A401 高精細可視化画像の取得が可能な 全画素CCDを用いた動画像記録システム

伊与田健敏[○]、外谷広志、馬場邦雄、石井良夫、渡辺一弘、久保田譲
(創価大学工学部情報システム学科)

Progressive-Scan CCD Camera and Motion Picture Recording System for High Resolution Visualized Image Capturing

Taketoshi Iyota, Hiroshi Toya, Kunio Baba, Yoshio Ishii, Kazuhiro Watanabe, Yuzuru Kubota

ABSTRACT

Interlaced-scan CCDs which are widely used for the capture of motion pictures, have same disadvantages such as interlinear time lag, decreasing of resolution caused by analog video output, etc. To overcome these disadvantages, Progressive-scan CCDs are developed, which have many advantages such as progressive scanning without interlinear time lag, square pixel, high resolution and high frame rate over interlaced-scan CCDs in measurement of moving objects. In order to make use of the progressive scanning CCD for many image recognition applications, it is important how high-speed transmitted digital data can be stored in real time. We developed a motion picture recording system specialized for the progressive-scan CCD camera to utilize advantageous progressive-scan CCD and this system is applied to capture images of Laser Scanning Visualization.

Keywords : Progressive Scan, CCD, Motion Picture, DRAM, Visualization

1. はじめに

現在、動画像を撮影するために用いられる CCD カメラの多くは、インターレース方式¹⁾でアナログのビデオ信号出力のものである。しかし、このような CCD カメラを、計測を目的とした動画像撮影に用いる場合には、いくつかの問題点がある。

最初に問題となるのは、画面の走査がインターレース方式であるという点である。この方式では、奇数行の画素だけをスキャンする動作と偶数行の画素だけをスキャンする動作を 1/60 秒毎に繰り返す。このため、1 枚の画像 (1 フレーム) においては偶数行と奇数行の画素の情報には 1/60 秒の時間差が生じるために、変化の速い現象を撮影した場合には縞状のずれが起り、計測に利用することが難しい。偶数行のみの画像 (偶数フィールド) もしくは奇数行のみの画像 (奇数フィールド) を用いれば、そのような問題は生じな

いが、代償として縦解像度が半減することになる。

次に問題となるのは、画像の情報がアナログのビデオ信号で出力されているという点である。ビデオ信号の規格は放送用に決められたもので帯域幅は 4.2MHz 程度である。従って、CCD 素子の画素数が多く高い解像度で撮像されていても、この帯域制限のために情報が削られてしまい解像度の低い画像しか得られなくなってしまう。

また、ビデオ信号からデジタル画像を得る際にはコンピュータ側の専用回路で A/D 変換を行うがそのサンプリングタイミングは専用回路の勝手なタイミングによるので、得られたデジタル画像の画素と CCD 素子の画素とは 1 対 1 の対応関係にはなっていない。この点も解像度を減少させる原因と考えられる。

以上のような問題点を持つインターレース方式に対して、全画素読出型 CCD が開発されている。この方式は CCD の画素を順番に全てスキャンしていく方式

(プログレッシブスキャン方式)であり、インターレース方式に存在した問題点は解決される。また、CCD から読み出された各画素の情報を即座に A/D 変換して出力する方法を用いることにより、得られるデジタル画像と CCD 上の画素は正確に 1 対 1 に対応させることが出来、ビデオ信号から画像を得る場合に生じていた解像度の低下という問題点も解決される。

我々が用いているデジタル出力型全画素 CCD カメラは解像度が 640(H)×480(V)の白黒で 1 秒当り 60 枚の画像が出力される。1 画素当り 8 ビットの情報量があり、これらを掛け合わせると 1 秒当り約 18Mバイトのデジタル情報が出力される。問題となる点は、1 秒当り 18Mバイトという莫大なデータを取りこぼすことなく記録することができる媒体が一般には存在しないことである。

本研究では動画像計測においてインターレース方式の CCD カメラにおける問題点を解決するためにデジタル出力型全画素 CCD カメラを用いることを提案し、CCD カメラから出力される莫大な動画像データを取りこぼすことなく記録出来る媒体として半導体メモリを用いた記録システムを試作し、噴流の可視化画像の撮影に応用した。

2. システムの構成

今回構築したシステムは、Fig. 1 に示す通り、全画素 CCD カメラ、フィールドメモリ部、動画像記録部、パーソナルコンピュータの 4 つの部分から構成されている。

全画素 CCD カメラで撮影された動画像データはデジタルデータとして一旦フィールドメモリ部に書き込まれる。動画像記録部はフィールドメモリ部から画像データを読み出し、大容量の半導体メモリに連続的に書き込んで保存していく。保存された動画像データは、パーソナルコンピュータに読み出され、処理や解析が行われる。以下、各部分について詳しく述べていく。

Fig. 1 Block Diagram of This System

2. 1 全画素CCDカメラ

本研究で用いているデジタル出力型全画素 CCD カメラについて述べる。

使用している CCD 素子は有効画素が 640(H)×480(V)の白黒用 CCD²⁾である。このカメラで用いる CCD は、全画素読出方式であるだけでなく、1 秒間に 60 枚の画像を取り出すことが出来る。

Fig. 2 にデジタル出力型全画素 CCD カメラの構成を示す。この CCD 素子には 2 つの出力があり、同時に 2 画素分の輝度値が出力される。この 2 つの信号は、それぞれ増幅回路で増幅されサンプル&ホールド回路を経て 10 ビット A/D 変換回路に入力されデジタルデータに変換される。この時、各画素から送られてくるアナログの輝度信号は逐一デジタルデータに変換されているので、得られたデジタルデータと各画素とは 1 対 1 に対応している。

デジタル化された 10 ビット幅の輝度データは、半導体メモリを用いた変換処理表を通して 8 ビット幅にする。8 ビットに変換されたデータはセレクター回路と D-フリップフロップのラッチによって、約 40ns 毎に送り出される形になっている。

最後に、カメラから出てくる信号としては、水平同期信号や垂直同期信号などがあるが、これらの信号もクロック信号に同期して D-フリップフロップにラッチされた後、並列に出力されている。

2. 2 フィールドメモリ部

CCD カメラにおいて、各信号のタイミングや輝度データが出力されてくる順番はカメラ側のタイミングジェネレータによって拘束されている。後段の回路が、このような CCD カメラ側の信号のタイミングなどによる拘束や制限を受けないようにするために、フィールドメモリ回路を作製し、CCD カメラと後段の回路の間に挿入するようにした。

カメラから出力されるデータは Fig. 3 に示すように

Fig. 2 Progressive-Scan CCD camera

2つのフィールドメモリに交互に書き込まれる。フィールドメモリはそれぞれ even、odd と名づけられている。カメラから even のフィールドメモリにデータが書き込まれている時には odd のフィールドメモリからデータを読み出すことが出来る。逆に odd のフィールドメモリにカメラからのデータが書き込まれている時には even のフィールドメモリからデータを読み出すことが出来る。この動作の切り替えはカメラからの信号である FLD 信号によって行うようになっており、切り替えは1フィールドを単位として行われる。

このように交互に書き込みと読み出しを行うことによってカメラから送られてくるデータを滞りなく後段の回路に渡すことが出来、同時にカメラの信号のタイミングなどによる制限を外すことが可能になる。さらに、データがフィールドメモリに一度書き込まれることによって、画像上の任意の画素データを任意の順番で読み出すことも可能になっている。

フィールドメモリに書き込まれるデータのアドレスと画像上の画素位置の対応関係について説明する。画像上の横方向の位置 (X座標) はアドレスの下位 10 ビット (A0~A9) で、縦方向の位置 (Y座標) はアドレスの上位9ビット (A10~A18) で、それぞれ表現されている。こうすることによって、フィールドメモリを読み書きする際のアドレスはX座標とY座標にそれぞれ独立したカウンタ回路を用いて駆動させることによって容易に生成することができる。

2. 3 動画像記録部

動画像記録部はフィールドメモリ読み出し回路、半導体メモリである DRAM³⁾と DRAM コントローラ回路、PC インターフェース回路の3つの回路ブロックから構成されている。(Fig. 4)

先に述べたように、CCD カメラから送られた画像データはフィールドメモリに書き込まれている。フィールドメモリ読み出し回路は、その画像データを読み出して DRAM に引き渡す役目を持つ。

フィールドメモリからデータを読み出すために、カ

ウンター回路によって読み出し用のアドレスを生成する。この回路は 20MHz のクロック信号によって駆動され 50ns 毎にアドレスの値を作り出す。クロック信号と共にアドレスをフィールドメモリに与えると画像の各ピクセルのデータが次々と読み出される。

このデータは 8 ビットだが、記憶媒体として用いている DRAM はモジュールになっており 32 ビット単位で読み書きを行う必要がある。そこで、4 ピクセル分のデータをまとめて 32 ビットにして DRAM に引き渡す回路が、8→32 ビット変換回路である。

画像データを記録する媒体は、半導体メモリ (DRAM) である。DOS/V パソコン用の 32Mバイト SIMM モジュールを 8 枚用いて 256Mバイトの記憶容量を得ている。

今回使用した DRAM では 4,194,304 ワードの中から任意の 1 ワードを選ぶには、全部で 22 ビットのアドレスが必要であり、これを 2 回に分けて入力する。また、読み書きを行なうためには、RAS、CAS、WE の各信号が必要であり、それらの上げ下げやアドレスの切り替えを適切なタイミングで行うために、DRAM コントローラ回路では 40MHz のクロック信号をもとに PLD を用いた回路によって各種の制御信号を生成している。また、22 ビットのアドレスを 11 ビットずつ切り替えて DRAM に与える作業も行っている。

DOS/V パソコンと接続し動画像データの記録開始や停止、録画フレーム数カウンタや DRAM アドレスカウンタの初期値設定など全体の制御を行うのが、PC インターフェース回路である。また、DRAM から画像データを読み出して PC 側に渡すための読み出し制御もここで行う。

3. 本システムの性能と可視化画像の撮影

本システムのフィールドメモリ部と動画像記録部については、回路設計から基板製作まで全てを自分たちで行なった。各部分の動作チェックを行なった後、全体をつなげてシステムとしての動作チェックと性能評

Fig. 3 Alternative Access of Field Memory

Fig. 4 Block Diagram of Motion Picture Date Recording Module

価を行ない、当初の設計通りにシステムが動作することが確認できた⁴⁾。本システムの概観をFig. 5に示す。本システムの性能は以下の通りである。

- ・解像度 640×480 画素 (約 30 万画素)
- ・画像レート 60 枚/秒
- ・録画時間 (枚数) 14.56 秒 (870 枚)
- ・パソコンへの画像転送時間 1 枚当たり約 2 秒

本システムを用いて噴流の可視化画像の撮影を行った。可視化の方法はレーザ・スキャナ可視化法^{5), 6)}を用いる。ノズルから出た噴流の流れは円錐状になっており、スキャナとレンズを用いてレーザがこの円錐にそってスキャンされ、噴流が可視化される。

本システムで実際に撮影、記録した可視化画像の一例をFig. 6に示す。5 秒間連続して撮影して得た 300 枚の画像のうちの 1 枚である。(A)は撮影した画像全体で、(B)は(A)の一部を拡大したものである。

これを見ると、噴流の粒子 (水滴) の画像の大きさが、CCD の画素の大きさの数個から 1 個程度のもので捕らえることが出来ていることがわかる。また、粒子が写っている部分の画素の輝度値の変化が大きく、粒子の位置を CCD の画素よりも細かい分解能で捕らえることも可能である。これらの事から本システムで得られた可視化画像の解像度は高いといえる。従来のインターレース方式の CCD カメラとの定量的な比較を現在行っており、その結果については発表当日に報告する。

4. おわりに

本研究では、デジタル出力型全画素 CCD カメラの利点を生かすために、そこから出力される動画データを取りこぼすことなく非圧縮で記録できるシステムを構築し、レーザ・スキャン可視化

法による噴流の可視化画像の撮影に応用して高精細な画像を得ることが出来た。

参考文献

- 1) 原田益水: TVのすべて, 電波新聞社, 1996, PP. 20-22
- 2) CCD AREA IMAGE SENCER---SONY SEMICONDUCTOR DATA BOOK, SONY, 1996, PP. 809-828
- 3) MEMORY---FUJITSU SEMICONDUCTOR DEVICE DATA BOOK, FUJITSU, 1995, PP. 373-428
- 4) 伊与田健敏, 外谷広志, 渡辺一弘, 久保田譲: 全画素 CCD を用いた計測用動画画像記録装置, 第 23 回 光波センシング技術研究会講演論文集, 1999, PP. 59-66
- 5) T. Sugimori, K. Baba, T. Fujiwara, Y. Ishii, K. Watanabe, Y. Kubota, G. Marubayashi: Measurements of a Flow Field on Conical Spray using a Laser Scanning Visualization System, Proc. of 8th Int. Symp. on Flow Visualization, 1998, PP. 248.1-248.5
- 6) 杉森忠之, 石井良夫, 渡辺一弘, 久保田譲, 丸林元: レーザ・スキャナ可視化法による円形噴流の時間空間解析, 可視化情報学会誌, Vol. 18(1998), No. 71, PP. 300-307

Fig. 5 Overview of This System

Fig. 6 A Visualized Image of Conical Spray