

情報通信審議会 情報通信技術分科会

小電力無線システム委員会

報 告

# 目 次

I	審議事項	1
II	委員会及び作業班の構成	1
III	審議経過	1
IV	審議概要	3
	第1章 審議の背景	3
	第2章 アクティブタグシステムの概要	4
	2. 1 アクティブタグシステムの動作原理	4
	2. 2 アクティブタグシステムの信号のやり取り	5
	2. 3 アクティブタグシステムの利用シーン	6
	第3章 433MHz帯アクティブタグシステムの動向	11
	3. 1 国際標準化の状況	11
	3. 2 諸外国における導入状況	11
	3. 3 諸外国における技術基準	12
	3. 4 433MHz帯の我が国における利用状況	15
	第4章 433MHz帯アクティブタグシステムの技術的条件の検討	17
	4. 1 実機を用いた基礎検討	17
	4. 2 アマチュア局との共用・干渉検討	18
	4. 3 帯域外他システム等との共用に関する検討	31
	4. 4 共用のための方策	33
	第5章 433MHz帯アクティブタグシステムの技術的条件	35
	5. 1 433MHz帯アクティブタグシステムの用途	35
	5. 2 433MHz帯アクティブタグシステムの技術的条件	35
	5. 3 電波防護指針への適合について	43
V	審議結果	46
	別表1 委員会構成	47
	別表2 作業班構成	48
	参考資料	49

## I 審議事項

小電力無線システム委員会は、情報通信審議会諮問第 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」（平成 14 年 9 月 30 日諮問）のうち 433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件について審議を行った。

## II 委員会及び作業班の構成

委員会の構成については、別表 1 のとおり。

なお、検討の促進を図るため、本委員会の下に作業班を設けて検討を行った。作業班の構成については、別表 2 のとおり。

## III 審議経過

### 1 委員会

#### ① 第 5 回（平成 16 年 9 月 22 日）

国土交通省より、433MHz 帯の電子タグが利用可能な環境の整備が必要であり、十分な検討を行うよう要望する旨の意見陳述があった。

#### ② 第 11 回（平成 18 年 5 月 16 日）

小電力無線システム委員会報告（案）について審議を行い、委員会報告（案）についてパブリックコメントの募集を行うこととなった。

#### ③ 第 12 回（平成 18 年 6 月 29 日）

### 2 作業班

#### ① 第 1 回（平成 16 年 8 月 5 日）

433MHz 帯アクティブタグシステムの国際的な標準化についての報告があった。

#### ② 第 2 回（平成 16 年 8 月 27 日）

433MHz 帯アクティブタグシステムに関する諸外国の動向についての報告があった。

- ③ 第3回（平成16年9月30日）  
433MHz 帯アクティブタグを活用した国際コンテナ物流の管理・輸送システムの検討についての報告があった。
- ④ 第13回（平成18年2月2日）  
433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件等についての審議を行った。
- ⑤ 第14回（平成18年3月6日）  
第13回に続き、433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件等についての審議を行った。
- ⑥ 第15回（平成18年4月6日）  
委員会報告（素案）についての審議を行った。
- ⑦ 第16回（平成18年5月10日）  
委員会報告（案）についての審議を行い、委員会へ報告することが了承された。

## IV 審議概要

### 第1章 審議の背景

ユビキタスネットワーク社会において主要な役割を担うことが期待されている電子タグ（RFID：Radio Frequency Identification）システムは、既に、生産、物流、販売、医療、金融、環境及び道路・交通といった幅広い分野において利用が進んでいるところである。

電子タグには、リーダ／ライタからのエネルギーにより情報をやり取りする電子タグ（以下「パッシブタグ」という。）と、電池等からのエネルギーにより自ら情報をやり取りすることができる電子タグ（以下「アクティブタグ」という。）の2つのタイプがある。一般的に、パッシブタグは小型軽量で半永久的に使用できるというメリットを有し、アクティブタグは長い通信距離を確保できるとともに、センサなどを付けて高機能化しやすいというメリットがある。

パッシブタグシステムは、我が国では既に、13.56MHz 帯、950MHz 帯、2.45GHz 帯の周波数帯について制度が整備されているほか、135kHz 以下でも利用されている。一方、アクティブタグシステムは、国際的に 433MHz 帯を利用したシステムについて ISO（国際標準化機構：International Organization for Standardization）標準が策定され、各国においても制度整備、実用化が進められつつある。この 433MHz 帯を用いたアクティブタグシステム（以下「433MHz 帯アクティブタグシステム」という。）は、例えば、国際物流分野におけるセキュリティ向上やサプライチェーンマネジメントの効率向上等の目的で、海上輸送用コンテナ等に取り付けるといった用途で用いられるケースが主流である。

我が国においても、円滑で効率的な国際物流の実現やセキュリティ向上のために、国際的に同一周波数帯を使用する 433MHz 帯アクティブタグシステム導入に対して国内外からの強い要望があるところである。ただし、我が国において 433MHz 帯は、既にアマチュア業務に割り当てられており、433MHz 帯アクティブタグシステムの導入について検討する場合、アマチュア局との共用検討を行うことが不可欠である。

本審議は、433MHz 帯アクティブタグシステムに関する国際的な動向や国内における既存のアマチュア局の利用動向等を踏まえ、アマチュア局との共用検討を行うなど 433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件について審議を行ったものであり、その内容について報告する。

## 第2章 アクティブタグシステムの概要

### 2.1 アクティブタグシステムの動作原理

アクティブタグシステムは、一般的にアクティブタグと、アクティブタグに対し始動のための信号や制御のための信号を与える制御設備（以下「インタロゲータ」という。）で構成されている。

アクティブタグシステムの動作原理としては、アクティブタグとインタロゲータ間及びアクティブタグ同士間で、単方向又は双方向の情報のやり取りが任意のタイミングで行われるものである。リーダ／ライタからの電波のエネルギーを使用して情報のやり取りを行う「パッシブタグ」とは異なり、アクティブタグは自ら電源を持つため、長い通信距離を確保できるとともに、センサ等と連動させることにより高機能化しやすいといったメリットがある。パッシブタグ及びアクティブタグの動作原理を図2.1.1及び図2.1.2に示す。

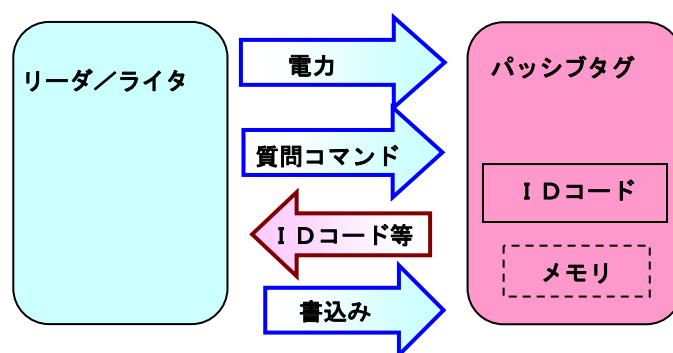


図 2.1.1 パッシブタグの動作原理

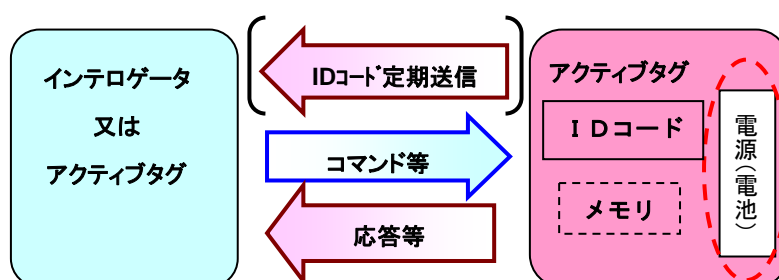


図 2.1.2 アクティブタグの動作原理

## 2. 2 アクティブタグシステムの信号のやり取り

アクティブタグシステムにおける通信モードは、大きく分けてビーコンモードとマスター・スレイブモードの 2 つがある。ビーコンモード及びマスター・スレイブモードのそれぞれの信号のやり取りを図 2.2.1 及び図 2.2.2 に示す。

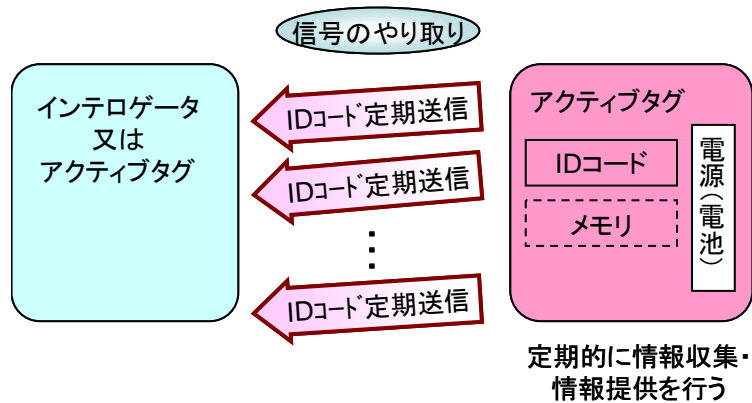


図 2.2.1 ビーコンモードの信号のやり取り

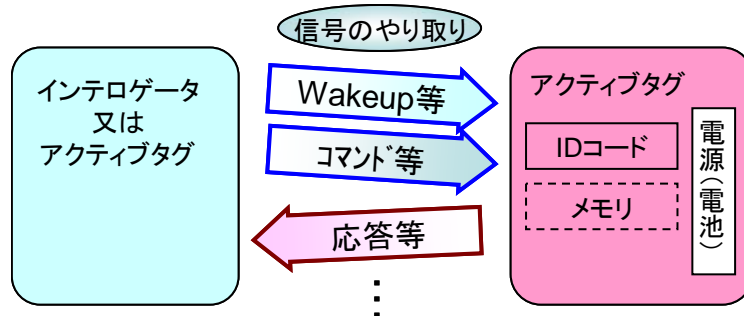


図 2.2.2 マスター・スレイブモードの信号のやり取り

ビーコンモードは、アクティブタグ側から一定間隔で自動的に信号を発信するモードである。主に周囲の温度を監視する等の定期的な情報収集や情報提供を行う必要がある時に用いられ、緊急時や異常検知時等にアクティブタグ側が自動的に発信することもある。

マスター・スレイブモードは、インタロゲータからのウェイクアップ信号（始動のための信号）に反応してアクティブタグが始動し（通信可能な状態になり）、インタロゲータとの間で情報のやり取りが可能になるモードである。主に港湾、工場、倉庫等においてコンテナの管理等に用いられる。なお、ウェイクアップ信号は、長波（125kHz）等異なる周波数帯を用いる場合もある。

また、アクティブタグの動作可能時間を長くするには、極力電波の発射を抑え、低消費電力化を図る必要がある。そのため、マスター・スレイブモードではインテロゲータからのウェイクアップ信号による始動方式が用いられ、ビーコンモードでは、用途に応じてできる限り発信時間を短くしたり、発信間隔を長くするように設定されている。

## 2. 3 アクティブタグシステムの利用シーン

アクティブタグシステムのうち 433MHz 帯アクティブタグシステムは、主に国際物流分野における利用方法が検討されている。

9.11 米国同時多発テロ以降、安全かつ効率的な国際物流を維持するためにコンテナ輸送の安全性確保、迅速な作業、コンテナ内容の事前提供、電子税関申請の国際標準化対応の実施が強く求められており、そのニーズに応える形で世界各国において共通に用いられる 433MHz 帯アクティブタグシステムによる国際物流の電子管理が各国において導入されつつある。

433MHz 帯アクティブタグシステムについては、既に国際規格が制定されており、電子タグシステムの規格の中の ISO/IEC18000-7 に基づきエアータグが規定されている。

コンテナを用いた国際物流等の分野において、433MHz 帯を用いたアクティブタグ（以下「433MHz 帯アクティブタグ」という。）は、コンテナの壁面若しくは開閉扉等に取付けられる場合や、コンテナ内部に設置される場合もあり、433MHz 帯アクティブタグ内に書き込まれる情報としては、各種の運用条件及び運用形態に基づき、様々な情報が記録されることとなる。

一方、433MHz 帯を用いたインテロゲータ（以下「433MHz 帯インテロゲータ」という。）は、コンテナヤードに設置されたガントリークレーン（一般的に船からの積み卸しに用いられるクレーン）やトランスファークレーン（コンテナヤード内の移動やトラックへの積み下ろしに用いられるクレーン）、またはコンテナヤードのゲート等に固定的に設置されることが多い。また、工場、倉庫及び配送センター等においては、可搬型の 433MHz 帯インテロゲータを用いて 433MHz 帯アクティブタグに記録された情報をダウンロードしたり、バンニング（コンテナの中に荷物を積み込むこと）された後のコンテナの電子封印を行ったり、デバンニング（コンテナに入っている荷物を下ろすこと）を行う前の電子解除等が行われる。

コンテナに 433MHz 帯アクティブタグを設置した例を図 2.3.1 に、433MHz 帯インテロゲータを設置した例を図 2.3.2 に示す。また、図 2.3.3 に 433MHz 帯アクティブタグシステムの利用シーンのイメージを示す。





コンテナの背面扉に取り付けられたアクティブタグの例

図 2.3.1 433MHz 帯アクティブタグの設置例



図 2.3.2 433MHz 帯インテロゲータの設置例

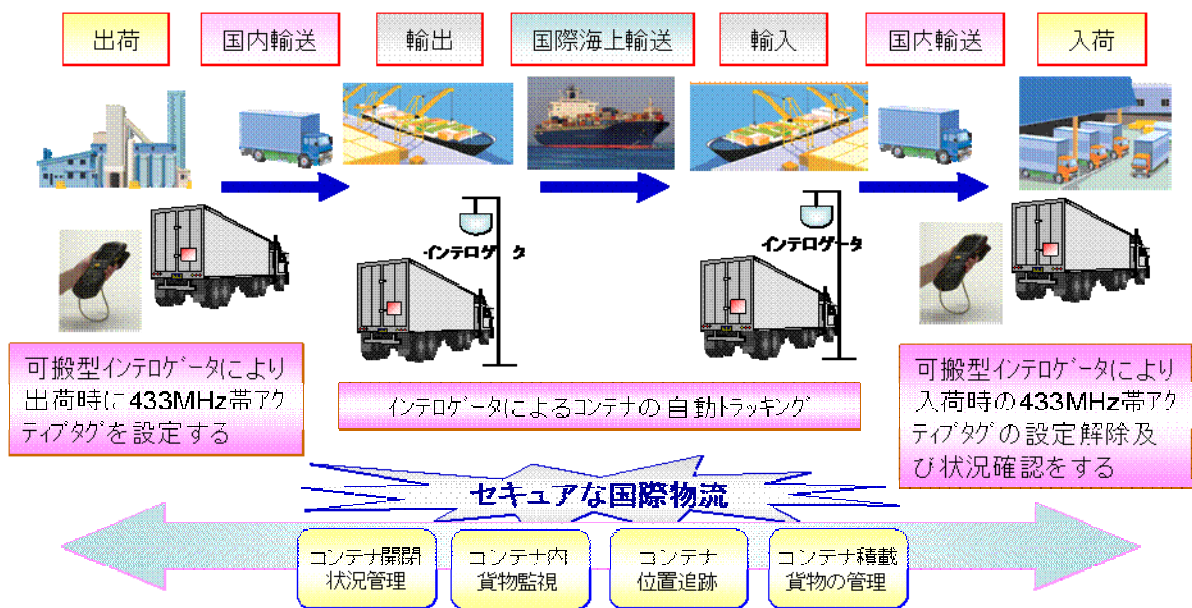


図 2.3.3 433MHz 帯アクティブタグシステムの利用シーンのイメージ

### 2. 3. 1 港湾コンテナヤードにおける利用

コンテナヤードにおいては、固定型の 433MHz 帯インテロゲータが、ガントリークレーン、トランスファークレーン及びコンテナヤードの出入口ゲートに設置される例が一般的に想定される。

陸上輸送等で運ばれてきたコンテナがコンテナヤードのゲートに設置された 433MHz 帯インテロゲータの近くを通過した時点で、433MHz 帯インテロゲータと 433MHz 帯アクティブタグとの間で通信が行われ、コンテナのトラッキング情報がやり取りされる。

また、コンテナヤード内に設置されたガントリークレーンやトランスファークレーンでのコンテナの上げ下ろしの際、クレーン上に設置された 433MHz 帯インテロゲータとコンテナに取付けられた 433MHz 帯アクティブタグとの間で通信が行われ、トラッキング情報がやり取りされる。

従来、コンテナヤードにおける各コンテナの所在場所は、管理事務所においてデータ管理されており、データで把握している情報が実際のコンテナと合致しているか否かの確認を、職員が目視で行う必要があった。

そこで、433MHz 帯アクティブタグを用いることにより、船からの積み下ろしやトランスファークレーンでの移動時に各コンテナに取付けられた 433MHz 帯アクティブタグからの情報を収集したり、逆に 433MHz 帯アクティブタグに位置情報を書き込んだりすることにより、職員による目視確認が不要となりコストの削減やコンテナの確実なトラッキングが可能となるため、コンテナをよ

り効率的に管理できるようになる。

図 2.3.4 にガントリークレーンにおける 433MHz 帯インテロゲータの設置例を示し、図 2.3.5 にコンテナヤードの例を示す。

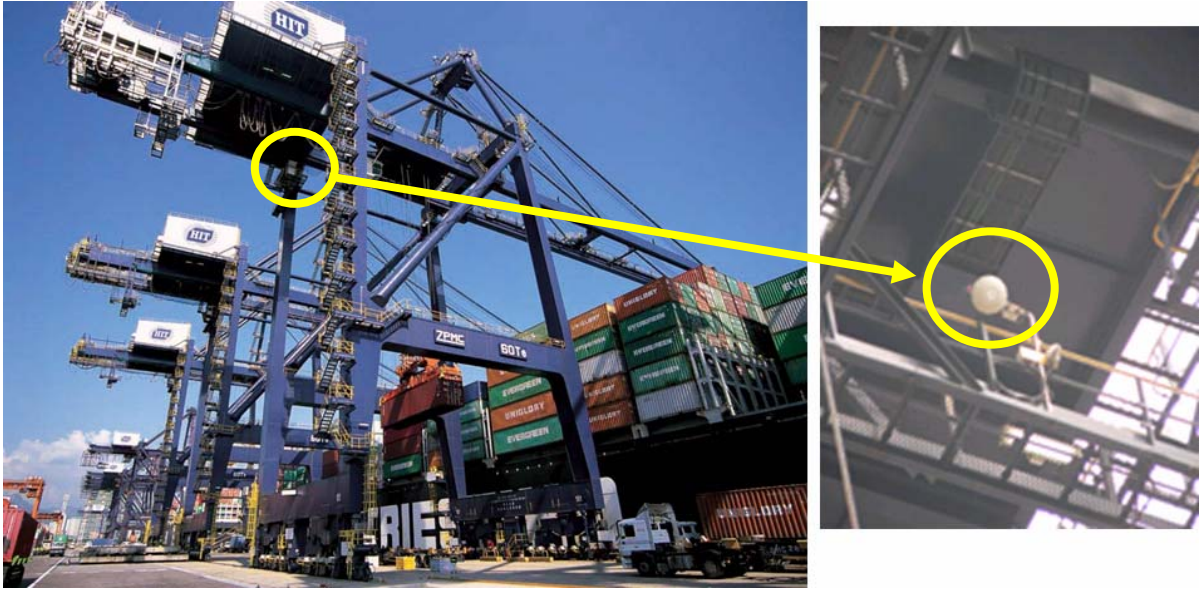


図 2.3.4 ガントリークレーンにおける 433MHz 帯インテロゲータの設置例



図 2.3.5 コンテナヤードの例

### 2. 3. 2 工場や倉庫、配送センターにおける利用

工場や倉庫、配送センターでは、主に可搬型の 433MHz 帯インテロゲータを用いて 433MHz 帯アクティブタグに記録された情報をダウンロードしたり、バンニング後のコンテナの電子封印やデバンニング前の電子解除を行う際に 433MHz 帯アクティブタグシステムが用いられるケースが想定される。

コンテナの出荷時には、荷送人がバンニングを行い、コンテナの扉を閉めた上で、電子タグに必要な情報を書き込むと共に電子封印を行うことになる。

一方、入荷時には荷受人が可搬型の 433MHz 帯インテロゲータを用いて、コンテナに取り付けられた 433MHz 帯アクティブタグを電子的に解除することとなる。このとき、433MHz 帯アクティブタグには輸送中にコンテナが不正開閉されていないか等の開封履歴情報や、433MHz 帯アクティブタグの種類によっては、温度・湿度等の経過情報が蓄積することができるため、433MHz 帯アクティブタグからその履歴を読み込むことも可能である。図 2.3.6 に倉庫における可搬型の 433MHz 帯インテロゲータの利用シーンを示す。



図 2.3.6 倉庫における可搬型の 433MHz 帯インテロゲータの利用シーン

### 第3章 433MHz 帯アクティブタグシステムの動向

#### 3. 1 国際標準化の状況

電子タグシステムは、ISO/IEC JTC1 において国際標準化が進められており ISO/IEC JTC1 での標準化では、無線部分の技術的条件（変調方式、符号化方式、通信速度等）の他に通信プロトコルについても規定を行っている。433MHz 帯アクティブタグシステムについては、ISO/IEC 18000-7 に規定されており、2004年8月に国際標準規格として制定された。

また、通信プロトコルの適合性をチェックするコンFORMANCE試験については、ISO/IEC18047-7 に規定されており、2005年10月に Technical Report として制定された。

表 3.1 に ISO/IEC18000-7 のシステム諸元を示す。

表 3.1 ISO/IEC18000-7 のシステム諸元

項目	仕様諸元	
	433MHz 帯 インテロゲータ	433MHz 帯 アクティブタグ
電源	商用電源	電池
搬送周波数	433.92MHz ±20ppm	
占有周波数帯幅	500kHz	200kHz
最大送信出力(EIRP)	5.6dBm(最大値)又は各国のルールに従う	
スプリアス	各国のルールに従う	
通信速度	27.7kb/s (200ppm)	
変調方式	FSK (±50kHz)	
符号化方式	マンチェスター符号	
ウェイクアップ信号	30kHz サブキャリア トーン信号	—
アンチコリジョン方式	タイムスロット方式	

#### 3. 2 諸外国における導入状況

3. 1 にも記述したとおり、現在 433MHz 帯アクティブタグシステムは、国際的に ISO/IEC 18000-7 で規定されており、世界各国で導入が進んでいる。既に欧米では、コンテナ管理などで利活用が進んでおり、国際物流における規格統一の要請も強い。そのため、我が国においても物流の効率化や国際競争力の

確保のため、早期の制度化が望まれている。

表 3.2 に諸外国における 433MHz 帯アクティブタグシステムの制度化の状況を示す。ほとんどの国において 433MHz 帯アクティブタグシステムの制度化が行われている状況である。

表 3.2 諸外国における 433MHz 帯アクティブタグシステムの制度化状況

国	状況	国	状況
アジア・オセアニア		欧州（続き）	
オーストラリア	○	クロアチア	○
中国	○	チェコ	○
香港	実験局を認可	デンマーク	○
シンガポール	○	フィンランド	○
韓国	○	フランス	○
マレーシア	○	ドイツ	○
台湾	○	ハンガリー	○
北米		イタリア	○
カナダ	○	オランダ	○
米国	○	ノルウェイ	○
メキシコ	○	ポルトガル	○
南米		ルーマニア	○
アルゼンチン	○	スロベニア	○
ブラジル	○	スペイン	○
欧州		スウェーデン	○
オーストリア	○	スイス	○
ベルギー	○	トルコ	○
ブルガリア	○	英国	○

○…制度化済み

### 3. 3 諸外国における技術基準

欧米及び韓国において導入されている、433MHz 帯アクティブタグシステムの技術基準を表 3.3 に示す。

表 3.3 433MHz 帯の欧州／韓国／米国の技術基準(1/2)

	欧 州	韓 国
	ETSI : (ヨーロッパ通信標準化協会) EN 300 220 ERC : (欧州無線通信委員会) ERC/REC 70-03	電波法(2005/6)
1 一般条件 (1)周波数及び指定周波数帯	433.05MHz~434.79MHz (1.74MHz)	433.67MHz~434.17MHz (433.92MHz±250kHz)
2 送信装置 (1)空中線電力	◆433.05MHz~434.79MHz ・ 10mW erp (Duty Cycle 10%未満) ・ 1mW erp (Duty Cycle 100%まで、 -13dBm/10kHz、帯域 250kHz 以上) ◆434.04MHz~434.79MHz ・ 10mW erp (Duty Cycle 100%まで、 チャンネル間隔 25kHz まで)	・ EIRP 5.6dBm 以下を規定 (ISO/IEC18000-7 の規定を採用) ・ 送信空中線の絶対利得が 0dB を超過する 場合、その差分の出力を低減させること。0dB 未満の場合、その差分の出力を増加させるこ とが可能
(2)周波数の許容偏差	◆300MHz~500MHz で周波数間隔が 6.25kHz : ±0.75kHz、10kHz/12.5kHz : ±1.5kHz、 20kHz/25kHz : ±2kHz、50kHz : ±3kHz、 100kHz : ±6kHz、200kHz : ±12kHz で、 それを超える周波数間隔では±100ppm。	±20ppm
(3)伝送方式及び変調 方式	(規定なし)	電波形式は F(G)1(2)D(N)
(4)占有周波数帯幅の 許容値	(規定なし)	433MHz 帯インテロゲータの場合、500 kHz 以下、433MHz 帯アクティブタグの場合、200 kHz 以下
(5)スプリアス発射の 強度の許容値	◆ 47MHz~74MHz、87.5MHz~118MHz、174MHz~ 230MHz、470MHz~862MHz ・ 4nW 以下 (Operating)、2nW 以下(Standby) ◆ 1000MHz 以下のその他の周波数 ・ 250nW 以下 (Operating)、2nW 以下(Standby) ◆ 1000MHz 超の周波数 ・ 1μW 以下 (Operating)、20nW 以下(Standby)	・ 1GHz 未満は-36dBm (RBW=100kHz) ・ 1GHz 以上は-30dBm (RBW=1MHz )
3 受信装置 (1)副次的に発する電 波等の限度	◆ 1GHz 以下の周波数においては 2nW 以下、 1GHz 超の周波数においては 20nW 以下。	
4 制御装置 (1)混信防止機能 (2)その他	◆ Duty Cycle (次の 4 クラス) と LBT のどちらかを選 択 ークラス 1 : Duty Cycle 0.1%未満 ・ 最大合計送信時間=3.6 秒未満/時間当り ークラス 2 : Duty Cycle 1.0%未満 ・ 最大合計送信時間=36.0 秒未満/時間当り ークラス 3 : Duty Cycle 10%未満 ・ 最大合計送信時間=360.0 秒未満/時間当り ークラス 4 : Duty Cycle 10%以上 100%未満 ・ 最大合計送信時間=360.0 秒以上/時間当り ◆ 複数 CH を使用する場合は LBT 規定が追加される ・ リッスン時間 $t_r+t_{ps}$ 、 $t_r=5$ ミリ秒、 $t_{ps}=0\sim 5$ ミリ秒/0.5 ミリ秒ステップ ・ 最大送信 on 時間=1 秒未満 ・ 最低送信 off 時間=100m 秒以上 ◆ 空中線電力が-36dBm 以下の場合、両方式とも適用 不要	・ 送信後、60 秒以内に送信を中断しなければ ならない。中断後最小 10 秒以上の停止時間 が必要 ・ 港湾、集荷場、波止場、倉庫などのコンテナ 管理場所などでのコンテナ管理に使用 ・ 使用者は使用地域を申告

表 3.3 433MHz 帯の欧州／韓国／米国の技術基準(2/2)

	米 国	
	FCC : (連邦通信委員会) FCC 15.231	FCC : (連邦通信委員会) FCC 15.240
1 一般条件 (1)周波数及び指定周波数帯	40.66MHz~40.70MHz と 70MHz 以上の定期間隔送信 (260MHz~470MHz の規定を適用) 以下、433.92MHz とし算出	433.5MHz~434.5MHz(1MHz)
2 送信装置 (1)空中線電力	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 15.231(b) : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平均 10,997 <math>\mu</math> V/m 以下 (3m 距離)を規定 (参考 EIRP 近似値 : 0.04mW)</li> <li>ピーク換算=110,000 <math>\mu</math> V/m(FCC15.35 による換算 +20dB) (参考 EIRP 近似値 : 3.6mW)</li> </ul> </li> <li>◆ 15.231(e) : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Quasi ピーク 4,400 <math>\mu</math> V/m 以下 (3m 距離) を規定 (参考 EIRP 近似値 : 0.006mW)</li> <li>ピーク換算=44,000 <math>\mu</math> V/m(FCC15.35 による換算 +20dB) (参考 EIRP 近似値 : 0.58mW)</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平均 11,000 <math>\mu</math> V/m 以下 (距離 3m) を規定 (参考 EIRP 近似値 : 0.04mW)</li> <li>・ ピーク 55,000 <math>\mu</math> V/m 以下 (距離 3m) を規定 (参考 EIRP 近似値 : 0.91mW)</li> </ul>
(2)周波数の許容偏差	(規定なし)	(規定なし)
(3)伝送方式及び変調方式	(規定なし)	(規定なし)
(4)占有周波数帯幅の許容値	◆ 15.231(c): 中心周波数の 0.25%以下(1,085kHz 以下)	(規定なし)
(5)スプリアス発射の強度の許容値	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆ 15.231(b) : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 平均 1,100 <math>\mu</math> V/m 以下 (3m 距離)を規定 (参考 EIRP 近似値 : -34dBm)</li> </ul> </li> <li>◆ 15.231(e) : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ Quasi ピーク 440 <math>\mu</math> V/m 以下 (3m 距離)を規定 (参考 EIRP 近似値 : -42.3dBm)</li> </ul> </li> </ul>	・15.209 規定と同じで、200 $\mu$ V/m (距離 3m) (参考 EIRP 近似値 : -49dBm)
3 受信装置 (1)副次的に発する電波等の限度	(規定なし)	(規定なし)
4 制御装置 (1)混信防止機能 (2)その他	<ul style="list-style-type: none"> <li>◆15.231(a) : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 警報システム、ドア開閉器、リモートスイッチ等の制御に適用</li> <li>・ 連続送信、音声、ビデオ、おもちゃの制御は不可</li> <li>・ 送信時間はマニュアル起動時、5 秒以内の自動停止機能付、自動起動時は 5 秒以内に自動停止が条件</li> <li>・ 一定間隔での周期送信は不可。ただしセキュリティや安全分野のアプリケーションでは、送信時間が 1 時間に合計 2 秒以内であれば送信可能で、送信回数も制限なし</li> </ul> </li> <li>◆15.231(e) : <ul style="list-style-type: none"> <li>・ 送信出力やスプリアス強度が 15.231(e)であれば、15.231(a)の制限を越えた周期的な送信も可能で、15.231(a)で非許可の利用形態も使用可能</li> <li>・ 送信時間が 1 秒以内で、停止時間が送信時間の 30 倍以上かつ 10 秒以上の制御手段が必要</li> </ul> </li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>・ 連続送信 60 秒以下、停止 10 秒以上</li> <li>・ 輸送コンテナの識別に適用され、港湾、駅、倉庫などの業務利用に限定</li> <li>・ 433MHz 帯インテロゲータと 433MHz 帯アクティブタグとの間での双方向通信が認められ、音声通信は不可</li> <li>・ 国防用のレーダシステム (場所指定) の 40km 以内では使用不可</li> </ul>



### 3. 4 433MHz 帯の我が国における利用状況

#### 3. 4. 1 433MHz 帯の周波数の分配状況

無線通信規則（RR：Radio Regulations）における 433MHz 帯付近の周波数の国際的な分配の状況は、以下のとおりである。

##### ① Region 1（欧州及びアフリカ）

432～438MHz は、一次的基礎でアマチュア業務及び無線標定業務に、二次的基礎で地球探査衛星（能動）業務に分配されている。

##### ② Region 2（北中南米）及び Region 3（アジア、オセアニア）

432～438MHz は、一次的基礎で無線標定業務に、二次的基礎でアマチュア業務及び地球探査衛星（能動）業務に分配されている。

なお、我が国の周波数割当計画では、432～438MHz は一次的基礎でアマチュア業務に、二次的基礎で無線標定業務及び地球探査衛星（能動）業務に分配されている。

#### 3. 4. 2 我が国の 430MHz 帯の利用状況

430MHz 帯におけるアマチュア業務での周波数の使用区分を、図 3.4.1 に示す。

【430MHz 帯】											433.50MHz 非常通信周波数		
430.00MHz	430.10MHz	430.70MHz	430.80MHz	431.40MHz	431.90MHz	432.10MHz	↓ 434.00MHz	435.00MHz	438.00MHz	439.00MHz	440.00MHz		
CW	CW 狭帯域の電話・電信・画像	狭帯域デジタル	広帯域 デジタル	広帯域の電話 ・電信・画像	EME	広帯域の電話 ・電信・画像	レピータ	衛星	全電波型式 (実験・研究用)	レピータ			
↑ 非常通信周波数							↑ 433.00MHz 呼出周波数・非常通信周波数						

図 3.4.1 430MHz 帯の周波数の使用区分

この周波数帯については、以下のような使われ方をしている。

- i) 電信や SSB（Single Side Band）等による遠距離通信
- ii) FM による直接通信（固定した局間、固定した局と移動する局との通信、移動する局間の通信）
- iii) 中継をする局（レピータ）を介した通信
- iv) 衛星通信
- v) 月面反射通信
- vi) パケット通信、デジタル変調技術を使用した通信
- vii) その他

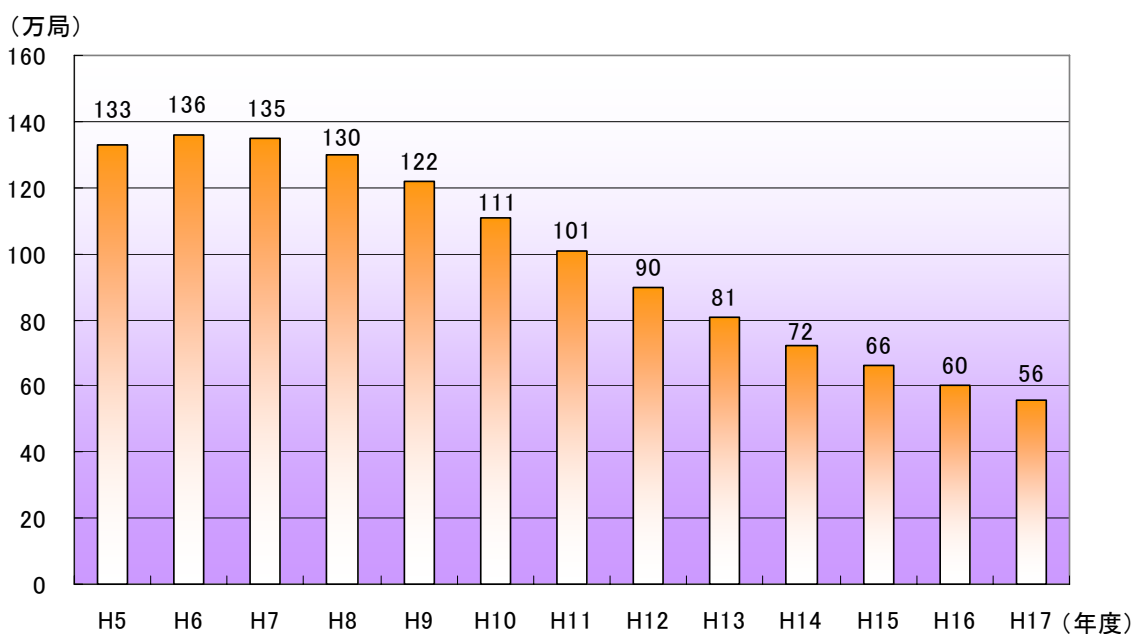
### 3. 4. 3 430MHz 帯の周波数の指定を受けたアマチュア局の数

現在の我が国におけるアマチュア局の総数は、表 3.4 に示すとおり 555,015 局(2006 年 4 月 1 日現在)であり、その内 504,603 局(全体の約 91%)が 430MHz 帯の周波数の指定を受けている。また、アマチュア局の数の推移を図 3.4.2 に示す。

表 3.4 アマチュア局の数の現状

	全局数	430MHz帯
北海道	47,267	44,028
東北	53,330	48,254
関東	144,447	129,496
信越	25,416	22,965
北陸	15,729	14,555
東海	79,829	72,633
近畿	68,381	62,012
中国	40,454	36,898
四国	25,216	23,046
九州	52,318	48,371
沖縄	2,628	2,345
合計	555,015	504,603

(2006年4月1日現在 総務省無線局免許情報検索より)



(出典: 総務省)

図 3.4.2 アマチュア局の数の推移

## 第4章 433MHz帯アクティブタグシステムの技術的条件の検討

第2章及び第3章で述べたとおり、433MHz帯アクティブタグシステムについては、安全かつ円滑な国際物流を実現するために国際的にも導入が積極的に進められているところである。他方、我が国において433MHz帯アクティブタグシステムを導入するためには、既に当該周波数帯を使用しているアマチュア局及び帯域外システム等との周波数の共用について検討することが必要であることから、以下のとおり実機及びシミュレーションによる検討を行った。

### 4.1 実機を用いた基礎検討

これまで、このようにアマチュア局と433MHz帯アクティブタグシステムとの周波数共用について詳細に検討した例はないことから、はじめに、これらシステムの共用についての基礎的な検討として、実験局免許を取得し、実機を用いた干渉の実証実験を行った。

実証実験は、国際物流の拠点の一つとして、433MHz帯アクティブタグシステムを用いるモデルケースになると考えられる「兵庫県神戸市六甲アイランドのコンテナヤード」において行った。実証実験に用いた433MHz帯アクティブタグシステムは、ISO/IEC18000-7に準拠したものであり、具体的な諸元は、表4.1のとおりである。

この実証実験の結果、433MHz帯アクティブタグシステム（主に433MHz帯インテロゲータ側）から数km離れたアマチュア局に対して、干渉を与える可能性があること、特に見通しの場合の影響が大きいといったことを主に確認することができた。（実験結果については、参考資料2を参照）

前記の実機による基礎的な検討結果を踏まえ、次に、実際に想定されるいくつかの利用シーンを考慮し、それぞれの場合における詳細な共用・干渉検討をシミュレーションにより行った。

表4.1 433MHz帯アクティブタグシステム（実証実験用）の諸元

	433MHz帯アクティブタグ	433MHz帯インテロゲータ
等価等方輻射電力 (EIRP)	0.7mW	0.3mW
受信感度	-98dBm	-100dBm
アンテナ利得	-6dBi	1dBi

## 4. 2 アマチュア局との共用・干渉検討

### 4. 2. 1 共用・干渉検討の前提条件

433MHz帯アクティブタグシステムとアマチュア局の共用・干渉検討を行うに際して、それぞれの一般的な諸元を表4.2.1及び表4.2.2に示す。

アマチュア局との共用・干渉検討は、433MHz帯アクティブタグシステムの利用形態の違いから、コンテナなどが集中して蔵置されるコンテナヤードにおいて使用した場合（図4.2.1～図4.2.3）と比較的住宅地に近い工場、倉庫、配送センターにおいて使用した場合（図4.2.4）に分け、それぞれについてシミュレーションを行った。

また、コンテナヤードにおける検討では、我が国でも典型的な輸出入港である神戸港（六甲アイランド）をモデルケースとし、操業時間を10時間/日とし、以下の数の433MHz帯アクティブタグを1日に取り扱うものと仮定した。

コンテナ数は、2004年外資コンテナ個数ランキング（国土交通省港湾局調べ）より、神戸港（六甲アイランド+ポートアイランド）全体で1,851千TEU（Twenty-foot Equivalent Units：20フィートコンテナの単位）であることから、以下のとおり六甲アイランドにおける1日当たりのコンテナ取扱数を算出し、433MHz帯アクティブタグの総数を求めることとした。

神戸港全体	1,851千TEU
六甲アイランド	925千TEU
20フィートコンテナ（約37%）	342,250TEU
40フィートコンテナ（約63%）	291,375（582,750TEU）

コンテナサイズを考慮したコンテナ数の合計は633,625となる。

1日当たりのコンテナ取扱数は約1,700となることから、433MHz帯アクティブタグの装着率等を踏まえ、433MHz帯アクティブタグ総数を1,500とした。

表4.2.1 433MHz帯アクティブタグシステムの一般的な諸元

	433MHz帯アクティブタグ	433MHz帯インテロゲータ
等価等方輻射電力 (EIRP)	1.0mW	1.0mW
受信感度	-98dBm	-100dBm

表 4.2.2 430MHz 帯におけるアマチュア局の一般的な諸元

送信電力	50W 以下 (100mW 程度の携帯型機から 50W の固定型機や車載型機まで。ただし、月面反射通信を行う局では 500W 以下)
空中線利得	車載タイプ : 3~7dBi 固定 : 11dBi~
受信感度	-128dBm
スケルチ解放レベル	-123dBm

シミュレーションを行う際には、どのような電波伝搬モデルを用いるかが重要となる。今回の検討では、

- ・対象とする周波数帯が433MHz帯であること
- ・433MHz帯アクティブタグシステムの利用場所として主に想定されるのが、多くのコンテナを積み重ねて蔵置するコンテナヤードや比較的住宅地に近い工場・倉庫等であること

から、奥村秦式の市街地における小都市モデルを代表的な伝搬モデルとして用いることとした。(参考資料4)

	始動のための信号	制御のための信号
インテロゲータ	2.7秒×2	10 <sup>ミリ</sup> 秒
アクティブタグ	—	6.2 <sup>ミリ</sup> 秒

※高さによる減衰補正:なし

## <コンテナヤード>

①②

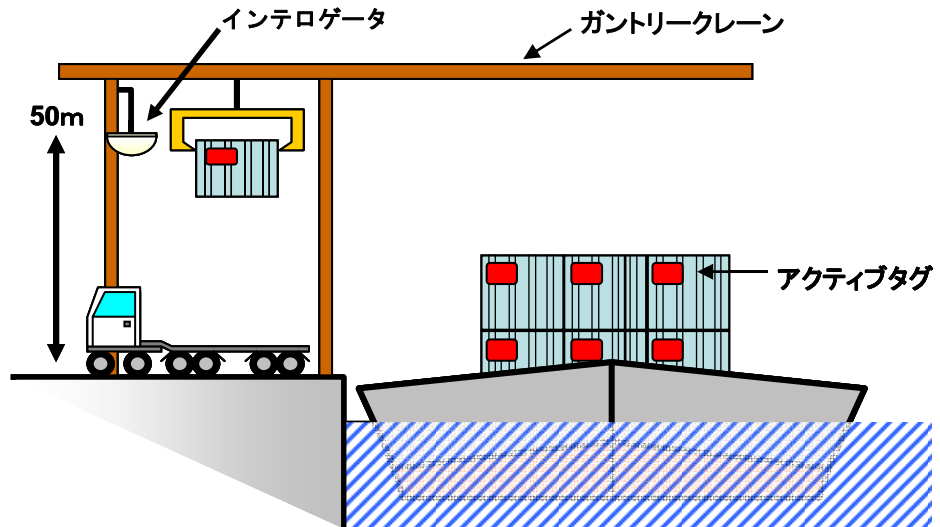


図4.2.1 ガントリークレーンでの利用イメージ

	始動のための信号	制御のための信号
インテロゲータ	2.7秒×2	10 <sup>ミリ</sup> 秒
アクティブタグ	—	6.2 <sup>ミリ</sup> 秒

※高さによる減衰補正:-7dB

## <コンテナヤード>

③

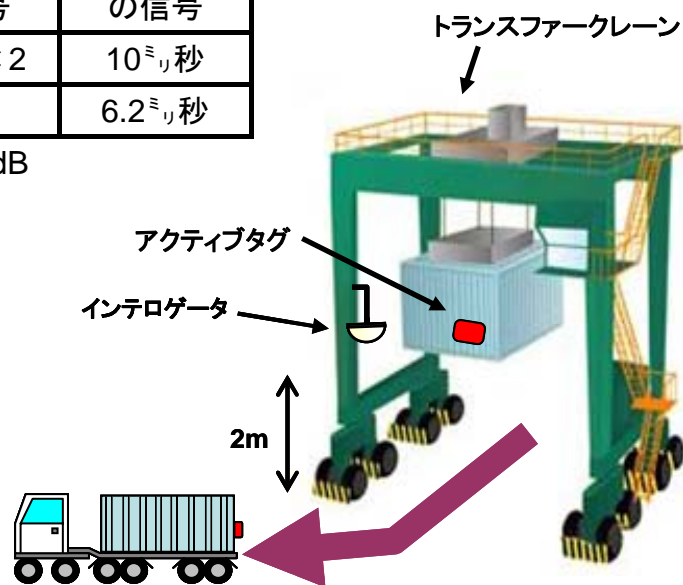


図4.2.2 トランスファークレーンでの利用イメージ

	始動のための信号	制御のための信号
インテロゲータ	2.7秒×2	10 <sup>ミリ</sup> 秒
アクティブタグ	—	6.2 <sup>ミリ</sup> 秒

※高さによる減衰補正: -7dB

## <コンテナヤード>

④

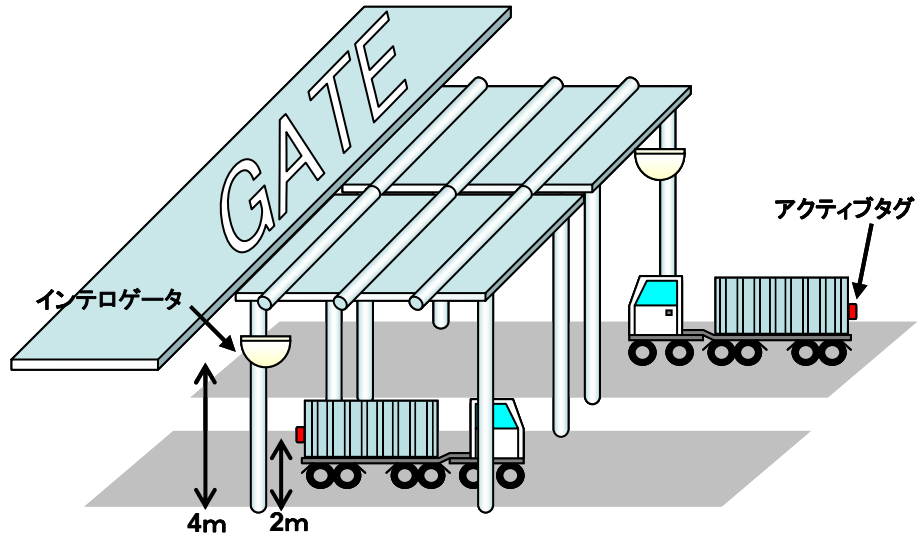


図4.2.3 ゲートでの利用イメージ

## <工場・倉庫・配送センター>

⑤⑥⑦⑧

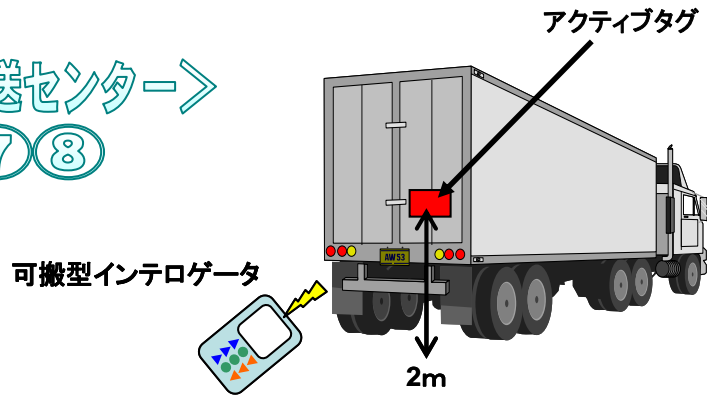


図4.2.4 可搬型インテロゲータの利用イメージ

#### 4. 2. 2 検討モデルに基づくアマチュア局との共用・干渉検討の結果

表4.2.3の検討モデルに基づきシミュレーションを行った結果については、それぞれ以下のとおりとなった。

表4.2.3 利用形態に基づく検討モデル

	利用場所	発信源	設置箇所	高さ	始動のための信号	制御のための信号
①	コンテナヤード (1500 個*)	アクティブタグ	コンテナ	50m	—	6.2 ミリ秒
②		インテロゲータ	ガントリークレーン	50m	2.7 秒×2	10 ミリ秒
③			トランスファークレーン	2m		
④			ゲート	4m		
⑤	工場、倉庫、 配送センター (5 個*)	アクティブタグ	コンテナ	2m	—	6.2 ミリ秒
⑥				2m	—	21.4 ミリ秒
				ダウンロード時		
⑦		インテロゲータ	ゲート	2m	2.7 秒×2	10 ミリ秒
⑧	可搬型		2m	2.7 秒	8.14 ミリ秒	
				ダウンロード時		

\* 1日当たりの取り扱いコンテナ数

#### ① コンテナヤードにおいて、コンテナに取り付けられた 433MHz 帯アクティブタグから電波を発射した場合

コンテナヤードにおいて、アマチュア局に対して、見通しがあり最も影響を及ぼすおそれのあるガントリークレーン（高さ 50m）と同じ高さに 433MHz 帯アクティブタグを取り付けたコンテナを持ち上げた場合の必要離隔距離は 2.6km となる。しかしながら、433MHz 帯アクティブタグからの 1 日の送信時間の合計は、46 秒程度であり、アマチュア局の運用を阻害するような混信を与える可能性は低いと考えられる。

なお、コンテナヤード内に433MHz帯アクティブタグを取り付けたコンテ



ナが蔵置された場合でも、見通しにある位置にコンテナが存在する確率は10%程度しかないことから（図4.2.5）、アマチュア局の運用を阻害するような混信を与える可能性は極めて低くなると見込まれる。

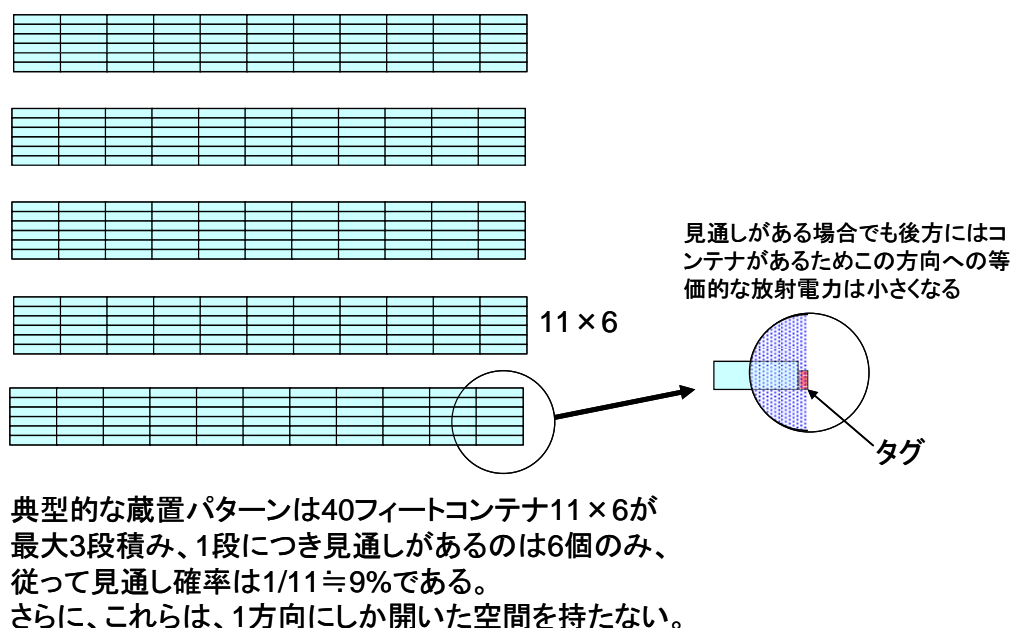


図4.2.5 コンテナヤード内におけるコンテナの蔵置状況

## ② コンテナヤードにおいて、ガントリークレーンに取り付けられた433MHz帯インテロゲータから電波を発射した場合

①の場合と異なり、コンテナに取り付けることによる減衰が見込めないことから、必要離隔距離が3.97kmと拡大することとなる。また、送信時間についても、始動のための信号を水平、垂直偏波でそれぞれ2.7秒間発射しており、1日当たりの合計も①の場合より大きくなることから、アマチュア局に対する影響を低減させるためには、インテロゲータの放射電力の低減が必要と考えられる。

## ③ コンテナヤードにおいて、トランスファークレーンに取り付けられた433MHz帯インテロゲータから電波を発射した場合

トランスファークレーンに433MHz帯インテロゲータを取り付ける場合、②の場合と同様、コンテナに取り付けることによる減衰が見込めないが、

設置高が2m程度ということで、必要離隔距離は2.46kmと②の場合より短くなると思われる。

#### ④ コンテナヤードにおいて、ゲートに取り付けられた433MHz帯インテロゲータから電波を発射した場合

一般的なゲートに取り付けられた433MHz帯インテロゲータの運用としては、②③と同様の送信時間になるが、トレーラーがゲートで停止しないオペレーションを考慮すると、読み込むタイミングが特定できないため、定期的に約13.5秒に1回、2.7秒×2の始動のための信号を送信することになり、1日の送信時間の合計が14400秒となる。しかしながら、通常ゲートには雨天の作業に備えて屋根が設けられているため、トランスファークレーンの場合よりもアマチュア局に対して見通しが取れる確率は低く、影響を与える範囲もさらに狭くなると考えられる。

#### ⑤ 及び⑦ 工場、倉庫、配送センターにおいて、コンテナに取り付けられた433MHz帯アクティブタグから電波を発射した場合及び、ゲートに取り付けられたインテロゲータから電波を発射した場合

工場、倉庫、配送センターでの433MHz帯アクティブタグシステムの送信時間は、基本的にコンテナヤードでのオペレーションと同様である。しかしながら、大規模な配送センターにおいても、1日に5個程度のコンテナしか扱うことがないと想定され、コンテナヤードに比べると1日当たりの電波の総送信時間が非常に小さいことから、アマチュア局への影響の可能性は低いと考えられる。

さらに、一般的に工場、倉庫、配送センターでは、図4.2.6に示すようにピットと呼ばれるコンテナトレーラーの高さに合わせた荷受け用の開放部があるエリアにコンテナを在庫して荷受を行う。この場合、ピットの開口部はコンテナによってほとんど塞がれた状態になり、しかもピットには、雨天を想定して屋根が取り付けられていることもあるため、実際には見通し外の減衰が発生し、離隔距離はさらに小さくなると考えられる。



図4.2.6 配送センターの概観

**⑥ 及び⑧ 工場、倉庫、配送センターにおいて、コンテナに取り付けられた433MHz帯アクティブタグから電波を発射した場合及び、可搬型のインテロゲータから電波を発射した場合**

工場、倉庫、配送センターでは、可搬型の433MHz帯インテロゲータにより、433MHz帯アクティブタグに蓄積されたデータをダウンロードするオペレーションが想定される。ダウンロードの際は、433MHz帯アクティブタグからの送信時間が長くなるが、現時点で想定される用途等を踏まえるとデータ格納機能付きの433MHz帯アクティブタグの装着率は比較的低いと思われる。

想定される8つの利用シーンについて必要離隔距離及び1日当たりの総送信時間をまとめた結果を表4.2.4に示す。特に433MHz帯インテロゲータの場合において、使用状況によっては、総送信時間が大きくなるケースが考えられるため、433MHz帯インテロゲータの放射電力の低減が必要であると考えられる。

なお、前述のとおり、今回のシミュレーションでは、電波伝搬モデルとして奥村秦式を用いたが、見通しが確保されるような利用シーンも想定される場合があることに留意する必要がある。

表4.2.4 シミュレーション結果

	発信源	必要離隔距離	総送信時間
①	アクティブタグ	2.6km	46 秒
②	インテロゲータ	3.97km	8115 秒
③		2.46km	8115 秒
④		2.49km	8115 秒 (14400 秒) ※
⑤	アクティブタグ	1.63km	0.1 秒未満
⑥			12.20 秒
⑦	インテロゲータ	2.46km	27.05 秒
⑧			4.64 秒

※括弧内は、ゲートで停止しないオペレーションの場合

#### 4. 2. 3 433MHz帯インテロゲータの必要放射電力

433MHz帯アクティブタグと433MHz帯インテロゲータ間の必要な通信距離としては、利用シーンにより異なるが、最大5m程度と考えられる。この距離で通信を行うために必要な放射電力について検討を行った（図4.2.7）。

この場合、当然アマチュア局からの電波も妨害波になるが、ここでは、自システムを干渉対象として他の433MHz帯アクティブタグからの妨害波に対して十分なDU比を確保することが必要との観点から要求電力を決定する。

検討結果については、表4.2.5に示すとおりである。

また、アマチュア局との必要離隔距離については、最も影響が大きいインテロゲータの始動のための信号の放射レベルを0.1mWとすることにより、半分の2kmまで低減されることが分かる。

表4.2.5 433MHz帯インテロゲータに必要な放射電力（EIRP）

信号	インテロゲータの放射電力（EIRP）	タグ B からの干渉波	5m 離れたインテロゲータからの受信レベル（タグ A）	システム間の干渉波に対するマージン	アマチュア局との必要離隔距離
始動 <sup>※1</sup>	1mW	-65dBm	-40dBm	10dB	3.97km
制御 <sup>※2</sup>			-40dBm	4dB	3.97km
始動 <sup>※1</sup>	0.1mW		-50dBm	0dB	2.0km
制御 <sup>※2</sup>			-50dBm	-6dB	2.0km
始動 <sup>※1</sup>	0.4mW		-44dBm	6dB	3.02km
制御 <sup>※2</sup>			-44dBm	0dB	3.02km

※1 : 始動のための信号のDU比は15dB(偏波ダイバシティにより6dB向上)

※2 : 制御のための信号のDU比は21dB(偏波ダイバシティなし)

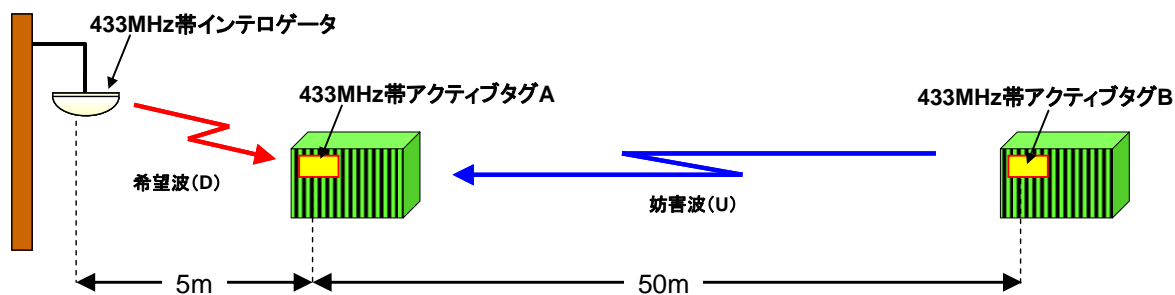


図4.2.7 433MHz帯アクティブタグシステム間の干渉

#### 4. 2. 4 必要離隔距離についての考察

4. 2. 3での検討を踏まえ、433MHz帯アクティブタグシステムの利用シーンを考慮した場合、必要離隔距離内にどの程度のアマチュア局が存在するのか、実際の運用地域を想定し検討を行った。

アマチュア局に対し、最も影響が大きいとされている433MHz帯インテロゲータの設置場所としては、大型コンテナ船が入港できる条件を考慮すると、一般的に住宅街から離れた海に面した場所に位置しているものと考えられる。そこで、図4.2.8～図4.2.12では、我が国の代表的なコンテナ港の地図に、前節で計算した影響の及ぶ可能性のある半径3kmの円をコンテナヤードを中心としてプロットしたものである。

この写真からも、一般的な住宅がこの半径の中に存在する確率は極めて低いことが分かる。実際にこの半径の中に居住している人口を平成12年度の国勢調査から調べてみると、事前実験を行った神戸港が最も多く、コンテナヤードがある六甲アイランドの中に居住区があり、14000人あまりの人が住んでいる。

そのうち、どれだけの人がアマチュア局を運用しているかは不明であるが、その影響の範囲を抑え、アマチュア局の運用を阻害するような混信を与える可能性を低くするために、433MHz帯インテロゲータの放射電力を最低限まで抑えることが望ましいと考える。

また、工場、倉庫、配送センターの場合、影響が出る可能性のあるエリアに存在するアマチュア局の数は多くなるが、コンテナヤードでの利用に比べるとコンテナ数も少なくなり、実際の稼働時間も小さくなることから、アマチュア局の運用を阻害するような混信を与える可能性は極めて低いと考えられる。



図4.2.8 東京港周辺の状況



図4.2.9 横浜港周辺の状況

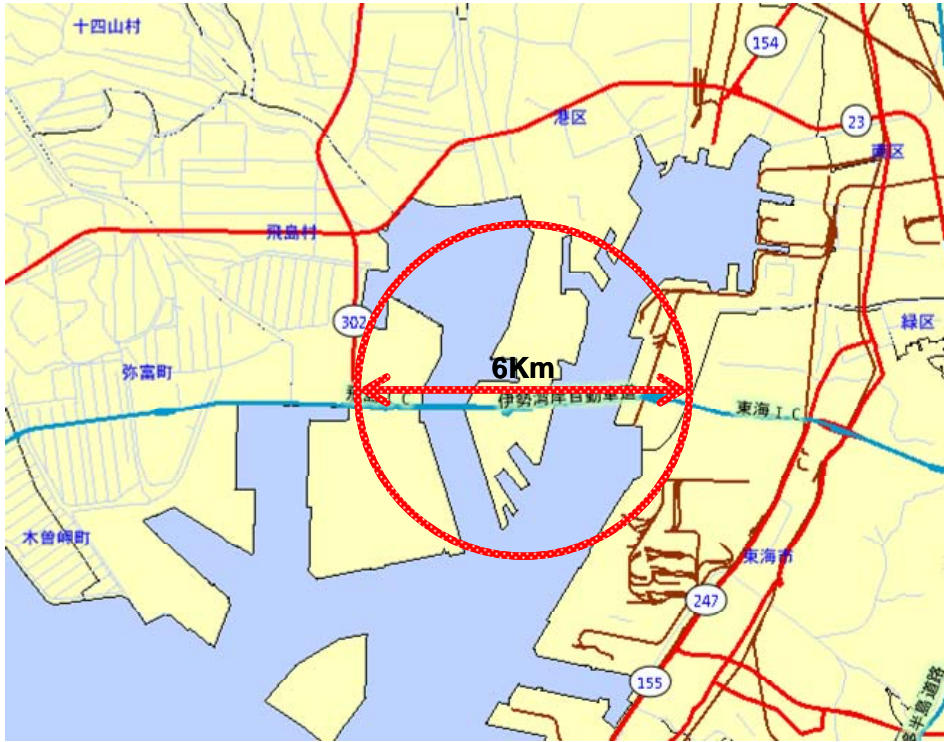


図4.2.10 名古屋港周辺の状況



図4.2.11 大阪港周辺の状況





図4.2.12 神戸港周辺の状況

#### 4. 2. 5 送信時間についての考察

諸外国における433MHz帯アクティブタグシステムの電波の送信時間については、表3.3に示すとおり、放射電力が1mW (EIRP) の場合でも、欧州では送信時間に制限はなく、米国及び韓国では、1回の送信時間が60秒以内で、その後10秒以上の停止時間ののち発射可能としている。

しかしながら我が国では、アマチュア局への運用を阻害するような混信を与える可能性を低減させる必要があることから、諸外国の技術基準を踏まえ、必要最小限の送信時間とすることが適当である。

#### 4. 3 帯域外他システム等との共用に関する検討

##### 4. 3. 1 帯域外他システムへの影響

既に430MHz帯では、433MHz帯アクティブタグシステムより大きな電力でアマチュア局が運用されており、また、その隣接周波数帯において、特定小電力無線局 (429MHz/440MHz帯、空中線電力10mW) が運用されていることから、

帯域外の他の無線システムに対しても、当該特定小電力無線局と同様の不要発射レベルとしても影響は特段支障がないと考えられる。

しかしながら、現行の特定小電力無線局の不要発射レベルは、空中線電力で $2.5\mu\text{W}$ と規定されていることから、等価等方輻射電力としては、国際的な技術基準と整合性を図り表4.3のとおりとすることが適当である。

表4.3 不要発射の強度の許容値（等価等方輻射電力）

不要発射の周波数	不要発射の強度の許容値	参照帯域幅
1GHz 以下のもの	250nW 以下	100kHz
1GHz を超えるもの	$1\mu\text{W}$ 以下	1MHz

#### 4. 3. 2 アマチュア局から433MHz帯アクティブタグシステムへの影響

ここまでは、既存の一次的基礎として分配されているアマチュア局に対する433MHz 帯アクティブタグシステムからの干渉についての検討を行った。続いて、これらのシステムが433MHz 帯を共用する場合を想定し、433MHz 帯アクティブタグシステムに対するアマチュア局からの干渉について、シミュレーションにより検討を行った。

その結果、5m の距離において433MHz 帯アクティブタグシステム間の通信を成立させるためには、アマチュア局（出力50W、アンテナ利得9dBiを仮定）から1.9km以上離れている必要があるとの結果が得られた（参考資料6）。

前述のように、我が国では、432~438MHzは一次的基礎でアマチュア業務に分配されており、図3.4.2から分かるようにアマチュア局の数は、近年減少傾向にあるが、現在も約50万局のアマチュア局が430MHz帯の指定を受けている状況である。こうした状況に鑑み、433MHz帯アクティブタグシステムを導入する場合には、アマチュア局からの干渉を許容して、当該周波数帯を共用することが前提となる。

433MHz帯アクティブタグシステムの運用に当たっては、前記のように、アマチュア局からの干渉の可能性があることを十分に認識して、例えば、固定的に使用する433MHz帯インテロゲータの周囲にシールドを設けるなど、運用に支障が生じないような工夫が重要である。

#### 4. 4 共用のための方策

433MHz 帯アクティブタグシステムは、国際物流分野における安全かつ効率的な物流を確保するため、電波を利用して物流の電子管理を行うものであり、国際的にシステムの標準化が図られるなど、既に多くの諸外国で導入が進められているところである。我が国においても、こうした国際動向に鑑み、国際標準と調和の取れた 433MHz アクティブタグシステムの早期導入が求められており、当該システムの導入に当たっては、同一周波数帯を使用する既存のアマチュア局等との共用を図る必要がある。

以下、前述の共用・干渉検討を踏まえ、アマチュア局をはじめとする他の無線システムと 433MHz 帯アクティブタグシステムとの共用のための方策についてまとめる。

- ① 433MHz 帯アクティブタグシステムにおいて、特に高所で固定的に設置されることが想定される 433MHz 帯インテロゲータについては、発射する電波が広範囲に伝搬することが考えられることから、既存のアマチュア局の運用を阻害するような混信を与えないように配慮する必要がある。

このため、433MHz 帯インテロゲータの放射電力を必要最小限に抑えることが適当である。

- ② 433MHz 帯アクティブタグシステムは、主に安全かつ効率的な国際物流の実現を目的とするものである。また、そのためには、国際的に調和の取れた無線システムの導入が必要不可欠であることから、既存のアマチュア局との共用が前提となるものである。

4. 2におけるアマチュア局との共用・干渉検討を踏まえると、アマチュア局に対してその運用を阻害するような混信を防ぐため、433MHz 帯アクティブタグシステムの使用場所を、アマチュア局が多く存在すると考えられる住宅地域等から隔離する必要がある。そこで、共用・干渉検討の結果、最もアマチュア局に対して干渉の度合いが大きい 433MHz 帯インテロゲータについては、現時点で顕在化している 433MHz 帯アクティブタグシステムの利用ニーズに鑑み、その使用場所を主として港湾、空港等に限定することが適当と考えられる。

他方、アクティブタグについては、移動する貨物等に取り付けて利用されることから、使用場所を厳密に限定することは容易ではない。また、アクティブタグが広い分野で一般的に利用されると、数量を厳密に制限する

ことによってアマチュア局への影響を低減させることも容易ではない。このため、現在顕在化している 433MHz 帯アクティブタグの利用ニーズ及びその国際的な協調の必要性を勘案して、アクティブタグの用途を必要なものに限定することによって、アマチュア局への干渉の可能性を実質的に低下させることが適当と考えられる。

こうした状況を総合的に考慮すると、433MHz 帯アクティブタグシステムの用途を国際物流用途に限定することが適当と考えられる。

また、433MHz 帯アクティブタグシステムの用途、利用形態及び使用場所について限定を設けず、電力をさらに低減させた場合のアマチュア局との共用・干渉検討（参考資料 7）を行ったところ、433MHz 帯アクティブタグシステムの用途、利用形態及び使用場所について限定を設けない場合には、アマチュア局に対して何らかの影響を及ぼすことが想定されることから、共用は困難と考えられる。

- ③ 433MHz 帯アクティブタグシステムの運用に当たっては、自システムからアマチュア局へ与える干渉（与干渉）のほか、アマチュア局から自システムに受ける干渉（被干渉）をそれぞれ低減させる必要がある。このため、必要な措置（例えば、固定的に使用する 433MHz 帯インテロゲータにおいては、可能な限り低い場所に設置すること、周囲にシールドを設けること及び指向性アンテナを使用することなど）を講じることにより、アマチュア局及び自システムの相互の運用に支障が生じないように配慮することが望ましい。

- ④ 430MHz 帯を使用するアマチュア局については、動作することが許される周波数帯が 430MHz から 440MHz までの 10MHz 幅内を電波の型式に応じ周波数区別が定められており、その周波数区別の範囲内で、433MHz アクティブタグシステムが使用する 433.92MHz 及びその周辺の周波数を避けて運用するなど、場合によっては、自ら干渉軽減を図ることが可能である。

このため、433MHz 帯アクティブタグシステムの導入の目的として、国際物流における安全性の確保といった観点もあることに配慮し、アマチュア局の運用においても、特に 433MHz 帯アクティブタグシステムの利用が想定される物流拠点の近辺では、可能な限り当該システムの周波数帯の使用を避けるなど、433MHz 帯アクティブタグシステムの運用への配慮が期待される。

## 第5章 433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件

### 5. 1 433MHz 帯アクティブタグシステムの用途

433MHz 帯アクティブタグシステムは、国際物流分野におけるセキュリティの向上やサプライチェーンマネジメントの効率向上を図る目的で、その導入が求められているものであり、同一周波数帯を使用する既存のアマチュア局への干渉を一層軽減させる観点から、次のとおり、その用途、利用形態及び使用場所等を限定することが適当である。

#### 【433MHz 帯アクティブタグシステムの用途等】

- ① 国際輸送用貨物（国際輸送に係る貨物又はコンテナ若しくはパレットその他これらに類する輸送用器具をいう。）の管理業務の用に供する無線通信（データ伝送に限る。）を行うものであること。
- ② 433MHz 帯アクティブタグと 433MHz 帯インテロゲータとの間又は 433MHz 帯アクティブタグ相互間のデータ伝送を行うものであること。

#### <433MHz 帯アクティブタグ>

国際輸送用貨物に装着される無線設備であって、当該国際輸送用貨物の状況等に関する情報のデータ伝送を行うもの

#### <433MHz 帯インテロゲータ>

主として港湾、空港、工場又は倉庫に設置される無線設備であって、433MHz 帯アクティブタグの始動又は停止並びに情報のデータ伝送を行うもの

### 5. 2 433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件

433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件については、国際規格をはじめ、諸外国における技術基準及びアマチュア局等の他の無線局との干渉軽減を踏まえ、以下のとおりとすることが適当である。

#### 5. 2. 1 一般的条件

##### （1）通信方式

通信方式は、利用形態を踏まえ、単信方式、単向通信方式及び同報通信方式とする。

## (2) 変調方式

国際標準規格 (ISO/IEC18000-7) における変調方式は、FSK と規定されているところであるが、諸外国における技術基準では特に規定されていないこと、また、将来における利用ニーズの多様化や利用技術の進展に柔軟に対応する観点から、変調方式は規定しないこととする。

## (3) 使用周波数帯

国際標準規格 (ISO/IEC18000-7) における占有周波数帯幅は、433MHz 帯インテロゲータが 500kHz、433MHz 帯アクティバタグが 200kHz と規定されており、また、周波数許容偏差は、それぞれ  $\pm 20\text{ppm}$  と規定されているが、現在、諸外国において使用されている無線設備の実態及び周波数を共用するアマチュア局への干渉を軽減する観点から、次表のとおり、中央の周波数を 433.92MHz とする指定周波数帯とする。

周波数	指定周波数帯
433.92MHz	433.67MHz から 434.17MHz まで

なお、当該周波数帯の使用に当たっては、一次的基礎として分配されているアマチュア局に有害な混信を生じさせてはならない。また、他の無線局からの有害な混信に対して保護を要求してはならない。

## (4) 空中線電力

空中線電力は、諸外国の技術基準との整合を図り、かつ、周波数を共用するアマチュア局への干渉を軽減するため、以下のとおりとする。

### ア 433MHz 帯インテロゲータ

- ① 433MHz 帯アクティバタグの始動のための信号を送信する場合  
等価等方輻射電力において、0.1mW 以下とする。
- ② 上記①以外の信号を送信する場合  
等価等方輻射電力において、0.4mW 以下とする。

### イ 433MHz 帯アクティバタグ

等価等方輻射電力において 1mW 以下とする。

なお、空中線に供給される電力は、433MHz 帯インテロゲータ及び 433MHz 帯アクティバタグのいずれも 10mW 以下とする。

(5) 空中線系

空中線は特に規定しない。また、給電線及び接地装置を有しないものであること。

(6) 送信時間制限

送信時間及び送信休止時間については、433MHz 帯アクティブタグシステムにおいて、想定される利用形態を踏まえ、以下のとおりとする。

ア 送信時間

① 433MHz 帯インテロゲータ

- 433MHz 帯アクティブタグの始動のための信号を送信する場合  
電波を発射してから 2.7 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、1 時間当たりの送信時間の総和が 1440 秒以下であること。
- 上記以外の信号を送信する場合  
電波を発射してから 1 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、1 時間当たりの送信時間の総和が 360 秒以下であること。

② 433MHz 帯アクティブタグ

- 電波を発射してから 1 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、1 時間当たりの送信時間の総和が 360 秒以下であること。

イ 送信休止時間

433MHz 帯インテロゲータ及び 433MHz 帯アクティブタグともに 1 ミリ秒以上であること。

(7) 混信防止機能

他の無線通信による意図しないデータ伝送等を防ぐため、通信の相手方を識別するための符号（識別符号）を自動的に送信し、又は受信するものであること。

なお、433MHz インテロゲータから送信される 433MHz 帯アクティブタグの始動のための信号については、国際標準規格（ISO/IEC18000-7）において、30kHz のトーン信号のサブキャリアによる信号と規定されており、識別符号を送出するものではないが、433MHz 帯インテロゲータにおいては、当該始動のための信号を送信後、必ず 433MHz 帯アクティブタグを制御するための信号（識別符号の送出手も含む。）が送信されることとなっており、単独で当該始動のための信号が送信されることはないこと。また、当該始動のための信号は、433MHz 帯アクティブタグの周期的な受信状態か

ら連続受信状態へ設定変更を行うための信号であり、当該始動のための信号のみの受信により通信が開始されることはないことから、当該始動のための信号とその送信直後に送信される制御のための信号を一連の通信としてみなすことが適当であり、当該一連の通信において、混信防止機能（識別符号の送信）が確保されるのであれば、当該始動のための信号において、識別符号が送出されなくても支障はないと考えられる。

#### （８）違法改造への対策

違法改造への対策として、無線設備においては、一の筐体に収められており、かつ、容易にあけることができない構造であること。ただし、433MHz帯インテロゲータにおける電源装置及び制御装置はこの限りでない。

### 5. 2. 2 無線設備の技術的条件

#### （１）送信装置

##### ア 発振方式

現行の特定小電力無線局においては、水晶発振方式又は水晶発振により制御するシンセサイザ方式に限られているが、諸外国の技術基準では特に規定されていないこと、また、実際に使用されている無線設備の送信装置においては、弾性表面波（SAW）レゾネータなどの表面波発振子を使用するものもあることから、送信装置の発振方式は、規定しないこととする。

##### イ 占有周波数帯幅の許容値

占有周波数帯幅の許容値は、国際標準規格（ISO/IEC18000-7）及び諸外国の技術基準を踏まえ、以下のとおりとする。

	占有周波数帯幅の許容値
433MHz帯インテロゲータ	500kHz
433MHz帯アクティブタグ	200kHz

##### ウ 周波数の許容偏差

指定周波数帯により規定するため、周波数の許容偏差は、規定しないこととする。

##### エ 空中線電力の許容偏差

上限 20%以内であること。



#### オ 不要発射の強度の許容値

諸外国の技術基準との整合を図り、使用周波数帯（指定周波数帯）の外側をスプリアス領域とし、そのスプリアス領域における不要発射の強度の許容値及び参照帯域幅は、下表のとおりとする。

不要発射の周波数	不要発射の強度の許容値	参照帯域幅
1GHz 以下のもの	250nW 以下	100kHz
1GHz を超えるもの	1 $\mu$ W 以下	1MHz

※ 不要発射の強度の許容値は、等価等方輻射電力による値とする。

#### カ キャリアセンス

特定小電力無線局においては、他の無線局との混信を防止する機能として、キャリアセンス機能を備え付けているものもあるが、433MHz 帯アクティブタグシステムにおいては、空中線電力が 1mW 以下であって、送信時間制限によりデューティサイクルが低く、かつ、使用場所について一定の制限を設けることにより、他の無線局との有害な混信が生じる可能性は低い。また、諸外国との技術基準の整合を図るため、キャリアセンス機能の備え付けを要しないこととする。

#### キ 隣接チャンネル漏えい電力

指定周波数帯の外側については、不要発射の強度により規定とするため、隣接チャンネル漏えい電力は規定しないこととする。

#### ク 筐体輻射

等価等方輻射電力が、不要発射の強度の許容値以下であること。

### (2) 受信装置

副次的に発射する電波等の限度は、1GHz 以下においては、等価等方輻射電力で 100kHz 当たり 4nW 以下とし、1GHz 超えでは 1MHz 当たり 4nW 以下とする。

## 5. 2. 3 測定法

### (1) 空中線端子無しの場合の測定条件

#### ア 測定場所の条件（空中線端子無しの場合）

空中線端子無しの場合においては、昭和 63 年郵政省告示第 127 号（発射する電波が著しく微弱な無線局の電界強度の測定方法）の条件に準

じて、試験機器を、木その他絶縁材料により作られた高さ 1.5m の回転台の上に設置して測定することとし、測定距離 3m の 5 面電波暗室又は床面反射のあるオープンサイト、若しくはそれらのテストサイトとすること。

この場合、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが 60cm を超える場合は、測定距離をその 5 倍以上として測定すること。

また、最大放射方向の探索においても上記告示の測定方法に準じた方法とすることが適当である。

#### イ 試験機器の条件（空中線端子無しの場合）

空中線端子無しの場合においては、電源ケーブル、外部インターフェースケーブル等のケーブルが付属する場合、空中線の形状が変化する（ケーブル等）場合及び金属板等により放射特性が影響を受ける場合においては、最大の放射条件となる状態を特定して測定する必要がある。ただし、ケーブル等が無いタグの場合に限りコンテナ等に取り付けられない状態で測定する。

### （2）占有周波数帯幅

#### ア 空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の 0.5% となる周波数帯幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には、通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

#### イ 空中線端子無しの場合

上記（1）の条件又は、適当な RF 結合器又は空中線で結合し、アと同様にして測定すること。

### （3）空中線電力

#### ア 空中線端子付きの場合

平均電力で規定される電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定される電波型式の測定は尖頭電力を測定すること。

平均電力を測定する場合は、連続送信波によって測定することとし、

それが困難な場合には、バースト波で測定することとし、バースト繰り返し周期よりも十分長い区間における平均電力を測定し、送信時間率（電波を発射している時間／バースト繰り返し周期）の逆数を乗じてバースト内平均電力とする。ここで求めた値に空中線絶対利得を乗じて等価等方輻射電力を求めることが適当である。

尖頭電力を測定する場合は尖頭電力計等を用いる。

なお、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

#### イ 空中線端子無しの場合

前記（１）の条件として、アと同様にして測定すること。

なお、スペクトルアナライザを用いる場合は、分解能帯域幅を占有周波数帯幅の測定値より広く設定して測定し、置換法により等価等方輻射電力を求める。なお、測定値が許容値を十分下回る場合は、測定用空中線の絶対利得等を用いて換算する方法でも良い。

ただし、偏波面の特定が困難な場合は、水平偏波及び垂直偏波で求めた空中線電力の最大値に 3dB 加算すること。

### （４）不要発射の強度

#### ア 空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスプリアス成分の平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。ここで求めた値に不要発射周波数の空中線絶対利得を乗じて等価等方輻射電力を求めることが適当である。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。また、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号で変調をかける。

#### イ 空中線端子無しの場合

前記（１）の条件として、ア及び前記（３）イと同様にして測定すること。

(5) 送信時間制限

ア 空中線端子付きの場合

(ア) 最大送信時間及び最小送信休止時間

スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に設定し、掃引周波数を 0Hz (ゼロスパン) として測定する。

なお、時間分解能が不足する場合は、上記スペクトルアナライザの IF 出力又は試験周波数を直接又は広帯域検波器で検波し、オシロスコープ等を用いて測定する。

(イ) 一時間当たり送信時間の総和

前記スペクトルアナライザの IF 出力又は試験周波数を、直接又は広帯域検波器で検波した信号をタイムインターバルカウンタ等を用いて測定し、1 時間当たりの送信時間を積算する。

イ 空中線端子無しの場合

前記(1)の条件又は、適当な RF 結合器又は空中線で結合し、アと同様にして測定すること。

(6) 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

ア 空中線端子付きの場合

前記(4)アと同様に、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、1GHz 以下では 100kHz、1GHz 超では 1MHz に設定すること。

イ 空中線端子無しの場合

前記(1)の条件として、ア及び(3)イと同様にして測定すること。

(7) 筐体輻射

前記(4)イと同様に測定すること。

### 5. 3 電波防護指針への適合について

電波法防護指針では、電波のエネルギー量と生体への作用との関係が定量的に明らかにされており、これに基づき、システムの運用形態に応じて、電波防護指針に適合するようシステム諸元の設定に配慮する必要がある。

433MHz帯アクティブタグシステムで使用される機器は、コンテナ等に取付ける433MHz帯アクティブタグ、ガントリークレーンやゲートに設置する433MHz帯インテロゲータ及び可搬型の433MHz帯インテロゲータに大別できる。

これらの機器のうち、人体に対する影響が最大となる433MHz帯アクティブタグについて検討を行った。

この結果、電磁界強度指針（一般環境）の基準値を超える送信空中線からの距離を算出すると0.5～1.7cmとなり、433MHz帯アクティブタグシステムの利用形態を鑑みると特段支障がないと考えられる。

#### <電波防護指針の基準値>

周波数 $f$ [MHz]	電界強度	磁界強度	電力束密度	平均時間
300MHz を超え 1.5GHz 以下	$1.585 f^{1/2}$ [V/m]	$f^{1/2} / 237.8$ [A/m]	$f / 1500$ [mW/cm <sup>2</sup> ]	6分

注 上表では、電界強度、磁界強度、電力束密度の数値がそれぞれ規定されているが、自由空間における波動インピーダンスは  $120\pi$  [ $\Omega$ ] であるので、各数値の意味は同一である。

#### (1) 前提条件

##### 【433MHz帯アクティブタグシステムの主な諸元】

	EIRP	送信時間
433MHz帯 アクティブタグ	1mW	1回の発射が1秒以内、1時間当たり360秒以内
433MHz帯 インテロゲータ	0.1mW	1回の発射が1秒以内、1時間当たり1440秒以内
	0.4mW	1回の発射が1秒以内、1時間当たり360秒以内

#### (2) 電波の強度の算出

433MHz帯アクティブタグについて、すべての反射を考慮しない場合と、鉄塔、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせるおそれがある場合について検討を行った。

電波防護指針の基本算出式は、以下のとおりである。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K$$

$S$  : 電力束密度 (mW/cm<sup>2</sup>)

$P$  : 空中線入力電力 (W)

$R$  : 空中線からの距離 (m)

$G$  : 主輻射方向の利得 (倍)

$K$  : 反射係数

全ての反射を考慮しない場合 :  $K=1$

大地面の反射を考慮する場合

・ 送信周波数が 76MHz 以上の場合 :  $K=2.56$

・ 送信周波数が 76MHz 未満の場合 :  $K=4$

算出地点付近にビル、鉄塔、金属物体等の建造物が存在し強い反射を生じさせるおそれがある場合は、算出した電波の強度の値に 6dB を加えること。

ア 全ての反射を考慮しない場合

433MHz 帯アクティブタグシステムの中心周波数は、433.92MHz、EIRP は最大 0dBm、指向方向の空中線利得を 0dBi とした時、電界強度、磁界強度及び電力束密度は次のようになる。

$$\text{電界強度 : } E(\text{V/m}) = 1.585 \times 433.92^{1/2} = 33.017$$

$$\text{磁界強度 : } H(\text{A/m}) = 433.92^{1/2} / 237.8 = 0.0876$$

$$\text{電力束密度 : } S(\text{mW/cm}^2) = 433.92 / 1500 = 0.289$$

また、 $P$ 、 $G$ 、 $K$  は、

$$P \times G = 0.001 \times 10^{0/10} = 0.001\text{W}$$

$$K = 1.0$$

以上より、 $R$  (電波防護指針基準値を超える距離) は、

$$\begin{aligned} R &= (PGK / 40\pi S)^{1/2} \\ &= (0.001 \times 1 / 40\pi \times 0.289)^{1/2} \\ &= 0.0052\text{m} \end{aligned}$$

イ 強い反射を生じさせるおそれがある場合

本システムはコンテナヤードや倉庫等において、海上コンテナに付随して使われることが想定されるため、強い反射が生じるおそれがある。そのため、算出した電波の強度の値に 6dB を加えたものを元に検討を行った。

前項と同様に電界強度、磁界強度、および電力束密度は、以下のようになる。

$$\text{電界強度 : } E(\text{V/m}) = 1.585 \times 433.92^{1/2} = 33.017$$

$$\text{磁界強度 : } H(\text{A/m}) = 433.92^{1/2} / 237.8 = 0.0876$$

$$\text{電力束密度 : } S(\text{mW/cm}^2) = 433.92 / 1500 = 0.289$$

また、 $P$ 、 $G$ 、 $K$  は、

$$P \times G = 0.001 \times 10^{0/10} = 0.001 \text{W}$$

$$K = 2.56 \times 10^{6/10} = 10.2$$

以上より、 $R$ （電波防護指針基準値を超える距離）は、

$$R = (PGK / 40\pi S)^{1/2}$$

$$= (0.001 \times 10.2 / 40\pi \times 0.289)^{1/2}$$

$$= 0.017 \text{m}$$

## V 審議結果

移動体識別システム（UHF 帯電子タグシステム）の技術的条件のうち、433MHz 帯アクティブタグシステムについて検討を行い、別添のとおり、433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件について一部答申（案）をとりまとめた。



情報通信審議会 情報通信技術分科会  
小電力無線システム委員会 構成員

別表 1

氏 名	所 属	
中川 正雄	慶応義塾大学 理工学部 教授	主査
小川 博世	(独) 情報通信研究機構 横須賀無線通信研究センター センター長	主査代理
青木 昭明	ソニー(株) 業務執行役員 専務	(~第10回)
阿部 宗男	KDDI(株) ネットワークソリューション国内営業本部 メディア営業部長	
伊藤 豊彦	(株) デンソーウェーブ 取締役 専務執行役員 自動認識事業部長	
岩崎 文夫	(株) NTTドコモ 執行役員 ネットワーク企画部長	
遠藤 信博	日本電気(株) 執行役員 モバイルネットワーク事業本部長	(第11回~)
尾形 仁士	三菱電機(株) 上席常務執行役 開発本部長	(~第10回)
加藤 高昭	東京電力(株) 執行役員 光ネットワーク・カンパニープレジデント	
神崎 慶治	(財) テレコムエンジニアリングセンター 専務理事	(~第10回)
神戸 肇	日本テキサス・インスツルメンツ(株) ASP 事業部長	(第11回~)
久間 和生	三菱電機(株) 常務執行役 開発本部長	(第11回~)
九鬼 隆訓	日本電気(株) モバイルネットワーク 事業本部長	(~第10回)
倉本 實	パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株) 技術特別顧問	
甲田 秀臣	(株) ニッポン放送 取締役技術局長	
斉藤 利生	日本電信電話(株) 第二部門 電波室長	
坂下 仁	(社) 日本自動認識システム協会 RFID専門委員会 委員長	
杉山 文夫	(株) 東芝 自動車システム技術開発センター長	(~第10回)
高野 健	(株) 富士通研究所 フェロー	
田中 毅	日本テキサス・インスツルメンツ(株) アジアセンサープロダクツ事業部長	(~第10回)
田中 芳夫	マイクロソフト(株) 業務執行役員 兼 最高技術責任者 兼 最高セキュリティ責任者	(第11回~)
千葉 徹	シャープ(株) 取締役技術本部長	
所 眞理雄	ソニー(株) コーポレート・エグゼクティブSVP 技術渉外担当	(第11回~)
丹羽 一夫	(社) 日本アマチュア無線連盟 副会長	
平出 賢吉	日本無線(株) 顧問	
平野 忠彦	マイティカード(株) 技術本部 技術最高顧問	
古川 亨	マイクロソフトコーポレーション バイスプレジデント	(~第10回)
本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長	
宮内 瞭一	(財) テレコムエンジニアリングセンター 専務理事	(第11回~)
矢橋 隆	日本放送協会 技術局 計画部長	
弓削 哲也	日本テレコム(株) 専務執行役員 CTO 研究所長 兼 企画本部長	
若尾 正義	(社) 電波産業会 専務理事	
渡辺 栄一	(株) 東芝デジタルメディアネットワーク コアテクノロジーセンター モバイルテクノロジーセンター センター長	(第11回~)

情報通信審議会 情報通信技術分科会 別表2  
小電力無線システム委員会 UHF帯電子タグシステム作業班 構成員

氏 名	所 属	
小川 博世	(独) 情報通信研究機構 横須賀無線通信センター センター長	主任
石田 良英	(社) 電波産業会 研究開発本部 移動通信グループ 担当部長	主任代理
相澤 学	全国移動無線センター協議会 常務理事	
阿部 宣康	モトローラ(株) iDEN/JSMR 本部 JSMRビジネスオペレーションプランニング 技術担当マネージャー	
荒川 雅典	日本テキサス・インスツルメンツ(株)ASP 事業部 RFID 製品部 RFID システムズグループ	
井上 拓也	大日本印刷(株) IC タグ本部技術開発部 エキスパート	
尾川 哲朗	凸版印刷(株) ICビジネス本部 IC 技術部部長	
加藤 久和	日本放送協会 技術局計画部 担当部長	
上村 治	(株)ウィルコム ネットワーク技術本部 電波企画部 課長	
川村 正夫	日本電気(株) ユビキタス基盤開発本部 マネージャー	(第14回～)
北川 真清	(株)NTTドコモ IP無線ネットワーク開発部 無線基地局担当 担当部長	(～第14回)
近藤 俊幸	(社) 日本アマチュア無線連盟 技術課 課長	
佐々木 邦夫	パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株) 技術渉外グループ グループマネージャー	
清水 雅史	日本電信電話(株) 未来ねっと研究所 主幹研究員	
菅田 明則	KDDI(株)技術渉外室 電波部 企画・制度グループ 次長	(第14回～)
曾我部 靖志	三菱電機(株) 情報技術総合研究所 無線IPアクセス技術部 無線方式チームリーダー	
高橋 毅	(社) 日本自動認識システム協会 研究開発センター 主任研究員	(第13回～)
田中 良紀	(株)富士通研究所 ワイヤレスシステム研究所 モバイルアクセス研究部 主任研究員	
辻 久吉	KDDI(株)技術統轄本部 技術企画本部 電波部 企画・制度グループ 課長補佐	(～第13回)
中川 永伸	(財) テレコムエンジニアリングセンター 研究開発部 副部長	
中野 洋	シャープ(株) 情報通信事業本部 ビジネスソリューション事業部 第3技術部 技師長	
林 邦宏	(株)NTTドコモ ネットワーク本部 電波部長	(第15回～)
早田 誠一	(株)NTTデータ 公共システム事業本部 第一公共システム事業本部 公共統括部 部長	
平野 忠彦	マイティカード(株) 技術本部 技術最高顧問	
福永 茂	沖電気工業(株) 研究開発本部 ユビキタスシステムラボラトリ チームリーダー	(第13回～)
間瀬 大二郎	(株)フィリップスエレクトロニクス ジャパン 半導体事業部 ID マーケティング 部長	
御手洗 正夫	三井物産戦略研究所 産学連携イノベーションセンター ITプラットフォーム開発センター シニアプロジェクトマネージャー	
三次 仁	AUTO-ID ラボ・ジャパン 慶應義塾大学 SFC 研究所 副所長	
村山 裕樹	日本電気(株)市場開発推進本部 統括マネージャー 兼 市場開発推進本部 RFID事業推進センター長	(～第13回)
山口 克己	(株)ニッポン放送 技術局 放送技術部長	
山添 孝徳	(株)日立製作所 中央研究所 知能システム研究部 主任研究員	
渡辺 淳	(株)デンソーウェーブ 刈谷事業所 自動認識事業部 事業開発室 主幹	
渡部 晴夫	次世代空港システム技術研究組合 技術委員会委員長代理	
Fraser Jennings	Savi Technology, Inc. VP of Standards & Regulatory Affairs	

## 参 考 资 料

## 参考資料 目次

	ページ
参考資料 1 ISO/IEC18000-7 におけるコマンド及び通信手順.....	51
参考資料 2 実機を用いた実証実験.....	58
参考資料 3 433MHz 帯アクティブタグシステムの送信時間.....	61
参考資料 4 シミュレーションによるアマチュア局との共用・干渉検討.....	68
参考資料 5 アクティブタグの特性試験.....	76
参考資料 6 アマチュア局からの被干渉.....	80
参考資料 7 用途・利用形態等の限定をしない場合の 433MHz 帯アクティブ タグとアマチュア局との共用・干渉検討.....	81
参考資料 8 国土交通省からの意見陳述.....	83

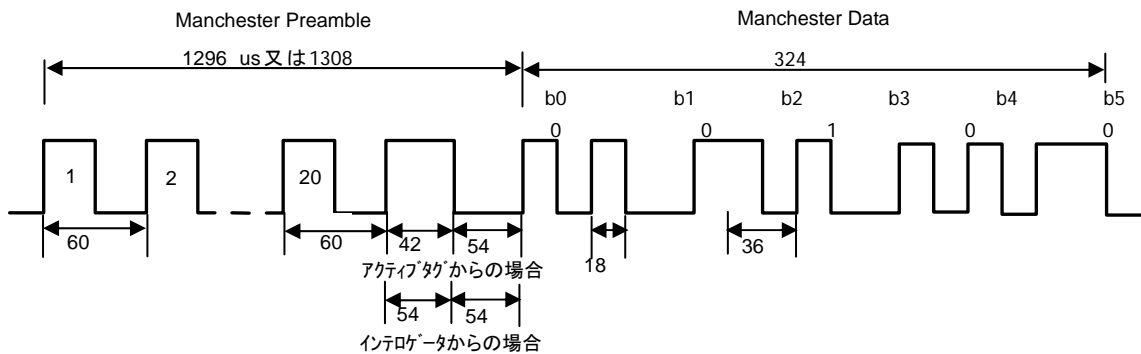
ISO/IEC18000-7 におけるコマンド及び通信手順

表 3.1 のうち、ウェイクアップ信号（始動のための信号）とは、433MHz 帯インテロゲータより通信可能範囲内に存在する 433MHz 帯アクティブタグに対して 2.5 秒から 2.7 秒の間送信される始動信号である。ウェイクアップ信号を検出した 433MHz 帯アクティブタグは 433MHz 帯インテロゲータからのコマンドを受信できる状態に遷移する。

433MHz 帯インテロゲータと 433MHz 帯アクティブタグが同期するために必要なプリアンプル信号（データの送信開始を通信相手に知らせて、同期のタイミングをとるための信号）の長さは、60  $\mu$  秒周期（30  $\mu$  秒 (high)、30  $\mu$  秒 (low)）のパルスを 20 パルス並べることによって構成されている。そして、21 パルス目で、ウェイクアップ信号の後に送信されるデータの送受信の方向を示している。図参 1.1 にこのプリアンプル信号を示す。

433MHz 帯アクティブタグから 433MHz 帯インテロゲータへデータを転送する場合は、42  $\mu$  秒 (HIGH) / 54  $\mu$  秒 (LOW)、433MHz 帯インテロゲータから 433MHz 帯アクティブタグへデータを転送する場合は、54  $\mu$  秒 (HIGH) / 54  $\mu$  秒 (LOW) となっている。

そのため、ウェイクアップした後、433MHz 帯アクティブタグからデータが送信される場合はプリアンプル信号の長さが 1296  $\mu$  秒になり、433MHz 帯インテロゲータからの場合は 1308  $\mu$  秒になる。



図参 1.1 プリアンプル信号

また、433MHz 帯アクティブタグシステムでやりとりされるデータは、マンチェスターコード（8 ビットのデータとデータの終了を表すストップビット 1 ビットの計 9 ビットをデータ列のうち、最下位の値（LSB）から送信）で符号化されている。

そのため、36 $\mu$ 秒周期でデータを送信することが可能であるため、1byte 送信するのに 324 $\mu$ 秒かかる。また、CRC は 16 ビットとしている。

それぞれのメッセージフォーマットについては、表参 1.1 から表参 1.3 のとおりである。

表参 1.1 433MHz 帯インテロゲータから 433MHz 帯アクティブタグへの  
メッセージフォーマット

Command Prefix	Command Type	Owner ID	Tag ID	Interrogator ID	Command Code	Parameters	CRC
1 byte ('31')	1 byte (8 bits)	3 bytes	4 bytes	2 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

表参 1.2 433MHz 帯アクティブタグから 433MHz 帯インテロゲータへの  
同報応答メッセージフォーマット

Tag Status	Message Length	Int ID	Tag ID	Owner ID	User ID	Data	CRC
2 bytes	1 byte	2 bytes	4 bytes	3 bytes	0-16 bytes	0-N bytes	2 bytes

表参 1.3 433MHz 帯アクティブタグから 433MHz 帯インテロゲータへの  
個別応答メッセージフォーマット

Tag	Status Message Length	Int ID	Tag ID	Command Code	Parameters	CRC
2 bytes	1 byte	2 bytes	4 bytes	1 bytes	N bytes	2 bytes

表参 1.1 内の Parameters の Nbytes の最大値は Write Memory コマンド時の 50(=4+46)bytes、表参 1.2 内の Data の最大値は Collection with Data コマンド時の 32bytes、表参 1.3 内の Parameters の Nbytes の最大値は Read Memory コマンド時の 47(=1+46)bytes である。また、通信に用いられるコマンドは表参 1.4 のとおりである。コード番号とはその命令の番号であり、その命令で 433MHz

帯アクティブタグ内の情報を読み込むのか、それとも書き込むのかによって 2 つに分かれている。

さらに、コマンドタイプにはブロードキャスト (Broadcast) とポイント・トゥ・ポイント (Point to Point) の 2 つがあり、通信範囲内に存在する全ての 433MHz 帯アクティブタグに対して命令を与えるものをブロードキャスト、ある特定の 433MHz 帯アクティブタグに対して命令を与えるものをポイント・トゥ・ポイントとしている。

表参 1.4 コマンドコード一覧表

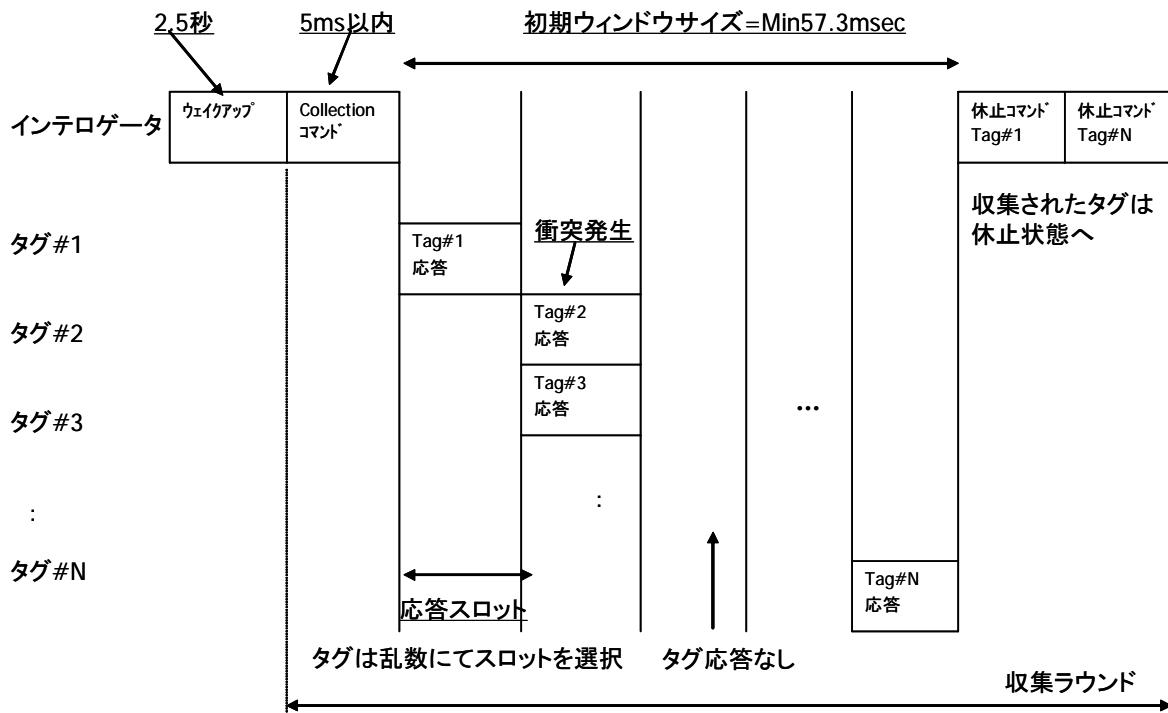
コード番号		コマンド名	コマンド タイプ	動作
読込	書込			
10	—	Collection	Broadcast	通信範囲内の全 433MHz 帯アクティブタグの ID の読込
11	—	Collection with Data	Broadcast	特定データを含む全 433MHz 帯アクティブタグの ID の読込
14	—	Collection with User ID	Broadcast	ユーザ ID を含む全 433MHz 帯アクティブタグの ID の読込
—	15	Sleep	Point to Point	433MHz 帯アクティブタグを休止状態に設定
01	—	Status	Point to Point	433MHz 帯アクティブタグの状態を読込
07	87	User ID length	Point to Point	433MHz 帯アクティブタグのユーザ ID の長さの読込/書込
13	93	User ID	Point to Point	ユーザ ID/読取/設定
09	89	Owner ID	Point to Point	オーナー ID を読取/設定
0C	—	Firmware revision	Point to Point	ファームウェア番号の読取（製造者が設定）
0E	—	Model Number	Point to Point	モデル番号の読取（製造者が設定）
60	E0	Read/Write Memory	Point to Point	メモリーデータの読取/書込
—	95	Set Password	Point to Point	4bytes 長の 433MHz 帯アクティブタグパスワードを設定
17	97	Set Password Protect	Point to Point	433MHz 帯アクティブタグ内のセキュアビットの設定・解除
—	96	Unlock	Point to Point	パスワードのロック解除



433MHz 帯インテロゲータがブロードキャストにより通信範囲内に存在する全ての433MHz 帯アクティブタグのID情報を収集する流れは次のとおりとなっている。

- ① 433MHz 帯インテロゲータが2.5秒間のウェイクアップ信号を送信する。
- ② ウェイクアップ信号を検知した433MHz 帯アクティブタグは、待機状態に移り、433MHz 帯インテロゲータからのコマンド待ち状態になる。
- ③ 433MHz 帯インテロゲータが433MHz 帯アクティブタグに対してIDの返答を促す命令を送信した後、その命令を受信した433MHz 帯アクティブタグは、乱数によりウィンドウサイズ内のスロットを選択し、IDを含む応答パケットを送信する。
- ④ 433MHz 帯インテロゲータは応答してきた433MHz 帯アクティブタグのIDを受け取り、それらの存在を記録した後、それらの433MHz 帯アクティブタグに休止命令を送信する。
- ⑤ ④で衝突が発生した場合に対応するため、休止状態に移行していない433MHz 帯アクティブタグが応答できるように、433MHz 帯インテロゲータは再度、IDの返答を促す命令を送信する。
- ⑥ 433MHz 帯インテロゲータは再度、433MHz 帯アクティブタグからの応答を待ち、残っている433MHz 帯アクティブタグを休止状態にする。これは通常3回程度繰り返される。

以上の動作を図示したものが図参 1.2 である。



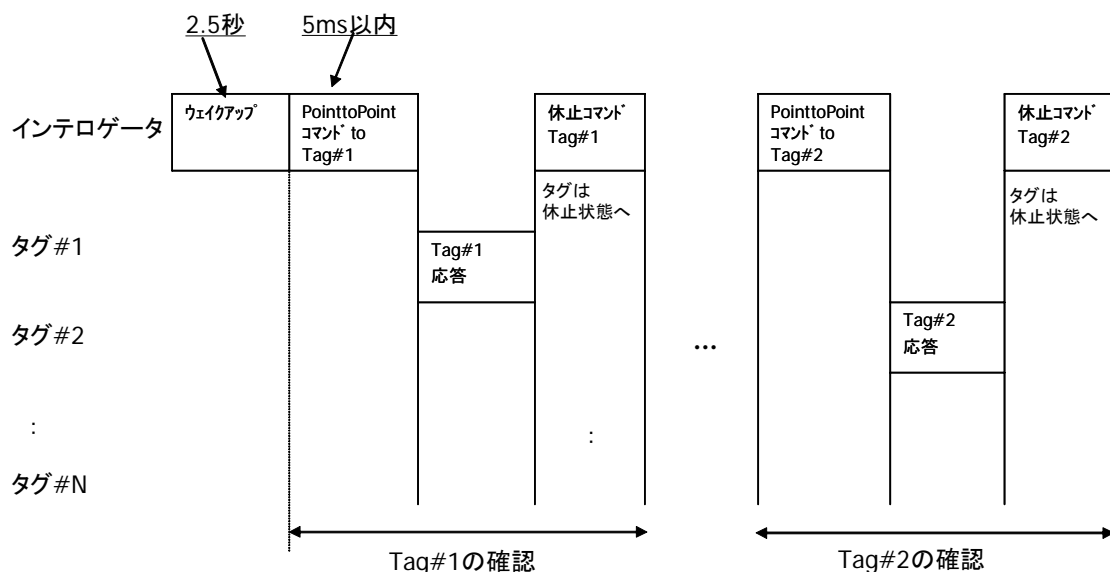
図参 1.2 収集シーケンスとタイミング

一方、433MHz 帯インタロゲータがポイント・トゥ・ポイントにより通信範囲内に存在する特定の 433MHz 帯アクティブタグの情報を収集する流れは次のとおりとなっている。

- ① 433MHz 帯インタロゲータが 2.5 秒間のウェイクアップ信号を送信する。
- ② ウェイクアップ信号を検知した 433MHz 帯アクティブタグは、待機状態に遷移し、433MHz 帯インタロゲータからのコマンド待ち状態になる。
- ③ 433MHz 帯インタロゲータが特定の 433MHz 帯アクティブタグに対し、その ID を指定した後、各種の命令を送信する。その後、命令を受信した特定の 433MHz 帯アクティブタグは、命令に応じた情報を含む応答パケットを送信する。
- ④ 433MHz 帯インタロゲータは応答してきた 433MHz 帯アクティブタグの ID と情報を受け取り、その情報を収集した後、その 433MHz 帯アクティブタグに対し、休止命令を送信する。
- ⑤ ④で応答が受信できなかった場合、433MHz 帯インタロゲータは再度、命令を送信する。

- ⑥ 433MHz 帯インテロゲータは再度、433MHz 帯アクティブタグからの応答を待ち、特定の 433MHz 帯アクティブタグからの応答を確認した後に、その 433MHz 帯アクティブタグを休止状態にする。これは通常 3 回程度繰り返される。

以上の動作を図示したものが図参 1.3 である。



図参 1.3 収集シーケンスとタイミング (Point to Point の場合)

なお、実際の運用においてはブロードキャストによる命令よりもポイント・トゥ・ポイントによる命令が主に使われる。

例えば、コンテナヤードでは、ほとんどの場合、操作しようとしているコンテナがどこにあるのかは予め分かっており、433MHz 帯アクティブタグは今まで目視で行っていたコンテナの確認を自動化しているにすぎない。そのため、目的のコンテナがどこにあるのかブロードキャストにより問い合わせるといったケースは少ない。

また、目的の 433MHz 帯アクティブタグを始動状態にする際、周囲にある他の 433MHz 帯アクティブタグも 433MHz 帯インテロゲータからのウェイクアップ信号で待機状態になるが、一定時間後に休止状態に自動的に遷移するため、ポイント・トゥ・ポイントで通信を行う場合、他の 433MHz 帯アクティブタグが電波を送信することはない。

## 実機を用いた実証実験

アマチュア局と433MHz帯アクティブタグシステムとの周波数共用についての基礎的な検討として、以下のとおり、実機を用いた基礎検討を行った。

兵庫県神戸市六甲アイランドにある実際のコンテナヤードにおいて、ISO/IEC18000-7に準拠した433MHz帯アクティブタグシステムを用い、干渉の実証実験を行った。

実験に際し、最も見通しのよいガントリークレーンに433MHz帯アクティブタグシステムの機器を設置することが困難であったため、コンテナヤード内にある高さ15mの管理ビルの屋上にアマチュア局側に見通しを確保できる状態で433MHz帯アクティブタグシステムを設置した。433MHz帯アクティブタグは、通常、コンテナ等に密着して取り付けられるが、屋上でこの状態を再現するのは困難であったため、433MHz帯アクティブタグは、433MHz帯インテロゲータを支える支柱の近くの壁面に取り付けた状態で実験を行った。

また、図参2.1の①から④に示すとおり、実際に六甲アイランド周辺のアマチュア局と臨時に設置した測定箇所を用い、コンテナヤード内の管理ビルの屋上を433MHz帯アクティブタグシステムの送信場所として、これらの測定箇所における受信電力の測定を行った。実験に用いた433MHz帯アクティブタグシステムの実証実験用の諸元を表参2.1、430MHz帯におけるアマチュア局の一般的な諸元を表参2.2に示す。



図参2.1 送信場所と測定箇所との位置関係

表参2.1 433MHz帯アクティブタグシステム（実証実験用）の諸元

	433MHz帯アクティブタグ	433MHz帯インテロゲータ
等価等放輻射電力 (EIRP)	0.7mW	0.3mW
受信感度	-98dBm	-100dBm
アンテナ利得	-6dBi	1dBi

表参 2.2 430MHz 帯におけるアマチュア局の一般的な諸元

送信電力	50W 以下 (100mW 程度の携帯型機から 50W の固定型機や車載型機まで。ただし、月面反射通信を行う局では 500W 以下)
空中線利得	車載タイプ : 3~7dBi 固定:11dBi~
最大受信感度	-128dBm
スケルチ解放レベル	-123dBm

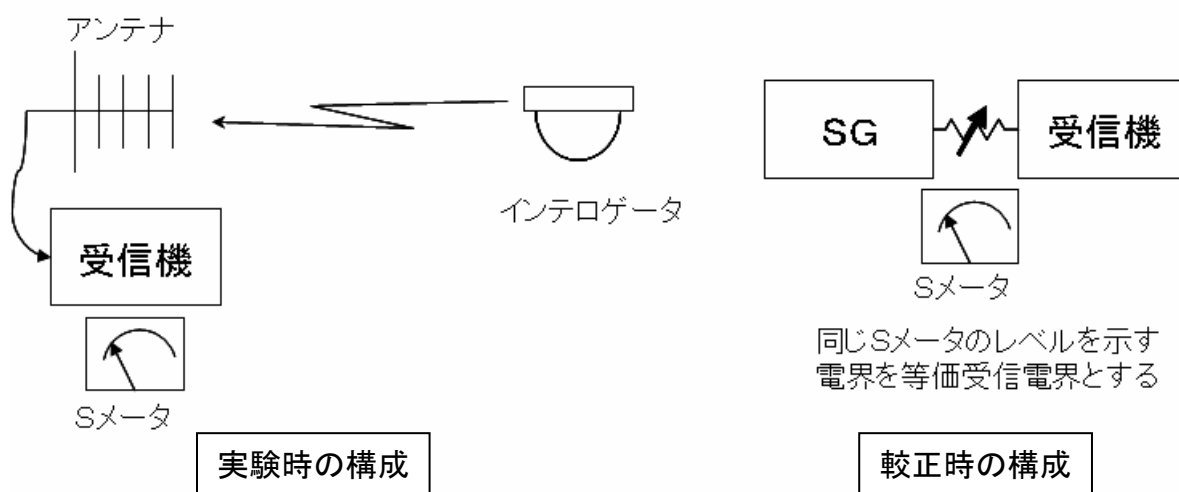
各測定箇所において、433MHz帯アクティブタグシステムからの電波を受信した信号レベル、433MHz帯アクティブタグシステムと測定箇所との間の距離、測定環境などを測定結果として表参2.3に示す。

また、実験時と較正時の構成を参図2.2に示す。実験では、送信場所から最も離れた位置の測定箇所においても、433MHz帯アクティブタグシステムの信号が受信可能であることが確認された。ただし、この結果は、見通し伝搬の条件において、測定箇所の八木宇田アンテナをコンテヤードの方向に指向させた場合の結果である。

表参2.3 測定結果

測定箇所	信号レベル	等価受信電界強度	ノイズレベル	高さ	距離	アンテナタイプ	アンテナ利得	受信機	ケーブル	備考
①	S5	-107～ -103dBm	-134dBm	700m	8.6km	10ele DIAMOND A430S10	13dBi	IC-910D	8DFB 10m	
②	S3	-114～ -110dBm	-126.6dBm	260m	7.2km	8ele	11.5dBi	TM-833	5D2V 10m	
③	S2～ S3	-110～ -105dBm	-126.0dBm	180m	5.0km	GP	11.5dBi	IC-970	10D2V 30m	
④	S3	-110～ -108dBm	-124.0dBm	10m	1.6km	GP	11.5dBi	IC-910D	5DSFB 8m	見通し外

なお、信号レベルはアマチュア受信機のSメータの信号レベルであり、ノイズレベルとは環境雑音で閉じているスケルチを開くレベルである。



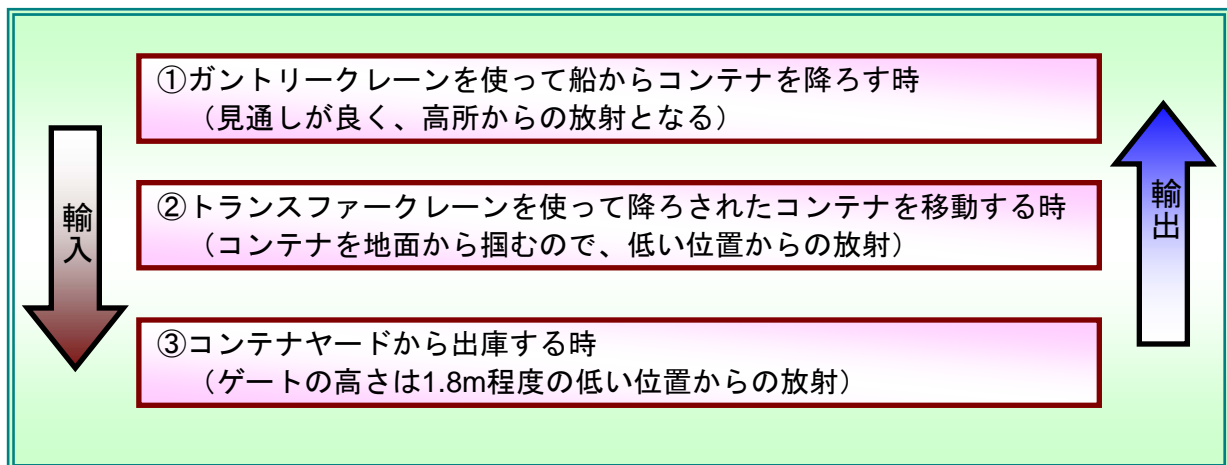
図参 2.2 実験時と較正時の構成

### 433MHz帯アクティブタグシステムの送信時間

433MHz帯アクティブタグシステムの利用形態の違いから、コンテナヤードで使用した場合と、工場、倉庫、配送センターで使用した場合とに分け、それぞれの場所におけるシミュレーションにより、送信時間の検討を行った。

#### 1 コンテナヤードで使用した場合

433MHz帯アクティブタグについて時系列で記述すると、コンテナヤードでは、図参3.1の①から③の場合に電波の発射が行われる。（以下は、輸入の時の順番であるが輸出の時は順番が反対になる。）



図参3.1 コンテナヤードにおけるコンテナの主な流れ

また、我が国でも典型的な貨物の輸出入港でもある神戸港（六甲アイランド）をモデルとし、作業時間を10時間／日とし、以下の数の433MHz帯アクティブタグを1日に取り扱うものと仮定し検討を行った。

コンテナ数は、2004年外資コンテナ個数ランキング（国土交通省港湾局調べ）より、神戸港（六甲アイランド+ポートアイランド）全体で1,851千TEU（Twenty-foot Equivalent Units: 20フィートコンテナの単位）であることから、以下のとおり六甲アイランドにおける1日当たりのコンテナ取扱数を算出し、433MHz帯アクティブタグの総数を求めることとした。

神戸港全体      1,851千TEU

六甲アイランド 925千TEU

20フィートコンテナ (約37%) 342,250TEU

40フィートコンテナ (約63%) 291,375 (582,750TEU)

コンテナサイズを考慮したコンテナ数の合計は633,625となる。

1日当たりのコンテナ取扱数は約1,700となることから、433MHz帯アクティブタグの装着率等を踏まえ、433MHz帯アクティブタグ総数を1,500とした。

#### 1. 1 433MHz帯アクティブタグ

アクティブタグシステムには、インテロゲータからの始動のための信号に対してアクティブタグが始動開始し、インテロゲータとの間で情報のやり取りが可能になるマスター・スレイブモードと、アクティブタグ側から一定間隔で自動的に信号を発信するビーコンモードの2つの通信モードがある。それぞれの通信モードについて検討を行った。

##### (1) マスター・スレイブモードの場合

433MHz帯アクティブタグは、433MHz帯インテロゲータからの始動のための信号に対して、表参3.1に示すフォーマットで応答する。同表中の“Parameters”の長さによって異なるが、コンテナヤードではコンテナの識別が目的であるため、コンテナIDやインテロゲータID等の必要最低限の情報しか送られない場合が一般的である。

また、433MHz帯アクティブタグからの送信として共通していることは、まず、発信機が安定するまで1ミリ秒の送信を行い、その後1296 $\mu$ 秒のプリアンプルを送信した後、表参3.1に示すフォーマットでデータを送信することになる。

表参3.1 応答のフォーマット

Tag Status	Message Length	Int ID	Tag ID	Command Code	Parameters	CRC
2 bytes	1 byte	2 bytes	4 bytes	1 byte	N bytes	2 bytes

ISO/IEC18000-7では、8ビットのデータビットと1ビットのストップビットの計9ビットを1byteとしている。これを27.7kb/sで通信するので、1 byte当たりの送信時間は約324 $\mu$ 秒となる。



433MHz帯インテロゲータに対してコンテナに取り付けられた433MHz帯アクティブタグが応答する場合は、前述のようにコンテナIDのみが分かればよいので“Parameters”の長さを0 byteと仮定すると、433MHz帯アクティブタグの送信時間は、1ミリ秒+1296 $\mu$ 秒+12bytes $\times$ 324 $\mu$ 秒=6.18ミリ秒となり約6.2ミリ秒となる。すなわち、1日の送信時間の合計は、6.2ミリ秒 $\times$ 1500個 $\times$ 3回=27.9秒となる。

## (2) ビーコンモードの場合

ここでは、極端なケースとして、全ての冷凍コンテナにビーコンモードの433MHzアクティブタグが装着されているとし、システムチェックのための送信を30分に1回の頻度で終日行うと仮定した。また、そもそも冷凍コンテナの数は少なく、六甲アイランドのコンテナヤードでも、全貨物蔵置スペースのうち約4%が冷凍コンテナの蔵置場所に割り当てられているだけとなっていることから、ビーコンモードの433MHz帯アクティブタグの装着率を4%とした。なお、同一システム間への影響から、装着率が高くなることはないと考えられる。

システムチェックに必要な情報は、クレーンによってコンテナをつり上げるときと同じであり、表参3.1のフォーマットに従い、1回に6.2ミリ秒の放射が行われる。1日の送信時間の合計は、6.2ミリ秒 $\times$ 1500個 $\times$ 4% $\times$ 48回=17.856秒となる。

つまり、(1)及び(2)より433MHz帯アクティブタグの1回の通信に必要な送信時間を約6.2ミリ秒とすると、1日のコンテナヤードにおける総送信時間は約46秒間(27.9秒+17.856秒=45.756秒)になる。

## 1. 2 433MHz帯インテロゲータ

433MHz帯アクティブタグの始動を確実にを行うための方法として、2.7秒間の送信を2回続けて行う機器もあることから、アマチュア局への影響を考慮し、この2回送信するものを本検討で使用することとした。また、制御のための信号については、ISO/IEC18000-7の規程の中にいくつかの種類が混在しており、それぞれ送信時間が異なるが、1回の読み取りにつき平均で10ミリ秒の制御のための信号を送信するものとした。

(1) 一般的なオペレーションの場合

送信時間については、始動のための信号が1回あたり水平、垂直偏波でそれぞれ2.7秒以内、計5.4秒とした。さらに制御のための信号が10ミリ秒送信される。タグのときに仮定した1日当たり1500個のコンテナの読み取りに必要な送信時間は起動命令が $5.4\text{秒} \times 1500 = 8100\text{秒}$ 、制御のための信号が $10\text{ミリ秒} \times 1500 = 15\text{秒}$ の計8115秒となる。

(2) その他のオペレーションの場合

その他のオペレーションとしては、トレーラーがゲートで停止しないオペレーションがある。この場合、今までのオペレーションと異なり、読み込むタイミングが特定できないため、433MHz帯インテロゲータは定期的に始動のための信号を送信する必要がある。433MHz帯インテロゲータから1mWで放射された信号を433MHz帯アクティブタグが受信できる限界は約60mとなるとする。トレーラーの通過速度を時速10マイル(16km/h)とすると、60m以内でしか通信できないので、約13.5秒に一度の始動のための信号の送信が必要になる。起動信号の合計は5.4秒であるので、デューティ比は40%となり、1日に10時間の操業を仮定すると、送信時間の合計は14400秒となる。

2 工場、倉庫、配送センターで使用した場合

工場、倉庫、配送センターでは、主に可搬型の433MHz帯インテロゲータが用いられ、433MHz帯アクティブタグは、主にトラック等に積まれたコンテナに付随して工場、倉庫、配送センター内に持ち込まれる。

(1) 一般的なオペレーション

例えば大きな配送センターにおいても、1日に5個程度の国際コンテナしか扱うことはないことから、433MHz帯アクティブタグの送信時間の合計は、 $6.2\text{ミリ秒} \times 5\text{個} = 31\text{ミリ秒}$ と0.1秒未満となる。また、433MHz帯インテロゲータの送信時間の合計は、5個のコンテナに対して、始動のための信号が $2.7\text{秒以内} \times 2\text{回} \times 5\text{個} = 27\text{秒}$ 、制御のための信号が $10\text{ミリ秒} \times 5\text{個} = 50\text{ミリ秒}$ 、合計27.05秒となる。

## (2) データダウンロードのオペレーションの場合

コンテナヤードではコンテナIDのみを読み取れば十分であったが、433MHz帯アクティブタグの中には輸送品質をモニターする目的や、コンテナの中に積載された品物のIDを格納するデータ蓄積機能を持った433MHz帯アクティブタグがある。このような機能を持った433MHz帯アクティブタグの蓄積されたデータは、コンテナヤードではなく、工場や倉庫でダウンロードされる。

ダウンロードは、コンテナとの対応を取る必要性から、主に可搬型の433MHz帯インテロゲータが用いられる。可搬型の433MHz帯インテロゲータは、大きさの制限から始動のための信号の送信が片方の偏波でしか行われないため、送信時間が2.7秒以内となる。したがって、1日当たり5個のコンテナに取り付けられた433MHz帯アクティブタグのIDを読み取るには $5 \times 2.7 \text{秒} = 13.5 \text{秒}$ の放射が行われることになる。

ISO/IEC18000-7の規格によるとデータをダウンロードする際には、表参3.1のフォーマットと若干異なるが、プリアンブルや発信機の安定時間は同一であり、ヘッダのデータ長が13bytesでデータ長は最大46bytesまで送信可能である。したがって、1回当たりの送信時間が $1 \text{ミリ秒} + 1296 \mu \text{秒} + (13 + 46) \text{bytes} \times 324 \mu \text{秒} = 21.41 \text{ミリ秒}$ 程度まで長くなる。

また、ISO/IEC18000-7では、データ量の最長を128kbytesとしており、これを27.7kb/sでダウンロードすることになっている。したがって、433MHz帯アクティブタグ側は $21.41 \text{ミリ秒}$ の送信を $128 \times 1024 / 46 = 2850$ 回行うこととなる。

これに対して433MHz帯インテロゲータは毎回制御のための信号を送信する。こちらはフォーマットが異なり、1ミリ秒の発信機の安定時間+1.308秒のプリアンブル+18bytesの制御信号を送信する。送信時間は1回当たり8.14ミリ秒となる。送信回数は433MHz帯アクティブタグと同一である。

ダウンロード時の433MHz帯アクティブタグの送信時間は、合計で1日当たり61.02秒になる。また、433MHz帯インテロゲータの制御のための信号の送信時間の合計は23.20秒となる。

しかしながら、データ蓄積機能を持った433MHz帯アクティブタグは、高価なこともあり、コンテナに付けられているビーコンタグの装着率よりも

低いと思われるが、ここではあえて、同率の4%と仮定する。すなわち、1日当たり5台のコンテナの4%の433MHz帯アクティブタグが128kbytesのデータを27.7kb/sでダウンロードした場合、平均送信時間は1日当たり433MHz帯アクティブタグが12.20秒、433MHz帯インテロゲータが4.64秒となる。

表参3.2 433MHz帯アクティブタグシステムの総送信時間

利用場所	発信源	設置箇所	高さ	始動のための信号	制御のための信号	総送信時間
コンテナヤード (1500 個*)	アクティブタグ	コンテナ	50m	—	6.2 ミリ秒	46 秒
	インテロゲータ	ガントリークレーン	50m	2.7 秒 × 2	10 ミリ秒	8115 秒
		トランスファークレーン	2m			8115 秒
		ゲート	4m			8115 秒 (14400 秒)
工場、倉庫、 配送センター (5 個*)	アクティブタグ	コンテナ	2m	—	6.2 ミリ秒	0.1 秒未満
			2m	—	21.4 ミリ秒	12.2 秒
			ダウンロード時			
	インテロゲータ	ゲート ／可搬型	2m	2.7 秒 × 2	10 ミリ秒	27.05 秒
			2m	2.7 秒	8.14 ミリ秒	4.64 秒
			ダウンロード時			

## シミュレーションによるアマチュア局との共用・干渉検討

433MHz帯アクティブタグシステムの利用形態の違いから、コンテナヤードで使用した場合と、工場、倉庫、配送センターで使用した場合とに分け、それぞれの場所におけるシミュレーションにより、アマチュア局との共用・干渉検討を行い、アマチュア局の運用を阻害するような混信を与えない必要離隔距離を求めた。

ここでは、欧州、米国で既に流通しているシステムとの整合性を取るため、433MHz帯アクティブタグシステムの放射電力を1mW（等価等方輻射電力：EIRP）と仮定した。

### 1 アマチュア局の諸元

430MHz帯におけるアマチュア局の一般的な諸元を表参 4.1 に示す。

表参 4.1 430MHz帯におけるアマチュア局の一般的な諸元

送信電力	50W 以下（100mW 程度の携帯型機から 50W の固定型機や車載型機まで。ただし、月面反射通信を行う局では 500W 以下）
空中線利得	車載タイプ：3～7dBi 固定：11dBi～
受信感度	-128dBm
スケルチ解放レベル	-123dBm

### 2 コンテナヤードで使用した場合の共用・干渉検討

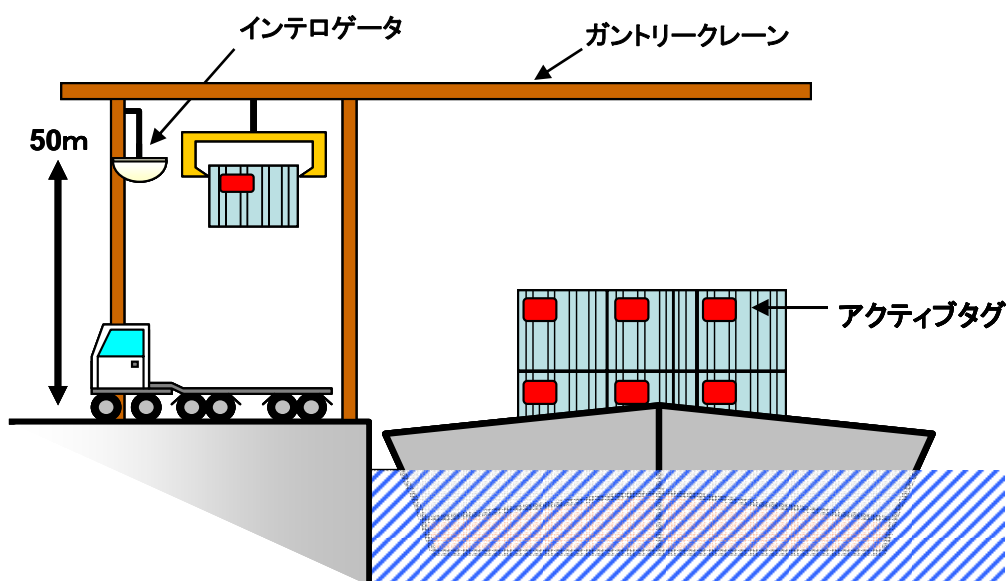
コンテナヤードにおける433MHz帯アクティブタグシステムの利用シーンから、433MHz帯インテロゲータは、一般的にガントリークレーン、トランスファークレーンおよびコンテナヤード出入り口に設置される。また、433MHz帯アクティブタグは、コンテナヤード内でコンテナとともに様々な場所で用いられる。以下にそれぞれの場合におけるアマチュア局との共用・干渉検討を行った。

## 2. 1 433MHz帯アクティブタグからの必要離隔距離

- 前提条件**
- ◆神戸港（六甲アイランド）をモデルと仮定
    - ガントリークレーン：5機
    - コンテナ積み降ろし時間：2分程度
    - 作業時間：10時間／日⇒ 1500個／日
  - ◆コンテナに取り付けた場合の減衰：6dBと仮定（参考資料5）

上記前提条件に基づき、以下のとおり考察を行った。

コンテナヤードにおいては、見通しがあるガントリークレーン（高さ50m）と同じ高さに433MHz帯アクティブタグを取り付けたコンテナを持ち上げた場合が最も影響を及ぼすおそれがあると考えられる。（図参4.1）



図参4.1 ガントリークレーンでの利用イメージ

参考資料2の実機を用いた実証実験から、見通しがある場合には、数km離れたアマチュア局でも受信することが可能となるが、見通しがとれない市街地などでは、ほとんど受信されない場合もあった。433MHz帯アクティブタグシステムとアマチュア局との共用・干渉検討をシミュレーションで行う場合には、どのような電波伝搬モデルを用いるかが重要となる。今回の検討では、対象とする周波数帯が433MHz帯であることや433MHz帯アクティブタグシ

システムの利用場所として主に想定されるのが多くのコンテナを積み重ねて蔵置するコンテナヤードや比較的住宅地に近い工場・倉庫等であることから、奥村秦式の市街地における小都市モデルを代表的な伝搬モデルとして使用し、最も高い位置からの放射を基地局アンテナ高50m、移動局のアンテナ高3mとし、放射電力（EIRP）が0dBm、-4dBm、-6dBm、-10dBm、-26dBmの時の受信レベルを想定し計算を行った。

奥村秦式の市街地小都市モデルは以下で表す。

$$L_{dB} = A + B \cdot \log_{10} R - E$$

$$A = 69.55 + 26.16 \cdot \log_{10} f - 13.82 \cdot \log_{10} H_b$$

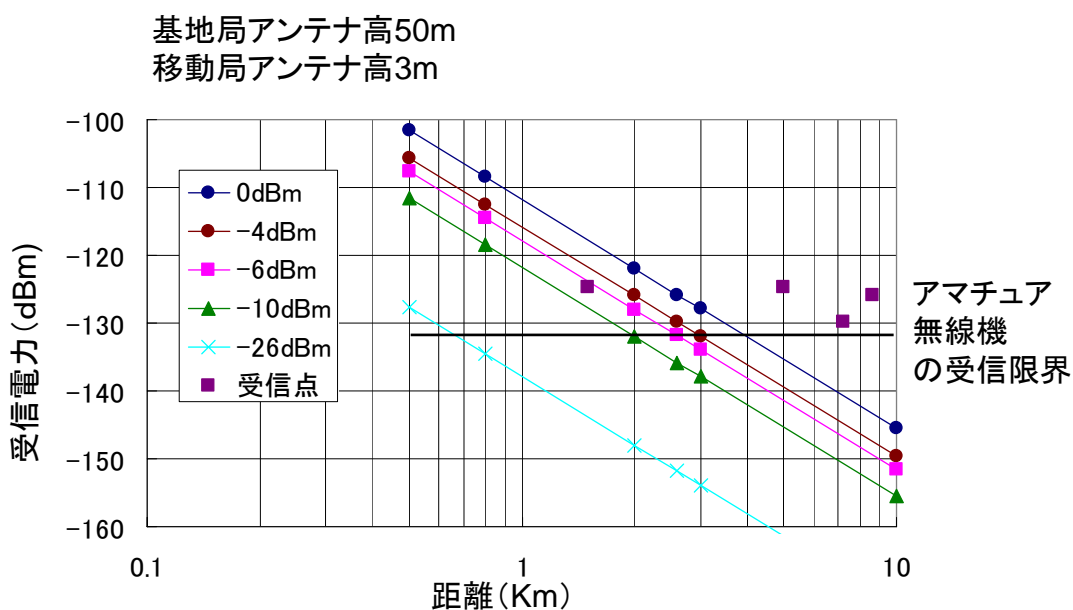
$$B = 44.9 - 6.55 \cdot \log_{10} H_b$$

$$E = (1.1 \cdot \log_{10} f - 0.7) H_m - (1.56 \cdot \log_{10} f - 0.8)$$

$L_{dB}$ : 減衰率  $R$ : 距離  $f$ : 周波数  $H_b$ : 基地局アンテナ高  $H_m$ : 移動局アンテナ高

アマチュア局の受信可能レベルは、表参4.1よりスケルチの開放レベル-123dBmとし、これに移動局も含めて平均9dBの利得のアンテナを用いたとすると、受信限界は-132dBmとなる。

したがって、奥村秦式による伝播損失によって減衰した433MHz帯アクティブタグから最も大きい放射をアマチュア局が認識できる距離は、図参4.2から約2.6kmの位置ということになる。



注: 受信点とは、事前実験で実際に受信した場所でのレベル

図参4.2 高所から電波が放射される場合の受信レベル



## 2. 2 433MHz帯インテロゲータからの干渉

次に433MHz帯インテロゲータの設置場所において、最も高いガントリークレーンに取り付けられた場合と比較的低い位置のトランスファークレーンおよびゲートに取り付けられた場合に分けて考察を行った。

### ① ガントリークレーンに取り付けられた場合（図参4.1）

ガントリークレーンに433MHz帯インテロゲータを取り付けた場合、放射の高さは、最高50m程度になると考えられる。433MHz帯インテロゲータからの放射電力を1mW（EIRP）と仮定すると図参4.2に示した0dBmのプロットをそのまま参照することができ、必要離隔距離は3.97kmとなる。

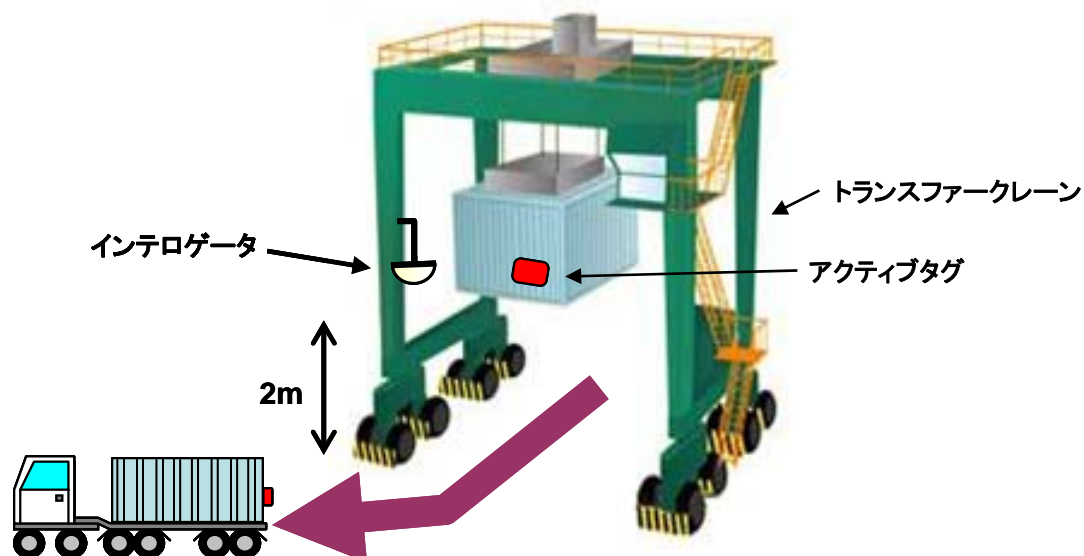
### ② トランスファークレーンに取り付けられた場合（図参4.3）

トランスファークレーンはガントリークレーンによって船から地上に降ろされたコンテナしか扱わないため、ほとんどは地上2m程度の高さでの読み取りとなる。奥村秦式は基地移動局の高さがは30m～200mの場合を有効範囲としているため、今求めようとする2mの高さからの離隔距離を求めることはできない。そこで、基地局（433MHz帯インテロゲータ）の高さが50mの場合と2mの場合の減衰率の差を用いて、2mの高さからの必要離隔距離を算出することとする。

前節で述べたガントリークレーンの高所（50m）からの放射との違いを明確にするため、基地局（433MHz帯インテロゲータ）の高さの差を用いて減衰率の差を算出する。いま求めたいものはアンテナ高が50mのときと2mの時の減衰率の違いである。高さの差は48mとなる。

そこで奥村秦式において、奥村秦式が適用可能な基地局高の最低高さである30mと、それよりも48m高い78mで位置での減衰率の差違いを求め、それをハイトゲインとする。奥村秦式には距離と基地局アンテナ高を乗じた項があるため、減衰を求める地点までの距離が必要となる。前節の結果は高所（50m）からの放射において、3.97kmの離隔距離が必要であった。2mのアンテナ高さからの放射による離隔距離は、では50mの高さからの離隔距離である3.97kmこれよりも離隔距離が短くなることが予測されるため、減衰を求める地点までの距離をおおよそ3km地点として減衰率の差を導出すると、ハイトゲインは7.03dBとなった。の差が生じこの

値を用いると、2mの高さからの必要離隔距離は、必要離隔距離は2.46kmの  
となる。

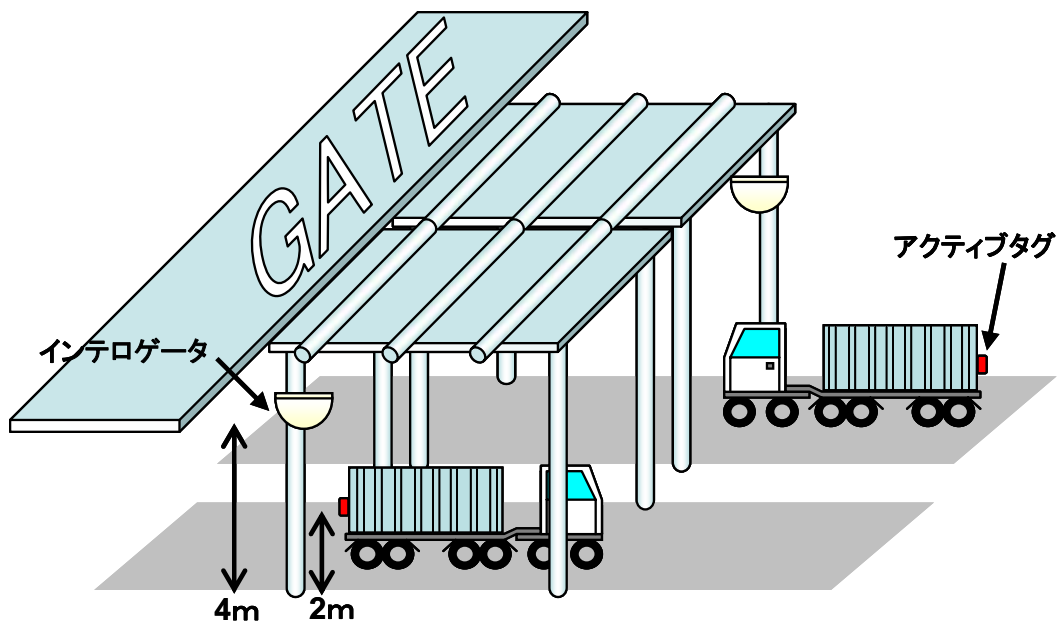


図参4.3 トランスファークレーンでの利用イメージ

### ③ ゲートに取り付けられた場合 (図参4.4)

433MHz帯インテロゲータのアンテナ高はトランスファークレーンの時は2mであったが、ゲートでは屋根の近くに433MHz帯インテロゲータを設置する可能性があることから高さを4mとした。奥村秦式での基地局の最低の高さと78mと76mの高さの時の減衰率の差をハイトゲインと仮定すると、約0.2dBの差が生じる。しかしながら、必要離隔距離については、トランスファークレーンに取り付けた場合とほとんど同じく、2.49kmとなる。

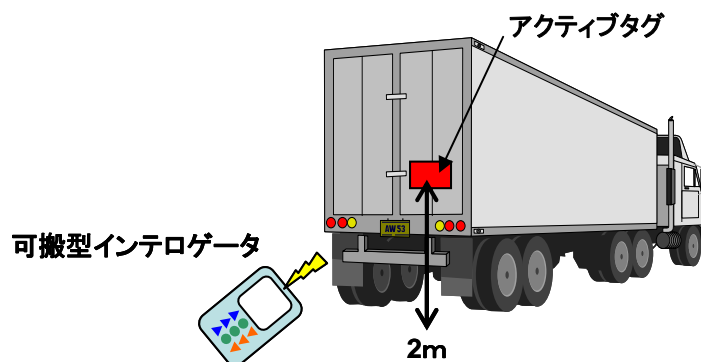
なお、通常ゲートには雨天の作業に備えて屋根が設けられており、この下に433MHz帯インテロゲータを取り付ける。このため、トランスファークレーンの場合よりも被干渉側のアマチュア局に対して見通しが取れる確率は低くなる。



図参4.4 ゲートでの利用イメージ

### 3 工場、倉庫、配送センターで利用した場合の干渉・共用検討

工場、倉庫、配送センターでは、433MHz帯インテロゲータは主に可搬型で用いられ（図参4.5）、433MHz帯アクティブタグは主にトラック等に積まれたコンテナに付随して工場、倉庫、配送センター内に持ち込まれる。図参4.6に配送センターの概観を示す。



図参4.5 工場、倉庫、配送センターでの利用イメージ



図参4.6 配送センターの概観

アンテナ高は2m程度で、伝播環境としてはトランスファークレーンに取り付けられた433MHz帯インテロゲータとほぼ同じと考えられる。したがって工場、倉庫、配送センターにおける433MHz帯インテロゲータからの必要離隔距離は2.46km程度となる。

また、これまで433MHz帯アクティブタグとの共用・干渉検討においては、全て高所（50m）の位置からの放射として扱ってきたが、工場、倉庫、配送センターにおいては、433MHz帯インテロゲータと同様にアンテナ高が下がることによる減衰が見込まれ、コンテナによる損失とあわせると13dB程度の減衰が見込まれることから、433MHz帯アクティブタグからの必要離隔距離は1.63km程度となる。

一般的に工場、倉庫、配送センターでは、図参4.6に示すようにピットと呼ばれるコンテナトレーラーの高さに合わせて荷受け用の開放部があるエリアにコンテナを在庫して荷受を行う。この場合、ピットの開口部はコンテナによってほとんど塞がれた状態になり、しかもピットには、雨天を想定して屋

根が取り付けられていることもあり、実際には見通し外の減衰が発生し、離隔距離はさらに小さくなると考えられる。

これまでの考察の結果については、表参4.2に示すとおり。

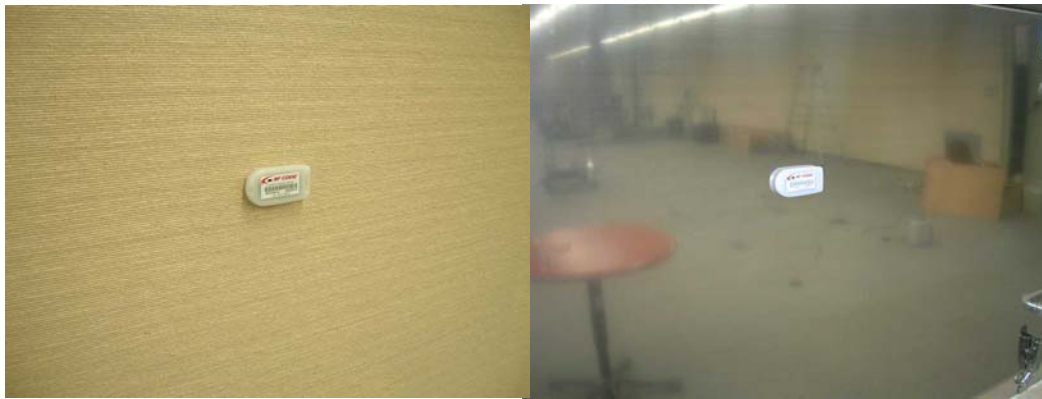
表参4.2 433MHz帯アクティブタグシステムからの必要離隔距離

利用場所	発信源	設置箇所	高さ	必要離隔距離
コンテナヤード (1500 個*)	アクティブタグ	コンテナ	50m	2.6km
	インテロゲータ	ガントリークレーン	50m	3.97km
		トランスファークレーン	2m	2.46km
		ゲート	4m	2.49km
工場、倉庫、 配送センター (5 個*)	アクティブタグ	コンテナ	2m	1.63km
	インテロゲータ	可搬型／ゲート	2m	2.46km

## アクティブタグの特性試験

## 1 金属特性評価実験

RF-CODE 社の微弱無線局である 303.825MHz アクティブ無線タグを用いて、壁面設置の場合と金属面設置の場合の SSI 信号を取得した。このアクティブタグは微弱電波で一定の間隔で ID を一方的に送信する。これを 2 チャンネルの受信回路を持つリーダーで受信する。図参 5.1 に壁面設置状況と金属面設置状況を示す。



図参 5.1 RF-CODE 社製アクティブ無線タグの設置環境

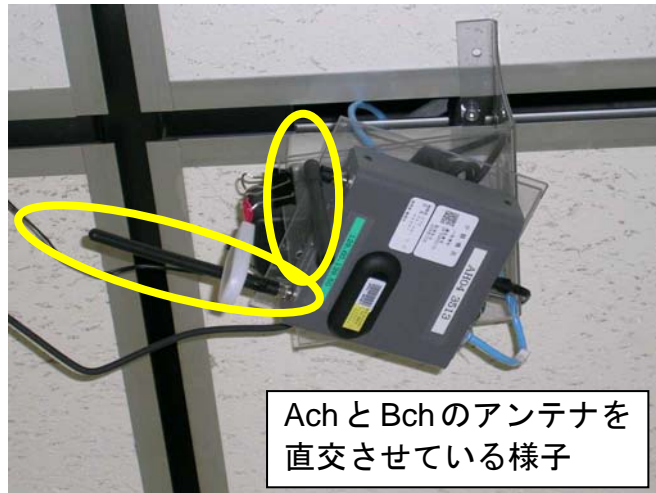
それぞれのタグの設置位置から 2m 離れた場所のリーダーで受信した信号レベル(SSI 値)を表参 5.1 に示す。壁面設置タグの受信レベル平均値は-75.0dBm、金属面設置タグの受信レベル平均値は-80.77dBm であった。金属による減衰は 5.77dB ということになる。

表参 5.1 壁面設置タグと金属面設置タグの受信レベル実測値データ

壁面設置のタグ						金属面設置のタグ					
ヘッダ情報	タグID	Ach SSI	Bch SSI	時刻	msec	ヘッダ情報	タグID	Ach SSI	Bch SSI	時刻	msec
H	5515	72	74	16:06:01	247	H	5515	79	83	16:08:05	246
H	5515	73	75	16:06:03	791	H	5515	79	81	16:08:07	799
H	5515	73	75	16:06:04	192	H	5515	79	80	16:08:08	210
H	5515	73	75	16:06:06	735	H	5515	80	82	16:08:10	754
H	5515	73	75	16:06:07	146	H	5515	80	82	16:08:11	164
H	5515	74	74	16:06:09	689	H	5515	79	83	16:08:13	708
H	5515	73	75	16:06:10	100	H	5515	79	83	16:08:14	118
H	5515	74	80	16:06:12	644	H	5515	79	79	16:08:16	662
H	5515	74	78	16:06:13	54	H	5515	79	79	16:08:17	73
H	5515	75	78	16:06:15	588	H	5515	79	84	16:08:19	626
H	5515	75	78	16:06:15	999	H	5515	78	85	16:08:20	27
H	5515	75	77	16:06:18	552	H	5515	78	84	16:08:22	581
H	5515	75	79	16:06:18	953	H	5515	78	85	16:08:22	991
H	5515	75	80	16:06:21	496	H	5515	80	81	16:08:25	535
H	5515	75	80	16:06:21	907	H	5515	80	81	16:08:25	945
H	5515	71	80	16:06:24	451	H	5515	79	79	16:08:28	499
H	5515	73	77	16:06:24	861	H	5515	80	79	16:08:28	900
H	5515	74	76	16:06:27	405	H	5515	80	79	16:08:31	453
H	5515	74	75	16:06:27	805	H	5515	79	79	16:08:31	864
H	5515	75	75	16:06:30	359	H	5515	78	85	16:08:34	408
H	5515	74	75	16:06:30	770	H	5515	79	85	16:08:34	818
H	5515	73	78	16:06:33	313	H	5515	80	83	16:08:37	372
H	5515	75	77	16:06:33	714	H	5515	80	82	16:08:37	772
H	5515	73	75	16:06:36	268	H	5515	80	81	16:08:40	326
H	5515	73	76	16:06:36	668	H	5515	80	81	16:08:40	727
H	5515	73	76	16:06:39	212	H	5515	80	81	16:08:43	280
H	5515	74	75	16:06:39	622	H	5515	80	82	16:08:43	691
H	5515	74	74	16:06:42	166	H	5515	80	81	16:08:46	245
H	5515	74	74	16:06:42	577	H	5515	80	81	16:08:46	645
H	5515	74	75	16:06:45	120	H	5515	80	83	16:08:49	199
H	5515	74	75	16:06:45	531	H	5515	80	82	16:08:49	599
H	5515	74	76	16:06:48	75	H	5515	80	83	16:08:52	153
H	5515	74	75	16:06:48	485	H	5515	80	83	16:08:52	564
H	5515	74	75	16:06:51	29	H	5515	80	82	16:08:55	117
H	5515	74	75	16:06:51	439	H	5515	80	83	16:08:55	518
						H	5515	80	83	16:08:58	72
						H	5515	80	83	16:08:58	482
						H	5515	80	82	16:09:01	26
						H	5515	80	82	16:09:01	436
						H	5515	80	83	16:09:03	980
						H	5515	80	83	16:09:04	391

## 2 偏波ダイバーシティ効果評価実験

RF-CODE 社の 303.825MHz アクティブ無線タグを用いて、偏波ダイバーシティの効果の評価した。図参 5.2 は RF-CODE 社の Spider V リーダである。本写真のようにリーダーは Ach と Bch の 2 つのアンテナを持っており、それぞれのアンテナを直交させることにより、偏波ダイバーシティの効果を得られる。1. のオンメタル特性を計測したときは、Ach、Bch のアンテナは平行にして測定している。



図参 5.2 RFCODE 社製 Spider V リーダ

本リーダーが設置されている部屋には約 80 個程度の物品が存在し、それぞれに RF-CODE 社のアクティブ無線タグが設置されている。その様子を図参 5.3 に示す。



図参 5.3 各物品に設置されているアクティブ無線タグ



このように様々な物品から放射されるタグ ID はリーダで受信される場合、その偏波の影響によって 2 つのアンテナで異なる受信レベルで受信される。図のようにタグの方向は全くランダムである。偏波が直交した Ach で受信した受信レベルと Bch で受信した受信レベルの差の絶対値(|Ach-Bch|)を表 5.2 に示す。

このようにタグ ID によってそれぞれのアンテナで受信されるレベルの差が異なる。時刻 0 時から時刻 1 時 30 分までのランダムな 30 個のタグからの受信データから、|Ach-Bch|の平均値を求めると 5.9dB であった。

このことより、偏波ダイバーシティによって約 6dB の利得効果が得られることがわかった。

表参 5.2 リーダでのタグの受信履歴と各アンテナの受信レベルの差の絶対値

ヘッダ情報	タグID	Ach_SSI	Bch_SSI	時刻	Ach-Bch
H	15345	91	102	0:00:00	11
H	14593	90	86	0:00:00	4
H	21001	87	83	0:00:00	4
H	19298	90	89	0:00:00	1
H	19521	94	92	0:00:01	2
H	23914	101	103	0:00:01	2
H	21393	84	91	0:00:01	7
H	4288	89	80	0:00:01	9
H	2632	90	78	0:00:01	12
H	31242	76	80	0:00:01	4
H	4288	89	80	0:00:01	9
H	24841	85	81	0:00:01	4
H	2875	83	79	0:00:01	4
H	21186	97	89	0:00:02	8
H	2632	90	77	0:00:02	13
H	10697	81	87	0:00:02	6
H	22474	99	100	0:00:02	1
H	11091	71	69	0:00:02	2
H	29320	85	81	0:00:03	4
H	9899	72	75	0:00:03	3
H	12130	102	100	0:00:03	2
H	16705	103	92	0:00:04	11
H	17457	70	84	0:00:04	14
H	4288	89	80	0:00:04	9
H	11746	85	87	0:00:04	2
H	4288	88	80	0:00:04	8
H	2632	103	100	0:00:04	3
H	23050	77	76	0:00:04	1
H	2632	89	78	0:00:04	11
H	4995	78	82	0:00:04	4
...	...	...	...	...	...

### アマチュア局からの被干渉

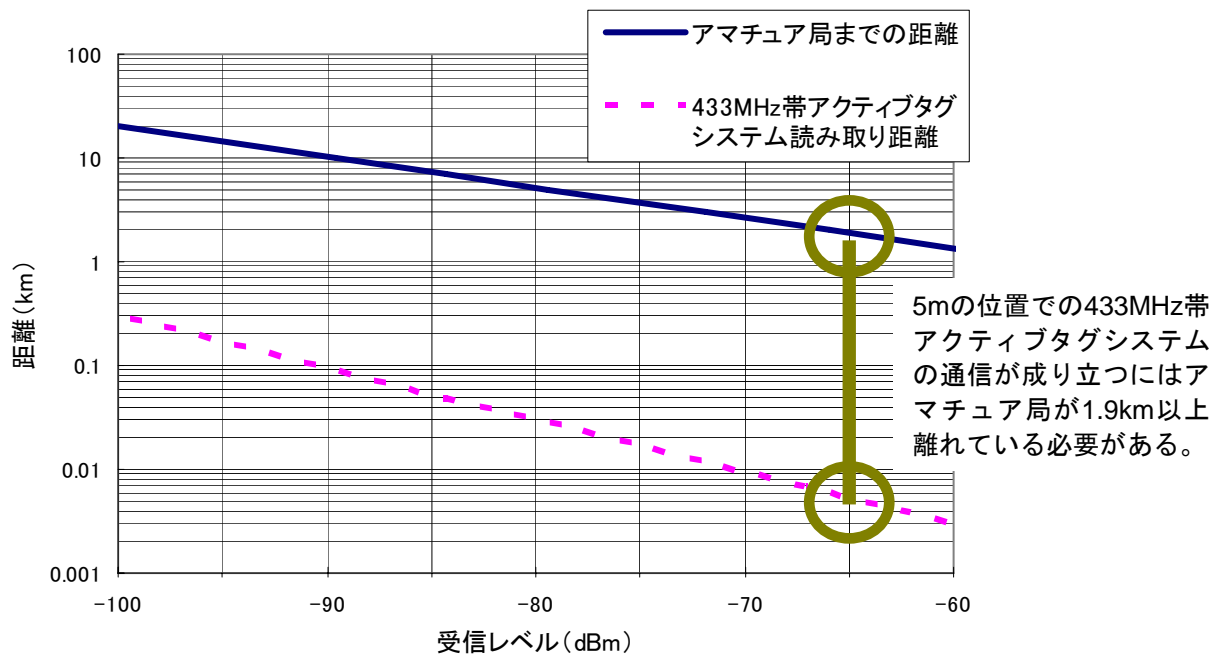
433MHz帯アクティブタグシステムがアマチュア局から受ける影響について考察する。

相互の干渉が最も大きくなるのは、高所からの放射、すなわちガントリーレーンからコンテナを持ち上げた場合である。このときの433MHz帯アクティブタグシステムの高さは50m程度となる。

ここで、アマチュア局の一般的な諸元（表参2.1）から、出力50W、アンテナ利得は固定局と移動局の両方を勘案して9dBiとし、EIRPで56dBmの放射が行われるとする。

一方、433MHz帯アクティブタグシステムは、5mの距離から-10dBmの放射電力で、433MHz帯アクティブタグを起動しようとするときの433MHz帯アクティブタグシステムの許容干渉レベルを-65dBmとした。

参考資料 4 と同様に奥村泰式の都市モデル（中小都市）を用い、アマチュア局からの影響を計算した場合、必要な離隔距離は1.9kmとなる。



## 用途・利用形態等の限定をしない場合の 433MHz 帯アクティブタグとアマチュア局との共用・干渉検討

433MHz 帯アクティブタグシステムの利用シーンとして一般的に広く利用された場合について、シミュレーションによりアマチュア局との共用・干渉検討を以下のとおり行った。

### 1 利用シーン

利用シーンとして一般的に広く利用した場合、アマチュア局が比較的多く運用されている住宅地域等でも広く利用されることが想定される。

例えば、RF-CODE 社からご提案のあった利用シーンの内、児童の通学登下校時の誘拐から児童を守るため、所在地確認・追跡等で利用するような場合では、そもそも学校が住宅地域にあることが多く、さらに通学登下校時においては、児童が集団で行動することも考えられる。

### 2 共用・干渉検討のための前提条件

#### 2. 1 アマチュア局の諸元

430MHz 帯におけるアマチュア局の一般的な諸元を表参 4.1 と同様とした。このためアマチュア局の受信限界は表参 4.1 と同様に-132dBm となる。

#### 2. 2 433MHz 帯アクティブタグシステムの諸元

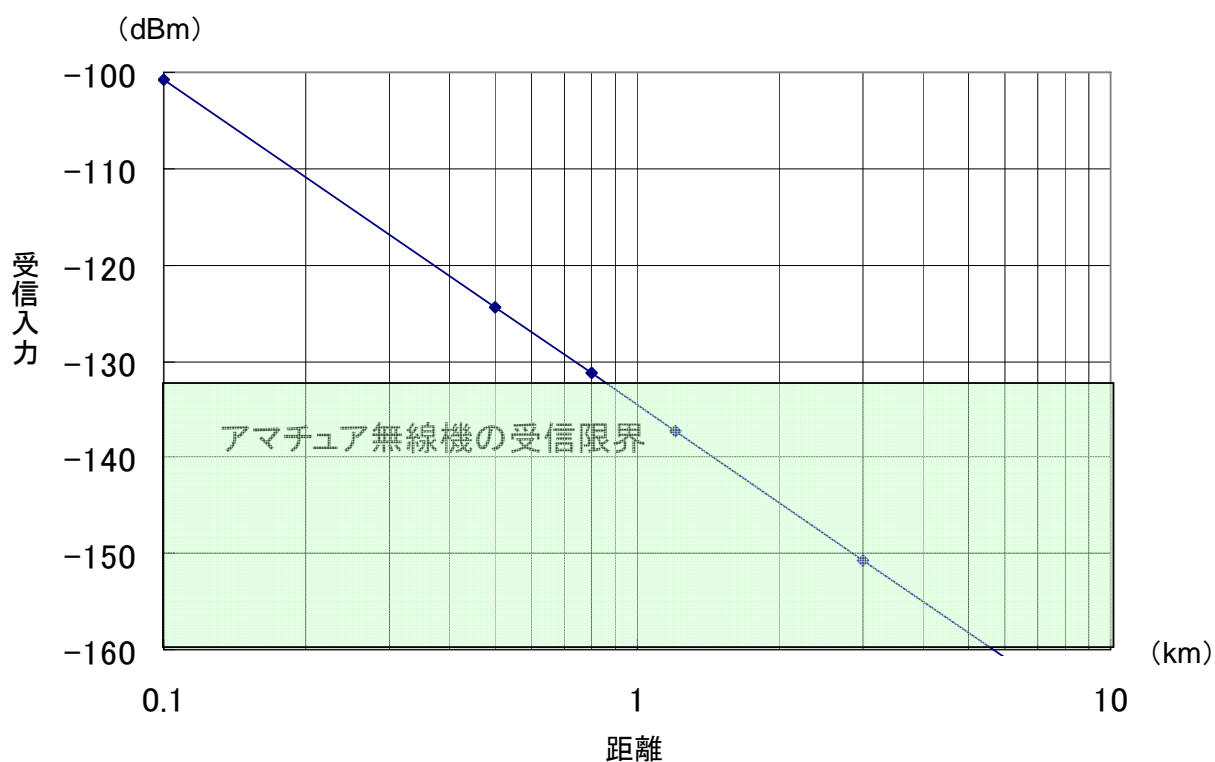
433MHz 帯アクティブタグシステムの放射電力を RF-CODE 社からご提案のあった  $20\mu\text{W}$  (等価等方輻射電力) に低減すると仮定した。

### 3 共用・干渉検討

利用シーンとして一般的に広く利用した場合、高所で用いられる可能性は低いことから、433MHz 帯アクティブタグの高さを 1m として計算を行った。また、これまでの利用シーンに基づく検討と同様に奥村秦式を用いて検討を行った。

奥村秦式は、基地移動局の高さがは 30m~200m の場合を有効範囲としているため、今求めようとする 1m の高さからの離隔距離を求めることはできない。そこで、これまでと同様、基地局 (433MHz 帯インテロゲータ) の高さが 50m の場合と 1m の場合の減衰率の差を用いて、1m の高さからの必要離隔距離を算出することとする。すなわち、奥村秦式の適用範囲である基地局高さ 30m よりも 48m 高い 78m 位置での減衰係数と 30m の時の減衰係数の差を高さ 48m の持つハイトゲインとして求め、これを 50m の放射位置の減衰係数から減じることにより高さ 2m の時の減衰率の計算を行った。

今回は、放射電力が  $20\mu\text{W}$  と低いことから、1km 離れた地点での減衰率の差を導入すると、ハイトゲインは 5.8dB となることから、50m の位置からの放射から 5.8dB を減じた値を図参 8.1 に示す。



図参 8.1 20  $\mu$ W の放射源からの受信レベル

図参 8.1 に示すとおり、アマチュア局の受信限界である-132dBm に対して必要な離隔距離は約 840m となる。

また、高所で固定的に設置されるような 433MHz 帯インテロゲータの場合では、ハイトゲインが加算されることから、さらに必要な離隔距離が短くなることが考えられる。

これらのことから、利用シーンとして一般的に広く利用した場合には、アマチュア局との間で必要な離隔距離を十分確保することは、非常に困難であると考えられる。

国土交通省からの意見陳述

**政策群「安全かつ効率的な国際物流の実現」**  
**電子タグを活用した国際コンテナ物流の管理・輸送システムの検討について**

平成16年9月30日(木)

国土交通省 海事局 港運課

**物流セキュリティの取り組みを巡る国際的動向**

**<背景>**

○ 無差別テロの発生

2001.9.11 米・同時多発テロ

2002. 10 インドネシア・バリ島  
爆弾テロ事件 など

↓

○ 対テロの国際共通認識

2002.6.26  
「交通保安に関するG8協調行動」  
国際的コンテナ安全体制の構築及び  
実施に向けて迅速に作業すること

2002.10.26  
「テロリズムとの闘い及び成長の促進  
に関するAPEC首脳声明」  
コンテナ輸送の安全性確保、迅速な  
作業、コンテナ内容の事前電子情  
報の提供、電子税関申告のための  
国際標準の実施

**<国際機関の対応>**

- 国際海事機構 (IMO: International Maritime Organization)  
SOLAS条約の改正  
FAL条約 (国際海運の簡易化に関する条約: Convention on Facilitation  
Maritime Traffic) の改正の動き (セキュリティ強化、電子申請等)
- 国際航空運送協会 (IATA: International Air Transport Association)  
RFID (電子タグ: Radio Frequency Identification) のデータ構造、ハード  
の規格の標準化
- 世界税関機関 (WCO: World Custom Organization)  
税関手続の簡素化及び調和に関する国際規約の改正議定書

**<各国・各地域の対応>**

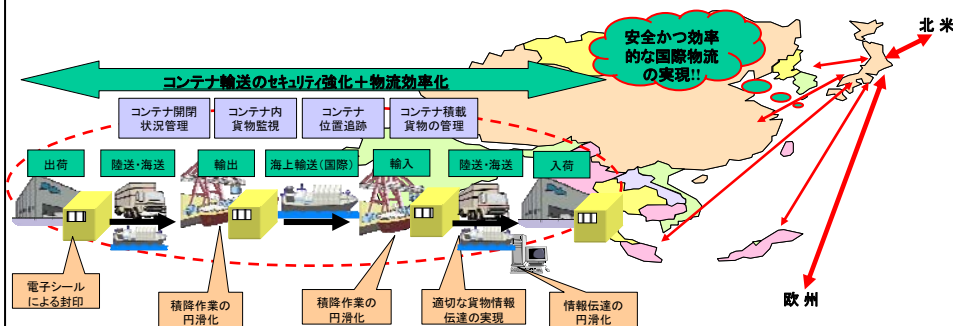
- 米国: コンテナ・セキュリティ・プログラ  
ム  
・CSI (Container Security Initiative)  
税関職員の相互派遣等によるセキュリティ強化  
・C-T-P-A-T (Customs-Trade Partnership Against Terrorism)  
官民の協力によるサプライ・チェーン等の安全強化ガイドライン  
・事前申告ルール: 通商法 (Trade Act) 改正  
積荷目録 (マニフェスト) の船積み24時間前提出の義務付け
- EU: オーソライズド・トレーダー制  
米国の動向に対抗して、オーソライズド・トレーダー制 (セキュリティ  
強化と物流効率化の観点から、各国が認定した国内優良事業者を  
相互認証して優先通関の便宜を付与) を提案。WCO等で実現に向  
け検討中
- 豪州: Customs ICS (Integrated Cargo System)、香港: Trade Link  
ITを活用した新貿易・通関業務支援システムの導入  
各国間のシステムの接続に向けた取組

政策群「安全かつ効率的な国際物流の実現」  
**電子タグを活用したコンテナの管理・輸送システムの検討**

国土交通省は、関係省庁と連携し、政策群「安全かつ効率的な国際物流の実現」のための検討を進めており、国際物流におけるセキュリティの強化、物流効率化及びIT活用についての施策パッケージを平成16年度中に策定する予定である。

本検討において、セキュリティ強化と物流効率化の両立を目指し、電子タグの活用方策の提案を行う。

平成16年度以降、物流業界と連携し、433MHzの電子タグ(シール)の利用を含めた実証実験を行う予定である。



**海外における物流セキュリティへの電子タグ活用の取組み**

- ◆ 海外でにおける電子タグ活用の取り組みについては、物流業務効率化とともに、米国が中心となって物流セキュリティへの実証実験等が進められている。

実施主体	適用業務	実施内容
米国運輸保安局(TSA) 税関国境警備局(CBP)	OSC(Operation Safe Commerce)における電子タグの利用	<ul style="list-style-type: none"> <li>○汎用的で、実務上利用可能な技術を使用して、<b>安全なサプライチェーンの世界標準の基本となる仕組みの開発を目的</b>として実施。</li> <li>○民間からの提案を募り、官民パートナーシップで実証実験を支援。</li> <li>○<b>米国3港と世界の主要港との間に21のトレードレーンが設定され、</b>実証実験が進められている。</li> <li>○実証実験は港湾において実施し、電子シールを使用することが要件とされている。</li> </ul>
米国防総省(DOD)	物流管理・運搬物追跡	<ul style="list-style-type: none"> <li>○<b>2005年1月までに物品納入業者が用いる運搬ケースやパレットに電子タグの取付を義務付け</b>、2004年1月より複数の実験計画を実施。</li> <li>○7月30日に電子タグポリシーを公表。DODのSCMIにおけるアクティブ・パッシブの電子タグの利用規定を明確化している。</li> </ul>

## ISOにおいて審議されているコンテナ用の電子タグの標準化

### コンテナに対する電子タグ関連の規格化

内容	番号	規格化の状況
サプライチェーンにおける貨物コンテナ用電子タグ	ISO 17363	審議中
海上輸送コンテナ用電子シール	ISO 18185	審議中

- ◆ サプライチェーンにおける貨物コンテナ用電子タグ: ISO 17363 **【審議中】**
  - 電子タグのサプライチェーンへの適用のうち、貨物コンテナについてデータプロトコルやエアインターフェース、義務データ等を規定したもの
  - エアインターフェースについては、
    - ・Passive Tag ISO/IEC 18000-6(860~960MHz)
    - ・Active Tag ISO/IEC 18000-7(433MHz)
  
- ◆ 海上輸送コンテナ用電子シール: ISO 18185 **【審議中】**
  - セキュリティシール(封印)の電子化に関して規定したもの
  - 規格化が検討されている情報項目としては、シール番号やコンテナ番号、シールの状態(施錠/開錠、開/閉など)がある

4

## 国際コンテナターミナルの状況

- ◆ 国際コンテナ輸送においては、コンテナターミナルのスケール、屋外、周辺環境等に配慮し、コンテナの積み卸しやターミナルゲート等における電子タグの活用方策の検討を行う必要がある。



ガントリークレーンによるコンテナの積み卸し

コンテナターミナルゲートの通過



5

## ま と め

○国際コンテナ物流における電子タグ(シール)の活用については、国内では使用が認められていない433MHz周波数帯の電子タグの利用を含めて、米国を中心としてコンテナセキュリティ対策等の取り組みが加速。

○ISO等の国際機関における標準化の審議も進められつつあり、コンテナ輸送における実用性(スケール、屋外、周辺環境)等の観点から優位とされる433MHz帯の電子タグが主要国において国際的な標準となりつつある状況。

○国際コンテナ物流については、諸外国及び関係機関の動向に的確に対応しつつ、荷主、陸運、港運及び海運等、一貫した輸送サービスを阻害させることがないよう、いかなるフィールドにおいても電子タグが利用可能な環境の整備が必要。

については、433MHz帯の電子タグにおいても、今後の取り扱いについて十分な検討を行っていただくよう要望する。



# 別 添

諮問第 2009 号

「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「移動体識別システム（UHF 帯電子タグシステム）の技術的条件」のうち「433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件」

諮問 2009 号「小電力の無線システムの高度化に必要な技術的条件」のうち「移動体識別システム（UHF 帯電子タグシステム）の技術的条件」のうち「433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件」に対する一部答申（案）

1 433MHz 帯アクティブタグシステムの用途

- ① 国際輸送用貨物（国際輸送に係る貨物又はコンテナ若しくはパレットその他これらに類する輸送用器具をいう。）の管理業務の用に供する無線通信（データ伝送に限る。）を行うものであること
- ② 433MHz 帯アクティブタグと 433MHz 帯インテロゲータとの間又は 433MHz 帯アクティブタグ相互間のデータ伝送を行うものであること

<433MHz 帯アクティブタグ>

国際輸送用貨物に装着される無線設備であって、当該国際輸送用貨物の状況等に関する情報のデータ伝送を行うもの

<433MHz 帯インテロゲータ>

主として港湾、空港、工場又は倉庫に設置される無線設備であって、433MHz 帯アクティブタグの始動又は停止並びに情報の読み書きのためのデータ伝送を行うもの

2 433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件

2. 1 一般的条件

(1) 通信方式

単信方式、単向通信方式及び同報通信方式

(2) 変調方式

規定しない

(3) 使用周波数帯

次表のとおり、中央の周波数を 433.92MHz とする指定周波数帯とする。

周波数	指定周波数帯
433.92MHz	433.67MHz から 434.17MHz まで

なお、当該周波数帯の使用に当たっては、一次的基礎として分配されているアマチュア局に有害な混信を生じさせてはならない。また、他の無線局からの有害な混信に対して保護を要求してはならない。

(4) 空中線電力

ア 433MHz 帯インテロゲータ

- ① 433MHz 帯アクティブタグの始動のための信号を送信する場合  
等価等方輻射電力において、0.1mW 以下とする。
- ② 上記①以外の信号を送信する場合  
等価等方輻射電力において、0.4mW 以下とする。

イ 433MHz 帯アクティブタグ

等価等方輻射電力において 1mW 以下とする。

なお、空中線に供給される電力は、433MHz 帯インテロゲータ及び  
433MHz 帯アクティブタグのいずれも 10mW 以下とする。

(5) 空中線系

空中線は特に規定しない。また、給電線及び接地装置を有しないもので  
あること。

(6) 送信時間制限

ア 送信時間

- ① 433MHz 帯インテロゲータ
  - 433MHz 帯アクティブタグの始動のための信号を送信する場合  
電波を発射してから 2.7 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、  
1 時間当たりの送信時間の総和が 1440 秒以下であること。
  - 上記以外の信号を送信する場合  
電波を発射してから 1 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、1  
時間当たりの送信時間の総和が 360 秒以下であること。
- ② 433MHz 帯アクティブタグ  
電波を発射してから 1 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、1  
時間当たりの送信時間の総和が 360 秒以下であること。

イ 送信休止時間

433MHz 帯インテロゲータ及び 433MHz 帯アクティブタグともに 1 ミ  
リ秒以上であること。

(7) 混信防止機能

他の無線通信による意図しないデータの読み書き等を防ぐため、通信の相手方を識別するための符号（識別符号）を自動的に送信し、又は受信するものであること。

(8) 違法改造への対策

無線設備においては、一の筐体に収められており、かつ、容易にあげるできない構造であること。ただし、433MHz 帯インテロゲータにおける電源装置及び制御装置はこの限りでない。

2. 2 無線設備の技術的条件

(1) 送信装置

ア 発振方式

規定しない

イ 占有周波数帯幅の許容値

	占有周波数帯幅の許容値
433MHz 帯インテロゲータ	500kHz
433MHz 帯アクティブタグ	200kHz

ウ 周波数の許容偏差

規定しない

エ 空中線電力の許容偏差

上限 20%以内であること

オ 不要発射の強度の許容値

使用周波数帯（指定周波数帯）の外側をスプリアス領域とし、そのスプリアス領域における不要発射の強度の許容値及び参照帯域幅は、下表のとおりとする。

不要発射の周波数	不要発射の強度の許容値※	参照帯域幅
1GHz 以下	250nW 以下	100kHz
1GHz を超え	1μW 以下	1MHz

※ 不要発射の強度の許容値は、等価等方輻射電力による値とする。

カ キャリアセンス  
キャリアセンス機能の備え付けを要しない。

キ 隣接チャネル漏えい電力  
規定しない

ク 筐体輻射  
等価等方輻射電力が、不要発射の強度の許容値以下であること。

## (2) 受信装置

副次的に発射する電波等の限度は、1GHz 以下においては、等価等方輻射電力で 100kHz 当たり 4nW 以下とし、1GHz 超えでは 1MHz 当たり 4nW 以下とする。

## 2. 3 測定法

### (1) 空中線端子無しの場合の測定条件

#### ア 測定場所の条件（空中線端子無しの場合）

空中線端子無しの場合においては、昭和63年郵政省告示第127号（発射する電波が著しく微弱な無線局の電界強度の測定方法）の条件に準じて、試験機器を、木その他絶縁材料により作られた高さ1.5mの回転台の上に設置して測定することとし、測定距離3mの5面電波暗室又は床面反射のあるオープンサイト、若しくはそれらのテストサイトとすること。

この場合、テストサイトの測定用空中線は、指向性のものを用いること。また、被測定対象機器の大きさが60cmを超える場合は、測定距離をその5倍以上として測定すること。

また、最大放射方向の探索においても上記告示の測定方法に準じた方法とすることが適当である。

#### イ 試験機器の条件（空中線端子無しの場合）

空中線端子無しの場合においては、電源ケーブル、外部インターフェースケーブル等のケーブルが付属する場合、空中線の形状が変化する（ケーブル等）場合及び金属板等により放射特性が影響を受ける場合においては、最大の放射条件となる状態を特定して測定する必要がある。ただし、ケーブル等が無いタグの場合に限りコンテナ等に取り付

けない状態で測定する。

## (2) 占有周波数帯幅

### ア 空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときに得られるスペクトル分布の全電力をスペクトルアナライザ等を用いて測定し、スペクトル分布の上限及び下限部分における電力の和が、それぞれ全電力の0.5%となる周波数帯幅を測定すること。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には、通常運用される信号のうち占有周波数帯幅が最大となる信号で変調をかける。

### イ 空中線端子無しの場合

上記(1)の条件又は、適当なRF結合器又は空中線で結合し、アと同様にして測定すること。

## (3) 空中線電力

### ア 空中線端子付きの場合

平均電力で規定される電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定される電波型式の測定は尖頭電力を測定すること。

平均電力を測定する場合は、連続送信波によって測定することとし、それが困難な場合には、バースト波で測定することとし、バースト繰り返し周期よりも十分長い区間における平均電力を測定し、送信時間率(電波を発射している時間/バースト繰り返し周期)の逆数を乗じてバースト内平均電力とする。ここで求めた値に空中線絶対利得を乗じて等価等方輻射電力を求めることが適当である。

尖頭電力を測定する場合は尖頭電力計等を用いる。

なお、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

### イ 空中線端子無しの場合

前記(1)の条件として、アと同様にして測定すること。

なお、スペクトルアナライザを用いる場合は、分解能帯域幅を占有周波数帯幅の測定値より広く設定して測定し、置換法により等価等方輻射電力を求める。なお、測定値が許容値を十分下回る場合は、測定用空中線の絶対利得等を用いて換算する方法でも良い。

ただし、偏波面の特定が困難な場合は、水平偏波及び垂直偏波で求

めた空中線電力の最大値に 3dB 加算すること。

(4) 不要発射の強度

ア 空中線端子付きの場合

標準符号化試験信号を入力信号として加えたときのスプリアス成分の平均電力（バースト波にあっては、バースト内の平均電力）を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。ここで求めた値に不要発射周波数の空中線絶対利得を乗じて等価等方輻射電力を求めることが適当である。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。また、試験用端子が空中線端子と異なる場合は、空中線端子と試験用端子の間の損失等を補正する。

なお、標準符号化試験信号での変調が不可能な場合には通常運用される信号で変調をかける。

イ 空中線端子無しの場合

前記（1）の条件として、ア及び前記（3）イと同様にして測定すること。

(5) 送信時間制限

ア 空中線端子付きの場合

(ア) 最大送信時間及び最小送信休止時間

スペクトルアナライザの中心周波数を試験周波数に設定し、掃引周波数を 0Hz（ゼロスパン）として測定する。

なお、時間分解能が不足する場合は、上記スペクトルアナライザの IF 出力又は試験周波数を直接又は広帯域検波器で検波し、オシロスコープ等を用いて測定する。

(イ) 一時間当たり送信時間の総和

前記スペクトルアナライザの IF 出力又は試験周波数を、直接又は広帯域検波器で検波した信号をタイムインターバルカウンタ等を用いて測定し、1 時間当たりの送信時間を積算する。

イ 空中線端子無しの場合

前記（1）の条件又は、適当な RF 結合器又は空中線で結合し、アと同様にして測定すること。

(6) 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

ア 空中線端子付きの場合

前記(4)アと同様に、スペクトルアナライザ等を用いて測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、1GHz以下では100kHz、1GHz超では1MHzに設定すること。

イ 空中線端子無しの場合

前記(1)の条件として、ア及び(3)イと同様にして測定すること。

(7) 筐体輻射

前記(4)イと同様に測定すること。