

特定小電力シリアルデータ伝送無線モデム

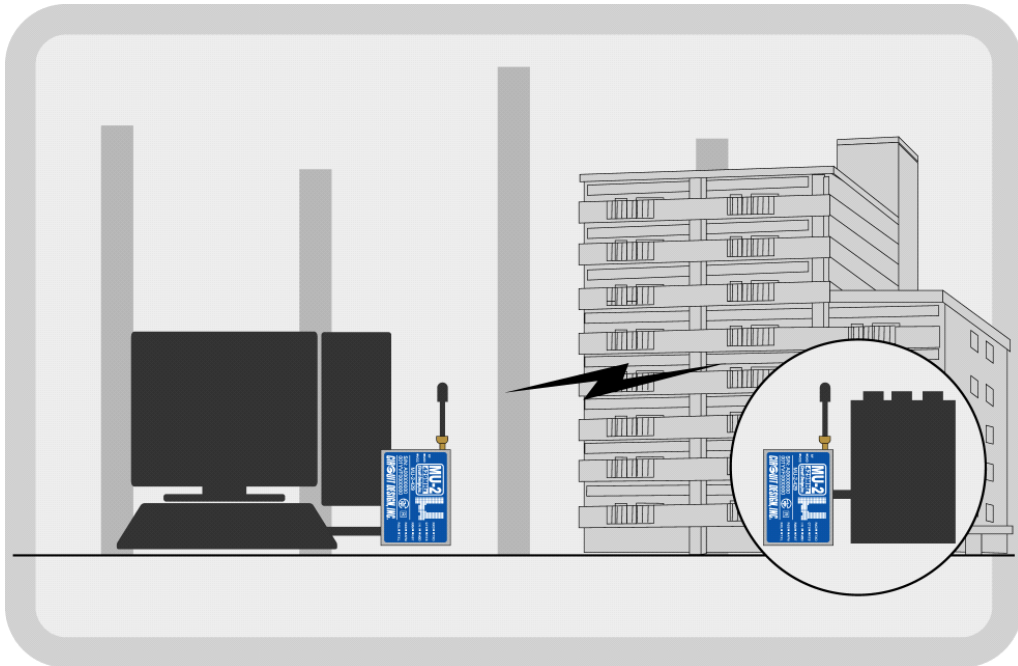
MU-2

429MHz帯

MU-2-429

# 導入ガイド

Ver 1.0 2008.06



**CIRCUIT DESIGN, INC.**

# 目 次

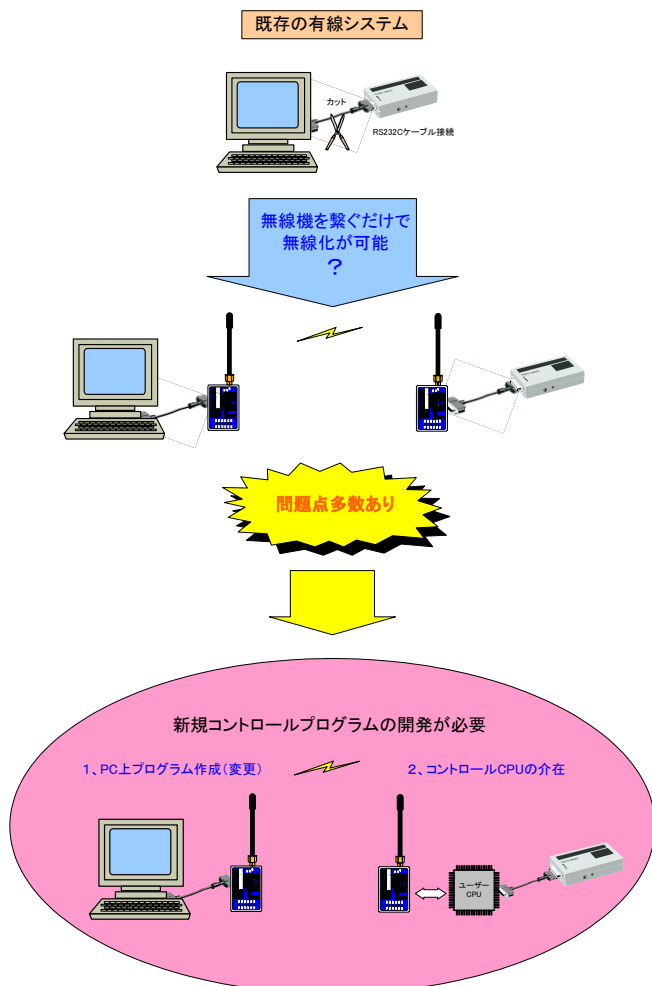
● 目 次 .....	2
● システムの無線化にあたって .....	3
「既存有線システムを無線化するには」「無線機のエラー要因」	
● 基 本 機 能 .....	4
「通信方法」「システム構築」「中継機能の役目」	
● 主 な 仕 様 .....	7
「内部構成」「コマンド」「チャンネル」「キャリアセンスと電界強度」「モード」	
「ユーザデータサイズ」「実効無線間ビットレート」「リンク成立時間」「無線リンク」「エラー訂正」	
● コマンドとレスポンス、データレシーブ .....	13
「コントロールコマンドとコントロールレスポンスについて」	
「データ送信コマンド、データ送信レスポンスとデータレシーブについて」	
● 便 利 な 機 能 .....	15
「RSSI(受信信号レベル)の取得」「パケットテスト」「チャンネル変更」	
● コ ン ト ロ ー ル 手 順 .....	17
「初期設定」「通常動作時のコントロール」	
● 各 種 開 発 キ ャ ャ ャ ャ .....	19
「各種インターフェースに対応」	
● インターフェース方法 .....	20
「ワンチップマイコンとの接続(直接接続)」	
「ワンチップマイコンとの接続(RS232C レベル接続)」	
● 実 装 方 法 .....	21

※本紙は MU-2 の導入を検討しているユーザー様を対象に内容を構成しています。分かり易く説明するため、図面の簡略化やコマンドの種類・無線システムの名称などをマニュアルとは異なる表記をしている場合があります。MU-2 の詳細については製品マニュアルをご覧ください。

# システムの無線化にあたって

## ■ 既存有線システムを無線化するには

現在使用している既存有線システムのケーブルの代わりに無線ユニット(MU-2)を入れるだけでシステム全体を無線化できるでしょうか。そのような要望は多くありますが、残念ながら簡単には出来ません。MU-2 とユーザーシステムをコントロールするCPUやPC上の新規プログラムの開発が必要です。



その理由

### 1、 信号経路は1本

有線システムでは全二重通信が行なわれていますが、無線通信では**信号経路が1本しか無い**ため、**送受信機間で同時にデータを送る事はできません**。また、**送・受信を切り換える際に時間がかかる**為、**完全なりアルタイム通信ではなくなります**。これを半二重通信(単信通信)と言いますが、有線機器のコントロールプログラム自体が全二重を前提に作られているので、新規に半二重に対応したプログラムの開発が必要です。

### 2、 全てのコントロール線の状態を送る必要あり

通常、有線システムはいくつものコントロール線が使われています。このため**全てのコントロール線の状態を無線で送らないと通信が成立しません**。(来るべき信号が来ないと既存プログラムが停止してしまう。)

### 3、 パケット単位での通信

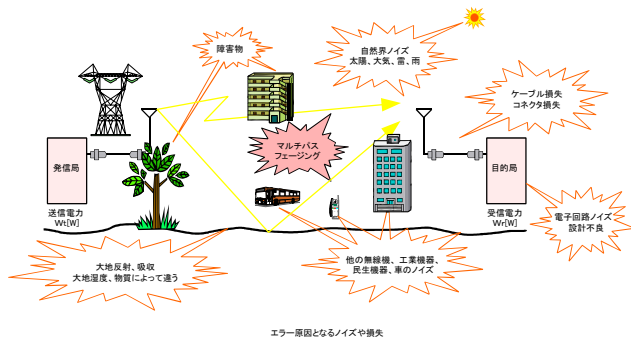
無線通信ではパケット単位で通信を行ないます。有線接続の場合、通信プロトコルは機器によってそれぞれ違っていますが、これを**無線機器のパケット単位の通信に変換する必要**があります。

### 4、 識別コードが必要

有線システムでは通信線を接続する事で通信相手が特定されますが、無線では複数の機器が受信できるので、**相手を特定する為の識別コードなどのデータを付加**する必要があります。

### 5、 通信エラー(パケットが届かない事)がある

有線の場合は回線エラーはほとんど発生しませんが、無線通信では近距離でもパケットエラーが発生する場合があります。このため**エラーでパケットが届かない事を前提とした制御が必要**です。



## ■ 無線機のエラー要因

無線通信では各種のエラー要因によってデータパケットエラーが起こります。データが届かなかった場合にシステムをどのように動作させるかが、システム設計上の重要ポイントとなります。

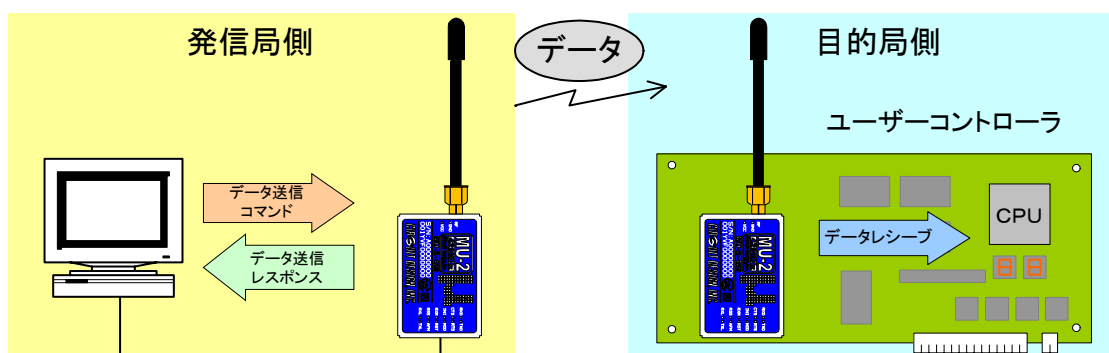
## 基本機能

### ■通信方法

MU-2は1対1の伝送や同一グループ内の複数局との伝送(1:N)だけでなく、さらに中継局を経由しての伝送も可能です。また、1回の伝送で最大255バイトのデータを伝送することができます。

#### [通信の基本]

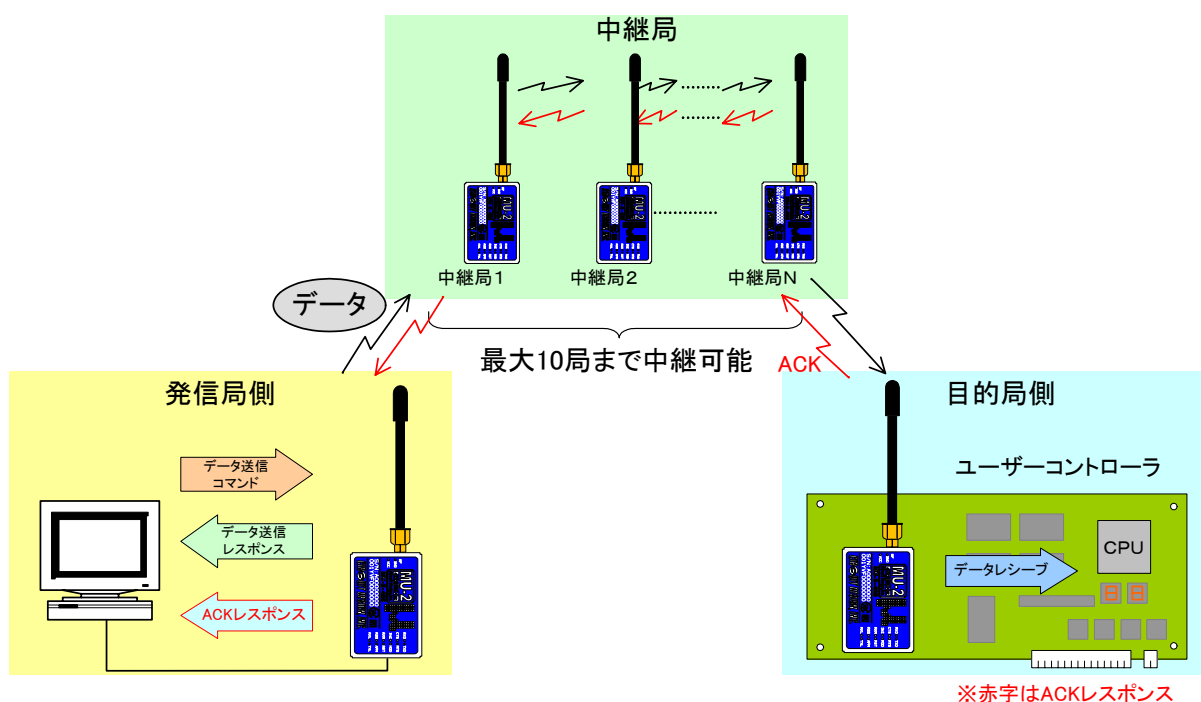
発信局側からデータ送信コマンドを発行すると、発信局側のMU-2からデータ送信コマンド受付を示すデータ送信レスポンスが返ってきます。目的局のMU-2からは受信した“データ”を含むデータレシーブが出力されます。



#### [中継とACKレスポンスについて]

MU-2は最大10局まで中継が可能です。発信局側からルート情報を指定してデータを送信すると、指定した中継局を経由して目的局に送信されます。

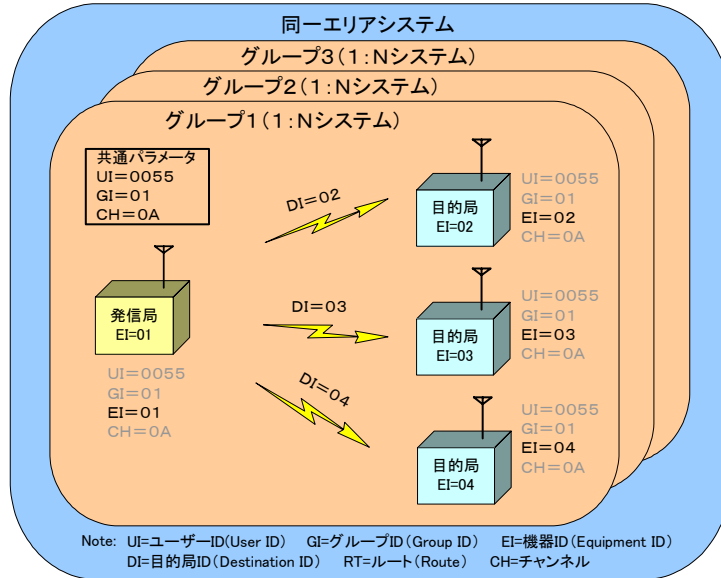
また、データ送信コマンドの内、「受信確認通知ACK要求あり」のコマンドオプションを選択した時には、目的局はデータレシーブを出力した後に受信確認通知ACKを返信してきます。発信局からはACKレスポンスが出力されます。



## ■システム構築

### 1、一般システム

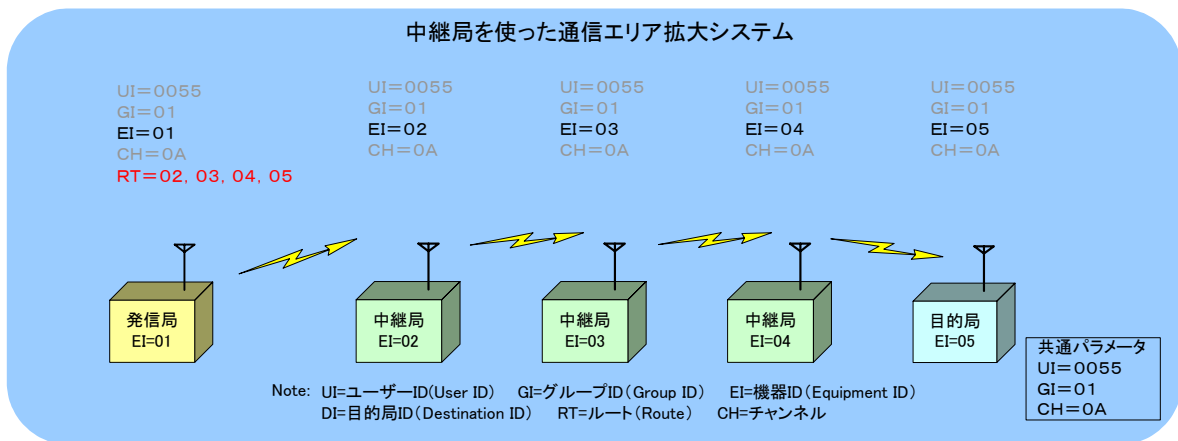
中継局を使用しないワンホップ内通信の一般システムは、目的局ID(DI)に通信先(目的局)の機器IDを入れてからデータ送信コマンドを発行します。



### 2、エリア拡大システム

中継局を使用したエリア拡大システムでは、ルートレジスタにルート情報を入れてからデータ送信コマンドを発行します。

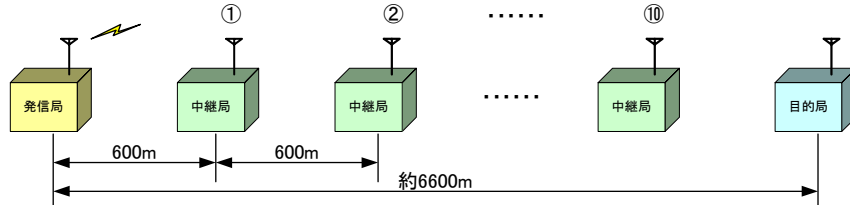
※ データ送信コマンドに直接ルート情報を記述する方法もあります。



## ■ 中継機能の役目

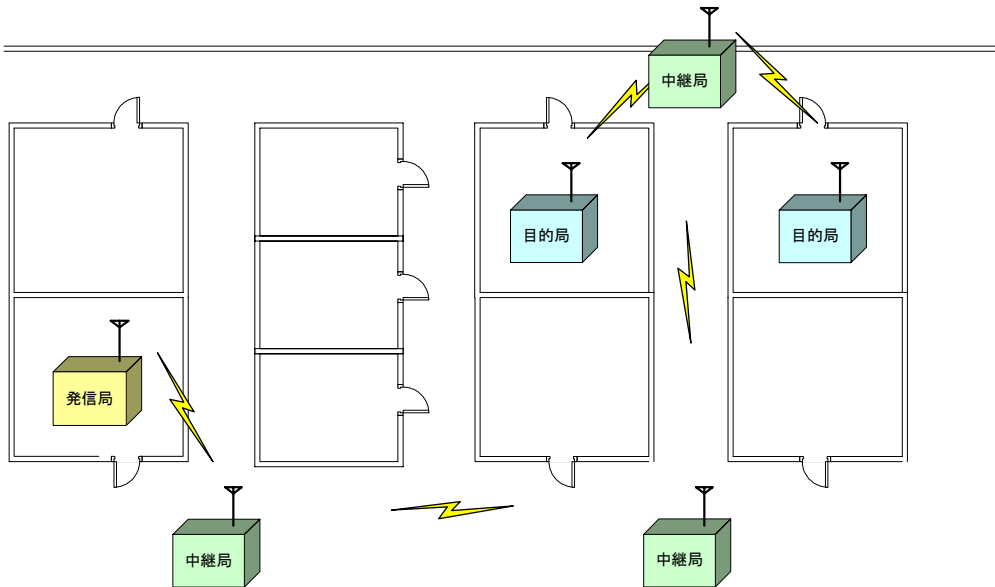
### 1、通信距離の拡大

MU-2は最大10局までの中継局を経由して通信エリアの拡大を行なう事ができます。中継機能を使用して最大約6600m(屋外、見通し)の通信が可能です。無線機を高所に設置することでさらに通信距離を伸ばすことができます。



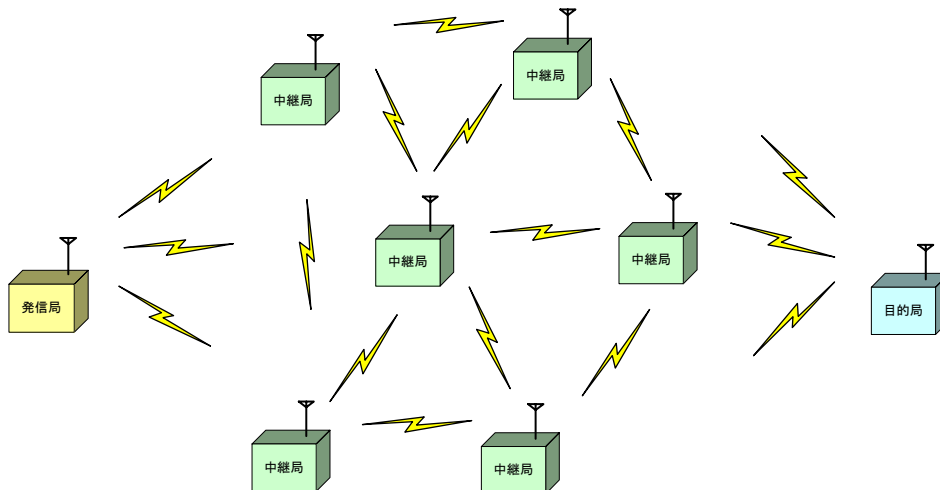
### 2、安定通信の確立

中継機能は通信距離を延ばす目的ばかりでなく、FAラインや屋内、市街地などのように近距離でも電波状況が悪い箇所に設置して、安定した通信を確保する事ができます。



### 3、柔軟性のある伝送経路

中継局を複数設置することで、一つの中継局が通信不能になった場合でも、別ルートでデータを目的局まで送る事が可能です。



## 主な仕様

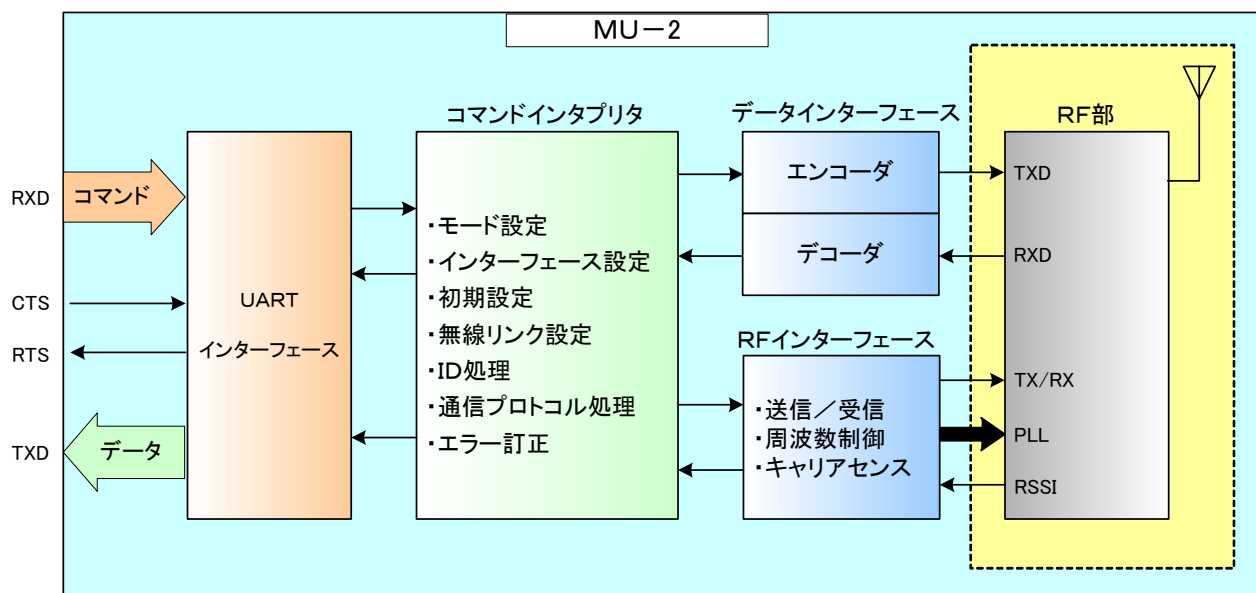
### ■内部構成

MU-2 の最大の特長は、従来までの無線ユニットには無かった UART インターフェースとコマンドインタプリタを内蔵したことです。従来の無線ユニットは、無線リンク処理・通信プロトコル処理・ベースバンド処理などの煩わしい処理が必要でしたが、MU-2 ではこれらの処理を内部で自動化し、シンプルなコマンドにより簡単にコントロールする事ができるようになりました。

また、UART インターフェースを採用した事により、ワンチップマイコンとの直接接続やパソコンの COM ポート (RS-232C) との接続も容易に行なえるようになりました。

このように従来の無線ユニットと比べて、ソフトウェア・ハードウェアの開発に対する負担が大幅に軽減されるので、納期の短縮を図ることができます。

### イメージ図



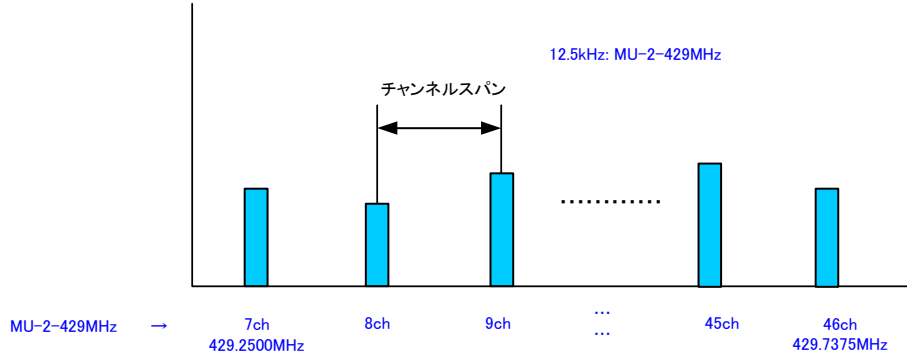
### ■コマンド

コマンドには下記の 5 つのタイプがあります。これらのコマンドを使用すればデータ伝送や設定、無線の状況確認などの操作が簡単に行なえます。

コマンド	主な内容
データ送信コマンド	データの送信
コントロールコマンド	MU-2の動作設定
拡張コマンド	目的局(中継局)の設定
モニタコマンド	無線状況の確認
テストコマンド	送信状況確認(テスト)

## ■チャンネル

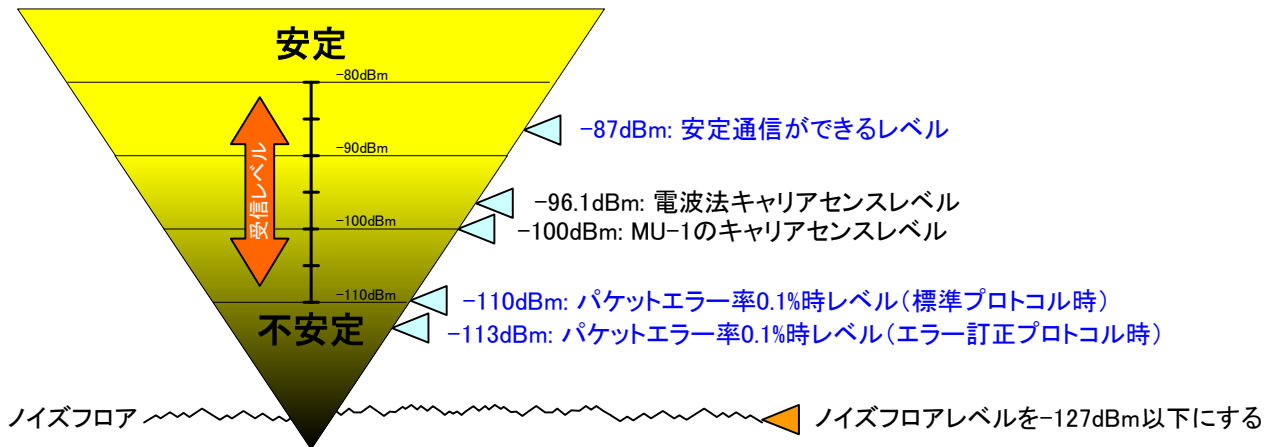
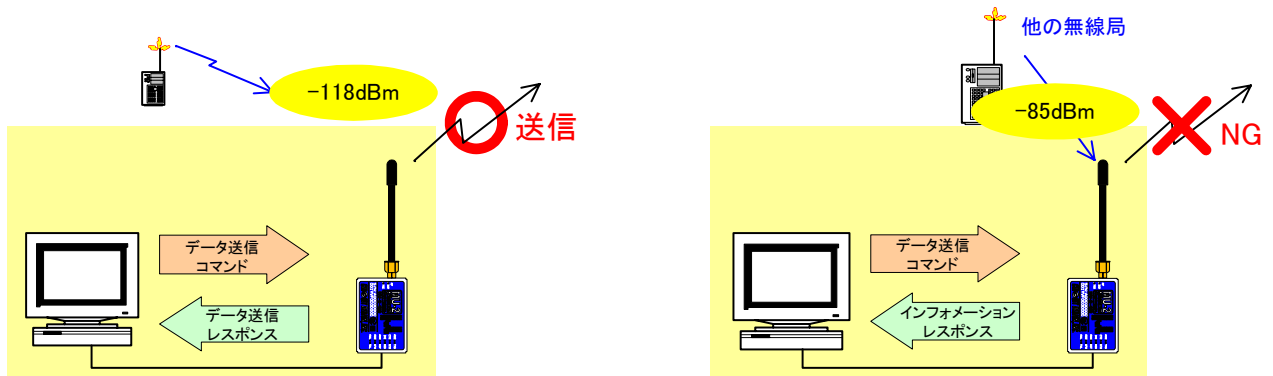
特定小電力無線機で使用できるチャンネル周波数は電波法で規定されています。この内、MU-2-429は7～46チャンネルまでの40チャンネルを使用し、チャンネル間隔は12.5kHzです。これらのチャンネルはキャリアセンスを行なう事で、データの連続送信が許されています。



## ■キャリアセンスと電界強度

電波は限られた資源であり、誰もが平等に使用できなければなりません。このため電波法では混信を防止するために、キャリアセンス規定を設けてあります。キャリアセンスとは、「使用するチャンネルに一定レベル以上の他者電波があった場合は、電波を発射してはいけない」という規定です。

又、送信局からの電波を安定して受信するためには、**-87dBm** くらいの信号強度が必要になります。



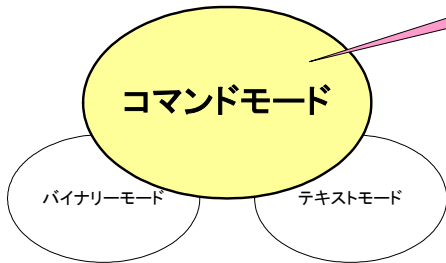
通信の安定度とキャリアセンスレベル

MU-2-429MHz



## ■モード

MU-2 にはコマンドモード、バイナリーモード、テキストモードの 3 種類がありますが、通常はコマンドモードを使用してアプリケーションを作成します。コマンドモードでは、データ送信コマンドにユーザデータを付加して MU-2 に送り込むだけで、目的局に向けて電波が発射されデータが出力されます。



通常はコマンドモードを使用する

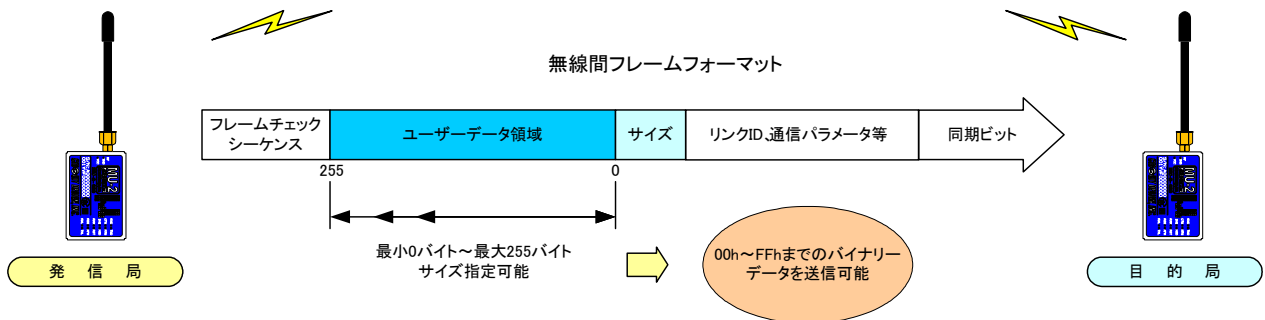
### < コマンドモードの役割 >

- 1、UARTパラメータの設定(ビットレート、データサイズ、パリティビット、ストップビット)
- 2、動作モード設定(コマンドモード、バイナリーモード、テキストモード)
- 3、チャンネル設定
- 4、リンクID設定(ユーザーID、グループID、機器ID、ルート情報)
- 5、データ送信コマンドの発行(データ送信コマンド1~3)
- 6、モニタコマンド発行(RSSI情報取得コマンド、システムチャンネル変更コマンド)
- 7、その他

※ バイナリーモード、テキストモードはテスト用モードの為、通信上の制約があります。

## ■ユーザデータサイズ

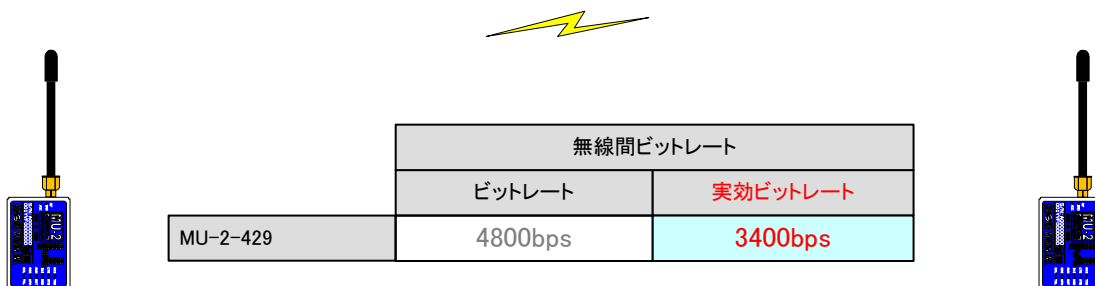
ユーザデータサイズは 0 バイトから最大 255 バイトまで指定できます。データサイズで処理するので 00h から FFh までのバイナリーデータの送信が可能です。



## ■実効無線間ビットレート

MU-2 の場合、無線間のビットレートは電波法で要求される特性の関係から、4,800bps の固定値です。さらに通信プロトコル上のオーバーヘッドがあるため、実効無線間ビットレート(実質的なビットレート)は標準プロトコルの場合で約 3,400bps です。エラー訂正プロトコルではさらに遅くなります。

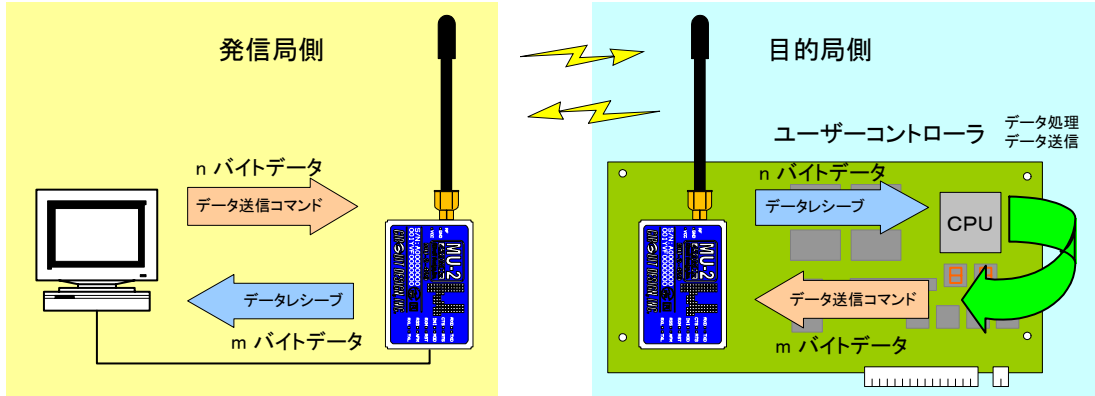
シリアルインターフェースのデータレートと比べて無線間のビットレートが遅いため、ハードウェアフロー制御が必要になり、リアルタイムな伝送はできません。システム要求に合致するか見極める必要があります。



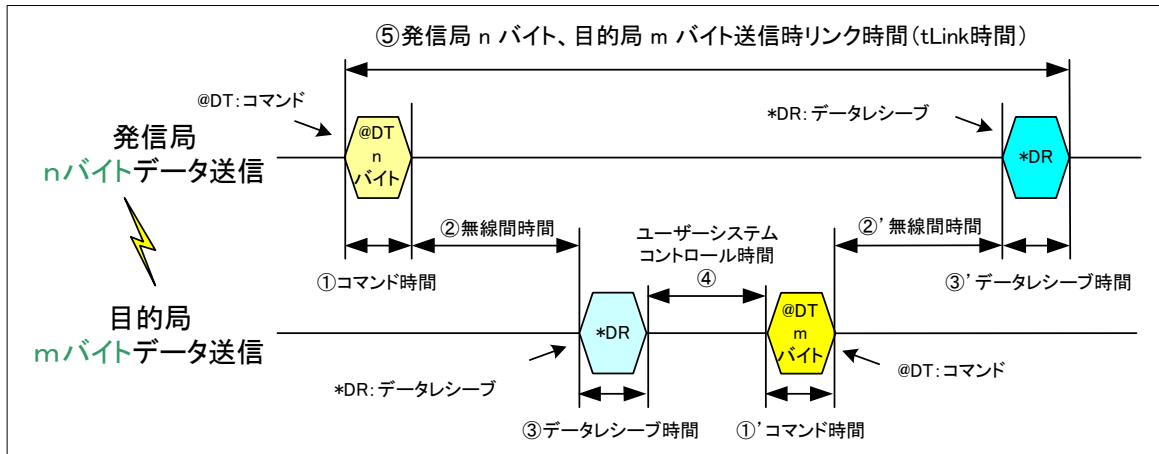
## ■リンク成立時間

システムとしてリンクを確立するために、発信局から n バイトのデータを送り、目的局から m バイトのデータを返す場合のタイミング例です。実際には目的局側でのユーザシステムコントロール時間も考慮してください。

例) 発信局側 n バイト、目的局側 m バイトのデータを送信した場合のイメージ図



リンク成立時間 (中継機能無し、1フレーム送受信時)



	コマンド時間 ① ( ①' )	無線間時間 ② ( ②' )	データレシーブ時間 ③ ( ③' )	①+②+③ (①'+②'+③')
n (m) = 10	9ms	67ms	9ms	85ms
n (m) = 20	14ms	88ms	15ms	116ms
n (m) = 50	30ms	150ms	30ms	210ms
n (m) = 100	56ms	254ms	56ms	366ms
n (m) = 200	108ms	462ms	108ms	678ms
n (m) = 255	136ms	576ms	137ms	850ms

### ⑤tLink 時間 (④=0ms の場合)

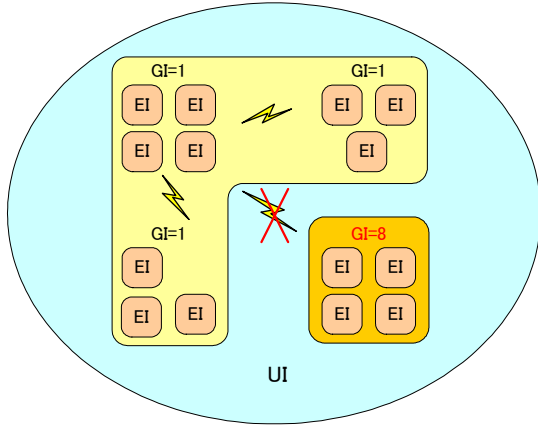
	n=20/バイト m=10 バイト	n=100/バイト m=20 バイト	n=255/バイト m=100 バイト
MU-2-429MHz	201ms	482ms	1216ms

動作条件：

- 1、発信局から n バイトのデータを送り、目的局で受信処理した後、発信局に m バイトのデータを送り返す。
- 2、UART インターフェーススピードは両ステーション共に 19200bps。
- 3、ユーザーシステムのコントロール時間は含まず。

## ■無線リンク

MU-2 では他局との混信を避け信頼性の高い通信を行なうために、リンク ID の概念を採用しています。このリンク ID が送信側と受信側で一致しないと通信は確立しません。データの送り経路は、中継局を使用する場合はルートレジスタにルート情報を設定します。中継局を使用しない場合は発信局の目的局 ID(DI)に通信先(目的局)の機器 ID を指定します。



※システム内の機器は全て同じ周波数チャンネルとします。  
 ※異なるグループID間の通信はできません

項目名	サイズ	値	内容	
UI	ユーザーID	2byte	0000~FFFE	パスワードで設定
GI	グループID	1byte	00~FF	0~255番
EI	機器ID	1byte	01~FE	1~254番

※グループID、機器IDは上記の範囲で任意に設定可能。

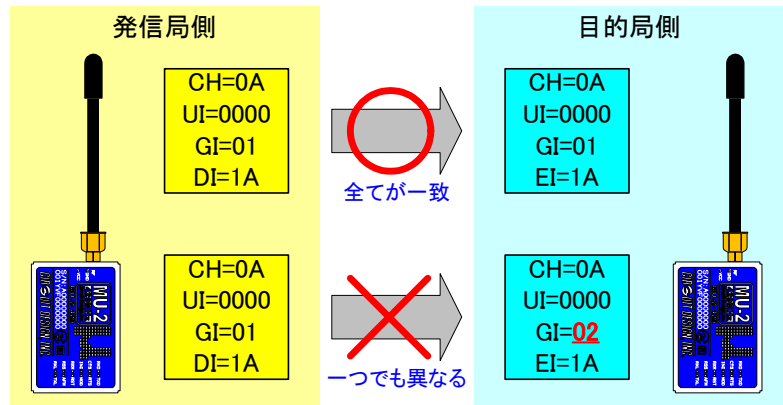
### 1、リンク ID について

- \* UI(ユーザ ID) : システムの所有者を示す識別 ID で、デフォルト値は 0000 です。ユーザ ID をご希望される場合は弊社営業部までご請求ください。
- \* GI(グループ ID) : 同一ユーザ ID の範囲でエリアやアプリケーションに応じてグループ分けします。
- \* EI(機器 ID) : 機器識別のための ID で、同一グループ内の機器はそれぞれ異なる ID とします。

### 2、リンクの成立条件

無線リンクが確立するための条件は次の通りです。

- ① 同じ周波数チャンネルである事
- ② 同じユーザ ID である事
- ③ 同じグループ ID である事
- ④ 発信局で指定した通信先が目的局の機器 ID と一致する事



※通常はエリアやアプリケーションごとにグループ ID を割り振りますが、通信の度にグループ ID を変更して、グループ ID を超えた通信を行う事ができます。

※リンク ID やルート情報レジスタの内容はEEPROMに固定(記憶)する事ができるので、電源を切っても内容は保持されます。

### 3、ルート情報について

中継局を使用する場合、発信局では目的局までのルート情報をルートレジスタに設定してから、データ送信コマンドを発行します。具体的には、通過する中継局の機器 ID と目的局の機器 ID をルートレジスタに設定します。

※ルートレジスタ: データを目的局に送り届けるためのルート情報を設定、保持します。

※ルート情報はデータ送信コマンドに直接記述する事もできます。

## ■エラー訂正

MU-2にはリードソロモン符号による強力なエラー訂正機能があります。ランダムエラーやバーストエラーが発生する通信環境でも信頼性の高い通信が可能です。ただし、通信スピードはエラー訂正をしない時(標準プロトコル)より遅くなります。

エラー訂正機能を使用する場合は、双方のMU-2の通信プロトコルをエラー訂正プロトコルにしてください。

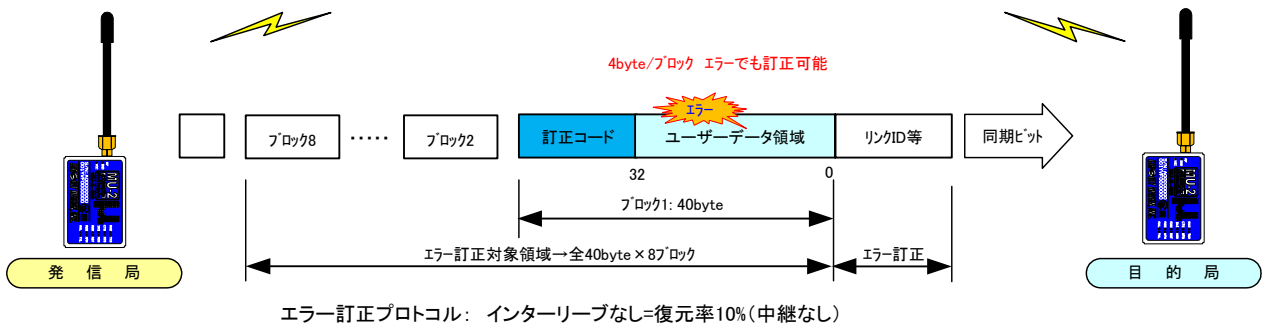
### ◆通信プロトコル

#### 1、標準プロトコル

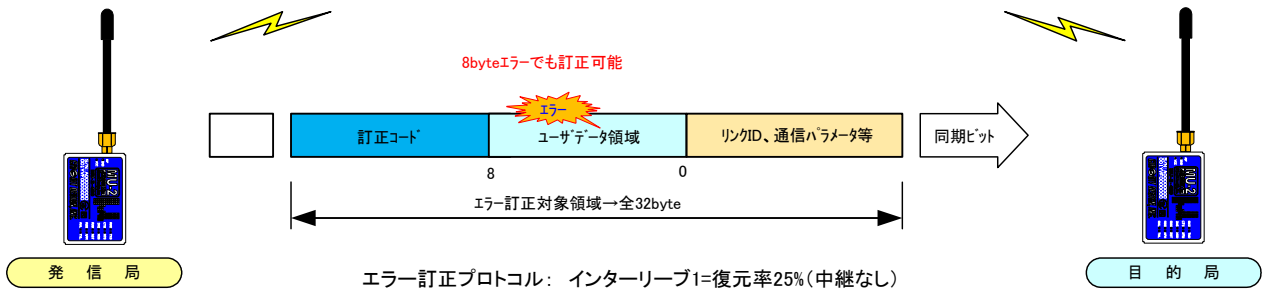
エラー訂正機能を使用しない標準通信プロトコルです。

#### 2、エラー訂正プロトコル

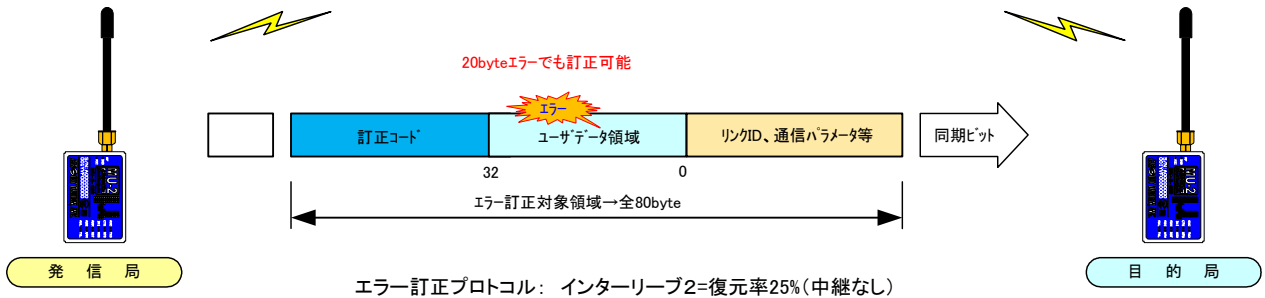
①インターリーブなし → 0~255バイトの可変長データのエラー訂正、データ復元率10%



②インターリーブ1 → 0~8バイトの可変長データのエラー訂正、データ復元率25%



③インターリーブ2 → 0~32バイトの可変長データのエラー訂正、データ復元率25%



# コマンドとレスポンス、データレシーブ

MU-2 に対してコマンドを発行すると、必ずそのコマンドに対するレスポンスが返ってきます。プログラムを開発する場合、各レスポンスに対応した処理を行なう必要があります。データ送信コマンドを発行した場合はデータ送信レスポンスの他に目的局側でデータレシーブが出力されます。

発信局側		目的局側
コマンド	主なレスポンス	レシーブ
コントロールコマンド	コントロールレスポンス	
データ送信コマンド	データ送信レスポンス (ACK レスポンス)	データレシーブ
モニタコマンド	モニタレスポンス (レシーブレスポンス)	
テストコマンド	テストレスポンス (レシーブレスポンス)	
拡張コマンド	拡張レスポンス (レシーブレスポンス)	※MU-2 内部から出力される情報。
-	インフォメーションレスポンス	
コマンド発行	エラーレスポンス	※コマンド書式に対するエラー通知。

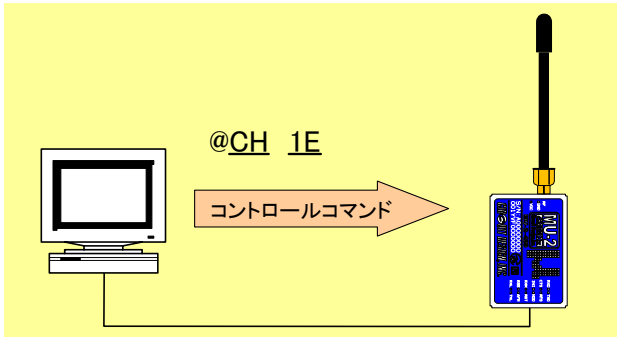
## ■ コントロールコマンドとコントロールレスポンスについて

### コントロールコマンドの種類

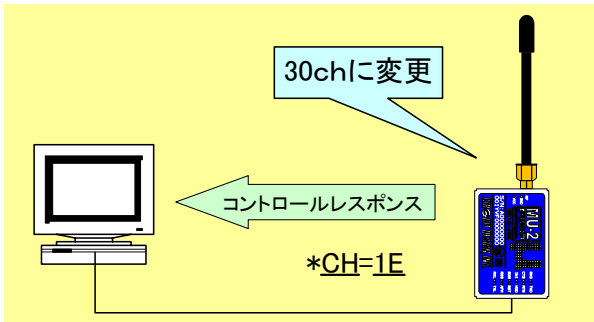
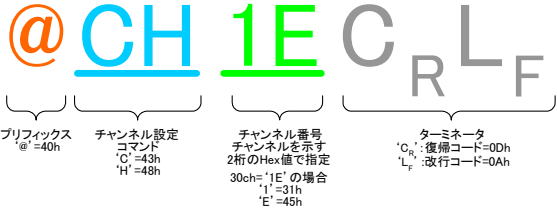
UART パラメータ設定、チャンネル設定、モード設定、リンク ID 設定などに使用します。レスポンスは必要に応じて処理が必要です。

### 例:チャンネル変更

チャンネルを 1E(30)ch に設定します。

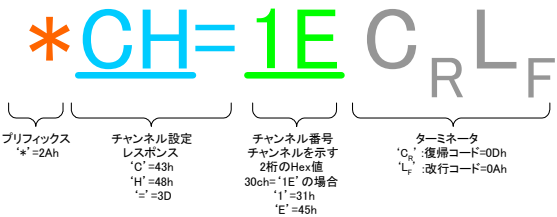


#### ①コントロールコマンド発行



#### ②周波数変更・コントロールレスポンス返信

周波数チャンネルが1E(30)chに変わり、さらにMU-1内部からコントロールレスポンスが返ります。

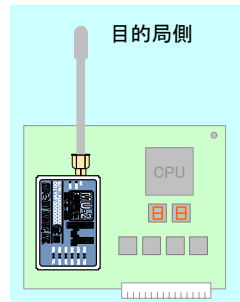
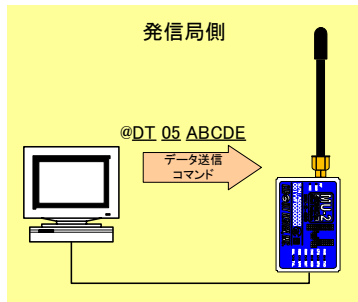


## ■データ送信コマンド、データ送信レスポンスとデータレシーブについて

コマンドモードでデータ送信コマンドを発行すると、ユーザデータが目的局に向けて送られます。発信局からはデータ送信レスポンスが、目的局からはデータレシーブが出力されます。データレシーブはユーザデータを含んでいます。データ送信コマンドには用途に応じた3種類のコマンドがあります。

### 例:データ送信

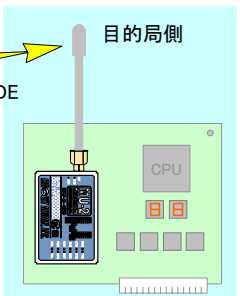
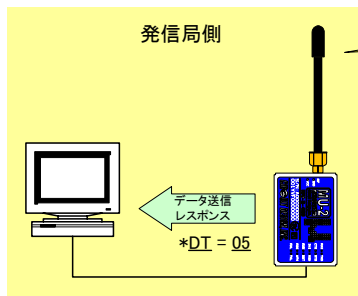
“ABCDE”の5バイトデータを目的局IDで指定されている目的局に伝送します。



#### ①データ送信コマンドの発行

**@DT 05 ABCDE CrLf**

プリフィックス '@'=40h	通信 コマンド 'D'=44h 'T'=54h	データサイズ 00h~FFhの Hex値 '0'=30h 2桁で指定 '5'=35h	送信データ 00h~FFhのバイナリデータ 'A'=41h 'B'=42h 'C'=43h 'D'=44h 'E'=45h	ターミネータ '\r':復帰コード=0Dh '\n':改行コード=0Ah
--------------------	----------------------------------	---	---	--

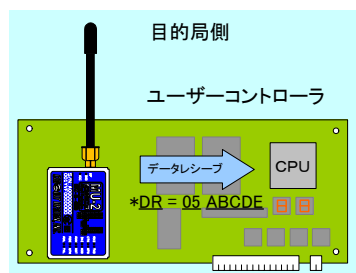
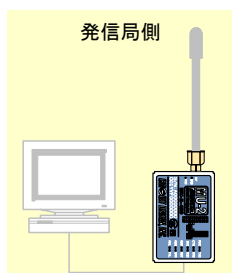


#### ②データ送信レスポンス返信

データ送信コマンドを正常に受け付けた場合、データ送信レスポンスを返信し、さらに発信局から目的局にデータを伝送します。

**\*DT = 05 CrLf**

プリフィックス '*'=2Ah	通信 レスポンス 'D'=44h 'T'=54h '='=3D	データサイズ 00h~FFhの Hex値 2桁 '0'=30h '5'=35h	ターミネータ '\r':復帰コード=0Dh '\n':改行コード=0Ah
--------------------	---	---	--



#### ③データレシーブを出力

発信局からのデータにエラーが無かった場合、目的局からデータレシーブが出力されます。パケットエラーが起こった場合は何も出力されません。データサイズを数値に変換して、その数だけデータを引き取って下さい。

**\*DR = 05 ABCDE CrLf**

プリフィックス '*'=2Ah	受信 データ 'D'=44h 'R'=52h '='=3D	データサイズ 00h~FFhの Hex値 2桁 '0'=30h '5'=35h	データ 00h~FFhの バイナリデータ 'A'=41h 'B'=42h 'C'=43h 'D'=44h 'E'=45h	ターミネータ '\r':復帰コード=0Dh '\n':改行コード=0Ah
--------------------	---	---	---	--

## 便利な機能

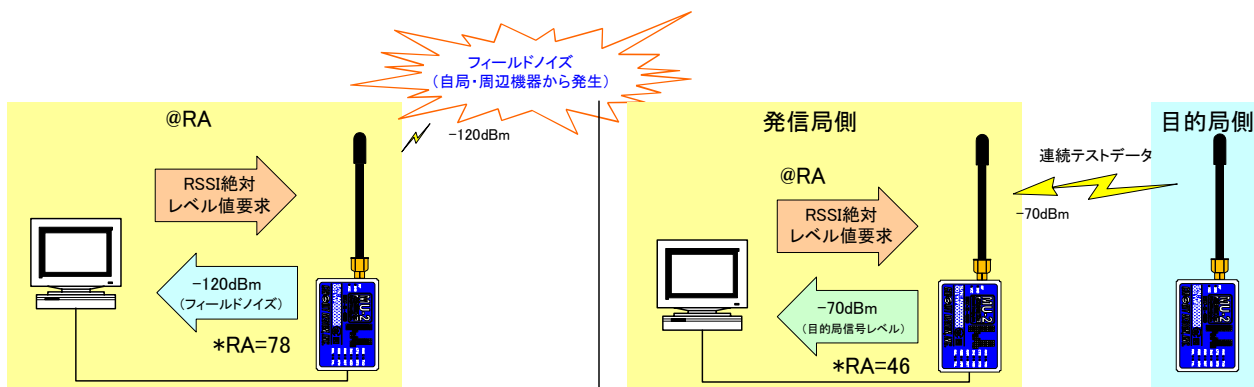
### ■RSSI(受信信号レベル)の取得

#### 1、発信局の RSSI 取得

発信局周辺のフィールドノイズ及び、目的局から到達する信号レベルが確認できます。

発信局フィールドノイズ測定

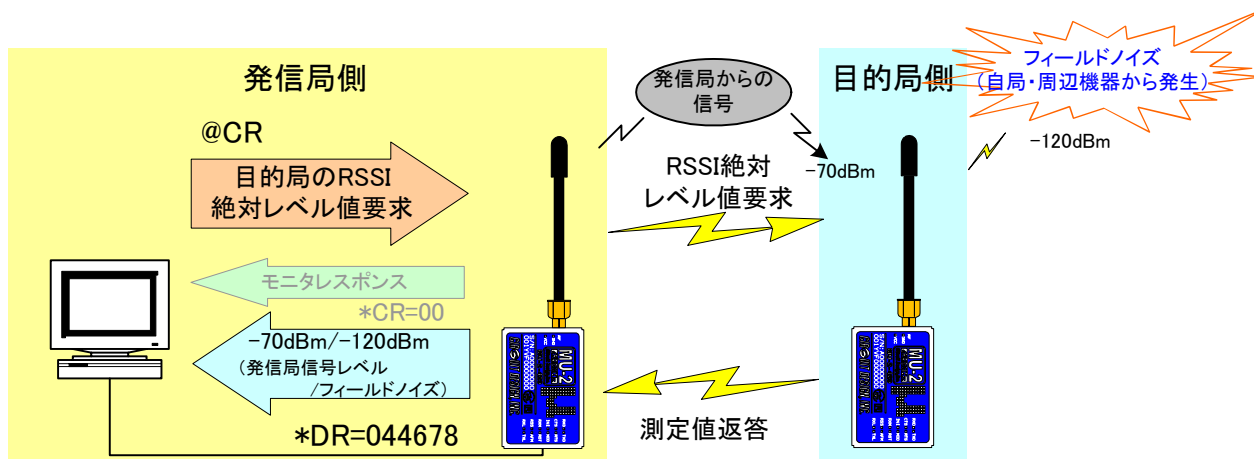
目的局からの到達信号レベル測定



#### 2、目的局の RSSI 取得

高所や狭い場所に設置した目的局の状況を手元の発信局から確認できます。

設計時に組み込み機器(ボード)の状況を確認しながらハードウェア、ソフトウェアの最適化が可能です。

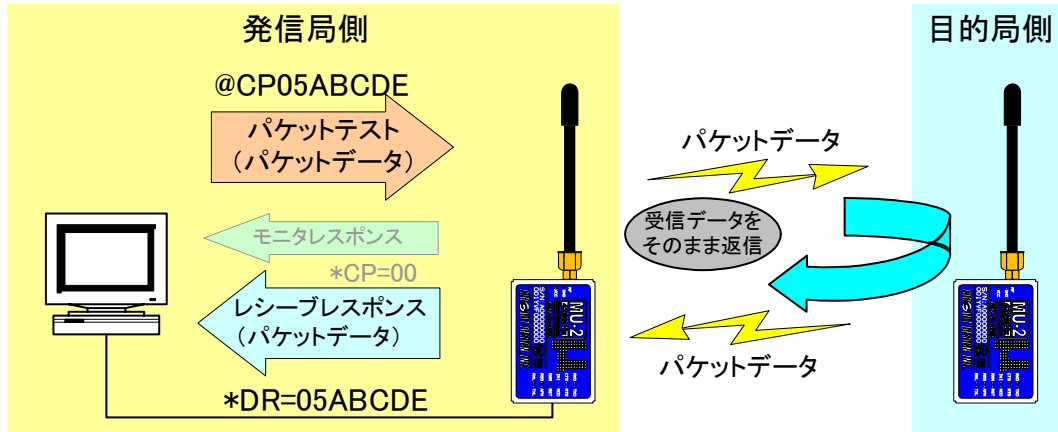


※ 評価プログラムやハイパーターミナルを使用してこのコマンドを発行すると、目的局の RSSI レベルを絶対値で表示させることができます。

## パケットテスト

パケットテストコマンドを使用すれば、実際に通信する伝送経路でデータのループバックを行い、データの到達率を算出することができます。

このテストを複数回行えばデータの到達率の算出ができ、システムの導入検討時に、通信路の信頼度を把握することができます。

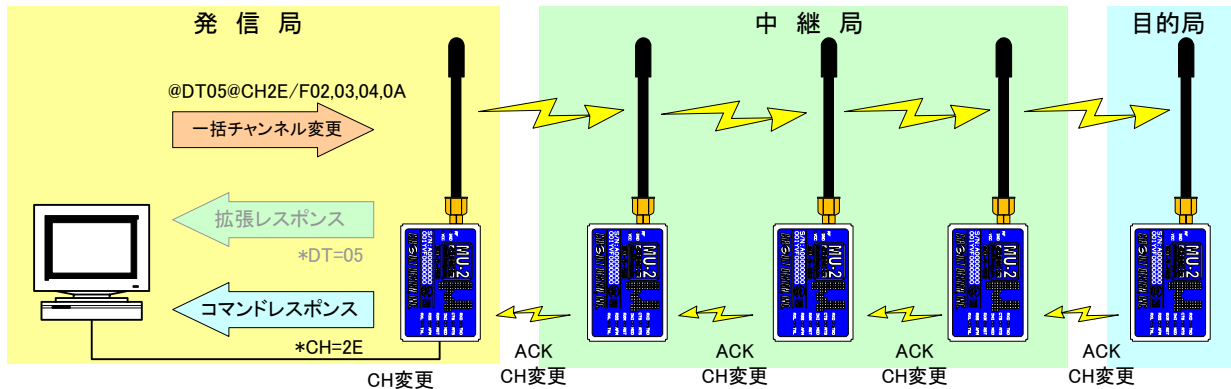


## ■チャンネル変更

### システム内全ステーションチャンネルの一括変更

中継局を含めた全システムのチャンネル変更を発信局からのコマンドで簡単に行なうことができます。

全ステーションのチャンネルを2Eに一括変更  
 発行コマンド: @DT05@CH2E/F02,03,04,0A



機器ID	EI=01	EI=02	EI=03	EI=04	EI=0A
変更前	CH=07	CH=07	CH=07	CH=07	CH=07
変更後	CH=2E	CH=2E	CH=2E	CH=2E	CH=2E

※一旦チャンネル変更要求を目的局まで送信し、それぞれの局がチャンネル変更をしながら ACK 信号を返信します。

※何らかのエラー要因でACK信号を確認できなかった局はチャンネルが変更されません。この場合には個別にチャンネル変更を行う必要があります。

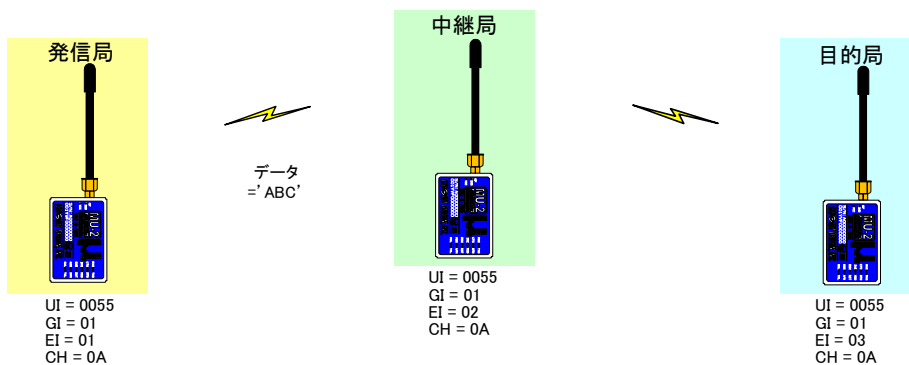


## コントロール手順(単向中継通信の例)

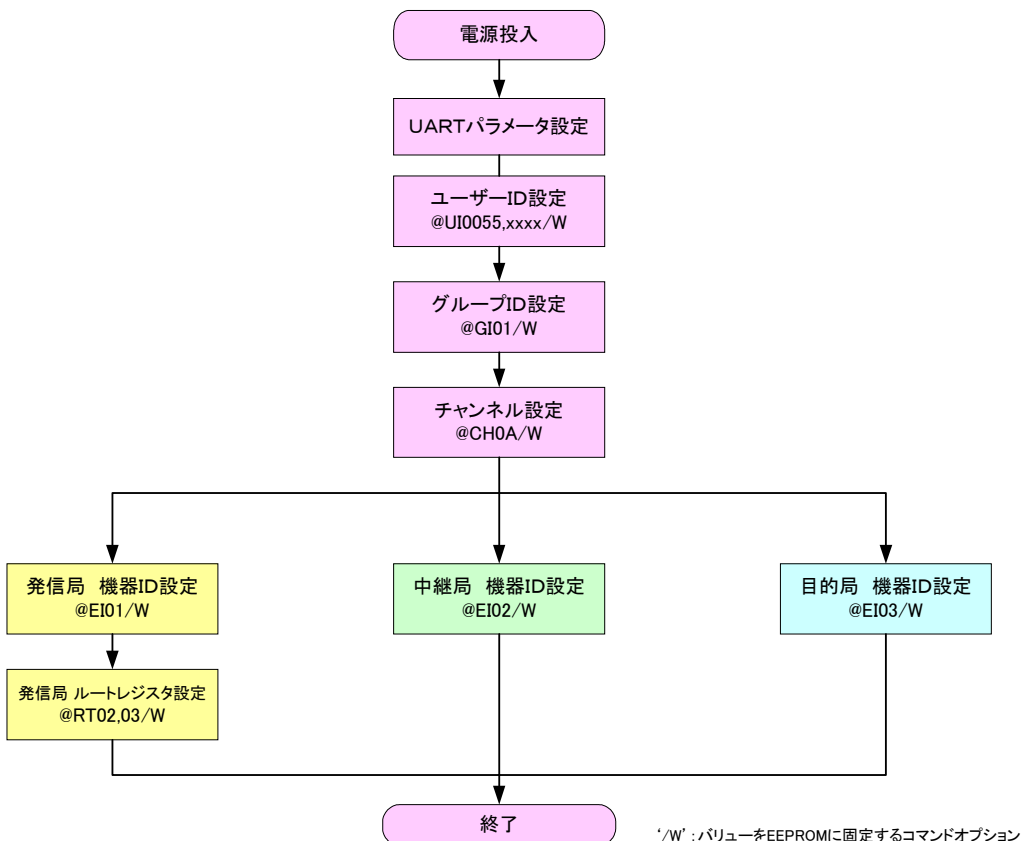
フローチャートは中継局を使用した単向通信システムコントロールの基本形です。システム稼働の初回に、全ての無線局のリンク ID 等の基本パラメータを MU-2 内部の EEPROM に固定(記憶)する事で、次回電源を入れた時に即座に通信する事が可能です。ただし、状況に応じてチャンネルの変更等が必要になります。単向通信の場合は同じデータを繰り返し送る方式を採用する事があります。この例のデータ送信コマンドは、ルートレジスタに設定したルート情報に基づき送信する書式を採用しています。

※双方向通信の場合はデータを正常受信した事を示す ACK 応答のあるデータ送信コマンドを使用する事で、より信頼性のある通信を確立できます。

### ■ 初期設定

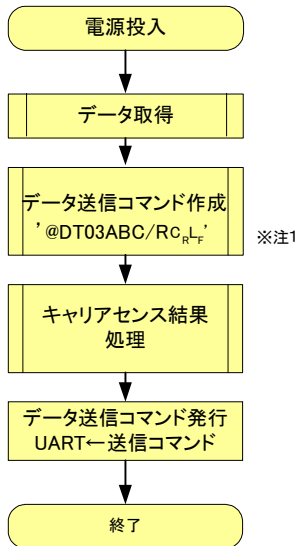


### 発信局、中継局、目的局共通処理(初回のみ)



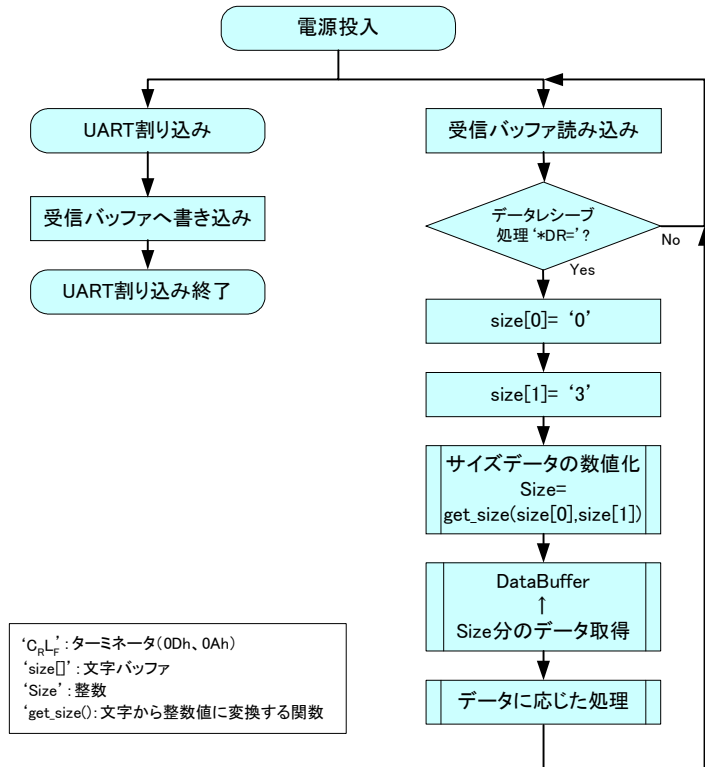
## ■ 通常動作時のコントロール

### 発信局の処理



※注1: この例のデータ送信コマンドの書式は、ルートレジスタに設定されているルート情報に基づき伝送する時のものです。

### 目的局の処理



'C<sub>R<sub>F</sub></sub>': ターミネータ(0Dh, 0Ah)  
'size[]': 文字バッファ  
'Size': 整数  
'get\_size()': 文字から整数値に変換する関数

送受信基本フローチャート  
( 1:1単向中継通信の場合 )

# 各種開発キット

## ■各種インターフェースに対応

MU-2 用開発キットとして RS-232C 用(MU2-RIK)、USB 用(MU2-UIK)、LAN 用(MU2-LIK)の4種類あります。また、これらには専用の評価プログラムも同梱されており、各種設定や伝送試験などが簡単に行なえます。

### 各種開発キット



RS-232C インターフェースキット(MU2-RIK)

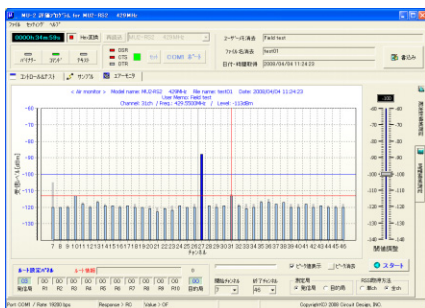


USB インターフェースキット(MU2-UIK)

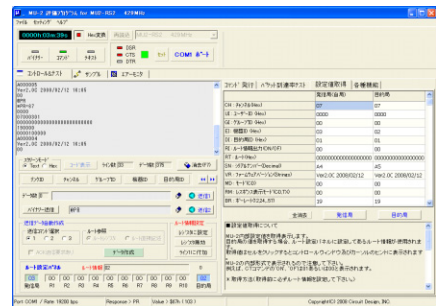


LAN インターフェースキット(MU2-LIK)

### 付属評価プログラム



エアモニター

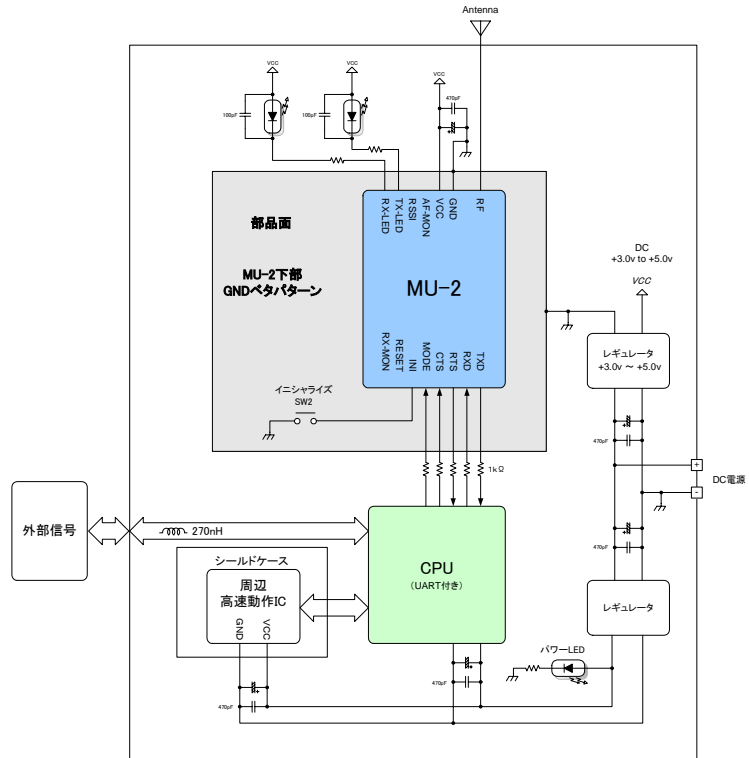


テストウインドウ

# インターフェース方法

## ■ワンチップマイコンとの接続(直接接続)

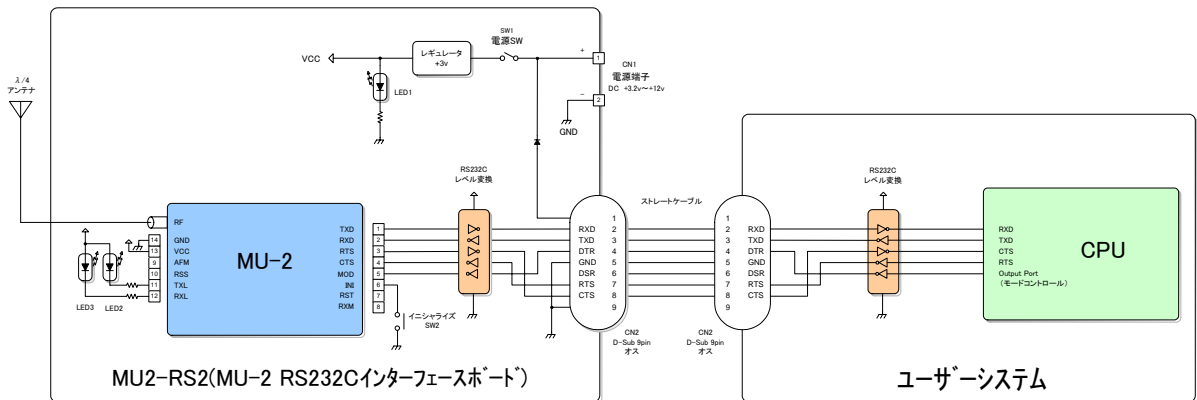
ワンチップマイコンとは 1kΩ の抵抗を介して直接インターフェースできます。  
外部信号線には高周波ノイズを遮断する為に 270nH のインダクタを挿入して下さい。



## ■ワンチップマイコンとの接続(RS232C レベル接続)

ワンチップマイコンと RS232C レベルで接続するには双方にレベル変換 IC が必要です。

例: MU2-RIKを使用した場合



- ※D-Sub コネクタの1番ピンから電源を供給する事ができます。
- ※評価プログラムを使用するには、DSR 信号線を High レベルにする必要があります。

# 実装方法

