
電波利用センサを用いた不法投棄監視 システムの実現に向けた調査検討 報告書

平成19年3月

電波利用センサを用いた不法投棄監視システムの実現に向けた調査検討会

<目次>

1. 序章	6
1.1 背景	6
1.2 目的	8
1.3 調査検討の概要	9
1.3.1 調査検討の流れ	9
1.3.2 測定方法及び試験方法	10
1.3.3 実用化に向けた課題検討	11
1.4 調査検討体制	12
2. 試作システムの概要	13
2.1 ミリ波センサ	13
2.1.1 ミリ波	13
2.1.2 ミリ波センサ	14
2.1.3 ミリ波センサの応用例	15
2.2 試作システム用ミリ波センサの開発方針	16
2.3 試作システムの構成	17
2.3.1 ミリ波センサ	18
2.3.2 センサ処理装置	19
2.3.3 カメラ	19
2.3.4 ビデオサーバ	20
2.3.5 情報処理・蓄積装置	20
2.4 試作システムの機能の概要	21
2.4.1 危険度判定機能	21
2.4.2 データ蓄積機能	21

3. 基本性能試験	22
3.1 目的	22
3.2 試験概要	23
3.3 試験方法	23
3.4 試験項目	24
3.4.1 実施要領	24
3.4.2 試験項目	25
3.5 試験結果	29
3.6 結果についての考察	37
4. 模擬環境試験	38
4.1 目的	38
4.2 試験概要	38
4.3 試験方法	39
4.4 試験項目	40
4.4.1 システム機能確認試験	40
4.4.2 シナリオ試験	41
4.5 試験結果	43
4.5.1 システム機能確認試験結果	43
4.5.2 シナリオ試験結果	48
4.6 結果についての考察	54

5. 実地環境試験	55
5.1 目的	55
5.2 試験概要	55
5.3 試験方法	56
5.4 試験結果	58
5.5 結果についての考察	66
6. 実現に向けて	70
6.1 試作システムの試験結果の評価	70
6.1.1 基本性能試験	70
6.1.2 模擬環境試験	70
6.1.3 実地環境試験	70
6.2 検討会委員からの意見	72
6.2.1 目的	72
6.2.2 実施概要	72
6.2.3 回答内容	73
6.2.4 意見の集約	77
6.3 実用化に向けた課題	77
6.3.1 試験結果等を踏まえた課題に関する考察	77
6.3.2 その他の課題に関する考察	79
6.3.3 導入・運用コストに関する考察	80
6.4 想定される不法投棄監視システムの実用形態の例	82
6.5 まとめ	84

添付資料85

1. 基本性能試験結果.....	86
2. 試作機への意見収集用シート.....	113
3. 平成17年度報告書概要.....	115
4. プライバシーへの配慮（平成17年度報告書より）.....	117

1. 序章

1.1 背景

我が国の社会経済活動の拡大により、国民の生活が物質的に豊かになった一方で、大量生産・大量消費・大量廃棄の社会システムが、廃棄物に関する様々な問題を引き起こしている。

沖縄総合通信事務所が平成 17 年度に開催した「電波を利用した不法投棄監視システムに関する調査研究会」（座長：藤井智史 琉球大学 工学部 教授）の報告書において、不法投棄の現状、及び自治体や関係機関の対策の取り組みについて取り纏められた。昨年度の調査結果は、添付資料「3. 平成 17 年度報告書概要」を参照。

報告書では、不法投棄の類型パターン分析から、沖縄の不法投棄の特徴に適した ICT(情報通信技術)を用いた不法投棄監視システムの検討を行い、設置型カメラ方式のシステムが有効であるとの結論に至った。また、設置型カメラ方式の実現に向けた課題として、有効な検知方式の検討が挙げられている。

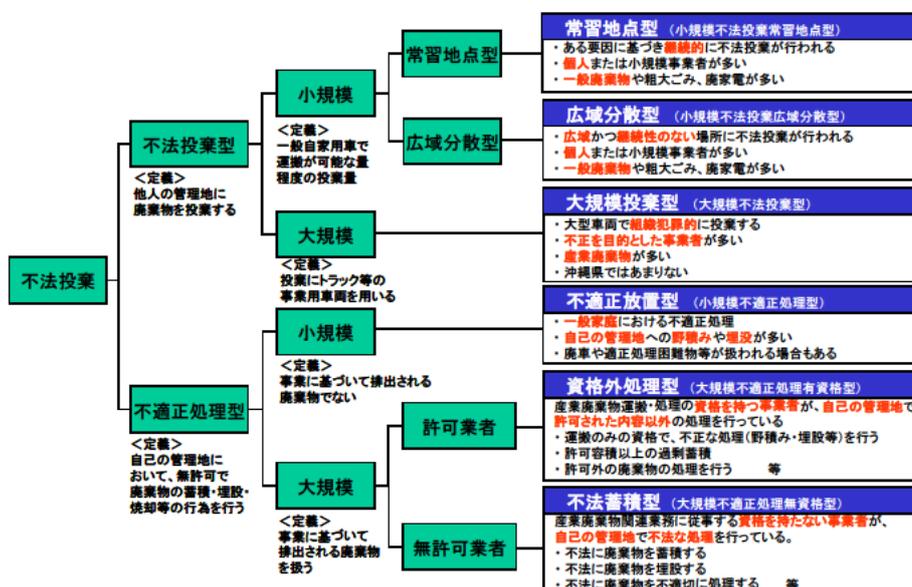


図 1-1 沖縄県における不法投棄の類型分類（平成 17 年度報告書より）

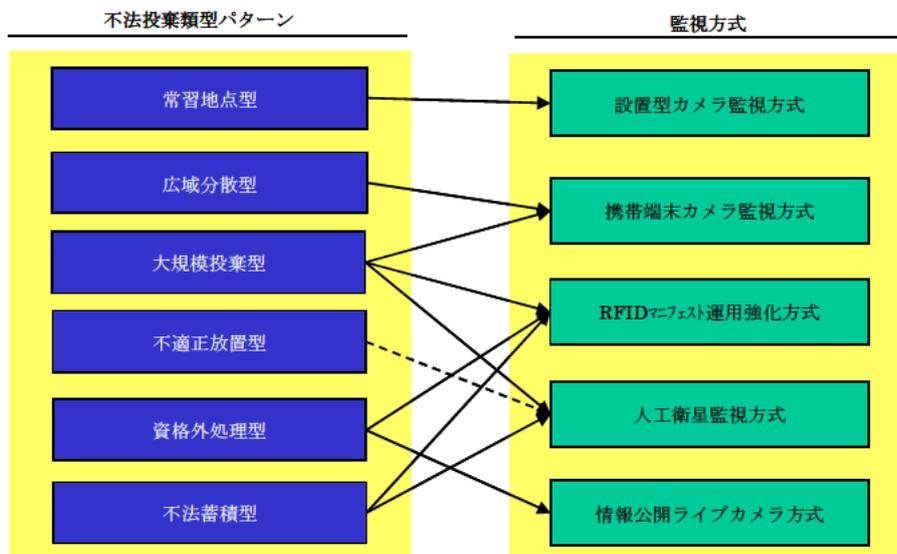


図 1-2 不法投棄類型パターンごとの監視方式の組み合わせ（平成 17 年度報告書より）

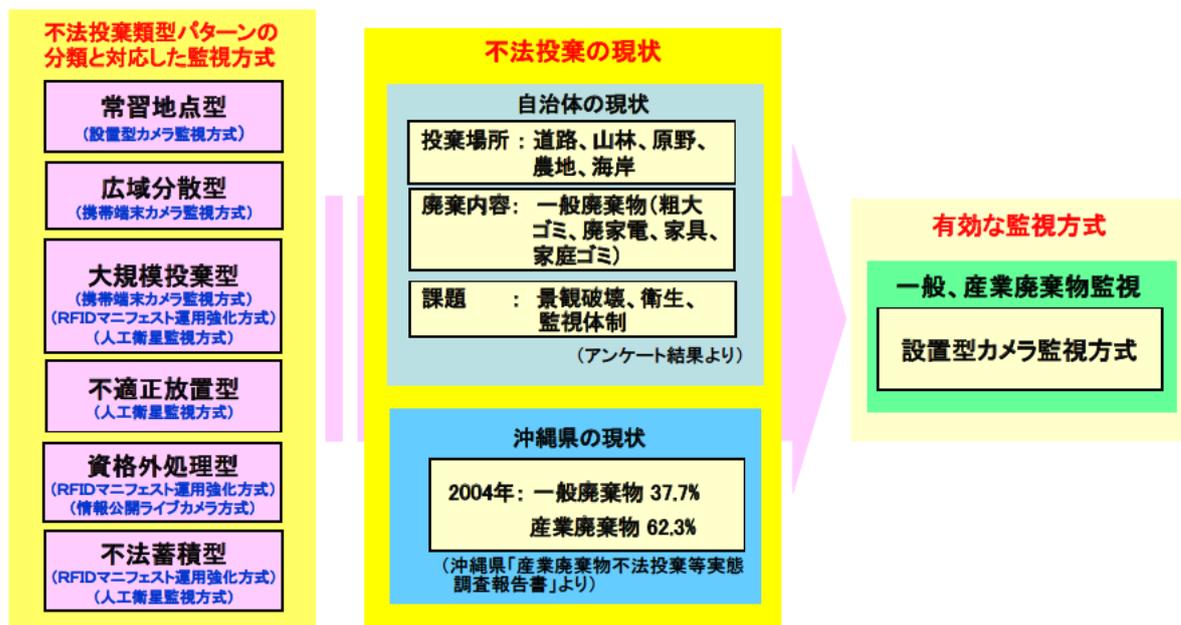


図 1-3 沖縄の特徴から見た有効な監視方式（平成 17 年度報告書より）

参考：平成 17 年度の調査研究報告書の URL
<http://www.okinawa-bt.soumu.go.jp/musentuusin/kenkiyu.html>

1.2 目的

本調査研究では、「電波利用センサを用いた不法投棄監視システムの実現に向けた調査検討」のテーマに最適な監視システムの検知センサとして、夜間や降雨の影響に強く、リアルタイムで対象物の位置と速度を計測可能なミリ波センサが有効と判断し調査研究に取り組んだ。本検討においては、ミリ波センサによって不法投棄行為を如何に的確に検出するかを、試作システムを素材として検証し、ミリ波センサの有効性の検討及び、不法投棄監視システムとしての実用性の評価を目的としたものである。

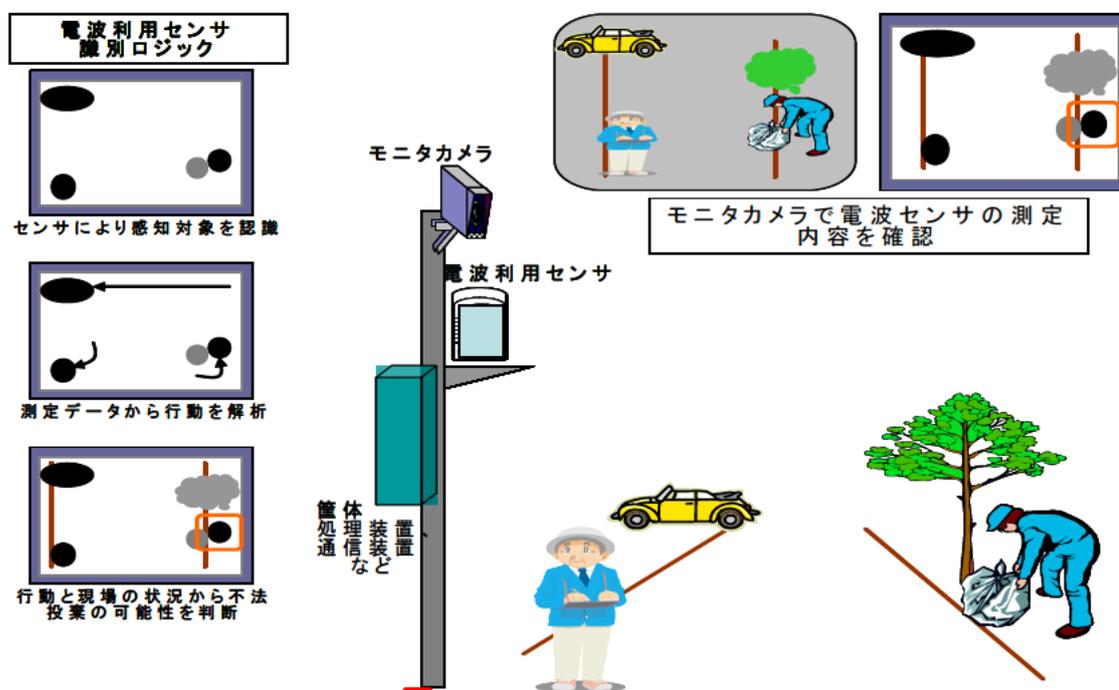


図 1-4 電波利用センサを用いた不法投棄監視システム イメージ図

不法投棄監視にミリ波技術を応用する事により、ミリ波センサの天候・日照などの影響を受けず、リアルタイムで対象物の位置と速度を計測ができるという特徴を生かした不法投棄監視が可能であり、電波を利用した不法投棄監視システムの実用化に寄与できると考えられる。

1.3 調査検討の概要

1.3.1 調査検討の流れ

(1) 検討事項

不法投棄の確認に必要な対象である、不法投棄物、その運搬を担う車両や人を感知対象と想定し、不法投棄行動の有無を判定する条件を検討し、その条件認識のためのミリ波センサを試作、検討を行なった。

この試作システムを用いて下記の通り実証試験及び技術検討を行い、ミリ波センサによるカメラ監視方式の不法投棄監視システムとしての可能性、実用性の評価を行う。

- ① 不法投棄監視システムの試作、ミリ波センサの基本性能測定及び技術的検討
- ② 模擬環境における不法投棄監視システムの総合試験及び技術検討
- ③ 実地環境における不法投棄監視システムの総合試験及び技術検討
- ④ 試験結果等に基づいた実用化への課題検討

(2) 調査検討の流れ

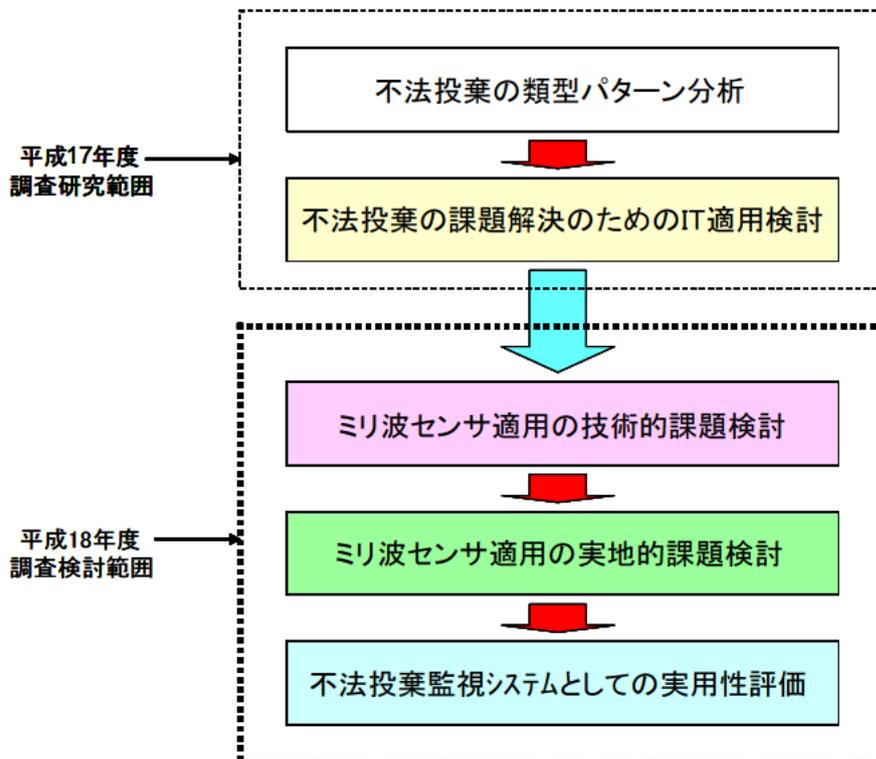


図 1-5 課題解決のプロセス

本調査検討での実証試験では、ミリ波センサを適用した設置型カメラ監視方式の不法投棄監視システムの試作システムを構築し、実用化に向けた課題の抽出、及び対策の検討を行なう。

1.3.2 測定方法及び試験方法

(1) 電波利用センサの基本性能の測定

不法投棄の確認に必要な対象である、車両、人物、及び不法投棄物を模擬した感知対象物を定め、以下の基本性能の計測結果から未検知、誤検知の有無を整理し、未検知、誤検知がある場合にはその原因を考察する。

- ミリ波センサの検知範囲において、静止状態の感知対象物の距離、方位を計測し、計測結果と実際の距離、方角が一致していることを確認する。
- ミリ波センサの検知範囲において、予め定めた 2 点間を移動する感知対象物（車両、人物）を計測し、計測結果と実際の移動が一致することを確認する。

(2) 模擬環境における不法投棄監視システムの試験

不法投棄現場を模擬した試験環境において、予め用意したデモ試験シナリオに則ってデータを取得し、得られた計測結果から未検知、誤検知の有無を整理し、未検知、誤検知がある場合にはその原因を考察する。また、ミリ波センサの検知範囲内に不法投棄監視領域を設定し、領域内では不審事象が検知され、領域外では検知されないことを検証することにより、システムによる不法投棄判断の妥当性を評価する。

- 遠方から不法投棄地点へ近づく感知対象物（車両及び人）を計測し、不法投棄地点で静止する。ここで、「移動→静止」を検知したことを評価する。
- 不法投棄地点から感知対象物が遠ざかり、不法投棄地点に静止した感知対象物（投棄物）が残され、2つの感知対象物が分離されたことを計測する。ここで、一方の感知対象物の「静止」、他方の「静止→移動」を検知したことを評価する。
- 不法投棄地点を停止する事無く通り過ぎる感知対象物を計測し、連続的な移動を検知したことを評価する。

(3) 実地環境における不法投棄監視システムの試験

実際に不法投棄の発生した現場において、実運用に近い環境でデータ取得を行なう他、予め用意したデモ試験シナリオに則ってデータ取得を行なう。

シナリオは、昨年度の調査研究報告書より、沖縄の不法投棄の現状が、投棄場所は「道路」「山林」「原野」「農地」「海岸」、廃棄内容は「粗大ゴミ」「廃家電」「家具」であり、また、約62%が産業廃棄物であることを考慮して以下を想定する。

不法投棄監視領域を設定し、上記シナリオに基づいて移動・静止する感知対象物を計測し、検知結果から不法投棄行為の危険性（※）が判定できていることを評価する。

ミリ波センサの検知範囲に走行車が停止→人物が不法投棄地点へ移動→不法投棄地点で家電製品や建築廃材等を投棄→人物が車両へ移動→車両がミリ波センサの検知範囲外へ移動。

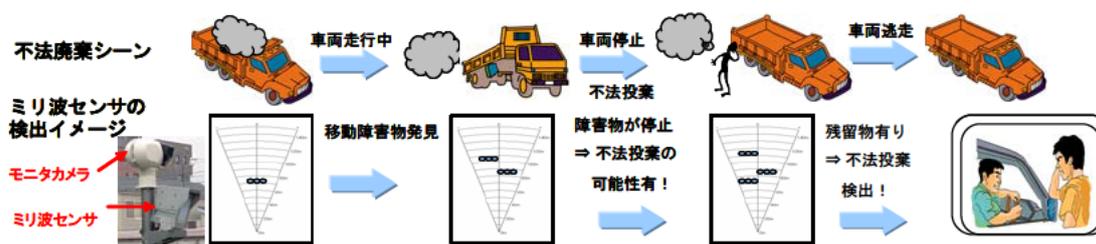


図 1-6 デモ試験シナリオ

※：本調査検討では、感知対象物の挙動から判断した不法投棄の危険性を「危険度」として三段階に判定している。（詳細は 2.4.1 項参照）

1.3.3 実用化に向けた課題検討

これらの基本性能測定、模擬環境と実地環境における試験の結果、及びその技術検討結果を踏まえ、ミリ波センサを利用した不法投棄監視システムを実用配備するに当たっての改修点、実現性を検討し、課題を抽出する。

1.4 調査検討体制

本調査検討においては、地元の有識者・実務者から成る調査検討会を形成し、4回の調査検討会を開催し、メンバーからの助言・提案を得ながら調査検討を行なった。

調査検討会委員は以下のとおり。

【調査検討会委員】

(敬称略、五十音順)

座長 藤井 智史	琉球大学 工学部 電気電子工学科 教授
上原 政輝	豊見城市 市民福祉部 生活環境課長
宇都宮 義文	(社) 沖縄産業廃棄物協会 事務局長
久田 友弘	沖縄県 文化環境部 環境整備課長
島田 宏	富士通 (株) コンサルティング事業本部 マネージングコンサルタント
勢頭 伸男	沖縄県警察本部 生活安全部 生活保安課長
仲本 安和	那覇市 環境部 クリーン推進課長
長山 格	琉球大学 工学部 情報工学科 助教授

【事務局】

山本 一晴	総務省沖縄総合通信事務所 所長
塩谷 淳一	〃 次長
中島 英之	〃 無線通信課長
殿岡 隆	富士通 (株) エンジニア
松嶋 孝裕	〃 コンサルタント

2. 試作システムの概要

2.1 ミリ波センサ

2.1.1 ミリ波

(1) ミリ波とは

周波数にして 30GHz から 300GHz、波長にして 10mm (30GHz) から 1mm (300GHz) までの電波を一般にはミリ波と呼んでいる。ミリ波は電波の中でも光に近い周波数帯であり、比較的光に近い性質を有している。

【ミリ波の特徴】

- ・ 直進性が非常に強い
- ・ 耐環境性に優れている→雨、霧、雪、汚れ
- ・ アンテナの小型化が可能
- ・ 遠くまで伝わらない
- ・ 情報の伝送量が多い

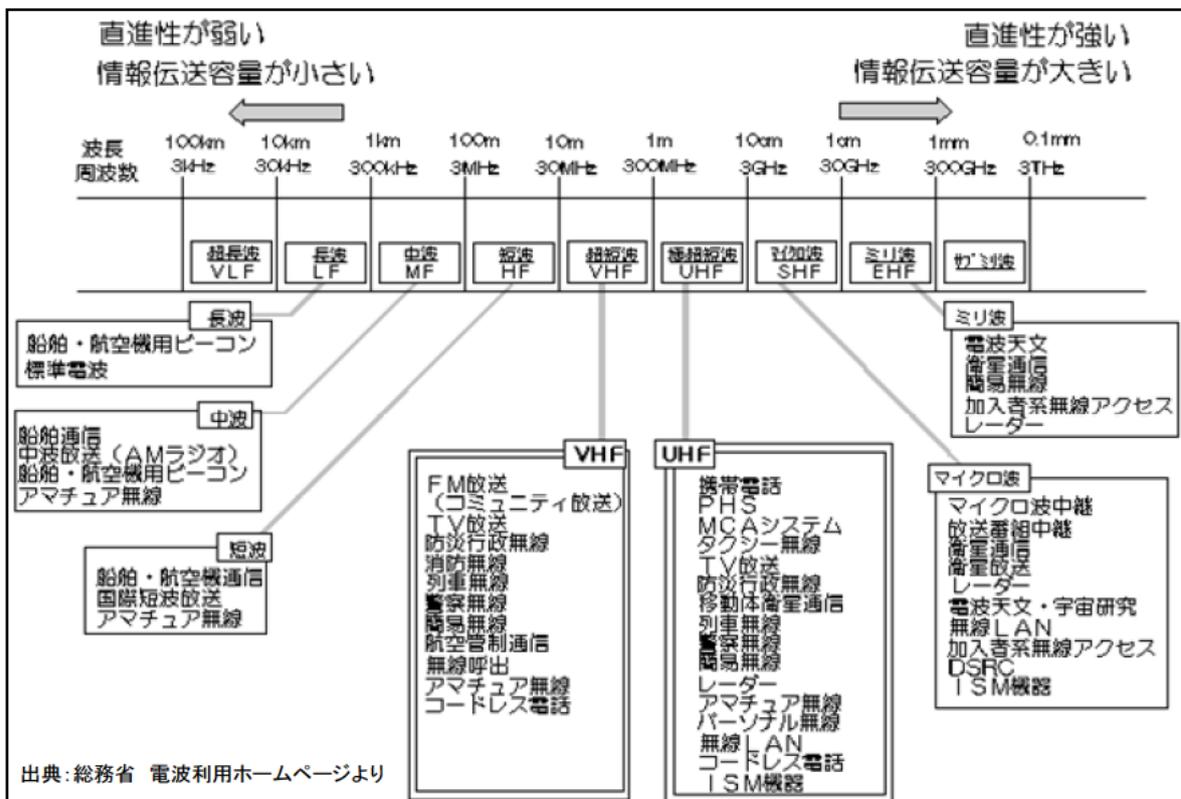


図 2-1 周波数 (波長) による電波の分類

(2) ミリ波の用途

ミリ波の特徴を活かした、以下のような利用がされている。

- ・ 屋内広帯域無線 LAN
- ・ 高分解能センサ
- ・ 電波天文

(3) ミリ波センサの実用化

日本国内では、1997 年に、欧米と共通の周波数を利用する免許不要の無線システムとして 76GHz 帯小電力ミリ波センサ（レーダー）が制度化され、近年ミリ波センサの開発が急速に進み、実用化されている。

2.1.2 ミリ波センサ

ミリ波センサは、走行する車両や人などの位置と速度を瞬時に検知することができるセンサである。また、コンピュータによるデータ処理を応用することにより、対象物が移動しても追跡することが可能。

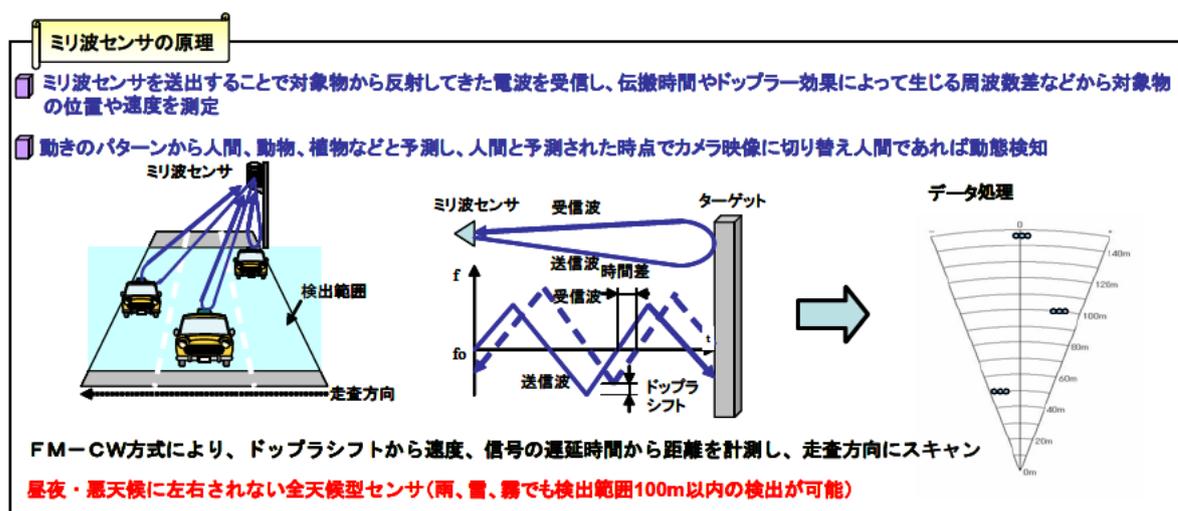


図 2-2 ミリ波センサの原理

従来技術のセンサと比較して、雪・霧等の悪天候下においても安定した検知性能を有しているのが特長である。

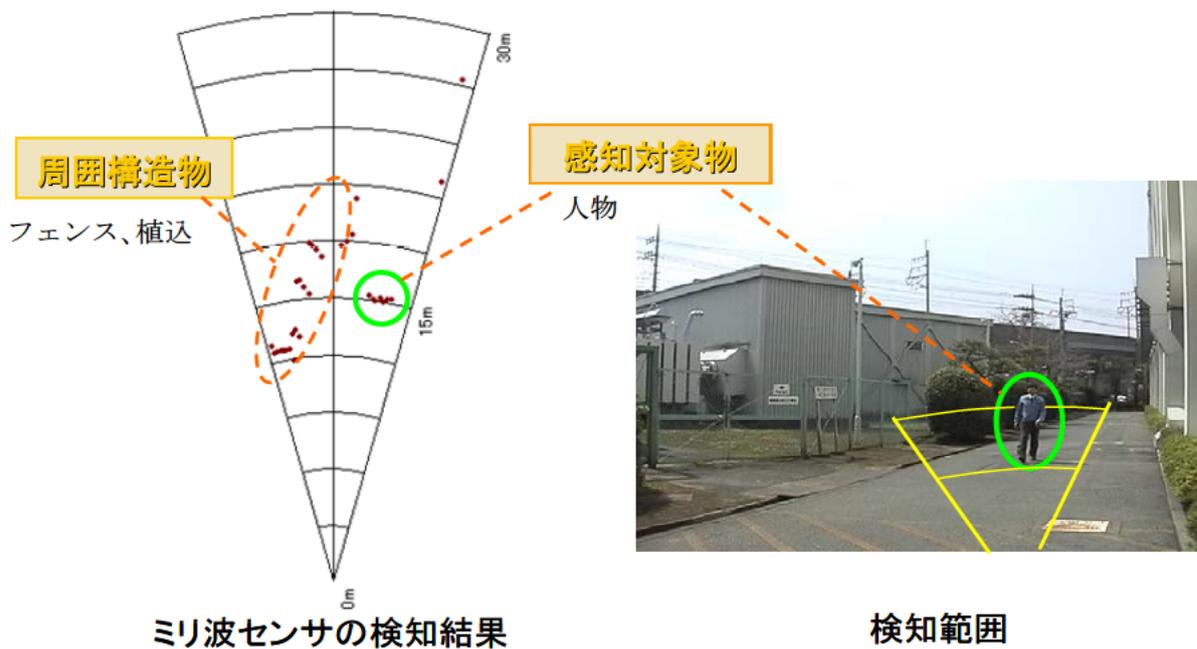


図 2-3 ミリ波センサの検知の例

2.1.3 ミリ波センサの応用例

車載用ミリ波センサは、自動車の衝突防止を目的としたシステムに用いられる。このシステムは、ミリ波センサが検知した前方車両までの距離、相対速度等の情報を基に衝突の危険性を判定し、危険度に応じてドライバーへの認知を促したり、ブレーキを制御したりするものである。また、ミリ波センサは追従走行の支援、後退時の後方監視としても用いられている。



図 2-4 車載用ミリ波センサ

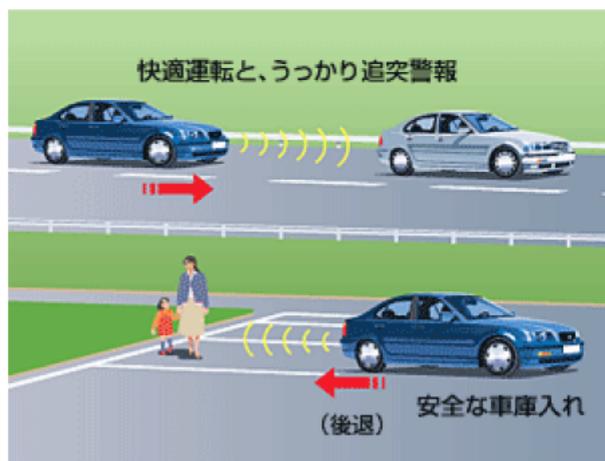


図 2-5 システムのイメージ

ミリ波センサは従来のセンサと比較して、雪・霧等の悪天候下でも安定した検知性能を有していることから、有益で主流になりつつある。

2003 年頃より一部の高級車への搭載が開始され、徐々に小型車への展開が進んでおり、今後の市場拡大が期待されている。

2.2 試作システム用ミリ波センサの開発方針

カメラによる不法投棄監視システムを設置しても不法投棄を発見するには、監視要員による常時モニターや蓄積された不法投棄事象の検索のために全ての画像の確認が必要になる。この課題の解決には、不法投棄事象を高精度に検出するセンサが必要となる。不法投棄監視システムにセンサを組み合わせることで、監視業務の負荷軽減やセンサの検出結果を基にした効率的な事象検索、検出結果に応じた画像記録による記憶装置容量の削減等の利点を得られる。

不法投棄は、人目につきにくい夜間や悪天候時に行なわれることが考えられ、センサには耐環境性が求められる。また、検知物全てに対して警報するセンサでは、誤報が頻発することが考えられるため、不法投棄事象を高精度で検出するには、感知対象物の有無だけでなく、感知対象物の挙動を捕捉できるセンサが求められる。これらより、不法投棄事象を検出するセンサとして、“ミリ波センサ”が有望と考えた。

本調査検討では、道路センサとして開発された車両検知用のミリ波センサを不法投棄監視システムに適した特性となる様に仕様変更して用いる。

以下に不法投棄監視システムの試作装置に用いるミリ波センサの開発方針を示す。

【不法投棄監視システム用ミリ波センサの開発方針】

- ① 感知対象物の分離性能が高くなる様、ハードウェアの設計変更を行う
- ② 検知可能な距離は 50m 程度に制限される (①に伴う制限)
- ③ センサ正面を中心に、左右に±約 15 度までの範囲を検知可能にする

上記ミリ波センサを用いた試作装置にて各種試験を実施し、システムの実用化に向けて、ミリ波センサに関する課題抽出、対策の検討を行なう。

2.3 試作システムの構成

以下に試作システムのブロック図及び写真を示す。

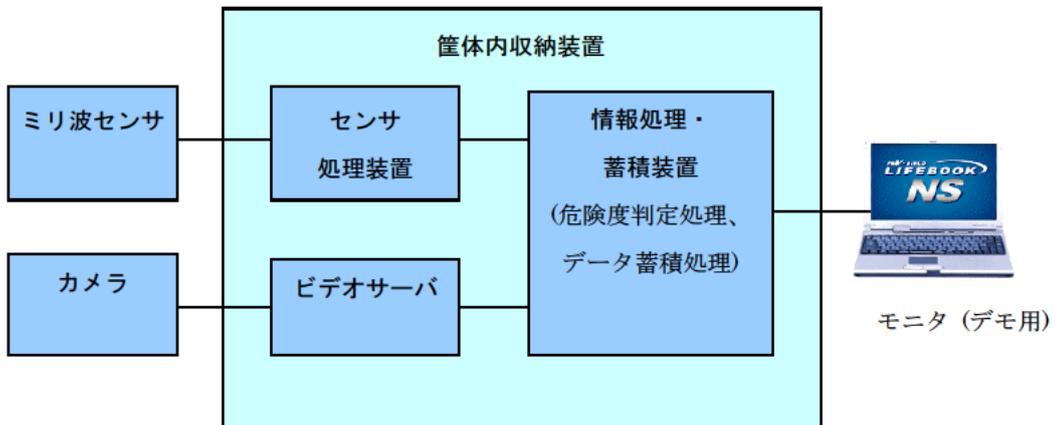


図 2-6 試作システムブロック図

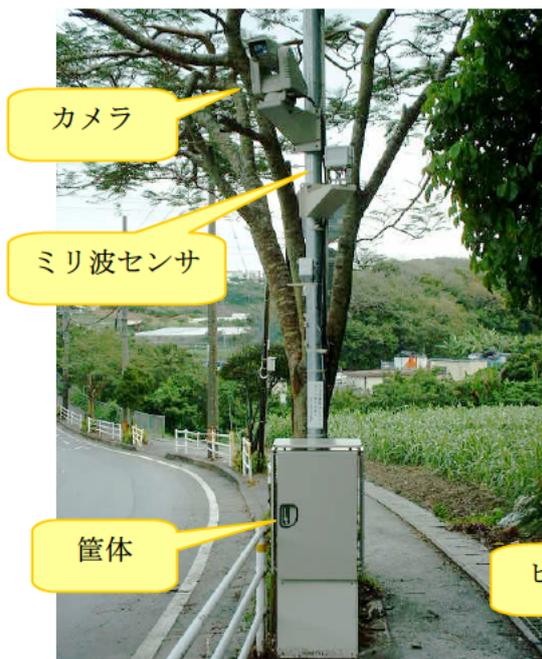


図 2-7 試作システム写真

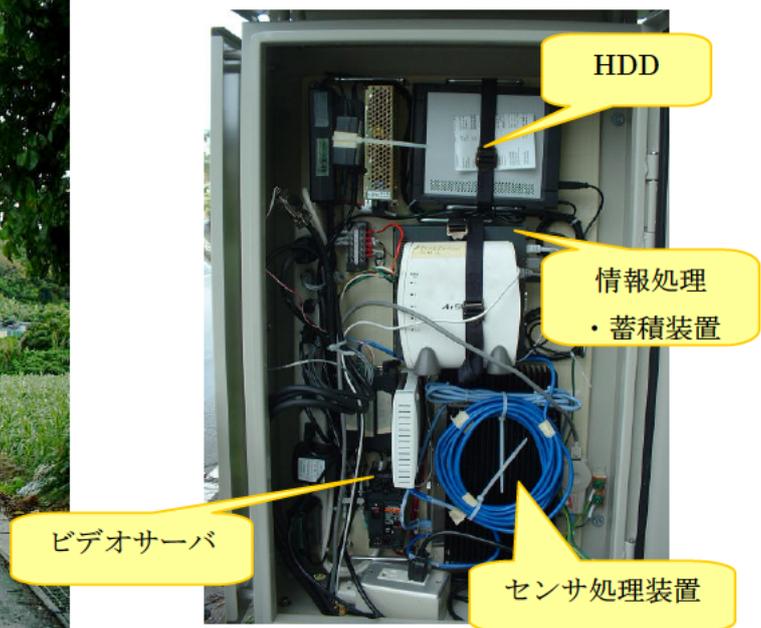


図 2-8 筐体内部写真

各装置の機能・主要諸元を以下に示す。

2.3.1 ミリ波センサ

(1) 機能

ミリ波を放射し、物体からの反射波を受信し、受信した反射波を信号処理することで、物体までの距離・物体の方位、相対速度を算出し、センサ処理装置に通知する。

(2) 主要諸元

周波数：76.5 GHz

レーダ方式：FM-CW

送信出力：10mW 以下

計測方位：約 30 度

計測周期：400ms

(3) ミリ波の安全性

本システムで使用する上記のミリ波センサは、電波法施行規則第 2 1 条の 3（電波の強度に対する安全施設）の基準を満足するものである。

●電波法施行規則第 2 1 条の 3 において、当該無線設備から発射される電波の強度が表 2-1 に定める値を超える場所に容易に出入りすることができないように施設をしなければならないことが規定されている。

※ 詳細については、総務省電波利用ホームページ：

<http://www.tele.soumu.go.jp/j/ele/index.htm> を参照

表 2-1 電波の強度の基準（ミリ波センサの周波数帯域が該当する部分をを抜粋）

周波数	電界強度 (V/m)	磁界強度 (A/m)	電力束密度 (mW/c m ²)
1.5GHz を超え 300GHz 以下	61.4	0.163	1

●ミリ波センサの電波の強度は、10cm離れた空間で表 2-2 のとおり、表 2-1 の基準を満足するものであり、今回の試作システムではセンサが地上から 3m の高さ場所に設置するため、通行人からは 1m 以上離れることから、十分安全なものである。

表 2-2 ミリ波センサの電波の強度の値の表

電界強度	磁界強度	電力束密度
5.5V/m	0.046A/m	0.008mW/c m ²
基準の約 1/11	基準の約 1/3	基準の約 1/125

(4) ミリ波センサの耐久性

試作システムで利用するミリ波センサの仕様は、表 2-3 のとおりであり、沖縄の屋外での使用が可能なものである。

表 2-3 ミリ波センサの仕様

項目	仕様
周囲温度	-30℃～+50℃
相対湿度	20～90%RH 以下
防水性	JIS C 0920 保護等級 3 防雨型
振動	屋外高所に設置するための耐震に耐える
衝撃電圧	落雷による雷サージの耐える

2.3.2 センサ処理装置

(1) 機能

ミリ波センサの計測結果を受信し、背景処理（※1）、ターゲット抽出処理（※2）を行い、結果を情報処理・蓄積装置に通知する。

※1：検知データから移動物体だけを抽出するための手段（詳細は 5.4.2（2）項参照）

※2：ミリ波センサの受信レベルの変動により、環境変化が無いにもかかわらず出力される検出データ（詳細は 5.4.2（3）項参照）

(2) 主要諸元

CPU：Intel Celeron プロセッサ 400MHz

OS：Linux

入出力 I/F：LAN (RJ-45)

2.3.3 カメラ

(1) 機能

ミリ波センサの検出結果を検証するための画像を取得する。

※今回製作した試作システムに搭載したカメラは、監視用ではなく、ミリ波センサの検知結果と実際の監視領域の状態を比較評価するための画像収録を目的とするものであったため、ミリ波センサの検知結果との機能連携はしていなかった。しかし、ミリ波センサは対象物の位置を把握しているため、雲台、ズームアップ等のカメラ制御技術の応用で、必要な映像取得のための撮影タイミングの調整や、対象物へのパン、ズームアップが可能である。

(2) 主要諸元

カラーTV方式：NTSC
撮像阻止：1/3 インチ CCD (画素数 41 万画素)
水平解像度：480TV 本
出力 I/F：NTSC 複合映像信号 (BNC)
電子増感機能：有り

2.3.4 ビデオサーバ

(1) 機能

カメラ映像を入力とし、所定の間隔にて静止面のデジタルデータに変換し、情報処理・蓄積装置に通知する。

(2) 主要諸元

エンコード形式：jpeg
解像度：704×408 ピクセル
画像取得周期：1 コマ/秒
入力 I/F：NTSC 複合映像信号(BNC)
出力 I/F：LAN (RJ-45)

2.3.5 情報処理・蓄積装置

(1) 機能

センサ処理装置の検出結果を入力とし、危険度判定処理 (※) を行なうとともに、ミリ波センサの検出結果をハードディスクに記録する。

ビデオサーバから受信する画像データをハードディスクに記録する。

ミリ波センサの検出結果をディスプレイ出力する。

※：感知対象物の挙動から判断した不法投棄の危険性を「危険度」として三段階に判定している。(詳細は 2.4.1 項参照)

(2) 主要諸元

CPU：Intel Pentium-M プロセッサ 1.6GHz
OS：Windows XP
HDD 用量：250GB
入出力 I/F：LAN (RJ-45)

2.4 試作システムの機能の概要

本試作システムにて実現する機能は以下のとおりである。

2.4.1 危険度判定機能

以下の考え方にに基づき、ミリ波センサを用いて不法投棄行為を捕える。

- ・ 悪質な不法投棄は、車両で不法投棄物を運搬し、不法投棄行為に及ぶものと位置づけ、車両を使用した不法投棄行為を検出することを目的とする
- ・ 上記事象を検出するために、不法投棄行為に及ぶ車両の挙動を捉え、その特徴から不法投棄事象を抽出する
- ・ ミリ波センサの検知結果を基に、検知領域内の状態から不法投棄の“危険度”を判定し出力する

危険度判定は以下の方針にて実現する。

危険度0 : 検知領域に停止物体が存在しない状態

危険度1 : 検知領域内で物体の停止を検知した状態

危険度2 : 危険度1の停止物体が一定時間以上同じ場所に存在する状態

2.4.2 データ蓄積機能

試作システムにおけるデータ蓄積機能は以下のとおりである。

ミリ波センサの記録情報として、センサ処理装置の出力結果、及び危険度判定結果をミリ波センサの掃引周期である 400ms 毎にハードディスク上に記録する。

カメラが捕える映像を、デジタル静止画像化したデータを 1 秒周期でハードディスク上に記録する。

3. 基本性能試験

3.1 目的

本試験は、不法投棄行為に関与する対象となり得る、自動車、人、投棄物を感知対象物とし、不法投棄システムの試作装置に使用するミリ波センサが、これらの対象物を検知する能力を把握することを目的とする。



図 3-1 ミリ波センサ（試作機）



図 3-2 自動車の検知試験



図 3-3 人の検知試験



図 3-4 投棄物（ダンボール）の検知試験

3.2 試験概要

基本性能試験は、静止物検出試験と移動物検出試験とに分けて実施する。

静止物検出試験では、感知対象物毎に、距離、設置環境等をパラメータとして測定を行ない、感知対象物が検出可能か否かを確認する。

移動物検出試験では、移動する人、自動車を連続的に検出することにより、これらの挙動を捉える能力を確認する。

3.3 試験方法

図 3-5 に試験装置の構成を示す。計測に用いる機器はミリ波センサと、データを記録する PC である。ミリ波センサの性能測定を目的とするため、センサからの出力を直接 PC に記録する。

ミリ波センサの設計性能から検出エリアは 15m から 40m までとするが、その前後での検出状況把握のため、10m から 45m までを試験範囲とする。

センサの設置高は 3m とする。この高さは、今回試作したミリ波センサシステムのベースとなったシステムのこれまでの実験結果から得られた最適な高さである。

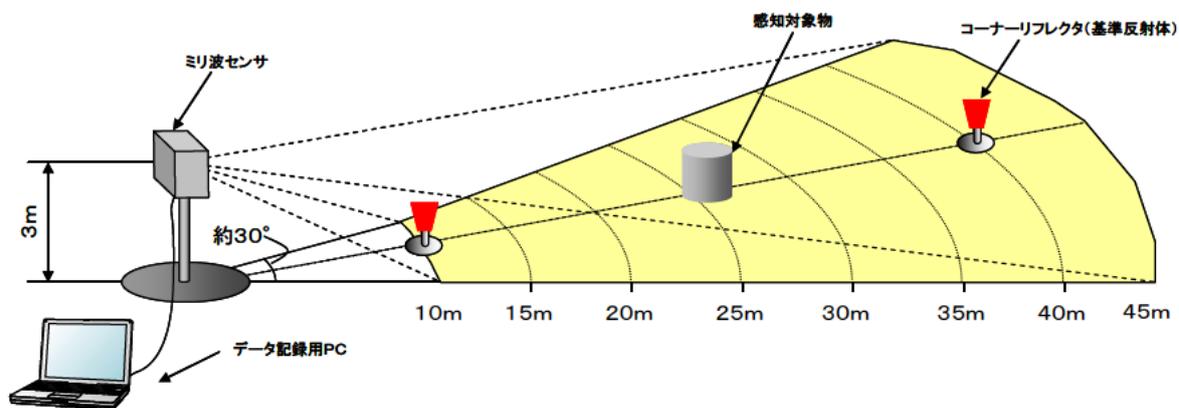


図 3-5 試験装置の構成イメージ

3.4 試験項目

3.4.1 実施要領

(1) 静止物検知試験

以下要領を基本として、静止物検知試験を実施する。

- ・ 試験場所は富士通株式会社 川崎工場他
- ・ 感知対象物は自動車(RV車)、人、テレビ(19インチのCRT)、空き缶を詰めた袋(90L、45L、コンビニ袋)、ダンボール(大 80×55×77、中 55×55×48、小 40×34×33[cm])とする
- ・ 試験パラメータは以下とする
環境 (アスファルト、草地)
距離 (10m,15m,20m,25m,30m,35m,40m,45m)
向き (正面[0度]、45度、90度、135度、180度)
※ 感知対象物により実施項目は異なる
- ・ 試験時間 約2日

(2) 移動物検知試験

以下要領にて、移動物検知試験を実施する。

- ・ 試験場所は富士通株式会社 川崎工場他
- ・ 感知対象物は自動車、人とする
- ・ 感知対象物の速度は、人は通常の歩行速度(約 4.8km/h)程度、自動車についてはATのクリープ速度(約 7.2 km/h)とする。
- ・ 試験パラメータを以下とする
環境 (アスファルト、草地)
移動パターン (通過・一時停止・分離)
※ 移動パターンの詳細は本誌末尾に記載する
- ・ 試験時間 約1日

3.4.2 試験項目

(1) 静止物検知試験

試験項目の一覧を以下に示す。

表 3-1 静止物検知試験項目

No.	感知対象物	環境	距離 (m)	向き
S-1	自動車	アスファルト	10	正面
S-2	自動車	アスファルト	20	正面
S-3	自動車	アスファルト	30	正面
S-4	自動車	アスファルト	40	正面
S-5	人	アスファルト	10	正面
S-6	人	アスファルト	15	正面
S-7	人	アスファルト	20	正面
S-8	人	アスファルト	25	正面
S-9	人	アスファルト	30	正面
S-10	人	アスファルト	35	正面
S-11	人	アスファルト	40	正面
S-12	人	アスファルト	45	正面
S-13	人	草地	10	正面
S-14	人	草地	15	正面
S-15	人	草地	20	正面
S-16	人	草地	25	正面
S-17	人	草地	30	正面
S-18	人	草地	35	正面
S-19	人	草地	40	正面
S-20	人	草地	45	正面
S-21	テレビ	アスファルト	15	正面
S-22	テレビ	アスファルト	20	正面
S-23	テレビ	アスファルト	25	正面
S-24	テレビ	アスファルト	30	正面
S-25	テレビ	アスファルト	35	正面
S-26	テレビ	アスファルト	40	正面

S-27	テレビ	アスファルト	30	45度
S-28	テレビ	アスファルト	30	90度
S-29	テレビ	アスファルト	30	135度
S-30	テレビ	アスファルト	30	180度
S-31	テレビ	草地	20	正面
S-32	テレビ	草地	30	正面
S-33	テレビ	草地	40	正面
S-34	空き缶袋 (45L)	アスファルト	15	正面
S-35	空き缶袋 (45L)	アスファルト	20	正面
S-36	空き缶袋 (45L)	アスファルト	25	正面
S-37	空き缶袋 (45L)	アスファルト	30	正面
S-38	空き缶袋 (45L)	アスファルト	35	正面
S-39	空き缶袋 (45L)	アスファルト	40	正面
S-40	空き缶袋 (45L)	アスファルト	30	上下反転
S-41	空き缶袋 (45L)	草地	20	正面
S-42	空き缶袋 (45L)	草地	30	正面
S-43	空き缶袋 (45L)	草地	40	正面
S-44	空き缶袋 (70L超)	アスファルト	20	正面
S-45	空き缶袋 (70L超)	アスファルト	30	正面
S-46	空き缶袋 (70L超)	アスファルト	40	正面
S-47	空き缶袋 (70L超)	アスファルト	30	上下反転
S-48	空き缶袋 (コビニ)	アスファルト	20	正面
S-49	空き缶袋 (コビニ)	アスファルト	25	正面
S-50	空き缶袋 (コビニ)	アスファルト	30	正面
S-50'	空き缶袋 (コビニ)	アスファルト	35	正面
S-51	空き缶袋 (コビニ)	アスファルト	30	上下反転
S-52	ダンボール (中)	アスファルト	15	正面
S-53	ダンボール (中)	アスファルト	20	正面
S-54	ダンボール (中)	アスファルト	25	正面
S-55	ダンボール (中)	アスファルト	30	正面
S-56	ダンボール (中)	アスファルト	35	正面
S-57	ダンボール (中)	アスファルト	40	正面
S-58	ダンボール (中)	アスファルト	30	45度
S-59	ダンボール (中)	草地	20	正面
S-60	ダンボール (中)	草地	30	正面

S-61	ダンボール (中)	草地	40	正面
S-62	ダンボール (大)	アスファルト	20	正面
S-63	ダンボール (大)	アスファルト	30	正面
S-64	ダンボール (大)	アスファルト	40	正面
S-65	ダンボール (大)	アスファルト	30	45 度
S-66	ダンボール (小)	アスファルト	20	正面
S-67	ダンボール (小)	アスファルト	30	正面
S-68	ダンボール (小)	アスファルト	40	正面
S-69	ダンボール (小)	アスファルト	30	45 度

但し、No.S-12,S-20 については、他の感知対象物の試験項目（10,20,30,40m）と照らし、比較不能な 45m の項目は実施せず

（２）移動物検知試験

表 3-2 移動物検知試験項目

No.	感知対象物	環境	パターン
M-1	自動車	アスファルト	通過 1
M-2	自動車	アスファルト	通過 2
M-3	自動車	アスファルト	通過 3
M-4	自動車	アスファルト	一時停止 1
M-5	自動車	アスファルト	一時停止 2
M-6	自動車	アスファルト	一時停止 3
M-7	人	アスファルト	通過 1
M-8	人	アスファルト	通過 2
M-9	人	アスファルト	通過 3
M-10	人	草地	通過 1
M-11	人	草地	通過 2
M-12	人	草地	通過 3
M-13	人	アスファルト	分離 1
M-14	人	アスファルト	分離 2
M-15	人	アスファルト	分離 3

但し、No.M-10,M-11,M-12 については、試験場所の環境により草地試験実施不能

※ 移動パターンの詳細については次ページを参照のこと

移動物検知試験における移動パターンの説明

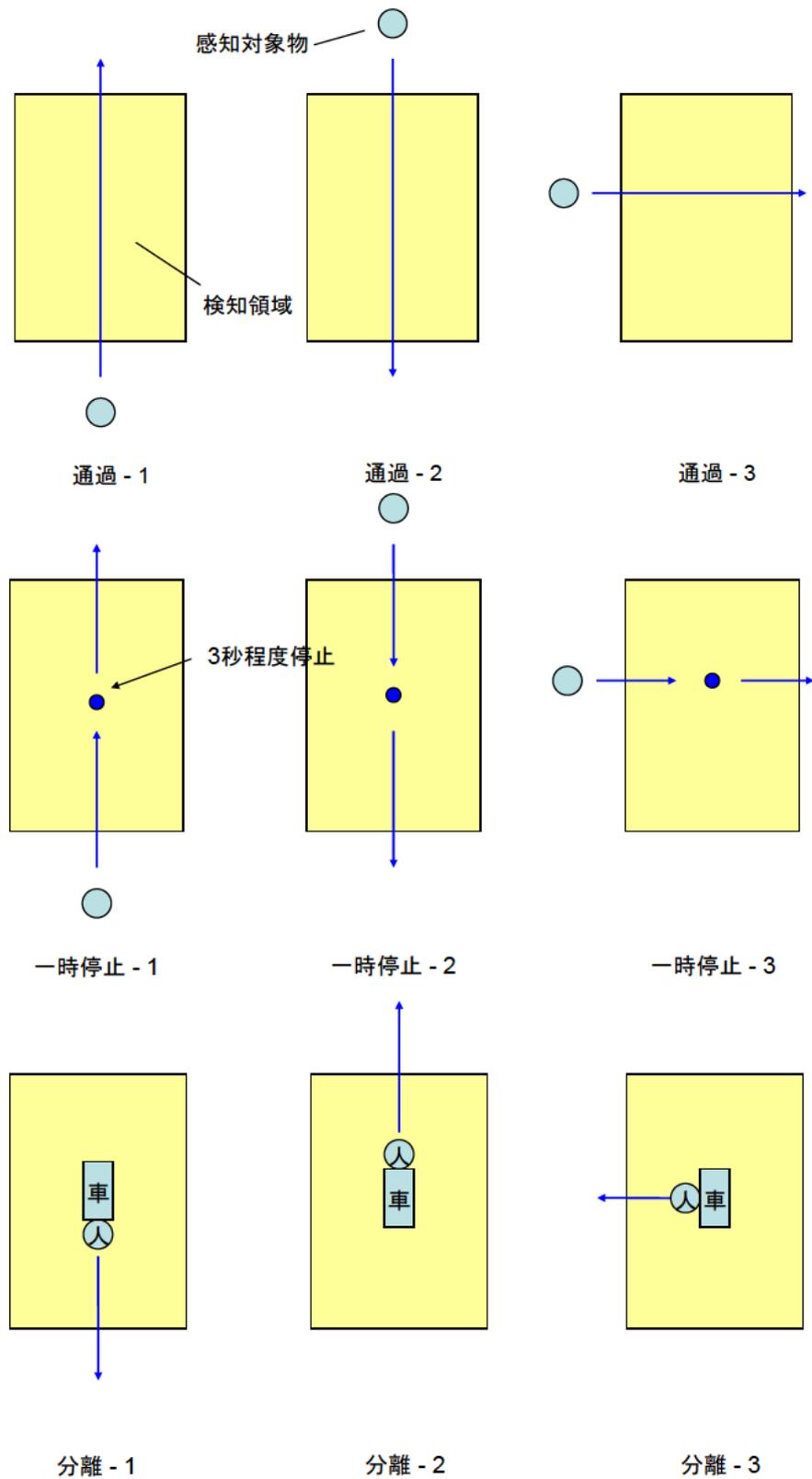


図 3-6 移動物検知試験における移動パターン

3.5 試験結果

(1) 静止物検知試験

ミリ波センサの出力する検知データは点描で表され、結果判断が難しいため、本報告書では、静止物の検知結果を以下のような検知率で表現する。

■ 静止物検知試験結果の例

検知結果の例(自動車、30m、アスファルト、正面方向、検知率100.00%)

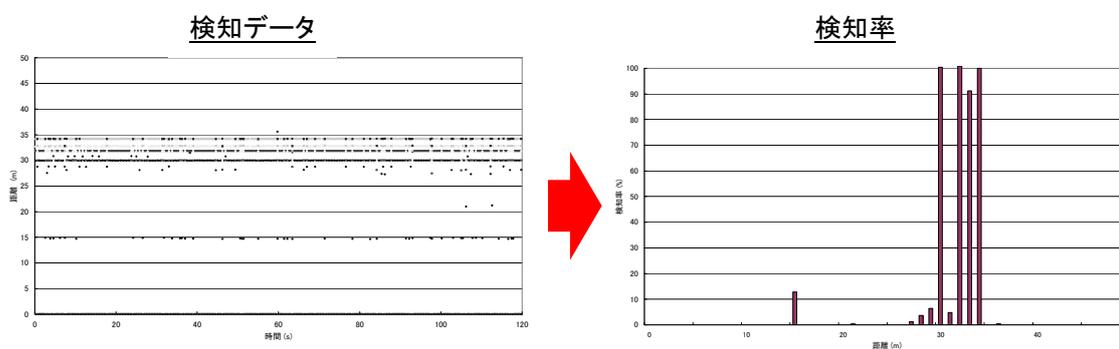


図 3-7 検知データと検知率

検知率は、ミリ波レーダの測定回数に対して、感知対象物に相当する物体を検知した回数の割合とする。

$$\text{検知率(\%)} = \frac{\text{対象物検知回数}}{\text{測定回数}} \times 100$$

静止物検知試験の検知率の一覧を以下に示す。

表 3-3 静止物検知試験検知率一覧

No.	感知対象物	環境	距離 (m)	向き	検知率 (%)
S-1	自動車	アスファルト	10	正面	100.00
S-2	自動車	アスファルト	20	正面	100.00
S-3	自動車	アスファルト	30	正面	100.00
S-4	自動車	アスファルト	40	正面	100.00
S-5	人	アスファルト	10	正面	3.74

S-6	人	アスファルト	15	正面	79.73
S-7	人	アスファルト	20	正面	88.50
S-8	人	アスファルト	25	正面	85.40
S-9	人	アスファルト	30	正面	84.21
S-10	人	アスファルト	35	正面	57.38
S-11	人	アスファルト	40	正面	24.69
S-12	人	アスファルト	45	正面	
S-13	人	草地	10	正面	9.65
S-14	人	草地	15	正面	55.34
S-15	人	草地	20	正面	66.15
S-16	人	草地	25	正面	52.70
S-17	人	草地	30	正面	18.06
S-18	人	草地	35	正面	0.00
S-19	人	草地	40	正面	0.00
S-20	人	草地	45	正面	範囲外
S-21	テレビ	アスファルト	15	正面	100.00
S-22	テレビ	アスファルト	20	正面	100.00
S-23	テレビ	アスファルト	25	正面	100.00
S-24	テレビ	アスファルト	30	正面	100.00
S-25	テレビ	アスファルト	35	正面	100.00
S-26	テレビ	アスファルト	40	正面	100.00
S-27	テレビ	アスファルト	30	45度	100.00
S-28	テレビ	アスファルト	30	90度	100.00
S-29	テレビ	アスファルト	30	135度	17.74
S-30	テレビ	アスファルト	30	180度	100.00
S-31	テレビ	草地	20	正面	100.00
S-32	テレビ	草地	30	正面	100.00
S-33	テレビ	草地	40	正面	100.00
S-34	空き缶袋 (45L)	アスファルト	15	正面	89.04
S-35	空き缶袋 (45L)	アスファルト	20	正面	94.02
S-36	空き缶袋 (45L)	アスファルト	25	正面	100.00
S-37	空き缶袋 (45L)	アスファルト	30	正面	100.00
S-38	空き缶袋 (45L)	アスファルト	35	正面	90.00
S-39	空き缶袋 (45L)	アスファルト	40	正面	68.32
S-40	空き缶袋 (45L)	アスファルト	30	上下反転	93.02

S-41	空き缶袋 (45L)	草地	20	正面	0.00
S-42	空き缶袋 (45L)	草地	30	正面	67.33
S-43	空き缶袋 (45L)	草地	40	正面	0.00
S-44	空き缶袋 (70L 超)	アスファルト	20	正面	100.00
S-45	空き缶袋 (70L 超)	アスファルト	30	正面	100.00
S-46	空き缶袋 (70L 超)	アスファルト	40	正面	100.00
S-47	空き缶袋 (70L 超)	アスファルト	30	上下反転	100.00
S-48	空き缶袋 (コンビニ)	アスファルト	20	正面	94.00
S-49	空き缶袋 (コンビニ)	アスファルト	25	正面	100.00
S-50	空き缶袋 (コンビニ)	アスファルト	30	正面	99.69
S-50'	空き缶袋 (コンビニ)	アスファルト	35	正面	90.78
S-51	空き缶袋 (コンビニ)	アスファルト	30	上下反転	99.69
S-52	ダンボール (中)	アスファルト	15	正面	97.78
S-53	ダンボール (中)	アスファルト	20	正面	100.00
S-54	ダンボール (中)	アスファルト	25	正面	100.00
S-55	ダンボール (中)	アスファルト	30	正面	99.39
S-56	ダンボール (中)	アスファルト	35	正面	100.00
S-57	ダンボール (中)	アスファルト	40	正面	95.64
S-58	ダンボール (中)	アスファルト	30	45 度	100.00
S-59	ダンボール (中)	草地	20	正面	48.51
S-60	ダンボール (中)	草地	30	正面	99.04
S-61	ダンボール (中)	草地	40	正面	0.00
S-62	ダンボール (大)	アスファルト	20	正面	100.00
S-63	ダンボール (大)	アスファルト	30	正面	100.00
S-64	ダンボール (大)	アスファルト	40	正面	94.01
S-65	ダンボール (大)	アスファルト	30	45 度	70.40
S-66	ダンボール (小)	アスファルト	20	正面	100.00
S-67	ダンボール (小)	アスファルト	30	正面	100.00
S-68	ダンボール (小)	アスファルト	40	正面	97.03
S-69	ダンボール (小)	アスファルト	30	45 度	99.65

但し、No.S-12,S-20 については、他の感知対象物の試験項目 (10,20,30,40m) と照らし、比較不能な 45m の項目は実施せず

①アスファルト上での検知率

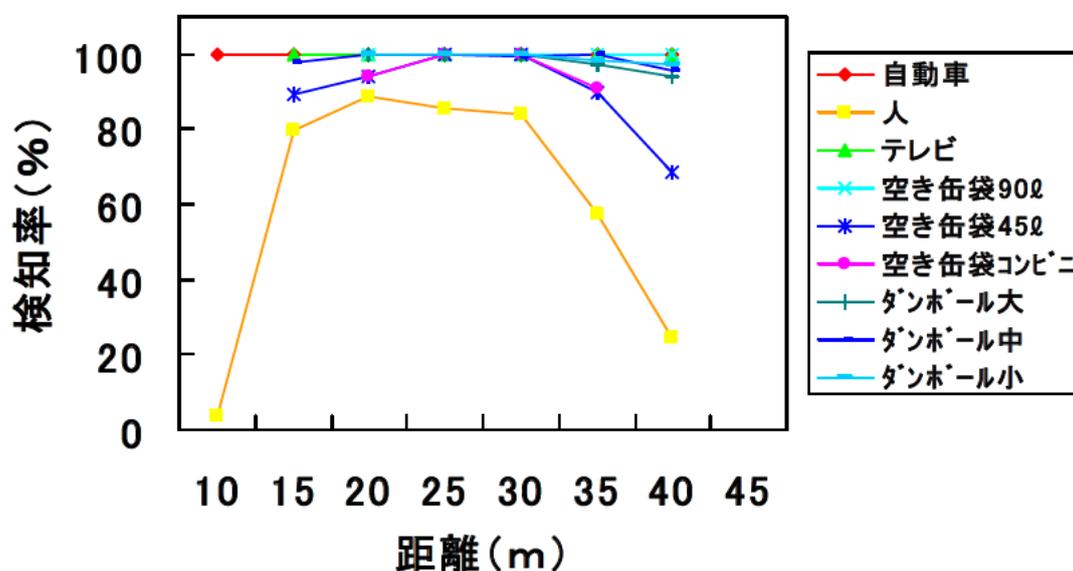


図 3-8 アスファルト上での検知率

- ◆ほとんど 80%以上を検知している。
- ◆人が検知し難く、30m 以上では急激に検知率が落ちる。

②草地上での検知率

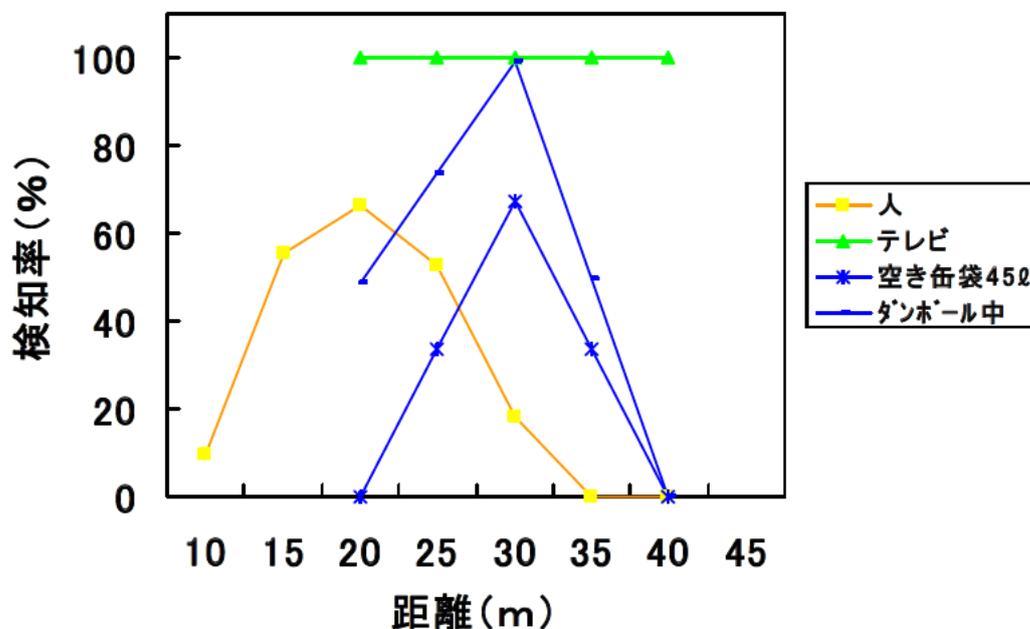


図 3-9 草地上での検知率

- ◆テレビは何れの距離もはぼ 100%検知されているが、その他は総じて低い。
- ◆空缶袋、ダンボールは 30m 近辺以外ではほとんど検知されていない。

③対象物毎のアスファルト・草地の比較

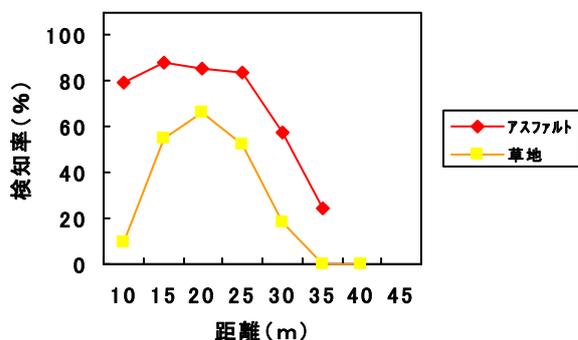


図 3-10 アスファルト・草地の比較 (人)

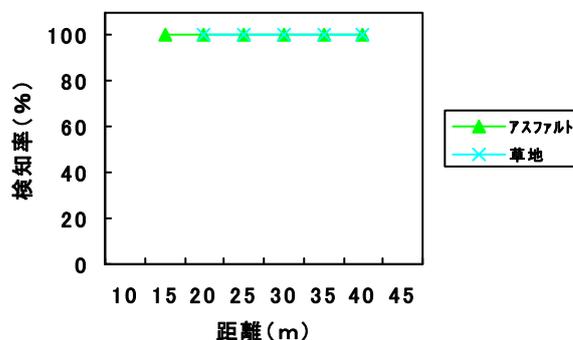


図 3-11 アスファルト・草地の比較 (テレビ)

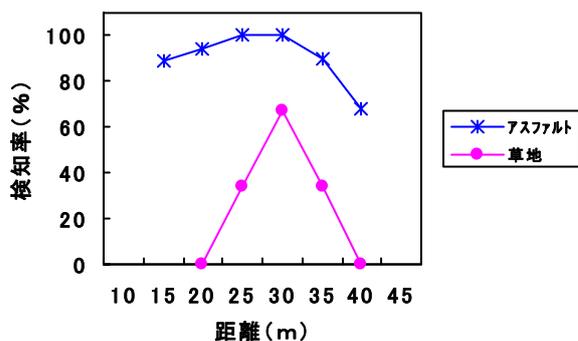


図 3-12 アスファルト・草地の比較 (空缶袋 450)

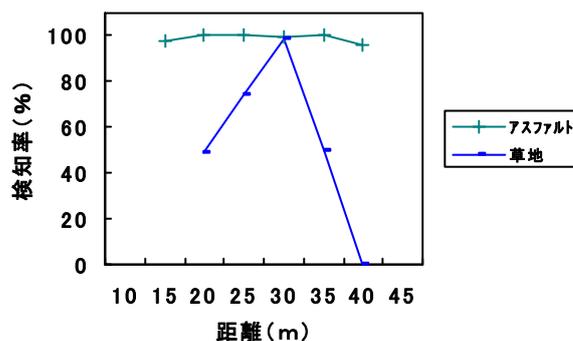


図 3-13 アスファルト・草地の比較 (ダンボール中)

- ◆人は、草地ではアスファルトに比べ全体的に 2 割程度検知率が落ちる。また 25m 以上では、急激に検知率は低下する。
- ◆テレビは、アスファルト、草地何れも高い検知率である。
- ◆空缶袋は、アスファルトでは総じて高めの検知率があるが、草地では 30m 以上は検知率が低い。
- ◆ダンボールは、アスファルトでは高い検知率だが、草地では、30m 近辺以外では検知率が低い。

④対象物回転時の検知率

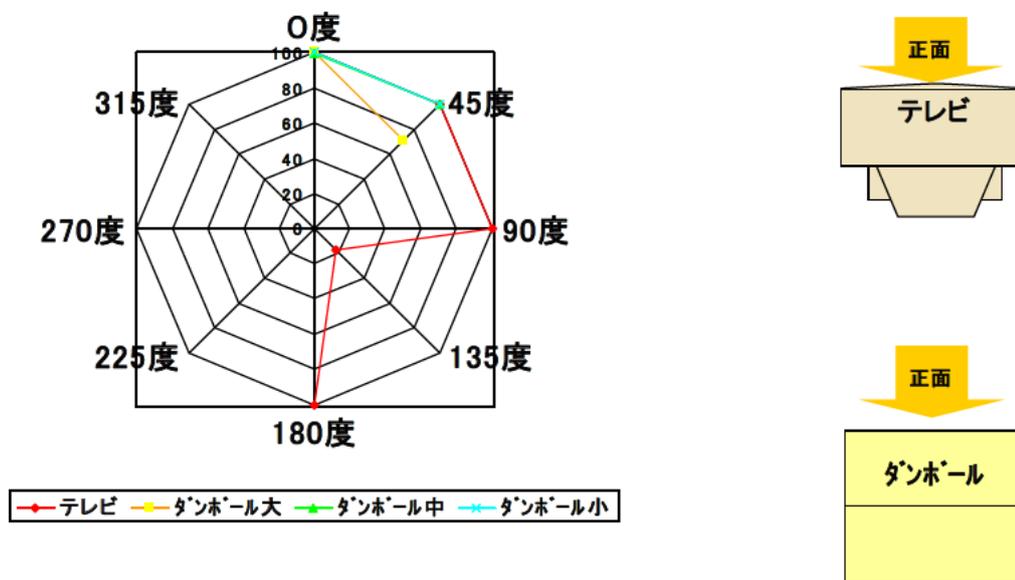


図 3-14 対象物回転時の検知率 (30m、アスファルト)

- ◆テレビで、135度の部分で検知率の大きな低下があった。
- ◆ダンボール大で、45度で低下が見られた。

(2) 移動物検知試験

①自動車の移動 (図 3-6 の「通過」の結果)

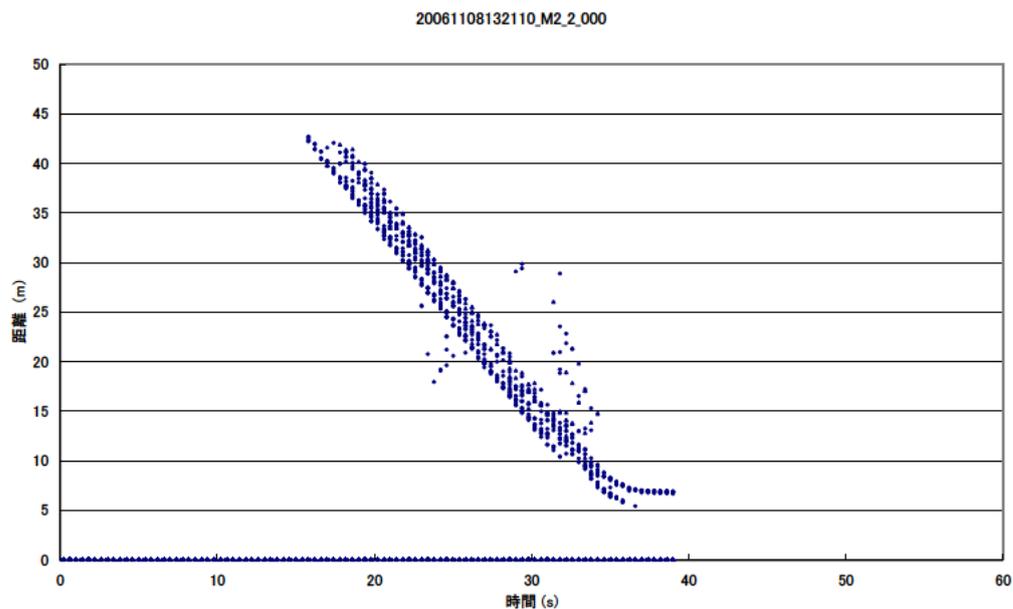


図 3-15 自動車の移動を検知した結果

◆連続的に自動車を検知している。

②自動車の挙動 (図 3-6 の「一時停止」の結果)

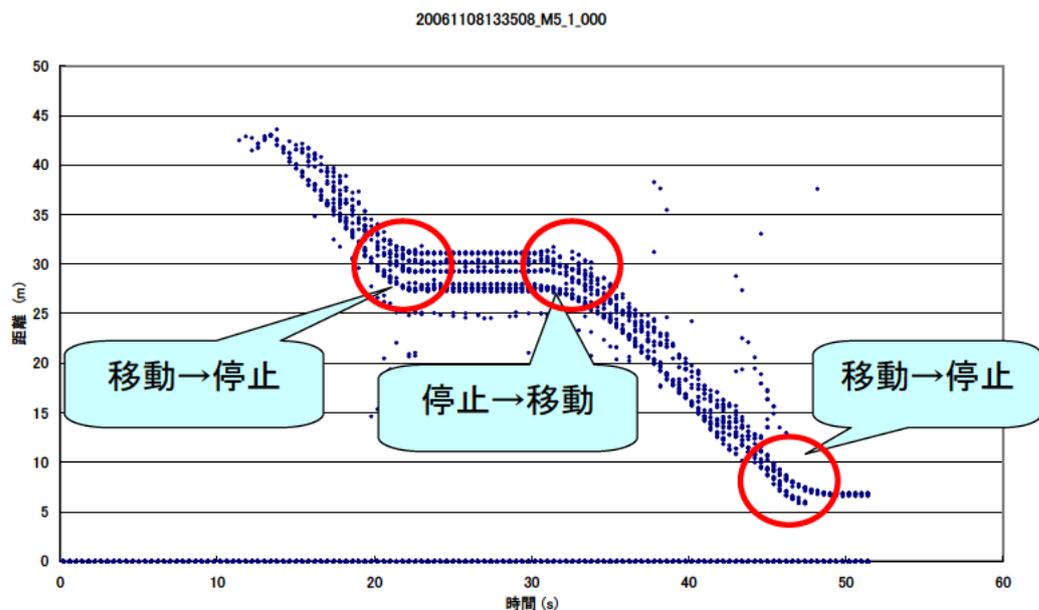


図 3-16 自動車の移動・停止を繰り返した結果

◆連続的に自動車の挙動を検知している。

③人の移動（図 3-6 の「通過」の結果）

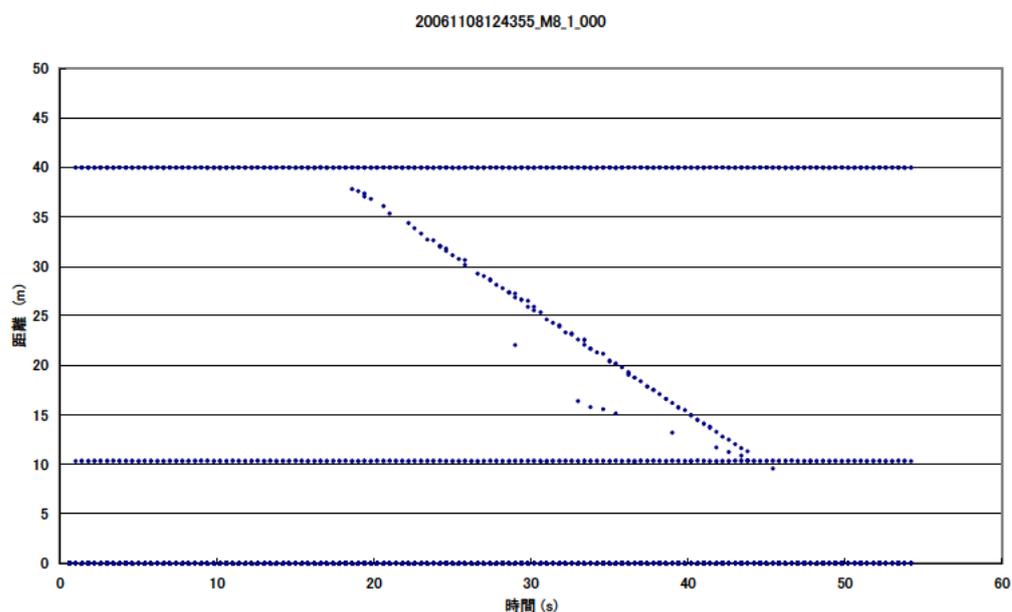


図 3-17 人の移動を検知した結果

◆概ね連続的に人の挙動を検知しているが、25m を超える辺りから検出できない割合が増加する。 ※10m 及び 40m の検知点は基準反射体

④自動車と人との分離（図 3-6 の「分離」の結果）

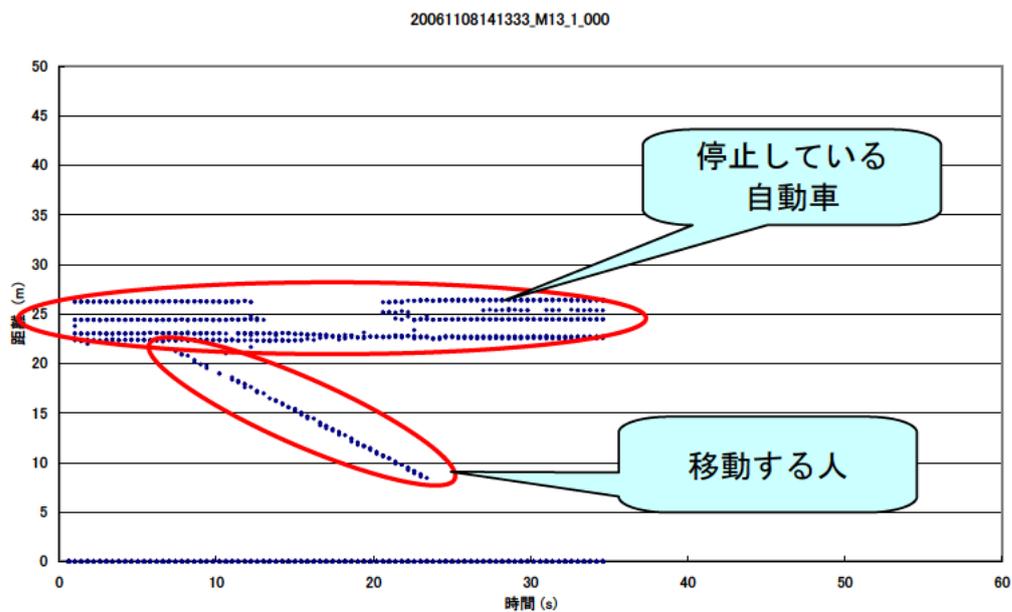


図 3-18 自動車と人との分離を検知した結果

◆停止している自動車、及び移動する人の双方を検知している。

3.6 結果についての考察

静止物検知試験では、アスファルト上において自動車、テレビ（135度の向き以外）は検知率100%であるのに対して、人以外の感知対象物は概ね検知率(80%)以上の範囲にある。

人は、距離15m～30m以外は急激に検知率が落ちた。

草地上では、テレビ（正面）は検知率100%であるのに対して、人は距離20m前後、ダンボール（中）、空き缶袋については距離30m前後以外で急激に検知率が落ちた。

移動体検知試験では、自動車の通過、一定時間停止の何れも検知している。

人の移動では、25mを超えると検知できない割合が増加し、自動車と人の分離では、自動車の前方に人が移動するのであれば25m手前から検知できるようになる。

この結果から、ダンボール、空き缶袋、人の検知は十分とは言えないが、自動車の静止／移動の検知は十分な性能がある（基本性能試験の評価の詳細を6.1項に記載）。

4. 模擬環境試験

4.1 目的

本案件は、画像蓄積を行なう監視装置にミリ波センサを組み合わせた「設置型カメラ監視方式の不法投棄監視システム」の実現に向け、ミリ波センサによって不法投棄行為を如何に検出するかを、試作システムを素材として調査検討するものである。基本試験の結果から、試作したミリ波センサシステムは、車両の捕捉及び車両の移動体検知には十分な性能を有していることから、その性能を活かし、不法投棄に及ぶ車両の挙動から”危険度”という評価尺度を算出して不法投棄行為を検出する方法を検討する。

危険度とは、悪質な不法投棄は、車両で不法投棄物を運搬し、車両を停止、車両から不法投棄物を運び出し、不法投棄に及ぶという考え方を基に、

- ・危険度 0：検知領域に停止物体（車両）が存在しない状態
- ・危険度 1：検知領域に物体（車両）が停止した状態
- ・危険度 2：危険度 1 の物体（車両）が一定時間以上停止状態を継続した状態と区分するものである。

模擬環境試験は、上記背景を踏まえて、不法投棄監視試作装置の検出処理機能、危険度判定機能の確認、及び不法投棄行為の想定シナリオに対する検出特性を把握することを目的とする。

4.2 試験概要

模擬環境試験は、システムに実装した検出処理機能、危険度判定機能の妥当性を評価するシステム機能確認試験と、不法投棄行為の想定シナリオに対する検出能力を評価するシナリオ試験とに分けて実施する。

システム機能確認試験では、自動車、及び人を検知対象物とし、アスファルト面、及び草地において、検出処理機能、危険度判定機能の確認を実施する。

シナリオ試験では、環境や物体の車両の走行パターンを離れた各種デモ試験シナリオを用意し、検出処理結果、及び危険度判定処理が適切な結果を出力するかどうかの確認を行う。加えて、より高度な検出能力が必要とされる幾つかのパターンについても計測を行い、システムの高度化に向けた検討の材料を取得する。

4.3 試験方法

図 4-1 に試験装置の構成を示す。

計測に用いる機器は、ミリ波センサ、センサ処理装置、情報処理・蓄積装置、及びモニタである。センサ処理装置はミリ波センサからの出力を受けて、対象物の検出処理を行ない、その結果を後段の装置に出力する。情報処理・蓄積装置は、危険度判定処理を行なうと同時に、危険度判定結果、及びセンサ処理装置の出力データをハードディスク上に記録する。モニタは、情報処理・蓄積装置の処理状況を表示する。

検出エリアは基本性能試験と同様に 10m から 40m までの距離範囲とする。左右方向については約 30 度の範囲を検知する。センサの設置高は 3m を基準とする。

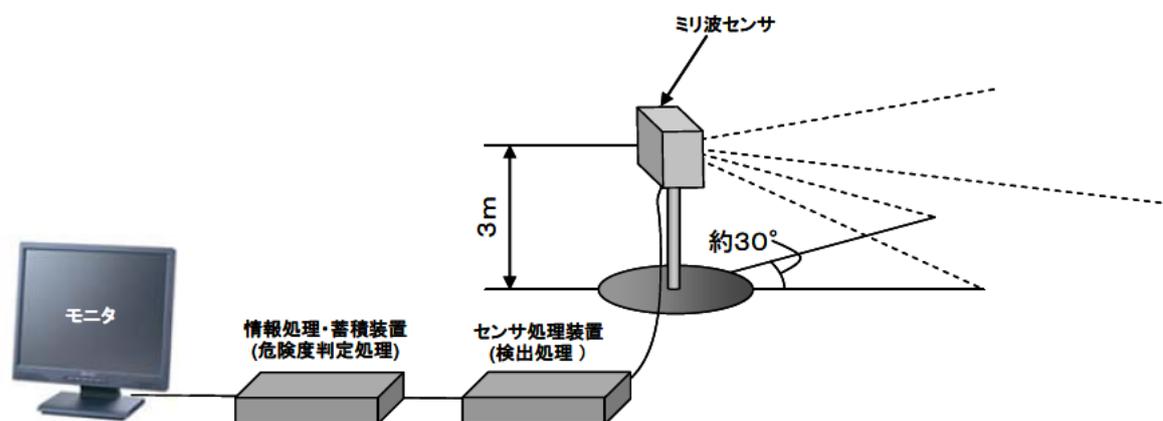


図 4-1 試験装置の構成



図 4-2 システム機能確認試験



図 4-3 シナリオ試験

4.4 試験項目

4.4.1 システム機能確認試験

表 4-1 システム機能確認試験項目

No.	試験概略	環境	備考
	■ 検出処理機能確認項目		
ms-1	静止対象物の検出 (自動車 10m)	アスファルト	
ms-2	静止対象物の検出 (自動車 20m)	アスファルト	
ms-3	静止対象物の検出 (自動車 30m)	アスファルト	
ms-4	静止対象物の検出 (自動車 40m)	アスファルト	
ms-5	静止対象物の検出 (人 10m)	アスファルト	
ms-6	静止対象物の検出 (人 20m)	アスファルト	
ms-7	静止対象物の検出 (人 30m)	アスファルト	
ms-8	静止対象物の検出 (人 40m)	アスファルト	
ms-9	静止対象物の検出 (人 10m)	草地	
ms-10	静止対象物の検出 (人 20m)	草地	
ms-11	静止対象物の検出 (人 30m)	草地	
ms-12	静止対象物の検出 (人 40m)	草地	
mm-1	移動対象物の検出 (自動車 近→遠)	アスファルト	
mm-2	移動対象物の検出 (自動車 遠→近)	アスファルト	
mm-3	移動対象物の検出 (自動車 横方向)	アスファルト	
mm-4	移動対象物の検出 (人 近→遠)	アスファルト	
mm-5	移動対象物の検出 (人 遠→近)	アスファルト	
mm-6	移動対象物の検出 (人 横方向)	アスファルト	
	■ 危険度判定機能確認項目		
md-1	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 近→遠)	アスファルト	20m で停止
md-2	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 遠→近)	アスファルト	20m で停止
md-3	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 横方向)	アスファルト	20m で停止
md-4	危険度 1 から 2 への変化 (自動車)	アスファルト	20m で停止
md-5	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 近→遠)	アスファルト	30m で停止
md-6	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 遠→近)	アスファルト	30m で停止
md-7	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 横方向)	アスファルト	30m で停止
md-8	危険度 1 から 2 への変化 (自動車)	アスファルト	30m で停止
md-9	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 近→遠)	アスファルト	40m で停止

md-10	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 遠→近)	アスファルト	40m で停止
md-11	危険度 0 から 1 への変化 (自動車 横方向)	アスファルト	40m で停止
md-12	危険度 1 から 2 への変化 (自動車)	アスファルト	40m で停止

但し、No.md-3,md-11 については、30m 時のデータ及び他の項目から類推可能であるため実施せず

4.4.2 シナリオ試験

表 4-2 シナリオ試験項目

No.	シナリオ名	環境	備考
	■ 基本シナリオ		
mc-1	距離方向通過 (自動車)	アスファルト	
mc-2	横方向通過 (自動車)	アスファルト	
mc-3	距離方向停止 60 秒 (自動車)	アスファルト	
mc-4	横方向停止 60 秒 (自動車)	アスファルト	
mc-5	距離方向停止 60 秒 - 投棄物残留 (自動車)	アスファルト	
mc-6	横方向停止 60 秒 - 投棄物残留 (自動車)	アスファルト	
mc-7	距離方向通過 (自動車)	荒れた路面	
mc-8	横方向通過 (自動車)	荒れた路面	
mc-9	距離方向停止 60 秒 (自動車)	荒れた路面	
mc-10	横方向停止 60 秒 (自動車)	荒れた路面	
mc-11	距離方向停止 60 秒 - 投棄物残留 (自動車)	荒れた路面	
mc-12	横方向停止 60 秒 - 投棄物残留 (自動車)	荒れた路面	
	■ 追加シナリオ (システムの高度化に向けた試験)		
mc-13	距離方向 - 投棄物残留 (人)	アスファルト	
mc-14	横方向 - 投棄物残留 (人)	アスファルト	
mc-15	草地付近 - 投棄物残留 (自動車)	草地	
mc-16	草地付近 - 投棄物残留 (人)	草地	

但し、No.mc-5,mc-6,mc-7,mc-8 については、他の項目から類推可能であるため実施せず

シナリオ試験時のミリ波センサは、実地環境試験の設置を模擬し、感知対象物の移動軸

から 3.5m オフセットした位置に配置した。(図 4-4)

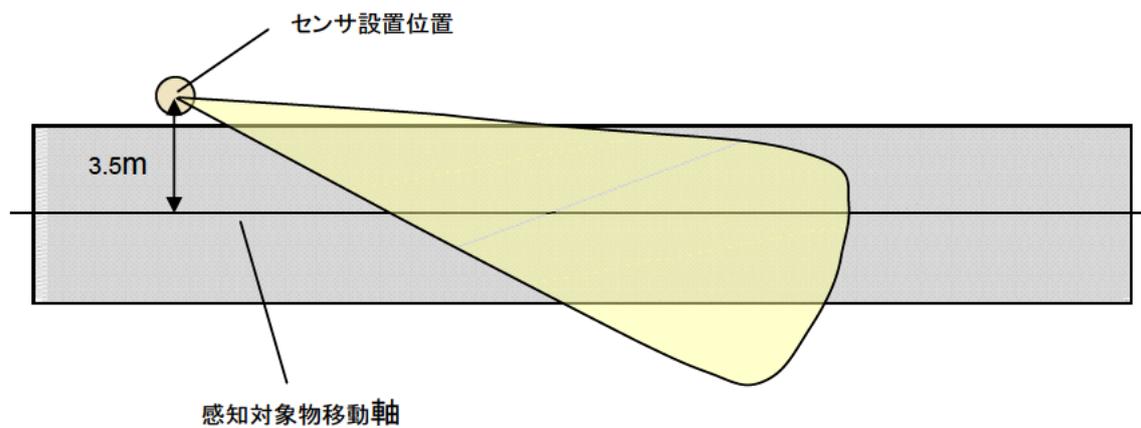


図 4-4 シナリオ試験時のセンサ配置

4.5 試験結果

4.5.1 システム機能確認試験結果

検出処理機能確認項目の試験結果を以下に示す。

表 4-3 検出処理機能確認項目の試験結果

試験項目	検出処理機能 確認試験結果	基本性能試験結果 (ミリ波センサ単体)	備考
自動車 10m	100.00%	100.00%	
自動車 20m	100.00%	100.00%	
自動車 30m	92.55%	100.00%	±0.5m 範囲の検出率
自動車 40m	100.00%	100.00%	
人 10m	50.60%	3.74%	
人 20m	94.53%	88.50%	
人 30m	87.31%	84.21%	
人 40m	3.70%	24.69%	
人(草地) 10m	0.73%	9.65%	
人(草地) 20m	71.88%	66.15%	
人(草地) 30m	22.37%	18.06%	
人(草地) 40m	0.00%	0.00%	

検出処理機能の出力結果は、基本性能試験におけるミリ波センサ単体での試験結果と概ね同様な傾向であった。全体として検出率の向上が見られるのは、基本性能試験の後、模擬環境試験実施までの間に、ミリ波センサに対して内部雑音を低減するための改良を施したことが起因していると考えられる。また、10m から 40m までの人の検出率の変化の傾向から、模擬環境試験の際は、基本性能試験の際に比して、アンテナの俯角が大きく設置されていたことが推察される。

危険度判定機能確認項目の結果を以下に示す。

< m d - 1 , m d - 4 >

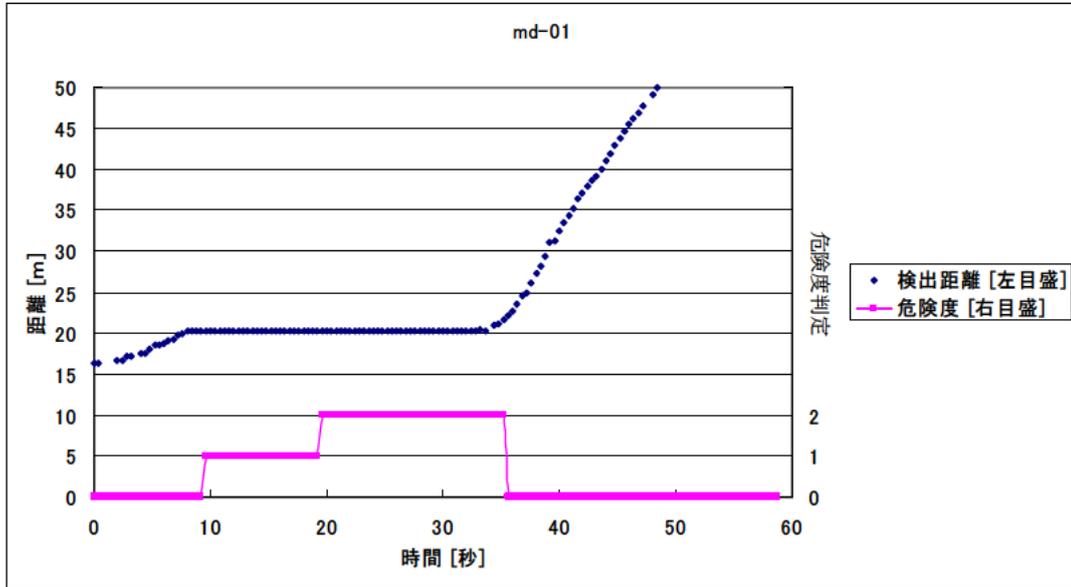


図 4-5 危険度 0→1→2 (自動車 近→遠) 20m 停止

< m d - 2 , m d - 4 >

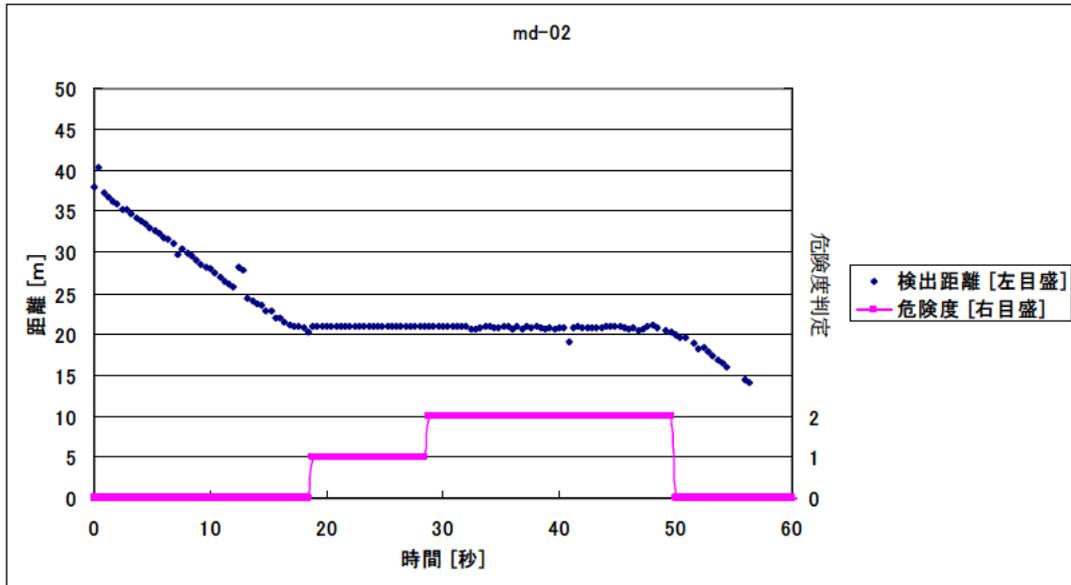


図 4-6 危険度 0→1→2 (自動車 遠→近) 20m 停止

< m d - 5 , m d - 8 >

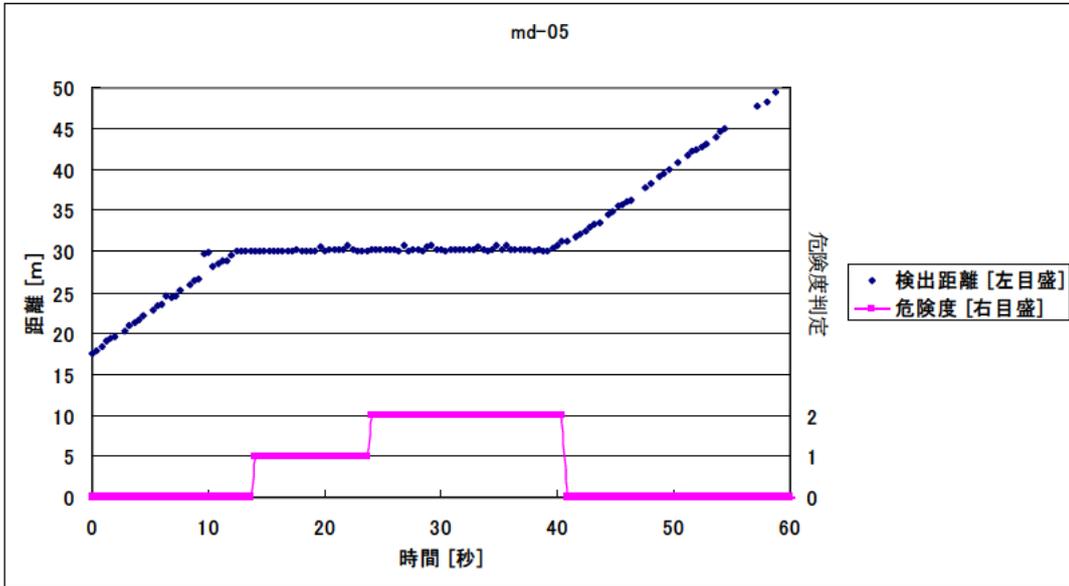


図 4-7 危険度 0→1→2 (自動車 近→遠) 30m 停止

< m d - 6 , m d - 8 >

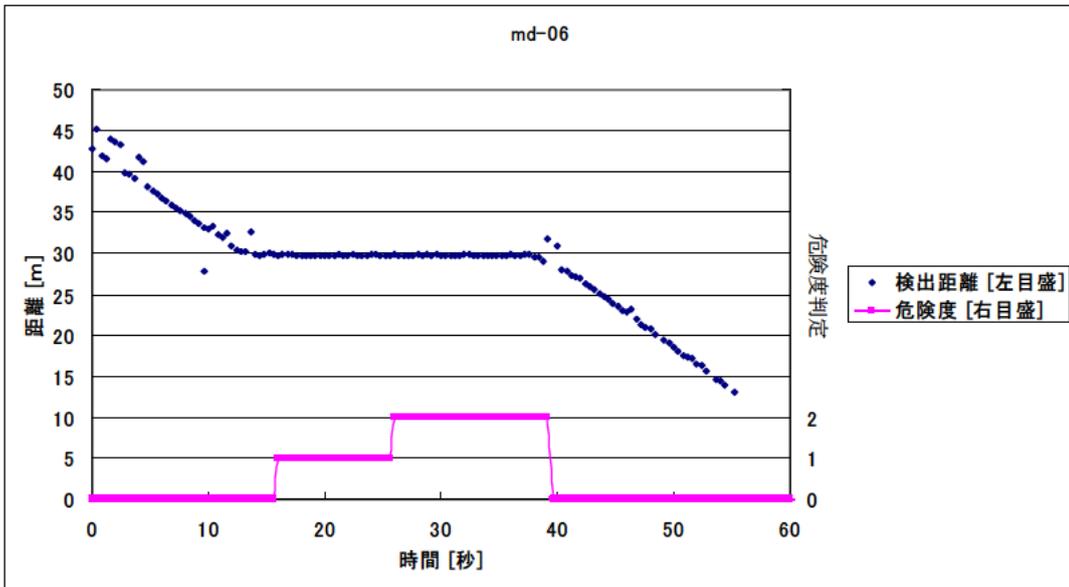


図 4-8 危険度 0→1→2 (自動車 遠→近) 30m 停止

< m d - 7, m d - 8 >

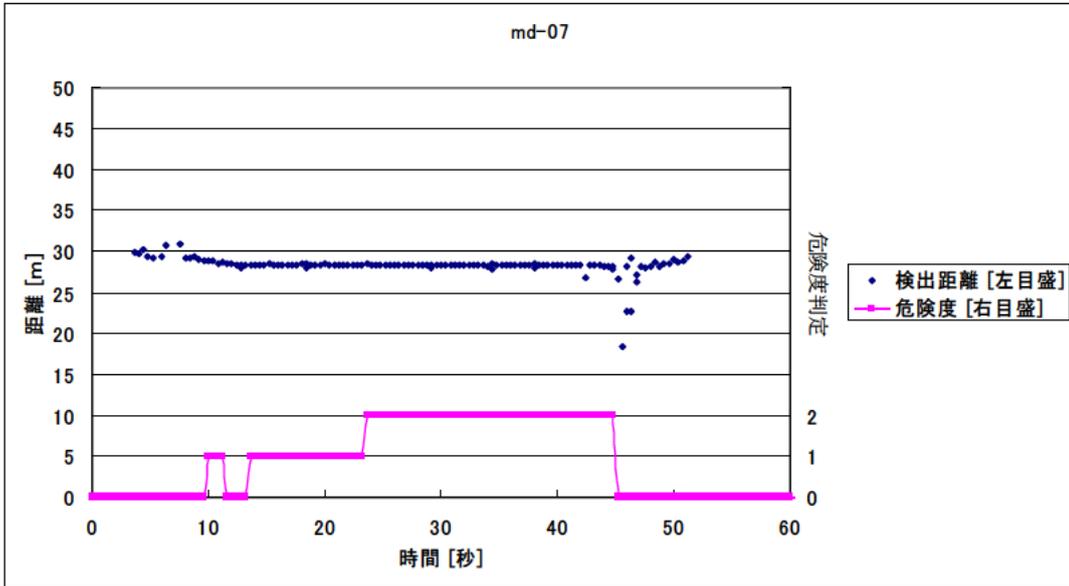


図 4-9 危険度 0→1→2 (自動車 横方向) 30m 停止

< m d - 9, m d - 1 2 >

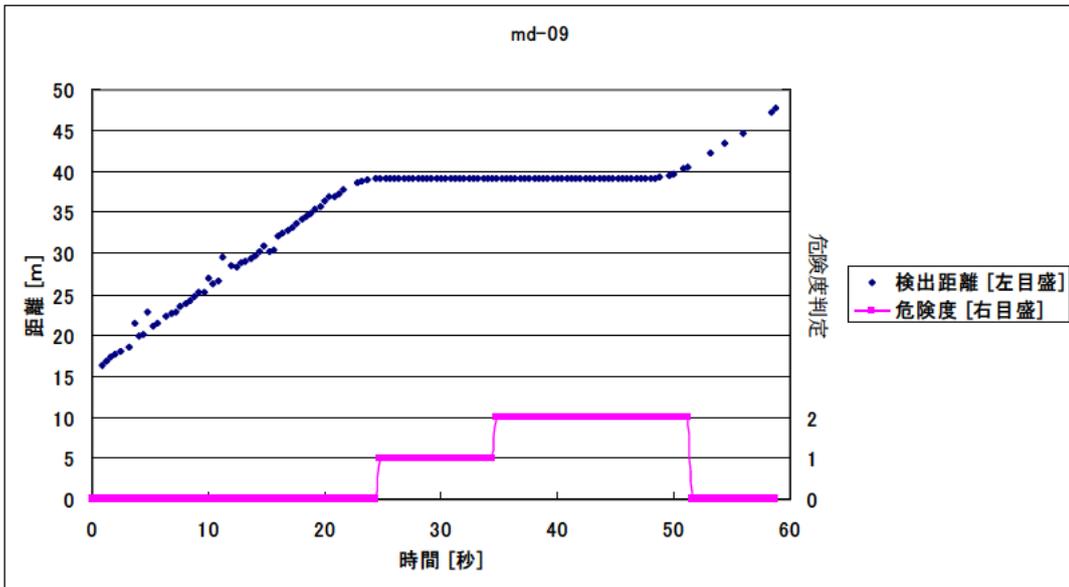


図 4-10 危険度 0→1→2 (自動車 近→遠) 40m 停止

<md-10, md-12>

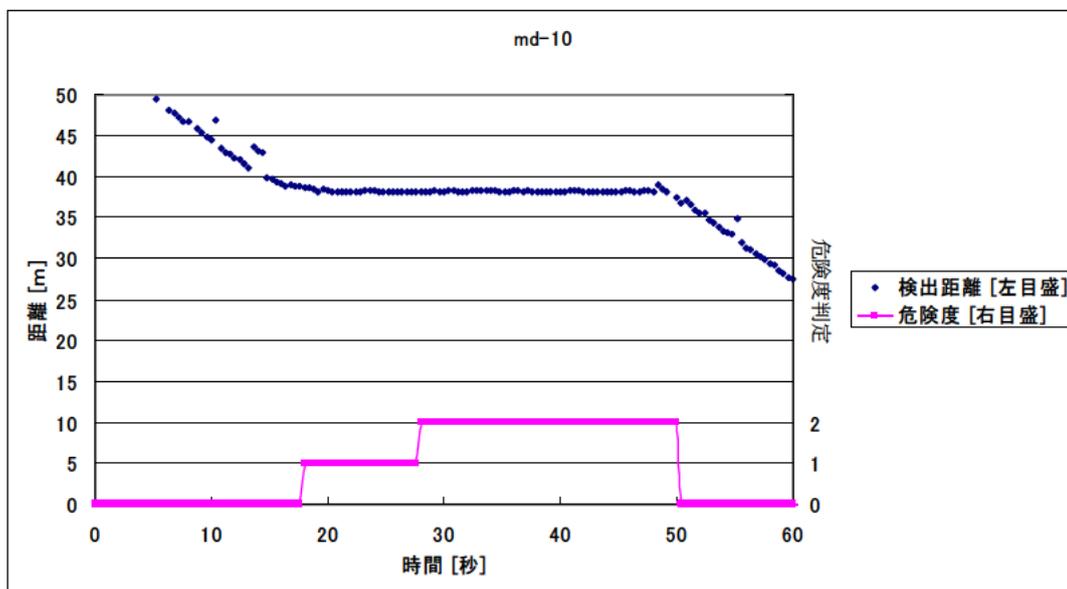


図 4-11 危険度 0→1→2 (自動車 遠→近) 40m 停止

4.5.2 シナリオ試験結果

基本シナリオの検出結果を以下に示す。

< m c - 1 >

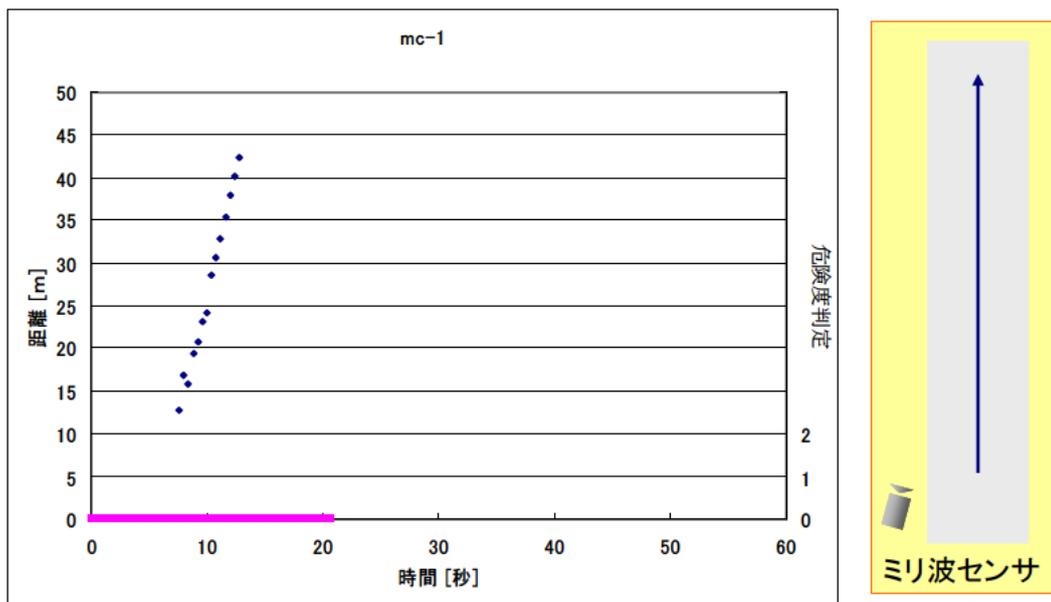


図 4-12 距離方向通過（自動車）

< m c - 2 >

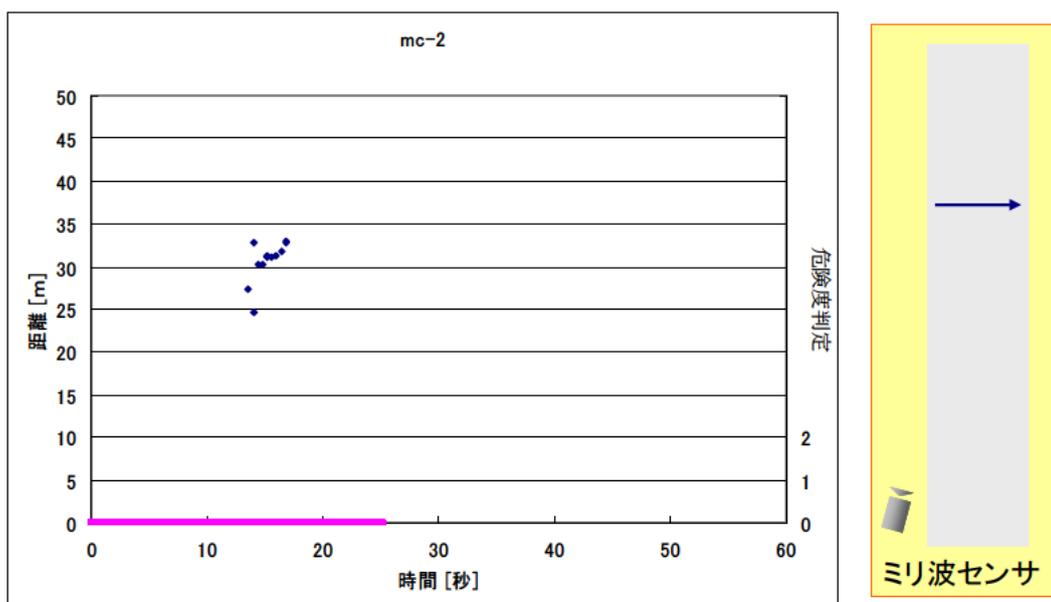


図 4-13 横方向通過（自動車）

< m c - 3 >

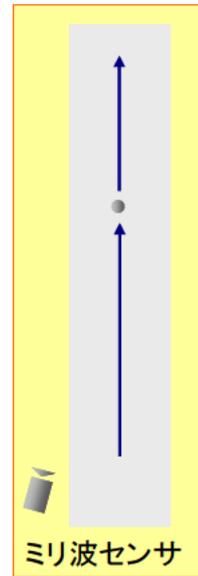
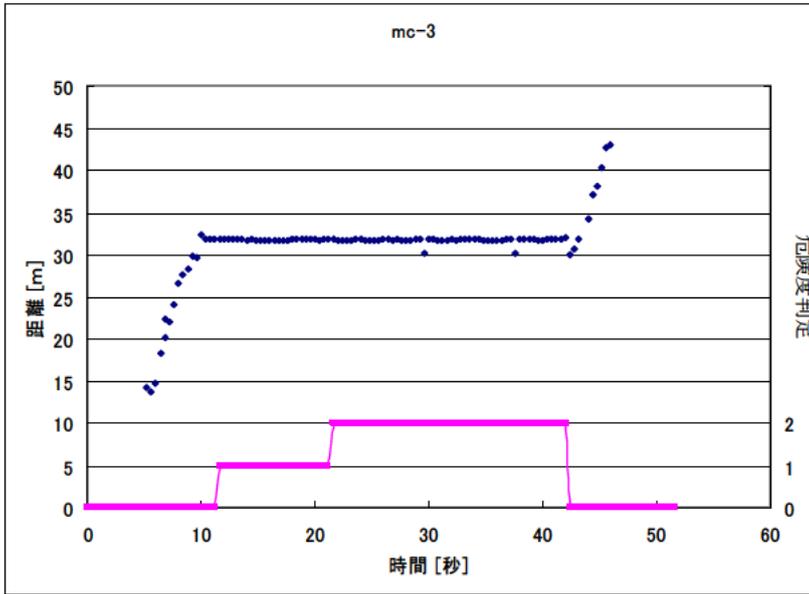


図 4-14 距離方向停止 60 秒 (自動車)

< m c - 4 >

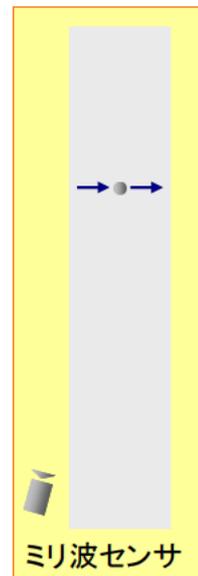
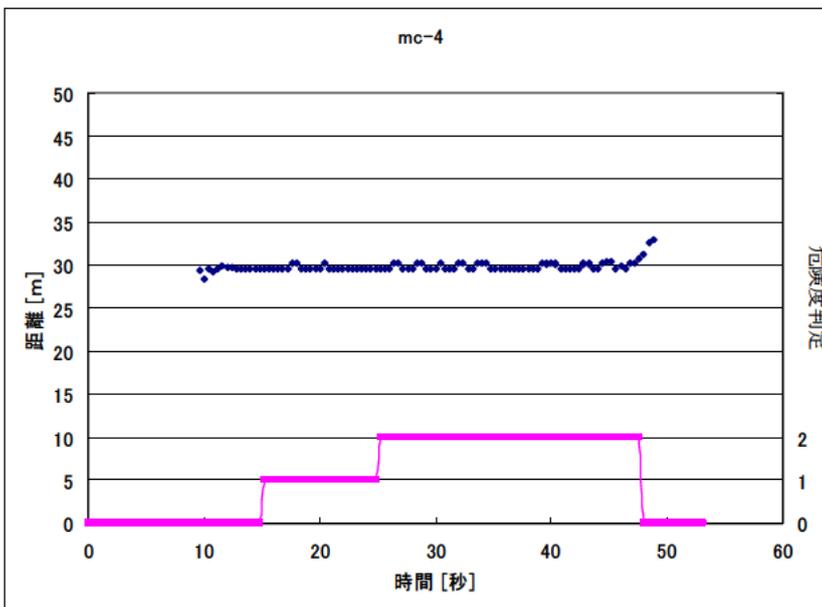


図 4-15 横方向停止 60 秒 (自動車)

<mc-9>

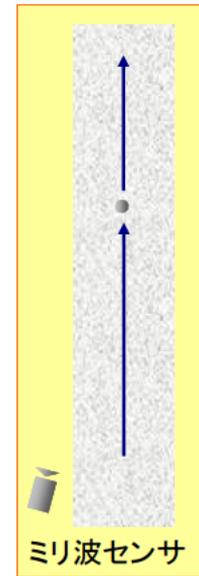
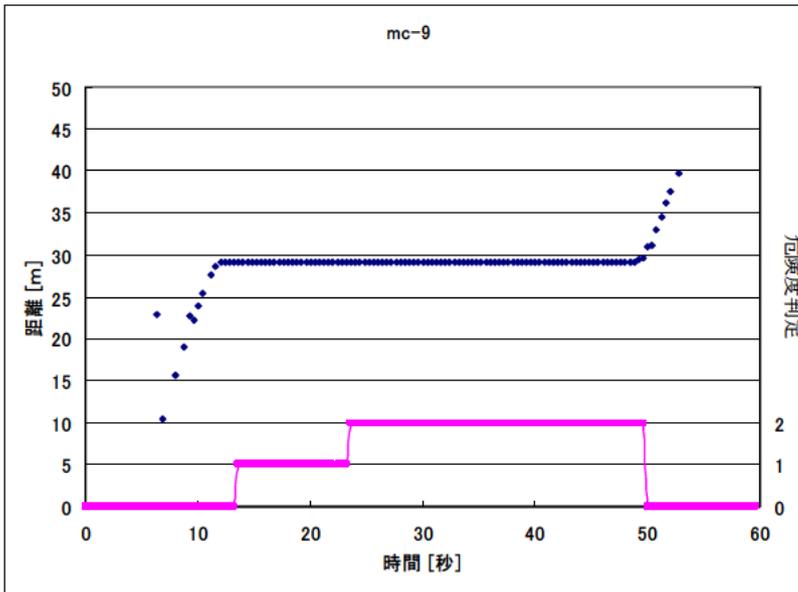


図 4-16 距離方向停止 60 秒（自動車）荒れた路面

<mc-10>

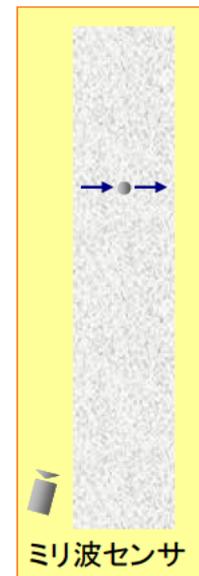
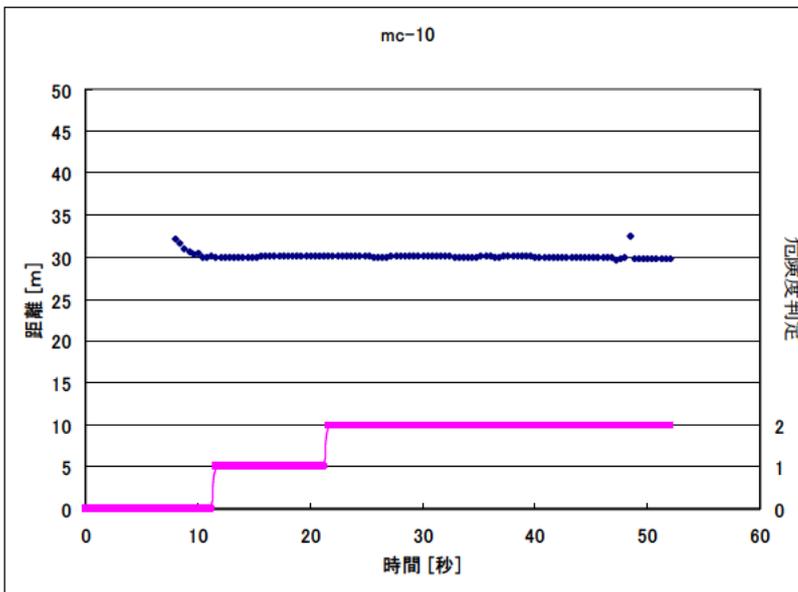


図 4-17 横方向停止 60 秒（自動車）荒れた路面

< m c - 1 1 >

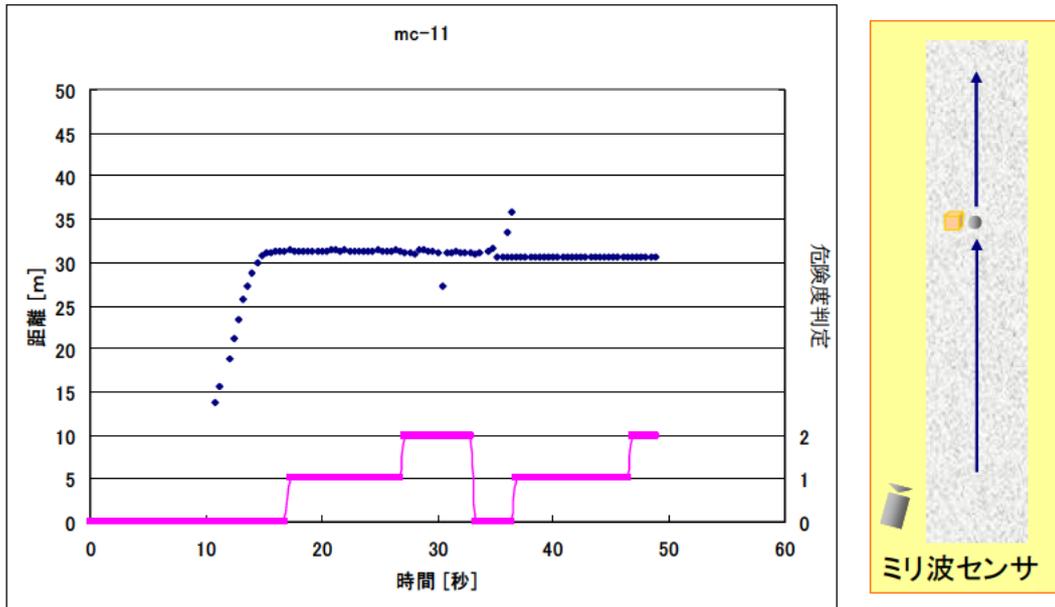


図 4-18 距離方向停止 60 秒-投棄物残留 (自動車) 荒れた路面

< m c - 1 2 >

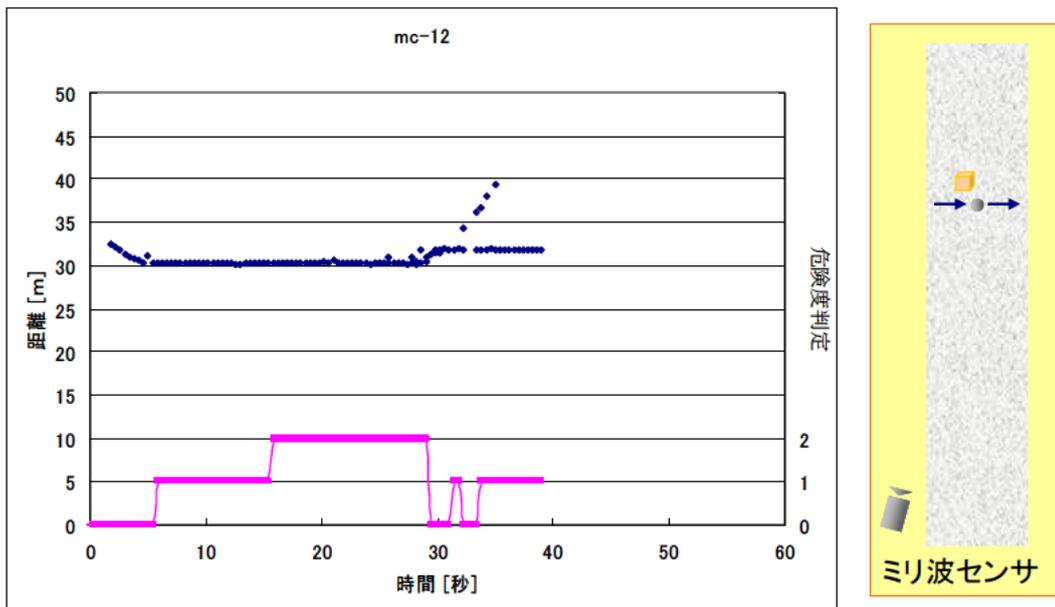


図 4-19 横方向停止 60 秒-投棄物残留 (自動車) 荒れた路面

追加シナリオ(システムの高度化に向けた試験)の結果を以下に示す。

< m c - 1 3 >

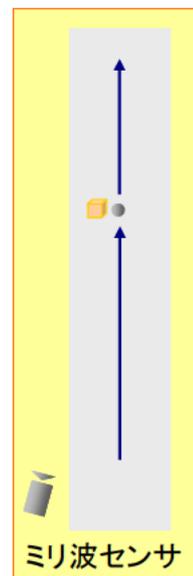
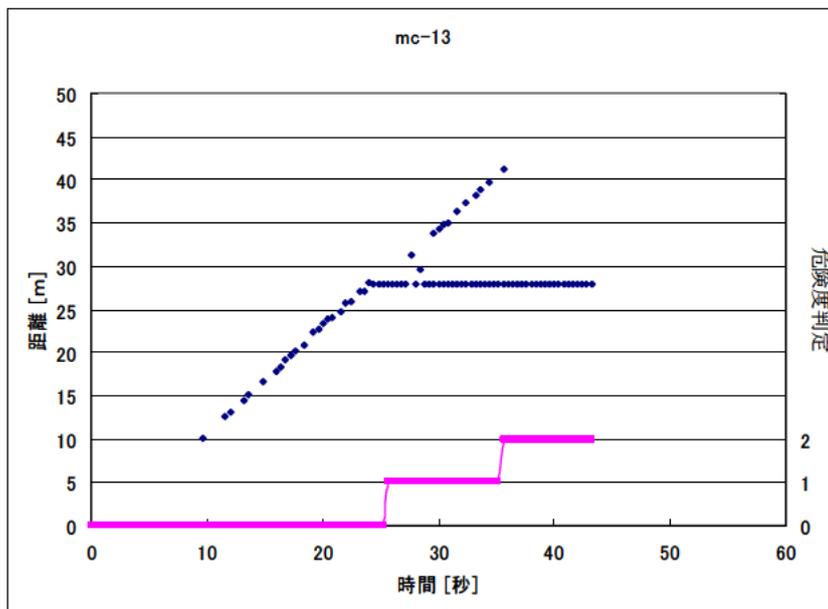


図 4-20 距離方向-投棄物残留 (人)

< m c - 1 4 >

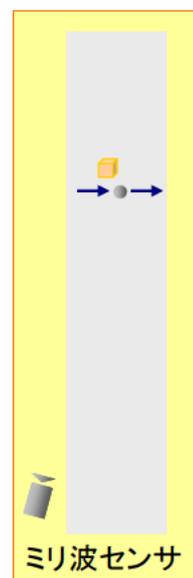
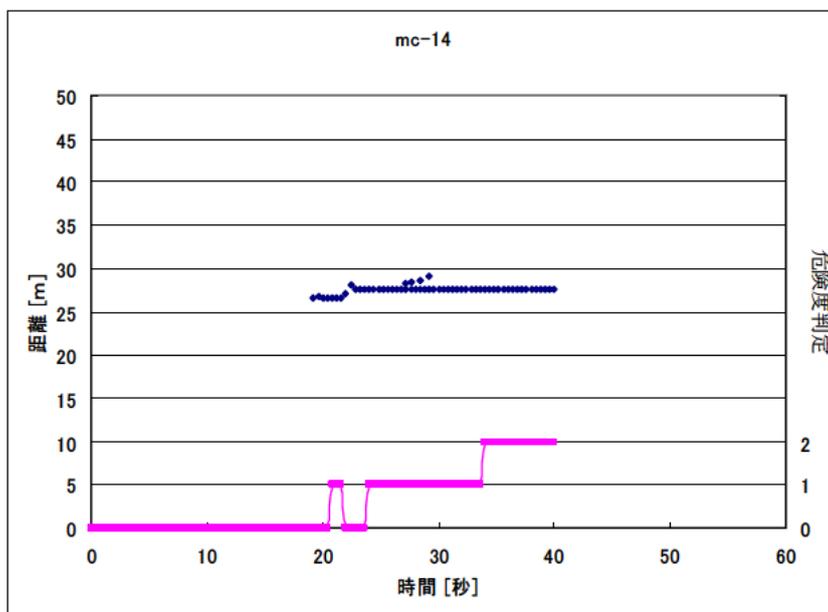


図 4-21 横方向-投棄物残留 (人)

< m c - 1 5 >

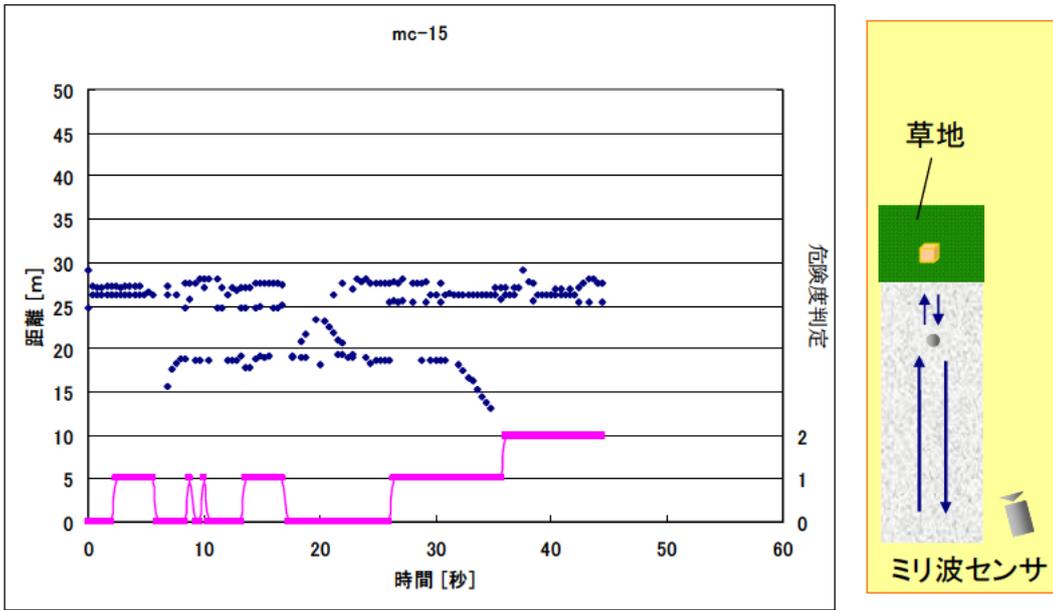


図 4-22 草地付近-投棄物残留 (自動車) 草地

< m c - 1 6 >

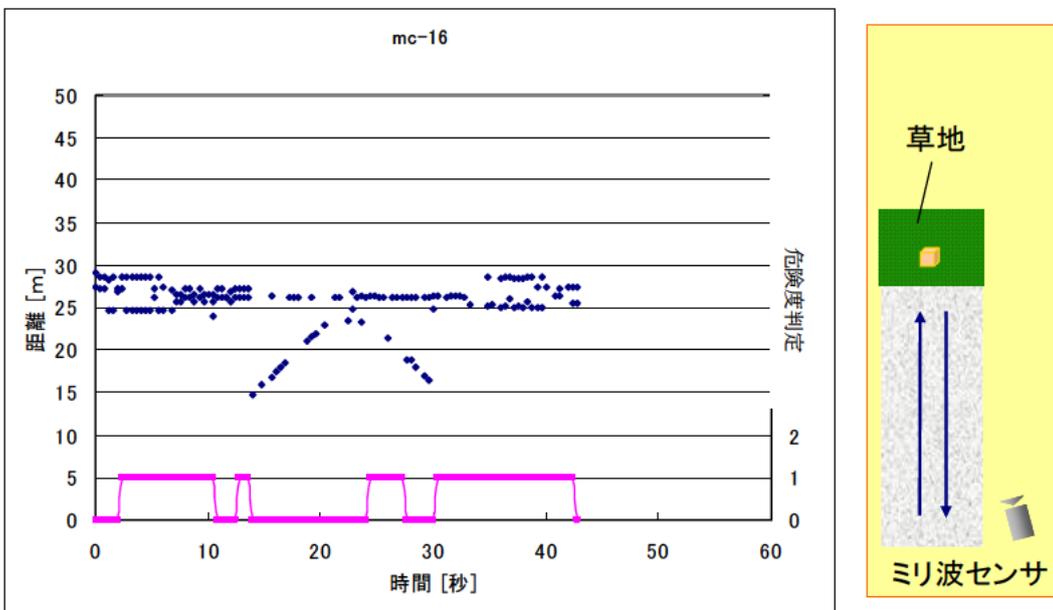


図 4-23 草地付近-投棄物残留 (人) 草地

4.6 結果についての考察

危険度判定機能確認項目の試験結果では、自動車の一時停止位置、走行方向に関係なく、正しく危険度判定を行うことが確認できた。

シナリオ試験結果では、自動車単独の通過、一時停止の危険度判定が正しいことが確認できた。また、投棄物残留の試験では、投棄されて静止した物体に対しても危険度判定を行うことが確認できた。

また、シナリオ試験において、草地からの反射が複雑で危険度判定が正しく行われないケースがあったが、本事象に対処するためには、草地の特性に合わせ、背景処理を高度化する必要があることがわかった。

これらの結果から、自動車をミリ波センサで捕捉し、その移動状況をもとに危険度判定を行うことは十分に有効であることが確認できた。

本試験の考察については、6章「実現に向けて」に記載する。

5. 実地環境試験

5.1 目的

本案件は、画像蓄積を行なう監視装置にミリ波センサを組み合わせた「設置型カメラ監視方式の不法投棄監視システム」の実現に向け、ミリ波センサによって不法投棄行為を如何に検出するかを、試作システムを素材として調査検討するものである。

これまでに、『基本性能試験』においてミリ波センサの基本特性を確認し、『模擬環境試験』において開発した試作システムに実装した機能の動作確認及び妥当性の評価を実施した。

実地環境試験では、「不法投棄現場での車両の動作を判別し、“不法投棄の危険度”を出力する」というミリ波センサに割り当てた役割が、実地環境において適切に作用するかどうかについて、試作システムで取得した実際の撮影映像を基に確認を行なう。

5.2 試験概要

実地環境試験は、以下の要領にて実施した。

(1) 実施期間

2007年1月15日（月）～2007年2月1日（木）※設置、撤去工事含む

(2) 試験場所

- ・試験場所 A(豊見城市) 比較的交通量の多い市道

試験期間 1月19日（金）～1月26日（金）

上記の内、1月25日（木）に見学会を実施

- ・試験場所 B(豊見城市) 比較的交通量の少ない市道

試験期間 1月26日（金）～2月1日（木）

※試験場所は、過去に不法投棄が行なわれた例のある候補地から選定



図 5-1 試験場所 A



図 5-2 試験場所 B

5.3 試験方法

以下に試験機器の構成を示す。(詳細は2章「試作システム概要」を参照されたい)

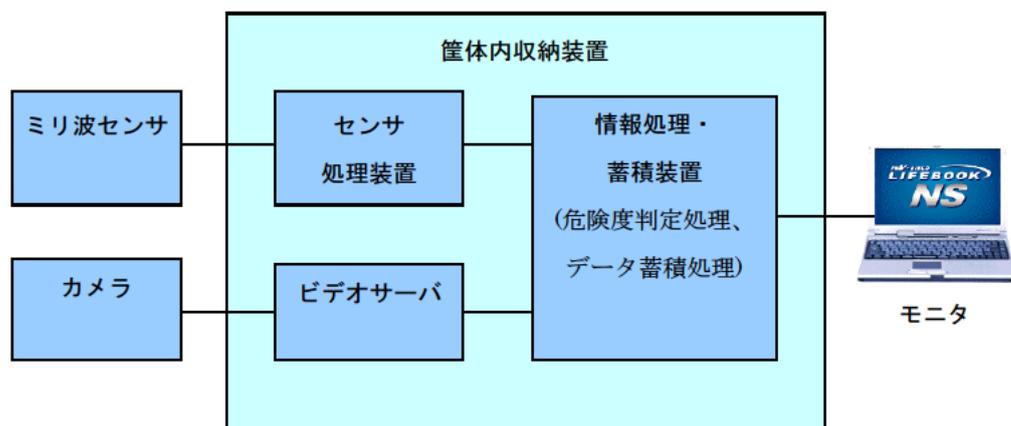


図 5-3 試験機器の構成



図 5-4 試験場所 A 設置風景



図 5-5 試験場所 B 設置風景

試験方法は以下のとおりである。

取得データ：ミリ波センサの検出結果、及び検証用の画像データ

試験時間：24時間連続計測

計測周期：ミリ波センサの検出結果は400ms周期、画像データは1秒周期

センサの設置高：3m（基本性能試験、模擬環境試験と同一）

危険度判定 設定条件：

危険度 0：検知領域に停止物体が存在しない状態

危険度 1：検知領域内で物体の停止を検知した状態

危険度 2：危険度 1 の停止物体が 10 秒間以上同じ場所に存在する状態

尚、試験場所 A から試験場所 B への移設の際、ミリ波センサの感度調整、及び背景処理のパラメータ調整を実施し、危険度の誤判定の低減を図っている。

5.4 試験結果

実地環境試験結果の全体的な傾向としては、ミリ波センサが物体を検出する範囲や精度については、基本性能試験、模擬環境試験の結果に見合うことが確認できたが、周囲の草木等からの複雑な反射の影響により、「危険度判定」を誤る事象が多数確認された。

これについては本試験の結果を基にシステムの設定を最適化することで対策可能である。尚、試験期間において、実際の不法投棄は発生しなかった。

(1) 危険度判定結果

試験場所 A、試験場所 B における「危険度判定」出力回数は以下のとおりである。

試験場所 A

	「危険度 1」回数	「危険度 2」回数
1月20日	63	4
1月21日	110	5
1月22日	96	13
1月23日	343	50
1月24日	259	11

試験場所 B

	「危険度 1」回数	「危険度 2」回数
1月27日	3	1
1月28日	15	2
1月29日	47	5
1月30日	181	13
1月31日	89	17

上記の「危険度判定」出力と、検証用に取得している画像データとの照合作業を実施したところ、殆どの判定結果が「背景ノイズ」及び「検出誤り」による誤判定であることがわかった。「背景ノイズ」及び「検出誤り」については、考察の中で詳細に記述することとする。

試験場所 A では、「背景ノイズ」による誤判定が多かったが、試験場所 B に機器を移設する際に、危険度判定精度の向上を目的とした設定変更を実施している。具体的には、ミリ波センサの感度調整、及び背景処理のパラメータ調整を行ない、「背景ノイズ」の低減

を実現している。試験場所 A と試験場所 B とで周囲環境の違いはあるが、試験場所 B では危険度判定の精度が大幅に改善されていることがわかる。

以下は、試験場所 B における「危険度 2」の出力を解析した結果である。

表 5-1 試験場所 B の「危険度 2」の判定データ解析結果

	時間	画像にて確認した対象物	備考
1月27日	14:35	普通車	
1月28日	10:02	普通車	デモ実験
1月28日	10:34	普通車	デモ実験
1月29日	11:05	人	
1月29日	11:05	人	
1月29日	11:06	人	
1月29日	11:19	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月29日	22:36	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	8:18	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	9:25	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	9:26	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	9:27	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	11:09	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	11:11	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	12:11	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	14:07	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	14:28	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	17:44	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	19:46	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	19:55	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月30日	23:29	自動車	
1月31日	5:28	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月31日	5:33	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月31日	7:39	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月31日	7:40	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月31日	10:48	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月31日	11:48	対象確認できず	検出誤りと思われる
1月31日	17:10	対象確認できず	検出誤りと思われる

1月31日	20:34	人	デモ実験
1月31日	20:41	人	デモ実験
1月31日	20:42	人	デモ実験
1月31日	20:43	人	デモ実験
1月31日	20:43	人	デモ実験
1月31日	20:49	バイク	デモ実験
1月31日	20:50	バイク	デモ実験
1月31日	20:50	バイク	デモ実験
1月31日	20:53	バイク	デモ実験
1月31日	20:55	バイク	デモ実験

上記表の「危険度2」の判定結果については、38回の内、17回は正確な判定であったが、一方、残りの21回については、撮影された画像データから対象物が確認できないにも関わらず、「危険度2」を出力しており、これらは「検出誤り」と思われる誤判定であった。

(2) 1時間データ解析結果

実地環境試験で発生している事象の検出結果を、ある1時間分のデータ解析結果をもとにして報告する。

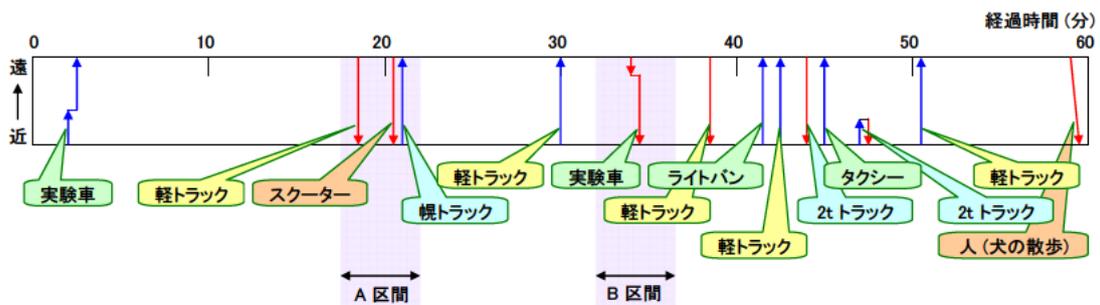


図 5-6 1時間分のデータ解析結果

図 5-6 は試験場所 B において 1 月 28 日の 10 時から 11 時までに発生した事象を、画像データから抽出したものである。横軸を時間、縦軸をミリ波センサから見た距離としており、1 時間内に発生した検出事象の対象物の種類と移動方向を示したものである。

図 5-6 の A 区間では、軽トラック、スクーター、軽トラックの 3 つの対象物が通過している。これらをミリ波センサで検出した結果を以下に示す。

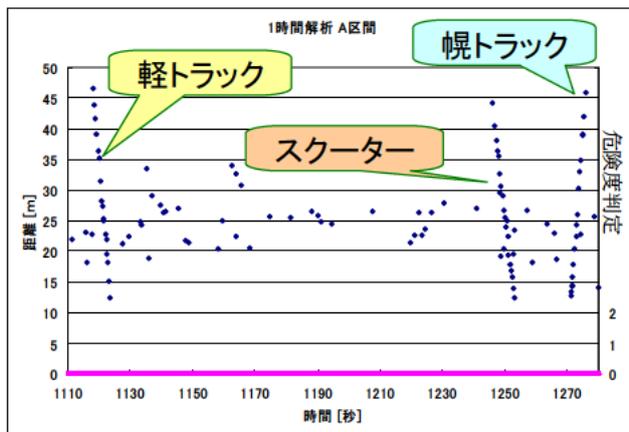


図 5-7 3つの対象物の通過の検知結果

このグラフから、ミリ波センサがこれら3つの対象物を検出していること、またこれら対象物は停止せずに通過しているため危険度0を継続的に出力していることがわかる。

次に、B 区間では、試作システムの検出範囲内で、実験車両が一時停止している。これをミリ波センサで検出した結果を以下に示す。

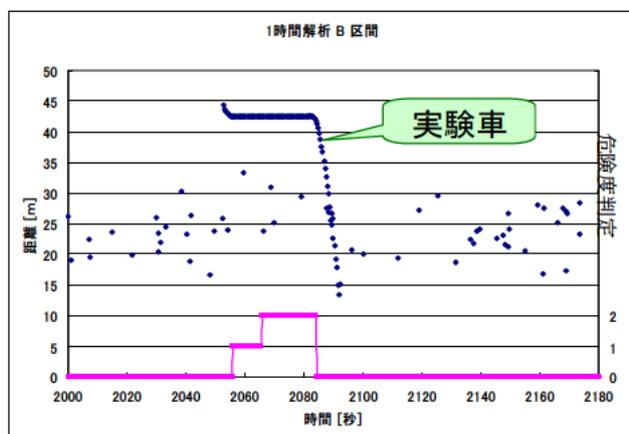


図 5-8 実験車両の判定結果

※動作確認およびデモ実験のために走行させた実験車の測定結果

このグラフから、ミリ波センサが実験車両を検出し、適切な危険度判定を行っていることがわかる。

1時間解析を行なった時間帯に、危険度判定の値の変化を確認するために実験車を2度走行させている。1度目は10時2分頃、2度目は10時34分頃である。対象時間の危険度判定結果は以下のとおりである。

時刻	危険度
10:02:23	危険度 1 発生
10:02:27	危険度 1 発生
10:02:38	危険度 1 発生
10:02:48	危険度 2 発生
10:34:16	危険度 1 発生
10:34:26	危険度 2 発生

当該時間内に、様々な車両が通過しているが、これらに対しては危険度の変化は無く、2度の実験車両の停止事象に対して危険度 1 及び 2 の出力を行なっていることがわかる。

但し、10時2分頃、“危険度 1”を3度連続して出力しているのは、「背景ノイズ」の影響による誤判定である。

(3) 対象物の検出結果の例

実地環境におけるミリ波センサの危険度判定出力の確認のため、デモ実験車両、またはデモ実験通行者を用いて試験を実施した。これらの試験結果を示す。

<自動車の例>

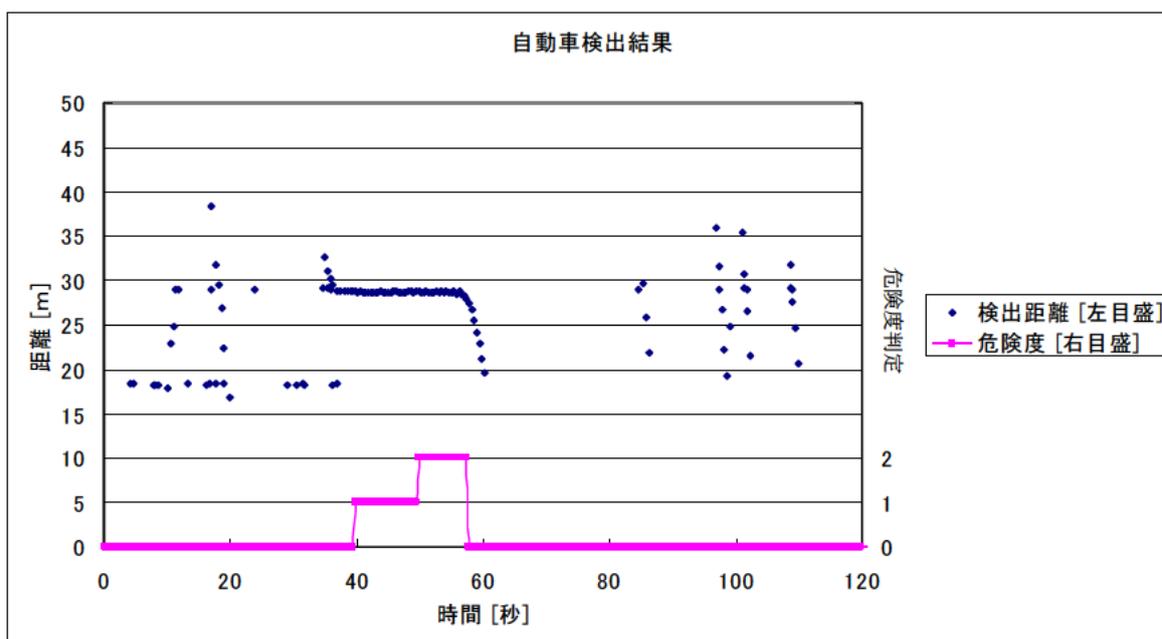
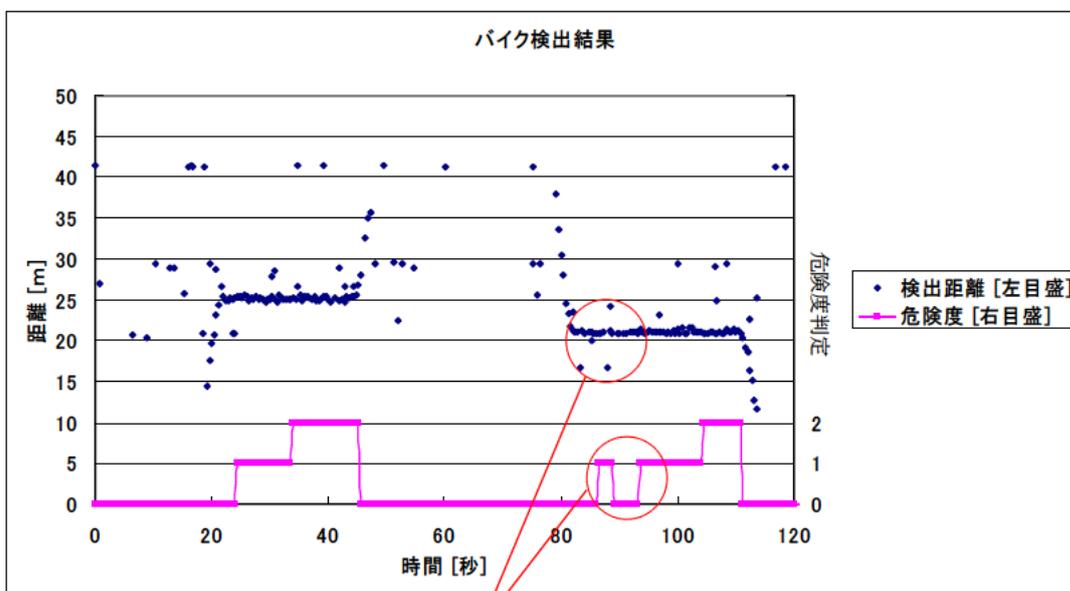


図 5-9 実験車両の検知・判定結果

<バイクの例>



“背景ノイズ”の影響による不連続点が発生し、危険度判定を誤っている

※ 本報告書では、検出処理において除去できていない背景成分を“背景ノイズ”と呼ぶ

図 5-10 バイクの検知・判定結果

<人の例>

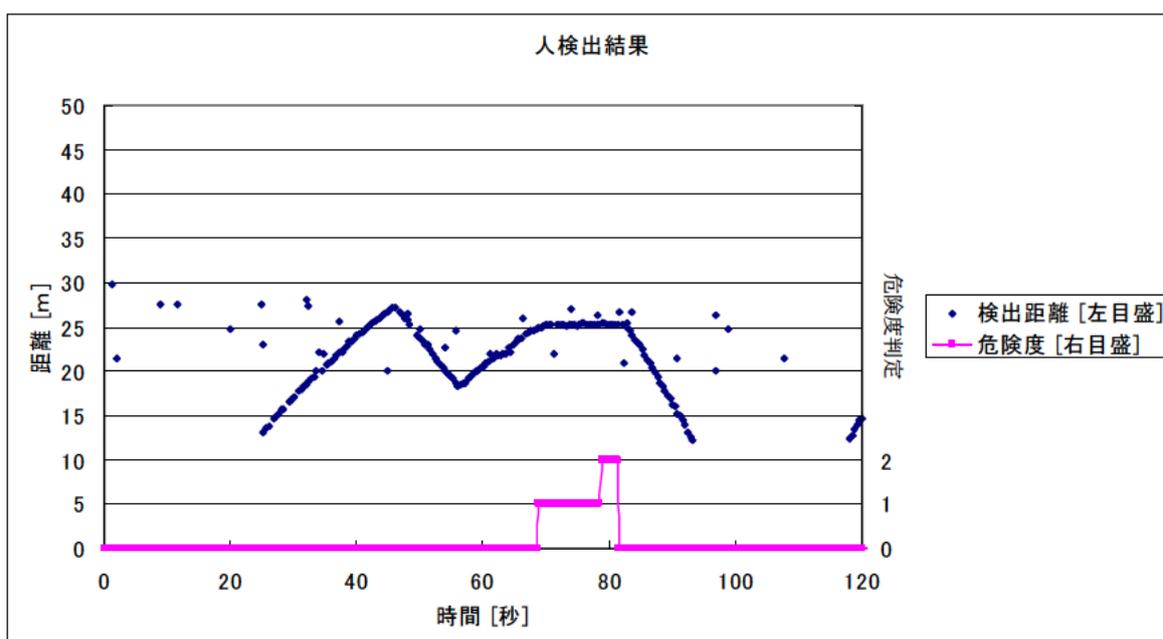


図 5-11 人の検知・判定結果

5.5 結果についての考察

(1) 模擬環境と実地環境の差異

模擬環境と実地環境との最大の差異は、周囲環境の違いである。模擬環境試験は、一部の試験を除いて、検出対象物となる物体以外のものが存在しない状況にて実施した。これに対して実地環境試験では、連続的に配置されたフェンスやガードレール、更にはこれらに覆いかぶさるように茂った草木等、検出対象物以外にも様々な物体が存在する厳しい環境条件であった。

試作システムには、定常的な反射波の影響を取除くための背景処理機能が実装されており、殆どの固定的な物体は除去されるが、本機能にて除去しきれない検出データが存在している。このデータのことを、本報告書では、「背景ノイズ」と呼ぶこととする。

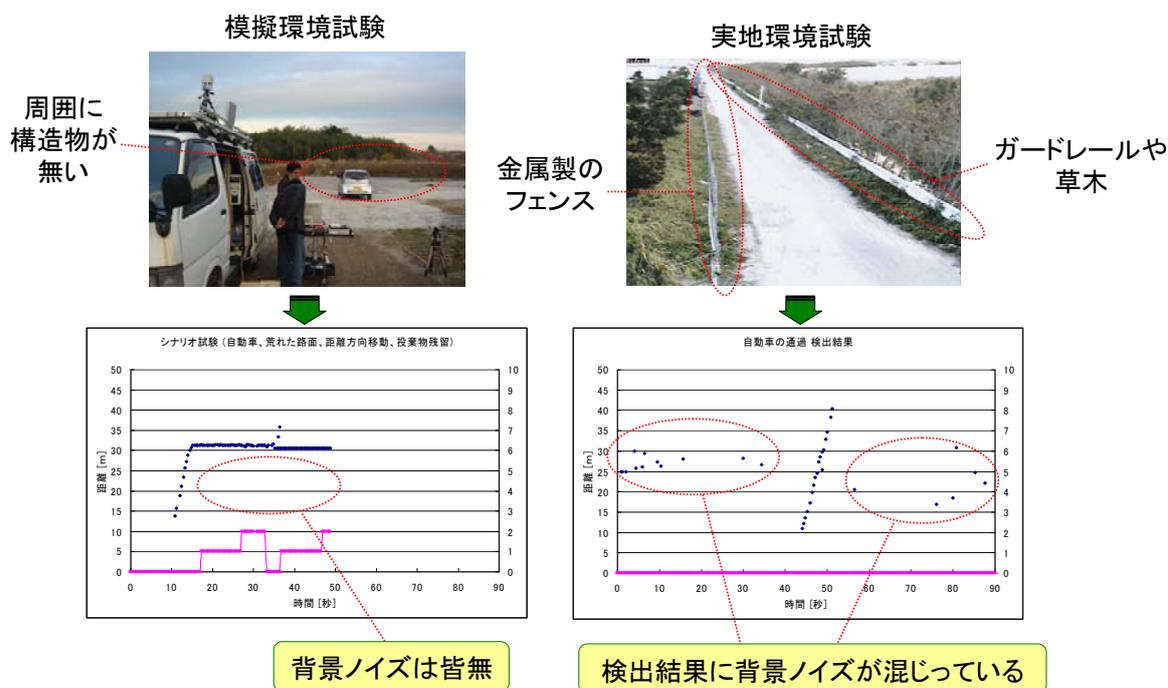


図 5-12 模擬環境試験と実地環境試験の差異

(2) 背景処理及び背景ノイズ

試作システムでは、ミリ波センサの後段に位置するセンサ処理装置において、背景処理を行なっている。背景処理は、ミリ波センサの検知データから、移動物体だけを抽出するための手段である。背景処理の方法を以下の図を用いて説明する。図は、ミリ波センサが、走行している自動車と電柱とを検知している様子を示している。

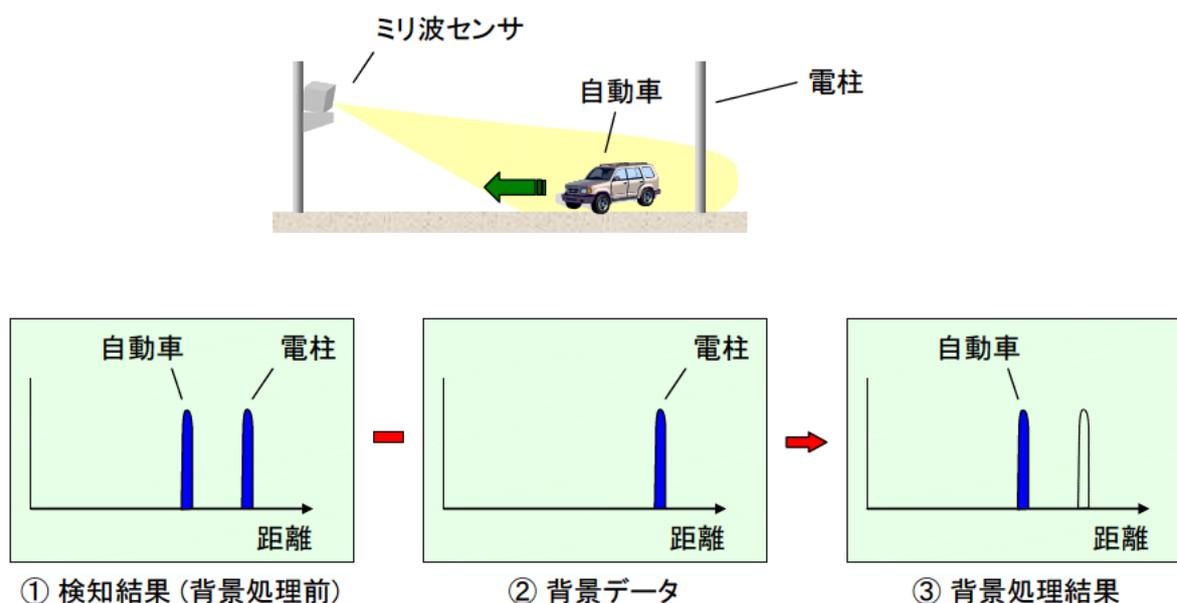


図 5-13 背景ノイズ

まず、センサ処理装置は、移動物が存在しない状況下で、「② 背景データ」を認識生成し、これを一定時間間隔で更新し、常に最新の背景情報を保持している。

ある時間に、ミリ波センサが図に示すように自動車と電柱を同時に検知する。このときの検知結果のイメージが「① 検知結果」である。

センサ処理装置にて、「① 検知結果」から「② 背景データ」を減算する処理を行うことにより、「③ 背景処理結果」を得る。

実際には、ミリ波センサの検知結果には、データサンプリング毎に距離誤差、受信レベル誤差が生じるため、これらを吸収できるように背景処理を行なう必要があり、ここで除去しきれなかったデータは、上位装置に対してノイズ状の検出データとして通知されることになる。

本報告書では、上記の様な、背景処理にて除去しきれなかった検出データのことを”背景ノイズ”と呼んでいる。

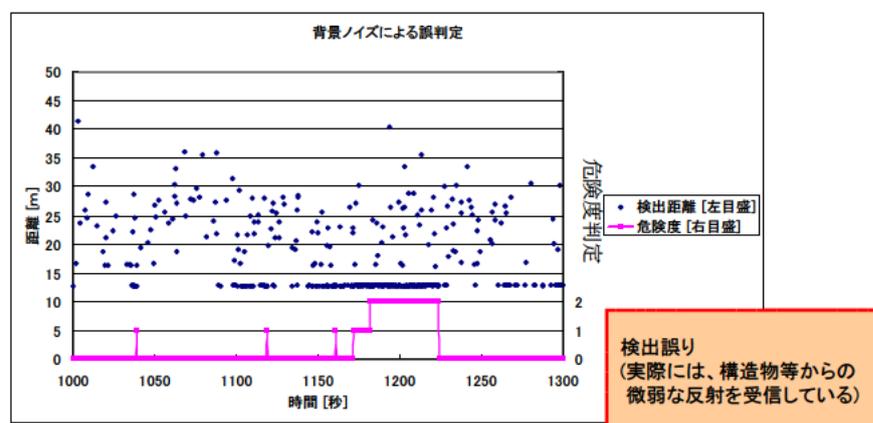
実地環境試験の解析結果から、背景ノイズ自体を停止物と誤認識して危険度判定を誤るケース、正規の対象物の検出データ近傍に現れた背景ノイズにより、対象物の位置算出を誤り、対象が移動したと認識し、結果として危険度判定を誤るケースが確認されている。

(3) 検出誤り

ミリ波センサには、検知すべき物体かどうかを判断する基準として受信レベルの閾値が設定されている。本試作システムの閾値は固定的に設定されているが、一方でミリ波センサの受信レベルは、時間の経過に伴い、若干の変動がある。従って、受信レベルが変動して、予め設定されている閾値を超えた場合、その時点から検出データが出力されることになる。環境的には何も変化がないにも関わらず、突如として出力されるこのような検出データを「検出誤り」と呼ぶこととする。

実際には、「検出誤り」は何がしかの微弱な反射波を受信することにより生じているものであり、実体を伴う。従って、継続的に同じ場所に検出される傾向があり、危険度判定を誤る要因となっている。

この「検出誤り」は、実地環境試験において危険度判定を誤る主因となっている。



ミリ波センサの受信レベルは、時間の経過に伴い、若干の変動がある。(温度変化の影響が大きい) レベルが変動して予め設定してある基準値を超えた場合に、上記の様に検出誤りが検出され、この影響により、危険度判定を誤るケースがあることが確認された。本件は、ミリ波センサの基準値をレベル変動に応じて変化させることによって回避可能である。

図 5-14 検出誤り

(4) 昼夜、天候による影響

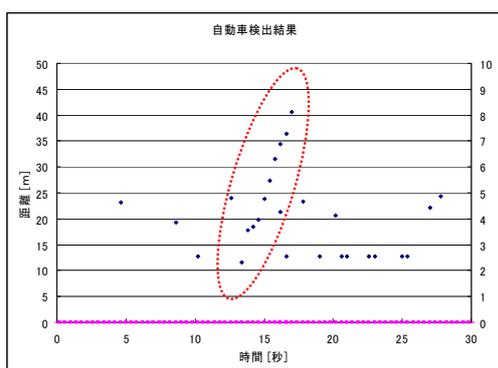
第1回調査検討会において、ミリ波の特性として昼夜・天候による影響を殆ど受けないことを説明した。

実地環境試験の結果より実例を示す。

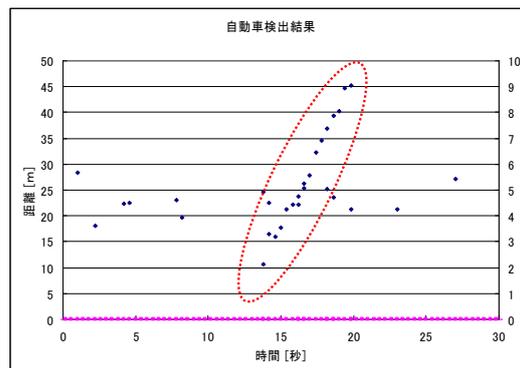
以下は、同じ設置環境にて自動車を検出した結果である。左側のグラフは昼のものであり、右側は夜のものである。どちらも15mから40mまでの範囲をカバーしており、昼夜の影響を受けないことがわかる。



昼間の画像



夜間の画像



昼夜に関わらず、15m ~ 40m程度までの自動車を検知しており、ミリ波センサの検出能力は昼夜の違いに影響されないことがわかる

図 5-15 昼夜による影響

なお、天候の影響については、国土交通省が推進する走行支援道路システム（AHS）の研究開発において、開発された障害物検知用ミリ波レーダ装置による悪天候下（雨、霧、吹雪）での実証実験が行われた。その結果、ミリ波センサはどのような環境下でも障害物検出性能を有していることが確認されている。

参考：富士通テン技報 Vol.18 No.1「障害物検知用ミリ波レーダ装置」

詳細は http://www.fujitsu-ten.co.jp/gihou/jp_pdf/35/35-2.pdf

6. 実現に向けて

6.1 試作システムの試験結果の評価

6.1.1 基本性能試験

静止物検知試験において、アスファルト上では何れの検知対象も概ね良好に検知されるが、草地上では、テレビ以外は大きく検知率を落としている。草地からのノイズによる影響が考えられる。また、検知範囲の中心距離付近では十分に高い検知率が得られているが、中心距離を外れると極端に検知率が落ちている。

移動物検知試験においては、アスファルト上であったこともあり、概ね良好な結果が得られたが、人が遠方になると検知しにくくなる。

何れの試験においても、自動車については、検知領域全体に亘って完全に検知されている。

6.1.2 模擬環境試験

システム機能確認試験において、検出処理機能確認項目においては、基本性能試験におけるミリ波センサ単体の試験結果と概ね同様な結果であった。危険度判定機能確認項目においては、ほぼ想定どおり良好な結果が得られた。

シナリオ試験での危険度判定では、草地付近の実験では、ミリ波センサが草地からの反射を捉え、適切な危険度判定を得られなかったが、アスファルト、荒れた路面では概ね良好な結果が得られ、残留物（ダンボール箱）の判別も要素とした危険度判定が行えた。

これらの環境では、車両の動きを認識することにより、十分な危険度判定能力を有するものとなった。

草地での利用においては、草地の影響を受けにくい方法での設置やシステムの設定が必要となる。

6.1.3 実地環境試験

背景ノイズを停止物と誤認識して危険度判定を誤るケース、正規の対象物の検出データ近傍の背景ノイズにより、対象物の位置計算を誤り、危険度判定を誤るケースが確認されている。また時間経過による受信レベルの変動から、検出誤りが検出され、危険度判定を誤るケースも確認された。

この誤判定については、実験環境 A では多発したが、実験環境 B でシステム設定値の最適化を行ったことで大幅に減少させることができた。

これらの対策として以下が考えられる。

- ミリ波センサの検出データを時系列処理することで背景ノイズを除去する
- 背景ノイズを考慮して危険度判定処理の判定条件の調整を行なう
- 受信レベルの変動を補償する、または閾値を受信レベルの変動に連動させることにより、「検出誤り」の発生を抑制する
- 設置方法（設置場所やミリ波センサの指向方向）を調整し、背景ノイズや検出誤りの発生を抑える

これらの対策を施すことにより、実地環境においても適切な“危険度判定”を行なうことが可能となるものである。

6.2 検討会委員からの意見

6.2.1 目的

調査検討会委員は、「ミリ波センサを利用した不法投棄監視システム」の実用性検討に当たり、基本性能試験結果報告、模擬環境試験結果報告（以上第二回調査検討会）、また、実地環境試験において試作システムが「不法投棄現場での車両の動行を判別し、“不法投棄の危険度”という指標を出力する」様子を実際に見学した。

これらを基に、試作システムの性能・機能について、委員の意見・感想を収集し、評価の目安とする。

6.2.2 実施概要

検討委員からの意見の収集は、以下の要領にて実施した。

(1) 実施機関

2007年1月31日（水）～2007年2月7日（水）

(2) 実施対象

「電波利用センサを用いた不法投棄監視システムの実現に向けた調査検討会」委員

(3) 実施方法

委員に対し、添付資料の「試作機への意見収集用シート」をeメールで送付し、回答記入後、eメールまたはFAXにて回収

(4) 回収結果

委員8名中、7名より回答（回収率：87.5%）

6.2.3 回答内容

(1) ミリ波センサの対象検出性能（対象を認識する性能）について、どう思いましたか？

- ①対象を十分に検出しておらず、改善が必要である
- ②「動き」を含め適当な検出性能である

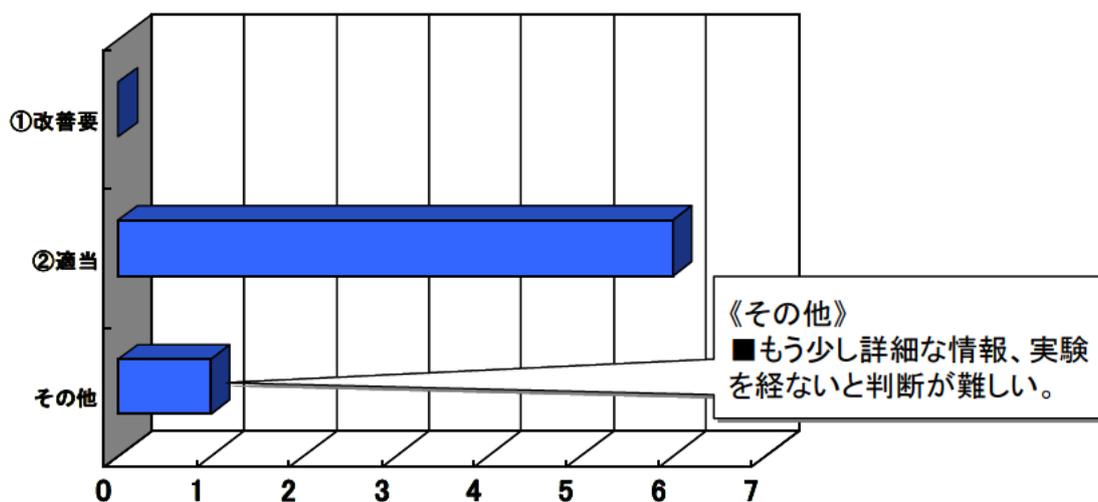


図 6-1 対象検出性能

(2) 危険度の判定精度（危険度0、危険度1、危険度2の警報を判断表示する能力）について、

- ①精度が悪く、改善が必要である
- ②精度はあまりよくないが、実用には問題はない
- ③十分な精度を有するものである

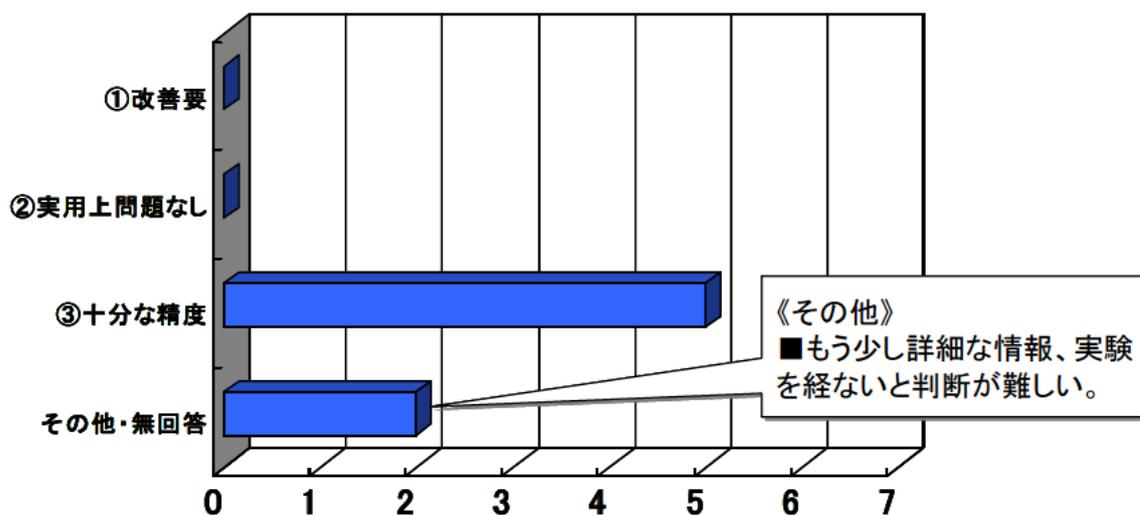


図 6-2 危険度の判定精度

(3) 危険度判定の有効性（危険度によって、撮影映像を保存する、撮影回数を増やす、カメラを回転させ対象に向ける、撮影をアップにする、管理者へ通報するなどの機能へ連動する）について、どう思いましたか？

- ①監視システムの運用上で不要である
- ②十分とは言えないが、監視システムの運用に有効であり、必要である
- ③監視システムの運用に十分有効である

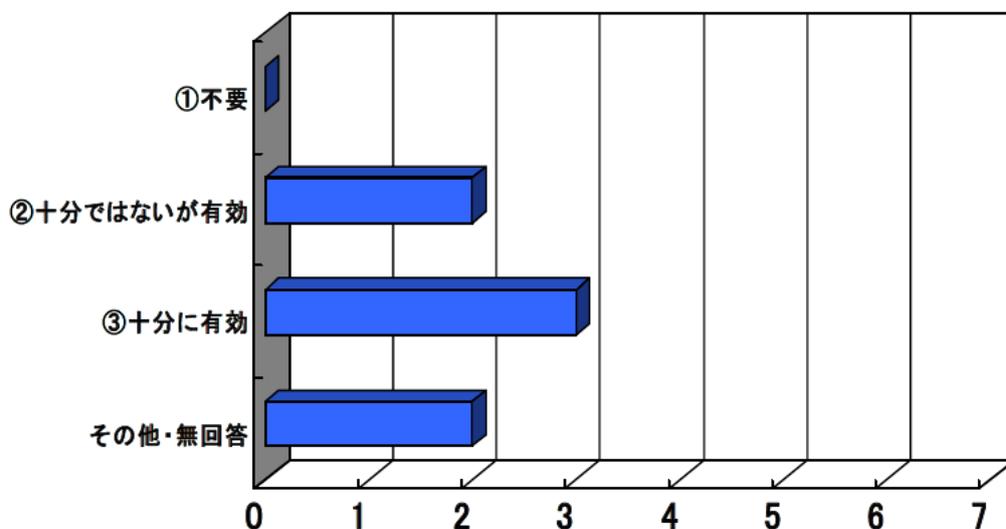


図 6-3 危険度判定の有効性

【意見・感想】

《②十分とは言えないが、監視システムの運用に有効であり、必要である》の方

- ・ 撮影範囲が固定されており、設置起点との検証が必要。
- ・ 監視システムとしては、有効であると思われますが、投棄物の確認検証（種々の条件下）が必要と思われます。

《②十分とは言えないが、監視システムの運用に有効であり、必要である》の方

- ・ 夜間の運用が重要になると思います。ミリ波による検出は夜間でも問題ありませんが、不法投棄が増えると思われる夜間に映像撮影を行なう場合の対策が重要です。

《③監視システムの運用に十分有効である》の方

- ・ 今回、実施されたミリ波センサ試作見学会について、ミリ波センサの実用化に

ついて高い評価を得ている。次回は、これからシステム導入を検討している機能をすべて取り込んだ上で、試作機見学会の実施をおねがいしたい。

《その他》の方

- ・ もう少し詳細な情報、実験を経ないと判断が難しい。

《無回答》の方

- ・ 前回の実地試験で危険性判定の有効性について（カメラを回転させる、撮影をアップにする、管理者へ通報するなどの機能）は、確認していないので、有効かについては判断できない。

(4) 実際の不法投棄発生の現場を踏まえると、設置型カメラ監視方式の不法投棄監視システムにおける検知センサの検出範囲は、1装置当たりどれくらいが適当だと思いますか？

10m 以内 ~50m 位 ~100m 位 ~200m 位 200m 以上

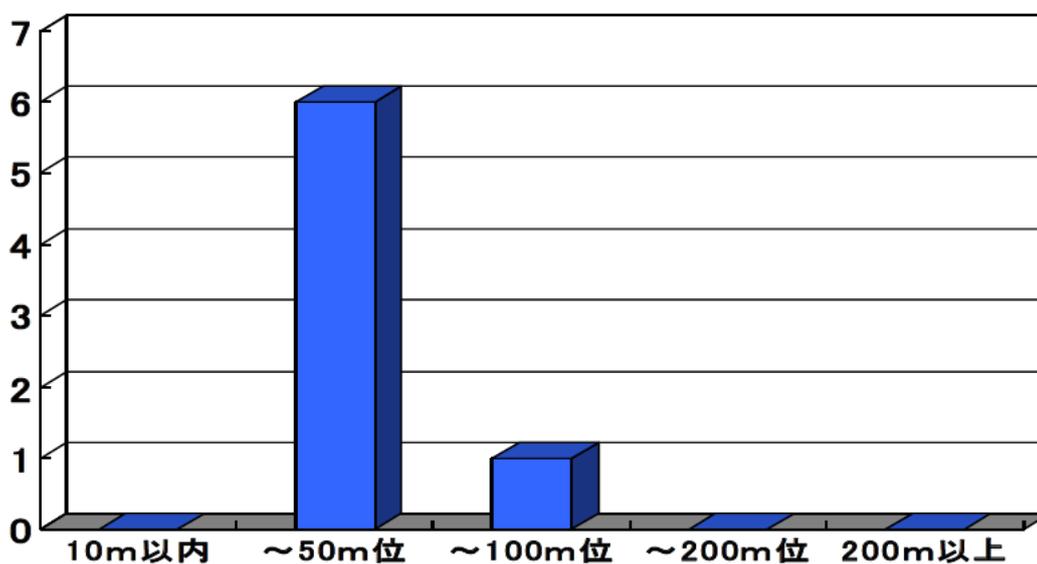


図 6-4 1装置当たりの検出範囲

- (5) その他、試作システムそのもの、その運用などにつきまして、お気づきの点がありましたら、ご記入ください。

【意見・感想】

- ・ 運用面では、今回の検証では十分と理解しますが、不法投棄防止と監査の観点からは、車両の停止方向、場所により機能が十分に生かせるか。
- ・ 維持管理に関する数値的検証
- ・ ミリ波センサーにより監査システムは、機能的には十分使用可能技術と思われる。

- ・ 試作システムは、ミリ波レーダーを主体としたシステムで、夜間監視や映像の解像度、電源等、運用に関して総合的に考察する情報が少なかったため、検討・評価が難しい。

- ・ 夜間の運用性能評価が必要です。その結果によっては、夜間の映像撮影および運用方法を今後検討する必要があるかも知れません。

- ・ 効果対費用及びビデオの管理、運営において法的面（指導、告発、告訴等）で各期間の連携が必要になってくると思われます。

- ・ 監視カメラのみでなく、ミリ波センサを用いた不法投棄監視システムの実用化については高い評価を得ている。
- ・ 要望1：ミリ波センサ検出結果（扇状）の幅」拡大
⇒今回の試作機は、期間及びコスト的な制約より、既存の道路の車両検知用ミリ波センサを不法投棄監視システム用に仕様変更して用いているため、30度の範囲になっています。機械的にアンテナを回転させる構造なので、新たに設計し、オリジナルで作り直すことにより、幅の変更は可能です。
- ・ 質問1：ミリ波センサ検出結果（扇状）の範囲内で不特定多数（複数の投機者※同時進行の場合）の画像アップは可能か？
⇒ミリ波センサとカメラとの連携については、実用化における検討課題との位置づけです（今回の実証実験による検討の範囲外）。従って、今回の試作機では、カメラ連動機能等は搭載してません。ミリ波センサは複数物体の位置を把握しているので技術的には可能であり、既存技術を利用して単一カメラで個々のターゲットを順次ズームアップする、複数のカメラを制御する、等により実現することになります。
- ・ 質問2：管理者へ通報する機能について、沖縄総合通信事務所関係機関・警察

機関、どの機関へ通報するのか？

⇒管理者への通報機能についても、実用化における検討課題との位置づけになります。既存技術を利用して通知先は、システム運用者のご要望に応じて任意に設定できます。

6.2.4 意見の集約

- ミリ波センサを利用した不法投棄監視システム試作機の対象物検出機能、危険度の判定精度は、多くの委員より十分実用的と評価されている。
- 危険度判定の有効性については、有効性があるとの回答が多いが、今回は、設置型カメラ方式不法投棄監視システムの実用化システムにおける動作検証がなされていないため、今後に向けて検証が必要との意見が少なくない。これについては前記のとおり既存の技術の利用で対応できるものである。
- 1装置当たりの検出範囲は、50m程度(max100m程度)で適当であるとの意見が多い。

6.3 実用化に向けた課題

今回、電波利用センサとしてミリ波センサを用いた不法投棄監視システムの実現に向けた「ミリ波センサ」の技術的な検証として、基本性能試験、模擬環境試験、実地環境試験を実施した。

ここでは、その結果を踏まえたシステム実用化に向けての課題と検討会委員からあがってきた意見を踏まえた課題について考察を行う。また、併せてシステムの実用化に向けて今後、さらに検討が必要な課題について考察する。

6.3.1 試験結果等を踏まえた課題に関する考察

(1) ミリ波センサについて

今回の試作システムに使用したミリ波センサは、既存の道路の車両検知用ミリ波センサを仕様変更したもので、監視領域については、距離方向で100m程度、左右方向では30度が監視領域となる。

基本性能試験及び模擬環境試験では、約10m～40mを監視領域とした性能試験を実施した。その結果、縦方向の監視範囲（到達距離）については、検知率の問題はなかった。一方、左右方向の監視範囲では、検知率の低下が見られた。「委員からの意見」では、試作シ

システムのミリ波センサの性能は十分実用的と評価されているが、左右方向範囲内の一層確実な検知を行うには、より広範囲な監視性能を有することが望ましい。

危険度判定については、挙動の検知が確実に行われれば、試作システムにおける本動作は良好である。「委員からの意見」では、危険度判定は良好と評価されているが、設置される監視現場の状況に応じて危険度の判定基準を見直し、設定変更で対応する必要がある。

検知性能や危険度判定のいずれにも背景ノイズ、検出誤りなどのノイズが大きく影響する。ミリ波センサの検知対象範囲に草木や構造物の立地やその他によるノイズが多い場合は、不法投棄の誤判断の可能性があるが、背景処理やミリ波センサの基準値の設定等により対策が可能なものである。

(2) 通信環境の整備

今回の試作システムの実地環境試験では、現地に設置した蓄積装置内に記録データを蓄積し、動作確認を兼ねて毎日1回回収するようにしており、記録データの送信設備は搭載されていない。しかし、実用システムでは、通信環境を整備して、監視センター等で監視モニタやデータ蓄積を行った方が情報管理、及び効率性の面からも望ましい。

実運用においては、動画による常時監視を行なう場合には、常時接続のブロードバンド回線（電気通信事業者の提供サービス）が必要になる。ブロードバンド回線が確保できない場所では危険度発生時のみ画像（静止画）撮影し、データ量を減少させることにより、携帯電話・PHS等の回線を使用して送信を行う運用が望ましい。

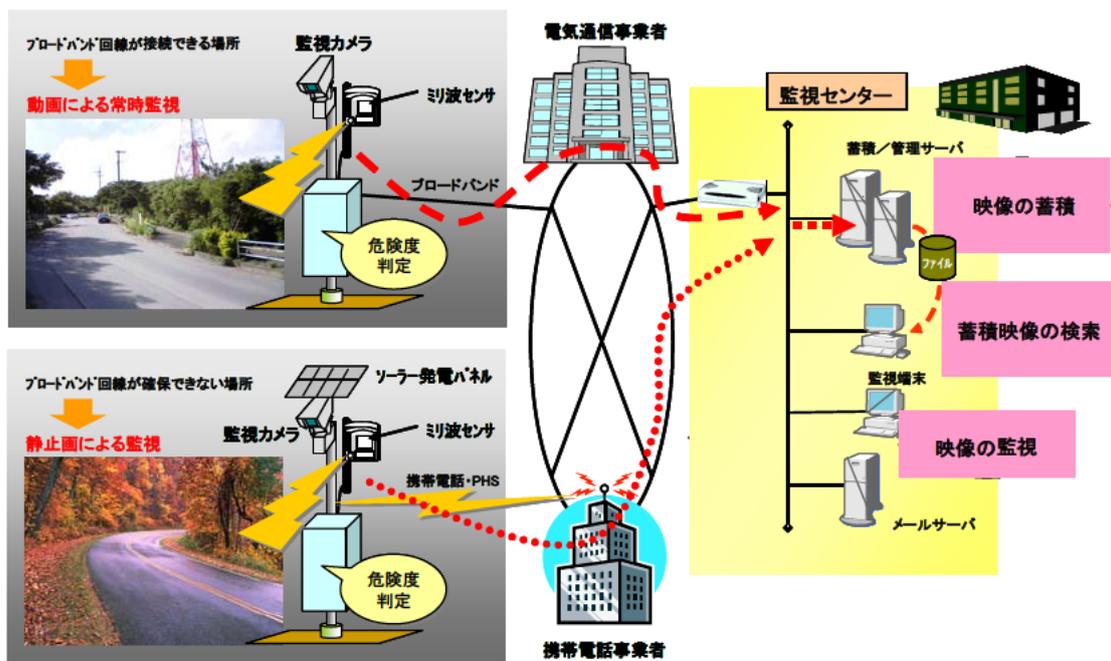


図 6-5 回線設定イメージ

(3) 安定した電源の確保

今回の試作システムを動作させるための電源として、基本性能試験、模擬環境試験においては実験機材搭載車両の発電機電源、実地環境試験においては商用電源を用いた。システムを安定動作させるためには、商用電源を引くことが望ましい。

しかし、商用電源を用意できない場所に設置する場合には、太陽電池・バッテリー等を使うことが考えられる。ミリ波センサ自体の消費電力は小さく、太陽電池でも動作可能であるが、構成する機器や動作させる機能、動作条件（夜間、24時間動作等）によっては相当大容量の太陽電池システムが必要になると考えられる。従って、商用電源の引けない場所に設置するシステムは機能を絞った設計を行う必要がある。

(4) プライバシーへの配慮

平成17年度に実施した調査研究会でプライバシーデータの取り扱いについて検討し、その結果をもとに今回の実験データに関する取り扱いルールを策定して、プライバシーへの配慮を行った。

今後、不法投棄監視システムを設置して、カメラで取得した個人を特定する画像データやカメラのズームアップ機能で取得した車両番号等が識別できる画像データについては、プライバシーへの一層の配慮が必要になることから、監視カメラの設置及び画像データの取り扱いに関する運用ガイドラインを策定する必要がある。

※プライバシーデータの取り扱いについては、添付資料「プライバシーへの配慮」を参照

6.3.2 その他の課題に関する考察

(1) 実用化に必要な機器

今回の試作システムではカメラ連動機能やアラーム通信機能等の機能は搭載していない。ミリ波センサからは、「危険度」が出力され、これをトリガーにしてカメラの対象へのズーム、録画、及びセンサーに対するアラーム発信機能等を構築する必要がある。

カメラの性能等については、その目的（検挙のため顔が判る、ナンバーが判る等）や環境にあわせて選定することとするが、委員からの要望にあったカメラの対象へのパン、ズームアップ、夜間撮影（高感度カメラ）などは既存の技術で対応可能である。

夜間や雨天時の監視カメラは、その性能に左右されるため、照明装置との連動、赤外線カメラ、暗視カメラなど実環境に合わせた選択が必要である。

(2) 広域分散への対応

広域分散型の不法投棄への対応は、複数設置が必要となる。監視する場所の環境により、ミリ波センサや監視カメラの設置台数や設置位置等を十分に検討する必要がある。

車載等による可搬性を持たせる運用は、背景化や動きを検知する性質上、あまり推奨はできない。このような運用を行なう場合は、揺れや位置ズレ等が起こらないような強固な設置が必要となる。

(3) 画像の選択記録及び検索機能

図 6-6 に示すとおり、今回の試作システムで行っている危険度の判定結果により、カメラ画像を選択して記録することで、管理すべきデータの削減が図れ、運用負荷を軽減し効率的な管理が行える。また、常時カメラ画像データを蓄積していたとしても、記録データに危険度レベルを付加し、検索キーに危険度を利用することにより、一時停止車両（危険度 1）と長時間停止車両（危険度 2）を効率的に検索することが可能となる。

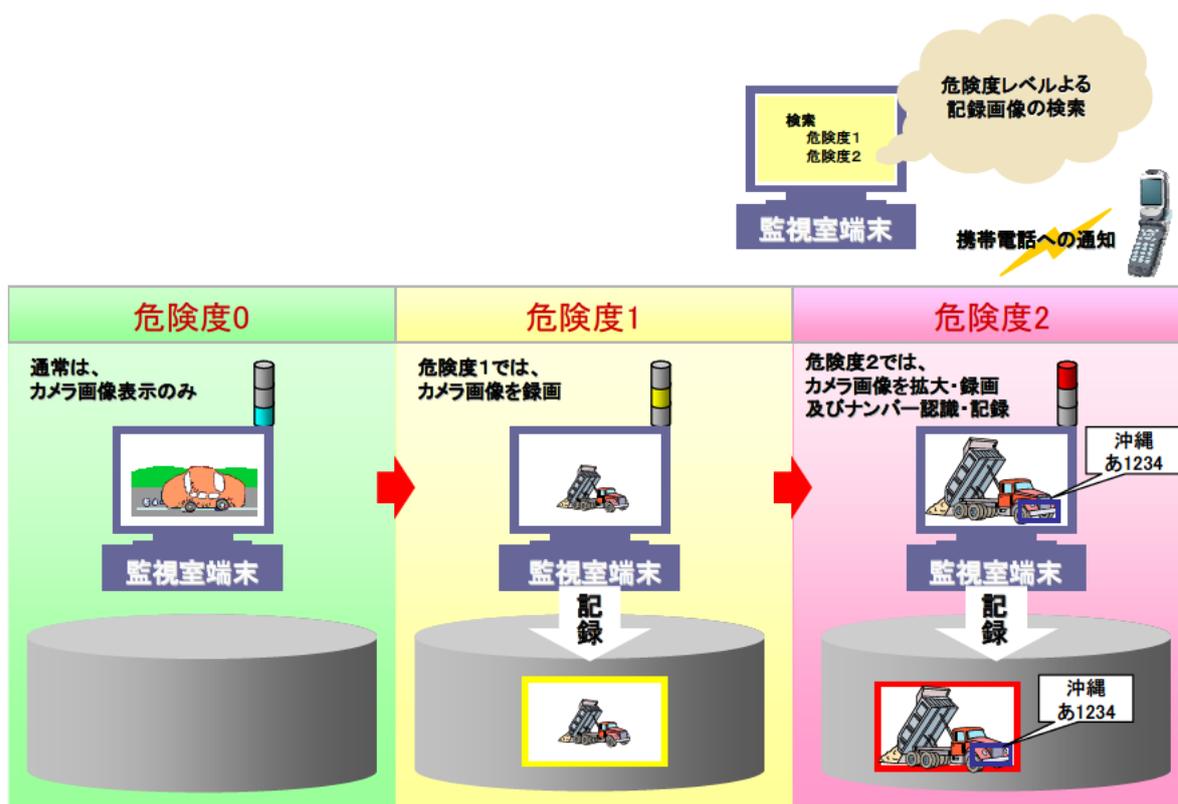


図 6-6 危険度判定実用イメージ

6.3.3 導入・運用コストに関する考察

ミリ波センサを利用した不法投棄監視システムでは、監視場所と監視員/管理者側の構成

に分かれる。監視員/管理者側はデータの蓄積方式、監視・表示方式によってさまざま形態が考えられるので、監視要員の必要員数、管理者側の機器の導入・運用コストの算出は行わず、ここでは、監視場所について必要な機器の導入・運用コストを対象として算出する。

①導入コスト

ミリ波センサの他に監視カメラ、制御機器、通信機器（ブロードバンド回線、または PHS 回線、電源（商用電源、またはソーラー発電）等が必要になる。

通信機器、電源は、設置現場によって適用が異なるため、その導入コストについては、ここでは対象外とする。

なお、表 6-1 導入コストには、データ処理、背景処理のプログラム開発費は含まないものである。

表 6-1 導入コスト

品名	数量	価格(円)	備考
ミリ波センサ	1	1,400,000	処理装置含む
監視カメラ	1	1,000,000	・パン・チルト・ズーム・旋回 ・赤外 LED 照明
画像制御機器	1	500,000	ビデオサーバー、データ処理装置含む

②運用コスト

定期点検（カメラの清掃、機器点検、機器動作ログデータが格納された媒体取得等）、ミリ波センサの駆動部の交換が主な運用コストとなる。

このほか、運用に当たっては、ブロードバンド回線や PHS 回線等の回線使用料や保守料等が必要となる。

表 6-2 運用コスト

品名	点検周期	価格(円)	備考
ミリ波センサの駆動部	2年	150,000	交換部品の費用（工事費除く） ※高所での作業機器の費用除く
定期点検	6ヵ月	人件費	・カメラ清掃、機器点検 ・機器動作ログデータ取得 ※高所での作業機器の費用除く

6.4 想定される不法投棄監視システムの実用形態の例

ミリ波センサを利用した設置型カメラ方式の不法投棄監視システムは、対象の挙動より不法投棄可能性を判断し、危険性があると判断した場合に対象のズームアップ、画像の蓄積、管理者へのアラーム通知を行うことができる。これにより、危険な場合のみ画像蓄積を行なうことで、システム資源の節約やデータ管理の効率化等が期待できる。監視方法、運用方式、設置方式の観点から以下の様に整理した。

①監視方法

- ・ミリ波センサにて、車両及び人物を検知し、その挙動より危険度を判定、画像（静止画/動画）を収録
- ・監視範囲は、10m～50m/機程度であるため、監視領域が広い場合には複数設置することが必要
- ・ミリ波センサの利用により、昼夜・気象環境が悪い場合でも監視が可能

②運用方式

- ・24時間365日監視を運用し、通常は俯瞰撮影、危険度判定により対象物へカメラをパン、ズームアップし、画像を取得
- ・監視モニタは、24時間有人監視又は無人監視。危険度判定時に監視員へのアラーム通知を行えば、通常は無人監視で可能
- ・蓄積画像データより危険度判定を検索フラグとして必要な不法投棄画面を容易に検索ができる
- ・画像データをもとに、不法投棄車両を特定する情報分析（ナンバー記録）と管理者への通報等を行う

③設置方式

- ・監視カメラは常習場所に設置が基本だが、車両搭載などで可搬性を持たせることも可能であり、移動型の監視も可能だが、揺れのない強固な設置が必要となる
- ・設置場所には、商用電源または太陽電池等の発電機器の設置が必要となる
- ・設置に際しては、地震や風による転倒に注意が必要であり、装置の土台の安定化を図る

以上の内容を踏まえて、実用システム例を図6-7に示す。設置現場には安定電源（商用電源等）、ブロードバンド回線を用意する。ミリ波センサは常時稼働し監視を行う。カメラは通常、俯瞰撮影をして、そのまま監視員/管理者側に送り遠隔にてモニタができる。危険度判定1の時には、画像管理サーバに映像を記録、危険度判定2になると、対象へズームアップ、車両ナンバーを認識、記録を行う。同時に監視員等の携帯電話にアラーム通知を行う。

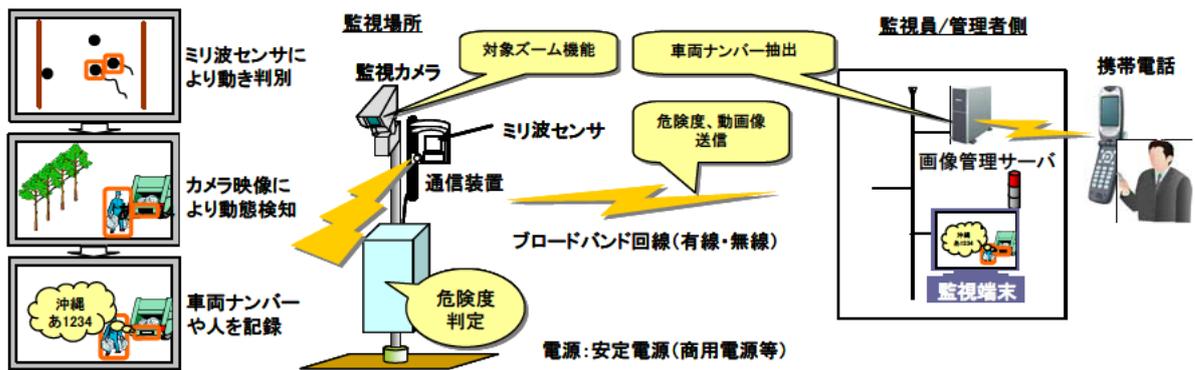


図 6-7 ミリ波センサを利用した不法投棄監視システムの例

また、電源やブロードバンド回線を用意できない場所に設置する場合のシステム例を図 6-8 に示す。電源にはソーラー発電パネルとバッテリーを装備し、通信回線には PHS 等の公衆無線網を使用する。この場合には、危険度判定時のみ静止画撮影、監視員/管理者側へ送信を行い、画像管理サーバへの記録を行う。同時に監視員等の携帯電話にアラーム通知を行う。

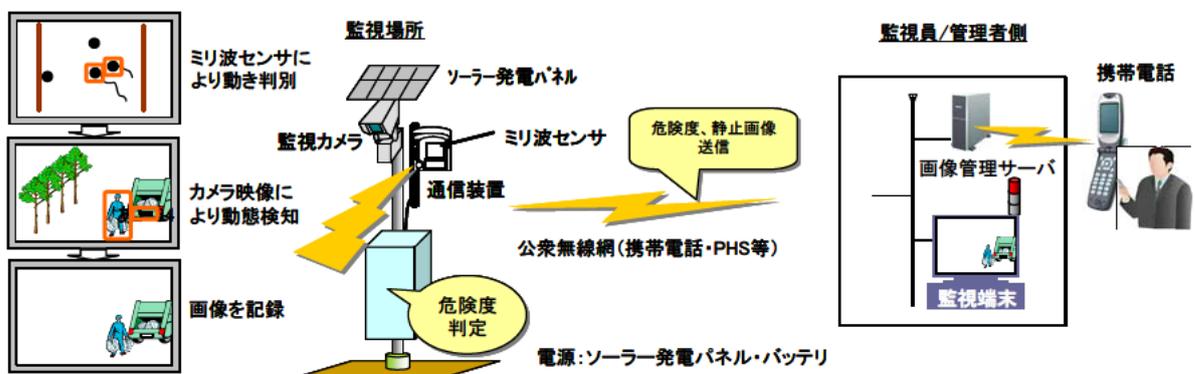


図 6-8 ミリ波センサを利用した不法投棄監視システムの例（電源を用意できない場所）

6.5 まとめ

本検討会では、沖縄総合通信事務所が平成17年度に行なった「電波を利用した不法投棄監視システムに関する調査研究会」の報告に基づき、設置型カメラ監視方式不法投棄監視システムに対するミリ波センサの適応性を技術的に検証するため、ミリ波センサを試作し、基本性能試験、模擬環境試験を経て、ミリ波センサ試作機に検証用カメラを据えた試作システムを製作し、実地環境試験を行なって、データの収集を行ってきた。並行して、沖縄県内の有識者や実務者による検討会に各試験結果を報告し、ミリ波センサの不法投棄監視システムへの適応性を検討してきた。

検討により、ミリ波センサの不法投棄発生時における対象物検出機能や対象物の挙動を捉えた危険度の判定精度は、十分実用的との結果が得られた。

同時に、背景ノイズや検出誤り等に起因する検知精度の甘さや検知範囲の狭さも指摘されている。対策としては、ノイズ対策ソフトウェアの導入やミリ波センサ本体の設計変更にて可能である。

不法投棄現場のズームアップや車両ナンバー認識等の実用化システムへの要望も挙がっている。これについては、危険度判定出力を利用して、既存のカメラ制御システム、録画、アラーム処理と連動するアプリケーションを組み込んだシステムを構築することにより可能である。カメラの解像度についても高解像度カメラや高倍率ズームレンズを採用することにより、対応可能である。

このように、ミリ波センサの設置型カメラ方式不法投棄監視システムへの技術的な適応可能性については十分確認された。また、このシステムの実現により、24時間監視による不法投棄の抑止効果も期待できる。本検討会にて検討した「電波利用センサを用いた不法投棄監視システム」が実用化され不法投棄防止の一助になれば幸いである。

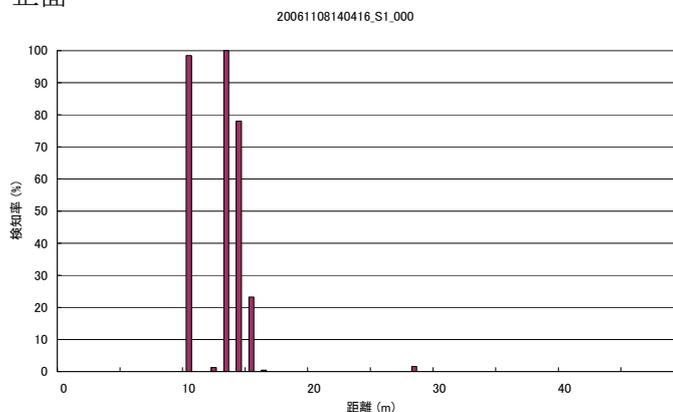
添付資料

1. 基本性能試験結果
 - (1) 静止物検知試験結果
 - (2) 移動物検知試験結果
2. 試作機への意見収集用シート
3. 平成 17 年度報告書概要
4. プライバシーへの配慮 (平成 17 年度報告書より)

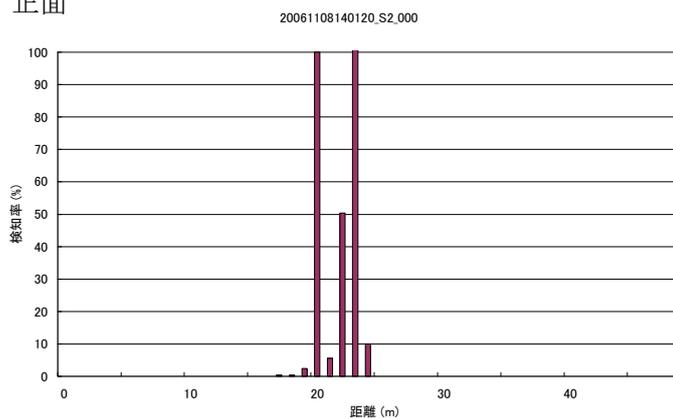
1. 基本性能試験結果

(1) 静止物検知試験

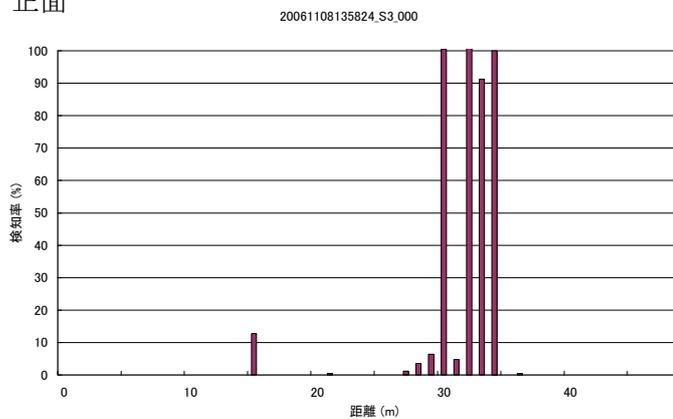
< S - 1 > 自動車、アスファルト、10m、正面



< S - 2 > 自動車、アスファルト、20m、正面

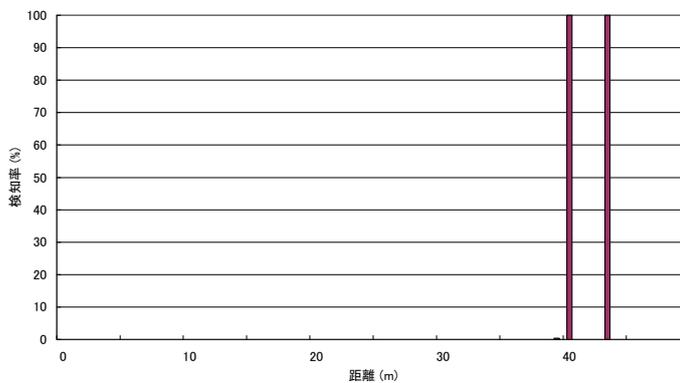


< S - 3 > 自動車、アスファルト、30m、正面



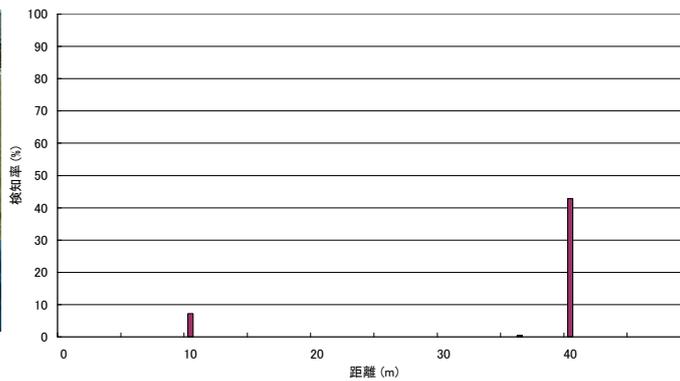
< S - 4 > 自動車、アスファルト、40m、正面

20061108135439_S4_000



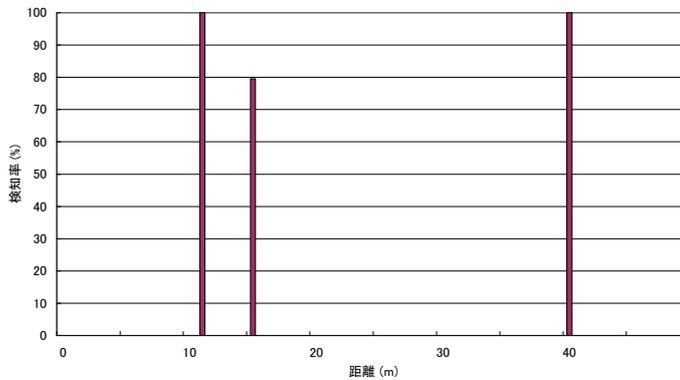
< S - 5 > 人、アスファルト、10m、正面

20061107115418_S5_000



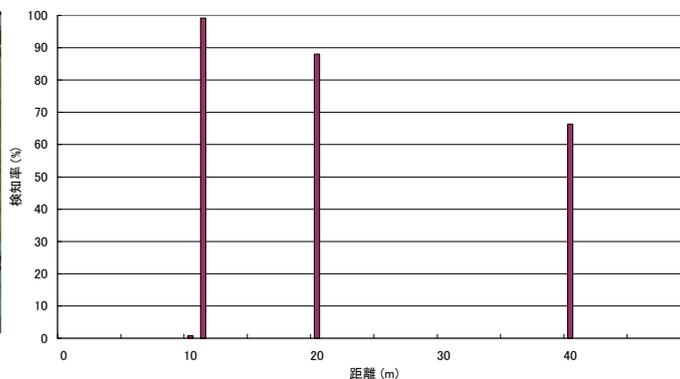
< S - 6 > 人、アスファルト、15m、正面

20061107113332_S6_000



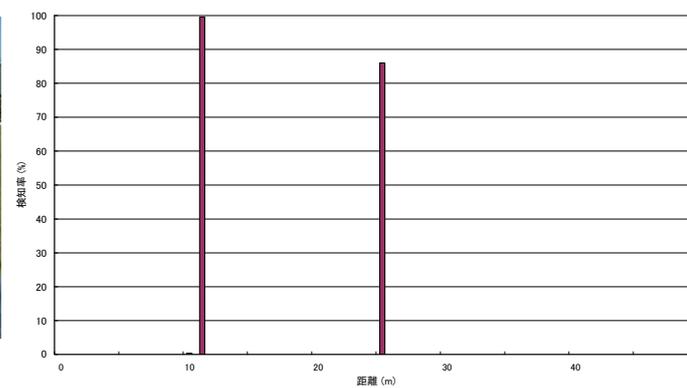
< S - 7 > 人、アスファルト、20m、正面

20061107113923.S7_000



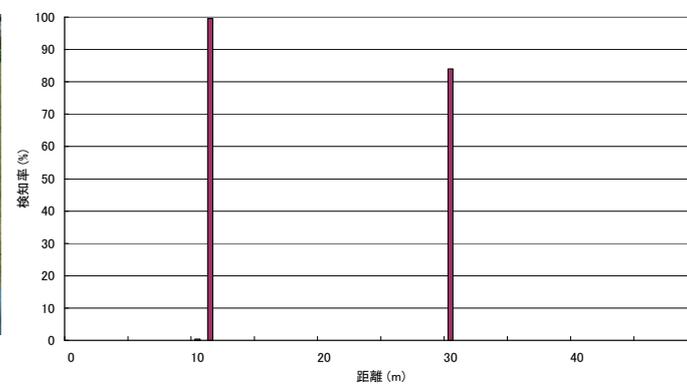
< S - 8 > 人、アスファルト、25m、正面

20061107114200.S8_000



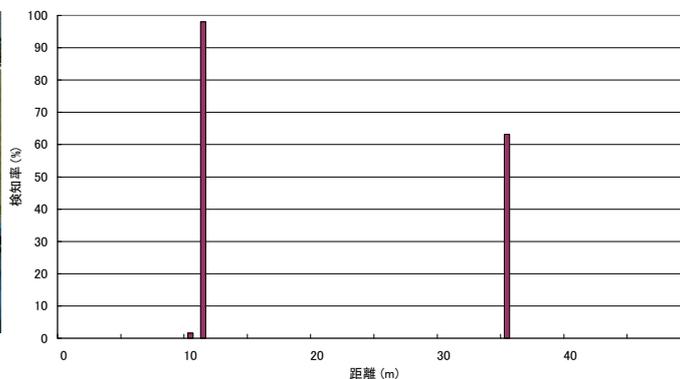
< S - 9 > 人、アスファルト、30m、正面

20061107114449.S9_000



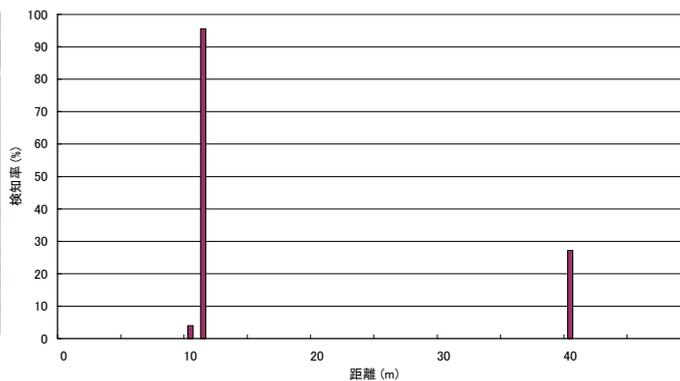
< S - 1 0 > 人、アスファルト、35m、正面

20061107114711_S10_000



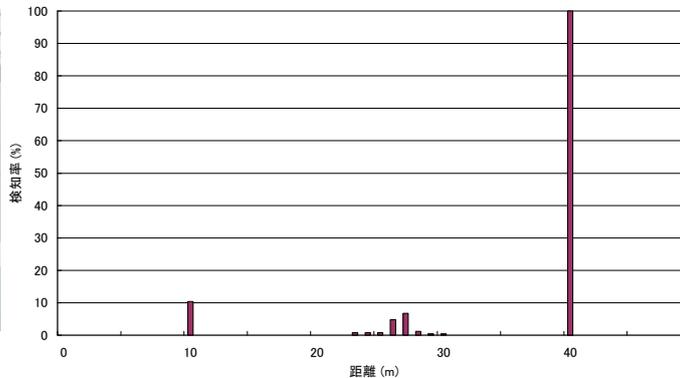
< S - 1 1 > 人、アスファルト、40m、正面

20061107114939_S11_000

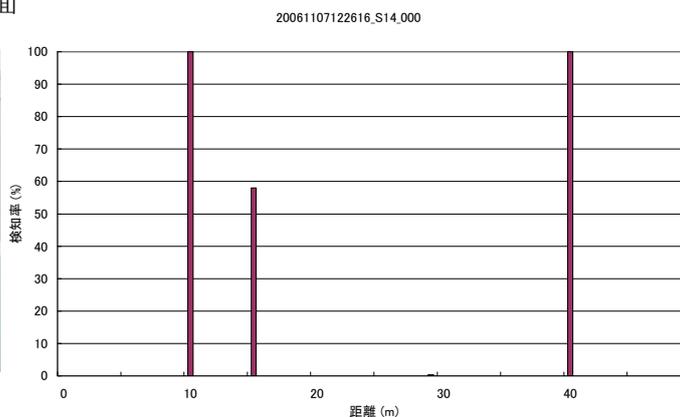


< S - 1 3 > 人、草地、10m、正面

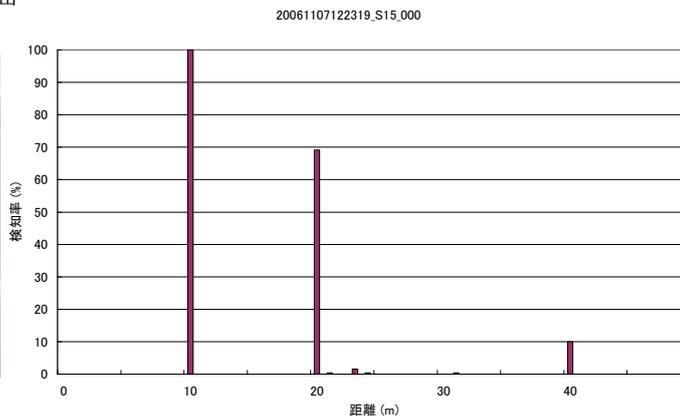
20061107122856_S13_000



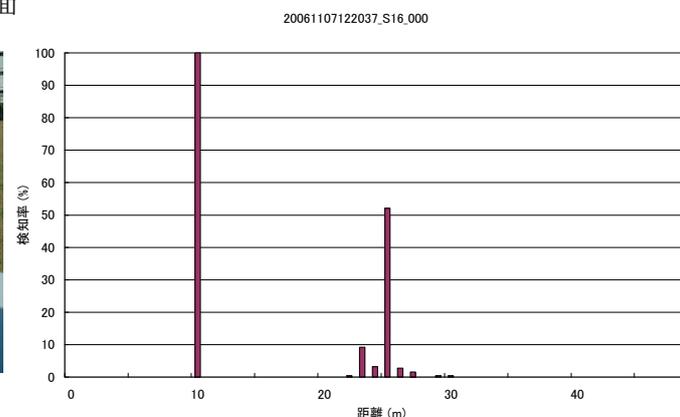
< S - 1 4 > 人、草地、15m、正面



< S - 1 5 > 人、草地、20m、正面

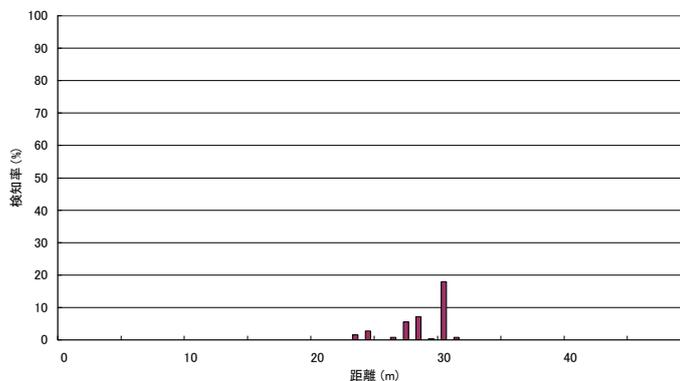


< S - 1 6 > 人、草地、25m、正面



< S - 1 7 > 人、草地、30m、正面

20061107121813.S17_000



< S - 1 8 > 人、草地、35m、正面



データ抽出不可

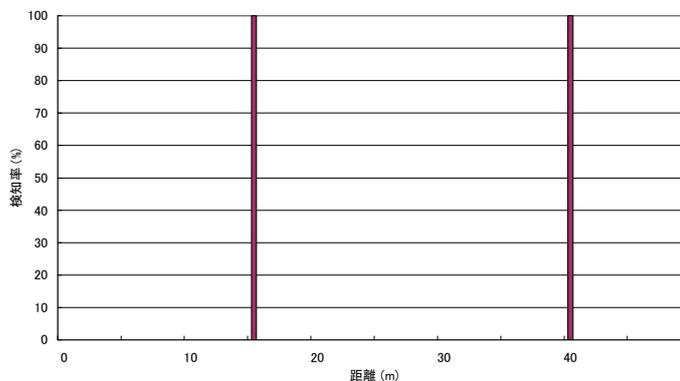
< S - 1 9 > 人、草地、40m、正面



データ抽出不可

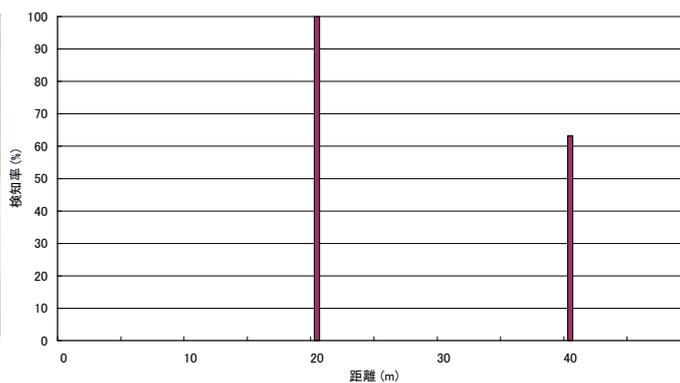
< S - 2 1 > テレビ、アスファルト、15m、正面

20061106105758_S21_000



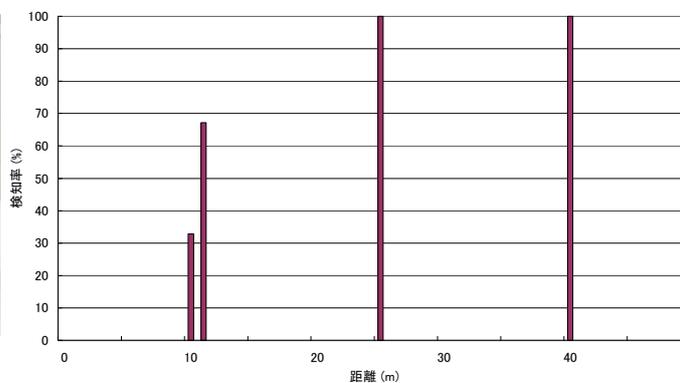
< S - 2 2 > テレビ、アスファルト、20m、正面

20061106110049_S22_000



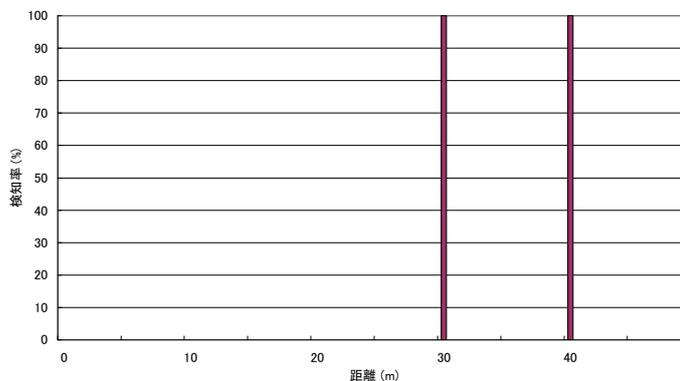
< S - 2 3 > テレビ、アスファルト、25m、正面

20061106110616_S23_000



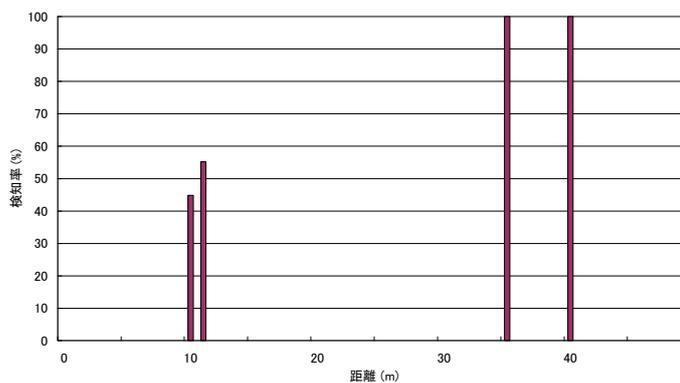
< S - 2 4 > テレビ、アスファルト、30m、正面

20061106111054.S24_000



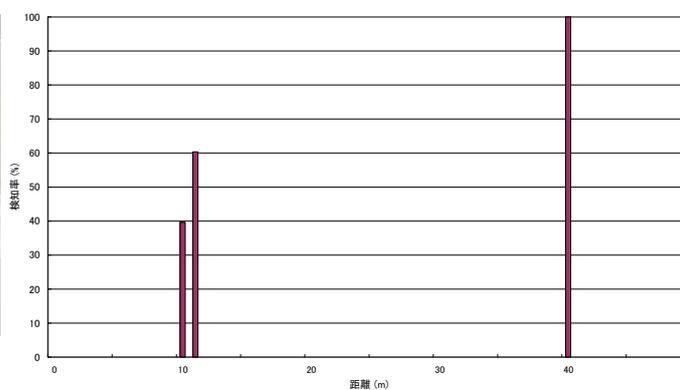
< S - 2 5 > テレビ、アスファルト、35m、正面

20061106112347.S25_000



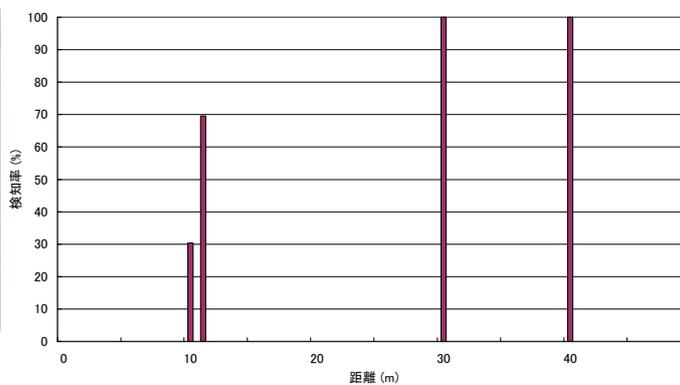
< S - 2 6 > テレビ、アスファルト、40m、正面

20061106112937.S26_000



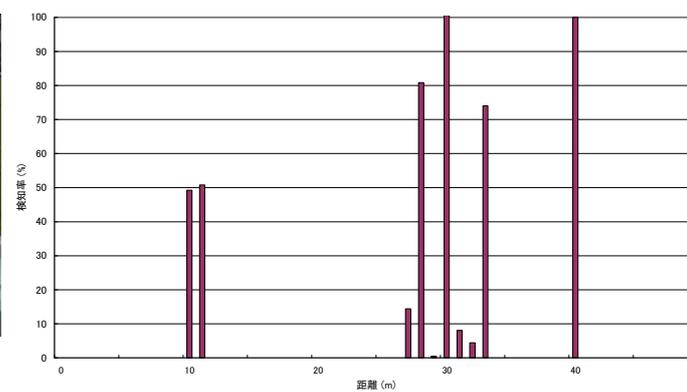
< S - 2 7 > テレビ、アスファルト、30m、45 度

20061106114025.S27_000



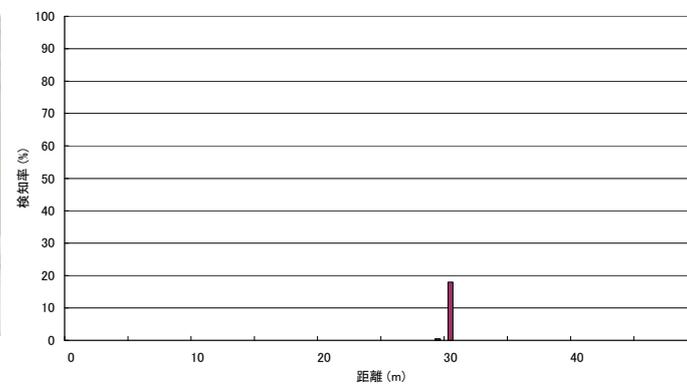
< S - 2 8 > テレビ、アスファルト、30m、90 度

20061106114446.S28_000



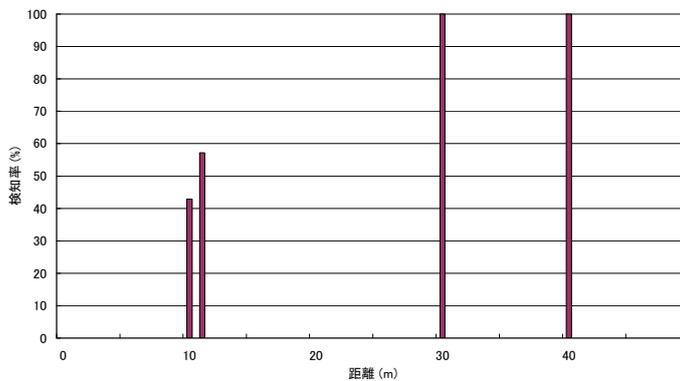
< S - 2 9 > テレビ、アスファルト、30m、135 度

20061106114845.S29_000



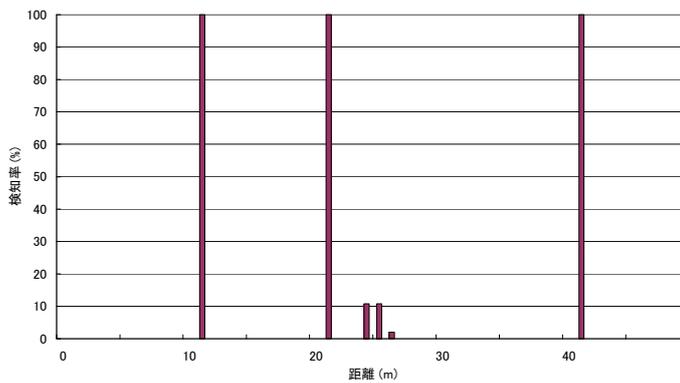
< S - 3 0 > テレビ、アスファルト、30m、180度

20061106115253_S30_000



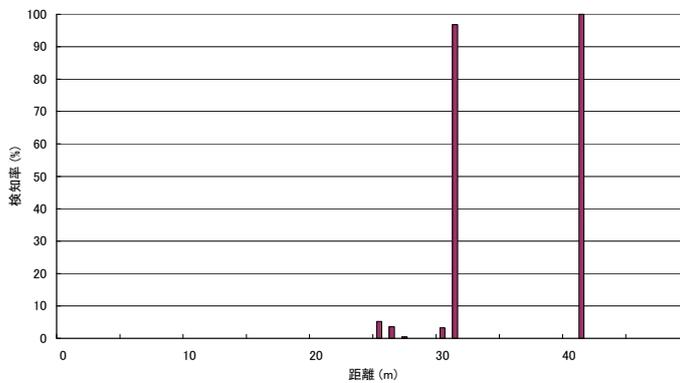
< S - 3 1 > テレビ、草地、20m、正面

20061106120139_S31_000



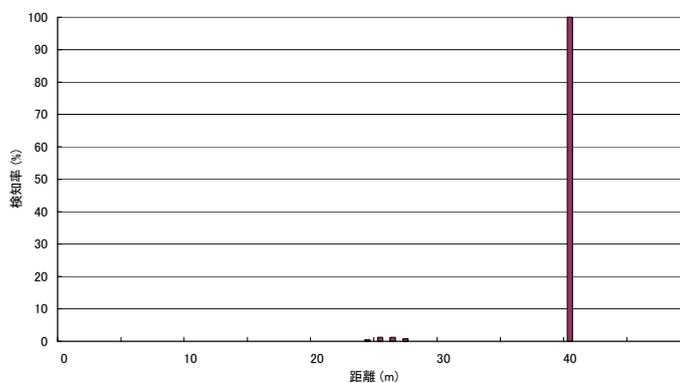
< S - 3 2 > テレビ、草地、30m、正面

20061106120404_S32_000



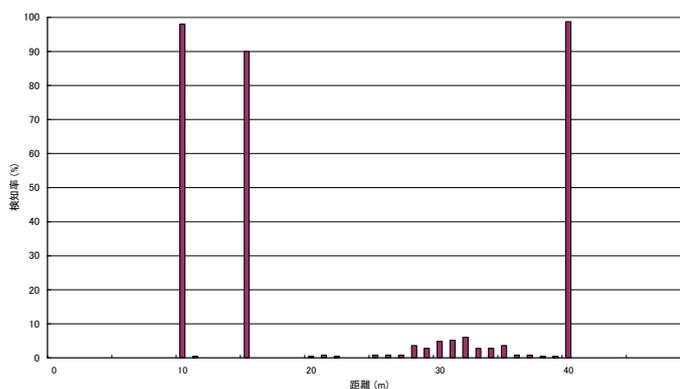
< S - 3 3 > テレビ、草地、40m、正面

20061106120906_S33_000



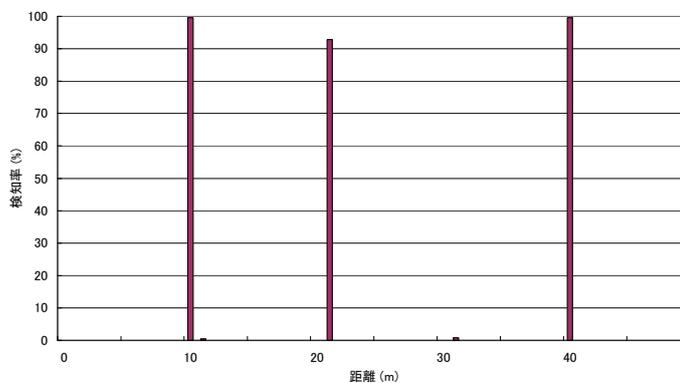
< S - 3 4 > 空缶袋 450、アスファルト、15m、正面

20061106140344_S34_000



< S - 3 5 > 空缶袋 450、アスファルト、20m、正面

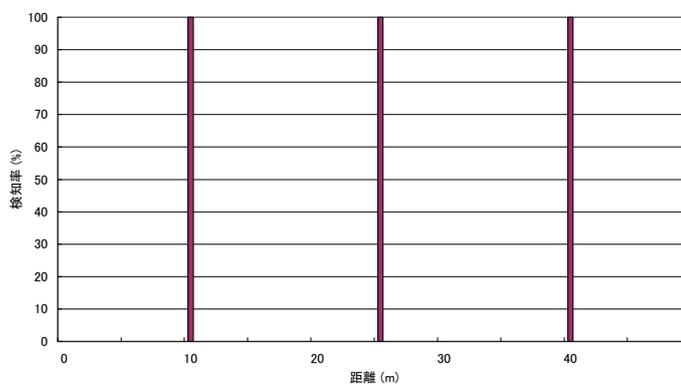
20061106141352_S35_000



< S - 3 6 > 空缶袋 450、アスファルト、25m、正面



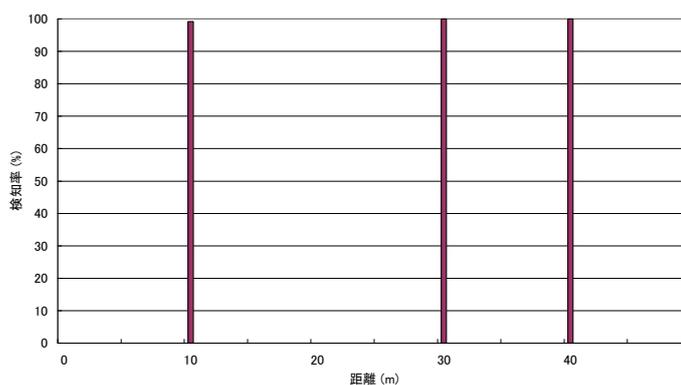
20061106142658_S36.000



< S - 3 7 > 空缶袋 450、アスファルト、30m、正面



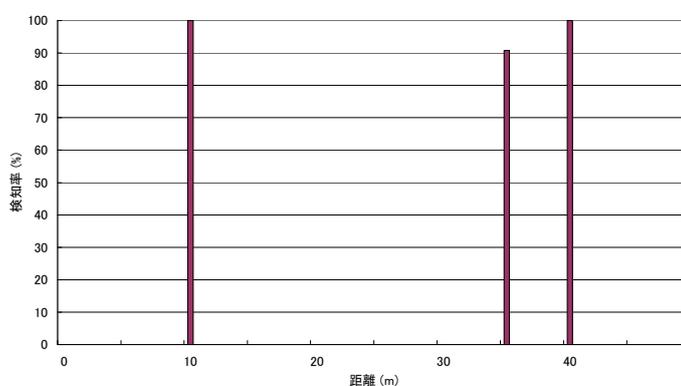
20061106143038_S37.000



< S - 3 8 > 空缶袋 450、アスファルト、35m、正面

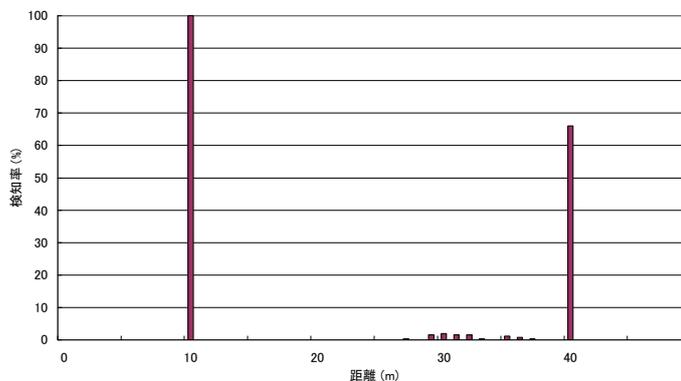


20061106143316_S38.000



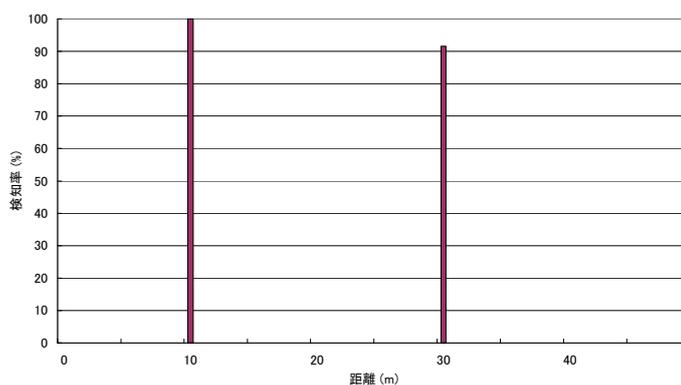
< S - 3 9 > 空缶袋 450、アスファルト、40m、正面

20061106143844_S39_000



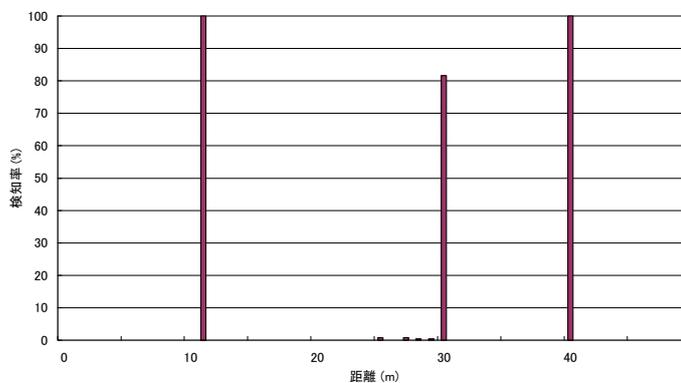
< S - 4 0 > 空缶袋 450、アスファルト、30m、上下反転

20061106144253_S40_000



< S - 4 2 > 空缶袋 450、草地、30m、正面

20061106160511_S42_000



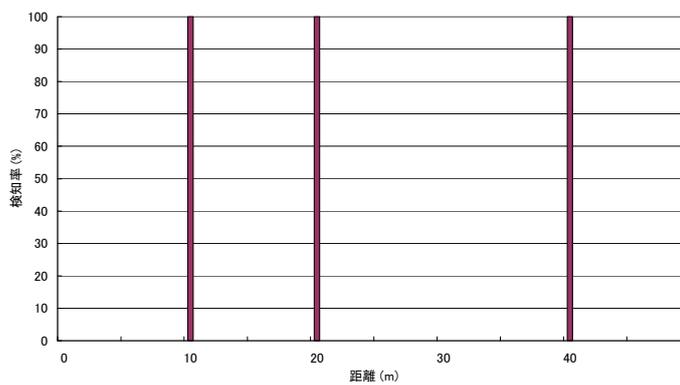
< S - 4 3 > 空缶袋 450、草地、40m、正面



データ抽出不可

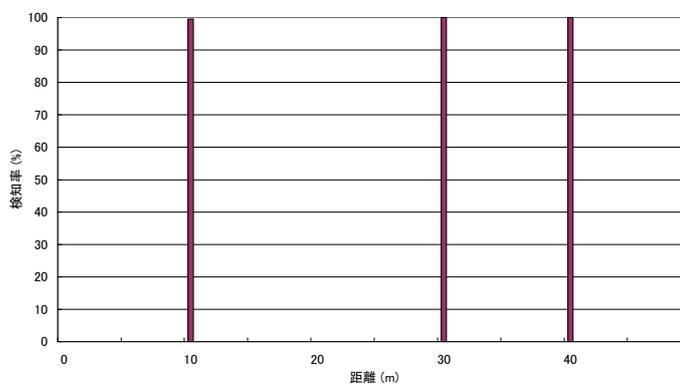
< S - 4 4 > 空缶袋 700、アスファルト、20m、正面

20061106152057_S44_000



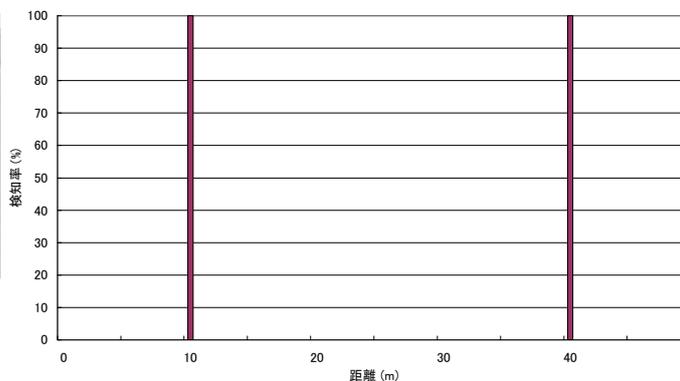
< S - 4 5 > 空缶袋 700、アスファルト、30m、正面

20061106152707_S45_000



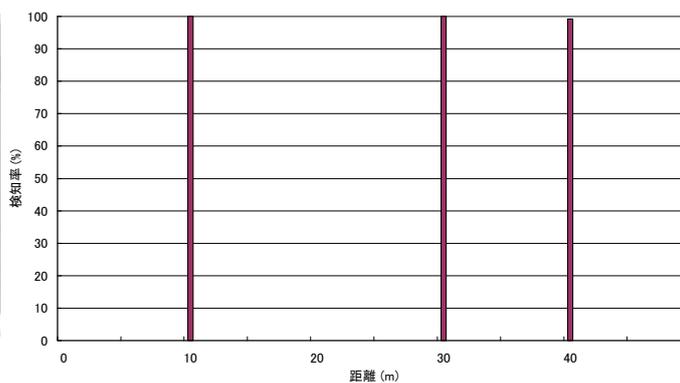
< S - 4 6 > 空缶袋 700、アスファルト、40m、正面

20061106153348_S46_000



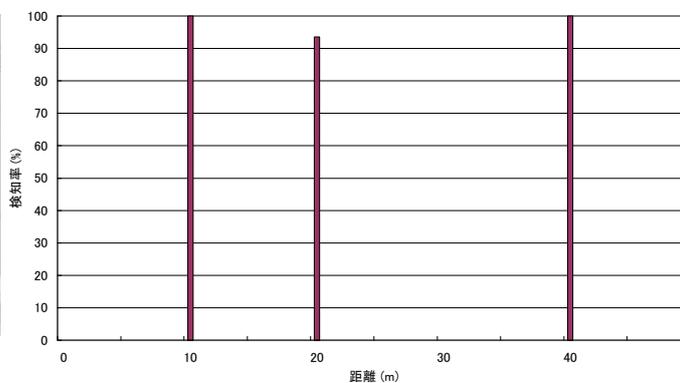
< S - 4 7 > 空缶袋 700、アスファルト、30m、上下反転

20061106153836_S47_000



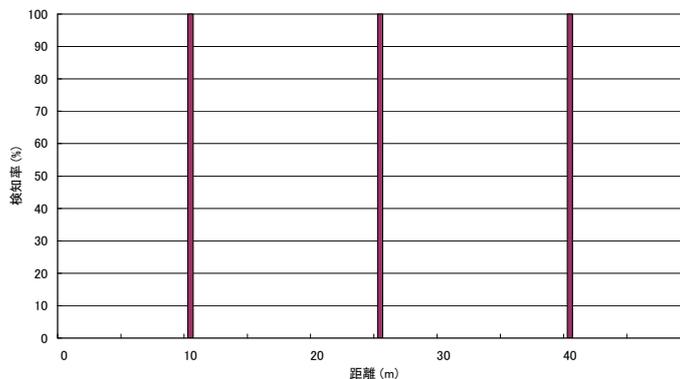
< S - 4 8 > 空缶袋コンビニ、アスファルト、20m、正面

20061106145056_S48_000



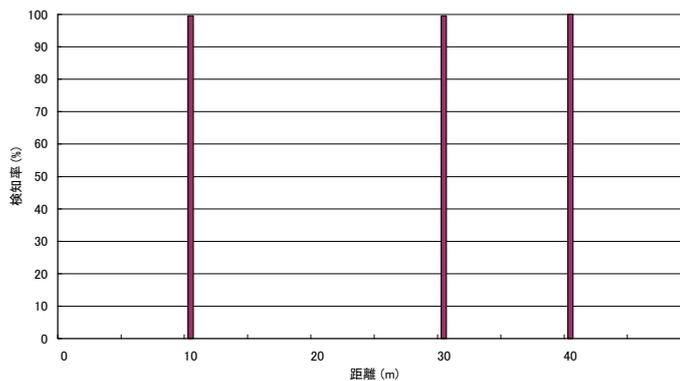
< S - 4 9 > 空缶袋コンビニ、アスファルト、25m、正面

20061106145639_S49_000



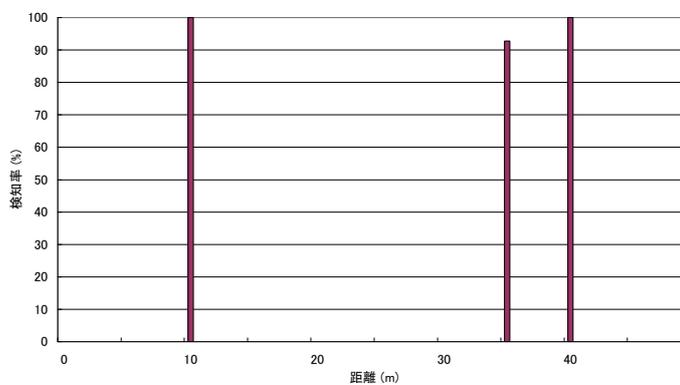
< S - 5 0 > 空缶袋コンビニ、アスファルト、30m、正面

20061106145931_S50_000



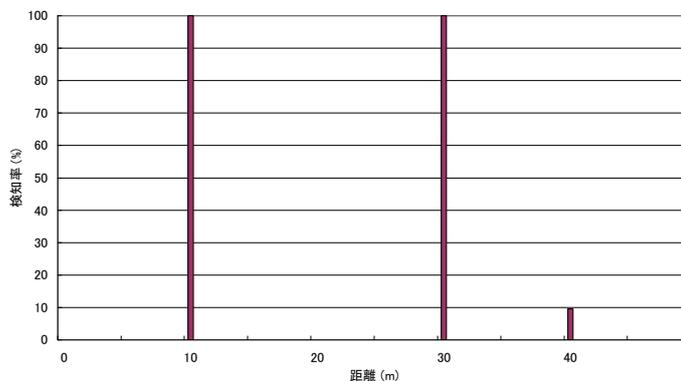
< S - 5 0 ' > 空缶袋コンビニ、アスファルト、35m、正面

20061106150358_S50'35m_000



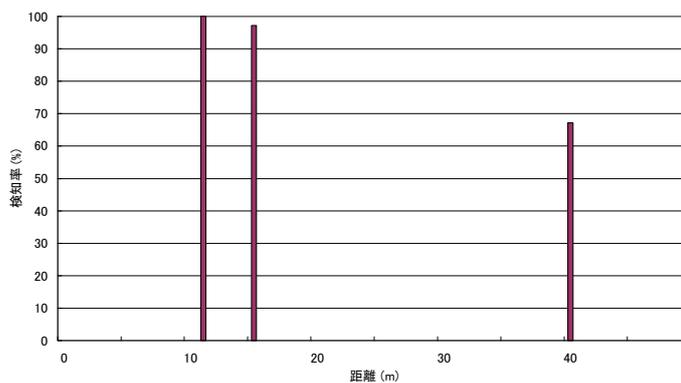
< S - 5 1 > 空缶袋コンビニ、アスファルト、30m、上下反転

20061106154126.S51_000



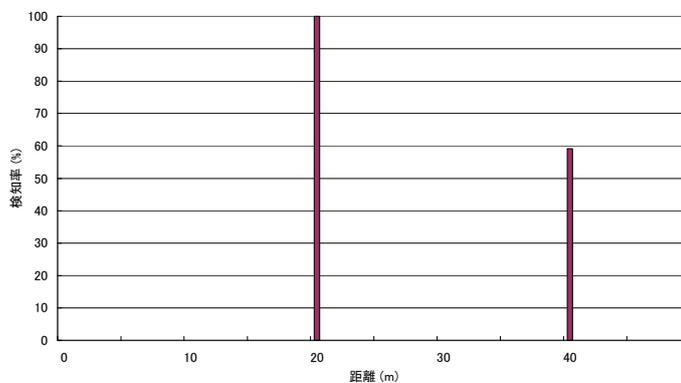
< S - 5 2 > タンポール中、アスファルト、15m、正面

20061107101556.S52_000



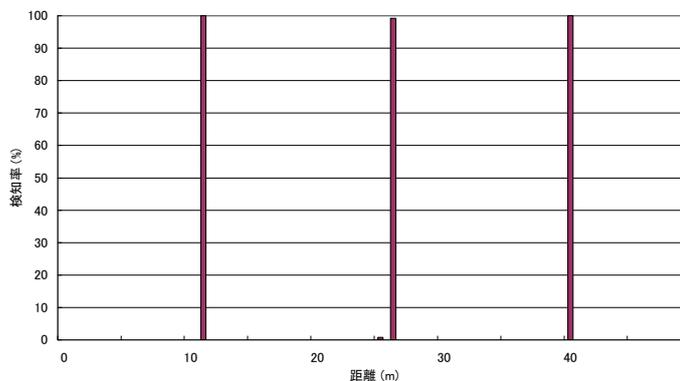
< S - 5 3 > タンポール中、アスファルト、20m、正面

20061107102743.S53_000



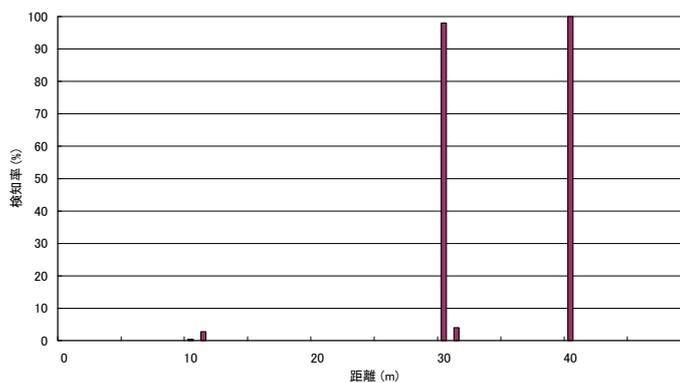
< S - 5 4 >ダンボール中、アスファルト、25m、正面

20061107103029_S54_000



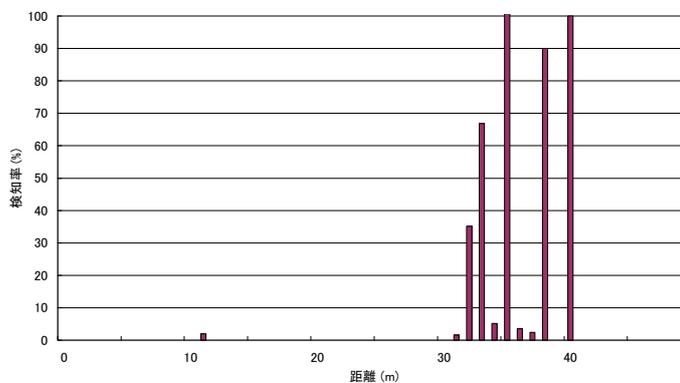
< S - 5 5 >ダンボール中、アスファルト、30m、正面

20061107103258_S55_000



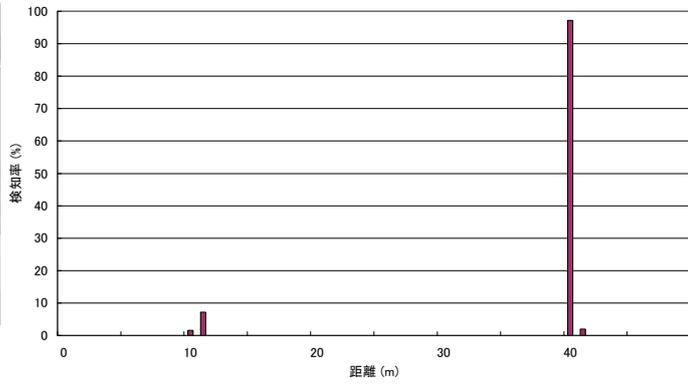
< S - 5 6 >ダンボール中、アスファルト、35m、正面

20061107103552_S56_000



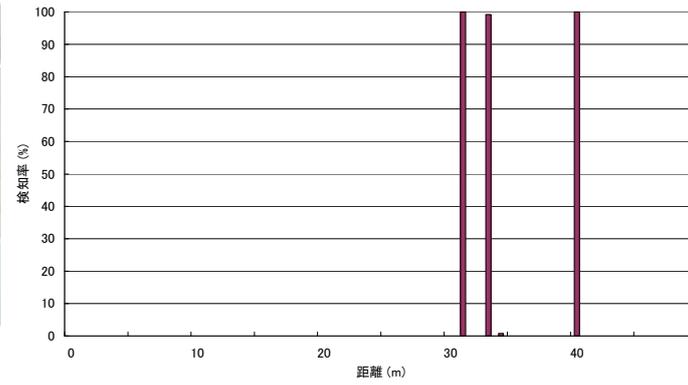
< S - 5 7 >ダンボール中、アスファルト、40m、正面

20061107104018_S57_000



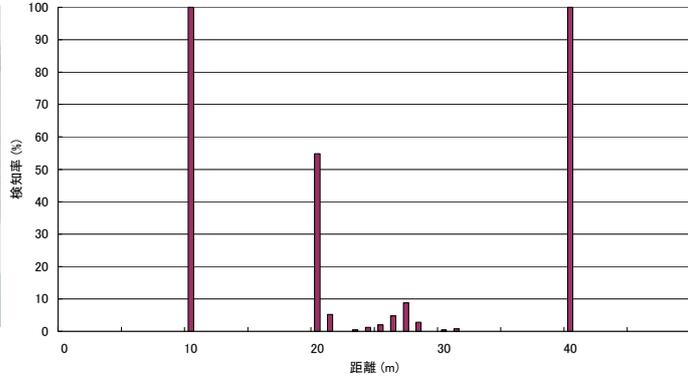
< S - 5 8 >ダンボール中、アスファルト、30m、45度

20061107104453_S58_000



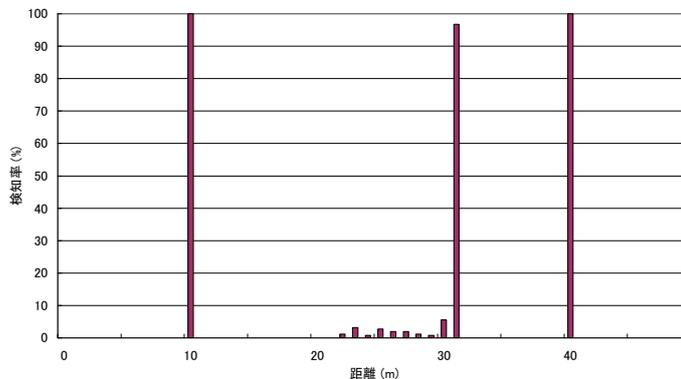
< S - 5 9 >ダンボール中、草地、20m、正面

20061107120300_S59_000



< S - 6 0 > タンポール中、草地、30m、正面

20061107120526_S60_000



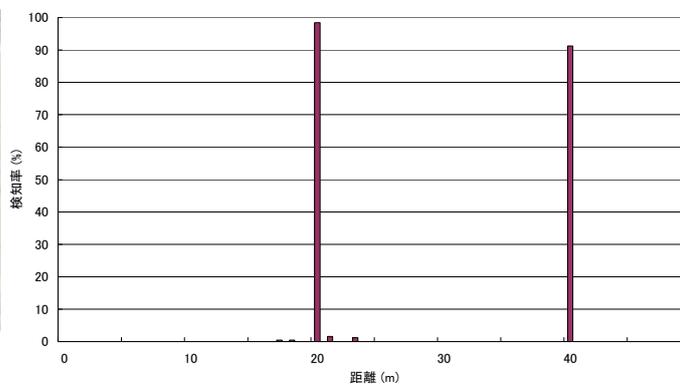
< S - 6 1 > タンポール中、草地、40m、正面



データ抽出不可

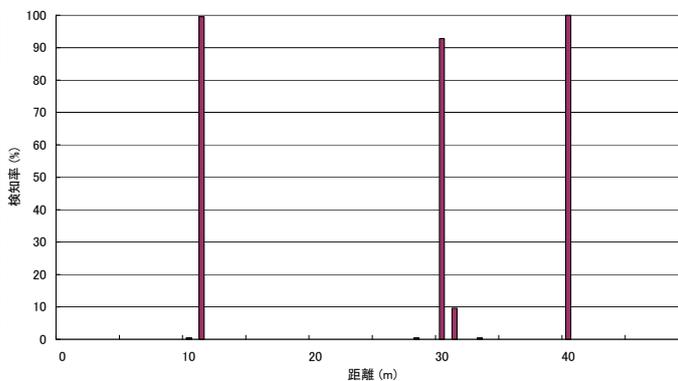
< S - 6 2 > タンポール大、アスファルト、20m、正面

20061107111143_S62_000



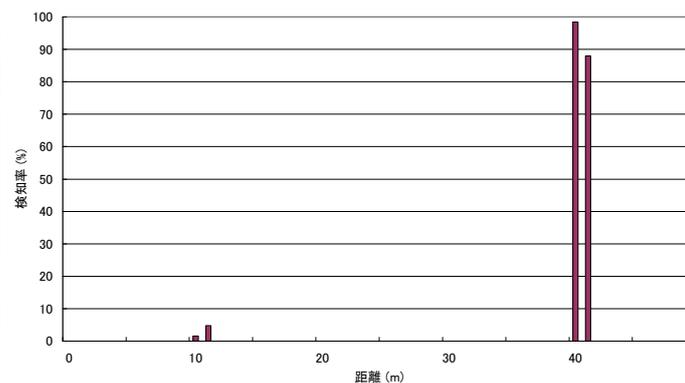
< S - 6 3 >ダンボール大、アスファルト、30m、正面

20061107111430.S63.000



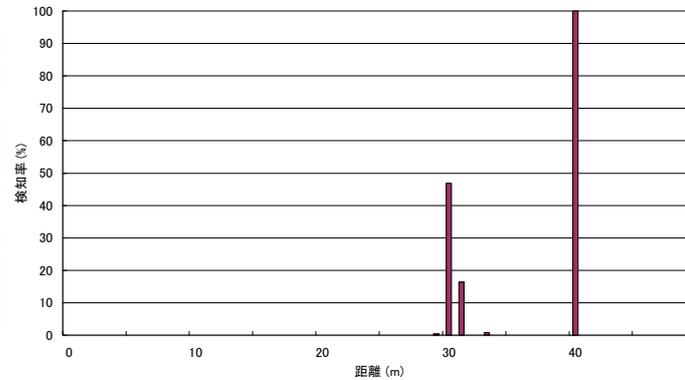
< S - 6 4 >ダンボール大、アスファルト、40m、正面

20061107112501.S64.000



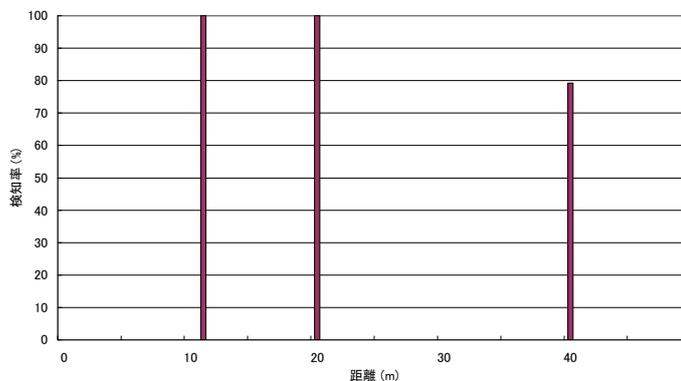
< S - 6 5 >ダンボール大、アスファルト、20m、45度

20061107112114.S65.000



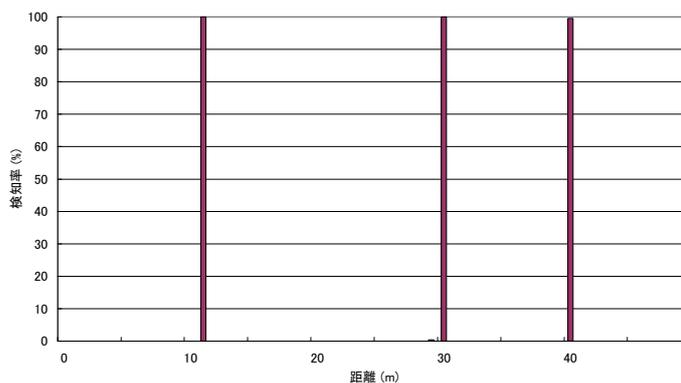
< S - 6 6 >ダンボール小、アスファルト、20m、正面

20061107105313_S66_000



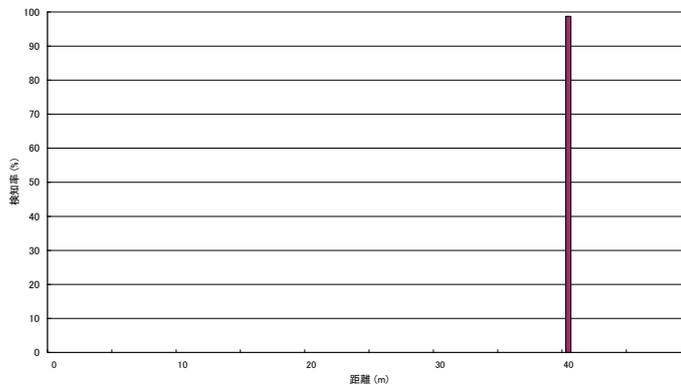
< S - 6 7 >ダンボール小、アスファルト、30m、正面

20061107105901_S67_000



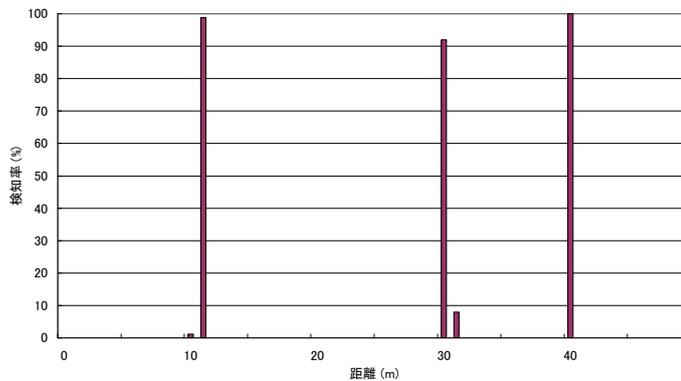
< S - 6 8 >ダンボール小、アスファルト、40m、正面

20061107110521_S68_000



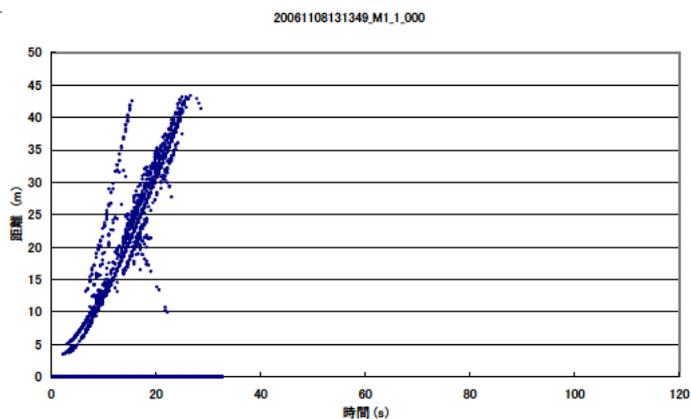
< S - 6 9 > タンホール小、アスファルト、30m、45度

20061107110148_S69_000

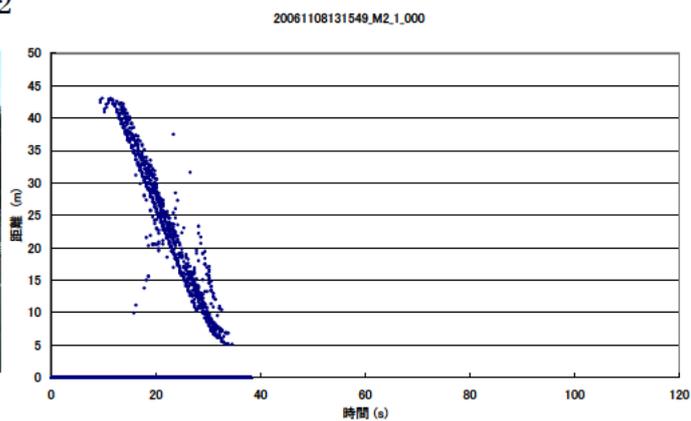


(2) 移動物検知試験

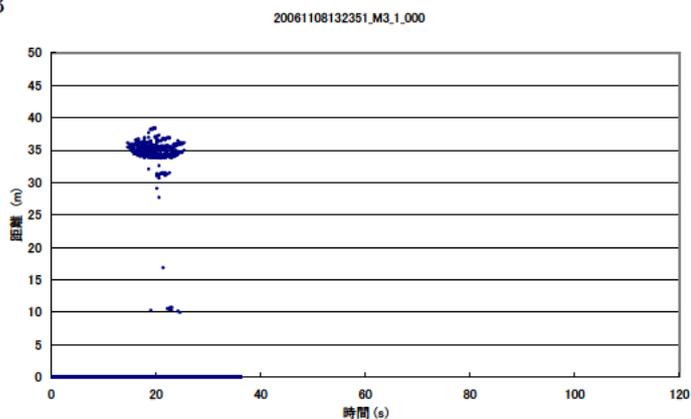
<M-1>自動車、アスファルト、通過 1



<M-2>自動車、アスファルト、通過 2

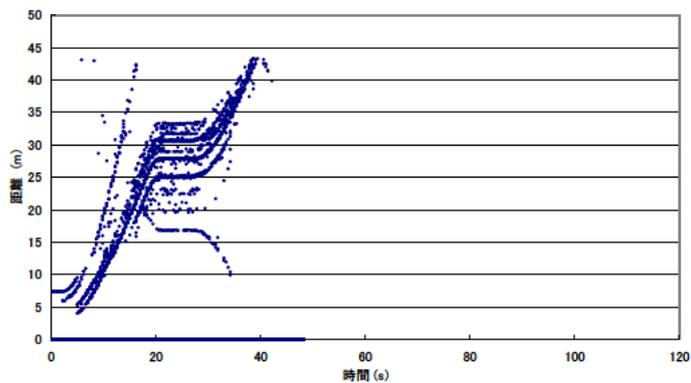


<M-3>自動車、アスファルト、通過 3



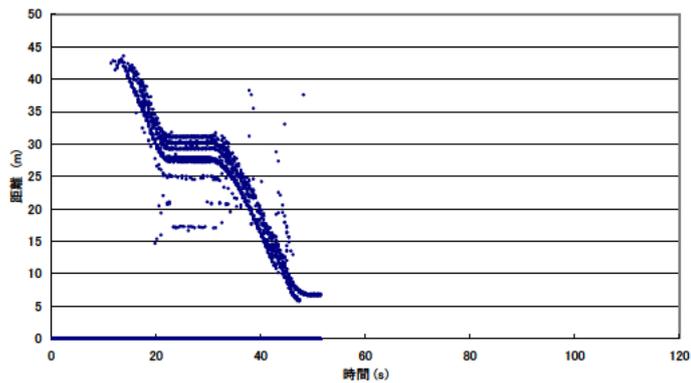
<M-4>自動車、アスファルト、一時停止 1

20061108132956_M4_1_000



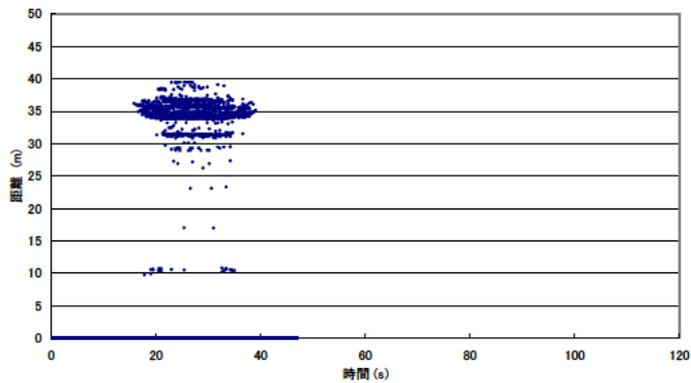
<M-5>自動車、アスファルト、一時停止 2

20061108133508_M5_1_000

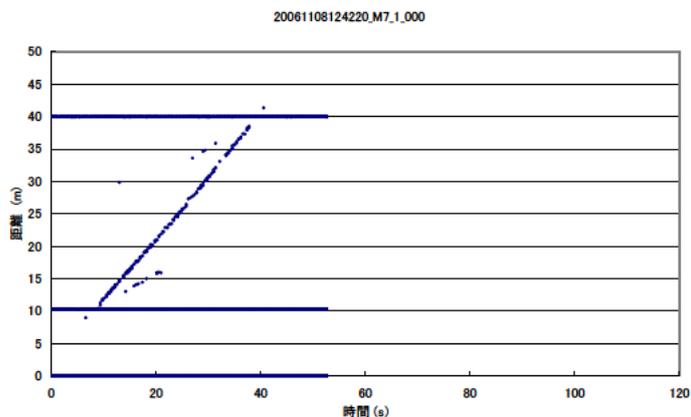


<M-6>自動車、アスファルト、一時停止 3

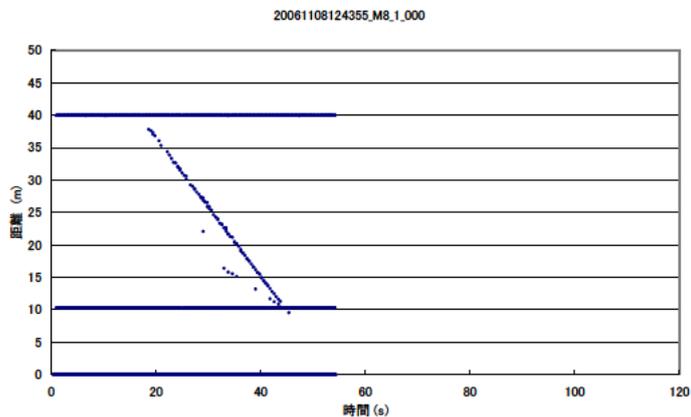
20061108134157_M6_1_000



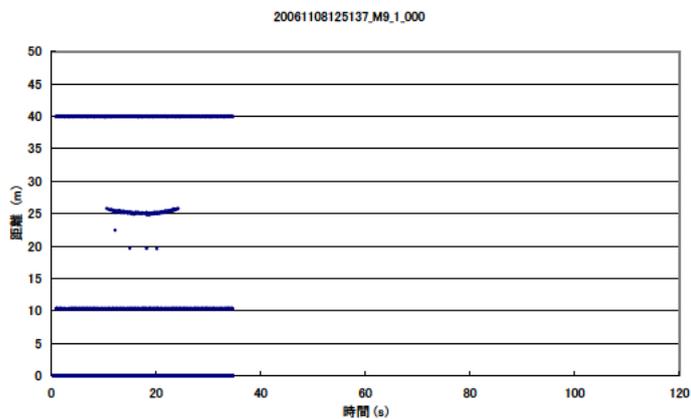
<M-7> 人、アスファルト、通過 1



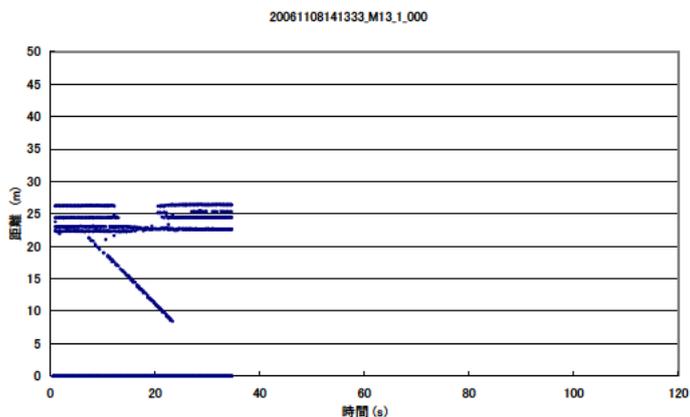
<M-8> 人、アスファルト、通過 2



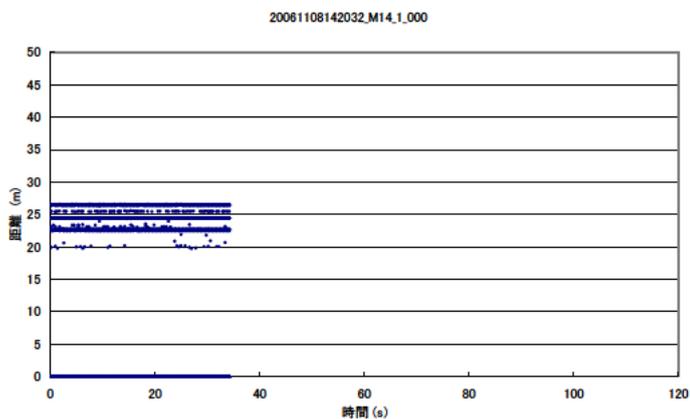
<M-9> 人、アスファルト、通過 3



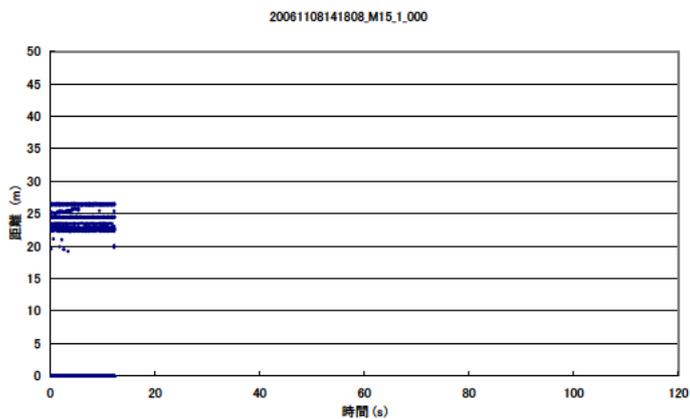
<M-13> 人、アスファルト、分離 1



<M-14> 人、アスファルト、分離 2



<M-15> 人、アスファルト、分離 3



2. 試作機への意見収集用シート

「電波利用センサを用いた不法投棄監視
システムの実現に向けた調査検討会」 各位

「不法投棄監視システム試作機」見学会のご感想 (平成 19 年 1 月 25 日実施)

先日 1 月 25 日の「不法投棄監視システム試作機」見学会へのご参加有難うございます。
当日は、報道機関の取材対応に追われ、十分な議論時間を設けることが出来ず、誠に申し訳
ございません。

つきましては、以下の内容で試作機についての皆様のご意見を頂きたいと思えます。

頂いたご意見を基に、次回の調査検討会の資料を作成したいと思います。

(※ 次回の検討会日程は現在調整中です。決まり次第、別途ご連絡します。)

所属： _____

氏名： _____

以下の内容について、「不法投棄監視システム試作機」についての感想をお聞かせください。
※ 該当する項目の“□”にチェック (✓または■) してください。

1. ミリ波センサの対象検出性能 (対象を認識する性能) について、どう思いましたか？

①対象を十分に検出しておらず、改善が必要である。

②「動き」を含め適当な検出性能である

①を選択した場合は、必要な改善条件をご記入ください。

2. 危険度の判定精度 (危険度 0、危険度 1、危険度 2 の警報を判断表示する能力) について、どう思いま
したか？

①精度が悪く、改善が必要である。

②精度はあまりよくないが、実用に問題はない。

③十分な精度を有するものである

①、②を選択の場合、求められる判定精度をご記入願います。

3. 危険度判定の有効性（危険度によって、撮影映像を保存する、撮影回数を増やす、カメラを回転させ対象に向ける、撮影をアップにする、管理者へ通報するなどの機能）について、どう思いましたか？
- ①監視システムの運用上で不要である。
 - ②十分とは言えないが、監視システムの運用に有効であり、必要である。
 - ③監視システムの運用に十分に有効である

①、②を選択の場合、必要な機能などがありましたら、ご記入願います。

4. 実際の不法投棄発生の現場を踏まえると、設置型カメラ監視方式の不法投棄監視システムにおける検知センサの検出範囲は、1装置当たりどれくらいが適当と思えますか？

※ 1月25日の試験公開では、約40メートルでした。

※ 検出範囲を遠大にするほど、開発や運用が難しくなります。実際の不法投棄現場と監視システムを設置する状況から、実用上に必要な検出範囲をご回答願います。

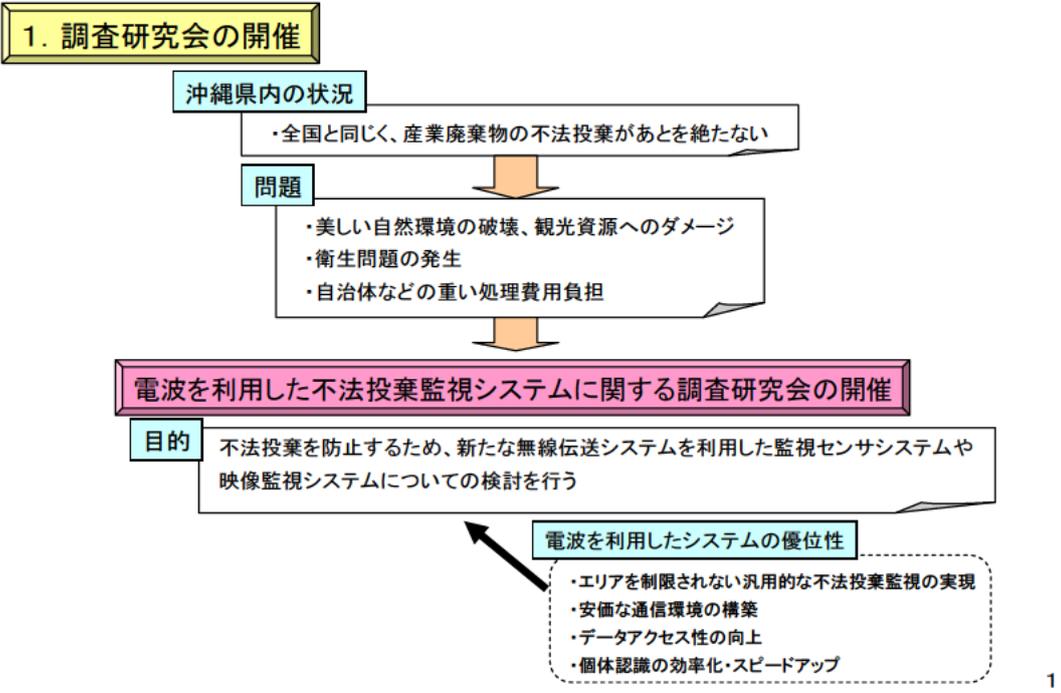
- 10m以内 ~50m位 ~100m位 ~200m位 200m以上

5. その他、試作システムそのもの、その運用などにつきまして、お気づきの点がありましたら、ご記入ください。

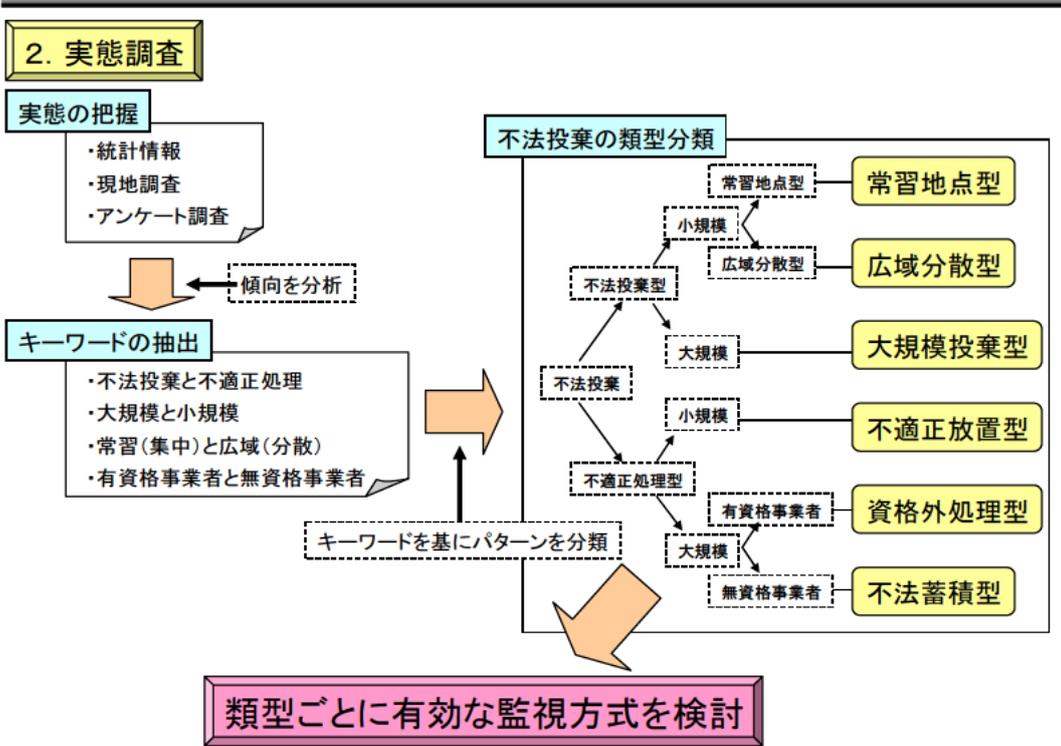
ご協力有難うございました。

3. 平成 17 年度報告書概要

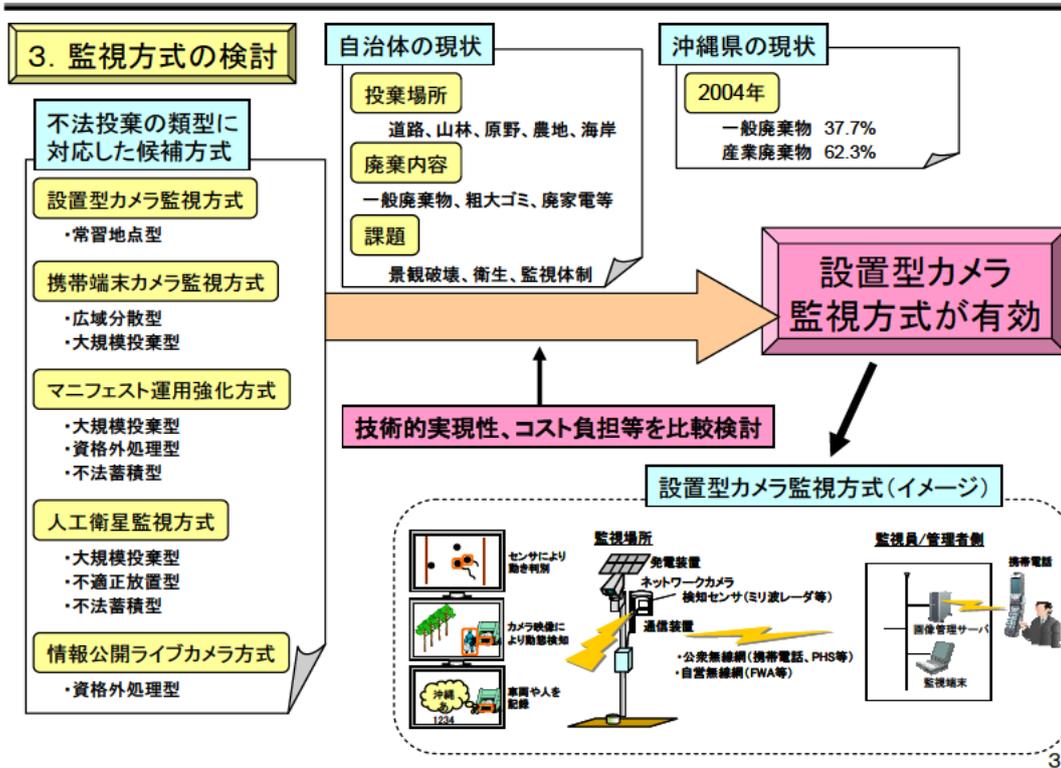
平成17年度「電波を利用した不法投棄監視システムに関する調査研究」報告書概要



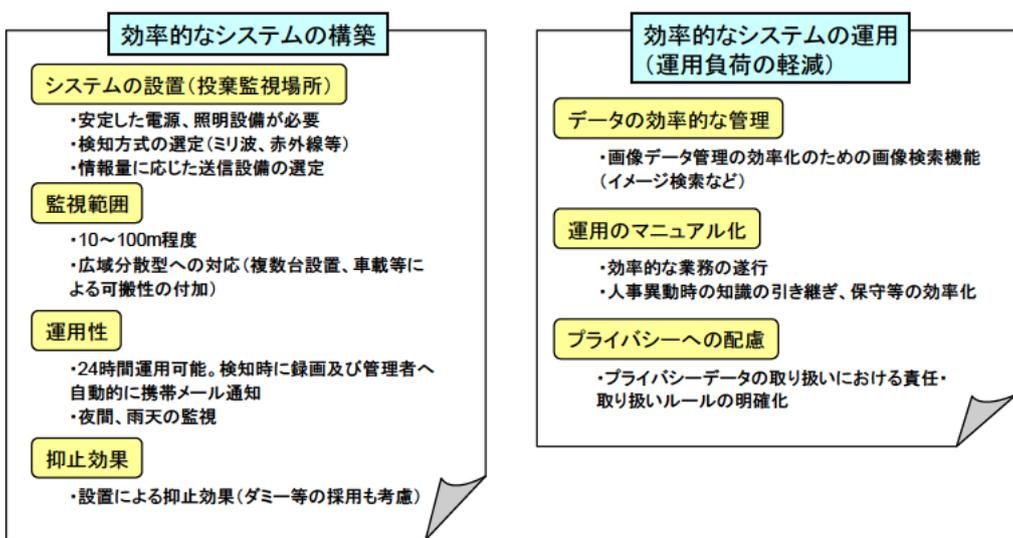
1



2



4. 設置型カメラ監視方式の実現に向けた課題



4. プライバシーへの配慮（平成17年度報告書より）

http://okinawa-bt.soumu.go.jp/musentuusin/pdf/2006_01-houkokusyo.pdf

不法投棄のカメラ監視に関して、不法投棄の発生パターンから発生頻度の高い場所に設置して監視を行い、不法投棄が発生した場合に、監視により取得した画像データの取り扱いを含め如何に対処するかについて決めなければならない。

不法投棄監視の目的は、投棄の防止である為、対処の手順を決めなければならない。

- ① 不法投棄の発見（不法投棄監視システムにより）
- ② 管理職員が不法投棄場所を調査し、現状把握
- ③ 投棄物や画像データから不法投棄者を特定
- ④ 不法投棄者を指導し、投棄物の撤去（原状回復）をさせる
- ⑤ 悪質な場合、警察への通報
- ⑥ 投棄物の撤去後、画像データを消去。

また、不法投棄監視に関して、プライバシー保護に配慮した監視カメラ設置及び画像データの取り扱いに関する運用ガイドラインを策定する必要があり、運用ガイドラインの項目例としては、以下が挙げられる。

- ・運用ガイドラインの目的
- ・監視範囲
- ・管理責任者
- ・カメラ監視、責任者、連絡先の明示
- ・画像データ等の操作室又は保管設置場所への管理責任者への許可許諾
- ・保管設置場所への施錠
- ・管理責任者下で、操作権限のある者を指定
- ・画像データは、不法投棄の監視およびその証拠としてのみ使用する。それ以外の目的への使用を禁止
- ・画像データの保存期間、保存条件
- ・画像データを、管理責任者の許可無く、持ち出さない
- ・画像データは、保存期間が過ぎた場合、もしくは保存条件外の場合、迅速かつ確実に消去
- ・画像データ等を印刷した場合は、使用后、裁断処理
- ・画像データから知り得た個人の情報は、目的外に、外部に漏らさない（守秘義務契約を負う）
- ・悪質な不法投棄に対して警察の協力を得る場合は、適正な画像データの受け渡しを行う
- ・不法投棄者本人から、画像データを求められた場合は、第三者の画像が含まれないようにする

- ・原状回復後、不法投棄者本人から、画像データの消去を求められた場合は、迅速かつ確実に消去
- ・一般住民から、不法投棄監視に関して、情報公開請求を受けた場合、速やかな対応
- ・管理責任者または、その指名を受けた苦情処理対応者が、不法投棄監視に関して住民から苦情を受けた場合は、適正に対処
- ・不法投棄監視の対処に関するマニュアル及び運用ガイドラインは、操作室又は保管設置場所に掲示し、操作権限のある者に周知、徹底させる

自治体等が不法投棄監視システムを導入する場合には、不法投棄監視の対処に手順を含んだマニュアルとプライバシー保護に配慮した監視カメラ設置及び画像データの取り扱いに関する運用ガイドラインを策定し、運用側のルールの明確化とともに住民からの情報開示請求にも対応可能とするべきである。