

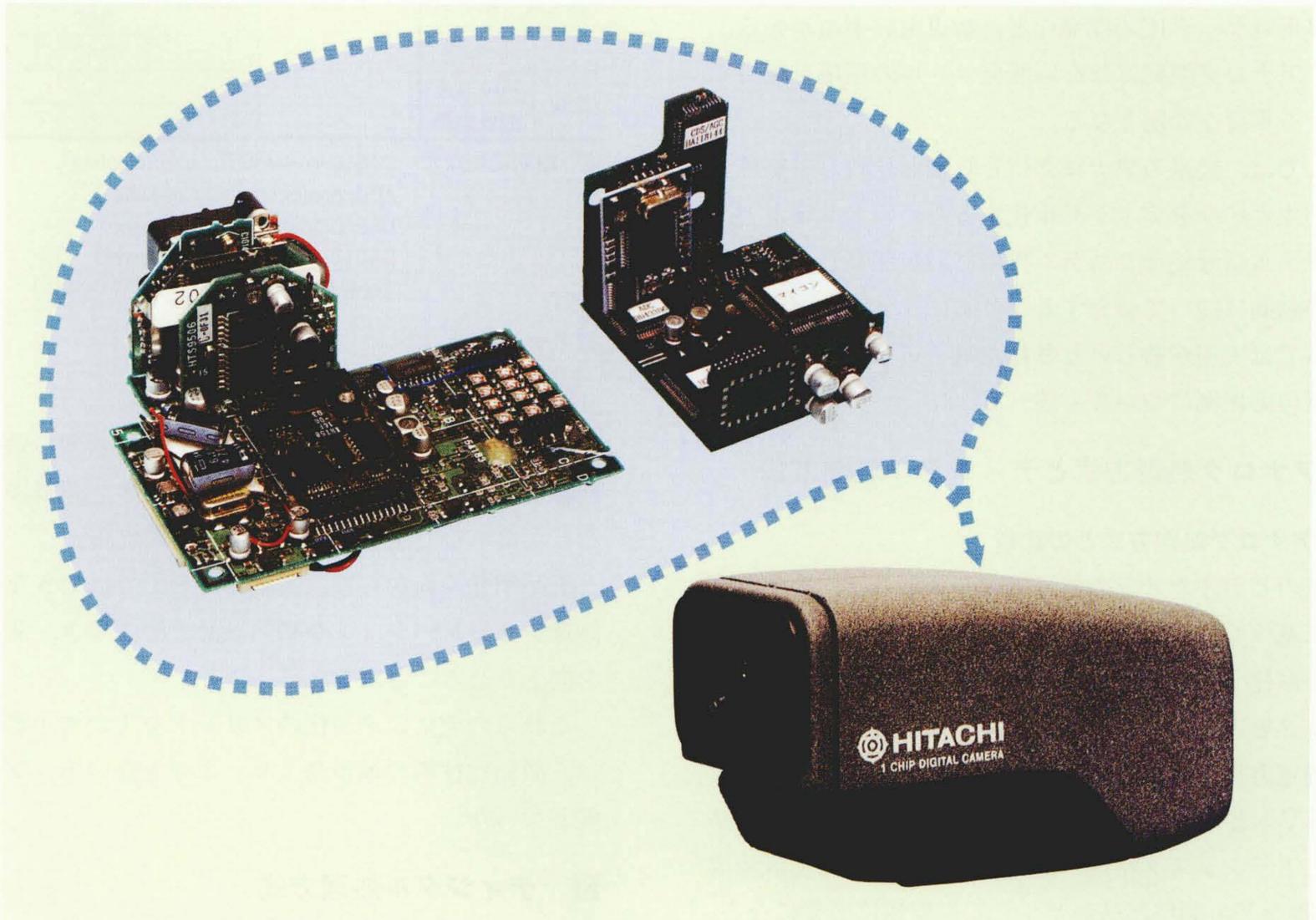
# カメラ一体形VTRを魔法の小箱にする デジタル信号処理IC

Digital Signal Processing Opens Future Camcorder World

長澤千明\* *Chiaki Nagasawa*

大賀昌二\* *Shōji Ōga*

大坪宏安\*\* *Hiroyasu Ōtsubo*



デジタル信号処理基板と実用例 従来のアナログ信号処理システムからデジタル化することにより、周辺部品を大幅に削減でき基板の小形化が可能となる。

近年のカメラ一体形VTRは、ハンディタイプの製品が登場して小形・軽量化が急速に進み、一般家庭で子供の成長記録や旅行に気軽に使われるようになってきた。これは、カメラ一体形VTRの低価格化が実現されたことが大きな要因である。

今後、小形・軽量化はもちろんのこと、さらに使いやすさや多機能化が進むことが予想されている。

そこで日立製作所では、これらのニーズにこたえるシステムとして、ビデオカメラのデジタル信号処理化を推進している。ビデオカメラのデジタル化は、カメラ一体形VTRの小形・低消費電力化を大幅に推進し、応用技術による新しい機能を可能にする。

\* 日立製作所 半導体設計開発センター \*\* 日立製作所 映像メディア研究所

## 1 はじめに

近年、カメラ一体形VTRのカメラ信号処理は、従来のアナログ処理からデジタル処理へと急速に変わりつつある。

デジタル化を考察する場合、デジタル化メリットの明確化、最適半導体製品の選択や独自のシステムに合った専用ロジックICの開発など、新規検討事項がある。また、アナログ開発にはない開発ツールの環境を検討することも重要な課題となる。

ここでは、従来のアナログ信号処理と比較して整理したビデオカメラをデジタル化するためのメリットと、デジタル信号処理システム専用で新規開発した半導体製品の動向について紹介するとともに、アナログ信号システムでは実現が難しいとされた電子ズームや手ぶれ防止機能の応用例についても述べる。

## 2 アナログ処理方式とデジタル処理方式

### 2.1 アナログ処理方式との比較

従来のビデオカメラの信号処理システムは、アナログ技術に基づくLSI化によるものである。アナログ技術では、小形化・低価格化には、高集積化を主にアクティブフィルタを内蔵し周辺部品の削減に対応してきた。また低消費電力化には、動作電源電圧を12Vから9Vへ、9Vから5Vへと下げて対応してきた。しかし、アナログ回路では、トランジスタ特性、抵抗ばらつきによって直流成分、利得などの調整部品がどうしても周辺に必要になる。低電圧動作では信号振幅とSN比の観点から5V以下にするのは、セット性能を低下させる問題がある。市場ニーズに適した高付加価値機能を実現するためには、複雑なシステムを必要とする。

これらの問題は、信号処理をデジタル化することにより、

- (1) 量子化した“1”、“0”信号を扱うので、ばらつきや波形ひずみのない理想的信号で処理できる。
- (2) AI制御が活用でき、無調整、自動調整化が可能である。
- (3) CMOS(Complementary MOS)プロセスが使用でき、低電圧動作が可能である。
- (4) デジタルインタフェースが容易になり、手ぶれ補正、電子ズームなどの応用技術が容易に実現できる。

ここで、日立製作所でのセット比較を表1に示す。ばらつき、波形ひずみがなくなることは、周辺部品が削減

表1 アナログ処理とデジタル処理の比較例 日立製作所で開発したデジタル方式は、システム全体で比較するとアナログ方式を上回る製品である。

方式		アナログ方式	デジタル方式		
比較項目					
部品点数		357点	127点		
調整箇所		11か所	2か所		
消費電力		1.0W	0.8W	CDS部	0.2W
				ADC	0.1W
				DSP	0.4W
				DAC	0.1W
画質	色にじみ	△	○		
	画質制御	△	◎		

注：略語説明など CDS(Correlated Double Sampling)  
ADC(Analog-Digital Converter)  
DSP(Digital Signal Processor)  
DAC(Digital-Analog Converter)  
◎(最良), ○(良い), △(やや悪い)

できシステム価格低減に効果がでる。AI制御の効果は、熟練者を必要とする調整工程を削減でき、調整ばらつきなどがなくなり生産工程の無人化が図れる。

製品開発の面からは、アナログ製品ではできなかった画像シミュレーションが初期設計で確認でき、開発効率を向上させることができる。

これらのデジタル化のメリットを生かす半導体製品は、微細化技術の進歩により、より少ないチップ数で可能となった。

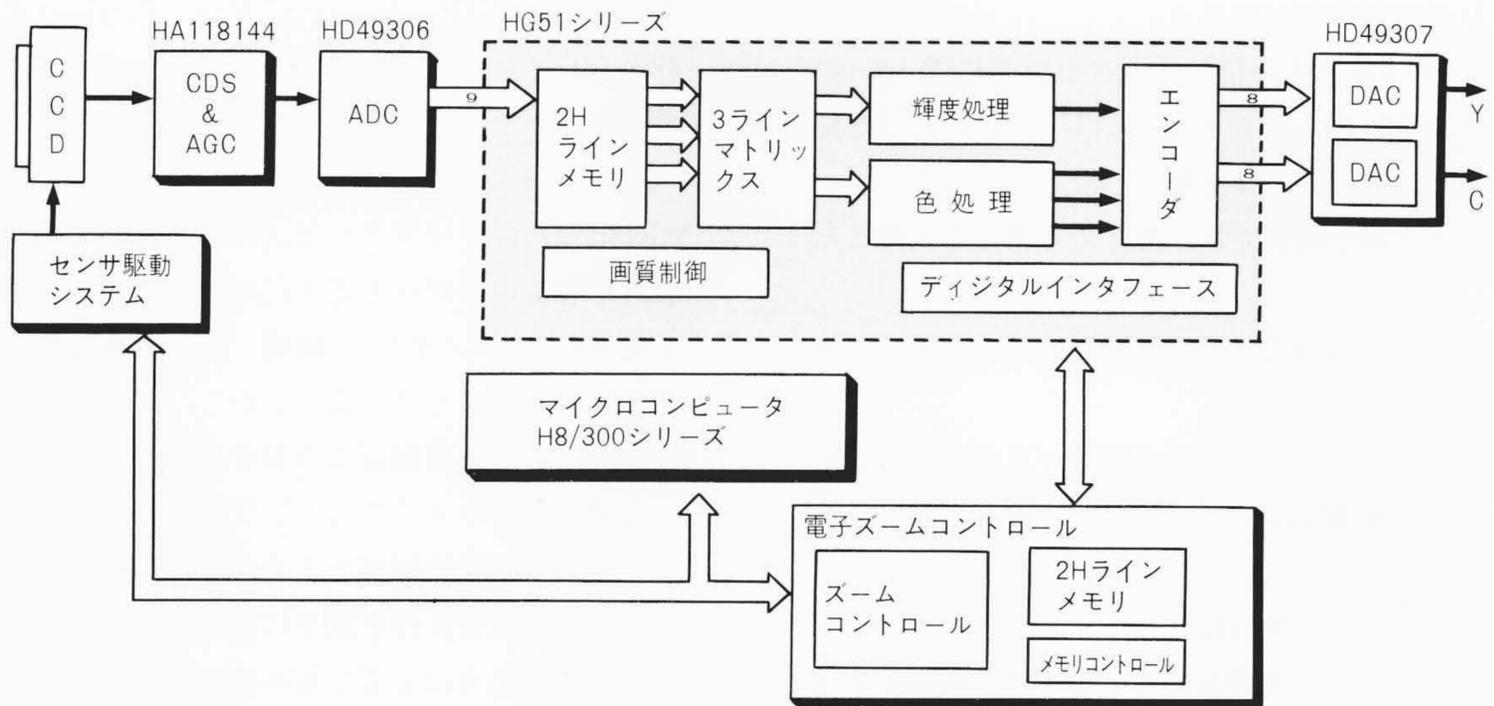
## 3 デジタル処理方式

今回、日立製作所が開発したビデオカメラ用デジタル信号処理システムを図1に、実現例を口絵に示す。

CCD(撮像素子)からのカメラ信号処理は、デジタル化のメリットを生かす5チップの構成である。

### 3.1 デジタルインタフェース内蔵のCDS/AGC回路

CDS(Correlated Double Sampling)/AGC(Auto Gain Control)処理は、アナログ技術で開発した。この回路をデジタル化するには、AGC回路に量子化数13~14ビットのビデオ帯域を扱えるA-D変換器が必要になるが、現在の技術ではまだ製品化できない。しかし、このシステム用に開発したCDS/AGC ICは、デジタル信号処理システムとの整合性を重視し、AGCの利得やその他の回路状態を、マイクロコンピュータ(以下、マイコンと略す。)から直接制御ができるようデジタルインタフェースを内蔵している。



注：略語説明 CCD (Charge-Coupled Device), AGC (Auto Gain Control)

図1 デジタル信号処理システム 日立製作所が開発したデジタル信号システムは、高集積技術を駆使し簡素に構築している。

### 3.2 低消費電力CMOSのA-D変換器, D-A変換器

技術トレンドを図2に示す。より高性能、高画質を実現するには量子化ビット数を増やせばよいが、民生機器に使用するためには商品企画に合った特性と価格が要求される。

映像信号処理用A-D変換器の量子化ビットは、量子化雑音とカメラ性能を決める入力ダイナミックレンジ、低価格の観点から9~10ビット程度が適当である。低消費電力の点からは、CMOSプロセスが適する。チップサイズを小さくする回路方法は、チョッパ形比較器を用いた2ステップ変換方式が有利である。ビデオカメラ用に新規開発したA-D変換器(HD49306)の主な仕様は次のとおりである。

- (1) プロセス：1.3  $\mu\text{m}$  CMOS
- (2) 分解能：9ビット  $\pm 0.5\text{LSB}$  (Least Significant Bit) (Typ.)
- (3) 最大変換速度：14.3 MHz
- (4) 消費電力：120 mW (電源電圧 = 5 V)
- (5) 変換方式：チョッパ形比較器を用いた2ステップ方式
- (6) 外形：FQFP (Fine Quad Flat Package) - 48ピン (0.5 mmピッチ)

映像信号用D-A変換器は、8ビット分解能で直線性誤差の少ないものが望まれる。このシステムに採用したD-A変換器(HD49307)の仕様は次のとおりである。

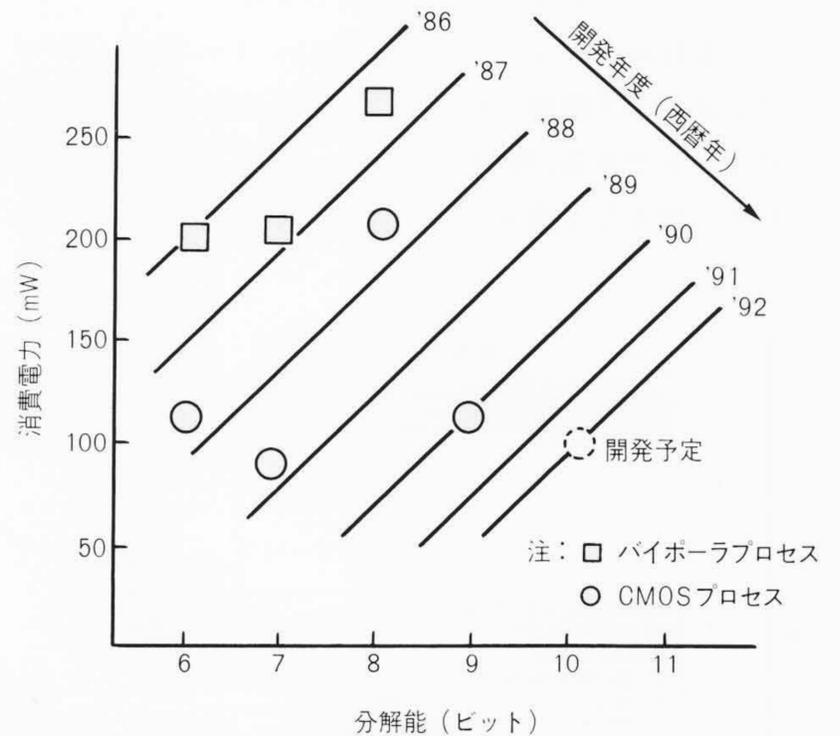


図2 画像用A-D変換器開発トレンド 画像用A-D変換器は、高速化とともに低消費電力化が重要になっている。

- (1) 分解能：8ビット  $\times$  3チャンネル
- (2) 直線性誤差： $\pm 0.2\%$
- (3) 最大変換速度：30 MHz
- (4) 消費電力：300 mW (Typ.)
- (5) 外形：QFP (Quad Flat Package) - 56ピン

上述の映像信号処理用に開発したA-D変換器, D-A変換器を採用することによって、民生機器に適した小形・

低価格なシステム設計ができる。

### 3.3 デジタル技術を駆使したカメラ信号処理

デジタル化に最も重要となる信号処理部は、ASIC (Application Specific IC) を使用し設計することによって独自のシステムを構築でき、他との差異化が可能となる。

ビデオカメラに最適なASICの条件として、次のことがあげられる。

- (1) 低価格で最小のチップサイズ設計が可能である。
- (2) バッテリー駆動にあった低消費電力プロセスである。
- (3) 映像用専用メモリが内蔵できる。
- (4) A-D変換器・D-A変換器など、アナログ回路が内蔵できる。

上述の条件から、デジタル信号処理ICに適したASICを選択するが、より小さいチップサイズで設計するためには、設計前段階でチップサイズ、消費電力の概算見積りが必要になる。したがって、これらをサポートする開発ツールも重要な選択条件となる。

日立製作所のセルベースIC HG51シリーズは、デザインアシスタント機能を持ち、これらの検証を設計前段階でサポートできる。開発ツールは、米国VLSIテクノロジー社から導入した開発ツール(以下、Vツールと言う)を

用いて、EWS(Engineering Work Station)上で論理設計からレイアウト設計まで一貫設計ができ、高性能で効率の良いカスタム製品の開発に最適である。

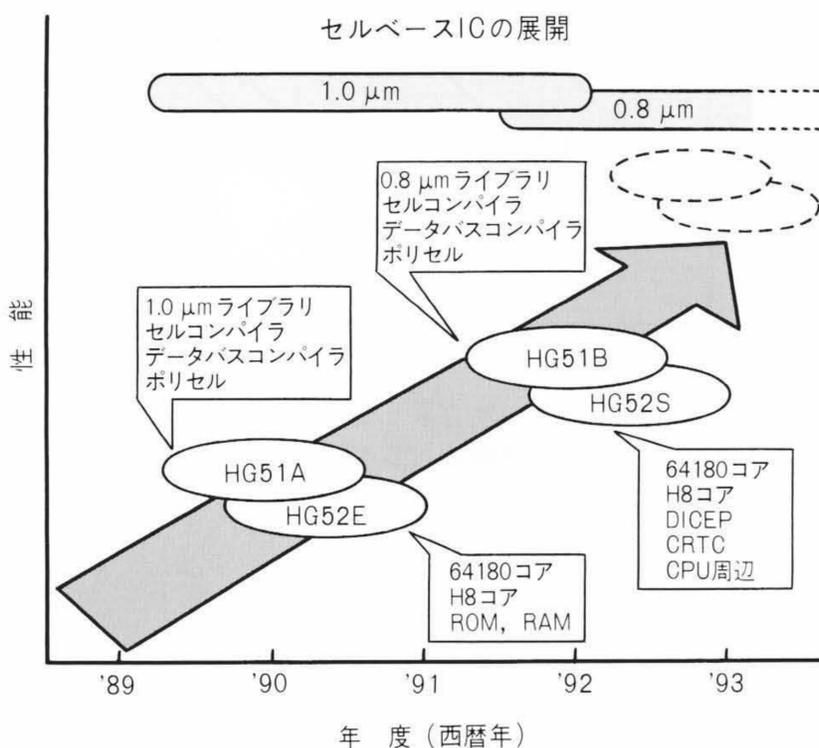
セルベースICの技術トレンドを図3に示す。300種の高速で豊富なライブラリは、映像信号特有のタイミング設計を容易にサポートでき、コンパイラの活用は、専用メモリ(ラインメモリ)の構築、デジタルフィルタの短期設計を可能にしている。しかし、アナログ回路の内蔵化には、まだ技術検証に時間を必要とする段階にある。

このビデオカメラでは、この1.0 $\mu$ mライブラリを採用し、カメラ信号処理部を1チップに集積することを実現した。その主な仕様を表2に示す。このシステムでは、カメラ信号処理に必要な基本機能を内蔵し、無調整化と外部とのデジタルインタフェースを容易にした。性能面では、デジタル処理に適した同時化処理を行うため、2Hのラインメモリを内蔵し、色再現性に優れた3ライン信号処理を可能にした。また、内部状態の大幅なプログラム化を図ることによってAIコントロールを可能にし、撮影シーンに合った画質制御および自動調整を実現している。

映像情報は、8ビットのデジタル信号として色、輝度情報で入出力できることから、電子ズームや手ぶれ防止などの応用技術に対応できる。

### 3.4 高速演算処理マイコン

このビデオカメラには、日立製作所のオリジナルアーキテクチャであるH8/300CPUをコアとしたH8/330を採



注：略語説明 DICEP (Document Image Compression and Expansion Processor)  
CRTIC (Cathode-ray Tube Controller)

図3 セルベースICの動向 日立製作所セルベースICは、独自システムの構築に適し、ラインメモリの内蔵を容易に行えるメリットがある。

表2 デジタル信号処理IC仕様例 日立製作所が独自に開発したデジタル信号処理システムは、従来のアナログ技術を生かし、よりビデオカメラに適したシステム分割を実現している。

項目	仕様
プロセス	1 $\mu$ m CMOS (スタンダードセル)
パッケージ	QFP-100 (14mm $\times$ 14mm)
電源電圧	5V
消費電力	400mW
ゲート数	30kゲート
内蔵RAM	768ワード $\times$ 9ビット $\times$ 2チャンネル (2H Delay)
内蔵ROM	15kビット (Y/C- $\gamma$ データ)
対応テレビジョン方式	NTSC/PAL/SECAM
対応センサ	画素混合読出しCCD任意画素数対応

注：略語説明 NTSC(National Television System Committee)  
PAL(Phase Alternation by Line)  
SECAM(Séquential á Mémoire color television System)

用した。カメラ一体形VTRでは撮影シーンに合わせ、リアルタイムでホワイトバランスやアイリス制御を最適条件にセットするため、高速処理可能なCPUが要求される。この点、H8/300CPUは、最小命令実行時間が0.2 $\mu$ sと高速である。さらに、低消費電力モードが充実しておりカメラ一体形VTRに適している。

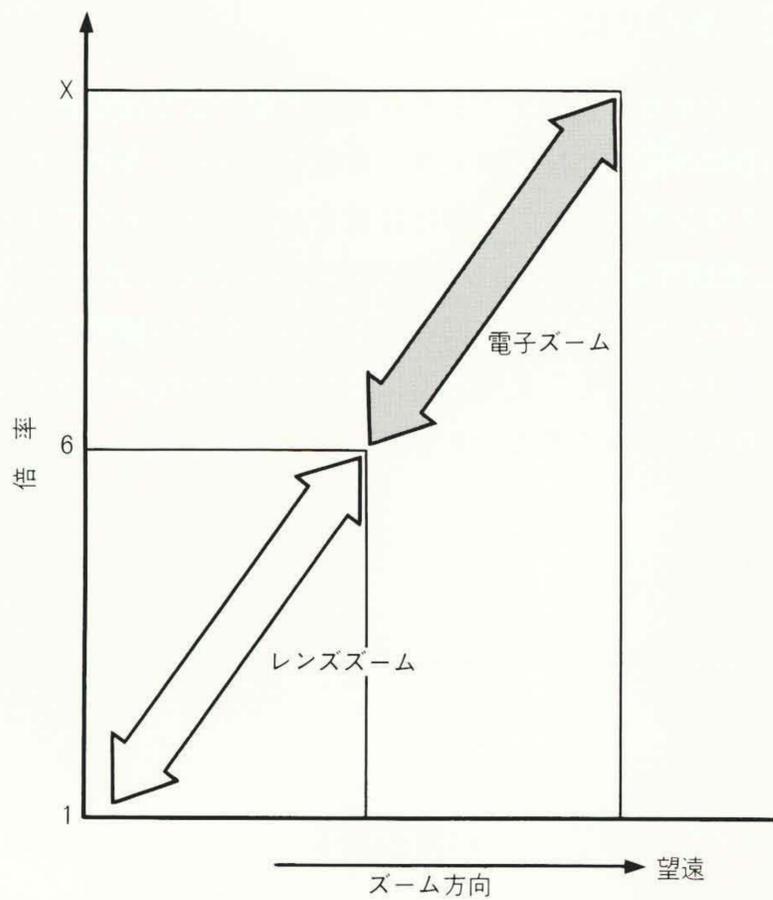


図4 電子ズーム応用例 電子ズームは、従来のレンズズームでは困難と考えられていたズーム領域を任意に設定できる。

ソフト開発面では、開発環境の整備に加えリアルタイムOS( $\mu$ -ITRON)をサポートしており、効率の良いソフト開発ができる。

#### 4 デジタル応用技術

デジタル情報として得られる輝度、色情報の応用範囲は非常に多彩である。ビデオカメラでは、ラインメモリ、フレームメモリを有効に利用し、映像情報の細工や電子ズーム、手ぶれ防止などの機能アップを実現できる。また、他周辺機器へ劣化のない映像情報が供給できることから、プリンタやパーソナルコンピュータなどへの接続を容易に実現できる。

##### 4.1 電子ズームへの応用

従来のカメラ一体形VTRでは、レンズ機能による6~8倍ズームが主流であり、さらに高倍率のズームにはレンズ機構を長くしなければならず、小形化カメラ一体形VTRには不向きであった。電子ズームは、電氣的に映像情報をズームするため機構に関係なく1倍~256倍まで可能にできる。システムブロックは先の図1に示したとおりである。このシステムでは図4に示すように、従来のレンズズームに加え高倍率ズームを電子的に処理している。このシステムの電子ズーム用コントロールLSIは、セルベースIC HG51シリーズを採用し、ゲート数は10kバイトメモリ、2.7kバイトメモリで構成されている。ズームの例を図5に示す。

##### 4.2 手ぶれ防止

手ぶれ防止は、ハンディタイプのカメラ一体形VTRで

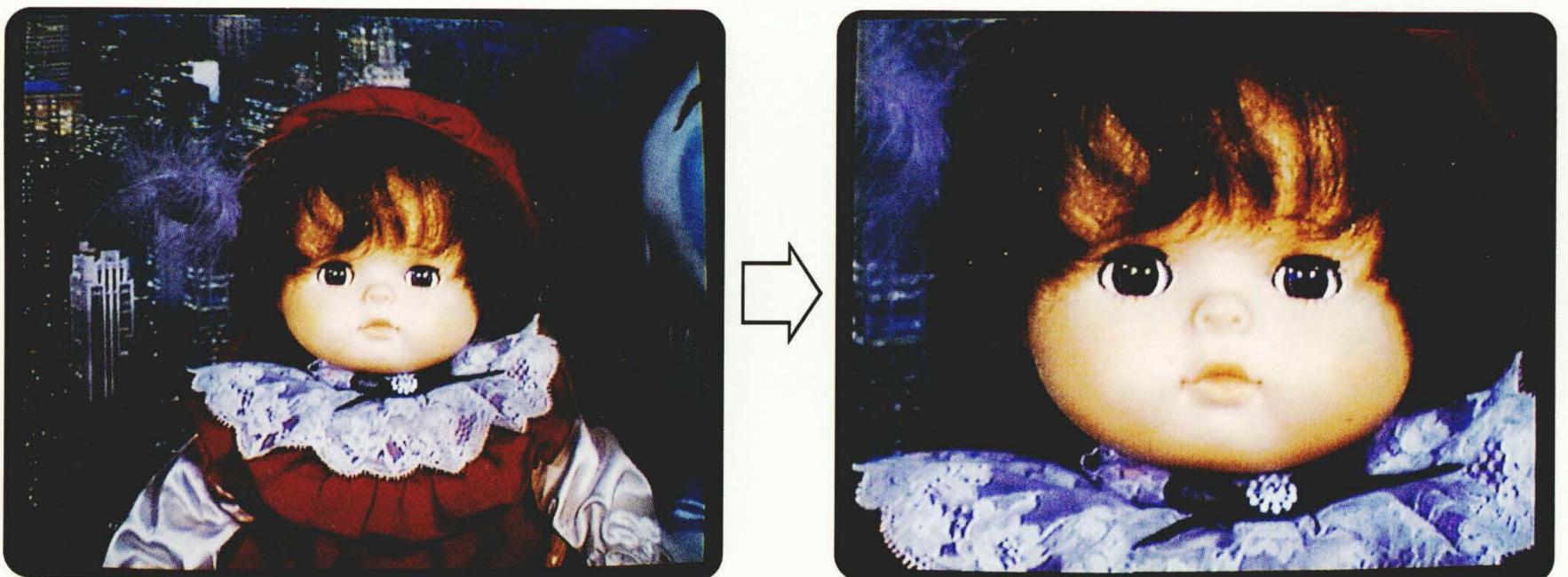


図5 電子ズーム実用例 この電子ズーム方式は、垂直方向の伸張をCCDセンサ駆動で行い、水平方向の伸張をズームLSIに内蔵したラインメモリで行っている。

は重要な機能である。実現方法は、フィールドメモリと動き検出LSIを用い構成する方法や、角速度センサによる動き検出で撮像素子を駆動する方法などがある。半導体としては、低電圧動作が可能なフィールドメモリが要求されている。

## 5 今後のシステム動向

今後のビデオカメラのデジタル化は、いっそうの小形化と低消費電力である。この要請に対し、高集積はもちろんのこと開発環境の充実もあげられる。

### 5.1 小形化

高集積化を図ることは、小形化に大きく貢献する。具体的には、ASICにA-D変換器、D-A変換器を内蔵することが重要である。すでに、D-A変換器は内蔵化が進められているが、高ビットのA-D変換器は開発中である。

また、ASICでマイコンを内蔵したものも製品化されている。さらに、微細化技術が進み、カメラ用デジタル信号処理ICにこれらを内蔵した新しいシステムが構

築されると思われる。

### 5.2 低消費電力化

バッテリーを使用する機器へは、低電圧で動作する半導体が要求される。CMOSプロセスでは、消費電力が電源電圧のほぼ二乗に比例する。すでに、メモリ、マイコンでは、電源電圧の3V化が始まっている。ASICも、微細化の進歩により、さらに低電圧化し、ポータブル機器に適した品ぞろえをしつつある。

## 6 おわりに

ビデオカメラのデジタル化が実現できた背景には、半導体の微細化技術が大きく貢献している。今後、サブミクロンプロセスの進歩は目覚ましく、いっそうの小形化、低消費電力化および高機能化が図られると思われる。

また、開発環境の整備も、より使いやすい豊富なライブラリを充実し、民生機器に適したものを提供できるよう努力していく考えである。

## 参考文献

- 1) 大坪：カメラ信号処理回路のデジタル化，テレビジョン学会誌，Vol.45，No.9，1060～1066(1991-9)