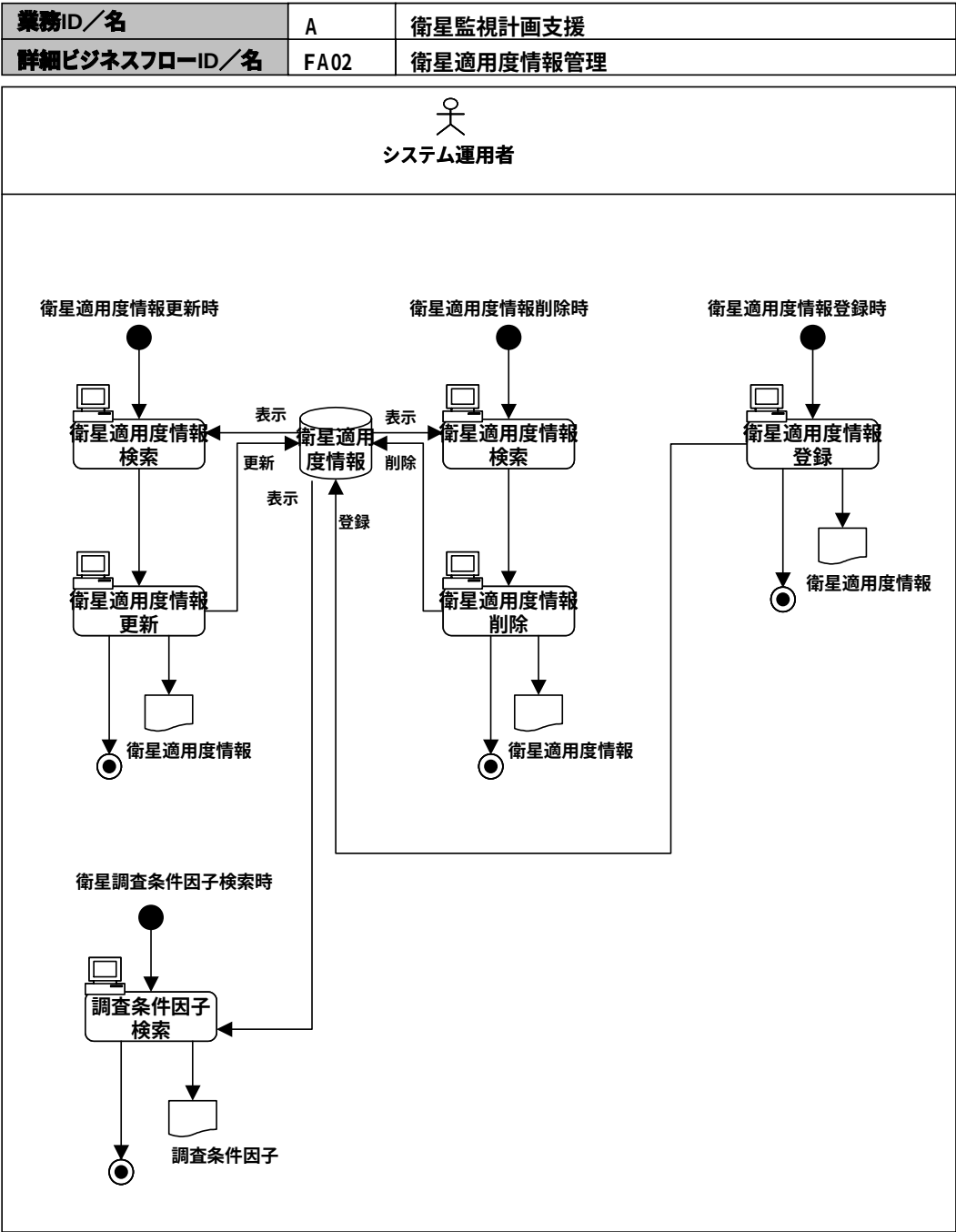


図3-3：衛星適用度情報管理

c)衛星エリア選定

衛星調査エリア選定の詳細ビジネスフローを図3-4に示す。

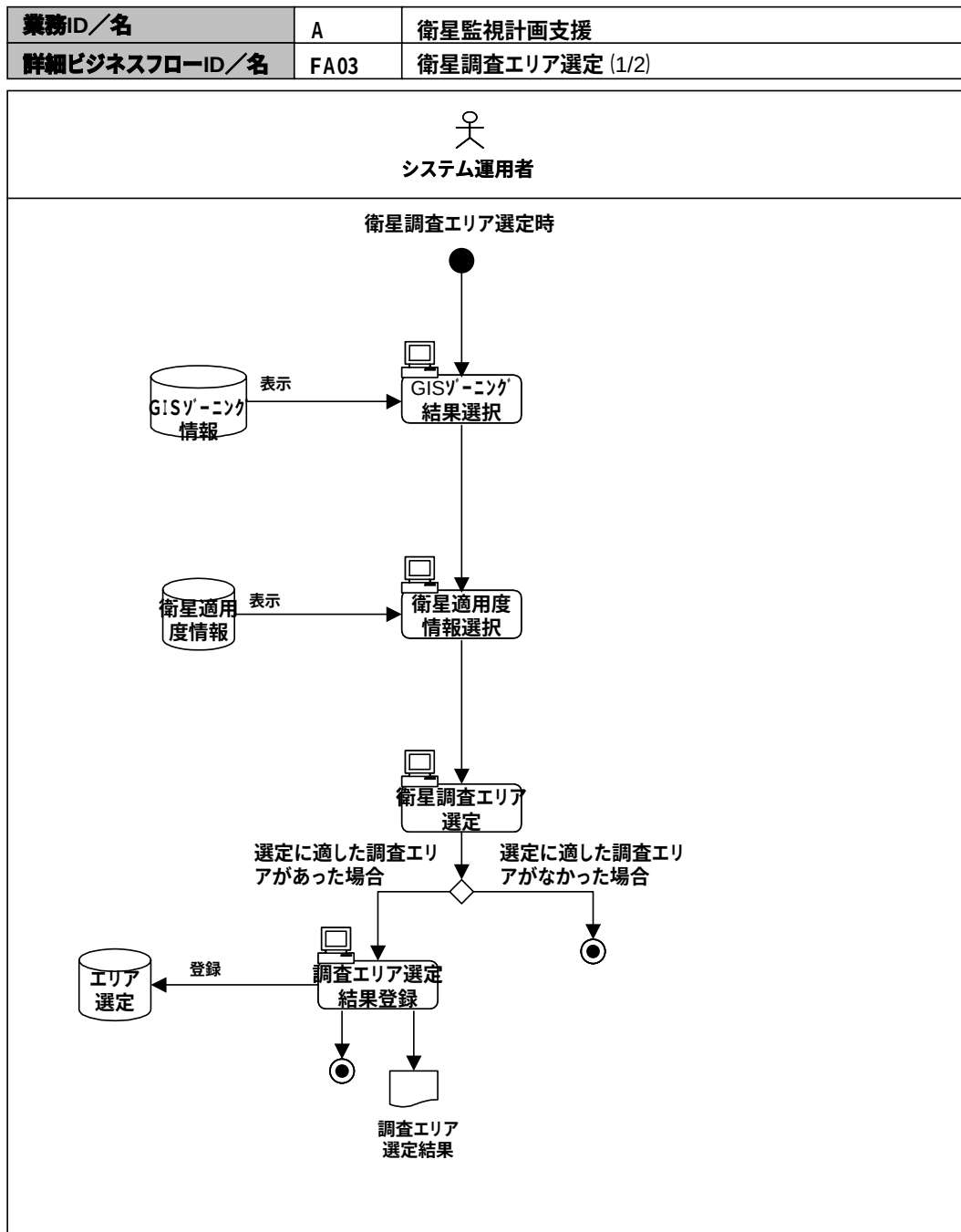


図3-4：衛星調査エリア選定(1/2)

業務ID／名	A	衛星監視計画支援
詳細ビジネスフローID／名	FA03	衛星調査エリア選定 (2/2)

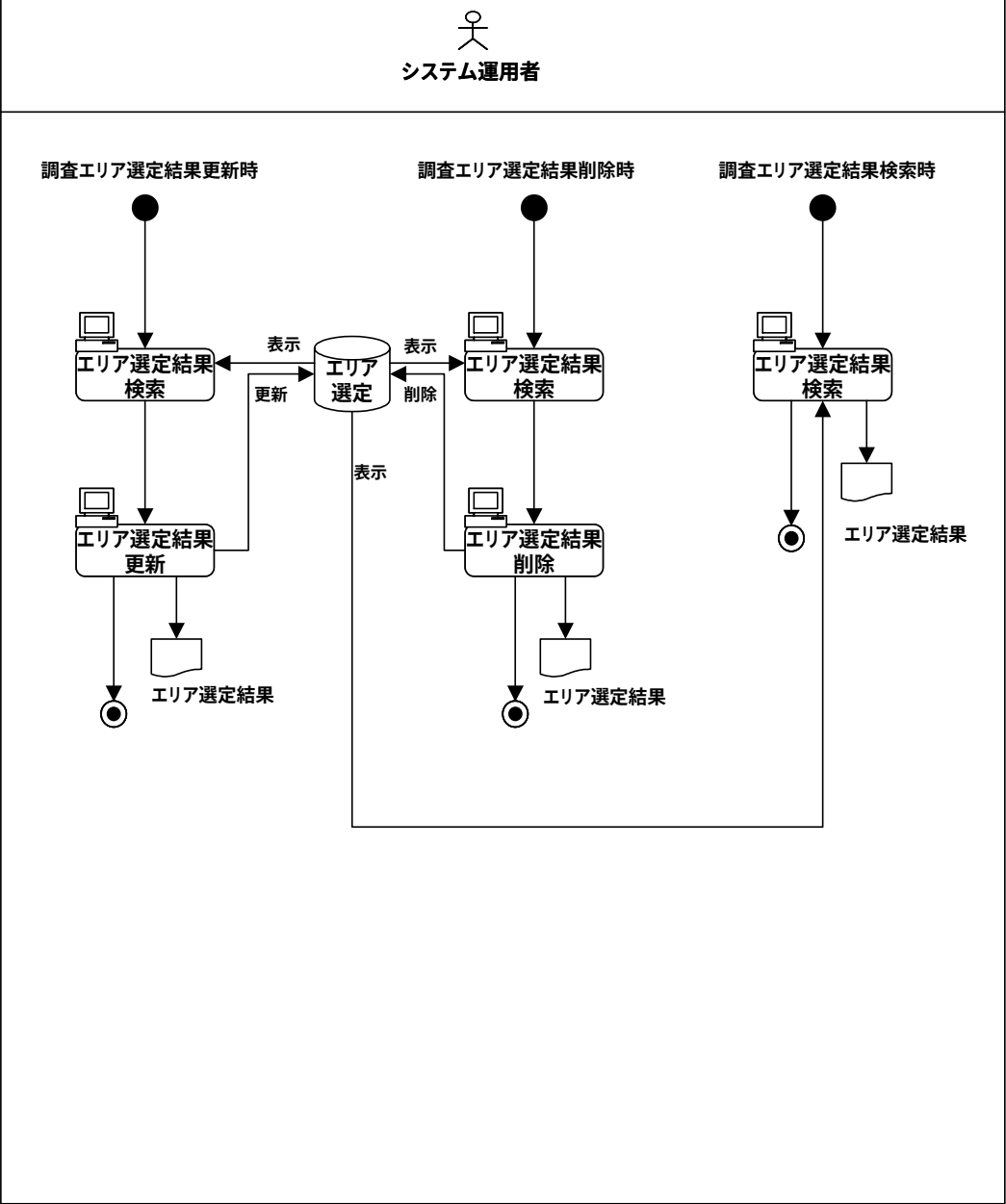


図3-4：衛星調査エリア選定(2/2)

d)監視計画

監視計画の詳細ビジネスフローを図3-5に示す。

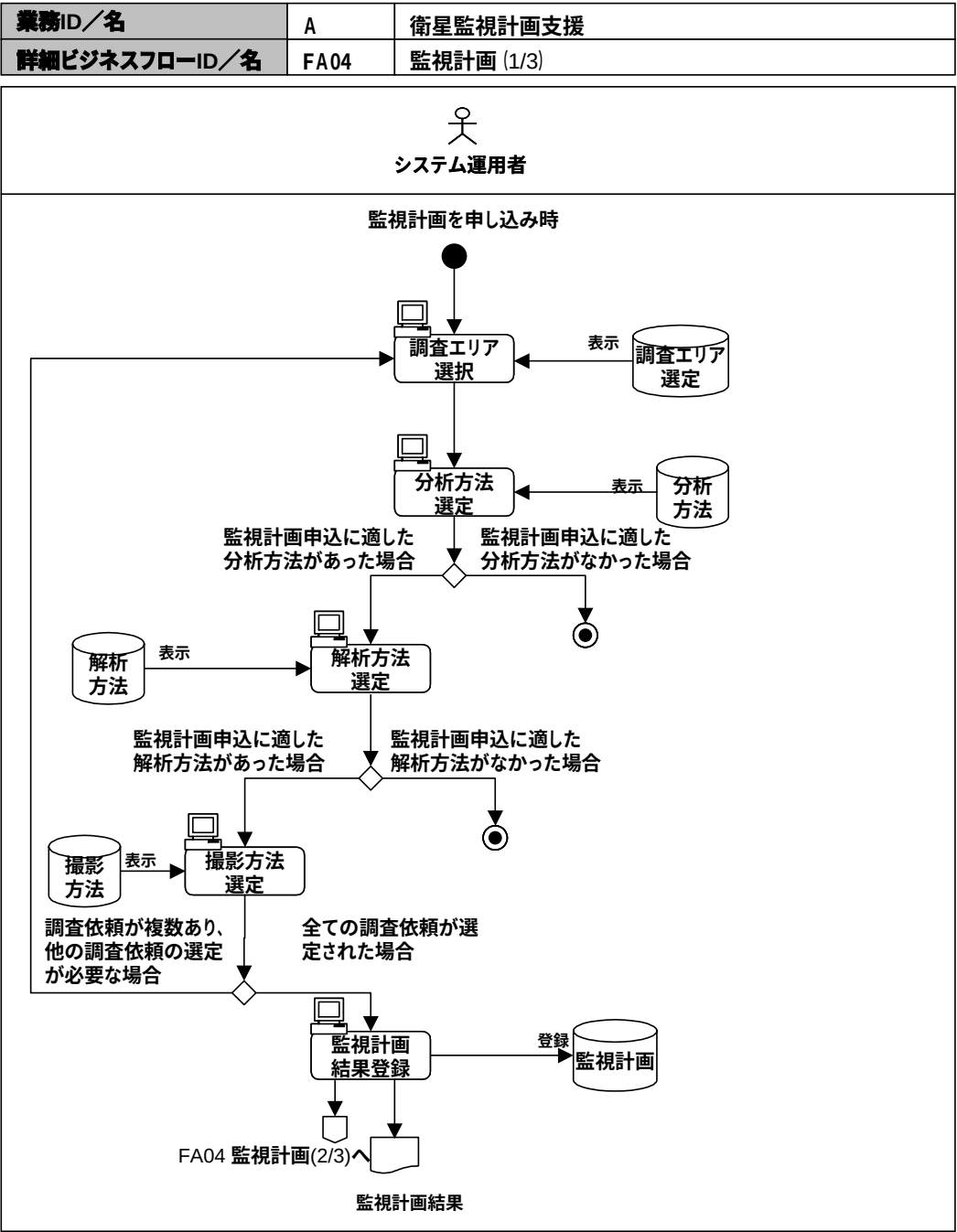


図3-5：監視計画(1/3)

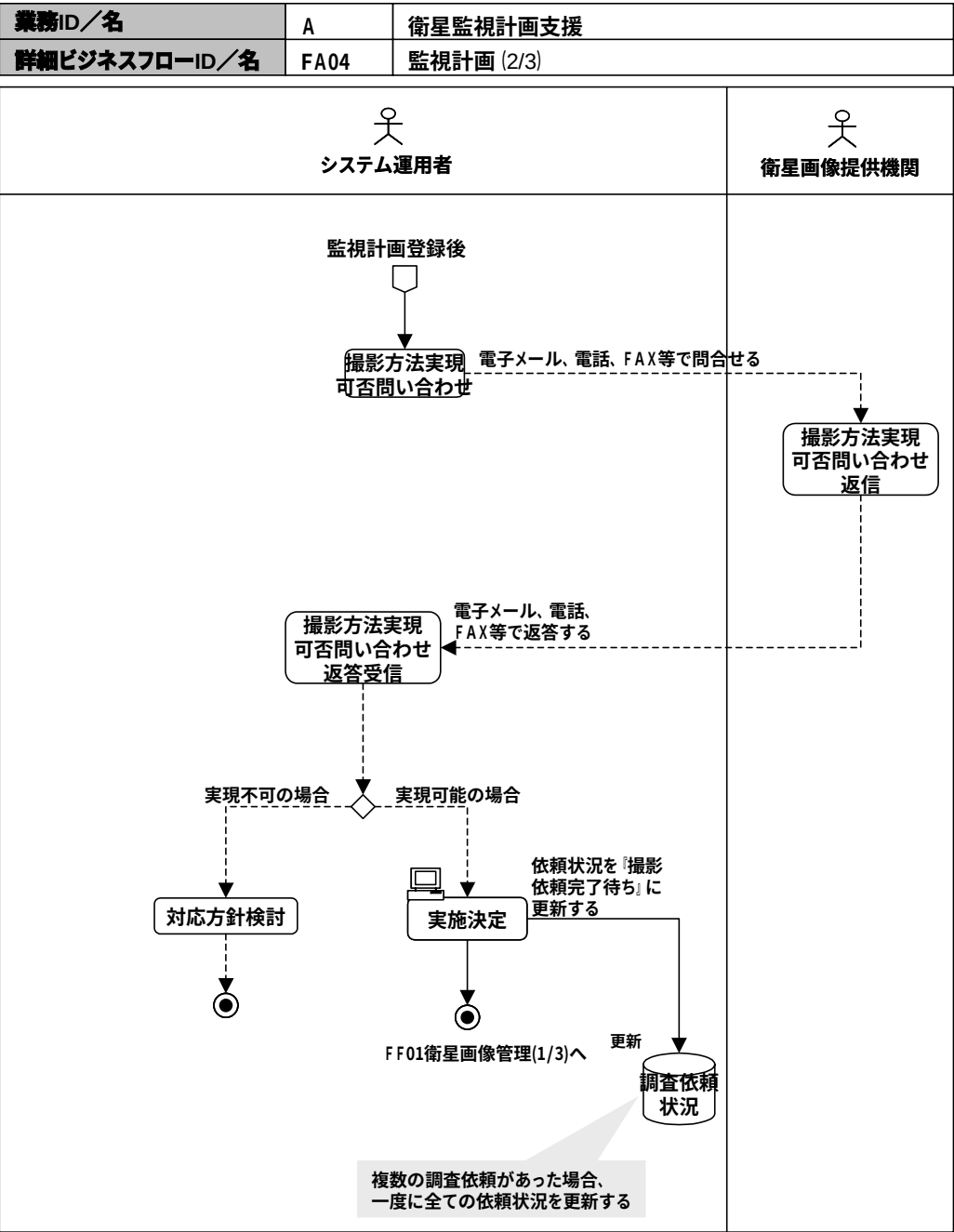


図3-5：監視計画(2/3)

業務ID／名	A	衛星監視計画支援
詳細ビジネスフローID／名	FA04	監視計画 (3/3)

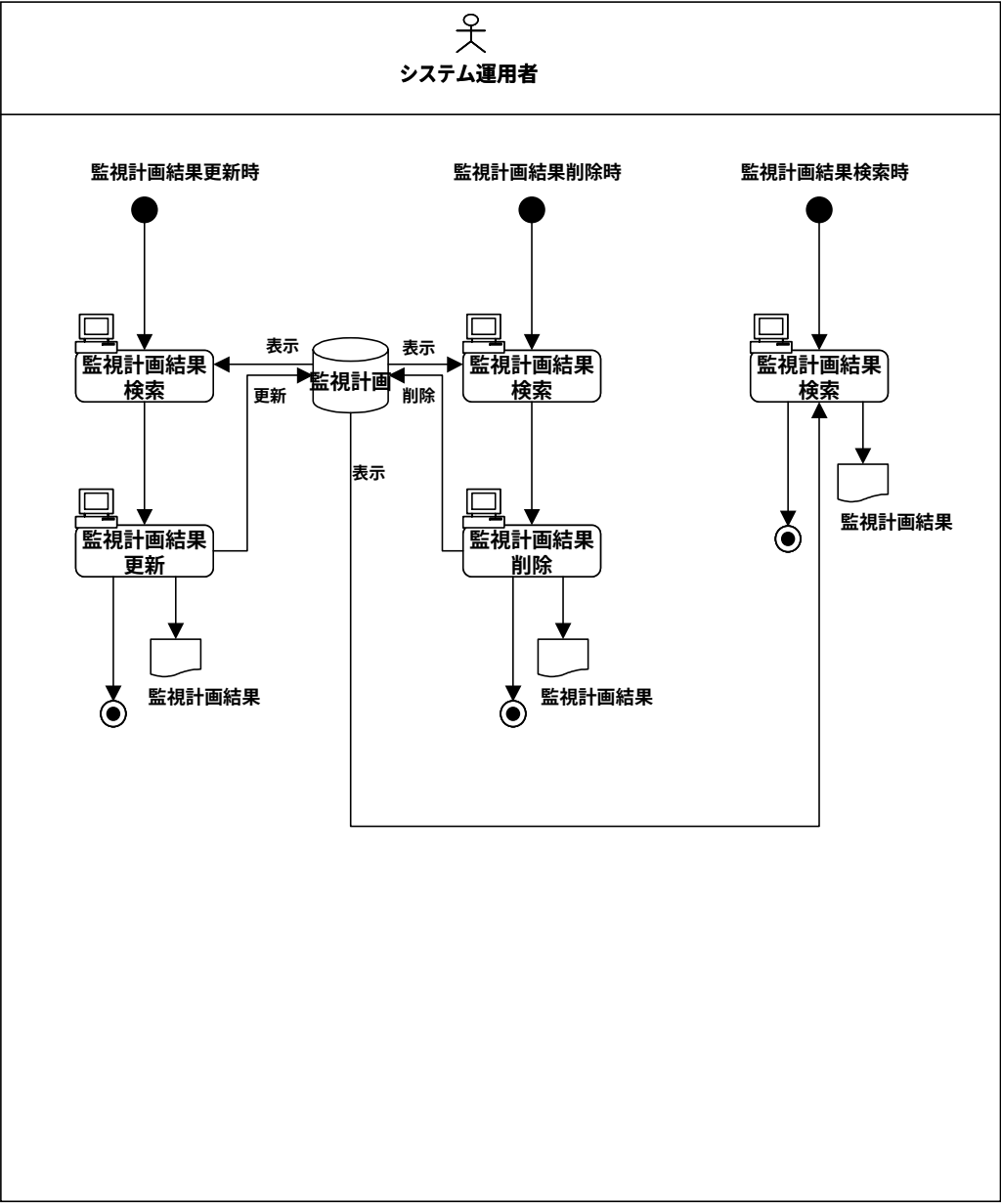


図3-5：監視計画(3/3)

イ)衛星調査依頼業務

a)衛星調査依頼管理

衛星調査依頼の詳細ビジネスフローを図3-6で示す。

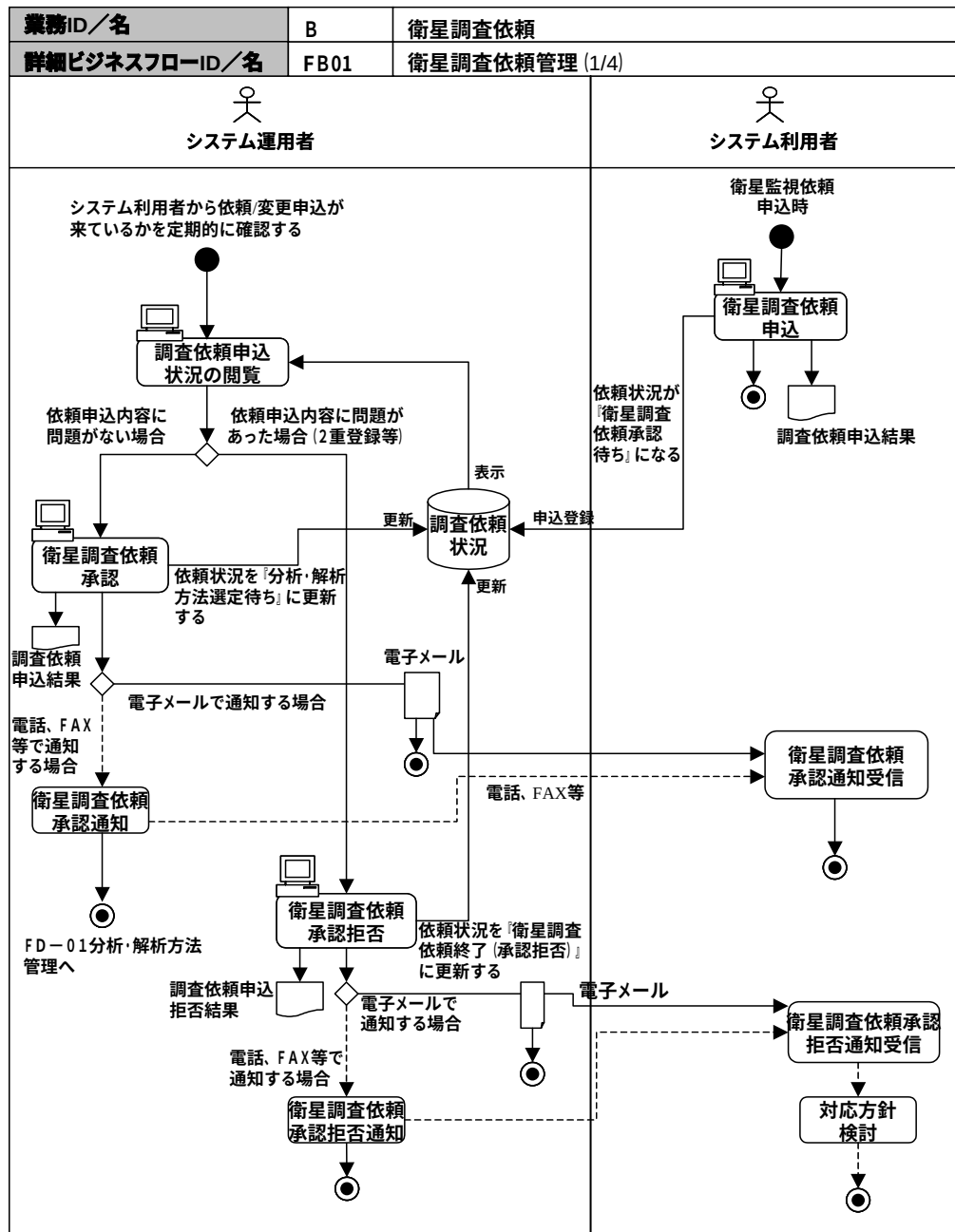


図3-6：衛星調査依頼管理(1/4)

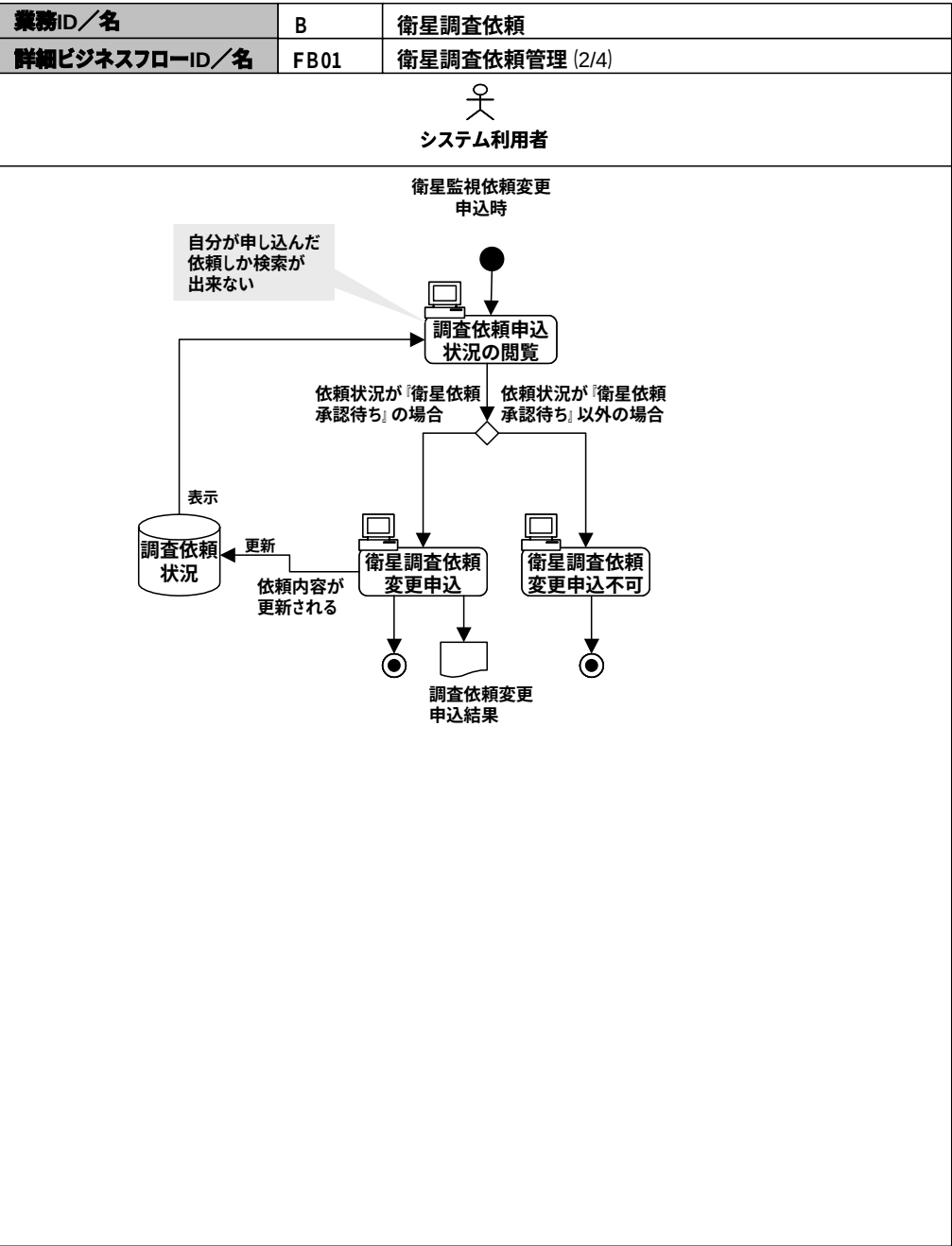


図3-6：衛星調査依頼管理(2/4)

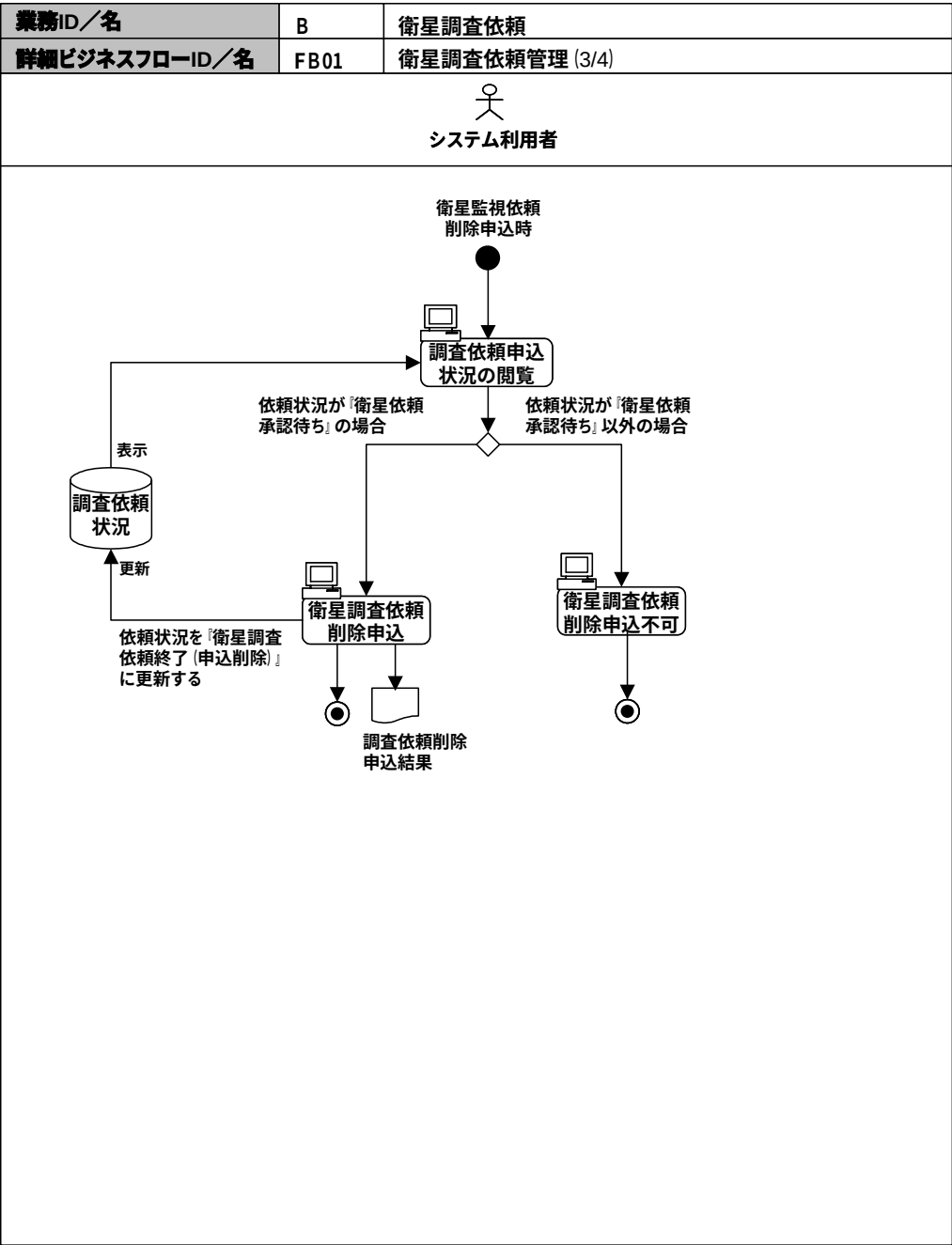


図3-6：衛星調査依頼(3/4)

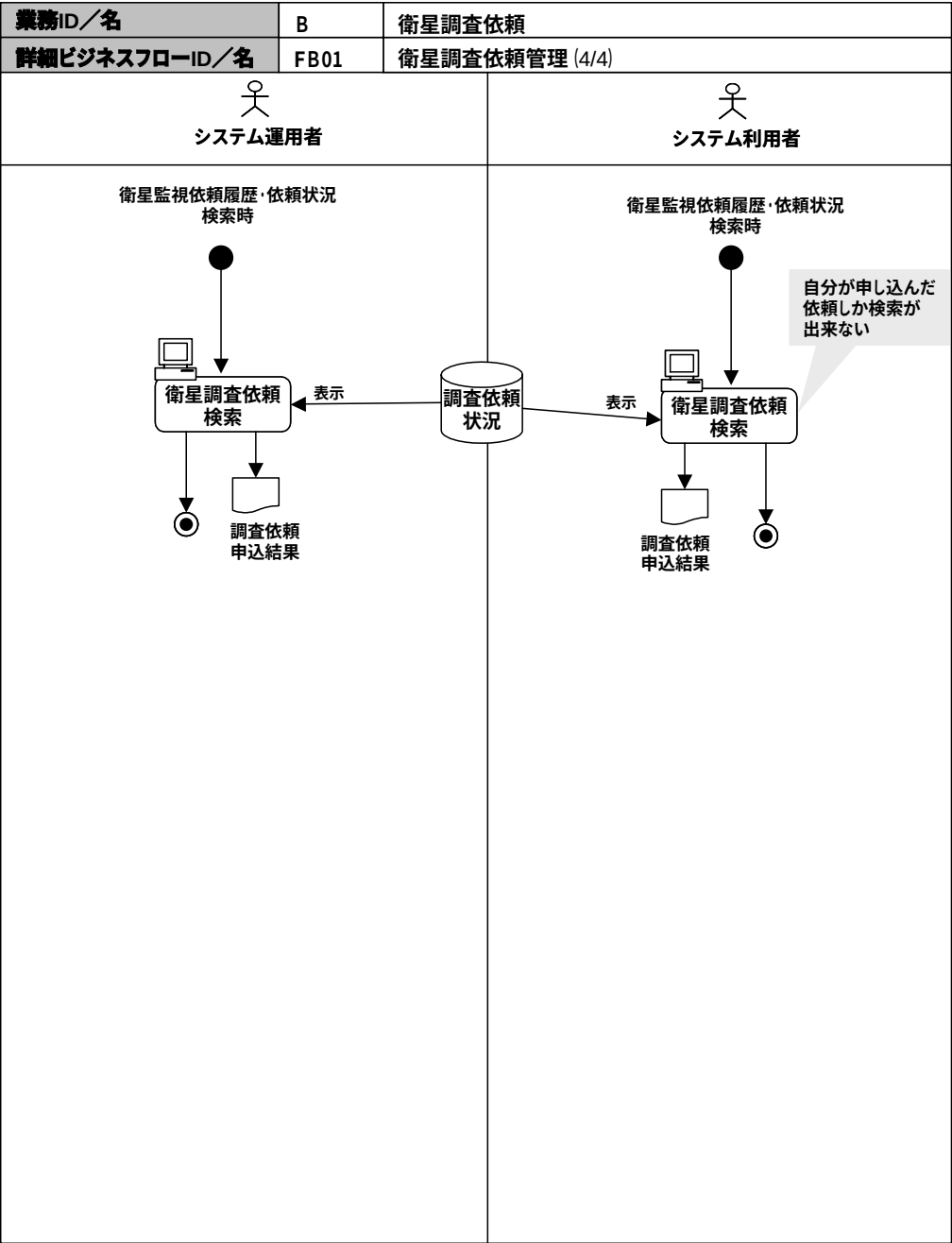


図3-6：衛星調査依頼(4/4)

b)調査結果閲覧

調査結果閲覧の詳細ビジネスフローを図3-7で示す。

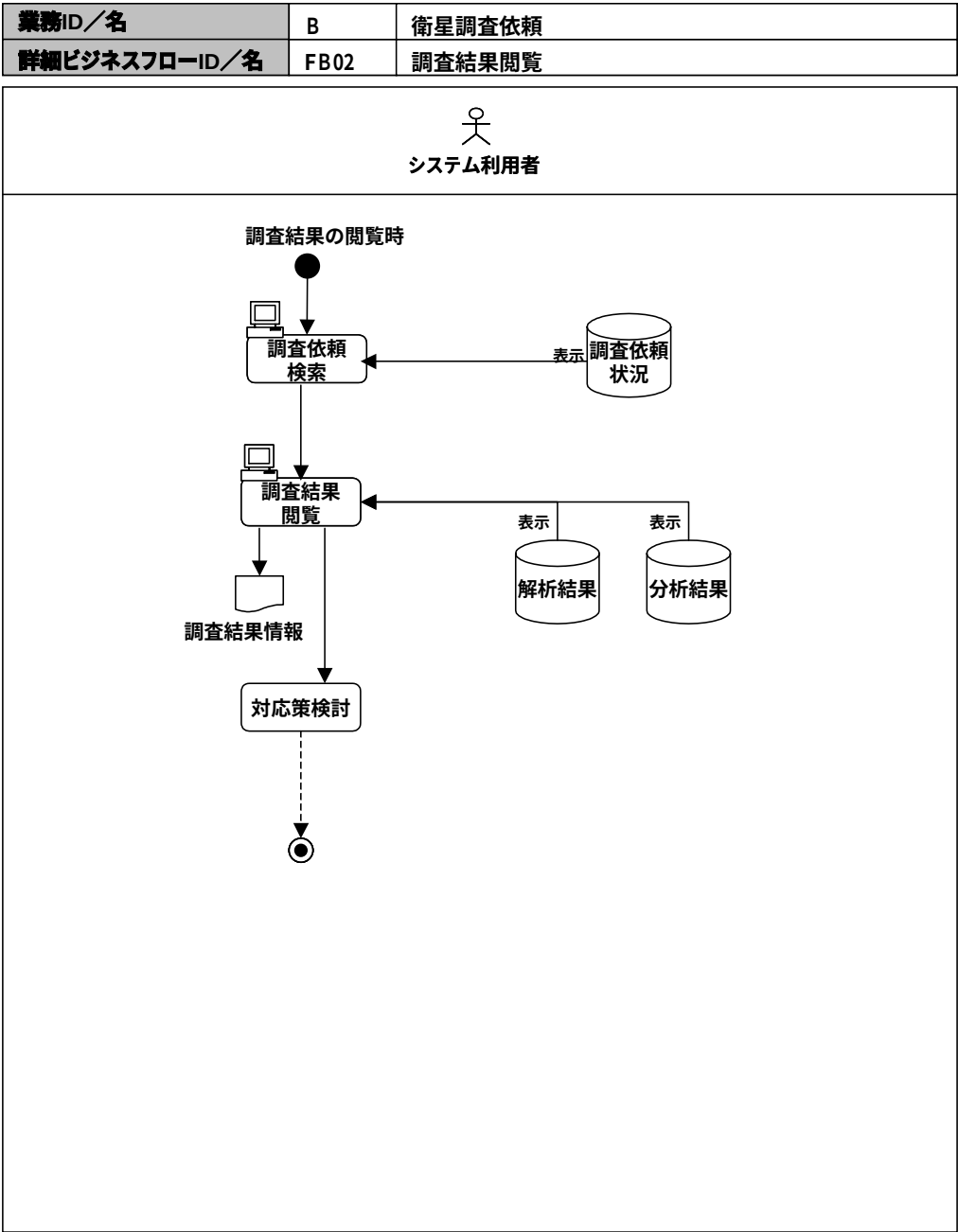


図3-7： 調査結果閲覧

ウ)利用者・関連機関情報管理業務

a)利用者情報管理

利用者情報管理の詳細ビジネスフローを図3-7で示す。

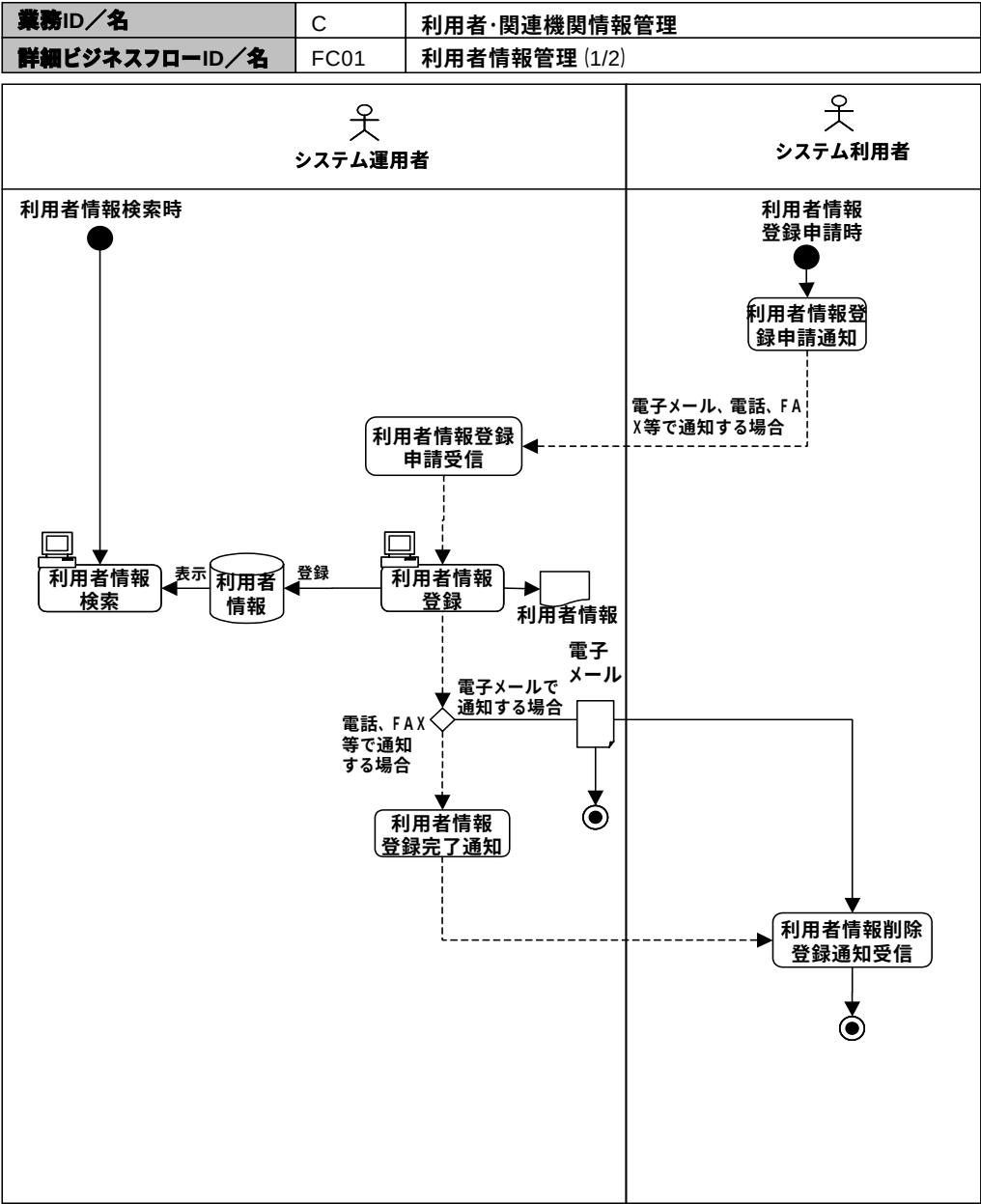


図3-7：利用者情報管理(1/2)

業務ID／名	C	利用者・関連機関情報管理
詳細ビジネスフローID／名	FC01	利用者情報管理 (2/2)

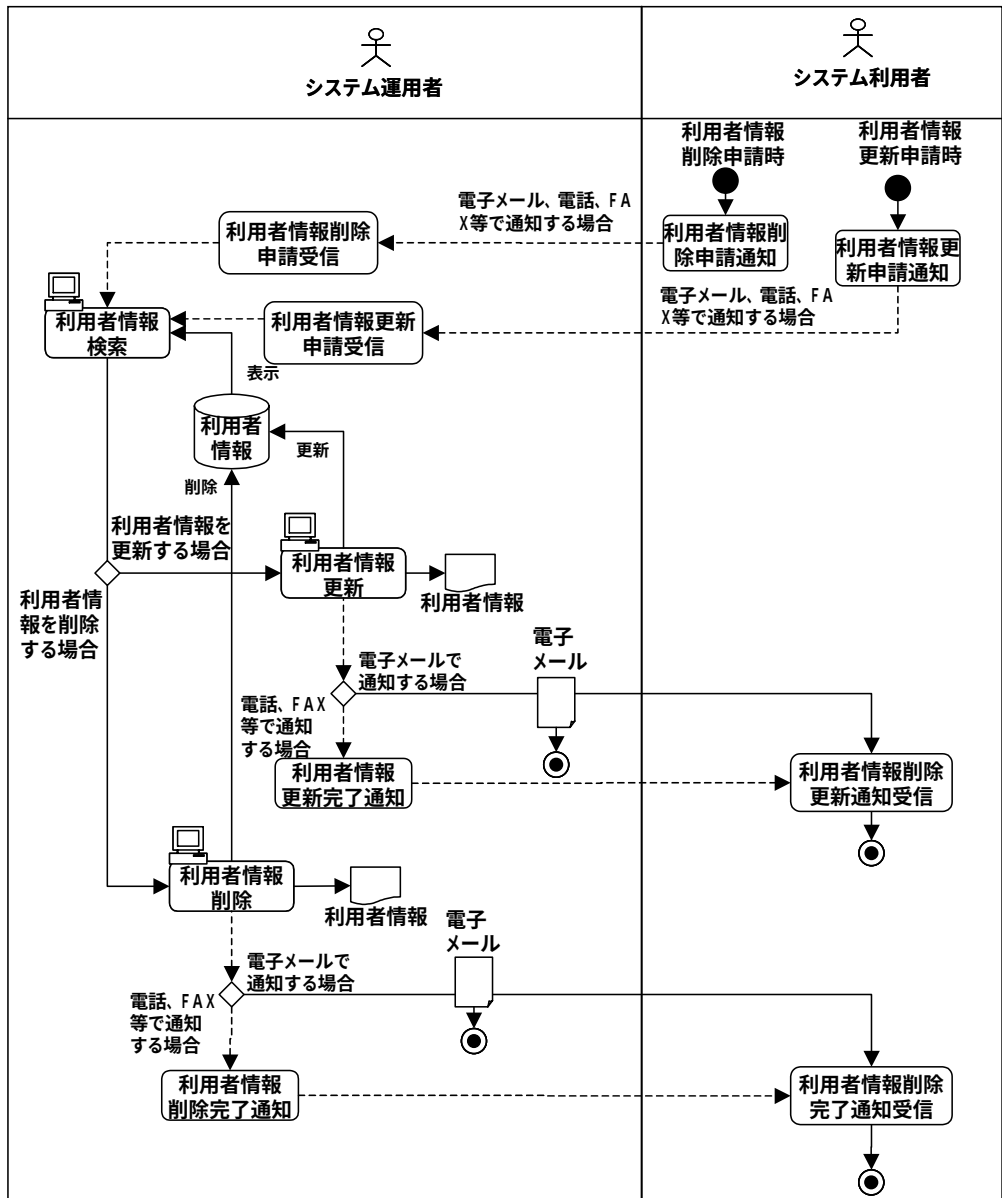


図3-7：利用者情報管理(2/2)

b)衛星画像提供機関情報管理

衛星画像提供機関情報管理の詳細ビジネスフローを図3-8で示す。

業務ID／名	C	利用者・関連機関情報管理
詳細ビジネスフローID／名	FC02	衛星画像提供機関情報管理

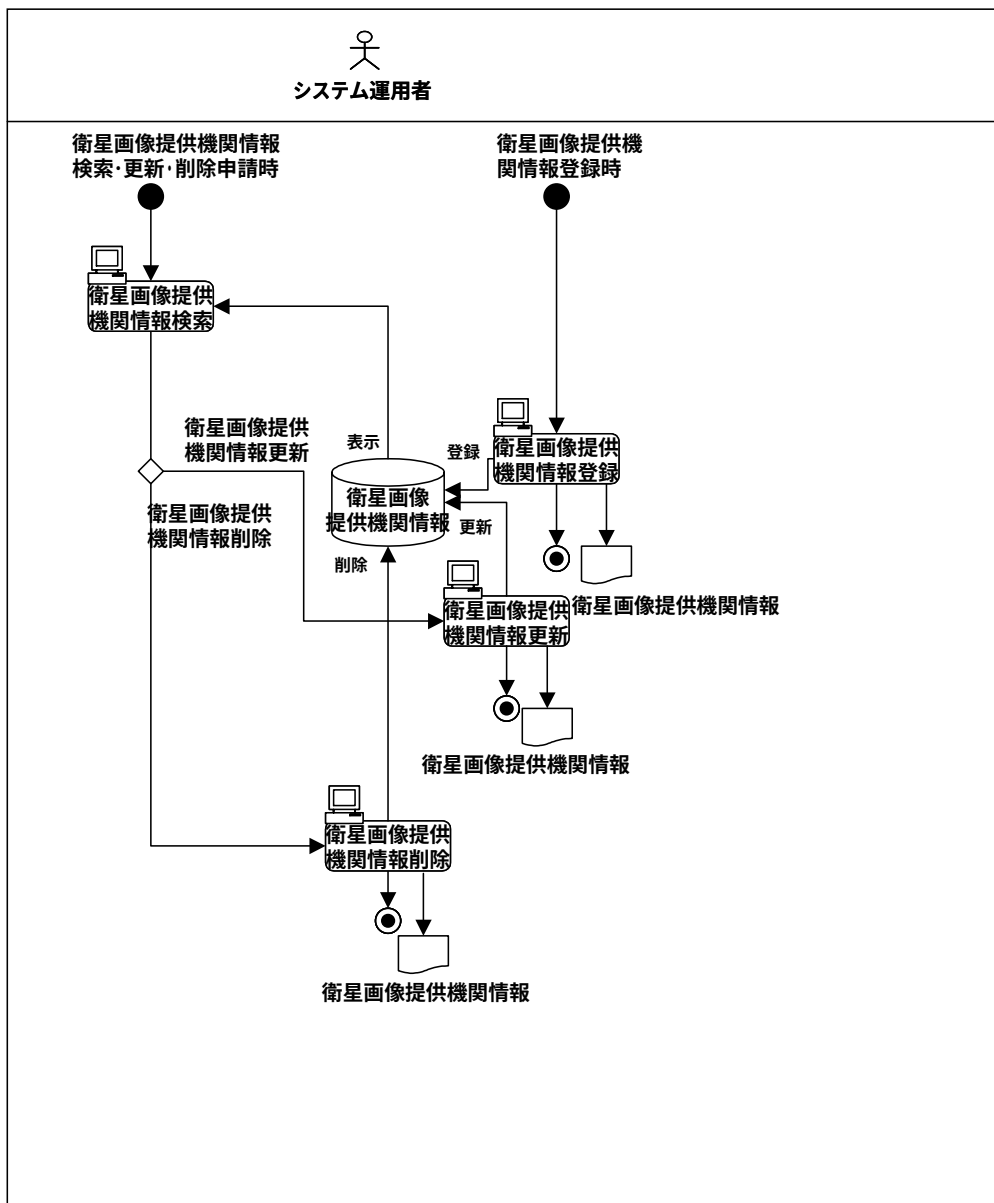


図3-8：衛星画像提供機関情報管理

c)衛星画像解析機関情報管理

衛星画像解析機関情報管理の詳細ビジネスフローを図3-9で示す。

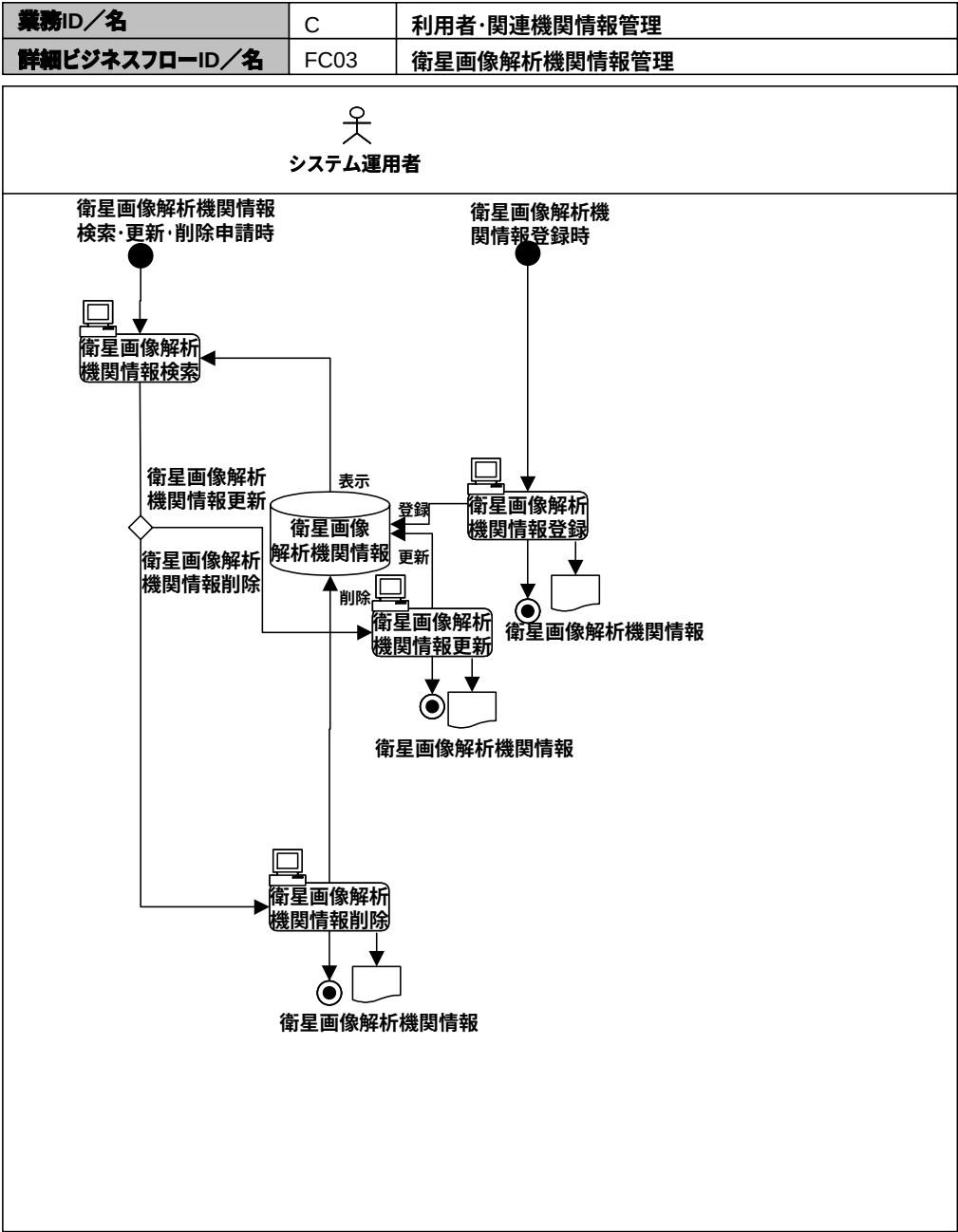


図3-9：衛星画像解析機関情報管理

エ)分析・解析方法管理業務

a)分析・解析方法管理

分析・解析方法管理の詳細ビジネスフローを図 3-10で示す。

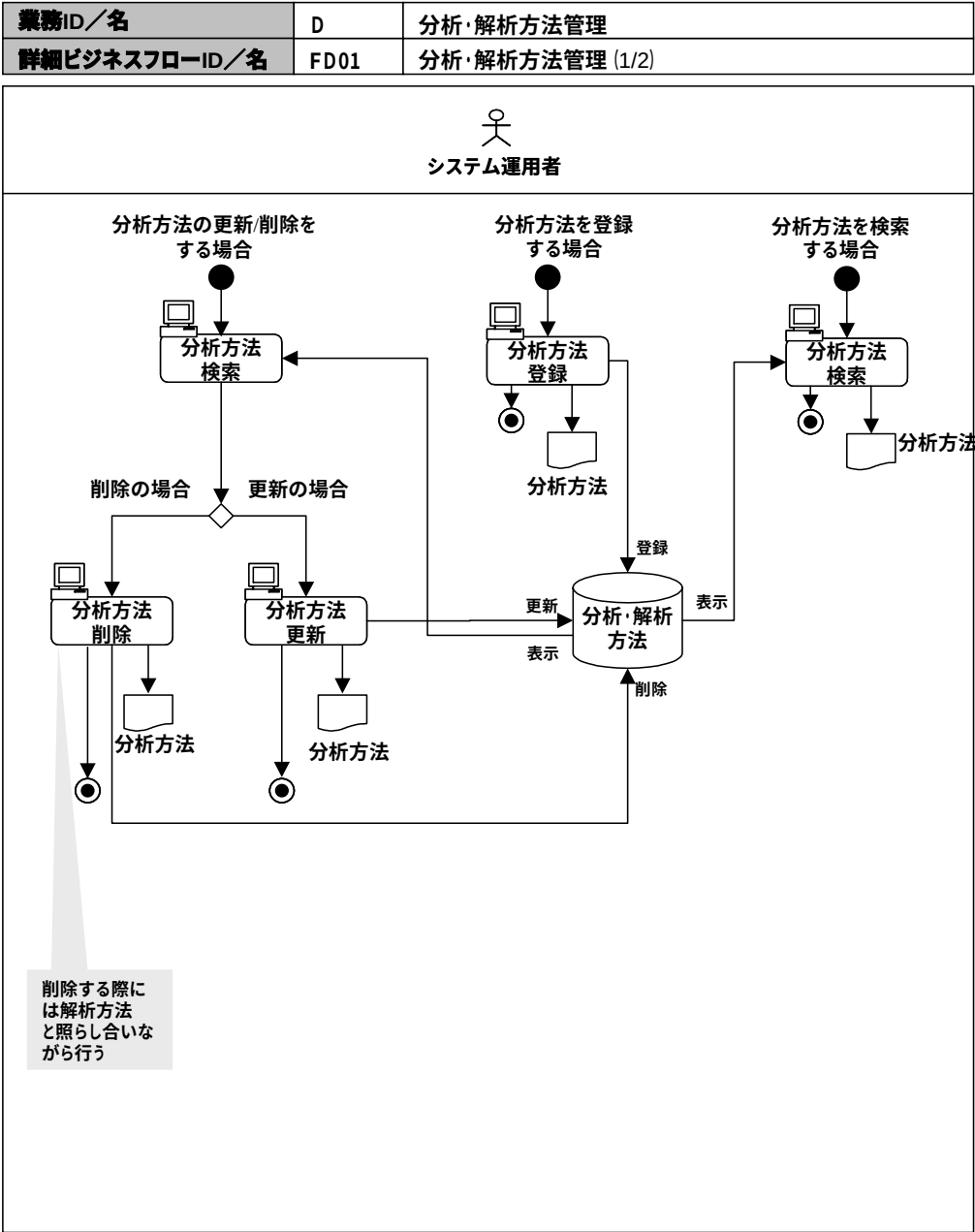


図3-10：分析・解析方法管理 (1/2)

業務ID／名	D	分析・解析方法管理
詳細ビジネスフローID／名	FD01	分析・解析方法管理 (2/2)

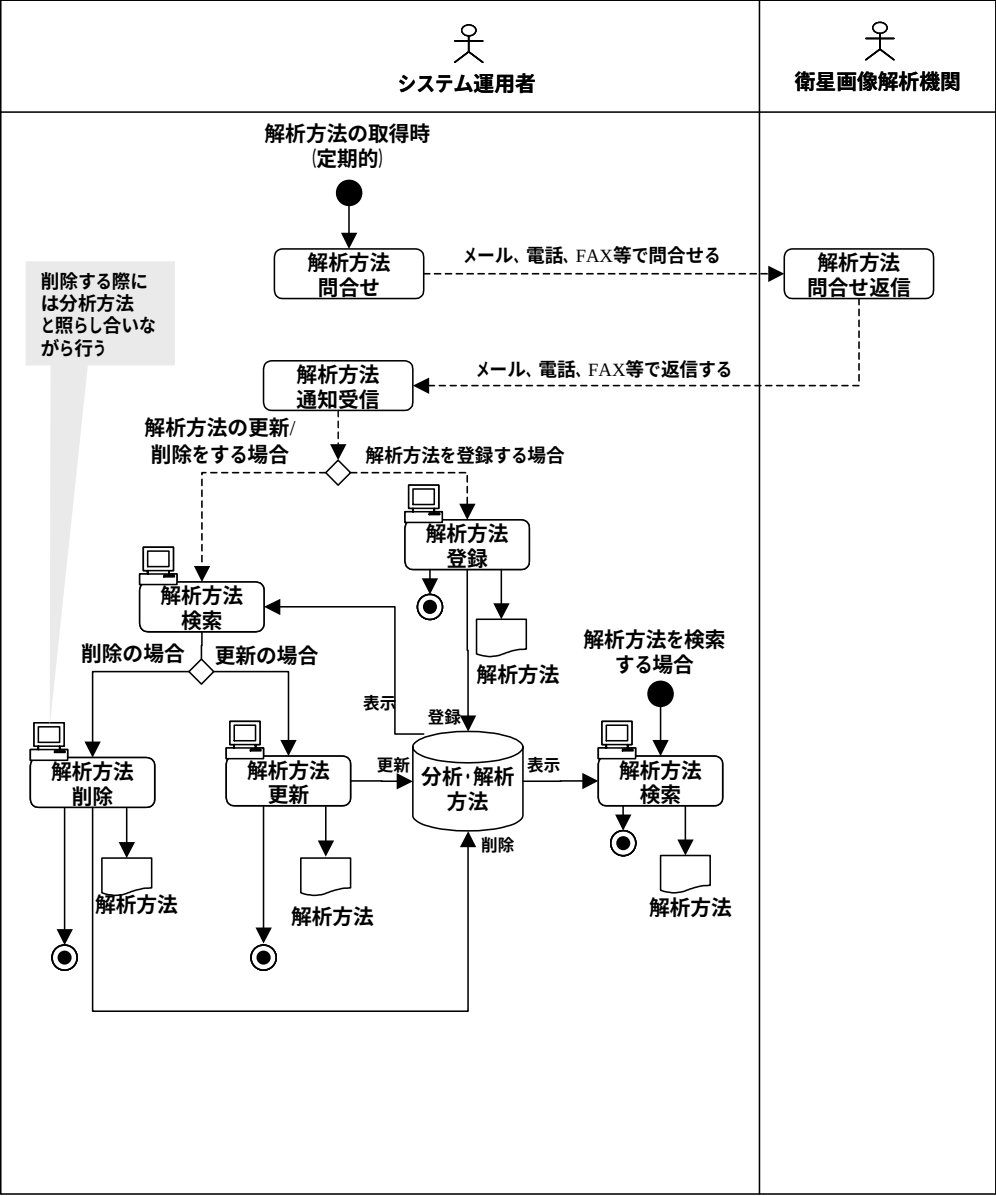


図3-10：分析・解析方法管理 (2/2)

分析・解析方法選定の詳細ビジネスフローを図 3-11で示す。

業務ID/名	D	分析・解析方法管理
詳細ビジネスフローID/名	FD02	分析・解析方法選定

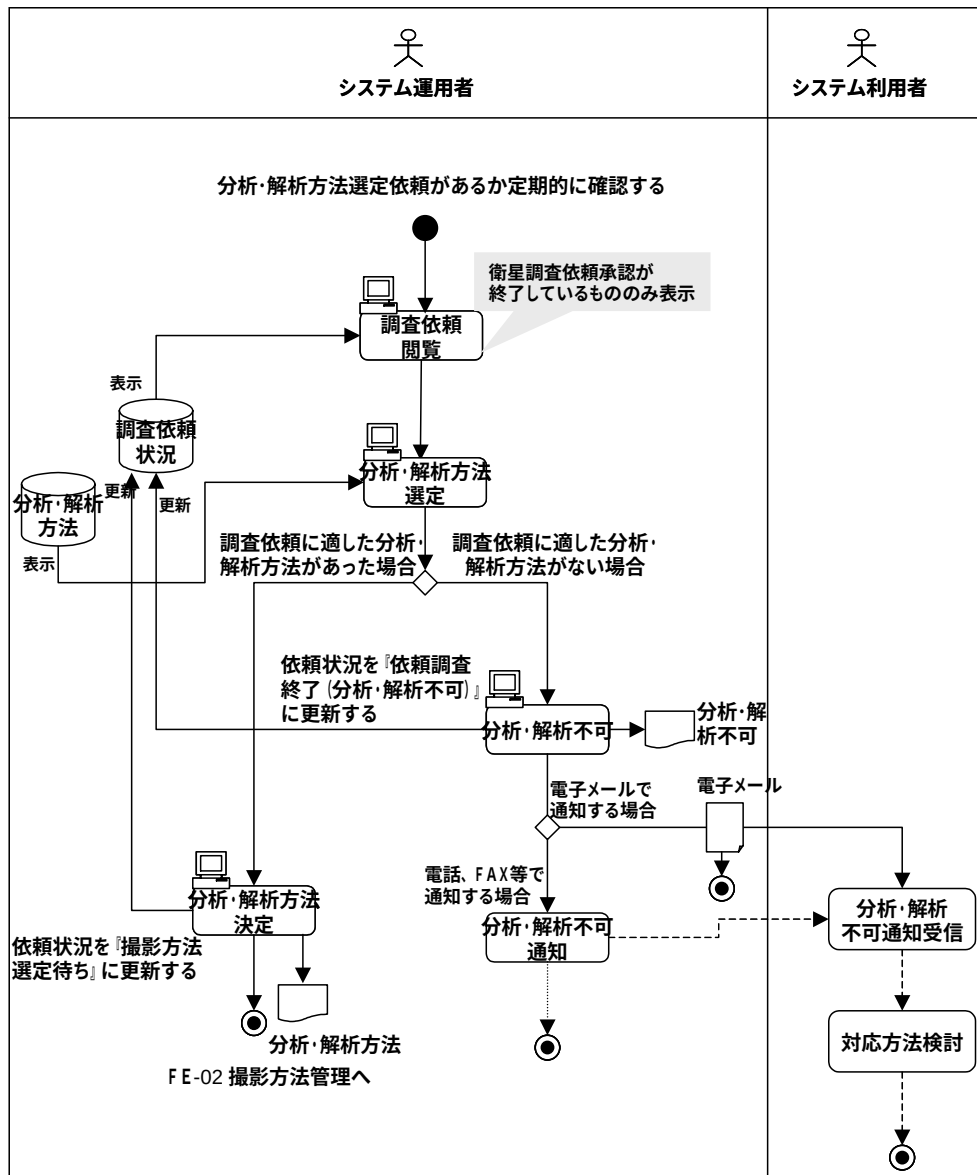


図3-11：分析・解析方法選定

a) 撮影方法管理

撮影方法管理の詳細ビジネスフローを図3-12で示す。

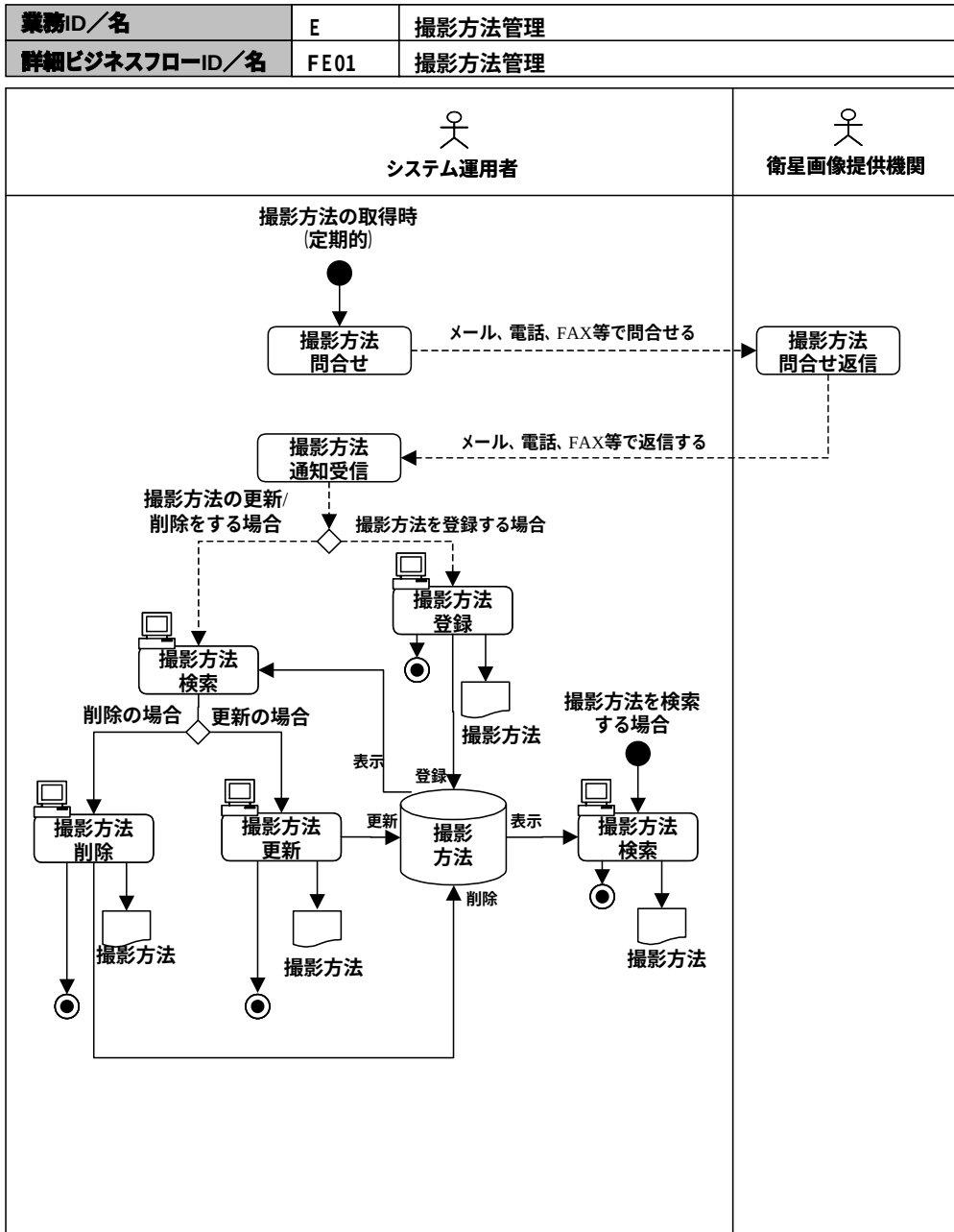


図3-12：撮影方法管理

b) 撮影方法選定

撮影方法選定の詳細ビジネスフローを図3-13で示す。

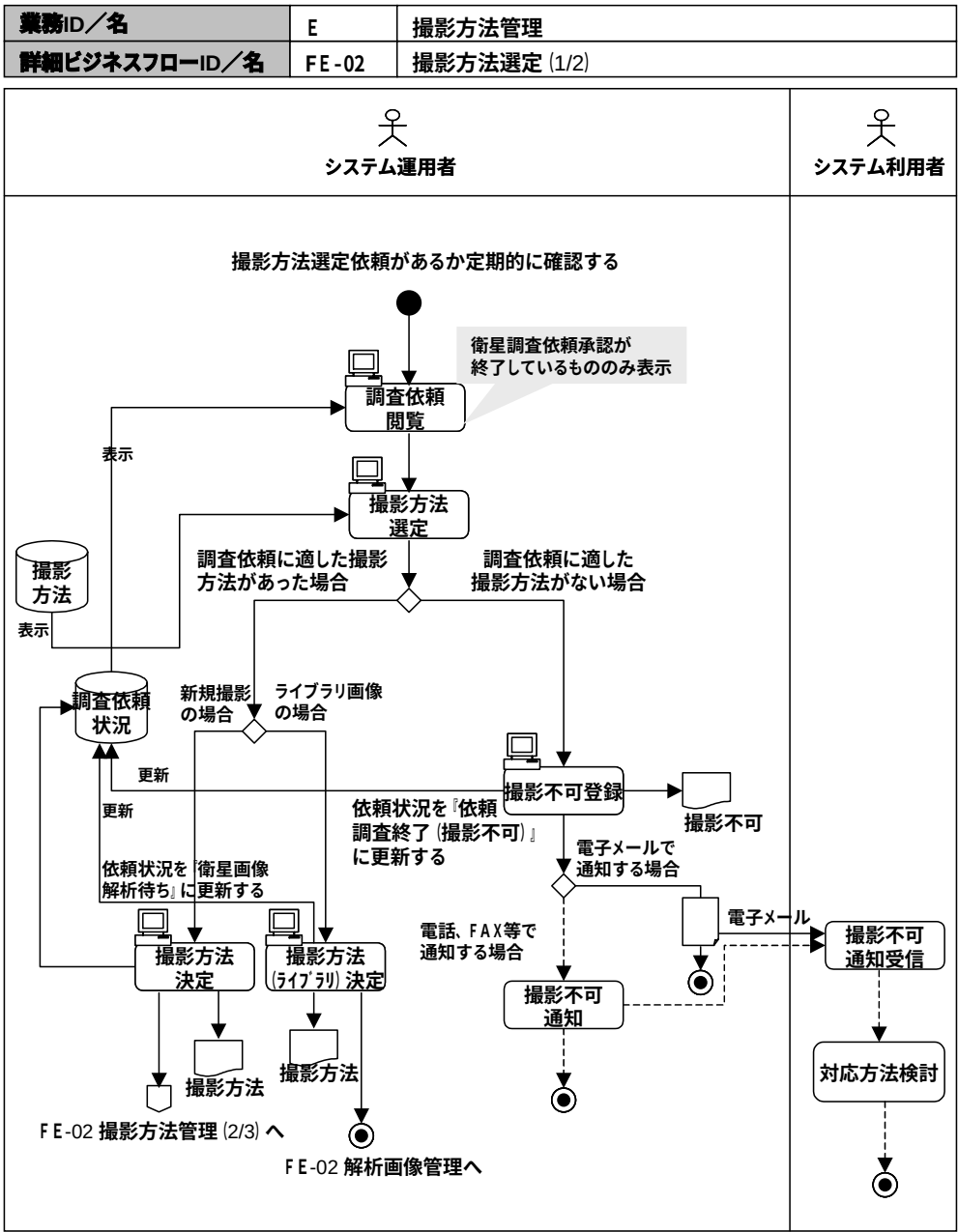


図3-13：撮影方法選定(1/2)

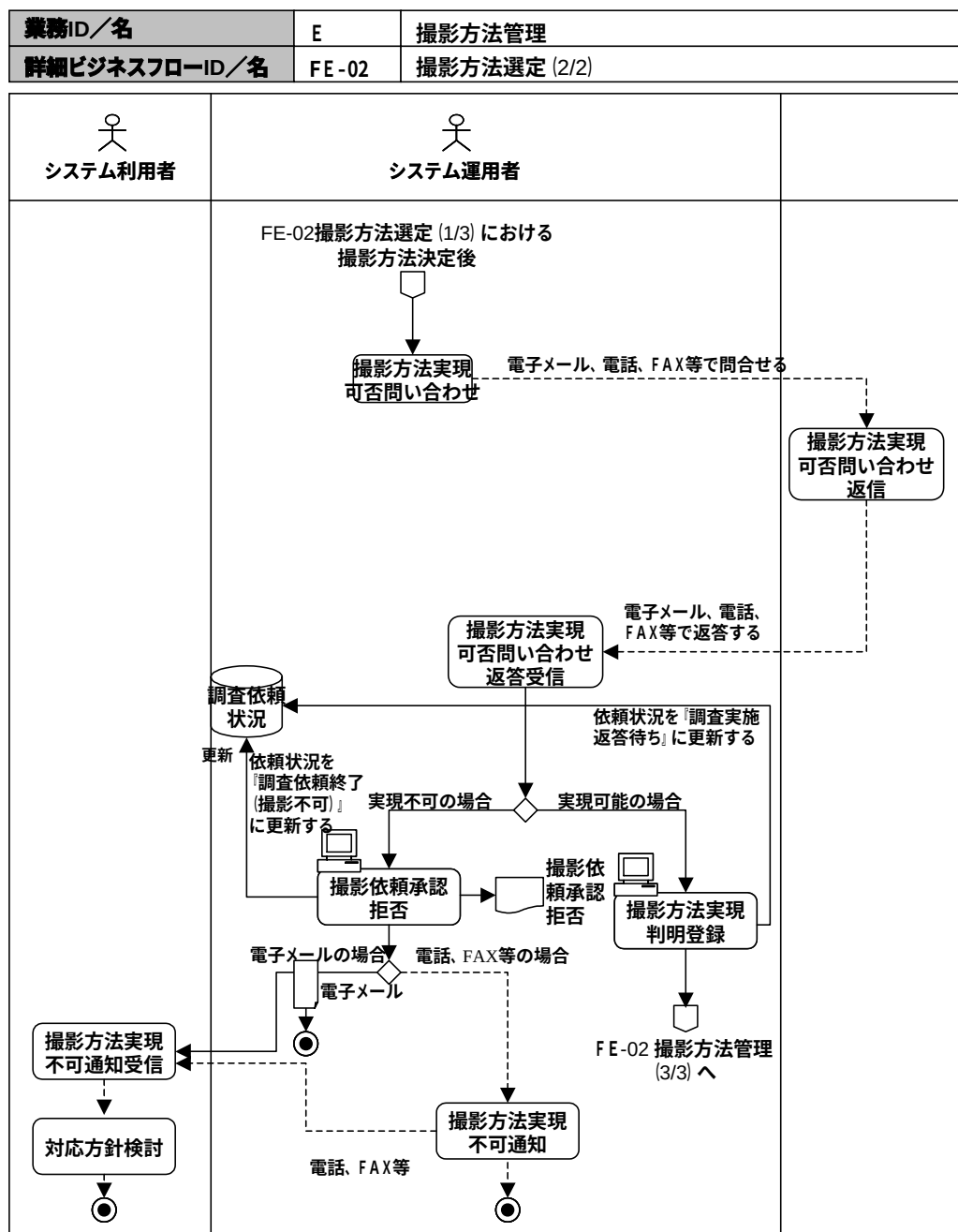


図3-13：撮影方法選定(2/2)

c)調査実施問い合わせ

調査実施問い合わせの詳細ビジネスフローを図3-14で示す。

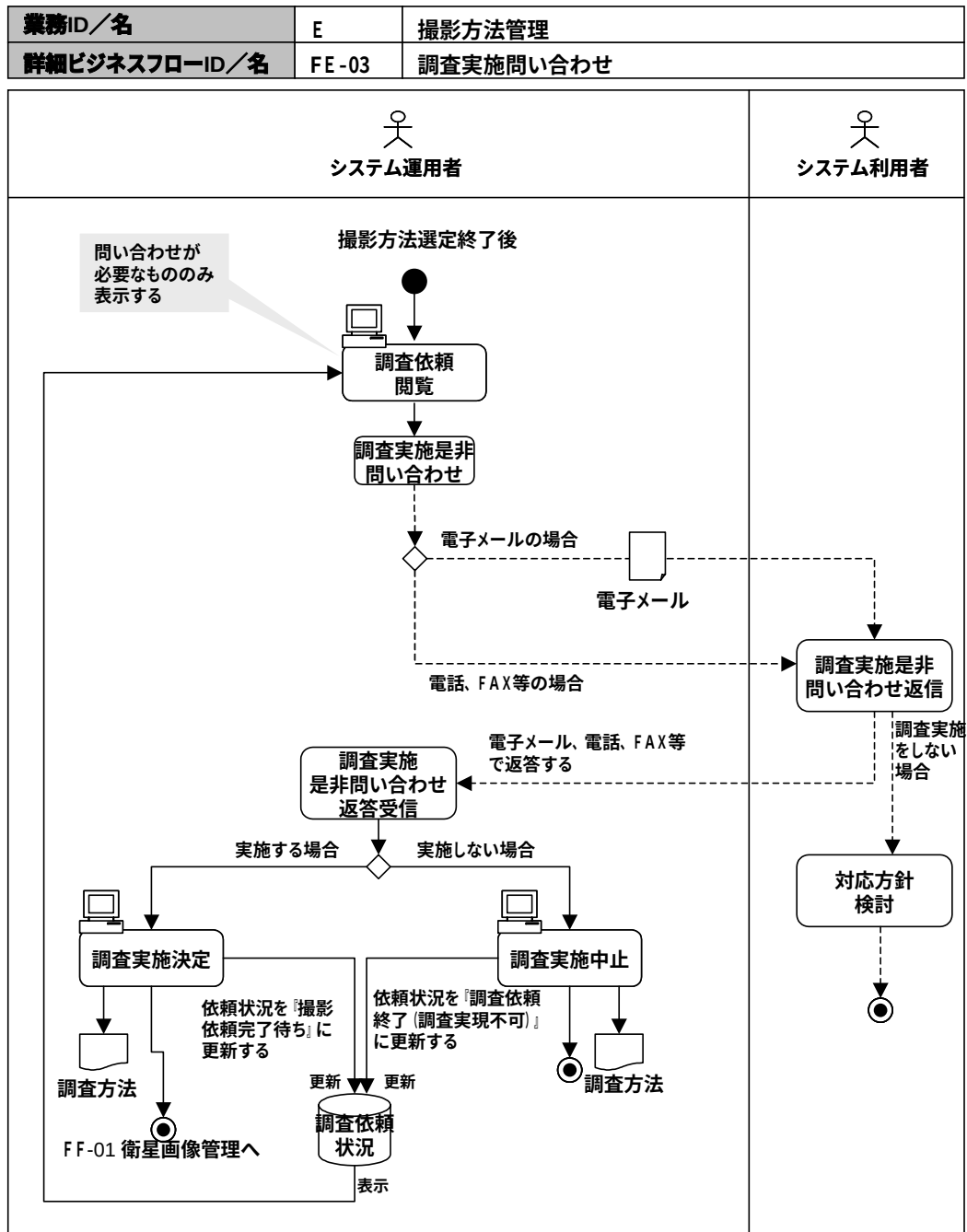
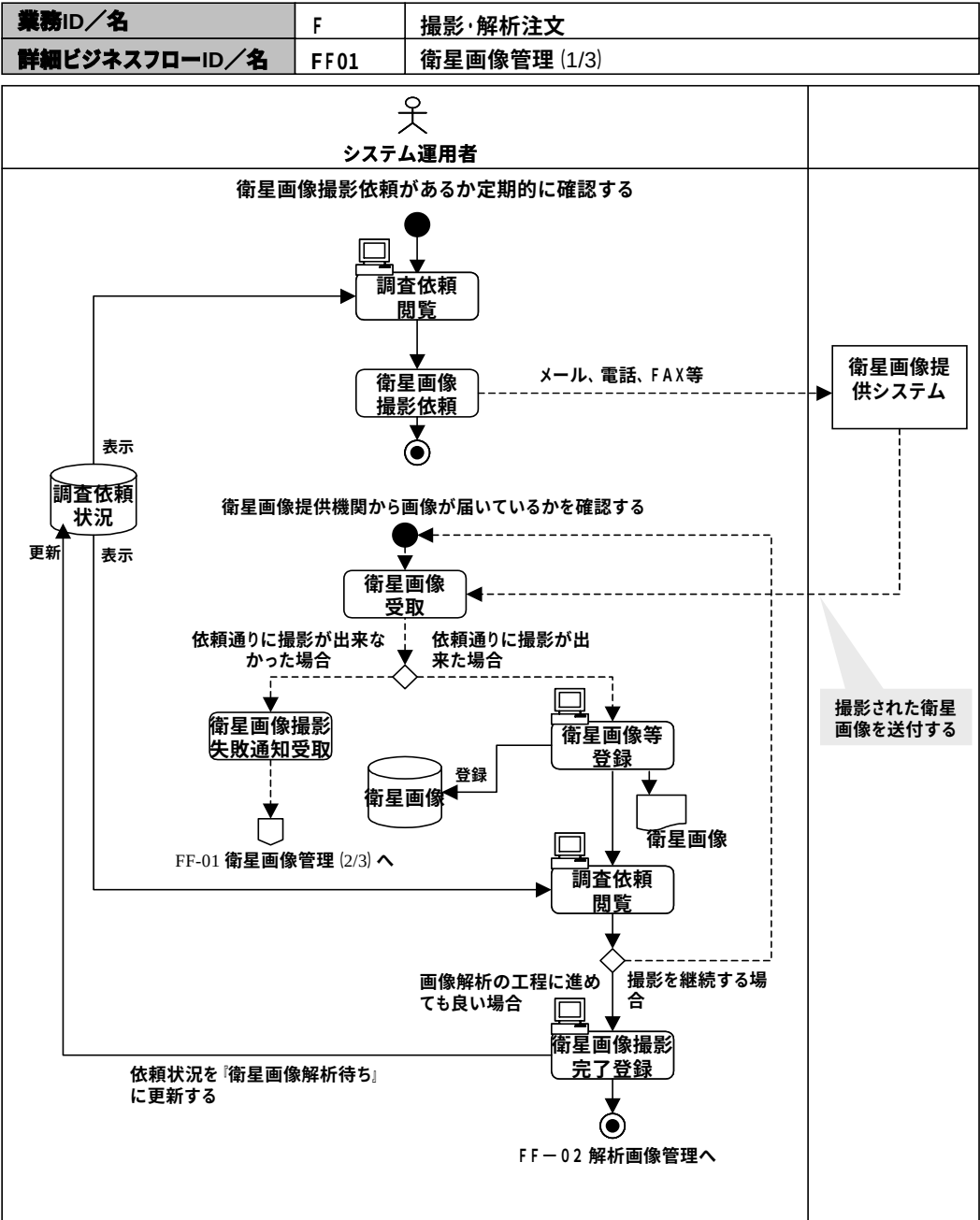


図3-14：調査実施問い合わせ

カ)撮影・解析注文業務

a)衛星画像管理

衛星画像管理の詳細ビジネスフローを図3-15で示す。



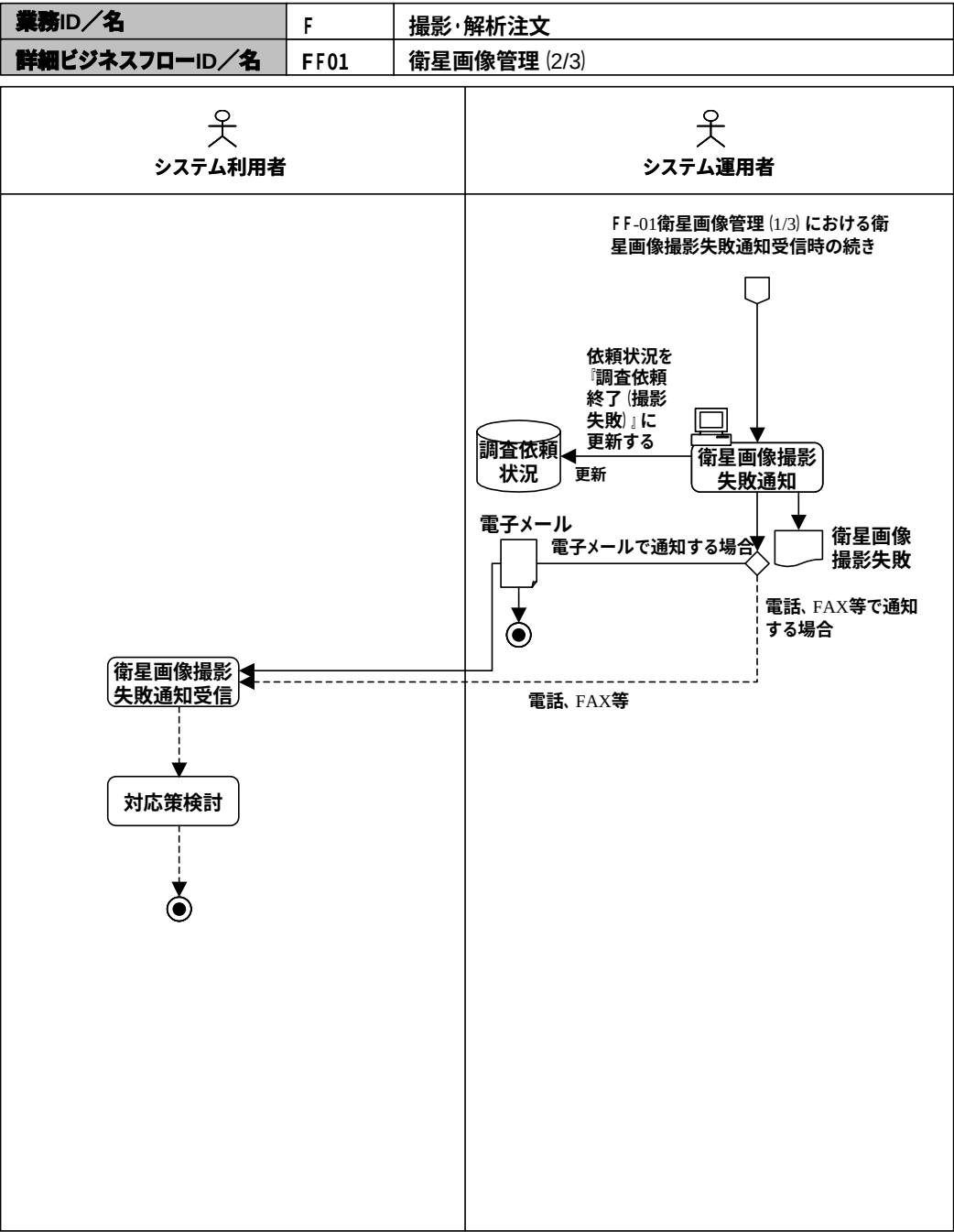


図3-15：衛星画像管理(2/3)

業務ID／名	F	撮影・解析注文
詳細ビジネスフローID／名	FF01	衛星画像管理 (3/3)

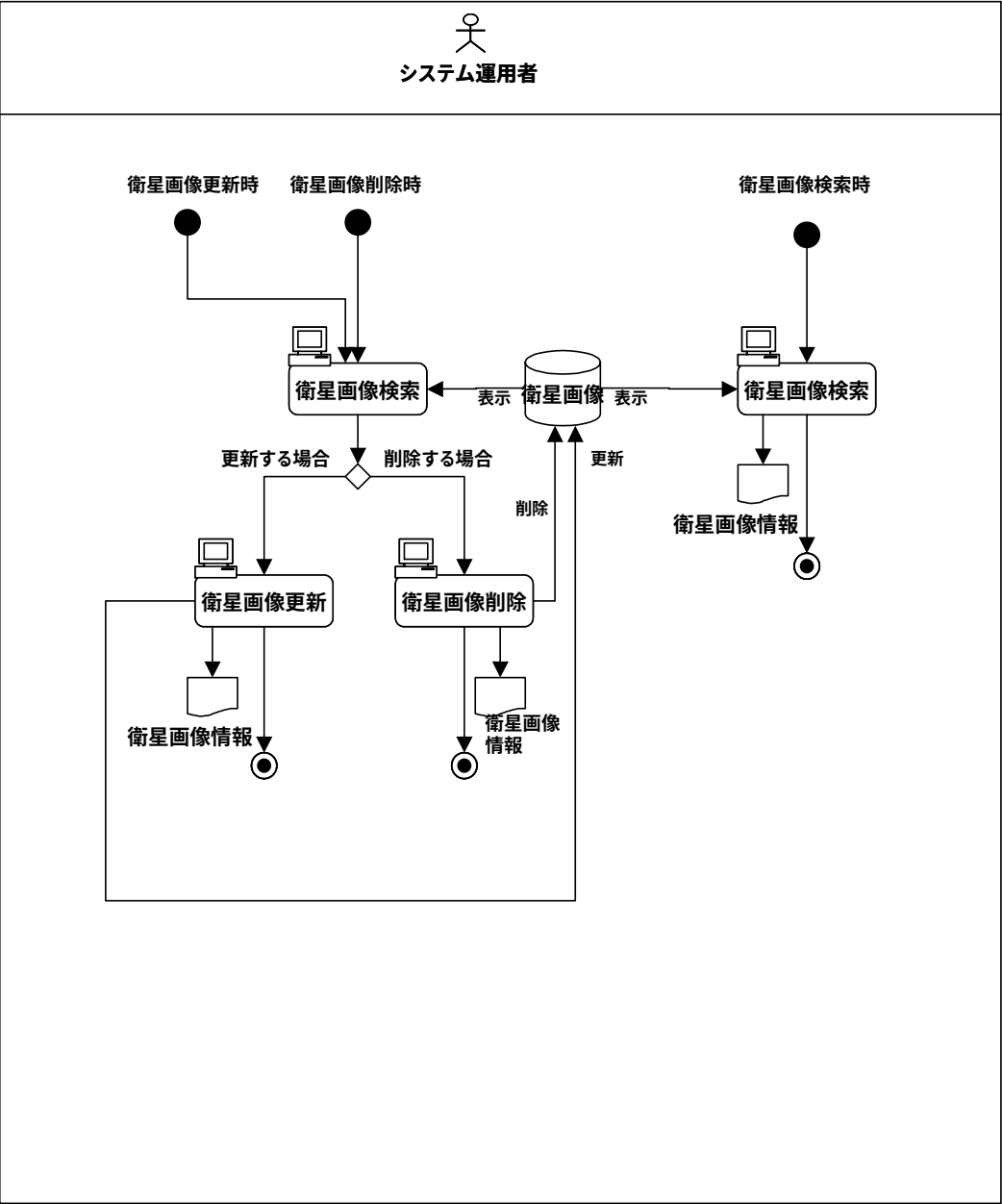


図3-15：衛星画像管理(3/3)

b)解析画像管理

解析画像管理の詳細ビジネスフローを図3-16で示す。

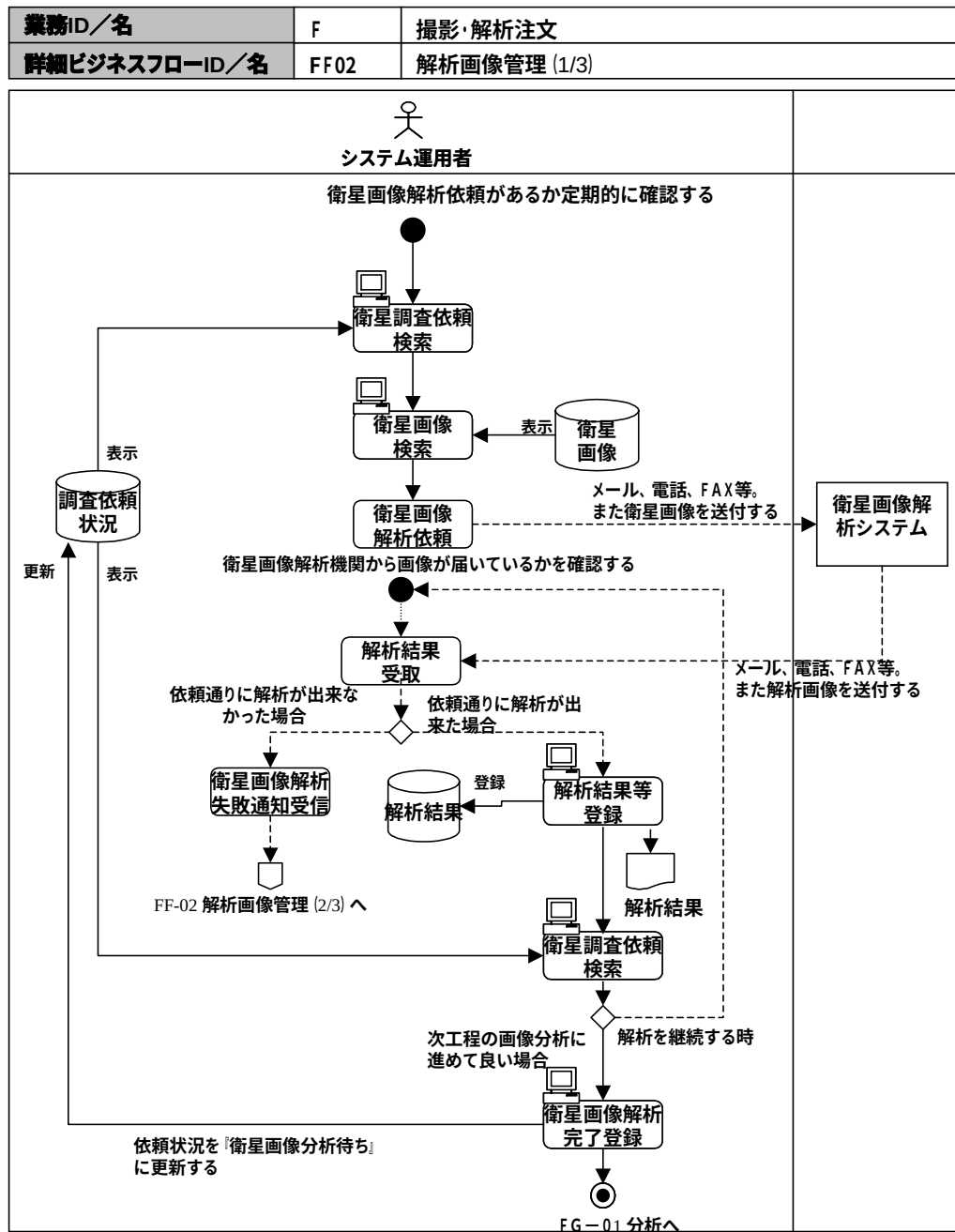


図3-16：解析画像管理(1/3)

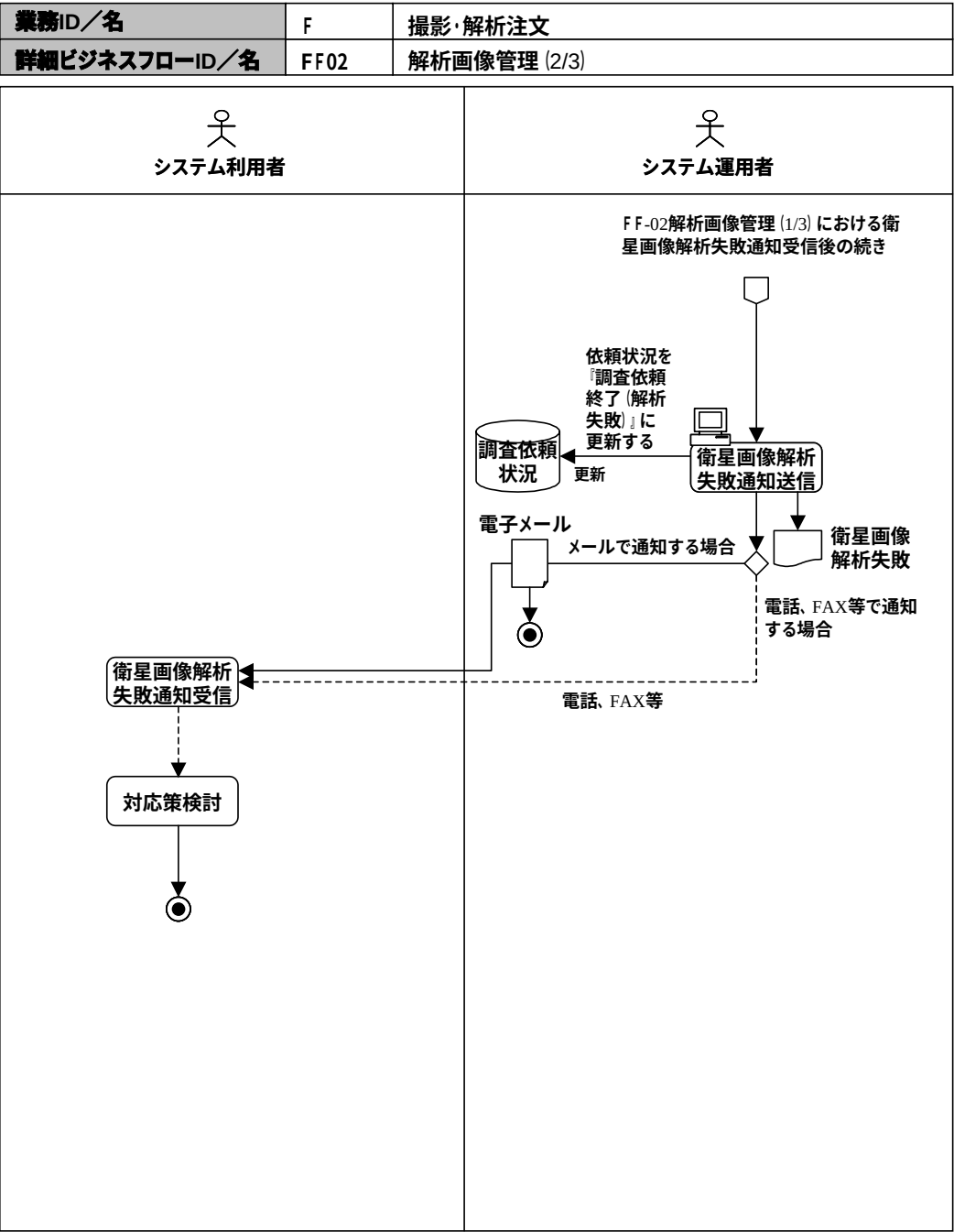


図3-16：解析画像管理(2/3)

業務ID／名	F	撮影・解析注文
詳細ビジネスフローID／名	FF02	解析画像管理 (3/3)

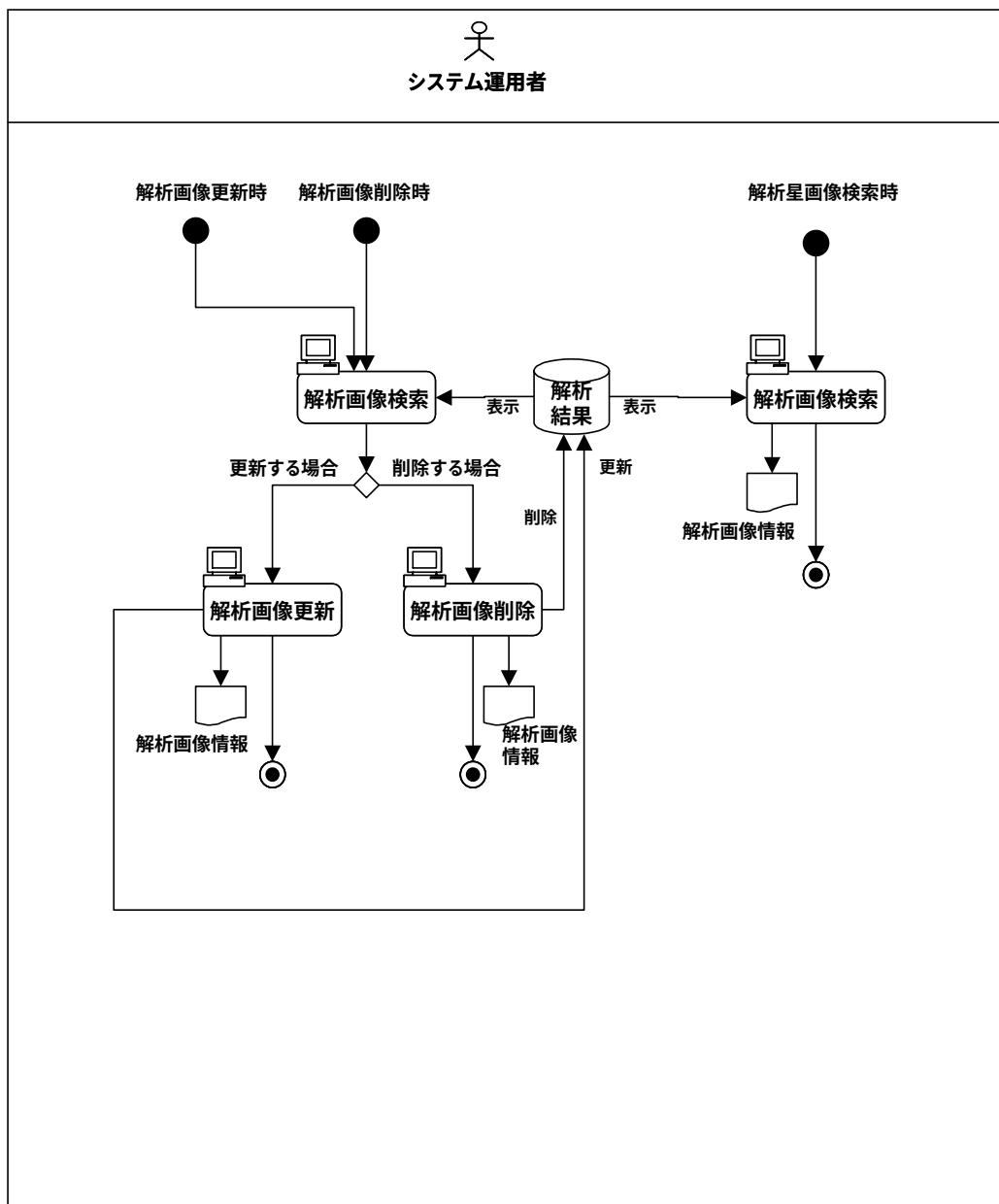


図3-16：解析画像管理(3/3)

キ)分析業務

a)分析

分析の詳細ビジネスフローを図3-17で示す。

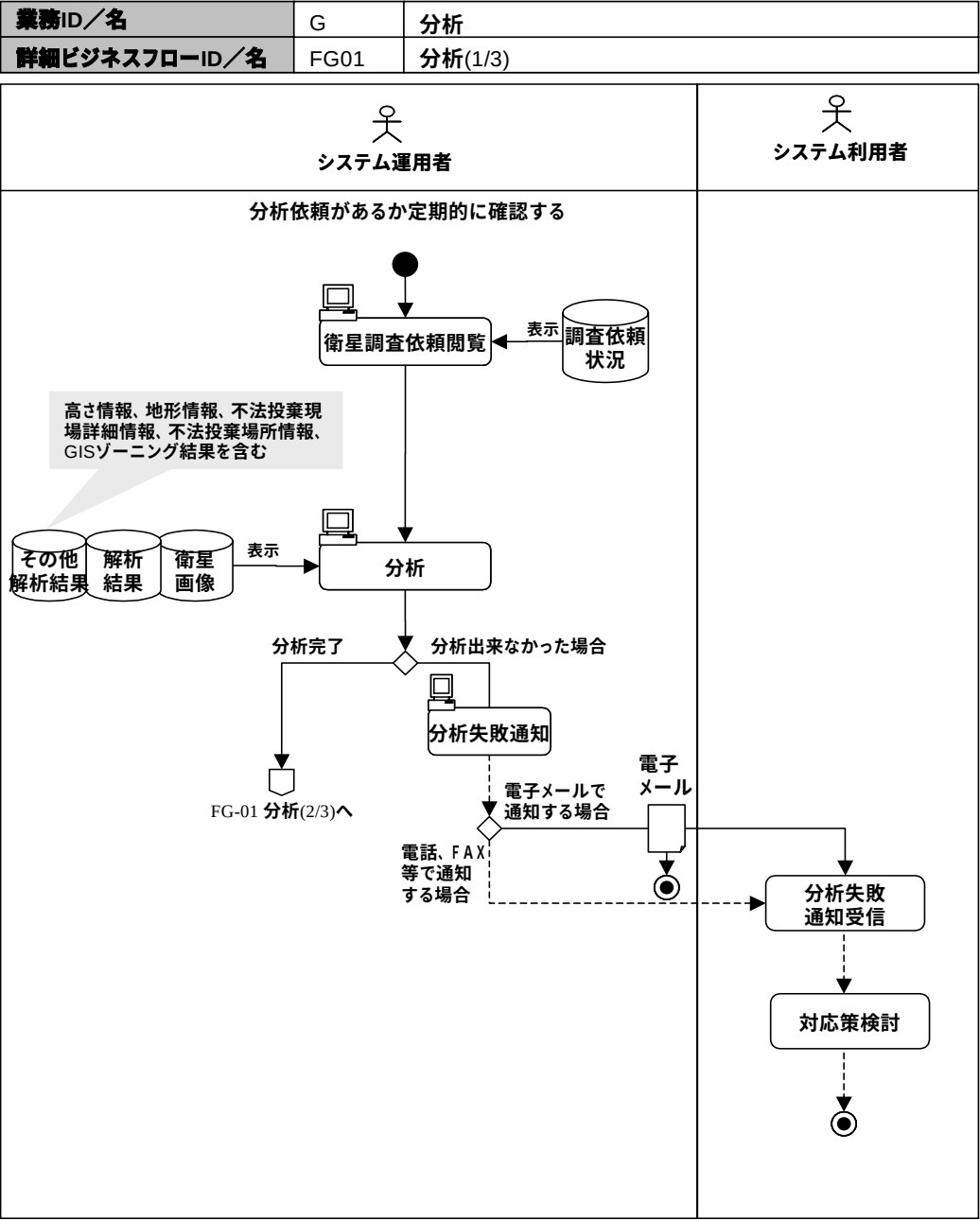


図3-17：分析(1/3)

業務ID/名	G	分析
詳細ビジネスフローID/名	FG01	分析(2/3)

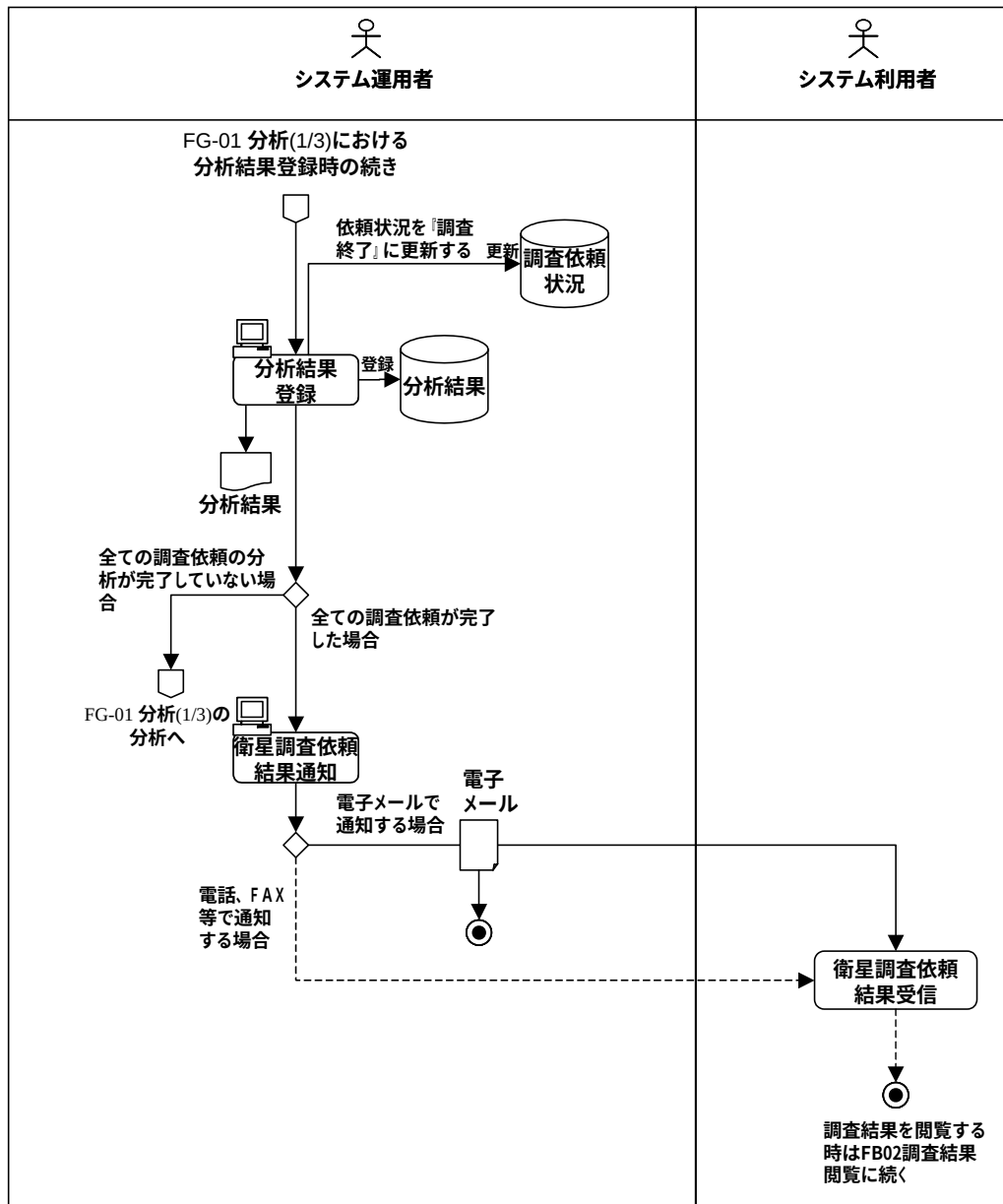


図3-17：分析(2/3)

業務ID／名	G	分析
詳細ビジネスフローID／名	FG01-3	分析 (3/3)

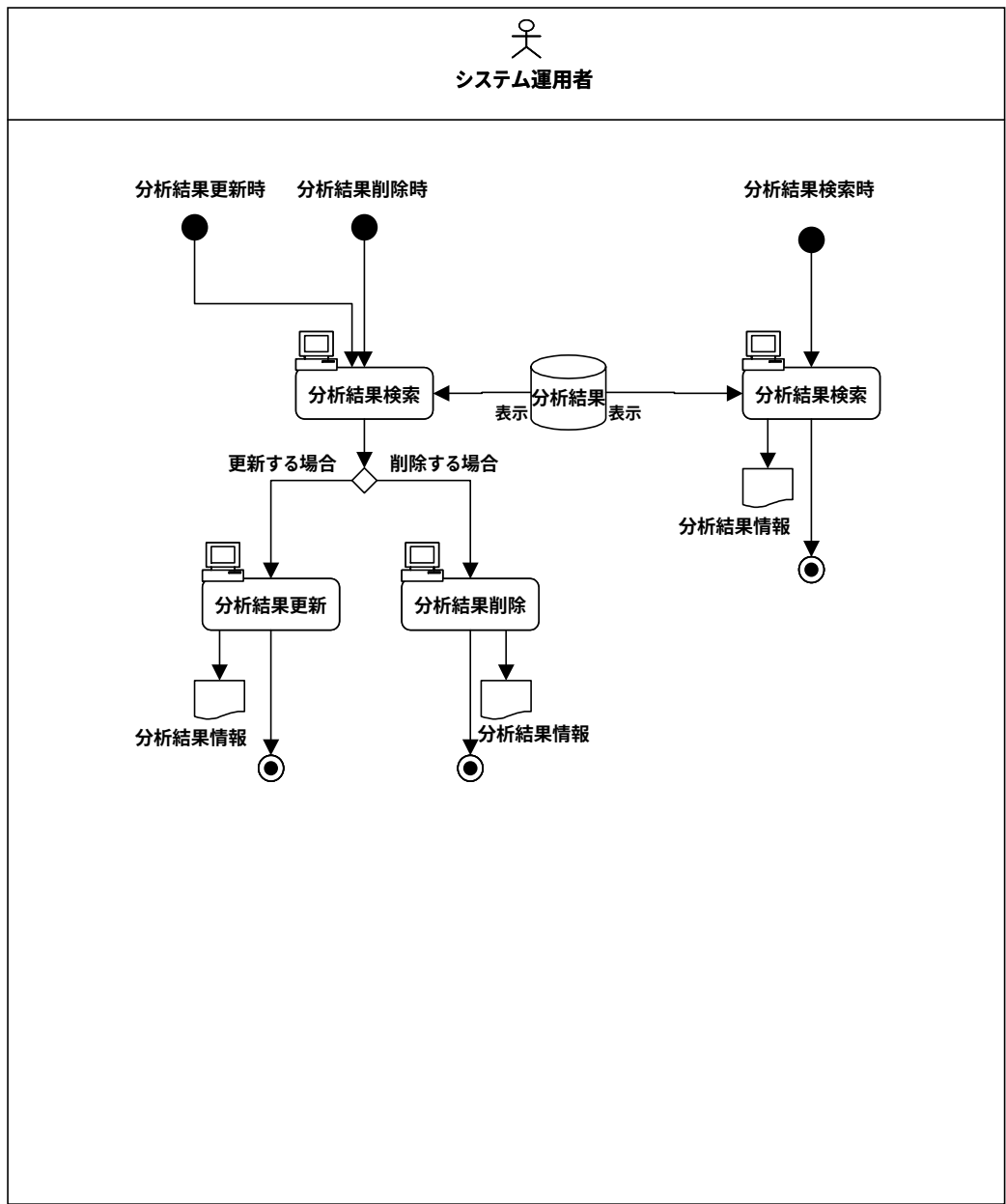


図3-17：分析(3/3)

参考-4 画面イメージの標準化の検討結果

(6.4.3 節関係)

画面操作性、各画面の統一性を高くするため、画面イメージ標準化の検討化を行った結果を以下に示す。

ア)基本方針

画面イメージの基本方針は以下に示す通りである。

- ユーザーの操作性を高いものにする。
- 各画面の統一性を図る。
- 一般的なブラウザソフトのサポート範囲内に沿った画面を検討する。

イ)全画面に共通する基準の検討

全画面に共通する基準として、画面のタイトル、ボタン、フォント、色、画面サイズについて検討を行った結果を以下に示す。

a)画面のタイトル

画面のタイトル名は、原則的に画面名にあわせる。

b)ボタン

ボタンの名称は、原則的に、ボタン押下によって開く画面名そのものか、以下のいずれかに統一する。

また、ボタンは標準の形のボタンを使用する。ボタン一覧表を表4-1に示す。

表4-1：ボタン一覧

ボタン名称	意味
戻る	前画面を表示する
登録	項目の登録を行うための画面を開く
変更	一覧等で選択されている項目の情報を変更するための画面を開く
削除	一覧等で選択されている項目を削除する
詳細表示	一覧等で選択されている項目の詳細情報を表示する
印刷	一覧等で選択されている項目の一覧印刷をする
検索	検索条件から検索を開始する
閉じる	表示画面を閉じる
リセット	検索条件の項目をリセットする
参照	ファイル参照ダイアログを表示する
保存	ファイル保存ダイアログを表示する
OK	作業を決定して、表示画面を閉じ、メニュー画面を表示する
キャンセル	作業途中で表示画面を閉じ、一つ前の画面を表示する 「OK」ボタンの対として使う
チェック ボックス	一覧等で選択するデータをチェックする チェックしたものについてはチェックマークを表示する

c)通知メッセージ

通知メッセージは実行した作業に関するメッセージを表示するポップアップ表示である。通知メッセージイメージを図4-1に示す。

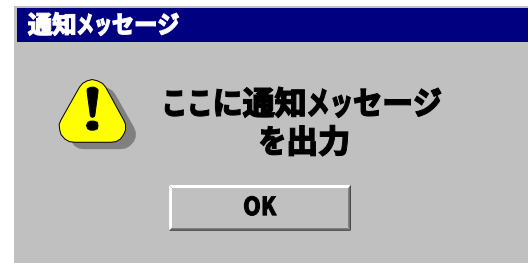


図4-1：通知メッセージ

実行した作業の終了を通知するもので、OKボタン押下で元の画面に戻る。

d)フォント

あ)英数は半角、ひらがな・カタカナ・漢字は全角とする。

い)特殊な記号は使用しない。

e)色

原則的にWindowsのコントロールパネルで設定された標準色に従う。

f)画面サイズ

あ)原則的に画面のサイズは固定する。

い)1024×768ピクセルにおさまるようにする。

ウ)代表的な画面イメージパターンの検討

代表的な画面イメージであるメイン画面、管理画面、登録画面、詳細表示、検索・閲覧画面について検討を行った結果を以下に示す。

a)メイン画面

メイン画面は、システム運用者、またはシステム利用者がログインして最初に表示される画面で、各業務の管理画面へのボタンが表示されている。また、システム運用者とシステム利用者とは利用できる機能が異なるため、メイン画面も異なる。メイン画面のイメージを図4-2に示す。



図4-2：メイン画面のイメージ

あ)メイン画面は原則としてログアウトボタンと機能のコマンドボタンで構成する。

い)画面レイアウトは中央揃えとする。(各機能における必要項目の入力、及び変更など詳細操作は各画面先で操作するようにする)

b)管理画面

管理画面は業務毎に設けられており、各業務の持つ、検索、詳細表示、登録、削除、更新機能のボタンを表示する画面である。管理画面のイメージを図4-3に示す。



図4-3：管理画面のイメージ

あ)管理画面はメニュー、検索画面、検索一覧画面の2つに分けて表示する。画面レイアウトは中央揃えにする。

い)管理のための各機能(詳細、変更、削除、印刷等)は検索結果一覧表示からデータを選択したのあとで操作できるようにする。

う)戻るボタンは画面名の下に中央揃えで配置する。なお、ボタンは常時操作できるようにする。

え)各機能のボタンは戻るボタンの下に中央揃えで配置する。

お)詳細表示ボタン、印刷ボタンは検索結果一覧の下に横並び、中央揃えで配置する。

※ 検索結果一覧内での複数選択は不可とする

c)登録画面

登録画面はシステム運用者、またはシステム利用者が情報を登録する時に利用する画面である。登録画面のイメージを図4-4に示す。

The screenshot shows a web browser window titled '画面名'. Inside the browser, there is a form with eight rows, each labeled '項目1' through '項目8' on the left. To the right of each label is a text input field. Some input fields have small icons (possibly for clearing or validation). Below the list of input fields, there are three buttons arranged horizontally: '登録' (Register), 'リセット' (Reset), and '戻る' (Back). The browser's address bar and menu bar are visible at the top.

図4-4：登録画面のイメージ

- あ)管理画面の登録ボタンを押すと登録画面に遷移する。画面レイアウトは中央揃えにする
- い)登録ボタンを押すと確認画面へ遷移する。
- う)登録ボタン、リセットボタン、戻る、詳細ボタンは登録項目の下に横並び、中央揃えで配置する。

d)詳細表示画面

詳細表示画面は、画像・注文などに関する詳細な情報・画像情報などを新しい画面で表示する画面である。詳細表示画面のイメージを図4-5に示す。



図4-5：詳細表示画面のイメージ

あ)管理画面で一覧表示から選択した後、詳細ボタンを押すと詳細表示画面に遷移する。画面レイアウトは中央揃えとする。

い)画像が存在する場合は、画像のサムネイル表示もする。

う)閉じるボタンを押すと詳細表示画面が終了する。閉じるボタンは画面名の下に中央揃えで配置し、常時操作できるようにする。

※ 一覧表示での複数選択は不可とする。

e)検索・閲覧画面

検索・閲覧画面は、画像、注文などの情報を検索し結果を表示する。また、詳細表示画面の閲覧につながる画面である。検索・閲覧画面のイメージを図 4-6に示す。



図4-6：検索・閲覧画面のイメージ

あ)検索閲覧画面は検索画面、検索一覧画面の2つのフレームに分けて表示する。

画面レイアウトは中央揃えにする。

い)一覧は検索条件を入力し、検索開始ボタンを押した後表示される。

う)管理のための各機能(詳細、印刷等)は検索結果一覧表示からデータを選択したのあとで操作できるようにする。

え)戻るボタンは画面名の下に中央揃えで配置する。なお、ボタンは常時操作できるようにする。

お)検索ボタン、リセットボタンは検索項目の下に横並び、中央揃えで配置する。

か)詳細表示ボタン、印刷ボタンは検索結果一覧の下に横並び、中央揃えで配置する。

※ 検索結果一覧内での複数選択は不可とする