

## 特定小電力シリアルデータ伝送無線モデム

**MU-3-429****429MHz 帯****マニュアル**

Version 1.1 (Aug. 2019)

- ・ 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](mailto: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-3-429'を'MU-3'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デム MU-3-429 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。

### 警告マークおよ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て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、本製品が破損や通信不能や誤動作する場合があります。  
弊社では、このことに起因するいかなる損害に対しても一切の責任を負いません。

## 目 次

|  |    |
|--|----|
| 第 1 章 MU-3 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 |
| 1.3.1 例 1) 埋め込み型 CPU で制御 .....         | 11 |
| 1.3.2 例 2) RS232C で制御 .....            | 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 .....            | 13 |
| 2.2 端子仕様 .....                         | 14 |
| 2.3 チャンネルプラン .....                     | 16 |
| 2.4 寸法図 .....                          | 17 |
| 第 3 章 ユーザーシステムの設計方法 .....              | 18 |
| 3.1 基板設計にあたって .....                    | 18 |
| 3.2 アンテナについて .....                     | 19 |
| 3.3 その他 .....                          | 19 |
| 第 4 章 使い方 .....                        | 20 |
| 4.1 通信概念 .....                         | 20 |
| 4.1.1 無線局の種類とリンクパラメータ .....            | 20 |
| 4.1.2 データ送信の基本 .....                   | 21 |
| 4.1.3 データ送信コマンドについて .....              | 22 |
| 4.1.4 リンクパラメータについて .....               | 23 |
| 4.1.5 リンク成立条件 .....                    | 23 |
| 4.2 システムの構築(中継機能を使用しない場合) .....        | 24 |
| 4.2.1 グループ内通信(1:N システム、N:N システム) ..... | 24 |
| 4.3 システムの構築(中継機能を使用する場合) .....         | 25 |
| 4.3.1 ルートレジスタのルート情報で送信 .....           | 25 |
| 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 .....     | 25 |
| 4.3.3 1:N 中継システム .....                 | 26 |
| 4.4 モード .....                          | 27 |
| 4.4.1 コマンドモード .....                    | 27 |
| 4.4.2 テキストモード(試験用) .....               | 27 |

|   |    |
|---|----|
| 4.4.3 バイナリーモード(試験用) .....               | 27 |
| 4.4.4 モード設定 .....                       | 28 |
| 4.5 キャリアセンス .....                       | 29 |
| 4.5.1 キャリアセンスについて .....                 | 29 |
| 4.5.2 キャリアセンス結果を利用する場合 .....            | 29 |
| 4.6 リセット.....                           | 30 |
| 4.7 イニシャライズ.....                        | 30 |
| 4.8 使用チャネルの変更 .....                     | 30 |
| 4.9 スタンバイモード .....                      | 31 |
| 4.10 空中線電力低下装置設定.....                   | 31 |
| 4.11 通信プロトコル .....                      | 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 レスポンス .....                   | 38 |
| 5.2.9 インフォメーションレスポンス .....              | 38 |
| 5.2.10 エラーレスポンス .....                   | 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 コントロールレスポンス .....    | 48 |
| 5.4.3 モニタコマンドと各種レスポンス .....             | 56 |
| 5.4.4 テストコマンド と 各種レスポンス .....           | 59 |
| 5.4.5 拡張コマンド と 各種レスポンス.....             | 61 |
| 5.4.6 レシーブレスポンス .....                   | 66 |
| 5.4.7 ACK レスポンス.....                    | 66 |
| 5.4.8 インフォメーションレスポンス .....              | 66 |
| 5.4.9 エラーレスポンス .....                    | 67 |
| 第 6 章 プログラム開発方法.....                    | 69 |
| 6.1 ユーザー処理の概要 .....                     | 69 |

|                                     |    |
|-------------------------------------|----|
| 6.2 MU-3 の動作について .....              | 70 |
| 6.3 コマンド送信処理 .....                  | 71 |
| 6.3.1 コマンドの発行 .....                 | 71 |
| 6.3.2 データ送信コマンドの発行 .....            | 71 |
| 6.3.3 コマンドの連続発行 .....               | 72 |
| 6.3.4 コマンドの連続発行(レスポンスを無視する場合) ..... | 72 |
| 6.4 レスポンス、レシーブ処理 .....              | 73 |
| 6.4.1 レスポンス、レシーブについて .....          | 73 |
| 6.4.2 レスポンス、レシーブ書式 .....            | 73 |
| 6.4.3 レスポンス、レシーブタイプ .....           | 73 |
| 6.4.4 レスポンス、レシーブの処理 .....           | 74 |
| 6.5 エアーマニタ機能の実現 .....               | 76 |
| 6.6 通信のためのフィールド状況の把握 .....          | 77 |
| 6.6.1 発信局 RSSI 測定 .....             | 77 |
| 6.6.2 目的局 RSSI 測定 .....             | 77 |
| 6.6.3 パケット試験 .....                  | 77 |
| 6.7 データ送信の実現 .....                  | 78 |
| 6.7.1 データの送り込み方 .....               | 78 |
| 6.8 バイナリーモードでの運用 .....              | 79 |
| 6.8.1 モードについて .....                 | 79 |
| 6.8.2 新規開発する場合 .....                | 80 |
| 6.8.3 既存の機器のデータ線だけ使用する場合 .....      | 81 |
| 6.8.4 バイナリーモードの使用条件 .....           | 81 |
| 6.9 誤り訂正機能について .....                | 82 |
| 第 7 章 タイミング .....                   | 83 |
| 第 8 章 その他 .....                     | 88 |
| 8.1 MU-3 評価プログラム .....              | 88 |
| 8.2 ハイパーターミナルを使った評価方法 .....         | 89 |
| 8.2.1 ハイパーターミナルの設定 .....            | 89 |
| 8.2.2 使用上の注意 .....                  | 89 |

## 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越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デムとして技術基準適合証明を受けていますが、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。
- ◆ 技術基準適合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-3 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-3 について

### 1.1 概要

MU-3 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デム装置です。

シンプルな専用コマンドを用意しており、無線部のコントロールを意識することなく、データの送受信プロトコル設計に専念することができます。通信プロトコルは、弊社 MU-1N 及び MU-3 と通信が可能な標準プロトコルと、受信側で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、従来の無線モデム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。

データの送受信やコマンド発行には、ワンチップ CPU の 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-3 は高周波に関わる設計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-3 で無線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。そ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 順方向誤り訂正(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 開発・評価用として D-Sub9pin コネクタ付き RS232C インターフェースボード(MU3-RS2-429)等があります。

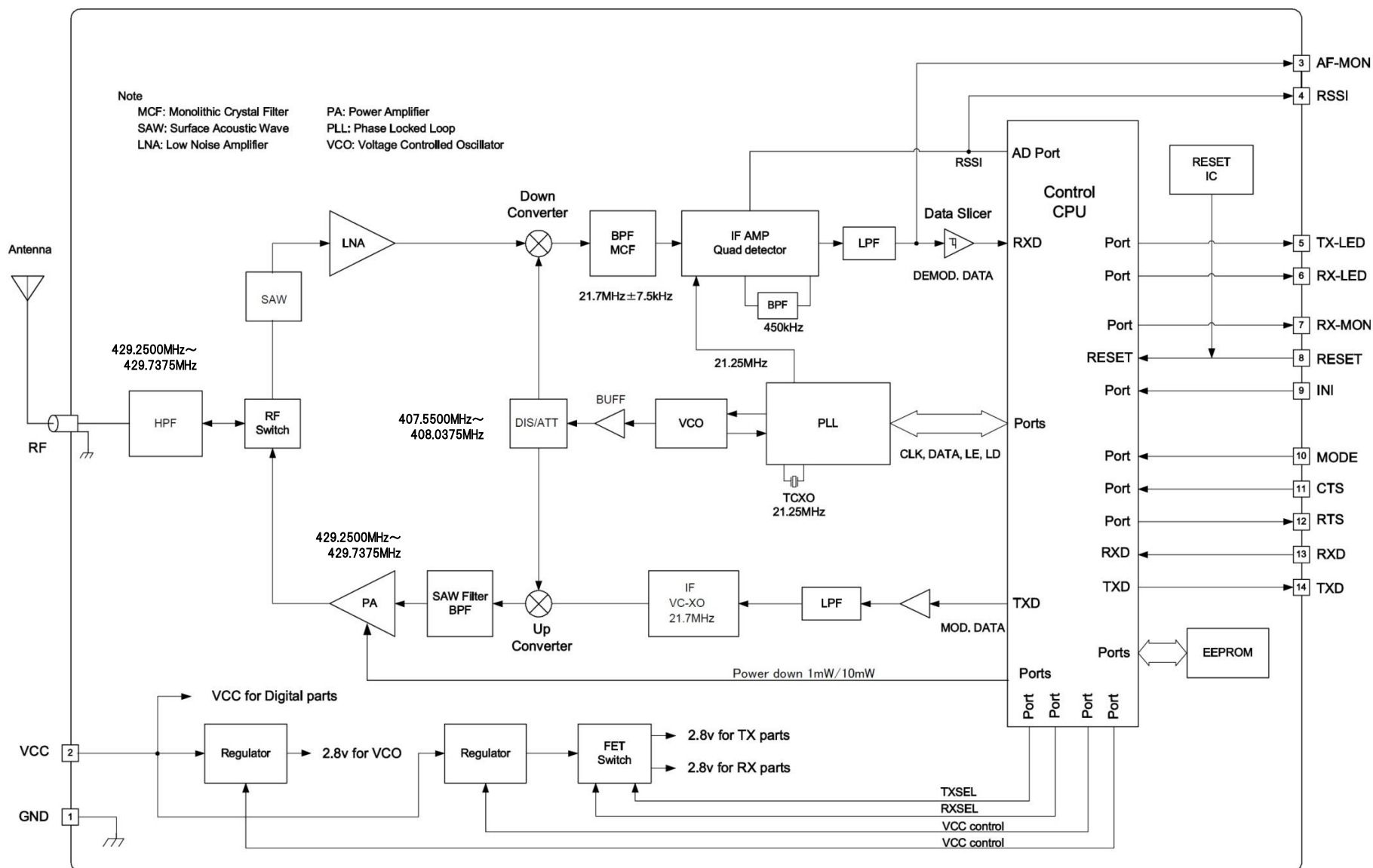
#### 1.1.1 特徴

- 技術基準適合証明取得済みです
- 弊社 MU-1、MU-1N、MU-2 と通信可能な標準通信プロトコルがあります。
- リードソロモン符号による強力なエラー訂正機能で信頼性のあるデータ通信が可能です。
- シンプルに体系化されたコマンドによりシリアルデータ送信ができます
- 通信レンジが広く、安定動作します
- コンパクトサイズのトランシーバ機能を実現しました
- 低電圧、低消費電流動作が可能でバッテリー動作アプリケーションにも最適です
- 埋めこみ型 CPU が一般的に搭載している UART インターフェースを採用しています
- ユーザーシステム基板で安定動作するように高周波回路が最適化設計されています
- リンクパラメータを適宜設定しながら 1:1、1:N、N:N システムが構築できます。
- 中継局を最大 10 台まで使用し長距離通信ができます。
- 目的局および発信局の電波状況やフィールドノイズを手元で把握することができます。
- 3 種類のスタンバイモードでシステムの省電力化が可能です。
- データパケットの RSSI 情報でフィールド状況がリアルタイムに確認ができます。
- 出力パワー(空中線電力)を 10mW から 1mW に低下させる機能があります。

#### 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
- テレコントロール  
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  
FA 機器のリモートコントロール
- テレメーター  
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

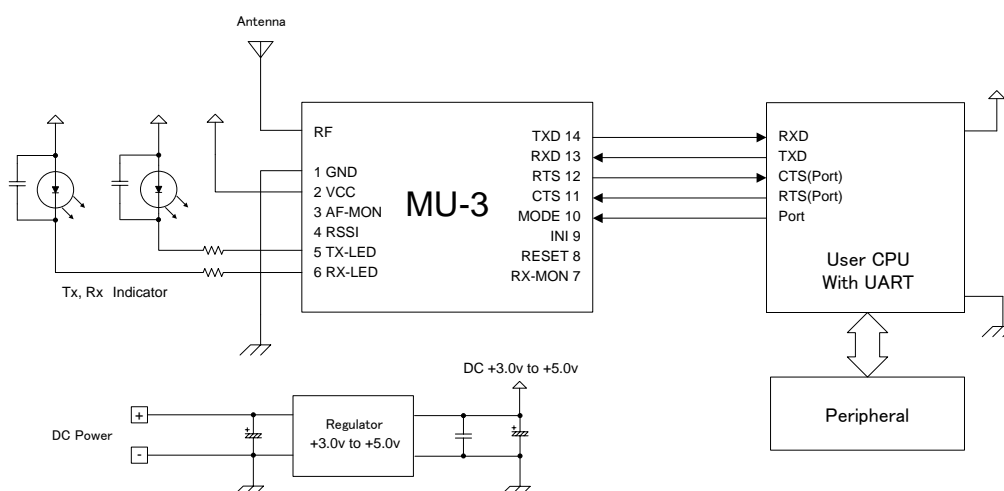
MU-3 の VCC 端子は搭載 CPU の電源に直接接続されています。供給する電源は必ずレギュレートした DC+3.0V ~+5.0V の範囲の電圧としてください。

MU-3 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。

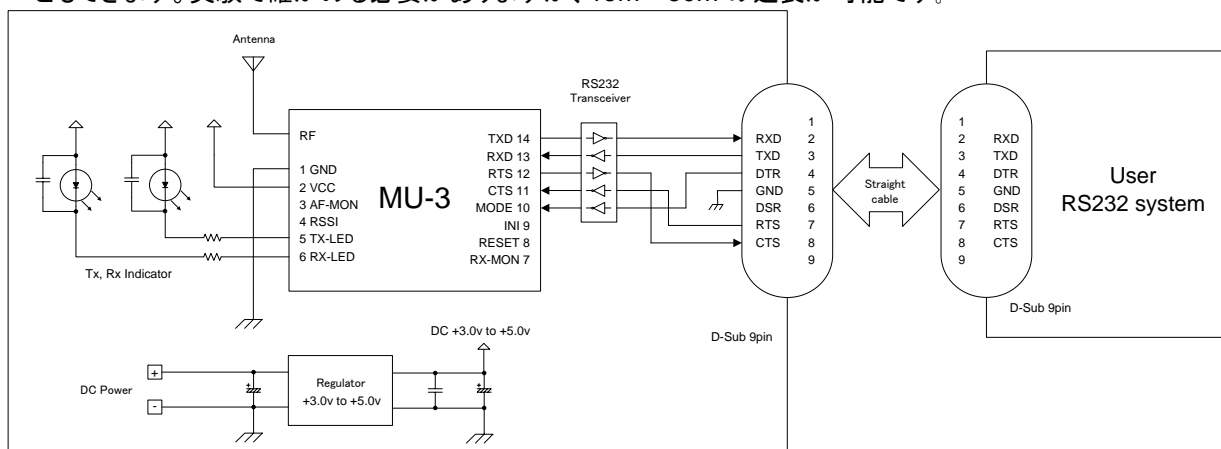
### 1.3.1 例 1) 埋め込み型 CPU で制御

UART 付きの埋め込み型 CPU で直接 MU-3 をインターフェースすることができます。



### 1.3.2 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-3 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こともできます。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。



※D-Sub コネクタの 1 番ピンを利用して電源を供給することもできます。

※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 レベル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<br>1mW(空中線電力低下装置使用時)           | +5°C~+35°C コンタクト(50Ω)<br>コマンドにより切り替え |
| 周波数安定度        | ±2.5ppm 以内                                      | -10°C~+55°C                          |
| 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          | 単信または単向   |                                      |
| 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                         |                                      |
| チャンネル数        | 40ch  | ch 間隔 12.5kHz                        |
| 受信時副次発射強度     | -60dBm 以下                                       |                                      |
| 受信感度          | -115dBm(標準プロトコル))<br>-118dBm(エラー訂正プロトコル)        | パケットエラー率 0.1%<br>(1 パケット=255 バイト)    |
| キャリアセンス閾値     | -96dBm 以上で送信しないこと                               |                                      |
| 使用温度          | -20°C~+65°C                                     | 温度条件によって到達距離は変動します。                  |
| 使用湿度          | 80%RH 以下  | 結露無きこと                               |
| 保存温度          | -25°C~+70°C                                     |                                      |
| 保存湿度          | 80%RH 以下  | 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:48mA 受信:30mA<br>1mW 時 送信:38mA 受信:30mA | 電源電圧 3V 時                            |
| スタンバイモード1消費電流 | 18mA  | 電源電圧 3V 時                            |
| スタンバイモード2消費電流 | 1.5mA   | 電源電圧 3V 時                            |
| スタンバイモード3消費電流 | 15μA  | 電源電圧 3V 時                            |
| EEPROM 書換え回数  | 100,000 回                                       | データ保持時間:約 10 年                       |
| 誤り訂正方式        | リードソロモン符号                                       | RS(255,247 )                         |
| 外形寸法          | 50mm×30mm×9mm(W×D×H)                            | アンテナ含まず。H は取付面からの高さ。                 |
| 本体重量          | 23.5g   |                                      |

#### 参考データ

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

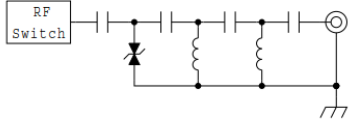
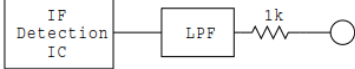
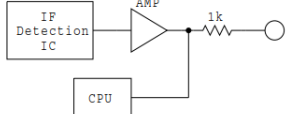
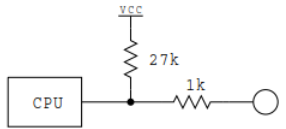
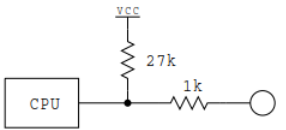
\*到達距離: 約 1000m 条件: 単向通信、エラー訂正無し、25°C、見通し距離、地上高 1.5m、アンテナ垂直

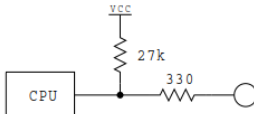
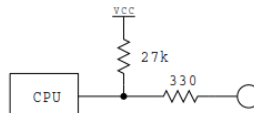
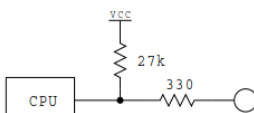
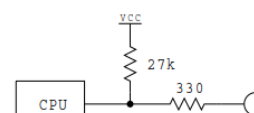
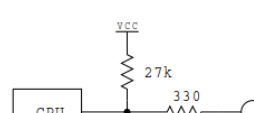
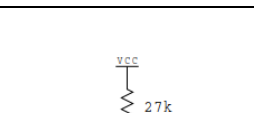
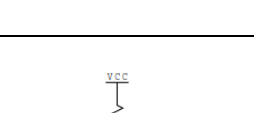
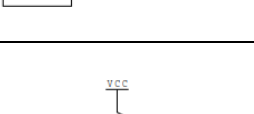
**2.1.2 UART インターフェース仕様**

|         |   |
|---------|---|
| 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、ストップビット 1 or 2             |

## 2.2 端子仕様

- ◇ MU-3 は UART の入出力ポート (TXD 端子および RXD 端子) を使い、シリアルデータ形式でユーザーデータの送信を行いません。
- ◇ 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。
- ◇ 各端子の機能は下表の通りですが使用しない端子はオープンにしてください。
- ◇ 本機で使用しているコントロール CPU は CMOS 構造のルネサス  $\mu$ PD78F0537GA です。Low レベルと High レベルの閾値は電源電圧  $V_{DD}$  に対して  $V_{DD} \times 0.2$ 、High レベルは  $V_{DD} \times 0.8$  です。
- ◇ 端子配置は 2.4 寸法図の 2.4.2 基板孔明け寸法図を参照してください。

| 端子 No. | 端子名称   | I/O | 端子説明   | 内部回路  |
|--------|--------|-----|--|---|
| -      | RF     | I/O | TMP コネクタ(メス)のアンテナ端子です。   |    |
| 1      | GND    | I   | GND  |   |
| 2      | VCC    | I   | 電源端子です。<br>供給電圧は DC+3.0V~+5.0V 以下の安定化電源としてください。<br>定格以上の電圧をかけるとユニット内の半導体が破壊します。  |   |
| 3      | AF-MON | O   | 復調信号をオシロスコープでモニターするための端子です。<br>通常は何も接続しないでください。  |  |
| 4      | RSSI   | O   | 受信信号強度インジケータ(Received Signal Strength Indicator) 出力端子です。<br>通常は何も接続しないでください。   |  |
| 5      | 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。<br>信号線には内部に 1k $\Omega$ 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。<br>また、LED に並列に 470pF の積層セラミックコンデンサをつけてください。        |  |
| 6      | 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。<br>信号線には内部に 1k $\Omega$ 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。<br>また、LED に並列に 470pF の積層セラミックコンデンサをつけてください。 |  |

| 端子 No. | 端子名称   | I/O | 端子説明   | 内部回路  |
|--------|--------|-----|--|---|
| 7      | 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ーするためのメーカ用端子です。通常はオープンにしてください。  |    |
| 8      | 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。                                  |    |
| 9      | INI    | 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。                                     |    |
| 10     | 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。              |    |
| 11     | CTS    | I   | ハードウェアフロー制御信号入力端子です。Low の時にビジーではないと判断し TXD 端子からデータを送信します。High の時にはビジーであると判断しデータを送信しません。          |  |
| 12     | 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はない場合は Low となり、RXD 端子でデータを受信できます。内部状態がビジーの場合は High となり、データを受信できません。 |  |
| 13     | RXD    | I   | シリアルデータ受信端子です。   |  |
| 14     | TXD    | O   | シリアルデータ送信端子です。   |  |

※ 端子仕様は予告なく変更する場合があります。

## 2.3 チャンネルプラン

MU-3 が使用できる周波数チャンネルは 429MHz 帯の 7 チャンネル～46 チャンネルです。  
チャンネル設定は '@CH' + 'チャンネル番号' 形式のコマンドを使用します。

例: 使用チャンネルを 15 チャンネルに設定する

'@CH' に続き使用チャンネルを 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

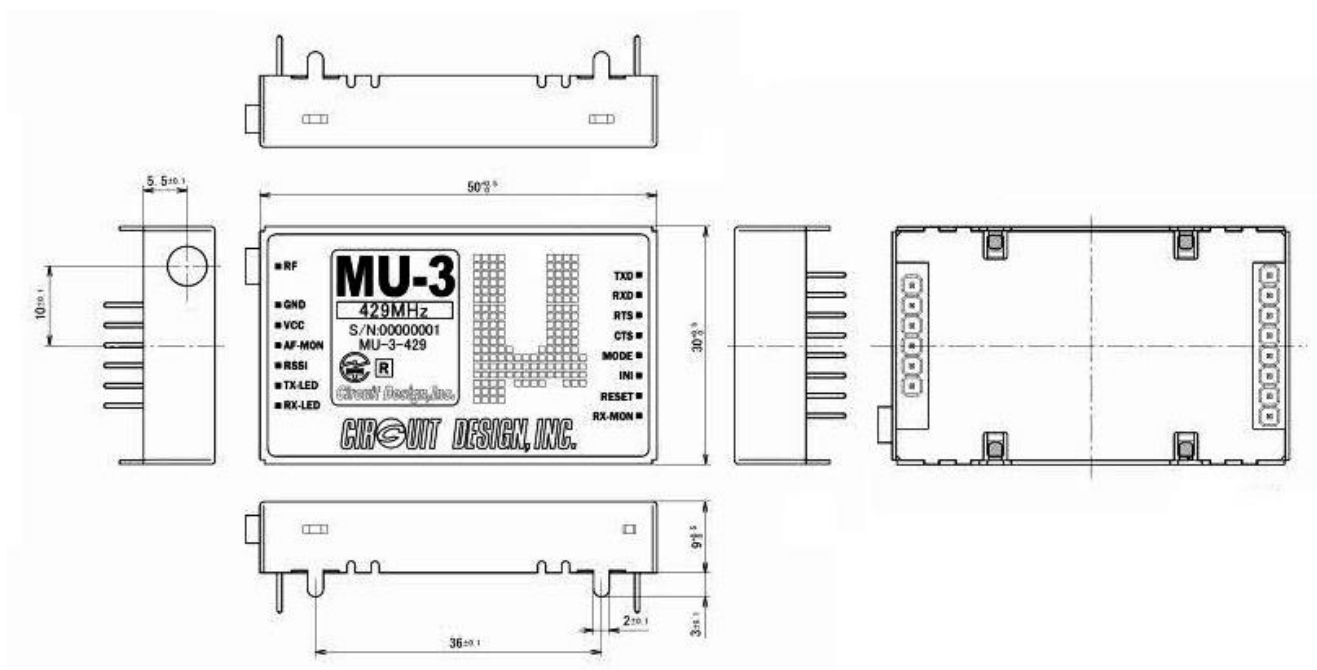
| MU-3-429   |           |            |           |            |           |
|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Channel    | Frequency | Channel    | Frequency | Channel    | Frequency |
| Dec. (Hex) | MHz       | Dec. (Hex) | MHz       | Dec. (Hex) | MHz       |
| 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  | -          | -         |

\* デフォルトチャンネル



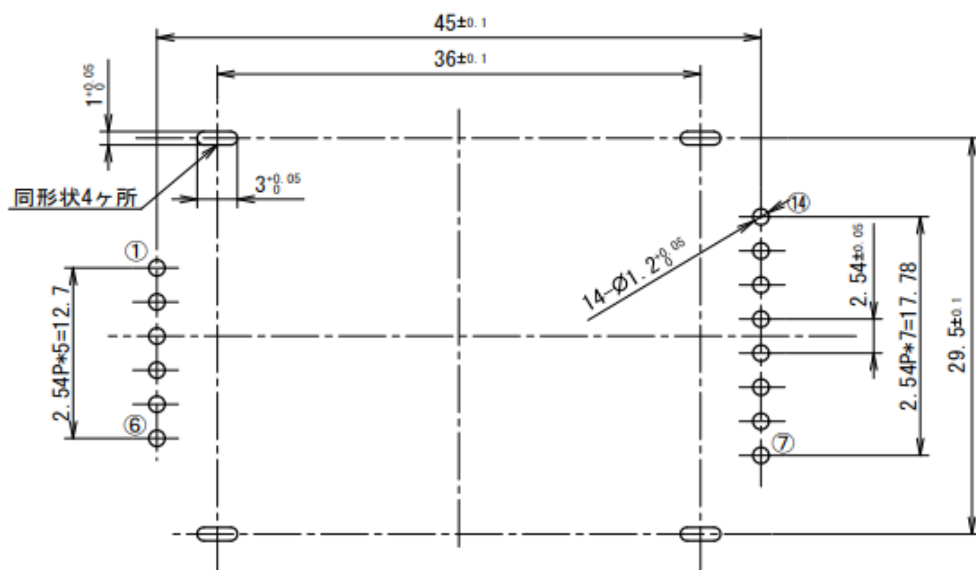
## 2.4 寸法図

### ■ 2.4.1 外形寸法図



### ■ 2.4.2 基板孔明け寸法図

基板取付穴推奨寸法  
(TOP VIEW)



端子配置図

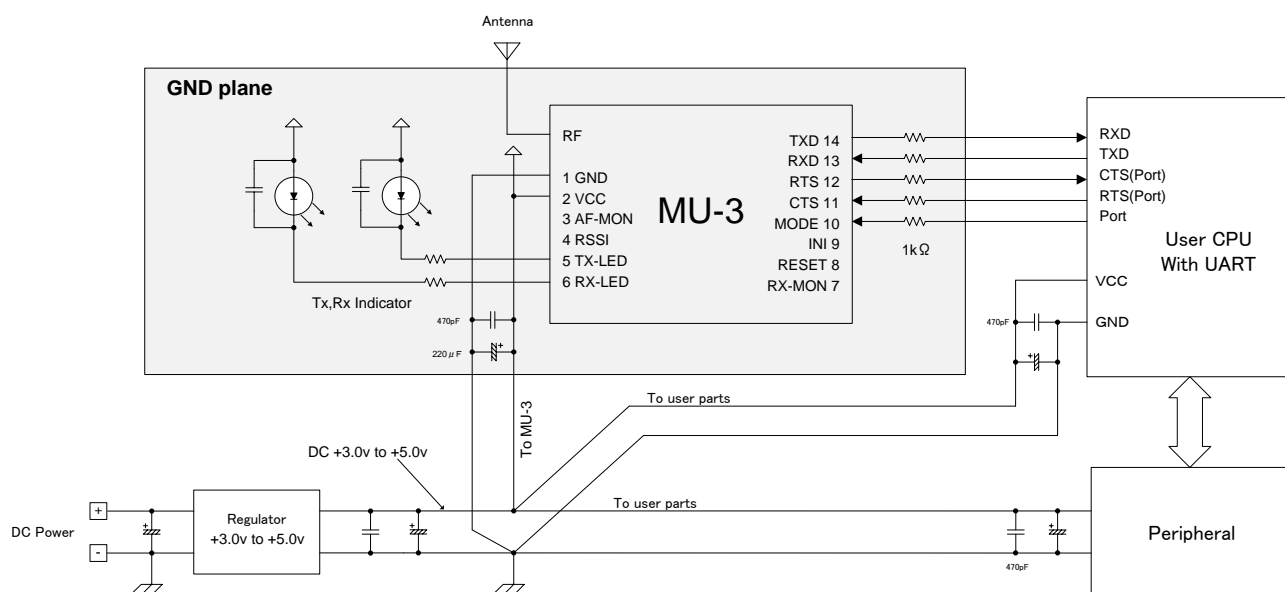
| 6Pin CN  | 8Pin CN  |
|----------|----------|
| 1 GND    | 14 TXD   |
| 2 VCC    | 13 RXD   |
| 3 AF-MON | 12 RTS   |
| 4 RSSI   | 11 CTS   |
| 5 TX-LED | 10 MODE  |
| 6 RX-LED | 9 INI    |
|          | 8 RESET  |
|          | 7 RX-MON |

## 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

本モデム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-3 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 50mA 必要です。MU-3 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してください。挿入箇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-3 の電源ラインをシステムの他の回路(CPU 等)の電源ラインと共通で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-3 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。バイパスコンデンサーの容量は 220 $\mu$ F 程度の電解コンデンサーと 470pF の積層セラミックコンデンサを取り付けてください。
5. LED 用端子はコネクタピンの直近に抵抗を入れ、LED 電流を 1mA 以下に制限して使用してください。なお、この端子には内部に 1k $\Omega$  の抵抗が直列に入っています。輝度が足りない場合はドライバ回路を設けてください。  
TX-LED、RX-LED 端子に接続する LED には 100～470pF 程度の積層セラミックコンデンサを並列に取り付けてください。
6. AF-MON、RSSI、RX-MON 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-3 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-3 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 をご覧いただくか、弊社営業部までお問合せください。

### **3.3 その他**

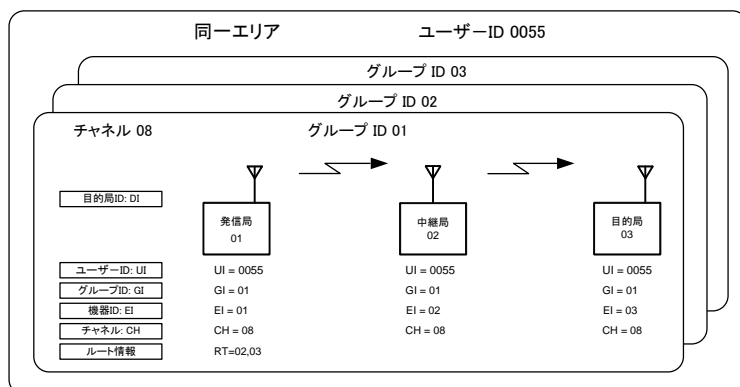
1. 組み込み機器を含めて、ノイズ発生源からできるだけ離す工夫をしてください。
2. MU-3 を手で覆ったりすることのない配置としてください。
3. 本ユニットは防水構造ではありません。アンテナを外部に出して使用する場合は水滴が浸入しない構造にしてください。
4. 本マニュアルの“警告と注意事項“に従った環境で使用してください。

## 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-3 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ことができます。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

MU-3 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全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。

##### • 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。グループ内の全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列挙します。

##### • 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。

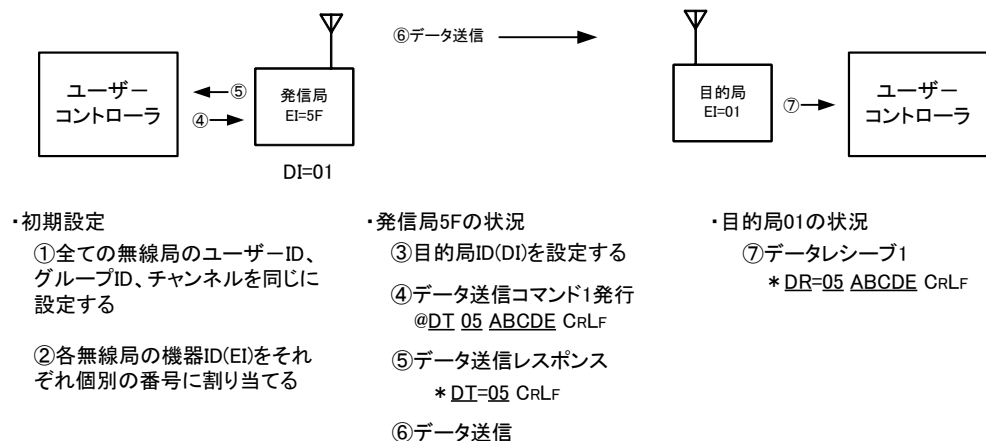
## 4.1.2 データ送信の基本

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。



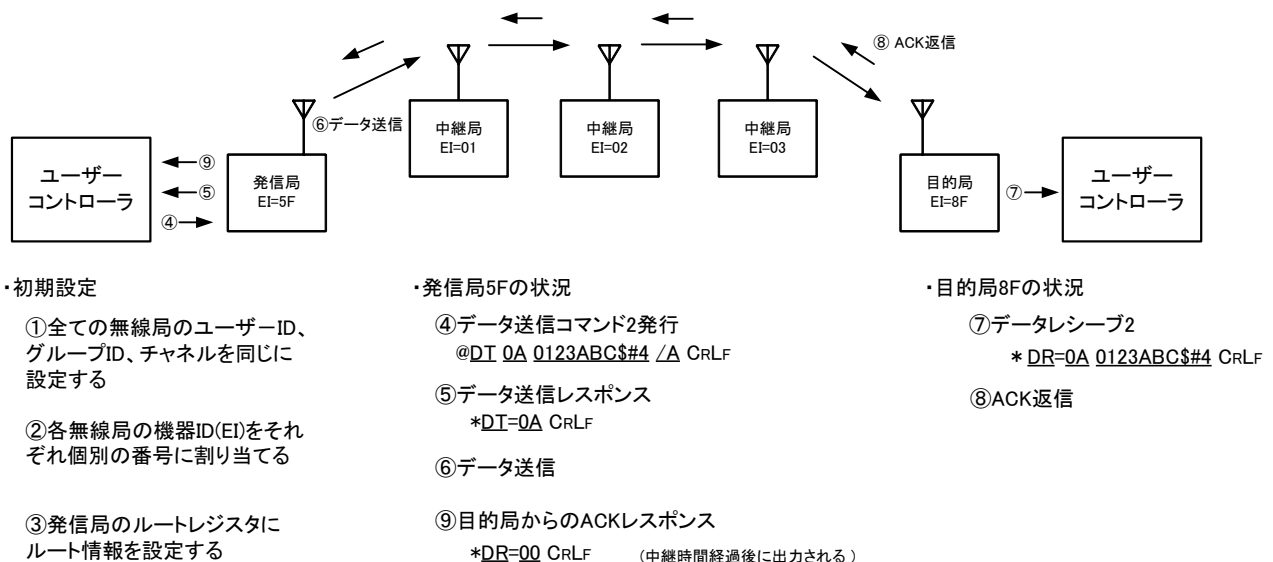
## 例 2 中継局を使用したシステム

発信局 5F 番から 5 バイトデータ'ABCDE'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-3 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-3 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 '@SI' 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これらを使い分けると、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) のシステムで使います。

#### 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: '%'

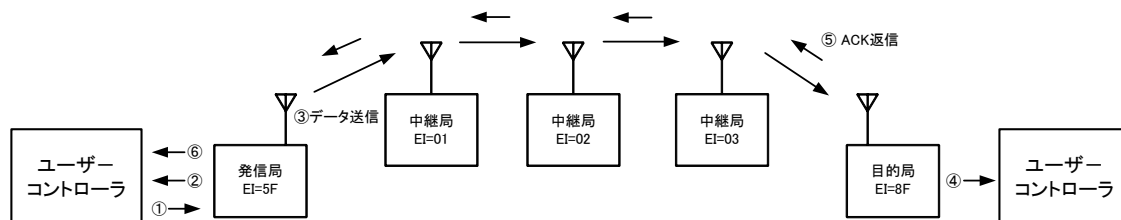
目的局の出力文字(データレシーブ): '\*DC'

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. 予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: @DI 0A 0123ABC\$#4 %A 01.02.03.8F CrLf  
書式2: @DI 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
- ⑥目的局からのACKレスポンス  
\*DC=45 00 CrLf (中継時間経過後に出力される)

・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 /A 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-3 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、目的局は全て同じチャン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 – FFFFh(0000h は試験用 ID、FFFFh は使用不可)

MU-3 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全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勧めします。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。グループ内の全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) し送信コマンド 1 を発行すると、同じグループ内の全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. チャンネル

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。

#### 4.1.5 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. 使用チャン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-3 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可能です。

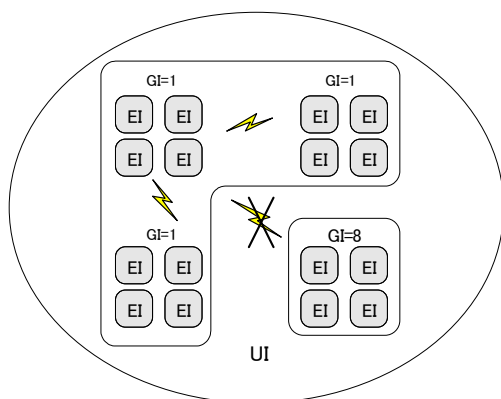
機器 ID は 01h～FEh まで指定でき、1 つのグループには最大 254 台の機器を接続することができます。

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。

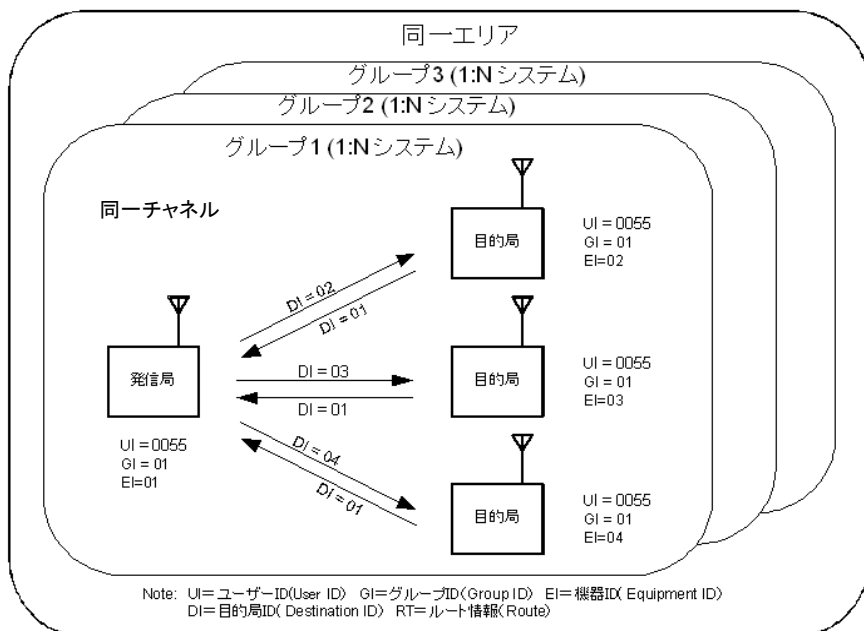
下図は 1:N システムですが、全ての機器が対等な関係にある N:N システムを構築することも可能です。



※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。

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

※グループID 機器IDは上記の範囲で任意に設定可能



### ◇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、全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)

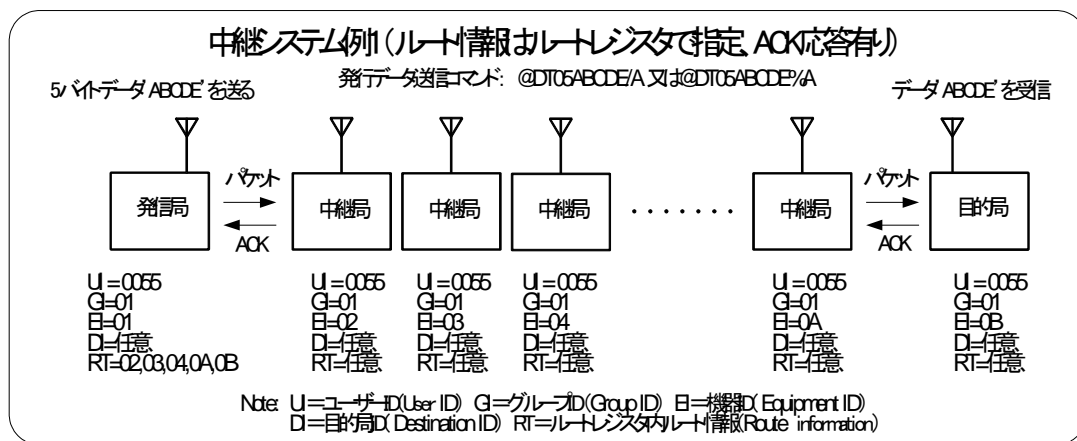
1 対 1 の通信ではリンクパラメータの内、目的局 ID を使用しますが、中継機能を使用する通信では、'@RT' コマンドでルートレジスタに設定したルート情報、あるいはデータ送信コマンド '@DT' に直接記述したルート情報を基にデータを送信します。中継機能を使用する場合はデータ送信コマンド 2 かデータ送信コマンド 3 を使用します。

MU-3 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。

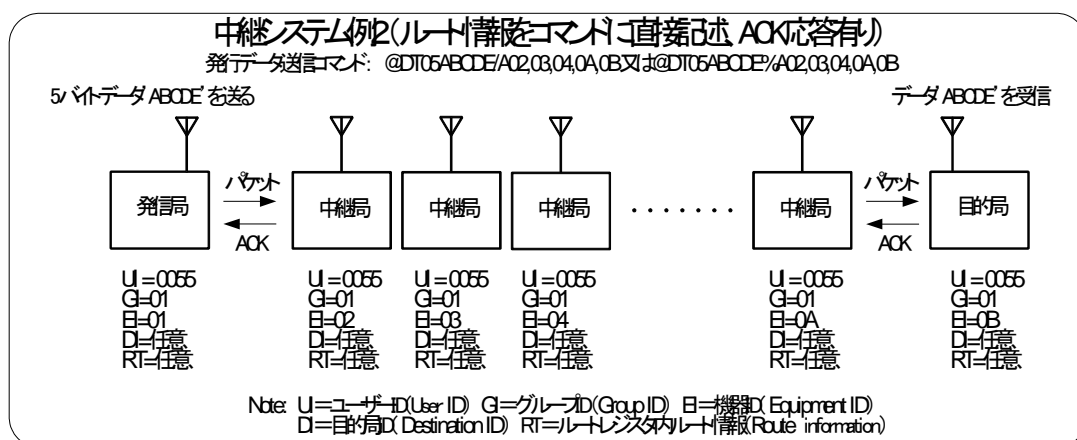
#### 4.3.1 ルートレジスタのルート情報で送信

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。



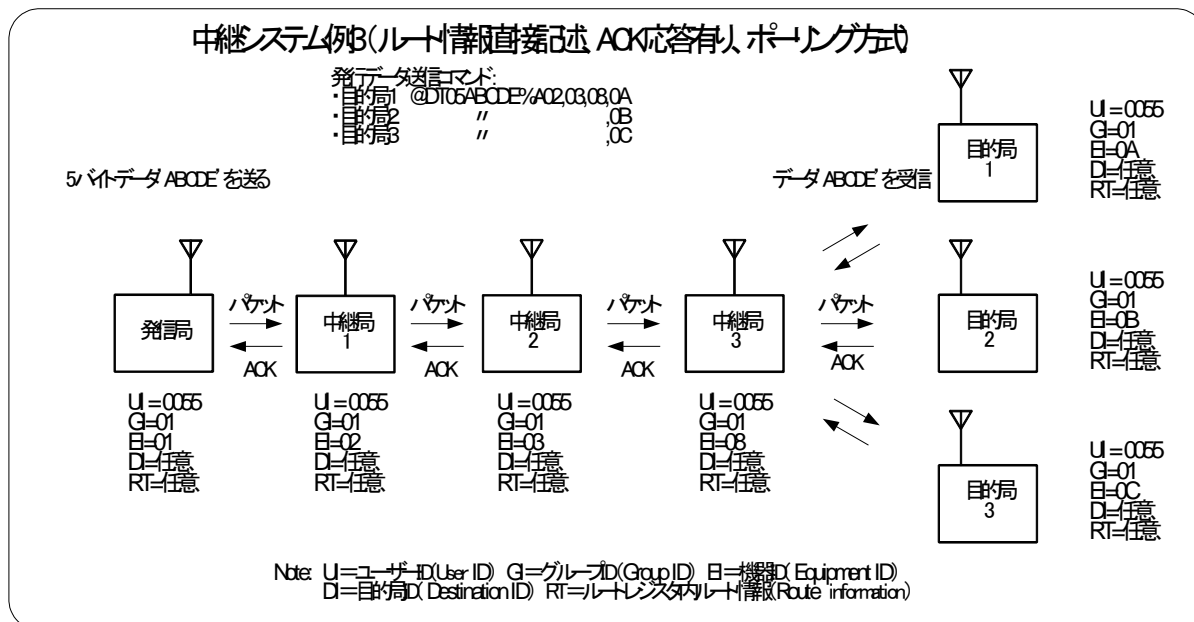
#### 4.3.2 データ送信コマンドに記述したルート情報で送信

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、全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ようになります。

データ送信コマンド 3: @DT 05 ABCDE %R 02,03,08,**00** C<sub>RLF</sub>

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、送信コマンドの内、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)は電波衝突が起きるので使用しないでください。

## 4.4 モード

MU-3 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-3 のコマンドにはデータ送受信のためのコマンドと、MU-3 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、チャン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-3 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ので、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-3 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アプリケーション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(ハイパーターミナル等)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-3 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(ハイパーターミナル等)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)全てがデータとして送受信できます。1 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 '@IB' コマンドで行います。

## 4.4.4 モード設定

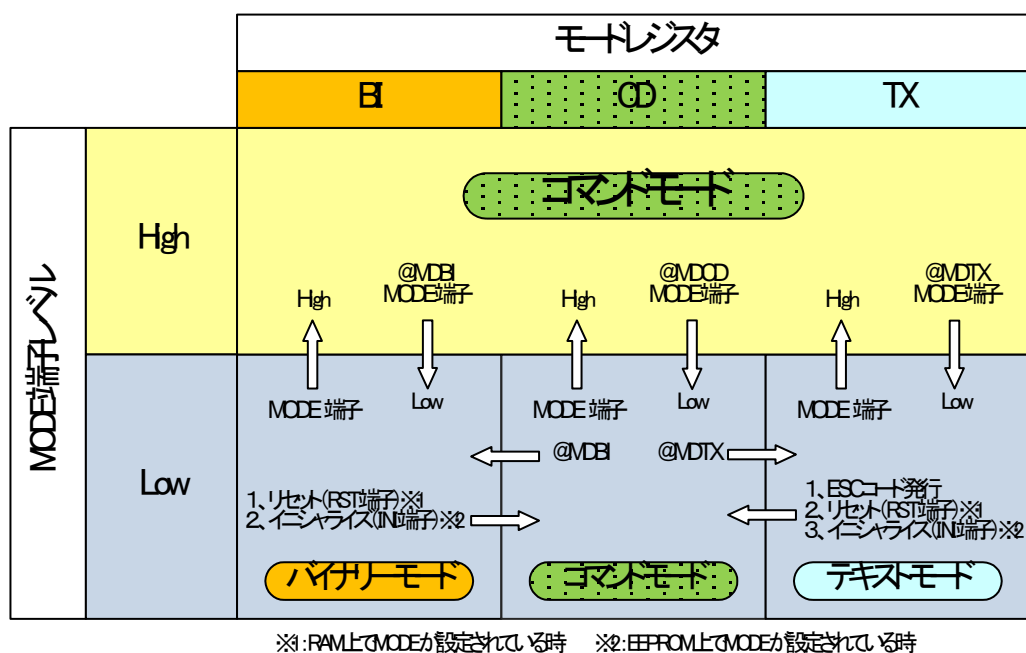
## MODE 端子が High レベルの時

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-3 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-3 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-3 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-3 の電源を一旦落としてください。  
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-3 をイニシャライズしないとコマンドモードにすることができません。  
イニシャライズするには、INI 端子に接続したスイッチを押しながら電源を入れ、一旦電源を落とした後、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-3 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 ドライバを使用した場合です。ハイパーターミナル使用時は常に 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ン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、選択したチャン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-3 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うことになっています。

MU-3 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。閾値以上では他者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。チャンネルを切り替える、チャン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った場合は、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-3 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-3 のリセット端子を 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-3 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するような場合に、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-3 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 '@IZ' 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、  
チャンネル=7 チャンネル
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、
3. 内部動作パラメータ  
モード=コマンドモード

## 4.8 使用チャンネルの変更

稼働中のシステムで使用しているチャンネルを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全てのステーションを一括変更する方法があります。

チャン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。チャン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-3 はシステムの省電力化のために 3 種類の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-3 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 端子を全て 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 1 | 18 mA      | 10 ms |
| スタンバイモード 2 | 1.5 mA     | 42 ms |
| スタンバイモード 3 | 15 $\mu$ A | 65 ms |

## 4.10 空中線電力低下装置設定

MU-3 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 に低下させることができます。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-3 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うち、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-1N、MU-2 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' に設定して下さい。

※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事で再送の回数を大幅に減らす事ができます。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下さい。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下さい。

・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



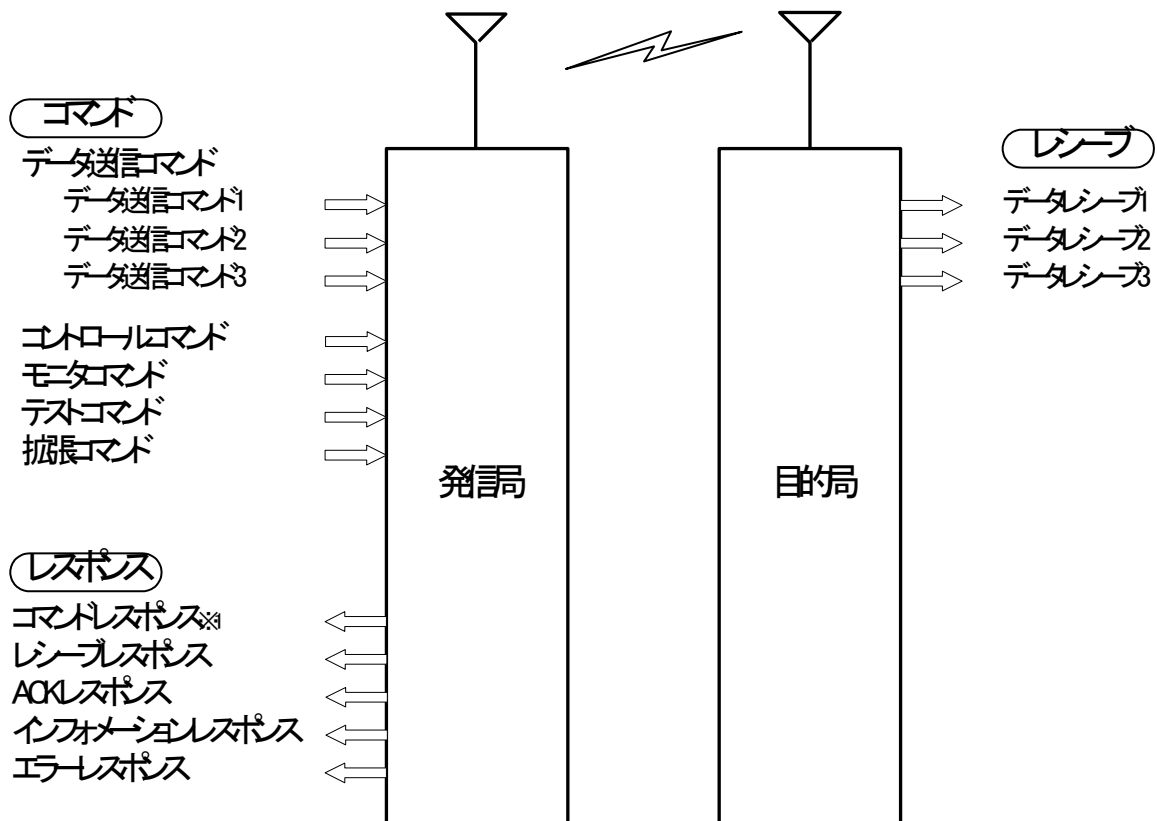
注意

※通信は基本的に同一プロトコル間でのみ可能です。

## 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-3 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-3 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。



#### ※ 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     |

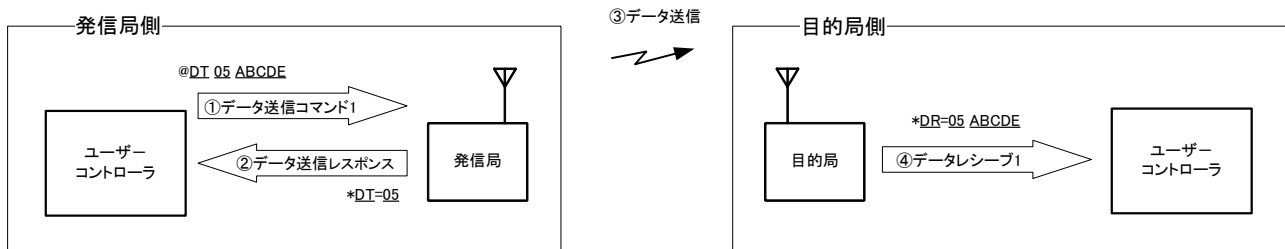


## 1. データ送信コマンドとデータ送信レスポンス、データレシーブ

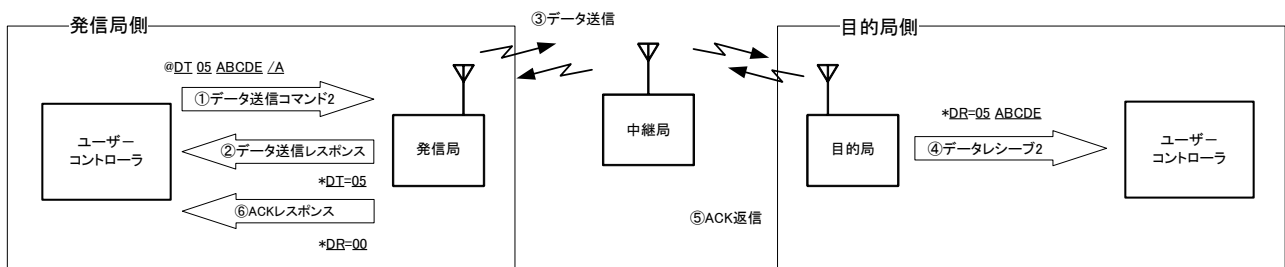
データ送信コマンドはユーザーデータを送信するための発信局側のコマンドです。目的局からは発行したデータ送信コマンドに対応したデータレシーブが出力されます。データ送信コマンドにはデータ送信コマンド 1、データ送信コマンド 2、データ送信コマンド 3 の 3 種類があります。

### 例 1 データ送信コマンド 1(1:1、1:N の場合)

ACK レスポンスを受け取ることもできます。

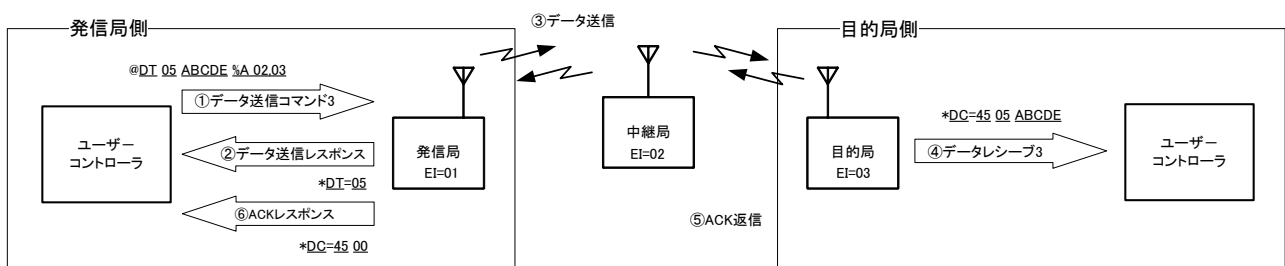


### 例 2 データ送信コマンド 2(中継する場合、ACK あり、通信経路をルートレジスタに設定)



### 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)

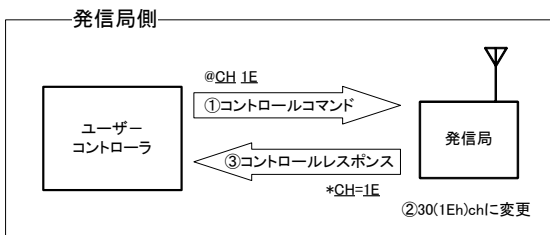
データレシーブの先頭には RSSI 情報が入っています。ACK レスポンスの先頭には目的局で受信した RSSI レベルが入っています。



## 2. コントロールコマンドとコントロールレスポンス

MU-3 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。

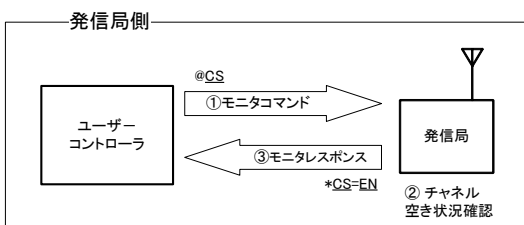
例 CH を 30(1Eh)に変更する場合



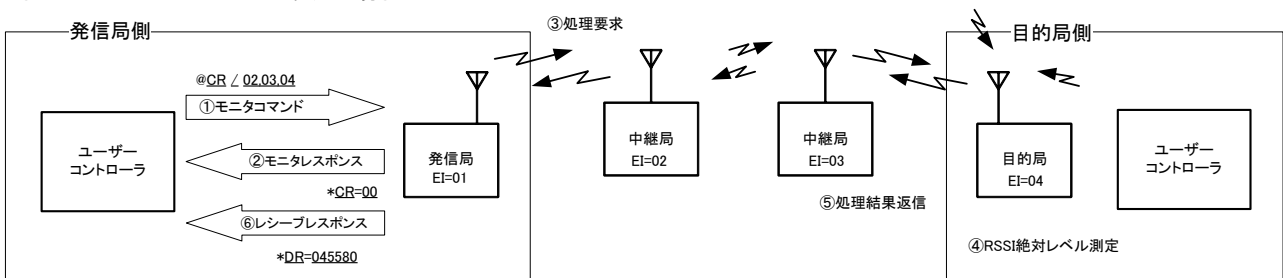
## 3. モニタコマンドとモニタレスポンス

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

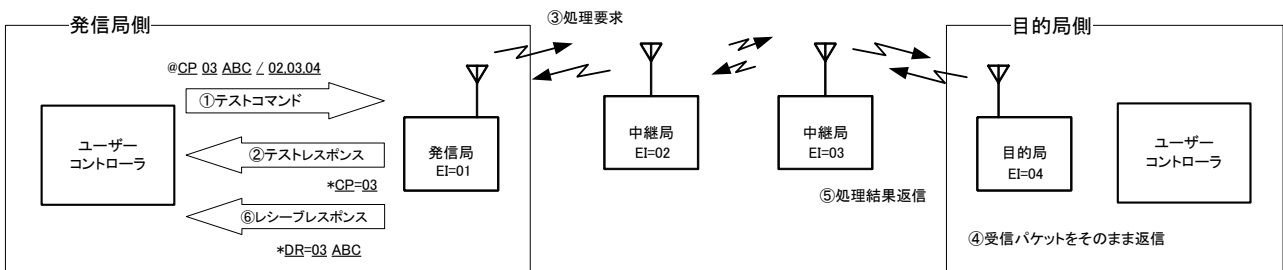


例 レシーブレスポンスありの場合



## 4. テストコマンドとテストレスポンス

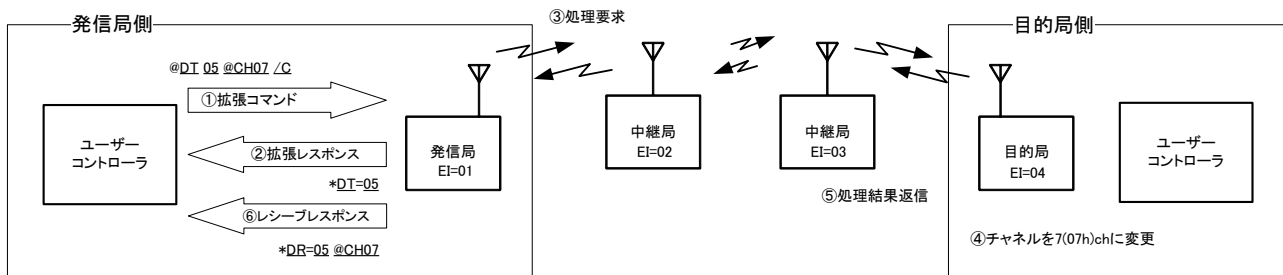
各種テスト機能を実行するために発行するコマンドとレスポンスです。



## 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 レスポンス

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 レスポンス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-3 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します。

## 9. エラーレスポンス

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ポンスです。

## 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 桁、4 桁の Hex 値バリュー。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<br>フォーマット       | データ送信レスポンス<br>フォーマット<br>(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 XX ww...ww       | * DT = XX                           | P41   |
| データ送信コマンド 2 (中継機能あり、ACK なし) | @DT XX ww...ww /R ※1 | * DT = XX                           | P42   |
| データ送信コマンド 2 (中継機能あり、ACK あり) | @DT XX ww...ww /A ※2 | * DT = XX                           | P43   |
| データ送信コマンド 3 (中継機能あり、ACK なし) | @DT XX ww...ww %R ※3 | * DT = XX                           | P45   |
| データ送信コマンド 3 (中継機能あり、ACK あり) | @DT XX ww...ww %A ※4 | * DT = XX                           | P46   |

※1、2: 中継局にデータを出力するオプション/S、/B が有ります。

※3、4: 中継局にデータを出力するオプション%S、%B が有ります。

### 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<br>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 = XX ww...ww ※1    | データ送信コマンド 1 (@DT)     | P41   |
| データレシーブ 2             | * DR = XX ww...ww ※1    | データ送信コマンド 2 (@DT.../) | P43   |
| データレシーブ 2 (RSSI 情報付き) | * DS = xx XX ww...ww ※2 | データ送信コマンド 2 (@DT.../) | P44   |
| データレシーブ 3             | * DC = xx XX ww...ww    | データ送信コマンド 3 (@DT...%) | P46   |

※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<br>フォーマット                          | コントロールレスポンス<br>フォーマット<br>(コマンドレスポンス)              | 参照ページ |
|--------------------------|-----------------|---|---|-------|
| 無線リンク関連<br>設定、取得<br>コマンド | ユーザーID 設定       | @UI <u>XXXX</u> . <u>XXXX</u>           | * <u>UI</u> = <u>XXXX</u>                         | P55   |
|                          | グループ ID 設定      | @GI <u>XX</u>                           | * <u>GI</u> = <u>XX</u>                           | P50   |
|                          | 機器 ID 設定        | @EI <u>XX</u>                           | * <u>EI</u> = <u>XX</u>                           | P50   |
|                          | 目的局 ID 指定       | @DI <u>XX</u>                           | * <u>DI</u> = <u>XX</u>                           | P49   |
|                          | 中継ルート指定         | @RT <u>XX</u> . <u>XX</u> ... <u>XX</u> | * <u>RT</u> = <u>XX</u> . <u>XX</u> ... <u>XX</u> | P52   |
|                          | 使用チャンネル設定       | @CH <u>XX</u>                           | * <u>CH</u> = <u>XX</u>                           | P48   |
| UART パラメータ<br>設定コマンド     | UART ボーレート設定    | @BR <u>ww</u>                           | * <u>BR</u> = <u>ww</u>                           | P48   |
|                          | UART パリティ設定     | @PB <u>ww</u>                           | * <u>PB</u> = <u>ww</u>                           | P51   |
|                          | UART ストップビット設定  | @SB <u>ww</u>                           | * <u>SB</u> = <u>ww</u>                           | P52   |
| 動作設定、<br>情報取得<br>コマンド    | 動作モード設定         | @MD <u>ww</u>                           | * <u>MD</u> = <u>ww</u>                           | P51   |
|                          | 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>                           | P54   |
|                          | 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>                           | P54   |
|                          | ルート情報付加モード設定    | @RI <u>ww</u>                           | * <u>RI</u> = <u>ww</u>                           | P51   |
|                          | レスポンス表示モード設定    | @RM <u>ww</u>                           | * <u>RM</u> = <u>ww</u>                           | P52   |
|                          | プログラムバージョン取得    | @VR                                     | * <u>VR</u> = <u>XX</u> <u>ww</u> ... <u>ww</u>   | P55   |
|                          | シリアルナンバー取得      | @SN                                     | * <u>SN</u> = <u>xxxxxxxxxxxx</u>                 | P54   |
|                          | リセット            | @SR                                     | * <u>SR</u> = <u>00</u>                           | P54   |
|                          | イニシャライズ         | @IZ                                     | * <u>IZ</u> = <u>00</u>                           | P50   |
|                          | スタンバイモード設定      | @SY <u>XX</u>                           | 無し  | P54   |
|                          | RSSI 情報付加モード設定  | @SI <u>ww</u>                           | * <u>SI</u> = <u>ww</u>                           | P53   |
|                          | 受信ルート情報利用設定     | @RR <u>ww</u>                           | * <u>RR</u> = <u>ww</u>                           | P52   |
|                          | 空中線電力低下装置設定     | @PW <u>ww</u>                           | * <u>PW</u> = <u>ww</u>                           | P51   |
|                          | エラー訂正プロトコル設定※1  | @EC <u>ww</u>                           | * <u>WC</u> = <u>ww</u>                           | P49   |

※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<br>フォーマット | モニタレスポンス<br>フォーマット<br>(コマンドレスポンス)     | レスポンス<br>タイプ | 参照ページ |
|------------------------|----------------|---------------------------------------|--------------|-------|
| チャンネル状況取得              | @CS            | * <u>CS</u> = <u>ww</u>               | 無し           | P58   |
| RSSI 絶対レベル測定           | @RA            | * <u>RA</u> = <u>XX</u>               | 無し           | P58   |
| 目的局全チャンネル RSSI 絶対レベル測定 | @CA            | * <u>CA</u> = <u>00</u>               | レシーブレスポンス    | P56   |
| 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    | P57   |
| 全チャンネル RSSI 絶対レベル測定    | @RC            | * <u>RC</u> = <u>XX</u> ... <u>XX</u> | 無し           | P58   |

※ 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<br>フォーマット                        | テストレスポンス<br>フォーマット<br>(コマンドレスポンス) | レスポンス<br>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           | P59   |
| パケット試験     | @CP <u>XX</u> <u>ww</u> ... <u>ww</u> | * <u>CP</u> = <u>XX</u>           | レシーブレスポンス    | P60   |

## 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<br>フォーマット                          | 拡張レスポンス<br>フォーマット<br>(コマンドレスポンス) | レスポンス<br>タイプ    | 参照ページ |
|-------------------------------------|---|----------------------------------|-----------------|-------|
| ・目的局チャンネル変更<br>・変更を内部の EEPROM に固定   | @DT 05 @CH XX /C<br>@DT 07 @CH XX /W /C | *DT 05<br>*DT 07                 | ACK レスポンス       | P61   |
| ・複数局チャンネル一括変更<br>・変更を内部の EEPROM に固定 | @DT 05 @CH XX /F<br>@DT 07 @CH XX /W /F | *DT 05<br>*DT 07                 | コントロール<br>レスポンス | P62   |
| 目的局テストデータ発信                         | @DT 05 @CT XX /C                        | *DT 05                           | ACK レスポンス       | P63   |
| 目的局リセット                             | @DT 03 @SR /C                           | *DT 03                           | ACK レスポンス       | P64   |
| 複数局一括リセット                           | @DT 03 @SR /F                           | *DT 03                           | コントロール<br>レスポンス | P65   |

## 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あります。

## 5.2.8 ACK レスポンス

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 レスポンスとして出力されます。

ACK 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あります。

## 5.2.9 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-3 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します。

## 5.2.10 エラーレスポンス

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ポンスです。

### 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-3 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 55ms 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、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: チャンネルを 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



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うので注意してください。
2. EEPROM の書き換え回数は 10 万回です。繰り返し書き込むようなプログラムは作成しないでください。
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'Cr'=0Dh) + (ラインフィード'Lf'=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 + バリユー + 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。  
 バリユー: 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            | 実際に MU-3 に送る 16 進コード                   |
| @DT 06 abc123 CRLF | 40,44,54,30,36,61,62,63,31,32,33,0D,0A |

#### 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 + '=' + バリユー + 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。  
 バリユー: '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    | 実際に MU-3 から出る 16 進コード   |
| *DT = FF CRLF | 2A,44,54,3D,46,46,0D,0A |

#### 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 + '=' + バリユー1 + バリユー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。  
 バリユー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。  
 バリユー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    | 実際に MU-3 から返ってくる 16 進コード                  |
| *DR = 06 abc123 CRLF | 2A,44,52,3D,30,36,61,62,63,31,32,33,0D,0A |



### 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-3 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 が返えることがあります。 '@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認することができます。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-3 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-3 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'**

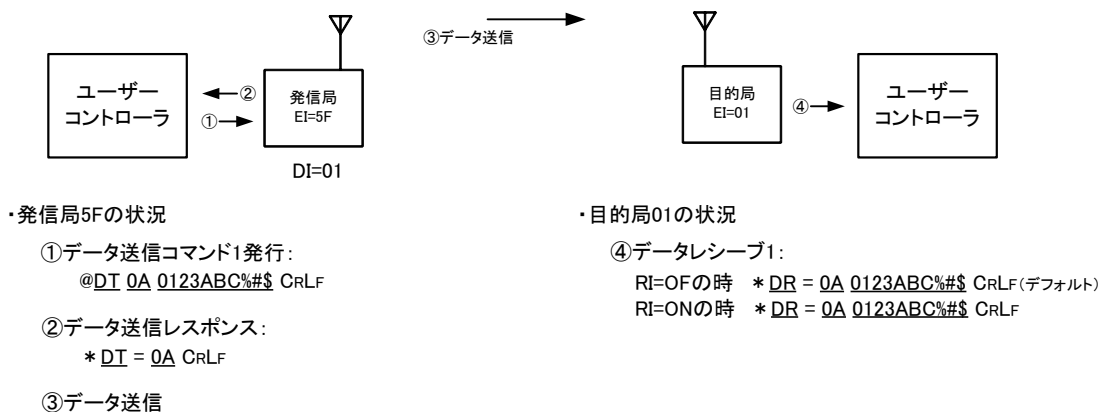
- ・データサイズは 2 桁の 16 進数で、ASCII 文字で記述します。一回に送ることができるデータ数は最大 255 バイトです。
- ・データは値 00h~FFh までの数値です。
- ・データは目的局 ID: '@DI' コマンドで設定してある目的局に送られます。

**フォーマット '@DT' ss DD...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。



#### ◇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 ABCD 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-3 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認することができます。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-3 はユーザーコントローラからデータ送信コマンド 2 '@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-3 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'

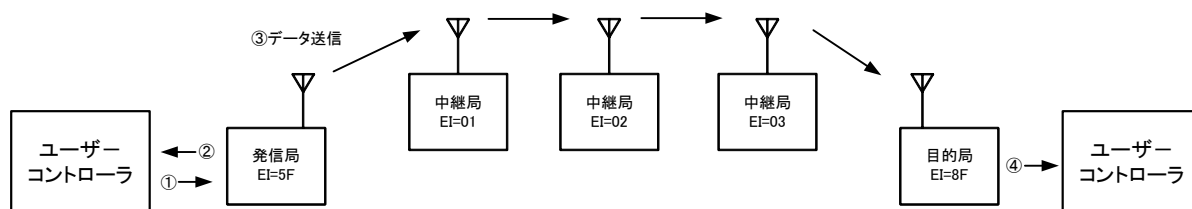
ss : データサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値: 00h~FFh、最大 255 バイト

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。
- ・現在接続している全てのの中継局に同じデータを送信する場合は、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

・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

※ '/S' の場合は中継局にも目的局と同じデータを送信します。

## ◇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 ABCD 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 ABCD /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-3 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-3 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'

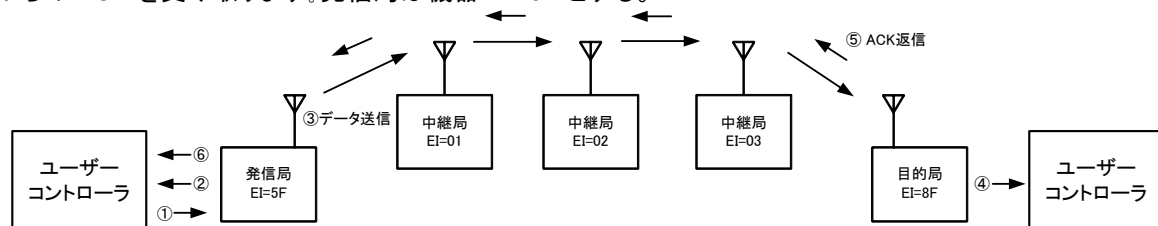
ss: データサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

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。
- 現在接続している全てのの中継局に同じデータを送信する場合は、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 (中継時間経過後に出力される)

## ・目的局8Fの状況

## ④データレシーブ2

RI=OFF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送信します。

## ◇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 なし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 ABCD 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 ABCD /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

## ◇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 3 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 PPPPPPPPPP /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 PPPPPPPPPP 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 PPPPPPPPPP /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 PPPPPPPPPP /R CrLf

← データレシーブ 2、RI=OF の時

\* DR = 0A PPPPPPPPPP /R 01,02 CrLf

← データレシーブ 2、RI=ON の時

## 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場合があります。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-3 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'が返えることがあります。'@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認することができます。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-3 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-3 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'

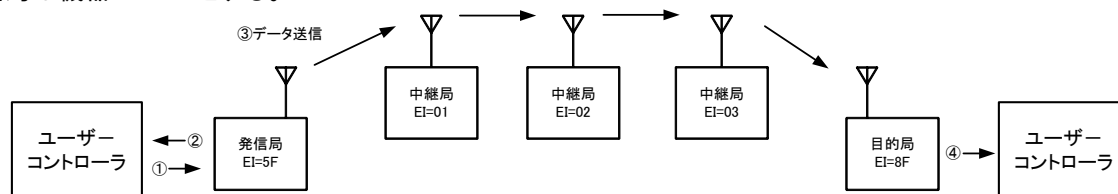
ss : コントロールサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

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。
- ・現在接続している全ての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

## ・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

※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

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 ABCD 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-3 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-3 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'

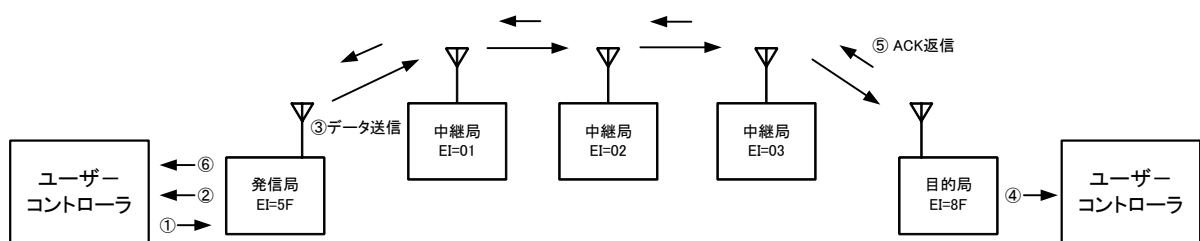
ss:           コントロールサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値:00h~FFh、最大 255 バイト

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。
- ・現在接続している全てのの中継局に同じデータを送信する場合は、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 (中継時間経過後に出力される)

## ・目的局8Fの状況

## ④データレシーブ3

RI=OFF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 なし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 ABCD 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。

## ◇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 ' \* DC' 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 の時

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

← データレシーブ 3、RI=ON の時

## 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 + バリユー + 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。  
 バリユー: 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     | 実際に MU-3 に送る 16 進コード |
| @CH 1F CrLf | 40,43,48,31,46,0D,0A |

## レスポンス基本書式

プレフィックス + コマンド名 + '=' + バリユー + 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: 受け付けたコマンドで 2 文字の ASCII 文字です。  
 バリユー: 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      | 実際に MU-3 から返ってくる 16 進コード |
| *CH = 1F CrLf | 2A,43,48,3D,31,46,0D,0A  |



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 ボーレート設定

UART のボ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。コントロール側のボーレートを直ちに变更してください。

|        |              |              |              |             |
|--------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| デフォルト: | 19           |              |              |             |
| バリユー:  | 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 57 CrLf | コントロールレスポンス: | *BR = 57 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                             |
| バリユー:  | 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 0F CrLf                 |
| コントロールレスポンス: |                             |
| RM=CD の時     | *CH = 0F CrLf               |
| RM=TX の時     | *CH = 0F : 429.3500MHZ 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全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では利用できません。

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-1N内部はイニシャライズされます。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 インターリーブ無し  
I1 = エラー訂正プロトコル インターリーブ 1  
I2 = エラー訂正プロトコル インターリーブ 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(O:通可)    |   |   |   |
|-------------------------------------|------------|------------|----------------------|---|---|---|
|                                     | データ<br>サイズ | 適用<br>コマンド | 標準プロトコル<br>@EC OF /W | エラー訂正<br>プロトコル<br>インターリーブ無し<br>@EC ON W | エラー訂正<br>プロトコル<br>インターリーブ1<br>@EC I1 /W | エラー訂正<br>プロトコル<br>インターリーブ2<br>@EC I2 /W |
| 標準プロトコル<br>@EC OF /W                | 0~255      | 全て         | ○                    | ×                                       | ×                                       | ×                                       |
| エラー訂正プロトコル<br>インターリーブ無し<br>@EC ON W | 0~255      | 全て         | ×                    | ○                                       | ○                                       | ○                                       |
| エラー訂正プロトコル<br>インターリーブ1<br>@EC I1 /W | 0~8        | @DT<br>@CP | ×                    | ×                                       | ○                                       | ×                                       |
| エラー訂正プロトコル<br>インターリーブ2<br>@EC I2 /W | 0~32       | @DT<br>@CP | ×                    | ×                                       | ×                                       | ○                                       |

#### 5.2.2.5 @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-3 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。

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-3 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-3 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”の項をご覧ください。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-3 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變更してください。

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-3 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 レスポンス表示モード

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  
 バリユー: 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 レスポンス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  
 バリユー 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  
 バリユー: 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 を一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-3 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变更してください。

デフォルト: 01  
 バリユー: 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 レスポンス、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全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 レスポンス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 レスポンスの状況

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

\* DR = 00 CrLf

SI が ON の時

\* DS = 46 00 CrLf

**5.4.2.17 @SN シリアルナンバー表示**

MU-3 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 桁の管理番号です。MU-3 からのスポンズは 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 = E12345678 CrLf

**5.4.2.18 @SR リセット**

MU-3 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。

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 \* SR = 00 CrLf  
 (RM=TX 時 \* SR = 00 : Software reset was performed. CrLf)

**5.4.2.19 @SY スタンバイモード設定**

MU-3 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保持されます。  
 コマンド発行後、RXD、CTS、MODE、INI、RESET 端子を全て High レベルにしてください。  
 スタンバイモードから復帰するには CTS 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 1=01 スタンバイモード 2=02 スタンバイモード 3=03

|            | 消費電流   | 復帰時間  | 状態                      |
|------------|--------|-------|-------------------------|
| スタンバイモード 1 | 18 mA  | 10 ms | VCO、PLL 電源オン CPU は HALT |
| スタンバイモード 2 | 1.5 mA | 42 ms | VCO、PLL 電源オフ CPU は HALT |
| スタンバイモード 3 | 15 μA  | 65 ms | VCO、PLL 電源オフ CPU は STOP |

例 コントロールコマンド: @SY 02 CrLf コントロールレスポンス: 無し

**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: @TB 20 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 1.024s で計算してください。このコマンドは、ハイパーターミナル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 - FFh

例 0Ah(10x1.024=10.24s)に設定

コントロールコマンド: @TC 0A 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全ての機器は同じ 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。

全ての MU-3 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もできますが、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、実稼働させる場合はユーザーID を設定することをお勧めします。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 – FFFFh (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: @UI 0000,0B27 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-3 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 = 30 Ver3.0A 2019/04/01 10:06 CRLF

## 5.4.3 モニタコマンドと各種レスポンス

## 5.4.3.1 @CA 目的局全チャンネル RSSI 絶対レベル測定

指定した目的局の RSSI(受信信号強度)を全チャン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

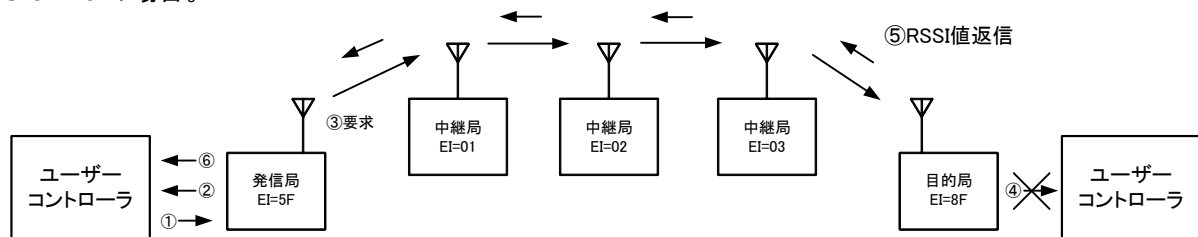
フォーマット 1 '@CA' '/' rr,rr,...,rr 'CrLf'

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 を全チャンネルに渡って測定。中継局は EI=01、02、03。  
MU-3-429 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: \*DI=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)

\*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全チャンネルRSSI値返信

## ◇レシーブレスポンス(発信局に出力)

目的局の 40 チャンネル分の 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 チャンネル分の 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 進数値の 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

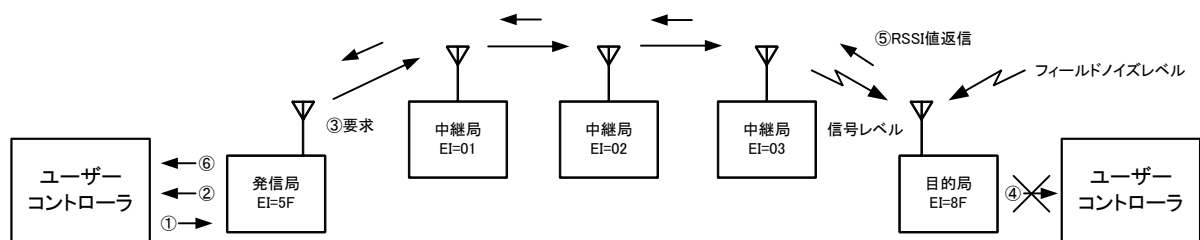
フォーマット 1 '@CR' '/' rr,rr,...,rr 'CrLf'

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 / 01.02.03.8F CrLf

書式2: @CR CrLf

②モニタレスポンス: \*QR=00 CrLf

③要求

⑥目的局からのレスポンス(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現在チャンネルの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 チャンネル分の 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 チャンネル状況取得

ユーザーがデータを送信する前に、現在のチャン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 レベル閾値は約-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'であっても送信時に状況によってキャリアセンスが動作 (IR レスポンスが 01 番 '\* IR=01')する可能性があります。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ン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 現在のチャンネルの 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 全チャンネル RSSI 絶対レベル測定

発信局の RSSI (受信信号強度) を全チャン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 桁の 16 進数値の 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 絶対値を全チャン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

テストレスポンス: \*CT = ON CRLF

## 例 2 データ連続送信オフ

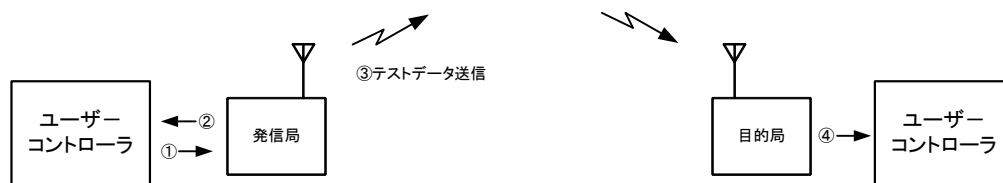
テストコマンド: @CT OF CRLF

テストレスポンス: \*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

テストレスポンス: \*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 + 'CR LF'

書式 2: '@' + 'CP' + データサイズ + データ + 'CR LF'

詳細

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

フォーマット 2 '@CP' ss DD...D 'CR LF'

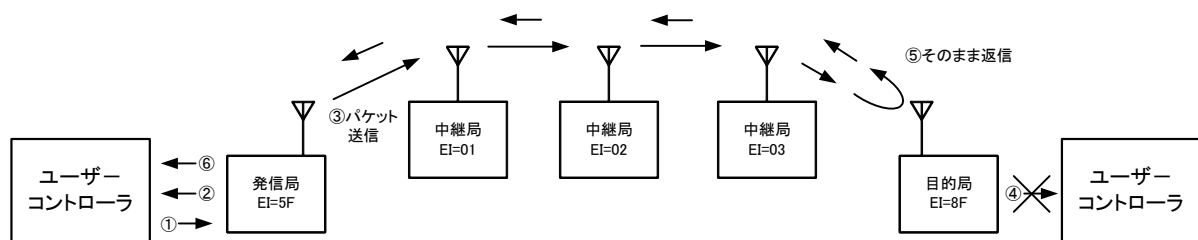
ss : データサイズを 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値: 00h~FFh、最大 255 バイト

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 CR LF

書式 2: @CP 03 ABC CR LF

②テストレスポンス: \*CP=00 CR LF

③データパケット送信

⑥目的局からのレスポンス

\*DR=03 ABC CR LF (中継時間経過後に出力される)

・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、レスポンスとして出力されます。

・発信局の出力

\* DR = 03 ABC CR LF

## 5.4.5 拡張コマンド と 各種レスポンス

## 5.4.5.1 '@DTxx@CHxx/C' 目的局チャンネル変更

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

書式 1: '@' + 'DT05' + '@CH' + チャンネル番号 + '/C' + ルート情報 + 'CrLf'

書式 1: '@' + 'DT05' + '@CH' + チャンネル番号 + '/C' + 'CrLf'

書式 3: '@' + 'DT07' + '@CH' + チャンネル番号 + '/W' + '/C' + ルート情報 + 'CrLf'

書式 4: '@' + 'DT07' + '@CH' + チャンネル番号 + '/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'

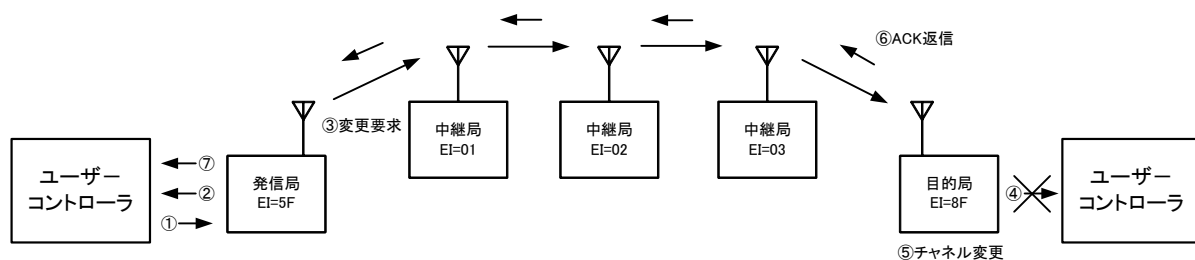
cc: チャンネル番号を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値: 07h~2Eh

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: チャンネルの変更を 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 のチャンネルを 14ch(0E)チャンネルに変更する。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 01.02.03.8F CrLf

書式 2: @DT 05 @CH0E /C CrLf

## ② 拡張レスポンス \*DT=05 CrLf

## ③ チャンネル変更要求

## ⑦ ACK レスポンス (中継時間経過後に出力される)

\*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 チャンネルを変更

## ⑥ ACK 返信 (チャンネル変更完了通知)

## ◇ACK レスポンス (発信局に出力)

目的局のチャンネルを変更し、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 レスポンス出力 (14 チャンネルに変更完了)

\*DR = 05 @CH0E CrLf

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

指定した複数局の使用チャン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ンネルを一度に変更できます。各局のチャンネル変更のタイミングは、目的局が発信局からのチャンネル変更コマンドを受け付け、その後発行する ACK が各局で受け付けられた時点です。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ンネルが元のままです。この場合はシステムのチャンネル範囲を調べてから、目的局チャンネル変更コマンドで遠方の局からチャンネル変更を行なってください。

書式 1: '@' + 'DT05@CH' + チャンネル番号 + '/F' + ルート情報 + 'CrLf'

書式 2: '@' + 'DT05@CH' + チャンネル番号 + '/F' + 'CrLf'

書式 3: '@' + 'DT07@CH' + チャンネル番号 + '/W' + '/F' + ルート情報 + 'CrLf'

書式 4: '@' + 'DT07@CH' + チャンネル番号 + '/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'

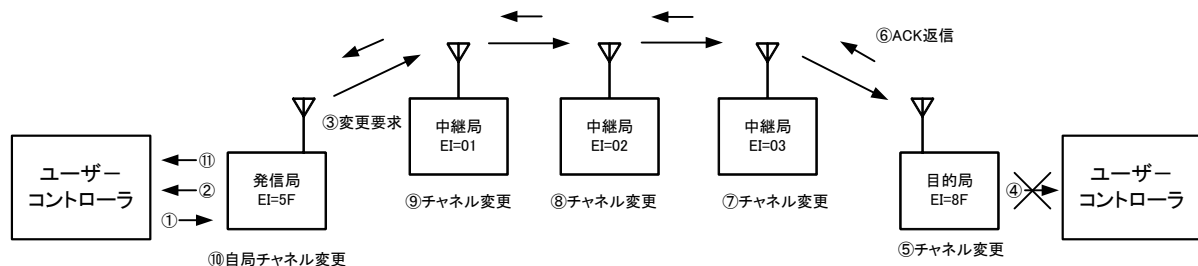
cc: チャンネル番号を 16 進 2 桁で ASCII 文字記述 値: 07h~2Eh

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: チャンネルの変更を 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 のチャンネルを 14ch(0E)チャンネルに変更する。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 /F CrLf

## ②拡張レスポンス \*DT=05 CrLf

## ③チャンネル変更要求

## ⑩自局チャンネルを変更

## ⑪コントロールレスポンス

\*CH=0E CrLf

(発信局のチャン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チャンネルを変更

## ⑥ACK返信(チャンネル変更完了通知)

## ◇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ンネルを変更し、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チャンネルに変更完了)

\* 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。

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'

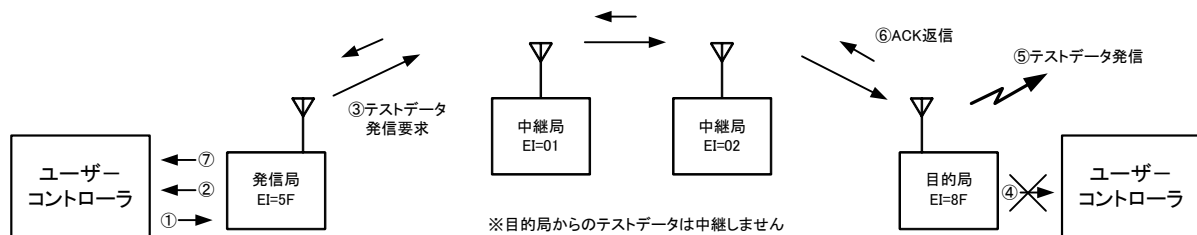
フォーマット 2 '@DT05' '@CT' xx '/'C' 'CrLf'

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(中継時間経過後に出力される)

\*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-3 の電源を入れた時の状態のことです。ユーザーが EEPROM に固定的に設定した内容で立ち上がります。

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

書式 2: '@' + 'DT03' + '@SR' + '/C' + 'CrLf'

詳細

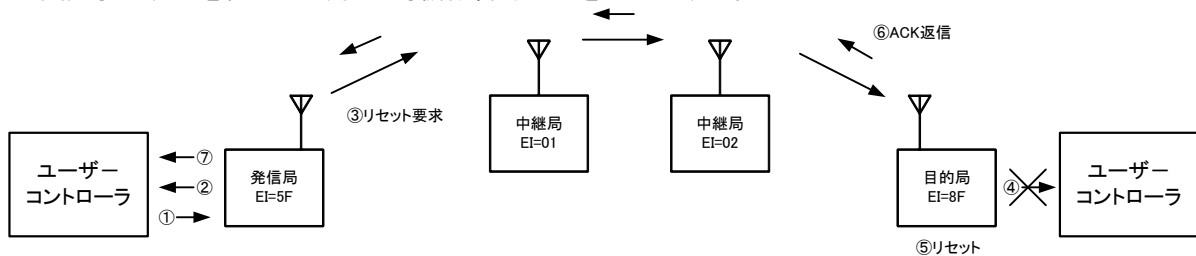
フォーマット 1 '@DT03' '@SR' '/C' rr,rr,...,rr 'CrLf'

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 \*DI=03 CrLf

③目的局リセット要求

⑦ACKレスポンス(中継時間経過後に出力される)

\*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

⑤MU-3をリセットします

⑥ACK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-3 の電源を入れた時の状態のことです。ユーザーが EEPROM に固定的に設定した内容で立ち上がります。

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

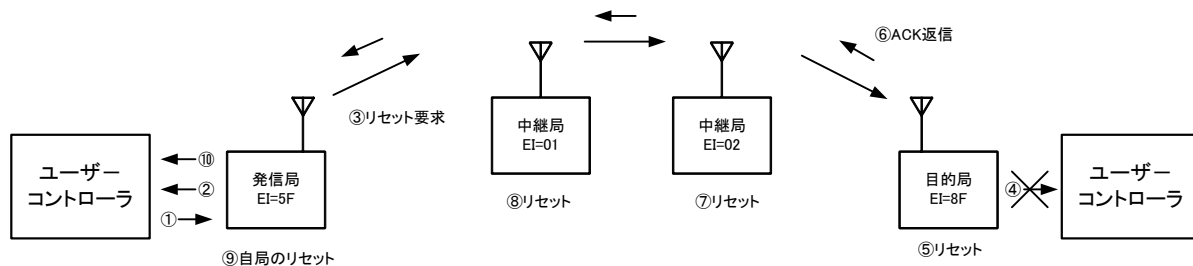
フォーマット 1 ‘@DT03’ ‘@SR’ ‘/F’ rr,rr,...,rr ‘CrLf’

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: @DT 03 @SR /F 01,02,8F CrLf  
書式 2: @DT 03 @SR /E CrLf
- ② 拡張レスポンス \*DT=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
- ⑥ ACK 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 レスポンス

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 レスポンスとして出力されます。

ACK 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。

#### 5.4.8 インフォメーションレスポンス

MU-3 の処理内容に応じてインフォメーションレスポンスがレスポンスされることがあります。

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ポンス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 + レスポンス名 + '=' + バリユー + 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'IR'です。

バリユー: 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ポンス例

|                              |                          |
|------------------------------|--------------------------|
| レスポンス文字列                     | 実際に MU-3 から返ってくる 16 進コード |
| * <u>IR</u> = <u>01</u> CrLf | 2A,45,52,3D,30,31,0D,0A  |

例:

1、'@RM = CD'を発行した時

\* IR = 01 CrLf

2、'@RM = TX'を発行した時

\* IR = 01 : Channel status information CrLf

#### インフォメーションレスポンス=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

データ送信レスポンス: \* DT = 0A CrLf

インフォメーションレスポンス: \* 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。

## 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が、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-3 から返ってくる 16 進コード       |
| * <u>ER</u> = <u>1D</u> 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' を発行した時

\* ER = 0A CrLf

2、'@RM = TX' 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               | 指定したチャンネルは範囲外です                  |
| 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 4 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 4 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きます               |
| 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 のフレミングエラーです                 |
| 32  | UART Parity error                | UART のパリティエラーです                  |

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。

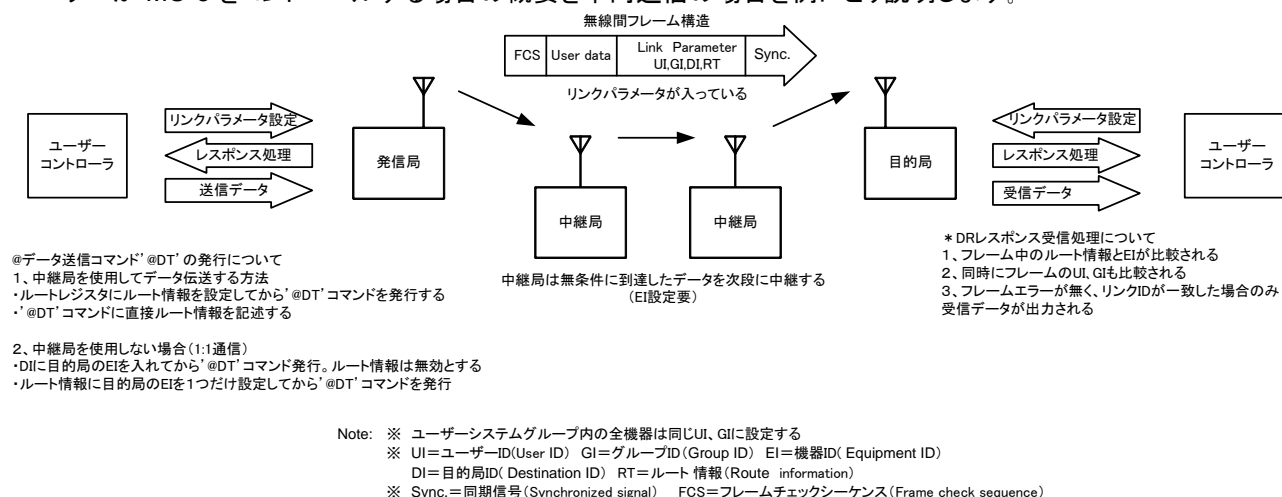
## 第 6 章 プログラム開発方法

MU-3 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-3 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。この章ではユーザー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-3 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通信プロトコル(MCA、ARQ 等)をユーザーアプリケーション側で組み込む必要があります。

### 6.1 ユーザー処理の概要

ユーザーが MU-3 をコントロールする場合の概要を単方向通信の場合を例にとり説明します。



MU-3 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-3 に対してコントロールコマンドを発行すると MU-3 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-3 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-3 の動作について

1. MU-3 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プル、コントロールデータ、エラーチェックなどを付加したフレーム構造となっています。このため無線間の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-3 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-3 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-3 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-3 はデータを送信します。  
CTS が High の時はデータ送信を停止します。
3. MU-3 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 としてください。
  - 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 としてください。  
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-3 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-3 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 20 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. 埋めこみ CPU の場合

コマンドの発行は、先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します。

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。コマンド内の全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、予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-3 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-3 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-3 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 + 2.084ms × 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

‘@CH20CRLF@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。

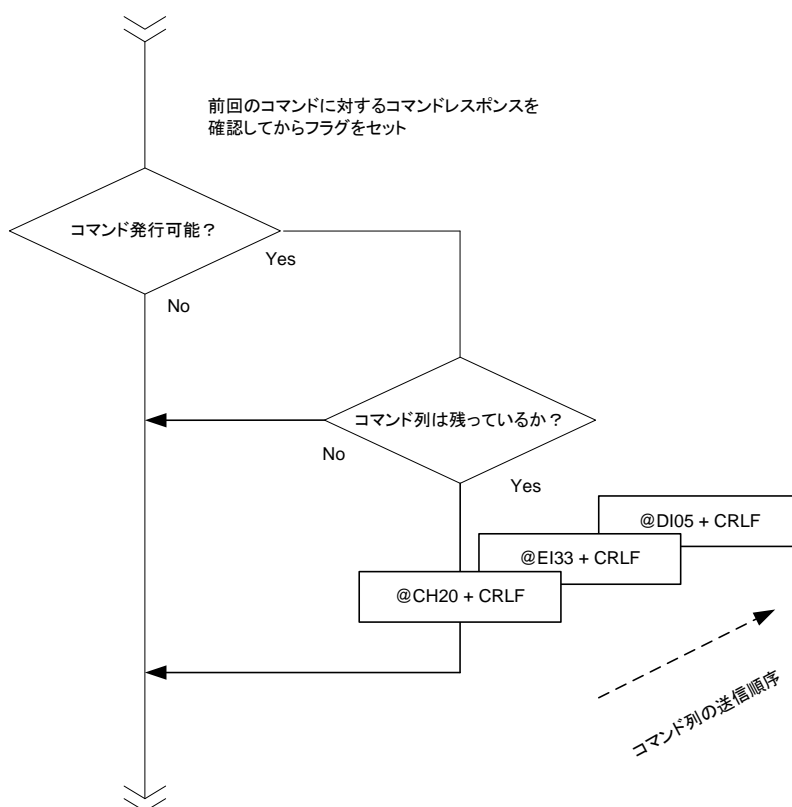
手順は次のようになります。

1. ‘@CH 20 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 = 20 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)

準備

1. 発行コマンド列作成  
例: @CH20 + CRLF  
@EI33 + CRLF  
@DI05 + CRLF
2. コマンド列のサイズを設定
3. コマンド発行許可



### 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-3 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、エラーレスポンス)
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 レスポンス)
3. キャリアセンス結果(インフォメーションレスポンス)
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

全てのレスポンス、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、EI、ER、GI、IR、IZ、MD、RA、PB、RM、RR、SB、SI、SR、TB、TC、VR  
例: コマンド'@CH 2A `CrLf`'発行    レスポンス: ' \* CH = 2A `CrLf`'  
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 `CrLf`'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 = 0A 555555555555 `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。
5. 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。
6. 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
7. 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
8. 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-3 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、全てのレスポンス、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']

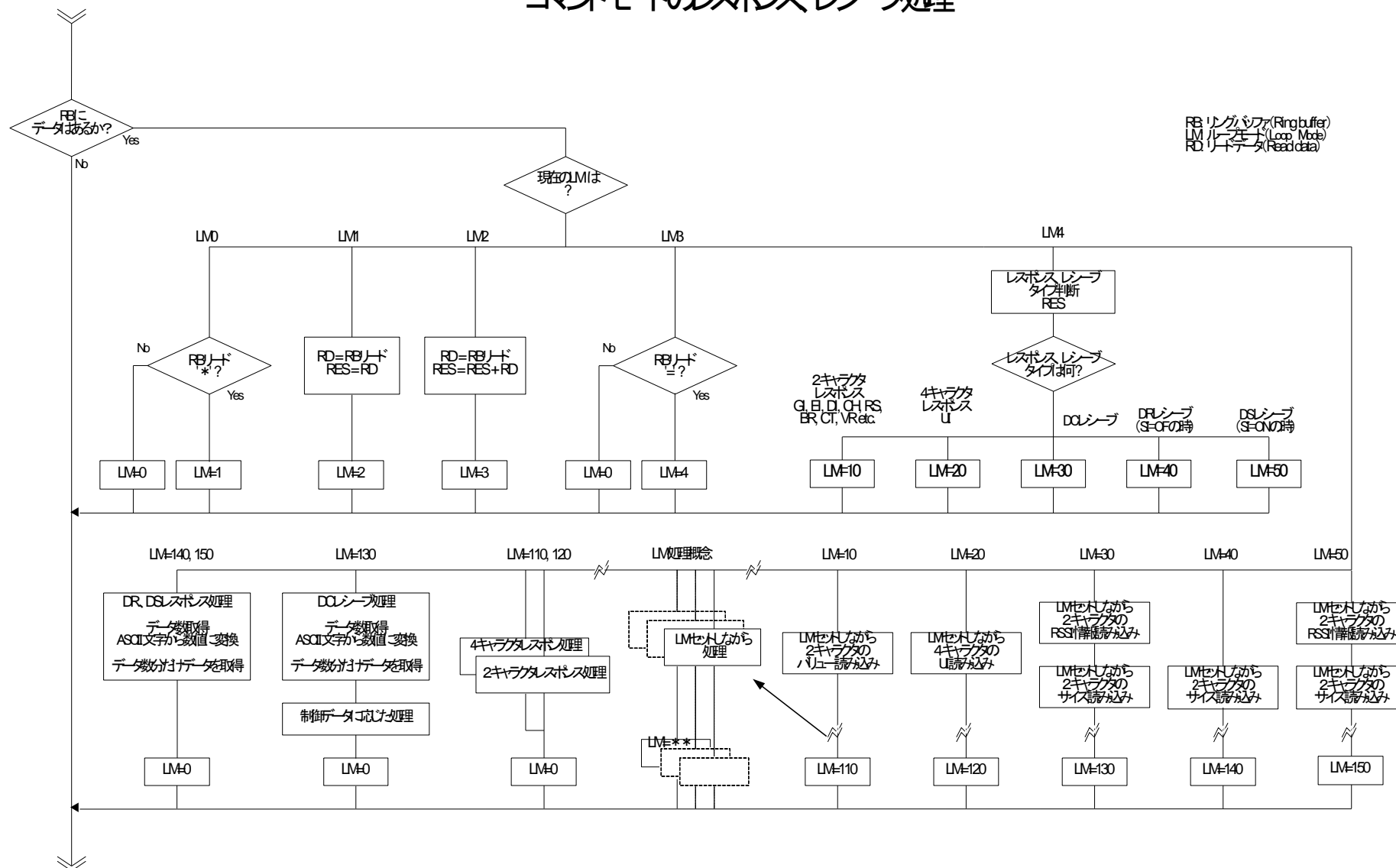
レスポンス、レシーブのバリューには数値を表す ASCII 文字列があり、数値の場合は ASCII 文字から数値に変換するルーチンを用意します。例えば、データを受信した時のデータレシーブ '\*DR' のバリューは受信したユーザーデータ数を示しているので、数値への変換を行い、この値の分だけデータを取得します。

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

RB リングバッファ(Ringbuffer)  
 LM ループモード(Loop Mode)  
 RD リードデータ(Read data)



## 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-3 は RSSI 絶対値測定コマンド '@RA' を発行し指定チャンネルの 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、各チャンネルの 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-3 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はない、 '@RA' コマンドで現在のチャンネルの電波強度:RSSI を読み取ることができます。

手順は次の通りです。

1. '@EI FF' コマンド発行  
この設定は最初に 1 回だけ行います。
2. '@CH xx' コマンド発行  
RSSI レベルを収集するチャンネルを指定します。'xx' はチャンネルを表す 16 進数値です。
3. '@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。

注意: '@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。

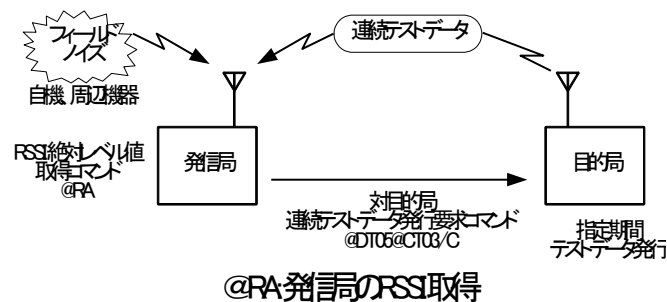
## 6.6 通信のためのフィールド状況の把握

MU-3 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-3 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、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-3 はこのよう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

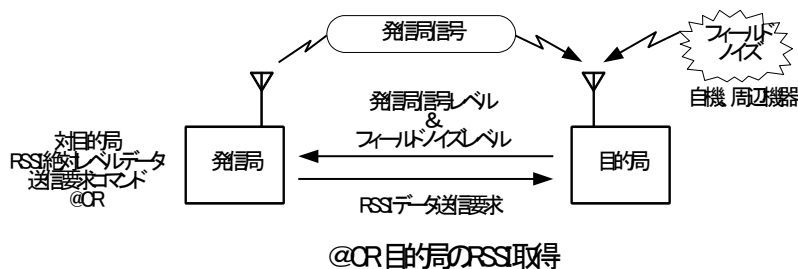
'@RA'コマンドを発行すると発信局の RSSI レベルを測定することができます。自機や周辺機器からの高周波ノイズや、発信局からの信号レベルを測定しながら最適化を図ることができます。目的局からの信号レベルを測定するために、発信局から目的局に対して、連続データ発行要求コマンド '@DT 05 @CT xx' を発行することができます。



### 6.6.2 目的局 RSSI 測定

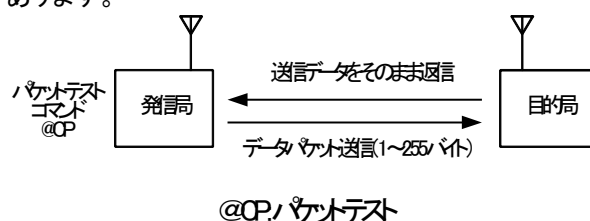
安定した通信を行なうためには、十分な信号レベルを確保できるポイントに機器を設置する必要があります。

'@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、目的局はそのパケットをそのまま送り返してきます。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-3 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-3 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方向通信で 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-3 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-3 にデータを送り込む前にそのチャンネルでデータが送信できるか判断すれば便利です。

MU-3 ではチャンネル状況取得コマンド '@CS' を使用してチャン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. 送信チャンネルを決定し、チャンネル設定コマンド '@CH xx' を発行します。
2. チャンネルレスポンス (' \* CH = xx') を確認した後、チャンネル状況取得コマンド '@CS' を発行します。
3. レスポンス ' \* CS = EN' または ' \* CS = DI' を処理して、他者キャリア無しの場合にはただちにデータを送出してください。

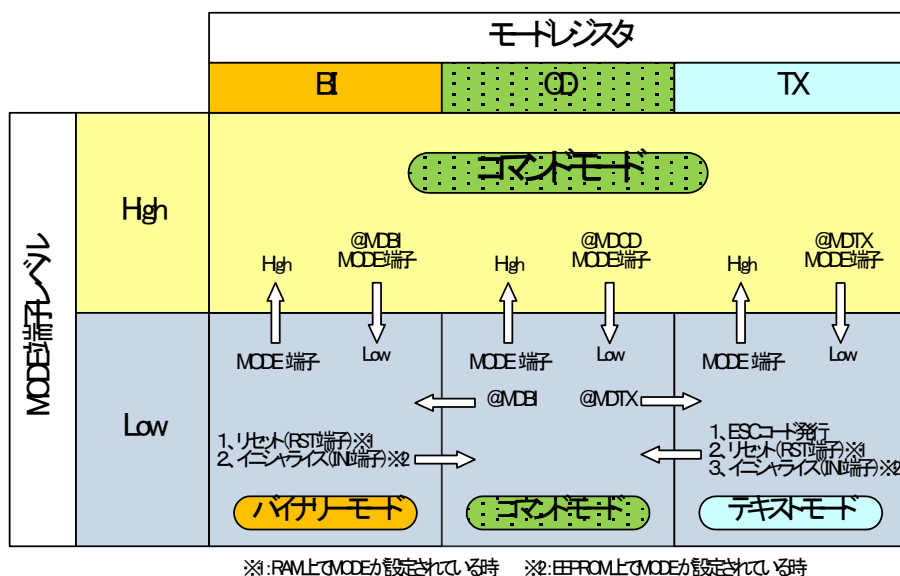
## 6.8 バイナリーモードでの運用

MU-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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-3 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一回だけ行えば 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、予めチャネルやユーザー ID、目的局 ID などコマンドの '/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

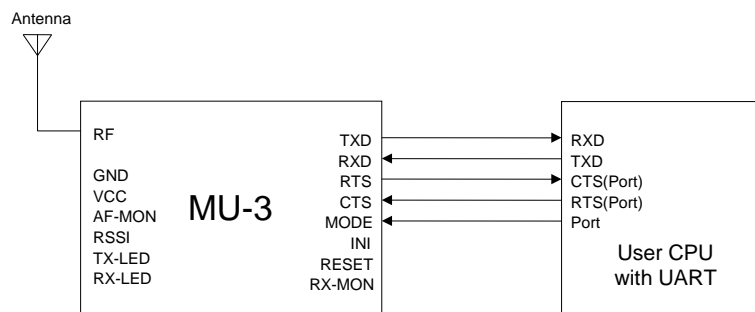
ハードウェアフローコントロールする場合としない場合の接続例です。

MU-3 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コントロール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 バイト以下の場合に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-3 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。

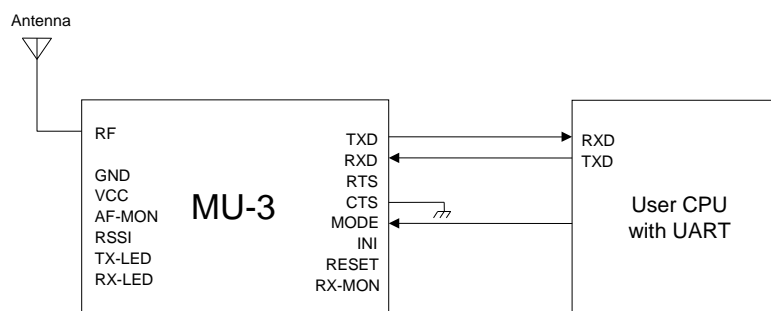
##### <ハードウェアフロー制御する場合>

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



##### <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 端子を開放としてください。
2. コントロール CPU の UART をフローコントロール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-3 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-3 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。

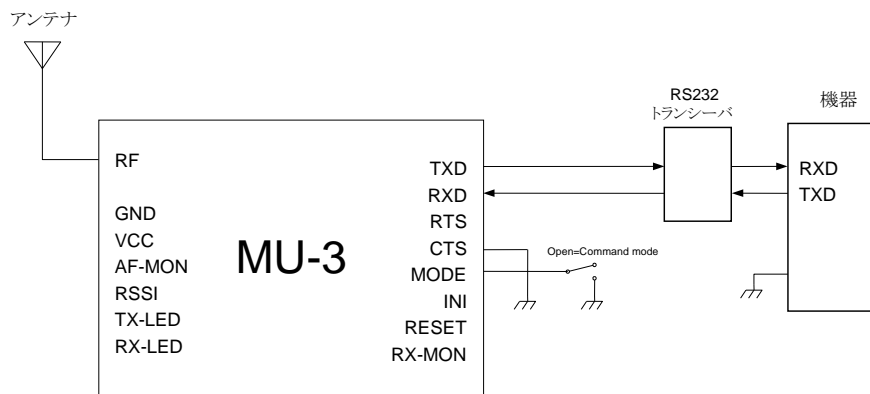
#### 接続例

既存の機器は通常 RS232C 出力なので MU-3 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-3 の各種設定がコマンドモード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-3 用ソケットを設け、各種設定を専用ボードで行ってから搭載する。
2. MU-3 の MODE 端子を切り替えスイッチで L または 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-3 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全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-3 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-3 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ン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 誤り訂正機能について

MU-3 は無線間データの誤り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。誤り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。

誤り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-3 で採用しているリードソロモン符号の誤り訂正能力は RS(255,247)です。

本機のエラー訂正は無線間フレームの制御ブロックごとに行われ、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。

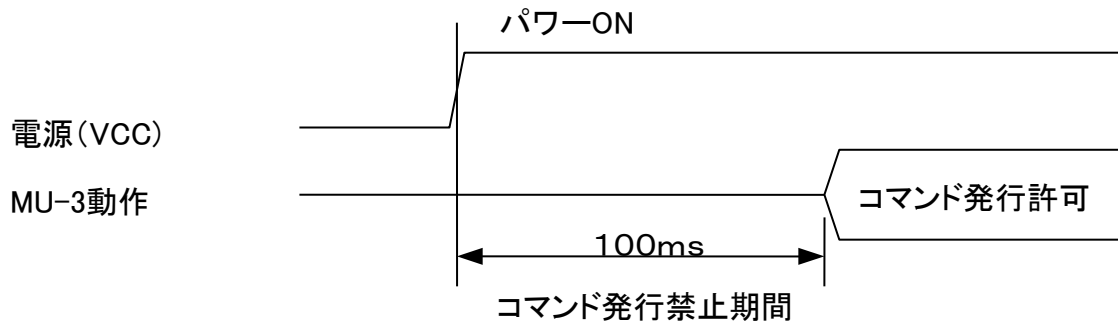
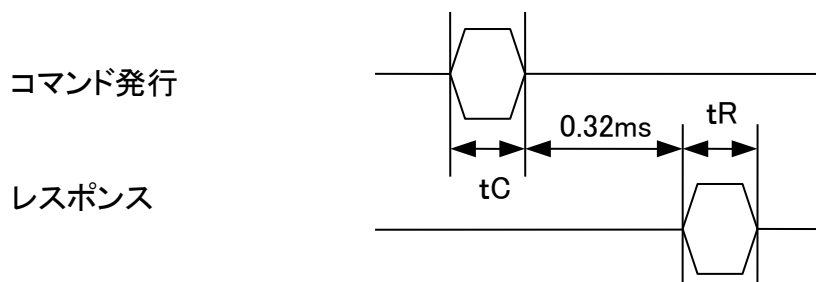
このエラー訂正機能は特に無線間のフェージングで起こるバーストエラー要因に対して有効です。

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

◆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

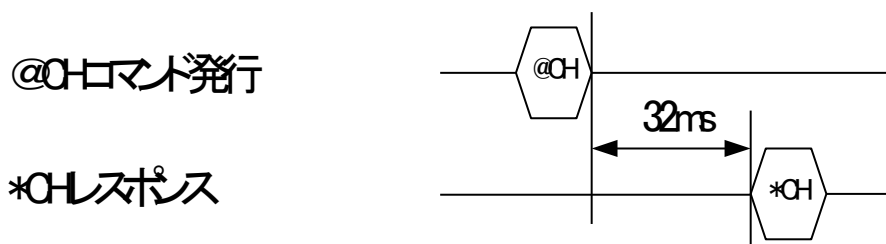
B=10 : UI

B=0 : SY

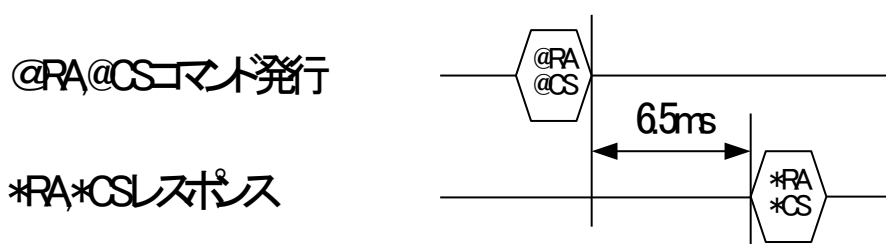
B=15 : SN

B=中継局数×3+8 : RT

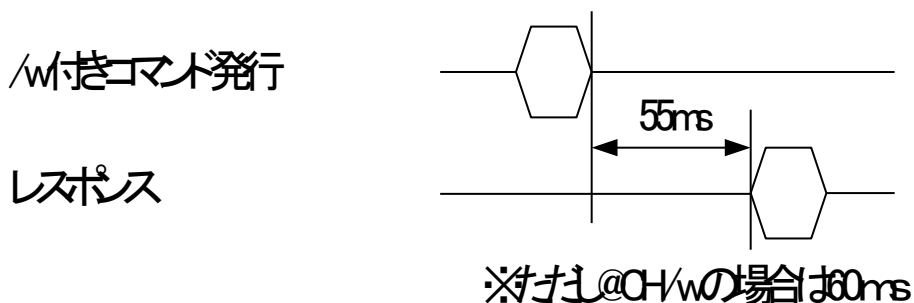
## ◆CHコマンドとコマンドレスポンスタイミング



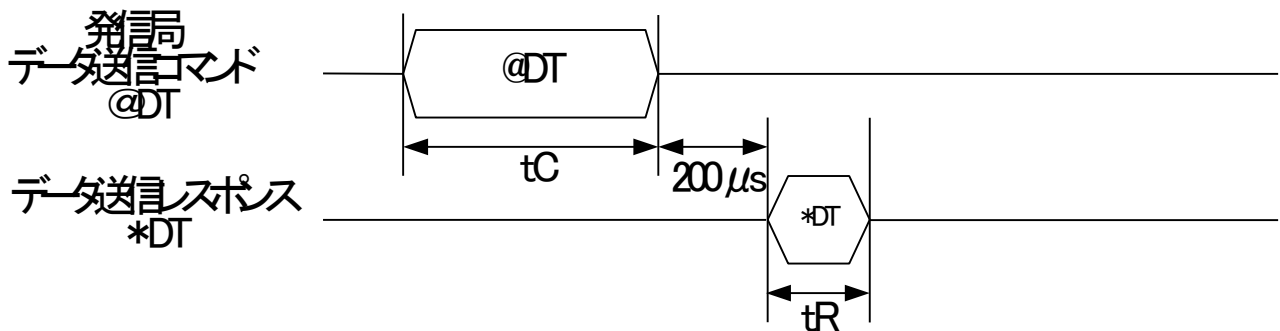
## ◆RA、CSコマンドとコマンドレスポンスタイミング



## ◆/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

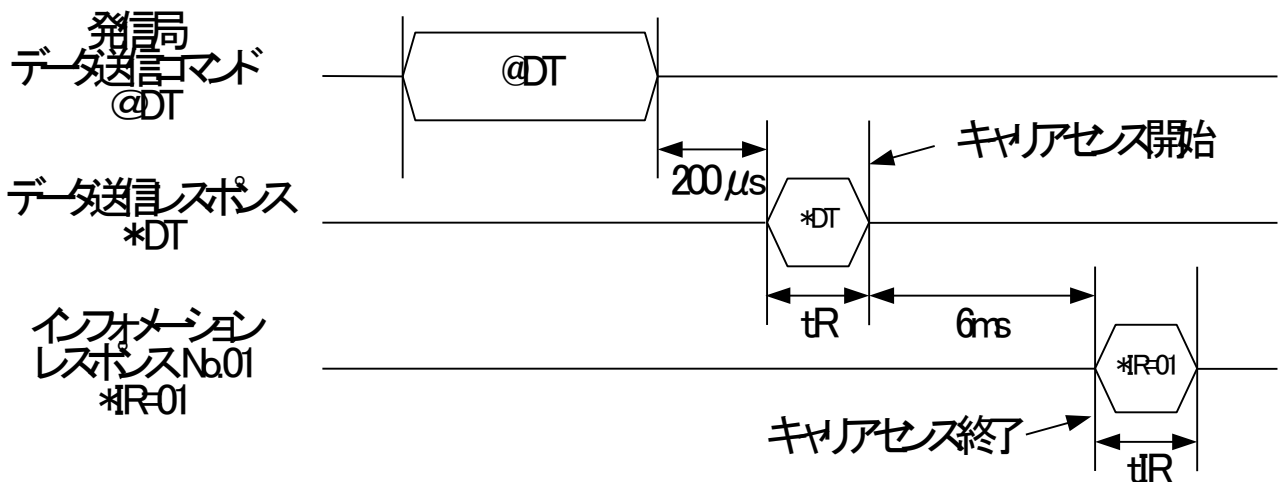


データ送信コマンド時間  $tC = N \times 10000 / br$

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

※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)、  
 $r$ =レポート情報文字数=ルーステーション数 $\times 3 + 2$

## ◆キャリアセンス結果出力タイミング(結果送信不可)

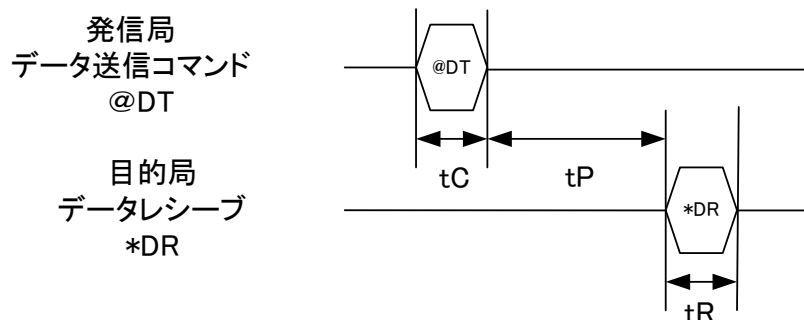


データ送信レスポンス時間  $tR = 8 \times 10000 / br$

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

※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)



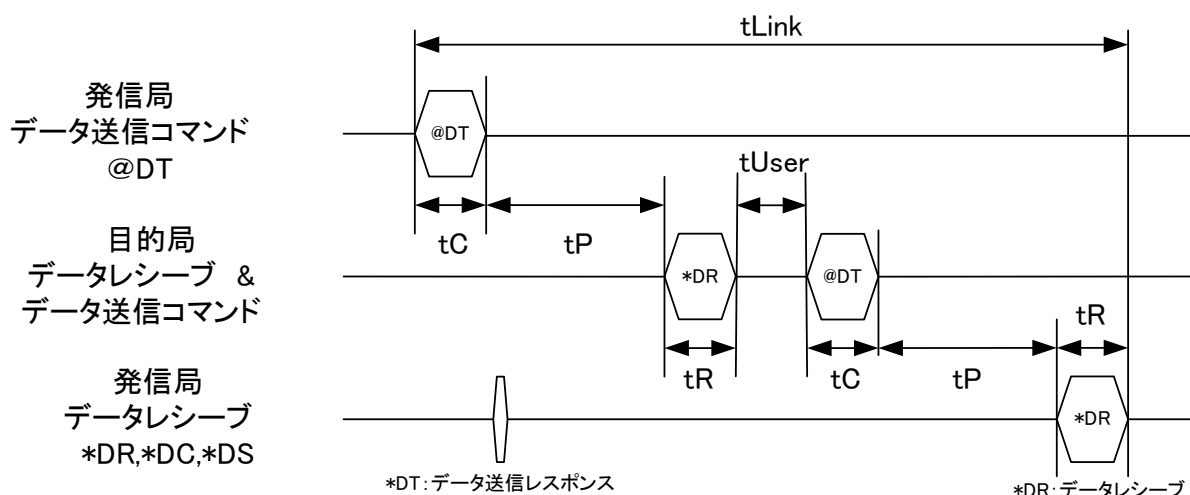
コマンド時間  $tC = (n+7) \times 10000 / br$

無線間時間  $tP = (n \times 2.08) + tO$

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

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



コマンド時間  $tC = (n+7) \times 10000 / br$

無線間時間  $tP = (n \times 2.08) + tO$

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

tUser = ユーザープログラム処理時間

tLink = リンク成立時間

※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     |

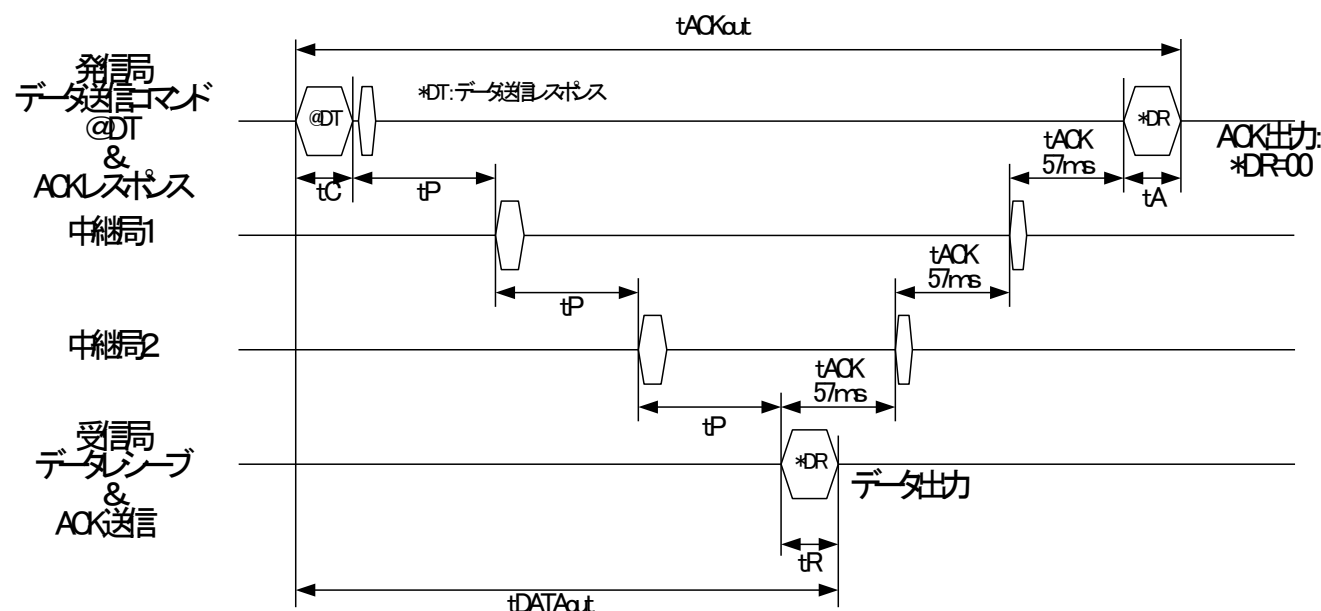
$$t_{DATAout} = t_C + t_P \cdot (m + 1) + t_R$$
$$t_{ACKout} = t_C + (m + 1)(57 + t_P) + t_A$$

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

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

ACKレスポンス時間  $t_A = 80000 / br$

無線計時間  $t_P = (n \times 208) + t_O + (m \times 208)$



※単位はms、n=送言データ数(255byte以内)、br=UARTビットレート、mf=中継機数(10台以内)、tO=オーバーヘッド表  
※参考値 20byteのデータの時、tDATAout=262ms、tACKout=429ms 条件:標準モード、57600bps、中継機2台  
※ACK応答無し時のデータ出力時間はDATAoutで計算

◇表2 オーバーヘッド:t0

| 通言プロトコル      |           |      |       |       |        |         |         |         |         |
|--------------|-----------|------|-------|-------|--------|---------|---------|---------|---------|
| 標準プロトコル      | エラ修正プロトコル |      |       |       |        |         |         |         |         |
| 送言データ長[byte] | 1~255     | 1~32 | 33~64 | 65~96 | 97~128 | 129~160 | 161~192 | 193~224 | 225~255 |
| tQ[ms] エラ無し  | 39        | 125  | 142   | 159   | 175    | 192     | 209     | 225     | 242     |
| tQ[ms] エラ発生  | 39        | 135  | 152   | 169   | 185    | 202     | 219     | 235     | 252     |

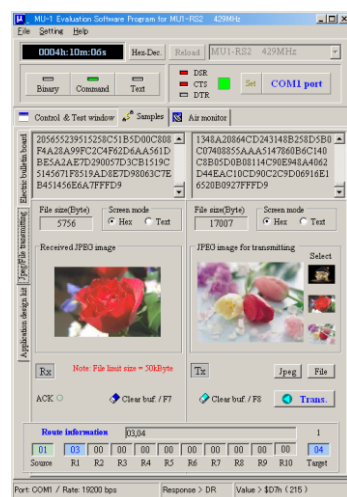
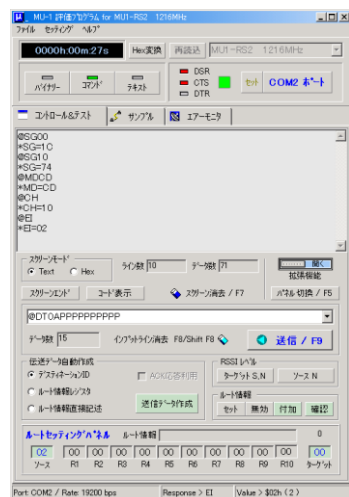
## 第 8 章 その他

### 8.1 MU-3 評価プログラム

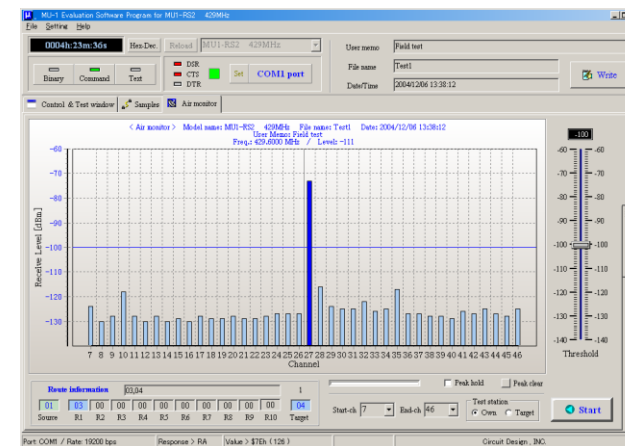
MU-3 の評価は専用評価プログラム MU1-ESP を使用すると便利です。  
 評価方法の詳細は MU1-ESP マニュアルをご覧ください。この評価プログラムは弊社 Web よりダウンロードいただけます。  
 コントロール&テストウィンドウでは全てのコマンドを発行することができます。画像送信テストは単向通信による通信テストで MU-3 のパフォーマンスが確認できます。エアーモニタを使用すると設計した機器のフィールド状況が確認できます。(RS232C インターフェースを使用して PC 接続ができるように設計する必要があります。)

#### ◆コントロール&テスト

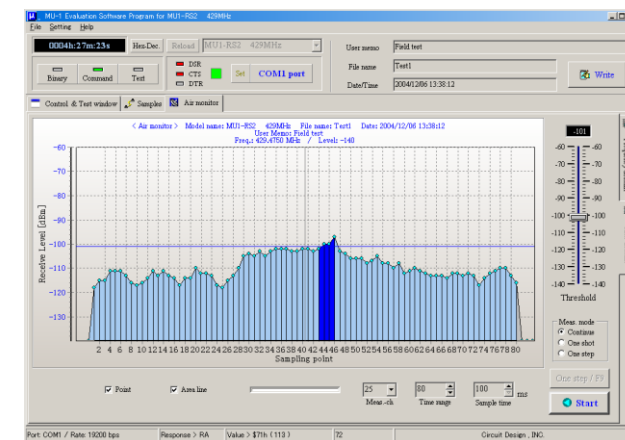
#### ◆JPEG 画像送信テスト



#### ◆エアーモニタ(フレクシードメイン)



#### ◆エアーモニタ(タイムドメイン)





## 8.2 ハイパーターミナルを使った評価方法

※ MU-3 の動作確認と評価は'MU-3 評価ソフトウェアプログラム'を使用することをお勧めします。

簡単な動作確認は Windows に付属しているハイパーターミナルでも確認できます。以下はハイパーターミナルを使用する方法と使用上の注意点です。評価を始める前にはコマンドの詳細説明を良くお読みください。コンピュータで評価する場合は RS232C 変換ボードに MU-3 を搭載してください。

### ◆ 準備

評価を始める前には必ず RS232C 変換ボードの RESET SW を押しながら電源を投入し、さらに電源を再投入して MU-3 内部 EEPROM(不揮発性メモリー)の内容を初期化してください。パラメータの初期値は次の通りです。

#### リンクパラメータの初期値

ユーザーID=0000h グループ ID=00h  
機器 ID=01h 目的局 ID=01  
使用チャネル CH=最下位チャネル番号

#### RS232C パラメータの初期値

ボーレート: 19,200bps、データビット: 8bit、パリティ: 無し、  
ストップビット: 1、フロー制御: RTS, CTS ハードウェア制御

※ RESET SW による初期化は MU-3 の全てのパラメータを初期化するので、初期化以外の目的のためには押さないでください。

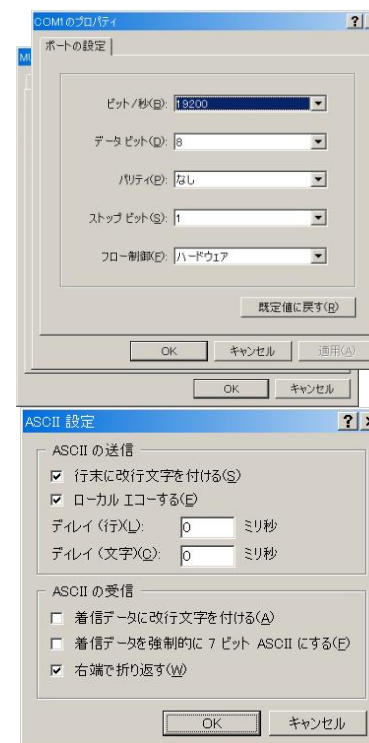
### ◆ 評価

ハイパーターミナルを起動してから右図の設定例を参考に通信パラメータを設定してください。使用に当たっては使用上の注意を参照してください。

キーボードから各種コマンドを発行してください。

各種モードの評価に当たってはモードの項をご覧ください。

### 8.2.1 ハイパーターミナルの設定



### 8.2.2 使用上の注意

1. コマンド詳細説明中の 'CrLf' はコンピュータのキーボードの "Enter" キーと同意です。ハイパーターミナルなどでコマンドを試験される場合、キーボード上の "Enter" キーを押してください。ただし、テンキーのエンターキーはハイパーターミナルでは 'Cr' しか出力されないことがあるため使用しないでください。

2. ハイパーターミナルではキーが押される度に対応したコードが出力されるので、'Back space' キーや 'Delete' キーは使用しないでください。
3. ハイパーターミナルでは DTR 線は High Level 固定となっておりコントロールはできません。

このユーザーズ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全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。

**MU-3 マニュアル  
429MHz**

Ver. 1.1 2019.8

発行：株式会社サーキットデザイン

〒399-8303 長野県安曇野市穂高 7557-1  
株式会社サーキットデザイン  
TEL: (0263)82-1024 FAX: (0263)82-1016  
e-mail: sales@circuitdesign.jp  
web: <http://www.circuitdesign.jp/>