

## 第4章

### 4 定格と特性

#### 4.1 定格と特性の概要

制御用スイッチの規格としては、従来「制御用スイッチ通則（J I S C 4520-1991）」および「制御用押ボタンスイッチ（J I S C 4521-1991）」があった。小形のボタンスイッチはこれらの規格に基づき製造されてきた。1998年3月に「低圧開閉装置及び制御装置第1部：通則（J I S C 8201-1-1998）」がIEC（国際電気標準会議）に合わせて制定された。また1999年3月には「低圧開閉装置及び制御装置第5部：制御回路機器及び開閉素子第1節：電気機械制御回路機器（J I S C 8201-5-1-1999）」が同様に制定され前記J I S C 4520-1991は廃止されている（NECA規格になっている）。しかし現状では製造されている小形のボタンスイッチはほとんどがNECA C 4520・4521に準拠している。この項では、基本的に新しく制定されたJ I S C 8201-5-1-1999に基づき、定格、特性の内容を述べ、そのもつ意味と技術的背景を説明するが一部規定がないものについてはNECA C 4521に基づき説明する。

#### 4.2 定格

J I S C 8201-5-1では4.3項で制御回路機器の開閉素子の定格値を規定しているがここでは主なもの内容を述べる。

##### (1) 定格使用電圧 Rated operational voltage: $U_e$

定格使用電圧は定格使用電流と組合わされて、制御用スイッチの運用を決める電圧の値で、かつ関係の試験及び使用負荷領域種別がこの電圧の値を基準にして決められる。ただし、ACまたはDC100V以下のような低使用電圧に関しては適さないため注意を要する。

##### (2) 定格絶縁電圧 Rated insulation voltage: $U_i$

定格絶縁電圧は制御用スイッチの耐電圧試験の電圧及び沿面距離の基準となる電圧の値である。いかなる場合でも、定格使用電圧の最大値は定格絶縁電圧の最大値を超えてはならない。

##### (3) 定格インパルス耐電圧 Rated impulse withstand voltage: $U_{imp}$

定格インパルス耐電圧は制御用スイッチが指定の試験条件下で故障無しに耐えることができる規定の波形と極性をもつインパルス電圧のピーク値で、空間距離の基準となる。

表6に推奨値を示す。

表6 インパルス試験、商用周波試験及び直流試験のための耐電圧値

定格インパルス耐電圧 $U_{imp}$ KV	試験電圧及び対応高度									
	$U_{1.2/50}$ , 交流ピーク値及び直流					交流実効値				
	KV					KV				
	海水面	200m	500m	1000m	2000m	海水面	200m	500m	1000m	2000m
0.33	0.36	0.36	0.35	0.34	0.33	0.25	0.25	0.25	0.25	0.23
0.5	0.54	0.54	0.53	0.52	0.5	0.38	0.38	0.38	0.37	0.3
0.8	0.95	0.9	0.9	0.85	0.8	0.67	0.64	0.64	0.6	0.57
1.5	1.8	1.7	1.7	1.6	1.5	1.3	1.2	1.2	1.1	1.06
2.5	2.9	2.8	2.8	2.7	2.5	2.1	2	2	1.9	1.77
4	4.9	4.8	4.7	4.4	4	3.5	3.4	3.3	3.1	2.83
6	7.4	7.2	7	6.7	6	5.3	5.1	5	4.75	4.24
8	9.8	9.6	9.3	9	8	7	6.8	6.6	6.4	5.66
12	14.8	14.5	14	13.3	12	10.5	10.3	10	9.5	8.48

##### (4) 定格通電電流 $I_{th}$

自由大気中での制御用スイッチの温度上昇試験に使用される試験電流の最大値。

##### (5) 定格使用電流 $I_e$

制御用スイッチの定格使用電流は製造業者によって指定され、定格使用電圧、定格周波数、定格責務、使用負荷種別及び該当する場合は、保護エンクロージャの形式も考慮される。

##### (6) 定格周波数

電源の周波数。制御用スイッチはこの周波数に対して設計され、かつ、装置の他の特性値は、この周波数に対応する。

##### (7) 開閉素子の使用負荷種別

表7に示すものが規定されている。

表7 開閉素子の使用負荷領域

交流の別	種別	代表的適用例
交流	AC-12	フォトカプラによって絶縁された抵抗負荷及び半導体負荷の制御
	AC-13	変圧器によって絶縁された半導体負荷の制御
	AC-14	小形電磁負荷(≤72VA)の制御
	AC-15	交流電磁負荷(>72VA)の制御
直流	DC-12	フォトカプラによって絶縁された抵抗負荷及び半導体負荷の制御
	DC-13	直流電磁負荷の制御
	DC-14	回路内に節約抵抗を含む直流電磁負荷の制御

(8) 小形のボタンスイッチの照光部の定格使用電圧および変圧器定格二次電圧

NECA 4521によると次のように規定されている。

(a) 照光部の定格使用電圧

照光部の定格使用電圧とは、照光部の適用を決定する電圧をいい、原則として表8の値である。

表8 照光部の定格使用電圧 単位 V

交流	5. 6. 12. 24. 50. 100. 110. 200. 220. 400. 440.
直流	5. 12. 18. 24. 48. 100. 110. 200. 220.

NECA C 4 5 2 1

#### 4. 3 機械的特性

(1) 操作力と操作ストローク

J I S C 8201-5-1によると、操作力は7.1.4.3項で次のように規定されている。

・起動力 (またはモーメント)

操作部を動作させるために必要な力 (モーメント) は操作部のサイズ、きょう体またはパネルの形、装備環境、及びそれ用に作られている用途と両立できるものでなければならない。最小起動力 (またはモーメント) は、不注意による作動を防止するために十分に大きくしなければならない。例えば保護など級 I P X 5 または I P X 6 を満足するきょう体とともに用いられることになっているスイッチは、保護構造試験で加えられる水ジェットで打たれたときに起動状態となつてはならない。しかし、具体的な基準値が定められていないため、NECA C 4521による場合について以下に述べる。

操作力はボタンの大きさによって、表9の値に定められている。

角形ボタンではその長辺距離、ツマミにおいてはツマミ長さとしている。

操作力は、小形、軽量化と操作性の面から低グラム化が進み、3N程度のタイプが増加している。その反面、工作機械などの、振動、衝撃、じんあいの多い所で使用されるものでは、誤動作、安全性から、ある程度高荷重のものがあつて、φ16の丸取付けで3N~5N程度のもの、角取付けについては9N前後のものがある。

操作ストロークは、動作までの動きで1.5~2mm、全体の動きで、3mm位のものが多い。

操作力ー操作ストロークの他に、操作感として重要なクリック感がある。これは、スイッチの動作点において、急激に操作力が低下し、その操作力の差が指に伝わり、操作感が軽快になる効果がある。一般的には、図9のように、動作点の操作力が全体の動きの中で最大となるように配慮されているものが多い。

人間は、このクリック感で指の操作をコントロールすることができることから、クリック感とスイッチの動作が同一であることが要求される。これにより、スイッチのスナップアクション動作から得られる操作力の変化を、そのまま利用するのが一般的な手段である。

操作性として、今後さらに、低操作力・小操作ストローク、高クリック感などが要求されてくるものと考えられ、無接点素子などを内蔵したタッチスイッチもその流れの一つである。

表9 操作力

ボタンの直径 (mm)	15以下	15を越え25以下	25を越えるもの
押しまたは引きの 操作力 (N)	30以下	50以下	75以下
回転力 (Nm)	0.3以下	0.5以下	0.6以下

NECA C 4521

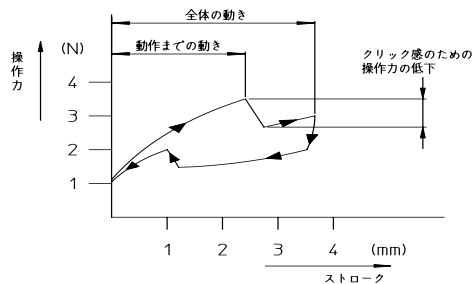


図9 操作力・ストローク例

(2) 耐久性 Durability

J I S C 8201-5-1 では 7.2.4.3 項 a) 及び J I S C 8201-1 の 7.2.4.3.1 項で次のように規定されている。

・機械的耐久性

機械的な磨耗にどのように耐えるかは、装置について個別規格で規定した何らかの機構部品の修理または交換が必要になるまでの無負荷での動作サイクルの回数によって判断する。制御回路機器の機械的耐久性は要求された場合に製造業者の判断によって行われる特別試験によって立証される。望ましい開閉回数としては次のとおりである。

0.01-0.03-0.1-0.3-1-3-10-30 または 100 (百万回)

NECA C 4521 では、機械的耐久回数は表 10 の分類による。モーメンタリ動作形においては、100 万回程度が一般的である。オルタネイト動作形においては、その機能上、操作回数が少ないことと、オルタネイト機構寿命から、5~25 万回程度と、モーメンタリ動作形に比べて少ない回数が規定されている。

機械的耐久性の判定基準は、下記のようになっている。

- ①各部に有害な緩みがないこと。
- ②開閉状態に異常がないこと。

各メーカーにおいては、独自に、初期動作特性に対して許容変動幅を付け加え、判定しているのが現状である。許容変動幅については、検出用スイッチより幅が広く、プラス目 30~100%、マイナス目 30~50% 程度である。

表 10 機械的耐久性

種別	機械的耐久性 (万回)
0	1000
1	500
2	250
3	100
4	25
5	5
6	1

NECA C 4520

### (3) 振動・衝撃

J I S C 8201-5-1 ではこの項目に対する規定が明記されていないのでNECA C 4521 による場合について述べる。

耐振動性は、耐共振性と定振動耐久試験の2試験による。

共振試験は、振動数10～55Hz・片振幅0.05mmを上下、左右、前後の3方向に加える。

定振動耐久試験は、振動数16.7Hz・片振幅1.5mmを上下、左右、前後の3方向に、各1時間加える。それぞれの判定基準は、下記による。

①1msを超えて閉路接点が開路することなく、開路接点が閉路しないこと。

②各部に“著しい共振”、“損傷”がないこと。

一般的に、スイッチに対し耐振動の限界を求めた場合、閉路接点が1ms以上開路することによる場合が多い。

耐衝撃性は、耐久衝撃性と誤動作衝撃試験の2試験による。

試験は、J I S C 0912の試験方法により、耐久衝撃性は500m/S<sup>2</sup> 誤動作衝撃は100m/S<sup>2</sup> の衝撃を上下、左右、前後の3方向に各5回行ない、下記により判定する。

耐久衝撃性：各部に損傷のないこと

誤動作衝撃：1msを超える閉路接点が開路しないこと。

限界値については、耐振動と同じことが言える。

### (4) 強度

#### (a) 操作部強度

押し動作に対する操作部強度については規定されていない。7.1.4.4 項にて回転限界として次のように規定されている。

#### ・回転限界（ロータリスイッチ）

制限された運動、または単方向運動の操作部が用いられる場合には、実際の最大起動モーメントの5倍に耐える頑丈な制限手段が装着されなければならない。

NECA C 4521 によると、ボタンの大きさによって表11の値が定められている。

小形・軽量化により、この値を満足できないものも出てきており、基本的な考え方の一つである操作力に対して、5倍以上の強度を有する範囲に、個別の強度規格を設ける場合もある。

(b) スイッチ取付け強度：取付けねじ形とスナップイン形に大別される。丸取付けけにおいては前者が数多く使用され、角取付けけにおいては後者が多く使用されている。取付けねじ形においては、取付け強度が問題となることは少ないが、スナップイン形においては、その機構上、取付け強度にバラツキが生じ易く問題となる場合がある。特に防水面で不安が多い。

取付け強度は、各メーカーにおいて独自に規定しているのが現状であるが、使用条件においては、浮き、脱落の不具合が生じるため、取付け条件の周知徹底が必要である。

表11 操作部強度

ボタンの直径 (mm)	15以下	15を越え 25以下	25を越 えるもの
押し、または引きの 強度 (N)	150	250	375
回転トルク強度 (N)	1.5	2.5	3

NECA C 4521

## 4. 4 電気的特性

### (1) 耐電圧

押ボタンスイッチは、直接人間の手が押ボタンを操作することから、人身保護上特に、操作部と充電部の耐電圧、絶縁距離に余裕を取るよう配慮されている。

一般的には、端子-アース間 2000VAC、1 分間の耐電圧を有し、さらに、電氣的開閉による絶縁劣化が、端子-アース間の耐電圧に派生しない構造のものが多い。

前述したように新 JIS では定格インパルス耐電圧の宣言により値が決まる。

(2) スイッチの電氣的耐久性

J I S C 8201-5-1 では 7.2.4.3 項 b) 及び J I S C 8201-1 の 7.2.4.3.2 項で次のように規定されている。電氣的な磨耗にどのように耐えるかは、装置が個別規格で規定された使用条件に応じて、修理または交換を行わないで実行できる実負荷での動作サイクルの回数によって判断する。制御回路機器の電氣的耐久性は要求された場合に製造業者の判断によって行われる特別試験によって立証される。望ましい開閉回数は機械的耐久性と同じである。

NECA C 4521 によると電氣的耐久回数は表 12 の分類による。

通常、電氣的耐久性は、接点の消耗、絶縁材の絶縁劣化により、下記の判定基準を満足しなくなる。

- ①遮断不能が生じないこと。
- ②極間短絡が生じないこと。
- ③接地された金属へのアークの到達がないこと。
- ④接触子の溶着がないこと。
- ⑤耐電圧の性能を満足すること。

表 12 電氣的耐久性

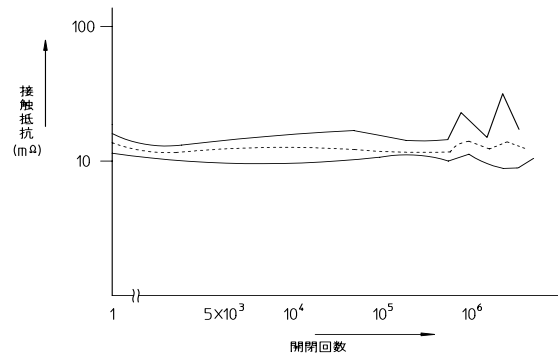
種別	電氣的耐久性 (万回)
0	100
1	50
2	25
3	10
4	5
5	1
6	0.7

NECA C 4520

上記、判定基準は、使用電圧、使用電流が比較的大きなときの考え方である。

電子回路制御などの微小負荷開閉においては、接触信頼性を主体にして、寿命設定・判定を行なっている。

図 10 は、一号合金を使用したクロスポイント接点の、微小負荷開閉での接触抵抗変化を示した一例である。



(条件)  
 (1) 負荷 5VDC-5mA 抵抗負荷  
 (2) 開閉頻度 20回/分

図 10 接触抵抗-開閉回数の特性

### (3) 発光源寿命

#### (a) 白熱ランプ

白熱ランプの寿命はNECAにより 5000 時間以上に規定されている。

フィラメントを使用した白熱ランプは印加電圧との間に図 11 のような関係があり、印加電圧の 12 乗に逆比例する。寿命は交流 (50Hz または 60Hz) の定格電圧を印加し、連続点灯した場合の断線までの時間でいわれるが、小電流、長寿命ランプ (50mA 以下、5000 時間以上のランプ) を直流点灯した場合はノッチング

(Notching) と呼ばれる現象により、寿命が短縮し 50% もしくはそれ以下になることがある。したがって、図 11 のような特性に必ずなるとは言えない。

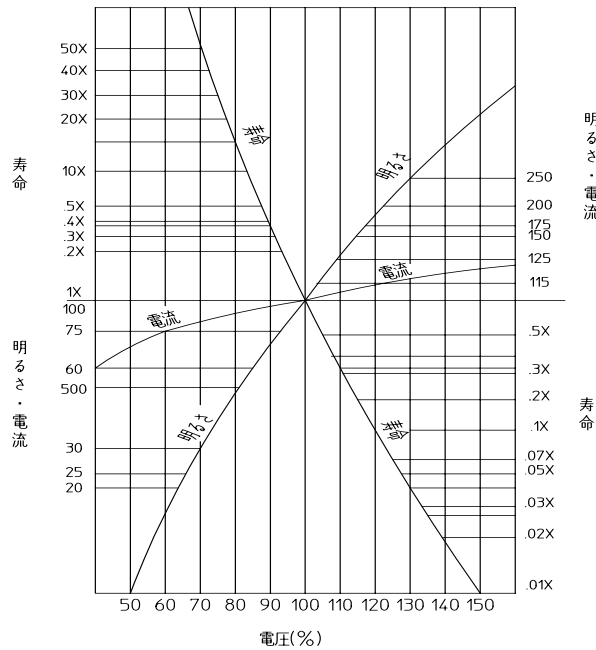


図 11 電圧—特性

白熱ランプの寿命は、その設計上においても一定の制約を受ける。要素として定格電圧、定格電流、明るさ、寿命で 4 つの要素のうち 3 つが設定されれば残り 1 つは自動的に決まる。例えば寿命を延ばしたい場合、定格電圧、定格電流、明るさの三つの要素の全部もしくは最低一つは変更しなければならない。

#### (b) LED

LEDは、その長寿命特性から、従来の白熱ランプにとって替わり、照光押ボタンスイッチの主流になってきている。LEDの欠点である光度不足も、LEDの高輝度化とLEDチップを多数内蔵することで、各メーカーとも商品化がされている。また、従来の白熱ランプ形状と同形状とし、ランプだけの交換でLED化できる、ランプ形LEDも商品化されている。最近では1チップでも非常に高輝度なタイプもある。

寿命は、周囲温度、通電電流に影響をうけまたチップ材料による差はあるが、 $5 \sim 10 \times 10^4$  時間程度である。図 12 は、赤色LEDの点灯時間と光度の相関データである。

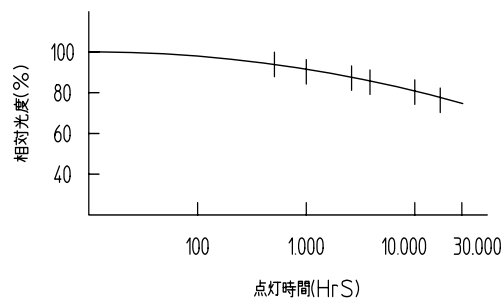


図 12 点灯時間と相対光度

LEDの光度減衰寿命は、一般的に half life（光度が初期値の50%まで低下する）時間で示され、図13のように、チップ接合部温度との相関特性が推定されている

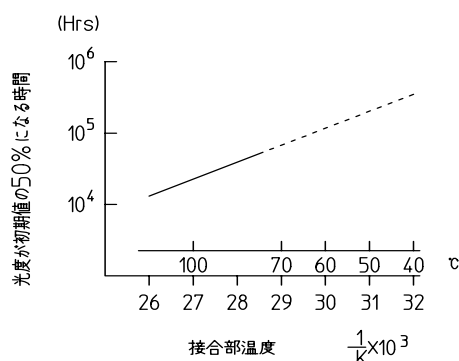


図13 接合部温度—光度

#### 4. 5 その他の特性

##### (1) 保護機能

操作スイッチであることと、取付け方法がパネル取付け形であることから、パネル前面に限定した保護構造ではあるが、防じん形、防油形などの商品が整備され、用途が拡大している。

従来は、押ボタンキャップ全面を覆うシールカバータイプが多かったが、押ボタンキャップ内部にシール機能を納め、デザイン、操作性を改善しているものもある。ただしこのタイプでは、機構部の一部（押ボタンとケース間）が雰囲気さらされることになり、じんあいの多い所では不具合を起こす可能性がある。こういう所では、全面シールカバータイプが良いといえる。

##### (2) 温度上昇限度

制御用スイッチの各部に取付けられている部品の温度上昇限度は端子部とアクセスできる部分にわけら、それぞれについて J I S C 8201-1 でその限度が示されている。

表13 端子部の温度上昇限度

端子の材質	温度上昇の限度 K(1)(3)
裸銅	60
銅合金	65
スズめっきの銅又は銅合金(真鍮)	65
銀めっき、又はニッケルめっきの銅又は銅合金(真鍮)	70
その他	(2)
注(1) 端子の温度上昇限度の70Kは、IECのPVCケーブルを基準にしている。	
表9及び表10に示されたものより小さい導体を用いて、実際の使用に供するときは端子や内部のぶひんの温度が高くなってしまふ恐れがある。また、温度の上昇によって、装置が故障することもあるので製造業者の合意なしでそのような導体を使わないがよい。	
(2) 使用経験や寿命試験を基準にした温度上昇限度、ただし、65Kwo超えない。	
(3) この試験の条件と異なったものや、寸法の小さい装置に対して、別の値を、製造業者の規格として規定してもよい。ただし、この表の値より10Kを超えてはならない。	

表 14 アクセスできる部分（部品）の温度上昇限度

アクセスできる部分	温度上昇の限度 K <sup>(1)</sup>
つまむ、握るなどによって手で操作する部分	
金属	15
非金属	25
触れようとするがつかむところではない部分	
金属	30
非金属	40
通常の操作をするためには人が触れる必要のない部分	
金属	40
非金属	50
通常の操作中では人が触れることのない部分	
ケーブル引込み口に隣接したエンクロージャの表面部分	
金属	40
非金属	50
抵抗器のエンクロージャの表面部分	200 <sup>(2)</sup>
抵抗器のエンクロージャの換気口から出る空気	200 <sup>(2)</sup>
注(1) 個別規格によって規定される数値は、試験の条件の違いや小さな装置などによって異なってもよいが、この表の値を10K以上超えてはならない。	
(2) 装置は燃えやすい材質の接触又は使用者の不慮の接触に対してほごされなければならぬ。200K限界は、製造業者によって申し立てがあれば、超えてもよい。保護や危険でない場所に設置することは、設置する人の責任である。製造業者は5. 3によって適切な指示を用意しなければならない。	

温度上昇は、その発熱による火災やスイッチの操作員に対する安全性の面で重要な特性になる。

照光式押ボタンスイッチで、その光源に白熱ランプを内蔵したタイプでは、その本体に、ヒータを内蔵しているのと同じ状態である。スイッチに使用される白熱ランプは、主としてJ I S C 7522（航空機用電球）に準拠したタイプで、定格電圧・電流 28V-40mAのもので約1Wの消費電力になる。したがって発熱量もこれに比例したものになり、スイッチのランプ点灯数を1灯、2灯、3灯、4灯と同時点灯すれば発熱量も1倍、2倍、3倍、4倍と増加していく。

押ボタン部は、この発熱により温度が大きく上昇し、押ボタンのオペレータに危険を与えると同時に、押ボタン部のプラスチック材料の耐久性にも悪影響を与える。J I Sでは、この押しボタン部の温度上昇に次の値を規定している。

- ①金属のもの 15°C
- ②その他のもの 25°C

ここで金属のものの温度上昇が低く押えられているのは、金属の人間への熱伝導が良く人間に与える危険が大きいためである。

表 15 は、市販の小形照光式押ボタンスイッチの温度上昇を、LEDランプと白熱ランプで測定した例である。LEDランプは10°C程度と低いが、白熱ランプにおいては温度上昇を低く押えるのは困難で個々のスイッチにおいて機構上の放熱、通風などの考慮をすることが望ましい。



表 15 押ボタン表面の温度上昇

(A) LEDランプの押しボタン表面の温度上昇

ボタンの大きさ	26×19	19×19	φ15
ボタン表面の温度上昇	11℃	9℃	7℃
測定条件	列取付け(5列) LED全点灯 印加電圧24VDC	列取付け(5列) LED全点灯 印加電圧24VDC	列取付け(5列) LEDランプ1灯 印加電圧24VDC

(B) 白熱ランプの押しボタン表面の温度上昇

ボタンの大きさ	26×19	19×19	φ15
ボタン表面の温度上昇	45℃	47℃	31℃
測定条件	列取付け(5列) 白熱ランプ28V 0.7W 4灯 印加電圧24VDC	列取付け(5列) 白熱ランプ28V 1.1W 2灯 印加電圧24VDC	列取付け(5列) 白熱ランプ28V 0.7W 1灯 印加電圧24VDC

(3) ボタン色

ボタン色については、従来各メーカーにおいて種々用意されており、また使用者側においても色の使い分けが明確になっていなかった。

PL法対応や労働安全のための国際安全規格 ISO 12100 では人と機械類のインターフェースにおいて誰もが誤ること無く現状認識ができなければなりません。

ISO 12100 でも引用されている IEC 60073、IEC 60204-1 に色の意味合いが明確に規定され標準化されている。色の使い分けは、赤：非常事態、黄色：注意、緑色：正常、等の規定があり今後順守していく必要がある。

表 16 ボタンの色

色	赤	黄	緑	青	白
意味	非常事態	注意	正常	義務的	中性
説明	危険な状態	異常事態	正常な状態	行動を要求する状態	その他の状態

IEC 60073、IEC 60204-4 を引用

IEC 60073 JIS C 0448

表示装置(表示部)及び操作機器(操作部)のための色及び補助手段に関する基準  
IEC 60204-4 JIS B 9960-1

機械類の安全性—機械の電機装置—第一部：一般要求事項