

情報の表現の研究
— 動画像の圧縮(MPEG) —

Compression of Movie Pictures
MPEG

平成12年12月9日 (土)

加賀谷由佳子

背景[1]

- 1980年代 CDの普及
 - メディアを画像データの蓄積に使う試みは急速に発展
- 1987年末 MPEG(Moving Picture Experts Group)による蓄積用動画像符号化の検討が開始

動機

- ・近年のコンピュータの普及はめざましく、文字データだけではなく画像や音声を扱うこともごく普通になってきた。その中でも、MPEGは世界レベルでの標準化方式として広く普及しつつあることから、興味を持った。
- ・画像圧縮の効率のよい圧縮構成法として「離散コサイン変換」がよく知られている。そこで離散コサイン変換の能力について研究したい。

目的

動画像圧縮の全体的解説

圧縮アルゴリズムの詳細の解説

デジタル画像信号の概要[3]

- ・画像を電気信号に変換するには、左上から右下に向けて順次デジタル信号で表現する
- ・画素・・・画像を分割した小領域
- ・走査・・・矢印の順に画素を選択すること

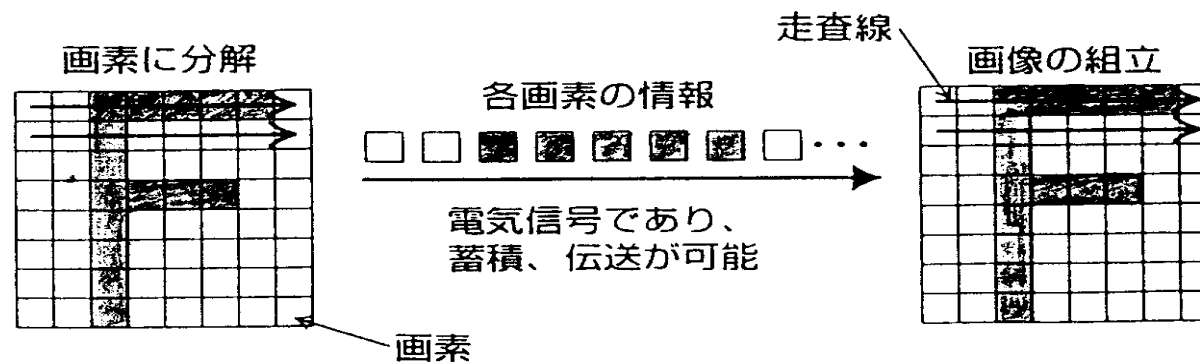


図1 画像の画素への分解と組立

動画像信号の構成

- ・画面内での被写体の位置が少しずつれている画像を連続的に表示することにより構成されている
- ・情報量は、1画面あたりの画素数に、さらに1秒あたりの画素枚数を掛けたもの
(1画素は8ビットで構成)
- ・カラー画像はR, G, Bの3枚の成分画像によって表現でき、圧縮するときは各成分を別々に圧縮する

MPEGの現在の状況[4][5]

MPEG-1

家庭で視聴する程度の画像品質で1.5Mb/s程度の符号化
(1992年仕様確定)

MPEG-2

通信, 放送, 蓄積用, また, 標準テレビおよび将来の高品質テレビ(HDTV)用に共通な符号化方式

通信速度は適用対象に応じて設定(1994年仕様確定)

DVD, ハイビジョン放送, デジタル放送などに適用

MPEG-3

1992年に自動消滅

MPEG-4

低ビットレート符号化方式

携帯用TV電話や、携帯用情報端末などへの新たな需要を喚起

Vesion1は1998年12月のローマ会議で最終原案が承認

携帯型の映像再生 / 録画端末、TV電話、遠隔保安システムなどに適用予定

• MPEG-7

正式名称 Multimedia Content Description Interface
マルチメディア・コンテンツの記述インターフェース

目的 マルチメディア情報の検索やフィルタ, 管理や処理を行なうためのコンテンツ表現の標準化を行ない, マルチメディア・コンテンツの効率的なID付けをする

概要 大量のオーディオ・ビジュアル情報の中から必要とする情報を取り出すために必要なコンテンツのIDの規定として, ディスクリプション定義言語 (DDL : Description Definition Language) の標準化などを行なう

Iピクチャ

過去や未来の画像信号を予測信号として使用せず, Iピクチャ符号化信号の先頭を表すフレーム内符号化符号をみつけて, その画像を復元し, その後はこのIピクチャをフレーム間の予測画像として用いる

Pピクチャ

動き補償予測で前方向予測を行ない, 符号化済みの過去の画像信号のみを予測信号として用いている

Bピクチャ

動き補償予測で双方向予測を行ない, 過去の画像信号だけでなく, 未来の画像信号も予測信号として用いている

MPEGの基本構成

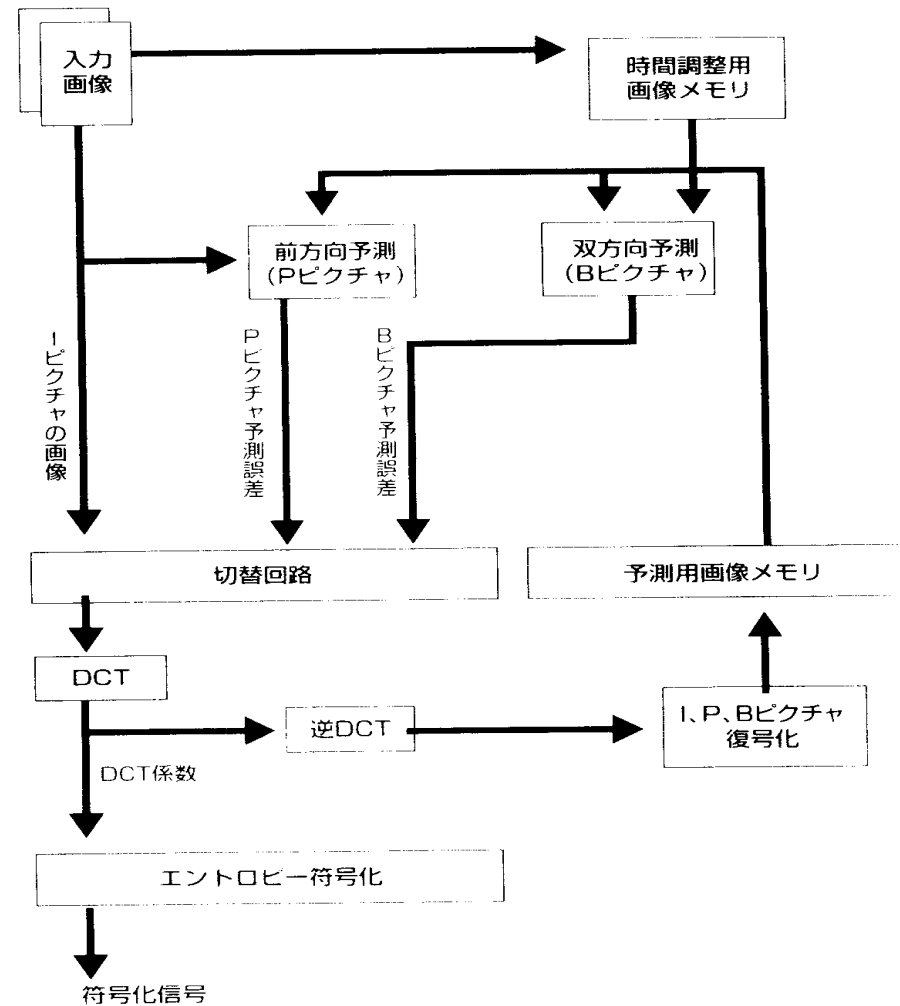


図5 MPEGの基本構成

離散コサイン変換[2][6]

(DCT: Discrete Cosine Transform)

- 1974年に発表された
- 各画素の明るさは正の整数で表す(白黒の場合)
 - 0: 黒
 - 1 ~ 254: 灰色
 - 255: 白
- MPEGでは, DCT係数値を符号化
 - 1ブロック: 8×8 の64画素
- 受信側ではDCTの逆演算(逆DCT)を行ない, 原画像を再現

DCTの演算式

$N \times N$: 画素数

x : 横方向位置

y : 縦方向位置

i : 周波数軸上での横方向位置

j : 周波数軸上での縦方向位置

$DCT(i,j)$: DCT係数

$DCT(i, j)$

$$= 2/N \sum_{x=0}^{N-1} \sum_{y=0}^{N-1} \text{pixel}(x, y)$$

$$\times \cos\left[\frac{(2x+1)i}{2N} \pi\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j}{2N} \pi\right]$$

$$C(x) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & x=0 \\ 1 & x>0 \end{cases} \quad \dots (1)$$

逆DCTの演算式

$\text{pixel}(x, y)$

$$= 2/N \sum_{i=0}^{N-1} \sum_{j=0}^{N-1} C(i) C(j) DCT(i, j)$$

$$\times \cos\left[\frac{(2x+1)i}{2N} \pi\right] \cos\left[\frac{(2y+1)j}{2N} \pi\right]$$

$$C(x) = \begin{cases} 1/\sqrt{2} & x=0 \\ 1 & x>0 \end{cases} \quad \dots (2)$$

DCT係数の量子化[3]

185	177	172	167	161	156	151	150
183	173	167	161	156	149	149	147
183	172	165	159	148	145	145	144
186	172	165	157	145	143	144	142
194	174	159	150	144	142	140	138
199	177	160	152	142	140	149	147
197	178	158	150	140	132	127	126
190	170	153	145	135	129	112	112

図7 画信号例

57	49	44	39	33	28	23	22
55	45	38	33	28	21	21	19
55	44	37	31	20	17	17	16
58	44	37	29	17	15	16	14
66	46	31	22	16	14	12	10
71	49	32	24	14	12	21	19
69	50	30	22	12	4	-1	-2
62	42	25	17	7	1	-16	-16

図8 レベルシフトした画信号

224	130	40	16	11	8	-2	-1
41	-34	-14	-10	-4	0	-1	3
-7	10	-12	2	2	-5	1	-1
22	-7	9	2	0	0	-3	2
-8	4	-6	3	-1	-2	4	-1
5	2	-1	-4	0	1	-1	-1
4	-5	3	-1	0	2	0	-1
-5	5	-2	3	0	-2	1	-1

図9 DCTにより得られるDCT係数

28	22	8	2	1	0	0	0
7	-6	-2	-1	0	0	0	0
-1	1	-2	0	0	0	0	0
3	-1	1	0	0	0	0	0
-1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

図10 量子化した近似DCT係数

DCTによる圧縮率

図7の画像・・・ $8 \times 8 = 64$ 画素

1画素は8ビットだから $64 \times 8 = 512$ ビット

これに付加ビット8が加わる

よって, 520ビット

図10の画像・・・量子化されたDCT係数を符号化するときの
走査の方法は一般的にジグザグ・スキャンが
用いられる

その結果, ビット数は149ビット

以上より, レベルシフト, DCT, 量子化することにより約29%に
画像を圧縮することができる

画像の情報省略と符号化の概要[3]

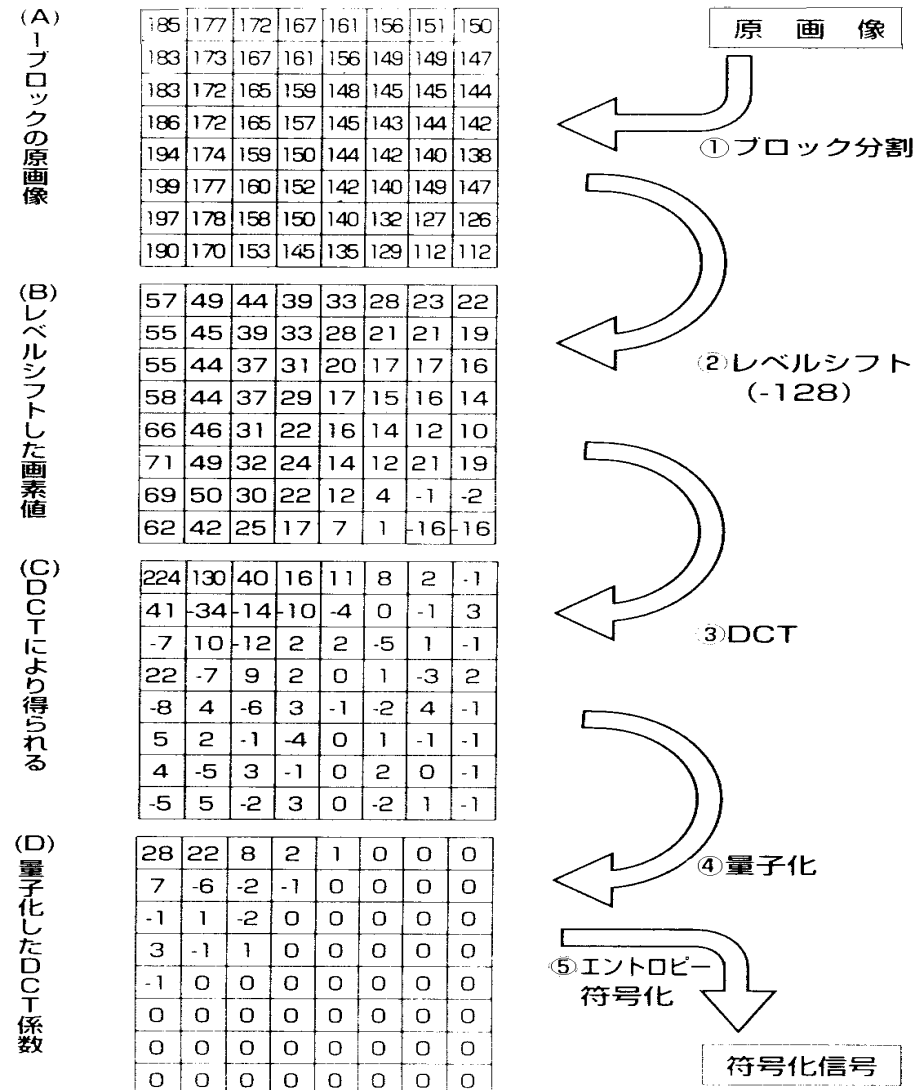


図1 1 画像の符号化過程

画像の情報省略と復合化の概要[3]

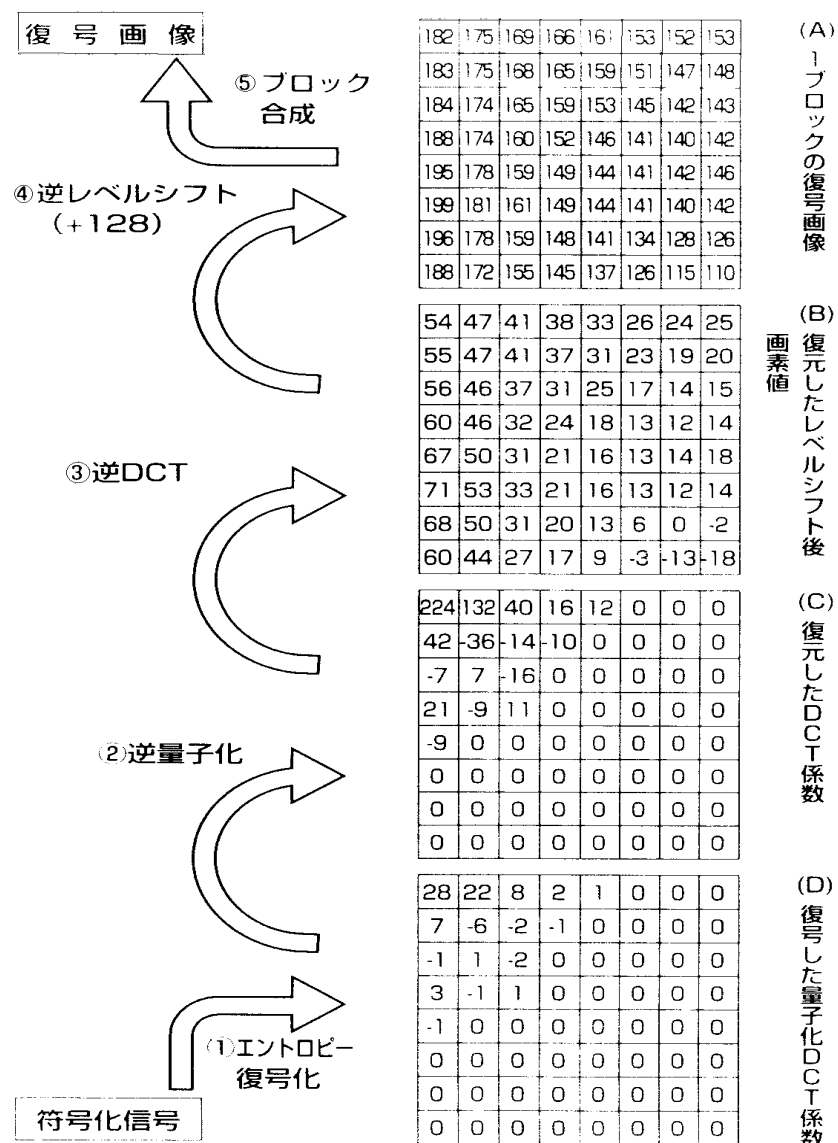


図12 画像の復号化過程

おわりに

- ・MPEGの現状と圧縮アルゴリズムについての解説をした
- ・DCTの詳細の解説をした
- ・今後もMPEGは21世紀の符号化方式として進化し続けることが期待される
- ・本研究のほかに、MPEGのデコードの効率化についての論文を別に解説した

参考文献

- [1]安田 浩,小暮 拓世,MPEG(動画像音声圧縮符号化方式),電子情報通信学会誌Vol.82,No.5(1999),432-434
- [2] M.ネルソン 著,萩原剛志・山口英 訳,"データ圧縮ハンドブック Cプログラマのための圧縮技法紹介",トッパン,1994,東京都,401
- [3]越智 宏・中村洋一郎,"JPEG・MPEG 図解でわかる 画像圧縮技術",日本実業出版社,1999,東京都,202
- [4]三木俊雄,移動通信における音声・画像符号化技術,電子情報通信学会誌Vol.80, No.9(1997),960-968
- [5]MPEGホームページ, <http://drogo.cselt.cselt.stet.it/mpeg/>
- [6]Jar-Ferr YANG, Chin-Peng FAN, Fast Structural Two Dimensional Discrete Cosine Transform Algorithms , IEICE TRANS.FUNDAMENTALS, VOL.E81-A, NO.6(1998),1210-1215
- [7]Hideo OHIRA, Fumitoshi KARUBE, A Memory Reduction Approach for MPEG Decoding System, IEICE TRANS, FUNDAMENTALS, VOL.E82-A, NO.8 (1999),1588-1591