

第17章 画像・映像圧縮(JPEG/MPEG)
マルチメディアの基盤である
画像や映像に関する技術と関連国際規格

本資料は、経済産業省委託事業である
「平成18年度基準認証研究開発事業
(標準化に関する研修・教育プログラムの
開発)」の成果である。

千葉大学 池田宏明
(加筆2007年12月11日)
東京電機大学 研究員小暮拓世
(加筆2007年8月8日)
2007年3月4日
東京大学国際・産学協同研究センター
安田 浩
(標準講義時間 180 分)

- 1 JPEGがデジカメの静止画符号化標準になったわけ
- 2 MPEG-2 規格が動画符号化世界方式になったわけ
- 3 MPEG-4/AVC,H.264 が注目されたわけ
- 4 これからの動画符号化技術は何処へ向かって進む？

p. 2

◆ 解説

このページは 本講義で 理解してほしい 項目と 議論していただきたい項目を 列挙しています

講義の途中 あるいは 質問時間等で 議論できればと思います

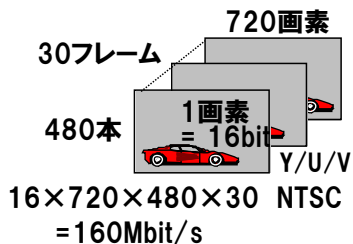
- 1 映像信号の圧縮符号化は何故必要か
- 2 MPEG標準化活動
- 3 画像・音声圧縮の基本原則と要素技
- 4 JPEG符号化方式術
- 5 MPEG 動画像圧縮方式規格
- 6 MPEG-2 動画像 符号化方式
- 7 MPEG4 動画圧縮方式規格
- 8 MPEG-4AVC (H.264)
- 9 MPEG-4AVC,H.264符号化方式の構成
- 10 画質主観評価比較
- 11 MPEG-4AVC規格の拡張

演習問題

参考資料

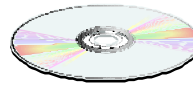
1 映像信号の圧縮符号化は何故必要か

標準テレビ映像信号1秒間の
伝送に必要なデータ量



CD/ Compact Disc
1枚分の記録容量

CDは音楽用メディア
音声2ch
1sample 16bit
fs=44.1KHz
最大74分



$$=2 \times 16 \times 44.1K \times 60 \times 74$$
$$=6,250\text{Mbit}$$

$6,250\text{M}/160\text{M}=37\text{秒}$
CD1枚にTV映像信号は **37秒**しか記録出来ない→非効率で実用にならない



映像信号の蓄積・伝送の効率化に情報圧縮は不可欠である
圧縮符号化方式に 標準は 不可欠である

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 4

p. 4

◆ 解説

「画像圧縮は何故必要か」

その理由は、単純に言えば、映像情報は情報量が多く、デジタル化した動画はデータ量が膨大になり、伝送蓄積、演算処理に負荷(大規模ソフトと処理時間)が大きくかかる事である。その結果、コスト高と処理時間がかかり、実時間に近い処理が必要な応用例には適用できない、と言う難点があり、省略出来るものであれば、情報を省き、少しでもデータ量を減らして負荷を軽減したい、と言う切実な理由がある。

デジタル化された映像信号の情報量は、信号の冗長度を減らして、メディア(伝送・蓄積)が処理可能なデータ量にしないと、処理限界を超えた情報量であり、商用流通に乗らない、実用にならないと言う 現実課題があった。

本スライドは、具体的にどの程度、情報量が多いかを 計算例で示したものである。

音楽用CD(コンパクトディスク)に動画を記録する場合を例にすれば、

映画は24駒/秒、TV画像は30枚/秒である。映画等の1枚の標準的なTVフレーム画像(480本 X 720画素)は約160 Mbit/secであるから CDの1面には37秒しか記録できない 2時間7200秒の映画の例では なんとCDが200枚 必要になる

情報圧縮でCD1枚に映画1本を記録するには 1/200 以上の情報圧縮が必要ということになる。

1-1 標準 Digital TV 信号 (ITU-R R.601) の情報量

NTSC:30 frames/s
PAL/SECAM:25frame/s

720 pels

480 lines (NTSC)
576lines (PAL, SECAM)

1 pel=16bit

総符号量の試算 $16\text{bits} \times 720\text{pel} \times 576\text{line} \times 25\text{frame} = 166\text{Mbit/s}$

Color 信号は YUVで試算

p. 5

◆ 解説

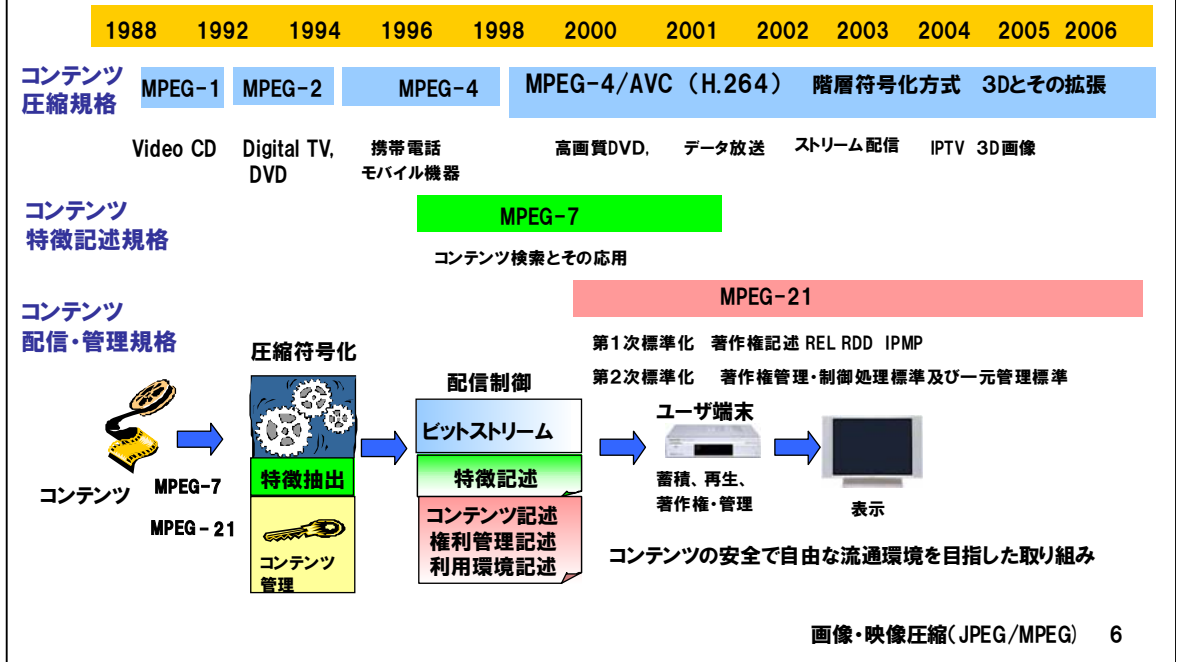
「TV画像の符号量」

このスライドでは、標準TV信号の符号量を正確に計算する。

TV画像はフレームの構成方法はカラー基準によって若干異なる。PAL方式を例に計算すると スライドに示すように166Mbps となる。

1993年当時のTV信号の伝送ネットワーク容量は、デジタルTV方式用に用意できる回線容量としては、アナログ同様の6Mバンドが用意され、このレベルまでの圧縮符号化方式が必要になる。

2 MPEG標準化活動



p. 6

◆ 解説

「MPEGとは」

ISO/IEC, JTC1/SC29/WG11, MPEG (Moving Picture Expert Group) は その名の通り動画符号化の専門化が標準化活動を行った結果、そのニックネームが一般化し、生まれた名称である。

「MPEG標準化活動」

MPEG-1から始まったMPEG活動は、MPEG-2で飛躍を遂げ、符号化技術が更に進化し、圧縮符号化方式だけでなく周辺技術に応用範囲を拡張、符号化方式を生かすシステム技術の標準化を進めて来た。

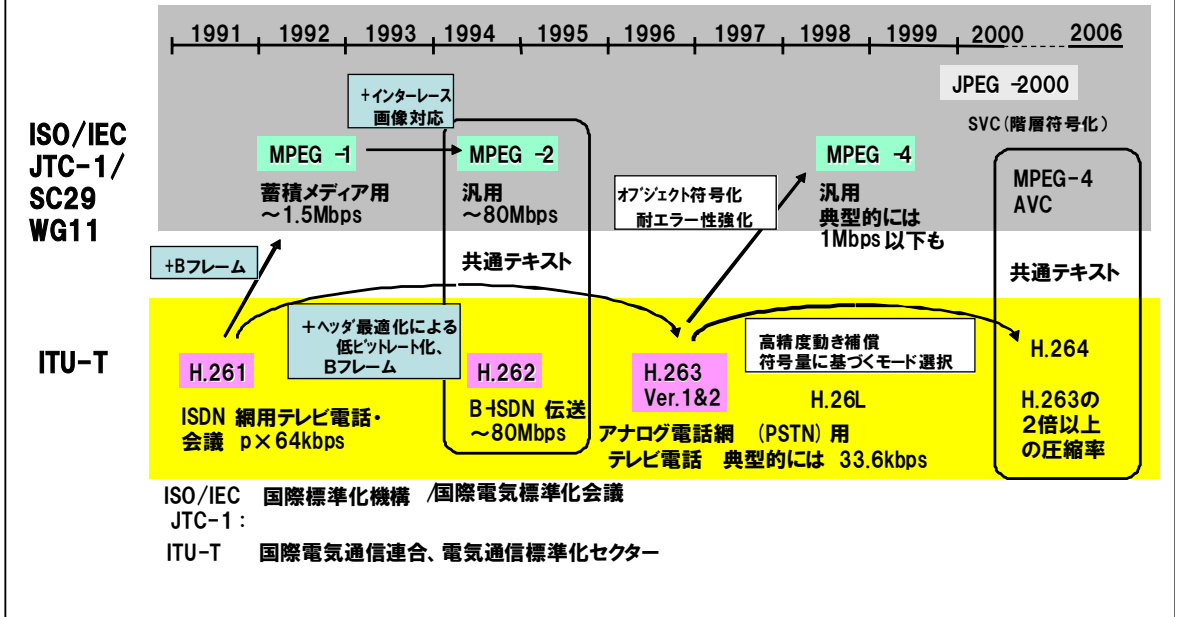
特に、ここ数年の顕著な動きでは、圧縮されたコンテンツの自由な流通に必要な、システムやそのツールの等のインフラ標準をも手がけるようになった。

その中では、コンテンツアクセスに直結する画像の特徴記述方式、そのメタデータを記述するしくみ等の標準化活動があり、映像配信や広告宣伝に付随したメタデータ方式を活用する試みが盛んになって来た

MPEGを取り巻く標準群では、コンテンツ流通のインフラ標準として、コンテンツの特徴を記述する方式をMPEG-7として標準化し、記述する言語や記述する内容の構造等に踏み込んだ、標準を作り上げた。

MPEG-7の体系化は、関連標準化団体や、研究機関から注目され、以後のデータ記述標準に大きな影響を与えた。

2-1 MPPEG 符号化方式標準化活動の経過



p. 7

◆ 解説

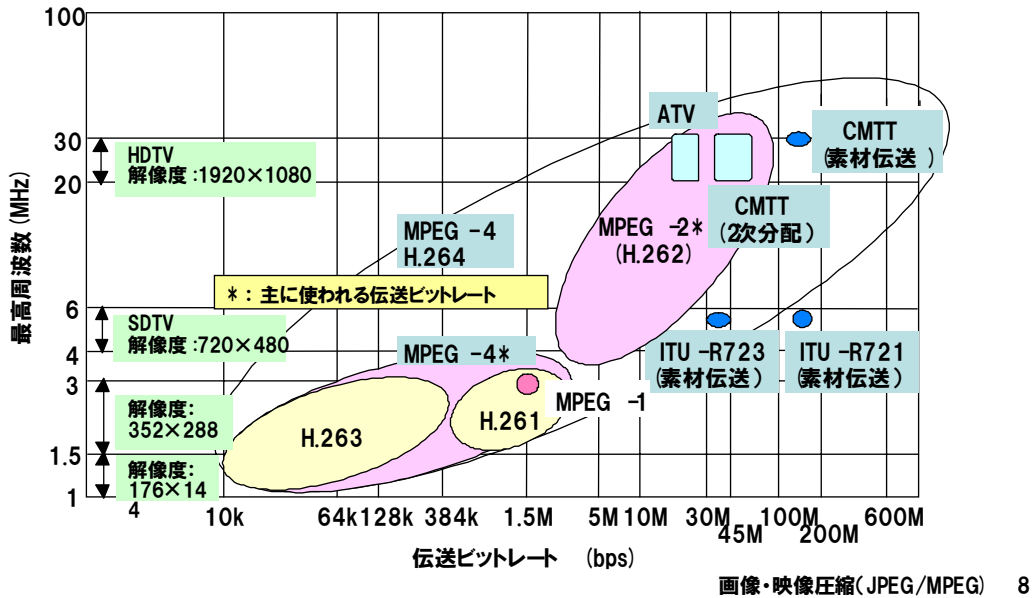
「MPEGとITU-T」

蓄積系ISO/IEC,MPEG と通信系ITU-T (International Telecommunication Union)では 通信と蓄積系と言う、異なる専門家集団で同じような映像符号化方式の標準化活動をスタートしたが、MPEGの標準化活動では、IPネットワーク環境の進化に伴い、当初においては蓄積系と通信系の区別が明確であったが、次第に、お互いの境界があいまいになって来て、標準化団体間での厳密な線引き、区別は無意味になり、お互いに方式やツールを利用しあう協力の必要性が出て来た。

そこで、動画符号化方式では 更に進化した協力体制として、規格化活動の当初から、共同で提案審議に入り、完成した標準者を共通に利用し合う共通テキスト化が一般化し、規格番号系列は、帰属団体の基準に合わせて体系化する共通作業形態が浸透して来た。

しかしながら、静止画系JPEGと動画系MPEGは、共通性が高いにも関わらず、団体を維持する母体の違いや応用分野の多少の違いに拘りもあり、同じような目的の同じような規格が団体間の違いを乗り越えられずに 依然として両者が存在する。

2-2 伝送レートから見た画像圧縮規格



p. 8

◆ 解説

「MPEGの進化」

デジタル動画の符号化方式は、TV電話、TV会議用の符号化方式の検討から始まった。当初のネットワーク環境はPX64と言われる64Kbps が基本になって利用する伝送レート系列がITU-Tで構成され、その流れが通信系列では主流になった。

この低ビット伝送レートで動画を伝送するには、伝送可能な動画サイズが限られ、且つ、毎秒の伝送可能数も制限があったので、自ずと応用範囲も限定された。

初期のTV電話では、この低レート64Kbps、128Kbpsでも、通信相手が認識できるだけの画質、解像度が求められた。その目的で開発されたITU-TのH.261方式の符号化方式は、DCT+動き補償であり、これは、その後のMPEG圧縮符号化アルゴリズムの原型になった。

即ち、このハイブリッド構成は、その後のMPEG-1、MPEG-2、MPEG-4、MPEG-4 AVC に継承され、以後の高効率符号化方式の基本形で、現在でも動画圧縮符号化方式の主流である。

2-3 ISO/IEC (MPEG) の正式名称

通称

Moving Picture Experts Group (MPEG)

正式名称

Coding of Moving Pictures and Audio

役割(目的)

Development of international standards for compression, decompression, processing, and coded representation of moving pictures, audio, and their combination, in order to satisfy a wide variety of applications.

p. 9

◆ 解説

「MPEGの名称と役割」

広範囲の画像圧縮技術のシステム、製品応用に画像圧縮技術を適用させるために、動画、音声、とその組み合わせ(システム)に関する符号化表現、圧縮、伸長、処理、等の各応用分野に適用可能な国際標準を開発する事。

2-4 MPEG-1 規格のコード番号と構成

ISO/IEC 11172

MPEG -1 1992

Coding of moving pictures and associated audio for digital storage media at up to about **1.5 Mbit/s**

Part 1 - MPEG-1 Systems - Program Stream

Part 2 - MPEG-1 Video for CD -I

Part 3 - MPEG-1 audio including Layers I, II, and III (mp3)

Part 4 - Conformance

Part 5 - Technical Report

蓄積装置等、非実時間エンコード、エラーフリー環境に適応する規格

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 10

p. 10

◆ 解説

「MPEGの位置づけ」

MPEG-1はMPEG系列の最初に標準化された、蓄積系適用の映像符号化方式である。従来の符号化標準は通信応用が主流であった。即ち、蓄積系を対象とした動画符号化方式としては最初の国際標準である。MPEG-1の適用伝送レートは 1.5Mbps であるが、そのレート中で音声やデータも同時に伝送するので、映像に利用可能な伝送レートは 1.1Mbps 前後である。標準化の検討当初(1990年頃)は、この伝送レートで鑑賞に耐える動画品質を得るのは、極めて困難とされたが、蓄積系利用という事で、実時間エンコーダから開放され、双方向予測補償技術が採用され、画質改善に大きく貢献し、得られた画質は、当時のVHS、VTR長時間モード並みと大きく実用域に近づいた。

またこのとき同時に開発されたMPEG音声符号化方式レイヤー3(L3) は 今日のヒット商品であるMP3の原型になっている

2-5 MPEG-2 規格のコード番号と構成

ISO/IEC 13818

*MPEG -2 1994

Generic coding of moving pictures and associated audio information

1996 エミー賞(先進技術)を受賞



Part -1 Systems - joint with ITU - 2nd edition Dec 2000

Part -2 Video - joint with ITU - 2nd edition Dec 2000

Part -3 Audio- forward/backward compatible to MPEG-1 (1998)

Part -4 Conformance (規格適合性)(1998)

Part -5 Technical Report (技術解説書)(1998)

Part -6 DSM CC - Digital Storage Media Command and Control (1998)

Part -7 AAC - Advanced Audio Coding (1997)

Part -9 RTI - Real Time Interface (1996)

Part -10 Conformance Extensions for DSM-CC (1999)

Part -11 IPMP (Intellectual Property management and Protection)
on MPEG-2 Systems (著作権制御・管理技術)



*主として衛星・地上波デジタル放送や、DVDメディアに適用する汎用符号化規格

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 11

p. 11

◆ 解説

「MPEG-2 符号化方式」

MPEG-2 規格化活動はMPEG-1 の成功を引き継ぐ形で、より高画質の符号化方式を目指して、同じ標準化団体で規格化の要素技術の提案募集とその審議が進められた。特に放送画質に拘ったMPEG-2 符号化方式では、MPEG-1 以上の高画質が求められ、アナログ放送と同じ画質の符号化結果が求められ、符号化前の原画像との違いが認識されないレベルが目標とされた。

MPEG-2 の目標として設定した伝送レートは9Mbpsと決定、更に、DVD応用を意図して5-3MBPSの伝送レートも評価条件に加えて、要素技術の提案募集を行い、客観・主観評価実験を行い、Test Model を決定した符号化方式がMPEG-2である。

MPEG-2 では、映像符号化の他に、音声、及び、システム部の標準化を行った。

システム部とは、映像音声のPayload(データ部) を運ぶストリーム構造を規定している。その他に、メディアを通じたファイル交換用の制御方式DSMCCや、各種権利関係の制御ツールを実装する共通プラットフォームを規定したIPMPも標準化した。

2-6 MPEG-4 規格のコード番号と構成

規格番号 ISO/IEC 14496

MPEG – 4 1998 Coding of audio–visual objects

Part 1	Systems (2001)	Part 11	Scene Description and Application Engine
Part 2	Visual (2001)	Part 12	ISO Base Media File Format
Part 3	Audio (2001)	Part 13	IPMP Extensions
Part 4	Conformance (2002)	Part 14	MP4 File Format
Part 5	Reference Software (2002)	Part 15	Advanced Video Coding File Format
Part 6	DMIF – Delivery Multimedia Integration Framework (2000)	Part 16	Animation Framework eXtension (AFX)
Part 7	Optimized Software (2002)	Part 17	Streaming Text Format
Part 8	MPEG 4 on IP (2002)	Part 18	Font Compression and Streaming
Part 9	Reference Hardware (2003)	Part 19	Synthesized Streams
Part 10	Advanced Video Coding (AVC) joint with ITU-T “H.264” (2003)		

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 12

p. 12

◆ 解説

「MPEG-4」

MPEG-4 はマルチメディア時代に適応した、次世代の符号化方式として企画され、比較的長期間の検討結果、標準化された、総合画像符号化方式である。

MPEG-4は標準化スキームが、MPEG-2 とは若干趣きを異にして、高能率符号化方式だけが目標ではなく、アニメーション、合成画像の符号化方式、及び、ファイルフォーマットや仮想レイヤーを定義しての伝送フォーマットの違いを吸収するシステム規格を定義する等、次世代マルチメディアに適応するシステムを組み上げた。

この系列の後半に、ITU-Tとの共同作業で、標準化されたのが MPEG-4 AVC

(Advanced Video Coding) である。

2-7 MPEG標準化活動 要約(1)

ISO/IEC傘下の国際標準化組織 MPEG (Moving Picture coding Expert Group) では、1988年から標準化作業を開始、蓄積装置への適用規格としてデジタル化した動画・音声信号の圧縮符号化規格MPEG1を制定、引き続き放送画質を目指してMPEG2を規格して来た。

次いで、マルチメディアに適合した高能率圧縮符号化方式としてMPEG4規格を制定した。

***MPEG-1 ; ISO/IEC11172-1 1992 -- 映像・音声信号の蓄積メディア (CD-ROM等)に適したエラーフリー環境下の非実時間、映像・音声圧縮符号化方式の規格。**

***MPEG-2 ; ISO/IEC 13818 1994 -- デジタル放送、蓄積メディア(DVD等の)へ適応可能な、VOD等の オン・デマンド・サービスに適した映像音声符号化方式とそれを伝送するシステムストリーム構成方式の規格。**

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 13

p. 13

◆ 解説

「MPEG標準のまとめ」

ISO/IEC傘下の国際標準化組織 MPEG (Moving Picture coding Expert Group)では、

1988年から標準化作業を開始、蓄積装置への適用規格としてデジタル化した動画・音声信号の圧縮符号化規格MPEG1を制定、引き続き放送画質を目指してMPEG2を規格して来た。次いで、マルチメディアに適合した高能率圧縮符号化方式としてMPEG4規格を制定した。

*MPEG-1;ISO/IEC11172-1 1992 -- 映像・音声信号の蓄積メディア(CD-ROM等)に適したエラーフリー環境下の非実時間、映像・音声圧縮符号化方式の規格。

*MPEG-2;ISO/IEC 13818 1994 -- デジタル放送、蓄積メディア(DVD等の)へ適応可能な、VOD等の オン・デマンド・サービスに適した映像音声符号化方式と、符号化情報を伝送するシステムストリーム構成方式の規格。

*MPEG-4;ISO/IEC 14496 1998 -- 従来の自然画対象、映像・音声に加えて、合成画像合成音楽信号を含む、汎用符号化方式として、マルチメディア全般に適用出来る符号化方式と著作権管理関連技術を規格化 オブジェクト符号化方式を採用し高能率符号化とし、移動体機器への応用、を考慮してエラー耐性を強化した。デジタルコンテンツ流通に必須の著作権の制御管理ツールやシステムも規格に採用、統合システム化を実現した。

*MPEG-4/AVC;H.26L高能率符号化方式を継承、符号化ツールを見直し、再構築する事で、更なる高能率映像符号化方式の基本方式の標準化作業を完成した。2006年11月現在、MPEG-4 AVCはITU-Tとの共同で、JVT活動を継続、階層符号化方式や、3D符号化方式等の拡張規格を検討中である。

2-8 MPEG標準化活動 要約(2)

*MPEG-4 ; ISO/IEC 14496 1998 -- 従来の自然画対象、映像・音声に加え、合成画像 合成音楽信号を含む、汎用符号化方式として、マルチメディア全般に適用出来る符号化方式と著作権管理関連技術を規格化 オブジェクト符号化方式を採用し高能率符号化とし、移動体機器への応用、を考慮してエラー耐性を強化 デジタルコンテンツ流通に必須の著作権の制御管理ツールやシステムも規格に採用し、統合システム化を実現

*MPEG-4/AVC ; H.26L高能率符号化方式を継承、符号化ツールを見直し再構築する事で、更なる高能率映像符号化方式の基本方式の標準化作業を完成、2005年8月現在は階層化等の拡張規格を検討中

3 画像・音声圧縮の基本原理と要素技術

(1) 画像の性質を利用

- 2値画像: 白黒画素が連続しやすい → ランレングス符号化
静止画: 近くの画素は似ている → DCT(離散のコサイン変換)
動画像: 現画面は前画面に似ている → 動き補償予測 双方向予測

(2) 人間の視聴覚特性を利用

- 画像: 色信号の劣化には鈍感 → 色情報はサブサンプル処理
音声: 大きな音と同時に存在する → マスキング効果を利用
小さい音は聞こえにくい

(3) 符号の発生確率の偏りを利用

- 符号発生確率に差がある → 可変長符号化 算術符号化

p. 15

◆ 解説

「映像符号化方式の原理」

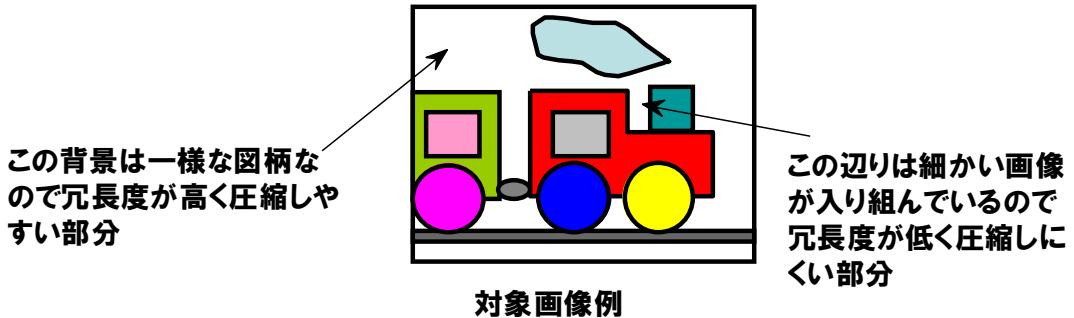
デジタル映像信号の圧縮符号化を行うには、デジタル映像信号の特徴や性質を利用し、信号の情報としての冗長性を利用して、冗長部分を省略する方法がある。即ち、自然動画像情報では、瞬時映像の連続性や、動きのある対象物のみ情報に着目し、動きベクトルを検出して、対象ブロックの動く方向や、その大きさを検出することで、背景やその他の静止的な画像の情報を伝送しないで、時間的にその以前の情報をそのまま利用する符号化方式等が考えられる。

その他に、デジタル動画像情報の統計的な偏りを利用する方法や、画面間の類似性を利用した補間や補償の信号処理による冗長性の活用等である。

実際には これらの性質を利用した「符号化ツール」の組み合わせで、符号化の目的を実現する「符号化方式」を構成する。

3-1 画像圧縮の基本的な考え方

動画像圧縮の基本的な考え方は画像の持つ固有の性質
空間的、時間的、統計的 等の データの冗長性
を減らす事によって符号化に必要なデータ量を減らす



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 16

p. 16

◆ 解説

「画像圧縮の基本的な考え方」

画像の性質として、細かい画像は情報量が多く、冗長度が少ない。ここで言う、細かい画像とは、スライドで示すように、図柄が入り組んで、且つ濃淡がはっきりしている画像である。そのよう画像は、細かく濃淡がはっきりしている場合、情報量が多く、画像の周辺部には、冗長性が少ない性質がある。従って、図柄の周辺には冗長度がある(周辺は同じような図柄が続く)等の一般画像の基本的な性質が使えない。

然るに、一樣な背景を持つ図柄の場合は、背景画像は情報量が少ないので、周辺部は、図柄の連続性がある。そこで、背景画像には、一般的な画像の性質による冗長部分を省略する技術が適用できる。

上述のように、一般の自然画像の場合、背景は空や壁といった一樣な図柄の例が多く、この性質を利用した画像圧縮は、大幅な画像圧縮効果が期待できる。

3-2 画像圧縮の原理 -冗長性からの分類-

空間的冗長性の利用 DCT/非直線量子化

時間的冗長性の利用 動き補償 双方向予測


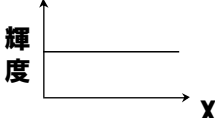

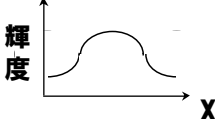

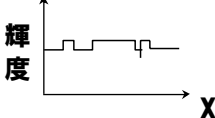
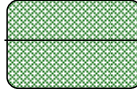
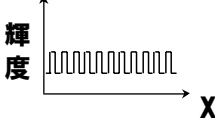
統計的冗長性の利用 可変長符号化 算術符号化

p. 17

◆ 解説

動画像の基本的な性質を利用した 情報圧縮原理の基本とそれに対応した要素技術を示した。ここでは代表的なものを挙げたが、上記以外にいくつかの要素技術があり その組み合わせもある。

3-3 代表的な画像の空間周波数特性

画像の種類	画像の例		空間周波数
(1) フラット (一様画面)			最も低い (DC成分のみ)
(2) グラデーション			低
(3) 自然画			中程度
(4) 幾何学模様 (例: 白黒の市松模様)			高

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 18

p. 18

◆ 解説

「空間周波数特性」

代表的な図柄を例に、その図柄の空間的な周波数特性をグラフで示した。

図は 上から (1)フラット (2)グラデーション (3)自然画 (4)幾何学模様 をそれぞれ示した。

- (1)のフラットは、模様のない、一様な図柄であり、青空や白壁のように濃淡模様がない場合の図柄である。空間周波数は**DC成分**のみである。但し、全体に明るさ(輝度)の違いはあり、それが**DCレベル**で表される
- 一様な濃淡変化の図柄である。濃淡のゆっくりした変化は、空間周波数は低い状態を示す。
- 自然画は、空間周波数の**DC**や**AC**成分が混在すると考えられる。極端な図柄ではないので、空間周波数は、中程度としたが、図柄への依存性があり、一概に表現できない
- 白黒の市松模様の様に、幾何学模様はメリハリがはっきりし、極端に空間周波数が高い図柄である。この様な図柄であると情報に冗長性が低いので この様な画像の情報圧縮は 非常に困難である

3-4 画像圧縮に関する空間冗長性

画像の性質 : 自然画では隣り合う画素は似ている

視覚の性質 : 人間は細かな絵柄は見えにくい

画像の類似性に着目 → 隣接ブロック、フレーム間は相関性が高い



画像を空間周波数成分に分解 → 信号が低周波領域に集中する



低周波成分を重点的に伝送 → 少しのデータ量で伝送可能

p.19

◆ 解説

「画像圧縮に関する空間冗長性」

画像の性質を利用した画像圧縮を実現する技術手段とその手順を示す。

まず、画質の性質として自然画では隣り合う画素は、よく似ている性質を利用する
即ち、マクロブロック処理が可能である。

更に、隣接ブロック間の類似性に着目し、その相関性を利用する。

次いで、フレーム間の相関性にも着目し、その冗長性を利用する

動きベクトル予測やフレーム補間等の技術を利用し、情報の冗長部分を削除する。

次に、マクロブロック単位で画像の空間周波数分析を行い、周波数の低いほうから高い方へ順に並べて、低いほうの情報を重点的に伝送する。高いほうの情報は

情報量が少ないのでゼロに丸めることも可能

最後に情報列の性質を利用し エントロピー符号化を行う

4 JPEG符号化方式－1

JPEG (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1, Joint Photographic Experts Group)

JPEGは静止画像のデジタルデータを圧縮する方式のひとつ。

JPEG方式による画像ファイルにつけられる拡張子は jpg が多く使われている

一般的に非可逆の画像フォーマットとして知られているが、可逆圧縮方式もサポートしている。基本的には圧縮処理は、DCT(離散コサイン変換)である

JPEG 規格には、特定の種類の画像の正式なフォーマットがないので JFIF (JPEG File Interchange Format)形式が事実上の標準ファイルフォーマットとなっている。

一方、動画対応では 静止画像をつなぎ合わせて動画にしたMotion JPEGがある。

JPEGは、デジタルカメラの記録方式としても広く利用されているが、デジタルカメラでは様々なオプション機能を使い、JFIFを拡張したExif(Exchangeable Image File Format)などのフォーマットとしてまとめられている

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 20

p. 20

◆ 解説

「JPEG符号化」

JPEG (ISO/IEC JTC 1/SC 29/WG 1, Joint Photographic Experts Group)は

静止画像のデジタルデータを圧縮する方式のひとつ。JPEG方式による画像

ファイルにつけられる拡張子は jpg が多く使われている

一般的に非可逆の画像フォーマットとして知られているが、可逆圧縮方式もサポートしている。基本的には圧縮処理は、DCT(離散コサイン変換)である

JPEG 規格には、特定の種類の画像の正式なフォーマットがないのでJFIF (JPEG File Interchange Format)形式が事実上の標準ファイルフォーマットとなっている。

一方、動画対応では 静止画像をつなぎ合わせて動画にしたMotion JPEGがある。

JPEGは、デジタルカメラの記録方式としてもよく利用されているが、デジタルカメラ

では様々なオプション機能を使い、JFIFを拡張したExif(Exchangeable Image

File Format)などのフォーマットとしてまとめられている

JPEGを利用して静止画圧縮をする場合に、若干の画質劣化を許容する非可逆符号化方式と、全く情報欠落のない可逆符号化方式を選択することができる。

情報圧縮率は 圧縮方式により、相当ばらつきはあるが、1/10～1/100程度

JPEGは、デジタルカメラなどの自然画の圧縮に広く採用されている。

DCTを使わない、JPEG2000 もあるが、未だ広く利用されるに至っていない

4 JPEG符号化方式－2

JPEGを利用して静止画圧縮をする場合に、若干の画質劣化を許容する非可逆符号化方式と、全く情報欠落のない可逆符号化方式を選択することができる、情報圧縮率は 圧縮方式により、相当ばらつきはあるが、1/10～1/100程度とされている。

JPEGは、デジタルカメラなどの自然画の静止画の圧縮に広く採用されている。

JPEG-2000 ISO-15444-3 Motion JPEG

DCTを使わないで、ウェーブレット(Wavelet) 変換を行うJPEG2000

符号化方式 がある

画面全体の空間周波数情報を得、それを量子化する

順次、空間周波数成分の高い画像を符号化する

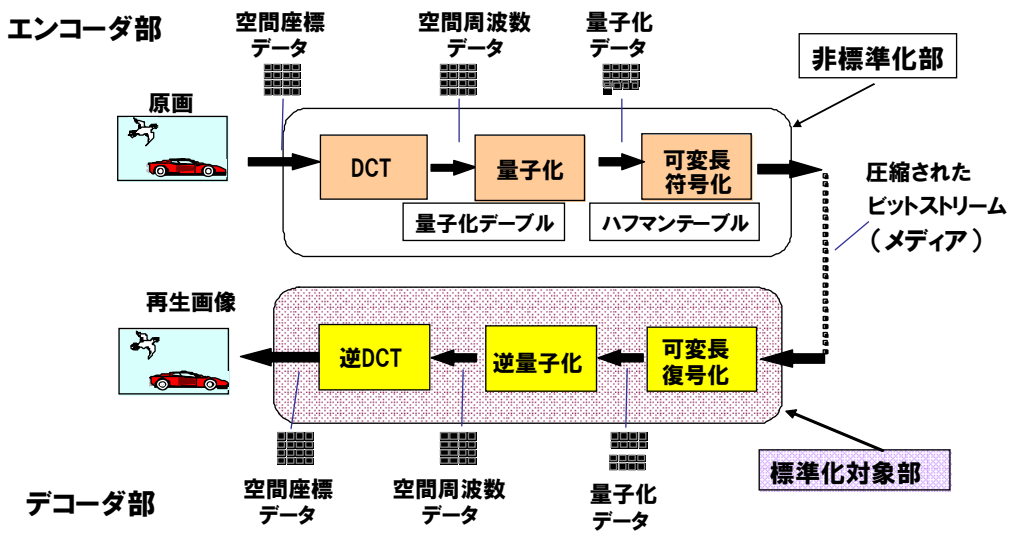
DCT固有のブロック歪みがないのが特徴

伝送容量に合わせた伝送情報量制御が可能である

フレーム単位の符号化により映画等には便利

演算処理量が多い事やその他の理由で未だ広く利用されるに至っていない

4-1 : JPEG圧縮符号化方式の構成例



p. 22

◆ 解説

「JPEG圧縮符号化方式の構成」

JPEG方式を 原画像から再生画像までの一連の圧縮符号化処理を簡単に示す
符号化

先ず、16X16 画素のマクロブロック単位に分割する。
RGB信号をYUV変換し、YUVのブロックを4:1:1に間引く。
量子化を行う。

量子化係数の周波数分析するためDCT変換を行う。
可変長符号化処理を行いエントロピー符号化を行う。
このDCT係数のハフマン符号化は 64個の係数に対して統計的な性質により AC成分とDC成分に分けて 別テーブルを持つ

復号化

エントロピー復号を行い
逆量子化処理でデータを得る、
空間周波数データを抽出
空間座標のデータを逆算して、
再生画像を得る。

5 MPEG 動画画像圧縮方式規格

	MPEG-1	MPEG-2	MPEG-4
転送レート	～1.5 Mbps	～15 Mbps ～80 Mbps	10 Kbps ～4 Mbps
代表的な 画像サイズ	360 x 240 4:2:0	720 x 480 4:2:0	176 x 144 4:2:0
共通技術	DCT、ジグザグスキャン、可変長符号化、動き補償		
代表技術	双方向予測	インタレース符号化 (双方向予測)	オブジェクト符号化 (双方向予測) (インタレース 符号化)
標準化時期	1992年11月	1994年11月	1999年12月
主用途	ビデオCD	DVD、デジタル放送	携帯端末、 インターネット

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 23

p. 23

◆ 解説

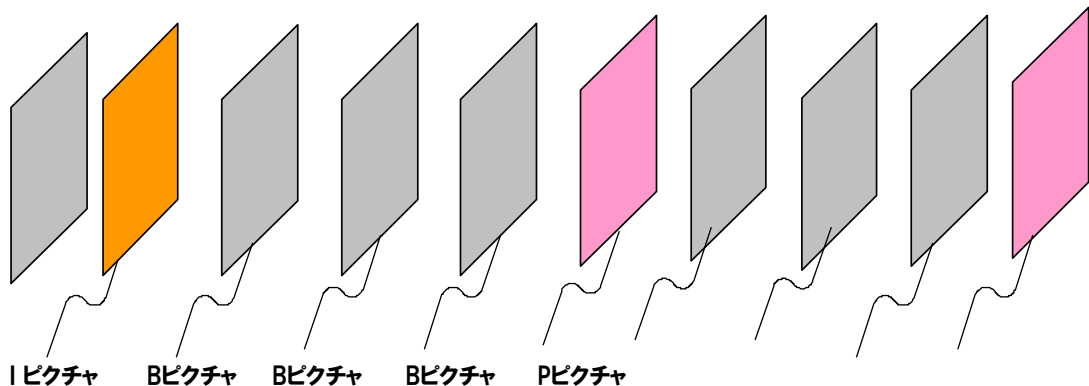
「MPEG画像圧縮規格の比較」

MPEGシリーズの中で初期に規格化されたMPEG-1 そしてMPEG-2、次いで

規格化されたMPEG-4 の仕様の共通部分、異なる部分、主要な用途と規格の特徴を表にまとめて示した。

5-1 MPEGの3タイプのピクチャ(I,P,B)の構成

I ピクチャ B ピクチャ P ピクチャ の3ピクチャタイプがある
MPEG-1やMPEG-2では、前方1枚、後方1枚のみが参照可能



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 24

p. 24

◆ 解説

「MPEG、3タイプのピクチャ(I,P,B)の構成」

動き補償の効率化のために、MPEGではI、P、B、の3タイプのピクチャーを定義した。

I; Intra Coded Picture

他のピクチャ情報を参照しない JPEG の様に、ピクチャのみの情報で符号化されるピクチャである。他のピクチャとは独立しているのでランダムアクセスや編集目的に利用される

P; Predictive Coded Picture

Pピクチャは、時間的に以前のIピクチャ 或は Pピクチャを参照して時間的に前方向の動き予測符号化されるピクチャ

B; Bidirectional predictive coded Picture

Bピクチャは時間的に以前と将来のIピクチャ或はPピクチャを参照ピクチャとして時間的に前方、或は後方予測符号化されるピクチャである。

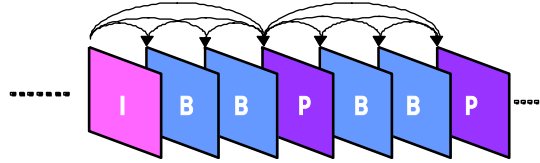
時間的に前後するのでBピクチャ処理は 必ずある程度の遅延を伴う

5-2 MPEG符号化方式 動きベクトルのフレーム予測

双方向予測

蓄積メディア向け

高画質化に効果
(フレーム間隔は広い
場合に効果は半減)
ハードウェア(メモリー)
負荷が大きい

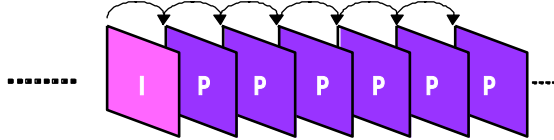


I : Intra Frame Prediction (フレーム内符号化)
P : Prediction (前方方向フレーム予測符号化)
B : Bi Prediction (双方向フレーム予測符号化)

前方予測

低遅延応用向け

遅延は少ない
ハードウェア負荷が少ない



p. 25

◆ 解説

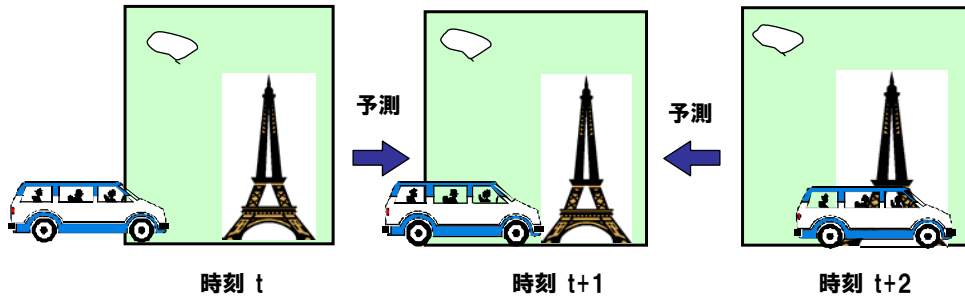
「MPEG-2 動きベクトルのフレーム予測」

MPEG-2 では、画像の用途に応じた予測モードの選択が可能である。

Bピクチャ方式は圧縮効率の点では、極めて有効であるが、デコード時にはまたはPピクチャの情報を必要とし、それらのピクチャのデコード以後にBピクチャを復号するので必ず遅延を生ずる。

通信応用等デコーダの用途によっては 復号化時の遅延は許容されない場合があり、その時には 前方予測のみの復号化方式も選択が可能である。

5-3 双方向予測方式の原理



双方向予測の効果

- * 両側から予測することにより、新しく出現する物体が予測可能
- * 両側の予測信号の平均により、ノイズがスムージングされる
- * スムージングのため、I (イントラ)フレーム、P (前方予測)フレームに比べ少ない符号量でも視覚的に劣化が目立たない

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 26

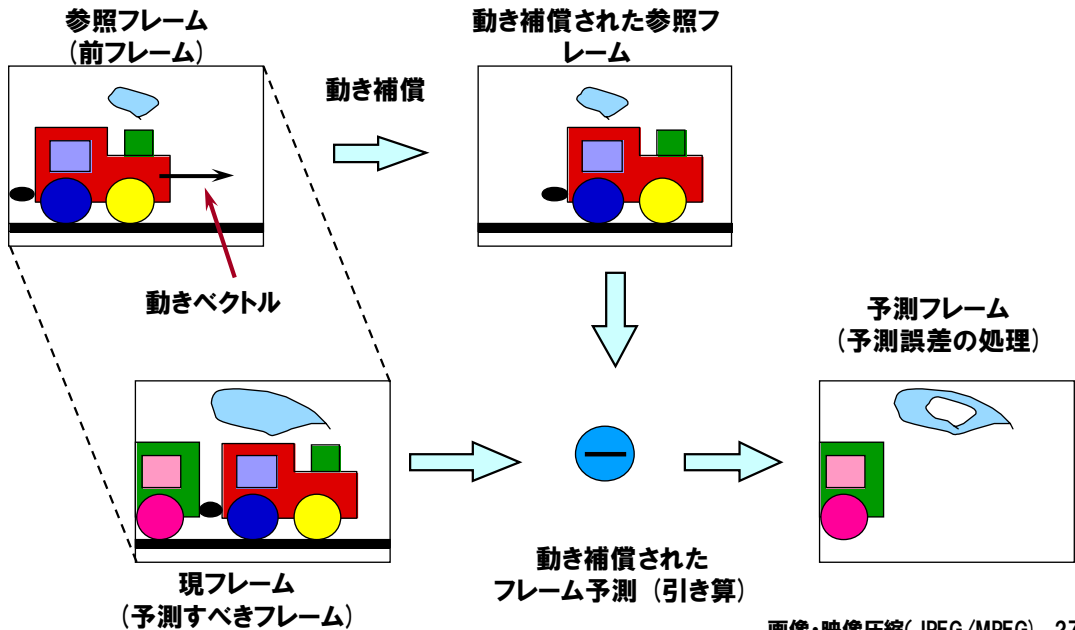
p. 26

◆ 解説

「双方向予測方式の原理」

B ピクチャを用いる双方向予測は時間的に前方、及び、後方の両方向からの予測が可能のために予測効果が高い。ノイズの平均化のために画質改善効果も高い。その反面、遅延問題が発生する。

5-4 動き補償フレーム予測



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 27

p. 27

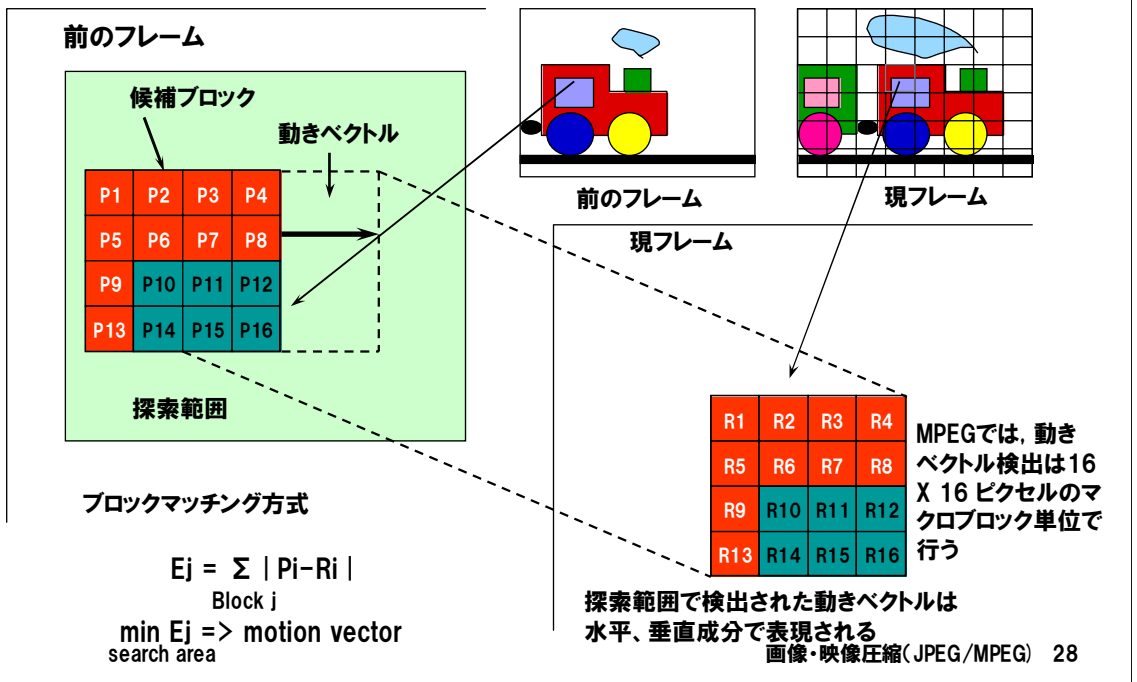
◆ 解説

「動き補償フレーム予測」

動き補償により得られる画像は、現画像の動きベクトル(大きさや方向)を知る
即ち、画像の動いた方向と移動距離を知ることから始まる。

それを知る為には、時間的に前のフレームからの動きと方向を現画像から算出するが、画像が大きさや形状が変化している場合には、予測結果と現画像の間に誤差が生じる。その場合、現画像と予測画像との差(誤差)を求めて、その誤差の部分に符号化し、伝送するので、符号量は大幅に削減される。

5-5 動きベクトル検出 マクロブロック処理



p. 28

◆ 解説

「動きベクトル検出のマクロブロック処理」

動きベクトルの検出には、フレーム内で分割された16X16画素のマクロブロック別に動きベクトルを検出する。

具体的な動き検出は、ブロックマッチング方式を用いる。

動きベクトルでは、対象ブロックについて、予め定められた探索範囲を探索し

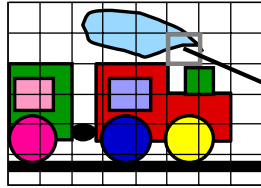
類似ブロックを探索する。探索結果で検出されたブロックが決定すると、その2つのブロックのズレを座標軸に表現する。

スライドに示したマッチングの式の定義では、参照範囲で画素間の差分

($P_i - R_i$)の絶対値の総和が最小になる座標位置を算出して座標表示する。

5-6 DCT (Discreet Cosine Transformation)の原理

画像要素の空間周波数分析・手法



MPEGでは、DCTは8×8ピクセルのブロックごとに処理する。MPEG-2ではフレームとフィールドのDCT処理がある

水平方向:i

149	120	79	49
120	94	58	32
78	58	29	9
49	33	9	0

垂直方向:j

N

$f(i, j)$

オリジナルデータ量
=8bit×16word
=128bit

DCT

IDCT

水平方向の空間周波数:h

120	59	1	-1
59	15	-2	1
2	-2	1	-1
-1	0	-1	0

垂直方向の空間周波数:k

N

$F(h, k)$

変換後のデータ量
=8bit×16word
=128bit

$$DCT: F(h, k) = \frac{4ChCk}{N^2} \sum_{i,j} f(i, j) \cos\left(\frac{(2i+1)h\pi}{2N}\right) \cos\left(\frac{(2j+1)k\pi}{2N}\right) \quad \text{Ch, Ck} = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & (h, k=0) \\ 1 & (\text{otherwise}) \end{cases}$$

「注」
DCT だけでは符号量は変わらない
一般画像の空間周波数は低周波領域に偏りがある
この偏りを利用して量子化し、符号量の削減を行う

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 29

p. 29

◆ 解説

「DCTの原理」

一般に、画像は周波数成分の重み付けの総和で表現できる。DCT変換処理は、画像の空間周波数変換であり、複数の基本的な図柄(基底パターン)の成分の割合を重み付けしてその係数を数値化して得る。この変換は直交性を原則とするが、高能率符号化では、厳密な直交性は求めている。

MPEGにおけるDCT変換は8X8ピクセルのブロック単位で処理を行う。

スライド図の部分のデータをDCT変換した例である

相関性の高い画像の場合には、空間周波数で見た場合、変換後の周波数成分の係数は大きく偏る。逆に、高周波成分では、0に近い値をとる。この

係数分布の偏在を利用している

5-7 MPEGで用いる量子化方式

120	59	1	-1
59	15	-2	1
2	-2	1	-1
-1	0	-1	0

現データ量
=8bit×16word
=128bit

ビット切捨て(あるいは丸め処理)



少ないビット数でほぼ同じ
画質を表現できる

結果 1/2 に圧縮

10	5	0	0
5	1	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

量子化後のデータ量
=4bit×16word
=64bit

MPEGでは、細かい図柄は検知されにくいと言う人間の視覚特性を利用して高周波領域は粗く(非直線)量子化する

p. 30

◆ 解説

「MPEGで用いる量子化方式」

DCT処理の後で、DCTを構成する各要素情報データは、ビット数を減らすために量子化される。上記の量子化の例では、線形量子化(12で割った)の例である。割り算結果は丸め処理され、情報伝達に必要なビット数は、大幅に削減される。

一般に、人間の視覚の特性は、画像の変化が激しい細かい画像は、画素値が多少変化しても検知されない傾向を持つ。一方、画像が平坦な画像の場合は、わずかな画素値変化でも検知され易い。したがって、量子化時にはこの性質を利用し符号化効率を向上させる事が出来る。

MPEG-2 では、この非線形量子化方式を採用している。

5-8 MPEGで用いる 2次元VLC

10	5	0	0
5	1	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

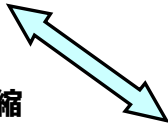
ジグザグスキャンによってゼロの連鎖を得る



MPEG-2ではスキャンの順序は可変

全データ量
=4bit×16word
=64bit

1/4圧縮



MPEGでは0の Run-Length と
続く0でない部分は ひとつの
コードにマッピングされる

10	5	5	0	1	0	0
----	---	---	---	---	---	-------	---

11個の0

Run-Length Coding:
連続した0は1つのコード
にマッピングされる



10	5	5	one zero	1	eleven zeros
----	---	---	----------	---	--------------

Variable Length Coding,
発生頻度の高い順に短い
コードに変換する



1110	10	10	110	11110
------	----	----	-----	-------

16bit

p. 31

◆ 解説

「MPEGで用いる2次元VLC」

量子化後のDCT係数はDC成分を起点として、低周波領域に偏りがある。この性質を符号割当て利用すると、符号化効率を向上することが出来る。

MPEG-2では、この目的の為に偏り(符号発生頻度を考慮してハフマンコードを設計)を利用したエントロピー符号化方式を採用している。

4x4DCTのケースでは、2次元VLCの設計は以下になる。

4x4DCTコンポーネントで、低周波成分から高周波成分へ向かう順番でジグザグにスキャンする。そこで、レベル番号ゼロが連続した数(ゼロランの長さ)と、それに続くゼロでない(非ゼロ係数)を一組にして、この1組に対して1つのコードを割り付ける。ある係数からスキャンの最後まで全てがゼロである場合にはこれらをまとめて EOB(End of Block)として ひとつの符号で表す。

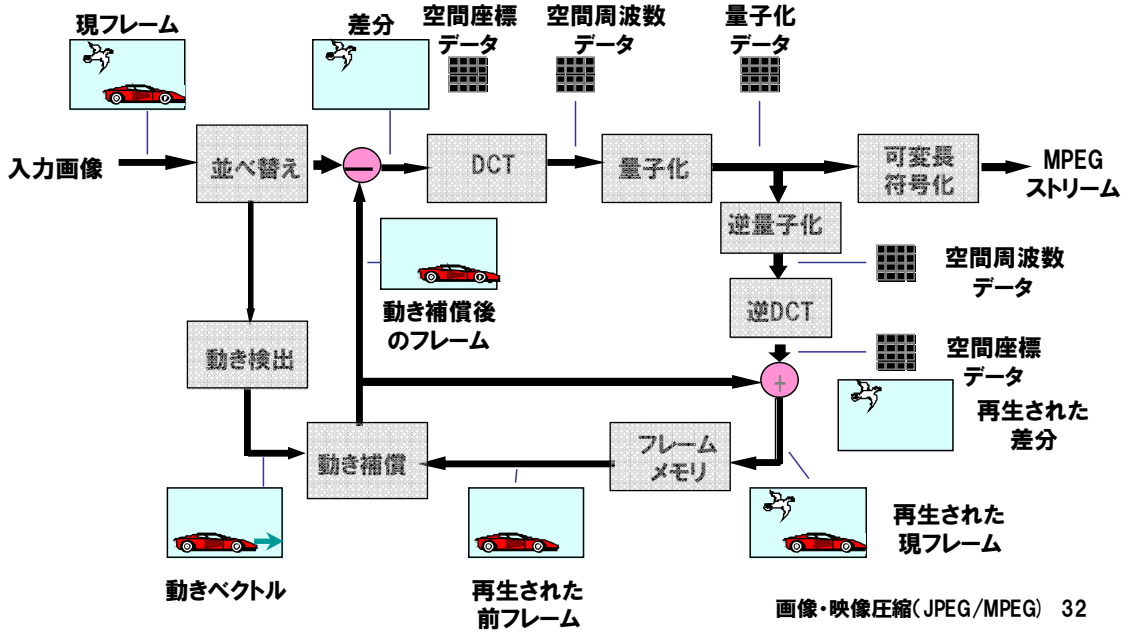
ゼロラン長スの長さが長くなる時、ゼロラン長スの符号化効率は大きくなる。従って、コンポーネントのスキャン順序は、重要。

ゼロラン長の連結を長くするために、対角線スキャンが試みられる。それから、ゼロラン長と次のゼロ以外のコンポーネント値(0,10)、である最初の一組は「1110」にエンコード化される。次の対である(0,5)は「10」にエンコード化される。(1,1)の対は、「110」にエンコード化される。発生頻度の高いコードは、短いコードにエンコードされる

従って、総コード長は、元の固定されたコードの長さより短くなり、統計的な冗長性は減少する。

6 MPEG-2 動画像 符号化方式

MPEG-2 符号化方式 エンコーダ部の構成図



p. 32

◆ 解説

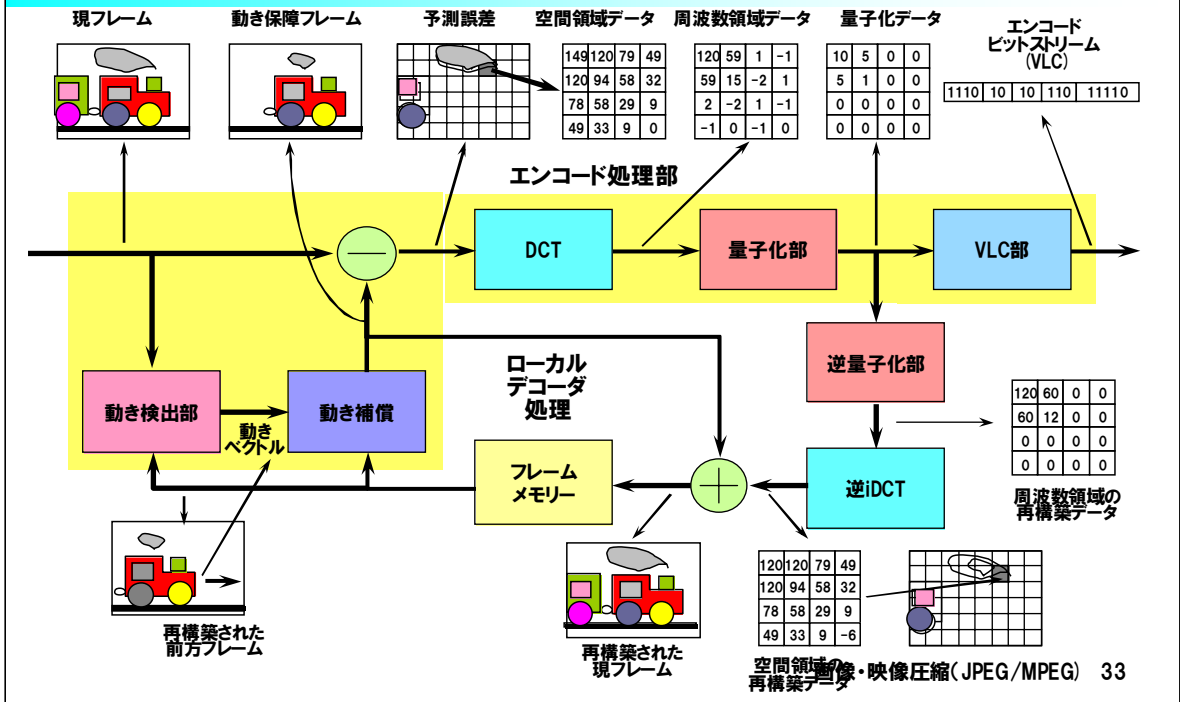
「MPEG-2 映像圧縮符号化方式」

本図はMPEG-2 Video 符号化方式(エンコーダ)の構成図である。MPEG-2 符号化方式の規格は、デコーダのみが規定されているので、本図に示すエンコーダ部は標準書に構成方法の記述はない。従って、エンコーダ部の構成は、実装に依存する。具体的な構成例が技術資料にエンコーダの構成例が示されている。

本図のエンコーダ構成例では、入力画像は、符号化の順に並び替えられ、DCT処理される。次いで、得られたDCT係数は量子化され、差分検出後に、可変長符号化され、ストリーム出力となる。

DCT処理されるのは動き補償後の予測フレームとの差分である。動き補償フレームは、逆量子化、及び、逆DCT処理されて、部分的にデコードされた予測フレームにより得られた動き補償フレームとの差分になる。

6-1 MPEG-2 画像 符号化方式の画像処理



p. 33

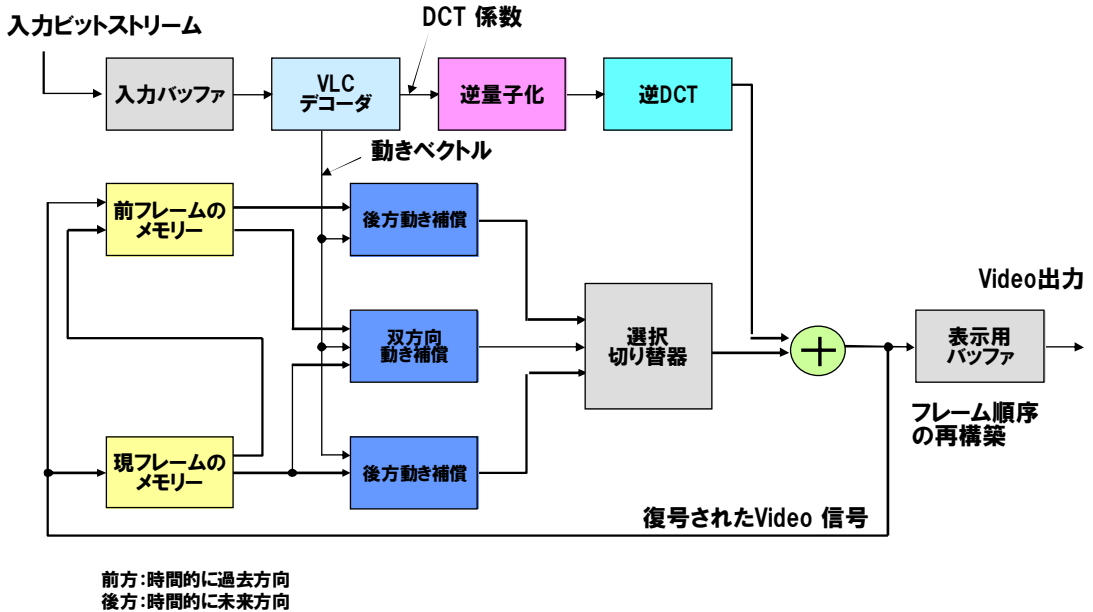
◆ 解説

「MPEG-2 画像 符号化方式の画像処理」

エンコーダ部における各信号処理部のマクロブロック処理を示した。

入力画像の一部であるマクロブロックは、マクロブロック単位でDCT処理され空間領域のデータが周波数領域の数値データに変換される。そのデータを量子化処理して、量子化データを得る。得られた量子化データは可変長符号器VLCによって、可変長符号化され、ビットストリームの形式で出力する。逆量子化部、逆DCT部の働きは、ローカルデコーダとして予測フレームを作り入力信号との差分の検出に用いられる。従って、実際に符号化されるのは予測誤差で、符号量は大幅に削減される。

6-2 MPEG-2 画像 復号(デコード)方式



p. 34

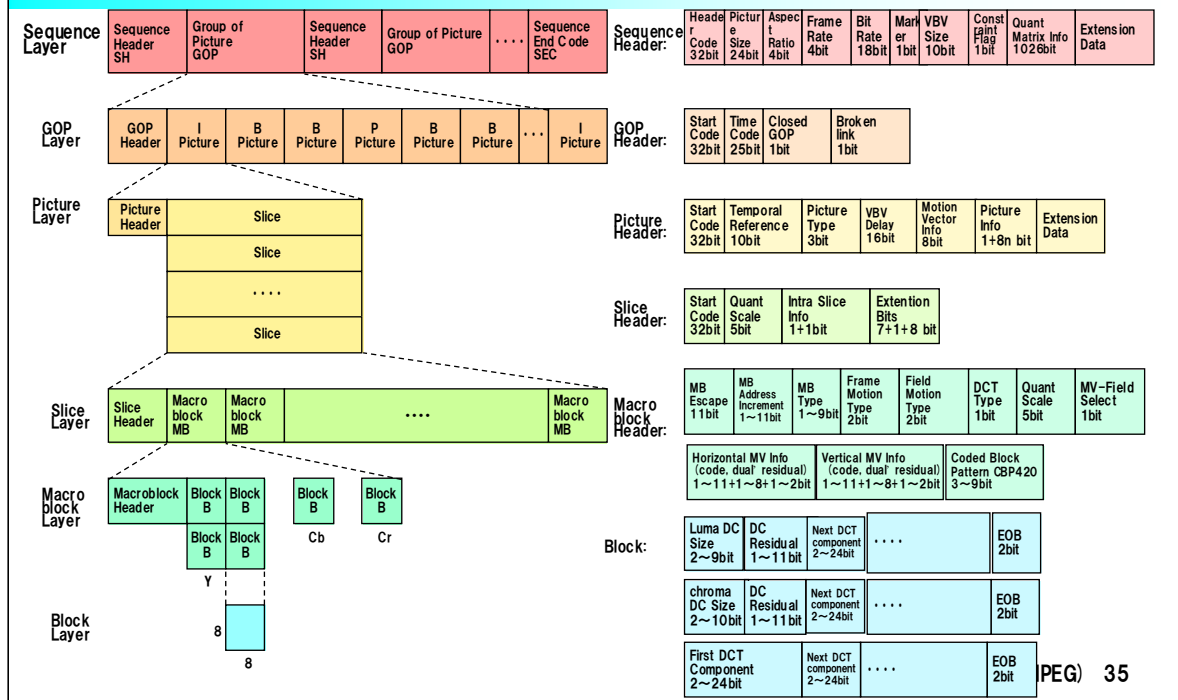
◆ 解説

「MPEG-2 画像 復号(デコード)方式」

MPEG-2 Video 符号化方式に対応する復号化部(デコーダ部)の構成を図で示した。MPEG-2 でエンコードされた入力Video信号(ビットストリーム)は、可変長符号の復号器で逆変換され、逆量子化、逆DCT処理等が施される。

一方、エンコード部からの符号化情報により、エンコード時に使用した動き補償の種類を選択して、動き補償後の参照信号を得、それによって差分信号が加算処理されて復号フレームを構成する。最後に、フレーム順序を正しく再構成した後に、再生時間の調整を経て、最終的にエンコード前のV画像出力を得る。

6-3 MPEG-2 Video部のストリーム構成 - 1



p. 35

◆ 解説

「MPEG-2 Video部のストリーム構成-1」

ビットストリームは、ビット速度調整後、デコーダーに出力され 階層構造を採る。

トップ層は、シーケンス層で シーケンス・ヘッダは、最初に来る。シーケンス・ヘッダでは、ユニークなシーケンス・スタート・コードは、層の始まりを示すので最初に来る。

いくつかのシーケンス・パラメータは、画像サイズ、アスペクト比、フレームレート、ビットレート、の順に来る。マーカービットはヘッダでのスタート・コード・エミュレーションを避けるために挿入される。VBVサイズは、どれくらいのレシーバー・バッファ・サイズがストリームの受信に十分であるか、デコーダーに知らせる。制約フラグは、デコーダーの複雑さを緩和するため、ストリームパラメータが指定された制限の範囲内であることを示す。

量子化マトリクス情報は、量子化マトリクスがビットストリームに付けられているかを示す。シーケンス・ヘッダの後に、GOP (Group of Picture)層が続く。

第2の層はGOP層である。

GOP ヘッダは最初に来て、I、PまたはBピクチャ層が次に来る。GOP ヘッダでは、ユニークなGOP スタート・コードが最初に来る。それから、タイムコード、閉じたGOP、壊れたリンクが後に続く。タイムコードは、ビデオ・シーケンスに関連した音声シーケンスを同期させる為に用いる。閉じたGOPは、GOP 内の全フレームが他のどのGOPと関係しないので解読できると知らせる。これは、ビットストリームの編集に役立つ。

壊れたリンクは、閉じたGOP ではない事、それに続くGOPは参照フレームを与えない事を知らせる。これは、GOP が編集時に挿入された時に起こる。

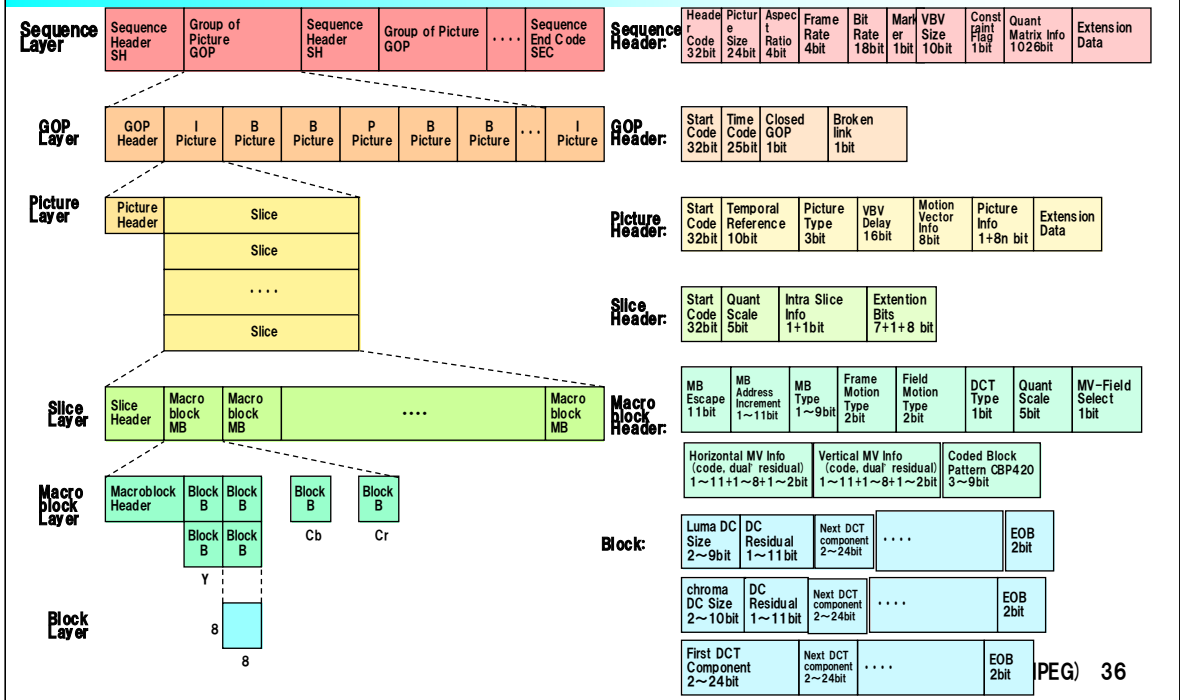
第3の層は、ピクチャー層である。ピクチャーヘッダが先に来て、スライス層が次に来る。

スライス・ヘッダでは、ユニークなスライス・スタート・コードが、最初になる。

それから、時間の参照標準、ピクチャータイプ、VBVの遅延、動きベクトル情報、ピクチャー情報、等が続き、その他はその後に続く。時間の参照標準は、フレーム番号であり、フレームの欠落を調べる。ピクチャータイプは、I、P、BまたはD-フレームを示す。D-フレームは、隠蔽ベクトルを伴うI フレームである。VBV (Video Buffer Verify)遅延は、デコーダー・バッファがVBV遅延の許容量までビットストリームで満たされるまで、VBV遅延がデコーディングを待つようにデコーダーに知らせる。もしデコーディングが早くはじまる場合は、バッファのアンダーフローは起り得る。

動きベクトル情報は、MPEGビットのストリームに使われ、フレーム予測タイプ (PまたはB) とf.code値を伝える。ピクチャー情報は、将来の拡張用である。(情報は、拡張データにある。)

6-4 MPEG-2 Video部のストリーム構成 - 2



p. 36

◆ 解説

「MPEG-2 Video部のストリーム構成-2」

第4の層は、スライス層である。スライス層では、スライス・ヘッダは、最初に来る。それから、Macroblocks は、その後続く。

スライス・ヘッダでは、ユニークなスライス・スタートが最初に来る、そして量子化スケール、Intraスライス情報が、次に来る。量子化スケールは量子化ステップ・サイズ(M quant)である。

Intraスライス情報は、スライスが Intra macroblocks だけから成り、エラー回復に使われる。

第5の層は Macroblock 層である。このレイヤーにはスタート・コードがない。従って、同期メカニズムを緩めることで、コーディング効率は増加する。

マクロブロックヘッダはマクロ・ブロック(MB) Escape、MBアドレス増加、MBタイプ、フレーム動きタイプ、フィールド動きタイプ、DCTタイプ、量子化スケール、マクロブロック フィールドを選択、水平マクロブロック情報、垂直マクロブロック情報とコード・ブロック・パターンからなる。

MBエスケープは、デコーダに送る必要はなく33の Macroblocks がスキップされることを示す

MBアドレスの増加量は、せいぜい 33 の macroblock スキップ数を示す。MBタイプは、予測モードと量子化モードを示す。フレーム動き予測タイプとフィールド動き予測タイプは、それらの予測タイプを示す。DCTタイプは、フィールドDCTまたはフレームDCTを示す。

量子化スケールは、量子化ステップ・サイズである。マクロブロックフィールド選択は、どの参照フィールドが予測に使われるかを示す。水平マクロブロック情報と垂直マクロブロック情報は、大きさ(コード)、残差、Dual Prime delta 情報を伝送する。コード化されたブロック・パターンは、どのブロックがコード化されるかを示す。

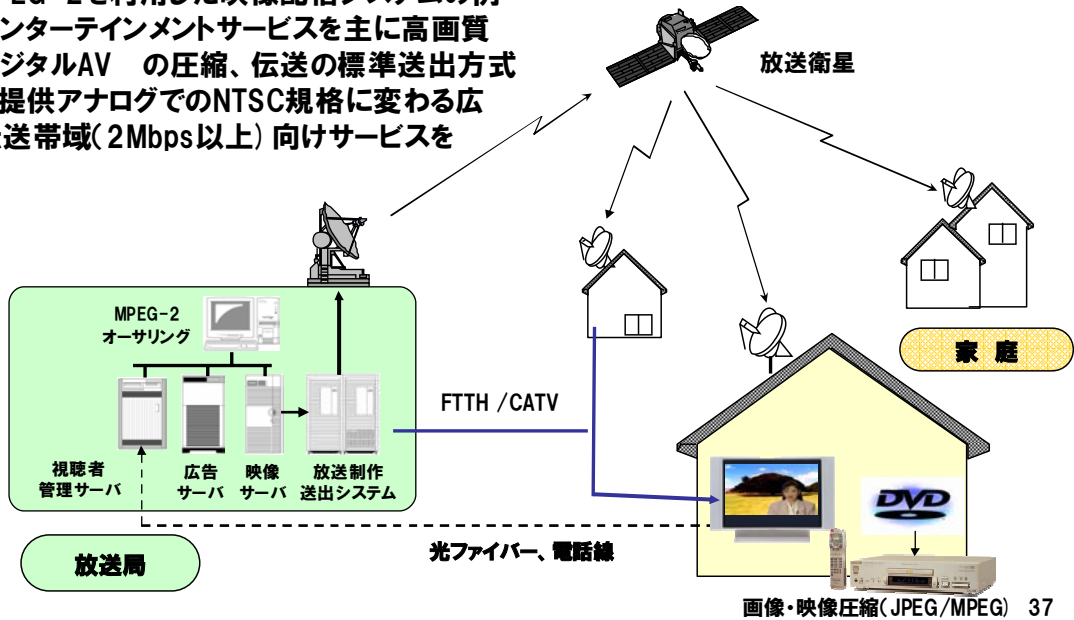
最後の層は、ブロック層である。

ブロック層は、ブロックが Intra DCT ブロックであれば、DCサイズは最初に来る、そして、DC残差は次に来る。その後、ACコンポーネントは、EOBに従って、2D VLCコードで来る。

インターDCTブロックでは、2D VLCコードは、EOBと共に来る。

6-5 MPEG-2 の応用分野

MPEG-2を利用した映像配信システムの例
エンターテインメントサービスを主に高画質
デジタルAV の圧縮、伝送の標準送出方式
を提供アナログでのNTSC規格に変わる広
伝送帯域(2Mbps以上) 向けサービスを



p. 37

◆ 解説

「MPEG-2 の応用分野」

MPEG-2 符号化方式の応用例として先ず第一に衛星等のデジタルTV放送が挙げられる。衛星等の無線放送は効率的な電波応用が必須であり、効率的な帯域圧縮が求められて来た。映像情報圧縮符号化方式MPEG-2は、将にこの要求に応える方式であった。また、DVDの映像信号にもMPEG-2 符号化方式が採用され、短期日の間に映像圧縮符号化方式の主流になった。

本図は、インタラクティブなシステム構成を採用したデジタル放送システムの例である。

7 MPEG4 動画圧縮方式規格-1

(1)MPEG-4規格の目的

MPEG-4 は、携帯電話の動画伝送、インターネットでの映像音声ストリーミングサービス、携帯用情報端末PDAの動画受信表示、マルチメディア放送、監視・探査用符号化方式等の用途を想定した符号化方式。

特徴は、オブジェクト符号化を採用、先行する MPEG- 2 に比較してより 高能率符号化と多機能性を実現した。

更に、コンピュータ・グラフィックスや合成オーディオの符号化や、デコーダ側でユーザーがオブジェクト表示を操作出来る 新表示制御、等の多機能を盛り込んだ。

汎用マルチメディアシステムに適応可能とする為、映像、音声符号化方式のキャリッジではシステムレイヤーを仮想化して、MPEG-TS,PS 以外にも適用できるように柔軟な構成とし、ストリームフォーマットは自由とした。

映像符号化の解像度は、QCIFからHDTVまで、幅広い用途に対応出来る。

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 38

p. 38

◆ 解説

「MPEG4 規格の目的と特徴」

(1)MPEG-4規格の目的

MPEG-4 は、携帯電話の動画伝送、インターネットでの映像音声ストリーミングサービス、携帯用情報端末PDAの動画受信表示、マルチメディア放送、監視・探査用符号化方式等の用途を想定した符号化方式。特徴は、オブジェクト符号化を採用、先行する MPEG- 2 に比較して

より 高能率符号化と多機能性を実現した。

更に、コンピュータ・グラフィックスや合成オーディオの符号化や、デコーダ側でユーザーがオブジェクト表示を操作出来る 新表示制御、等の多機能を盛り込んだ。

汎用マルチメディアシステムに適応可能とする為、映像、音声符号化方式のキャリッジではシステムレイヤーを仮想化して、MPEG-TS,PS 以外にも適用できるように柔軟な構成とし、ストリームフォーマットは自由とした。

映像符号化の解像度は、QCIFからHDTVまで、幅広い用途に対応出来る。

(2)MPEG-4規格の特徴

映像符号化部のコアプロファイルは、オブジェクト符号化方式を採用、符号化効率の向上とオブジェクト別 編集 やオブジェクト表示等の 映像表示の機能拡張を実現した。

伝送レートは、低ビットレート(5Kbps)から、高ビットレート(15Mbps)までの適用可能で、更に高いレベルでの伝送レートへの適用も実現している。それぞれのフォーマットに適應する「プロファイル」と「レベル」を細かく規定した。

映像、音声部は、単独ストリームでの使用が可能である。システム部はインターネット環境への適用の他、知的財産権の管理制御を目的とした「IPMP」の拡張システムを規格化した。

7 MPEG4 動画圧縮方式規格-2

(2)MPEG-4規格の特徴

映像符号化部のコアプロファイルは、オブジェクト符号化方式を採用、符号化効率の向上とオブジェクト別 編集 やオブジェクト表示等の 映像表示の機能拡張を実現した。

伝送レートは、低ビットレート(5Kbps) から、高ビットレート(15Mbps) までの適用可能で、更に高いレベルでの伝送レートへの適用も実現している。それぞれのフォーマットに適應する「プロファイル」と「レベル」を細かく規定した。

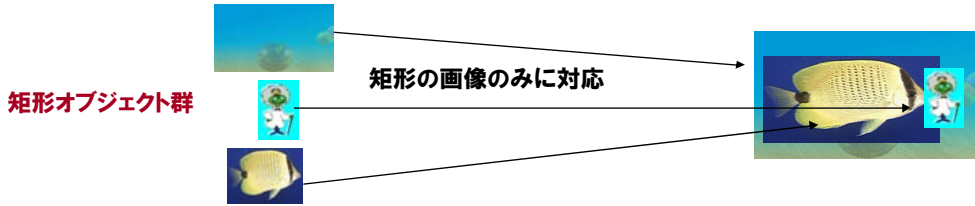
映像、音声部は、単独ストリームでの使用が可能である。

システム部はインターネット環境への適用の他、知的財産権の管理制御を目的とした「IPMP」の拡張システムを規格化した。

7-1 オブジェクト符号化方式

シンプル プロファイル

プロファイルに応じて、取り扱える画像の形状が異なってもよい任意形状、オブジェクト符号化は、MPEG-4 符号化方式の大きな特徴



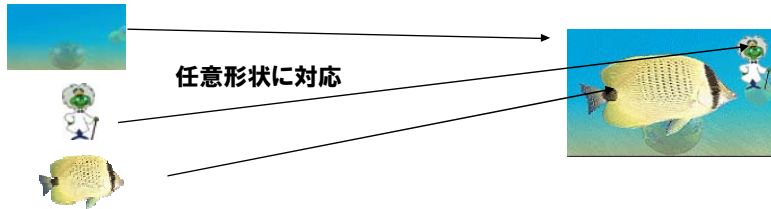
コアプロファイル



オブジェクト画像をパーツとして扱え、多様な画面構成が可能

背景オブジェクト

任意形状
オブジェクト群



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 40

p. 40

◆ 解説

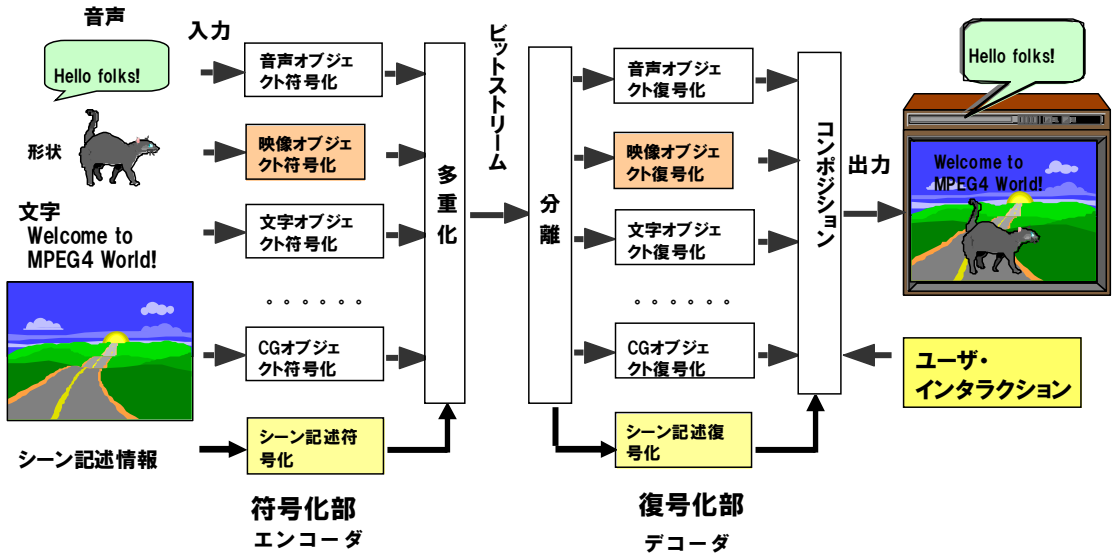
「オブジェクト符号化方式」

オブジェクト符号化とは オブジェクト(画面内の特定画像)単位で符号化する方式である。オブジェクト符号化方式で鍵になるのがオブジェクトの切り出しと画面の合成である。オブジェクトの切り出しには輪郭形状検出技術が必要になる。オブジェクトの輪郭検出には、オブジェクトの内部と外部を切り分けるため、2値、算術符号化技術等が用いられる。一度、輪郭が切り出されれば、オブジェクトの中身をテキストチャ符号化する。

オブジェクト画像は、ひとつの個別の図柄の部品として扱うことが可能となるので、同じ画面のオブジェクトや図柄から、多様な画面構成が可能になる。

現在、オブジェクト符号化は、実用化が停滞している。その原因は、輪郭切り出しの負荷が重い事に加えて、応用開発が遅れている事に起因している。

7-2 MPEG-4 符号化 復号化 方式の全体



p. 41

◆ 解説

「MPEG-4 符号化方式の全体構成」

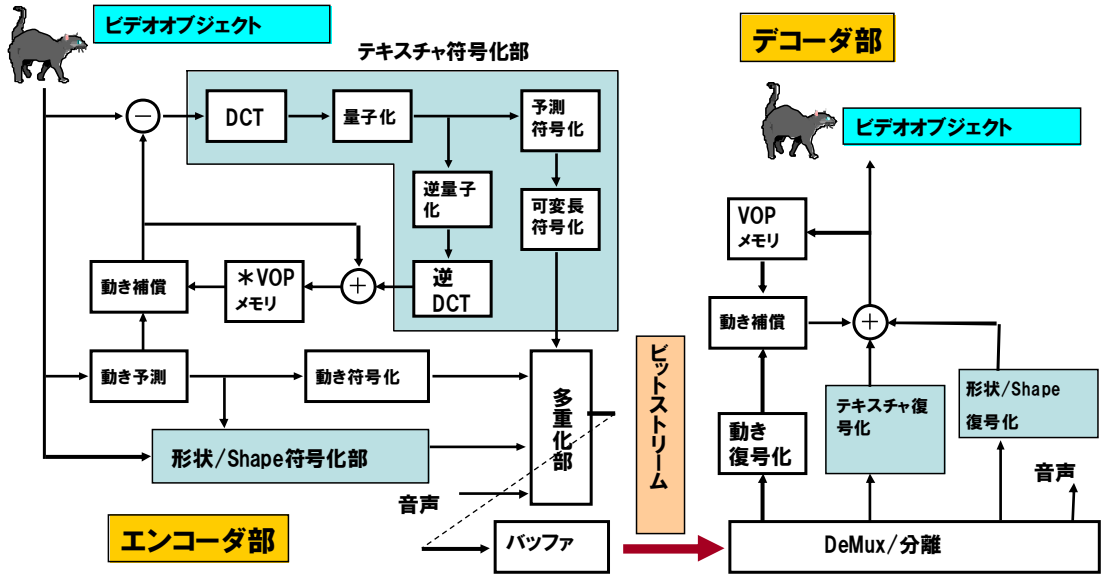
MPEG-4 符号化方式の全体構成を図に示した。画像等の入力信号としては図の上から、音声オブジェクト、映像オブジェクト、文字オブジェクト、CG (Computer Graphics) オブジェクト、更に、それらの各オブジェクトの表示位置を指定するシーン記述符情報、が入力情報である。

それらの各オブジェクトは、それぞれ、専用の符号化部を介して、MPEG-4 規格に則り、エンコードされる。これらの各オブジェクト符号化情報は、MPEG-4 システム規格で規定される多重化装置である MUX部 で多重化し、所定のシステムフォーマットでストリーム化する。

デコーダ部では、DeMux 部で各オブジェクトに分離し、各オブジェクト別に復号してオブジェクトのテキストチャ情報を得、それらをシーン記述復号化部より得たシーン記述情報によって、画面合成表示を行い、所望の表示画面を得る。

7-3 MPEG-4 映像符号化復号化方式の構成

動き検出・補償部、テキストチャ符号化部、形状 (Shape) 符号化部が基本構成



*VOP : Video Object Plane

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 42

p. 42

◆ 解説

「 MPEG-4 映像符号化方式の全体構成」

MPEG-4映像符号化方式のエンコーダ部は ビデオ、オブジェクトの符号化部、形状符号化部、及びオブジェクトの動き符号化部があり、それらを多重化する多重化部、更に、他の符号化部との合成を行う統合部 等から構成される。

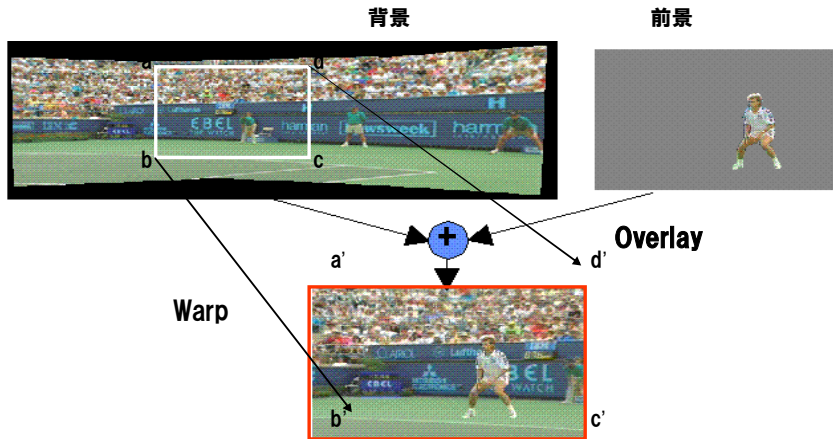
デコーダ部は、オブジェクト別に分離するDeMux 部と各オブジェクト別の復号化部、動き補償部、及びオブジェクト合成部等から、構成される。

MPEG-4 ではMPEG-2 のVideo 処理でフレームに相当する単位を 仮定の画面VOP (Video Object Plane)を定義し、このVOP単位で形状やテキストチャ情報を扱う。VOPは一種の静止画情報で、オブジェクトの形状に準じて、様々な形状を採る。

シンプルプロファイルは、矩形オブジェクトのみを対象とする特殊例である。

7-4 MPEG-4 Video の特徴-1 スプライト符号化

背景は静止画のように符号化されてデコーダに送られる。デコーダでは、必要部分をカットし、画面に応じて変形させて前景オブジェクトをかぶせて使う。スプライトの各組み合わせの頂点はスプライトのパラメータとして符号化される。デコーダは組み合わせの値 (a, b, c, d と a', b', c', d') の変換係数を計算しオーバーレイ処理する。



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 43

p. 43

◆ 解説

「MPEG-4 Video の特徴-1 スプライト符号化」

本図は、スプライト符号化の説明図である。スプライトとは背景上の小オブジェクトを意味する。本図の場合、テンプレート(定型)は背景シーンある。背景シーンは、前持ってI-VOP(Intera-VOP)としてデコードしておく。

Intra VOP は 対象VOP内(フレーム内に相当する)で符号化処理する。

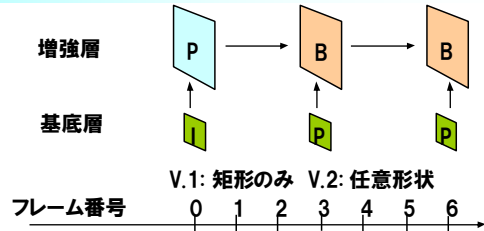
撮影カメラの動きに連れて、各々の背景は テンプレートから切り出して、スプライトの場面にフィットさせるようにに貼りつける。

一組のノードの座標 (a, b, c, d と a', b', c', d') は、座標の変換係数を計算するためにデコーダ送られる。変換結果として図示のごとく、変形した背景も修正され、不自然さは解消される

7-5 MPEG-4 Video の特徴-2 階層符号化方式

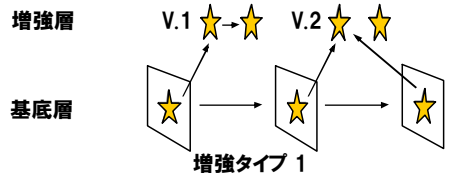
(1) 空間階層符号化

基底層は任意のサイズにダウンサンプル可能で予測の増強層として用いられる
 P-VOP 増強層は 基底層から予測される
 B-VOP 増強層は時間的に前のVOP増強層から予測される



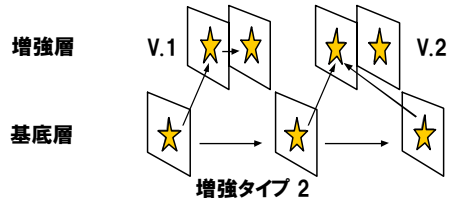
(2) 時間階層符号化

増強層のフレーム周期は基底層より高い
 増強処理は各オブジェクトかあるいは全体画面か、を選択する



(3) 時間階層符号化の増強処理方法

- タイプ 1 : 増強層は基底層と同じオブジェクトから構成される
- タイプ 2 : 増強層は基底層のいくつかのオブジェクトの組み合わせで構成する



p. 44

◆ 解説

「MPEG-4 Video の特徴-2 :階層符号化方式」

MPEG-4 Video では、多様なマルチメディアの伝送環境に適応させるために2種類の階層符号化方式を採用した。

(1) 空間階層符号化方式

ベースレイヤー(基底層)は動きベクトル予測の精度向上に用いる。VOP 別に予測方法が異なる。前方予測はベースレイヤーから、双方向予測はエンハンスメントレイヤーから予測する

(2) 時間階層符号化方式

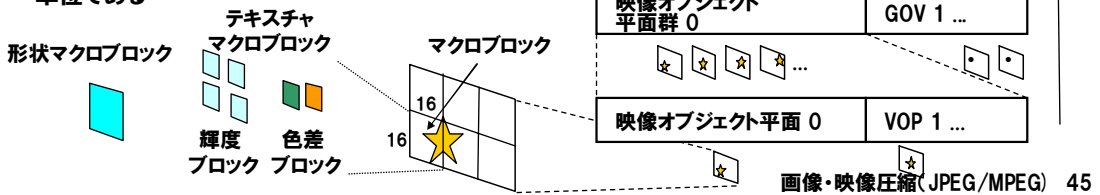
時間的にエンハンスメントレイヤーをベースレイヤーより周期を高く頻度を多くすることでベースレイヤーからの予測方式を選択して補間する VOP の種類によっていくつかの補間の方法がある

タイプ 1 増強層は基底層と同じオブジェクトから構成される

タイプ 2 増強層は基底層のオブジェクトの組み合わせで構成する

7-6 MPEG-4 Video ビットストリーム構造

- 映像ストリームは映像オブジェクトシーケンスから構成される。
- 映像オブジェクトシーケンスは映像オブジェクトから構成される。
- 映像オブジェクトは動画、静止画、メッシュ、顔オブジェクトやその組み合わせで構成する
- 映像オブジェクトは映像オブジェクト層から構成され 各層の階層性を構成するのに使われる
- 映像オブジェクト層は映像オブジェクト平面から構成される。映像オブジェクト平面群は映像オブジェクト平面から構成される
- 映像オブジェクト平面はある時点でのオブジェクト画像である。これはマクロブロックから構成される。
- マクロブロックは MPEG-4 映像符号化処理の単位である



p. 45

◆ 解説

「MPEG-4 映像 ビットストリーム構造」

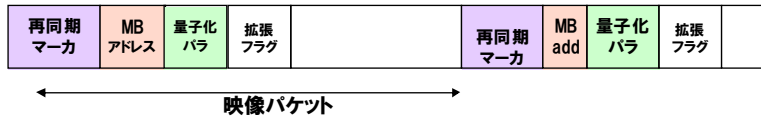
映像ストリームは映像オブジェクトシーケンスから構成される。

- 映像オブジェクトシーケンスは映像オブジェクトから構成する。
- 映像オブジェクトは動画、静止画、メッシュ、顔オブジェクトやその組み合わせから構成する
- 映像オブジェクトは映像オブジェクト層から構成され 各層の階層性を構成するのに使われる
- 映像オブジェクト層は映像オブジェクト平面から構成される。
映像オブジェクト平面群は映像オブジェクト平面から構成される
- 映像オブジェクト平面はある時点でのオブジェクト画像である。
これはマクロブロックから構成される。
- マクロブロックは MPEG-4 映像符号化処理の単位である

7-7 MPEG-4 Video のエラー耐性技術

A. 再同期マーカ方式 (映像パケット)

再同期マーカは適当な時間間隔で、映像ビットストリームの中に挿入される。マクロブロックアドレス、量子化パラメータ、拡張フラグがそれに続く



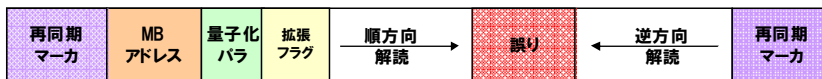
B. データ分割

データ分割モードでは、オブジェクトの動き情報は一箇所に集められ動きマーカの前に、配置される。動き情報はテキストチャ情報より少ないので、誤りの発生は、殆どテキストチャ情報部で発生する。



C. 逆方向VLC

逆方向VLC は符号の終端から逆方向に解釈が可能である。その為、誤りは最小の長さに制限される



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 46

p. 46

◆ 解説

「MPEG-4 Video のエラー耐性技術」

MPEG-4 の主要な用途に、モバイル用端末へのコンテンツ配信がある。一般にネットワーク環境は、接続が不安定で、しばしば接続が途切れる。この状況で、連続したビットストリームを安定に受信するには、受信したビット列符号の欠落や誤り等、符号誤りが頻繁に発生する。従って、MPEG-4 では、その対策として、いくつかの手法が規格化された。

A. 再同期マーカ方式(映像パケット)

再同期マーカは適当な時間間隔で挿入し、誤りの伝播を最小限に留める。再同期マーカは、映像ビットストリームの中に適宜、挿入される。その再同期マーカ後に、マクロブロックアドレス、量子化パラメータ、拡張フラグが続く

B. データ分割

データ分割モードでは、オブジェクトの動き情報は一箇所に集められ動きマーカの前に、配置される。動きベクトル情報はテキストチャ情報より少ないので、誤りの発生は、殆どテキストチャ情報部で発生する。画質に大きく影響する動きベクトル情報は同期信号に近接して配置する

C. 逆方向VLC

逆方向VLC は、通常の順方向解釈に加えて、符号誤り時に、逆方向からの符号の終端から逆方向に解釈が可能である。その為、誤りは最小の長さに制限され、誤りの影響は軽減される

8 MPEG - 4AVC (H.264)

更なる 高能率符号化技術 の標準化活動の開始

*ITU-T Video Coding Expert Group ,H.26Lから検討が始まる
(Lは長期開発プロジェクトの意味)

*1998年、MPEGとの共同開発プロジェクト **JVT**(Joint Video Team) の
活動が始まる

低ビットレート対応高能率化と高画質化の2大目標

*MPEG-4AVC(Advanced Video Coding) の名称を設定

周辺技術の進歩

CPUの高速化-----複雑な符号化演算も実時間処理が可能

メモリーのコスト低下-----フレームメモリー数の制限緩和

LSIの高集積化-----演算処理や符号化ハードウェア規模の制限緩和

p. 47

◆ 解説

「MPEG-4 AVC H.264」

MPEG-4 の更なる 高能率映像符号化技術 の開発とその標準化活動の開始

*ITU-T Video Coding Expert Group , H.26L から符号化検討が始まる
(L/Long Term は長期開発プロジェクトの意味)

*1998年、ITU-T と MPEG との共同開発プロジェクト JVT(Joint Video Team)
の活動が始まる。低ビットレート対応高能率と高画質の2大目標を設定

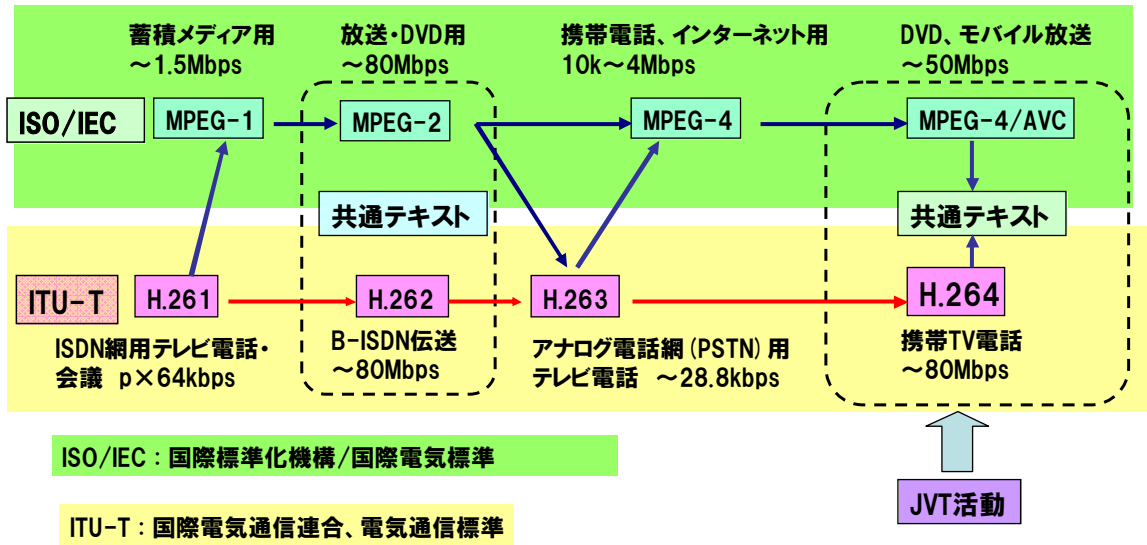
*MPEG-4AVC(Advanced Video Coding)の名称を決定

*周辺技術の進歩 環境の変化が符号化ツールの進歩を後押しした

- ①CPUの高速化---複雑な符号化演算も実時間処理が可能になった。
過去の標準化活動で、演算処理の複雑さで、不採用になった技術の採用
- ②メモリーのコスト低下-----半導体メモリーの価格低下と高速読み出し技術で
演算処理に必要なメモリー容量の量的な制限を緩和
- ③LSIの高集積化---高集積技術の進歩により、演算処理や符号化ハードウェア
規模の制限を緩和、複雑な演算処理も実現が可能になった

8-1 MPEG-4/AVC,H.264 標準化の流れ

1991 | 1992 | 1993 | 1994 | 1995 | 1996 | 1997 | 1998 | 1999 | 2001-3 | 2005 | 2006



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 48

p. 48

◆ 解説

「MPEG-4/AVC,H.264 標準化の流れ」

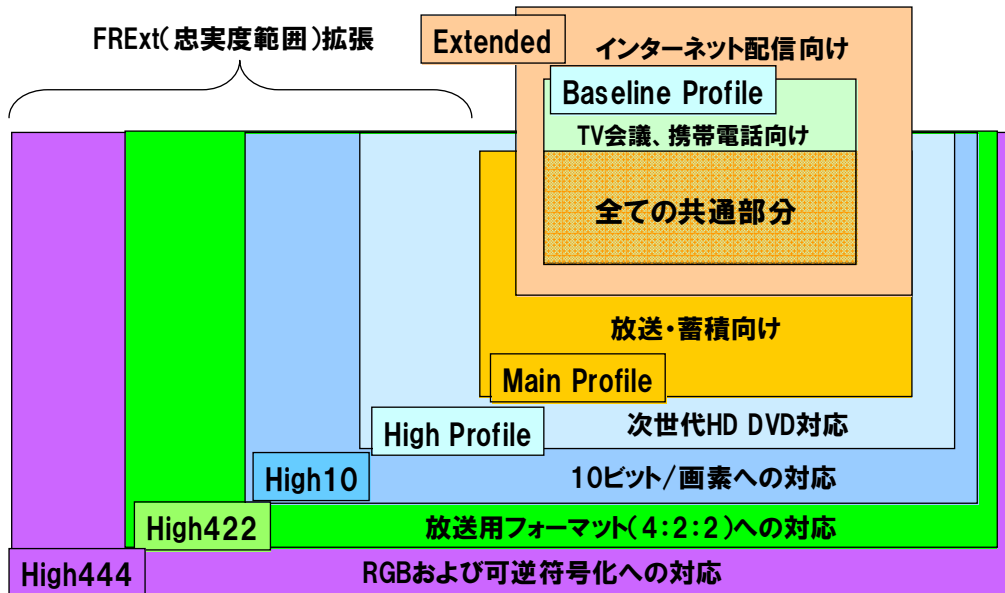
国際標準化団体である ISO/IEC (MPEG) と ITU は JVTを組織し、両者は共同で高能率符号化技術の開発とその標準化を進めて来た。本図は、その時間経過と標準の流れを示したものである。

JVT活動の成果は共通テキスト化され、それぞれの標準化母体で標準としての登録を行い、登録番号をつけて個別に管理しているが 内容は共通である。

MPEG-4 AVC H.264 の特徴は以下である

- (1) 予測方式はマクロブロックレベルで選択で予測精度の向上 (MPEG-2 は、ピクチャーで選択)
- (2) フレーム内(イントラ)予測方式の採用 (MPEG-2 にはない方式)
- (3) 時間予測で4x4ブロックにまでサイズ変換 (MPEG-2 では16X16)
- (4) 複数の参照フレームによる予測精度の向上 (MPEG-2 では2種類)
- (5) 1/4画素精度の動きベクトル (MPEG-2 では1/2画素)
- (6) 重み付けインターフレーム予測 (MPEG-2では 重み付けはない)
- (7) 動きベクトル精度の種類 16X16,16X8,8X16,8X8,8X4,4X8,4X4
(MPEG-2 は 16X16 フィールドは16X8)
- (8) 2種類のエントロピー符号化方式
 - * CAVLC (Context-based Adaptive Variable Length Coding)
 - * CABAC (Context-based Adaptive Binary Arithmetic Coding)
- (9) 4X4DCT(整数)、周波数分解能の精度向上のため、イントラ16モード
では4x4DCTのDC成分をアダマール変換 16X16DCT精度と等価
- (10) 空間方向予測 イントラ予測はモード0-8の9個の予測方式を選択
- (11) ループフィルタ(デブロッキング・フィルタ)による再生画像の画質改善(ポスト処理の標準化)

8-2 MPEG-4 AVC/H.264 のプロファイル 構造



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 49

p. 49

◆ 解説

[MPEG-4 AVC, H.264の代表的なプロファイル]

MPEG-2, MPEG-4で採用された「プロファイル」と「レベル」の設定方式は、MPEG-4/AVC (H.264)でも踏襲されている。

[Baseline Profile]は、最も核となる要素技術を集積した。その用途は、モバイル端末通信やインターネット伝送

[Main Profile]は、「Base Line Profile」に双方向予測やインターレースに適応させ蓄積や放送用とした

[High Profile] HD等の高画質対応させた「High Profile」

特に高画質対応で拡張されたプロファイル群は、FRExt (Fidelity Range Extension)と呼ばれて、MPEG-4AVCの高画質対応要素技術を集中させ、HDレベル以上の高画質ニーズの期待に応えた。このプロファイルはビットレートの高い状態でのビデオストリーミングサービスを想定している。

このFRExtプロファイルの中には 4:4:4 4:2:2 等も含まれ MPEG-2 の次世代の応用システムとして、HDレベルの映像配信(例;映画)を狙っている

8-3 MPEG-4AVC/H.264 ビットストリーム構成

MPEG-4 AVCでは、符号化データとパラメータを分離する構造を採る最終的には MPEG-2 システムにマッピングする(ファイル化伝送、実時間IP伝送も可能)

VCL (Video Coding Layer) 符号化処理層	VCLで作った 符号化データ	Parameter Set / SEI (Supplemental Enhancement Layer)	
NAL Network Abstraction Layer 中間(抽象)層	VCL NAL Unit	Non VCL NAL Unit	
	NAL UNIT		
		Byte Stream Format (add Start Code)	
伝送・蓄積 適用フォーマット	MPEG-4 AVC File Format	RTP Real Time Transport Protocol	MPEG-2 System Stream

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 50

p. 50

◆ 解説

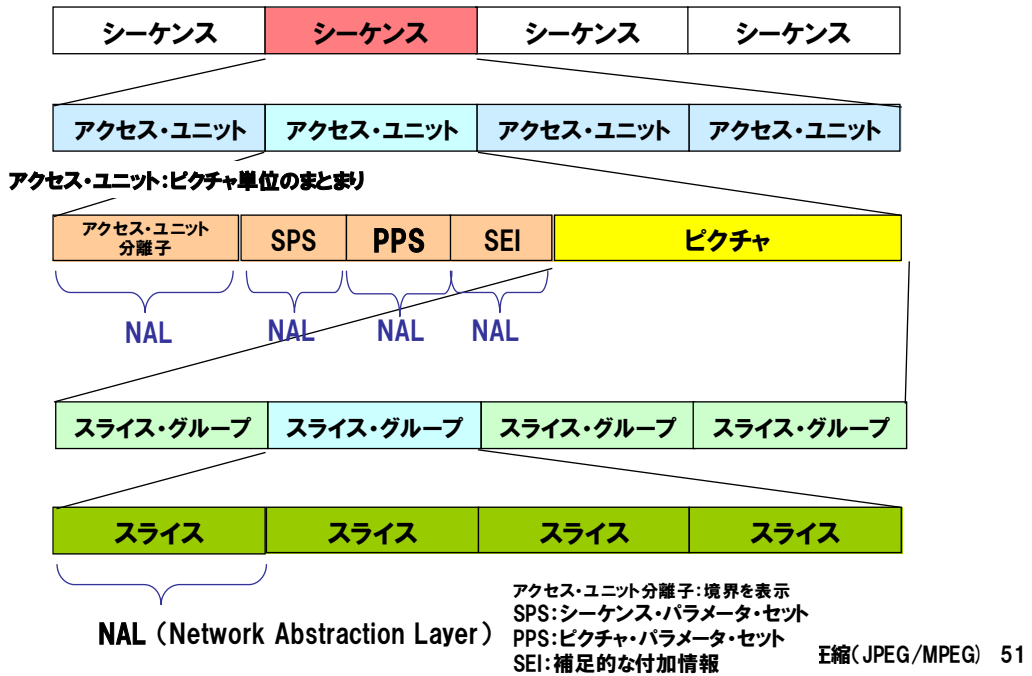
「MPEG-4AVC/H.264 ビットストリーム構成」

MPEG-4AVCでは、符号化処理を行うVCL(映像符号化層)と符号化された情報を伝送蓄積する下位層との間に仮想の層(レイヤー)を規定した

本表は 上位層が符号化情報、符号化条件を規定したパラメータセット を規定、

伝送蓄積には ファイル、実時間処理、ストリーム伝送、にそれぞれ適用が可能なようにフォーマットに自由度を持たせてある。

8-4 データ構造-1 MPEG-4/AVC Bit Stream Data



p. 51

◆ 解説

「データ構造-1:MPEG-4/AVC Bit Stream Data」

一般に、ストリーム伝送を行う場合にMPEG-2 システム規格を利用する。MPEG-2 システム規格ISO/IEC13818-1/2000/AMD3で、MPEG-4AVCのビットストリームを、TS、PSで伝送する場合の拡張規格を規定している。主な拡張内容は

- (1) アクセスユニットの構造を定義
- (2) デコーダモデルの拡張
- (3) 新しい記述子の規定
- (4) アクセスユニットのデコード・時間表示情報の取得法

そしてMPEG-2システムに適応させるために、Start Code を付加して構成したBSF (Byte Stream Format)を用いる。このBSFは NALユニットから構成される

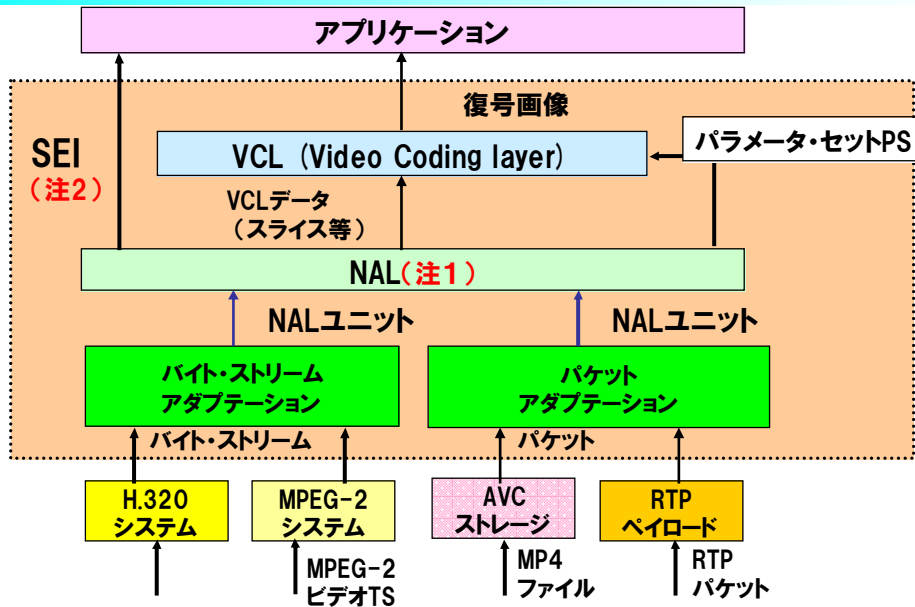
このNALユニットに各条件設定のNAL集めて アクセスユニットを作る

アクセスユニットにヘッダをつけて PES (Pocket size Elementary Stream)をつくり

MPWG-2 システムにマッピングする。

本図は、復号映像情報(シーケンス)層 その下位のアクセス・ユニット以下の構造を図で示したものである。

8-5 データ構造-2 Stream Decoder



注1: NALはシステムに依存しないように抽象化したもの

注2: SEI(Supplemental Enhancement Information)補助強化情報 画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 52

p. 52

◆ 解説

[データ構造-2: Stream Decoder]

本図は、システム デコーダにおけるシステムストリームの復号処理とその過程でのNALの役割、SEIの位置づけを示した

以下のスライドで、SEIとパラメータセットの役割を説明する

8-6 データ構造-3 パラメータ・セットの内容

パラメータセットは、シーケンスもしくはピクチャ単位の共通情報

(1)シーケンス・パラメータ・セット (SPS)

シーケンス単位の共通情報 IDR単位で更新される

画像サイズ、POCの符号化方法、フレーム／フィールド情報等が含まれる

(2)ピクチャ・パラメータ・セット(PPS)

ピクチャ単位の共通情報

ピクチャ単位で更新される

QP初期値、エントロピー符号化方法、重み付き予測の重み、

デブロックフィルタの強さなどが含まれる

(3)パラメータ・セットの従来のヘッダ情報との違い

更新されない限り再送不要

画素値の符号化データと別に符号化することも可能

(4)SPSおよびPPSとシーケンス、ピクチャの関連づけ

各スライスの先頭でPPSを特定するIDを符号化

PPSの中に対応するSPSを特定するIDを符号化

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 53

p. 53

◆ 解説

「データ構造-3:パラメータ・セットの内容」

パラメータセットは、シーケンスもしくはピクチャ単位の共通情報を記述したセット

(1)シーケンス・パラメータ・セット (SPS)

シーケンス単位の共通情報 IDR単位で更新される。画像サイズ、POCの符号化方法、フレーム／フィールド情報等が含まれている

(2)ピクチャ・パラメータ・セット(PPS)

ピクチャ単位の共通情報であり、ピクチャ単位で更新される。内容は、QP初期値、エントロピー符号化方法、重み付き予測の重み、デブロックフィルタの強さなどが含まれる

(3)パラメータ・セットの従来のヘッダ情報との違い

更新されない限り再送は不要の情報、画素値の符号化データと別に符号化する事も可能である。

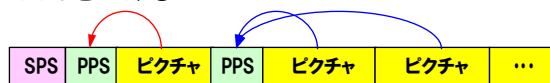
(4) SPSおよびPPSとシーケンス、ピクチャの関連づけ

* 各スライスの先頭でPPSを特定するIDを符号化

* PPSの中に対応するSPSを特定するIDを符号化

8-7 データ構造-4 ピクチャーパラメータ・セットの伝送方法

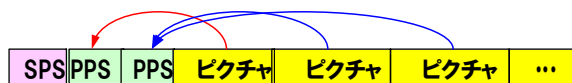
(1)各ピクチャにPPSをつける



SPS シーケンス・パラメータ・セット

(2)PPSを先頭にまとめる

PPS ピクチャ・パラメータ・セット



(3)PPSを別にする例



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 54

p. 54

◆ 解説

[データ構造-4: ピクチャーパラメータ・セットの伝送方法]

複数ピクチャーからシーケンスレイヤーを構成する段階で 符号化パラメータを伝送

する。符号化パラメータは、シーケンスに付帯する SPS (Sequence Parameter Set)とピクチャーに付帯するPPS (Picture Parameter Set)がある。

SPS;プロファイルやレベル等のシーケンスレイヤー全体に渡る符号化モード情報

PPS;エントロピー符号化モード、量子化パラメータ等のピクチャー全体の符号化情報

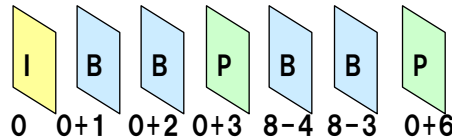
パラメータセットの伝送方法は3種類ある。

- (1) 各ピクチャにPPSをつける
- (2) PPSを先頭にまとめる
- (3) PPSを別にする例

8-8 データ構造-5 POC (Picture Order Count) (表示順序情報)

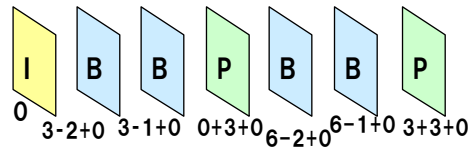
MPEG-4, AVCではビデオに時刻情報を含まない時刻情報は多重化システムで伝送するビデオでは表示順序番号(POC)のみを示す
POCの符号化の種類は用途に応じて3通りある

タイプ1
上位桁と下位桁に分けて符号化



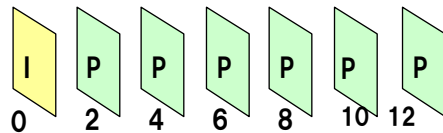
→ 伝送エラーに強い

タイプ2
①Pは直前のI/Pからの相対差分値(3)の差分値
②BはPからの相対差分値(-2, -1)の差分値



→ 圧縮率が高い

タイプ3
符号化順序で単純に増える



→ POC情報の符号化は不要
但し、Bピクチャの使用は出来ない

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 55

p. 55

◆ 解説

[データ構造-5: POC/Picture Order (ピクチャ順序情報)]

MPEG-4, AVCではビデオに時刻情報を含まない時刻情報は多重化システムで伝送する。ビデオ信号の復号ではピクチャーの表示順序(POC)のみを示す。

POCの符号化の種類は用途に応じて次の3通りある

タイプ1 : 伝送エラーに強い

上位桁と下位桁に分けて符号化する

タイプ2 : 圧縮率が高い

①Pは直前のI/Pからの相対差分値(3)の差分値

②BはPからの相対差分値(-2, -1)の差分値

タイプ3 : POC情報の符号化は不要 但し、Bピクチャーの使用は出来ない
符号化順序で単純に増える

8-9 データ構造-6 SEI 情報

(1)SEI (Supplemental Enhancement Information)はビデオのデコーダプロセスに無関係な情報

SEIは画素値の復号過程では無視しても良い
SEIには下記の情報が含まれている

- *表示や復号化開始のタイミングに関する情報
- *ランダム・アクセス開始位置に関する情報
- *重要な情報の再送など、エラー耐性向上に
- *利用可能な冗長な情報

(2)MPEG-4、AVCでは、

- ・画素値の復号化に必要なデータ(必須機能)
- ・無くても復号化できるが、あれば役に立つデータ(SEI)を明確に区別している

p. 56

◆ 解説

「データ構造6:SEI 情報」

(1)SEI (Supplemental Enhancement Information)はビデオの

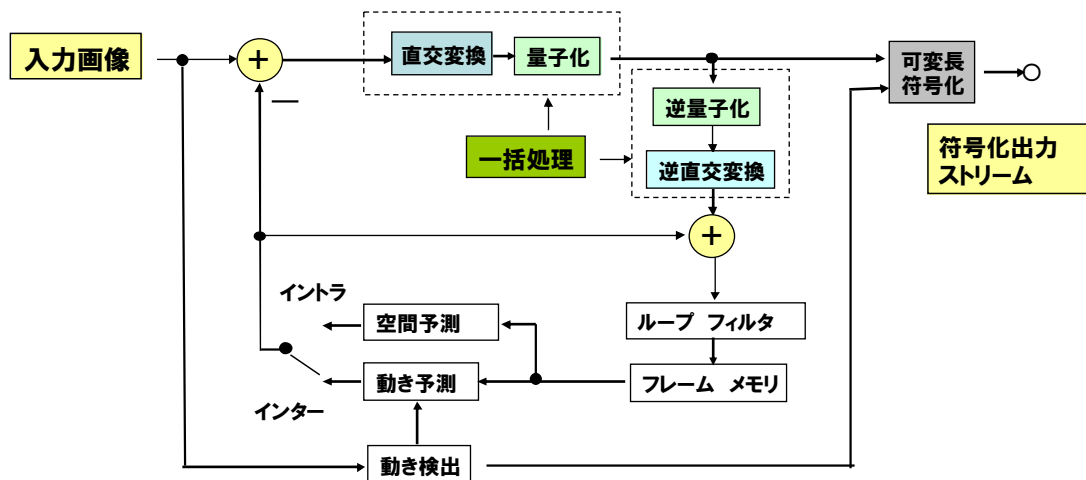
デコーダプロセスに無関係な情報であり、SEIは画素値の復号過程では無視しても良い。 SEIには下記の情報が含まれている

- *表示や復号化開始のタイミングに関する情報
- *ランダム・アクセス開始位置に関する情報
- *重要な情報の再送など、エラー耐性向上に
- *利用可能な冗長な情報

(2)MPEG-4、AVCでは、

- ・画素値の復号化に必要なデータ(必須機能)
- ・無くても復号化できるが、あれば役に立つデータ(SEI)を明確に区別している

9 MPEG-4AVC, H.264符号化方式の構成



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 57

p. 57

◆ 解説

[MPEG-4AVC,H.264符号化方式の構成]

MPEG-4 AVC 符号化の基本構成を示す。符号化方式の基本構成は MPEG-2 とほぼ同じである。異なる所は、空間予測とループフィルターとが付加されている点である。

高画質化を実現した要因は、以下である

(1) 動き補償と動き検出の改善

動き補償のブロックサイズ:16X16,,,8X8,,,4X4 合計7通り 動きの種類に応じて細かい動きベクトルの検出制御を可能にした

(2) 動き補償の精度向上

動き補償の精度は1/4 画素と細かい精度が可能(MPEG-2 は 1/2 画素)

(3) 画素補間のフィルタ

6 タップフィルターでブロックノイズを除去 (MPEG-2は2タップ)

(4) 直交変換と量子化

4X4 DCT 実数を採用、ノイズの拡散が少ない。周波数成分の分解能を上げるために 4X4DCTのDC成分を16X16 DCTに拡張している

(5) ループフィルタ

規格の内部に組み込み予測精度の向上を期待、半面、細かい図柄に影響

(6) 空間予測

既に符号化され、部分的に複合化された画素を利用し、4X4 画素或は16X16画素のマクロブロックを予測する。

(7) 可変長符号化(エントロピーコーディング)

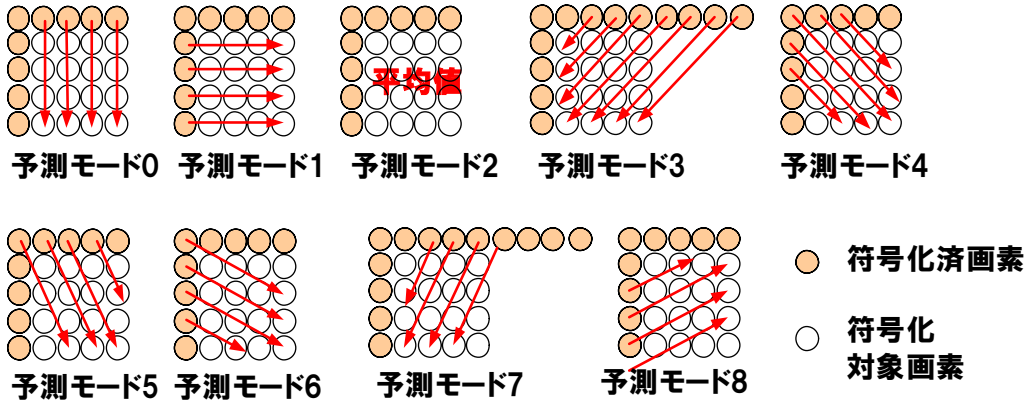
以下の2方式が選択利用できる

CAVLC (Context based Adaptive Variable Length Coding)

CABAC (Context based Adaptive Binary Arithmetic Coding)

9-1 フレーム内予測符号化-1 4x4画素

- 既に符号化済みの 上・左・左上・右上ブロックの画素値から4×4画素値を予測する
- 予測方向は、4×4画素単位で9通りの予測方向の中から選択する



p. 58

◆ 解説

[フレーム内予測符号化-1: 4x4画素]

一般に、動画像信号の性質として、対象画素に関しては、空間方向(画面内)や時間方向(連続フレーム)に、強い相関がある事は、良く知られている。そこで、画素間の相関性を利用しての予測する方式が、予測符号化方式であり、符号化すべき符号量の削減に効果がある。特に、同じフレーム内で、対象画像の周囲の画素情報を用いて、予測符号化する方式を、フレーム内予測符号(Intraframe Prediction)という。具体的には、符号化前の画素情報から、既に符号化した情報を用いてその差分を量子化する符号化方式である。

MPEG-2/4では、DCT係数を予測に使用しているが、MPEG-4AVCでは空間(画素)

上での予測を行う。従来、空間領域での予測は演算処理が多いとされて来たが、予測効率の向上が期待できる輝度信号、色差信号のそれぞれに、予測方式が定められている

本スライドは、16X16画素のマクロブロックを16個の4X4画素ブロックを予測符号化する9種類の予測方式を明示したものである。色の濃い部分が符号化済みの画素で

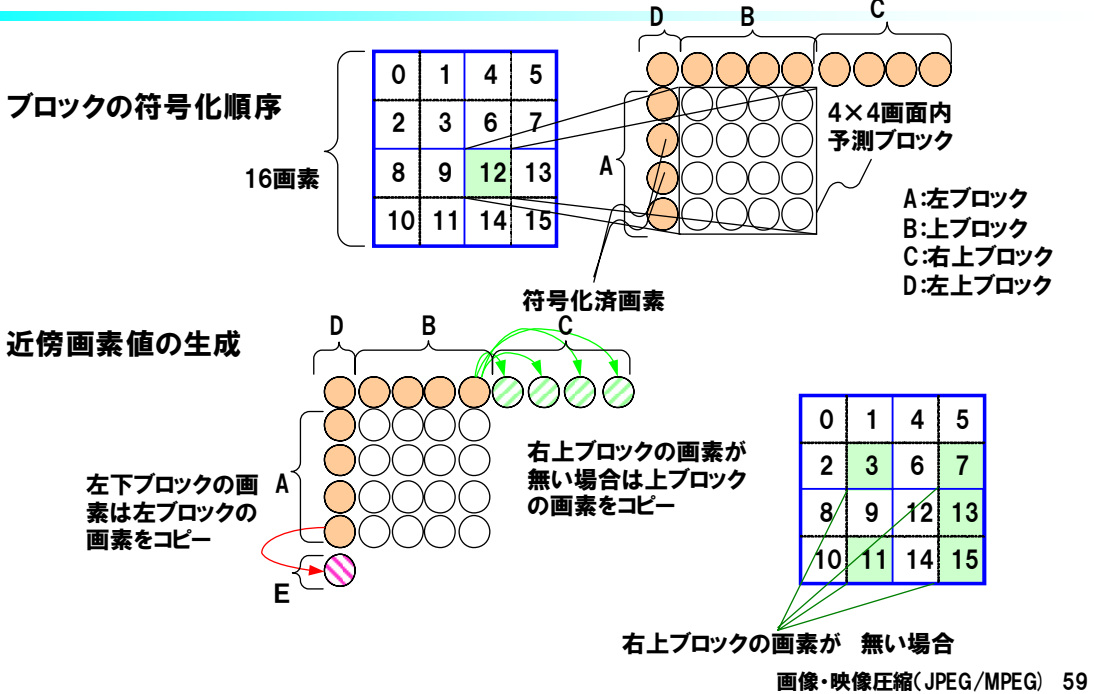
あり 矢印は予測方向を示す符号化演算処理は「50 ; MPEG-4AVC(H.264)符号化方式の構成」の処理方法を用いる。

モード0&1は、隣接画素をそのまま使うので演算処理は不要 エッジ画像に有効

モード2は、8画素平均値を予測に使う。DC成分の多い画像に有効

モード3-8は、隣接画像の2-3画素ごとに平均値を求め予測値として使用する
斜めエッジ画像に有効

9-2 フレーム内予測符号化-2 符号化順序



p. 59

◆ 解説

[フレーム内予測符号化-2 : 符号化順序]

MPEG-4 AVC Video 符号化では、フレーム内予測符号において、16個の4x4画素を予測符号する場合の符号化順序を示したものである

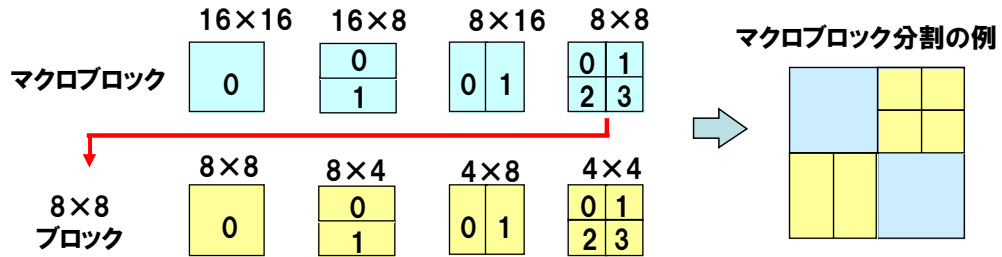
特に参照する画素がない場合には、それに相当する画素を作り出す方法が用意されている。参照する符号化画素がない場合には、図示のように、近傍画素の生成が行われる。図示のように 右上の画素がない場合は、上の画素を参照する。

9-3 : 動き補償-1 ブロックサイズ

動き補償を行うブロックサイズが以下の複数方式を選択

マクロブロックを 16×16 、 16×8 、 8×16 、 8×8 の4通りのブロックに分割

8×8 に分割された場合は、更に 8×8 、 8×4 、 4×8 、 4×4 のブロックに分割



小さな単位の動きは小さいブロックで動き補償して予測誤差を削減、
大きな単位の動きは大きなブロック単位で動き補償し
動き情報の符号量(動きベクトル)を節約

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 60

p. 60

◆ 解説

[動き補償ブロックサイズ]

動き補償ブロックサイズは 以下の複数方式を選択し適用する

(1) マクロブロックを 16×16 、 16×8 、 8×16 、 8×8 の4通りのブロックに分割

(2) 8×8 に分割された場合は、更に 8×8 、 8×4 、 4×8 、 4×4 のブロックに分割

具体的には

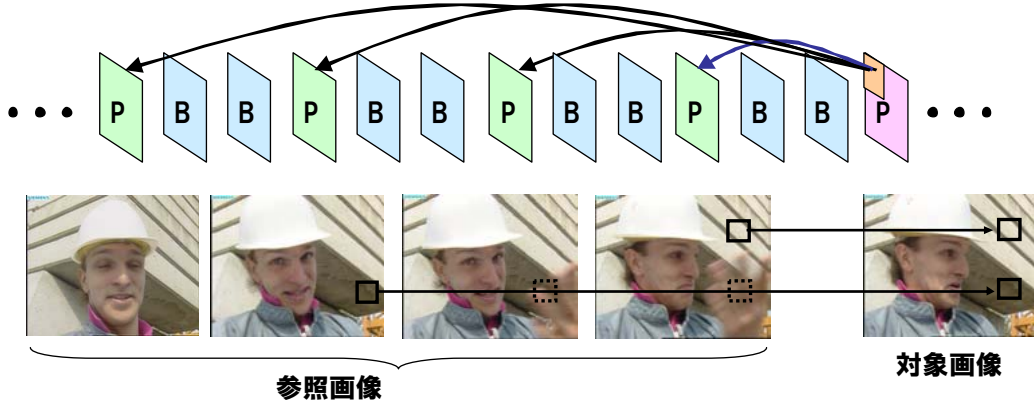
小さな単位の動きの場合は 小さいブロックで動き補償して 予測誤差を削減する

大きな単位の動きは 大きなブロック単位で動き補償し、動き情報の符号量

(動きベクトル)を節約し、結果的に符号化効率を上げる

9-4 動き補償 -2 複数ピクチャの参照 Pピクチャ

Pピクチャで、複数ピクチャの参照を行う直前のフレームだけでなく、
最大15フレームの中から任意のピクチャを参照



例：前景で隠れたブロックは、隠れる前の画像を参照して予測の精度を上げる

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 61

p. 61

◆ 解説

[動き補償-2: 複数ピクチャの参照 Pピクチャ]

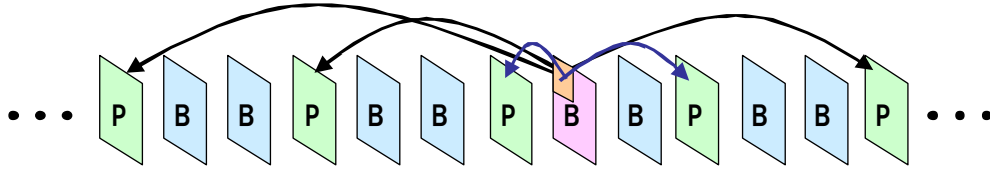
MPEG-2, MPEG-4 の場合のPピクチャでは、直前のPピクチャからの情報で動き補償をしていた。MPEG-4 AVCでは、より、動き補償の精度を上げるために、複数の

ピクチャを参照して参照ピクチャ番号に応じての最適なピクチャからブロックごとに予測を行う。参照ピクチャは最大15ピクチャまで遡ることが出来る。

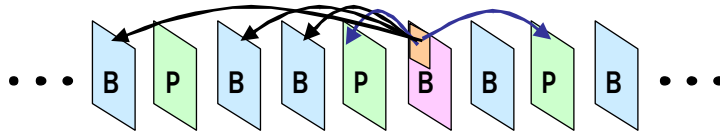
複数参照ピクチャ方式の効果として、前景で隠れたブロックは、隠れる前の画像を参照して予測の精度を上げる等の精度向上がある。

9-5 ; 動き補償 -3 Bピクチャの複数ピクチャの参照

直前・直後に限らず、最大合計15フレームから任意のピクチャを参照可能



Bピクチャも参照画像として、参照が可能



p. 62

◆ 解説

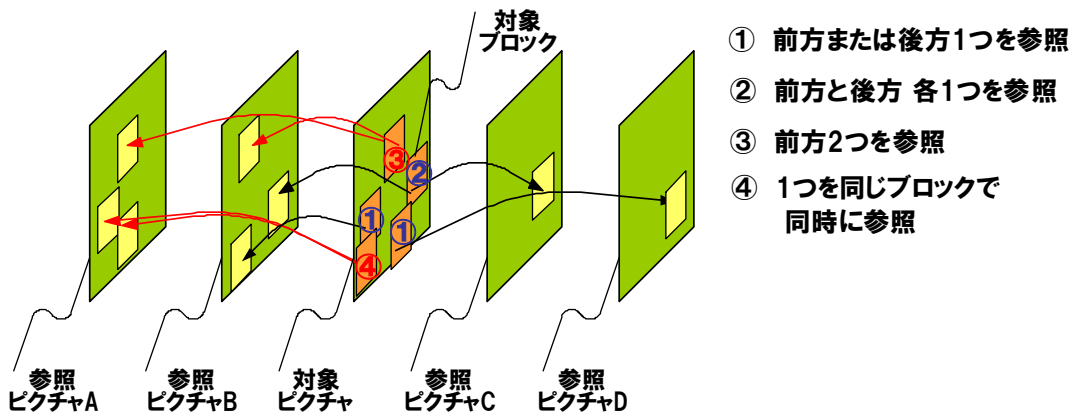
[動き補償-3:Bピクチャの複数ピクチャの参照]

MPEG-2 のBピクチャでは、前方1枚、後方1枚の、参照ピクチャを用いて、2枚のピクチャの平均値を予測ピクチャとし、対象とする参照ピクチャとして予測ピクチャとの差分を符号化するものであった。

MPEG-4 AVCでは、前方、後方の2つのピクチャを参照する方式を拡張して、前方や後方の任意の2枚 或は1枚のピクチャを参照に使えるように大幅に制限を緩和した。

9-6 ; 動き補償-4 B ピクチャ参照方向

Bピクチャで画面間予測の参照方向を選択前方・後方に限らず、ブロック単位で任意の2枚を選択して参照可能同じピクチャを同時に2回参照することも可能



注:MPEG-1やMPEG-2では、前方1枚、後方1枚のみが参照可能であった

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 63

p. 63

◆ 解説

[動き補償-4 : B ピクチャ参照方向]

Bピクチャでは、画面間予測の参照方向を選択できる

前方・後方に限らず、ブロック単位で任意の2枚を選択して参照が可能

更に、同じピクチャを同時に2回参照することも可能

参照方法は以下の4つ

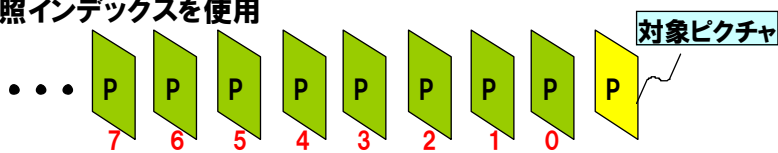
- ① 前方または後方1つを参照する
- ② 前方と後方 各1つを参照する
- ③ 前方2つを参照する
- ④ 1つを同じブロックで同時に参照する

9-7: 動き補償-5 参照インデックスの割り当て

複数の参照ピクチャから、参照する 1枚 のピクチャを
特定するために、参照インデックスを使用

Pピクチャの符号化

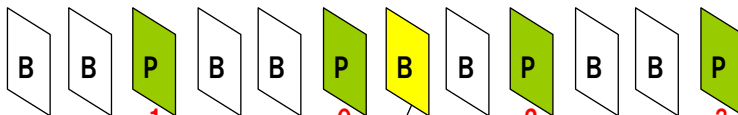
Pピクチャの符号化は
ストリーム順



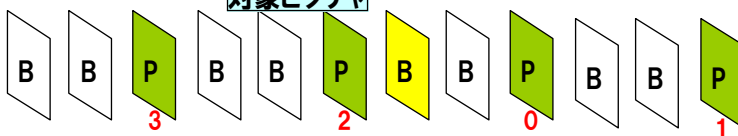
Bピクチャの符号化

Bピクチャの符号化
はPOC表示順

1番目の参照インデックス



2番目の参照インデックス



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 64

p. 64

◆ 解説

[動き補償-5: 参照インデックスの割り当て]

MPEG-4 AVCでは、複数の参照ピクチャの候補から、ブロック単位で任意のピクチャを参照して画面間の予測をする。従って、ブロックごとに、どこの参照ピクチャを使ったかを特定し、復号処理に示す必要がある。そこで、参照する1枚のピクチャを特定するために、参照インデックスを使用する

(1) Pピクチャの符号化

Pピクチャの復号で使用する参照ピクチャのインデックス割り当てでは、ストリームの復号順で、後の方のピクチャに小さい番号が割り当てられる。即ち、一番最近に復号された参照ピクチャは 0 が割り当てられる

(2) Bピクチャの符号化

Bピクチャの予測では、前方予測と後方予測があるので インデックスが異なる

参照ピクチャのインデックス番号は、前述のPOC (Picture Order Count) の順序になる

前方予測の場合には、表示順序で対象ピクチャの前方のピクチャに対して、対象ピクチャに近いほど小さい参照インデックス番号が割り付けられる

後方予測の場合には対象ピクチャの後方のピクチャに対して、対象ピクチャに近いほど小さいインデックス番号が割り当てられる。次に、表示順序で、対象ピクチャの前方のピクチャに対して 対象ピクチャに近いほど 小さいインデックス番号が割り当てられる。

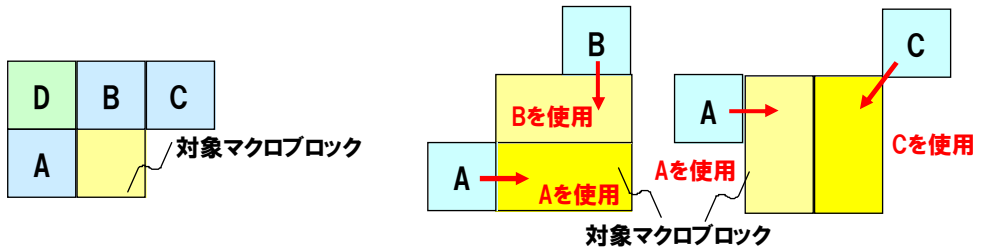
9-8 動き補償-6 動き情報の予測

動き情報は近傍のブロックA,B,C,Dの動き情報から予測する動きベクトルブロックA,B,Cの動きベクトルのメディアン(中央値)Cが符号化されていない場合は、Cの代わりにDを使用

参照インデックス

ブロックA,B,Cの参照インデックスの最小値 Cが符号化されていない場合は、Cの代わりにDを使用

動き補償サイズが 16×8 または 8×16 で参照インデックスが一致する場合は、A,B,Cの動きベクトルを直接使用



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 65

p. 65

◆ 解説

[動き情報の予測]

動き情報は、対象ブロック近傍のブロックA,B,C,Dの動き情報から予測する

(1) 動きベクトル

ブロックA,B,Cの動きベクトルのメディアン(中央値)を予測ブロックとして使用する。

Cが符号化されていない場合は、Cの代わりにDを予測ブロックとして使用する

(2) 参照インデックス

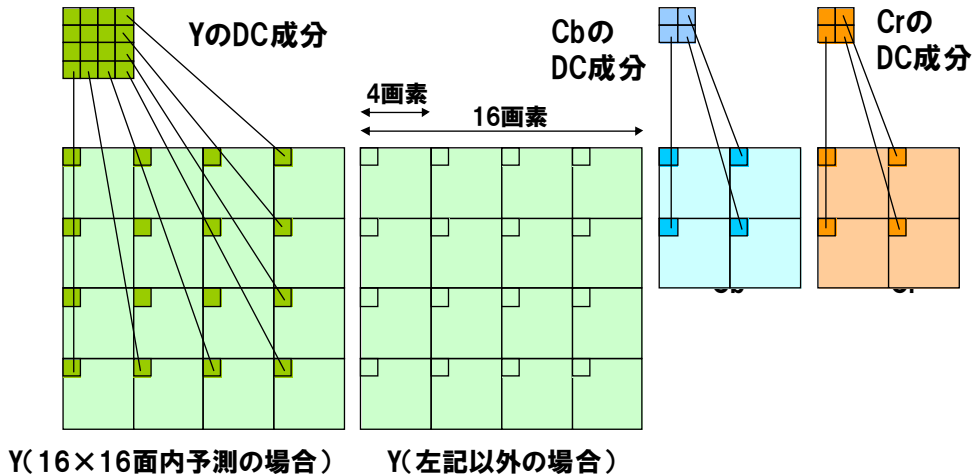
ブロックA,B,Cの参照インデックスの最小値とする

Cが符号化されていない場合は、Cの代わりにDを使用する

動き補償サイズが 16×8 または 8×16 で参照インデックスが一致する場合は、A,B,Cの動きベクトルを直接使用する。

9-9 直交変換とマクロブロック構造

- ブロックの大きさは4×4画素単位
- 16×16画面内予測および色差信号のDC成分のみを集め、更にDC成分のブロックを構成



p. 66

◆ 解説

[直交変換とマクロブロック構造]

MPEG-4 AVCでは DCTのマクロブロック構造は 4×4画素単位の DCTが用いられる。これによって、点々と広がるスポットノイズ(モスキートノイズとも言う)の拡散が

8X8DCT(MPEG-2)に比べて、かなり抑圧されることが実験によって確認されている。

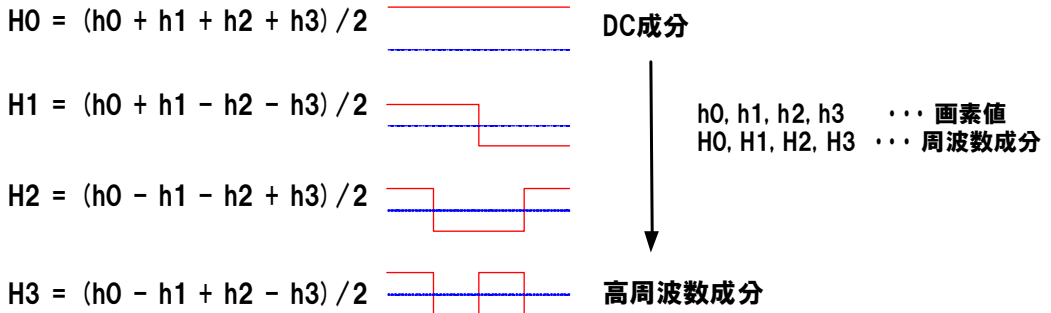
一方、DCTの周波数分解能は半分以下になるので、4X4より大きなオブジェクトに関してはマクロブロックの相関が取れず、8X8DCTに較べて、効率が悪くなる。

この不利を補う方法として、面内符号化の場合では 4X4 マクロブロックのDC成分を16個まとめて もう一度 アダプティブ変換を行い、空間周波数分解能の改善を行っている

9-10 MPEG-4 AVCで用いるアダマール変換

- DC成分の直交変換はアダマール変換 (Hadamrd Transform) を使用
 - アダマール変換は、加減算のみで計算できる、最も簡単な直交変換
 - アダマール変換は直交変換と逆直交変換が一致する

アダマール変換成分 入力信号



p. 67

◆ 解説

[MPEG-4 AVCで用いられるアダマール変換]

4X4 画素のDC成分ブロックの直交変換はアダマール変換(Hadamrd Transform)を使用する

アダマール変換は、加減算のみで計算できる、最も簡単な直交変換である

アダマール変換は直交変換と逆直交変換が一致する 即ち、逆変換も同じアダマール変換になる。これで元のデータが復元される

9-11 整数DCT変換

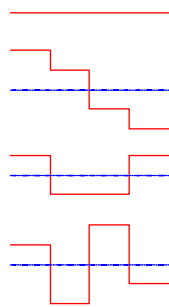
- AC成分の直交変換は整数精度DCTを使用している
 - 整数精度DCTは、加減算とシフトのみで計算できる、簡単な直交変換
 - 逆DCT変換も、加減算とシフトのみで計算可能
 - 正規化定数(1/√10など)の乗算は、量子化・逆量子化で実施

$$D0 = (d0 + d1 + d2 + d3) / 2$$

$$D1 = (2d0 + d1 - d2 - 2d3) / (\sqrt{10})$$

$$D2 = (d0 - d1 - d2 + d3) / 2$$

$$D3 = (d0 - 2d1 + 2d2 - d3) / \sqrt{10}$$



DC成分

d0, d1, d2, d3 ... 画素値
D0, D1, D2, D3 ... 周波数成分

逆DCT変換

$$\begin{aligned} d0 &= (D0 + D1' + D2 + D3') / 2 \\ d1 &= (D0 + D1' / 2 - D2 - D3') / 2 \\ d2 &= (D0 - D1' / 2 - D2 + D3') / 2 \\ d3 &= (D0 - D1' + D2 - D3') / 2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{ここで } D1' &= D1 \sqrt{8} / \sqrt{5} \\ &= D3 \sqrt{8} / \sqrt{5} \end{aligned}$$

高周波数成分

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 68

p. 68

◆ 解説

[整数DCT変換]

MPEG-4 AVCでは AC成分の直交変換は整数精度DCTを採用している
MPEG-2 Video では8X8画素、実数DCT符号小数点演算である。この処理方法は
フレーム間演算処理が続くと、演算処理誤差が重なり、色彩が変化する可能性がある。MPEG-4 AVCでは、
4X4DCTの整数演算では16ビット精度の演算で処理するので、計算負荷が軽い上に、上記の問題は発生しない

整数演算は以下の利点がある

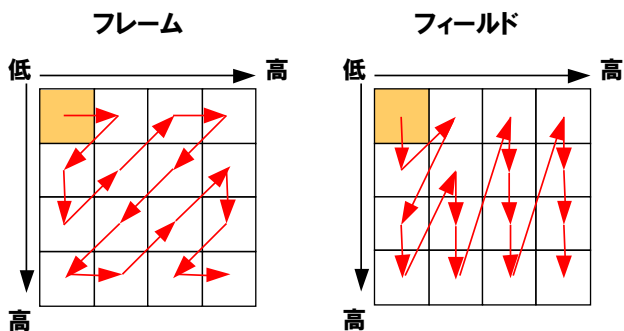
- (1) 整数精度DCTは、加減算と2倍のビットシフトのみで計算できる、簡単な直交変換である
- (2) 逆DCT変換も、加減算と2倍の掛け算のみで計算可能
- (3) 正規化定数(1/√10など)の乗算は、量子化・逆量子化で実施

一方、実数部のみので演算であるので、厳密な直交性はない。また、8X8 DCTに比べてDC成分付近にエネルギーが集中する度合いは低く、符号化効率は悪くなる。

また、ブロック付近での歪みも増える傾向にある。その為に、後述のループフィルター(デブロッキングフィルター)を入れてノイズを抑圧している。

9-12 : 直交変換 ジグザグスキャン

- DC成分から高周波数成分の順番に、データを並べ替える
 - 高周波数成分は係数の大きさが小さいため、圧縮が容易になる
- ジグザグスキャンの順序は、フレーム符号化の場合とフィールド符号化(インターレース)の場合で切り替える



フィールドの方が、フレームの場合よりも垂直方向の相関が大きいため、切り替えて圧縮率が向上

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 69

p. 69

◆ 解説

[直交変換 ジグザグスキャン]

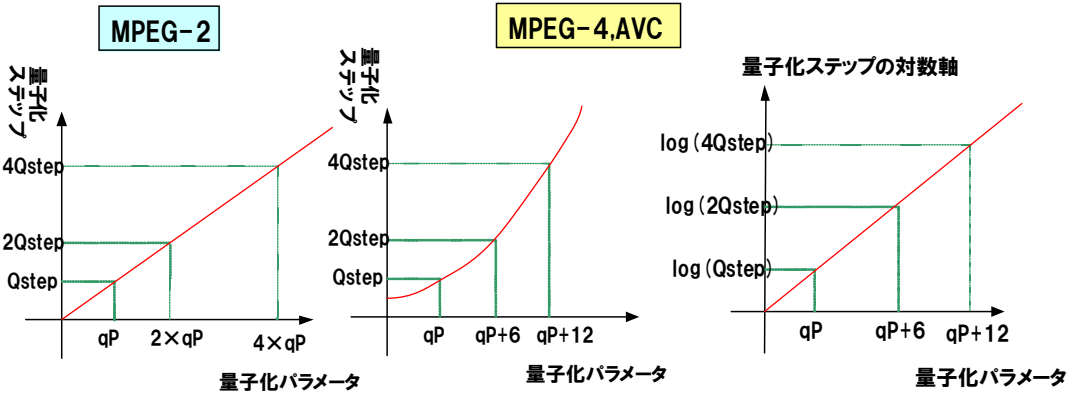
ジグザグスキャンは 4×4 DCTのDC成分から高周波数成分の順番に、データを並べ替える目的で用いられる一般画像では、高周波数成分は係数の大きさが小さいため、圧縮が容易になる

ジグザグスキャンの順序は、フレーム符号化の場合とフィールド符号化(インターレース)の場合で、切り替えて使用する

この理由は、フィールドの方が、フレームの場合よりも垂直方向の相関が大きいため、切り替えて使うことで、総合的に見て圧縮率が向上するためである。

9-13 量子化-1 パラメータと量子化ステップ

- MPEG-4 AVCでは量子化パラメータ (qP)と量子化ステップ(Qstep)が比例しない、**非線形量子化**
 - MPEG-2では、qPとQstepが比例する、**線形量子化**
 - AVCではqPとQstepの対数が比例 qPが6増加すると、Qstepが2倍になる



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 70

p. 70

◆ 解説

[量子化パラメータと量子化ステップ]

直交変換した成分に対して量子化ステップで割り算し、結果を整数に丸める処理

が量子化である。逆に、量子化値に量子化ステップを掛け算して、元の直交変換した成分に戻す処理が 逆量子化である

MPEG-4AVの、量子化パラメータ qP と量子化ステップの関係を図で示す

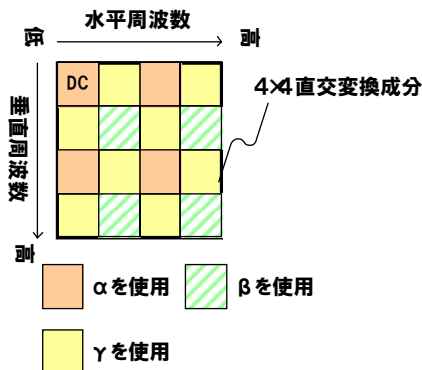
MPEG-4AVCでは量子化ステップを直接符号化するのではなく、量子化パラメータ qP を符号化し、この qP から量子化ステップを割り出す。

図示のごとく、量子化パラメータ qP と量子化ステップの対数が比例する。この結果

量子化パラメータ qP とSN比が比例することになり、SN変化量とが比例関係になった。

9-14 量子化-2 逆量子化

- 乗算回数を削減するために、逆DCTの正規化係数を予め量子化ステップに乘算した値で逆量子化する
 - 正規化係数が異なるため、周波数係数毎に異なる値(α 、 β 、 γ)を乗算
 - qPが6増えるとQstepが2倍
 - ステップ1: qPを6で除算した余りで逆量子化
 - ステップ2: qPを6で除算した商だけ逆量子化値をビットシフト



qP % 6	α	β	γ
0	10	16	13
1	11	18	14
2	13	20	16
3	14	23	18
4	16	25	20
5	18	29	23

%は除算の余りを示す記号

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 71

p. 71

◆ 解説

[量子化-2:逆量子化]

乗算回数を削減するために、逆DCTの正規化係数を予め量子化ステップに乘算した値で逆量子化する
正規化係数が異なるため、周波数係数毎に異なる値(α 、 β 、 γ)を乗算

qPが6増えるとQstepが2倍となる

ステップ1: qPを6で除算した余りで逆量子化

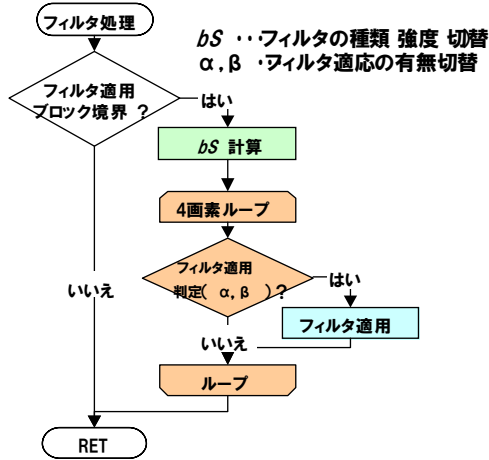
ステップ2: qPを6で除算した商だけ逆量子化値をビットシフト

ここで、正規化係数とは、DCTの前後で信号の電力(係数お2乗の総和)の大きさが
変化しないように補正する係数を言う

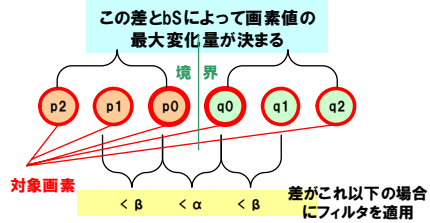
9-15 ループ フィルタ (デブロッキング フィルタ)

低ビットレート符号化で特に顕著に発生するブロック歪みを除去する目的。
 ブロック単位符号化では、顕著な画質劣化と認識され、ブロック境界の歪を
 適応的に除去する

フィルタ処理のフロー



α, β とフィルタの関係



*bS*とフィルタの関係

<i>bS</i>	p0, q0	p1, q1	p2, q2	注意
0	なし	なし	なし	
1	あり	あり	なし	<i>bS</i> によって、画素値の最大変化量が変わる
2			なし	
3			なし	
4	あり	あり	あり	最強のフィルタをかける

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 72

p. 72

◆ 解説

[ループ フィルタ (デブロッキング フィルタ)]

デブロック・フィルタとは、ブロック歪みを復号信号から除去する目的に組み込まれるフィルターである。このフィルターの機能は、ブロック単位の符号化で顕著な画質劣化を示すブロック境界の歪を適応的に除去するものである。

MPEG-2の場合は、ブロック歪み除去は、後処理機能として標準から除外し 実装課題としたが、**MPEG-4 AVC**の場合は、低ビットレート処理において、参照画像のブロック歪みが、予測に悪影響を与えるので、符号化ループの中に入れ、必須項目としている。一方、マイナス効果として、解像度の低下は免れない。

ループフィルタは、ユーザ指定で**3**通りの方法を選択可能である

- (1) ブロックやマクロブロックの境界でデブロック処理を行う
- (2) マクロブロック境界のみにデブロック処理を行う
- (3) デブロック処理をしない

ループフィルターの強度は復号信号の状況に応じて、強度が適応的に変化する

- 強度4: イントラ マクロブロック境界 最強
- 強度3: イントラ マクロブロック内のブロック境界
- 強度2: 輝度信号ブロック境界
- 強度1: 予測の参照画像が異なる ブロック境界
- 強度0: 上記以外

9-16 VLC 2個の変長符号化(CAVLCとCABAC)

- 圧縮率を向上するために、新しく2つの技術を導入
 - 符号化済の情報に基いて(Context)、圧縮率が高くなるように符号化方法を適応的(Adaptive)に切替える
 - 符号化順序は、以下の2通りを切り替えて使用する
 - *ジグザグスキャンの順序
 - *逆ジグザグスキャンの順序
- 目的に応じて、2通りの符号化方法をピクチャ単位で切替える
 - CAVLC(Context-Adaptive Variable Length Coding)
 - 複数の可変長符号化テーブルを適応的に切替える
 - CABAC(Context Adaptive Binary Arithmetic Coding)
 - 複数の確率モデルを有する算術符号を適応的に切替える
 - 確率モデルを符号化済情報に基いて逐次更新し、どのような画像にも確な確率モデルが適応できるようにする

CABACは演算量が多いが、CAVLCよりも10%程度圧縮率が高い

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 73

p. 73

◆ 解説

[VLC-3: 2つの可変長符号化(CAVLCとCABAC)]

圧縮率を向上するために、新しく2つのエントロピー符号化技術を導入した。

符号化済みの情報に基いて(Context)、圧縮率が高くなるように符号化方法を適応的(Adaptive)に切替える
符号化順序は、以下の2通りを使用

*ジグザグスキャンの順序

*逆ジグザグスキャンの順序

次いで、ゴロム符号を効果的に、且つ、総符号量を削減するために、符号化の目的に応じて、2通りの符号化方法をピクチャ単位で切替える

CAVLC(Context Adaptive Variable Length Coding) (低ビットレートがターゲット)

複数の可変長符号化テーブルを適応的に切替える

CABAC(Context Adaptive Binary Arithmetic Coding)(高ビットレートがターゲット)

複数の確率モデルを有する算術符号を適応的に切替える

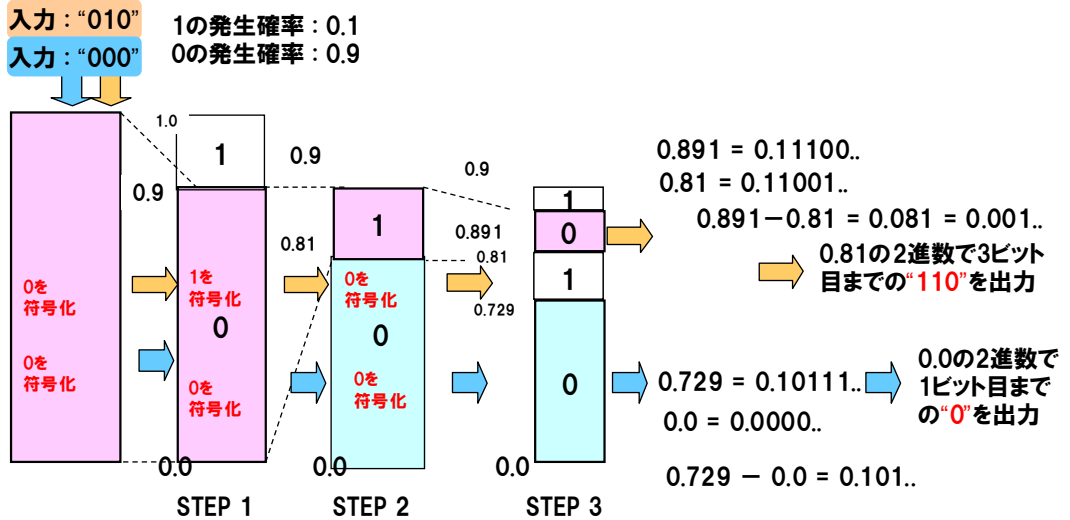
確率モデルを符号化済情報に基いて逐次更新し、どのような画像にも

確率モデルが摘要できるようにする

CABACは演算量が多いが、CAVLCよりも10%程度、圧縮率が高い

9-17 VLC 算術符号化

- 0から1までの区間を生起確率で分割
- 発生した値(0または1)の区間を、更に分割
- 分割区間の大きさに応じたビット数で、区間の代表値を符号化



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 74

p. 74

◆ 解説

[VLC-6: 算術符号化]

算術符号化はMPEG-4でもオブジェクトの切り出しに用いられている。ここでは簡単に算術符号化の考え方を記述する。

MPEG-4AVCのCABACで用いられている2値算術符号化は、予め2値信号が与えられていることが条件になる。その上で、入力信号に応じて、0.0から1.0の間を生成確率で狭めてゆく。図の場合、Step1で0の生成確率が0.9であれば、1の生成確率は0.1になる。0が符号化された場合、前の生成確率が0.9なのでStep2で0の生成確率は $0.9 \times 0.9 = 0.81$ になる。この様にして 順次Stepを更新してゆく。符号化はこのStepを2進数表現する

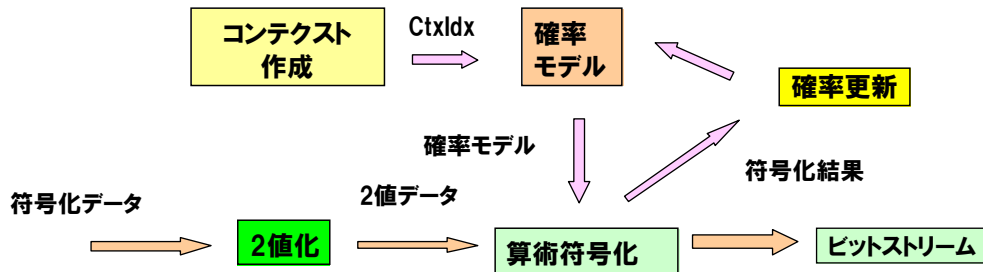
9-18 VLC CABACの符号化構成

ステップ1: 符号化データを2値化する

ステップ2: 符号化済情報から符号化対象の予測確率(CtxIdx)を切替える

ステップ3: 選択したCtxIdxの確率モデルで符号化する

ステップ4: 符号化した結果で、CtxIdxの確率モデルを更新する



画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 75

p. 75

◆ 解説

[VLC-7: CABACの符号化構成]

CABACにおける算術符号化方式の適用ステップを図で示した

即ち、

ステップ1: 符号化データを2値化する

ステップ2: 符号化済情報から符号化対象の予測確率(CtxIdx)を切替える

ステップ3: 選択したCtxIdxの確率モデルで符号化する

ステップ4: 符号化した結果で、CtxIdxの確率モデルを更新する

10 : 画質主観評価比較

MPEG-4

MPEG-4 AVC/H.264



画像サイズ : QVGA
ビットレート : 180 Kbits/秒
フレームレート: 15フレーム/秒

11 MPEG-4AVC規格の拡張

主として画質性能向上の為 2004年7月から本格的な作業開始
FRExt (Fidelity Range Extension)、4プロファイルの追加

- (1)色空間の拡張
 - 4:2:0 オリジナルAVC 映像信号の色空間
 - 4:2:2 コンポーネントビデオ用の色空間
 - 4:4:4 RGB対応、主として業務用(例;デジタルシネマ)
- (2)諧調性の拡張
 - 8bit オリジナルAVC 映像信号の諧調
 - 10bit CG等の表現力の拡張
 - 12bit HD放送等の業務用
- (3)DCTサイズ
 - DCTサイズ4x4 を HD8x8 に拡張、用途は、主として高画質DVD
- (4)階層符号化(審議中)
- (5)3D(立体) マルチビュー 符号化(審議中)

p. 77

◆ 解説

[MPEG-4AVC規格の拡張]

主として画質性能向上の為 2004年7月から本格的な規格の拡張作業を開始
先ず FRExt (Fidelity Range Extension)を着手、次いで 4プロファイルを追加

- (1)色空間の拡張
 - 4:2:0 オリジナルAVC 映像信号の色空間
 - 4:2:2 コンポーネントビデオ の色空間整備
 - 4:4:4 RGB対応、主として業務用(例えば、デジタルシネマ等)
- (2)諧調性の拡張
 - 8bit オリジナルAVC 映像信号の諧調
 - 10bit CG等の表現力の拡張
 - 12bit HD放送等の業務用のダイナミックレンジ拡大
- (3)DCTサイズ
 - DCTサイズ4x4 を HD8x8 に拡張、主な用途は、高画質DVDやHD放送
高ビットレートでの ノイズ削減(SNRの向上)
- (4)階層符号化
- (5)3D符号化

11-1 MPEG-4 AVC / H.264 の実用化

- **固定端末(家庭)向けデジタルTV放送**
 - 欧州デジタルTV放送の規格化団体(DVB)は、MPEG-4AVCを採用
 - HDTV 720P 50Hz 欧州地上波デジタルTV
- **モバイル向けデジタル放送**
 - 日本では2006年に携帯端末向けのワンセグ放送を開始
 - 韓国や欧州でも放送の符号化方式として採用
- **次世代DVDメディア**
 - HDTVコンテンツが記録された次世代DVDの規格BDおよびHD-DVDとも、H.264/AVCを採用
- **第3世代移動体通信**
 - 携帯電話の国際規格化組織である3GPPがH.264/AVCを採用

画像・映像圧縮(JPEG/MPEG) 78

p. 78

◆ 解説

[MPEG-4 AVC / H.264 の実用化]

MPEG-4 AVC(ITU-T H.264)の実用化が始まった。ワンセグ等の携帯向けデータ放送などに用途が広がる。主な用途は

固定(家庭)向けデジタル放送

欧州デジタル放送の規格化団体(DVB)は、H.264/AVCも採用
HDTV 720P 50Hz 欧州地上波デジタルに適用

モバイル向けデジタル放送

日本では2006年に携帯端末向けのワンセグ放送開始
韓国や欧州でもデジタル放送の符号化方式として採用

次世代DVD符号化方式

HDTVコンテンツが記録された次世代DVDの規格に採用
BDおよびHD-DVDとも、H.264/AVCを採用

第3世代移動体通信

携帯電話の国際規格化組織である3GPPがH.264/AVCを採用

- 1 画像符号化方式の原点はライン相関から始まった
- 2 自然画像と人間の視覚の特性を利用
- 3 MPEG動画画像符号化の原点は「DCT+MC」
- 4 環境が変われば符号化方式も変わる
- 5 アプリケーションを大切に
- 6 高能率符号化方式の将来は

p. 79

◆ 解説

まとめ

- 1;画像符号化方式の原点はライン相関から始まった
- 2;自然画像と人間の視覚の特性を利用
- 3;MPEG動画画像符号化の原点は「DCT+MC」
- 4;環境が変われば符号化方式も変わる
- 5;アプリケーションを大切に
- 6;高能率符号化方式の将来は

問題1: MPEG-1、2に比べてMPEG-4 映像符号化方式の技術的特徴を述べよ

問題2: MPEG-4 映像符号化方式に採用されたオブジェクト符号化方式の切り出しに用いられる符号化技術を述べよ

問題3: MPEG-4 及びMPEG-4 AVC等で採用されたプロファイルの目的と役割について述べよ

問題4: 映像符号化方式の誤り耐性ツールを複数列挙し、各々の特徴を述べよ

画像圧縮技術解説

- “マルチメディア符号化の国際標準”安田 浩 編著 丸善、1991
- “MPEG”総合マルチメディア選書“ 安田 浩 等 TV学会編、1996
- “デジタル画像圧縮の基礎” 安田、渡辺、日経BP出版、1996
- “標準MPEG教科書”安田、藤原 監修、アスキー、2003
- “画像圧縮技術のはなし” 堀内、有村 監修、工業調査会、1994
- “MPEG-4のすべて”三木編著“、工業調査会、1998
- “H.264/MPEG-4AVC教科書”大久保 監修、インプレス、2004
- “動画像の高能率符号化” 小野、村上、浅井、オーム社、2005
- “わかりやすいJPEG/MPEG2の技術” 小野、鈴木、オーム社、2001

圧縮応用システム解説

- “実践MPEG教科書” 藤原 監修、アスキー、1995
- “H.323/MPEG-4教科書”大久保、川島慣習 IEインスティテュート、2001

標準書

- ISO/IEC 13818-2(MPEG-2 Video)
- ISO/IEC 14496-2 (MPEG-4 Video)
- ISO/IEC 14496-1 (MPEG-4 System)
- ISO/IEC 14496-10 (MPEG-4 AVC Video)
- ISO/IEC 15444-3 (Motion JPEG)