

情報ネットワーク

伊藤 嘉浩

講義内容

- ▶ 1) 序論
- ▶ 2) 3) ネットワークアーキテクチャ
- ▶ 4) 5) 伝送路と物理層
- ▶ 6) 誤り制御方式
- ▶ 7) MACプロトコル
- ▶ 8) 中間試験
- ▶ 9) データリンク層プロトコル
- ▶ 10) 11) データ交換とネットワーク層
- ▶ 12) 13) 14) 15) TCP/IP
- ▶ 16) 期末試験

9) データリンク層 プロトコル

データリンク層プロトコル

役割：隣接局間で
フレーム（データリンク層PDU）
の伝送サービスを提供

- ▶ データリンク層プロトコルの例
 - ▶ 基本形データ伝送制御手順
 - ▶ ハイレベルデータリンク制御手順(HDLC)
 - ▶ 論理リンク制御プロトコル(LLC)

データリンク層プロトコル

データリンク層を扱う前に. . . 歴史的な背景

基本形データ伝送制御手順（階層モデル以前のもの）

基本形データ伝送制御手順

ネットワークアーキテクチャの概念**以前**の技術

国際規格 : ISO IS1745

日本規格 : JIS X5002

米国規格 : ANSI 伝送制御手順

概要

- ▶ 制御局と従属局が存在
- ▶ コネクション型
- ▶ ストップ・アンド・ウェイトARQ
- ▶ 片方向(主局から従局へ) または半二重が基本
- ▶ メッセージをブロックに分割して送信

基本形データ伝送制御手順 の特徴

- ▶ 階層化の考え方用いられていない
 - ▶ データも制御もまとめて扱う！！
- ▶ 情報交換用符号
 - (7ビット情報 + 1パリティビット) を使用
 - ▶ ISO勧告R646(1967年)
 - ▶ ITU-T勧告V.3(1968年)
 - ▶ 日本：情報交換用7単位符号 (JIS X0201)
 - ▶ 米国 : **ASCII**(American Standard Code for Information Interchange)

ASCII符号

		下位4ビット															
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	A	B	C	D	E	F
上位3ビット	0	NUL	SOH	STX	ETX	EOT	ENQ	ACK	BEL	BS	HT	LF	VT	FF	CR	SO	SI
	1	DLE	DC1	DC2	DC3	DC4	NAK	SYN	ETB	CAN	EM	SUB	ESC	FS	GS	RS	US
	2	SP	!	“	#	\$	%	&	‘	()	*	+	,	-	.	/
	3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	:	;	<	=	>	?
	4	@	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
	5	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	[¥]	^	_
	6	｀	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	l	m	n	o
	7	p	q	r	s	t	u	v	w	x	y	z	{		}	~	DEL

ASCII符号の種類

- ▶ 機能符号
 - ▶ 伝送制御(Transmission Control) : 第2層プロトコルを実行
 - ▶ 書式制御(Format Effector) : 主に第6, 7層
 - ▶ 装置制御(Device Control) : 主に第6, 7層
 - ▶ 情報分離(Information Separator) : 主に第6層
- ▶ 記号 : 第6層
- ▶ 数字 : 第6層
- ▶ 文字 : 第6層

ASCIIの伝送制御符号

伝送制御キャラクタ (略語)	機能
TC 1 (SOH)	情報メッセージのヘッディングの開始を示す
TC 2 (STX)	テキストに先行し、ヘッディングを終結する
TC 3 (ETX)	テキストを終結する
TC 4 (EOT)	相手に対し伝送の終了を示す
TC 5 (ENQ)	遠隔局からの応答を要求する
TC 6 (ACK)	肯定的応答とし、受信側から送信側へ送る
TC 7 (DLE)	あとに続くキャラクタによって伝送制御機能が 与えられる
TC 8 (NAK)	否定的応答とし、受信側から送信側へ送る
TC 9 (SYN)	同期をとり、それを維持する
TC 10 (ETB)	伝送ブロックの終りを示す

基本形データ伝送制御手順 の传送フェーズ

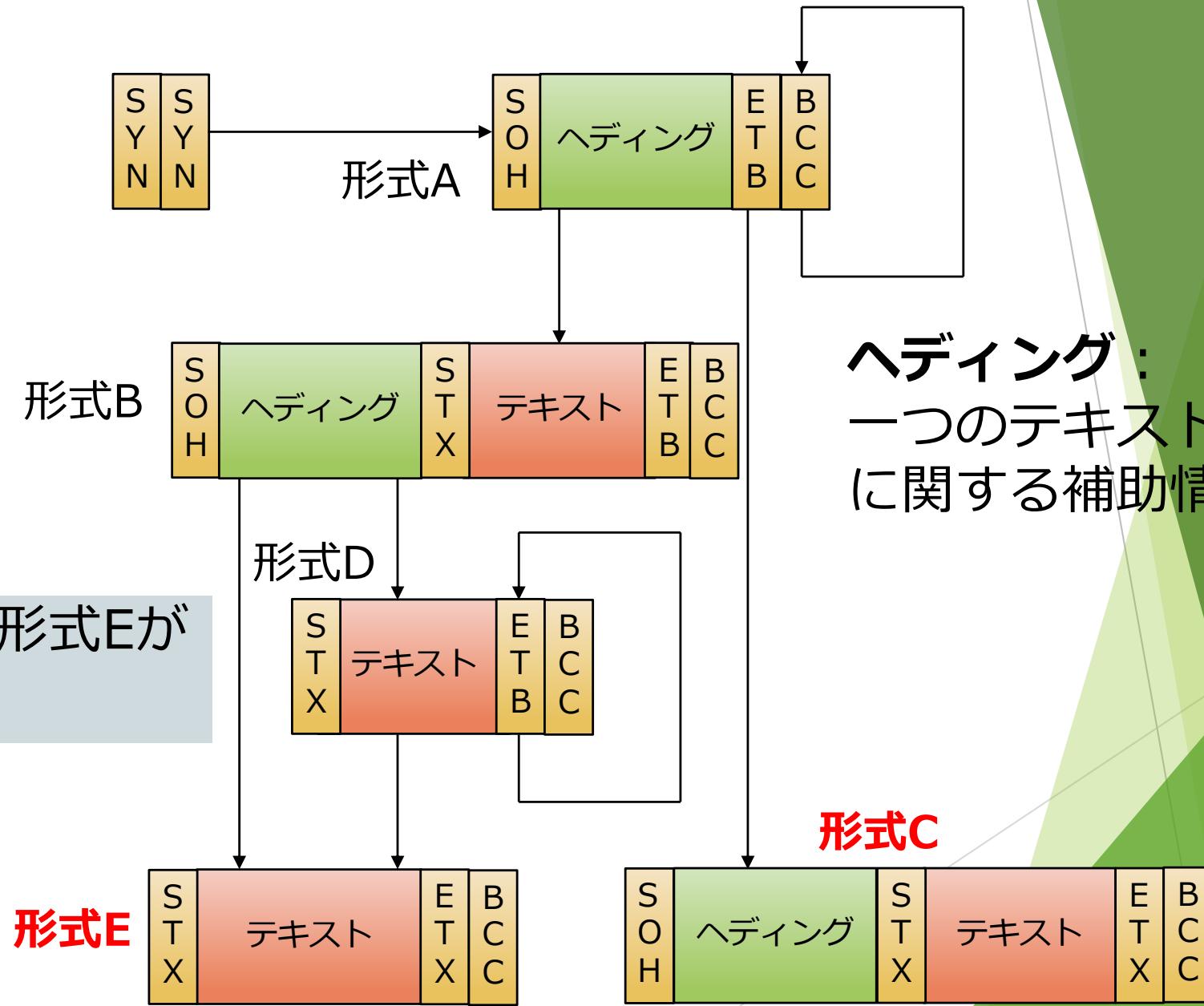
- [フェーズ1] 回線の接続（ネットワーク側）
- [フェーズ2] データリンクの確立
- [フェーズ3] 情報の転送
- [フェーズ4] データリンクの終結
- [フェーズ5] 回線の切斷（ネットワーク側）

※フェーズ1と5は
ISOの伝送制御手順には含まれない

基本形データ伝送制御手順におけるフレームの種類

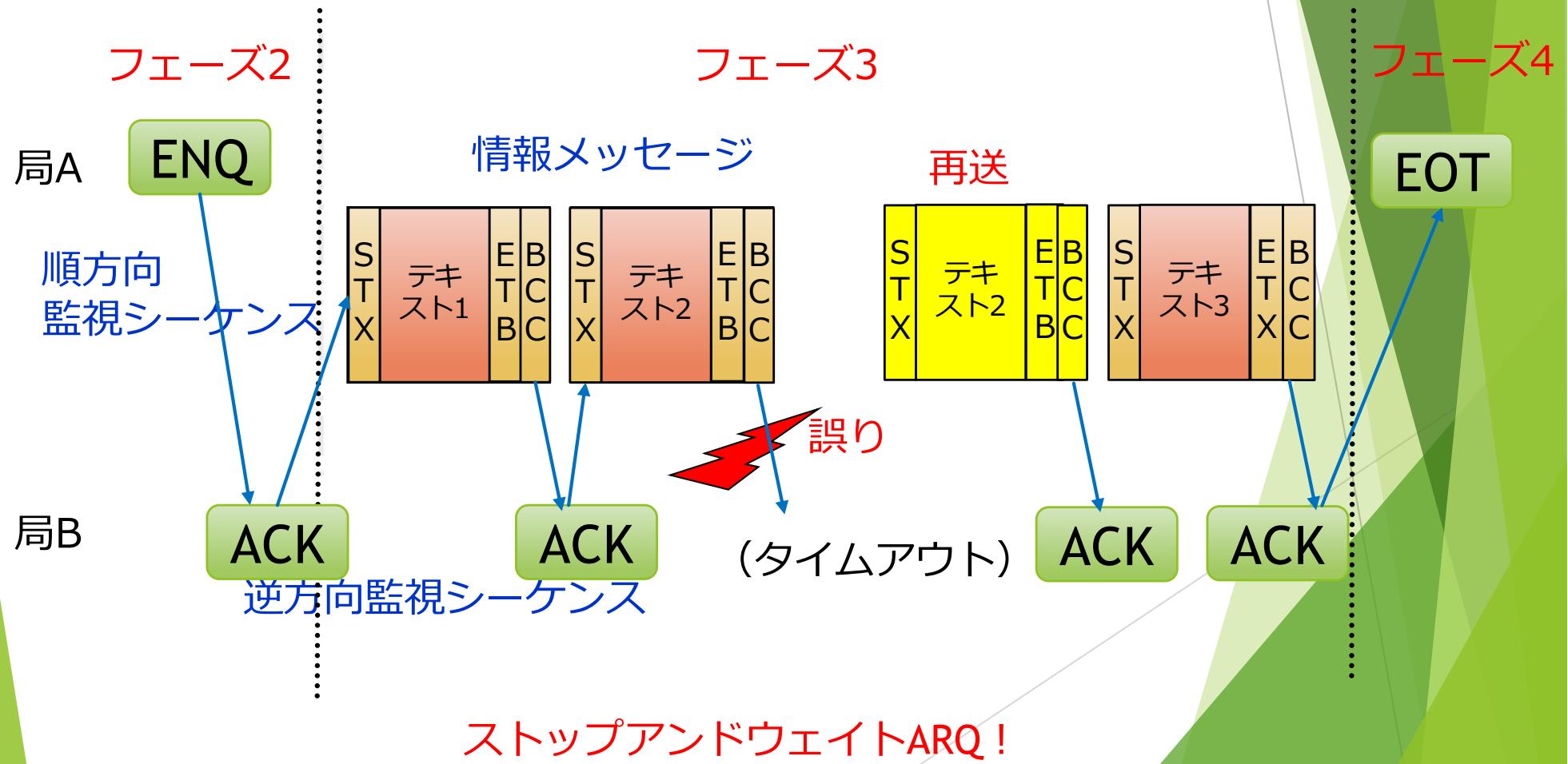
- ▶ 情報メッセージフレーム
 - ▶ ASCII符号の SYN, SOH, STX, ETB, ETXを使用
- ▶ 順方向監視フレーム
 - ▶ 制御局から従属局の方向（データリンク確立前）
 - ▶ 主局から従局の方向（データリンク確立後）
 - ▶ ASCII符号の SYN, ENQ, EOTを使用
- ▶ 逆方向監視フレーム
 - ▶ 順方向と逆の方向
 - ▶ SYN, ACK, NAK, EOTを使用

情報メッセージフレームの構成



基本形データ伝送制御手順におけるデータ伝送の例

1つのメッセージを3ブロックに分割して送信
ブロック2に誤りが発生。



基本形データ伝送制御手順の (たくさん)問題点

- ▶ 片方向伝送が基本であるため、伝送方向が反転する度にフェーズ2と4を繰り返す必要があり面倒

解決策

全二重通信を可能にする

- ▶ ストップ・アンド・ウェイトARQなので伝送効率が低い

解決策

連続ARQを用いる

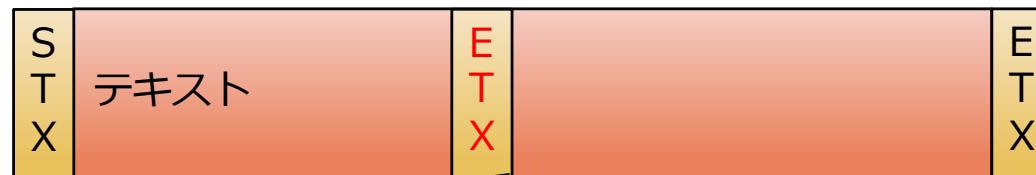
- ▶ 情報交換用符号を用いているため
伝送情報のビットパターンに制約※

解決策

**情報交換用符号
を用いない**

- ▶ 回線制御と端末制御が分離されていない
- ▶ 伝送制御符号は誤り検出できない

伝送情報ビットパターンの制約とは？



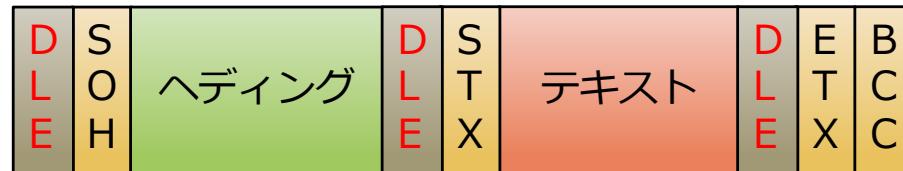
誤ってテキストの
終了と判定してしまう

拡張モードによる対応

- ▶ 基本形データ伝送制御手順の拡張モード
 - ▶ 会話モード
 - ▶ 両方向同時伝送モード
 - ▶ 複数従局セレクション
 - ▶ コードインデpendantモード

コードインデpendantモード

フェーズ3において符号の制限を受けずに
情報メッセージを転送する手段を追加



- SOH, STXなどの伝送制御コードの直前にDLE(Data Link Escape)コードを付与
- データ中にDLEと同じキャラクタが発生した場合はDLEを余分に付与して伝送
- 受信側でDLEが2個連続するときはその一つを除去

Character stuffing と呼ばれる

データリンク層プロトコル

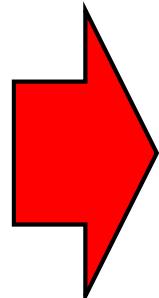
High level Data Link Control

ここからが本命

基本形データ伝送制御手順の問題を踏まえ...

HDLCの規格と特徴

基本形データ伝送制御手順の欠点を改善



- ▶ 全二重通信を行う
- ▶ 連續ARQを用いる
- ▶ 情報交換用符号を用いない

HDLC(High level Data Link Control)の特徴

- ▶ コネクション型
- ▶ 連續ARQ
- ▶ 全二重通信 (ピギィバックAck)

HDLCの標準規格

- ▶ 国際標準
 - ▶ ISO/IEC13239 : High level Data Link Control (HDLC) procedure
- ▶ 米国標準
 - ▶ ANSI: Advanced Data Communication Control Procedure (ADCCP)
- ▶ 日本標準
 - ▶ JIS X 5203 : ハイレベルデータリンク制御手順 (1998年)

HDLCにおける局（端末）の種類

▶ 不平衡型

▶ **一次局**と**二次局**から構成

▶ 一次局

▶ 制御を行う

▶ **コマンド**を送信し**レスポンス**を受信

▶ 二次局

▶ 一次局の指示によって制御を実施

▶ レスポンスを送信しコマンドを受信

▶ 平衡型

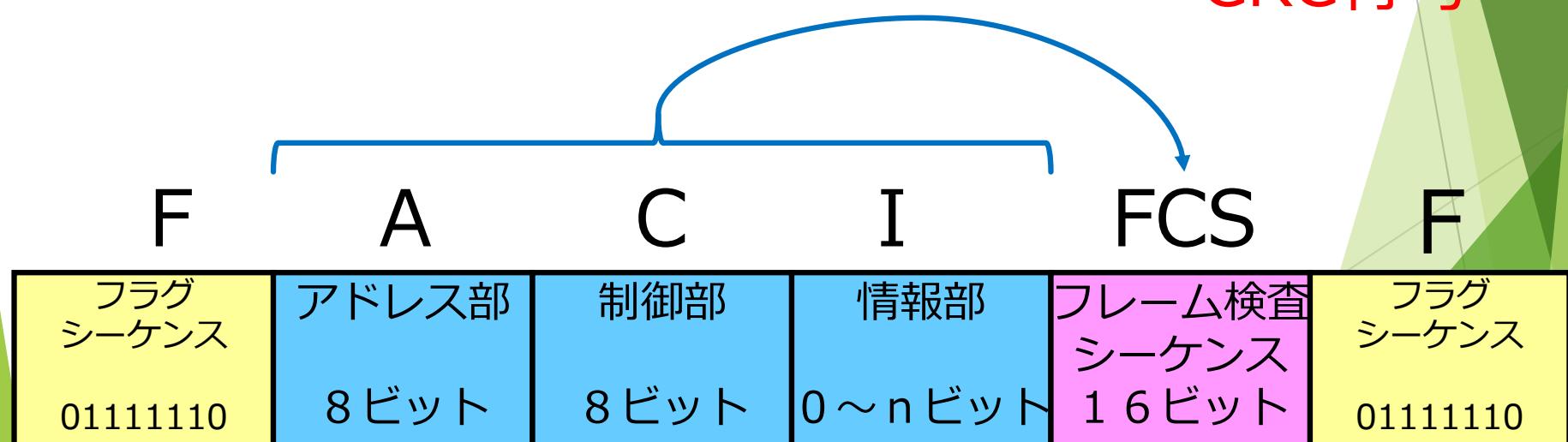
▶ **複合局**のみから構成

▶ 複合局

▶ コマンド及びレスポンスの両方を送受信

HDLCのフレーム構成

- ▶ フレーム (HDLCにおける伝送単位)
- ▶ 任意のビットパターンを传送可能 (トランスペアレント)
 - ▶ 情報交換用符号を用いない
- ▶ シーケンス番号(順序番号)
- ▶ 連續ARQを可能とするため



生成多項式は $g(X) = X^{16} + X^{12} + X^5 + 1$

各フィールド（部）の意味

▶ フラグシーケンス

▶ 01111110

▶ フレームの始まりと終わり（境界）を示す

▶ トランスペアラントにするためbit stuffingを実行

▶ もしデータに1が5回連續したら？

▶ 送信側で0を追加して、受信側で削除

▶ アドレスフィールド

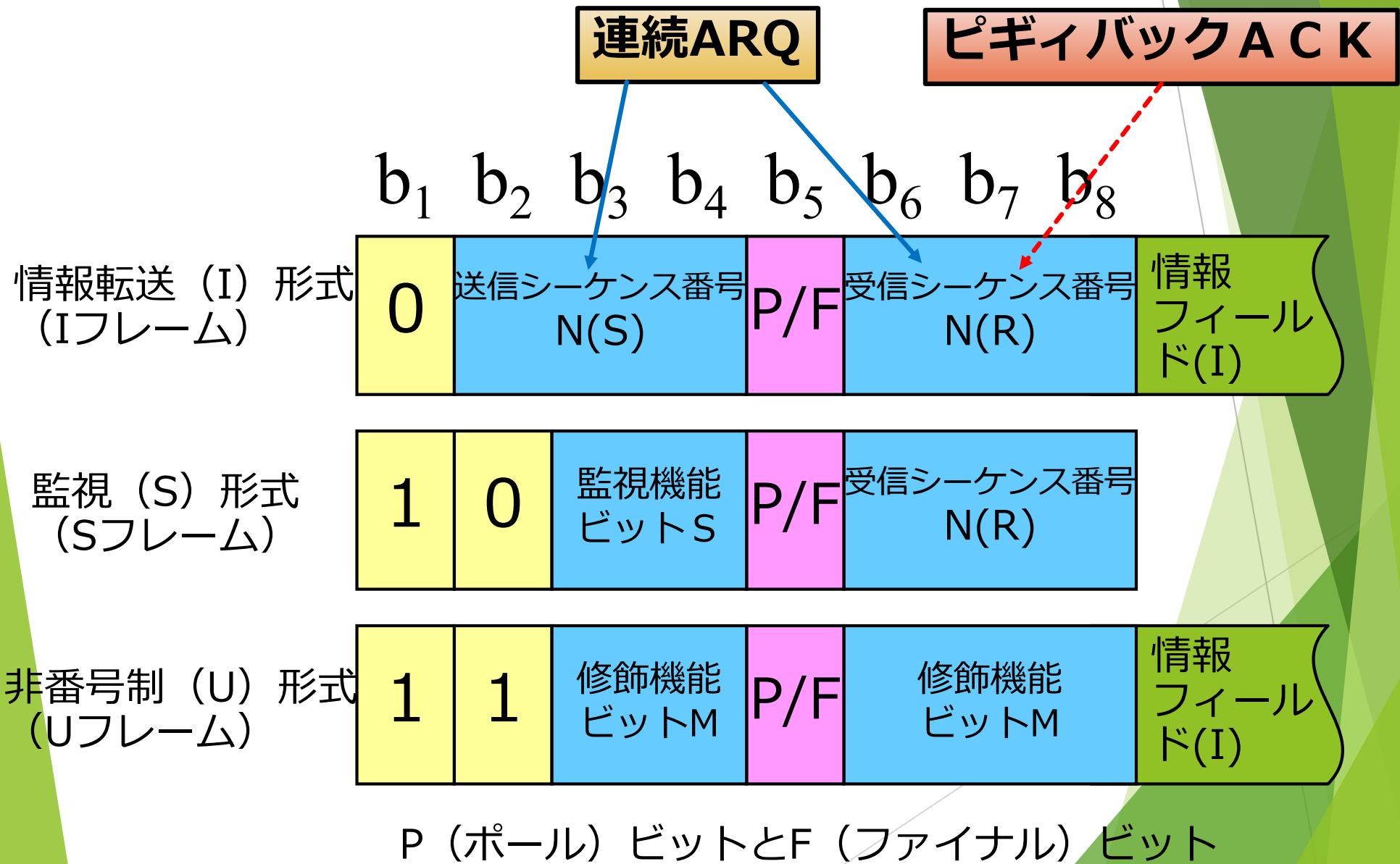
▶ 二次局または複合局のアドレス

▶ 制御フィールド

▶ フレームの種類を区別する

▶ コマンドとレスポンスの定義

制御フィールドの構成



フレームの種類

▶ 情報 (I) フレーム

- ▶ 情報フィールドを使って情報を転送

▶ 監視 (S) フレーム

- ▶ I フレームの受信確認 (RR)
- ▶ 再送要求 (REJ, SREJ)
- ▶ 一時的送信休止要求 (RNR)

▶ 非番号制 (U) フレーム

- ▶ コネクションの設定・切断等

シーケンス番号（順序番号）

- ▶ HDLCでは**シーケンス番号の概念が重要**
 - ▶ 連續ARQを実現するため、シーケンス番号の連續性のチェックが必要
 - ▶ シーケンス番号により、順序制御や誤りに対する制御が可能
- ▶ 8進(制御フィールド内の3ビット)の番号制のフレーム送受信 (**同時監視**)
 - ▶ $N(R)$ =次に受信が期待される**I**フレームのシーケンス番号

例) $N(S)=3$ のコマンドには $N(R)=4$ のレスポンスで応答
 - ▶ **7個の I フレームまで連續送信可※**

連續送信可能なフレーム数

送達確認を受信することなく連続送信できる
フレームの最大数は**7個**まで（8個ではない）
(8個まで送るとCase-AとCase-Bの区別ができなくなる)

Case-A

フレーム



Ack0

時間

Case-B

フレーム



誤りなど

すべてのフレームが紛失

Ack0

時間

HDLCの手順要素

コマンドを受信した局（つまり二次局か複合局）
が実行しなければならない動作を規定
(全二重通信, 連續ARQの実現に必要)

▶ 動作モード

▶ データリンクが設定された後の二次局または複合局
の動作形態

▶ 切断モード

▶ データリンクが設定されていない二次局または複合
局の動作形態

▶ 初期モード

▶ 二次局または複合局のリンク制御プログラムを初期
化または再生成するモード

HDLCの動作モード

HDLCの制定時は、
まだ集中制御が基本
(SDLC (HDLCの原形)
: 1974年)

二次局に関して定義

▶ 正規応答モード(Normal Response Mode: NRM)

- ▶ $P = 1$ のときのみ二次局は送信できる
- ▶ SNRM または SNRMEで設定。

▶ 非同期応答モード(Asynchronous Response Mode: ARM)

- ▶ いつでも送信できる
- ▶ SARM または SARMEで設定

制御部を16ビットに拡張
シーケンス番号 : 7ビット

複合局に関して定義

▶ 非同期平衡モード(Asynchronous Balanced Mode: ABM)

- ▶ いつでも送信できる
- ▶ SABM または SABMEで設定。

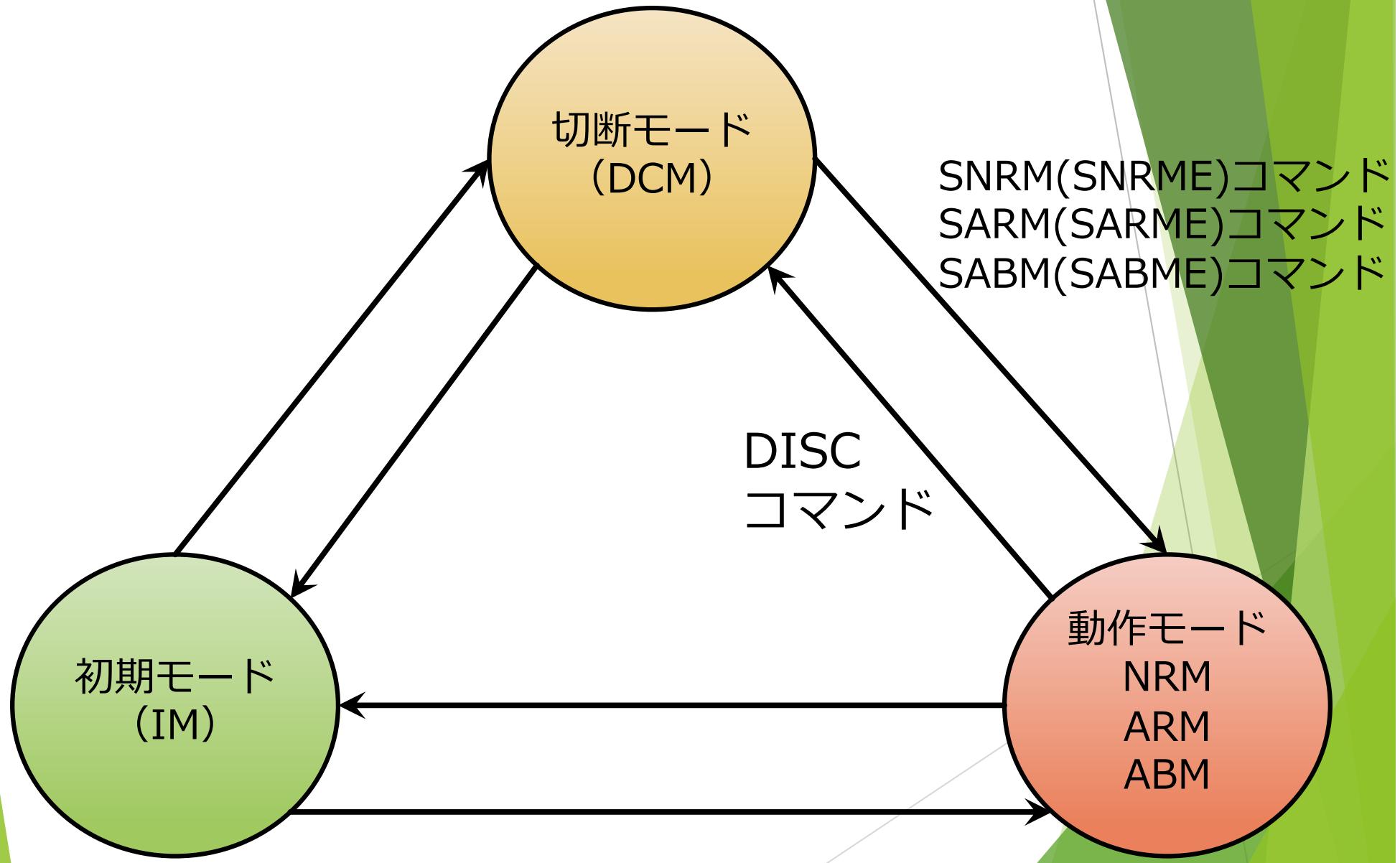
SNRM, SARM, SABM,... : コマンド

切断モード

- ▶ 正規切断モード(Normal Disconnected Mode: NDM)
 - ▶ $P = 1$ のコマンドまたは $P = 0$ のUPコマンドを受信したときに限りレスポンスを送信できる
- ▶ 非同期切断モード(Asynchronous Disconnected Mode: ADM)
 - ▶ いつでも送信できる

二次局がどちらの切断モードに移行するかは、あらかじめ取り決めておくものとする

モード間の状態遷移

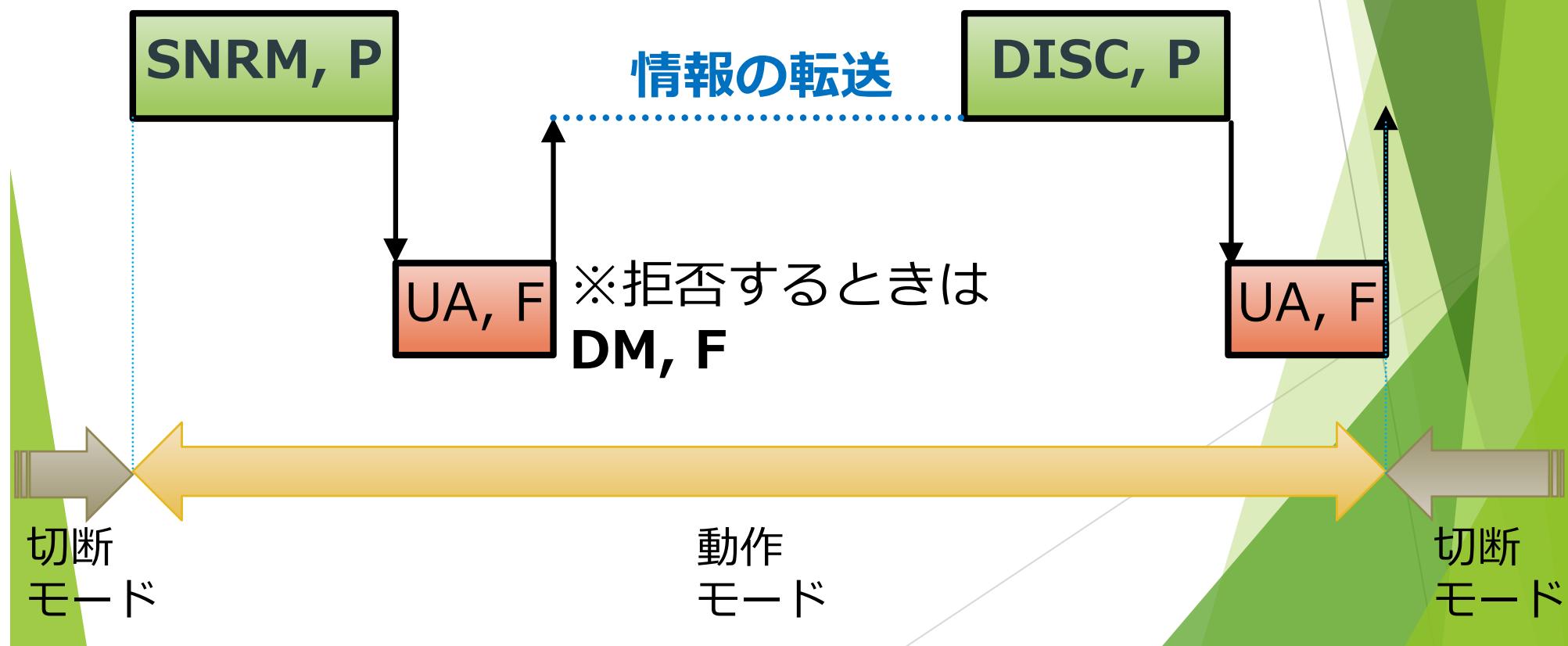


切断モードと動作モード間の遷移

例) 正規応答モードの場合

データリンクの確立

データリンクの終結



再送の方法

- ▶ P/Fビットによる再送
 - ▶ チェック・ポインティング
 - ▶ 送信局が自分で誤りに気づいて再送
- ▶ タイムアウト再送(基本機能)



基本機能 :
送信局が自分で
誤りに気づいて
再送

- ▶ REJコマンドによる再送
 - ▶ NAKを用いたgo-back-N ARQ
- ▶ SREJコマンドによる再送
 - ▶ NAKを用いたselective repeat ARQ
 - ▶ 単一フレームのみの再送要求



付加機能 :
相手局から誤り
の発生を知らせ
てもらって再送

HDLCの手順クラス

手順要素を組み合わせ、
使用できるコマンドとレスポンスを制限して
クラスを定義

- ▶ 不平衡型手順クラス
 - ▶ 一次局と二次局
 - ▶ 動作モード：NRMまたはARM
- ▶ 平衡型手順クラス
 - ▶ 複合局
 - ▶ 動作モード：ABM

HDLCの基本手順クラス

使用できるコマンド・レスポンスの組み合わせで基本手順クラスを定義

- ▶ **UNクラス**(Unbalanced NRM)
- ▶ **UAクラス**(Unbalanced ARM)
- ▶ **BAクラス**(Balanced ABM)

これらの基本手順クラスの一つに
付加機能を加えて、望む手順クラスを構成
(HDLC手順のサブセット)

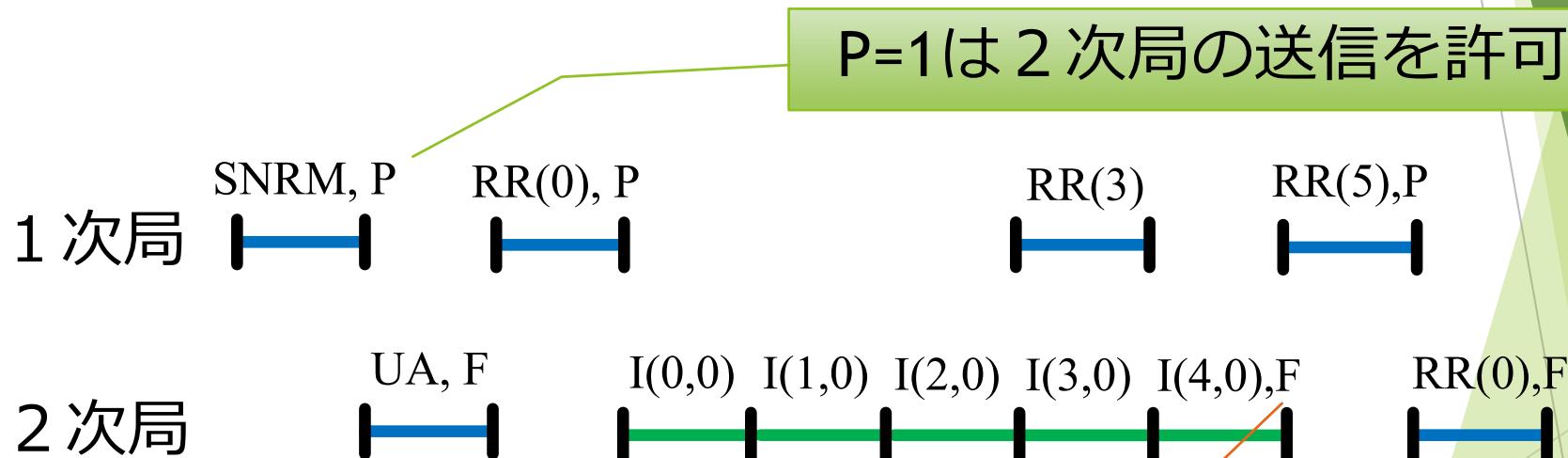
基本手順クラスの コマンド・レスポンス

不均衡形 正規応答モードクラス (UN)		不均衡形		平衡形	
		非同期応答 モードクラス (UA)		非同期平衡 モードクラス (BA)	
コマンド	レスポンス	コマンド	レスポンス	コマンド	レスポンス
I (情報伝送) RR (受信可能) RNR (受信不可 能) SNRM DISC	I RR RNR UA DM CMDR (要求棄却)	I RR RNR SARM DISC	I RR RNR UA DM CMDR	I RR RNR SABM DISC FRMR (拒絶状態フレームの受信) RESET (受信順序番号を0)	I RR RNR UA DM FRMR

HDLCフレーム送信例

NRM（正規応答モード）で
伝送誤りがない場合

2次局から1次局へデータを送る場合



$I(j, k)$: 送信シーケンス番号が j で、受信シーケンス番号が k の情報フレーム

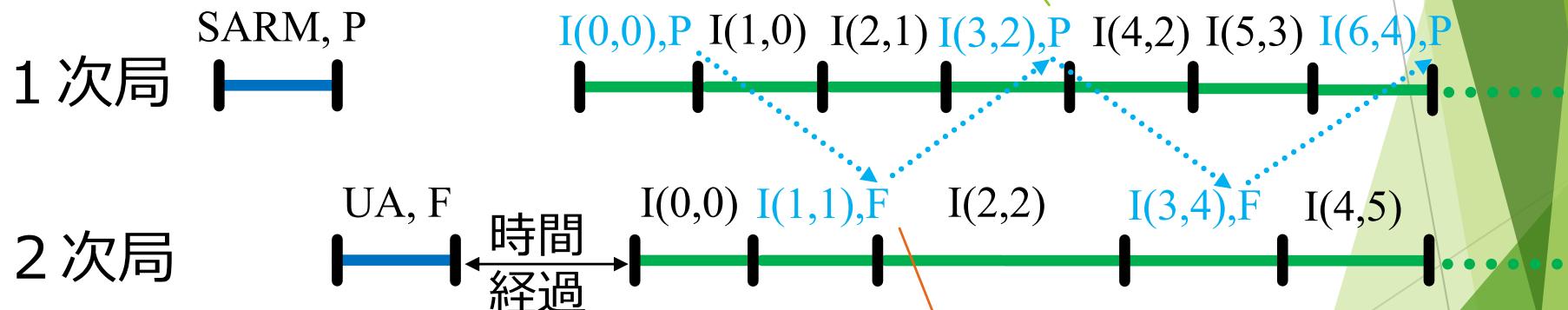
$RR(k)$: 受信シーケンス番号が k の受信通知

HDLCフレーム送信例

ARM（非同期応答モード）で
伝送誤りがない場合

1次局からデータ送信を開始する場合

ARMではP=1は送信許可を意味しない

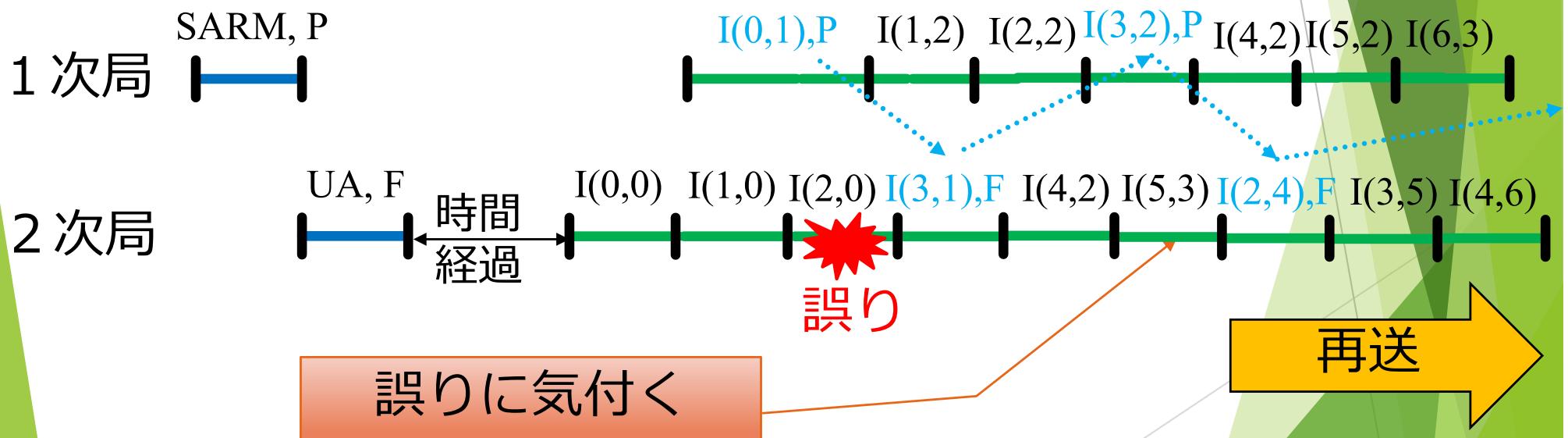


P=1のコマンドを受け取ると
最も早く送信できるレスポンスを
F=1として送信する

P/Fビットによる再送例 (ARMの場合)

ARM (非同期応答モード) で
伝送誤りがある場合

Iレスポンスにエラーがあった場合



※P/Fビットの送信はストップ・アンド・ウェイト

HDLCの利用

- ▶ 電話回線によるインターネット接続などで利用（昔々泣き顔）
- ▶ **Cisco社**ではCisco HDLCのように、HDLCのフレーム構成技術のみを採用した独自プロトコルを開発
- ▶ 赤外線通信プロトコル(IrDA:Infrared Data Association)の土台にもなっている

データリンク層プロトコル

LANにおけるデータリンク層

IEEE 802.2 (Logical Link Control副層)

論理リンク制御プロトコル

放送形ネットワークにおけるデータリンク層



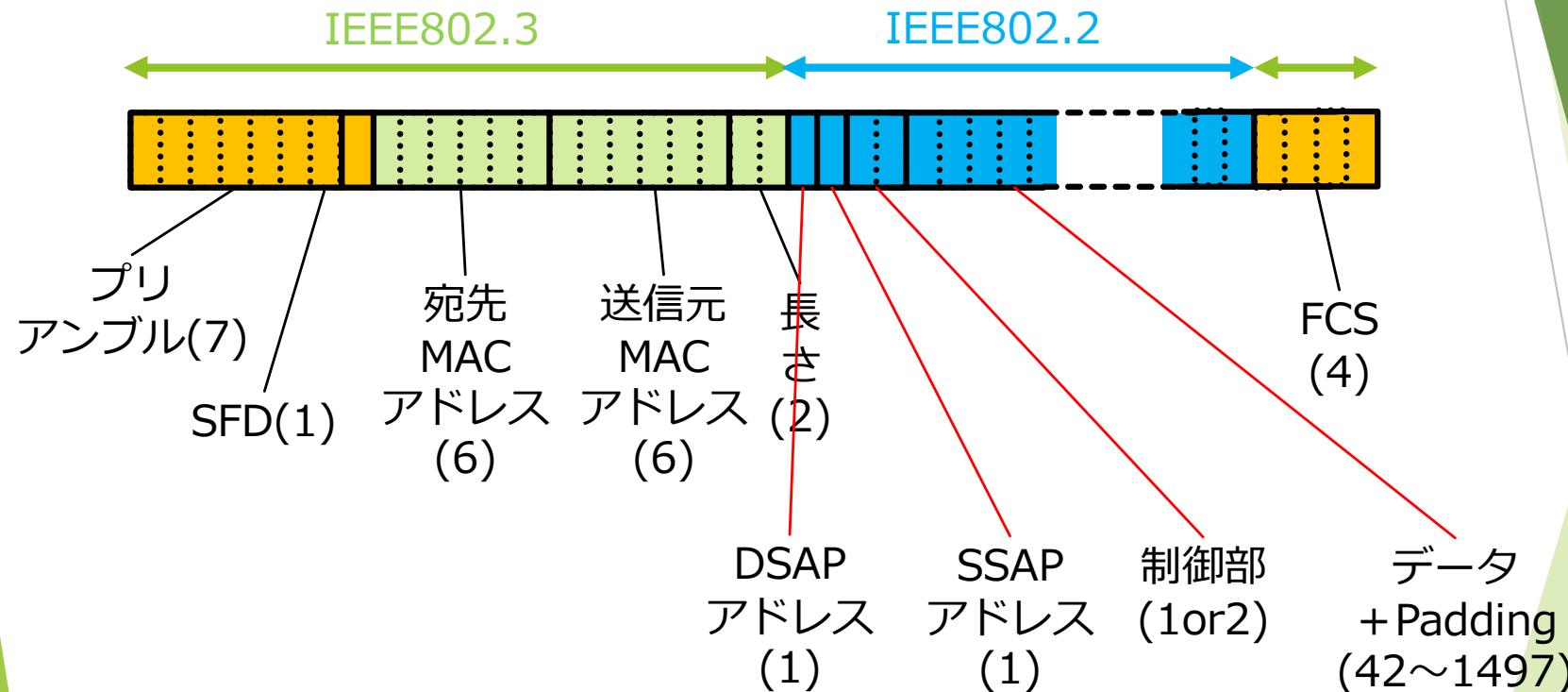
代表的なLLCプロトコル：IEEE 802.2規格

(実は) HDLCのサブセットを基に作成

- クラスⅠ：運用タイプ（1）（コネクションレス型サービス）のみを提供
- クラスⅡ：運用タイプ（1）と運用タイプ（2）（コネクション型サービス）の二つを提供

IEEE 802.2

IEEE802.3 + IEEE802.2形式



DSAPアドレス：宛先プロセス（サービス）
SSAPアドレス：送信元プロセス（サービス）

SAPとSNAP

代表的なSAP値

SAP値	サービス
0x06	IP
0x10	NetWare IPX
0xaa	IEEE802.2 LLC/SNAP
0xe0	NetWare IPX
px0	NetBIOS

SNAP (Subnetwork Access Protocol) 形式

多数のサービスを扱えるようにSAPを拡張



LLCの手順クラスのコマンド／レスポンス

クラスI LLC

形式	コマンド	レスポンス	名称	制御部ビット構成							
				b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8
情報	I	I	Information	0	N(S)			P/F	N(R)		
監視	RR	RR	Receive ready	1	0	0	0	P/F	N(R)		
	RNR	RNR	Receive not ready	1	0	1	0	P/F	N(R)		
	REJ	REJ	Reject	1	0	0	1	P/F	N(R)		
非番号	UI		Unnumbered information	1	1	0	0	P	0	0	0
	DISC		Disconnect	1	1	0	0	P	0	1	0
	SABM		Set asynchronous balanced mode	1	1	1	1	P	1	0	0
	XID	XID	Exchange identification	1	1	1	1	P/F	1	0	1
	TEST	TEST	Test	1	1	0	0	P/F	1	1	1
		UA	Unnumbered acknowledgment	1	1	0	0	F	1	1	0
		DM	Disconnect mode	1	1	1	1	F	0	0	0
		FRMR	Frame reject	1	1	1	0	F	0	0	1