

情報通信審議会 情報通信技術分科会
陸上無線通信委員会

報告（案）

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
「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」

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 電子タグシステム等の概要.....	3
第2章 高度化に向けた検討.....	6
2.1 パッシブ系電子タグシステムの使用環境の多様化への対応.....	6
2.2 アクティブ系小電力無線システムの送信時間制限の見直しへの対応.....	15
2.3 電波防護指針への適合性等.....	24
第3章 他の無線システムとの共用に関する検討.....	28
3.1 パッシブ系電子タグシステムの普及予測及び同時送信台数予測.....	28
3.2 アクティブ系小電力無線システムの普及予測及び同時送信台数予測.....	29
3.3 帯域外の他システムとの共用に関する検討.....	31
3.4 920MHz 帯電子タグシステム等間の共用に関する検討.....	35
第4章 920MHz 帯電子タグシステム等の新たな利用に向けた技術的条件 ...	38
4.1 高出力型パッシブ系電子タグシステムの技術的条件.....	38
4.2 中出力型アクティブ系小電力無線システムの技術的条件.....	44
V 審議結果.....	50
別表1 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員	51
別表2 情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 920MHz 帯電子タグシステム等作業班 構成員	52

I 審議事項

陸上無線通信委員会（以下「委員会」という。）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、「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」について検討を行った。

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、委員会の下に 920MHz 帯電子タグシステム等作業班（以下「作業班」という。）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 1 回（平成 29 年 10 月 5 日）

920MHz 帯小電力無線システムの高度化に向けた検討を開始することとし、検討の進め方及びスケジュールについて審議を行った。また、検討を促進させるため作業班を設置した。

(2) 第 2 回（平成 30 年 4 月 5 日）

作業班における検討状況の報告を受け、陸上無線通信委員会報告（案）について審議を行い、陸上無線通信委員会報告（案）をとりまとめた。また、陸上無線通信委員会報告（案）について、意見募集を実施することとした。

(3) 第 3 回（平成 30 年 XX 月 XX 日） TBD

陸上無線通信委員会報告（案）に対する意見募集の結果及び考え方について審議を行い、陸上無線通信委員会報告をとりまとめ、情報通信技術分科会に報告することとした。

2 作業班

(1) 第5回（平成29年10月19日）

検討事項及び検討の進め方を確認し、新たな利用ニーズについて検討を行った。

(2) 第6回（平成29年12月8日）

技術基準の見直し案について検討を行った。

(3) 第7回（平成30年1月26日）

技術基準の見直し案について検討を行った。

(4) 第8回（平成30年3月20日）

陸上無線通信委員会報告（案）をとりまとめ、陸上無線通信委員会に報告することとなった。

IV 審議概要

第1章 電子タグシステム等の概要

915～929.7MHz（以下「920MHz帯」という。）を使用するパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力無線システム（以下「920MHz帯電子タグシステム等」という。）は、第2世代移動通信システム（一部IMT-2000を含む。）に使用されてきた周波数の再編等に伴い、「ワイヤレスブロードバンド実現のための周波数検討ワーキンググループ」とりまとめ（平成22年11月30日）において、それまで使用していた950～958MHz（以下「950MHz帯」という。）から920MHz帯に移行する形で、平成23年12月に制度化された。

950MHz帯から920MHz帯への移行に当たり、それまで950MHz帯で規定されていた高出力型パッシブ系電子タグシステムについては、高密度設置の実現や高速通信の実現の観点からミラーサブキャリア方式向けに電子タグ応答波の優先チャンネルの確保を行った。中出力型パッシブ系電子タグシステム及び低出力型パッシブ系電子タグシステムについては、利便性の向上の観点から免許不要局への規制緩和とチャンネルの確保を行った。また、アクティブ系小電力無線システムについては、利便性やパッシブ系電子タグシステムとの共用の観点から送信出力の増力やキャリアセンス仕様の統一、チャンネルの確保等の要求条件を踏まえて制度整備を行った。

また、平成29年には、IoT社会の本格的な到来に向け、従来よりも低消費電力、広いカバーエリア、低コストを可能とする無線通信システムであるLPWA（Low Power Wide Area）に対応するため、アクティブ系小電力無線システムについて狭帯域周波数の使用方法の見直しや低利得アンテナの利用時における空中線電力の見直し等の必要な技術基準について制度整備を行った。

920MHz帯への移行に当たっては、平成23年の電波法改正で導入された終了促進措置により、950MHz帯電子タグシステム等の移行後の周波数を使用する携帯電話事業者が、既存システムの移行経費を負担する形で進められ、使用期限である平成30年3月31日までに完了した。

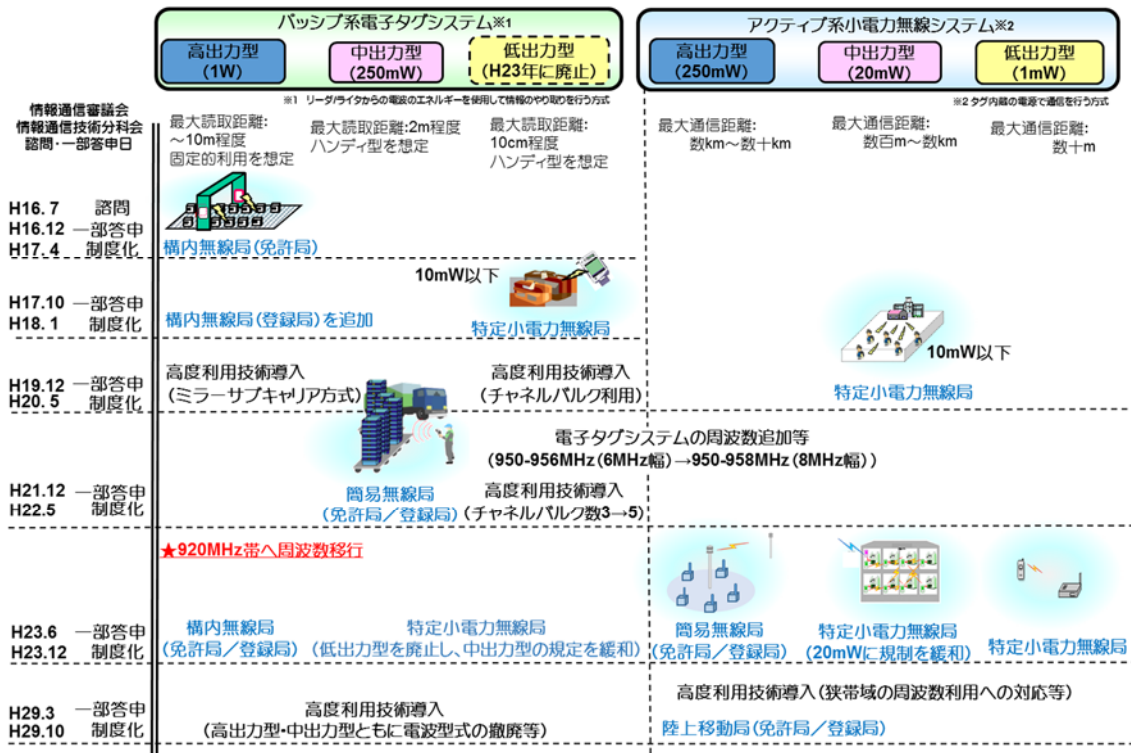


図 1 - 1 920MHz 帯電子タグシステム等の制度化の経緯

920MHz 帯パッシブ系電子タグシステムについては、空中線電力が 1W 以下で構内無線局の高出力型と 250mW 以下で特定小電力無線局の中出力型が規定されており、物流管理や商品管理等に活用されている。

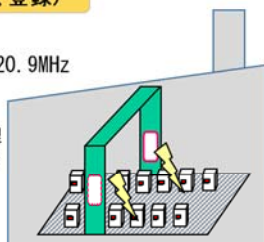
920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムについては、空中線電力が 250mW 以下で陸上移動局の高出力型、20mW 以下、1mW 以下で特定小電力無線局の中出力型、低出力型が規定されており、センサーネットワークやスマートメーターをはじめとして、幅広い分野で活用されている。

■パッシブ系電子タグシステム

○構内無線局(免許、登録)

- 空中線電力:1W
- 周波数帯:916.7~920.9MHz

例・固定型による物流管理
・ハンディ型の物流管理



工場等の構内での利用

○特定小電力無線局(免許不要)

- 空中線電力:250mW
- 周波数帯:916.7~923.5MHz

例・荷物の積込み
・アパレル店舗の入庫管理
・集配、回収業務



屋内外、ハンディ型の利用

■アクティブ系小電力無線システム

○陸上移動局*(免許、登録)

- 空中線電力:250mW
- 周波数帯:920.5~923.5MHz

例・森林監視
・橋梁の損傷管理
・大気計測



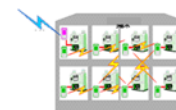
屋外の長距離伝送等の利用

※ 平成29年10月1日付で、簡易無線局から陸上移動局に制度改正

○特定小電力無線局(免許不要)

- 空中線電力:20mW
- 周波数帯:920.5~928.1MHz

例・電力モニタリング
・ガス自動検針



スマートメータ等の利用

○特定小電力無線局(免許不要)

- 空中線電力:1mW
- 周波数帯:915.9~929.7MHz

例・位置情報支援
・空調管理
・ホームセキュリティ



在宅管理等の利用

図 1 - 2 920MHz 帯電子タグシステム等の利用イメージ

第2章 高度化に向けた検討

2.1 パッシブ系電子タグシステムの使用環境の多様化への対応

2.1.1 検討の背景

高出力型パッシブ系電子タグシステムは、コンテナやパレットに添付した電子タグを、特定の構内でゲート型や据置き型に設置されたリーダライタで読み取る用途を想定し、平成17年に無線局の種別を「構内無線局」として制度化された。中出力型パッシブ系電子タグシステムは、運輸作業やアパレル店舗等の在庫管理、設備・機器等の保守点検の作業効率化のため、誰でも使用可能なハンディ型のリーダライタで、商品や機器に添付した電子タグを読み取る用途を想定し、平成23年に免許や登録を要しない無線局（特定小電力無線局）として制度化された。

近年、ハンディ型の中出力型リーダライタでは読み取りが難しい利用シーン（幅広いエリアを一括で読み取る場合や電子タグが重なっている場合）に、高出力型リーダライタが使用されることが増え、工場での出荷検品や在庫管理のための棚卸などで広く活用されている。しかし、高出力型リーダライタは、一つの構内に限った使用となっており、複数店舗をまたがっての使用ができず、例えば、トラックで荷物を配送する際、自社工場での出荷検品はできるが、配送先での在庫検品ができない状況となっている。このため、物流における業務の効率化のために構外での使用が要望されている。

また、経済産業省においては、「コンビニ電子タグ1000億枚宣言」が平成29年4月に策定され、コンビニ事業者の取扱商品に電子タグを添付し、サプライチェーン全体として電子タグ情報を一括管理する仕組みが検討されている。

国土交通省においては、「総合物流施策大綱（2017年度～2020年度）」が平成29年7月に閣議決定され、サプライチェーン全体の最適化を進める有効な手段としてリーダライタの活用が促進されている。

上記の状況も踏まえ、物流における業務効率化のため、高出力型リーダライタの構外利用が必要である。

その他、マラソン大会等のタイム計測や野外での音楽イベントの入場管理、移動車両による高速道路や鉄道線路に設置された設備の点検・保守業務、列車管理等、新たな用途での利用が要望されている。特に、マラソン大会のタイム計測には、現在、中出力型パッシブ系電子タグシステムやアクティブ系小電力無線システムが使用されているが、前者は、出力が小さく読み取り率が悪いため、本来の計測箇所であるトルソー（ゼッケン等）ではない靴等に電子タグをつける対応をとり、後者は、電子タグ側に電池が必要のためサイズが大きく、かつ高価なものとなっており競技者にとっての負担となっている。

2.1.2 利用シーン

構外での利用シーンは、主に、①物流、②イベント、③移動車両による設備点検、④列車管理が想定される。

物流は、主にハンディ型リーダーライタによる入出荷・トレーサビリティ管理の用途が想定される。現在、一の構内（工場等）に限られているが、路上や別の工場等でも可能となり、利用場所が拡大される。

イベントは、固定型（マット型や平面型）のリーダーライタによるマラソン計測や入場管理の用途が想定される。

移動車両による設備点検では、作業車にリーダーライタを設置し、高速道路脇の非常設備（消火器の盗難や有効期限確認）等の点検が想定される。

列車管理では、車両基地に出入りする車両を管理する用途が想定される。詳細を表2-1に示す。

表 2-1 高出力型パッシブ系電子タグシステムの構外での利用シーン

利用シーン	主な用途	利用者	アンテナの利用場所	アンテナの種類		電波の放射方向
				固定型	ハンディ型	
物流	配送業者における 入出荷・トレーサビリティ管理	コンビニや宅配等の 物流・配送業者	路上や配達先駐車場 等	△	◎	任意
	完成車物流における 入出庫・トレーサビリティ管理	車両運搬業者	路上（キャリアカー） や港湾（フェリー）	○	◎	任意
	廃棄物の 入出荷・トレーサビリティ管理	市町村、廃棄物処理業 者	郊外集積所 等	△	◎	任意
	災害派遣時の物品の 入出荷・トレーサビリティ管理	自衛隊、物流業者	不定	△	◎	任意
イベント	・マラソン大会でのタイム計測 ・入退場管理 ・備品管理	イベント業者、レンタ ル業者	競技場、路上、イベン ト会場、公園、海岸 等	◎	◎	マラソン は上向き 又は横向 き、その 他は任意
移動車両に よる設備点検	道路や鉄道設備の 点検・備品管理	道路管理者、鉄道会社	高速道路、鉄道線路脇	◎	○	横向き
列車管理	列車の位置管理	鉄道事業者	線路内	◎	-	横向き 上向き

◎：使用が多い、○：場合により使用される、△：使用が少ない、－：使用が想定されない

(1) 物流での利用

① 配送業者における入出荷・トレーサビリティ管理

生産工場や卸業者の物流センターから各店舗への配送時に、入出荷検品処理を実施する。現行制度では、各店舗に高出力型リーダライタを準備し、構内無線局の免許を得たのち駐車場等の自社敷地内でのみ使用することができるが、トラックのドライバーがハンディ型の高出力型リーダライタを持参し、各店舗等の配送先で自由に使用することができれば複数の店舗で1台のリーダライタを利用できるメリットがある。

現在、コンビニエンスストア等の大手チェーンストア等からの要望が多く、その他、完成車両の販売店への輸送、宅配便等の不特定の配送先での使用に拡大することが想定される。使用場所は、店舗等の敷地（構内）、個人所有の家屋あるいはそれに隣接した公道上となる。



図 2 - 1 物流で利用されるイメージ

② LP ガス等の物品管理

膨大な数の LP ガスや産業用・医療用のガス容器が国内に流通しており、その一部には 920MHz 帯の電子タグが取り付けられて、ガス容器を扱う自社構内の充填場所等では、既に個体識別管理に構内無線局が利用されている。

しかし構内無線局は、車両に搭載又はドライバーが持参して移動先の構外での運用ができないため、個々の配達先では所有している構内無線局を使用することができない。

高出力型リーダライタを構外で運用をすることができれば、ハンズフリーでの容器の積み下ろしが可能になり、輸送に関わる作業の生産性は著しく向上することが明らかうえ、容器のライフタイムを通じた履歴の管理も容易に実現できる。



図 2 - 2 ガスボンベのトラック輸送及びガスボンベの電子タグ読み取りの例

(2) イベント、マラソン大会等での利用例

国民的なスポーツであるマラソンや駅伝、トライアスロン、自転車レースなどの主催者にとっては、各競技者の走行時間を正確に計測することが競技を運営する際の重要な課題となる。

ロードレースにおける走行時間の計測技術にはさまざまな手法があるが、マット型の高出力型リーダーライタを利用する手法は計測精度が高く、競技者への肉体的かつ経済的な負担も少ない手法である。また主催者にとっても経済的な負担が少ない手法として技術が確立され、欧米では最も一般的な手法としてすでに広く普及している。一方、わが国では、高出力型リーダーライタは、公道などの構外での利用は認められていない。

公道で行われるマラソンなどのロードレースのタイム計測にマット型の高出力型リーダーライタの構外利用を開放することは、2020 年に開催される東京オリンピック・パラリンピック競技大会に向けたスポーツのさらなる促進に貢献することが期待される。

図 2 - 3 は、海外の代表的なマラソンのタイム計測に利用されている例である。マットに高出力型リーダーライタのアンテナが内蔵されている。



図 2 - 3 2015 年に米国のボストンで開催されたマラソンのゴール・ライン

また、スポーツ大会の計測以外にも、大会に参加する競技者やボランティアの人員管理、給水所等の諸設備管理、競技者がスタート地点で預けた荷物をゴール地点まで輸送して預けた本人へ確実に返還する仕組みなど、高出力型リーダーライタの構外利用により可能となる。同様に海岸や、広場などで実施される野外音楽フェス等での利用も予想されている。

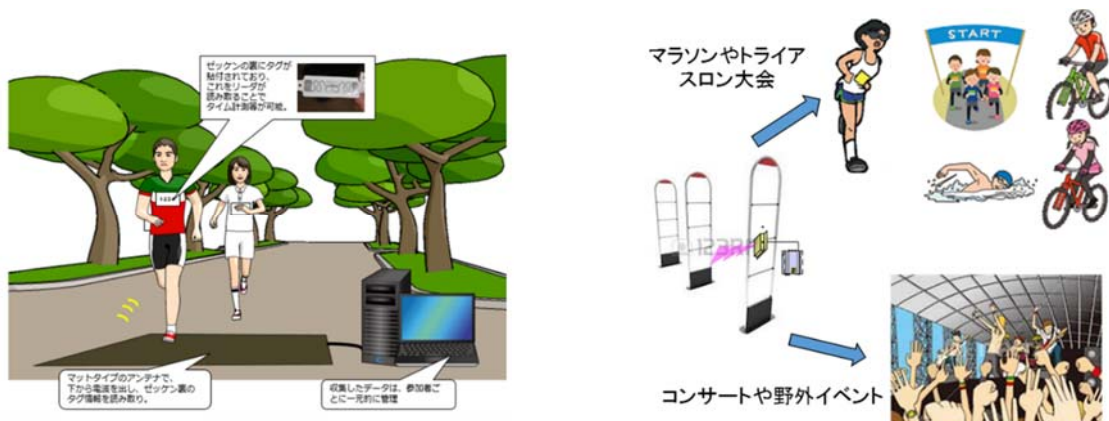


図 2 - 4 マラソン、野外フェス等のイメージ

(3) 設備点検

高速道路や鉄道線路などのインフラ設備が日本国中に存在している。それらの維持・管理のためには、継続的な点検が必要であるが膨大な労力と時間が必要になる。点検作業の効率化のために、構外で自由に送信できる高出力型リーダーライタが有効である。

① リニアモーターカーの保守点検の例

現在建設が開始されているリニアモーターカーは、線路の両脇に約 1m 角のコイルを敷き詰める必要がある。1km 当たり 2,000 個の同じ形状のコイルが並ぶことになり、線路の始発駅から終着駅までには膨大な数のコイルが設置される。同じ形

状のこれらコイルを個体識別することは、保守点検上重要な要素となる。

保守用車両に高出力型リーダライタを搭載し、各コイルに取り付けられた電子タグを走行しながら読み取り、保守・点検が必要なコイルの個体識別を行うことが予想されている。



図 2-5 リニアモーターカーで利用されるイメージ

② 高速道路上の保守点検の例

高速道路等のインフラ設備にも保守・点検を必要とする諸施設が多数存在する。非常用電話設備、避難口の掲示板、照明設備等々同一形状の金属製設備や、高所に設置されている設備が多数存在している。保守用の車両に高出力型リーダライタを搭載し、走行しながら多数ある同一形状の諸設備の中から保守が必要な設備を選別するため、個体識別を行うことが予想されている。

列車の保守点検用や高速道路の保守点検では、リーダライタが高速で移動を行うため、キャリアセンスによる時間遅れは必要な電子タグを読み残す可能性があるため、常時送信出来ることが望ましい。

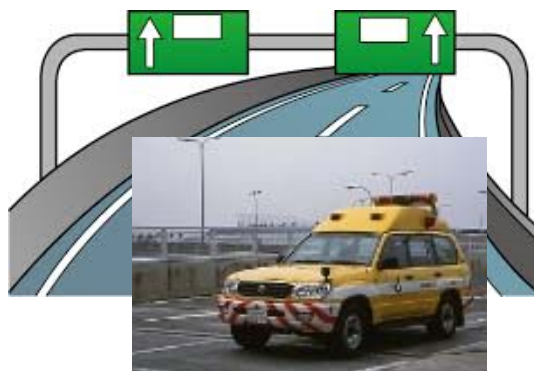


図 2-6 高速道路で利用されるイメージ

③ 一般道路上の保守点検の例

高速道路と同様に、一般道にも保守・点検を必要とする諸設備が存在する。図2-7は、千代田区の一般道路に設置されている消火器、パーキングメーター、電気設備等々の一例である。これらも同じ姿かたちの設備が多数並んでおり、保守が必要な設備を目視で選択するためには、保守員が徒歩で移動することが必要になる。

保守車両等に搭載された高出力型リーダライタで、個体識別が可能となれば、作業が必要な場所の近くまでは車両で、短時間の移動が可能になる。金属製の筐体に設備が格納されており、中出力型リーダライタでは読み取りが不可能なため、高出力型リーダライタが必要である。



図2-7 一般道に設置されている保守点検が必要な機器のイメージ

(4) 列車管理

線路脇に高出力型リーダライタを設置し、列車に取り付けられた電子タグを読み取るにより、列車の個体識別を実施しその後のポイント制御等に利用することができる。リーダライタを、線路の安全距離に設置する必要があるので空中線電力の大きい高出力型リーダライタが必要である。

リーダライタ設置については線路下又は列車に平行な設置も必要であるが、送信は他への干渉を考慮し、列車確認センサーによる監視を行い列車が近接してから初めてリーダライタが送信を開始するのが一般的である。

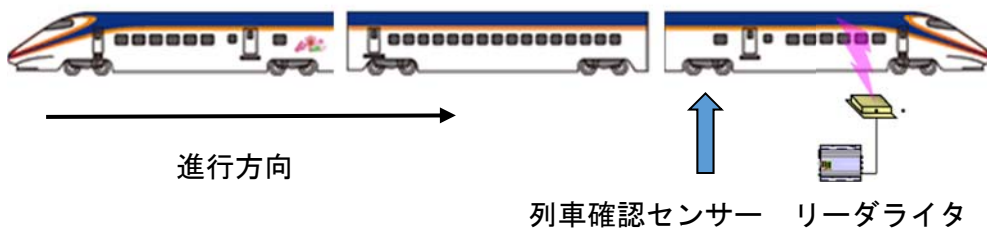


図 2 - 8 列車管理で利用されるイメージ

2.1.3 技術的条件に関する検討

(1) システム要求条件

現在、物流等において構内で使用されているハンディ型のパッシブ系電子タグシステムのスペックを図 2-9 に示す。キャリアセンスを実施し使用周波数帯を他の無線局が使用していないことを確認し電波を発射するとともに、送信時間制限、送信休止時間制限を設けることで、複数システムの共用を図る運用がされている。



特徴 (1W製品)

- 読み取り性能
 - ・5mというクラストップレベルの読み取り性能
 - ・マルチパワァ機能による高速処理
 - ・円偏波アンテナによる360°全方向読み取り
- 現場で求められる機能
 - ・RFタグ連続読み取りでも約8時間の長時間動作
 - ・ガンシップ形状、軽量ボディ
 - ・QVGAカラー液晶とタッチパネルでアプリの直観的操作が可能

準拠規格	ARIB STD-T106
周波数 (ch)	916.8 (5)、918.0 (7)、919.2 (11)、920.4 (23)、920.6 (24)、920.8 (25) MHz
チャネル幅	200 kHz
送信出力	1W以下
アンテナ利得	6dBi以下
制御装置 (干渉防止: LBT)	送信時間制限 ・送信時間: 4秒以内 ・停止時間: 50ms以上 キャリアセンスレベル ・-74dBm キャリアセンス時間 ・5+(Rx0.5) ms以上: Rは0~10の乱整数
変調方式	PR-ASK
伝送速度	40 Kbps
読取距離	約5m
出力調整	20段階
対象タグ	ISO/IEC 18000-63 (Type C)

出典: 株式会社デンソーウェーブ

図 2 - 9 既存の高出力型パッシブ系電子タグシステム

既存の高出力型リーダライタが現行の技術基準のまま構外で使用可能となると、利用者は新たなリーダライタ等の購入が不要となり、経済的なメリットが高く、広く普及が期待される。またリーダライタのメーカーも新たな製品開発を行うことなく、既存の製品で新しい高出力型リーダライタのビジネスを展開できることから、時間的、経済的に普及拡大に寄与することができる。

次に、今回、要望が出てきているマラソン等のタイム計測では、競技者の汗や

移動速度の影響を受けず確実に競技者に貼付された電子タグを読み取るため、空中線電力 1W、空中線利得 6dBi、常時電波を発射する高出力型リーダライタが必要である。

その他、移動車両による設備点検や列車管理等、リーダライタが高速で移動する利用においても、空中線電力 1W、空中線利得 6dBi、常時電波を発射することが必要である。

これらの状況を踏まえ、既存の構内無線局と同じ技術基準のまま構外に利用範囲を拡大することが適当である。

表 2 - 2 に現行の構内無線局（免許局および登録局）の技術基準を示す。

表 2 - 2 現行の構内無線局（免許局および登録局）の技術基準

	構内無線局（免許局）	構内無線局（登録局）
周波数帯	916.7～920.9MHz	
チャンネル数等	916.8、918.0、919.2、920.4、920.6、920.8MHz	
無線チャンネル	200kHz	200kHzxn (n=1～3)
等価等方輻射電力	36dBm	
空中線電力	1W 以下	
空中線利得	6dBi 以下	
	EIRP=36dBm 以下の場合は、低下分を利得で補うことができる	
キャリアセンス時間	不要	5ms 以上
キャリアセンスレベル		-74dBm
最大送信時間		4 秒
送信時間後の停止時間		50ms 以上

(2) 隣接システムへの影響

上記条件で隣接システムへの干渉検討を行い、運用上問題ないことを確認した。詳細な評価結果は第 3 章に記載する。

2.2 アクティブ系小電力無線システムの送信時間制限の見直しへの対応

2.2.1 検討の背景

アクティブ系小電力無線システムは、920MHz 帯の電波到達性が高いという特徴を生かして、センサーネットワークやアクティブタグシステムとして活用されてきたが、近年は IoT（Internet of Things）の普及により、多数のモノをつなぐネットワークとしても活用されている。IoT では、モノの状態や変化をセンシングして収集した多くのデータを、分析することで新しい価値をもたらす情報に変換し、その情報を活用してサービスを行う。例えば、家庭内の生活家電や情報機器、スマートメーター、各種センサーをつないで生活をサポートするスマートハウスを実現したり、橋梁やトンネルなどに取り付けたセンサーの情報から、平時や災害時の建造物の老朽化を監視するインフラモニタリングを実現したりしている。

920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムでは、より広いエリアをカバーするために、スター型だけでなく、メッシュ型のマルチホップ無線通信システムが普及している。データをバケツリレーしながら、他の無線局を経由して集計局にデータが伝送されるため、電波到達距離の数倍のエリアをカバーできる。

また近年では、マルチホップを行わず、伝送レートを下げたり、受信特性を向上させることで電波到達距離を高めた LPWA（Low Power Wide Area）ネットワークも普及しつつある。

アクティブ系小電力無線システムでは、一つ一つの無線局が 1 回に伝送するデータ量は比較的小さく、送信頻度も 1 時間に数回程度のものが主流である。一方で、今後さまざまなモノに無線局が設置されることが想定されており、同一エリアで、多くのシステムが同時に動作することになる。そのため、送信時間や休止時間、キャリアセンスだけでなく、無線局あたりの送信時間総和も制限することで、より多くのシステムが共用できるようにしている。具体的には、キャリアセンスを行う無線局においては、送信時間率（デューティ比）で 10%以下（1 無線局あたりの 1 時間の送信時間総和が 360 秒以下）に制限している。現行の規定を表 2-3 に示す。

表 2 - 3 アクティブ系小電力無線システムにおける送信時間総和の制限

アクティブ系小電力無線システムの技術基準			
局種等	陸上移動局 250mW 以下	特定小電力無線局 20mW 以下	特定小電力無線局 1mW 以下
周波数	920.5MHz 以上 923.5MHz 以下	920.5MHz 以上 928.1MHz 以下	915.9MHz 以上 929.7MHz 以下
送信時間制限条件 1	キャリアセンス：5ms 以上 送信：4s 以内 休止：50ms 以上	キャリアセンス：5ms 以上 ・ 920.5-923.4MHz 送信：4s 以内 休止 50ms 以上	【キャリアセンス不要】 ① 915.9-928.1MHz 送信：100ms 以内 休止：100ms 以上 総和：3.6s/h 以下
送信時間制限条件 2	キャリアセンス：128μs 以上 5ms 未満 送信：400ms 以内 休止：2ms 以上 総和：360s/h 以下	キャリアセンス：128μs 以上 5ms 未満 ・ 920.5-928.1MHz 送信：400ms 以内 休止：2ms 以上 総和：360s/h 以下	② 928.1-929.7MHz 送信：50ms 以内 休止：50ms 以上

現在実用化されている範囲においては、送信時間率が数%程度のシステムが主流であるため、この送信時間総和の制限は大きな課題とはなっていない。

ただし、メッシュ型マルチホップ無線システムにおいては、今後の様々な利用形態を考慮した場合、より利便性を向上させるために送信時間制限を見直すべきとの要望が出されている。例えば、電力会社向けスマートメーター通信システムでは、国内の複数の電力会社で 920MHz 帯特定小電力無線局を用いたメッシュ型マルチホップ無線システム（以下、「無線マルチホップ方式」という。）が主方式として採用されている。通常、メーター検針値とネットワーク制御用のパケットを送受信しているが、セキュリティ対策や機能追加等が必要な際は、データサイズが大きいファームウェアの更新を実施する。

また、大規模イベント開催中や災害発生確率が高い時に、多数の情報を集中モニタリングしたいとの要望が有り、日常的に大量のデータが発生する訳ではないが、特定の条件下で送信時間総和の上限を超える試算が出ている。

2. 2. 2 利用シーン

(1) スマートメーター

2010年6月に改訂された「エネルギー基本計画」では「2020年代の可能な限り早い段階で原則すべての需要家にスマートメーターを導入すること」が示され、以降、スマートメーターの導入が急ピッチで進んでいる。国内の複数の電力会社では、920MHz帯特定小電力無線局を用いた無線マルチホップ方式を主方式として採用している。

電力のスマートメーターシステムは、図2-10に示すように、電柱などに設置されたコンセントレーター（集約装置）が各メーターの通信部と通信を行うほか、各メーターの通信部が相互に通信することによりメッシュ状のネットワークを作っている。各メーター通信部が30分毎に検針した電力量のデータは、メーター間をバケツリレー方式で転送され、コンセントレーターを経由して電力会社のサーバーに送信される（上り通信）。また、電力会社からスマートメーターへ開閉器の操作コマンドなどが送信される（下り通信）。このほか、マルチホップネットワークを維持管理するための制御信号が上り、下りでやり取りされており、これらを総称して通常トラヒックと呼ぶ。

上り通信ではコンセントレーターに直収され、かつ、下流に接続するメーター台数が最も多いメーターの通信部（図2-10のSM1）で送信トラヒックが最多となる。一方、下り通信ではコンセントレーターで送信トラヒックが最多となる。このような特徴を考慮して、無線マルチホップの構成（コンセントレーター当たりのメーター台数やホップ数）は、通常アクティブ系中出力無線システムに許容された送信時間制限に十分に収まるように設計される。

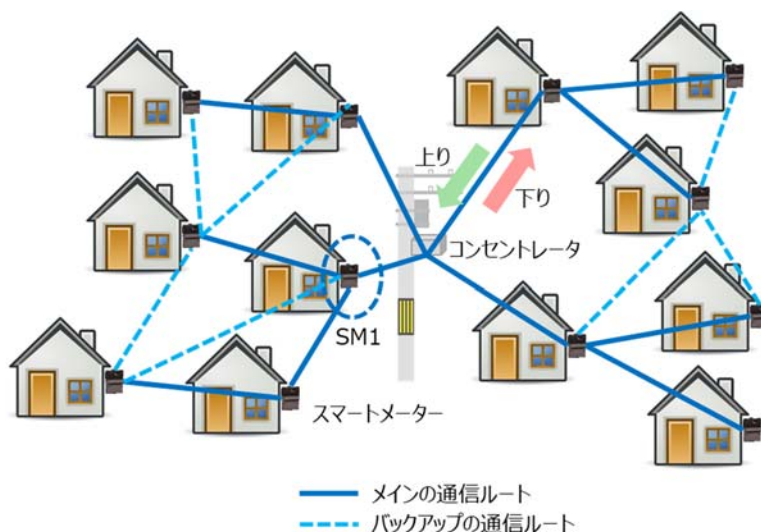


図2-10 スマートメーターの無線マルチホップ

(2) 災害時やイベントでのモニタリング

近年、ゲリラ豪雨などによる河川の氾濫や土砂災害が増えている。土砂災害特別警戒区域として、現在全国で 30 万箇所以上の地域が指定されており、年間平均で 1000 箇所以上の土砂災害が発生している。これらの災害からの被害を最小限に抑えるために、河川や斜面の異常を検知するモニタリングが進められつつある。具体的には、水位計で上流の河川の増水を検出することで、下流における河川の氾濫を事前に予測することができる。また、加速度センサーや光ファイバーセンサーなどで斜面の土砂の微細なずれを検出したり、水分量センサーで斜面の土砂に含まれる水分量を測定することで、土砂崩れの兆候を予測できるようになることが期待されている。

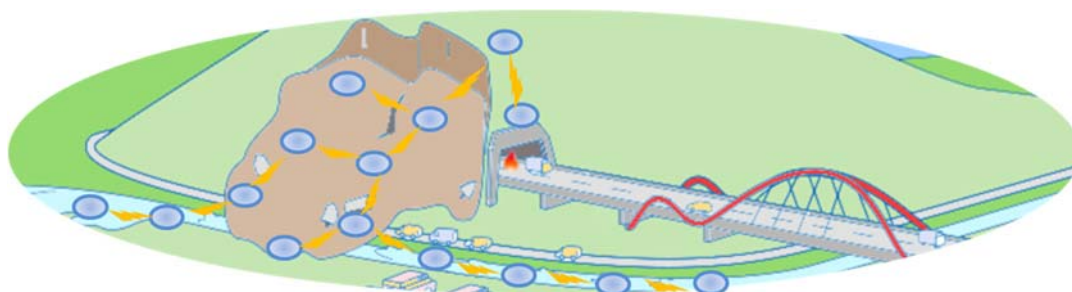


図 2 - 11 斜面や河川のマルチホップ無線通信の例

斜面や河川は観測すべき範囲が広く、多くの測定点になるため、マルチホップ通信が有効であるが、多くのセンサー情報を高頻度で収集するには、伝送すべき情報量が多すぎて現実的ではない。そこで、例えば平時は低頻度で情報収集して、変化がないことを確認しつつ、台風が接近したり、一定量以上の降水量が発生した後など、災害発生確率が高くなった時だけ高頻度で情報収集して、河川氾濫や土砂崩れの兆候をとらえることなどの運用が考えられる。

2. 2. 3 技術的条件に関する検討

(1) 現状の課題

現行規定では、送信装置あたり 1 時間当たりの送信時間の総和は 360 秒以下とされている。このため、スマートメーターについては、プログラムの更新に時間を要し、かつ、システム運用コストの増加要因となっているとともに、新システムについては、本規定を超えた運用になる試算となっている。スマートメーターのプログラム更新に要する時間と新システム（災害時やイベントでのモニタリング）運用時の 1 時間当たりの送信時間の総和について計算を行った結果を示す。

① スマートメーター

電力のスマートメーターはセキュリティ対策や機能改善・変更のためにプログラムをダウンロードして更新できるようになっているのが一般的である。この場合、通常トラヒックに加え、ダウンロードのための下り方向の送信トラヒックが追加で発生する。この下りトラヒックはコンセントレーターで最も顕著となるため、送信時間制限に抵触しないよう十分な時間をかけて送信される。

【仮定条件】

プログラムサイズ	750k バイト（再送分、ヘッダなどを含む）
通常トラヒックのデューティ比	1.2%（コンセントレーター）

上記のような条件でメーター500 台に個別にプログラムをダウンロードする時間を試算すると、

$$\begin{aligned} \text{送信時間} &= 750\text{k バイト} \times 8 \text{ ビット}/100\text{kbps} \times 500 \text{ 台} = 30,000 \text{ 秒} \\ & \text{デューティ比 } 10\% \text{ 下では } 30,000 \text{ 秒} \div (10\% - 1.2\%) = \text{約 } 4 \text{ 日} \end{aligned}$$

を要する計算となる。

実際には、数万～数十万台規模で同時にプログラム更新を行なう等、いくつかの手法を組み合わせることでプログラム更新作業を実施するが、この計算に見られるように個別のダウンロードを行う際には送信時間制限の上限により一定の作業期間を予定する必要があり、その分、運用コストのアップになったり、プログラム更新までに時間を要することとなっている。

② 災害時やイベントでのモニタリング

マルチホップ通信では、ネットワークトポロジーの関係で、集計局から1ホップ目の中継ノード（図2-12のAノード）にトラヒックが集中してしまうため、高頻度で情報収集する時間が長いと、送信時間総和の制限を大きく超えてしまう可能性がある。

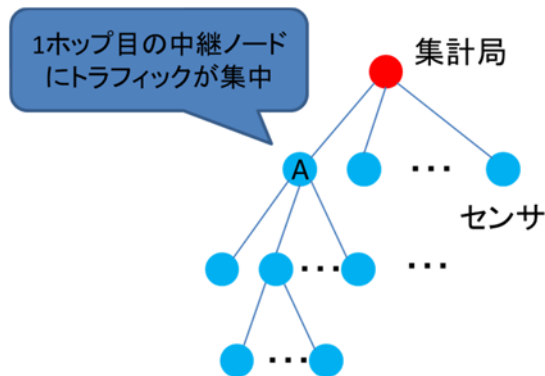


図 2 - 12 マルチホップネットワークにおけるトラフィック集中

例えば、以下のような条件を仮定した場合、送信時間率が 10%を超える伝送量になることが試算される

【仮定条件】

パケットサイズ	127 バイト
送信頻度	1 回/10 秒
通信速度	100kbps

A ノード以下に 99 台のノードが接続されているとすると、A ノードは自ノードのセンサー情報を含めて、100 台分のデータを送信する必要があるため、送信時間総和は以下の通りとなる。

【送信時間総和（送信時間率）】

$$127 \text{ バイト} \times 8 \text{ ビット}/100\text{kbps} \times 100 \text{ 台}/10 \text{ 秒} = 10.16\%$$

伝送エラー時の MAC 層における再送などを考慮すると、さらに送信時間は増加するため、送信時間総和の制限（送信時間率 10%）を超えてしまう。ただし、災害発生確率が高くなる時間帯は長くても数時間であり、上述のように、災害発生確率の高い時期だけ送信頻度を調整する運用を行うことで、平時に 10%を超えることはなくなる。

災害以外の例として、イベント会場における生体モニタリングも挙げられる。最近では市民スポーツや音楽関係のイベントなど、真夏の屋外で 1 万人を超えるような大規模なイベントが開催されることが増えているが、屋外であるため、参加者が脱

水症状を起こし、熱中症になるなどの課題がある。そこで熱中症を事前に発見するために、イベント参加者に体温や心拍数などを測定する生体センサーをつけてもらい、イベント開催中に常にモニタリングする対策が考えられる。

生体センサーは頻繁に値が変化するものではないので、送信頻度は災害の例よりは低くても良いが、接続する参加者数が多いため、Aノードの送信時間率は多くなる。

【仮定条件】

パケットサイズ	127 バイト
送信頻度	1 回/1 分
通信速度	100kbps

Aノード以下に 999 台のノードが接続されているとすると、Aノードは自ノードのセンサー情報を含めて、1000 台分のデータを送信する必要があるため、送信時間総和は以下の通りとなる。

【送信時間総和（送信時間率）】

$$127 \text{ バイト} \times 8 \text{ ビット/100kbps} \times 1000 \text{ 台} / 1 \text{ 分} = 16.93\%$$

このように、災害発生確率が高くなった時やイベント開催中などの、数時間にわたり大量のデータ収集を行う場合に、現行規定の送信時間総和の制限を超えてしまうことが考えられる。

(2) 課題解決方法の検討

アクティブ系小電力無線システムの制度導入時（平成 23 年の 950MHz 帯からの移行時）に、より多くのシステムが共用できるよう送信時間制限が設定されたときの主旨に鑑みつつ、前節のような 920MHz 帯の利活用方法の拡大を可能とするための 3 つの解決案について検討を行った。

表 2-4 利活用方法の拡大のための検討案

検討案	課題解決の可否		メリット	デメリット
	スマートメーター	災害・イベント		
案① 複数の無線チャンネル※を切り替えて使用する場合に限り、送信装置当たりのデューティ比を緩和する	○	○	複数の無線チャンネルを切り替えて使用することで、システム間の干渉確率を減少でき、周波数上の供用率が高まる。	装置単位のデューティ比が増加し、周辺では干渉確率が高まる。
案② デューティ比の単位時間を変更する（現行の1時間から2時間にするなど）	×	○	2時間当たりの干渉確率は現行と同じ。	1時間当たりのデューティ比が現行より増加する場合には周辺での干渉確率が増加する。 スマートメーターのプログラム更新には数日を要するため、数時間単位のデューティ比計算では課題解決ができない。 災害確率が高い時間帯やイベント開催時間が2時間を超える場合に、送信時間総和の上限を超える可能性が高い。
案③ 占有帯域を広げて対応する	△	△	チャンネル当たりの電力密度が低くなるため他システムとの干渉回避のために離隔距離は小さくなる。	占有帯域が広がるため、干渉を受けるチャンネルが増える。 受信特性（SN比、ブロッキング比、隣接チャンネル選択度）が悪化するためネットワーク設計の見直しになることがある。 連続した複数チャンネルを束ねて利用するため、特に災害時などは空きチャンネルを確保しにくくなる可能性が高い。

※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、200kHz幅の単位チャンネルを1、2、3、4又は5同時に使用して構成されるもの。

以上の検討より、案①の複数の無線チャンネルを切り替えて使用する場合に限り、送信装置当たりのデューティ比を緩和することとした。デューティ比の緩和幅については、緩和の程度と得られる効果を勘案して、現行の2倍となる20%を上限とした。なお、無線チャンネル当たりのデューティ比は、現行通り10%以下とする。

また、利用シーンが無線マルチホップで想定されており、周辺システムへの影響を限定的とするため、特定小電力無線局を対象とするのが妥当である。

(3) 隣接システムへの影響

チャンネルをまたがって干渉を受けない条件で運用する無線局にとっては、現行通りチャンネル単位でのデューティ比が 10%以下であるため、特段、干渉影響が増加することはないと考えられる。一方、チャンネルをまたがって干渉を受ける条件で運用する無線局（近接システムなど）にとっては装置単位のデューティ比が増えるため、干渉影響が増加することとなる。このケースも踏まえ、隣接システムへの干渉影響の評価を行った。

詳細な評価結果は第 3 章に記載してあるが、デューティ比が 10%から 20%へと 2 倍に増えることに対して、LTE と MCA の隣接システムへの影響は、運用上問題がないことを確認した。

(4) 制度改正後の送信時間制限の運用イメージ

図 2 - 13 に現行と制度改正後の単一の無線チャンネル（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、200kHz 幅の単位チャンネルを 1、2、3、4 又は 5 同時に使用して構成されるもの）の運用と複数の無線チャンネルを切り替えて運用する場合の送信時間制限について図示する。現行は、送信装置単位かつ無線チャンネル単位で、デューティ比 10%以下としている。制度改正後は、単一の無線チャンネルを運用する場合は、現行規定通り送信装置単位かつ無線チャンネル単位でデューティ比 10%以下とするが、複数の無線チャンネルを切り替えて運用する場合に限り、送信装置単位でデューティ比 20%以下、無線チャンネル単位でデューティ比 10%以下とする。

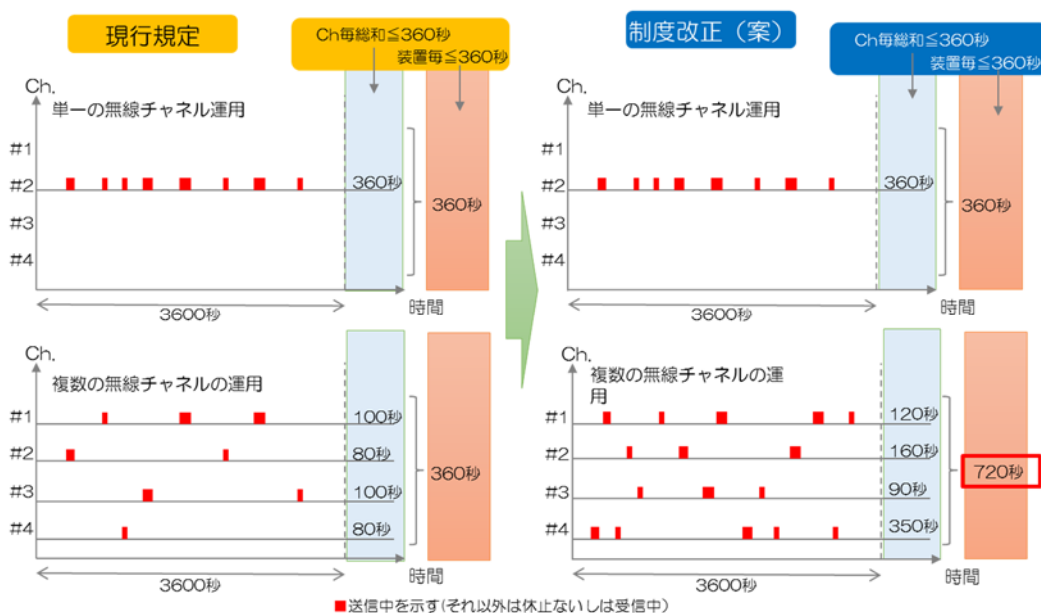


図 2 - 13 制度改正前後での送信時間制限の運用イメージ

2.3 電波防護指針への適合性等

2.3.1 電波防護指針

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。高出力型パッシブ系電子タグシステムについては、新たな利用形態での使用が増えるため、電波防護指針の基準値（電気通信技術審議会答申 諮問第 38 号「電波利用における人体の防護指針」（平成 2 年 6 月））への適合性について検討を行った。

電波防護指針では、評価する対象が、電波利用の実情が認識されていると共に、防護対象を特定することができる状況下であり、注意喚起など必要な措置可能であり、電波利用の実情が認識され防護指針の主旨に基づいた電波利用を行うことが可能な場合は、条件 P を適用し、このような条件が満たされない場合は、条件 G を適用することとしている。各条件における指針値を、それぞれ表 2-5 及び表 2-6 に示す。

表 2-5 条件 P の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
300MHz - 1.5GHz	$3.54f \text{ (MHz)}^{1/2}$	$f \text{ (MHz)}^{1/2} / 106$	$f \text{ (MHz)} / 300$

表 2-6 条件 G の電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

周波数 f	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
300MHz - 1.5GHz	$1.585f \text{ (MHz)}^{1/2}$	$f \text{ (MHz)}^{1/2} / 237.8$	$f \text{ (MHz)} / 1500$

920MHz 帯における電磁界強度指針値を求めると、表 2-7 のとおりとなる。

表 2-7 920MHz における電磁界強度（6 分間平均値）の指針値

条件	電界強度の実効値 E [V/m]	磁界強度の実効値 H [A/m]	電力密度 S [mW/cm ²]
条件 P	107.374	0.286	3.067
条件 G	48.075	0.128	0.613

電波の強度の算出については、「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を定める件」（平成 11 年郵政省告示第 300 号）において、以下の式が定められている。

$$S = \frac{PG}{40\pi R^2} \cdot K \cdot \dots \text{ (式 1)}$$

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おける絶対利得

R: 算出にかか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 : K=2.56

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。

また、920MHz 帯パッシブ系電子タグシステムの諸元を、表 2 - 8 に示す。

表 2 - 8 920MHz 帯パッシブ系電子タグシステムの諸元

システム	空中線利得	空中線電力	最大 EIRP
高出力型パッシブ系電子タグシステム	6dBi	1.00W (最大 4.0W)	4.0W
中出力型パッシブ系電子タグシステム	3dBi	0.25W (最大 0.5W)	0.5W

ここで、全ての反射を考慮しない場合をケース 1、大地面の反射を考慮する場合をケース 2、ケース 2 の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をケース 3 として、式 1 により各システムの時間率を考慮せずに電波防護指針を満足する離隔距離を求めた結果を表 2 - 9 及び表 2 - 10 に示す。

表 2 - 9 条件 P において各システムの電波防護指針を満足する離隔距離 (cm)

システム	ケース 1	ケース 2	ケース 3
高出力型パッシブ系電子タグシステム	10.2	16.3	32.4
中出力型パッシブ系電子タグシステム	3.6	5.8	11.5

表 2 - 10 条件 G において各システムの電波防護指針を満足する離隔距離 (cm)

システム	ケース 1	ケース 2	ケース 3
高出力型パッシブ系電子タグシステム	22.7	36.4	72.6
中出力型パッシブ系電子タグシステム	8.1	12.9	25.7

ハンディ型の高出力型パッシブ系電子タグシステムは、操作者が約 8m 以内の距離内にある商品や機器に貼付されている電子タグとの通信することが想定されており、送信時間は短く（登録局の場合は 1 回の送信時間が 4 秒）、再読み取り等を行う場合でも、一度の運用で十数秒程度の電波発射時間であり、表 2 - 7 の指針で示される平均時間 6 分に比べて非常に短く、その利用形態を鑑みると特段支障がないと考えられる。

また、タイム計測用のマット型の高出力型パッシブ系電子タグシステムは、競技者はマットの上をすぐに走り去ってしまうため、その利用形態を鑑みると特段支障がないと考えられる。但し、高出力型パッシブ系電子タグシステム近傍に、競技者が立ち止まることや、観客や運営者などが長時間滞在する可能性もあるため、現場において適切に管理するとともに、広く周知することが必要である。

その他、2.1.2 節で示したように、一般的に想定されうる利用形態（人体との離隔距離、空中線電力、時間率等）を考慮した際には、実運用上の問題は生じないものと考えられるが、算出される電力密度の値が基準値を超える状況での利用が想定される場合には、個別に検討がなされ、電波防護指針に適合するよう適切に処置することが必要である。

なお、ハンディ型のパッシブ系電子タグシステムは、屋内、屋外を問わず使用され、移動する無線局に該当することが想定されるため、電波法施行規則第 21 条の 3 の適用除外の扱いとなる。

2. 3. 2 植込み型医療機器等への影響

総務省では、各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響の調査研究を実施している。920MHz 帯のパッシブ系電子タグシステムの機器に関しては、平成 27 年度に植込み型医療機器（心臓ペースメーカー及び除細動器）に及ぼす影響について調査を実施している。

本調査では、17 台の植込み型心臓ペースメーカー、18 台の植込み型除細動器と高出力型パッシブ系電子タグシステム 15 機種、中出力型パッシブ系電子タグシステム 9 機種を用いて影響測定が行われた。測定の結果、高出力型パッシブ系電子タグシステムのうち据置き型で最大 10cm の距離で、ハンディ型のもので最大 7cm の距離でそ

れぞれ影響が生じ、中出力型パッシブ系電子タグシステムについては最大 1cm 未満の距離で影響が生じた。なお、除細動器に対してはいずれも影響が生じなかった。

これらを踏まえ、平成 28 年 11 月に改訂された「各種電波利用機器の電波が植込み型医療機器等へ及ぼす影響を防止するための指針」において、RFID 機器と装着者あるいは装着部位との距離を 22cm 以上取ること、更なる安全性の検討を関係団体で行っていくことが示されており、本指針に沿った運用が求められる。

第3章 他の無線システムとの共用に関する検討

3.1 パッシブ系電子タグシステムの普及予測及び同時送信台数予測

3.1.1 パッシブ系電子タグシステムの普及予測

「情報通信審議会 情報通信技術分科会 移動通信システム委員会報告（平成 23 年 6 月 24 日）」（以下、「平成 23 年委員会報告」という。）におけるパッシブ系電子タグシステムの普及予測は、諸外国との共通の周波数に変更され普及に弾みがつくとの予測から、高出力型、中出力型を合わせて、平成 26 年度（2014 年）末で 18 万台程度と予測していた。

平成 23 年委員会報告時はパッシブ系電子タグシステムの創成期であったため、すべての条件が整ったとの前提で最大普及数を予測したが、実績数値とは大きな乖離があった。そのため今回は無線局の免許・登録申請を行った実績ベースの数値を基にして普及予測を実施した。計算の結果を図 3 - 1 に示す。詳細については、参考資料 1 のとおり。

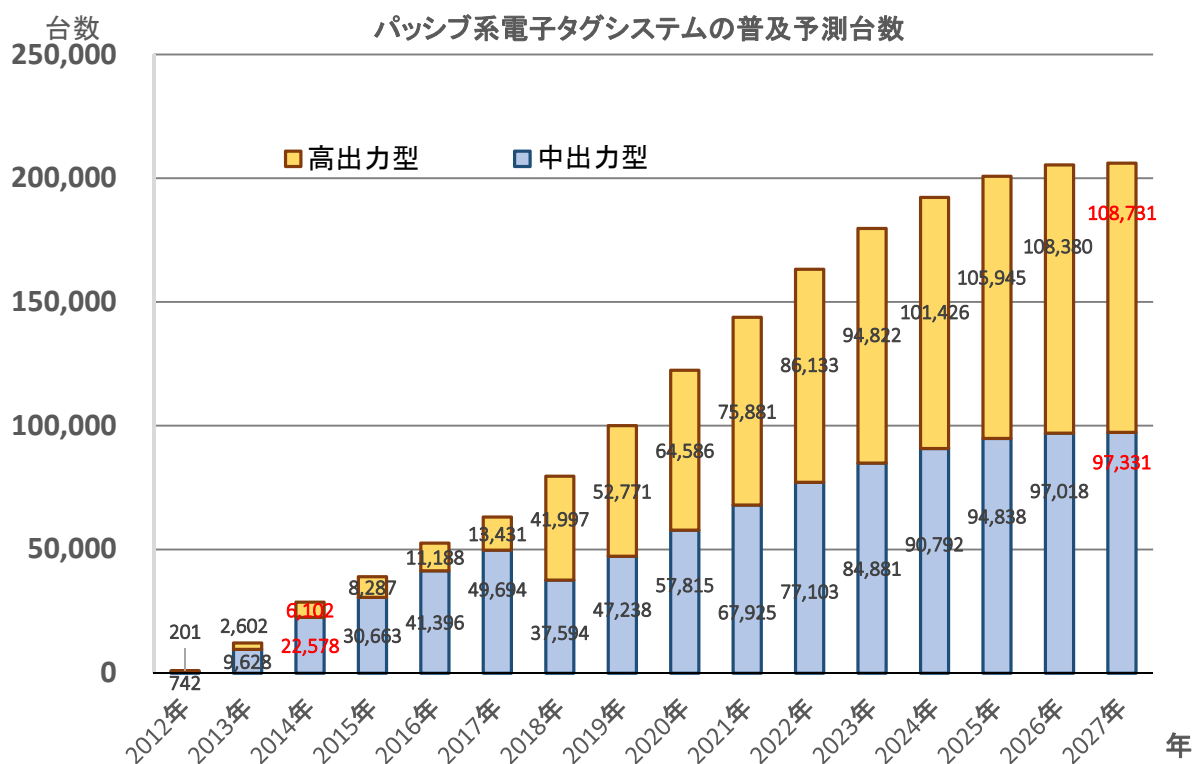


図 3 - 1 パッシブ系電子タグシステムの普及予測台数

3. 1. 2 パッシブ系電子タグシステムの同時送信台数

普及予測を前提とするパッシブ系電子タグシステムの同時送信台数を参考資料 1 により、以下の通り推定した。

表 3-1 パッシブ系電子タグシステムの同時送信台数

システム名	同時送信台数 (台/km ²)
高出力型パッシブ系電子タグシステム	4.464
中出力型・低出力型パッシブ系電子タグシステム	0.902

3.2 アクティブ系小電力無線システムの普及予測及び同時送信台数予測

3.2.1 アクティブ系小電力無線システムの普及予測

平成 23 年委員会報告において、920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの普及予測では、2024 年頃にアクティブ系小電力無線システムの無線装置台数が最大普及状態になると仮定して普及予測を行った。特に平成 23 年委員会報告までの普及予測では、共用検討を目的としていたこと及び 920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの市場がまだ成長期に入っていなかったことから、全ての条件で最大普及することを想定して予測を行っており、現実の市場における普及台数とは大きな乖離があった。

今回は、IoT 市場の急激な普及に伴い、それを支える 920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの市場も成長期に入りつつあるため、実際の市場普及台数から見込まれる現実的な普及台数予測を行った。さらにはスマートメーターの普及が一段落して十数年後の 2035 年を最大普及状態と仮定して、2035 年までの普及台数を予測した。ただし、共用検討に用いるという目的には変更がないため、一部の条件では最大普及の予測値を採用している。

計算の結果、市場全体の 920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの普及予測は表 3-2 のとおりとなる。

表 3 - 2 920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの総ノード数普及予測台数

単位：台

	2017 年	2020 年	2025 年	2030 年	2035 年
エネルギー関連	6,507,892	15,500,251	36,610,181	61,657,324	78,976,478
インフラ関連	16,543	31,800	88,740	164,480	231,474
工場・製造関連	4,872	12,214	32,508	43,757	46,786
セキュリティ関連	16,343,904	25,769,144	41,293,746	46,876,081	47,785,089
農業・畜産関連	53,419	99,364	273,617	578,035	869,586
ヘルスケア関連	40,060	75,072	377,738	1,542,363	2,862,112
物流・流通関連	11,170	79,149	778,318	1,855,363	2,888,424
自然・環境関連	40,582	93,195	294,644	577,913	825,644
自動車関連	316,576	568,555	1,215,333	1,883,564	2,393,944
市場全体	23,335,016	42,228,742	80,964,823	115,178,880	136,879,537

3.2.2 アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数

本普及予測を前提とするアクティブ系小電力無線システムの同時送信台数を、参考資料 2 より、以下の通り推定した。

表 3 - 3 アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数

システム名	同時送信台数 (台/km ²)
高出力型アクティブ系小電力無線システム (250mW)	1.074
中出力型アクティブ系小電力無線システム (20mW)	6.935
低出力型アクティブ系小電力無線システム (1mW)	0.839

3.3 帯域外のおシステムとの共用に関する検討

920MHz 帯電子タグシステム等の同時送信台数について 3.1.2 節及び 3.2.2 節で検討した結果を踏まえ、図 3-2 のとおり、隣接する携帯電話システム (LTE 上り) (900MHz ~915MHz) 及び MCA 上り (930MHz~940MHz) への干渉 (以下、与干渉) の検討を行った。平成 23 年委員会報告においては、新しい周波数配置による検討であったことから隣接しない携帯電話システム (LTE 下り) (940MHz~955MHz) への共用検討も行ったが、今回は検討の対象外とした。

与干渉においては、周波数配置、ガードバンド等の条件は変更していないものの、干渉計算の詳細条件は、参考資料 3 及び 4 の通り、実運用に併せた最小離隔距離の設定や干渉計算ツールのバージョンアップなど、平成 23 年委員会報告とは変更した条件で検討を行った。

被干渉においては、干渉計算の詳細条件を変更することにより被干渉の影響も変わる可能性もあるが、現状でも LTE 及び MCA からの干渉は問題となっていないことなどから、検討の対象外としている。



図 3 - 2 920MHz 帯電子タグシステム等の干渉検討の組み合わせ

3.3.1 干渉に関する検討の前提条件

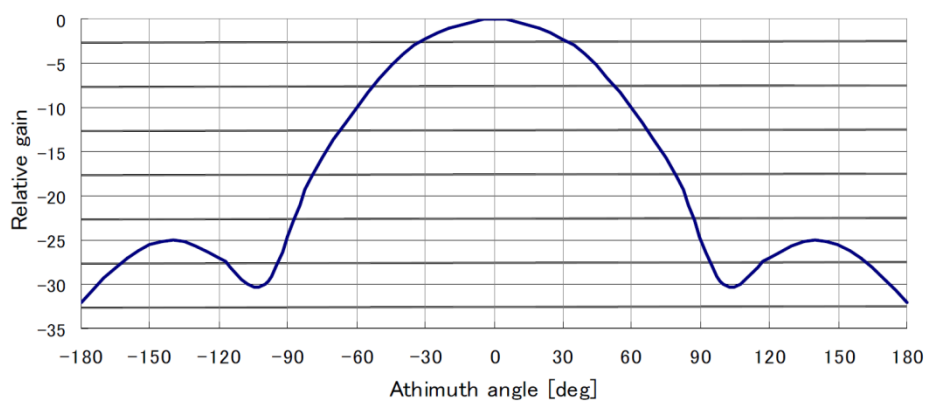
今回、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、アンテナ利得、不要発射の強度等の規定は改正されないため、1 対 1 の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから検討の対象外とし、SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool : モンテカルロ手法を用いた無線システム間の干渉調査を行うためのソフトウェアツール) による確率的な調査を行った。

なお 920MHz 帯電子タグシステム等については、表 3-4 に記載の送信パラメータを用い、また、最大同時送信台数については、3.1.2 節及び 3.2.2 節で検討した数値を用いて干渉検討を行った。

表 3 - 4 920MHz 帯電子タグシステム等の送信パラメータ

項目	単位	パッシブ系電子タグシステム		アクティブ系小電力無線システム			備考
		高出力型	中出力型	高出力型	中出力型	低出力型	
		1W	250mW	250mW	20mW	1mW	
空中線電力	dBm	30	24	24	13	0	
空中線利得	dBi	6	3	3	3	3	
アンテナ指向特性	水平	図3-3参照	無指向	無指向	無指向	無指向	
	垂直	図3-3参照	図3-4参照	図3-4参照	図3-4参照	図3-4参照	
給電線損失	dB	0	0	0	0	0	
アンテナ地上高	m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	
不要発射の強度	dBm/MHz	-48	-45	-45	-45	-45	LTE上り、MCA上り帯域の値

水平面、垂直面指向特性



(水平特性と垂直特性はほぼ同等)

図 3 - 3 高出力型パッシブ系電子タグシステムの
アンテナ指向性 (水平面、垂直面)

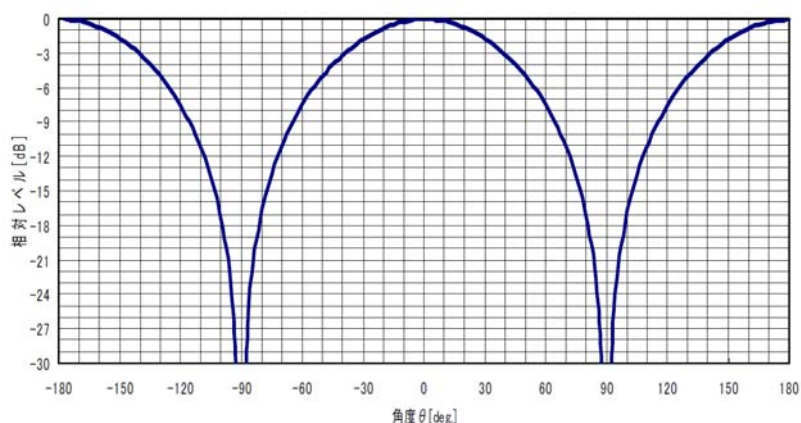


図 3 - 4 中出力型パッシブ系電子タグシステム並びに
アクティブ系小電力無線システムのアンテナ指向性 (垂直面)

3.3.2 携帯電話システム（LTE）への干渉

パッシブ系電子タグシステムから LTE 上りへの帯域内干渉及び帯域外干渉を SEAMCAT により確率計算を実施し、干渉確率 3%以下となるための所要改善量を算出した結果を表 3-5 に示す。なお平成 23 年委員会報告においては、新たな周波数配置であることなどから最悪値としてパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力無線システムを合わせて確率干渉計算を行い評価したが、今回はパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力無線システムのそれぞれのシステム別に確率干渉計算を行い評価することとした。

表 3-5 パッシブ系電子タグシステムから LTE 上りへの干渉

与干渉機器	被干渉機器											
	基地局				小電力レピータ (移動局対向器)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋外型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用一体型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用分離型)	
	自由空間		拡張帯		自由空間		自由空間		自由空間		自由空間	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
パッシブ系電子タグシステム (高出力型+中出力型)	4.43	-2.46	-16.82	-19.31	9.48	9.96	1.17	-4.66	9.56	10.06	-0.36	-0.09

パッシブ系電子タグシステムから LTE 基地局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張帯式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

パッシブ系電子タグシステムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は、所要改善量がプラスとなるケースがあるが、パッシブ系電子タグシステムの製造マージンが数 dB、与干渉屋内⇒被干渉屋外及び与干渉屋外⇒被干渉屋内の位置関係になる場合においては壁透過損（10dB 程度）が見込まれる。また小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は設置高・考慮半径等の設定条件を SEAMCAT に実装されている伝搬式で適用可能な範囲で実施しているが、実運用においては遮蔽損、透過損等のその他減衰も見込まれる。これらにより所要改善量の良化が見込まれる事及び実運用に当たってはパッシブ系電子タグシステムと携帯電話システム（LTE）の小電力レピータ及び陸上移動中継局のアンテナ設置場所及び設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整する事により、共用可能である。

アクティブ系小電力無線システムから LTE 上りへの帯域内干渉及び帯域外干渉を SEAMCAT により確率計算を実施し、干渉確率 3%以下となるための所要改善量を算出した結果を表 3-6 に示す。

表 3-6 アクティブ系小電力無線システムから LTE 上りへの干渉

与干渉機器	被干渉機器											
	基地局				小電力レピータ (移動局対向器)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋外型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用一体型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用分離型)	
	自由空間		拡張帯		自由空間		自由空間		自由空間		自由空間	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
アクティブ系小電力無線システム (高出力型+中出力型+低出力型)	9.55	-2.16	-5.87	-21.57	15.37	2.27	9.30	-3.98	15.40	2.11	5.44	-7.81

アクティブ系小電力無線システムから LTE 基地局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張帯式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

アクティブ系小電力無線システムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は、所要改善量がプラスとなるケースがあるが、アクティブ系小電力無線システムの製造マージンが数 dB、与干渉屋内⇒被干渉屋外及び与干渉屋外⇒被干渉屋内の位置関係になる場合においては壁透過損（10dB 程度）が見込まれる。また小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は設置高・考慮半径等の設定条件を SEAMCAT に実装されている伝搬式で適用可能な範囲で実施しているが、実運用においては遮蔽損、透過損等のその他減衰も見込まれる。これらにより所要改善量の良化が見込まれる事及び実運用に当たってはアクティブ系小電力無線システムと携帯電話システム（LTE）の小電力レピータ及び陸上移動中継局のアンテナ設置場所及び設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整する事により、共用可能である。

3.3.3 MCA への干渉

パッシブ系電子タグシステムから MCA 上りへの帯域内干渉及び帯域外干渉を SEAMCAT により確率計算を実施し、干渉確率 3%以下となるための所要改善量を算出した結果を表 3-7 に示す。

表 3-7 パッシブ系電子タグシステムから MCA 上りへの干渉

与干渉機器	被干渉機器							
	中継局 40m				中継局 150m			
	自由空間		拡張帯		自由空間		拡張帯	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
パッシブ系電子タグシステム (高出力型+中出力型)	-3.44	15.42	-19.87	-4.61	-18.40	0.37	-36.19	-17.29

パッシブ系電子タグシステムから MCA 中継局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

アクティブ系小電力無線システムから MCA 上りへの帯域内干渉及び帯域外干渉を SEAMCAT により確率計算を実施し、干渉確率 3%以下となるための所要改善量を算出した結果を表 3-8 に示す。

表 3-8 アクティブ系小電力無線システムから MCA 上りへの干渉

与干渉機器	被干渉機器							
	中継局 40m				中継局 150m			
	自由空間		拡張秦		自由空間		拡張秦	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
アクティブ系小電力無線システム (高出力型+中出力型+低出力型)	0.04	4.43	-15.75	-14.17	-14.79	-9.07	-32.81	-26.26

アクティブ系小電力無線システムから MCA 中継局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

3.4 920MHz 帯電子タグシステム等間の共用に関する検討

パッシブ系電子タグシステムとアクティブ系小電力無線システムは一部周波数帯を共用している。高出力型パッシブ系電子タグシステムが構外で使用可能となることによる、アクティブ系小電力無線システムへの影響について、2.1.1 節の表 2-1 に示す高出力型パッシブ系電子タグシステムの構外での利用シーン（物流、イベント、列車管理、移動車両による設備点検）に対しそれぞれ検討を行った。

物流、列車管理、移動車両による設備点検の利用シーンについては、その利用形態を鑑みると共用が可能となる。

イベント（マラソン計測）の利用シーン等、短期間固定的に構外で設置され常時電波を発射する利用形態については、アンテナを設置する周辺環境や使用時間、両者が使用するチャンネルの関係により影響が異なるため、920MHz 帯電子タグシステム等に関する一定の知識・技能を身につけた技術者が操作することが望ましく、また民間規格において、運用ルールを規定することが適当である。

なお、それぞれのシステム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

た結果は参考資料 5 に示す。

表 3-9 高出力型パッシブ系電子タグシステムからアクティブ系小電力無線システム
への影響

利用シーン	懸念される影響	対処方法・解決策
物流	荷物の配達時に、ハンディ型のパッシブ系電子タグシステムをマンション入り口や道路脇で使用する場合、マンションに設置されているスマートメーターへの影響が懸念される。	1 回の操作は 1 分以下と見込まれ、特定の場所に長時間とどまり作業するものではなく、電波の送信時間も短時間であるため、影響の度合いは小さく共用可能。
イベント	マラソン計測で、固定型(マット型)パッシブ系電子タグシステムを使用する場合、常時、電波が発射されるため、近傍にアクティブ系小電力無線システムが存在すると長時間影響を受けることが懸念される。	<p>マラソン計測は、競技者が通過した際に確実にタグを読み取る必要があるため電波は常時発射しておく必要があるが、アンテナの設置場所は中間地点やゴール地点に特定され、大会時間のうち競技者が通過する時間に限定して使用することで、影響は地理的・時間的に限定的となる。</p> <p>また、パッシブ系電子タグシステムがアクティブ系小電力無線システムへ与える影響は、アンテナを設置する周辺環境や使用時間、両者が使用するチャネルの関係により影響が異なるため、920MHz 帯電子タグシステム等に関する一定の知識・技能を身につけた技術者が操作することが望ましく、また民間規格において、運用ルールを規定することが適当である。</p> <p>上記のような措置を講じることにより共用可能。</p>
列車管理	車両基地や踏切脇に固定型(平面型)アンテナを設置し、列車に向け横向きに電波を発射する場合、対向面にアクティブ系小電力無線システムがあると影響を受けることが懸念される。	他システム(レーダー)で列車を感知した際に電波を発射するため、常時発射は行わないこと、また、列車方向にしか電波を出さないよう設置の工夫を行うことにより、共用可能。

移動車両による設備点検	作業車に設置したパッシブ系電子タグシステムが常時電波を発射する場合、近くにあるマートメーターへの影響が懸念される。	特定の場所にとどまって常時発射することは想定されないため共用可能。
-------------	---	-----------------------------------

第4章 920MHz帯電子タグシステム等の新たな利用に向けた技術的条件

4.1 高出力型パッシブ系電子タグシステムの技術的条件

4.1.1 一般的条件

(1) 変調方式

規定しない。

(2) 周波数帯

916.7MHz から 920.9MHz 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 916.8MHz から 920.8MHz までの 200kHz 間隔のうち、916.8MHz、918MHz、919.2MHz 及び 920.4MHz から 920.8MHz までの 3 チャンネルの合計 6 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

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 36dBm (6dBi の送信空中線に 1W の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む) 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

空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

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。ただし、中心周波数が916.8MHz、918MHz、919.2MHz 及び 920.4MHz の単位チャン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ンネルに対して行い、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-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。

ウ 送信時間制御

キャリアセンスを行う無線設備にあつては、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。

(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。

4. 1. 2 無線設備の技術的条件

(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 10dBm 以下であること。また、隣接チャンネル漏えい電力は 0.5dBm 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 から 3 までの自然数)

イ 周波数の許容偏差

$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以下であること。

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 から 3 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、表 4-1 に定めるとおりであること。

表 4-1 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
710MHz 以下	-36dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	-58dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	-58dBm	100kHz
915MHz を超え 915.7MHz 以下及び 923.5MHz を超え 930MHz 以下	-39dBm	100kHz
915.7MHz を超え 923.5MHz 以下 （無線チャネルの中心からの離調が 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
930MHz を超え 1GHz 以下	-58dBm	100kHz
1GHz を超え 1.215GHz 以下	-48dBm	1MHz
1.215GHz を超えるもの	-30dBm	1MHz

(2) 受信装置

副次的に発する電波等の限度については、930MHz 以下（915MHz を超え 930MHz 以下を除く。）は-54dBm/100kHz 以下、1.215GHz を超えるものは-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以下であること。

4. 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は、スペクトルアナライザ等を用いて給電線入力点

にて測定し、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。なお、精度を高めるために分解能帯域幅を狭くして測定可能だが、この際は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。

(4) 隣接チャネル漏えい電力

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えい電力を、スペクトル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。

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。なお、精度を高めるために分解能帯域幅を狭くして測定してもよく、この場合、副次発射の強度は、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。

4.2 中出力型アクティブ系小電力無線システムの技術的条件

4.2.1 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

920.5MHz から 928.1MHz 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 920.6MHz から 928MHz までの 200kHz 間隔の 38 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、3、4 又は 5 同時に使用して構成されるものとする。

(6) 空中線電力

20mW 以下とする。ただし、送信空中線が無線設備の一の筐体に収められており、かつ、容易に開けることができない場合であって、等価等方輻射電力が 16dBm (3dBi の送信空中線に 20mW の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む。) 以下となるものにあっては、250mW 以下とすることができる。

(7) 空中線利得

3dBi 以下とする。ただし、等価等方輻射電力が、16dBm (3dBi の送信空中線に 20mW の空中線電力を加えたときの値であって、空中線電力の許容偏差を含む。) 以上となる場合は、その超えた分を送信空中線の利得で減ずるものとし、当該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

空中線系を除く高周波部及び変調部は、容易に開けることができないこと。

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、中心周波数が 920.6MHz から 923.4MHz までの単位チャンネルにより構成される無線チャンネルを使用する場合においては、128 μ s 以上 5ms 未満又は 5ms 以上、中心周波数が 923.6MHz から 928.0MHz までの単位チャンネルにより構成される無線チャンネルを使用する場合においては、128 μ s 以上 5ms 未満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-80dBm とし、これを超える場合、送信を行わないものであること。ただし、(6)のただし書により、空中線電力が 20mW を超えるものにあつては、その超えた分、キャリアセンスレベルを減ずるものとする。
- (エ) 他の無線設備からの要求(送信しようとする無線チャンネルについて、キャリアセンスを行ったものに限る。)に応答する場合であつて、要求の受信を完了した後 2ms 以内に送信を開始し、当該要求の受信を完了した後 5ms 以内(一のチャンネルのみを使用する場合は 50ms 以内)に完了する送信については、キャリアセンスを要さない。

ウ 送信時間制御

- (ア) キャリアセンス時間 5ms 以上の場合

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、最初に電波を発射してから連続する 4 秒以内に限り、その発射を停止した後 50ms 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 128 μ s 以上のキャリアセンスを行った後に送信するものとし、かつ、最初に電波を発射してから連続する 4 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 5ms 未満の場合

送信装置の1時間当たりの送信時間の総和は360秒以下とする。ただし、複数の無線チャネルを切り替えて使用する場合は、送信装置の1時間当たりの送信時間の総和は720秒以下、各無線チャネルの1時間当たりの送信時間の総和は360秒以下とすることができる。

また、電波を発射してから送信時間400ms以内にその電波の発射を停止し、送信休止時間2ms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、送信装置の1時間当たりの送信時間の総和が360秒以下で、かつ、電波を発射してから送信時間6ms以内にその電波の発射を停止する場合は、送信休止時間2msは不要とする。

なお、他の無線設備からの要求(送信しようとする無線チャネルについて、キャリアセンスを行ったものに限る。)に応答する場合であって、要求の受信を完了した後2ms以内に送信を開始し、当該要求の受信を完了した後5ms以内(一の単位チャネルのみを使用する場合は50ms以内)に完了する送信については、1時間あたりの送信時間の総和に含めないこととする。

(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、32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。

4. 2. 2 技術的条件

(1) 送信装置

ア 無線チャネルマスク

中心周波数が920.6MHzから928.0MHzまでの周波数を使用する場合の周波数帯幅は(200 \times n) kHzとし、隣接する単位チャネル内に放射される電力は-15dBmであること。(n:同時に使用する単位チ

チャンネル数で 1 から 5 までの自然数)

イ 周波数の許容偏差

± 20×10^{-6} 以内であること。ただし、単一の単位チャンネルを使用する場合にあつては、単位チャンネルの幅を指定周波数帯の幅とし、周波数の許容偏差は上記の規定を適用しないことができる。この場合、割当周波数は単位チャンネルの中心周波数とする。

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 から 5 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、表 4-2 に定めるとおりであること。

表 4 - 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
710MHz 以下	-36dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	-55dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	-55dBm	100kHz
915MHz を超え 920.3MHz 以下	-36dBm	100kHz
920.3MHz を超え 924.3MHz 以下 （無線チャネルの中心からの離調が（200＋100×n）kHz 以下を除く。n は同時に使用する単位チャネル数。）	-36dBm	100kHz
924.3MHz を超え 930MHz 以下 （無線チャネルの中心からの離調が、（200＋100×n）kHz 以下を除く。n は同時に使用する単位チャネル数。）	-36dBm	100kHz
930MHz を超え 1GHz 以下	-55dBm	100kHz
1GHz を超え 1.215GHz 以下	-45dBm	1MHz
1.215GHz を超えるもの	-30dBm	1MHz

（2）受信装置

副次的に発する電波等の限度については、930MHz 以下（915MHz を超え 930MHz 以下を除く。）は-54dBm/100kHz 以下、1GHz を超えるものは-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以下であること。

4. 2. 3 測定法

高出力型パッシブ系電子タグシステムの技術的条件の規定を適用すること。ただし、占有周波数帯幅、隣接チャネル漏えい電力及びキャリアセンスについては、以下のとおりとする。

（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は、スペクトルアナライザ等を用いて給電線入力点にて測定し、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。

また、指定周波数帯による場合は、単位チャンネル内の上限及び下限の周波数において測定し、占有周波数帯幅が指定周波数帯にあることを確認すること。

(2) 隣接チャンネル漏えい電力

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ンネル内の漏えい電力を、スペクトルアナライザ等を用いて測定する。なお、指定周波数帯による場合は、単位チャンネル内の上限及び下限の周波数において測定すること。また、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。

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) 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、指定周波数帯による場合及び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。

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「920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」について検討を行い、別添のとおり、一部答申（案）をとりまとめた。

別表 1

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員

(平成 30 年 4 月 5 日現在)

(敬称略)

	氏名	所属
(主査) 委員	安藤 真	独立行政法人 国立高等専門学校機構 理事
(主査代理) 専門委員	森川 博之	東京大学 先端科学技術研究センター 教授
専門委員	飯塚 留美	(一財) マルチメディア振興センター 電波利用調査部 研究主幹
"	市川 武男	日本電信電話(株) 技術企画部門 電波室
"	伊藤 数子	特定非営利活動法人 STAND 代表理事
"	大寺 廣幸	(一社) 日本民間放送連盟 常勤顧問
"	小花 貞夫	電気通信大学 情報理工学研究科 教授
"	河野 隆二	横浜国立大学大学院 工学研究院 教授 兼 同大学未来情報通信医療社会基盤センター長
"	鈴木 薫	一般社団法人 全国陸上無線協会 専務理事
"	玉眞 博義	一般社団法人 日本アマチュア無線連盟 専務理事
"	田丸 健三郎	日本マイクロソフト株式会社 技術統括室 業務執行役員 ナショナル テクノロジーオフィサー
"	中原 俊二	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
"	浜口 清	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク総合研究センター 副総合研究センター長
"	本多 美雄	欧州ビジネス協会 電気通信機器委員会 委員長
"	松井 房樹	一般社団法人電波産業会 専務理事・事務局長
"	松尾 綾子	(株) 東芝 研究開発センター 研究主務
"	三谷 政昭	東京電機大学 工学部情報通信工学科 教授
"	矢野 由紀子	日本電気(株) セキュリティ研究所 シニアエキスパート
"	吉田 貴容美	日本無線(株) 研究所 新領域開発企画部 エキスパートリーダー

別表 2

情報通信審議会 情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会

920MHz 帯電子タグシステム等作業班 構成員

(平成 30 年 3 月 20 日現在)

(敬称略)

氏名	所属
主任 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
伊東 克俊	ソニー株式会社 R&D プラットフォーム・システム研究開発本部・要素技術開発部門 コネクティビティ技術開発部 担当部長 無線通信技術領域
乾 明洋	パナソニック システムソリューションズジャパン株式会社 社会システム本部 社会システムセンター テレコム&ユーティリティ部 通信システム課 主任技師
大井 伸二	凸版印刷株式会社 事業開発・研究本部 事業開発センター 担当部長
落合 孝直	富士通フロンテック株式会社 流通事業本部 RFID 事業部 事業部長
川田 拓也	東京ガス株式会社 基盤技術部 スマートシステム研究開発センター IoT サービス開発チーム チームリーダー
小谷 玄哉	三菱電機株式会社 コミュニケーション・ネットワーク製作所 無線通信システム部 技術第三課 専任
斎藤 城太郎	セムテックジャパン合同会社 LoRa 担当 技術課長
佐々木 邦夫	電気興業株式会社 新規事業統括部 事業開発部 参事
佐野 弘和	ソフトバンク株式会社 渉外本部 標準化推進部 制度推進課 課長
清水 芳孝	日本電信電話株式会社 未来ねっと研究所 ワイヤレスシステムイノベーション研究部 主任研究員
鈴木 淳	一般財団法人移動無線センター 事業本部 事業企画部 担当部長
小林 克己	東京電力パワーグリッド株式会社 電子通信部 通信ネットワーク技術センター 課長
中畑 寛	一般社団法人日本自動認識システム協会 研究開発センター RFID 担当 主任研究員
西田 肇夫	東芝エネルギーシステムズ株式会社 電力流通システム事業部 スマートメーターシステム推進部 スマートメーターシステム 技術部 スマートメーター通信技術担当 参事
二宮 照尚	富士通研究所 IoT システム研究所 フィールドエリアネットワークプロジェクト 主管研究員
野島 友幸	一般財団法人テレコムエンジニアリングセンター 技術部 副部長
日比 学	京セラコミュニケーションシステム株式会社 LPWA ソリューション部 副責任者
福永 茂	沖電気工業株式会社 情報・技術本部 研究開発センター イノベーション推進室 シニアスペシャリスト
藤本 和久	一般社団法人電波産業会 研究開発本部 移動通信グループ 主任研究員
山田 隆男	大日本印刷株式会社 情報イノベーション事業部 第2技術本部 ソリューション開発部 第2グループ
李 還幫	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスネットワーク 総合研究センターワイヤレスシステム研究室 総括研究員
渡辺 淳	株式会社デンソーウェーブ AUTO-ID 事業部 製品企画室 CP

参考資料 目次

参考資料 1	920MHz 帯パッシブ系電子タグシステムの同時送信台数 予測等	...54
参考資料 2	920MHz 帯アクティブ系小電力システムの同時送信台数 予測等	...59
参考資料 3	920MHz 帯電子タグシステム等と携帯電話システム (LTE) との干渉検討	...64
参考資料 4	920MHz 帯電子タグシステム等と MCA との干渉検討	...72
参考資料 5	アクティブ系小電力無線システムとパッシブ系電子タグ システムとの共用検討	...80
参考資料 6	共用条件検討で使用した伝搬モデルについて	...84

920MHz 帯パッシブ系電子タグシステムの同時送信台数予測等

1. 920MHz 帯パッシブ系電子タグシステムの普及予測

参表 1-1 に今回見直しを行った高出力型パッシブ系電子タグシステムの普及予測を示す。表内の 2012 年から 2017 年 10 月までの登録局の登録数及び免許局の免許数は、総務省電波利用ホームページで公開されている登録局・免許局の局数である。登録局は 1 包括登録当たり 9 台、免許局は 1 免許当たり 1.2 台のリーダライタが稼働しているとして総台数を計算した。

2018 年以降は予測数量であり、今後の技術革新を考慮し 2027 年頃に稼働数量が飽和すると想定し、約 4 万 4 千台と予測した。なお、本数値は以下に示す現状の中出力型パッシブ系電子タグシステムから移行してくる数量は含んでいない。

次に中出力型パッシブ系電子タグシステムの普及予測台数を検討する。(一社)日本自動認識システム協会が毎年実施している市場統計調査によると、中出力型パッシブ系電子タグシステムは、高出力型パッシブ系電子タグシステムの 3.7 倍程度が稼働している。

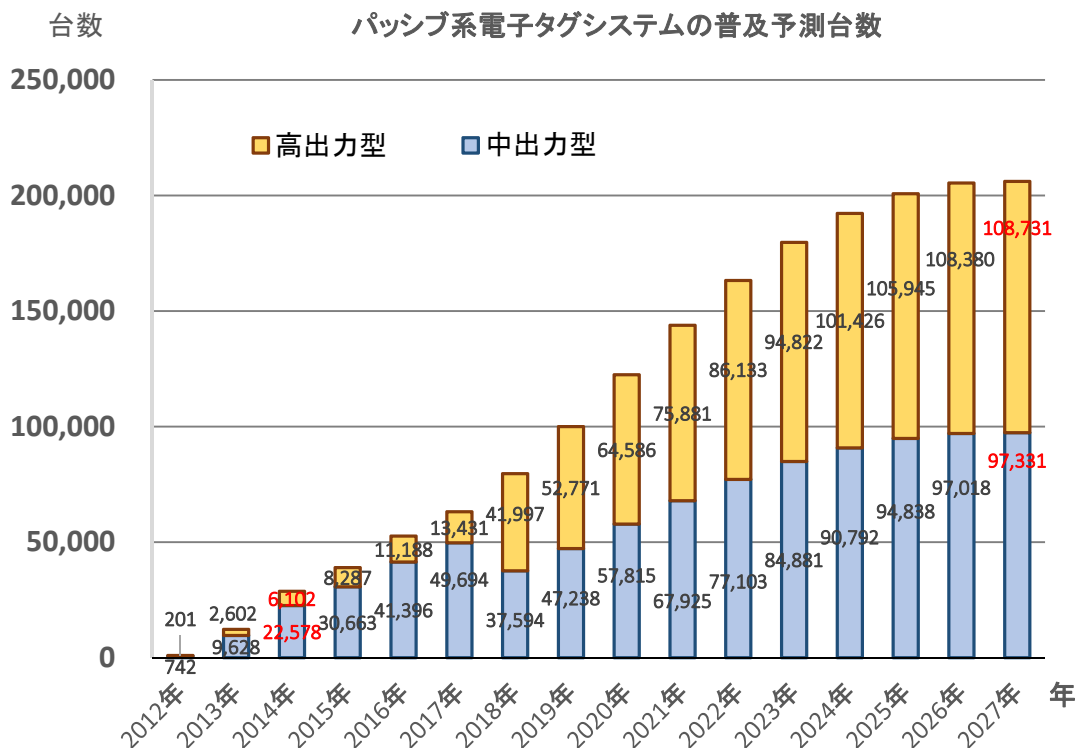
この内、中出力型パッシブ系電子タグシステムの中で、構外でも利用可能な高出力型パッシブ系電子タグシステムに移行する割合を 40%と想定し普及予測を行った。予測結果を参表 1-2 に示すが、中出力型パッシブ系電子タグシステムから高出力型パッシブ系電子タグシステムへ移行すると予測する数量を含んだ最終数値として、中出力型パッシブ系電子タグシステムは約 9 万 7 千台強、高出力型パッシブ系電子タグシステムは約 10 万 9 千台と予測した。参図 1-1 に参表 1-2 の普及台数予測をグラフ化している。

参表 1-1 高出力型パッシブ系電子タグシステムの普及予測

	総務省電波利用ホームページ 無線局情報検索（免許登録数）						累計
	登録局			免許局			
	登録数	前年比	平均 9 台 の総台数	免許局	前年比	平均 1.2 倍 の総台数	
2012 年	16		144	47		56	201
2013 年	190	174	1,713	574	527	689	2,602
2014 年	273	83	2,461	866	292	1,039	6,102
2015 年	121	-152	1,091	912	46	1,094	8,287
2016 年	153	32	1,379	1,268	356	1,522	11,188
2017 年（10 月）	160	7	1,442	667	-601	800	13,431
2018 年（予測）	220	60	1,983	1,267	600	1,520	16,934
2019 年（予測）	260	40	2,344	1,667	400	2,000	21,278
2020 年（予測）	280	20	2,524	1,867	200	2,240	26,043
2021 年（予測）	270	-10	2,434	1,767	-100	2,120	30,597
2022 年（予測）	250	-20	2,254	1,567	-200	1,880	34,731
2023 年（予測）	220	-30	1,983	1,267	-300	1,520	38,235
2024 年（予測）	180	-40	1,623	867	-400	1,040	40,898
2025 年（予測）	140	-40	1,262	467	-400	560	42,720
2026 年（予測）	100	-40	901	67	-400	80	43,702
2027 年（予測）	60	-40	541	-333	-400	-400	43,843
局数	2,893			14,804			
台数			26,078			17,765	43,843

参表 1 - 2 高出力型及び中出力型パッシブ系電子タグシステムの普及予測

	高出力型パッシブ系電子タグシステム 累計	中出力型パッシブ系電子タグシステムの 累計台数 (高出力型の 3.7倍)	中出力型から 高出力型に移 行する割合 (40%)	中出力型パッシブ系電子タグシステムの 累計台数	高出力型パッシブ系電子タグシステムの 累計
2012年	201	742		742	201
2013年	2,602	9,628		9,628	2,602
2014年	6,102	22,578		22,578	6,102
2015年	8,287	30,663		30,663	8,287
2016年	11,188	41,396		41,396	11,188
2017年(10月)	13,431	49,694		49,694	13,431
2018年(予測)	16,934	62,657	25,063	37,594	41,997
2019年(予測)	21,278	78,730	31,492	47,238	52,771
2020年(予測)	26,043	96,358	38,543	57,815	64,586
2021年(予測)	30,597	113,209	45,284	67,925	75,881
2022年(予測)	34,731	128,505	51,402	77,103	86,133
2023年(予測)	38,235	141,468	56,587	84,881	94,822
2024年(予測)	40,898	151,321	60,528	90,792	101,426
2025年(予測)	42,720	158,064	63,225	94,838	105,945
2026年(予測)	43,702	161,696	64,679	97,018	108,380
2027年(予測)	43,843	162,219	64,888	97,331	108,731
局数					
台数				97,331	108,731



参図 1-1 パッシブ系電子タグシステムの普及予測台数

2. パッシブ系電子タグシステムの同時送信台数予測

平成 23 年委員会報告におけるパッシブ系電子タグシステムの同時送信台数予測は、普及予測台数の 10%が東京都内で利用されると想定し、東京都の面積から単位面積当たりの同時送信台数を予測した。また同一周波数帯を使用するアクティブ系小電力無線システムは、別の想定のもと同時送信台数を予測していた。

今回の想定では、パッシブ系電子タグシステムと、アクティブ系小電力無線システムの想定方法を統一して同時送信台数予測を実施した。

今回の同時予測台数を計算するに当たり、条件を以下の様に設定した。

- ① 想定地域は東京都全域ではなく、国内の人口密度の一番高い豊島区とした。
- ② 豊島区の人口比率に合わせて、リーダライタの設置台数を設定した。
- ③ 中出力型パッシブ系電子タグシステム及び高出力型パッシブ系電子タグシステムの登録局と、免許局の送信時間の考え方を分けて検討した。
- ④ 主に物流関連で利用されることの多い、中出力型パッシブ系電子タグシステム及び高出力型パッシブ系電子タグシステムの登録局は、荷卸し時、10分に1回、4秒間（登録局最大送信時間/回）送信するものとした。

- ⑤ 常時送信が可能な高出力型パッシブ系電子タグシステムの免許局は4時間/日、使用するものとした。マラソン等のアプリケーションにおいても、スタート時ランナーが全員スタートした後にもリーダーライターのみ常時送信するという事はないので、実運用に合わせて4時間/日と想定した。
- ⑥ 前記条件より時間率を計算し、常時送信の平均台数、標準偏差等を考慮して、同時送信台数を算出した。詳細の計算内容を参表1-3に示す。

計算結果は、中出力型パッシブ系電子タグシステムが0.902台、高出力型パッシブ系電子タグシステムが4.464台となった。

参表1-3 パッシブ系電子タグシステムの同時送信台数

	項目	中出力型パッシブ系電子タグシステムの無線局	高出力型パッシブ系電子タグシステムの無線局(登録局)	高出力型パッシブ系電子タグシステムの無線局(免許局)	単位	備考
①	機器総台数(2027年)	97,331	64,151	44,580	台	普及台数予測より
②	豊島区の人口密度(2015年)	22,372.48			人/km ²	東京都豊島区は人口密度が第1位
③	日本の人口(2015年)	127,094,745			人	2015年10月の国勢調査結果より
④	人口比に基づくノード密度	17.133	11.292	7.847	台/km ²	①×②÷③
⑤	1台当りの平均送信頻度	0.1	0.1	1	回/分	登録局は1回/10分、免許局4時間/日
⑥	1回当りの送信時間	4	4	10	秒/回	登録局の最大送信時間4秒
⑦	時間率	0.67	0.67	16.7	%	⑤×⑥÷60
⑧	同時通信の平均台数	0.114	0.075	1.308	台/km ²	⑤×⑦
⑨	標準偏差σ	0.337	0.273	1.044		$\sqrt{(④ \times ⑦ \times (1 - ⑦))}$ ※二項分布
⑩	閾値(平均+2.33884σ)	0.902	0.715	3.750	台/km ²	2.33884 : 正規分布における99%値
	同時送信台数	0.902	4.464		台/km²	

920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数予測等

920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムについて、株式会社矢野経済研究所がまとめた市場調査資料『IoT時代のセンサーネットワークマーケット2017』（以下、「IoT参考文献」という。）をベースに、2035年頃にアクティブ系小電力無線システムの無線装置台数が最大普及状態になると仮定して普及予測を行った。

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. アクティブ系小電力無線システムの利用が想定されるアプリケーション

IoT参考文献の分類に合わせて、以下の9分野に分けて整理した。

① エネルギー関連

- エネルギー管理（流通、オフィス、データセンター等）
- 家庭関連（HEMS、スマートメーター含む）
- 事務所関連（BEMS含む）

② インフラ関連

- 道路インフラ（橋梁、トンネル、法面監視、アンダーパス監視など）
- 下水道・浄水場監視、インフラ設備の稼働データ

③ 工場・製造関連

- 維持管理、品質管理
- スマート工場、Industrie4.0
- ITモニタリング（生産設備・機器、重機・建設の遠隔監視）

④ セキュリティ関連

- 機械警備（住宅、非住宅）
- サービス付高齢者向け住宅、高齢者世帯向けセキュリティでの見守りサービス

⑤ 農業/畜産関連

- 施設園芸、植物工場
- 営農支援、作業効率化、収穫予測
- 畜産業（肉牛、乳業、養豚など）での疫病・発情・健康などの固体管理

⑥ ヘルスケア関連

- 見守りサービス、在宅患者モニタリング
- 簡易PHR（パーソナルヘルスレコード）
- メタボ・肥満監視
- ヘルスケアモニタリング（従業員）

⑦ 流通・物流関連

- ヘルスケアモニタリング（ドライバー）
 - トラッキング/トレーサビリティ
- ⑧ 自然・環境関連
- 自然・環境観測（気象、大気汚染、花粉、放射線など）
 - 火山・地震監視
 - 災害監視（河川・港湾・ダム）
 - 防災、危険箇所モニタリング
- ⑨ 自動車関連
- タイヤ空気圧監視、盗難防止装置
 - 車両運行管理
 - コネクティッドカー、テレマティックス

上述の 9 分野以外にも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 9 分野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。

2. アクティブ系小電力無線システムの普及予測

IoT 参考文献には、9 分野ごとに 2021 年（一部 2025 年）までの IoT センサーシステム全体の出荷台数予測が記載されている。ただし、有線システムと無線システムを全て含めた予測値となっており、無線方式ごとの内訳などは記載されていない。

この IoT 全体の出荷台数予測値に対し、2030 年に成長率が 1 となるように外挿して、2035 年までの IoT 全体の出荷台数予測値を算出し、さらにアプリケーションごとに 920MHz 帯が使われる割合を仮定して、920MHz の出荷台数を算出した。なお、市場に出荷された無線装置は最大 15 年間、継続利用されると仮定し、過去 15 年間の出荷台数を累積して普及台数を算出した。ただし、950MHz 帯の台数は加算せず、920MHz 帯へ周波数移行した 2011 年以降の出荷台数の累積値としている。

市場全体のアクティブ系小電力無線システムの普及予測は参表 2-1 になる。2035 年にノード数が市場に最大普及状態になると仮定すると、総数は約 1 億 4000 万台と算出される。

参表 2-1 アクティブ系小電力無線システムの総ノード数普及予測

(単位：台)

	2017 年	2020 年	2025 年	2030 年	2035 年
エネルギー関連	6,507,892	15,500,251	36,610,181	61,657,324	78,976,478
インフラ関連	16,543	31,800	88,740	164,480	231,474
工場・製造関連	4,872	12,214	32,508	43,757	46,786
セキュリティ関連	16,343,904	25,769,144	41,293,746	46,876,081	47,785,089
農業・畜産関連	53,419	99,364	273,617	578,035	869,586
ヘルスケア関連	40,060	75,072	377,738	1,542,363	2,862,112
物流・流通関連	11,170	79,149	778,318	1,855,363	2,888,424
自然・環境関連	40,582	93,195	294,644	577,913	825,644
自動車関連	316,576	568,555	1,215,333	1,883,564	2,393,944
市場全体	23,335,016	42,228,742	80,964,823	115,178,880	136,879,537

他システムへの干渉を検討するために、送信出力別の総ノード数の普及予測も行う。平成 23 年委員会報告の予測では、屋内で利用するものは 1mW 局を主に使い、工場やビルでの監視や自動検針など、電波環境の悪い場所や長距離伝送が必要な場所で利用するものは 20mW 局や 250mW 局を主に使うなど、アプリケーションが必要とする通信距離に応じて送信出力を使い分けると仮定していたが、現在の市場では、通信距離とは無関係に、20mW 局が主に利用されている。

今回は、市場での利用状況に合わせて、1mW 局はアクティブタグ、250mW 局は LPWA の集計局を主に想定して算出した。2035 年の送信出力別の普及予測台数は参表 2-2 のようになる。

参表 2 - 2 2035 年 送信出力別の総ノード数普及予測

分野	全体	1mW 局	20mW 局	250mW 局
エネルギー関連	78,976,478	0	75,027,654	3,948,824
インフラ関連	231,474	0	219,900	11,574
工場・製造関連	46,786	0	46,786	0
セキュリティ関連	47,785,089	0	45,395,835	2,389,254
農業・畜産関連	279,355	0	265,387	43,479
ヘルスケア関連	2,862,112	858,634	1,860,373	143,106
物流・流通関連	2,888,424	866,527	2,021,897	0
自然・環境関連	825,644	0	784,362	41,282
自動車関連	2,393,944		2,274,247	119,697
市場全体	136,879,537	1,725,161	128,457,160	6,697,216

3. アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数

参表 2 - 2 の普及予測をもとに、アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数を算出した（参表 2 - 3）。

平成 23 年委員会報告までの予測では、家庭市場と大型建造物市場に分けて、それぞれの建物の密集度の高いエリアに対してノード密度を算出していた。しかし、現在は 2 つの市場に明確に分けられないアプリケーションも増えてきたため、今回の予測では市場を分割せず、人口密度に比例して全てのアクティブ系小電力無線システムが利用されると仮定した。この際、最も人口密度の高い東京都豊島区の人口密度からノード密度を算出した。さらに、各アプリケーションで典型的なシステム構成を想定し、平均送信頻度を算出した。

ただし、送信時間総和の上限を送信時間率 10%から 20%に緩和することを想定し、20mW 局の⑦時間率は、平成 23 年委員会報告の予測値の 2 倍に増やして算出した。

参表 2-3 アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数予測（2035年）

	項目	1mW	20mW	250mW	単位	備考
①	日本の総ノード台数（2035年）	1,725,161	128,457,160	6,697,216	台	送信出力別台数予測より
②	豊島区の人口密度（2015年）	22,372.48			世帯/km ²	2015年10月の人口密度ランキング1位である東京都豊島区の人口密度
③	日本の人口（2015年）	127,094,745				2015年10月の国勢調査結果より
④	人口比に基づくノード密度	304	22,612	1,179	台/km ²	①×②÷③
⑤	1台当りの平均送信頻度	1.944	0.766	0.774	回/分	
⑥	1回当りの送信時間	0.010			秒/回	100kbps 127バイトの packets で計算
⑦	時間率	0.033	0.013	0.013	%	⑤×⑥÷60
⑧	同時通信の平均台数	0.100	2.931	0.155	台/km ²	④×⑦
⑨	標準偏差σ	0.316	1.712	0.393		$\sqrt{(④ \times ⑦ \times (1 - ⑦))}$ ※二項分布
⑩	閾値（平均+2.33884σ）	0.839	6.935	1.074	台/km ²	2.33884 : 正規分布における99%値

以上より、最も密集した地区におけるアクティブ系小電力無線システムの同時送信台数は、以下の通りと想定される。

参表 2-4 アクティブ系小電力無線システムの同時送信台数

システム名	同時送信台数（台/km ² ）
高出力型アクティブ系小電力無線システム（250mW）	1.074
中出力型アクティブ系小電力無線システム（20mW）	6.935
低出力型アクティブ系小電力無線システム（1mW）	0.839

920MHz 帯電子タグシステム等と携帯電話システム（LTE）との干渉検討

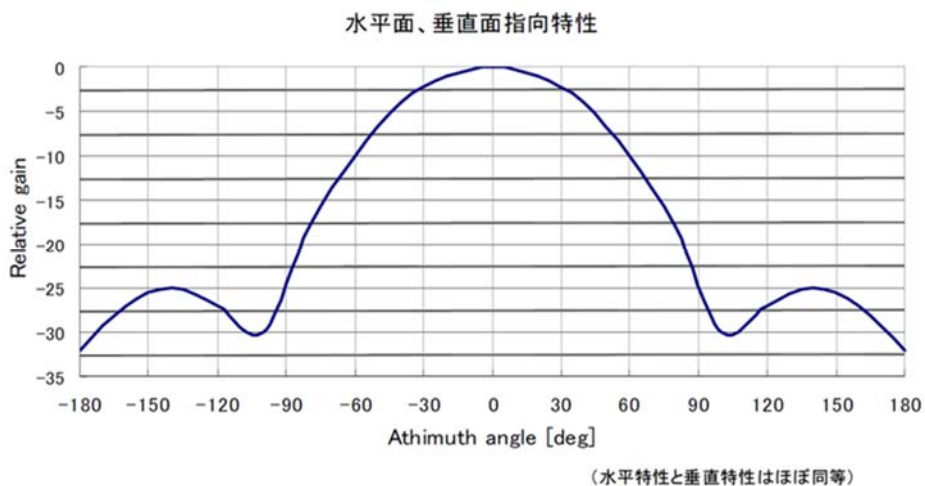
1. 920MHz 帯電子タグシステム等のスペック

干渉検討に用いた 920MHz 帯電子タグシステム等の送信特性について参表 3-1 に示す。

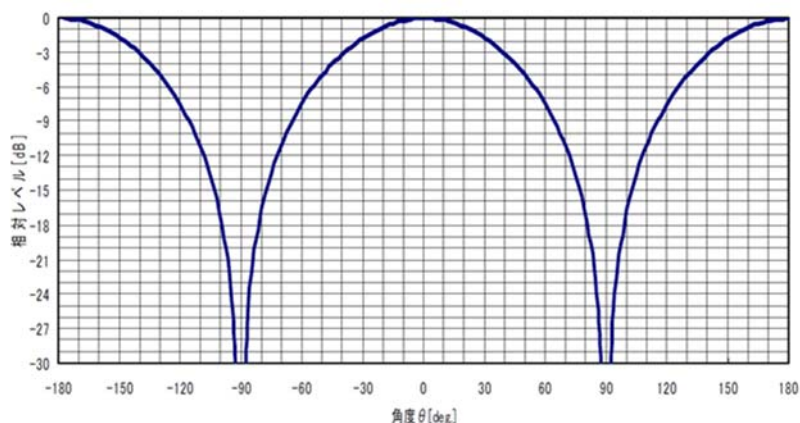
参表 3 - 1 920MHz 帯電子タグシステム等送信特性

項目	単位	パッシブ系電子タグシステム		アクティブ系小電力無線システム		
		高出力型	中出力型	高出力型	中出力型	低出力型
		1W	250mW	250mW	20mW	1mW
空中線電力	dBm	30	24	24	13	0
空中線利得	dBi	6	3	3	3	3
アンテナ指向特性	水平	下図参照	無指向	無指向	無指向	無指向
	垂直	下図参照	下図参照	下図参照	下図参照	下図参照
給電線損失	dB	0	0	0	0	0
アンテナ地上高	m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
不要発射の強度	dBm/MHz	-48	-45	-45	-45	-45

※不要発射の強度は帯域外の他のシステム（LTE 上り MCA 上り）帯域の値である。



**参図 3 - 1 高出力型パッシブ系電子タグシステムのアンテナ指向性
(水平面、垂直面)**



参図 3 - 2 中出力型パッシブ系電子タグシステム並びにアクティブ系小電力無線システムのアンテナ指向性（垂直面）

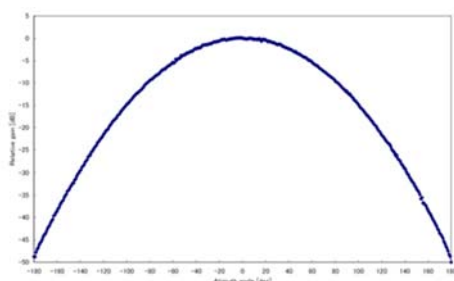
2. 携帯電話システム（LTE）のスペック

干渉検討に用いた携帯電話システム（LTE）の被干渉側・上り受信特性について表 3 - 2 に示す。この数値は情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会報告（平成 23 年 5 月 17 日）より引用した値となる。

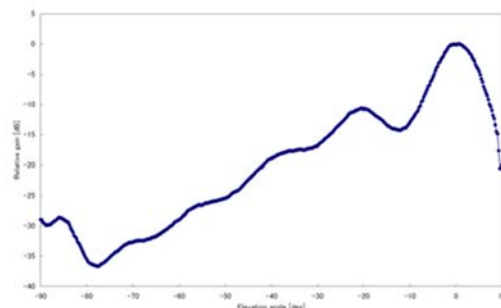
参表 3 - 2 携帯電話システム（LTE）上り受信特性

項目	単位	基地局	小電力レピータ (移動局対向器)	陸上移動中継局 (移動局対向器 屋外型)	陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用一体型)	陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用分離型)
空中線利得	dBi	14	0	11	0	0
アンテナ指向特性	水平	下図参照	無指向	下図参照	無指向	無指向
	垂直	下図参照	無指向	下図参照	無指向	無指向
給電線損失	dB	-5	0	-8	0	-10
アンテナ地上高	m	40	2	15	2	3
許容干渉レベル(帯域内)	dBm/MHz	-119	-118.9	-118.9	-118.9	-118.9
許容干渉レベル(帯域外)	dBm	-43	-44	-44	-44	-44

基地局についてのアンテナパターンを下図に示す。

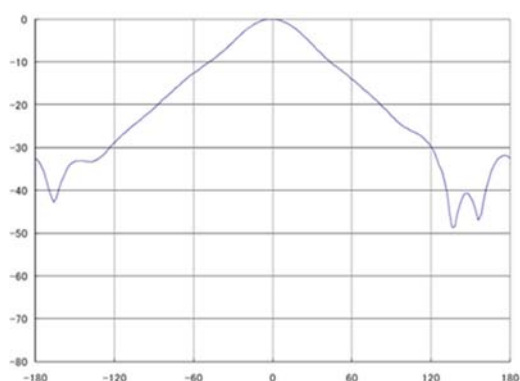


参図 3 - 3 水平面指向特性

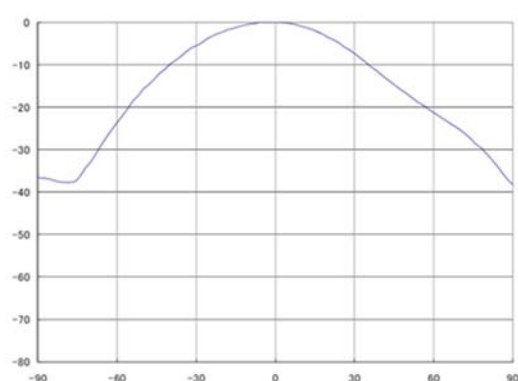


参図 3 - 4 垂直面指向特性

陸上移動中継局（移動局対向器 屋外型）のアンテナパターンを下図に示す。



参図 3 - 5 水平面指向特性



参図 3 - 6 垂直面指向特性

3. 干渉検討の組み合わせ

920MHz 帯電子タグシステム等の与干渉検討対象システムを参表 3 - 3 に、携帯電話システム（LTE）の被干渉検討対象システムを参表 3 - 4 に示す。

参表 3 - 3 920MHz 帯電子タグシステム等の与干渉検討対象システム

高出力型パッシブ系電子タグシステム（1W）
中出力型パッシブ系電子タグシステム（250mW）
高出力型アクティブ系小電力無線システム（250mW）
中出力型アクティブ系小電力無線システム（20mW）
低出力型アクティブ系小電力無線システム（1mW）

参表 3 - 4 携帯電話システム（LTE）の被干渉検討対象システム

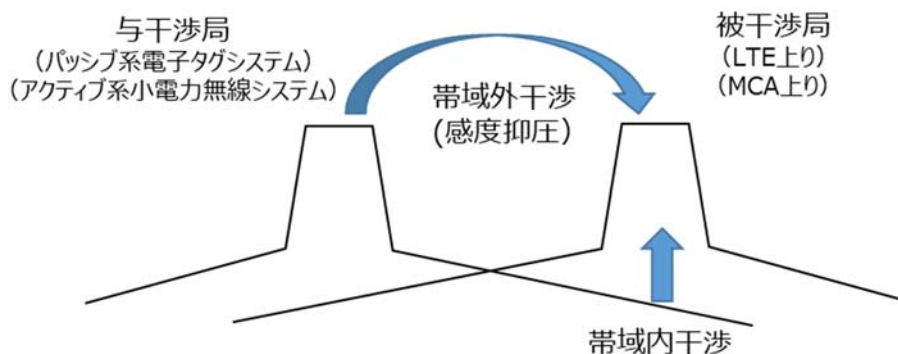
基地局
小電力レピータ
陸上移動中継局 移動局対向器 屋外型
陸上移動中継局 移動局対向器 屋内用一体型
陸上移動中継局 移動局対向器 屋内用分離型

4. 干渉検討方法

今回、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、アンテナ利得、不要発射の強度等の規定は改正されないため、1 対 1 の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから検討の対象外とした。

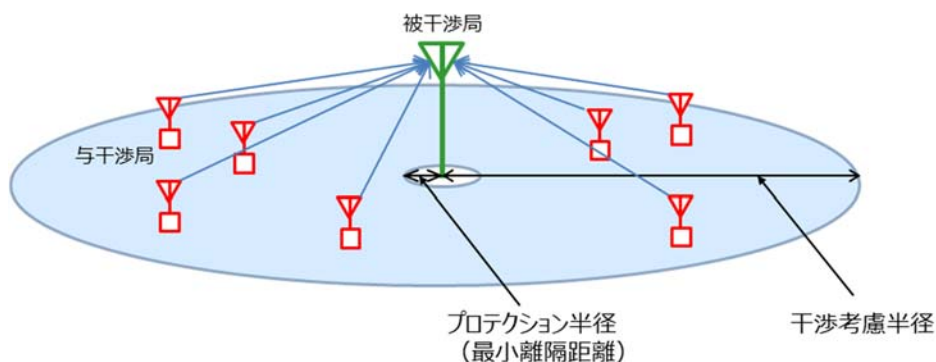
与干渉局(920MHz 帯電子タグシステム等)から被干渉局(携帯電話システム(LTE))

上り)への帯域内干渉及び帯域外干渉をモンテカルロシミュレーションにより確率計算を実施し、干渉確率 3%以下となるための所要改善量を算出した。干渉の様子を参図 3-7 に示す。



参図 3-7 干渉の様子

計算手法として、モンテカルロシミュレーションは ECO (European Communication Office) で開発されているモンテカルロ手法に基づく干渉確率計算プログラム SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool) を用いた。計算のモデルを参図 3-8 に示す。設定条件は参表 3-5 に示す。



参図 3-8 確率干渉計算評価の様子

参表 3-5 設定条件

計算ソフトウェア : SEAMCAT5.0.1
試行回数 : 20,000 回
干渉考慮半径 : 500m
最小離隔距離 : 5m
干渉確率 : 3%以下 (累積 97%値で許容干渉レベル以下)
伝搬モデル : 自由空間モデルまたは拡張秦モデル

5. 確率干渉計算結果

確率干渉計算の与干渉側条件を参表 3-6 に示す。また、平成 23 年委員会報告との比較を行うため、平成 23 年委員会報告の条件を参表 3-7 に示す。ここで、同時送信台数は通常 1km² 面積における密度で示されるが、確率干渉計算では参図 3-8 に示すような円面積で示される。そのため、換算した値（四捨五入した整数値）を同時に示す。その他の条件は今回の検討内容と同一とする。

なお平成 23 年委員会報告においては、上記と同様に新たな周波数配置であることなどから最悪値としてパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力無線システムを合わせて確率干渉計算を行ったが、今回は周波数配置及びガードバンドなどに変更が無いことから、パッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力無線システムのそれぞれの確率干渉計算を行い評価することとした。

さらに詳細な確率計算の条件も、実運用に合わせた最小離隔距離（平成 23 年委員会報告では高出力パッシブ系電子タグシステムは 75m、今回は全 5m に設定）や電力区分（平成 23 年委員会報告では検討していたパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力無線システムの 10mW システムは今回除外）及び SEAMCAT のバージョンアップに合わせた伝搬式の選定など、1 対 1 の干渉検討に影響がない範囲で見直しを行い、確率干渉計算を行ったものである。

参表 3-6 確率干渉計算条件 同時送信台数

パッシブ系 電子タグシステム	1W	4.464 台/km ²	➡	4 台/半径500m
	250mW	0.902 台/km ²		1 台/半径500m
アクティブ系 小電力無線システム	250mW	1.074 台/km ²	➡	1 台/半径500m
	20mW	6.935 台/km ²		5 台/半径500m
	1mW	0.839 台/km ²		1 台/半径500m

参表 3-7 確率干渉計算条件 同時送信台数（平成 23 年委員会報告値）

パッシブ系 電子タグシステム	1W	12.70 台/km ²	➡	10 台/半径500m
	250mW	8.60 台/km ²		7 台/半径500m
アクティブ系 小電力無線システム	250mW	1.14 台/km ²	➡	1 台/半径500m
	20mW	3.91 台/km ²		3 台/半径500m
	1mW	16.69 台/km ²		13 台/半径500m

※パッシブ系電子タグシステム 250mW の同時送信台数は平成 23 年委員会報告の低出力、中出力の合計値

920MHz 帯電子タグシステム等から携帯電話システム（LTE）上りへの確率干渉計算を行った。共用検討の評価についてはそれぞれ電力種別毎の無線局が同時存在した

ものとしてパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力システムのシステム単位で確率計算した結果で行った。なお参考までに、最大同時送信台数は電力種別毎に算出したため、個別に確率計算した結果も併せて記載した。

パッシブ系電子タグシステムから携帯電話システム（LTE）上りへの影響の様子を参図 3-9 に、確率干渉計算結果を参表 3-8 に示す。表内の数値は干渉確率 3% における所要改善量（dB）を示す。表の 1 行目から 3 行目が平成 23 年委員会報告値に基づいて今回新たな条件で確率干渉計算を実施した結果を、黄色で示している 4 行目から 6 行目までが、今回検討した値に基づいて確率干渉計算を実施した値である。また、1 行目と 4 行目がパッシブ系電子タグシステムをそれぞれシステム単位で確率計算を行った計算結果となり、それ以外の電力種別毎の計算結果は参考値である。



参図 3-9 パッシブ系電子タグシステムから携帯電話システム（LTE）上りへの影響

参表 3-8 パッシブ系電子タグシステムから携帯電話システム（LTE）上りへの確率干渉計算結果

与干渉機器 ※半径500m内の同時送信台数	被干渉機器											
	基地局				小電力ビーター (移動局対向器)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋外型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用一体型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用分離型)	
	自由空間		拡張帯		自由空間		自由空間		自由空間		自由空間	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
パッシブ系電子タグシステム※H23年委員会報告値 1W:10台、250mW:7台	9.53	2.60	-5.78	-11.72	16.51	14.91	9.29	3.40	16.61	15.07	6.40	4.85
パッシブ系電子タグシステム 1W:10台	-12.89	-10.89	-21.04	-19.04	10.53	13.63	-16.77	-13.67	10.52	13.62	0.50	3.60
パッシブ系電子タグシステム 250mW:7台	9.57	2.57	-5.93	-12.93	15.12	9.22	9.24	3.34	15.30	9.40	5.42	-0.48
パッシブ系電子タグシステム 1W:4台、250mW:1台	4.43	-2.46	-16.82	-19.31	9.48	9.96	1.17	-4.66	9.56	10.06	-0.36	-0.09
パッシブ系電子タグシステム 1W:4台	-16.11	-14.11	-27.36	-25.36	6.20	9.30	-20.22	-17.12	6.34	9.44	-3.50	-0.40
パッシブ系電子タグシステム 250mW:1台	4.36	-2.64	-18.63	-25.63	6.68	0.78	1.16	-4.74	6.60	0.70	-3.71	-9.61

アクティブ系小電力無線システムから携帯電話システム（LTE）上りへの影響の様子を参図 3-10 に、確率干渉計算結果を参表 3-9 に示す。表内の数値は干渉確率 3% における所要改善量（dB）を示す。表の 1 行目から 4 行目が平成 23 年委員会報告値に基づいて今回新たな条件で確率干渉計算を実施した結果を、黄色で示している 5 行目から 8 行目までが、今回検討した値に基づいて確率干渉計算を実施した値である。また、1 行目と 5 行目がアクティブ系小電力無線システムをそれぞれシステム単位で

確率計算を行った計算結果となり、それ以外の電力種別毎の計算結果は参考値である。



参図 3 - 10 アクティブ小電力無線システムから携帯電話システム（LTE）上りへの影響

参表 3 - 9 アクティブ系小電力無線システムから携帯電話システム（LTE）上りへの確率
干渉計算結果

与干渉機器 ※半径500m内の同時送信台数	被干渉機器											
	基地局				小電力レピータ (移動局対向器)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋外型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用一体型)		陸上移動中継局 (移動局対向器 屋内用分体型)	
	自由空間		拡張秦		自由空間		自由空間		自由空間		自由空間	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
アクティブ系小電力無線システム ※H23年委員会報告値 250mW:1台、20mW:3台、1mW:13台	12.48	-2.27	-3.32	-22.87	19.15	1.59	12.28	-4.04	19.32	1.57	9.29	-8.37
アクティブ系小電力無線システム 250mW:1台	4.38	-2.62	-18.52	-25.52	6.62	0.72	1.06	-4.84	6.45	0.55	-3.67	-9.57
アクティブ系小電力無線システム 20mW:3台	7.10	-10.90	-8.22	-26.22	11.34	-5.56	5.81	-11.09	11.49	-5.41	1.63	-15.27
アクティブ系小電力無線システム 1mW:13台	11.57	-19.43	-3.87	-34.87	18.27	-11.63	11.75	-18.15	18.37	-11.53	7.74	-22.16
アクティブ系小電力無線システム 250mW:1台、20mW:5台、1mW:1台	9.55	-2.16	-5.87	-21.57	15.37	2.27	9.30	-3.98	15.40	2.11	5.44	-7.81
アクティブ系小電力無線システム 250mW:1台	4.38	-2.62	-18.52	-25.52	6.62	0.72	1.06	-4.84	6.45	0.55	-3.67	-9.57
アクティブ系小電力無線システム 20mW:5台	8.53	-9.47	-6.85	-24.85	13.72	-3.18	8.08	-8.82	13.77	-3.13	3.72	-13.18
アクティブ系小電力無線システム 1mW:1台	4.34	-26.66	-18.55	-49.55	6.52	-23.38	1.14	-28.76	6.53	-23.37	-3.53	-33.43

6. まとめ

パッシブ系電子タグシステムから LTE 基地局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

パッシブ系電子タグシステムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉の計算結果は平成 23 年委員会報告値での計算結果から良化する傾向となっている。

パッシブ系電子タグシステムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は、所要改善量がプラスとなるケースがあるが、パッシブ系電子タグシステムの製造マージンが数 dB、与干渉屋内⇒被干渉屋外及び与干渉屋外⇒被干渉屋内の位置関係になる場合においては壁透過損（10dB 程度）が見込まれる。また小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は設置高・考慮半径等の設定条件を SEAMCAT に実装されている伝搬式で適用可能な範囲で実施しているが、実運用においては遮蔽損、透過損等のその他減衰も見込まれる。

これらにより所要改善量の良化が見込まれる事及び実運用に当たってはパッシブ

系電子タグシステムと携帯電話システム（LTE）の小電力レピータ及び陸上移動中継局のアンテナ設置場所及び設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整する事により、共用可能である。

アクティブ系小電力無線システムから LTE 基地局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張秦式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

アクティブ系小電力無線システムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉の計算結果は平成 23 年委員会報告値での計算結果と同等または良化する傾向となっている。

アクティブ系小電力無線システムから小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は、所要改善量がプラスとなるケースがあるが、アクティブ系小電力無線システムの製造マージンが数 dB、与干渉屋内⇒被干渉屋外及び与干渉屋外⇒被干渉屋内の位置関係になる場合においては壁透過損（10dB 程度）が見込まれる。また小電力レピータ及び陸上移動中継局への干渉は設置高・考慮半径等の設定条件を SEAMCAT に実装されている伝搬式で適用可能な範囲で実施しているが、実運用においては遮蔽損、透過損等のその他減衰も見込まれる。

これらにより所要改善量の良化が見込まれる事及び実運用に当たってはアクティブ系小電力無線システムと携帯電話システム（LTE）の小電力レピータ及び陸上移動中継局のアンテナ設置場所及び設置条件（高さ、向き、離隔距離等）を調整する事により、共用可能である。

920MHz 帯電子タグシステム等と MCA との干渉検討

1. 920MHz 帯電子タグシステム等のスペック

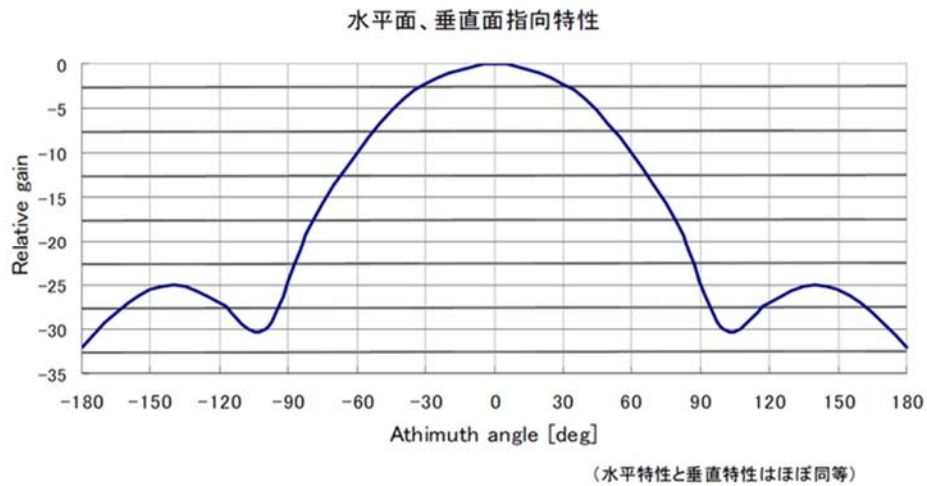
干渉検討に用いた 920MHz 帯電子タグシステム等の送信特性について参表 4 - 1 に示す。

参表 4 - 1 920MHz 帯電子タグシステム等送信特性

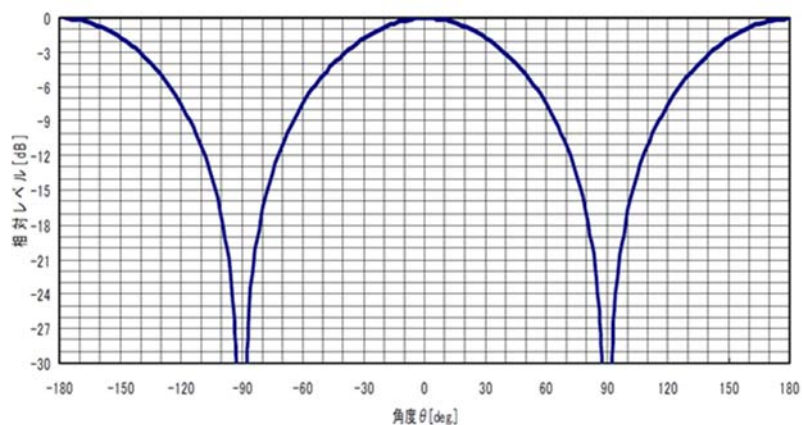
項目	単位	パッシブ系電子タグシステム		アクティブ系小電力無線システム		
		高出力型	中出力型	高出力型	中出力型	低出力型
		1W	250mW	250mW	20mW	1mW
空中線電力	dBm	30	24	24	13	0
空中線利得	dBi	6	3	3	3	3
アンテナ指向特性	水平	下図参照	無指向	無指向	無指向	無指向
	垂直	下図参照	下図参照	下図参照	下図参照	下図参照
給電線損失	dB	0	0	0	0	0
アンテナ地上高	m	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5
不要発射の強度	dBm/MHz	-48	-45	-45	-45	-45

※不要発射の強度は帯域外の他のシステム（LTE 上り MCA 上り）帯域の値である。

アンテナパターンを下図に示す。



参図 4 - 1 高出力型パッシブ系電子タグシステムのアンテナ指向性
(水平面、垂直面)



参図 4 - 2 中出力型パッシブ系電子タグシステム並びにアクティブ系小電力無線システムのアンテナ指向性（垂直面）

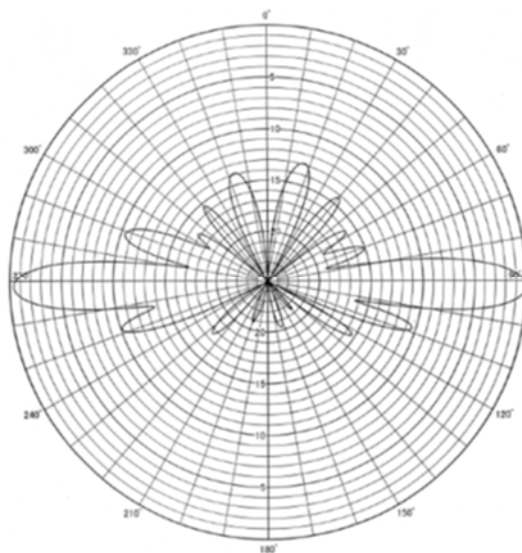
2. MCA のスペック

干渉検討に用いた MCA の被干渉側・上り受信特性について参表 4 - 2 に示す。この数値は情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会報告（平成 23 年 5 月 17 日）より引用した値となる。

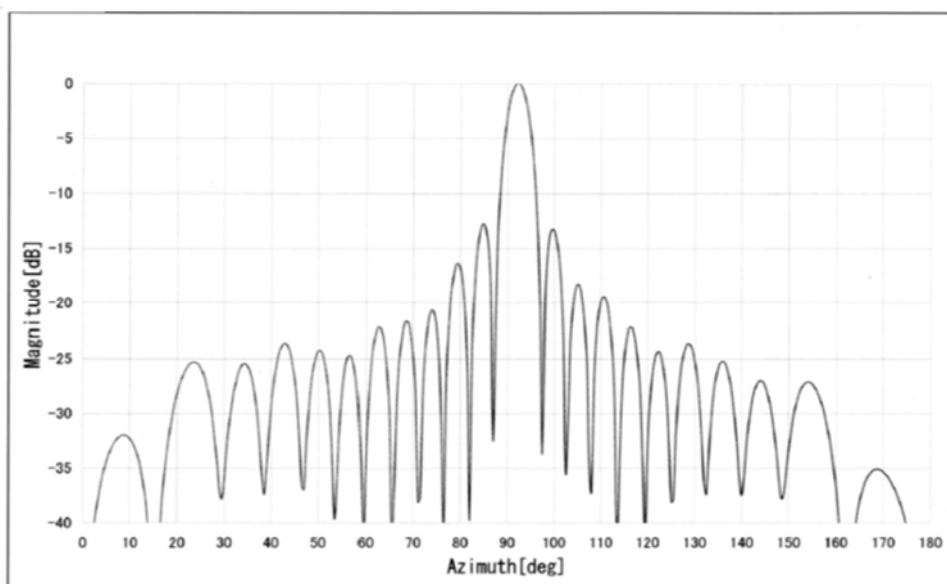
参表 4 - 2 MCA 上り受信特性

項目	単位	中継局 40m	中継局 150m
空中線利得	dBi	10.5	17
アンテナ指向特性	水平	無指向	無指向
	垂直	下図参照	下図参照
給電線損失	dB	0	0
アンテナ地上高	m	40	150
許容干渉レベル(帯域内)	dBm/MHz	-108.8	-108.8
許容干渉レベル(帯域外)	dBm	-51	-51

中継局についてのアンテナパターンを下図に示す。



参図 4 - 3 中継局 40m 高における垂直面指向特性 (10.5dBi)



参図 4 - 4 中継局 150m 高における垂直面指向特性 (17dBi)

3. 干渉検討の組み合わせ

920MHz 帯電子タグシステム等の与干渉検討対象システムを参表 4-3 に、MCA の被干渉検討対象システムを参表 4-4 に示す。

参表 4-3 920MHz 帯電子タグシステム等の与干渉検討対象システム

高出力型パッシブ系電子タグシステム (1W)
中出力型パッシブ系電子タグシステム (250mW)
高出力型アクティブ系小電力無線システム (250mW)
中出力型アクティブ系小電力無線システム (20mW)
低出力型アクティブ系小電力無線システム (1mW)

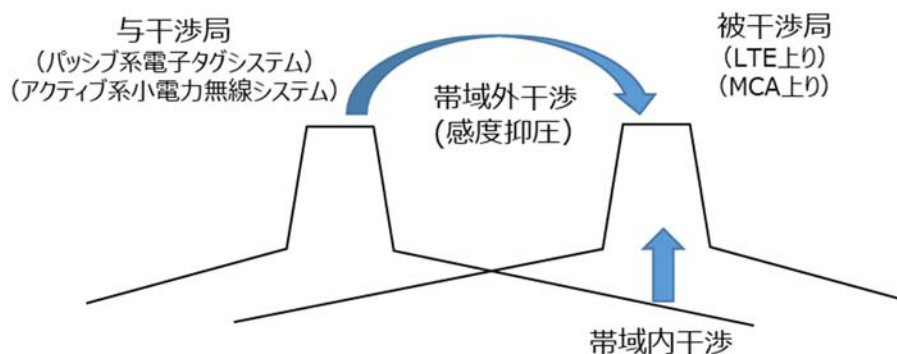
参表 4-4 MCA の被干渉検討対象システム

中継局 40m 高
中継局 150m 高

4. 干渉検討方法

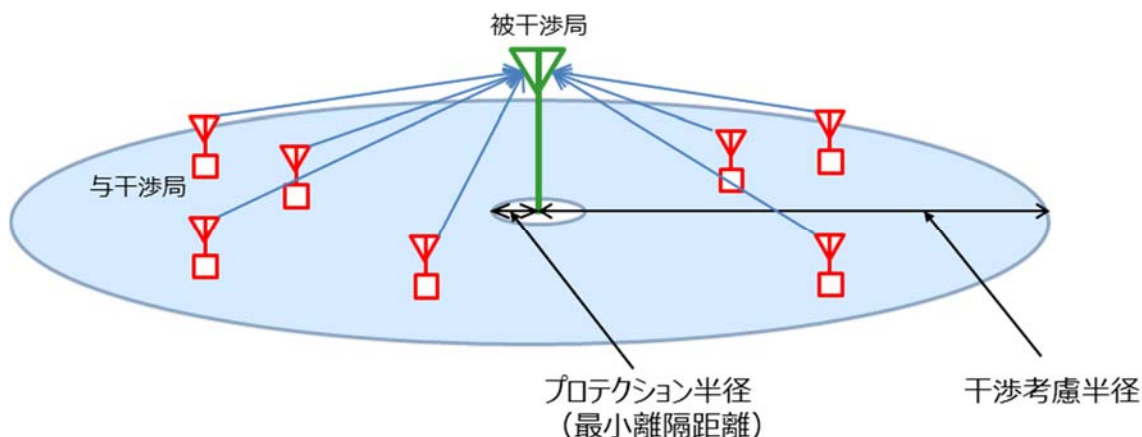
今回、920MHz 帯電子タグシステム等の空中線電力、アンテナ利得、不要発射の強度等の規定は改正されないため、1対1の対向モデルにおける干渉条件は変更がないことから検討の対象外とした。

与干渉局（920MHz 帯電子タグシステム等）から被干渉局（MCA 上り）への帯域内干渉及び帯域外干渉をモンテカルロシミュレーションにより確率計算を実施し、干渉確率 3%以下となるための所要改善量を算出した。干渉の様子を参図 4-5 に示す。



参図 4-5 干渉の様子

計算手法として、モンテカルロシミュレーションは ECO (European Communication Office) で開発されているモンテカルロ手法に基づく干渉確率計算プログラム SEAMCAT (Spectrum Engineering Advanced Monte Carlo Analysis Tool) を用いた。計算のモデルを参図 4-6 に示す。設定条件は参表 4-5 に示す。



参図 4-6 確率干渉計算評価の様子

参表 4-5 設定条件

計算ソフトウェア：SEAMCAT5.0.1
試行回数：20,000 回
干渉考慮半径：500m
最小離隔距離：5m
干渉確率：3%以下（累積 97%値で許容干渉レベル以下）
伝搬モデル：自由空間モデルまたは拡張秦モデル

5. 確率干渉計算結果

確率干渉計算の与干渉側条件を参表 4-6 に示す。平成 23 年委員会報告と情報通信審議会 情報通信技術分科会 携帯電話等高度化委員会報告(平成 23 年 5 月 17 日)との比較を行うため、平成 23 年委員会報告当時の条件を参表 4-7 に示す。ここで、同時送信台数は通常 1km² 面積における密度で示されるが、確率干渉計算では参図 4-6 に示すような円面積で示される。そのため、換算した値（四捨五入した整数値）を同時に示す。その他の与干渉条件は、平成 23 年委員会報告時と今回の検討の内容は同一とする。

参表 4 - 6 確率干渉計算条件 同時送信台数

パッシブ系 電子タグシステム	1W	4.464 台/km ²	➡	4 台/半径500m
	250mW	0.902 台/km ²		1 台/半径500m
アクティブ系 小電力無線システム	250mW	1.074 台/km ²	➡	1 台/半径500m
	20mW	6.935 台/km ²		5 台/半径500m
	1mW	0.839 台/km ²		1 台/半径500m

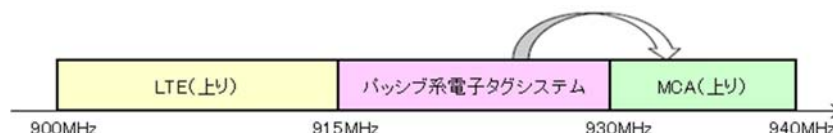
参表 4 - 7 確率干渉計算条件 同時送信台数（平成 23 年委員会報告値）

パッシブ系 電子タグシステム	1W	12.70 台/km ²	➡	10 台/半径500m
	250mW	8.60 台/km ²		7 台/半径500m
アクティブ系 小電力無線システム	250mW	1.14 台/km ²	➡	1 台/半径500m
	20mW	3.91 台/km ²		3 台/半径500m
	1mW	16.69 台/km ²		13 台/半径500m

※パッシブ系電子タグシステム 250mW の同時送信台数は平成 23 年委員会報告の低出力、
中出力の合計値

920MHz 帯電子タグシステム等から MCA 上りへの確率干渉計算を行った。共用検討の評価についてはそれぞれ電力種別毎の無線局が同時存在したのものとしてパッシブ系電子タグシステム及びアクティブ系小電力システムのシステム単位で確率計算した結果で行った。なお参考までに、最大同時送信台数は電力種別毎に算出したため、個別に確率計算した結果も併せて記載した。

パッシブ系電子タグシステムから MCA 上りへの影響の様子を参図 4 - 7 に、確率干渉計算結果を参表 4 - 8 に示す。表内の数値は干渉確率 3%における所要改善量(dB)を示す。表の 1 行目から 3 行目が平成 23 年委員会報告値に基づいて確率干渉計算を実施した結果を、黄色で示している 4 行目から 6 行目までが、今回検討した値に基づいて確率干渉計算を実施した値である。また、1 行目と 4 行目がパッシブ系電子タグシステムの合算値による計算結果となる。

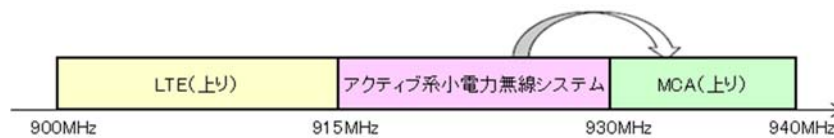


参図 4 - 7 パッシブ系電子タグシステムから MCA 上りへの影響

参表 4 - 8 パッシブ系電子タグシステムから MCA 上りへの確率干渉計算結果

与干渉機器 ※半径500m内の同時送信台数	被干渉機器							
	中継局 40m				中継局 150m			
	自由空間		拡張帯		自由空間		拡張帯	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
パッシブ系電子タグシステム ※H23年委員会報告値 1W: 10台、250mW: 7台	1.76	18.67	-15.39	2.12	-13.55	3.34	-31.62	-14.47
パッシブ系電子タグシステム 1W: 10台	-2.27	17.93	-18.38	1.82	-17.48	2.72	-35.24	-15.04
パッシブ系電子タグシステム 250mW: 7台	0.09	11.29	-15.67	-4.47	-14.76	-3.56	-32.81	-21.61
パッシブ系電子タグシステム 1W: 4台、250mW: 1台	-3.44	15.42	-19.87	-4.61	-18.40	0.37	-36.19	-17.29
パッシブ系電子タグシステム 1W: 4台	-5.06	15.14	-25.35	-5.15	-19.93	0.27	-37.54	-17.34
パッシブ系電子タグシステム 250mW: 1台	-8.16	3.04	-25.73	-14.53	-20.88	-9.68	-37.86	-26.66

アクティブ系小電力無線システムから MCA 上りへの影響の様子を参図 4 - 8 に、確率干渉計算結果を参表 4 - 9 に示す。表内の数値は干渉確率 3%における所要改善量 (dB) を示す。表の 1 行目から 4 行目が平成 23 年委員会報告値に基づいて確率干渉計算を実施した結果を、黄色で示している 5 行目から 8 行目までが、今回検討した値に基づいて確率干渉計算を実施した値である。また、1 行目と 5 行目がアクティブ系小電力無線システムの合算値による計算結果となる。



参図 4 - 8 アクティブ小電力無線システムから MCA 上りへの影響

参表 4-9 アクティブ系小電力無線システムから MCA 上りへの確率干渉計算結果

与干渉機器 ※半径500m内の同時送信台数	被干渉機器							
	中継局 40m				中継局 150m			
	自由空間		拡張系		自由空間		拡張系	
	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)	帯域内 (dB)	帯域外 (dB)
アクティブ系小電力無線システム ※H23年委員会報告値 250mW:1台、20mW:3台、1mW:13台	3.69	4.08	-14.55	-14.28	-11.64	-9.24	-29.82	-26.41
アクティブ系小電力無線システム 250mW:1台	-8.16	3.04	-25.76	-14.56	-20.87	-9.67	-37.87	-26.67
アクティブ系小電力無線システム 20mW:3台	-3.41	-3.21	-17.27	-17.07	-17.62	-17.42	-35.49	-35.29
アクティブ系小電力無線システム 1mW:13台	2.58	-10.22	-15.03	-27.83	-12.62	-25.42	-30.73	-43.53
アクティブ系小電力無線システム 250mW:1台、20mW:5台、1mW:1台	0.04	4.43	-15.75	-14.17	-14.79	-9.07	-32.81	-26.26
アクティブ系小電力無線システム 250mW:1台	-8.16	3.04	-25.76	-14.56	-20.87	-9.67	-37.87	-26.67
アクティブ系小電力無線システム 20mW:5台	-1.34	-1.14	-16.30	-16.10	-15.97	-15.77	-33.96	-33.76
アクティブ系小電力無線システム 1mW:1台	-8.20	-21.00	-25.79	-38.59	-20.92	-33.72	-37.92	-50.72

6. まとめ

パッシブ系電子タグシステムから MCA 中継局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張系式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

平成 23 年委員会報告値での計算結果から良化する傾向となっている。

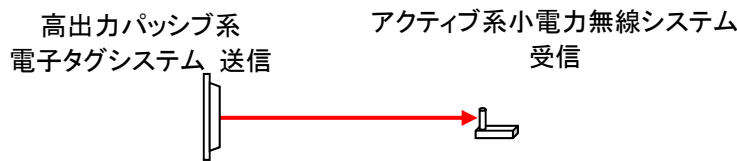
アクティブ系小電力無線システムから MCA 中継局への干渉は、伝搬モデルを自由空間にて計算した場合は所要改善量がプラスとなるケースがあるが、より実環境に近い伝搬特性となる経験式（拡張系式）で計算した場合は、所要改善量がマイナスとなることから共用可能である。

平成 23 年委員会報告値での計算結果と同等又は良化する傾向となっている。

アクティブ系小電力無線システムとパッシブ系電子タグシステム との共用検討

アクティブ系小電力無線システムとパッシブ系電子タグシステム間で、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。なおキャリアセンスレベルは、アクティブ系小電力無線システムは-80dBm、パッシブ系電子タグシステムは-74 dBm としている。

高出力型パッシブ系電子タグシステム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参図 5 - 1 に示す。



参図 5 - 1 高出力型パッシブ系電子タグ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モデル

高出力型パッシブ系電子タグシステム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参表 5 - 1 に示す。

参表 5 - 1 高出力型パッシブ系電子タグシステムの送信電力の影響による所要離隔距離

①主波の影響

高出力型パッシブ系電子タグシステム 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	dBi	6.0	
アクティブ系小電力無線システム 受信	④ アンテナ利得	dBi	3.0	
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-80.0	
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失		dB	119.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)		m	23127	

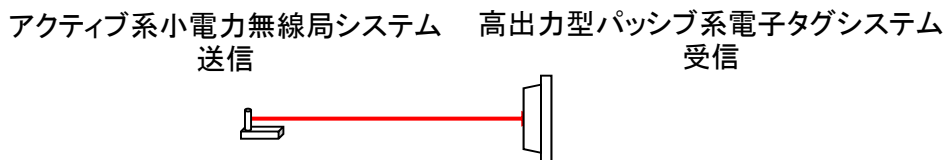
②隣接チャネル漏洩電力の影響

高出力型パッシブ系電子タグシステム 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	dBi	6.0	
アクティブ系小電力無線システム 受信	④ アンテナ利得	dBi	3.0	
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-80.0	
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失		dB	89.5	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)		m	775	

③次隣接チャネル漏洩電力の影響

高出力型パッシブ系電子タグシステム 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	
	③ アンテナ利得	dBi	6.0	
アクティブ系小電力無線システム 受信	④ アンテナ利得	dBi	3.0	
	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-80.0	
キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失		dB	63.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)		m	37	

アクティブ系小電力無線システムの送信が、高出力型パッシブ系電子タグシステムの受信への干渉モデルを参図 5 - 2 に示す。



参図 5 - 2 アクティブ系小電力無線システムから高出力型パッシブ系電子タグシステムへの干渉モデル

低出力アクティブ系小電力無線システム（1mW）が高出力型パッシブ系電子タグ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参表 5 - 2 に示す。

参表 5 - 2 低出力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

①主波の影響

アクティブ系小電力無線システム	① 送信電力(EIRP)	dBm	3.0	② + ③
送信	② 送信電力(送信機出力)	dBm	0.0	
	③ アンテナ利得	dB i	3.0	
高出力型パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dB i	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	83.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	367

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システム	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-23.0	② + ③
送信	② 隣接チャネル漏洩電力(送信機出力)	dBm/200kHz	-26.0	
	③ アンテナ利得	dB i	3.0	
高出力型パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dB i	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	57.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	18

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システム	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-30.0	② + ③
送信	② 次隣接チャネル漏洩電力(送信機出力)	dBm/200kHz	-33.0	-36dBm/100kHz→-33dBm/200kHz
	③ アンテナ利得	dB i	3.0	
高出力型パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dB i	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	50.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	8

中出力アクティブ系小電力無線システム（20mW）が高出力型パッシブ系電子タグ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参表 5 - 3 に示す。

参表 5-3 中出力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

①主波の影響

アクティブ系小電力無線システム	① 送信電力(EIRP)	dBm	16.0	② + ③
送信	② 送信電力(送信機出力)	dBm	13.0	
	③ アンテナ利得	dBi	3.0	
高出力型/パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dBi	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	96.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	1637

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システム	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-12.0	② + ③
送信	② 隣接チャネル漏洩電力(送信機出力)	dBm/200kHz	-15.0	
	③ アンテナ利得	dBi	3.0	
高出力型/パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dBi	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	68.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	65

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システム	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-30.0	② + ③
送信	② 次隣接チャネル漏洩電力(送信機出力)	dBm/200kHz	-33.0	-36dBm/100kHz → -33dBm/200kHz
	③ アンテナ利得	dBi	3.0	
高出力型/パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dBi	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	50.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	8

高出力アクティブ系小電力無線システム(250mW)が高出力型パッシブ系電子タグ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参表 5-4 に示す。

参表 5-4 高出力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

①主波の影響

アクティブ系小電力無線システム	① 送信電力(EIRP)	dBm	27.0	② + ③
送信	② 送信電力(送信機出力)	dBm	24.0	
	③ アンテナ利得	dBi	3.0	
高出力型/パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dBi	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	107.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	5809

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システム	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-2.0	② + ③
送信	② 隣接チャネル漏洩電力(送信機出力)	dBm/200kHz	-5.0	
	③ アンテナ利得	dBi	3.0	
高出力型/パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dBi	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	78.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	206

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システム	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-23.0	② + ③
送信	② 次隣接チャネル漏洩電力(送信機出力)	dBm/200kHz	-26.0	-29dBm/100kHz → -26dBm/200kHz
	③ アンテナ利得	dBi	3.0	
高出力型/パッシブ系電子タグシステム	④ アンテナ利得	dBi	6.0	
受信	⑤ キャリアセンスレベル	dBm/200kHz	-74.0	
	キャリアセンスレベルを満足する伝搬損失	dB	57.0	① + ④ - ⑤
所要離隔距離(自由空間)			m	18

高出力型パッシブ系電子タグシステムとアクティブ系小電力無線システム間について計算し、まとめた一覧を参表 5-5 に示す。

参表 5-5 パッシブ系電子タグシステム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

		→高出力型パッシブ系電子タグシステム (受信機入力)	→アクティブ系小電力無線システム (受信機入力)
キャリアセンスレベル		-74dBm	-80dBm
高出力型パッシブ系電子タグシステム→ (給電点送信電力)	主波 30dBm		23,127
	隣接チャネル漏洩電力 0.5dBm/200kHz		775
	次隣接チャネル漏洩電力 -26dBm/200kHz		37
アクティブ系小電力無線システム→ (給電点送信電力)	主波 0dBm	367	
	隣接チャネル漏洩電力 -26dBm/200kHz	18	
	次隣接チャネル漏洩電力 -33dBm/200kHz	8	
	主波 13dBm	1,637	
	隣接チャネル漏洩電力 -15dBm/200kHz	65	
	次隣接チャネル漏洩電力 -33dBm/200kHz	8	
	主波 24dBm	5,809	
	隣接チャネル漏洩電力 -5dBm/200kHz	206	
	次隣接チャネル漏洩電力 -26dBm/200kHz	18	

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、高出力型パッシブ系電子タグシステム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。

共用条件検討で使用した伝搬モデルについて

共用条件検討において、所要改善量、必要離隔距離算出に利用した伝搬モデルを示す。なお以下伝搬モデルで用いている対数（log）は全て底が 10 となる常用対数である。

1. 自由空間伝搬モデル

自由空間伝搬損失は、あるポイントのエネルギーが同心円状に拡散するような理想環境において示される伝搬損失式である。伝搬損失 L [dB]の式を以下に示す。

$$\begin{aligned} L &= 20\log\left(\frac{4\pi d}{\lambda}\right) = 20\log\left(\frac{4\pi f d}{c}\right) = 20\log f + 20\log d + 20\log\left(\frac{4\pi}{c}\right) \\ &= 20\log f + 20\log d + 32.4 \text{ [dB]} \end{aligned}$$

f : 周波数[MHz]

d : 距離[km]

c : 光速 3.0×10^8 [m/s]

同心円の表面積が $S = 4\pi d^2$ で表され、エネルギーは表面積で割った値に減少する。よって伝搬損失は距離の二乗に反比例して減衰することになる。

2. SEAMCAT 拡張秦モデル

無線システム間の干渉評価として、報告 ITU-R SM.2028 で示されるモンテカルロシミュレーションに基づく干渉評価ソフトウェア SEAMCAT（Spectrum Engineering Advanced Monte-Carlo Analysis Tool）がある。このソフトウェアはヨーロッパ CEPT の Spectrum Engineering WG で開発され、携帯電話システムを中心として多くのシステム干渉検討に用いられている実績を持つ。SEAMCAT で使用する干渉局と被干渉局との間の伝搬モデルには、前述の拡張秦モデルが用意されている。伝搬距離、環境、周波数範囲によって伝搬損失を求める式を分けている。伝搬損失計算式を参表 6-1 に示す。

参表 6 - 1 SEAMCAT 拡張秦モデルで用いる伝搬損失計算式

距離範囲	環境	周波数範囲	伝搬損失
$d \leq 40\text{m}$			$L = 32.4 + 20\log f + 10\log \left[d^2 + \frac{(H_b - H_m)^2}{10^6} \right]$
$100\text{m} \leq d$	都市	$30\text{MHz} < f \leq 150\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(150) - 20\log\left(\frac{150}{f}\right) - 13.82\log(\max\{30; H_b\}) + [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b)$
		$150\text{MHz} < f \leq 1500\text{MHz}$	$L = 69.6 + 26.2\log(f) - 13.82\log(\max\{30; H_b\}) + [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b)$
		$1500\text{MHz} < f \leq 2000\text{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(f) - 13.82\log(\max\{30; H_b\}) + [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b)$
		$2000\text{MHz} < f \leq 3000\text{MHz}$	$L = 46.3 + 33.9\log(2000) + 10\log\left(\frac{f}{2000}\right) - 13.82\log(\max\{30; H_b\}) + [44.9 - 6.55\log(\max\{30; H_b\})](\log(d))^\alpha - a(H_m) - b(H_b)$
	郊外		$L = L(\text{Urban}) - 2 \cdot \left\{ \log \left[\frac{(\min\{\max\{150; f\}; 2000\})^2}{28} \right] \right\} - 5.4$ ※ L (urban) は都市部の伝搬損失値
	開放		$L = L(\text{Urban}) - 4.78 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}^2 + 18.33 \cdot \{\log[\min\{\max\{150; f\}; 2000\}]\}$

			-40.94 ※ L (urban) は都市部の伝搬損失値
40m < d < 100m			$L = L(0.04)$ $+ \frac{[\log(d) - \log(0.04)]}{[\log(0.1) - \log(0.04)]} \times [L(0.1) - L(0.04)]$

ここで

$$a(H_m) = (1.1\log(f) - 0.7) \cdot \min\{10; H_m\} - (1.56\log(f) - 0.8) + \max\left\{0; 20\log\frac{H_m}{10}\right\}$$

$$b(H_b) = \min\left\{0; 20\log\frac{H_b}{30}\right\}$$

$$\alpha = \begin{cases} 1 & d \leq 20\text{km} \\ 1 + (0.14 + 1.87 \times 10^{-4} \times f + 1.07 \times 10^{-3} \times H_b) \left(\log\frac{d}{20}\right)^{0.8} & 20\text{km} \leq d \leq 100\text{km} \end{cases}$$

である。

f : 周波数[MHz, 30~3000MHz]

h_1 : 送信局アンテナ高[m]

h_2 : 受信局アンテナ高[m]

$H_b = \max\{h_1; h_2\}$

$H_m = \min\{h_1; h_2\}$

d : 距離[km, ~100km]

この伝搬損失式で計算した結果が自由空間伝搬損失より小さい値を示す場合、Lは自由空間伝搬損失値に置き換える。

なお、参表 6 - 1 に示されている環境（土地区分）は都市部の場合は建物等が密集している地域のことを示す。郊外の場合は樹木、家屋等の散在する田園地帯、郊外の街道筋など移動局近傍に妨害物はあるが密集していない地域のことを示す。開放地場合は電波の到来方向に高い樹木、建物の妨害物がない開けた地域のことを示す。目安として前方 300~400m 以内が開けているような畑地、田地、野原などが該当する。

本検討では、「都市モデル」を使用した。