

信号画像処理特論I

担当教員	工藤博幸
電子メール	kudo@cs.tsukuba.ac.jp
URL	
オフィスアワー	SB902 月18:00-20:00
科目番号	01CH508
分野	メディア工学
基礎/専門の別	
授業形態	講義
開講学期	春A
時限	月5,6
教室	3A306
キーワード	信号処理、画像処理、符号化、情報圧縮
Keyword	Signal processing, image processing, coding, data compression
前提条件	
学位プログラム・コンピテンスとの関係	知の活用力,研究力,知識力
学習目標	1. 音声符号化の手法として実用されている差分パルス符号変調(DPCM)の原理が、パーツとして使われている数学的手法や性能をあげる工夫を含めて理解できる。 2. 画像符号化や楽音符号化の手法として実用されている変換符号化（特にJPEG）の原理が、パーツとして使われている数学的手法や性能をあげる工夫を含めて理解できる。 3. 他にどのような考え方の符号化法が存在するかが理解できる。
概要	マルチメディアの基盤技術である画像・音声などのメディア情報の符号化(圧縮)と呼ばれる分野について解説する。
授業計画	第1週 『画像・音声符号化とは』 符号化の目的、信号の統計的性質、符号化の考え方 第2週 『予測符号化』 デルタ変調(DM)、差分パルス符号変調(DPCM) 第3週 『変換符号化』 変換符号化の構成、様々な直交変換、変換符号化の適用例 第4～5週 『その他の符号化』 サブバンド符号化、ベクトル量子化、ビデオの符号化
教科書	特に指定しない。適宜プリントを配布する。
参考書	(1) S.L.Saywood, Introduction to data compression, Morgan Kaufman Publisher (2005). (2) D.Salomon, G.Motta, Handbook of data compression, Springer (2009). (3) J.W.Woods, Multidimensional signal, image, and video processing and coding, Academic Press (2006). (4) 吉田俊之, 鈴木輝彦, 広明敏彦, 画像情報符号化, コロナ社 (2008). (5) 原島博, 画像情報圧縮, オーム社 (1991).
成績評価	年度に応じて筆記試験またはレポートを提出してもらう。これと授業中に行う演習をもとに総合的に評価する。
TF・TA	
その他の情報	

[ページ先頭へ](#)

画像の符号化

1. 画像符号化とは

- 1.1 画像符号化の目的
- 1.2 画像の統計的性質
- 1.3 画像符号化の考え方

2. 予測符号化

- 2.1 デルタ変調 (DM)
- 2.2 差分パルス符号変調 (DPCM)

3. 変換符号化

- 3.1 変換符号化の構成
- 3.2 様々な直交変換
- 3.3 変換符号化の適用例

4. その他の符号化法

- 4.1 サブバンド符号化
- 4.2 ベクトル量子化
- 4.3 動画画像の符号化

参考になる文献

- (1) R.J.Clarke, "Digital compression of still images and video," Academic Press (1995)
- (2) S.L.Sayood, "Introduction to data compression," Morgan Kaufman Publisher (1996)
- (3) 原島博, "画像情報圧縮," オーム社 (1991)
- (4) 斎藤恒雄, "画像処理アルゴリズム," 近代科学社 (1992)
- (5) 貴家仁志, "よくわかるディジタル画像処理," CQ出版社 (1995)
- (6) A.Rosenfeld and A.C.Kak, "Digital picture processing Vol.1," Academic Press (1982)
- (7) A.K.Jain, "Fundamentals of digital image processing," Prentice Hall (1989)
- (8) J.S.Lim, "Two-dimensional signal and image processing," Prentice Hall (1990)

1. 画像符号化とは

1.1 画像符号化の目的

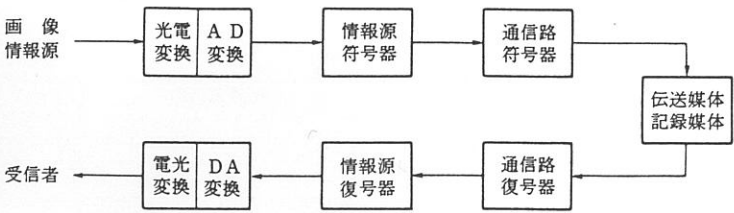


図 1

図 1・1 画像符号器の基本的な構成

カメラなどの光電変換装置によって電気信号に変換された画像信号は、まず AD 変換され、ついで情報源符号器によって情報圧縮が図られる。通信路符号器は、伝送媒体や記録媒体の信頼性向上を目的とした符号化である。本書では、情報源符号器を対象とする。

1.2 画像の統計的性質

表 1・2 画像情報圧縮に利用される各種の冗長度

種 類	内 容	圧縮手法の例
統計的冗長度	(画像を確率信号と見たときの統計的な冗長度)	
空間的冗長度	画像の絵柄の細かさに依存する冗長度	予測符号化、変換符号化
時間的冗長度	画像の時間変化の程度に依存する冗長度	フレーム間予測、動き補償
構造的冗長度	画像を領域の集まりと見たときの構造的な冗長度	輪郭符号化、領域分割符号化
知識的冗長度	送受信端で共有している知識に関連する冗長度	知的符号化
エントロピー的冗長度	符号の出現確率の偏りによって生じる冗長度	エントロピー符号化
視覚的冗長度	人間のひずみ知覚特性に起因する冗長度	非線形量子化、ビット配分
その他の冗長度	画像の非定常性に起因する冗長度など	各種適応符号化など

図 2

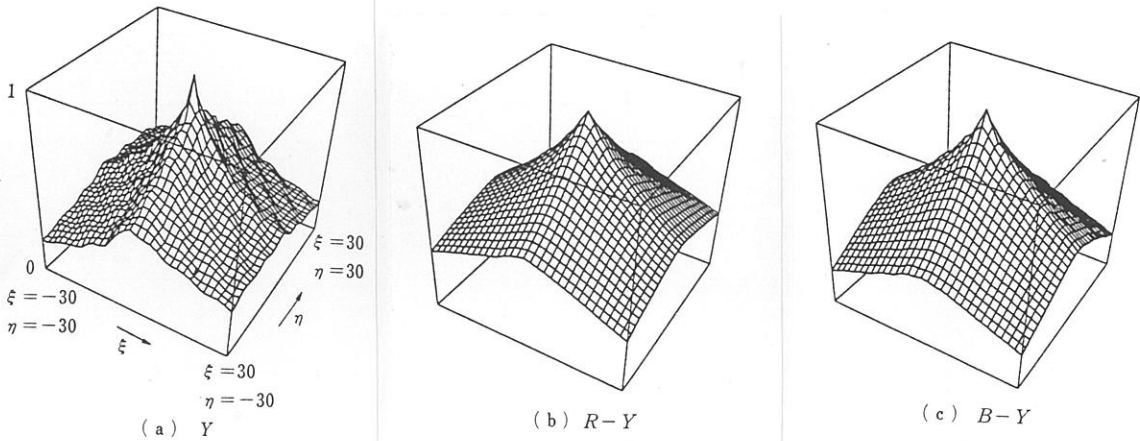


図 3

図 3・10 2次元自己相関関数 (画像: Barbara)

原点 ($\xi=\eta=0$) で最も大きく、原点から離れるに従って減少する。減少の仕方は Y より R-Y, B-Y のほうが緩やかである。

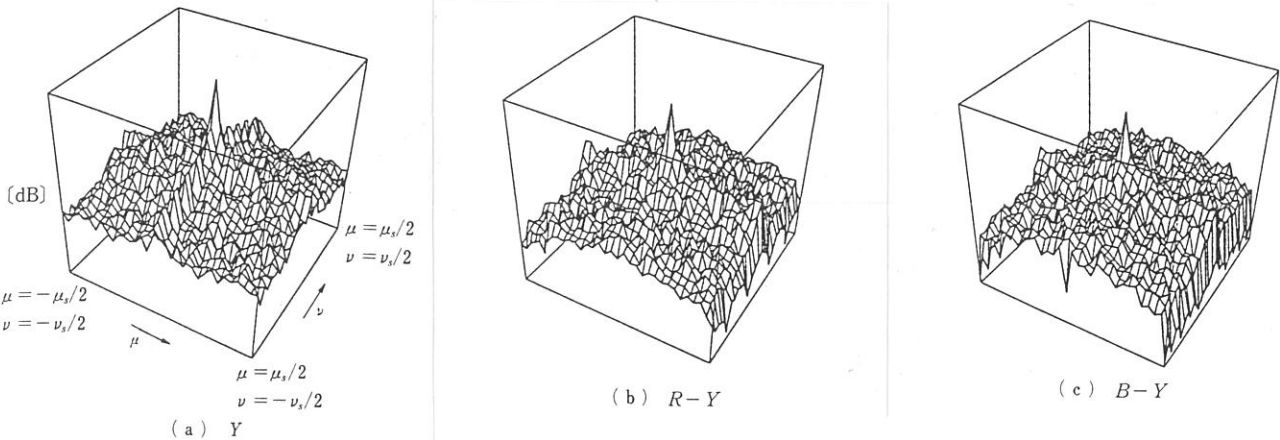


図 3・11 2次元電力スペクトル (画像: Barbara)

低周波成分が多く、高周波成分は少ない。

1.3 画像符号化の考え方

2. 予測符号化

2.1 デルタ変調 (DM)

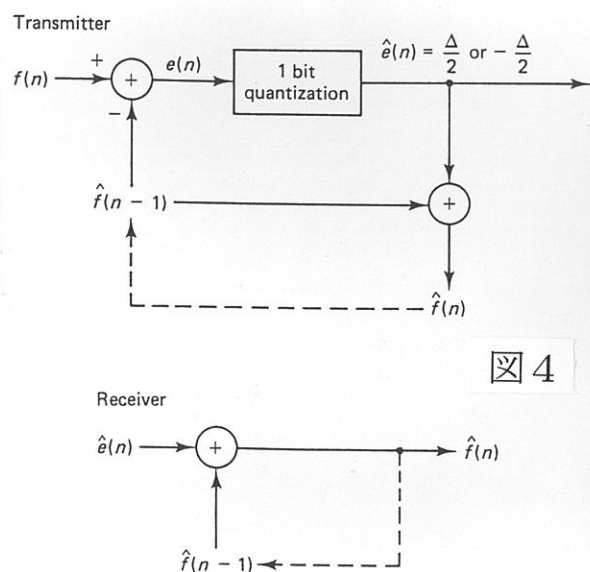


図 4

Figure 10.24 Delta modulation system.

2.2 差分パルス符号変調 (DPCM)

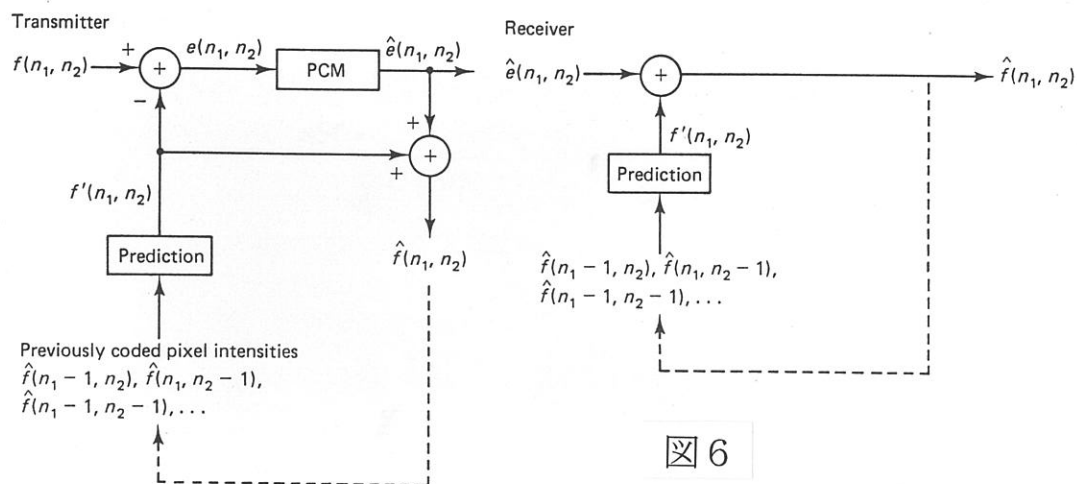


図 6

Figure 10.29 Differential pulse code modulation system.



図 7

Fig. 19 (a) Result of 3-bit predictive compression of Fig. 1. The first-order predictor was used and the differential data quantized to 8 levels (3 bits). Note that this picture needs 3 bits per picture element, as compared to 8 bits per picture element in Fig. 1. (b) Reconstruction for 2-bit predictive compression. (c) Reconstruction for 1-bit predictive compression.

図 5

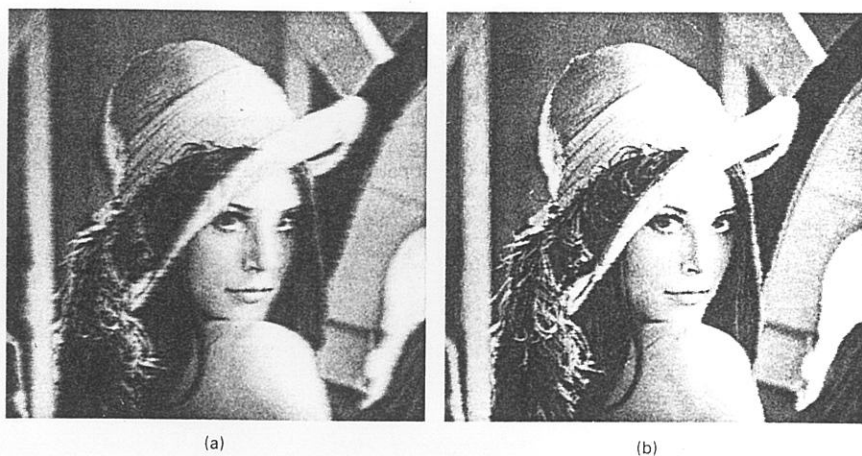


Figure 10.27 Example of delta-modulation (DM)-coded image. The original image used is the image in Figure 10.22(a). (a) DM-coded image with $\Delta = 8\%$ of the overall dynamic range. NMSE = 14.8%, SNR = 8.3 dB; (b) DM-coded image with $\Delta = 15\%$, NMSE = 9.7%, SNR = 10.1 dB.

3. 変換符号化

3.1 変換符号化の構成

3.2 様々な直交変換

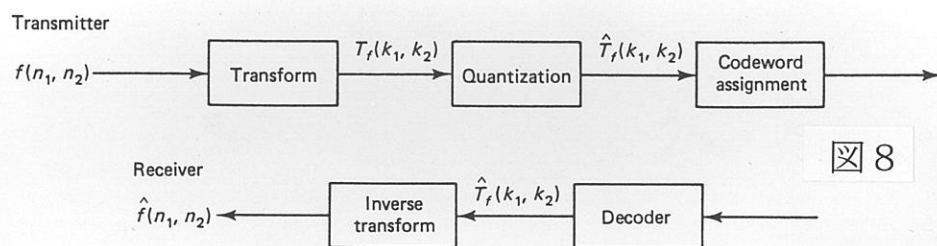


Figure 10.41 Transform image coder.

図 8

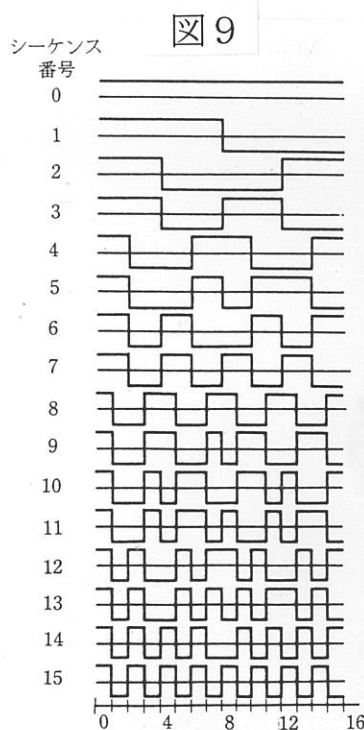


図 5.3 アダマル変換の基底ベクトル

+1 と -1 のみの値をとる関数系で構成され、ゼロ交差回数が多い関数ほど高周波成分を多く含む。

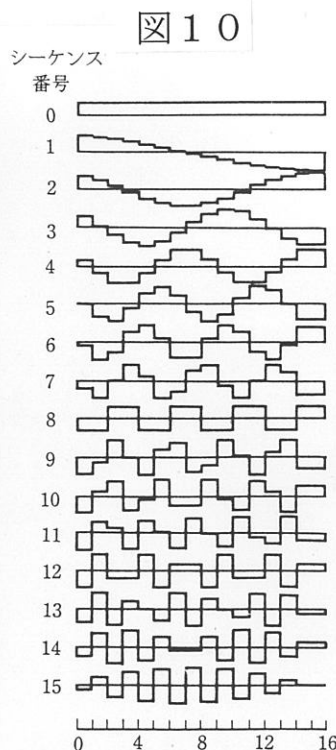
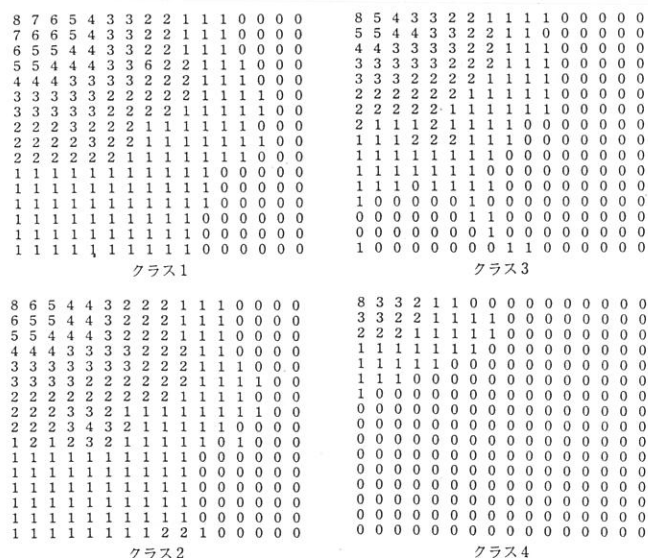


図 5.4 DCT の基底ベクトル

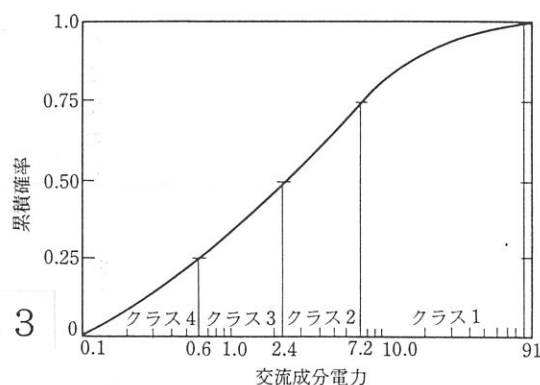
各基底ベクトルは離散的な余弦関数となり、繰返し周波数が周波数成分に対応する。

3.3 変換符号化の適用例



(b) 各クラスのビット割り当て

図 13



(a) 画像小ブロックにおける交流成分電力の確率分布

図 5.9 適応変換符号化のクラス分けとビット割り当て⁴⁾
ブロックの交流電力によってクラス分けし、各クラスごとに係数変換の符号化ビット数を適応的に割り当てる。画像の局所的な性質に適合した高能率符号化が可能となる。

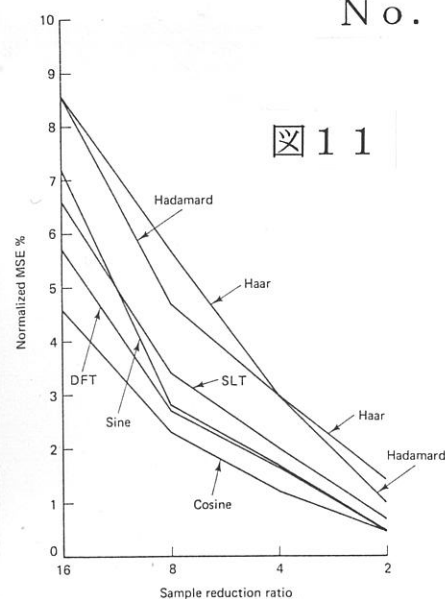


Figure 5.23 Performance comparison of different transforms with respect to basis restriction zonal filtering for 256 × 256 images.



Figure 5.21 Basis restriction zonal filtered images in cosine transform domain.

図 1 4



Figure 9. Simulation results for compression of monochrome image at 0.5 bit per pixel (see text). (a) Original. (b) Reconstructed image with BER = 0. (c) BER = 10^{-4} . (d) BER = 10^{-2} .

4. その他の符号化法

4.1 サブバンド符号化

図7.25 フィルタ・バンクの基本ブロック

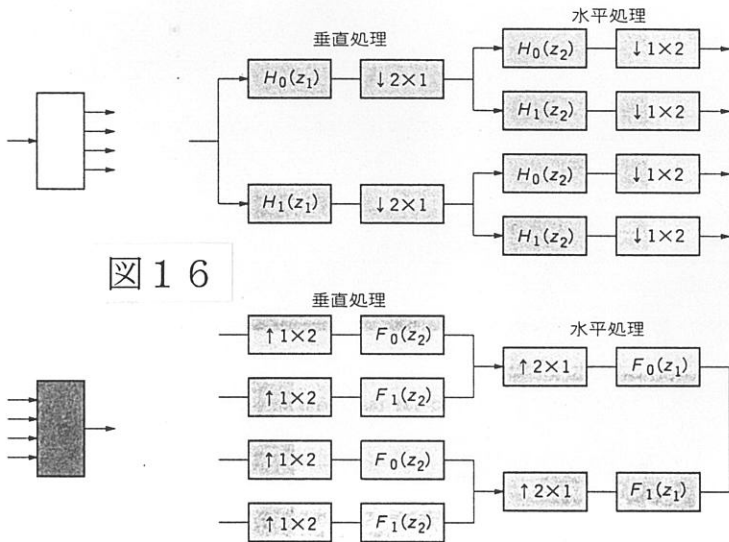


図 1 6

図7.24 2次元帯域分割特性

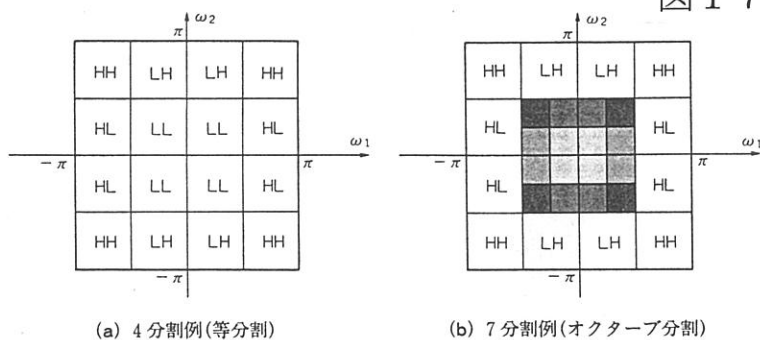


図 1 7



図 1 5



Fig. 9. Cosine transform scene adaptive coding. (a) Original. (b) Reconstructed image at 0.4 bits/pixel.

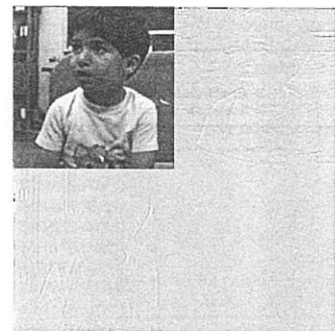


FIGURE 11.19 Decomposition of Sinan image using the 4-tap Daubechies filter.

図 1 8



Fig. 1. (a) 2-D n -stage wavelet transform; (b) three-stage wavelet transform of Lena image.

図 19

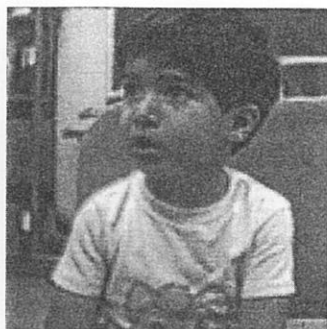


FIGURE 11.20 Reconstructed Sinan image encoded at 0.5 bits/pixel using the 4-tap Daubechies filter.

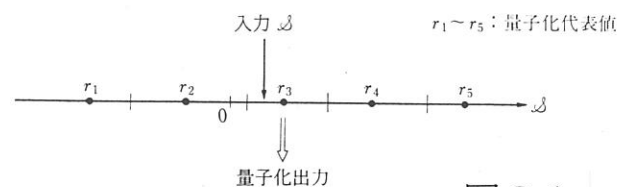
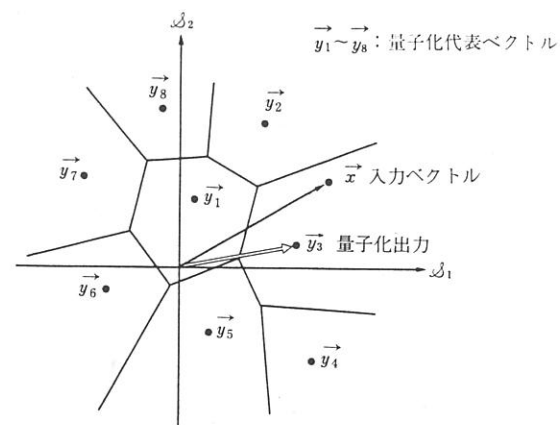


図 21

(a) スカラ量子化の動作

入力 x が所属する数直線上の区間が決定され、その区間内の量子化代表値 r_3 が出力される。



(b) ベクトル量子化の動作

入力ベクトル x が所属する 2 次元平面内の領域が決定され、その領域内の量子化代表ベクトル y_3 が出力される。

図 6・3 スカラ量子化とベクトル量子化の動作の幾何学的記述

4.2 ベクトル量子化

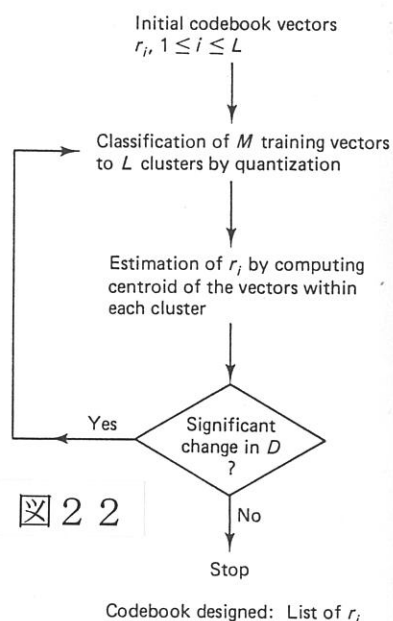


図 22

Figure 10.14 Codebook design by the K-means algorithm for vector quantization.

図 20

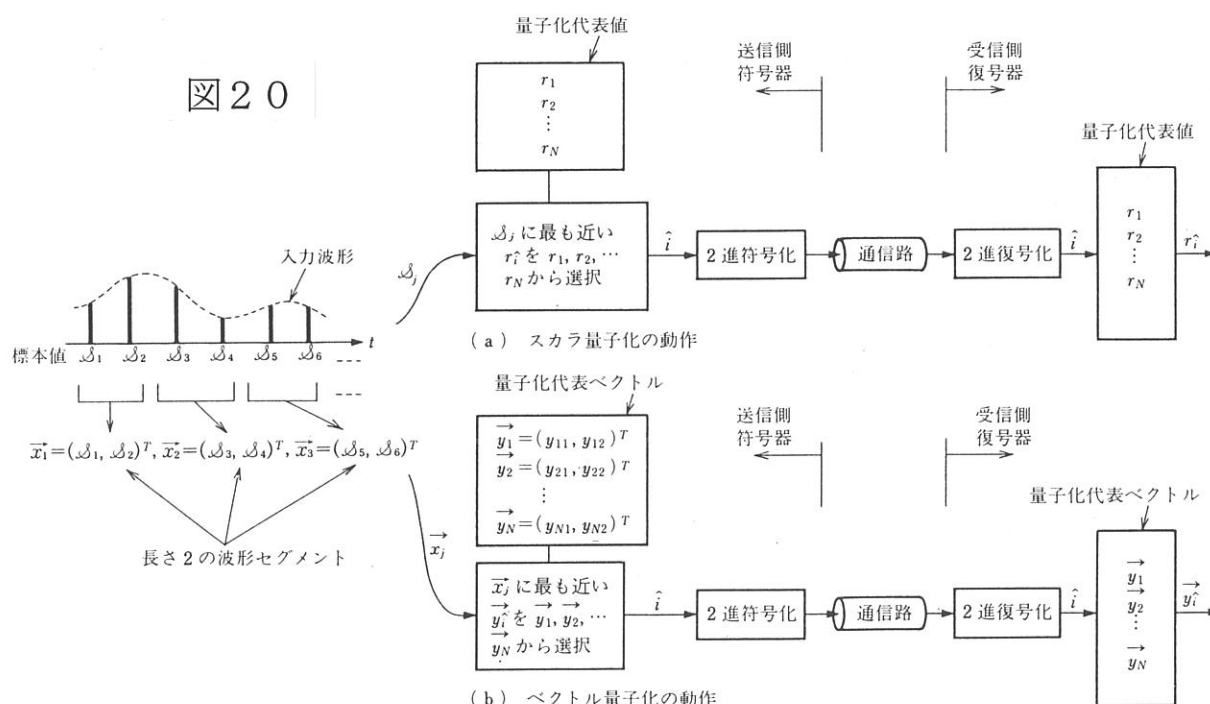


図 6・1 波形のスカラ量子化とベクトル量子化

スカラ量子化では、標本値が 1 つひとつ独立に量子化されるのに対し、ベクトル量子化では連続した複数（図中では 2 つの）標本値がまとめてベクトルとして量子化される。

4.3 動画像の符号化

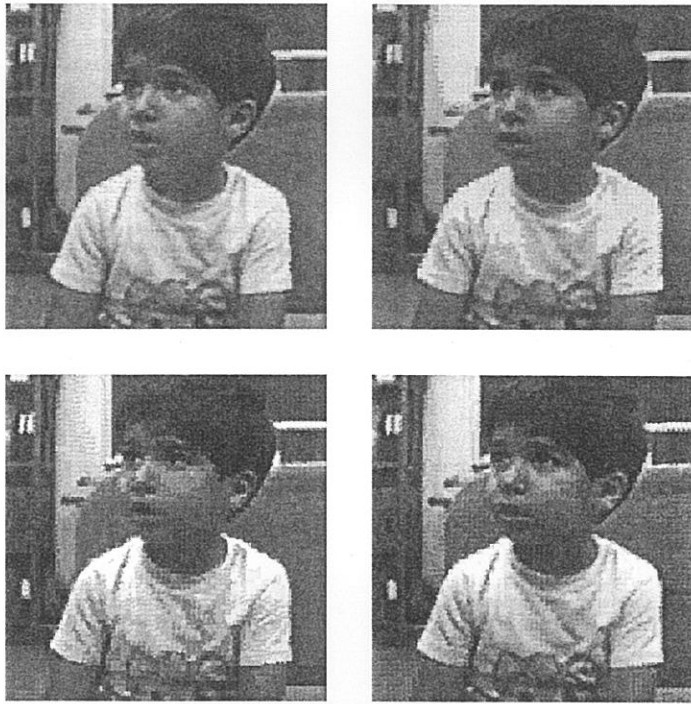
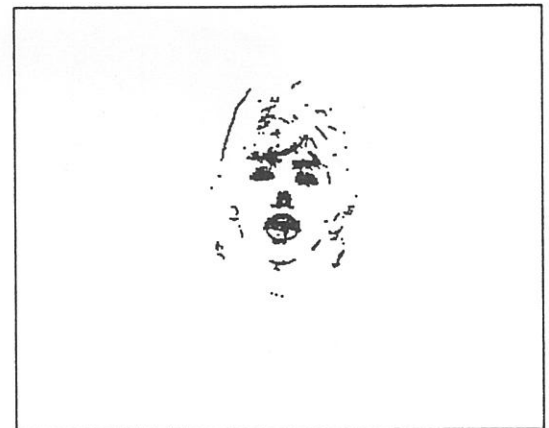
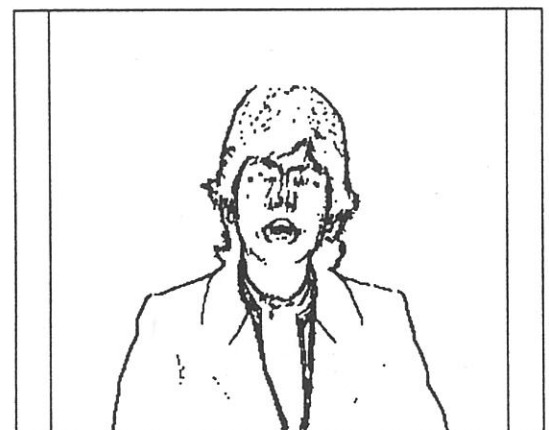


FIGURE 9.16 Sinan image quantized at the rate of 0.5 bits per pixel. The images used to obtain the codebook were (clockwise from top left) Sensin, Sena, Earth, Omaha.



(a) フレーム間差信号

図 2 4



(b) フレーム内差信号

図 3・14 差信号の空間分布 (画像: Clare)