

SEMI E4-0699 (Reapproved 0307)

半導体製造装置通信スタンダード 1 メッセージトランスファ (SECS-I)

NOTICE: This translation is a REFERENCE COPY ONLY. If differences should exist between the English version and a translation in any other language, the English version is the official and authoritative version.

免責事項： この SEMI スタンダードは、投票により作成された英語版が正式なものであり、日本語版は日本の利用者各位の便宜のために作成したものです。万が一英語と日本語とに差異がある場合には英語版記載内容が優先されます。

SEMI スタンダード日本語翻訳版をご利用にあたっての注釈を本文の末尾に記載しております(「すべきである」「しなければならない」について等)。

本スタンダードは、Information & Control Global Technical Committee で技術的に承認されている。現版は 2006 年 11 月 21 日、global Audits and Reviews Subcommittee にて発行が承認された。2007 年 2 月に www.semi.org で。初版は 1980 年発行、前版は 1999 年 1 月に発行された。

1 目的

1.1 改訂の記録 — 本書は、1980 年に出された SECS-I 初版の改訂版である。初版 SECS-I からの大幅な変更は少ないが、いくつかの重要事項が追加されている。なお、〈付属書〉A1. に変更点の要約を述べる。また、このスタンダードは、(社) 日本電子振興協会のシリコン 12 委員会の協力のもとに作成された。

1.2 目的 — SECS-I に従えば、設計者が通信する相手について詳細を知らなくとも、相互の通信を可能とする装置およびホストを設計することができる。

2 範囲

2.1 SECS-I は、半導体製造装置とホスト間のメッセージ交換に関する通信インタフェースを定義している。半導体製造装置には、ウェーハ製造、ウェーハ処理、測定、アセンブリ、パッケージングの各装置がある。ホストとは、コンピュータまたはコンピュータのネットワークであり、装置と情報を交換する。SECS-I は、シリアルな point to point の通信を規定し、ホストと装置間のメッセージ交換に必要なコネクタ、信号レベル、データレート、ロジカルプロトコルなどの標準化も含んでいる。SECS-I は、メッセージ内のデータについては定義していない。メッセージの内容は、SEMI Equipment Communications Standard E5 (SECS-II) などに従って決めねばならない。

2.1.1 階層プロトコル — SECS-I プロトコルは、point to point 方式の通信を使用した階層プロトコルである。SECS-I の階層レベルには、物理リンク、ブロック・トランスファ・プロトコル、メッセージプロトコルがある(関連情報 R1-1.1 参照)。

2.1.2 スピード — SECS-I はあらゆる通信に適用できるとは考えていない。例えば、高速ファンクション・テストに要求されるような、膨大な量のデータまたはプログラムを短時間に転送するには SECS-I で採用している RS-232-C のスピードでは不十分である。

2.1.3 ネットワークサポート — データをある装置にどのようなルートで転送するのか、また、どのようにしてホストのアプリケーションへ転送するのか、それらの方法については SECS-I の範囲ではない。ネットワーク上では、どの部分もホストと装置の役割を行なうことができる。従って、通信リンクの一端が装置の役割、他端がホストの役割を行なうと考えればよい。

2.2 SECS-I 概要 — SECS-I は、米国で EIA RS-232-C、日本で JIS C 6361 として知られている国際規約のコネクタと電圧レベルを利用した point to point 方式のデータ通信を規定する。伝送の際には 8 ビットからな

るバイトに 1 スタートビット, 1 ストップビットが付加され直列に送られる。通信は非同期半二重方式で行なわれる。通信の方向は, 特別なキャラクタを用いたハンドシェークによって定められ, その後一連のデータが送られる。データは 254 バイト以下のブロック単位で送られる。各ブロックは, データの前に 10 バイトのヘッダをもつ。メッセージとは, 一方向の完結した通信単位であって, 1~32,767 ブロックよりなる。各ブロックヘッダには, あるメッセージの一部のブロックであるという情報が含まれている。メッセージは要求と応答が対をなし, その対をトランザクションという。

2.3 ドキュメントの構成 — 本ドキュメントは, SECS-I の主要項目ごとにいくつかの章に分かれており, 各項で必要項目およびその意味するところを要約している。SECS-I は, コンピュータの使用環境によって種々の方法で実施することができる。実施方法については SECS-I の範囲外である。また, 実施方法に関して有益と思われる情報は関連情報に記してある。

注意: このスタンダードおよび安全ガイドラインはその使用に関連した全ての安全上の問題を取り扱うことを意図していない。この文書の使用者は, その責任において, 適切な安全および健康上実施すべき事項を決定し, また使用前に法規制やその他の制限への適用性を判断するものである。

3 参考スタンダードおよび文書

3.1 SEMI スタンダード

SEMI E5 — SEMI Equipment Communications Standard 2 Message Content (SECS-II)

SEMI E6 — Guide for Semiconductor Equipment Installation Documentation

3.2 EIA 文書¹

EIA RS-232-C — Interface between Data Terminal Equipment and Data Communication Equipment Employing Serial Binary Data Interchange (データ端末装置とシリアルなバイナリデータの変換を行なうデータ通信装置間のインタフェース)

EIA RS-269-B — Synchronous Signaling Rates for Data Transmission (データ伝送の同期信号レート)

EIA RS-334 — Signal Quality at Interface Between Data Processing Terminal Equipment and Synchronous Communication Equipment for Serial Data Transmission (データ処理ターミナル装置と, 直列データ伝送のための同期データ通信装置間のインタフェースをとる際の信号特性)

EIA RS-422 — Electrical Characteristics of Balanced Voltage Digital Interface Circuits (バランス電圧・デジタルインタフェース回路の電気的特性)

EIA RS-423 — Electrical Characteristics of Unbalanced Voltage Digital Interface Circuits (アンバランス電圧・デジタルインタフェース回路の電気的特性)

3.3 ECMA 文書²

ECMA/TC 24/82/18 — Network Layer Principles, Final Draft, April, 1982

3.4 日本工業規格委員会³

JIS C6361 — The Interface between Data Circuit Terminating Equipment (DCE) and Data Terminal Equipment (DTF) (25-pin Interface) (データ回線終端装置 (DCE) とデータ端末装置 (DTE) (25 ピンインタフェース) 間のインタフェース)

¹ EIA Engineering Department, Standards Sales Office, 20001 Eye Street, N.W., Washington, D.C. 20006, USA
(国内連絡先) 日本規格協会 〒10052 東京都港区赤坂 -1-44 Tel: 03-3583-8003

² European Computer Manufacturing Association, 114 Rue du Rhone, 1204 Geneva, Switzerland
(国内連絡先) 日本規格協会 〒10052 東京都港区赤坂 -1-44 Tel: 03-3583-8003

³ 日本規格協会 〒10052 東京都港区赤坂 -1-44 Tel: 03-3583-8003

3.5 ISO 文書⁴

ISO 2110-1980 — Data Communication, Interface Connectors and Pin Assignment

注意：別途指示のない場合、引用されたすべての文書は最新の出版バージョンである。

4 用語

4.1 定義

4.1.1 ACK — “肯定応答” ハンドシェークコード。

4.1.2 アプリケーションソフトウェア (Application software) — 装置またはホストの、特定の処理を行なうソフトウェア。

4.1.3 ブロック (Block) — ヘッダと最大 244 バイトのデータより構成される。

4.1.4 ブロック長 (Block length) — ブロックトランスファプロトコルによって送られるバイト数。

4.1.5 ブロック番号 (Block number) — メッセージ内のブロック番号を示すヘッダ内の 15 ビットの領域。

4.1.6 キャラクタ (Character) — SECS-I の回線で送られる 1 バイト。

4.1.7 チェックサム (Checksum) — 伝送エラーの検出のための 16 ビットの数字。

4.1.8 通信エラー (communication failure) — 送信エラーによって生じる通信リンク内のエラー。

4.1.9 デバイス ID (Device ID) — 装置を識別するために使用するヘッダ内の 15 ビットの領域。

4.1.10 E-ビット (E-bit) — メッセージの最後のブロックか否かを示すヘッダ内の 1 ビット。

4.1.11 ENQ — “送信要求” ハンドシェークコード。

4.1.12 EOT — “受信可能” ハンドシェークコード。

4.1.13 装置 (equipment) — ホストと通信するインテリジェントシステム。

4.1.14 期待ブロック (Expected block) — メッセージプロトコル上受信が待たれているブロック。

4.1.15 ヘッダ (Header) — メッセージプロトコルとトランザクションプロトコルが使用する 10 バイトのデータ。

4.1.16 ホスト (Host) — 装置と通信するインテリジェントシステム。

4.1.17 バイト長 (Length byte) — 伝送中のブロックの長さを示すために使用するキャラクタ。

4.1.18 回線コントロール (Line control) — ブロックトランスファプロトコルの一部。

4.1.19 マスタ (Master) — ブロックトランスファ上では装置を割当てる。

4.1.20 メッセージ (message) — 完結した通信の単位。

4.1.21 メッセージ ID (Message ID) — どういうメッセージかを認識するためのヘッダ内の 15 ビットの領域。

4.1.22 マルチブロックメッセージ (Multi-block message) — 複数ブロックよりなるメッセージ。

4.1.23 NAK — “否定応答” ハンドシェークコード。

4.1.24 オープンメッセージ (Open message) — 受信が完結していないマルチブロックメッセージ。

4.1.25 オープントランザクション (Open transaction) — 処理中のトランザクション。

⁴ International Organization for Standardization, ISO Central Secretariat, 1, ch. de la Voie-Creuse, CP 56, CH-1211 Geneva 20, Switzerland; Telephone: +41.22.749.01.11, Fax: +41.22.733.34.30, <http://www.iso.org>

- 4.1.26 1 次メッセージ (Primary message) – メッセージ ID が奇数番のメッセージ。
- 4.1.27 1 次/2 次の属性 (Primary/Secondary attribute) – メッセージ ID の最下位ビットであり、そのブロックが 1 次または 2 次メッセージのどちらに属するかを示す。
- 4.1.28 R-ビット (R-bit) – メッセージの伝送方向を示すヘッダ内の 1 ビット。
- 4.1.29 受信側 (Receiver) – メッセージを受信している SECS-I リンクの終端。
- 4.1.30 返信 (Reply) – 1 次メッセージに対応した 2 次メッセージ。
- 4.1.31 返信リンキング (Reply linking) – 1 次メッセージと 2 次メッセージによりトランザクションを形成する過程。
- 4.1.32 リトライカウント (Retry count) – ブロックトランスファプロトコル上でブロックを送信する際のエラーの回数。
- 4.1.33 RTY – 再試行の制限値または送信エラーになる前にブロック・トランスファ・プロトコル上でブロックの再送信を行なった回数。
- 4.1.34 2 次メッセージ (Secondary message) – メッセージ ID が偶数番のメッセージ。
- 4.1.35 送信側 (Sender) – メッセージを送っている SECS-I リンクの終端。
- 4.1.36 スレーブ (Slave) – ブロックトランスファ上ではホストを割当てる。
- 4.1.37 システムバイト (System bytes) – メッセージの区別のために使用するヘッダ内の 4 バイトの領域。
- 4.1.38 T1 – ブロックトランスファプロトコルでの受信キャラクタ間のタイムアウト。
- 4.1.39 T2 – ブロックトランスファプロトコルでのプロトコルタイムアウト。
- 4.1.40 T3 – メッセージプロトコルでの返信タイムアウト。
- 4.1.41 T4 – メッセージプロトコルでのブロック間のタイムアウト。
- 4.1.42 トランザクション (transaction) – 1 次メッセージとそれに対応する 2 次メッセージ。
- 4.1.43 W-ビット (W-bit) – 返信要求があるか否かを示すヘッダ内の 1 ビット。

5 結合

5.1 結合とは、装置に対する物理的インタフェースを意味する。ホストは装置に互換性のある信号を供給している。SECS-I を使用しない装置とのインタフェースに対して何の制限も与えない。

5.2 電氣的インタフェース – この節で述べている事柄以外については、EIA スタンドアード RS-232-C インタフェースタイプ E および全二重通信によるシリアルインタフェースに準じている。

5.2.1 コネクタ – FIA RS232 の 9 ピンコネクタあるいは 25 ピンコネクタを使用する。25 ピンコネクタの場合には、メスコネクタを装置側につけ、オスコネクタをホストからのケーブルにつける。9 ピンコネクタの場合には、オスコネクタを装置側につけ、メスコネクタをケーブルにつける。装置側のコネクタは、D サブコネクタ (female 4-40 threaded jack screw lock) を用いる。

注 1: 25 ピンの場合、スクリューロック式ジャック付きアンフェノール D サブタイプのコネクタ、MIN RAC 17 シリーズと互換性がある。9 ピンの場合も、スクリューロック式ジャック付きの D タイプが互換性を持つ。一般的に、デスクトップ PC やノート型 PC に実装されているタイプを指す。

5.2.2 信号ピン – コネクタのピンは表 1 に示す機能をもつ。25 ピンコネクタのピン 1, 2, 3, 7 もしくは 9 ピンコネクタのピン 3, 2, 5 は SECS-I に準拠するすべての装置に必要である。25 ピンを使用する際には、電源ピン 18, 25 はオプションである。他のピンを使用する場合は、RS-232-C に準拠しなければならない。

表 1 信号接続

25 ピン	9 ピン	RS-232-C 回路	説明
1	—	AA	シールド
2	3	BA	送信データ
3	2	BB	受信データ
7	5	AB	シグナルグランド
18	—	—	+12~+15 V (25 ピンコネクタ用オプション)
25	—	—	-12~-15 V (25 ピンコネクタ用オプション)

5.2.3 論理レベル — シグナルピン 2 と 3 のロジックレベル 1 は -3 V 以下で、ロジックレベル 0 は +3 V 以上である。電圧は ± 25 V を超えてはならない。これらの値は RS-232-C スタンダードに準拠している。

5.2.4 電源 — 25 ピンコネクタを使用する場合、ピン 18 と 25 は外部回路を駆動するためのオプション電源である。電源を供給する時には両方のピンを使用し、少なくとも 50 mA を供給できなければならない（関連情報 R1-2 を使用例として参照）。

5.3 データレート — 信号ピンがサポートするデータレートは 9600, 4800, 2400, 1200, 300 ボーである。装置へのデータおよび装置からのデータに同一のデータレートを適用する。データレートは 0.5% 以内の精度をもつ（RS-269-B および RS-334 参照）。19200, 150 ボーのデータレートはオプションである。

5.4 物理的媒体 — ホストの接続には RS-232-C が要請する品質、信号レベル、データレートを装置のコネクタに供給できるものであればどんな媒体でもよい。信号の品質は、実効ビットエラーレートが 1×10^{-6} よりよいものでなければならない。このエラーレートは容易に達成できる基準である。RS-232-C が規定する距離の制限は、RS-232-C に規定された配線方法を使用する時のみ適用される。コネクタに RS-232-C 信号が供給されるなら、SECS-I ではどのような配線方法も使用でき、絶縁基準と距離制限は物理的媒体の特性により異なる（関連情報§ R1-2 参照）。

6 キャラクタの構造

6.1 キャラクタ — データは、1 キャラクタ当たり 10 ビットの直列ビットストリーム形成、選択された一定のデータレート、および非同期式で送受信される。キャラクタは、1 個のスタートビット (0), 8 個のデータビット、1 個のストップビット (1) から構成される。すべてのビットは等間隔で伝送される。8 個のデータビットは送信する順に 1 から 8 の番号を付けて表記される（図 1 参照）。キャラクタ間のタイミングはデータレートとは同期していない。8 個のデータビットは任意のコードでよい。8 個のデータビットを以降はバイトと呼ぶ。

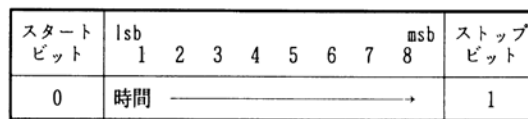


図 1
キャラクタの構造

6.2 加重コード — 加重コードを使用するバイトはビット 1 が最下位で、ビット 8 が最上位である。もつともよく用いられる加重コードは二進数である。

6.3 非加重コード — 数値を含まないアスキーのようなコードに対しては、ビット番号はコード表でコードを解釈する際に使用する。SECS-I は個々のバイトの内容についてパリティ等の照合は一切行なわない。

7 ブロック・トランスファ・プロトコル

7.1 回線の通信の方向を決めてメッセージブロックを転送する環境を用意する手順を、ブロック・トランスファ・プロトコルという。このプロトコルのほとんどは、1 バイトのハンドシェークコードを使って行なわれる。ラインの両側で同時に送信しようとする時、ラインの競合といわれる状態が発生する。プロトコル上は、競合を解決するためにスレーブに設定されているラインの一端（通常はホストである）側の送信を延期し受信モードに入るように決める。また通信エラーの訂正には、ブロックの再送手段を用いる。ブロック・トランスファ・プロトコルのフローチャートを図2に示し、説明を後述する。さらに、関連情報§ R1-3 および§ R1-4 に参考事項を記す。

7.2 ハンドシェーク・バイト — ブロック・トランスファ・プロトコルで使用する 4 つのハンドシェーク・コードを表2に示す。3 文字の名称 ENQ, EOT, ACK, NAK はアスキーコードと同じパターンになっている。

表2 ハンドシェークコード

名称	コード b8b77.....b1	機能
ENQ	00000101	送信要求
EOT	00000100	受信可能
ACK	00000110	肯定応答
NAK	00010101	否定応答

7.3 タイムアウト・パラメータ — タイムアウトは通信異常の検出に使用する。2 つのイベント間の時間があらかじめ決められた限度を超えた場合にタイムアウトが発生する。一般にエラーが発生したと判断するまでの時間はシステムによって異なる。あるシステムには必要な時間も他のシステムには長すぎるという例もある。従って、タイムアウトの値はアプリケーションに適するように「調整」しなければならない。ブロックトランスファプロトコルは、タイムアウト値が必要なケースが2つある。その2つのタイムアウト値をパラメータ T1, T2 という。

7.3.1 キャラクタ間タイムアウト T1 — キャラクタ間タイムアウト T1 は、バイト長を受信してから、チェックサム of 2 バイト目を受信するまでの間、キャラクタとキャラクタの間の受信時間を制限するものである。

7.3.2 プロトコル・タイムアウト T2 — プロトコル・タイムアウト T2 は、ENQ 送信と EOT 受信の間、EOT 送信とバイト長受信の間、2 番目のチェックサム送信と任意のキャラクタ受信の間の時間を制限する。

7.4 リトライ・リミット, RTY — リトライ・リミット RTY は、送信エラーと決定するまでにブロック・トランスファ・プロトコルがブロックの再送を試みる最大回数である (§ 7.8.2 参照)。

7.5 マスタ/スレーブ — マスタ/スレーブパラメータは、競合の解決のために用いられる (§ 7.8.2 参照)。ホストにはスレーブを割当てて。また、装置にはマスタを割当てて。この慣習は、装置はホストよりもメッセージを多く保存することができないという仮定に基づいている。

7.6 ブロック長 — EOT 受信後、送信した第 1 バイトの符号無し整数値は、送信されるブロックの長さである。ブロック長には、バイト長の後に送られる 2 バイトのチェックサム以外のすべてのバイトが含まれる。SECS-I が許容する最大のブロック長は 254 バイト、最小は 10 バイトである。

7.7 チェックサム — 1 ブロックの中のバイト長と、チェックサムバイトを除いたすべてのバイトの符号なし 2 進値の和がチェックサムの内容である。チェックサムは 2 バイト (16 ビット) よりなりブロックデータの後に送信される。先にチェックサムの上位 8 ビットが送信され、次に下位 8 ビットが送信される。なお、チェックサムは受信側が伝送エラーをチェックするために使用する。受信側は、受信したヘッダ

とデータについて同じチェックサムの計算を行ない、受信したチェックサムと比較する（等しい場合に正常とする）。

7.8 アルゴリズム — ブロックトランスファプロトコルの動作は、図 2 のフローチャートで示されている。このフローチャートはプロトコルの5つの状態、すなわち受信、待機、送信、回線コントロール、完了の動作について示している。また、図2のフローチャートは、このスタンダードの実現方法を固定化するために示したものではない。しかし、どんな SECS-I ブロックトランスファプロトコルにも、図 2 に示したロジックは含まれていなければならない。同じアルゴリズムが SECS-I の通信リンクの両端で実行される。

7.8.1 待機状態 — 通信リンクの両端は待機状態から開始する。待機状態からは次の2つの主要な状態へ移行する。

それらは、

- A) 送信 — メッセージブロックを送る。
- B) 受信 — 通信リンクの他端がメッセージブロックを送る。

7.8.2 回線コントロール — 回線コントロールブロックでは、伝送の方向を決めたり、競合を解決したり、再試行を行ったりする。待機状態で ENQ を受信した時、もしブロックトランスファプロトコルが受信可能なら、EOT を返信し受信状態に入る。待機状態で送信要求が発生した時には ENQ を送信する。もし ENQ の応答として T2 以内の時間で EOT が返されたなら、ブロックトランスファプロトコルは送信状態に入る。

7.8.2.1 もしスレーブ側が ENQ の応答として ENQ を受信したなら競合状態がおこっている。スレーブ側はマスタ側からのブロックを受信するまでは、競合したブロックの送信を延期する必要があるので、EOT を返して受信の準備をし、受信状態に入る。受信完了後、ブロックトランスファプロトコルが待機状態にもどった時に、延期されたブロックをあたかも新しい送信要求のごとく送信する。マスタ側が ENQ を送ったあとでは、EOT 以外のすべてのキャラクタは無視することができる。スレーブ側が ENQ を送ったあとでは、ENQ と EOT 以外のすべてのキャラクタは無視することができる。

7.8.2.2 ENQ を送信してから EOT を受信するまでの時間、または2番目のチェックサムバイトを送信してから任意のキャラクタを受信するまでの時間が T2 を超えるか、2 番目のチェックサムバイトを送信した後で、ACK 以外のキャラクタを T2 以内で受信した時に、回線コントロールはリトライカウントを増やす（フローチャートの‘試行’）。もしリトライカウントが RTY パラメータの値を超えない時は、ブロックトランスファプロトコルは ENQ によってブロックの再送信を始める。なお、リトライカウントが RTY パラメータを超えた時は送信エラーとする。

7.8.3 送信 — 送信状態が成立した時に最初に送るバイトは、ブロック長 N である。次に N バイトのデータを送り、続いて2バイトのチェックサムを送る。送信側は、ブロックとヘッダの内容に基づいてチェックサムを計算する（バイト長は除く）。送信側が T2 以内の時間で ACK を受信した時、ブロックは正常に送られたと見なす。しかし、送信側が T2 以内の時間に ACK 以外のキャラクタを受信するか、または T2 以内に何のキャラクタも受信しない時には、再試行を行なうために回線コントロールの状態にもどる。送信状態では、チェックサムバイトを送る前に受信したキャラクタは無視する。

7.8.4 受信 — 受信状態が成立した時に最初に受けとるバイトはバイト長 N である。受信側は、それ以降の N+2 バイトのデータをバイト数を数えながらセーブしていく。最終2バイトはチェックサムである。受信側はチェックサム 2 バイトと受信側で計算したチェックサムを照合する。正しいブロックの場合には、計算したチェックサムと受信したチェックサムは同じである。

7.8.5 受信完了 — ブロックを正しく受信したあとで ACK キャラクタを送り、メッセージプロトコルはブロックを正常に受信したものとする。もしバイト長を待っている間に T2 を超えたり、キャラクタを受信している間に T1 を超えた時は、NAK を送信する。もしバイト長が無効であったり、受信したチェックサムが計算したチェックサムと一致しない時、受信側は送信側が送信を終えたことを確認するためキャラクタを待ち続ける。送信側の送信終了を受信側はキャラクタ間タイマ T1 のタイムオーバで検出し、受信

側は受信を中止し NAK を送信する。どのような場合でも、NAK を送った時は受信していたブロックのデータは無視する。受信側は ACK または NAK を送ったあとでただちに待機状態にもどる。

7.8.6 送信完了 – 2 バイト目のチェックサムを送ったあとで、もし T2 以内の時間で ACK を受信したら、メッセージプロトコルは送信が成功したものとする。送信失敗が発生した場合、メッセージプロトコル上では送信エラーについて認識できるので、アプリケーションレベルのソフトウェアでも送信エラーの可能性を考慮に入れておくべきである。

SUPERSEDED

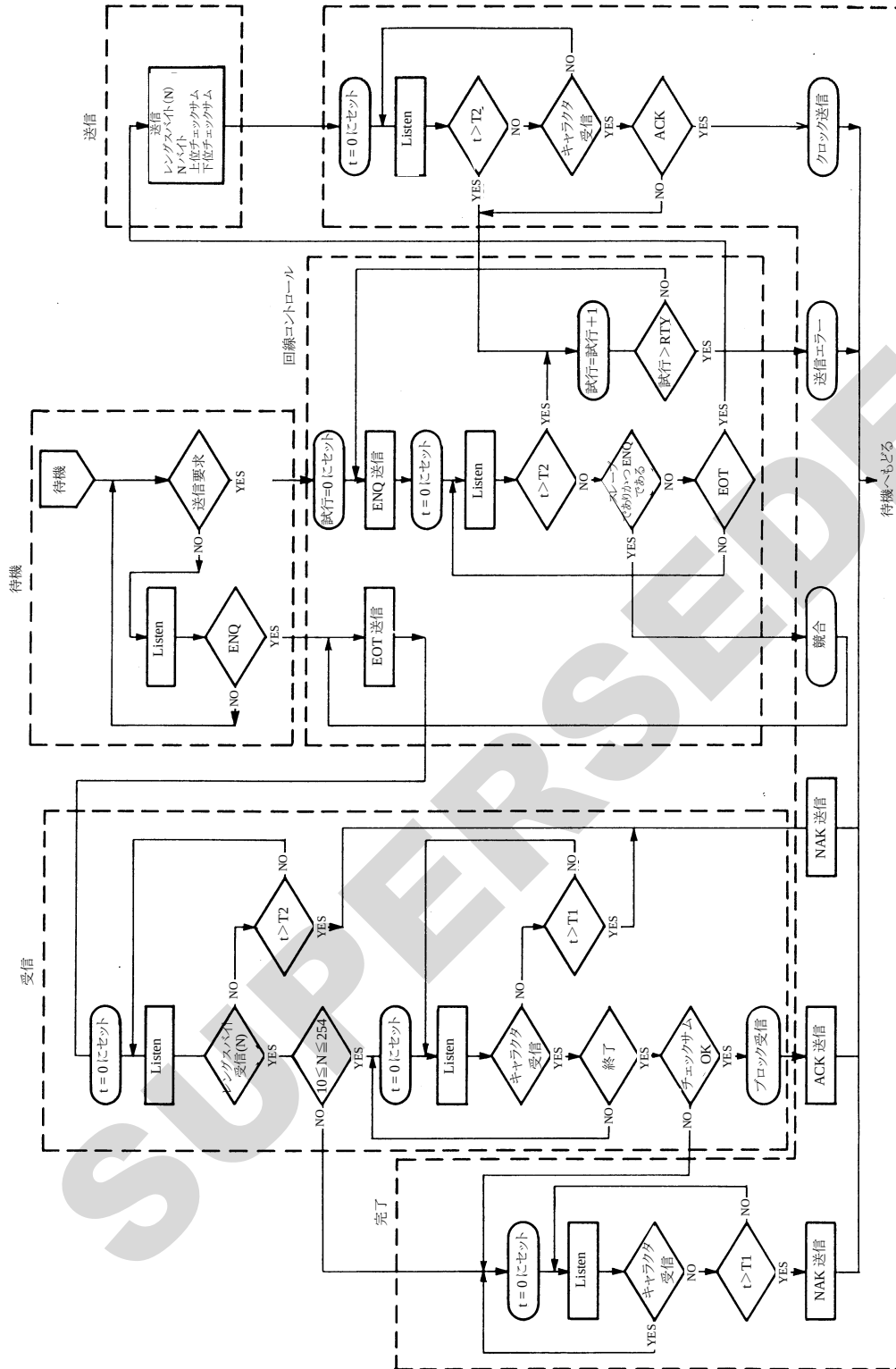


図 2
ブロック転送ファプロトコル