

# 自動周波数制御(AFC)

By S. Hellan, O. Stengel

## キーワード

- AFC (Automatic frequency control)
- 自動周波数制御

## はじめに

トランシーバ製品CC1020およびCC1021には、自動周波数制御(AFC: Automatic Frequency Control)という機能が組み込まれています。この機能により、水晶の不正確さや温度ドリフトやエージングが原因で生じる周波数偏差を補償することができます。[1], [2]

トランスミッタに対してレシーバを較正するには、公称中間周波数(IF: intermediate frequency)からのオフセット(ずれ)を測定し、その値に従って動作周波数を変更します。

AFC機能のおかげで水晶の確度要件が緩和されるため、使用する水晶をより安価なものにすることも可能になります。AFCはFSK/GFSK信号には使用できますが、OOK/ASK信号には使用できません。

本アプリケーション・ノートでは、AFCを実行する手順の概要を示します。AFCを使用した場合と使用しない場合両方についての、「レシーバ感度 vs. 周波数オフセット」のプロットを記載しています。

## 目次

キーワード .....	1
はじめに .....	1
自動周波数制御.....	3
測定結果 .....	3
結論.....	15
付録A: AFCの手順.....	16
はじめに .....	16
送信周波数ワード .....	16
受信周波数ワード .....	16
AFC補正係数 .....	17
周波数偏差の補償 .....	17
参考文献 .....	17
改版履歴 .....	17

## 図表目次

図1 AFC vs. 周波数オフセット .....	3
図2 AFC vs. 周波数オフセット .....	5
図3 AFC vs. 周波数オフセット .....	5
図4 AFC vs. 周波数オフセット .....	6
図5 AFC vs. 周波数オフセット .....	6
図6 AFC vs. 周波数オフセット .....	7
図7 AFC vs. 周波数オフセット .....	7
図8 AFC vs. 周波数オフセット .....	8
図9 AFC vs. 周波数オフセット .....	8
図10 AFC vs. 周波数オフセット .....	9
図11 AFC vs. 周波数オフセット .....	9
図12 AFC vs. 周波数オフセット .....	10
図13 AFC vs. 周波数オフセット .....	10
図14 AFC vs. 周波数オフセット .....	11
図15 AFC vs. 周波数オフセット .....	11
図16 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	12
図17 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	12
図18 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	13
図19 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	13
図20 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	14
図21 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	14
図22 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = $10^{-3}$ ) .....	15
表1 システムのパラメータ .....	4

## 自動周波数制御

(公称IFから)受信した信号の平均周波数オフセットは、AFCレジスタで読み取ることができます。符号付き(2の補数)8ビット値 AFC[7:0]を使って、外部トランスミッタと受信デバイス間の周波数オフセットを補償できます。

(公称IFから)受信した信号の平均周波数オフセットは、次の式で求められます。

$$\Delta F = \frac{AFC \cdot \text{Baud\_rate}}{16} \quad (1)$$

ここで、

AFCは、AFCレジスタから読み取られ、10進値に変換されたデジタル値です。

動作周波数を決定するには、構成レジスタで周波数ワードをプログラミングします。周波数ワードにはFREQ\_A[22:0]およびFREQ\_B[22:0]の2つがあり、この2つをプログラミングして2つの異なる周波数を作成することができます。一方の周波数ワードを受信(Rx)用に使い、もう一方を送信(Tx)用に使えば、受信モードと送信モードを非常に高速に切り替えることができます。これらはまた、2つの異なるチャンネルでの受信(または送信)にも利用できます。このアプリケーション・ノートでは、FREQ\_A[22:0]を受信モードに、FREQ\_B[22:0]を送信モードに使用すると仮定します。トランスミッタに対してレシーバを較正するには、測定したオフセット値に従って動作周波数を変更します。新しい周波数は、マイクロコントローラが計算してFREQ\_A[22:0]レジスタに書き込む必要があります。この補償の後では、受信された信号の中心周波数が、デジタル・レシーバのチャンネル・フィルタ帯域幅によりよくマッチするようになります。

AFCはFSK/GFSK信号に使用できますが、OOK/ASK信号には使用できません。

付録Aには、AFCの補正係数を決定するために必要な手順と等式が記載されています。

## 測定結果

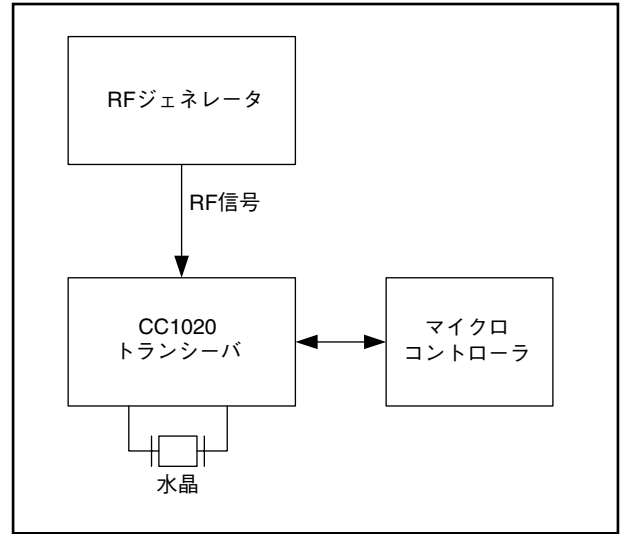


図1. AFC vs. 周波数オフセット

図1は、測定用の装置です。

- 付録Aに記載の手順及び等式に基づくソース・コードは、AVR社のマイクロコントローラATMega8L用に作成されたものです。

キャリア周波数 (MHz)	レシーバのチャンネル・フィルタ帯域幅 (kHz)	データ・レート (kBaud)	周波数分離 (kHz)	図
434	12.288	2.4	4.95	図2 <sup>1</sup> , 図16 <sup>1</sup>
	19.2	4.8	4.95	図3, 図17
	25.6	9.6	9.9	図4
	51.2	19.2	19.8	図5
	102.4	38.4	39.6	図6
	153.6	76.8	72	図7, 図18
	307.2	153.6	144	図8
868	19.2	4.8	4.95	図9, 図19
	25.6	9.6	9.9	図10, 図20
	51.2	19.2	19.8	図11, 図21
	102.4	38.4	39.6	図12
	153.6	76.8	72	図13
	307.2	153.6	144	図14, 図15, 図22

表1. システムのパラメータ

<sup>1</sup>: 選択度特性は最適化済み

表1は、システムのパラメータです。

- AFCレジスタ読み取り値は、様々なボー・レートでの様々な周波数オフセットごとに、PN9シーケンスを使用して記録されます。
- AFC読み取り値は、式1を使用して平均周波数オフセットに変換されます。
- 図2～図15に示すのは、適用周波数オフセットの関数として平均周波数オフセットを計算したものです。AFC\_CONTROL.SETTLING [1:0]は3に設定されます。これは最も正確な設定です。AFC\_CONTROL.SETTLING [1:0]=3の場合には、4組の0-1ビットペアについて周波数オフセットが平均されます。
- AFC\_CONTROL.SETTLING [1:0]を1に設定した場合の、2つの設定もテストされます。より高速ですが、正確さでは劣る設定です (図4と図15)。AFC\_CONTROL.SETTLING [1:0]=1の場合には、1組の0-1ビットペアについて周波数オフセットが平均されます。

- ほとんどの読み取り値は「RF入力=-80または-90dBm」で記録されますが、それ以外のRF入力を交えた4つの設定もテストされます。(図2、図3、図9、図14)
- 感度はAFCでなく、PN9シーケンスを使って測定されます。図16～図22に示すのは、ビット・エラー・レート (BER) が10<sup>-3</sup>の場合の入力電力レベルです。
- 図16～図22に示す、AFCが実行される場合の入力電力レベルは、周波数オフセットの補償に十分なほどの正確さを持つAFC読み取り値を提供できる最低限の値です。RFの入力レベルはAFCの後も変わりません。周波数オフセットが0kHzの場合の感度は、BER=10<sup>-3</sup>に相当します。測定にはPN9シーケンスが使用されます。
- 測定はすべて、3Vおよび27°Cという条件で行われます。
- ケーブル損失は、感度の測定では考慮されません。

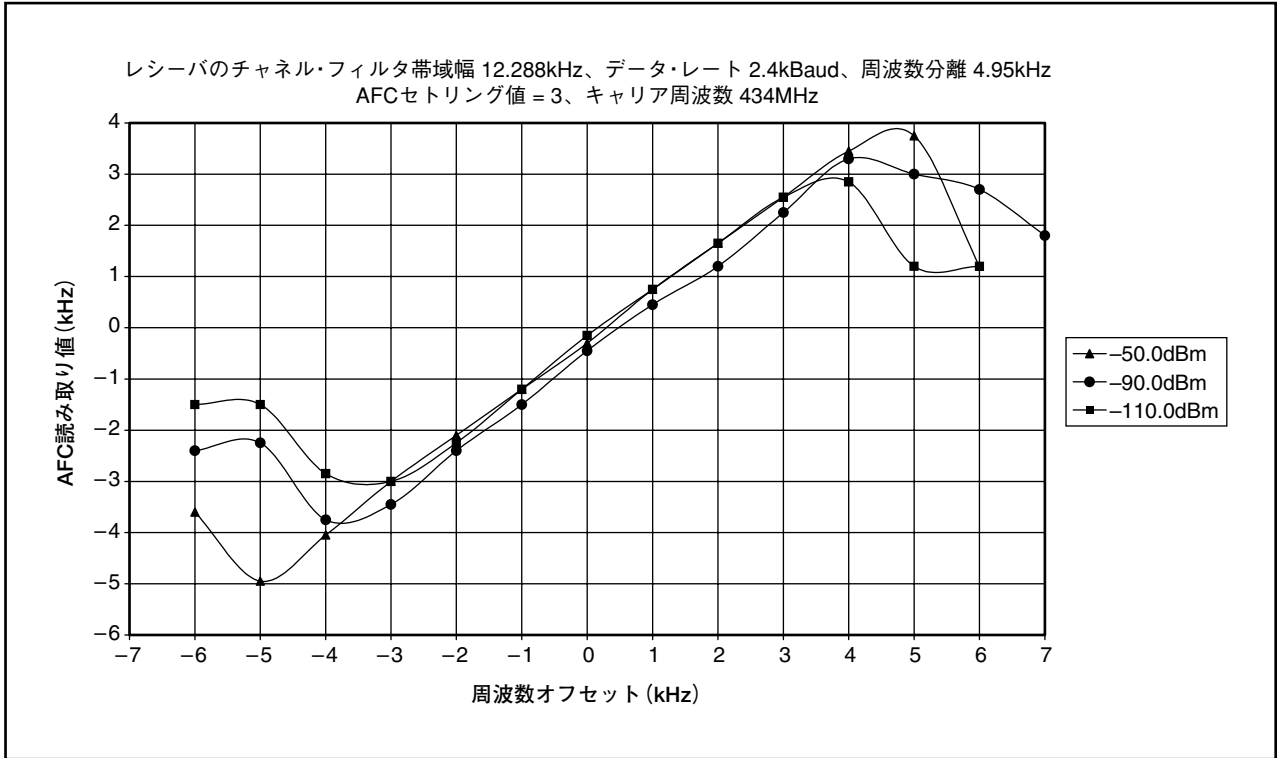


図2. AFC vs. 周波数オフセット

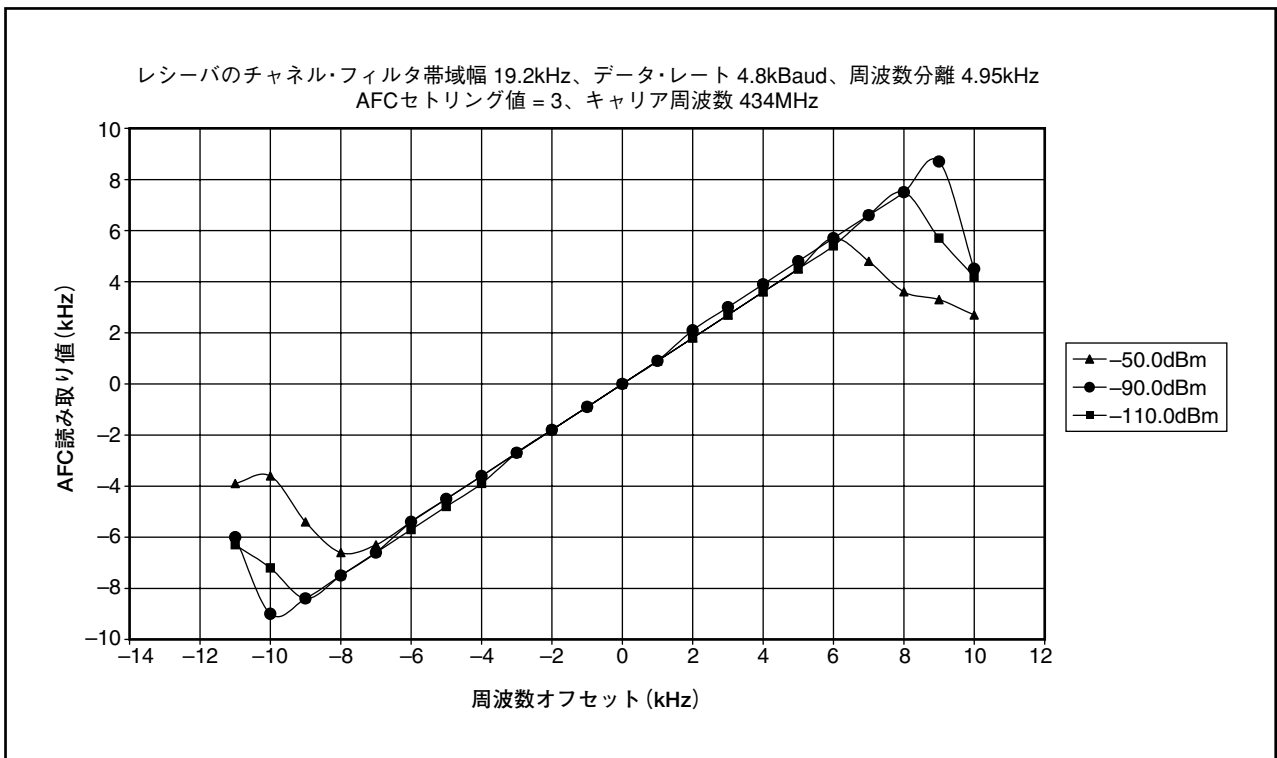


図3. AFC vs. 周波数オフセット

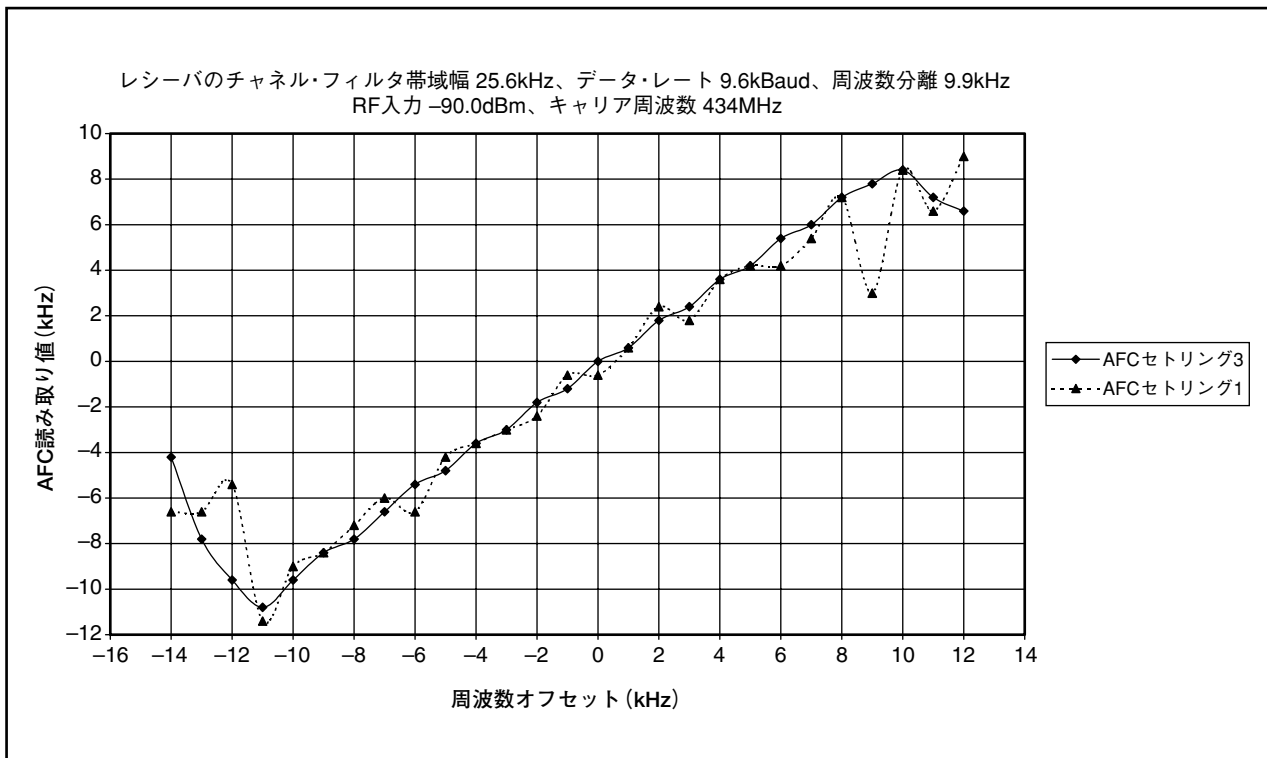


図4. AFC vs. 周波数オフセット

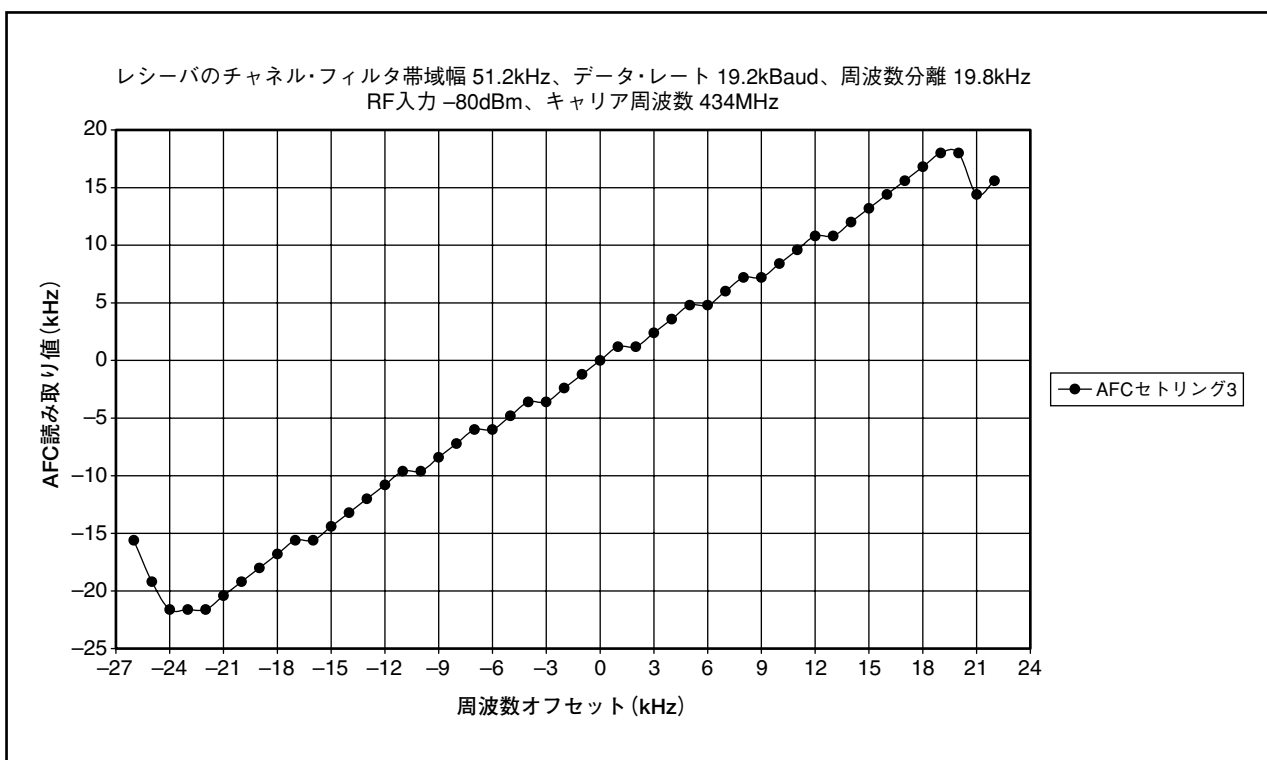


図5. AFC vs. 周波数オフセット

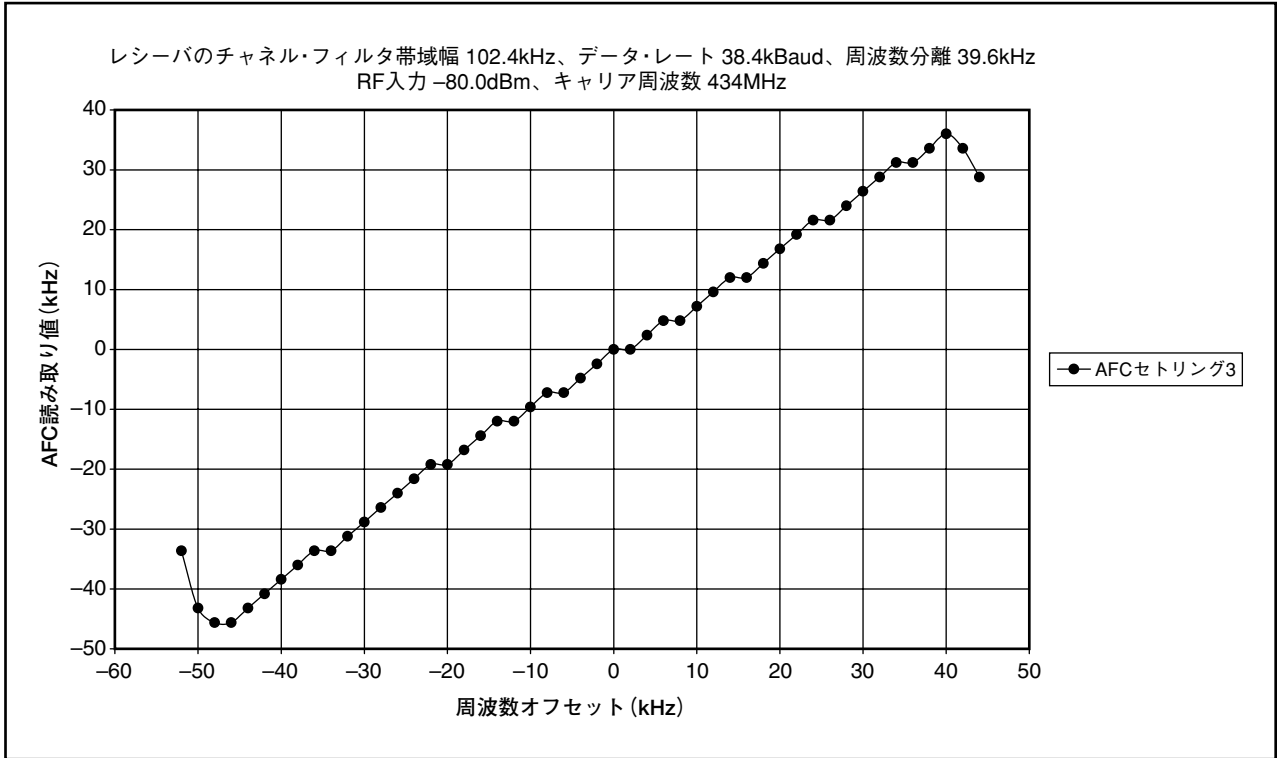


図6. AFC vs. 周波数オフセット

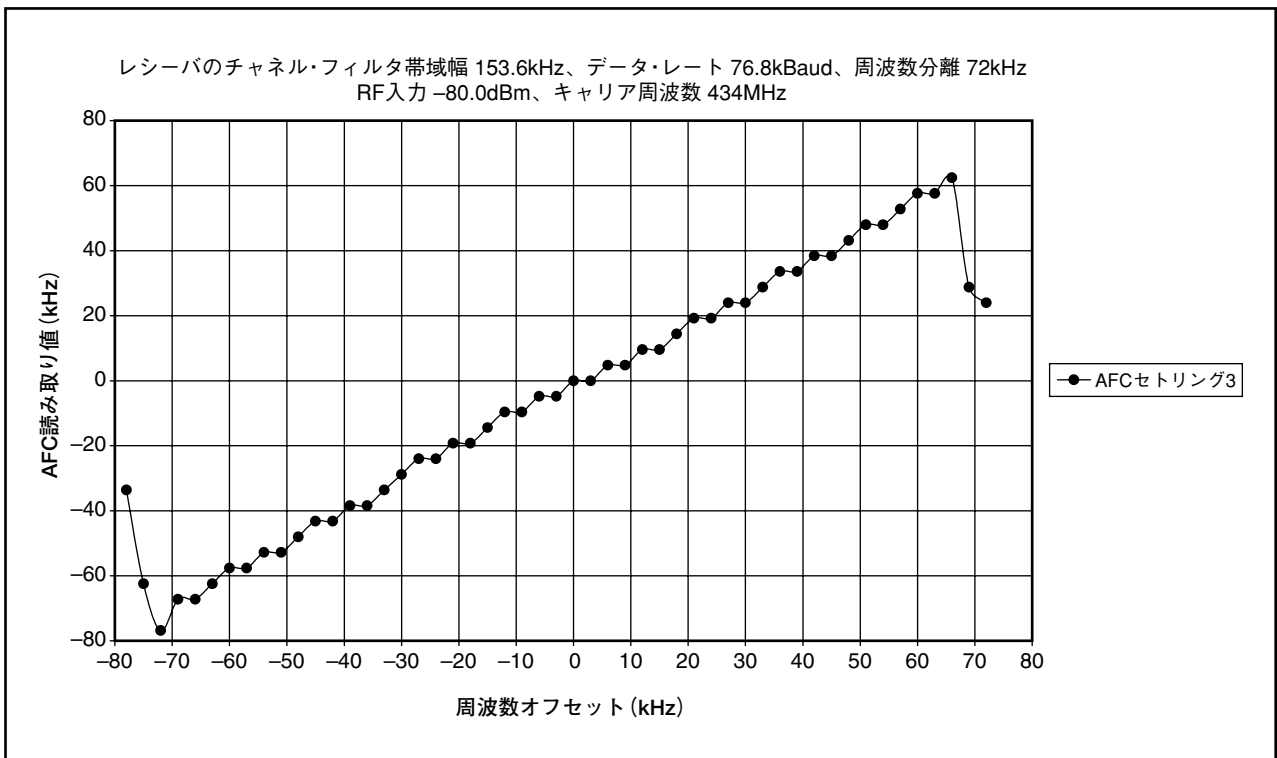


図7. AFC vs. 周波数オフセット

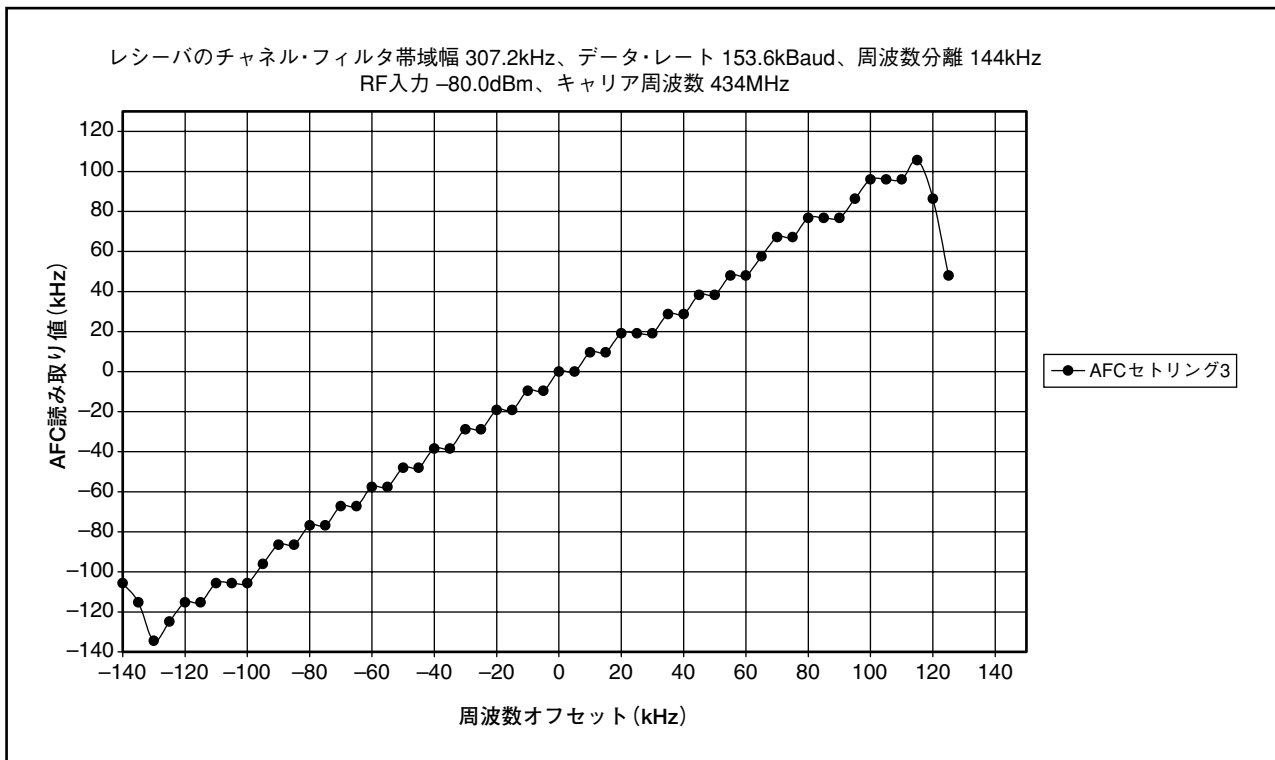


図8. AFC vs. 周波数オフセット

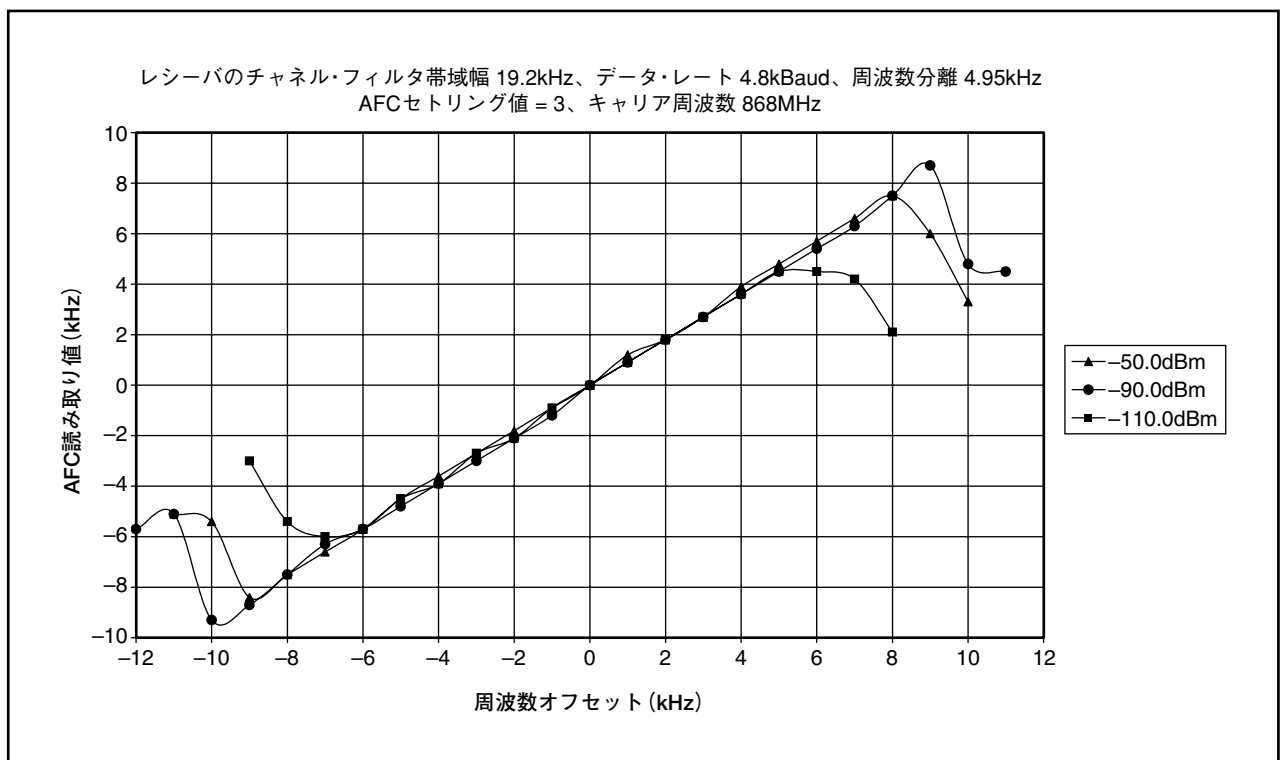


図9. AFC vs. 周波数オフセット



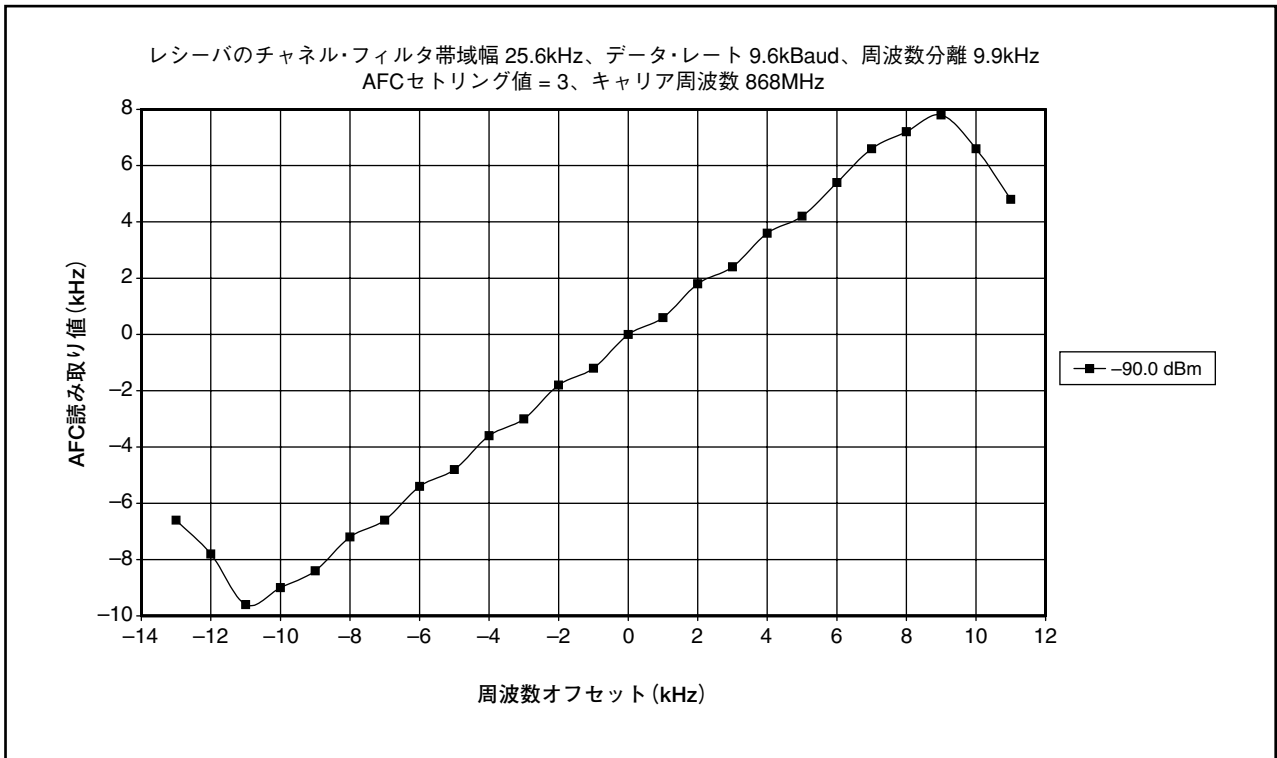


図10. AFC vs. 周波数オフセット

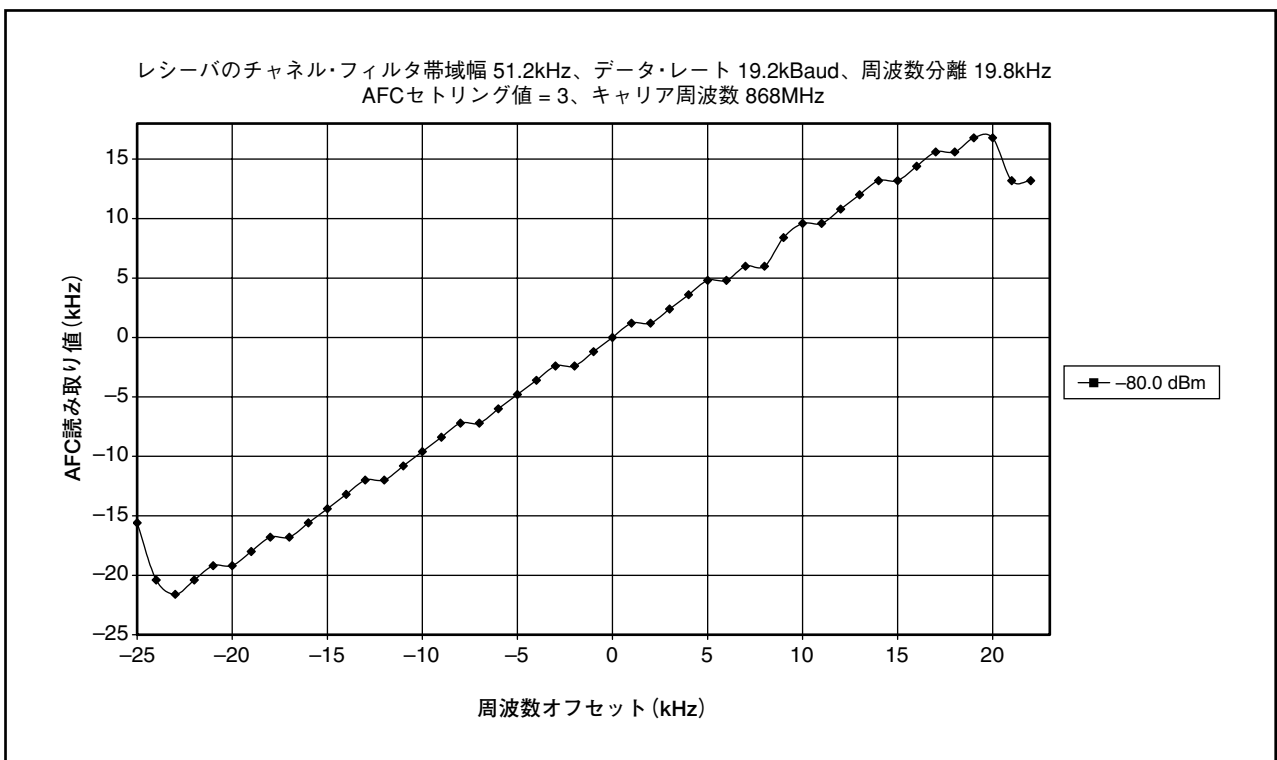


図11. AFC vs. 周波数オフセット

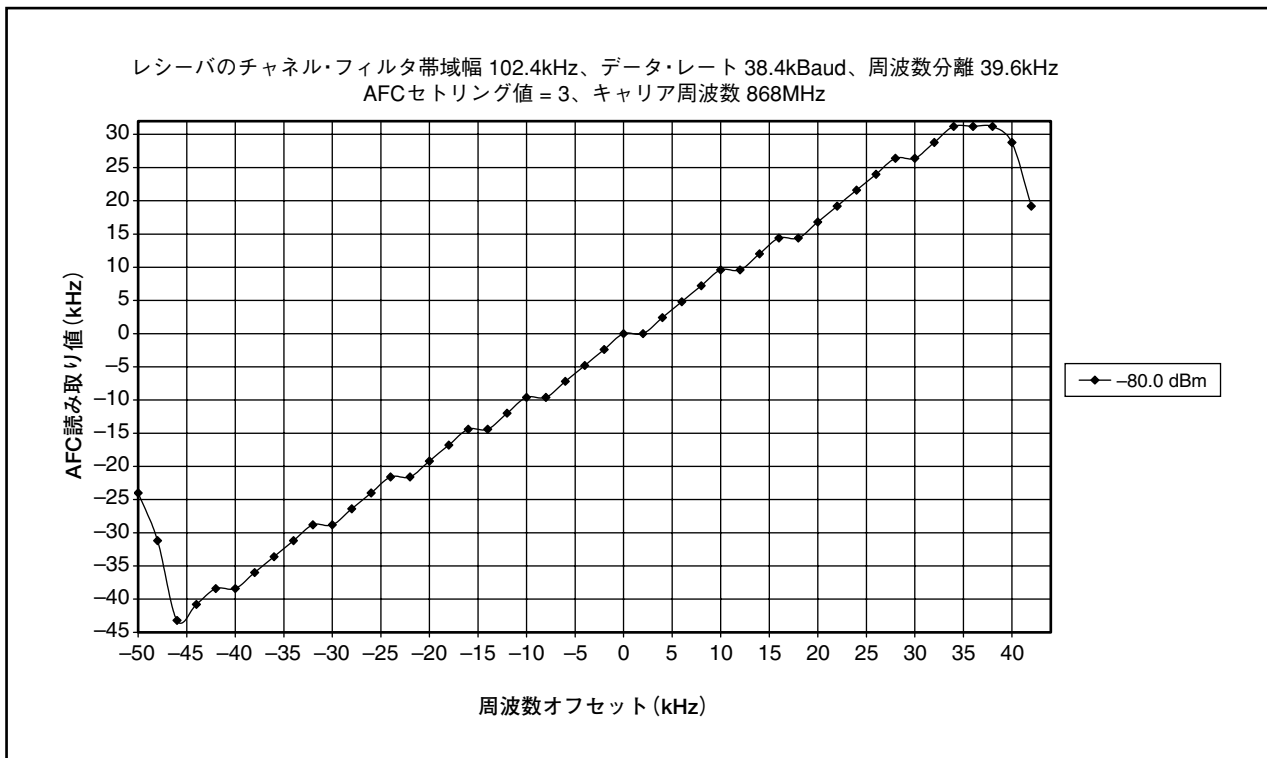


図12. AFC vs. 周波数オフセット

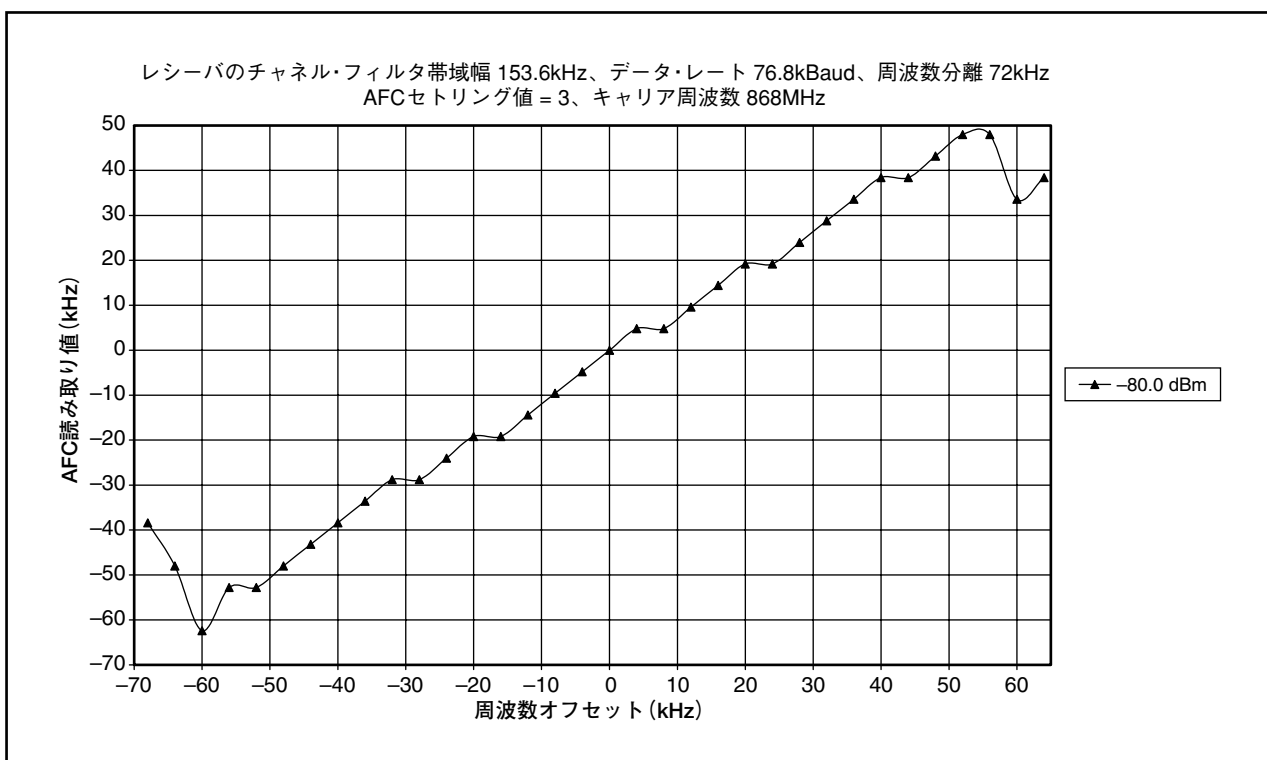


図13. AFC vs. 周波数オフセット

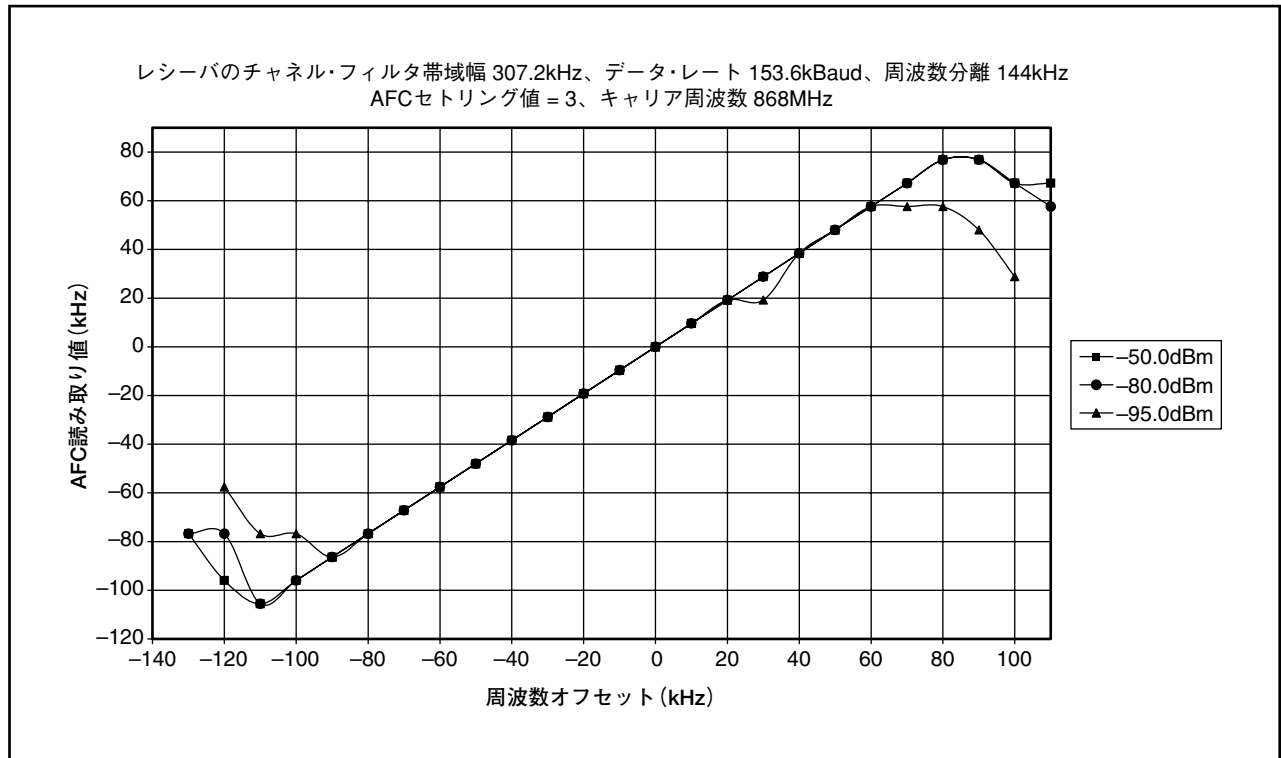


図14. AFC vs. 周波数オフセット

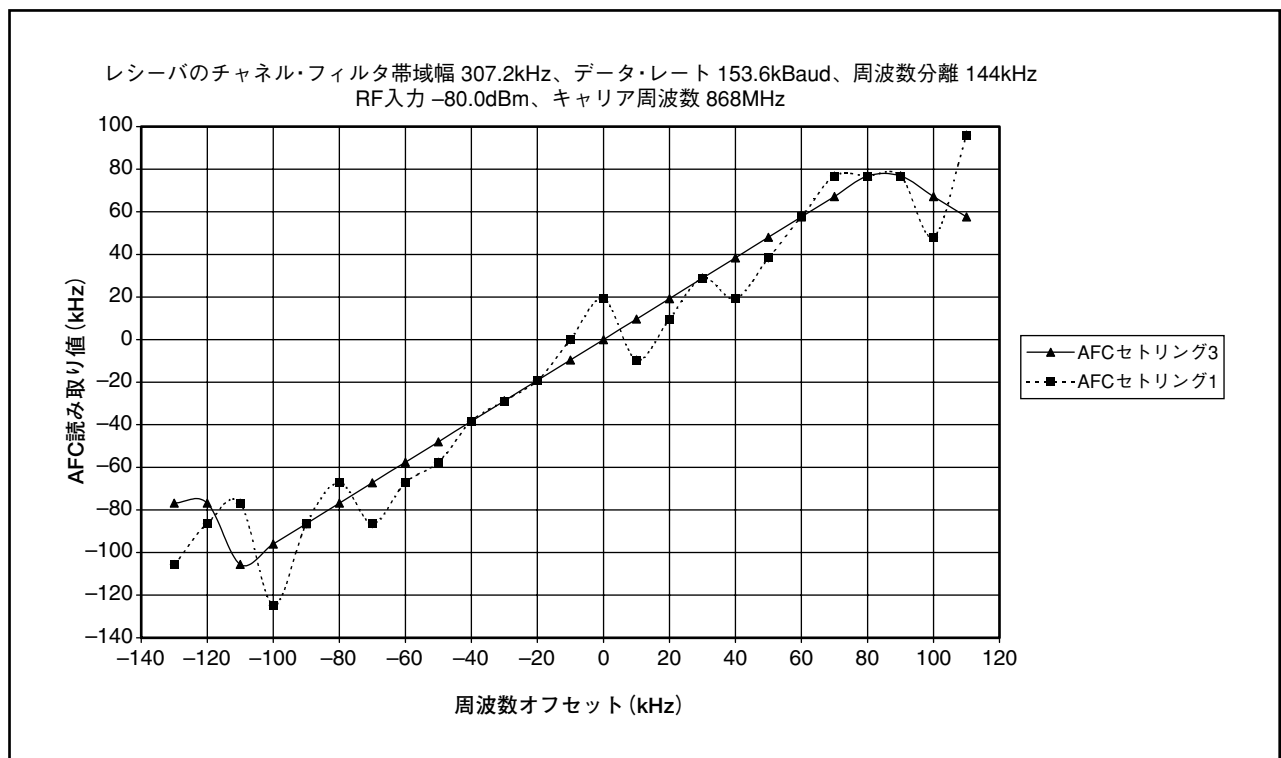


図15. AFC vs. 周波数オフセット

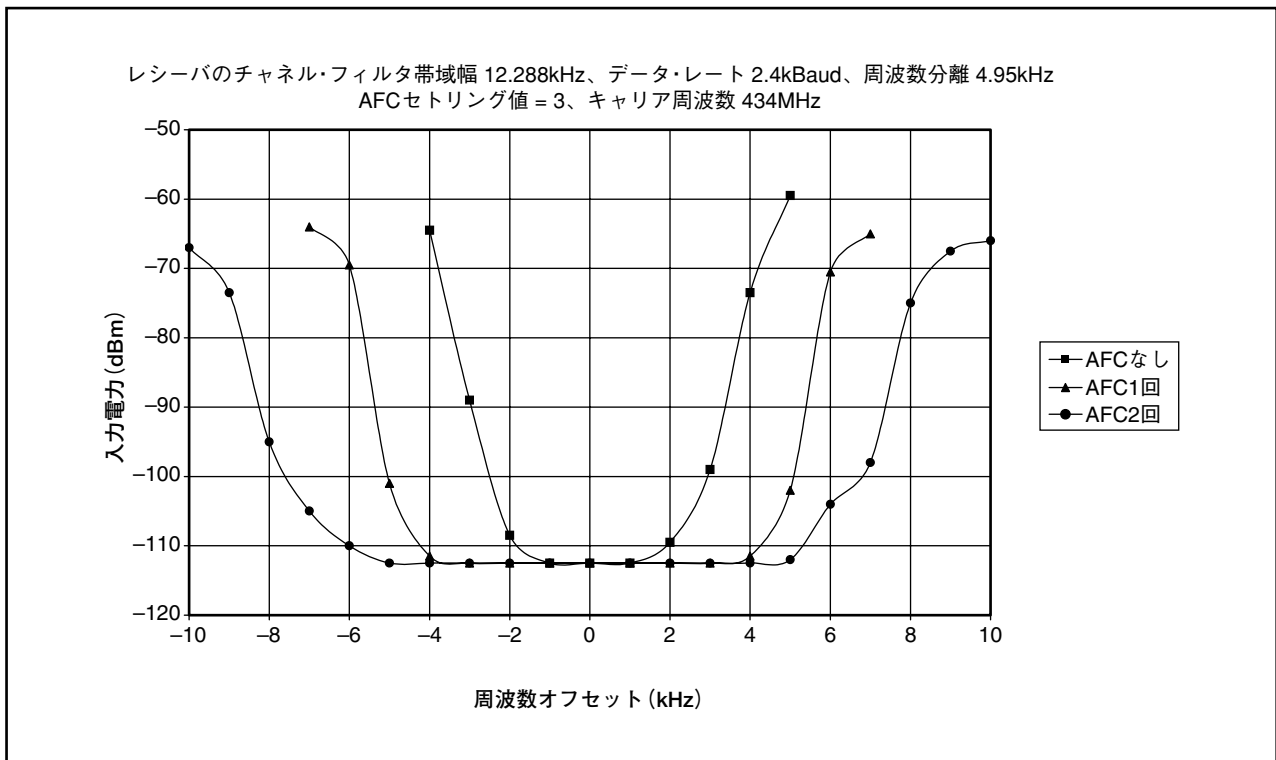


図16. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER =  $10^{-3}$ )

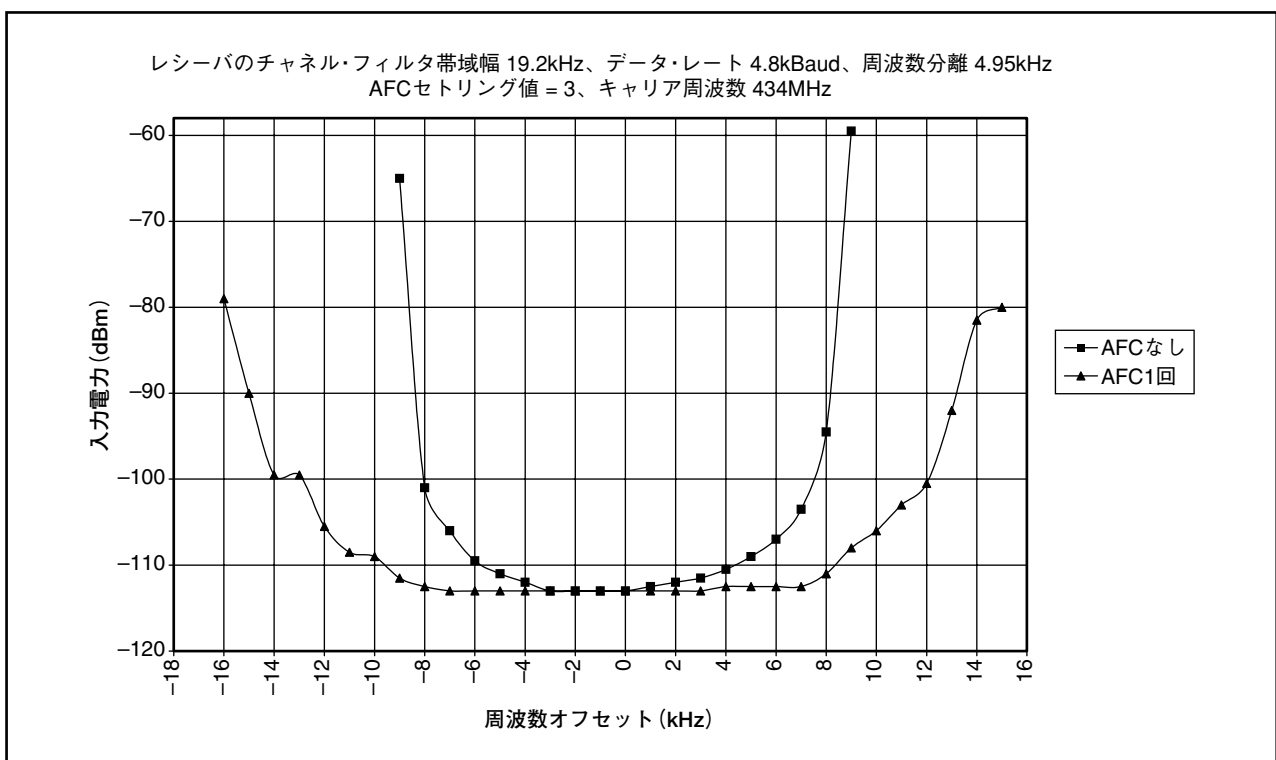


図17. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER =  $10^{-3}$ )

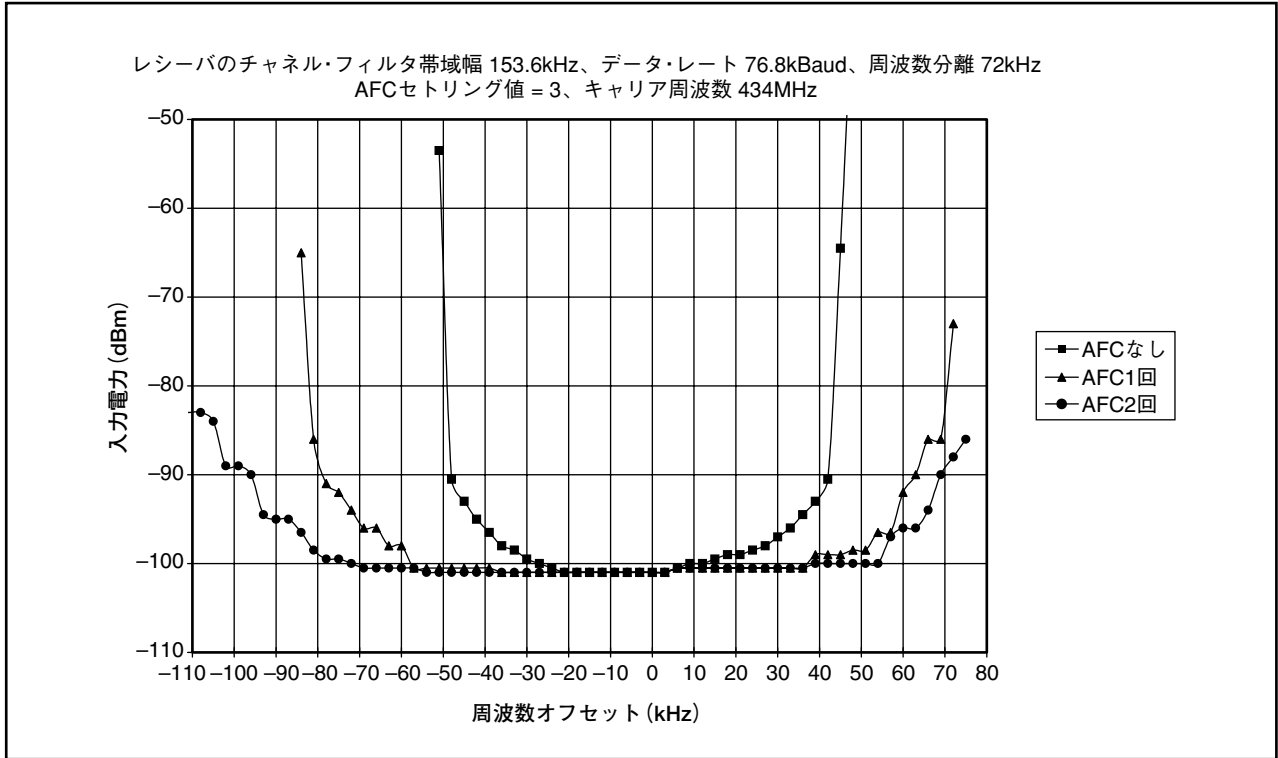


図18. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = 10<sup>-3</sup>)

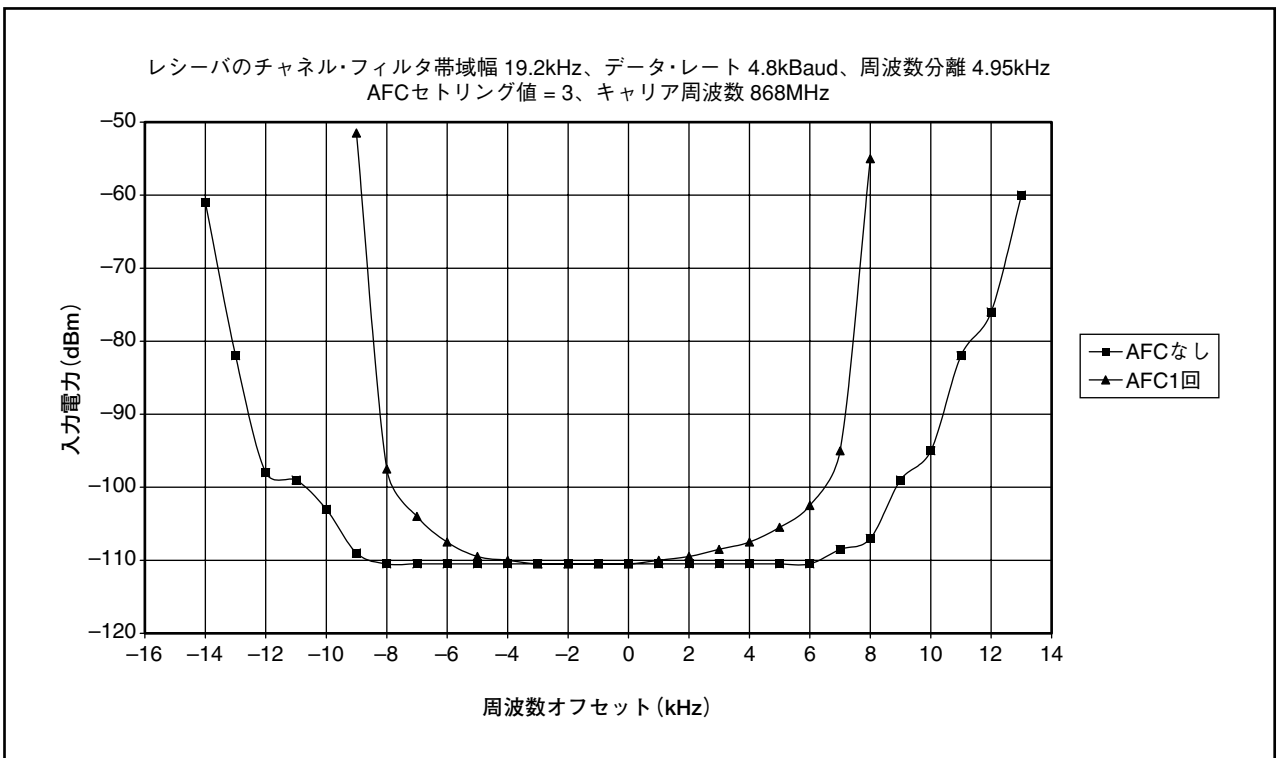


図19. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER = 10<sup>-3</sup>)

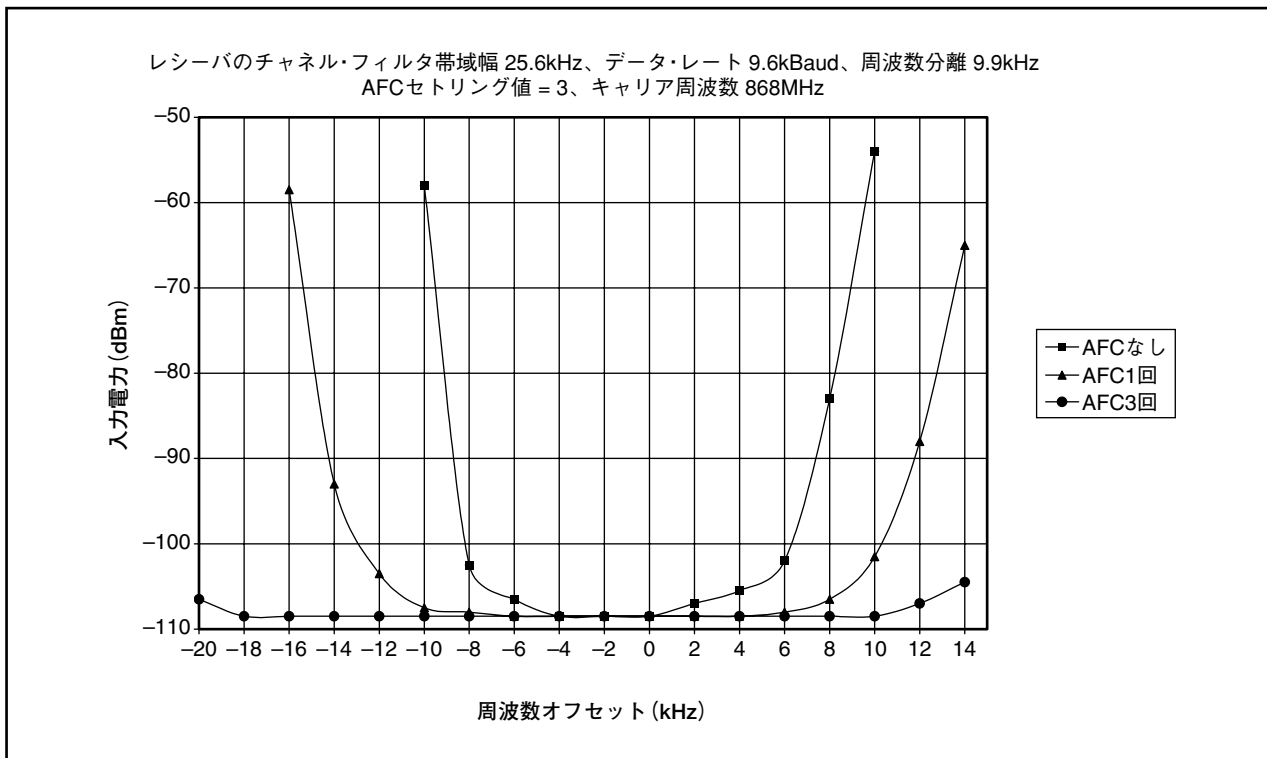


図20. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER =  $10^{-3}$ )

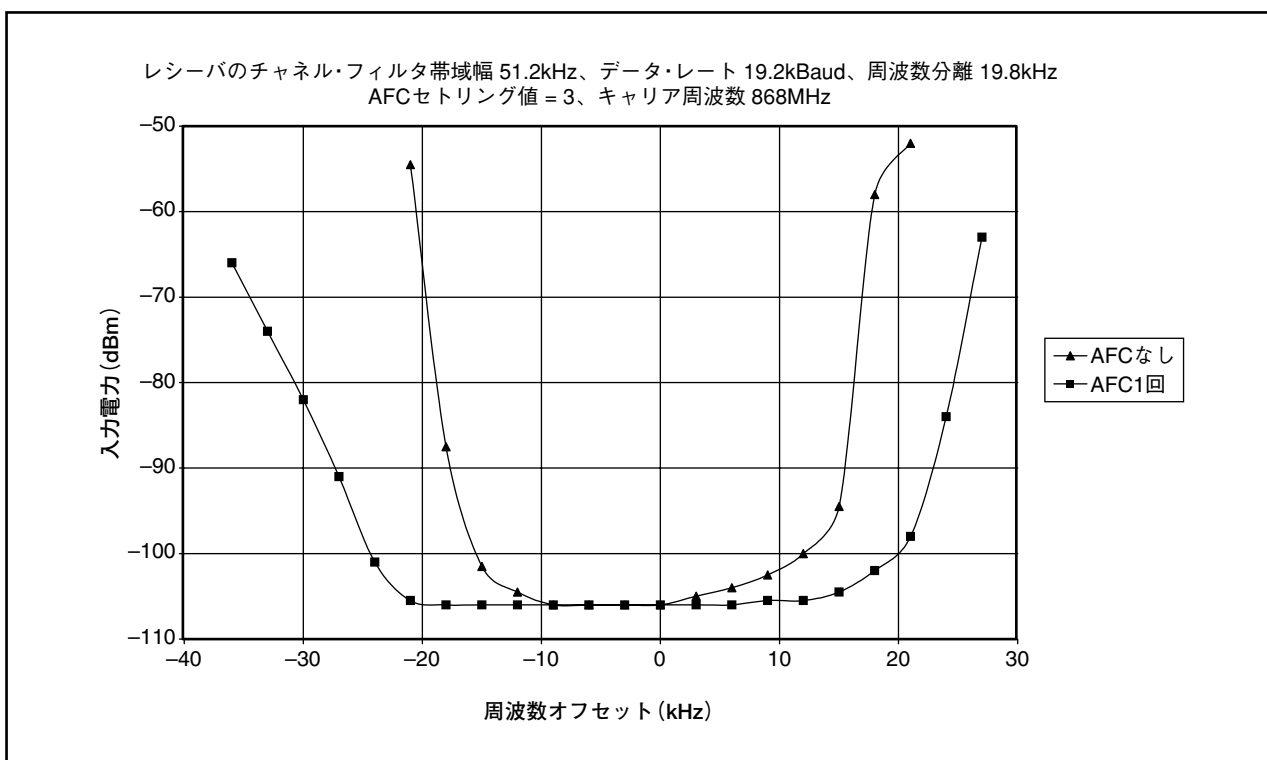


図21. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER =  $10^{-3}$ )

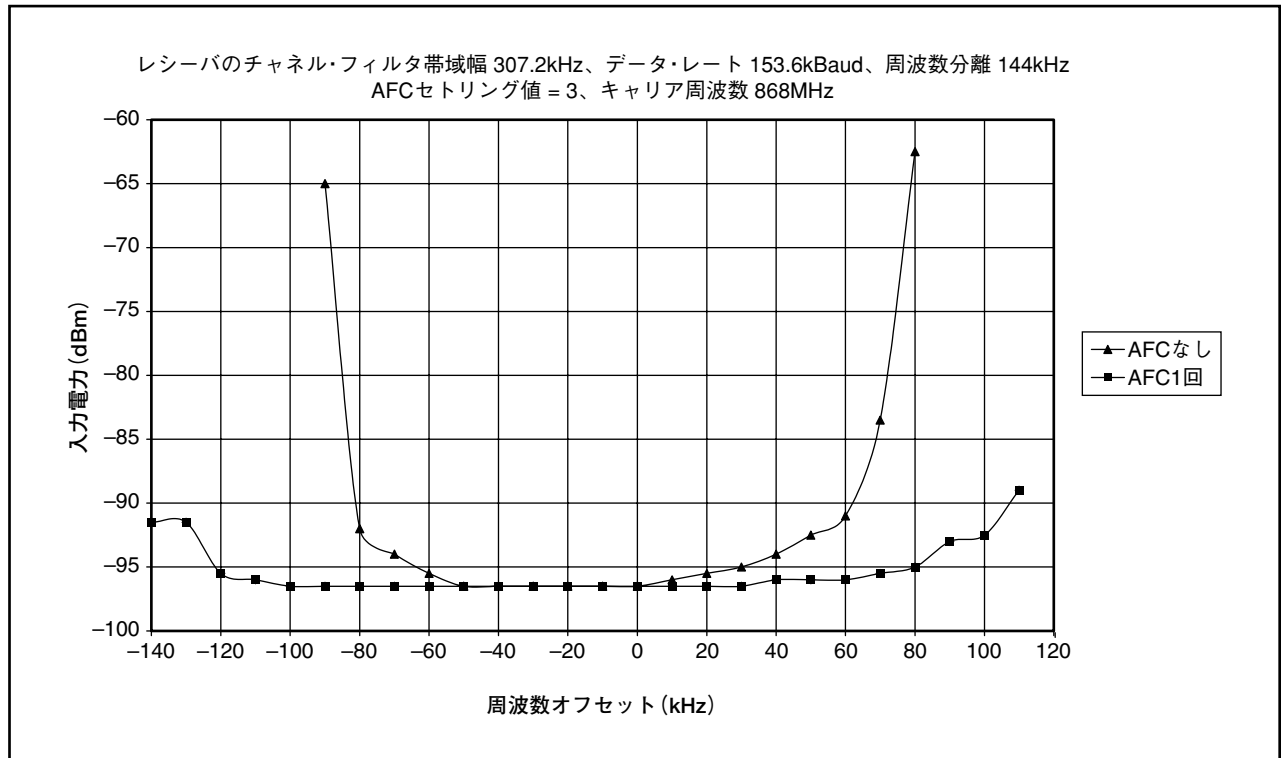


図22. 入力電力 vs. 周波数オフセット (AFCによる補正がない場合のBER =  $10^{-3}$ )

## 結論

AFCオプションを使用する時に、トランスミッタから定期的に送信できるデータ・パケットがあります。このデータ・パケットは、レシーバによる周波数ドリフト補償のみを目的としたものです。このデータ・パケットを受信すると、レシーバはLO周波数を調整してAFCを実行します。レシーバが補償を完了すると、トランスミッタは実データを送信できるようになります。また、レシーバによる周波数ドリフト補償専用のこのデータは、トランスミッタによる送信に付随させて送ることもできます。この場合、トランスミッタから送信される完全なデータ・パケットは、周波数ドリフト補償専用のデータ、プリアンブル、syncワード、およびデータのペイロードで構成されます。レシーバは、このデータ・パケットの先頭部分を受信している間にAFC読み取り値をチェックし、LO周波数を調整します。

周波数オフセットが大きい場合、レシーバはデータを正確にデコードできません。できるのは、レシーバのチャンネル・フィルタ帯域幅内に信号があると検知することだけです。このように、(例えばノイズや未知のトランスミッタ等が原因で) 検知された信号が周波数ドリフト補償用の有効なデータを持たない場合に備えて、レシーバにはLO周波数をリセットしてAFCより前の値に戻すというオプションを組み込む必要があります。

AFCを2回以上繰り返す時間がプロトコルにある場合は、

感度を劣化させずに大きな周波数オフセットを許容できる可能性があります。(図16、図18、図20を参照)

AFCの機能が図16～図22に示すように利用されれば、水晶精度要件が緩和されます。

注意する必要があるのは、図16～図22では、AFCが実行されない場合の入力電力レベルでのBERが $10^{-3}$ となっていることです。AFCが実行される場合の入力電力レベルは、周波数オフセットの補償に十分なほどの正確さを持つAFC読み取り値を提供できる最小限の値です。入力電力レベルが変わらず、AFCの後では周波数オフセットが0kHzに近くなると仮定すると、BERは $10^{-3}$ 以下になります。

AFC\_CONTROL.SETTLING [1:0] は、AFCセトリング時間vs. 精度を制御します。図4～図15を見ると、セトリング時間を最速にする必要が特にかぎりに、AFC\_CONTROL.SETTLING [1:0] = 3と設定して精度を最適にする必要があることが分かります。図2～図15を見て分かるのは、周波数オフセットが小さい場合は、式1を使用して周波数オフセットに変換されたAFC読み取り値が適用オフセットの値に対応していることです。

図2～図15ではまた、周波数オフセットが大きい場合は、式1を使用して周波数オフセットに変換されたAFC読み取り値が、適用オフセットの値より小さくなることも示しています。これは式1の代わりに非線形関数を使用することによって、ソフトウェアで補償することができます。

## 付録A：AFCの手順

### はじめに

動作周波数を設定するには、構成レジスタを使用して周波数ワードをプログラミングします。周波数ワードには  $FREQ\_A[22:0]$  および  $FREQ\_B[22:0]$  の2つがあり、この2つをプログラミングして2つの異なる周波数を作成することができます。一方の周波数ワードを受信(Rx)用に使い、もう一方を送信(Tx)用に使えば、受信モードと送信モードを非常に高速に切り替えることができます。これらはまた、2つの異なるチャンネルでの受信(または送信)にも利用できます。このアプリケーション・ノートでは、 $FREQ\_A[22:0]$  を受信モードに、 $FREQ\_B[22:0]$  を送信モードに使用すると仮定します。

### 送信周波数ワード

$FREQ\_B[22:0]$  を  $[FREQ\_TX : DITHER]$  と定義します。ここで、 $FREQ\_TX$  はビット22～ビット1であり、 $DITHER$  はビット0です。

- 1)  $FREQ\_TX$  の10進値を計算します。この値は次のように、所要のキャリア周波数に対応しています。

804～960 MHz 帯では

$$FREQ\_TX = \left[ \frac{f_{cd} (REF\_DIV + 1)}{f_{xosc}} - \frac{3}{2} \right] \cdot 16384 - 0.5 \cdot DITHER \quad (2a)$$

402～480MHz 帯では

$$FREQ\_TX = \left[ \frac{f_{cd} (REF\_DIV + 1)}{f_{xosc}} - \frac{3}{4} \right] \cdot 32768 - 0.5 \cdot DITHER \quad (2b)$$

ここで、

$f_{cd}$  は所要のRFキャリア周波数、  
 $f_{xosc}$  は水晶発振器の公称周波数、  
 $REF\_DIV$  は基準周波数分周器です。 $REF\_DIV$  は、  
 $CLOCK\_A$  レジスタと  $CLOCK\_B$  レジスタで設定されます。

- 2)  $FREQ\_TX$  を、最も近い整数値に丸めます。
- 3)  $FREQ\_B[22:0]$  レジスタの内容(10進値)を、次のように計算します。

$$FREQ\_B = 2 \cdot FREQ\_TX + DITHER \quad (3)$$

### 受信周波数ワード

$FREQ\_A[22:0]$  を  $[FREQ\_RX : DITHER]$  と定義します。ここで、 $FREQ\_RX$  はビット22～ビット1であり、 $DITHER$  はビット0です。

- 1)  $FREQ\_RX$  の10進値を計算します。この値は次のように、所要のキャリア周波数に対応しています。

804～960 MHz 帯では

$$FREQ\_RX = \left[ \frac{(f_{cd} - IF) \cdot (REF\_DIV + 1)}{f_{xosc}} - \frac{3}{2} \right] \cdot 16384 - 0.5 \cdot DITHER \quad (4a)$$

402～480MHz 帯では

$$FREQ\_RX = \left[ \frac{(f_{cd} - IF) \cdot (REF\_DIV + 1)}{f_{xosc}} - \frac{3}{4} \right] \cdot 32768 - 0.5 \cdot DITHER \quad (4b)$$

$IF$  は中間周波数であり、次のように計算されます。

$$IF = \frac{ADC\_CLK}{4} = \frac{f_{xosc}}{4 \cdot (ADC\_DIV \cdot 2 + 2)} \quad (5)$$

ここで、

$IF$  周波数は可能な限り307.2kHzに近い値である必要があります。

$f_{xosc}$  は水晶発振器の公称周波数、  
 $ADC\_CLK$  はADCクロック周波数、  
 $ADC\_DIV$  はADCのクロック分周器です。 $ADC\_DIV$  は、  
 $MODEM$  レジスタに設定されます。

- 2)  $FREQ\_RX$  を、最も近い整数値に丸めます。
- 3) The  $FREQ\_A[22:0]$  レジスタの内容(10進値)を、次のように計算します。

$$FREQ\_A = 2 \cdot FREQ\_RX + DITHER \quad (6)$$



### AFC補正係数

AFCの補正係数  $FREQ\_ERR$  を、次のように計算します。

- 1) AFCレジスタを読み取ります。
- 2) 平均周波数オフセットをppmに変換します。

$$AFC_{error} = \frac{AFC \cdot Baud\_rate}{16 \cdot f_{cd}} \quad (7)$$

ここで、

$f_{cd}$  は所要のRF キャリア周波数 (単位: MHz)、  
 ボー・レートの単位はHz、  
 AFCはAFCレジスタから読み取られ、10進値に変換されたデジタル値です。

- 3) AFC補正係数、 $FREQ\_ERR$  を計算します。

804~960 MHz 帯では

$$FREQ\_ERR = \left[ \frac{16384 \cdot (REF\_DIV + 1)}{f_{xosc}} \right] \cdot f_{cd} \cdot AFC_{error} \quad (8a)$$

402~480MHz 帯では

$$FREQ\_ERR = \left[ \frac{32768 \cdot (REF\_DIV + 1)}{f_{xosc}} \right] \cdot f_{cd} \cdot AFC_{error} \quad (8b)$$

- 4)  $FREQ\_ERR$  を、最も近い整数値に丸めます。

### 周波数偏差の補償

新しい $FREQ\_A$  [22:0] 周波数ワードを次のように計算し、周波数偏差を補償します。

$$FREQ\_A (new) = FREQ\_A + 2 \cdot FREQ\_ERR \quad (9)$$

## 参考文献

- [1] Chipcon, CC1020 データシート。 <http://www.chipcon.com> からダウンロード可能。
- [2] Chipcon, CC1021 データシート。 <http://www.chipcon.com> からダウンロード可能。

## 改版履歴

改版	日付	説明 / 変更
1.0	2004年8月	初版

# ご注意

日本テキサス・インスツルメンツ株式会社(以下TIJといひます)及びTexas Instruments Incorporated(TIJの親会社、以下TIJないしTexas Instruments Incorporatedを総称してTIといひます)は、その製品及びサービスを任意に修正し、改善、改良、その他の変更をし、もしくは製品の製造中止またはサービスの提供を中止する権利を留保します。従いまして、お客様は、発注される前に、関連する最新の情報を取得して頂き、その情報が現在有効かつ完全なものであるかどうかをご確認下さい。全ての製品は、お客様とTIJとの間に取引契約が締結されている場合は、当該契約条件に基づき、また当該取引契約が締結されていない場合は、ご注文の受諾の際に提示されるTIJの標準販売契約約款に従って販売されます。

TIは、そのハードウェア製品が、TIの標準保証条件に従い販売時の仕様に対応した性能を有していること、またはお客様とTIJとの間で合意された保証条件に従い合意された仕様に対応した性能を有していることを保証します。検査およびその他の品質管理技法は、TIが当該保証を支援するのに必要とみなす範囲で行なわれております。各デバイスの全てのパラメータに関する固有の検査は、政府がそれ等の実行を義務づけている場合を除き、必ずしも行なわれておりません。

TIは、製品のアプリケーションに関する支援もしくはお客様の製品の設計について責任を負うことはありません。TI製部品を使用しているお客様の製品及びそのアプリケーションについての責任はお客様にあります。TI製部品を使用したお客様の製品及びアプリケーションについて想定される危険を最小のものとするため、適切な設計上および操作上の安全対策は、必ずお客様にてお取り下さい。

TIは、TIの製品もしくはサービスが使用されている組み合わせ、機械装置、もしくは方法に関連しているTIの特許権、著作権、回路配置利用権、その他のTIの知的財産権に基づいて何らかのライセンスを許諾するということは明示的にも黙示的にも保証も表明もしていません。TIが第三者の製品もしくはサービスについて情報を提供することは、TIが当該製品もしくはサービスを使用することについてライセンスを与えるとか、保証もしくは承認をすることを意味しません。そのような情報を使用するには第三者の特許その他の知的財産権に基づき当該第三者からライセンスを得なければならない場合もあり、またTIの特許その他の知的財産権に基づきTIからライセンスを得て頂かなければならない場合もあります。

TIのデータ・ブックもしくはデータ・シートの中にある情報を複製することは、その情報に一切の変更を加えること無く、かつその情報と結び付けられた全ての保証、条件、制限及び通知と共に複製がなされる限りにおいて許されるものとします。当該情報に変更を加えて複製することは不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような変更された情報や複製については何の義務も責任も負いません。

TIの製品もしくはサービスについてTIにより示された数値、特性、条件その他のパラメータと異なる、あるいは、それを超えてなされた説明で当該TI製品もしくはサービスを再販売することは、当該TI製品もしくはサービスに対する全ての明示的保証、及び何らかの黙示的保証を無効にし、かつ不正で誤認を生じさせる行為です。TIは、そのような説明については何の義務も責任もありません。

TIは、TIの製品が、安全でないことが致命的となる用途ないしアプリケーション(例えば、生命維持装置のように、TI製品に不良があった場合に、その不良により相当な確率で死傷等の重篤な事故が発生するようなもの)に使用されることを認めておりません。但し、お客様とTIの双方の権限有る役員が書面でそのような使用について明確に合意した場合は除きます。たとえTIがアプリケーションに関連した情報やサポートを提供したとしても、お客様は、そのようなアプリケーションの安全面及び規制面から見た諸問題を解決するために必要とされる専門的知識及び技術を持ち、かつ、お客様の製品について、またTI製品をそのような安全でないことが致命的となる用途に使用することについて、お客様が全ての法的責任、規制を遵守する責任、及び安全に関する要求事項を満足させる責任を負っていることを認め、かつそのことに同意します。さらに、もし万一、TIの製品がそのような安全でないことが致命的となる用途に使用されたことによって損害が発生し、TIないしその代表者がその損害を賠償した場合は、お客様がTIないしその代表者にその全額の補償をするものとします。

TI製品は、軍事的用途もしくは宇宙航空アプリケーションないし軍事的環境、航空宇宙環境にて使用されるようには設計もされていませんし、使用されることを意図されていません。但し、当該TI製品が、軍需対応グレード品、若しくは「強化プラスチック」製品としてTIが特別に指定した製品である場合は除きます。TIが軍需対応グレード品として指定した製品のみが軍需品の仕様書に合致いたします。お客様は、TIが軍需対応グレード品として指定していない製品を、軍事的用途もしくは軍事的環境下で使用することは、もっぱらお客様の危険負担においてなされるということ、及び、お客様がもっぱら責任をもって、そのような使用に関して必要とされる全ての法的要求事項及び規制上の要求事項を満足させなければならないことを認め、かつ同意します。

TI製品は、自動車用アプリケーションないし自動車の環境において使用されるようには設計されていませんし、また使用されることを意図されていません。但し、TIがISO/TS 16949の要求事項を満たしていると特別に指定したTI製品は除きます。お客様は、お客様が当該TI指定品以外のTI製品を自動車用アプリケーションに使用しても、TIは当該要求事項を満たしていなかったことについて、いかなる責任も負わないことを認め、かつ同意します。

Copyright © 2009, Texas Instruments Incorporated  
日本語版 日本テキサス・インスツルメンツ株式会社

## 弊社半導体製品の取り扱い・保管について

半導体製品は、取り扱い、保管・輸送環境、基板実装条件によっては、お客様での実装前後に破壊/劣化、または故障を起こすことがあります。

弊社半導体製品のお取り扱い、ご使用にあたっては下記の点を遵守して下さい。

### 1. 静電気

素手で半導体製品単体を触らないこと。どうしても触る必要がある場合は、リストストラップ等で人体からアースをとり、導電性手袋等をして取り扱うこと。

弊社出荷梱包単位(外装から取り出された内装及び個装)又は製品単品で取り扱いを行う場合は、接地された導電性のテーブル上で(導電性マットにアースをとったもの等)、アースをした作業者が行うこと。また、コンテナ等も、導電性のものを使うこと。

マウンタやはんだ付け設備等、半導体の実装に関わる全ての装置類は、静電気の帯電を防止する措置を施すこと。前記のリストストラップ・導電性手袋・テーブル表面及び実装装置類の接地等の静電気帯電防止措置は、常に管理されその機能が確認されていること。

### 2. 温・湿度環境

温度: 0~40、相対湿度: 40~85%で保管・輸送及び取り扱いを行うこと。(但し、結露しないこと。)

直射日光があたる状態で保管・輸送しないこと。

### 3. 防湿梱包

防湿梱包品は、開封後は個別推奨保管環境及び期間に従い基板実装すること。

### 4. 機械的衝撃

梱包品(外装、内装、個装)及び製品単品を落下させたり、衝撃を与えないこと。

### 5. 熱衝撃

はんだ付け時は、最低限260以上の高温状態に、10秒以上さらさないこと。(個別推奨条件がある時はそれに従うこと。)

### 6. 汚染

はんだ付け性を損なう、又はアルミ配線腐食の原因となるような汚染物質(硫黄、塩素等ハロゲン)のある環境で保管・輸送しないこと。はんだ付け後は十分にフラックスの洗浄を行うこと。(不純物含有率が一定以下に保証された無洗浄タイプのフラックスは除く。)

以上