

# 最新のデータ伝送技術の動向

渋井 二三男

## 1.1 データ伝送技術

### 1.1.1 伝送品質

伝送の品質を評価する方法は、一定時間内に受信端で受信した正確なデータ量によって評価する。デジタル伝送では“1”と“0”の信号をそのままパルスに変換して伝送するので、アナログ伝送よりも妨害に対して強い。ところで、伝送路の品質を低下させる原因として考えられるものは、次のようである。

- ①減衰ひずみ……伝送路における振幅減衰
- ②群遅延ひずみ……位相のずれによるひずみ
- ③雑音……伝送路のノイズ
- ④瞬断……受信信号の瞬間的なとだえ
- ⑤周波数変動……送信側と受信側の周波数のずれ

そのほか、データ通信ではモデムの品質が加わって、伝送され再現された直流符号にひずみを生ずることになる。この関係を図示したのが、図1.1である。

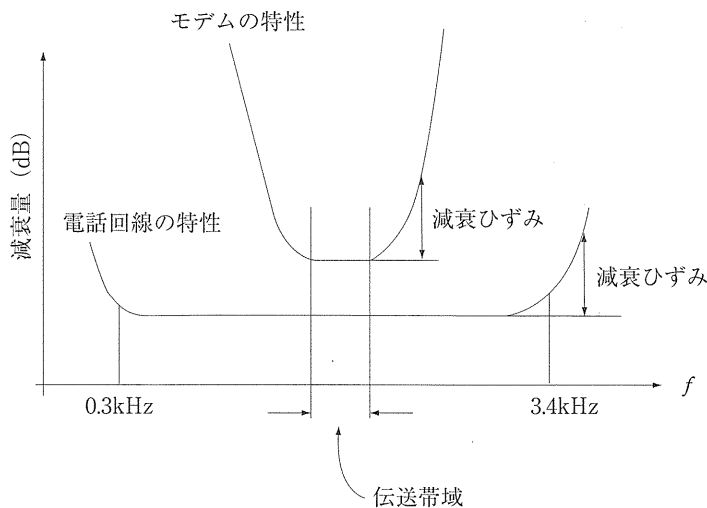


図1.1 減衰ひずみ

①の減衰ひずみは、伝送される周波数によって減衰量に差があることを減衰ひずみとよんでいる。図1.2に示すような回路において減衰量  $T$  は、

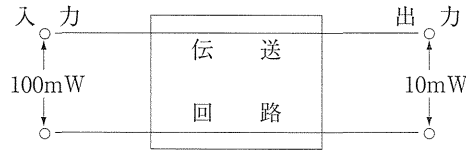


図1.2 減衰量

$$T = 10 \log_{10} 100/10 = 10 \text{ (dB)}$$

となる。電圧または電流で表すときは、

$$T = 20 \log_{10} \text{入力電圧または入力電流} / \text{出力電圧または出力電流}$$

と定義される。

②は、伝送される変調出力の周波数成分中の各周波が、受端に到達する時間がまちまちであると、正しい復調出力を得ることができなくなる。このように周波数によって伝搬時間が異なっている特性を群遅延ひずみとよんでいる。単位は、ミリ秒（ $1 \times 10^{-3}$ 秒）で表される。

③は信号の妨害を及ぼすので少ないほどよい。標準の市外電話回線の平均ノイズは $-45\text{dBm}$ 以下と定められている。このノイズの余裕性の尺度として、信号レベル対雑音レベル比（ $S/N$ ）がよく用いられ、データ伝送路では、 $S/N$ 比は、 $25 \sim 27\text{dB}$ 程度と考えられている。

④は、瞬断で、瞬断長が $0.5 \sim 2 \text{ ms}$ から $10 \sim 100\text{ms}$ 、または数秒の時もある。瞬断は伝送機器の接触不良や機器の切換え、ケーブル区間の工事などが原因で起こる。

⑤は、送端から、 $4,800\text{Hz}$ の周波数で送信され、受信側に $4,801\text{Hz}$ で到着したとすると、周波数変動は $1 \text{ Hz}$ だという。

振幅変調がレベル変動に弱いように、周波数変調は周波数変動に対して弱点を持つ。

### 1.1.2 伝送速度

データ伝送の速度を表す単位として、ビット/秒（bit per second: bit/s）が使われる。これは1秒間に伝送できるビット数を意味する。伝送回路では通常ビットを直列（シリアル）に送る。

一方、bit/sとよく似ている単位として、バイトを用いたバイト/秒がある。コンピュータ内部でのデータ扱いはバイトを基本にしているものが多い。したがって、コンピュータ本体と周辺装置の間のデータの転送などは、バイト単位（最小限8ビット並列）で行われる。

これとよく似た単位として、文字/秒（character per second; cps）があるが、これは1秒間に伝送できる文字数を表す。1文字は通常1バイトで表されるので、速度としては、バイト/秒と同じである。

データを変調して送る場合は、ほかに変調速度というものがあり、その単位がボー（Baud）である。これは、変調によって1秒間に变化しうる状態の数である。たとえば、振幅が大きい小さいかという状態が1秒間に50回つくれるになれば、その変調速度は50ボーということになる。

低速のデータ伝送では、変調の一つの状態に1ビットを対応させるので、1ボーは1 bit/s に等しい。しかし、1つの変調の状態に複数ビットを対応させることもでき、たとえば、1,200ボーで2ビットの対応を用いると2,400bit/sとなる。

変調1つの状態に1ビットを対応させるか複数ビットを対応させるかのおよその関係は、公衆および特定通信回線の場合

200~1,200bit/s (周波数変調, 1状態 1ビット対応)

2,400~4,800bit/s (高度な位相変調, 1状態に複数ビット対応)

9,600bit/s 以上 (特殊な振幅変調, 1状態に複数ビット対応)

となっている。

### 1.1.3 ベースバンド伝送

ベースバンド伝送はパルス波形をそのままの形で伝送する方式をいう。50bit/sや100bit/sの低速データの伝送では、変復調装置(モデム)を使用しないで、端末からのデータ信号をそのままの形で伝送する方式をいう。この方法は、モデムが不要なため、経済的であるが、伝送距離は短く、現在では、警報監視などの特殊な用途以外にはあまり用いられない。

伝送される情報の“0”と“1”に対応した電気信号の表現には、図1.3に示すようないくつかの方法がある。

#### ・単流方式と複流方式

“0”を電圧なし(0電圧)、“1”を電圧あり(正または負電流)で表現する方式を単流方式という。0と1を電圧の極性(正負)の違いで表現する方式を複流方式とよんでいる。

#### ・RZとNRZ

符号のビット時間長より短いパルスを送出し、残りの間はパルスを送出しない0V(ボルト)の状態に戻らない方式をRZ(Return to Zero)という。

簡単にいうと、タイミング情報を得るために各ビット間にゼロ電位で区切りを入れる方式といえる。これに対し、NRZ(Non Return to Zero)方式というのは、ゼロ電位の状態に必ず戻る方式である。(a)、(b)はNRZ方式、(c)、(d)はRZ方式である。

#### ・差分方式

“0”を極性の変換あり、“1”を極性の変換なしで表現する符号形式である。

#### ・ダイコード方式

“0”から“1”へ変化があったときに正電位、“1”から“0”への変化があったときには負電位とし、“0”から0、“1”から1のように変化がない場合はゼロ電位とする符号形式をいう。

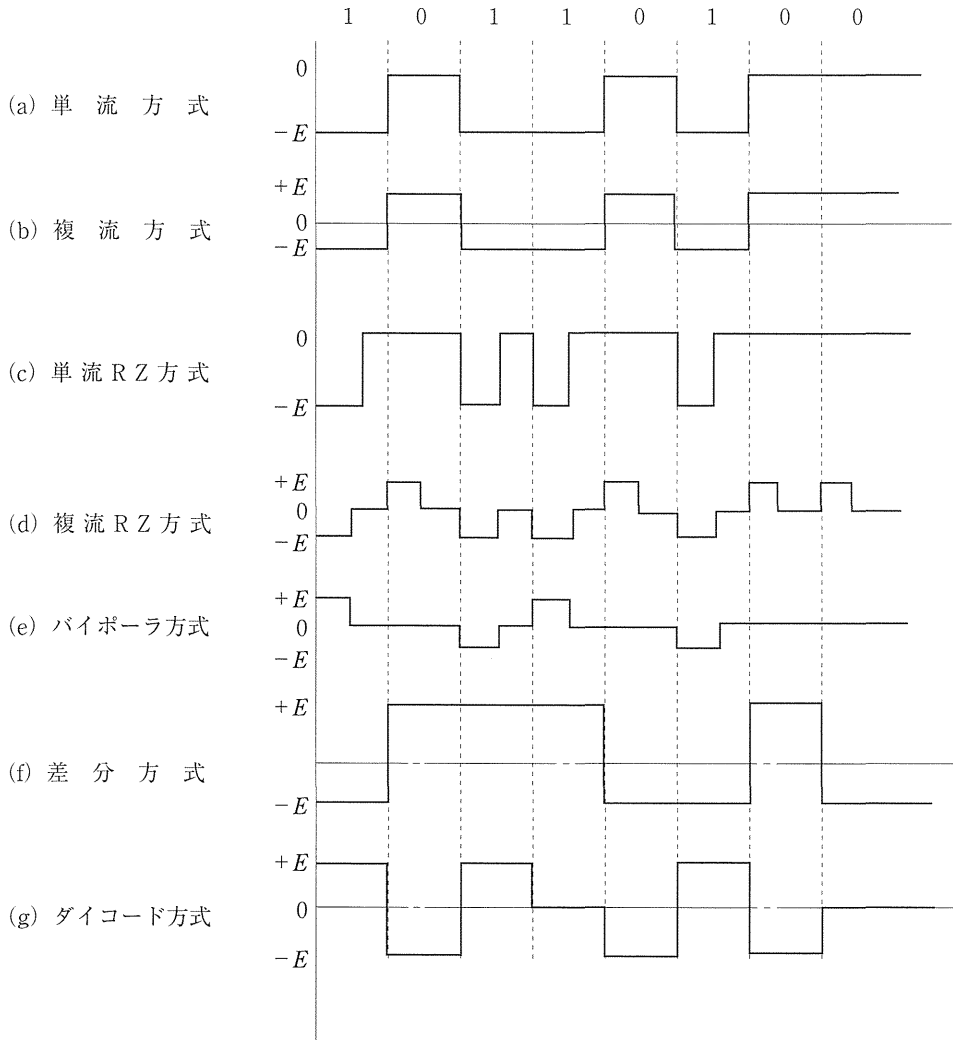


図1.3 ベースバンド方式

#### 1.1.4 誤り制御

0 か 1 の 2 値は、電気的には電圧の高低で表現するパルスによって信号を伝える。したがって、雑音に対する抵抗力は強いといえる。このビットの誤りは、データ通信システムにおいて検出できるようになっている。できれば、検出だけでなく自動的に訂正できればそのほうがよい。この検出と訂正を誤り制御とよんでいる。

では、誤りはどんなところで発生するだろうか。図1.4は誤りの発生する場所をまとめたもので、それぞれに対する誤りの検出と対策が決められている。たとえば、端末から、離れたコンピュータを回線で接続するデータ伝送系を考えてみると、例として図1.5のような検出の方法がとられる。ここで記されているここで記されている水平パリティとは垂直パリティとかの、

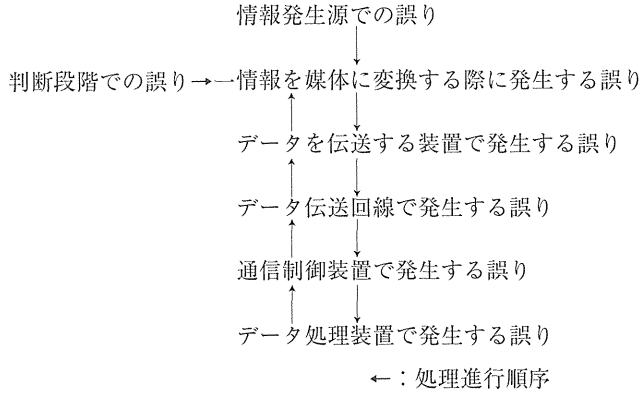


図1.4 誤り発生箇所

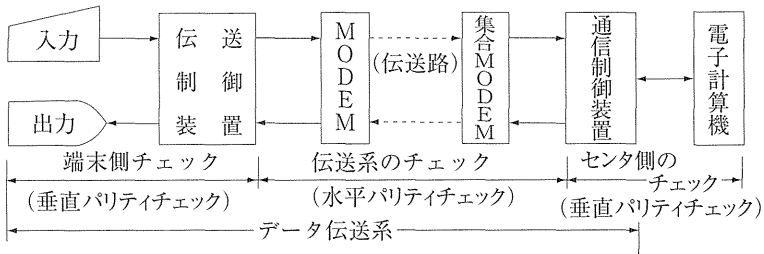


図1.5 誤り制御の適用

チェック方式については別述するとして、誤り検出の方法をまとめてみると、図1.6のようになる。

伝送における誤りを検出する方法としては、同じデータを2回伝送して受信側で照合する、といった単純なものが考えられる。しかし、現在、主として用いられているのは、データに誤り制御用の情報を付加する方式である。このビットをパリティビット (parity bit) という。データ転送では、一般に誤りだけを検出し、訂正はデータの再送によって行うことが多い。コンピュータの内部で重要なデータを処理するところでは、検出と訂正を行っている。パリティビットを調べて、誤りの制御を行うことをパリティチェックとよんでいる。

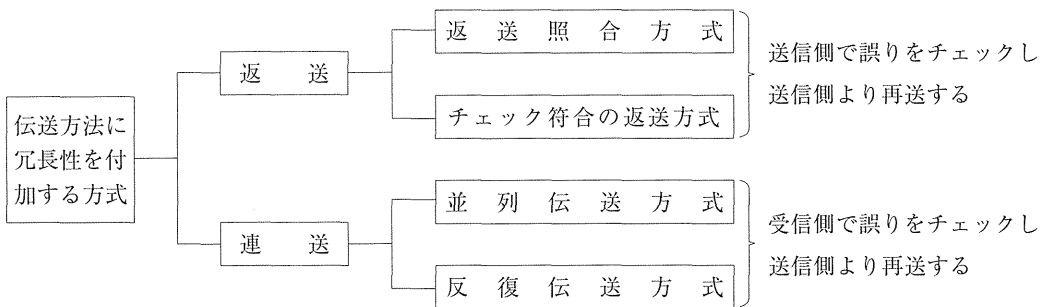
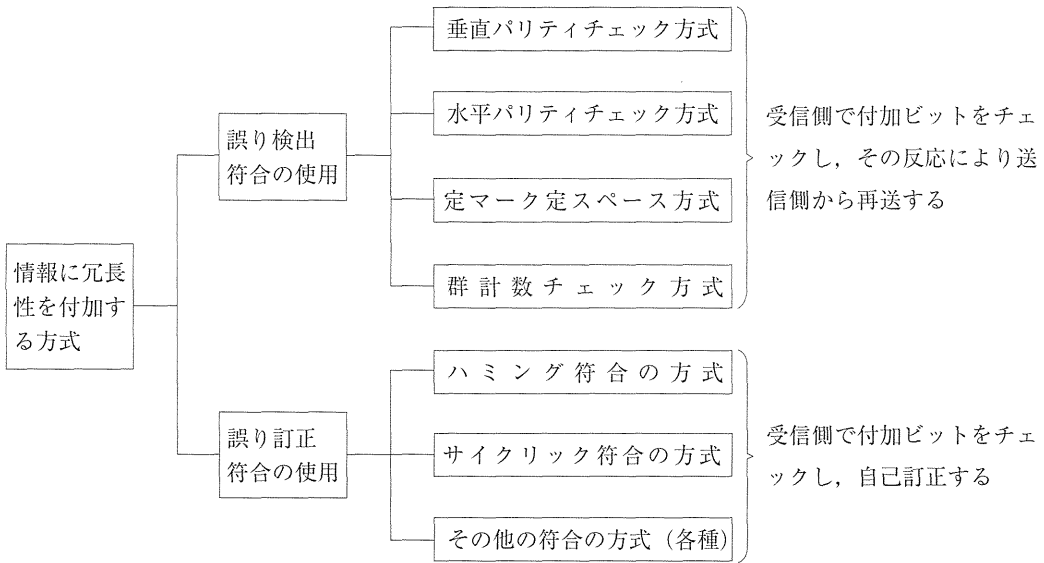


図1.6 チェックおよび訂正方式の分類



### 1.1.5 通信方式

端末とコンピュータなど、機械と機械の間で情報をやりとりすることを、一般に、データ伝送という。データ伝送において、データの送信と受信に関する方式のことを通信方式とよんでいる。

通信方式は、単方向通信、半二重通信、全二重通信に分けられる。

#### ・単方向通信 (simplex communication)

データを伝送する方向が常に、一方向のものである。たとえば、データを受け取って表示するだけといった単純な伝送に用いられる。

#### ・半二重通信 (half duplex communication)

伝送の方向としては両方あるが、片方が通話（または伝送）しているときは、もう片方からは通話できない。糸電話がこの方式に相当する。通常、半二重通信では2本の針金があれば十分である。これをあるときは上り、あるときは下りというように切り換えて使う。針金を2本だけ用いる方式を2線式（2 W：2ワイヤ）とよんでいる。

#### ・全二重通信 (full duplex communication)

同時に両方向の伝送ができるものである。したがって、データを受信しているとき、送りたいデータを送ることができ、伝送の効率は良い。全二重通信では、一般に、2組の針金、つまり4線式（4 Wire：4 W）が使われる。したがって、回線施設費は高くつく。電話線を用いると電話2回線分が必要となる。回線費用を安くするために2線式で全二重通信を行う方式が考案された。この方式は、上りと下りにそれぞれ異なる周波数の搬送波を割り当てて、同時に回線にのせる。たとえば、上りに、1kHz、下りに2 kHzの搬送波を用いて、信号に応じて周波数変調をかける。

たとえば、上り信号が“0”のとき1 kHz, “1”を1.2kHz, “0”を2 kHz, “1”を2.2kHz というように決めておく。1つの回線に4つの周波数が混在することになるが、回線の両端でフィルタを用いて分離することができる。たとえば、1.6kHz以上を通すフィルタで下り信号を取り出すことができる。このあと復調すればよい。図1.7に各方式のイメージ図を示しておく。

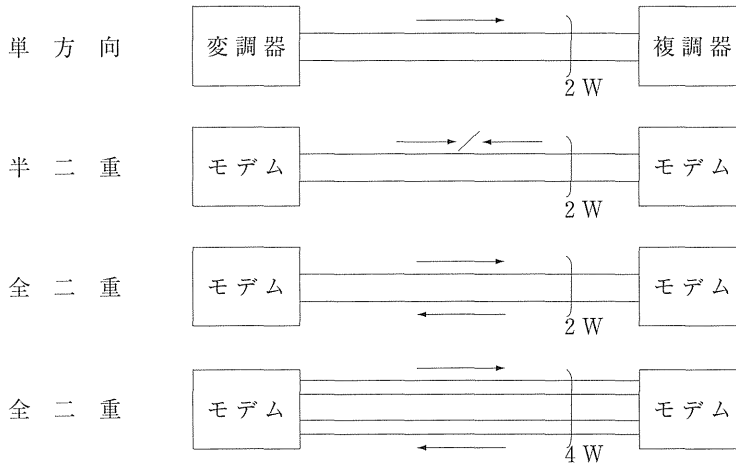


図1.7 通信方式

### 1.1.6 ベアラ速度

ベアラ速度を説明する前に、同期方式について説明しておく。

通常、データ伝送では1つの海線を用いてビットを直列に伝送する。データを送信する側と受信する側とでタイミングを取りながら信号を受けとる。これを同期といい同期が合わないと、受信側ではデータがどこから始まるのかわからないので、データを見落とししたり、間違っ取ったりすることになる。

同期には、

- ① ビット同期
- ② ブロック同期

がある。

ビット同期とは、ビットの位置を合わせることで、ビット同期がとれて伝送が正しく行われる。しかし、ビット同期が正しくても、ビットのどこからどこまでが1つの文字（キャラクタ、普通8ビット）に対応するのか分からなければ、文字に変換できない。この文字の位置合わせがブロック同期である。ブロック同期には、同期式ベーシック手順で用いられているように、あるキャラクタ（SYN 符号）で同期をとるキャラクタ同期方式や、HDLC 手順で用いられているように、ある一定のビットパターン（01111110）で同期をとるフラグ同期方式などがある。

そこで、一般のデータ伝送で用いられる直列伝送では、1つの回線で、一緒に同期の情報も送る

が、その方法にはいくつかある。これを同期方式というが、この同期方式には、次の2つがある。

- ① 同期式
- ② 非同期式

同期式は、同期をとるためのクロックに合わせてデータが送られる。ビット合わせのために、最初に特別なビットパターンが送られる。これを SYN 記号 という。受信側ではビットパターンを監視することにより SYN 記号をとらえて、SYN 記号のあとに文字を認識する。文字がとだえれば、次に SYN 記号から送り直せばよい。同期式は高速伝送に向いている。

非同期式は、1文字ずつ順次、非同期に伝送する場合の同期方式であり、その代表は調歩同期である。調歩同期のことを スタートストップ同期ともよび、各文字のビット（データビット）の前にスタートビット、後にストップビットをつけて伝送する。スタートビットを0、ストップビットを1と決めておき、1から0になったところをスタートビットと判断し、そのあとの8ビットをデータビット、その次の1ビットをストップビットとみなす。このように、調歩同期式は、ビットとブロックの両方の同期がとれる。一般に、同期データ伝送方式では、2,400bit/s以上のデータ伝送で用いられている。端末からのデータ信号は、データ回線終端装置においてデータ信号と同一速度のサンプリングパルスにより単点サンプリングされ、デジタル伝送に適した形式の信号に変換される。このように伝送に適した信号形式のことをエンベロープ形式といい、図1.8のような形式である。

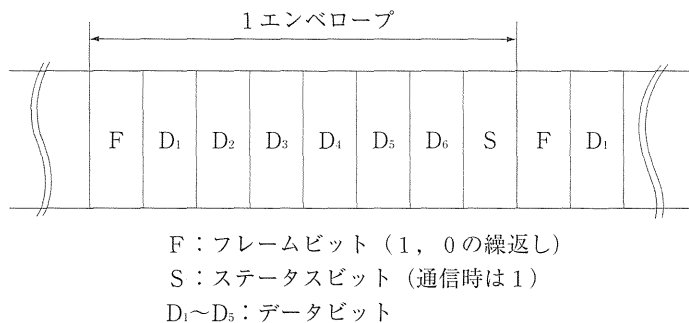


図1.8 エンベロープ形式

これをみるとステータスビット（Sビット）と、これらを識別するフレームビット（Fビット）の2つの制御ビットで囲んだ1 オクテット（8ビットで構成）からなる形式をいう。この場合、データ6ビットに対して制御ビット2ビットが付加されるので（6+2）エンベロープ形式ともよばれている。

また、この（6+2）エンベロープ形式の信号が伝送路を伝送されていく速度のことを ベアラ速度という。そして、（6+2）エンベロープ信号のことを ベアラ信号ともよんでいる。同期方式の場合、ベアラ速度は、端末からのデータ信号の8/6倍の速度となる。たとえば2,400bit/s、



4,800bit/s, 9,600bit/s, 48kbit/s のベアラ速度は,

2,400bit/s → 3.2kbit/s

4,800bit/s → 6.4kbit/s

9,600bit/s → 12.8kbit/s

48kbit/s → 64kbit/s となる。

### 1.1.7 回線終端装置

データ伝送システムは、入力された情報に対応された電気信号（たとえば、振幅、周波数、位相など）を順次伝送する。

一方、端末からの出力信号は、“1” とか “0” の 2 進符号の組合せで構成される。伝送路は、周波数とか振幅などの電気信号、端末から出力される信号は 2 進符号というように、信号の形が異なる。このため、この両端の形式の整合をとる必要がある。

図1.9に示すように、この整合をとる装置を回線終端装置（Data Circuit terminating Equipment: DCE）といい、アナログ伝送では変復調装置（Modulator Demodulator: MODEM） デジタル伝送では宅内回線終端装置（Digital Service Unit: DSU）が用いられる。

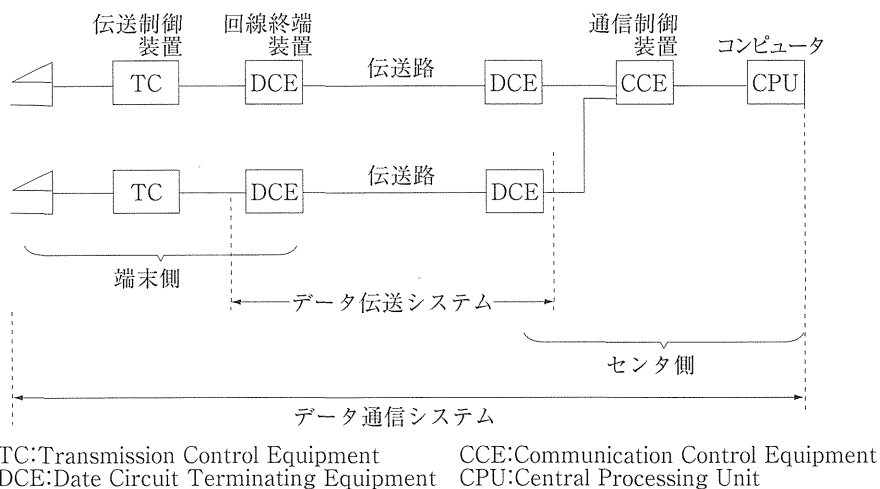


図1.9 データ通信システム

これらの装置は、CCITT（Comit'e ConsultatifInternation T'el'egrannique et Telephonique: 国際電信電話諮問委員会）から勧告されているインタフェース条件である物理的、電気的条件を満たしている。ここで、CCITTからの勧告であるインタフェース条件を表1.1に示す。

表1.1 CCITTのインタフェース条件（その1）

## (a) CCITTV インタフェース

| インタフェースの名称     | 規定内容                                             |
|----------------|--------------------------------------------------|
| V.10（または X.26） | データ通信分野で IC 回路を用いた装置に一般的に使用される不平衡形複流相互接続回路の電気的特性 |
| V.11（または X.27） | データ通信分野で IC 回路を用いた装置に一般的に使用される平衡形複流相互接続回路の電気的特性  |
| V.21           | 一般交換電話網用に標準化された300bit/s 全二重モデム                   |
| V.22           | 一般交換電話網および専用回線用に標準化された1,200bit/s全二重モデム           |
| V.23           | 一般交換電話網用に標準化された600および1,200ボードモデム                 |
| V.24           | データ端末装置とデータ回線終端装置間の相互接続回路の定義                     |
| V.26           | 4線式専用回線用に標準化された2,400bit/s モデム                    |
| V.26bis        | 一般交換電話網用に標準化された2,400および1,200bit/s モデム            |
| V.27           | 専用回線用に標準化された手動等化器付4,800bit/s モデム                 |
| V.27bis        | 専用回線用に標準化された自動等化器付4,800bit/s モデム                 |
| V.27ter        | 一般交換電話網用に標準化された4,800および2,400bit/s モデム            |
| V.28           | 不平衡複流相互接続回路の電気的特性                                |
| V.29           | 専用回線用に標準化された9,600bit/s モデム                       |
| V.35           | 60~108kHz 群帯域回線を用いる48bit/s のデータ伝送                |
| V.26           | 60~108kHz 群帯域回線を用いる同期式データ伝送用モデム                  |
| V.27           | 60~108kHz 群帯域回線を用いる72bit/s を越える信号速度の同期式データ伝送     |

表1.1 CCITTのインタフェース条件（その2）

## (b) CCITTX インタフェース

| インタフェースの名称 | 規定内容                                                           |
|------------|----------------------------------------------------------------|
| V.20       | 公衆データ網における調歩伝送サービスの DTE - DCE (データ回線終端装置) 間のインタフェース            |
| V.20bis    | 公衆データ網における V.24 に準拠した調歩伝送サービスの DTE - DCE 間のインタフェース             |
| V.21       | 公衆データ網で同期運転する DTE, DCE の汎用インタフェース                              |
| V.21bis    | 同期V勧告モデムインタフェースで設計された DTE の公衆データ網における使用                        |
| V.24       | 公衆データ網における DTE - DCE 間の相互接続回路の定義一覧                             |
| V.25       | 公衆データ網でパケットモードで運用する端末に関する DTE - DCE 間のインタフェース                  |
| V.26       | データ通信分野での集積回路装置に用いられる汎用の不平衡複流相互接続回路の電気的特性 (V.10 関連)            |
| V.27       | データ通信分野での集積回路装置に用いられる汎用の平衡複流相互接続回路の電気的特性 (V.11 関連)             |
| V.28       | 調歩モードデータ端末が同一国内にある公衆データパケット組立/分解機能にアクセスするための DTE / DCE インタフェース |
| V.29       | パケット組立/分解機能とパケットモード端末または他のパケット組立/分解機能とのデータ交換手順                 |

【参考文献】 渋井二三男 “端末設備技術 V” 工学研究社