

## 3 原色LEDを用いたSA1J形フルカラーセンサの開発

野村 光俊<sup>\*1)</sup> 道古 隆明<sup>\*1)</sup> 稲田 宏治<sup>\*1)</sup>  
稲岡 啓介<sup>\*1)</sup> 田伏 栄徳<sup>\*1)</sup> 鷹尾 健<sup>\*1)</sup>

### 1. はじめに

近年の生産設備の自動化が急速に進む中、計測・認識に対する要望が複雑化・高度化してきている。カラーセンサに対する要望についても例外ではなく、多種多様のアプリケーション対応が求められてきた。

当社には平成2年に業界に先駆けて開発したSA1K形フルカラーマークセンサがあり、その高い色分解能によりそれまで不可能であった多くのアプリケーションを解決し、新しい市場を開拓している。

その後、上下ぶれに強いSA1M形レーザーマークセンサ、微妙な光量差を検知するSA1C-FK形アナログ出力付光電スイッチを開発し、各々が市場において好評であり、図1のカラーセンサ商品マップが示すように大きなカラーセンサ商品群を形成するに至った。それに伴い、最近になってもっと手軽に使用できるカラーセンサの要望が強くなってきた。

今回紹介するSA1J形フルカラーセンサは、そういう要望に答えるべく“使いやすさ”を追求したカラーセンサである。

### 2. 概要

フルカラーセンサは、検出体からの反射光を光の3原色であるR（赤）、G（緑）、B（青）の各成分に分解し、その比率により色を判別するセンサである。また、単波長の情報のみを取り扱う光電スイッチと違って、可視光の広い波長領域を取り扱うため、高精度に色を判別できる。

一般にフルカラーセンサは、高い色分解能を得るため、光源には可視光の波長領域全般にわたって発光する白熱ランプが用いられている。しかし、白熱ランプを使用したセンサは幾つかの欠点を持っている。

それは、

- ①光源寿命が短い。
- ②消費電力が大きい。

③ケースが大きくなり取り付けにくい。

である。“使いやすさ”を追求するためには、この欠点を解決することが必要となった。

また、ここ数年のLEDの技術革新は著しく、青色LEDの高輝度化が進み、センサの光源として使用できるようになった。

そこで、いち早くその技術を取り入れ、日本で初めて光源に3色（赤、緑、青）LEDを採用したフルカラーセンサがSA1Jである。LEDを使用することにより上記①～③の欠点を克服することができた。

以下、SA1J形フルカラーセンサについて説明する。

### 3. 検出原理

SA1J形フルカラーセンサのブロック図を図2に示す。

3色LEDからの光はハーフミラーで反射し検出体に照射される。検出体で反射した光はハーフミラーを透過してフォトダイオードに集光される。得られた信号は、アンプで増幅し、A/D（アナログ/デジタル）変換器によりデジタル値に変換され、マイクロプロセッサに取り込まれる。マイクロプロセッサは各種演算処理を行い、あらかじめ記憶させていた基準色の色データと比較して色判別を行い、結果を出力する。

SA1J形フルカラーセンサでは図3のように3色LEDを順次点灯している。順次点灯により、1個のフォトダイオードでRGBのデータを認識することができるようになった。

この方式の採用により、3系統（RGB）のデータ処理回路が1系統で可能となり、使用する電子部品が大幅に減ったため、コストダウン・省スペースを実現することができた。

\*1) 研究開発部

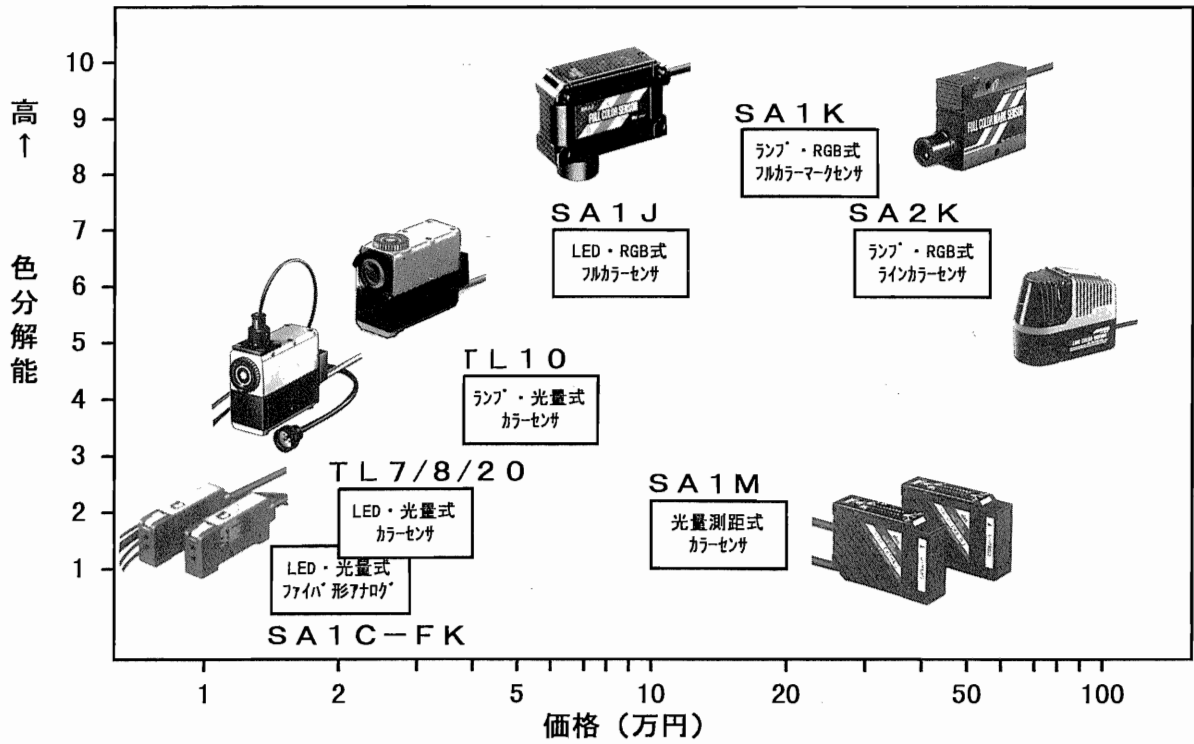


図1. カラーセンサ商品マップ

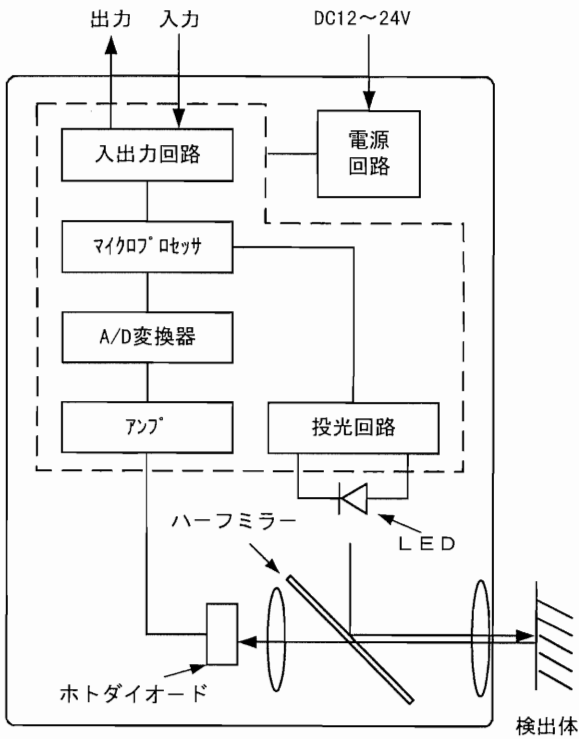


図2. SA1J形フルカラーセンサブロック図

4. オートパワーコントロール

SA1J形フルカラーセンサはモニタ用のホットダイオードを内蔵している。これは、3色LEDの出力を監視するものであるが、これにより広温度範囲にわたって安定

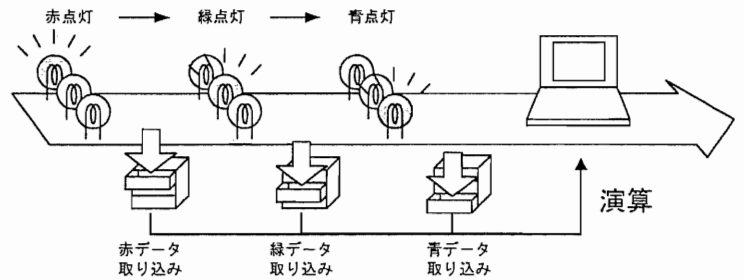


図3. LEDの点灯とデータ処理

した色判別を可能にした。

図4は3色LEDを定電流駆動した場合の温度特性を表したものである。LEDによって温度特性に大きな違いがみられる。具体的に述べると、25℃で計測したRGBデータの比率と40℃で計測したRGBデータの比率が異なっている。これは、25℃でティーチングをして40℃で検出動作を行った場合、誤検出の可能性がでてくることを示している。

そこで、LEDの出力をホットダイオードで監視し、その情報を投光回路にフィードバックすることにより、図5のように平坦な特性を実現することができた。このことは、広温度範囲にわたってRGBデータの比率が等しいことを示している。

このデータが示すように、オートパワーコントロールを採用することにより、温度特性において高い信頼性を得ることができた。

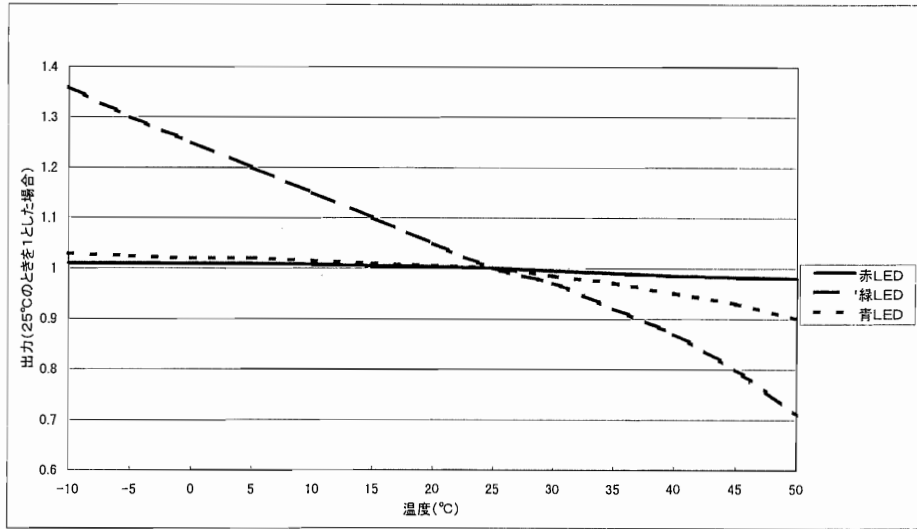


図4. LEDの温度特性 (オートパワーコントロールなし)

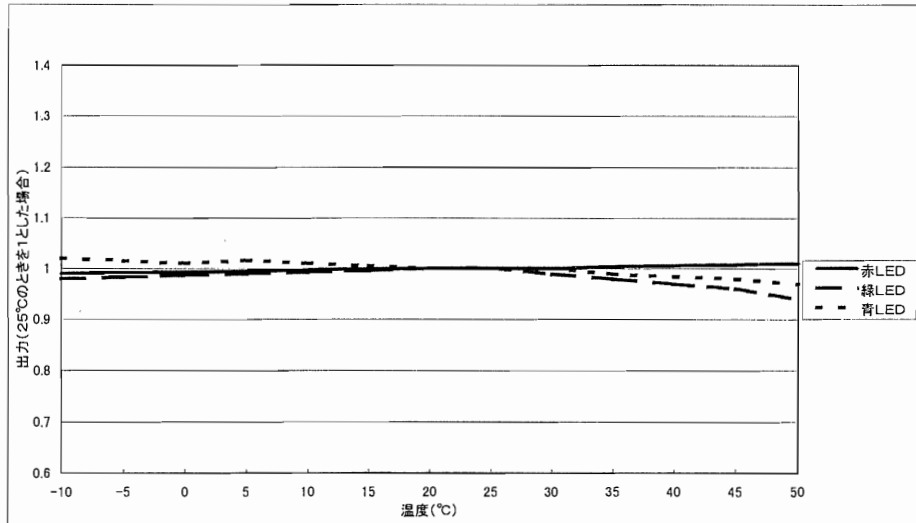


図5. LEDの温度特性 (オートパワーコントロールあり)

## 5. 特長

表1に製品仕様を示す。また、主な特長を以下に記す。

### 5.1 長距離検出

カラーセンサのカテゴリでは最長の60mmの検出距離(白上質紙による)を実現した。このことにより、「カラーセンサは検出距離が短い」というイメージを一掃した。また、取り付けスペースの制限を受けにくくなった。

### 5.2 小スポット

スポット径は標準スポットタイプ(-C1□1)、小スポットタイプ(-C2□1)から選択でき小スポット

の場合、最小φ2.5mmを実現した。このことにより、レジマーク等の小さいマークの検出が可能となった。

### 5.3 高速化

最近のFAラインは高速化が進み、従来のフルカラーセンサでは1~2ms程度の応答時間であったため、検出は可能であるが、応答時間が遅くラインの高速動作に対応できないことがあった。SA1J形フルカラーセンサは高速演算アルゴリズムを採用し、フルカラーセンサでは最高速の0.3ms(当社比約7倍)での検出を可能にした。その結果、印刷や包装のラインをはじめ、ほとんどのラインで使用できるようになり、フルカラーセンサの用途が一段と広がった。

表 1. 製品仕様

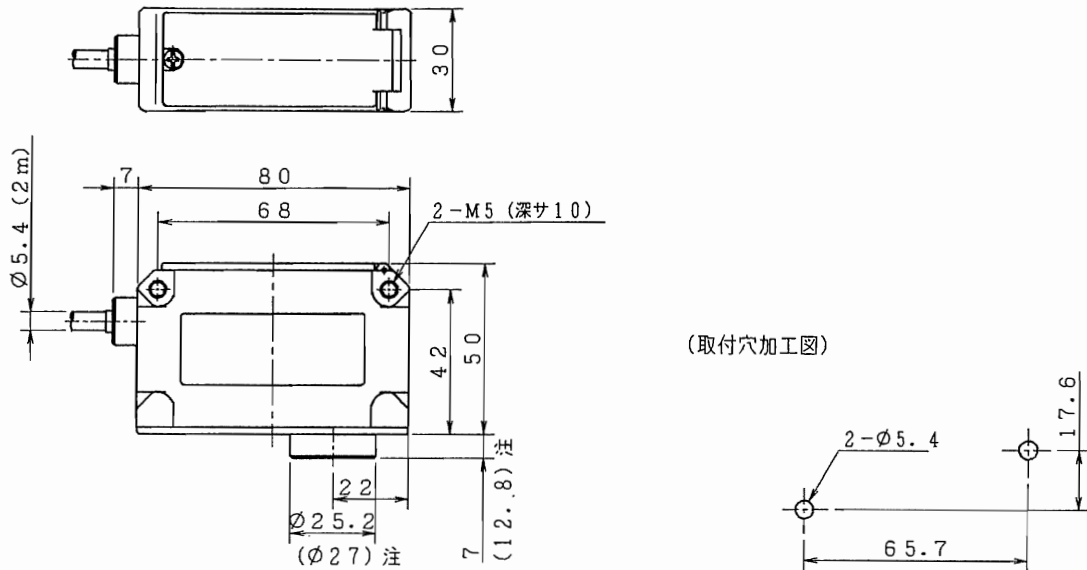
形番	SA1J-C1N1	SA1J-C2N1	SA1J-C1P1	SA1J-C2P1
電源電圧	DC12~24V 許容リップル率±10%以下 (使用電圧範囲 DC10~30V)			
消費電流	150mA 以下			
設定距離 (mm)	40	50	60	15 20 25 40 50 60 15 20 25
投光スポット径 (mm)	φ 4	φ 6	φ 8	φ 2.5 φ 3 φ 4.5 φ 4 φ 6 φ 8 φ 2.5 φ 3 φ 4.5
投光素子	LED×3(赤、緑、青)			
応答時間	3段階切換 (FAST:0.3ms、NORMAL:1ms、SLOW:5ms)			
制御出力	NPN オープンコレクタ DC30V 100mA max. 電圧降下 1.5V 以下 短絡保護付き		PNP オープンコレクタ DC30V 100mA max. 電圧降下 1.5V 以下 短絡保護付き	
SET 入力	DC30V max. / 3.6mA (0V 接続時) Typ.		DC30V max / 3mA (24V 接続時) Typ.	
外部同期入力	動作電圧 電源 (0V) +4V 以下		動作電圧 電源 (+V) -4V 以上	
動作表示	黄色 LED			
タイマ時間	オフディレイタイマ 40ms			
出力動作モード	一致出力			
使用周囲温度	-10~50°C			
保存温度	-30~70°C			
使用周囲湿度	35~85%RH			
使用周囲照度	太陽光 10,000Lx 以下、白熱ランプ 3,000Lx 以下			
耐振動	10~55Hz、片振幅 0.75mm、X、Y、Z 各方向 2 時間 (非通電時)			
耐衝撃	490m/s <sup>2</sup> X、Y、Z 各方向 3 回 (非通電時)			
保護構造	IP67 (IEC Pub529)			
接続方式	ケーブル引き出し方式 5 芯ビニルキャブタイヤコード 2m、0.2mm <sup>2</sup> 、φ 5.4			
機 能 設 定	基準色登録	ティーチング方式 1 色		
	判別許容値	5 段階デジタル設定		
	判別モード	色成分 (C) / 色成分+光量成分 (C+I) 切換		
	同期モード	内部同期 (INT) / 外部同期 (EXT) 切換		
	応答モード	高速 (FAST) / 標準 (NORMAL) / 低速 (SLOW) 切換		
	オフディレイタイマ	タイマオン (T-ON) / タイマオフ (T-OFF) 切換		
材質	本体: アルミ レンズ: ガラス 操作カバー: ポリアリレート			
質量	約 250g			
外形寸法 (mm)	50H×30W×80D			
付属品	調整ドライバ			

#### 5.4 光源の長寿命化

白熱ランプを使用したフルカラーセンサでは、白熱ランプの寿命のため、約2000時間 (当社 SA1K 形フルカラーマークセンサによる) で光源を交換する必要がある。SA1J 形フルカラーセンサの場合、LED を使用しているため、光源寿命は光電スイッチ並である数万時間となり、メンテナンスフリーとなった。

#### 5.5 耐外乱光の強化

白熱ランプを使用したフルカラーセンサでは、ランプを直流点灯して使用していたため、外乱光の影響を受けやすく SA1K 形フルカラーマークセンサでは使用周囲照度は「1000Lx以下」であった。SA1J 形フルカラーセンサでは、LED の採用により光源をパルス点灯することができ、使用周囲照度は「3000Lx以下」となり外乱光の影響を受けにくくなった。



注) ( ) 内はSA1J-C2□□形(小スポットタイプ)の場合です。

図6. 外形図

5.6 低消費電流化, 小形化

白熱ランプは熱放射現象を利用しているため、消費電力が大きくかつ高温となる。ここで熱放射現象<sup>11)</sup>とは、物体がある温度にあるとき、その内部の原子、分子、イオンなどの熱振動により放射エネルギーが放出される現象のことである。この現象は高温になるほど放射エネルギーが増加する特性を持っている。

白熱ランプを使用したSA1K形フルカラーマークセンサは消費電流が「800mA以下」と大きく、ランプの発する熱を放熱するため、必然的に筐体が大きくなった。

SA1J形フルカラーセンサはLEDをパルス点灯しているため、消費電流が「150mA以下」と大幅に低減した。また、LEDは発熱がほとんどないため放熱する必要がなく、筐体の小形化を実現した。

5.7 上下ぶれに強い

製造ラインにおいて、上下ぶれがないラインはほとんど存在しない。センサとして高分解能を実現してもラインの上下ぶれにより安定検出ができないのであれば、“使いやすい”センサとはいえない。

SA1J形フルカラーセンサは投光と受光が同じ光路である同軸光学系を採用しているため、上下ぶれがあっても安定検出が可能となった。また、光量変化の影響を受けにくい【C】モード(表1参照)を選択することで、より安定な検出を可能にした。

5.8 ワンタッチティーチング方式採用

基準色の登録は、操作ボタンを押すだけのワンタッチティーチング方式を採用し、調整にかかる時間を大幅に

短縮した。また、外部ティーチング機能を付加し、オンラインでの登録も可能にした。

5.9 高い防水性能

センサを取り巻く環境は、多種多様である。ラインを水洗いしたり、環境の悪いところで使用したりすることもある。保護構造をIP67にすることにより、水洗いをするラインでの使用が可能となった。

6. アプリケーション

一般にフルカラーセンサのアプリケーションと言うと色の振り分け動作等の検出を思い浮かぶが、SA1J形フルカラーセンサの一番多く使用されるアプリケーションは、有無検出や異種混入検出である。つまり、色の検出というよりも、光電スイッチで検出できないアプリケーションが最も適している。

図7に示すレジマーク検出は代表例である。近年の包装は多くの色を使用し、デザインも多様化している。ゆ

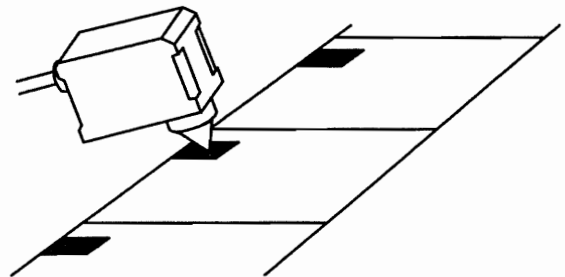


図7. レジマーク検出

えに光電スイッチでは検出できないレジマークが多くなっている。SA1J形フルカラーセンサは高速応答、小スポットであるので多くのレジマークに対応できる。

一般に光電スイッチでは、反射光量のみを取り込んでいるため、光沢のある検出体の安定検出は難しい。しかし、SA1J形フルカラーセンサでは色成分と反射光量を同時に取り込み演算処理するので、安定検出が可能となる。具体例として梱包箱上の光沢のあるシールの有無検出を挙げる。図8のように、決まった位置にシールがあるかどうかを検出するものである。

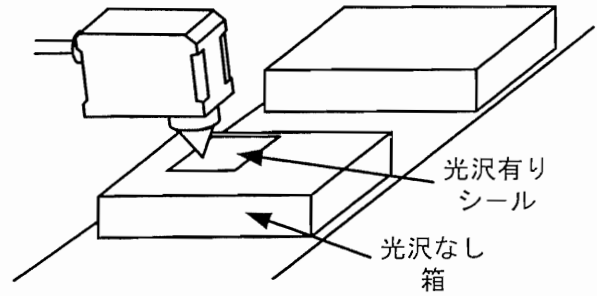


図8. 光沢シールの有無検出

## 7. 使用上の注意

色は光源のあたる角度や、種類により、違った色に見えることがある。これは、カラーセンサでも同様であり、取り付け角度、検出距離の違いにより検出が不安定になることがある。以下、取り付け方について述べる。

### 7.1 取り付け位置

SA1J形フルカラーセンサでは図9のように15°傾けた位置が標準となっているが、検出体の表面状態により、最適な取り付け位置とはならない場合がある。その際、取り付け角度、検出距離を変えてみる必要がある。特に光沢のある検出体は18~20°に、光沢の有無検出では0~5°に角度を調整する方がよい。

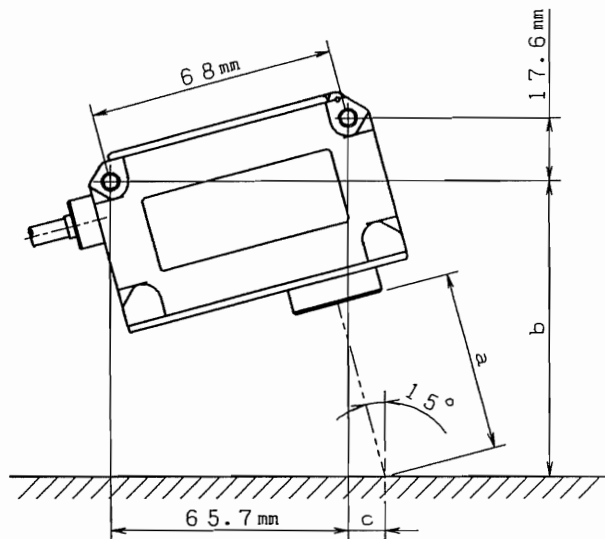


図9. 標準取り付け位置

### 7.2 取り付け方向

図10, 図11は角度特性を示している。このグラフは、SA1J-C2N1のデータであるが、検出体に光沢のある白セラミック板を用い、これを図8の標準取り付け位置で基準色として登録し変化を与えた場合、同色と判断する最小の判別目盛りをプロットしたものである。すなわち、値が小さいときに安定検出することを示している。

図10は前後方向の角度特性を示している。この場合、前方向(一方向)に角度をつけると検出動作が不安定になる。また、図11は左右方向の角度特性を示している。この場合、どちらの方向に角度をつけても検出は安定している。

形番	a	b	c
SA1J-C1□1	50mm	82.5mm	10.2mm
SA1J-C2□1	20mm	53.5mm	2.5mm

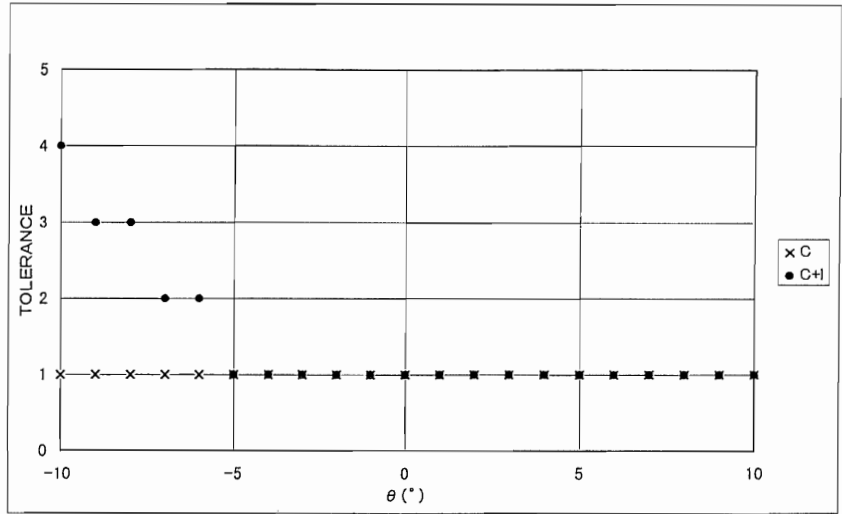
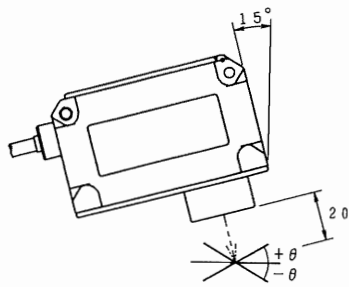


図 10. 角度特性(1)

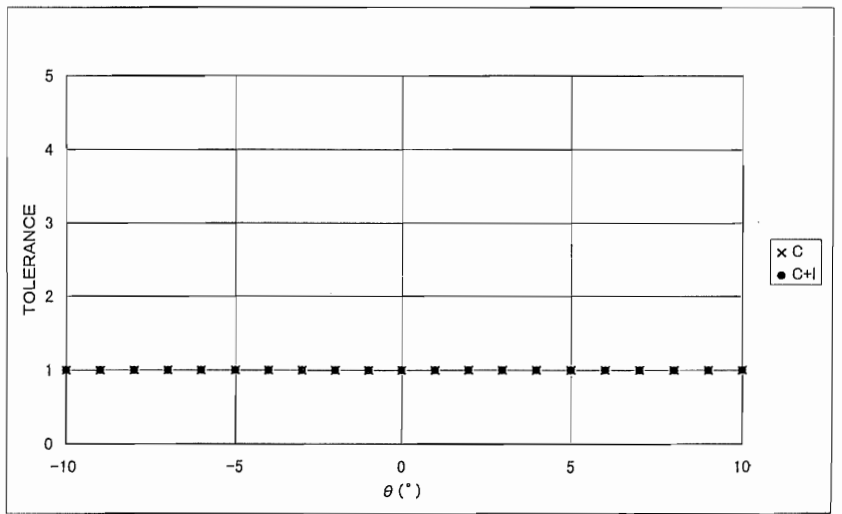
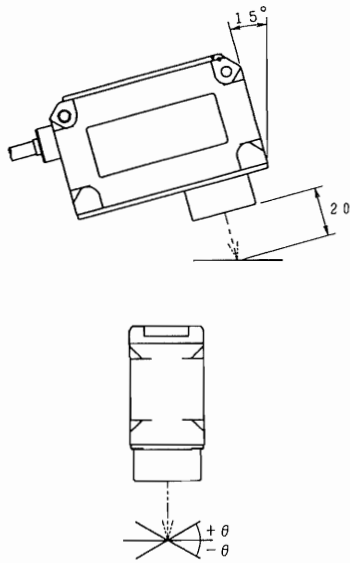


図 11. 角度特性(2)

このことから、図12の(A)のように検出体の進行方向に対して水平に取り付けた場合、前後方向の影響を受けるので検出体の形状等により誤動作することがある。また、図12の(B)のように検出体の進行方向に対して垂直に取り付けた場合、前後方向の影響を受けないので安定した検出をする。

従って、SA1J形フルカラーセンサを取り付ける際には、図12の(B)のように検出体の進行方向に対して垂直に取り付けることを推奨する。

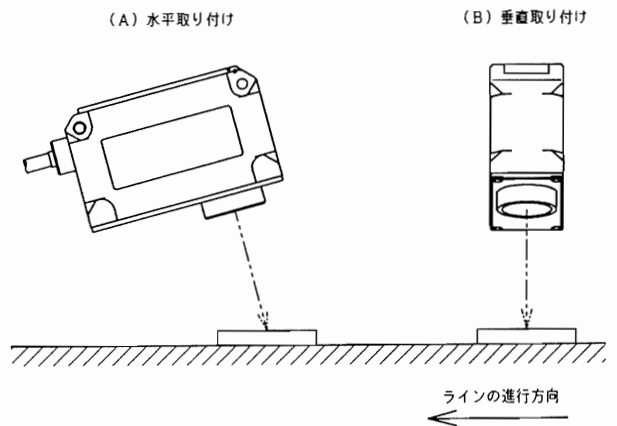


図 12. 取り付け方向

## 8. おわりに

当社は、S A 1 J形フルカラーセンサをはじめ数多くのカラーセンサをシリーズ化している。今回のS A 1 J形フルカラーセンサの開発により、機種選択の範囲が大きく広がった。つまり、

「より高分解能を必要とする場合は

S A 1 K形フルカラーマークセンサ」

「より上下ぶれが大きいラインの場合は

S A 1 M形レーザマークセンサ」

「より広い範囲での検出をしたい場合は

S A 2 K形ラインカラーセンサ」

「より高速検出をしたい場合は

T L 1 0形カラーマークセンサ」

と言った具合に選択でき、困難であると思われていた多くのアプリケーションに対応できるようになった。

S A 1 J形フルカラーセンサは光電スイッチ感覚で使用できるという“使いやすさ”を追求した汎用センサであり、次世代光電スイッチとして、多くのアプリケーションを開拓していくものと期待している。

### <参考文献>

- (1) 電気学会：照明工学（改訂版），オーム社，1978年，  
P. 4

