# GP2Y0E02A,GP2Y0E02B,GP2Y0E03 アプリケーションノート

目次　　頁


１．概要　・・・

## １．概要

GP2Y0E シリーズはアクティブ型の光学式測距センサです。三角測量の原理により、測定対象物で反射した光が受光素子上に作る光スポットの位置情報を検出し、測定対象物までの距離を測定します。受光素子に CMOS イメージセンサを採用することにより、小型でありながら高精度の距離測定をすることができます。また、本シリーズは距離キャリブレーション実施済みですのでお客様で特別な距離出力の補正をしていただく必要がありません。距離の出力形態および動作電源電圧が異なる 3 機種があり、それぞれの差異は表 1 の通りです。

表１　GP2Y0E シリーズ一覧

| | 距離出力形態 | 端子数 | 電源電圧 | 検出距離 |
|---|---|---|---|---|
| GP2Y0E02A | アナログ | 4 | 2.7～3.3V | 4～50cm |
| GP2Y0E02B | デジタル（I²C バス） | 4 | 2.7～3.3V | 4～50cm |
| GP2Y0E03 | アロナグ<br>デジタル（I²C バス） | 7 | 2.7～5.5V<br>(*) | 4～50cm |

(*)
3.3V 以下の場合は VDD と VIN(IO)は同一電源でご使用いただけますが、VDD=5.0V など、3.6V 以上の場合は VIN(IO)に別途 3.3V 以下の入力が必要です。

## ２．外形と端子

GP2Y0E シリーズはアナログ、デジタルの両出力形態を有する GP2Y0E03 と、出力形態を 1 つに絞って小型化した GP2Y0E02A、GP2Y0E02B がラインアップされており、お客様の用途に合わせて選択いただけます。表 2 に外形と端子の一覧表を示します。

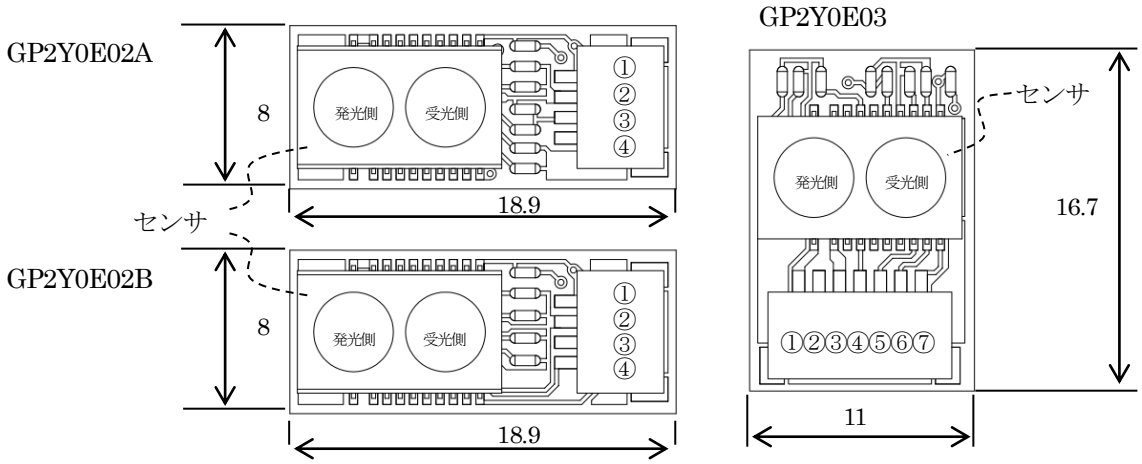



図 1 GP2Y0E シリーズの外形

表 2　外形および端子

| | L [mm] | W [mm] | H [mm] | 端子① | 端子② | 端子③ | 端子④ | 端子⑤ | 端子⑥ | 端子⑦ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| GP2Y0E02A | 18.9 | 8.0 | 5.2 | VDD | GND | Vout(A) | GPIO1 | - | - | - |
| GP2Y0E02B | 18.9 | 8.0 | 5.2 | VDD | GND | SDA | SCL | - | - | - |
| GP2Y0E03 | 11.0 | 16.7 | 5.2 | VDD | Vout(A) | GND | VIN(IO) | GPIO1 | SCL | SDA |

・端子記号の説明

VDD:　電源電圧
GND:　グランド
Vout(A):　アナログ出力電圧
GPIO1:　動作／スタンバイ状態制御用入力端子
SDA:　I²C データバス
SCL:　I²C クロック
VIN(IO):　I/O 電源　（VIN(IO)への入力電圧レベルにより I²C の通信電圧レベルや GPIO1 の入力電圧レベルが決まります。）

GP2Y0E シリーズは同一センサを使用しており、センサを搭載している基板とコネクタが異なります。GP2Y0E03 に対し、GP2Y0E02A は VIN(IO)が VDD に、また、GP2Y0E02B は VIN(IO)と GPIO1 が VDD に基板内で接続されています。

３．電気的光学的特性

GP2Y0E シリーズは基板が異なりますが、距離を測定するセンサ部は同じですので電気的光学的特性上の仕様に差はありません。

表３　電気的光学的特性　　(Ta=25℃, VDD=3.0V)

| 項目 | 記号 | 条件 | GP2Y0E02A | | | GP2Y0E02B | | | GP2Y0E03 | | | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. | Min. | Typ. | Max. | |
| 測距範囲 | L | | 4 | - | 50 | 4 | - | 50 | 4 | - | 50 | cm |
| 距離値 | D1 | L=50cm | | | | 45 | 50 | 55 | 45 | 50 | 55 | cm |
| | D2 | L=10cm | | | | 9 | 10 | 11 | 9 | 10 | 11 | cm |
| | D3 | L=4cm | | | | 3 | 4 | 5 | 3 | 4 | 5 | cm |
| 出力電圧 | Vout(A)1 | L=50cm | 0.3 | 0.55 | 0.8 | | | | 0.3 | 0.55 | 0.8 | V |
| | Vout(A)2 | L=10cm | 1.9 | 2 | 2.1 | | | | 1.9 | 2 | 2.1 | V |
| | Vout(A)3 | L=4cm | 2.1 | 2.2 | 2.3 | | | | 2.1 | 2.2 | 2.3 | V |
| 平均消費電流 | Icc1 | | - | 26 | 36 | - | 26 | 36 | - | 26 | 36 | mA |
| スタンバイ時消費電流 | Icc2 | | - | 20 | 60 | - | 20 | 60 | - | 20 | 60 | uA |
| 応答時間 | Ts | | - | - | 40 | - | - | 40 | - | - | 40 | ms |

４．タイミングチャート

４－１　電源のオン／オフタイミング

(GP2Y0E02A)

VDDとVIN(IO)は基板内で接続されているため、入力電源にタイミング仕様はありません。

VDDを立ち上げた後もしくは同時に、GPIO1を入力するようにお願い致します。（図３(a)参照）

VDDをGNDに落とす場合、必ずGPIO1もLowレベルに落として下さい。（図示せず）

(GP2Y0E02B)

VDDとVIN(IO)は基板内で接続されているため、入力電源にタイミング仕様はありません。

VDDを立ち上げた後に、I²Cコマンドを入力するようにお願い致します。（図３(b)参照）

VDDをGNDに落とす場合、必ずSCL，SDAもLowレベルに落として下さい。（図示せず）

(GP2Y0E03)

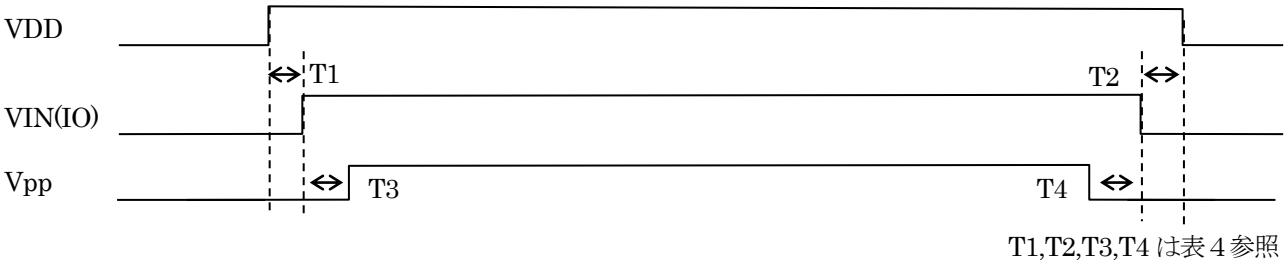



図２ 電源タイミング図

Vpp は E-Fuse 書き込み用に基板裏面に備えられている端子です。(12.電気ヒューズ(E-Fuse)プログラミング参照)

VDD を立ち上げた後に、VIN(IO)、GPIO1、I²C コマンドを入力するようにお願い致します。(図３(c)参照)

VIN(IO),Vpp を Low レベルにする際は、VDD を GND に落とすと同時もしくは落とす前に行って下さい。(図２参照)

VDD と VIN(IO)を両方ＧＮＤに落とす場合、必ず GPIO1 および SCL,SDA も Low レベルに落として下さい。(図示せず)

VIN(IO)だけ GND に落とす場合も必ず GPIO1 および SCL,SDA も Low レベルに落として下さい。(図示せず)

各機種とも上記動作条件および注意点をお守りいただけますようお願い致します。上記以外で動作されますと、過電流により本製品や周辺部品にダメージを与えることがあります。

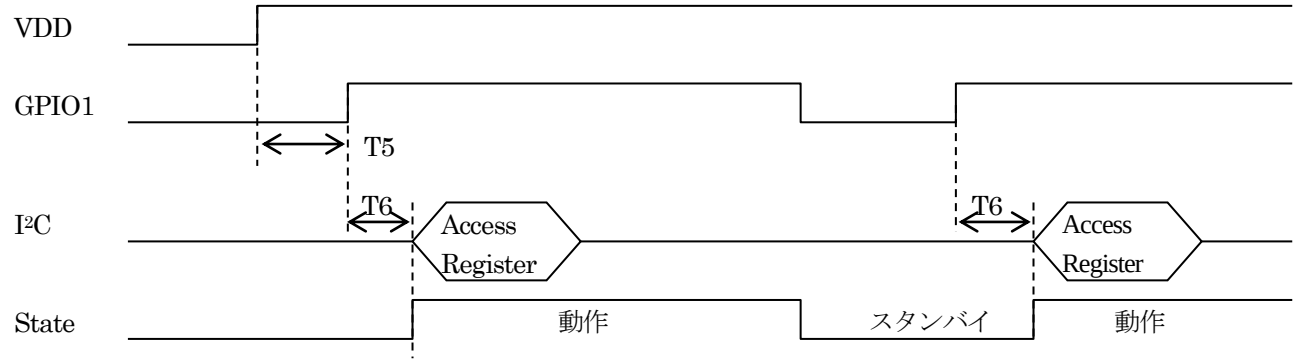
４－２　動作状態/スタンバイ状態タイミング

GP2Y0E02A の動作/スタンバイ状態の切り替えは GPIO1 端子への電圧入力（ハードウエア）により、GP2Y0E02B は I²C によるレジスタ設定（ソフトウエア）により、GP2Y0E03 は両者により行うことができます。図 3 にそれぞれのタイミングチャート図を示します。なお、GP2Y0E02A につきましては 12. 電気ヒューズ（E-Fuse）プログラミングに記載のように、E-Fuse にデータを書き込む場合のみ裏面コンタクトパッドを用いて I²C 通信を使用しますので I²C のタイミングを記載しています。

ハードウエア：GPIO1 端子へのH/L入力
GPIO1＝「H」：動作状態
GPIO1＝「L」：スタンバイ状態
ソフトウエア：I²C によるレジスタ設定
ソフトウエア制御はGPIO1 に「H」レベルが入力されている時に有効となります。

4-2-1 GP2Y0E02A

(1) GPIO1 制御




(2) I²C 制御

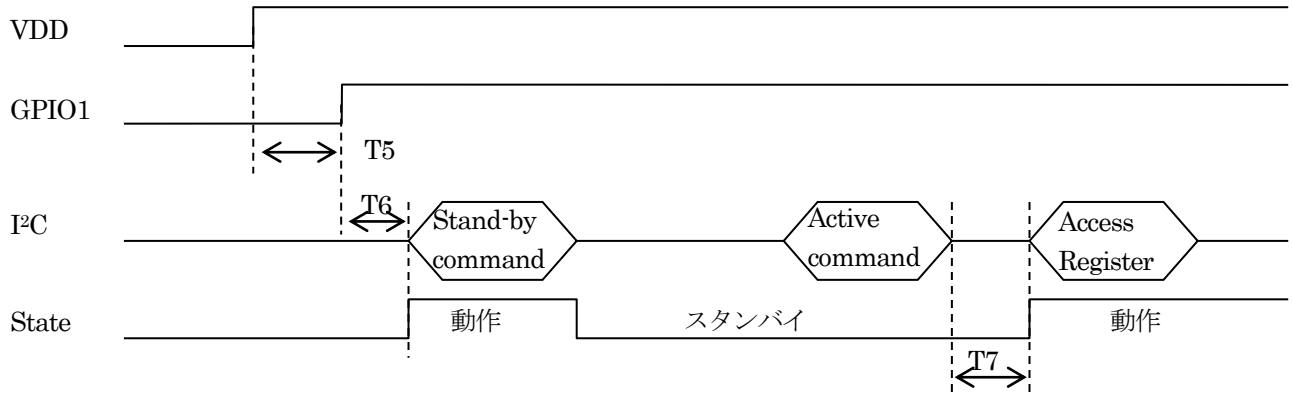



図 3(a) GP2Y0E02A の動作／スタンバイ状態制御タイミング図

4-2-2 GP2Y0E02B

(1) I²C 制御

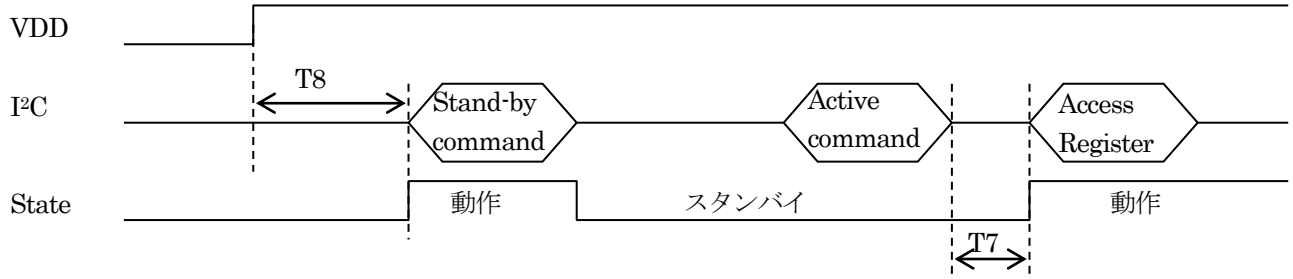
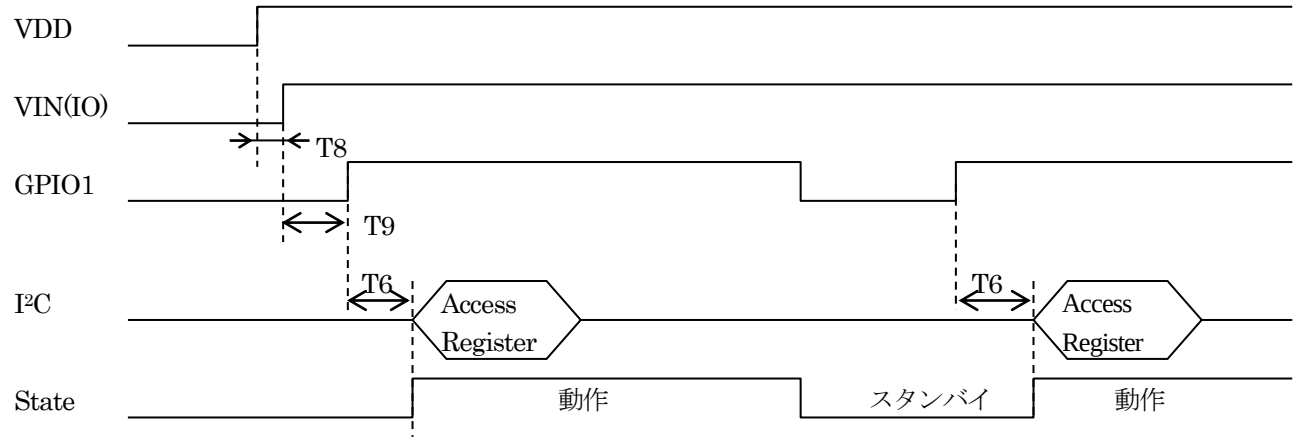



図 3(b) GP2Y0E02B の動作／スタンバイ状態制御タイミング図

4-2-3　GP2Y0E03

(1)　GPIO1 制御




(2)　I²C 制御

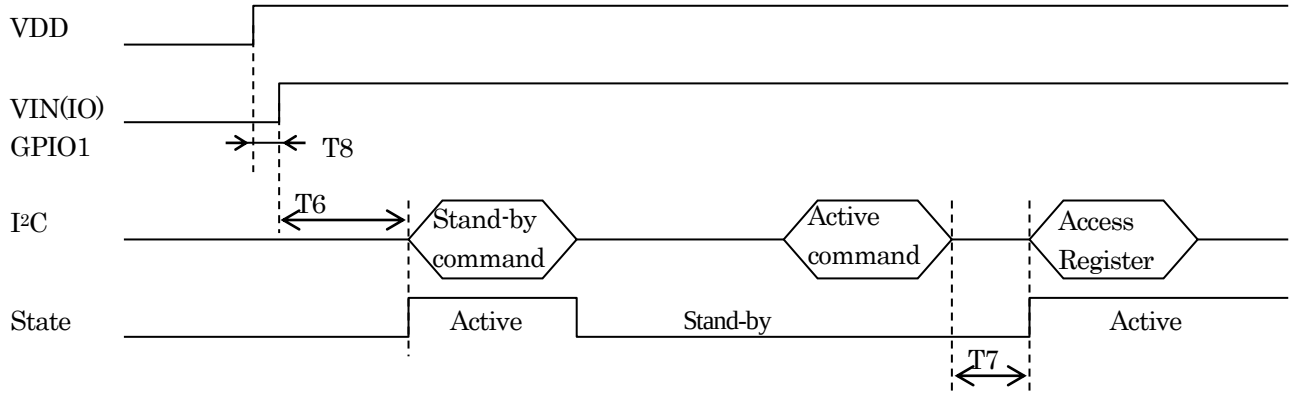



図 3(c)　GP2Y0E03 の動作／スタンバイ状態制御タイミング図

表 4　タイミング仕様

| | 備考 | Min | Max | Unit |
|---|---|---|---|---|
| T1 | VDD オン後の VIN(IO)遅延時間 | 0 | 5 | ms |
| T2 | VIN(IO)オフから VDD オフまでの時間 | 0 | - | us |
| T3 | VIN(IO)オン後の Vpp 遅延時間 | 0 | - | us |
| T4 | Vpp オフから VIN(IO)オフまでの時間 | 0 | - | us |
| T5 | VDD オン後の GPIO1 遅延時間 | 0 | - | us |
| T6 | GPIO1 にHレベル入力後の I²C アクセス遅延時間 | 500 | - | us |
| T7 | 動作状態コマンド入力後の I²C アクセス遅延時間 | 500 | - | us |
| T8 | VDD オン後の I²C アクセス遅延時間 | 500 | - | us |
| T9 | VIN(IO)オン後の GPIO1 遅延時間 | 0 | - | us |

５．光学式測距センサの原理

GP2Y0E シリーズは三角測量の原理に基づいたアクティブ型の測距センサです。反射物で反射した光を受光素子（CMOS イメージセンサー）上に集光し、そのスポット位置を測定します。図 4 のように反射物までの距離によってスポット位置は変化しますので、スポット位置から反射物までの距離を求めることができます。

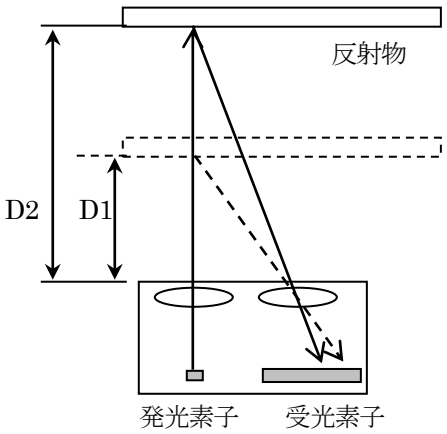



図 4　三角測量

６．ご使用上の注意点

上記の原理を用いて距離測定を行いますので、ご使用にあたっては以下の点にご注意願います。

6-1　受発光レンズと洗浄

受発光レンズ面がゴミ・ホコリ等で汚れたり、水（結露）や油等の光を屈折させる物が付着すると、受光スポット位置が変化し特性を満足しなくなる事がありますので、セットへの取り付け状態等、設計上の配慮をして下さい。

洗浄することにより光学系等の特性が変化し、特性を満足しなくなる事がありますので洗浄は行わないでください。また、本センサは耐薬品設計は行っておりませんので御使用の際は使用環境に応じた確認を実施頂く事をお願い致します。

6-2　鏡面反射物

鏡面反射物との距離は正確に測距できません。図 5(a)は鏡面反射物が距離 D1 に正対して配置されている場合の測定を示す図であり、図 10 に示す指向角を持つ発光光束が鏡面反射物に照射されています。鏡面反射物では光は正反射されるので図 5(a)の場合は発光光束の右端の光線が受光素子で検出されます。同図(a)に示すように距離 D2 に置かれた拡散反射物の反射光(点線)は D1 に置かれた鏡面反射物による発光光束右端の正反射光と同じ光路となり鏡面反射物が D1 の位置にある場合は出力される距離値は D2 となります。また、図 5(b)は鏡面反射物が距離 D1 に傾斜角 $\theta$ で配置されている場合の測定を示す図であり、発光光束の左端の光線が受光素子で検出されます。同図(b)に示すように距離 D3 に置かれた拡散反射物の反射光は D1 に置かれた鏡面反射物による発光光束左端の正反射光と同じ光路となり鏡面反射物が傾斜角 $\theta$ で D1 の位置にある場合は出力される距離値は D3 となります。

このように正反射成分に受光スポット位置が大きく影響するようになり、鏡面反射物が同一距離にある場合でも鏡面反射物とセンサの角度により受光スポット位置が変化しますので正確に測距できません。

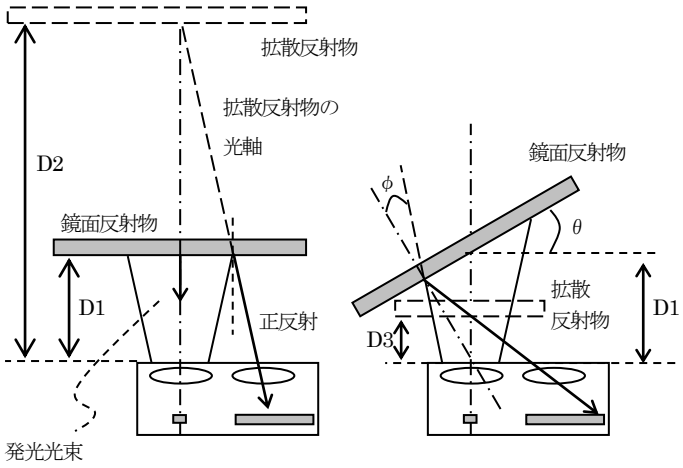



図 5　鏡面反射物

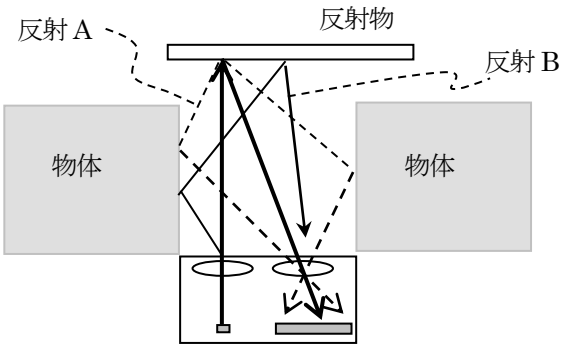



図 6　近傍に反射物がある場合

6-3　センサ近傍の反射物

センサの光軸近傍に物体がある場合、図 6 の反射 A（点線）のように反射物で散乱した反射光の一部は、センサ近傍の物体により反射し受光部へ入射することにより受光スポット位置が変化し、電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなる可能性があります。さらに同図の反射 B（実線）のように反射物で反射する前に発光光束の一部がセンサ近傍の物体により反射し反射物で反射後に受光部へ入射することにより受光スポットの位置が変化し、電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなる可能性があります。また、GP2Y0E シリーズには、センサ近傍の物体の反射光により受光スポット形状が影響を受ける測定状態では距離の出力

を最大値に固定するエラー判定機能を備えています。反射Aや反射Bが反射物の反射光量に対して大きい場合は距離出力が最大に固定されることがあります。詳細は「11-6 距離測定のエラー判定」を参照下さい。お客様の実機に搭載される際、当該物体によりセンサの特性が変化しないことを十分ご確認頂けますようお願い致します。

6-4　境界線のある反射物

反射物に、材質・色等が極端に違う境界線がある場合、正確に測距できない事があります。図 7 に一例を示しますように、同図左側に高反射率部、右側に低反射率部を有する反射物のとき、発光光束は一定の広がりをもって出射されるため高反射率部と低反射率部で反射します。図 7 のように、高反射率部の反射光 A と低反射率部の反射光 B では反射光強度差が生じます。この時測定される受光スポット位置は反射率が一様な反射物で反射する場合と比べて高反射率部による反射光 A 側にシフトするため、距離測定結果に誤差を生じます。

反射物に極端な境界線がある場合、図 8 のように境界線の向きを、受発光レンズ間を結ぶ直線と平行になる様に設置することにより受光スポットのシフトはスポット位置の検出方向と直交方向になるため、測距誤差を低減する事ができます。

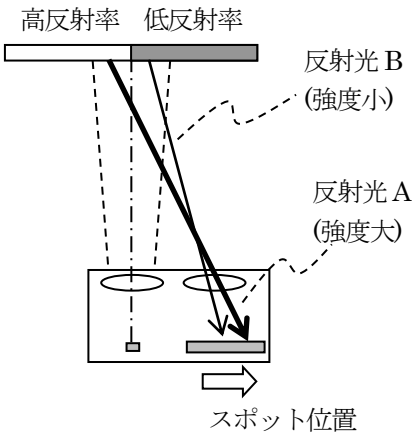
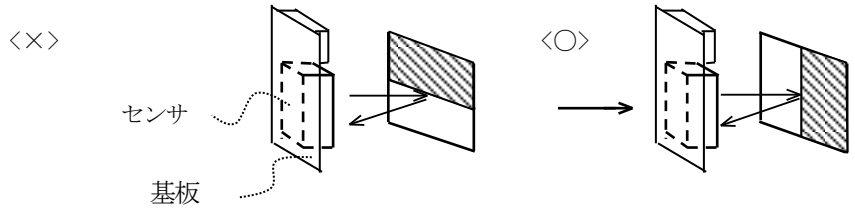



図 7　反射物に境界線がある場合

GP2Y0E02A／GP2Y0E02B




GP2Y0E03

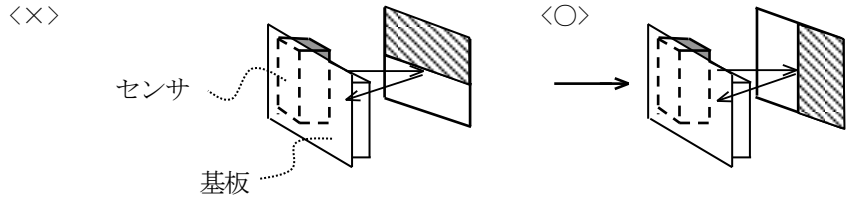



図 8　境界線がある反射物の測定

また、GP2Y0E シリーズには上記測距誤差による誤検知対策のため、境界線等による不安定な測定状態では距離の出力を最大値に固定するエラー判定機能を備えています。詳細は「11-6 距離測定のエラー判定」を参照下さい。

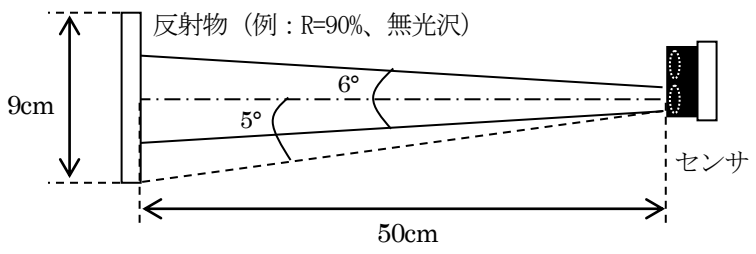



図 9　反射物サイズ

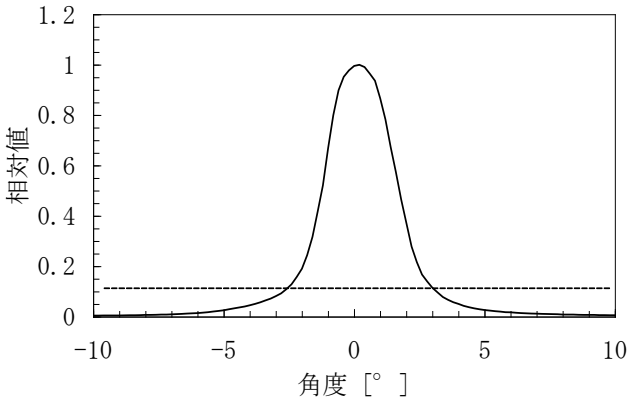



図 10　発光光束の指向角特性例

6-5　反射物の大きさ

電気的光学的特性の仕様特性を満足するには平坦な反射物を図 9 のように発光軸に垂直に設置し、発光光束全体を反射する必要があります。図 10 の発光束の指向角特性例のように発光側指向角は光量がピークの１０％となる位置で約 6°（±3°）です。ピーク位置のばらつきを含めて合計約 10°（±5°）の領域に反射物が存在する必要があります。例えば反射物が 50cm にある場合、下記の様に少なくとも直径 9ｃｍの領域にセンサ天面と平行な反射物を置く必要があります。ただし、上記は仕様値を保証するものではありませんので、お客様の実機にて十分ご確認いただき御使用頂けます様お願い致します。

反射物が発光光束の一部しか反射しない場合は 6-4 の反射物に極端な境界線がある場合と同様の理由で測距結果に誤差を生じます。発光光束全体が反射物で反射される時（反射物図示せず）は図 11 の反射光 A（点線）で示される位置に受光スポットが形成されますが、図 11 のように反射物が発光側に偏って存在する時、発光光束の一部が反射されるので反射光 B（実線）のように反射光 A の受光スポット位置より右側へシフトした位置に受光スポットが形成されるので、実際の反射物までの距離より近距離が出力されます。

このため、反射物が移動する場合は、上記測距誤差の低減を図るため、図12の様にセンサを取り付けることを推奨致します。

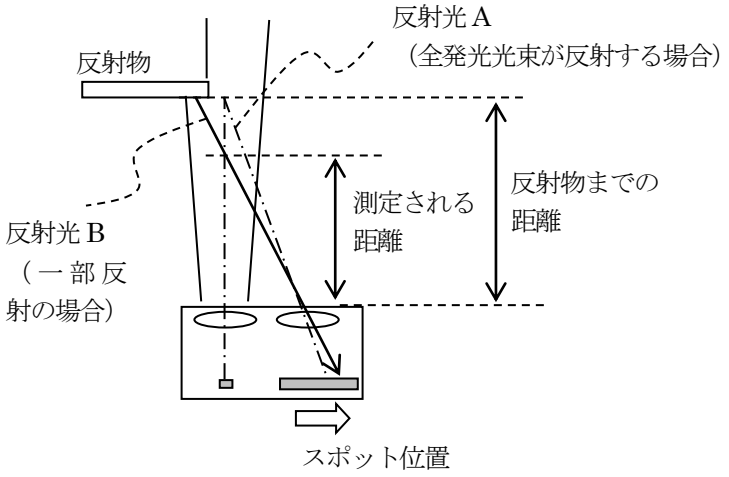
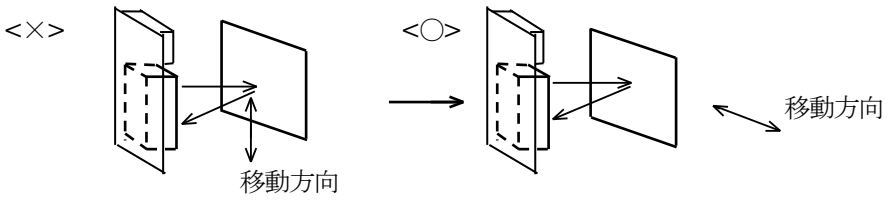



図 11　発光光束の一部反射

GP2Y0E02A／GP2Y0E02B




GP2Y0E03

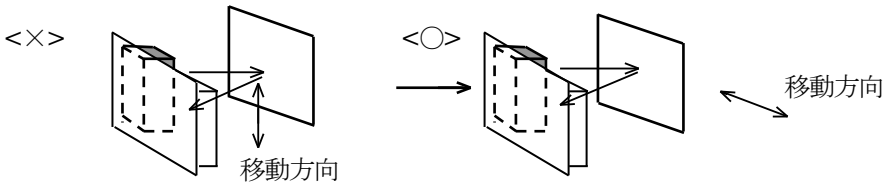



図 12　反射物が移動する場合

また、GP2Y0E シリーズには上記測距誤差による誤検知対策のため、発光光束の一部反射による不安定な測定状態では距離の出力を最大値に固定するエラー判定機能を備えています。詳細は「11-6 距離測定のエラー判定」を参照下さい。

6-6　反射物の傾き

電気的光学的特性の仕様特性を満足するには平坦な反射物を図9のように発光軸に垂直に設置し、発光光束全体を反射する必要があります。センサに対して反射物が傾斜している場合、正確に測距できないことがあります。図13はセンサに対して反射物が傾斜している場合の例を示す図であり、同図(a)は受発光レンズが並んでいる軸に対してθだけ傾斜しており、同図(b)はその直交する方向にφだけ傾斜している場合を示しています。図14は反射紙（R=90%、無光沢）を50ｃｍの距離に置いたときの反射物の傾斜角依存の特性例を示しています。θ方向に対しては距離出力が傾斜角に応じて変化しますが、φ方向に対しては距離出力の傾斜角依存性は小さくなります。なお、本特性データは任意に抜き取ったサンプルによる参考データであり保証値ではありませんので、お客様の実機にて十分ご確認の上ご使用いただけますようお願い致します。

なお、θ方向に反射物が大きく傾斜した場合、正対している場合と比べて受光スポット径が大きく変化することがあります。GP2Y0E シリーズには上記測距誤差による誤検知対策のため、受光スポット形状の判定より不完全な測定状態では距離の出力を最大値に固定するエラー判定機能を備えています。詳細は「11-6 距離測定のエラー判定」を参照下さい。

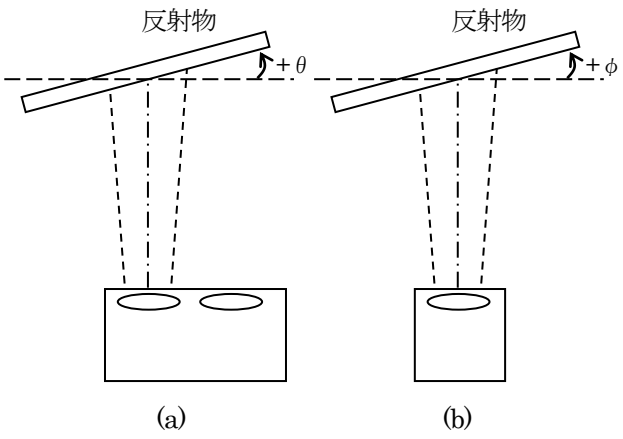



図 13　反射物が傾斜している場合

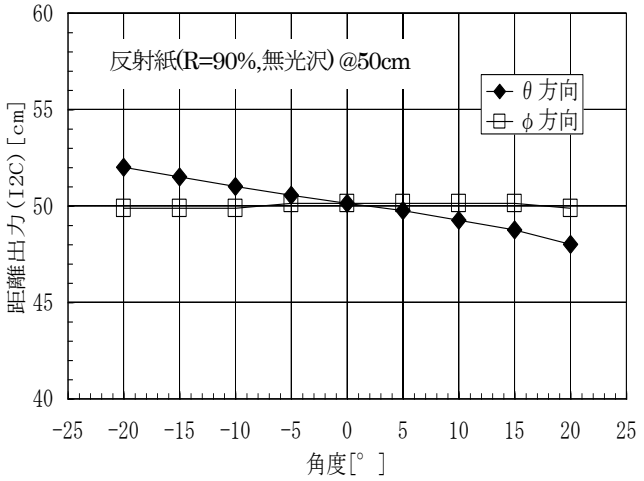



図 14　反射物が傾斜している場合の特性例

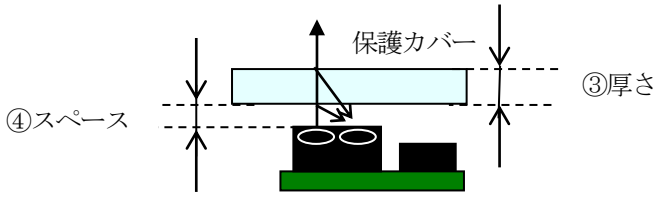
6-7　保護カバーの設置

センサ前面にフィルター（保護）カバーを設置される場合、保護カバーは光を拡散しない材質とし、かつ、光を拡散しない表面仕上げにして下さい。又、本測距センサ用ＬＥＤの発光波長（λ=850nm±70nm）の領域において、高い透過率を有するものを使用して下さい。又、保護カバーは厚さが均一の平板をセンサ天面と水平に配置することを推奨致します。

センサの前面に保護カバーを設置しますと、保護カバーによる直接反射光が発生します。この直接反射光が受光部に入射しますと、受光スポット位置を変化させるので測距値に誤差が生じます。この誤差は反射物までの距離が遠く、反射物の反射率が小さいほど反射物からの反射光（信号：S）が小さくなる一方、保護カバーからの直接反射光（ノイズ：N）は一定ですのでSN比が小さくなるので測距値の誤差は大きくなります。また、ノイズ：Nは保護カバーの反射面（保護カバーの内側と外側）がセンサから遠い位置にあるほど大きくなりますので、厚い保護カバーや反射率の大きい保護カバー、センサと離れたところに設置された保護カバー等の場合は測距値の誤差は大きくなります。

この直接反射光は①保護カバーの材質、②透過率、③厚さ、④本製品との距離（スペース）、⑤保護カバーの表面と裏面の角度、⑥本製品と保護カバーの角度等により受光部へ入射する状態が変化します。本製品に保護カバーを設置してご使用になる際は、上記項目について直接反射光の入射を小さくするような設計、また受光レンズと発光レンズ間に本製品と保護カバーに接するように遮光壁の設置（図 16 参照）をお願いいたします。

保護カバーを使用する場合の参考条件を以下に示します。ここで、①材質＝アクリル、②透過率＞90%@850nm、⑤保護カバーの表面と裏面の角度＝平行、⑥本製品と保護カバーの角度＝平行は固定条件とし、光を拡散しない表面仕上げがなされているものとします。




GP2Y0E02A（例）

図 15　保護カバー設置図

表 5　保護カバー条件

| 条件 | ③厚さ | ④スペース | 遮光壁 |
|---|---|---|---|
| Ｎｏ1 | 1mm | 0mm | － |
| Ｎｏ2 | 1mm | 1mm | 無 |
| Ｎｏ3 | 2mm | 0mm | － |
| Ｎｏ4 | 2mm | 1mm | 有 |

上述のように、保護カバーの厚さ、スペースとも大きいほど受光部へ入射する直接反射光は大きくなるので測距値の誤差は大きくなります。厚さが 2mm、スペースが 1mm の場合は測距値の誤差が他の条件に比べて大きくなりますので、遮光壁の設置や補正機能（11-5 カバー補正参照）を使用することにより誤差を小さくすることができます。ただし、保護カバーの条件によってはセンサのばらつきにより補正機能を用いても誤差が小さくならない場合もありますので、補正機能をご使用になる場合はお客様の実機にて測距誤差について十分ご確認いただけますようお願いいたします。

・遮光壁を設置する際の注意点

受光レンズと発光レンズの内径間隔はGP2Y0Eシリーズの機種によらず全て約0.6mm(参考値)です。これより幅の小さい遮光壁が好適ですが、幅の大きい遮光壁をご使用の際は発光レンズや受光レンズの一部を遮ることにより測距値が変化する可能性がありますので、お客様の実機にて十分ご確認の上、ご使用して下さい。また、保護カバーと遮光壁、遮光壁と本測距センサとの間に隙間があると光のリークパスとなり遮光壁の効果が小さくなります。遮光壁の材質に関し、本測距センサ用LEDの発光波長（λ=850nm±70nm）の領域において光が透過しますと遮光壁の効果が得られない可能性があります。また、遮光壁の材質が硬く、本測距センサに印加される応力が大きい場合は測距値がずれる可能性があります。

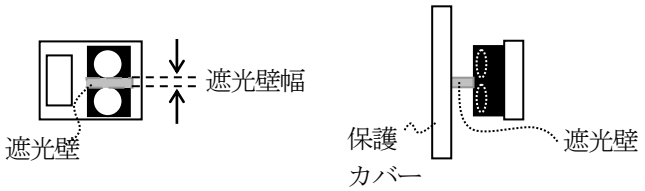



図 16　遮光壁設置例

遮光壁の設置や補正機能の使用により距離特性を保証するものではなく、距離特性の誤差を低減するものです。保護カバーを設置される場合は、遮光壁や補正機能のご使用の有無にかかわらずお客様の実機にて十分ご確認の上、ご使用して下さい。

6-8　複数個動作および他デバイスとの光干渉

変調された赤外光を出射するデバイスを同時に複数個動作しますと、本センサの発した光束により他のデバイスが誤動作したり、他のデバイスが発した光束が本センサの受光部に入射して本センサが誤動作する可能性があります。本センサと他デバイスの光がそれぞれの受光部に入射しないようなセットへの取り付け状態等、設計上の配慮をして下さい。もしくは、他のデバイスが動作するときは本センサをスタンバイ状態にして発光した光が他のセンサで検出されないようにして下さい。GP2Y0E02A および GP2Y0E03 には動作スタンバイを制御する入力端子（GPIO1）を備えており、また GP2Y0E02B および GP2Y0E03 は I²C 通信による動作／スタンバイ制御のレジスタを備えています。同一バスに本センサを複数接続して使用する場合は本センサのスレーブアドレスを 16 種類に書き換えることができますので、I²C 通信により複数のセンサを制御することが可能です。

7．応答時間

本センサは近距離（4cm）から遠距離（50cm）まで、および高反射率から低反射率の反射物の距離が検出可能であり、広ダイナミックレンジの反射光を検出するために受光信号強度を自動調整する機能（**）が受光素子に備えられています。本センサを動作状態に切り替えた後にこの自動調整機能が動作しますので、最初の距離値を出力するまでの時間は反射物の条件により変わります。仕様書の「3-3 電気的光学的特性」で定義された応答時間はこの自動調整に要する最大の時間と 1 回目の測距時間の和で表されます。最初の測距結果が出力されるまでの間、デジタル（I²C バス）出力は最大表示距離（GP2Y0E シリーズは 64cm）を出力し、アナログ出力は約 0V を出力します。なお、アナログ出力はローパスフィルターを内蔵していますので、出力の立ち上がりに約 2ms を要します。仕様の応答時間はこの立ち上がり時間を含んで設定されています。

本センサの動作条件（信号積算回数、中央値フィルター）を変更した場合は仕様書に記載された応答時間の仕様を満足しなくなります。動作条件の変更については 11-2 最大発光パルス幅、11-3 信号積算回数を参照ください。

（**）受光信号強度が距離演算に好適な強度レベルになるまで信号処理回路のゲイン等を調整しながら測定を繰り返す機能。
一定の強度レベルに調整後に距離測定を行います。（図 22 参照）

８．周囲温度特性

GP2Y0E シリーズの動作温度範囲は-10℃から+60℃です。白色反射紙（R=90%，無光沢）をセンサから 50cm の位置に配置した場合のアナログ、デジタル（I²C）各出力の周囲温度特性の参考データを図 17 に示します。なお、本特性データは任意に抜き取ったサンプルによる参考データであり保証値ではありませんので、お客様の実機にて十分ご確認の上ご使用いただけますようお願い致します。

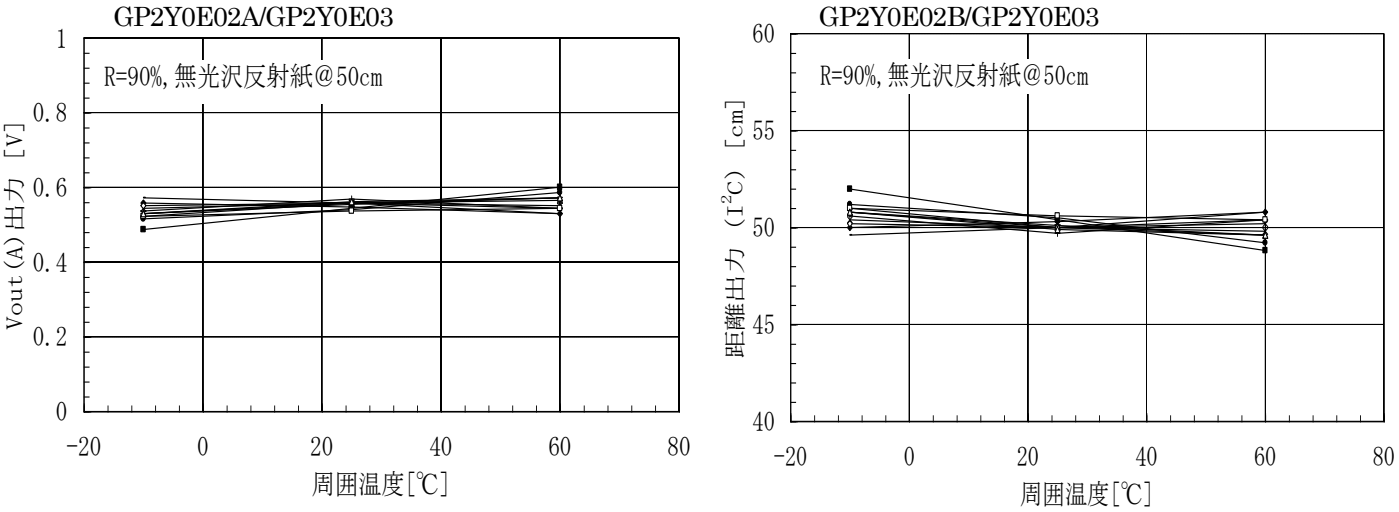



図 17　周囲温度特性例

９．耐外乱光特性

GP2Y0Eシリーズは周囲光のキャンセル機能や可視光カットレンズ等の採用による外乱光除去機能を備えています。反射紙(R=90%,無光沢)をセンサから50cmの位置に配置し、約45°の角度から太陽光と同等のスペクトルを有するハロゲン電球（東芝ライテック（株）製 JDR110V100W/K7SE）を用いて反射紙を照射した場合（図18参照）のアナログ、デジタル（I²C）各出力の耐外乱光特性の参考データ（同一サンプルによる繰り返し100回測定によるMin, Avg, Max）を図19に示します。外乱光の照度は発光光束が反射紙上を照射する位置で測定しています。

なお、本特性データは任意に抜き取ったサンプルによる参考データであり保証値ではありませんので、お客様の実機にて十分ご確認の上ご使用いただけますようお願い致します。

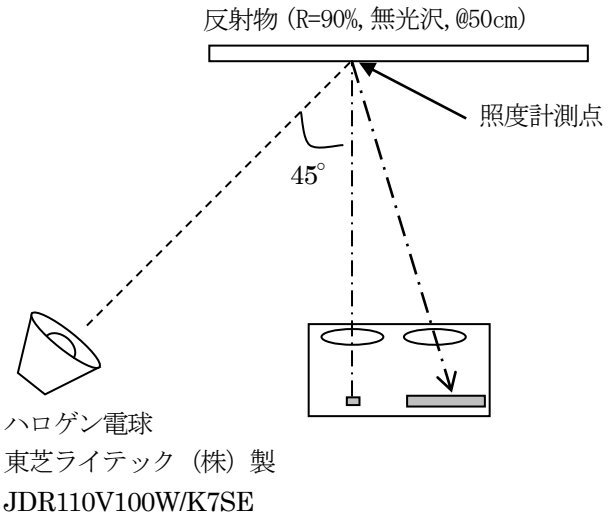



図 18　耐外乱光特性測定系

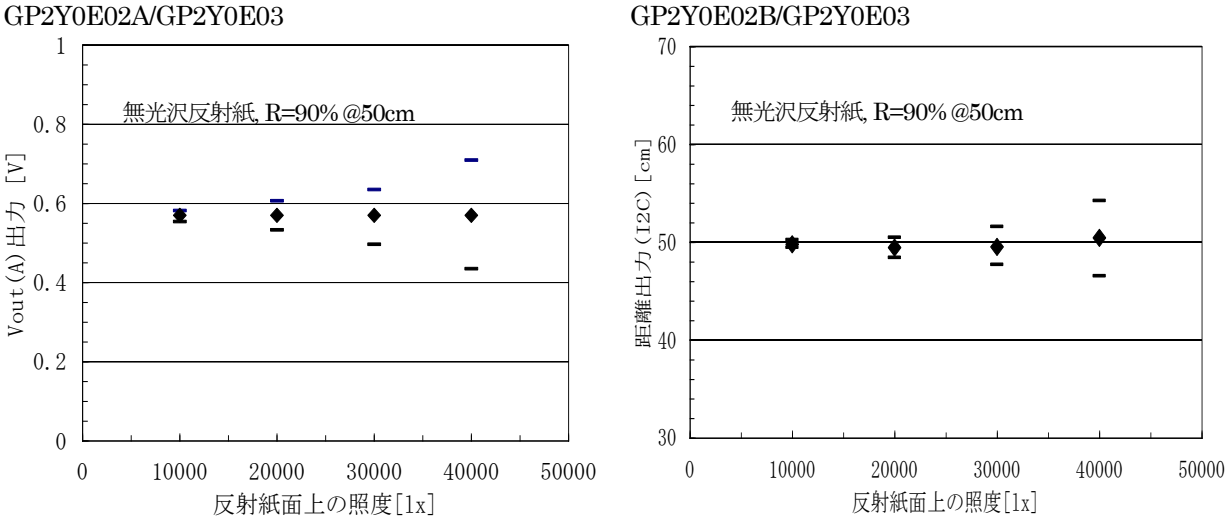



図 19　耐外乱光特性測定例

GP2Y0Eシリーズは外乱光除去機能を備えていますが、受光面に太陽光やタングステンランプ等の光源からの光が直接入射すると、正確に測距できない事があります。また、リモコンやインバータ灯等変調された光を本製品に向けて直接照射しますと、正確に測距できない事があります。当該光源から直接光が入射しないよう設計上の配慮をして下さい。本センサを搭載した実機をリモコンで操作する場合（実機に向けてリモコンを直射する場合）はリモコンによる操作時は本製品の出力を採用しない等のソフトによる設計上の配慮をして下さい。

## １０．I²C インターフェース

GP2Y0E シリーズは I²C バスの規格に準じた 7 ビットのスレーブアドレスを備えており、I²C バスから測距値の読み出しや、レジスタ値を変更することにより本センサの各種設定を行うことができます。GP2Y0E02B および GP2Y0E03 はコネクタに SCL と SDA 端子が備えられていますが、GP2Y0E02A はアナログ出力タイプのためコネクタに両端子は備えられていません。しかし、GP2Y0E02A にカバー補正係数を E-Fuse で設定する場合等は I²C 通信を使用しますので、基板裏面に SCL、SDA のコンタクトパッド（図 37 参照）が備えられています。

表 6　I²C バス用端子

| 端子名 | 備考 |
|---|---|
| SCL | Ｉ²Ｃクロック |
| SDA | Ｉ²Ｃデータバス |

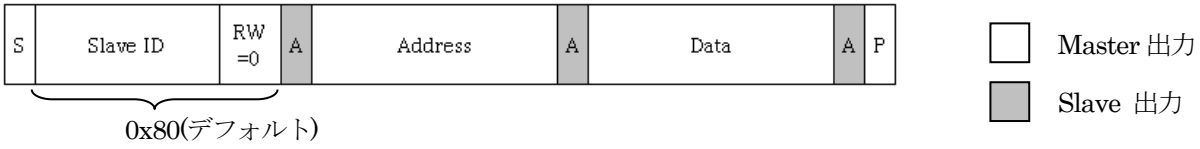
### １０－１　I²C データ通信フォーマット

GP2Y0E シリーズの Read/Write フォーマットを説明する記号は表 7 の通りです。

表 7　I²C 記号

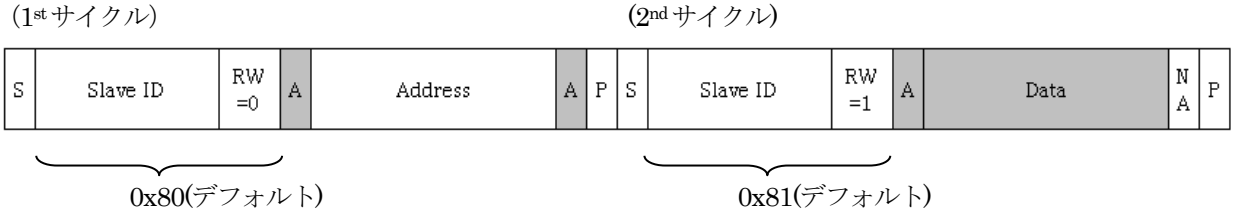
| 記号 | 内容 | 備考 |
|---|---|---|
| S | Start | Master 出力 |
| A | ACK | Master／Slave 出力 |
| NA | NACK | Master／Slave 出力 |
| P | Stop | Master 出力 |
| Address | レジスタアドレス | Master 出力 |
| Data | データ | Master／Slave 出力 |

### １０－２　Write フォーマット




① Master がスタート信号(S)を送信
② Master がスレーブアドレス(Slave ID:7 ビット)および read/write 制御ビット(RW=0)を送信
③ Slave が ACK を送信
④ Master がレジスタアドレス(Address)を送信
⑤ Slave が ACK を送信
⑥ Master がレジスタへの書き込み値(Data)を送信
⑦ Slave が ACK を送信
⑧ Master がストップ信号(P)を送信

### １０－３　Read フォーマット



1st サイクル

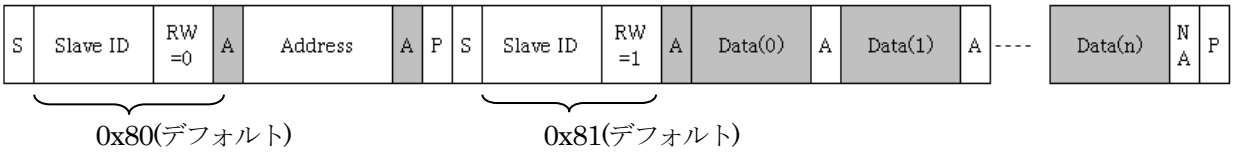
① Master がスタート信号(S)を送信
② Master がスレーブアドレス(Slave ID:7 ビット)および read/write 制御ビット(RW=0)を送信
③ Slave が ACK を送信
④ Master がレジスタアドレス(Address)を送信
⑤ Slave が ACK を送信
⑥ Master がストップ信号(P)を送信

2nd サイクル

⑦ Master がスタート信号(S)を送信
⑧ Master がスレーブアドレス(Slave ID:7 ビット)および read/write 制御ビット(RW=1)を送信
⑨ Slave が ACK を送信
⑩ Slave が指定されたアドレスのデータ(Data)を送信
⑪ Master が NACK を送信
⑫ Master がストップ信号(P)を送信

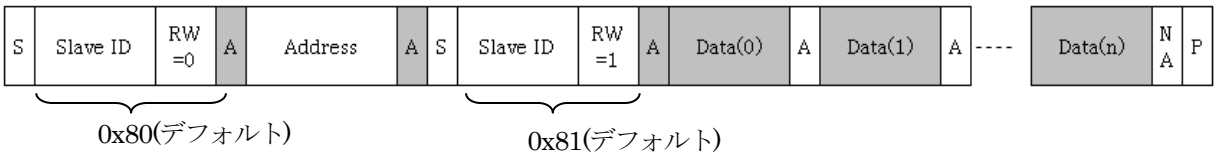
GP2Y0E シリーズは連続読み出し機能(Burst-Read)に対応していますので、⑪で Master が ACK を送信することにより⑧で指定したアドレスから順番にレジスタ値を読み出すことができます。データの読み出しをストップするときは Master が NACK を送信します。個々にアドレスを指定する必要がないので、連続したアドレスのレジスタ値読み出しに必要な時間を短縮することができます。また、本製品はリピートスタート機能(Repeat-Start)に対応していますので、⑥を省略することができます。⑥を省略することにより 1st サイクルと 2nd サイクルの間に I²C バスを開放しませんので、同一バス上に複数の Master が存在する時もバスの衝突を防止することができます。

・ Burst-Read フォーマット（Repeat-Start 無し）




Data(0)は Address で指定されたレジスタ値で、Data(1)、Data(2)はそれぞれ Address+1, Address+2 のレジスタ値になります。

・ Burst-Read フォーマット（Repeat-Start 有り）




## １０－４　I²C バスタイミング

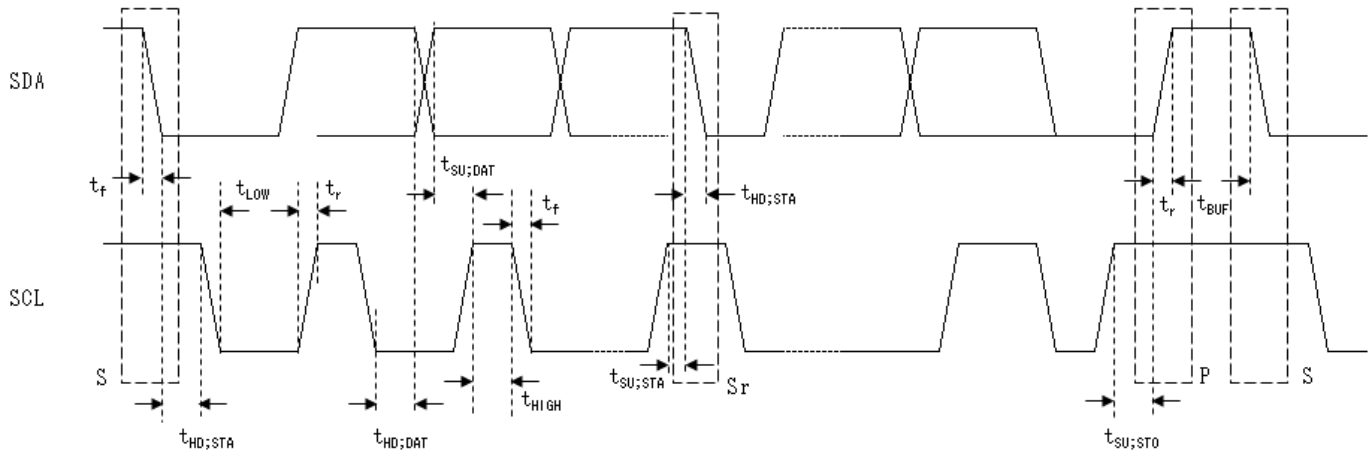



図 20　I²C バスタイミング

表 8　I²C バスタイミング　　(Ta = 25℃)

| 項目 | 記号 | Min. | Max. | 単位 |
|---|---|---|---|---|
| SCL クロック周波数 | $f_{scl}$ | - | 400 | kHz |
| ホールド時間（反復）『START』条件<br>この期間の後、最初のクロックパルスを生成 | $t_{HD:STA}$ | 0.6 | - | us |
| 反復『START』条件のセットアップ時間 | $t_{SU:STA}$ | 0.6 | - | us |
| SCL クロックの"L"期間 | $t_{LOW}$ | 1.3 | - | us |
| SCL クロックの"H"期間 | $t_{HIGH}$ | 0.6 | - | us |
| データホールド時間 | $t_{HD:DAT}$ | - | 0.9 | us |
| データ・セットアップ時間 | $t_{SU:DAT}$ | 100 | - | ns |
| SDA および SCL 信号の立ち上がり時間 | $t_r$ | - | 300 | ns |
| SDA および SCL 信号の立ち下がり時間 | $t_f$ | - | 300 | ns |
| 『STOP』条件のセットアップ時間 | $t_{SU:STO}$ | 0.6 | - | us |
| 『STOP』条件と『START』条件との間のバス・フリー時間 | $t_{BUF}$ | 1.3 | - | us |
| それぞれのバス・ラインの容量性負荷 | $C_b$ | - | 150 | pF |
| 各接続デバイスの"L"レベルにおけるノイズ・マージン | $V_{nL}$ | 0.1VDD | - | V |
| 各接続デバイスの"H"レベルにおけるノイズ・マージン | $V_{nH}$ | 0.2VDD | - | V |

１０－５　I²C の DC タイミング特性

・GP2Y0E02A/GP2Y0E02B

表 9　I²C の DC タイミング特性 1　　(Ta = 25℃)

| パラメータ | 記号 | 標準モード | | 高速モード | | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| "L"レベル入力電圧 | $V_{IL}$ | -0.3 | 0.3VDD | -0.3 | 0.3VDD | V |
| "H"レベル入力電圧 | $V_{IH}$ | 0.7VDD | VDD+0.3 | 0.7VDD | VDD+0.3 | V |
| シュミットトリガ入力のヒステリシス | $V_{hys}$ | - | - | 0.05VDD | - | V |
| シンク電流 3mA 時の"L"レベル出力電圧 | $V_{OL}$ | 0 | 0.4 | 0 | 0.4 | V |
| バスの静電容量が 10pF から 400pF の場合の VIHmin から VILmax への出力立下り時間 | $T_{OF}$ | - | 250 | - | 250 | ns |
| 入力フィルタによって抑圧されるスパイクのパルス幅 | $t_{SP}$ | - | - | 0 | 50 | ns |
| 入力電圧 0.1～0.9VDD 時の各 I/O ピン入力電流 | $I_I$ | -10 | 10 | -10 | 10 | uA |

・GP2Y0E03

表 10　I²C の DC タイミング特性 2　　(Ta = 25℃)

| パラメータ | 記号 | 標準モード | | 高速モード | | 単位 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Min. | Max. | Min. | Max. | |
| "L"レベル入力電圧 | $V_{IL}$ | -0.3 | 0.3VIN(IO) | -0.3 | 0.3VIN(IO) | V |
| "H"レベル入力電圧 | $V_{IH}$ | 0.7VIN(IO) | VIN(IO)+0.3<br>3.9 | 0.7VIN(IO) | VIN(IO)+0.3<br>3.9 | V<br>V |
| シュミットトリガ入力のヒステリシス<br>VIN(IO) > 2V<br>VIN(IO) < 2V | $V_{hys}$ | <br>-<br>- | <br>-<br>- | <br>0.05VIN(IO)<br>0.1VIN(IO) | <br>-<br>- | <br>V<br>V |
| シンク電流 3mA 時の"L"レベル出力電圧<br>VIN(IO) > 2V<br>VIN(IO) < 2V | $V_{OL}$ | <br>0<br>- | <br>0.4<br>- | <br>0<br>0 | <br>0.4<br>0.2VIN(IO) | <br>V<br>V |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| バスの静電容量が 10pF から 400pF の場合の VIHmin から VILmax への出力立下り時間 | $T_{OF}$ | - | 250 | - | 250 | ns |
| 入力フィルタによって抑圧されるスパイクのパルス幅 | $t_{SP}$ | - | - | 0 | 50 | ns |
| 入力電圧 0.1～0.9VIN(IO)時の各 I/O ピン入力電流 | $I_I$ | -10 | 10 | -10 | 10 | uA |

１０－６　レジスタマップ

バンク 0 はデジタル機能制御用のレジスタバンクであり、バンク 3 は E-Fuse 用のレジスタバンクです。レジスタ 0xEF に設定する値によりバンク 0 とバンク 3 へのアクセスを切り替えることができます。レジスタ 0xEF に 0x00 を設定することによりバンク 0、0x03 を設定することによりバンク 3 にアクセスします。

表 11　レジスタマップ（バンク 0）

| Address (Hex) | Register Name | Reg Field | Default | R/W | Description |
|---|---|---|---|---|---|
| - | Slave ID (write cycle) | - | 0x80 | R | - |
| - | Slave ID (read cycle) | - | 0x81 | R | - |
| 0x03 | Hold Bit | [0] | 0x01 | R/W | 0x00=Hold 動作<br>0x01=ノーマル動作<br>Hold 中はレジスタ更新禁止 |
| 0x13 | 最大発光パルス幅 | [2:0] | 0x07 | R/W | 0x07=320us<br>0x06=240us<br>0x05=160us<br>0x04=80us<br>0x03=40us |
| 0x1C | 受光スポット対称性閾値 | [4:0] | 0x0E | R/W | - |
| 0x2F | 受光信号強度閾値 | [6:0] | - | R/W | Default はセンサ個々に E-Fuse により設定 |
| 0x33 | Max 受光スポット径閾値 | [7:0] | 0x7F | R/W | - |
| 0x34 | Min 受光スポット径閾値 | [6:0] | - | R/W | Default はセンサ個々に E-Fuse により設定 |
| 0x35 | Shift Bit | [2:0] | 0x02 | R/W | 0x01=最大表示距離 128cm<br>0x02=最大表示距離 64cm |
| 0x3F | 中央値フィルタ | [5:4] | 0x30 | R/W | 0x00=中央値演算のデータ数 7<br>0x10=中央値演算のデータ数 5<br>0x20=中央値演算のデータ数 9<br>0x30=中央値演算のデータ数 1 |
| 0x4C | SRAM アクセス | [4] | - | W | 0x10=SRAM にアクセス切替 |
| 0x5E | Distance[11:4] | [7:0] | - | R | 測距値=(Distance[11:4]*16+Distance[3:0])/16/2^n<br>n：Shift Bit |
| 0x5F | Distance[3:0] | [3:0] | - | R | |
| 0x64 | AE[15:8] | [7:0] | - | R | AE=AE[15:8]*256＋AE[7:0] |
| 0x65 | AE[7:0] | [7:0] | - | R | 読み出す前に Address(0xEC) = Data(0xFF)の設定要 |
| 0x67 | AG[7:0] | [7:0] | - | R | 読み出す前に Address(0xEC) = Data(0xFF)の設定要 |
| 0x8D | カバー補正係数[5:0] | [7:2] | 0x00 | R/W | カバー補正係数=<br>カバー補正係数[10:6]*64＋ カバー補正係数[5:0]<br>レジスタ 0x8D のデータ[7:0]は、カバー補正係数[5:0]が Reg Field[7:2]に割り当てられているので 2 ビットのビットシフト（右）が必要です。 |
| 0x8E | カバー補正係数[10:6] | [4:0] | 0x00 | R/W | |
| 0x8F | カバー補正 Enable Bit | [1:0] | 0x03 | R/W | 0x02=Enable<br>0x03=Disable |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 0x90 | イメージセンサデータ読出し | [4:0] | 0x00 | R/W | 0x00=Disable<br>0x10=Low Level (L)<br>0x11=Middle Level (M)<br>0x12=High Level (H)<br>強度=H*65536 + M*256 + L |
| 0xA8 | 信号積算回数 | [1:0] | 0x03 | R/W | 0x00=1 回積算<br>0x01=5 回積算<br>0x02=30 回積算<br>0x03=10 回積算 |
| 0xBC | Enable Bit(信号強度) | [0] | 0x00 | R/W | 0x00=enable（初期状態）<br>0x01=disable |
| 0xBD | Enable Bit(Min スポット径) | [0] | 0x00 | R/W | 0x00=enable （初期状態）<br>0x01=disable |
| 0xBE | Enable Bit(Max スポット径) | [0] | 0x01 | R/W | 0x00=enable<br>0x01=disable （初期状態） |
| 0xBF | Enable Bit(スポット対称性) | [0] | 0x00 | R/W | 0x00=enable （初期状態）<br>0x01=disable |
| 0xC8 | E-Fuse アドレス指定 | [5:0] | 0x80 | R/W | ターゲットバンク中のアドレスの指定<br>Ex. A[0]=0x00, B[10]=0x0A, C[63]=0x3F |
| | E-Fuse 読み出し設定 | [6] | | | 1 = E-Fuse データをレジスタ(Bank3)にロード |
| | E-Fuse Enable Bit | [7] | | | 0=enable, 1=disable |
| 0xC9 | E-Fuse ビット数／バンク指定 | [7:0] | 0x00 | R/W | [7:4]でビット数指定<br>[3:0]でバンクセレクト指定<br>1=バンクＡ、2=バンクＢ、3=バンク C、<br>4=バンクＤ、5=バンクＥ |
| 0xCA | E-Fuse プログラム Enable Bit | [0] | 0x00 | R/W | 0x00=Disable<br>0x01=Enable |
| 0xCD | E-Fuse プログラム Data | [7:0] | 0x00 | R/W | - |
| 0xE8 | 動作／スタンバイ制御 | [0] | 0x00 | R/W | 0x00=:動作状態<br>0x01=スタンバイ状態 |
| 0xEC | クロックセレクト | [7:0] | 0x00 | R/W | 0x7F=auto clock<br>0xFF=manual clock |
| 0xEE | ソフトウエアリセット | [2:1] | - | W | 0x06=software reset |
| 0xEF | バンクセレクト | [1:0] | 0x00 | R/W | 0x00=バンク 0<br>0x03=バンク 3 (E-Fuse レジスタ) |
| 0xF8 | 受光スポット座標(C) | [7:0] | - | R | 受光スポット径＝C 座標[7:0] － A 座標[7:0] |
| 0xF9 | 受光スポット座標(A) | [7:0] | - | R | 受光スポット対称性＝ |
| 0xFA | 受光スポットピーク座標(B) | [7:0] | - | R | \|(C 座標＋A 座標)－2×B 座標)\| |
| | | | | | 各座標は図 21 参照 |

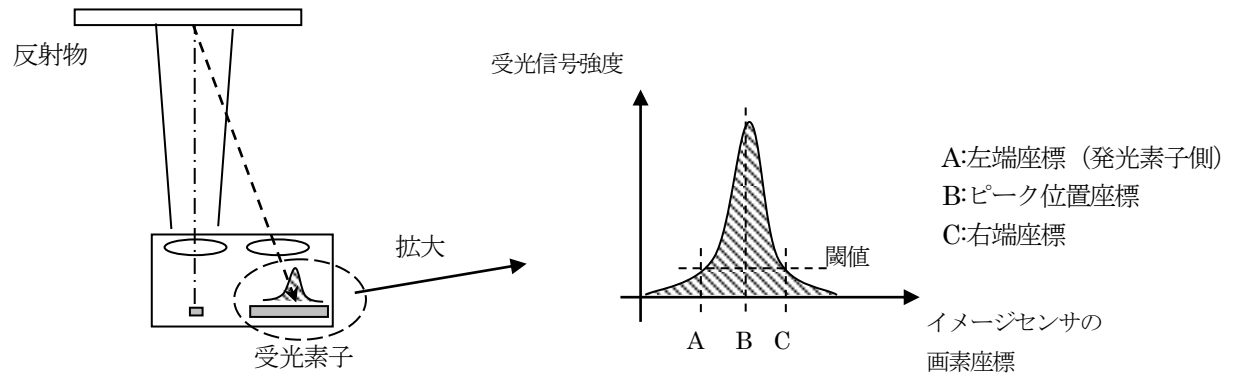



図 21　スポット形状の座標

表 12　レジスタマップ（バンク 3）

| Address (Hex) | Register Name | Bit Select | Address (Hex) | Register Name | Bit Select | Address (Hex) | Register Name | Bit Select |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0x00 | A[63:56] | [7:0] | 0x0E | B[15:8] | [7:0] | 0x1C | D[31:24] | [7:0] |
| 0x01 | A[55:48] | [7:0] | 0x0F | B[7:0] | [7:0] | 0x1D | D[23:16] | [7:0] |
| 0x02 | A[47:40] | [7:0] | 0x10 | C[63:56] | [7:0] | 0x1E | D[15:8] | [7:0] |
| 0x03 | A[39:32] | [7:0] | 0x11 | C[55:48] | [7:0] | 0x1F | D[7:0] | [7:0] |
| 0x04 | A[31:24] | [7:0] | 0x12 | C[47:40] | [7:0] | 0x20 | E[63:56] | [7:0] |
| 0x05 | A[23:16] | [7:0] | 0x13 | C[39:32] | [7:0] | 0x21 | E[55:48] | [7:0] |
| 0x06 | A[15:8] | [7:0] | 0x14 | C[31:24] | [7:0] | 0x22 | E[47:40] | [7:0] |
| 0x07 | A[7:0] | [7:0] | 0x15 | C[23:16] | [7:0] | 0x23 | E[39:32] | [7:0] |
| 0x08 | B[63:56] | [7:0] | 0x16 | C[15:8] | [7:0] | 0x24 | E[31:24] | [7:0] |
| 0x09 | B[55:48] | [7:0] | 0x17 | C[7:0] | [7:0] | 0x25 | E[23:16] | [7:0] |
| 0x0A | B[47:40] | [7:0] | 0x18 | D[63:56] | [7:0] | 0x26 | E[15:8] | [7:0] |
| 0x0B | B[39:32] | [7:0] | 0x19 | D[55:48] | [7:0] | 0x27 | E[7:0] | [7:0] |
| 0x0C | B[31:24] | [7:0] | 0x1A | D[47:40] | [7:0] | | | |
| 0x0D | B[23:16] | [7:0] | 0x1B | D[39:32] | [7:0] | | | |

## １１．設定可能な各種機能

GP2YE02B および GP2Y0E03 は I²C バスの規格に準じた 7 ビットのスレーブアドレスを備えており、レジスタ値を変更することにより本製品の各種設定を行うことができます。さらに、本製品は不揮発性の OTP（One Time Programmable Memory）である E-Fuse を備えており、E-Fuse に各種データを書き込むことにより本製品の各種設定を行うことができます。E-Fuse に書き込んだデータは電源を切っても本製品に記録されていますので、電源を再投入した時には書き込んだ内容で本製品を動作させることができます。

表 13 に GP2Y0E シリーズで設定可能な機能の一覧を示します。

表 13　E-Fuse および I²C バスで設定できる機能

| No. | 項目 | E-Fuse | I²C | 初期値（推奨値） | 影響する特性 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | スレーブアドレス | ○ | × | Write:0x80<br>Read:0x81 | － |
| 2 | 最大発光パルス幅 | ○ | ○ | 320us | 平均消費電流、距離出力安定性 |
| 3 | 信号積算回数 | ○ | ○ | 10 回 | 応答時間、測距周期、距離出力安定性 |
| 4 | 中央値フィルター | ○ | ○ | 1 回 | 応答時間、距離出力安定性 |
| 5 | カバー補正 | ○ | ○ | Disable | 距離特性 |
| 6-1 | 測定エラー判定<br>（受光信号強度） | 設定済 | ○ | 個々に設定 | 距離特性 |
| 6-2 | 測定エラー判定<br>（Min 受光スポット径） | 設定済 | ○ | 個々に設定 | 距離特性 |
| 6-3 | 測定エラー判定<br>（Max 受光スポット径） | ○ | ○ | Disable | 距離特性 |
| 6-4 | 測定エラー判定<br>（受光スポット対称性） | 設定済 | ○ | 14 | 距離特性 |
| 7 | 最大表示距離 | 設定済 | ○ | 64cm | アナログ出力特性 |
| 8 | 動作／スタンバイ制御 | × | ○ | － | － |
| 9 | ソフトウエアリセット | × | ○ | － | － |

１１－１　スレーブアドレス

GP2Y0E02B および GP2Y0E03 を同一バスに複数接続して使用する場合や、同一バスに接続された他のデバイスとのアドレスの重複を防ぐために E-Fuse によりスレーブアドレスを 16 種類に変更することができます。詳細な変更の方法は「12-4 ①I²C スレーブアドレス」を参照ください。下表に変更可能なスレーブアドレスの一覧を示します。

表 14　スレーブアドレス一覧（GP2Y0E02B、GP2Y0E03）

| No | Writeｻｲｸﾙ | Readｻｲｸﾙ | 備考 | No | Writeｻｲｸﾙ | Readｻｲｸﾙ | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 0x00 | 0x01 | － | 9 | 0x80 | 0x81 | ﾃﾞﾌｫﾙﾄ |
| 2 | 0x10 | 0x11 | － | 10 | 0x90 | 0x91 | － |
| 3 | 0x20 | 0x21 | － | 11 | 0xA0 | 0xA1 | － |
| 4 | 0x30 | 0x31 | － | 12 | 0xB0 | 0xB1 | － |
| 5 | 0x40 | 0x41 | － | 13 | 0xC0 | 0xC1 | － |
| 6 | 0x50 | 0x51 | － | 14 | 0xD0 | 0xD1 | － |
| 7 | 0x60 | 0x61 | － | 15 | 0xE0 | 0xE1 | － |
| 8 | 0x70 | 0x71 | － | 16 | 0xF0 | 0xF1 | － |

１１－２　最大発光パルス幅

本センサは受光信号強度により発光素子からの発光量を自動調整する機能を備えています。発光量の調整は発光パルス幅を制御することにより行われますが、最大発光パルス幅を制限することにより本製品の平均消費電流を低減することができます。しかし、最大発光パルス幅の制限により受光信号強度も低減しますので、特に遠距離や低反射率の反射物では距離の出力値が不安定になることがあります。また、最大発光パルス幅を低減しても応答時間は変わりません。最大発光パルス幅を変更する場合は、仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、お客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。表 15 に最大発光パルス幅（設定値）と動作時平均消費電流の関係を示します。なお、下表の数値は参考値となります。レジスタ（バンク 0）への設定については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0 x 13）、E-Fuse への設定につきましては「12-4②最大発光パルス幅」を参照下さい。

表 15　最大発光パルス幅一覧

| No | 最大発光パルス幅（設定値） | 平均消費電流 | 備考 |
|---|---|---|---|
| 1 | 約 320us | 約 26mA | デフォルト |
| 2 | 約 240us | 約 22mA | － |
| 3 | 約 160us | 約 18mA | － |
| 4 | 約 80us | 約 14mA | － |
| 5 | 約 40us | 約 12mA | － |

１１－３　信号積算回数

本センサは複数回の発光信号を積算後に受光スポット位置の演算を行い、距離値を計算します。信号積算回数を低減させることにより応答時間と測距周期を低減することができますが、受光信号強度も低減しますので、特に遠距離や低反射率の反射物では距離の出力値が不安定になることがあります。また、信号積算回数を変化させても平均消費電流は変わりません。信号積算回数を変更する場合は、仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、お客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。表 16 に信号積算回数と応答時間の関係を示します。なお、下表の数値は参考値になります。レジスタ（バンク０）への設定については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0 x A8）、 E-Fuse への設定につきましては「12-4③信号積算回数」を参照下さい。

表 16　信号積算回数一覧

| No | 積算回数 | 応答時間(Max) | 測距周期 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 回 | 20ms | 約 1.9ms | － |
| 2 | 5 回 | 30ms | 約 9.5ms | － |
| 3 | 10 回 | 40ms | 約 19ms | デフォルト |
| 4 | 30 回 | 80ms | 約 57ms | － |

１１－４　中央値フィルター

本センサは出力の安定化のため、複数の距離の出力値を用いて中央値（メジアン）演算を行う機能を備えています。中央値演算を用いることにより距離の出力の安定性を増大させることができますが、応答時間が増大します。中央値演算を行う場合のデータ数は 5,7,9 のいずれかに設定することができます。つまり、「5」の時は距離測定を 5 回行った後にその 5 つの距離値の中央値を選択して出力します。本センサは測定が 1 回終了後に測距結果を出力しますが、中央値フィルターの設定をしている場合はその測距回数が終わるまでに出力された結果は設定された回数の中央値演算が行われた結果ではありません。中央値フィルターが「5」のときの例を以下に示します。

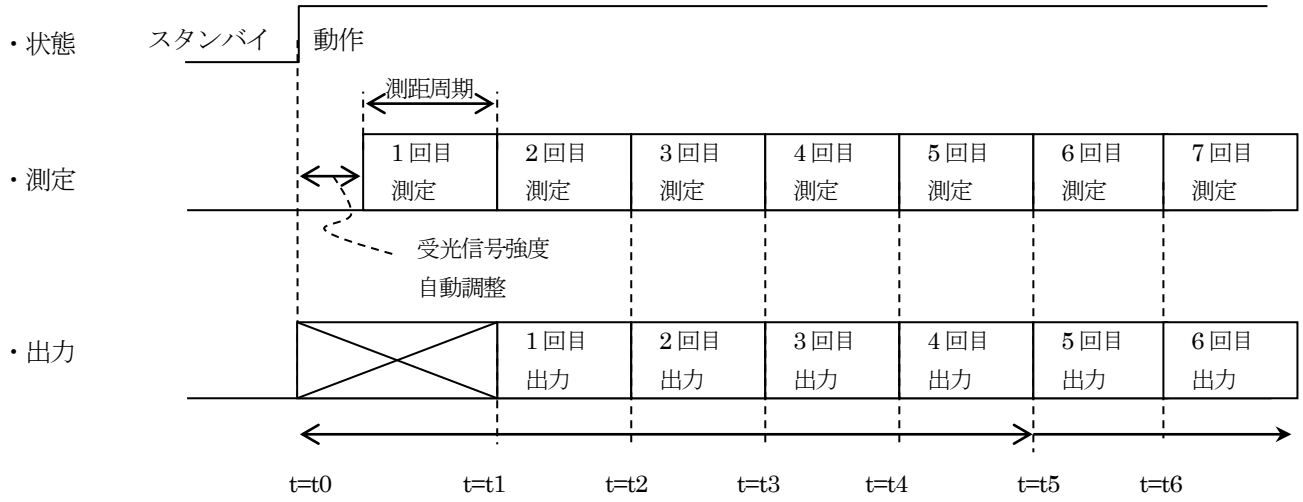



図 22　中央値フィルター出力

図 22 で t0 から t5 の間は測定が 5 回終了していないので出力される結果は 5 回分の測距結果の中央値が演算されたものではありませんので不定となります。ただし、受光信号強度が十分大きい（近距離や高反射率の反射物）場合は t5 以降の出力と同じになる場合があります。6 回目の出力は 2 回目測定から 6 回目測定の 5 回の測定結果の中央値を出力し、以降 1 回分の測定ごとに出力を更新します。図 22 で 1 回分の測定が表 16 に示す測距周期に相当します。

11-3 と 11-4 で設定する信号積算回数と中央値フィルターを組み合わせた応答時間の参考値を表 17 に示します。レジスタ（バンク 0）への設定については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x3F）、E-Fuse への設定につきましては「12-4④中央値フィルター」を参照下さい。

中央値フィルター機能を有効にする場合は、仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、お客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。

表 17　中央値フィルター一覧

| No | 中央値演算のデータ数 | 応答時間（信号積算回数） | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | (1 回) | (5 回) | (10 回) | (30 回) | |
| 1 | 1 | 20ms | 30ms | 40ms | 80ms | デフォルト（信号積算回数 10 回） |
| 2 | 5 | 27ms | 70ms | 120ms | 310ms | － |
| 3 | 7 | 30ms | 90ms | 160ms | 430ms | － |
| 4 | 9 | 35ms | 110ms | 200ms | 550ms | － |

１１－５　カバー補正

GP2Y0E シリーズにはお客様で設置される保護カバーからの直接反射光による測距値の誤差を補正する機能を備えています。センサの近傍にセンサ天面と平行に配置された平坦な保護カバーからの直接反射光は非常に大きな入射角を持って受光部へ入射するため、図 23 のように受光素子（CMOS イメージセンサ）には受光スポットの裾のみが検出されます。一方保護カバーを透過して反射物で反射した光は小さな入射角で入射するので受光素子上にピークを有する受光スポットを形成します。従って、図 24 のように保護カバーを設置した場合の受光スポットはベースラインが一定の傾斜を有するプロファイルとなります。

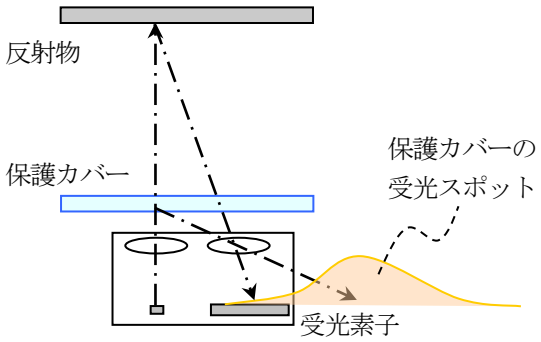



図 23　保護カバーの受光スポット

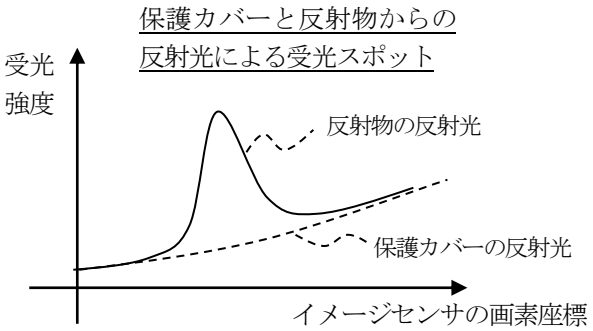



図 24　保護カバーと反射物の受光スポット形状

カバー補正機能は上述のような受光プロファイルを有する保護カバーの設置条件下において適用できます。保護カバーからの直接反射光は裾のみが検出されますので、図 25 のようにイメージセンサの画素座標を X 軸、受光強度を Y 軸として直線近似することができます。この傾き k を予め I²C や E-Fuse を用いてセンサの信号処理部へ設定しておき、受光スポット位置演算を行う前にベースラインの傾きを受光スポットから減算して保護カバーからの直接反射光成分を除去します。以上のように、傾き k がカバー補正係数となります。保護カバーの直接反射光成分を補正された受光スポットは図 26 のように反射物からの反射信号光のみの受光スポットとなりますので、保護カバーによる測距誤差が小さくなります。

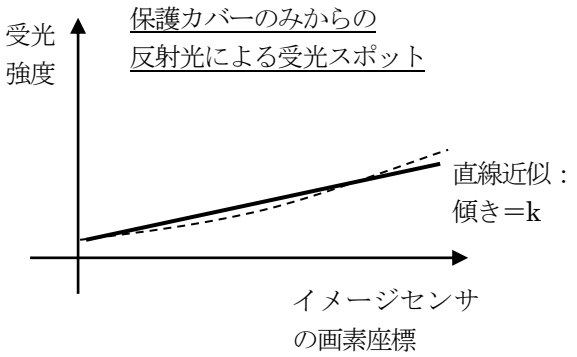



図 25　保護カバーの受光スポット形状

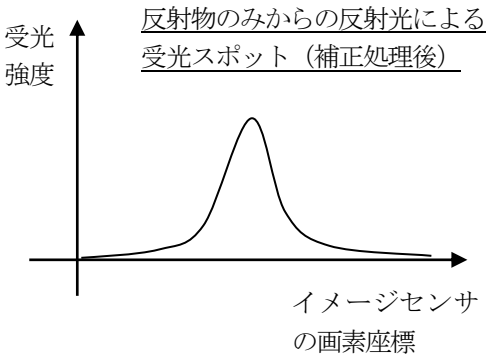



図 26　補正処理後の受光スポット形状

カバー補正機能は保護カバーからの直接反射光の受光スポット形状が直線近似できる場合に有効になります。保護カバーがセンサから離れるほど、また保護カバーが厚くなるほどその反射光の入射角は小さくなり、受光スポットの裾の形状は曲線になりますので補正後の測距精度は低くなります。また、傾き k は保護カバーの材質、形状、設置条件などにより異なります。保護カバーの設置条件を同一にした場合でもセンサの個体ばらつきにより異なることがあります。

カバー補正機能を使用するには、お客様の保護カバーが本センサの前面に設置された状態で補正係数を決定する必要があります。補正係数はセンサ、保護カバー、センサと保護カバーの配置等によりばらつきますのでお客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。

補正係数を求める測定環境の一例を以下に示します。

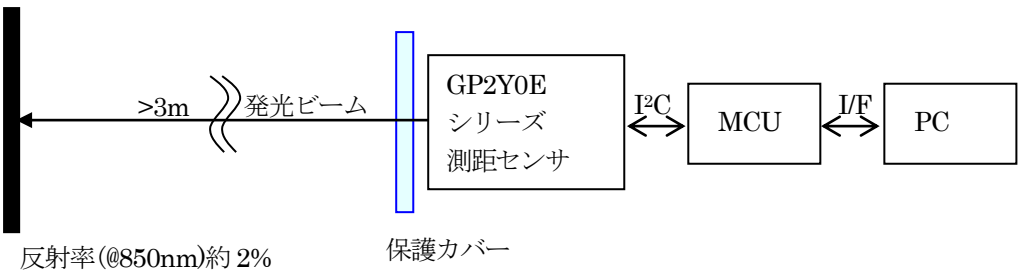



図 27　カバー補正係数測定環境例

暗状態の測定環境で、本センサの前面にお客様の保護カバーを所定の位置に配置し、3m 以上離して反射率が 2%以下の黒色の反射物を置きます。この状態で反射物からの反射光強度は受光部にほとんど入射しないため、受光部に入射する光は図 25 に示すような保護カバーからの直接反射光のみとすることができます。この状態で受光スポットを測定し、マイコン（MCU）等を利用して直線近似の傾き k を最小二乗法により算出します。以下に I²C 通信を用いた補正係数の測定手順を示します。

・補正係数の測定手順

(01) Address(0xEF)に Data(0x00)をセットする。
(02) Address(0xEC)に Data(0xFF)をセットする。
(03) 4*(N+10) [ms]待つ。　（N は信号積算回数）
(04) Address(0x64)のデータを読み出し、AE[15:8]として保存する。
(05) Address(0x65)のデータを読み出し、AE[7:0]として保存する。
(06) AE＝AE[15:8]*256＋AE[7:0]を計算する。
(07) Address(0x67)のデータを読み出し、AG[7:0]として保存する。
(08) $AG = 2^{\frac{AG[7:0]}{16}} * \frac{AG[3:0]+16}{16}$ を計算する。
(09) Address(0x03)に Data(0x00)をセットする。
(10) 2*(N+10) [ms]待つ。　（Nは信号積算回数）
(11) Address(0x4C)に Data(0x10)をセットする。
(12) 2*(N+10) [ms]待つ。　（Nは信号積算回数）
(13) Address(0x90)に Data(0x10)をセットする。　（Low Level Data の読み出し設定）
(14) バーストリードにより Address(0x00)から Address(0xDB)までの 220 個のデータを読み出し、L[1:220]として保存する。
バーストリード：10-3　Read フォーマット参照
(15) Address(0x90)に Data(0x11)をセットする。　（Middle Level Data の読み出し設定）
(16) バーストリードにより Address(0x00)から Address(0xDB)までの 220 個のデータを読み出し、M[1:220]として保存する。
(17) Address(0x90)に Data(0x12)をセットする。　（High Level Data の読み出し設定）
(18) バーストリードにより Address(0x00)から Address(0xDB)までの 220 個のデータを読み出し、H[1:220]として保存する。
(19) $profile[1:220] = \frac{8}{AG} * \frac{295}{AE} * \left(H[1:220] * 65536 + M[1:220] * 256 + L[1:220]\right)$ を計算する。
ここで、Profile[1:220]の 1 や 220 は X 座標を表し、Profile[1]は X=1 の時の Y 座標値を表し、
Y=profile[X]　の関数として表されます。　（図 28 参照）
(20) Address(0x90)に Data(0x00)をセットする。
(21) Address(0x03)に Data(0x01)をセットする。
(22) Profile[1:220]より最小二乗法を用いて k を計算する。

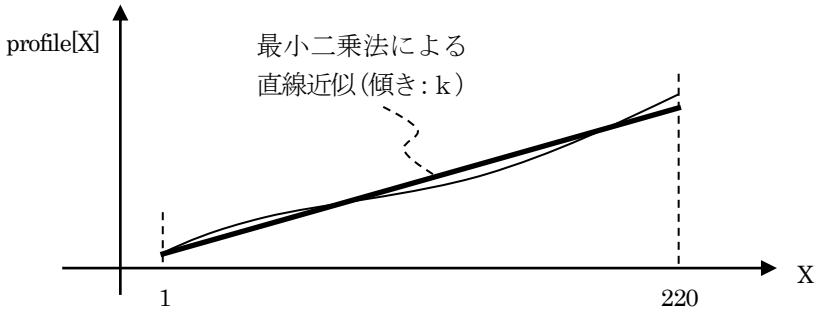



図 28　受光スポット読出しデータ

保護カバーの材質：アクリル（透過率>90%@850nm）
保護カバーの表面と裏面の角度：平行
センサと保護カバーの角度：平行
保護カバーの厚さ：2mm
センサと保護カバー間スペース：1mm

上記条件の時の傾きｋの参考値は 350 です。この数値は補正後の測距精度を保証するものではなく任意に抜き取ったサンプルから測定された参考値ですのでお客様の保護カバーと条件が異なる場合は大きく異なる可能性があります。カバー補正機能をご使用になられる場合はお客様の実機にて十分ご確認の上、ご使用して下さい。

レジスタ（バンク 0）に補正係数(k=350)を設定する場合、表 11 のレジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x8D, 0x8E）に記載のように、カバー補正係数[10:0]はアドレス 0x8D にカバー補正係数[5:0]、アドレス 0x8E にカバー補正係数[10:6]が用意されているので、それぞれカバー補正係数[5:0]=0b011110、カバー補正係数[10:6]=0b00101 となります。カバー補正係数[10:6]の Reg Field は[4:0]ですのでアドレス 0x8E に設定する数値は 0x05 となりますが、カバー補正係数[5:0]の Reg Field は[7:2]ですので 0b011110 を 2 ビット左シフトして 0b01111000 となり、アドレス 0x8D に設定する数値は 0x78 となります。さらにアドレス 0x8F に 0x02 を設定し、カバー補正機能を Enable にすると補正された測距値を出力します。

補正係数を E-Fuse に設定する方法については「12-4⑤カバー補正」を参照ください。

## １１－６　距離測定のエラー判定

### （１１－６－１）　受光信号強度

GP2Y0E シリーズには反射物からの受光信号が距離演算に不十分な場合に距離出力を表示の最大値である 64cm(アナログ出力は 0.2V以下)に固定する機能を備えています。十分遠方の反射物からの反射光は非常に小さいため、受光スポット強度は微弱になります。そのような受光スポットから算出された受光スポット位置は安定しないため、測距精度が低くなってしまいます。このような測距精度の低下を防ぐために、GP2Y0E シリーズでは予め受光信号強度の閾値が E-Fuse に設定されており、十分な受光信号強度を得られる場合のみ演算された距離出力を行います。その閾値はセンサの発光量や受光感度のばらつきに対して同一反射条件でエラー判定となるように個々のセンサに固有の値が E-Fuse に設定されています。

受光信号強度のエラー判定の閾値は E-Fuse に設定されていますので、閾値を変更する場合はレジスタへの設定でのみ可能となります。一旦 VDD への電源供給をオフにしますと E-Fuse に設定された初期値が再度設定されますので、VDD をオンにした後に再度レジスタ設定が必要となります。動作／スタンバイ状態の切り替えではレジスタ設定値は保持されますので、スタンバイ後に動作状態に切り替えた時はレジスタの再設定は不要です。レジスタ（バンク０）への設定方法については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x2F）に所定の値を設定することにより可能となります。電源をＯＮした時に E-Fuse に設定された初期値がレジスタ（0x2F）に設定されます。アドレス（0x2F）の読出し値より大きな値を設定すると図 29 の点線で示した閾値が大きくなります。なお、本機能は初期状態で Enable になっていますので、使用されない場合はバンク 0 のアドレス 0xBC を 0x01 に設定し Disable にしてください。ただし、Disable にしますと反射信号光のない状態（無限遠）でも不安定な距離出力を行いますので、一定の閾値レベルを設定し Enable でご使用されることを推奨します。

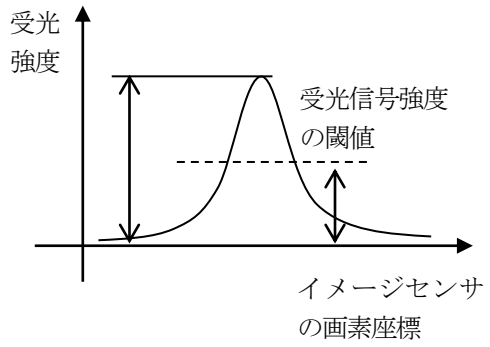



図 29　受光信号強度の閾値

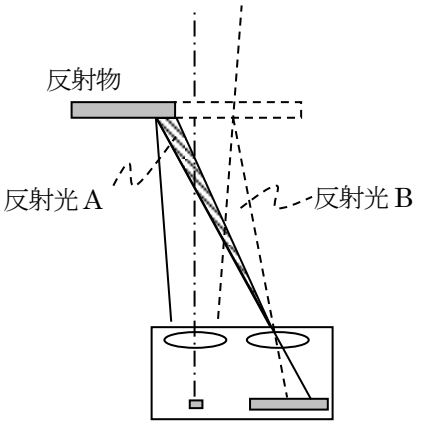



図 30　発光光束の一部反射と全反射

### （１１－６－２）　Min 受光スポット径

GP2Y0E シリーズには反射物で反射した受光信号のスポット径が一定の範囲外の場合に距離出力を最大値である 64cm（アナログ出力は 0.2V以下）に固定する機能を備えています。

6-4 や 6-5 に記載のように、反射物に境界線がある場合や反射物が発光光束の一部のみ反射する場合などは、発光光束全体が一様な反射率を有する反射物に反射する場合に比べて受光スポットが歪むことがあります。図 30 は反射物が発光光束の一部（左側）のみ反射する場合を反射光 A（斜線ハッチング）、発光光束の全体が反射される場合を反射光 B（点線）で表しています。発光光束全体が反射される反射光 B の場合

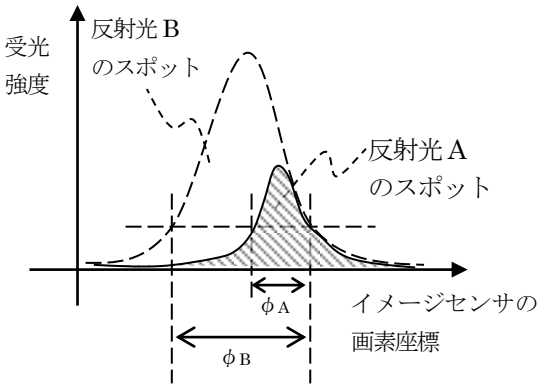



図 31　一部反射と全反射のスポット径

は図 31 の点線で示す受光スポットとなりますが、一部のみ反射する反射光 A の場合は図 30 の点線の反射光 B がないので図 31 の反射光 A のスポットのように受光スポットの左側が歪んだ形状となり、受光スポット位置が反射光 B のスポットより右側へシフトするため測距誤差を生じてしまいます。このような測距精度の低下を防ぐために、GP2Y0E シリーズでは予め受光スポット径の Min 閾値が E-Fuse に設定されており、受光スポット径が Min 閾値より大きい場合のみスポット位置より演算された距離出力を行います。測距誤差を生じる反射光 A のスポット径（$\phi_A$）は図 31 のように反射光 B のスポット径（$\phi_B$）より小さくなりますので、不完全な受光スポットのときの誤測距状態を検知することができます。その閾値はセンサのばらつきに対して個々に最適な固有の値が E-Fuse に設定されています。

Min 受光スポット径のエラー判定の閾値は E-Fuse に設定されていますので、閾値を変更する場合はレジスタへの設定でのみ可能となります。一旦 VDD をオフにしますと E-Fuse に設定された初期値が再度設定されますので、VDD をオンにした後に再度レジスタ設定が必要となります。動作／スタンバイ状態の切り替えではレジスタ設定値は保持されます。

レジスタ（バンク 0）への設定方法については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x34）に所定の値を設定することにより可能となります。アドレス（0x34）の読出し値より大きな値を設定すると Min 閾値が大きくなります。受光スポット径の測定値は表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0xF8,0xF9）から取得できます。なお、本機能は初期状態で Enable になっていますので、使用されない場合はバンク 0 のアドレス 0xBD を 0x01 に設定し Disable にして下さい。

（１１－６－３）　Ｍａｘ受光スポット径

１１－６－２に記載した受光スポット径の Min 閾値に加えて GP2Y0E シリーズでは Max 閾値を設定することができます。境界線が複雑な反射物や発光光束のごく一部のみ反射する場合（図 32 不完全な反射条件）などは発光光束全体が一様な反射率を有する反射物に反射する場合(図32通常反射条件)に比べて受光スポットが歪んで大きくなることがあります。この受光スポットから計算される距離値は大きな誤差を含む可能性が高くなります。このような測距精度の低下を防ぐために、Max 受光スポット径の閾値を設定することにより受光スポット径がＭａｘ閾値より小さい場合のみスポット位置より演算された距離出力を行います。

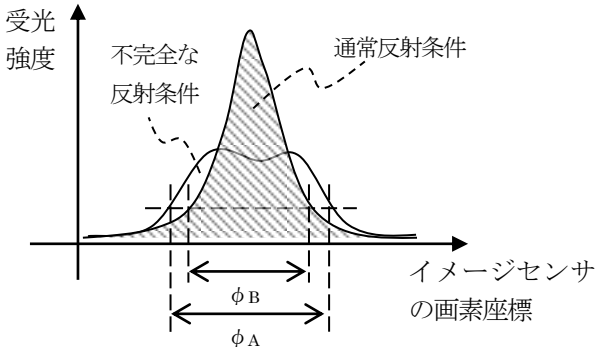



図 32　不完全反射と全反射のスポット径

この閾値は GP2Y0E シリーズでは予め設定されていませんので、お客様で E-Fuse に設定することが可能です。また、レジスタへ設定することも可能ですが、VDD を一旦オフにした後に再度 VDD をオンにした場合は Max 受光スポット径の閾値は設定されずに本センサは動作しますので、VDD をオンにした後に再度レジスタ設定が必要となります。動作／スタンバイ状態の切り替えではレジスタ設定値は保持されます。

レジスタ（バンク 0）への設定方法については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x33）に所定の値を設定することにより可能となります。アドレス（0x33）の読出し値より大きな値を設定すると Max 閾値が大きくなります。なお、本機能は初期状態で Disable になっていますので、使用する場合はバンク 0 のアドレス 0xBE を 0x00 に設定し Enable として下さい。受光スポット径の測定値は表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス(0xF8,0xF9)から取得できます。

E-Fuse への設定につきましては「12-4⑥距離測定エラー判定の Max 受光スポット径閾値」を参照下さい。

（１１－６－４）　受光スポット対称性

GP2Y0E シリーズには反射物で反射した受光信号のスポット形状が歪んだ場合に距離出力を最大値である 64cm（アナログ出力は 0.2V以下）に固定する機能を備えています。

反射物に境界線がある場合や反射物が発光光束の一部しか反射しない場合などは、発光光束全体が一様な反射率を有する反射物に反射する場合に比べて受光スポットが歪むことがあります。受光スポット径は 11-6-2 や 11-6-3 で設定された Min 閾値と Max 閾値の間にある場合でも図 33 のように受光スポットの受光強度が最大の座標を中心として左側径（φL）と右側径（φR）が大きく異なる場合は受光スポット位置がシフトするため測距誤差を生じてしまいます。このような測距精度の低下を防ぐために、GP2Y0E シリーズでは受光スポットの右側径と左側径の差を受光スポットの対称性の閾

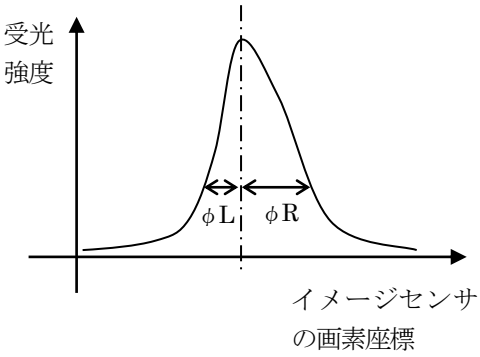



図 33　非対称な受光スポット

値（固定値：14）として予め E-Fuse に設定されており、受光スポットが均等な形状をしている場合のみスポット位置より演算された距離出力を行います。

受光スポットの対称性によるエラー判定の閾値は既に E-Fuse に設定されていますので、閾値を変更する場合はレジスタへの設定でのみ可能となります。一旦 VDD をオフにしますと E-Fuse 設定された初期値が再度設定されますので、VDD をオンにした後に再度レジスタ設定が必要となります。動作／スタンバイ状態の切り替えではレジスタ設定値は保持されます。

レジスタ（バンク 0）への設定方法については表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x1C）に所定の値を設定することにより可能となります。バンク 0 のアドレス（0x1C）の読出し値より大きな値を設定すると閾値が大きくなりますので、より受光スポットが歪んだ場合でもスポット位置から計算された距離値を出力します。受光スポット対称性の測定値は表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0xF8,0xF9, 0xFA）から取得できます。なお、本機能は初期状態で Enable になっていますので、使用されない場合はバンク 0 のアドレス 0xBF を 0x01 に設定し Disable として下さい。

・測距精度と至近距離検出の相関について

上記のように各エラー判定の閾値を設定することにより距離の仕様範囲（4cm～50cm）での誤測距が生じる確率を低減することができますが、受光スポット径の閾値（Min, Max）と対称性の閾値を設定する値によっては仕様範囲外の至近距離（4cm 以下）の距離特性に影響を与えます。エラー判定を設定した場合の距離特性例を図 34 に、エラー判定を設定しない場合の距離特性例を図 35 に示します。設定するエラー判定の閾値の値によって変わりますが、発光光束全体が一様な反射率を有する反射物で反射される場合でも至近距離での距離出力が距離表示の最大値（64cm）となります。GP2Y0E シリーズでは凡そ 3cm です。一方エラー判定を設定しない場合では 4cm 以下ではリニアリティはありませんが、測距値が減少します。反射物とセンサの距離が極至近距離になると受光部へ光が入射しなくなるので受光信号強度が閾値以下になった時点で距離出力が表示距離の最大値（64cm）となります。

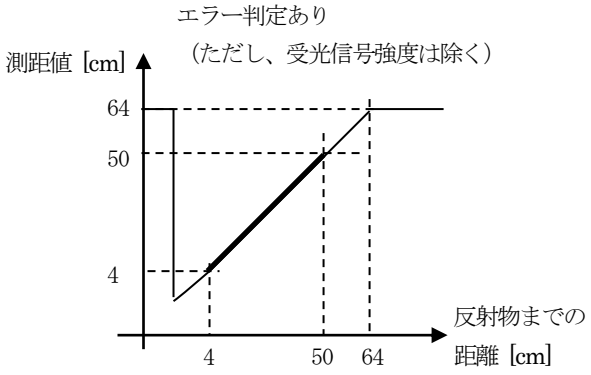



図 34　受光スポット形状のエラー判定あり

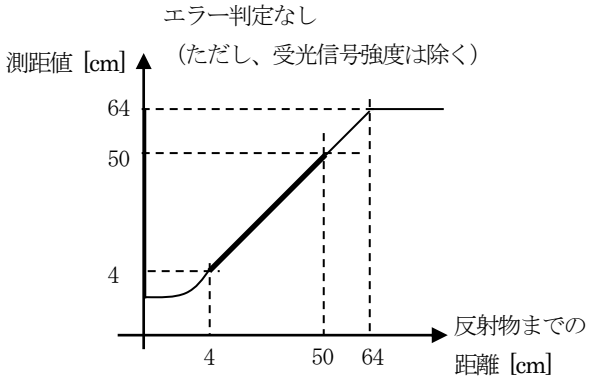



図 35　受光スポット形状のエラー判定なし

このように、至近距離では受光スポット径の Min, 受光スポット径の Max, 受光スポットの対称性の設定する値によりますが、受光スポット形状の判定でエラーと判断されることがあります。

11-6 に記載の各エラー判定のフローチャートを図 36 に示します。各エラー判定項目にはその判定機能を有効にする Enable ビットが搭載されており、そのビット値により判定をスキップすることができます。GP2Y0E シリーズでは本エラー判定機能は受光スポット径の Max 閾値による判定のみ無効としスキップするように設定されています。

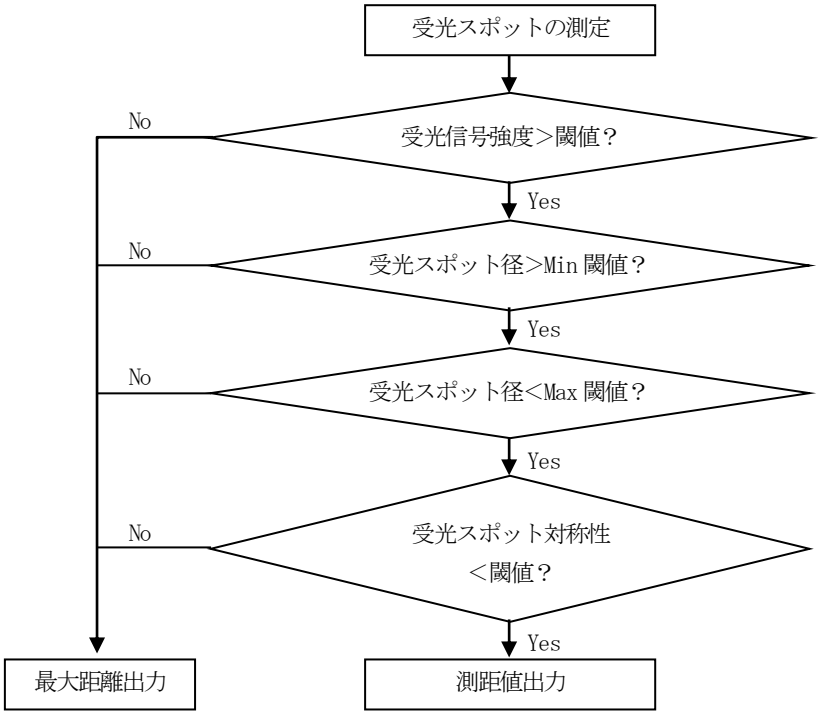



図 36　エラー判定のフローチャート

各エラー判定の閾値や判定項目の追加、削減を行いますと仕様書に記載された電気的光学的特性を満足しなくなることがありますので、お客様の実機により最適な出力状態を十分ご確認の上、ご使用して下さい。

### １１－７　最大表示距離

GP2Y0E02B および GP2Y0E03 の測距値（デジタル出力）の最大表示距離は 64cm ですが、レジスタ設定により 128cm まで増大することができます。最大表示距離を増大することはできますが、デジタル出力の距離特性の仕様は変わりません。50cm より遠方の距離特性は仕様外になりますので距離の出力値の精度につきましてはお客様の実機にて十分ご確認ください。遠方からの反射光強度は小さくなりますので遠方での距離の出力値は不安定になりますが、11-3 信号積算回数や 11-4 中央値フィルターの適切な設定により距離の出力値を安定化できる可能性があります。なお、最大表示距離の設定を変更した場合は GP2Y0E03 のアナログ出力は使用できなくなりますのでご注意ください。レジスタ設定方法につきましては表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0x35）を参照ください。

### １１－８　動作／スタンバイ制御

GP2Y0E02A と GP2Y0E03 は GPIO1 端子への入力電圧により動作／スタンバイ状態を切り替えることができます。GPIO1 端子に H レベルを入力すると動作状態、L レベルを入力するとスタンバイ状態となります。GPIO1 端子へ入力する H レベルおよび L レベル電圧は VIN(IO)端子への入力電圧により決まります。GP2Y0E03 は VDD が 3.6V より大きいときは最大定格の制限から VIN(IO)を VDD に接続できませんので配線には注意が必要です。例えば VDD=5V でご使用になられる場合は VIN(IO)端子には 3.6V 以下の電圧の入力が別途必要です。GP2Y0E02A および GP2Y0E02B は VIN(IO)端子は基板内で VDD に接続されていますので、GPIO1 端子を VDD と接続することにより動作状態、GND と接続することによりスタンバイ状態にすることができます。

また、GP2Y0E02B と GP2Y0E03 はレジスタ設定により動作／スタンバイ状態を切り替えることができます。このとき GPIO1 端子へは H レベルの入力が必要です。レジスタ設定方法につきましては表 11 レジスタマップ（バンク 0）のアドレス（0xE8）を参照ください。

詳細については４－２動作状態／スタンバイ状態タイミングを参照下さい。

### １１－９　ソフトウエアリセット

ソフトリセットを実行することにより個別に設定したレジスタ値は全てクリアされ、全てのレジスタ値を初期値（E-Fuse 設定値）に再設定することができます。ソフトウエアリセットのレジスタの設定手順は以下の通りです。

(1) Address(0xEF)に Data(0x00)をセットする。
(2) Address(0xEC)に Data(0xFF)をセットする。
(3) Address(0xEE)に Data(0x06)をセットする。
(4) Address(0xEC)に Data(0x7F)をセットする。

## １２．　電気ヒューズ（E-Fuse）プログラミング

E-Fuse とは電気的に１回だけプログラム可能な不揮発性メモリであり、E-Fuse にデータを書き込むことにより設定を変更したり、補正機能を有効にすることができます。E-Fuse に書き込んだデータは電源を切っても本製品に記録されており、電源を再投入した時には書き込んだ内容で本製品は動作します。

### １２－１　書き込みに必要なセットアップ

E-Fuse にデータを書き込むためには以下の基本構成が必要となります。

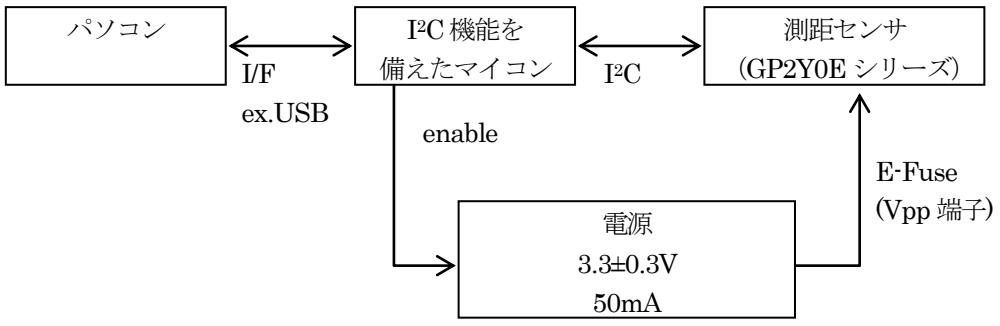



図 37　E-Fuse 書き込み環境のブロック図

パソコンは E-Fuse へ書き込むパラメータを個別に設定する場合などに使用します。マイコン内に書き込むパラメータをプログラムする場合は不要です。また、E-Fuse にデータを書き込むための Vpp 端子は本製品の裏面に備えています。E-Fuse に書き込むためには I ²C バス用の SCL と SDA 端子が必要ですので、GP2Y0E02A は基板裏面に SCL と SDA のコンタクトパッドが備えられています。(図 38 参照)

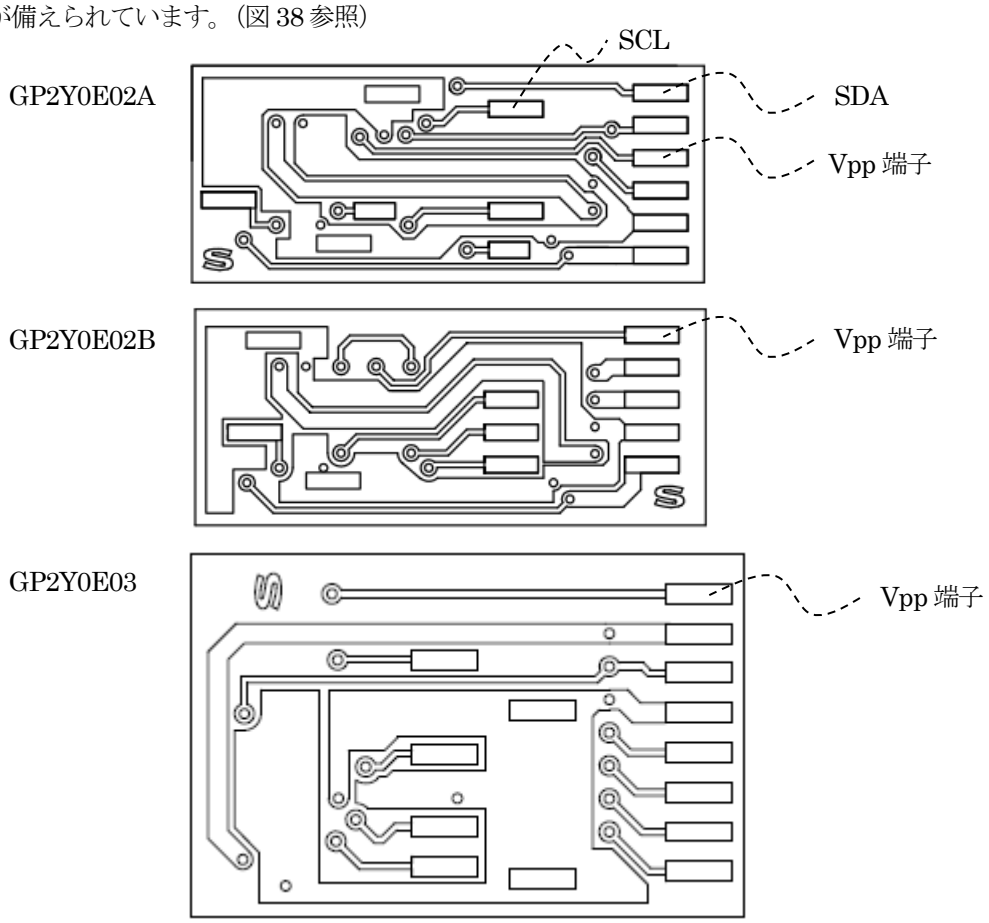



図 38　基板裏面図

１２－２　電気的仕様

１２－２－１）電源仕様

表 18　Vpp の電源仕様

| Vpp | Min. | Typ. | Max. | 単位 |
|---|---|---|---|---|
| 電圧 | 3.0 | 3.3 | 3.6 | V |
| 電流 | 50 | － | － | mA |

１２－２－２）電源タイミング

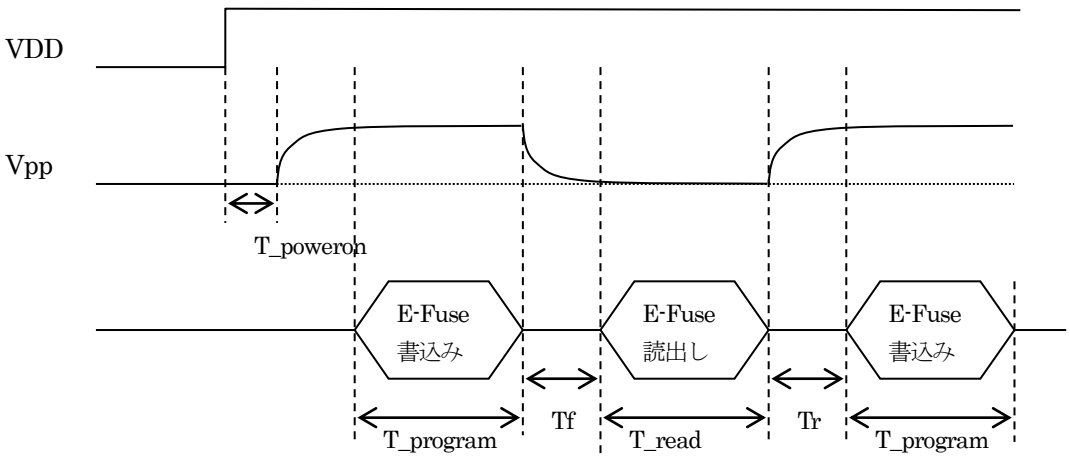



図 39　Vpp の電源タイミング

T_poweron　：　VDD オン後、1ms 以上経ってから Vpp を印加すること
Tf　　：　Vpp をオフにした時の立ち下げ時間
T_program　：　書込み時間（図 40 の Stage5 から Stage6）
T_read　　：　読出し時間（読み出し Bit 数により異なる）
Tr　　：　Vpp をオンにした時の立ち上げ時間

１２－３　プログラムフロー

E-Fuse への書込みは I²C を用いて 8 ビットずつ行います。8 ビット以上書き込むときは 8 ビット書込みを複数サイクル行います。図 40 にフローチャートを示します。

表 13 に記載した E-Fuse で設定可能な各機能に対する具体的な各 Stage の E-Fuse 設定値につきましては表 20 に一覧表を示しますので参照下さい。

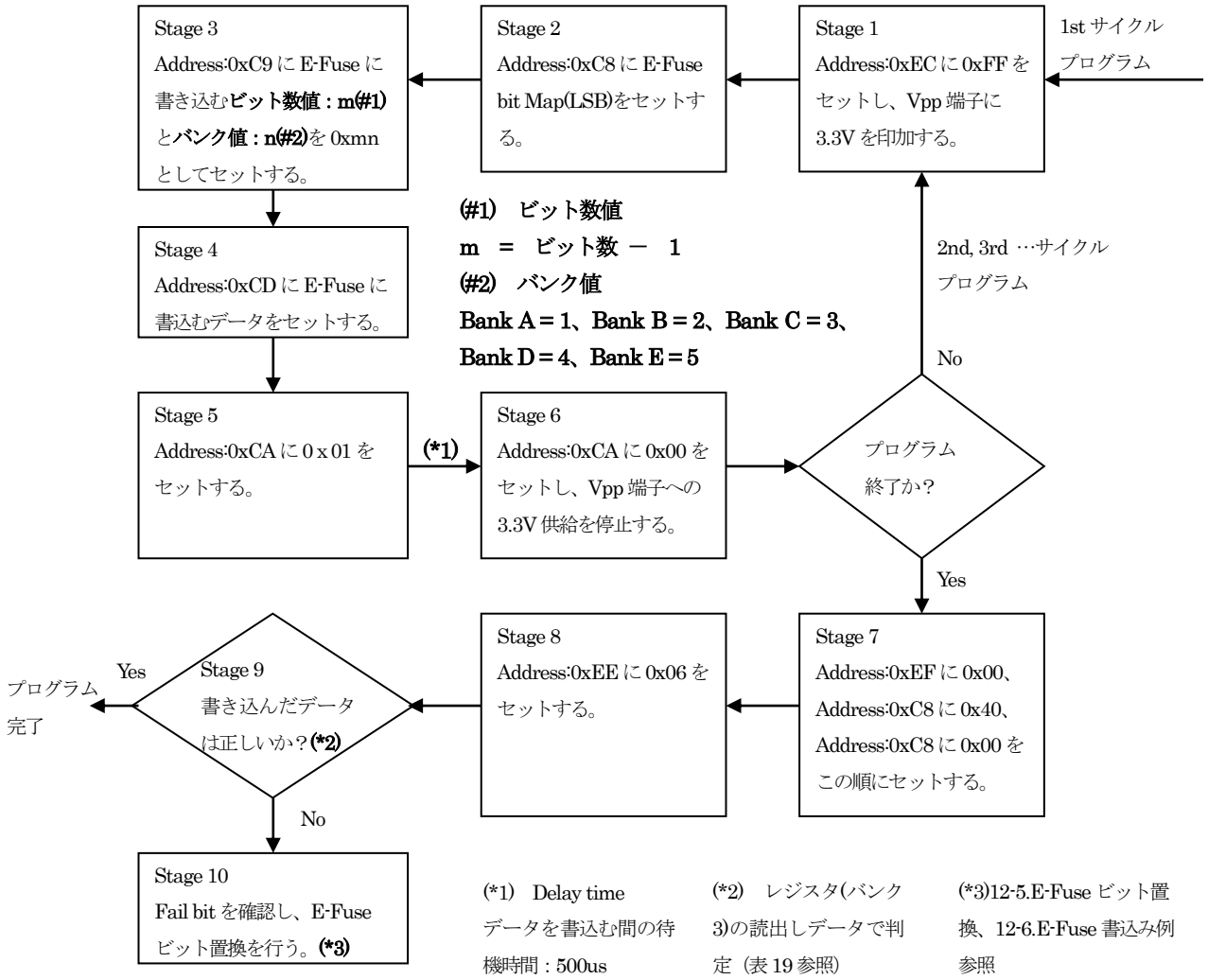



図 40　Ｅ－Ｆｕｓｅプログラムフロー

１２－４　E-Fuse ビットマップ

本製品の E-Fuse は 5 ブロック（Bank A, Bank B, Bank C, Bank D, Band E）搭載されており、それぞれのブロックは 64 ビットずつあります。各ビットの初期値は「1」であり、表 19 に示すビットマップの所定のビットを「0」に書き換えることにより下記の①から⑥の 6 つの項目について設定、駆動条件、補正機能を変更することができます。尚、駆動条件や補正機能を Enable にしますと仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。

表 19 に E-Fuse ビットマップを示します。表 19 中の Mapped Reg に記載されているアドレスはバンク 3 レジスタのアドレスになります。（表 12 参照）また、表 19 中の×印は「使用せず」、もしくは「書き込み済み」のビットを表します。

表 19A　Bank A

| Bit Map | A[0] | A[1] | A[2] | A[3] | A[4] | A[5] | A[6] | A[7] | A[8] | A[9] | A[10] | A[11] | A[12] | A[13] | A[14] | A[15] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | A[16] | A[17] | A[18] | A[19] | A[20] | A[21] | A[22] | A[23] | A[24] | A[25] | A[26] | A[27] | A[28] | A[29] | A[30] | A[31] |
| 内容 | 最大発光パルス幅 | | | 積算回数 | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | 0x05 | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | A[32] | A[33] | A[34] | A[35] | A[36] | A[37] | A[38] | A[39] | A[40] | A[41] | A[42] | A[43] | A[44] | A[45] | A[46] | A[47] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | A[48] | A[49] | A[50] | A[51] | A[52] | A[53] | A[54] | A[55] | A[56] | A[57] | A[58] | A[59] | A[60] | A[61] | A[62] | A[63] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |

表 19B　Bank B

| Bit Map | B[0] | B[1] | B[2] | B[3] | B[4] | B[5] | B[6] | B[7] | B[8] | B[9] | B[10] | B[11] | B[12] | B[13] | B[14] | B[15] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | B[16] | B[17] | B[18] | B[19] | B[20] | B[21] | B[22] | B[23] | B[24] | B[25] | B[26] | B[27] | B[28] | B[29] | B[30] | B[31] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | B[32] | B[33] | B[34] | B[35] | B[36] | B[37] | B[38] | B[39] | B[40] | B[41] | B[42] | B[43] | B[44] | B[45] | B[46] | B[47] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | B[48] | B[49] | B[50] | B[51] | B[52] | B[53] | B[54] | B[55] | B[56] | B[57] | B[58] | B[59] | B[60] | B[61] | B[62] | B[63] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |

表 19C　Bank C

| Bit Map | C[0] | C[1] | C[2] | C[3] | C[4] | C[5] | C[6] | C[7] | C[8] | C[9] | C[10] | C[11] | C[12] | C[13] | C[14] | C[15] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | C[16] | C[17] | C[18] | C[19] | C[20] | C[21] | C[22] | C[23] | C[24] | C[25] | C[26] | C[27] | C[28] | C[29] | C[30] | C[31] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | C[32] | C[33] | C[34] | C[35] | C[36] | C[37] | C[38] | C[39] | C[40] | C[41] | C[42] | C[43] | C[44] | C[45] | C[46] | C[47] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | C[48] | C[49] | C[50] | C[51] | C[52] | C[53] | C[54] | C[55] | C[56] | C[57] | C[58] | C[59] | C[60] | C[61] | C[62] | C[63] |
| 内容 | × | × | × | カバー補正 | | | | | | | | | | | | |
| Mapped Reg | 0x11 | | | | | | | | 0x10 | | | | | | | |

表 19D　Bank D

| Bit Map | D[0] | D[1] | D[2] | D[3] | D[4] | D[5] | D[6] | D[7] | D[8] | D[9] | D[10] | D[11] | D[12] | D[13] | D[14] | D[15] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | D[16] | D[17] | D[18] | D[19] | D[20] | D[21] | D[22] | D[23] | D[24] | D[25] | D[26] | D[27] | D[28] | D[29] | D[30] | D[31] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | D[32] | D[33] | D[34] | D[35] | D[36] | D[37] | D[38] | D[39] | D[40] | D[41] | D[42] | D[43] | D[44] | D[45] | D[46] | D[47] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | D[48] | D[49] | D[50] | D[51] | D[52] | D[53] | D[54] | D[55] | D[56] | D[57] | D[58] | D[59] | D[60] | D[61] | D[62] | D[63] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | E-Fuse置換 | | | | | | | | |
| Mapped Reg | 0x19 | | | | | | | | 0x18 | | | | | | | |

表 19E　Bank E

| Bit Map | E[0] | E[1] | E[2] | E[3] | E[4] | E[5] | E[6] | E[7] | E[8] | E[9] | E[10] | E[11] | E[12] | E[13] | E[14] | E[15] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 内容 | I²C Slave ID | | | | | 中央値フィルタ | | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | 0x27 | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | E[16] | E[17] | E[18] | E[19] | E[20] | E[21] | E[22] | E[23] | E[24] | E[25] | E[26] | E[27] | E[28] | E[29] | E[30] | E[31] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | Max受光スポット径閾値 | | | |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | 0x24 | | | | | | | |
| Bit Map | E[32] | E[33] | E[34] | E[35] | E[36] | E[37] | E[38] | E[39] | E[40] | E[41] | E[42] | E[43] | E[44] | E[45] | E[46] | E[47] |
| 内容 | Max受光スポット径閾値 | | | | | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | 0x23 | | | | | | | | not use | | | | | | | |
| Bit Map | E[48] | E[49] | E[50] | E[51] | E[52] | E[53] | E[54] | E[55] | E[56] | E[57] | E[58] | E[59] | E[60] | E[61] | E[62] | E[63] |
| 内容 | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × | × |
| Mapped Reg | not use | | | | | | | | not use | | | | | | | |

図 40 で示したプログラムフローと表 19 に示したビットマップから、表 13 に記載した E-Fuse で設定可能な各種機能について表 20 に E-Fuse 設定値を記載した一覧表を示します。

表 20　各種設定項目の E-Fuse 設定値一覧

| Stage | R/W | | ① Slave Address | ② 最大発光パルス幅 | ③ 積算回数 | ④ 中央値フィルタ | ⑤ カバー補正 | ⑥ Max スポット径 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Stage1 | W | address | 0xEC | | | | | |
| | | data | 0xFF | | | | | |
| Stage2 | W | address | 0xC8 | | | | | |
| | | data(1st cycle) | 0x00 | 0x10 | 0x13 | 0x05 | 0x33 | 0x1C |
| | | data(2nd cycle) | - | - | - | - | 0x3B | 0x24 |
| Stage3 | W | address | 0xC9 | | | | | |
| | | data(1st cycle) | 0x45 | 0x21 | 0x11 | 0x15 | 0x73 | 0x75 |
| | | data(2nd cycle) | - | - | - | - | 0x33 | 0x05 |
| Stage4 | W | address | 0xCD | | | | | |
| | | data(1st cycle) | 表21 | 表22 | 表23 | 表24 | *1 | 表25 |
| | | data(2nd cycle) | - | - | - | - | *2 | 0x00 |
| Stage5 | W | address | 0xCA | | | | | |
| | | data | 0x01 | | | | | |
| Stage6 | W | address | 0xCA | | | | | |
| | | data | 0x00 | | | | | |
| Stage7 | W | address1 | 0xEF | | | | | |
| | | data1 | 0x00 | | | | | |
| | | address2 | 0xC8 | | | | | |
| | | data2 | 0x40 | | | | | |
| | | address3 | 0xC8 | | | | | |
| | | data3 | 0x00 | | | | | |
| Stage8 | W | address | 0xEE | | | | | |
| | | data | 0x06 | | | | | |
| Stage9 | W | address1 | 0xEF | | | | | |
| | | data1 | 0x00 | | | | | |
| | | address2 | 0xEC | | | | | |
| | | data2 | 0xFF | | | | | |
| | | address3 | 0xEF | | | | | |
| | | data3 | 0x03 | | | | | |
| | R | address1 | 0x27[4:0] | 0x05[2:0] | 0x05[4:3] | 0x27[6:5] | 0x10[7:0] | 0x23[4:0] |
| | | address2 | - | - | - | - | 0x11[7:3] | 0x24[7:4] |
| | W | address4 | 0xEF | | | | | |
| | | data4 | 0x00 | | | | | |
| | | address5 | 0xEC | | | | | |
| | | data5 | 0x7F | | | | | |

*1,*2：⑤カバー補正参照

①I²C スレーブアドレス

本製品は I²C バス上でスレーブデバイスとして動作します。スレーブアドレスの上位 4 ビットを書き換えることによりスレーブアドレスを初期アドレスを含めて 16 種類に変更することができます。なお、E[4]は Enable Bit であり、E[4]に 0 をプログラムすることにより書き換えた E[3:0]が有効になります。

表 21　スレーブアドレス一覧

| A7 | A6 | A5 | A4 | A3 | A2 | A1 | A0 | Slave ID | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| E[3] | E[2] | E[1] | E[0] | × | × | × | R/W | Write | Read | |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x00 | 0x01 | |
| 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x10 | 0x11 | |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x20 | 0x21 | |
| 0 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x30 | 0x31 | |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x40 | 0x41 | |
| 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x50 | 0x51 | |
| 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x60 | 0x61 | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x70 | 0x71 | |
| 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x80 | 0x81 | デフォルト |
| 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0x90 | 0x91 | |
| 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0xA0 | 0xA1 | |
| 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0xB0 | 0xB1 | |
| 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0xC0 | 0xC1 | |
| 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0xD0 | 0xD1 | |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0xE0 | 0xE1 | |
| 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | ※ | 0xF0 | 0xF1 | |

※R/W　Write : 0、Read : 1

・Stage1 および Stage5 から Stage8 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。

・Stage2 で Address : 0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 0(=E[0])ですので、0x00 になります。

・Stage3 で Address : 0xC9 にセットするデータは、書込むビット数は 5(=E[4:0])、またバンク値は 5(=Bank E)ですので、0x45 になります。(注:ビット数値 : m=書き込むビット数-1、バンク値 : n とする時、セットする値は 0xmn となります。)

・Stage4 で Address : 0xCD にセットするデータは、例えば Slave ID(write)を 0x00 に設定する時は 0x00、Slave ID(write)を 0x10 に設定する時は 0x01 になります。

・Stage9 で書き込んだ値が正常に E-Fuse に書き込まれているかを次のステップで確認します。

| step | Address | Data | R/W | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 2 | 0xEC | 0xFF | W | |
| 3 | 0xEF | 0x03 | W | |
| 4 | 0x27 | - | R | 0x27[4:0]はE[4:0]と等しいか？ |
| 5 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 6 | 0xEC | 0x7F | W | |

step4 で 0x27[4:0]と E[4:0]が等しい時は正常に書き込まれているのでプログラム完了です。等しくないときは書き込みエラーが生じていますので、E-Fuse ビット置換を行います。（１２－５　E-Fuse ビット置換参照）

②最大発光パルス幅

本製品は受光信号強度により発光素子からの発光量を自動調整する機能を備えています。発光量の調整は発光パルス幅を制御することにより行われますが、最大発光パルス幅を制限することにより本製品の平均消費電流を低減することができます。しかし、この制限により信号強度も低減しますので距離特性も変化し、特に遠距離では距離の出力値が不安定になります。最大発光パルス幅を変更する場合は、仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、お客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。なお、表 22 の数値は参考値となります。

表 22　最大発光パルス幅と平均消費電流

| A[18] | A[17] | A[16] | 最大発光パルス幅 | 平均消費電流(typ.) | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 1 | 1 | 約 320us | 26mA | デフォルト |
| 1 | 1 | 0 | 約 240us | 22mA | |
| 1 | 0 | 1 | 約 160us | 18mA | |
| 1 | 0 | 0 | 約 80us | 14mA | |
| 0 | 1 | 1 | 約 40us | 12mA | |

・Stage1 および Stage5 から Stage8 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。
・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 16(=A[16])ですので、0x10 になります。
・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 3(=A[18:16])、またバンク値は 1(=Bank A)ですので、0x21 になります。
・Stage 4 で Address：0xCD にセットするデータは、例えば最大発光パルス幅を 160us に設定する時は 0 x 05、最大発光パルス幅を 40us に設定する時は 0x03 になります。
・Stage9 で書き込んだ値が正常に E-Fuse に書き込まれているかを次のステップで確認します。

| step | Address | Data | R/W | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 2 | 0xEC | 0xFF | W | |
| 3 | 0xEF | 0x03 | W | |
| 4 | 0x05 | - | R | 0x05[2:0]はA[18:16]と等しいか？ |
| 5 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 6 | 0xEC | 0x7F | W | |

step4 で 0x05 [2:0]と A[18:16]が等しい時は正常に書き込まれているのでプログラム完了です。等しくないときは書き込みエラーが生じていますので、E-Fuse ビット置換を行います。（12-5 E-Fuse ビット置換参照）

③信号積算回数

GP2Y0E シリーズは発光信号の蓄積回数を変更する機能を備えています。蓄積回数を変更することにより受光信号量を調整することができます。蓄積回数を増大させることにより受光信号量が増大するので距離の出力値の安定性が増しますが、応答時間が大きくなります。逆に蓄積回数を減少させることにより受光信号量が減少するので距離の出力値の安定性が低減し、応答時間が小さくなります。蓄積回数の変更する場合は仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、お客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。なお、下表の数値は参考値となります。

表 23　信号積算回数と応答時間

| A[20] | A[19] | 積算回数 | 応答時間 | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 1 回 | 20ms | |
| 0 | 1 | 5 回 | 30ms | |
| 1 | 0 | 30 回 | 80ms | |
| 1 | 1 | 10 回 | 40ms | デフォルト |

・Stage1 および Stage5 から Stage8 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。
・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 19(=A[19])ですので、0x13 になります。
・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 2(=A[20:19])、またバンク値は 1(=Bank A)ですので、0x11 になります。
・Stage4 で Address：0xCD にセットするデータは、例えば積算回数を 1 回に設定する時は 0x00、積算回数を 30 回に設定する時は 0x02 になります。
・Stage9 で書き込んだ値が正常に E-Fuse に書き込まれているかを次のステップで確認します。

| step | Address | Data | R/W | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 2 | 0xEC | 0xFF | W | |
| 3 | 0xEF | 0x03 | W | |
| 4 | 0x05 | - | R | 0x05[4:3]はA[20:19]と等しいか？ |
| 5 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 6 | 0xEC | 0x7F | W | |

step4 で 0x05 [4:3]と A[20:19]が等しい時は正常に書き込まれているのでプログラム完了です。等しくないときは書き込みエラーが生じていますので、E-Fuse ビット置換を行います。（12-5 E-Fuse ビット置換参照）

④中央値フィルター

GP2Y0E シリーズは複数の距離の出力値を用いて中央値（メジアン）演算を行う機能を備えています。中央値演算に用いることにより距離の出力の安定性を増大させることができますが、応答時間が増大します。中央値演算を行う場合のデータ数は 5，7，9 のいずれかに設定することができます。つまり、「5」の時は距離測定を 5 回行った後にその 5 つの距離値の中

央値を演算して出力します。③で設定する積算回数と中央値フィルターを組み合わせた応答時間の参考値を表 24 に示します。中央値フィルター機能を有効にする場合は、仕様書の 3-3 電気的光学的特性上の仕様を満足しなくなることがありますので、お客様の実機にて十分ご確認いただけますようお願いいたします。

表 24　中央値フィルターと応答時間

| E[6] | E[5] | 中央値演算のデータ数 | 応答時間（積算回数） | | | | 備考 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | 1 回 | 5 回 | 10 回 | 30 回 | |
| 0 | 0 | 7 | 30ms | 90ms | 160ms | 430ms | |
| 0 | 1 | 5 | 27ms | 70ms | 120ms | 310ms | |
| 1 | 0 | 9 | 35ms | 110ms | 200ms | 550ms | |
| 1 | 1 | 1 | 20ms | 30ms | 40ms | 80ms | デフォルト（10 回） |

・Stage1 および Stage5 から Stage8 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。
・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 5(=E[5])ですので、0x05 になります。
・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 2(=E[6:5])、またバンク値は 5(=Bank E)ですので、0x15 になります。
・Stage4 で Address：0xCD にセットするデータは、例えば中央値フィルターのデータ数を 7 にセットする時は 0x00、中央値フィルターのデータ数を 9 に設定する時は 0x02 になります。
・Stage9 で書き込んだ値が正常に E-Fuse に書き込まれているかを次のステップで確認します。

| step | Address | Data | R/W | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 2 | 0xEC | 0xFF | W | |
| 3 | 0xEF | 0x03 | W | |
| 4 | 0x27 | - | R | 0x27[6:5]はE[6:5]と等しいか？ |
| 5 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 6 | 0xEC | 0x7F | W | |

step4 で 0x27 [6:5]と E[6:5]が等しい時は正常に書き込まれているのでプログラム完了です。等しくないときは書き込みエラーが生じていますので、E-Fuse ビット置換を行います。（12-5 E-Fuse ビット置換参照）

⑤カバー補正

11-5 に記載しました測定環境および測定手順で補正係数（k）を測定します。C[62:52]に k を設定し、C[51]に 0 をプログラムすることにより書き換えた C[62:52]が有効になります。カバー補正係数の設定では、補正係数で書き込むビット数が 12 ビットであり、8 ビットを超えるので図 40 のプログラムフローに記載したサイクルが 2 サイクル必要となります。補正係数 350 を設定する場合、Enable Bit を 0 にすることを合わせて C[62:51]=0b001010111100 となるので 1st サイクルでは 0xBC=0b10111100、2nd サイクルでは 0x02=0b00000010 となります。

1st サイクル

・Stage1 および Stage5 から Stage6 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。
・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 51(=C[51])ですので、0x33 になります。
・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 8(=C[58:51])、またバンク値は 3(=Bank C)ですので、0x73 になります。
・Stage4 で Address：0xCD にセットするデータは、カバー補正係数を 350 にセットする時は 0xBC になります。

2nd サイクル

・Stage1 および Stage5 から Stage8 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。
・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 59(=C[59])ですので、0x3B になります。
・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 4(=C[62:59])、またバンク値は 3(=Bank C)ですので、0x33 になります。
・Stage4 で Address：0xCD にセットするデータは、0x02 になります。
・Stage9 で書き込んだ値が正常に E-Fuse に書き込まれているかを次のステップで確認します。

| step | Address | Data | R/W | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 2 | 0xEC | 0xFF | W | |
| 3 | 0xEF | 0x03 | W | |
| 4 | 0x10 | - | R | 0x10[7:0]はE[63:56]と等しいか？ |
| 5 | 0x11 | - | R | 0x11[7:3]はE[55:51]と等しいか？ |
| 6 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 7 | 0xEC | 0x7F | W | |

step4 で 0x10 [7:0]と E[63:56]、step5 で 0x11[7:3]と E[55:51]が等しい時は正常に書き込まれているのでプログラム完了です。異なるときは書き込みエラーが生じていますので、E-Fuse ビット置換を行います。(12-5 E-Fuse ビット置換参照)

⑥測定エラー判定の Max 受光スポット径閾値

GP2Y0E シリーズは Max 受光スポット径の閾値を設定することができます。境界線が複雑な反射物や発光光束のごく一部のみ反射する場合などは発光光束全体が一様な反射率を有する反射物に反射する場合に比べて受光スポットが歪んで大きくなることがあります。このような受光スポットから計算される距離値は大きな誤差を含む可能性が高くなります。このような測距精度の低下を防ぐために、Max 受光スポット径の閾値を設定することにより受光スポット径が Max 閾値より小さい場合のみスポット位置より演算された距離出力を行います。表 25 に Max 閾値の設定例の一部を示します。E[35:28]で Max 閾値を設定します。E[36]は Enable Bit であり、E[36]に 0 をプログラムすることにより書き換えた E[35:28]が有効になります。Max 受光径閾値の設定では、書き込むビット数がトータル 9 ビットであり、8 ビットを超えるので図 40 のプログラムフローに記載したサイクルが 2 サイクル必要となります。なお、受光スポット径は I²C バスにより読み出すことができます。レジスタマップの 0xF8 と 0xF9 を参照ください。

表 25　Max 受光スポット径閾値

| E[36] | E[35] | E[34] | E[33] | E[32] | E[31] | E[30] | E[29] | E[28] | Max 受光スポット径閾値 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | E[35:28]でスポット径の閾値を指定<br>E[36]は Enable Bit で 0 を指定することにより Enable となる。 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 80 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 81 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 82 |
| 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 83 |
| ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | ・<br>・<br>・ | |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 252 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 253 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 254 |
| 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 255 |

1st サイクル

・Stage1 および Stage5 から Stage6 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。

・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 28(=E[28])ですので、0x1C になります。

・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 8(=E[35:28])、またバンク値は 5(=Bank E)ですので、0x75 になります。

・Stage4 で Address：0xCD にセットするデータは、例えばＭａｘ受光スポット閾値を８０にセットする時は 0x50、９０に設定する時は 0x5Aになります。

2nd サイクル

・Stage1 および Stage5 から Stage8 は図 40、表 20 のフローチャートを参照下さい。

・Stage2 で Address：0xC8 にセットするデータは、ビットマップの LSB は 36(=E[36])ですので、0x24 になります。

・Stage3 で Address：0xC9 にセットするデータは、書き込むビット数は 1(=E[36])、 またバンク値は 5(=Bank E)ですので、0x05 になります。

・Stage4 で Address：0xCD にセットするデータは、Enable Bit を 0 にするので 0x00 になります。
・Stage9 で書き込んだ値が正常に E-Fuse に書き込まれているかを次のステップで確認します。

| step | Address | Data | R/W | 備考 |
|---|---|---|---|---|
| 1 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 2 | 0xEC | 0xFF | W | |
| 3 | 0xEF | 0x03 | W | |
| 4 | 0x23 | - | R | 0x23[4:0]はE[36:32]と等しいか？ |
| 5 | 0x24 | - | R | 0x24[7:4]はE[31:28]と等しいか？ |
| 6 | 0xEF | 0x00 | W | |
| 7 | 0xEC | 0x7F | W | |

step4 で 0x23 [4:0]と E[36:32]、step5 で 0x24[7:4]と E[31:28]が等しい時は正常に書き込まれているのでプログラム完了です。異なるときは書き込みエラーが生じていますので、E-Fuse ビット置換を行います。（12-5 E-Fuse ビット置換参照）

## １２－５　E-Fuse ビット置換

E-Fuse によるプログラムは 1 ビット当たり 20ppm の確率で書き込みを失敗する可能性があります。E-Fuse の各ビットの初期値は全て「1」であり、12-3 プログラムフローの書き込みフローを行うことにより指定されたビットを「0」に変換します。E-Fuse 書き込み失敗とは指定されたビットが書き込みフローを行った後に「1」のまま変わらないことです。本製品には書き込み失敗をしたビットを置き換える機能を有しています。置換できるビット数は 1 です。2 ビットの書き込み失敗があった場合は修正することはできません。

### ①E-Fuse ビット置換シーケンス

E-Fuse ビット置換は E-Fuse ビットマップの D[63:55]に置換するビットを指定することにより行われます。ビットの指定方法は、Bank A の LSB を 0、Bank E の MSB を 319 とし、その値を D[63:55]に書き込むことにより行うことができます。以下にビット指定の例を示します。

・A[1]を置換する場合
D[63:55]に書き込む値は 1(= 1 + 64×0 = 0x0001)
・C[51]を置換する場合
D[63:55]に書き込む値は 179(=51 + 64×2 = 0x00B3)
・E[4]を置換する場合
D[63:55]に書き込む値は 260(=4 + 64×4 = 0x0104)

## １２－６　E-Fuse 書き込み例

具体的な E-Fuse の書き込み例を以下に示します。

I²C のスレーブアドレスを変更する場合

ここではスレーブアドレスを 0x10(write)、0x11(read)に変更する場合について説明します。

Stage1　Address:0xEC に Data=0xFF をセットする。
　　Vpp 端子に 3.3V を印加する。
Stage2　Address:0xC8 に Data=0x00 をセットする。
Stage3　Address:0xC9 に Data=0x45 をセットする。
Stage4　Address:0xCD に Data=0x01 をセットする。
Stage5　Address:0xCA に Data=0x01 をセットする。
　　500us 待つ。
Stage6　Address:0xCA に Data=0x00 をセットする。
　　Vpp 端子を Gnd に落とす。
Stage7　Address:0xEF に Data=0x00 をセットする。
　　Address:0xC8 に Data=0x40 をセットする。
　　Address:0xC8 に Data=0x00 をセットする。
Stage8　Address:0xEE に Data=0x06 をセットする。
Stage9　Address:0xEC に Data=0xFF をセットする。
　　Address:0xEF に Data=0x03 をセットする。
　　Address:0x27 のデータを読み出す。

Address:0xEF に Data=0x00 をセットする。
Address:0xEC に Data=0x7F をセットする。
・下位 5 ビットのデータ[4:0]が 00001 の場合
プログラム完了。
・下位 5 ビットのデータ[4:0]が 00001 でない場合
Stage10(Bit 置換)へ

Stage10　（下位 5 ビットのデータ[4:0]が 10001 であった場合を仮定し、E[4]を置換する場合について説明します。）
E[4]を置換する場合、D[63:55]に書き込む値は 260(=0x0104)なので、1st サイクルで D[55:62]に 0 x 04 を書き込み、2nd サイクルで D[63]に 0x01 を書き込みます。

| | |
|---|---|
| Stage10-1 | Address:0xEC に Data=0xFF をセットする。<br>Vpp 端子に 3.3V を印加する。 |
| Stage10-2 | Address:0xC8 に Data=0x37 をセットする。 |
| Stage10-3 | Address:0xC9 に Data=0x74 をセットする。 |
| Stage10-4 | Address:0xCD に Data=0x04 をセットする。 |
| Stage10-5 | Address:0xCA に Data=0x01 をセットする。<br>500us 待つ。 |
| Stage10-6 | Address:0xCA に Data=0x00 をセットする。<br>Vpp 端子を Gnd に落とす。 |
| Stage10-1' | Address:0xEC に Data=0xFF をセットする。<br>Vpp 端子に 3.3V を印加する。 |
| Stage10-2' | Address:0xC8 に Data=0x3F をセットする。 |
| Stage10-3' | Address:0xC9 に Data=0x04 をセットする。 |
| Stage10-4' | Address:0xCD に Data=0x01 をセットする。 |
| Stage10-5' | Address:0xCA に Data=0x01 をセットする。<br>500us 待つ。 |
| Stage10-6' | Address:0xCA に Data=0x00 をセットする。<br>Vpp 端子を Gnd に落とす。 |
| Stage10-7 | Address:0xEF に Data=0x00 をセットする。<br>Address:0xC8 に Data=0x40 をセットする。<br>Address:0xC8 に Data=0x00 をセットする。 |
| Stage10-8 | Address:0xEE に Data=0x06 をセットする。 |
| Stage10-9 | Address:0xEC に Data=0xFF をセットする。<br>Address:0xEF に Data=0x03 をセットする。<br>Address:0x18 と Address:0x19 のデータを読み出す。<br>・Address:0x18[7:0]=0x82 かつ Address:0x19[7]=0 の場合、<br>プログラム完了。<br>・Address:0x18[7:0]=0x82 かつ Address:0x19[7]=0 でない場合、<br>修正不可。（＝NG） |