

## 論文の内容の要旨

### 論文題目 ハイビジョン MUSE 受信機 LSI の 実現に関する研究

氏名 阿部正英

ハイビジョンクラスの高速度画像信号処理への CMOS LSI の適用に糸口をつけるデジタルフィルタ LSI と、放送衛星を用いたハイビジョン放送に先鞭をつける MUSE 方式受信機用 LSI の実現に関する研究を行った。

第 1 章では、本研究の背景について述べる。

1980 年代半ばに入ると、画像信号処理用デジタル LSI の必要性が、国際的な HDTV 開発競争の流れの中で大いに高まってきた。しかし、画像信号処理では特に高速性が求められるため、一般にはバイポーラトランジスタ LSI が適用されることが多く、集積度は高いが動作速度ではバイポーラトランジスタ LSI に劣っている CMOS LSI では難しいとされていた。

そこで筆者は、将来家庭用機器に導入する LSI には高集積化、低消費電力化、低廉化の点で有利な CMOS をとるべきと考え、高速画像信号処理用 CMOS LSI の研究に着手した。

第 2 章では、MUSE (Multiple Sub-Nyquist Sampling Encoding) システムの概要について、サブサンプリングを中心とした帯域圧縮の考え方を中心に述べるとともに、2 段階に分けて進めた研究開発の各段階における課題と当時の CMOS LSI 技術の状況を概観する。

この中で、第 1 フェーズでは CMOS LSI による画像信号処理用デジタルフィルタ LSI、第 2 フェーズでは MUSE デコーダ用 LSI の実現が課題であった。

第1フェーズのデジタルフィルタLSIの研究開発段階(1985~1986年)では、システム検証用LSIの試作ということもあり、設計は筆者等が行い、製造は外部半導体メーカをファウンドリとして活用した。

第2フェーズのMUSE受信機用LSIの実現に向けた研究開発段階では、対象とする高速・大規模システムのLSI化が、最先端のLSI設計・製造技術を必要としたうえに、開発品種が多数に及んだことなどから、1社単独でのLSI開発は極めて困難な状況であった。このため筆者らは1986年、国内家電・半導体メーカ各社にMUSEデコーダ用LSIの共同開発を呼びかけ、これに応えた3社とNHKが協力して、1987年1月からLSI開発に取りくんだ。

第3章では、画像用2次元フィルタに適したCMOSデジタルフィルタLSIのアーキテクチャや、高速化のための回路技術について述べる。

1980年代前半デジタル信号処理技術のTV映像信号への応用が進んだ。帯域圧縮技術やTV方式変換技術などがその例である。衛星によるHDTVの伝送システムとして開発された帯域圧縮方式がMUSEシステムである。

このような帯域圧縮方式では、2次元あるいは3次元周波数領域で映像信号の間引きあるいは補間を行っている。その場合、前処理あるいは後処理で、デジタルフィルタが不可欠となる。しかし、当時、ハイビジョンクラスの画像信号処理に使えるフレキシビリティに富んだLSIはなかった。

そこで、フィルタのタップ数や入力信号の語長に関する拡張性に富んだデジタルフィルタの構成法を検討した。フィルタの基本構造については、映像信号処理に用いるフィルタは一般に定係数の演算をとることから、テーブル参照型(Look Up Table: 以下LUT)メモリをコアとし、これと転置型およびビットスライス型を組み合わせたものとした。この構造をとることにより、ハードウェア規模が大幅に抑制されるとともに、入力語長およびタップ数が容易に拡張できるようになった。

また、LUTを用いる類似のフィルタ構成技術であるDistributed Arithmetic方式との比較を行った。その結果、本研究で提案するビットスライス型フィルタが、ハード規模と処理速度に関しバランスがとれた、優れた方式であることが明らかとなった。

このコンセプトに基づいて2次元デジタルフィルタを1次元デジタルフィルタLSIと遅延線LSIとの組み合わせで構成することにし、これに適したアーキテクチャのCMOSデジタルフィルタLSIの設計と試作を行った。

さらに、このLSIを実験用MUSE受信機に搭載し、2次元フィルタ用LSIとして有用性を確認した。また、小型化されたこの受信機の活用により、帯域圧縮方式に関する研究の進展が図られた。本LSIは帯域圧縮以外に、TV方式変換のような技術

に広範に応用できる。

以上述べたように、ここにおける研究成果は、HDTV 級高速画像処理への CMOS LSI の適用に糸口をつける画期的なものであった。

第 4 章では、LSI 化 MUSE デコーダのシステム分割について述べる。

MUSE 方式のような帯域圧縮方式では、時空間 3 次元周波数領域における線形信号処理が主体となっている。このようなシステムの LSI 化を図るうえで、最適なシステム分割、およびこれと整合をとった画像メモリの構成法について検討した。

その結果、システム分割については、フィールド間内挿の逐次処理方式が、メモリは増えるものの論理 LSI の個数を削減できることから、最適であることを見出した。また、メモリ構成においては、このシステム分割との親和性からマルチプレックス型 4Mb メモリが適していることを明らかにした。

これらを基にして、システム分割を行い、全体で 20 品種の MUSE デコーダ用 LSI の開発を行った。

以上述べたように、メモリをコアとした画像信号処理アルゴリズムの最適化構成に関する本研究の成果は、これ以降の HDTV 級大型高速画像信号処理システムの LSI 化研究に先鞭をつけるものであった。

第 5 章では、MUSE 信号をデコードする映像本線系(入力処理、フレーム間内挿、静止画処理、動画処理、低域置換、色信号処理、出力処理の各ブロック)における特徴的な LSI の主要機能の実現に向けた技術について述べる。

対称型デジタルフィルタは、第 3 章で述べたデジタルフィルタ LSI の技術をベースにして設計した。高速 4Mb 画像メモリは、動き補正機能など 4 つの機能を付加した Application Specific Memory とした。動き検出 LSI は、デコーダの中でハードウェア規模が一番大きく、かつ、画質を左右する重要なブロックである。このため、機能を落とすことなく、ハード規模の適正化を図って、システム分割を行った。この他、LSI 機能の外部コントロールのために、LSI 間通信用シリアルバスを考案した。

ここで開発した MUSE デコーダ用 LSI は、補完のため開発した 5 品種の LSI を含め、合計で 25 品種である。これらの LSI 46 個と市販の汎用 LSI および IC を組み合わせ、合計約 100 個の LSI で MUSE デコーダを構成した。この LSI 化デコーダは従来の市販 IC 類で構成した実験装置と比較して、大きさ・消費電力ともに約 1/30 に低減され、ようやく家庭用と呼べる水準に達した。また、LSI 化による安定性の向上と部品数の削減、調整個所の低減などは、ハイビジョン MUSE 受信機の大幅な低廉化を進める上で極めて効果的であった。

開発した MUSE LSI を用いて構成した MUSE デコーダは、1989 年の NHK 技研公開を皮切りに各種の展示に供された。また、1989 年 6 月から開始されたハイビジョン定時実験放送においても、ハイビジョン放送の普及促進のために、大きく貢献した。

MUSE LSI の開発に続いて、1990 年秋には、本 LSI 搭載のデコーダを内蔵した MUSE 受信機が商品化された。これらの受信機は各種展示などで活躍するとともに、ハイビジョン普及促進のための中心的役割を担った。

第 6 章では、次世代放送サービスに向けた本研究の貢献と、LSI 技術に代表されるデバイス技術の課題や役割について述べる。

本研究の成果をまとめると次の 2 点になる。第一は、画像用 2 次元フィルタ LSI の実現が CMOS LSI の HDTV 級高速画像信号処理への応用に道をつけたこと、第二は、MUSE LSI の実現がハイビジョン受信機の低廉化と普及促進に加え、デジタルハイビジョン放送のハードとソフト両面にまたがるインフラを構築したことである。このような成果を産み出した原動力は、システム技術からデバイス技術にまたがる広範な融合技術である。

次に次世代放送サービスの実現に向けて、重要な役割を果たす各種デバイス技術について考察する。課題は、システムオンチップ化、多機能化、超低消費電力化などである。本研究の経験を踏まえ、次章では、このような課題を解決するための方策について論ずる。

第 7 章では、研究全体のまとめを行うとともに、次世代の LSI やデバイス技術に関する課題について述べる。

本研究の経験を踏まえ、次世代放送サービスなど、情報化社会を支える半導体デバイスや LSI 技術のあり方について考察する。産業発展の鍵を握るのは、異分野技術の融合による新技術の創生と、技術的側面とは別に、新しいデバイス技術者・半導体技術者像の構築である。

特に、次世代のような技術融合の時代には、システム・ソフトウェア・ハードウェアにまたがる広範な知識をもった半導体技術者の養成が急務となる。このためには、産学官の協力でこれを成し遂げ、半導体・デバイス産業を、メモリなど従来のコンポーネント開発型から、真のシステムデバイス開発型へと脱皮させる必要がある。これが日本の半導体・デバイス産業再生への近道といえる。