

知っておきたいキーワード

階層符号化(スケーラブル符号化)

正会員 角野 眞也†

†松下電器産業株式会社 IPコミュニケーションシステム開発室

"Scalable Coding" by Shinya Kadono (IP Communication Systems Development Office, Matsusita Electric Industrial Co., Ltd., Osaka)

キーワード: 画像符号化, スケーラビリティ, 階層符号化, MPEG

階層符号化とは?

画像や音声を含む符号化された映像データは、ネットワークを介して受信機に伝送され、受信機で復号されます。しかしながら、世の中のネットワークには、高レートの伝送路である光ファイバや、低レートの伝送路である無線通信など、多様な伝送レートの通信路が混在しています。このように異なるレートが混在するネットワークで映像データを伝送することを考えてみましょう。

図1 (a) は、階層符号化を用いない伝送の例です。高レートで伝送可能な大画面テレビには、高レート用の符号化器で符号化した高レート用データを伝送し、低レートの携帯端末には、低レート用の符号化器で符号化した低レート用データを伝送します。このように、ネットワークのレート毎に個別に映像データを伝送する方式を、サイマルキャスト (Simulcast) と呼びます。

図1 (b) は、階層符号化を用いた伝送の例です。階層符号化では、階層符号化器によって一つの映像データに符号化します。この映像データには、基本階層データL0、第1階層データL1、

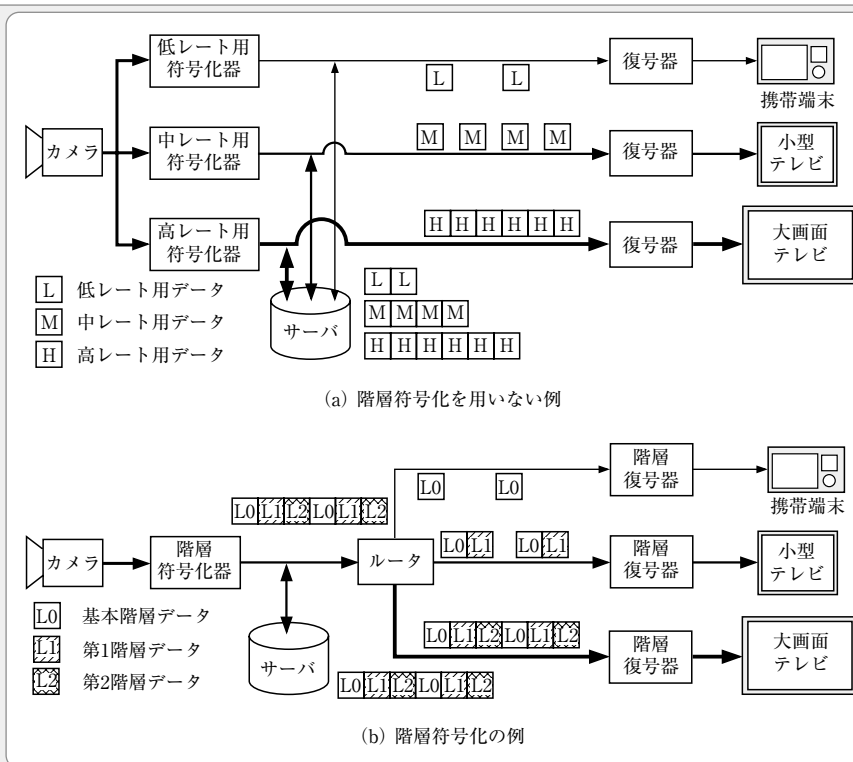


図1 ネットワークでの映像符号化と伝送例

第2階層データL2を含みます。階層符号化とは、L0のみを復号すると低品質、L0とL1を復号すると中品質、L0、L1、L2のすべての映像データを復号すると高品質の復号映像が得られる符号化方式です。階層符号化は、スケーラブル符号化 (Scalable Coding) と

とも呼ばれています。低レートの伝送路ではL0のみを伝送して復号し、高レートの伝送路ではL0、L1、L2のすべての映像データを伝送して復号します。

図1 (b) の階層符号化では、

☞ 図1 (a) の非階層符号化と比べ、「符号化器が一つでよい」、「符号化器から伝送する全映像データ量、および映像配信用に映像データを記録・保存するサーバの容量が少ない」という長

所があります。短所は、「階層符号化に対応した特別な復号器が必要な場合がある」ということです。

階層符号化には、「時間階層符号化」、「空間階層符号化」、「SNR階層符号化」

の三つがあります。以下、動画像符号化を例にして、それぞれの階層符号化について説明します。

時間階層符号化

図2 (a) は、MPGE-2¹⁾⁴⁾ でよく使われる符号化のフレーム予測構造です。I0~P6は、この時間順序で表示される画面です。MPEG-2では、画面内の画素値のみを符号化するIフレーム、符号化した前方の画面との差分を符号化するPフレーム、符号化した前方と後方の両画面との差分を符号化するBフレームがあります。図2 (a) の矢印は、符号化の際に差分をとるために必要な画面を示しています。復号する際には、画面との差分を加算していきますので、復号したい画面の矢印が指している画面が復号されている必要があります。

さて、I0~P6のすべての画面を復号すると正しい映像に復号できますが、I0、P3、P6とグレーの画面のみを復

号すればグレーの画面の矢印が指す画面はすべて復号できます。すなわち、グレーの画面のみの画像データで、グレーの画面が正しく復号できることになります。このように、時間順序で一部の画面のみを抽出して復号できるような階層符号化を、「時間階層符号化 (Temporal Scalability)」と呼びます。

図2 (a) の時間階層符号化では、I0、

P3、P6が基本階層データになります。基本階層データのみを復号すると、途中のB1、B2フレームを復号しないため、図2 (b) のように動きのある映像では動きがぎこちなくなります。

基本階層データは一部のデータを抽出したもので、時間階層符号化された映像データは非階層符号化の復号器でも復号できるのが大きな長所です。

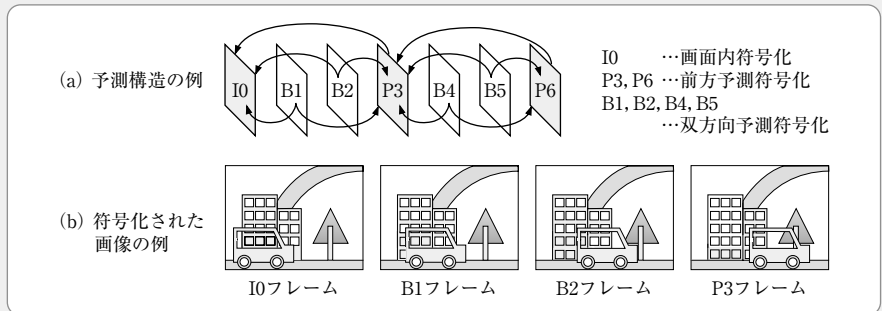


図2 時間階層符号化

空間階層符号化

画面は水平・垂直の2次元空間のため、その周波数成分は図3 (a) に示すように、水平周波数と垂直周波数で表現されます。そこで、図3 (a) のグレーで示す低周波数成分を基本階層データとし、高周波数成分を補強階層データ (基本階層データ以外のデータ) に分割するのが「空間階層符号化 (Spatial Scalability)」です。

空間階層符号化の基本階層データは、低周波数成分のみで構成されるため、図3 (c) に示すように、基本階層の画像I0は補強階層の画像E0よりも空間解像度が低く (画像サイズの小さい)、細かな絵柄が失われた映像にな

ります。

補強階層E0~E6のデータは、図3 (b) に示すように、基本階層データI0~P6との差分が、すでに符号化した前方の補強階層画像との差分として符号化します。基本階層画像は補強階層映像の画像サイズよりも小さいので、基本階層映像を補強階層映像と同じ画

像サイズに拡大し、差分を符号化します。

基本階層画像は非階層符号化と同じ符号化を行いますので、通常の復号器で復号できます。補強階層画像のデータは低周波数と高周波数の合成等の処理が必要であり、階層符号化に対応した特別な復号器が必要になります。

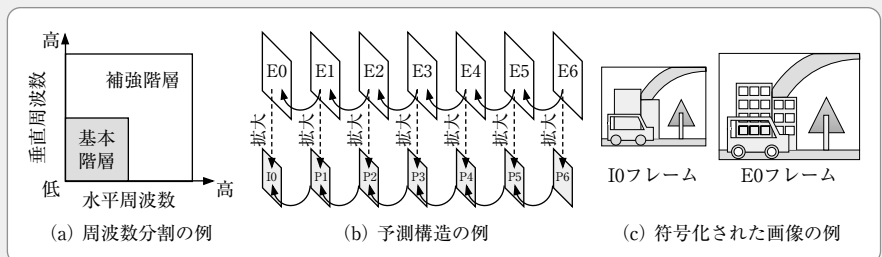


図3 空間階層符号化

SNR階層符号化

画像は、画素と呼ばれる点の集まりであり、画素を量子化した値を画素値と呼びます。図4 (a) に示すように、周波数変換された各画素の画素値のビット数を、最上位ビット (MSB: Most Significant Bit) と最下位ビット (LSB: Least Significant Bit) の間で分割し、MSBに近いビットで構成されるものを基本階層データ、それ以外を補強階層データとするのが、「SNR階層符号化 (SNR Scalability)」です。

SNR階層符号化の基本階層データは、粗い量子化に相当するMSBに近いビットで構成されます。したがって、

図4 (c) に示すように、基本階層の画像I0は滑らかな明るさの変化が表現できず、偽輪郭が見えることがあります。

補強階層E0~E6のデータは、図4 (b) に示すように、基本階層データI0~P6との差分が、すでに符号化した前方の補強階層画像との差分として符

号化します。

基本階層データは非階層符号化と同じ符号化を行いますので通常の復号器で復号できます。基本階層と補強階層の画素値を表すビットを復号時に加算する処理が必要であり、階層符号化に対応した特別な復号器が必要になります。

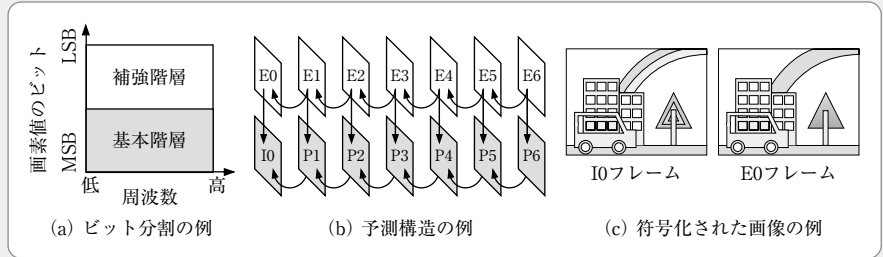


図4 SNR階層符号化

階層符号化の規格化と実用化

JPEG¹⁰⁾ やMPEG⁴⁾~⁶⁾などのほとんどの標準規格で階層符号化がサポートされています(表1)。

JPEGでプログレッシブJPEG (Progressive JPEG) と呼ばれているのが階層符号化です。インターネットのWebページで写真などが粗い絵画像から徐々に細かい画像に変わるのがプログレッシブJPEGです。イラスト等の符号化でよく使われるGIFにも同様の階層符号化があり、インタレースGIF (Interlaced GIF) と呼ばれます。

MPEG-2¹⁾~⁴⁾は、空間スケーラブルプロファイルとSNRスケーラブルプ

ロファイル、MPEG-4²⁾~⁵⁾は、シンプルスケーラブルプロファイル、コアシケーラブルプロファイル、FGS (Fine Granularity Scalability) プロファイルとして階層符号化が規格化されています。H.264/AVC³⁾~⁶⁾~⁷⁾の階層符号化は、H.264/SVC⁸⁾~⁹⁾として間もなく規格化が完了する予定です。

現在のところ、動画では階層符号化が使われているとはいえませんが、光ファイバの広帯域ネットワークを用いたHDTV映像配信などが普及すれば、ネットワーク輻輳による品質劣化を防ぐ技術として有望であり、階層符号化が使われる可能性は大きいと思います。(2007年1月11日受付)

表1 主な規格の階層符号化

		時間階層符号化	空間階層符号化	SNR階層符号化
静止画	JPEG		○	○
	JPEG2000		○	○
動画	MPEG-2	○	○	○
	MPEG-4	○	○	○
	H.264/SVC	○	○	○

参考文献

- 1) 藤原洋監修: "最新MPEG教科書", アスキー (1994)
- 2) 三木弼一編著: "MPEG-4のすべて", 工業調査会 (1998)
- 3) 大久保榮監修: "改訂版H.264/AVC教科書", インプレス (2006)
- 4) ISO/IEC 13818-2: "Information Technology -Generic Coding of Moving Pictures and Associated Audio Information: Video", IS Second Edition (Dec. 2000)
- 5) ISO/IEC 14496-2: "Information Technology - Coding of Audio-visual Objects-part 2: Visual", IS Third Edition (Mar. 2004)
- 6) ISO/IEC 14496-10: "Information Technology - Coding of Audio-visual Objects-part 10: Advanced Video Coding", IS Second Edition (Dec. 2005)
- 7) ITU-T Rec.H.264: "Advanced Video Coding for Generic Audiovisual Services" (Mar. 2005)
- 8) "Text of ISO/IEC 14496-10:2006/FPDAM3 Scalable Video Coding", ISO/IEC JTC1/SC29/WG11 N8241 (July 2006)
- 9) 木全崇博: "H.264/スケーラブルビデオ符号化 (SVC)", 映情学誌, 61, 4 (Apr. 2007)
- 10) ITU-T Rec.T.81: "Information Technology -Digital Compression and Coding of Continuous-tone Still Images- Requirements and Guidelines" (Sep. 1992)



かどの しんや
角野 眞也 1984年、大阪大学工学部通信工学科卒業。1986年、同大学院博士前期課程修了。同年、松下電器産業(株)に入社。一貫して画像に関する研究に従事。特に、家庭用デジタルVCR、MPEG-4、および、H.264/AVC画像符号化の標準化と実用化開発を中心に活動。本会編集企画幹事、博士(工学)、正会員。