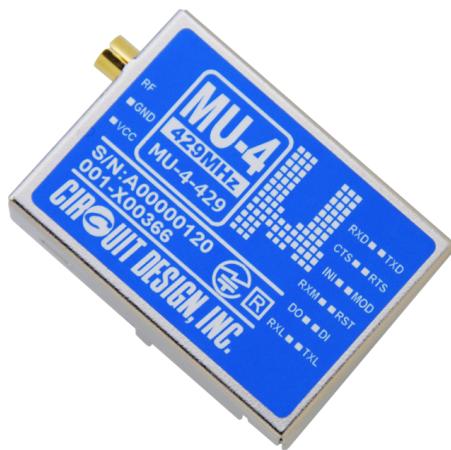


# 特定小電力シリアルデータ伝送無線モジュール

# MU-4-429

## 429MHz 帯



**マニュアル**  
Version 4.0 (Jan. 2022)

- 本製品の取扱いには、電気および無線の専門知識を必要とします。
- ご使用の前に、本書を必ずお読みになり、内容を理解したうえで正しく安全にお使いください。
- 本書は必ず保管してください。

製造販売元

株式会社 サーキットデザイン

長野県安曇野市穂高 7557-1

Tel: 0263-82-1024

Fax: 0263-82-1016

e-mail: sales@circuitdesign.jp  
<http://www.circuitdesign.jp>

## 重要事項

- ・本製品は、電波衝突や故障により通信が途絶えデータが出力されない場合や、予期しないデータが出力される可能性があります。このような場合でも事故が起こらないように適切なデータ処理を行ってください。
- ・本製品は、医療機器、原子力施設機器、航空機器、交通関連機器など、ひとたび事故が起こると生命、財産に関わる重大な損害を与えるおそれのあるシステムには使用しないでください。
- ・本製品のご使用にあたっては、お客様の製品に実装した状態で、実使用条件にて、十分な評価・確認を必ず実施してください。
- ・本製品を組み込んだお客様の製品に起因して発生したいかなる損害に対しても、弊社では一切の責任を負いません。
- ・本製品の仕様、デザインなどは改良のため予告なしに変更することがあります。
- ・本マニュアルでは、型式名'MU-4-429'を'MU-4'と記述とすることがあります。

## 安全にお使いいただくために

このたびは、特定小電力機器のシリアルデータ伝送無線モジュール MU-4-429 をご購入いただきありがとうございます。本製品の誤った取り扱いによる事故を未然に防ぐために、マニュアル中に示す「警告マーク」および「注意マーク」の意味を十分理解していただき必ずお守りください。

### 警告マーク及び注意マーク表示について



警告

この表示の警告事項を無視して本製品の取り扱いをすると、本製品が誤動作し、人命、身体に関わる死傷事故、財産に対する損害事故が生ずる可能性があります。  
また、法律違反になる場合があります。  
弊社では、このことに起因するいかなる損害に対しも一切の責任を負いません。



注意

この表示の注意事項を無視して本製品の誤った取り扱いをすると、本製品が破損したり通信不能や誤動作を起こす場合があります。  
弊社では、このことに起因するいかなる損害に対しも一切の責任を負いません。

## 目 次

第1章 MU-4について	9
1.1 概要	9
1.1.1 特徴	9
1.1.2 用途	9
1.2 ブロック図	10
1.3 制御方法例	11
第2章 仕様および図面	12
2.1 主な仕様	12
2.1.1 一般仕様	12
2.1.2 UART インターフェース仕様	12
2.2 端子仕様	13
2.3 チャネルプラン	15
2.4 寸法図	16
2.4.1 外形寸法図	16
第3章 ユーザーシステムの設計方法	17
3.1 基板設計にあたって	17
3.2 アンテナについて	18
3.3 その他	18
第4章 使い方	19
4.1 通信概念	19
4.1.1 無線局の種類とリンクパラメータ	19
4.1.2 データ送信の基本	20
4.1.3 データ送信コマンドについて	21
4.1.4 リンクパラメータについて	22
4.1.5 リンク成立条件	22
4.2 システムの構築(中継機能を使用しない場合)	23
4.2.1 グループ内通信(1:N システム、N:N システム)	23
4.3 システムの構築(中継機能を使用する場合)	24
4.3.1 ルートレジスタのルート情報で送信	24
4.3.2 データ送信コマンドに記述したルート情報で送信	24
4.3.3 1:N 中継システム	25
4.4 モード	26
4.4.1 コマンドモード	26
4.4.2 テキストモード(試験用)	26
4.4.3 バイナリーモード(試験用)	26
4.4.4 モード設定	27
4.5 キャリアセンス	28
4.5.1 キャリアセンスについて	28
4.5.2 キャリアセンス結果を利用する場合	28
4.6 リセット	29
4.7 イニシャライズ	29
4.8 使用チャネルの変更	29
4.9 スタンバイモード	30
4.10 空中線電力低下装置設定	30
4.11 通信プロトコル	30
4.12 EEPROM 読出しエラー	31
第5章 コマンド、レスポンス、レシーブ	32
5.1 コマンド、レスポンス、レシーブについて	32
5.2 コマンド、レスポンス、レシーブ一覧	36
5.2.1 データ送信コマンドとデータ送信レスポンス	36

5.2.2 データレシーブ	36
5.2.3 コントロールコマンド と コントロールレスポンス	37
5.2.4 モニタコマンド と モニタレスポンス	37
5.2.5 テストコマンド と テストレスポンス	37
5.2.6 拡張コマンド と 拡張レスポンス	38
5.2.7 レシーブレスポンス	38
5.2.8 ACK レスpons	38
5.2.9 インフォメーションレスポンス	38
5.2.10 エラーレスpons	38
5.3 設定値記憶コマンドオプション	39
5.4 コマンド、レスポンス、レシーブ詳細	40
5.4.1 データ送信コマンド と 各種レスポンス、データレシーブ	40
5.4.2 コントロールコマンド と コントロールレスpons	50
5.4.3 モニタコマンド と 各種レスpons	57
5.4.4 テストコマンド と 各種レスpons	60
5.4.5 拡張コマンド と 各種レスpons	62
5.4.6 レシーブレスpons	67
5.4.7 ACK レspons	67
5.4.8 インフォメーションレスpons	67
5.4.9 エラーレspons	68
第6章 プログラム開発方法	71
6.1 ユーザ処理の概要	71
6.2 MU-4 の動作について	72
6.3 コマンド送信処理	73
6.3.1 コマンドの発行	73
6.3.2 データ送信コマンドの発行	73
6.3.3 コマンドの連続発行	74
6.4 レスpons、レシーブ処理	75
6.4.1 レspons、レシーブについて	75
6.4.2 レspons、レシーブ書式	75
6.4.3 レspons、レシーブタイプ	75
6.4.4 レspons、レシーブの処理	76
6.5 エアーモニタ機能の実現	78
6.6 通信のためのフィールド状況の把握	79
6.6.1 発信局 RSSI 測定	79
6.6.2 目的局 RSSI 測定	79
6.6.3 パケット試験	79
6.7 データ送信の実現	80
6.7.1 データの送り込み方	80
6.8 バイナリーモードでの運用	81
6.8.1 モードについて	81
6.8.2 新規開発する場合	82
6.8.3 既存の機器のデータ線だけ使用する場合	83
6.8.4 バイナリーモードの使用条件	83
6.9 エラー訂正機能について	84
第7章 タイミング	85
第8章 透過モード	91
8.1 透過モードの設定	91
8.2 データの送受信	91
8.3 透過モードで使用できるコマンドについて	92
8.3.1 透過モード(@TR ON 設定時)で使用できるコマンド	92
8.3.2 透過モード(@TR ON 設定時)で使用できないコマンド	92
8.4 '@TR'コマンドのタイミング	93
8.5 データフォーマット	96
8.5.1 データフレーム構成	96

8.5.2 UART を利用したデータの同期方法 .....	97
第9章 その他 .....	98
MU-4 評価プログラム .....	98

## 警告と注意



警告

- ◆ 本製品は、人命や身体、財産に関わる重大事故の発生するおそれのある設備や機器としての使用や、それらに組み込んで使用しないでください。また、それら施設の周辺で使用しないでください。
  - ▣ 電波による誤動作を引き起こす可能性がある医療機器の近くでは使用しないでください。
  - ▣ 航空機、原子炉施設などの重要施設等での使用はしないでください。
  - ▣ 本製品を使用したシステムを設計する場合は誤動作防止、火災発生対策など安全設計をしてください。
  - ▣ 軍事目的(武器、テロ行為)や、軍事関連施設では使用しないでください。
- ◆ 本製品を分解、改造をしないでください。電波法で禁止されています。
- ◆ 海外では使用しないでください。  
本製品は、日本国内仕様となっています。本製品を日本国外で使用するとその国の電波に関する法律に違反する可能性があります。
- ◆ 本製品を使用するシステム、機器の安全対策を十分に行ってください。  
本製品は電波を使用しており、電波の到達距離範囲内であってもマルチパスフェージングや外来ノイズの影響で通信が途切れる場合があります。その場合でもシステムが常に安全を保つように考慮してください。
- ◆ 以下のような環境あるいは、本製品仕様の範囲を超えた場所や状況では使用しないでください。
  - ▣ 振動や衝撃が加わる場所
  - ▣ 高温、低温になる場所や温度差が急激に変化する場所
    - ・閉め切った車内、ストーブ、ヒータ、冷凍庫、本体の放熱を妨げる場所など
  - ▣ 湿度や水気が多い場所
    - ・浴室、台所の流しや湯気の当たる場所、雨や雪のかかる屋外
  - ▣ 直射日光が当たる場所
  - ▣ 強い電波や磁力、静電気が発生する場所
    - ・無線機、無線局、磁石、スピーカーなど
  - ▣ 腐食性ガスの発生、化学物質の付着するおそれのある場所
  - ▣ 製品の定格や仕様の範囲を超えた使い方はしないでください。
- ◆ 以下のような取り扱いは絶対にしないでください。
  - ▣ 本製品を落としたり、衝撃を加えたりしないでください。
  - ▣ 本製品の上には、重い物、液体などを置かないでください。
  - ▣ アンテナは曲げたり、折ったりしないでください。
  - ▣ 本製品内に金属などの異物が入らないようにしてください。
- ◆ 電源供給線の誤配線が無いようにしてください。
- ◆ 手や体が電源部に接触すると感電することがあります。絶対にしないでください。
- ◆ 煙が出たり異臭がしたりした場合は直ちに電源供給を停止し使用を中止してください。



注意

- ◆ 本製品は周囲に金属物の無い場所に設置してください。通信性能が劣化します。
- ◆ 本製品を長期間使用しない場合は、購入時の箱に入れて保管してください。
- ◆ 本書の内容のコピー、転載は無断で行わないでください。著作権法により禁止されています。

## 電波法に関する警告事項

本製品は、電波法に基づく特定小電力機器のシリアルデータ伝送無線モジュールとして技術基準適合証明を受けています。必ず次のことを守ってお使いください。

- ◆ 分解、改造をしないでください。法律で禁止されています。
- ◆ 技適マークのラベルは剥がさないようにしてください。ラベルのないものは使用が禁止されています。
- ◆ この製品は混信防止機能として識別符号自動送受信機能を搭載しており、他のシステムに影響を与えません。
- ◆ **429MHz 帯の MU-4 は外国の電波法には適合していません。日本国内でのみ使用可能です。**  
This product is for use only in Japan.

## 製品保証について

本製品の保証期間は、ご購入の日から1年間です。保証期間を過ぎた場合は有償修理となります。  
ただし、「警告と注意」の項に掲げた環境や使用状況での故障は有償修理となります。

## 製品修理について

本製品の正しいご使用方法にも関わらず発生した故障に対し、製品の保証期間中（ご購入後 1 年間）は無償で修理いたします。保証期間を過ぎている場合は有償修理となります。  
修理に出す前には、もう一度故障状況をご確認いただき、弊社営業部までご連絡をお願いします。修理品は宅配便などで弊社営業部までご送付ください。

### 修理内容の明記

修理に出す場合は、必ず故障の内容や状況を具体的に明記し、修理品と一緒に送ってください。

### 修理料金について

修理料金は、技術料、部品代、送料で構成されます。

### 送料について

- ・保証期間内： 送付、返送費用は弊社負担とさせていただきます。
- ・保証期間外： お客様の負担となります。

### 出張修理

出張修理は行いません。

### 故障状況の確認

故障内容に関し、弊社ホームページの製品別FAQに同様な事例がないか確認してください。

## 製品の製造中止について

諸々の理由によりやむを得ず本製品の製造を中止することがあります。製造中止の案内は弊社ホームページに掲載いたします。なお、本製品の補修用性能部品は製造中止後5年間保有しています。

製品保証期間を過ぎたものは有償修理となります。弊社営業部にお問い合わせください。

※補修用性能部品：本製品の機能を維持するために必要な交換部品あるいは交換基板のことです。

## ご連絡、お問い合わせ先

各種問い合わせは、弊社営業部まで下記のいずれかの方法でご連絡ください。

また、弊社webには技術情報ならびに新しい情報、Q&Aなどが掲載されていますのでご覧ください。

※Eメールによるお問い合わせが、簡潔で間違いが無く、内容が伝えやすいのでとても便利です。

※技術的なお問合せは、開発環境や問題となっている事柄などを具体的にまとめてからご連絡ください。

### ■ インターネットメール

Eメールアドレス： [sales@circuitdesign.jp](mailto:sales@circuitdesign.jp)  
宛先： 営業部

### ■ 電話

電話番号： 0263-82-1024  
担当部署： 営業部  
受付時間： 9:00 ~ 17:30 (平日)

### ■ FAX.

FAX番号： 0263-82-1016  
宛先： (株)サーキットデザイン 営業部

### ■ 郵便

郵便番号： 399-8303  
住所： 長野県安曇野市穂高 7557-1  
宛名： (株)サーキットデザイン 営業部

## ホームページ

弊社webには製品に関する技術情報ならびに新着情報、Q&Aなどが掲載されていますのでご覧ください。  
また、関連ファイルをダウンロードすることができます。

web URL: <http://www.circuitdesign.jp/>

# 第1章 MU-4について

## 1.1 概要

MU-4 は技術基準適合証明を取得した特定小電力シリアルデータ伝送無線モジュールです。

シンプルな専用コマンドで無線部のコントロールができるので、ユーザーシステムの送受信プログラム開発に専念することができます。通信プロトコルは、弊社 MU シリーズと通信が可能な標準プロトコルと、受信側でエラー訂正を行うエラー訂正プロトコルがあります。エラー訂正プロトコルには、バーストエラーが起こる環境でも強力なエラー訂正が可能なリードソロモン符号<sup>\*1</sup>を採用し、従来の無線モジュールと比較して信頼性の高いシステムを構築することができます。データ送受信やコマンド発行には、ワンチップ CPU が標準で持っている UART<sup>\*2</sup>インターフェースを採用し、コンピュータの COM ポート(RS232C フォーマット)からもコントロールできるので、ユーザーシステムの早期開発が可能です。<sup>\*3</sup>また、中継局を 10 台まで設置できるので、離れた場所にある機器のデータ収集やコントロールをすることができます。MU-4 は高周波に関わるトラブルを無くすために最適化設計されているので、安心してユーザーシステムにご採用いただけます。

### 重要

ケーブル接続された既存の RS232C システム機器間の通信を、そのまま MU-4 で無線通信に置き換えることは基本的にはできません。システム構築に当たっては無線通信特有の問題を解決しなければならないからです。このためハードウェアおよびソフトウェアの新規開発が必要です。

※ \*1 順方向エラー訂正(FEC)符号で CD、ハードディスク、衛星通信などに使用されています。

※ \*2 UART(Universal Asynchronous Receiver Transmitter)

※ \*3 評価キットとして MU4-RS2(RS232C インターフェースボード)、MU4-USB(USB インターフェースボード)があります。

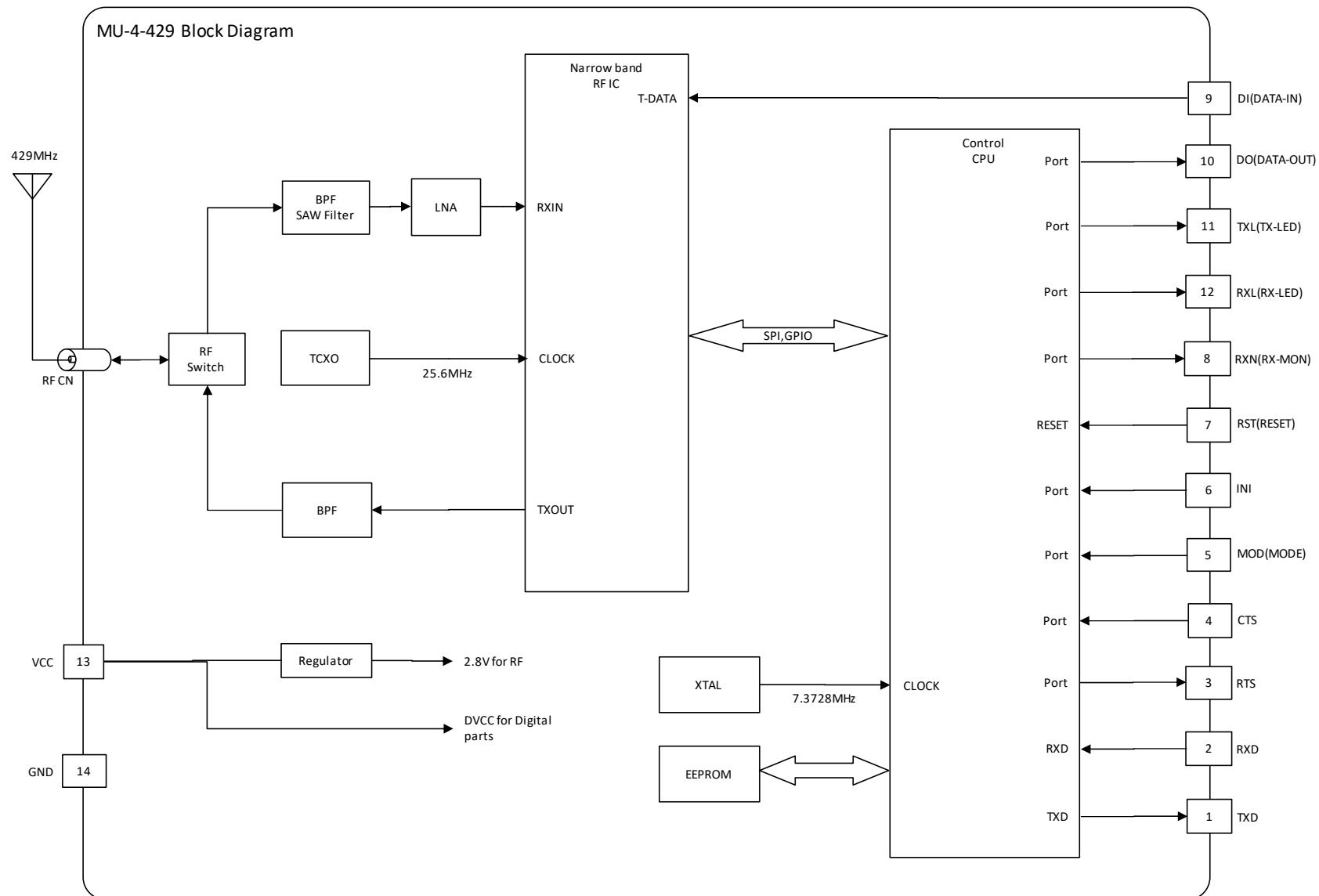
### 1.1.1 特徴

- 工事設計認証(技適マーク)取得済み
- 当社独自のシンプルなコマンドによる無線制御とシリアルデータ伝送が可能
- リードソロモン符号による強力なエラー訂正機能
- 中継機能(最大 10 台)
- 当社 MU シリーズと共に通信プロトコル
- RSSI 取得コマンドにより通信・フィールド状況取得可能
- ユーザー・グループ・機器 ID 設定による N:N システム構築が可能
- ユーザー独自のプロトコルを使用できる透過モード機能

### 1.1.2 用途

- シリアルデータ送信  
エネルギーモニタ、データ監視装置、ハンディターミナル、バーコードリーダー、住宅設備制御
- テレコントロール  
各種警報システム、建設機械のリモートコントロール、表示装置、モーター制御、リフター
- テレメーター  
セキュリティシステム、河川・ダムの水位モニタ、温度湿度計、雨量計、圧力計、電圧計、電流計

## 1.2 ブロック図



### 1.3 制御方法例

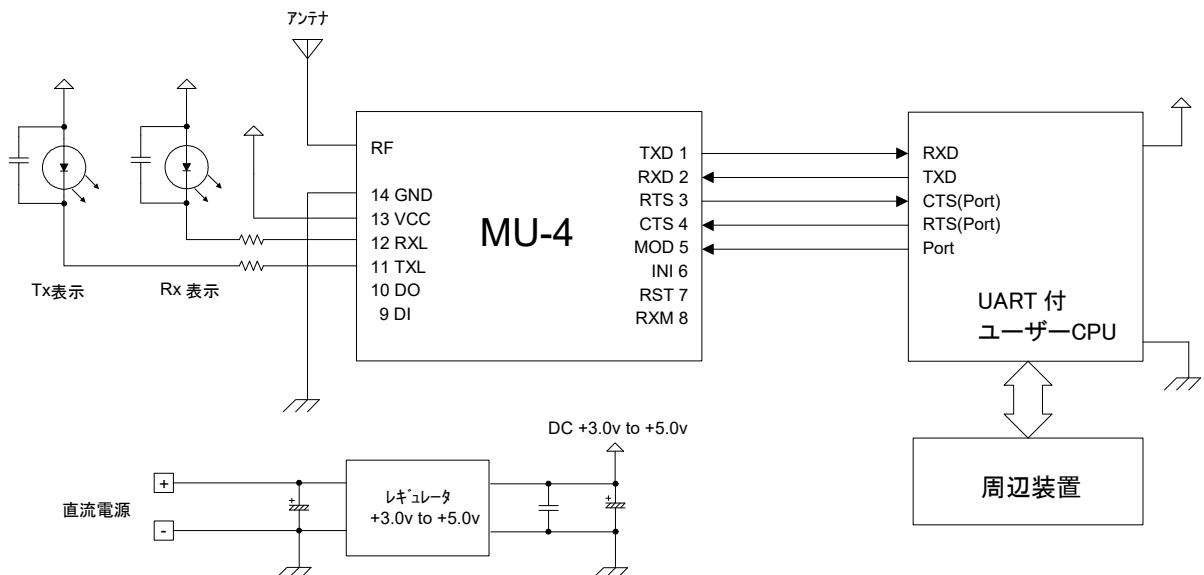
MU-4 の VCC 端子は搭載 CPU の電源に直接接続されています。供給する電源は必ずレギュレートした DC+3.0v ~+5.0v の範囲の電圧としてください。

MU-4 は RTS、CTS を使用したハードウェアフロー制御を行うことを基本としていますが、ハードウェアフロー制御を行わず 3 線式でコントロールすることも可能です。この場合 CTS 端子を Low レベルにしてください。また送受信タイミングには十分注意してください。

例 1、例 2 ともコントロール電圧の違いを除いて基本的に同じ使い方です。

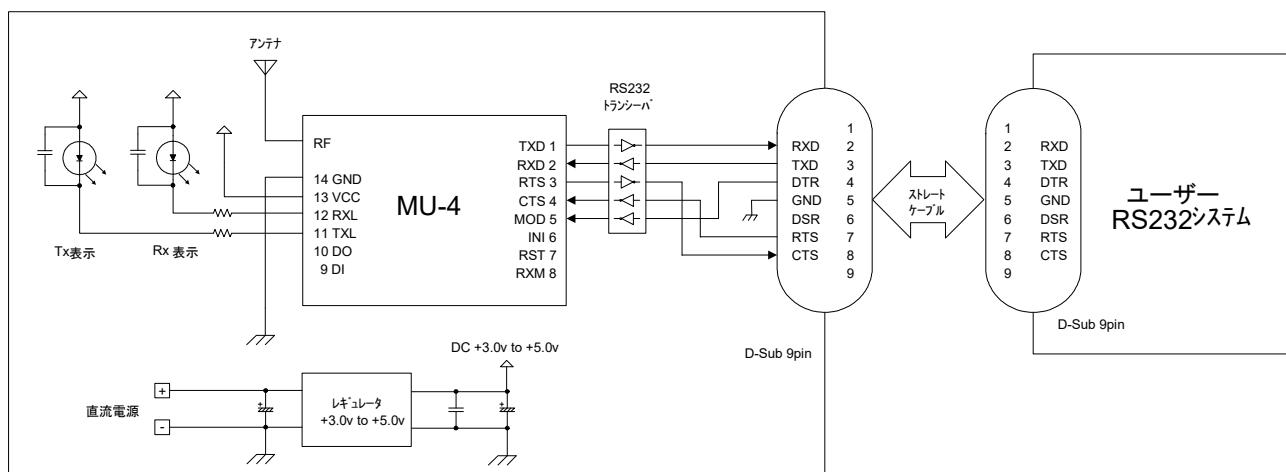
#### 例1) 埋め込み型 CPU で制御

UART 付きの埋め込み型 CPU で直接 MU-4 をインターフェースすることができます。



#### 例 2) RS232C で制御

1. コンピュータの RS232C ポートを使用して Windows などの OS 上プログラムを新規開発することができます。この場合、RS232C トランシーバを使用してください。(既存システム機器のプログラムは動作しません)
2. ケーブルから MU-4 に電源を供給することで、無線部をユーザーシステムから分離して最適環境に設置するともできます。実験で確かめる必要がありますが、15m~50m の延長が可能です。



※評価プログラムを使用するには DSR 信号線を RS232C レベルで High にする必要があります。

※ハードウェアフロー制御を行わない場合は、RS232C レベルで RTS と CTS を接続してください。

## 第2章 仕様および図面

### 2.1 主な仕様

#### 2.1.1 一般仕様

温度条件: +25°C ± 5°C、標準値

項目	仕様	備考
技術基準	ARIB 標準規格 STD-T67	
電波型式	F1D	
空中線電力	10mW +20% -50%以内 1mW (空中線電力低下装置使用時)	+5°C ~ +35°C コンタクト(50 Ω) コマンドにより切り替え
周波数安定度	±4ppm 以内(-20°C ~ +65°C)	25°C の値を基準とする
アンテナ	専用アンテナを選択	専用アンテナ以外は電波法違反
通信方式	単信、単向、同報	
変調方式	2 値 FSK	
発振方式	PLL シンセサイザ方式	
無線間通信速度	4800bps	
周波数範囲	429.2500MHz ~ 429.7375MHz	
チャネル数	40ch	ch 間隔 12.5kHz
受信時副次発射強度	4nW (-54dBm) 以下	
受信感度	-113dBm	透過モード (BER 0.1%)
キャリアセンス閾値	-96dBm 以下	
使用温度	-20°C ~ +65°C (結露無きこと)	温度条件によって到達距離は変動します。
保存温度	-25°C ~ +70°C (結露無きこと)	
動作電源電圧	3.0V 以上 ~ 5.0V 以下	絶対最大定格電圧 5.5v
消費電流	10mW 時 送信: 42mA max. 受信: 22mA max. 1mW 時 送信: 26mA max. 受信: 22mA max.	電源電圧 3v 時
スタンバイモード消費電流	4mA	電源電圧 3v 時
EEPROM 書換え回数	1,000,000 回	
エラー訂正方式	リードソロモン符号	RS(255,247)
外形寸法	36mm × 26mm × 8mm (W × D × H)	アンテナ含まず。H は取付面からの高さ。
本体重量	14.5g	

#### 参考データ

\*実効無線間通信速度: 約 3400bps 条件: 单向通信、エラー訂正無し、25°C

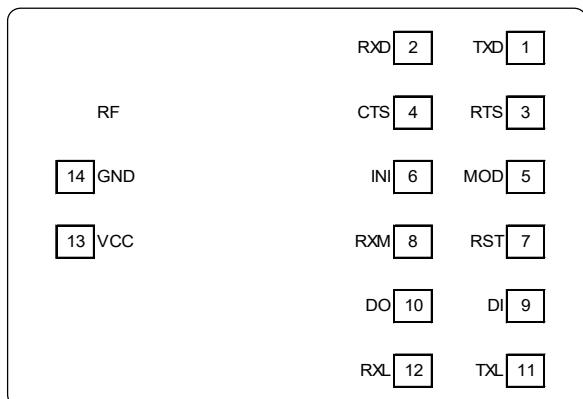
\*到達距離: 約 600m 条件: 单向通信、エラー訂正無し、25°C、見通し距離、地上高 1.5m、アンテナ垂直

#### 2.1.2 UART インターフェース仕様

通信方式	シリアル通信(RS232C フォーマット)
同期方式	調歩同期(非同期)
データスピード	1200/2400/4800/9600/19200/38400/57600 bps
フロー制御	RTS/CTS ハードウェアフロー制御
他パラメータ	データ長(8bit)、パリティ(無し、奇数、偶数)、ストップビット(1 or 2)

## 2.2 端子仕様

MU-4 端子名、端子番号(Top View)



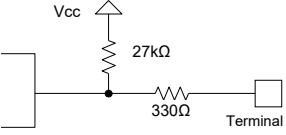
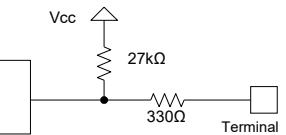
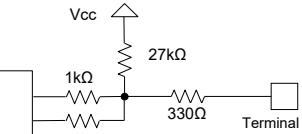
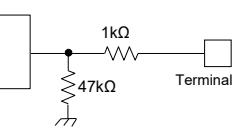
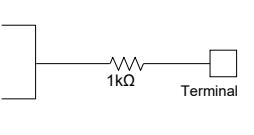
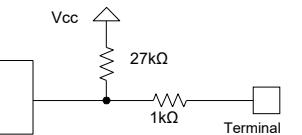
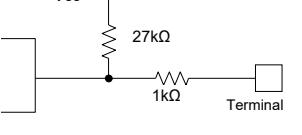
◇ RS232C に接続するためにはレベル変換が必要です。RS232C の DSR 信号はユーザー基板で対応してください。

◇ 使用しない端子はオープンにしてください。

◇ 内部の Low レベルと High レベルの閾値は電源電圧 VCC に対して  $VCC \times 0.2$ 、High レベルは  $VCC \times 0.8$  です。

※ 端子仕様は予告無く変更する場合があります。

端子 No.	端子名称	I/O	端子説明	内部回路
1	TXD	O	シリアルデータ送信端子です。	
2	RXD	I	シリアルデータ受信端子です。	
3	RTS	O	ハードウェアフロー制御信号出力端子です。 内部状態がビジーでない場合 Low となり RXD 端子でデータを受信することができます。内部状態がビジーの場合 High となりデータを受信することができません。	
4	CTS	I	ハードウェアフロー制御信号入力端子です。 Low の時にビジーでないと判断し TXD 端子からデータを送信します。 High の時にはビジーと判断しデータを送信しません。	
5	MOD (MODE)	I	コマンドモードとバイナリーモードあるいはテキストモードの切り替えを行います。 High の時はコマンドモード、Low の時はバイナリーモードあるいはテキストモードです。	

端子 No.	端子名称	I/O	端子説明	内部回路
6	INI (INITIALIZE)	I	CPU 内部設定値初期化端子です。 Low の状態で電源を投入すると初期化されます。初期値は電源の再投入で有効になります。	
7	RST (RESET)	I	CPU リセット端子です。 1ms 期間 Low レベルにすると内部 CPU がリセットされます。 通常はオープンにしてください。	
8	RXM (RX-MON)	O	データ受信時の内部状態をオシロスコープでモニタするためのメータ用端子です。通常はオープンにしてください。	
9	DI (DATA-IN)	I	透過モード送信データ入力端子です。 透過モード送信設定後、4800bps の送信データを入力してください。 透過モード以外ではオープンにしてください。	
10	DO (DATA-OUT)	O	透過モード受信データ出力端子です。 透過モード受信設定にて、4800bps の受信データを出力します。 透過モード以外ではオープンにしてください。	
11	TXL (TX-LED)	O	送信モニタ LED 用端子でデータ送信時に点灯します。 信号線には内部に 1kΩ の抵抗が入っています。外部抵抗で LED 電流は 1mA 以内としてください。 また、LED に並列に 100pF 程度のセラミックコンデンサを入れることを推奨します。	
12	RXL (RX-LED)	O	受信モニタ LED 用端子で有効データを受信している時に点灯します。 信号線には内部に 1kΩ の抵抗が入っています。外部抵抗で LED 電流は 1mA 以内としてください。 また、LED に並列に 100pF 程度のセラミックコンデンサを入れることを推奨します。	
13	VCC	I	電源端子です。供給電圧は DC+3.0V ~ +5.0 の安定化電源としてください。 定格以上の電圧を掛けるとユニット内の半導体が破壊します。 約 2 μF のコンデンサに充電するラッシュ電流が発生します。	
14	GND	I	GND	
-	RF	I/O	TMP コネクタ(メス)のアンテナ端子です。	

## 2.3 チャネルプラン

MU-4 が使用できる周波数チャネルは 429MHz 帯の 7 チャネル～46 チャネルです。  
チャネル設定は '@CH' + 'チャネル番号' 形式のコマンドを使用します。

例: 使用チャネルを 15 チャネルに設定する  
'@CH' に続き使用チャネルを 2 文字の ASCII 文字(16 進数値)で指定してください。

コントロールコマンド:      @CH 0F CRLF  
コントロールレスポンス:    \* CH = 0F CRLF

※ : デフォルトチャネル

Channel	Frequency	Channel	Frequency	Channel	Frequency
Dec. (Hex)	MHz	Dec. (Hex)	MHz	Dec. (Hex)	MHz
7(07)	429.2500	21(15)	429.4250	35(23)	429.6000
8(08)	429.2625	22(16)	429.4375	36(24)	429.6125
9(09)	429.2750	23(17)	429.4500	37(25)	429.6250
10(0A)	429.2875	24(18)	429.4625	38(26)	429.6375
11(0B)	429.3000	25(19)	429.4750	39(27)	429.6500
12(0C)	429.3125	26(1A)	429.4875	40(28)	429.6625
13(0D)	429.3250	27(1B)	429.5000	41(29)	429.6750
14(0E)	429.3375	28(1C)	429.5125	42(2A)	429.6875
15(0F)	429.3500	29(1D)	429.5250	43(2B)	429.7000
16(10)	429.3625	30(1E)	429.5375	44(2C)	429.7125
17(11)	429.3750	31(1F)	429.5500	45(2D)	429.7250
18(12)	429.3875	32(20)	429.5625	46(2E)	429.7375
19(13)	429.4000	33(21)	429.5750	-	-
20(14)	429.4125	34(22)	429.5875	-	-

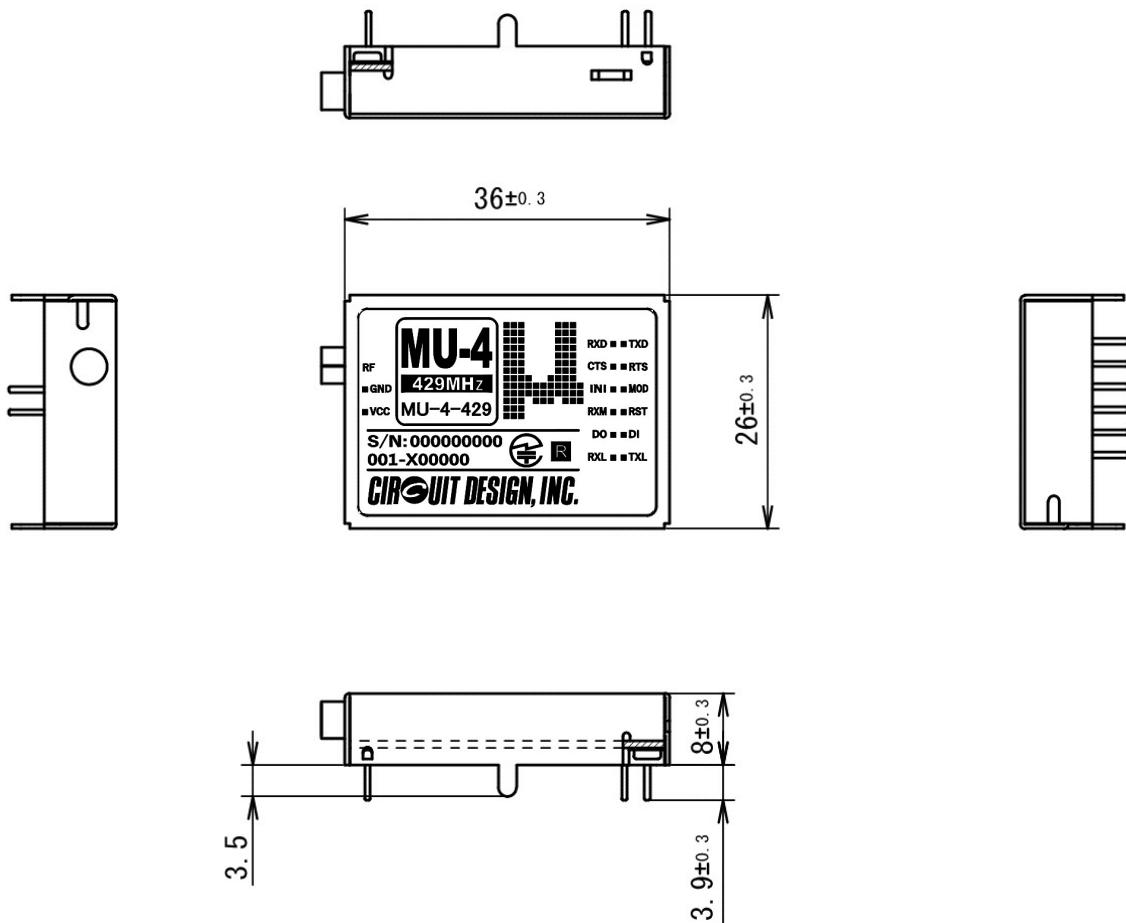
※ 3 次相互変調混信や遠近問題のため、同一エリア内で同時運用できるチャネル数は多くて 5～7 チャネルです。

※ 受信周波数-800kHz にイメージ周波数が発生し、妨害耐性が低くなっています。

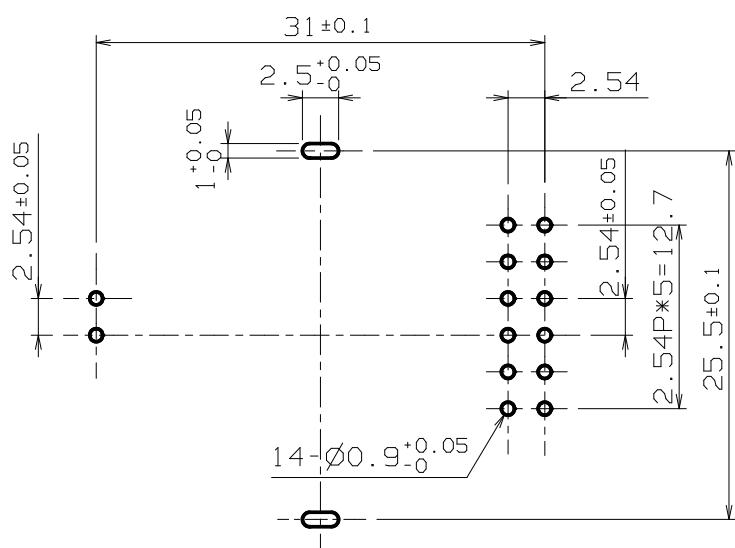
周囲の電波環境に注意してご使用ください。

## 2.4 寸法図

### 2.4.1 外形寸法図



### 基板孔明け寸法図



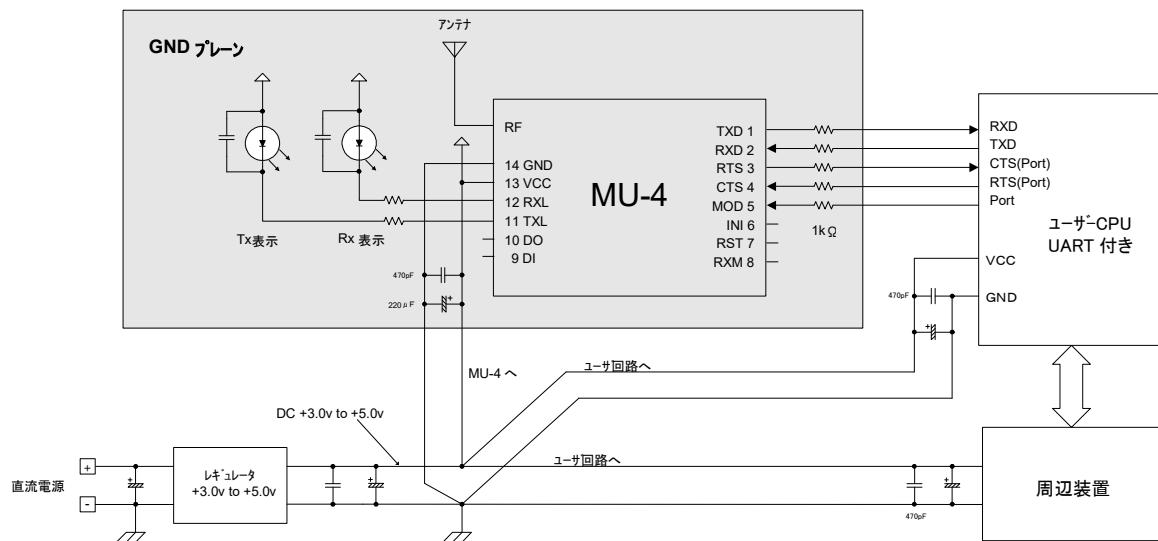
基板取付穴推奨寸法  
(装着面から見た穴位置)

## 第3章 ユーザーシステムの設計方法

### 3.1 基板設計にあたって

本モジュールをユーザーシステムに組み込む場合は、基板設計、筐体設計に十分注意してください。

1. MU-4 に使用する電源は直流安定化電源が必要で、電圧範囲は+3.0v～+5.0v です。電流は送信時に約 40mA 必要です。MU-4 とユーザーシステム CPU は必ず同じ電圧でコントロールしてください。  
内部の高周波部はレギュレートされていますが、CPU 部の電源は各種ユーザーシステム電圧に対応するため VCC 端子に直接接続されています。このため使用する電圧範囲には十分注意してください。
2. UART 関連のコントロール信号線には、 $1k\Omega$  の抵抗あるいは  $0.33\mu H$  のインダクタを挿入することを推奨します。挿入個所はコネクタピンの直近としてください。
3. 本機を搭載する基板はなるべく両面基板とし、本機下部（基板の上面）は十分な面積の GND パターン（GND プレーン）を設け、信号線は基板下面にしてください。
4. MU-4 の電源ラインをシステムの他の回路（CPU 等）の電源ラインと共に使用すると誤動作の原因となり十分な性能が発揮されません。  
MU-4 に供給する電源は必ずシステムの電源回路から単独ラインとし、受電点にバイパスコンデンサーを取り付けてください。
5. LED 用端子には直接 LED を接続することが可能ですが、1mA 以下で使用してください。LED の点滅により通信に影響がでることがあります。LED と並列に  $100pF$  程度のセラミックコンデンサを入れることを推奨します。
6. RXM 端子には何も接続しないでください。
7. 本ユニットに入る信号線はできる限り短くしてください。



### 3.2 アンテナについて

MU-4 のアンテナは弊社が指定する専用アンテナをご使用ください。専用アンテナ以外を使用した場合は電波法違反になりますのでご注意ください。また MU-4 とアンテナ間に増幅器の設置やアンテナの改造(切断等)を行った場合も電波法違反となります。

アンテナの種類および接続方法、接続ケーブルについては弊社の web をご覧いただぐか、弊社営業部までお問合せください。

### 3.3 その他

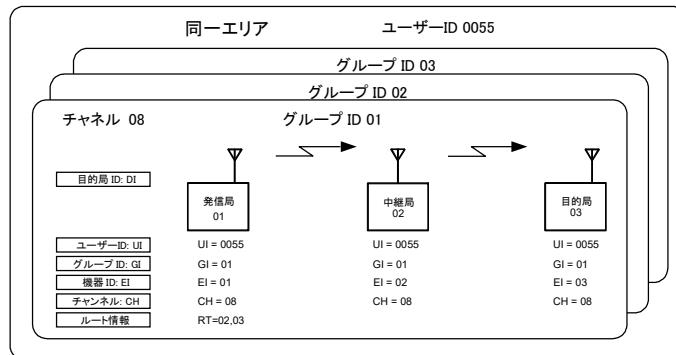
1. 組み込み機器を含めて、ノイズ発生源からできるだけ離す工夫をしてください。
2. MU-4 のアンテナを手で覆ったりすることのない配置としてください。
3. 本ユニットは防水構造ではありません。湿気や水滴が浸入しないような構造にしてください。
4. 本マニュアルの“警告と注意事項”に従った環境で使用するようにしてください。

## 第4章 使い方

### 4.1 通信概念

#### 4.1.1 無線局の種類とリンクパラメータ

MU-4 で通信を行なう場合、発信局から目的局へ向けてデータを送ります。場合によっては間に中継局を配置しデータを中継する事ができます。また、他システムとの衝突を避け独立性を保つために、システムや各無線局を識別するリンクパラメータの設定が必要になります。



#### 1. 発信局、中継局、目的局について

- ・発信局** 発信局は文字通りデータを発信する無線局のことです。
- ・中継局** 中継局はそのデータを中継し目的局まで届けます。中継局はデータのバッファリングや再送などの動作は一切行わず、単純に目的局まで一気に送ります。中継局は最大 10 局設置できます。
- ・目的局** データを受信する側の無線局です。目的局は受け取ったデータをユーザーコントローラに出力します。発信局からのコマンドによっては、データを処理したことを示す ACK データや、RSSI(受信信号レベル)データなどを発信局に向けて送り出すことがあります。

#### 2. リンクパラメータについて

無線局間の通信を成立させるためにはリンクパラメータの初期設定が必要です。

##### ・UI:ユーザーID

MU4 ユーザーに与えられるユーザー識別用 ID です。

ユーザーシステム内にあるすべての機器は同じユーザーID に設定ないと通信できません。

##### ・GI:グループID

グループ ID はユーザーシステム内のグループを識別する ID です。グループ内のすべての無線局は同じグループ ID に設定します。

##### ・EI:機器ID

各無線局を識別するための機器ごとの個別 ID です。データ送信コマンドはルート情報あるいは目的局 ID に設定された機器 ID にデータを送信します。

##### ・DI:目的局ID

中継局を使用しないシステムで、目的局の機器 ID を指定するために使用します。

##### ・RT:ルート情報

中継局を使用するシステムでの目的局までのルート情報です。ルートレジスタあるいは送信コマンド文字列の中にルート情報を例挙します。

##### ・チャンネル

同一システム内の各無線局は同じチャンネルでないと通信が成立しません。

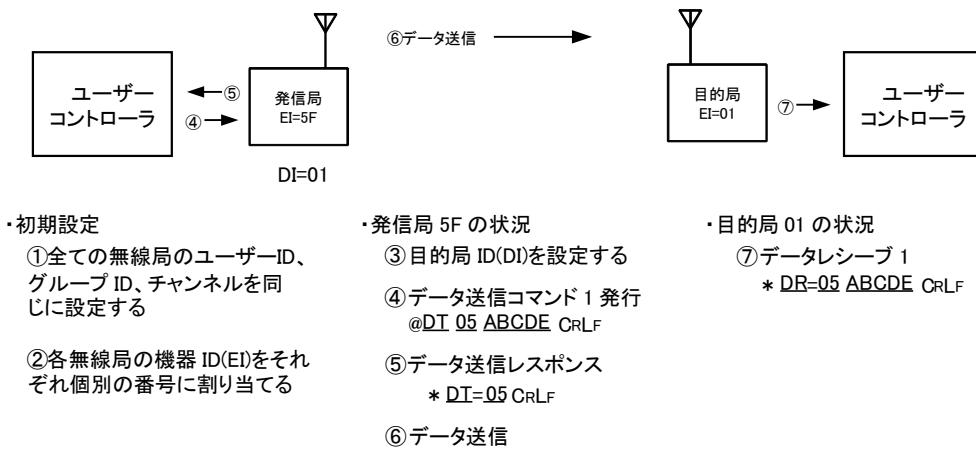
#### 4.1.2 データ送信の基本

発信局から目的局に向けてユーザーデータをデータ送信コマンドで送信すると、目的局からはそのデータを含む文字列(データレシーブ)が出力されます。ユーザーコントローラのプログラムで引き取り処理を行ないます。

##### 例 1 中継機能を使用しない1:1(1:N)システム

発信局 5F 番から 5 バイトデータ'ABCDE'を、目的局 01 番に通信する場合。

下図はデータ送信コマンド 1 を発行した場合です。



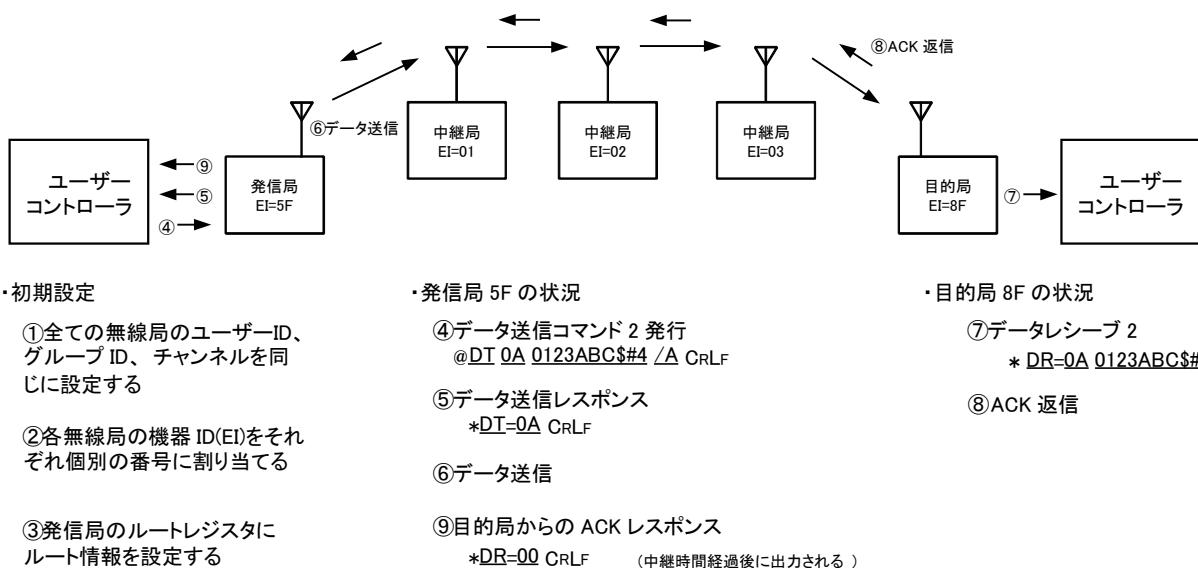
##### 例 2 中継局を使用したシステム

発信局 5F 番から 10 バイトデータ'0123ABC\$#4'を中継局 01、02、03 番を経由して目的局 8F 番に送信する場合。

中継局を使用しない 1 対 N 通信の場合には、発信局で目的局 ID 指定コマンド'@DI'を使用しルートを指定しましたが、中継局を使用する場合には次のいずれかの方法でデータを中継送信することができます。

- 1、中継ルート指定コマンド'@RT'コマンドを使用してルートレジスタにルート情報を設定
- 2、データ送信コマンド'@DT'の末尾に直接ルート情報を記述する

双方向通信を行なうには、発信局から送信したデータが目的局に確実に届いたかを確認する必要があります。MU-4 はこのような場合に、目的局から受信確認通知'ACK'を返すように要求するデータ送信コマンドがあります。下図は中継局を使用し、ACK 要求付きデータ送信コマンド 2 を発行した場合です。



#### 4.1.3 データ送信コマンドについて

MU-4 は 3 種類のデータ送信コマンドを持っています。

1. データ送信コマンド 1
2. データ送信コマンド 2
3. データ送信コマンド 3

データ送信コマンドのデータ部はユーザーが自由にフォーマットを決めて使用することができます。

データ送信コマンド 3 に対応した目的局の受信データ(データレシーブ)の先頭には、受信したデータパケットの受信信号レベルが入っているので、送信路決定などに役立てることができます。データ送信コマンド 2 も '@S' コマンドの設定で可能です。

実際にシステムプログラムを作成していくと、温度データや表示データなどのユーザーシステム本来のデータを送るプロセスと、その他に様々なコントロールを行なう必要性が出てきます。構築するシステムに応じてデータ送信コマンドを使い分けると、システムプロトコル設計が簡略化され見通しの良いプログラムを作成することができます。

##### 1. データ送信コマンド 1

最も基本的な送信コマンドで、中継局を使用しない 1:1(1:N) のシステムで使用します。

##### 2. データ送信コマンド 2

中継局を使用したシステムのデータ送信コマンドです。中継局を使用しない 1:1(1:N) のシステムでも使用できます。

データ送信コマンド 2 のコマンドオプション文字: '/'

目的局の出力文字(データレシーブ): '\*DR'

##### 3. データ送信コマンド 3

中継局を使用したシステムのデータ送信コマンドです。中継局を使用しない 1:1(1:N) のシステムでも使用できます。

目的局のデータレシーブの先頭には受信したデータパケットの受信信号強度(RSSI)データが入っています。

データ送信コマンド 3 のコマンドオプション文字: '%'

目的局の出力文字(データレシーブ): '\*DC'

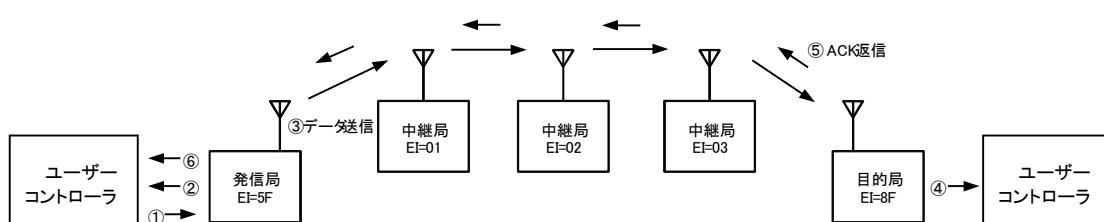
データ送信コマンド 2、3 は以下のケースによってプログラム上のコマンド記述方法が違います。

1. あらかじめ設定したルートレジスタのルート情報に基づき送信する場合
2. 送信コマンドに直接記述したルート情報に基づき送信する場合

例: データ送信コマンド 3 で送信

10 Byte (0Ah) のデータ '0123ABC\$#4' を中継局 ID=01、02、03 を経由して目的局 ID=8F に送信する。

発信局は機器 ID=5F とする。



###### ・発信局 5F の状況

- ①データ送信コマンド 3 発行

書式 1: @DT 0A 0123ABC\$#4 %A 01\_02\_03.8F CRLF  
書式 2: @DT 0A 0123ABC\$#4 %A CRLF

- ②データ送信レスポンス  
\*DI=0A CRLF

- ③データ送信

- ⑥ACKレスポンス

\*DC=45 00 CRLF (中継時間経過後に outputされる)

###### ・目的局 8F の状況

- ④データレシーブ

RI=OF の時 \* DC=45 0A 0123ABC\$#4 CRLF (デフォルト)  
RI=ON の時 \* DC=45 0A 0123ABC\$#4 /R 5F.01\_02\_03 CRLF

- ⑤ACK返信

※先頭の'45h'は受信パケットの信号レベルです。この場合-69dBm(45h)です。詳細は'RA'コマンドをご覧ください。

#### 4.1.4 リンクパラメータについて

MU-4 はデータ送受信のために下記のようなリンク関連パラメータを持っています。

リンクパラメータはコマンドで簡単に指定することができ、データを送る度に変えることができます。

なお、発信局、中継局、目的局はすべて同じチャネルで使用しないとリンクは成立しません。

##### 1. UI:ユーザーID 16bit 0000h – FFFEh (0000h は試験用 ID、FFFFh は使用不可)

MU-4 ユーザーに与えられるユーザー識別用 ID です。ユーザーシステム内にあるすべての機器は同じユーザーID に設定しないと通信できません。一人のユーザーが複数のシステムを構築する場合はグループ ID で識別します。設定コマンドは'@UI'+ユーザーID+パスワード'です。

製品のデフォルトはユーザーID=0000 番となっており、特にユーザーID を必要としない場合はそのまま使用することができます。しかし同一エリア内での混信を避けるためにユーザーID を設定することをお薦めします。ユーザーID を希望される場合は営業部までご請求ください。

##### 2. GI:グループ ID 8bit 00h - FFh

グループ ID はユーザーシステム内のグループを識別する ID です。グループ内のすべての無線局は同じグループ ID に設定します。グループ ID は他のシステムを構築する場合の識別番号として管理してください。設定コマンドは'@GI'です。

グループ ID の範囲で管理できず他のユーザーID が必要な場合はお問い合わせください。

##### 3. EI:機器 ID 8bit 01h – FFh (FFh は特別動作)

各無線局を識別ための ID です。発信局では、ルート情報の最後あるいは目的局 ID に、目的局の機器 IDを入れてデータを送信します。目的局では受信パケットに含まれる ID が自局宛てかどうか自動的に比較します。

設定コマンドは'@EI'です。

##### 4. DI:目的局 ID 8bit 00h – FFh (00h, FFh は特別動作)

中継局を使用しないシステムで、目的局の機器 ID を指定するために使用します。設定コマンドは'@DI'です。

目的局 ID に 00 番を指定(DI=00h)しデータ送信コマンド 1 を発行すると、同じグループ内のすべての機器はその機器 ID に関わらず同時にデータを受信します(同報)。

DI=FFh の場合はデータを送信しますが、どの無線局もデータを受信しません。

##### 5. RT:ルート情報

目的局までのルートを表します。ルート情報は中継局の機器 ID および目的局の機器 ID を、ルートレジスタあるいはデータ送信コマンド文字列の中に列挙します。ルート情報はデータ送信コマンド 2, 3 で使用し、以下の 2 通りの送信方法があります。

- ・ '@RT'コマンドで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
  - ・ データ送信コマンドに直接ルート情報を記述して送信する
- ルート情報に 1 局だけ指定した場合はそれが目的局となります。

##### 6. チャネル

システム内の各無線局は同じチャネルでないと通信が成立しません。

#### 4.1.5 リンク成立条件

各通信は以下の条件が同時に揃った時にリンクが成立します。

1. 受信パケットにエラーが無いこと
2. ユーザーID、グループ ID が一致していること
3. ルート情報あるいは目的局 ID に指定してある機器 ID と目的局の機器 ID が一致すること
4. 使用チャネルが同じであること

## 4.2 システムの構築(中継機能を使用しない場合)

MU-4 を使って 1:1 システムや 1:N システム、N:N システムを構築することができます。同一エリア内でも使用チャネルを離すことによって複数のシステムを運用することができます。

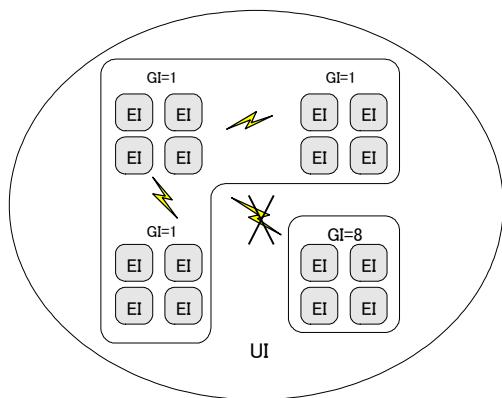
機器 ID は 01h～FEh まで指定でき、1 つのグループには最大 254 台の機器を接続することができます。

1:1(1:N) の通信には目的局 ID を指定してデータ送信コマンド 1 で送信しますが、この場合ルートレジスタを '@RT' コマンドを使用して「中継機能を無効='NA'」としてください。

### 4.2.1 グループ内通信(1:N システム、N:N システム)

1 つのグループではユーザー ID とグループ ID を同じにします。発信局で指定する目的局 ID と目的局の機器 ID が一致した時に、目的局からデータ(データレシーブ)が出力されます。

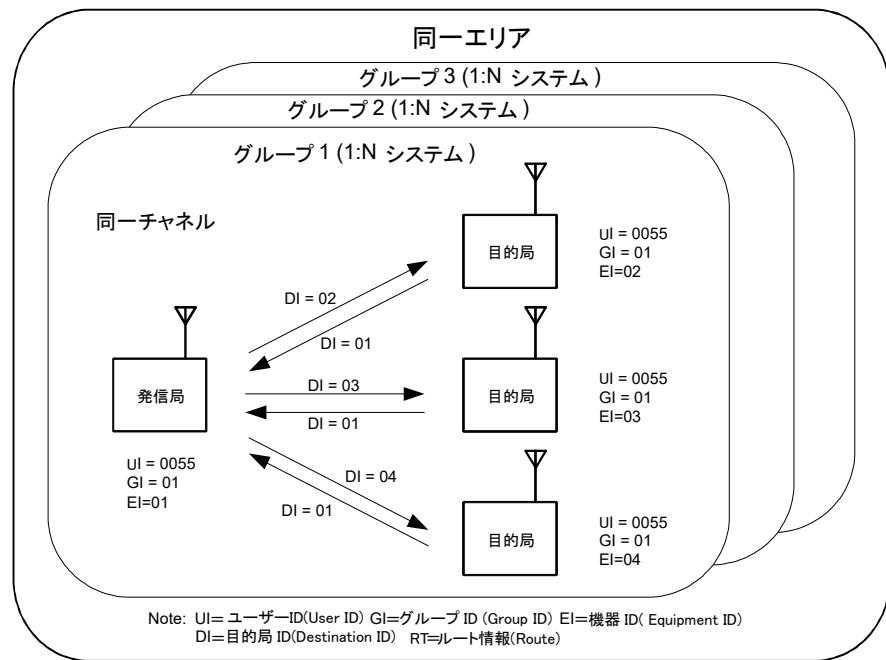
下図は 1:N システムですが、すべての機器が対等な関係にある N:N システムを構築することも可能です。



項目名		サイズ	ID 値	内容
UI	ユーザーID	2byte	0000~FFFF	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

※システム内機器は全て同じチャネルとします  
※異なるグループ ID 間の通信はできません



### ◇グループ間通信

送信の度にグループ ID を変えることで、他のグループと通信ができます。

### ◇同報通信

発信局で目的局 ID に 00h を指定してデータを送信すると、すべての目的局はその機器 ID にかかわらずデータを同時に受信します。

## 4.3 システムの構築(中継機能を使用する場合)

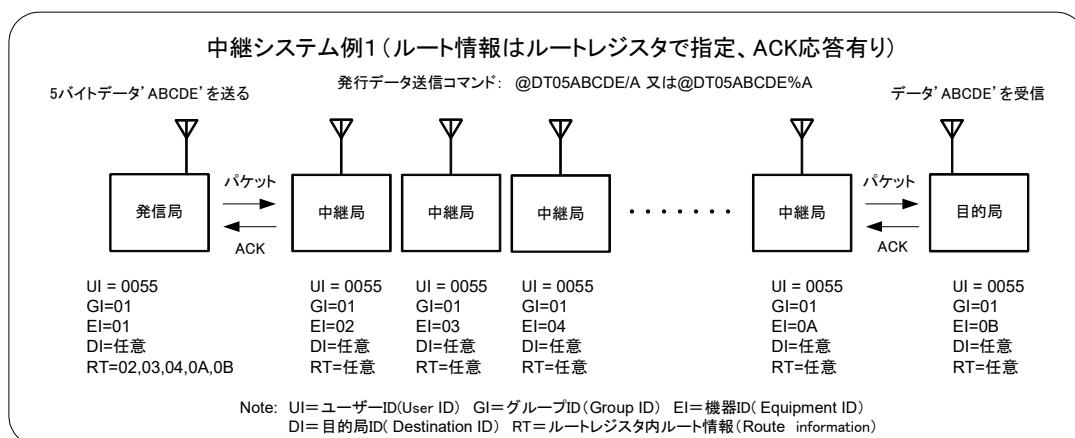
1対1の通信ではリンクパラメータのうち、目的局IDを使用しますが、中継機能を使用する通信では、'@RT'コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいはデータ送信コマンド'@DT'に直接記述したルート情報を基にデータを送信します。中継機能を使用する場合はデータ送信コマンド2かデータ送信コマンド3を使用します。

MU-4の中継機能ではデータ送信に関して各無線局間でのリトライを行いません。発信局からのデータはダイレクトに目的局まで送信されます。データ通信の確実性が必要な場合は目的局からのACK返信があるデータ送信コマンド'@DT'(/A,/B,%A,%Bコマンドオプション)を使用してください。

中継局は最大10局設置することができます。

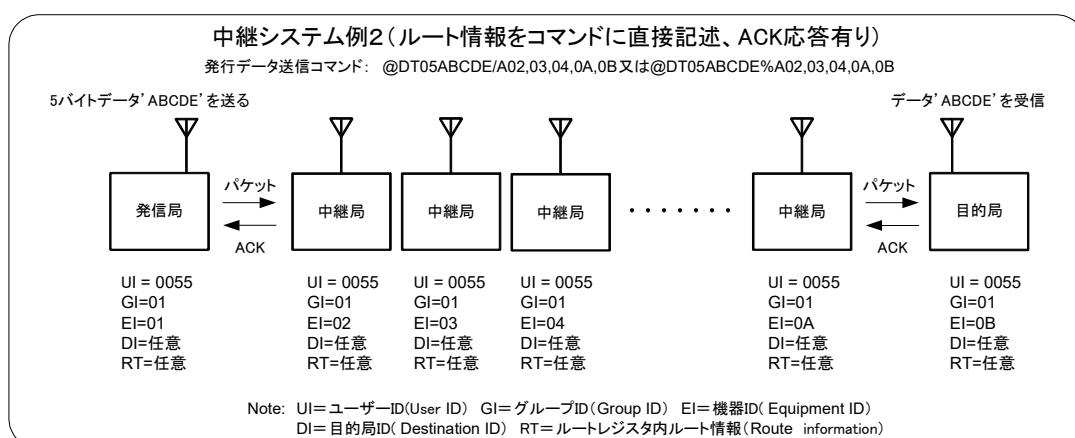
### 4.3.1 ルートレジスタのルート情報で送信

下図はルートレジスタに設定してあるルート情報に基づき送信する場合の例です。ルート情報は発信局側で設定します。この時発行する'@DT'コマンドは'A'あるいは'%A'のコマンドオプションのみを記述してください。



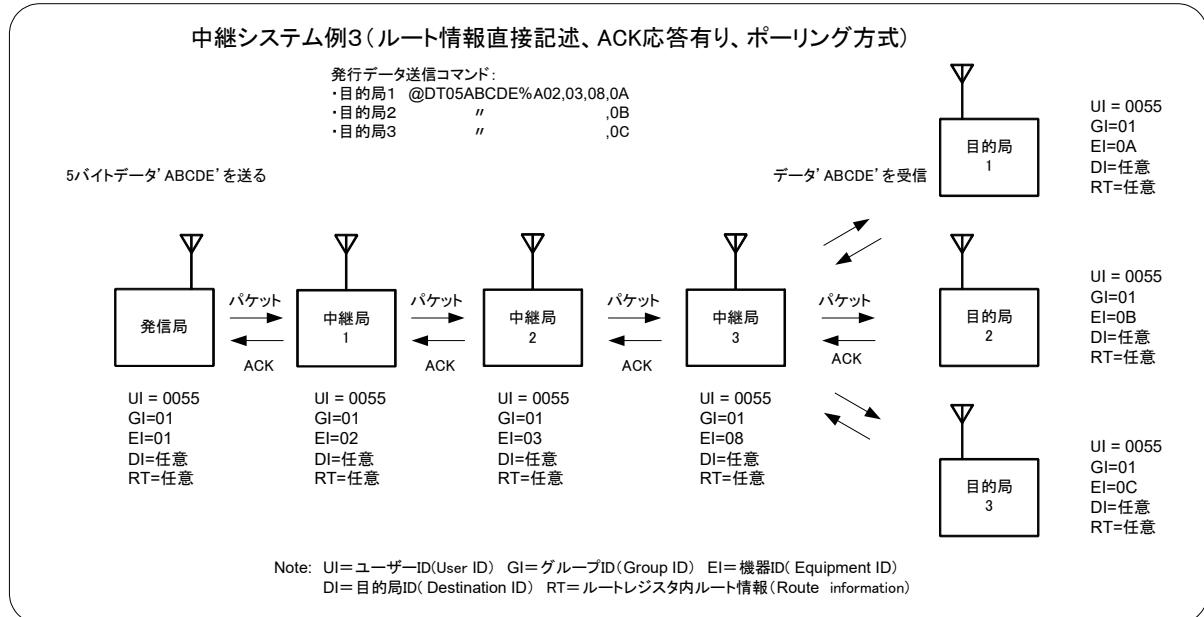
### 4.3.2 データ送信コマンドに記述したルート情報で送信

下図はルート情報を'@DT'コマンドのコマンドオプションラインに直接記述して送信する場合の例です。発行する'@DT'コマンドは'A'または'%A'に続けてルート情報を記述してください。この時、ルートレジスタに設定してあるルート情報は無視されます。



### 4.3.3 1:N 中継システム

下図は中継機能を使用した 1:N システムで、距離の離れた地点にある複数の目的局との間で通信を行ないます。図ではルート情報を送信コマンドに直接記述していますが、ルートレジスタ内容による通信もできます。



### ◇同報通信

発信局のルート情報の設定において、ルートの最後に機器 ID=00h 番を指定してからデータを送信すると、すべての目的局はその機器 ID に関わらずデータを同時に受信します。

上図のシステムでは次の様になります。

データ送信コマンド 3: @DT 05 ABCDE %R 02,03,08,00

ただし、データは中継局の一番最後(中継局 3)から電波の届く範囲に送信されますので注意してください。つまり、手前の中継局 2 も同時にデータを受信する可能性があります。

また、送信コマンドのうち、ACK 応答のある送信コマンド(コマンドオプション:/A、/B、%A、%B)は電波衝突が起こるので使用しないでください。

## 4.4 モード

MU-4 は次の 3 つのモードを持っています。

1. コマンドモード(標準モード)
2. テキストモード(試験用)
3. バイナリーモード(試験用)

データの送受信は通常コマンドモードで行います。システム構築に当たってはこのモードを使用してください。テキストモードとバイナリーモードは試験用モードとして用意してありますが、この機能の範囲でアプリケーションを構築することもできます。



注意

システムを構築する場合、発信局と目的局は必ず同じモードとしてください。また、中継局は必ずコマンドモードで使用してください。

### 4.4.1 コマンドモード

ユーザーデータの無線間送受信を行うための基本モードです。

MU-4 のコマンドにはデータ送受信のためのコマンドと、MU-4 本体パラメータを制御するコマンドがあります。本体パラメータやモード、チャネル変更などはバイナリーモードやテキストモードでは行なうことができません。ハードウェアの設計段階でモード切替ができるように考慮してください。

無線部の制御は MU-4 が自動的に行うので、ユーザーはそれを意識する必要がありません。

データは一回に最大 255 バイトを送ることができます。

ユーザーシステムの本来のデータの送信にはデータ送信コマンド 1、2 を使用し、それらを送信するために制御が必要な場合はデータ送信コマンド 3 を使用すると便利です。両データ送信コマンドはユーザーが自由にフォーマットを決めて使用します。

データ送信コマンド 2 および 3 には、目的局が正常にデータを受け取ったことを示す‘ACK 信号’の返信を要求することができます。また、中継局にも目的局と同じデータを出力することができる所以システムの同期を取ることもできます。

データを受信した MU-4 は、正常受信データのみをデータレシーブとしてユーザーAPPLICATIONに送出してくるので適切に処理してください。

### 4.4.2 テキストモード(試験用)

パソコンの RS232C 汎用通信ソフトを使用した場合などの動作確認モードです。

テキストデータの直接入出力が可能です。キーボードからの文字入力の送受信をさせるような場合に便利なモードです。文字列の最後には必ずターミネータとして CRLF コードを付加してください。MU-4 はこのターミネータを検出した時点でデータを無線間送信します。最大入力文字数は 255 バイト以内としてください。なお、CRLF コード (0Dh,0Ah) と Esc コード (1Bh) は無線では送ることができません。ただし、目的局から出力されるデータの最後にはターミネータとして CRLF コードが付加されます。

### 4.4.3 バイナリーモード(試験用)

パソコンの RS232C 汎用通信ソフトを使用した場合などの動作確認モードです。

8bit コード (00h - FFh) すべてがデータとして送受信できます。一回に 255 バイトまでのバイナリーデータの直接入出力が可能です。

入力されたデータをバッファリング(最大 255 文字)し、バッファが 255 文字になった時点、またはデータの無入力時間が設定値を超えた場合にデータを自動的にフレーミングして送信します。

無入力時間の設定は '@TB' コマンドで行います。

#### 4.4.4 モード設定

##### ◇MODE 端子が High レベルの時

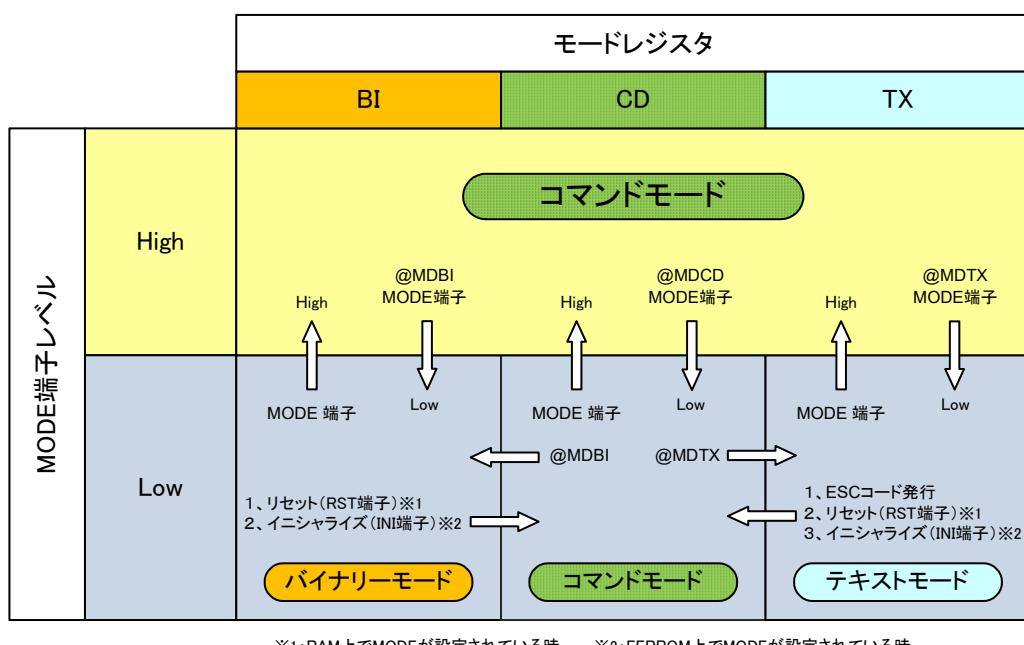
モードレジスタの内容に関わりなくコマンドモードになります。MU-4 の推奨動作モードはコマンドモードです。

この状態から各モードに移行するために MODE 端子を Low にする場合は、事前にモードレジスタを設定してください。

##### ◇MODE 端子が Low レベルの時

1. コマンドモードで '@MD TX' コマンドを発行すると MU-4 モードレジスタが 'TX' となり、テキストモードになります。テキストモードからは ESC コードを発行することによりコマンドモードへ復帰します。
2. コマンドモードで '@MD BI' コマンドを発行すると MU-4 モードレジスタが 'BI' となり、バイナリーモードになります。バイナリーモードからコマンドモードにするには、MU-4 の電源を一旦落とすか、ハードウェアリセットしてください。コマンドの /W オプションを使って EEPROM に BI モードを固定した場合は、MU-4 をイニシャライズしないとコマンドモードにすることできません。イニシャライズするためには、INI 端子を LOW にして電源を入れ、一旦電源を落とした後、INI 端子を HIGH にしてから再度電源を入れ直してください。
3. MODE 端子を High レベルにすることによって MU-4 モードレジスタがどのような設定(現在のモードに関わらず)になっていてもコマンドモードにすることができます。

各モード関係図



※ BI: バイナリーモード CD: コマンドモード TX: テキストモード

※ 図中の( )内は RS232C ドライバーを使用した場合です。パソコンの RS232C 汎用通信ソフトを使用する時は常に DTR 線が H レベルで、MODE 端子は L レベルとなります。

## 4.5 キャリアセンス

特定小電力無線機は、電波法のキャリアセンス規定に従って電波を発射しなければなりません。

同一エリアに同じチャネルの電波が混在すると、双方のシステムが通信できなくなる可能性があります。

データを送信する側は、選んだチャネルが他のシステムで使用されていた場合には電波を発射してはなりません。

MU-4 はいかなる状況でも電波法違反にならないように、内部で自動的にキャリアセンスを行っています。

キャリアセンスの判定は閾値に余裕を持たせており、キャリアセンスの結果、データを送信できなかった場合はインフォメーションレスポンス 1 番を返します。

### 重要

このインフォメーションレスポンスはコマンドモードの時のみ返され、バイナリーモード、テキストモードではレスポンスがありませんので注意してください。

### 4.5.1 キャリアセンスについて

電波法のキャリアセンス規定では、429MHz 帯の場合、給電線入力点における電力が-96dBm より大きいときは、電波を発射してはいけないことになっています。

これは MU-4 の場合、内部的には値に余裕を見て、判定の閾値を-100dBm に設定しています。閾値以上では他の電波があると判断し、データを無線送信しません。判定の結果、データを送信できなかった場合はそのインフォメーションレスポンス 1 番(' \* IR = 01')を返します。この場合送り込んだデータは破棄されます。

### 4.5.2 キャリアセンス結果を利用する場合

データを送信できなかった場合は、データは破棄されインフォメーションレスポンス 1 番' \* IR=01'をレスポンスします。チャネルを切り替える、チャネルが空くまで待つ、エラー表示を行う等の処理をしてください。

'@DT'コマンドで'xx'バイトのデータを送るコマンドを発行した場合で、キャリアセンスの結果データ送信できなかつた場合は、次のようにレスポンスが連続して返ってくるので両方を処理してください。

送信レスポンス	* <u>DT</u> = <u>xx</u> CRLF
インフォメーションレスポンス 1 番	* <u>IR</u> = <u>01</u> CRLF

### 参考

単向通信で 255 バイト単位のフレームを連続して送るファイル送信の場合で、通信途中でインフォメーションレスポンス 1 番' \* IR = 01'が返ってきた場合は、ファイル通信全体を破棄するようにしてください。(実際にはこのような単向の無線通信は無線間エラーに対処できないので実用にはなりません。)

## 4.6 リセット

MU-4 の各種設定が不明になったような場合に電源投入時の設定に戻します。

◆次のいずれかで CPU がリセットされます。

1. MU-4 のリセット(RST)端子を 1ms 期間 Low レベルにしてください。
2. ソフトウェアリセットコマンド'@SR'を発行してください。
3. 拡張コマンドを使用すると目的局をリセットすることもできます。

## 4.7 イニシャライズ

MU-4 と通信ができなかったり、内部の各種設定が不明になったりした場合に、工場出荷時のデフォルト値に戻します。

◆次のいずれかで CPU がイニシャライズされます。

1. MU-4 のINI 端子を Low レベルにしてから電源を投入してください。その後一旦電源を落としてから、INI 端子をオープンにして再度電源を入れてください。
2. イニシャライズコマンド'@I'を発行してください。発行直後は必ずソフトウェアリセットコマンド'@SR'を発行してください

◆イニシャライズ後の主なパラメータ値(デフォルト値)は次の通りです。「デフォルト」値の詳細はマニュアルの各コマンド説明をご覧ください。

1. リンクパラメータ  
ユーザーID: UI=0000、グループ ID: GI=00、機器 ID: EI=01、目的局 ID: DI=01、  
チャネル=7 チャネル
2. UART パラメータ  
ボーレート=19200bps、パリティ=無し、ストップビット=1、データ長=8 ビット
3. 内部動作パラメータ  
モード=コマンドモード

## 4.8 使用チャネルの変更

稼動中のシステムが使用しているチャネルを無線で変更することができます。

指定した目的局を個別に変更する方法と、ルート情報で指定したすべてのステーションを一括変更する方法があります。

チャネル変更機能は無線コマンドによって行ないます。必ず事前にデータリンクが安定してできるか確認してから行なってください。ただし、この場合も無線間エラーが起こる可能性があるため、必ず変更できるとは限りません。チャネル変更は慎重に行なってください。

## 4.9 スタンバイモード

MU-4 はシステムの省電力化のためにスタンバイモード機能を備えています。

スタンバイモードへ移行するには'@SY'コマンドを発行します。MU-4 はコマンドを受け付けた時点で直ちにスタンバイモードになります。このコマンドに対するレスポンスはありません。

スタンバイモードコマンドを発行したら、RXD、CTS、MODE、INI、RESET 端子をすべて High レベルにしてください。

スタンバイモード移行後、TXD、RTS、RX-MON、TX-LED、RX-LED 端子は High レベルになります。

また、スタンバイモードに移行する直前の設定情報はそのまま保持され、通常モードに戻っても有効です。

スタンバイモードから通常モードに復帰するには、CTS 信号線(コントロール側の RTS 信号線)を High レベルから Low レベルにしてください。

	消費電流	復帰時間
スタンバイモード	4 mA (電源電圧 3v 時)	50 ms

## 4.10 空中線電力低下装置設定

MU-4 は空中線電力低下装置を備えており、空中線電力(出力パワー)を 10mW から 1mW に低下させる事ができます。小エリアで通信する場合は 1mW に設定すると、多くのシステムで電波資源を有効に共有することができます。電力を低下させるには'@PW'コマンドを発行してください。

## 4.11 通信プロトコル

MU-4 は通信プロトコルとして、標準プロトコルとエラー訂正プロトコルがあります。エラー訂正プロトコルの内、インターリーブ方式はより強力なエラー訂正ができます。

1. 標準プロトコル: MU-1 などが持っている標準プロトコルとの間で通信ができます。
2. エラー訂正プロトコル: リードソロモン符号によるエラー訂正通信です。
3. エラー訂正プロトコルには、インターリーブなし、インターリーブ 1、インターリーブ 2 の 3 種類があります。

※通信プロトコルをエラー訂正プロトコルにする(エラー訂正オン)には、'W'コマンドオプション付きの'@EC'コマンドで'ON'あるいは'I1'、'I2'に設定してください。

※標準プロトコルとは、エラー訂正プロトコルがオフの状態のことです。

### ◆エラー訂正プロトコルについて

リードソロモン符号によるエラー訂正機能で、エラーを受信側で訂正します。リードソロモン符号はバーストエラーが起こる環境で、信頼性の高い通信が必要な場合に有効です。

従来の通信では、送ったパケットに無線間でエラーが発生した場合、送ったパケットを破棄し新たなパケットの送信が必要でしたが、エラー訂正プロトコルで通信することで再送の回数を大幅に減らすことができます。ただしエラー訂正機能を使用すると内部処理のために通信速度が遅くなるので注意してください。無線間レートの速さが必要な場合は標準プロトコルで通信してください。

### ・実効無線間ビットレート(8352 バイト送信時の実測値)

1. 標準プロトコル: 3400bps
2. エラー訂正プロトコル(インターリーブ無し): 2300bps



※通信は基本的に同一プロトコル間でのみ可能です。

## 4.12 EEPROM 読出しエラー

MU-4は電源投入時に、あらかじめ書き込みした設定値や内部の調整値をEEPROM(外部記憶装置)から読み出します。EEPROMの値は/Wオプション付きのコマンドを発行することにより書き換え可能ですが、書き込み中に電源を落とすなどした場合、データを破損します。

電源投入後 EEPROM データ読み出し時にエラーが発生した場合、エラーレスポンスが出力されます。

### \*ER=5x エラー

EEPROM データの破損はあったものの、内部のエラー訂正機能により修復された場合に表示されます。

### \*ER=4x エラー

データ破損が複数箇所あり、内部のエラー訂正機能で修復できなかった場合に表示されます。

エラーレスポンスの詳細については、エラーコードリストをご確認ください。

### エラーレスポンスに表示される EEPROM のブロック構成について

EEPROM は Block0 から Block3 までの4つのブロックで構成されています。

Block0 および Block2 はユーザーのデータエリアです。

これらのブロックにおいて\*ER=5x のエラーが表示された場合、エラー訂正によりデータのエラーは復元された状態です。復元されたデータの値が正しいことを確認したうえで、そのままご使用いただくことができます。

\*ER=4x のエラーが発生した場合は、MU-4 をイニシャライズしてから値を再設定してください。

Block1 および Block3 はシステムのデータエリアです。

これらのブロックにおいて\*ER=5x のエラーが表示された場合発生、エラー訂正によりシステムデータのエラーは復元された状態です。そのままご使用いただくことができます。

\*ER=4x のエラーが発生した場合は、システムのデータエリアが破損されています。

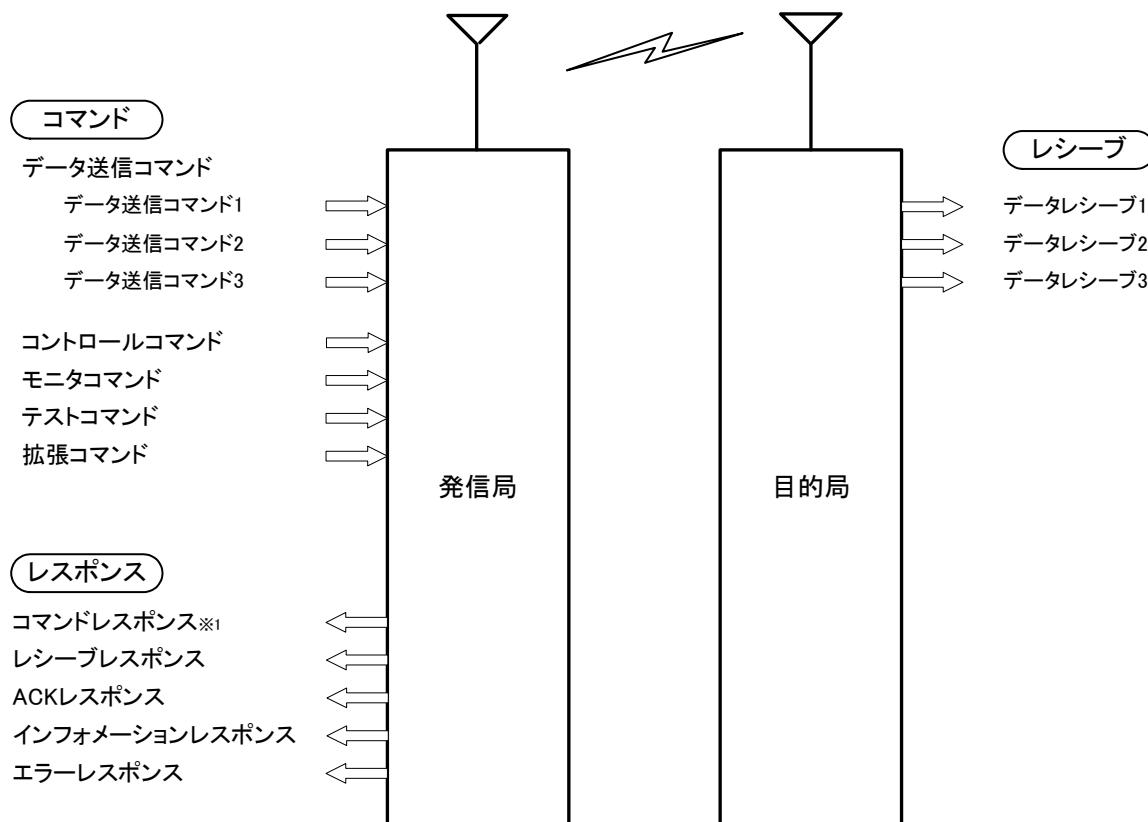
この状態で送信関連コマンドを発行すると、\*IR=02:EEPROM System data error のインフォメーションレスポンスが表示され、MU-4 は送信動作を行いません。また、イニシャライズ機能も無効となります。

製品の交換が必要となりますので、弊社までお問い合わせください。

## 第5章 コマンド、レスポンス、レシーブ

### 5.1 コマンド、レスポンス、レシーブについて

発信局の MU-4 はユーザーコントローラからコマンドを受信すると、コマンドを受け付けたことを示すコマンドレスポンスをユーザーコントローラに返します。同時にそのコマンドに応じた処理を開始します。  
MU-4 が使用するコマンドとレスポンス、レシーブは下図の通りです。



#### ※1 コマンドレスポンスの種類

- ・データ送信レスポンス
- ・コントロールレスポンス
- ・モニタレスポンス
- ・テストレスポンス
- ・拡張レスポンス

※コマンドレスポンスは発行したコマンドに対するコマンド受付応答です。

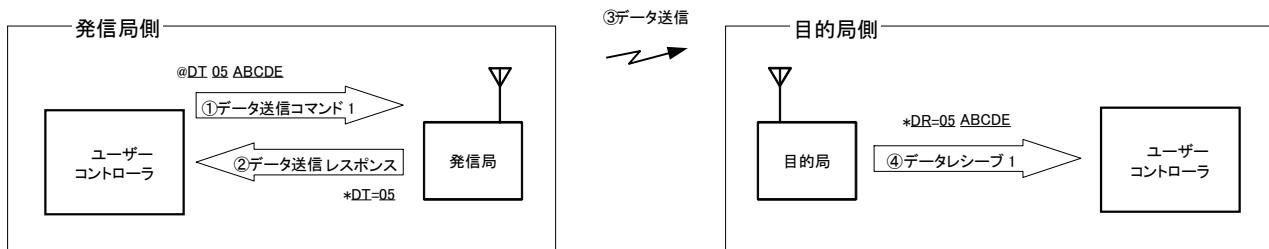
発行コマンド	コマンドレスポンス
データ送信コマンド	→ データ送信レスポンス
コントロールコマンド	→ コントロールレスポンス
モニタコマンド	→ モニタレスポンス
テストコマンド	→ テストレスポンス
拡張コマンド	→ 拡張レスポンス

## 1. データ送信コマンドとデータ送信レスポンス、データレシーブ

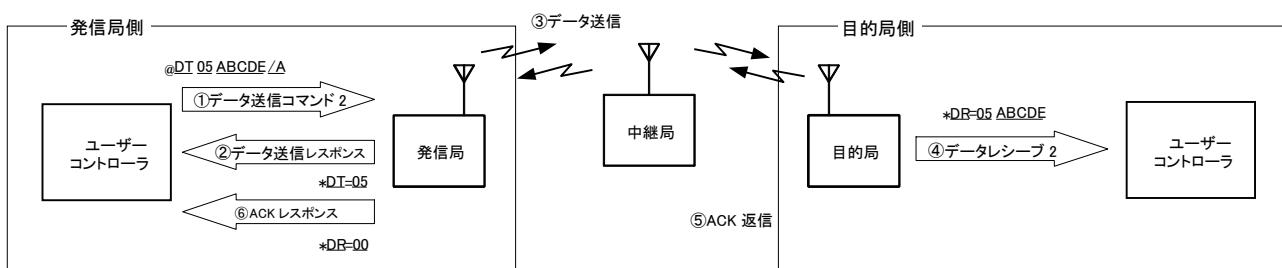
データ送信コマンドはユーザーデータを送信するための発信局側のコマンドです。目的局からは発行したデータ送信コマンドに対応したデータレシーブが送出されます。データ送信コマンドにはデータ送信コマンド 1、データ送信コマンド 2、データ送信コマンド 3 の 3 種類があります。

### 例 1 データ送信コマンド 1(1:1、1:N の場合)

ACK レスpons を受け取ることもできます。

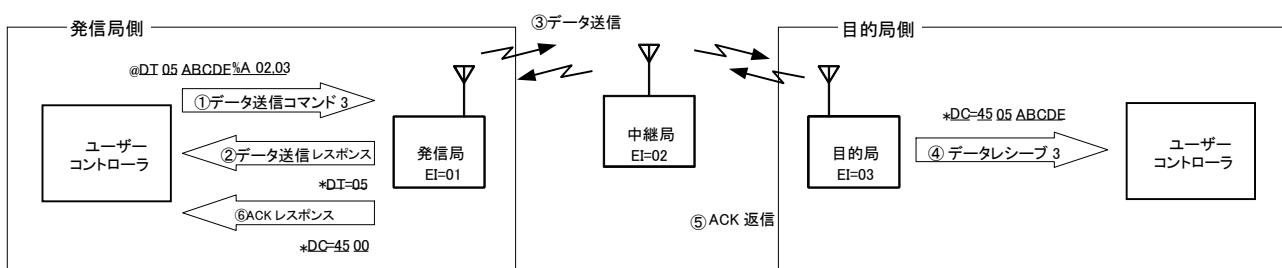


### 例 2 データ送信コマンド 2(中継する場合、ACK あり、通信経路をルートレジスタに設定)



### 例 3 データ送信コマンド 3(中継する場合、ACK あり、通信経路をコマンド文字列に記述)

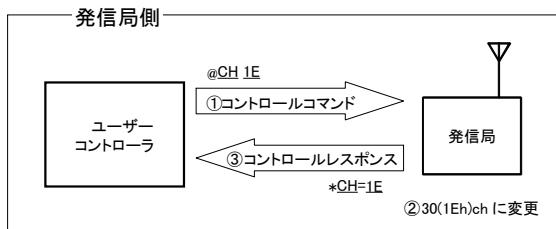
データレシーブの先頭には RSSI 情報が入っています。ACK レスpons の先頭には目的局で受信した RSSI レベルが入っています。



## 2. コントロールコマンドとコントロールレスポンス

MU-4 の各種動作を制御するために発行するコマンドとレスポンスです。

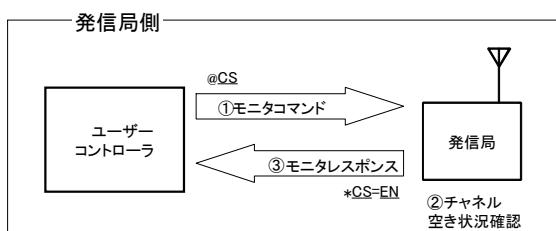
例 CH を 30(1Eh)に変更する場合



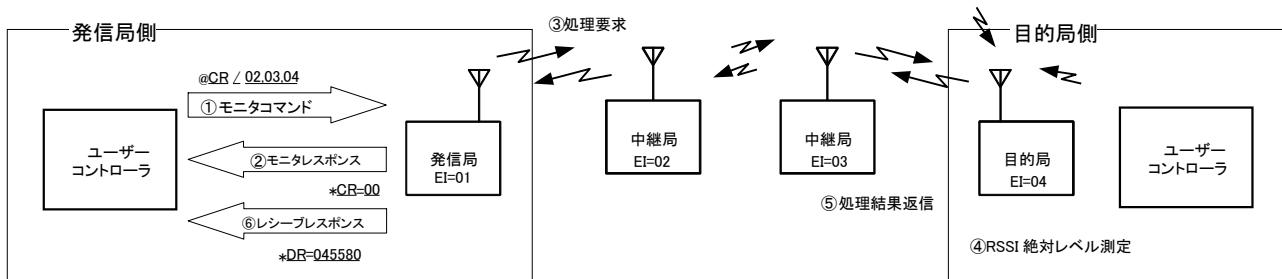
## 3. モニタコマンドとモニタレスポンス

各種モニタ機能を実行するために発行するコマンドとレスポンスです。

例 レシーブレスポンスなしの場合

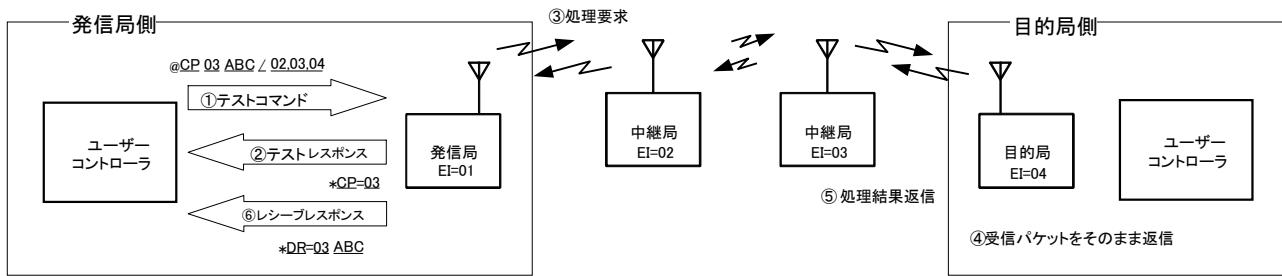


例 レシーブレスポンスありの場合



## 4. テストコマンドとテストレスポンス

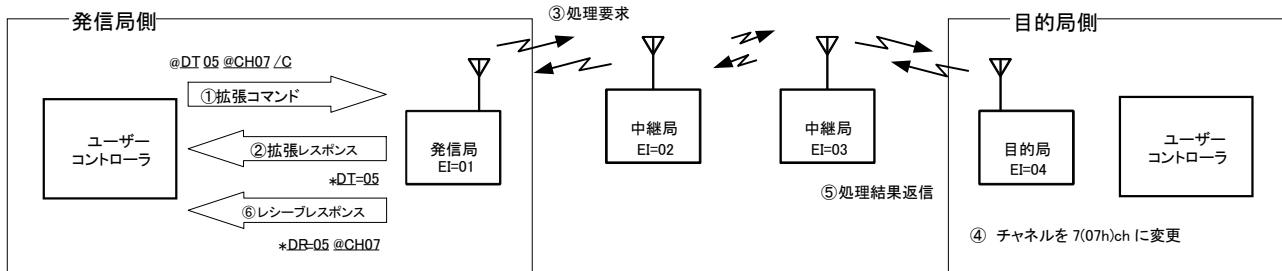
各種テスト機能を実行するために発行するコマンドとレスポンスです。



## 5. 拡張コマンドと拡張レスポンス

拡張機能を実行するために発行するコマンドとレスポンスです。

例 目的局の CH を 07 に変更する場合



## 6. レシーブレスポンス

モニタコマンドや拡張コマンドを発行すると、目的局で処理を行いその結果を発信局に返してきます。この処理結果データは発信局からレシーブレスポンスとして出力されます。

## 7. ACK レスpons

拡張コマンドなどを発行すると、目的局でコマンドを受け付けたことを示す受信確認通知'ACK'を返してきます。この'ACK'は発信局から ACK レスponsとして出力されます。

## 8. インフォメーションレスポンス

インフォメーションレスポンスは MU-4 内部から出される情報レスポンスです。たとえばキャリアセンス結果などを出力します。

## 9. エラーレスpons

送信コマンド、コントロールコマンド等の書式にエラーがあった場合のレスponsです。

## 5.2 コマンド、レスポンス、レシーブ一覧

※以下の表中、xx、XX、XXXX はそれぞれ 2 枠、4 枠の Hex 値パリュー。w は ASCII 文字あるいはバイトデータ

### 5.2.1 データ送信コマンドとデータ送信レスポンス

コマンド名	コマンド フォーマット	データ送信レスポンス フォーマット (コマンドレスポンス)	参照ページ
データ送信コマンド 1(中継機能なし)	@DT <u>XX</u> <u>ww...ww</u>	* DT = <u>XX</u>	41
データ送信コマンド 2(中継機能あり、ACK なし)	@DT <u>XX</u> <u>ww...ww</u> /R ※1	* DT = <u>XX</u>	42
データ送信コマンド 2(中継機能あり、ACK あり)	@DT <u>XX</u> <u>ww...ww</u> /A ※2	* DT = <u>XX</u>	42
データ送信コマンド 3(中継機能あり、ACK なし)	@DT <u>XX</u> <u>ww...ww</u> %R ※3	* DT = <u>XX</u>	46
データ送信コマンド 3(中継機能あり、ACK あり)	@DT <u>XX</u> <u>ww...ww</u> %A ※4	* DT = <u>XX</u>	46

※1、2： 中継局にデータを出力するオプション/S、/B があります。

※3、4： 中継局にデータを出力するオプション%S、%B があります。

### 5.2.2 データレシーブ

目的局から出力される受信データです。

発信局のデータ送信コマンドによってデータレシーブ文字列が変わるので注意してください。

レシーブ名	レシーブ フォーマット	対応コマンド	参照ページ
データレシーブ 1	* DR = <u>XX</u> <u>ww...ww</u> ※1	データ送信コマンド 1 (@DT)	41
データレシーブ 2	* DR = <u>XX</u> <u>ww...ww</u> ※1	データ送信コマンド 2 (@DT.../)	42
データレシーブ 2 (RSSI 情報付き)	* DS = <u>xx</u> <u>XX</u> <u>ww...ww</u> ※2	データ送信コマンド 2 (@DT.../)	42
データレシーブ 3	* DC = <u>xx</u> <u>XX</u> <u>ww...ww</u>	データ送信コマンド 3 (@DT...%)	46

※1： RF 受信信号レベル情報付加モード設定 SI が OFF の時。

※2： RF 受信信号レベル情報付加モード設定 SI が ON の時。

### 5.2.3 コントロールコマンド と コントロールレスポンス

コマンドタイプ	コマンド名	コマンド フォーマット	コントロールレスポンス フォーマット (コマンドレスポンス)	参照ページ
無線リンク関連 設定、取得 コマンド	ユーザーID 設定	@UI <u>XXXX,XXXX</u>	* <u>UI</u> = <u>XXXX</u>	56
	グループ ID 設定	@GI <u>XX</u>	* <u>GI</u> = <u>XX</u>	52
	機器 ID 設定	@EI <u>XX</u>	* <u>EI</u> = <u>XX</u>	52
	目的局 ID 指定	@DI <u>XX</u>	* <u>DI</u> = <u>XX</u>	51
	中継ルート指定	@RT <u>XX,XX,...,XX</u>	* <u>RT</u> = <u>XX,XX,...,XX</u>	54
	使用チャネル設定	@CH <u>XX</u>	* <u>CH</u> = <u>XX</u>	50
UART パラメータ 設定コマンド	UART ポーレート設定	@BR <u>ww</u>	* <u>BR</u> = <u>ww</u>	50
	UART パリティ設定	@PB <u>ww</u>	* <u>PB</u> = <u>ww</u>	52
	UART ストップビット設定	@SB <u>ww</u>	* <u>SB</u> = <u>ww</u>	54
動作設定、 情報取得 コマンド	動作モード設定	@MD <u>ww</u>	* <u>MD</u> = <u>ww</u>	52
	コマンドモード入力待ち時間設定	@TC <u>XX</u>	* <u>TC</u> = <u>XX</u>	56
	バイナリーモード無入力時間設定	@TB <u>XX</u>	* <u>TB</u> = <u>XX</u>	56
	ルート情報付加モード設定	@RI <u>ww</u>	* <u>RI</u> = <u>ww</u>	53
	レスポンス表示モード設定	@RM <u>ww</u>	* <u>RM</u> = <u>ww</u>	53
	プログラムバージョン取得	@VR	* <u>VR</u> = <u>XX ww...ww</u>	56
	シリアルナンバー取得	@SN	* <u>SN</u> = <u>wwwwwwwwww</u>	55
	リセット	@SR	* <u>SR</u> = <u>00</u>	55
	イニシャライズ	@IZ	* <u>IZ</u> = <u>00</u>	52
	スタンバイモード設定	@SY <u>XX</u>	無し	55
	RSSI 情報付加モード設定	@SI <u>ww</u>	* <u>SI</u> = <u>ww</u>	54
	受信ルート情報利用設定	@RR <u>ww</u>	* <u>RR</u> = <u>ww</u>	53
	空中線電力低下装置設定	@PW <u>ww</u>	* <u>PW</u> = <u>ww</u>	53
	エラー訂正プロトコル設定※1	@EC <u>ww</u>	* <u>WC</u> = <u>ww</u>	51

※1: エラー訂正プロトコルがオフの状態を標準プロトコルといいます。

### 5.2.4 モニタコマンド と モニタレスポンス

コマンド名	コマンド フォーマット	モニタレスポンス フォーマット (コマンドレスポンス)	レスポンス タイプ	参照ページ
チャネル状況取得	@CS	* <u>CS</u> = <u>ww</u>	無し	59
RSSI 絶対レベル測定	@RA	* <u>RA</u> = <u>XX</u>	無し	59
目的局全チャネル RSSI 絶対レベル測定	@CA	* <u>CA</u> = <u>00</u>	レシーブレスポンス	57
目的局 RSSI 絶対レベル測定	@CR	* <u>CR</u> = <u>00</u>	レシーブレスポンス	58
全チャネル RSSI 絶対レベル測定	@RC	* <u>RC</u> = <u>XX...XX</u>	無し	59

※ RSSI: 受信信号強度

### 5.2.5 テストコマンド と テストレスポンス

コマンド名	コマンド フォーマット	テストレスポンス フォーマット (コマンドレスポンス)	レスポンス タイプ	参照ページ
テストデータ連続送信	@CT <u>ww</u>	* <u>CT</u> = <u>ww</u>	無し	60
パケット試験	@CP <u>XX ww...ww</u>	* <u>CP</u> = <u>XX</u>	レシーブレスポンス	61

### 5.2.6 拡張コマンド と 拡張レスポンス

コマンド名	コマンド フォーマット	拡張レスポンス フォーマット (コマンドレスポンス)	レスポンス タイプ	参照ページ
目的局チャネル変更 変更を内部の EEPROM に固定	@DT_05 @CH XX /C @DT_07 @CH XX /W /C	* DT = 05 * DT = 07	ACK レスpons	62
複数局チャネル一括変更 変更を内部の EEPROM に固定	@DT_05 @CH XX /F @DT_07 @CH XX /W /F	* DT = 05 * DT = 07	コントロール レスポンス	63
目的局テストデータ発信	@DT_05 @CT XX /C	* DT = 05	ACK レスpons	64
目的局リセット	@DT_03 @SR /C	* DT = 03	ACK レスpons	65
複数局一括リセット	@DT_03 @SR /F	* DT = 03	コントロール レスポンス	66

### 5.2.7 レシーブレスポンス

モニタコマンドや拡張コマンドを発行すると、目的局で処理を行いその結果を発信局に返してきます。この処理結果データは発信局からレシーブレスポンスとして出力されます。

レシーブレスポンスは発行するコマンドによって内容が異なり、その詳細は各コマンドの説明の中にはあります。

### 5.2.8 ACK レスpons

拡張コマンドなどを発行すると、目的局でコマンドを受け付けたことを示す受信確認通知'ACK'を返してきます。この'ACK'は発信局から ACK レスpons として出力されます。

ACK レスpons は発行するコマンドによって内容が異なり、その詳細は各コマンドの説明の中にはあります。

### 5.2.9 インフォメーションレスpons

インフォメーションレスpons は MU-4 内部から出される情報レスponsです。たとえばキャリアセンス結果などを出力します。

### 5.2.10 エラーレスpons

送信コマンド、コントロールコマンド等の書式にエラーがあった場合のレスponsです。

### 5.3 設定値記憶コマンドオプション

コマンドに続けて'W'オプションを指定すると、コマンドバリューを MU-4 内部の EEPROM に固定することができます。次回電源立ち上げ時には EEPROM の内容が初期値になります。書き換えに要する時間は 65ms です。

'W'オプションが指定できるコマンドは以下の通りです。

BR、CH、CT、DI、EC、EI、GI、MD、PB、PW、RI、RM、RR、RT、SB、SI、TC、TB、UI

例: ユーザーID を 0000h に固定する(UI=0000 番は試験用です)

コントロールコマンド: @UI 0000,0B27 W CRLF

コントロールレスポンス: \* WR = PS CRLF  
\* UI = 0000 CRLF

例: チャネルを 16ch に設定、固定する。

コントロールコマンド: @CH 10 W CRLF

コントロールレスポンス: \* WR = PS CRLF  
\* CH = 10 CRLF



注意

1. コマンドパラメータは変更コマンドを発行した直後に適用になります。特にUART 関連のパラメータを変更した場合は、コントロール側の UART パラメータを変更しなければ通信できなくなってしまいますので注意してください。
2. EEPROM の書き換え回数は 100 万回です。100 万回を超えないようにしてください。
3. 書き換え中は他のコマンドを発行しないでください。

## 5.4 コマンド、レスポンス、レシーブ詳細

**デフォルト値について** 以下の記述中「デフォルト」値とは、「INI」端子を使用しするかイニシャライズコマンドを発行して工場出荷時の設定に戻した時の値です。

**ターミネータについて** 以下の説明ではコマンドやレスポンスの終わりを示す文字(ターミネータ)を記号'CRLF'で表わします。'CRLF':(キャリッジリターン'CRLF'=0Dh) + (ラインフィード'LNF'=0Ah)

### 5.4.1 データ送信コマンド と 各種レスポンス、データレシーブ

#### データ送信コマンド基本書式

プレフィックス + コマンド名 + バリュー + データ + コマンドオプション + ターミネータ

プレフィックス: コマンド文字列の先頭を示すコードで'@'=40hです。

コマンド名: 2 文字の ASCII 文字'DT'です。大文字あるいは小文字で指定します。

バリュー: ユーザーデータサイズを 16 進数で指定します。

データ: ユーザーデータのバイト列です。

コマンドオプション: コマンドの動作やルート情報を記述します。

#### ◇データ送信コマンドのコード(6 バイトデータの送信)

コマンド文字列 <u>@DT 06 abc123 CRLF</u>	実際に MU-4 に送る 16 進コード <b>40,44,54,30,36,61,62,63,31,32,33,0D,0A</b>
--------------------------------------	---

#### データ送信レスポンス基本書式

プレフィックス + コマンド名 + '=' + バリュー + ターミネータ

プレフィックス: レスポンス文字列の先頭を示すコードで'\*'=2Ahです。

コマンド名: ASCII 文字'DT'です。

バリュー: 'DT'コマンドで受け付けたデータサイズです。

#### ◇データ送信レスポンスのコード(255 バイトデータの送信)

送信レスポンス文字列 * <u>DT = FF CRLF</u>	実際に MU-4 から出る 16 進コード <b>2A,44,54,3D,46,46,0D,0A</b>
-------------------------------------	---

#### データレシーブ基本書式

プレフィックス + データレシーブ名 + '=' + バリュー1 + バリュー2 +  
データ + オプションデータ + ターミネータ

プレフィックス: レスポンス文字列の先頭を示すコードで'\*'=2Ahです。

データレシーブ名: 2 文字の ASCII 文字'DR'、'DC'、'DS'です。

バリュー1: RSSI 情報を表す 1 バイトの 16 進数値です。2 文字の ASCII 文字で指定されます。

バリュー2: ユーザーデータのサイズを表す 1 バイトの 16 進数値です。2 文字の ASCII 文字で指定されます。

データ: ユーザーデータのバイト列です。

オプションデータ: ルート情報などです。

#### ◇データレシーブのコード

データレシーブ(受信データ)文字列 * <u>DR = 06 abc123 CRLF</u>	実際に MU-4 から返ってくる 16 進コード <b>2A,44,52,3D,30,36,61,62,63,31,32,33,0D,0A</b>
---	--

### 5.4.1.1 '@DT' データ送信コマンド 1

データ送信コマンド 1 '@DT' は中継機能を使用しないシステムのデータ送信コマンドです。データは発信局の目的局 ID で設定されている目的局に向けて送信されます。

MU-4 は内部でキャリアセンス処理を行っており、'@DT' コマンドを発行した場合、データ送信レスポンスの他にデータを無線送信できなかったことを表すインフォメーションレスポンス \* IR=01 が返ることがあります。'@DT' コマンドの発行に先立ち '@CS' コマンドを発行すると、データが送れるかどうかを確かめることができます。詳細は 'キャリアセンス' の項および 'インフォメーションレスポンス' の項をご覧ください。

#### 1. 中継局の無いシステム

発信局の MU-4 はユーザーコントローラからデータ送信コマンド 1 '@DT' を受信すると、コマンドを受け付けたことを示すコマンドレスポンスを返します。同時に無線間でデータ送信動作を開始します。  
目的局の MU-4 からは \* DR 書式のデータレシーブ 1 が出力されます。

**書式:** '@' + 'DT' + データサイズ + データ + 'CRLF'

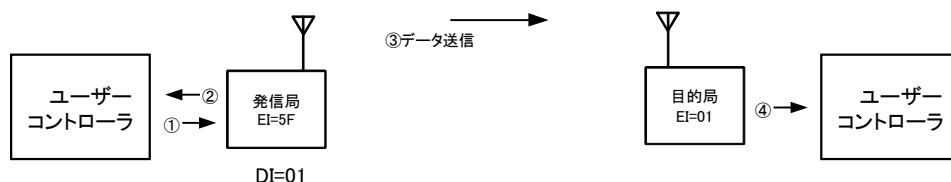
- ・データサイズは 2 桁の 16 進数で、ASCII 文字で記述します。一回に送ることができるデータ数は最大 255 バイトです。
- ・データは値 00h～FFh までの数値です。
- ・データは目的局 ID: '@DI' コマンドで設定してある目的局に送られます。

フォーマット '@DT'ssDD...D' CRLF'

ss : データサイズを 16 進 2 桁で記述 値: 00h～FFh

DD...D : D は 1 バイトデータを表す。値: 00h～FFh、データ数: 最大 255 バイト

例: 10 Byte (0Ah) データ '0123ABC%#\$' を目的局 ID に設定されている目的局に送信する。目的局の機器 ID=01h、発信局の機器 ID=5Fh とする。



##### ・発信局 5F の状況

①データ送信コマンド 1 発行  
@DT 0A 0123ABC%#\$ CRLF

②データ送信レスポンス:  
\* DI = 0A CRLF

③データ送信

##### ・目的局 01 の状況

④データレシーブ 1:  
RI=OF の時 \* DR = 0A 0123ABC%#\$ CRLF(デフォルト)  
RI=ON の時 \* DR = 0A 0123ABC%#\$ CRLF

#### ◇データレシーブ 1(目的局の出力)

例 5 Byte (05h) のユーザーデータ 'ABCDE' を受信。

発信局=01、目的局=02、受信信号レベルが-69dBm(45h)の時

データ送信コマンド 1: @DT 05 ABCDE CRLF

SI が OFF の時 \* DR = 05 ABCDE CRLF(デフォルト)  
SI が ON の時 \* DS = 45 05 ABCDE CRLF

※SI: RF 受信信号レベル情報付加モード設定

#### 5.4.1.2 '@DT.../' データ送信コマンド 2

データ送信コマンド 2'@DT.../’は中継局を使用したシステムのデータ送信コマンドです。データ送信コマンド 2 は主にユーザーシステム本来のデータを扱うために用意されています。

- ・MU-4 は内部でキャリアセンス処理を行っており、'@DT.../’コマンドを発行した場合、データ送信レスポンスの他にデータを無線送信できなかったことを表す、インフォメーションレスポンス' \* IR = 01'が返ることがあります。'@DT.../’コマンドの発行に先立ち'@CS'コマンドを発行すると、データが送れるかどうかを確かめることができます。詳細は‘キャリアセンス’の項および‘インフォメーションレスポンス’の項をご覧ください。
- ・このコマンドの書式は中継機能を前提としていますが、中継局を使用しない場合にも使用できます。1:1 通信では目的局として 1 つだけルート情報の最後に設定してください。
- ・RF 受信信号レベル情報付加モード設定コマンド'@SI'を使用すると、データ送信コマンド 2 に対する目的局のデータレシーブの先頭に、パケットの受信信号レベル情報を付加することができます。
- ・データ送信コマンド 2 では目的局からデータ受信確認通知'ACK'を返すようにする記述方法もあります。

### 1. 受信確認通知 ACK 要求なし

発信局の MU-4 はユーザーコントローラからデータ送信コマンド '2'@DT.../R'を受信すると、コマンドを受け付けたことを示すコマンドレスポンスを返します。同時に無線間でデータ送信動作を開始します。

目的局の MU-4 からは'\*DR'書式のデータレシーブ 2 が出力されます。目的局からの受信確認通知'ACK'の返信は要求しません。

**書式 1:** '@' + 'DT' + データサイズ + データ + '/R' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'DT' + データサイズ + データ + '/R' + 'CRLF'

#### 詳細

フォーマット '@DT' ss DD...D '/R' rr,rr,...,rr 'CRLF'

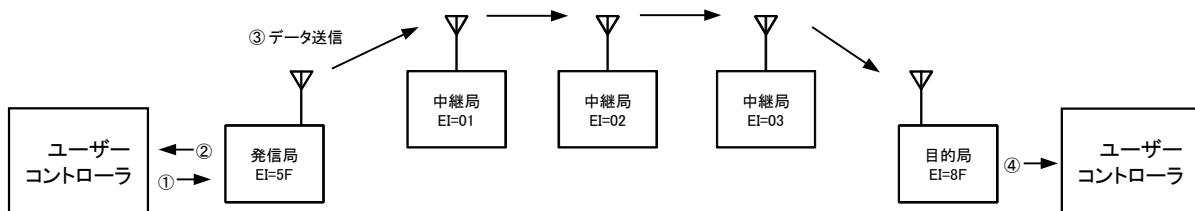
ss : データサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

DD...D : D は 1 バイトデータを表す。値:00h~FFh、データ数:最大 255 バイト

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、中継局数最大 10 台

- 書式 1 ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2 の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- 現在接続しているすべての中継局に同じデータを出力する場合は、コマンド書式中の'/R'を'/S'に置き換えてコマンドを発行してください。

例: 10 Byte (0Ah)データ '0123ABC\$#4' を中継局 ID=01、02、03 を経由して目的局 ID=8F に送信する。発信局は機器 ID=5F とする。



#### ・発信局 5F の状況

① データ送信コマンド 2 発行

書式 1: @DT 0A 0123ABC\$#4 /R 01,02,03,8F CRLF  
書式 2 @DT 0A 0123ABC\$#4 /R CRLF

② データ送信レスポンス  
\*DT=0A CRLF

③ データ送信

※'/S'の場合は中継局にも目的局と同じデータを出力します。

#### ・目的局 8F の状況

④ データレシーブ 2

RI=OF の時 \*DR=0A 0123ABC\$#4 CRLF(デフォルト)  
RI=ON の時 \*DR=0A 0123ABC\$#4 /R 5F,01,02,03 CRLF

### ◇データレシーブ 2

例 5 Byte (05h)のユーザーデータ 'ABCDE' を受信。

発信局=01、中継局=02、目的局=03、受信信号レベルが-69dBm(45h)の時

ACK なしデータ送信コマンド 2: @DT 05 ABCDE /R 02,03 CRLF

RI が OFF の時(デフォルト)

SI が OFF の時 \*DR = 05 ABCDE CRLF(デフォルト)

SI が ON の時 \*DS = 45 05 ABCDE CRLF

RI が ON の時

SI が OFF の時 \*DR = 05 ABCDE /R 01,02 CRLF

SI が ON の時 \*DS = 45 05 ABCDE /R 01,02 CRLF

※RI: ルート情報付加モード、SI: RF 受信信号レベル情報付加モード設定

## 2. 受信確認通知 ACK 要求ありの場合

発信局の MU-4 はユーザーコントローラからデータ送信コマンド 2'@DT.../A'を受信すると、コマンドを受け付けたことを示すコマンドレスポンスを返します。同時に無線間でデータ送信動作を開始します。

目的局の MU-4 からは'\*DR'書式のデータレシーブ 2 が output されます。目的局からの受信確認通知'ACK'の返信を要求します。

**書式 1:** '@' + 'DT' + データサイズ + データ + '/A' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'DT' + データサイズ + データ + '/A' + 'CRLF'

### 詳細

フォーマット '@DT' ss DD...D '/A' rr,rr,...,rr 'CRLF'

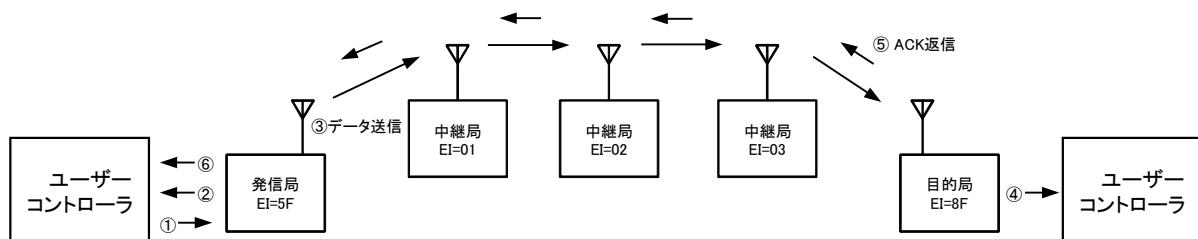
ss : データサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

DD...D : D は 1 バイトデータを表す。値:00h~FFh、データ数:最大 255 バイト

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、中継局数最大 10 台

- 書式 1 ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2 の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- 現在接続しているすべての中継局に同じデータを出力する場合は、コマンド書式中の'/A'を'/B'に置き換えてコマンドを発行してください。

例: 10 Byte (0Ah)データ '0123ABC\$#4' を中継局 ID=01、02、03 を経由して目的局 ID=8F に送信し、目的局からの ACK を受け取ります。発信局は機器 ID=5F とする。



#### ・発信局5Fの状況

①データ送信コマンド2発行

書式1:@DT 0A 0123ABC\$#4 /A 01.02.03.8F CRLF  
書式2:@DT 0A 0123ABC\$#4 /A CRLF

②データ送信レスポンス

\*DT=0A CRLF

③データ送信

⑥ACKレスポンス

\*DR=00 CRLF (中継時間経過後に outputされる)

#### ・目的局8Fの状況

④データレシーブ2

RI=OFの時 \*DR=0A 0123ABC\$#4 CRLF(デフォルト)  
RI=ONの時 \*DR=0A 0123ABC\$#4 /R 5F.01.02.03 CRLF

⑤ACK返信

'B'の場合は中継局にも目的局と同じデータを出力します。

## ◇データレシーブ 2(目的局に出力)

例 5 Byte (05h)のユーザーデータ 'ABCDE' を受信。  
発信局=01、中継局=02、目的局=03、受信信号レベルが-69dBm(45h)の時

ACK 要求付きデータ送信コマンド 2: @DT 05 ABCDE /A 02,03 CRLF

RI が OFF の時(デフォルト)

SI が OFF の時 \* DR = 05 ABCDE CRLF(デフォルト)

SI が ON の時 \* DS = 45 05 ABCDE CRLF

RI が ON の時

SI が OFF の時 \* DR = 05 ABCDE /A 01,02 CRLF

SI が ON の時 \* DS = 45 05 ABCDE /A 01,02 CRLF

※RI: ルート情報付加モード、SI:RF 受信信号レベル情報付加モード設定

## ◇ACK レスポンス(発信局に出力)

発信局で ACK 要求付きデータ送信コマンド 2 を発行した場合は、発信局から ACK レスポンスが出力されます。RSSI 情報付加モード設定コマンド '@SI' を'ON'にすると ACK レスポンスに、目的局からの ACK 信号の RSSI 情報が付加されます。ACK レスポンスは中継時間を経過してから出力されます。

例 10Byte(0Ah)のデータ 'PPPPPPPPPP' を、ACK 要求付きデータ送信コマンド 2 で送信した場合の、発信局の ACK レスポンスの様子。

発信局機器 ID=01、中継局機器 ID=02、目的局機器 ID=03、ACK 信号の受信信号レベル=-102dBm(66h)の時

## 1. RSSI 情報付加モード設定コマンド '@SI' が'OF'の時

文字列'\*DR'に続いて ACK レスポンスを示す'00'が出力されます。

ACK 要求付きデータ送信コマンド 2 を発行 @DT 0A PPPPPPPP /A 02,03 CRLF

・発信局の出力

\* DT = 0A CRLF

← データ送信レスポンス

\* DR = 00 CRLF

← ACK レスポンス(中継時間を経過してから出力)

・目的局の出力

\* DR = 0A PPPPPPPP CRLF

← データレシーブ 2、RI=OF

## 2. RSSI 情報付加モード設定コマンド '@SI' が'ON'の時

文字列'\*DS'に続いて RSSI 情報と ACK レスポンスを示す'00'が出力されます。

ACK 要求付きデータ送信コマンド 2 を発行 @DT 0A PPPPPPPP /A 02,03 CRLF

・発信局の出力

\* DT = 0A CRLF

← データ送信レスポンス

\* DS = 66 00 CRLF

← ACK レspoんス(中継時間を経過してから出力)

・目的局の出力

\* DR = 0A PPPPPPPP /A 01,02 CRLF

← データレシーブ 2、RI=ON

#### 5.4.1.3 @DT...% データ送信コマンド 3

データ送信コマンド 3'@DT...%'は中継局を使用したシステムのデータ送信コマンドです。ユーザーシステム本来のデータをデータ送信コマンド 2 を使用して送る場合に、様々な制御が必要になってくることがあります。このような時、データ送信コマンド 3 を制御用として並行使用すると、プログラムが簡単になります。

- ・MU-4 は内部でキャリアセンス処理を行っており、'@DT...%'コマンドを発行した場合、データ送信レスポンスの他にデータを無線送信できなかったことを表すインフォメーションレスポンス'\*IR = 01'が返ることがあります。'@DT...%'コマンドの発行に先立ち'@CS'コマンドを発行すると、データが送れるかどうかを確かめることができます。詳細は‘キャリアセンス’の項および‘インフォメーションレスポンス’の項をご覧ください。
- ・このコマンドの書式は中継機能を前提としていますが、中継局を使用しない場合にも使用できます。1:1 通信では目的局として 1 つだけルート情報の最後に設定してください。
- ・データ送信コマンド 3 に対する目的局のデータレシーブの先頭には、必ずパケットの受信信号レベル情報が入っています。
- ・データ送信コマンド 3 では目的局から‘データ受信確認通知’ACK'を返すようにする記述方法もあります。

## 1. 受信確認通知 ACK 要求なし

発信局の MU-4 はユーザーコントローラからデータ送信コマンド '3'@DT...%R' を受信すると、コマンドを受け付けたことを示すコマンドレスポンスを返します。同時に無線間でデータ送信動作を開始します。

目的局の MU-4 からは'\*DC'書式のデータレシーブ 3 が output されます。目的局からの受信確認通知'ACK'の返信は要求しません。

**書式 1:** '@' + 'DT' + コントロールサイズ + コントロール + '%R' + ルート情報 + 'CRLF'  
**書式 2:** '@' + 'DT' + コントロールサイズ + コントロール + '%R' + 'CRLF'

### 詳細

フォーマット '@DT ss DD...D %R rr,rr,...,rr CRLF'

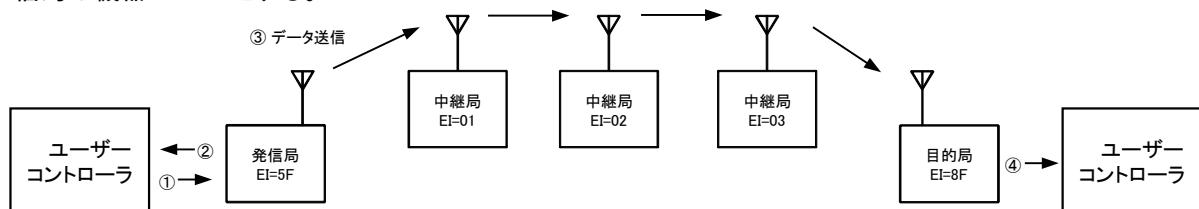
ss : コントロールサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

DD...D : D は 1 バイトデータを表す。値:00h~FFh、データ数:最大 255 バイト

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、中継局数最大 10 台

- 書式 1 ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2 の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。1:1 通信の場合はルート情報に目的局の機器 ID を 1 つだけ設定してください。なお、ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- 現在接続しているすべての中継局に同じコントロールを出力する場合は、コマンド書式中の'%R'を'%S'に置き換えてコマンドを発行してください。

例: 10 Byte (0Ah)のデータ '0123ABC\$#4' を中継局 ID=01、02、03 を経由して目的局 ID=8F に送信する。発信局は機器 ID=5F とする。



### ・発信局 5F の状況

- ① データ送信コマンド 3 発行

書式 1:@DT 0A 0123ABC\$#4 %R 01.02.03.8F CRLF  
 書式 2:@DT 0A 0123ABC\$#4 %R CRLF

- ② データ送信レスポンス

\*DT=0A CRLF

- ③ データ送信

※先頭の'45h'は受信パケットの信号レベルを表します。この場合-69dBm(45h)です。値についての詳細は'RA'コマンドをご覧ください。

※RI=ON の時の区切り文字は'%'ではなく'/'です。

### ・目的局 8F の状況

- ④ データレシーブ 3

RI=OF の時 \* DC=45 0A 0123ABC\$#4 CRLF(デフォルト)  
 RI=ON の時 \* DC=45 0A 0123ABC\$#4 /R 01.02.03 CRLF

## ◇データレシーブ 3

例 5 Byte (05h)のユーザーデータ 'ABCDE' を受信。

発信局=01、中継局=02、目的局=03、受信信号レベルが-69dBm(45h)の時

ACK なしデータ送信コマンド 3: @DT 05 ABCDE %R 02.03 CRLF

RI が OFF の時 \* DC = 45 05 ABCDE CRLF(デフォルト)

RI が ON の時 \* DC = 45 05 ABCDE /R 01.02 CRLF※1

※01: データ送信コマンドの'%'に対してデータレシーブは'/'なので注意してください。

## 2. 受信確認通知 ACK 要求あり

発信局の MU-4 はユーザーコントローラからデータ送信コマンド 3'@DT...%A'を受信すると、コマンドを受け付けたことを示すコマンドレスポンスを返します。同時に無線間でデータ送信動作を開始します。

目的局の MU-4 からは'\* DC'書式のデータレシーブ 3 が出力されます。目的局からの受信確認通知'ACK'の返信を要求します。

**書式 1:** '@' + 'DT' + コントロールサイズ + コントロール + '%A' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'DT' + コントロールサイズ + コントロール + '%A' + 'CRLF'

### 詳細

フォーマット '@DT' ss DD...D '%A' rr,rr,...,rr 'CRLF'

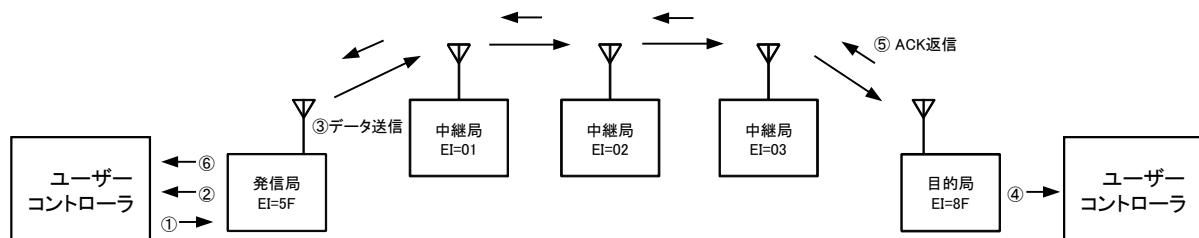
ss : コントロールサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

DD...D : D は 1 バイトデータを表す。値:00h~FFh、データ数:最大 255 バイト

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、中継局数最大 10 台

- 書式 1 ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2 の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。1:1 通信の場合はルート情報に目的局の機器 ID を 1 つだけ設定してください。なお、ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- 現在接続しているすべての中継局に同じデータを出力する場合は、コマンド書式中の'%A'を'%B'に置き換えてコマンドを発行してください。

例: 10 Byte (0Ah)のコントロール '0123ABC\$#4' を中継局 ID=01、02、03 を経由して目的局 ID=8F に送信する。発信局は機器 ID=5F とする。



#### ・発信局5Fの状況

①データ送信コマンド3発行

書式1:@DT 0A 0123ABC\$#4 %A 01.02.03.8F CRLF  
書式2:@DT 0A 0123ABC\$#4 %A CRLF

②データ送信レスポンス

\*DT=0A CRLF

③データ送信

⑥ACKレスポンス

\*DC=45 00 CRLF (中継時間経過後に outputされる)

#### ・目的局8Fの状況

④データレシーブ3

RI=OF の時 \* DC=45 0A 0123ABC\$#4 CRLF(デフォルト)  
RI=ON の時 \* DC=45 0A 0123ABC\$#4 /R 5F.01.02.03 CRLF

⑤ACK返信

※先頭の'45h'は受信パケットの信号レベルを表します。この場合-69dBm(45h)です。値についての詳細は'RA'コマンドをご覧ください。

※RI=ON の時の区切り文字は'%'ではなく'/'です。

## ◇データレシーブ 3(目的局に出力)

例 5 Byte (05h)のユーザーデータ 'ABCDE' を受信。

発信局=01、中継局=02、目的局=03、受信信号レベルが-69dBm(45h)の時

ACK 要求付きデータ送信コマンド 3: @DT 05 ABCDE %A 02,03 CRLF

RI が OFF の時 \* DC = 45 05 ABCDE CRLF(デフォルト)

RI が ON の時 \* DC = 45 05 ABCDE /A 01,02 CRLF※1

※01: データ送信コマンドの '%' に対してデータレシーブは '/' なので注意してください。

## ◇ACK レスポンス(発信局に出力)

発信局で ACK 要求付きデータ送信コマンド 3 を発行した場合は、発信局から ACK レスポンスが出力されます。

ACK レスポンスは、RSSI 情報付加モード設定コマンド '@SI' により設定されたモードに関わらず、目的局が ACK 要求付きデータ送信コマンド 3 を受信した時の RSSI 情報が付加されます。ACK レスポンスは中継時間を経過してから出力されます。

例 10Byte(0Ah)のデータ 'PPPPPPPPPP' を、ACK 要求付きデータ送信コマンド 3 で送信した場合の、発信局の ACK レスポンスの様子。

文字列 '\*' に続いて RSSI 情報と ACK レスポンスを示す '00' が出力されます。

発信局機器 ID=01、中継局機器 ID=02、03、目的局機器 ID=04、目的局受信信号レベル = -85dBm(55h)の時

ACK 要求付きデータ送信コマンド 3 を発行 @DT 0A PPPPPPPPPP %A 02,03,04 CRLF

・発信局の出力

\* DT = 0A CRLF

← データ送信レスポンス

\* DC = 55 00 CRLF

← ACK レスポンス(中継時間を経過してから出力)

・目的局の出力

\* DC = 55 0A PPPPPPPPPP CRLF(デフォルト)

← データレシーブ 3、RI=OF

\* DC = 55 0A PPPPPPPPPP /A 01,02,03 CRLF

← データレシーブ 3、RI=ON

## 5.4.2 コントロールコマンド と コントロールレスポンス

### コマンド基本書式

プレフィックス + コマンド名 + バリュー + ターミネータ

- プレフィックス: コマンド文字列の先頭を示すコードで'@'=40h です。
- コマンド名: 2 文字の ASCII 文字です。大文字あるいは小文字で指定します。
- バリュー: 各コマンドに対応した値です。
- ターミネータ: コマンドの終りを表すコード'CRLF'(0Dh, 0Ah)です。

#### ◇コントロールコマンドのコード

コマンド文字列 <u>@CH</u> <u>1F</u> CRLF	実際に MU-4 に送る 16 進コード <b>40,43,48,31,46,0D,0A</b>
--------------------------------------	---

### レスポンス基本書式

プレフィックス + コマンド名 + '=' + バリュー + ターミネータ

- プレフィックス: レスponses 文字列の先頭を示すコードで'\*'=2Ah です。
- コマンド名: 受け付けたコマンドで 2 文字の ASCII 文字です。
- バリュー: 各コマンドに対応した結果値です。
- ターミネータ: コマンドの終りを表すコード'CRLF'(0Dh, 0Ah)です。

#### ◇コマンドレスポンスのコード

レスポンス文字列 <u>*</u> <u>CH</u> = <u>1F</u> CRLF	実際に MU-4 から返ってくる 16 進コード <b>2A,43,48,3D,31,46,0D,0A</b>
---	--



注意

コマンドパラメータは変更コマンドを発行した直後に適用になります。特に UART 関連のパラメータを変更した場合は、コントロール側の UART パラメータを変更しなければ通信できなくなってしまうので注意してください。

### 5.4.2.1 @BR UART ポーレート設定

UART のポーレートを設定します。設定変更はコマンドに対するレスポンスを返した直後に適用になります。コントロール側のポーレートを直ちに変更してください。

- |              |                              |              |              |             |
|--------------|------------------------------|--------------|--------------|-------------|
| デフォルト:       | 19                           |              |              |             |
| バリュー:        | 12=1,200bps                  | 24=2,400bps  | 48=4,800bps  | 96=9,600bps |
|              | 19=19,200bps                 | 38=38,400bps | 57=57,600bps |             |
| 例            | 57,600bps に変更                |              |              |             |
| コントロールコマンド:  | @BR <u>57</u> CRLF           |              |              |             |
| コントロールレスポンス: | * <u>BR</u> = <u>57</u> CRLF |              |              |             |

### 5.4.2.2 @CH 使用周波数チャネル設定

使用チャネルを設定します。'@CH'に続き使用チャネルを 2 文字の ASCII 文字(16 進数値)で指定してください。

- デフォルト: 07h
- バリュー: 07h – 2Eh(7~46 チャネルを表す 16 進数値)

例 15(0Fh)CH に変更

- |              |   |
|--------------|---|
| コントロールコマンド:  | @CH <u>0F</u> CRLF                                |
| コントロールレスポンス: |   |
| RM=CD の時     | * <u>CH</u> = <u>0F</u> CRLF                      |
| RM=TX の時     | * <u>CH</u> = <u>0F</u> : <u>429.3500MHz</u> CRLF |

### 5.4.2.3 @DI 目的局 ID(デスティネーション ID)指定

目的局を指定します。ユーザーID、グループIDの説明も参照してください。

目的局IDに00番を指定してデータを送信すると、同じグループ内にあるすべての機器が同時にデータを受信(同報機能)します。FFhにセットした場合はデータ送信しますが、どの局も受信しません。同報機能は中継機能を使用した場合は利用できません。

デフォルト: 01h

バリュー: 00h – FFh(00h, FFhは特別動作)

例 目的局IDを25hに変更

コントロールコマンド: @DI 25 CRLF

コントロールレスポンス:

\* DI = 25 CRLF

### 5.4.2.4 @EC エラー訂正プロトコル設定

通信プロトコルをエラー訂正プロトコルにするかどうかを指定します。

エラー訂正プロトコルにする場合はONあるいはI1、I2に設定してください。このコマンドはコマンドオプション'W'が必要です。'@EC'コマンドを発行するとMU-4内部は電源投入時の状態にリセットされます。エラー訂正プロトコルがOFFの状態の通信プロトコルを標準プロトコルと言います。

デフォルト: OF エラー訂正プロトコル OFF(=標準プロトコル)

バリュー: OF = エラー訂正プロトコル OFF(=標準プロトコル)

ON = エラー訂正プロトコル インターリープ無し

I1 = エラー訂正プロトコル インターリープ1

I2 = エラー訂正プロトコル インターリープ2

例1 エラー訂正プロトコルにする

コントロールコマンド: @EC ON W CRLF

コントロールレスポンス: \* WR = PS CRLF \* EC = ON CRLF

例2 エラー訂正プロトコルをやめる(標準プロトコルにする)

コントロールコマンド: @EC OF W CRLF

コントロールレスポンス: \* WR = PS CRLF \* EC = OF CRLF

通信の可否

送信機の通信プロトコル			受信機の通信プロトコル(○:通信可能)			
	データ サイズ	適用 コマンド	標準プロトコル @EC OF/W	エラー訂正 プロトコル インターリープ無し @EC ON/W	エラー訂正 プロトコル インターリープ1 @EC I1/W	エラー訂正 プロトコル インターリープ2 @EC I2/W
標準プロトコル @EC OF/W	0~255	全て	○	×	×	×
エラー訂正プロトコル インターリープ無し @EC ON/W	0~255	全て	×	○	○	○
エラー訂正プロトコル インターリープ1 @EC I1/W	0~8	@DT @CP	×	×	○	×
エラー訂正プロトコル インターリープ2 @EC I2/W	0~32	@DT @CP	×	×	×	○

#### 5.4.2.5 @EI 機器 ID(イクイップメント ID)設定

機器 ID を設定します。1 グループに 254 台設置できます。ユーザーID、グループ ID の説明も参照してください。

機器 ID=00h 番は同報機能に使用され、設定しても意味がありません。

機器 ID=FFh 番に指定した場合はデータを受信しません。この時'@RA'コマンドを使用すると RSSI レベルデータのみを出力します

デフォルト: 01h  
バリュー: 01h – FFh (FFh は特別動作)

例 機器 ID を 34h に変更

コントロールコマンド: @EI 34 CRLF      コントロールレスポンス: \* EI = 34 CRLF

#### 5.4.2.6 @GI グループ ID 設定

グループ ID を設定します。ユーザーID の説明も参照してください。

グループ ID は 256 通りあります。他のユーザーシステムを構築する場合のシステム識別子として管理使用してください。

デフォルト: 00h  
バリュー: 00h – FFh

例 グループ ID を 34h に変更

コントロールコマンド: @GI 34 CRLF      コントロールレスポンス: \* GI = 34 CRLF

#### 5.4.2.7 @IZ イニシャライズ

MU-4 を工場出荷時のデフォルト値にします。各種コマンドの'W'オプションで EEPROM に固定した内容も初期化されます。デフォルト値については各コマンドを参照してください。

このコマンドを使用した後は必ず SR コマンドを実行してください。

例 コントロールコマンド: @IZ CRLF

MU-4 からのコントロールレスポンス:

RM=CD 時      \* IZ = 00 CRLF  
RM=TX 時      \* IZ = 00 : ROM was initialized. CRLF

#### 5.4.2.8 @MD 動作モードレジスタ設定

MU-4 の動作モードレジスタを設定します。MODE 端子の状態に応じてモードが決定されます。

詳細は“モード”の項を覗ください。コマンドモード(CD)以外ではいかなるコマンドも使用できません。

デフォルト: CD  
バリュー: CD = コマンドモード TX = テキストモード BI = バイナリーモード

例 1 テキストモードに変更

コントロールコマンド: @MD TX CRLF      コントロールレスポンス: \* MD = TX CRLF

例 2 バイナリーモードに変更

コントロールコマンド: @MD BI CRLF      コントロールレスポンス: \* MD = BI CRLF

#### 5.4.2.9 @PB UART パリティビット設定

MU-4 の UART のパリティビットを設定します。設定変更はコマンドに対するレスポンスを返した直後に適用になります。コントロール側のパリティを直ちに変更してください。

デフォルト: NO  
バリュー: NO=無し EV=偶数 OD=奇数

例 偶数パリティに変更

コントロールコマンド: @PB EV CRLF      コントロールレスポンス: \* PB = EV CRLF

#### 5.4.2.10 @PW 空中線電力低下装置設定

MU-4 の空中線電力を標準の 10mW から 1mW に低下させることができます。

デフォルト: 10 (10mW)  
バリュー: 01 = 1mW 10 = 10mW

例 1mW に設定

コントロールコマンド: @PW 01 CRLF      コントロールレスポンス: \* PW = 01 CRLF

#### 5.4.2.11 @RI ルート情報付加モード

目的局におけるデータレシーブ('\*DR')の中にルート情報を含めるかどうかを指定します。

ルート情報を含める場合は ON に設定してください。

デフォルト: OF  
バリュー: ON = ルート情報付加(ON)      OF = ルート情報無し(OFF)

例 1 ルート情報付加モードにする

コントロールコマンド: @RI ON CRLF      コントロールレスポンス: \* RI = ON CRLF

例 2 DR データレシーブの様子

RI が ON の時      \* DR = 03 ABC /R 20,01,02,03 CRLF  
RI が OFF の時      \* DR = 03 ABC CRLF

#### 5.4.2.12 @RM レスponses 表示モード

レスポンスの内容の表示方法を、コード表示あるいはテキスト表示のどちらかに設定します。

テキスト表示は、RS232C 変換ボードで PC に接続してレスポンス内容を確認するためのモードです。

通常はコード表示モードにしてください。

デフォルト: CD  
バリュー: CD:コード表示モード      TX: コードおよびテキスト表示モード

例 レスponses の表示方法をコード表示に変更

コントロールコマンド: @RM CD CRLF      コントロールレスポンス: \* RM = CD CRLF

#### 5.4.2.13 @RR 受信ルート情報利用設定

受信したデータパケットのルート情報をルートレジスタに書き込んで、返信用のルート情報として利用するかどうかを設定します。目的局において、ルートレジスタの内容に従い送信するデータ送信コマンド(コントロール送信コマンド)を発行すると、自動的に発信局に向けてデータが送られます。ただし、ルート設定コマンドで設定したルート情報は、データパケットを受ける度に上書きされるので注意してください。この動作が有効になるのは発信局からの通信コマンドを受信した場合だけです。

デフォルト: OF  
バリュー: ON: 受信ルート情報利用(ON)      OF: 受信ルート情報利用なし(OFF)

例 受信ルート情報を利用する

コントロールコマンド: @RR ON CRLF      コントロールレスポンス: \* RR = ON CRLF

#### 5.4.2.14 @RT 中継ルート指定

ルートレジスタにルート情報を設定します。中継局は最大 10 台まで配置することができます。ルート情報は配置する中継局の機器 ID(EI)を中継順に並べて記述してください。ルート情報の最後には目的局の機器 ID(EI)を指定してください。中継局を使ったデータ送信の詳細は DT コマンドをご覧ください。

デフォルト: NA @RT コマンドに対するレスポンスは \*RT=NA  
 バリュー: NA あるいは(00h – FEh),……,(00h-FE) 最大 10 台まで指定可  
 ただし、00h は同報通信、NA を指定するとルートレジスタの指定は無効となり@DI コマンドの指定が有効となります。

例 機器 ID=5F 番の発信局からデータ'ABC'を、中継局 ID=01, ID=02, ID=03 を経由して機器 ID=8F 番の目的局に送るためにルート情報を設定する。

コントロールコマンド: @RT 01,02,03,8F CRLF  
 コントロールレスポンス: \*RT = 01,02,03,8F CRLF

ヒント: RT コマンドで機器 ID を 1 つだけ記述した場合は、それが直接の目的局になります。

#### 5.4.2.15 @SB UART ストップビット設定

MU-4 の UART のストップビットを設定します。設定変更はコマンドに対するレスポンスを返した直後に適用になります。コントロール側のストップビットを直ちに変更してください。

デフォルト: 01  
 バリュー: 01=ストップビット 1 02=ストップビット 2

例 ストップビット 1 に変更

コントロールコマンド: @SB 01 CRLF      コントロールレスポンス: \*SB = 01 CRLF

#### 5.4.2.16 @SI RSSI 情報付加モード設定

このコマンドは受信したデータパケットの受信信号レベル(RSSI)情報を、目的局のデータレシーブや発信局の ACK レスpons、レシーブレスポンスに含めるかどうかを設定します。情報を含める場合はモードを ON に設定してください。情報はデータレシーブ('\*DS')の先頭に付加されます。OF の時は'\*DR'データレシーブになります。このモードは目的局あるいは発信局での受信動作が伴うすべてのコマンドに対して適用されます。ただしデータ送信コマンド 3 については、固定的に RSSI 情報がデータレシーブ文字列あるいは ACK レスpons 文字列に付加されます。

デフォルト: OF  
 バリュー                          ON: RSSI 情報付加                          OF: RSSI 情報無し

例 1 RSSI 情報付加モードにする

コントロールコマンド: @SI ON CRLF      コントロールレスポンス: \*SI = ON CRLF

例 2 目的局のデータレシーブおよび発信局の ACK レスpons の状況

目的局のデータレシーブ

例 受信したデータパケットの RSSI が-85dBm=55hex の時

・発信局で発行した送信コマンドがデータ送信コマンド 2 の場合

SI が ON、RI が OF の時	*DS = 55 03 ABC CRLF
SI が ON、RI が ON の時	*DS = 55 03 ABC /R20,01,02,03 CRLF
SI が OF、RI が OF の時	*DR = 03 ABC CRLF
SI が OF、RI が ON の時	*DR = 03 ABC /R20,01,02,03 CRLF

### 発信局の ACK レスポンス

例 目的局からの ACK を受信し、その RSSI が-70dBm=46hex の時

- ・発信局で発行した送信コマンドがデータ送信コマンド 2 の場合

SI が OF の時	* <u>DR</u> = <u>00</u> CRLF
SI が ON の時	* <u>DS</u> = <u>46 00</u> CRLF

### 5.4.2.17 @SN シリアルナンバー表示

MU-4 のシリアルナンバーを表示します。シリアルナンバーは本体ラベル内に記載されている 9 衔の管理番号です。  
MU-4 からのレスポンスは ASCII 文字です。

例 コントロールコマンド: @SN CRLF

コントロールレスポンス: \* SN = A12345678 CRLF

### 5.4.2.18 @SR リセット

MU-4 を電源投入時の状態に戻します。各種コマンドの'W'オプションで EEPROM に固定した内容で起動します。  
'SR'コマンドに対するコマンドレスポンスは、コマンド受付直後にレスポンスされます。コマンド受付不可時間は '@SR' 発行時は 120ms、'INI' 端子によるハードウェアリセット時は 100ms です。

例 コントロールコマンド: @SR CRLF

コントロールレスポンス:

RM=CD 時	* <u>SR</u> = <u>00</u> CRLF
(RM=TX 時)	* <u>SR</u> = <u>00</u> : Software reset was performed. CRLF

### 5.4.2.19 @SY スタンバイモード設定

MU-4 をスタンバイモードにします。スタンバイ直前の設定情報は復帰後も保持されます。

コマンド発行後、RXD、CTS、MODE、INI、RESET 端子をすべて High レベルにしてください。

スタンバイモード移行後、TXD、RTS、RX-MON、TX-LED、RX-LED 端子は High レベルになります。

スタンバイモードから復帰するには CTS 信号線(コントロール側の RTS 信号線)を High レベルから Low レベルにしてください。

バリュー: スタンバイモード=01

	消費電流	復帰時間	状態
スタンバイモード	4mA(電源電圧 3v 時) 4.2mA(電源電圧 4v 時) 5.4mA(電源電圧 5v 時)	50ms	CPU は STOP (CLOCK が止まり、復帰後はストップした次のアドレスからスタート)

例 コントロールコマンド: @SY01 CRLF コントロールレスポンス: 無し

※より強力な省電力化のために MU-4 自体の電源線を切り離して使用する場合は、CPU に接続されているポートからの電流流れ込みを防止するために、ポートをハイインピーダンスにしてください。

#### 5.4.2.20 @TB バイナリーモード無入力時間設定

バイナリーモードの時、UART のデータの無入力状態が設定時間以上続くと、自動的にバッファ内にあるデータの送信を開始します。設定値は 1 カウント 32ms で計算してください。

デフォルト: 10h (16x32=0.512s)  
 バリュー: 01h - FFh: 1 カウント=32ms

例 20h(1.02s)に設定

コントロールコマンド: @TB20 CRLF コントロールレスポンス: \* TB = 20 CRLF

#### 5.4.2.21 @TC コマンドモード入力待ち時間

設定時間内にコマンド入力が終了しないと、それまでに入力した文字列はクリアされ、入力待機状態に戻ります。設定値は 1 カウント 0.512s で計算してください。このコマンドは、パソコンの RS232C 汎用通信ソフトのようにキー入力をする度にキャラクターデータが送信されるソフトウェアに対応するためのものです。

デフォルト: 00h(入力時間制限無し)  
 バリュー: 00h - 7Fh

例 0Ah(10x0.512=5.12s)に設定

コントロールコマンド: @TC0A CRLF コントロールレスポンス: \* TC = 0A CRLF

#### 5.4.2.22 @UI ユーザーID 設定

ユーザーID は、同一エリア内における他システムとのデータ混信を極力避ける目的で使用する ID(約 65000 通り)で、同一ユーザーシステム内にあるすべての機器は同じ ID でなければ通信が成立しません。グループ ID、機器 ID、目的局 ID と共にリンクパラメータを形成します。

すべての MU-4 のユーザーID はデフォルトで 0000h となっており、この値のまま使用することができますが、同一エリア内で他者とのデータコリジョンを避けるために、実稼動させる場合はユーザーID を設定することをお薦めします。

ユーザーID は、ユーザーID を希望される場合にパスワードと共にお知らせします。ご希望の場合は営業部までご請求ください。ユーザーID とパスワードは、紛失しないように十分管理してください。(弊社でも管理します)

※ユーザーID は約 65000 通り確保してありますが、この範囲を超えた場合はユーザーID が重複することもあります。つまり、データのセキュリティ性を保証するものではありませんので注意してください。ただし、ユーザーID が 65000 を越えることは無いことと、同一エリア内で ID が重複する確立は低いので安心して使用できます。

デフォルト: 0000h  
 バリュー: 0000h – FFFEh(0000h は試験用 ID、FFFFh は使用不可)

例 通知されたパスワード 0B27h でユーザーID を 0000h に設定。

コントロールコマンド: @UI0000,0B27 CRLF コントロールレスポンス: \* UI = 0000 CRLF

※ 一般的なアプリケーションでは UI、GI、EI はコマンドの/W オプションで EEPROM に固定して使用します。

※ ユーザーID を複数必要な場合はお問合せください。

#### 5.4.2.23 @VR プログラムバージョン

MU-4 のプログラムバージョンを取得します。

例

コントロールコマンド: @VR CRLF  
 コントロールレスポンス: \* VR = 12 Ver1.2A 2007/01/11 11:02 CRLF

### 5.4.3 モニタコマンドと各種レスポンス

#### 5.4.3.1 @CA 目的局全チャネル RSSI 絶対レベル測定

指定した目的局の RSSI(受信信号強度)を全チャネルに渡って測定します。フィールドのフロアノイズレベルや他者電波強度、自システムノイズレベルを確認することができます。RSSI 値は目的局のアンテナに誘起された電波の受信強度です。

**書式 1:** '@' + 'CA' + '/' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'CA' + 'CRLF'

##### 詳細

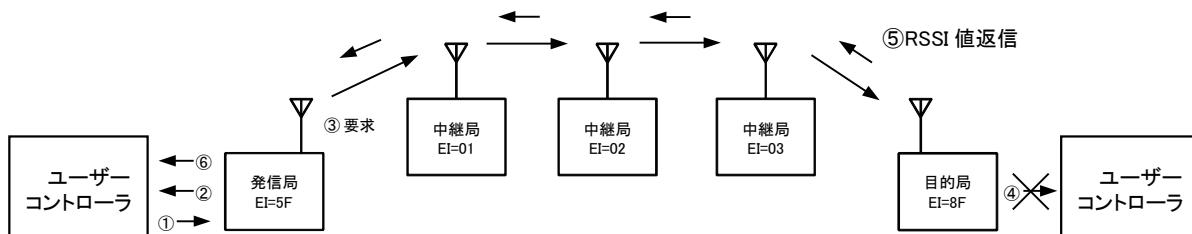
フォーマット 1      '@CA' '/' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 2      '@CA' 'CRLF'

rr,rr,...,rr: ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、中継局数最大 10 台

- ・書式1ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- ・書式2の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- ・自局をターゲットとすることもできます。この場合は中継局を一台以上記述し最後に自局の機器 ID を記述してください。

例: 目的局器番号=8F の RSSI を全チャネルに渡って測定。中継局は EI=01、02、03。MU-4-429 の場合。



##### ・発信局 5F の状況

###### ①モニタコマンド発行

書式 1: @CA/\_01.02.03.8F CRLF  
書式 2: @CA CRLF

###### ②モニタレスポンス: \*DT=00 CRLF

###### ③要求

###### ⑥目的局からのレシーブレスポンス(中継時間経過後に outputされる)

\*DR=50 7C7D...7E7D CRLF

40ch 分の RSSI データが ASCII 文字 80Byte(50Hex)で出力される  
符号はマイナス

##### ・目的局 8F の状況

###### ④データレシーブはありません

###### ⑤全チャネル RSSI 値返信

### ◇レシーブレスポンス(発信局に出力)

目的局の 40 チャネル分の RSSI の測定結果がレシーブレスポンスとして出力されます。

測定値は RSSI の絶対値を表す 2 桁の 16 進数値で、ASCII 文字 80 バイト(50Hex)が出力されます。1 チャネル分の RSSI 値は ASCII 文字 2 バイトで表わされ、得られる RSSI 値の符号はマイナスです。

##### ・発信局の出力

\*DR = 50 7C7D...7E7D CRLF

※16 進数値'7C'=-124dBm、'7C'=37,43(ASCII コード)

### 5.4.3.2 @CR 目的局 RSSI 絶対レベル測定

指定した目的局の RSSI(受信信号強度)を測定します。RSSI 値は目的局向けに発射された電波の受信強度です。また、目的局が置かれたフィールドのフロアノイズレベルも取得します。測定値は RSSI の絶対値を表す 2 桁の 16 進数値で ASCII 文字列で出力されます。得られる RSSI 値の符号はマイナスです。

**書式 1:**'@' + 'CR' + '/' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:**'@' + 'CR' + 'CRLF'

#### 詳細

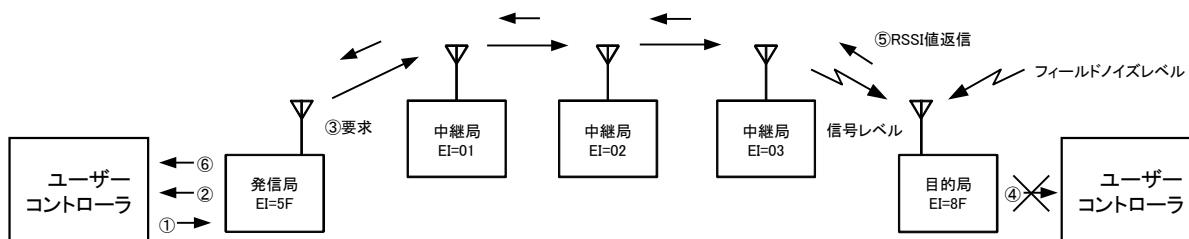
フォーマット 1 '@CR' '/' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 2 '@CR' 'CRLF'

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、  
中継局数最大 10 台

- ・書式1ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- ・書式2の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- ・自機をターゲットとすることもできます。この場合は中継局を一台以上記述し最後に自機の機器 ID を記述してください。

例: 目的局器番号=8F の RSSI を測定。中継局は EI=01、02、03。



#### ・発信局5Fの状況

##### ①モニタコマンド発行

書式1: @CR / 01.02.03.8E CRLF

書式2: @CR CRLF

##### ②モニタレスポンス: \*CR=00 CRLF

##### ③要求

##### ⑥目的局からのレシーブレスポンス(中継時間経過後に出力される)

RM=CD の時 \*DR=04 5580 CRLF

RM=TX の時 \*DR=14 CRLF S -85dBm N -128dBm CRLF

#### ・目的局8Fの状況

##### ④データレシーブはありません

⑤現在チャネルの RSSI値返信  
パケットの信号レベルとフィールド  
ノイズを測定し返信

#### ◇レシーブレスポンス(発信局に出力)

目的局宛の信号レベルとフィールドノイズの測定結果がレシーブレスポンスとして出力されます。

測定値は RSSI の絶対値を表す 2 桁の 16 進数値で、データサイズの次に信号レベルが出力されます。1 チャネル分の RSSI 値は ASCII 文字 2 バイトで表わされ、得られる RSSI 値の符号はマイナスです。

#### ・発信局の出力

\* DR = 04 55 80 CRLF

※16 進数値'55'=-85dBm、16 進数値'80'=-128dBm、「55」=35,35(ASCII コード)

#### 5.4.3.3 @CS チャネル状況取得

ユーザがデータを送信する前に、現在のチャネルが送信可能な状況にあるかを問い合わせします。

判定のための RSSI レベル閾値は-105dBm です。

問い合わせ結果が‘送信可能’の場合は直ちにデータ送信を開始してください。

**書式:** '@' + 'CS' + 'CRLF'

詳細

フォーマット '@CS CRLF'

バリュー: 'EN'=他者キャリア無し送信可能      'DI'=他者キャリア有り送信不可

例

モニタコマンド: '@CS CRLF'

モニタレスポンス:      \* CS = EN CRLF or    \* CS = DI CRLF

※ どんなデータを送っても内部で自動的にキャリアセンスを行なっているので電波法違反になることはありませんが、この場合内部キャリアセンスの結果を処理しなければなりません。データの送信に先立ちこのコマンドで確認する方法が便利です。ただし、'@CS'コマンドのレスポンスが'EN'であっても状況によっては'IR'レスポンス'01'番が返ることがあります。詳細は‘キャリアセンス’の項をご覧ください。

#### 5.4.3.4 @RA RSSI 絶対値測定

設定されているチャネルの受信信号強度:RSSI の絶対値を測定します。測定値は RSSI 絶対値を表す 16 進数値です。得られる RSSI 値の符号はマイナスです。

**書式:** '@' + 'RA' + 'CRLF'

詳細

フォーマット '@RA CRLF'

RSSI 絶対値を表す 16 進数値: 00h - FFh

例 現在のチャネルの RSSI 絶対値を測定する

モニタコマンド:      @RA CRLF

モニタレスポンス

RM=CD の時      \* RA = 63 CRLF      ※63h=99

(RM=TX の時      \* RA = 63 -99dBm CRLF)

#### 5.4.3.5 @RC 全チャネル RSSI 絶対レベル測定

発信局の RSSI(受信信号強度)を全チャネルに渡って測定します。フィールドのフロアノイズレベルや他者電波レベル、自システム電波強度を確認することができます。測定値は RSSI の絶対値を表す 2 行の 16 進数値で ASCII 文字列で出力されます。得られる RSSI 値の符号はマイナスです。

**書式:** '@' + 'RC' + 'CRLF'

詳細

フォーマット '@RC CRLF'

例 発信局の RSSI 絶対値を全チャネルに渡って測定する。

モニタコマンド:      @RC CRLF

モニタレスポンス:      \* RC = 7A7C7D....7E7D CRLF

・40ch 分の RSSI データ(ASCII 文字 80Byte)がレスポンスされる

・符号はマイナス 例: 7A=-122dBm

## 5.4.4 テストコマンドと各種レスポンス

### 5.4.4.1 @CT テストデータ送信

発信局からテストデータを指定時間送信します。データを連続送信する場合は'ON'を、指定時間だけ送信する場合はカウント値を、送信を停止する場合は'OF'を指定してください。送信データは'CRLF'コードの繰り返しで、目的局の受信データは'\*DR=00'です。送信中に通信コマンド入力があれば、そのデータを送信します。

デフォルト: 'OF'

バリュー: 'ON': 連続送信オン(ON)、'OF': 連続送信オフ(OFF)、カウント値:01h~FFh を表す ASCII コード  
・カウント値は 1 カウント当たり 10 秒です。最大値は FFh で 2550 秒です。

#### 例 1 データ連続送信オン

テストコマンド: @CT ON CRLF

テ스트レスポンス: \* CT = ON CRLF

#### 例 2 データ連続送信オフ

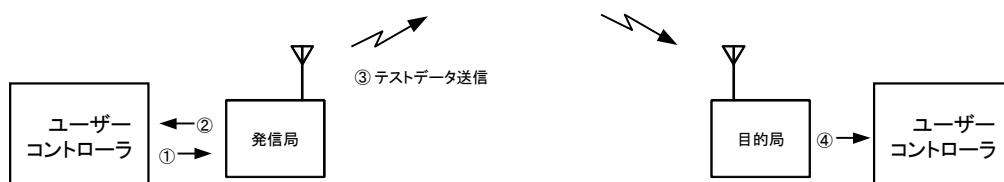
テストコマンド: @CT OF CRLF

テ스트レスポンス: \* CT = OF CRLF

#### 例 3 60 秒間データを送信します

テストコマンド: @CT 06 CRLF

テ스트レスポンス: \* CT = ON CRLF



#### ・発信局 5F の状況

- ① テストコマンド発行 @CT 06 CRLF
- ② テストレスポンス: \*CT=ON CRLF
- ③ テストデータ送信

#### ・全ての目的局の状況

- ④ データレシーブ \*DR=00
- ・目的局 ID が一致する場合はデータレシーブが指定時間出力される
- ・テスト信号の RSSI を測定するには目的局の機器 ID を'FFh'に設定し、'@RA'コマンドを使用します。

#### 5.4.4.2 @CP パケット試験

パケット試験のためのデータを送出します。

指定した目的局に対してデータパケットを送信し、目的局はそのままデータを送り返します。パケット長は1~255バイトまで任意に指定できます。

**書式1:**'@' + 'CP' + データサイズ + データ + '/' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式2:**'@' + 'CP' + データサイズ + データ + 'CRLF'

##### 詳細

フォーマット1 '@CP' ss DD....D '/' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット2 '@CP' ss DD....D 'CRLF'

ss : データサイズを16進2桁でASCII文字記述 値:00h~FFh、最大255バイト

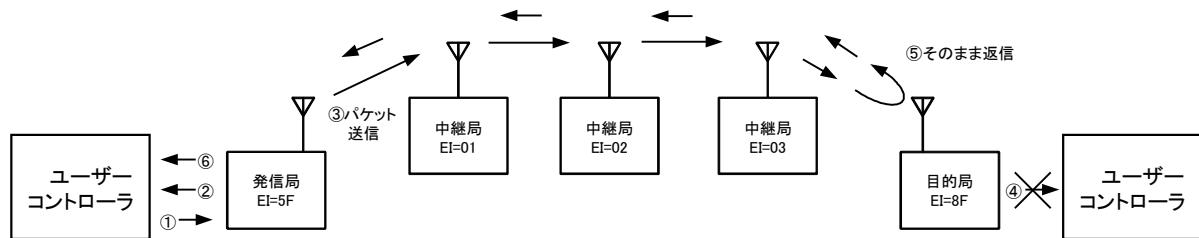
DD...D : Dは1バイトデータを表す。値:00h~FFh、データ数:最大255バイト

rr,rr,...,rr : ルート情報を16進2桁でASCII文字記述 値:00h~FEh、中継局数最大10台

・書式1ではルート情報をコマンドに直接記述します。

・書式2の場合はRTコマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局IDの内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器IDは最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合( RTコマンドでNAに設定)は目的局IDに設定されている機器が目的局になります。

例: 機器ID=5F番の発信局からデータ'ABC'を、中継局機ID=01,ID=02,ID=03を経由して機器ID=8F番の目的局に送り、そのまま送り返させる。



##### ・発信局5Fの状況

① テストコマンド発行

書式1: @CP 03 ABC / 01.02.03.8F CRLF

書式2: @CP 03 ABC CRLF

② テストレスポンス: \*CP=00 CRLF

③ データパケット送信

⑥ 目的局からのレシーブレスポンス

\*DR=03 ABC CRLF (中継時間経過後に outputされる)

##### ・目的局8Fの状況

④ データレスポンスはありません

⑤ データパケットをそのまま返信

#### ◇レシーブレスポンス(発信局に出力)

目的局宛送ったデータパケットがそのまま返され、レシーブレスポンスとして出力されます。

##### ・発信局の出力

\*DR = 03 ABC CRLF

## 5.4.5 拡張コマンドと各種レスポンス

### 5.4.5.1 '@DTxx@CHxx/C' 目的局チャネル変更

指定した目的局の使用チャネルを変更します。チャネル変更は遠方から行なってください。

書式 1: '@' + 'DT05' + '@CH' + チャネル番号 + '/C' + ルート情報 + 'CRLF'

書式 2: '@' + 'DT05' + '@CH' + チャネル番号 + '/C' + 'CRLF'

書式 3: '@' + 'DT07' + '@CH' + チャネル番号 + '/W/C' + ルート情報 + 'CRLF'

書式 4: '@' + 'DT07' + '@CH' + チャネル番号 + '/W/C' + 'CRLF'

#### 詳細

フォーマット 1 '@DT05' '@CH' cc '/C' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 2 '@DT05' '@CH' cc '/C' 'CRLF'

フォーマット 3 '@DT07' '@CH' cc '/W' '/C' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 4 '@DT07' '@CH' cc '/W' '/C' 'CRLF'

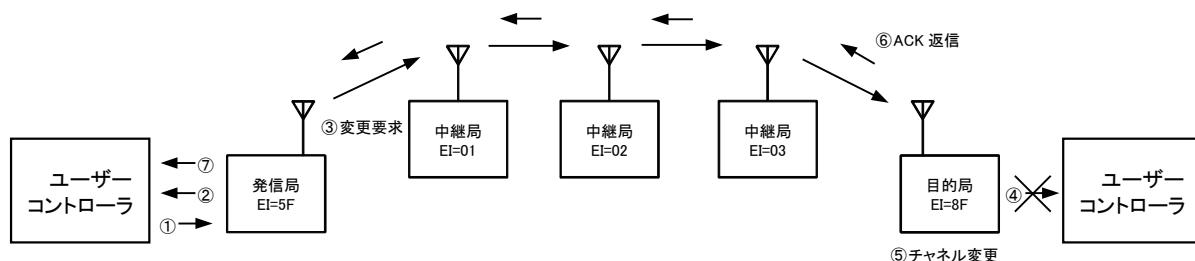
cc : チャネル番号を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:07h~2Eh

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、

中継局数最大 10 台

- 書式 1、3ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2、4の場合はRTコマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局IDの内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器IDは最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RTコマンドでNAに設定)は目的局IDに設定されている機器が目的局になります。
- 書式3、4:チャネルの変更をEEPROMに固定する場合は'W'オプションを付けてください。

例 目的局機器番号=8F のチャネルを 14ch(0E)チャネルに変更する。中継局は EI=01、02、03。



#### ・発信局 5F の状況

##### ①拡張コマンド発行

書式 1: @DT 05 @CH0E /C 01.02.03.8E CRLF  
書式 2: @DT 05 @CH0E /C CRLF

##### ②拡張レスポンス \*DT=05 CRLF

##### ③チャネル変更要求

##### ⑦ACK レスpons(中継時間経過後に outputされる)

\*DR=05 @CH0E CRLF

#### ・目的局 8F の状況

##### ④データレシーブはありません

##### ⑤チャネルを変更

##### ⑥ACK返信(チャネル変更完了通知)

### ◇ACK レスpons(発信局に出力)

目的局のチャネルを変更し、変更完了結果がACKレスポンスとして出力されます。

#### ・発信局の ACK レスpons出力(14 チャネルに変更完了)

\*DR = 05 @CH0E CRLF

#### 5.4.5.2 '@DTxx@CHxx/F' 複数局チャネル一括変更

指定した複数局の使用チャネルを一括で変更します。ルート情報に記述された局および自局のチャネルを一度に変更できます。各局のチャネル変更のタイミングは、目的局が発信局からのチャネル変更コマンドを受け付け、その後に発行する ACK が各局で受け付けされた時点です。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ネルが元のままであります。この場合はシステムのチャネル範囲を調べてから、目的局チャネル変更コマンドで遠方の局からチャネル変更を行なってください。

**書式 1:** '@' + 'DT05' '@CH' + チャネル番号 + '/F' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'DT05' '@CH' + チャネル番号 + '/F' + 'CRLF'

**書式 3:** '@' + 'DT07' '@CH' + チャネル番号 + '/W' + '/F' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 4:** '@' + 'DT07' '@CH' + チャネル番号 + '/W' + '/F' + 'CRLF'

##### 詳細

フォーマット 1 '@DT05' '@CH' cc '/F' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 2 '@DT05' '@CH' cc '/F' 'CRLF'

フォーマット 3 '@DT07' '@CH' cc '/W' '/F' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 4 '@DT07' '@CH' cc '/W' '/F' 'CRLF'

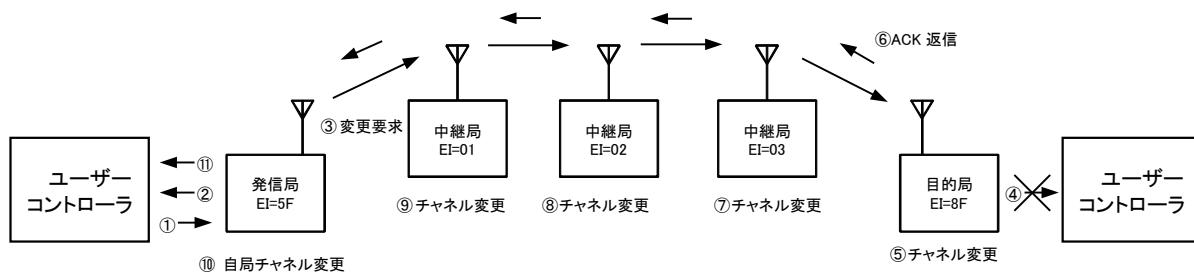
cc : チャネル番号を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:07h~2Eh

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、

中継局数最大 10 台

- 書式 1、3 ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2、4 の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。
- 書式 3、4: チャネルの変更を EEPROM に固定する場合は '/W' オプションを付けてください。

例 目的局機器番号=8F のチャネルを 14ch(0E)チャネルに変更する。中継局は EI=01、02、03。



##### ・発信局 5F の状況

###### ①拡張コマンド発行

書式 1: @DT 05 @CH0E /F 01.02.03.8F CRLF  
書式 2: @DT 05 @CH0E /E CRLF

###### ②拡張レスポンス \*DT=05 CRLF

###### ③チャネル変更要求

###### ⑩自局チャネルを変更

###### ⑪コントロールレスポンス

\*CH=0E CRLF

(発信局のチャネルが変更された時点で出力される)

##### ・目的局 8F の状況

###### ④データレシーブはありません

###### ⑤チャネルを変更

###### ⑥ACK返信 (チャネル変更完了通知)

#### ◇コントロールレスポンス(発信局に出力)

システム内の無線局のチャネルを変更し、変更完了結果としてコントロールレスポンスが出力されます。

##### ・発信局のコントロールレスポンス出力(14 チャネルに変更完了)

\*CH=0E CRLF

### 5.4.5.3 '@DT05@CTxx/C' 目的局テストデータ発信

指定した目的局からリンク試験用データを、カウント値で指定した時間だけ発信します。

送信データは'CRLF'コードの繰り返しで、受信ステーションのデータレシーブは'\*DR=00'です。送信中に入力データがあれば、そのデータを送信します。一旦、目的局から連続データが送信されると、無線では止めることができないので注意してください。

**書式 1:**'@' + 'DT05' + '@CT' + カウント値 + '/C' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:**'@' + 'DT05' + '@CT' + カウント値 + '/C' + 'CRLF'

#### 詳細

フォーマット 1 '@DT05' '@CT' xx '/C' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 2 '@DT05' '@CT' xx '/C' 'CRLF'

xx カウント値:01h～FFh を表す ASCII コード

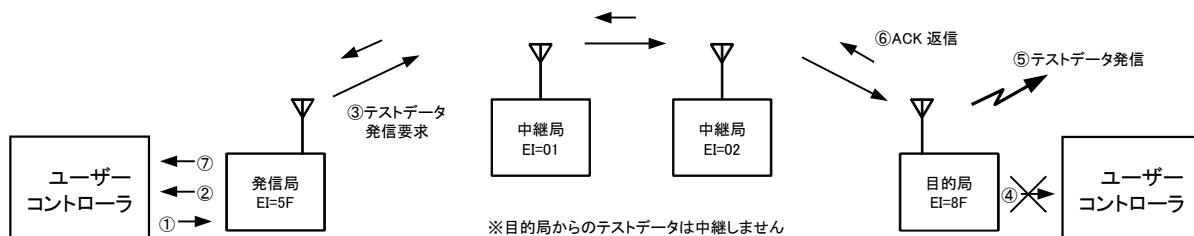
カウント値は 1 カウント当たり 10 秒です。最大値は FFh で 2550 秒です。

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h～FEh、

中継局数最大 10 台

- 書式 1 ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2 の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合 (RT コマンドで NA に設定) は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。

例 中継局 EI=01、02 を経由して、目的局機器番号=8F からテスト信号を 60 秒間発信する。



#### ・発信局 5F の状況

##### ① 拡張コマンド発行

書式 1: @DT\_05 @CT\_06 /C\_01.02.8F CRLF  
書式 2: @DT\_05 @CT\_06 /C CRLF

##### ② 拡張レスポンス \*DT=05 CRLF

##### ③ テストデータ発信要求

⑦ ACK レスポンス(中継時間経過後に outputされる)  
\*DR=05 @CT06 CRLF

#### ・目的局 8F の状況

##### ④ データレシーブはありません

##### ⑤ 60 秒間テストデータを発信

##### ⑥ ACK 返信 (テストデータ発信完了通知)

#### ◇ACK レスポンス(発信局に出力)

目的局からテストデータを発信し、発信完了結果が ACK レスポンスとして出力されます。

#### ・発信局の ACK レスポンス出力

\*DR = 05 @CT06 CRLF

#### 5.4.5.4 '@DT03@SR/C' 目的局リセット

指定した目的局をリセットします。リセットとは MU-4 の電源を入れた時の状態のことです。ユーザが EEPROM に固定的に設定した内容で立ち上ります。

**書式 1:** '@' + 'DT03' + '@SR' + '/C' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'DT03' + '@SR' + '/C' + 'CRLF'

##### 詳細

フォーマット 1 '@DT03' '@SR' '/C' rr,rr,...,rr 'CRLF'

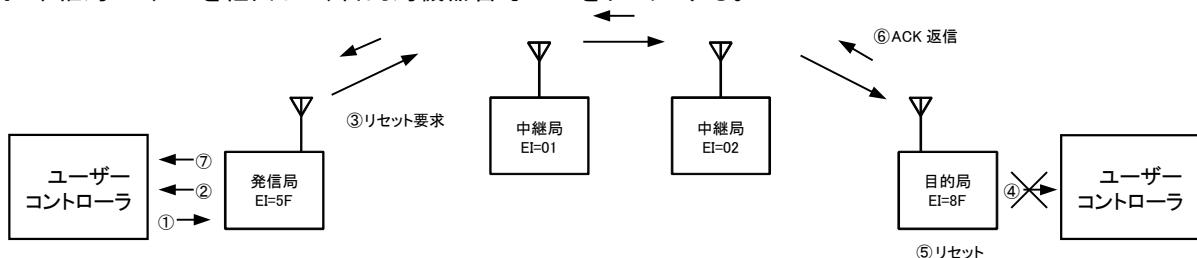
フォーマット 2 '@DT03' '@SR' '/C' 'CRLF'

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、

中継局数最大 10 台

- 書式 1ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合(RT コマンドで NA に設定)は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。

例 中継局 01、02 を経由して、目的局機器番号=8F をリセットする。



##### ・発信局 5F の状況

① 拡張コマンド発行

書式 1: @DT 03 @SR /C 01.02.8F CRLF  
書式 2: @DT 03 @SR /C CRLF

② 拡張レスポンス \*DT=03 CRLF

③ 目的局リセット要求

⑦ ACK レスポンス(中継時間経過後に outputされる )

\*DR=03 @SR CRLF

##### ・目的局 8F の状況

④ データレシーブはありません

⑤ リセットします

⑥ ACK 返信 (リセット完了通知 )

#### ◇ACK レスポンス(発信局に出力)

目的局をリセットし、リセット完了を ACK レスポンスとして出力します。

##### ・発信局の ACK レスポンス出力

\*DR = 03 @SR CRLF

#### 5.4.5.5 '@DT03@SR/F' 複数局一括リセット

指定した複数局をリセットします。リセットとは MU-4 の電源を入れた時の状態のことです。ユーザが EEPROM に固定的に設定した内容で立ち上ります。

ルート情報に記述された局および自局を一度にリセットすることができます。各局のリセットのタイミングは、目的局が発信局からのリセットコマンドを受け付け、その後に発行する ACK が各局で受け付けされた時点です。何らかのエラー要因で ACK 信号を確認できなかった局はリセットされません。

**書式 1:** '@' + 'DT03' + '@SR' + '/F' + ルート情報 + 'CRLF'

**書式 2:** '@' + 'DT03' + '@SR' + '/F' + 'CRLF'

##### 詳細

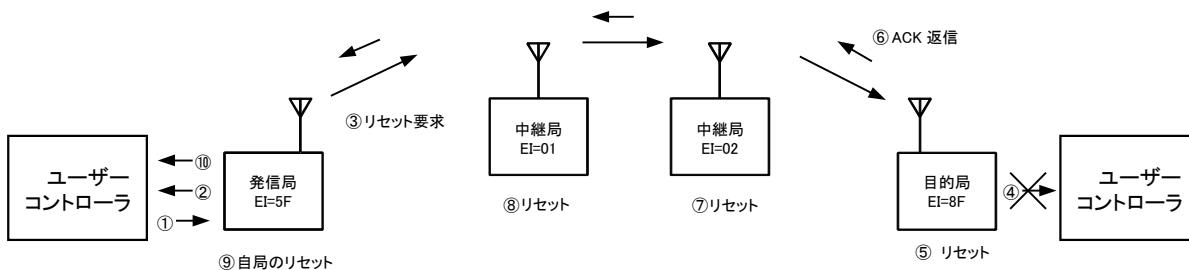
フォーマット 1 '@DT03' '@SR' '/F' rr,rr,...,rr 'CRLF'

フォーマット 2 '@DT03' '@SR' '/F' 'CRLF'

rr,rr,...,rr : ルート情報を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FEh、  
中継局数最大 10 台

- 書式 1ではルート情報をコマンドに直接記述します。
- 書式 2の場合は RT コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいは目的局 ID の内容に基づき送信されます。ルート情報を記述する場合、目的局の機器 ID は最後に記述してください。ルート情報が何も設定されていない場合 (RT コマンドで NA に設定) は目的局 ID に設定されている機器が目的局になります。

例 目的局機器番号=8F および中継局 01、02、発信局をリセットする。



##### ・発信局 5F の状況

①拡張コマンド発行

書式 1: @DI 03 @SR /F 01.02.8F CRLF  
 書式 2: @DI 03 @SR /F CRLF

②拡張レスポンス \*DI=03 CRLF

③目的局リセット要求

⑨自局をリセット

⑩コントロールレスポンス

\*SR=00 CRLF

(発信局がリセットされた時点で出力される)

##### ・目的局 8F の状況

④データレシーブはありません

⑤リセットします

⑥ACK 返信(リセット完了通知)

#### ◇コントロールレスポンス(発信局に出力)

システム内の無線局をリセットし、リセット完了をコントロールレスポンスとして出力します。

##### ・発信局の ACK レスポンス出力

\* SR = 00 CRLF

#### 5.4.6 レシーブレスポンス

モニタコマンドや拡張コマンドを発行すると、目的局で処理を行いその結果を発信局に返してきます。この処理結果データは発信局からレシーブレスポンスとして出力されます。

レシーブレスポンスは発行するコマンドによって内容が異なります。詳細は各コマンドの説明をご覧ください。

#### 5.4.7 ACK レスpons

拡張コマンドなどを発行すると、目的局でコマンドを受け付けたことを示す受信確認通知'ACK'を返してきます。この'ACK'は発信局から ACK レスponsとして出力されます。

ACK レスponsは発行するコマンドによって内容が異なります。詳細は各コマンドの説明をご覧ください。

#### 5.4.8 インフォメーションレスpons

MU-4 の処理内容に応じてインフォメーションレスponsがレスponsされることがあります。

レスpons表示モード設定コマンド'@RM = TX'あるいは'@RM = CD'を発行すると表示形式を変更できます。初期設定ではインフォメーションコードのみの表示です。

インフォメーションレスponsはコマンドモードの時のみ返されます。

#### 書式

プレフィックス + レスpons名 + '=' + バリュー + ターミネータ

プレフィックス： レスpons文字列の先頭を示すコードで '\*'=2Ah です。

レスpons名： 2 文字の ASCII 文字'IR'です。

バリュー： インフォメーションコードです。インフォメーションコードリストを参照してください。

ターミネータ： コマンドの終りを表すコード'CRLF'(0Dh, 0Ah)です。

#### インフォメーションレスpons例

レスpons文字列 * IR = 01 CRLF	実際に MU-4 から返ってくる 16 進コード <b>2A,49,52,3D,30,31,0D,0A</b>
-----------------------------	--

#### 例：

1、'@RM = CD CRLF'を発行した時

\* IR = 01 CRLF

2、'@RM = TX CRLF'を発行した時

\* IR = 01 : Channel status information CRLF

#### インフォメーションレスpons=01 の例

10 Byte (0Ah)データ '0123ABC%#\$'を送信したがキャリアセンスの結果、無線送信できなかった場合  
発信局の状況

データ送信コマンド：

@DT 0A 0123ABC%#\$ CRLF

データ送信レスpons：

\* DT = 0A CRLF

インフォメーションレスpons：

\* IR = 01 CRLF 内部キャリアセンスの結果データ送信できませんでした

#### ◇インフォメーションコードリスト

##### コード インフォメーション記述

01 Channel status information

##### 意味

キャリアセンスの結果、データ送信できません。データを破棄しました。  
詳細は‘キャリアセンス’の項をご覧ください。

02 EEPROM System data error

EEPROM のシステムデータにエラーがあります。

詳細は‘EEPROM 読出しエラー’の項をご覧ください。

#### 5.4.9 エラーレスポンス

発行した送信コマンドおよびコントロールコマンドの書式等にエラーがあった場合には、下記のようなエラーコードがレスポンスされます。

このエラーコードは製品開発時に必要となります。製品ではエラーが出ないようにしてください。

レスポンス表示モード設定コマンド'@RM = TX'あるいは'@RM = CD'を発行すると表示形式を変更できます。初期設定ではエラーコードのみの表示です。

**書式:** プレフィックス + レスポンス名 + '=' + バリュー + ターミネータ

プレフィックス: レスポンス文字列の先頭を示すコードで'\*'=2Ahです。

レスポンス名: 2 文字の ASCII 文字'ER'です。

バリュー: エラーコードリストに示すエラーコードです。

ターミネータ: コマンドの終りを表すコード'CRLF'(0Dh, 0Ah)です。

#### エラーレスポンスのコード

レスポンス文字列	実際に MU-4 から返ってくる 16 進コード
* ER = 1D CRLF	<b>2A,45,52,3D,31,44,0D,0A</b>

例: '@BR' マンドを発行した場合のエラーレスポンス

1、'@RM = CD CRLF'を発行した時

\* ER = 0A CRLF

2、'@RM = TX CRLF'を発行した時

\* ER = 0A : BR command format error CRLF

## ◇エラーコードリスト

コード	エラー記述	意味
01	Issued command is not found	発行したコマンドはありません
02	Channel data error	指定したチャネルは範囲外です
03	CH command error	'CH'コマンドは2桁のHex文字で指定してください
04	CH command format error	'CH'コマンドの書式が違います
05	DT command error	'DT'コマンドは2桁のHex文字で指定してください
06	DT command format error	'DT'コマンドの書式が違います。データサイズを確認してください
07	-	
08	RA command format error	'RA'コマンドの書式が違います
09	RM command format error	'RM'コマンドの書式が違います
0A	BR command format error	'BR'コマンドの書式が違います
0B	-	
0C	MD command format error	'MD'コマンドの書式が違います
0D	DI command error	'DI'コマンドは2桁のHex文字で指定してください
0E	DI command format error	'DI'コマンドの書式が違います
0F	EI command error	'EI'コマンドは2桁のHex文字で指定してください
10	EI command format error	'EI'コマンドの書式が違います
11	TC command format error	'TC'コマンドの書式が違います
12	TB command format error	'TB'コマンドの書式が違います
13	Command input time exceeds limit	コマンド入力時間が制限時間を超えました
14	-	
15	CT command format error	'CT'コマンドの書式が違っています
16	-	
17	UI command error	'UI'コマンドは4桁のHex文字で指定してください
18	UI command format error	'UI'コマンドの書式が違います
19	CS command format error	'CS'コマンドの書式が違います
1A	PB command format error	'PB'コマンドの書式が違います
1B	SB command format error	'SB'コマンドの書式が違います
1C	-	
1D	-	
1E	RT command format error	'RT'コマンドの書式が違います
1F	IZ command format error	'IZ'コマンドの書式が違います
20	SR command format error	'SR'コマンドの書式が違います
21	RI command format error	'RI'コマンドの書式が違います
22	SN command format error	'SN'コマンドの書式が違います
23	-	
24	SY command format error	'SY'コマンドの書式が違います。
25	RC command format error	'RC'コマンドの書式が違います
26	SI command format error	'SI'コマンドの書式が違います
27	RR command format error	'RR'コマンドの書式が違います
28	PW command format error	'PW'コマンドの書式が違います
29	RA command format error	'RA'コマンドの書式が違います
2A	-	
2B	-	
2C	-	
2D	EC command format error	'EC' コマンドの書式が違います
2E	-	
2F	-	
30	UART Over Run error	UART のオーバーランエラーです
31	UART Framing error	UART のフレーミングエラーです
32	UART Parity error	UART のパリティエラーです
33	-	
34	-	
34	-	
36	-	
37	-	
38	TR command format error	'TR'コマンドの書式が違います
39	TR data input port off	透過入力ポートが off になっています

40	EEPROM block0A even address damage	EEPROM Block 0A の奇数アドレスが破損しています
41	EEPROM block0A odd address damage	EEPROM Block 0A の偶数アドレスが破損しています
42	EEPROM block0B even address damage	EEPROM Block 0B の奇数アドレスが破損しています
43	EEPROM block0B odd address damage	EEPROM Block 0B の偶数アドレスが破損しています
44	EEPROM block1 even address damage	EEPROM Block 1 の奇数アドレスが破損しています
45	EEPROM block1 odd address damage	EEPROM Block 1 の偶数アドレスが破損しています
46	EEPROM block2 even address damage	EEPROM Block 2 の奇数アドレスが破損しています
47	EEPROM block2 odd address damage	EEPROM Block 2 の偶数アドレスが破損しています
48	EEPROM block3 even address damage	EEPROM Block 3 の奇数アドレスが破損しています
49	EEPROM block3 odd address damage	EEPROM Block 3 の偶数アドレスが破損しています
50	EEPROM block0A even address correct	EEPROM Block 0A の奇数アドレスが修復されました
51	EEPROM block0A odd address correct	EEPROM Block 0A の偶数アドレスが修復されました
52	EEPROM block0B even address correct	EEPROM Block 0B の奇数アドレスが修復されました
53	EEPROM block0B odd address correct	EEPROM Block 0B の偶数アドレスが修復されました
54	EEPROM block1 even address correct	EEPROM Block 1 の奇数アドレスが修復されました
55	EEPROM block1 odd address correct	EEPROM Block 1 の偶数アドレスが修復されました
56	EEPROM block2 even address correct	EEPROM Block 2 の奇数アドレスが修復されました
57	EEPROM block2 odd address correct	EEPROM Block 2 の偶数アドレスが修復されました
58	EEPROM block3 even address correct	EEPROM Block 3 の奇数アドレスが修復されました
59	EEPROM block3 odd address correct	EEPROM Block 3 の偶数アドレスが修復されました

注意: CA、CP、CR コマンドに対するエラーコードは DT コマンドエラー05、06 番となります。

## 第6章 プログラム開発方法

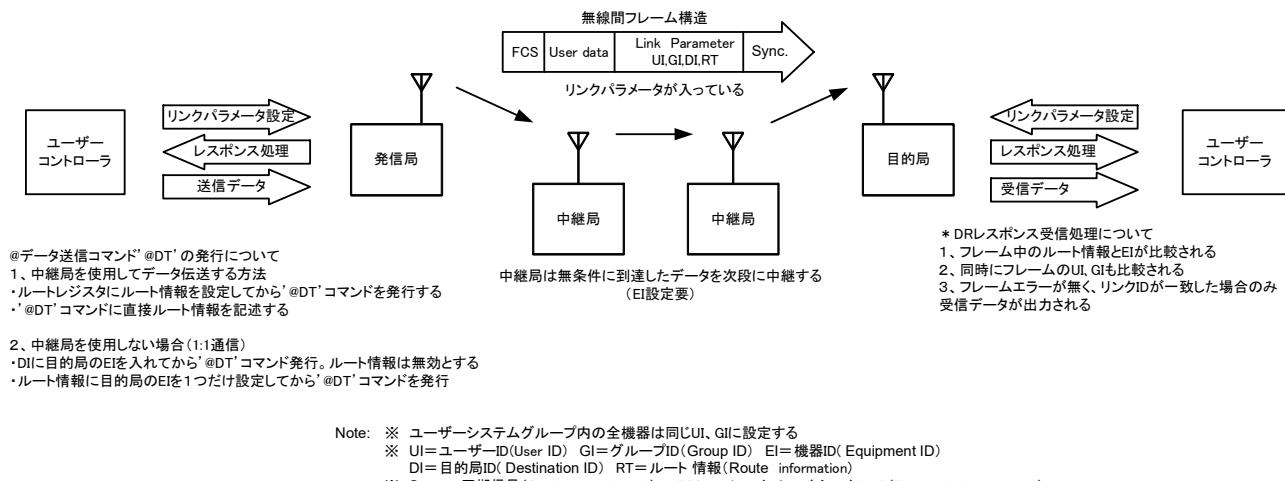
MU-4 のコントロールはコマンドの発行と、そのレスポンス(目的局におけるデータレシーブを含む)を処理することです。MU-4 は3つのモードを持っていますが、実用的なアプリケーションを作る上で必要なモードはコマンドモードです。この章ではユーザがプログラムを開発する上で必要となると思われる事項についてコマンドモードを中心に説明します。

MU-4 は無線を使用する各種機器に対応するために、無線通信の基本部分の提供を目的としています。このため用途によっては ARQ、MCA 等の手法をユーザアプリケーション側で組み込む必要があります。

※ARQ:automatic repeat request 、MCA:Multi-Channel Access

### 6.1 ユーザ処理の概要

ユーザが MU-4 をコントロールする場合の概要を単向通信の場合を例にとり説明します。



MU-4 を使ってデータ通信を行なう場合は最初に各種の初期設定を行なう必要があります。MU-4 に対してコントロールコマンドを発行するとMU-4 からはそのコマンドに応じたコマンドレスポンスが必ず返ってきます。必要に応じてコマンドレスポンスを処理してください。また、発信局からのデータを受信した場合はデータレシーブが目的局から出力されるのでデータサイズに応じた受信処理を行ないます。データ送信コマンドでデータを送信する場合は電波法によるキャリアセンス規定による処理が MU-4 の内部で行なわれ、電波が発射できない場合はインフォメーションレスポンス01番を返してくるので処理を行なってください。(チャネル状況取得コマンド'@CS'を使用すれば送信動作の前にデータを送ることができるか判断できます。)

発信局から送信したデータを目的局で受信するためにはリンクパラメータを設定する必要があります。データ送信コマンドを発行するとリンクパラメータは実際の無線間データフレームの中に配置され、各ステーションで適切な処理がされます。中継局は自局宛てデータではないので無条件に中継するだけです。目的局はデータエラーがない限りデータレシーブとしてユーザーコントローラに出力します。

データの送受信を確実にするためには、ACK 要求付きデータ送信コマンドを使用してください。

また、使用チャネルの電波状況が悪い場合には、拡張コマンドを使用すると中継機能を利用して各ステーションのチャネルを変更することができます。

中継局にも目的局と同じユーザーデータを出力することができる便利なデータ送信コマンドもあります。

## 6.2 MU-4 の動作について

1. MU-4 の無線間ビットレートは 4800bps 固定となっており、UART(RS232C)インターフェースのレートとは違うので注意してください。また、無線間データはユーザーデータの他に、通信実現のためのプリアンブル、コントロールデータ、エラーチェックなどを附加したフレーム構造となっています。このため標準プロトコル通信での無線間実効ビットレートは約 3400bps です。  
エラー訂正プロトコルではエラー訂正処理に時間がかかるため実効ビットレートは約 2300bps です。
2. MU-4 のシリアルインターフェースでは RTS、CTS のハードウェアフローコントロールを行っています。  
RTS 信号は MU-4 からユーザーシステムに対する出力信号で、RTS が Low の時に MU-4 はデータ受信が可能です。  
RTS が High の時は内部データバッファが一杯で受信できません。  
CTS 信号はユーザーシステムからの入力信号で、CTS が Low になっている場合に MU-4 はデータを出力します。  
CTS が High の時はデータ出力を停止します。
3. MU-4 のモード(コマンド、テキスト、バイナリー)切り替えは次のようにします。
  - a. コマンドモードとバイナリーモードの切り替え  
コマンドモードからバイナリーモードにするには、'@MD BI'コマンドを発行してから MODE 端子を Low にしてください。バイナリーモードからコマンドモードへ切り替えるには MODE 端子を High してください。
  - b. コマンドモードとテキストモードの切り替え  
コマンドモードからテキストモードに切り替えるには '@MD TX'コマンドを発行してから MODE 端子を Low にしてください。  
テキストモードからコマンドモードに切り替えるには MODE 端子を High してください。  
MODE 端子を Low にしたままテキストモードからコマンドモードに移行するには ESC コード(エスケープコード:1Bh)を発行します。
4. 電源投入時の動作について  
本ユニットは電源を入れてから内部動作が安定するまでに 100ms かかります。  
この間はコマンドを受け付けられません。
5. MU-4 は無線間のユーザーデータフレームの送受信に関して、正常受信したフレームデータのみを UART から出力し、無線間エラーがあった場合はフレームデータを破棄するように動作します。そのことに対するレスポンスはありません。

## 6.3 コマンド送信処理



注意

MU-4 が持っていないコマンドは絶対使用しないでください。

### 6.3.1 コマンドの発行

例えば'@CH 03 CRLF'のようなコマンドはキャラクタを順次 UART に送り込む方法が取れます。

※ @:@(40h)=プレフィックス CRLF:CR(0Dh)=キャリッジリターン、LF(0Ah)=ラインフィード

#### a. 埋め込み CPU の場合

コマンドの発行は、まずコマンドデータを準備して、先頭から 1 バイト毎に UART に送り込みます。UART は 1 バイト送信する度に送信割り込みがかかるので、そのルーチン内でコマンドの全バイトが送信されるようになります。

例: '@CH 20 CRLF'の場合

任意のタイミングで最初に'@'を送ると自動的に送信割り込みが掛かるので、送信割り込みルーチンの中で次のバイト'C'を送るようにし、これを繰り返します。コマンド内のすべてのキャラクタを送った時点で送信割り込みを終了させるためには、あらかじめターミネータを含めたコマンドサイズを取得しておき、そのサイズで送信数を管理します。

#### b. Windows などのOS上プログラムの場合

RS232C 処理コンポーネントなどに、あらかじめ用意しておいたコマンド文字列を送り込みます。

### 6.3.2 データ送信コマンドの発行

例: 5 バイトのデータ'##&45'を送信する場合

コマンド文字列は'@DT 05 ##&45 CRLF'とします。

事前に送信データ(##&45)のバイト数を 2 桁の 16 進数値で求め、データ送信コマンド'@DT'コマンドのデータサイズ部に ASCII 文字で入れます。コマンドレスポンスは'\* DT = 05 CRLF'です。

MU-4 が 1 回に送ることができるデータサイズは 255 バイト以下ですが、内部は 255 バイトのダブルバッファ構造となっています。また、通常は受信モードですが、バッファの一方にユーザーデータが送り込まれた時点でキャリアセンス処理を行い、送信可能な場合に送信モードに切り替えて無線送信を開始します。送信が終わった時点で再び受信モードに戻ります。

ユーザーデータを無線間送信している間に次のユーザーデータを送り込んだ場合、MU-4 は受信モードには戻らず連続送信モードになります。このことはサイクリックなデータ送信や 255 バイトを超えるデータを送信をする場合に効率が良くなります。

つまり、データ送信コマンド'@DT'でデータを送った後コマンドレスポンス'\* DT'を確認してから、下記計算式で求めた時間内に次のデータを送り込むようにすれば、必ず連続送信モードになります。この時間を超えると MU-4 は受信モードに戻ってしまいます。

次データ送り込み時間 = 5ms + 2.08ms × 送信中のユーザーデータ数 以内

※データの送り込みに関して、ハードウェアフロー制御が働きます。

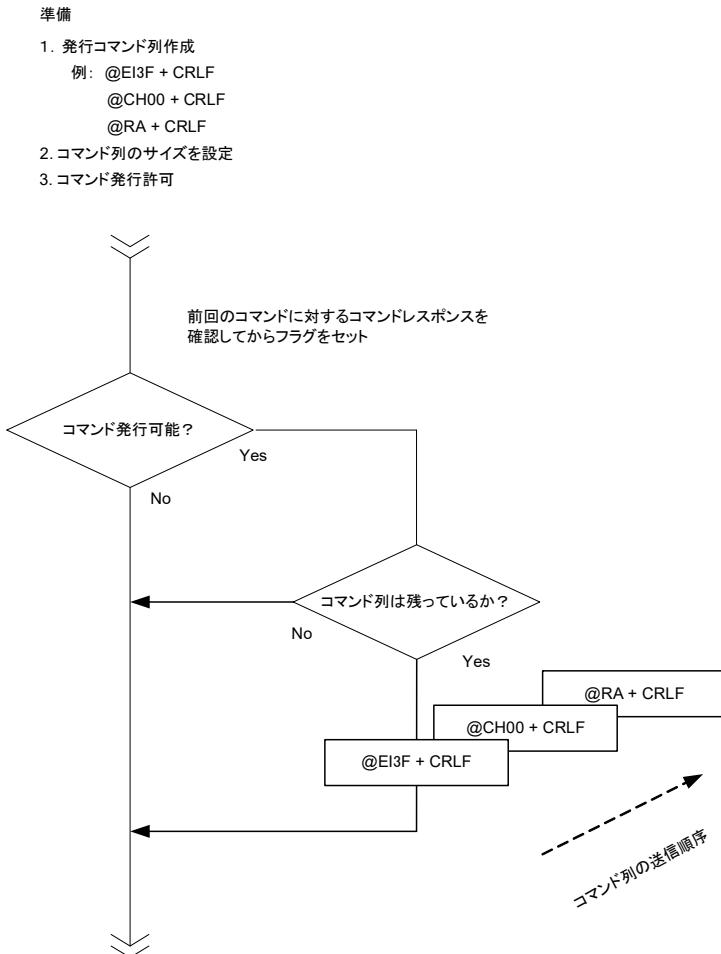
### 6.3.3 コマンドの連続発行

'@CH03CRLF@EI33CRLF@DI05CRLF'のようにコマンドを続けて発行することはできません。つまり、1つのコマンドには必ず対応した1つのコマンドレスポンスがあり、このコマンドレスポンスを確認した後でなければ次のコマンドを発行してはいけません。

手順は次のようにになります。

1. '@CH 03 CRLF' コマンド発行
2. '@EI 33 CRLF' コマンド発行
3. '@DI 05 CRLF' コマンド発行

- ' \* CH = 03 CRLF' レスポンス確認(処理)
- ' \* EI = 33 CRLF' レスポンス確認(処理)
- ' \* DI = 05 CRLF' レスポンス確認(処理)



### 6.3.4 コマンドの連続発行(レスポンスを無視する場合)

第7章のタイミング図で示すように、各コマンドに対するコマンドレスポンスは一定時間を経過した後に返ってきます。コマンドの連続発行はコマンドレスポンスを無視して、コマンドとコマンドの間にウェイトルーチンを挿入することによって行なうこともできます。この方法を使う場合はタイミングに余裕をとり、充分テストを行なってから製品化してください。

## 6.4 レスポンス、レシーブ処理

### 6.4.1 レスポンス、レシーブについて

MU-4からのレスポンス、レシーブは次のような場合に返ってきます。

1. コマンドを発行した場合(コマンドレスポンス、エラーレスpons)
2. 発行したコマンドに対する目的局からの処理結果(レシーブレスポンス、ACK レスpons)
3. キャリアセンス結果(インフォメーションレスpons)
4. 発信局からのデータを受信した場合(データレシーブ)

### 6.4.2 レスポンス、レシーブ書式

すべてのレスポンス、レシーブはプレフィックス'\*'で始まり、コマンドレスポンス名は対応するコマンドと同じで 2 キャラクタの ASCII 文字です。'\*DR'、'\*DC'、'\*DS'レシーブは無線で送られてきたデータを示し、送信側のデータ送信コマンド'@DT'に対応したものです。

2 キャラクタのレスポンス、レシーブ名に続いて'='があり、その後にパラメータやバリュー、データを示すバイトが続きます。

レスポンス、レシーブの最後には CRLF(0Dh, 0Ah) の 2 キャラクタのターミネータが付いています。

例: \*CH = 1B CRLF      \*EI = 30 CRLF      \*DR = 0B 666666666666 CRLF

### 6.4.3 レスポンス、レシーブタイプ

レスポンス、レシーブには次のようなタイプがあり、タイプ別に処理する必要があります。

1. 2 キャラクタレスポンス: レスポンスの引数が 2 キャラクタのレスポンス  
BR, CA, CH, CP, CR, CS, CT, DI, DT, EC, EI, ER, GI, IR, IZ, MD, RA, PB, RM, RR, SB, SI, SR, TB, TC, VR  
例: コマンド'@CH 2A'発行 レスポンス: '\*CH = 2A'  
バリュー'2A'は 16 進数値を表す 2 キャラクタの ASCII 文字です
2. 4 キャラクタレスポンス: レスポンスの引数が 4 キャラクタのレスポンス  
UI  
例: コマンド'@UI 800F,xxxx'発行 レスポンス: '\*UI = 800F CRLF'  
バリュー'800F'は 16 進数値を表す 4 キャラクタの ASCII 文字です。
3. データレシーブ: データを無線間受信した時のデータ  
例: 無線受信データ 10 個(0Ah)の数値を受信した時  
データレシーブ'\*DR = 0A5555555555 CRLF'  
'0A'は受信データ数で、16 進数値を表す 2 キャラクタの ASCII 文字です。  
データサイズの後にはその数のユーザーデータバイトがあります。
4. レスポンスなし: コマンドに対するレスポンスが無いもの  
スタンバイモード設定コマンド SY にはレスポンスがありません。
5. チャネル数 × 2 個バイトのレスポンス: レスポンスの引数が左記のサイズのレスポンス  
RC
6. 9 キャラクタレスポンス: レスポンスの引数が 9 キャラクタのレスポンス  
SN
7. レスポンス長が規定できないもの  
RT、VR はレスポンス長が規定できません。ターミネータで判断してください。

#### 6.4.4 レスポンス、レシーブの処理

まず、MU-4 ユニットからユーザーコントローラの UART に入ってくるレスポンス、レシーブデータは、リングバッファで受け取ります。レスポンス、レシーブ識別ルーチンでは、リングバッファにデータがあれば 1 バイトずつ引き取り、レスポンス、レシーブの解釈を行います。その後、それぞれのレスポンス、レシーブに対応した処理ルーチンに分岐します。

レスポンス、レシーブタイプの判断は、すべてのレスポンス、レシーブ文字列をテーブルに用意しておき比較判断します。比較結果はテーブル上のレスポンス、レシーブ位置を整数で返すようにして、その値で処理ルーチンへ分岐するようにすると便利です。

テーブルにはレスポンス、レシーブをタイプ別にグループ分けして配置します。

例:

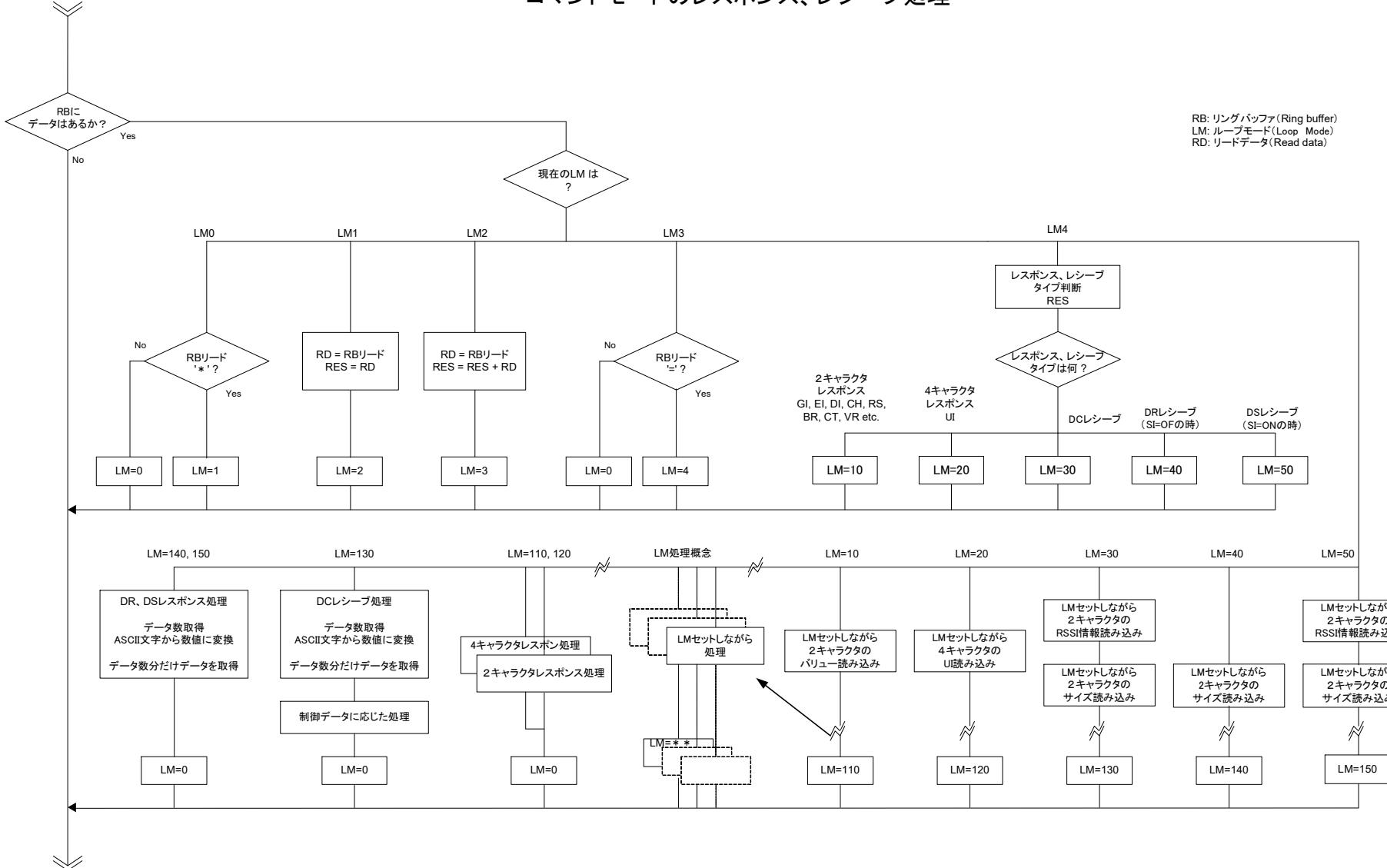
```
配列 : array['BR','CH','CS','CT','DI','DR','DT','EI','ER','GI','IR','MD','PB','RA','RM','SB','TC','TB','UI','VR']
```

レスポンス、レシーブのバリューには数値を表す ASCII 文字列があり、数値の場合は ASCII 文字から数値に変換するルーチンを用意します。例えば、データを受信した時のデータレシーブ' \* DR' のバリューは受信したユーザーデータ数を示しているので、数値への変換を行い、この値の分だけデータを取得します。

### メインループ

ループモード 0 (LM = 0)でスタート

### コマンドモードのレスポンス、レシーブ処理



## 6.5 エアーモニタ機能の実現

評価プログラムで見られるようなエアーモニタ機能は、受信機の RF 入力レベルを取得しフィールドの電波状況をモニタするものです。

MU-4 は RSSI 絶対値測定コマンド'@RA'を発行し指定チャネルの RSSI レベルを引き取ることができます。

エアーモニタ機能を実現するには、機器 ID に RSSI レベル取得専用 ID(EI=FFh)を指定し、各チャネルの RSSI レベルを順次取得しながら、グラフ作成コンポーネントなどにその RSSI レベルを出力します。

※ MU-4 の機器 ID が EI=FFh の時はシステム予約となっており特別な動作となります。

目的局 ID=FFh ではデータを送信することはできず、機器 ID が EI=FFh の時はたとえ他のリンクパラメータが一致しても受信データを出力することなく、'@RA'コマンドで現在のチャネルの電波強度:RSSIを読み取ることができます。

手順は次の通りです。

4. '@EI FF'コマンド発行

この設定は最初に 1 回だけ行います。

5. '@CH xx'コマンド発行

RSSI レベルを収集するチャネルを指定します。'xx'はチャネルを表す 16 進数値です。

6. '@RA'コマンド発行

RSSI レベルを取得します。

4. 取得した RSSI レベルをグラフコンポーネントなどに出力します。

5. 2~4 を繰り返す。

※'@RA'コマンドを発行するには、必ず先に発行した'@CH'コマンドのレスポンスを確認してください。

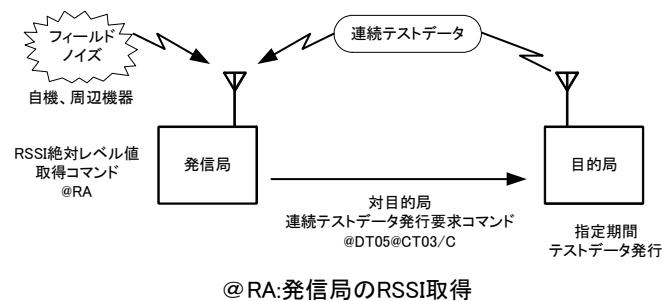
## 6.6 通信のためのフィールド状況の把握

MU-4 を使用したアプリケーションでは、開発段階や開発が完了して実際に運用する場合において、安定した通信のために常にシステムのフィールド状況を把握することが必要です。つまり、MU-4 をユーザーシステム基板に実装する開発段階では、無線性能の最適値を引き出すようにパターン設計や部品配置を考える必要があります。運用段階では安定、信頼性のある通信を確保するために電波状態や周辺フロアノイズを測定し最良のポイントに機器を設置する必要があります。MU-4 はこの様な通信状況を把握するための次の様な便利なコマンドを持っています。

1. '@RA': 発信局の RSSI 絶対レベル取得
2. '@CR': 目的局の RSSI 絶対レベル取得(実信号レベルおよびフロアノイズレベル)
3. '@CP': パケット試験

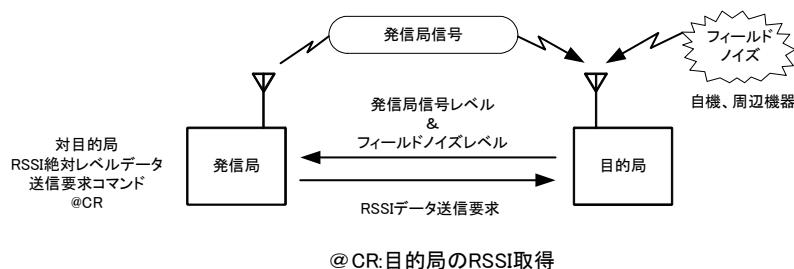
### 6.6.1 発信局 RSSI 測定

'@RA'コマンドを発行すると発信局の RSSI レベルを測定することができます。自機や周辺機器からの高周波ノイズや、発信局からの信号レベルを測定しながら最適化を図ることができます。目的局からの信号レベルを測定するために、発信局から目的局に対して、連続データ発行要求コマンド' @DT 05 @CT xx'を発行することができます。



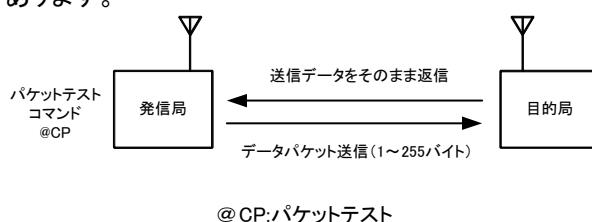
### 6.6.2 目的局 RSSI 測定

安定した通信を行なうためには、十分な信号レベルを確保できるポイントに機器を設置する必要があります。  
'@CR'コマンドを発行して、目的局のフロアノイズや発信局からの信号レベルを測定して送り返すことができます。



### 6.6.3 パケット試験

'@CP'コマンドを使用してパケットを送信すると、目的局はそのまま返信してきます。このことを利用してフィールド状況に応じたパケット到達率を測定することができます。' @CP'コマンドでは 1 パケット当たりのデータサイズを 0~255 バイトまでの範囲で設定することができます。機器を最適ポイントに設置するために' @CP'コマンドにより複数回のパケットを送信してパケット到達率を測定してください。ただしパケット送信手続き、到達率の計算をプログラムする必要があります。



## 6.7 データ送信の実現

MU-4 が一回に送ることができるデータバイト数は 255 バイトまでです。255 バイトを超えるデータを送信する場合はデータを分割して送信するなど、ユーザーが送信プロトコルを組み込む必要があります。

MU-4 は無線間のユーザーデータフレームの送受信に関して、正常受信したフレームのみを出力し、無線間エラーがあったフレームは破棄するように動作します。なお、フレーム落ちに対するレスポンスはありません。

ファイル送信などのように多量のデータを送信する場合は双向通信で ARQ(Automatic Repeat Request: 再送要求)などを行い、無線間エラー要因によるフレーム落ちに対処する必要があります。データフレームにはフレーム番号などを含め、再送要求の判断基準とします。

### 6.7.1 データの送り込み方

MU-4 内部のキャリアセンスを利用する場合はインフォメーションレスポンスの処理を行わなければなりません。

MU-4 にデータを送り込む前にそのチャネルでデータが送信できるか判断すれば便利です。

MU-4 ではチャネル状況取得コマンド'@CS'を使用してチャネルが使用できるか判断することができます。

'@CS'コマンドでは判定閾値は-105dBm で、その結果を

'EN'=他者キャリア無し送信可能

'DI'=他者キャリア有り送信不可

の形でレスポンスを返します。

1. 送信チャネルを決定し、チャネル設定コマンド'@CH xx'を発行します。
2. チャネルレスポンス' \* CH = xx'を確認した後、チャネル状況取得コマンド'@CS'を発行します。
3. レスpons ' \* CS = EN'又は' \* CS = DI'を処理して、他者キャリア無しの場合には直ちにデータを送出してください。

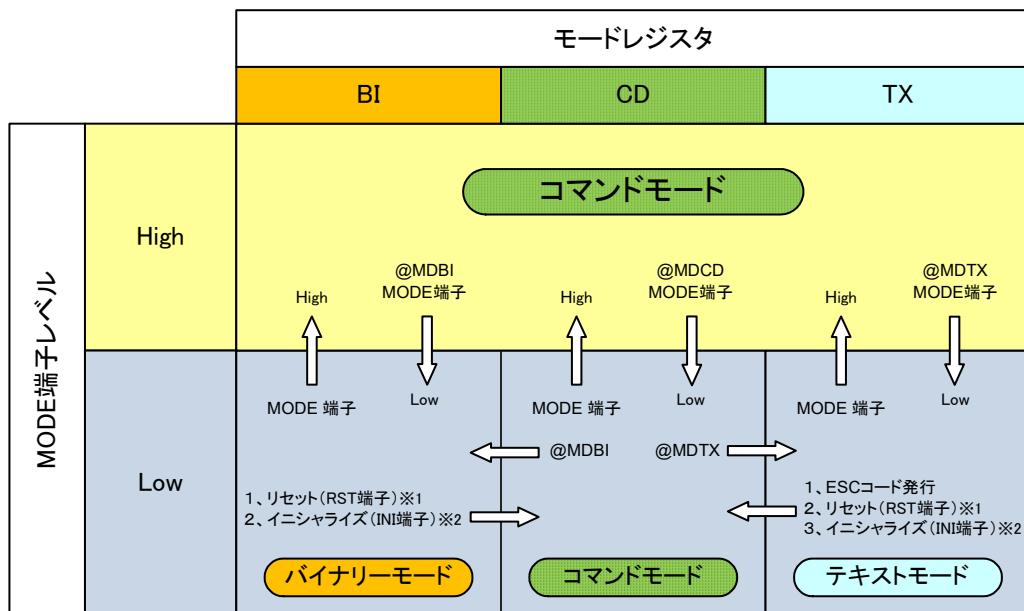
## 6.8 バイナリーモードでの運用

MU-4 のバイナリーモードは試験通信用として位置付けられています。MU-4 を使用するアプリケーションは基本的にはコマンドモードを使用してください。

しかし、1 回に送るデータが 255 バイト以下のアプリケーションの場合は、一定条件を守ればバイナリーモードを使用してシンプルなアプリケーションの開発が可能です。このことは新規のアプリケーション開発に適用され、既存の機器が出力するデータをそのまま送れることを意味しません。つまり、既存の機器の出力データのフォーマット、タイミング、コントロール線状態が、本マニュアルで示す内容に合致している必要があります。

### 6.8.1 モードについて

最初に、MU-4 のコマンドモードとバイナリーモードについて説明します。下図は MU-4 のモード関係図です。



BI:バイナリーモード、CD:コマンドモード、TX:テキストモード

#### ◇コマンドモード

MU-4 をコマンドモードにするには次の 2 通りの方法があります。

1. MODE 端子を H にすると、MU-4 モードレジスタの内容に関わり無くコマンドモードになります。
2. MODE 端子が L の時は、電源を入れると EEPROM に設定されているデフォルトモードでスタートするので、そのモードによって次のようにします。  
バイナリーモードの時: MU-4 をイニシャライズします。  
テキストモードの時: エスケープコード: 'ESC' を発行します。

※ イニシャライズ方法: INI 端子を L にしながら電源を入れます。一旦電源を切り INI 端子を開放にして再度電源を入れ直してください。

#### ◇バイナリーモード

MU-4 をコマンドモードからバイナリーモードにするには次の 2 通りの方法があります。

1. MODE 端子が H の時は、MU-4 モードレジスタをコマンド '@MD BI' でバイナリーモードにします。続いて MODE 端子を L にします。
2. MODE 端子が L の時は、電源を入れると EEPROM に設定されているデフォルトモードでスタートするので、そのモードによって次のようにしてください。  
コマンドモードの時: MU-4 モードレジスタをコマンド '@MD BI' でバイナリーモードに設定します。  
テキストモードの時: 'エスケープコード: ESC' を発行してコマンドモードにしてから切り替えます。

## 6.8.2 新規開発する場合

MU-4 のバイナリーモードを使用する方法には次のようなものがありますが、このモードで使用するには後述の“**バイナリーモードの使用条件**”を満足していかなければなりません。

MODE 端子は CPU でコントロールするようにしてください。

### 1. バイナリーモードとコマンドモードを切り替えながら使用する

チャネルや送信先の変更などを行なう必要があるアプリケーションでは、MODE 端子を CPU でコントロールして、コマンドモードとバイナリーモードの切り替えを行ないます。

### 2. 電源投入直後からバイナリーモードのみを使用する

チャネルや送信先の変更が無く、システムの電源を投入した直後からバイナリーモードとして使用したい場合は、MU-4 モードレジスタを設定し EEPROM に固定するコマンド”@MD BI /W”を発行してください。この操作はシステム運用の初回に 1 回だけ行なえれば OK です。また、電源立ち上げ時に MODE 端子が L になるようにしてください。なお、あらかじめチャネルやユーザー ID、目的局 ID などもコマンドの’/W’オプションを使用して EEPROM に固定しておいてください。

### 3. 接続例

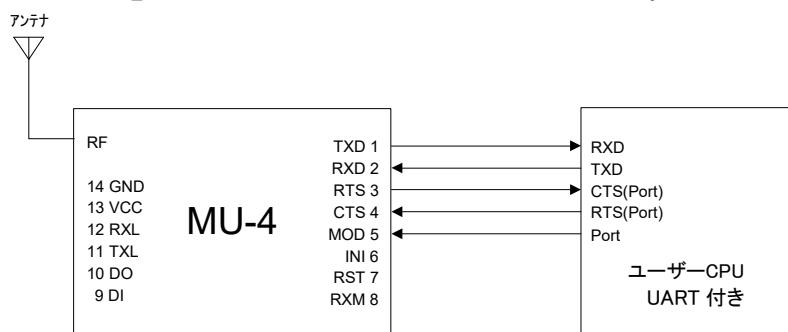
ハードウェアフロー制御する場合としない場合の接続例です。

MU-4 では通常データバッファのオーバーフローを防止するために、シリアル通信のフロー制御はハードウェアフロー制御方式に固定されています。これはバイナリーモードの場合も一緒です。しかし一回に送るデータが 255 バイト以下の場合はフロー制御を行なわなくてもデータの送信が可能です。

また、MU-4 の動作設定コマンドは数バイトのデータなので、特にフロー制御線は必要ありません。

#### <ハードウェアフロー制御する場合>

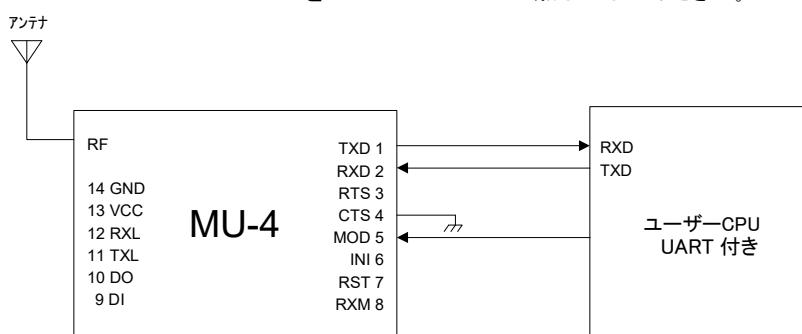
コントロール CPU の UART をハードウェアフロー制御にしてください。



#### <ハードウェアフロー制御をしない場合>

1. CTS 端子を L レベル、RTS 端子を開放してください。

2. コントロール CPU の UART をフロー制御無しにしてください。



### 6.8.3 既存の機器のデータ線だけ使用する場合

MU-4 を既存の RS232C 機器に接続して使用する場合は注意が必要です。

RS232C はそのデータフォーマットの規定はありますが、コントロール線の使い方は機器によってそれぞれ違います。今まで有線で接続されていた機器間を、MU-4 でそのまま置き換えることはできません。

結局、コントロール線の状態は無視してデータ線だけを接続して使用することになりますが、既存の機器のデータ送出タイミングやデータフォーマット、システム要求が、後述する“バイナリーモードの使用条件”を満足している場合だけ使用することができることになります。

この条件に合っているかどうかを、オシロスコープ等で事前に調査してください。

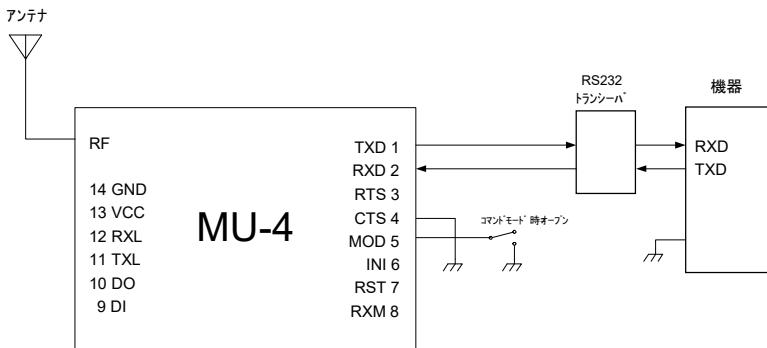
#### 接続例

既存の機器は通常 RS232C 出力なので MU-4 に接続するために RS232C トランシーバ IC でレベル変換を行ってください。また、MU-4 の各種設定がコマンドモードでできるように工夫してください。

例えば、次のようにします。

1. ユーザー基板に MU-4 用ソケットを設け、各種設定を専用ボードで行なってから搭載する。
2. MU-4 の MOD 端子を切り替えスイッチで L 又は H にして、コマンドモードとバイナリーモードを切り替える。

※ MU-4 の動作設定コマンドは数バイトのデータなので、特にフロー制御線は必要ありません。



※ MODE 端子は内部でプルアップされています。

### 6.8.4 バイナリーモードの使用条件

1. 一回に送るデータサイズは 255 バイト以下としてください。
2. データの送信タイミングは前回送ったデータのすべてが無線間で送り終わった後としてください。

#### データ送信タイミング

無線間の送信速度は 4800bps です。次の計算式で求めてください。

$$\text{データ送信タイミング} = 36\text{ms} + 2.08\text{ms} \times \text{ユーザーデータ数} + \text{バイナリーモード無入力時間}$$

無線間のデータ送信開始タイミングは、バイナリーモード無入力時間設定コマンド('@TB')で設定した時間が経過した直後となります。

3. 電源投入後 100ms は MU-4 の内部動作が不安定なのでデータを送り込まないでください。
4. 投入時および MU-4 に対してデータを送り込んでいる時は、MODE 端子の切り替えを行なわないでください。
5. バイナリーモードではキャリアセンス結果は出力されません。他者電波があり使用中のチャネルでデータが送信されないことがあることを前提としたシステムとしてください。

## 6.9 エラー訂正機能について

MU-4 は無線間データのエラー訂正プロトコルを持っています。この通信プロトコルはリードソロモン符号によって実現されています。エラー訂正プロトコルで通信する場合には、'W' コマンドオプション付きの '@EC' コマンドを発行してください。

エラー訂正プロトコルを有効にすると内部処理のために無線間の実効データレートが落ちます。

### ◆リードソロモン符号について

MU-4 で採用しているリードソロモン符号のエラー訂正能力は RS(255,247)です。

本機のエラー訂正是無線間フレームの制御ブロック毎に行われ、データ部では 32 バイトを 1 ブロックとして 4 バイトまでのエラー訂正が可能です。255 バイトのデータを送るために、データ部は 8 ブロックに分けられ、255 バイトデータ送信時に  $4 \times 8 = 32$  バイトのエラー訂正が可能です。

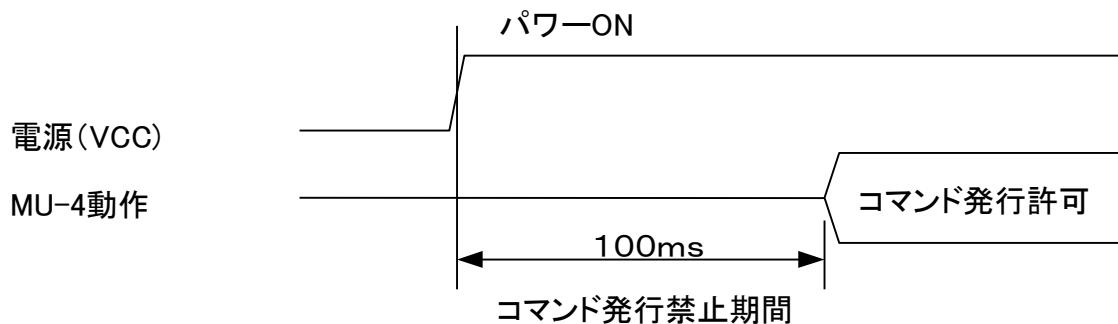
このエラー訂正機能は特に無線間のフェージングで起こるバーストエラー要因に対して有効です。

ただし、4 バイト以上のエラーが発生した場合は、エラー訂正できずそのパケットは破棄されます。

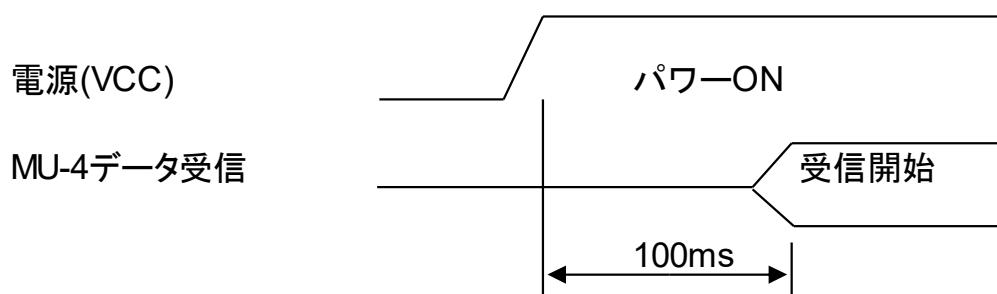
データ送信に当たってはブロックを意識する必要はありません。標準プロトコルと同じデータ送信コマンド形式で送信してください。

## 第7章 タイミング

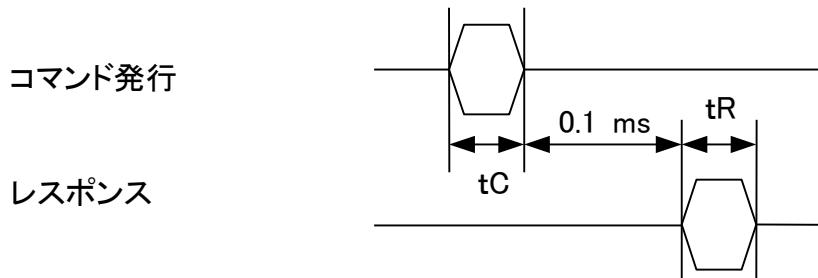
### ◆パワーオン時コマンド発行禁止期間



### ◆パワーオン時 MU-4 が受信を開始するまでの時間



◆一般コマンドとコマンドレスポンスタイミング  
(@CH、@RA、@CSコマンドを除く)



$$tC = A \times 10000 / br \quad tR = B \times 10000 / br$$

※単位はms、br=UARTビットレート

A=コマンド長

A=7 : GI, EI, DI, CH, BR, PB, SB, MD, TC, TB, CT, RI, RM, SY, SI, RR, EC

A=5 : VR, SN, SR, IZ, CS, RA, RC

A=14 : UI

A=中継局数×3+7 : RT

A=中継局数×3+8 : CA, CR

B=レスポンス長

B=8 : GI, EI, DI, CH, BR, PB, SB, MD, TC, TB, CT, RI, RM, SR, IZ,  
SI, RR, CS, RA, CA, CR, CP

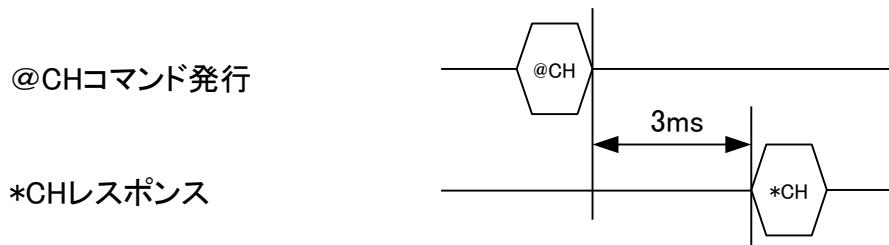
B=10 : UI

B=0 : SY

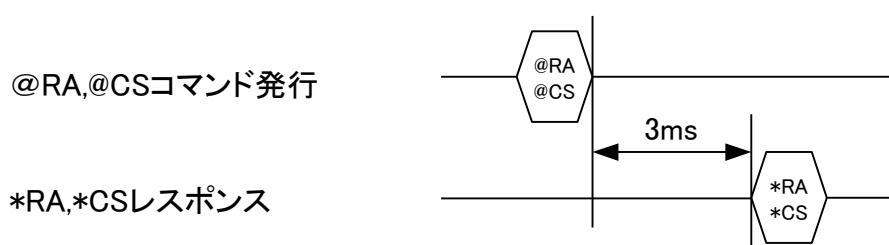
B=15 : SN

B=中継局数×3+8 : RT

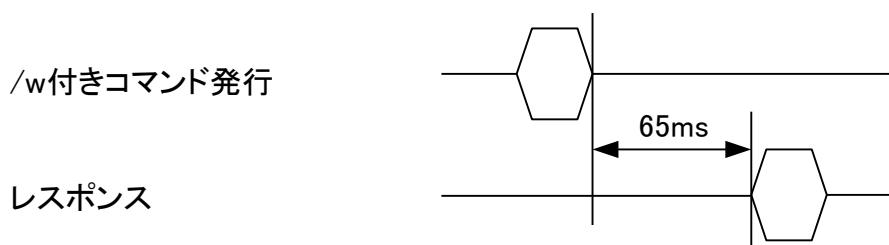
### ◆CHコマンドとコマンドレスポンスタイミング



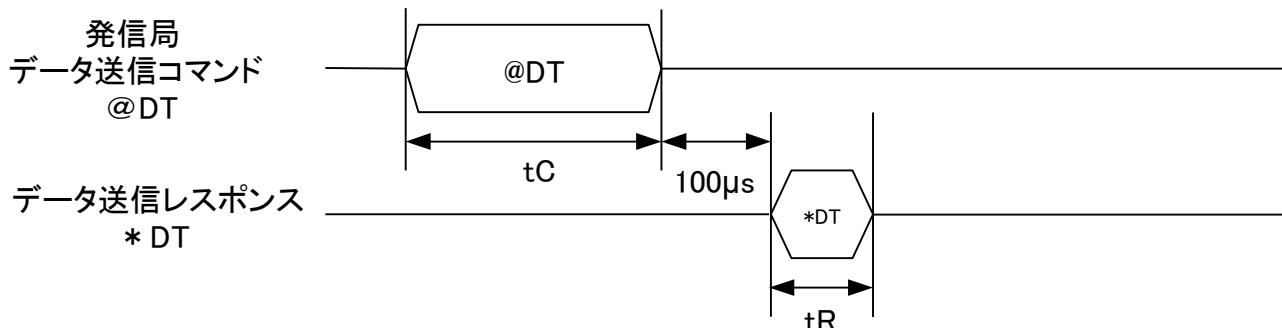
### ◆RA、CSコマンドとコマンドレスポンスタイミング



### ◆/wオプション指定時コマンドとコマンドレスポンスタイミング



## ◆データ送信コマンド時間



データ送信コマンド時間  $t_C = N \times 10000 / br$

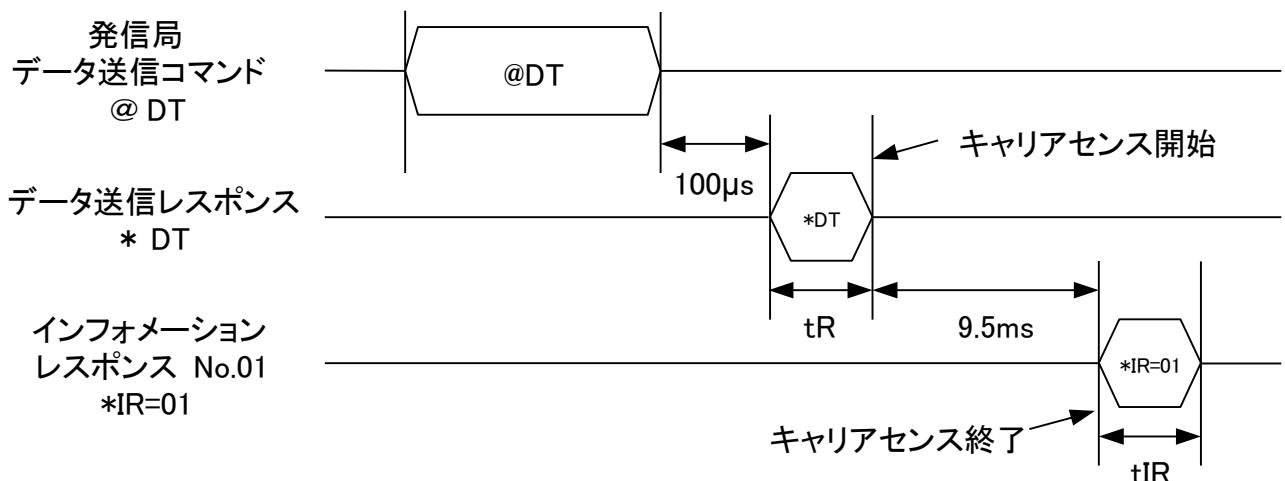
データ送信レスポンス時間  $t_R = 8 \times 10000 / br$

※単位はms、br = UART ビットレート、 $N = n + o + r + 7$

$n$ =送信データ数(255byte 以内)、 $o$ =コマンドオプション文字数(/A,%R など)

$r$ =ルート情報文字数=リレーステーション数×3+2

## ◆キャリアセンス結果出力タイミング（結果=送信不可）

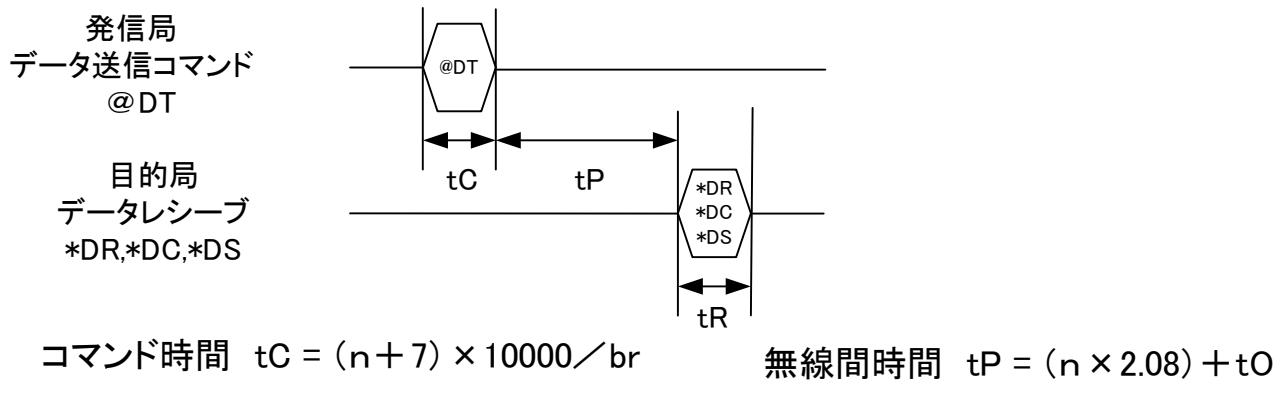


データ送信レスポンス時間  $t_R = 8 \times 10000 / br$

インフォメーションレスポンス時間  $t_{IR} = 8 \times 10000 / br$

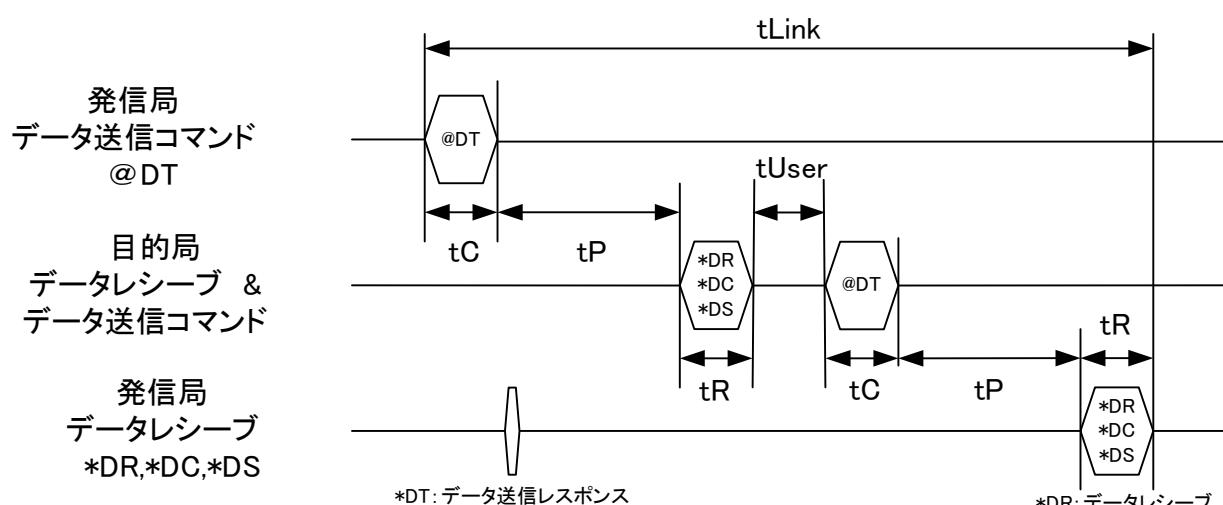
※単位はms、n=送信データ数(255byte 以内)、br=UART ビットレート

## ◆送受信時間(中継機能無し、1フレーム送受信時)



※単位はms、n=送信データ数(255byte以内)、br=UARTビットレート、tO=オーバーヘッド 表1

## ◆リンク成立時間(中継機能無し、1フレーム送受信時)



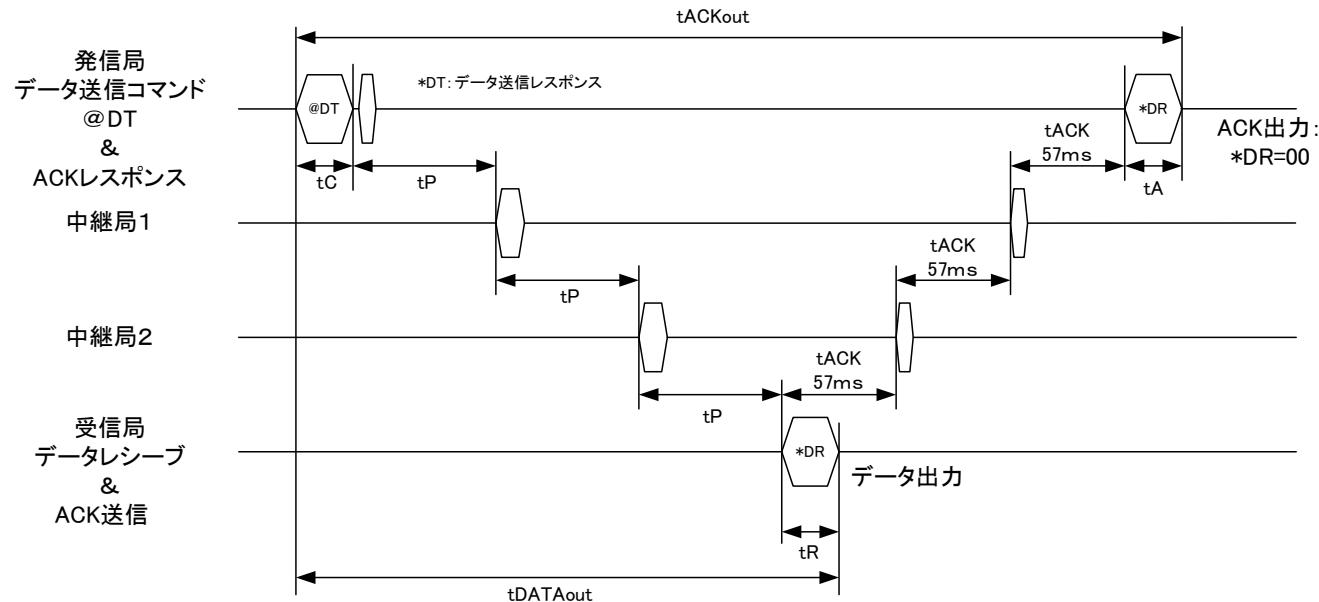
※単位はms、n=送信データ数(255byte以内)、br=UARTビットレート、tO=オーバーヘッド 表1

※参考値 20byteリンクデータの時:tLink=195ms 条件:57600bps、tUserは入らず

## ◇表1 オーバーヘッド:tO

	通信プロトコル								
	標準プロトコル	エラー訂正プロトコル							
送信データ数[byte]	1~255	1~32	33~64	65~96	97~128	129~160	161~192	193~224	225~255
tO[ms] エラー無し	46	97	114	131	147	164	181	197	214
tO[ms] エラー発生	46	107	124	141	157	174	191	207	224

## ◆中継機能タイミング(ACK応答あり、1フレーム送信時)



$$t_{DATAout} = t_C + t_P \cdot (m + 1) + t_R$$

$$t_{ACKout} = t_C + (m + 1)(57 + t_P) + t_A$$

$$\text{コマンド時間 } t_C = (n + 7) \times 10000/\text{br}$$

$$\text{データレシーブ時間 } t_R = (n + 8) \times 10000/\text{br}$$

$$\text{ACKレスポンス時間 } t_A = 80000/\text{br}$$

$$\text{無線間時間 } t_P = (n \times 2.08) + t_O + (m \times 2.08)$$

※単位はms、n=送信データ数(255byte以内)、br=UARTビットレート、m= 中継機数(10台以内)、tO=オーバーヘッド 表2

※参考値1 20byteリンクデータの時:tDATAout=262ms、tACKout=429ms 条件:標準モード、57600bps、中継機2台

※ACK応答無しの時のデータ出力時間はtDATAoutで計算

## ◇表2 オーバーヘッド:tO

送信データ数[byte]	通信プロトコル								
	エラー訂正プロトコル								
1~255	1~32	33~64	65~96	97~128	129~160	161~192	193~224	225~255	
tO[ms] エラー無し	39	125	142	159	175	192	209	225	242
tO[ms] エラー発生	39	135	152	169	185	202	219	235	252

## 第8章 透過モード

MU-4 にはユーザー独自の通信プロトコルをそのまま使用できる透過モードがあります。

透過モードでのデータ送受信には、DI (DATA-IN)端子および DO (DATA-OUT)端子を使用します。

透過モードの設定およびデータ送受信には '@TR' コマンドを使用します。

透過モードを使用する場合は、電源投入時に 'W' オプションで透過モードの設定を EEPROM に固定し、MU-4 を透過モード専用で使用することをお勧めします。

'W' オプションの詳細は、「5.3 設定値記憶コマンドオプション」を参照してください。

### 8.1 透過モードの設定

透過モードを設定するには、以下のとおりに '@TR' コマンドを発行します。

コマンドおよびレスポンスの書式はコントロールコマンド、コントロールレスポンスと同じです。

「5.4.2 コントロールコマンドとコントロールレスポンス」を参照してください。

デフォルト: OF (透過モード OFF)  
 バリュー: OF = 透過モード OFF                            ON = 透過モード ON

例 透過モードを設定する

コントロールコマンド: @TR ON CRLF  
 コントロールレスポンス: \*TR =RX CRLF

例 透過モードを OFF にする

コントロールコマンド: @TR OF CRLF  
 コントロールレスポンス: \*TR =OF CRLF

### 8.2 データの送受信

透過モードでデータを送受信するには、以下のとおりに '@TR' コマンド発行します。

コマンドおよびレスポンスの書式はコントロールコマンド、コントロールレスポンスと同じです。

「5.4.2 コントロールコマンドとコントロールレスポンス」を参照してください。

デフォルト: RX (送信を OFF にして受信する)  
 バリュー: RX = 送信を OFF にして受信する            TX = 送信を ON にする

例 DI 端子に入力されたデータを送信する

コントロールコマンド: @TR TX CRLF  
 コントロールレスポンス: \*TR =TX CRLF

※@TR ON (@TR ON/W) で透過モードを ON にしてから実行してください。

※DT コマンドでデータ送信するときと同様、送信前にキャリアセンスを実行します。-100dBm 以上の RSSI 値が検出されると、\*IR=01 レスポンスを返し、送信動作は行わずにデフォルト設定(受信)に戻ります。

例 透過モードで送信されたデータを DO 端子で受信する

コントロールコマンド: @TR RX CRLF  
 コントロールレスポンス: \*TR =RX CRLF

※@TR ON (@TR ON/W) で透過モードを ON にしてから実行してください。

## 8.3 透過モードで使用できるコマンドについて

### 8.3.1 透過モード(@TR ON 設定時)で使用できるコマンド

コマンドタイプ	コマンド名	コマンド
動作設定	透過モード設定	@TR
	使用チャネル設定	@CH
	スタンバイモード設定	@SY
	空中線電力低下装置設定	@PW
RSSI 情報	RSSI 絶対値レベル測定	@RA
	全チャネル RSSI 絶対レベル測定	@RC
	チャネル状況取得	@CS
一般情報	プログラムバージョン取得	@VR
	シリアルナンバー取得	@SN
UART 設定	UART ボーレйт設定	@BR
	UART パリティ設定	@TB
	UART ストップビット設定	@SB

### 8.3.2 透過モード(@TR ON 設定時)で使用できないコマンド

以下のコマンドは、透過モード設定時には使用できません。  
かならず@TR OFの設定で使用してください。

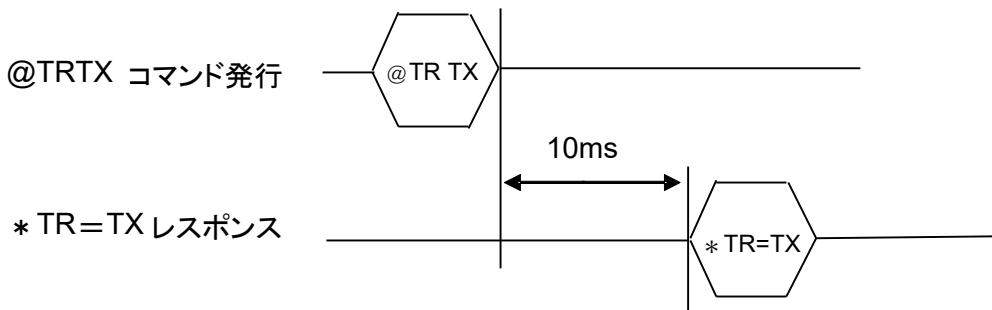
※@TR ON、@TR RX、@TR TXの状態で以下のコマンドを発行しても、それによるエラーレスポンスはありません。

コマンドタイプ	コマンド名	コマンド
無線リンク関連 設定・取得コマンド	データ送信コマンド	@DT
	ユーザーID 設定	@UI
	グループ ID 設定	@GI
	機器 ID 設定	@EI
	目的局 ID 設定	@DI
	中継ルート指定	@RT
	受信ルート利用設定	@RR
	エラー設定プロトコル設定	@EC
動作設定	リセット	@RS
	イニシャライズ	@IZ
	動作モード設定	@MD
	コマンドモード入力待ち時間設定	@TC
	バイナリーモード無入力時間設定	@TB
RSSI 情報	目的局 RSSI 絶対値レベル測定	@CR
	目的局全チャネル RSSI 絶対レベル測定	@CA
テストコマンド	テストデータ連続送信	@CT
	パケット試験	@CP

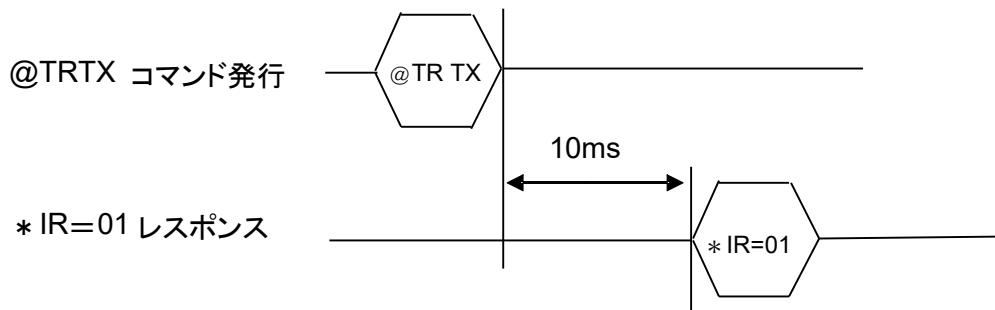
## 8.4 '@TR'コマンドのタイミング

以下に記載のないタイミングについては '7 章 タイミング' を参照ください。

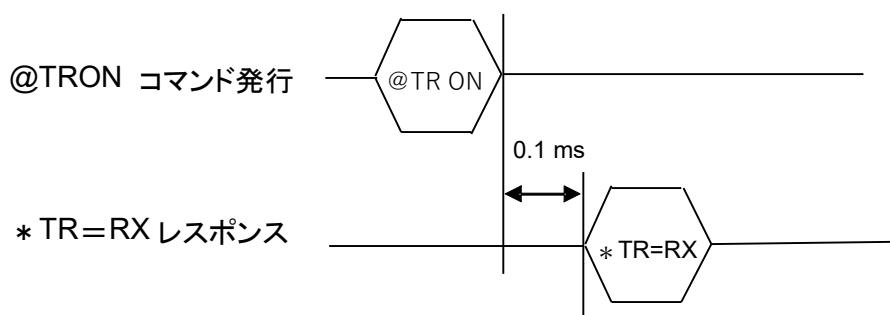
### @TR TX コマンドとコマンドレスポンスタイミング



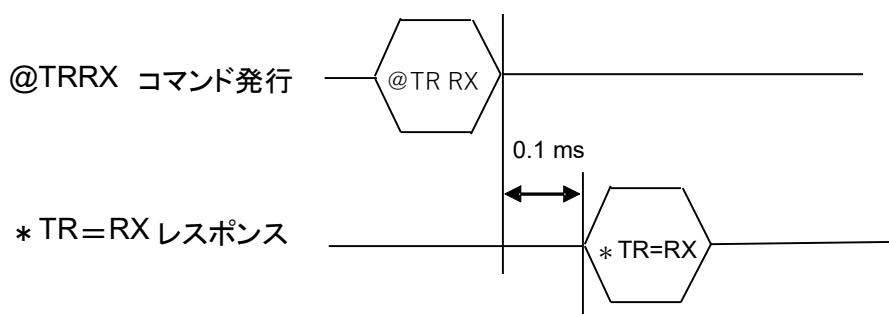
### @TR TX コマンドと \* IR=01 レスポンスタイミング



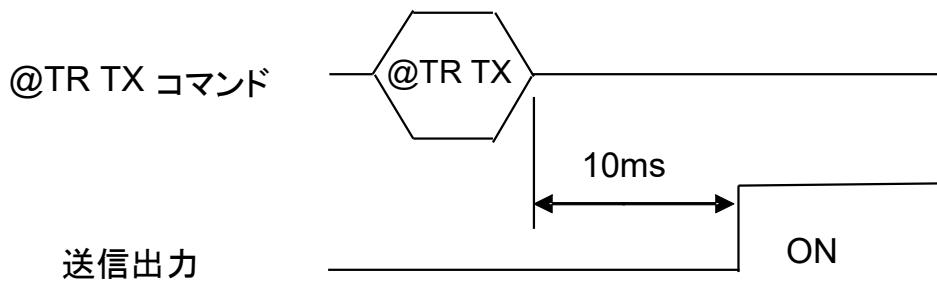
### @TR ON コマンドとコマンドレスポンスタイミング



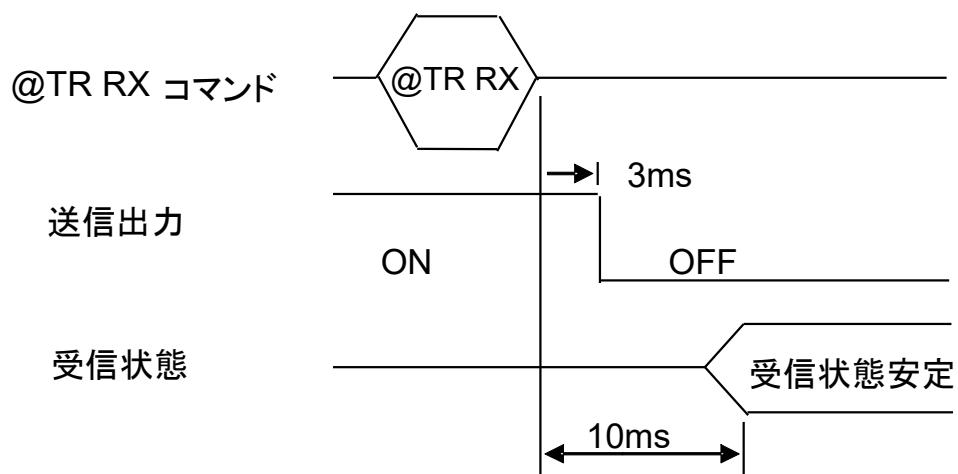
### @TR RX コマンドとコマンドレスポンスタイミング



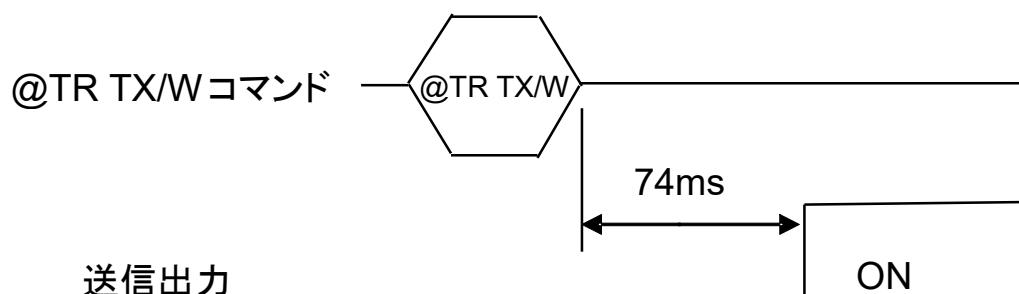
## @TR TX:受信から送信へ切替え



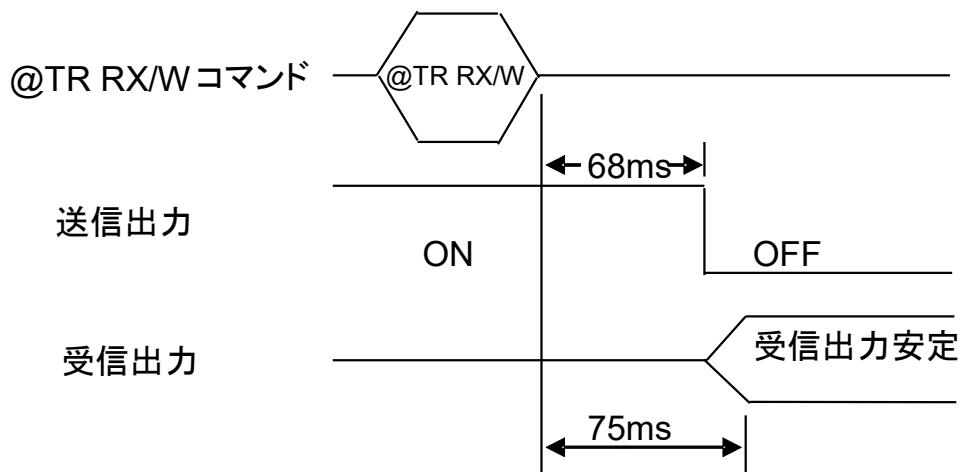
## @TR RX:送信から受信へ切替え



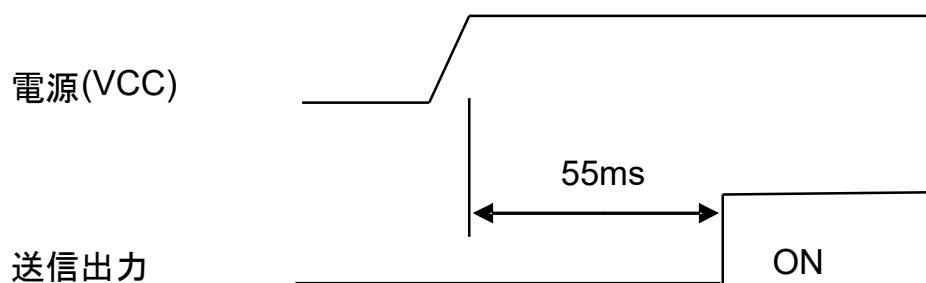
## @TR TX/W:受信から送信への切替え &amp; コマンドを EEPROM に固定



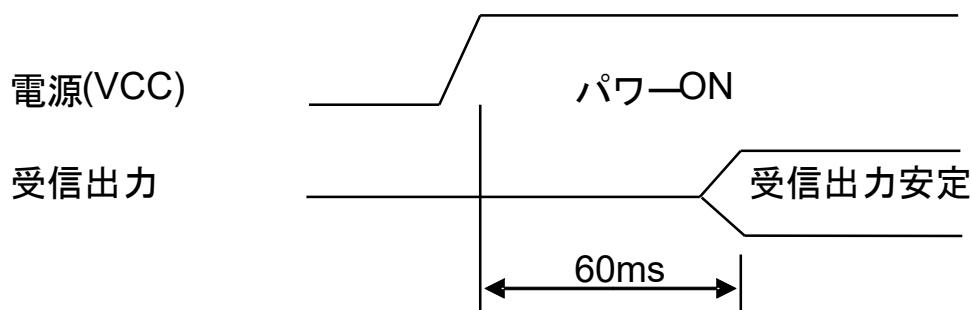
**@TR RX/W:送信から受信への切替え & コマンドを EEPROM に固定**



**パワーON から送信状態になるまでの時間(@TR TX/W 設定後)**



**パワーON から受信出力が安定するまでの時間(@TR ON/W 設定後)**



## 8.5 データフォーマット

### 8.5.1 データフレーム構成

透過モードでシリアルデータを送受信する場合は、必要なデータを確実に伝送するため、プリアンブル、識別符号などを付加したデータフレームを構成します。

一般的なデータフレーム構成では、プリアンブル、識別符号、ユーザーデータ、データチェックを1つのパケットデータとします。必要に応じて末尾にダミーデータを付加します。

#### プリアンブル

プリアンブルは送受信間の同調を取るために必要なデータです。送信データの始めに Low/High が周期的に変化するデータを一定時間送信します。11001100...の繰り返しデータを 20ms 以上送信することを推奨します。

#### 識別符号(ID など)

他機器、他システムとの識別のためにユニークな識別符号などを送信します。受信側では識別符号を受信し、自分宛のデータかどうかを判別します。誤受信を避けるためにも、適当な長さの識別符号をセットすることを推奨します。

#### ユーザーデータ

実際に送受信を行うデータです。データ化けなどを防ぐためにも 1 または 0 のデータ変化が定期的に発生するデータ構成を推奨します。

※ MU-4 では、1 または 0 のデータ連続時間を 6msec 以下(4800bps で 28 ビット以下)としてください。

#### データチェック

無線間にて通信したデータに誤りが無いかどうかをチェックする目的でデータチェック(例えば CRC)を送ります。受信側ではデータチェックを確認し有効なデータかどうか判別します。

#### ダミーデータ

UART を利用して無線传送を行う場合、最後のデータを送信レジスタにセットしてから、UART 出力が完了するまでに時間差が発生します。

最後のビットが出力される前に送信を OFF してしまったり、受信へ切り替えてしまったりすると、最後のビットが欠落してしまう可能性があります。

データフレームの末尾にダミーデータを付加することで、このようなエラーを回避することができます。

※ MU-4 の送信 OFF や送受信切替えのタイミングをコントロールすることで、このエラーを回避することもできます。

以下は、データフォーマットの参考例です。

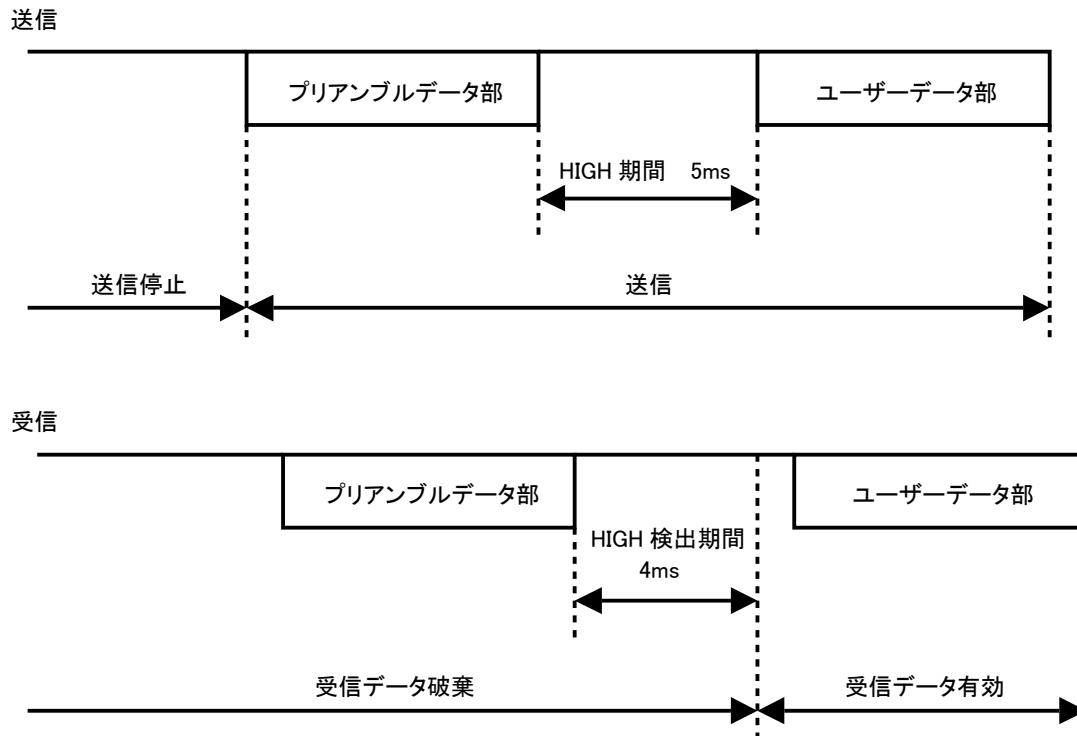
プリアンブル	識別符号						ユーザーデータ				データチェック		ダミーデータ	
11001100...	CH	01	02	03	04								CC	CC
0xCC の繰り返し 20ms 以上	1 byte	ID 4 bytes				任意データ 18 bytes				CRC 2 bytes		2 bytes		

### 8.5.2 UART を利用したデータの同期方法

MU-4 を透過モードで送信に設定して DI 端子にデータを入力すると、入力したデータがそのまま無線電文として送信されます。送信されたデータは、MU-4 の DO 端子からそのまま正論理で出力されます。DI、DO 端子で扱える 1 または 0 の連続時間は 6 ms 以下（4800 bps で 28 ビット以下）です。

無線間の伝送に UART を使用する場合、データの開始位置をどのように検出するかがポイントとなります。

下図では、送信側において、データフレーム内のプリアンブル部とユーザーデータ部（識別符号を含む）の間に一定の HIGH 期間を設けて送信を実行しています。受信側では、この一定の HIGH 期間を検出することで、ユーザーデータ部の開始位置を認識することができます。一定の HIGH 期間が検出できない場合は、受信したデータを全て破棄するなどの処理を行います。



## 第9章 その他

### MU-4 評価プログラム

MU-4 の評価は専用評価プログラム MU2-ESP を使用すると便利です。

評価方法の詳細は MU2-ESP マニュアルをご覧ください。

この評価プログラムは弊社 web よりダウンロードいただけます。

コントロール&テストウィンドウではすべてのコマンドを発行することができます。画像送信テストは単向通信による通信テストで MU-4 のパフォーマンスが確認できます。エアーモニタを使用すると設計した機器のフィールド状況が確認できます。(RS232C インターフェースを使用して PC 接続ができるように設計する必要があります。)

#### ◆コントロール&テストウィンドウ



#### ◆JPEG 画像送信テスト



#### ◆エアーモニタ(フレケンシードメイン)



#### ◆エアーモニタ(タイムドメイン)



※ MU-4 の動作確認と評価は、当社評価ソフトウェアプログラムを使用することをお薦めします。

## 改版履歴

Version	Date	Description	Remark
1.0	2020年9月	初版制定	
2.0	2021年2月	4.12章を追加、エラーコード追加	
3.0	2021年8月	VCC・ラッシュ電流について追記 誤記修正：透過モード設定 コントロールレスポンス TR コマンドタイミング追加	
4.0	2022年1月	誤記訂正	@TC

このユーザマニュアルの記載内容については万全を期しておりますが、  
万一不明な点、不備な点などがありましたら、弊社窓口にご連絡ください。

- ・このマニュアルの内容は、予告無く変更することがあります。
- ・本マニュアルの内容のすべてまたは一部を無断転載することを禁止します。
- ・本マニュアルの著作権は、株式会社サーキットデザインが所有します。