

画像処理

画像の再構成，圧縮

宮崎大学 工学部 情報システム工学科

3年後期 第7回

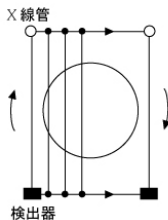
画像の再構成 (P.130)

投影像などの観測データから観測対象の画像を得る技術

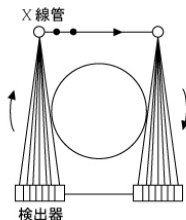
- ▶ コンピュータ断層法 (X線 CT, MRI)
- ▶ マイクロ波ホログラム
- ▶ 合成開口径レーダ
- ▶ 電波望遠鏡

コンピュータ断層法 (X線 CT)

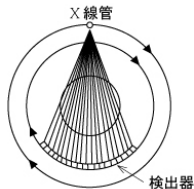
- ▶ X線ビームを対象物体に照射し透過したビームを検知器で測定
- ▶ 多方向の観測値から対象物体の各部位のX線吸収率を再構成



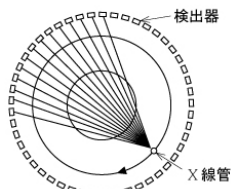
(a) 第1世代



(b) 第2世代



(c) 第3世代

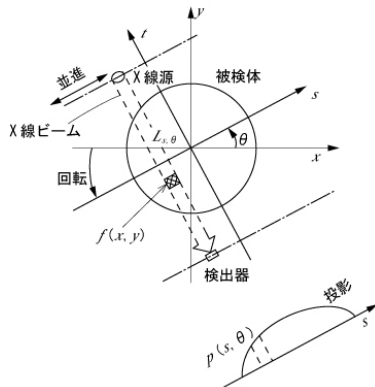


(d) 第4世代

投影データ

観測データは、ある方向の
X線吸収率の線積分値

$$\begin{aligned} p(s, \theta) &= \int_{L_{s, \theta}} f(x, y) dt \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} f(s \cos \theta - t \sin \theta, \\ &\quad s \sin \theta + t \cos \theta) dt \end{aligned}$$

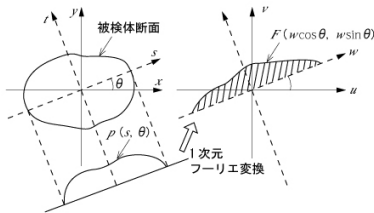


$p(s, \theta)$: 観測投影データ

$f(x, y)$: X線吸収率の分布

フーリエ変換法

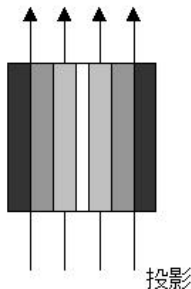
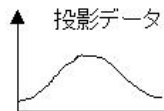
投影データの1次元フーリエ変換 $P(w, \theta)$ は、分布のフーリエ変換のある断面 $F(w \cos \theta, w \sin \theta)$



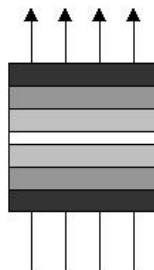
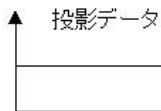
$$\begin{aligned} P(w, \theta) &= \int_{-\infty}^{\infty} \rho(s, \theta) \exp(-2\pi jws) ds \\ &= \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \exp(-2\pi j(xw \cos \theta + yw \sin \theta)) dx dy \\ &= F(w \cos \theta, w \sin \theta) \end{aligned}$$

フーリエ変換法の解釈

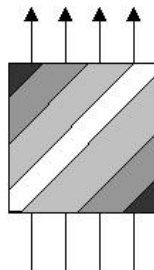
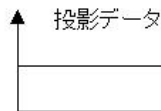
$$P(w, \theta) = F(w \cos \theta, w \sin \theta)$$



投影方向と等しいサイン波
的な濃度変化の場合



それ以外の場合(例1)



それ以外の場合(例2)

画像の圧縮 (P.71)

画像のデータ量

- ▶ テレビの画像 1 枚 (静止画)
720×480 画素 カラー画像 1 枚 = 1MBytes
- ▶ テレビの映像 (動画)
毎秒 30 フレーム = 240Mbps

伝送路の容量

| | |
|---------|---------------|
| 電話線： | 64kbps |
| ADSL： | 1.5M~50Mbps |
| 光ファイバー： | 100Mbps~1Gbps |

⇒ 圧縮が必要

データ量の削減

1. データ間の相関関係の利用

例：隣同士の画素値は似ている

前後のフレーム同士の画素値は似ている

⇒ 相関関係を利用して、冗長な情報を削減（冗長さの削減）

2. 人間が知覚できない情報も含む

例：高周波成分は画質に影響しない

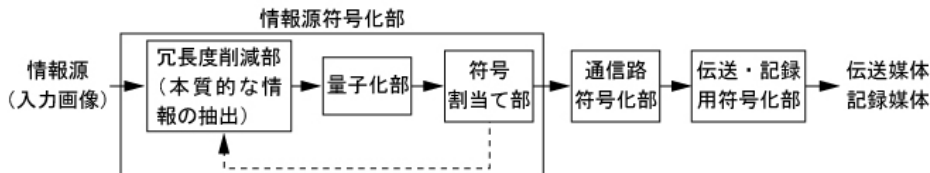
⇒ 知覚的に重要でない情報を無視（量子化）

3. データの発生確率は一定ではない

例：文書画像では「白」が「黒」よりはるかに多い

⇒ 発生確率に応じたデータ表現（符号割り当て）

画像圧縮の手順



- ▶ 冗長度の削減：予測符号化，変換符号化
- ▶ 量子化：量子化計数の制御，ジグザグ走査
- ▶ 符号割り当て：ハフマン符号化

符号割り当て（ハフマン符号化）

- ▶ シンボル（画素値）を 0/1 のビット列で表現する
- ▶ シンボルの生起確率に応じて異なる長さのビット列を対応づける

よく発生するシンボル： 短いビット列

あまり発生しないシンボル： 長いビット列

| シンボル | 生起確率 | 符号語 |
|-------|------|-----|
| a_3 | 0.35 | |
| a_5 | 0.3 | |
| a_1 | 0.2 | |
| a_4 | 0.1 | |
| a_2 | 0.05 | |

平均符号長

平均符号長 \geq エントロピー

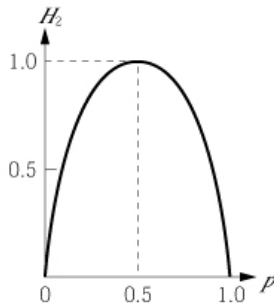
$$L = \sum_{i=1}^N L_i \times P(a_i) \geq H = \sum_{i=1}^N \log \frac{1}{P(a_i)} \times P(a_i)$$

a_i : シンボル i

L_i : シンボル i のビット列長

N : シンボルの種類

H は $P(a_i) = \frac{1}{N}$ のとき最大



※シンボルの生起確率が偏っているほど平均符号長は短くできる

冗長度の削減

ハフマン符号化

情報が偏って存在しているほど効率がよい

一般の画像

画素間に相関関係がある＝情報がバラバラに存在

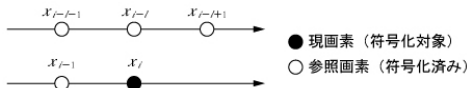
⇒相関関係を減らして、情報を偏らせる（集中させる）

手法：予測符号化，変換符号化

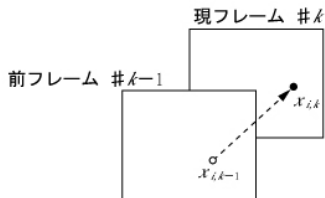
予測符号化

復号済の画素値から次に復号する画素値を推定
推定値との誤差情報のみを利用

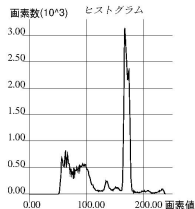
空間方向の予測：隣接画素値により予測



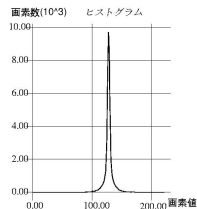
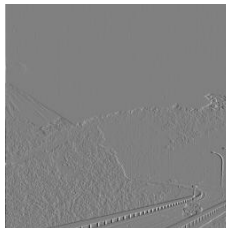
時間方向の予測：隣接フレームの画素値により予測



予測符号化の効果



原画像



隣接画素との差分

画素値の分散が小さくなる
＝誤差情報を効率的に表現できる

変換符号化

考え方1：データを周波数成分で表現する

『隣同士で画素値の変化が小さい』

＝ 低周波成分がほとんどの情報を含む

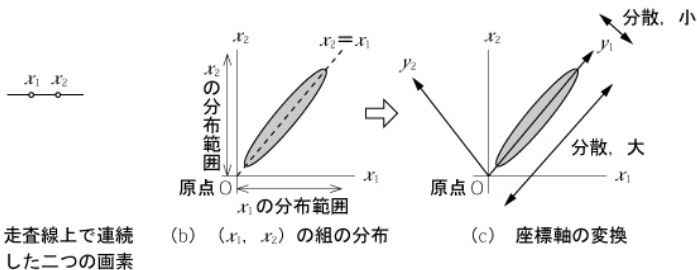
考え方2：データをベクトルの加重和で表現する

データをうまく表現するベクトルを利用

⇒ 少数のベクトルの係数がほとんどの情報を含む

具体例：フーリエ変換，離散コサイン変換，KL 展開など

変換符号化の効果



適切な変換をすることにより、
データを少数の係数で表現可能

量子化

一般に、画素値／予測誤差／変換係数は
広い値域をもつ．実数になる可能性がある
そのまま符号化すると，データ量が増えてしまう

量子化 = 数段階の整数値によりデータを表現

画質の劣化を抑える工夫

画像の特性： 高周波成分の寄与は小さい

人間の知覚特性： 高周波は知覚しにくい

低周波は2~7bit，高周波は1~2bit程度に量子化する

※量子化により非可逆圧縮となる

量子化の例

DCT 結果

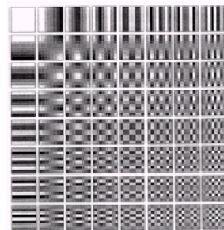
| | | | | | | | |
|-----|-----|-----|-----|-----|----|-----|----|
| 186 | -18 | 15 | -9 | 23 | -9 | -14 | 19 |
| 21 | -34 | 26 | -9 | -11 | 11 | 14 | 7 |
| -10 | -24 | -2 | 6 | -18 | 3 | -20 | -1 |
| -8 | -5 | 14 | -15 | -8 | -3 | -3 | 8 |
| -3 | 10 | 8 | 1 | -11 | 18 | 18 | 15 |
| 4 | -2 | -18 | 8 | 8 | -4 | 1 | -7 |
| 9 | 1 | -3 | 4 | -1 | -7 | -1 | -2 |
| 0 | -8 | -2 | 2 | 1 | 4 | -6 | 0 |

量子化テーブル

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 8 | 6 | 5 | 8 | 12 | 20 | 26 | 30 |
| 6 | 6 | 7 | 10 | 13 | 29 | 30 | 28 |
| 7 | 7 | 8 | 12 | 20 | 29 | 35 | 28 |
| 7 | 9 | 11 | 15 | 26 | 44 | 40 | 31 |
| 9 | 11 | 19 | 28 | 34 | 55 | 52 | 39 |
| 12 | 18 | 28 | 32 | 41 | 52 | 57 | 46 |
| 25 | 32 | 39 | 44 | 52 | 61 | 60 | 51 |
| 36 | 46 | 48 | 49 | 56 | 50 | 52 | 50 |

量子化結果

| | | | | | | | |
|----|----|----|----|----|---|----|---|
| 23 | -3 | 3 | -1 | 2 | 0 | -1 | 1 |
| 4 | -6 | 4 | -1 | -1 | 0 | 0 | 0 |
| -1 | -3 | 0 | 1 | -1 | 0 | -1 | 0 |
| -1 | -1 | 1 | -1 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 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 |



まとめ

画像の再構成

- ▶ コンピュータ断層法
- ▶ 断層像の再構成
- ▶ フーリエ変換法

画像の圧縮

- ▶ 冗長度の削減
- ▶ 量子化
- ▶ 符号割り当て