

画像処理工学

Image Processing



Computer



Digital Image

A/D変換

▪ pixel → picture cell
picture element
画像の最小単位

▪ ppi → _____
1インチ当たりの画素数. 画像の解像度の単位.

▪ dpi → _____
1インチ当たりの点の数. 主にプリンタやスキャナ
などの解像度の単位として使われる.

▪ bps → bit per second
1秒当たりの転送ビット量

▪ bit
2進数の1桁の長さ
binary digitの略
0か1のいずれか

▪ byte
computer内の
データ容量の最小単位
1 byte = 8 bit

Analog
signal

標本化⇒量子化

Digital
signal

標本化定理に基づく
sampling間隔の決定

$$f_{\max} \leq \frac{1}{2 \cdot \Delta x}$$

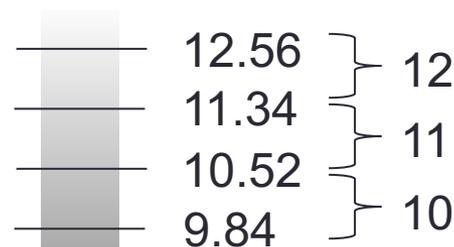
等号が成り立つとき
ナイキスト周波数

$$\Delta x = \frac{1}{2 \cdot f_{\max}}$$

標本化間隔

従わないと
エリアシングエラー
(aliasing error)
が生じる

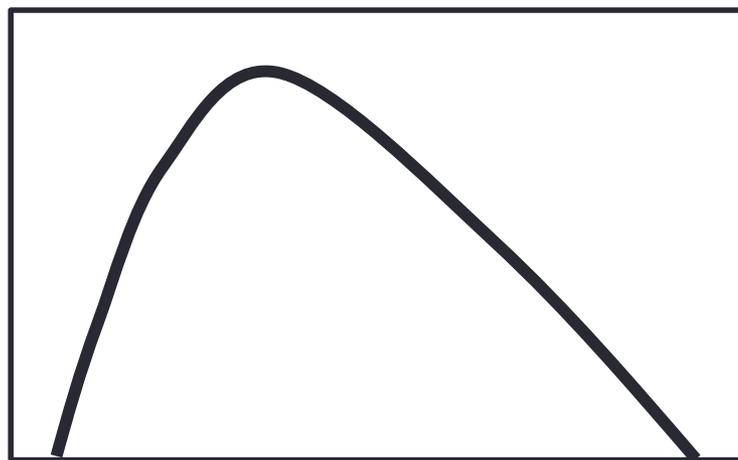
モアレ(折り返し雑音)



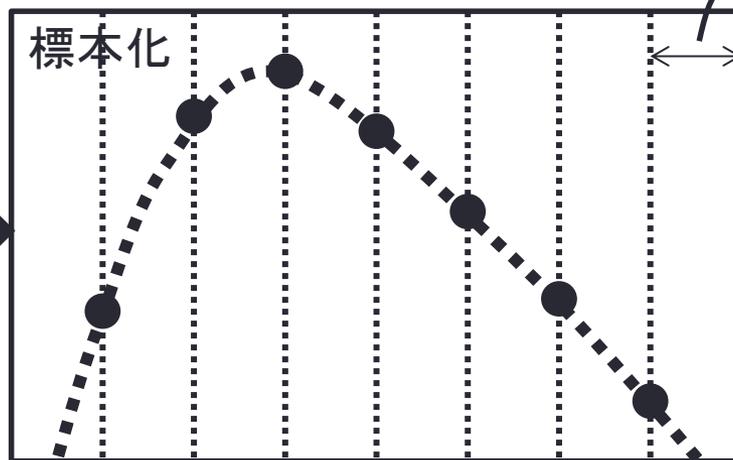
量子化誤差は
必ず存在する

量子化レベル数
が小さいと
擬似輪郭
として現れる

一次元アナログ信号のA/D変換の例



アナログ入力信号



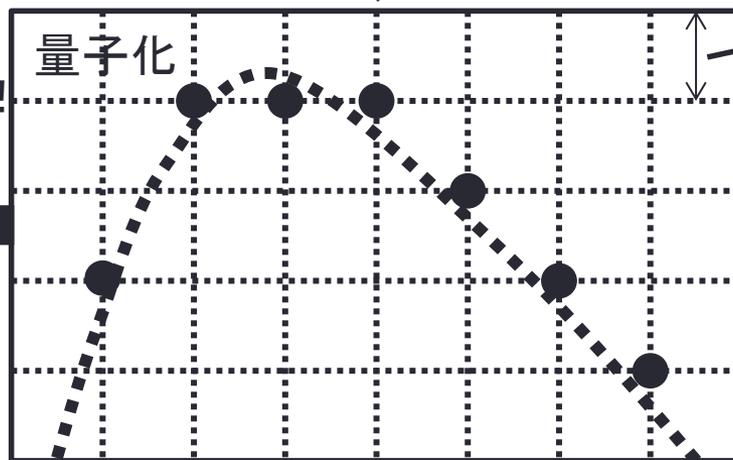
標本化

標本化間隔
サンプリング間隔

出力はコンピュータが理解できる2進数に!

...0100111011101...

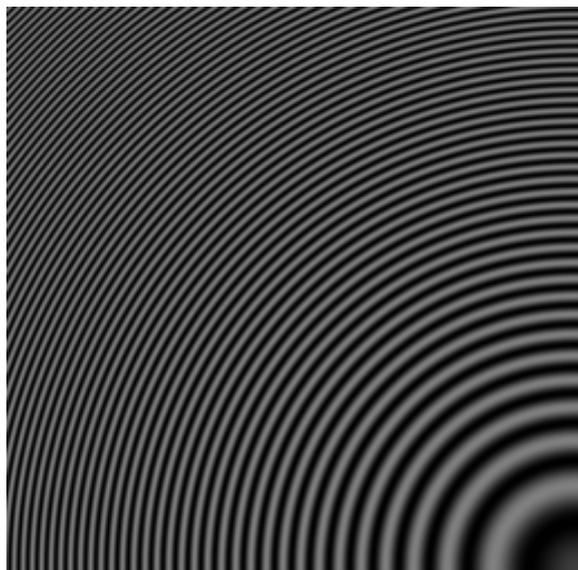
デジタル出力信号



量子化

量子化間隔

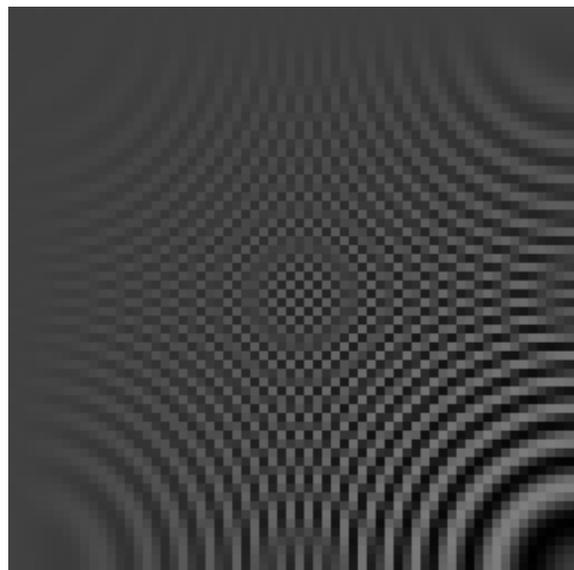
エイリアシング (モアレ)



サンプリング間隔小

標本化定理を満たす
サンプリング間隔

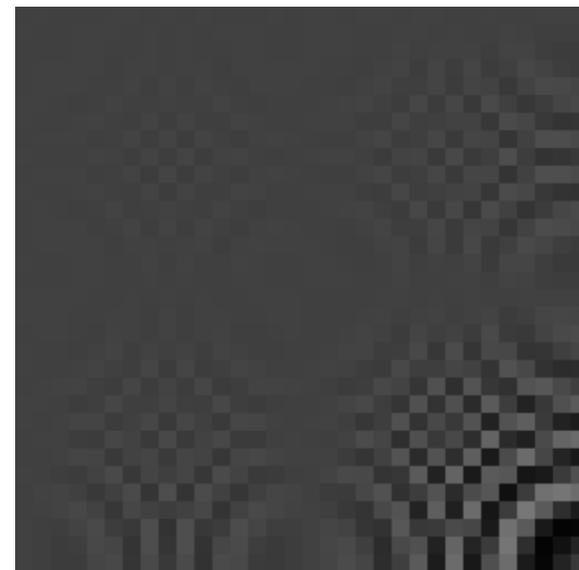
空間分解能が良い！



サンプリング間隔大

標本化定理を満たさない
サンプリング間隔

空間分解能が悪い！



モアレ
(折り返し雑音)
が生じる



量子化誤差(擬似輪郭)



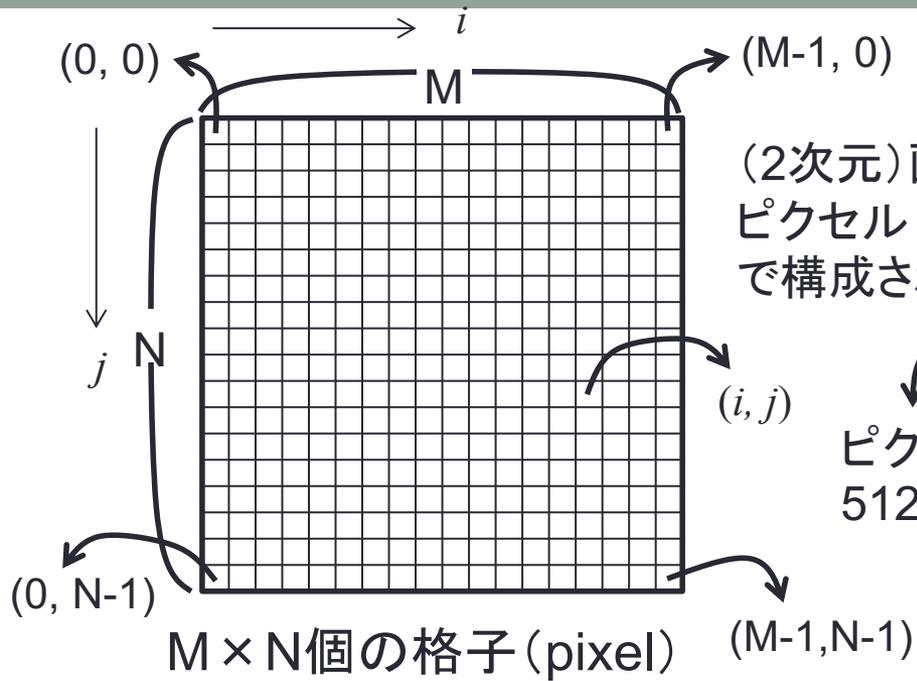
← 大

量子化レベル数

小 →

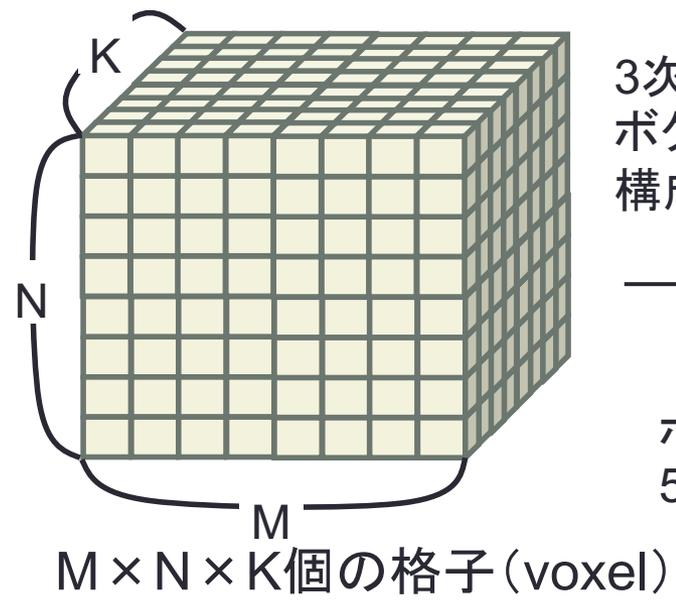
濃度分解能が良い！

濃度分解能が悪い！



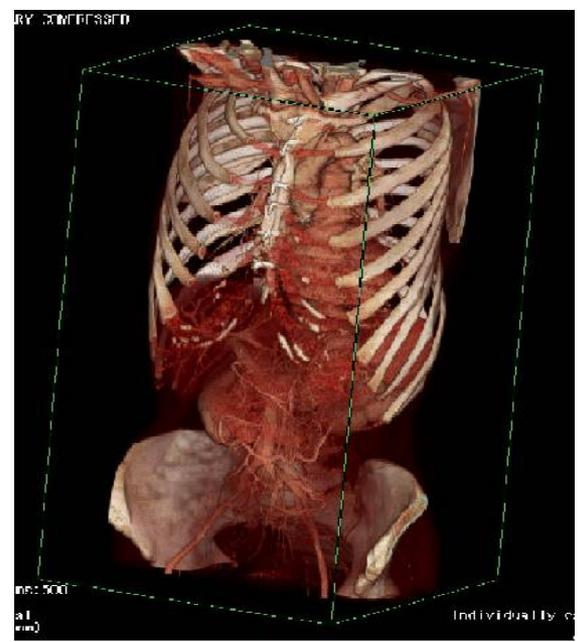
(2次元) 画像は
ピクセル (画素)
で構成される

ピクセル数
512 × 512

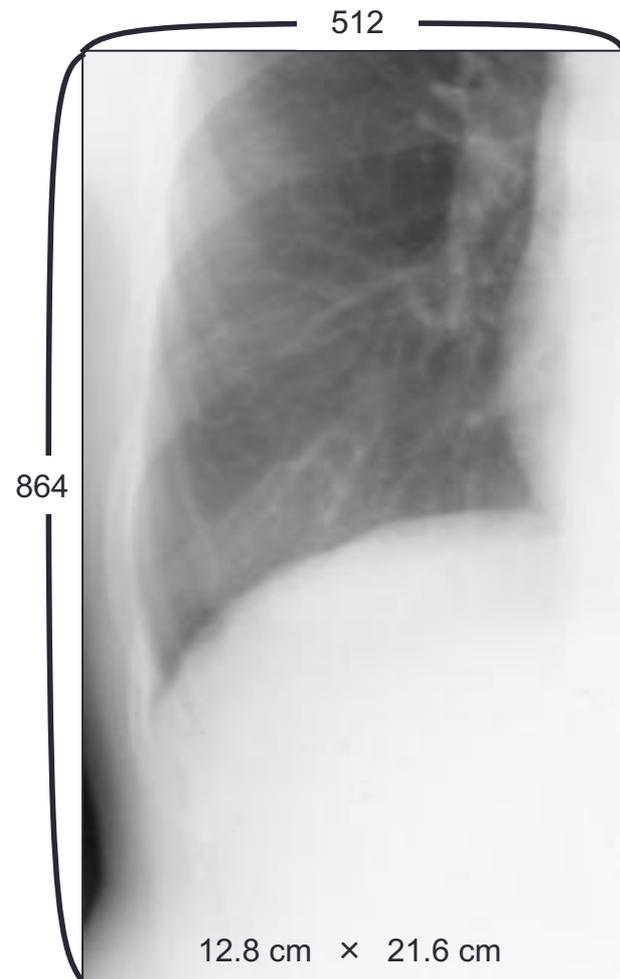


3次元画像は
ボクセルで
構成される

ボクセル数
512 × 512 × 895



空間分解能 (ppi : pixel per inch)

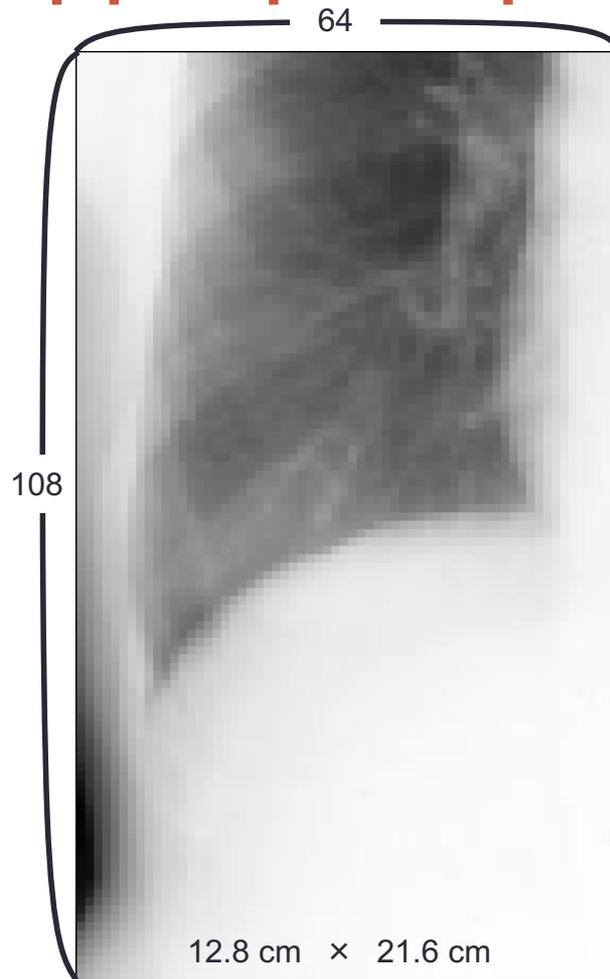


$$512 / 12.8 = 40 \text{ pixel / cm}$$
$$= \underline{102.4 \text{ pixel / inch}}$$

ppi (pixel per inch) ←

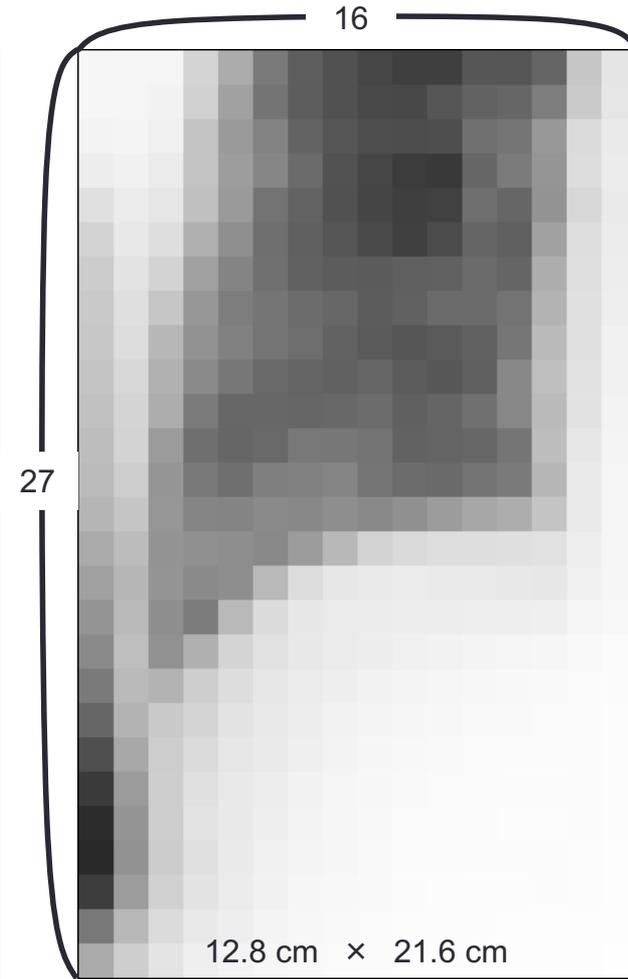
$$128 / 512 = \underline{0.25 \text{ mm / pixel}}$$

pixel size ←



$$64 / 12.8 = 5 \text{ pixel / cm}$$
$$= 12.7 \text{ pixel / inch}$$

$$128 / 64 = 2 \text{ mm / pixel}$$



$$16 / 12.8 = 1.25 \text{ pixel / cm}$$
$$= 3.175 \text{ pixel / inch}$$

$$128 / 16 = 8 \text{ mm / pixel}$$

dpi : dot per inch

ドット密度. プリンタでは1インチ
当たりに印刷できる点の数.



濃度分解能

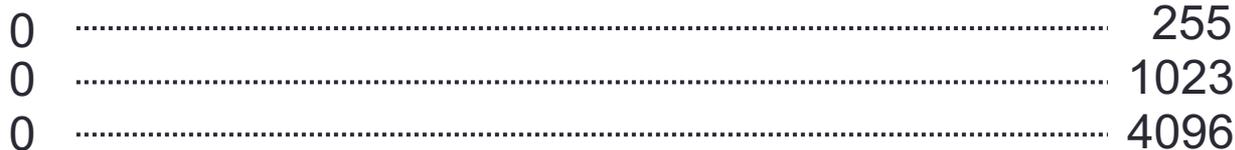
識別可能な信号の最小値と最大値の範囲のこと
 ダイナミックレンジに対して
 画素値の範囲が広いほど濃度分解能に優れる

画素値 pixel value ← 整数

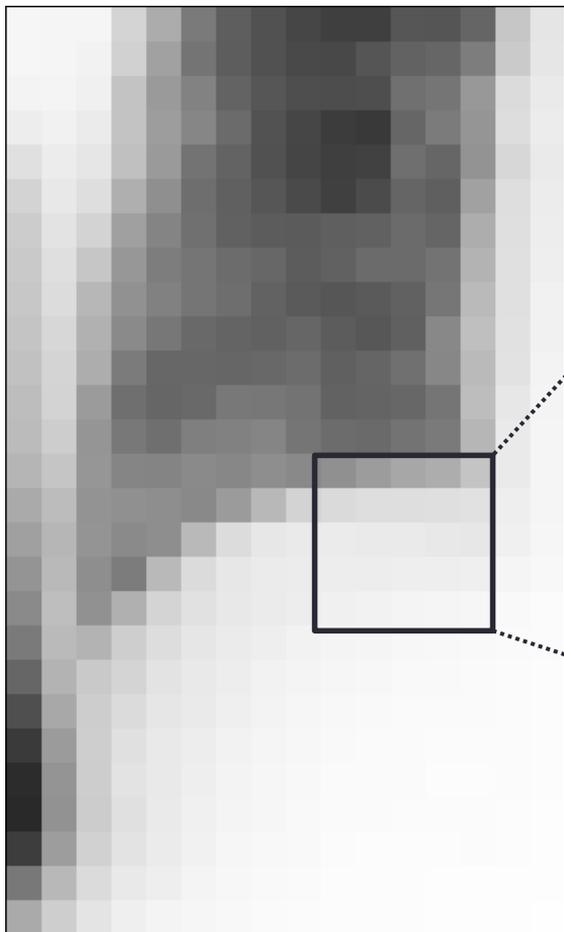
149	159	169	175	196
216	219	219	220	222
231	230	230	228	227
233	233	234	233	234
235	237	239	240	241

階調数
 量子化レベル数
 グレイレベル
 グレイスケール

1 bit 2階調
 2 bit 4階調
 :
 8 bit 256階調
 10 bit 1024階調
 12 bit 4096階調



量子化レベル数が大きいほど
 濃度分解能に優れる



二値画像

白と黒, 2つの階調のみ
で表現された画像 →



多値画像

黒から白までを2つより多い複数の階調で表現された画像
例えば, 黒(0)から白(255)までの256階調で表現された画像
多階調で表現された画像のことである

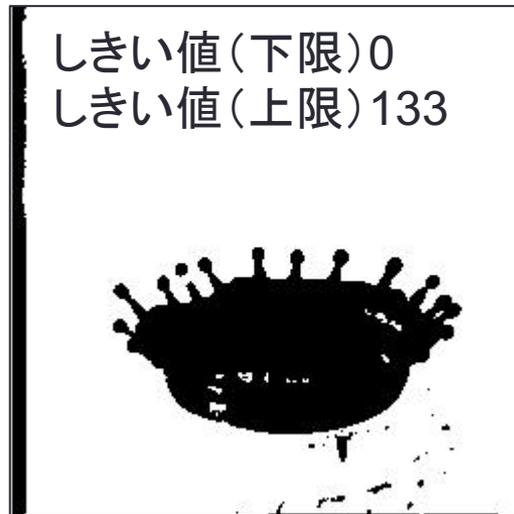
白と黒だけで表された画像を「二値画像」と呼び, これに対して
連続調画像のように中間調をもつ画像を「多値画像」という。

多値画像を「濃淡画像」または「グレー画像」と
呼ぶことも多い

2値化, しきい値

画像の各画素の情報を2つの値に置き換えてしまう操作のことを2値化という。

この2値化のための上限値と下限値を, しきい値または, threshold(スレッシュホールド)という。



ある画素のグレイレベルがその上限値と下限値の間であれば, その画素に1(あるいは255)を, それ以外の画素に0を与える変換処理をすればよい。

ビット bit ⇒ 2進数における1桁の長さのこと

バイト byte ⇒ 1ビットを8桁に並べたもの. データ量の最小基本単位.

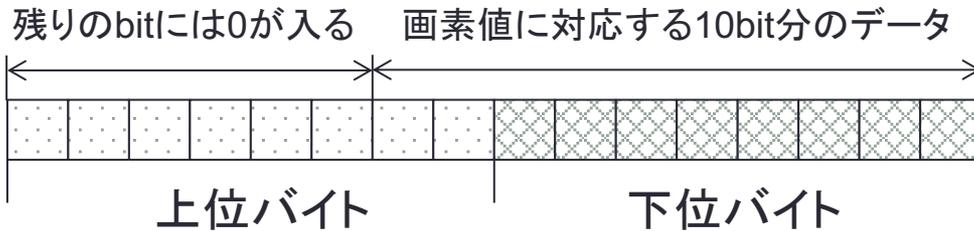
画像のデータ量は, byteで計算する

→ 1バイト = 8ビット

1024 × 1024 × 10 bits のデジタル画像のデータ量は、何メガバイト[M bytes]か。

$$\cancel{1024 \times 1024 \times 10 \div 8 \div 1024 \div 1024} = \cancel{1.25 \text{ M bytes}}$$

$$1024 \times 1024 \times 2 \div 1024 \div 1024 = 2 \text{ M bytes}$$



10~14 bitの濃度範囲の画像データはコンピュータ内では2 byte(16bit)のデータ領域で扱う!



上位バイトを小さな番地に下位バイトを大きな番地に格納



上位バイトを大きな番地に下位バイトを小さな番地に格納



ビッグエンディアンの胸部画像を、
ビッグエンディアンで読み込み表示した画像



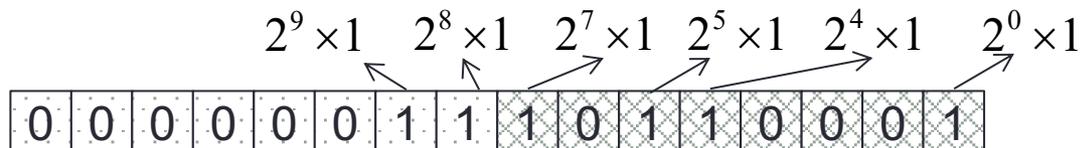
ビッグエンディアンの胸部画像を、
リトルエンディアンで読み込み表示した画像

画素値 945 \longrightarrow 1110110001

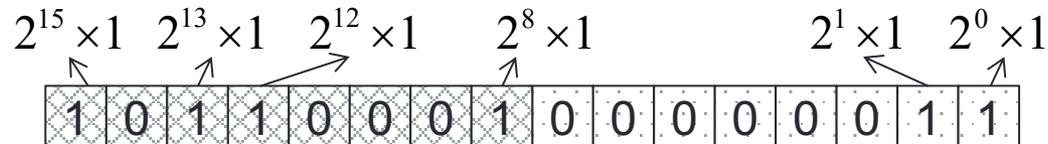
$$\begin{aligned}
 x_1 &= 945 \div 2 = 472, & a_0 &= 945 \bmod 2 = 1 \\
 x_2 &= 472 \div 2 = 236, & a_1 &= 472 \bmod 2 = 0 \\
 x_3 &= 236 \div 2 = 118, & a_2 &= 236 \bmod 2 = 0 \\
 x_4 &= 118 \div 2 = 59, & a_3 &= 118 \bmod 2 = 0 \\
 x_5 &= 59 \div 2 = 29, & a_4 &= 59 \bmod 2 = 1 \\
 x_6 &= 29 \div 2 = 14, & a_5 &= 29 \bmod 2 = 1 \\
 x_7 &= 14 \div 2 = 7, & a_6 &= 14 \bmod 2 = 0 \\
 x_8 &= 7 \div 2 = 3, & a_7 &= 7 \bmod 2 = 1 \\
 x_9 &= 3 \div 2 = 1, & a_8 &= 3 \bmod 2 = 1 \\
 x_{10} &= 1 \div 2 = 0, & a_9 &= 1 \bmod 2 = 1
 \end{aligned}$$

03B1

2進数 \Leftrightarrow 16進数変換
は4bitごとに区切って
考える



ビッグエンディアン



リトルエンディアン

画像ファイルの構成

digital image and communications
in medicine

画像フォーマット: TIFF, JPEG, GIF, BMP, PICT, DICOM

一般的な画像ファイルは、ヘッダーと画像データの2つの部分で構成される

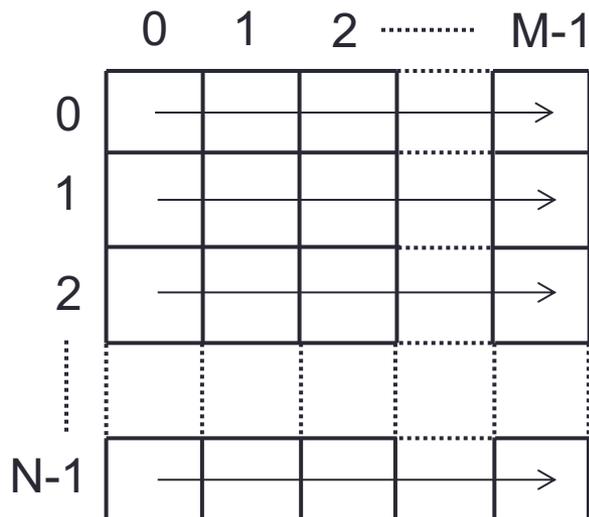


- ・画像に関する情報
(マトリックスサイズ, 階調数)
- ・患者情報
(氏名, モダリティ,
撮影部位など)

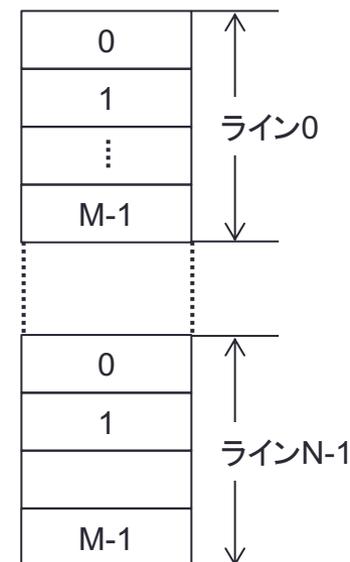
画素値の情報, ラスター型のデータ格納
バイナリ形式

2次元データの1次元配列への格納方式

テキスト形式
バイナリ形式
ASCII code



2次元画像データ

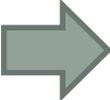


1次元配列

画像処理 Image Processing

149	159	169	175	196
216	219	219	220	222
231	230	230	228	227
233	233	234	233	234
235	237	239	240	241

入力



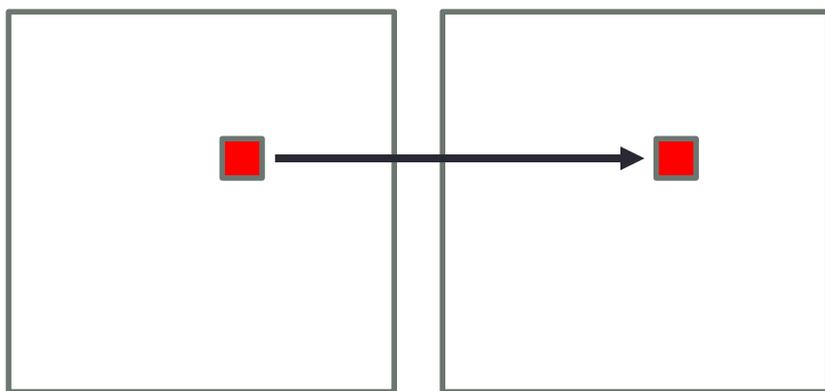
106	96	86	80	59
39	36	36	35	33
24	25	25	27	28
22	22	21	22	21
20	18	16	15	14

出力

あるルールに従って画素値を
変換する処理

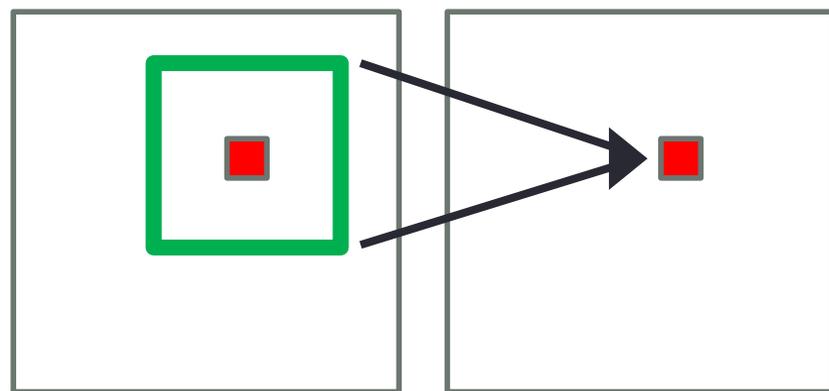
目的によって処理方法が異なる

入力画像の対応する画素値を用いて、出力画像
の対応する画素値を計算する方法



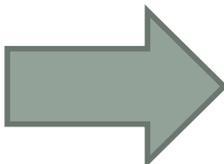
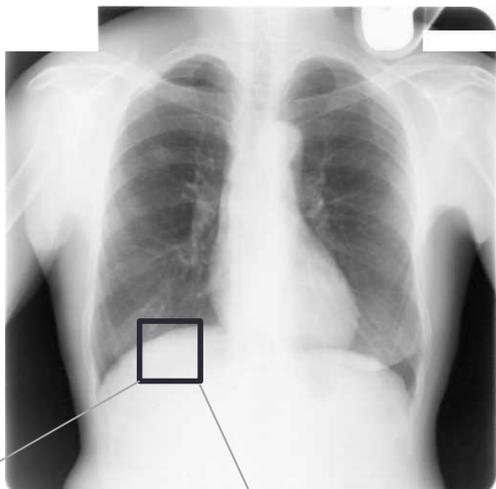
入力画像
出力画像
画素ごとの濃淡変換(主に階調処理)

入力画像の対応する画素値だけではなく、その周囲
(近傍領域)の画素も含めた領域内の画素値を用い
て、出力画像の対応する画素値を計算する方法

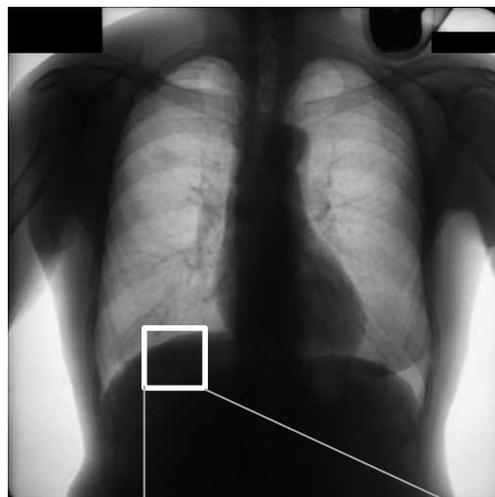


入力画像
出力画像
領域に基づく濃淡変換(フィルタリング)

入力画像
横1024画素
縦1024画素
256階調



濃淡反転
白黒反転



出力画像
(処理後画像)

149	159	169	175	196
216	219	219	220	222
231	230	230	228	227
233	233	234	233	234
235	237	239	240	241

$$255 - 169 = 86$$

$$255 - 230 = 25$$

$$255 - 241 = 14$$

106	96	86	80	59
39	36	36	35	33
24	25	25	27	28
22	22	21	22	21
20	18	16	15	14

出力画素値 = 階調数 - 1 - 入力画素値

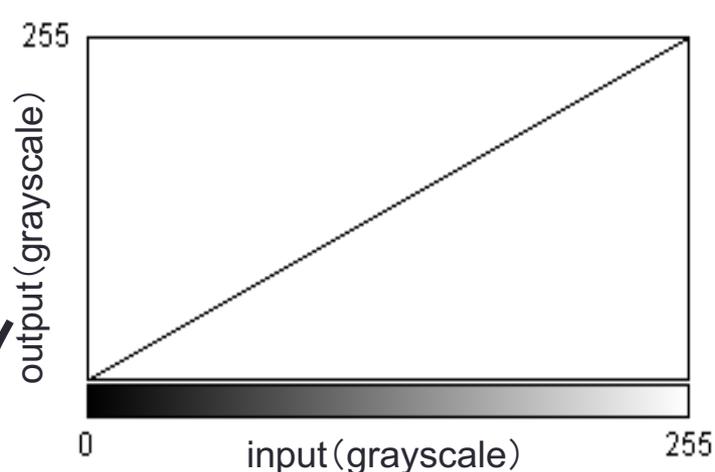
(LUT)

あらかじめ作成して表示に使用する
入力濃度に対する出力濃度の表
グラフィックボード、ディスプレイなどが持っている
LUTによって階調処理を行うことができる

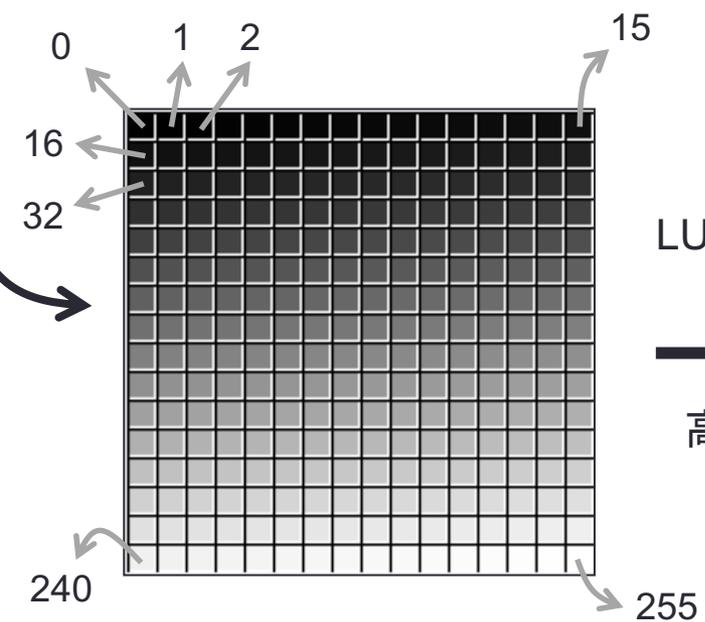
濃淡変換曲線で画素値
が変換される処理

計算式で
直接変換

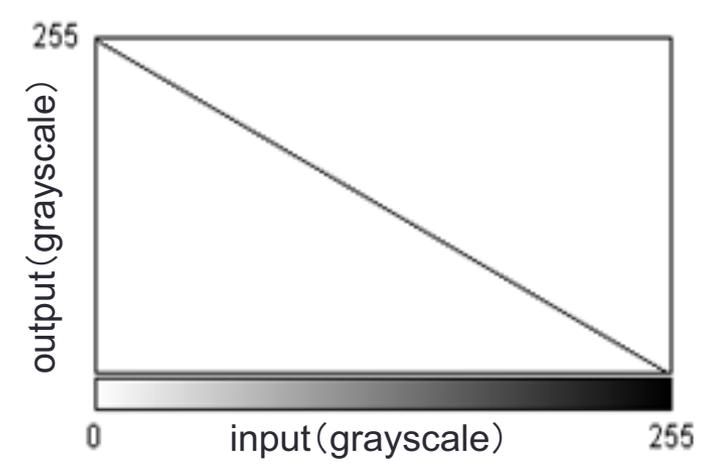
LUTによる
変換
高速！



入出力の濃淡変換曲線

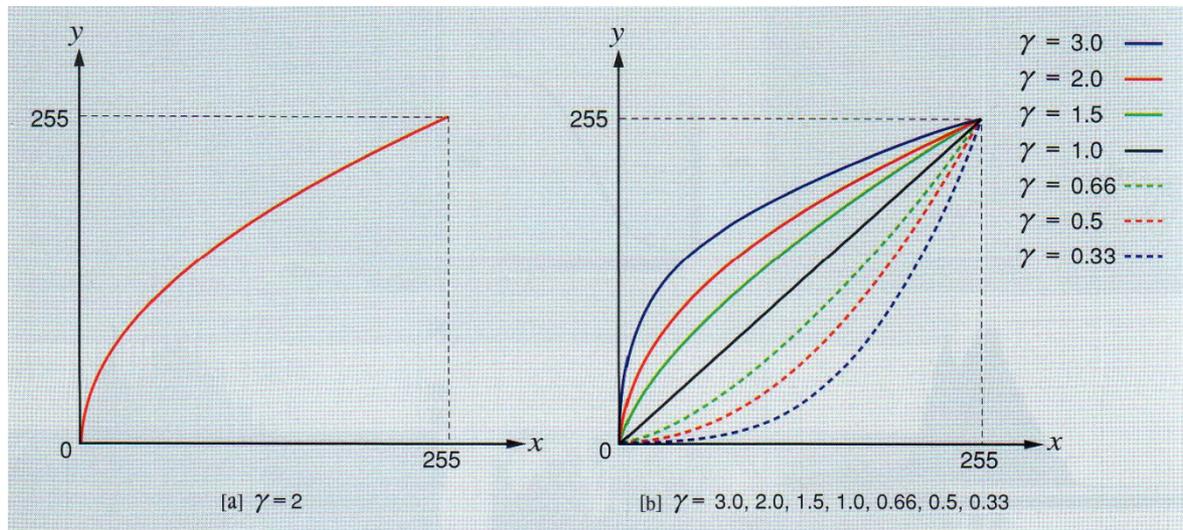


ルックアップテーブル



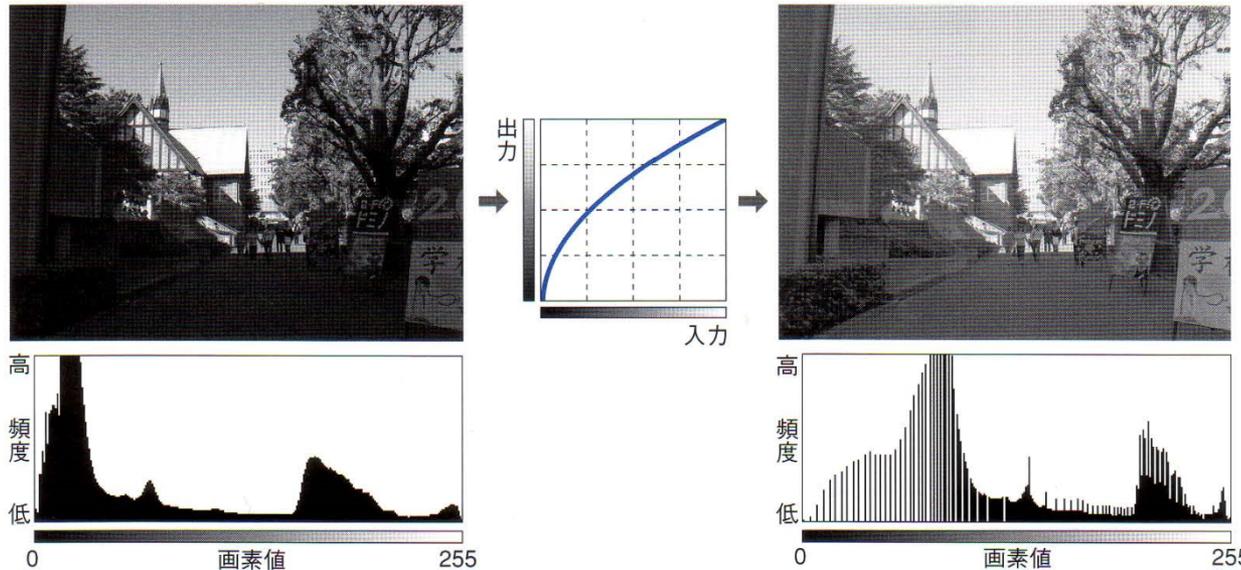
反転処理後の入出力濃淡の関係

LUTによるガンマ補正



$$y = 255 \left(\frac{x}{255} \right)^{\frac{1}{\gamma}}$$

LUTの調節
≡ 階調処理



ウィンドウ処理
window level
window width

ヒストグラム
横軸: 画素値
縦軸: 画素値の出現頻度

ディスプレイの階調補正

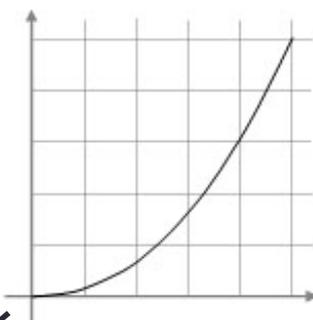
ディスプレイの出力特性はリニア（線形）ではない。つまり、黒 → 白への明るくなり方が安定していない・バラつきがある。

一般用モニタはガンマ値によって補正を行う。→ガンマ補正

医療用モニタは**GSDF**

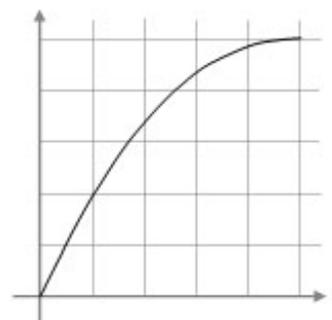
(

)によって補正を行う



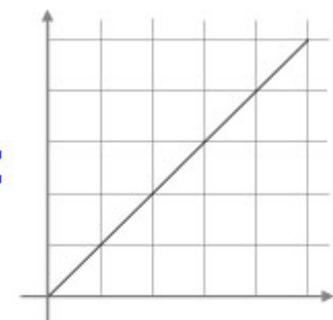
ディスプレイのガンマ特性

×

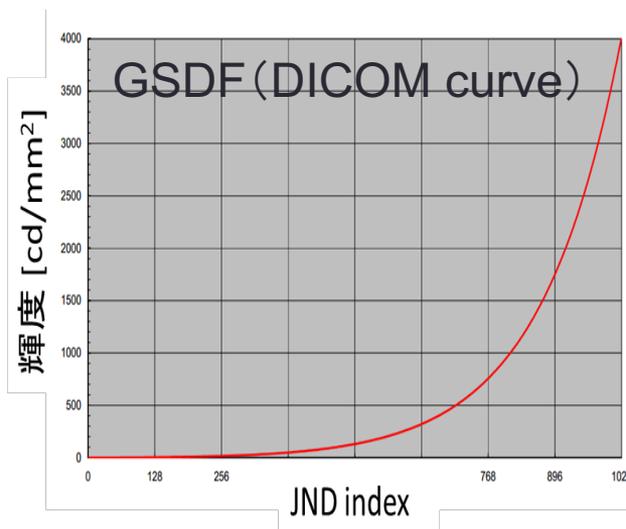
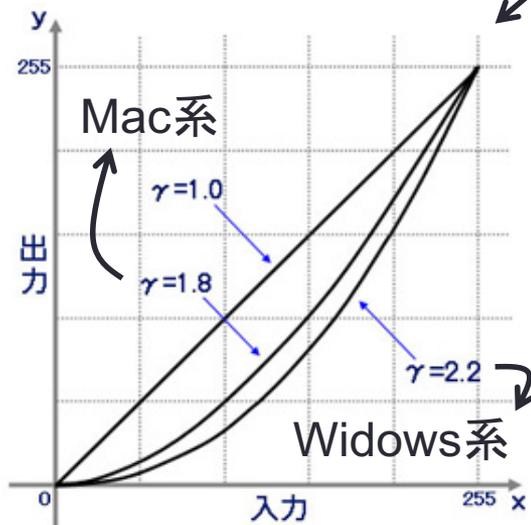


ガンマ特性に合わせて色情報を調整

=

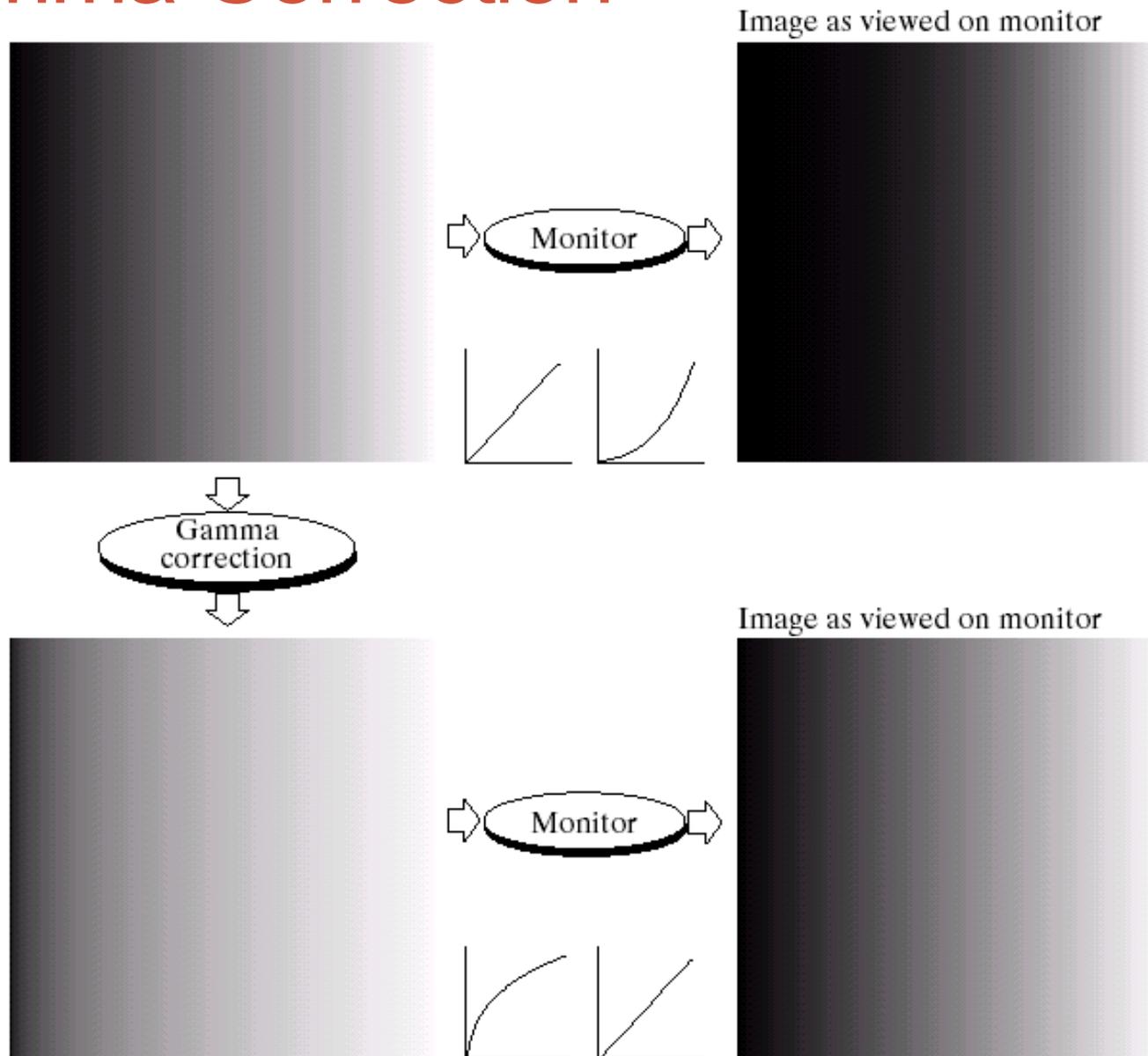


理想の「y=x」に近い発色になる



DICOM カーブは人間に感じられる輝度の差がどの階調間でも等しく感じられる階調特性であり、病院内の各モニターの階調特性をこのグレースケール標準表示関数 GSDF「基準」に合わせて補正表示すれば、全てのモニターにおいて人間工学的に滑らか、且つ「正確」なグレースケール表示が実現することとなる。

Gamma Correction



画像処理の目的

▪ 画質改善

(Image restoration)

劣化している画像に対し、その劣化の原因を取り除き、新しい画像を得る画像処理技術。

コントラスト変換, 雑音除去, 平滑化 など

▪ 画像解析

(Image analysis)

画像の構造を解析し、その特徴を抽出するための画像処理技術。画像認識 (image recognition), 画像理解 (image understanding) とも呼ばれる。

エッジ検出, 領域分け, 形状特徴計測, マッチング など

▪ 画像圧縮

(Image compression)

データ量を削減するための技術。

可逆圧縮, 非可逆圧縮, コサイン変換, ウェーブレット変換
JPEG, JPEG2000 など

▪ 画像再構成

(Image reconstruction)

3次元物体を多方面から投影したデータを展開し再構成する技術。

volume rendering, maximum intensity projection,
multi planar reconstruction, surface rendering など

200X年 国家試験問題

ギガビット・イーサネット(伝送速度)が1Gbps)で1枚5Mバイトの画像を伝送する。1秒間に伝送できる最大の画像数はどれか。

1. 25
2. 100
3. 200
4. 400
5. 1,600

200X年 国家試験問題

サンプリング間隔 $100\mu\text{m}$ で標本化されたとき、デジタル画像で表現できる最高の空間周波数(cycles/mm)はどれか。

1. 1
2. 5
3. 10
4. 50
5. 100

デジタル画像で誤っているはどれか.

1. データ量は横の画素数 × 縦の画素数 × 階調数で計算できる
2. デジタル化には標本化と量子化の2つ操作が必要である
3. 画質は撮影線量に依存する
4. 解像度はピクセルサイズが大きくなると良くなる
5. デジタル化はA/D変換器で行われる

画像のデジタル化で誤っているはどれか.

1. 標本化定理を満たすとエイリアシングが発生する
2. ナイキスト周波数は標本化間隔に依存する
3. 階調数が多いと量子化誤差は小さい
4. 標本化のあとに量子化を行う
5. データ量は画素数に比例する

2011年(H23年) 国家試験問題

デジタル画像で正しいのはどれか.

1. Δx で標本化を行うと最高周波数は $1/\Delta x$ である
2. 標本化間隔を大きくするとアナログ画像に近づく
3. 画像モアレはトランケーションエラーが原因である
4. アナログ画像を量子化しデジタル画像で表すと量子化誤差を生じる
5. 一定の視野内ではマトリクスサイズが小さいほど画素サイズは小さい

2012年(H24年) 国家試験問題

アナログ画像のデジタル化で正しいのはどれか. 2つ選べ.

1. D/A変換を用いる
2. 標本化間隔が小さいほどアナログ情報に近くなる
3. 量子化レベル数が小さいほど量子化誤差は減少する
4. ナイキスト周波数は標本化間隔の逆数の1/2で表現される
5. 標本化定理を満足しない間隔で標本化するとトラッキング誤差が生じる

2013年(H25年) 国家試験問題

画像のデジタル化で正しいのはどれか.

1. 標本化は画像の空間分解能に影響しない
2. 量子化は連続的な実数値で読み取る操作である
3. 量子化間隔がすべて等しいときを非線形量子化という
4. アナログ信号は標本化で量子化されデジタル信号になる
5. 量子化で得られる階調が少ないほどアナログ濃度分布に近くなる