

## RX ファミリ

R01AN1926JJ0100

Rev.1.00

2014.9.12

### 調歩同期式通信におけるビットレートの許容誤差範囲

#### 要旨

本アプリケーションノートでは、RX ファミリの調歩同期式通信におけるビットレートの許容誤差範囲の求め方について説明しています。

#### 対象デバイス

- ・RX ファミリ

ビットレートの許容誤差の説明として、RX210 グループを用いて説明しています。本アプリケーションノートを他のマイコンへ適用する場合、そのマイコンの仕様にあわせて変更し、十分評価してください。

## 目次

1. 周辺機能説明 .....	3
1.1 データフォーマットについて .....	3
1.2 受信データサンプリングタイミング .....	4
1.3 受信デバイス側のデータサンプリングタイミングと受信データの関係 .....	6
1.4 転送速度の誤差許容範囲の算出 .....	7
1.5 通信可能な送信側デバイスのビットレート算出例 .....	9
2. 付録 .....	10
3. 参考ドキュメント .....	11

## 1. 周辺機能説明

### 1.1 データフォーマットについて

調歩同期式モード時のデータフォーマットについて説明します。表 1.1 に送受信データの名称とその機能を示します。

表1.1 送受信データの名称とその機能

名称	機能	備考
ST(スタートビット)	キャラクタビットの直前に付加する1ビット分のLow信号です。データの送信開始を示します。	1ビット固定
DATA(キャラクタビット)	キャラクタ単位(7ビットまたは8ビット)のデータ信号です。	7ビット、8ビットから選択可能
P(パリティビット)	通信データの誤りを検出するために、キャラクタビットの直後に付加する信号です。 この信号のレベルは、パリティ奇数/偶数の選択にしたがって、このビットとキャラクタビットの“1”の総数が常に奇数、または偶数になるよう変化します。	奇数、偶数、なしから選択可能
SP(ストップビット)	キャラクタビット(パリティ許可時はパリティビット)の直後に付加する、1ビット、もしくは2ビット分のHigh信号です。データの送信完了を示します。(注1)	1ビット、2ビットから選択可能

注 1. 受信時はストップビット長の設定にかかわらず、ストップビットの1ビット目のみチェックを行い、2ビット目がLowの場合は、次の送信フレームのスタートビットとみなします。

## 1.2 受信データサンプリングタイミング

調歩同期式モードでは、ビットレートの 16 倍の周波数の内部基本クロック(以下、fBASE)で動作します。(注 1)

受信時、スタートコンディションによる RXD 端子の Low 状態を fBASE の立ち下がりエッジで検出し、内部の同期化を開始します。

同期化が行われてから、fBASE の 8 サイクル目の立ち上がりエッジでスタートビットのサンプリングを行います。そのため、受信データの入力タイミングによって、スタートビットの立ち下がりエッジが入力されてからスタートビットのサンプリングを行うまでの時間が異なります。スタートビットの取り込み後は、fBASE の 16 サイクルごとにデータのサンプリングを行います。

注 1. SEMR.ABCS ビットが“0”のときの例です。ABCS ビットが“1”のときは、ビットレートの 8 倍の周波数が fBASE となり、受信データは fBASE の 4 サイクル目の立ち上がりエッジでサンプリングします。

以下のケースにおける、調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミング(SEMR.ABCS ビットが“0”の場合)を図 1.1に示します。

ケース 1：fBASE の立ち上がりエッジ付近で受信データの立ち下がりエッジが入力された場合

ケース 2：fBASE の立ち下がりエッジ直前で受信データの立ち下がりエッジが入力された場合

ケース 3：fBASE の立ち下がりエッジ直後で受信データの立ち下がりエッジが入力された場合

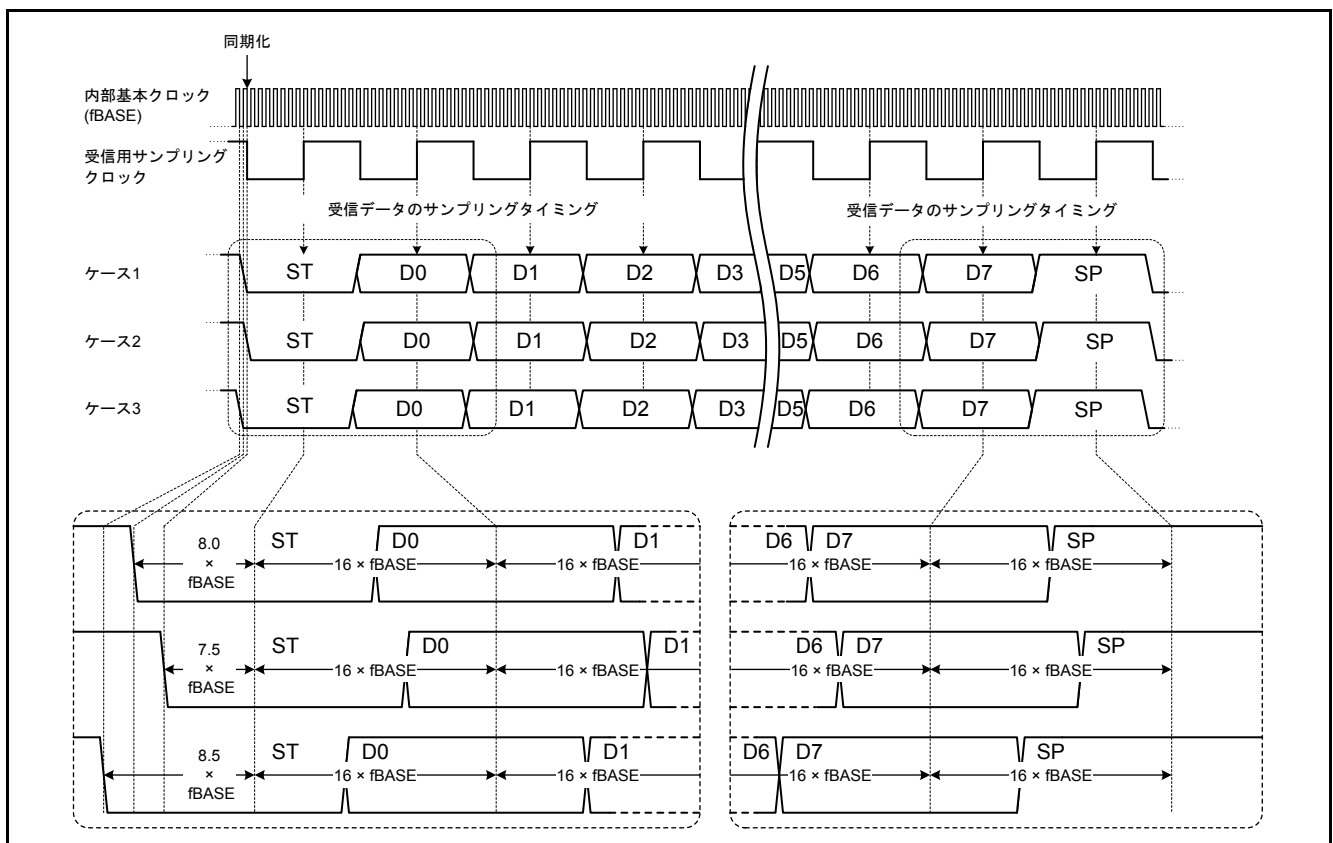


図1.1 調歩同期式モードの受信データサンプリングタイミング(SEMR.ABCS ビットが“0”の場合)

各ケースにおいて、スタートビットの立ち下がりエッジ入力から、ストップビットの取り込みまでの時間 (tSTSP)は、以下のとおりです。

[ケース 1]

$$\begin{aligned} tSTSP &= \frac{8}{fBASE} + \frac{16}{fBASE} \times (b - 1) \\ &= \frac{8}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1) \end{aligned}$$

[ケース 2]

$$\begin{aligned} tSTSP &= \frac{7.5}{fBASE} + \frac{16}{fBASE} \times (b - 1) \\ &= \frac{7.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1) \end{aligned}$$

[ケース 3]

$$\begin{aligned} tSTSP &= \frac{8.5}{fBASE} + \frac{16}{fBASE} \times (b - 1) \\ &= \frac{8.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1) \end{aligned}$$

Br : 受信側の転送速度(bps)

b : 1 フレームのデータの全ビット数(ただし、2SP の場合は - 1)

上記より tSTSP は、ケース 2 が最も短く、ケース 3 が最も長くなります。

注. SEMR.ABCS ビットが“1” の場合の tSTSP は以下の計算式になります。

[ケース 1]

$$tSTSP = \frac{4}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1)$$

[ケース 2]

$$tSTSP = \frac{3.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1)$$

[ケース 3]

$$tSTSP = \frac{4.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1)$$

### 1.3 受信デバイス側のデータサンプリングタイミングと受信データの関係

受信時、RXD 端子に入力される受信データは、RX の受信用サンプリングクロックの立ち上がりで取り込まれます。そのため、データを正しく受信するためには、1 フレームの最後の受信用サンプリングクロックの立ち上がりタイミングで、ストップビットが入力されている必要があります。

図 1.2 に受信用サンプリングクロックと受信データの関係を示します。

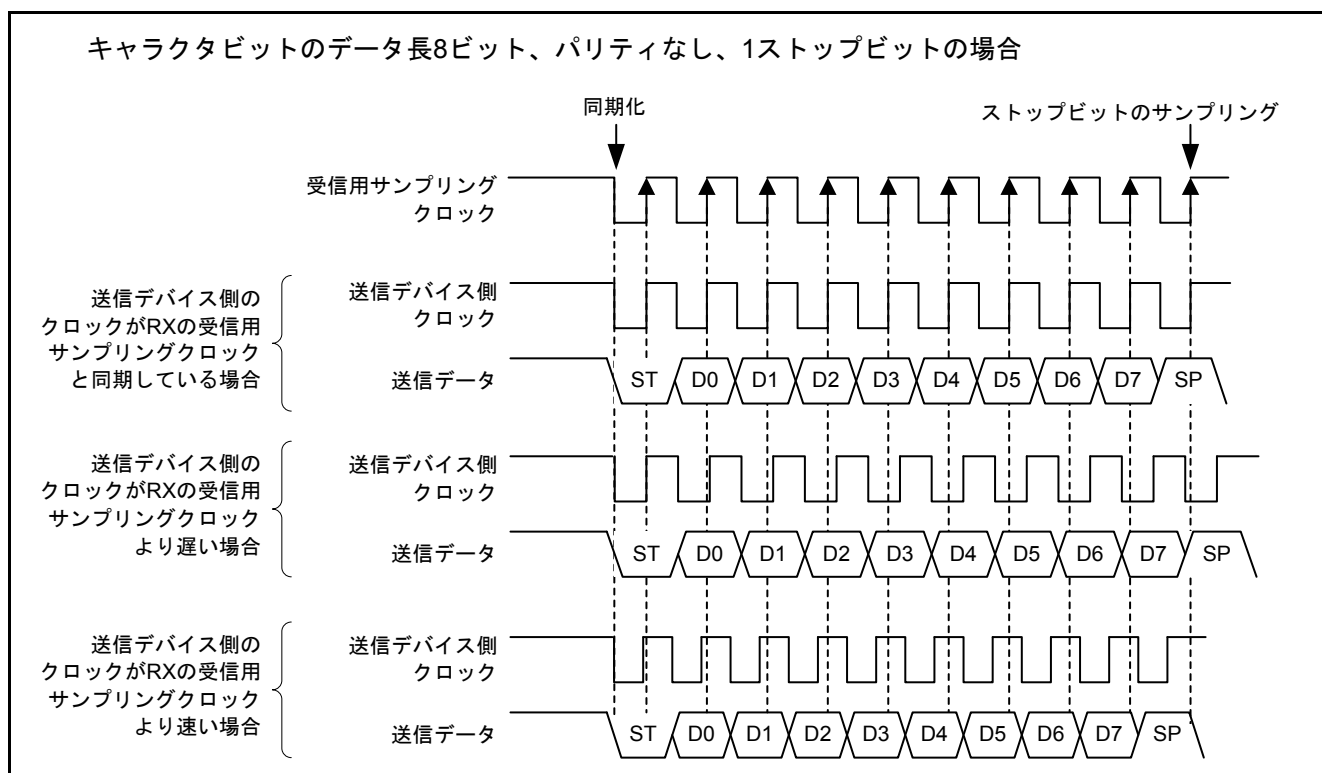


図1.2 受信用サンプリングクロックと受信データの関係

送信デバイス側のクロックがRXの受信用サンプリングクロックより遅い場合でも、ストップビットのサンプリングまでに送信デバイス側のストップビットが出力(送信デバイス側の最後のクロック立ち下がりが発生)されると、データを正しく受信できます。

送信デバイス側のクロックがRXの受信用サンプリングクロックより早い場合は、ストップビットのサンプリングタイミング以降に次のデータのスタートビットが出力(送信デバイス側の最後のクロックが立ち上がってから 0.5 クロック後)されると、データを正しく受信できます。

#### 1.4 転送速度の誤差許容範囲の算出

データを正しく送受信するためには、受信側/送信側の転送速度が次式の関係を満たしている必要があります。ただし、あくまでも理論上の値となりますので、十分に余裕を持って設定してください。またユーザアプリケーションにおいて十分な評価をしてください。

[送信デバイス側のクロックがRXの受信用サンプリングクロックより遅い場合]

図 1.3に送信デバイス側のクロックと受信用サンプリングクロックの関係(送信デバイスクロックが遅い場合)を示します。

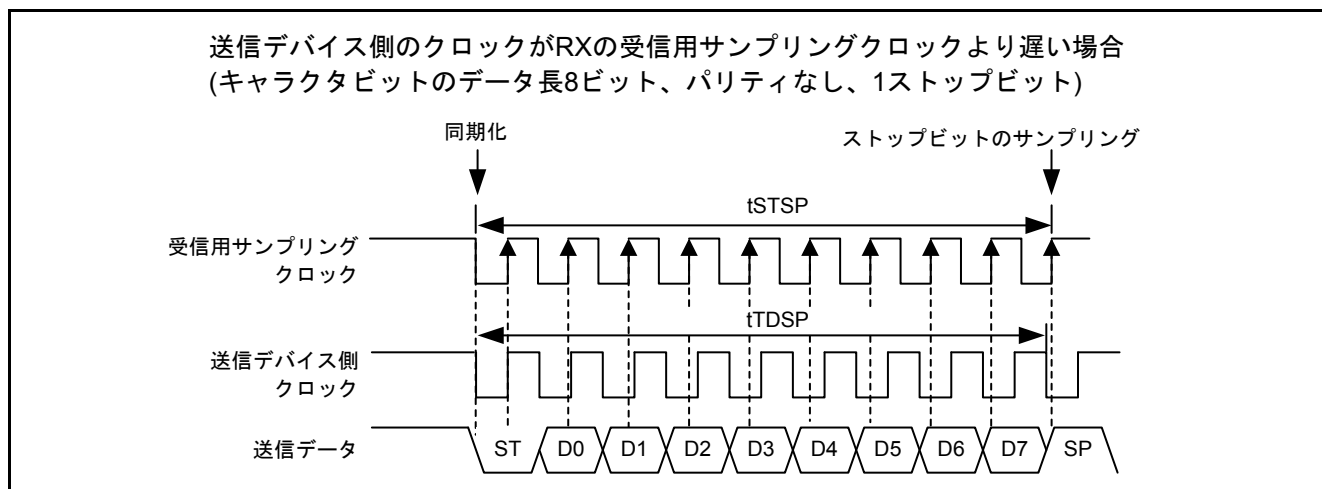


図1.3 送信デバイス側のクロックと受信用サンプリングクロックの関係(送信デバイスクロックが遅い場合)

送信デバイス側のスタートビット出力開始から最終クロックの立ち下がりまでの時間を  $t_{DSP}$  とした場合、 $t_{STSP}$  までに送信デバイス側の最終クロックの立ち下がりが発生 ( $t_{STSP} > t_{DSP}$ ) する必要があります。

$t_{DSP}$  はスタートビット出力からストップビットの出力タイミングのため、以下式となります。

$$t_{DSP} = \frac{1}{B_t} \times (b - 1)$$

SEMR.ABCS ビットが“0”の場合、 $t_{STSP}$  の最短時間は以下式となります。

$$t_{STSP} = \frac{7.5}{f_{BASE}} + \frac{1}{B_r} \times (b - 1)$$

よって、以下条件の場合、データを正しく送受信することができます。

$$\frac{7.5}{f_{BASE}} + \frac{1}{B_r} \times (b - 1) > \frac{1}{B_t} \times (b - 1)$$

$B_t$  : 送信側の転送速度(bps)

$B_r$  : 受信側の転送速度(bps)

$b$  : 1フレームのデータの全ビット数(ただし、2SPの場合は - 1)

[送信デバイス側のクロックがRXの受信用サンプリングクロックより早い場合]

図 1.4に送信デバイス側のクロックと受信用サンプリングクロックの関係(送信デバイスクロックが早い場合)を示します。

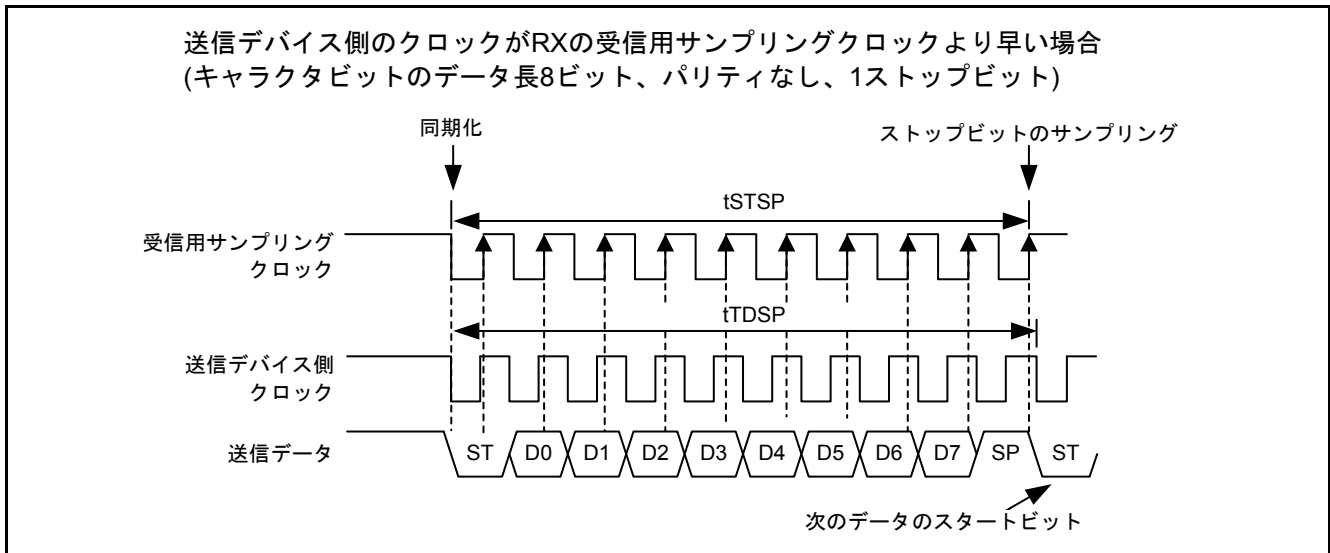


図1.4 送信デバイス側のクロックと受信用サンプリングクロックの関係(送信デバイスクロックが早い場合)

送信デバイス側のスタートビット出力開始から最終データ出力完了までの時間を  $tTEND$  とした場合、最終データの出力完了までにストップビットのサンプリングタイミングが発生( $tSTSP < tTEND$ )する必要があります。

$tT$  はスタートビット出力から、ストップビットが出力完了(次のデータのスタートビット出力)までなので、以下式となります。

$$tTEND = \frac{1}{Bt} \times b$$

SEMR.ABCS ビットが“0”の場合、 $tSTSP$  の最長時間は以下式となります。

$$tSTSP = \frac{8.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1)$$

よって、以下条件の場合、データを正しく送受信することができます。

$$\frac{8.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1) < \frac{1}{Bt} \times b$$

Bt : 送信側の転送速度(bps)

Br : 受信側の転送速度(bps)

b : 1 フレームのデータの全ビット数(ただし、2SP の場合は-1)

※ 送信側デバイスから連続してデータを送信したとき、上記計算式を満たしていた場合でも、次データのスタートビットのサンプリングが遅延して、正常に受信できないことがあります。このことが問題になる場合は、送信側のストップビット長を2に設定してください。



## 1.5 通信可能な送信側デバイスのビットレート算出例

1 フレームのデータ構成が、スタートビット+キャラクタ長8ビット+ストップビットのフォーマットで、受信デバイス側クロックの転送速度を9600bpsに設定したとき、通信可能な送信側デバイスのビットレート算出例を示します。

### 【RXの条件】

PCLK	: 25,000,000Hz
SEMR.ABCS ビット	: “0” (基本クロック 16 サイクルの期間が 1 ビット期間の転送レート)
BRR レジスタ	: 80
ビットレート	: 約 9645.1bps

### 【送信側デバイスの許容範囲】

・送信デバイス側の下限算出

$$\frac{7.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1) > \frac{1}{Bt} \times (b - 1)$$

fBASE=ビットレート×16

のため

$$\frac{7.5}{Br \times 16} + \frac{1 \times 16}{Br \times 16} \times (b - 1) > \frac{1}{Bt} \times (b - 1)$$

$$\frac{7.5 + 16(b - 1)}{Br \times 16} > \frac{1}{Bt} \times (b - 1)$$

$$Bt > \frac{(b - 1) \times Br \times 16}{7.5 + 16(b - 1)}$$

b=スタートビット(1)+キャラクタ長(8)+ストップビット長(1)=10

のため

$$Bt > \frac{(10 - 1) \times 9645.1 \times 16}{7.5 + 16(10 - 1)}$$

$$Bt > 9167.6\text{bps}$$

・送信デバイス側の上限算出

送信デバイス側下限算出と同様に

$$\frac{8.5}{fBASE} + \frac{1}{Br} \times (b - 1) < \frac{1}{Bt} \times b$$

$$\frac{8.5 + 16(b - 1)}{Br \times 16} < \frac{1}{Bt} \times b$$

$$Bt < \frac{b \times Br \times 16}{8.5 + 16 \times (b - 1)}$$

$$Bt < 10119.4\text{bps}$$

上記計算式より、送信デバイス側のビットレート(Br)が 9178bps < Br < 10119bps の範囲であれば、正しく受信できます。

ただし、あくまでも理論上の値となりますので、十分に余裕を持った範囲でご使用ください。

## 2. 付録

表 2.1にRX の設定値に対する送信側デバイスの許容範囲例を示します。

表2.1 RX の設定値に対する送信側デバイスの許容範囲例

RX の設定(注 1)					通信フォーマット(注 2)		送信側デバイスの許容範囲	
PCLK (MHz)	n	N	ABCS	ビットレート (bps)	キャラクタ	パリティ	下限 (bps)	上限 (bps)
8	0	25	0	9615.4	8 ビット	なし	9140	10088
8	0	25	0	9615.4	8 ビット	あり	9185	10043
8	0	25	0	9615.4	7 ビット	なし	9084	10143
8	0	25	0	9615.4	7 ビット	あり	9140	10088
8	0	12	0	19230.8	8 ビット	なし	18279	20176
8	0	12	0	19230.8	8 ビット	あり	18370	20086
8	0	12	1	38461.5	8 ビット	なし	37549	41440
8	0	12	1	38461.5	8 ビット	あり	37639	41150
12	0	38	0	9615.4	8 ビット	なし	9140	10088
12	0	38	0	9615.4	8 ビット	あり	9185	10043
12	0	19	0	18750.0	8 ビット	なし	17822	19672
12	0	19	0	18750.0	8 ビット	あり	17911	19584
12	0	9	0	37500.0	8 ビット	なし	35644	39344
12	0	9	0	37500.0	8 ビット	あり	35821	39169
20	0	64	0	9615.4	8 ビット	なし	9140	10088
20	0	64	0	9615.4	8 ビット	あり	9185	10043
20	0	32	0	18939.4	8 ビット	なし	18002	19870
20	0	32	0	18939.4	8 ビット	あり	18092	19782
20	0	15	0	39062.5	8 ビット	なし	37129	40983
20	0	15	0	39062.5	8 ビット	あり	37314	40801
25	0	80	0	9645.1	8 ビット	なし	9168	10119
25	0	80	0	9645.1	8 ビット	あり	9214	10074
25	0	40	0	19054.9	8 ビット	なし	18112	19992
25	0	40	0	19054.9	8 ビット	あり	18202	19903
25	0	19	0	39062.5	8 ビット	なし	37129	40983
25	0	19	0	39062.5	8 ビット	あり	37314	40801
30	0	97	0	9566.3	8 ビット	なし	9093	10036
30	0	97	0	9566.3	8 ビット	あり	9138	9992
30	0	48	0	19132.7	8 ビット	なし	18186	20073
30	0	48	0	19132.7	8 ビット	あり	18276	19984
30	0	23	0	39062.5	8 ビット	なし	37129	40983
30	0	23	0	39062.5	8 ビット	あり	37314	40801

注1. N : ボーレートジェネレータの BRR の設定値 ( $0 \leq N \leq 255$ )

n : SMR.CKS[1:0]の値により異なります  
 SMR.CKS[1:0]ビット=00 の場合、n=0  
 SMR.CKS[1:0]ビット=01 の場合、n=1  
 SMR.CKS[1:0]ビット=10 の場合、n=2  
 SMR.CKS[1:0]ビット=11 の場合、n=3

注2. ストップビットは設定にかかわらず受信時は 1 ビット固定、スタートビットも 1 ビット固定となります。

### 3. 参考ドキュメント

ユーザーズマニュアル：ハードウェア

RX210 グループ ユーザーズマニュアル ハードウェア編 Rev.1.50 (R01UH0037JJ)

RX210 グループ以外の製品をご使用の場合は、それぞれのユーザーズマニュアル ハードウェア編を参照してください。

(最新版をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

テクニカルアップデート／テクニカルニュース

(最新の情報をルネサス エレクトロニクスホームページから入手してください。)

ホームページとサポート窓口

ルネサス エレクトロニクスホームページ

<http://japan.renesas.com>

お問合せ先

<http://japan.renesas.com/contact/>

改訂記録	調歩同期式通信におけるビットレートの許容誤差範囲
------	--------------------------

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2014.9.12	—	初版発行

すべての商標および登録商標は、それぞれの所有者に帰属します。

## 製品ご使用上の注意事項

ここでは、マイコン製品全体に適用する「使用上の注意事項」について説明します。個別の使用上の注意事項については、本ドキュメントおよびテクニカルアップデートを参照してください。

### 1. 未使用端子の処理

【注意】未使用端子は、本文の「未使用端子の処理」に従って処理してください。

CMOS製品の入力端子のインピーダンスは、一般に、ハイインピーダンスとなっています。未使用端子を開放状態で動作させると、誘導現象により、LSI周辺のノイズが印加され、LSI内部で貫通電流が流れたり、入力信号と認識されて誤動作を起こす恐れがあります。未使用端子は、本文「未使用端子の処理」で説明する指示に従い処理してください。

### 2. 電源投入時の処置

【注意】電源投入時は、製品の状態は不定です。

電源投入時には、LSIの内部回路の状態は不確定であり、レジスタの設定や各端子の状態は不定です。外部リセット端子でリセットする製品の場合、電源投入からリセットが有効になるまでの期間、端子の状態は保証できません。

同様に、内蔵パワーオンリセット機能を使用してリセットする製品の場合、電源投入からリセットのかかる一定電圧に達するまでの期間、端子の状態は保証できません。

### 3. リザーブアドレスのアクセス禁止

【注意】リザーブアドレスのアクセスを禁止します。

アドレス領域には、将来の機能拡張用に割り付けられているリザーブアドレスがあります。これらのアドレスをアクセスしたときの動作については、保証できませんので、アクセスしないようにしてください。

### 4. クロックについて

【注意】リセット時は、クロックが安定した後、リセットを解除してください。

プログラム実行中のクロック切り替え時は、切り替え先クロックが安定した後に切り替えてください。リセット時、外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックで動作を開始するシステムでは、クロックが十分安定した後、リセットを解除してください。また、プログラムの途中で外部発振子（または外部発振回路）を用いたクロックに切り替える場合は、切り替え先のクロックが十分安定してから切り替えてください。

### 5. 製品間の相違について

【注意】型名の異なる製品に変更する場合は、事前に問題ないことをご確認下さい。

同じグループのマイコンでも型名が違うと、内部メモリ、レイアウトパターンの相違などにより、特性が異なる場合があります。型名の異なる製品に変更する場合は、製品型名ごとにシステム評価試験を実施してください。

## ご注意書き

1. 本資料に記載された回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報は、半導体製品の動作例、応用例を説明するものです。お客様の機器・システムの設計において、回路、ソフトウェアおよびこれらに関連する情報を使用する場合には、お客様の責任において行ってください。これらの使用に起因して、お客様または第三者に生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
2. 本資料に記載されている情報は、正確を期すため慎重に作成したのですが、誤りがないことを保証するものではありません。万一、本資料に記載されている情報の誤りに起因する損害がお客様に生じた場合においても、当社は、一切その責任を負いません。
3. 本資料に記載された製品データ、図、表、プログラム、アルゴリズム、応用回路例等の情報の使用に起因して発生した第三者の特許権、著作権その他の知的財産権に対する侵害に関し、当社は、何らの責任を負うものではありません。当社は、本資料に基づき当社または第三者の特許権、著作権その他の知的財産権を何ら許諾するものではありません。
4. 当社製品を改造、改変、複製等しないでください。かかる改造、改変、複製等により生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
5. 当社は、当社製品の品質水準を「標準水準」および「高品質水準」に分類しており、  
各品質水準は、以下に示す用途に製品が使用されることを意図しております。  
標準水準： コンピュータ、OA機器、通信機器、計測機器、AV機器、  
家電、工作機械、パーソナル機器、産業用ロボット等  
高品質水準： 輸送機器（自動車、電車、船舶等）、交通用信号機器、  
防災・防犯装置、各種安全装置等  
当社製品は、直接生命・身体に危害を及ぼす可能性のある機器・システム（生命維持装置、人体に埋め込み使用するもの等）、もしくは多大な物的損害を発生させるおそれのある機器・システム（原子力制御システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、使用することはできません。たとえ、意図しない用途に当社製品を使用したことによりお客様または第三者に損害が生じて、当社は一切その責任を負いません。なお、ご不明点がある場合は、当社営業にお問い合わせください。
6. 当社製品をご使用の際は、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他の保証範囲内でご使用ください。当社保証範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障および事故につきましては、当社は、一切その責任を負いません。
7. 当社は、当社製品の品質および信頼性の向上に努めていますが、半導体製品はある確率で故障が発生したり、使用条件によっては誤動作したりする場合があります。また、当社製品は耐放射線設計については行っておりません。当社製品の故障または誤動作が生じた場合も、人身事故、火災事故、社会的損害等を生じさせないよう、お客様の責任において、冗長設計、延焼対策設計、誤動作防止設計等の安全設計およびエージング処理等、お客様の機器・システムとしての出荷保証を行ってください。特に、マイコンソフトウェアは、単独での検証は困難なため、お客様の機器・システムとしての安全検証をお客様の責任で行ってください。
8. 当社製品の環境適合性等の詳細につきましては、製品個別に必ず当社営業窓口までお問い合わせください。ご使用に際しては、特定の物質の含有・使用を規制するRoHS指令等、適用される環境関連法令を十分調査のうえ、かかる法令に適合するようご使用ください。お客様がかかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関し、当社は、一切その責任を負いません。
9. 本資料に記載されている当社製品および技術を国内外の法令および規則により製造・使用・販売を禁止されている機器・システムに使用することはできません。また、当社製品および技術を大量破壊兵器の開発等の目的、軍事利用の目的その他軍用用途に使用しないでください。当社製品または技術を輸出する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他輸出関連法令を遵守し、かかる法令の定めるところにより必要な手続を行ってください。
10. お客様の転売等により、本ご注意書き記載の諸条件に抵触して当社製品が使用され、その使用から損害が生じた場合、当社は何らの責任も負わず、お客様にてご負担して頂きますのでご了承ください。
11. 本資料の全部または一部を当社の文書による事前の承諾を得ることなく転載または複製することを禁じます。

注1. 本資料において使用されている「当社」とは、ルネサス エレクトロニクス株式会社およびルネサス エレクトロニクス株式会社とその総株主の議決権の過半数を直接または間接に保有する会社をいいます。

注2. 本資料において使用されている「当社製品」とは、注1において定義された当社の開発、製造製品をいいます。



ルネサス エレクトロニクス株式会社

■営業お問合せ窓口

<http://www.renesas.com>

※営業お問合せ窓口の住所は変更になることがあります。最新情報につきましては、弊社ホームページをご覧ください。

ルネサス エレクトロニクス株式会社 〒100-0004 千代田区大手町2-6-2（日本ビル）

■技術的なお問合せおよび資料のご請求は下記へどうぞ。

総合お問合せ窓口：<http://japan.renesas.com/contact/>