

9 2 0 M H z 帯無線
スリープ動作型（省電力対応）
共通 取扱説明書

目次

1. はじめに	4
1.1. 特徴	4
1.1.1. 基本構成	4
1.2. 仕様	5
1.3. ラインナップ	6
2. システム運用までの流れ	7
3. 無線ネットワーク構成の検討	8
3.1. マルチホップ通信	8
3.1.1. ネットワーク構成	8
3.2. 設置環境の構成要素の確認	8
3.3. 無線化する箇所の確認	8
4. 機器の選定	9
4.1. 無線ユニット	9
4.2. アンテナ	14
4.3. 取付金具	16
4.4. 同軸ケーブル	16
5. 事前確認による電波環境の測定	17
5.1. 通信テスト機能	17
5.1.1. 通信テスト	17
6. 無線ネットワーク機能	18
6.1. 無線ネットワークの概要	18
6.1.1. ネットワーク参加	18
6.1.2. 無線マルチネットネットワーク機能	18
6.1.3. 無線マルチネットネットワーク動作概要	18
6.2. 無線ユニットのパラメータ値の検討	19
6.2.1. 省電力機能と省電力周期の設定	20
6.2.2. ネットワーク参加時間／離脱時間	21
6.2.3. 子機登録	21
6.2.4. PAN ID	22
6.2.5. 無線チャネル	22
6.2.6. 送信出力	23
6.2.7. 暗号鍵	23
6.2.8. ブロードキャスト送信	23
6.2.9. ポーリング周期	24
6.2.10. 送信時間制限（10%Duty 制限）	24

6.2.11.	通信時間の考え方	25
6.2.12.	消費電力	26
6.2.13.	子機バッテリーの持ち時間の計算と平均消費電流	27
6.3.	無線ユニット設定	31
6.3.1.	親機設定	31
6.3.2.	子機設定	31
7.	無線ユニットの設置	32
7.1.	推奨する設置箇所について	32
7.2.	アンテナ設置	32
7.3.	アンテナ指向性と偏波面	33
7.4.	フレネルゾーン	36
7.5.	無線電波への干渉について	37
8.	設置後の電波環境の測定	37

1. はじめに

本製品は、BEMS・スマートメータリング・M2M 等のサービスに利用できる大規模・高信頼の無線マルチホップネットワークシステムを構築できる無線ユニットです。920MHz の周波数帯で利用可能な IEEE802.15.4g 準拠の無線マルチホップネットワークを構築することが可能で、親機と子機の 2 種類の無線ユニットが存在します。

1.1. 特徴

電波到達性に優れた 920MHz 帯無線を使用して見通しで約 1km の到達性があります。

通信の信用性に優れた「無線マルチホップネットワーク」に対応し、各無線機が多段に中継することにより、広範囲の無線ネットワークを実現します。自動的に品質の良い通信経路を選択して中継するために、障害に強い柔軟な無線ネットワークを構築できます。また、優先する経路を固定で設定することもできます。

親機側は Ethernet の有線インターフェースを実装し、Modbus/TCP プロトコルを使用して無線ネットワークのデータの収集を容易にします。

スリープ動作ができるマルチホップ対応の 920MHz 帯無線を実装している為、子機は電池駆動可能となります。920MHz 帯無線は独自プロトコルを使用して通信を行います。

1.1.1. 基本構成

図 1.1 無線システム構成例では、特定小電力無線局（親機）は 920MHz 帯の無線通信にて子機の I/O データを収集しバッファリングします。収集した内容は PC を Modbus マスタにして Modbus/TCP プロトコルを使用して確認ができるシステムになります。

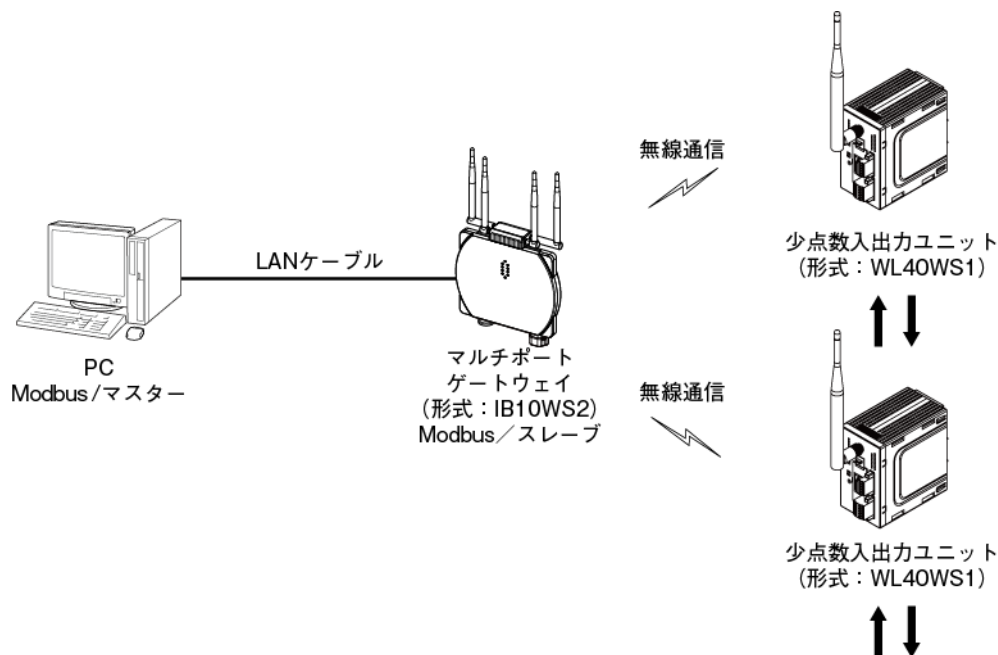


図 1.1 無線システム構成例

1.2. 仕様

無線ネットワークシステムの仕様は下表の通りとなります。

表 1-1 無線ネットワークシステムの仕様

項目		仕様
無線システム	通信速度	最大 100kbps
	実効速度	低遅延 10kbps バランス 4kbps 省電力 1kbps
	最大収容子機	親機 1 台当たり最大 100 台
	1 ノード接続可能台数	30 台
	最大ホップ数	30 ホップ

無線ユニットの無線部の仕様は下表の通りとなります。

表 1-2 無線部の仕様

項目		仕様
無線インタフェース	規格	IEEE 802.15.4g 準拠、ARIB STD-T108 準拠
	周波数	920MHz 帯 (922.3~928.1MHz)
	帯域幅	400kHz
	最大送信出力	20mW (偏差: +20~-80%)
	通信速度	100kbps
	最大パケットサイズ	256Byte
	プロトコル	独自※1
	最大伝送距離	見通しの良い直線距離で 1km 程度 ※1 スリープ無しの場合です。 ※2 設置環境によって電波飛距離は変動します。 ※3 アンテナ延長用の同軸ケーブルを使用するとケーブルロスのため、伝送距離は下がります。
	変調方式	GFSK
	受信感度	スリープ無し: -100dBm 以下 (PER=10%) スリープ有り: -92dBm

※1 独自プロトコルを使用しますので、Modbus 透過型の無線機器

(IB10W2、IB10W3、IB10W4、WL40MW1、WL40W1 シリーズ、WL1MW1 シリーズ、R3-NW1、R3-NMW1)

とは通信できません。

1.3. ラインナップ

(1) 無線ユニット親機

表 1-3 親機ラインナップ

品名	特徴
IB10WS2	920MHz 帯無線（独自プロトコル） 有線 LAN、2.4GHz 帯、5GHz 帯の無線 LAN が使用可能（Modbus/TCP プロトコル） 屋外使用を目的とした保護等級IP67に対応 無指向性アンテナ使用（水平方向 360° ）
IT40SW7 IT50SW7 IT60SW7	920MHz 帯無線（独自プロトコル） 有線 LAN が使用可能（Modbus/TCP プロトコル） 無指向性アンテナ使用（水平方向 360° ） 8 台の子機接続可能で表示ランプに子機接点入力の割付が可能。 メール通報機能が有り
WL40EWS2	920MHz 帯無線（独自プロトコル） 有線 LAN、が使用可能（Modbus/TCP プロトコル） 無指向性アンテナ使用（水平方向 360° ）

(2) 無線ユニット子機

表 1-4 子機ラインナップ

品名	特徴
WL40WS1-U1DAC2A	少チャンネル I/O 一体形無線子機 ユニバーサル入力 1 点、接点入力 1 点、トランジスタ出力 1 点 スリープアンテナ、ルーフトップアンテナを選択可能
WL40WS1-PA1	少チャンネル I/O 一体形無線子機 パルス入力 1 点 スリープアンテナ、ルーフトップアンテナを選択可能

2. システム運用までの流れ

下記に示すシステム運用までの流れを確認し、ネットワーク構成の設計や無線ユニットへの設定を実施してください。

- ① 無線システムのネットワーク構成の検討
- ② 無線機器の選定
- ③ 事前確認による電波環境の測定
- ④ 無線ユニットの設置と設定
- ⑤ 設置後の電波環境の測定

3. 無線ネットワーク構成の検討

3.1. マルチホップ通信

3.1.1. ネットワーク構成

親機 1 台と、複数の子機を使用して最適な通信経路を自動的に選択し、無線機間を多段に中継する無線マルチホップネットワークに対応しています。また、優先する経路を固定で設定することもできます。

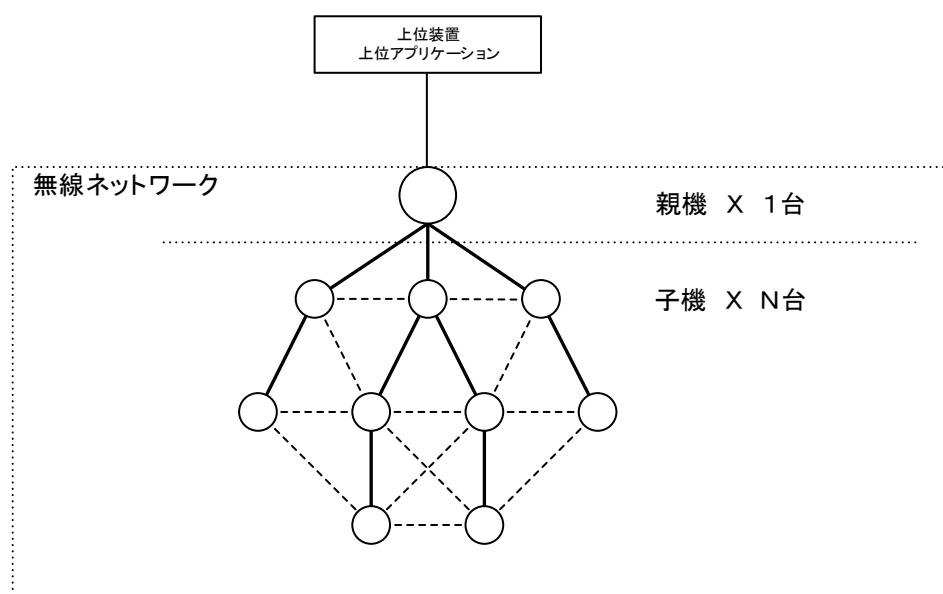


図 3.1 無線ネットワーク

3.2. 設置環境の構成要素の確認

無線ユニットの設置環境にある、データ収集装置やリモート I/O 等の設置場所、配線の接続先について確認します。

3.3. 無線化する箇所の確認

構成を確認した設置環境に対して、無線化する箇所を決定します。データ収集装置には必ず無線ユニット親機が接続されるので、ここでは併せて親機を接続する箇所、そしてリモート I/O の子機の確認も行います。

4. 機器の選定

本無線ユニットによるネットワークを構築するために必要な機器類は、以下の選定基準にてそれぞれ選択してください。

4.1. 無線ユニット

(1) 無線ユニット親機：I B 1 O W S 2

I B 1 O W S 2は上位装置（データ収集装置等）と TCP/IP で接続し、無線ユニット子機に接続した I/O データ収集を行うために使用します。I B 1 O W S シリーズの機種になります。

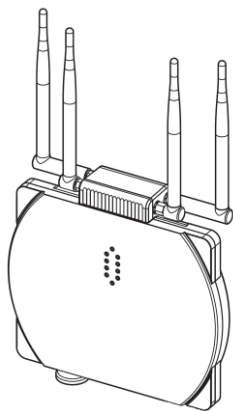


図 4.1 無線ユニット（親機）

表 4-1 親機仕様

項目	仕様
電源	PoE plus（42.5～57VDC）最大 25.5W または 交流 100-240VAC または 直流 24VDC
最大消費電力	PoE 約 17W 交流 100VAC のとき約 31VA、200VAC のとき約 38VA、 240VAC のとき約 41VA、 直流約 17W
使用温度範囲	-20～+50℃（-20～0℃はヒーターによる暖機運転）
保護等級	IP67
取付	ポール取付、壁取付、据置
寸法	207mm×226mm×59mm（アンテナ、突起含まず）

(2) 無線ユニット親機：IT40SW7・IT50SW7・IT60SW7

IT□0SW7は上位装置（データ収集装置等）とTCP/IPで接続し、無線ユニット子機に接続したI/Oデータ収集を行うために使用します。ITシリーズの機種になります。

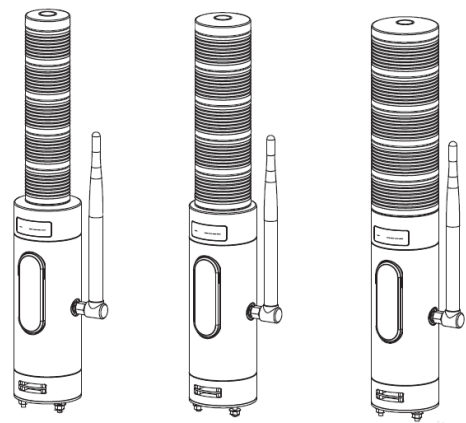


図 4.2 無線ユニット（親機）

表 4-2 親機仕様

項目	仕様
電源	PoEplus（37～57VDC）最大 15.4W または 交流 100～240VAC または 交流 100～120VAC（AC コード） または 直流 24VDC
最大消費電力	PoE 約 7.5W 交流 100VAC のとき約 11VA、200VAC のとき約 14VA、 240VAC のとき約 16VA、 直流約 7.5W
使用温度範囲	-10～+55℃
保護等級	IP65（垂直方向で設置された場合のみ準拠します。底面コネクタ部を除く。）
取付	直取付、ポール取付、卓上アングル取付
寸法	MAX352mm×φ60（アンテナ、突起含まず）

(3) 無線ユニット親機：WL 4 0 EWS 2

WL 4 0 EWS 2は上位装置（データ収集装置等）と TCP/IP で接続し、無線ユニット子機に接続した I/O データ収集を行うために使用します。WL 4 0 WSシリーズの機種になります。

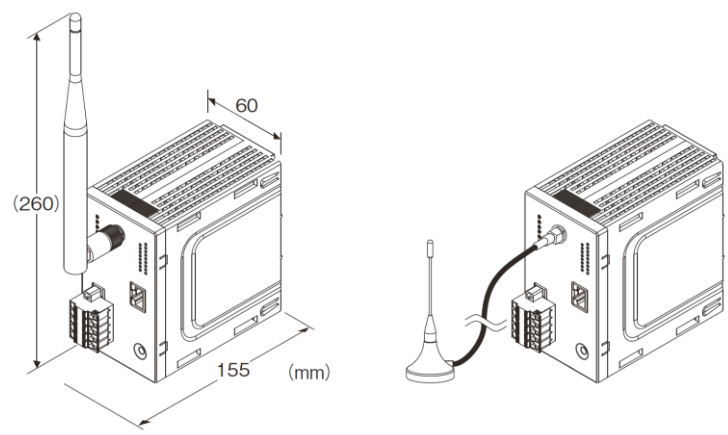


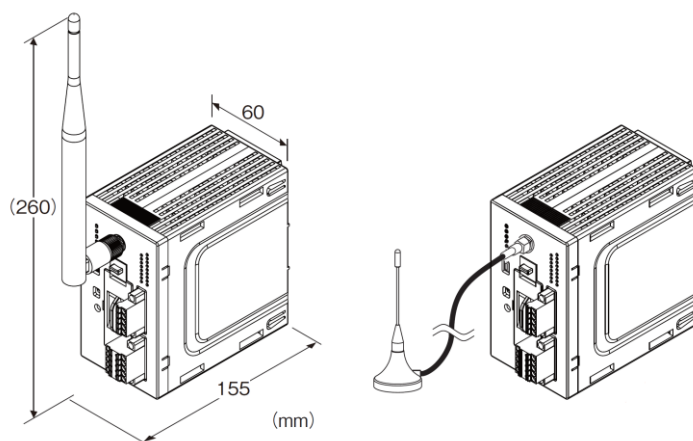
図 4.3 無線ユニット（親機）

表 4-3 親機仕様

項目	仕様
電源	直流 24VDC
最大消費電力	100mA 以下
使用温度範囲	-10～+55℃（電池は含みません）
取付	DIN レール取付
寸法	105mm×60mm×107mm（アンテナ、突起含まず）

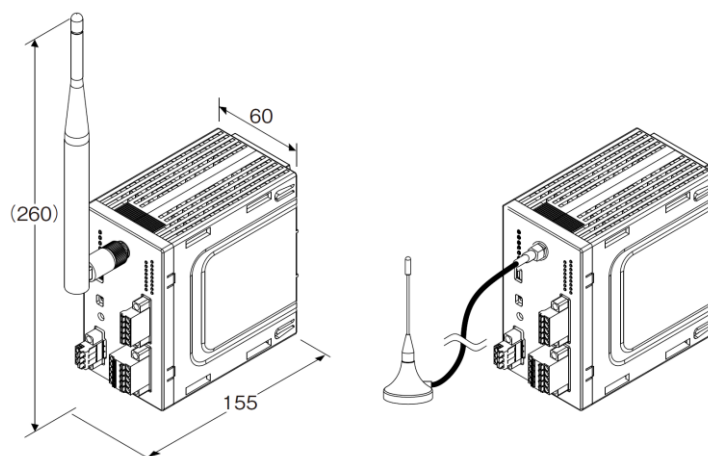
(4) 無線ユニット子機：WL40WS1-□

WL40WS1-□は、無線とI/O一体型形のワイヤレスI/O WL40WSシリーズの機種になります。



※参考外観図（WL40W1-U1DAC2A タイプ）

図 4.4 無線ユニット（子機）バッテリータイプ



※参考外観図（WL40W1-U1DAC2A タイプ）

図 4.5 無線ユニット（子機）5VDCタイプ

表 4-4 子機仕様

項目	仕様	
	バッテリータイプ	5VDCタイプ
電源	バッテリー 単3電池×3個	直流 5VDC
最大消費電力	85mA 以下	
使用温度範囲	-10～+55℃（電池は含みません）	
取付	DIN レール取付	
寸法	105mm×60mm×107mm（アンテナ、突起含まず）	

4.2. アンテナ

(1) 無線ユニット IB10WS シリーズ用アンテナ

無線ユニット IB10WS シリーズはアンテナの変更はできません。

本体に付属されているアンテナを使用してください。本体の向きを変える、アンテナを傾けることで、電波特性を偏向させることが可能です。

アンテナ仕様は下表の通りとなります。

表 4-5 無線ユニット（IB10WS シリーズ）アンテナ仕様

項目	仕様
アンテナ形式	1/2 波長スリーブアンテナ
最大利得	2dBi（公称）（※）
使用温度範囲	-20～50℃
保護等級	IP67（嵌合防水）
指向性	水平面内 無指向性
寸法	172mm×65.7mm（コネクタを含みます）

※アンテナは設置方法によって性能に影響します。

(2) 無線ユニット IT シリーズ用アンテナ

無線ユニット IT シリーズはアンテナの変更はできません。

本体に付属されているアンテナを使用してください。本体の向きを変える、アンテナを傾けることで、電波特性を偏向させることが可能です。

アンテナ仕様は下表の通りとなります。

表 4.6 無線ユニット（IT シリーズ）アンテナ仕様

項目	仕様
アンテナ形式	1/2 波長スリーブアンテナ
最大利得	2dBi（公称）（※）
仕様温度範囲	-10～55℃
保護等級	IP65（嵌合防水）
指向性	水平面内 無指向性
寸法	172mm×25.7mm（コネクタを含みます）

※アンテナは設置方法によって性能に影響します。

(3) 無線ユニット WL40□WS シリーズ用アンテナ

無線ユニット WL40□WS シリーズで使用可能なアンテナとして下記 2 点のラインナップがあります。無線ユニットの利用シーンとそれぞれの特性から、使用するアンテナを選定してください。



図 4.6 スリーブアンテナ



図 4.7 ルーフトップアンテナ

① スリーブアンテナ：

屋内で無線ユニット本体に取り付けて使用することを想定したアンテナです。スリーブアンテナは 90 度まで傾けることで、電波特性を偏向させることが可能です。

② ルーフトップアンテナ：

2.5m の同軸ケーブル付きのアンテナで、無線ユニット本体から離れた位置にアンテナを設置したい場合に使用します。耐水形であるため、屋外にも設置することができます。

ルーフトップアンテナはモノポールアンテナであるため、特性を十分に発揮するためには、電気的な地面に相当するグラウンドプレーンを必要とします。底面のマグネット部を金属板（500mm×500mm 以上）等に固定してください。

ルーフトップアンテナはスリーブアンテナに比べて約 2.5dB 程度利得が下がります。ただし、アンテナを高い位置に設置できるメリットがあり、電波の到達性に対して効果的となります。

アンテナ仕様は下表の通りとなります。

表 4-7 無線ユニット（WL40WS シリーズ）アンテナ仕様

項目	仕様	
種別	スリーブアンテナ	ルーフトップアンテナ
設置環境	屋内	屋外
ケーブル長	—	2.5m
アンテナ形式	ダイポール	モノポール
最大利得	3dBi 以下(※)	3dBi 以下(※)
防水性	非防水	耐水形 (IPX6)
指向性	水平面内 無指向性	水平面内 無指向性
寸法	195mm (コネクタを含みます)	80mm (基台部を含みます)

※アンテナはその設置方法によって性能が影響されます。

4.3. 取付金具

IB10WS シリーズ無線ユニットの取付金具として、壁取付金具、ポール取付金具のラインナップがあります。設置場所とそれぞれの特徴から、使用する取付金具を選定してください。

WL40WS シリーズ無線ユニットは壁取付、DIN レール取付になります。

4.4. 同軸ケーブル

ルーフトップアンテナの延長用に同軸ケーブルのラインナップがあります。

同軸ケーブル仕様は下表の通りとなります。（沖電気工業株式会社製の転売品）

表 4.8 同軸ケーブル仕様

項目	仕様		備考
種別	ルーフトップアンテナ延長用同軸ケーブル		
ケーブル長	2.5m	7.5m	（コネクタを含みます）
周波数	0～6GHz		
インピーダンス	公称 50Ω		
ケーブルロス	約 1.4dB	約 3.7dB	920MHz 帯にて
コネクタ	SMA 型 非防水（※）		
ケーブル	RG-58U		

※コネクタ部分は防水仕様ではありません。また、コネクタ部分は金属であるため、テーピング等で絶縁処理を行ってください。

5. 事前確認による電波環境の測定

無線ネットワークを構築するにあたり、無線ユニットの設置場所を決定します。

使用する予定のチャンネルで通信テストを実施して、無線ユニット間の RSSI 値と PER（パケットエラー率）を測定してください。

必要に応じて無線ユニット設置場所や台数や中継機の設置要否などを判断してください。

5.1. 通信テスト機能

5.1.1. 通信テスト

電波測定：送信点の無線機から定期的に送信する測定用パケットを、周囲の無線機で受信し、測定期間中の電波強度（RSSI）の最大値・最小値・平均値および受信パケットを測定します。測定結果が反映されるまでの時間は、接続している子機の台数により異なります。

操作方法については親機の取扱説明書（操作用）をご参照してください。

IB10WS2 の場合の例を示します。

920MHz帯無線電波測定

電波送信元から指定した数のテストパケットをブロードキャスト送信し、各機器の受信状況を取得します。電波測定中は、子機との通常の通信処理は停止します。

電波送信元(0=親機)

送信パケット数(1~3000)

電波測定開始 **キャンセル**

電波測定完了

結果を保存

子機アドレス	親	受信パケット数	最大RSSI(dBm)	最小RSSI(dBm)	平均RSSI(dBm)
1	0(親機)	100	-44	-52	-47.54
2	0(親機)	100	-16	-21	-17.68

図 5.1 電波測定

受信パケット数は欠落なし、平均 RSSI が-85dBm 以上で運用することを推奨します。

6. 無線ネットワーク機能

6.1. 無線ネットワークの概要

無線マルチホップネットワークは、ネットワーク全体の制御と上位アプリケーションとの連携を行う親機とデータの送受信および中継を行う子機により構成されます。

通信経路は、ホップ数（親機からの中継段数）や通信品質を考慮して最適な経路が動的に選択され、子機から親機への上り通信、親機から子機への下り通信の双方向の通信を行います。

6.1.1. ネットワーク参加

子機は、起動後に接続先を探索し、無線チャンネルと PAN ID が一致する無線マルチホップネットワークに参加します。親機は、子機からのネットワーク参加の要求に対して、設定された暗号鍵を用いて参加認証を行います。暗号鍵が一致すれば、子機はネットワークに参加します。

また、各無線機間の通信は、設定された暗号化鍵によって暗号化されています。暗号化鍵が一致しない場合、通信することはできません。

6.1.2. 無線マルチネットネットワーク機能

無線マルチホップネットワークは、ホップ数（親機からの中継段数）や通信品質を考慮して最適な経路を動的に選択し、子機から親機への上り通信、親機から子機への下り通信の双方向の通信をすることが可能です。選択した経路の電波の状況が変化した場合にも、再送や迂回の制御を行うことにより、パケットの到達率を向上させています。また、優先する経路を固定で設定することも可能です。

6.1.3. 無線マルチネットネットワーク動作概要

ネットワークに参加した各無線機は、自身の持つ各種のネットワーク情報を周辺に通知する情報パケットを送信します。情報パケットは定期的に送信される他、新規にネットワーク参加した無線機から要求を受けた場合にも送信されます。

上りのデータ通信（子機⇒親機）は、各無線機が周辺から受信したパケットの情報をを用いて、親機までの最適な経路を動的に選択して通信をおこないます。また、データ通信中にパケットロスがおきた場合には、再送処理、及び、代替経路への迂回処理を動的に行うことによって、パケット到達率を向上しています。また、各無線機が選択する経路を固定で設定することができます。固定で設定した場合も、パケットロスがおきた場合の再送処理、及び、代替経路への迂回処理は動的に行うことができます。

下りのデータ通信（親機⇒子機）は、各子機から親機への上り経路を逆方向にした経路を用います。このため、各子機から親機に上り経路を通知するパケットを定期的に送信します。パケットには、経由した無線機のアドレスが追記されて親機に届けられます。親機ではパケットで通知された上り経路の逆方向を下り経路として用います。下りのデータ通信においても、再送処理や代替経路への迂回処理を動的に行い、パケット到達率を向上しています。

6.2. 無線ユニットのパラメータ値の検討

無線ユニットを用いてマルチホップネットワークを構成するため、下記に示す無線ユニットのパラメータ値をそれぞれ決定します。

表 6-1 パラメータ値

パラメータ	親機	子機	備考
省電力機能、省電力周期の設定	◎	◎	親機と子機で設定を合わせてください。
子機登録	◎	—	子機の MAC アドレスを登録します。
優先送信先の設定	—	△	
PAN ID	◎	◎	親機と子機で設定を合わせてください。
無線チャネル	◎	◎	親機と子機で設定を合わせてください。
送信出力	△	△	
暗号鍵	◎	◎	親機と子機で設定を合わせてください。
ポーリング周期	—	◎	

◎：設定必須

—：設定不可

△：初期値のまま使用可能

6.2.1. 省電力機能と省電力周期の設定

無線マルチホップネットワークは、省電力機能を備えています。省電力機能を有効に設定した無線機は、多くの時間はスリープ状態となり、周期的に極短い時間のみアクティブ状態になる間欠動作を繰り返します。この間欠動作の周期を省電力周期と呼びます。省電力機能の動作は、各無線機が隣接の無線機のアクティブ状態になるタイミングを管理し、送信したい相手がアクティブ状態になるタイミングに合わせてデータ送受信を行うことを可能にしています。

省電力周期の長さは設定により変更可能で、同一ネットワーク内では一律の省電力周期を用います。省電力周期の最適値は、システム要件によって異なります。省電力周期を長く設定した場合は、消費電力を低く抑えられる一方で、ネットワークはゆっくりとした動作になるため、扱うトラフィック量が少なく、パケットの遅延量が大きくなることを許容するシステムに適しています。逆に、省電力周期を比較的短く設定した場合は、消費電力は比較的多くなる傾向がある一方で、ネットワークの動作が速くなるため、扱うことのできるトラフィック量が多く、パケットの遅延量を小さく抑えたいシステムに適しています。

また、省電力周期の設定値によって、情報パケットの周期等の設定も最適値は異なります。

省電力周期の設定は「省電力」「バランス」「低遅延」「スリープなし」から選択できます。

表 6-2 省電力周期設定

対象	設定有無	設定値の仕様・範囲	備考
親機	必須	省電力／バランス／低遅延／スリープなし	子機と同じ動作モードを設定します。なお、親機はスリープせず常時起動のみとなります。
子機	必須	省電力／バランス／低遅延／スリープなし	

表 6-3 省電力周期パラメータ

タイプ	省電力	バランス	低遅延	スリープなし
省電力周期	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	常時起動

6.2.2. ネットワーク参加時間／離脱時間

ネットワーク参加時間は表によります。

表 6-4 ネットワーク参加時間

タイプ	省電力	バランス	低遅延	スリープ無	備考
子機 1 台接続時	約 40 秒	約 30 秒	約 30 秒	約 3 秒	
子機 25 台接続時	約 33 分	約 8 分	約 1 分 30 秒	約 1 分	
子機 50 台接続時	約 66 分	約 13 分	約 3 分	約 2 分	
子機 100 台接続時	約 125 分	約 41 分	約 7 分	約 4 分	

省電力周期パラメータの設定によるネットワーク離脱時間は表によります。

表 6-5 ネットワーク離脱時間

タイプ	省電力	バランス	低遅延	スリープ無	備考
親機が子機の離脱を判定する時間	約 13 時間	約 3 時間	約 53 分	約 23 分	
子機が親機の離脱を判定する時間	約 20 時間	約 3 時間	約 53 分	約 6 分	

6.2.3. 子機登録

無線機にはハードウェア固有の識別子である 64 ビットの MAC アドレスが割り当てられており、子機の MAC アドレスを親機にあらかじめ登録しておく必要があります。

表 6-6 固定アドレステーブルの設定

対象	設定有無	設定値の仕様・範囲	備考
親機	必須	子機 MAC アドレスとショートアドレスをテーブルとして登録	
子機	—		

子機の MAC アドレスの確認方法は、6.3 項の無線ユニット設定に記載がある設定の取扱説明書を参照下さい。

6.2.4. PAN ID

親機と子機により構成される無線マルチホップネットワークは、PAN ID と呼ばれる 2 バイトの識別子を持っています。

無線チャンネルと PAN ID が一致する無線機同士が、1 つの無線マルチホップネットワークを構築します。無線チャンネル・PAN ID のいずれか（あるいは両方）が異なる無線機は、異なるネットワークとして扱われ、互に接続することはありません。

複数のネットワークを構成する場合は、この PAN ID はネットワークごとに重複しない ID となるように設定する必要があります。

指定する PAN ID は、表 6-7 PAN ID の設定値の範囲から設定します。

表 6-7 PAN ID

対象	設定有無	設定値の範囲	備考
親機	必須	4 桁の 16 進数 0x0000～0xFFFF の範囲	他の親機と重複しない値とすること
子機	必須	4 桁の 16 進数 0x0000～0xFFFF の範囲	接続する親機に合わせて設定します。

6.2.5. 無線チャンネル

全 28ch の中から使用する無線チャンネルを 1 つ設定します。1 つの無線マルチホップネットワークを構成する親機と子機は、あらかじめ同一の無線チャンネルを使用するように設定する必要があります。

使用する無線チャンネルは、ARIB STD-T108 に規定されている帯域幅 200kHz の単位チャンネルを 2 チャンネル分、すなわち 400kHz の帯幅を使用します。隣り合わせ無線チャンネルには、重複する単位チャンネルが含まれるため、複数のネットワークを構成し複数の周波数を使用する場合は、無線干渉を避けるために同じ単位チャンネルを含まない無線チャンネルを選択してください。（例：チャンネル番号 1, 3, 5）

表 6-8 無線チャンネル

無線チャンネル	単位チャンネル番号	中心周波数	無線チャンネル	単位チャンネル番号	中心周波数	無線チャンネル	単位チャンネル番号	中心周波数
1	33ch , 34ch	922.5 MHz	11	43ch , 44ch	924.5 MHz	21	53ch , 54ch	926.5 MHz
2	34ch , 35ch	922.7 MHz	12	44ch , 45ch	924.7 MHz	22	54ch , 55ch	926.7 MHz
3	35ch , 36ch	922.9 MHz	13	45ch , 46ch	924.9 MHz	23	55ch , 56ch	926.9 MHz
4	36ch , 37ch	923.1 MHz	14	46ch , 47ch	925.1 MHz	24	56ch , 57ch	927.1 MHz
5	37ch , 38ch	923.3 MHz	15	47ch , 48ch	925.3 MHz	25	57ch , 58ch	927.3 MHz
6	38ch , 39ch	923.5 MHz	16	48ch , 49ch	925.5 MHz	26	58ch , 59ch	927.5 MHz
7	39ch , 40ch	923.7 MHz	17	49ch , 50ch	925.7 MHz	27	59ch , 60ch	927.7 MHz
8	40ch , 41ch	923.9 MHz	18	50ch , 51ch	925.9 MHz	28	60ch , 61ch	927.9 MHz
9	41ch , 42ch	924.1 MHz	19	51ch , 52ch	926.1 MHz			
10	42ch , 43ch	924.3 MHz	20	52ch , 53ch	926.3 MHz			

周辺で使用されていない無線チャンネルを確認して設定してください。

6.2.6. 送信出力

電波の送信出力を変更することで、電波飛距離を変更することができます。
無線ユニットは、電波の送信出力を 20mW/1mW の 2 段階から選択できます。

表 6-9 送信出力

対象	設定有無	設定値の仕様・範囲	備考
親機	必須	20mW/1mW	
子機	必須	20mW/1mW	

6.2.7. 暗号鍵

無線マルチホップネットワークでは、AES 暗号アルゴリズムを用いて暗号化された無線通信が行われます。
暗号鍵は 32 桁の 16 進数（128bit）によって設定します。

無線ユニットに指定する暗号鍵は、下表の内容から設定します。

表 6-10 暗号鍵

対象	設定有無	設定値の仕様・範囲	備考
親機	必須	32 桁の 16 進数	
子機	必須	32 桁の 16 進数	親機に設定した暗号鍵と同じ値を設定する

6.2.8. ブロードキャスト送信

親機の上位装置からブロードキャスト送信のアドレスにアクセスした時に、子機同時に同じ動作をさせる場合に使用します。無線マルチホップネットワーク内で、子機は同じ種類のユニットの場合使用できます。

6.2.9. ポーリング周期

省電力周期の設定によって、ネットワークで一定時間内に扱えるデータの量は異なります。省電力周期を長く設定するほど、ネットワークはゆっくりとした動作となるため、扱えるトラフィック量は少なくなります。省電力周期の設定別のトラフィック条件として、各子機からデータを収集する間隔の推奨値を表に示します。

表 6-11 データ収集間隔の推奨値

タイプ	省電力	バランス	低遅延	備考
省電力周期	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
子機 20 台接続時ポーリング周期	4 分以上	1 分以上	12 秒以上	
子機 100 台接続時ポーリング周期	20 分以上	5 分以上	1 分以上	

親機からのポーリング周期は、子機に設定された通信周期を機器起動時に親機に送信し、親機側で管理されます。

子機の通信周期は、下表の内容から設定します。

表 6-12 通信周期

対象	設定有無	設定値の仕様・範囲	備考
親機	—		
子機	必須	5 秒／10 秒／20 秒／30 秒／ 1 分／2 分／5 分／10 分／30 分／1 時間	

6.2.10. 送信時間制限（10%Duty 制限）

ARIB STD-T108 では一部の無線装置が 920MHz 帯無線の周波数を占有することを回避するために「1 時間当りの送信時間の総和が 360 秒以下あること。」と規定されており、920MHz 帯無線を使用する機器はこの送信時間制限（10%Duty 規制とも呼ばれる）を遵守する必要があります。

無線ユニットでは、過去 1 時間の送信時間を集計しており、制限時間に近づくとパケットの送信間隔を広げて制限内に収まるように動作します。このため、データを連続的に送信した場合に通信遅延時間が延びる可能性がありますので、ご注意ください。

6.2.11. 通信時間の考え方

無線ユニットの通信時間は、送信するデータ量と中継段数（ホップ数）によって変化します。

無線ユニットが通信を行う場合、それぞれの子機が省電力周期に従って動作しているため、実際にデータ送信にかかる時間とは別に受信側の子機の省電力周期に同期する時間が必要になります。この同期には最大で1周期分の省電力周期が必要で、平均ではホップ毎に省電力周期の半分かかる計算になります。ただし、親機の省電力機能を無効とした場合、親機に直接接続している子機から親機への送信には同期時間は必要ありません。図に通信時間の考え方を示します。

例として、200 バイトのデータを送信する場合（送信時間は約 20ms の、装置内で折り返しにかかる遅延時間を 20 ミリ秒と想定）の往復通信時間を表に示します。

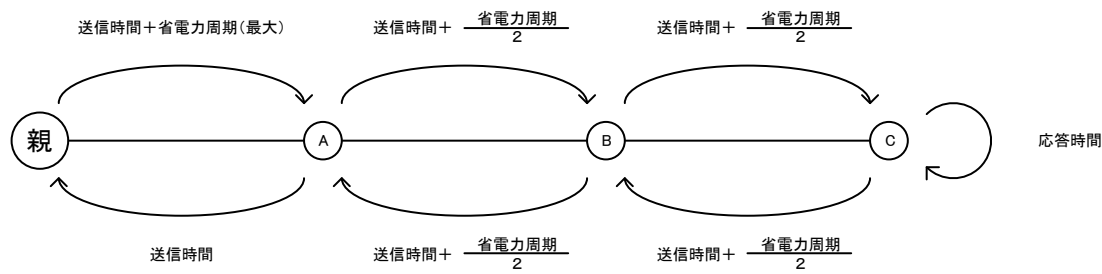


図 6.1 通信時間の考え方

表 6-13 省電力タイプ別の往復通信時間

タイプ		省電力	バランス	低遅延	備考
省電力周期		2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
送信時間		20 ミリ秒	20 ミリ秒	20 ミリ秒	200Byte
応答時間		20 ミリ秒	20 ミリ秒	20 ミリ秒	想定値
往復通信時間	1 ポップ目の子機	0.06～2.06 秒	0.06～0.56 秒	0.06～0.16 秒	
	2 ポップ目以降 1 ポップ毎 (1 ポップ毎に省電力周期 + 送信時間 × 2 追加される)	+2.04 秒	+0.54 秒	+0.14 秒	
	2 ポップ目の子機	2.10～4.10 秒	0.60～1.10 秒	0.20～0.30 秒	
	3 ポップ目の子機	4.14～6.14 秒	1.14～1.64 秒	0.34～0.44 秒	

1 ホップ目 往復通信時間＝送信時間（親→A）＋応答時間（20ms）＋送信時間（A→親）＋省電力周期

6.2.12. 消費電力

消費電力は、マルチホップネットワークのトポロジー（接続構成）やデータの送信頻度によって変化します。図のように親機に 1 台の子機 A が直接接続し、その子機に 9 台の子機 B1～B9 が接続するトポロジーの場合、自身のデータだけを送受信する子機 B1～B9 よりも、自身データ送受信に加えて配下の子機のデータを中継する子機 A の方が消費電力は多くなります。

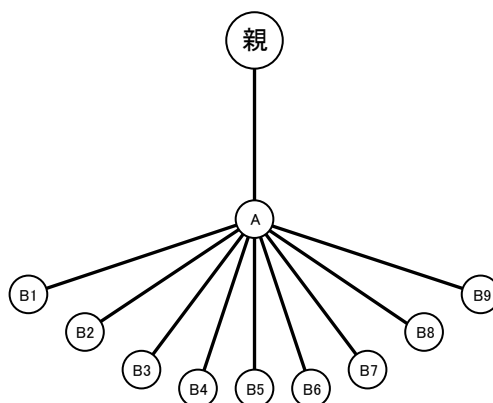


図 6.2 ネットワークトポロジー例

6.2.13. 子機バッテリーの持ち時間の計算と平均消費電流

① 末端子機に WL40WS1-US1DAC2A を使用した場合の省電力周期別の平均消費電流を表に示します。

(1) トランジスタ出力 ON、接点入力 ON した場合

表 6-14 子機（WL40WS1-US1DAC4A）の場合、トランジスタ出力 ON、接点入力 ON の最大平均消費電流（参考値）

データ収集間隔	省電力周期			備考
	省電力	バランス	低遅延	
	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
5 秒	6.9525 mA	7.0719 mA	7.3560 mA	
10 秒	6.1418 mA	6.2264 mA	6.5174 mA	
20 秒	5.7364 mA	5.8037 mA	6.0980 mA	
30 秒	5.6013 mA	5.6627 mA	5.9583 mA	
1 分	5.4661 mA	5.5218 mA	5.8185 mA	
2 分	5.3986 mA	5.4514 mA	5.7486 mA	
5 分	5.3580 mA	5.4091 mA	5.7067 mA	
10 分	5.3445 mA	5.3950 mA	5.6927 mA	
30 分	5.3355 mA	5.3856 mA	5.6834 mA	
60 分	5.3333 mA	5.3832 mA	5.6810 mA	

バッテリーの持ち時間の計算式は

$$\text{時間 (h)} = \text{バッテリー容量 (mAh)} \div \text{平均消費電流 (mA)} \quad \text{式 6.1}$$

例として 1900mAh の電池、省電力周期が省電力、データ収集間隔 5 分の場合の計算は

$$\text{時間 (h)} = 1900 \div 5.3580 = 354.6 \quad \underline{354.6 \text{ 時間}}$$

で約 14 日となります。

(2) ユニバーサル入力のみ動作した場合

表 6-15 子機（WL40WS1-US1DAC2A）の場合、ユニバーサル入力のみ動作の平均消費電流（参考値）

データ収集間隔	省電力周期			備考
	省電力	バランス	低遅延	
	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
5 秒	1.6777 mA	2.0742 mA	2.3382 mA	
10 秒	0.8763 mA	1.0790 mA	1.3465 mA	
20 秒	0.4757 mA	0.5815 mA	0.8506 mA	
30 秒	0.3421 mA	0.4156 mA	0.6853 mA	
1 分	0.2086 mA	0.2498 mA	0.5200 mA	
2 分	0.1418 mA	0.1668 mA	0.4373 mA	
5 分	0.1017 mA	0.1171 mA	0.3878 mA	
10 分	0.0884 mA	0.1005 mA	0.3712 mA	
30 分	0.0795 mA	0.0894 mA	0.3602 mA	
60 分	0.0772 mA	0.0867 mA	0.3575 mA	

例として 1900mAh の電池、省電力周期が省電力、データ収集間隔 5 分の場合の計算は

$$\text{時間 (h)} = 1900 \div 0.1017 = 18682.3 \quad \underline{18682.3 \text{ 時間}}$$

で約2年となります。

② 末端子機に WL40WS1-PA1 を使用した場合の省電力周期別の平均消費電流を表に示します。

(1) パルス入力 20Hz/Duty50%の場合

表 6-16 子機 (WL40WS1-PA1) パルス入力 20Hz/Duty50%の場合、の平均消費電流 (参考値)

データ収集間隔	省電力周期			備考
	省電力	バランス	低遅延	
	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
5 秒	3.3003 mA	3.3224 mA	3.6534 mA	
10 秒	3.1909 mA	3.2146 mA	3.5298 mA	
20 秒	3.1362 mA	3.1607 mA	3.4680 mA	
30 秒	3.1179 mA	3.1427 mA	3.4473 mA	
1 分	3.0997 mA	3.1248 mA	3.4267 mA	
2 分	3.0906 mA	3.1158 mA	3.4164 mA	
5 分	3.0851 mA	3.1104 mA	3.4103 mA	
10 分	3.0833 mA	3.1086 mA	3.4082 mA	
30 分	3.0821 mA	3.1074 mA	3.4068 mA	
60 分	3.0818 mA	3.1071 mA	3.4065 mA	

例として 1900mAh の電池、省電力周期が省電力、データ収集間隔 5 分の場合の計算は

時間 (h) = $1900 \div 3.0851 = 615.8$

615.8 時間

で約 1 ケ月弱となります。

(2) パルス入力 5Hz/Duty20%の場合

表 6-17 子機 (WL40WS1-PA1) パルス入力 5Hz/Duty20%の場合、の平均消費電流 (参考値)

データ収集間隔	省電力周期			備考
	省電力	バランス	低遅延	
	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
5 秒	2.2448 mA	2.2868 mA	2.6382 mA	
10 秒	2.1016 mA	2.1463 mA	2.4697 mA	
20 秒	2.0300 mA	2.0761 mA	2.3854 mA	
30 秒	2.0061 mA	2.0527 mA	2.3573 mA	
1 分	1.9823 mA	2.0293 mA	2.3292 mA	
2 分	1.9704 mA	2.0176 mA	2.3151 mA	
5 分	1.9632 mA	2.0106 mA	2.3067 mA	
10 分	1.9608 mA	2.0082 mA	2.3039 mA	
30 分	1.9592 mA	2.0067 mA	2.3020 mA	
60 分	1.9588 mA	2.0063 mA	2.3015 mA	

例として 1900mAh の電池、省電力周期が省電力、データ収集間隔 5 分の場合の計算は

時間 (h) = $1900 \div 1.9632 = 967.8$

967.8 時間

で約 1 ケ月強となります。

(3) パルス入力 1Hz/Duty2.5%の場合

表 6-18 子機（WL40WS1-PA1）パルス入力 1Hz/Duty2.5%の場合、の平均消費電流（参考値）

データ収集間隔	省電力周期			備考
	省電力	バランス	低遅延	
	2 秒	500 ミリ秒	100 ミリ秒	
5 秒	0.8650 mA	0.9189 mA	1.2419 mA	
10 秒	0.6723 mA	0.7242 mA	1.0239 mA	
20 秒	0.5759 mA	0.6269 mA	0.9150 mA	
30 秒	0.5438 mA	0.5945 mA	0.8786 mA	
1 分	0.5117 mA	0.5620 mA	0.8423 mA	
2 分	0.4956 mA	0.5458 mA	0.8242 mA	
5 分	0.4860 mA	0.5361 mA	0.8133 mA	
10 分	0.4828 mA	0.5328 mA	0.8096 mA	
30 分	0.4806 mA	0.5307 mA	0.8072 mA	
60 分	0.4801 mA	0.5301 mA	0.8066 mA	

例として 1900mAh の電池、省電力周期が省電力、データ収集間隔 5 分の場合の計算は

時間 (h) = $1900 \div 0.4860 = 3909.4$

3909.4 時間

で約 5 ヶ月弱となります。

③ 中継子機に WL40WS1-US1DAC4A を使用した場合の、平均消費電流の加算値を表に示します。データ収集間隔と、下位に接続する子機の台数により消費電流は増えます。

表 6-19 子機（WL40WS1-US1DAC4A）の場合の平均消費電流の加算値（参考値）

データ収集間隔	加算平均消費電流	備考
5 秒	0.6397 mA	
10 秒	0.3199 mA	
20 秒	0.1599 mA	
30 秒	0.1066 mA	
1 分	0.0533 mA	
2 分	0.0267 mA	
5 分	0.0107 mA	
10 分	0.0053 mA	
30 分	0.0018 mA	
60 分	0.0009 mA	

中継子機の平均消費電流の計算式は

子機加算分の平均消費電流（mA）＝加算平均消費電流（mA）×下位に接続する子機台数 式 6.2

子機のバッテリーの持ち時間の計算式は

時間（h）＝

バッテリー容量（mAh）÷（子機加算分の平均消費電流（mA）＋末端子機の平均消費電流（mA）） 式 6.3

例として 1900mAh の電池、省電力周期が省電力、データ収集間隔 5 分、ユニバーサル入力のみ動作の場合、中継子機に末端子機が 3 台接続された場合の計算は

子機加算分の平均消費電流（mA）＝0.0107×3＝0.0321（mA）

時間（h）＝1900÷（0.0321＋0.1017）＝14200 14200 時間

なお、①、②の消費電流の算出には無線環境変動による再送の発生やネットワーク離脱・再参加による消費は考慮しておりません。

6.3. 無線ユニット設定

6.3.1. 親機設定

親機の設定については下表の取扱説明書をご参照してください。

表 6-20 親機の設定

品名	設定
IB10WS2	IB10WS2 取扱説明書（操作用）（NM-2354-C）

6.3.2. 子機設定

子機の設定については下表の取扱説明書を参照してください。

表 6-21 子機の設定

品名	特徴
WL40WS1-□	W920CFG の取扱説明書（NM-9072）

7. 無線ユニットの設置

無線ユニットの設置については、以下の内容を確認し、十分に注意して設置してください。

7.1. 推奨する設置箇所について

良好な電波状態でのデータ通信ができるように、無線ユニットの設置には、以下のような箇所へ極力設置するようにしてください。

- (1) 電波を遮断するような障害物を極力避けるため、可能な限り高い位置へ設置してください。
- (2) 無線ユニットを設置する後方に、金属板がある場合、後方への電波が反射してノイズとなる、または後方に位置する他の無線ユニットへの電波が飛びにくくなることが想定されるため、こうした場所は可能な限り避けてください。また、こうした場所に設置する場合は、アンテナを可能な限り金属板から離して設置してください。
- (3) 人通りが少なく、見通しの良い場所へ設置してください。

7.2. アンテナ設置

アンテナは、その方向や設置位置により電波状態が大きく変化します。電波状態が悪い場合は、アンテナの方向、設置位置を以下の方法にて変更してください。

- (1) 親機と子機で偏波面を合わせてください。
- (2) フレネルゾーンを確保する。
- (3) スリープアンテナ使用時は、90° の範囲で任意に可動させることができます。アンテナ自身の取付の向きと併せてアンテナの方向を変更してください。なお、アンテナの方向を変える場合は、アンテナの抜けや緩みが発生しないように、必ず時計回りで回すようにしてください。
- (4) ルーフトップアンテナ使用時は、ケーブル(2.5m)が付随していますので、ケーブルを伸ばし、アンテナの設置位置を変更してください。
- (5) ルーフトップアンテナ使用時は、底面のマグネット部を金属板（推奨 500mm×500mm 以上）等に固定してください。
- (6) 異なるネットワークで使用しているアンテナが近くにあること。また、異なるネットワークで使用しているアンテナがある場合は、2m 以上離して設置してください。

注意：ルーフトップアンテナ使用時、アンテナケーブルは 許容曲げ半径 3cm よりも小さく曲げないでください。

7.3. アンテナ指向性と偏波面

アンテナには、電波を送信しやすい方向、または電波を受信しやすい方向があり、これを指向性と呼びます。この指向性は、アンテナの種別により異なるものとなります。

(1) 無線ユニット IB10WS シリーズ用アンテナ

参考に指向性を示します。

無線ユニット親機のアンテナは水平面内、無指向性です。

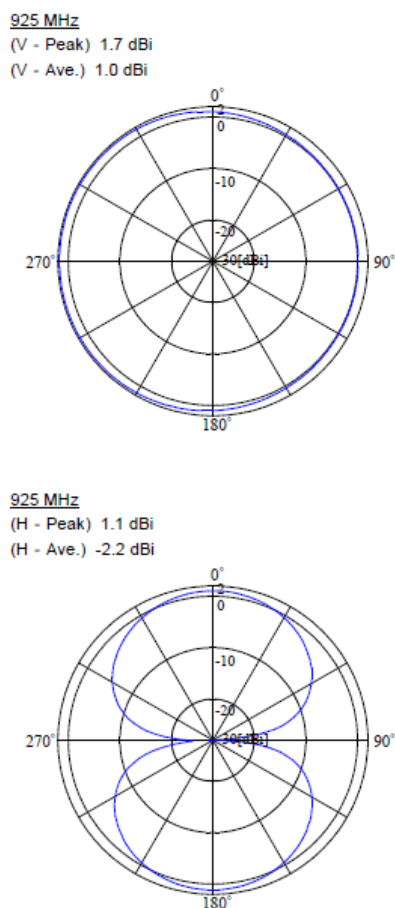


図 7.1 親機用アンテナの指向性<参考>

(2) 無線ユニット WL40WS シリーズ用スリーブアンテナ

参考に指向性を示します。

スリーブアンテナは水平面内、無指向性です。

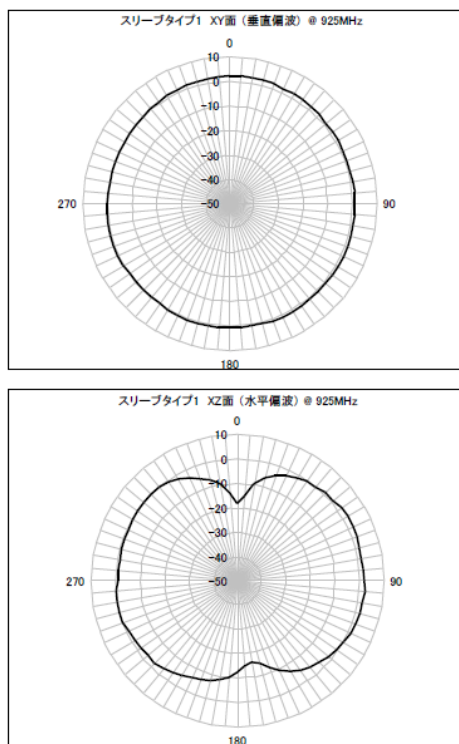


図 7.2 子機用スリーブアンテナの指向性＜参考＞

③ 無線ユニット WL40WS シリーズ用ルーフトップアンテナ

参考に指向性を示します。

ルーフトップアンテナは水平面内、無指向性です。

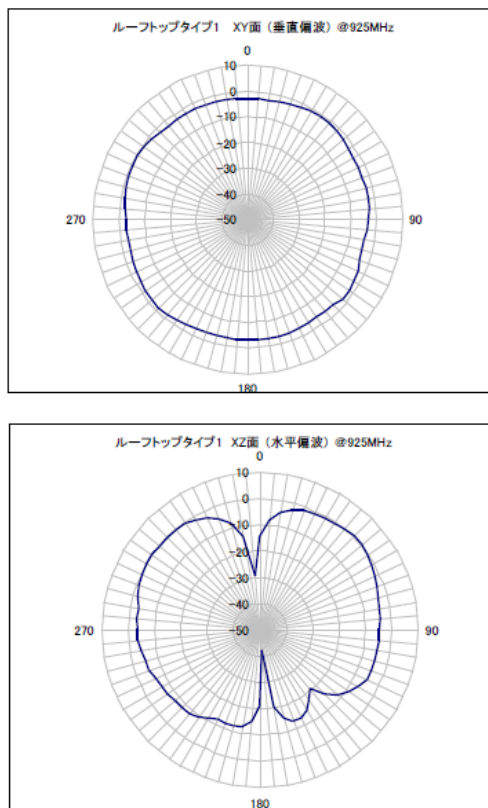


図 7.3 子機用ルーフトップアンテナの指向性＜参考＞

7.4. フレネルゾーン

無線の受信感度を最適とするには、フレネルゾーンと呼ばれる一定の空間が必要になります。フレネルゾーンが確保できる状態の場合、電波が減衰する要因は飛距離による減衰（自由空間損失）のみとなります。フレネルゾーンを確保するためには、アンテナの高さを図に示すフレネル半径以上の高さに設置して、間に障害物が入らないことが必要になります。ただし、実際はその 60%以内に障害物が無ければ、障害物が無い状態と同等と見なすことが可能です。

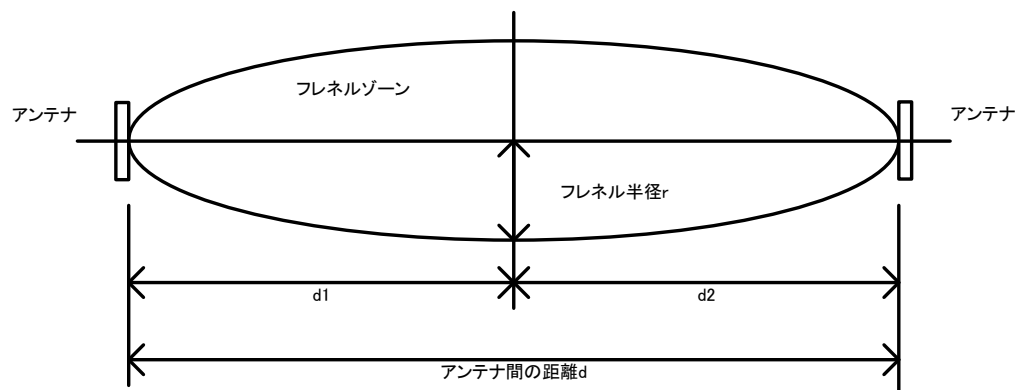


図 7.4 フレネルゾーン

このフレネル半径 r は以下の計算式により求めることができます。

$$r = \sqrt{\lambda \times \frac{(d1 \times d2)}{(d1 + d2)}}$$

式 7.1

- r : フレネル半径 [m]
- λ : 波長 [m]
- d、d1、d2 : アンテナ間の距離 [m]

式 7.1 より使用する 920MHz の場合の波長は 0.326m となり、アンテナ間の距離を 100m、200m、300m、500m、1000m とした場合フレネル半径を、表に示す。

表 7-1 フレネル半径

アンテナ間の距離	100 m	200 m	300 m	500 m	1000 m
フレネル半径	2.86 m	4.04 m	4.95 m	6.38 m	9.03 m

上記はフレネル半径を導き出すための理論上の計算値であり、必ずしもこの高さでなければ電波が到達しない（通信できない）というものではありません。

屋内で使用する場合はこうしたフレネル半径を確保することは非常に困難であることが考えられます。さらに、屋内で使用する場合は電波は、送信点のアンテナから直接受信点のアンテナに到達するものや、壁や床、天井といった構造物に反射して到達するもの、パーティション等の障害物を回り込んで到達するもの等、様々

な経路で受信点に到達するため、フレネルゾーンのような簡単にモデル化したような形で受信状況を示すことはできません。このため、屋内で使用する場合には、設置箇所ごとの電波状況の測定を行って、電波の到達性に問題ないことをあらかじめ確認してください。

7.5. 無線電波への干渉について

（1）自然雑音（雷、静電気、太陽雑音）

- ・落雷による雑音（ノイズ）が通信に影響することがあります。
- ・電波の特性として雨による影響は殆どありませんが、ルーフトップアンテナを取り付けた金属面に雨水が溜まる、または積雪によって水分の膜が生じると電波の到達性に影響することがあります。

（2）電波干渉

- ・他波干渉：他の無線機器が発する電波による感度抑圧、混信が影響することがあります。例えば、同じ周波数を使用した他の無線機器の周辺で使用する場合、同じ周波数による電波干渉が発生します。
- ・自波干渉（マルチパス）：電波伝搬経路（回折波、反射波、透過波）が影響することがあります。電波は直接到達するだけでなく周囲の物体に反射して到達する場合などがあり、このように複数の経路を経て到達した電波が相互に干渉して強弱に変化を与えることをマルチパスフェージングといいます。フェージングとは、無線機器の移動や時間経過により受信強度が変動する現象をいいます。

（3）障害物による影響

- ・設置場所におけるアンテナ位置や周辺遮蔽物の状態により、電波状況は大きく変わります。
- ・設置当初に存在しなかった障害物（建築物や樹木など）による影響など、送受信環境の変化が影響することがあります。

（4）電気製品からの不要輻射の影響

- ・電磁波発生源や磁気を帯びたものが近くにある場合、雑音を生じ通信に影響することがあります。

8. 設置後の電波環境の測定

5 章の測定を設置した無線ユニットにて再度実施し問題ないことを確認してください。