

## デジタル映像メディアのリアリティとインテリジェンス

田村秀行 北村素子

キヤノン株式会社 情報メディア研究所

コンピュータや通信、画像圧縮技術の急速な進歩が、マルチメディア時代を開こうとしている。この変化の中で、今日最も一般的なメディアであるテレビを含んだ、デジタル映像メディアへとコンピュータは変貌しつつある。コンピュータを利用することで、デジタル画像処理、コンピュータビジョンやコンピュータグラフィックスなどの技術蓄積を活用した、デジタルメディアの高度化が行える。この観点から、本稿では、デジタル革命の渦中にある映像メディアが、これまでにいかにそのリアリティを向上してきたか、これからどのようにインテリジェントな機能を付加して行くかを論じる。「リアリティ」については、デジタル動画の実用性、CGと実写の合成、仮想空間との対話性について論じ、「インテリジェンス」については、構造化情報の抽出や適応処理といったAIの手法が映像メディアを高度化していくことを論じる。

## Reality and Intelligence of Digitized Visual Media

Hideyuki Tamura and Motoko Kitamura

Media Technology Laboratory, Canon Inc.

890-12, Kashimada, Saiwai-ku, Kawasaki-shi, Kanagawa 211, Japan

Technologies of high power computing, high speed communication and image compression open the way to so-called Multimedia era. Along this line, computers evolve to digital media that covers the today's most popular media, television. Since computers are programmable, this digital media expands based on the assets such as long studied digital image processing, computer vision, and computer graphics. From this point of view, this paper discusses the methodology and future direction of such digitized visual media. The discussion shows how reality and intelligence can be augmented to the media. We also present some research activities on "Virtual Reality" that figures these new trends.

## 1. はじめに

いま、すさまじい勢いで映像メディアのデジタル革命が進行している。映像がデジタル化され、コンピュータや通信網で扱えるようになったことが、「マルチメディア」の名の下に社会の情報基盤をも大きく変えようとしている。1980年代が文書処理革命の時代であったとすれば、90年代から21世紀にかけてはコンピュータによるイメージ処理がメディアを変貌させると言われている。

一方、通信・放送・出版といった伝達メディアも、業界の壁が取り払われつつある。しかし、あらゆる映像メディアが一つの業態へと収束・統合されてしまうとは考えにくい。映像メディア産業には写真・映画・テレビなど新旧様々なビジネスが存在する。映像情報の取り扱い、各々の分野で個性のかつ多様であり、放送・出版・デザイン・写真測量といった分野はそれぞれ独自の世界の美意識と技巧と精度を保とうとする。コンピュータの手の内に映像が入ったとはいえ、メディアとしての価値や利用形態が容易に一元化されるとは考えられない理由である。

筆者らは、数年来、画像／映像情報の獲得・変換・伝送・加工・蓄積・表示におけるコンピュータイメージ処理の役割を分析し、映像メディアの革新の様相を眺めてきた[1],[2]。現在はまだこのデジタル革命の渦中にあると思われるが、本稿では、デジタル映像メディアがいかにリアリティを向上させてきたか、またこれからどのようにインテリジェントな機能を付加して行くかを論じてみたい。

## 2. デジタル映像メディアのリアリティ

映像メディアの「リアリティ」というと、まず画像・映像の表現能力、いわゆる写実性が想起される。また、バーチャルリアリティ分野では立体感や臨場感を指すことが多い。ここでは、もう少し広く捉え情報伝達のメディアとしての自由度・操作性・実用性までを含めて考える。

### 2.1 デジタル動画のリアリティ

まず、何といっても影響度の大きさからいえば、デジタル画像圧縮（高能率符号化）技術の急速の進歩があげられる。

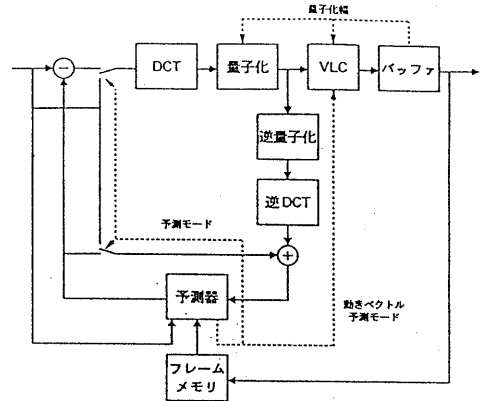


図1 代表的な高能率符号化の構成

もともと圧縮・符号化技術というのは地味な研究分野で、映像メディアにとっても裏方的存在であった。特に、伸長・復号化しても原画像を再現できない非可逆な圧縮法は、アナログ信号波形の帯域圧縮のための「必要悪」であった。従来のデジタル画像処理システムのほとんどは、データ圧縮法を採用していなかった。可逆で非劣化な方法であっても、データ圧縮による効用よりも、符号化／復号化によるロスタイムが重大だったからである。

これが一躍話題の表舞台に登場したのは、「ビデオレート」の映像を「コンピュータとの親和性」の高いデジタル・データとして扱い、そこそこの画質でリアルタイム再生できるレベルに達したからである。これには、デジタル符号化法をLSIチップとして実装し、圧縮・伸長の時間を大幅に高速化できるようになったからであった。

図1に最近の典型的な高能率符号化法の構成を示す。その主要コンポーネントは、(a) フレーム内で空間的冗長度を削減する変換符号化(DCT)、(b) フレーム間の冗長度と削減する予測符号化(動き補償予測)、(c) 符号長を出現頻度により最適化する可変長符号化(ハフマン符号)である。これまで長年研究されてきた冗長度圧縮法を複合的に用いてトータルで高い圧縮率を達成できるようになった。いわば「符号化の幕の内弁当」なのである。

アナログ系の圧縮技術が周波数帯域の圧縮を主目的としていたのに対して、デジタル高能率符号化法で



図2 ノンリニア編集システムAVIDの画面例

は、蓄積メディアからの読み出し速度や、伝送路のデータ転送速度に応じて符号化を行う方式が取られている。即ち、圧縮率はビットレートと画像の内容によって結果的に求まる。このため、復号・再生時のビットレートに応じて、画像の大きさやコマ数を変化させるQOS (Quality of Service) 制御が実現しやすい。

デジタル動画がパソコンやテレビ電話に出現し始めたころは、画質も悪く、動きもギクシャクして一般の評価は低かった。テレビ電話・テレビ会議に用いられる符号化標準H.261は64 kbpsの狭帯域ISDNでの利用を、MPEG1は1.5 MbpsのCD-ROMからの読み出し速度を想定してのものである。

10~100 Mbps域に対応するMPEG2 (H.262)規格は、当初から放送・通信分野での利用を想定し、現行テレビからHDTVレベルまでをカバーする。MPEG1と比べて符号化法としても最先端技術を十分に取り入れただけあって(さしずめ、松花堂弁当?)、再生画像の画質は業務用映像機器でも遜色ないレベルという。解像度、動き、いずれをとってもようやく次世代映像メディアに利用するに足るだけのリアリティが備わってきたといえる。

NTSCを中心とした現行テレビ規格が、長い間ビデオ関連技術の1つの規範となってきたように、MPEG2はデジタル映像メディアの基幹技術として定着するだろう。あと数年もすれば、動画の圧縮・符号化はごく当たり前の技術として再び裏方的な存在になっている可能性が高い。

## 2.2 映像のデジタル編集と加工

映画・テレビ番組・ビデオパッケージといった、いわゆる映像制作分野では、収録済みの映像を編集するポストプロダクション (post-production; 略してポストプロ) に多大な時間を費やす。このポストプロ作業にとってのデジタル技術の大きな貢献は、1970年代後半に登場したDVE (Digital Video Effect) と、1980年代後半に登場したデジタルVTR (D-1, D-2等の規格あり) であった。

DVEは、デジタル遅延回路を利用して映像特殊効果を与える装置である。この分野では、ビデオレート (30フレーム/秒) で映像を処理することが絶対的な制約であり、コンピュータによる画像処理ではこれを達成できなかった。DVEはポストプロの花形であり、当初は拡大・縮小・回転程度の簡単なものであったが、最近では、3次元物体へのマッピングやページめくりや波紋パターンなど、派手な効果機能を競っている。

業務用のDVEやデジタルVTRを含む映像編集システムは、かなり高価であり、映像プロダクションは通常は貸しスタジオを利用する。この本編集 (オンライン編集) に対して、その予備編集 (オフライン編集) には、パソコンを中心としたシステムが使われている。当初はVTRの制御用であったが、コンピュータの処理能力が増すにつれ、編集・加工機能全体を組み込んだ卓上操作システムとして独立し始めている。これはデスクトップビデオ (DeskTop Video; DTV) と呼ばれ、DTPに対応するコンセプトとして位置づけられている。図2にDTVシステムの画面例を示す。

DTVシステムでの新しい潮流は、テープのようなリニアな (連続記録の) 媒体を用いずに、ランダムアクセス可能なハードディスクを用いる「ノンリニア編集」である。オールデジタルで非劣化な上に、テープの巻き戻し操作が不要であるため、ノンリニア編集はポストプロ作業で急速に広まりつつある。ただし、低価格化・大容量化が進んでいるとはいえ、ハードディスクにデジタル映像データを格納するのは容量的にも苦しいので、ここにも画像圧縮技術 (Motion JPEG) が使われている。

デジタル動画がコンピュータで扱えることの効用は、マルチメディア・ソフトの制作・鑑賞だけでなく、

このようにDTVシステムによる従来スタイルの映像作品の制作にも表れている。DTVシステムのホストコンピュータにグラフィックワークステーションを用いれば、CG映像制作との一体化もできる。また、DTVでの映像編集結果は、オーサリング・ツールに取り込んでマルチメディア・タイトル制作に活用するのも容易である。DVEのような特殊効果処理も、ビデオレートの制限がなければ、いくらでも複雑なイフェクトをソフトウェア処理で試行錯誤することができる。

「コンピュータとの親和性」を生かしたDTVシステムは、既に操作性・画質の面でも十分実用に耐えうるレベルに達している。デジタル映像メディアにとっては、映像表現の自由度を満たす重要なツールとして成長して行くことが期待できる。

### 2.3 CG画像のリアリティ

コンピュータグラフィックス(CG)による画像生成プロセスは、3次元物体の幾何形状とその属性を表現する「モデリング」と、モデルデータから画像を描出する「レンダリング」に大別できる。レンダリングでは、物体表面での鏡面反射や屈折を扱う光線追跡法や拡散反射を扱うラジオシティ法により、極めて写実的な画像を生成できるようになっている。最近では、計算時間さえ問わなければ、フォトリアリティはいくらでも上げられるといっても過言ではない。

一方のモデリングは、複雑な形状データをマニュアルで入手するのは煩雑な作業である。これを軽減する方法として、実物体を3次元計測装置(レンジファインダー)で観測し、距離データから幾何形状モデルを生成することが行われている。(映画「ジュラシック・パーク」の恐竜も、1/5のクレイモデルを作り、全周型距離スキャナーでデータ入力されたという。)

最近の研究は、自然物・現象のCG表現に向けられている。岩石や布地では微細構造のモデリングによる質感の表現、炎・煙・水流などは運動を伴う形の変化、植物では成長記録に基づく枝振りのモデリングなどが工夫されている。

CG映像は、TV番組のタイトルやCFのように、手間・ヒマをかけられる分野で用いられてきた。映像制作分野からは斬新かつ得意な映像表現の手段として注目を集めてきたが、人工的な印象が強かつ制作コストが高すぎるというのが難点であった。近年、CG

の映像表現力が増すとともに、グラフィックワークステーションの高速化・低価格化により、確実にその用途を広めつつある。

例えば、ビデオゲーム機ではリアルタイム応答性を重視するために、スプライト法と呼ばれる特殊な方法を用いていた。最近、コスト的にもスピード的にも、ようやく正統派の3次元CG技術が活用できるようになってきた。格闘するファイターに700種類もの動きを与えられるなど、動きのリアルさも表現できるようになってきている。

### 2.4 実写とCGの合成

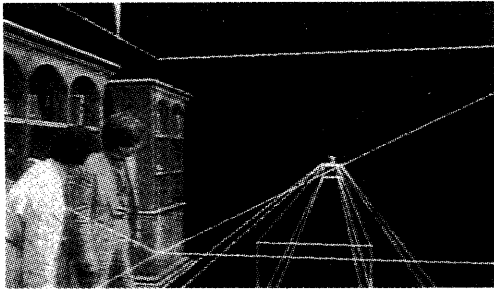
CG映像のリアリティが増したことにより、実写とCGの合成も映像表現方法としての威力を増してきた。この種の多重合成は、もちろんポストプロ作業段階で行う。

実写とCGの合成は最近のCFでも多用されているが、CGが実写映像に見事に溶け込んだ例としては、映画「ターミネーター2」(T2)と「ジュラシック・パーク」が余りにも印象的であった。現実には存在しない液状金属ロボットや恐竜が、重要なキャラクターとして登場する。これは3次元空間の座標を想定して、実写とCGのカメラワークを一致させる。そのためには、コンピュータ制御のモーションコントロール・カメラを用いて、実写映像を撮影しておく。

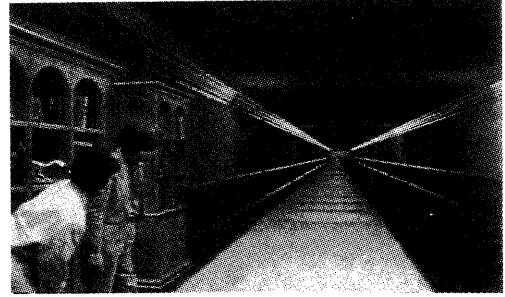
映画における特撮技術としての多重合成は、従来「オプティカル合成」と呼ばれる光学的プリンターによる多重露光が用いられていた。最近では、一旦テレシネ装置で映像を電子化し、コンピュータ内で合成した後、これを電子ビームプリンターで1コマずつフィルムに再露光するという方法が取られている。コンピュータ内では、CG映像を生成するだけでなく、各種画像処理により色調の調整や特殊効果の付加も可能である。ソフトウェアによる処理の柔軟性が最も生きる部分である。

ビデオ映像の合成には、クロマキー技術が利用される。実写とCGの合成には、(a)CGプロダクションで作ったCG映像をポストプロ・システムでは多重合成の一素材と考える。(b)実写映像のカットをマット画のように扱い、CGシステム側で合成する、の2つに分けられる。

以上の合成は、いずれも収録・生成済の映像の編集



(a) ワイヤーフレーム表示で構図を決める



(b) CG画像の合成結果

図3 NHKスペシャル「人体II—脳と心」[提供：NHKクリエイティブ]

段階での作業であるが、TV番組制作ではスタジオ内でリアルタイム合成を行うことも試みられている。NHKの「ナノスペース」やフジテレビの「ウゴウゴルーガ」ではCGの背景（電子大道具）の前で、人間の俳優の演技を合成している。NHKスペシャル「人体II—脳と心」では、スタジオ内ではワイヤーフレーム表示で位置合わせ・構図決めを行い、後でリアリティの高いCG映像を加えている（図3）。CGの画像生成能力が高まったゆえに、試行錯誤の自由度が与えられ、新たな映像表現の可能性が増した例といえよう。

### 3. 三次元仮想空間のリアリティとインタラクティブティ

#### 3.1 バーチャルリアリティの意義

バーチャルリアリティ（以下、VR）は、新しいヒューマンインタフェース技術として期待を集めている。VRの究極の目的は現実世界を完全にコンピュータの中に再現し、これを五感すべてを通して知覚することであるが、ここではデジタル映像メディアの立場から視覚に関するリアリティのみを考える。

商用VRシステムの原型は、頭部搭載型ディスプレイ（HMD）とデータグローブにグラフィックワークステーションを組み合わせたVPL社のRB2である。これは、小型液晶ディスプレイ、3次元対話デバイスの進歩に、対話型CG技術がうまく調和したことにより、一気に新しいメディアの世界が拓けたといえるだろう。特に、人間の頭部の動きにはリアルタイムに追従して任意の視点からの画像を生成できるCG技術の役割が大きい。

VR技術の意義は、次のようにまとめることができる。

- (1) 立体映像表示により実体感・臨場感を、広視野ディスプレイにより没入感を与える。
- (2) 仮想空間とのリアルタイム対話により自己投射性を実現する。
- (3) VR空間をコンピュータ内に表現することにより、実存しない仮想物体の合成や仮想現象のシミュレーションができる。

ここで、(3)の条件を緩めて、実世界をテレビカメラを通して眺める場合や、シースルー型HMDにより実世界と仮想世界を融合させることも考えられる。これは、「テレプレゼンス」や「テレイグジスタンス」と呼ばれていて、ロボットのテレオペレーション等に應用される。この場合は、触覚・力覚のフィードバックの重要な要因であるが、対話型の映像メディアとしても興味深い研究対象である。

#### 3.2 VR空間のリアリティ

VR空間への没入感・臨場感を高めるには、広視野角・広視域を与えるディスプレイが望ましい。立体視は必要条件ではないが、臨場感・実体感を与える上では重要な要因である。

CGでVR空間を構築する場合には、

- (i) CG画像の写実性（フォトリャリティ）は向上したが、リアルタイム表示の制限のため十分な画質が得られない。
  - (ii) モデリングが可能な物体形状に制限があり、表現力に限界がある。
- 等の問題が存在する。

リアルタイム対話性を残し、かつCG画像のフォトリアリティを向上させるには、レンダリング専用的高速ハードウェアを増強するか、利用時にレンダリングの付加を軽減させる方策を講じるかのいずれかである。筆者らのグループでは、後者の一例として、人間の視覚特性を利用して描画時のデータ量を削減する方法を開発している[3]。

比較的容易にフォトリアリティを向上させる方法としては、実写画像をグラフィック・オブジェクト表面にテクスチャマッピングする方法である。図4にこの方法で描画した仮想マンションルームの例を示す。このマッピング機能をハードウェアで有するグラフィック・ワークステーションでは、テクスチャーを貼りつけたままウォークスルーすることも可能である。この種の機能は、既にアーケードゲーム機にも実装され、人気を博している。

VR分野におけるもっと本格的な実写とCGの融合はAugmented RealityやMixed Realityと呼ばれている[5]。CGをベースとするか、実写をベースとするかで、合成方法や機能が異なってくる。筆者らは、幾何モデルデータの有無により、モデル系 vs. 非モデル系という対比概念の下に、リアリティの高いVR空間構築法を分類した[4]。

これは、次項に述べるVR空間との対話性とも密接に関連している。

### 3.3 VR空間とのインタラクティブティ

多様なメディアをコンピュータが扱うマルチメディアのキーワードが「インタラクティブ」であるように、デジタル映像メディアとしてのVRの本質も、仮想空間との対話のリアリティにある。このリアリティとは、ユーザーからのアクションに対するVRシステムからの応答の即時性であり自然さである。このインタラクティブティに関して、我々は、前項の(2)をさらに、

- (a) 視点移動に追従した映像の生成・提示
- (b) VR空間への働きかけ(変更)と反応

に分けて考える。

(a)の視点追従性については、CGで構築するVR空間(モデル系)については、描画速度のみが問題であり、機能的には容易に達成できる。実写をベースとしたVR空間(非モデル系)の場合、視点移動に伴う



図4 仮想マンション・ルームの光景

回り込みを表示できる3次元ディスプレイが必要となる。理想的には空間像を提示するホログラフィック・ディスプレイが望ましいが、没入感を与えるようなディスプレイの製作は困難である。

筆者らのグループでは、多眼実写データを立体画像表示する方式を開発している[6]。これを眼鏡なしで実現する視点追従型レンチキュラーディスプレイも研究されている[7]。

実写画像対の両眼立体視の場合、3次元マーカーを重畳表示し、対話デバイスでその位置を指定すれば、上記(b)のうち3次元位置の指定や3次元空間内での距離の測定は可能である。しかし、明示的なモデルデータを持たない場合、仮想物体をつかんで移動したり、その属性(形・色など)を変更するといった対話操作は不可能である。こうした仮想空間へのアクションを考えた場合、Mixed Realityの実現においてCGモデルデータを保持していることが必要である。

前節の実写とCGの合成の例でいえば、T2のロボットや「ジュラシック・パーク」の恐竜の場合、3次元モデルにより生成された画像であっても、2次元画像面で合成されているに過ぎない。「脳と心」の場合、スタジオ内での構図決めの段階では形状モデルは生きているが、収録され放映される映像ではもはやモデルデータは消失している。

一方、図4に示した仮想マンションでは、これを対話的に体験できるVRシステムとして実現している。

この場合、実写テクスチャーを貼りつけたまま、幾何モデルデータが保持されているので、利用者が室内のテーブルやソファを移動することができる。

このような対話的操作を加える場合、モデルデータの有無はシステム設計上の重要なポイントである。しかし、視点追従までで十分な場合には、モデルデータをもっている必要はなく、実写画像をベースとしたリアリティの高いVR空間を作ることもできる。対話型の映像メディアを構築して行く場合、このような視点からの考察も大切である。

#### 4. デジタル映像メディアのインテリジェンス

##### 4.1 メディア処理と知能処理の融合

マルチメディアのもう1つの意義は、コンピュータが既存のメディアの融合の核となり、「メタメディア機械」としての役割を果たそうとしていることである。これは、コンピュータがプログラマブルであるゆえに、既存メディアをメタファーとして表現できるからである。

一方、AI研究は、コンピュータを人間の思考過程をシミュレートするものと捉え、人間の代行をする「知能処理機械」をめざしてきた。一時のAIブームは去ったとはいえ、長年のAI研究の蓄積は膨大であり、その技法は映像メディアの高度化には有用である。

ここで、少し言葉の定義をしておこう。

■まず「メディア情報」とは、情報伝達を目的として、獲得され(変換・加工され)対象たる人間に提示される情報を指すものとする。

■「メディア処理」とは、上で定義したメディア情報の獲得・伝送・変換・加工・蓄積・検索・表示等に関わる処理を指すものとする。いま、コンピュータで既存メディアをシミュレートする場合は、コンピュータで操作可能な形式に変換できるメディア情報でなければならないし、コンピュータ・プログラムで記述できる処理でなければならない。

■メディア情報の「変換」(あるいは、単に「メディア変換」)とは、この情報の被提示者にとっての本質的な意味内容の変化を伴わない、伝送や蓄積のためのデータ形式の変更・処理を言うものとする。一方、これに対して、メディア情報の意味内容に変化を生じせし

める処理を「加工」というものとする。

従来、画像の認識・理解は、AI研究の一部として、人間の視覚機能を代替するシステムの開発をめざしてきた。上記の「メディア処理」の立場では、画像認識そのものが全体の目的ではなく、伝達・提示を意図した画像・映像メディア処理の一部に使われるものと考ええる。こうした視点からの「メディア処理」と「知能処理」の融合には、大きな発展性があると考えられる。

##### 4.2 メディアにとってのインテリジェンス

では、(映像)メディアにとって知的処理/知能処理とは何であろうか。「リアリティ」を広く捉えたように、「インテリジェンス」も余り厳密に解釈してモデル化するのではなく、次のような解釈とアプローチが考えられる。

まず、情報の受け手である人間から見て、メディアが賢く、気が利いた振る舞いをしてくれることと解釈できる。AIにおけるチューリング・テストに擬して考えるなら、電子秘書(エージェント)のスマートな応答能力である。個人差への適応力、あいまいな指示への対応まであれば申し分ないが、従来のシステムに比べて素早い応答、スムーズなヒューマンインタフェースをもつだけでも人間には十分「インテリジェント」と感じることがある。システムの機能はそれほど知的でなくても、人間の知的作業を支援してくれる場合にも「知的」と感じてしまう。

また、ヒューマンI/F部に明示的に認識・理解機能をもたせる以外に、情報メディア・システムの構成要素に、あるいは構築方法にAIの技法を用いるアプローチが考えられる。かつて、メモリーや処理能力をもった端末を「インテリジェント端末」と呼んだように、伝送・変換・蓄積・検索といった情報伝達系の各部分に「知的な」処理能力をもったコンピュータが介在し得る。

ここで、AI的な技法・処理能力とは

(a) メディア情報の意味・内容に関わる処理、あるいはそのための構造的情報の抽出・表現方法

(b) 状況や環境への適応的処理や学習能力

等が考えられる。人間を代行する自動処理や自律処理をめざしてきたAIの手法は、情報メディア・システムの中で自律的に動作するエージェントや、あるいは直截的にユーザーと対話する擬人化エージェントの実

現に活用できるだろう。

現時点では、デジタル映像メディアにおける知的処理の例として、次のような事例があげられる。

(1) 知的画像符号化：原島博教授（東大）によって提唱された概念で、モデルベースな認識（送信側）と合成（受信側）により超低レートでの通信をめざしている[8]。顔画像を中心とした研究が活発で、認識部（符号化）は難しいが、合成部は擬人化エージェントの表情合成などにも利用できる[9]。

(2) ヒューマンリーダー：知的 I/F への画像認識技術の応用としては、目、唇、顔の動きや表情の認識が試みられている[10]。また、視線検出や手振りの認識は、バーチャルリアリティにおける対話デバイスの代替としても期待されている[11]。

(3) あいまい検索：例示画検索や印象語による画像 DB 検索が試みられている[12]。また、動画 DB の検索には、予め画像認識技術により、シーン変化部や動物体の検出による動画情報の構造化がなされている[13]。

(4) 対応点探索：画面の貼り合わせやステレオ写真から 3 次元情報抽出では、人間が概略の対応点を指定すれば、精密な対応点はコンピュータが探索・決定するといった支援処理が用いられている。

## 5. むすび

デジタル革命の渦中にある映像メディアが、いかにリアリティを向上させてきたかを、デジタル動画の実用性、CG と実写画像の合成等を通して論じた。また、バーチャルリアリティにおける仮想空間との対話的操作で、モデルデータの有無の重要性を指摘した。

後半では、メディア処理に AI の手法を付加して方向性を示唆した。問題を一般化し過ぎて、適当な応用分野を見つけられず視野狭窄に陥っている画像認識・理解分野にとっては、こうした方向性が実用的な良い問題領域を与えるものと考えている[14]。

## 参考文献

- [1] 田村秀行, 北村素子: 電脳映像世界の探検—マルチメディアの未来を考える, オーム社(1993).
- [2] 田村秀行: デジタル映像—メディア革命のキーテク

ノロジー, 日本経済新聞社(1994).

- [3] 大島, 内山, 山本, 田村: “視覚特性を利用した 3 次元グラフィック・オブジェクトの適応的表示法”, 3 次元画像コンファレンス'94, 5-2 (1994).
- [4] 田村, 北村: “3 次元仮想空間生成・表示へのモデル系 & 非モデル系アプローチ”, 信学技報 H C 9 4-8 (1994).
- [5] P.Milgram, H.Takemura, and F.Kishino: “Merging real and virtual world”, in Proc. Networked Reality '94, No.5-3 (1994).
- [6] 片山, 田中, 押野, 田村: “多視点画像データの補間処理による視点追従型立体画像表示”, 3 次元画像コンファレンス'94, 1-2 (1994).
- [7] 鉄谷, 岸野: “視点追従形連続視域立体表示”, 3 次元画像コンファレンス'93, pp.39-44 (1993).
- [8] 原島博: “知的画像符号化と知的通信”, テレビ誌, Vol.42, No.6 (1988).
- [9] 森島, 岡田, 原島: “知的インタフェースのための顔の表情合成法の一検討”, 信学論, Vol.J73-D-2, No.3, pp.351-359 (1990).
- [10] 末永, 間瀬, 福本, 渡部: “Human Reader: 人物像と音声による知的インタフェース”, 信学論, Vol.J75-D-2, No.2, pp.190-202 (1992).
- [11] 伴野, 岸野: “臨場感通信会議におけるヒューマンインタフェース技術”, 人工知能学会誌, Vol.6, No.3, pp.358-369 (1991).
- [12] 加藤俊一: “内容検索機能をもった画像データベース—類似検索機能の実現法”, in (田村編)「コンピュータ画像処理: 応用実践編 3」, 総研出版 (1992).
- [13] 上田, 宮武, 炭野, 長坂: “動画画像解析に基づくビデオ構造の視覚化とその応用”, 信学論, Vol.J76-D-2, No.8, pp.1572-1580 (1993).
- [14] パネル討論「知能情報メディアへの期待」, 1994 信学会秋季全大 (予定).