

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	5
II	委員会及び作業班の構成	5
III	審議経過	5
IV	審議概要	7
	第1章 審議の背景	7
	第2章 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの概要	8
	2.1 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの概要	8
	2.2 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの動作原理	10
	2.3 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの利用シーン	15
	第3章 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの動向	21
	3.1 国際標準化の状況	21
	3.2 諸外国における技術基準	23
	3.3 950MHz 帯の周波数の分配状況	25
	第4章 950MHz 帯パッシブタグシステムの動向	26
	4.1 我が国における利用状況	26
	4.2 ミラーサブキャリア方式の諸外国の動向	26
	第5章 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの共用に関する検討	30
	5.1 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの普及及び同時送信台数予測	30
	5.2 帯域外他システムとの共用に関する検討	30
	5.3 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システム間及びパッシブタグシステムとの共用に関する検討	34
	5.4 アクティブ系小電力無線システムの諸元の検討	35
	5.5 電波防護指針への適合について	42
	第6章 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に関する検討	46
	6.1 950MHz 帯パッシブタグシステムの普及予測	46
	6.2 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度利用技術の検討	47
	6.3 既存局との共用に関する検討	56
	6.4 電波防護指針について	56
	第7章 技術的条件の検討	58
	7.1 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システム	58
	7.2 高出力型950MHz 帯パッシブタグシステム	65
	7.3 低出力型950MHz 帯パッシブタグシステム	70
	第8章 将来の検討課題	73
V	審議結果	74
	別表1 小電力無線システム委員会構成員名簿	75
	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名簿	76

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、「950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件」及び「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「950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に必要な技術的条件」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 UHF 帯電子タグシステム作業班を設けて検討を行った。UHF 帯電子タグシステム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 16 回（平成 19 年 11 月 1 日）

小電力無線システム委員会報告（案）についての審議を行った。平成 19 年 11 月 1 日から同年 12 月 1 日の間、パブリックコメントを招請することとした。

② 第 17 回（平成 19 年 12 月 6 日）

パブリックコメントの結果を踏まえ、小電力無線システム委員会報告をとりまとめた。

2 作業班

① 第 13 回（平成 18 年 2 月 2 日）

UHF 帯（950MHz 帯）電子タグシステムの技術的条件等に関する提案及び周波数共用化技術について審議を行った。

② 第 14 回（平成 18 年 3 月 6 日）

433MHz 帯アクティブタグシステムの技術的条件の提案及び小電力無線システム委員会報告（案）の提出があった。

③ 第 15 回（平成 18 年 4 月 6 日）

UHF 帯（950MHz 帯）アクティブタグシステムの規格化動向と諸元案について審議を行った。

- ④ 第 16 回（平成 18 年 5 月 10 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムと他システムとの共用検討について審議を行った。
- ⑤ 第 17 回（平成 18 年 9 月 12 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの市場普及予測の報告があった。また、電池付きパッシブタグの報告があった。
- ⑥ 第 18 回（平成 18 年 10 月 27 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムと他システムとの共用検討について審議を行った。また、950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの諸元について審議を行った。
- ⑦ 第 19 回（平成 18 年 11 月 24 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件（案）についての審議を行った。
- ⑧ 第 20 回（平成 18 年 12 月 27 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件（案）及び電池付きパッシブタグの取り扱いについての審議を行った。
- ⑨ 第 21 回（平成 19 年 2 月 2 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件（案）及び委員会報告（案）についての審議を行った。
- ⑩ 第 22 回（平成 19 年 7 月 5 日）
950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件（案）及び 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化のための提案についての審議を行った。
- ⑪ 第 23 回（平成 19 年 10 月 18 日）
小電力無線システム委員会報告（案）をとりまとめ、小電力無線システム委員会に報告することとなった。

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。

電子タグにはパッシブタグとアクティブタグの2つの種類がある。パッシブタグは自発的に電波を発射することはできず、電子タグの送信エネルギーにはリーダー/ライタからの搬送波の電力のみ（但し電子タグの内部回路や付属するセンサ等に電力を供給するために電池等を有しているものもある）を利用し、それ以外の電力は供給されないものである。一方アクティブタグは、内蔵した電源等からのエネルギーにより自発的に電波を発射することができる電子タグである。

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とから、我が国では、平成16年8月より433MHz帯アクティブタグシステムについて審議を行い、平成18年12月に国際輸送用に用途を限定して433MHz帯アクティブタグシステムの制度化が行われたところである。

950MHz帯においても、アクティブ系小電力無線システムを導入することで、センサネットワークシステムの構築など今後のユビキタスネットワーク社会の実現に向けて大きな役割を果たすことが期待されている。

本審議は、これまでの審議結果を踏まえ、950MHz帯アクティブ系小電力無線システムを利用するための技術的条件及び950MHz帯パッシブタグシステムの高度化のための技術的条件について審議を行ったものであり、本報告では950MHz帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件及び950MHz帯パッシブタグシステムの技術的条件について報告する。

第2章 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの概要

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムには、大きく分類して、「短距離無線通信システム」と、「アクティブタグシステム」とがある。ここでは、両システムの概要を述べる。

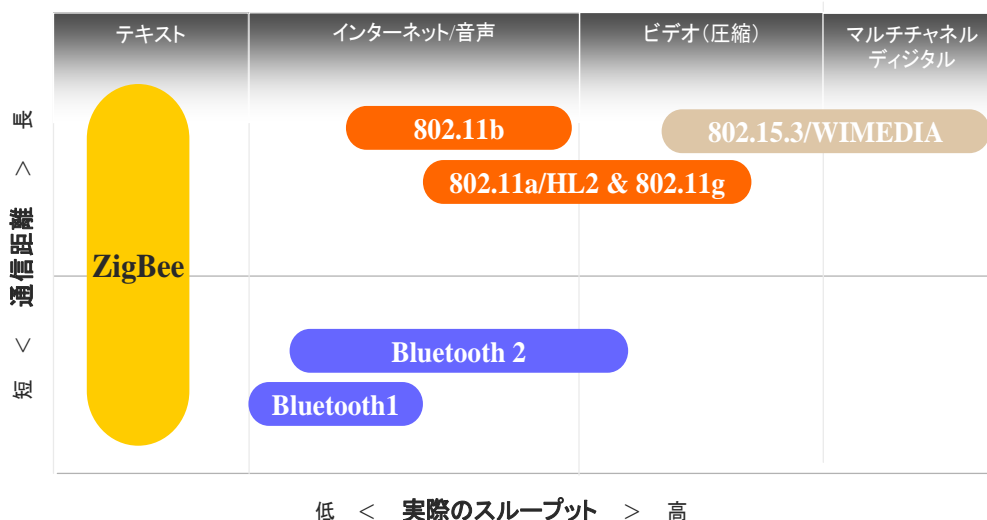
2. 1 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの概要

2. 1. 1 短距離無線通信システムの概要

800/900MHz 帯の短距離無線通信システムとしては、欧州及び米国で既に規格化されている ZigBee が代表的である。以下、ZigBee の概要について述べる。

ZigBee は、低消費電力、低コストの通信を目指した、短距離、低レートの無線 PAN (Personal Area Network) の規格の一つである。図 2.1-1 に主な無線ネットワークの通信速度と通信範囲について示す。ZigBee は、比較的短距離において、テキストデータ程度の低速の無線通信を行うことを想定した無線規格であり、最大 250kbps の伝送が可能である。

通信距離に関しては、ZigBee の最大出力を規定せず、各国の法律に従うこととなっている。このため、国によっては IEEE802.11b (無線 LAN) 程度以上の通信距離を実現することも可能であるが、無線 PAN の規格として策定された方式であるため、実際の運用では、数十 m 程度までの比較的短距離でのみ運用されると考えられる。ただし、障害物が多い場所で ZigBee を利用する場合には、電波の回り込み特性の大きさや通信距離の長さの観点から、高い到達性が期待できる 950MHz 帯の導入が望まれる。



ZigBee Alliance 公開資料から編集

図 2.1-1 無線ネットワークの通信速度と通信範囲

表 2.1-1 に主な無線通信方式の概要について示す。ZigBee は他の無線通信方式に比較して低消費電力であり、サポートするノード数が多い。また、通信速度が限

定される反面、製品のコストが比較的低いという特徴がある。

表 2.1-1 主な無線通信方式の概要

特徴	IEEE802.11b	Bluetooth	ZigBee
電池寿命	数時間	数日	数年
プロトコルの複雑さ	非常に複雑	複雑	簡単
接続可能ノード数	32	7	65,533
通信開始遅延時間	3 秒	10 秒	30m 秒
通信距離	100-300m	10m	30-100m
最大伝送レート	11Mbps	1Mbps	250kbps
セキュリティ	認証用 ID(SSID)	64bit,128bit	128bit AES を利用した認証、暗号化

ZigBee Alliance 資料より出典

2. 1. 2 アクティブタグシステムの概要

アクティブタグシステムは、内蔵した電池等のエネルギーにより、自発的に電波を発射することが可能なタグシステムである。リーダ／ライタが、タグを駆動させるために大きな出力が必要であるパッシブタグシステムに比べて、アクティブタグシステムは、リーダ／ライタの出力を低減でき、広い範囲で通信が可能である。

現在我が国に流通しているアクティブタグシステムの多くは、300MHz 帯（微弱無線）、400MHz 帯（特定小電力無線）及び 2.4GHz 帯の周波数帯で使用されている。また、433MHz 帯が国際輸送用に用途を限定して制度化され使用可能となったところである。

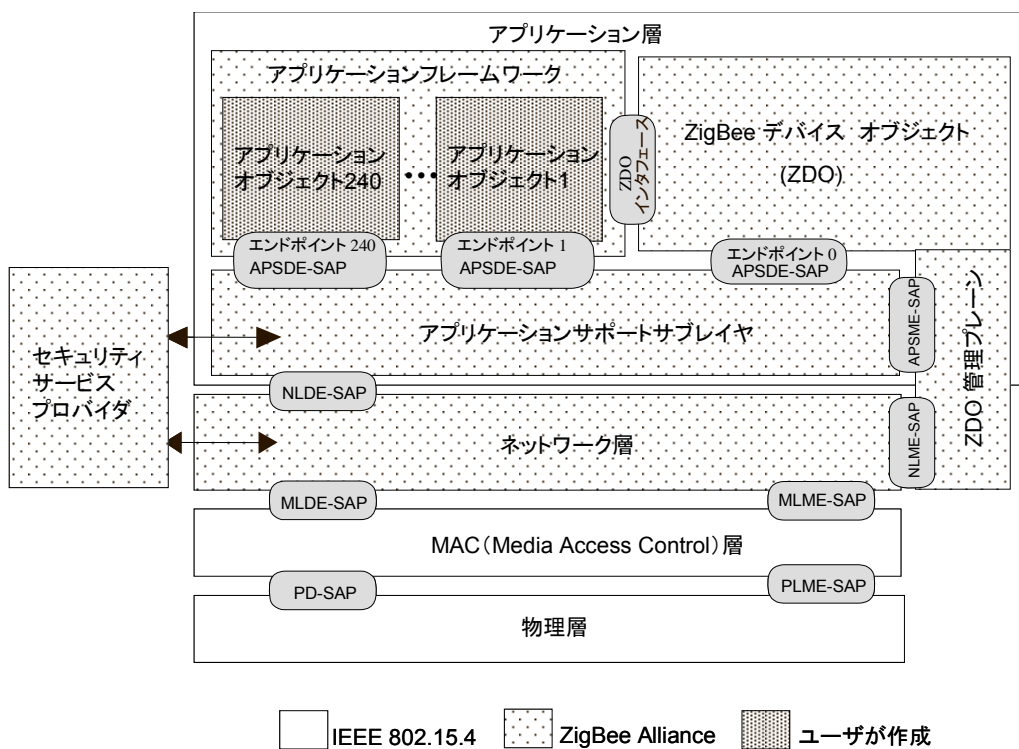
現在のアクティブタグシステムは、タグが ID を送信するタイプが主流であるが、センサ搭載タグ、位置検出機能、双方向通信機能、タグへの情報書込み機能等の高機能化が進められているところである。

2. 2 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの動作原理

2. 2. 1 短距離無線通信システムの動作原理

(1) プロトコル構成

ZigBee の標準化は IEEE 及び ZigBee を推進する業界団体である ZigBee Alliance で検討が進められており、IEEE では物理層と MAC 層、ZigBee Alliance ではネットワーク層、アプリケーションサポートサブレイヤ等について、標準化を行っている。図 2.2-1 に ZigBee のプロトコル構成を示す。



ZigBee Alliance資料より出典

図 2.2-1 ZigBee のプロトコル構成

(2) デバイスタイプ

ZigBee では、ネットワークを構成するデバイスとそのデバイスが担う機能によって以下の3種類に分類している。

ア ZigBee コーディネータ

ZigBee ネットワーク内で一つだけ存在し、ネットワークの構築を開始するデバイスである。ZigBee ルータの機能も有する。

イ ZigBee ルータ

ZigBee コーディネータ若しくは他の ZigBee ルータに接続し、ルーティングを行うデバイスである。

ウ ZigBee エンドデバイス

ネットワークの末端に位置し、ZigBee コーディネータ若しくは ZigBee ルータに接続されるデバイスである。コーディネータやルータとしての機能を有していないため、ネットワークに参加するデバイスを配下に接続することができない。

(3) ネットワークトポロジー

ZigBee ネットワークでは、これら3種類のデバイスを組み合わせることにより、図 2.1-2 に示す 3 つのトポロジーを構成することが可能である。

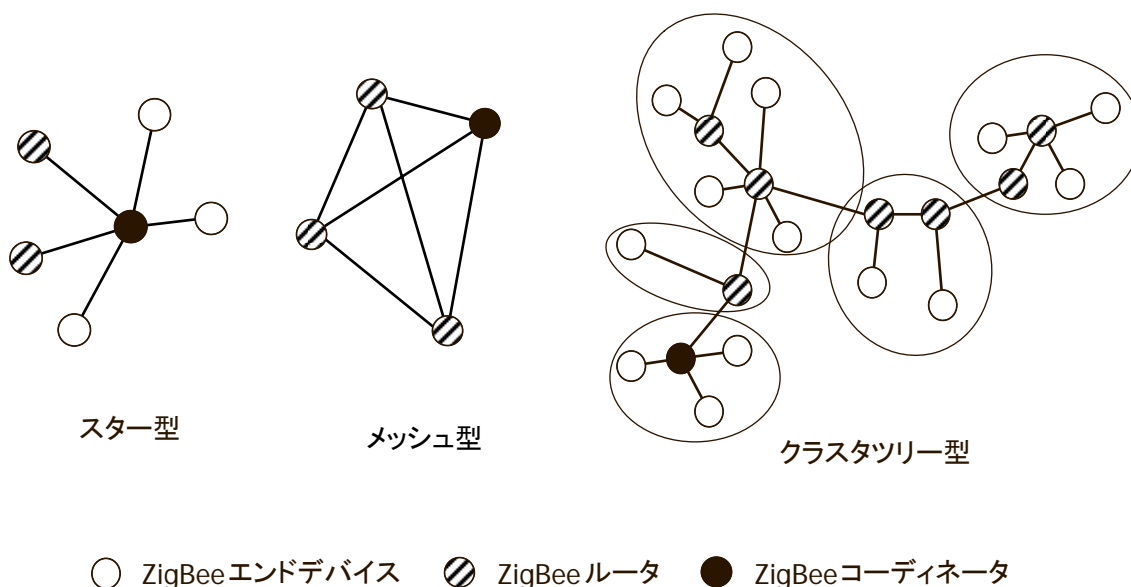


図 2.2-2 ZigBee のネットワークトポロジー

スター型トポロジーは、ZigBee コーディネータの配下に ZigBee エンドデバイスを複数収容する形態であり、ZigBee エンドデバイス間の通信は全て、ZigBee コーディネータを経由して行われる。このトポロジーでは、ZigBee エンドデバイスを最大 65,533 台接続することが可能である。

クラスタツリー型トポロジーは、各ノードを ZigBee コーディネータを中心としたツリー構造で収容する。ZigBee コーディネータと ZigBee ルータは、自らを中心としたスター型ネットワークを構成する。

メッシュ型トポロジーは、クラスタツリー型トポロジーによるルートに加え、近隣の ZigBee ルータや ZigBee コーディネータ間にリンクが直接形成される。そのため、経路のロスが無い効率的な通信が可能であるが、ZigBee ルータに負荷がかかるため、省電力、低コストの観点では他のトポロジーに比べて劣る。

(4) 低消費電力機能

IEEE802.15.4 や ZigBee では、省電力を実現するために、多くの工夫がなされて

いる。主なものを以下に示す。

a) キャリアセンス

ZigBee で扱うパケットサイズは平均 50 バイト程度と短いため、キャリアセンスも 8 シンボルと短い値が定められている。これにより、送信の際に短くキャリアセンスしてすばやく送信できるため、無駄な受信が発生せず、低消費電力を実現できる。

b) ビーコンによるスリープ同期

ルータの省電力化を図る手法として、ビーコン信号を利用したスリープ制御が ZigBee で規定されている。ルータがビーコン信号を定期的送信する。ビーコン信号にはいつ送受信して、いつスリープするかといった情報が含まれており、各デバイスとルータは同期して動作することができるようになる。これにより、ルータと各デバイスはスリープするタイミングを合わせることができるので、省電力化を図ることが可能となる。

c) クラスタツリールーティング

クラスタツリールーティングでは、ネットワークの幹を構成する ZigBee ルータや ZigBee コーディネータを経由して、マルチホップ通信を行う。

クラスタツリーの枝葉の構造によって固有の ID を割り当てるルールを採用しており、転送先の ID を見ただけで、パケットを自分の上位ノードに転送すればよいか、下位ノードに転送すればよいか分かる仕組みになっている。これにより、どの ID がどこに接続されているかを管理するルーティングテーブルをメモリ上に記憶しておく必要がなく、また転送先へのルートを探索する必要もないため、低コストで低消費電力のルーティングを実現できる

d) インダイレクトトランスミッション

IEEE802.15.4 では、デバイスの省電力化を図るために、デバイスは、親ルータに定期的問い合わせを行い、自分宛のデータが届いていることを示す ACK 信号を受けた場合にのみ、データ受信を行う。

これにより、デバイスは常に受信状態にしておく必要はなく、任意のタイミングでスリープすることができるようになり、省電力化を図ることが可能となる。一方ルータは、いつ来るかわからないデバイスからの情報や問い合わせを受けるために、常に受信状態にしておく必要があり、省電力化を図ることができない。

2. 2. 2 電子タグシステムの動作原理

(1) 電子タグシステムの動作原理

電子タグシステムは、一般的にパッシブタグシステムとアクティブタグシステムに分類でき、それぞれの特徴は次の通りである。

○パッシブタグシステム

パッシブタグは自発的に電波を発射することはできず、電子タグの送信エネルギーにはリーダー/ライターからの搬送波の電力のみ（但し電子タグの内部回路や付属するセンサ等に電力を供給するために電池等を有しているものもある）を利用し、それ以外の電力は供給されないものであること。

○アクティブタグシステム

アクティブタグは内蔵した電源等からのエネルギーにより自発的に電波を発射することができる電子タグである。

アクティブタグは自ら電源等により電波を発射することができるため、パッシブタグと比較し、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。

パッシブタグシステム及びアクティブタグシステムの動作原理を図 2.2-3 及び図 2.2-4 に示す。

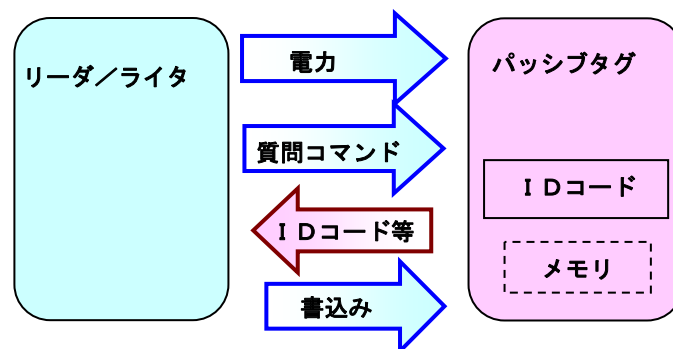
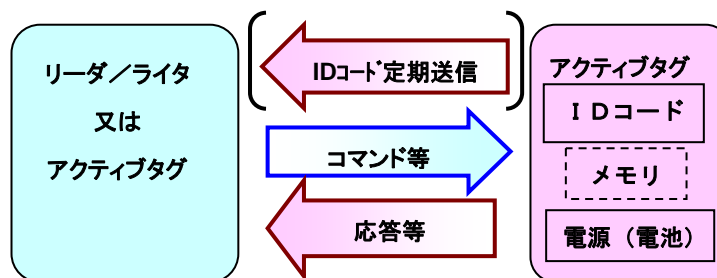


図 2.2-3 パッシブタグシステムの動作原理



※ビーコンモードではIDコードを定期送信する

図 2.2-4 アクティブタグシステムの動作原理

(2) アクティブタグシステムの動作モード

アクティブタグシステムの動作原理としては、アクティブタグとリーダー/ライター間又はアクティブタグ同士で、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。

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、センサモード及びマスター・スレイブモードの3つがある。ビーコンモード、センサ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2.2-5、図2.2-6及び図2.2-7に示す。なおそれぞれのモードにおいて、キャリアセンス時間を短くし又はキャリアセンスを省略することにより、応答の高速性、省電力化を図ることができる。

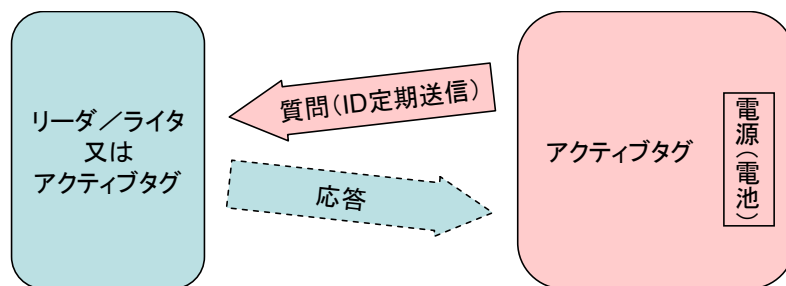


図 2.2-5 ビーコンモードの信号のやり取り

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送信するモードである。主に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る。1回の通信は、通常1回の質問と応答で完了する。

なお、ビーコンモードでは、アクティブタグは単向通信（送信専用）で運用するものもある。

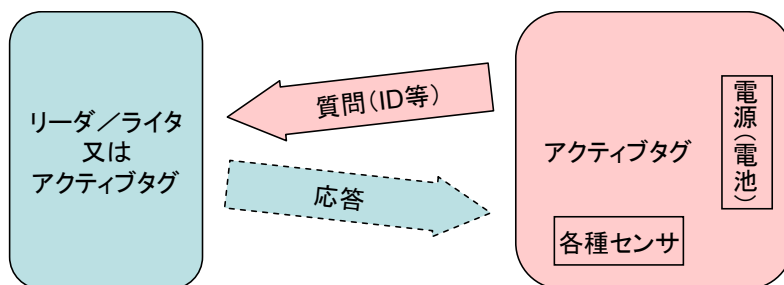


図 2.2-6 センサモードの信号のやり取り

センサモードは、タグ内に温度、振動、異常検知等の各種センサを内蔵し、センサからのイベントにより送信するもので、基本的にセンサからのイベントが発生しない限り送信動作を行わない。1回の通信は、通常1回の質問と応答で完了する。

なお、センサモードでは、アクティブタグは単向通信（送信専用）で運用するものもある。

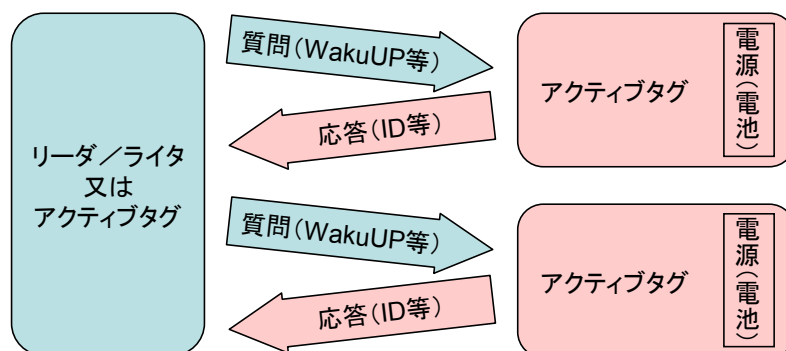


図 2.2-7 マスター・スレイブモードの信号のやり取り

マスター・スレイブモードは、リーダー/ライターからタグを指定して質問を送信するもので、指定されたタグはリーダー/ライターから要求された情報をリーダー/ライターに対し送信する。タグは極力電波の発射を抑え、低消費電力化を図るために、リーダー/ライター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）、リーダー/ライターとの間で情報のやり取りを実施し、情報のやり取り終了後、リーダー/ライターからのスリープ信号（設定情報は保持したまま、動作を停止するための信号）を受信する方式をとることが多い。また本モードにおいては同時に複数のタグを読み取ることも可能である。

2. 3 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの利用シーン

アクティブ系小電力無線システムの利用シーンとしては比較的短距離（10m～数十m程度）の通信を高密度な配置で行うことが想定されている。アクティブ系小電力無線システムは、日本では他周波数帯でも一部利用可能であるが、特に 950MHz 帯のシステムでは、以下のようなメリットが考えられる。

- 信頼性： 他の無線システムや、機械等の雑音との電波干渉が少なく、信頼性の高いシステムを実現可能。
- 到達性： 電波の回り込み特性が大きく、通信距離も長いことから、障害物が多い場所への適用が可能。
- 省電力： 同程度の通信距離を得るために必要な送信出力が少なくてよいことから、省電力なシステムを実現可能。
- 即応性： 従来の小電力無線システムに対し高速化が図れることにより、システム適用範囲の幅が広がる。また、短時間でのデータ伝送により省電力化が可能。
- 低価格化： 従来の小電力無線システムに対し規格が簡略化されることにより、開発・製造コストの低減を図ることができる。

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムとしては、これらのメリットを生かした多様な利用シーンが想定される。

なお、短距離無線通信システムとアクティブタグシステムでは、技術の特性上、システム構成が異なり、同じ応用例でも異なるアプローチをとるため、ここでは利用シーンも重複して示している。例えば、児童や高齢者等の安全サポートは両方のシステムの応用例に挙げているが、短距離無線通信システムでは、児童や高齢者等が携行する端末機同士の通信や、固定設置装置間のマルチホップネットワークなども含めることで、面的に広がりを持った動態把握を実現することになり、アクティブタグシステムでは、校門等に設置したリーダー/ライターと児童のランドセル等に搭載したタグとの通信による通過確認など、点における行動履歴把握を実現することになる。

短距離無線通信システム及びアクティブタグシステムは、各々の特性を活かしシステム運用方法、用途や要求性能等により得意分野が異なるため、一般的に、短距離無線通信システムでは高出力、アクティブタグシステムでは低出力で利用することが想定される。このため、両者の利活用領域の棲み分けが進むものと予測される。

2. 3. 1 短距離無線通信システムの利用シーン

短距離無線通信システムの利用シーンとしては、主に以下のような分野への適用が期待されている。

- ホームセキュリティ
家庭のセキュリティを向上させるために、例えば、火災報知機などの防災向けセンサや窓開閉センサなどの侵入検知センサが家庭内でネットワークを構成し、異常を検知したときに、ホームゲートウェイや電話回線経由で外部に通知する。
- 児童や高齢者の安全・安心、健康管理
通学中の児童や散歩中の高齢者が携帯する短距離無線通信システムの携帯ノードと、街中に設置された固定ノードがネットワークを構成し、位置管理などを行うとともに、交通事故防止や道案内などを行う。また、ジョギングなどスポーツ中に生体センサからの情報を統計処理することで、健康管理などを行う。
- ホーム/ビルの施設制御
家庭やオフィスの空調システムや照明システムを高度化するために、温度センサ、空調風量・風向制御器、照明の明るさ制御器などでネットワークを構成し、状況に応じた温度調節や運用休止などを行う。
- 工場内制御、モニタリング
工場内の大型機械やラインの動作状況、粉塵量、排出物質の安全性などを監視することで、工場の安全かつ効率的な運用を行う。また流通における物品管理も行う。
工場内では、大型機械装置など電波透過性の低い障害物が多く存在することから、電波到達性確保のため、高出力での利用が期待されている。

- 病院内管理

病院内の医者や看護師、患者の行動を把握することで、院内の事故を防いだり、発作などを早期発見したりする。また、院内で共有する可搬測定機器の管理などにも利用する。

- メータ自動検針

集合住宅や地域の水道、ガス、電気などのメータに取り付けた小電力無線システムがネットワークを構成し、検針した情報をセンターへリモート通知する。また、異常時にセンターからの緊急制御などにも対応する。

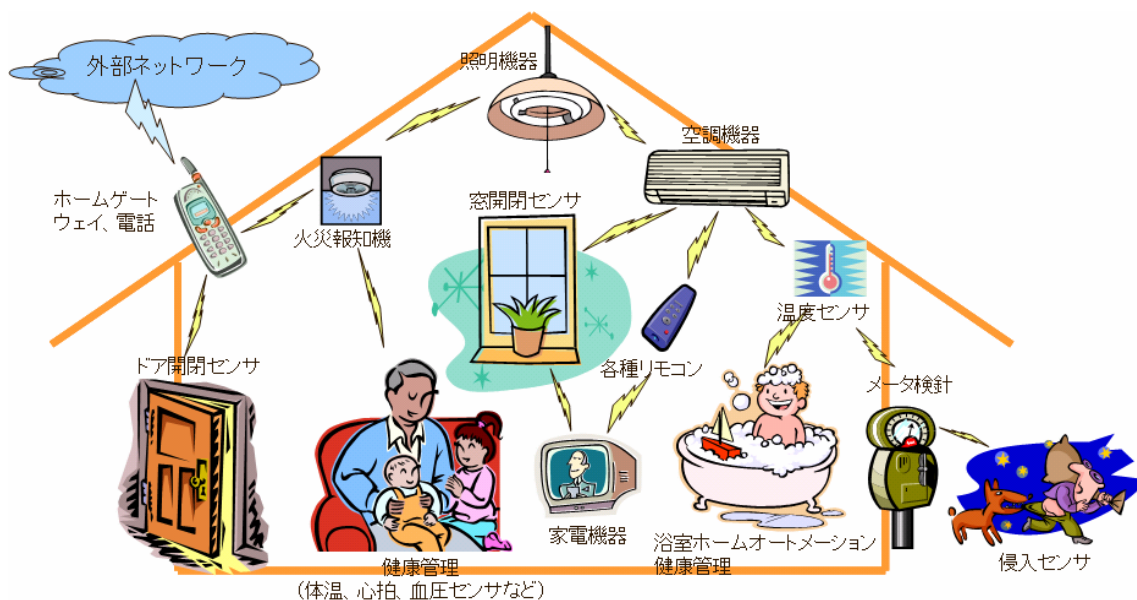
地中に設置された水道メータや、集合住宅でパイプシャフト内に設置されたメータを自動検針する場合は、電波到達性確保のため、高出力での利用が期待されている。

- 屋外モニタリング

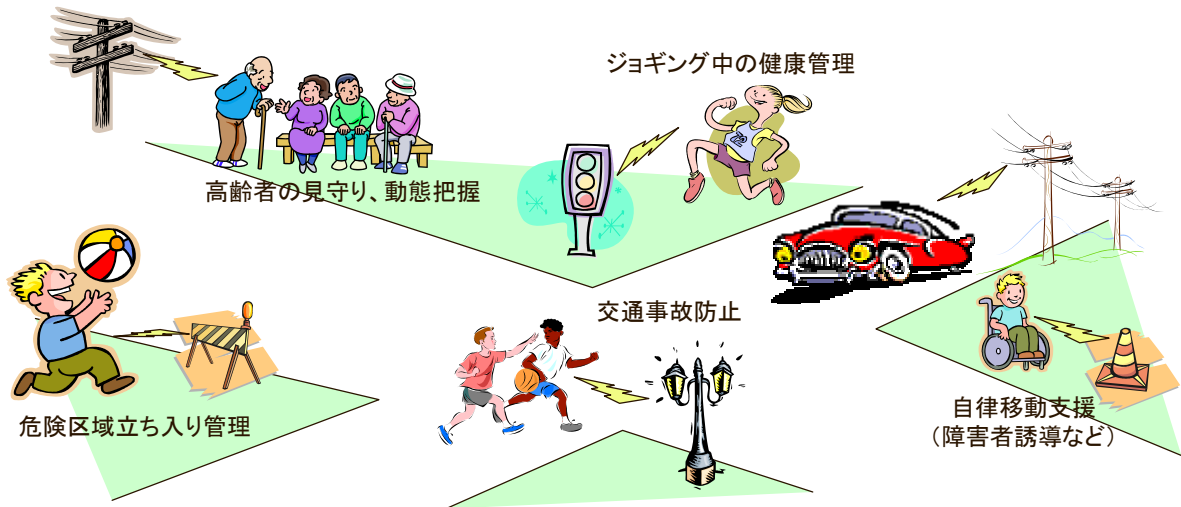
大気汚染の濃度や花粉量を測定し、地域住民に対する警告を自動で送信したり、各地に取り付けた温度や照度などの自然環境測定データから、天気予報や自然災害への対応にも利用する。

図 2.3-1 に短距離無線通信システムの代表的な利用シーンを示す。

<家庭>



<街角・公共場所>



<工場・病院>

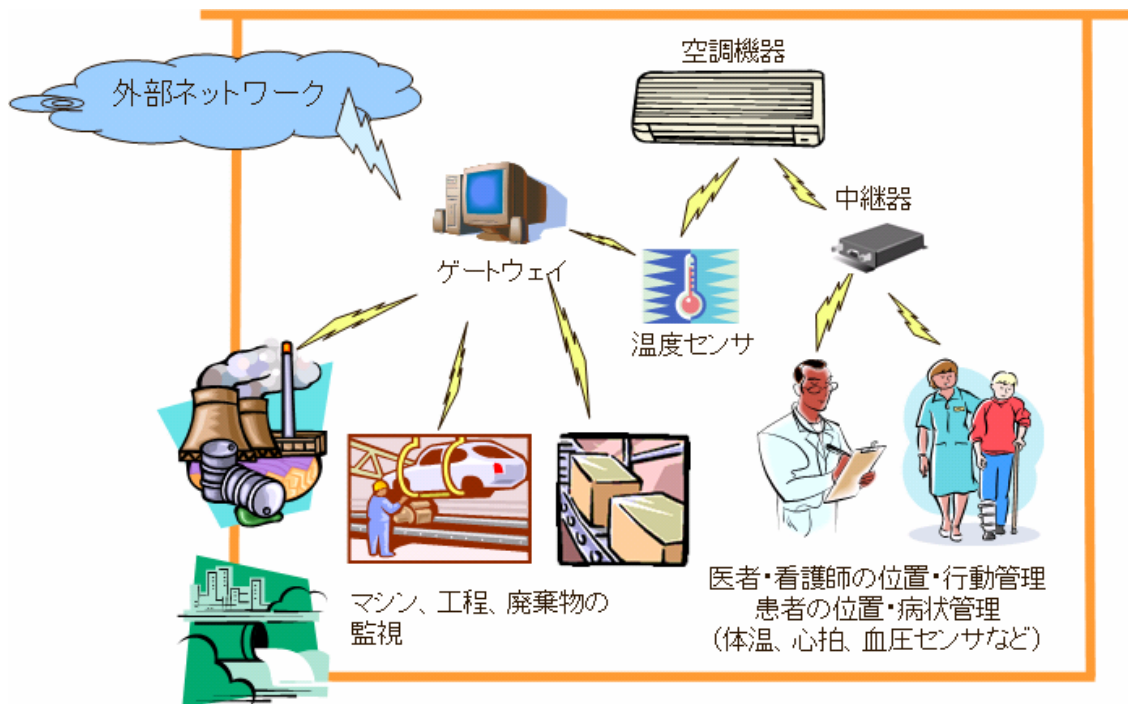


図 2.3-1 短距離無線通信システムの利用シーン

2. 3. 2 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利用シーンとしては、主に以下のような分野への適用が期待されている。アクティブタグシステムは動作モードにより、様々な用途に展開が可能であるが、ここでは代表的な利用シーンを述べる。ただし、実際には複数の動作モードの組合せによりシステムが構築される。

- 児童登下校サポート（ビーコンモード等）

児童のランドセル等にアクティブタグを取り付け、学校や街中に設置されたリーダー／ライタ等で読み取ることにより、「何時、何処にいたか」等の所在情報を管理し、必要に応じて、所在情報を予め登録された保護者等へ通知する。
- 商店街安全サポート（ビーコンモード等）

商店街の従業員等がタグを携行し、商店街の自動販売機等にリーダーを設置する。これにより、商店街において異常事態が発生した場合、リーダーからの呼び出しを行い即時に警備会社に通報することができる。警備会社では通報者、場所を特定することにより現場到着までの時間を短縮でき、被害の拡大を抑えることができる。
- 危険地区進入管理（ビーコンモード等）

工事現場等危険区域にリーダー／ライタ等を設置し、タグを携行した人・物がエリアに侵入したことを検知し、システム側へ情報を提供する。
- 固定資産管理（センサモード等）

固定資産物にタグを貼付し、物の存在情報を定期的に自らが、または、リーダー／ライタ等からの呼び出しにより、所在を通知する。
- 高額商品管理（センサモード等）

美術館等において高額展示物にアクティブタグを貼付し、物が動かされた際に振動を検知し、振動センサからのトリガにより通知する。
- 車両・車庫管理（マスター・スレーブモード等）

車両にタグを設置し、駐車場・車庫の出入口にリーダーを設置する。車両の接近を自動的に検知し、出入ゲートの開閉や出入情報を自動的に把握する。また、広大な駐車場では駐車位置の同定も行う。
- 工程管理（マスター・スレーブモード等）

アクティブタグに格納された情報によって、工場内の各工程へ製造指示を行い、生産情報を収集する。これにより、情報伝達の信頼性の向上、情報収集コストの削減を図り生産性の向上に寄与する。

図 2.3-2 にアクティブタグシステムの利用シーンを示す。

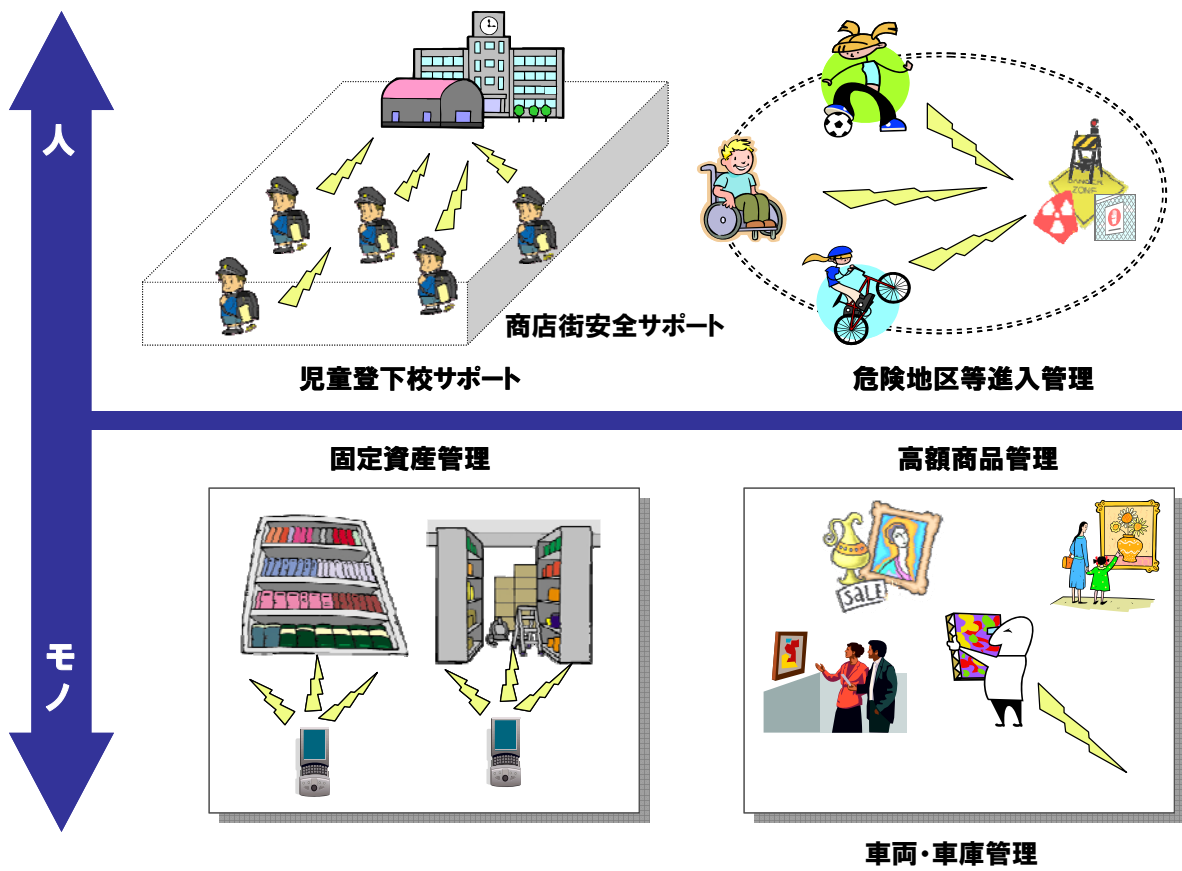


図 2.3-2 アクティブタグシステムの利用シーン

第3章 950MHz帯アクティブ系小電力無線システムの動向

3.1 国際標準化の状況

アクティブ系小電力無線システムとして、現在 ZigBee 等の短距離無線通信システムとアクティブタグシステムが検討されている。アクティブ系小電力無線システムについては、各種標準化団体により国際標準化が進められているため、我が国においても国際標準化の動向を踏まえた検討が必要である。そのため、それぞれのシステムにおける国際標準化の状況を述べる。

3.1.1 ZigBee の国際標準化の状況

ZigBee の下位層（物理層、MAC 層）である IEEE802.15.4 は、2003 年 4 月に IEEE802.15.4-2003 として標準化された。その後、868MHz 帯及び 915MHz 帯での伝送レートの向上（250kbps）を含む機能拡張が審議され、2006 年に IEEE802.15.4-2006 に改版された。表 3.1-1 に IEEE802.15.4-2006 で規定された物理層の仕様を示す。伝送速度は 20～250kbps、キャリアセンス時間は 128～640 μ s、キャリアセンスレベルは -75dBm 又は -82dBm 以下となっている。

表 3.1-1 IEEE802.15.4 の物理層仕様

周波数帯	2.4GHz帯 (2400-2483.5)	915MHz帯 (902-928)			868MHz帯 (868-868.6)		
変調方式	OQPSK	OQPSK	ASK	BPSK	OQPSK	ASK	BPSK
チャンネル間隔	5MHz	2MHz			600kHz		
ビットレート	250kbps	250kbps	250kbps	40kbps	100kbps	250kbps	20kbps
シンボルレート	62.5ksps	62.5ksps	50ksps	40ksps	25ksps	12.5ksps	20ksps
受信感度	-85dBm以下	-85dBm 以下	-85dBm 以下	-92dBm 以下	-85dBm 以下	-85dBm 以下	-92dBm 以下
キャリア センス時間 (8シンボル)	128 μ 秒 以上	128 μ 秒 以上	160 μ 秒 以上	200 μ 秒 以上	320 μ 秒 以上	640 μ 秒 以上	400 μ 秒 以上
キャリアセンス レベル	-75dBm以下	-75dBm 以下	-75dBm 以下	-82dBm 以下	-75dBm 以下	-75dBm 以下	-82dBm 以下

図 3.1-1 に IEEE802.15.4 のチャンネル配置を示す。ZigBee の周波数帯は 868MHz 帯、915MHz 帯、2.4GHz 帯であり、868MHz 帯は欧州の SRD (Short Range Devices) 用帯域、915MHz 帯は米国の ISM 用帯域、2.4GHz 帯は世界各国で利用することができる。また、各帯域で割り当てられるチャンネル数は、868MHz 帯は 1 チャンネル、915MHz 帯は 10 チャンネル、2.4GHz 帯は 16 チャンネルとなっている。

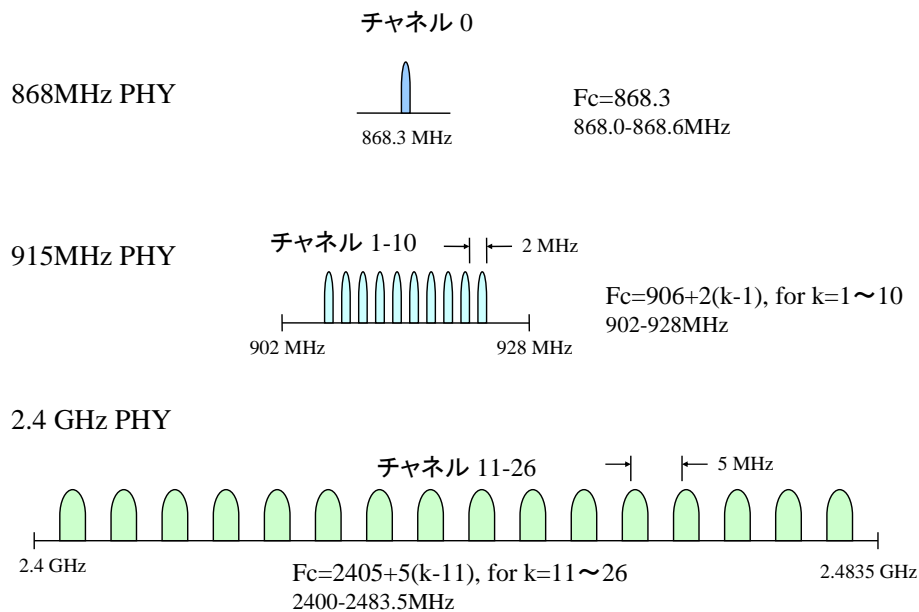


図 3.1-1 IEEE802.15.4 のチャンネル配置

3. 1. 2 アクティブタグシステムの国際標準化の状況

電子タグシステムについては、ISO/IEC JTC1 で国際標準化が進められており、UHF 帯パッシブタグシステムに関しては 860~960MHz 帯の規格が制定されている。また、アクティブタグシステムに関しては、433MHz の規格が制定されている。ISO/IEC における電子タグシステムの標準化状況を表 3.1-2 に示す。

表 3.1-2 ISO/IEC における電子タグシステムの標準化状況

番号	名称	策定年月
ISO/IEC 18000-1	一般パラメータ	2004年9月
ISO/IEC 18000-2	135kHz 未満エアインタフェース	2004年9月
ISO/IEC 18000-3	13.56MHz エアインタフェース	2004年9月
ISO/IEC 18000-4	2.45GHz エアインタフェース	2004年8月
ISO/IEC 18000-5	5.8GHz エアインタフェース 【審議中止】	—
ISO/IEC 18000-6	860~960MHz エアインタフェース	2004年8月
ISO/IEC 18000-7	433MHz エアインタフェース (アクティブタグ)	2004年8月

また、EPCglobal¹においても電子タグシステムの標準化が行われており、860~960MHz 帯パッシブタグとして Class1 Generation2 規格²が制定されたところ

¹ 国際的なバーコード標準化団体である国際 EAN (European Article Numbering) 協会及び米 UCC (Uniform Code Council) が共同で設立した電子タグ標準化のための非営利組織。

² EPCglobal の Class1 Generation2 規格は、タイプ C として ISO/IEC 18000-6 に追加され、2006 年 6 月に Amendent 1 が成立している。

ろである。また Class2 以上に関しては、現在審議が進められているところである。
EPCglobal における電子タグシステムの分類を、図 3.1-2 に示す。

<p>Class5 リーダー</p> <p>パッシブタグ、セミパッシブタグ、アクティブ通信</p>
<p>Class4 アクティブタグ</p> <p>アクティブタグ-リーダー間通信、アクティブタグ間通信</p>
<p>Class3 セミパッシブタグ</p> <p>バッテリーアシストパッシブタグ</p>
<p>Class2 パッシブタグ</p> <p>リード/ライトパッシブタグ、セキュリティ機能搭載</p>
<p>Class0/Class1 パッシブタグ</p> <p>リードオンリーパッシブタグ</p>

図 3.1-2 EPCglobal における電子タグシステムの分類

3. 2 諸外国における技術基準

800/900MHz 帯のアクティブ系小電力無線システムに関しては、欧州では SRD として 860MHz 帯、米国では 915MHz 帯での利用が可能である。表 3.2-1 に、欧州における 860MHz 帯 SRD の勧告概要を示す。本勧告における周波数帯幅は最大で 600kHz となっている。

表 3.2-1 欧州の 860MHz 帯 SRD の勧告 (ERC/REC 70-03) 概要
(2007 年 5 月 31 日)

周波数帯	送信電力 (e.r.p.)	デューティ・ サイクル	チャンネル幅	最大送信時間	最小停止時間
868.000~ 868.600MHz	25mW 以下	1%以下 又は LBT		3.6 秒	1.8 秒
868.700~ 869.200MHz	25mW 以下	0.1%以下 又は LBT		0.72 秒	0.72 秒
869.400~ 869.650MHz	500mW 以下	10%以下 又は LBT	25kHz (1チャンネルだけの利用 では全帯域が利用可)	36 秒	1.8 秒
869.700~ 870.000MHz	5mW 以下	100%まで			

IEEE802.15.4 で規定された 800/900MHz 帯の周波数は欧州では 868MHz 帯、米国では 915MHz 帯となっている。表 3.2-2 に本周波数帯の欧州と米国の諸元について示す。

表 3.2-2 欧州と米国におけるアクティブ系小電力無線システムの諸元

	欧州	米国
	ERC (欧州無線通信委員会) (European Radio communications Committee) ERC/REC 70-03 ETSI (ヨーロッパ通信標準化協会) (European Telecommunications Standards Institute) EN 300 220-1	FCC (連邦通信委員会) (Federal Communications Commission) FCC 15.247 FCC 15.205 FCC 15.209 他
送信装置		
送信周波数及び空中線電力	868.0-868.6MHz : 25mW (e.r.p 値)	902-928MHz <DSSS> 8dBm/3kHz 以下 <FHSS> チャネル数 50 以上 : 1W チャネル数 50 未満 : 0.25W +空中線利得 6dBi <狭帯域通信方式> 50mV/m (測定距離 3m)
周波数の許容偏差	±100ppm	(規定なし)
伝送方式及び変調方式	(規定なし)	FHSS 方式、DSSS 方式、狭帯域通信方式
拡散帯域幅	(規定なし)	<DSSS> 500kHz 以上 <FHSS> 500kHz 以下
スプリアス発射の強度の許容値	47-74MHz、87.5-118MHz、 174-230MHz、470-862MHz ・ 4nW[-54dBm]以下 (Operating) ・ 2nW[-57dBm]以下 (Standby) 1,000MHz 以下のその他の周波数 ・ 250nW[-36dBm]以下(Operating) ・ 2nW[-57dBm]以下(Standby) 1,000MHz 以上 ・ 1μW[-30dBm]以下(Operating) ・ 20nW[-47dBm]以下(Standby) 【上記は全て 100kHz 幅での e.r.p 値】	1GHz 未満 -20dBc/100kHz 1GHz 以上 -20dBc/1MHz 但し FCC 15.205 にて定められた 帯域では下記を適用 1.705-30MHz ・ 30μV/m (測定距離 30m) (参考 EIRP 近似値 : -46dBm) 30-88MHz ・ 100μV/m (測定距離 3m) (参考 EIRP 近似値 : -55dBm) 88-216MHz ・ 150μV/m (測定距離 3m) (参考 EIRP 近似値 : -52dBm) 216-960MHz ・ 200μV/m (測定距離 3m) (参考 EIRP 近似値 : -49dBm) 960MHz 以上 ・ 500μV/m (測定距離 3m) (参考 EIRP 近似値 : -41dBm)
送信時間	送信 3.6s 以下 停止 1.8s 以上	(規定なし)
受信装置		
副次的に発する電波等の限度	1GHz 未満の周波数においては 2nW 以下、1GHz 以上の周波数帯において は、20nW 以下であること	(規定なし)

3. 3 950MHz 帯の周波数の分配状況

3. 3. 1 諸外国における 950MHz 帯の周波数の分配状況

無線通信規則（R.R.: Radio Regulations）における 950MHz 帯付近の周波数の国際的な分配の状況は次のとおりである。

- ① Region 1（欧州、アフリカ）及び Region 3（アジア、オセアニア）
942～960MHz 帯は、一次的基礎で固定業務、移動業務及び放送業務に分配されている。
- ② Region 2（北中南米）
942～960MHz 帯は、一次的基礎で固定業務及び移動業務に分配されている。

3. 3. 2 我が国の 950MHz 帯の周波数の分配状況

我が国の周波数割当計画では、950～956MHz 帯は一次的基礎で移動業務に分配されている。図 3.3.1 に示すとおり、950～956MHz 帯は、高出力型パッシブタグシステム及び低出力パッシブタグシステムが利用している。

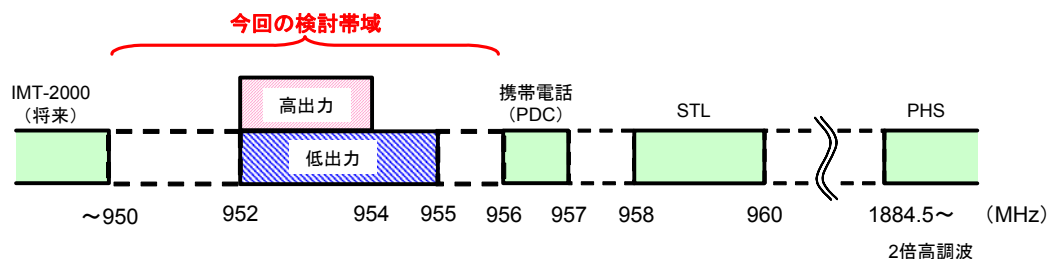


図 3.3-1 我が国の 950MHz 帯の周波数の分配状況

第4章 950MHz 帯パッシブタグシステムの動向

4. 1 我が国における利用状況

現在我が国では、ベースバンド（FM0）方式と、ミラーサブキャリア（MS）方式の2種類の950MHz帯パッシブタグシステムが運用されている。

FM0方式は、リーダー/ライタのコマンド送信とタグの応答信号が使用する周波数は同一である。そのため、同一の送信チャンネルを使用するリーダー/ライタが近くにある場合、タグからの微小な応答信号が妨害され、通信が困難となる。本方式を有効に活用するためには、近くにあるリーダー/ライタは異なるチャンネルを使用することが必要となる。

一方、MS方式は、リーダー/ライタがコマンド送信に使用する周波数と、タグが応答信号に使用する周波数が異なっている。そのため、同一の送信チャンネルを使用するリーダー/ライタが近くにあっても、タグからの応答信号が妨害されることなく通信が可能である。

平成19年3月時点での国内における高出力型950MHz帯パッシブタグシステムの普及状況を以下に示す。

- ・ MS方式 : 約 500台
- ・ FM0方式 : 約 1,000台

本数値は、(社)日本自動認識システム協会(JAISA)が、同協会に加盟している950MHz帯パッシブタグシステムのベンダー（リーダー/ライタ製造会社、及び大手輸入会社の計13社）へ平成19年6月時点にてアンケートを実施し、回答を得た10社の結果を集計したものである。回答を得た10社にて、国内の高出力型950MHz帯パッシブタグシステムのリーダー/ライタのうち90%以上の販売を行っている（JAISA調べ）。FM0方式は平成17年8月から出荷、MS方式は平成17年11月から出荷を開始している。

現時点にて稼働している950MHz帯パッシブタグシステム(高出力型リーダー/ライタ)の1システムあたりの設置台数は、平均4台、最大40台である。アンケートでは、平成19年には1システムあたり、平均10台、最大200台、平成24年には平均50台、最大700台規模のシステムの実現が予測される。

4. 2 ミラーサブキャリア方式の諸外国の動向

4. 2. 1 米国

米国での900MHz帯パッシブタグシステムはFCC 15.247他で規定されている。パッシブタグシステムは、902MHzから928MHzまでの500kHz間隔のチャンネルを周波数ホッピングを使って、ISO/IEC 18000-6タイプCに準拠したMS方式で運用されている（図4.2-1）。

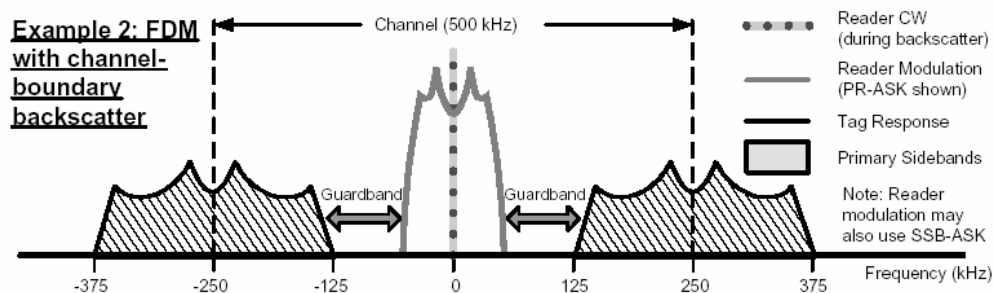


図 4.2-1 米国で運用されている MS 方式
(ISO/IEC 18000-6:2004/Amd 1:2006 から抜粋)

4. 2. 2 欧州

欧州での 900MHz 帯パッシブタグシステムは、ERC Recommendation 70-03 と ETSI Standard EN 302 208 [2]で規定されており、周波数と出力は表 4.2-1 のようになっている。

表 4.2-1 欧州での UHF 帯 RFID の周波数と出力

周波数	チャンネル (CH)	出力 (e.r.p.)
865.0 ~ 868.0 MHz	1 ~ 15	100 mW
865.6 ~ 868.0 MHz	4 ~ 15	500 mW
865.6 ~ 867.6 MHz	4 ~ 13	2 W

空中線電力が 2W e.r.p. (33 dBm)の場合は、表 4.2-2 に示すような規定になっている。

表 4.2-2 欧州での UHF 帯 RFID (2W e.r.p.の場合) の諸元

項目		諸元
空中線電力		2W e.r.p. (33 dBm)
送信周波数		865.6 MHz ~ 867.6 MHz
占有周波数帯幅の許容値とチャンネル数		200 kHz 10 チャンネル (4~13CH)
混信防止	方式	LBT (Listen Before Talk) 送信時間制御
	キャリアセンスレベルとセンス時間	-96 dBm 以下 5 ms 以上
	送信時間	送信オン: 最大 4 s 送信オフ: 最低 100 ms

この 2W e.r.p.の規定は、設置するリーダ／ライタが少ない場合は問題なく機能するが、例えば配送センターのように多くのリーダ／ライタが近接して設置される場合においては周波数が飽和することがある。このような場合、チャンネルを確保できなかったリーダ／ライタはチャンネルを利用できるまで最大 4 秒待つことになるため、迅速な処理ができない問題点が指摘された。

このチャンネルの少なさを補う方法として、多くのリーダ／ライタをネットワークでつなぎ、1 台のリーダ／ライタコントローラと LBT トランシーバで制御してひとつのチャンネルを使用する同期方式が検討され、四つのチャンネル（4CH、7CH、10CH、13CH）を同期方式で使用する事が承認された（ETSI TS 102 562 V1.1.1: 2007-03）。

しかし、この方式はチャンネルの有効利用に関しては効果的だが、外部からの干渉ノイズによりしばしばシステムが停止する事態を招き、実運用上有用でないとの指摘があり、多くのエンドユーザーから、この四つのチャンネルの LBT を無くす要望が出されて議論された。

その結果、2007 年 4 月に、図 4.2-2 に示す四つのチャンネル（4CH、7CH、10CH、13CH）に対して表 4.2-3 に示す諸元により、LBT は必須としないことが提案された（ETSI TR 102 649 V1.1.1_3.0.5）。2W e.r.p はこの四つのチャンネルのみで、その他のチャンネルはタグからの受信専用チャンネルとしている。実運用では、例えば 4CH と 10CH を使うリーダ／ライタと、7CH と 13CH を使うリーダ／ライタに分けて使用されることが推奨されている。

なお、この周波数帯（865 MHz-868 MHz）は、SRD（EN 300 220-1）と共用される。

現在上記内容に関して draft ETSI EN 302 208-1 V1.2.10.0.4 を審議中で、2008 年 4 月には発効が見込まれている。

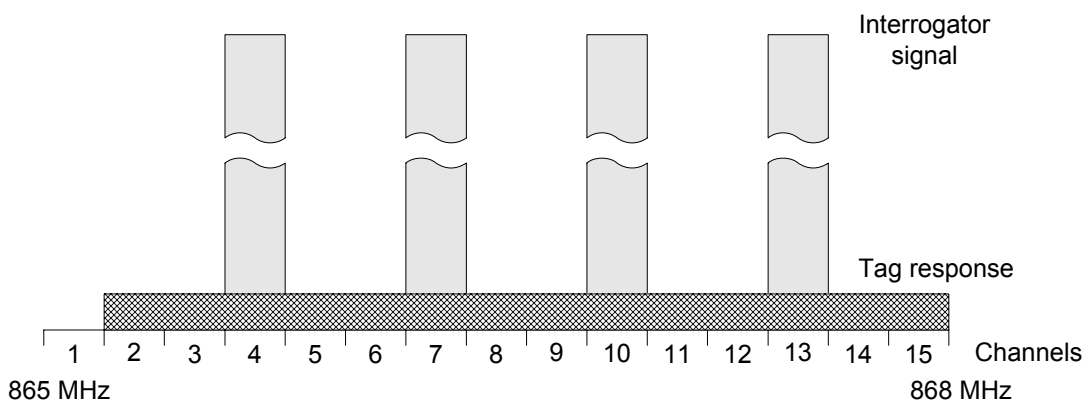


図 4.2-2 提案中の 4 チャンネルプラン（draft ETSI EN 302 208-1 V1.2.10.0.4 から抜粋）

表 4.2-3 欧州で提案中のリーダライタの諸元
(ERC/REC 70-03[1]の Annex11 の修正案)

項 目	諸 元
周波数帯	865.2 MHz～868.0 MHz に四つの送信周波数を設定 中心周波数は、 ・ 865.7 MHz ・ 866.3 MHz ・ 866.9 MHz ・ 867.5 MHz
空中線電力	2W e.r.p. 以下
送信時間	送信オン： 最大 4 s 送信オフ： 最低 100 ms
占有周波数帯幅の許容値	$f_c \pm 100 \text{ kHz}$
注記	LBT は必須ではない

なお、英国では 2007 年 5 月 14 日に、EU 委員会の勧告に従って 2005 年施行の免許不要局規則の修正を行い、周波数帯や出力、チャンネル配置を除くすべての技術的制限を撤廃して、LBT や信号発射時間、信号ビーム形状に関する記述を削除している。

第5章 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの共用に関する検討

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの実用化に向けては、帯域外他システムへの干渉、同一帯域内のパッシングタグシステムとの共用及びアクティブ系小電力無線システム間の共用についての検討を行う必要がある。

5. 1 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの普及及び同時送信台数予測

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの内、短距離無線通信システムの普及予測にあたっては、2.4GHz 帯も含む 2004 年の実際の普及台数及び 2008 年の予測台数から 2020 年頃に短距離無線通信システムの無線装置台数が飽和状態になると仮定し 2020 年の普及台数予測を計算した（参考資料 1）。

計算した結果、市場全体の 950MHz 帯短距離無線通信システムの普及予測は表 5.1-1 となる。

表 5.1-1 市場全体の総ノード数普及予測

単位：台

分野	2008 年	2012 年	2020 年
防犯・セキュリティ	336,220	7,223,369	50,514,416
食・農業	2,433	101,603	1,418,898
環境保全	0	0	0
ロボット/事務・業務	79,014	671,136	1,425,224
医療・福祉	73,108	1,278,358	15,034,841
施設制御	154,000	4,665,600	51,273,675
構造物管理	766	4,745	45,440
物流・マーケティング	70	420	1,418
市場全体	645,610	13,945,230	119,713,912

本普及予測を前提とする短距離無線通信システムの同時送信台数を、参考資料 1 より、10.82 台/km²と推定した。さらにアクティブタグシステムの同時送信台数は、参考資料 1 より、7.16 台/km²と推定されることから、アクティブ系小電力無線システム全体の同時送信台数としては、17.98 台/km²と推定した。

5. 2 帯域外他システムとの共用に関する検討

950-956MHz にアクティブ系小電力無線システムを導入するにあたって、既存システムとしては、近傍で使用されている PDC 及び STL 並びに 2 倍高調波の帯域を使用している PHS、また、新たに導入されるシステムとして、700/900MHz の IMT-2000

を考慮し、これらのシステムとの干渉に関する検討が必要である。

5. 2. 1 干渉に関する検討の前提条件

第2章で検討したように、アクティブ系小電力無線システムの利用シーンとしては比較的短距離（10m～数十 m 程度）の通信を高密度な配置で行うことが想定されている。参考資料2より、空中線電力 1mW に低出力型パッシブタグシステムと同一の空中線利得 3dBi を加えた値である送信電力 3dBm（EIRP）においても、十分な通信距離が得られることから、送信電力 3dBm（EIRP）について干渉検討を実施した。また低出力型パッシブタグシステムと同じ送信電力 13dBm（EIRP）の場合については、帯域外他システムとの感度抑圧干渉等の検討により使用周波数帯を 952-955MHz としたことから、帯域外他システムとの共用検討に関しては、これを参考とする。

5. 2. 2 PDCへの干渉

940-950MHz 及び 956-957MHz の周波数については、PDC システムが現在運用されており、引き続き円滑にサービスが提供される必要があるとの認識の下、アクティブ系小電力無線システムの不要発射が与える干渉と、アクティブ系小電力無線システムの主波が与える感度抑圧について検討を行った（参考資料3）。

参考資料3により、不要発射が与える干渉に関しては、PDC 基地局の許容干渉レベルを超えない確率が 99%程度であることを許容範囲とした場合、不要発射の強度を-52dBm/100kHz（EIRP）以下とする必要がある。感度抑圧に関しては PDC システムの割当周波数から 200kHz 離調とした上で、送信電力 3dBm（EIRP）以下であれば、PDC 基地局へ影響を与えないと考えられる。以上より、950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムは送信電力が 3dBm（EIRP）以下の場合には、上限を 955.8MHz として使用することが適当である。PDC システム帯域での不要発射の強度は-52dBm/100kHz（EIRP）以下とすることが適当である。

5. 2. 3 IMT-2000への干渉

パッシブタグシステムの時と同様に、700/900MHz 帯の IMT-2000 システムが 950MHz まで 5MHz のチャンネル幅で導入され、この場合の 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムが IMT-2000 移動機へ与える干渉について検討することとし、アクティブ系小電力無線システムの主波が与える感度抑圧と、アクティブ系小電力無線システムの不要発射が与える干渉について検討を行った（参考資料4）。

参考資料4では、アクティブ系小電力無線システムの主波が与える感度抑圧による干渉については、IMT-2000 移動機が受信する希望波の電力を規格感度より 3dB 高い値とした場合について検討を行った。また、アクティブ系小電力無線システムの不要発射が与える干渉については、ITU-R M.2039 より、干渉波レベル/システム雑音レベル=-10dB とした場合の許容干渉レベル（-125dBm/100kHz）をもとに

検討を行った。なお、双方とも、IMT-2000 移動機とアクティブ系小電力無線システムを1対1で対向させて、自由空間伝搬モデルを用いた所要離隔距離を求める手法で干渉検討を行った。

参考資料4より、アクティブ系小電力無線システムの主波が与える感度抑圧については、アクティブ系小電力無線システムの送信電力を3dBm (EIRP) とした場合に、低出力型パッシブタグシステムのリーダ/ライタ (13dBm (EIRP)) より、影響が少なくなる離調周波数について検討した。アクティブ系小電力無線システムの周波数を950MHzから単位チャネル幅である200kHzずつ広げた場合について検討し、800kHz 離れた場合 (950.8MHz 以上) にはじめて、影響の範囲がアクティブ系小電力無線システムの指向方向 0.8m~4.5m となり、低出力型パッシブタグシステムのリーダ/ライタの2MHz 離れた場合の影響 (1.4m~8m) よりも小さくなることから、950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの周波数を950MHz から800kHz 離れた950.8MHz 以上の周波数とすることとした。

一方、アクティブ系小電力無線システムの不要発射が与える干渉については、5.2.2の検討から得られた940-950MHz 及び956-957MHz を使用する既存のPDC基地局への影響を考慮した場合の不要発射の強度である-52dBm/100kHz (EIRP) を用いた場合、945-950MHz の周波数を受信するIMT-2000 移動機とアクティブ系小電力無線システムの所要離隔は、参考資料4から、アクティブ系小電力無線システムの指向方向で44mとなる。これは、アクティブ系小電力無線システムの送信時及びIMT-2000 移動機の受信時において、それぞれ1対1で対向させた場合における自由空間伝搬モデルを用いた計算結果である。しかし、アクティブ系小電力無線システムは、タグに電力を供給するために、比較的長い時間送信するパッシブタグシステムのリーダ/ライタとは異なり、間欠的な送信で且つ1回の送信時間も数ミリ秒程度と短いことが想定されており、5.1の検討結果から、最密集地においても同時送信台数は18台/km²程度と小さいことが想定されていることから、時間比及び干渉エリア比も考慮した場合は、IMT-2000 移動機に影響を与える確率が低下するため、実運用上においてはIMT-2000 移動機とアクティブ系小電力無線システムの共用が可能であると考えられる。

また、パッシブタグシステムにおいては、将来割り当てが計画されているIMT-2000 移動機への影響を軽減するため、945MHz 以下でさらに不要発射の強度を10dB下げている。同様に945MHz 以下でアクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度を10dB下げ-62dBm/100kHz (EIRP) まで抑えると、自由空間伝搬モデルを用いて算出した所要離隔距離は14mとなるため、実運用上IMT-2000 移動機とアクティブ系小電力無線システムの共用は可能である。なお、-62dBm/100kHz の不要発射の強度は-52dBm/MHz と換算できる³。

³ 参考資料3の不要発射の影響の検討においては、ITU-R M. 2039に基づき、W-CDMAの場合-99dBm/3.84MHz、CDMA2000の場合-104dBm/1.25MHzのIMT-2000 移動機雑音レベルをもとに、100kHzあたりの雑音レベルに換算して(双方とも-115dBm/100kHz)検討していること

したがって、950MHz 近辺に導入される IMT-2000 との共用も考慮した場合、アクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度は、導入予定の帯域の最下端である 950.8MHz から 800kHz 以上の離調である 950MHz 以下においては、5. 2. 2 の検討で得られた-52dBm/100kHz (EIRP) とし、5.8MHz 以上の離調である 945MHz 以下は-52dBm/MHz (EIRP) とすることが適当である。

5. 2. 4 STLへの干渉

958-960MHz の周波数を受信する STL 受信設備について、アクティブ系小電力無線システムの不要発射が与える干渉について検討を行った結果、参考資料 5 から、-54.8dBm/100kHz (EIRP) までの不要発射の強度を許容できることから、アクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度を-55dBm/100kHz (EIRP) とすることで、通常の使用においては共用が可能であると考えられる。

5. 2. 5 PHSへの干渉

5. 2. 3 の検討から得られた、アクティブ系小電力無線システムの主波から 5.8MHz 離調において-52dBm/MHz (EIRP) の強度の不要発射が 1.9GHz 帯 (1884.5-1919.6MHz) を使用している PHS 基地局・PHS 移動機に与える干渉について検討したところ、参考資料 6 より、この強度の不要発射であれば、通常の使用においては共用が可能であると考えられる。

5. 2. 6 隣接する他システムからアクティブ系小電力無線システムへの干渉

隣接する他システムからの送信電力及び不要発射にアクティブ系小電力無線システムは影響を受けることがあるが、キャリアセンスを具備することにより、干渉を受けた状態で運用される可能性は低下すると考えられる。

いずれにしても、アクティブ系小電力無線システムは 950MHz 帯パッシブタグシステムと同様に、他システムからの干渉を許容する条件のもとで運用することが適当である。

から、不要発射の強度-62dBm/100kHz から単純にそれぞれの帯域幅(3.84MHz 又は 1.25MHz) に換算しなおした不要発射の許容値とすることが可能。ただし、双方を一つの値で規定する観点から、1MHz の帯域幅を用いることとし、-52dBm/MHz とする。

5. 3 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システム間及びパッシブタグシステムとの共用に関する検討

950MHz 帯は、パッシブタグシステムが既に利用していることからアクティブ系小電力無線システムは、パッシブタグシステムと相互に適切な運用を図り、パッシブタグシステムの運用を妨げないような運用が必要となる。よって基本的にパッシブタグシステムに準拠した以下の共用化技術を導入することが適当である。

- ・チャンネルの設定
- ・キャリアセンス
- ・送信時間制御

特に高出力型パッシブタグシステムの利用シーンを考慮した場合、高出力型パッシブタグシステムは多数のパッシブタグを読み取ることが想定され即答性が求められることから、アクティブ系小電力無線システムの共用化技術の条件の設定にあたっては、高出力型パッシブタグシステムの運用を優先できるような条件を設定することが適当である。またアクティブ系小電力無線システム間においても相互に適切な運用を図ることが必要である。

以上を踏まえ、アクティブ系小電力無線システム間及びパッシブシステムとの共用検討を実施した。

なお、アクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベルは IEEE802.15.4 の規格を参考とし、-75dBm とした。

参考資料7より、キャリアセンスレベルを満足する、見通しで指向方向正面に位置した場合の自由空間での必要離隔距離を考慮した場合は、

- ・高出力型リーダー/ライター⇔アクティブ系小電力無線システム
- ・低出力型リーダー/ライター⇔アクティブ系小電力無線システム

のいずれにおいても、既存システムであるパッシブタグシステムの方が周囲に与える影響が大きい。しかしながら、アクティブ系小電力無線システムが高出力型リーダー/ライターに与える影響について送信電力 13dBm (EIRP) の時に関しては、必要離隔距離が 1km 以上となり、アクティブ系小電力無線システムが先に送信している状況においては、高出力型リーダー/ライターの運用上、問題が発生する可能性があるため、高出力型パッシブタグシステムのリーダー/ライターが使用する帯域に関しては、アクティブ系小電力無線システムの送信電力 13dBm (EIRP) は使用しないことが望ましい。

参考資料8より、アクティブ系小電力無線システム間におけるキャリアセンスレベルを満足する必要離隔距離を考慮した場合は、送信電力 13dBm (EIRP) の方が周囲に与える影響が大きい。アクティブ系小電力無線システムは、比較的短距離(10m～数十 m 程度)の通信を高密度な配置で行うことが想定されていることから、その阻害となる可能性があるため、送信電力 13dBm (EIRP) のチャンネルは、必要最小限とすることが望ましい。

以上のことから低出力型パッシブタグシステムの共用検討において送信電力

13dBm (EIRP) の使用帯域として決められた 952-955MHz の内、高出力型パッシブタグシステムの帯域は使用しないこととし、954-955MHz とすることが適当である。

また、送信電力 3dBm (EIRP) の場合においては、5.4.6 で示す通り、短いキャリアセンス時間やキャリアセンス不要で使用されることもあり、パッシブタグシステムの運用に影響を与える可能性もあることから、民間規格等において、使用するチャンネルの優先順位付けを行う等、共用のための運用ルールが策定されることが期待される。

5.4 アクティブ系小電力無線システムの諸元の検討

5.4.1 空中線電力

5.2 及び 5.3 の検討から、送信電力は、最大 3dBm (EIRP) 又は最大 13dBm (EIRP) とし、空中線電力は 1mW、10mW とすることが適当である。空中線利得は、950MHz 帯における免許不要局である低出力型パッシブタグシステムに倣い 3dBi 以下とし、空中線電力が 1mW の場合には、等価等方輻射電力 (EIRP) が、3dBi の送信空中線に 1mW の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとし、空中線電力が 10mW の場合には、EIRP が、3dBi の送信空中線に 10mW の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする適当である。

5.4.2 周波数帯

5.2 の検討から、空中線電力 1mW の場合には、下側は IMT-2000 との干渉を考慮し、950.8MHz 以上とすることが適当である。上側は PDC 基地局との干渉を考慮し、955.8MHz 以下とすることが適当である。

5.3 の検討から、空中線電力 10mW の場合には、先に低出力型パッシブタグシステムで決められた、952MHz 以上、955MHz 以下の帯域の内、高出力型パッシブタグシステムの帯域では使用しないこととし、下側は 954MHz 以上とし、上側は 955MHz 以下とすることが適当である。

5.4.3 単位チャンネル

パッシブタグシステムとの共用を考え、アクティブ系小電力無線システムのチャンネルに関しても、パッシブタグシステムで規定した単位チャンネルを設定することが適当である。

第3章の検討において、欧州では、860MHz 帯の SRD の最大の占有周波数帯幅は 600kHz、米国では 915MHz 帯において 500kHz 以上とされている。これらに倣い単位チャンネルを同時に 3 チャンネルまで利用できるようにすることにより、占有周波数帯幅の許容値として 600kHz 以下が可能となる。

空中線電力 1mW については 950.8-955.8MHz の間において、空中線電力 10mW については、954-955MHz の間において、最大 3 つの単位チャンネルを束ねて無線チャンネルとして使用でき、占有周波数帯幅の許容値については (200×n) kHz 以下 (n: 同時に使用する単位チャンネル数で 1、2 又は 3) であることが適当である。

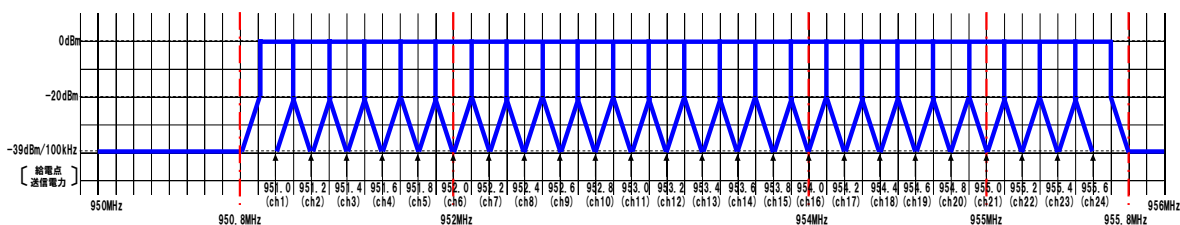


図 5.4-1 単位チャンネル配置 (空中線電力 1mW)

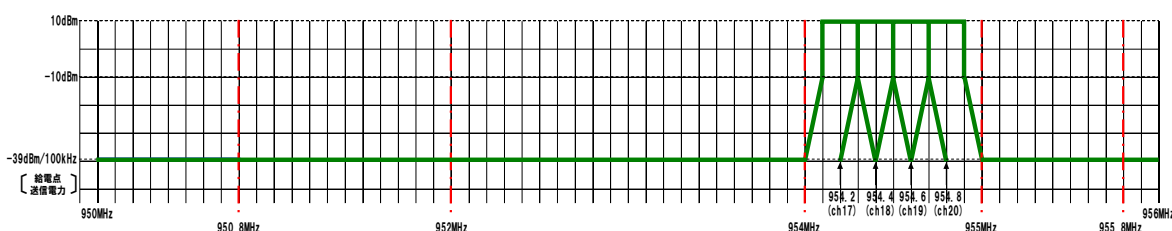


図 5.4-2 単位チャンネル配置 (空中線電力 10mW)

5. 4. 4 単位チャンネルマスク

単位チャンネルマスクに関してもパッシブタグシステムとの共用を考え、パッシブタグシステムで規定した単位チャンネルマスクを設定することが適当であることから、同じ免許不要局である低出力型パッシブリーダー/ライターと同じく、単位チャンネル端において 20dBc 低下させることとする。

また空中線電力 1mW では 950.8-955.8MHz の近傍 (950-950.8MHz、955.8-956MHz)、空中線電力 10mW では 954-955MHz の近傍 (950-954MHz、955-956MHz) についても低出力型パッシブリーダー/ライターと同じ -39dBm/100kHz (給電線入力点) とすることが適当である。

なお空中線電力 1mW では 950.8-955.8MHz の帯域、空中線電力 10mW では 954-955MHz の帯域において、使用する無線チャンネルの中心周波数から $200+100 \times (n-1)$ 以上 (n: 同時に使用する単位チャンネル数で 1、2 又は 3) 離調した帯域については、スプリアス領域とし、低出力型パッシブタグリーダー/ライターと同じく -39dBm/100kHz (給電線入力点) とすることが適当である。

以上を踏まえ、アクティブ系小電力無線システムの単位チャンネルマスクを図 5.4-3、図 5.4-4 のように規定することが適当であり、この場合の隣接単位チャンネルへの漏れ込みは空中線電力 1mW では -26dBm (給電線入力点)、空中線電力 10mW では -18dBm (給電線入力点) とすることが適当である。

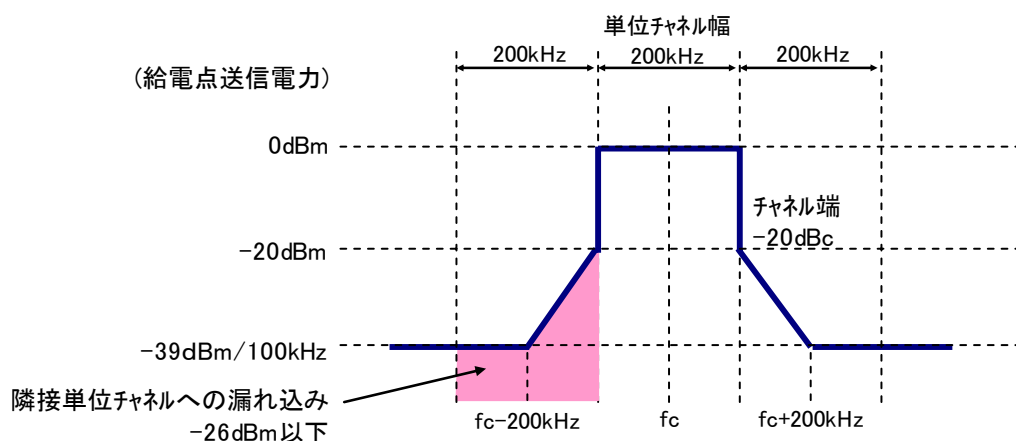


図 5.4-3 単位チャネルマスク (空中線電力 1mW)

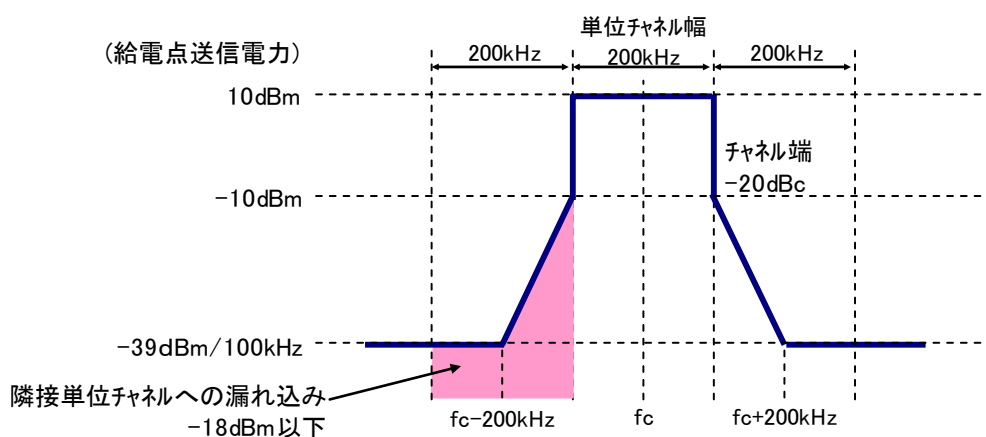


図 5.4-4 単位チャネルマスク (空中線電力 10mW)

5. 4. 5 送信時間制御

送信時間制御については、パッシブタグシステムとの共用を考え、同じ免許不要局である低出力型パッシブタグシステムに準拠することが望ましい。よって、電波を発射してから送信時間 1 秒以内にその電波の発射を停止し、送信休止時間 100ms を経過した後でなければその後送信を行わないものとする規定を設けることが望ましい。但し、同じ特定小電力無線である 426/429MHz 帯において規定されているように、システムの運用効率を考慮し、電波を発射してからの一定時間は連続して再送信できることが望ましいことから、最初に電波を発射してから連続する 1 秒以内に限り、その発射を停止した後 100ms の送信休止時間を設けずに再送信することができるものとするのが適当である。

なお上記における再送信は、最初に電波を発射してから連続する 1 秒以内に完了することとする。

また、短いキャリアセンス時間及びキャリアセンス不要の場合には、パッシブタグシステムとの共用を考え、5. 4. 6 にて示す送信時間制御を規定することが適

当である。

5. 4. 6 キャリアセンス

キャリアセンスの規定については、パッシブタグシステムとの共用を考え、同じ免許不要局である低出力型パッシブタグシステムに準拠することが望ましいことから、キャリアセンス時間に関しては 10ms 以上とすることが適当である。また 5.3 の検討結果よりキャリアセンスレベルは -75dBm とすることが適当である。

但し、短時間における複数局との通信、応答の高速性、省電力化等の運用・利便性を考慮し、①短いキャリアセンス時間の規定、②キャリアセンス不要の規定も設けることが望ましい。

①短いキャリアセンス時間

短いキャリアセンス時間に関しては、IEEE802.15.4 の規定の最小値である 128 μ s とするのが望ましい。但しパッシブタグシステムとの共用を考慮し、本方式における応答器の送信時間は、アクティブ系小電力無線システムの運用に支障の無い範囲で短い通信とすることが望ましい。IEEE802.15.4 の仕様における連続の最大の送信時間は、約 53ms 秒⁴であることから送信時間は 100ms 以内で運用上問題ないと考えられる。休止時間は、低出力型パッシブタグシステム同様 100ms 以上とすることが望ましい。但し、同じ特定小電力無線である 426/429MHz 帯において規定されているように、システムの運用効率を考慮し、電波を発射してからの一定時間は連続して再送信できることが望ましいことから、最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に限り、その発射を停止した後 100ms の送信休止時間を設けずに再送信することができるものとするのが適当である。なお上記における再送信は、最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に完了することとする。

また、同一周波数帯においてパッシブタグシステムがキャリアセンス時間 5ms（高出力型）、10ms（低出力型）で運用されており、キャリアセンス時間 10ms のアクティブ系小電力システムも運用されることになることから、これらのシステムとの共用を考慮し、短いキャリアセンスで運用する場合には Duty Cycle の規定を設けることが望ましい。なお欧州の 860MHz 帯 SRD においても同様に Duty Cycle による規定が設けられおり、その規定は、キャリアセンス又は Duty Cycle というものである。日本においては、同一周波数帯で、128 μ s より長いキャリアセンス時間のシステムと周波数を共用することを考慮し、キャリアセンス且つ Duty Cycle による規定とすることが望ましい。キャリアセンス且つ Duty

⁴ IEEE802.15.4 の規格による最大送信パケットサイズは、最大パケットサイズ：127 バイト、プリアンプル：6 バイトより、133 バイトとなる。IEEE802.15.4 で規定されている方式で、最も低い送信速度である 20kbps で送信した場合、133byte \times 8bit / 20kbps = 53.2ms となる。

Cycleによる規定とすること、及びアクティブ系小電力無線システムの利用シーンとして想定されている環境モニタリングや自動検針、警報出力等においては、緊急時等に短時間に集中してデータを送信する運用が考えられることから、アクティブ系小電力システムの Duty Cycle は欧州の規定の内 100%以外で最も緩やかな規定である Duty Cycle 10%以下 とすることが適当である。

②キャリアセンス不要

キャリアセンス不要の規定に関しては、短いキャリアセンス時間の規定と同様に送信時間は 100ms 以内、休止時間は 100ms 以上とすることが望ましい。但し、同じ特定小電力無線である 426/429MHz 帯において規定されているように、システムの運用効率を考慮し、電波を発射してからの一定時間は連続して再送信できることが望ましいことから、最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に限り、その発射を停止した後 100ms の送信休止時間を設けずに再送信することができるものとするが適当である。なお上記における再送信は、最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に完了することとする。また、Duty Cycle の規定については、欧州の 860MHz 帯 SRD において最も厳しい Duty Cycle 規格である 0.1%以下とすることが適当である。

送信時間制御、キャリアセンス規定に基づいたアクティブタグシステムにおけるフローの例を 2 章で述べたモード毎に図 5.4-5、図 5.4-6、図 5.4-7 に、短距離無線通信システムのフロー例を図 5.4-8 に示す。

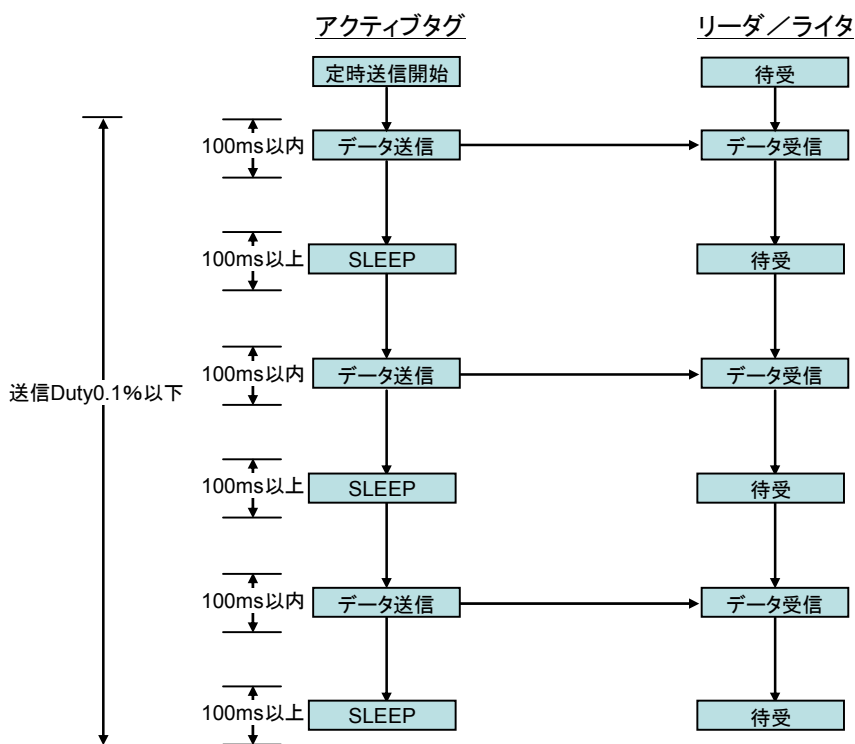
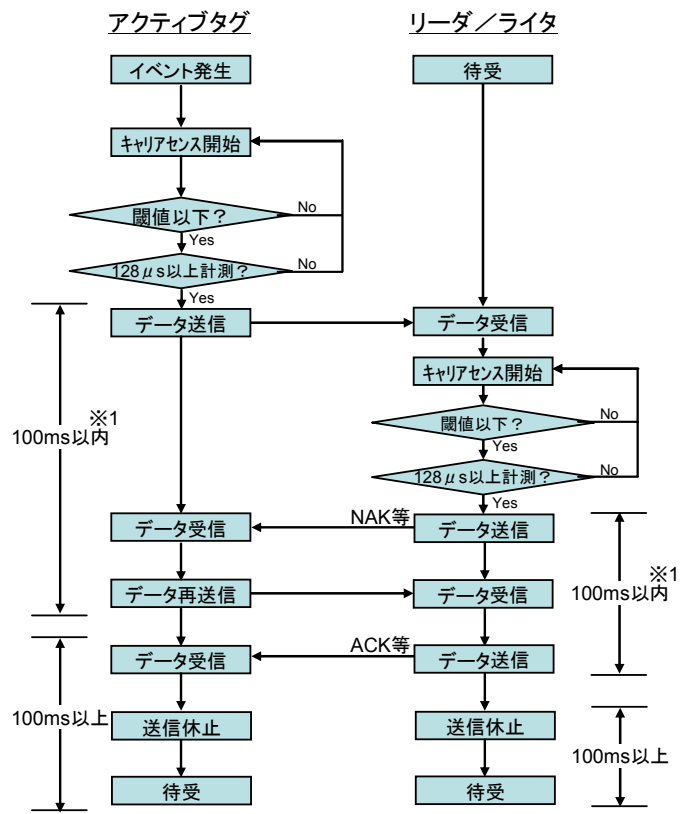
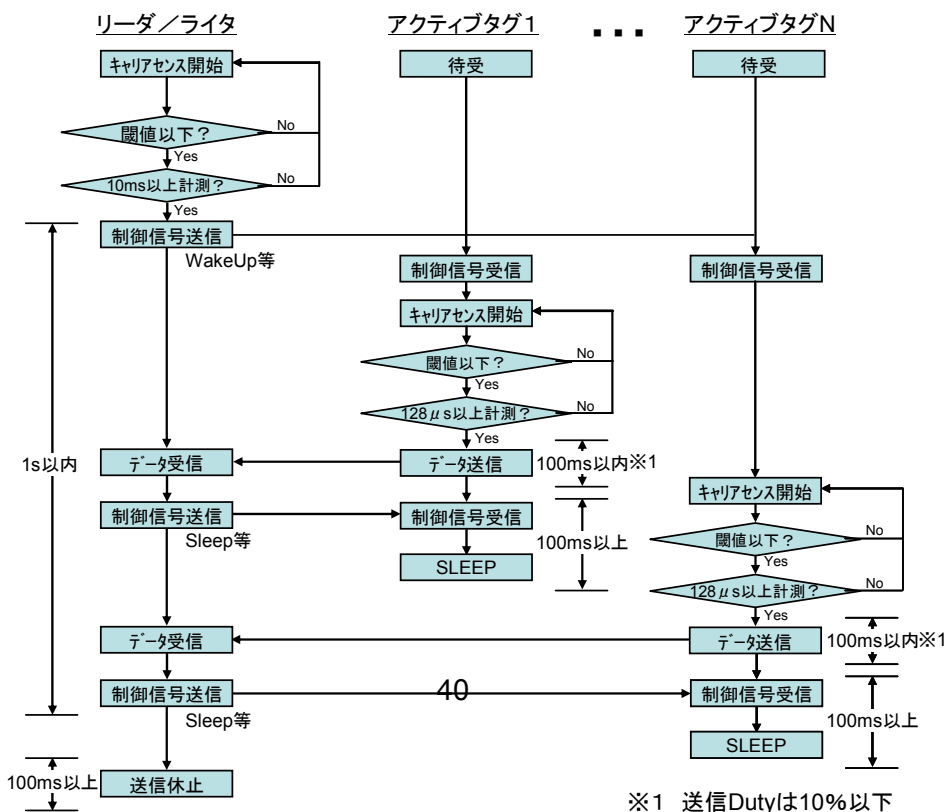


図 5.4-5 アクティブタグシステム ビーコンモード フロー例



※1 送信Dutyは10%以下

図 5.4-6 アクティブタグシステム センサーモード フロー例



※1 送信Dutyは10%以下

図 5.4-7 アクティブタグシステム マスタスレーブモード フロー例

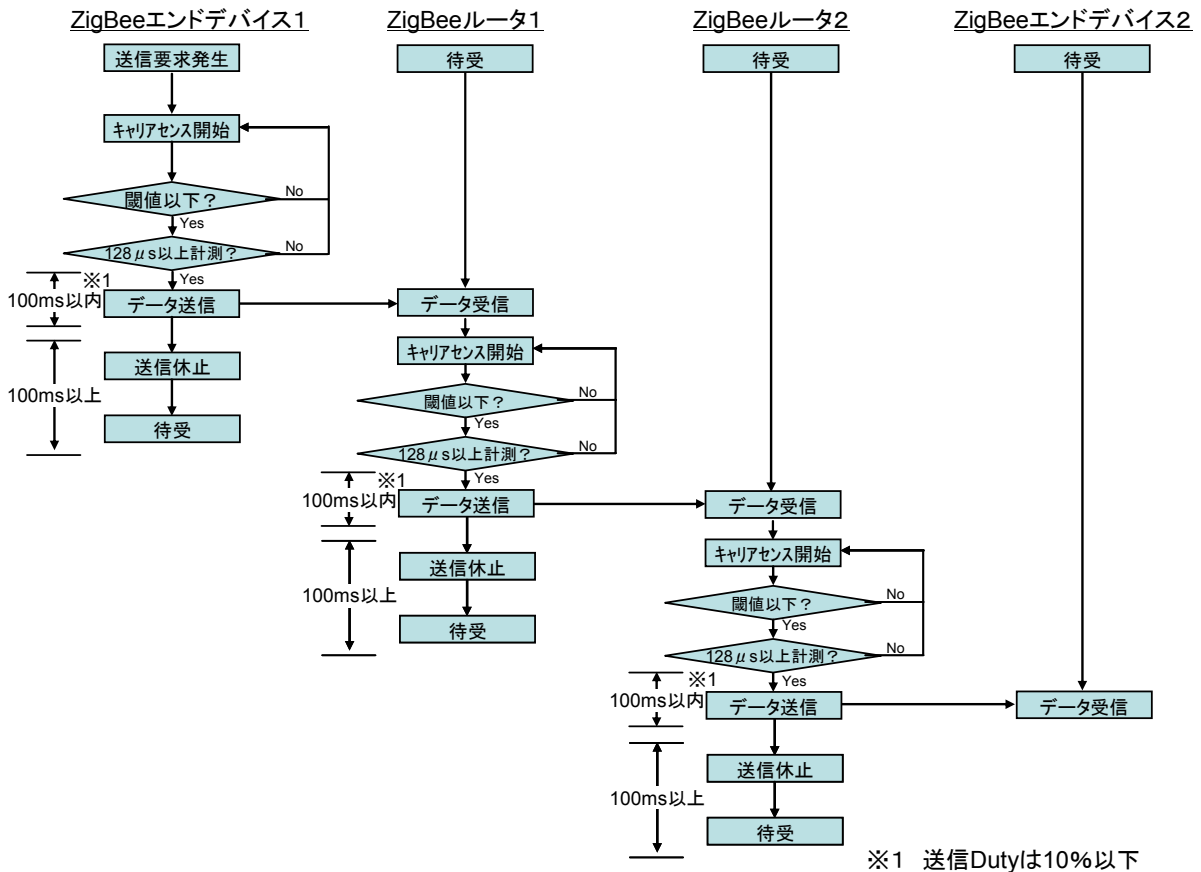


図 5.4-8 短距離無線通信システムの フロー例

5. 4. 7 不要発射の強度の許容値について

5. 2 の検討から、不要発射の強度（EIRP）は、945MHz 以下及び 1884.5MHz を超え 1919.6MHz 以下で-52dBm/MHz、945MHz を超え 950MHz 以下及び 956MHz を超え 958MHz 以下で-52dBm/100kHz、958MHz を超え 960MHz 以下で-55dBm/100kHz とすることが適当とされた。5. 4. 1 の空中線利得の検討（3dBi 以下）から、給電線入力点における不要発射の強度は、主波から下側は 945MHz 以下及び 1884.5MHz を超え 1919.6MHz 以下で-55dBm/MHz、945MHz を超え 950MHz 以下及び 956MHz を超え 958MHz 以下で-55dBm/100kHz、958MHz を超え 960MHz 以下で-58dBm/100kHz となる。一方、5. 4. 4 の検討により、空中線電力 1mW では 950.8-955.8MHz の近傍、空中線電力 10mW では 954-955MHz の近傍の不要発射の強度は-39dBm/100kHz（給電線入力点）が適当であるとされ

た。これらの干渉検討対象システムの周波数帯以外の部分については、ITU-R SM.329-10に規定されているとともに、IMT-2000 移動機の不要発射の強度の許容値としても採用されている表 5.4-1 の値を準用することとする。

以上から、全周波数帯におけるアクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度は、アンテナ利得 3dBi を考慮し、表 5.4-2 のとおり規定することが適当である。

**表 5.4-1 ITU-R SM.329-10 で規定されている不要発射の強度の許容値
(給電線入力点)**

周波数帯	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	参照帯域幅
30MHz を超え 1GHz 以下	-36dBm	100kHz
1GHz を超えるもの	-30dBm	1MHz

表 5.4-2 周波数帯ごとの不要発射の強度の許容値 (給電線入力点)

周波数帯	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	参照帯域幅
1GHz 以下 (710MHz を超え 960MHz 以下を除く。)	-36dBm	100kHz
710MHz を超え 945MHz 以下	-55dBm	1MHz
945MHz を超え 950MHz 以下	-55dBm	100kHz
950MHz を超え 956MHz 以下 (無線チャネルの中心からの離調が 200+100(n-1)kHz 以下を除く。n は同時に使用 する単位チャネル数)	-39dBm	100kHz
956MHz を超え 958MHz 以下	-55dBm	100kHz
958MHz を超え 960MHz 以下	-58dBm	100kHz
1GHz を超えるもの (1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。)	-30dBm	1MHz
1884.5MHz を超え 1919.6MHz 以下	-55dBm	1MHz

5. 5 電波防護指針への適合について

電波防護指針では、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。

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムが使用される機器は、屋内、屋外を問

わず使用されることが想定されるため、以下に示す電波防護指針の基準値に基づき、検討を行った結果、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 cm～5.05 cm となる。利用シーンによっては 5.05cm 以内の距離で利用される可能性もあるが、950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムは最長の場合でも連続送信時間が 1 秒と極めて短く、そ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>

表 5.4-3 電波防護指針の基準値（抄）

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 ²]	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 120π [Ω] であるので、各数値の意味は同一である。

5. 5. 1 前提条件

(1) 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの諸元

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムは、以下に示すいずれかの周波数帯において、200-600kHz の帯域幅を有し、その帯域幅における EIRP は 3dBm 以下又は 13dBm 以下である。

- ・ 950.8MHz を超え 955.8MHz 以下の周波数帯 EIRP 3dBm 以下
- ・ 954MHz を超え 955MHz 以下の周波数帯 EIRP 13dBm 以下

ここでは、人体に与える影響が最大となる場合として、中心周波数 951MHz、EIRP 3dBm の場合と、中心周波数 954.2MHz、EIRP 13dBm の場合について検討することとする。

(2) 電波の強度の算出式（無線設備から発射される電波の強度の算出方法及び測定方法（告示 平成 11 年 4 月 27 日第 300 号）より引用）

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

S : 電力束密度[mW/cm²]

P : 空中線入力電力[W]

G : 送信空中線の最大輻射方向にいける絶対利得

R : 算出に係る送信空中線と算出を行う地点との距離[m]

K : 反射係数

すべ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に 6dB を加えること。

5. 5. 2 算出結果

算出結果は以下のとおり。

表 5.5-1 算出結果

	等価等方輻射電力 (EIRP) (周波数)	3dBm (951MHz)	13dBm (954.2MHz)
ア	すべての反射を考慮しない場合	0.50 cm	1.58 cm
イ	大地面の反射を考慮する場合	0.80 cm	2.53 cm
ウ	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	1.60 cm	5.05 cm

(1) 中心周波数 951MHz、EIRP 3dBm の場合

$f=951[\text{MHz}]$ の場合、 $S=f/1500=0.634[\text{mW}/\text{cm}^2]$ である。

ア すべての反射を考慮しない場合

電波の強度の算出式に、 $S = 0.634 [\text{mW}/\text{cm}^2]$ 、 $P \times G = 0.002 [\text{W}]$ (3 [dBm])、 $K=1$ を代入することで、 $R=0.0050 [\text{m}]$ (0.50 [cm]) と算出される。

イ 大地面の反射を考慮する場合

電波の強度の算出式に、 $S = 0.634 [\text{mW}/\text{cm}^2]$ 、 $P \times G = 0.002 [\text{W}]$ (3 [dBm])、

$K=2.56$ を代入することで、 $R=0.0080$ [m] (0.80 [cm]) と算出される。

ウ 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

電波の強度の算出式に、 $S = 0.634$ [mW/cm²]、 $P \times G = 0.002$ [W] (3 [dBm])、 $K=10.2$ ($\doteq 2.56 \times 10^{\wedge} (6/10)$) を代入することで、 $R=0.0160$ [m] (1.60 [cm]) と算出される。

(2) 中心周波数 954.2MHz、EIRP 13dBm の場合

$f=954.2$ MHz]の場合、 $S=f/1500 \doteq 0.636$ [mW/cm²]である。

ア すべての反射を考慮しない場合

電波の強度の算出式に、 $S = 0.636$ [mW/cm²]、 $P \times G = 0.02$ [W] (13 [dBm])、 $K=1$ を代入することで、 $R=0.0158$ [m] (1.58 [cm]) と算出される。

イ 大地面の反射を考慮する場合

電波の強度の算出式に、 $S = 0.636$ [mW/cm²]、 $P \times G = 0.02$ [W] (13 [dBm])、 $K=2.56$ を代入することで、 $R=0.0253$ [m] (2.53 [cm]) と算出される。

ウ 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

電波の強度の算出式に、 $S = 0.636$ [mW/cm²]、 $P \times G = 0.02$ [W] (13 [dBm])、 $K=10.2$ ($\doteq 2.56 \times 10^{\wedge} (6/10)$) を代入することで、 $R=0.0505$ [m] (5.05 [cm]) と算出される。

5. 5. 3 医療機器への影響について

アクティブ系小電力無線システムについては、病院内における医師・看護師の行動管理や患者の病状管理（体温、心拍、血圧センサ等）に利用されることも想定されることから、今後、必要に応じて医療機器への影響について具体的な実証実験を行い、その結果に基づいて適切な運用がなされるべきである。

第6章 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に関する検討

6.1 950MHz 帯パッシブタグシステムの普及予測

950 MHz 帯パッシブタグシステムの普及台数を予測するため、JAISA に加盟している国内のベンダーにアンケート調査を実施し、平成 24 年までの高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの出荷台数予測について、国内の 90%以上を販売しているメーカー及び大手輸入販社 10 社から得た回答を図 6.1-1 に示す。なお、平成 20 年 1 月に特定チャネルのキャリアセンスレベルが緩和又は撤廃されるとの仮定のもとで、MS 方式と FM0 方式各々の出荷台数予測を調査した。

この結果、MS 方式の台数は徐々に増加して、平成 21 年時点では FM0 方式の累積出荷台数を上回ると予測される。平成 24 年時点では、MS 方式が FM0 方式の 2 倍程度の累積出荷台数となり、双方の合計は 12 万台を超えると予測される。また、1 システム（構内無線局）あたりのリーダー/ライタ台数は、最大で 700 台と大規模になると予測される。

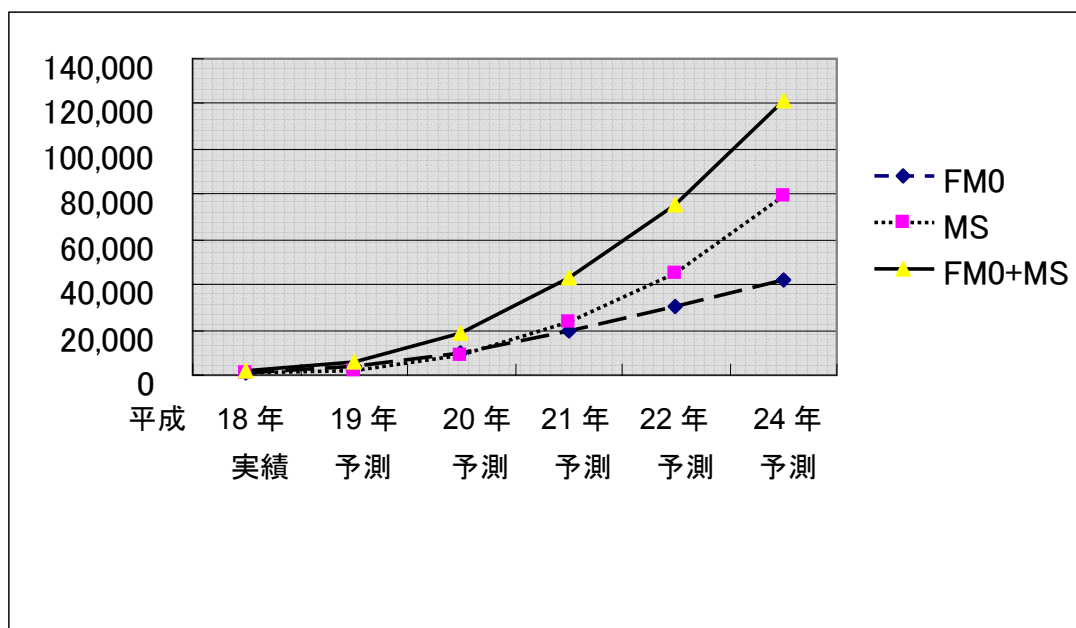


図 6.1-1 高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの普及予測

6. 2 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度利用技術の検討

このように 950MHz 帯パッシブタグシステムの累積出荷台数は急激に増加し、また、同一構内あたりの設置台数も増加し、アプリケーションの大規模化が予測される。

本方式を有効に活用するためには、タグからの応答信号にて使用する周波数に、他のリーダ/ライタからのコマンド送信を重ねて使用しないことに加えて、リーダ/ライタからの送信に先立ち、接続する複数のリーダ/ライタで同一チャネルを共有することが望ましく、キャリアセンスの条件を含めた更なる高度化技術の検討が必要となる。

本節では、MS 方式と FM0 方式の周波数利用効率を比較し、さらなる周波数利用効率の拡大のため、技術的見地から最適なチャネルプランを検討する。

6. 2. 1 高出力型パッシブタグシステムにおける FM0 方式（キャリアセンス有）と MS 方式（キャリアセンス無）の周波数利用効率比較

① FM0 方式（キャリアセンス有）と② MS 方式（キャリアセンス無）のケースにおける周波数利用効率について、（1）相互干渉距離の理論値計算、（2）ゲートモデルのシミュレーションによる待ち時間の評価、（3）電波暗室での実験結果を示す。

（1）相互干渉距離の理論値計算

表 6.2-1 に示す前提条件で、同一チャネルを使ったリーダ/ライタの相互干渉距離を算出した。

表 6.2-1 相互干渉の理論値計算の条件

項目	値	コメント
送信電力	1W	等価等方輻射電力（EIRP）は 36dBm になる
アンテナ利得	6dBi	
伝搬空間	自由空間 アンテナ同士は正対	
リーダ/ライタ-タグ間距離	5m	
CIR	14dB	干渉波に対する信号波の電力比

① FM0 方式（キャリアセンス有）

同一チャネルを使うときは、近接では、システム間の干渉が発生しないように LBT が機能する。2 つのシステムが同時に通信することが許される LBT のレベルは、アンテナの地点で -80dBm であり、干渉元の送信した出力は EIRP で 36dBm であることから、アンテナ同士が正対した条件では空間減衰が $36\text{dBm} - (-80\text{dBm}) = 116\text{dBm}$ 必要である。これは、自由空間で約 20km に相当する（図 6.2-1）。

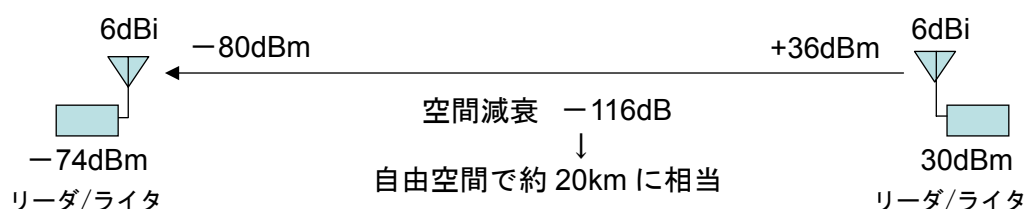


図 6.2-1 FM0 方式（キャリアセンス有）が同時に通信できる条件

② MS 方式（キャリアセンス無）

次にキャリアセンスを行わない場合の MS 方式における干渉距離を算出した。このケースでは、干渉距離は、干渉源のリーダ／ライタの送信電力が被干渉タグに影響を及ぼし、タグの動作が不安定になる“タグコンフュージョン”が問題となる。リーダ／ライタとタグ間の通信距離を 5m と想定すると空間減衰は 46dB となるので、タグに届くリーダ／ライタからの電力は、 $36\text{dBm} - 46\text{dB} = -10\text{dBm}$ となる。タグの CIR=14dB と仮定するとパッシブタグに許容される干渉波の電力は $-10\text{dBm} - 14\text{dB} = -24\text{dBm}$ となる。干渉源の送信電力は 36dBm であるので、空間減衰が $36\text{dBm} - (-24\text{dBm}) = 60\text{dB}$ 以上必要となる。自由空間で 60dB の空間減衰が確保できる離隔距離は、約 20m である（図 6.2-2）。

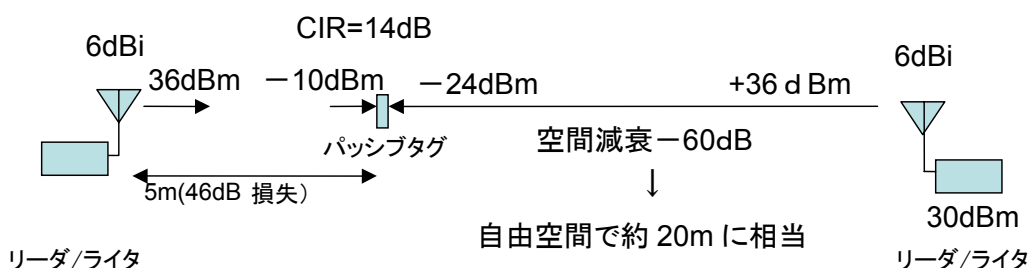


図 6.2-2 MS 方式（キャリアセンス無）が同時に通信できる条件

①と②の結果を比較すると、MS 方式は、FM0 方式に比べてシステム間の隔離距離を少なくすることができ、リーダ／ライタを密に配置することが可能となる。

(2) ゲートモデルのシミュレーションによる待ち時間の評価

パッシブタグシステムが主に利用される物流センターにおいて多数のゲートが設置される環境をモデルとして、特定のチャンネルのみキャリアセンス無しとした場合の周波数利用効率向上効果を定量化するためにシミュレーションした。モデルは、実際の物流拠点の環境を想定し、20 台のリーダ／ライタを以下の図 6.2-3 のように近接して設置させた。

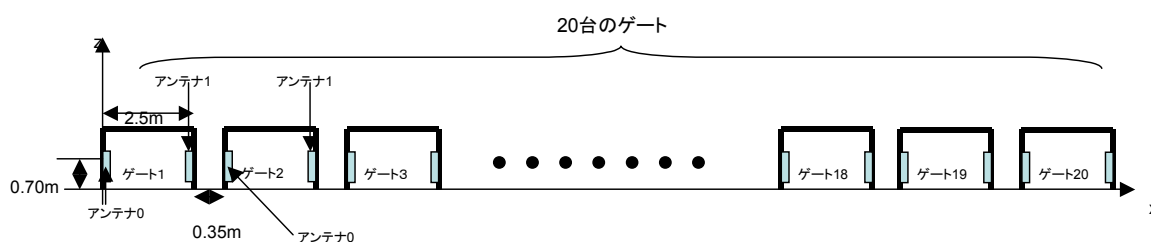


図 6.2-3 シミュレーションモデル

構成として、ひとつのリーダー/ライタは2つのアンテナを交互に切り替えて動作しており、リーダー/ライタは500msec送信した後は50msec送信停止する。

以下の3ケースでシミュレーションをした。

- ・ Case1 : 全てのリーダー/ライタがFM0方式（キャリアセンスレベル [-74dBm]）で CH7~CH15（中心周波数 952.0~954.0MHz）の9チャンネルを順に使用
- ・ Case2 : 全てのリーダー/ライタがMS方式で CH8（中心周波数 952.4MHz）又は CH14（中心周波数 953.6MHz）を使用
- ・ Case3 : ゲート1~ゲート10（左半分）のリーダー/ライタが送信 CH8 のMS方式、ゲート11~ゲート20（右半分）のリーダー/ライタがFM0方式（キャリアセンスレベル [-74dBm]）で CH10~CH15（中心周波数 952.8~953.6MHz）を使用

その結果を図 6.2-4 に示す。

Case1 のシミュレーション結果では、すべてのリーダー/ライタがキャリアセンス方式だと9チャンネル利用でも、同一チャンネルを複数のリーダー/ライタで共有するため、平均的には連続送信可能時間分、送信遅延が生じる。

Case2 のシミュレーション結果では、実質的に6チャンネル（送信 CH8、CH14、受信 CH7、CH9、CH13、CH15）利用することとなり、送信遅延はほとんど発生しない。

Case3 のシミュレーション結果では、競合するリーダー/ライタの台数が実質的に減るため、MS方式の周波数利用効率を維持しつつ、送信遅延を減らすことが可能である。

FM0方式のリーダー/ライタは、Case1では、20台で9チャンネルを使用するのに対して、Case3では、10台で6チャンネルを使用できるため、チャンネル当たりに競合するリーダー/ライタの数が減るためこのような結果となっている。

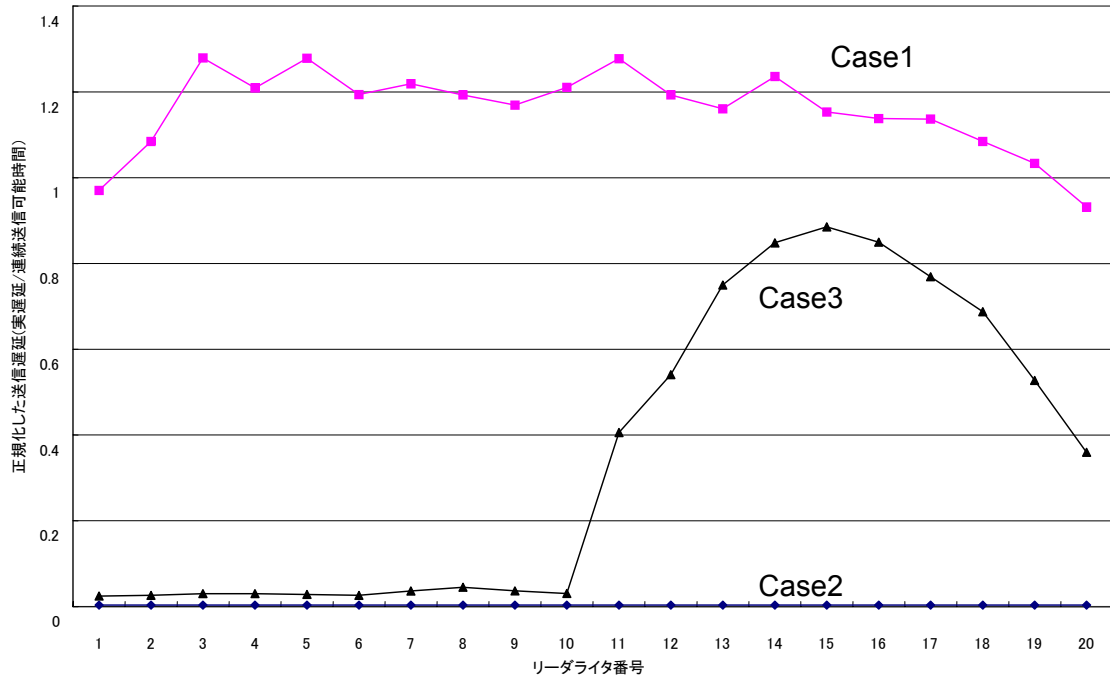


図 6-2.4 シミュレーション結果

(3) 電波暗室での実験結果

電波暗室において、キャリアセンスを行わない MS 方式と FM0 方式のそれぞれについて、2 台のリーダー/ライターを近接設置させて、その読み取り率を測定した。そのシステム条件を表 6.2-2、システム配置を図 6.2-5 に示す。

結果として、MS 方式は、読み取り率 100%を実現でき、FM0 方式は 0%であった。すなわち、キャリアセンスを要さない MS 方式は、近接設置した場合でも問題なく読み取りができることが実証された。

これらの実験結果から、多数のリーダー/ライターを近接して設置する場合、MS方式をキャリアセンスなしで使用すれば、高出力型パッシブタグシステムの性能はより安定したものとなると判断される。

表 6.2-2 実験の条件

	被干渉	与干渉
送信出力	36dBm EIRP	36dBm EIRP
送信アンテナ	右旋円偏波	右旋円偏波
リーダ/ライタ to タグ 速度	40kbps	40kbps
タグ to リーダ/ライタ 速度	50kbps	—
サブキャリア周波数	200kHz	—
タグ符号化	MS/FM0	—
リーダ/ライタ符号化	PIE	PIE (PN9)
プロトコル	EPC GEN2	—

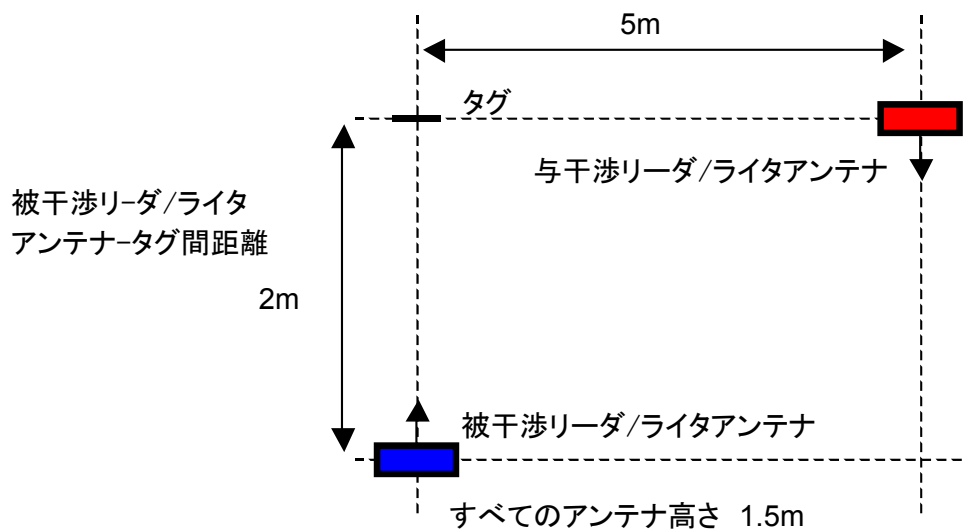


図 6.2-5 リーダ/ライタ装置の配置

6. 2. 2 高出力型パッシブタグシステムの特定チャネルの決定方法

この節では、キャリアセンスを必要としない MS 方式の送信チャネル(特定チャネル)の配置について検討する。

特定チャネルが1つの場合、ゲートが接続するような高密度なシステム環境(図 6.2-6)ではタグ・コンフュージョンが発生しやすい。

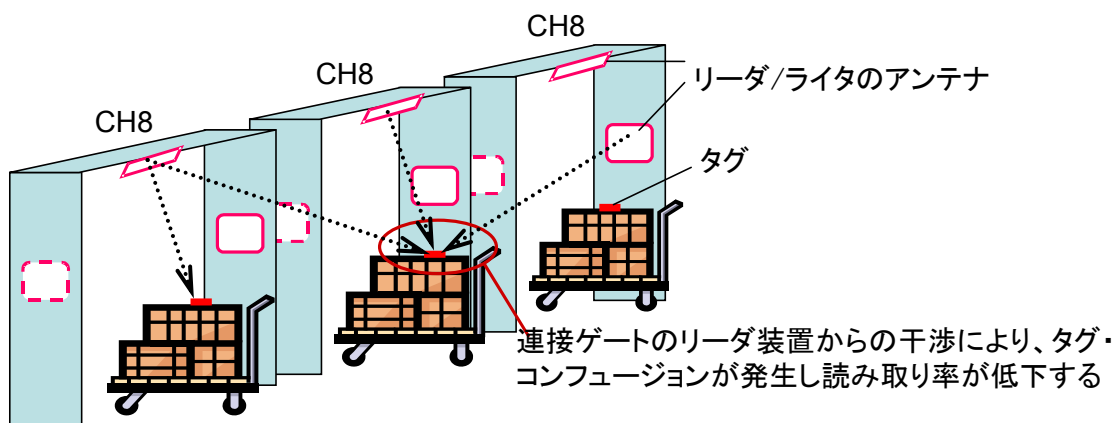


図 6.2-6 特定チャンネルが1つの例

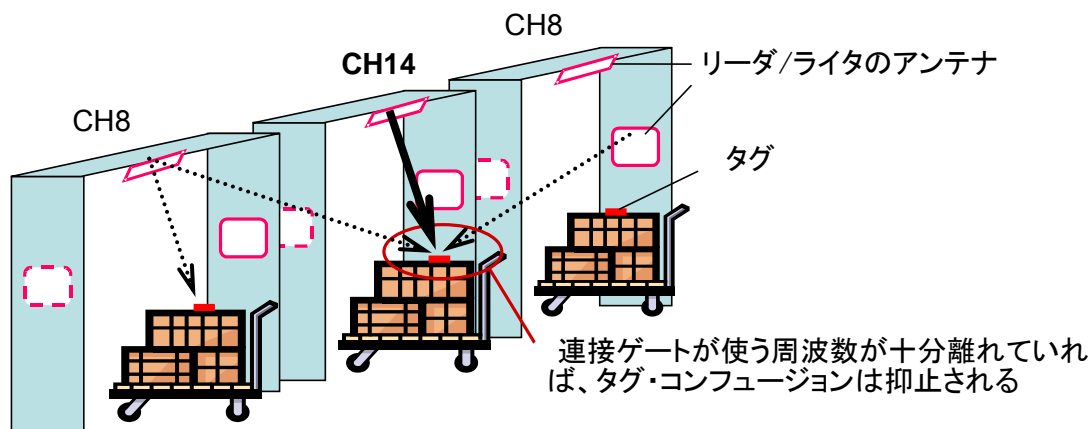


図 6.2-7 特定チャンネルが2つの例

しかし、特定チャンネルが2つの場合、通信に使う周波数と、干渉源の周波数が異なり、タグの CIR 特性が改善するため、タグ・コンフュージョンが抑止されるようなシステム配置が可能となる。

一方、特定チャンネルを3つ設ける場合を想定する。高出力型パッシブタイプのリーダ/ライタは、9チャンネルを使用できるが、この帯域に特定チャンネルを3つ設けた場合、特定チャンネル間は、3チャンネルしか離すことができない。図6.2-9に示すように、チャンネル間が3チャンネル離れている場合においても、タグ・コンフュージョン問題は改善できない。このため、特定チャンネルを3つ設けることに大きな利点はなく、むしろ、使用されている特定チャンネルの組み合わせでタグ・コンフュージョンの発生の可能性が増大し、不安定なシステムとなる可能性があると考えられる。従って、特定チャンネルを2つ設けることが適当である。

以下に CIR 特性を実測した。

<測定条件>

被干渉リーダ/ライターチャンネル	1CH (952.2MHz)
被干渉リーダ/ライター変調方式	DSB-ASK 方式のリーダ/ライター被干渉
リーダ/ライター伝送速度	40Kbps/40Kbps 与干渉
リーダ/ライター変調信号	PN9 連続 及び CW 与干渉
リーダ/ライター伝送速度	40Kbps

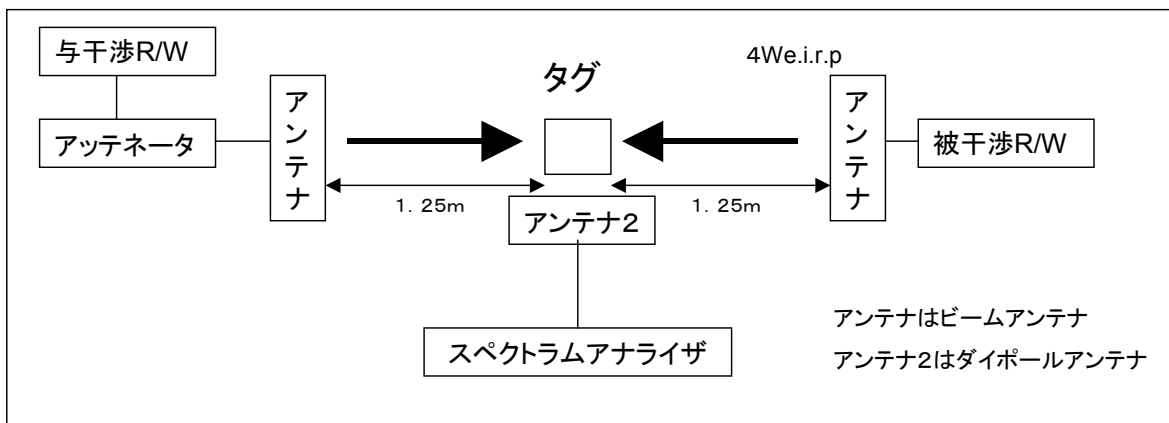


図 6.2-8 測定システム構成

<測定方法>

与干渉リーダ/ライターの送信出力を増加させてタグが応答可能な CIR を測定

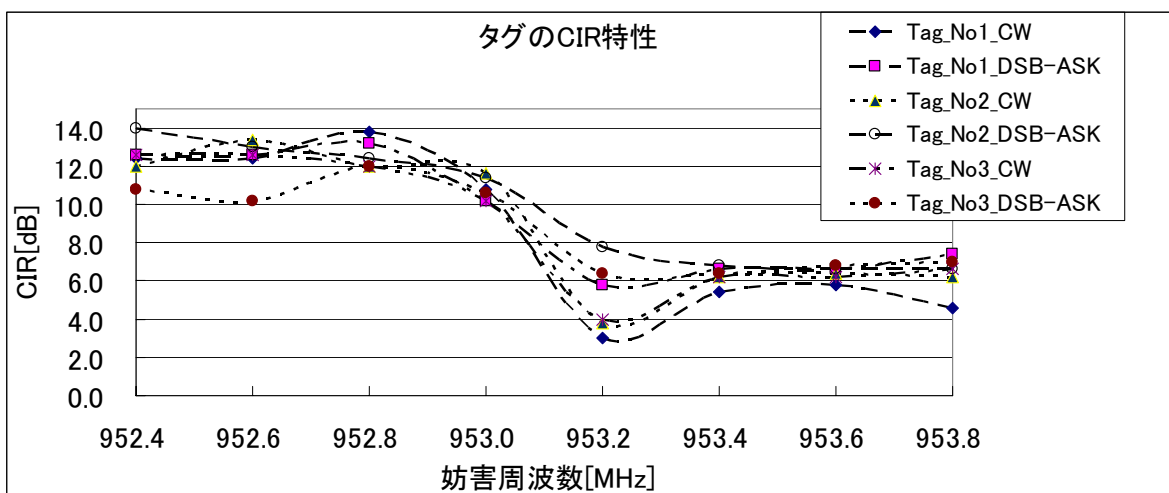
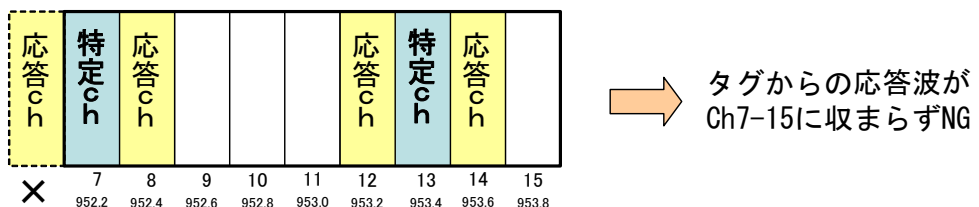


図 6.2-9 測定結果

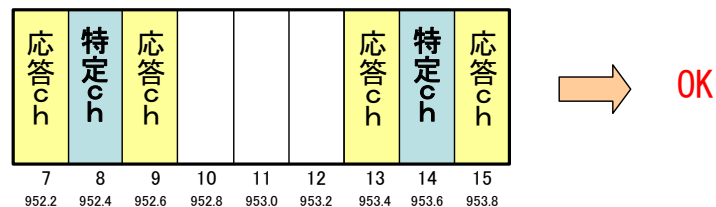
図 6.2-9 に示す測定結果より、タグ・コンフュージョンを緩和するためには、6 チャンネル (1.2MHz) 以上離す必要がある。6 チャンネル離せば、CIR が 12 程度から 7 程度まで改善することがわかる。

したがって、CH7-CH13、CH8-CH14、CH9-CH15 の組み合わせが考えられるが、MS 方式の反射波が帯域内（CH7～CH15）に収まるような配置を考えると CH8-CH14 の組み合わせが適当である。（図 6.2-10）

[特定ch=7, 13]



[特定ch=8, 14]



[特定ch=9, 15]

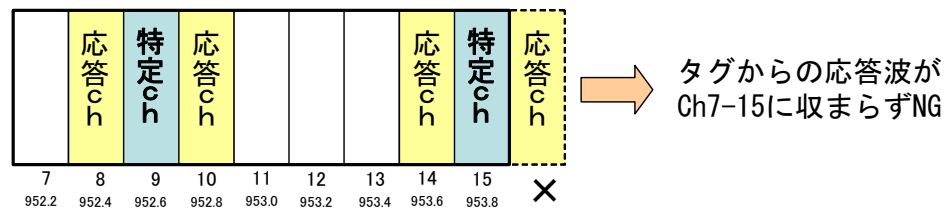


図 6.2-10 チャネルプラン

6. 2. 3 低出力型パッシブタグシステムのチャネルプランの検討

今後、タグに搭載されたメモリの大容量化に伴い、低出力型パッシブタグシステムにおいても高速通信が求められる。想定される活用例として生産ライン管理や産業用機器のメンテナンス情報管理や機材管理が挙げられる。

例えば、生産ライン管理の例では、図6.2-11に示すように、生産ラインにおける作業指示やテスト結果をタグのメモリ（数100～数kbit）に格納する。生産現場のうち、ネットワーク化されていない現場においては、タグのメモリにデータを格納することによって、システム変更に柔軟に対応することが可能となる。ライン上のタグの読み書きには、据え置き型リーダー/ライター（高出力型）が適しているが、ライン以外のタグの読み書きには、ハンディ型リーダー/ライター（低出力型）が適している。効率よく生産ライン管理を行うためには、メモリに格納されているデータを短時間に読み書きする必要がある。

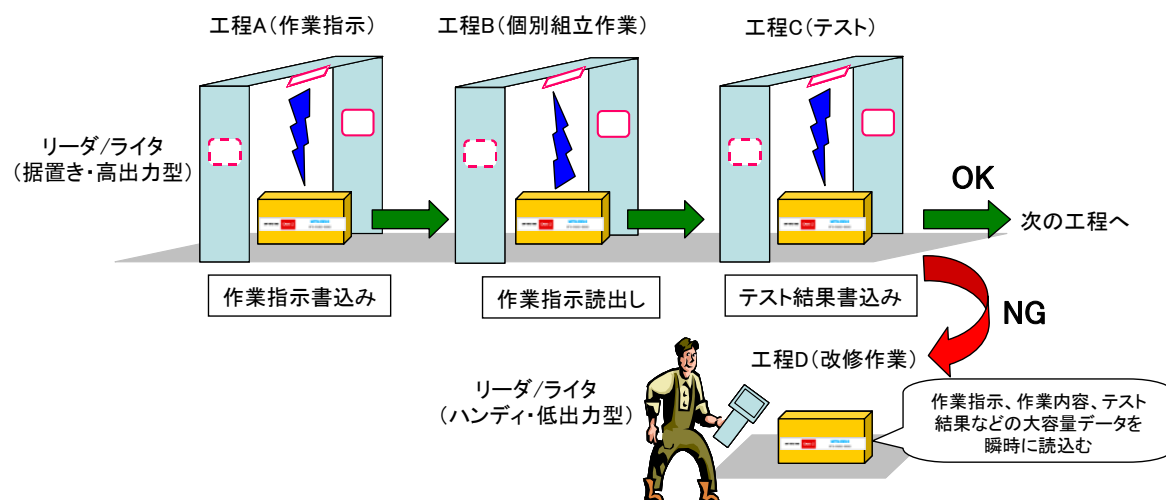


図 6.2-11 生産ライン管理の例

このように、生産ライン管理などでは作業効率の改善のため、大容量メモリの活用が期待されているが、通信の高速化を図り大容量データに短時間にアクセスするために、複数のチャンネルを同時に利用する必要がある。

以下の表 6.2-4 に複数のチャンネルを同時に利用した場合の効果を示す。

表 6.2-4 複数のチャンネルを同時に利用した場合

	サイズ	1 CH のみ	3 CH 束ね	5 CH 束ね
		送受信 40kbps	送受信 160kbps	送受信 160/320kbps
Read	1K ビット	62m 秒	15m 秒	11m 秒
	8K ビット	492m 秒	124m 秒	85m 秒
Write	1K ビット	814m 秒	446m 秒	423m 秒
	8K ビット	6,515m 秒	3,568m 秒	3,381m 秒

計算条件の Read は、1 コマンドあたり、128 ビットの読み出し、Write は、1 コマンドあたり、16 ビットの読み出し、T reply=5m 秒を想定。

ハンディ型リーダー/ライター（低出力型）を用いて、生産ライン管理などで作業指示、テスト結果のデータを読み書きするためには、送受信に 160kbps 確保する必要があり、3 チャンネルまで同時に利用することにより対応が可能である。

したがって、占有周波数帯幅の許容値については、 $(200 \times n)$ kHz (n : 同時に使用する単位チャンネル数で 1、2 又は 3) であることが適当である。

6. 3 既存局との共用に関する検討

高出力型パッシブタグシステムのMS方式について、CH8、CH14をキャリアセンスを行わずに運用する場合、キャリアセンスを行って同一チャンネルを運用する既存局の運用に影響を与える可能性がある。950MHz帯パッシブタグシステムは、他システムからの干渉を許容する条件のもとで運用することとされているが、既存局との共用に関する方策として、民間規格等において、使用するチャンネルの優先順位付けを行う等、運用ルールを策定されることが期待される。

6. 4 電波防護指針について

電波法施行規則では、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。

高出力型950MHz帯パッシブタグシステムについては、平成16年度情報通信審議会一部答申（諮問第2009号）より、電波防護指針基準値を超える空中線からの距離を算出すると約23～72cmとなり、これらの距離内の場所には、電波法施行規則第21条の3に基づき、容易に人が出入りすることができないような対策が必要となる。

【電波法施行規則第21条の3】

（電波の強度に対する安全施設）

第二十一条の三 無線設備には、当該無線設備から発射される電波の強度（電界強度、磁界強度及び電力束密度をいう。以下同じ。）が別表第二号の三の二に定める値を超える場所（人が通常、集合し、通行し、その他出入りする場所に限る。）に取扱者のほか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。ただし、次の各号に掲げる無線局の無線設備については、この限りではない。

- 一 平均電力が二〇ミリワット以下の無線局の無線設備
 - 二 移動する無線局の無線設備
 - 三 地震、台風、洪水、津波、雪害、火災、暴動その他非常の事態が発生し、又は発生するおそれがある場合において、臨時に開設する無線局の無線設備
 - 四 前三号に掲げるもののほか、この規定を適用することが不合理であるものとして総務大臣が別に告示する無線局の無線設備
- 2 前項の電波の強度の算出方法及び測定方法については、総務大臣が別に告示する。

低出力型950MHz帯パッシブタグシステムについては、ハンディ型リーダー/ライターを用いた利用が想定されており、平成9年度電気通信技術審議会答申（諮問第89号「電波利用における人体防護の在り方」）における「人体が電磁波に局所的にさらされる場合等の指針」に合致している

これによると、一般環境における利用の際は以下の要件を全て満たさなければならぬ。

- (1) 全身平均 SAR の任意の 6 分間の平均値が 0.08W/kg 以下であること。
- (2) 任意の組織 10g 当たりの局所 SAR (6 分間平均値) が 2W/kg (四肢では 4W/kg) を超えないこと。

低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの EIRP が 20mW であることを考慮すると、たとえリーダー/ライターからの出力が全て人体に吸収されたとしても基準は満たされている。

第7章 技術的条件の検討

7. 1 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システム

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件は、以下のとおりとすることが適当である。

7. 1. 1 一般的条件

(1) 通信方式

単向通信方式、単信方式、複信方式、半複信方式、同報通信方式

(2) 変調方式

規定しない。

(3) 周波数帯

950.8MHz から 955.8MHz までとする。

(4) 単位チャネル

単位チャネルは、中心周波数が 951MHz から 955.6MHz までの 200kHz 間隔の 24 チャネルとする。

(5) 無線チャネル

無線チャネルは、発射する電波の占有周波数帯幅が全て収まるものであり、単位チャネルを 1、2 又は 3 同時に使用して構成されるものとする。

(6) 空中線電力

1mW 以下とする。ただし、中心周波数が 954.2MHz から 954.8MHz までの単位チャネルのみにより構成される無線チャネルを使用する場合は 10mW 以下とする。

(7) 空中線利得

3dBi 以下とする。ただし、等価等方輻射電力が、3dBi の送信空中線に (6) の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(8) システム設計条件

ア 無線設備の筐体

筐体は、容易にあけることができない構造であること。ただし、電源設備及び制御装置はこの限りでない。

イ キャリアセンス

(ア) 無線設備は新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。

(イ) キャリアセンスは、電波を発射する周波数が含まれる全ての単位チャンネルに対して行い、128 μ s 以上行うものであること。

ただし、空中線電力 1mW を超えて使用する場合には、10ms 以上行うものであること。

(ウ) キャリアセンスレベルは、電波を発射しようとする周波数が含まれる全ての単位チャンネルにおける受信電力の総和が給電線入力点において -75dBm とし、これを超える場合、送信を行わないものであること。

(エ) 空中線電力 1mW 以下で使用するものであって、ウ（ウ）に規定する送信時間制御の条件を満たす場合は、キャリアセンスの備付けを要さないこととする。

ウ 送信時間制御

(ア) キャリアセンス時間 10ms 以上の場合

電波を発射してから送信時間 1 秒以内にその電波の発射を停止し、送信休止時間 100ms を経過した後でなければその後送信を行わないものとする。

ただし、最初に電波を発射してから連続する 1 秒以内に限り、その発射を停止した後 100ms の送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。

なお、上記における再送信は最初に電波を発射してから連続する 1 秒以内に完了することとする。

(イ) キャリアセンス時間 128 μ s 以上の場合

電波を発射してから送信時間 100ms 以内にその電波の発射を停止し、送信休止時間 100ms を経過した後でなければその後送信を行わないものであり、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。

ただし、最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に限り、その発射を停止した後 100ms の送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。

なお、上記における再送信は最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に完了することとする。

(ウ) キャリアセンスを行わない場合

電波を発射してから送信時間 100ms 以内にその電波の発射を停止し、送信休止時間 100ms を経過した後でなければその後送信を行わないものであり、かつ、1 時間当たりの送信時間の総和が 3.6 秒以下であること。

ただし、最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に限り、その発射を停止した後 100ms の送信休止時間を設けずに再送信することができるものとする。

なお、上記における再送信は最初に電波を発射してから連続する 100ms 以内に完了することとする。

(9) 混信防止機能

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。

(10) 端末設備内において電波を使用する端末設備

ア 端末設備を構成する一の部分と他の部分相互間において電波を使用するものは、48 ビット以上の識別符号を有すること。

イ 特定の場合を除き、使用する電波の空き状態について判定を行い、空き状態の時のみ通信路を設定するものであること。

7. 1. 2 技術的条件

(1) 送信装置

ア 無線チャネルマスク

無線チャネルの周波数帯幅は $(200 \times n)$ kHz とし、無線チャネル端において 20dBc 低下させ-20dBm 以下とし、空中線電力 1mW を超えて使用する場においては-10dBm 以下であること。また、隣接する単位チャネル内に放射される電力は-26dBm 以下とし、空中線電力 1mW を超えて使用する場においては-18dBm 以下であること。(n: 同時に使用する単位チャネル数で 1、2 又は 3)

イ 周波数の許容偏差

$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内であること。(ただし指定周波数帯による場合は規定しない。)

ウ 占有周波数帯幅の許容値

$(200 \times n)$ kHz 以下であること。(n: 同時に使用する単位チャネル数で 1、2 又は 3)

エ 空中線電力の許容偏差

上限 20%、下限 80%以内であること。

オ 不要発射の強度の許容値

給電線に供給される不要発射の強度の許容値は、次の表 1 で定めるとおりであること。

表 1 不要発射の強度の許容値（給電線入力点）

周波数帯	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	参照 帯域幅
1GHz 以下 (710 MHz を超え 960MHz 以下を除く。)	-36dBm	100kHz
710MHz を超え 945MHz 以下	-55dBm	1MHz
945MHz を超え 950MHz 以下	-55dBm	100kHz
950MHz を超え 956MHz 以下 (無線チャネルの中心からの離調が 200+100(n-1) kHz 以下を除く。n は同時 に使用する単位チャネル数。)	-39dBm	100kHz
956MHz を超え 958MHz 以下	-55dBm	100kHz
958MHz を超え 960MHz 以下	-58dBm	100kHz
1GHz を超えるもの (1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。)	-30dBm	1MHz
1884.5MHz を超え 1919.6MHz 以下	-55dBm	1MHz

カ 筐体輻射

等価等方輻射電力が、不要発射の強度の許容値を等価等方輻射電力に換算した値以下であること。

(2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、1GHz 以下 (710MHz を超え 960MHz 以下を除く。) 及び 950MHz を超え 956MHz 以下は-54dBm/100kHz 以下、1GHz を超えるもの (1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。) は -47dBm/MHz 以下、それ以外の周波数においては不要発射の強度の許容値であること。

7. 1. 3 測定法

(1) 占有周波数帯幅

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ラムアナライザ等を用いて、給電線入力点において測定し、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%となる周波数幅を測定すること。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用端子を設けて同様に測定すること。

(2) 送信装置の空中線電力

平均電力で規定されている電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定されている電波型式の測定は尖頭電力を、給電線入力点において測定すること。連続送信波によって測定することが望ましいが、バースト波にて測定する場合は、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求め、送信時間率の逆数を乗じて平均電力を求めることが適当である。また、尖頭電力を測定する場合は尖頭電力計等を用いること。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用端子を設けて同様に測定すること。なお、測定用の端子が空中線給電点と異なる場合は、損失等を補正する。

(3) 送信装置の不要発射の強度

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（バースト波にあつては、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、給電線入力点において測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用端子を設けて同様に測定すること。なお、測定用の端子が空中線給電点と異なる場合は、損失等を補正する。

(4) 隣接チャネル漏洩電力

標準符号化試験信号を入力信号として加えた変調状態とし、規定の隣接する単位チャネル内の漏洩電力を、スペクトラムアナライザ等を用いて給電線入力点において測定する。なお、バースト波にあつてはバースト内の平均電力を求めること。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用

端子を設けて同様に測定すること。なお、測定用の端子が空中線給電点と異なる場合は、損失等を補正する。

(5) 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

スペクトルアナライザ等を用いて、給電線入力点において測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、スプリアス領域発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用端子を設けて同様に測定すること。なお、測定用の端子が空中線給電点と異なる場合は、損失等を補正する。

(6) 送信時間制御

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幅を0Hz（ゼロスパン）として測定する。送信時間が規定の送信時間以下であること及び送信休止時間が規定の送信休止時間以上であることを測定する。測定時間精度を高める場合はスペクトルアナライザのビデオトリガ機能等を使用し、送信時間と送信休止時間の掃引時間を適切な値に設定すること。

ただし、空中線端子がない場合においては、測定のために一時的に測定用端子を設けて同様に測定すること。

(7) キャリアセンス

ア 標準信号発生器から規定の電力を連続的に加え、スペクトルアナライザ等により送信しないことを確認する。

イ 上記の標準信号発生器の出力を断にして送信を開始するまでの時間が、規定の必須キャリアセンス時間以上であることを確認する。

ウ また、標準信号発生器の出力断の時間が規定の必須キャリアセンス時間未満の場合は送信しないことを確認する。

なお、送信周波数として複数の単位チャネルを使用する場合は、無線チャネル内の任意の周波数において動作することを確認すること。

また、イにおいては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断の時間を送信休止時間程度に設定した無変調波の繰り返しパルス信号等を用いることができる。また、ウにおいては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断時間を必須キャリアセンス時間未満に設定した無変調の繰り返しパルス信号を用いることができる。

(8) 筐体輻射

測定距離3mの電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正された RF 結合器を用い、その他の条件は(3)と同様にして測定すること。

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。

7. 2 高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステム

移動体識別システム（UHF 帯電子タグシステム）のうち、高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件は、以下のとおりとすることが適当である。

7. 2. 1 一般的条件

(1) 変調方式

振幅変調のうち両側波帯若しくは単側波帯を使用するもの、角度変調及び無変調又はこれらの複合方式であること。

(2) 周波数帯

952MHz から 954MHz までとする。

(3) 単位チャンネル

単位チャンネルは、中心周波数が 952.2MHz から 953.8MHz までの 200kHz 間隔の 9 チャンネルとする。

(4) 無線チャンネル

無線チャンネルは、発射する電波の占有周波数帯幅が全て収まるものであり、単位チャンネルを 1 又は 2 以上同時に使用して構成されるものとする。

(5) 空中線電力

1W 以下とする。

(6) 空中線利得

6dBi 以下とする。ただし、等価等方輻射電力が、6dBi の送信空中線に 1W の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(7) 応答器からの受信

応答器（送受信装置から独立した応答のための装置であって、送信設備が発射する搬送波の電力のみを送信電力として、同一周波数帯の電波として発射するものをいう。）からの電波を受信できること。

(8) システム設計条件

ア 無線設備の筐体

無線設備の筐体は、容易に開けることができない構造であること。

イ 送信時間制御

電波を発射してから送信時間 4 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、送信休止時間 50ms を経過した後でなければその後送信を行わないものであること。ただし、中心周波数が 952.4MHz 及び 953.6MHz の単位チャネルのみを使用し、キャリアセンスを行わずに送信する場合は、送信時間制御を要しないこととする。

ウ キャリアセンス

(ア) 無線設備は新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。ただし、中心周波数が 952.4MHz 及び 953.6MHz の単位チャネルのみを使用する場合は、キャリアセンスを要しないこととする。

(イ) キャリアセンスは、電波を発射する周波数が含まれる全ての単位チャネルに対して行い、5ms 以上行うものであること。

(ウ) キャリアセンスレベルは、電波を発射しようとする周波数が含まれる全ての単位チャネルにおける受信電力の総和が給電線入力点において -74dBm とし、これを超える場合、送信を行わないものであること。

(9) 電波防護指針への適合

安全施設を設けるなど、電波防護指針に適合するものであること。

7. 2. 2 技術的条件

(1) 送信装置

ア 無線チャネルマスク

無線チャネルの周波数帯幅は $(200 \times n)$ kHz とし、無線チャネル端において 20dBc 低下させ 10dBm 以下であること。また、隣接する単位チャネル内に放射される電力は 0.5dBm 以下であること。(n: 同時に使用する単位チャネル数で 1 から 9 までの自然数)

イ 周波数の許容偏差

$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内であること。(ただし指定周波数帯による場合は規定しない。)

ウ 占有周波数帯幅の許容値

$(200 \times n)$ kHz 以下であること。(n: 同時に使用する単位チャネル数で 1 から 9 までの自然数)

エ 空中線電力の許容偏差

上限 20%、下限 80%以内であること。

オ 不要発射の強度の許容値

給電線に供給される不要発射の強度の許容値は、次の表 2 で定めるとおりであること。

表 2 不要発射の強度の許容値（給電線入力点）

周波数帯	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	参照 帯域幅
1GHz 以下 (715 MHz を超え 960MHz 以下を除く。)	-36dBm	100kHz
715MHz を超え 945MHz 以下	-61dBm	1MHz
945MHz を超え 950MHz 以下	-61dBm	100kHz
950MHz を超え 952MHz 以下	-39dBm	100kHz
952MHz を超え 954MHz 以下 (無線チャネルの中心からの離調が 200+100(n-1) kHz 以下を除く。n は同時に 使用する単位チャネル数。)	-29dBm	100kHz
954MHz を超え 956MHz 以下	-39dBm	100kHz
956MHz を超え 960MHz 以下	-61dBm	100kHz
1GHz を超えるもの (1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。)	-30dBm	1MHz
1884.5MHz を超え 1919.6MHz 以下	-61dBm	1MHz

カ 筐体輻射

等価等方輻射電力が、不要発射の強度の許容値を等価等方輻射電力に換算した値以下であること。

(2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、1GHz 以下 (715MHz を超え 960MHz 以下を除く。) 及び 950MHz を超え 956MHz 以下は-54dBm/100kHz 以下、1GHz を超えるもの (1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。) は-47dBm/MHz 以下、それ以外の周波数においては不要発射の強度の許容値であること。

7. 2. 3 測定法

(1) 占有周波数帯幅

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ラムアナライザ等を用いて、給電線入力点において測定し、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%となる周波数幅を測定すること。

(2) 送信装置の空中線電力

平均電力で規定されている電波型式の測定は平均電力を、尖頭電力で規定されている電波型式の測定は尖頭電力を、給電線入力点において測定すること。連続送信波によって測定することが望ましいが、バースト波にて測定する場合は、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求め、送信時間率の逆数を乗じて平均電力を求めることが適当である。また、尖頭電力を測定する場合は尖頭電力計等を用いること。

(3) 送信装置の不要発射の強度

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、給電線入力点において測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、スプリアス領域発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

(4) 隣接チャネル漏洩電力

標準符号化試験信号を入力信号として加えた変調状態とし、規定の隣接する単位チャネル内の漏洩電力を、スペクトラムアナライザ等を用いて測定する。なお、バースト波にあってはバースト内の平均電力を求めること。

(5) 受信装置の副次的に発射する電波等の限度

スペクトルアナライザ等を用いて、給電線入力点において測定すること。この場合、スペクトルアナライザ等の分解能帯域幅は、技術的条件で定められた参照帯域幅に設定すること。ただし、精度を高めるため、分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、不要発射の強度は、分解能帯域幅ごとの測定結果を参照帯域幅に渡り積分した値とする。

(6) 送信時間制御

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幅を

0Hz（ゼロスパン）として測定する。送信時間が規定の送信時間以下であること及び送信休止時間が規定の送信休止時間以上であることを測定する。測定時間精度を高める場合はスペクトルアナライザのビデオトリガ機能等を使用し、送信時間と送信休止時間の掃引時間を適切な値に設定すること。

（7）キャリアセンス

ア 標準信号発生器から規定の電力を連続的に加え、スペクトルアナライザ等により送信しないことを確認する。

イ 上記の標準信号発生器の出力を断にして送信を開始するまでの時間が、規定の必須キャリアセンス時間以上であることを確認する。

ウ また、標準信号発生器の出力断の時間が規定の必須キャリアセンス時間未満の場合は送信しないことを確認する。

なお、送信周波数として複数の単位チャンネルを使用する場合は、無線チャンネル内の任意の周波数において動作することを確認すること。

また、イにおいては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断の時間を送信休止時間程度に設定した無変調波の繰り返しパルス信号等を用いることができる。また、ウにおいては、標準信号発生器の出力時間を送信時間程度、標準信号発生器の出力断時間を必須キャリアセンス時間未満に設定した無変調の繰り返しパルス信号を用いることができる。

（8）筐体輻射

測定距離3mの電波暗室又は地面反射波を抑圧したオープンサイト若しくはそれらのテストサイトにおいて供試機器と同型式の機器を使用して校正されたRF結合器を用い、その他の条件は（3）と同様にして測定すること。

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。

7. 3 低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステム

移動体識別システム（UHF 帯電子タグシステム）のうち、低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件は、以下のとおりとすることが適当である。

7. 3. 1 一般的条件

(1) 変調方式

振幅変調のうち両側波帯若しくは単側波帯を使用するもの、角度変調及び無変調又はこれらの複合方式であること。

(2) 周波数帯

952MHz から 955MHz までとする。

(3) 単位チャンネル

単位チャンネルは、中心周波数が 952.2MHz から 954.8MHz までの 200kHz 間隔の 14 チャンネルとする。

(4) 無線チャンネル

無線チャンネルは、発射する電波の占有周波数帯幅が全て収まるものであり、単位チャンネルを 1、2 又は 3 同時に使用して構成されるものとする。

(5) 空中線電力

10mW 以下とする。

(6) 空中線利得

3dBi 以下とする。ただし、等価等方輻射電力が、3dBi の送信空中線に 10mW の空中線電力を加えたときの値以下となる場合は、その低下分を送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(7) 応答器からの受信

応答器（送受信装置から独立した応答のための装置であって、送信設備が発射する搬送波の電力のみを送信電力として、同一周波数帯の電波として発射するものをいう。）からの電波を受信できること。

(8) システム設計条件

ア 無線設備の筐体

筐体は、容易にあけることができない構造であること。ただし、電源設備及び制御装置はこの限りでない。

イ 送信時間制御

電波を発射してから送信時間 1 秒以内にその電波の発射を停止し、かつ、送信休止時間 100ms を経過した後でなければその後送信を行わないものであること。

ウ キャリアセンス

(ア) 無線設備は新たな送信に先立ち、キャリアセンスによる干渉確認を実行した後、送信を開始すること。

(イ) キャリアセンスは、電波を発射する周波数に含まれる全ての単位チャンネルに対して行い、10ms 以上行うものであること。

(ウ) キャリアセンスレベルは、電波を発射しようとする周波数が含まれる全ての単位チャンネルにおける受信電力の総和が給電線入力点において -64dBm とし、これを超える場合、送信を行わないものであること。

7. 3. 2 技術的条件

(1) 送信装置

ア 無線チャンネルマスク

無線チャンネルの周波数帯幅は $(200 \times n)$ kHz とし、無線チャンネル端において 20dBc 低下させ -10dBm 以下であること。また、隣接する単位チャンネル内に放射される電力は -18dBm 以下であること。(n: 同時に使用する単位チャンネル数で 1、2 又は 3)

イ 周波数の許容偏差

$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内であること。(ただし指定周波数帯による場合は規定しない。)

ウ 占有周波数帯幅の許容値

$(200 \times n)$ kHz 以下であること。(n: 同時に使用する単位チャンネル数で 1、2 又は 3)

エ 空中線電力の許容偏差

上限 20%、下限 80% 以内であること。

オ 不要発射の強度の許容値

給電線に供給される不要発射の強度の許容値は、次の表 3 で定めるとおりであること。

表 3 不要発射の強度の許容値（給電線入力点）

周波数帯	不要発射の強度の許容値 (平均電力)	参照帯域幅
1GHz 以下 (715 MHz を超え 960MHz 以下を除く。)	-36dBm	100kHz
715MHz を超え 945MHz 以下	-61dBm	1MHz
945MHz を超え 950MHz 以下	-61dBm	100kHz
950MHz を超え 956MHz 以下 (無線チャネルの中心からの離調が 200+100(n-1) kHz 以下を除く。n は同時に使用する単位チャネル数。)	-39dBm	100kHz
956MHz を超え 960MHz 以下	-61dBm	100kHz
1GHz を超えるもの (1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。)	-30dBm	1MHz
1884.5MHz を超え 1919.6MHz 以下	-61dBm	1MHz

カ 筐体輻射

等価等方輻射電力が、不要発射の強度の許容値を等価等方輻射電力に換算した値以下であること。

(2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、1GHz 以下（715MHz を超え 960MHz 以下を除く。）及び 950MHz を超え 956MHz 以下は-54dBm/100kHz 以下、1GHz を超えるもの（1884.5 MHz を超え 1919.6MHz 以下を除く。）は -47dBm/MHz 以下、それ以外の周波数においては不要発射の強度の許容値であること。

7. 3. 3 測定法

高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件の規定を適用すること。

第8章 将来の検討課題

移動体識別システムは、今後物流分野における利用の拡大が期待され、とりわけ950MHz帯アクティブ系小電力無線システムについては、業務用アプリケーションのみならず、家庭内における個人の利用等も想定されるため、今後著しく増加することも想定される。

950MHz帯電子タグシステムは、他システムからの有害な混信を容認しなければならない条件の下で運用することとされてはいるものの、普及状況によっては、密集する地域において良好な通信状況が十分に確保されないことも考えられる。

このような状況に鑑み、将来的な我が国の950MHz帯の周波数割当ての見直し状況によっては、950MHz帯アクティブ系小電力無線システム及びパッシブタグシステムの普及状況も考慮した上で、新たな周波数割当ての検討を行うことが望まれる。

V 審議結果

「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、「950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件」及び「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「950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に必要な技術的条件」について検討を行い、別添の通り、「950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの技術的条件」、「高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件」及び「低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件」について答申（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

氏 名	所 属	
森川 博之	東京大学 国際・産学共同研究センター 教授	主査
小川 博世	(独)情報通信研究機構 新世代ワイヤレス研究センター長	主査代理
阿部 宗男	KDDI(株) 運用統括本部 サービス運用本部 国際サービス運用センター 担当部長	
伊藤 豊彦	(株)デンソーウェーブ 取締役 専務執行役員 品質保証部長	
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	
加治佐 俊一	マイクロソフト(株) 業務執行役員 最高技術責任者	
久間 和生	三菱電機(株) 常務執行役 開発本部長	
甲田 秀臣	(株)ニッポン放送 取締役	(~第16回)
斉藤 利生	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室長	
坂下 仁	リンテック(株) 情報通信材料部 部長	
高野 健	(株)富士通研究所 フェロー	
千葉 徹	シャープ(株) 取締役 技術本部長	
所 眞理雄	ソニー(株) 業務執行役員 SVP、技術渉外担当	
丹羽 一夫	(社)日本アマチュア無線連盟 副会長	
野本 俊裕	日本放送協会 放送技術研究所(システム) 部長	
萩原 英二	パナソニックモバイルコミュニケーションズ(株) 常務取締役	
波多野 誠	日本テキサス・インスツルメンツ(株) RFID 製品部 部長	
平野 忠彦	マイティカード(株) 取締役 技術本部長	
本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長	
正村 達郎	日本無線(株) 取締役 研究開発本部長	
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	
山口 克己	(株)ニッポン放送 技術局長	(第17回)
山田 敏雄	東京電力(株) 電子通信部長	
弓削 哲也	ソフトバンクテレコム(株) 専務取締役専務執行役員 兼 CTO 研究所長 兼 渉外部担当	
若尾 正義	(社)電波産業会 専務理事	
渡辺 栄一	(株)東芝 経営監査部 経営監査第五担当 参事	

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 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 新世代ワイヤレス研究センター長	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) 官公庁・法人ビジネス エンジニアリング・ソリューションズ	
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 アプリケーショングループ	
伊佐 孝彦	有限責任中間法人 Zigbee SIG ジャパン	(第 17～20 回)
井上 拓也	大日本印刷(株) 電子モジュール開発センター RFID 開発部 エキスパート	
大久保 尚史	(株)富士通研究所 ネットワークシステム研究所 先端ワイヤレス研究部 部長	(第 22 回～)
大西 一範	日本放送協会 技術局計画部 チーフエンジニア	(第 22 回～)
尾川 哲朗	凸版印刷(株) IC ビジネス本部 IC 技術部部長	(～第 21 回)
尾崎 友彦	(株)NTT ドコモ ネットワーク本部 電波部長	(第 22 回～)
加藤 久和	日本放送協会 技術局計画部 担当部長	(～第 21 回)
上村 治	(株)ウィルコム ネットワーク技術本部 電波企画部 品質管理グループ	
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 14～16 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)
後藤 庸一	セイコープレジジョン(株) ソリューション事業本部 ワイヤレス事業統括	(第 17 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) 技術涉外・情報管理グループ	
島田 修作	有限責任中間法人 Zigbee SIG ジャパン 監事	(第 21 回～)
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) 技術涉外室 電波部 企画・制度グループ 次長	(第 14 回～)
杉原 益男	(株)シャープ 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 参事	(第 18 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 13～21 回)
田中 良紀	(株)富士通研究所 ネットワークシステム研究所 主管研究員	(～第 21 回)
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)
巴 祥平	NXP セミコンダクターズジャパン(株) 半導体事業部 RFID マーケター	(第 17 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	

中畑 寛	(社)日本自動認識システム協会 研究開発センター RFID担当	(第 22 回～)
野口 淳	日本電気(株) ユビキタスソリューション推進本部 RFIDビジネスソリューションセンター マネージャー	(第 22 回～)
林 邦宏	(株)NTTドコモ ネットワーク本部 電波部長	(第 15～21 回)
早田 誠一	(独)海洋研究開発機構 海洋地球情報部 データ統合・解析グループ 技術主幹	
平野 忠彦	マイティカード(株) 技術本部 取締役本部長	
福永 茂	沖電気工業(株) センサネットワークベンチャユニット 開発マネージャ	(第 13 回～)
藤沢 修	凸版印刷(株) IC ビジネス本部 RFID ソリューション部 システムユニット部長	(第 22 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	(～第 16 回)
御手洗 正夫	三井物産(株) 物流本部	
簾 成弘	日本電気(株) RFID ビジネスソリューションセンター マネージャー	(第 17～21 回)
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 技術局長	
山添 孝徳	(株)日立製作所 中央研究所 センサネット戦略プロジェクト 主任研究員	
渡辺 淳	(株)デンソーウェーブ 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 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの普及台数予測 及び同時送信台数計算	81
参考資料 2 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの通信距離の検討	88
参考資料 3 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから PDC 基地局への干渉検討	90
参考資料 4 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから IMT-2000 移動機への干渉検討	93
参考資料 5 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから STL への干渉検討	97
参考資料 6 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから PHS への干渉検討	99
参考資料 7 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムと パッシブタグシステムとの共用検討	101
参考資料 8 950MHz 帯アクティブ系小電力無線システム間の共用検討 . .	103

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの普及台数予測及び 同時送信台数計算

950MHz 帯で利用されるアクティブ系小電力無線システムのうち、短距離無線通信システムについては、株式会社 ESP 総研がまとめた市場調査資料『2006 年「センサネットワーク」先端&有望市場（ビジネス）探索総調査』（以下、ESP 総研資料という。）をベースに、予測値を仮定し、普及予測を算定した。

なお、本普及予測値は最大普及した際でも電波干渉上、共用に問題がないかを検討するための値として利用するために算出されたものである。

1 短距離無線通信システムの利用が想定される利用アプリケーション

ESP 総研資料では、短距離無線通信システムの利用が想定されるアプリケーションとして、以下の 8 分野 26 アプリケーションにまとめている。

- ① 防犯・セキュリティ（安全・安心）
 - 1-1 ホームセキュリティ（新築組込）
 - 1-2 ホームセキュリティ（既築設置）
 - 1-3 子供の動態把握
 - 1-4 カーセキュリティ
 - 1-5 自動車の運転支援
 - 1-6 浴室ホームオートメーション
- ② 食・農業
 - 2-1 農作物監視
 - 2-2 ビニールハウスの自動化
 - 2-3 調理施設での温度管理
 - 2-4 食品工場
 - 2-5 家畜の温度管理
- ③ 環境保全
 - 3-1 大気計測
- ④ ロボット/事務・業務
 - 4-1 ガス自動検針
 - 4-2 家庭用ロボット
- ⑤ 医療・福祉
 - 5-1 高齢者の動態把握
 - 5-2 在宅健康管理
 - 5-3 病院・看護師管理
- ⑥ 施設管理
 - 6-1 ホームオートメーション：空調管理・照明管理
 - 6-2 大規模建造物の省エネ

6-3 工場の省エネ

⑦ 構造物管理

7-1 工場の工程管理

7-2 構造物の損傷管理

7-3 橋梁の損傷管理

7-4 遊園地・テーマパークの遊具管理

⑧ 物流・マーケティング

8-1 トラックの位置情報

8-2 冷凍自動車の温度管理

上述の8分野26アプリケーション以外にもさまざまな利用シーンを考えることができるが、ここでは代表例として、上述の8分野26アプリケーションでほぼ市場を網羅していると仮定して、普及予測の算定を行った。アプリケーション毎の市場分類は表 参 1-1 のとおりである。

表 参 1-1 アプリケーション毎の市場分類

家庭市場	大型構造物市場	その他
1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6		
	2-3、2-4	2-1、2-2、2-5
		3-1
4-1、4-2		
5-1、5-2	5-3	
6-1	6-2、6-3	
	7-1、7-2、7-3、7-4	
		8-1、8-2

2 短距離無線通信システムの普及台数予測計算

ESP 総研資料では、26 アプリケーションごとに、2004 年と 2008 年におけるシステム数の普及をそれぞれ予測している。また、各アプリケーションの普及に対する有望度も3段階で予測している。

例えば、「防犯・セキュリティ」分野では、システム数の普及予測と有望度は表 参 1-2 のようになっている。

表 参 1-2 「防犯・セキュリティ分野」のシステム数普及予測

	アプリケーション	システム数		有望度
		2004 年	2008 年	
1-1	ホームセキュリティ（新築組込）	25,000	95,000	◎
1-2	ホームセキュリティ（既築設置）	500,000	1,200,000	◎
1-3	子供の動態把握	273,000	716,000	○
1-4	カーセキュリティ	100,000	180,000	○
1-5	自動車運転支援	1,500	2,200	△

1-6	浴室ホームオートメーション	1,200	2,200	△
	小計	900,700	2,195,400	

この普及予測をベースに、

- システムあたりの平均台数
- 950MHz 帯短距離無線通信システムが占める普及割合
- 2008 年から 2012 年にかけての成長率、および、2012 年から 2020 年にかけての成長率

をそれぞれ仮定し、最終的に「2020 年の総台数」を予測する。

「システムあたりの平均台数」は、各アプリケーションの特徴を踏まえて平均的な台数を仮定した。

なお「950MHz 帯短距離無線通信システムが占める普及割合」は、各分野アプリケーションの特性及び 950MHz 帯の特徴を考慮して、表 参 1-3 のように仮定した。アプリケーションによってはアクティブタグシステムで実現した方がよいものや、ZigBee で実現した方がよいもの、又は WiFi や Bluetooth で実現すべきものも含まれている。ここで仮定した割合は、それらのシステムも含めた全てのシステムにおいて 950MHz 帯短距離無線通信システムが占める普及の割合を示している。

表 参 1-3 950MHz 帯短距離無線通信システムが占める普及割合

分野・アプリケーション	普及割合	コメント
ホームセキュリティ	40%	プライバシー面では到達性の低い 2.4GHz 帯が良いが、電子レンジや無線 LAN などとの干渉が懸念されるため、950MHz 帯が期待される。
子供・高齢者の動態把握	45%	2.4GHz 帯が先行しているが、到達性の面で 950MHz 帯が期待される。
屋外モニタリング	55%	測定ポイント間距離が長いので、通信距離の長い 950MHz 帯がやや適している。
工場管理	70%	設置場所周辺に障害物が多く、到達性の高い 950MHz 帯が適している。
メータ自動検針	80%	設置場所周辺に障害物が多く、到達性の高い 950MHz 帯が適している。
病院	70%	安全面から、信頼性の高い 950MHz 帯が適している。
構造物管理	30%	振動データなどデータ量が多いものは伝送レートの高い 2.4GHz 帯が良いが、設置間隔の広いものは通信距離の長い 950MHz 帯が期待される。

「2008年から2012年にかけての成長率、および、2012年から2020年にかけての成長率」は、ESP総研資料の「有望度」を基に仮定した。2008年から2012年にかけては成長期になると仮定し、有望度が高い場合、2008年から2012年にかけての成長率は、2004年から2008年の成長率の1.5倍の成長率とした。有望度が中程度の場合は1.2倍、有望度が低い場合でも1倍の成長率を保つとした。また、2012年から2020年にかけては市場の成熟期に入ると予想されるが、最大普及予測をするという観点から、この期間も2004年から2008年の成長率と同程度を保つと仮定した。したがって、一般的な予測よりは高い成長率を仮定しているといえる。

上述の仮定を含めて「防犯・セキュリティ」分野の総ノード数を算定すると表 参1-4のようになる。

表 参1-4 「防犯・セキュリティ分野」の総ノード数普及予測

	アプリケーション	年	システム数	平均ノード数	950MHz帯の割合	ノード総数
1-1	ホームセキュリティ (新築組込)	2008年	95,000	4	5%	19,000
		2012年	541,500	6	20%	649,800
		2020年	2,057,700	8	40%	6,584,640
1-2	ホームセキュリティ (既築設置)	2008年	1,200,000	4	5%	240,000
		2012年	4,320,000	6	20%	5,184,000
		2020年	10,368,000	8	40%	33,177,600
1-3	子供の動態把握	2008年	716,000	2	5%	71,600
		2012年	2,253,433	3	20%	1,352,060
		2020年	5,910,103	4	45%	10,638,185
1-4	カーセキュリティ	2008年	180,000	3	1%	5,400
		2012年	388,800	3	3%	34,992
		2020年	699,840	3	5%	104,976
1-5	自動車運転支援	2008年	2,200	3	0%	0
		2012年	3,227	3	1%	97
		2020年	4,732	3	1%	142
1-6	浴室ホームオートメーション	2008年	2,200	2	5%	220
		2012年	4,033	3	20%	2,420
		2020年	7,394	3	40%	8,873
	小計	2008年	2,195,400			336,220
		2012年	7,510,993			7,223,369
		2020年	19,047,769			50,514,416

同様に、他の分野でも 2020 年の総ノード数を算定すると、市場全体のノード数の普及予測は表 参 1-5 になる。2020 年にノード数が市場に飽和すると仮定すると、総数は約 1 億台と算出される。

表 参 1-5 市場全体の総ノード数普及予測

分野	2008 年		2012 年		2020 年	
	システム数	ノード数	システム数	ノード数	システム数	ノード数
防犯・セキュリティ						
ティ	2,195,400	336,220	7,510,993	7,223,369	19,047,769	50,514,416
食・農業	7,560	2,433	15,688	101,603	30,390	1,418,898
環境保全	50	0	100	0	167	0
ロボット/事務・業務	1,581,350	79,014	1,679,713	671,136	1,784,454	1,425,224
医療・福祉	731,008	73,108	2,130,369	1,278,358	4,208,153	15,034,841
施設制御	110,000	154,000	377,775	4,665,600	1,136,194	51,273,675
構造物管理	1,703	766	2,960	4,745	5,617	45,440
物流・マーケティング	930	70	1,517	420	2,364	1,418
市場全体	4,628,001	645,610	11,719,116	13,945,230	26,215,108	119,713,912

1 で分類した「家庭市場」と「大型構造物市場」に分けて、各アプリケーションの総ノード数を合計すると、表 参 1-6 のようになる。ここで、市場全体には「家庭市場」と「大型構造物市場」のどちらにも含まれないアプリケーションも存在するため、表 参 1-6 の二つの分野の合計ノード数は、表 参 1-5 の市場全体のノード数より少なくなる。

**表 参 1-6 市場全体の総ノード数普及予測
（「家庭市場」と「大型構造物市場」に分けた場合）**

分野	2008 年		2012 年		2020 年	
	システム数	ノード数	システム数	ノード数	システム数	ノード数
家庭市場	4,555,750	512,334	11,407,463	9,518,319	25,169,958	68,010,525
大型構造物市場	64,661	131,249	295,772	4,333,439	1,014,366	50,312,996

3 短距離無線通信システムの同時送信台数

表 参 1-6 の普及予測を基に、東京都において最も人口密度の高い中野区本町地区をモデルとして、短距離無線通信システムの同時送信台数の算出を行った（表 参 1-7）。

表 参 1-7 短距離無線通信システムの同時送信台数予測

<家庭市場>

① 日本の総世帯数	48,227,000	世帯	日本統計年鑑より
② 日本の家庭の総ノード数(2020年)	68,010,525	台	最大予測ケースより
③ 世帯数当りのノード数(2020年)	1.41	台/世帯	②÷①
④ 中野区の世帯密度(最密集地)	14,886	世帯/km ²	中野区本町地区2006年7月1日現在(中野区HPデータより計算)
⑤ 中野区のノード密度(最密集地)	20,992	台/km ²	③×④
⑥ 1ノード当りの送信頻度	0.979	回/分	
⑦ 1回当りの送信時間	0.011	秒/回	※1
⑧ 時間率	0.017	%	⑥×⑦÷60
⑨ 平均台数	3.632	台/km ²	⑤×⑧
⑩ 標準偏差 σ	1.906		$\sqrt{⑤ \times ⑧ \times (1-⑧)}$ ※二項分布
⑪ 閾値(平均+2.33884σ)	8.089	台/km ²	2.33884 :正規分布における99%値

<大型建造物市場>

① 1システム当りのノード数(2020年)	29.76	台/システム	普及率60%と想定
② 中野区本町地区の大型建造物	150	件	中野区本町地区の地図よりカウント
③ 中野区本町地区の大型建造物密度	139	件/km ²	中野区本町地区面積 1.076km ² 2006年7月1日現在(中野区HPデータより計算)
④ 中野区本町地区の大型建造物ノード密度	4,149	台/km ²	①×③ ※2
⑤ 1ノード当りの送信頻度	1	回/分	
⑥ 1回当りの送信時間	0.011	秒/回	※1
⑦ 時間率	0.018	%	⑤×⑥÷60
⑧ 平均台数	0.733	台/km ²	④×⑦
⑨ 標準偏差 σ	0.856		$\sqrt{④ \times ⑦ \times (1-⑦)}$ ※二項分布
⑩ 閾値(平均+2.33884σ)	2.735	台/km ²	2.33884 :正規分布における99%値

※1 典型的な ZigBee のデータパケットのサイズより送信時間を以下の通り算出

- ・物理ヘッダ (6 バイト)
 - ・MAC ヘッダ (11 バイト)、フッタ (2 バイト)
 - ・ネットワークヘッダ (6 バイト)
 - ・APS ヘッダ (6 バイト)
 - ・アプリケーションフレーム (8 バイト)
 - ・2 バイトデータを1つ送信する場合
 - ・セキュリティ AFH (Auxiliary Frame Header) (6 バイト)、認証子 (8 バイト)
- 合計 53 バイト : 53×8bit/40kbps = 10.6msec

※2 1件1システムと仮定

上記より、最も密集した地区における短距離無線通信システムの同時送信台数は、家庭市場、大型建造物市場の閾値をあわせて 10.82 台/km² と想定される。

4 アクティブタグシステムの同時送信台数

本文第2章より、950MHz 帯アクティブタグシステムの主な利用シーンとしては、

- 子供の位置管理
- 危険地区進入管理
- 固定資産管理
- 高額商品管理

が考えられる。このうち、子供の位置管理以外に関しては、限定域の利用でかつ極めて送信回数が少ない(数時間から数日に1回程度)と想定されるため、子供の位置管理について、同時送信台数を算出した。

なお、子供の位置管理におけるアクティブタグリーダー/ライタの配置に関しては図参 1-1 と想定し、本配置モデルにおいて、同時送信台数を計算した(表参 1-8)。

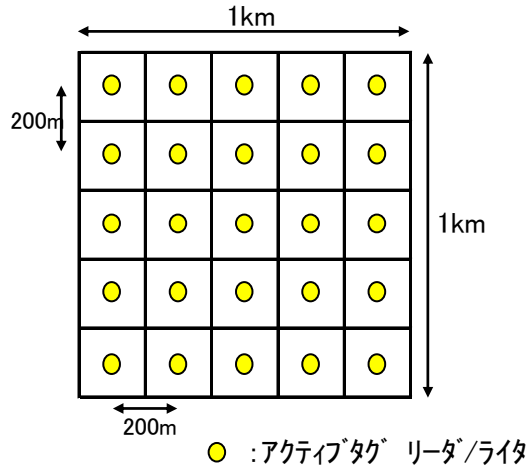


図 参 1-1 子供の位置管理におけるリーダ/ライタの配置モデル

表 参 1-8 子供の位置管理におけるアクティブタグシステムの同時送信台数予測

学区を1km ² と想定	1学区/km ²	
アクティブタグ数	900台/km ²	1学年150人と想定
リーダ/ライタ数	25台/km ²	200m間隔で設置を想定
【アクティブタグ】		
① 普及台数	900台/km ²	
② 1台当りの送信頻度	6回/分	「1分間に3台のリーダを通過+各再送1回」と想定
③ 1回当りの送信時間	0.0042秒/回	※1
④ 時間率	0.042%	②×③÷60
⑤ 平均台数	0.378台/km ²	①×④
⑥ 標準偏差σ	0.615台/km ²	$\sqrt{① \times ④ \times (1-④)}$ ※二項分布
⑦ 閾値(平均+2.33884σ)	1.816台/km ²	2.33884 : 正規分布における99%値
【リーダ/ライタ】		
① 普及台数	25台/km ²	
② 1台当りの送信頻度	1200回/分	50msに1回と想定
③ 1回当りの送信時間	0.0042秒/回	※1
④ 時間率	8.400%	②×③÷60
⑤ 平均台数	2.100台/km ²	①×④
⑥ 標準偏差σ	1.387台/km ²	$\sqrt{① \times ④ \times (1-④)}$ ※二項分布
⑦ 閾値(平均+2.33884σ)	5.344台/km ²	2.33884 : 正規分布における99%値

※1 典型的なアクティブタグシステムのデータサイズより送信時間を以下の通り算出

・データ : 20 バイト (ヘッダ等含む)
 $20 \times 8\text{bit} / 38.4\text{kbps} = 4.2\text{msec}$

上記より、アクティブタグシステムの同時送信台数は、アクティブタグ、リーダ/ライタの閾値をあわせて7.16台/km²と想定される。

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの通信距離の検討

本文第 2 章よりアクティブ系小電力無線システムの利用シーンとしては、比較的短距離（10m～数十 m 程度）の通信を高密度な配置で行うことが想定されている。

空中線電力 1mW（3dBm[EIRP]）において IEEE802.15.4 で規定しているキャリアセンスレベルを受信規格感度とした場合、干渉波が所要 CIR を満足する位置にいる環境での自由空間における最小の通信距離計算結果を図 参 2-1 に、干渉波がない理想環境下での自由空間における通信距離計算結果を図 参 2-2 に示す。

項番	項目	設定値	単位	備考
①	送信電力(給電点)	0	dBm	
②	送信機空中線利得	3	dBi	
③	送信電力(EIRP)	3	dBm	
④	自由空間伝搬損失	56	dB	
⑤	受信機空中線利得	3	dBi	
⑥	受信電力(受信機入力)	-50	dBm	③-④+⑤
⑦	所要C/N+I	25	dB	アクティブ系無線システムの変復調方式の代表値
⑧	N	-110.8	dBm	T=25°C、B=200kHz、NF=10dBとして計算
⑨	キャリアセンスレベル	-75	dBm	IEEE802.15.4の規格を参考とした場合



図 参 2-1 空中線電力 1mW における干渉波を考慮した最小の通信距離

項番	項目	設定値	単位	備考
①	送信電力(給電点)	0	dBm	
②	送信機空中線利得	3	dBi	
③	送信電力(EIRP)	3	dBm	
④	自由空間伝搬損失	81	dB	
⑤	受信機空中線利得	3	dBi	
⑥	受信電力(受信機入力)	-75	dBm	③-④+⑤
⑦	キャリアセンスレベル	-75	dBm	IEEE802.15.4の規格を参考とした場合

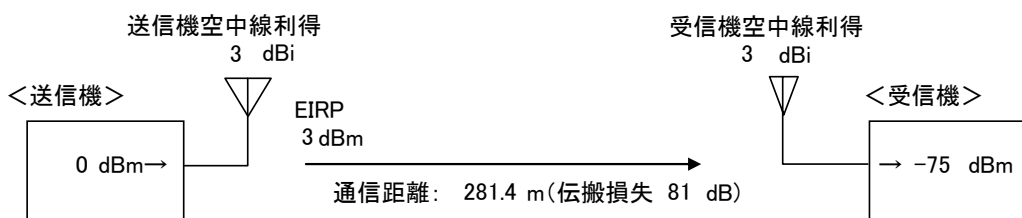


図 参 2-2 空中線電力 1mW における理想空間での通信距離

以上より、空中線電力 1mW（3dBm[EIRP]）の場合、自由空間においては、15m～280m 程度の通信ができるものと考えられる。

同様に空中線電力 10mW(13dBm[EIRP])における通信距離計算結果を図 参 2-3 に、
 図 参 2-4 に示す。

項番	項目	設定値	単位	備考
①	送信電力(給電点)	10	dBm	
②	送信機空中線利得	3	dBi	
③	送信電力(EIRP)	13	dBm	
④	自由空間伝搬損失	66	dB	
⑤	受信機空中線利得	3	dBi	
⑥	受信電力(受信機入力)	-50	dBm	③-④+⑤
⑦	所要C/N+I	25	dB	アクティブ系無線システムの変復調方式の代表値
⑧	N	-110.8	dBm	T=25°C、B=200kHz、NF=10dBとして計算
⑨	キャリアセンスレベル	-75	dBm	IEEE802.15.4の規格を参考とした場合

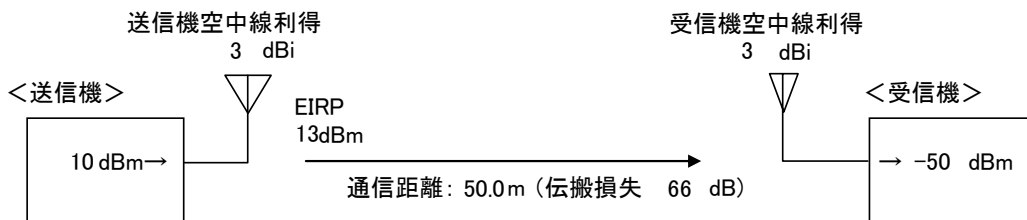


図 参 2-3 空中線電力 10mW における干渉波を考慮した最小の通信距離

項番	項目	設定値	単位	備考
①	送信電力(給電点)	10	dBm	
②	送信機空中線利得	3	dBi	
③	送信電力(EIRP)	13	dBm	
④	自由空間伝搬損失	91	dB	
⑤	受信機空中線利得	3	dBi	
⑥	受信電力(受信機入力)	-75	dBm	③-④+⑤
⑦	キャリアセンスレベル	-75	dBm	IEEE802.15.4の規格を参考とした場合

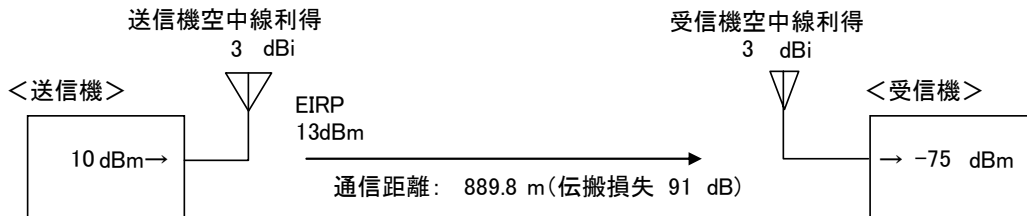


図 参 2-4 空中線電力 10mW における理想空間での通信距離

以上より、空中線電力 10mW (13dBm[EIRP]) の場合、自由空間においては、50m
 ~890m 程度の通信ができるものと考えられる。

自由空間での通信距離計算結果では、本文第 2 章で述べているアクティブ系小電力無線システムの利用シーンの内、ほとんどの用途が空中線電力 1mW (3dBm[EIRP]) で運用可能であると考えられる。但し、工場内制御、モニタリングやメータ自動検針などの用途においては電波到達性が低い環境での利用も想定されているため、遮蔽損失等を考慮した場合は、低出力型パッシブタグシステムと同様の空中線電力である 10mW (13dBm [EIRP]) も利用可能とすることが望ましい。

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから PDC 基地局への干渉検討

アクティブ系小電力無線システムの送信電力（EIRP）及び不要発射の強度（EIRP）がどのような値であれば、PDC 基地局との共用が可能であるかを検討するためシミュレーションを実施した。本シミュレーションでは、被干渉システム（PDC 基地局）に対し、干渉システム（アクティブ系小電力無線システム）がランダムに配置された条件の 1:N の関係での共用検討を実施した。また、PDC 基地局の空中線系は、3 セクターで構成されることが一般的であり、この場合、120°コーナーリフレクター型の空中線を使用することが一般的であることから、干渉エリアとしては、半径 1km の円内の任意の 120°の範囲として検討を行った。

なお、シミュレーション回数は 10,000 回試行を各 3 回実行した。

1 シミュレーションにおける基本条件

1. 1 PDC 基地局の条件

シミュレーションに使用した PDC 基地局の諸元を表 参 3-1 に示す。

表 参 3-1 PDC 基地局の諸元

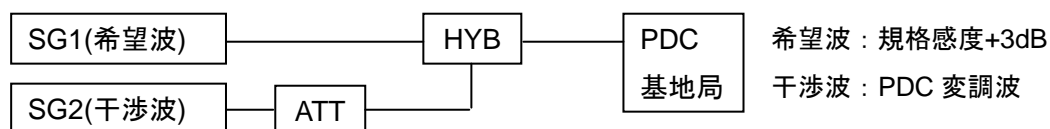
アンテナ高	40m ^{※1}
チルト角	6.5° ^{※1}
空中線利得	14dBi ^{※1}
給電線損失	-5dB ^{※1}
感度抑圧許容干渉レベル	-41.2dBm (200kHz 離調) ^{※2}
受信機雑音許容干渉レベル	-132dBm/21kHz ^{※3}
アンテナ指向特性	図 参 3-1 の通り ^{※1}

※1 情報通信審議会「携帯電話等周波数利用方策委員会」報告（平成 15 年 6 月 25 日）より引用

※2 以下の実測データによる。

<測定方法>

下図の測定系と条件により感度抑圧特性を測定。測定方法は ARIB STD-27 隣接チャンネル選択度測定方法による。



<測定結果>

離調周波数+200kHz：-41.2dBm、+1MHz：-34.9dBm、+2MHz：-33.5dBm

※3 規格感度：-109dBm/21kHz、所要 CNR：13dB（ARIB STD-27 より）及び I/N=-10dB（ITU-R M.2039）から算出。

垂直面指向特性 (チルト角0°)

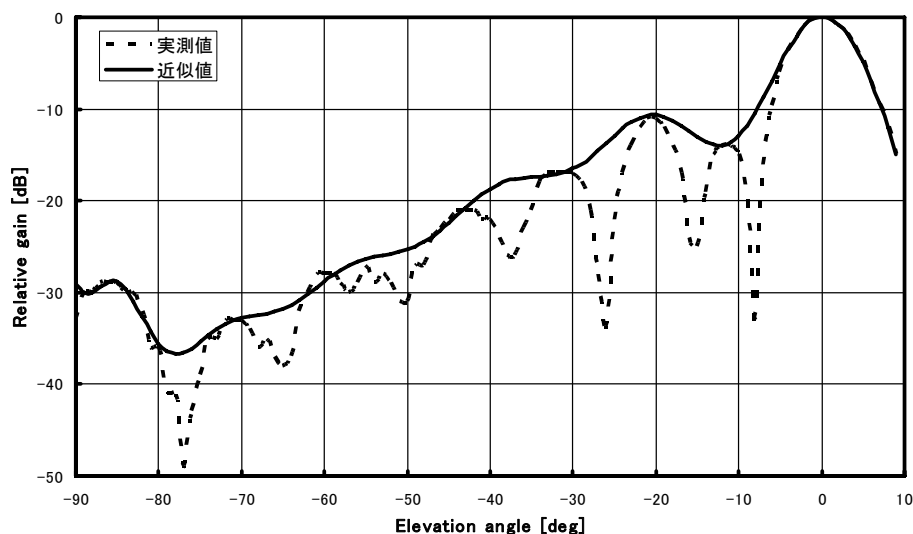


図 参 3-1 PDC 基地局のアンテナ指向特性

1. 2 アクティブ系小電力無線システムの条件

シミュレーションに使用したアクティブ系小電力無線システムの諸元を表 参 3-2 に示す。

表 参 3-2 アクティブ系小電力無線システムの諸元

設置分布	干渉エリア内 (半径 1km の 120° 範囲内) にランダムに分布 但し、半径 30m 以内は俯角減衰量 が大きいため除外	乱数により生成
干渉エリア内送信台数	19 台 ^{※1}	
設置階	1F : 75% (アンテナ高 1.5m) 2F : 15% (アンテナ高 6.5m) 3F : 10% (アンテナ高 11.5m)	乱数により指定 自由空間のみで 使用
屋内設置率	70%	乱数により指定
壁透過損	10dB	屋内時のみ適用
送信電力 (EIRP)	3dBm ^{※2}	
アンテナ方向 (垂直面)	0~±180°	乱数により指定
アンテナ方向 (水平面)	0~±180°	乱数により指定

※1 本文 5.1 の検討より同時送信台数が 17.98 台/km² と想定されたことから干渉エリア内 (半径 1km の 120° 範囲内) では、18.83 台 (≒19 台) となる。

※2 本文 5.2.1 の検討より 3dBm (EIRP) で実施。13dBm (EIRP) に関しては、同じ送信電力である低出力型パッシブタグリダ/ライタの、情報通信審議会「高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に必要な技術的条件及び低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件」答申 (平成 17 年 10 月 12 日) における検討において、PDC 基地局との離調を 1MHz とすることにしており、本規定に倣うことが適当であると考えられることからシミュレーションから除外。

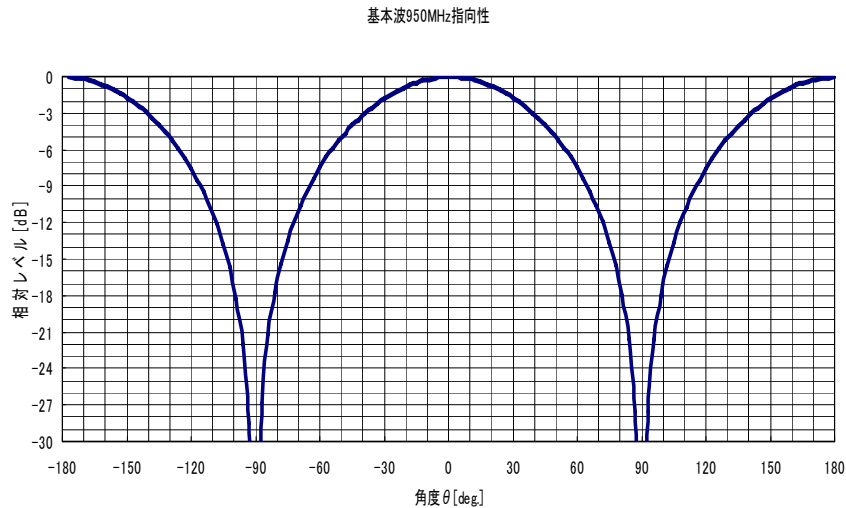


図 参 3-2 アクティブ系小電力無線システムのアンテナ指向特性

1. 3 電波伝搬モデルの条件

自由空間伝搬モデルを 10%、Walfisch-池上式モデルを 90%として計算を実施。(乱数により生成)

※ Walfisch-池上式モデルの諸元は以下の通り。

道路間隔 15m、道路幅 15m、建物高 20m、道路角 0°

(情報通信審議会「携帯電話等周波数利用方策委員会」報告(平成 15 年 6 月 25 日)より引用)

2 シミュレーション結果

シミュレーション結果を表 参 3-3 に示す。

表 参 3-3 シミュレーション結果 (許容干渉レベルを超える率)

		1 回目	2 回目	3 回目
送信出力 EIRP (dBm)	3	—	—	—
スプリアスレベル EIRP (dBm/100kHz)	-54	0.08%	0.10%	0.08%
	-53	0.23%	0.28%	0.29%
	-52	0.98%	0.93%	0.98%
	-51	1.87%	1.88%	1.85%
	-50	2.87%	2.81%	2.85%

以上より、PDC 基地局受信における許容干渉レベルを超えない事象発生確率が 99%程度である事を許容範囲とした場合、スプリアスレベル (EIRP) は -52dBm/100kHz 以下とすることが適当である。また、送信出力 (EIRP) は、3dBm であれば、200kHz 離調で PDC 基地局へ影響を与えないと考えられる。

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから IMT-2000 移動機への干渉検討

IMT-2000 として、W-CDMA 及び CDMA2000 を想定し、IMT-2000 移動機に影響があると考えられる、アクティブ系小電力無線システムの送信電力による感度抑圧及び不要発射について検討を行った。本検討では、アクティブ系小電力無線システムと IMT-2000 移動機の 1 対 1 のモデルを用いた。

1 アクティブ系小電力無線システムの送信電力による感度抑圧の影響

低出力型パッシブタグリダ／ライタの送信電力における IMT-2000 移動機の所要離隔距離は表 参 4-1 に示すとおりである。

表 参 4-1 低出力型リーダ／ライタから IMT-2000 移動機への感度抑圧による所要離隔距離^{※1}

	W-CDMA		CDMA2000	
リーダ／ライタの送信電力[dBm]	13			
離調幅[MHz]	4.5 ^{※2}	9.5 ^{※2}	2.6 ^{※2}	7.6 ^{※2}
IMT-2000 移動機の帯域外許容干渉レベル[dBm] ^{※3}	-45	-40	-30	-30
IMT-2000 移動機の受信利得[dB] ^{※4}	-8			
所要自由空間伝搬損[dB]	50	45	35	35
所要離隔距離[m]	8.0	4.5	1.4	1.4

※1 情報通信審議会 「高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に必要な技術的条件及び低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件」答申（平成 17 年 10 月 12 日）より引用

※2 リーダ／ライタの送信周波数と IMT-2000 移動機受信の中心周波数の間隔

※3 希望波の電力＝規格感度＋3dB の場合の、干渉 CW 波に対する現行移動機の感度抑圧性能

※4 空中線利得 0dBi、人体吸収損 8dB

低出力型パッシブタグリダ／ライタにおいては、IMT-2000 移動機への感度抑圧の影響を考慮し、使用帯域については 950MHz からの離調幅を 2MHz とした。

アクティブ系小電力無線システムの送信電力が、3dBm (EIRP) の場合には、低出力型パッシブタグリダ／ライタの送信電力である 13dBm (EIRP) より、同一離調幅においては IMT-2000 移動機への感度抑圧の影響は軽減されることが考えられる。よって低出力型パッシブタグリダ／ライタの時に検討した離調幅よりも狭めた場合について検討を実施した。

アクティブ系小電力無線システムの使用帯域について、950MHz からの離調幅を 0.4MHz とした場合の所要離隔距離は表 参 4-2 のとおりである。

表 参 4-2 アクティブ系小電力無線システムから IMT-2000 移動機への

感度抑圧による所要離隔距離①

	W-CDMA		CDMA2000	
アクティブ系小電力無線システムの送信電力[dBm]	3			
離調幅[MHz]	2.9 ^{※1}	7.9 ^{※1}	1.0 ^{※1}	6.0 ^{※1}
IMT-2000 移動機の帯域外許容干渉レベル[dBm] ^{※2}	-65	-45	-45	-30
IMT-2000 移動機の受信利得[dB] ^{※3}	-8			
所要自由空間伝搬損[dB]	60	40	40	25
所要離隔距離[m]	25.1	2.5	2.5	0.4

※1 アクティブ系小電力無線システムの送信周波数と IMT-2000 移動機受信の中心周波数の間隔

※2 希望波の電力＝規格感度＋3dB の場合の、干渉 CW 波に対する現行移動機の感度抑圧性能

※3 空中線利得 0dBi、人体吸収損 8dB

表 参 4-1 の低出力型リーダー／ライター (13dBm[EIRP]) の所要離隔距離と表 参 4-2 のアクティブ系小電力無線システム (3dBm[EIRP]) の所要離隔距離を比較した場合、W-CDMA との離調幅 2.9MHz においておよそ 3 倍、CDMA2000 と離調幅 1.0MHz においておよそ 2 倍、低出力型リーダー／ライターとの所要離隔距離よりも長くなる。

次に離調幅を単位チャネル幅である 200kHz 広げ、950MHz からの離調幅を 0.6MHz とした場合の所要離隔距離は表 参 4-3 のとおりである。

表 参 4-3 アクティブ系小電力無線システムから IMT-2000 移動機への感度抑圧による所要離隔距離②

	W-CDMA		CDMA2000	
アクティブ系小電力無線システムの送信電力[dBm]	3			
離調幅[MHz]	3.1 ^{※1}	8.1 ^{※1}	1.2 ^{※1}	6.2 ^{※1}
IMT-2000 移動機の帯域外許容干渉レベル[dBm] ^{※2}	-58	-45	-40	-30
IMT-2000 移動機の受信利得[dB] ^{※3}	-8			
所要自由空間伝搬損[dB]	53	40	35	25
所要離隔距離[m]	11.2	2.5	1.4	0.4

※1 アクティブ系小電力無線システムの送信周波数と IMT-2000 移動機受信の中心周波数の間隔

※2 希望波の電力＝規格感度＋3dB の場合の、干渉 CW 波に対する現行移動機の感度抑圧性能

※3 空中線利得 0dBi、人体吸収損 8dB

表 参 4-1 の低出力型リーダー／ライター (13dBm[EIRP]) の所要離隔距離と表 参 4-3 の

アクティブ系小電力無線システム（3dBm[EIRP]）の所要離隔距離を比較した場合、W-CDMA との離調幅 3.1MHz においておよそ 3m 程度、低出力型リーダー/ライターとの所要離隔距離よりも長くなる。

次に離調幅をさらに 200kHz 広げ、950MHz からの離調幅を 0.8MHz とした場合の所要離隔距離は表 参 4-4 のとおりである。

表 参 4-4 アクティブ系小電力無線システムから IMT-2000 移動機への
感度抑圧による所要離隔距離③

	W-CDMA		CDMA2000	
アクティブ系小電力無線システムの送信電力[dBm]	3			
離調幅[MHz]	3.3 ^{※1}	8.3 ^{※1}	1.4 ^{※1}	6.4 ^{※1}
IMT-2000 移動機の帯域外許容干渉レベル[dBm] ^{※2}	-50	-45	-35	-30
IMT-2000 移動機の受信利得[dB] ^{※3}	-8			
所要自由空間伝搬損[dB]	45	40	30	25
所要離隔距離[m]	4.5	2.5	0.8	0.4

※1 アクティブ系小電力無線システムの送信周波数と IMT-2000 移動機受信の中心周波数の間隔

※2 希望波の電力=規格感度+3dB の場合の、干渉 CW 波に対する現行移動機の感度抑圧性能

※3 空中線利得 0dBi、人体吸収損 8dB

表 参 4-1 の低出力型リーダー/ライター（13dBm[EIRP]）の所要離隔距離と表 参 4-4 のアクティブ系小電力無線システム（3dBm[EIRP]）の所要離隔距離を比較した場合、低出力型リーダー/ライターの所要離隔距離よりも全ての場合において短くなる。

よって、アクティブ系小電力無線システム（3dBm[EIRP]）については、950MHz からの離調幅を 0.8MHz 以上 とすることにより、低出力型リーダー/ライター（13dBm[EIRP]）の場合よりも所要離隔距離が短くなる。

2 アクティブ系小電力無線システムの不要発射の影響

IMT-2000 移動機の許容干渉レベルは、W-CDMA、CDMA2000 とともに、雑音レベル-115dBm/100kHz、I/N=-10dB から-125dBm/100kHz となり、表 参 4-4 のとおり、不要発射の強度(EIRP)が-52dBm/100kHz の場合、所要離隔距離は約 44m、不要発射の強度(EIRP)が-62dBm/100kHz の場合、所要離隔距離は約 14m となる。

表 参 4-4 アクティブ系小電力無線システムの不要発射の影響による所要離隔距離

アクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度（EIRP）	-52	-62
-------------------------------	-----	-----

[dBm/100kHz]		
IMT-2000 移動機の許容干渉レベル [dBm/100kHz]	-125	
IMT-2000 移動機の雑音レベル [dBm/100kHz] ※1	-115	
I/N [dB] ※1	-10	
受信利得 [dB] ※2	-8	
所要自由空間伝搬損 [dB]	65	55
所要離隔距離 [m]	43.9	13.9

※1 ITU-R M.2039（なお、IMT-2000 移動機の雑音レベル [dBm/100kHz] は、W-CDMA の場合-99dBm/3.84MHz、CDMA2000 の場合-104dBm/1.25MHz より換算）

※2 空中線利得 0dBi、人体吸収損 8dB

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから STL への干渉検討

1 STL の概要と使用状況

STL (Studio-to-Transmitter Link) とはスタジオ(演奏所)と送信所との間の放送中継回線のことで、958~960MHz の UHF 帯域への割当ては、音声放送用のアナログ STL となっている。現在この周波数帯の STL は主に、長距離、海上伝搬などの回線に利用されており、用いられる変調方式は周波数変調、帯域幅は 200kHz となっている。

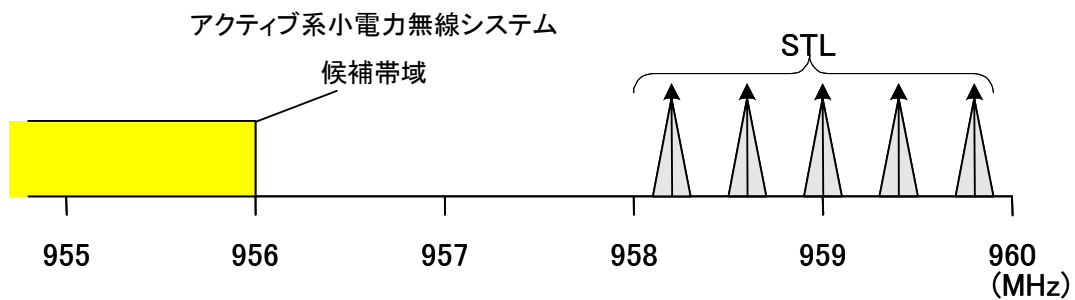


図 参 5-1 STL の使用周波数

2 干渉検討の条件

アクティブ系小電力無線システムから STL への干渉検討として、図 参 5-2 のような条件の下、1 台のアクティブ系小電力無線システムから STL 受信設備に向けて電波が発射された場合を想定した。

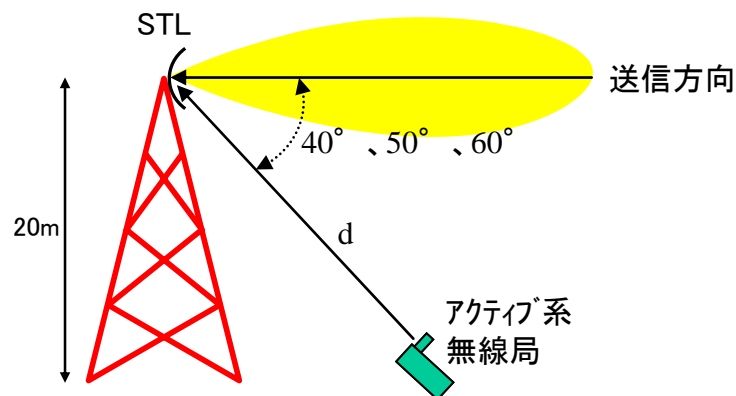


図 参 5-2 STL とアクティブ系小電力無線システムの干渉モデル

【検討条件】

- ・ アンテナ高 : 20m (典型例)
- ・ アンテナ径 : 1.8m (典型例)
- ・ 干渉波到来方向 : 主ビームからの離角 40、50、60 度 (アンテナを見上げた一例)
- ・ 許容条件 : ITU-R 勧告 F.758-3 に従い、他システムからの干渉については、熱雑音の 10% (I/N=-10dB) までの干渉電力を許容する。
- ・ 給電線損失 : 5dB (典型例)

- ・ 受信アンテナパターン：ITU-R 勧告 F.1245 に従うとする。(図 参 5-3 より、離角 48 度以上の空中線利得はアンテナ径すなわち主軸利得にかかわらず-6.9dBi の固定値。)

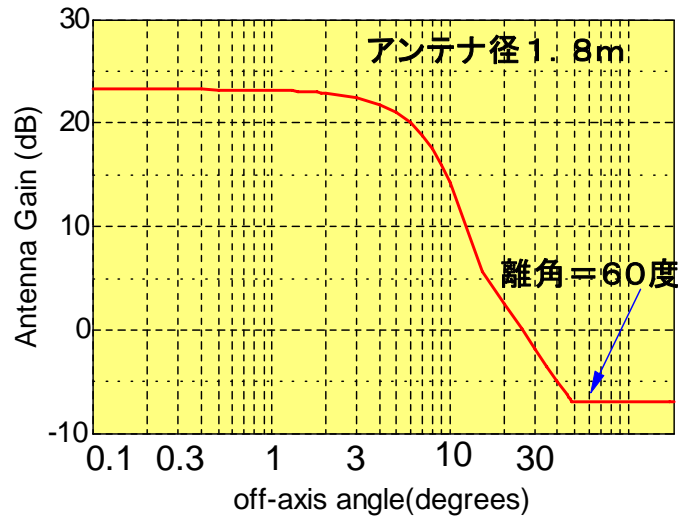


図 参 5-3 STL の受信アンテナパターン

3 干渉検討の結果

STL へ干渉を与えないアクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度の許容値 (EIRP) は、表 参 5-1 より、-54.8dBm/100kHz である。よって、-55dBm/100kHz (EIRP) の不要発射の強度であれば、通常の使用においてはアクティブ系小電力無線システムと STL との共用は可能であると考えられる。

表 参 5-1 アクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度の許容値

離角 [°]	40	50	60
STL の許容干渉レベル [dBm/100kHz]	-126	-126	-126
STL の雑音レベル [dBm/100kHz]	-116	-116	-116
I/N [dB]	-10	-10	-10
STL の給電線損失 [dB]	5	5	5
STL の受信アンテナの利得 [dBi]	-5.0	-6.9	-6.9
自由空間伝搬損 [dB]	61.9	60.4	59.3
不要発射の強度の許容値 (EIRP) [dBm/100kHz]	-54.1	-53.7	-54.8

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムから PHS への干渉検討

PHS の許容干渉レベルは、基地局は-126dBm/300kHz、移動機は-124dBm/300kHz であることから、図 参 6-1 のような相互関係の場合、基地局の許容できる不要発射の強度は、表 参 6-1 より-35.7dBm/MHz となり、移動局の所要離隔距離は、約 1m 程度となる。よって、-52dBm/MHz (EIRP) の不要発射の強度であれば、通常の使用においてはアクティブ系小電力無線システムから PHS への干渉が発生する可能性は低いものと考えられる。

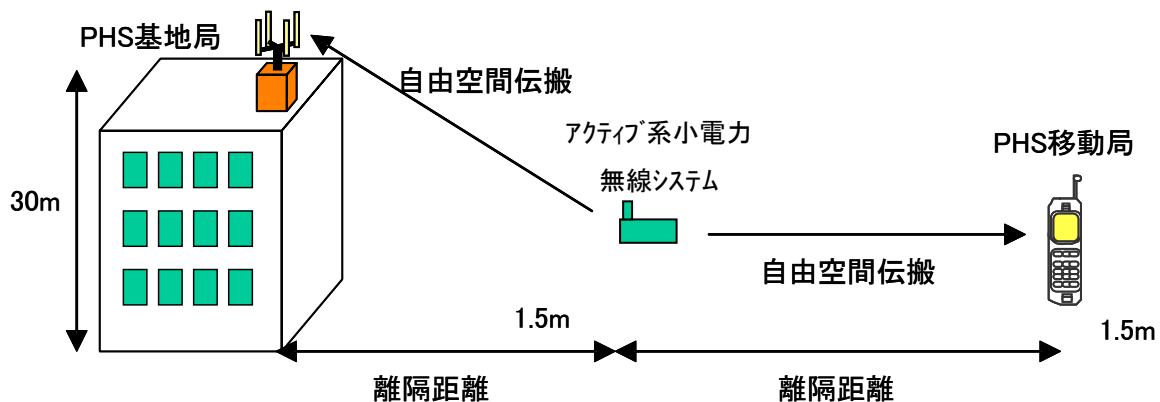


図 参 6-1 PHS とアクティブ系小電力無線システムの干渉モデル

表 参 6-1 アクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度の許容値 (基地局)

PHS 基地局の許容干渉レベル [dBm/300kHz]	-126
PHS 基地局の雑音レベル [dBm/300kHz] ※1	-116
I/N [dB]	-10
空中線利得+伝搬損が最小となる距離 [m]	180
自由空間伝搬損失 [dB]	83.1
PHS 基地局の受信利得 [dB]	7※2
周波数特性による送信利得の損失 [dB] ※3	-19
アクティブ系小電力無線システムの台数の総和効果 [dB]	10
許容できる不要発射の強度 [dBm/300kHz]	-40.9
許容できる不要発射の強度 [dBm/ MHz]	-35.7

※1 常温の熱雑音、NF の実力値 (基地局 3dB) から算出。

※2 空中線利得 8dBi、給電線損失 1dB

※3 情報通信審議会 「高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に必要な技術的条件及び低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件」答申(平成 17 年 10 月 12 日) より引用

表 参 6-2 アクティブ系小電力無線システムの不要発射の影響による
所要離隔距離（移動機）

アクティブ系小電力無線システムの不要発射の強度(EIRP) [dBm/1MHz]	-52
同上 300kHz band 換算値 [dBm/300kHz]	-57.2
PHS 移動機の許容干渉レベル [dBm/300kHz]	-124
PHS 移動機の雑音レベル [dBm/300kHz] ※ ¹	-114
I/N [dB]	-10
PHS 移動機の受信利得 [dB]	-8※ ²
周波数特性による送信利得の損失 [dB] ※ ³	-19
所要自由空間伝搬損 [dB]	-39.8
所要離隔距離 [m]	1.2

※¹ 常温の熱雑音、NF の実力値（移動機 5dB）から算出。

※² 空中線利得 0dBi、人体吸収損 8dB

※³ 情報通信審議会 「高出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの高度化に必要な技術的条件及び低出力型 950MHz 帯パッシブタグシステムの技術的条件」答申（平成 17 年 10 月 12 日）より引用

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムとパッシブタグシステムとの共用検討

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システムとパッシブタグシステム間で、それぞれの干渉電力がキャリアセンスレベル以下となる所要離隔距離を計算した。なおアクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベルは、IEEE802.15.4 の規定である -75dBm として計算した。

一例として高出力型パッシブタグリーダ／ライタの送信がアクティブ系小電力無線システムの受信への干渉モデルを図 参 7-1 に示す。

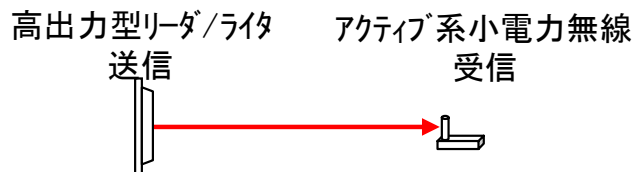


図 参 7-1 高出力型パッシブタグリーダ／ライタとアクティブ系小電力無線システムの干渉モデル

高出力型パッシブタグリーダ／ライタの送信がアクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベル以下となる所要離隔距離を計算した結果を表 参 7-1 に示す。

表 参 7-1 高出力型パッシブタグリーダ／ライタの送信電力の影響による所要離隔距離

①主波の影響

高出力型リーダ／ライタ 送信	① 送信電力(EIRP)	dBm	36.0	② + ③	
	② 送信電力(給電点)	dBm	30.0		
	③ アンテナ利得	dB _i	6.0		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dB _i	3.0		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75.0		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	114.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	12558	

②隣接チャネル漏洩電力の影響

高出力型リーダ／ライタ 送信	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	6.5	② + ③	
	② 隣接チャネル漏洩電力(給電点)	dBm/200kHz	0.5		
	③ アンテナ利得	dB _i	6.0		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dB _i	3.0		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75.0		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	84.5	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	421	

③次隣接チャネル漏洩電力の影響

高出力型リーダ／ライタ 送信	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-20.0	② + ③	
	② 次隣接チャネル漏洩電力(給電点)	dBm/200kHz	-26.0		-29dBm/100kHz→-26dBm/200kHz
	③ アンテナ利得	dB _i	6.0		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dB _i	3.0		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75.0		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	58.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	20	

高出力型パッシブタグリーダ／ライタとアクティブ系小電力無線システム間及び低出力型パッシブタグリーダ／ライタとアクティブ系小電力無線システム間について計算し、まとめた一覧を表 参 7-2 に示す。

表 参 7-2 パッシブタグリーダー/ライターとアクティブ系小電力無線システム間の
所要離隔距離

単位:m

		→高出力型リーダー/ライター (受信機入力)	→アクティブ系小電力無線 (受信機入力)
キャリアセンスレベル		-74dBm	-75dBm
高出力型リーダー/ライター→ (給電点送信電力)	主波 30dBm		12,558
	隣接チャネル漏洩電力 0.5dBm/200kHz		421
	次隣接チャネル漏洩電力 -26dBm/200kHz		20
アクティブ系小電力無線→ (給電点送信電力)	主波 0dBm	354	
	隣接チャネル漏洩電力 -26dBm/200kHz	18	
	次隣接チャネル漏洩電力 -36dBm/200kHz	5.6	
	主波 10dBm	1,119	
	隣接チャネル漏洩電力 -18dBm/200kHz	45	
	次隣接チャネル漏洩電力 -36dBm/200kHz	5.6	

単位:m

		→低出力型リーダー/ライター (受信機入力)	→アクティブ系小電力無線 (受信機入力)
キャリアセンスレベル		-64dBm	-75dBm
低出力型リーダー/ライター→ (給電点送信電力)	主波 10dBm		889
	隣接チャネル漏洩電力 -18dBm/200kHz		35
	次隣接チャネル漏洩電力 -36dBm/200kHz		4.5
アクティブ系小電力無線→ (給電点送信電力)	主波 0dBm	79	
	隣接チャネル漏洩電力 -26dBm/200kHz	4.0	
	次隣接チャネル漏洩電力 -36dBm/200kHz	1.3	
	主波 10dBm	251	
	隣接チャネル漏洩電力 -18dBm/200kHz	10	
	次隣接チャネル漏洩電力 -36dBm/200kHz	1.3	

キャリアセンスレベルを満足する所要離隔距離を考慮した場合は、主波、隣接チャネル漏洩電力、次隣接チャネル漏洩電力のいずれにおいても、高出力型パッシブタグリーダー/ライター及び低出力型パッシブタグリーダー/ライターの送信電力の影響による所要離隔距離の方が、アクティブ系小電力無線システムの送信電力の影響による所要離隔距離よりも大きくなっている。

950MHz 帯アクティブ系小電力無線システム間の共用検討

アクティブ系小電力無線システム間で、送信電力 13dBm (EIRP) のアクティブ系小電力無線システムと送信電力 3dBm (EIRP) の干渉電力が、他のアクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベル以下となる所要離隔距離を計算した。なおアクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベルは、IEEE802.15.4 の規定である -75dBm として計算した。

アクティブ系小電力無線システム間の干渉モデルを図 参 8-1 に示す。

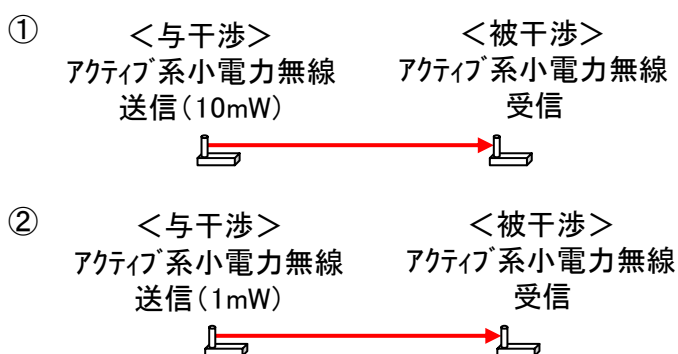


図 参 8-1 アクティブ系小電力無線システム間の干渉モデル

送信電力 13dBm (EIRP) のアクティブ系小電力無線システムの送信が、他のアクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベル以下となる所要離隔距離を計算した結果及び送信電力 3dBm (EIRP) のアクティブ系小電力無線システムの送信が、他のアクティブ系小電力無線システムのキャリアセンスレベル以下となる所要離隔距離を計算した結果を表 参 8-1、表 参 8-2 に示す。

表 参 8-1 アクティブ系小電力無線システム（EIRP13dBm）の送信電力の影響による
所要離隔距離

①主波の影響

アクティブ系小電力無線 送信	① 送信電力(EIRP)	dBm	13	② + ③	
	② 送信電力(給電点)	dBm	10		
	③ アンテナ利得	dBi	3		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dBi	3		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	91	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	889	

②隣接チャネル漏洩電力の影響

アクティブ系小電力無線 送信	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-15	② + ③	
	② 隣接チャネル漏洩電力(給電点)	dBm/200kHz	-18		
	③ アンテナ利得	dBi	3		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dBi	3		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	63	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	35	

③次隣接チャネル漏洩電力の影響

アクティブ系小電力無線 送信	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-33	② + ③	
	② 次隣接チャネル漏洩電力(給電点)	dBm/200kHz	-36	-39dBm/100kHz→-36dBm/200kHz	
	③ アンテナ利得	dBi	3		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dBi	3		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	45	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	4.5	

表 参 8-2 アクティブ系小電力無線システム（EIRP3dBm）の送信電力の影響による
所要離隔距離

①主波の影響

アクティブ系小電力無線 送信	① 送信電力(EIRP)	dBm	3	② + ③	
	② 送信電力(給電点)	dBm	0		
	③ アンテナ利得	dBi	3		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dBi	3		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	81	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	281	

②隣接チャネル漏洩電力の影響

アクティブ系小電力無線 送信	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-23	② + ③	
	② 隣接チャネル漏洩電力(給電点)	dBm/200kHz	-26.0		
	③ アンテナ利得	dBi	3		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dBi	3		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	55	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	14	

③次隣接チャネル漏洩電力の影響

アクティブ系小電力無線 送信	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-33	② + ③	
	② 次隣接チャネル漏洩電力(給電点)	dBm/200kHz	-36	-39dBm/100kHz→-36dBm/200kHz	
	③ アンテナ利得	dBi	3		
アクティブ系小電力無線 受信	④ アンテナ利得	dBi	3		
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-75		
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失			dB	45	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	4.5	

キャリアセンスレベルを満足する所要離隔距離を考慮した場合は、送信電力 13dBm（EIRP）については主波で 889m、隣接チャネル漏洩電力においても、35m と大きな離隔距離が必要となる。