

# CAN 入門書

## 要約

この資料は、"これから CAN を勉強したい"と思われる方を対象にした"CAN の入門書"です。

CAN とは何か、CAN の特徴、標準規格での位置付けなど、CAN の概要および CAN プロトコルを解説しています。

## ご利用に際しての注意事項

この資料は、BOSCH 社(Robert Bosch GmbH)が提唱する CAN の概要およびプロトコルについてまとめたもので、応用を行う上での参考資料です。

CAN 機能を組み込んだ製品について責任を負うものではありません。

## 目次

1.	What's CAN?	2
1.1	CAN の応用例	3
1.2	バスポロジ	4
2.	CAN の特徴	5
3.	エラー	7
3.1	エラー状態の種類	7
3.2	エラーカウンタの値	9
4.	CAN プロトコルの基本概念	10
5.	CAN プロトコルと標準規格	11
5.1	ISO で規格化された CAN プロトコル	11
5.2	ISO11898 と ISO11519-2 の相違点	12
5.3	CAN と標準規格	15
6.	CAN プロトコル	16
6.1	フレームの種類	16
6.2	データフレーム	19
6.3	リモートフレーム	25
6.4	エラーフレーム	27
6.5	オーバーロードフレーム	28
6.6	インターフレームスペース	29
6.7	プライオリティ(優先順位)の決定	30
6.8	ビットスタッフ	33
6.9	エラーの種類	34
6.10	エラーフレームの出力	35
6.11	ビットタイミング	36
6.12	同期の取り方	38
6.13	ハード同期	39
6.14	再同期	40
6.15	同期合わせの規則	41

## 1. What's CAN?

CAN とは Controller Area Network の略称(以下 CAN という)で、ISO(注 1)にて国際的に標準化されたシリアル通信プロトコルです。

これまで自動車産業では、安全性、快適性、低公害、低コストを求め、様々な電子制御システムが開発されてきました。これらの制御システムは、システムごとに通信のデータタイプや要求の信頼性などが異なるため、複数のバスラインに構成される場合が多く、ワイヤーハーネスの数も増加していきました。"ワイヤーハーネスを削減する"、"複数の LAN を介して大容量データを高速に通信する"といったニーズに応えるため、1986 年ドイツの電装メーカー BOSCH 社が自動車向けの通信プロトコルとして CAN を開発しました。その後、CAN は ISO11898 および ISO11519 で規格化され、現在、欧州では自動車 LAN の標準プロトコルに位置付けられています。

今日では、CAN の高い性能と信頼性が認められ、その用途は FA、船舶、医療機器、産業機器など多方面にわたっています。

図 1 に車載 LAN の構想を示します。CAN などの通信プロトコルが開発され、複数の LAN がゲートウェイを介してデータのやりとりを行うことができるようになりました。

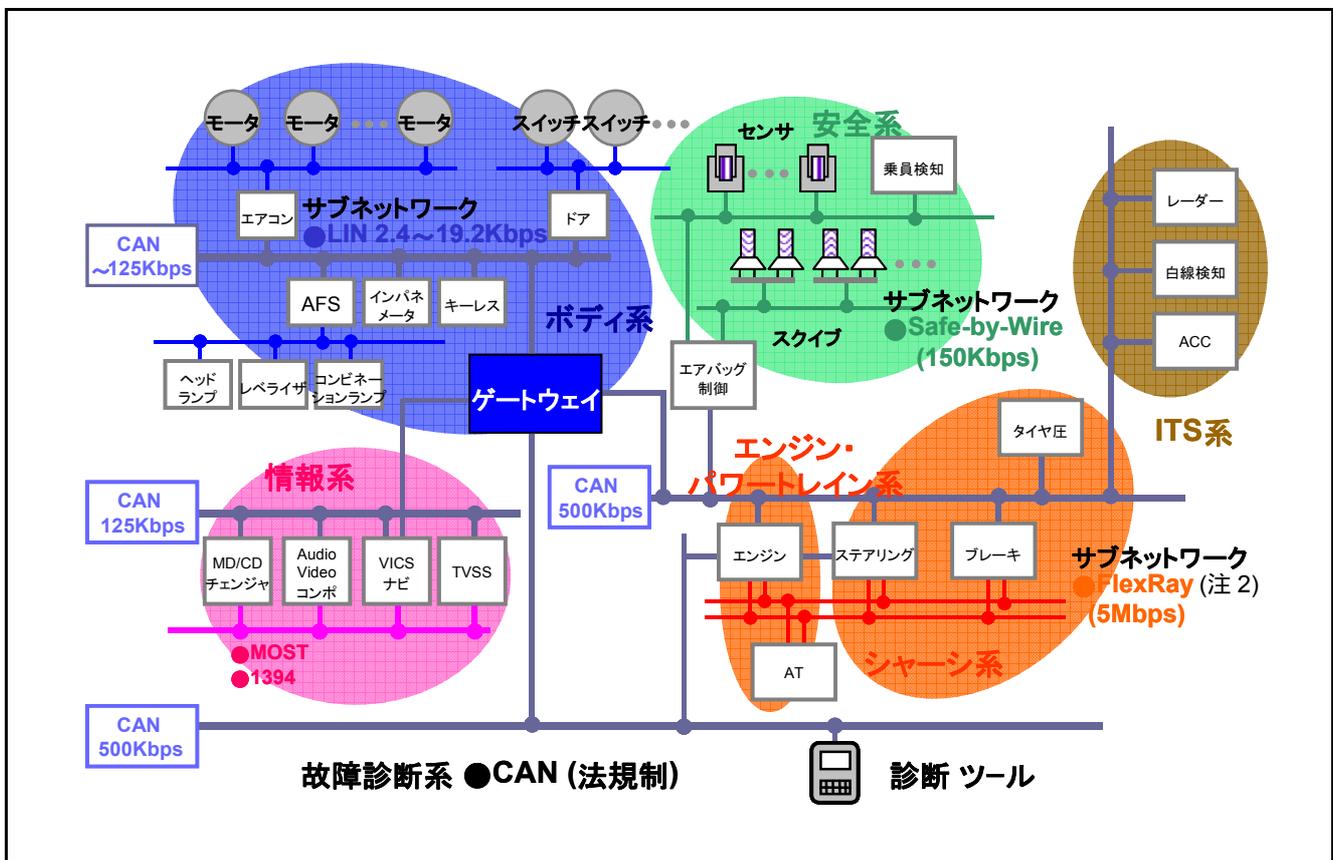


図 1 車載 LAN 構想

注1. ISO: International Organization for Standardization(国際標準化機構)

注2. FlexRay™ はダイムラークライスラー社の登録商標です。

## 1.1 CAN の応用例

図 2に CAN の応用例を示します。

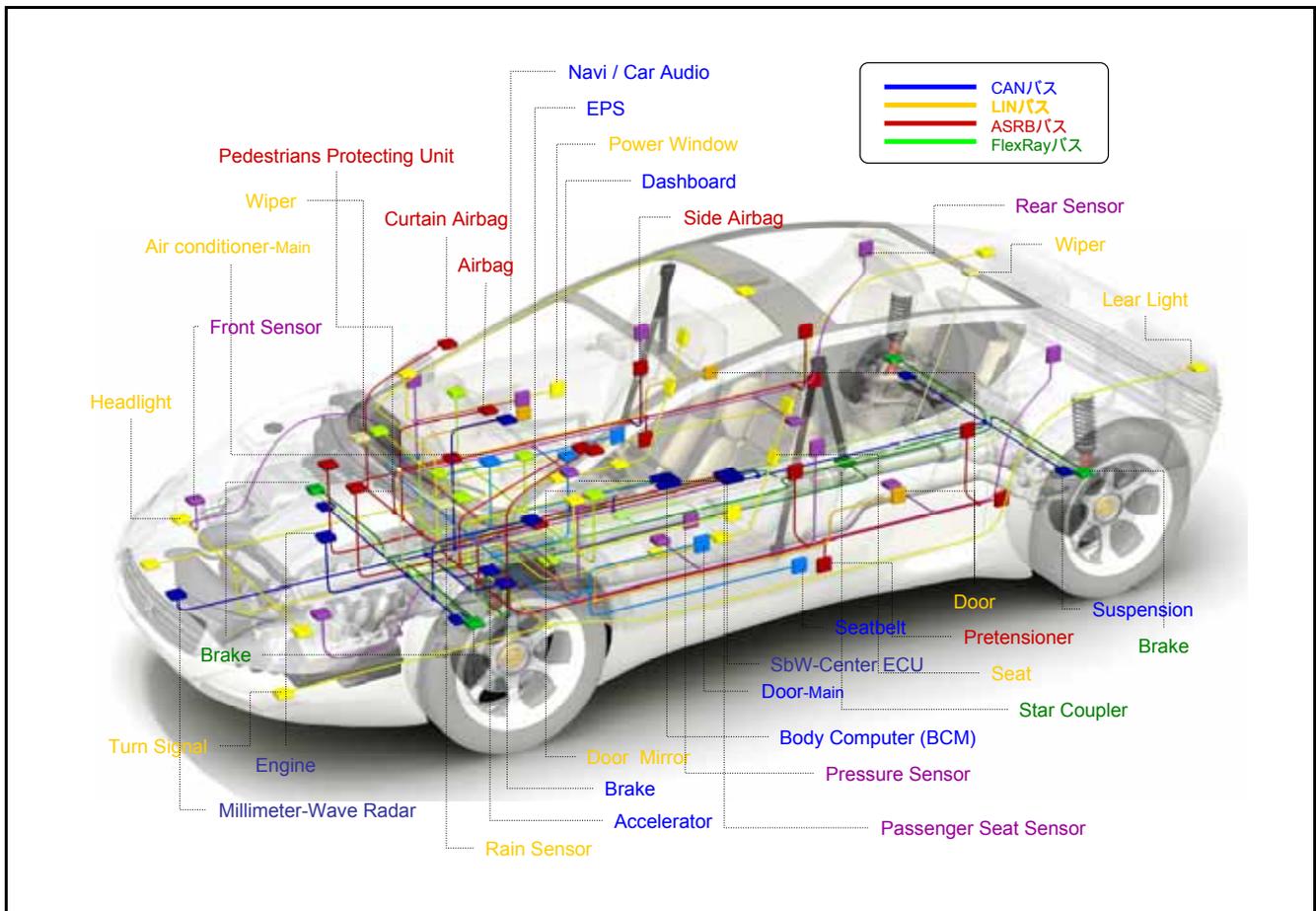


図 2 CAN 応用例

### 1.2 バストポロジ

CAN コントローラは2本のワイヤの電位差によりそのバスのレベルを判断します。バスのレベルにはドミナントレベルとレセシブレベルがあり、必ずどちらか一方のレベルをとります。送信ユニットはこのバスのレベルを変化させることによって、受信ユニットにメッセージを送信することができます。

図 3に CAN の接続例を示します。

バスにつなげられたすべてのユニットがメッセージを送信することができます。2つ以上のユニットが同時に送信を開始した場合は、一番優先順位の高いメッセージを有するユニットが送信権を獲得し、他のすべてのユニットは受信動作を行います。

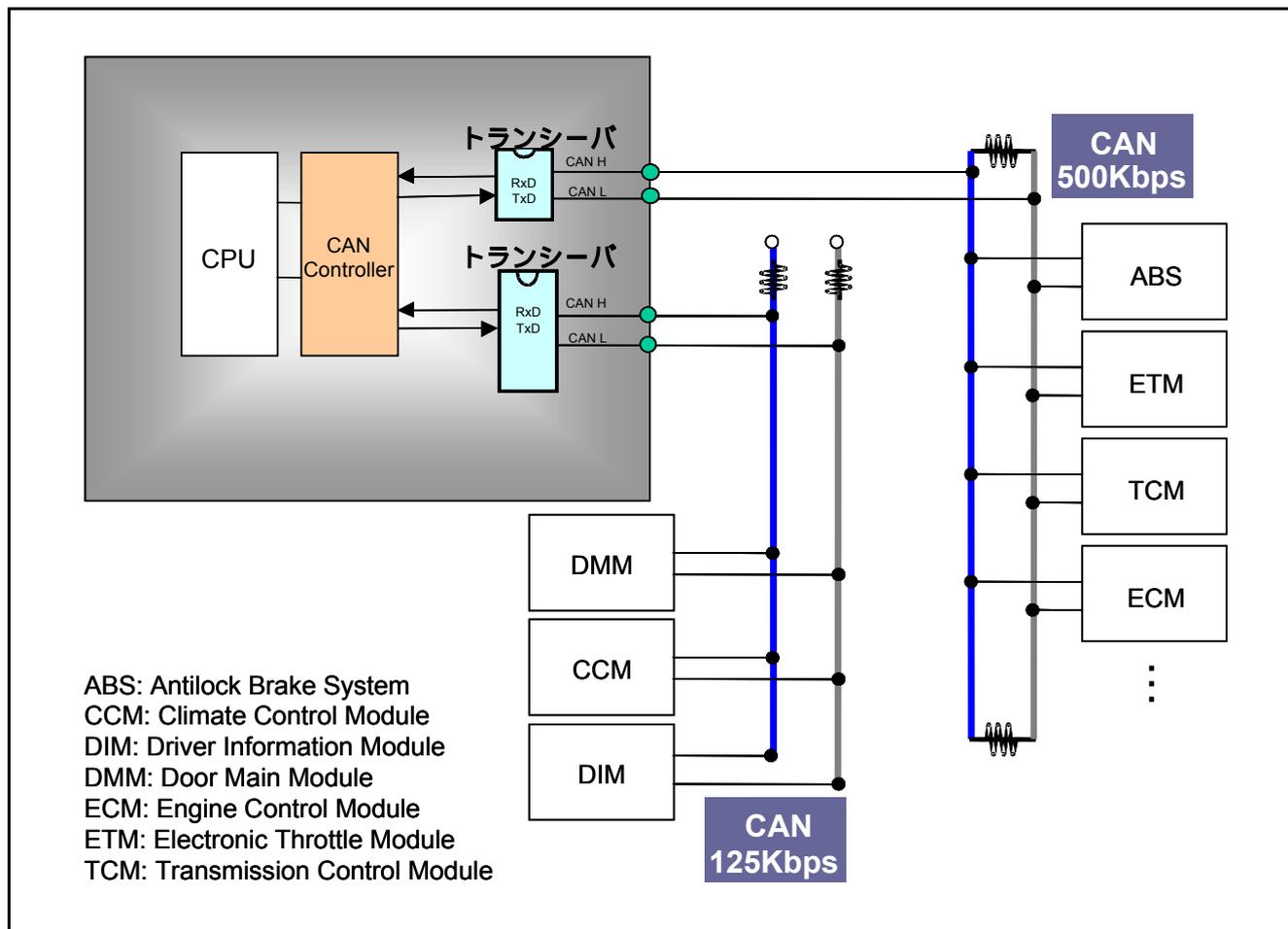


図 3 CAN 接続例

## 2. CAN の特徴

CAN プロトコルは次のような特徴をもっています。

### (1) マルチマスタ

バスが空いているときは、バスに接続されるすべてのユニットがメッセージの送信を始めることができます(マルチマスタ)。

バスに対して最初に送信を開始したユニットが送信権を得ることができます(CSMA/CR 方式(注 1))。

同時に複数のユニットが送信を始めた場合は、優先順位の高い ID のメッセージを送信しているユニットが送信権を得ることができます。

### (2) メッセージの送信

CAN プロトコルでは、すべてのメッセージは決まったフォーマットで送信されます。バスが空いているときは、バスにつながるすべてのユニットが新しいメッセージの送信を始めることができます。2 つ以上のユニットが同時にメッセージの送信を始めた場合は、識別子(Identifier 以下 ID という)によって優先順位が決められます。ID はメッセージの送り先を示すものではなく、バスにアクセスする際のメッセージの優先順位を示します。2 つ以上のユニットが同時にメッセージを開始した場合、各メッセージの ID に対してビット単位で調停(アービトレーション)を行います。アービトレーションに勝った(1 番高い優先順位をもつと判断された)ユニットはそのまま送信を続け、アービトレーションに負けたユニットは直ちに送信をやめ受信動作に移ります。

### (3) システムの柔軟性

バスにつながるユニットは、アドレスのような情報を持っていません。そのためバスにユニットを追加または削除する場合、バスにつながる他のユニットのソフトウェア、ハードウェアおよびアプリケーション層に変更を加える必要がありません。

### (4) 通信速度

ネットワークの規模に合わせて通信速度を設定することができます。

1 つのネットワーク内では、すべてのユニットに対して同一の通信速度を設定しなければなりません。通信速度が異なるユニットが 1 つでもつなげられていると、そのユニットがエラーを出し通信を阻害してしまいます。異なるネットワークでは違っていてもかまいません。

### (5) 遠隔データ要求

"リモートフレーム"を送信して他のユニットにデータ送信を要求することができます。

### (6) エラーの検出機能・エラーの通知機能・エラーのリカバリー機能

すべてのユニットがエラーを検出することができます(エラーの検知機能)。

エラーを検出したユニットは、即座に他のすべてのユニットに対して一斉にエラーを通知します(エラーの通知機能)。メッセージを送信しているユニットがエラーを検出するとその送信を強制的に終了してエラーを通知し、その後そのメッセージが正常に送信されるまで再送信を繰り返します(エラーのリカバリー機能)。

### (7) 故障の封じ込み

CAN では外部からのノイズなどが原因で一時的にバス上のデータが化けるエラーと、ユニットの内部故障、ドライバの故障、断線などが原因で継続的にバス上のデータが化けるエラーがあり、これらのエラーの種類を判別する機能があります。この機能により、エラーを起こしやすいユニットが他の正常なユニットの通信を妨げないようにそのユニットの通信の優先度を下げたり、継続的にバス上のデータが化けている場合はそのエラーの原因となっているユニットをバスから切り離します。

注1. CSMA/CR: Carrier Sence Multiple Access with Collision Resolution

#### (8) 接続

CAN バスは複数のユニットを同時に接続することのできるバスです。接続可能なユニットの数に理論的な制限はありません。しかし実際に接続できる数はバスの遅延時間と電気的な負荷によって制限されます。通信速度を下げるとより多くのユニットを接続することができ、通信速度を上げると接続できるユニットの数は少なくなります。

## 3. エラー

### 3.1 エラー状態の種類

ユニットは3つの状態のうちどれか1つの状態にあります。

#### (1) エラーアクティブ状態

エラーアクティブ状態はバス上の通信に正常に参加することができる状態です。

エラーアクティブ状態のユニットがエラーを検出したときは"アクティブエラーフラグ"を出力します。

詳細は「6. CAN プロトコル」を参照してください。

#### (2) エラーパッシブ状態

エラーパッシブ状態はエラーを起こしやすい状態です。

エラーパッシブ状態のユニットはバス上の通信に参加することはできますが、他のユニットの通信を妨害しないようにするために、受信時に積極的なエラー通知を行うことができません。エラーパッシブ状態のユニットがエラーを検出している場合、他のエラーアクティブ状態のユニットがエラーを検出していなければ、バス全体としてはエラーがなかったと判断されます。

エラーパッシブ状態のユニットがエラーを検出したときは"パッシブエラーフラグ"を出力します。

また、エラーパッシブ状態のユニットは送信を完了した後にすぐに送信を開始することはできません。次の送信を開始する前に、インターフレームスペースにおいてサスペンドトランスミッション(8ビットのレセシブビット)の期間が挿入されます。

詳細は「6. CAN プロトコル」を参照してください。

#### (3) バスオフ状態

バスオフは、バス上の通信に参加できない状態です。

送受信すべての動作を禁止されます。

これらの各状態は送信エラーカウンタと受信エラーカウンタで管理しており、このカウンタ値によっていずれかのエラー状態に分類されます。

表 1および図 4にエラー状態とカウンタ値の関係を示します。

表 1 エラー状態とカウンタ値

ユニットのエラー状態	送信エラーカウンタ値(TEC)	受信エラーカウンタ値(REC)
エラーアクティブ状態	0 ~ 127	かつ 0 ~ 127
エラーパッシブ状態	128 ~ 255	または 128 ~ 255
バスオフ状態	256 ~	-

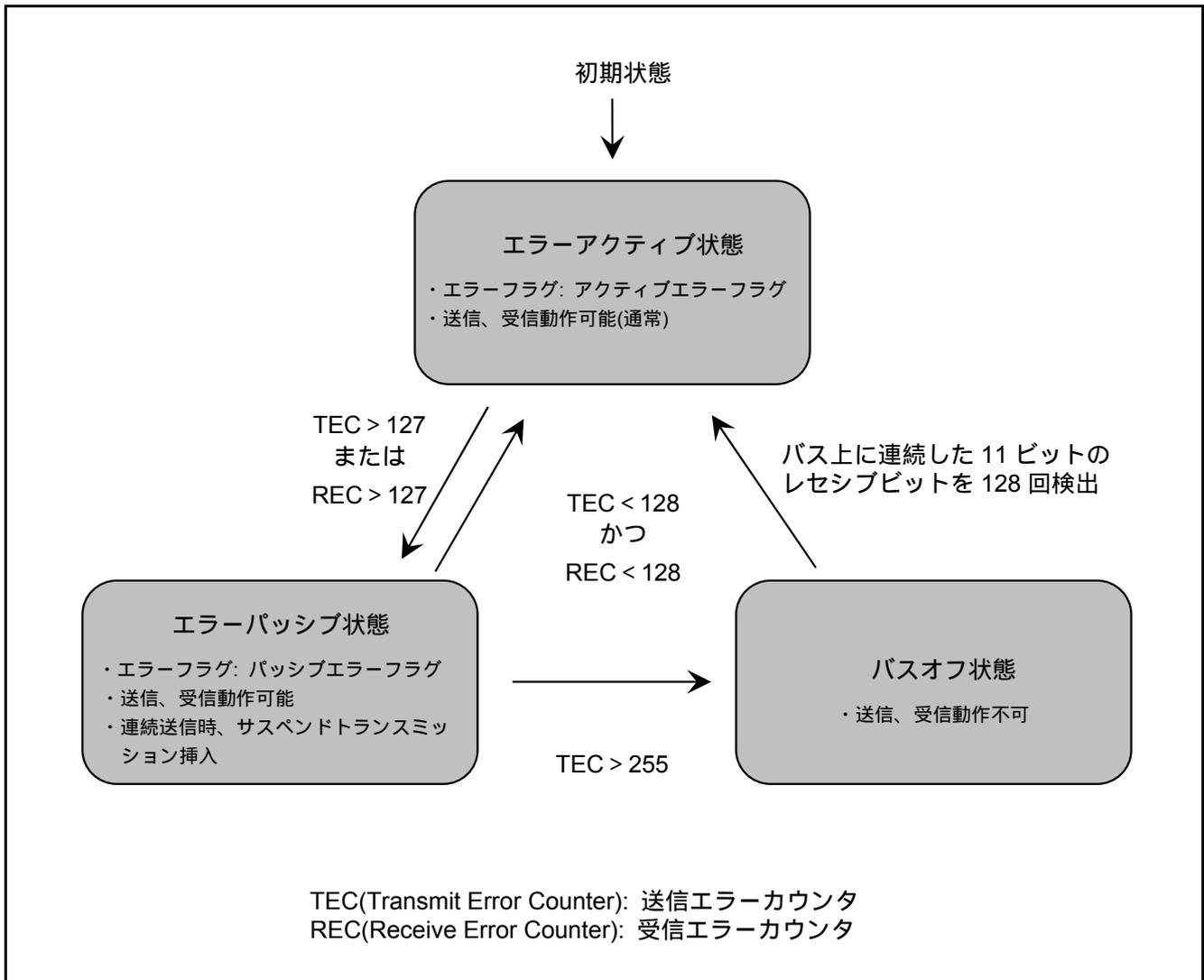


図 4 ユニットのエラー状態

### 3.2 エラーカウンタの値

送信エラーカウンタ値、受信エラーカウンタ値は一定の条件に従い変化します。

表 2 にエラーカウンタ値の変動条件を示します。

1 つのデータ送受信に複数の条件が重なる場合があります。

エラーカウンタがカウントアップするタイミングはエラーフラグの第 1 ビット目になります。

表 2 エラーカウンタ値の変動条件

	送受信エラーカウンタの変動条件	送信エラーカウンタ (TEC)	受信エラーカウンタ (REC)
1	受信ユニットがエラーを検出したとき。 ただし、受信ユニットがアクティブエラーフラグまたはオーバーロードフラグを送信中にビットエラーを検出した場合は除く。	-	+1
2	受信ユニットがエラーフラグを送信した後の最初のビットにドミナントビットを検出したとき。	-	+8
3	送信ユニットがエラーフラグを送信したとき(注 1)。	+8	-
4	送信ユニットがアクティブエラーフラグまたはオーバーロードフラグを送信中にビットエラーを検出したとき。	+8	-
5	受信ユニットがアクティブエラーフラグまたはオーバーロードフラグを送信中にビットエラーを検出したとき。	-	+8
6	各ユニットがアクティブエラーフラグ、オーバーロードフラグの最初から 14 ビットの連続したドミナントを検出したときと、その後 8 ビットの連続したドミナントレベルを検出するたび。	送信ユニットのとき +8	受信ユニットのとき +8
7	パッシブエラーフラグの後に追加の 8 ビットの連続したドミナントを検出したときと、その後 8 ビットの連続したドミナントレベルを検出するたび。	送信ユニットのとき +8	受信ユニットのとき +8
8	送信ユニットがメッセージを正常に送信したとき(ACK が返り EOF の完了までエラーを検出しなかったとき)。	-1 TEC=0 のとき ±0	-
9	受信ユニットがメッセージを正常に受信したとき(ACK スロットまでエラーを検出せず、ACK を正常に返すことができたとき)。	-	1 REC 127 のとき-1 REC=0 のとき ±0 REC > 127 のとき REC=119 ~ 127 間の 値をセット
10	バスオフ状態のユニットが連続した 11 ビットのレセシブルレベルを 128 回検出したとき。	TEC=0 にクリア	REC=0 にクリア

注1. 送信ユニットが次の場合には送信エラーカウンタは変化しない。

- ・エラーパッシブ状態で ACK を検出しないことによる ACK エラーを検出し、かつパッシブエラーフラグを送信中にドミナントレベルを検出しなかった場合
- ・アービトレーション中にスタッフエラー(ビットスタッフとしてレセシブルレベルを送信したがドミナントレベルを検出)が発生した場合

#### 4. CAN プロトコルの基本概念

CAN プロトコルは ISO が規定した OSI(注 1)基本参照モデルのトランスポート層、データリンク層、物理層を含むプロトコルです。

図 5に CAN プロトコルが OSI 基本参照モデルの各層において定義している項目を示します。

データリンク層は MAC(注 2)サブ層と LLC(注 3)サブ層に分けられ、MAC サブ層が CAN プロトコルの核となります。データリンク層の機能は、物理層から受け取った信号を意味のあるメッセージとしてまとめ伝送誤り制御などのデータ伝送制御手順を提供することです。具体的にはメッセージのフレーム化、アービトレーション、ACK、エラーの検出や通知を行っています。データリンク層の機能は通常 CAN コントローラのハードウェアで実行されます。

物理層では、信号が実際にどのように送信されているのか、ビットタイミング、ビットのコード化および同期化の手順について定義しています。しかし、具体的に、信号レベル、通信速度、サンプルポイント値、ドライバやバスの電気的特性、コネクタの形態などを定義しているわけではありません。これらはすべて、システムごとにユーザーが選択しなければなりません。

BOSCH 社の CAN 仕様書ではトランシーバやバスの電気的特性などは定義されていません。しかし CAN プロトコルの ISO 規格である ISO11898、ISO11519-2 などにおいて規格ごとにトランシーバやバスの電気的特性などについて定義されています。

- 注1. OSI: Open Systems Interconnection (開放型システム間相互接続)
- 注2. MAC: Medium Access Control (媒体アクセス制御)
- 注3. LLC: Logical Link Control (論理リンク制御)

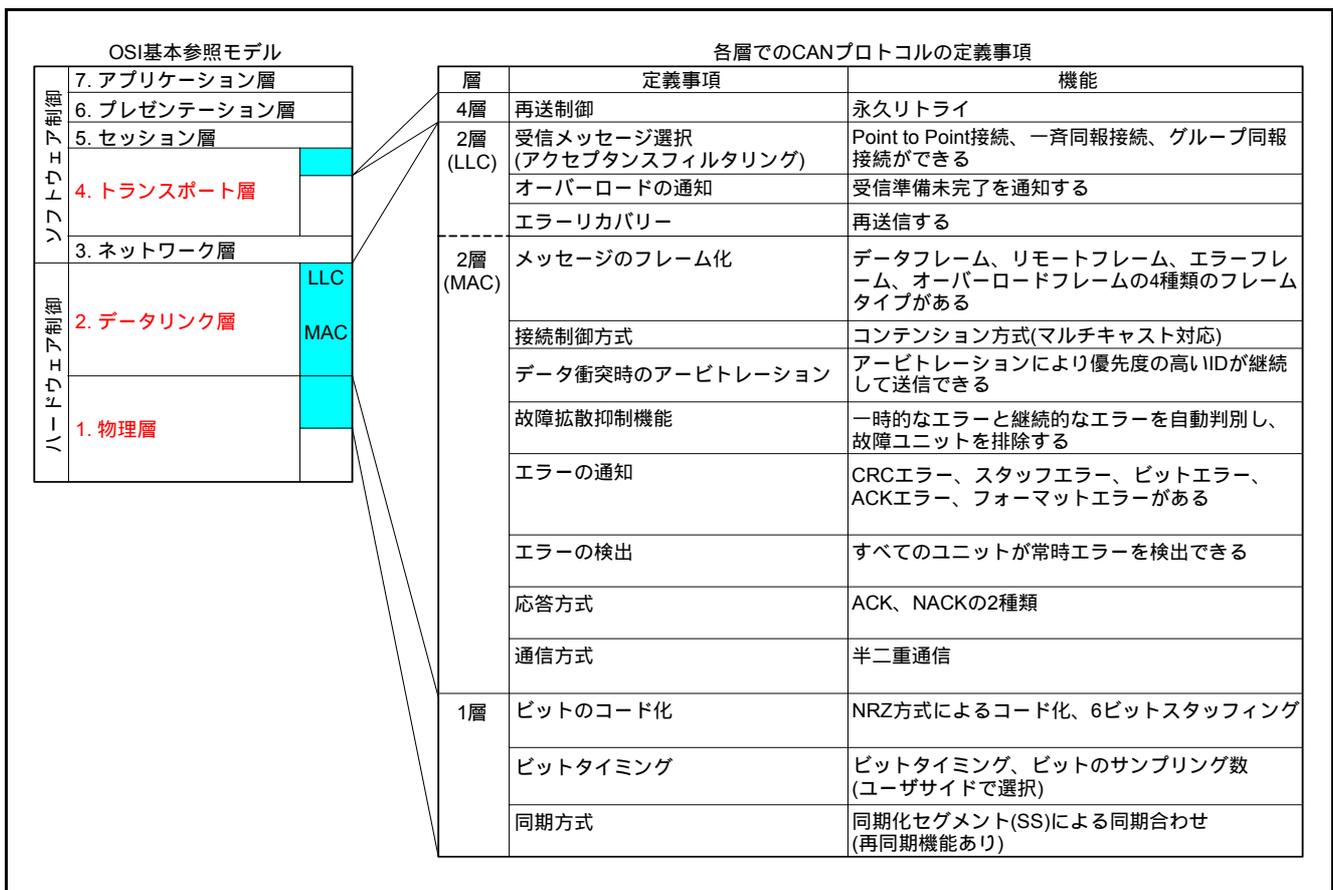


図 5 ISO/OSI 基本参照モデルと CAN プロトコル

## 5. CAN プロトコルと標準規格

### 5.1 ISO で規格化された CAN プロトコル

CAN プロトコルは ISO により規格化されており ISO11898 と ISO11519-2 の規格があります。

ISO11898 と ISO11519-2 の規格はデータリンク層の定義に違いはありませんが、物理層において違いがあります。

#### (1) ISO11898 とは

ISO11898 は通信速度が 125Kbps ~ 1Mbps の CAN ハイスピード通信の規格です。

ISO11898 はデータリンク層と物理層の両方が規定されていました。その後、データリンク層のみの規格である ISO11898-1 と、物理層のみの規格である ISO11898-2 に分かれました。その際 ISO11898-1 にいくつかの仕様が追加されました。

#### (2) ISO11519 とは

ISO11519 は通信速度が ~ 125Kbps の CAN ロースピード通信の規格です。

5.2 ISO11898 と ISO11519-2 の相違点

図 6に CAN プロトコルと CAN プロトコルの中での ISO11898、ISO11519-2 の規定範囲を示します。CAN プロトコルは物理層の PLS(注 1)サブ層、PMA(注 2)サブ層、MDI(注 3)サブ層の 3 つのサブ層について定義されていて、そのうち PMA サブ層と MDI サブ層に相違があります。

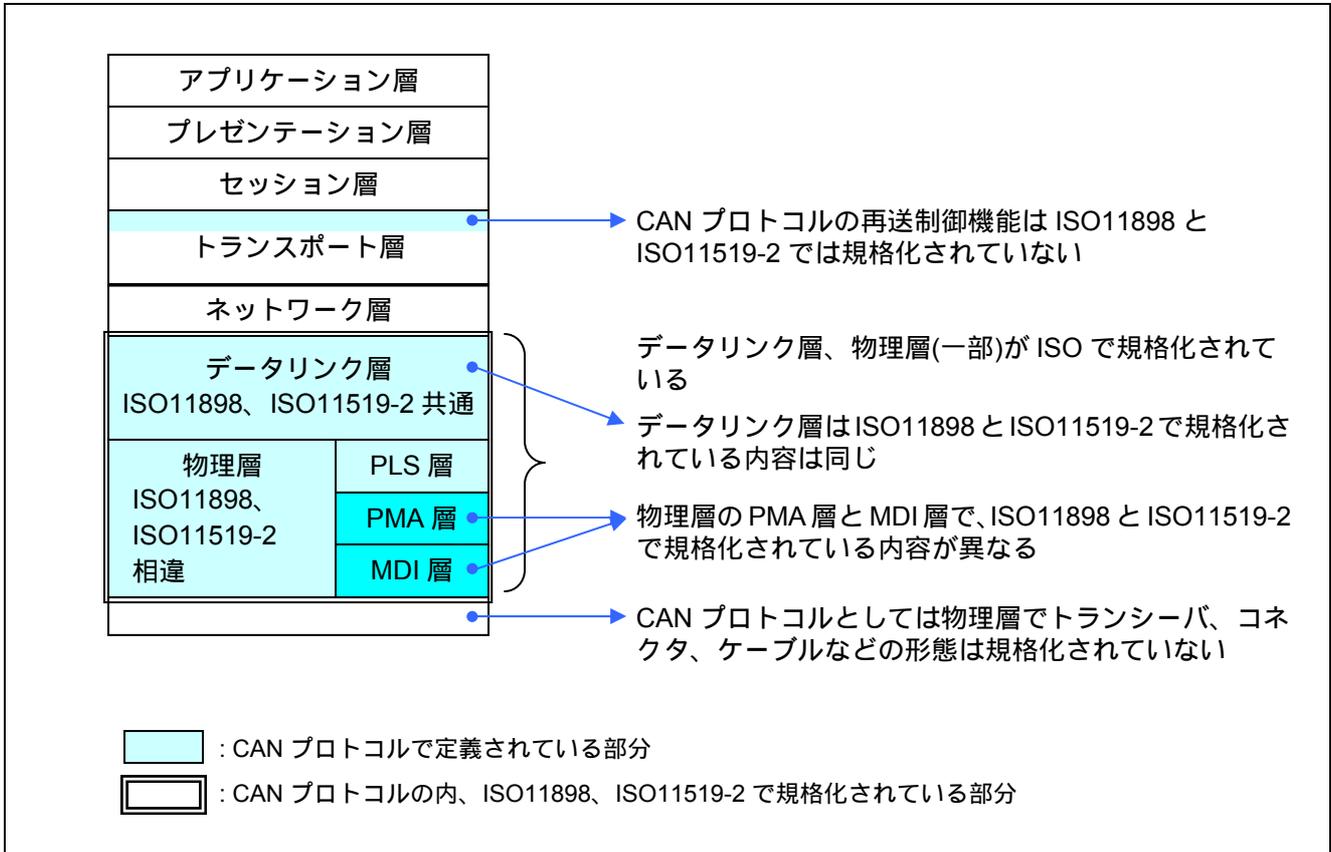


図 6 ISO で規格化された CAN プロトコル

- 注1. PLS: Physical Signaling Sublayer(物理信号制御)
- 注2. PMA: Physical Medium Attachment(物理媒体接続)
- 注3. MDI: Medium Dependent Interface(媒体依存インターフェース)

表 3に ISO11898 と ISO11519-2 の物理層における主な相違点を示します。また、図 7に通信速度とバスの長さとの関係を示します。

通信速度およびバスの長さについてはシステムに応じてユーザが設定する必要があります。

表 3 ISO11898 と ISO11519-2 の物理層における主な相違点

物理層	ISO11898(High speed)						ISO11519-2(Low speed)					
通信速度	1Mbps まで						125Kbps まで					
最大バス長	40m/1Mbps						1Km/40Kbps					
接続ユニット数	最大 30						最大 20					
バスポロジ- (注 1)	レセシブ			ドミナント			レセシブ			ドミナント		
	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.	Min.	Nom.	Max.
CAN_High (V)	2.00	2.50	3.00	2.75	3.50	4.50	1.60	1.75	1.90	3.85	4.00	5.00
CAN_Low (V)	2.00	2.50	3.00	0.50	1.50	2.25	3.10	3.25	3.40	0.00	1.00	1.15
電位差(H-L) (V)	-0.50	0.00	0.05	1.50	2.00	3.00	-0.30	-1.50	-	0.30	3.00	-
	ツイストペア線(シールド/アンシールド) ループバス インピーダンス(Z): 120 (Min. 85 Max. 130 ) バス抵抗率(r): 70m /m バス遅延時間: 5ns/m 終端抵抗: 120 (Min. 85 Max. 130 )						ツイストペア線(シールド/アンシールド) オープンバス インピーダンス(Z): 120 (Min. 85 Max. 130 ) バス抵抗率(r): 90m /m バス遅延時間: 5ns/m 終端抵抗: 2.2K (Min. 2.09K Max. 2.31K ) CAN_L と GND 静電容量 30pF/m CAN_H と GND 静電容量 30pF/m					

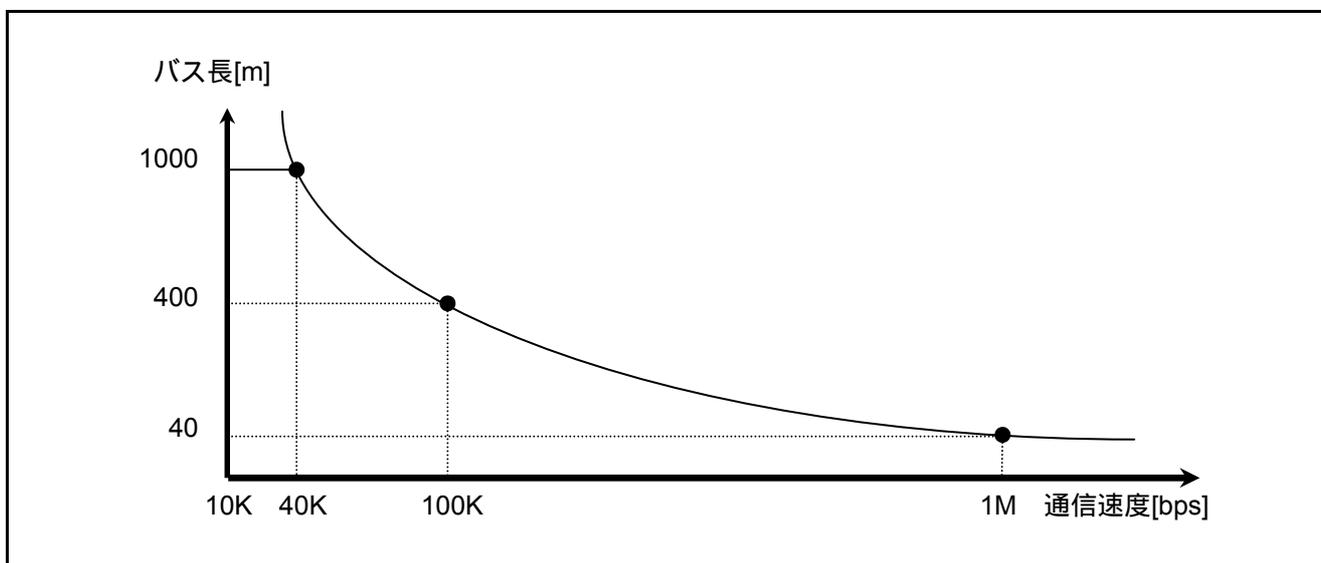


図 7 通信速度と最大バス長

注1. バスポロジ-  
CAN バスは通常 2 本のワイヤー(CAN\_High と CAN\_Low)で構成されていて、CAN コントローラはトランシーバ-を介してその 2 本のワイヤーに接続されます。そして CAN\_High と CAN\_Low の 2 本のワイヤーの電位差でバスのレベルを判断します。バスのレベルにはドミナント(優先的)レベルとレセシブ(受容的)レベルがあり、必ずどちらか一方のレベルをとります。論理的にワイヤードアンドされたバスの場合、ドミナントレベルは"0"、レセシブレベルは"1"として判断されます。送信ユニットはこのバスレベルを変化させることによって、受信ユニットにメッセージを送信することができます。

表 3に示したように ISO11898 と ISO11519-2 では、物理層において終端抵抗、ドミナントレベル、レセシブレベルの電位差が異なります。

図 8に ISO11898 と ISO11519-2 の物理層の特徴を示します。また ISO11898 と ISO11519-2 では、それぞれの規格に適合したトランシーバが必要となります。表 4に ISO11898 と ISO11519-2 に適合する主なトランシーバ IC を示します。

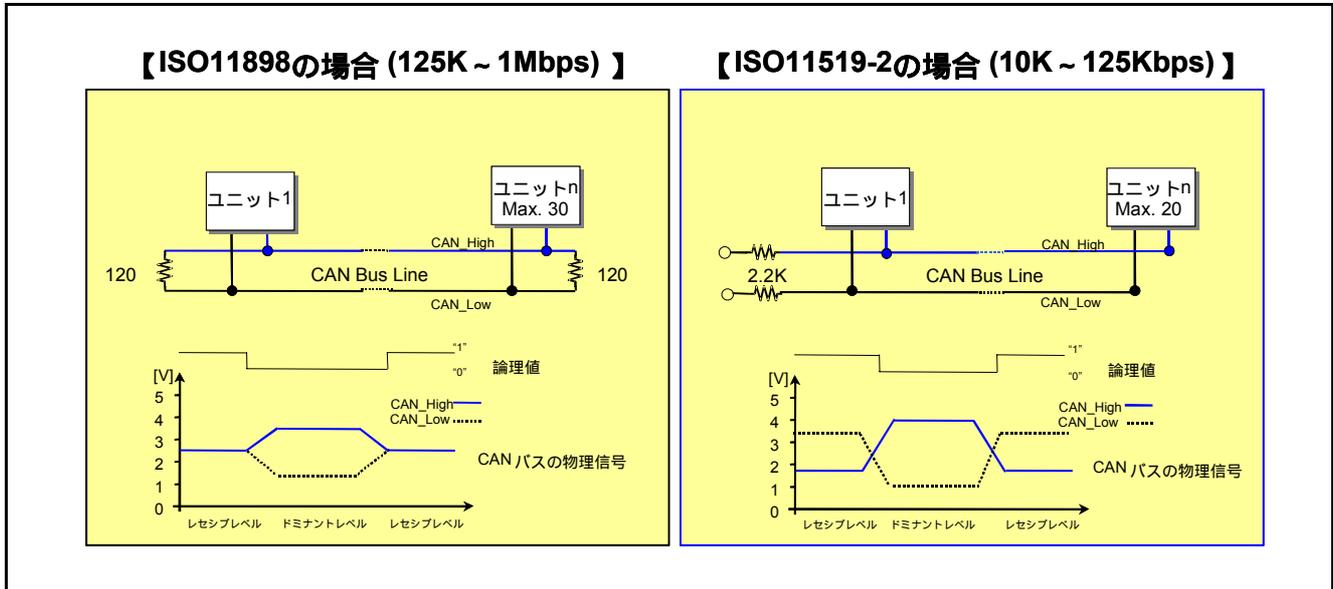


図 8 ISO11898、ISO11519-2 の物理層の特徴

表 4 ISO11898 および ISO11519-2 に対する IC

	ISO11898	ISO11519-2
トランシーバ IC	HA13721RPJE(RENESAS) TJA1050T(Philips) TLE6250G(Infineon) CF150C(BOSCH)	TJA1054T(Philips) TLE6254-3G(Infineon)

### 5.3 CAN と標準規格

CAN プロトコルは、ISO だけではなく SAE(注 1)などの組織・団体・企業においても規格化されています。

表 5に CAN をベースとした標準規格を、図 9に自動車向け通信プロトコルを通信速度別に分類したものを示します。

表 5 CAN プロトコルと標準規格

名称	ボーレート	仕様	適用分野
SAE J1939-11	250K	2 線式、シールドツイストペア	トラック、バス
SAE J1939-12	250K	2 線式、シールドツイストペア 12V 供給	農業機械
SAE J2284	500K	2 線式、ツイストペア (シールドなし)	自動車 (高速: パワートレイン系)
SAE J2411	33.3K、83.3K	1 線式	自動車(低速: ボディ系)
NMEA-2000 (注 2)	62.5K、125K、250K 500K、1M	2 線式、シールドツイストペア 電源供給	船舶
DeviceNet	125K、250K、500K	2 線式、シールドツイストペア 24V 供給	産業機器
CANopen	10K、20K、50K、125K、 250K、500K、800K、1M	2 線式、ツイストペア オプション(シールド、電源供給)	産業機器
SDS(注 3)	125K、250K、500K、1M	2 線式、シールドツイストペア オプション(電源供給)	産業機器

クラス (注 4)	通信速度	用途	適用範囲	
			CAN	その他プロトコル
クラス A	~ 10Kbps (ボディ系)	ランプ、ライト類 パワーウィンドウ ドアロック パワーシート キーレスエントリー など	低速 ↑ ↓ 高速	各自動車メーカー オリジナルプロトコル LIN
クラス B	10Kbps ~ 125Kbps (ステータス情報系)	電子メータ ドライブ・インフォメーション オートエアコン 故障診断 など		J1850 VAN
クラス C	125Kbps ~ 1Mbps (リアルタイム制御系)	エンジン制御 トランスミッション制御 ブレーキ制御 サスペンション制御 など		Safe-by-Wire
クラス D	5Mbps ~ (マルチメディア)	カーナビ オーディオ by-Wire など		D2B オプティカル MOST IEEE1394 FlexRay

図 9 通信プロトコル分類

注1. SAE: Society of Automotive Engineers

注2. NMEA: National Marine Educators Association

注3. SDS: Smart Distributed System

注4. クラス: SAE の分類名称

## 6. CAN プロトコル

### 6.1 フレームの種類

通信は次の 5 種類のフレームによって行われます。

- ・データフレーム
- ・リモートフレーム
- ・エラーフレーム
- ・オーバーロードフレーム
- ・インターフレームスペース

これらのフレームのうち、データフレームとリモートフレームはユーザによって設定が必要です。他のフレームは CAN のハードウェア部分によって設定されます。

データフレームとリモートフレームには標準フォーマットと拡張フォーマットの 2 つのフレームフォーマットがあります。標準フォーマットは 11 ビットの ID を、拡張フォーマットは 29 ビットの ID を持ちます。

表 6 に各フレームの役割を、図 10 ~ 図 14 に各フレームの構成を示します。

表 6 フレームの種類とその役割

フレーム	フレームの役割	ユーザ設定
データフレーム	送信ユニットが受信ユニットへメッセージを送るためのフレーム	要
リモートフレーム	受信ユニットが同じ ID をもつメッセージを送信ユニットへ要求するためのフレーム	要
エラーフレーム	エラーを検出したときに他のユニットへエラーを通知するためのフレーム	否
オーバーロードフレーム	受信ユニットが受信準備未完了を通知するためのフレーム	否
インターフレームスペース	データフレームおよびリモートフレームを前のフレームと分離させるためのフレーム	否

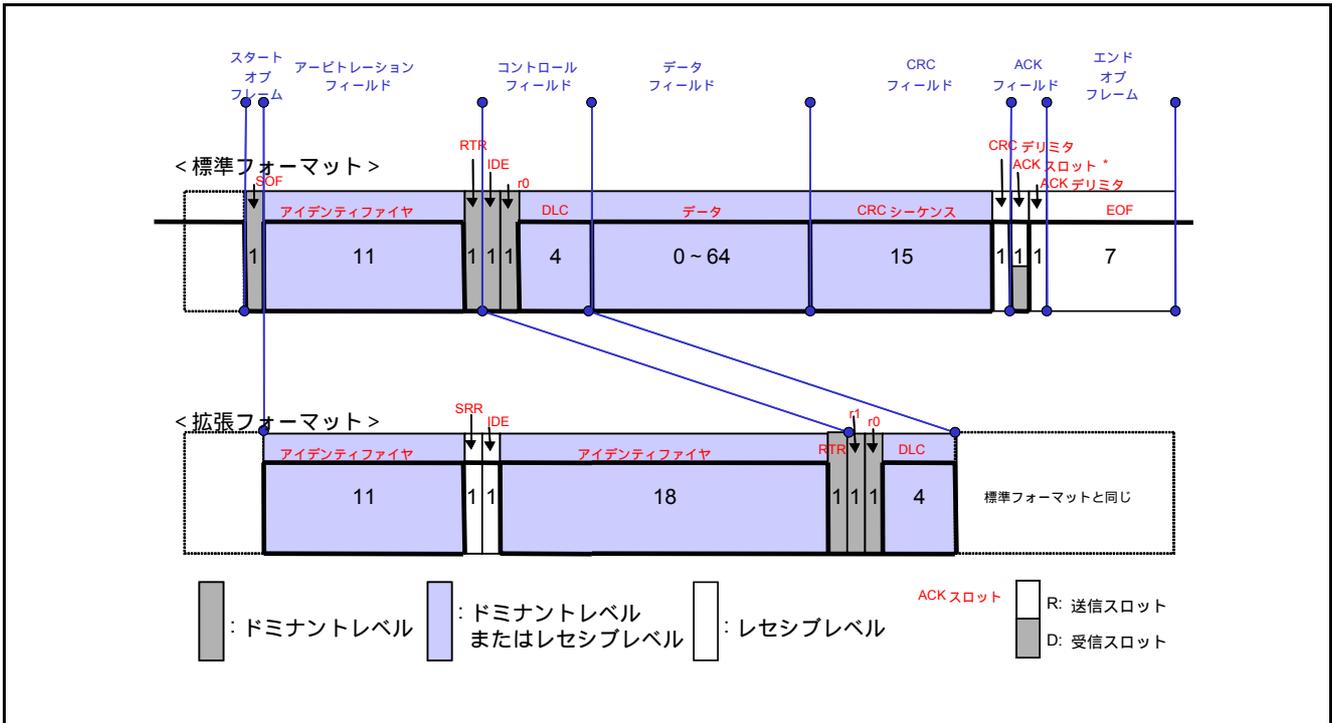


図 10 データフレームの構成

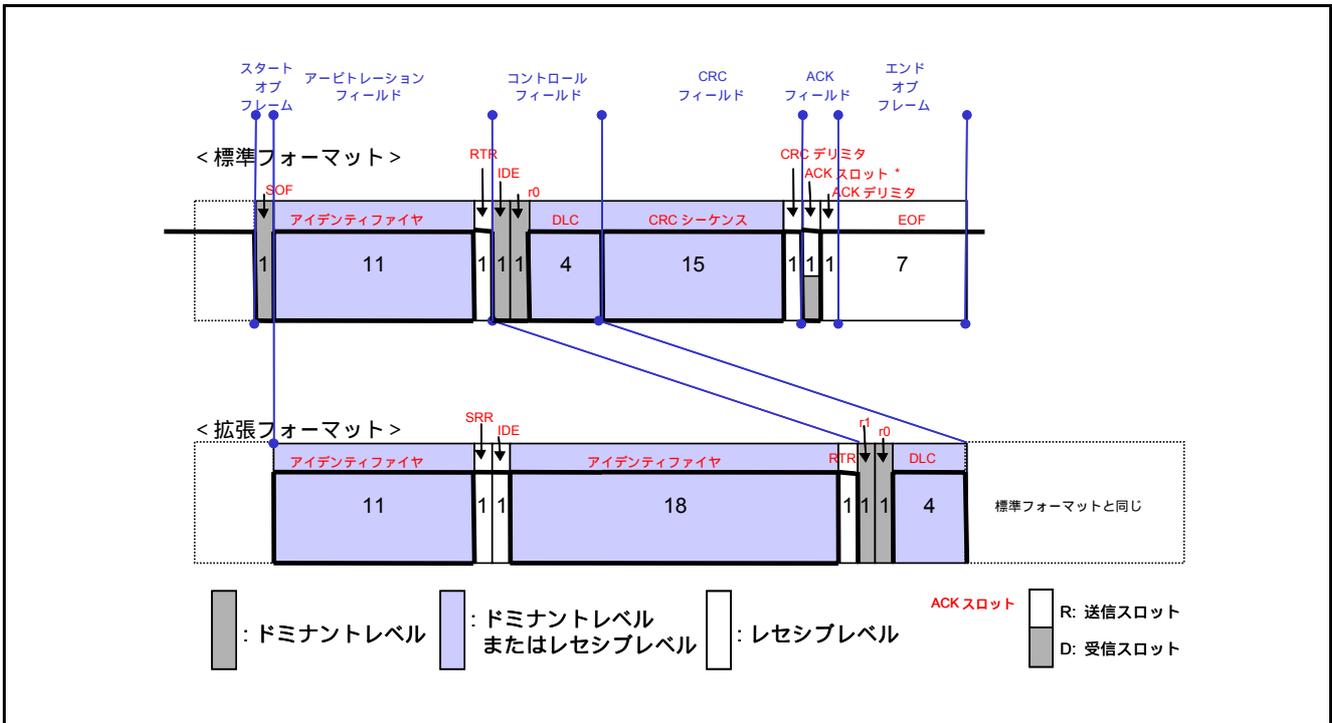


図 11 リモートフレームの構成



## 6.2 データフレーム

データフレームは送信ユニットから受信ユニットへメッセージを送るフレームで、ユーザが扱う最も基本的なフレームです。

データフレームは7つのフィールドから構成されています。

図 15にデータフレームの構成を示します。

- (1) スタートオブフレーム(SOF)
 

データフレームの開始を表すフィールドです。
- (2) アービトレーションフィールド(調停フィールド)
 

フレームの優先順位を表すフィールドです。
- (3) コントロールフィールド(制御フィールド)
 

予約ビットとデータのバイト数を表すフィールドです。
- (4) データフィールド
 

データの中身です。0~8バイトのデータを送信することができます。
- (5) CRC フィールド
 

フレームの伝送誤りをチェックするフィールドです。
- (6) ACK フィールド
 

正常受信した確認の合図を表すフィールドです。
- (7) エンドオブフレーム
 

データフレームの終了を表すフィールドです。

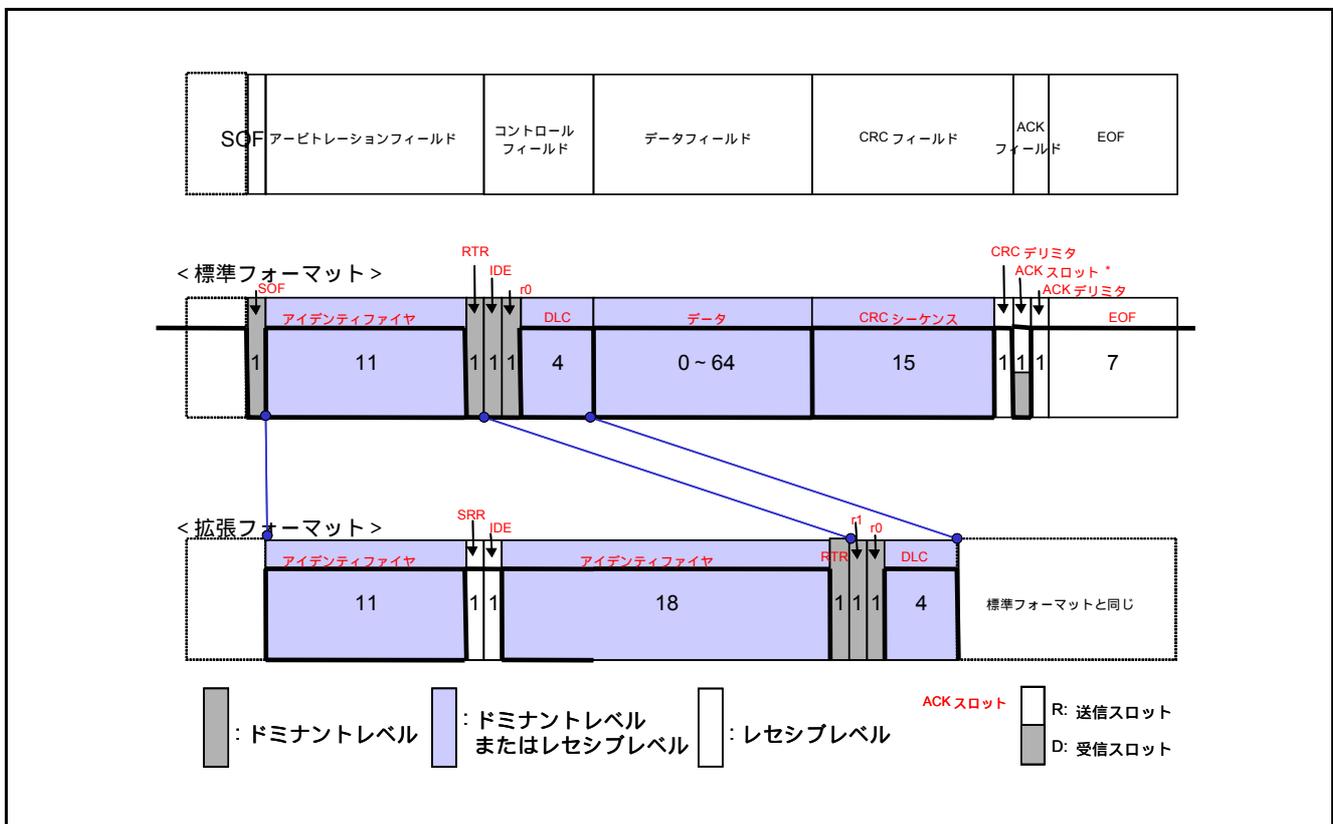


図 15 データフレームの構成

### (1) スタートオブフレーム(標準・拡張フォーマット共通)

フレームの開始を示すフィールドです。1ビットのドミナントビットです。

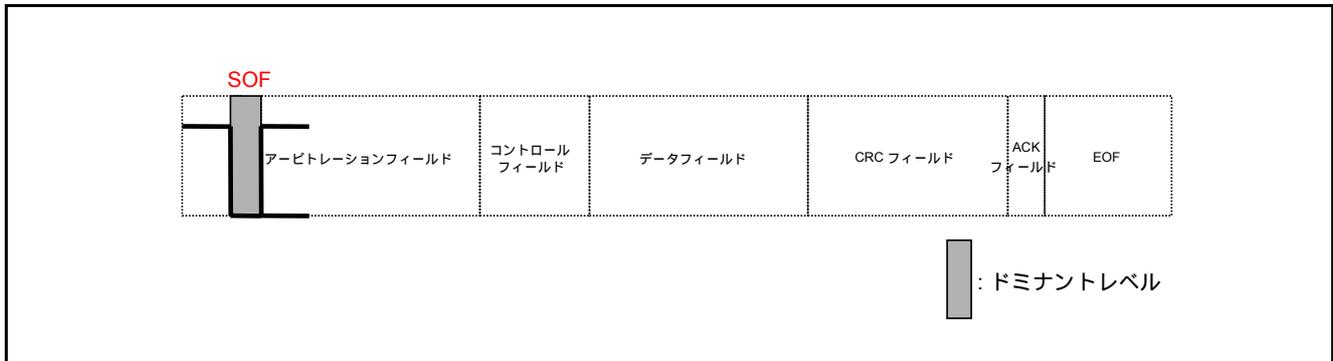


図 16 データフレーム(スタートオブフレーム)

### (2) アービトレーションフィールド

データの優先順位を表すフィールドです。

標準フォーマットと拡張フォーマットではその構成が異なります。

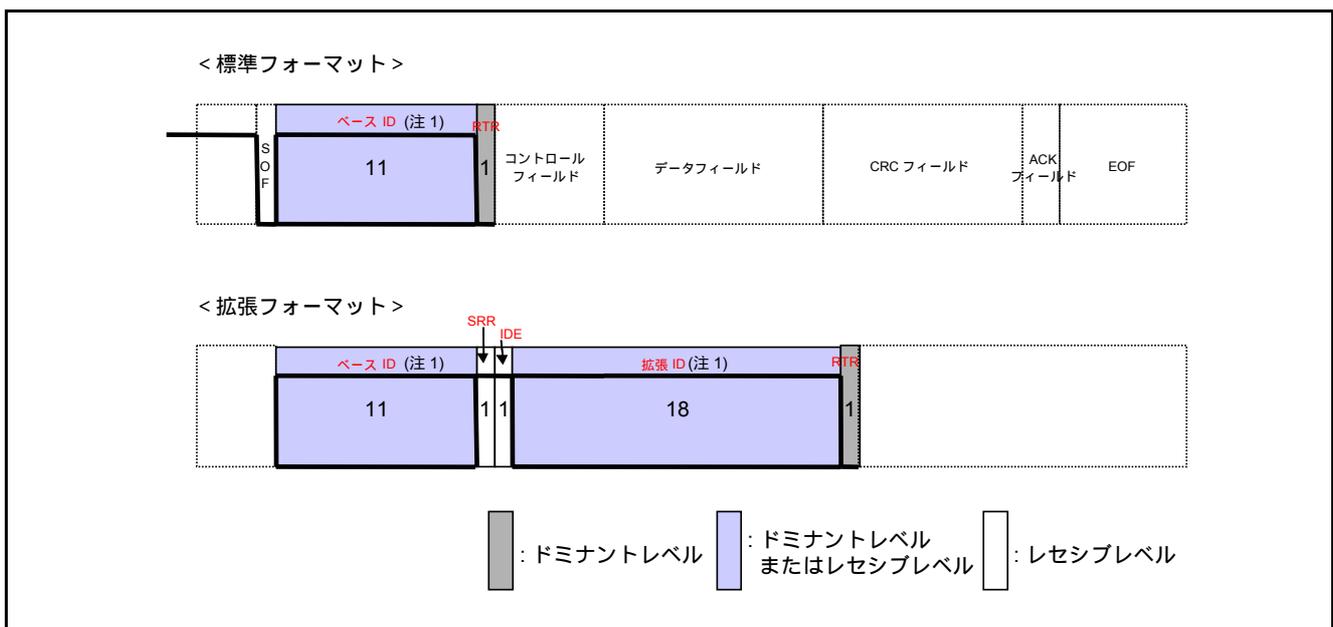


図 17 データフレーム(アービトレーションフィールド)

#### 注1. ID

標準フォーマットの ID はベース ID(ID28 ~ ID18)の 11 ビットです。ID28 から ID18 の順番に送信されます。上位 7 ビットがすべてレセシブであることは禁止されています(ID: 1111111XXXX の設定は禁止)。ID として 2,032 種類が設定できます。

拡張フォーマットの ID はベース ID(ID28 ~ ID18)の 11 ビットと拡張 ID(ID17 ~ ID0)の 18 ビットの合計 29 ビットです。ベース ID は標準フォーマットと同じです。上位 7 ビットがすべてレセシブであることは禁止されています(ID: 1111111XXXX の設定は禁止)。ID として  $2,032 \times 2^{18}$  種類が設定できます。バス上の複数のユニットが同一の ID を持つデータフレームを同時に送信することは禁止されています。

### (3) コントロールフィールド

6 ビットの送信するメッセージのデータバイト数を表すフィールドです。標準フォーマットと拡張フォーマットでは構成が異なります。

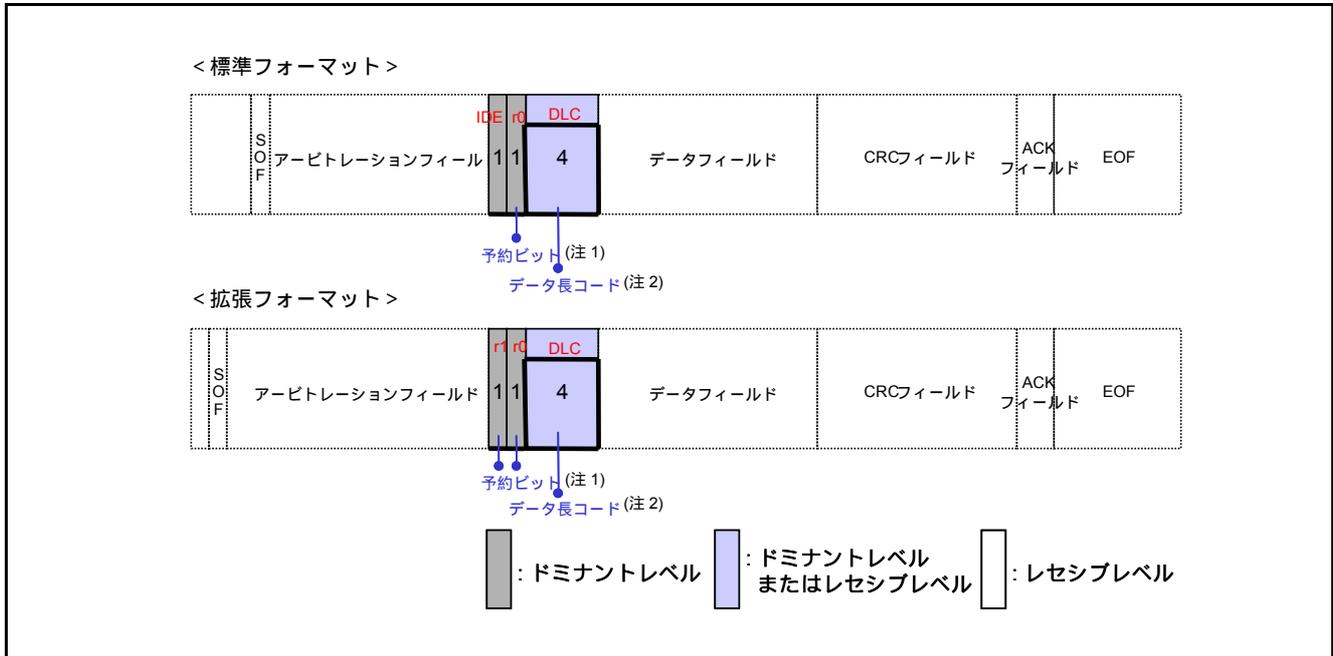


図 18 データフレーム(コントロールフィールド)

- 注1. 予約ビット(r0, r1)  
 予約ビットはすべてドミナントレベルで送信されなければなりません。しかし、受信の場合にはドミナントレベル、レセシブレベルのどの組合せでも受信します。
- 注2. データ長コード(DLC)  
 データ長コードとデータバイト数を表 7 に示します。

表 7 データ長コードとデータバイト数

データバイト数	データ長コード			
	DLC3	DLC2	DLC1	DLC0
0	D	D	D	D
1	D	D	D	R
2	D	D	R	D
3	D	D	R	R
4	D	R	D	D
5	D	R	D	R
6	D	R	R	D
7	D	R	R	R
8	R	D または R	D または RD	D または R

D: ドミナントレベル R: レセシブレベル

### (4) データフィールド(標準・拡張フォーマット共通)

データの中身を示すフィールドです。コントロールフィールドで設定した 0~8 バイトまでのデータを送信することができます。データは MSB 側から出力されます。

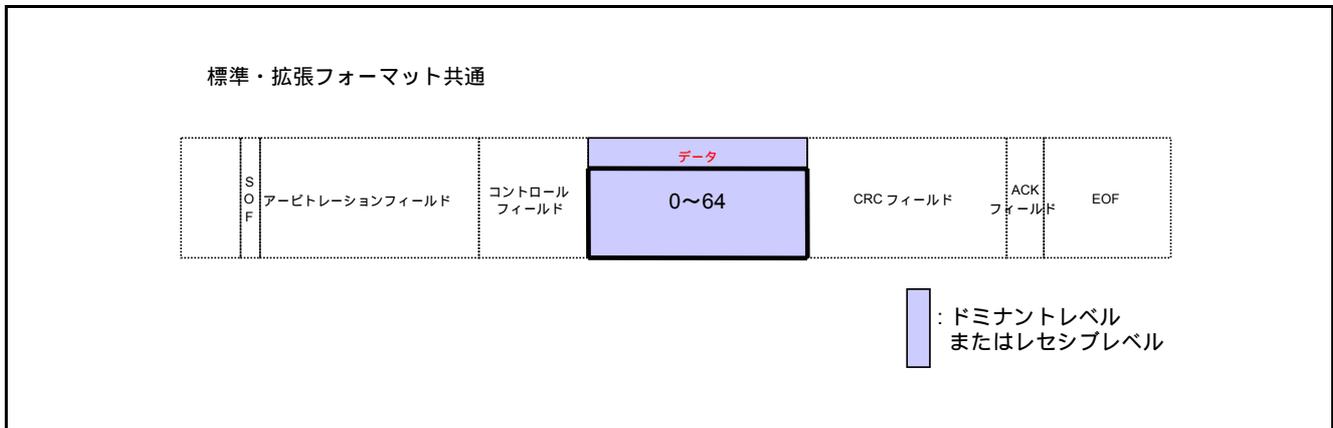


図 19 データフレーム(データフィールド)

### (5) CRC フィールド(標準・拡張フォーマット共通)

フレームの伝送誤りを確認するフレームです。15ビットのCRCシーケンスと1ビットのCRCデリミタ(区切り用のビット)からなります。

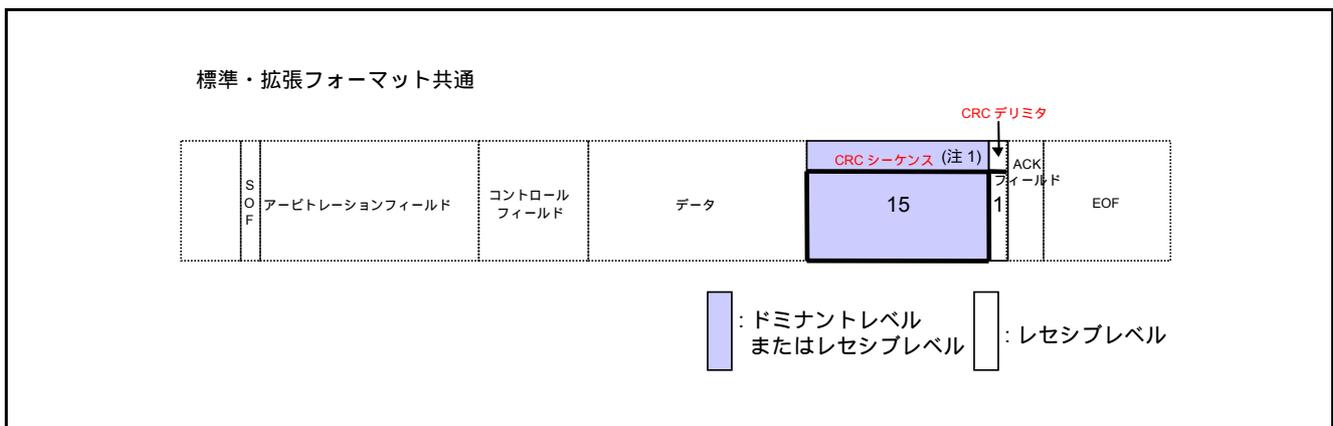


図 20 データフレーム(CRC フィールド)

#### 注1. CRC シーケンス

CRC シーケンスは、以下の多項式 P(X)によって生成された CRC 値で、CRC の計算範囲は、スタートオブフレーム、アービトレーションフィールド、コントロールフィールド、データフィールドです。受信ユニットでも同様の方法で CRC 値を計算し、計算結果と受信した CRC シーケンスの内容を比較し、一致しない場合はエラーとなります。

$$P(X) = X^{15} + X^{14} + X^{10} + X^8 + X^7 + X^4 + X^3 + 1$$

### (6) ACK フィールド

ACK フィールドは、正常受信の確認の合図です。ACK スロットと ACK デリミタの 2 ビットからなります。

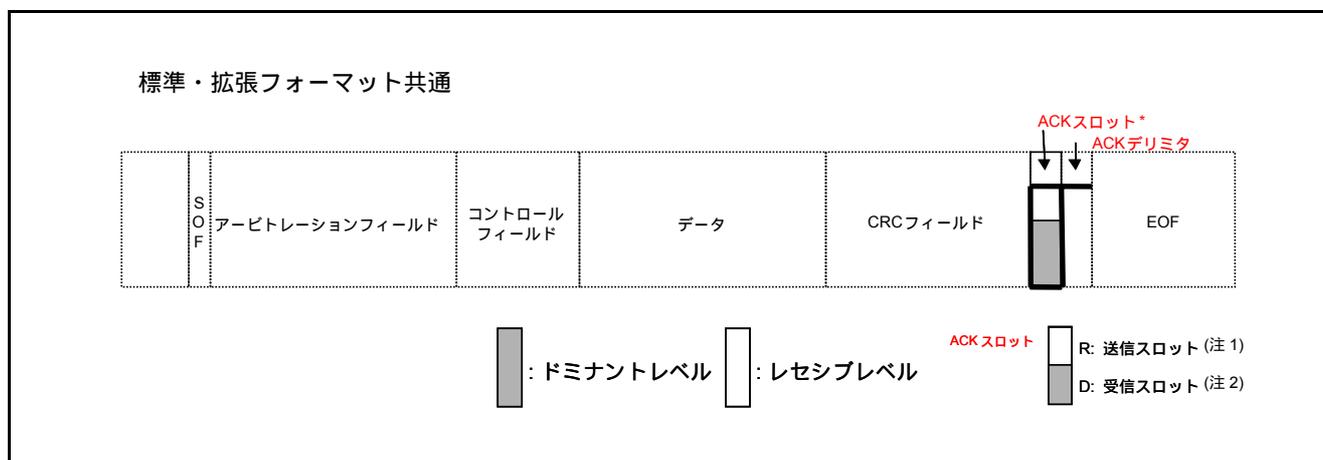


図 21 データフィールド(ACK フィールド)

- 注1. 送信ユニットの ACK フィールド  
送信ユニットは ACK スロットと ACK デリミタをレセシブビットで送信します。
- 注2. 受信ユニットの ACK フィールド  
正しいメッセージを受信した受信ユニットは、ACK スロットでドミナントビットを送り正常受信の完了を送信ユニットに知らせます。これを"ACK を送る"、または"ACK を返す"といいます。

#### ACK を返す

ACK を返すのは、バスオフ状態でもスリープ状態でもないすべての受信ユニットのうち、正常なメッセージを受信したユニットだけです(送信ユニットは ACK を送りません)。バス上に送信ユニットの他に受信可能なユニットが存在しない場合は ACK は返りません。通信を成立させるためには、バス上に送信ユニットの他に受信可能なユニットが少なくとも 1 つは必要です。またバス上に複数の受信可能なユニットが存在する場合、正常にメッセージを受け取ったユニットがどれか 1 つでもあれば ACK は返ることになります。

(7) エンドオブフレーム

フレームの終了を表すフィールドです。7ビットのレセシブビットからなります。

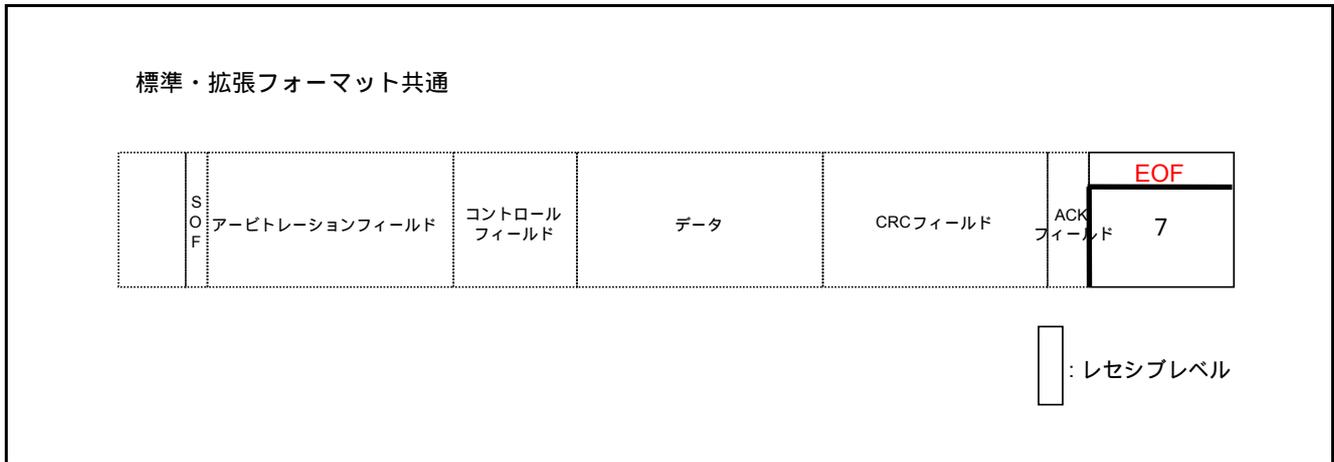


図 22 エンドオブフレーム(データフレーム)

### 6.3 リモートフレーム

受信ユニットから送信ユニットへ、メッセージの送信を要求するフレームです。リモートフレームは6つのフィールドから構成されています。リモートフレームはデータフレームのデータフィールドがないものです。

図 23にリモートフレームの構成を示します。

(1) スタートオブフレーム(SOF)

開始を表すフィールドです。

(2) アービトレーションフィールド(調停フィールド)

データの優先順位を表すフィールドです。同じ ID をもつデータフレームを要求できます。

(3) コントロールフィールド(制御フィールド)

予約ビットとデータのバイト数を表すフィールドです。

(4) CRC フィールド

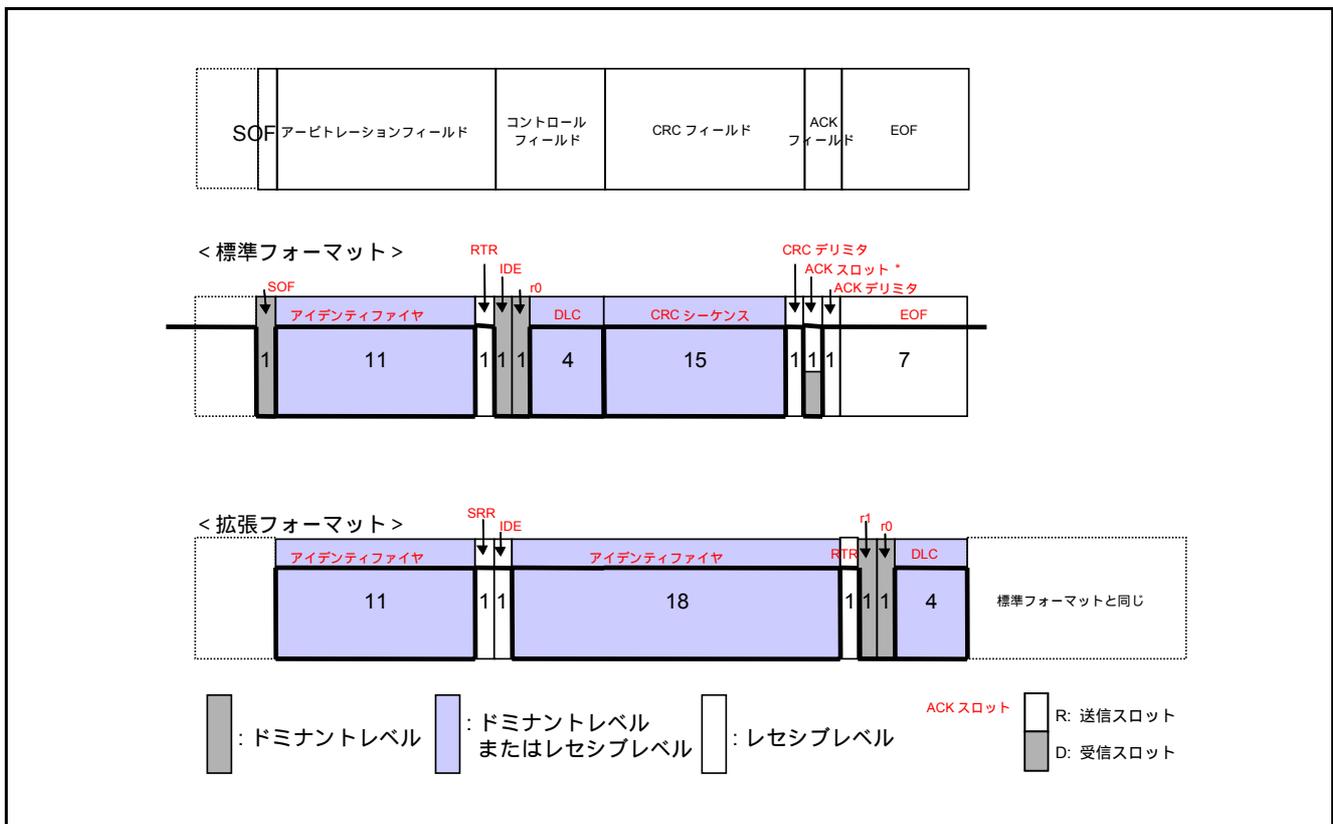
フレームの伝送誤りをチェックするフィールドです。

(5) ACK フィールド

正常受信した確認の合図を表すフィールドです。

(6) エンドオブフレーム

リモートフレームの終了を表すフィールドです。



## リモートフレームとデータフレーム

## データフレームとリモートフレームの違い

- ・リモートフレームはデータフィールドを取り除き、アービトレーションフィールドの RTR ビットをレセシブレベルにしたものです。
- ・データフィールドがないデータフレームとリモートフレームでは RTR ビットで区別することができます。

## データフィールドがないリモートフレームのデータ長コードは何を示すか？

- ・リモートフレームのデータ長コードの値は対応するデータフレームのデータ長コードを示しています。

## データフィールドのないデータフレームの用途は？

- ・例えば、各ユニットからの定期的な接続確認/応答や、アービトレーションフィールド自身に実質的な情報を載せる場合に用います。

## 6.4 エラーフレーム

送受信中になんらかのエラーを検出したときに、エラーを通知するためのフレームです。エラーフレームはエラーフラグとエラーデリミタで構成されます。エラーフレームは CAN のハードウェア部分により送信されます。

図 24にエラーフレームの構成を示します。

### (1) エラーフラグ

エラーフラグにはアクティブエラーフラグとパッシブエラーフラグの 2 種類があります。

- ・アクティブエラーフラグ: 6 ビットのドミナントレベルです。
- ・パッシブエラーフラグ: 6 ビットのレセシブレベルです。

### (2) エラーデリミタ

エラーデリミタは 8 ビットのレセシブレベルです。

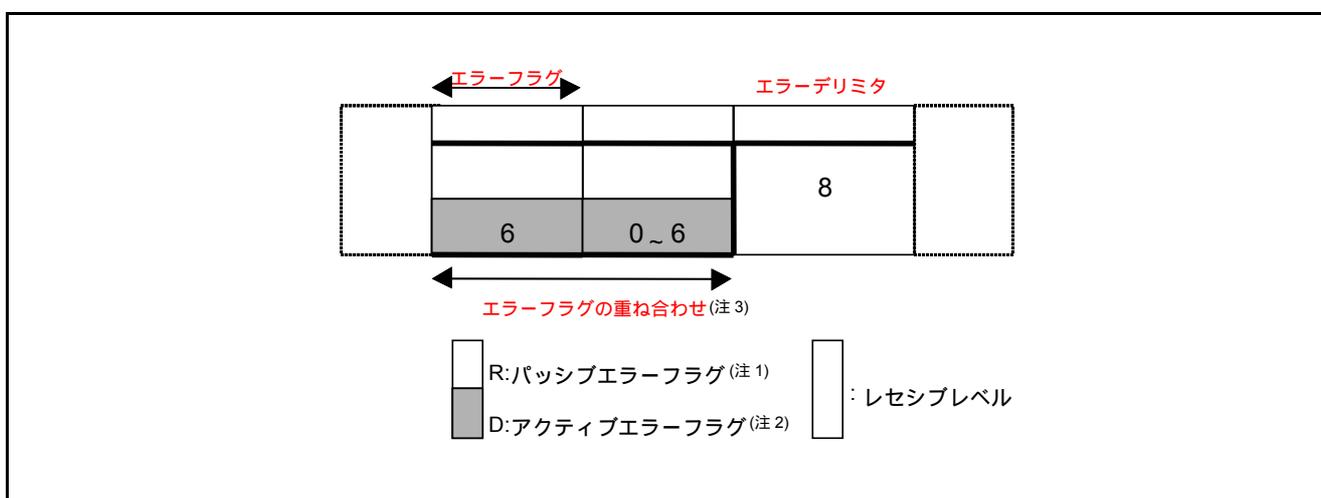


図 24 エラーフレーム

#### 注1. アクティブエラーフラグ

エラーアクティブ状態のユニットがエラーを検出したとき出力するエラーフラグです。

#### 注2. パッシブエラーフラグ

エラーパッシブ状態のユニットがエラーを検出したとき出力するエラーフラグです。

#### 注3. エラーフラグの重ね合わせ

エラーフラグはバスに接続される各ユニットのエラー検出タイミングなどによりエラーフラグの重ね合わせが発生し、最長 12 ビットまで延びることがあります。

### 6.5 オーバーロードフレーム

受信ユニットが受信準備未完了を通知するためのフレームです。オーバーロードフレームはオーバーロードフラグとオーバーロードデリミタで構成されます。

図 25にオーバーロードフレームの構成を示します。

(1) オーバーロードフラグ

6 ビットのドミナントレベルです。

オーバーロードフラグの構成はアクティブエラーフラグの構成と同じです。

(2) オーバーロードデリミタ

8 ビットのレセシブレベルです。

オーバーロードデリミタの構成はエラーデリミタと同じ構成です。

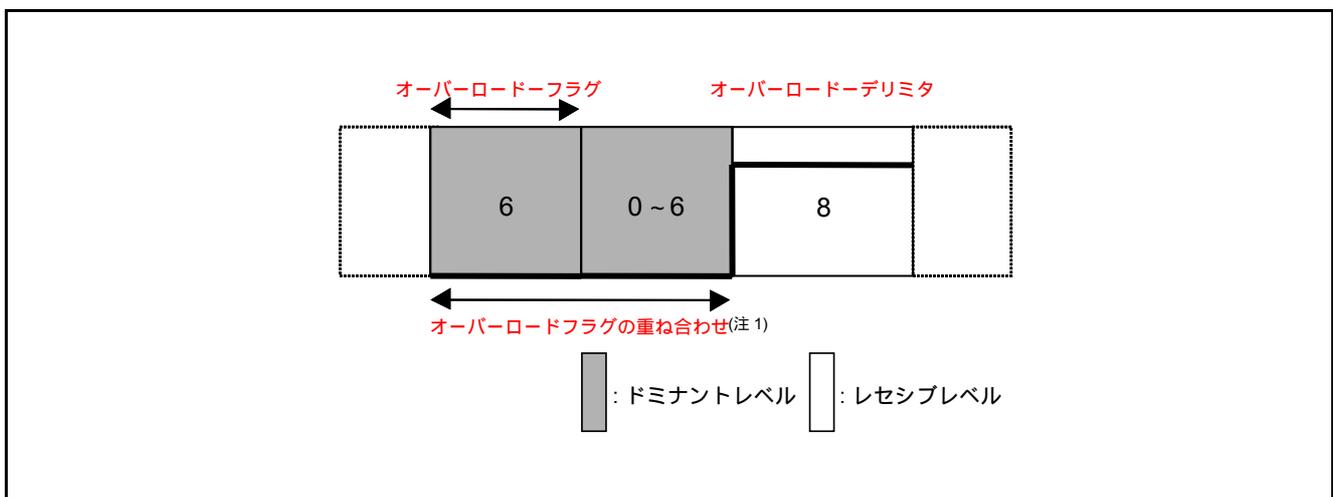


図 25 オーバーロードフレームの構成

注1. オーバーロードフラグの重ね合わせ

エラーフラグ同様にタイミングによりオーバーロードフラグの重ね合わせが発生し、最長 12 ビットまで延びることがあります。



### 6.7 プライオリティ(優先順位)の決定

バスアイドルのとき、最初にメッセージを出力したユニットが送信を行います。複数のユニットが同時に送信を開始した場合、送信ユニットは、アービトレーションフィールドの1ビット目からアービトレーション(調停)を行い、"ドミナントレベル"を最も長く連続して出力したユニットが送信することができます。アービトレーションに負けたユニットは次のビットから受信動作へ移ります。

図 27にアービトレーションのしくみを示します。

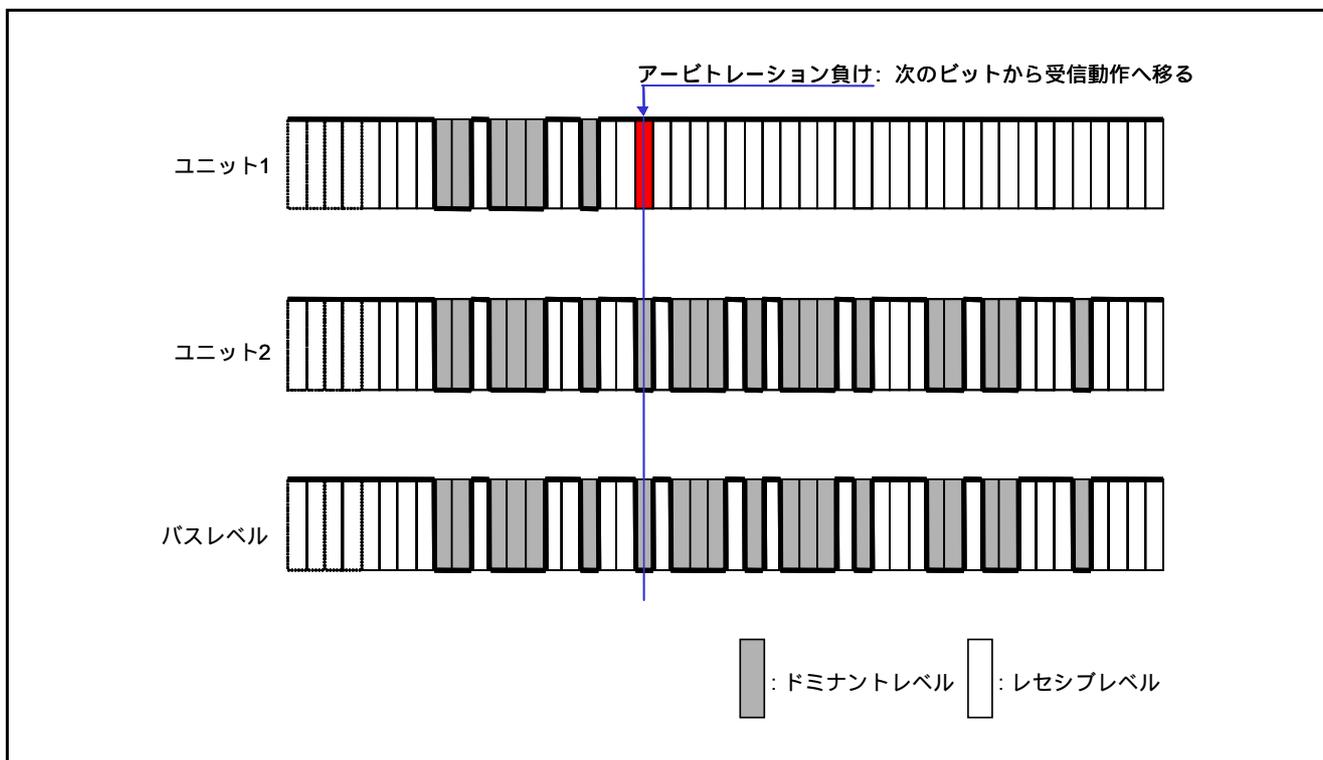


図 27 アービトレーション

(1) データフレームとリモートフレームの優先順位

同じ ID をもつデータフレームとリモートフレームがバス上で競合した場合、アービトレーションフィールドの最終ビット(RTR)がドミナントレベルであるデータフレームが優先され、送信することができます。図 28にデータフレームとリモートフレームのアービトレーションのしくみを示します。

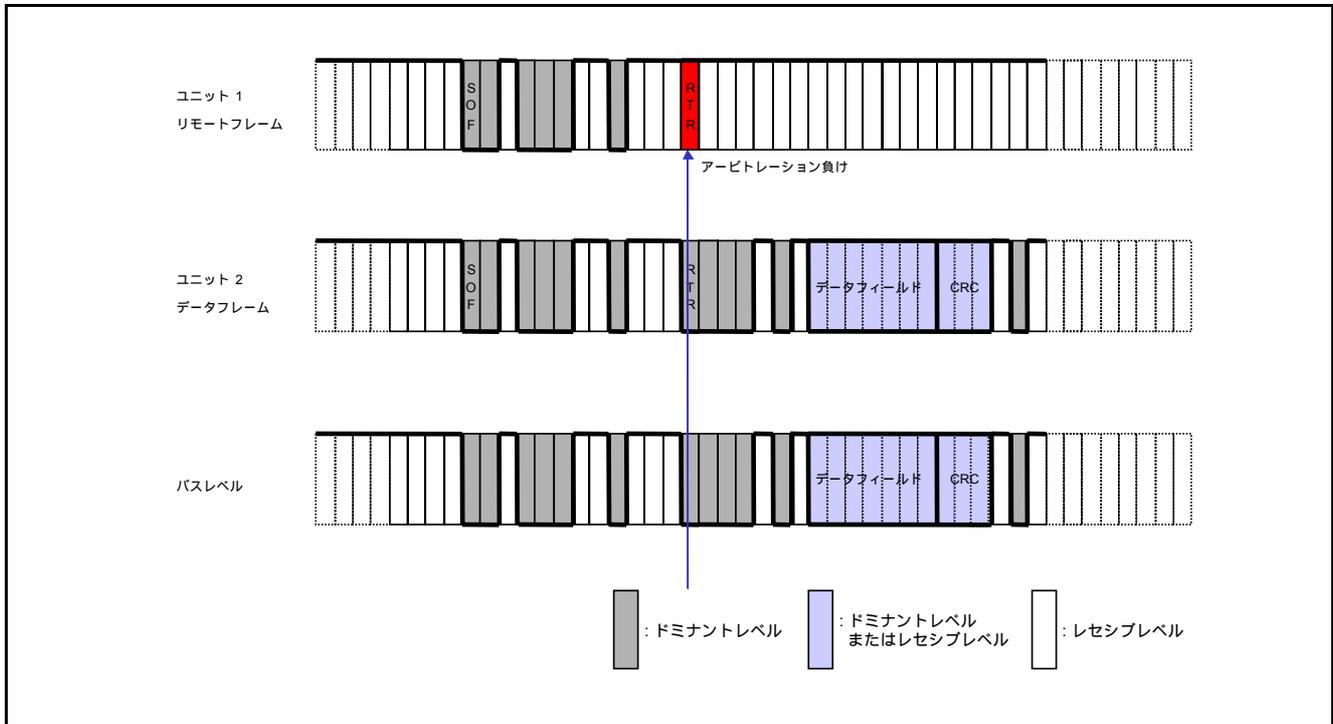


図 28 データフレームとリモートフレームのアービトレーション

(2) 標準フォーマットと拡張フォーマットの優先順位

同じベース ID をもつ標準フォーマットと拡張フォーマットのデータフレームまたはリモートフレームがバス上で競合した場合、RTR がドミナントレベルである標準フォーマットが優先されて送信することができます。

図 30 に標準フレームと拡張フレームのアービトレーションの仕組みを示します。

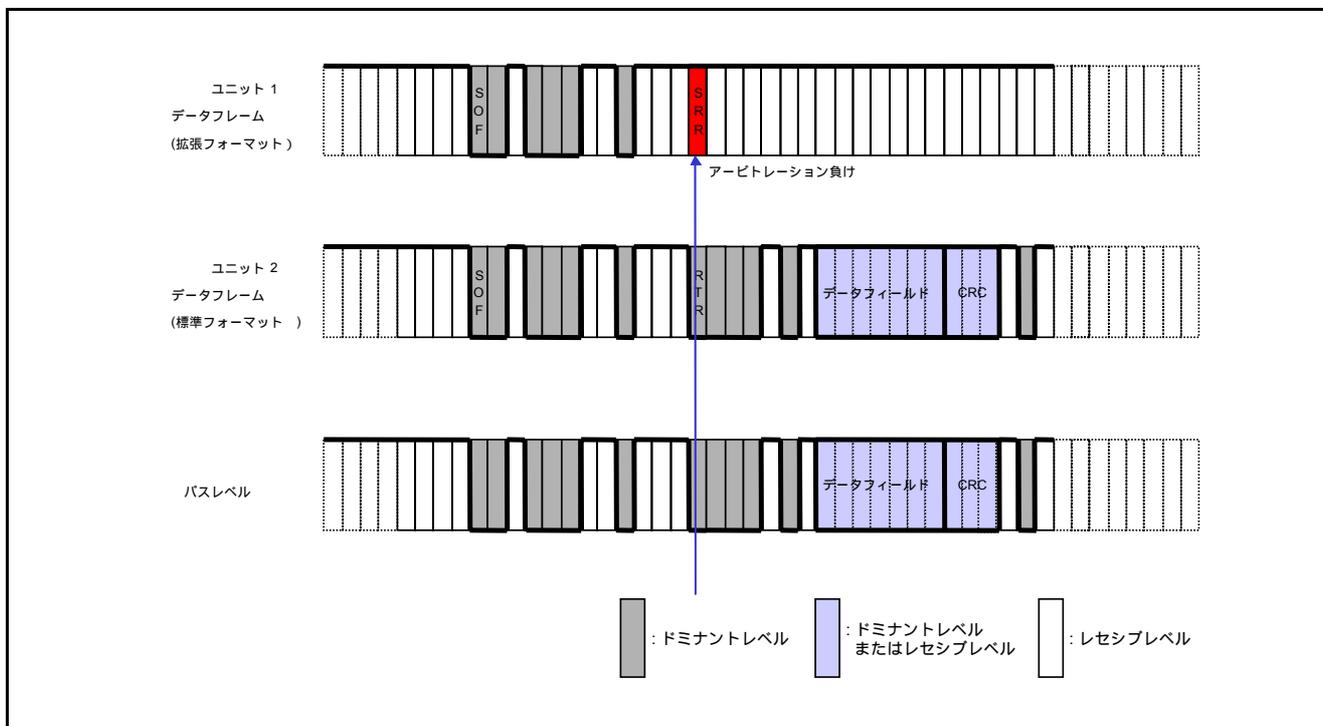


図 29 標準フレームと拡張フレームのアービトレーション

## 6.8 ビットスタッフ

ビットスタッフは周期的に再同期を行い受信ノード間のタイミング誤差が累積しないようにするための機能です。同一レベルが 5 ビット連続した場合、1 ビットの反転データを付加します。

図 30 にビットスタッフの仕組みを示します。

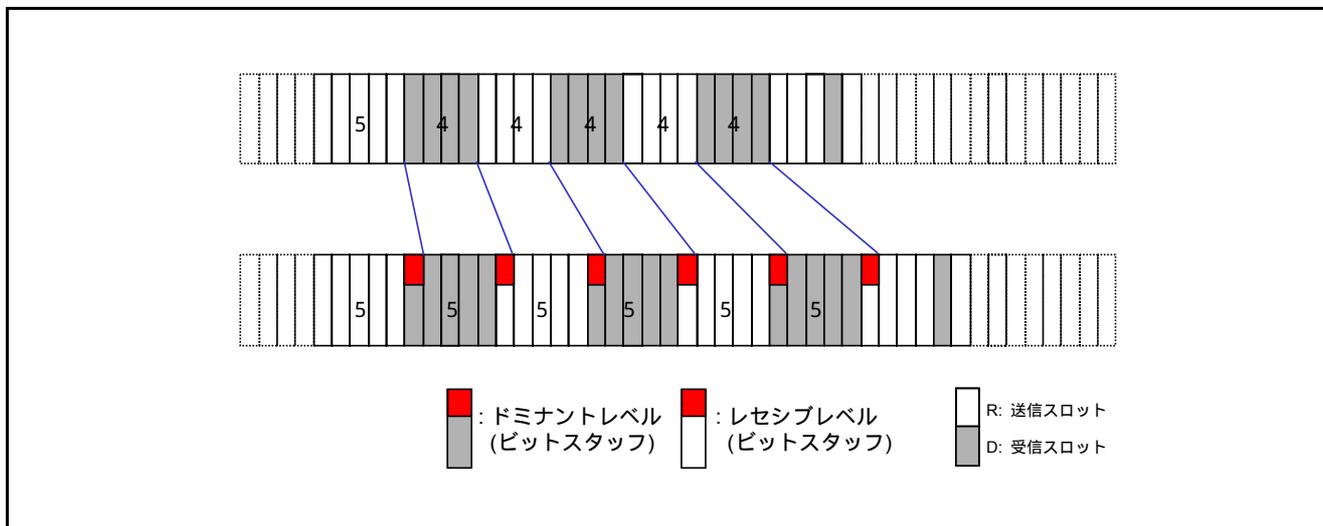


図 30 ビットスタッフ

### (1) 送信ユニットの動作

データフレーム、リモートフレームを送信するときに、SOF～CRC シーケンス間において同一レベルが 5 ビット連続した場合、次のビット(6 ビット目)に連続した 5 ビットと反転したレベルを 1 ビット挿入します。

### (2) 受信ユニットの動作

データフレーム、リモートフレームを受信するときに、SOF～CRC シーケンス間において同一レベルが 5 ビット連続した場合、次のビット(6 ビット目)を削除して受信します。この 6 ビット目が前の 5 ビット目と同じレベルであった場合、エラー(スタッフエラー)を検出します。

## 6.9 エラーの種類

エラーには5つの種類があります。複数のエラーが同時に発生することがあります。

- ・ビットエラー
- ・スタッフエラー
- ・CRC エラー
- ・フォームエラー
- ・ACK エラー

表 8にエラーの種類、エラーの内容、エラーを検出する対象フレームおよびエラーを検出するユニットを示します。

表 8 エラーの種類

エラーの種類	エラー内容	検出対象フレーム(フィールド)	検出ユニット
ビットエラー	出力レベルとバス上のレベルを比較して両レベルが不一致の場合に検出するエラー(レベル比較: ドミナント出力のスタッフビットは対象、送信時のアービトレーションフィールドおよび ACK ビットは対象外)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データフレーム(SOF ~ EOF)</li> <li>・リモートフレーム(SOF ~ EOF)</li> <li>・エラーフレーム</li> <li>・オーバーロードフレーム</li> </ul>	送信ユニット 受信ユニット
スタッフエラー	ビットスタッフが行われているはずのフィールドの中で、同一レベルを6ビット連続して検出するエラー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データフレーム (SOF ~ CRC シーケンス)</li> <li>・リモートフレーム (SOF ~ CRC シーケンス)</li> </ul>	送信ユニット 受信ユニット
CRC エラー	受信したメッセージから算出した CRC の結果と、受信された CRC シーケンスの値が異なる場合に検出するエラー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データフレーム(CRC シーケンス)</li> <li>・リモートフレーム(CRC シーケンス)</li> </ul>	受信ユニット
フォームエラー	固定フォーマットのビットフィールドに違反した場合に検出するエラー	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データフレーム (CRC デリミタ、ACK デリミタ、EOF)</li> <li>・リモートフレーム (CRC デリミタ、ACK デリミタ、EOF)</li> <li>・エラーデリミタ</li> <li>・オーバーロードデリミタ</li> </ul>	送信ユニット 受信ユニット
ACK エラー	送信ユニットの ACK スロットでレセシプレベルの場合に検出するエラー (ACK が送られてこなかったときに検出するエラー)	<ul style="list-style-type: none"> <li>・データフレーム(ACK スロット)</li> <li>・リモートフレーム(ACK スロット)</li> </ul>	送信ユニット

- 注1.
- ・アービトレーションフィールドでは、レセシプレベルを出力していてドミナントを検出したときは、アービトレーションに負けたと解釈されビットエラーにはなりません。
  - ・アービトレーションフィールドでは、スタッフビットとしてレセシプレベルを出力しているときにドミナントを検出したときは、ビットエラーにはならずスタッフエラーになります。
  - ・送信ユニットでは、ACK スロットでレセシプレベルを出力していてドミナントを検出したときは、他のユニットから ACK が返ってきたと判断しビットエラーにはなりません。
  - ・パッシブエラーフラグを出力していてドミナントレベルを検出したときは、エラーフラグの完了条件に従い6ビット連続した同一レベル(ドミナントレベルまたはレセシプレベル)の検出を待ち、ビットエラーにはなりません。
  - ・受信ユニットは、EOF の最終ビット(7ビット目)がドミナントレベルであってもフォームエラーにはなりません(オーバーロードフレームを送信する)。
  - ・エラーデリミタ、またはオーバーロードデリミタの最終ビット(8ビット目)がドミナントレベルであってもフォームエラーにはなりません(オーバーロードフレームを送信する)。

## 6.10 エラーフレームの出力

エラー条件を検出したユニットは、エラーフラグを出力することでエラーを他のユニットへ通知します。

エラーフラグはユニットのエラー状態によりアクティブエラーフラグ、またはパッシブエラーフラグを出力します。

送信ユニットは、エラーフレーム出力後にデータフレームまたはリモートフレームの再送を行います。

表 9 にエラーフラグの出力タイミングを示します。

表 9 エラーフラグの出力のタイミング

エラーの種類	出力タイミング
ビットエラー スタッフエラー フォームエラー ACK エラー	エラーを検出した直後のビットからエラーフラグを出力
CRC エラー	ACK デリミタの次のビットからエラーフラグを出力

## 6.11 ビットタイミング

送信ユニットによって、再同期なしに送信される 1 秒あたりのビットの数をビットレートといいます。1 ビットは次の 4 つのセグメントで構成されています。

- ・シンクロナイゼーションセグメント(SS: Synchronization Segment)
- ・プロパゲーションタイムセグメント(PTS: Propagation Time Segment)
- ・フェーズバッファセグメント 1 (PBS1: Phase Buffer Segment 1)
- ・フェーズバッファセグメント 2 (PBS2: Phase Buffer Segment 2)

これらのセグメントは、さらに Tq(Time Quantum)という最小単位で構成されています。

メッセージの 1 ビットの中を 4 つのセグメントに分割し、さらに各セグメントを Tq という最小単位で分割するその構成をビットタイミングといいます。

メッセージの 1 ビットを何 Tq 数で構成するか、各セグメントをそれぞれいくつの Tq 数で構成するかなど、ビットタイミングは任意に設定することができます。ビットタイミングを設定することでバス上の複数のユニットが同じタイミングでメッセージをサンプリングするようにサンプルポイントを設定することができます。サンプルポイントとは、バスのレベルを取り込みそのレベルをビットの値とするポイントです。その位置は PBS1 の終わりです。

表 10 に各セグメントの役割と Tq 数を、図 32 に 1 ビットの構成を示します。

表 10 セグメントとその役割

セグメントの名称	セグメントの役割	Tq 数	
シンクロナイゼーションセグメント (SS)	バスに接続する複数のユニットが、このセグメントの間でタイミングを合わせそって送受信の動作を行う。 レセシブからドミナントへのエッジまたはドミナントからレセシブへのエッジがこのセグメントの中にあることが期待される。	1	8 ~ 25
プロパゲーションタイムセグメント (PTS)	ネットワーク上の物理的な遅延を吸収するセグメント。 ネットワーク上の物理的な遅延とは、送信ユニットの出力遅延、バス上での信号伝播遅延、受信ユニットの入力遅延。 このセグメントの時間は各遅延時間の合計の 2 倍になる。	1 ~ 8	
フェーズバッファセグメント 1 (PBS1)	信号エッジが SS の中に入らなかった場合、その誤差を補償するためのセグメント。	1 ~ 8	
フェーズバッファセグメント 2 (PBS2)	各ユニットは各々独自のクロックで動作しているため、わずかなクロックの誤差が蓄積される。この誤差を吸収するセグメント。 誤差を吸収するには、PBS1 および PBS2 に対して SJW 設定範囲内の加減を行う。PBS1 および PBS2 は、大きい値ほど許容誤差は大きくとれるが、通信スピードは遅くなる。	PBS1 と IPT(注 1)との大きい方の値(注 2)	
リシンクロナイゼーションジャンプ幅 (SJW: reSynchronization Jump Width)	クロック周波数のずれや伝送路の遅延などで、各ユニットの同期がずれることがある。このずれを補償する最大幅のことである。	1 ~ 4 かつ PBS1	

注1. IPT: Information Processing Time

サンプルポイント直後にハードウェアがビットのレベルを確定する処理に必要な時間で 2Tq 以下。

注2. サンプルポイントは PBS1 の終端であるため、IPT は PBS2 の領域と重なる。IPT が 2Tq のとき PBS2 に 1 を選ぶことはできないので PBS2 は 2 ~ 8Tq となる。

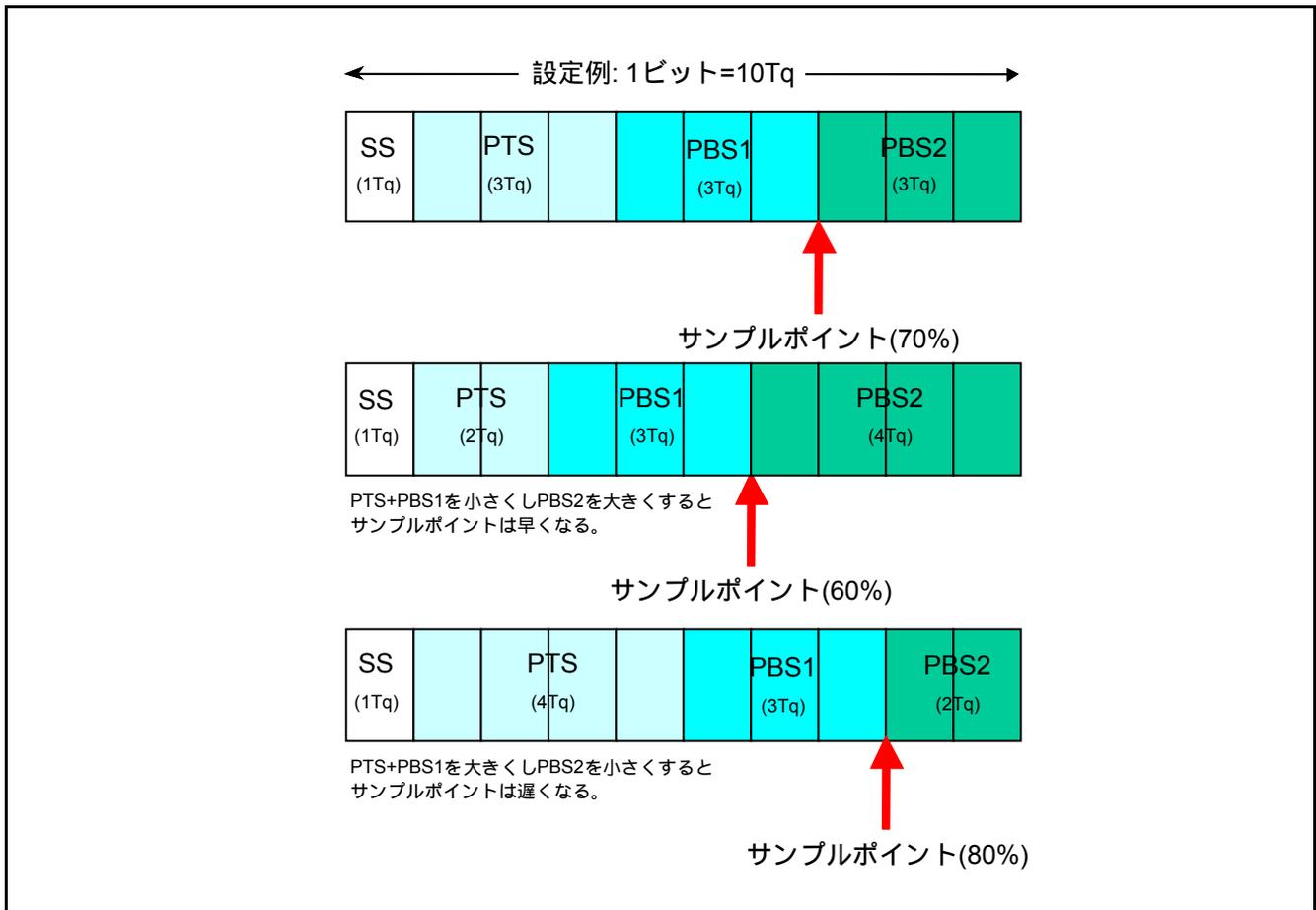


図 31 1ビットの構成

## 6.12 同期の取り方

CAN プロトコルの通信方式は NRZ(Non-Return to Zero)方式です。各ビットの始まりや終わりに同期信号を付加しません。送信ユニットはビットタイミングに同期してデータの送信を開始します。また、受信ユニットはバス上のレベル変化によって同期をとりながら受信動作を行います。ところが送信ユニットと受信ユニットでは、各ユニットのクロック誤差や伝送路(ケーブル、ドライバなど)の位相遅延で同期がずれることがあります。そこで受信ユニットはハード同期や再同期という方法でタイミングを合わせ、受信を行います。

6.13 ハード同期

受信ユニットがバスアイドル状態時に SOF を検出したときに行う同期合わせです。レセシブレベルからドミナントレベルへのエッジを検出したところを SJW の値に関わらず SS と認識します。

図 32 にハード同期の仕組みを示します。

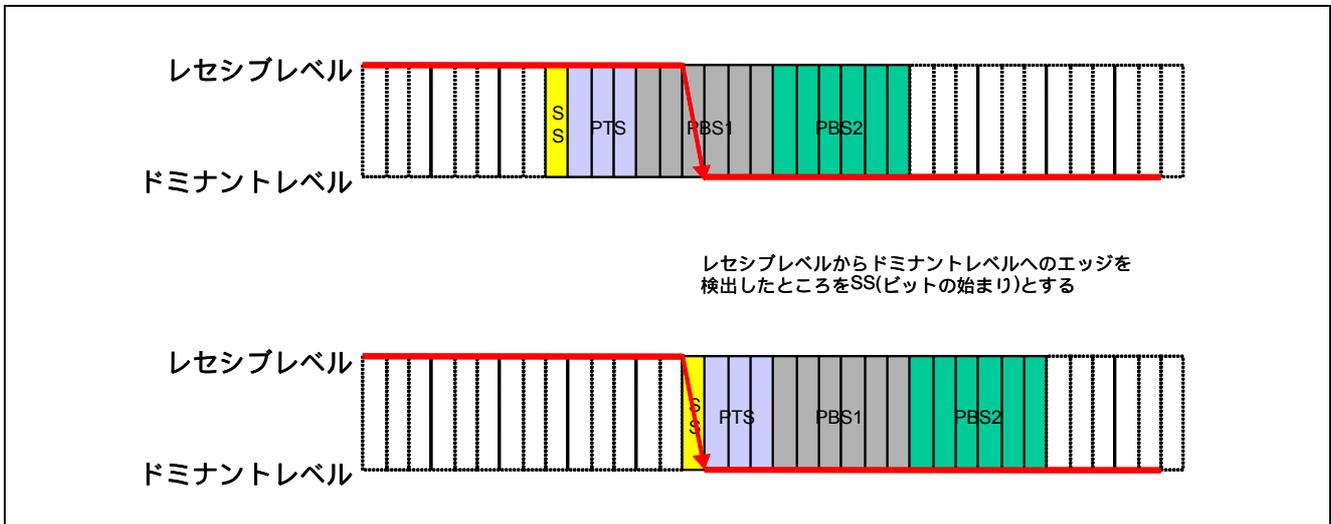


図 32 ハード同期

6.14 再同期

バス上のレベル変化を検出した場合に行う同期合わせです。

エッジ(バス上のレベル変化)を検出するごとに誤差に合わせて SJW の値により PBS1 を延ばしたり、PBS2 を縮めたりして同期を合わせます。しかし、SJW の値以上の誤差が生じた場合は、SJW の値分しか補正しません。

図 33に再同期の仕組みを示します。

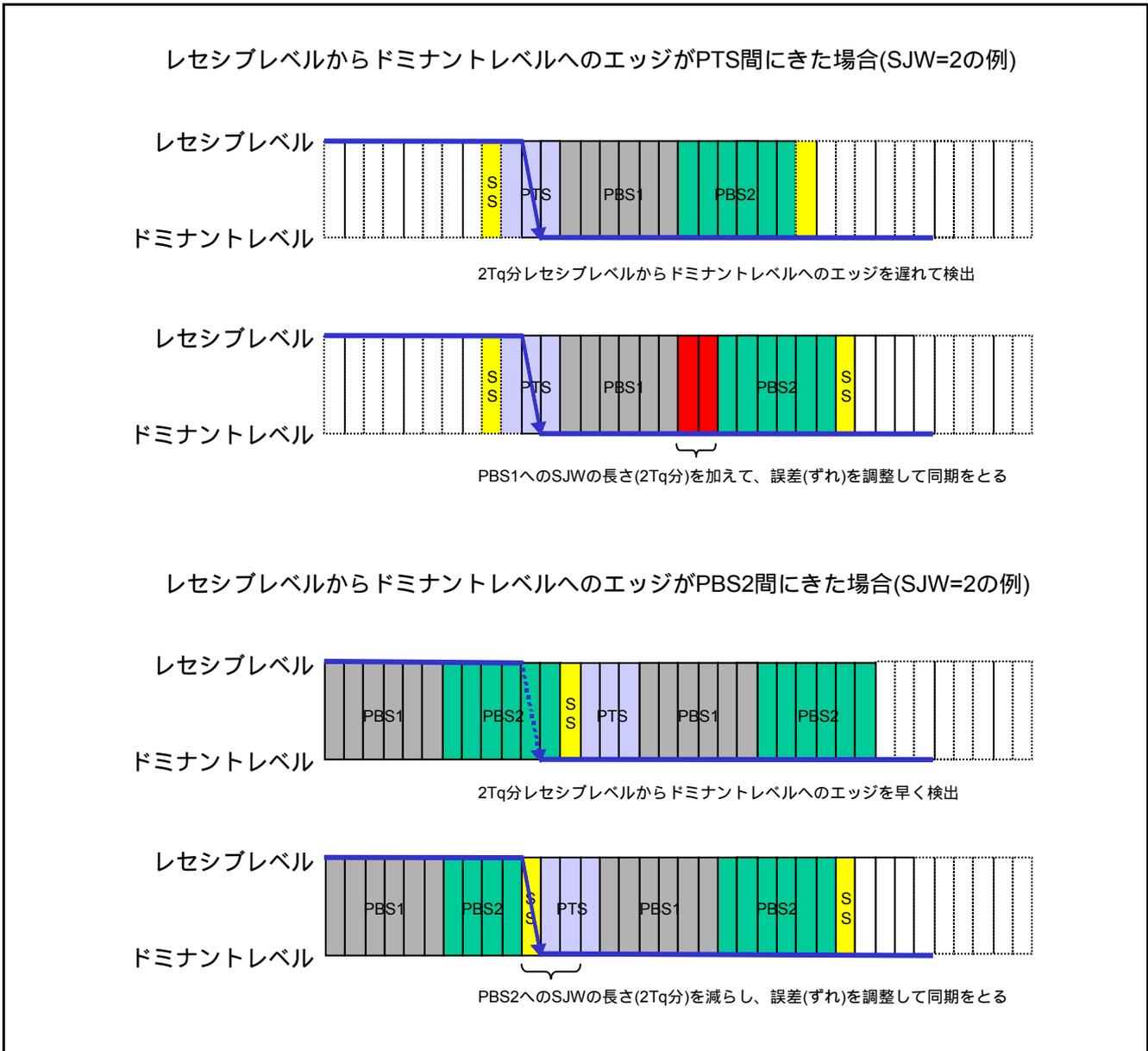


図 33 再同期

## 6.15 同期合わせの規則

ハード同期および再同期は次の規則に従って行われます。

- (1) 1 ビットの中では 1 回しか同期合わせをしません(2 つのサンプルポイントの間)。
- (2) 前回のサンプルポイントでのバスレベルとエッジ直後のバスレベルが異なる場合のみ、そのエッジは同期合わせに使用されます。
- (3) レセシブレベルからドミナントレベルへのエッジが発生し、(1)、(2)の規則を満足する場合は同期が行われます。
- (4) インターフレームスペース(インターミッションの 1 ビット目は除く)中にレセシブレベルからドミナントレベルへのエッジが発生した場合は、必ずハード同期が行われます。
- (5) 他のすべてのレセシブレベルからドミナントレベルへのエッジが発生した場合は、再同期が行われます。
- (6) 送信ユニットは自ら出力したドミナントレベルが遅延して観測された場合は、再同期を行いません。

## 改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2006.01.31	—	初版発行

## 安全設計に関するお願い

1. 弊社は品質、信頼性の向上に努めておりますが、半導体製品は故障が発生したり、誤動作する場合があります。弊社の半導体製品の故障又は誤動作によって結果として、人身事故、火災事故、社会的損害などを生じさせないような安全性を考慮した冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計などの安全設計に十分ご留意ください。

## 本資料ご利用に際しての留意事項

1. 本資料は、お客様が用途に応じた適切なルネサス テクノロジ製品をご購入いただくための参考資料であり、本資料中に記載の技術情報についてルネサス テクノロジが所有する知的財産権その他の権利の実施、使用を許諾するものではありません。
2. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他応用回路例の使用に起因する損害、第三者所有の権利に対する侵害に関し、ルネサス テクノロジは責任を負いません。
3. 本資料に記載の製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズムその他全ての情報は本資料発行時点のものであり、ルネサス テクノロジは、予告なしに、本資料に記載した製品または仕様を変更することがあります。ルネサス テクノロジ半導体製品のご購入に当たりましては、事前にルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へ最新の情報をご確認頂きますとともに、ルネサス テクノロジホームページ(<http://www.renesas.com>)などを通じて公開される情報に常にご注意ください。
4. 本資料に記載した情報は、正確を期すため、慎重に制作したものです。万一本資料の記述誤りに起因する損害がお客様に生じた場合には、ルネサス テクノロジはその責任を負いません。
5. 本資料に記載の製品データ、図、表に示す技術的な内容、プログラム及びアルゴリズムを流用する場合は、技術内容、プログラム、アルゴリズム単位で評価するだけでなく、システム全体で十分に評価し、お客様の責任において適用可否を判断してください。ルネサス テクノロジは、適用可否に対する責任を負いません。
6. 本資料に記載された製品は、人命にかかわるような状況の下で使用される機器あるいはシステムに用いられることを目的として設計、製造されたものではありません。本資料に記載の製品を運輸、移動体用、医療用、航空宇宙用、原子力制御用、海底中継用機器あるいはシステムなど、特殊用途へのご利用をご検討の際には、ルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店へご照会ください。
7. 本資料の転載、複製については、文書によるルネサス テクノロジの事前の承諾が必要です。
8. 本資料に関し詳細についてのお問い合わせ、その他お気づきの点がございましたらルネサス テクノロジ、ルネサス販売または特約店までご照会ください。