

### 13.1 概要

#### 13.1.1 特徴

- 3線式シリアル・インタフェース (SI, SO, SCK)
- マスタ受信専用モード, マスタ送受信モード, スレーブ受信専用モード, スレーブ送受信モードの動作モードを選択可能
- シリアル・データ出力端子のトライ・ステート制御のためにイネーブル端子を搭載
- シリアル・データ長を 8 ビット/16 ビットから選択可能
- シリアル・データの先頭ビットを **MSB/LSB** から選択可能
- シリアル・クロックはマスタ・クロックを **4~65532** 分周した中から選択可能
- スレーブ・モード時は, 最大周波数 **1/2 PCLK** までのシリアル・クロック入力 (**SCKI**) で動作可能
- 割り込みによるデータ転送方式と, 外部 **DMA** コントローラによる **DMA** 転送方式を選択可能
- 送信用, 受信用に各々**16** ビット (**8** ビット+**8** ビット) ×**16** 段の **FIFO** を搭載
- マスタ・モードにおいて, シリアル・データ間のウェイト時間を設定可能

### 13.1.1.1 シリアル制御端子

表 13-1 シリアル制御端子

端子名	入出力	機 能
CSI_SCK	入出力	CSI クロック入出力
CSI_SI	入力	シリアル・データ入力
CSI_SO	出力	シリアル・データ出力

## 13.2 レジスタ

### 13.2.1 レジスタ一覧

本マクロのレジスタ一覧を示します。

表 13-2 レジスタ一覧

アドレス	レジスタ名称	略号	R/W	初期値
EEEE_4000H	CSI モード・コントロール・レジスタ	CSI_MODE	R/W	0000_0000H
EEEE_4004H	CSI クロック選択レジスタ	CSI_CLKSEL	R/W	0000_ffeH
EEEE_4008H	CSI コントロール・レジスタ	CSI_CNT	R/W	1000_0000H
EEEE_400CH	CSI 割り込みステータス・レジスタ	CSI_INT	R/W	0000_0000H
EEEE_4010H	CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタ	CSI_IFIFOL	R/W	0000_0000H
EEEE_4014H	CSI 送信 FIFO レベル表示レジスタ	CSI_OFIFOL	R/W	0000_0000H
EEEE_4018H	CSI 受信ウィンドウ・レジスタ	CSI_IFIFO	R	0000_0000H
EEEE_401CH	CSI 送信ウィンドウ・レジスタ	CSI_OFIFO	W	0000_0000H
EEEE_4020H	CSI FIFO トリガ・レベル・レジスタ	CSI_FIFOTRG	R/W	0000_0000H
EEEE_4024H～ EEEE_403FH	reserved	—	R/W*注 1	0000_0000H

注 1. 書き込みは無効です，常に 0 が読めます。

## 13.2.2 レジスタ詳細

### 13.2.2.1 CSI モード・コントロール・レジスタ (CSI\_MODE: Address EFFF\_4000H)

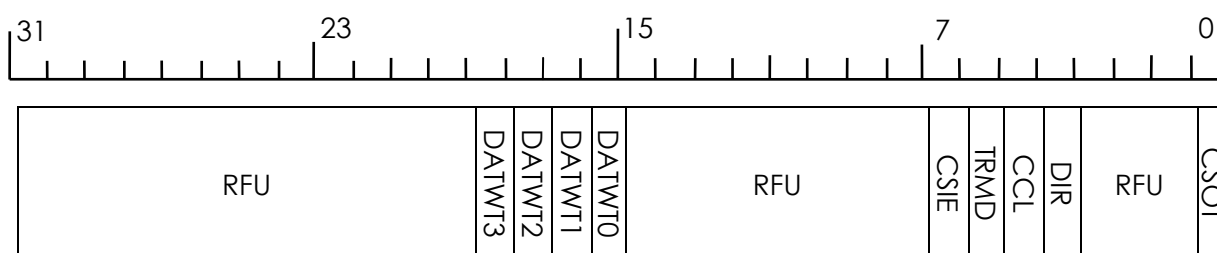
CSI のシリアル通信処理を制御するレジスタです。リセットにより、0 に初期化されます。

CSI の通信モードや、データ長、データの先頭ビット選択など、通信の基本設定を行うため、通信の開始前に設定するレジスタです。また、通信の状態をモニタし、通信の起動と停止を行います。

通信中 (CSIE = 1, または CSOT = 1) は、DATWT, TRMD, CCL, DIR の各ビットは、書き換えることができません。

したがって、これらのビットの設定を行う場合は、CSIE ビットを 0 にして、CSOT ビットをリードして、通信が停止したことを確認してから設定を行ってください。

また CSIE ビットの変更は、他のビットの変更と同時に行わないようにしてください。



ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機 能
31:20	RFU	R/W	000H	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。
19:16	DATWT[3:0]	R/W	0000B	シリアル・データ転送間のインターバル時間の設定 (13.3.3.3 シリアル・データ通信間のインターバル時間を参照) 本設定はマスタ・モードでのみ有効です。 スレーブ・モードでは無効になります。 0~15 クロック・ウエイト (1 クロックは SCKO クロック) の範囲で設定できます。
15:8	RFU	R/W	00H	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。
7	CSIE	R/W	0B	通信の起動と停止 0: 停止 (初期値) 1: 起動 注意 13.3.2 通信の起動と停止を参照してください。
6	TRMD	R/W	0B	通信モードの選択 0: 受信専用モード (初期値) 1: 送受信モード
5	CCL	R/W	0B	シリアル・データ長の選択 0: 8 ビット (初期値) 1: 16 ビット
4	DIR	R/W	0B	シリアル・データの先頭ビットの選択 0: MSB (初期値) 1: LSB
3:1	RFU	R/W	000B	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。
0	CSOT	R	0B	通信状態フラグ 書き込みは無効です。 0: 通信停止 1: 通信中

### 13.2.2.2 CSI クロック選択レジスタ (CSI\_CLKSEL : Address EFFF\_4004H)

マスタ・モード／スレーブ・モードの選択、シリアル通信のクロック極性とデータ・フェーズの選択、およびボー・レートを選択するレジスタです。リセットにより、SLAVE ビットは 1、CKS ビットは 3FFFH、その他のビットはすべて 0 に初期化されます。

このレジスタは、通信中 (CSI\_MODE レジスタの CSIE = 1、または CSOT = 1 のとき) に変更することはできません。したがって、設定を行う場合は、CSI\_MODE レジスタの CSIE ビットを 0 にし、通信が停止したこと (CSOT が 0 になったこと) を確認してから設定を行ってください。

また、設定の変更後は CSI リセットを発行してください。

31

23

15

7

0

RFU

CKP

DAP

SLAVE

CKS14

CKS13

CKS12

CKS11

CKS10

CKS9

CKS8

CKS7

CKS6

CKS5

CKS4

CKS3

CKS2

CKS1

RFU

ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能
31:18	RFU	R	000H	書き込みは無効です、常に0が読めます。
17	CKP	R/W	0B	シリアル・クロックのアイドル時の極性選択 0：シリアル・クロックの極性はハイ（初期値） 1：シリアル・クロックの極性はロー 詳細は、13.3.3.2 シリアル・クロックのタイミングを参照。
16	DAP	R/W	0B	シリアル・データの位相選択 0：SOはSCKと同位相で出力、SIは半周期後サンプリング（初期値） 1：SOはSCKの半周期後出力、SIは同位相でサンプリング 詳細は、13.3.3.2 シリアル・クロックのタイミングを参照。
15	SLAVE	R/W	1B	動作モード（マスタ／スレーブ・モード）の選択 0：マスタ・モード 1：スレーブ・モード（初期値）

ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能																						
14:1	CKS[14:1]	R/W	3FFFH	シリアル・クロックの分周率選択 シリアル・クロック出力 SCKO の周波数を決定するための、マスタ・クロックからの分周率を選択します。 マスタ・クロックは、CSICLK 端子に該当します。 本設定はマスタ・モードで有効です。スレーブ・モードでは、無効です。  0001H～3FFFH の設定値により、1/4～1/65532 の範囲から分周率を選択できます。 CSICLK、シリアル・クロックのそれぞれの使用可能な周波数を考慮してシリアル・クロックの分周率を設定してください。																						
				<table><tr><th>CKS[14:1]</th><th>分周率</th></tr><tr><td>0000H</td><td>1/4 (設定禁止)</td></tr><tr><td>0001H</td><td>1/4</td></tr><tr><td>0002H</td><td>1/8</td></tr><tr><td>0003H</td><td>1/12</td></tr><tr><td>0004H</td><td>1/16</td></tr><tr><td>0008H</td><td>1/32</td></tr><tr><td>0010H</td><td>1/64</td></tr><tr><td>0100H</td><td>1/1024</td></tr><tr><td>1000H</td><td>1/16384</td></tr><tr><td>3FFFH</td><td>1/65532 (初期値)</td></tr></table>	CKS[14:1]	分周率	0000H	1/4 (設定禁止)	0001H	1/4	0002H	1/8	0003H	1/12	0004H	1/16	0008H	1/32	0010H	1/64	0100H	1/1024	1000H	1/16384	3FFFH	1/65532 (初期値)
				CKS[14:1]	分周率																					
				0000H	1/4 (設定禁止)																					
				0001H	1/4																					
				0002H	1/8																					
				0003H	1/12																					
				0004H	1/16																					
				0008H	1/32																					
				0010H	1/64																					
				0100H	1/1024																					
				1000H	1/16384																					
3FFFH	1/65532 (初期値)																									
※分周率＝1/( 4×CKS[14:1] ) (CKS[14:1]=0000H の時を除く)																										
設定例：CSICLK (24MHz)																										
<table><tr><th>CKS[14:1]</th><th>SCKO 周波数</th></tr><tr><td>0001H</td><td>6.00MHz</td></tr><tr><td>0002H</td><td>3.00MHz</td></tr><tr><td>0003H</td><td>2.00MHz</td></tr><tr><td>0004H</td><td>1.50MHz</td></tr><tr><td>0008H</td><td>750KHz</td></tr><tr><td>0010H</td><td>375KHz</td></tr><tr><td>0100H</td><td>23.4KHz</td></tr><tr><td>1000H</td><td>1.46KHz</td></tr><tr><td>3FFFH</td><td>366Hz</td></tr></table>	CKS[14:1]	SCKO 周波数	0001H	6.00MHz	0002H	3.00MHz	0003H	2.00MHz	0004H	1.50MHz	0008H	750KHz	0010H	375KHz	0100H	23.4KHz	1000H	1.46KHz	3FFFH	366Hz						
CKS[14:1]	SCKO 周波数																									
0001H	6.00MHz																									
0002H	3.00MHz																									
0003H	2.00MHz																									
0004H	1.50MHz																									
0008H	750KHz																									
0010H	375KHz																									
0100H	23.4KHz																									
1000H	1.46KHz																									
3FFFH	366Hz																									
0	RFU	R/W	0B	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。																						

### 13.2.2.3 CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT : Address EFFF\_4008H)

CSI の設定・制御を行うレジスタです。

CSI のソフトウェア・リセット、トリガ機能の有効／無効、送信 FIFO のステータス表示、DMA モードの有効／無効、各種割り込みのマスク制御があります。

リセットで、CSIRST ビットを 1、その他のビットはすべて 0 に初期化されます。

通信中 (CSI\_MODE レジスタの CSIE = 1、または CSOT = 1 のとき) は、割り込みマスク制御ビット (ビット 0:13) 以外では前の状態から変更する書き込みをしないでください。通信の起動中に、これらのビットを書き換えた場合の動作は保証できません。13.3.2.1 参照。

31					23					15					7					0																																																											
RFU					T_DMAEN					RFU					T_TRGR_E					RFU					R_TRGR_E																																																						
RFU					T_FIFOF					T_TRGEN					CSIRST					RFU					TRENDE					CSEND_E					RFU					OVERF_E					UNDER_E					RFU					R_DMAEN					R_FIFOF					R_TRGEN					RFU					RFU				
ビット位置	ビット名				R/W	初期値				機能																																																																					
31:29	RFU				R/W	000B				書き込みは無効です、常に 0 が読めます。																																																																					
28	CSIRST				R/W	1B				CSI ソフトウェア・リセット 0：リセット解除 1：リセット（初期値）																																																																					
27	T_TRGEN				R/W	0B				送信 FIFO トリガ・レベル設定の有効／無効（CSI_FIFOTRG レジスタ T_TRG[2:0]）選択 0：無効（初期値） 1：有効																																																																					
26	T_FIFOF				R	0B				送信 FIFO の状態 転送データ長（8 ビット／16 ビット）にかかわらず、送信 FIFO に 32 バイト分のデータがある場合にフルと判断します。 0：Tx FIFO バッファはフルでない（初期値） 1：Tx FIFO バッファはフル 書き込みは無効です。																																																																					
25	RFU				R/W	0B				書き込みは無効です、常に 0 が読めます。																																																																					
24	T_DMAEN				R/W	0B				送信 DMA モード 0：無効（初期値） 1：有効																																																																					

ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能
23:21	RFU	R/W	00B	書き込みは無効です、常に0が読めます。
20	RFU	R/W	0B	書き込みは無効です、常に0が読めます。
19	R_TRGEN	R/W	0B	受信 FIFO トリガ・レベル設定の有効／無効（CSI_FIFOTRG レジスタ R_TRG[2:0]）選択 0：無効（初期値） 1：有効
18	R_FIFOF	R	0B	受信 FIFO の状態 転送データ長（8ビット／16ビット）にかかわらず、受信 FIFO に 32 バイト分のデータがある場合にフルと判断します。 0：Rx FIFO バッファはフルでない（初期値） 1：Rx FIFO バッファはフル 書き込みは無効です。
17	RFU	R/W	0B	書き込みは無効です、常に0が読めます。
16	R_DMAEN	R/W	0B	受信 DMA モード 0：無効（初期値） 1：有効
15:14	RFU	R/W	00B	かならず0を書いてください。1を書くと正しく動作しません。
13	UNDER_E	R/W	0B	Tx FIFO バッファ・アンダラン・エラー割り込み （CSI_INT レジスタ.bit13(UNDER)）許可 0：割り込み 禁止（初期値） 1：割り込み 許可
12	OVERF_E	R/W	0B	Rx FIFO バッファ・オーバフロー・エラー割り込み （CSI_INT レジスタ.bit12(OVERF)）許可 0：割り込み 禁止（初期値） 1：割り込み 許可



ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能
11:10	RFU	R/W	00B	書き込みは無効です，常に 0 が読めます。
9	TREND_E	R/W	0B	全送信完了割り込み（CSI_INT レジスタ.bit9(TREND)）許可 0：割り込み 禁止（初期値） 1：割り込み 許可
8	CSIEND_E	R/W	0B	転送完了割り込み（CSI_INT レジスタ.bit8(CSIEND)）許可 0：割り込み 禁止（初期値） 1：割り込み 許可
7:5	RFU	R/W	000B	書き込みは無効です，常に 0 が読めます。
4	T_TRGR_E	R/W	0B	送信トリガ・レベル割り込み（CSI_INT レジスタ.bit4(T_TRGR)）許可 0：割り込み 禁止（初期値） 1：割り込み 許可
3:1	RFU	R/W	000B	書き込みは無効です，常に 0 が読めます。
0	R_TRGR_E	R/W	0B	受信トリガ・レベル割り込み（CSI_INT レジスタ.bit0(R_TRGR)）許可 0：割り込み 禁止（初期値） 1：割り込み 許可

### 13.2.2.4 CSI 割り込みステータス・レジスタ (CSI\_INT : Address EFFF\_400CH)

CSI で発生した割り込み要因の読み出しと、割り込み要因をクリアするレジスタです。

リセットにより、0 に初期化されます。

なお、割り込み要因をクリアする場合は、クリアする前に、割り込みの発生要因を解除してください。

CSI\_CNT レジスタで割り込みを禁止していても、条件を満たせば各ビットはアサートされます。

<div>31231570</div>																					
RFU												RFU	UNDER	OVERF	RFU	TREND	CSEND	RFU	T_TRGR	RFU	R_TRGR
ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能																	
31:16	RFU	R/W	0000H	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。																	
15:14	RFU	R/W	00B	書き込みは無効です、読み出しデータは不定です。																	
13	UNDER	R/W	0B	Tx FIFO バッファ・アンダラン・エラー割り込み リード： 0：割り込みなし 1：アンダラン・エラー発生 ライト： 0：割り込み要因を保持 1：割り込み要因をクリア																	
12	OVERF	R/W	0B	Rx FIFO バッファ・オーバフロー・エラー割り込み リード： 0：割り込みなし 1：オーバフロー・エラー発生 ライト： 0：割り込み要因を保持 1：割り込み要因をクリア																	
11:10	RFU	R/W	00B	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。																	

ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能
9	TREND	R/W	0B	<p>全送信完了割り込み TxFIFO のすべてのデータ送信が完了したことを示します。 送信が終わったときに Tx FIFO が空ならば、全送信完了割り込みが発生します。</p> <p>リード： 0：割り込みなし 1：全送信完了</p> <p>ライト： 0：割り込み要因を保持 1：割り込み要因をクリア</p>
8	CSIEND	R/W	0B	<p>転送完了割り込み 1 データ分の送信または、受信が終了するごとに、割り込みが発生します。</p> <p>リード： 0：割り込みなし 1：送信または受信完了</p> <p>ライト： 0：割り込み要因を保持 1：割り込み要因をクリア</p>
7:5	RFU	R/W	000B	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。
4	T_TRGR	R/W	0B	<p>送信トリガ・レベル割り込み 送信 FIFO トリガ・レベル設定が無効 (T_TRGEN=0) の場合、割り込みは発生しません。</p> <p>リード： 0：Tx トリガ・レベル未達 1：Tx トリガ・レベル到達</p> <p>ライト： 0：割り込み要因を保持 1：割り込み要因をクリア</p>
3:1	RFU	R/W	000B	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。
0	R_TRGR	R/W	0B	<p>Rx トリガ・レベル割り込み 受信 FIFO トリガ・レベル設定が無効 (R_TRGEN=0) の場合、割り込みは発生しません。</p> <p>リード： 0：Rx トリガ・レベル未達 1：Rx トリガ・レベル到達</p> <p>ライト： 0：割り込み要因を保持 1：割り込み要因をクリア</p>

### 13.2.2.5 CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタ (CSI\_IFIFOL : Address EFFF\_4010H)

CSI は、受信データを保存する 16 段の受信 FIFO バッファ（1 段は 8 ビット+8 ビット）を搭載しています。

CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタ (CSI\_IFIFOL) はバイト（8 ビット）単位で受信 FIFO バッファの使用量を示すレジスタです。

リセット、または CSI リセット (CSI\_CNT レジスタの CSIRST=1) で、初期化されます。

シリアル・データ長が 8 ビット (CSI\_MODE レジスタの CCL=0) の場合、受信 FIFO バッファにデータ（8 ビット）を受信するたびに 1 インクリメントし、受信 FIFO バッファからデータ（8 ビット）を読み出すたびに 1 デクリメントします。

シリアル・データ長が 16 ビット (CSI\_MODE レジスタの CCL=1) の場合、受信 FIFO バッファにデータ（16 ビット）を受信するたびに 2 インクリメントし、受信 FIFO バッファからデータ（16 ビット）を読み出すたびに 2 デクリメントします。

このレジスタに書き込みを行うと、書き込みデータの値に関係なく、受信 FIFO バッファ全体の削除（フラッシュ）を発生させ、RFL[5:0] = 000000B を設定します。

通信中 (CSI\_MODE レジスタの CSIE = 1、または CSOT = 1 のとき) は書き込み禁止です。

<div> <div> 31231570 </div> <div> <div>RFU</div> <div> RFL5 RFL4 RFL3 RFL2 RFL1 RFL0 </div> </div> </div>				
ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能
31:6	RFU	R/W	000_0000H	値に関係なく、書き込みを行うと受信 FIFO バッファのデータが消去されます。常に 0 が読めます。
5:0	RFL[5:0]	R/W	000000B	受信 FIFO バッファ占有時のバイト数 リード： 000000 : 受信 FIFO バッファは空 000001 : 1 バイト 000010 : 2 バイト : 011111 : 31 バイト 100000 : 32 バイト 100001-111111 : 予約 ライト： 値に関係なく、受信 FIFO バッファのデータが消去され、同時にレジスタの値は 0 になります。

### 13.2.2.6 CSI 送信 FIFO レベル表示レジスタ (CSI\_OFIFOL : Address EFFF\_4014H)

CSI は、送信データを保存する 16 段の送信 FIFO バッファ（1 段は 8 ビット+8 ビット）を搭載しています。

CSI 送信 FIFO レベル表示レジスタ (CSI\_OFIFOL) はバイト（8 ビット）単位で送信 FIFO バッファの使用量を示すレジスタです。

リセット、または CSI リセット (CSIRST = 1) で、初期化されます。

シリアル・データ長が 8 ビット (CSI\_MODE レジスタの CCL = 0) の場合、送信 FIFO バッファにデータ（8 ビット）を書き込むたびに 1 インクリメントし、送信 FIFO バッファからデータ（8 ビット）を送信するたびに 1 デクリメントします。

シリアル・データ長が 16 ビット (CSI\_MODE レジスタの CCL = 1) の場合、送信 FIFO バッファにデータ（16 ビット）を書き込むたびに 2 インクリメントし、送信 FIFO バッファからデータ（16 ビット）を送信するたびに 2 デクリメントします。

このレジスタに書き込みを行うと、書き込みデータの値に関係なく、送信 FIFO バッファ全体の削除（フラッシュ）を発生させ、TFL[5:0] = 000000B を設定します。

通信中 (CSI\_MODE レジスタの CSIE=1、または CSOT=1 のとき) は書き込み禁止です。

<div> <div>31231570</div> <div>RFU</div> <div>TFL5TFL4TFL3TFL2TFL1TFL0</div> </div>				
ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能
31:6	RFU	R/W	000_0000H	値に関係なく、書き込みを行うと送信 FIFO バッファのデータが消去されます。常に 0 が読めます。
5:0	TFL[5:0]	R/W	000000B	送信 FIFO バッファ占有時のバイト数 リード : 000000 : 送信 FIFO バッファは空 000001 : 1 バイト 000010 : 2 バイト : 011111 : 31 バイト 100000 : 32 バイト 100001 to 111111 : 予約 ライト : 値に関係なく、送信 FIFO バッファのデータが消去され、同時にレジスタの値は 0 になります。

13.2.2.7 CSI 受信ウィンドウ・レジスタ (CSI\_IFIFO : Address EFFF\_4018H)

受信 FIFO バッファのデータの読み出しに使用するウィンドウ・レジスタです。このレジスタを読み出すたびに、受信 FIFO バッファに入力された最新のデータを読み出せるようにリード・ポインタが移動します。このレジスタの内容は、CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタ (CSI\_IFIFOL) が 0 以外の場合に有効となります。シリアル・データ長が 8 ビット (CSI\_MODE レジスタ CCL = 0) のときは、下位 8 ビットを使用します。シリアル・データ長が 16 ビット (CSI\_MODE レジスタ CCL = 1) のときは、下位 16 ビットを使用します。

<div><div>31231570</div><div></div></div>																											
RFU												IFIFO15	IFIFO14	IFIFO13	IFIFO12	IFIFO11	IFIFO10	IFIFO9	IFIFO8	IFIFO7	IFIFO6	IFIFO5	IFIFO4	IFIFO3	IFIFO2	IFIFO1	IFIFO0
ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能																							
31:16	RFU	R/W	0000H	書き込みは無効です、常に0が読めます。																							
15:0	IFIFO[15:0]	R	0000H	Rx FIFO レジスタ・データ 書き込みは無効です。																							

13.2.2.8 CSI 送信ウィンドウ・レジスタ (CSI\_OFIFO : Address EFFF\_401CH)

送信 FIFO バッファのデータの書き込みに使用するウィンドウ・レジスタです。このレジスタにデータを書き込むたびに、ライト・ポインタが移動し、送信データが保存されます。DMA 転送を使用しないときは、書き込む前に CSI 送信ウィンドウ・レジスタ (CSI\_OFIFOL レジスタ) を読み出して、送信 FIFO バッファがフルになっていないことを確認してください。CSI\_MODE レジスタの CCL = 0 のとき、下位 8 ビットを使用します。CSI\_MODE レジスタの CCL = 1 のとき、下位 16 ビットを使用します。

31																															23								15								7								0	
RFU																							OFIFO15	OFIFO14	OFIFO13	OFIFO12	OFIFO11	OFIFO10	OFIFO9	OFIFO8	OFIFO7	OFIFO6	OFIFO5	OFIFO4	OFIFO3	OFIFO2	OFIFO1	OFIFO0																		
ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能																																																				
31:16	RFU	R/W	0000H	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。																																																				
15:0	OFIFO[15:0]	W	0000H	Tx FIFO レジスタ・データ 読み出すと常に 0 が読めます。																																																				

### 13.2.2.9 CSI FIFO トリガ・レベル・レジスタ (CSI\_FIFOTRG: Address EFFF\_4020H)

CSI\_FIFOTRG レジスタは、送信 FIFO バッファと受信 FIFO バッファのそれぞれのトリガ・レベルを設定するレジスタです。受信 FIFO トリガ・レベル設定を有効 (CSI\_CNT レジスタの R\_TRGEN=1) にすると、R\_TRG[2:0] ビットの設定が有効になります。また、送信 FIFO トリガ・レベル設定を有効 (CSI\_CNT レジスタの T\_TRGEN=1) に設定すると、T\_TRG[2:0] ビットの設定が有効になります。

31231570													
RFU				T_TRG2	T_TRG1	T_TRG0	RFU				R_TRG2	R_TRG1	R_TRG0
ビット位置	ビット名	R/W	初期値	機能									
31:11	RFU	R/W	00_0000H	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。									
10:8	T_TRG[2:0]	R/W	000B	送信 FIFO バッファの空き容量をトリガ・レベルとして設定します。 送信トリガ・レベル割り込みと、送信用 DMA 転送要求信号 (DMAREQTX) 出力のタイミング制御に使用します。									
				T_TRG[2:0]			シリアル・データ長						
							8 ビット		16 ビット				
				000			8 ビット x 1		16 ビット x 1				
				001			8 ビット x 2		16 ビット x 2				
				010			8 ビット x 4		16 ビット x 4				
				011			8 ビット x 8		16 ビット x 8				
				100			8 ビット x 16		16 ビット x 16				
				101			8 ビット x 32		設定禁止*注1				
				110			設定禁止*注1		設定禁止*注1				
111			設定禁止*注1		設定禁止*注1								
7:3	RFU	R/W	00000B	書き込みは無効です、常に 0 が読めます。									
2:0	R_TRG[2:0]	R/W	000B	受信 FIFO バッファ内の受信データ数をトリガ・レベルとして設定します。 受信トリガ・レベル割り込みと、受信信用 DMA 転送要求信号 (DMAREQRX) 出力のタイミング制御に使用します。									
				R_TRG[2:0]			シリアル・データ長						
							8 ビット		16 ビット				
				000			8 ビット x 1		16 ビット x 1				
				001			8 ビット x 2		16 ビット x 2				
				010			8 ビット x 4		16 ビット x 4				
				011			8 ビット x 8		16 ビット x 8				
				100			8 ビット x 16		16 ビット x 16				
				101			8 ビット x 32		設定禁止*注1				
				110			設定禁止*注1		設定禁止*注1				
111			設定禁止*注1		設定禁止*注1								

注 1. 該当する値を設定しないでください、設定した場合の動作は保証しません。



## 13.3 動作

### 13.3.1 ソフトウェア・リセット

レジスタ設定によるソフトウェア・リセット（**CSI** リセット）機能を備えています。

**CSI** リセットは、割り込みフラグのクリア、送信 **FIFO** と受信 **FIFO** のクリアを行います。また特定のレジスタの初期化も行います。

#### 13.3.1.1 **CSI** リセットの機能

**CSI** コントロール・レジスタ（**CSI\_CNT**）の **CSI** ソフトウェア・リセット（**CSIRST**）ビットがセットされると、**CSI** リセットが発生します。**CSIRST** ビットがクリアされると、**CSI** リセットは解除されます。

**CSI** リセットで初期化する端子、および初期化するレジスタを以下に示します。

表 13-3 **CSI** リセットにによって初期化される端子とレジスタ一覧

分類	端子名またはレジスタ名	ビット名
端子*注1	SCKOE	
	SCKO	
	SOOE（※受信モード時は0固定）	
レジスタ*注2	CSI_MODE	CSIE, CSOT
	CSI_CNT	T_FIFOF, R_FIFOF
	CSI_INT	UNDER, OVERF, TREND, CSIEND, T_TRGR, R_TRGR
	CSI_IFIFOL	RFL[5:0]
	CSI_OFIFOL	TFL[5:0]

注 1. SCKOE 端子は、動作モードの設定に関係なく **CSI** リセット中はロー・レベルになります。**CSI** リセットを解除すると、動作モードに依存した出力レベルになります。

注 2. **CSI** リセット中（**CSIRST** が 1 の時）は上記のレジスタへの書き込みは無効です。

書き込みを行う場合は、**CSI** リセットの解除後（**CSIRST** が 0 の時）にしてください。

表 13-3 に示すレジスタ以外は、**CSI** リセットで初期化されず、設定値を保持します。

通信に必要な初期設定は保持されるため、**CSI** リセット解除後に再設定を行うことなく動作を再開することができます。

#### 13.3.1.2 **CSI** リセット使用上の注意

通信動作中に **CSI** リセットを行うと、通信が途絶して通信相手の動作に影響をおよぼす恐れがあります。

**CSI** リセットを行う場合は、**CSI** モード・コントロール・レジスタ（**CSI\_MODE**）の **CSIE** フラグをクリアし、**CSI** モード・コントロール・レジスタ（**CSI\_MODE**）を読んで、通信が停止したこと（**CSOT** フラグが 0）を確認してから行ってください。

同様に、**DMA** 転送による送信動作中、または受信動作中に **CSI** リセットを行うと、**CSI** が予期しない状態になる恐れがあります。**DMA** 転送方式で **CSI** リセットを発行する場合は、**DMA** 転送が停止していることを確認してから行ってください。

### 13.3.2 通信の起動と停止

通信の起動と停止は **CSI モード・コントロール・レジスタ (CSI\_MODE)** の **CSIE** フラグで行います。  
フラグをセットすると通信動作を起動し、クリアすると通信動作を停止します。

通信の状態は、**CSI モード・コントロール・レジスタ (CSI\_MODE)** の **CSOT** フラグで確認できます。

**CSIE** フラグのクリアが、通信のサイクル中だった場合、すぐに停止せず、そのサイクルが終了するのをまって、通信動作を停止します。

したがって、通信の停止後の処理は、**CSOT** フラグをポーリングし、通信が停止状態になっていることを確認してから行ってください。

通信動作中は以下のレジスタ、およびレジスタのビットのみライト・アクセスできます。

表 13-4 通信動作中にライト・アクセスできるレジスタとフラグ一覧

レジスタ名	フラグ
CSI_MODE	CSIE
CSI_CNT	割り込み許可フラグ (ビット 0:13)
CSI_INT	すべて
CSI_OFIFO	すべて

#### 13.3.2.1 CSIE フラグの使用上の注意

表 13-4 に示すレジスタ以外の、動作モードや、通信データ・フォーマット、通信速度、トリガ・レベルの設定を行うレジスタは、通信動作中に設定変更することを禁止します。

通信を起動した後で設定を変更する場合は、必ず通信を停止してから行ってください。

初期設定を行う場合は、**CSI** リセット解除後、通信を起動する前に行ってください。

特に、通信を起動する前までに、マスタとスレーブの両方の初期設定が終了しているようにしてください。

### 13.3.3 通信機能の設定

#### 13.3.3.1 シリアル・データのフォーマット

本 CSI では、設定により 4 種類のシリアル・データのフォーマットに対応することができます。

設定は、CSI モード・コントロール・レジスタ (CSI\_MODE) の CCL フラグと DIR フラグで行います。

これらの項目は、マスタとスレーブで同じ条件になるように設定してください。

シリアル・データ長 (CCL) : シリアル・データ長を 8 ビット／16 ビットのどちらかを選択します。

シリアル・データの先頭ビット (DIR) : シリアル・データの先頭を MSB／LSB のどちらかを選択します。

### 13.3.3.2 シリアル・クロックのタイミング

本 CSI では、設定により 4 種類のシリアル・クロックのタイミングに対応することができます。  
 設定は、CSI クロック選択レジスタ（CSI\_CLKSEL）の CKP フラグと DAP フラグで行います。  
 これらの選択項目は、マスタとスレーブで同じ条件になるように設定してください。

シリアル・クロックのアイドル時の極性（CKP）：シリアル・クロックのアイドル時の極性をハイ／ローから選択します。

シリアル・データの位相（DAP）：SO は SCK と同位相／SO は SCK の半周期前を選択します。

シリアル・クロックのアイドル時の極性選択ビット（CKP）とシリアル・データの位相選択ビット（DAP）の組み合わせによる動作タイミングを表 13-5 に示します。

表 13-5 クロックの極性とデータの位相

CKP ビット	DAP ビット	動作タイミング
0	0	<p>SCK</p> <p>SO D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0</p> <p>SI サンプルング ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p>
0	1	<p>SCK</p> <p>SO D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0</p> <p>SI サンプルング ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p>
1	0	<p>SCK</p> <p>SO D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0</p> <p>SI サンプルング ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p>
1	1	<p>SCK</p> <p>SO D7 D6 D5 D4 D3 D2 D1 D0</p> <p>SI サンプルング ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑ ↑</p>

注意. シリアル・クロックの極性選択（CKP）は、SCK 信号線のクランプ・レベルと一致させてください。

- SCK がハイ・レベルでクランプ： CKP ← 0
- SCK をロー・レベルでクランプ： CKP ← 1

### 13.3.3.3 シリアル・データ通信間のインターバル時間

連続でデータ通信を行う場合、シリアル・クロック、シリアル・データは切れ目なく授受されます。通信速度が速い場合、接続するスレーブによっては、処理が間に合わなくなることがあります。そのようなスレーブに対応するため、シリアル・データの間にインターバル時間を設けることができます。インターバル時間の設定は、CSI モード・コントロール・レジスタ (CSI\_MODE) の DATWT[3:0] ビットで行います。

DATWT[3:0] の設定値により、シリアル・クロック (SCKO) 0~15 クロック分のインターバル時間を挿入することができます。

以下に DATWT[3:0]=0 と、DATWT[3:0]=4 を設定した場合のタイミングを示します。

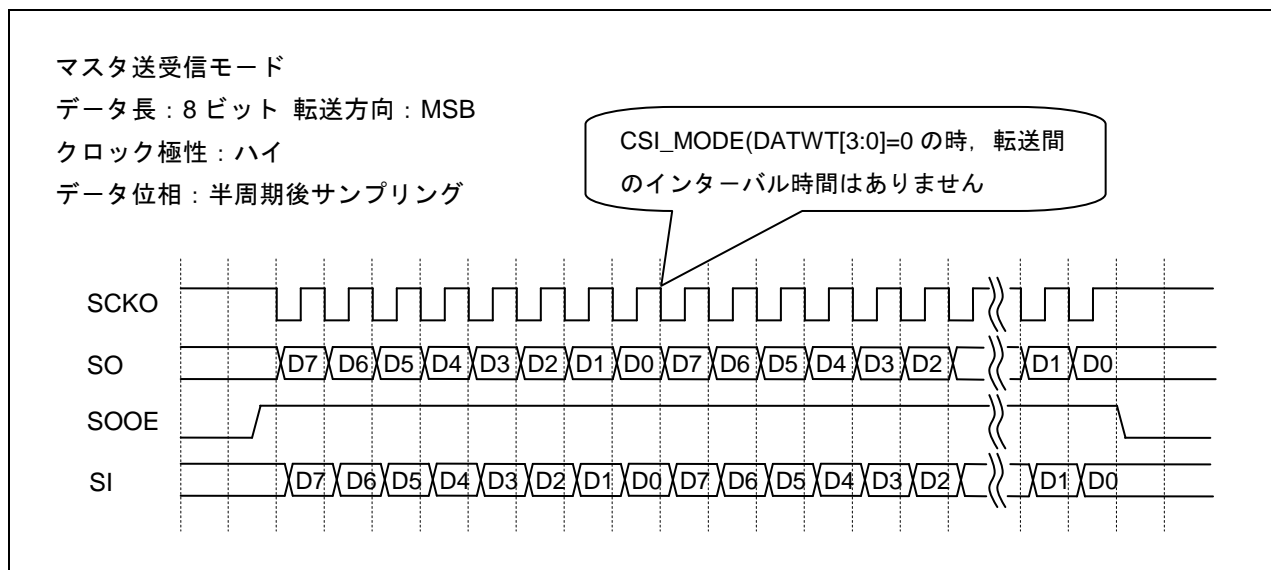


図 13-1 インターバル時間 (DATWT[3:0]=0) のタイミング

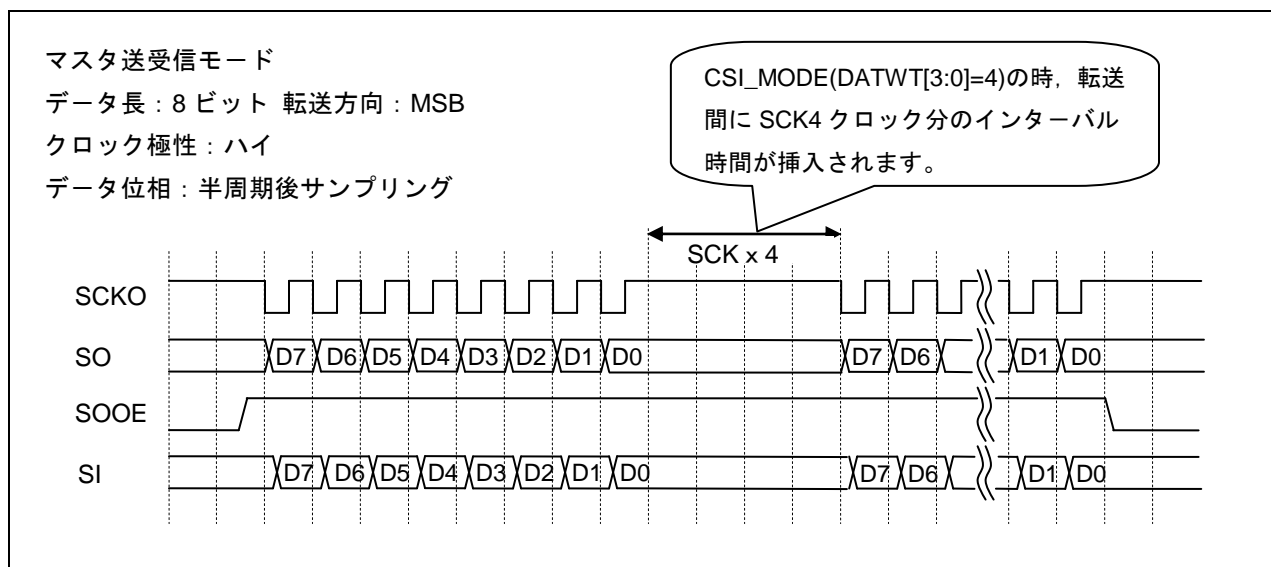


図 13-2 インターバル時間 (DATWT[3:0]=4) のタイミング

### 13.3.4 割り込み

割り込み出力信号として、**CSI** 割り込み信号（**CSIINT**）を備えています。

**CSIINT** はレベル割り込みです。

**CSI** 割り込みステータス・レジスタ（**CSI\_INT**）の割り込み要因フラグをクリアすると、割り込み信号がインアクティブになります。

割り込み要因は、以下の **6** 種類があります。割り込み要因は、個別にマスクの設定ができます。

表 13-6 割り込み要因一覧

割り込み要因	フラグ名	機能
アンダラン・エラー割り込み	UNDER	送信 FIFO に送信データの用意ができていない、空の状態で送信要求を受けると、割り込みが発生します。 詳細は 13.3.5.2 を参照してください。
オーバフロー・エラー割り込み	OVERF	受信 FIFO に空きがない状態で、受信動作が発生すると、割り込みが発生します。 詳細は 13.3.5.1 を参照してください。
全送信完了割り込み	TREND	送信 FIFO の送信データの送信がすべて終わると全送信完了割り込みが発生します。 マスタ受信専用モード、スレーブ受信専用モードでは、本割り込みは発生しません。
転送完了割り込み	CSIEND	1 データ分の受信または、送受信が終わると、転送完了割り込みが発生します。 転送完了割り込みが発生しても、通信動作は継続します。
Tx トリガ・レベル割り込み	T_TRGR	送信動作により、送信 FIFO の空き容量が、設定したトリガ・レベルに到達すると、割り込みを発生します。 詳細は 13.3.11.1 を参照してください。
Rx トリガ・レベル割り込み	R_TRGR	受信動作により、受信 FIFO のバッファリング・レベルが、設定したトリガ・レベルに到達すると、割り込みを発生します。 詳細は 13.3.11.2 を参照してください。

### 13.3.4.1 全送信完了割り込み

送信 FIFO の送信データの送信がすべて終わると全送信完了割り込み（TREND）が発生します。

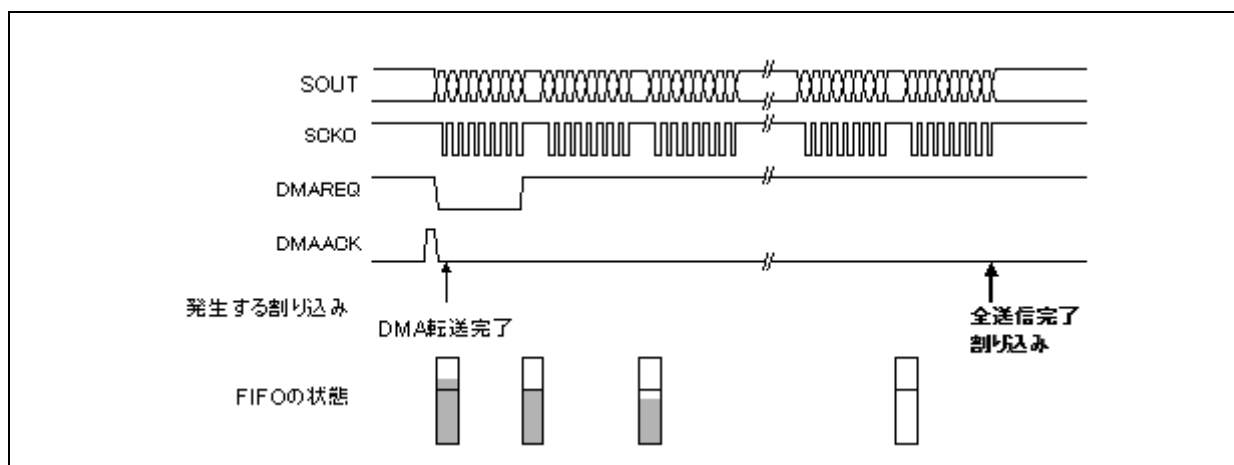


図 13-3 CSI 全送信完了割り込み

ただし図 13-4 に示すように、全送信完了割り込みが発生しても、直後に DMA による送信 FIFO への書き込みが行われ、送信 FIFO に送信データが残る場合があります。

全送信完了割り込みのハンドラで、送信完了処理を行う場合は、送信 FIFO に送信データが残っていないか確認する必要があります。

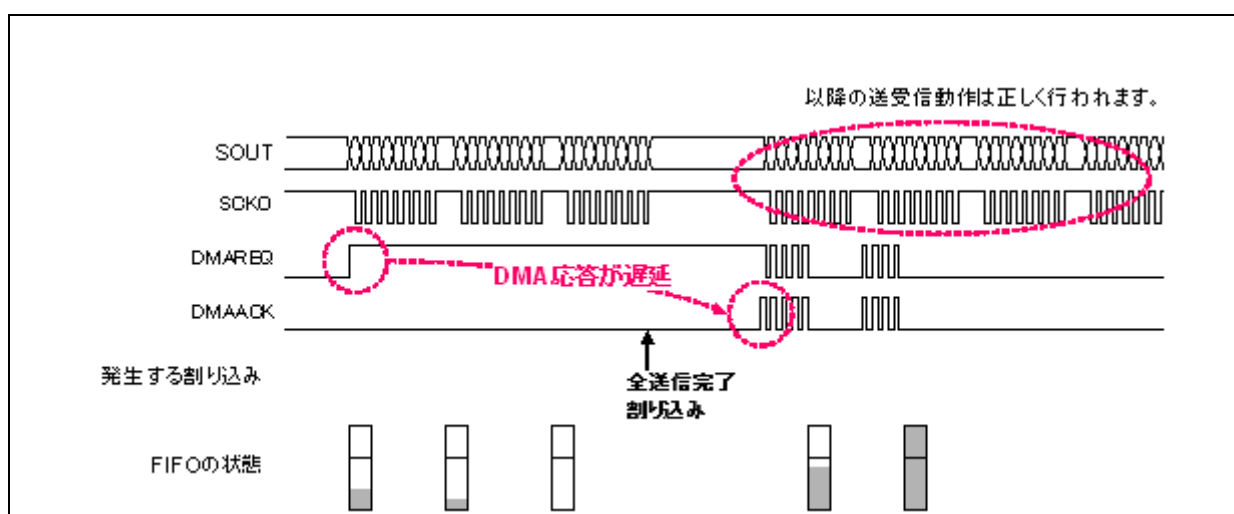


図 13-4 CSI 全送信完了割り込み

### 13.3.5 エラー発生時の動作と処理手順

CSI では受信動作でのオーバフローと、送信動作でのアンダランの 2 つのエラーを検出します。

#### 13.3.5.1 オーバフロー・エラー

受信 FIFO に空きがない状態で、受信動作が発生すると、オーバフロー・エラーが発生します。

オーバフロー・エラーは、マスタ送受信モード、スレーブ受信専用モード、スレーブ送受信モードの動作モードで発生することがあります。

マスタ受信専用モードでは、オーバフローする前に通信が停止するため、オーバフロー・エラーは発生しません。

オーバフロー・エラーが発生すると、以降の受信データの取り込みを行いません。

ただし、マスタ送受信モード、スレーブ送受信モードでは、同時に行われる送信動作は停止しません。

受信 FIFO からデータを読み出すか、受信 FIFO をフラッシュして受信 FIFO に空きを作ったのちに、オーバフロー割り込み要因フラグをクリアすると受信を再開します。

オーバフローの発生は、割り込み信号で検出することができます。

オーバフローによる通信エラーからの復帰は、割り込みを利用してソフトウェアでプロトコルを形成してください。

#### 13.3.5.2 アンダラン・エラー

送信 FIFO に送信データの用意ができていない、空の状態で送信要求を受けると、アンダラン・エラーが発生します。

アンダラン・エラーは、スレーブ送受信モードでのみ発生することがあります。

アンダラン・エラーが発生すると、送信動作だけでなく受信動作も停止します。

送信動作停止中は、シリアル・データ出力 (SO) 端子がロー・レベルになるため、対向のマスタは 0 のデータを受信します。

エラー発生以降にマスタから送られてくる受信データは、受信動作が停止するため、取り込みません。

動作を再開するには、CSI リセット (CSI\_CNT レジスタの CSIRST = 1) を使用します。動作の再開は以下の手順で行ってください。

- CSI リセットをアサート
- CSI リセットをディアサート
- 送信 FIFO に送信データを書き込む
- 通信を起動する (CSI\_MODE の CSIE=1)

アンダラン・エラーの発生は、割り込みで検出することができます。

アンダラン・エラーによる通信エラーからの復帰は、割り込みを利用してソフトウェアでプロトコルを形成してください。



### 13.3.6 動作モード

本 CSI は、以下に示す 4 つの動作モードを備えます。

起動時に、レジスタ設定によって、動作モードを決定しなければなりません。

- マスタ受信専用モード
- マスタ送受信モード
- スレーブ受信専用モード（リセット時デフォルト）
- スレーブ送受信モード

動作モードは、CSI クロック選択レジスタ（CSI\_CLKSEL）の SLAVE フラグ、CSI モード・コントロール・レジスタ（CSI\_MODE）の TRMD フラグの、2 つのフラグを組み合わせて設定します。

動作モードの設定は、リセット解除後、通信を開始する前に行ってください。通信中（CSI\_MODE レジスタの CSIE = 1、または CSOT = 1 のとき）に変更することはできません。

表 13-7 動作モード一覧

CSI_CLKSEL SLAVE (bit15)	CSI_MODE TRMD(bit6)	動作モード	機能概要
0	0	マスタ受信専用モード	スレーブからデータを受信する受信専用のモードです。
0	1	マスタ送受信モード	スレーブとの間で送受信を同時に行うモードです。
1	0	スレーブ受信専用モード	マスタから送信されてくるデータを受信する受信専用のモードです。（リセット時のデフォルト）
1	1	スレーブ送受信モード	マスタとの間でデータの送信と受信を同時に行うモードです。

### 13.3.7 マスタ受信専用モード

スレーブからデータを受信する受信専用のモードです。

送信機能は使用しません。

マスタとして、受信動作にあわせて、シリアル・クロック（**SCK**）を出力し、スレーブから送られてくるシリアル・データを受信します。

スレーブと1対1に接続する例を図 13-5 に示します。

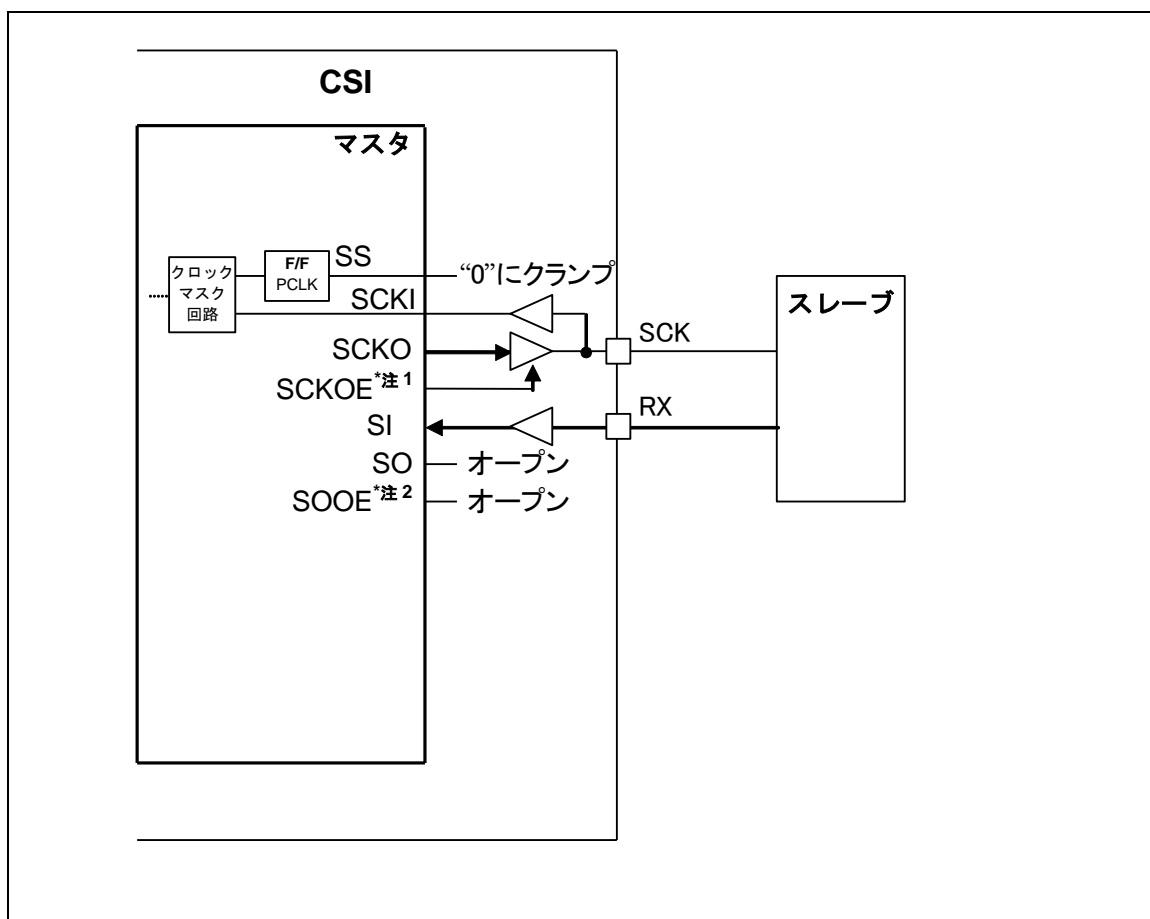


図 13-5 マスタ受信専用モードの接続例

注 1. SCKOE は常にハイ・レベルを出力します。

注 2. SOOE は常にロー・レベルを出力します。

### 13.3.7.1 マスタ受信専用モードの設定項目

マスタ受信専用モードで設定するレジスタの一覧を示します。

表 13-8 マスタ受信専用モードで設定するレジスタの一覧

*注 1	レジスタ名	ビット名	Bit	設定値
必	CSI_MODE	通信モード : TRMD	6	0B (受信専用)
必		シリアル・データ長 : CCL	5	16ビット/8ビットのどちらかを選択してください。スレーブはマスタのデータ長と一致させなければなりません。
必		先頭ビット : DIR	4	MSB/LSB のどちらかを選択してください。スレーブはマスタの先頭ビットの設定と一致させなければなりません。
必		インターバル時間 : DATWT	19:16	必要に応じて適切な値を設定します。13.3.3.3 参照
必	CSI_CLKSEL	動作モード : SLAVE	15	0B (マスタ)
必		クロック極性 : CKP	17	SCK 信号線のクランプ・レベルと一致させてください。
必		データ位相 : DAP	16	シリアル・データの位相を選択してください。スレーブはマスタのデータ位相選択と一致させなければなりません。
必		通信クロック選択 : CKS	14:1	SCK の通信周波数を決定します。
任	CSI_CNT	受信 DMA 転送 : R_DMAEN	16	受信データの転送方式を決定します。
任		受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRGEN	19	受信 FIFO トリガ・レベルの使用を決定します。
任		転送完了割り込み : CSIEND_E	8	転送完了割り込みの使用を決定します。
任		受信トリガ・レベル割り込み : R_TRGR_E	0	受信トリガ・レベル割り込みの使用を決定します。
任	CSI_FIFOTRG	受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRG	2:0	受信 FIFO トリガ・レベルを使用するときのレベル値を設定します。

注 1. 必 : 必須の設定項目です。 任 : 必要に応じて任意に設定してください。

### 13.3.7.2 マスタ受信専用モードの動作

#### (1) 動作の開始方法

初期設定後、通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をセットすると、受信動作を開始します。

#### (2) 終了方法

通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をクリアすると、受信動作を停止します。

起動フラグのクリアが、受信動作のサイクル中であった場合は、サイクルの完了後に送受信動作を停止します。

#### (3) 通信中の動作

受信 **FIFO** バッファに空きがなくなると、シリアル・クロック **SCK** の出力を停止して、受信動作全体が停止します。

受信動作の停止後、受信 **FIFO** からデータを読み出して、**FIFO** に空きができると受信動作を再開します。

#### (4) 受信トリガ・レベル割り込み

受信トリガ・レベル割り込みを使用することができます。受信トリガ・レベルの詳細は 13.3.11.2 を参照してください。

**CSI FIFO** トリガ・レベル・レジスタ（**CSI\_FIFOTRG**）の **R\_TRG[2:0]** に設定した値まで受信データを蓄積すると、受信トリガ・レベル割り込みが発生して、受信動作を停止します。

受信 **FIFO** からデータを読み出して、**CSI\_INT** レジスタの受信トリガ・レベル割り込み要因フラグ（**R\_TRGR**）をクリアすると受信動作を再開します。

#### (5) 通信エラー

マスタ受信専用モードでは、エラーの発生はありません。

### 13.3.7.3 マスタ受信専用モードの設定と動作フロー

マスタ受信専用モードで、受信トリガ・レベル割り込みを使用した受信動作のフローを示します。

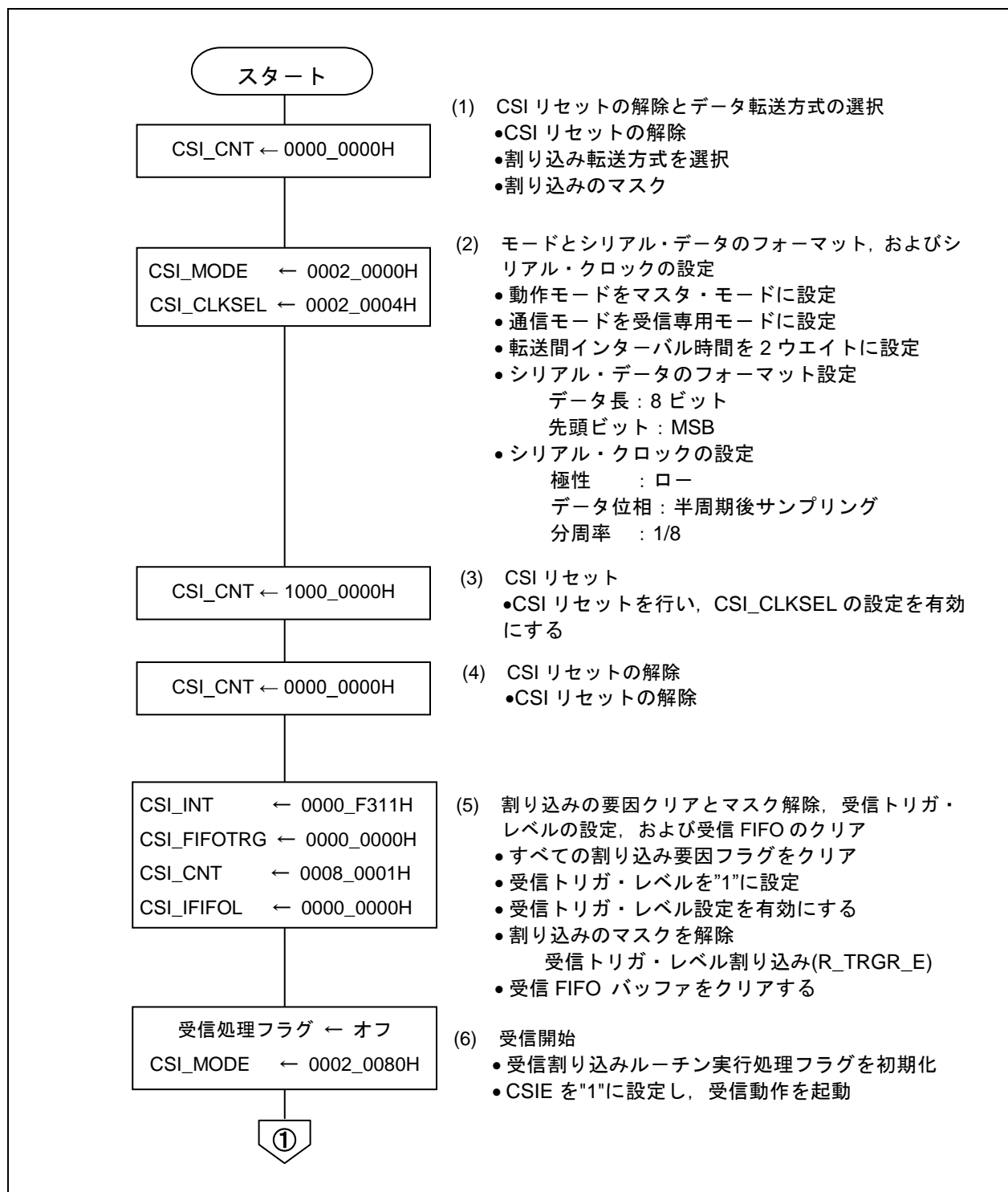


図 13-6 マスタ受信専用モード, 割り込み転送方式の動作フロー (1/3)

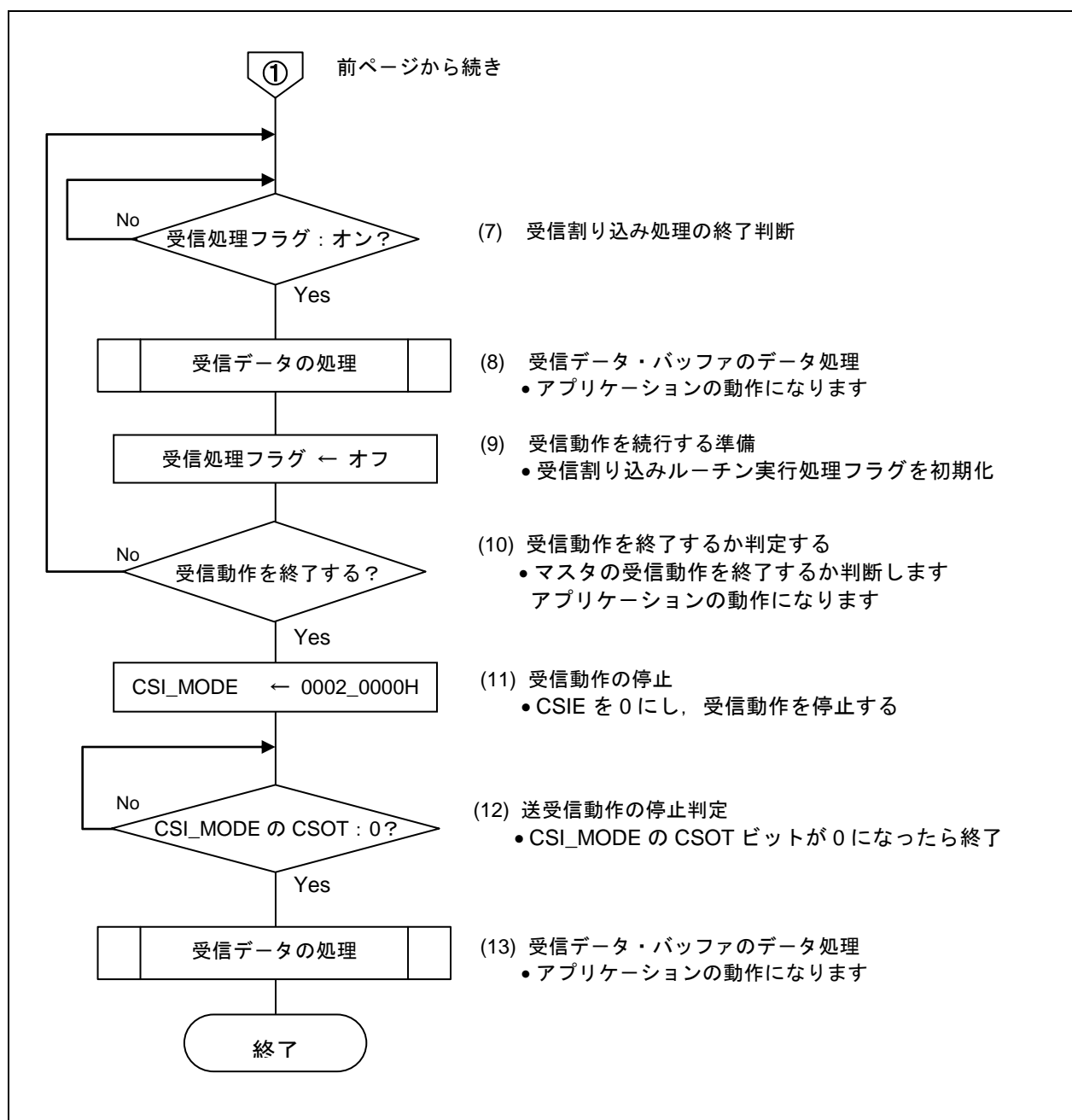


図 13-7 マスタ受信専用モード，割り込み転送方式の動作フロー (2/3)

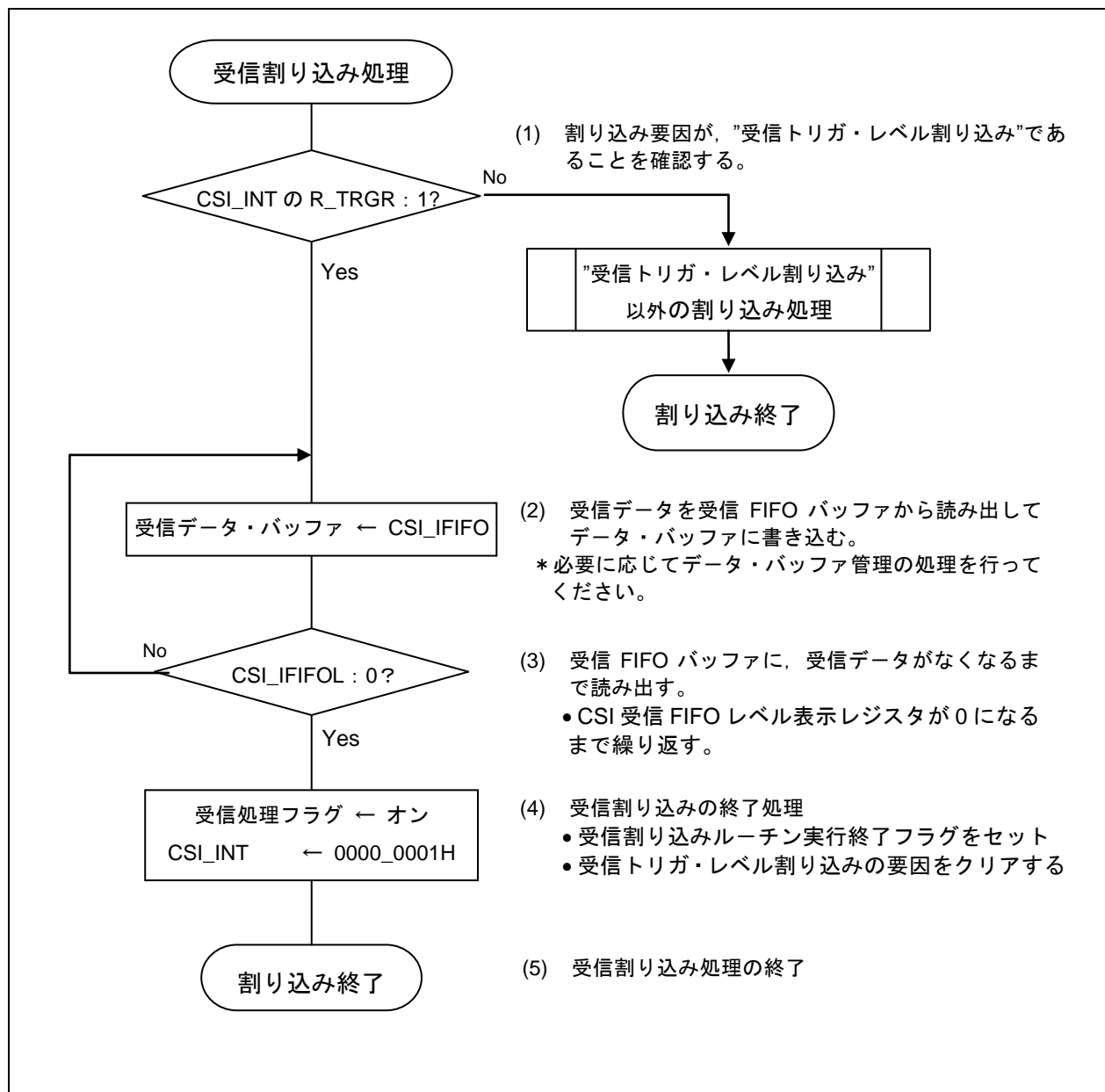


図 13-8 マスタ受信専用モード, 割り込み転送方式の動作フロー (3/3)

### 13.3.8 マスタ送受信モード

スレーブとの間で送受信を行います。

送信と受信を同時に行うので、高速な通信が実現できます。

マスタとして、送受信動作時に、シリアル・クロック（**SCK**）を出力します。

送信機能だけで、受信機能を使用しない場合でも、このモードで動作させてください。

複数のスレーブと接続する例を図 13-9 に示します。

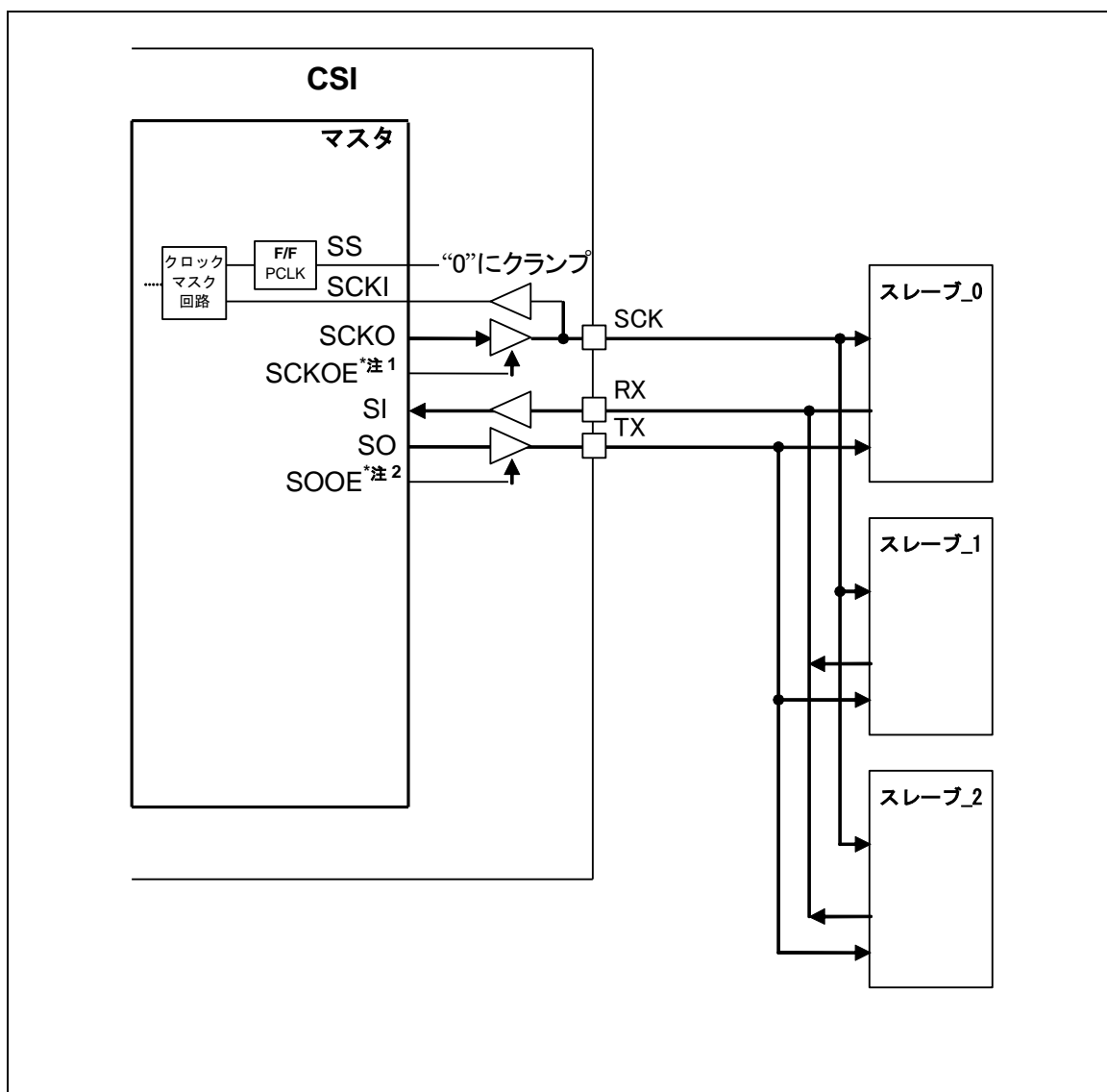


図 13-9 マスタ送受信モードの接続例（複数のスレーブと接続）

注 1. SCKOE は常にハイ・レベルを出力します。

注 2. SOOE はシリアル・クロックを出力している期間ハイ・レベルを出力します。



### 13.3.8.1 マスタ送受信モードの設定項目

マスタ送受信モードで設定するレジスタの一覧を示します。

表 13-9 マスタ送受信モードで設定するレジスタの一覧

*注 1	レジスタ名	ビット名	Bit	設定値
必	CSI_MODE	通信モード : TRMD	6	1B (送受信モード)
必		シリアル・データ長 : CCL	5	16ビット/8ビットのどちらかを選択してください。スレーブはマスタのデータ長と一致させなければなりません。
必		先頭ビット : DIR	4	MSB/LSB のどちらかを選択してください。スレーブはマスタの先頭ビットの設定と一致させなければなりません。
必		インターバル時間 : DATWT	19:16	必要に応じて適切な値を設定します。13.3.3.3 参照
必	CSI_CLKSEL	動作モード : SLAVE	15	0B (マスタ)
必		クロック極性 : CKP	17	SCK 信号線のクランプ・レベルと一致させてください。
必		データ位相 : DAP	16	シリアル・データの位相を選択してください。スレーブはマスタのデータ位相選択と一致させなければなりません。
必		通信クロック選択 : CKS	14:1	SCK の通信周波数を決定します。
任	CSI_CNT	送信 DMA 転送 : T_DMAEN	24	送信データの転送方式を決定します。
任		送信 FIFO トリガ・レベル : T_TRGEN	27	送信 FIFO トリガ・レベルの使用を決定します。
任		受信 DMA 転送 : R_DMAEN	16	受信データの転送方式を決定します。
任		受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRGEN	19	受信 FIFO トリガ・レベルの使用を決定します。
任		全送信完了割り込み : TREND_E	9	全送信完了割り込みの使用を決定します。
任		オーバフロー割り込み : OVERF_E	12	オーバフロー割り込みの使用を決定します。
任		転送完了割り込み : CSIEND_E	8	転送完了割り込みの使用を決定します。
任		送信トリガ・レベル割り込み : T_TRGR_E	4	送信トリガ・レベル割り込みの使用を決定します。
任		受信トリガ・レベル割り込み : R_TRGR_E	0	受信トリガ・レベル割り込みの使用を決定します。
任	CSI_FIFOTRG	送信 FIFO トリガ・レベル : T_TRG	10:8	送信 FIFO トリガ・レベルを使用するときのレベル値を設定します。
任		受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRG	2:0	受信 FIFO トリガ・レベルを使用するときのレベル値を設定します。

注 1 必 : 必須の設定項目です。 任 : 必要に応じて任意に設定してください。

### 13.3.8.2 マスタ送受信モードの動作

#### (1) 動作の開始方法

初期設定後、通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をセットし、送信データを送信 **FIFO** に書き込むと送受信動作を開始します。

起動フラグをセットする前に、送信データを送信 **FIFO** に書き込んでおいた場合は、起動フラグをセットすると送受信動作を開始します。

#### (2) 終了方法

通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をクリアすると、送受信動作を停止します。

起動フラグをクリアした時点で、送信 **FIFO** に送信データが残っていても、送受信動作を停止します。

通信状態フラグが通信停止になるのを待ってから、起動フラグのクリアを行うと、送信 **FIFO** のデータの残留をふせぐことができます。

#### (3) 通信中の動作

送信 **FIFO** バッファにデータがなくなるまで、送受信動作を行います。

送信データがなくなり、送信 **FIFO** バッファが空になると、シリアル・クロック **SCK** の出力を停止して、送受信動作を停止します。

送受信が停止した場合、送信 **FIFO** にデータを書き込むと、送受信動作を再開します。

送受信動作は、送信が主体になるため、動作中に受信 **FIFO** がいっぱいになっても、送受信動作は停止しません。

この場合、オーバフロー・エラーを発生するとともに、それ以降受信するデータを取り込みません。オーバフロー・エラーの詳細は 13.3.5.1 を参照してください。

#### (4) 受信トリガ・レベル割り込み

受信トリガ・レベル割り込みを使用することができます。詳細は 13.3.11.2 参照。

**CSI\_FIFOTRG** レジスタの **R\_TRG** に設定した値まで受信データを蓄積すると割り込みが発生します。

受信トリガ・レベル割り込みが発生しても、送受信動作は継続します。

#### (5) 送信トリガ・レベル割り込み

送信トリガ・レベル割り込みを使用することができます。詳細は 13.3.11.1 参照。

送信動作により、送信 **FIFO** のデータが減少して、**T\_TRG** で設定した値まで空き容量が増加すると、送信トリガ・レベル割り込みが発生します。

送信トリガ・レベル割り込みが発生しても、送受信動作は継続します。

送信トリガ・レベル割り込みを使用する場合は、最初の割り込みを発生させるために、通信の起動前に送信 **FIFO** に送信データを充填してください。

#### (6) 通信エラー

オーバフロー・エラーを発生することがあります。

### 13.3.8.3 マスタ送受信モードの設定と動作フロー（送受信動作）

マスタ送受信モードで、送信トリガ・レベル割り込みを使用した送受信動作のフローを示します。

送信バッファに用意された送信データを、送信トリガ・レベル割り込みと、全送信完了割り込みを用いて連続送信します。

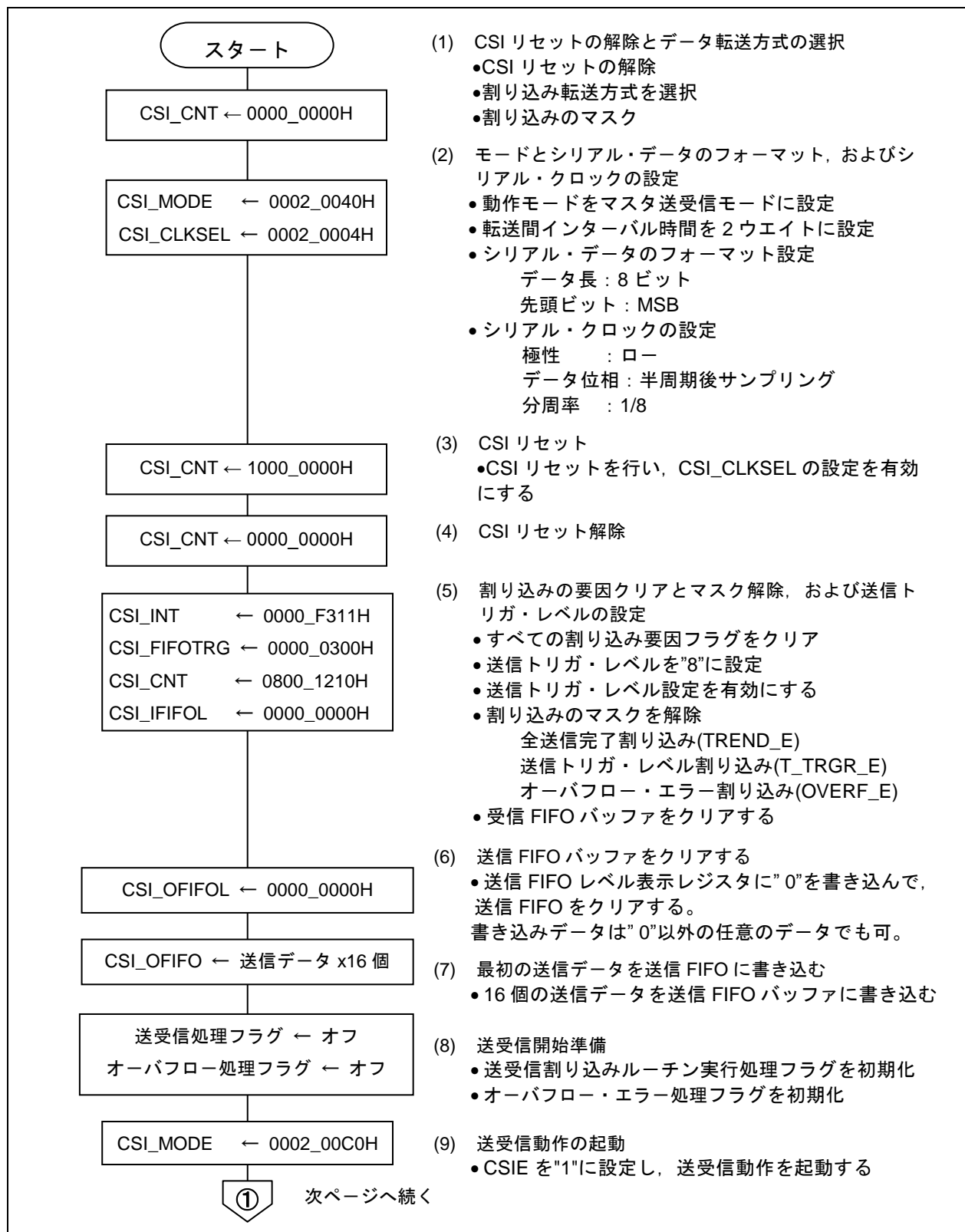


図 13-10 マスタ送受信モード（送受信動作），割り込み転送方式の動作フロー（1/4）

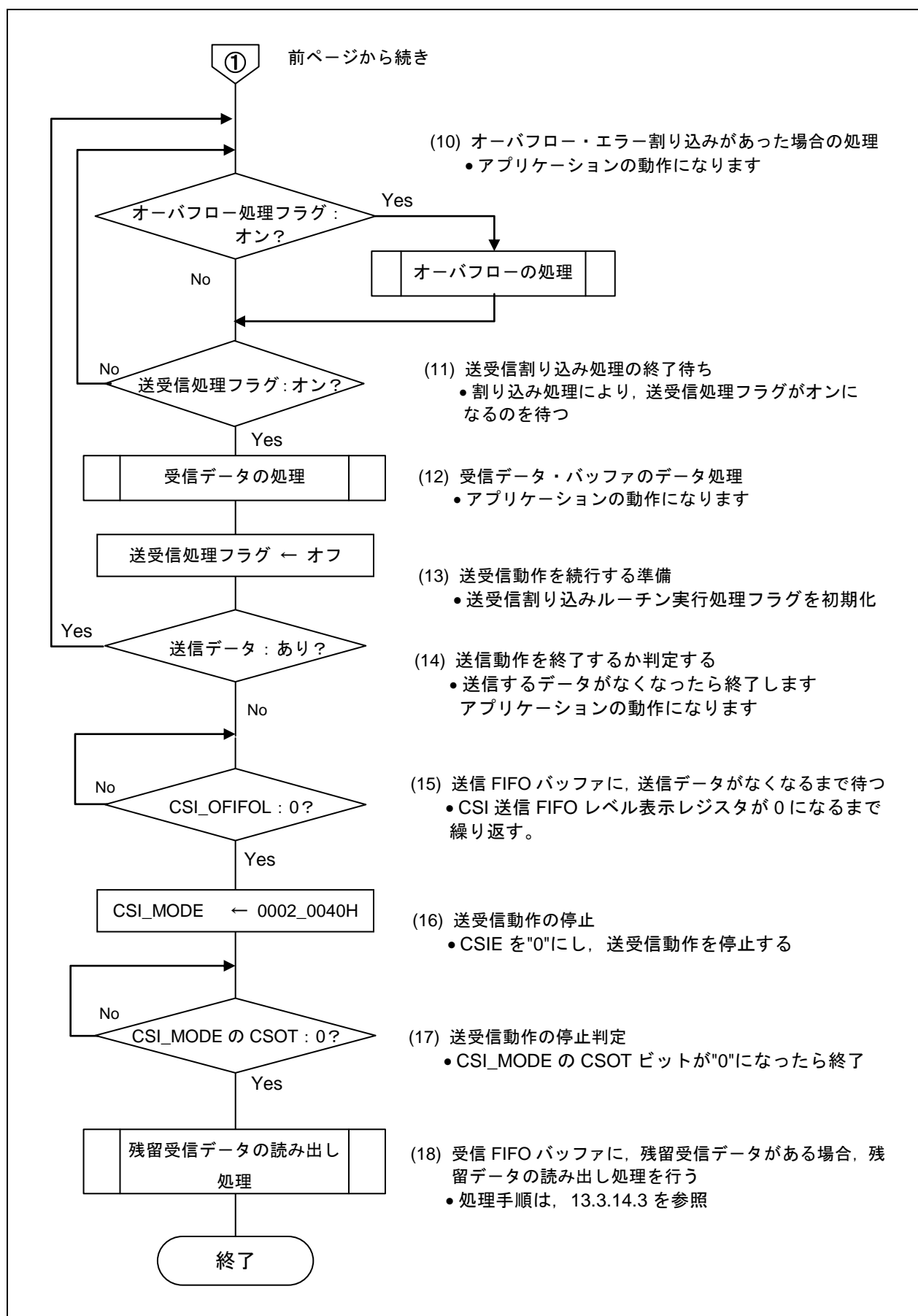


図 13-11 マスタ送受信モード（送受信動作）、割り込み転送方式の動作フロー（2/4）

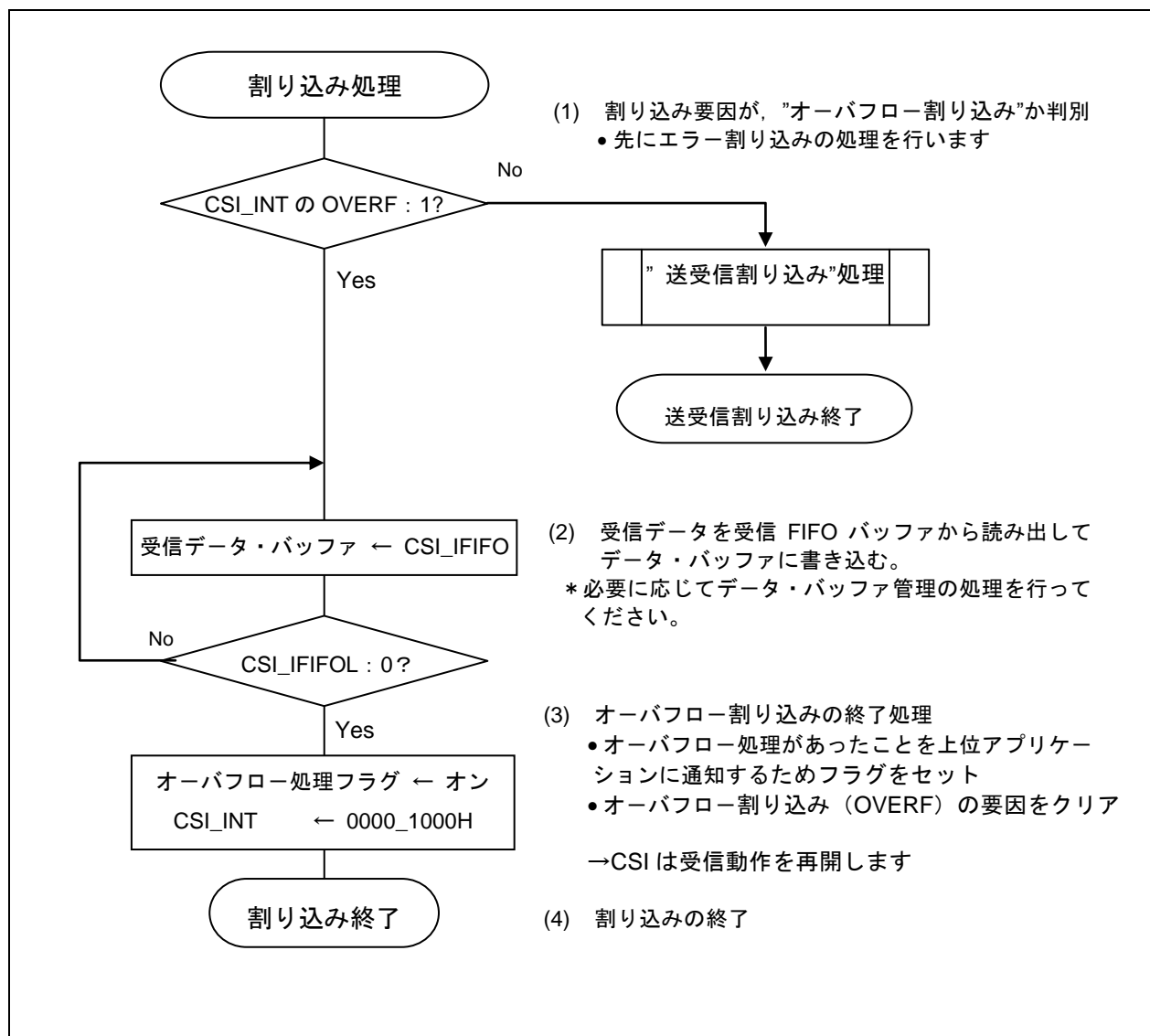


図 13-12 マスタ送受信モード (送受信動作), 割り込み転送方式の動作フロー (3/4)

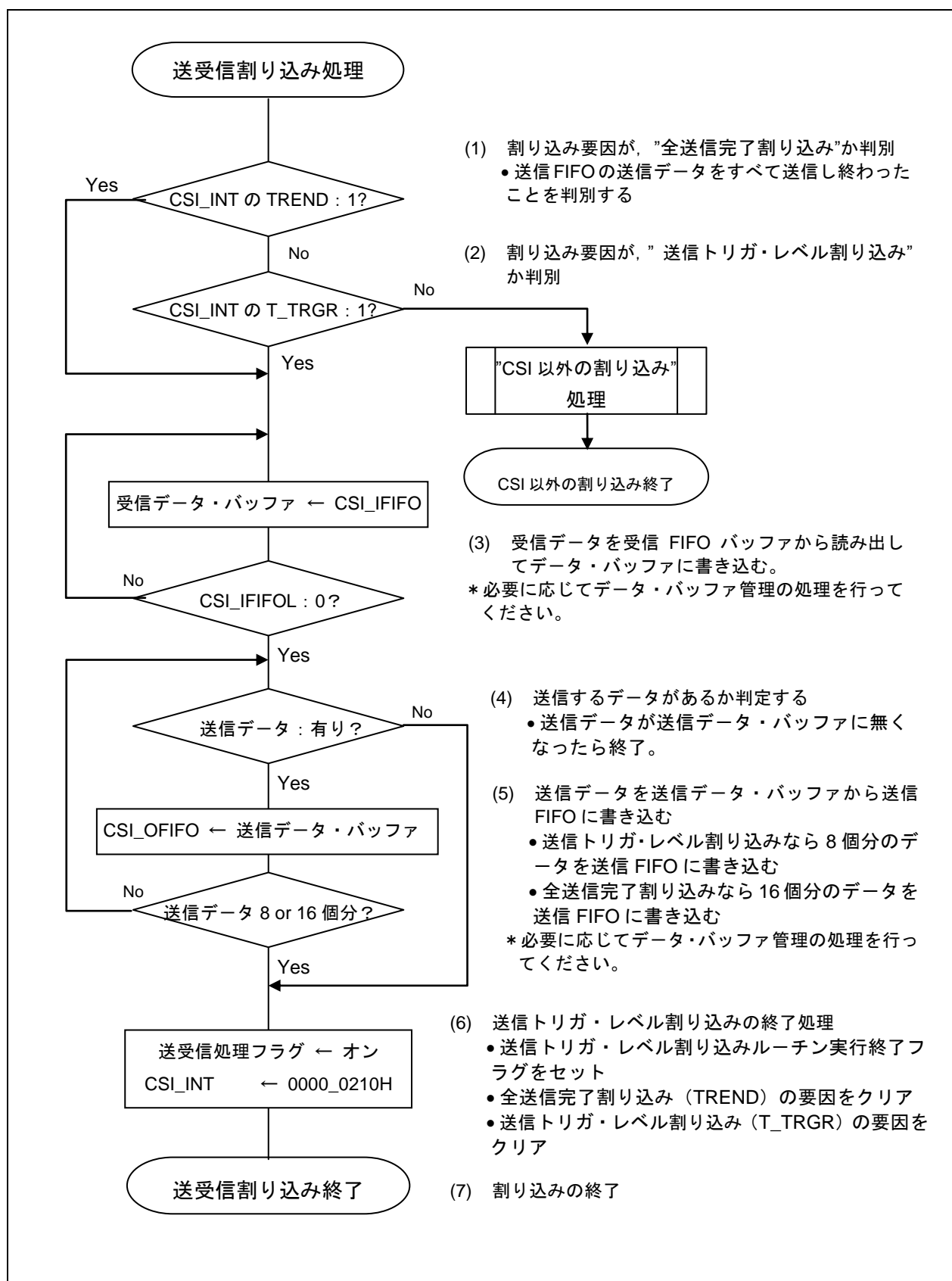


図 13-13 マスタ送受信モード（送受信動作），割り込み転送方式の動作フロー（4/4）

### 13.3.8.4 マスタ送受信モードの設定と動作フロー（送信専用動作）

マスタ送受信モードで、送信トリガ・レベル割り込みを使用した送信動作のフローを示します。

送信バッファに用意された送信データを、送信トリガ・レベル割り込みと、全送信完了割り込みを用いて連続送信します。送信機能だけを使用するため、受信データの処理は行いません。

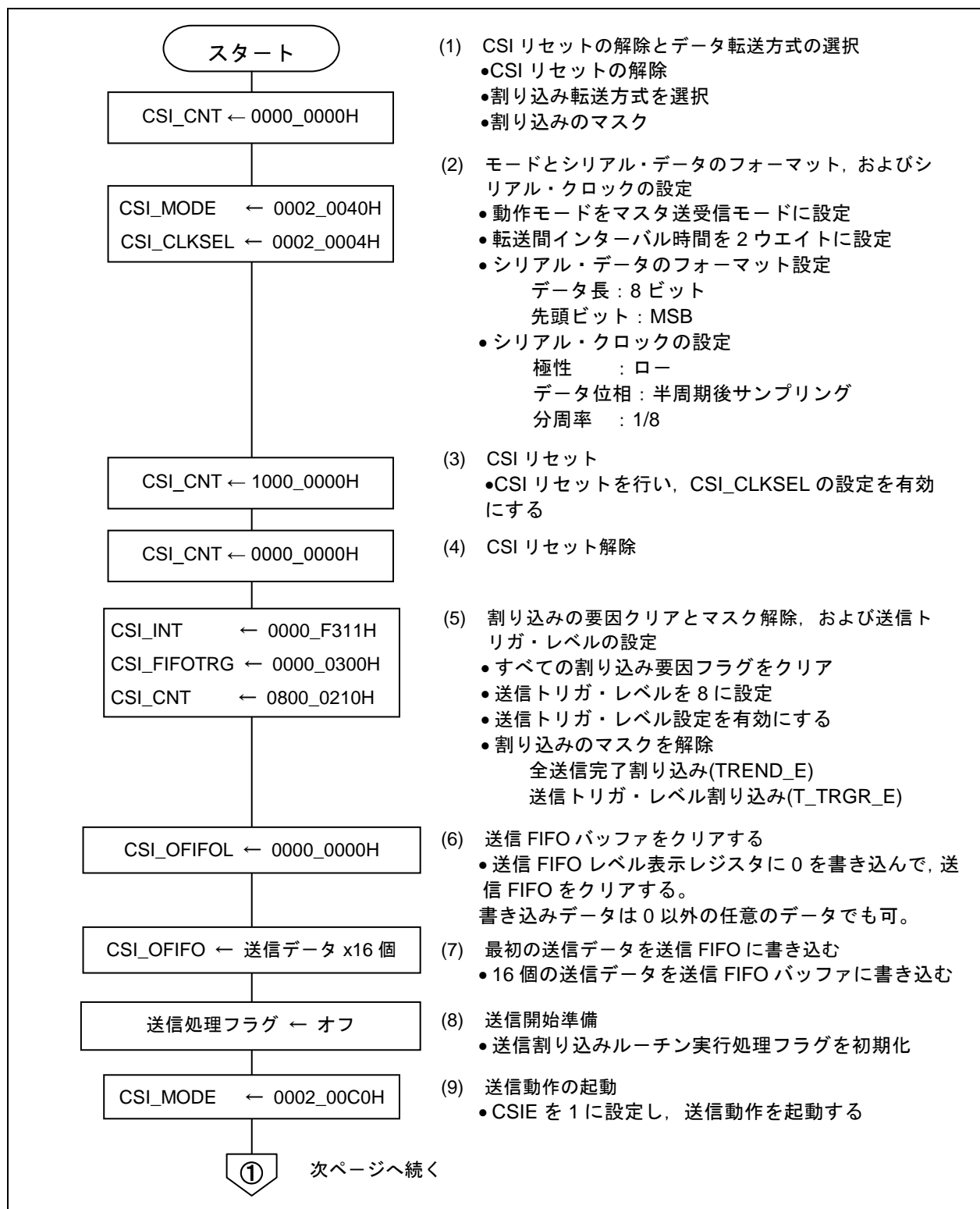


図 13-14 マスタ送受信モード（送信専用動作）、割り込み転送方式の動作フロー（1/3）



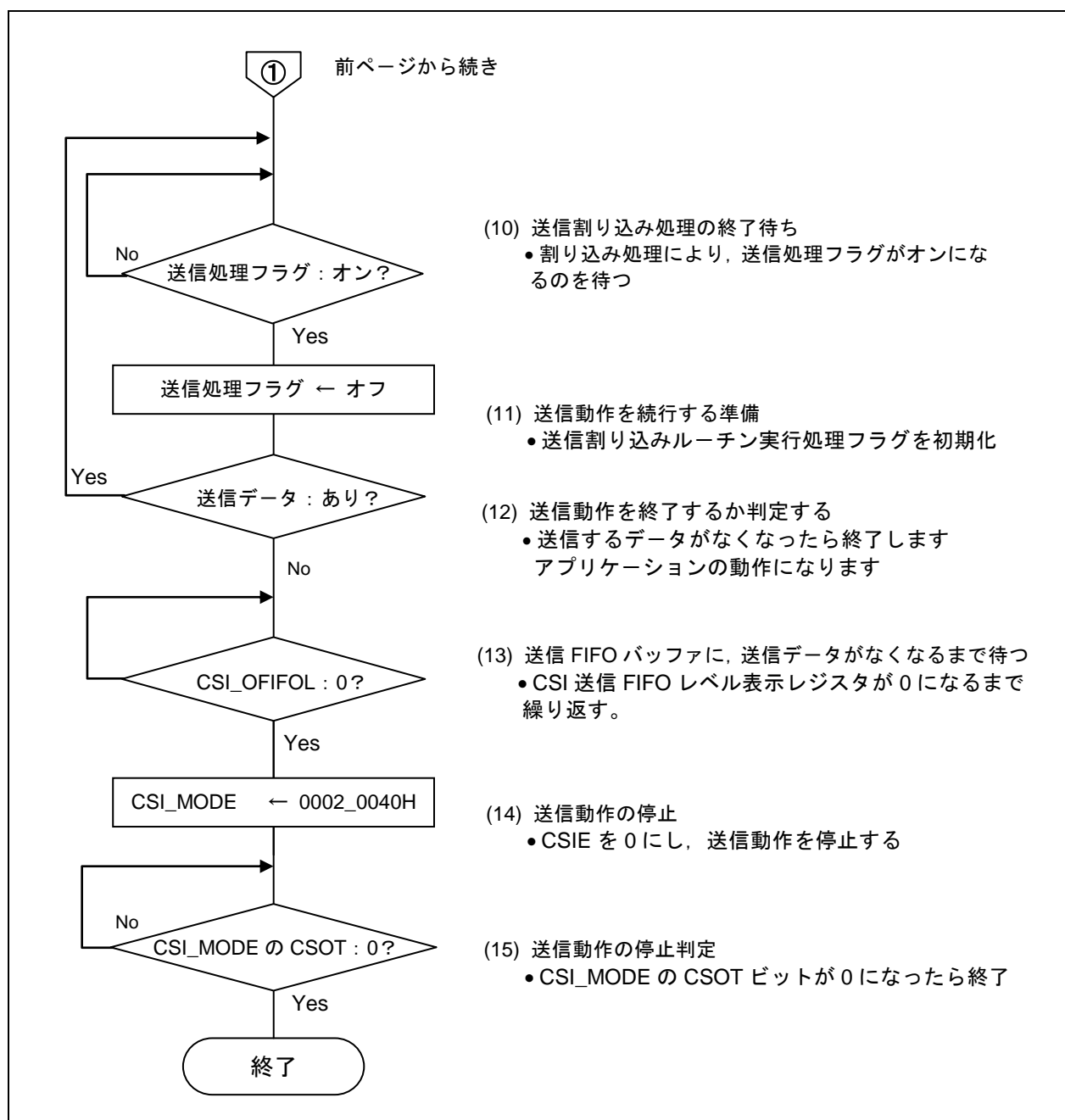


図 13-15 マスタ送受信モード（送信専用動作），割り込み転送方式の動作フロー（2/3）

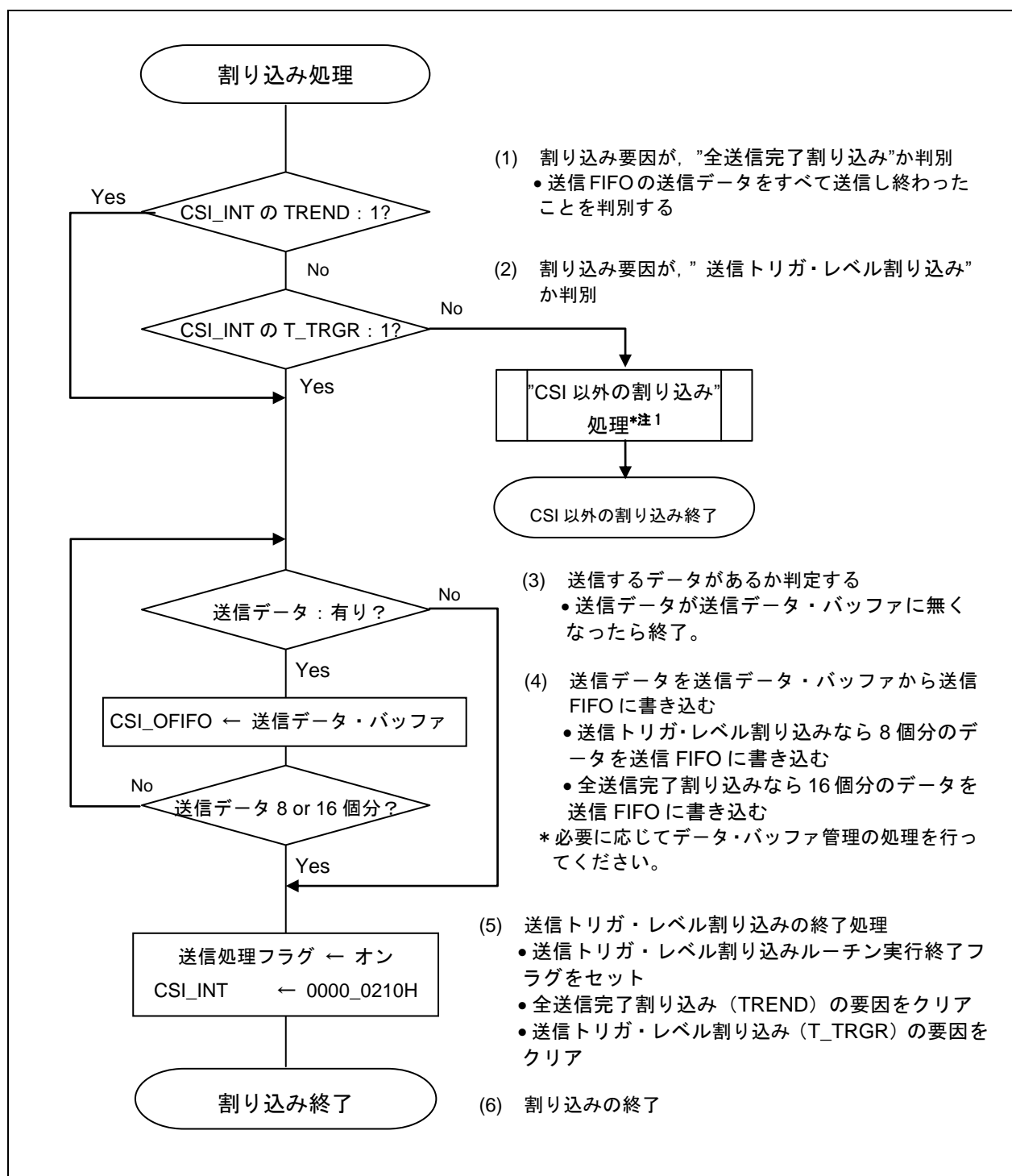


図 13-16 マスタ送受信モード (送信専用動作), 割り込み転送方式の動作フロー (3/3)

注 1. 送信専用動作なので, オーバフロー割り込みの許可フラグを設定していないため, 割り込み要求は発生しませんが, オーバフロー割り込みの要因フラグがセットされることがあります。

### 13.3.9 スレーブ受信専用モード

マスタから送信されてくるデータを受信する受信専用のモードです。

送信機能は使用しません。

マスタからシリアル・クロック（**SCK**）を受けて動作します。

スレーブ受信専用モードは、リセット時のデフォルト・モードです。

マスタに接続する例を図 13-17 に示します。

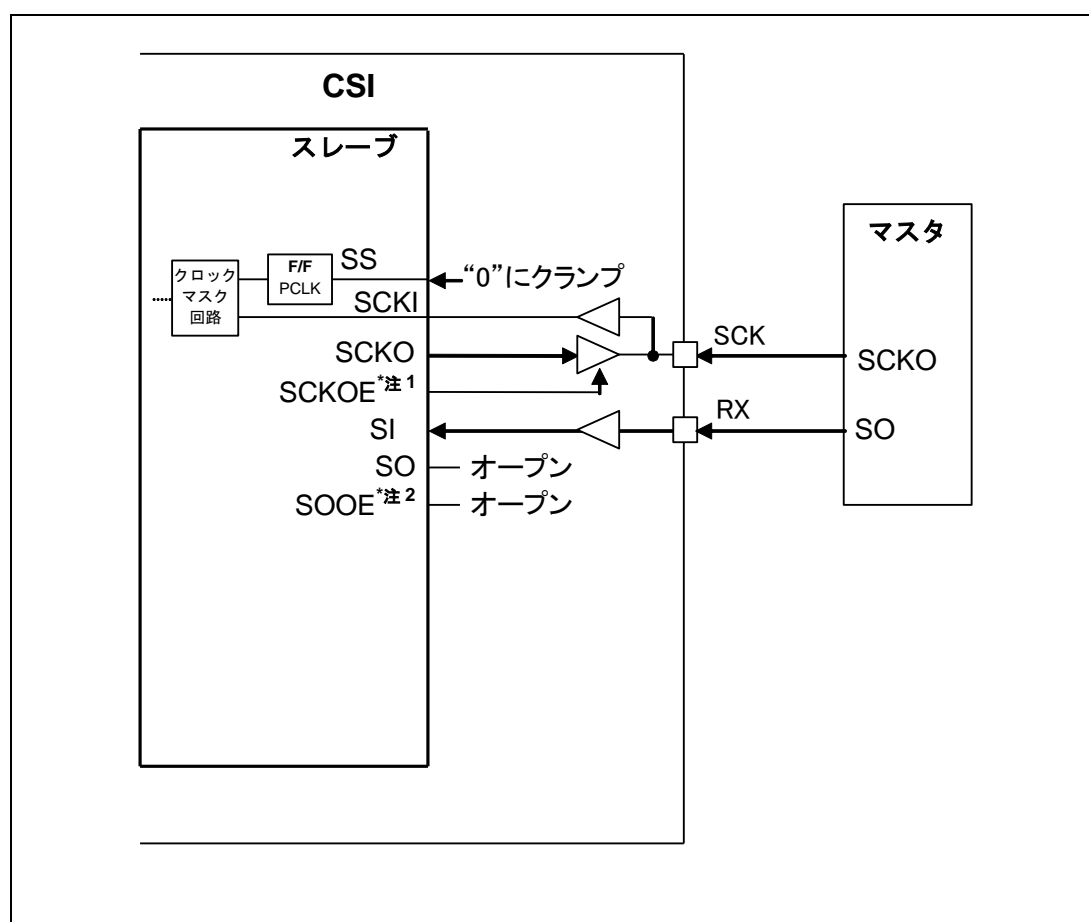


図 13-17 スレーブ受信専用モードの接続例

注 1. SCKOE は常にロー・レベルを出力します。

注 2. SOOE は常にロー・レベルを出力します。

### 13.3.9.1 スレーブ受信専用モードの設定項目

スレーブ受信専用モードで設定するレジスタの一覧を示します。

表 13-10 スレーブ受信専用モードで設定するレジスタの一覧

*注 1	レジスタ名	ビット名	Bit	設定値
必	CSI_MODE	通信モード : TRMD	6	0B (受信専用)
必		シリアル・データ長 : CCL	5	16ビット／8ビットのどちらかを選択してください。マスタのデータ長と一致させなければなりません。
必		先頭ビット : DIR	4	MSB／LSB のどちらかを選択してください。マスタの先頭ビットの設定と一致させなければなりません。
必	CSI_CLKSEL	動作モード : SLAVE	15	1B (スレーブ)
必		クロック極性 : CKP	17	マスタの設定と一致させてください。
必		データ位相 : DAP	16	シリアル・データの位相を選択してください。マスタのデータ位相選択と一致させなければなりません。
任	CSI_CNT	受信 DMA 転送 : R_DMAEN	16	受信データの転送方式を決定します。
任		受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRGEN	19	受信 FIFO トリガ・レベルの使用を決定します。
任		オーバフロー割り込み : OVERF_E	12	オーバフロー割り込みの使用を決定します。
任		転送完了割り込み : CSIEND_E	8	転送完了割り込みの使用を決定します。
任		受信トリガ・レベル割り込み : R_TRGR_E	0	受信トリガ・レベル割り込みの使用を決定します。
任	CSI_FIFOTRG	受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRG	2:0	受信 FIFO トリガ・レベルを使用するときのレベル値を設定します。

注 1. 必 : 必須の設定項目です。 任 : 必要に応じて任意に設定してください。

### 13.3.9.2 スレーブ受信専用モードの動作

#### (1) 動作の開始方法

初期設定後、通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をセットし、シリアル・クロック（**SCKI**）が入力されると、受信動作を開始します。

シリアル・クロック（**SCK**）を受信するとシリアル・データ（**SI**）を読み込み始めます。

マスタが出力するシリアル・クロックとシリアル・データを受信することで通信動作を開始するため、マスタが通信を開始する前までに、初期設定を終了させておく必要があります。

#### (2) 終了方法

通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をクリアすると、受信動作を停止します。

起動フラグのクリアが、通信中であった場合、通信の完了後に受信動作を停止します。

受信動作を停止すると、それ以降マスタからの受信要求があっても応じません。

#### (3) 通信中の動作

マスタからシリアル・クロックとシリアル・データを受け取ると、受信 **FIFO** に受信データを書き込みます。

受信 **FIFO** に空きがない状態で受信すると、オーバフロー・エラーが発生し、以降受信するデータを破棄します。

データの破棄をふせぐためには、常に受信 **FIFO** に空きができるように、受信データの読み出し処理を行う必要があります。

オーバフロー・エラーの詳細は 13.3.5.1 を参照してください。

#### (4) 受信トリガ・レベル割り込み

受信トリガ・レベル割り込みを使用することができます。詳細は 13.3.11.2 を参照してください。

**CSI\_FIFOTRG** レジスタの **R\_TRG** に設定した値まで受信データを蓄積すると割り込みが発生します。

受信トリガ・レベル割り込みが発生しても、受信動作は継続します。

#### (5) 通信エラー

オーバフロー・エラーが発生することがあります。

### 13.3.9.3 スレーブ受信専用モードの設定と動作フロー

スレーブ受信専用モードで、受信トリガ・レベル割り込みを使用した受信動作のフローを示します。

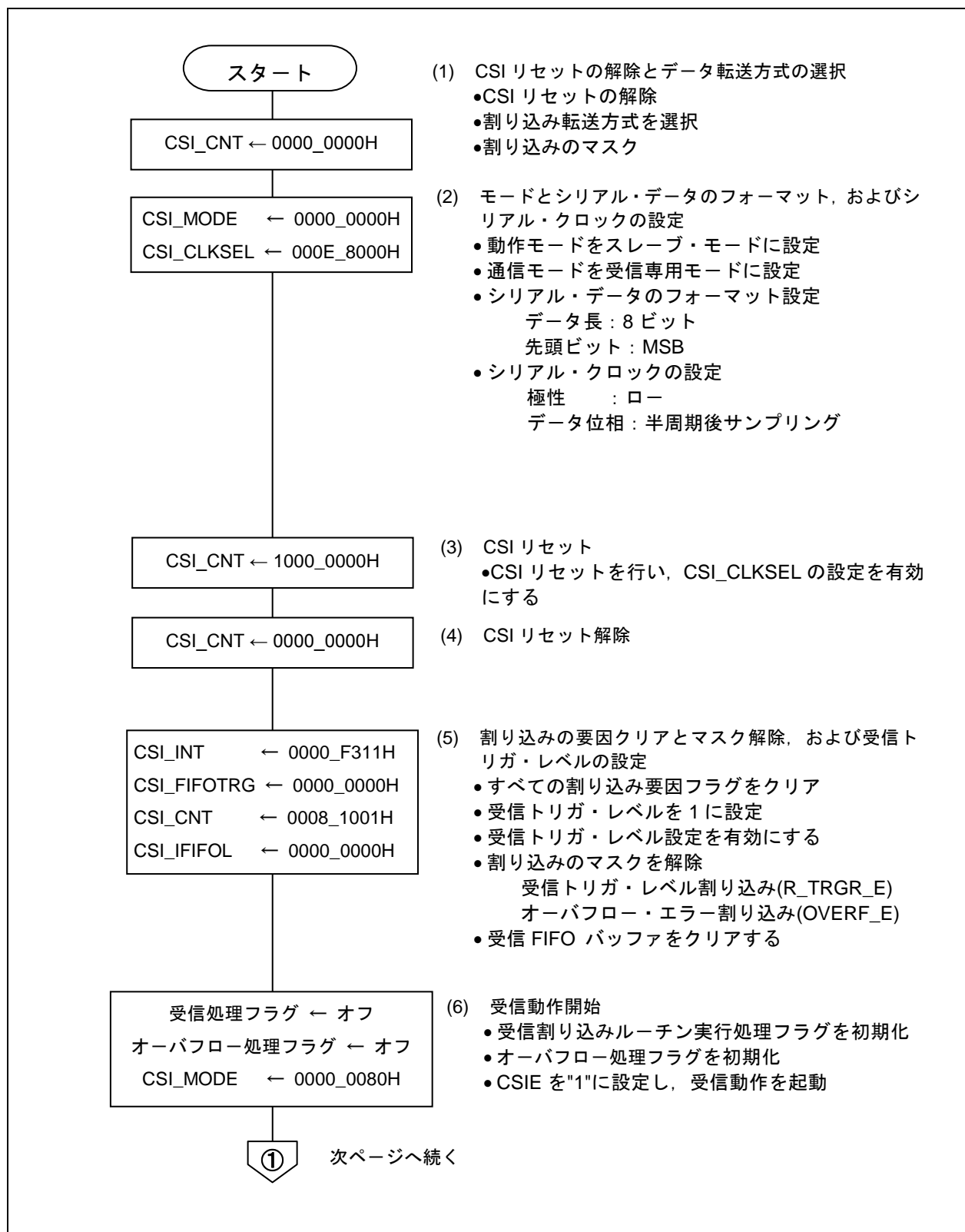


図 13-18 スレーブ受信専用モード、割り込み転送方式の動作フロー (1/3)

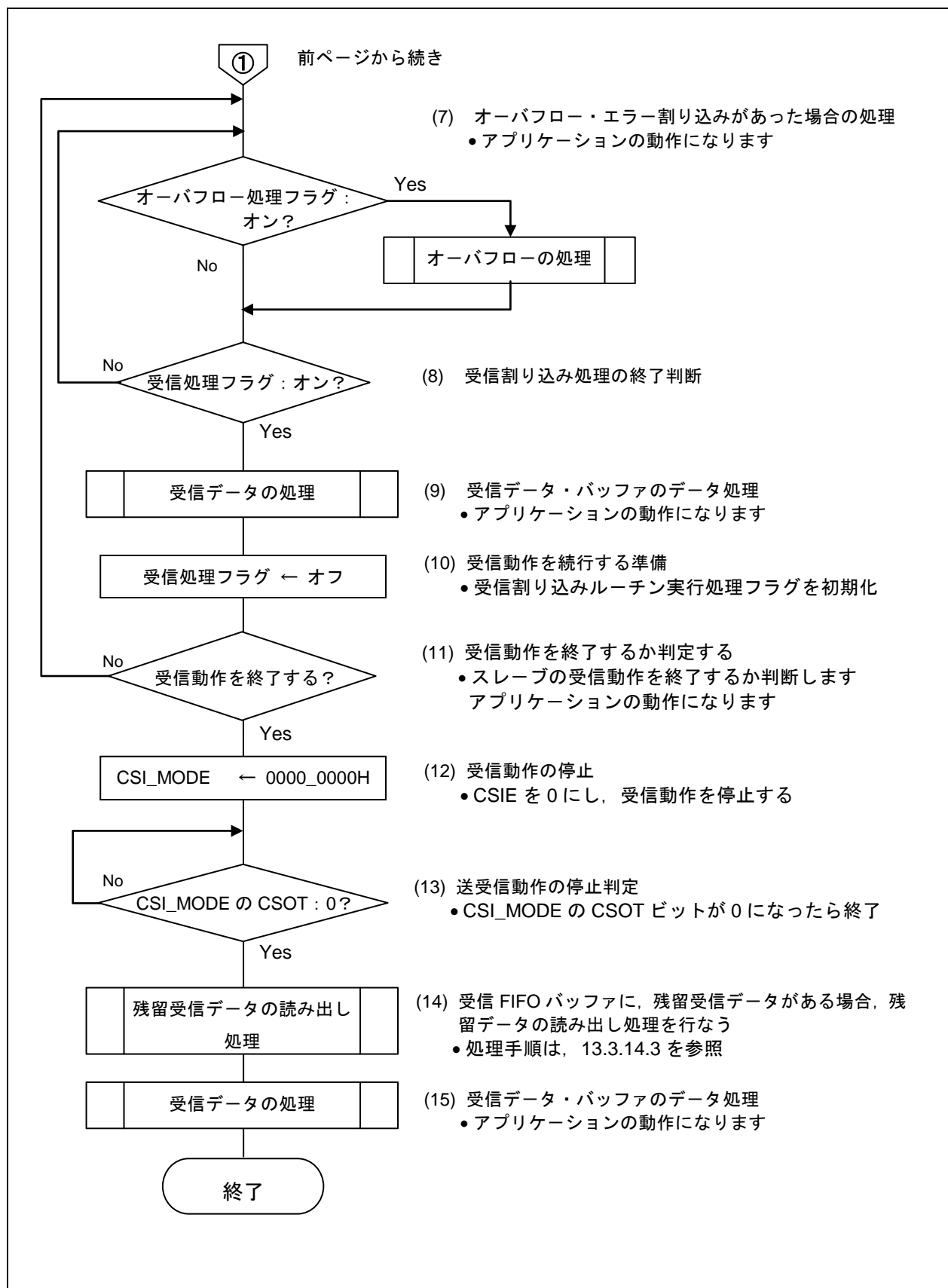


図 13-19 スレーブ受信専用モード、割り込み転送方式の動作フロー (2/3)

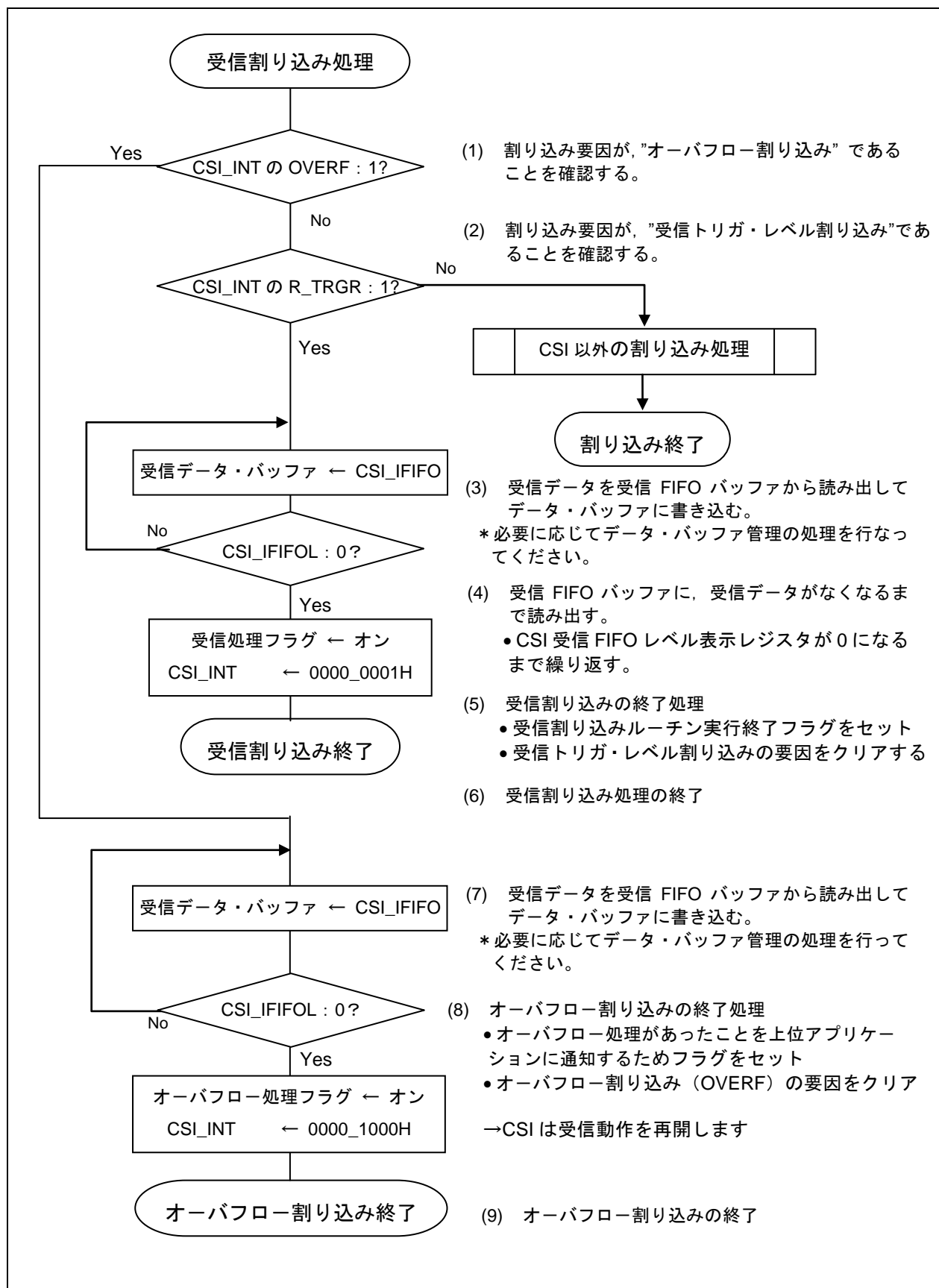


図 13-20 スレーブ受信専用モード, 割り込み転送方式の動作フロー (3/3)



### 13.3.10 スレーブ送受信モード

マスタとの間でデータの送信と受信を同時に行うモードです。

マスタからシリアル・クロック（SCK）を受けて動作します。

送信と受信を同時に行うので、高速な通信が実現できます。

送信機能だけで、受信機能を使用しない場合でも、このモードで動作させてください。

マスタと接続する例を図 13-21 に示します。

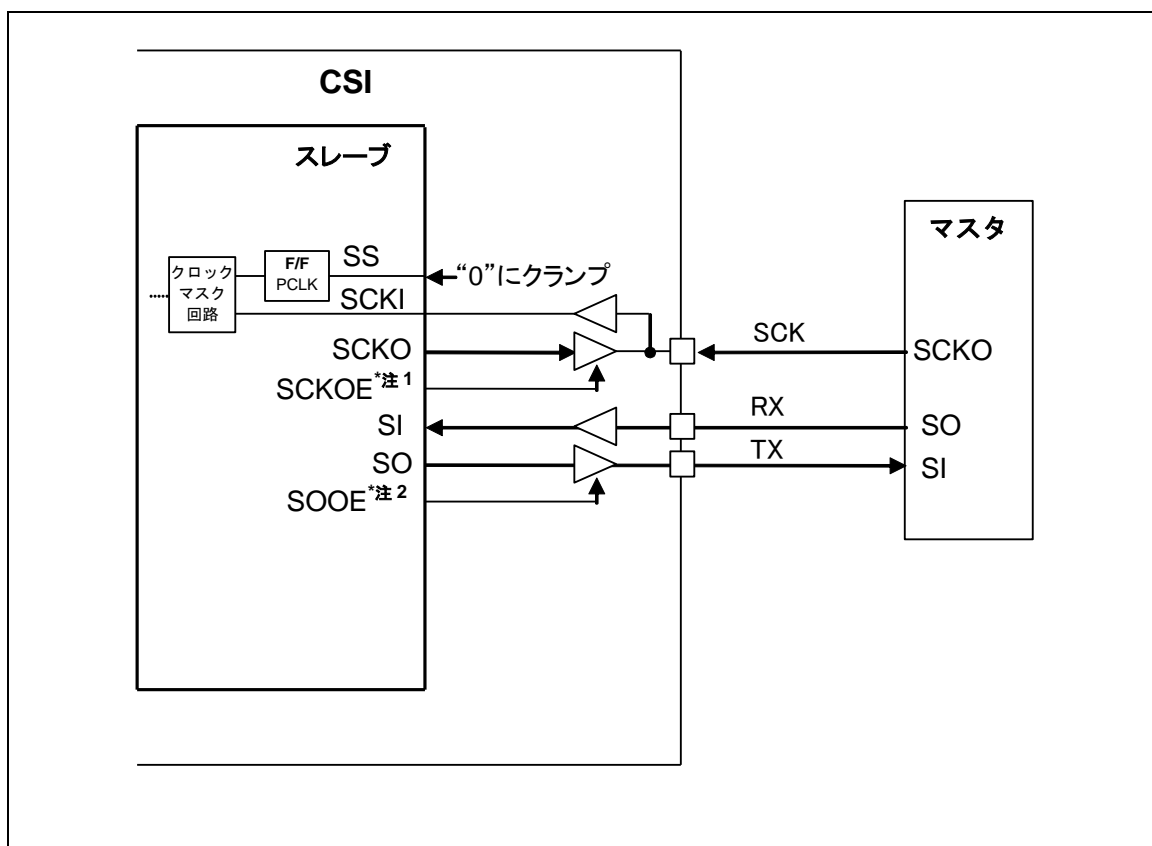


図 13-21 スレーブ送受信モードの接続例

注 1. SCKOE は常時ロー・レベルを出力します。

注 2. SOOE 端子は、通信の起動フラグをセットするとハイ・レベルを出力します。また、起動フラグをクリアし、送受信動作を停止するとロー・レベルになります

### 13.3.10.1 スレーブ送受信モードの設定項目

スレーブ送受信モードで設定するレジスタの一覧を示します。

表 13-11 スレーブ送受信モードで設定するレジスタの一覧

*注 1	レジスタ名	ビット名	Bit	設定値
必	CSI_MODE	通信モード : TRMD	6	1B (送受信モード)
必		シリアル・データ長 : CCL	5	16ビット/8ビットのどちらかを選択してください。マスタ側のデータ長と一致させなければなりません。
必		先頭ビット : DIR	4	MSB/LSB のどちらかを選択してください。マスタ側の先頭ビットの設定と一致させなければなりません。
必	CSI_CLKSEL	動作モード : SLAVE	15	1B (スレーブ)
必		クロック極性 : CKP	17	マスタの設定と一致させてください。
必		クロック・フェーズ : DAP	16	シリアル・データの位相を選択してください。マスタ側のデータ位相選択と一致させなければなりません。
任	CSI_CNT	送信 DMA 転送 : T_DMAEN	24	送信データの転送方式を決定します。
任		送信 FIFO トリガ・レベル : T_TRGEN	27	送信 FIFO トリガ・レベルの使用を決定します。
任		受信 DMA 転送 : R_DMAEN	16	受信データの転送方式を決定します。
任		受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRGEN	19	受信 FIFO トリガ・レベルの使用を決定します。
任		全送信完了割り込み : TREND_E	9	全送信完了割り込みの使用を決定します。
任		アンダラン・エラー割り込み : UNDER_E	13	アンダラン・エラー割り込みの使用を決定します。
任		オーバフロー割り込み : OVERF_E	12	オーバフロー割り込みの使用を決定します。
任		転送完了割り込み : CSIEND_E	8	転送完了割り込みの使用を決定します。
任		送信トリガ・レベル割り込み : T_TRGR_E	4	送信トリガ・レベル割り込みの使用を決定します。
任		受信トリガ・レベル割り込み : R_TRGR_E	0	受信トリガ・レベル割り込みの使用を決定します。
任	CSI_FIFOTRG	送信 FIFO トリガ・レベル : T_TRG	10:8	送信 FIFO トリガ・レベルを使用するときのレベル値を設定します。
任		受信 FIFO トリガ・レベル : R_TRG	2:0	受信 FIFO トリガ・レベルを使用するときのレベル値を設定します。

注 1. 必 : 必須の設定項目です。 任 : 必要に応じて任意に設定してください。

### 13.3.10.2 スレーブ送受信モードの動作

#### (1) 動作の開始方法

初期設定後、通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をセットし、送信データを送信 **FIFO** に書き込み、送受信動作の準備をします。

マスタからシリアル・クロックを受け取ると、送受信動作を開始します。

マスタが出力するシリアル・クロックで通信動作を開始するため、マスタが通信を開始する前までに、初期設定を終了させ、送受信動作を開始しておく必要があります。

#### (2) 終了方法

通信の起動フラグ（**CSI\_MODE** の **CSIE** ビット）をクリアすると、送受信動作を停止します。

起動フラグをクリアした時点で、送信 **FIFO** に送信データが残っていても、送受信動作を停止します。

起動フラグのクリアが、送受信動作のサイクル中であった場合、サイクルの完了後に送受信動作を停止します。

送受信動作を停止すると、それ以降マスタからの送受信要求があっても応じません。

**CSIE** ビットをクリアし、送受信動作を停止すると **SOOE** 端子がロー・レベルになります

#### (3) 通信中の動作

マスタから送られてくるシリアル・クロック（**SCK**）に従って送受信動作を行います。

送信 **FIFO** にデータがない状態で送信動作を行うと、アンダラン・エラーが発生します。

アンダラン・エラーが発生すると、送受信動作を停止します。

受信 **FIFO** がいっぱい状態で受信動作を行うと、オーバフロー・エラーが発生します。

オーバフロー・エラーが発生すると受信動作は停止しますが、送信動作は継続します。

アンダラン・エラー、オーバフロー・エラーの詳細は **13.3.5.1** を参照してください。

エラーを発生させないためには、送信 **FIFO** が空にならないよう、また受信 **FIFO** がいっぱいにならないように制御する必要があります。

#### (4) 受信トリガ・レベル割り込み

受信トリガ・レベル割り込みを使用することができます。詳細は **13.3.11.2** 参照。

**CSI\_FIFOTRG** レジスタの **R\_TRG** に設定した値まで受信データを蓄積すると割り込みが発生します。

受信トリガ・レベル割り込みが発生しても、受信動作は継続します。

#### (5) 送信トリガ・レベル割り込み

送信トリガ・レベル割り込みを使用することができます。詳細は **13.3.11.1** 参照。

送信動作により、送信 **FIFO** のデータが減少して、**CSI\_FIFOTRG** レジスタの **T\_TRG** で設定した値まで空き容量が増加すると、送信トリガ・レベル割り込みが発生します。

送信トリガ・レベル割り込みが発生しても、送受信動作は継続します。

#### (6) 通信エラー

アンダラン・エラーが発生することがあります。

オーバフロー・エラーが発生することがあります。

### 13.3.10.3 スレーブ送受信モードの設定と動作フロー（送受信動作）

スレーブ送受信モードで、送信トリガ・レベル割り込みを使用した送受信動作のフローを示します。

送信バッファに用意された送信データを、送信トリガ・レベル割り込みと、全送信完了割り込みを用いて連続送信します。

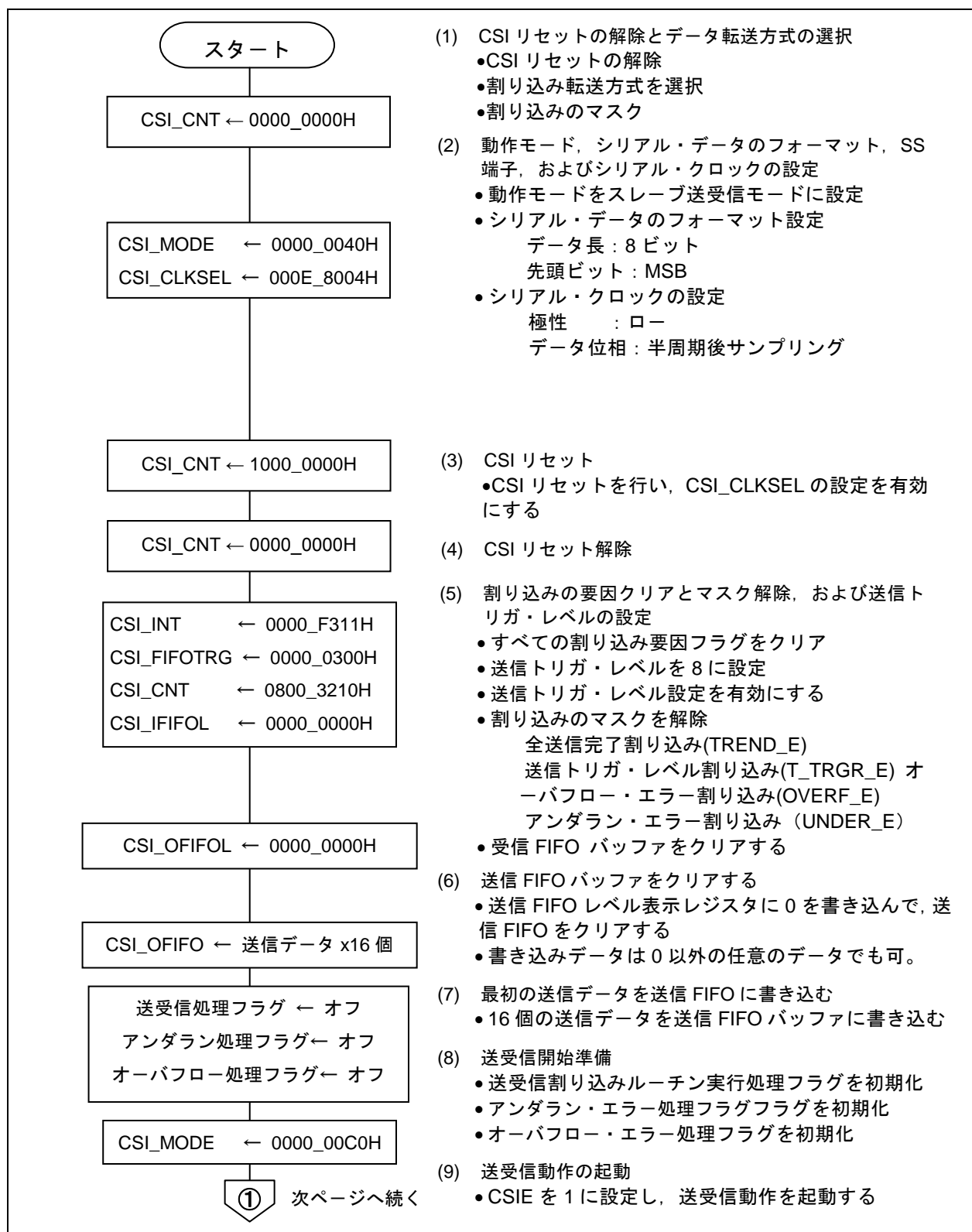


図 13-22 スレーブ送受信モード（送受信動作），割り込み転送方式の動作フロー（1/4）

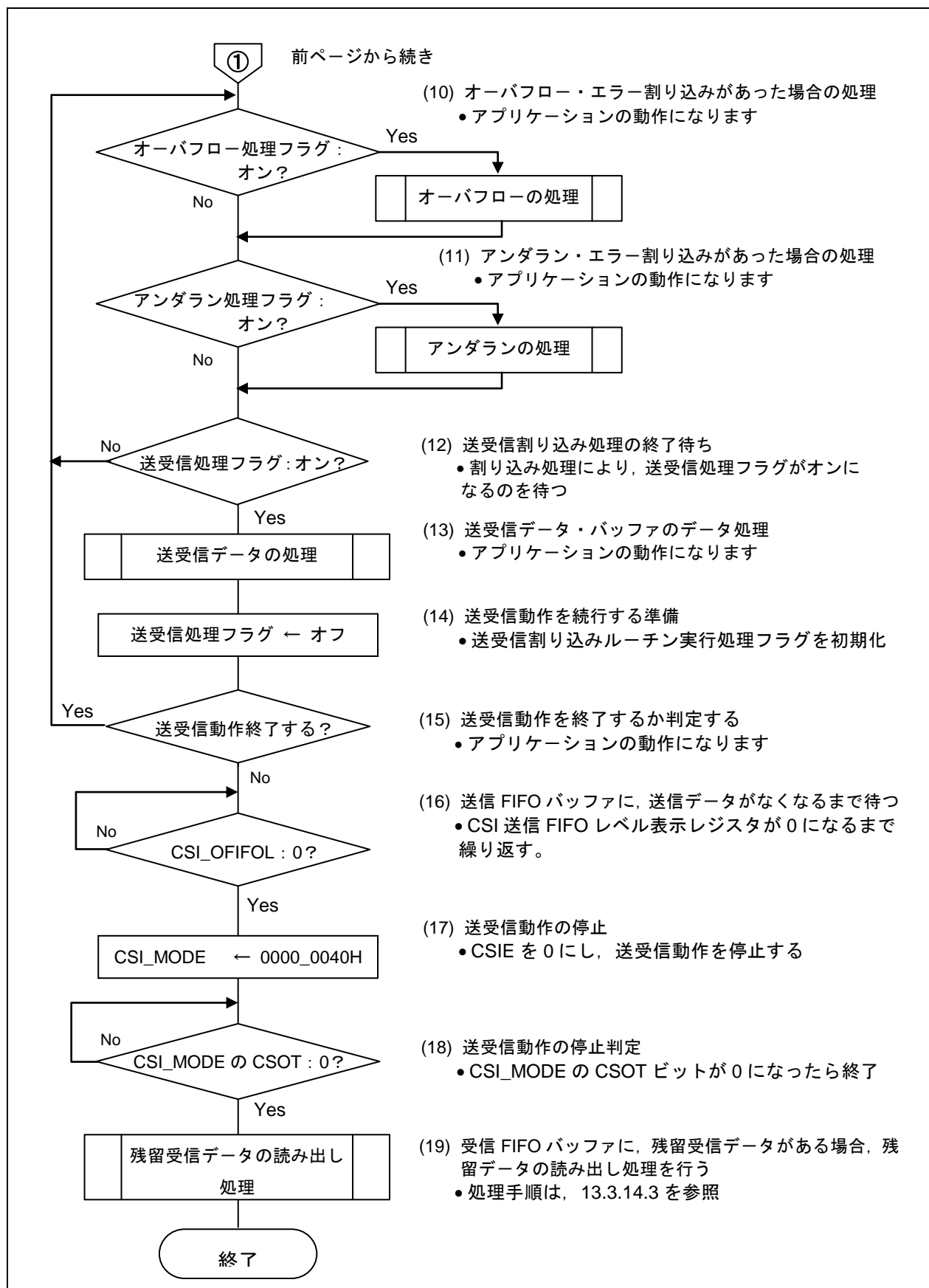


図 13-23 スレープ送受信モード（送受信動作），割り込み転送方式の動作フロー（2/4）

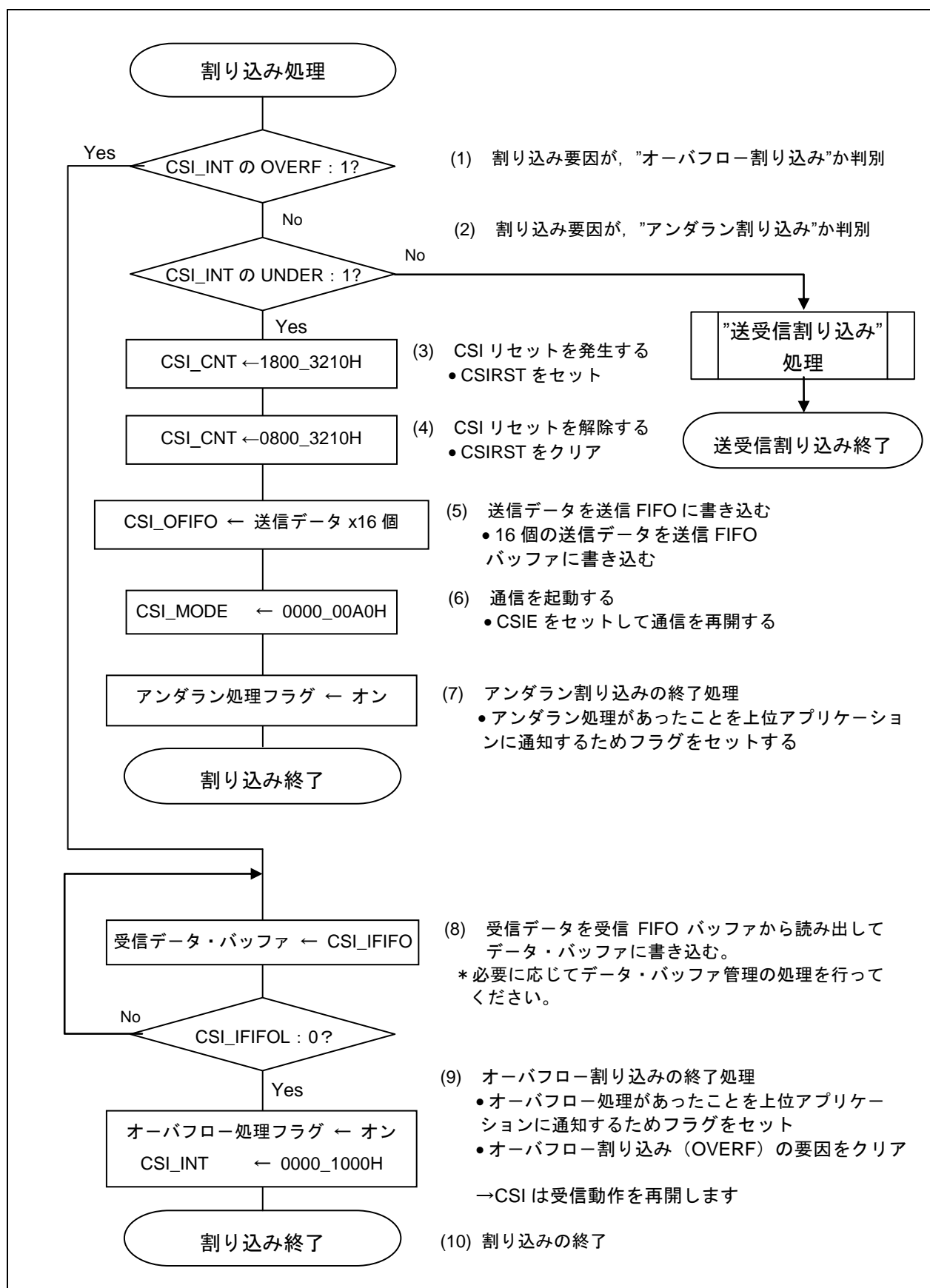


図 13-24 スレーブ送受信モード（送受信動作），割り込み転送方式の動作フロー（3/4）

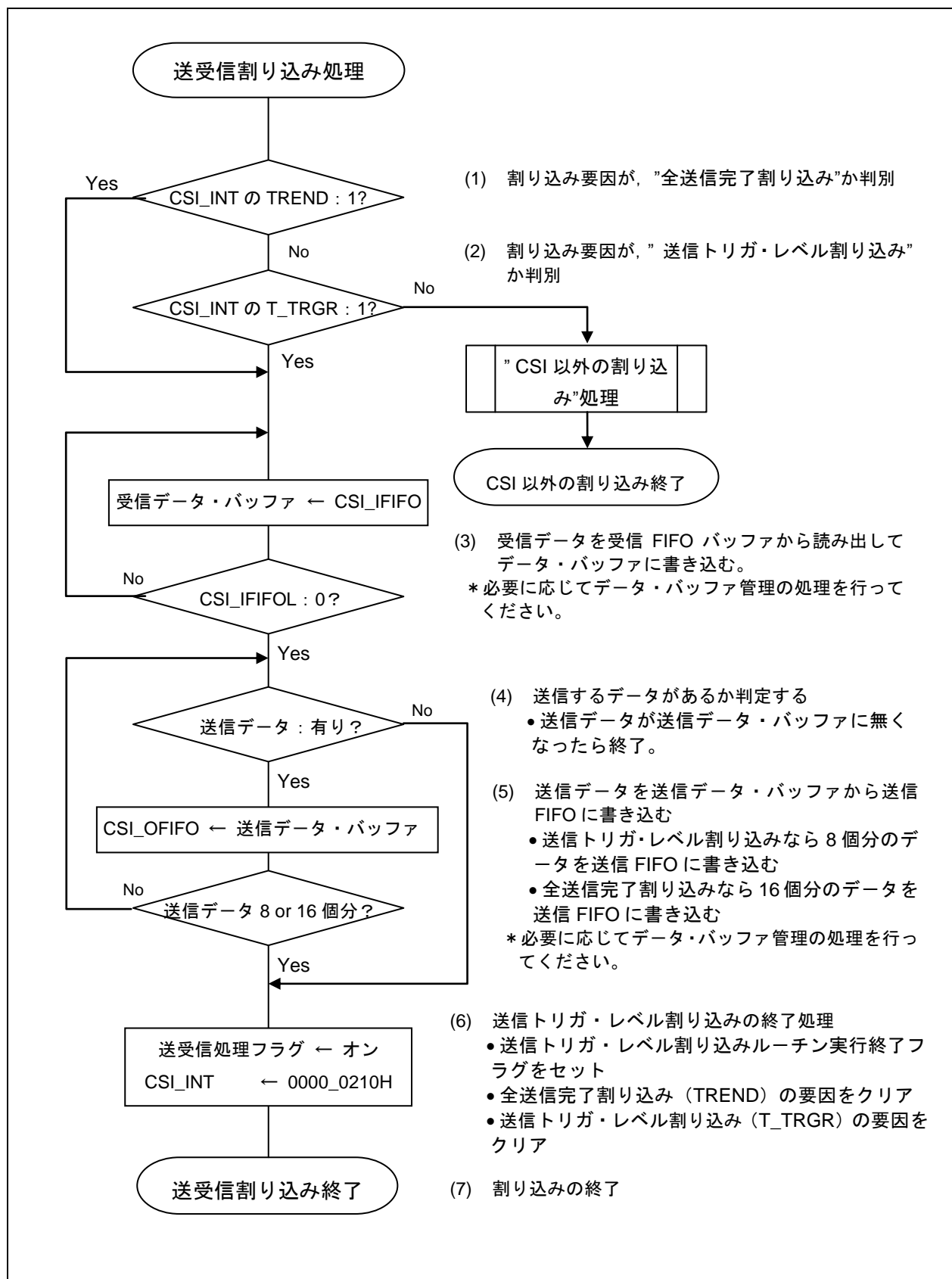


図 13-25 スレーブ送受信モード（送受信動作），割り込み転送方式の動作フロー（4/4）

### 13.3.10.4 スレーブ送受信モードの設定と動作フロー（送信専用動作）

スレーブ送受信モードで、送信トリガ・レベル割り込みを使用した送信動作のフローを示します。

送信バッファに用意された送信データを、送信トリガ・レベル割り込みと、全送信完了割り込みを用いて連続送信します。送信機能だけを使用するため、受信データの処理は行いません。

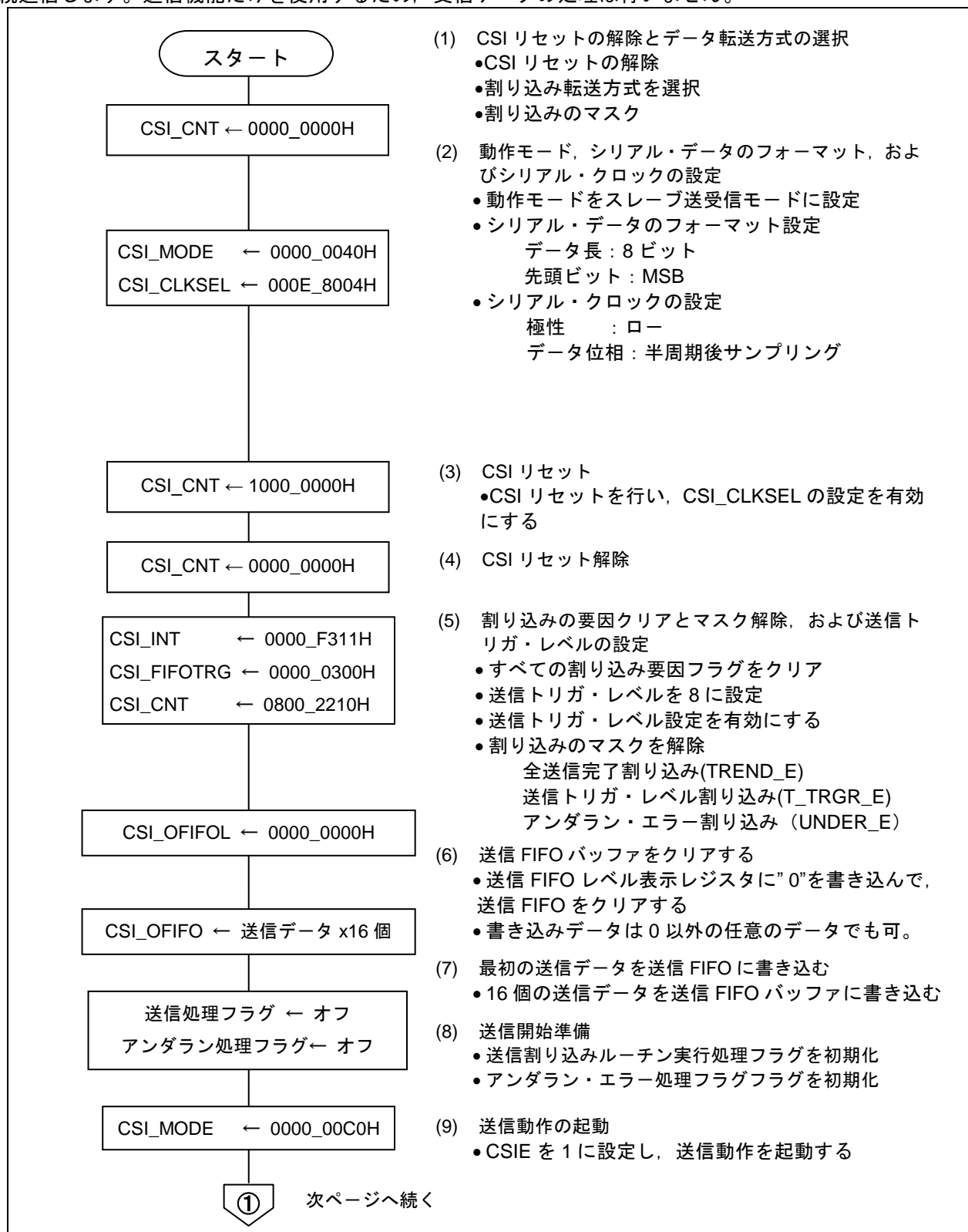


図 13-26 スレーブ送受信モード（送信専用動作）、割り込み転送方式の動作フロー（1/4）



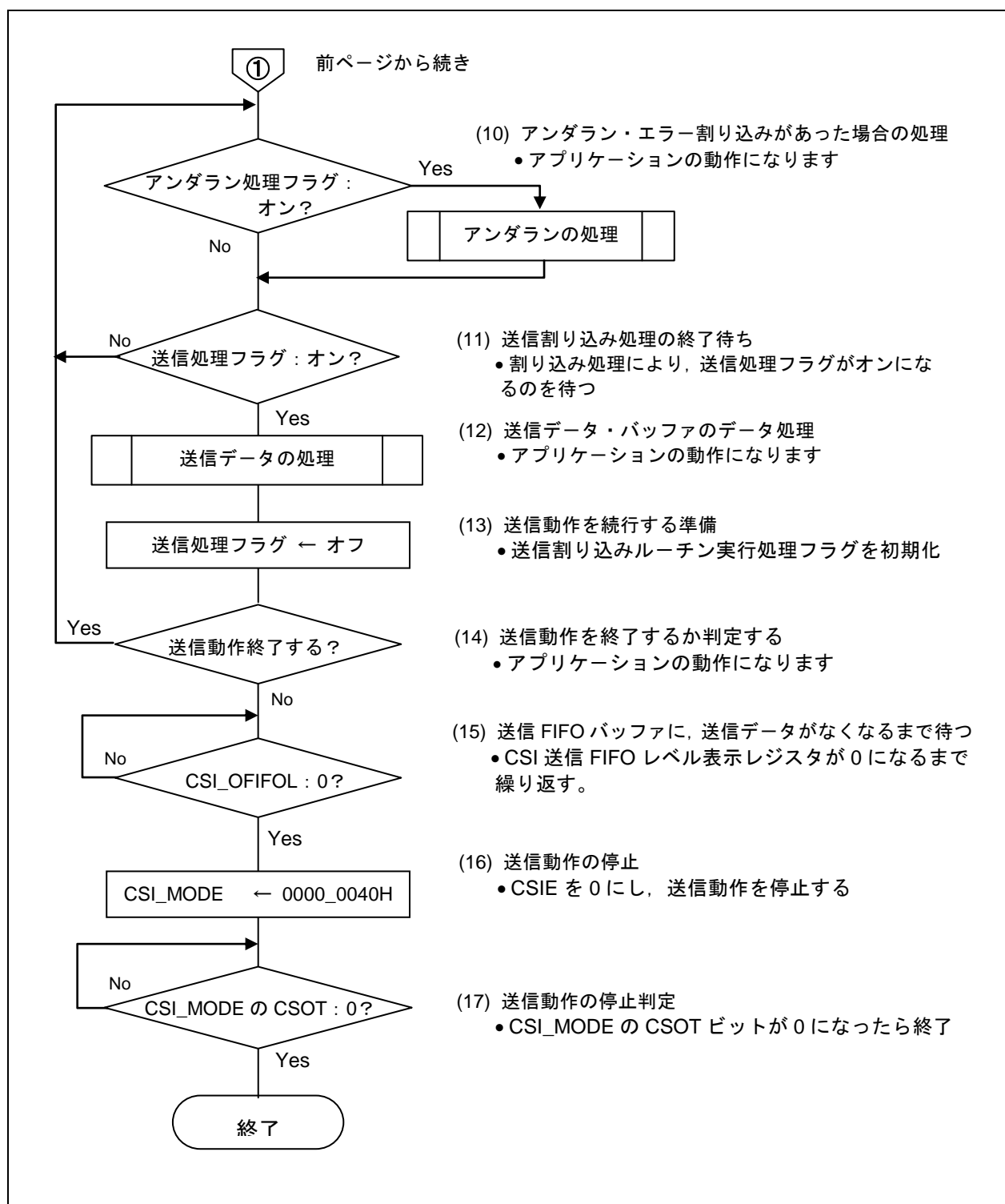


図 13-27 スレーブ送受信モード（送信専用動作），割り込み転送方式の動作フロー（2/4）

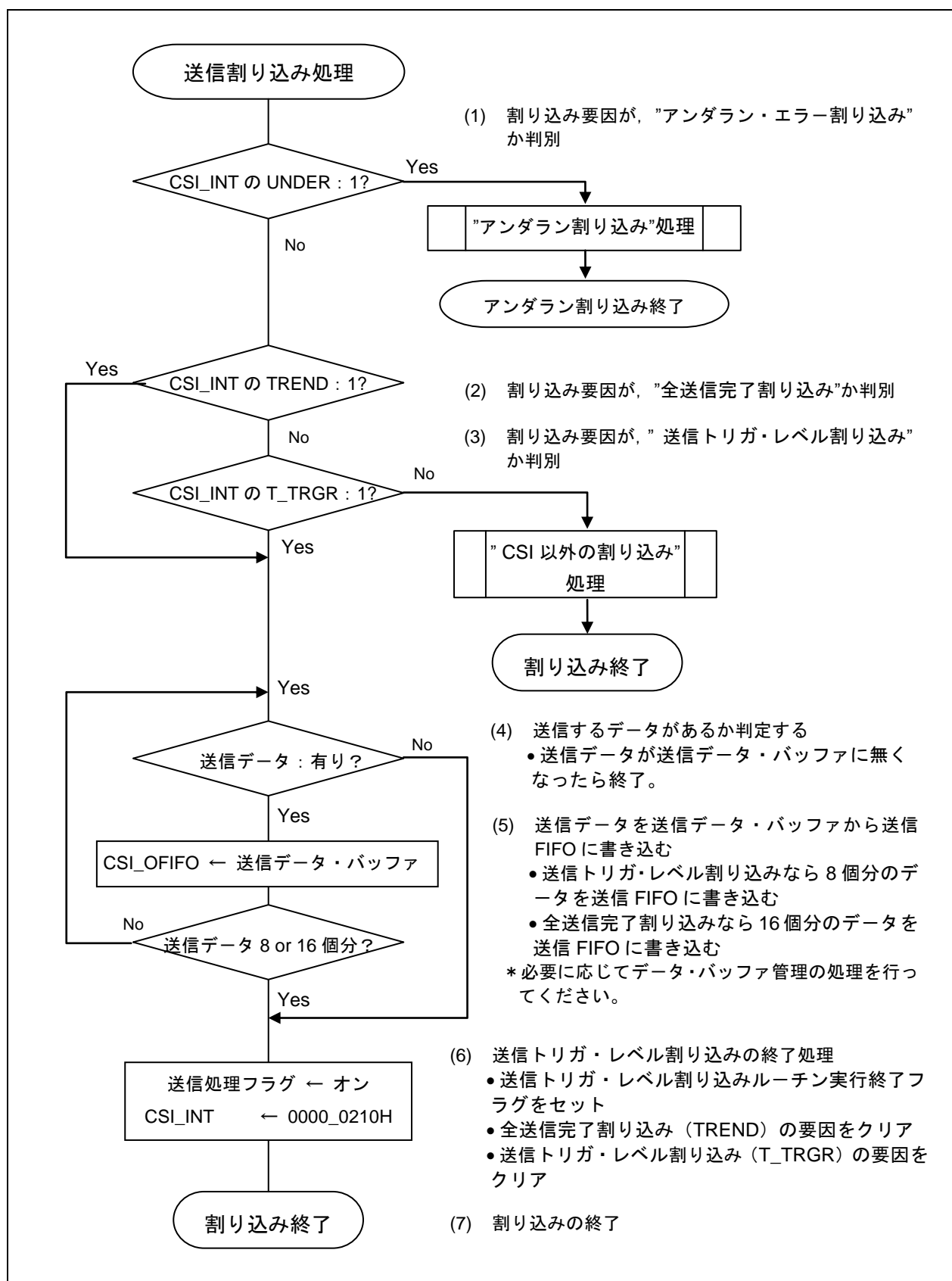


図 13-28 スレーブ送受信モード（送信専用動作），割り込み転送方式の動作フロー（3/4）

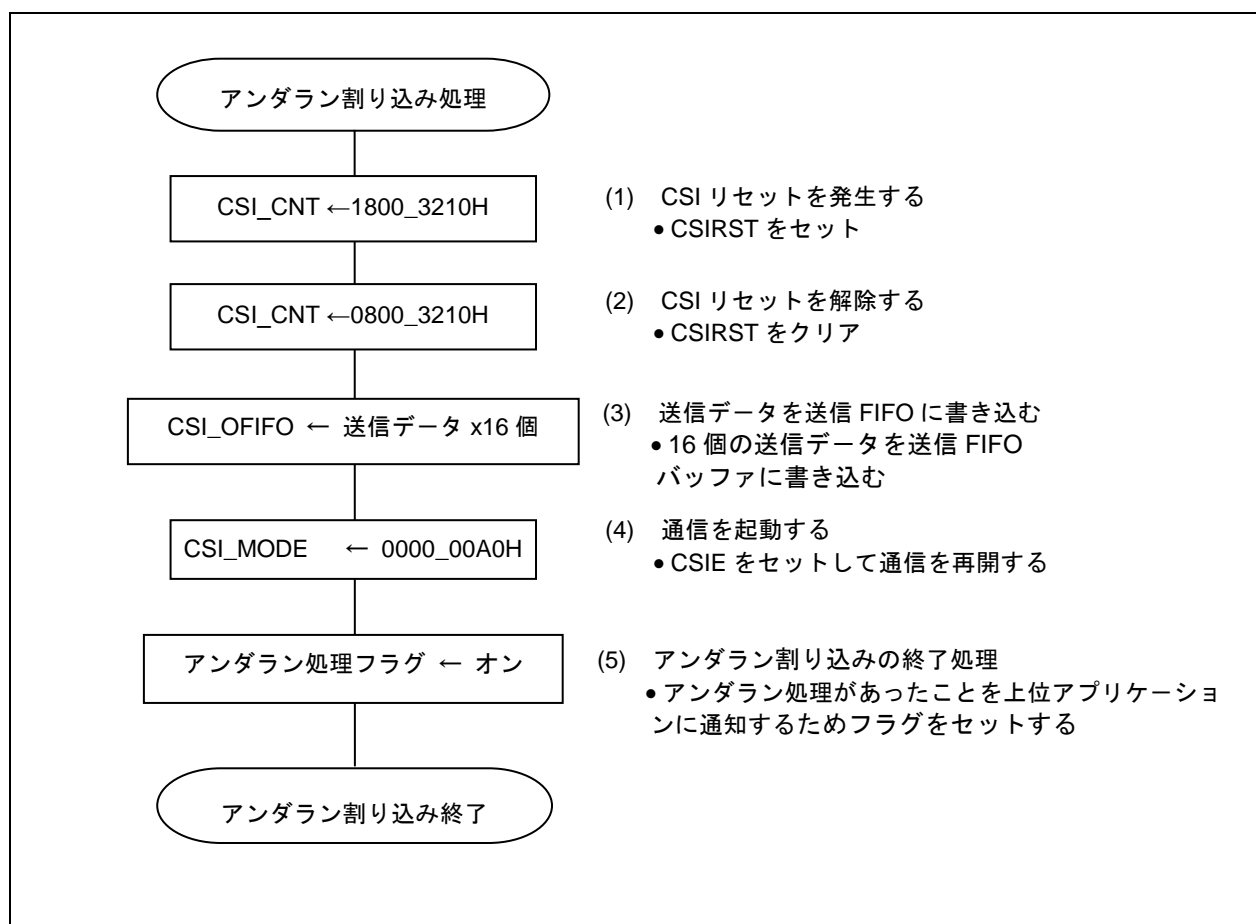


図 13-29 スレーブ送受信モード（送信専用動作），割り込み転送方式の動作フロー（4/4）

### 13.3.11 トリガ・レベル機能

送信 FIFO、受信 FIFO の各々に、データのバッファリング・レベルをモニタし、設定に応じてトリガを発生するトリガ・レベル機能を備えています。

トリガ・レベル機能は、送信用と受信用でそれぞれ個別に設定することができます。

トリガは、割り込み要求と、DMA 転送要求のソースとして使用することができます。

#### 13.3.11.1 送信トリガ・レベル

送信動作により、送信 FIFO の空き容量が、設定したレベルに到達すると、トリガが発生します。

##### (1) 設定手順

トリガを発生するレベルは、CSI FIFO トリガ・レベル・レジスタ (CSI\_FIFOTRG) の T\_TRG[2:0] に設定します。

また、CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の送信トリガ・レベル設定有効フラグ (T\_TRGEN) をセットすることで使用可能になります。

送信トリガ・レベルを割り込みに使用する場合は、CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の送信トリガ・レベル割り込み許可フラグ (T\_TRGR\_E) をセットします。

CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の T\_DMAEN ビットをセットして、送信 DMA 転送方式を有効にしておくと、送信トリガ・レベルを送信 DMA 転送要求に使用することができます。

**注意.** 割り込み許可フラグ以外の送信トリガ・レベルの設定は、通信が停止した状態 (CSI\_MODE の CSOT ビット=0)で行ってください。通信中 (CSI\_MODE レジスタの CSIE = 1, または CSOT = 1 のとき) に設定した場合の動作は保証できません。

## (2) 動作説明

送信 FIFO の空き容量が、送信トリガ・レベル（CSI\_CNT の T\_TRG[2:0]）の設定値に到達したときに、トリガが発生します。

送信 FIFO に送信データが書き込まれ、空き容量が減少するときに、設定値をよぎる場合は、トリガは発生しません。

また、トリガを発生してから以降、送信 FIFO の空き容量が、設定レベルを下回らない場合も、トリガは発生しません。

そのため、送信トリガ・レベルを使用して、送信動作を継続させるときは、トリガの発生を維持するために、送信 FIFO の空き容量の管理に注意が必要です。

送信トリガ・レベル割り込みとして使用する場合は、送信トリガ・レベル割り込みが発生したのち、送信 FIFO に送信データを書き込み後、CSI 割り込みステータス・レジスタ（CSI\_INT）の送信トリガ・レベル割り込みフラグ（T\_TRGR）をクリアしてください。

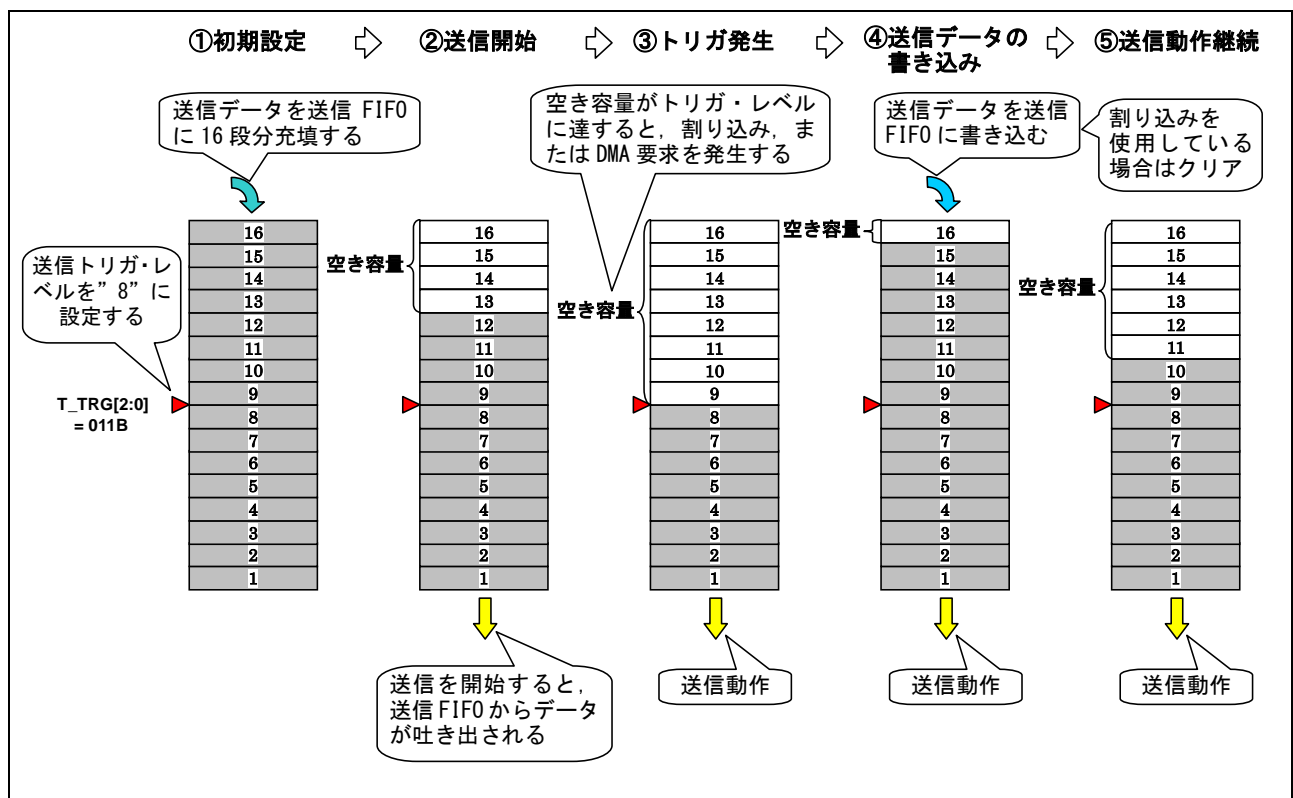


図 13-30 送信トリガ・レベル設定時の送信 FIFO の動作

### 13.3.11.2 受信トリガ・レベル

受信動作により、受信 FIFO のバッファリング・レベルが設定したレベルを上回ると、トリガが発生します。

#### (1) 設定手順

トリガが発生するレベルは、CSI FIFO トリガ・レベル・レジスタ (CSI\_FIFOTRG) の R\_TRG[2:0] に設定します。

また、CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の受信トリガ・レベル設定有効フラグ (R\_TRGEN) をセットすることで使用可能になります。

受信トリガ・レベルを割り込みに使用する場合は、CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の受信トリガ・レベル割り込み許可フラグ (R\_TRGR\_E) をセットします。

CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の R\_DMAEN ビットをセットして、受信 DMA 転送方式を有効にしておくと、受信トリガ・レベルを受信 DMA 転送要求に使用することができます。

**注意.** 割り込み許可フラグ以外の受信トリガ・レベルの設定は、通信が停止した状態 (CSI\_MODE の CSOT=0) で行ってください。通信中 (CSI\_MODE レジスタの CSIE = 1, または CSOT = 1 のとき) に設定した場合の動作は保証できません。

## (2) 動作説明

受信 FIFO の容量が、受信トリガ・レベル（CSI\_CNT の R\_TRG[2:0]）の設定値に到達したときに、トリガが発生します。

受信 FIFO から受信データが読み出され、受信データ量が減少するときに、設定値をよぎる場合は、トリガは発生しません。

また、トリガを発生してから以降、受信 FIFO のデータ量が、設定レベルを上回らない場合も、トリガは発生しません。

そのため、受信トリガ・レベルを使用して、受信動作を継続させるときは、トリガの発生を維持するために、受信 FIFO の受信データ量の管理に注意が必要です。

受信トリガ・レベル割り込みとして使用する場合は、受信トリガ・レベル割り込みが発生したのち、受信 FIFO から受信データを読み出し後、CSI 割り込みステータス・レジスタ（CSI\_INT）の受信トリガ・レベル割り込みフラグ（R\_TRGR）をクリアしてください。

DMA 転送方式に受信トリガ・レベルを使用する場合、動作終了時に受信 FIFO の受信データ量が設定値を下回る場合、残留データが生じることがあります。

DMA 転送での残留データの処理方法は、13.3.14.3 DMA 転送の残留受信データの読み出し処理を参照してください。

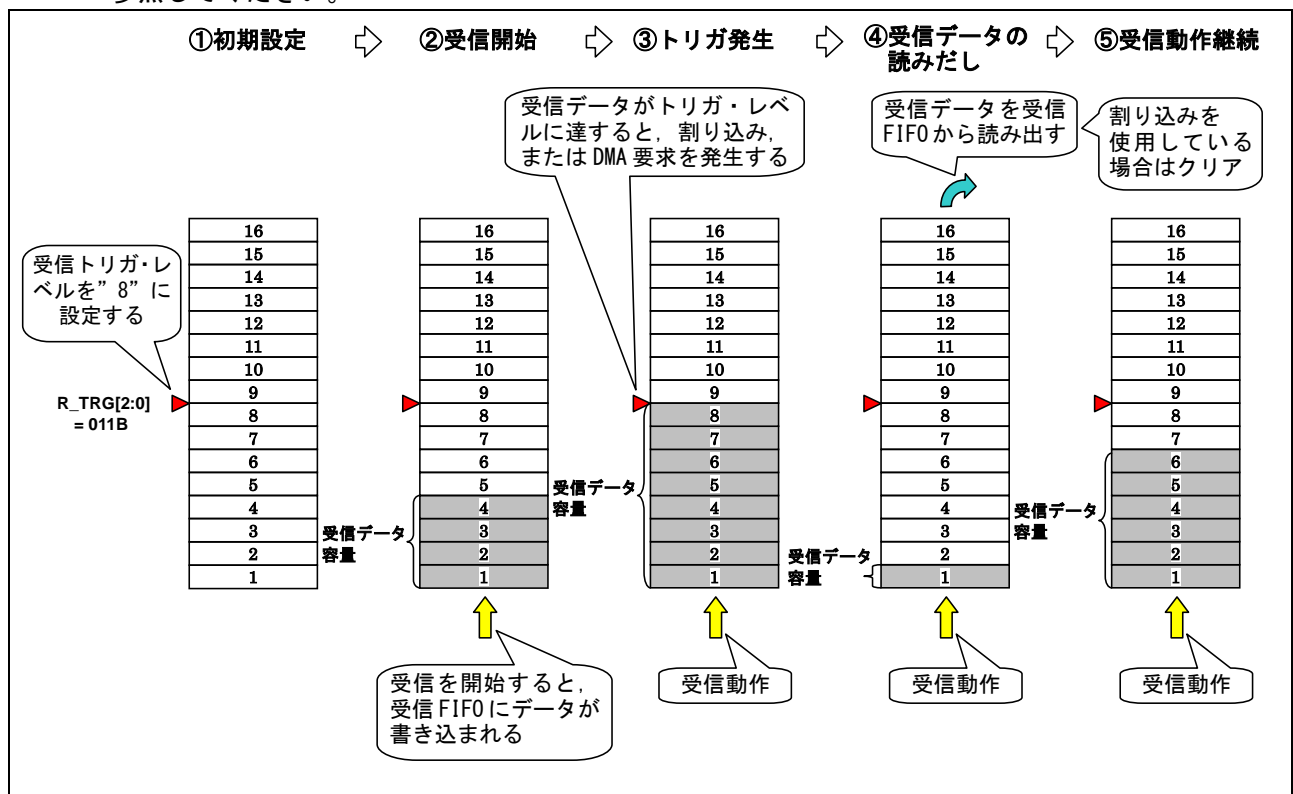


図 13-31 受信トリガ・レベル設定時の受信 FIFO の動作

### 13.3.12 データ転送方式

CSI からの受信データの読み出しおよび、送信データの書き込みは、"割り込み転送方式"または、"DMA 転送方式"で行います。

どちらのデータ転送方式でも、トリガ・レベル機能を使用することができます。

データ転送方式の選択は CSI\_CNT レジスタの T\_DMAEN, R\_DMAEN で行います。リセット時のデフォルトは"割り込み転送方式"です。

### 13.3.13 割り込み転送方式

割り込み転送方式は、送信 FIFO への送信データの書き込み、受信データの受信 FIFO からの読み出しをプログラムで行う方式です。

プログラムでデータ転送を行うため、DMA 転送方式に比べて CPU への負荷が大きいです。データ処理、バッファ制御、通信プロトコル制御などを柔軟に行うことができます。

送信データの書き込みは、全送信完了割り込み(TREND)または、転送完了割り込み(CSIEND)を使用しています。

受信データの読み出しは、転送完了割り込み(CSIEND)を使用して行います。

他にトリガ・レベル機能を使用して、送信トリガ・レベル割り込み、受信トリガ・レベル割り込みを使用することもできます。

トリガ・レベル機能の詳細は、13.3.11 を参照してください。



### 13.3.14 DMA 転送方式

DMA 転送方式は DMA コントローラによって送信データの書き込み、受信データの読み出しを行う方式です。

プログラムによる割り込み転送方式に比べ、柔軟な制御はできませんが、CPU の負荷を少なくでき、大きなデータをまとめて通信するのに適しています。

送信データの書き込みは、送信 DMA 要求信号 (DMAREQTX) を使用します。

受信データの読み出しは、受信 DMA 要求信号 (DMAREQRX) を使用します。

また、送信トリガ・レベル、受信トリガ・レベルの機能をそれぞれ送信 DMA 要求、受信 DMA 要求に使用することができます。

DMA 転送は、シングル転送モードのみに対応しており、ブロック転送モードには対応しません。

CSI と DMA コントローラとの接続例を図 13-32 に示します。

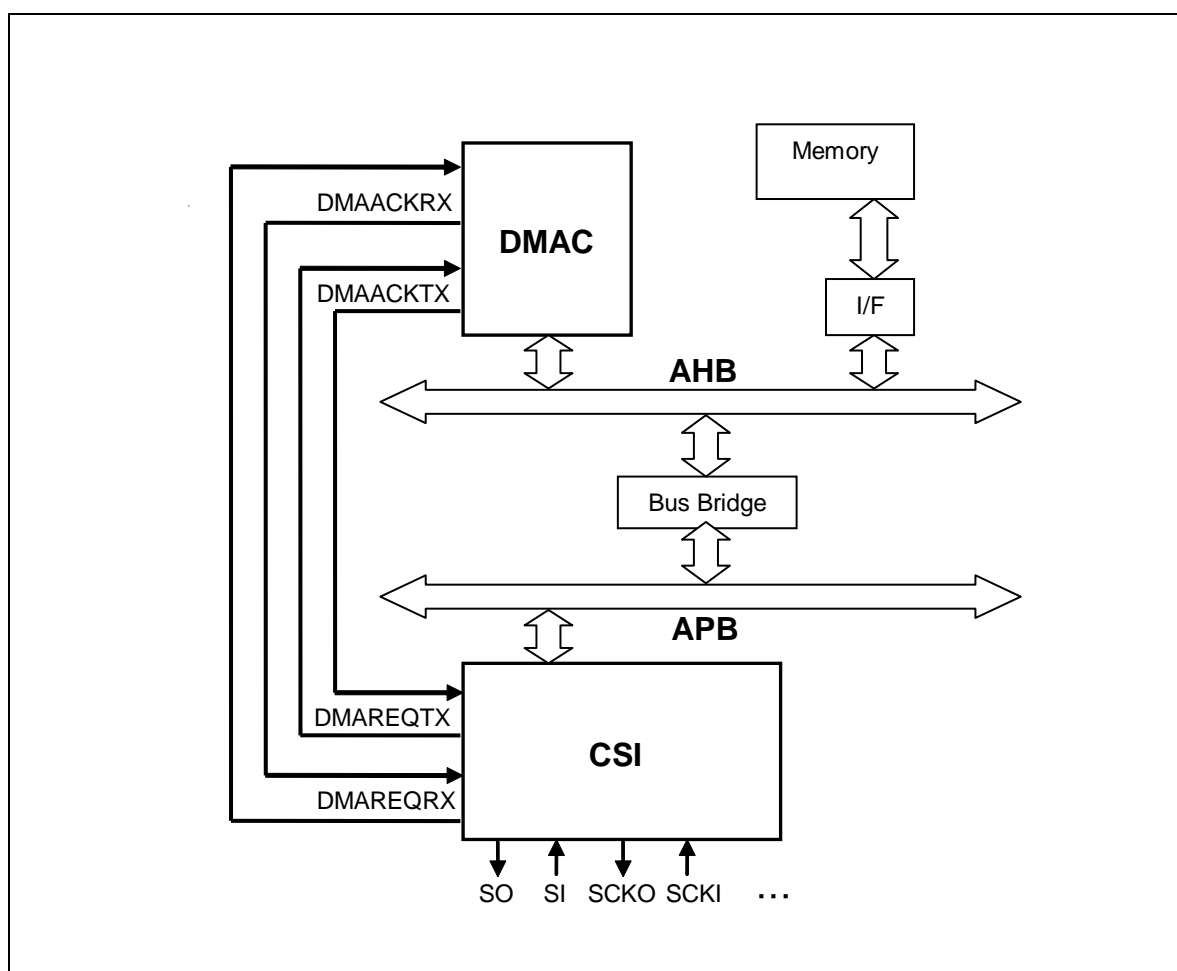


図 13-32 DMAC と CSI の基本接続図

### 13.3.14.1 受信 DMA 転送

受信動作開始後に、受信データを受信 FIFO に保存すると受信 DMA 要求信号を出力します。

DMA コントローラは、DMA 要求信号に応じて受信 FIFO から受信データをメモリに転送します。

DMA 転送は、シングル転送モードに対応しており、受信データを 1 つ転送するたびに、受信 DMA 要求信号を出力します。

受信 DMA 転送は、受信 FIFO にデータがなくなるまで動作します

#### (1) 起動手順

- 受信 DMA 転送を使用する場合は、CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の受信 DMA 転送許可フラグ (R\_DMAEN) をセットします。
- DMA コントローラを設定します。
- 通信の起動フラグをセットして、受信動作を開始します。

#### (2) 動作の終了

CSI の通信を停止し、受信 FIFO の受信データをすべて読み出し終わると、受信 DMA 要求の出力を停止します。

CSI の受信動作が停止してから、DMA コントローラの DMA 動作を停止します。

受信 FIFO の受信データをすべて読み出す前に、DMA 動作を終了させるには、DMA コントローラ側で DMA 要求信号をマスクして、以降の CSI からの DMA 要求を受け付けないようにしてから、CSI リセットで CSI を停止させてください。

DMA 動作の途中で、CSI リセットした場合の動作は保証しません。

#### (3) DMA 転送の再起動

DMA コントローラに設定した転送回数分のデータ転送が終了すると、DMA コントローラの転送動作は終了します。

ただし、CSI は受信データがあれば受信 DMA 要求を出し続けるので、データ転送を継続する場合は、DMA の再起動処理を行ってください。

#### (4) 受信トリガ・レベル

受信トリガ・レベル機能を DMA 転送の制御に併用することができます。トリガ・レベル機能の設定は 13.3.11.2 参照。

受信 DMA 転送では、受信トリガ・レベルを設定すると、受信 FIFO のデータ量がトリガ・レベルになると受信 DMA 要求信号を出力します。

受信 DMA 要求信号は、トリガ・レベルに設定した回数分のデータ転送を行います。

受信トリガ・レベルを使用した場合、CSI の通信を終了したときに、受信 FIFO のデータ量がトリガ・レベルの設定値よりも少ないと、残留データになります。

残留データの読み出し処理は 13.3.14.3 を参照してください。

### 13.3.14.2 送信 DMA 転送

送信動作開始後に、送信 FIFO に空きがあると、送信 DMA 要求信号を出力します。

DMA コントローラは、DMA 要求信号に応じてメモリから送信 FIFO に送信データを転送します。

DMA 転送は、シングル転送モードに対応しており、送信データを 1 つ書き込む毎に送信 DMA 要求信号を出力します。

DMA 転送は、送信 FIFO に空きがあるかぎりデータ転送を継続します

#### (1) 起動手順

- 送信 DMA 転送を使用する場合は、CSI コントロール・レジスタ (CSI\_CNT) の送信 DMA 転送許可フラグ (T\_DMAEN) をセットします。
- DMA コントローラを設定します。
- 通信の起動フラグをセットして、送信動作を開始します。

#### (2) 動作の終了

CSI の通信を停止し、送信 FIFO にデータが書き込まれ、空きがなくなると、送信 DMA 要求の出力を停止します。

CSI の送信動作が停止してから、DMA コントローラの DMA 動作を停止します。

送信 FIFO に残ったデータを送信させる場合は、CSI の通信を再開して、送信 FIFO が空になるのを待ちます。

これ以外に、送信 DMA 転送要求を DMA コントローラ側でマスクできる場合は、通信を停止するまえに、DMA コントローラを停止させた後に、送信 FIFO のデータをすべて送信し終えたあとで、通信を停止します。

#### (3) DMA 転送の再起動

DMA コントローラに設定した転送回数分の、データ転送が終了すると、DMA コントローラの転送動作は終了します。

ただし、CSI は送信 FIFO に空きがあれば送信 DMA 要求を出し続けるので、データ転送を継続する場合は、DMA の再起動処理を行ってください。

#### (4) 送信トリガ・レベル

送信トリガ・レベル機能を DMA 転送の制御に使用することができます。トリガ・レベル機能の設定は 13.3.11 参照。

送信トリガ・レベルを設定すると、送信 FIFO の空き容量がトリガ・レベル以上になると送信 DMA 要求信号を出力します。

送信トリガ・レベルによる送信 DMA 要求信号は、トリガ・レベルに設定した回数分の、データ転送を行います。

DMA コントローラから送信 FIFO にデータを転送中に、送信動作が行われることによって、空き容量がトリガ・レベルに到達しない場合、さらにトリガ・レベルの回数分のデータ転送を行います。

### 13.3.14.3 DMA 転送の残留受信データの読み出し処理

受信データの DMA 転送では、受信 FIFO からトリガ・レベルに設定したデータ数分の受信データを DMA コントローラで読み出します。

そのため、DMA 転送中に新たに受信したデータは、DMA 転送が一度終了して、次にトリガ・レベルに達するまで FIFO に留まります。

通信動作の終了時に、FIFO のデータ数がトリガ・レベルに達しないと、受信データはそのまま FIFO に残留してしまいます。

このような場合、以下に示す処理方法で残留受信データを読み出すことができます。

#### (1) DMA 転送での読み出し処理（トリガ・レベルの設定を無効に変更）

トリガ・レベルの設定を無効にすることにより、受信 FIFO の残留データがある場合、DMAREQRX をアサートし、残留データを DMA 転送します。

以下に手順を示します。

- CSI の通信状態フラグが通信停止中であることを確認する（CSI\_MODE の CSOT が 0 ）
- 受信 FIFO トリガ・レベル設定を無効にする（CSI\_CNT の R\_TRGEN=0）
- DMA コントローラの DMA 転送が終了するまで待つ
- CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタ（CSI\_IFIFOL）が 0 であることを確認する

#### (2) プログラムによる読み出し処理

CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタの値が 0 になるまで、受信データを CSI 受信ウィンドウ・レジスタ（CSI\_IFIFO）から読み出し、受信バッファに書き込みます。DMA を使用しないため、バッファの管理が必要です。

以下に手順を示します。

- CSI の通信状態フラグが通信停止中であることを確認する（CSI\_MODE の CSOT が 0 ）
- CSI 受信 FIFO レベル表示レジスタ（CSI\_IFIFOL）が 0 になるまで以下の操作を繰り返す
- CSI 受信ウィンドウ・レジスタ（CSI\_IFIFO）から受信データを読み出す
- 読み出したデータを受信バッファに書き込む

### 13.3.14.4 DMA 転送方式のマスタ送受信モードの設定と動作フロー

マスタ送受信モードで、DMA 転送方式を使用した場合の設定と動作のフローを示します。

DMAC のレジスタ仕様は、DMAC のユーザーズ・マニュアルを参照してください。

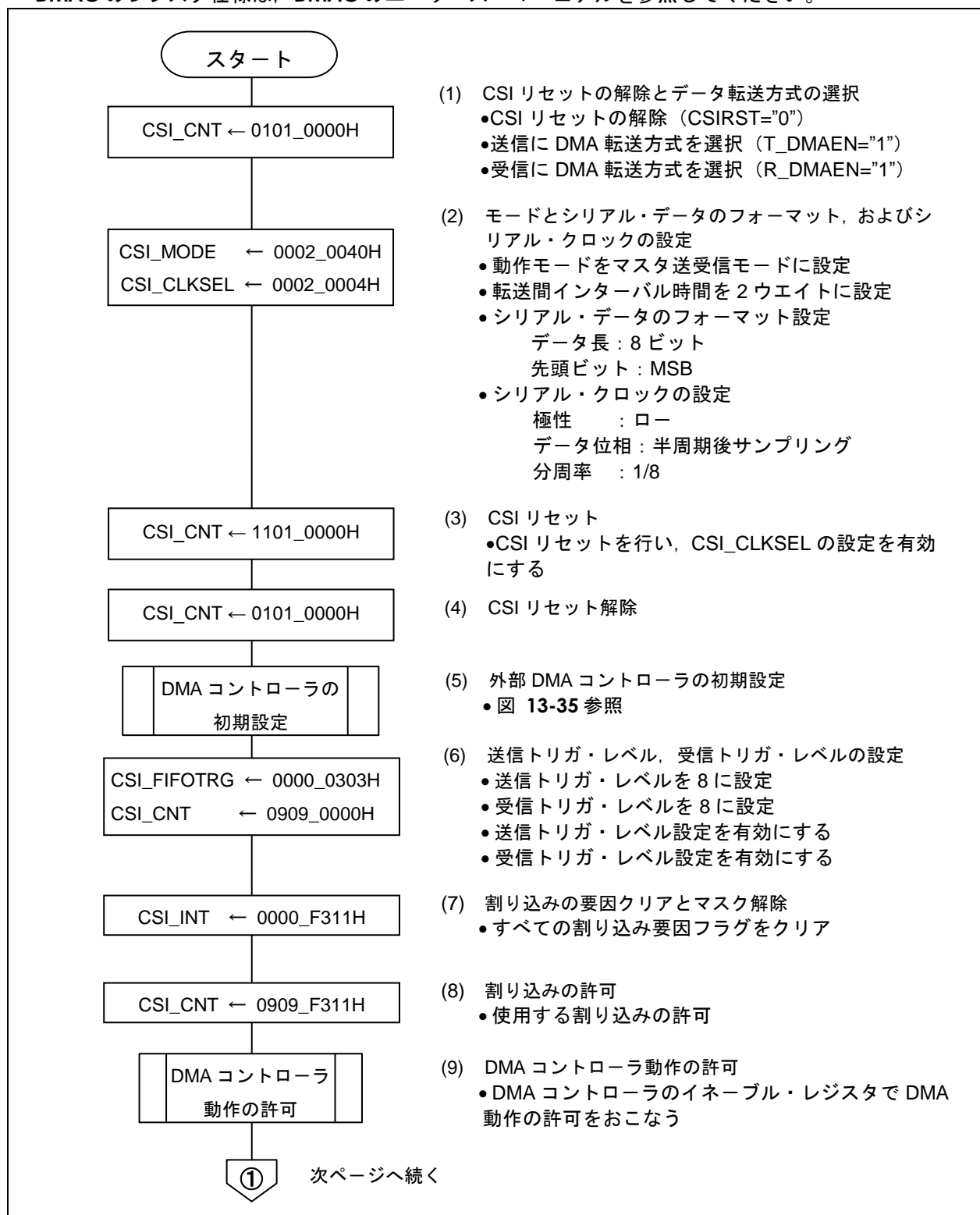


図 13-33 マスタ送受信モード, DMA 転送方式の動作フロー (連続データ送信) (1/3)

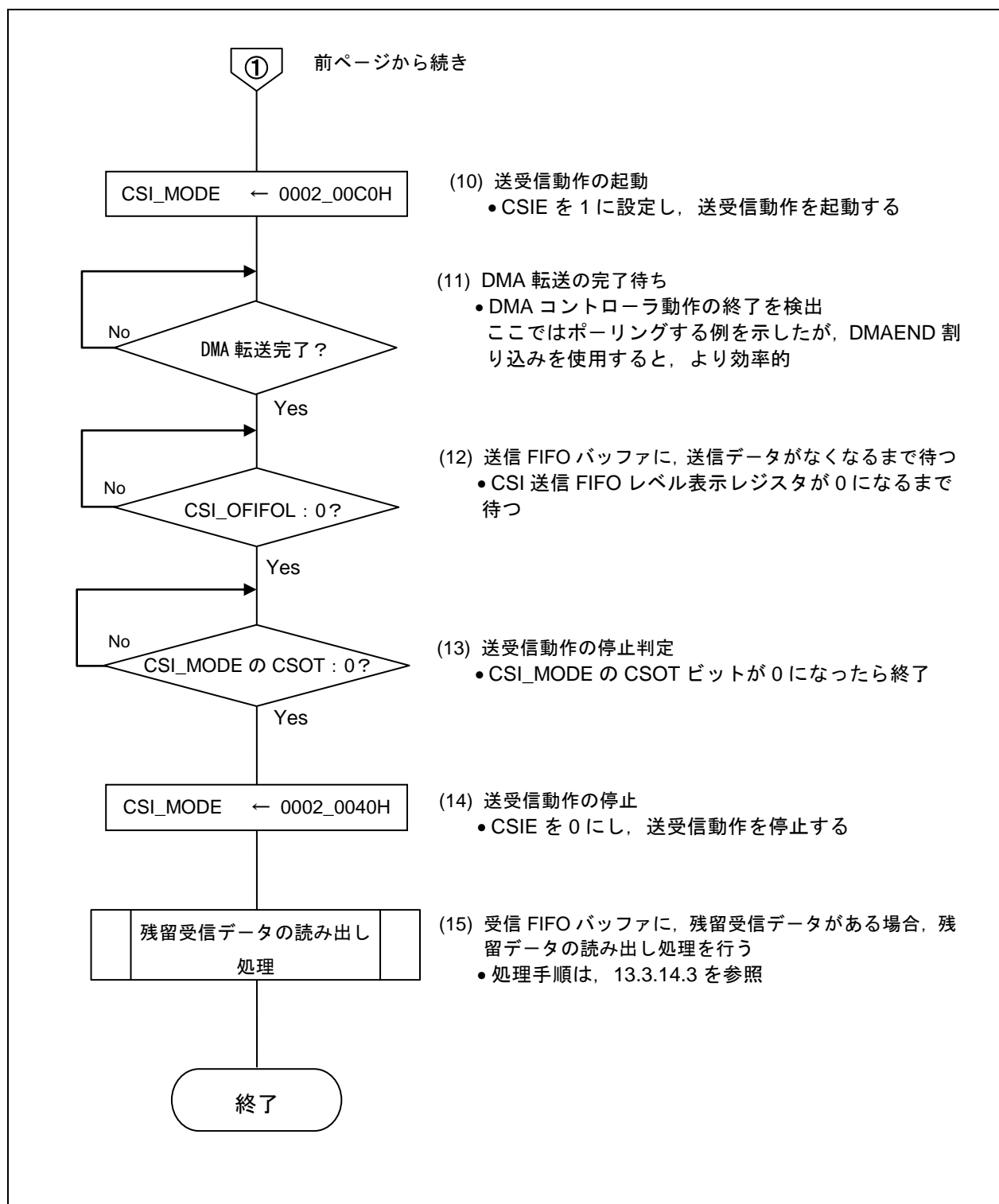


図 13-34 マスタ送受信モード，DMA 転送方式の動作フロー（連続データ送信）（2/3）

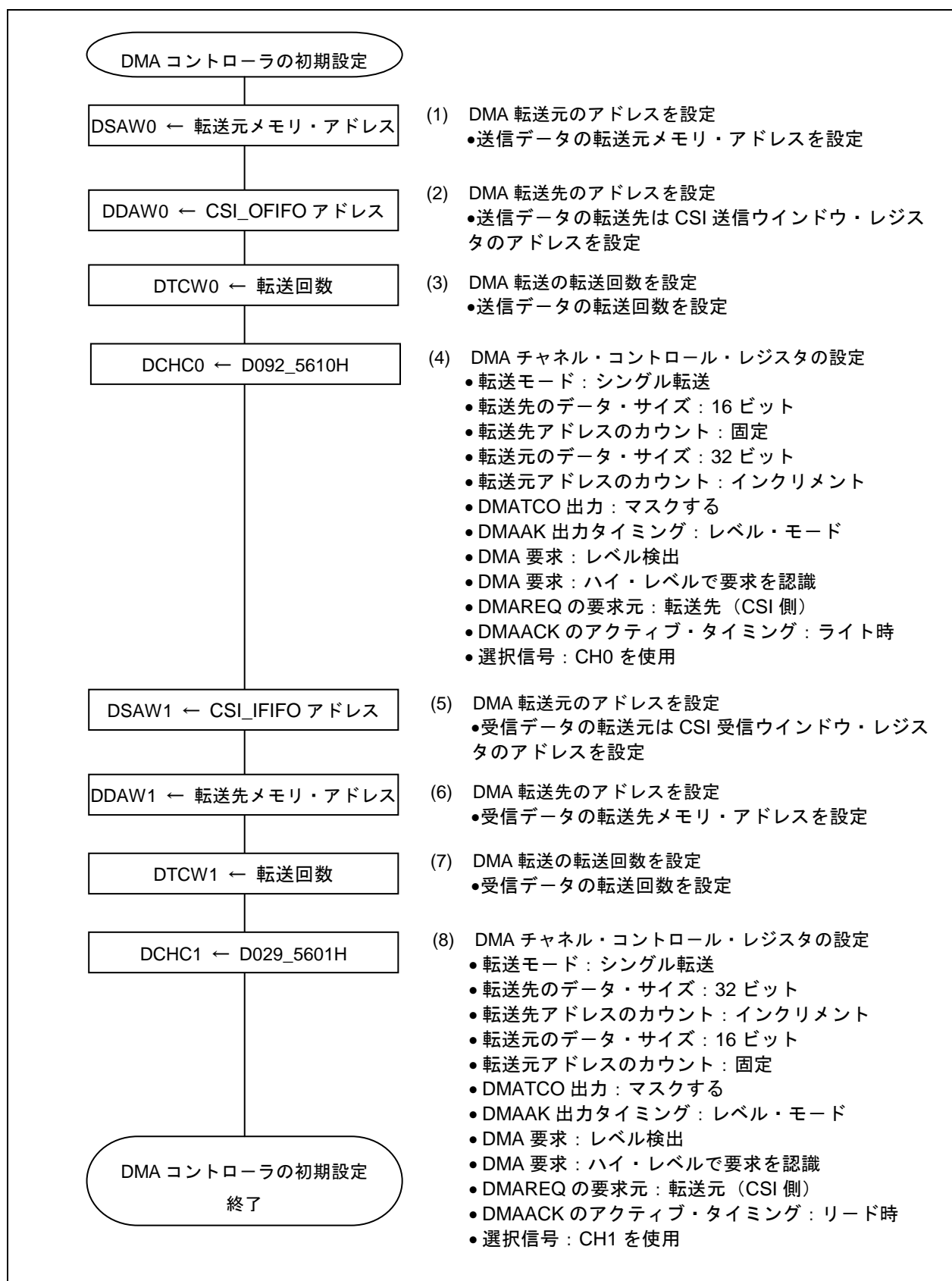


図 13-35 マスタ送受信モード，DMA 転送方式の動作フロー（連続データ送信）（3/3）

## 13.4 タイミング・チャート

### 13.4.1 シリアル通信のタイミング（シングル・ワード転送）

シングル・ワード転送の動作タイミングを示します。

図 13-36 は、マスタ送受信モードで 1 データの送受信のタイミング・チャートです。

動作条件は、データ長：8 ビット、データの先頭：MSB、クロックの極性：ハイ、データの位相：SCK と同位相、送信データ：8BH、受信データ：A6H です。

矢印（↑または↓）は、SI 信号のサンプリング・タイミングを示します。

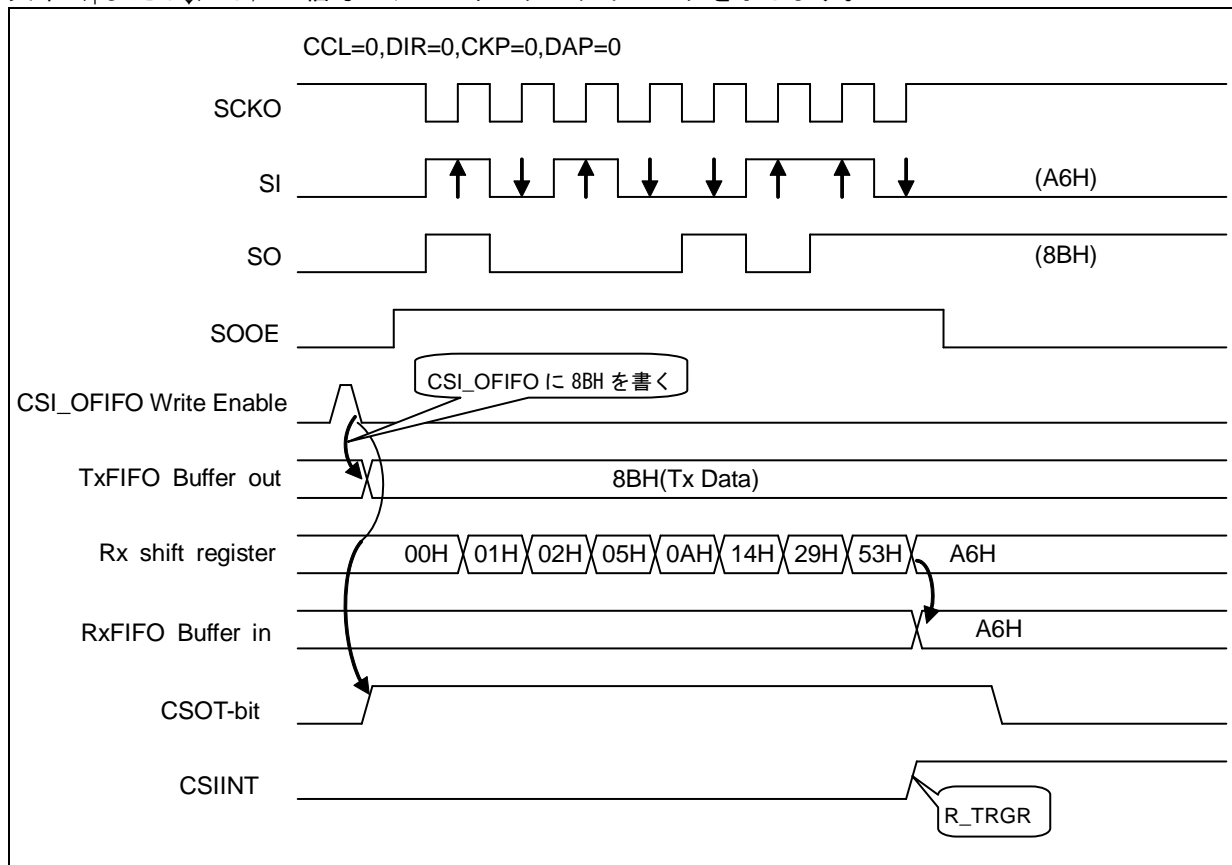


図 13-36 シングル・ワード転送のタイミング（マスタ送受信モード）



図 13-37 は、マスタ送受信モードで 1 データの送受信のタイミング・チャートです。

動作条件は、データ長：8 ビット、データの先頭：MSB、クロックの極性：ハイ、データの位相：SCK の半周期後、送信データ：8BH、受信データ：A6H です。

矢印（↑または↓）は、SI 信号のサンプリング・タイミングを示します。

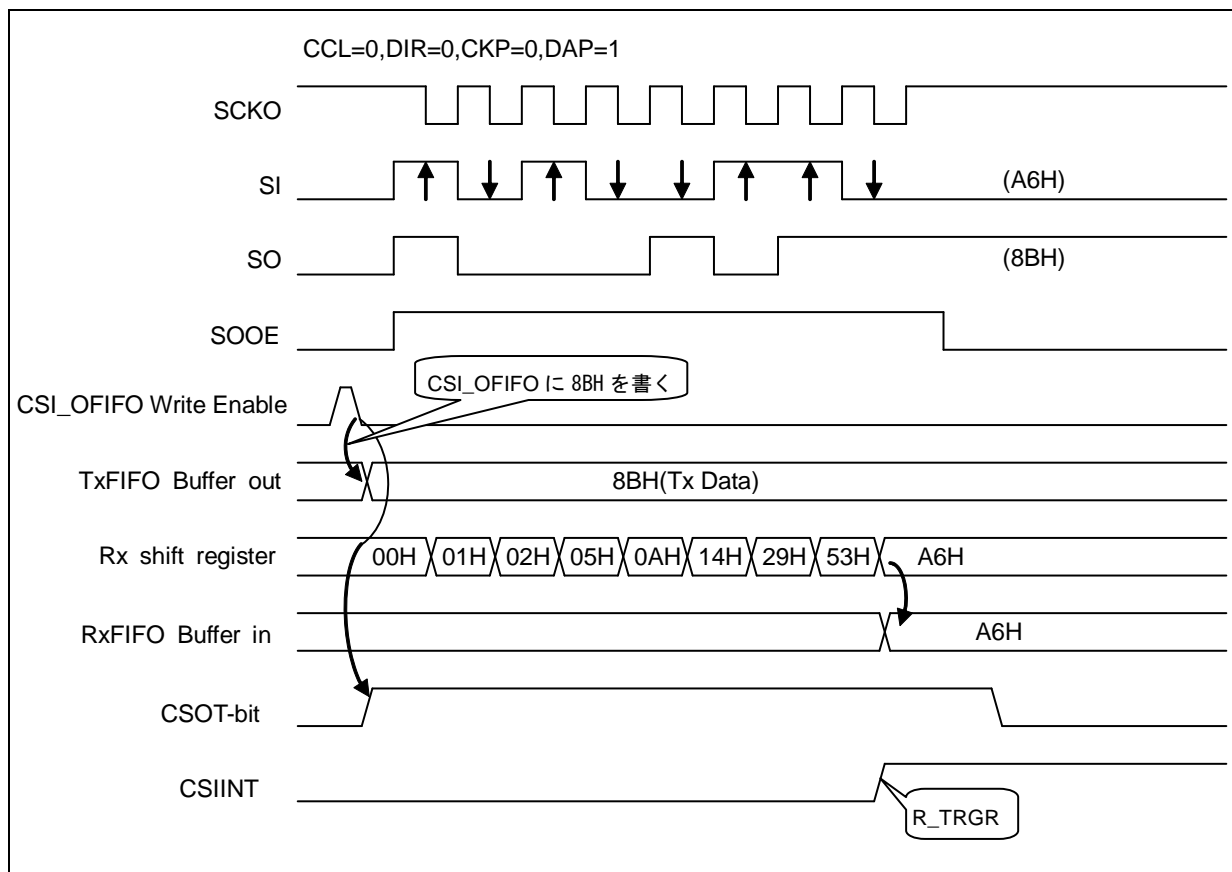


図 13-37 シングル・ワード転送のタイミング（マスタ送受信モード）

図 13-38 は、スレーブ送受信モードで 1 データの送受信のタイミング・チャートです。

動作条件は、データ長：8 ビット、データの先頭：MSB、クロックの極性：ハイ、データの位相：SCK と同位相、送信データ：A6H、受信データ：8BH です。

矢印（↑または↓）は、SI 信号のサンプリング・タイミングを示します。

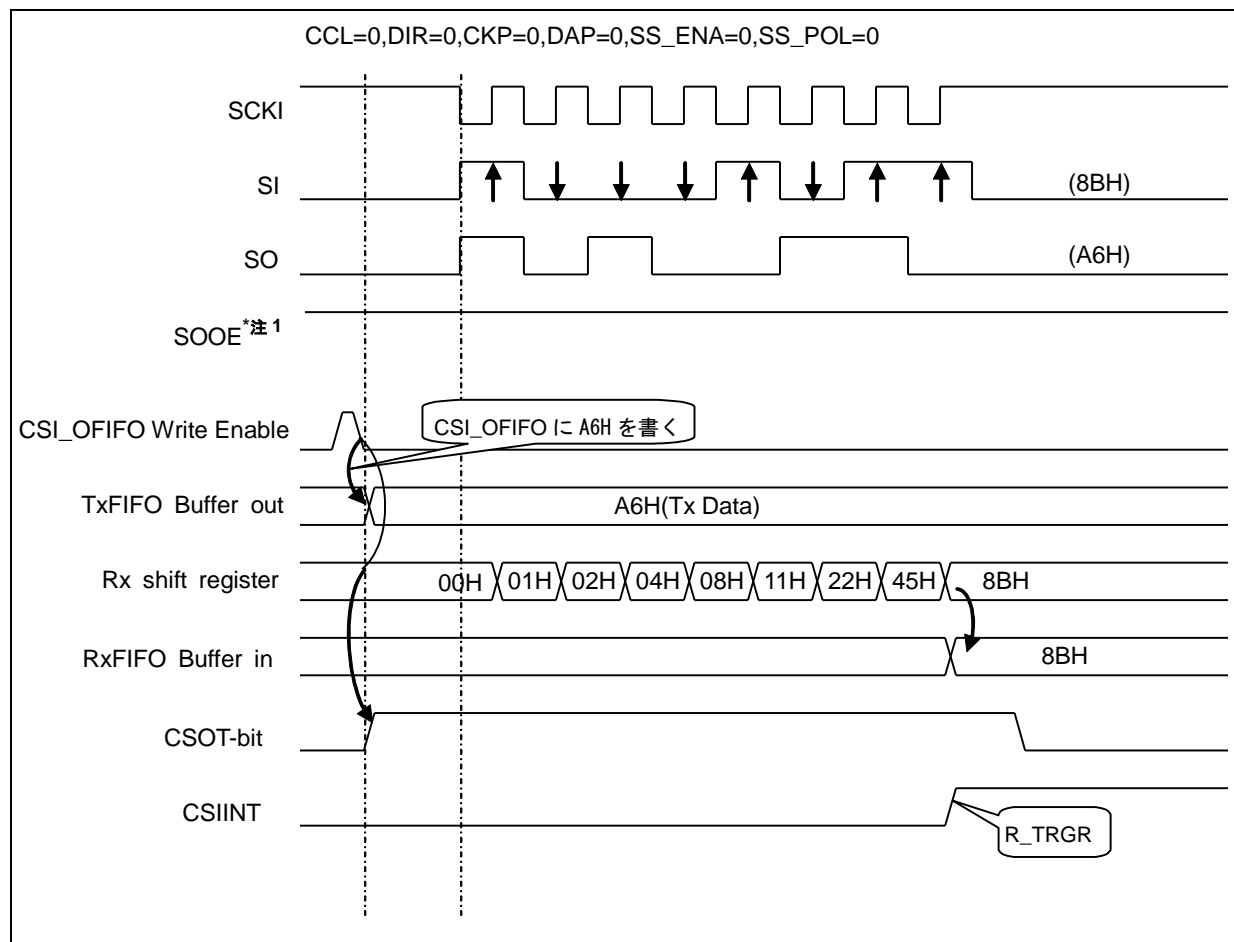


図 13-38 シングル・ワード転送のタイミング（スレーブ送受信モード）

注 1. 送受信モードに設定されていれば、通信開始後 SOOE 信号は常にアクティブになります。

### 13.4.2 シリアル通信のタイミング（連続データ転送）

連続データ転送の動作タイミングを示します。

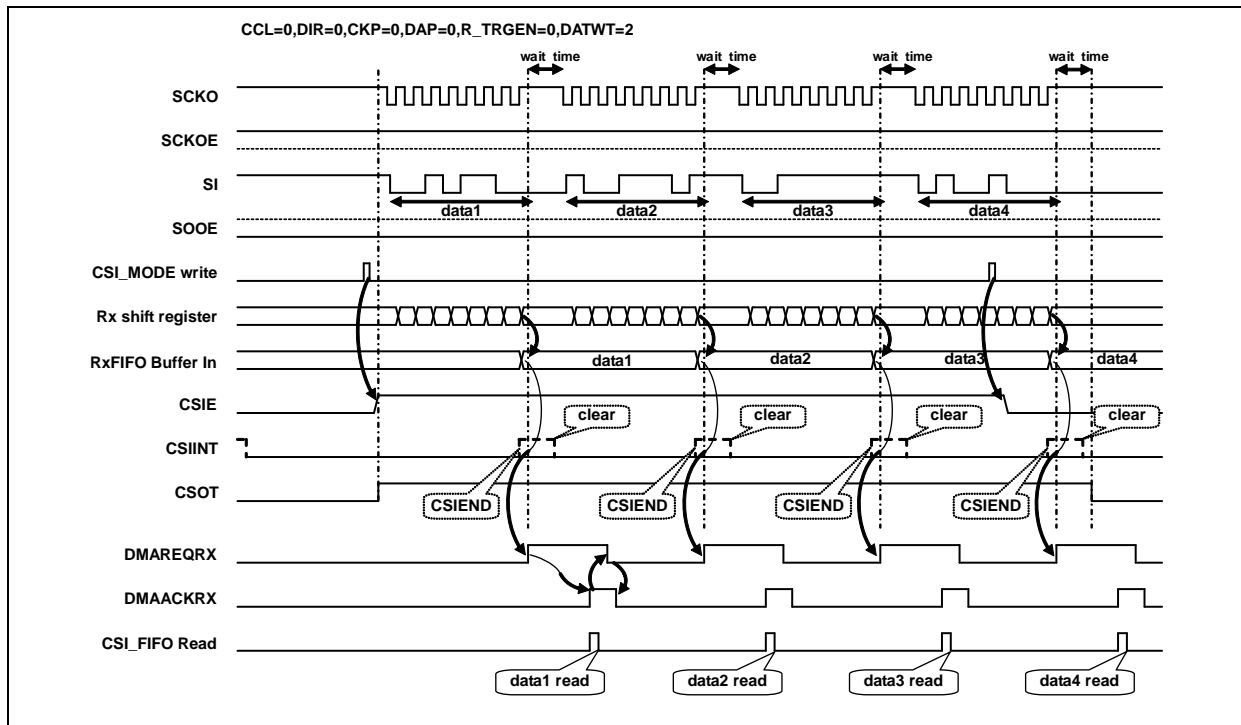


図 13-39 連続転送のタイミング（マスタ受信専用モード）

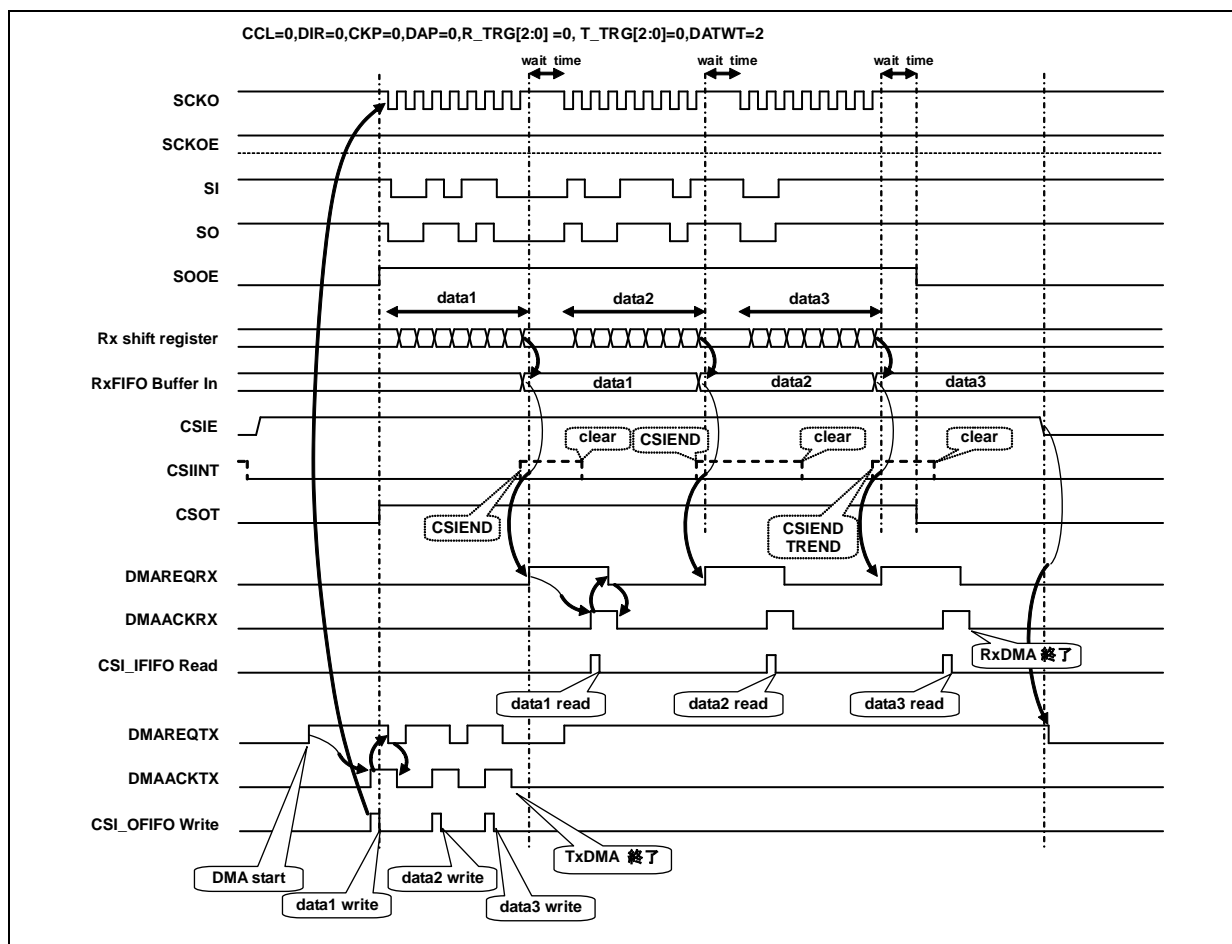


図 13-40 連続転送のタイミング（マスタ送受信モード）

通信の起動フラグをセットすると、送信 DMA 要求信号（DMAREQTX）をアサートして、DMA 転送を開始します。

DMA 転送によって、送信 FIFO バッファに最初のデータが書き込まれると、送受信動作を開始します。

送信データの DMA 転送が終了したら、送信動作が完了するのを待ち、通信状態フラグ（CSOT）をポーリングします。

通信状態フラグで、通信が停止するのを確認してから通信の起動フラグ（CSIE）をクリアします。

通信の起動フラグ（CSIE）をクリアすると、送信 DMA 要求信号（DMAREQTX）をディアサートします。

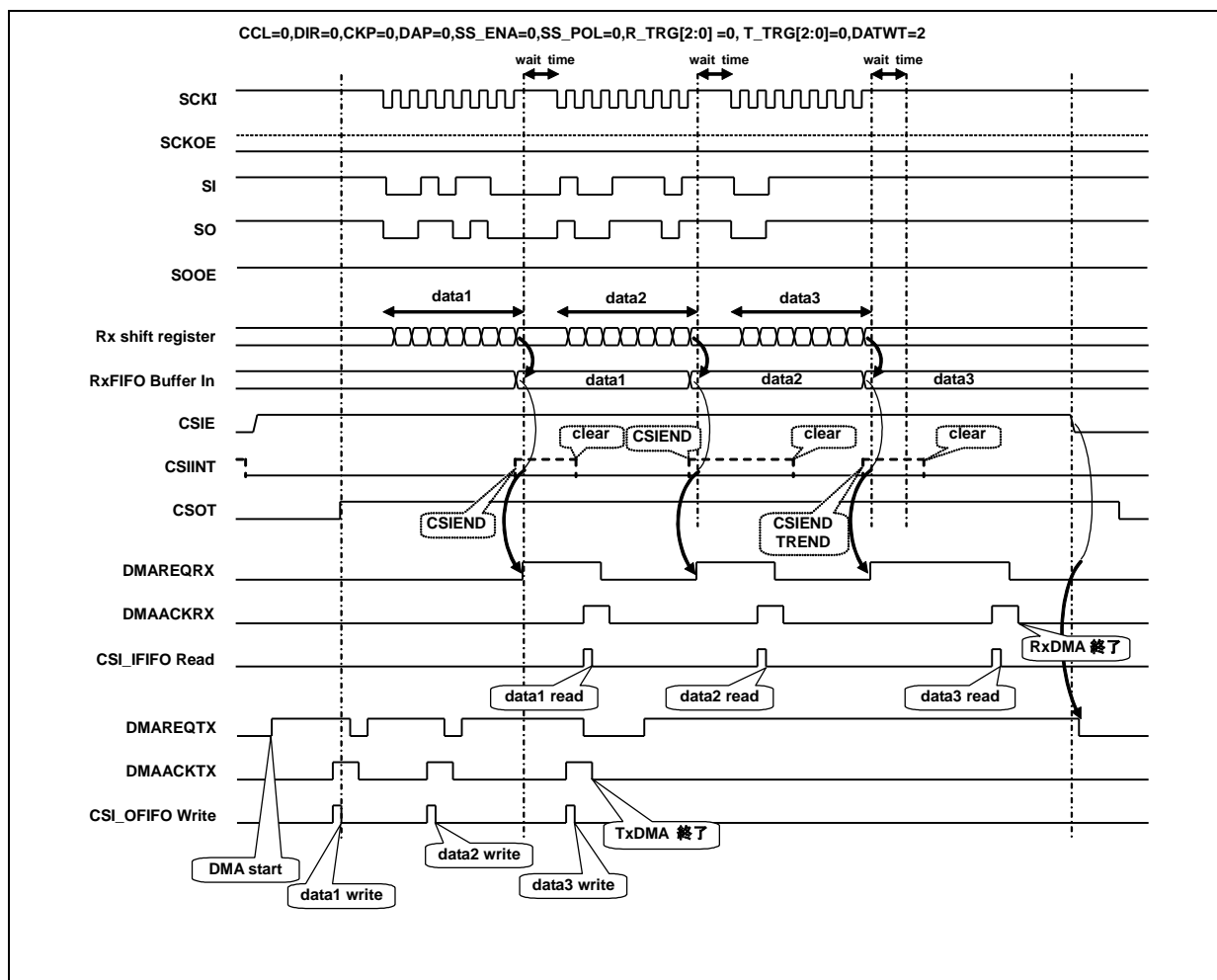


図 13-41 連続転送のタイミング（スレーブ送受信モード）

通信の起動フラグをセットして、送信 FIFO に空きがあると、送信 DMA 要求信号（DMAREQTX）をアサートして、DMA 転送を開始します。

DMA 転送によって、送信 FIFO バッファに最初のデータが書き込まれると、送受信動作の開始準備が完了します。

マスタによって、シリアル・クロック（SCKI）が入力されると、送受信動作を開始します。

スレーブの通信動作を完了する場合は、送受信動作が停止したことを、通信状態フラグ（CSOT）で確認してから通信の起動フラグ（CSIE）をクリアします。

通信の起動フラグ（CSIE）をクリアすると、送信 DMA 要求信号（DMAREQTX）をディアサートします。

## 13.5 使用上の注意

### 13.5.1 通信速度について

CSI\_CLKSEL レジスタの CKP ビット=0, DAP ビット=0 設定時のクロック極性及び位相の例で説明しております。他の設定でご使用の場合は、その設定に対応したクロック極性、位相に置きなおしてお考えください。

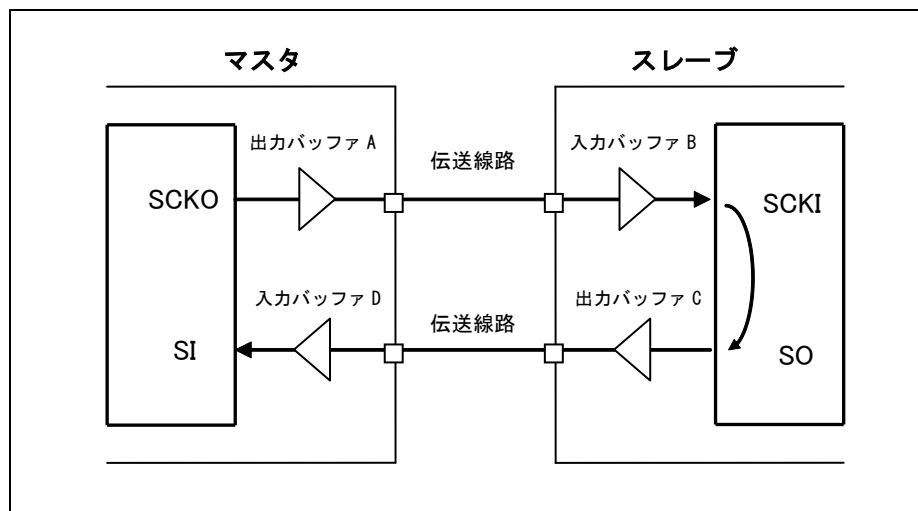


図 13-42 マスタとスレーブの接続図

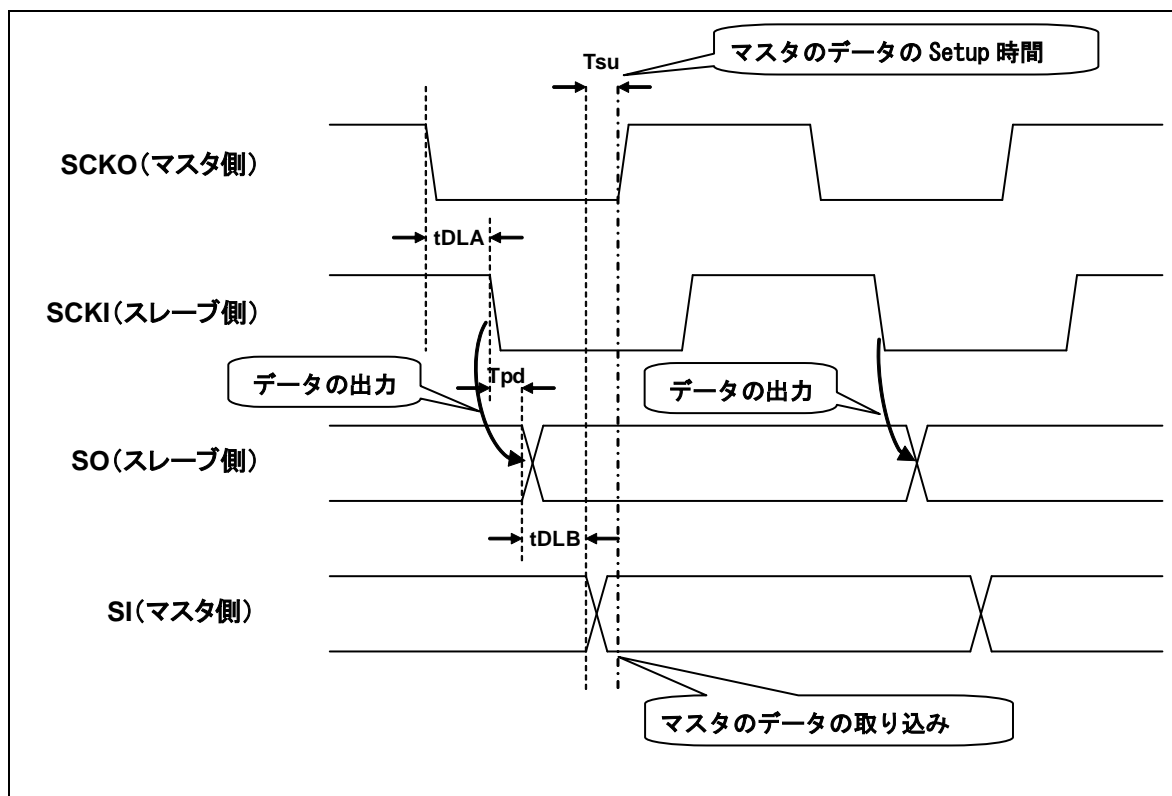


図 13-43 マスタのデータ受信タイミング

マスタのシリアル・データ（SI）のサンプリングは、シリアル・クロック（SCKO）の半周期のエッジになります。

図 13-43 に、マスタのデータ受信のタイミングを示します。

マスタからのシリアル・クロック SCK 信号の立ち下りで、スレーブは SO 端子に送信データを出力します。

マスタは、スレーブからの送信データを SCK の立ち上がりで取り込みます。

マスタがスレーブからシリアル・データを受信するために必要な時間から、シリアル・クロックの最高周波数を算出してください。

$$\frac{\text{シリアル・クロックの周期}}{2} > tDLA + Tpd + tDLB + Tsu$$

**tDLA** : 出力バッファ A と入力バッファ B の遅延と SCK の伝送路の信号遅延

**Tpd** : スレーブの SCKI から SO の遅延

**tDLB** : 出力バッファ C と入力バッファ D の遅延と SO の伝送路の信号遅延

**Tsu** : マスタのデータ・セットアップ時間

シリアル・クロックを 25MHz で使用する場合は、上記の値が 20nS 以内になるように設計してください。