

カメラと照明と 画像処理装置

ご注意

本書の内容の一部または全部を無断で転載することは固くお断りします。
本書の内容について、将来改良を目的に予告なしに変更することがあります。

(株)ファースト

1	テレビカメラの規格	4
2	カメラ仕様書（カタログ）の読み方	6
2.1	撮像素子	6
2.2	有効画素数	6
2.3	撮像面積	6
2.4	画素寸法（セルサイズ）	6
2.5	信号方式	6
2.6	走査方式	7
2.7	走査周波数	7
2.8	同期方式	7
2.9	解像度	7
2.10	レンズマウント	7
2.11	感度	8
2.12	最低被写体照度	8
2.13	S / N比	8
2.14	映像出力	8
2.15	電源電圧	8
2.16	消費電力	8
2.17	コネクタ	8
2.18	その他	9
2.19	外形・重量	9
3	テレビカメラとC S C 9 0 Xとの接続上の注意事項	10
4	カメラの動作特性	11
4.1	特性（ガンマ）	11
4.2	蓄積モード	12
4.3	A G C（自動利得調整）	12

4.4	ローパスフィルタ	13
4.5	スミア	13
4.6	モアレ	13
4.7	分光感度特性	13
5	画素のアスペクト比	14

カメラと照明と画像処理装置

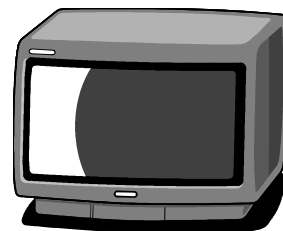
1 テレビカメラの規格

CSC90Xシリーズの各説明書には、入力ビデオの規格としてEIA RS-170と規定しています。ここでこれらの規格について詳細に述べることは省略しますが、当社製品は、カメラメーカーがEIA RS-170標準方式と製品仕様書に明記した製品と整合するように設計しています。

その他にテレビの規格として一般的なものにNTSCがあります。NTSCは、現在テレビ放送の規格として採用されているもので、白黒信号とカラー信号との両立性があります。今は昔(??年前) テレビ放送は白黒でしたが白黒テレビでは、今まで通り白黒で見え、カラーテレビでは、カラーで見えるように開発した方式です。

家庭用ビデオカメラやVTRなどもこの方式です。

NTSC方式カメラは、家庭用に量産されているため安価ですが、CSC90Xシリーズ用として使用するには問題があります。NTSCは輝度信号とカラー信号を巧妙に重畳していますが、CSC90Xシリーズが必要とするテレビ信号は輝度信号だけであり、また、不要なカラー信号に対する設計上の考慮もされていないため、カラー信号が一種のノイズとして見えてしまいます。日本国内でテレビの規格について公の文書として入手出来るのは、当社の知る限りでは、電波法の設備にかんする規則で規定されているのみで、JIS等においてもテレビの規格はないようです。特殊なテレビ規格としてノンインターレース仕様があります。ノンインターレースは、順次走査または、順次スキャンとも呼ばれ、飛び越し走査をしない方式です。この方式は、一般的にはかなり特殊な仕様ですが、デジタル画像処理分野に限ってみればよく使われている方式です。



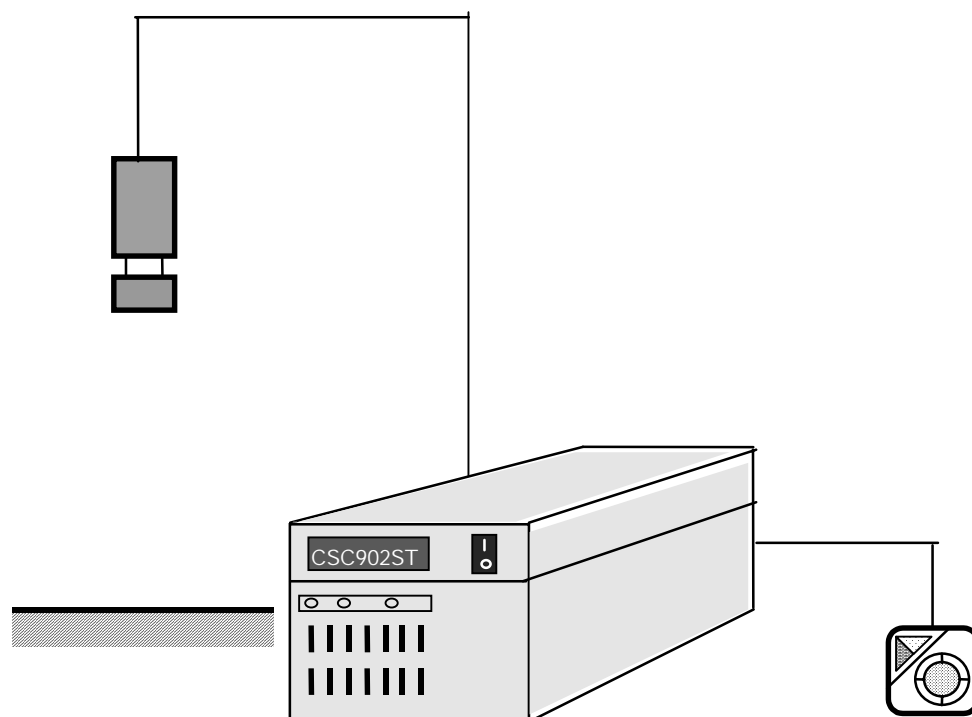
カメラ規格の要約

E I A 標準方式、E I A - 1 7 0 準拠、E I A 準拠、等の表現は同じ仕様と考えて差し支えなく、これらの機種はC S C 9 0 X シリーズとの整合性にも問題ありません。

日本標準方式、または、それに近い表現をしている場合もE I A の標準方式と同じと考えて差し支えありません。

白黒カメラであってもN T S C 方式と表現している場合がありますが、C S C 9 0 X との整合性には問題ありません。N T S C 方式 = カラーではなく、N T S C は両立性に特徴があり、白黒のN T S C 方式カメラという表現は誤りではないと想います。但しカラーのN T S C カメラは前に述べたとうり問題があります。

ノンインターレースには一般性のある規格は無いようですが、C S C 9 0 X との整合性の点でみると ~ のカメラであってインターレースに変更できるタイプであれば問題無いでしょう。



2 カメラ仕様書（カタログ）の読み方

カメラ購入の際に添付されている取り扱い説明書や、カタログには、カメラの仕様が記載されています。ここでその主な項目について説明します。

2.1 撮像素子

現在市販されているCCDカメラの主流はインターライン転送方式CCD撮像素子タイプです。

2.2 有効画素数

水平および垂直の有効画素数がたとえばH 7 6 8 × V 4 9 4のように記述されています。有効画素数があるので、無効な画素数があるのかという疑問が出てきますが、撮像素子の周囲には光が入射しないように、素子の表面が遮蔽された部分があり、黒レベルの基準値として使用されます。

2.3 撮像面積

走査面積と表現している場合もあります。これは有効画素を寸法で表現したもので、例えば、8 . 8 mm × 6 . 6 mmというように記載されています。また、これと別に2 / 3インチ相当、1 / 2インチ相当という記述の場合があります。これは、撮像管時代の名残で、撮像面が何インチ（撮像管の直径）の撮像管に相当するかを示したものです。

2.4 画素寸法（セルサイズ）

画素そのものの寸法なのか、画素の縦横の並びピッチなのか明確ではない点がありますが、一般にはピッチと考えられます。この項目はかかれていない場合が多いのですが入力画像のアスペクト比を決定するための重要な数値となります。

2.5 信号方式

カメラの規格を意味しており、ここで注意すべきことはテレビカメラの規格以外のカメラ、例えばヨーロッパ方式などがあります。これらのカメラはC S C 9 0 Xシリーズでは

使用できません（一部例外あり）。これらのカメラの方式については、C C I R方式とかP A L方式とかと表現している場合もあります。また一部のカタログでは方式を示さず水平と垂直の走査周波数で示しているものもあります。

2.6 走査方式

2 : 1 インターレースと記載されているのが一般的です。その他に、水平走査線数および、垂直走査周波数が記載されている場合もあります。さらに、ノンインターレースが可能であれば、それも記載されています。

2.7 走査周波数

走査周波数は、N T S C の場合、水平周波数 1 5 . 7 3 4 2 6 4 K H z、垂直周波数 5 9 . 9 4 H z と決められています。これは電波法で規定されていますし、この規格に従わなければ色を再現することもできません。

2.8 同期方式

同期方式には内部同期、外部同期、電源同期があります。内部同期は、カメラ内部に同期発生器を内蔵していて、カメラ自信の同期信号で動作し、外部にビデオ信号と同期信号を重畳した信号（コンポジットビデオ信号）を出力します。外部同期はカメラが外部の同期信号発生器から同期信号を受けて、動作する方式です。この方式では複数のカメラを同一の同期信号のもとで動作させることができます。電源同期は監視用など一部で使用されているようですが、画像処理分野では使用されないようです。一般に工業用として市販されているカメラは、内部同期と外部同期の両方に対応できます。

2.9 解像度

解像度は、専用の解像度試験チャートを撮影した場合に、水平、垂直にそれぞれ何本までの線を識別できるかを示しています。一般に画素数の多いカメラほど解像度はよくなりますがカメラ内部のビデオアンプ特性などにも関連しています。

2.10 レンズマウント

工業用カメラのレンズマウントはCマウントに統一されています。Cマウントを採用していない機種は、Cマウントを採用することができない特殊なカメラ、例えば超小型カメラ、高解像度カメラなどにかぎられています。

2.11 感度

レンズのF値を規定して定格信号出力を得るのに必要な照度をLUX値で表します。

2.12 最低被写体照度

レンズのF値とS/Nを規定して、被写体照度をLUX値で表します。

2.13 S/N比

テレビカメラの出力信号と出力信号内に含まれているノイズ分との比です。すなわち、定格信号出力と光を遮断したときの出力比をデジベル値で表したものです。

2.14 映像出力

映像出力は、映像信号と同期信号を重畳したコンポジット出力で、1V p-pの信号です。出力インピーダンスは75Ωに統一されています。これ以外の仕様のカメラは、市販されていないでしょう。但し、1V p-pビデオ信号の振幅は実際にはビデオ部の振幅が白レベル側にかなり大きくなるため、1.2～1.3V p-pに達する場合があります。

2.15 電源電圧

DCの動作電圧は12Vが一般的です。普通はAC100V用のACアダプタが添付されます。DC電源を内蔵し、直接AC100Vを供給するタイプもあります。

2.16 消費電力

固体撮像素子を使用した工業用カメラの消費電力は10W以下が一般的です。

2.17 コネクタ

工業用テレビカメラでは、コネクタの仕様も重要です。実際に現場で稼働し始めると、コネクタやケーブルのトラブルが案外多いものです。ビデオ用コネクタは、一般にBNC

コネクタが使用されています。BNCコネクタは、通常の使用には問題ないはずですが、ロボットアームなどの可働部に使用する場合には十分な耐久性があるとは言えません。同軸ケーブルの引き直しには、十分注意してください。

その他、電源や同期信号などの接続に使用するコネクタは各社まちまちでしかも小型で配線工事のしづらいものが多いので、カメラ購入時にカメラメーカーから工事済みの専用ケーブルを購入することをお勧めします。

2.18 その他

その他、カメラの仕様書には、使用温度、保存温度、使用湿度、保存湿度、耐震動性、耐衝撃性などについて規定されていますが、いずれも一般的な工場環境においては十分使用できる対環境性能を備えているはずです。

2.19 外形・重量

仕様書には外形寸法、重量なども記載されています。仕様書上で見る外形寸法は小型であってもレンズを取り付け、さらにケーブル類を取り付けると案外大きくなるものです。また重量も同様です。小型のものを必要とする場合はカメラヘッド分離型のものを検討してみてください。

3 テレビカメラとC S C 9 0 Xとの接続上の 注意事項

テレビカメラのビデオ出力をC S C 9 0 Xのビデオ入力に同軸ケーブルで接続します。C S C 9 0 Xのビデオ入力は2～4系統ありますが、カメラが1台の場合はチャンネル0 (C H 0) に接続します。

初めてカメラを接続する場合はカメラのビデオ信号を直接モニタテレビに接続し、カメラのピントや絞り、また、照明の明るさや照射の方法などを調整しておきます。同時にテレビモニタのコントラスト、ブライトネス、同期なども調整しておいてください。次に接続時に発生するトラブルや注意事項を説明します。

カメラ、モニタテレビが正常であるにも関わらず、画像が表示されない場合は、C S C 9 0 Xの設定内容を確認してください。ビデオの入力チャンネルの選択、表示プレーン選択、ビデオ入力オフセットの設定などが適合してない場合が考えられます。各C S C 9 0 Xの個別説明を参考にしてこれらの設定内容を修正してみてください。テレビカメラの画像をC S C 9 0 Xをとうして表示したとき、テレビカメラをテレビモニタを直接接続した場合より、少し暗く感じられるはずですが、これは、一番明るい(白い)レベルを文字や、グラフィック表示に割り当てるために、画像のレベルを30%程度下げているためです。

テレビカメラの蓄積モード、走査モード、特性などの設定が意図した通りであることを確認してください。蓄積モードが異なると移動物体のブレや、解像度に影響します。またインターレースモードで動作するC S C 9 0 Xにノンインターレースのビデオ信号を入れると動作しない場合があります。特性は被写体照度に対するカメラのビデオ出力の直線性に影響します。

4 カメラの動作特性

画像処理を行う上で、テレビカメラの内部回路や、動作原理の詳細を知る必要はありませんがいくつかの事柄については、カメラの内部動作に立ち入って理解しておくべきことがあります。

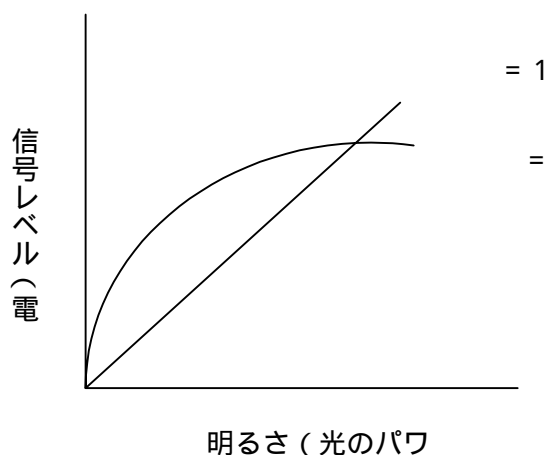
4.1 特性（ガンマ）

テレビカメラの撮像素子の受ける入射光に対する出力信号のレベル特性をガンマ特性といいます。入射光の明るさ（光のパワー） P に対する出力信号のレベル V は、次式で近似できます。

$$V = kP$$

（ k は定数）

この k が非線形の度合いを示す値で、 $k = 1$ ならば、入射光と出力信号レベルとが比例関係にあります。テレビカメラを監視用などで使用する場合は、 $k = 0.7$ 程度が適当とされています。



一般に画像計測などでは、 $k = 1$ の方が光の強さが直読できて便利です。特性切替のできるカメラもありますので、カメラ選択の再にもメーカーに確認してください。切替が可能なカメラの場合、 $k = 1$ と $k = 0.45$ の2種類を備えているものが多いようです。

4.2 蓄積モード

フォトセンサーで検知した被写体の明暗に対応して電荷を蓄積し、それを外部にビデオ信号として取り出しますが、その電荷蓄積の方法に2種類あります。この電荷の蓄積のしかたとは、電荷の読み出し方と言い換えても同じです。この2種類を一般にフレーム蓄積と、フィールド蓄積といいます。

フレーム蓄積モード

フレーム蓄積とは、1 / 30 秒間蓄積し、完全なインターレースで読み出すモードです。インターレースが行われるため、垂直解像度が高くなります。また、蓄積時間が長いため、照明高原が蛍光灯のようにチラツキのある場合には、フレーム蓄積モードにした方がチラツキが少なくなります。

フィールド蓄積モード

フィールド蓄積モードでは、電荷の蓄積時間は1 / 60 秒となり、2ラインを加算して一本の走査線を作るため、垂直分解能は悪くなりますが、残像が少ないので高速移動物体の撮影に適します。なお、フィールド蓄積とノンインターレースとは同じ意味ではありません。結果的にはよく似た映像となりますが、蓄積モードは電荷の蓄積と読み出し方の違いであり、インターレース / ノンインターレースとは同期信号の違いを意味します。フィールド蓄積で、インターレースの場合は第1 , 第2 フィールドともに同じビデオ信号となります。

4.3 A G C (自動利得調整)

カメラは被写体の照度の変化に対して一定の範囲内で内部フィードバック機構により自動利得調整を行い、出力ビデオ信号を一定に保つことが出来ます。但し、この機能は画像計測などの場合には照度が正しくビデオ信号に反映されないこととなります。ほとんどのカメラには、A G C を O N / O F F する機能がありますので必要に応じて切り替えてください。

4.4 ローパスフィルタ

固体カメラは、受光センサが離散的に配置されているため、センサ部から読み出したビデオ信号は、そのままではパルス上の信号となっています。そこで、カメラ内部には必ずローパスフィルタがあり、サンプリング周波数の1/2以上をカットしています。しかし、十分にサンプリング信号を除去できていないビデオ信号を入力した場合、サンプリング信号とのビート（2つのサンプリング信号の差の周波数）が発生し、縦縞のノイズとして見えます。カメラ側のサンプリング周波数は画像素子の画素数から決定される周波数となり、通常一致することはありませんが両方の周波数は比較的近いところにあります。最近のカメラは画素数が増えたため、カメラ側のサンプリング周波数が高くなり、またフィルタの性能も向上したため、この種のビートによるノイズは減少しました。

4.5 スミア

撮像面に高輝度のスポット光が入った場合、画面上に明るい帯が発生しますが、これをスミアといいます。この現象は固体撮像素子に蓄積された電荷があふれて、縦に帯状の尾をひいたように見えます。

4.6 モアレ

非常に小さな点の集まりからできている被写体（例えば印刷物を拡大した場合など）を固体カメラで撮影した場合、モアレと呼ばれる縞模様（干渉縞）が画面上に発生することがあります。

4.7 分光感度特性

固体撮像素子は色（光の波長）に対する感度特性が一樣ではありません。例えば、CCD撮像素子の場合、赤外線に対して高い感度特性を示すため、赤外線をカットするフィルターを使用しています。

5 画素のアスペクト比

画素のアスペクト比とは、フレームメモリ上の各画素の縦横の並びの距離のピッチを意味します。

画像処理装置では、カメラからフレームメモリに取り込まれた各画素の明日服と比を1対1にしています。このことは特に画像計測においては重要です。

しかし実際の画像処理装置では、アスペクト比を正確に1対1にすることは、カメラとの関連を考慮する必要があり困難です。本章ではアスペクト比を1対1にするための技術的背景について説明致します。

フレームメモリ上でアスペクト比を決定するのは、次の3つの要素です。

テレビカメラの固体センサの縦横の並びのお距離ピッチ

固体センサからビデオ信号を読み出すクロックの周波数

画像処理装置がビデオ信号をA/D変換し、フレームメモリに格納するサンプリング周波数

以上の3つの要素によって、フレームメモリ上のアスペクト比が決定される理由は、次のようになります。まず一番単純な例として、テレビカメラの固体センサのアスペクト比が1対1で、カメラのサンプリングクロックと画像処理装置のサンプリングクロックが一致していれば当然フレームメモリのアスペクト比も1対1になります。固体センサのアスペクト比が1対1でなくても固体センサのアスペクト比とサンプリング周波数が分かっているならば、画像処理装置側でアスペクト比が1対1となる様なサンプリング周波数を決定することが出来ます。しかし、カメラが使用する固体センサのアスペクト比とサンプリング周波数はメーカーにより異なり、同一メーカーのカメラでも機種によっては仕様が異なるものもあるようです。

以下にFAST社製CSC901NTの場合のアスペクト比

アスペクト比が重要なアプリケーションのために、映像クロックを2種類準備しました。最適なクロックを選択してください。(映像クロックはシステムで選択します。映像クロックは代表カメラ名で表示しました。)

映像クロック

映像クロック表示名	サンプル周波数	標準
TI - 324A (NEC)	12.115 MHz	
TI - 124A (NEC)	12.2727 MHz	

代表的なカメラの映像クロック

型番	メーカー	最適な『映像クロック』選択	アスペクト比 X = 1 対する Y 値
TI-324A	NEC	TI - 324A (標準設定)	0.9999
TI-124A	NEC	TI - 124A	0.9999
TI-124B	NEC	TI - 124A	0.9999
TI-124EX	NEC	TI - 124A	0.9999
XC-73	SONY	TI - 124A	0.9988
XC-75	SONY	TI - 124A	1.0000
XC-77	SONY	TI - 324A (標準設定)	1.0000
XC-77RR	SONY	TI - 324A (標準設定)	1.0000
TM-9700	PULNIX	TI - 124A	1.0049
TM-9700R	PULNIX	TI - 124A	1.0049
TM-9700M	PULNIX	TI - 124A	1.0049
IK-542	TOSHIBA	TI - 124A	1.0000

✓ アスペクト比の求め方 (X = 1 とした時の Y の求め方)

- f_{ccd} : CCDの水平駆動周波数 [MHz]
- f_s : サンプル周波数
- H, V : CCDセルサイズ
- Y/X : アスペクト比

$$Y = \frac{f_s}{f_{ccd}} \frac{H}{V}$$

映像クロックに対する代表的なカメラのアスペクト比計算結果

型番	メーカー	f_{ccd}			$f_{s1}=12.115MHz$	$f_{s2}=12.2727MHz$
		CCD水平駆動	セルサイズ	セルサイズ	TI-324Aを選択	TI-124Aを選択
		周波数 [MHz]	H [μm]	V [μm]	y (x=1)	y (x=1)
TI-324A	NEC	14.31818	11	13	0.999989016	1.012986954
TI-124A	NEC	14.31818	8.4	9.8	0.987168644	0.999999942
TI-124B	NEC	14.31818	8.4	9.8	0.987168644	0.999999942
TI-124EX	NEC	14.31818	8.4	9.8	0.987168644	0.999999942
XC-73	SONY	14.318	6.35	7.4	0.986070614	0.99888764
XC-75	SONY	14.318	8.4	9.8	0.987181054	1.000012513
XC-77	SONY	14.318	11	13	1.000001587	1.012999689
XC-77RR	SONY	14.318	11	13	1.000001587	1.012999689
XC-57	SONY	9.54	17	13	0.971132384	0.983755241

TM-9700	<i>PULNIX</i>	14.31818	11.6	13.6	0.99203154 4	1.00492605
TM-9700R	<i>PULNIX</i>	14.31818	11.6	13.6	0.99203154 4	1.00492605
TM-9700M	<i>PULNIX</i>	14.31818	11.6	13.6	0.99203154 4	1.00492605
IK-542	<i>TOSHIBA</i> A	12.272725	9.9	9.9	0.98716870 1	1