

静電容量センサマイコン

QE for Capacitive Touch アドバンスドモード(高度な設定)パラメータガイド

要旨

静電容量タッチセンサ対応開発支援ツール(QE for Capacitive Touch)は、CTSU を搭載したルネサスマイコンで使用するチューニングデータを生成するツールです。

デフォルトでは、QE for Capacitive Touch では自動チューニングによってチューニングデータを生成します。ただし、タッチのパフォーマンスを最適化するために、QE for Capacitive Touch はアドバンスドモード(高度な設定)をサポートしています。

本アプリケーションノートでは、アドバンスドモード(高度な設定)と調整可能な CTSU パラメータについて説明します。静電容量タッチを初めて開発する場合は、事前に静電容量タッチ導入ガイドをお読みになることを推奨します。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](#)

動作確認デバイス

CTSU 搭載 RX ファミリ、RA ファミリ、RL78 ファミリ MCU、Renesas Synergy™

(CTSU には CTSU2、CTSU2L、CTSU2SL 等を含みます)

目次

1.	はじめに	3
1.1	自動チューニング	5
1.2	CapTouch パラメータの手動チューニング	6
1.3	アドバンスドモード(高度な設定)チューニング	7
2.	アドバンスドモード(高度な設定)	9
2.1	感度向上調整フロー	9
2.2	ノイズ対策調整フロー	10
2.3	静電容量タッチセンサごとの対応表	11
3.	各パラメータの概要	12
3.1	計測回数/計測時間	12
3.1.1	計測回数/計測時間変更による感度への影響と注意点について	15
3.1.2	計測回数変更時のオフセットチューニング調整の必要性について	16
3.2	オフセットチューニング目標値	18
3.2.1	オフセットチューニング目標値と計測回数変更による計測値への影響について	21
3.3	計測周波数	23
3.3.1	計測周波数変更による感度への影響について	25
3.3.2	アドバンスドモードを用いた計測周波数の調整方法について	26
3.4	計測電流レンジ	28
3.4.1	計測電流レンジ変更による感度への影響について	30
3.5	非計測チャンネル出力選択	31
3.6	マルチクロック計測/通倍比	33
3.7	送信端子電源	35
3.8	自動補正(ハードウェア)	38
	改訂記録	39

1. はじめに

QE for Capacitive Touch ではユーザ製品のタッチセンサの寄生容量を計測し、パラメータを最適化する自動チューニングを行います。QE for Capacitive Touch の詳細は下記 Web ページをご確認ください。

[静電容量式タッチセンサ対応開発支援ツール QE for Capacitive Touch | Renesas](#)

QE for Capacitive Touch を使用した自動チューニングによって基本的な CapTouch パラメータが生成されます。これらのパラメータを使用した評価で、要求仕様を満たさない場合は、CapTouch パラメータの手動チューニングを実施してください。更なる調整が必要な場合は、アドバンスドモード(高度な設定)チューニングを実施してください。図 1-1 に QE for Capacitive Touch でのチューニングの手順を示します。

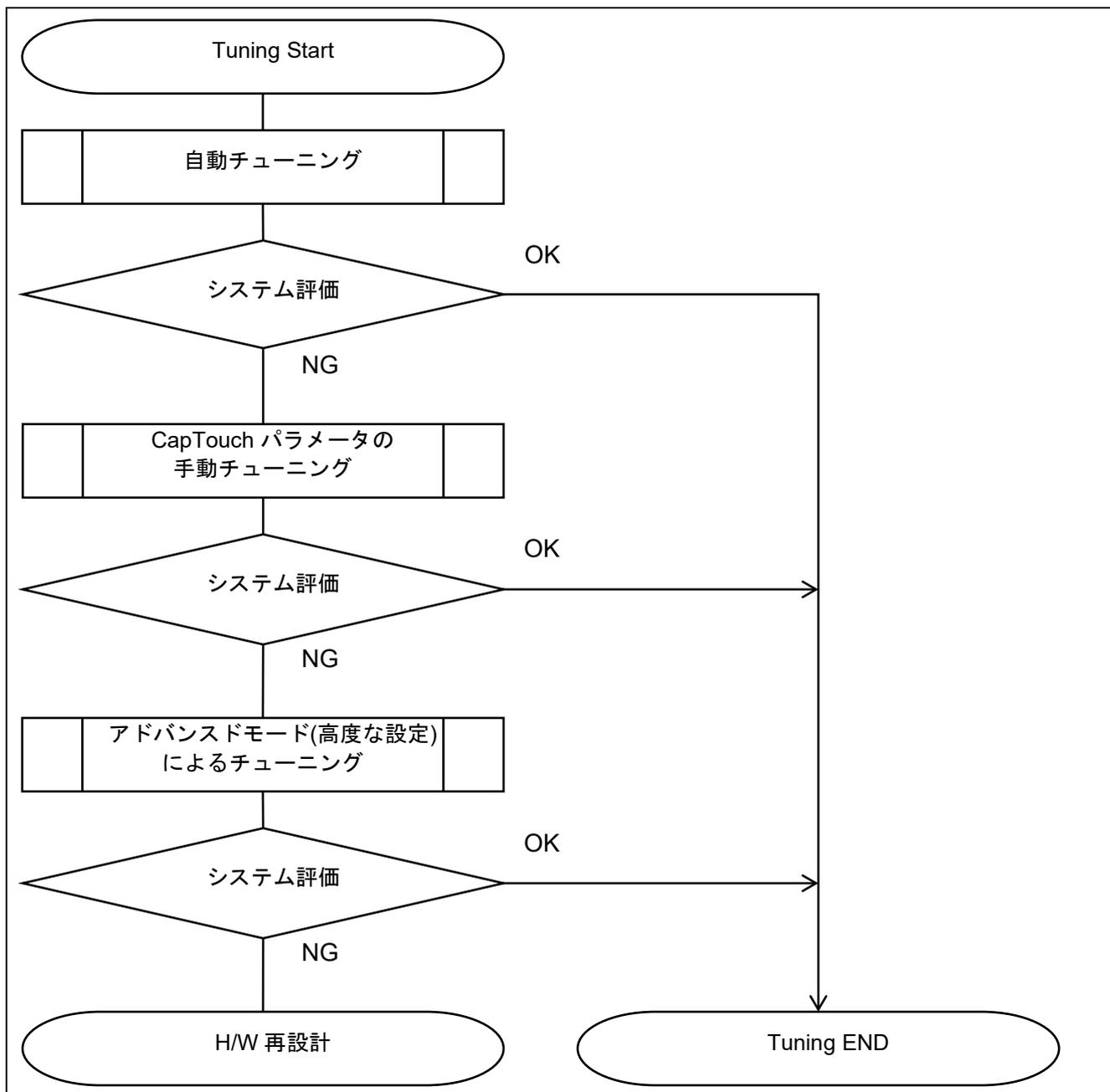


図 1-1 チューニング・フローチャート

表 1-1 に自動チューニング/CapTouch パラメータの手動チューニング/アドバンスドモード(高度な設定)で調整可能なパラメータを示します。

表 1-1 チューニングで調整可能なパラメータ

パラメータ	自動チューニング※1	CapTouch パラメータの 手動チューニング※2	アドバンスドモード(高度な設定) によるチューニング
計測周波数	✓	-	✓
オフセット	✓	-	-
タッチしきい値	✓	✓	-
ヒステリシス	✓	✓	-
ドリフト補正間隔	-	✓	-
長押しキャンセルのサイクル	-	✓	-
ポジティブ・ノイズフィルタのサイクル	-	✓	-
ネガティブ・ノイズフィルタのサイクル	-	✓	-
移動平均フィルタの深度	-	✓	-
計測回数/計測時間	-	-※4	✓
オフセットチューニング目標値	-	-※4	✓
計測電流レンジ※3	-	-	✓
非計測チャンネル出力選択※3	-	-	✓
マルチクロック計測/通倍比※3	-	-※4	✓
送信端子電源	-	-	✓
自動補正 (ハードウェア)※3	-	-	✓

✓ : 対応

※1 自動チューニングでは QE for Capacitive Touch により自動でパラメータ値を調整し、調整結果をソースファイルに出力します。

※2 CapTouch パラメータの手動チューニングについては QE for Capacitive Touch の”CapTouch パラメータ一覧”により変更できるパラメータを示しています。詳細は下記ドキュメントの”7.2 CapTouch パラメータの手動チューニング”をご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](https://www.renesas.com)

※3 CTSU2/CTSU2L/CTSU2La/CTSU2SL のみで調整できる機能となります。次ページ以降 CTSU2La/CTSU2L は CTSU2 を参照してください。また、各静電容量タッチセンサの違いと対応製品についても静電容量タッチ導入ガイドをご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](https://www.renesas.com)

※4 ”CapTouch パラメータ一覧”の詳細な設定よりレジスタ設定が可能です。環境に追従するようにソフトウェアで調整するパラメータですので、変更しないでください。

自動チューニングや CapTouch パラメータの手動チューニングでの調整結果が感度やノイズ耐性の面でユーザ要求仕様を満たせない場合にアドバンスドモード(高度な設定)で各パラメータを調整可能です。

1.1 自動チューニング

図 1-2 に自動チューニングのフローを示します。

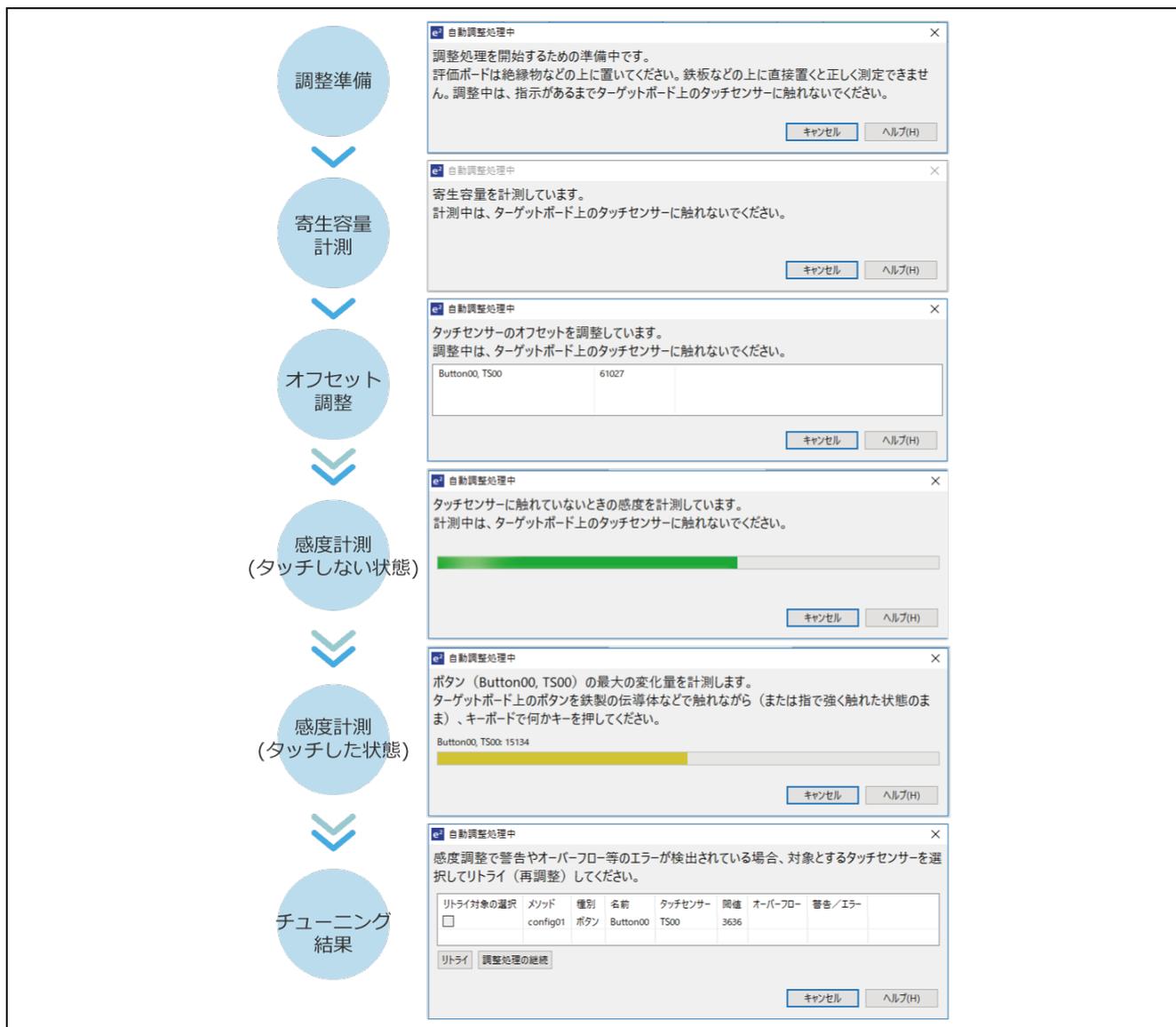


図 1-2 QE for Capacitive Touch での自動チューニングのフロー

自動チューニングによりタッチセンサ検出の感度調整を行い、最適なパラメータを決定します。最初にタッチ OFF 時の静電容量を計測し、その結果に合わせて計測周波数を設定します。また、オフセットチューニング目標値に合わせてオフセットを調整します。その後、タッチ ON/OFF 状態の静電容量を計測し、タッチしきい値等を設定し、チューニング結果をソースファイルに出力します。

1.2 CapTouch パラメータの手動チューニング

CapTouch パラメータの手動チューニングでは”CapTouch パラメーター一覧”からソフトウェアパラメータを変更することが可能です。タッチ動作とパラメータ値の変更後の結果をリアルタイムで確認できます。

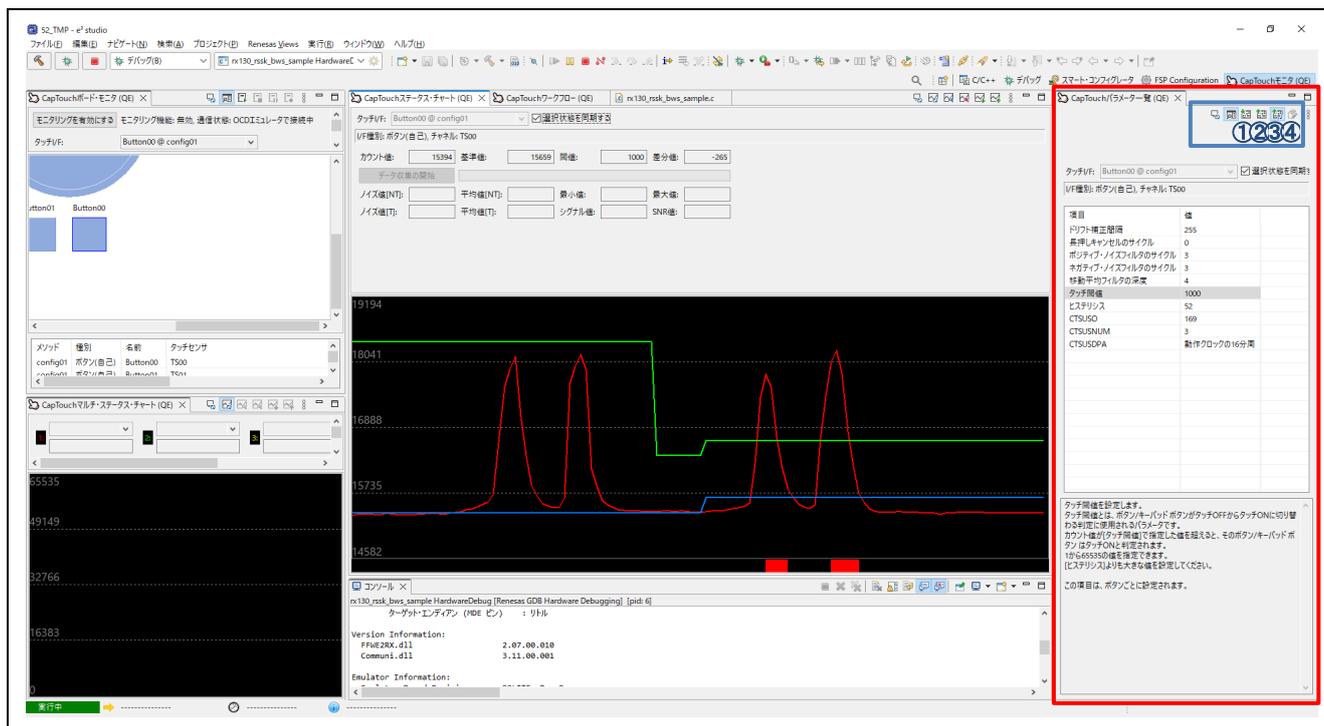


図 1-3 QE for Capacitive Touch を使用した CapTouch パラメータの手動チューニング

手動チューニングには、QE for Capacitive Touch の”CapTouch パラメーター一覧”（図 1-3 の赤枠内）を使用します。パラメータの値を変更し、リアルタイムに”CapTouch ステータス・チャート”から調整した結果の動作確認が可能です。また、本ビューで調整したパラメータをソースファイルに反映させることも可能です。CapTouch パラメータの手動チューニングを実施する際に使用する”CapTouch パラメーター一覧”ツールバー（図 1-3 の青枠内）の各機能の説明については表 1-2 をご参照ください。これらのアイコンを使用して、アプリケーションにパラメータを読み書きできます。

表 1-2 ”CapTouch パラメーター一覧”ツールバー機能説明

	アイコン説明	機能概要
①		パラメータの数値をターゲットボードから読み込みます。
②		編集したパラメータの数値をターゲットボードへ書き込みます。
③		リアルタイムにパラメータの数値をターゲットへ反映するかどうかを切り替えるトグルボタンです。
④		本ビューで調整したパラメータの情報を基に、パラメータファイルを出力します。

「パラメータファイルを生成する」により qe_gen フォルダ下にソースファイルを出力します。表 1-3 に出力されるソースファイルを示します。ソースファイルを出力後、ビルド・デバッグすることで調整したパラメータの動作確認が可能です。

表 1-3 「パラメータファイルを生成する」により出力されるソースファイル

ファイル名	説明
qe_touch_config.c	構成（メソッド）ごとのパラメータ設定を保持するファイル

詳細は QE for Capacitive Touch のヘルプをご参照ください。

1.3 アドバンスドモード(高度な設定)チューニング

アドバンスドモード(高度な設定)チューニングでは静電容量を計測するセンサドライブパルス出力など主にハードウェアに関するパラメータを調整することが可能です。調整できるパラメータの詳細は 2.3 静電容量タッチセンサごとの対応表以降をご参照ください。

図 1-4 は Cap Touch ワークフロー(QE)を示します。ワークフローの”2.タッチセンサの調整”よりチューニングが可能です。”調整の実行”から「アドバンスドモード(高度な設定)」にチェックすることにより、アドバンスドモード(高度な設定)によるチューニングが可能です。

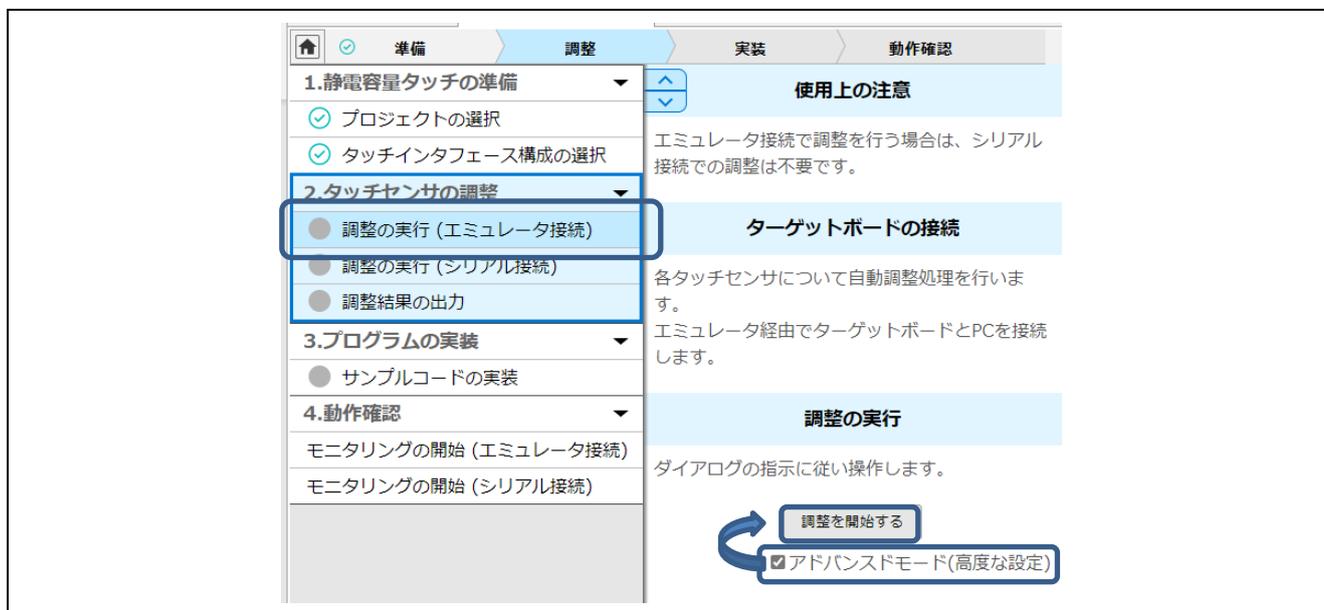


図 1-4 アドバンスドモード(高度な設定)によるチューニング

アドバンスドモード(高度な設定)によるチューニングを開始すると図 1-5 のようなウィンドウが表示され、各パラメータの調整が可能です。必要なパラメータを調整した後、図 1-5 の青枠内「調整処理の開始」ボタンを押下することにより、調整開始します。



CTS02SL を使用した場合の例

図 1-5 アドバンスドモード(高度な設定)ウィンドウ

アドバンスドモード(高度な設定)で調整できるパラメータはデバイスにより異なります。詳細は 2.3 静電容量タッチセンサごとの対応表をご参照ください。

アドバンスドモード(高度な設定)によるチューニング後、「調整結果の出力」から図 1-6 の「ファイルを出力する」ボタンを押下することでパラメータ調整した結果をソースファイルに反映させることが可能です。

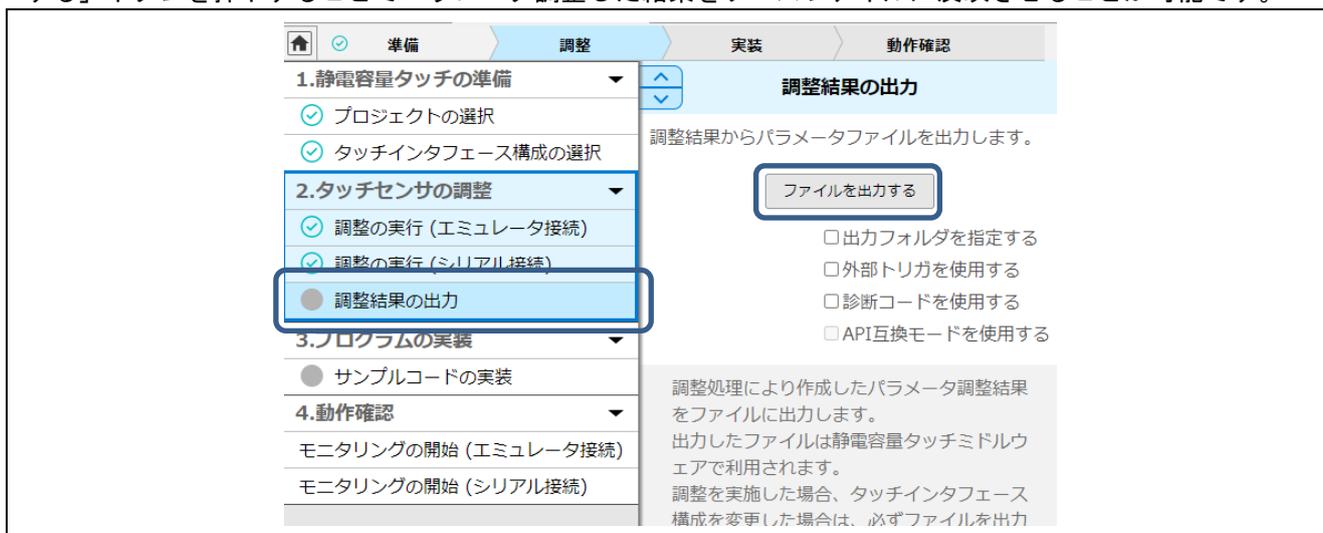


図 1-6 調整結果の出力

「ファイルを出力する」ボタンを押下することで `qe_gen` フォルダ下にソースファイルを出力します。表 1-4 に出力されるソースファイルを示します。

表 1-4 「ファイルを出力する」ボタンにより出力されるソースファイル

ファイル名	説明
<code>qe_touch_define.h</code>	タッチミドルウェアで使用するマクロ情報ファイル
<code>qe_touch_config.h</code>	ユーザープログラムからインクルードするファイル
<code>qe_touch_config.c</code>	構成（メソッド）ごとのパラメータ設定を保持するファイル

ソースファイルを出力後、ビルド・デバッグすることで調整したパラメータの動作確認が可能です。

これらの値を誤って設定したり、明確な理解なしに設定したりすると、調整結果が悪くなる可能性があります。ご使用になられている環境に合わせて十分に評価したうえで値を調整してください。

2. アドバンスドモード(高度な設定)

2.1 感度向上調整フロー

図 2-1 にアドバンスドモード(高度な設定)により感度を向上させる際の調整手順を示します。

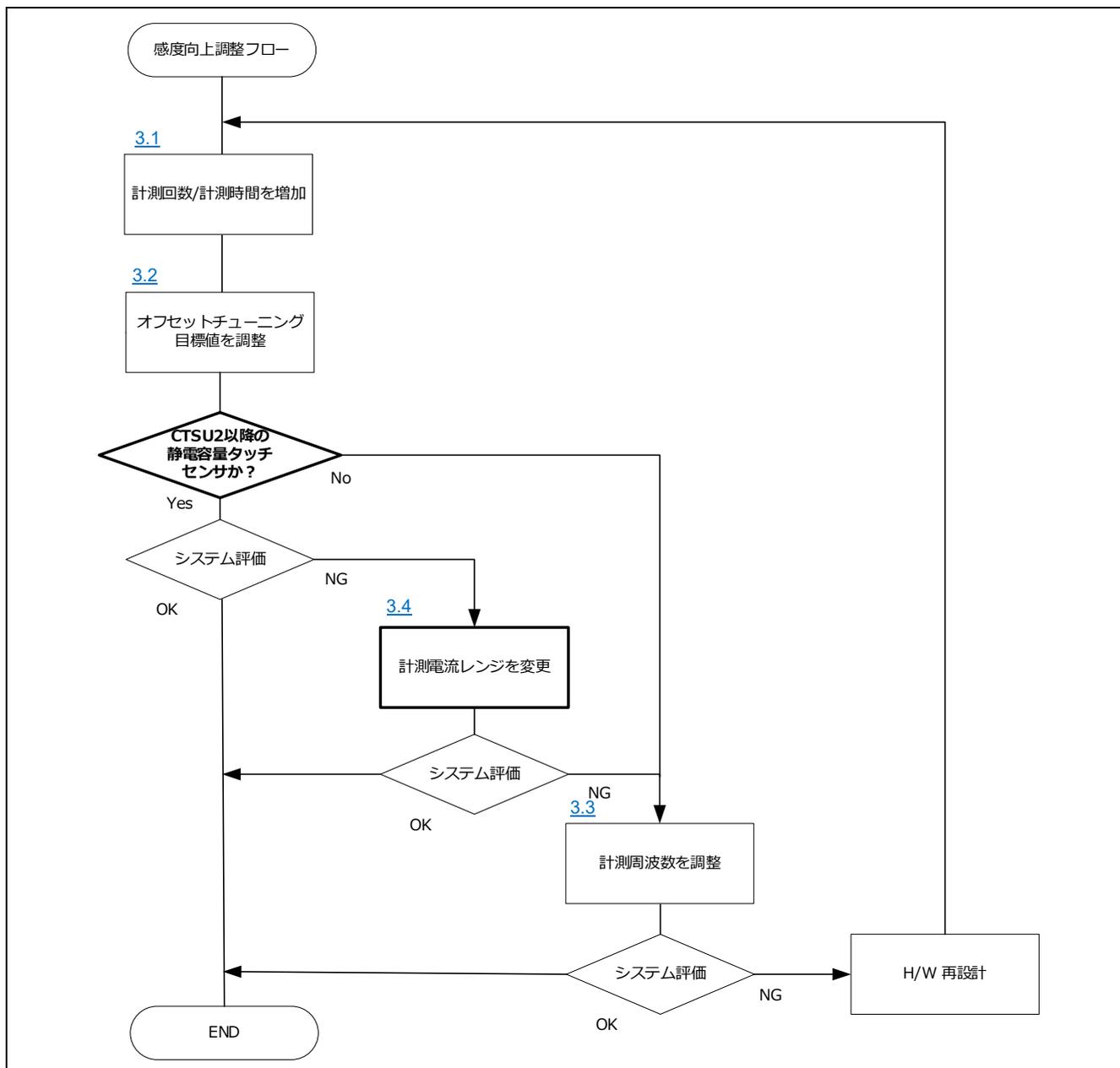


図 2-1 感度向上調整フロー

2.2 ノイズ対策調整フロー

図 2-2 にアドバンスドモード(高度な設定)によりノイズ耐性を向上させる際の調整手順を示します。

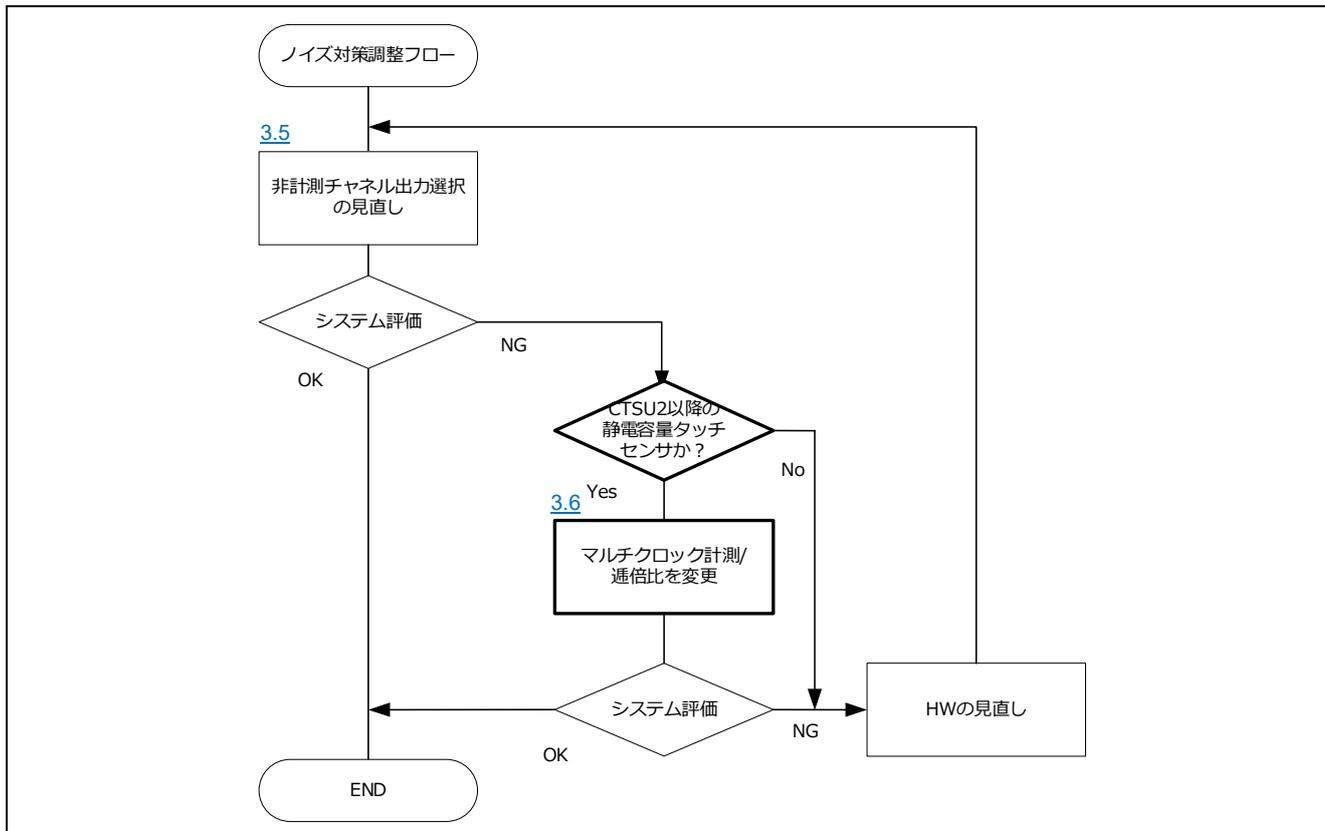


図 2-2 ノイズ対策調整フロー

2.3 静電容量タッチセンサごとの対応表

表 2-1 にアドバンスドモード(高度な設定)で変更できるパラメータと各静電容量タッチセンサの対応表を示します。

表 2-1 静電容量タッチセンサの対応表

	パラメータ	目的	CTS2SL	CTS2	CTS1	機能概要
1	計測回数/計測時間	感度向上	✓	✓	✓	計測回数を設定し、計測時間を決定します。計測回数を積算することでシグナル値を向上させることが可能です。
2	オフセットチューニング目標値	感度向上	✓	✓	✓	タッチ OFF 時の計測値がターゲット値になるようにオフセット電流の目標値(%)を設定します。計測時間を変更した場合等に調整します。
3	計測周波数	感度向上	✓	✓	✓	タッチセンサに出力する周波数の分周比を設定します。計測周波数が高いほど感度が良く見えますが、寄生容量が大きい場合に計測誤差が発生します。
4	計測電流レンジ	感度向上	✓	✓	-	VDC からの電源供給能力を設定し計測電源電流と電流制御発振器(CCO)の入力電流とのカレントミラー比を決定します。計測電流レンジを低く設定するとタッチ ON 時の CCO 入力電流が高くなるため感度が上がります。
5	非計測チャネル出力選択	ノイズ対策	✓	✓	-	TS 端子に設定されている端子の計測期間中の計測端子以外の非計測端子の処理について設定をします。非計測端子の処理を適切に行うことでノイズ対策することが可能です。
6	マルチクロック計測/逡倍比	ノイズ対策	✓	✓	-	マルチ周波数で計測する回数と計測に使用する複数種類の周波数の逡倍比を設定します。マルチクロック計測では同期ノイズを回避するために複数種類のセンサドライブパルス周波数で計測することが可能です。
7	送信端子電源	端子設定	✓	✓	✓	相互容量方式使用時やアクティブシールド使用時の送信端子に設定した端子の I/O 電源を選択します。この値はデフォルト設定の値を使用し、変更しないでください。
8	自動補正(ハードウェア)	処理軽減 低消費電力	✓	-	-	補正計算処理を CTSU 周辺回路で処理するかを設定します。ハードウェア処理することで、計測ごとのウェイクアップが不要になり、消費電力低減に貢献できます。

✓ : 対応

3. 各パラメータの概要

3.1 計測回数/計測時間

“計測回数/計測時間”では1回のタッチ検出を行うために充放電を何回繰り返し積算するか計測回数を設定し、1回のタッチ検出の計測時間を決定します。計測回数を増加させることで、シグナル値※を向上させることができます。ただ、同時に計測時間も延びるためユーザの仕様に合わせた調整が必要となります。また、計測回数を変更した場合はオーバーフローすることを防ぐために、オフセットチューニング目標値によりオフセットチューニングターゲットを調整してください。オフセットチューニングターゲットの調整の詳細は3.2 オフセットチューニング目標値をご参照ください。

※シグナル値はタッチ ON/OFF 時の差分値を表しています。

図 3-1 に計測回数による計測時間とタッチ ON/OFF 時の計測値のイメージ図を示します。

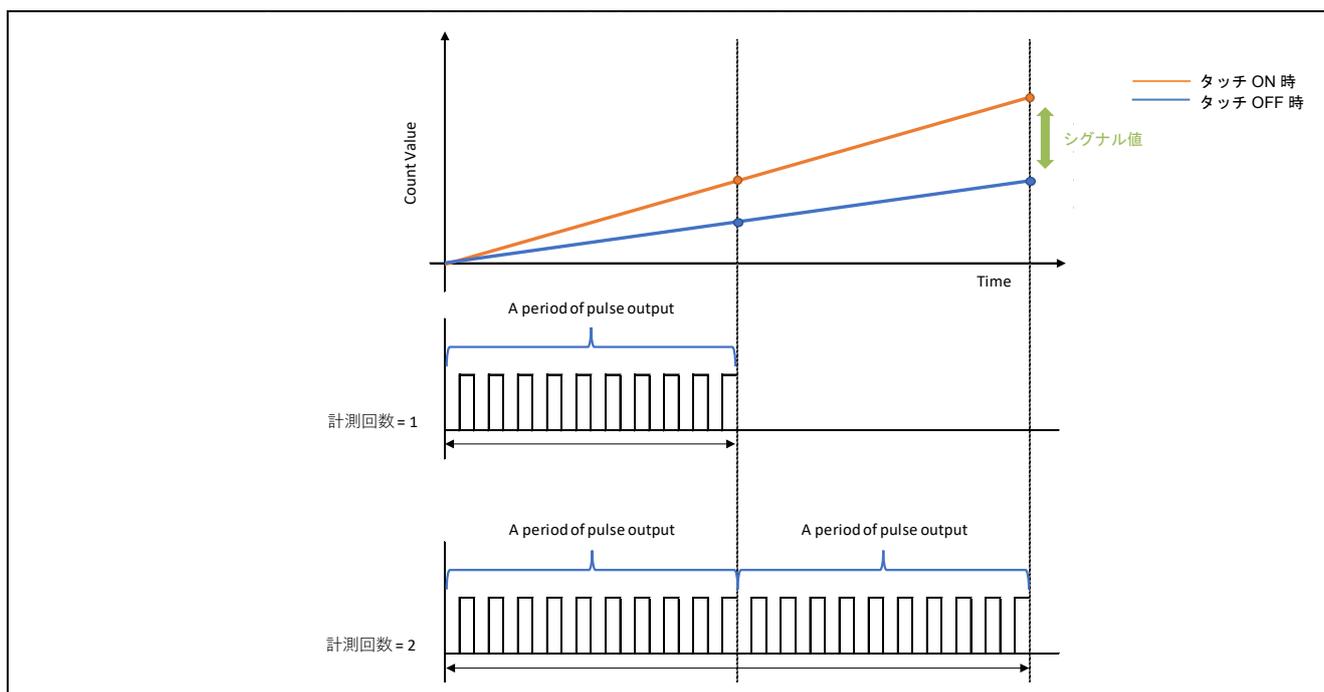


図 3-1 計測回数による計測時間と計測値のイメージ

表 3-1 にデフォルトの計測回数を示します。

表 3-1 デフォルトの”計測回数”設定

	計測周波数(センサドライブパルス周波数)	計測回数 ※1	計測時間 [μs]
CTS1 (RX130 の例)	4 MHz	8	526
	2 MHz	4	
	1 MHz	2	
	0.5 MHz	1	
CTS2/CTS2SL (RX140 の例)	-	8	128 ※2

※1 計測回数(SNUM)の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。CTS2/CTS2SL ではデフォルトで計測回数は8回固定です。

※2 1周波数の計測時間を記載しています。

また、計測回数により安定待ち時間/計測時間も異なります。下記に CTSU1、CTSU2/CTSU2SL それぞれの安定待ち時間/計測時間の計算式と例を示します。

- CTSU1 (RX130 の例)

安定待ち時間[μs] = $34 \times (1 / \text{センサドライブパルス周波数})$

計測時間[μs] = $263 \times (1 / \text{センサドライブパルス周波数}) \times (\text{計測回数})$

表 3-2 に CTSU1 の代表例として RX130 での自己容量方式使用時の安定待ち時間、計測時間の例を示します。

表 3-2 RX130 での自己容量方式使用時の安定待ち時間、計測時間

センサドライブパルス周波数[MHz]	計測回数	安定待ち時間[μs]	計測時間[μs]	合計(安定待ち時間+ 計測時間) [μs]
4	8	8.5	526	534.5
2	4	17	526	543
1	2	34	526	560
0.5	1	68	526	594

※CTSUPRRTIO、CTSUPRMODE は推奨値を使用しています。この値を変更することは非推奨です。詳細は各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

- CTSU2/CTSU2SL (RX140 の例)

安定待ち時間[μs] = $(64 \times 3 [3 \text{ 周波数計測のため}])$

計測時間[μs] = $(16 \times (\text{計測回数}) \times 3 [3 \text{ 周波数計測のため}])$

表 3-3 に CTSU2/CTSU2SL の代表例として RX140 での自己容量方式使用時の安定待ち時間、計測時間の例を示します。

表 3-3 RX140 での自己容量方式使用時の安定待ち時間、計測時間 (3 周波数計測)

計測回数	安定待ち時間[μs]	計測時間[μs]	合計(安定待ち時間+ 計測時間) [μs]
8 [(STCLK サイクル * 8) * 8]	192 [64 * 3]	384 [128 * 3]	576 [192 + 384]

※STCLK サイクルは計測時間用のリファレンスクロックです。推奨値の 0.5MHz(2μs)に設定されます。

各静電容量タッチセンサ使用時での安定待ち時間、計測時間については動作クロックによって異なります。各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルや下記ドキュメントをご参照ください。

[RX ファミリー QE CTSU モジュール Firmware Integration Technology Rev.2.20 \(renesas.com\)](http://renesas.com)

図 3-2 にアドバンスドモード(高度な設定)で”計測回数/計測時間”を設定する際のウィンドウ例を示します。

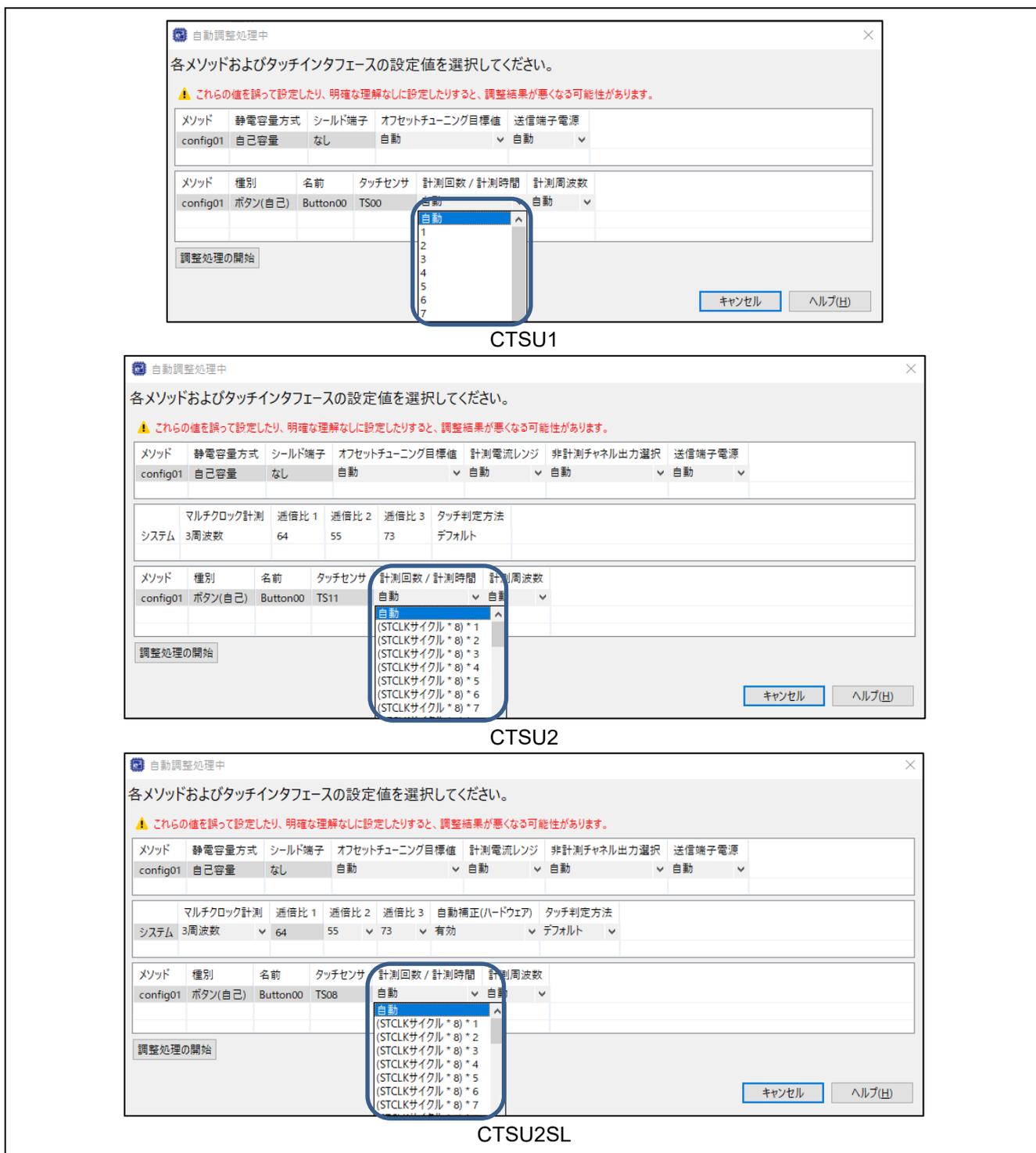


図 3-2 “計測回数/計測時間”の設定

設定した値は `qe_touch_config.c` の "snum" に計測回数 - 1 の値が反映されます。例として RX140 で計測回数/計測時間で "(STCLK サイクル * 8) * 8" を選択した場合、"snum = 0x07" と設定されます。

```
const ctsu_element_cfg_t g_qe_ctsu_element_cfg_config01 [] =
{
    { .ssdiv = CTSU_SSDIV_4000, .so = 0x12B, .snum = 0x07, .sdpa = 0x07 },
};
```

※SNUM の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

3.1.1 計測回数/計測時間変更による感度への影響と注意点について

表 3-4 に計測回数/計測時間を変更した場合の RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用時の計測値(実測例)を示します。

表 3-4 計測回数/計測時間を変更した場合の計測値(実測例)

CTS02SL(RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用) 自己容量方式, 計測周波数: 2MHz, 計測電流レンジ: 40μA, ボタン 1ch (5 回平均)						
計測回数	オフセット チューニング目標値	タッチ OFF 時の 平均値 A	タッチ ON 時の 平均値 B	シグナル値 (タッチ ON/OFF の差分値) B - A	タッチ OFF 時の ノイズ値	安定待ち時間 + 計測時間
8	37.5%	15388	17186	1798	17.8	576 μs
12	25%	15354	18279	2925	30.4	768 μs
16	20%	15339	19124	3785	36	912 μs

※実測例は QE for Capacitive Touch の”CapTouch ステータス・チャート (QE) ビュー”の機能より取得しました。詳細は e²studio のヘルプよりご参照ください。

計測回数を積算することでシグナル値を向上させることにつながりますが、同時に計測値がオーバーフローすることや計測時間がユーザの要求仕様を満たさない可能性があります。その場合は、オフセット調整の目標値を調整し、測定回数を減らす、測定電流範囲や周波数を変更することをご検討ください。これらは個別に調整が可能です。

また、計測回数を増やすことで、CTS0 は低電力動作時の消費電力の増加を引き起こす可能性があります。計測回数は十分に評価したうえでユーザの要求仕様に合わせて設定してください。

3.1.2 計測回数変更時のオフセットチューニング調整の必要性について

計測回数を変更した場合、センサカウンタレジスタが 0x0FFFF となり計測値が 65535 を超え、オーバーフローすることを防ぐため、オフセットチューニングの調整をし、計測値を調整する必要があります。オフセットチューニング調整については 3.2 オフセットチューニング目標値をご参照ください。

表 3-5、図 3-3 に CTSU1 の代表例として RX130 での“計測回数/計測時間”に対しての計測値を示します。

表 3-5 RX130 での“計測回数/計測時間”に対しての計測値(理論値)

CTSU1 (RX130)				
自己容量方式 PCLKB:32MHz 計測周波数 : 2MHz オフセットチューニング目標値:37.5% ボタン 1ch				
計測回数	安定待ち時間[μs]	計測時間 [μs]	合計(安定待ち時間+ 計測時間) [μs]	計測値(理論値)
1	17	131.5	148.5	3840
2	17	263	280	7680
3	17	394.5	411.5	11520
4	17	526	543	15360
5	17	657.5	674.5	19200
6	17	789	806	23040
:	:	:	:	:

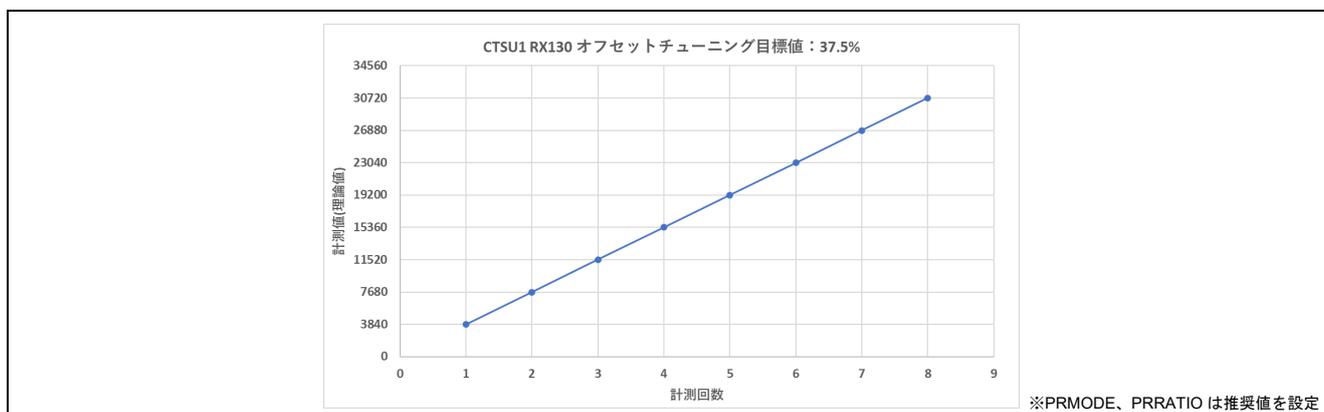


図 3-3 RX130 での“計測回数/計測時間”に対しての計測値(理論値)

例として自己容量方式で計測回数を 8 回に増やした場合、タッチ OFF 時の計測値は 30720 付近の値になります。また、計測回数を増やすことでタッチ ON 時の計測値がオーバーフローする可能性があります。計測値は電流制御発振器 (CCO) の出力リニアリティ特性の良い範囲に収まるようにオフセットチューニング目標値を調整する必要があります。

表 3-6、図 3-4 に CTSU2/CTSU2SL の代表例として RX140 での“計測回数/計測時間”に対しての計測値を示します。

表 3-6 RX140 での“計測回数/計測時間”に対しての計測値(理論値)

CTSU2 / CTSU2SL (RX140)				
自己容量方式 PCLKB:32MHz 計測周波数 :2MHz オフセットチューニング目標値:37.5% ボタン 1ch				
計測回数	安定待ち時間[μs]	計測時間 [μs]	合計(安定待ち時間 + 計測時間) [μs]	計測値(理論値)
1 [(STCLK サイクル * 8) * 1]	192	48	240	1920
2 [(STCLK サイクル * 8) * 2]	192	96	288	3840
3 [(STCLK サイクル * 8) * 3]	192	144	336	5760
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
8 [(STCLK サイクル * 8) * 8]	192	384	576	15360
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
16 [(STCLK サイクル * 8) * 16]	192	768	960	30720
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮

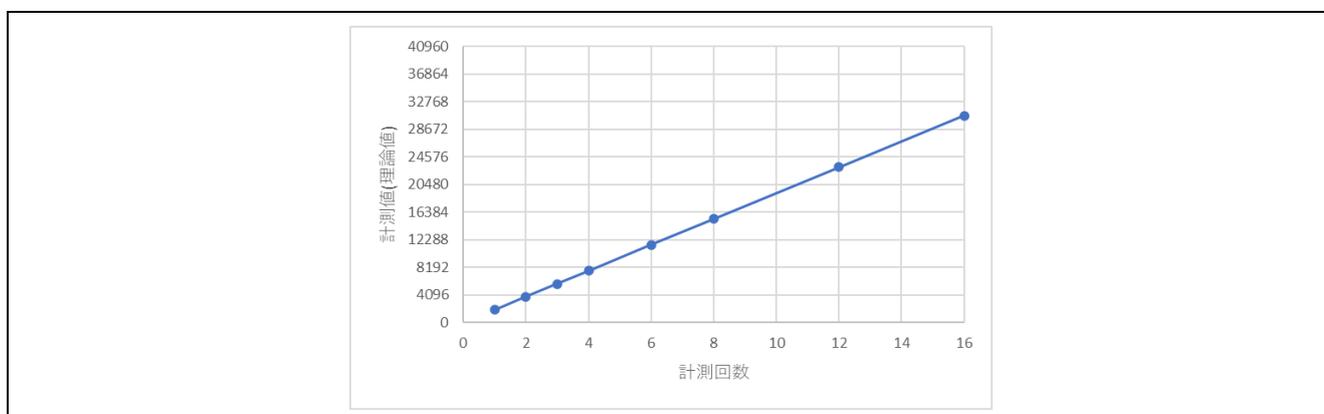


図 3-4 RX140 での“計測回数/計測時間”に対しての計測値(理論値)

例として自己容量方式で計測回数を 16 回に増やした場合、タッチ OFF 時の計測値は 30720 付近の値になります。また、計測回数を増やすことでタッチ ON 時の計測値がオーバーフローする可能性があります。計測値は電流制御発振器 (CCO) の出力リニアリティ特性の良い範囲に収まるようにオフセットチューニング目標値を調整する必要があります。

3.2 オフセットチューニング目標値

“オフセットチューニング時の目標設定”では、タッチ OFF 時の計測値がターゲット値になるようにオフセット電流設定をメソッドごとに調整します。計測時間を変更し計測値がオーバーフローする場合や、アクティブシールド使用時に寄生容量が大きく計測値がターゲット値に達しない場合に調整します。詳細は下記ドキュメントの” 2.2.2 計測範囲”をご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](http://renesas.com)

図 3-5 に RX130 で自己容量方式使用時のオフセットチューニングのイメージを示します。センサカウンタレジスタは 16bit のレジスタのため範囲としては 0~65535 ですが、実際に使用する場合は電流計測レンジ内（電流レンジの上限 100%以下）で計測する必要があります。CTSU ではセンサオフセット調整レジスタを搭載しオフセット電流量をチューニングすることで、寄生容量成分の計測値を制御することが出来ます。

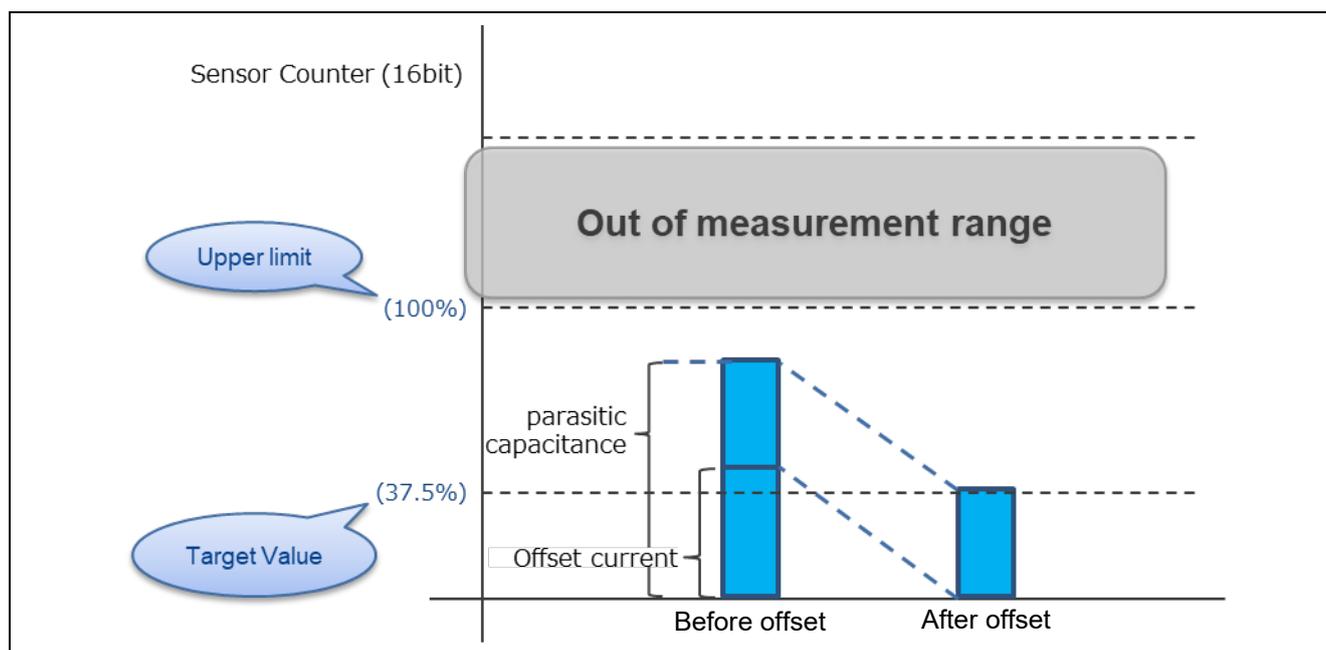


図 3-5 自己容量方式のオフセットチューニング処理

表 3-7 にデフォルトの計測回数でのターゲット値を示します。デフォルトの”計測回数”については表 3-1 デフォルトの”計測回数”設定をご参照ください。

表 3-7 各方式でのデフォルトの”オフセットチューニング目標値”設定

	自己容量方式使用時	相互容量方式使用時	アクティブシールド使用時
CTSU1	15360 (37.5%)	10240 (25%)	-
CTSU2/CTSU2SL※	15360 (37.5%)	10240 (25%)	6144 (15%)

※実計測では 3 周波数計測結果の内、採用された 2 周波数計測結果の合算値(128 + 128 = 256 μs)が最終計測結果となります。オフセットチューニングでは第 1 周波数で計測時間を 2 倍にした計測結果(128 × 2 = 256 μs)の値を使用してチューニングしています。

表 3-8 に CTSU1 でのオフセットチューニング目標値の設定に対してのターゲット値を示します。

表 3-8 CTSU1 での“オフセットチューニング目標値”に対してのターゲット値

オフセットチューニング目標値	ターゲット値
25.0%	10240
30.0%	12288
35.0%	14336
37.5%	15360
40.0%	16384
45.0%	18432
50.0%	20480

表 3-9 に CTSU2 / CTSU2SL でのオフセットチューニング目標値を変更した場合のターゲット値を示します。

表 3-9 CTSU2 での“オフセットチューニング目標値”に対してのターゲット値

オフセットチューニング目標値	ターゲット値※
10.0%	4096
15.0%	6144
20.0%	8192
25.0%	10240
30.0%	12288
35.0%	14336
37.5%	15360
40.0%	16384
45.0%	18432
50.0%	20480

※3 周波数計測結果の 2 周波数合算後の値です。

図 3-6 にアドバンスドモード(高度な設定)で”オフセットチューニング目標値”を設定する際のウィンドウ例を示します。

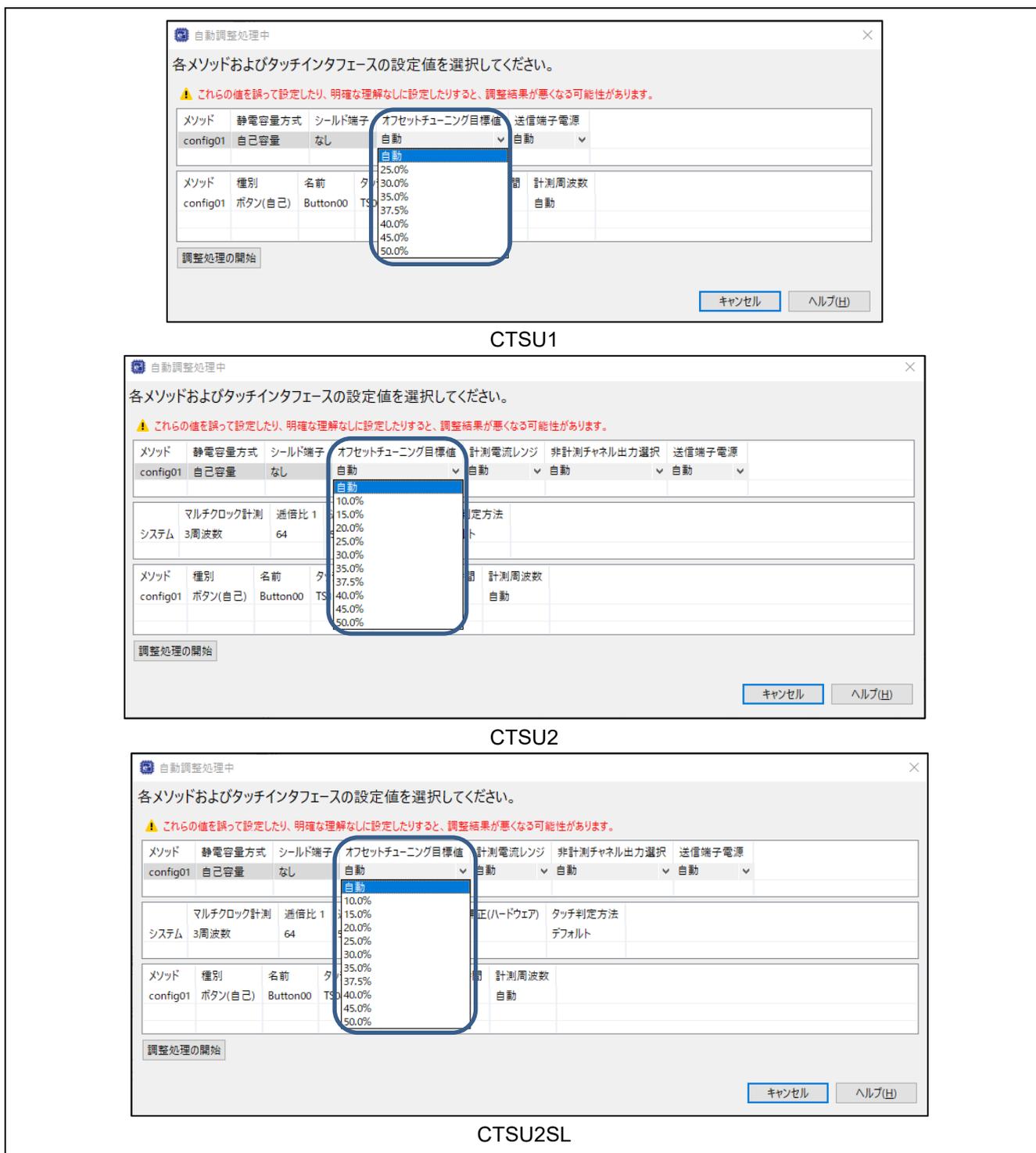


図 3-6 “オフセットチューニング目標値”の設定

設定した値は `qe_touch_config.c` に反映されます。下記は RX130 使用時の自己容量方式/相互容量方式の目標値の例です。この値を直接書き換えることは推奨していません。

```
#if (CTSU_TARGET_VALUE_CONFIG_SUPPORT == 1)
    .tuning_self_target_value = 15360,
    .tuning_mutual_target_value = 10240,
#endif
```

3.2.1 オフセットチューニング目標値と計測回数変更による計測値への影響について

計測回数により計測値が変化し、計測回数をデフォルトの設定から 2 倍の値に設定すると計測値も 2 倍になります。

計測値=(オフセットチューニング目標値[%] × 40960※) / 100×(計測回数 / デフォルトの計測回数)

※ 40960 はオフセットチューニング目標値 100%時の値です。

表 3-10、図 3-7 に CTSU2/CTSU2SL での計測回数を変更した場合のオフセットチューニング目標値の設定に対してのタッチ OFF 時の計測値(理論値)を示します。

表 3-10 計測回数を変更した場合の“オフセットチューニング時の目標値”に対しての計測値(理論値)

オフセットチューニング 目標値	ターゲット値※	タッチ OFF 時の計測値(理論値)※	
		計測回数 : 8 (デフォルト)	計測回数 : 16
10.0%	4096	4096	8192
15.0%	6144	6144	12288
20.0%	8192	8192	16384
25.0%	10240	10240	20480
30.0%	12288	12288	24576
35.0%	14336	14336	28672
37.5%	15360	15360	30720
40.0%	16384	16384	32768
45.0%	18432	18432	36864
50.0%	20480	20480	40960

※3 周波数計測結果の 2 周波数合算後の値です。

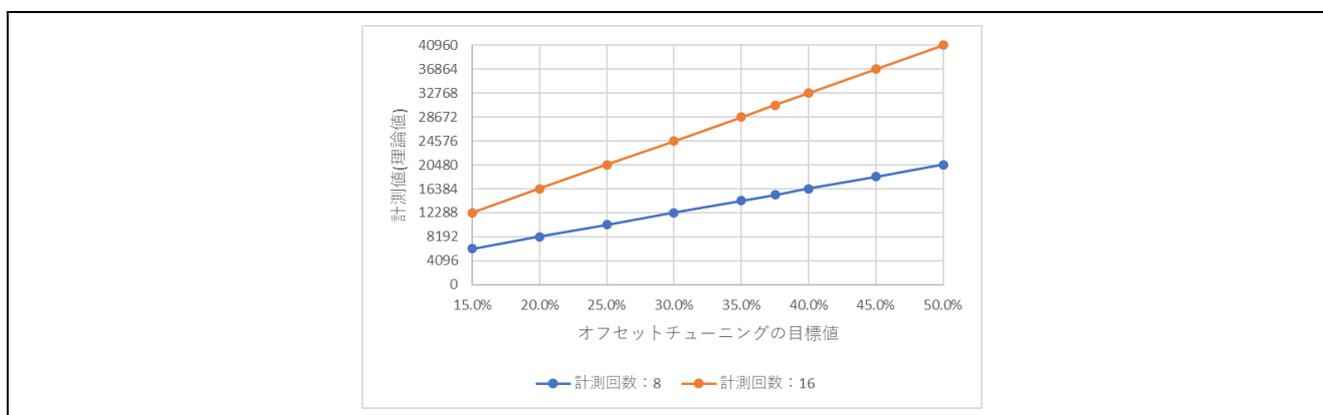


図 3-7 計測回数を変更した場合の“オフセットチューニング時の目標値”に対しての計測値(理論値)

オフセットチューニング目標値を変更することで計測値がオーバーフローする可能性があります。システム（製品）が動作中に想定される最大の容量付加状態の時※の計測値が電流制御発振器（CCO）の出力リニアリティ特性の良い範囲に収まるように目標値と計測時間を設定してください。また、特に変更の必要が無ければ、表 3-7 を参考に各方式のターゲット値になるようオフセットチューニング時の目標値と計測時間を設定してください。

計測回数を変更し、計測値が想定と異なった場合は表 3-10 を参考にオフセットチューニング目標値を設定してください。オフセットチューニング目標値は計測値がターゲット値よりも大きい場合はデフォルトの設定よりも低く設定し、計測値がターゲット値よりも小さい場合はデフォルトの設定よりも高く設定してください。電極の寄生容量が小さい場合やアクティブシールドを使用する場合など、オフセットチューニング処理で設定したターゲット値に届かない際にこれらの目標値を再設定してください。

※例としてタッチボタンの上に、水をこぼしてしまった場合など、通常の操作以外も含め考えられうる最大の容量付加状態を想定してください。

3.3 計測周波数

“計測周波数”（センサドライブパルス周波数）ではタッチセンサに出力する周波数の分周を設定します。計測周波数が高いほど感度が良く見えますが、寄生容量が大きい場合計測誤差が発生します。CTSU は TS 端子よりセンサドライブパルスを出力して、その充電電流から静電容量を計測します。詳細は下記ドキュメントをご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](http://renesas.com)

計測周波数は寄生容量と設定したダンピング抵抗により、自動チューニングで最適な周波数に設定されます。また、動作クロックによって計測周波数が異なります。詳細は各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。図 3-8 に CTSU1 の代表例として RX130 の寄生容量/ダンピング抵抗と自動チューニングで設定される計測周波数の関係を示します。

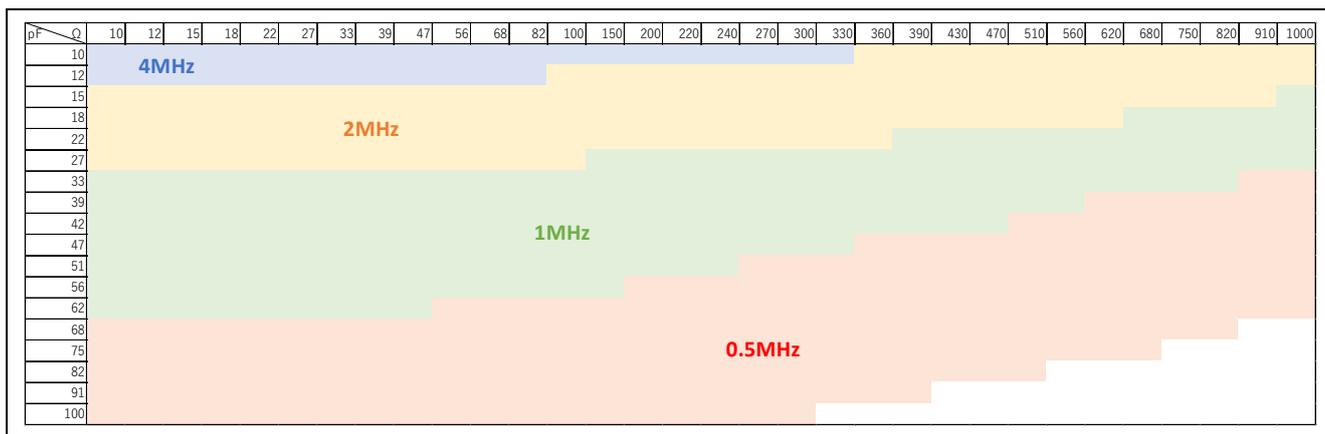


図 3-8 RX130(受信電極 1.6V)の寄生容量/ダンピング抵抗と計測周波数の関係

図 3-9 に CTSU2/CTSU2SL の代表例として RX140 の寄生容量/ダンピング抵抗と自動チューニングで設定される計測周波数の関係を示します。

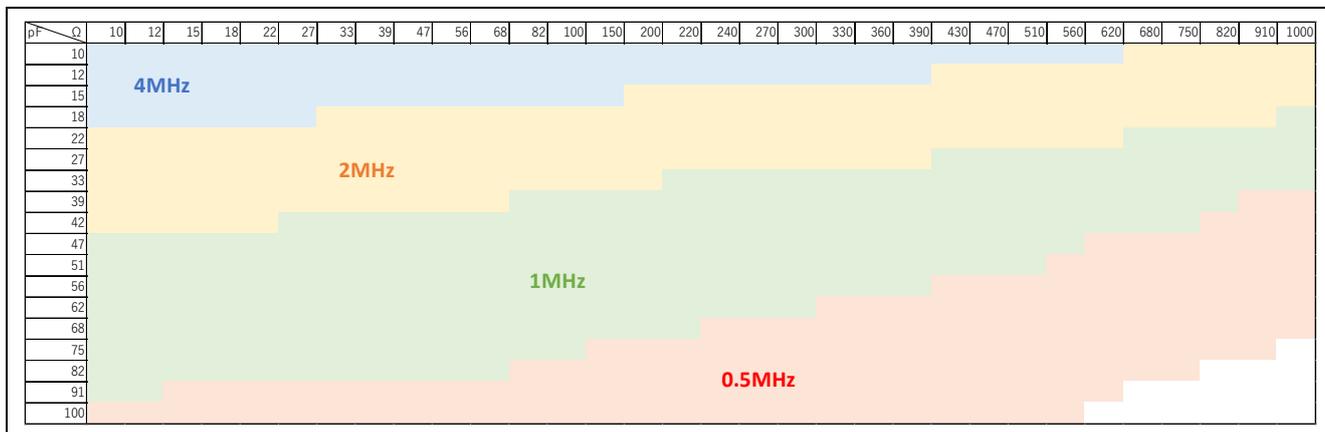


図 3-9 RX140(受信電極 1.5V)の寄生容量/ダンピング抵抗と計測周波数の関係

寄生容量が大きいほど計測周波数は低く設定されます。寄生容量が大きい場合に計測周波数を高く設定すると、TS 端子よりセンサドライブパルスを出力する際に、充放電が満足に行われず計測値の誤差が発生する可能性があります。自動チューニングでは計測誤差が発生しない最適な計測周波数に設定します。また、CTSU2/CTSU2SL では“計測周波数”で設定した周波数が、マルチクロック計測時の第 1 周波数に決定されます。第 2/第 3 周波数の設定方法は 3.6 マルチクロック計測/逡倍比をご参照ください。

図 3-10 にアドバンスドモード(高度な設定)で“計測周波数”を設定する際のウィンドウ例を示します。

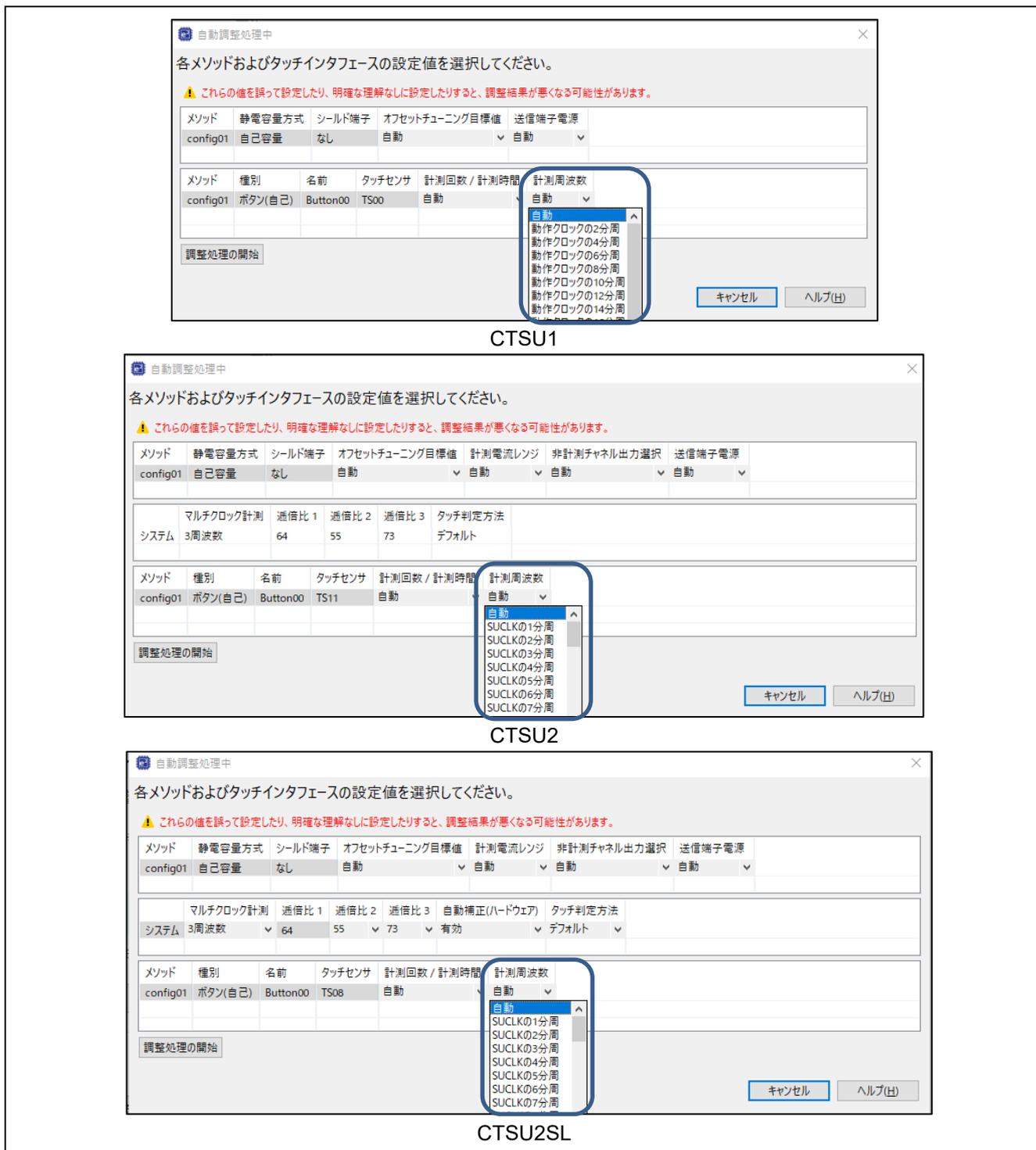


図 3-10 “計測周波数”の設定

設定した値は `qe_touch_config.c` の `sdpa` に反映されます。例として RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用時、計測周波数で“SUCLK の 8 分周”を選択した場合、“`sdpa = 0x07`”と設定されます。

```
const ctsu_element_cfg_t g_qe_ctsu_element_cfg_config01 [] =
{
    { .ssdiv = CTSU_SSDIV_4000, .so = 0x12B, .snum = 0x07, .sdpa = 0x07 },
};
```

※SDPA の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

3.3.1 計測周波数変更による感度への影響について

表 3-11 に計測周波数を変更した場合の RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用時の計測値(実測例)を示します。

表 3-11 計測周波数を変更した場合の計測値(実測例)

CTSUS2SL(RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用), 自己容量方式, 計測回数 : 8, 計測電流レンジ : 40 μ A, オフセットチューニング目標値 : 37.5% (5 回平均)				
計測周波数	タッチ OFF 時の平均値 A	タッチ ON 時の平均値 B	シグナル値 (タッチ ON/OFF の差分値) B - A	タッチ OFF 時の ノイズ値
4MHz	15359	18914	3555	30.2
2MHz	15408	17217	1809	18.2
1MHz	15371	16306	935	14.2
0.5MHz	10882	11357	475	12.6

※実測例は QE for Capacitive Touch の”CapTouch ステータス・チャート (QE) ビュー”の機能より取得しました。詳細は e²studio のヘルプよりご参照ください。

計測周波数を高くするとタッチ ON/OFF の差分値は大きく見えますが、計測周波数を高くすることでタッチ ON 時にオーバーフローが発生する可能性があります。また、寄生容量が大きい場合に無理に計測周波数を上げると計測誤差が発生する可能性があります。

図 3-11 に寄生容量が大きい場合に計測周波数を上げた場合の CTSU 計測のイメージを示します。高い周波数の場合パルスの出力が充電時間よりも早く、寄生容量が大きい場合だと十分に充放電できない可能性があります。それにより計測に誤差が発生する可能性があるため、寄生容量に合わせた計測周波数の設定が必要となります。

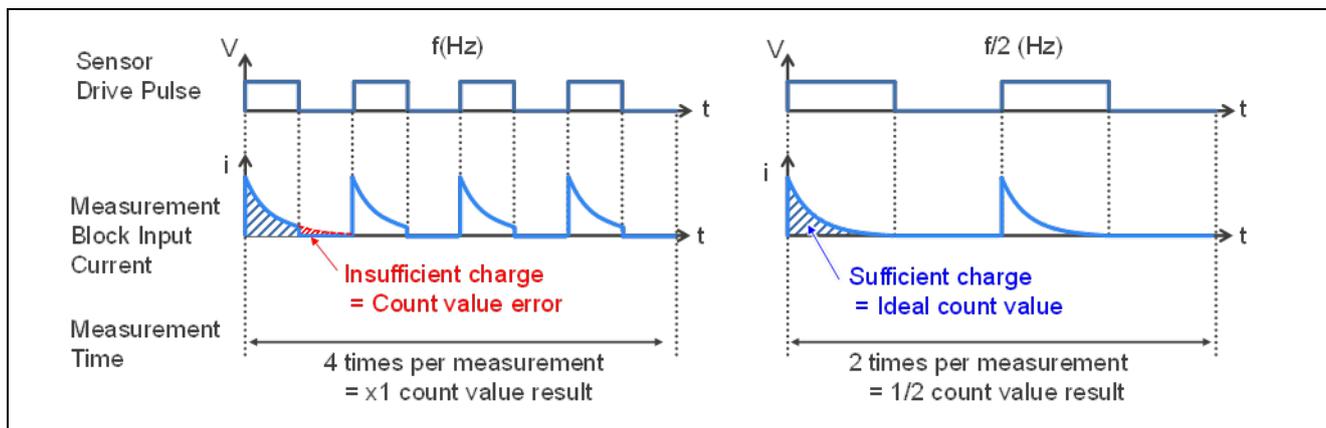


図 3-11 CTSU 計測のイメージ

0.5MHz 設定時、寄生容量が小さい場合にタッチ OFF 時の平均値がオフセットチューニング目標値付近に設定されない場合があります。理由として寄生容量が小さいことで VDC から供給される電流が小さく、カレントミラー回路に供給される電流も小さくなることから計測値が目標値に到達しないためです。その場合は計測周波数を高くするか、オフセットチューニング目標値を下げてください。また、充放電時間を十分に確保することを考慮し、計測周波数は 4MHz 以下になるよう設定してください。

ユーザの要求仕様に合わせて十分に評価したうえで調整してください。

3.3.2 アドバンスドモードを用いた計測周波数の調整方法について

自動チューニングでは計測誤差が発生しない最適な計測周波数に設定します。寄生容量により4種類の周波数4/2/1/0.5MHzから最終的な計測周波数が決定されますが、寄生容量に対して設定された計測周波数のマージンが大きすぎる場合があります。その場合はアドバンスドモードにより、さらに詳細な計測周波数に変更することが可能です。図3-12にCTS1であるRX130でダンピング抵抗560Ωを使用した場合の寄生容量とSDPAの関係を示します。

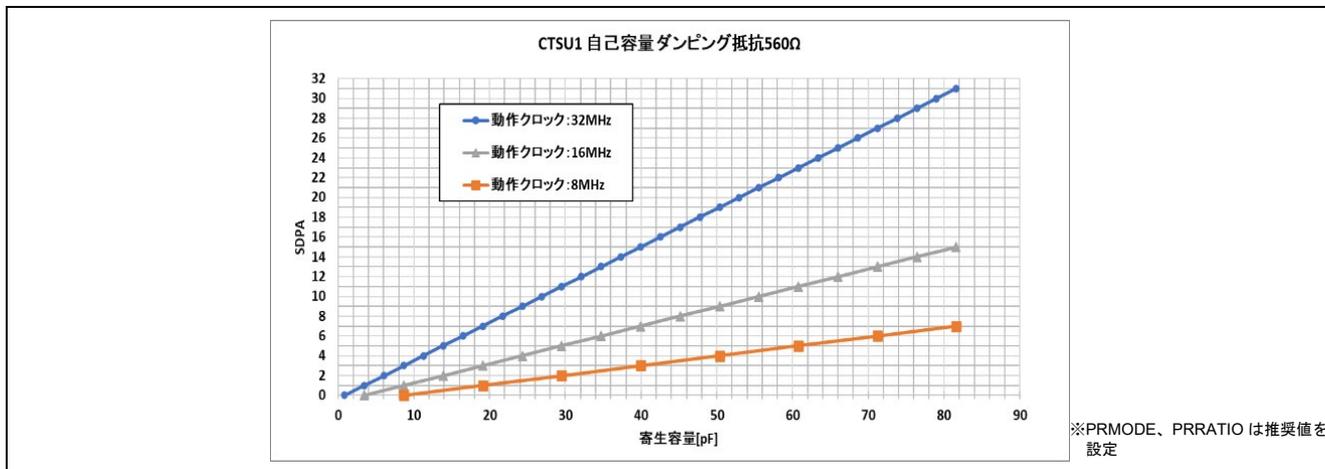


図 3-12 RX130 使用時に計測可能な寄生容量値

寄生容量が30pFで動作クロック(CTSUCCLK)が32MHzの場合、最適なSDPAは11となります。

計測周波数は下記の計算式で求められます。

$$\text{計測周波数} = \text{CTSUCCLK} / ((\text{SDPA} + 1) \times 2)$$

動作クロック(CTSUCCLK)が32MHzでSDPAが11の場合、計測周波数は下記ようになります。

$$\text{計測周波数} : 32[\text{MHz}] / ((11 + 1) \times 2) = 1.333\text{MHz}$$

RX130では自動チューニング結果として計測時間が526μsとなるように設定されますが、本アドバンスドモードを用いて計測周波数を手動で変更した場合は計測時間も変化します。詳細は3.1 計測回数/計測時間をご参照ください。

図3-13に526μs付近に設定する場合の動作クロック32MHz使用時のSDPAと計測回数の関係を示します。

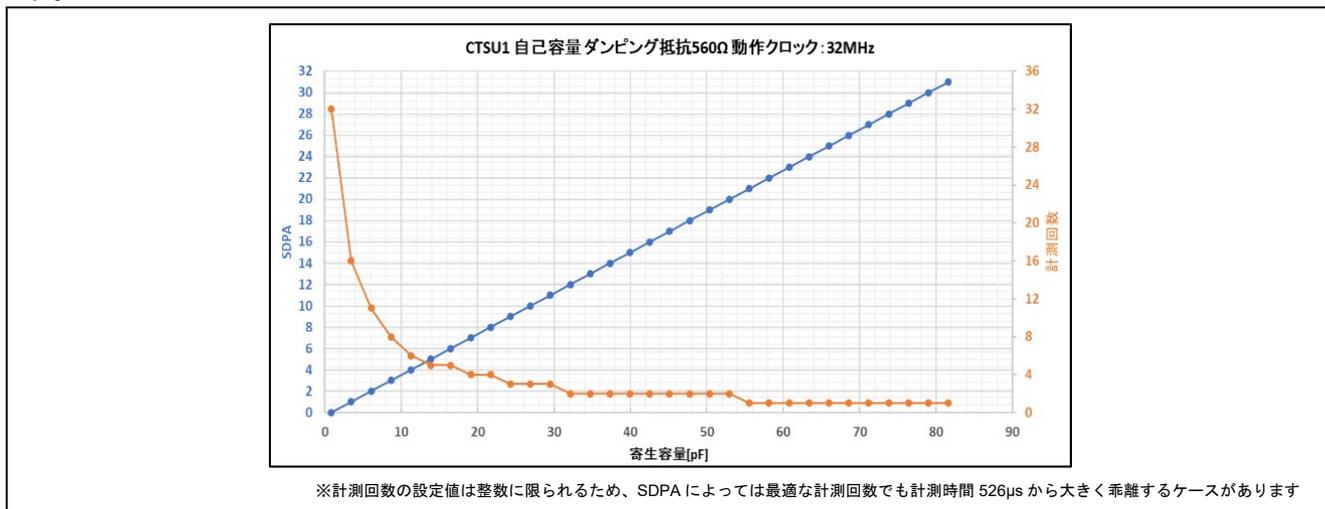


図 3-13 RX130(動作クロック 32MHz)使用時に526μs相当の計測時間を設定する場合のSDPAと計測回数

計測時間を変更する場合はオーバーフローエラーが発生しないよう、ユーザの要求仕様に合わせて調整してください。また、動作クロックによっては自動チューニングにより4/2/1/0.5MHz以外に設定されることがあります。例として動作クロックが30MHzの場合は、分周の関係で4/2MHzに設定することができません。その場合は4/2MHz付近の周波数で低い値、3.75/1.875MHzに設定されます。

図 3-14 に CTSU2 である RX140 でデフォルトの”マルチクロック計測/通倍比”の設定を使用し、ダンピング抵抗 560Ω を使用した場合の寄生容量と SDPA の関係を示します。

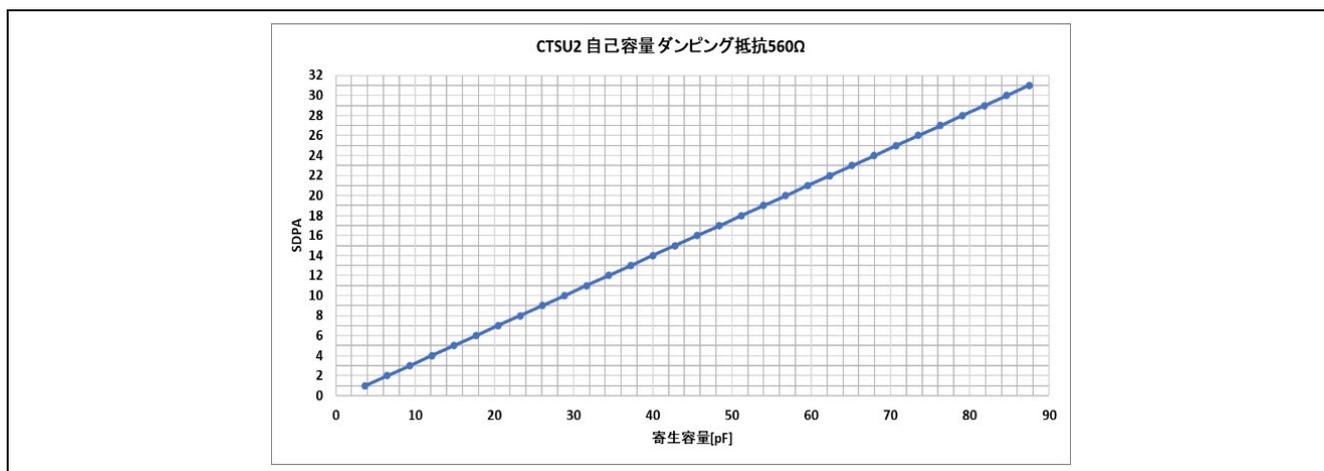


図 3-14 RX140 使用時に計測可能な寄生容量値

寄生容量が 25pF の場合、最適な SDPA は 9 となります。

計測周波数は下記の計算式で求められます。

$$\text{計測周波数} = (\text{SUCLK} \times 2) / (\text{SDPA} + 1)$$

※SUCLK = STCLK[0.5MHz] × SUMULTI を示しています。

STCLK、SUMULTI の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

SDPA が 9 の場合、3 周波数計測時の周波数は下記のようになります。

$$\text{計測周波数(64 通倍)} : (32[\text{MHz}] / 2) / (9 + 1) = 1.6\text{MHz}$$

$$\text{計測周波数(55 通倍)} : (27.5[\text{MHz}] / 2) / (9 + 1) = 1.38\text{MHz}$$

$$\text{計測周波数(73 通倍)} : (36.5[\text{MHz}] / 2) / (9 + 1) = 1.83\text{MHz}$$

ユーザの要求仕様に合わせて十分に評価したうえで調整してください。

3.4 計測電流レンジ

“計測電流レンジ”の設定は CTSU2/CTSU2SL のみで変更可能です。
 “計測電流レンジ”では計測用 VDC から供給した電流とカレントミラー回路を介して電流制御発振器 (CCO) に流れる電流とのカレントミラー比をメソッドごとに設定します。”計測電流レンジ”を低く設定するとタッチ ON 時の CCO 入力電流が高くなるため感度が上がります。
 CTSU は TS 端子よりセンサドライブパルスを出力して、その充放電電流を計測することで静電容量値を計測し、次の式が成立します。

$$I = F C V$$

ここで、電流 I は計測用 VDC から供給される電流 I1 とオフセット電流 (DAC) から供給される電流 I2 を加算した電流になります。詳細は下記ドキュメントの”2.2.1 検出原理”をご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](#)

計測用 VDC から供給した電流 I1 は、カレントミラー回路を介して CCO に比例した電流 IOUT が印加されます。”計測電流レンジ”の設定では VDC からの電源供給能力を設定し、設定に合わせて自動でカレントミラー比を決定します。計測電流レンジを大きくすることで、計測用 VDC から供給する電流 I1 が大きくなります。

図 3-15 に通常電流(40μA)使用時の計測イメージを示します。

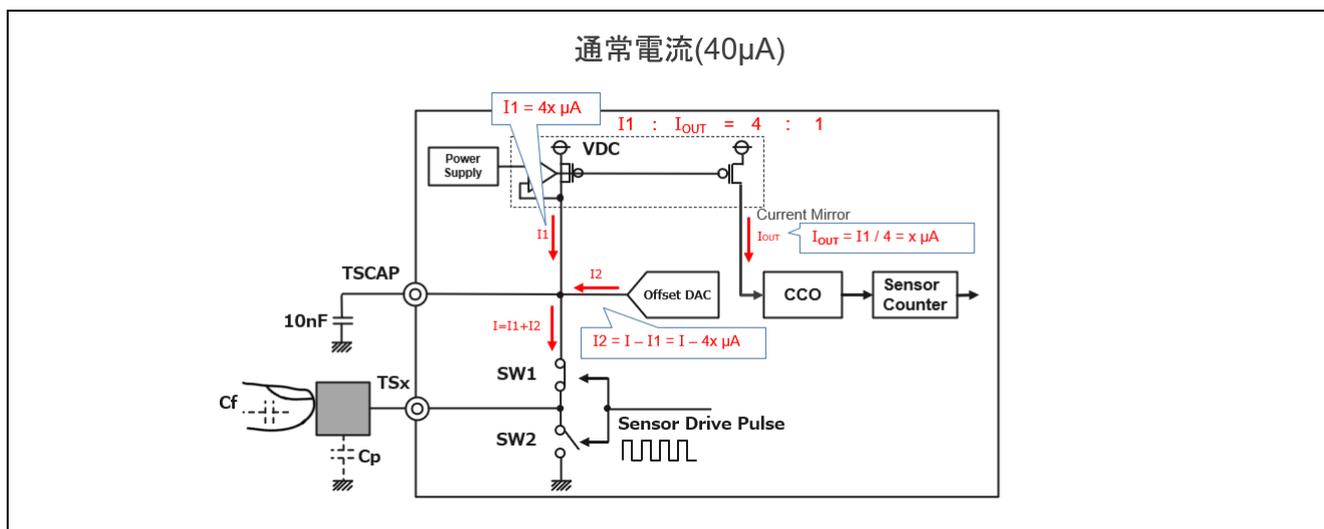


図 3-15 通常電流(40μA)使用時の計測イメージ

表 3-12 にデフォルトの設定を示します。

表 3-12 デフォルトの”計測電流レンジ”設定

	自己容量方式使用時	相互容量方式使用時
CTSU2/CTSU2SL	通常電流(40μA)	高電流(80μA)

また、CTSU2/CTSU2SL ではデフォルト設定のほかに低電流(20μA)/高電流(160μA)に設定することが可能です。

図 3-16 にアドバンスドモード(高度な設定)で”計測電流レンジ”を設定する際のウィンドウ例を示します。

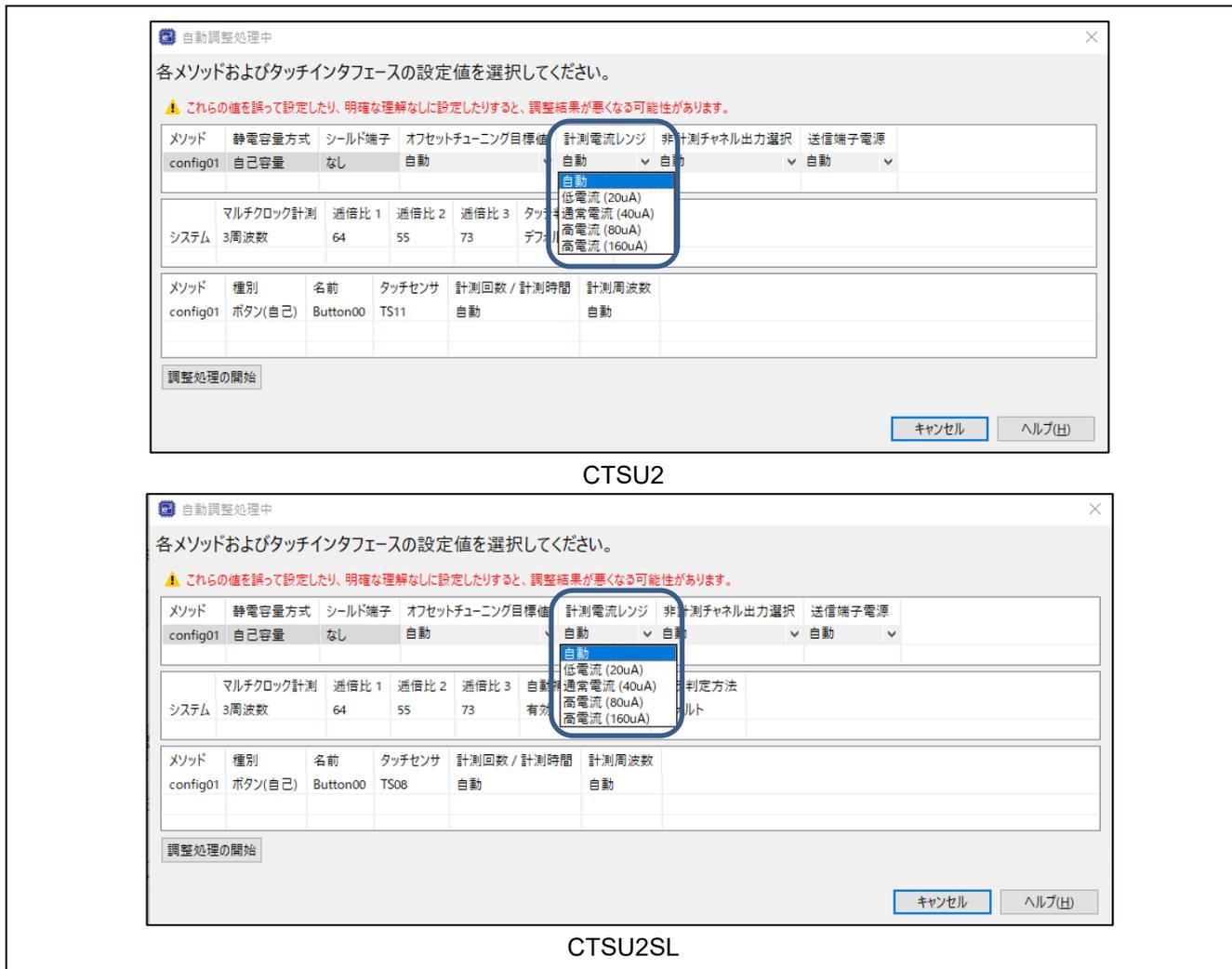


図 3-16 “計測電流レンジ”の設定

設定した値は `qe_touch_config.c` に反映されます。下記は通常電流(40 μ A)の例です。

```
.atune12= CTSU_ATUNE12_40UA.
```

※ATUNE の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

3.4.1 計測電流レンジ変更による感度への影響について

表 3-13 に計測電流レンジを変更した場合の RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用時の計測値(実測例)を示します。

表 3-13 計測電流レンジを変更した場合の計測値(実測例)

CTSU2SL(RX140 搭載静電容量タッチ評価システム使用), 自己容量方式, 計測周波数 : 2MHz, 計測回数 : 8, オフセットチューニング目標値 : 37.5% (5 回平均)				
計測電流レンジ	タッチ OFF 時の平均値 A	タッチ ON 時の平均値 B	シグナル値 (タッチ ON/OFF の差分値) B - A	タッチ OFF 時の ノイズ値
20μA	15363	18897	3534	34.2
40μA	15429	17214	1785	19.4
80μA	15372	16255	883	11
160μA	10834	11271	437	8.2

※実測例は QE for Capacitive Touch の”CapTouch ステータス・チャート (QE) ビュー”の機能より取得しました。詳細は e²studio のヘルプよりご参照ください。

計測電流レンジを低くするとタッチ ON/OFF の差分値は大きく見えますが、電流レンジを低くすることでタッチ ON 時にオーバーフローが発生する可能性があります。また、寄生容量が小さい場合に電流モードが大きすぎると、タッチ OFF 時の平均値がオフセットチューニング目標値付近に設定されない場合があります。理由として寄生容量が小さいことで VDC から供給される電流が小さく、カレントミラー回路に供給される電流も小さくなることから計測値が目標値に到達しないためです。その場合は計測電流レンジを下げるか、計測値の目標値を下げてください。

図 3-17 に例として計測周波数が 2MHz で寄生容量が約 18.8pF の電極を使用している場合の計測電流レンジが通常電流(40μA)/高電流(160μA)時のオフセットチューニング目標値に対する計測用 VDC から供給される電流 I1 とオフセット電流 (DAC) から供給される電流 I2、CCO に流れる電流値 Iout を示します。

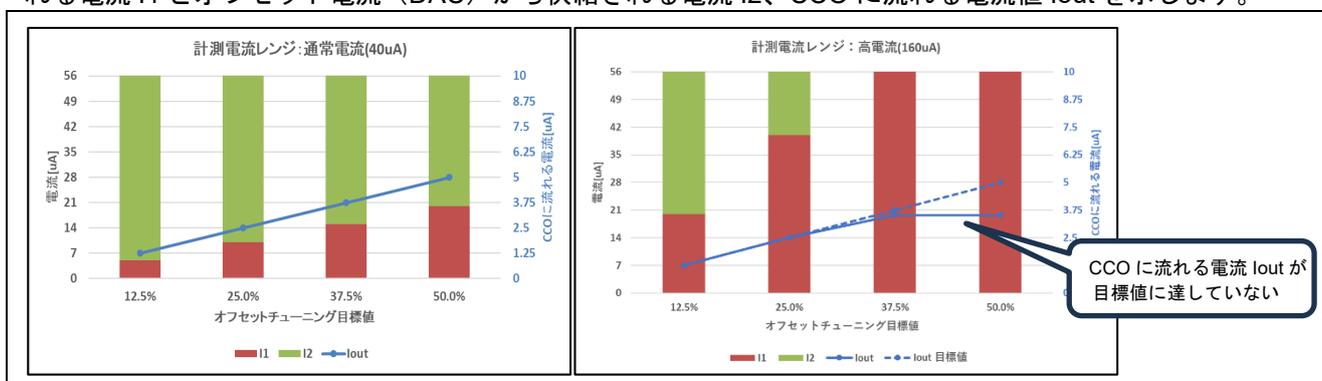


図 3-17 オフセットチューニング目標値と計測電流レンジを変更した際の電流値

CCO に流れる電流は 1.25~10μA でオフセットチューニング目標値 100%の際に 10μA 流れます。

通常電流(40μA)使用時はオフセットチューニング目標値が 37.5%時に I1 = 約 15μA, I2 = 約 41μA となっています。CCO に流れる電流 IOUT は計測用 VDC から供給した電流 I1 とのカレントミラー比で値が決定するため IOUT = I1 / 4 = 3.75μA と求められます。

高電流(160μA)使用時はオフセットチューニング目標値が 37.5%時に I1 = 約 56μA, I2 = 0μA となっています。CCO に流れる電流 IOUT は計測用 VDC から供給した電流 I1 とのカレントミラー比で値が決定するため IOUT = I1 / 16 = 約 3.5μA と求められます。

このように寄生容量が小さい場合に電流モードが大きすぎるとカレントミラー回路に供給される電流も小さくなり、計測値が目標値に到達しません。

ユーザの要求仕様に合わせて十分に評価したうえで、電流レンジ、オフセットチューニングの目標値を調整してください。

3.5 非計測チャネル出力選択

“非計測チャネル出力選択”の設定は CTSU2/CTSU2SL のみで変更可能です。

“非計測チャネル出力選択”では計測期間中の計測端子以外の非計測端子の処理をメソッドごとに設定します。非計測端子の処理を適切に行うことでノイズ対策が可能です。計測していないTS 端子は ノイズ対策のために GPIO Low 出力に設定することを推奨します。アクティブシールド使用時は寄生容量の増加を抑えつつ外部からの影響をシールドするために、計測期間中の非計測端子はセンサドライブパルスと同相のシールド信号を出力する設定である同相パルス出力に設定してください。表 3-14 にデフォルトの設定を示します。

表 3-14 デフォルトの“非計測チャネル出力選択”設定

	自己容量方式使用時	相互容量方式使用時	アクティブシールド使用時
CTSU2/CTSU2SL	GPIO から L 出力	GPIO から L 出力	同相パルス出力

例として図 3-18 のようなタッチインタフェース構成の場合の TS 端子の計測イメージを図 3-19 に示します。config01 の計測期間中の TS 端子の挙動について、アクティブシールドが設定されているため、TS00 を計測中の他端子 TS01,TS02 は同相パルス出力しています。また、config02 の計測期間中では TS03 を計測中 TS04 は Low 出力となります。



図 3-18 タッチインタフェース構成の例

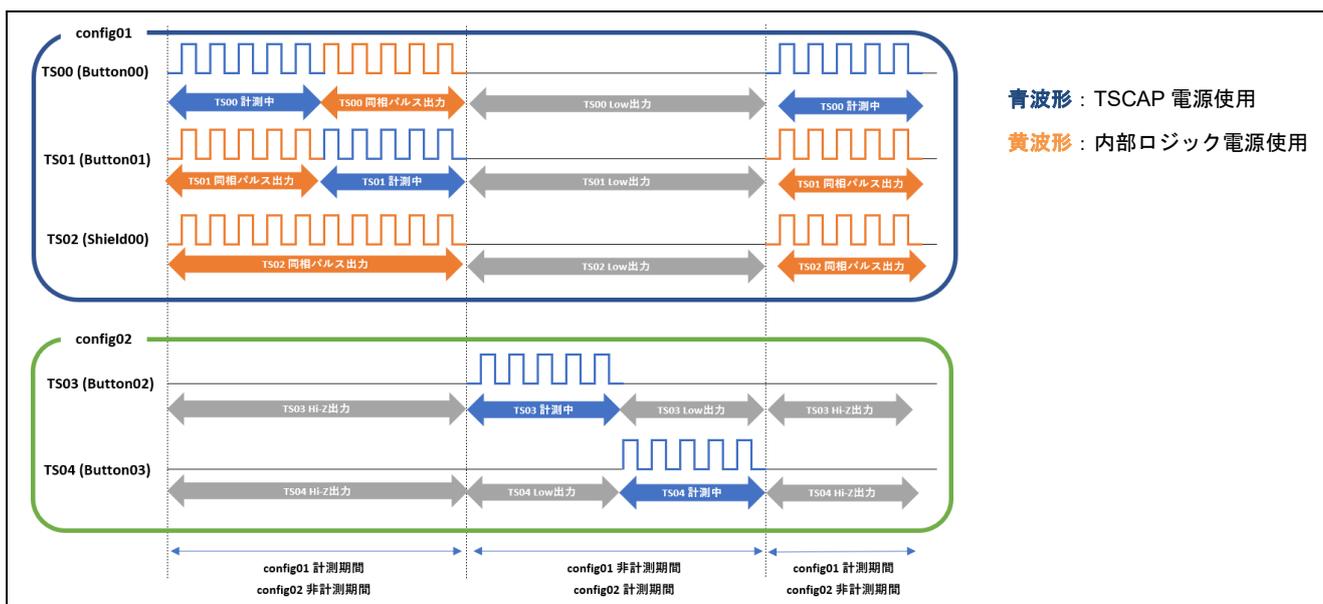


図 3-19 TS 端子の計測イメージ

これは非計測チャネル出力選択設定の一例です。詳細については以下の資料をご参照ください。

[RL78 ファミリ 静電容量センサユニット \(CTSU2L\) 動作説明 Rev.1.00 \(renesas.com\)](#)

表 3-15 に各処理設定の概要を示します。

表 3-15 各処理設定の概要

非計測チャンネル出力選択設定	概要
GPIO から L 出力	計測期間中の非計測端子から Low 出力する設定です。
Hi-Z 出力	計測期間中の非計測端子から Hi-Z 出力する設定です。
同相パルス出力	計測期間中の非計測端子からセンサドライブパルスと同相のシールド信号を出力する設定です。

図 3-20 にアドバンスドモード(高度な設定)で”非計測チャンネル出力選択”を設定する際のウィンドウ例を示します。

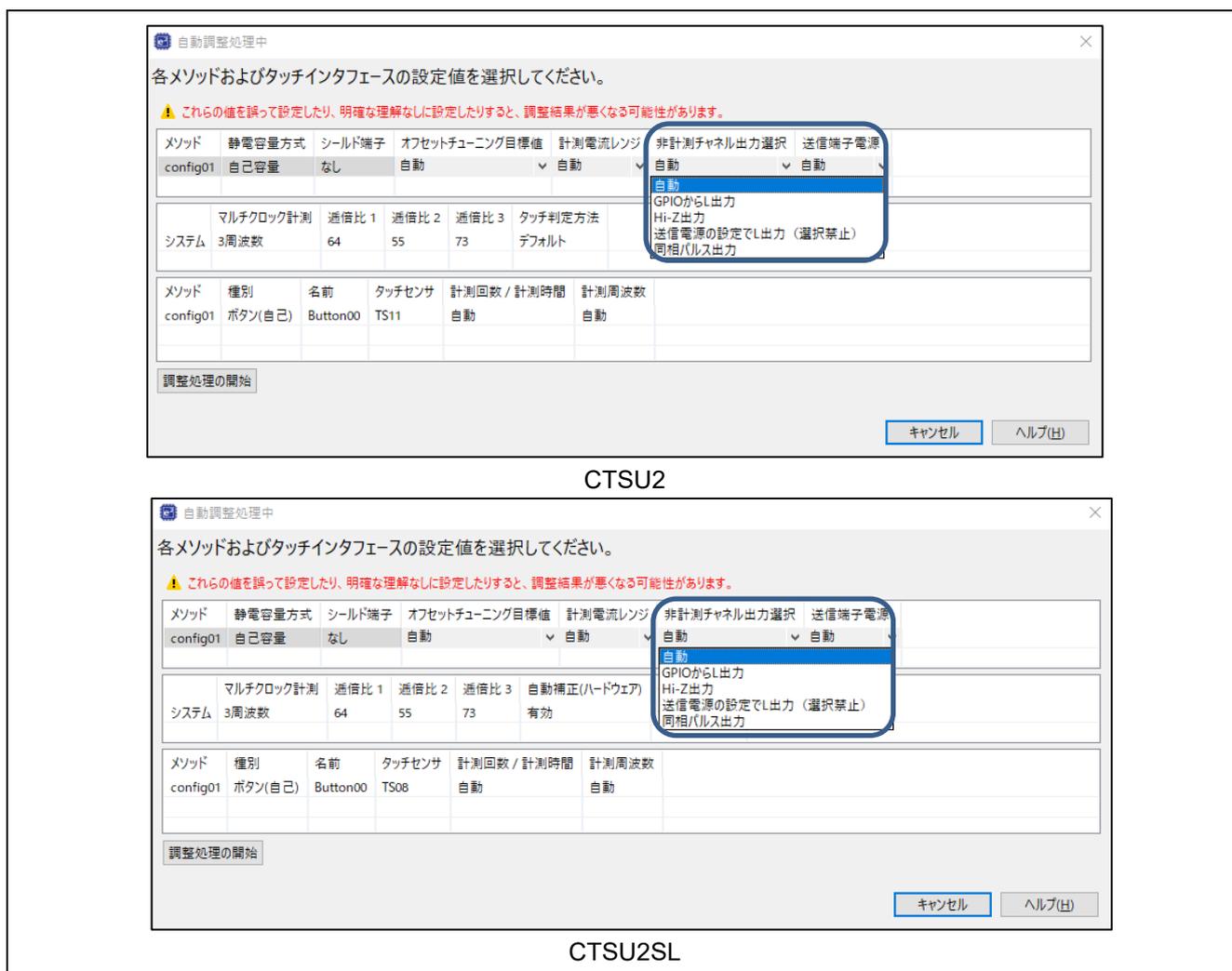


図 3-20 “非計測チャンネル出力選択”の設定

設定した値は `qe_touch_config.c` に反映されます。下記は GPIO から L 出力に設定した例です。

```
.pose1 = CTSU_POSEL_LOW_GPIO;
```

※POSEL の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

3.6 マルチクロック計測/通倍比

“マルチクロック計測/通倍比”の設定は CTSU2/CTSU2SL のみで変更可能です。
 “マルチクロック計測/通倍比”ではマルチ周波数で計測する回数と計測周波数を通倍比から設定します。
 マルチクロック計測では同期ノイズを回避するために複数種類のセンサドライブレパルス周波数で計測可能です。デフォルトでは3種類の周波数で計測し、得られた3周波数での結果を多数決判定して計測値を確定します。3周波数測定の場合、“計測周波数”(センサドライブレパルス周波数)で設定した周波数を第1周波数として、第2周波数、第3周波数の通倍比を任意の値に変更することが可能です。詳細は下記ドキュメントをご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](https://www.renesas.com)

図 3-21 にマルチクロック計測(3周波数計測)のイメージを示します。

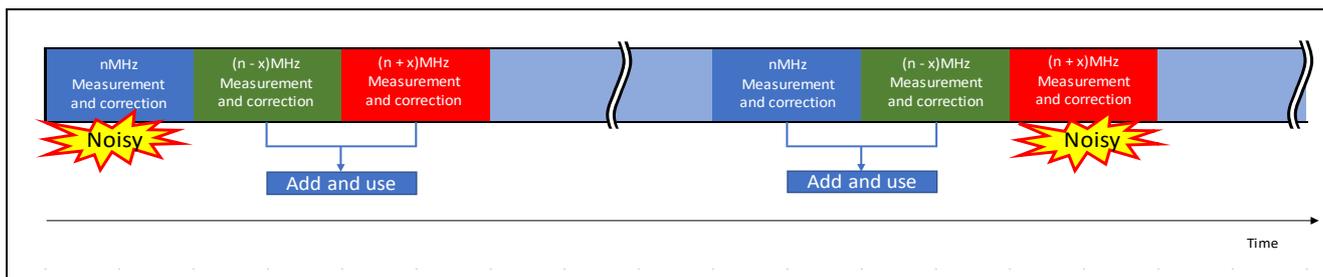


図 3-21 マルチクロック計測(3周波数計測)のイメージ

表 3-16 にデフォルトの設定を示します。

表 3-16 デフォルトの“マルチクロック計測/通倍比”設定

	マルチクロック計測周波数	第1周波数 通倍比	第2周波数 通倍比	第3周波数 通倍比
CTSU2/CTSU2SL	3周波数	64	55	73

マルチクロック計測回数は1周波数または3周波数で設定可能です。1周波数計測に設定した場合は多数決演算をしないため、計測値は3周波数計測時の半分の値になります。また、3周波数計測の場合、第2周波数、第3周波数の通倍比は32~80の範囲で設定可能です。第1周波数の通倍比は64に固定され、“計測周波数”で設定した周波数を使用します。詳細は3.3 計測周波数をご参照ください。
 設定した通倍比による計測周波数は図 3-22 のように表示されます。

図 3-22 通倍比の設定による計測周波数

下記に通倍比を変更した際の第2周波数、第3周波数の計測周波数の計算式を示します。

$$\begin{aligned} \text{計測周波数[第2周波数]} &= \text{計測周波数[第1周波数]} \times \text{通倍比[第2周波数]} / \text{通倍比[第1周波数]} \\ \text{計測周波数[第3周波数]} &= \text{計測周波数[第1周波数]} \times \text{通倍比[第3周波数]} / \text{通倍比[第1周波数]} \end{aligned}$$

3周波数計測の周波数差分を大きくすると、計測値のばらつきが大きくなる傾向があります。また、通倍比は計測値がオーバーフローしないよう設定する必要があります。通倍比の設定は十分に評価したうえで設定してください。

図 3-23 にアドバンスドモード(高度な設定)で“マルチクロック計測/逡倍比”を設定する際のウィンドウ例を示します。

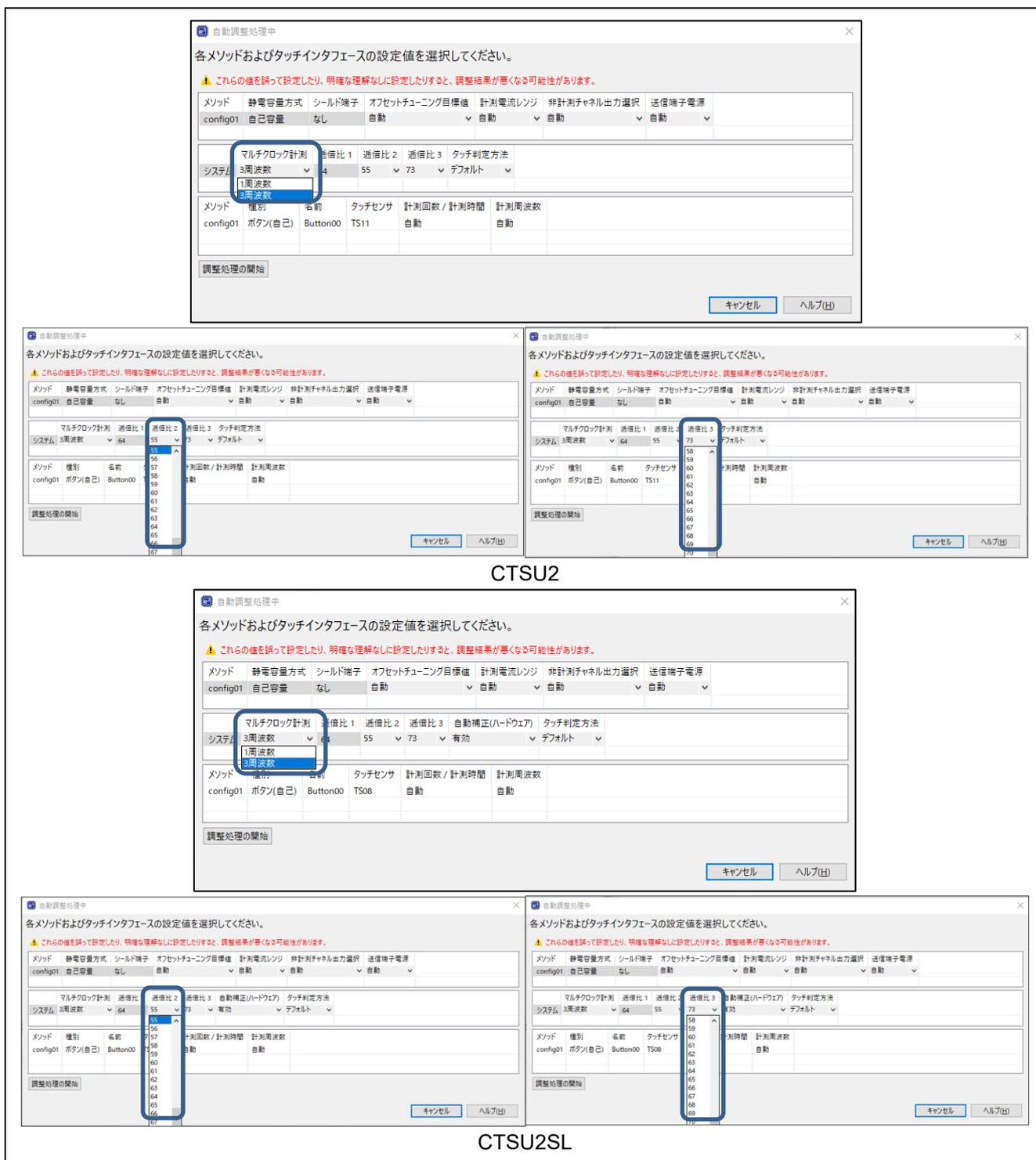


図 3-23 “マルチクロック計測/逡倍比”の設定

設定した値は `qe_touch_define.h` に反映されます。下記は 3 周波数計測使用時のデフォルト設定例です。

```
#define CTSU_CFG_NUM_SUMULTI (3)
#define CTSU_CFG_SUMULTI0 (0x3F)
#define CTSU_CFG_SUMULTI1 (0x36)
#define CTSU_CFG_SUMULTI2 (0x48)
```

※SUMULTI の詳細については各静電容量タッチセンサのハードウェアマニュアルをご参照ください。

3.7 送信端子電源

“送信端子電源”では相互容量方式使用時、送信端子に設定した端子の I/O 電源をメソッドごとに選択します。また、選択した電源は、自己容量方式のアクティブシールド電極用の電源にも使用されます。この値はデフォルト設定の値を使用し、変更しないでください。詳細は下記ドキュメントをご参照ください。

[RL78 ファミリ 静電容量センサユニット \(CTS2L\) 動作説明 Rev.1.00 \(renesas.com\)](#)

表 3-17 にデフォルトの設定を示します。

表 3-17 デフォルトの“送信端子電源”設定

	自己容量方式使用時	相互容量方式使用時	アクティブシールド使用时
CTS1	VCC	VCC	-
CTS2/CTS2SL	VCC	VCC(専用)	内部ロジック電源 (アクティブシールド用電源)

表 3-18 に CTS1 での各設定の概要を示します。

表 3-18 CTS1 での“送信端子電源”設定概要

	送信端子の電源設定	TXVSEL	概要
自己容量方式使用時	VCC	0	計測時に受信端子のみ使用し、送信端子を使用しません。受信端子は TSCAP 電源を使用します。
相互容量方式使用時	VCC	0	計測時に送信端子も使用します。送信端子の電圧により感度が変わります。受信端子は TSCAP 電源を使用します。

CTS1 を使用する場合は TXVSEL = 1 の設定は行わないでください。

表 3-19 に CTS2/CTS2SL での各設定の概要を示します。

表 3-19 CTS2/CTS2SL での“送信端子電源”設定概要

	送信端子の電源設定	TXVSEL	TXVSEL2	概要
自己容量方式使用時	VCC	0	0	計測時に受信端子のみ使用し、送信端子を使用しません。受信端子は TSCAP 電源を使用します。
相互容量方式使用時	VCC(専用)	0 / 1	1	計測時に送信端子も使用します。送信端子の電圧により感度が変わります。受信端子は TSCAP 電源を使用します。
アクティブシールド使用时	内部ロジック電源 (アクティブシールド用電源) RX,RA:VCL RL:REGC	1	0	シールドパルスの出力のために送信端子を使用します。送信端子から受信端子と同相・同電位のパルスを出力することでシールドの役割を果たすことができます。受信端子は TSCAP 電源を使用します。

※詳細は下記ドキュメントの“2.3.1 検出原理”をご参照ください。

[静電容量センサマイコン 静電容量タッチ導入ガイド \(renesas.com\)](#)

図 3-24 にアドバンスドモード(高度な設定)で“送信端子電源”の設定する際のウィンドウ例を示します。

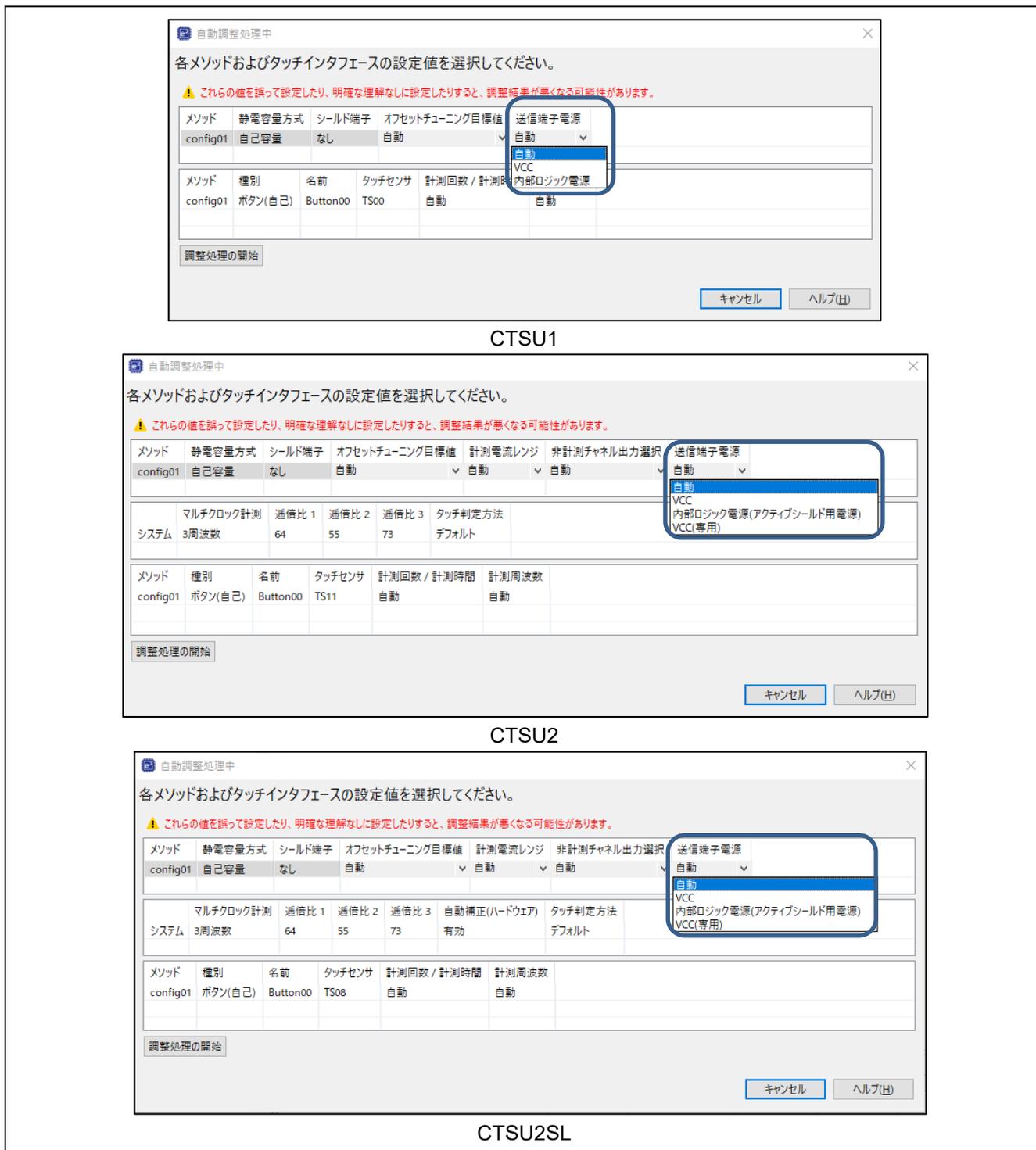


図 3-24 “送信端子電源”の設定

設定した値は `qe_touch_config.c` に反映されます。

下記は CTSU1 での例です。

- 自己容量方式使用時 / 相互容量方式使用時

```
.txvsel = CTSU_TXVSEL_VCC,
```

下記は CTSU2/CTSU2SL での例です。

- 自己容量方式使用時

```
.txvsel = CTSU_TXVSEL_VCC,  
.txvsel2= CTSU_TXVSEL_MODE,
```

- 相互容量方式使用時

```
.txvsel = CTSU_TXVSEL_VCC,  
.txvsel2= CTSU_TXVSEL_VCC_PRIVATE,
```

- アクティブシールド使用時

```
.txvsel = CTSU_TXVSEL_INTERNAL_POWER,  
.txvsel2= CTSU_TXVSEL_MODE,
```

3.8 自動補正(ハードウェア)

“自動補正(ハードウェア)”の設定は CTSU2SL のみで変更可能です。

“自動補正(ハードウェア)”では補正計算処理を CTSU 周辺回路で処理するかを設定します。CTSU では電流制御発振器 (CCO) の MCU 製造プロセスにおける潜在的な微小バラつきに対応するため補正用回路を内蔵しています。CTSU ドライバ もしくは ソフトウェアは電源投入後の初期化時、一時的に補正処理に移行します。補正処理では補正用回路を使用して、正確なセンサ測定値を確保するための補正係数を生成します。補正計算処理ではこの補正係数を用いて得られた計測値に対して補正計算をします。

補正計算処理をハードウェアで処理することで、計測ごとのウェイクアップが不要になり、消費電力低減に貢献できます。詳細は下記ドキュメントをご参照ください。

[RX ファミリ QE CTSU モジュール Firmware Integration Technology Rev.2.20 \(renesas.com\)](https://www.renesas.com/ja/document/1694)

デフォルトでは有効に設定されています。無効に設定した場合はソフトウェアで補正計算処理を実施します。

図 3-25 に自動補正(ハードウェア)の無効/有効それぞれの動作イメージを示します。

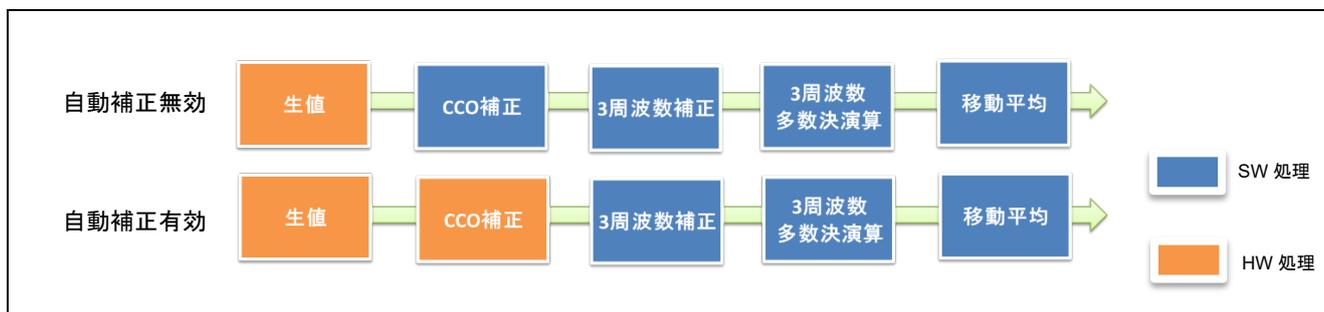


図 3-25 自動補正無効/有効の動作イメージ

図 3-26 にアドバンスドモード(高度な設定)で“自動補正(ハードウェア)”を設定する際のウィンドウ例を示します。

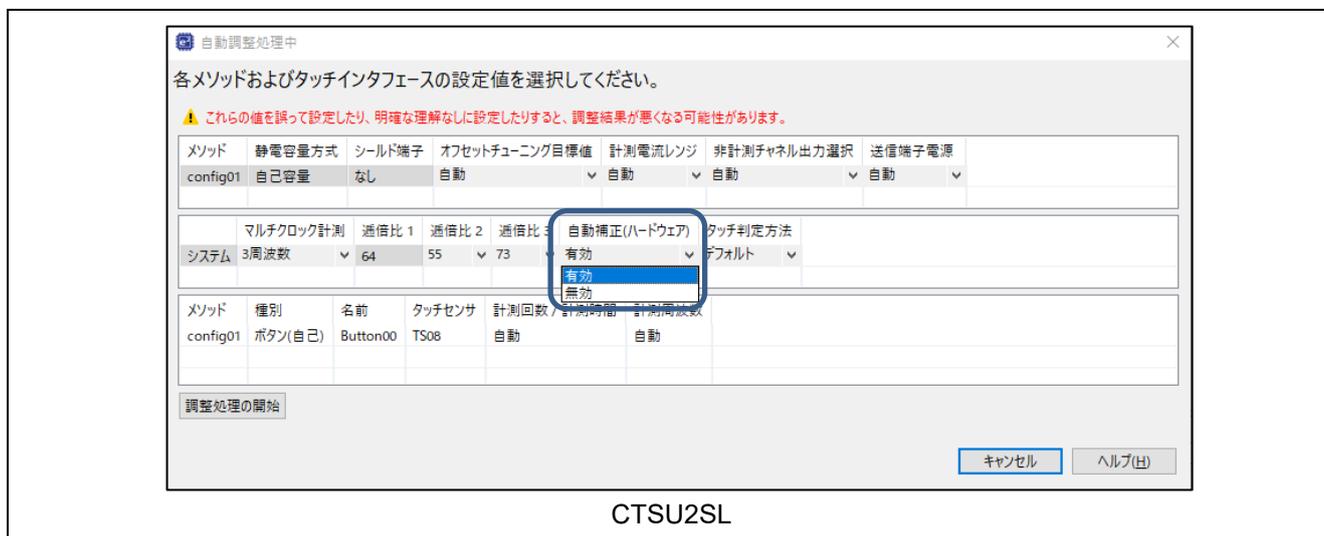


図 3-26 “自動補正(ハードウェア)”の設定

設定した値は `qe_touch_define.h` に反映されます。下記は自動補正(ハードウェア)有効時の例です。

```
#define CTSU_CFG_AUTO_CORRECTION_ENABLE (1)
```

改訂記録

Rev.	発行日	改訂内容	
		ページ	ポイント
1.00	2023/6/20	-	初版発行
2.00	2023/12/25	P26	計測周波数の調整方法について説明を追加
		P30	計測電流レンジ変更時のオフセット目標値に対する電流の変化量について説明を追加
		P38	自動補正(ハードウェア)有効/無効時のイメージ図を追加

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. 静電気対策

CMOS 製品の取り扱いの際は静電気防止を心がけてください。CMOS 製品は強い静電気によってゲート絶縁破壊を生じることがあります。運搬や保存の際には、当社が出荷梱包に使用している導電性のトレーやマガジンケース、導電性の緩衝材、金属ケースなどを利用し、組み立て工程にはアースを施してください。プラスチック板上に放置したり、端子を触ったりしないでください。また、CMOS 製品を実装したボードについても同様の扱いをしてください。

2. 電源投入時の処置

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. 電源オフ時における入力信号

当該製品の電源がオフ状態のときに、入力信号や入出力プルアップ電源を入れしないでください。入力信号や入出力プルアップ電源からの電流注入により、誤動作を引き起こしたり、異常電流が流れ内部素子を劣化させたりする場合があります。資料中に「電源オフ時における入力信号」についての記載のある製品は、その内容を守ってください。

4. 未使用端子の処理

未使用端子は、「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。

5. クロックについて

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。

6. 入力端子の印加波形

入力ノイズや反射波による波形歪みは誤動作の原因になりますので注意してください。CMOS 製品の入力がノイズなどに起因して、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域にとどまるような場合は、誤動作を引き起こす恐れがあります。入力レベルが固定の場合はもちろん、 V_{IL} (Max.) から V_{IH} (Min.) までの領域を通過する遷移期間中にチャタリングノイズなどが入らないように使用してください。

7. リザーブアドレス（予約領域）のアクセス禁止

リザーブアドレス（予約領域）のアクセスを禁止します。アドレス領域には、将来の拡張機能用に割り付けられている リザーブアドレス（予約領域）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。

8. 製品間の相違について

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。同じグループのマイコンでも型名が違くと、フラッシュメモリ、レイアウトパターンの相違などにより、電気的特性の範囲で、特性値、動作マージン、ノイズ耐量、ノイズ輻射量などが異なる場合があります。型名が違う製品に変更する場合は、個々の製品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。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、お客様の責任において、お客様の機器・システムを設計ください。これらの使用に起因して生じた損害（お客様または第三者いずれに生じた損害も含まれます。以下同じです。）に関し、当社は、一切その責任を負いません。
 2. 当社製品または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またはこれらに関する紛争について、当社は、何らの保証を行うものではなく、また責任を負うものではありません。
 3. 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. 当社製品を組み込んだ製品の輸出入、製造、販売、利用、配布その他の行為を行うにあたり、第三者保有の技術の利用に関するライセンスが必要となる場合、当該ライセンス取得の判断および取得はお客様の責任において行ってください。
 5. 当社製品を、全部または一部を問わず、改造、変更、複製、リバースエンジニアリング、その他、不適切に使用しないでください。かかる改造、変更、複製、リバースエンジニアリング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。
 6. 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）、交通管制（信号）、大規模通信機器、金融端末基幹システム、各種安全制御装置等
当社製品は、データシート等により高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、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（宇宙機器と、海底中継器、原子力制御システム、航空機制御システム、プラント基幹システム、軍事機器等）に使用されることを意図しておらず、これらの用途に使用することは想定していません。たとえ、当社が想定していない用途に当社製品を使用したことにより損害が生じても、当社は一切その責任を負いません。
 7. あらゆる半導体製品は、外部攻撃からの安全性を 100%保証されているわけではありません。当社ハードウェア/ソフトウェア製品にはセキュリティ対策が組み込まれているものもありますが、これによって、当社は、セキュリティ脆弱性または侵害（当社製品または当社製品が使用されているシステムに対する不正アクセス・不正使用を含みますが、これに限られません。）から生じる責任を負うものではありません。当社は、当社製品または当社製品が使用されたあらゆるシステムが、不正な改変、攻撃、ウイルス、干渉、ハッキング、データの破壊または窃盗その他の不正な侵入行為（「脆弱性問題」といいます。）によって影響を受けないことを保証しません。当社は、脆弱性問題に起因したまたはこれに関連して生じた損害について、一切責任を負いません。また、法令において認められる限りにおいて、本資料および当社ハードウェア/ソフトウェア製品について、商品性および特定目的との合致に関する保証ならびに第三者の権利を侵害しないことの保証を含め、明示または黙示のいかなる保証も行いません。
 8. 当社製品をご使用の際は、最新の製品情報（データシート、ユーザーズマニュアル、アプリケーションノート、信頼性ハンドブックに記載の「半導体デバイスの使用上の一般的な注意事項」等）をご確認の上、当社が指定する最大定格、動作電源電圧範囲、放熱特性、実装条件その他指定条件の範囲内でご使用ください。指定条件の範囲を超えて当社製品をご使用された場合の故障、誤動作の不具合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。
 9. 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、データシート等において高信頼性、Harsh environment 向け製品と定義しているものを除き、耐放射線設計を行っておりません。仮に当社製品の故障または誤動作が生じた場合であっても、人身事故、火災事故その他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。
 10. 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合せください。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。かかる法令を遵守しないことにより生じた損害に関して、当社は、一切その責任を負いません。
 11. 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。当社製品および技術を輸出、販売または移転等する場合は、「外国為替及び外国貿易法」その他日本国および適用される外国の輸出管理関連法規を遵守し、それらの定めるところに従い必要な手続きを行ってください。
 12. お客様が当社製品を第三者に転売等される場合には、事前に当該第三者に対して、本ご注意書き記載の諸条件を通知する責任を負うものいたします。
 13. 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。
 14. 本資料に記載されている内容または当社製品についてご不明な点がございましたら、当社の営業担当者までお問合せください。
- 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が直接的、間接的に支配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。

(Rev.5.0-1 2020.10)

本社所在地

〒135-0061 東京都江東区豊洲 3-2-24（豊洲フォレシア）

www.renesas.com

お問合せ窓口

弊社の製品や技術、ドキュメントの最新情報、最寄の営業お問合せ窓口に関する情報などは、弊社ウェブサイトをご覧ください。

www.renesas.com/contact/

商標について

ルネサスおよびルネサスロゴはルネサス エレクトロニクス株式会社の商標です。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。