

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

平成 14 年 9 月 30 日付け諮問第 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」

令和 2 年 1 月 21 日

目次

I	検討事項	1
II	委員会及び作業班の構成	1
III	検討経過	1
IV	検討概要	3
第1章	検討の背景等	3
1-1	920MHz帯アクティブ系小電力無線システムの概要	3
1-2	検討の背景	5
1-3	混信防止機能	5
1-4	キャリアセンス機能を要しないシステムの利用例	7
第2章	混信防止機能に係る要求条件	10
2-1	混信防止機能に係る諸外国の制度	10
2-2	送信時間制限に係る要求条件	14
2-3	キャリアセンスを要しないシステムの割当周波数の検討	16
2-4	他の無線システムとの共用	19
2-5	電波防護指針への適合性	21
第3章	アクティブ系小電力無線システムの新たな技術的条件	24
3-1	FH方式の技術的条件	24
3-1-1	一般的条件	24
3-1-2	技術的条件	26
3-1-3	測定法	27
3-2	LDC方式の技術的条件	29
3-2-1	一般的条件	29
3-2-2	技術的条件	31
3-2-3	測定法	32

I 検討事項

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、委員会の下に設置された、920MHz 帯電子タグシステム等作業班（以下「作業班」という。）において検討を行った。作業班の構成については、別表 2 のとおり。

III 検討経過

1 委員会

（1）第 49 回（令和元年 5 月 17 日）

920MHz 帯小電力無線システムの高度化に係る技術的条件の検討開始の報告を行い、作業班の運営方針、検討の進め方及びスケジュール等について確認した。

（2）第 52 回（令和元年 12 月 5 日）

作業班における検討状況の報告を受け、委員会報告（案）をとりまとめた。また、同報告（案）について、令和元年 12 月 7 日から令和 2 年 1 月 6 日までの間、意見募集を実施した。

（3）第 53 回（令和 2 年 1 月 8 日～同年 1 月 10 日（メールによる検討））

委員会報告（案）に対する意見募集の結果及びそれらの意見に対する考え方について検討を行い、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9回（令和元年6月12日）

作業班運営方針、作業班での検討の進め方及び今後のスケジュール等を確認し、新たな利用ニーズを踏まえた技術基準案について検討した。

(2) 第10回（令和元年10月4日）

キャリアセンスを要しないシステムの割当て周波数及び技術的条件案について検討した。

(3) 第11回（令和元年10月25日）

技術的条件案について検討を行った。

(4) 第12回（令和元年11月15日）

作業班報告をとりまとめ、陸上無線通信委員会に報告することとなった。

IV 検討概要

第1章 検討の背景等

1-1 920MHz帯アクティブ系小電力無線システムの概要

920MHz帯アクティブ系小電力無線システムについては、平成20年に950MHz帯を使用する10mWの特定小電力無線局としての技術基準が制度化され、平成23年の920MHz帯の技術基準の制定時には、空中線電力が250mW以下の免許局または登録局（高出力型）、20mW以下または1mW以下の特定小電力無線局（中出力型、低出力型）が規定され、テレメーターやスマートメーターをはじめ、センサーネットワーク等の幅広い分野で活用されている。

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、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が制度化された。また、平成31年には、スマートメーター等の機器のファームウェアの更新や災害・イベント時の局所的なトラヒック増に対応するため、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、送信時間制限の緩和を行う技術基準が制度化されている。

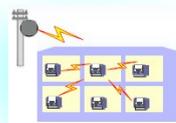
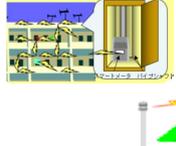
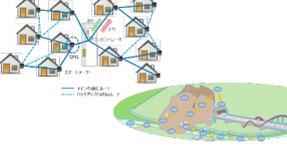
H20. 5	アクティブ系小電力無線局の制度化		<p>空中線電力：10mW以下 最大通信距離：数100m程度 電源を内蔵し、長い通信距離、センサと連携した高機能化が容易</p>
H23. 12	920MHz帯の技術基準の制度化		<ul style="list-style-type: none"> ・20mW以下まで高出力化 ・簡易無線局(250mW以下)を新設 ・1mW以下の特小用チャネルの増加
H29. 9	LPWAの導入、簡易無線局の廃止、EIRP・占有周波数帯幅等の規定の見直し		<ul style="list-style-type: none"> ・簡易無線局→陸上移動局への変更 ・低利得アンテナの利用時における空中線電力や占有周波数帯幅の規定の見直し
H31. 3	送信時間総和制限の緩和		<ul style="list-style-type: none"> ・送信時間制限の上限値の緩和(360s/h⇒720s/h以下)** ※複数の無線チャネルを切り替えて使用する場合に限る

図 1 - 1 920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの制度化の変遷

また、920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの主な用途を図 1 - 2 に示す。

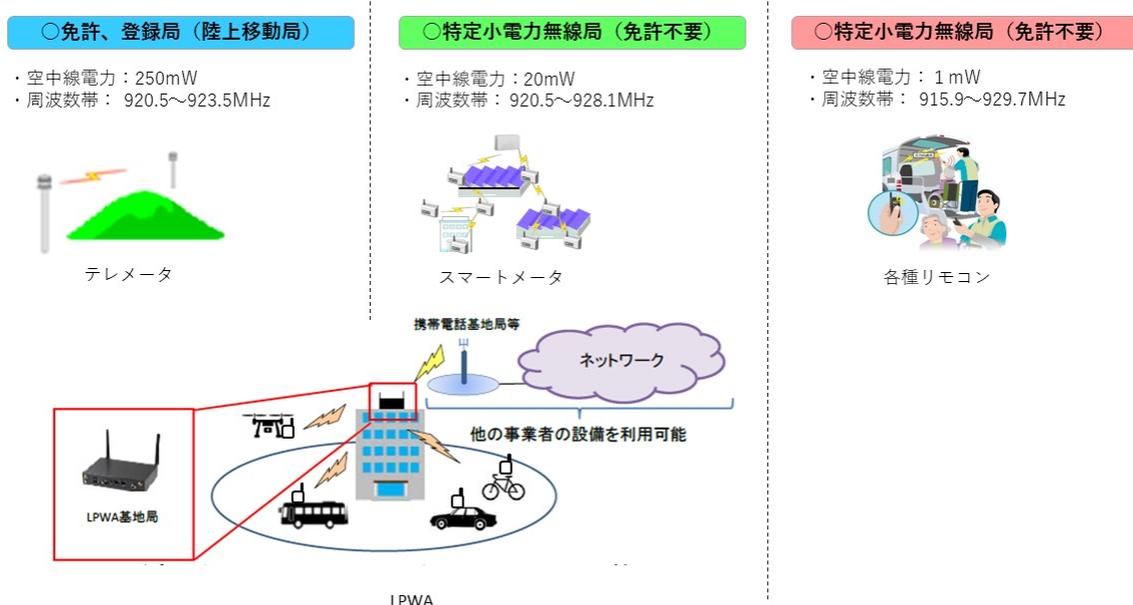


図 1 - 2 920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムの主な用途

1-2 検討の背景

920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムは、特定小電力無線局であり、電波法第4条の規定により、電波法施行規則第6条の2に規定する混信防止機能を要することとなっている。加えて、無線設備規則において、周波数共用方式としてキャリアセンス機能を要することが規定されている。

キャリアセンス機能は、自己の送信電波の周波数と同じ周波数の電波を受信した場合、一定の時間電波発射を停止する機能であり、LBT（Listen Before Talk）ともいう。400MHz/1.2GHz 帯のテレメータ・テレコントロール・データ伝送用等の特定小電力無線局や無線LAN等のシステムにおいても具備することが義務化されている。

キャリアセンス機能を具備するためには、キャリアセンスの受信レベル検出回路等が必要であり、製造メーカーにとってコスト増となること、また、諸外国ではキャリアセンスを要するケースは少なく、グローバルモデルの製品を我が国で使用する際は機能改修が必要となることから、キャリアセンス機能を要しないシステムの技術基準の整備が求められている。

このため、諸外国の制度の状況を踏まえ、920MHz 帯アクティブ系小電力無線システムについて、キャリアセンスを要しないシステムの導入のための新たな技術的条件の検討を行う。

1-3 混信防止機能

海外では、混信防止機能（周波数共用方式）として、キャリアセンス機能のほかに、周波数ホッピング（FH：Frequency Hopping）やローデューティサイクル（LDC：Low Duty Cycle）が採用されている。

（1）周波数ホッピング¹

周波数ホッピング（以下「FH方式」という。）は、一定の周期で搬送波の周波数を切り替えて通信を行うことで、同一周波数を使用する無線機器間の干渉を回避する技術で、Bluetooth や初期の2.4GHz 帯無線LANの規格などで採用されているものである。受信側では周波数の切り替えパターンを事前に把握しておくことで、そ

¹ 周波数ホッピングは一般的にスペクトラム拡散方式の1つとされているが、本報告書においては、帯域拡散とみなさない程度のホッピング速度のものを意味し、単位チャンネルにおける占有周波数帯幅及び隣接チャンネル漏洩電力の規定は維持するものとする。

それぞれの周波数帯の信号を適切に受信して元の信号を復調することができる。

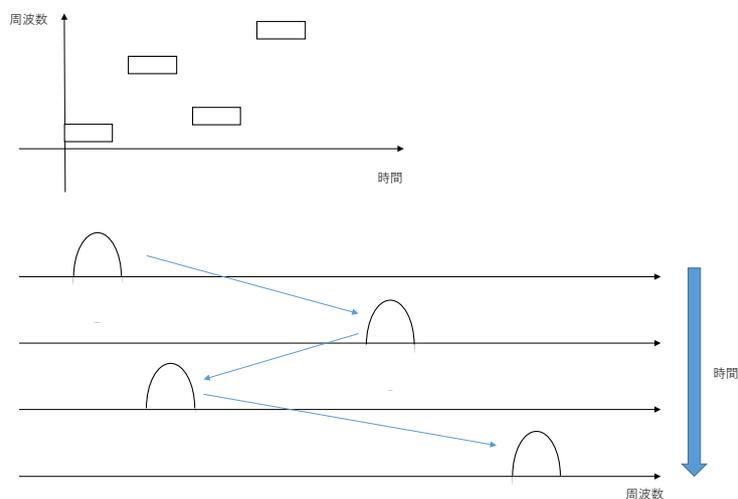


図 1-3 周波数ホッピングのイメージ

(2) ローデューティサイクル

現行のアクティブ系小電力無線局では、1つの無線機器が同一チャネルを常時占有することを回避するために、送信時間制限が規定されている。これは1の通信サイクル時間において一定の割合で休止時間を設けるもので、キャリアセンスを行う無線局においては、最大4秒間の送信時間に対し、50ミリ秒以上の休止時間を設ける必要がある。また、同一周波数帯での通信トラフィックの集中を避けるため、1無線局あたりの1時間の送信時間の総和を360秒以下（送信時間率（デューティ比）で10%以下）とする制限も規定されている。

表 1-1 送信時間制限の規定（現行）

キャリアセンスの受信時間	送信時間	送信休止時間
128 μ s 以上	0.4s 以下	2ms 以上
5ms 以上	4s 以下	50ms 以上

これに対して、ローデューティサイクル（以下「LDC方式」という。）は、キャリアセンスを行わずに送信時間率を1%程度あるいはそれ以下に短くすることで同一システム間の干渉を回避する通信方式である。

1-4 キャリアセンス機能を要しないシステムの利用例

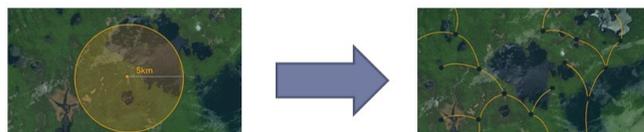
(1) 周波数ホッピング (FH)

米国では、携帯電話のつながらない山間地等におけるデータ通信端末として900MHz帯の小電力無線局 (FH方式) が利用されている (図1-4及び図1-5)。通信するデータとしては、主にテキストメッセージになる。米国のSonnetは、マルチホップによる長距離通信も可能となっている。

キャリアセンス機能を要しないFH方式を用いるシステムでは、特定の周波数の占有時間が非常に短いため、局所的に利用者が集中する場合でも、電波干渉によるスループットの低下を軽減できる利点がある。高速伝送には適さないが、テキストメッセージ程度であれば、データ通信用途での利用が十分期待される。



- 2台のSonnetデバイス間の一般的なポイントツーポイントの範囲は5 km (約3マイル)。送信者と受信者が2つの山の頂上で見通しの場合には最大 15 km (9マイル)。
- SonnetのSMAコネクタに指向性アンテナを接続すれば、二地点間の範囲を増やすことが可能。Sonnetのメッシュネットワークは、最大16回の中継で、最大80 km (50マイル)の距離を達成。



出所: <https://www.sonnetlabs.com/>, <https://www.indiegogo.com/projects/sonnet-game-changer-for-wilderness-communications/>

図1-4 FH方式の小電力無線局の例 (Sonnet)



図 1 - 5 FH 方式の小電力無線局の例 (goTele)

(2) ローデューティサイクル (LDC)

欧州では、混信防止機能として、主に LDC 方式が採用されている。LoRaWAN、Sigfox といった LPWA システムは、地域によって技術仕様が決められており、欧州では、LDC 方式のシステムが利用されている。昨今、電池駆動で長期間利用可能であることを活かし、携帯電話回線のバックアップ回線としての利用も広まっており、このようなシステムの場合、LDC 方式は、キャリアセンスの受信レベル検出回路や周波数ホッピングの無線周波数演算処理が不要であるため、回路構成が比較的簡素であり、消費電力を抑えられるといった利点がある。

表 1 - 2 地域別の主な技術仕様 (Sigfox)

	RC 1 (欧州)	RC 2 (北中南米)	RC 3 (日本)	RC 4 (アジア)
上り周波数 (MHz)	868.03-868.23	902.1-904.7	923.1-923.3	920.7-923.3
下り周波数 (MHz)	869.425-869.625	905.1-907.7	922.1-922.3	922.2-924.8
送信出力 (dBm)	16	24	16	24
主な共有化技術基準	Duty Cycle 1%	Frequency Hopping	LBT (キャリアセンス)	Frequency Hopping

表 1 - 3 地域別の主な技術仕様 (LoRa)

	EU863-870	US902-928	CN779-787	AS923
周波数 (MHz)	863-870	902-928	779-787	902-928 ^{※2}
送信出力 (dBm)	16	30	12.15	16
主な共有化技術基準	Duty Cycle 1% ^{※1}	Frequency Hopping (50ch以上)	Duty Cycle 1%	Duty Cycle 1% ^{※3}
主な適用適用国	ヨーロッパ諸国 シンガポール	アメリカ カナダ	中国	アジア諸国 ^{※4} オーストラリア 南米諸国

表 1 - 4 LPWA のユースケース

適用分野	具体的サービス
安心・安全	見守りサービス 自転車盗難検知サービス
公共サービス	LP ガスの残量把握 水道メーター自動検針 灯油残量検知
設備・機器の維持管理	設備・機器等の異常検知
物流	カゴ台車トラッキング 旅行鞆追跡サービス 在庫管理
その他	商用回線のバックアップ回線

第 2 章 混信防止機能に係る要求条件

2-1 混信防止機能に係る諸外国の制度

欧米等の諸外国では、混信防止機能として、キャリアセンス以外の機能を採用しているケースが多く、国際調和の観点から、今般、当該規定の見直しについて検討を行うものである。

現行の国内制度と諸外国の制度の概要を表 2-1 から表 2-3 までに示す。

表 2-1 アクティブ系 RFID の技術基準（欧米との比較）

	日本	欧州	米国
規程	無線設備規則	SRD (Short Range Devices) の使用に関する欧州勧告 (欧州無線通信委員会) ERC/REC 70-03 (2019年6月7日改訂版) Annex11 (RFID) 注1	FCC (連邦通信委員会) FCC規則 15.247等
用途	RFID/テレメーター等	RFID	限定なし
周波数	915-928MHz (13MHz)	a帯 865-868MHz (3MHz) 注3 b帯 915-921MHz (6MHz) 注3	902-928MHz (26MHz)
出力	アクティブ系 250mW以下: 920.5-923.5MHz 20mW以下: 920.5-928.1MHz 1mW以下: 915.9-929.7MHz	a: 865-868 MHz: 2W erp 注4 a1: 865-865.6 MHz : 0.1W erp a2: 865.6-867.6 MHz : 2W erp a3: 867.6-868 MHz : 0.5W erp b: 915-921 MHz : 4W erp 注5 注7	<FH> チャンネル数50以上: 1W チャンネル数50未満: 0.25W + 空中線利得 6dBi <DSSS> 1W以下。ただし周波数電力密度は 8dBm/3kHz 以下。 空中線利得 6dBiを超えた場合は、出力を その分下げる。 <ハイブリッド>注2 DSSSに同じ。
チャンネル数	アクティブ系 250mW以下: 15チャンネル 20mW以下: 38チャンネル 1mW以下: ①916-928MHz: 200kHz間隔61チャンネル ②928.15-929.65MHz: 100kHz間隔16チャンネル	a1-a3: 15チャンネル チャンネル中心周波数は、864.9 MHz + (0.2 MHz * チャンネル番号) デンスモード a帯: 4チャンネル b帯: 3チャンネル	50チャンネル
帯域幅	アクティブ系 250mW以下及び20mW以下: 200kHz × n (n=1~5) 1mW以下: ①200kHz × n (n=1~5) ②100kHz × n (n=1~5)	a, a1, a2, a3: ≤200 kHz b: ≤400 kHz	<FH> ・チャンネル間隔が25kHz又は20dBバンド幅の大きい数値を選択。 ・中心周波数から20dB下がった幅が500kHz以下。 <DSSS> ・6dBバンド幅が500kHz以上。 <ハイブリッド> ・チャンネル間隔が25kHz又は20dBバンド幅の大きい数値を選択。
混信回避	アクティブ系 LBT必要: キャリアセンス時間 920.5-923.5MHz: 5ms以上又は128μs以上、 923.5-928.1MHz: 128μs以上 ただし、1mW以下はLBT不要	a: 連続送信時間は4秒以下。また、同一チャンネルの次の送信には少なくとも100msの間隔を取ること。注8 b: 必要なし。注7 注9 a1~a3: 必要なし (周波数ホッピング又はその他の周波数拡散技術は使用不可。) ※860MHz帯、920MHz帯ともに、SRD等注3では、LDC又はLBT+AFA。	<FH> 20dB帯域幅が250kHz未満は50以上で、平均占有時間は20秒以内で0.4秒以下。 20dB帯域幅が250kHz以上は25以上で、平均占有時間は10秒以内に0.4秒以下。 ホッピングチャンネルの最大許容20dB帯域幅は500kHz。 <ハイブリッド> DSSSがオフの時の平均占有時間は、ホッピング周波数の数に0.4を乗じたものに等しい秒単位周期で0.4秒以下。

注 1 Annex11 は、自動物品識別、アセット・トラッキング、警報システム、廃棄物管理、個人識別、アクセス制御、近接センサ、盗難防止システム、位置特定システム、ハンドヘルド装置へのデータ転送及び無線制御システムを含む無線周波数識別 (RFID) アプリケーションに推奨される周波数帯及び規制並びに有益なパラメータを網羅。他の種類の RFID システムは他の関連する Annex に従って運用可能であることを留意。

注 2 ハイブリッドは FH と DSSS の組合せ。

注 3 運用は、目的の操作を実行する必要がある場合に限る (例えば、RFID タグが存在すると予想される場合など)。当該周波数帯は、Annex1 (SRD)、Annex2 (追跡、トレーシング及びデータ取得)、Annex3 (ワイドバンドデータ送信システム) でも使用される。

注 4 2W での質問機の送信は、次の 4 チャンネルに限定。中心周波数 865.7、866.3、866.9、867.5MHz で、帯域幅は 200kHz 以内。RFID タグは、RFID 質問器の周波数範囲内で非常に低い電力レベル (-20 dBm

e.r.p.) で応答する。

注 5 4W での質問器の送信は、次の 3 チャンネルに限定。中心周波数、916.3、917.5、918.7MHz で、帯域幅は 400 kHz 以内。RFID タグは、RFID 質問器の周波数範囲内で非常に低い電力レベル (-10 dBm e.r.p.) で応答する。

注 6 一部の国では、設置と運用がプロのユーザのみが実行する、無線サービスの保護のため地理的共有／緩和技術の適用をするなど個別の承認が必要になるなど、使用に制限がある場合がある。

注 7 一部の国の既存の実装では、中心周波数 919.9MHz の 4 番目のチャンネルを含む場合がある。

注 8 a 帯のアンテナの指向制限は、EN 302 208 で規定。

注 9 b 帯は、防衛／政府がこの帯域を使用している国では、使用できない。また、ER-GSM を使用している国では、地理的な制限が適用される場合がある。これらの国での実装においては、付録 (Appendix) 1 及び 3 を参照すること。

CEPT は、874.4-880 / 919.4-925 MHz において、将来の鉄道移動通信システムの調和スペクトル規制枠組みを検討しており、これらの周波数帯域は将来の使用に関するレビューが必要になる場合がある。一部の国では、919.9 MHz を中心とした RFID 質問機チャンネルの既存の実装がある。付録 1 及び 3 は、各国内での実装の状態を提供するので、CEPT 主管庁は、付録 1 及び 3 が最新であることを保証するため、より制限又は緩和された国内措置に関する情報を提供する必要がある。

EC 決定 2018/1538 / EU は EU 加盟国に適用される。CEPT 主管庁は、919.4-921 MHz で新しい RFID の使用を導入することを控える。CEPT の複数の国では、この周波数範囲での既存の RFID 実装は EC 決定の第 3 条 (4) の影響を受けないと認識されている。

隣接する帯域で動作する無線サービスへの干渉を避けるために、ローカル調整などの国内規則も必要になる場合がある。

表 2-2 アクティブ系 RFID の技術基準（中国・韓国）

	中国	韓国
規程	800/900MHz帯RFIDの技術応用規定（信部無〔2007〕205号）（2007年4月20日）	申告せず開設することができる無線局用の無線設備の技術基準 科学技術情報通信部告示第2019-86号（2019年10月18日改正）
用途	RFID	RFID/USN (Ubiquitous Sensor Network)
周波数	840-845MHz 920-925MHz	917-923.5MHz
出力	2W以下： 840.5-844.5MHz 920.5-924.5MHz 100mW以下： 840-845MHz 920-925MHz	〔RFID無線設備の技術基準〕（USN無線設備は表2-3参照） 10 mW以下：2, 5, 8, 11, 14, 17, 19~32チャンネル 3mW以下：1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18チャンネル ただし、パッシブRFIDリーダ/ライタの場合は、以下のとおり。 4W以下：2, 5, 8, 11, 14, 17 200mW以下：20~30チャンネル
チャンネル数	840-845MHz：20チャンネル 920-925MHz：20チャンネル チャンネル間隔250kHz	32チャンネル 200kHz間隔
帯域幅	250kHz	200kHz
混信回避	FH 最大連続送信時間2秒以内	①FH ②LBT ③LDC（①と②以外の場合）

表 2-3 韓国の 920MHz 帯 RFID/USN 無線設備の技術基準

	USN無線設備*	RFID無線設備**								
周波数	917~923.5MHz	917~923.5MHz								
アンテナ絶対利得を含む輻射電力	3mW以下：1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18チャンネル 10mW以下：2, 5, 8, 11, 14, 17, 19, 20~25チャンネル 25mW以下：26~32チャンネル 200mW以下：20~32チャンネル（屋外固定P2Mに限る）	10 mW以下：2, 5, 8, 11, 14, 17, 19~32チャンネル 3mW以下：1, 3, 4, 6, 7, 9, 10, 12, 13, 15, 16, 18チャンネル ただし、パッシブRFIDリーダ/ライタの場合は、以下のとおり。 4W以下：2, 5, 8, 11, 14, 17 200mW以下：20~30チャンネル								
占有周波数帯域幅	917~923.5MHz以内	917~923.5MHz以内 ただし、パッシブRFIDのリーダ/ライタの場合は、200kHz以下								
混信回避	① 周波数ホッピング方式：10個以上のチャンネルを使用。チャンネルごとの連続占有時間は0.4秒以内。 ② 送信前の信号検出（Listen Before Transmission）方式：送信前5ms以上受信し、その受信信号の強度が-65dBm以下の場合に限り、電波を放射し、4秒以内に送信を停止し、50ms以上休止（ただし、送信が中断された時点から2ms以内送出されて50ms以内に終了される受信確認用の応答（ACK）信号であることが証明された場合には、送信前の信号の検出を省略して送信することができる。） ③ ①と②以外の方式の利用する場合：特定のチャンネル占有時間は以下に従う。 <table border="1" style="margin-left: 20px;"> <thead> <tr> <th>アンテナ絶対利得を含む輻射電力</th> <th>占有時間</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10mW以下</td> <td>任意の20秒周期の間に2%以内</td> </tr> <tr> <td>10mW以上25mW以下</td> <td>任意の40秒周期の間に1%以内</td> </tr> <tr> <td>25mW以上</td> <td>任意の50秒周期の間に0.5%以内</td> </tr> </tbody> </table>	アンテナ絶対利得を含む輻射電力	占有時間	10mW以下	任意の20秒周期の間に2%以内	10mW以上25mW以下	任意の40秒周期の間に1%以内	25mW以上	任意の50秒周期の間に0.5%以内	① 周波数ホッピング方式：16個以上。パッシブRFIDリーダ/ライタの場合は6個以上のチャンネルを使用。チャンネルごとの連続占有時間は0.4秒以内。 ② 送信前の信号検出（Listen Before Transmission）方式：送信前5ms以上受信し、その受信信号の強度が-65dBm以下の場合に限り、電波を放射し、4秒以内に送信を停止し、50ms以上休止。 ③ ①と②以外の方式を利用する場合：特定のチャンネル占有時間は任意の20秒周期の間に2%以内。 ** RFIDは製品などに無線タグのチップを内蔵させて、商品情報（生産、流通、保管、消費の全過程）や周辺環境の情報（圧力、温度、湿度など）を追跡するための無線データシステム（狭義には既存のバーコードに代わる技術）。無線タグ、読取装置（リーダ）、データ処理装置（ホスト）で構成される。無線タグには、バッテリー付きのアクティブタグと、リーダから送られてくる電波を利用してデータを送るバッテリー無しのパッシブタグがある。
アンテナ絶対利得を含む輻射電力	占有時間									
10mW以下	任意の20秒周期の間に2%以内									
10mW以上25mW以下	任意の40秒周期の間に1%以内									
25mW以上	任意の50秒周期の間に0.5%以内									
備考	基幹通信役務を提供するための固定式無線設備の位置情報を管理するために、科学技術情報通信部長官が要請した場合、その無線設備を設置又は管理する者は、必要な資料を提出すること。	-								

* USN（ユビキタスセンサーネットワーク）は無線設備の技術基準の告示で韓国独自に使われている用語。世界的には無線センサーネットワーク（Wireless Sensor Network：WSN）と称される。温度、気圧などの物理・環境条件を測定するために分散配置されたセンサノードの無線を介して、センサノードからの情報を収集し中央サーバーに転送するゲートウェイと、収集された情報を保存、管理、分析、活用するためのソフトウェアなどが利用され、センサノード間の無線通信には ZigBee なども使用される。韓国では、低消費電力長距離サービスが可能な LPWA を導入するため、2016 年の告示改正により、USN 無線設備の出力が 200mW に引き上げられた。

2-2 送信時間制限に係る要求条件

920MHz 帯小電力無線システムにおいて、キャリアセンスを要しないシステムを導入するにあたっては、既存システムとの共用のため、空中線電力、占有周波数帯幅等の電波の質に関わる諸元は現行規定を維持することを前提条件とする。その場合、キャリアセンス機能を不要とするシステムと既存システムとの共用を図るためには、送信時間制限の規定が必須となる。

FH 方式においては、P to P でテキストメッセージによる通信を行うようなユースケースが想定され、既存システムと同等のデータ通信を行うことを想定し、1 時間当たりの送信時間の上限を現行規定と同じく 720s/h とする。この前提において、ホッピング数として 20 程度と想定すれば、チャンネル当たり、1 時間当たりの送信時間は、36s/h となる。また、周波数滞留時間（1 チャンネルの連続送信時間）は、現行のキャリアセンスを要するシステム（キャリアセンスの受信時間が 128 μ 秒以上の場合）と同様に 400 ミリ秒を前提とし、1 チャンネル当たり 4 秒の送信休止時間を設けることとする。なお、400 ミリ秒以内の同一周波数による再送信（当該時間内に停止する再送信に限る。）は可能とする。

LDC 方式においては、常に 1 のチャンネルでの電波発射を行うことから、無線設備当たりの送信時間の総和は、FH 方式のチャンネル当たりの送信時間の上限値と同じ 36s/h とする。また、現行のキャリアセンスを要するシステム（キャリアセンスの受信時間が 5 ミリ秒以上の場合）と同様に、連続送信時間は 4 秒以内かつ、送信休止時間は 50ms 以上を条件とする。なお、4 秒以内の同一周波数による再送信（当該時間内に停止する再送信に限る。）は可能とする。

表 2-4 にキャリアセンスを要しないシステムの送信時間制限に係る要求条件を示す。

表 2-4 キャリアセンスを要しないシステムの
送信時間制限に係る要求条件

	FH 方式	LDC 方式
周波数滞留時間 (連続送信時間)	400ms 以内	4s 以内
送信休止時間	4s 以上 ^{※1}	50ms 以上 ^{※2}
送信時間の総和 (無線設備あたり)	720s/h (Duty20%)	36s/h (Duty1%)
送信時間の総和 (チャンネルあたり)	36s/h (Duty1%)	—
想定される使用例	P to P 通信	LPWA

※1 単位チャンネルにおける休止時間。0.4s 以内の同一周波数の電波による再送信の場合は特定の休止時間は不要。

※2 4s 以内の再送信の場合は特定の休止時間は不要。

2-3 キャリアセンスを要しないシステムの割当周波数の検討

今回検討対象とする 20mW 以下のアクティブ系小電力無線システムは、現在、920.5MHz から 928.1MHz までが割当てられている（図 2-1）

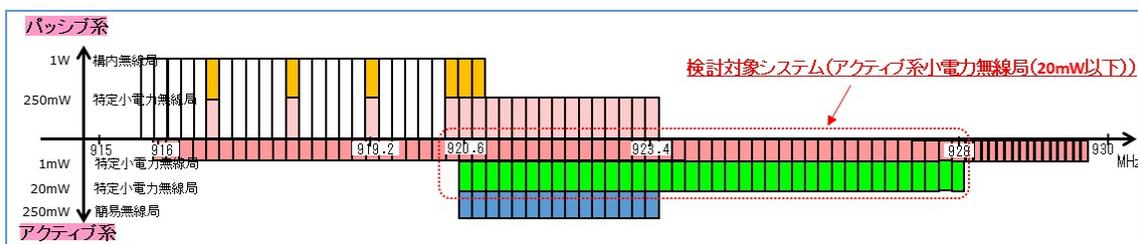


図 2-1 920MHz 帯小電力無線システムの周波数割当状況

図 2-2 に示すように、諸外国でも上記周波数帯の周辺において、RFID 等の導入や他の無線システム（位置情報測位、ワイヤレス給電等）の検討も進んでいる。

諸外国では、キャリアセンス機能を要しないケースが多く、欧米、中国、韓国、豪州でキャリアセンスによる混信回避技術を採用しているのは韓国のみである（韓国は、混信防止機能として、キャリアセンスの他、FH 方式、LDC 方式も可能となっている。）

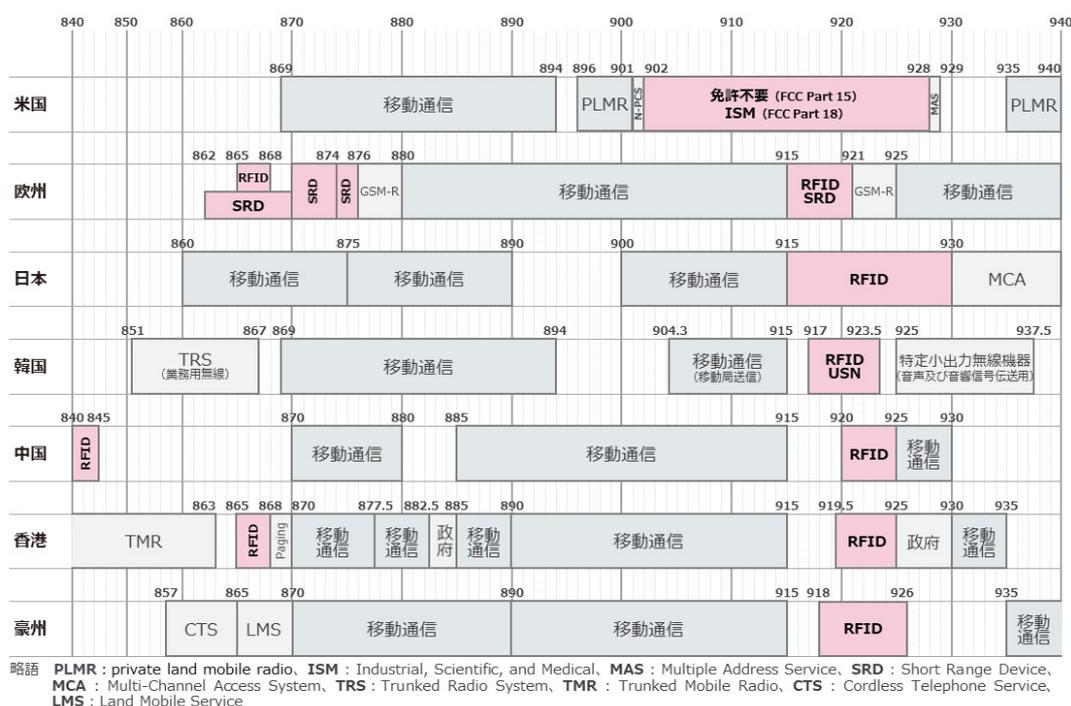


図 2-2 諸外国における UHF 帯 RFID 等の周波数割当て状況

(第 9 回作業班 一般財団法人マルチメディア振興センター提供資料より抜粋)

キャリアセンスを要しないシステムの導入にあたっては、諸外国との利用周波数帯の調和を図りつつ、既存のキャリアセンスを要するシステムとの共用に十分留意することが必要となる。

キャリアセンスを要しないFH方式を用いるシステムは、ホッピングチャンネル数が多いほど同一システム間の干渉が少なくなり、また、より多くの使用可能チャンネル数を確保することで、ホッピングのパターンに自由度ができ、更なる干渉軽減が可能となる。しかし、既存のキャリアセンスを要するシステムとの共用は、双方のシステムの技術仕様（送信時間や通信サイクル等）、利用形態（利用する時間、頻度及び場所等）及び普及台数によって大きく異なるため、キャリアセンスを要しないシステムの導入の初期段階においては、割当周波数は必要最小限の範囲とし、今後の920MHz帯小電力無線システム全体の普及状況を見ながら、必要に応じて見直しを図ることが適当である。

FH方式の導入を可能とする周波数帯は、ホッピングチャンネル数20以上が確保でき、かつ、表2-5のとおり、諸外国の周波数利用状況と整合をとる観点から、920.5MHzから925.1MHzまでとする。

表2-5 FH方式に係る諸外国の技術基準^{※1}

	米国	中国	韓国
周波数 (MHz)	902-928	920-925	917-923.5
出力上限 (mW)	250 (23CH ホップ [°] の場合)	100	10~25
チャンネル数	50	20	32
帯域幅上限 (kHz)	500	250	200
FH導入 ・ホッピング数 ・占有時間 /Duty	・出力により制限あり ・2%/20s周期 ^{※2}	・制限なし ・2秒	・10CH以上/16CH以上 ^{※3} ・0.4秒

※1 欧州はFH方式は非採用。韓国はLBT、LDCも選択可。

※2 平均占有時間（20dB帯域幅が250kHz未満の場合。）

※3 USN無線設備の場合10CH以上、RFID無線設備の場合16CH以上。

LDC方式については、必要最小限の割当周波数帯幅として、利用ニーズのあるLPWA

での利用を想定し、現状、使用されている 920.5MHz から 923.5MHz までの割当てとすることが適当である。表 2-6 に示すとおり、当該周波数範囲においては、アジア諸国を含めた地域との調和も可能となる。

表 2-6 LoRaWAN における地域別利用周波数

チャンネルプラン	AS923	AU915-928	US902-928
周波数 (MHz)	920-925	915-928	902-928
国名	<920-925> 香港 台湾 タイ シンガポール <920.5 - 924.5> 中国 <923-925> インドネシア カンボジア ラオス <920-928> 日本	オーストラリア ニュージーランド アルゼンチン ブラジル チリ パラグアイ ペルー ウルグアイ	アメリカ カナダ コロンビア エクアドル メキシコ パナマ

2-4 他の無線システムとの共用

アクティブ系小電力無線システムの隣接周波数を使用する無線システムとして、パッシブ系の小電力無線システム、携帯電話、MCAシステムが存在する。

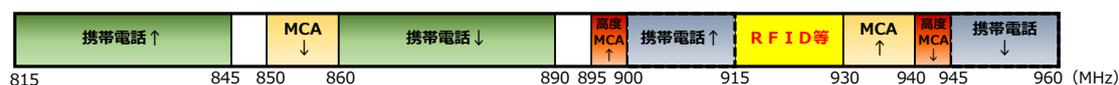


図 2-3 900MHz 帯の利用状況

(1) 携帯電話及びMCAシステムとの共用

今回検討するキャリアセンスを要しないシステムは、送信電力、周波数占有帯幅、帯域外輻射電力等の電波の質に係る諸元は現行規定を維持する。このため、隣接の無線システムとの共用については、アクティブ系小電力無線システム全体の通信トラフィック、つまり、単位面積当たりの端末台数や端末当たりの送信時間の増加が干渉量を増加する要因となり得る。

今後、キャリアセンスを要しないシステムの制度化がなされた場合、920MHz 帯においてアクティブ系小電力無線システムの導入をユーザーが検討する場面において、従来のキャリアセンスを要するシステムに加えてキャリアセンスを要しないシステムも選択できることとなるが、国内におけるアクティブ系小電力無線システムの総需要に大きな影響を与えることはないと考えられる。このため、今後のアクティブ系小電力無線システムの普及予測は、平成 30 年 5 月 15 日の情報通信審議会一部答申（「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 小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」）（以下「平成 30 年度答申」という。）において検討された普及予測（参考資料 2）からの変更はなく、通信トラフィックの総量は変わらないと考えられる。

よって、隣接帯域を使用する他の無線局への影響が増加することはないと考えられることから、新たな検討は不要である。

(2) 高出力型パッシブシステムとの共用

高出力型パッシブ系小電力無線システムは、916.7MHz から 920.9MHz までの周波数が割当てられており、1W までの送信電力が可能で、免許または登録を要する無線局となっている。

平成 30 年度答申において、高出力型パッシブ系システムと中出力型アクティブ系システムの双方の干渉の影響について評価を行っており、双方のシステムの利用形態を考慮すると共用は可能であり、必要に応じて民間規格において双方のシステムの運用ルールを規定することが適当との結論を得ている（参考資料 3）。また、本検討結果を踏まえて、ARIB 標準規格において、920.4MHz、920.6MHz 及び 920.8MHz の 3 波（23-25ch）はパッシブシステム優先チャンネルとする運用規定が定められている。

上記の過去の検討においては、干渉の評価として、被干渉システムのキャリアセンスの閾値を超えない所要離隔距離を求めており、与干渉システムのキャリアセンスの有無は計算結果に影響しないため、キャリアセンスなしのアクティブ系システムから高出力型のパッシブ系システムに与える影響の評価は変わらない。キャリアセンスを有しない場合、本検討において算出された離隔距離以内であっても、電波発射を行うことが想定されるが、キャリアセンスを有しないシステムの導入にあたっては、ARIB 標準規格において、現行の運用規定を踏襲することで実運用上の共用は可能と判断される。

2-5 電波防護指針への適合性

電波防護指針では、評価する対象において、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、電波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、管理環境における指針値を適用し、このような条件が満たされない場合は、一般環境における指針値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2-7及び表2-8に示す。

表2-7 管理環境の電磁界強度（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	$3.54f$ (MHz) ^{1/2}	f (MHz) ^{1/2} / 106	f (MHz) / 300

表2-8 一般環境の電磁界強度（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	$1.585f$ (MHz) ^{1/2}	f (MHz) ^{1/2} / 237.8	f (MHz) / 1500

920MHz帯における電磁界強度指針値を求めると、表2-9のとおりとなる。

表2-9 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]
管理環境	107.374	0.286	3.067
一般環境	48.075	0.128	0.613

中出力型アクティブ系小電力無線システムの送信諸元として、空中線電力20mW、空中線利得3dBiとした場合、平成29年3月31日の情報通信審議会一部答申（「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小電力無線システムの高度化に係る技術的条件」に記載のとおり、電波防護指針を満足する離隔距離は、表2-10及び表2-11のようになる。

これは、常時送信（休止なし）と仮定した場合の計算結果であり、今回導入を検討するキャリアセンスなしのシステムは、送信電力、周波数占有帯幅、帯域外輻射電力等の電波の質に係る諸元は現行システムと変わらないため、同じ計算結果が得られる。

ここで、全ての反射を考慮しない場合をケース 1（反射係数 1）、大地面の反射を考慮する場合をケース 2（反射係数 2.56）、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（反射係数 15.9）とした。なお、ケース 3 の反射係数は、平成 11 年郵政省告示第 300 号に基づき、水面等大地面以外の反射を考慮する場合の反射係数に 6dB を加算した値とした。

表 2-10 管理環境において電波防護指針を満足する離隔距離(cm)

ケース 1	ケース 2	ケース 3
1.019	1.630	4.065

表 2-11 一般環境において電波防護指針を満足する離隔距離(cm)

ケース 1	ケース 2	ケース 3
2.279	3.646	9.093

なお、上記の指針は、固定設置する無線設備に適用されるものであり、一般的に想定されうる利用形態を考慮した際には、従来どおり、実運用上の問題は生じないものと考えられる。

移動する無線設備の場合、人体の近傍（20cm 以内）で使用が想定されるものについては、人体における比吸収率の許容値（表 2-12）に適合する必要がある（ただし、平均電力が 20mW を超えない場合は、適用対象外となる。）

表 2-12 局所比吸収率の指針値（100kHz-6GHz）

条件	任意の組織 10g 当りの比吸収率 (W/kg)	
	人体（四肢、両手を除く）	人体四肢（両手を除く）
管理環境	10	20
一般環境	2	4

なお、当該システムの送受信機モジュールをノート PC、携帯電話、タブレット端末等に搭載する際には、組み込んだ状態での比吸収率（総合照射比）の審査が必要となる。

また、植え込み医療機器等への影響については、今回導入を検討するキャリアセンス

なしのシステムは、送信電力、周波数占有帯幅、帯域外輻射電力等の電波の質に係る諸元は現行システムと変わらないため、「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」のうち、「RFID機器（電子タグの読み取り機）の電波が植込み型医療機器へ及ぼす影響を防止するための指針」を準用することが適切と考えられる。ただし、本システムはこれまでの電子タグの読み取り機よりも、送信電力は小さいものの、植込み型医療機器の装着部位に近づく可能性があることから、当該システムの導入に当たっては、実機等による動作検証を行うことが望ましい。

第3章 アクティブ系小電力無線システムの新たな技術的条件

3-1 FH方式の技術的条件

3-1-1 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) 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。また、(9)ウに示すFH方式の機能を有すること。

(4) 周波数帯

920.5MHz から 925.1MHz までとする。ただし、現行規定のとおり、キャリアセンスを行う場合は、925.1MHz から 928.1MHz までにおいても周波数ホッピングを行うことは可能。

(5) 単位チャネル

単位チャネルは、中心周波数が 920.6MHz から 925MHz までの 200kHz 間隔の 23 チャネルとする。ただし、現行規定のとおり、キャリアセンスを行う場合は、925.2MHz から 928MHz までの 200kHz 間隔の 15 チャネルまでにおいても周波数ホッピングを行うことは可能。

(6) 無線チャネル

同時に複数の無線チャネルを使用しないこと。

(7) 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つては、250mW 以下とすることができる。

(8) 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。) 以下となる場合は、その低下分を 3dBi を超える送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(9) 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 送信時間制御

送信装置の 1 時間当たりの送信時間の総和は 720 秒以下で、かつ、各無線チャネルの 1 時間当たりの送信時間の総和は 36 秒以下であること。

ウ ホッピング周波数滞留時間

特定の周波数の電波を発射してから 400 ミリ秒以内にその発射を停止し、かつ、当該停止から 4 秒の時間を経過するまでの間は同一周波数の電波の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 400 ミリ秒以内に同一周波数の電波による再送信（当該時間内に停止する再送信に限る。）を行う場合に限り、送信休止時間を設けずに再送信することができる。

(10) 端末設備内において電波を使用する端末設備

本方式による無線設備が電気通信回線設備の一端に接続されるものである場合にあつては、以下の条件を満たすこと。

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 キャリアセンスの備付けを要しない場合を除き、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。

ウ 空中線系を除く高周波部及び変調部は容易に開けられないこと。

エ 送信装置識別装置、呼出符号記憶装置及び識別装置は容易に取り外しできないこと。

3-1-2 技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

$\pm 20 \times 10^{-6}$ 以内または指定周波数帯によること。指定周波数帯による場合、割当周波数は単位チャネルの中心周波数とする。

イ 占有周波数帯幅の許容値

200kHz 以下であること。

ウ 無線チャネルマスク

無線チャネルに隣接する単位チャネル内に放射される電力は-15dBm 以下であること。

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、次表に定めるとおりであること。

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 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。）	-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

※n は一の無線チャネルとして同時に使用する単位チャネルの数で 1。

（2）受信装置

副次的に発する電波等の限度については、次表に定めるとおりであること。

副次的に発する電波の限度

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	-54dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	-55dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	-55dBm	100kHz
915MHz を超え 930MHz 以下	-54dBm	100kHz
930MHz を超え 1GHz 以下	-55dBm	100kHz
1GHz を超えるもの	-47dBm	1MHz

3-1-3 測定法

平成 30 年度答申のうち、「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」（参考資料 4）を適用する。

ただし、ホッピング周波数滞留時間については、以下のとおりとする。

・ホッピング周波数滞留時間

スペクトルアナライザの中心周波数を測定するホッピング周波数に設定し掃引周波数幅を0Hz（ゼロスパン）に設定する。スペクトルアナライザのビデオトリガ機能等を使用して掃引し、ホッピング周波数における送信時間が規定の送信時間以下であること及び送信停止時間が規定の送信停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、空中線端子が無い場合においては、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。

3-2 LDC方式の技術的条件

3-2-1 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) 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。また、(9)イに示すLDC方式の機能を有すること。

(4) 周波数帯

920.5MHz から 923.5MHz までとする。

(5) 単位チャネル

単位チャネルは、中心周波数が 920.6MHz から 923.4MHz までの 200kHz 間隔の 15 チャネルとする。

(6) 無線チャネル

同時に複数の無線チャネルを使用しないこと。

(7) 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。

(8) 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。) 以下となる場合は、その低下分を 3dBi を超える送信空中線の利得で補うことができるものとする。

(9) 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 送信時間制御

送信装置の 1 時間当たりの送信時間の総和は 36 秒以下であって、電波を発射してから 4 秒以内にその発射を停止し、かつ、50 ミリ秒の送信休止時間を経過した後でなければその後の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 4 秒以内に再送信(当該時間内に停止する再送信に限る。)を行う場合に限り、当該送信休止時間を設けずに送信を行うことができる。

(10) 端末設備内において電波を使用する端末設備

本方式による無線設備が電気通信回線設備の一端に接続されるものである場合にあっては、以下の条件を満たすこと。

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 キャリアセンスの備付けを要しない場合を除き、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。

ウ 空中線系を除く高周波部及び変調部は容易に開けられないこと。

エ 送信装置識別装置、呼出符号記憶装置及び識別装置は容易に取り外しできないこと。

3-2-2 技術的条件

(1) 送信装置

ア 周波数の許容偏差

±20×10⁻⁶以内または指定周波数帯によること。指定周波数帯による場合、割当周波数は単位チャンネルの中心周波数とし、指定周波数帯の幅は単位チャンネルの帯域幅とする。

イ 占有周波数帯幅の許容値

200kHz 以下であること。

ウ 無線チャンネルマスク

無線チャンネルに隣接する単位チャンネル内に放射される電力は-15dBm 以下であること。

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、次表に定めるとおりであること。

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 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。）	-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

※n は一の無線チャネルとして同時に使用する単位チャネルの数で 1。

（2）受信装置

副次的に発する電波等の限度については、次表に定めるとおりであること。

副次的に発する電波の限度

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	-54dBm	100kHz
710MHz を超え 900MHz 以下	-55dBm	1MHz
900MHz を超え 915MHz 以下	-55dBm	100kHz
915MHz を超え 930MHz 以下	-54dBm	100kHz
930MHz を超え 1GHz 以下	-55dBm	100kHz
1GHz を超えるもの	-47dBm	1MHz

3-2-3 測定法

平成 30 年度答申のうち、「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」（参考資料 4）を適用する。

情報通信技術分科会 陸上無線通信委員会 構成員一覧

(令和元年6月3日現在 敬称略)

氏名	主要現職
主査 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 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 総合研究センター長
委員 森川 博之	東京大学大学院 工学系研究科 教授
専門委員 飯塚 留美	一般財団法人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	日本電信電話株式会社 技術企画部門 電波室長
〃 伊藤 数子	特定非営利活動法人 STAND 代表理事
〃 小花 貞夫	国立大学法人 電気通信大学 特任教授 産学官連携センター長
〃 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
〃 薄田 由紀	日本電気株式会社 電波・誘導事業部 情報システム部 マネージャ
〃 高田 政幸	日本放送協会 放送技術研究所 伝送システム研究部長
〃 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
〃 日野岳 充	一般社団法人日本アマチュア無線連盟 専務理事
〃 藤野 義之	東洋大学 理工学部 電気電子情報工学科 教授
〃 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 代表理事・専務理事・事務局長
〃 松尾 綾子	株式会社東芝 研究開発本部 本部企画部 兼 研究開発センター 研究企画部 参事
〃 三谷 政昭	東京電機大学 工学部 情報通信工学科 教授
〃 三次 仁	慶應義塾大学 環境情報学部 教授
〃 吉田 貴容美	日本無線株式会社 新規事業開発本部 新規事業開発企画部 シニアエキスパート

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

(令和元年 10 月 1 日現在 敬称略)

氏名	所属・役職
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 (第9回のみ)
岩崎 修	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
遠藤 秀樹	東京ガス株式会社 基盤技術部 応用技術研究所
大井 伸二	凸版印刷株式会社 新事業開発本部 ビジネスイノベーションセンター 部長
兼坂 有美	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 アクセス技術グループ FAN チームリーダー
木村 亮一	京セラコミュニケーションシステム株式会社 LPWA ネットワーク部 部責任者
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
古村 浩志	一般社団法人日本自動認識システム協会 専務理事
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
白石 和久	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 パブリックシステム事業本部 システム開発本部 係長
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 参事
玉井 洋平	セムテックジャパン合同会社 LoRa 担当 技術課長
西田 肇夫	東芝エネルギーシステムズ株式会社 DX ビジネスデザインプロジェクトチーム 参事
二宮 照尚	富士通研究所 ICT システム研究所 エッジコンピューティングプロジェクト 専任研究員
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
三島 安博	Apple Japan, Inc. Wireless Design
山田 隆男	大日本印刷株式会社 情報コミュニケーション製造統括本部 技術ユニットプロダクトイノベーション部 第1グループ
米山 悠介	ソニーセミコンダクタソリューションズ株式会社 IoT ソリューション事業部・開発2部・1課 統括課長(第10回以降)
李 還幫	国立研究開発法人情報通信研究機構 ワイヤレスシステム研究室 総括研究員ワイヤレスネットワーク総合研究センター
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

参考資料 1 欧州における 900MHz 帯小電力無線システムの技術基準 (RFID 以外)

参表 1 - 1 欧州勧告 ERC/REC 70-03 Annex1 - 非特定 SRD の技術標準

規格	h0	h1.0	h1.1	h1.2	h1.3	h1.4	h1.5	h1.6	h1.7	h1.8	h1.9	h2	h3
	ETSI規格のEN 300 220に準拠												
周波数	862-863 MHz	863-870 MHz (Note 2)	865-868 MHz	863-870 MHz (Notes 2)	863-865 MHz	865-868 MHz (Note 4)	868-868.6 MHz (Note 4)	868.7-869.2 MHz	869.4-869.65 MHz	869.7-870 MHz	869.7-870 MHz	870-874.4 MHz (Note 6)	915-919.4 MHz (Note 7)
出力	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p. 電力密度: -4.5 dBm/100 kHz	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	500 mW e.r.p.	5 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p. ただし、100mW e.r.p制限を適用する Note5で定める RFID チャンネルを除く
チャンネル数	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
帯域幅	≤ 350 kHz	≤ 100 kHz 47チャンネル以上の hop 使用の場合 (Note 2)	≤ 50 kHz 58チャンネル以上の hop 使用の場合 (Note 2)	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	規定なし	≤ 600 kHz ただし、≤ 400 kHz制限を適用する Note5で定める RFID チャンネルを除く
混信回避	≤ 0.1% LDC	≤ 0.1% LDC (Note 1) FHSS	≤ 0.1% LD (Notes 1) FHSS	≤ 0.1% LDC又は LBT+AF A 非FHSS	≤ 0.1% LDC又は LBT + AFA	≤ 1% LDC又は LBT + AFA	≤ 1% LDC又は LBT+AF A	≤ 0.1% LDC又は LBT+AF A	≤ 10% LDC又は LBT+AF A	必要なし (Note3)	≤ 1% LDC又は LBT + AFA	≤ 1% LDC ER-GSM 保護の場合 (該当する場合: 873-876 MHz); LDCは、≤ 0.01% 以下、及び最大伝送時間は 1秒間当たり 5ms	≤ 1% LDC ER-GSM 保護の場合 (該当する場合: 918-921MHz); LDCは、≤ 0.01% 以下、及び最大伝送時間は 1秒間当たり 5ms
備考		一部の周波数帯は、Annex 2、3、10及び11でも使用。	この周波数帯は、Annex2、3及び11でも使用。	一部の周波数帯は、Annex2、3、10及び11でも使用。	この周波数帯は、Annex 3及び10でも使用。	この周波数帯は、Annex2、3及び11でも使用。							新たに実装する場合、管理者はデータネットワークにおける SRDの技術条件に従うことが推奨 (Annex 2を参照)。この周波数帯域は、Annex2でも使用。

注 1 デューティサイクルは、各ホップチャンネルではなく、伝送全体に適用される。

- 注2 アラームの周波数帯域（Annex7を参照）は除外される。
- 注3 音声アプリケーションは25 kHzの最大帯域幅とし、LBT又は同等のスペクトラムアクセス技術を使用し、各送信の最大送信期間は1分。他のオーディオ/ビデオアプリケーションは除外される。
- 注5 利用可能なチャンネル中心周波数は916.3 MHz、917.5 MHz、及び918.7 MHz。チャンネル帯域幅は400 kHz。
- 注6 一部の国の既存の実装には、最大876 MHzの周波数が含まれている。サブバンド h2) 及び h3) の周波数に関する説明を参照。
- 注7 一部の国の既存の実装には、最大921 MHzの周波数が含まれている。中心周波数919.9 MHzの4番目の100mW e.r.p./400 kHzチャンネルを実装できる。サブバンド h2) 及び h3) の周波数に関する説明を参照。
- 注8 整合規格でも言及されている技術的パラメータ：
LDCの代わりに、AFAを備えたLBTが使用できる。LBTは、EN 300 220で定義されている。
- 注9 サブバンド h1.0) から h1.2) 及び h1.4):
- －特定のチャンネルは、SRDよりも高い電力で送信するRFID質問機によって占有される場合がある（Annex11を参照）。RFIDからの干渉のリスクを最小限に抑えるために、SRDはAFAを備えたLBTを使用するか、適切な離隔距離を遵守する必要がある。高出力RFID質問機チャンネルでは、離隔距離は918 m（屋内）から3.6 km（田舎の屋外）まで多様。残りの2.2 MHzでは、タグが-20 dBm e.r.pで周波数を占有し、この離隔距離は24 m（屋内）から58 m（田舎の屋外）まで多様。
 - －862 MHz未満及び870 MHzを超える隣接周波数帯域は、高い送信電力を使用するシステムによって占有される場合がある。SRDメーカーは、機器の設計や周波数帯域と電力レベルの選択において、このことを考慮に入れる必要がある。
- 注10 サブバンド h2) 及び h3):
- －このバンドが防衛/政府システムに使用されている一部の国では、サブバンド h2) 及び h3) の全て又は一部の使用が制限されているか、非特定SRDに対して許可されていない場合がある。さらに、一部の国ではサブバンド873-876 MHz及び918-921 MHzを拡張GSM-R周波数帯域として使用しており、非特定のSRDアプリケーションによる873-876/918-921 MHzの周波数帯域へのアクセスには、ECCレポート200に記載されている送信タイミングの制限など、追加の干渉軽減策を実装する必要がある。
 - －CEPTは、874.4-880 MHz及び919.4-925 MHzの将来の鉄道移動通信システムの調和スペクトル規制枠組みを考慮しており、これらの周波数帯域は将来の使用に関するレビューが必要になる場合がある。
 - －国によっては、874.4-876 MHz及び919.4-921 MHzの周波数範囲でSRDの既存の実装がある。付録（Appendix）1及び3は、国内の実装の状態を提供している。CEPT主管庁は付録1及び3が最新であることを保証するために、より制限的又はより緩和された国内措置に関する情報を提供することが重要。
 - －EC決定2018/1538/EUはEU加盟国に適用される。CEPT主管庁は、874.4-876 MHz及び919.4-921 MHzでの新しいSRDの使用の導入を控えるべきである。CEPTの複数の国では、これらの周波数範囲での既存の実装は、EC決定の第3条（4）の影響を受けないことが認識されている。
 - －SRDの新しい規定を実装することを希望するCEPT主管庁は、決定2018/1538/EUに定められているように、データネットワーク内の全てのデバイスは、ネットワークアクセスポイントの制御下にあるものとし、データネットワーク内のSRDの技術条件との国家的整合を検討することが推奨される（Annex2を参照）。
 - －隣接する帯域で動作する無線サービスへの干渉を避けるために、ローカル調整などの国内規則も必要になる場合がある。

参表 1-2 欧州勧告 ERC/REC 70-03 Annex2・3

	Annex 2 (追跡・トレーシング及びデータ取得の技術標準)				Annex 3 (追ワイドバンド送信システムの技術標準)	
	C1	C2	C3	C4	a1	a2
規格	EN 303 659	EN 303 204	EN 303 659	EN 303 659	EN 304 220	EN 304 220
周波数	865-868 MHz (Note 4)	870-874.4MHz (Note 5)	917.3-918.9 MHz (Notes 6)	915-919.4 MHz	863-868 MHz	915.8-919.4 MHz
出力	500 mW e.r.p.	500 mW e.r.p.	500 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.	25 mW e.r.p.
チャンネル数	—	—	—	—	—	—
帯域幅	≤ 200 kHz	≤ 200 kHz	≤ 200 kHz	≤ 600 kHz	>600 kHz ≤ 1 MHz	>600 kHz ≤ 1 MHz
混信回避	スペクトル共有に必要な適応電力制御 (APC) (Note 1) 及び次のデューティサイクルの制限も適用。 ネットワークアクセスポイント： ≤10% LDC その他： ≤ 2.5% LDC	スペクトル共有に必要な適応電力制御 (APC) (Note 1) 及び次のデューティサイクルの制限も適用。 ネットワークアクセスポイント： ≤10% LDC その他： ≤ 2.5% LDC	スペクトル共有に必要な適応電力制御 (APC) (Note 1) 及び次のデューティサイクルの制限も適用。 ネットワークアクセスポイント： ≤10% LDC その他： ≤ 2.5% LDC	≤ 0.1% LDC	≤ 10% LDC ネットワークアクセスポイント及びボライトスペクトルアクセスの場合 ≤ 2.8% LDC その他及びボライトスペクトルアクセスの場合	≤ 10% LDC ネットワークアクセスポイント及びボライトスペクトルアクセスの場合 ≤ 2.8% LDC その他及びボライトスペクトルアクセスの場合
備考	データネットワーク (Note 2)。 APCは、機器のERPを最大値から5 mW以下に低減。この周波数帯域は、Annex 1、3、及び11でも使用。	データネットワーク内の全てのノマディック及びモバイルデバイスは、マスターネットワークアクセスポイント (NAP) によって制御される。APCは、機器のERPを最大値から5 mW以下に低減。この周波数帯域は、Annex 1でも使用。	データネットワーク (Note 2及び8)。 データネットワーク内の全てのノマディック及びモバイルデバイスは、マスターネットワークアクセスポイント (NAP) によって制御される。APCは、機器のERPを最大値から5 mW以下に低減。この周波数帯域は、Annex 1、3及び11でも使用。	データネットワーク (Note 2及び8)。 データネットワーク内の全てのノマディック及びモバイルデバイスは、マスターネットワークアクセスポイント (NAP) によって制御される。この周波数帯域は、Annex 1、3及び11でも使用。	データネットワークにおける広帯域データ伝送 (Note 2) この周波数帯域は、Annex 1、2、10及び11でも使用。	データネットワークにおける広帯域データ伝送 (Note 2及び8) データネットワーク内の全てのノマディック及びモバイルデバイスは、マスターネットワークアクセスポイント (NAP) によって制御される。この周波数帯域は、Annex 1、2及び11でも使用。

- 注1 スペクトル互換性のうえで少なくとも同等のレベルを達成する、代替的な他の干渉回避技術。
- 注2 データネットワーク内のネットワークアクセスポイントは、固定地上短距離デバイスで、データネットワーク内の他の短距離デバイスからそのデータネットワーク外にあるサービスプラットフォームへの接続ポイントとして機能する。データネットワークという用語は、ネットワークアクセスポイントを含むいくつかの短距離デバイスをネットワークコンポーネントとし、かつ、それらの間でワイヤレス接続することを指す。
- 注3 一部の国では、プロのユーザーのみがインストールと操作を実行できるように使用が制限され、例えば無線サービスの保護を確保するために地理的共有及び/又は干渉回避技術の適用を管理するなど、個別の承認が必要になる場合がある。多数の NAP が存在する地域では、個別の承認又は追加の干渉回避手法 (LBT など) を NAP に適用することもできる。
- 注4 865.6-865.8 MHz、866.2-866.4 MHz、866.8-867.0 MHz、及び 867.4-867.6 MHz の周波数範囲内でのみ許可される送信。
- 注5 一部の国の既存の実装には、最大 875.6 MHz の周波数が含まれている。サブバンド c2) ~c4) の周波数に関する説明を参照。
- 注6 917.3-917.7 MHz 及び 918.5-918.9 MHz の周波数範囲内でのみ許可される送信。

注8 一部の国では、プロのユーザーのみがインストールと操作を実行できるように使用が制限され、例えば無線サービスの保護を確保するために地理的共有及び/又は干渉回避技術の適用を管理するなど、個別の承認が必要になる場合がある。

注9 整合規格でも言及されている技術的パラメータ：

ーサブバンド C1、C3、C4

整合規格では、適切なスペクトル共有メカニズムを定義する必要がある。

EN 303 204 には、ネットワークアクセスポイントに対する LBT の実装要件が含まれている。

ーサブバンド c 2) から c4)：

サブバンド c2) から c4) の全て又は一部の使用は、サブバンドが防衛/政府システムに使用されている一部の国では、データネットワークの SRD に対して制限又は許可されていない場合がある。

さらに、一部の国では、サブバンド 873-876 MHz 及び 918-921 MHz を拡張 GSM-R 周波数帯域として使用している。したがって、地理的な制限が適用される場合がある。

CEPT は、874.4-880 / 919.4-925 MHz の将来の鉄道移動通信システムの調和スペクトル規制枠組みを検討しており、これらの周波数帯域は将来の使用に関するレビューが必要になる場合がある。

一部の国では、周波数範囲 874.4-875.6 MHz のデータネットワークに SRD の既存の実装がある。

付録 (Appendix) 1 及び 3 は、国内の実装の状態を提供する。CEPT 主管庁は、付録 1 及び 3 が最新であることを保証するために、より制限的又は緩和された国内措置に関する情報を提供する必要がある。EC 決定 2018/1538 / EU は EU 加盟国に適用される。CEPT 主管庁は、874.4-876 MHz 及び 919.4-921 MHz での新しい SRD 使用の導入を控えるべきである。CEPT の複数の国では、これらの周波数範囲での既存の実装は、EC 決定の第 3 条 (4) の影響を受けないことが認識されている。

隣接する帯域で動作する無線サービスへの干渉を避けるために、ローカル調整などの国内規則も必要になる場合がある。

サブバンド c2) に関して、周波数範囲 874-874.4 MHz は、EC 決定 2018/1538 / EU による欧州調和最小コア帯域。

サブバンド c4) に関して、周波数範囲 917.4-919.4 MHz は、EC 決定 2018/1538 / EU による欧州の調和最小コア帯域。

ーサブバンド a1：

整合規格では、スペクトルアクセスプロトコルの最小要件を定義して、863-865 MHz の ALD を含むオーディオアプリケーションへの干渉確率を下げ、ECC レポート 261 に沿った検出閾値要件を定義する必要がある。

ーサブバンド a2：

サブバンド a2) の全て又は一部の使用は、このサブバンドの全て又は一部が防衛/政府システムに使用されている国では、データネットワークの広帯域データ伝送システムに限定又は許可されない場合がある。

さらに、一部の国では、サブバンド 918-921 MHz を拡張 GSM-R 周波数帯域として使用している。したがって、地理的な制限が適用される場合がある。GSM-R 及び防衛/政府サービスに関する国内での実施については、付録 (Appendix) 1 及び 3 を参照。

参考資料2 アクティブ系小電力無線システムの普及予測（平成30年度答申より抜粋）

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		$\sqrt{(\text{④} \times \text{⑦}) \times (1 - \text{⑦})}$ ※二項分布
⑩	閾値 (平均 +2.33884 σ)	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

参考資料3 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（平成30年度答申より抜粋）

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3-1に示す。



参図3-1 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3-1に示す。

参表 3 - 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	① 送信電力 (EIRP)	dBm	36.0	② + ③
送信	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	④ アンテナ利得	dBi	3.0	
受信	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

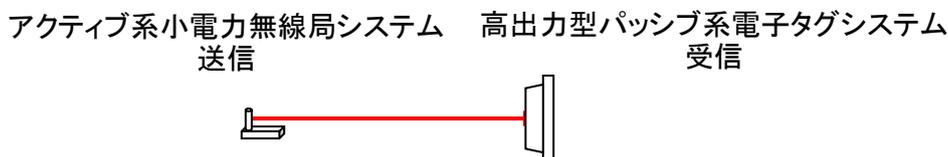
②隣接チャネル漏洩電力の影響

高出力型パッシブ系電子タグシステム	① 隣接チャネル漏洩電力 (EIRP)	dBm/200kHz	6.5	② + ③
送信	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	④ アンテナ利得	dBi	3.0	
受信	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	① 次隣接チャネル漏洩電力 (EIRP)	dBm/200kHz	-20.0	② + ③
送信	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	dBi	6.0	
アクティブ系小電力無線システム	④ アンテナ利得	dBi	3.0	
受信	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 3 - 2 に示す。



参図 3 - 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 3 - 2 に示す。

参表 3-2 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 送信	① 送信電力(EIRP)	dBm	3.0	② + ③		
	② 送信電力(送信機出力)	dBm	0.0			
	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 受信	④ アンテナ利得	dBi	6.0			
	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 送信	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-23.0	② + ③		
	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	dBi	3.0			
高出力型パッシブ系電子タグシステム 受信	④ アンテナ利得	dBi	6.0			
	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 送信	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-30.0	② + ③		
	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 受信	④ アンテナ利得	dBi	6.0			
	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3-3に示す。

参表 3-3 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 送信	① 送信電力(EIRP)	dBm	16.0	② + ③		
	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 受信	④ アンテナ利得	dBi	6.0			
	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 送信	① 隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-12.0	② + ③		
	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 受信	④ アンテナ利得	dBi	6.0			
	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 送信	① 次隣接チャネル漏洩電力(EIRP)	dBm/200kHz	-30.0	② + ③		
	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 受信	④ アンテナ利得	dBi	6.0			
	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3-4に示す。

参表3-4 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	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	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	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	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	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

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3-5に示す。

参表 3-5 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。

参考資料4 中出力型アクティブ系小電力無線システムの測定方法（平成30年度答申参照）

（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%となる周波数帯幅を測定すること。

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）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、指定周波数帯による場合は、単位チャ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、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。