

第Ⅱ章 データ通信の基礎技術

第 II 章 データ通信の基礎技術

学習目標

基本的なデータ伝送技術を理解させる。

内容のあらまし

節 項	内 容
1. データの符号化（データ化） (1) 情報の量と符号化 (2) 情報の符号化 (3) 情報交換用符号 2. 符号の伝送と同期 (1) データ伝送方式 (2) 並列伝送と直列伝送 (3) 伝送品質と誤り制御の必要性 (4) 誤り検出と制御方式 (5) 通信方式 3. 伝送の制御 (1) 伝送制御の概要 (2) ベーシック制御手順 (3) HDLC 手順	文字、音声、画像などで表現された情報を「1」と「0」の並びに変換するための基本的な符号化技術 符号を誤りなく伝送するための基本的な技術 データを送受信するための基本的な伝送制御手順に関わる技術

1. データの符号化 (データ化)

データの符号化の説明に当たって

情報を伝えるには種々の手段や方法がある。例えば、明日の天気予報 (気象情報) を伝えるため、情報提供者 (送信者) は、この情報をテレビ電波に乗せて送信する、新聞に掲載する、電話回線に乗せる、・・・など種々のメディアを用いて種々の情報表現で送り出す。そして、この情報が必要な受信者は、適切なテレビ受像機などメディアに合った受信装置で、情報を入手することができる。このとき、送信された情報を受信するためには、いわゆる「取り決め」が必要になる。例えば、テレビ放送の場合、送信側の信号形式に合った受像機で受信しないと画面や音声が再現できないし、その中で表現されている言語や文字などが理解できないと、その情報は伝わらない。

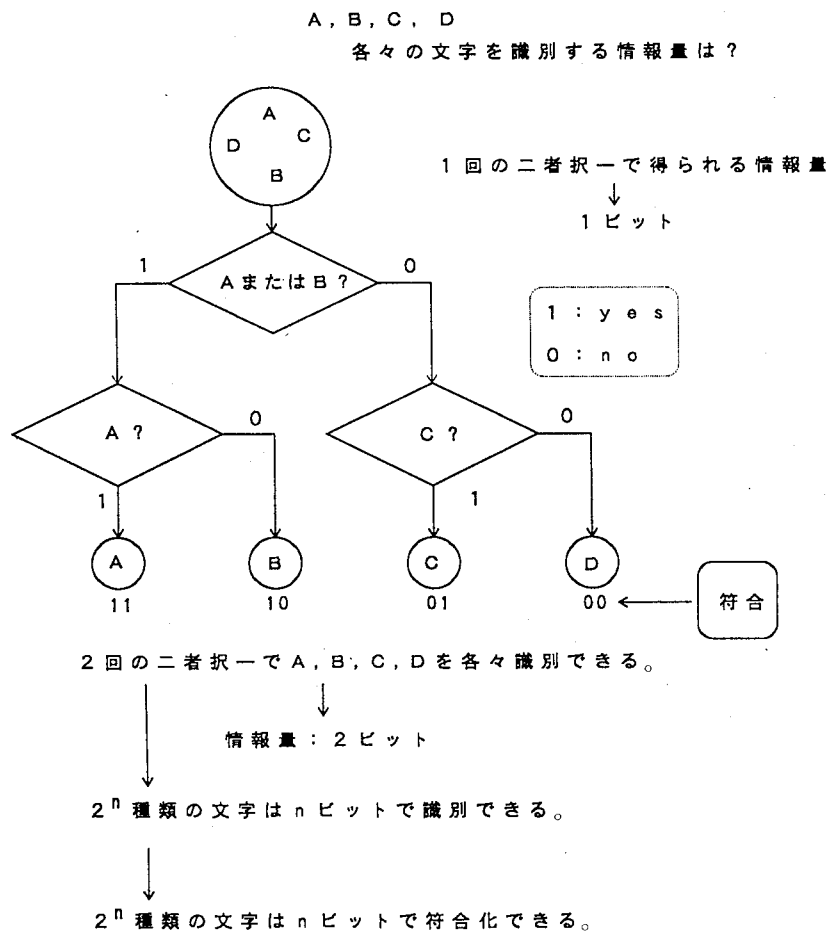
本項は、絵、音声、文字などで表現された情報をすべて「0」と「1」の並びに変換するための基本的な符号化について説明する。

説明に当たって留意すべき事柄

情報提供者から受け取る「情報」は、受信者の状態によって、つまり受信者がそのときそれを必要とする度合いによって、その「情報の価値」が決まる。また、絵 (図) を用いて伝えるのか、文章で伝えるのか、その情報表現形式によっても、その「情報の量や価値」が異なる。

このように「情報」を扱う場合、「情報の量」と「情報の価値」を混同しないように留意する必要がある。

(1) 情報の量と符号化



(2) 情報の符号化

【情報の表現】

コンピュータやデータ伝送の分野では、通常、2進法が用いられる。2進法は、0と1の2種類の数字のみを用いる。2進法は、電気信号で文字や数値などのデータを表現するのに都合がよい（電流が多い／少ない、電圧が高い／低いなどで表現でき、現在の技術で簡単に実現できる。）。

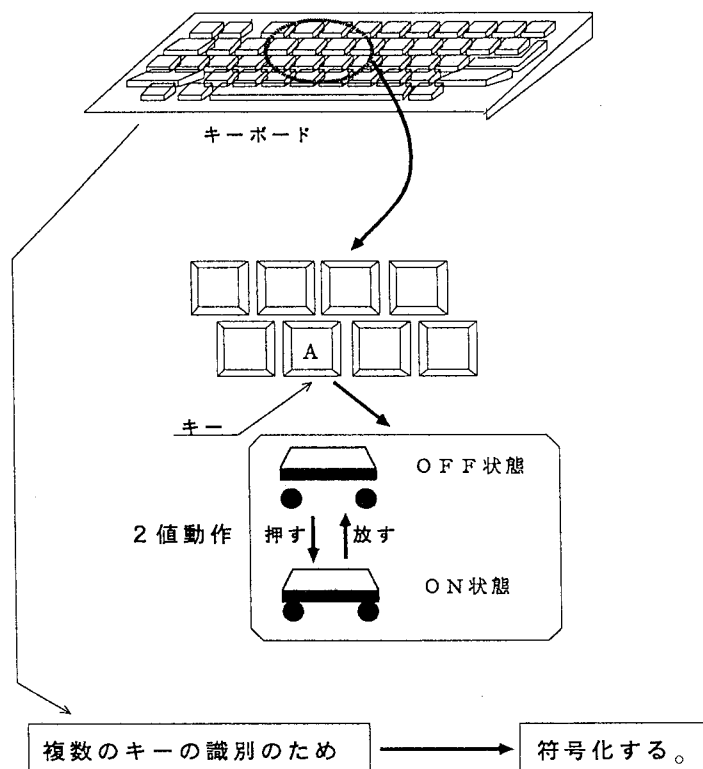
CCITTの勧告V.1「2進表示記号と2状態符号の有為状態との関係」において、次のように説明している。

[2進法は、記号「0」と「1」で示される2つの数字によって符号を表現する。伝送は2つの有為状態を有する変調（2状態変調）を用いる信号で行う。これらの2つの有為状態は、しばしば「スペース」と「マーク」、「スタート」と「ストップ」、あるいは状態Aと状態Zと呼ぶ。]

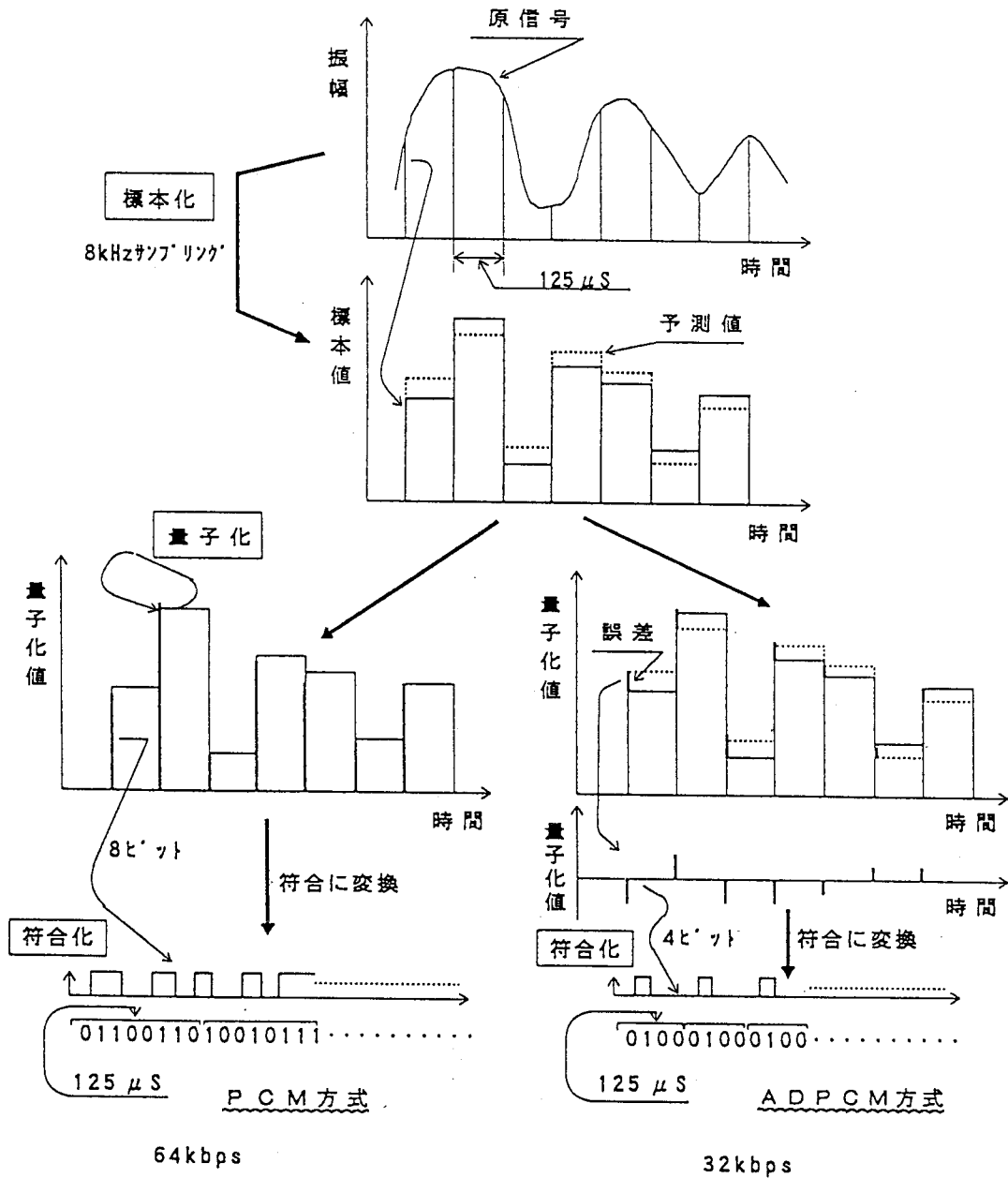
CCITT 勧告V.1

	0	1
	調歩符号のスタート記号 伝送路空き状態 調歩符号のスペースエレメント 状態A	調歩符号のストップ信号 伝送路保持状態 調歩符号のマークエレメント 状態Z
振 幅 変 調	トーンなし	トーンあり
周 波 数 変 調	周波数の高い方	周波数の低い方
位 相 変 調	基準位相に対し逆位相	基準位相に対して同位相
さ ん 孔	なし	あり

もともと2値動作をするものの符号化（例）



音声などのアナログ信号の符号化 (例)



(3) 情報交換用符号

【符号化】

文字や数字などの情報を0と1の組み合わせ(2進法)で表現することを符号化という。

【標準符号】

いろいろな端末装置でバラバラな符号を使うのでは、端末装置同士の通信はできない。使用する符号を統一する必要がある。情報を交換するために標準的に決めた符号を標準符号といい、標準符号も1種類ではなく、用途や各国固有の文字に対応して何種類かあるが、基本的にはISO(国際標準化機構)やCCITT(国際電信電話諮問委員会)の勧告をもとに符号が決められている。

符号には「機能キャラクタ」と「図形キャラクタ」があり、機能キャラクタは伝送制御や書式制御のために使い、図形キャラクタは英数字やカナ文字を使う。

【機能キャラクタ】

さらに機能キャラクタを次の4種類に大別する。

TC : Transmission Control Characters ----- 伝送制御キャラクタ

FE : Format Effectors ----- 書式制御キャラクタ

DC : Device Control Characters ----- 装置制御キャラクタ

IS : Information Separators ----- 情報分離キャラクタ

4種類以外の機能キャラクタを特殊機能キャラクタという。

機能キャラクタ

ACK	TC	肯定応答 Acknowledge	受信側が送信側に送る肯定応答
BEL	*	ベル Bell	警告又は合図
BS	*	後退 Back Space	同一行で1キャラクタ後退させる。
CAN	*	取り消し Cancel	先行データが誤りであることを示し、無視させる。
CR	FE	復帰 Carriage Return	動作位置を同一行のはじめのキャラクタ位置に戻す。
DC1	DC	装置制御1 Device Control 1	補助装置の起動を行う。この目的に使わない場合には、装置の状態を基本モードに変更するか、又は特殊な装置制御に使う。
DC2	DC	装置制御2 Device Control 2	
DC3	DC	装置制御3 Device Control 3	
DC4	DC	装置制御4 Device Control 4	
DEL	*	抹消 Delete	主として紙テープ上の不要な符号を削除
DLE	*	伝送制御拡張 Data Link Escape	伝送制御機能を追加するときに使う。
EM	*	媒体終端 End of Medium	記録部分の終わりを示す。
ENQ	TC	問い合わせ Enquiry	相手局からの応答を要求する。
EOT	TC	伝送終了 End of Transmission	1つ以上のテキストの伝送終了を示す。
ESC	*	拡張 Escape	制御機能を追加する場合に使う。
ETB	TC	伝送ブロック終結 End of Transmission Block	分割されたブロックの終結を示す。
ETX	TC	テキスト終結 End of Text	1つのテキストの終結を示す。
FF	FE	書式送り Form Feed	動作位置を同一キャラクタ位置のまま、次の書式の定められた行に進める。
FS	IS	ファイル分離キャラクタ File Separator	ファイルの境界をあたえる。
GS	IS	グループ分離キャラクタ Group Separator	グループの境界をあたえる。
HT	FE	水平タブ Horizontal Tabulation	動作位置を同一行で次のあたえられた位置に進める。
LF	FE	改行 Line Feed	動作位置を同一キャラクタ位置のまま次の行に進める。
NAK	TC	否定応答 Negative Acknowledge	受信側が送信側に送る否定的な応答。
NUL	*	空白 Null	媒体や時間関係の空きをうめる。
RS	IS	レコード分離キャラクタ Record Separator	レコードの境界をあたえる。
SI	*	シフトイン Shift In	図形キャラクタを拡張するためにSOと対で使う。
SO	*	シフトアウト Shift Out	図形キャラクタを拡張するためにSIと対で使う。
SOH	TC	ヘッディング開始 Start of Heading	ヘッディングの最初のキャラクタとして使う。
SP	*	間隔 Space	動作位置を同一行で1キャラクタ分前進させる。
STX	TC	テキスト開始 Start of Text	テキストの最初のキャラクタとして使う。
SUB	*	置換キャラクタ Substitute Character	無効又は誤りとなったキャラクタを置き換えるのに使う。
SYN	TC	同期信号 Synchronous Idle	キャラクタを伝送しない状態で同期をとり、又は同期を維持するために使う。
US	IS	ユニット分離キャラクタ Unit Separator	ユニットの境界をあたえる。
VT	FE	垂直タブ Vertical Tabulation	動作位置を同一キャラクタ位置のまま定められた行に進める。

基本コード表

この表は CCITT の勧告 V. 3 の基本コード表です。CCITT と ISO が共同して規格化したもので、JIS 7 単位符号 (コード) もこのコードに準拠している。

b 7 が高位ビットで、b 1 が低位ビットである。

CCITT の勧告 V. 3 基本コード表

	b7 b6 b5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
b4~b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	TC7 (DLE)	SP	0	(注)	P		p
0 0 0 1	1	TC1 (SOH)	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	2	TC2 (STX)	DC2	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	3	TC3 (ETX)	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	4	TC4 (EOT)	DC4	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	5	TC5 (ENQ)	TC8 (NAK)	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	6	TC6 (ACK)	TC9 (SYN)	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	7	BEL	TC10 (ETB)	'	7	G	W	g	w
1 0 0 0	8	FEO (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	9	FE1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	10	FE2 (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	11	FE3 (VT)	ESC	+	;	K	(注)	k	(注)
1 1 0 0	12	FE4 (FF)	IS4 (FS)	,	<	L	(注)	l	(注)
1 1 0 1	13	FE5 (CR)	IS3 (GS)	-	=	M	(注)	m	(注)
1 1 1 0	14	SO	IS2 (RS)	.	>	N	^	n	
1 1 1 1	15	SI	IS1 (US)	/	?	O	_	o	DEL

ASCII コード

ASCII (American Standard Code for Information Interchange) コードはアメリカの標準規格でパソコンでもよく使う。

ASCII コード表

	b7 b6 b5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
b4~b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	TC7 (DLE)	SP	0	@	P	`	p
0 0 0 1	1	TC1 (SOH)	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	2	TC2 (STX)	DC2	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	3	TC3 (ETX)	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	4	TC4 (EOT)	DC4	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	5	TC5 (ENQ)	TC8 (NAK)	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	6	TC6 (ACK)	TC9 (SYN)	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	7	BEL	TC10 (ETB)	'	7	G	W	g	w
1 0 0 0	8	FEO (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	9	FE1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	10	FE2 (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	11	FE3 (VT)	ESC	+	;	K	[	k	|
1 1 0 0	12	FE4 (FF)	IS4 (FS)	,	<	L	\	l	|
1 1 0 1	13	FE5 (CR)	IS3 (GS)	-	=	M	]	m	|
1 1 1 0	14	SO	IS2 (RS)	.	>	N	^	n	~
1 1 1 1	15	SI	IS1 (US)	/	?	O	_	o	DEL

JIS7 単位符号

JIS7単位コード（符号）は、ローマ文字用7単位符号、片仮名用7単位符号、ローマ文字・片仮名用7単位符号の3種類ある。ローマ文字・片仮名用符号は、機能キャラクタのSIとSOを使って、ローマ文字とみなすか片仮名とみなすかを定める。

- ・ SIが先行し、次のSOが現れるまでは図形キャラクタはローマ文字用を使う。
- ・ SOが先行し、次のSIが現れるまでは図形キャラクタは片仮名用を使う。

JIS7 単位符号と JIS8 単位符号の規格は、JIS C 6220情報交換用符号である。

JIS ローマ文字用7 単位符号

	b7 b6 b5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
b4~b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	TC7 (DLE)	SP	0	@	P	,	p
0 0 0 1	1	TC1 (SOH)	DC1	!	1	A	Q	a	q
0 0 1 0	2	TC2 (STX)	DC2	"	2	B	R	b	r
0 0 1 1	3	TC3 (ETX)	DC3	#	3	C	S	c	s
0 1 0 0	4	TC4 (EOT)	DC4	\$	4	D	T	d	t
0 1 0 1	5	TC5 (ENQ)	TC8 (NAK)	%	5	E	U	e	u
0 1 1 0	6	TC6 (ACK)	TC9 (SYN)	&	6	F	V	f	v
0 1 1 1	7	BEL	TC10 (ETB)	'	7	G	W	g	w
1 0 0 0	8	FEO (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1 0 0 1	9	FE1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
1 0 1 0	10	FE2 (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1 0 1 1	11	FE3 (VT)	ESC	+	;	K	[	k	|
1 1 0 0	12	FE4 (FF)	IS4 (FS)	,	<	L	¥	l	|
1 1 0 1	13	FE5 (CR)	IS3 (GS)	-	=	M	]	m	|
1 1 1 0	14	SO	IS2 (RS)	.	>	N	^	n	
1 1 1 1	15	SI	IS1 (US)	/	?	O	_	o	DEL

JIS 片仮名用7 単位符号

	b7 b6 b5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 1
b4~b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0 0 0 0	0	NUL	TC7 (DLE)	SP	ー	タ	ミ	↑	↑
0 0 0 1	1	TC1 (SOH)	DC1	。	ア	チ	ム		
0 0 1 0	2	TC2 (STX)	DC2	「	イ	ツ	メ		
0 0 1 1	3	TC3 (ETX)	DC3	」	ウ	テ	モ		
0 1 0 0	4	TC4 (EOT)	DC4	,	エ	ト	ヤ		
0 1 0 1	5	TC5 (ENQ)	TC8 (NAK)	.	オ	ナ	ユ		
0 1 1 0	6	TC6 (ACK)	TC9 (SYN)	ヲ	カ	ニ	ヨ	未定義	未定義
0 1 1 1	7	BEL	TC10 (ETB)	ァ	キ	ヌ	ラ		
1 0 0 0	8	FEO (BS)	CAN	イ	ク	ネ	リ		
1 0 0 1	9	FE1 (HT)	EM	ウ	ケ	ノ	ル		
1 0 1 0	10	FE2 (LF)	SUB	エ	コ	ハ	レ		
1 0 1 1	11	FE3 (VT)	ESC	オ	サ	ヒ	ロ		
1 1 0 0	12	FE4 (FF)	IS4 (FS)	ヤ	シ	フ	ワ		
1 1 0 1	13	FE5 (CR)	IS3 (GS)	ユ	ス	ヘ	ン		
1 1 1 0	14	SO	IS2 (RS)	ヨ	セ	ホ	ヽ		
1 1 1 1	15	SI	IS1 (US)	ッ	ソ	マ	・	↓	DEL

JIS8 単位符号

JIS8 単位符号は、7 単位符号と異なり、ローマ文字と片仮名を別の符号を割り当てている。

JIS8 単位符号

b4~b1	b8 b7 b6 b5	0 0 0 0	0 0 0 1	0 0 1 0	0 0 1 1	0 1 0 0	0 1 0 1	0 1 1 0	0 1 1 1
0000	0	NUL	TC7 (DLE)	SP	0	@	P	,	p
0001	1	TC1 (SOH)	DC1	!	1	A	Q	a	q
0010	2	TC2 (STX)	DC2	"	2	B	R	b	r
0011	3	TC3 (ETX)	DC3	#	3	C	S	c	s
0100	4	TC4 (EOT)	DC4	\$	4	D	T	d	t
0101	5	TC5 (ENQ)	TC8 (NAK)	%	5	E	U	e	u
0110	6	TC6 (ACK)	TC9 (SYN)	&	6	F	V	f	v
0111	7	BEL	TC10 (ETB)	'	7	G	W	g	w
1000	8	FE0 (BS)	CAN	(	8	H	X	h	x
1001	9	FE1 (HT)	EM	)	9	I	Y	i	y
1010	10	FE2 (LF)	SUB	*	:	J	Z	j	z
1011	11	FE3 (VT)	ESC	+	;	K	[	k	{
1100	12	FE4 (FF)	IS4 (FS)	,	<	L	¥	l	|
1101	13	FE5 (CR)	IS3 (GS)	-	=	M	]	m	}|
1110	14	SO	IS2 (RS)	.	>	N	^	n	~
1111	15	SI	IS1 (US)	/	?	O	_	o	DEL

b4~b1	b8 b7 b6 b5	1 0 0 0	1 0 0 1	1 0 1 0	1 0 1 1	1 1 0 0	1 1 0 1	1 1 1 0	1 1 1 1
0000	0	↑	↑	未定義	ー	タ	ミ	↑	↑
0001	1			。	ア	チ	ム		
0010	2			「	イ	ツ	メ		
0011	3			」	ウ	テ	モ		
0100	4			,	エ	ト	ヤ		
0101	5			.	オ	ナ	ユ		
0110	6	未定義	未定義	ヲ	カ	ニ	ヨ	未定義	未定義
0111	7			ア	キ	ヌ	ラ		
1000	8			イ	ク	ネ	リ		
1001	9			ウ	ケ	ノ	ル		
1010	10			エ	コ	ハ	レ		
1011	11			オ	サ	ヒ	ロ		
1100	12			ヤ	シ	フ	ワ		
1101	13			ユ	ス	ヘ	ン		
1110	14			ヨ	セ	ホ	ヽ		
1111	15	↓	↓	ツ	ソ	マ	.	↓	未定義

EBCDIC

EBCDIC (Extended Binary - Coded - Decimal Interchange Code) はIBM社が独自に規格化したコードである。

EBCDIC コード表

b4~b1	b8 b7 b6 b5	0 0 0	0 0 1	0 1 0	0 1 1	0 1 0	0 1 1	0 1 0	0 1 1
b4~b1		0	1	2	3	4	5	6	7
0000	0	NUL	DLE	DS		SP	&	—	
0001	1	SOH	DC1	SOS		RSP		/	
0010	2	STX	DC2	FS	SYN				
0011	3	ETX	DC3	WUS	IR				
0100	4	SEL	RES/ENP	BYP/INP	PP				
0101	5	HT	NL	LF	TRN				
0110	6	RNL	BS	ETB	NBS				
0111	7	DEL	POC	ESC	EOT				
1000	8	GE	CAN	SA	SBS				
1001	9	SPS	EM	SFE	IT				(,)
1010	10	RPT	UBS	SM/SW	RFF	(¢)	(!)	(|)	:
1011	11	VT	CU1	CSP	CU3	.	(\$)	,	(#)
1100	12	FF	IFS	MFA	DC4	<	*	%	(@)
1101	13	CR	IGS	ENQ	NAK	()	—	'
1110	14	SO	IRS	ACK		+	;	>	=
1111	15	SI	IUS/ITB	BEL	SUB	|	(-)	?	"

b4~b1	b8 b7 b6 b5	1 0 0	1 0 1	1 0 0	1 0 1	1 1 0	1 1 0	1 1 1	1 1 1
b4~b1		8	9	10	11	12	13	14	15
0000	0					(|)	(|)	(\)	0
0001	1	a	j	(~)		A	J	NSP	1
0010	2	b	k	s		B	K	S	2
0011	3	c	l	t		C	L	T	3
0100	4	d	m	u		D	M	U	4
0101	5	e	n	v		E	N	V	5
0110	6	f	o	w		F	O	W	6
0111	7	g	p	x		G	P	X	7
1000	8	h	q	y		H	Q	Y	8
1001	9	i	r	z		SHY	R	Z	9
1010	10								
1011	11								
1100	12								
1101	13								
1110	14								
1111	15								EO

() 内は各国で独自に定める。

EBCDIC コード表の中の略語の意味は次のとおりである。

EBCDIC の制御キャラクタ

ACK	Acknowledge	IT	Indent Tab
BEL	Bell	IUS/ITB	Interchange Unit Separator/ Intermediate Transmission Block
BS	Backspace		
BYP/INP	Bypass/Inhibit Presentation	LF	Line Feed
CAN	Cancel	MFA	Modify Field Attribute
CR	Carriage Return	NAK	Negative Acknowledge
CSP	Control Sequence Prefix	NBS	Numeric Backspace
CU1	Customer Use 1	NL	New Line
CU3	Customer Use 3	NUL	Null
DC1	Device Control 1	POC	Program - Operator Communication
DC2	Device Control 2		
DC3	Device Control 3	PP	Presentation Position
DC4	Device Control 4	RES/ENP	Restore/Enable Presentation
DEL	Delete	RFF	Required Form Feed
DLE	Data Link Escape	RNL	Required New Line
DS	Digit Select	RPT	Repeat
EM	End of Medium	SA	Set Attribute
ENQ	Enquiry	SBS	Subscript
EO	Eight Ones	SEL	Select
EOT	End of Transmission	SFE	Start Field Extend
ESC	Escape	SI	Shift In
ETB	End of Transmission Block	SM/SW	Set Mode/Switch
ETX	End of Text	SO	Shift Out
FF	Form Feed	SOH	Start of Heading
FS	Field Separator	SOS	Start of Significance
GE	Graphic Escape	SPS	Superscript
HT	Horizontal Tab	STX	Start of Text
IFS	Interchange File Separator	SUB	Substitute
IGS	Interchange Group Separator	SYN	Synchronous Idle
IR	Index Return	TRN	Transparent
IRS	Interchange Record Separator	UBS	Unit Backspace
		VT	Vertical Tab
		WUS	World Underscore

書式作成キャラクタ

NSP	Numeric Space
RSP	Required Space
SP	Space
SHY	Syllable Hyphen

2. 符号の伝送と同期

符号の伝送と同期を説明するに当たって

コンピュータや端末の内部では、通常、符号は1タイムユニットで8、16、32ビット単位で並列に伝送されまた処理される。しかし、これを遠く離れたところに送る場合には、通常、1タイムユニットで1ビットずつ伝送され、複数のタイムユニットを使って符号が直列に伝送される。

本項は、符号を正確に伝送する基本的な技術について説明する。

説明に当たって留意すべき事柄

符号を伝送する速度を表すときに、データ信号速度、データ転送速度、データ変調速度などが用いられる。これらの違いや関連性を明確に理解させる必要がある。また、伝送路上に符号をビットシリアルに送信するとき、その順序を混同しないように留意しなければならない。

(1) データ伝送方式

データ伝送方式は、直流伝送(ベースバンド伝送)と交流伝送(帯域伝送:ブロードバンド伝送)に大別できる。

【ベースバンド伝送方式】

コンピュータと端末装置間の通信や、ローカル・エリア・ネットワークなどで使われている。ベースバンド方式は、直流を使うので減衰などの問題があり、遠距離のデータ伝送には不向きである。

【帯域伝送方式】

現在の伝送路は、殆どが電話伝送用に作られている。なお、CATVなど画像伝送用もあるが、これは、限られた範囲での使用が中心である。

電話伝送の場合、300~3400Hzの周波数帯域の交流(音声)を通すのに都合のよいように作られている。帯域伝送を使ってデータを伝送するには、ベースバンド信号(直流)を帯域信号(交流)に変換して送出し、受信側で直流に逆変換する必要がある。このような方式を帯域伝送方式という。

【変調と復調】

直流信号を交流信号に変換することを変調(modulation)、交流信号を再び直流信号に変換することを復調(demodulation)といい、モデムは変調と復調をする装置で変復調装置(MODEM)という。

【変調方式】

① 振幅変調方式

振幅変調方式はAM(Amplitude Modulation)とも呼び、信号の電圧変化にしたがって、搬送波の振幅を変化させる方式

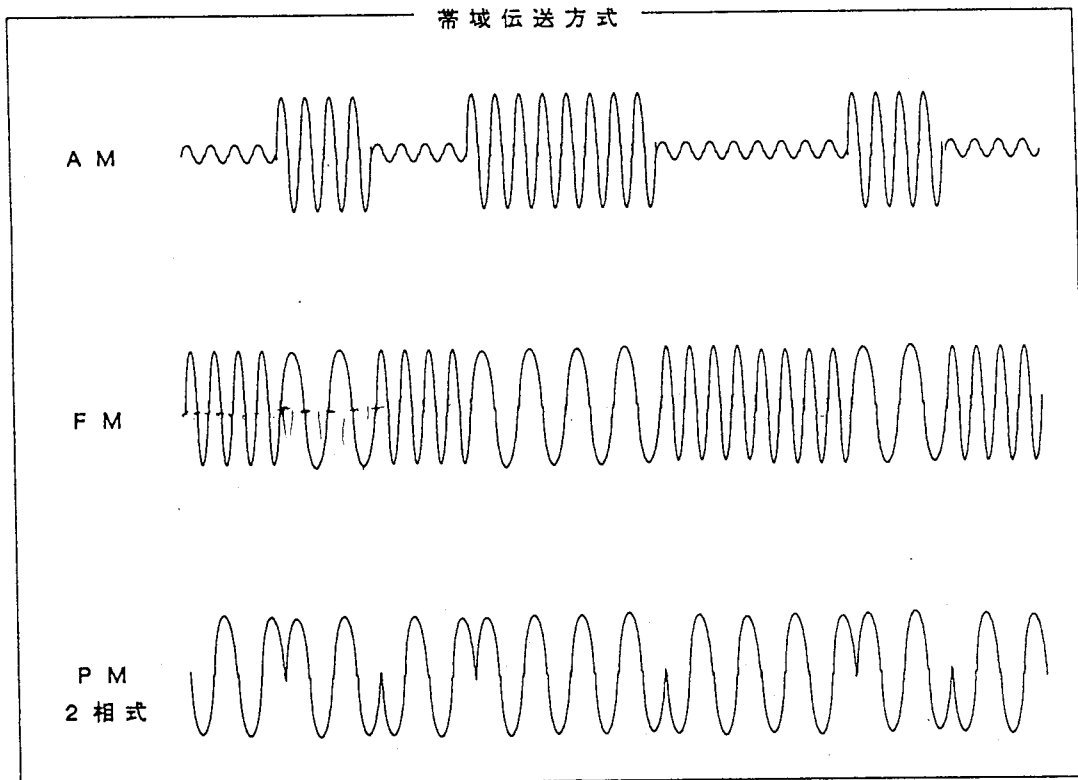
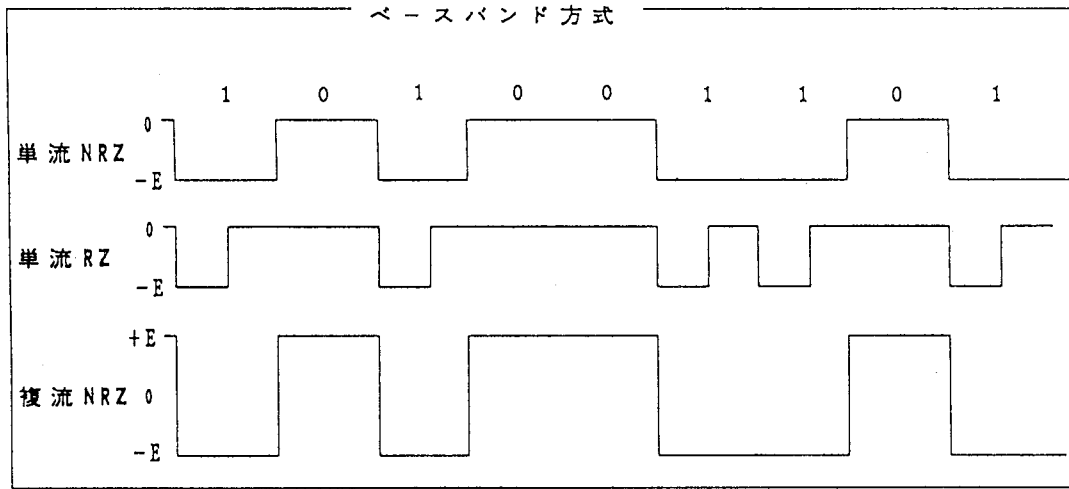
② 周波数変調方式

周波数変調方式は、FM(Frequency Modulation)方式又は周波数変移変調(FSK: Frequency Shift Keying)とも呼び、この方式はデータ信号の0は高い周波数、1は低い周波数を割り当ててデータを伝送する。また、この方式は、振幅変調方式と比べると、ノイズやレベル変動の影響を受けにくく、回路も比較的簡単なので広く使われている。

③ 位相変調方式

位相変調方式はPM(Phase Modulation)方式とも呼び、この方式は、データ信号を搬送波の位相の遍移に変換して伝送する。一番単純な方式は、0と1に対応して位相を反転(180度変化)させる方式で、この方式を2相方式あるいは位相反転方式と呼ぶ。データ信号は0か1の2値伝送のため、一般には、2のn乗、つまり4相式、8相式などがあり、4相式以上の多相位相変調方式では、同じ伝送帯域の場合、他の変調方式に比べて高速のデータ伝送が可能に

なる。



【伝送速度】

符号を送信する速度には、「データ伝送速度」と「変調速度」に大別される。なお、「データ伝送速度」は「データ信号速度」ともいう。

【データ伝送速度】

データ伝送速度は、1秒間に伝送できるビット数で表し、単位は、ビット/秒で、bps又はbit/sと書き、通常ビー・ピー・エスと読む。データ伝送速度は次式で定義する。

$$S = \sum_1^m (1 / T_i) \log_2 n$$

S：データ伝送速度 (bps)

m：伝送路の数 直列伝送の場合1

T：i番目の伝送路の1パルスの継続時間 (秒)

n：i番目の伝送路の1パルスの状態の数

直列伝送 (伝送路が1) の場合、上式は、

$$S = (1 / T) \log_2 n$$

となる。そして、パルス1個が0と1の2値の場合、

$$S = 1 / T$$

となる。Tは1パルスの継続時間ですから、1/Tは1秒当たりのパルス数、すなわち、1秒間に伝送できるビット数になる。

【変調速度】

変調速度は、1秒間に何回変調しているかを表す尺度で、変調方式には、振幅変調、周波数変調、位相変調などの方式があるが、振幅など状態の変化する時間間隔をT秒とすると、変調速度Bは次式で定義する。単位はボー (baud) である。

$$B = 1 / T$$

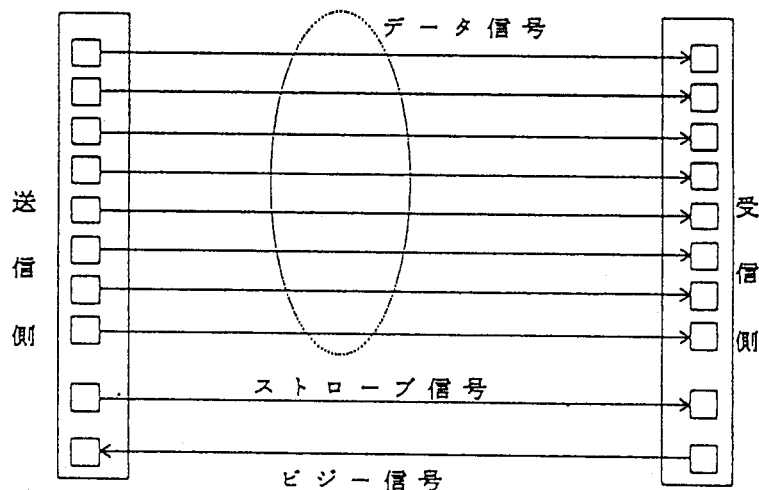
1回の状態変化で0か1の2値を表現する場合には、変調速度はデータ伝送速度と等しくなる。しかし、変調速度とデータ伝送速度は、本質的に異なった概念であるから混同しないように、注意が必要である。

1回の位相変化で4つの状態 (00、01、10、11) が表現できる場合 (4相位相変調)、1200ボーのモデムで2400bpsのデータ伝送速度になる。

(2) 並列伝送と直列伝送

【並列伝送】

複数のビットをまとめて一度に伝送する方式



文字符号（8ビット）をまとめて伝送する場合を考えると、1文字伝送したあとで、続けて次の文字を伝送しようとする、データ信号だけでは文字と文字の切れ目が識別できない。そこで、ストロブ信号を用いて文字の区切りを識別する。

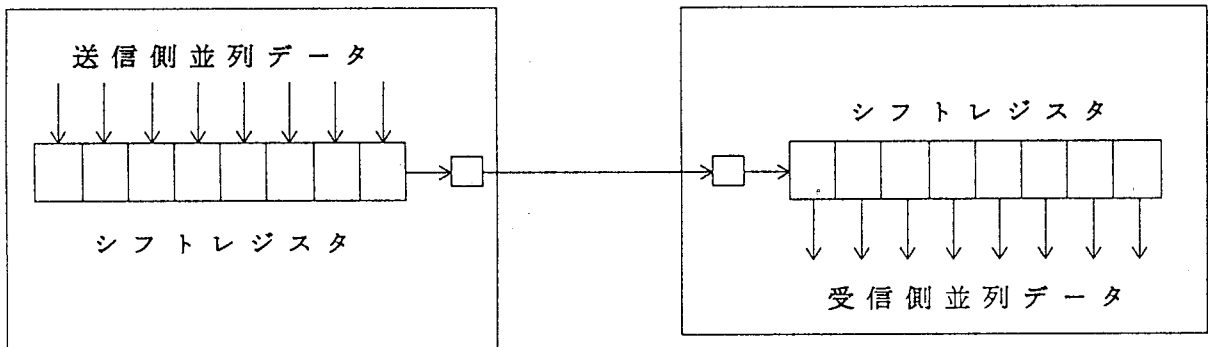
ビジー信号は、受信側が受信中で忙しいことを送信側に知らせるもので、受信中に次の文字を伝送してしまう誤りを回避することができる。

このように、お互いに相手の動作状態に合わせてデータの伝送を行うことを、ハンドシェーキングという。

並列伝送（シリアル伝送）の標準的なインタフェース規格として、セントロニクス社製のインタフェース、GP-IBインタフェース、SCSIインタフェースなどがある。

【直列伝送】

複数ビットのデータを1ビットずつ分解して順番に伝送する方式である。



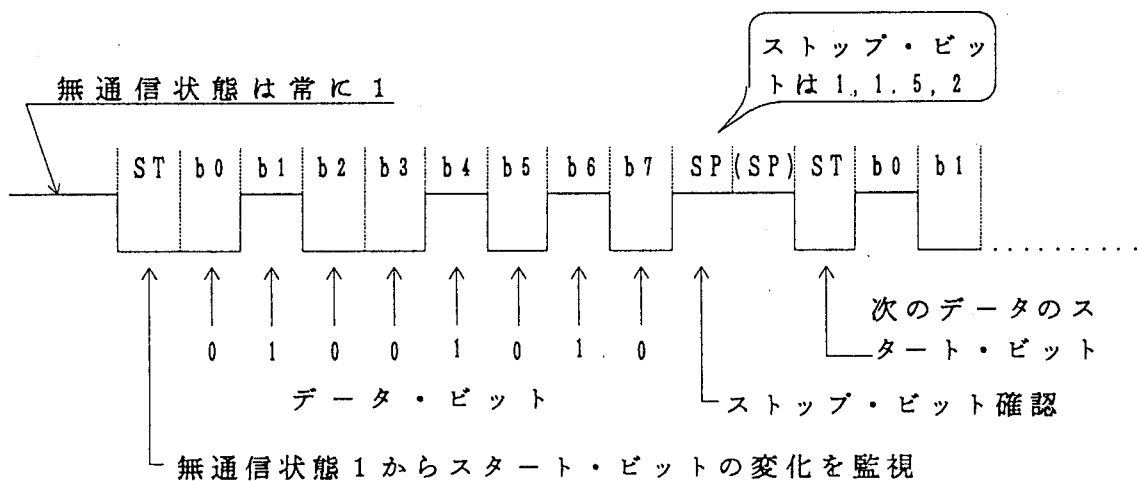
データを正しく伝送するには、送信側で送信したビット列を受信側で正確に復元する必要がある。そのためには、受信側で、受信信号のタイムスロット（1ビット・タイム）の区切りをどのように識別するかが問題になる。

一つの方法は、送信側の送信クロックとは関係なく、受信信号そのものからタイムスロットの区切りを識別する。この方式を非同期方式又は調歩同期方式という。

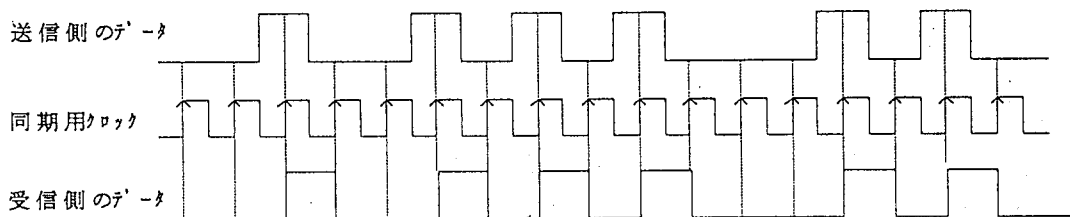
もう一つの方法は、送信側と受信側が同一のクロックで、歩調を合わせて動作させるもので、同期方式という。

【調歩同期方式】

一定の長さのデータの前後に、下図に示すように、スタート・ビットとストップ・ビットを付けて伝送する。



【同期式】

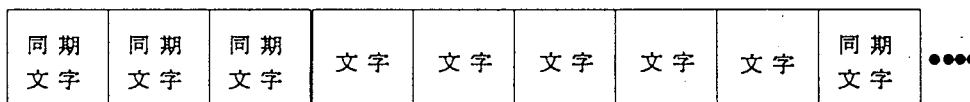


同期式は、共通のクロック信号を持っていて、送信側は、通常、クロックの立ち下がりエッジでデータを出力し、受信側では、クロックの立ち上がりで入力する（上図参照）。

したがって、同期式は、どんなに長いビット列であっても正確にデータの伝送ができる。

実際に、同期式でデータ伝送を行うには、上記のビットごとの同期のほかに、データの始まりを示すビット列と終わりを示すビット列を用いたキャラクタ同期が必要になる。

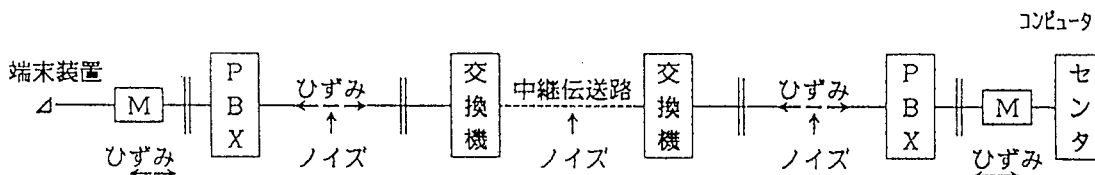
同期キャラクタは、通常伝送している文字データのビット・パターンとなるべく関連のないビット・パターンを選ぶ。



同期式データ伝送を行う場合に、幾つかの制御手順（プロトコル）が標準化されている。中でもっとも有名なのが、IBMのBSC（Binary Synchronous Communications）で、メインフレーム・コンピュータやミニ・コンピュータのデータ伝送規格として広く用いられている。このほかに、SDLCやHDLCなどがある。

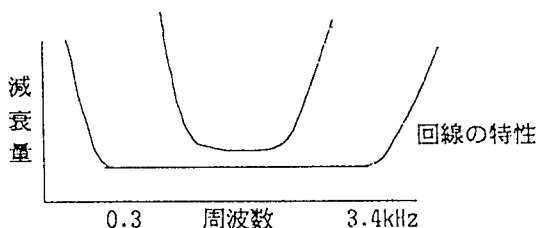
(3) 伝送品質と誤り制御の必要性

伝送ネットワーク

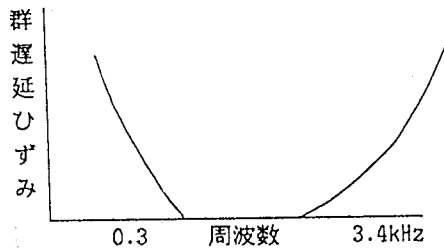


① 減衰ひずみ

<要因> MODEMの伝送特性

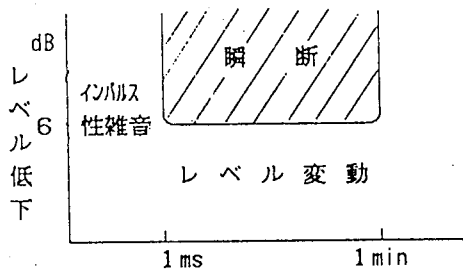


② 群遅延ひずみ



- <要因>① 各装置の帯域フィルタ
② 音声ケーブルのコイル

③ 雑音



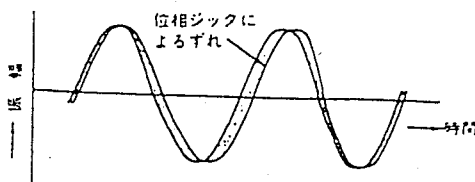
- <要因>① 伝送装置の雑音
② 電源の雑音
③ ケーブル区間の誘導・漏話・反射
④ 交換機によるインパルス性雑音

④ 瞬断

- <要因>① 装置内部の接触不良
② 回線の切替え工事
③ ケーブル心線の一時的接触
④ 交換機接点の一時的不接

⑤ 周波数変動

- ・ 周波数変動 (周波数変調) …200b/s以下に影響
- ・ 位相ジッタ



位相ヒット

- <要因>① 電源雑音の影響
② 各装置のタイミングパルス抽出回路の出力変動
③ 多重化端局装置のビット同期、フレーム同期

- <要因>① 回線の切替え工事や交換機からのインパルス性雑音による零交差周波数の位相変化

⑥ スリップ

デジタル網で交換局相互の同期外れが発生し、情報の欠落や重複したりする。

- <要因>① 送受信クロックの位相差の変動
② クロック分配器の誤動作

⑦ 伝送遅延

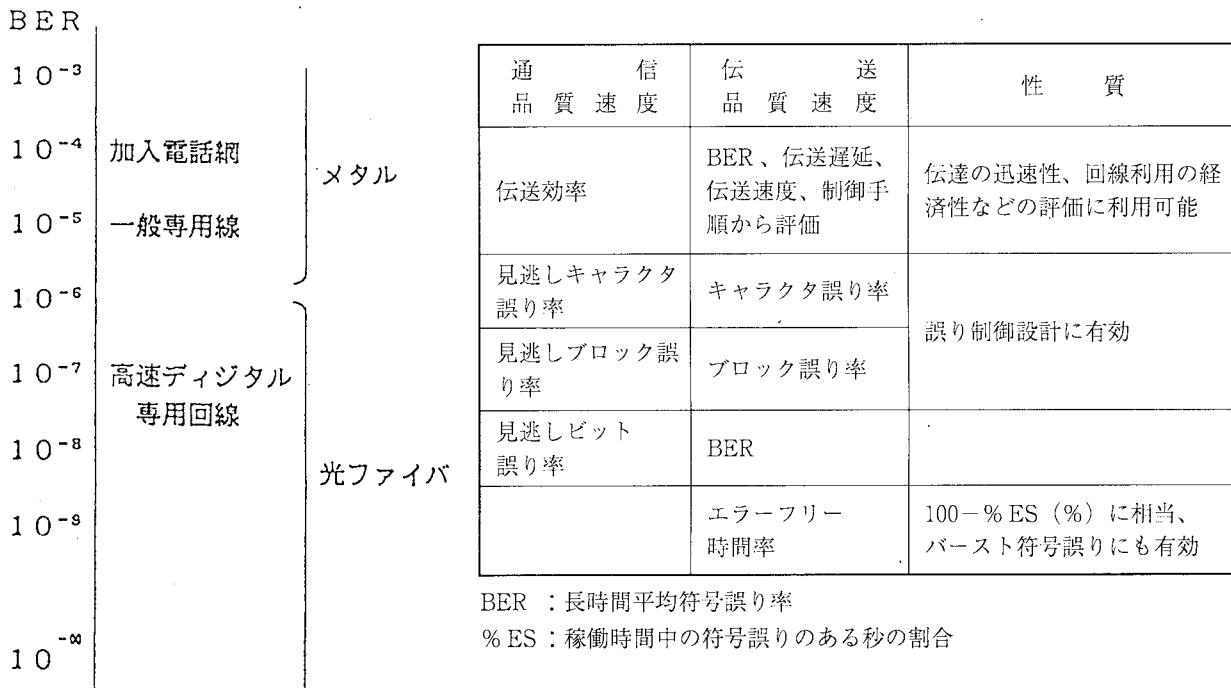
回線中に通信情報又はその成分が一時的に蓄えられるために生ずる現象で、電話網では送話者エコーが発生する。

<要因>① 中継伝送路では線路の伝搬遅延、中継回路の遅延

② 端局装置では同期多重やフレーム入れ替え

③ 加入者系では処理遅延

⑧ 品質評価



(4) 誤り検出と制御方式

① 誤り検出方式

種類	略号	ベーシック手順	BSC手順
キャラクタパリティ	P	1キャラクタのb1~b8のビット“1”を計数し、偶数になるようにb8に付加する方式	
ブロックチェックキャラクタ	BCC	1ブロックの各キャラクタの同一ビット毎の“1”を計数し、偶数になるように1キャラクタを付加する方式	
ブロックチェックシーケンス	BCS	1ブロックを構成するビットを伝送される順序に並べた多項式に X^{16} を乗じた後、生成多項式で割り算をした余りを2キャラクタに付加する方式	
		$X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$	CRC-16 : $X^{16} + X^{15} + X^2 + 1$ CRC-12 : $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

② 誤り制御方式

手 段	方 式 名	制 御 方 式
誤り検出符号	垂直パリティチェック	受信側でチェックビットをチェックし、送信側に再送要求する。
	水平パリティチェック	
	群計数チェック (2桁) 1桁：水平垂直パリティチェック	
	サイクリック (CRC)	
誤り訂正符号	符号	受信側でチェックビットをチェックし、誤りを訂正する。
	ハミング符号	
返 送	返送照合	送信側で誤りをチェックし、再送する。
	チェック符号の返送	
連 送	並列伝送	受信側で誤りをチェックし、再送する。
	反復伝送	

③ 誤り検出

データ伝送においては、 $1 \times 10^{-5} \sim 1 \times 10^{-6}$ 程度の割合で誤りが発生するといわれている。誤りは、電源の瞬断・周波数の乱れ・減衰・雑音などで発生する。誤りに対してする作業は、検出と訂正である。

【冗長ビット付加方式】

誤りを検出する方法としては、データに誤り検出用のビットを付加して伝送する冗長ビット付加方式が一般である。この方式には、次のような方式がある。

垂直パリティチェック方式

水平パリティチェック方式

群計数チェック方式

CRC (Cyclic Redundancy Check) 方式

【誤り訂正方式】

誤りを訂正する方法には、自己訂正方式と再送訂正方式がある。自己訂正方式は、付加した冗長ビットをもとに誤りの検出だけでなく、訂正まで行う方式で、CRC方式には自己訂正の機能がある。

再送訂正方式は、誤りを検出したとき、受信側から送信側に再送要求を出し、誤りのあった部分を再送する方式である。現在のデータ伝送では、この方式が一般的である。文字放送などでは、再送要求が受信側で出せないなので、自己訂正機能のあるCRC方式を使用している。

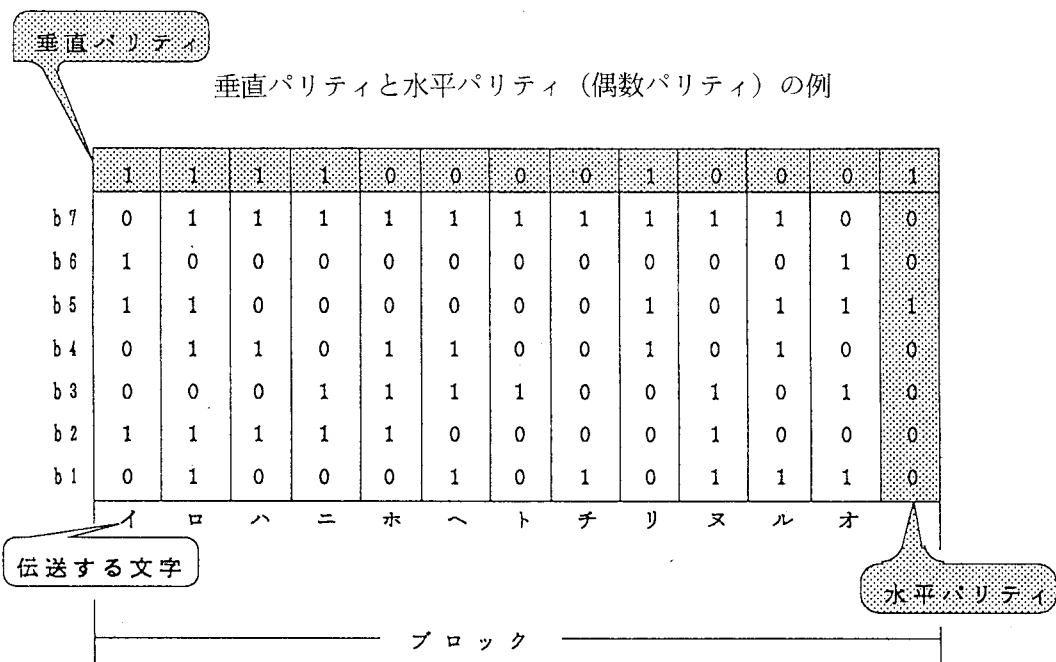
【パリティチェック】

奇数か偶数かの検査をパリティチェックという。垂直パリティチェック方式は、伝送する文字ごとに1ビット付加し、そのビットも含めた1文字分について、ビット"1"の数を偶数(又は奇数)にする。

水平パリティチェック方式は、伝送ブロックごとに検査用の符号を一つ付加し、伝送ブロックの水平方向のビット"1"の数を偶数(又は奇数)にする。

パリティチェックでは2ビット以上同時に誤ると検出できない。

垂直パリティと水平パリティ（偶数パリティ）の例



【群計数チェック方式】

水平パリティチェック方式では、1ブロックについて、1桁の符号を付加するが、1ブロックについて複数桁のチェック用符号を付加する方法に、群計数チェック方式がある。この方式では、1ブロック内のビット”1”の数を水平方向に2進数で加算し、その結果をチェック用符号として付加する。多くの場合、加算結果の2桁をチェック用符号にする。

【CRC方式】

群計数チェック方式をより発展させた方式がCRC方式で、この方式は、データがまとまって誤るパースト誤りに対しても厳密にチェックでき、HDLCの誤り制御方式にも採用されている。

【CRCの原理】

「イ」という文字符号を伝送すると仮定する。

イの符号は 0 1 1 0 0 1 0
 X^6 X^5 X^4 X^3 X^2 X^1 X^0

上記のように「イ」は、 $X^5 + X^4 + X^1$ の形の多項式で表せる。この多項式をPとする。

$$P = X^5 + X^4 + X^1$$

一方、送信側と受信側で、あらかじめある一つの多項式を決める。これを生成多項式といいGで表す。

Gを $X^6 + X^2 + 1$ とする。

$$G = X^6 + X^2 + 1$$

Gの最高次の項は X^6

PにGの最高次の項 X^6 をかける（左へ6桁シフトする。）。

これをPXとします。

$$PX = X^{11} + X^{10} + X^7$$

これを生成多項式Gで割る。このわり算では、モジュロ2という特殊な演算を用いる。

$$\begin{array}{r}
 X^6 + X^2 + 1 \quad) \quad \begin{array}{r} X^5 + X^4 + 1 \\ X^{11} + X^{10} + X^7 \\ \hline X^{11} \qquad X^7 + X^5 \\ X^{10} \qquad + X^5 \\ \hline X^{10} + X^6 \qquad + X^4 \\ X^6 + X^5 \qquad + X^4 \\ \hline X^6 \qquad + X^2 + 1 \\ \hline X^5 + X^4 + X^2 + 1 \end{array}
 \end{array}$$

モジュロ2
0 + 0 = 0
0 + 1 = 1
1 + 0 = 1
1 + 1 = 0
- 1 = 1

この「余り」がチェックビットのCRC符号である。

送信側は、PXにこのCRC符号を足した“PX + CRC符号”を送る。受信側では、“PX + CRC符号”をGで割ってみて、余りが0なら誤りがなかったと判断する。

(5) 通信方式

データ伝送システムを用いて相互に通信を行うデータ通信システムは、その用途によって種々の通信形態がある。これを大別すると、電話のようにリアルタイムでしかも双方向同時通話が可能なストリーム・タイプ（相互に相手の状態を確認しながら通信を行う）、手紙やファクシミリのようなデータグラム・タイプ（相手に届くことを期待する通信）、往復ハガキや銀行のオンライン・システムなどのトランザクション・タイプ（相手からその結果が戻ってくることを期待する通信）の3つに分類できる。データ伝送システム、つまり、データの流れ方からみると、データの流れが常に一方である形態、時間的にその方向が切り替わる形態、そして、同時に双方向で流れる形態の3つに大別できる。

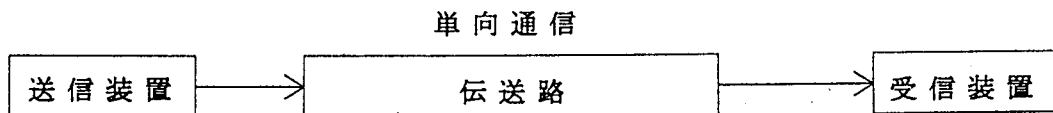
なお、通信方式と回線の構成や形態が同一視されることがある。通信方式は、回線の構成や形態によって左右されることも有り得るが、両者は基本的に異なった捉え方をする必要がある。

① 通信方式

通信方式には、データの流れる方向によって、単方向通信、半二重通信、全二重通信に分類できる。また、データ伝送路には、2線式伝送路、4線式伝送路などがある。

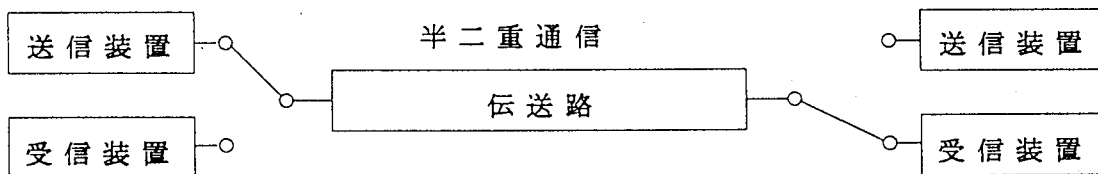
【単方向通信】

送信側と受信側が固定されていて、常に一方にだけデータを伝送する方式をいい、単方向通信の場合、伝送路は、2線式になる。電気で信号を送るには、送信側と受信側を結ぶ回路をつくらなければならない。伝送路が1対の導体でなければ回路にならないので、一方だけの伝送でも線路導体は2本必要である。1本の線を接地しておけば、1本の導体でも伝送できるが、信頼性が低くなる。



【半二重通信】

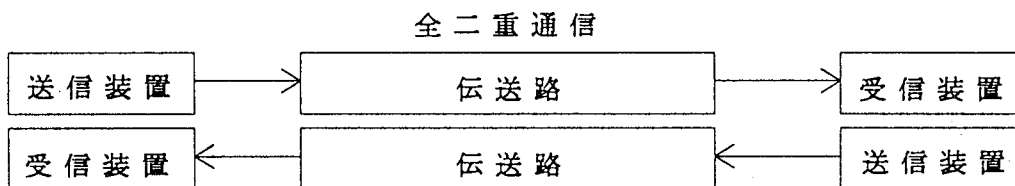
送信側と受信側を必要に応じて切り替える通信方式をいい、どちらの方向にもデータを伝送できるが、同時に両方向に伝送することができない。プレス・トーク方式のトランシーバのように、送信（送信ボタンを押す。）と受信（送信ボタンをはなす。）を交互に切り替える。単向通信の場合と同様に2線式になる。



【全二重通信】

送信しながら同時に受信もできる通信方式。同時に両方向へのデータ伝送を可能にするには、送信用と受信用の2対の伝送路が別々に必要になり、4線式伝送路になる。

しかし、2線式伝送路でも全二重通信は可能である。伝送路を多重化する技術によって、2線式伝送路を見かけ上4線式伝送路として使える。例えば、電話は同時に送受信できるので全二重であるが、電話機から局までは一般に2線式である。2線式伝送路で、同時に送受信する方法には、伝送路を周波数的に分割する方法や時間的に分割する方法がある。



② 端末インタフェース

RS232C インタフェース

〔特徴と性質〕

RS232Cは、OSI基本参照モデルの物理層に当たる部分の仕様である。物理的特性としてコネクタの形状、電気的特性である0と1の表し方、論理的特性である信号の意味が決まっている。

RS232Cは、EIA（アメリカ電子工業学会）がRS232Bの改定版を1969年に発表し、1981年に改めて承認した規格である。RS232Cは、本来、アナログ通信回線を利用するモデム（変復調装置）などDCE（データ回線終端装置）としてテレタイプなどのDTEデータ端末装置）を接続するインタフェースとして規格化したものである。現在では、多くのパソコンが入出力インタフェースの一つとして採用し、RS232Cをインタフェースするパソコンの周辺装置が多くある。RS232Cの特徴を下記に示す。

- 1) 直通方式
- 2) 両方向通信
- 3) ベースバンド・複流方式

- 4) 直列伝送方式
- 5) DEC - DTE 間用信号形態
- 6) ハンドシェイク方式

〔他の規格との関連〕

RS232Cは、CCITT（国際電信電話諮問委員会）勧告のV.24とV.28にISO 2110で規定する25ピンコネクタを使用して、機械的に互換がとれている。また、JIS C 6361とも互換性がある。

〔ベースバンド・複流方式〕

信号は、下記に示すようにマークとスペースと呼ぶ2値状態で表す。セントロニクス仕様とは違って、TTLとは直接つなげない。RS232Cの電圧レベルを下記に示す。

スペース（0 / オン） 出力条件：+5 ~ +15V 入力条件： $\geq +3V$

マーク（1 / オン） 出力条件：-15 ~ -5V 入力条件： $\leq -3V$

なお、TTLレベルとの接続にはレベル変換用のICが市販されている。

〔ハンドシェイク〕

RS232Cのハンドシェイクは、DTE側が送信するときと、DCE側が送信するときでは、違う方法で行う。

DTE → DCE

受信側 (DTE)	信号線	送信側 (DCE)
1) CAをオンにし、DCEへ出力するデータがあることを知らせる。	(注1) →CA→	1) CAを待つ。
2) CBを待つ。	←CB←	2) CBをオンにして、DTEにデータが入力できることを知らせる。
3) データを出力する。	→BA→ (←CB←)	3) データをDTEから入力し、通信回線へ、送信する (注2)。
4) CAをオフにして、データの終了を知らせる。	(→CA→)	4) CAがオフになるのを待つ。
5) CBオフを待つて1)へ戻る。	(←CB←)	5) CBをオフにして1)に戻る。

(注1) CA：送信要求、CB：送信可、BA：送信データ

(注2) 一時的にDTEからデータの受信ができないときに、CBをオフにする。

DCE → DTE

受信側 (DTE)	信号線	送信側 (DCE)
1) CDをオンにして、DCEからデータを入力できることを知らせる。	(注) →CD→	1) CDを待つ。
2) CFを待つ。	←CF←	2) CFをオンにし、DTEへ出力するデータがあることを知らせる。
3) データを受信する。	←BB←	3) 通信回線から受信したデータをDTEへ出力する。
4) CAがオフになるのを待つ。	(←CF←)	4) CFをオンにしデータの終了を知らせ、1)へ戻る。
5) 必要があればCDをオンにして、1)へ戻る。	(→CD→)	

(注) CD：データ端末レディ、CF：受信キャリア検出、BB：受信データ

[ピン配置]

ピン 番号	信 号 名 (注1)				信号の方向	名 称 (注2)
	RS232C	JIS C 6361	CCITT V. 24	その他		
1	AA	(FG)	101	GND	DTE⇒	保安用接地又はケーブルのシールド
2	BA	SD	103	TXD	⇐DCE	送信データ
3	BB	RD	104	RXD	DTE⇒	受信データ
4	CA	RS	105	RTS	⇐DCE	送信要求
5	CB	CS	106	CTS	⇐DCE	送信可
6	CC	DR	107	DSR		データセットレディ
7	AB	SG	102	GND	⇐DCE	信号用接地
8	CF	CD	109	DCD		データチャンネル受信キャリア検出
9						(未使用)
10						(未使用)
11					⇐DCE	(未使用)
12	SCF	BCD	122		⇐DCE	バックワードチャンネル受信キャリア検出
13	SCB	BCS	121		DTE⇒	バックワードチャンネル送信可
14	SBA	BSD	118		⇐DCE	バックワードチャンネル送信データ
15	DB	ST2	114	TXC (2)	⇐DCE	送信信号エレメントタイミング
16	SBB	BRD	119		⇐DCE	バックワードチャンネル受信データ
17	DD	RT	115	RXC		受信信号エレメントタイミング
18					DTE⇒	(未使用)
19	SCA	BRS	120		DTE⇒	バックワードチャンネル送信要求
20	CD	ER	108/2	DTR	⇐DCE	データ端末レディ
21	CG	SQD	110		⇐DCE	データ信号品質検出
22	CE	CI	125	RI	⇐⇒	被呼表示
23	CLCH	SRS	112,111		DTE⇒	データ送信速度選択
24	DA	ST1	113	TXC (1)		送信信号エレメントタイミング
25						(未使用)

(注1) JIS C 6361 の、音声帯域回線用DCE2400/9600ビット/秒同期DCEを代表として選んだ。

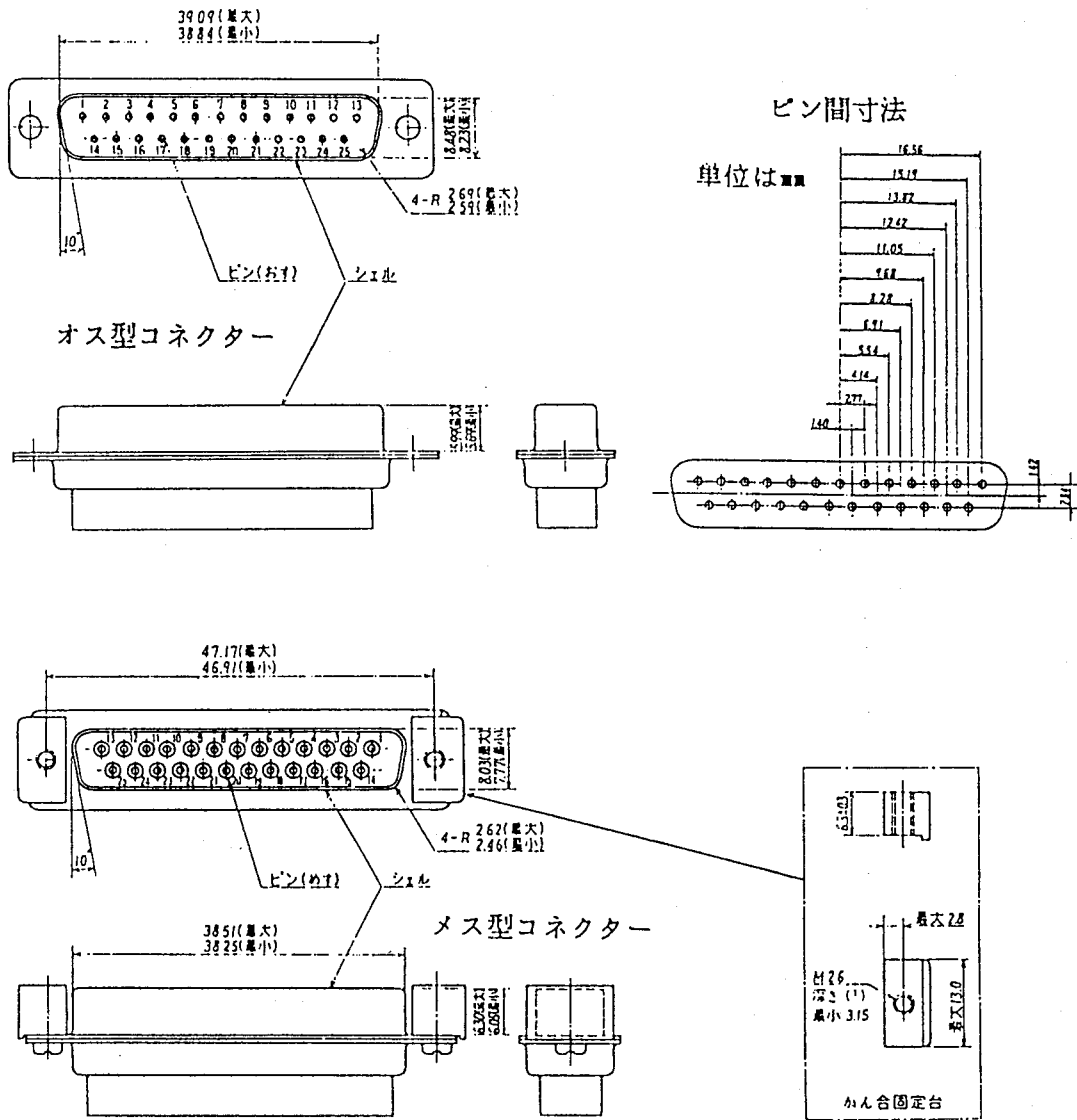
(注2) 原則として、JIS C 6361の相互接続回路一覧表の相互連続回路名称から引用した。

【コネクタの形状】

RS-232C で使うコネクタは、25ピン差し込み式コネクタで、一般に25ピンD-SUB(ディーサブ)と呼ぶ。

DTE側は、接続ケーブルを延ばし、先端にオスのコネクタを付ける。DCE側は、DTEと接続できるように、メスのコネクタを用意する。

RS-232Cのコネクタ



【ケーブル】

RS-232Cでは、使用するケーブルの形状は決めていないが、シールド付き24芯の多芯ケーブルを使うことが多いようである。

RS-232Cでは、ケーブルの最大長を15mとしている。これは、信号の送信側からみた、負荷の容量が2500 pFを超えないようにするためである。

3. 伝送の制御

データ伝送に関する制御の説明に当たって

データ伝送システムを用いて、データを確実に相手に伝えるためには、ある手順を踏まなければならない。符合伝送とは異なり、その手順の必要性を認識させるため、電話によって相手と情報交換を行う身近なシステムを例に取り上げる。そのおおよその手順を以下に示す。

手順1：受話器を取り、「プー、プー」という通信音を確認する。

手順2：相手の電話番号をダイヤルする。

手順3：相手が出たら名前を確認し、自分の名前を名乗る。

手順4：用件などを伝える。

手順5：別れの挨拶をする。

手順6：受話器を置く。

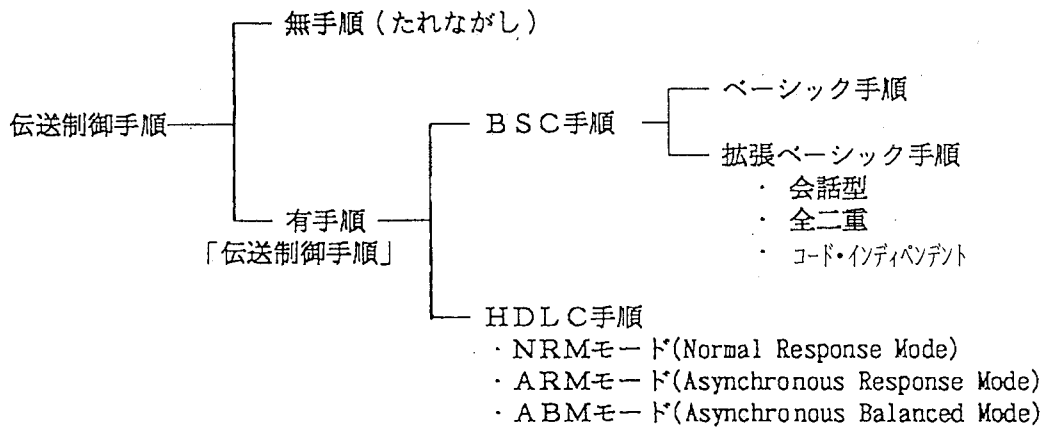
以上のように、電話というシステムを用いるためには手続き（ルール）が必要になる。また、上記の手順は相手に用件など（情報）が間違いなく伝わったと推測しているだけであり、確実に伝わったとは言えない。手順1で通信音がなければ、手順2ができないし、ダイヤルして相手が話中であれば、手順3に進めない。さらに、手順4で相手に確実に用件が伝わったかどうかを確認しないとイケない。

本項では、データ伝送において、手順3（データ・リンクの確立）、手順4（データの伝送）、手順5（データ・リンクの解放）に関する基本的な技術について述べる。手順1、2、及び5の回線制御については、本章の「6 通信網と端末装置やコンピュータの接続」で扱う。

説明に当たって留意すべき事柄

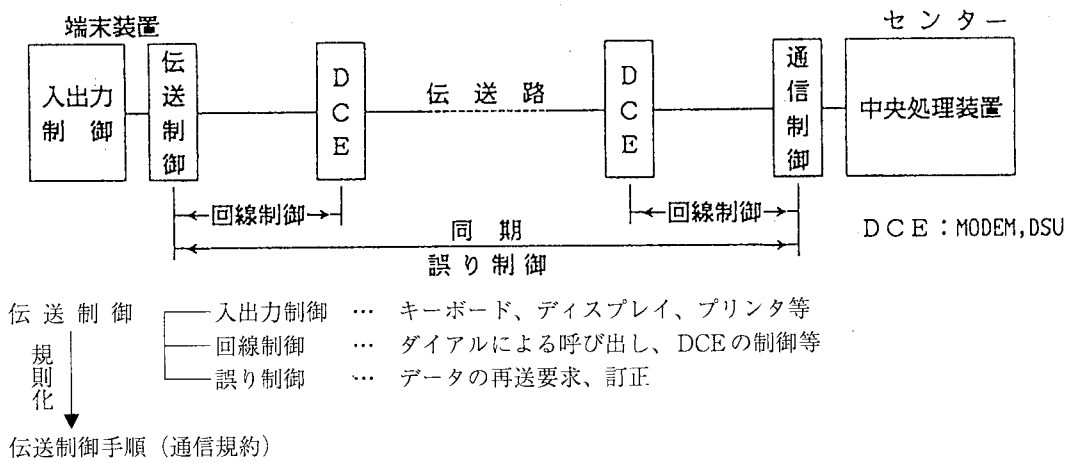
本書では、データ伝送システムの伝送制御の中の回線制御（網制御）を別に扱うことにした。しかし、回線の制御を含めたかたちで説明されている図書が多いようである。

《伝送制御手順》



(1) 伝送制御の概要

① 伝送制御の概念



② 伝送制御手順の標準化

制定年	標準機関	標準名
1958	SAGE…米空軍	Semi Automatic Ground Environment (半自動防空システム)
1968	BSC …IBM	Binary Synchronous Communications (2進データ同期通信)
1975	JIS C 6362	基本形データ伝送制御手順
1978	JIS C 6363	ハイレベルデータリンク制御手順のフレーム構成
	JIS C 6364	ハイレベルデータリンク制御手順要素
	JIS C 6365	ハイレベルデータリンク制御手順の手順クラス
1984	IS O 7498	Open System Interconnection - Basic reference model
1985	JIS C 6371	開放型システム間相互接続の基本参照モデル
	JIS C 6372	マルチリンク手順

(2) ベーシック制御手順

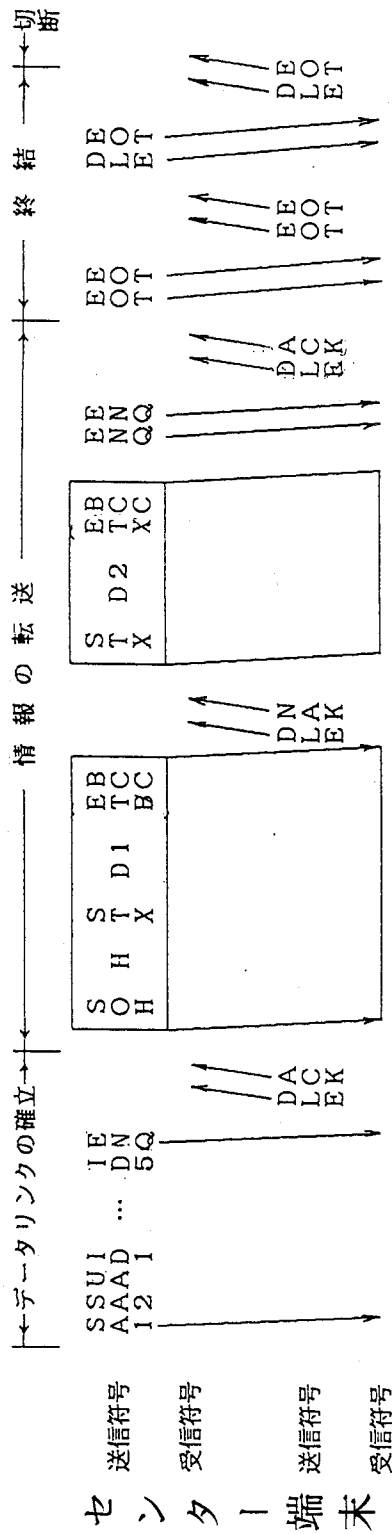
① 伝送制御フェーズ

- フェーズ1 データ伝送回線の接続 … ダイアルの呼び出し、DCEの設定・制御
- フェーズ2 データリンクの確率 … 相手局の確認、送受信状態の確認、入出力機械の指定等
- フェーズ3 情報の転送 … 交互監視形の制御により情報を転送
- フェーズ4 終結 … 送信終了の通知、相互の確認、データリンクの開放
- フェーズ5 切断

② ベーシック制御手順とBSC手順の特徴と違い

	基本形データ伝送制御手順	BSC手順
伝 送 符 号	JIS7単位符号	EBCDIC、ASCII、6ビット転送符号
デ ー タ リ ン ク	コンテンション方式とポーリング/セレクトイング方式	
同 期 方 式	直列、並列、調歩同期式、同期式	直列同期式
通 信 方 式	半二重片方向、半二重片方向交互、全二重両方向同時	
誤 り 検 出	垂直・水平パリティ、CRC	
モ ー ド	<ul style="list-style-type: none"> 基本モード (半二重通信) 拡張モード <ul style="list-style-type: none"> 会話モード 両方向同時伝送モード コード・インディペンデント・モード 複数従局セレクション 	<ul style="list-style-type: none"> 基本モード (半二重通信) 拡張モード <ul style="list-style-type: none"> 限定会話モード トランスペアレント・モード ID交換
メ ッ セ ー ジ	情報メッセージ 順方向監視シーケンス 逆方向監視シーケンス	情報メッセージ 制御メッセージ
伝 送 制 御 符 号	10種類	17種類

③ 通信例



モード	通信の目的	データリンク	情報の転送	BSC手順との比較
基本モード	半二重通信で情報の片方向伝送			
拡張モード	会話的な方法で情報メッセージを交換	同じデータリンク内	主局と従局の状態を反転し、情報を転送する。	限定会話モード I テキスト転送で終了する。
	同時に両方向の情報メッセージを転送する。	同一回線上に同時に方向の逆なデータリンクが存在 (全二重通信回線を使用)		
	同時に同じ情報を複数の従局に送信する。	複数従局にアドレスを与え順次データリンクをとる。		
複数従局 セレクション	符号の制限を受けずに情報メッセージを転送する。		情報メッセージに使われる伝送制御符号の前にDLEを送信	トランスパレントモード 同左
コードインデペンデントモード				ID 交換 従局にIDを要求する。

(3) HDLC手順 (High level Data Link Control Procedures)

① HDLS手順の登場

- ・ ベーシック制御手順の技術的制約条件を解消した効率の良い高度なデータ伝送制御手順として登場

ベーシック制御手順の技術的制約条件

項 目	制 約 条 件
伝 送 効 率	① 1つの伝送ブロック毎に応答確認が必要 ② 同時に多数のデータリンクを確立できない。
信 頼 性	制御信号の一部 (EOT, ENQ等) 誤り検査機能がない。
情 報 伝 送 単 位	オクテット単位のデータしか扱えない。
伝送制御の独立性	伝送制御手順中に、装置制御等の機能が混在

- ・ IBMのSDLC (Synchronous Data Link Control : 1973年発表) を拡張
- ・ 国際標準化機構 (ISO) が標準化 (1976年)
日本国内ではISOを基にJIS化 (1978年)
- ・ ISO3309 HDLC手順のフレーム構成 (JIS C 6363)
- ・ ISO4335 HDLC手順の手順要素 (JIS C 6364)
- ・ ISO7809 HDLC手順の手順クラス (JIS C 6365)
- etc

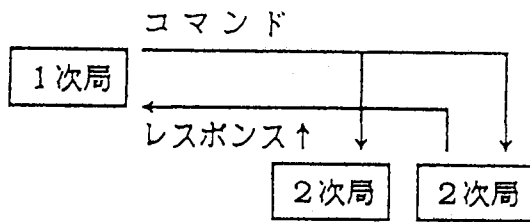
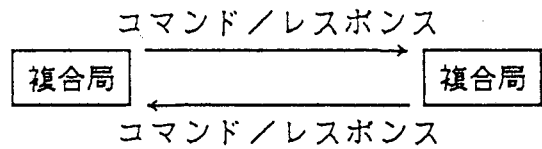
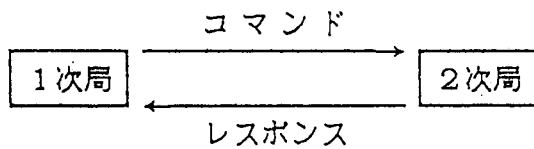
② HDLC手順の主な特徴

- ① 伝送効率が良い (連続転送による高速伝送が可能)。
- ② 信頼性が高い (CRCチェックの採用)。
- ③ コードインディペンデント伝送が可能 (任意のビット列転送が可能)

③ HDLC手順を使用したシステムの構成と動作の形態

a. システム構成の形態

- ・不平衡手順クラス
 - ・平衡形クラス
- の2種類に分類される。



(b) 平衡形手順クラス

(a) 不平衡形手順クラス

- ① 1次局とは、データリンクの制御に責任を持つ局（即ち、コマンドを送出する局）
- ② 2次局とは、1次局に制御される局（即ちレスポンスを送出する局）
- ③ 複合局とは、1次局と2次局の両方の機能を持った局（即ち、コマンドとレスポンスの両方を送出する局）

b. 動作モードの種類

- ・モードとは、2次局及び複合局における動作の形態を決めるもの。
(モードの違いにより、1次局、2次局間で通信するための制御手順が異なる。)
- ・HDLCでは、2次局のモードとして動作モード、切断モード、初期モードがある。

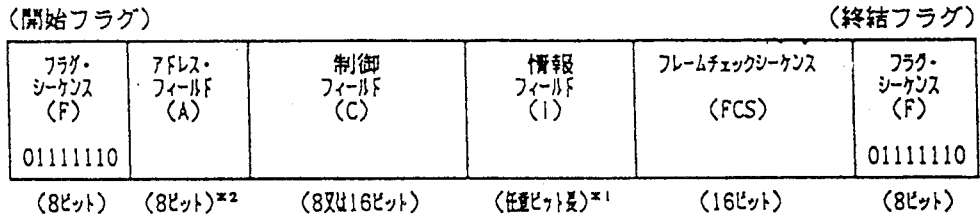
モードの種類

モード		内 容	不平衡形	平衡型
動作モード	正規応答モード (NRM)	2次局は1次局からのコマンドにより、すべてが制御され、Pビット“1”のコマンド受信により、レスポンスの送信が許可される。また、Fビット“1”のレスポンスにより最後の送信フレームであることを示す。	○	
	非同期応答モード (ARM)	2次局は1次局からのコマンドの受信がなくても、レスポンスの送信は始められる。	○	
	非同期平衡モード (ABM)	相手複合局の許可がなくてもコマンドはレスポンスの送信は始められる。		○
切断モード (DCM)		データリンクから論理的に切断された2次局又は複合局のモードであり、初期モードでも動作モードでもない。	○	○
初期モード (IM)		1次局から2次局へHDLCを制御するプログラムをロードしたり、その他のパラメータを交換したりするためのモードである。必ずしも必要なモードではない。	○	○

④ HDLCフレームの構成

a. フレームの構成

- ・ HDLCでは、すべての情報、制御信号がフレーム形式で送受信される。



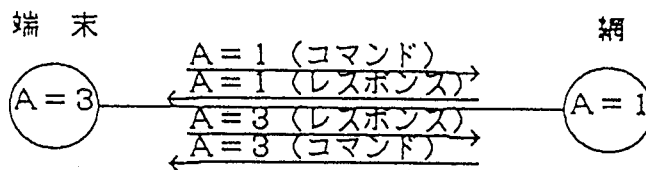
- * 1 情報フィールドを持たないフレームもある。
- * 2 複数オクテットに拡張される場合もある。

○ フラグシーケンス (F)

- ・ フレームの「始め」と「終わり」を知らせる識別子
- ・ 同期用パターンとしての役目
- ・ ビット構成「0111 1110」

○ アドレスフィールド (A)

- ・ 局アドレスを2進符号で示す。
- ・ アドレスの内容でコマンドかレスポンスかを区別
(受信局のアドレスを持つフレームがコマンド、送信局のアドレスを持つフレームがレスポンス)
- ・ X25パケット交換網におけるアドレス規定



アドレス	b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
網	0	0	0	0	0	0	0	1
端 末	0	0	0	0	0	0	1	1

- 制御フィールド (C)
 - ・相手局に対する動作の指令や応答を示す。
 - ・制御フィールドの形式には、情報転送 (I) 形式、監視 (S) 形式、非番号制 (U) 形式の3種類がある。

制御フィールドのビット構成

制御部の形式	フレームの呼称	制御部のビット							
		b ₈	b ₇	b ₆	b ₅	b ₄	b ₃	b ₂	b ₁
情報転送 (I) 形式	情報 (I) フレーム	N (R)			P/F	N (S)		0	
監視 (S) 形式	監視 (S) フレーム	N (R)			P/F	S	0	1	
非番号制 (U) 形式	非番号制 (U) フレーム	M			P/F	M	1	1	

- 備考
1. N (S) は、そのフレームを送出する局の送信順序番号を表し、b₂が低位ビットである。
 2. N (R) は、そのフレームを送出する局の受信順序番号を表し、b₆が低位ビットである。
 3. Sは、監視機能ビットを表す。
 4. Mは、修飾機能ビットを表す。
 5. P/Fは、そのフレームがコマンドの場合には、ポール (P) ビットであることを表し、そのフレームがレスポンスの場合には、ファイナル (F) ビットであることを表すものとし、それぞれ“1”のときにその機能を果たすものとする。

- ・各フレームのコマンド/レスポンスの種類を次表に示す。
- 情報フィールド (I)
 - ・利用者で必要な制御情報やメッセージ情報などの転送すべきデータが入る部分
 - ・情報フィールドの長さは任意長であるが一般的には8ビットの整数倍で構成
 - ・実際には、装置のバッファサイズや通信回路の品質等により最適なビット長が定められる。
- フレームチェックシーケンス (FCS)
 - ・終結フラグの直前にあり、フレーム内の内容が正確に転送されたか否かを確認するための誤り検出用の16ビットシーケンス
 - ・見逃し誤り率の少ないサイクリックチェック方式 (CRC : Cyclic Redundancy Check Code) を使用
 - ・生成多項式 $X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

HDLCL手順におけるコマンドとレスポンスの種類

種類	コマンド	レスポンス	名称	機能
情報転送 (I) 形式	I	I	Information	情報の転送を行う。
監視 (S) 形式	RR RNR REJ SREJ	RR RNR REJ SREJ	Receive Ready Receive Not Ready Reject Selective Reject	情報フレームの受信可能を示す。 情報フレームの受信不可能を示す。 指定した情報フレーム以降の再送要求 指定した情報フレームの再送要求
非番号制 (U) 形式	SNRM SARM SABM SNRME SARME SABME DISC SIM UP UI FRMR XID RSET	UI FRMR CMDR XID UA DM RD RIM	Set Normal Response Mode Set Asynchronous Response Mode Set Asynchronous Balanced Mode Set NRM Etended Set ARM Extended Set ABM Extended Disconnect Set Initialization Mode Unnumbered Poll Unnumbered Information Frame Reject Command Reject Exchange Identification Unnumbered Acknowledge Disconnect Mode Request Disconnect Reset Request IM	2次局をNRMに設定する。 2次局をARMに設定する。 相手複合局をABMに設定する。 2次局を拡張NRMに設定する。 2次局を拡張ARMに設定する。 相手複合局を拡張ABMに設定する。 2次局又は相手複合局を論理的に切り離す。 初期設定動作を指令する。 レスポンスを2次局に要求する。 状態S、Rに影響を与えることなく情報を転送する。 正当性のないフレームの受信等を通知 正当性のないフレームの受信等を通知 相手局のIDを送るよう要求する。 非番号コマンドに対する受信応答 2次局が切断モードにあることを通知する。 2次局が切断モードに移行することを要求する。 受信状態変数をリセットする。 SIMコマンドの送信を要求する。

b. フレームの通信回線上でのビット送出状態

○ ビット送出順序

- ・ アドレス部、制御部は低位ビット (LSB) から先に送出
- ・ 情報部は、送受信間の取り決めによる。
- ・ FCSは、高位のビットから送出

○ フレーム内容の透過性 (フレーム内のフラグ以外のビット送受信)

- ・ フラグシーケンスと同じパターンが生じない仕掛け (0挿入/削除)
- ・ 送信局は、5つ連続したビット“1”の次のビット“0”を挿入

111111 → 1111101

└────────── “0”の挿入

- ・ 受信局は、5つ連続したビット“1”の次のビット“0”を削除

○ データリンクのチャンネル状態

a) アクティブ状態

- ・ フレームの放棄：7つ以上の連続“1”のビットを検出したらそのフレームを無視する。
- ・ フレーム間タイムフィル：アクティブ状態においては、連続するフラグシーケンスを送出する。

b) アイドル状態

“1”のビットが15以上連続していることを検出したとき、チャンネルはアイドル状態となり、相手局が伝送を終結したと解釈する。

c. 情報フレームの送受信

- ・ 情報フレームは、1次局及び2次局が情報転送を行うために使用され、その制御フィールドは送信・受信シーケンス番号、ボール／ファイナルビットで構成される。

○ 送信・受信シーケンス番号の機能

- ・ 送信シーケンス番号 N (S) :
 - ・ 送信 I フレームのシーケンス番号を示す。
 - ・ 0 から 7 までの値をサイクリックにとる。送信ごとに 1 を加算する。
- ・ 受信シーケンス番号 N (R) :
 - ・ 受信側で次に受信が期待される I フレームのシーケンス番号を示す。
 - ・ N (R) は、N (R) - 1 までのすべての I フレームを誤りなく受信したことを相手側に通知する。

○ ボール (P) /ファイナル (F) ビットの役目

- ・ 次の機能を果たす (NRM、ARMの動作モード、両方向交互／同時伝送の違いにより使用方法が異なる。)

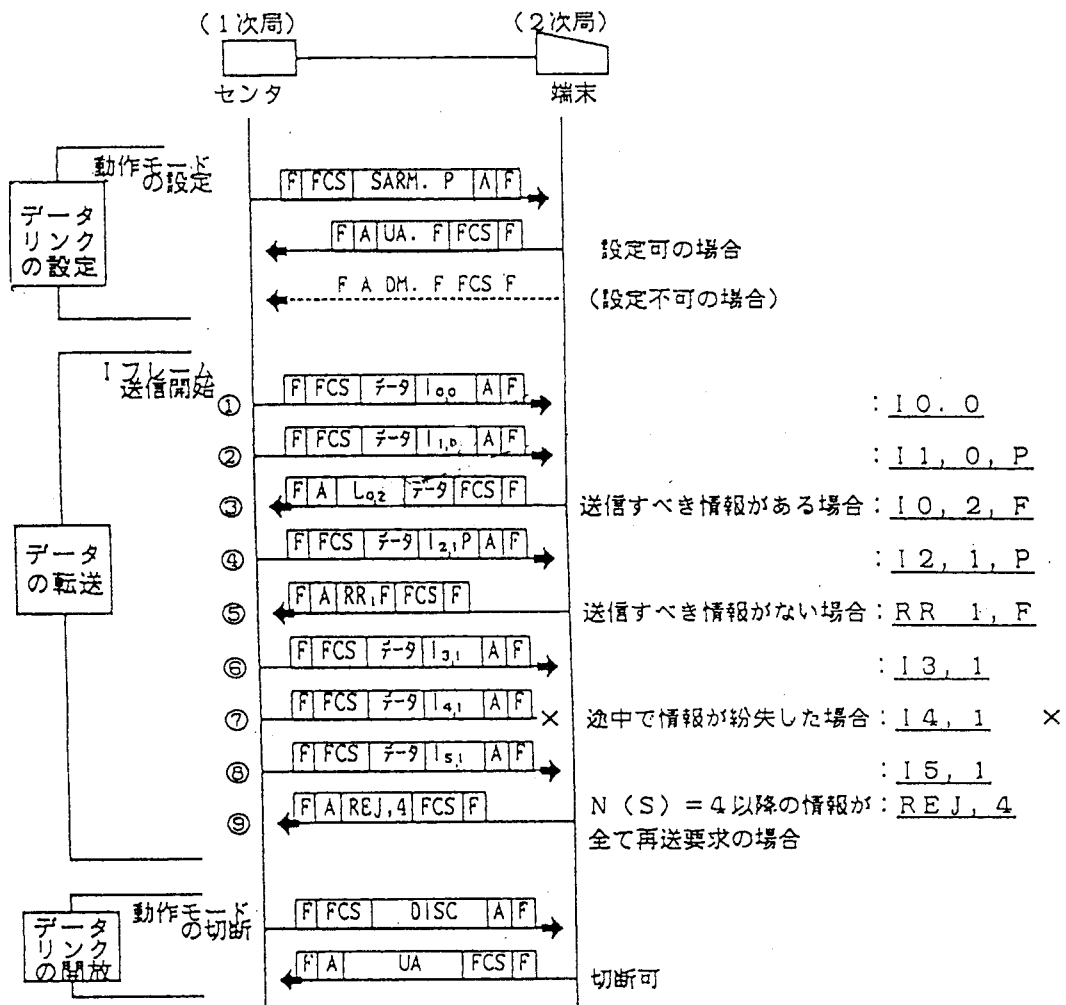
(イ) 情報や応答の勧誘

(ロ) 最終フレームの指示

(ハ) 誤り回復手段

- ・ 1次局からのPビットに対して、2次局は速やかにFビットを返送し、このFビットを受けるまで1次局は次のPビットを送ることはできない。
- ・ また、2次局は次のPビットを受信するまで、Fビットを再び送ることはできない。

d. HDLC手順の通信例



HDLC手順の例

(注) 1. Iフレーム

$I \quad N(S) \quad N(R) \quad P/F$
送信シーケンス番号 受信シーケンス番号 ポール又はファイナルビット
情報フォーマットフレーム

2. Sフレーム

$XX \quad RR \quad N(R) \quad P/F$
送信コマンド/レスポンスの種類 受信シーケンス番号 ポール又はファイナルビット

<参考文献>

1. 「JIS 各種」 財団法人 日本規格協会
2. 「概説書－2進データ同期通信 (BSC)」 日本アイ・ビー・エム株式会社編
(原典：GA27－3004－1)
3. 「情報通信技術ハンドブック」 情報通信技術ハンドブック編集委員会編 株式会社オーム社
4. 「データ伝送の基礎知識」 社団法人電気通信協会編 株式会社オーム社
5. 「パソコン・データ通信 プロトコル・ハンドブック」 朝日新聞社編 朝日新聞社
6. 「情報通信プロトコル」 石坂 編 株式会社オーム社