

# アナログカメラモジュール評価装置 2221

岩井 淳一\*1

## 要 旨

アナログカメラモジュール評価装置 2221 は、車載用カメラモジュールをターゲットとした NTSC 信号（ビデオ信号）出力カメラモジュール用の評価装置である。ここに製品の特長、機能、構成などについて解説する。

## 1. はじめに

近年、自動車へのカメラモジュール搭載率が増えている。

最も多い用途は後方視認用のバックモニターである。これは車両後退時のみカーナビゲーションなどのモニターに車両後方の画像を写し、バック運転をサポートするものである。ワンボックスカーなど死角の多い車が増えており、ミラーによる視認が限界に近づきつつあることも増えている理由の一つである。最近では後方だけでなく、前方や周辺にカメラモジュールが搭載された車も登場している。

次に用途として挙げられるのは、交通事故時の原因究明手段として注目されているドライブレコーダである。これは、通常時はカメラの映像をある一定時間連続して記録し、事故発生時には衝突をトリガとして記録を止めるものである。衝突前の動画を事故発生後に確認することができるため、事故原因の調査に有用である。タクシーに搭載されているケースが多い。

また、車載カメラモジュールの画像信号インタフェースは、現状日本国内ではアナログの NTSC (National Television System Committee) コンポジット信号（以下 NTSC 信号）、いわゆるビデオ信号が主流である。出力信号のデジタル化が予想されるが、カメラとモニタの接続が同軸ケーブル 1 本で済むこと、カーナビゲーションなどの映像信号入力インタフェースとして NTSC 信号インタフェースがほぼ標準的に用意されていることなどの理由により、当面は NTSC 信号出力が続くと思われる。また、FA (Factory Automation) 用カメラや監視カメラについてもデジタルインタフェースが増えつつあるが、NTSC 信号インタフェースの需要は少なくない。

デジタル信号出力のカメラモジュールについてはカメラモジュール評価装置 2211-50 があるが、NTSC 信号のデコード機能および信号自体の計測機能はない。そこで今回それらの機能を実装し、NTSC 信号出力のカメラモジュールをターゲットとした 2221 を開発した。



2221 の外観

### • NTSC 信号とは

一般的に NTSC コンポジット信号と呼ばれている信号は、輝度成分である Y 信号に色度成分である C 信号が多重された信号である（図 1）。Y 信号は基準レベルに対する信号の電圧レベルで輝度を表している。C 信号はバースト信号の位相を基準として 2 つの色差信号で直交変調された信号であり、振幅レベルとバースト信号との位相差で色の強さと色相を表している。なお C 信号のサブキャリア周波数は 3.579545 MHz である。一例として 75% カラーバーの信号波形とデコード画像の関係を図 2 に、ベクトル波形を図 3 に示す。

## 2. 設計コンセプト

### (1) NTSC 信号処理回路をデジタル化

信号処理回路の主要部分を FPGA (Field Programmable Gate Array) を使ってデジタル処理することにより、ビデオアナライザなどの既存製品との差別化を図ると共にカスタマイズ性を向上させた。またビデオ信号専用 IC は 2011 年のアナログ放送終了に向けて入手が困難になりつつある点から使用を極力避け、汎用 IC を使用した。

\*1 PMI 部 技術 2 課

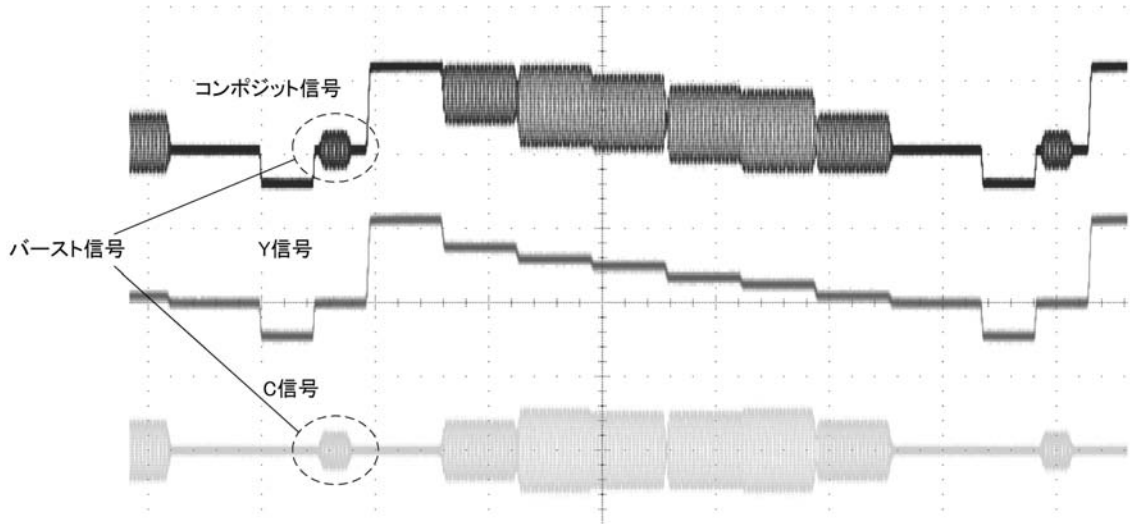


図 1 NTSC コンポジット信号と YC 信号の関係

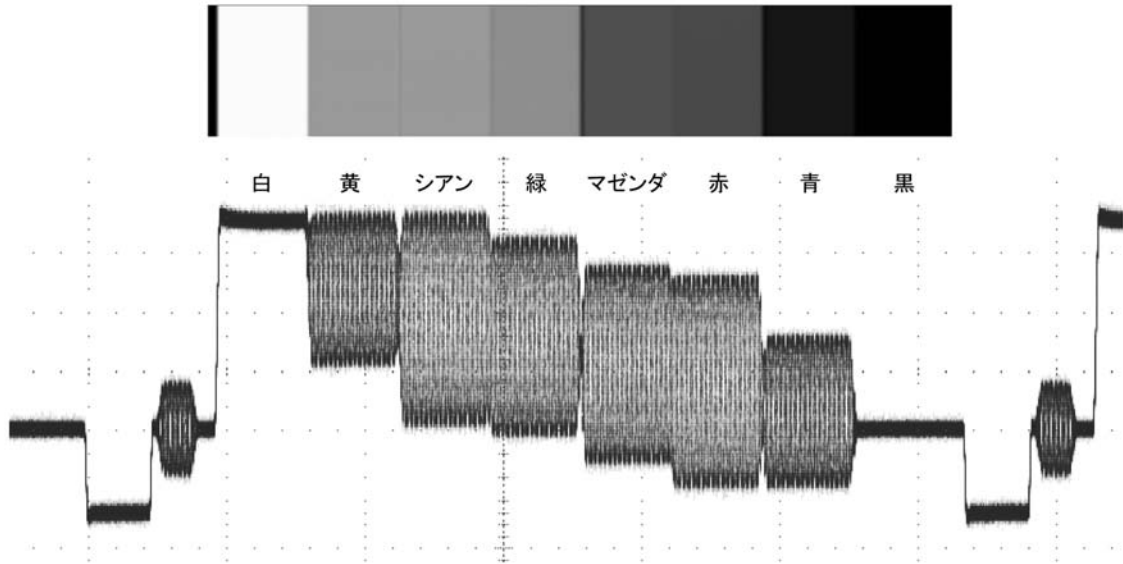


図 2 75% カラーバー信号波形とデコード画像

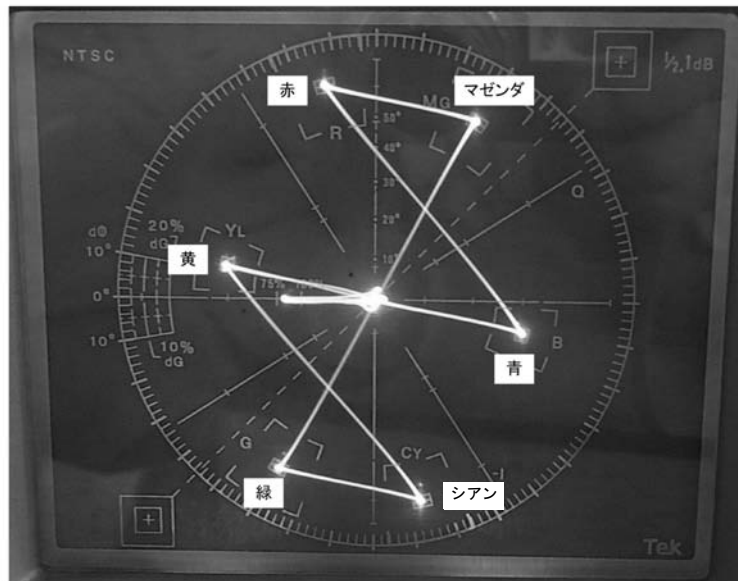


図 3 75% カラーバー信号のベクトル波形

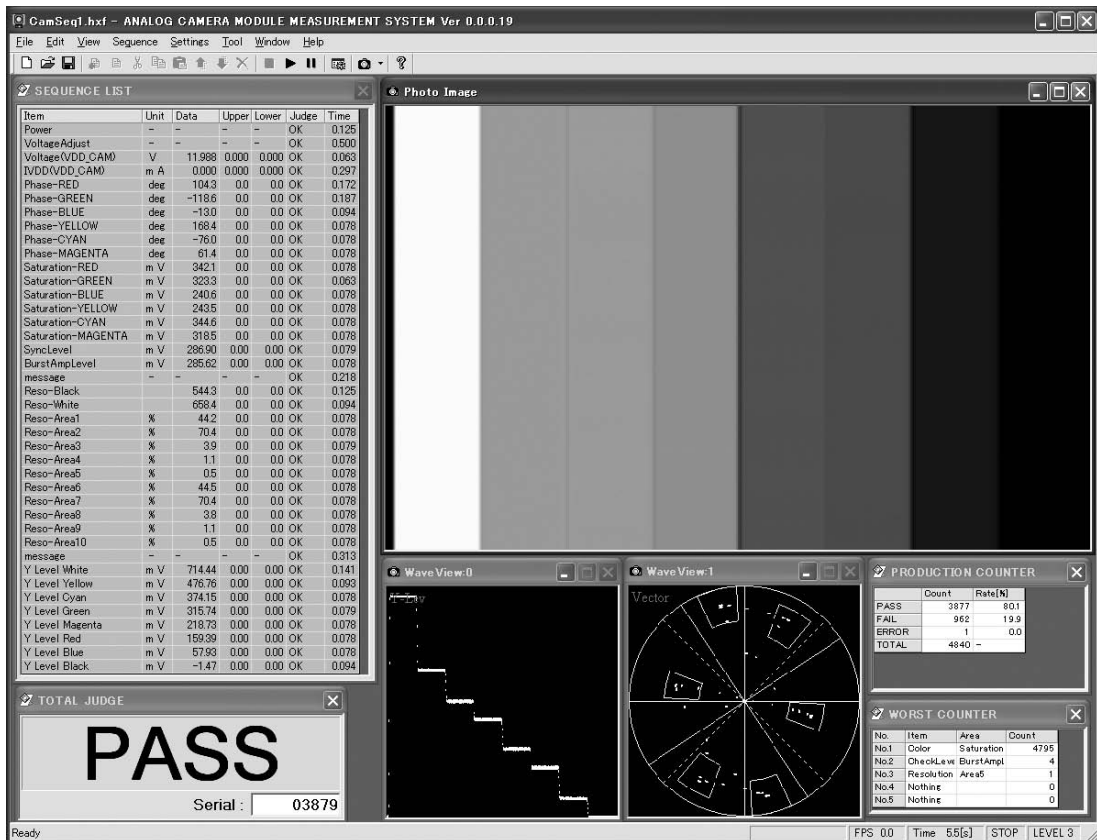


図 4 2221 測定画面

## (2) Y/C 分離方式を 3 次元分離に固定

Y/C 分離方式には、主に 1 次元、2 次元、3 次元の 3 種類の方式がある。

1 次元 Y/C 分離はサブキャリア周波数の BPF (Band Pass Filter) を使って分離する方式であり、回路は比較的単純だが分離性能が低い。2 次元 Y/C 分離は上下ラインの信号間で C 信号の位相が反転していることを利用し、両信号を加減算して分離する方式である。一般的な画像では分離性能は高いが、上下ライン間の相関が低い画像、すなわち垂直方向に変化が激しい画像では分離性能が低い。また信号を 1 ライン分の時間遅延させる回路、もしくは 1 ライン分のデータを保存するメモリが必要である。3 次元 Y/C 分離は前後フレームの信号間で C 信号の位相が反転していることを利用し、両信号を加減算して分離する方式である。静止画に関しては最も分離性能が高く、原理的には完全に分離できる方法であるが、前後フレーム間で相関が低い場合、すなわち動きが激しい動画では分離性能が低い。また 1 フレーム分の画像データを保存するメモリが必要である。

そのような背景から、一般的に使用する Y/C 分離方式は 1 種類ではなく、画像の動きを検出しなが

ら 2 次元分離と 3 次元分離を併用しているケースが多い。2221 ではカメラモジュール評価に使う画像が静止画であることから 3 次元 Y/C 分離方式固定とし、回路の小型化とコストダウンを実現した。

## (3) 2211-50 とソフトウェアを共通化

既存製品である 2211-50 とソフトウェアを出来る限り共通化することで開発期間の短縮を図ると共に、2221 で新規に開発した機能 (ユーザ DLL (Dynamic Link Library) リンク機能, ジャンプ・ループ機能) を 2211-50 でも使用できるようにした。

## 3. 機能・特長

2221 の測定画面を図 4 に示す。

### (1) NTSC 信号測定

ルミナンスレベル, クロミナンスレベル・位相の他, シンクレベル, バースト振幅, バースト周波数の測定が可能である。ルミナンス, クロミナンスの測定箇所はデコード画像上の座標で指定することができ, また指定エリア内での平均化も可能である。

**(2) NTSC 信号デコード・画像表示機能**

3次元 Y/C 分離方式で 768 × 484 ピクセルの画像を生成する。画像表示機能は画像とモニタの画素比を 1:1 で表示する Normal 表示、画素比を 0.5 倍から 8 倍まで拡大・縮小して表示する Zoom 表示、任意の表示サイズに画像を補間して表示する Expand 表示の 3 つがある。アスペクト比 =3:2 の画像表示にするには Expand 表示機能を使うことで対応可能である。なお水平方向のピクセル数は、サブキャリアの 4 倍の周波数 (14.318 MHz) でサンプリングした場合に相当する。

**(3) 画質測定機能**

解像度検査、キズ (黒点・白点) 検査、S/N、シェーディング、シミ検査、光軸測定が可能である。検査エリアは任意に指定することができ、画像処理を用いた検査エリア位置補正機能も実装している。

**(4) 高速測定**

1項目にかかる測定時間はNTSC信号関連ではほとんどの項目が約 100 ms、画像関連でも大半が 80 ~ 150 ms であり、1モジュールあたり 10 秒以下での検査も実現可能である。なお、図 4 の測定例ではモジュール消費電流、クロミナンスレベル・位相 (各 6 エリア)、シンクレベル、バースト振幅、解像度検査 (10 エリア)、ルミナンスレベル (8 エリア) の測定を行っているが、合計測定時間は約 5 秒である。

**(5) グラフ表示機能**

ルミナンスレベル、クロミナンスのベクトル表示、ルミナンスレベルのヒストグラム、解像度検査値の中から同時に 2 種類のグラフを表示する。デコード画像とグラフの変化を同時に見ることができ、グラフ表示の対象エリアは画像全体だけでなく特定箇所を指定可能である。なお、ルミナンスレベルのグラフおよびクロミナンスのベクトル表示では、表示対象エリア内の各画素の測定値のみを点で描画しており、各点を結ぶ線の描画は行っていない。理由は、線を描画すると測定値の点の分布が把握しにくくなることと、各測定値の間を補間して表示する必要性がほとんどないためである。

**(6) モジュールへの電源供給・消費電流測定**

12 V 系および 5 V 系の電源を最大 450 mA 供給することができる。また、その消費電流を 450 mA ~ 1  $\mu$ A までオートレンジ切り替えで測定する電流測定機能を搭載している。

**(7) ユーザ DLL リンク機能**

ユーザが作成した DLL に測定値や画像バッファのデータを渡し、DLL 内で任意の処理をすることが可能である。また DLL から返された結果について OK/NG 判定をすることができる。

**(8) ジャンプ・ループ機能**

検査項目をシーケンシャルに実行するだけでなく、測定結果に応じて任意の測定項目に移動したり、任意の測定結果になるまでループ処理を繰り返すことが可能である。

**(9) I2C-Bus 通信機能**

サブアドレス 0 ~ 2 バイト、データ 1, 2 バイトに対応している。任意の検査時に通信を行うことができ、検査中にスレーブアドレスを変更することも可能である。

**(10) 検査シーケンス・設定の一元管理**

検査シーケンスを容易に作成および編集することが可能。検査内容、検査条件や電源電圧設定などは基本的にはすべて 1 つのファイルに保存されるので、ファイルの切り替えのみで検査内容やモジュール機種の変更を容易に行うことができる。

**(11) 生産ライン向け機能**

留まり管理やエラー項目の把握に便利なプロダクション / ワーストカウンタを実装。また、検査開始・停止・一時停止の操作のみ可能な操作ユニット 2503-01 を装備している。

**(12) 外部 I/O ポート**

28 個の外部 I/O ポートを装備しており、各ポートごと、検査シーケンス内の測定項目ごとに I/O 制御を設定可能である。撮像チャートやフィルタなどの切り替え制御に使用することができる。

**(13) 検査ログ管理**

検査条件、測定結果は OK/NG に関わらずすべてログファイルに CSV (Comma Separated Values) 形式で保存される。また検査画像の保存も可能で、全画像 / エラー発生時のみの選択をすることができる。

**4. 構成**

図 5 に 2221 のハードウェア構成をブロック図で示す。なお PC 関連のハードウェアは省略する。

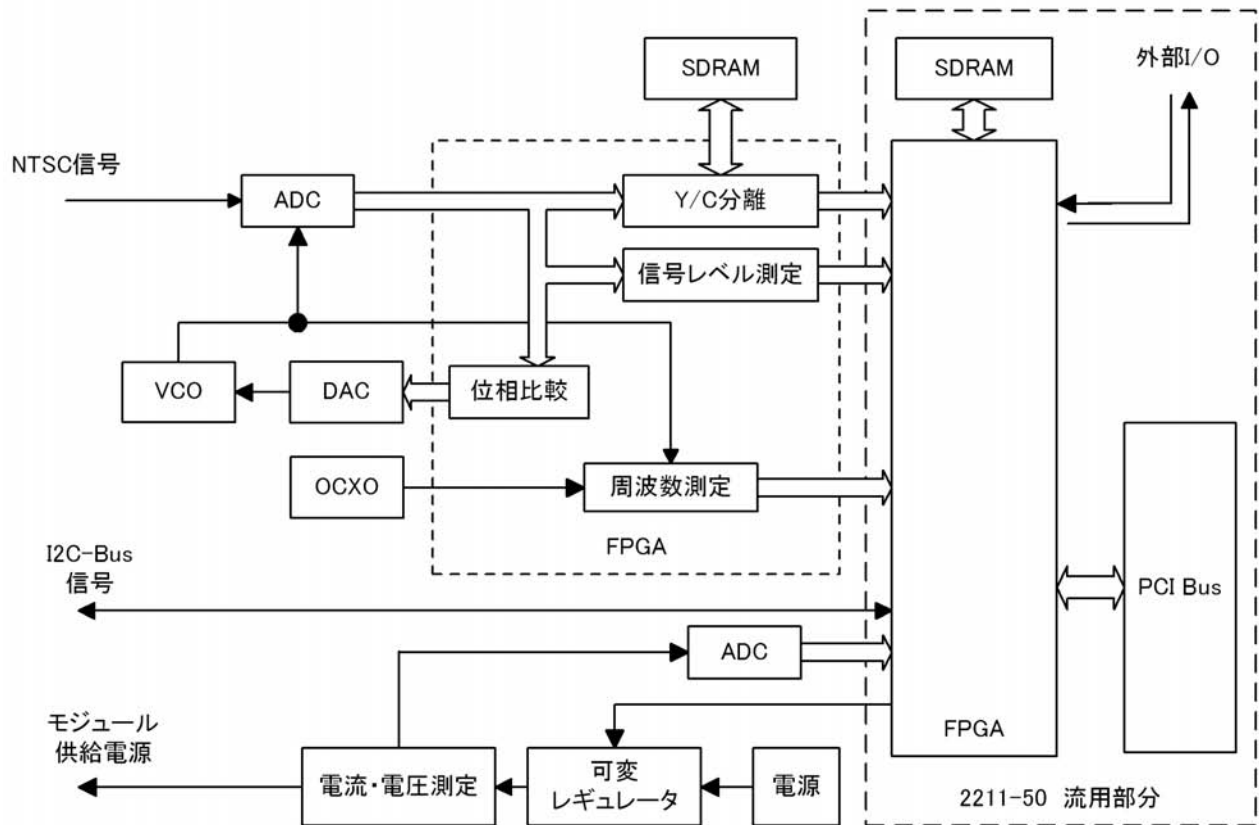


図5 ブロック図

#### 4.1 NTSC 信号処理部

##### (1) バースト PLL (Phase Locked Loop) 回路

入力端子に入力された NTSC 信号は、A/D コンバータを介して FPGA に取り込まれる。A/D コンバータのサンプリング周波数はサブキャリア周波数の 8 倍にあたる 28.686 MHz (以下 8 fsc) であり、VCO (Voltage Controlled Oscillator) で生成している。FPGA に取り込まれたデータからバースト部分のみ抜き出して位相ズレ量を測定し、位相ズレ量を D/A コンバータを介して VCO にフィードバックする。この一連の制御を繰り返すことにより、VCO 出力信号をバースト信号にロックさせる。

##### (2) 3次元 Y/C 分離回路

A/D コンバータを介して FPGA に取り込んだデータを 1 フレーム分メモリに保存し、次のフレームのデータを取り込みながら、保存しておいたデータと加減算を行って Y 成分と C 成分に分離する。位相比較データと画像データは同一の A/D コンバータから FPGA に取り込まれるので、両データ間での位相ズレはまったく発生しないことになる。

##### (3) 信号レベル測定回路

各信号レベルは FPGA に取り込んだデータと校正データから算出して求めている。

##### (4) バースト周波数測定回路

バースト周波数は 3.579545 MHz  $\pm$  10 Hz と非常に高精度であるため、周波数測定用の基準発振器には周波数安定度の高い OXCO (Oven Controlled Xtal (Crystal) Oscillator) を使用している。

#### 4.2 電源部

モジュール供給用電源は一般的な回路で使用する DC3 ~ 5 V だけでなく、車載用モジュールや FA 用カメラでの使用を想定し DC12 V も供給可能とした。

電流測定回路は 2211-50 の測定回路を元に再設計し、DC12 V でも測定可能とした。

#### 4.3 制御部

FPGA を中心に構成されており、画像データのストレージ、各種信号の制御、PCI バスのインタフェース制御を行っている。基本的には 2211-50 の流用部分である。

## 5. おわりに

2221 は車載カメラモジュールをターゲットとし、2211-50 の画像評価機能に加え NTSC 信号のデコード機能と信号測定機能を搭載した評価装置である。今後の活躍を期待すると共に、今回開発した技術をカメラモジュール評価以外の分野にも展開を図っていきたい。

清水 久志<sup>\*2</sup>，小林 淳志<sup>\*3</sup>，木本 基明<sup>\*3</sup>

---

\*2 技術本部長付

\*3 PMI 部 技術 2 課