



**STEP  
TECHNICA**

**CUnet**

**導入ガイド**

**(CUnet プロトコル基本解説)**

## ご注意

1. 本ガイドに記載された内容は、将来予告なしに変更する場合があります。本製品をご使用になる際には、本ガイドが最新の版数であるかをご確認ください。
2. 本ガイドにおいて記載されている説明や回路例などの技術情報は、お客様が用途に応じて本製品を適切にご利用をいただくための参考資料です。実際に本製品をご使用になる際には、基板上における本製品の周辺回路条件や環境を考慮の上、お客様の責任においてシステム全体を十分に評価し、お客様の目的に適合するようシステムを設計してください。当社は、お客様のシステムと本製品との適合可否に対する責任を負いません。
3. 本ガイドに記載された情報、製品および回路等の使用に起因する損害または特許権その他権利の侵害に関して、当社は一切その責任を負いません。
4. 本製品および本ガイドの情報や回路などをご使用になる際、当社は第三者の工業所有権、知的所有権およびその他権利に対する保証または実施権を許諾致しません。
5. 本製品は、人命に関わる装置用としては開発されておりません。人命に関わる用途への採用をご検討の際は、当社までご相談ください。
6. 本ガイドの一部または全部を、当社に無断で転載および複製することを禁じます。

## はじめに

本書は、CUnet の概要や概念、各種用語等について記述します。

CUnet を構成する各種 IC の “マニュアル” をお読みいただく前に、必ず本書をお読みください。

### ●対象読者

- CUnet を初めて構築する方
- CUnet を構築するために、弊社の各種 IC を初めてご利用になる方

### ●読者が必要とする知識

- ネットワーク技術に関する標準的な知識
- 半導体製品（特にマイクロコントローラおよびメモリ）に関する標準的な知識

### 【注意事項】

- 2001年3月までにリリースした “CUnet ユーザーズマニュアル” をお持ちの方へ

本書は、国際標準規格の表現に統一するために、一部の用語が変更されていますのでご注意ください。



## 目次

1. CUnet とは .....	1
2. CUnet の概要.....	2
3. CUnet の構成.....	3
4. 継続的タイムシェアリング .....	4
4.1 時間の基準単位.....	4
4.2 タイムシェアリングの基準単位 .....	5
4.3 サイクルの構成.....	6
4.4 サイクルタイム.....	7
4.5 メモリの区分と占有 .....	7
4.6 メモリブロック単位の複写によるデータの共有化.....	8
4.7 メール送受信の実際.....	9
4.8 メール送受信の管理.....	10
4.9 メール送受信の所要時間 .....	10
5. CUnet 専用 IC の同期.....	11
5.1 スタートフェーズ .....	11
5.2 コールフェーズ .....	12
5.3 ランフェーズ .....	12
5.4 ブレークフェーズ .....	12
5.5 時刻の校正 (同期) .....	12
6. データの品質保証 .....	13
6.1 パケット受信時の検定 .....	13
6.2 全ステーション個別ハンドシェイク .....	14
6.2.1 レシーブステータスとリンクステータス.....	14
6.2.2 ハンドシェイク確立の実際 .....	15
6.2.3 ステータスの開示.....	15
6.2.4 実際のユーザシステムにおけるステータス .....	16
6.2.5 リカバリ .....	16
6.3 パケット衝突.....	17
6.3.1 コールフェーズ中におけるコールパケットの衝突.....	17
6.3.2 ジャマーの存在 .....	17
7. 実用性の向上 .....	18
7.1 リサイズ.....	18
7.2 占有エリアの拡張.....	19
7.3 CUnet 専用 I/O-IC.....	20
8. 推奨の通信ケーブルと転送レート .....	21
9. 本書のまとめ.....	22
付録 CUnet プロトコル Ver.1.00 .....	23

## 目 次

図 3.1	CUnet の構成	3
図 4.1	RZ (Return to Zero)、TBPS	4
図 4.2	サイクルの構成	6
図 4.3	メモリの区分と占有	7
図 4.4	データ共有化の原理	8
図 4.5	メール送受信の実際	9
図 5.1	CUnet におけるフェーズの遷移	11
図 6.1	レシーブステータスとリンクステータスの概念	15
図 7.1	リサイズのコセ念	18
図 7.2	占有エリアの拡張	19
図 7.3	CUnet 専用 I/O-IC の利用	20

## 表 目 次

表 1	転送レートと通信ケーブル長の目安	21
-----	------------------	----

## 1. CUnet とは

# ＜集団的無意識下の情報交換＞

Collective Unconscious Network : CUnet

ネットワークへ接続された複数のステーション間において、  
メモリデータの共有を可能とする、  
データセットのメール送受信を可能とする、  
この両方を同時に利用することも可能とする  
新たなコミュニケーション概念です。

“CUnet” は、心理学用語「Collective Unconscious（集団的無意識）」と「Network」を接続した創作語です。

“CUnet” は、株式会社ステップテクニカの登録商標です。

“CUnet” は、“CUnet 専用 IC” を搭載した個々の装置からネットワークシステム全体までを総括した呼称として利用します。

本書は、CUnet の基本的な動作や機能を規定する CUnet プロトコルに関する基本を解説しながら、CUnet の動作や機能および用語について説明します。

## 2. CUnet の概要

CUnet の概要を、以下に説明します。

- ① CUnet を構築するために、CUnet プロトコルを搭載した CUnet 専用 IC が提供されています。
- ② CUnet 専用 IC は、メモリを搭載しています。
- ③ CUnet 専用 IC は、ユーザ CPU と接続するバスインターフェース（以下、“BUS-I/F” という）を装備しています。
- ④ ユーザ CPU は、BUS-I/F を介して、CUnet 専用 IC へ搭載されているメモリへリード／ライトアクセスできます。
- ⑤ CUnet 専用 IC は、ネットワークインターフェース（以下、“ネットワーク I/F” という）も装備しています。
- ⑥ ネットワークインターフェースは、ネットワークへ接続します。
- ⑦ 複数の CUnet 専用 IC 同士は、ネットワークによって結ばれます。
- ⑧ ユーザ CPU が CUnet 専用 IC のメモリへライトしたデータは、ネットワークによって結ばれている全ての CUnet 専用 IC のメモリへ、CUnet プロトコルによって複製（Copy）されます。
- ⑨ 他の CUnet 専用 IC へ接続されているユーザ CPU がライトしたデータも、ネットワークによって結ばれている全ての CUnet 専用 IC のメモリへ CUnet プロトコルによって複製されます。
- ⑩ それぞれの CUnet 専用 IC のメモリへ複製されたデータは、CUnet 専用 IC へアクセスする全てのユーザ CPU がリード可能です。
- ⑪ このように CUnet プロトコルは、それぞれの CUnet 専用 IC のメモリ内データを、ネットワークによって結ばれている全ての CUnet 専用 IC が共通に認識できる働きを担います。
- ⑫ これにより実際には CUnet 専用 IC に個別に存在しているメモリが、あたかもシステム全体が 1 つのメモリを持っているかのような効果（メモリデータの共有）を発揮するネットワークを構築することが可能です。
- ⑬ CUnet プロトコルは、メモリデータの共有と併用して、特定の CUnet 専用 IC へのデータセットのメール送受信も可能です。CUnet 専用 IC が制御するメール送信バッファへデータセットをライトした後、メール送信を指令するだけで、送信先の CUnet 専用 IC のメール受信バッファへデータセットが送信されます。

### 重要な用語

**CUnet プロトコル**

**CUnet 専用 IC**

**バスインターフェース (BUS-I/F)**

**ネットワークインターフェース (ネットワーク I/F)**

**ネットワーク**

**メモリデータの共有**

**メール送受信**

### 3. CUnet の構成

CUnet は、CUnet 専用 IC を組込んだユーザ装置と、これらを接続するためのネットワークによって構成されます。CUnet プロトコルが規定する通信方式は、ハーフデュプレックスのマルチドロップ接続です。CUnet におけるネットワークは、全ての CUnet 専用 IC 間において双方向にシリアル通信信号を送受信できるハーフデュプレックス通信方式であれば、通信ケーブルの種類は規定されることはありません。つまり、CUnet の利用環境や用途に合わせて同軸ケーブルや光ファイバケーブルを使用することも可能です。CUnet におけるネットワークの定義には、通信ケーブルの他にシリアル通信信号を送信あるいは受信する差動ドライバ／レシーバ部品（TRX）も含まれます（図 3.1 参照）。

CUnet プロトコルにおいては、ネットワークによって接続される CUnet 専用 IC および、これを搭載した装置を“ステーション（Station）”または“局”と呼びます（本書においては“ステーション”の呼称に統一します）。

ネットワークによって接続された各ステーションには、個別認識のためのアドレスを設定することが義務付けられています。CUnet プロトコルにおいて、このアドレスを“ステーションアドレス（Station Address）”と呼びます。ステーションアドレス（Station Address）は略称として、“SA”と呼ぶ場合もあります。

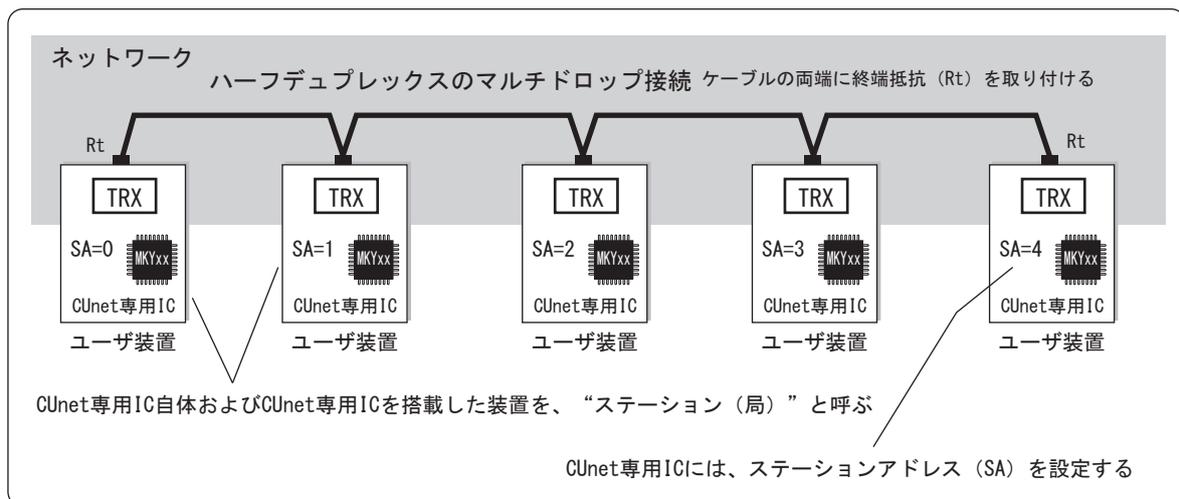


図 3.1 CUnet の構成

#### 重要な用語

ユーザ装置

ハーフデュプレックスのマルチドロップ接続

通信ケーブル

差動ドライバ／レシーバ部品（TRX）

ステーションまたは局：Station

ステーションアドレス：Station Address：SA

## 4. 継続的タイムシェアリング

CUnet の概要に述べた “⑧ユーザ CPU が CUnet 専用 IC のメモリへライトしたデータは、ネットワークによって結ばれている全ての CUnet 専用 IC のメモリへ、CUnet プロトコルによって複製 (Copy) されます。” は、一見ユーザ CPU が CUnet 専用 IC のメモリへライトした時にだけ実行されるように思われがちですが、そうではありません。

ユーザ CPU が CUnet 専用 IC のメモリへデータをライトしてもしなくても、CUnet プロトコルは、ネットワークによって結ばれているそれぞれの CUnet 専用 IC のメモリ内データを同一にします。この動作のためには、CUnet プロトコルの継続的タイムシェアリングが重要です。

本節は、継続的タイムシェアリングの継続概念を、以下の①～④に解説します。また、タイムシェアリングによるメモリデータの共有概念を、以下の⑤と⑥に解説します。さらに、メール送受信概念を以下の⑦～⑨に解説します。

- ① 時間の基準単位
- ② タイムシェアリングの基準単位
- ③ サイクルの構成
- ④ サイクルタイム
- ⑤ メモリの区分と占有
- ⑥ メモリブロック単位の複製によるデータ共有
- ⑦ メール送受信の実際
- ⑧ メール送受信の管理
- ⑨ メール送受信の所要時間

### 4.1 時間の基準単位

CUnet プロトコルにおける時間の基準単位は、TBPS です。CUnet プロトコルにおいて規定されているネットワーク信号形式は、一定の時間の Hi レベルと Lo レベルの 2 値が 1 つのペアとして意味をなす RZ (Return to Zero: “マンチェスタ符号” と呼ばれる) のパルス配列から構成されています (図 4.1 参照)。

CUnet プロトコルにおいては、1 つのペアを構成する最小単位 (1 つの Hi レベルあるいは Lo レベル) の時間が、1 秒間にいくつ存在しえるかを表現する BPS (Bit Per Second) の単位を用いて転送レートと表現します。TBPS は、転送レートの 1 つのパルスの時間です。

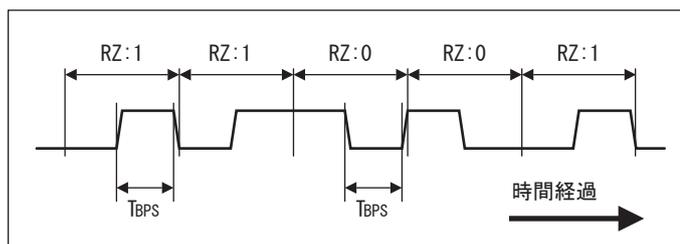


図 4.1 RZ (Return to Zero)、TBPS

例えば 10Mbps の転送レートは、1 つのペアを構成する最小単位 (1 つの Hi レベルあるいは Lo レベル) の TBPS (時間) が 100ns であり、1 秒間に 10,000,000 個の Hi レベルおよび Lo レベルのパルス信号列が、通信ケーブルを伝播することになります。

#### 重要な用語

TBPS (時間の基準単位)

転送レート

BPS (Bit Per Second)

## 4.2 タイムシェアリングの基準単位

CUnet プロトコルにおけるタイムシェアリングの基準単位はフレーム (Frame) です。

1つのフレーム (Frame) の所要時間を“フレームタイム (Frame Time)”と呼びます。

CUnet プロトコルには、フレーム長定数 (LOF: Length Of Frame) とファイナルステーション (Final Station) と呼ぶ正の整数の定数が規定されており、フレームタイム (Frame Time) は、フレーム長定数 (LOF) とファイナルステーションおよび TBPS をパラメータとする算術式によって求められます。ファイナルステーション (Final Station) は略称として、“FS”と呼びます。

$$\text{式1} \quad \text{Frame Time} = (\text{LOF} + \text{FS} + 1) \times 2 \times \text{TBPS} \quad [\text{sec}]$$

**重要な用語**

フレーム : Frame

フレームタイム : Frame Time

フレーム長定数 : LOF

ファイナルステーション : Final Station : FS

### 4.3 サイクルの構成

CUnet プロトコルに定められている 1 サイクル (Cycle) は、“0” からカウントされるファイナルステーション数分のフレームと、CUnet プロトコルに定められているパブリックフレーム数 (PFC: Public Frame Count) 分のフレームから構成されます。通常のフレームと区別するために、後者のフレームを“パブリックフレーム (Public Frame)” と呼びます。

CUnet プロトコルにおいては、上述したサイクルが常に繰り返されています。このサイクルは、日常において利用する時計に例えることができます。日常において用いる時計は 60 秒経過して秒針が 1 周回するため、個々の位置に“1～59”秒の呼称が存在します。これに対して CUnet プロトコルのサイクルにおいては、タイムシェアリングの基準単位であるフレームの経過毎に、“0” から始まるステーションタイム (ST: Station Time) を時刻のような呼称として使用します。例えば、“0” ステーションタイムから 3 つのフレーム時間が経過した時刻は、“3” ステーションタイムまたは“ST=3”です。図 4.2 に、ファイナルステーション=9、パブリックフレーム数 (PFC) =2 である場合のサイクルの構成を示します。

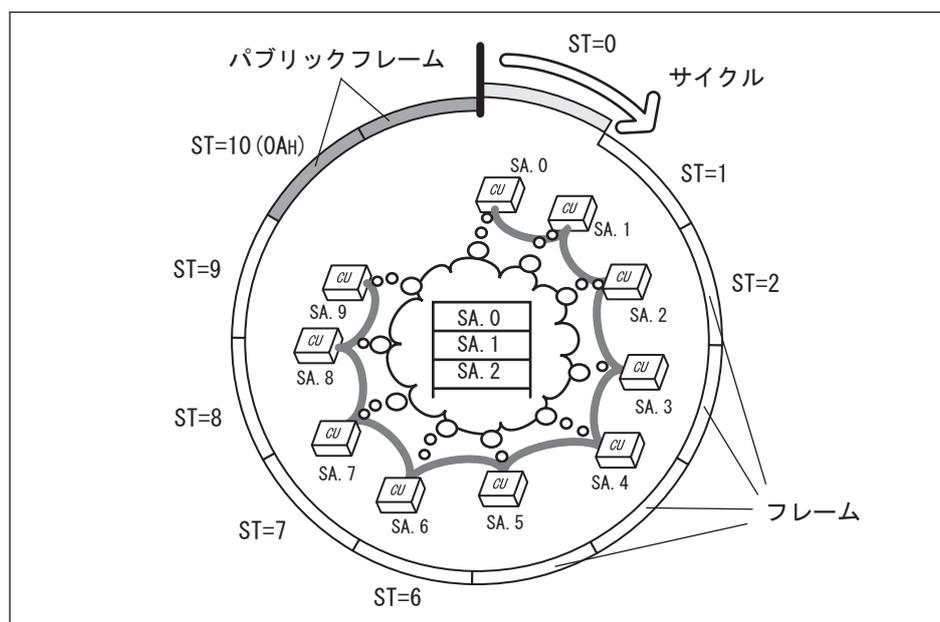


図 4.2 サイクルの構成

**重要な用語**

サイクル : Cycle

パブリックフレーム数 : Public Frame Count : PFC

パブリックフレーム : Public Frame

ステーションタイム : Station Time : ST

#### 4.4 サイクルタイム

CUnet プロトコルにおいては、1 サイクルの所要時間を、“サイクルタイム (Cycle Time)” と呼びます。サイクルタイムは、サイクルの構成からも理解できる通り、式 2 の算術式によって求められます。

$$\text{式2 Cycle Time} = \text{Frame Time} \times (\text{FS} + \text{PFC} + 1) \quad [\text{sec}]$$

**重要な用語** サイクルタイム : Cycle Time



参考

CUnet プロトコル Ver.1.00 においては、パブリックフレーム数=2、フレーム長定数 (LOF) =151 が定められています。図 4.3 のファイナルステーション=9 である時のサイクルを、12Mbps (TBPS  $\div$  83.3n.sec) の転送レートによって利用する時、フレームタイムは  $(151+9+1) \times 2 \times 83.3 \div 83.3 \mu\text{s}$  なので、サイクルタイムは  $26.83 \mu\text{s} \times 12 \div 322.0 \mu\text{s}$  です。

#### 4.5 メモリの区分と占有

CUnet 専用 IC に搭載されているメモリのうちメモリデータを共有するメモリ空間を、“グローバルメモリ (Global Memory)” と呼びます。また、グローバルメモリ (Global Memory) は略称として、“GM” と呼ぶ場合もあります。

グローバルメモリは、“0” から順にカウントされるメモリブロック (MB:Memory Block) に区分 (Partition) されます。この区分によって、先頭の MB=0 がステーションアドレス =0 に、次の MB=1 は SA=1 という具合に、グローバルメモリはメモリブロック単位にステーションアドレスと対応付けされます。CUnet プロトコルにおいては、この対応付けを“占有”と呼びます (図 4.3 参照)。例えば、“SA=0 のステーションは、MB=0 のグローバルメモリのエリアを占有している。”と表現されます。また、“SA=0 のステーションの占有エリアは、グローバルメモリの MB=0 のエリアである。”とも表現されます。

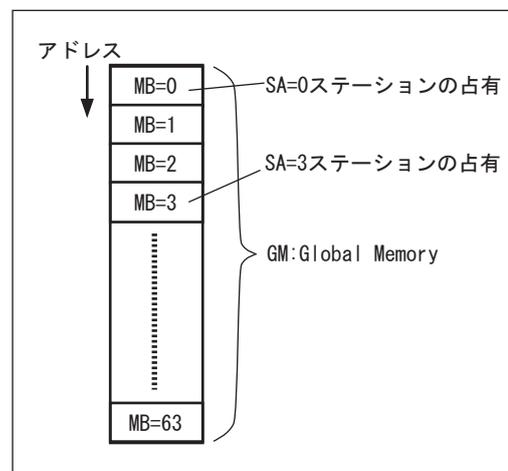


図 4.3 メモリの区分と占有

**重要な用語** グローバルメモリ : Global Memory : GM  
メモリブロック : Memory Block : MB  
占有  
占有エリア

#### 4.6 メモリブロック単位の複写によるデータの共有化

ステーションタイムと一致するステーションアドレスが設定されている CUnet 専用 IC は、SA の値と占有しているグローバルメモリのメモリブロックのデータを 1 つのパケットにして、ネットワークへ送信します。このパケットを受信した CUnet 専用 IC は、パケット内の SA 値によって示される自己ステーションのグローバルメモリのメモリブロックへ、受信したデータをライトします。この行為によって 1 つの CUnet 専用 IC から、ネットワークによって結ばれた全ての CUnet 専用 IC へ、メモリブロック内のデータが複写されます。

ステーションタイムは、フレームが経過する度に進行するため、それぞれのステーションアドレスが占有しているメモリブロックのデータは、全てのステーション間において相互に複写されます。これにより、サイクルが終了した時に、全ステーション間の複写（それぞれのメモリデータを、ネットワークによって結ばれているステーションが共有化する）が完了します。

図 4.4 に、実例を示します。ST=0 の時、GM の MB=0 のデータが、SA=0 のステーションからネットワークへ送信されます。これを受信した CUnet 専用 IC は、受信したデータを GM の MB=0 のエリアへライトします。これにより SA=0 の CUnet 専用 IC における GM の占有エリア (MB=0) のデータが、全ての CUnet 専用 IC の MB=0 のエリアへ複写されます。

同様に ST=1 の時、GM の MB=1 のデータが、SA=1 のステーションからネットワークへ送信され、全ての CUnet 専用 IC における MB=1 のエリアへ複写されます。ST=2 の時には SA=2 のステーションからの送信による複写が、ST=3 の時には SA=3 のステーションからの送信による複写が、ST=63 の時には SA=63 のステーションからの送信による複写が、それぞれフレームの経過に順じて実行されます。このように、1 つのサイクルが終了した時には、ネットワークによって結ばれている全ての CUnet 専用 IC における GM データは、全て同一になります。

CUnet のサイクルは、常に継続して自動的に繰り返されます。これより、ユーザ CPU を操作するユーザシステムプログラムは、あたかも 1 つのメモリであるかのようなグローバルメモリを介して（リード／ライトのアクセスのみによって）データを共有化することができます。

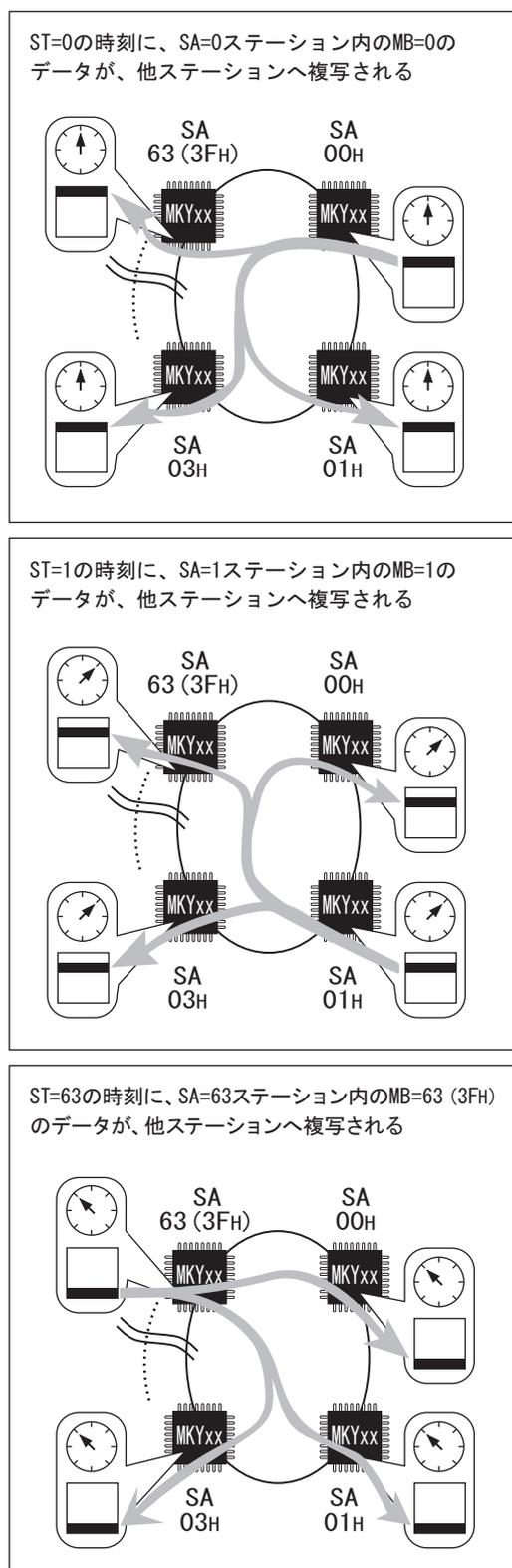


図 4.4 データ共有化の原理

#### 4.7 メール送受信の実際

CUnet プロトコルは、メモリデータの共有と併用して、特定の CUnet 専用 IC とのデータセットのメール送受信も可能です。

CUnet プロトコルにおけるメール送受信の実際は、CUnet 専用 IC に搭載されているメール送信バッファのデータセットを、CUnet プロトコルのデータセット分割サイズとして規定されるサイズに分割し、かつ送信元と送信先のステーションアドレスを添付したパケットにして、1 サイクル毎に送信します。これを受信する（送信先として指定された）CUnet 専用 IC は、受信順にメール受信バッファへパケットを格納し、分割された全てのデータセットを受信し終えた時、メール送受信が終了します。

CUnet プロトコルは、パブリックフレームを利用してメールを送信します。これによりメモリデータの共有は、メール送信による一切の影響を受けません（図 4.5 参照）。

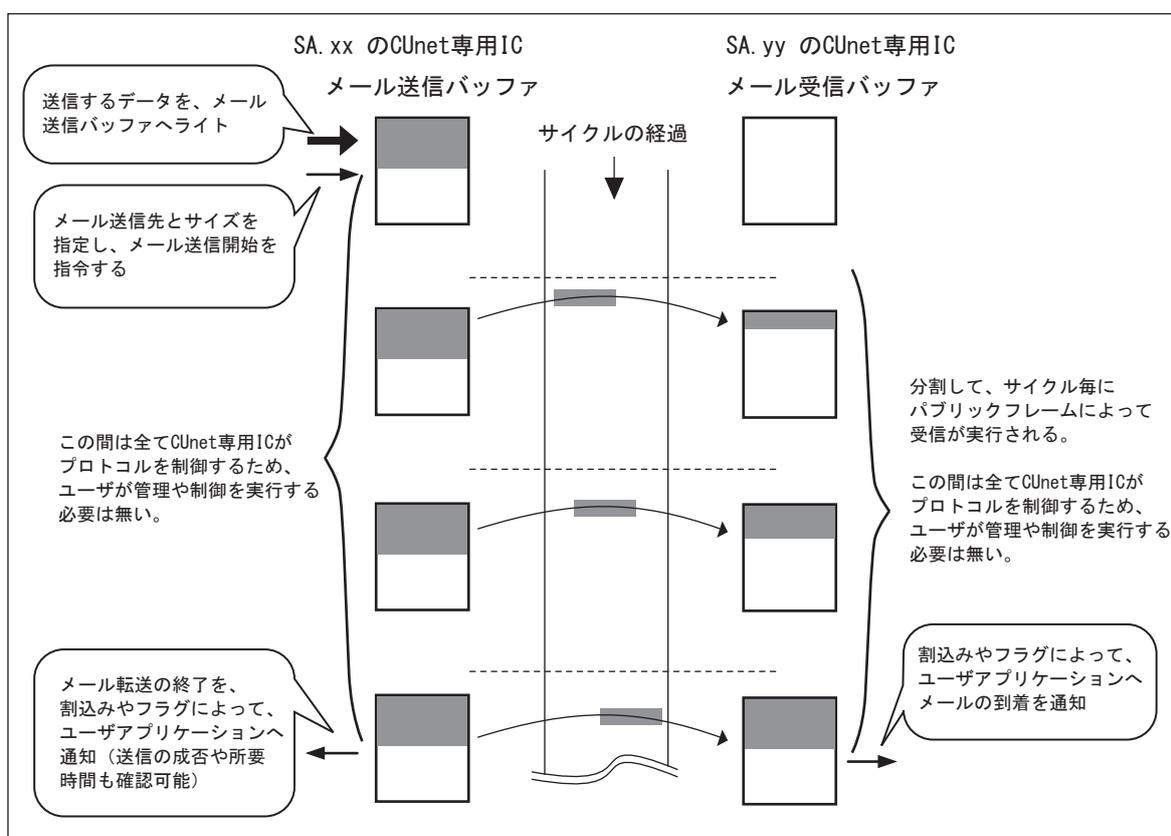


図 4.5 メール送受信の実際

**重要な用語**

- メール送受信
- メール送信バッファ
- メール受信バッファ

## 4.8 メール送受信の管理

CUnet プロトコルは、CUnet 専用 IC に対し、以下に示すメール送受信に必要な全ての管理の保有を義務付けています。

- ① データセットの分割と連結の管理。
- ② パブリックフレーム使用权の管理。
- ③ メール送信先ステーションの存在有無の管理。
- ④ メール送信先ステーションのメール受信メモリの空き状況の管理。
- ⑤ データセット送受信時における、パケット単位の送受信成功の有無、リトライおよびリトライ回数の管理。
- ⑥ メール送受信所要時間の管理（タイムアウトの設定および管理、メール送受信所要時間の通知）。

これにより、CUnet を利用するユーザシステムは、メール送受信機能を極めて簡単に利用することができます（図 4.7 参照）。

CUnet プロトコルにおいては、複数のステーションが同時期にメール送受信を開始した場合、サイクル内に配置されているパブリックフレーム数のメール送受信が同時に可能です。パブリックフレーム数を超える場合には、最も小さなステーションアドレス値が設定されているステーションからのメール送信が優先されます。

この優先権はローテーションされますので、最も小さなステーションアドレス値が設定されているステーションが間断なくメールを送信した場合においても、後方（大きな値）のステーションアドレス値が設定されているステーションのメール送信が限りなく待たされることはありません。

なお、既にメール送信中のステーションへ別のステーションがメール送信を開始した場合には、既に実行されているメール送信が終了するまで、別のステーションからのメール送信は待たされます。

## 4.9 メール送受信の所要時間

CUnet プロトコルにおけるメール送受信の所要時間は、式 3 によって算出できます。但し、以下の 3 つの場合の時間は含まれません。したがって式 3 によって算出できる時間は、ユーザシステムを構想する時点の目安としてご利用ください。

- ① パブリックフレーム数を超えるステーションが同時期にメール送信を開始した場合におけるパブリックフレーム使用权取得のための待ち時間。
- ② パブリックフレームのタイミングにおいて送信されるパケットがノイズの侵入や何らかの環境悪化の影響を受けて、“6.1 パケット受信時の検定”に後述する検定によって破棄された場合における、“4.8 メール送受信の管理” (⑤) によるリトライ時間。
- ③ 既にメール送受信中のステーションへのメール送信を開始した場合における、既に実行されていたメール送受信が終了するまでの待ち時間。

**式3** 
$$\left( \frac{(\text{データセットのバイト数} + 7)}{8} + 3 \right) \times \text{サイクルタイム} \quad [\text{sec}]$$
  
下線の部分解は、少数点以下を切捨てした整数です。



### 参考

例として、転送レートが 12Mbps の 4 つのステーションによって稼動するシステム (FS=3) において、250 バイトのメールを送受信する目安の所要時間は、 $\left( \frac{(250+7)}{8} + 3 \right) \times 109 \mu\text{s} = 35 \times 109 \mu\text{s} = 3.82\text{ms}$  です。

## 5. CUnet 専用 IC の同期

“4. 継続的タイムシェアリング”を実現するために、ネットワークによって結ばれている全ての CUnet 専用 IC は同期していなければなりません。

CUnet プロトコルにおいては、ステーションの起動、途中参入、離脱、およびサイクル同期の維持のために、スタートフェーズ、コールフェーズ、ランフェーズ、ブレイクフェーズの4つのフェーズが規定されています。この4つのフェーズによって、ネットワークによって結ばれている複数の CUnet 専用 IC の規律と同期が維持されます。本節は、図 5.1 にフェーズ遷移を示しながら、それぞれのフェーズにおける同期維持の規定について解説します。

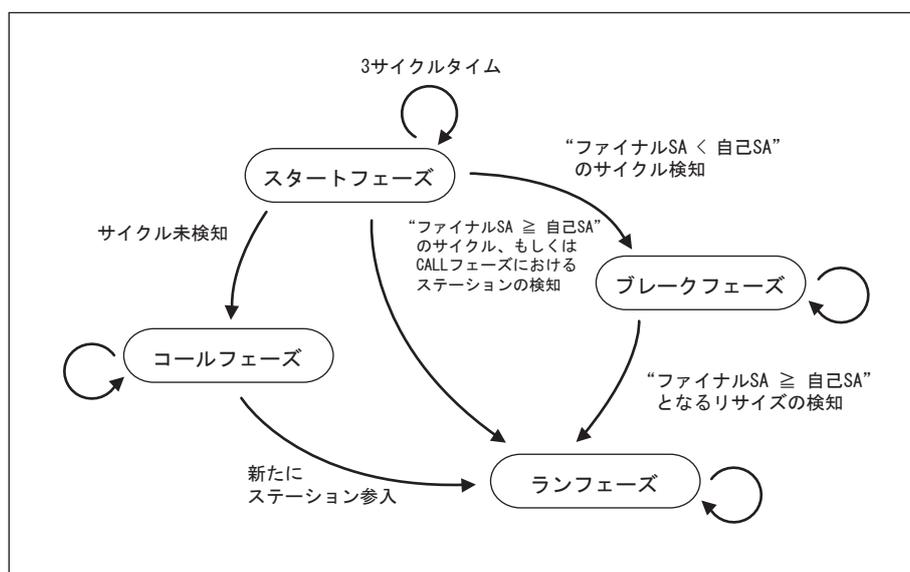


図 5.1 CUnet におけるフェーズの遷移

### 重要な用語

スタートフェーズ  
コールフェーズ  
ランフェーズ  
ブレイクフェーズ

### 5.1 スタートフェーズ

CUnet 専用 IC の起動直後は、CUnet プロトコルの稼動状況を認識するために約 3 サイクルの間、受信のみを実施します。この期間を“スタートフェーズ”と呼びます。

スタートフェーズの期間内に他ステーションからのパケット受信を確認できなかった場合には、ネットワーク全体が新規の起動であると認識し、コールフェーズへ遷移します。

スタートフェーズの期間内に他ステーションからのパケット受信を確認できた場合には、CUnet の通常の稼動状態であるランフェーズへ遷移します。

## 5.2 コールフェーズ

コールフェーズは、CUnetの接続待ち状態です。コールフェーズの間においては、スタートフェーズまたはコールフェーズにあるステーションから認識されるように、“2～3”サイクルの定間隔によってコールパケットの送信を繰り返します。コールフェーズは、他ステーションからのパケット受信を確認できた場合にランフェーズへ遷移します。

## 5.3 ランフェーズ

ランフェーズは、CUnetの通常の稼動状態です。ランフェーズは、他ステーションからのパケット受信が一切できなくなった時、あるいはユーザシステムによってネットワークの停止を指令された時まで続きます。

## 5.4 ブレークフェーズ

ブレークフェーズは、CUnetの例外状態です。スタートフェーズの期間内に他ステーションが既にランフェーズであって、サイクルを規定するファイナルステーションの値よりも大きな値のステーションアドレスが設定されている時（サイクルへの参入ができないため）、ブレークフェーズへ遷移します。

ブレークフェーズは、他ステーションのランフェーズへ支障を与えないよう、パブリックフレームのタイミングによってブレークパケットを送信し、他ステーションへブレークフェーズのステーションが存在していることをアピールします。

ブレークフェーズは、“ファイナルステーション $\geq$ ステーションアドレス”となった時、ランフェーズへ遷移します。



### 参考

ブレークフェーズの必要性とユーザシステムの対応は、“7.1 リサイズ”を参照してください。

## 5.5 時刻の校正（同期）

CUnet プロトコルにおいては、ネットワークによって結ばれた全ての CUnet 専用 IC のサイクルタイミングを、以下に示す 4 つの事象の時に受信したパケット内に添付されている送信元のステーションアドレスを参照して、校正することが定められています。これによりネットワークによって結ばれた全ての CUnet 専用 IC のサイクル同期が、常に維持されます。

- ① スタートフェーズ中に、他ステーションからパケットを受信し、ランフェーズへ遷移する時。
- ② コールフェーズ中に、他ステーションからパケットを受信し、ランフェーズへ遷移する時。
- ③ ランフェーズ中に、最も小さな値のステーションアドレスを持つパケットを受信した時。
- ④ ブレークフェーズ中に、最も小さな値のステーションアドレスを持つパケットを受信した時。

### 重要な用語

同期  
校正

## 6. データの品質保証

CUnet プロトコルは、メモリデータの共有およびメール送受信の実行にあたり、複写および送受信するデータの品質を保証しています。本節においては、CUnet プロトコルにおいて定められた品質保証について解説します。

### 6.1 パケット受信時の検定

CUnet 専用 IC には、パケットを受信する際に以下の 3 つの検定を重畳して実行することが義務付けられています。これにより一般的な通信によって生じがちなデータ化けの現象は、全く発生しません。

- ① **フォーマット（構成形式）検定**：パケットを受信し終えた瞬間に、特定のスタートパターンから始まるパケットの構成形式が CUnet プロトコルの規約に適合しているかを検定します。
- ② **CRC-16 検定**：一般にイーサネット LAN や大容量通信においては、数千～数万ビットの配列に対して 1 つの CRC-12 ブロックチェックコード（BCC）が利用されています。これに対して CUnet プロトコルは、1 つのパケット（数百～数千ビットの配列）につき CRC-12 よりも検定率の高い CRC-16 ブロックチェックコード（BCC）を採用しています。このブロックチェックコードは、パケットを受信し終えた瞬間に検定されます。
- ③ **RZ 信号形式の正当性検定（RZ 検定）**：シリアル通信信号のパケットは、“4.1 時間の基準単位”に記述された RZ（Return to Zero：“マンチェスタ符号”とも呼ばれる）のパルス配列から構成されています。CUnet プロトコルにおいては、受信するパケットの信号が RZ の形式を保っているかを 1 ビット単位毎に検定します。

#### 重要な用語

#### 3 つの検定を重畳

フォーマット（構成形式）検定

CRC-16 検定

RZ 信号形式の正当性検定（RZ 検定）



#### 参考

一般にシリアル通信においては、“検定”と“訂正”の概念が用いられます。しかし、“検定”と“訂正”は全く異なります。“訂正”は、欠如や破壊されたパケットを修復します。“訂正”は、連続する音声データのような、ある程度誤り（データ化け）が存在しても許される場合に有効ですが、CUnet には適しません。CUnet プロトコルにおいては“検定”のみが実行され、不合格となった受信パケットは全て廃棄されます。

## 6.2 全ステーション個別ハンドシェイク

1つのステーションから送信したデータを、複数のステーションがただ単に受信するだけならば、一般的な通信方式(例えばイーサネットLANのブロードキャスト)を用いても可能です。しかしこの場合、送信したデータが複数のステーションへ確実に届いているかどうかは保証されません。

もし一般的な通信方式においてこのように保証を得るためには、送信の後に正しく受信できたことを示す応答 (Answerback) を得る必要があります。そして、この応答を個別に得るためには1対1 (Peer To Peer) のハンドシェイク (Handshake) 通信を、複数のステーションが、個別に実行しなければなりません。複数ステーション対複数ステーション (N対N) のコミュニケーションであれば、“((ステーション数-1) ×ステーション数) 回” の通信を実行しなければなりません。

これに対してCUnetプロトコルは、サイクル毎に全てのステーション間における、ハンドシェイクされた複数ステーション対複数ステーション (N対N) のコミュニケーションを保証します。

### 重要な用語

1対1 (Peer To Peer)

ハンドシェイク (Handshake)

複数ステーション対複数ステーション (N対N) のコミュニケーション

### 6.2.1 レシーブステータスとリンクステータス

CUnetプロトコルは、CUnet専用ICが、“レシーブステータス”と“リンクステータス”と呼ぶ2つのステータス (Status) を保有することを義務付けています。これらのステータスは、ファイナルステーション数分、個別に存在します。

レシーブステータスは、他ステーションからの受信が成立したことを示すステータスです。リンクステータスは、前回の自己ステーションの送信が他ステーションへ正しく届いたことを示すステータス、つまりハンドシェイクの確立を示すステータスです。

レシーブステータスおよびリンクステータスは、“4.6 メモリブロック単位の複写によるデータの共有化”に記述されたパケット送信タイミング時に初期化され、次の自己ステーションのパケット送信タイミングまでの間、管理されます。

### 重要な用語

レシーブステータス

リンクステータス

### 6.2.2 ハンドシェイク確立の実際

CUnet プロトコルは、“4.6 メモリブロック単位の複写によるデータの共有化” に記述された送信するパケットに、レシーブステータスを含めることも義務付けています。

自己ステーションから送信したパケットがどの他ステーションへ正しく複写されたかを認識するためのハンドシェイク確立は、自己ステーションからの送信直後から次のサイクルにおける自己ステーションからの送信直前までの間に、他ステーションから受信するそれぞれのパケットに含まれているレシーブステータスを判別することによって可能となります。CUnet プロトコルは、この判別によってハンドシェイクが確立した状態を、「リンクが成立している」と表現し、リンクステータスを操作します。図 6.1 に、実際のレシーブステータスとリンクステータスの概念を示します。

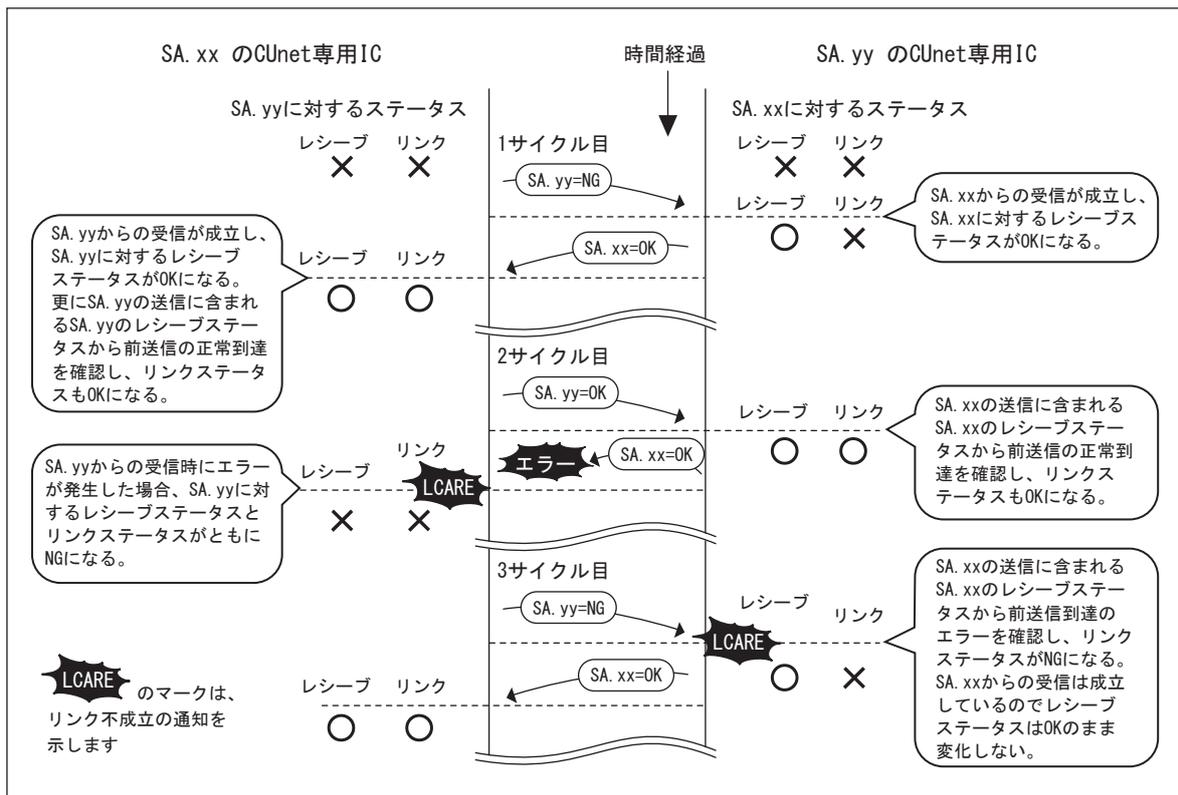


図 6.1 レシーブステータスとリンクステータスの概念

### 6.2.3 ステータスの開示

CUnet プロトコルは、CUnet 専用 IC 内のレシーブステータスとリンクステータスを、ユーザ CPU からリード可能なようにフラグビットによって開示することを義務付けています。CUnet を利用するユーザシステムは、CUnet 専用 IC 内のステータスフラグビットをリードすることにより、メモリデータの共有の最新の状況を認識できると共に、以下に示すように CUnet プロトコルによってデータ品質が保証されているかどうかの判別も可能です。

- ① **レシーブステータスのフラグビットが“ON”の時**：グローバルメモリのステータスに対応したメモリブロックのデータは、最新のサイクルによって受信されていることが保証されている。
- ② **リンクステータスのフラグビットが“ON”の時**：グローバルメモリのステータスに対応したメモリブロックのデータは、最新のサイクルによってリンクされていることが保証されていると同時に、ステータスに対応したステーションへ自己ステーションのメモリブロックのデータが正しく複写されたことが保証されている。

## 6.2.4 実際のユーザシステムにおけるステータス

CUnet は、安定した環境において一旦成立したリンクが不成立になることはありません。

ノイズの侵入や何らかの環境悪化の影響を受けて、CUnet 専用 IC が受信したパケットを検定によって破棄した場合に、リンクが不成立になります。リンクの不成立を、“リンク切れ”とも呼びます。

この場合ユーザシステムが参照したステータスは、レシーブステータスとリンクステータスの両方のフラグビットが“OFF”の場合（図 6.1 の SA.xx 側の 2 サイクル目状態を参照）と、レシーブステータスのフラグビットが“ON”であり、かつリンクステータスのフラグビットが“OFF”の場合（図 6.1 の SA.yy 側の 3 サイクル目状態を参照）のいずれかです。どちらの場合もリンクが不成立であることを識別できます。

**重要な用語** リンクの不成立／リンク切れ

## 6.2.5 リカバリ

一般的な通信においては、ノイズの侵入や何らかの環境悪化の影響を受けてパケットの到達へ支障を与えた場合、“リトライ”と呼ばれる再送行為によってリカバリする通信手法が用いられます。これは一般的な通信の場合、パケットを一旦失ってしまうと通信の行為そのものが消失してしまうことに起因します。

これに対し CUnet プロトコルによるメモリデータの共有においては、リトライ（再送）の概念はありません。これは CUnet が継続的タイムシェアリング方式であって、通信の行為そのものが常に継続して継続的に実行されるためです。CUnet においては前記のリンク切れの場合にも、必然的に次のサイクルにおいてリカバリされることとなります。

CUnet プロトコルによるメール送受信においては、ノイズの侵入や何らかの環境悪化の影響を受けてメール送信パケットの到達へ支障を与えた場合、次のサイクルに前回送信したメール送信パケットを再送する前述の一般的な通信と同様のリトライによりリカバリされます。

**重要な用語** リカバリ

### 6.3 パケット衝突

一般にシリアル通信のパケットを通信ケーブルへ送信する通信ネットワークにおいては、パケット衝突の管理が重要課題になると同時にユーザシステムにも大きな負担を強めます。

これに対し CUnet は、継続的タイムシェアリング方式であり、ネットワークによって結ばれた全ての CUnet 専用 IC のタイミングは同期しています。このため、CUnet のランフェーズ中においては、通常パケット衝突は発生しません。CUnet プロトコルにおいてパケット衝突の可能性があるのは、以下の 2 つの場合だけです。

- ① コールフェーズ中のコールパケットの衝突
- ② ジャマーの存在 (6.3.2 参照)

上記①のパケット衝突は、起動時の過渡現象であるため、ネットワークによるコミュニケーションへ支障を与えません。上記②のパケット衝突は、ハードウェアの故障あるいは不備による例外事象です。いずれの場合も CUnet がユーザシステムに対して大きな負担を強いることはありません。

#### 6.3.1 コールフェーズ中におけるコールパケットの衝突

コールフェーズ中におけるコールパケットの送信間隔は、CUnet 専用 IC に設定されるステーションアドレスに依存することが CUnet プロトコルに規定されています。これにより、1 回のコールパケットの衝突が発生しても、継続して連続にパケット衝突が発生することはありません。

例えば、SA=1 と SA=7 の CUnet 専用 IC が同時にコールパケットを送信した場合、1 回のパケット衝突が発生しますが、2 回目以降は SA=1 と SA=7 の CUnet 専用 IC によるコールパケットの送信間隔が異なるため衝突しません。この場合、2 つのステーションがネットワークに存在するので、1 回のコールパケットさえ伝播すれば、2 つのステーションは CUnet の通常の稼動状態であるランフェーズに遷移します。

#### 6.3.2 ジャマーの存在

何らかの故障や障害によって“送信はできるが受信ができないステーション”が存在した場合、ネットワークがランフェーズであってもこのステーションを認識できず、“送信はできるが受信ができないステーション”がコールフェーズを継続してしまう現象が生じます。この場合、他ステーションのランフェーズ中のパケットが送信されている最中であっても、コールパケットが送信されてしまい、パケット衝突が発生します。CUnet プロトコルにおいては、このような“何らかの故障や障害によって、送信はできるが受信ができないステーション”を“ジャマー (Jammer)”と呼びます。ジャマーはパケットを受信できないため、ネットワーク側からジャマーを強制的に停止することはできません。このような場合、ユーザはジャマーを撤去するかあるいは故障や障害を修復する必要があります。このため CUnet プロトコルにおいては、ジャマーが存在する場合、その存在を検出しユーザシステムへジャマーの存在を警告することが義務付けられています。

**重要な用語****ジャマー (Jammer)****ジャマーの存在を警告****参考**

ジャマーは、CUnet に限らずどのようなシリアル通信手段にも存在しえます。例えば RS-232C/RS-458 やイーサネット LAN における受信不能なステーションは、他の通信が実行されている最中であることを感知できずに送信してしまい、正常な通信を邪魔 (攪乱) するような障害の発生源になる場合があります。このように、CUnet プロトコルにおいてジャマーと呼ばれる障害ステーションは、CUnet 特有の事象ではありません。

## 7. 実用性の向上

CUnet の実用性を高めるために CUnet プロトコルは、“リサイズ”と“占有エリアの拡張”および“CUnet 専用 I/O-IC”について規定しています。

### 7.1 リサイズ

“4.2 タイムシェアリングの基準単位”に記述された“ファイナルステーション”と呼ぶ定数は、CUnet プロトコルにおいて初期値が決められています。例えば CUnet プロトコル Ver.1.00 における初期値は、63 (3FH) です。SA=0 と SA=1 の 2 つのステーションしか使用しないユーザシステムの場合、サイクルを構成する SA=2 ~ 63 フレームの間、ネットワークが利用されていないことになります。

そこでファイナルステーションの値を“1”に変更すれば、最も効率の良いサイクルによって利用できます。このようにファイナルステーションの値を変更することを、CUnet プロトコルにおいては“リサイズ”と呼びます。リサイズは、“4.2 タイムシェアリングの基準単位”に記述された式 1 に示されるように、フレームタイムにも影響を与えます (図 7.1 参照)。

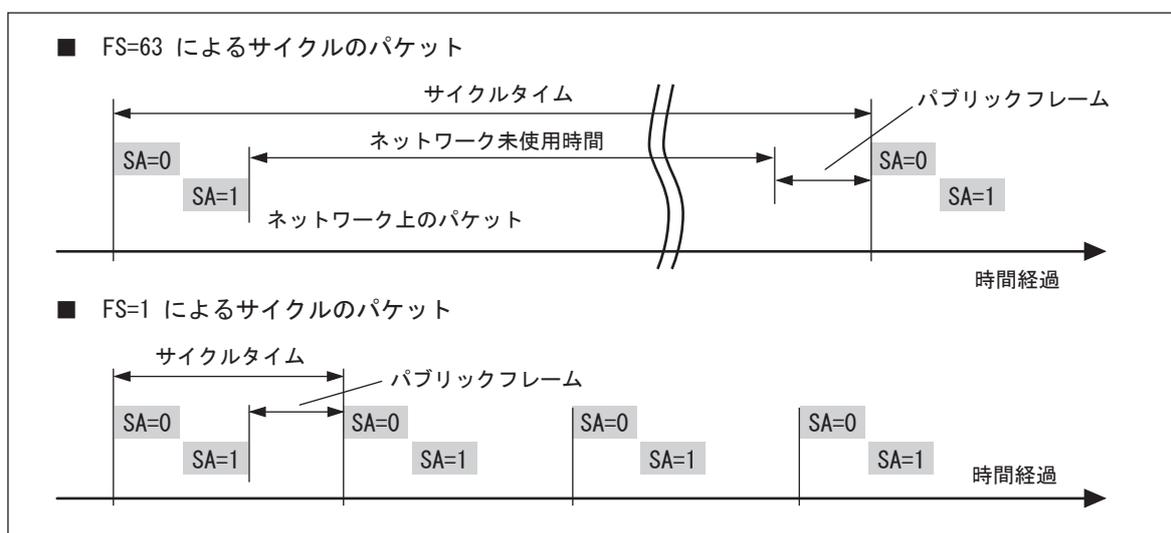


図 7.1 リサイズ概念

CUnet プロトコルは、リサイズが可能であることを定義しています。また CUnet プロトコルにおいては、ファイナルステーションの値を小さな値へ変更することを“縮小リサイズ”と呼び、大きな値へ変更することを“拡大リサイズ”または“拡張リサイズ”と呼びます。

SA=0、SA=1、SA=7 の 3 つのステーションを利用している CUnet において、ユーザシステムが FS=1 への縮小リサイズを実行した場合、SA=7 のステーションはサイクル内における送信タイミングが与えられずネットワークから除外され停止します。この後 SA=7 のステーションが再度起動されても、(サイクル内における送信タイミングが与えられないため) ネットワークへは参加できません。この時、SA=7 のステーションはブレイクフェーズになります。ブレイクフェーズになった SA=7 のステーションを再度ネットワークへ参加させるには、SA=0 または SA=1 のステーションが、FS=7 以上の拡張リサイズを実行しなければなりません。

#### 重要な用語

リサイズ

縮小リサイズ

拡大リサイズ／拡張リサイズ

## 7.2 占有エリアの拡張

CUnet においては、“4.5 メモリの区分と占有”と“4.6 メモリブロック単位の複写によるデータの共有化”に記述された通り、1つのCUnet専用ICが1つのステーションアドレスを持ち、SAに対応する1つのメモリブロックを占有することが基本概念です。

これに対してCUnetプロトコルは、SAに対応する1つのメモリブロックと、それに続く複数のメモリブロックを占有することを許します。これを“占有エリアの拡張”と呼びます。

占有エリアの拡張を可能とするCUnet専用ICは、いくつのエリアを占有するかを指定する占有幅 (OWN width) の設定機能を装備しています。

図 7.2 は、SA=1 のステーションが占有幅 (OWN width) =3 を持つCUnet専用ICの例です。SA=1 のステーションは、ステーションタイム =1 の時に MB=1 の MB データをネットワークへ送信し、ST=2 の時に MB=2 の MB データを、ST=3 の時に MB=3 の MB データを、それぞれネットワークへ送信します。このように占有エリアの拡張は、SA=1 のステーションが SA=2 と SA=3 のステーションに成りすましてネットワークへ送信する仕組みによって実現されます。したがって他のCUnet専用ICのステーションアドレスを、占有エリアの拡張により支配されたステーションアドレス (図 7.2 の例では SA=2 および SA=3) に設定することは許されません。

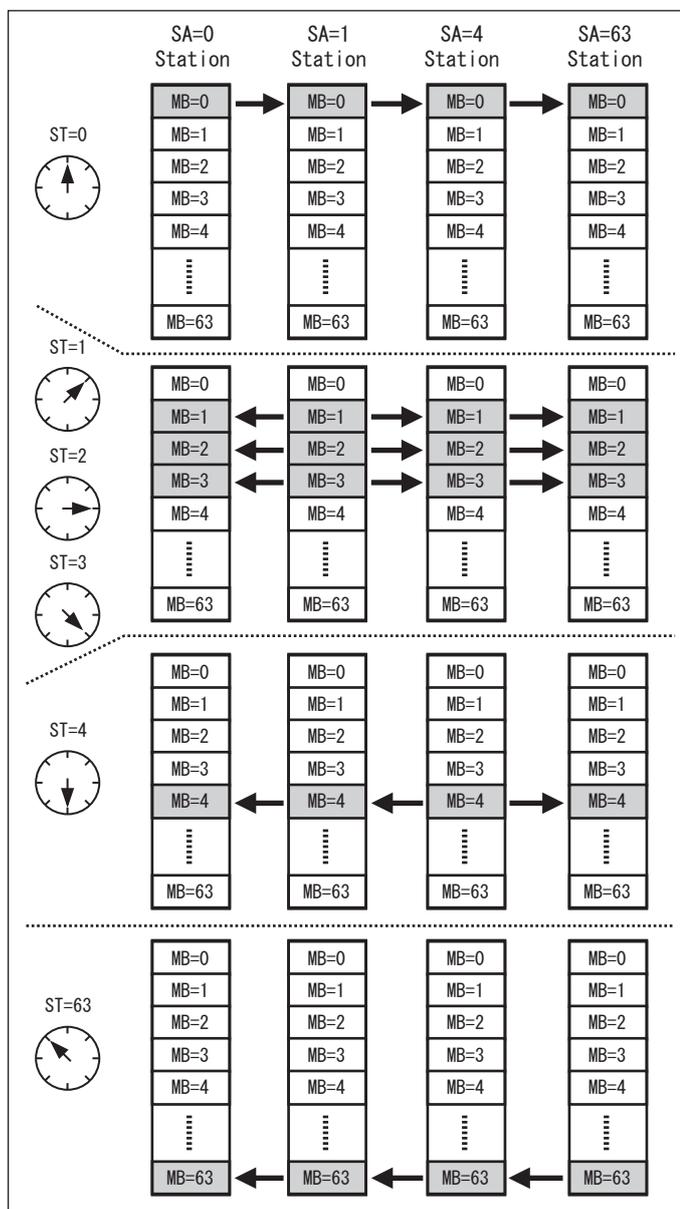


図 7.2 占有エリアの拡張

なお、ステーション間におけるメール送受信時においては、メールの送信先として、占有エリアの拡張により支配されたステーションアドレス (図 7.2 の例においては SA=2 および SA=3) を指定することはできません。なぜならば占有エリアの拡張により支配されたステーションアドレスには、メールを受信するメール受信バッファが存在しないからです。

**重要な用語**

占有エリアの拡張  
占有幅 (OWN width)

### 7.3 CUnet 専用 I/O-IC

CUnet は、グローバルメモリのデータを IC の端子へ出力する、あるいは IC の端子の状態をグローバルメモリのデータとして入力することを可能とする、CUnet 専用 I/O-IC の存在を許容します。

CUnet プロトコルは、CUnet 専用 I/O-IC が以下の機能と性能を保有していることを義務付けています。

- ① グローバルメモリ、あるいはそれに相当するレジスタを保有していること。
- ② メール送受信機能以外の機能と性能を備えていること。
- ③ CUnet 専用 IC と同様の、フェーズの遷移と同期に対応する機能と性能を備えていること。
- ④ CUnet 専用 IC と同等の、データ品質保証が可能な機能と性能を備えていること。

CUnet 専用 IC と CUnet 専用 I/O-IC を混在させて CUnet を構築することにより、グローバルメモリのデータを介したりリモート I/O を実現できます。これにより、CUnet 専用 I/O-IC を搭載したステーションの IC の端子状態を、CUnet 専用 IC を搭載した全てのステーションがグローバルメモリをリードして認識することも可能となります。CUnet 専用 IC と CUnet 専用 I/O-IC を混在させて構築された CUnet は、ユーザシステムへの適合性と実用性が增大します (図 7.3 参照)。

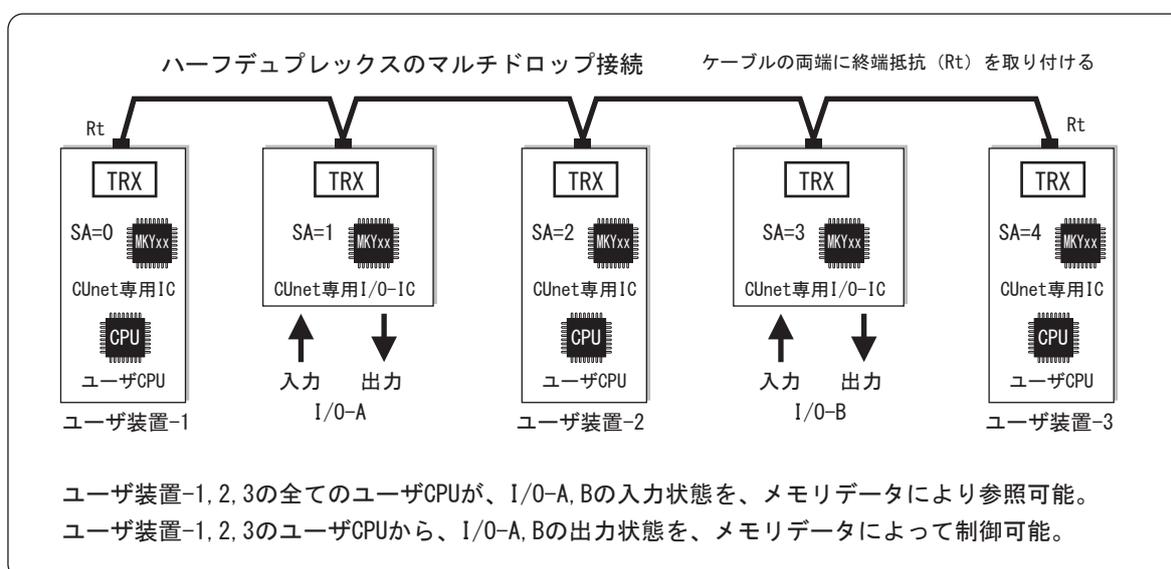


図 7.3 CUnet 専用 I/O-IC の利用

**重要な用語**

CUnet 専用 I/O-IC  
リモート I/O

## 8. 推奨の通信ケーブルと転送レート

CUnet プロトコルにおいては“3. CUnet の構成”に記述した通り、全ての CUnet 専用 IC 間において双方向にシリアル通信信号を送受信できるハーフデュプレックス通信方式であれば、ネットワークを構成する通信ケーブルや差動ドライバ/レシーバ部品 (TRX) の種類は規定していません。

しかしながら弊社は、経済性と実用性が一般的に最も高いとされる方法を考慮して、以下のネットワークを推奨として提案しています。

- ① **通信ケーブル**：LAN 用の通信ケーブル (10BASE-T、カテゴリ 3 以上、一括シールド) と同等以上の性能を持つ通信ケーブル、芯線の 1 ペアを使用 (残りのペア芯線は開放)。
- ② **TRX (差動ドライバ/レシーバ部品)**：RS-485 仕様の差動ドライバ/レシーバとパルストランスによる電氣的絶縁。
- ③ **転送レート**：12Mbps、6Mbps、3Mbps から選択。一般的には、敷設するネットワーク長 (通信ケーブルの長さ) に応じてこれらの転送レートを選択します (表 1 参照)

マルチドロップ形式による通信ケーブルの接続点を“ブランチ”と呼びます。ネットワークを、32 ブランチ以下によって利用する場合の、CUnet の通信ケーブル長の目安を表 1 に示します。表 1 は、推奨の差動ドライバ/レシーバが RS-485 仕様部品のため、この RS-485 仕様において決められているブランチ数“32”を目安の基準にしています。

CUnet は、最大 64 の CUnet ステーションまで接続可能なため、“64”のブランチ接続が可能です。推奨のネットワークはパルストランスによって電氣的に絶縁されており、かつ CUnet のネットワークを伝搬する信号形式が RZ (Return to Zero) のため、直流 (DC) 成分信号を利用せず、一般的な RS-485 仕様の部品によって“64”ブランチ接続が可能です。但し“64”ブランチの場合は、通信ケーブル長が表 1 の値よりも短くなる傾向が生じます (伝搬する信号エネルギーの分散が増えるため)。

表 1 転送レートと通信ケーブル長の目安

転送レート	通信ケーブル長
12Mbps	～ 100m
6Mbps	～ 200m
3Mbps	～ 300m



### 注意事項

“表 1”における通信ケーブルの長さは、各転送レートに対する目安であり、保証値ではありません。



### 参考

- ① RS-485 仕様の差動ドライバ/レシーバは、一般市場から容易に入手可能です。
- ② LAN 用の通信ケーブルは一般市場から容易に入手可能ですが、一括シールドされた加工性の良い推奨ケーブルを、弊社商品の代理店から入手することができます。
- ③ パルストランスは、12M/6M/3Mbps に適合する推奨パルストランスを、弊社商品の代理店から入手することができます。
- ④ 通信ケーブル長は、HUB の挿入により延長することができます (HUB の挿入については、CUnet 用の HUB-IC (MKY02 など) の“ユーザーズマニュアル”を参照してください)。

通信ケーブルの実際の敷設に役立つ予備知識や資料は、“CUnet テクニカルガイド”に記述されています。また部品の選択方法や推奨部品の入手方法については、弊社の Web サイトも参照してください。 <https://www.steptecnica.com/>

## 9. 本書のまとめ

CUnet は、メモリデータの共有とデータセットのメール送受信の両方を併用できる、新たなコミュニケーション概念です。CUnet プロトコルを搭載した CUnet 専用 IC によって実現されるコミュニケーションは、CUnet を利用するユーザシステムに以下のような利点を提供します。

- ① (通信管理の負担がほとんど無いにもかかわらず) 保証されるデータ品質。
- ② 算術式によって求められる一定時間のサイクルタイム (定時性)。
- ③ リアルタイム分散処理へ適合。
- ④ ネットワーク稼動中の自由なステーションの参入と離脱 (活栓挿抜)。

本書は、CUnet プロトコルの解説を通し、CUnet の基本的機能や性能に関して記述しています。

CUnet 専用 IC の実際の利用に際しては、CUnet 専用 IC の各種 “マニュアル”、および “**CUnet テクニカルガイド**” や “**Let's Try! CUnet**” (小冊子) などの予備資料を参照していただき、それぞれの機能や性能をご理解ください。

なお弊社は、各種 “マニュアル” の更新や、商品情報、各種技術的なレポートなどの情報を、弊社 Web サイトにおいて提供することに努めております。下記の弊社 Web サイトを、定期的にチェックされることをお奨め致します。

<https://www.steptecnica.com>

## 付録 CUnet プロトコル Ver.1.00

本章は、CUnet専用ICのMKY40に採用されたCUnetプロトコルVer.1.00のパラメータ仕様(Parameter-spec)を記述します。

ネットワーク方式：継続的タイムシェアリング

ネットワーク信号形式：RZ 信号形式（マンチェスタ符号）

ネットワーク通信方式：ハーフデュプレックスのマルチドロップ

パケット受信品質保証：3種重畳検定（Form-check、CRC-16、RZ-check）

フレーム長定数（ノーマル時）：151

フレーム長定数（フレームオプション時）：256

パブリックフレーム数：2

ファイナルステーション初期値：63

ファイナルステーション値の変更可否：可

許容ファイナルステーション値：1～63

保有フェーズ数：4（スタート、コール、ラン、ブレーク）

最大CUnet専用IC接続可能数：64

ステーションアドレス許容範囲：0～63（00H～3FH）

グローバルメモリサイズ：512バイト

メモリブロックサイズ：8バイト（64ビット）

メモリブロック数：64

メール送受信最大データセットサイズ：256バイト

メール送信バッファ数：1（256バイト）

メール受信バッファ数：2（各256バイト）

データセット分割サイズ：8バイト

メール送信権利取得待ち行列の管理方式：優先権ローテーション

メール送受信手順制御：REQ、ACK、NAK、EOTハンドシェイク、リトライ回数3



## 更新履歴

バージョン No.	更新年月日	ページ	更新内容
1.1	2008 年 9 月		
1.2	2023 年 4 月	6	図番号変更 (図 4.3 を図 4.2 に変更)
		7	図番号変更 (図 4.5 を図 4.3 に変更)
		8	図番号変更 (図 4.6 を図 4.4 に変更)
		9	図番号変更 (図 4.7 を図 4.5 に変更)

■開発・製造

株式会社ステップテクニカ

〒207-0021 東京都東大和市立野 1-1-15

TEL: 042-569-8577

<https://www.steptechnica.com/>

[info@steptechnica.com](mailto:info@steptechnica.com)

## **CUnet 導入ガイド**

**(CUnet プロトコル基本解説)**

ドキュメント No. : STD\_CUSTU\_V1.2J

発行年月日 : 2023 年 4 月