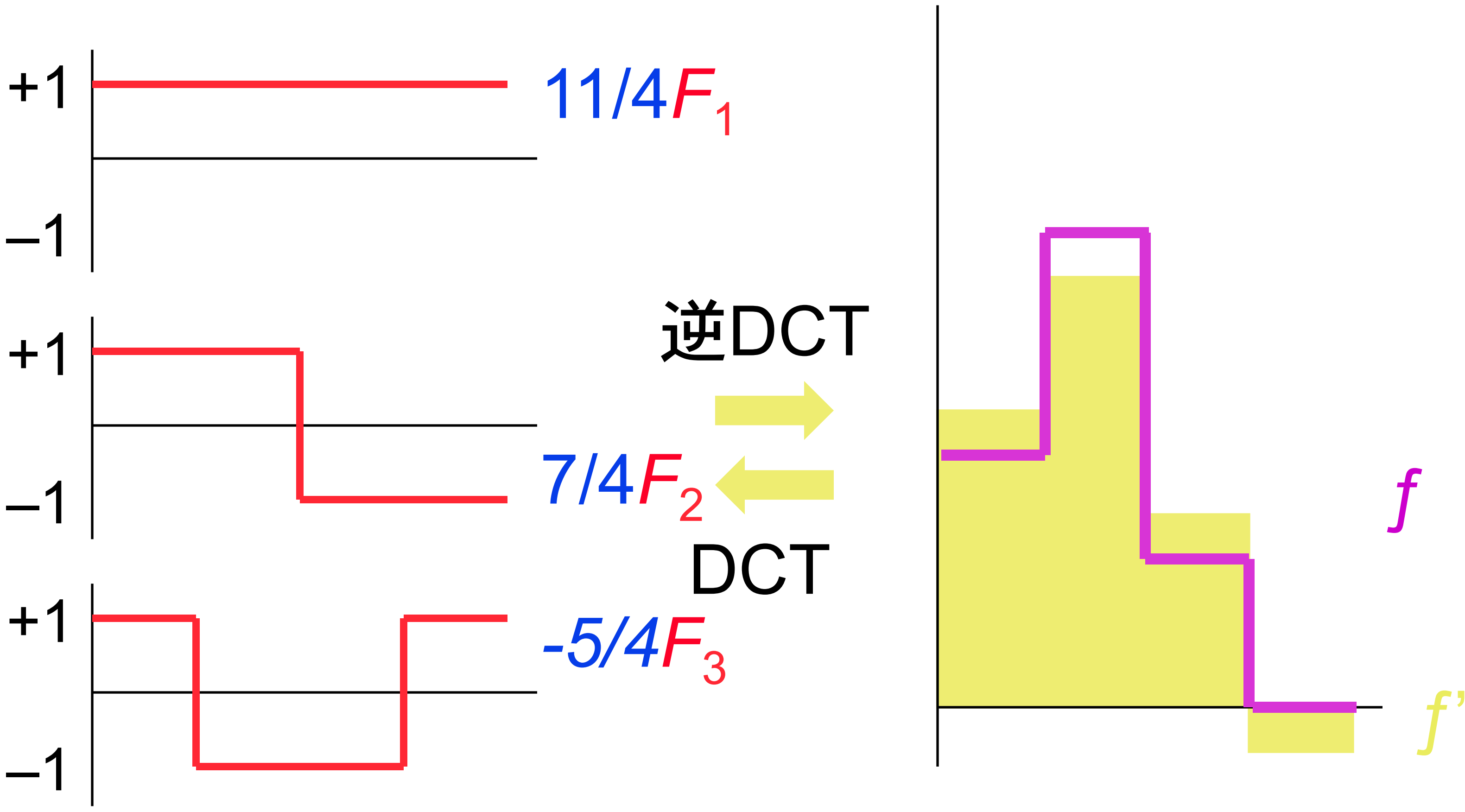
JPEG と量子化

コンテンツ配信技術3

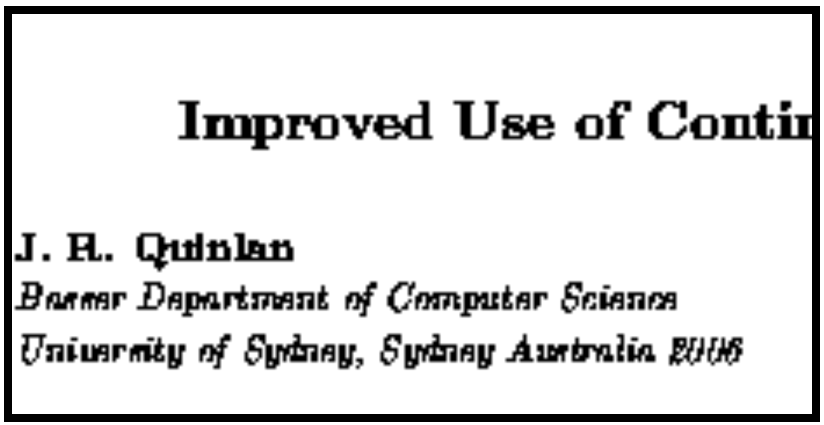
菊池浩明

情報損失



$$f = (3,6,2,0)$$
$$= aF_1 + bF_2 + cF_3$$

JPEGの限界 ノイズ

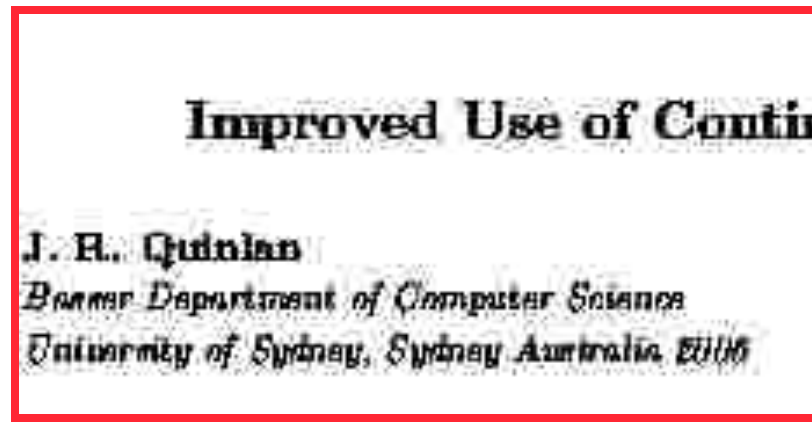


Improved Use of Contin

J. R. Quinlan

Basser Department of Computer Science

University of Sydney, Sydney Australia 2006



Improved Use of Contin

J. R. Quinlan

Basser Department of Computer Science

University of Sydney, Sydney Australia 2006

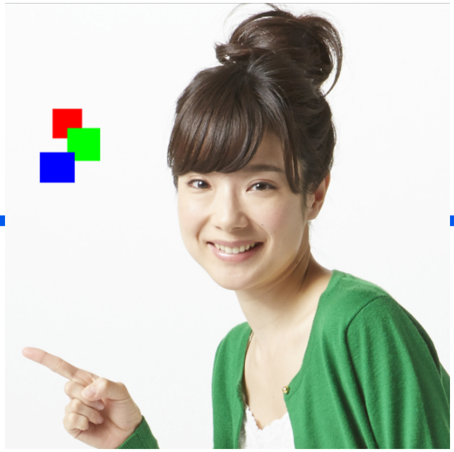
GIF (1136 byte)

JPEG (6442 byte)

JPEG圧縮アルゴリズム

- 1. 前処理
  - RGBから輝度と色差
  - 8x8ブロック化
- 2. DCT
- 3. ________
- 4. エントロピー符号化
  - DC成分/AC成分(ハフマン符号)

RGB成分



R

G

B

輝度と色差

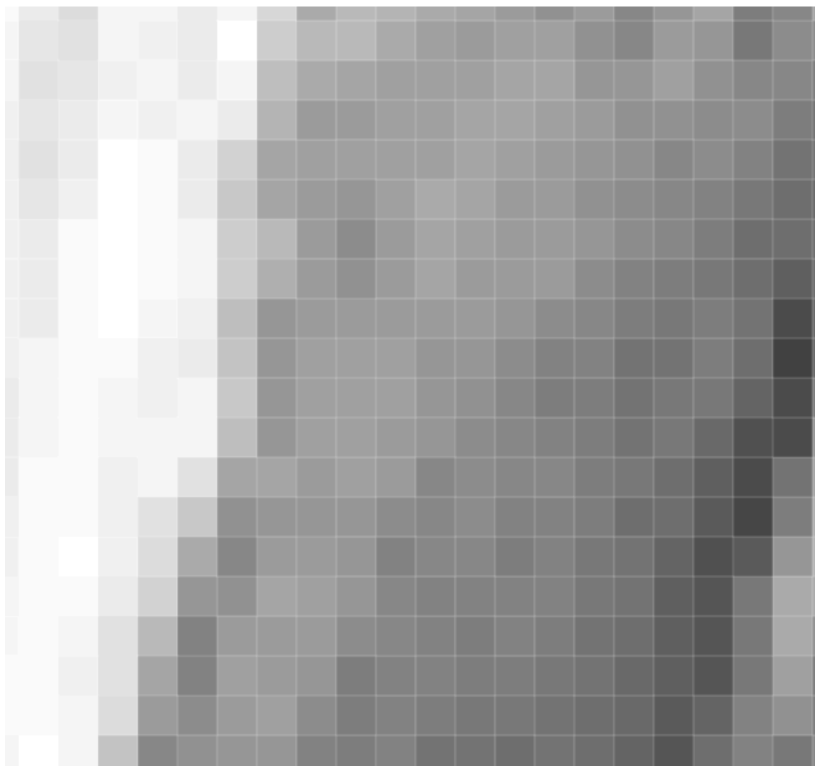
輝度情報

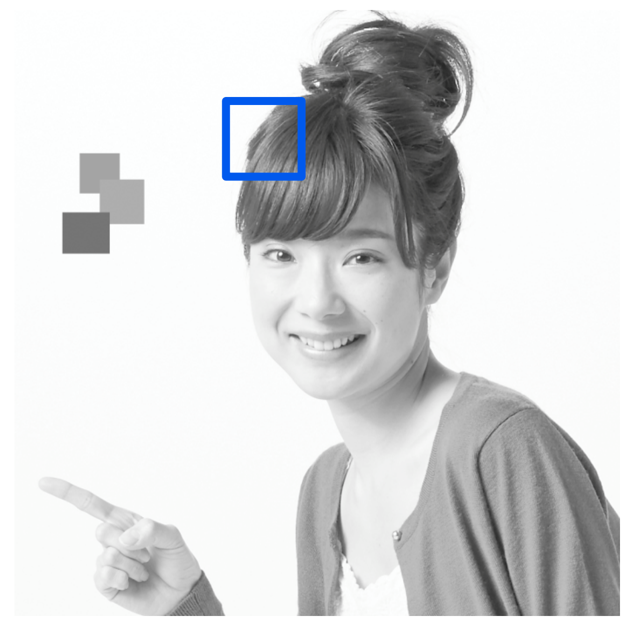
色差1

色差2

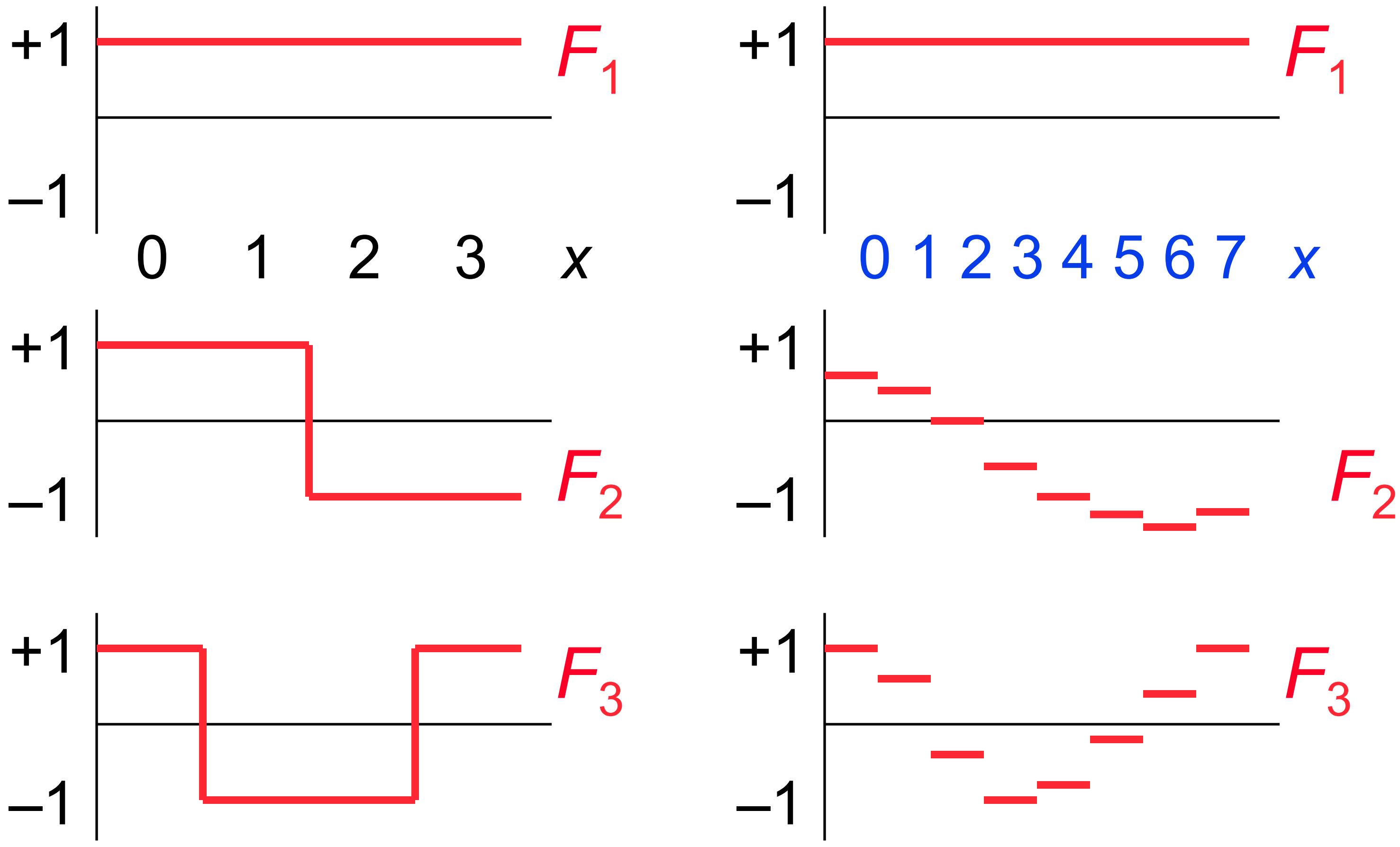
ブロック化

- 8x8

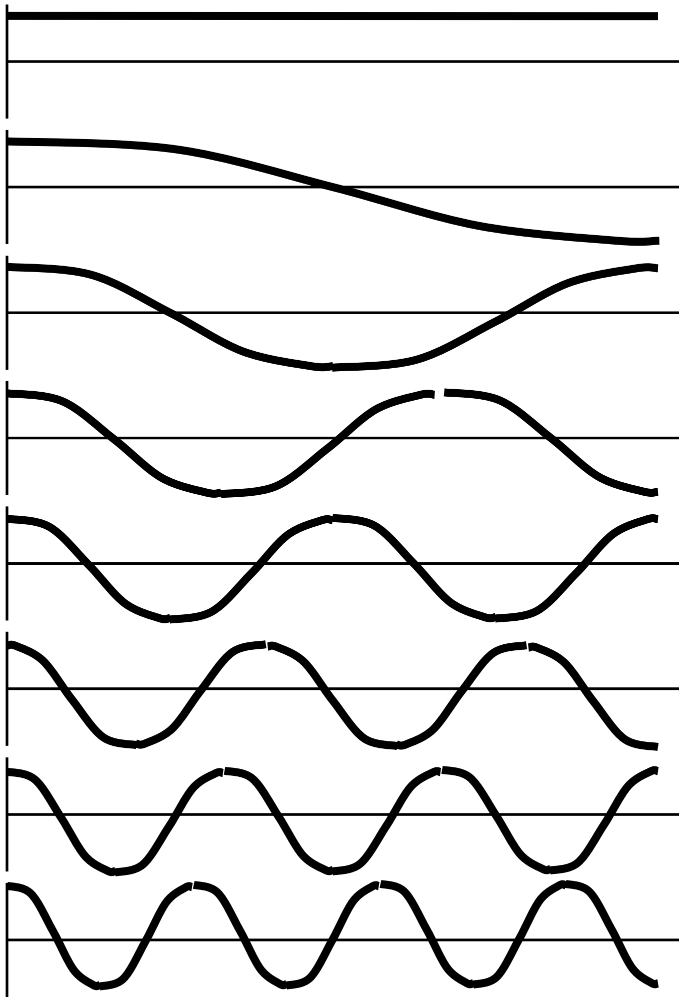




直交基底



8つの基底



$x = 0, 1, \ldots, 7$

- $F_0 = \cos 0$
- $F_1 = \cos (2x+1)\pi/16$
- $F_2 = \cos (2x+1)2\pi/16$
- $F_3 = \cos (2x+1)3\pi/16$
- $F_4 = \cos (2x+1)4\pi/16$
- $F_5 = \cos (2x+1)5\pi/16$
- $F_6 = \cos (2x+1)6\pi/16$
- $F_7 = \cos (2x+1)7\pi/16$

JPEGの原理

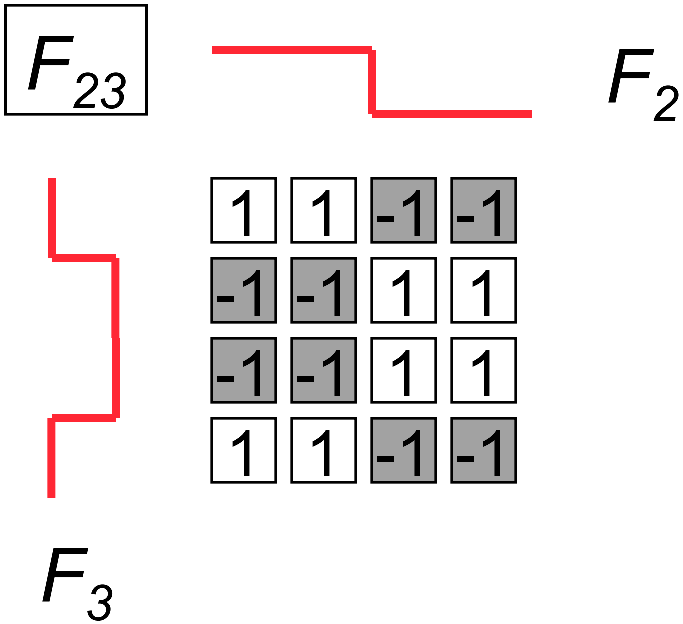
$b = f \bullet F_2 / F_2 \bullet F_2$

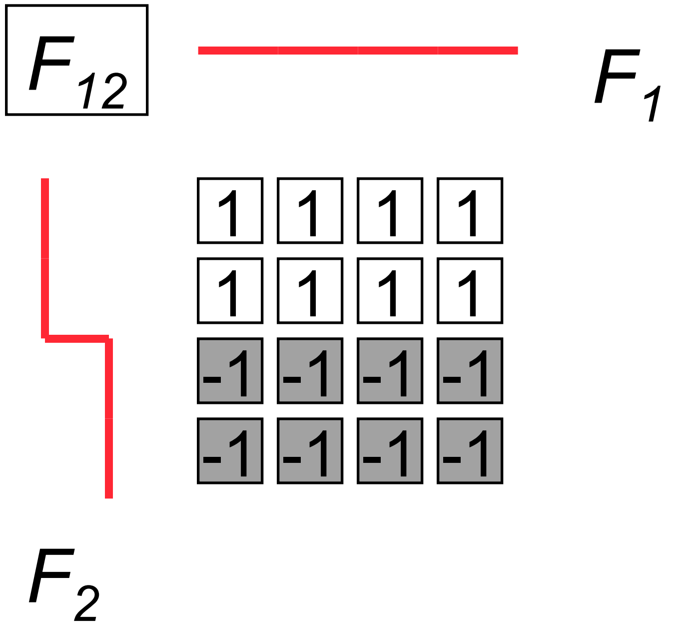
- 離散コサイン変換
  - ❑Discrete Cosine Transform: DCT
  - ❑___________ $f(x,y)$ (-128~+127)
  - ❑インデックス x, y, u, v = 0,1,...,7

$$F(u,v) = \frac{1}{4} C(u)C(v) \left(\sum_{x=0}^{7} \sum_{y=0}^{7} f(x,y) \cos\frac{(2x+1)u\pi}{16} \cos\frac{(2y+1)v\pi}{16} \right)$$

  - ❑C(0)=1/√2, C(1)=...=C(7)=1

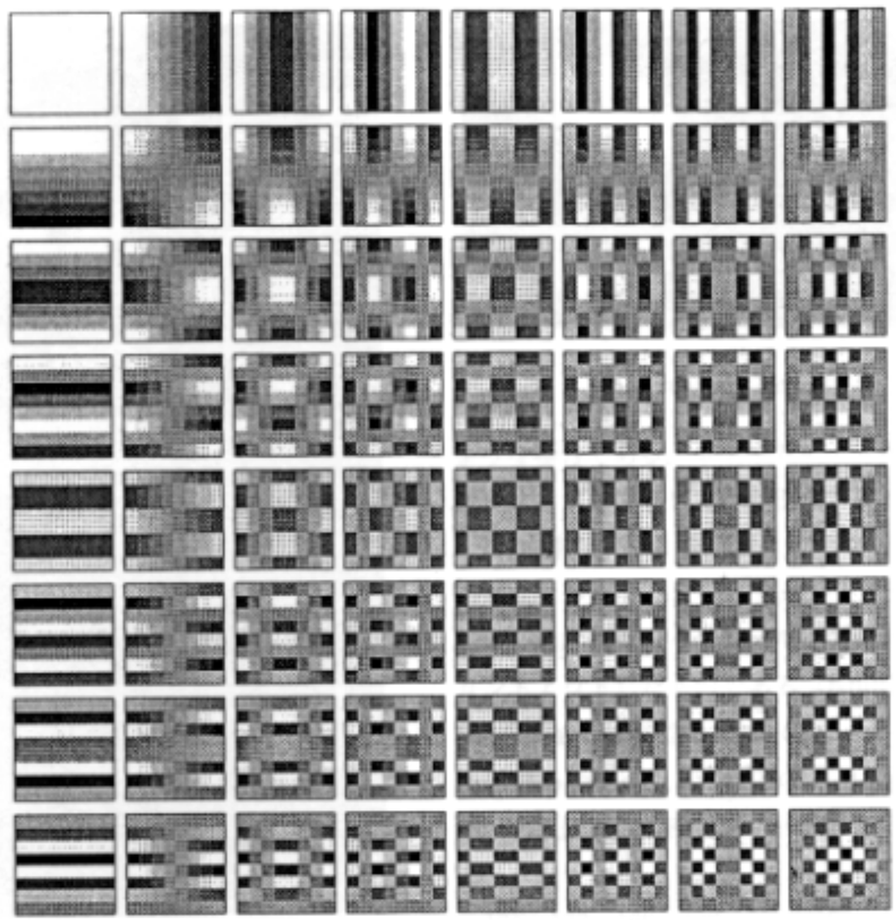
二次元への拡大





$$F_{23} \bullet F_{12} = \underline{\qquad\qquad} \begin{matrix} 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & -1 & -1 \\ -1 & -1 & 1 & 1 \end{matrix}$$

DCT基底

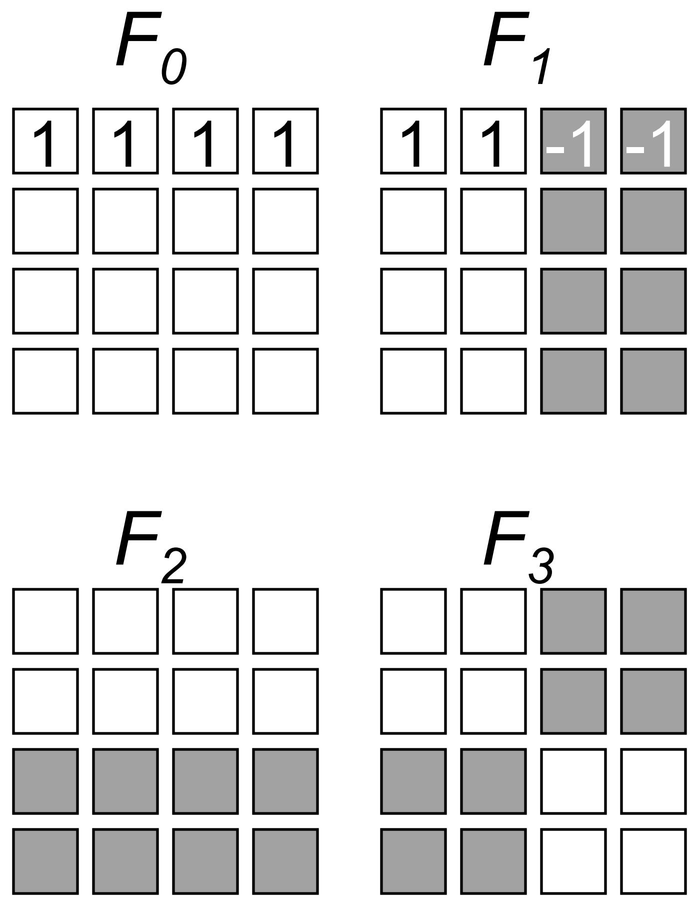


2次元のDCT

原画像

$$f = aF_0 + bF_1 + cF_2 + dF_3$$

4	4	0	0
4	4	0	0
-2	-2	6	6
-2	-2	6	6

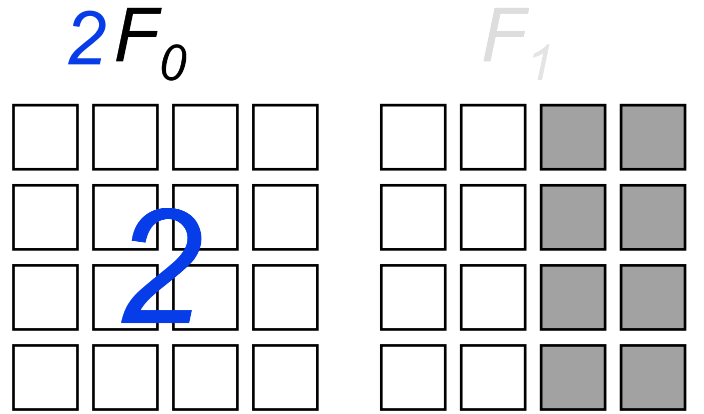


2次元のDCT

原画像

$$f = aF_0 + bF_1 + cF_2 + dF_3$$

4	4	0	0
4	4	0	0
-2	-2	6	6
-2	-2	6	6



$$a = f \bullet F_0 / F_0^2$$

=

DCT係数

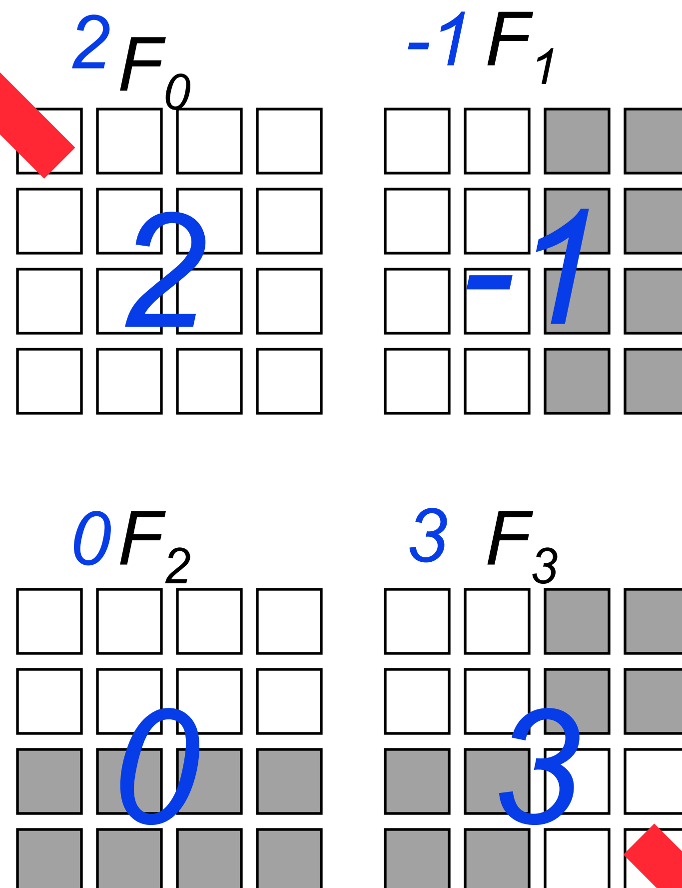
成分

原画像

$$f = aF_0 + bF_1 + cF_2 + dF_3$$

4	4	0	0
4	4	0	0
-2	-2	6	6
-2	-2	6	6

$$G = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$



DCT係数

成分

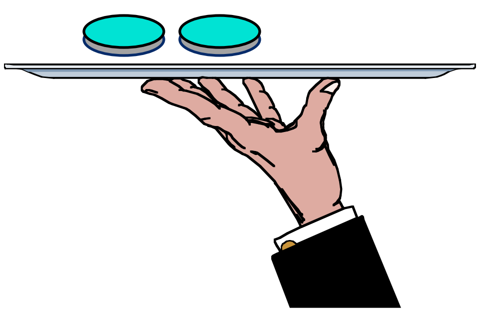
人間の知覚

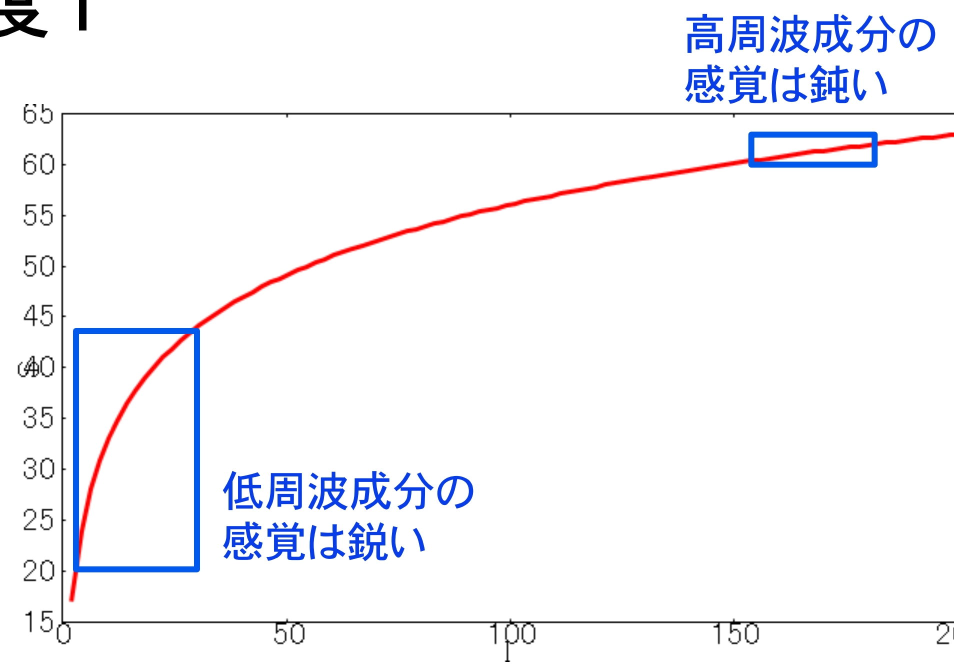
- Fechnerの______法則
  - 感覚量 S, 刺激強度 I

$$S = k \log I + b$$

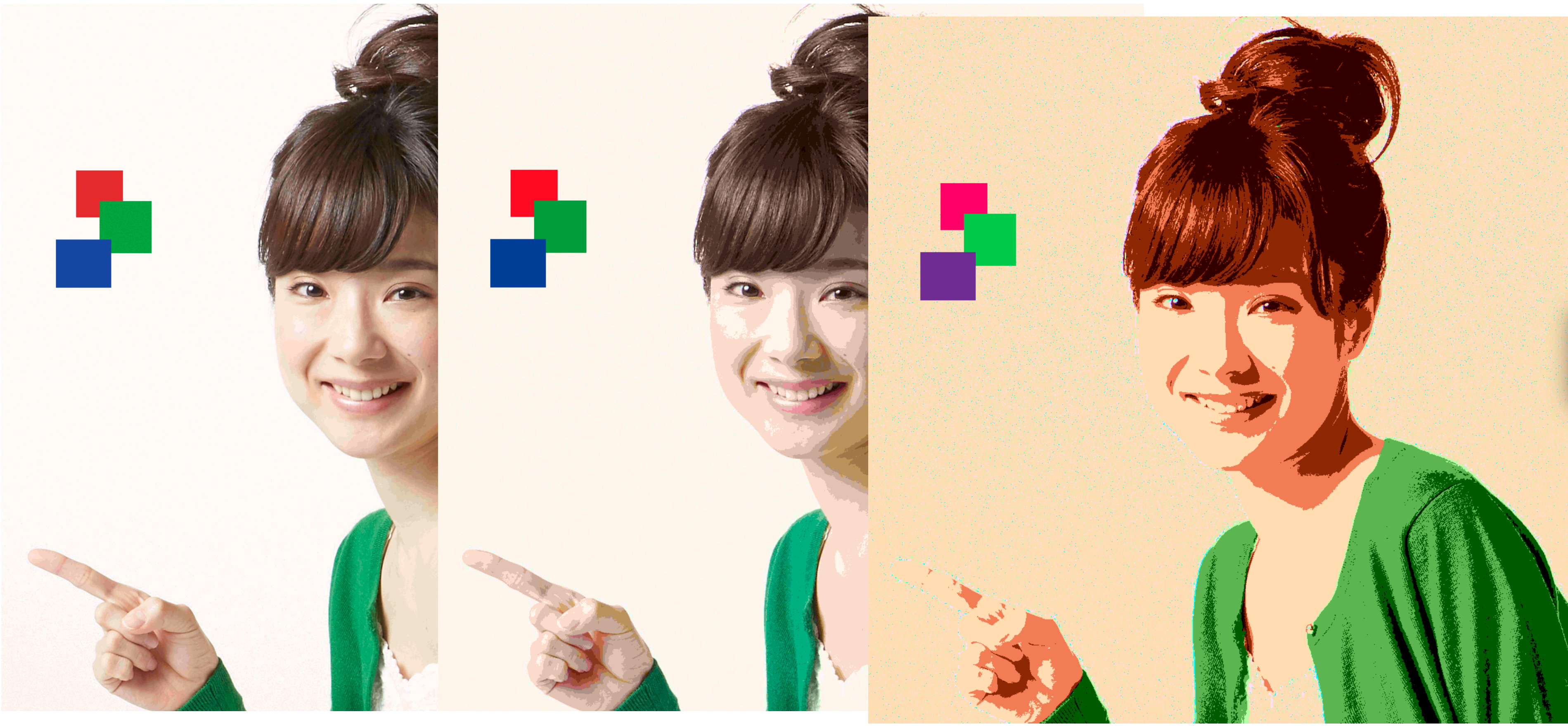
$$S_2 = k \log 2 + b$$

$I = 2$





荒い量子化



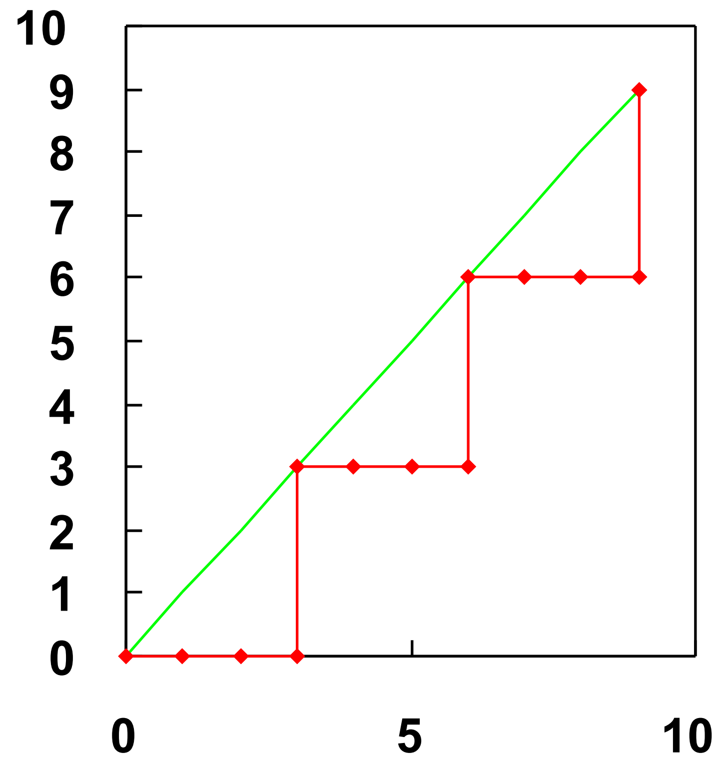
32レベル *10レベル* *4レベル*

量子化 quantization

- cによる量子化

$$q_c(x) = \left\lfloor \frac{x}{c} \right\rfloor \times c$$

  - $\lfloor x \rfloor$ ________ of x = xを超えない最大の整数
  - $q_3(19)$ =floor(19/3)x3 =(6.333)x3 =18
  - $q_3(20)$ =
  - $q_3(21)$ =
  - $q_3(22)$ =



量子化テーブル

- 量子化する値 c
  - 低周波→__________
  - 高周波→__________

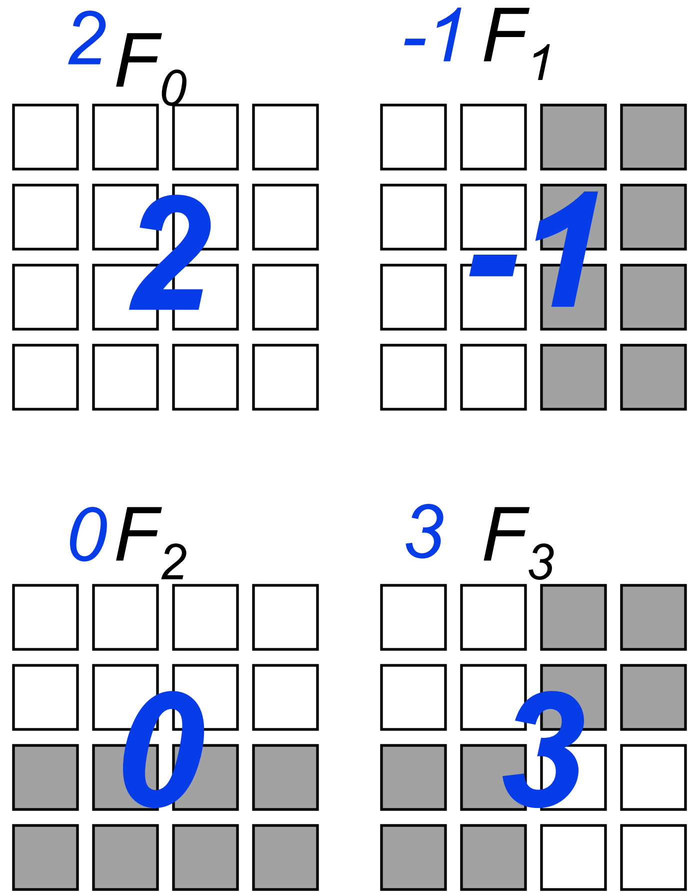
c

1	5
5	10

例)

$q_5(3)$=fl(0.6) x5=

$q_5(-1)$=fl(-0.2) x5=



DCT係数

圧縮率の違い

- 低圧縮 (75%)
  - ❑DCT係数

$$G_0 = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$

  - ❑量子化テーブル

$$C_1 = \begin{pmatrix} 1 & 2 \\ 2 & 3 \end{pmatrix}$$

  - ❑量子化された係数

$$q_{C1}(G_0) = \begin{pmatrix} \lfloor 2/1 \rfloor \cdot 1 & \lfloor -1/2 \rfloor \cdot 2 \\ \lfloor 0/2 \rfloor \cdot 2 & \lfloor 3/3 \rfloor \cdot 3 \end{pmatrix} =$$

- 高圧縮 (50%)
  - ❑DCT係数

$$G_0 = \begin{pmatrix} 2 & -1 \\ 0 & 3 \end{pmatrix}$$

  - ❑量子化テーブル

$$C_2 = \begin{pmatrix} 1 & 5 \\ 5 & 10 \end{pmatrix}$$

  - ❑量子化された係数

$$q_{C2}(G_0) =$$

逆DCT変換 (IDCT)

- 変換と逆変換
  - 原画像 f

4	4	0	0
4	4	0	0
-2	-2	6	6
-2	-2	6	6

DCT変換

  - DCT係数

$$G_0 = \begin{pmatrix} a & b \\ c & d \end{pmatrix}$$

$$f = aF_0 + bF_1 + cF_2 + dF_3$$

$$q_{C1}(G_0) = \begin{pmatrix} 2 & -5 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}$$

f_1

5	5	-1	-1
5	5	-1	-1
-5	-5	9	9
-5	-5	9	9

$$q_{C2}(G_0) = \begin{pmatrix} 4 & -2 \\ 0 & 5 \end{pmatrix}$$

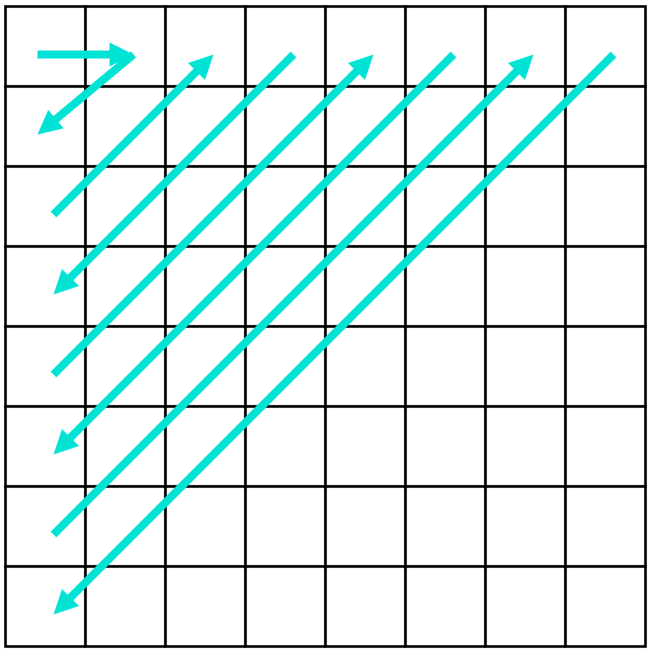
f_2

3	3	1	1
3	3	1	1
-3	-3	7	7
-3	-3	7	7

ジグザグスキャン

- DCT係数

高周波



低周波

- ________________
  - 0の個数
  - 非0値
- 例
  - 12,0,0,0,3,0,2,0,0,0,0
  - 0,12, 3,3, 1,2, 4,0
  - 0,12, 3,3, 1,2, [EOB]

(End of Block)

演習

- 2次元の直交基底

$$F_0 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ 1 & 1 \end{pmatrix}, F_1 = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ 1 & -1 \end{pmatrix}, F_2 = \begin{pmatrix} 1 & 1 \\ -1 & -1 \end{pmatrix}, F_3 = \begin{pmatrix} 1 & -1 \\ -1 & 1 \end{pmatrix},$$

DCT係数 $G = \begin{pmatrix} 5 & 3 \\ -2 & 1 \end{pmatrix}$ を持つ画像 f がある.

1. Gを逆DCT変換(復元)した f_1 を求めよ
2. Gを量子化テーブル $C_2 = \begin{pmatrix} 1 & 3 \\ 3 & 4 \end{pmatrix}$ で量子化したG_2を求めよ.
3. G_2を逆DCT変換した f_2 を求めよ.