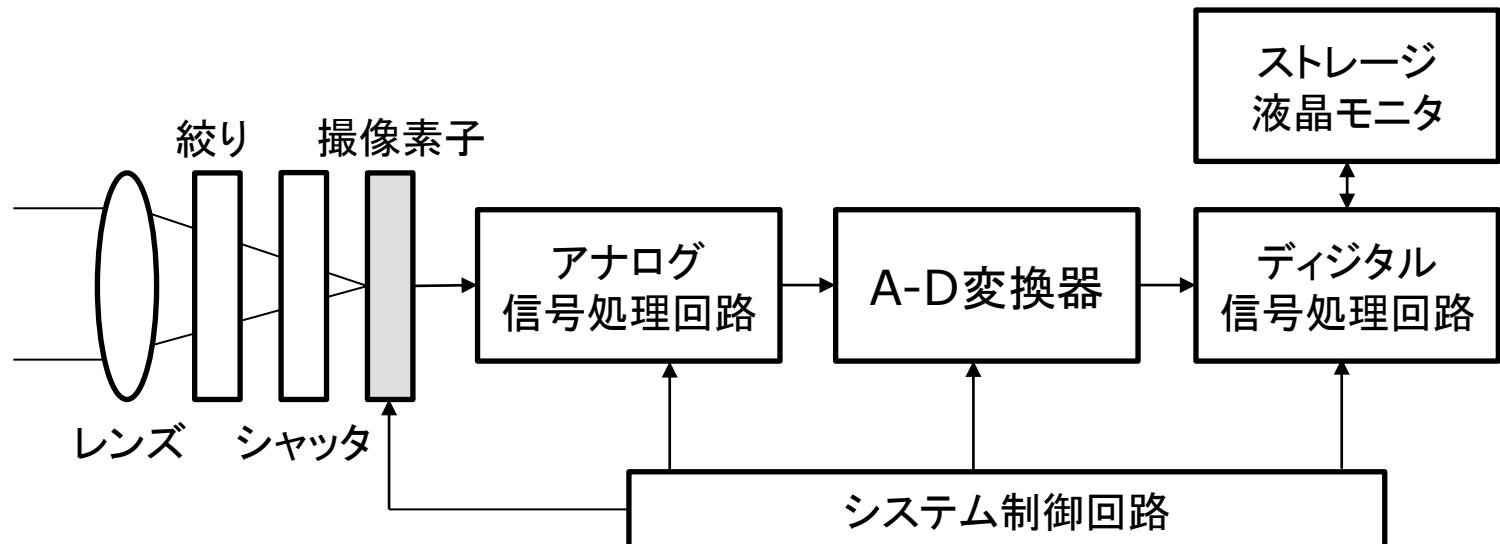

デジタル画像の撮影

デジタルカメラの構成

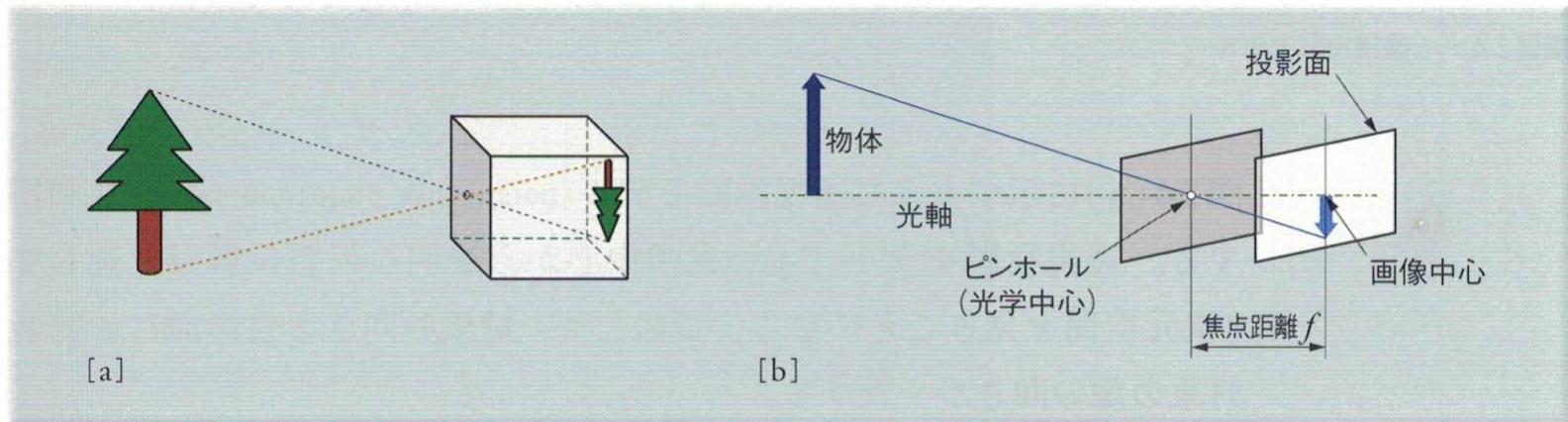
- 撮影レンズを使って対象からの光を撮像素子に集光
- 撮像素子から読み出した信号をもとに画像データを生成



デジタルカメラのおもな構成要素

ピンホールカメラモデル

- ピンホール(針穴のように小さな穴)を開けた暗箱の内側に外界の風景が上下左右反転して写ることを利用した初期の写真機
- 光学中心(ピンホール位置)を通る光線だけで投影面への結像をモデル化できる



■図2.2——ピンホールカメラとピンホールカメラモデル

ピンホールカメラモデル

- 光学中心を原点とする3次元空間座標: (X, Y, Z)
投影面上の画像中心を原点とする画像座標: (x, y)
投影面: $Z_0 = -f$ とすると、以下の関係が成り立つ

$$x = -f \frac{X}{Z}, y = -f \frac{Y}{Z}$$

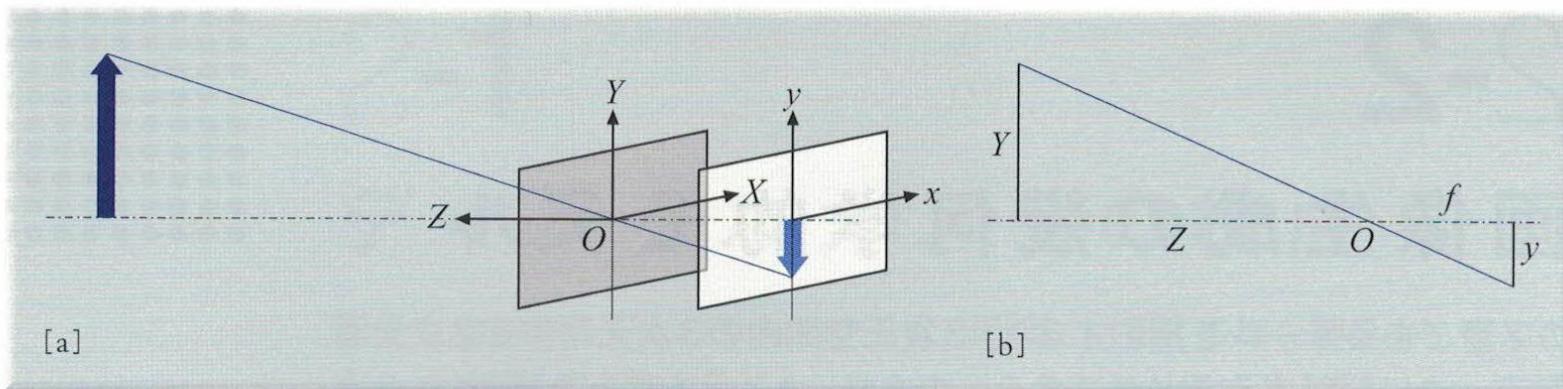
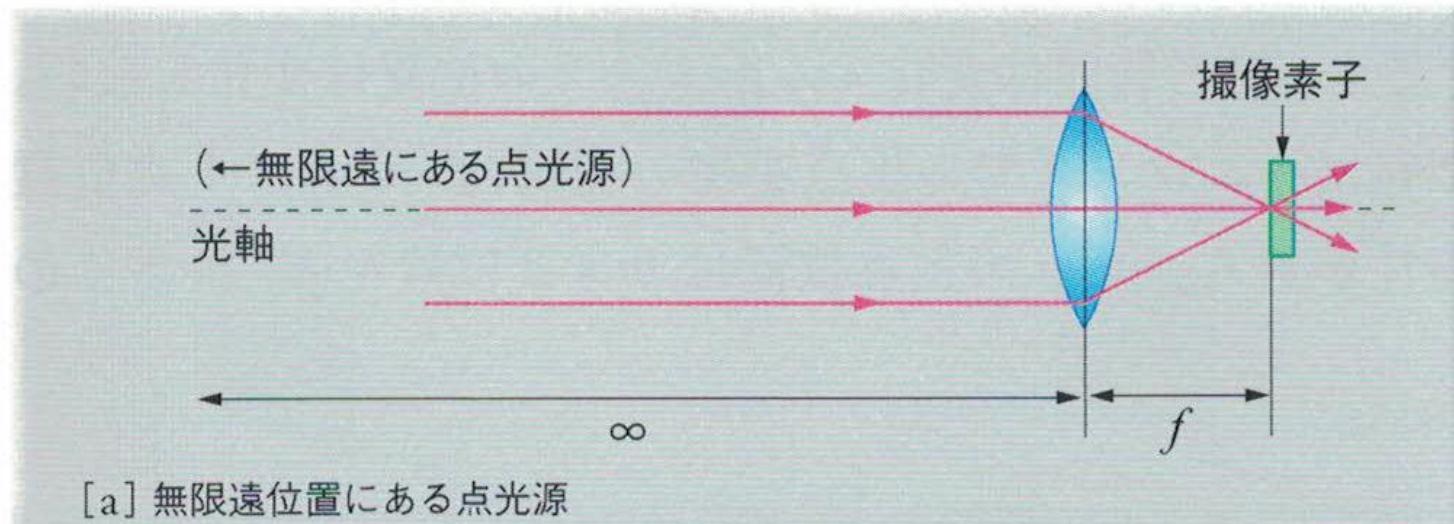


図2.3——ピンホールカメラモデルの座標系

レンズモデル: 薄肉レンズ

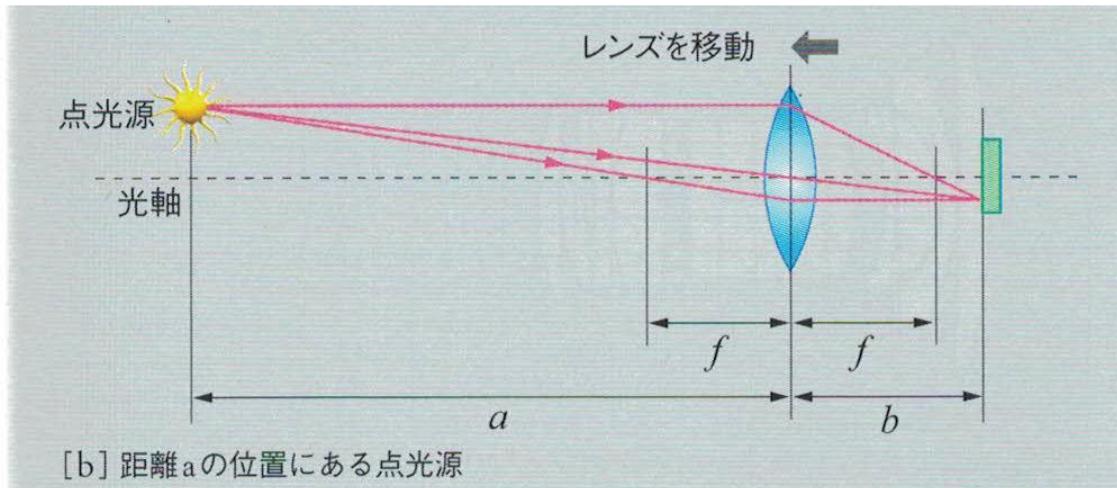
- 薄肉レンズ: 厚みがゼロと仮定できるレンズ
- 無限遠にある点光源は焦点に結像する
- 焦点距離 f : レンズの中心(主点)と焦点までの距離
- 主平面: レンズの主点を通り光軸に垂直な平面



レンズモデル: 薄肉レンズ

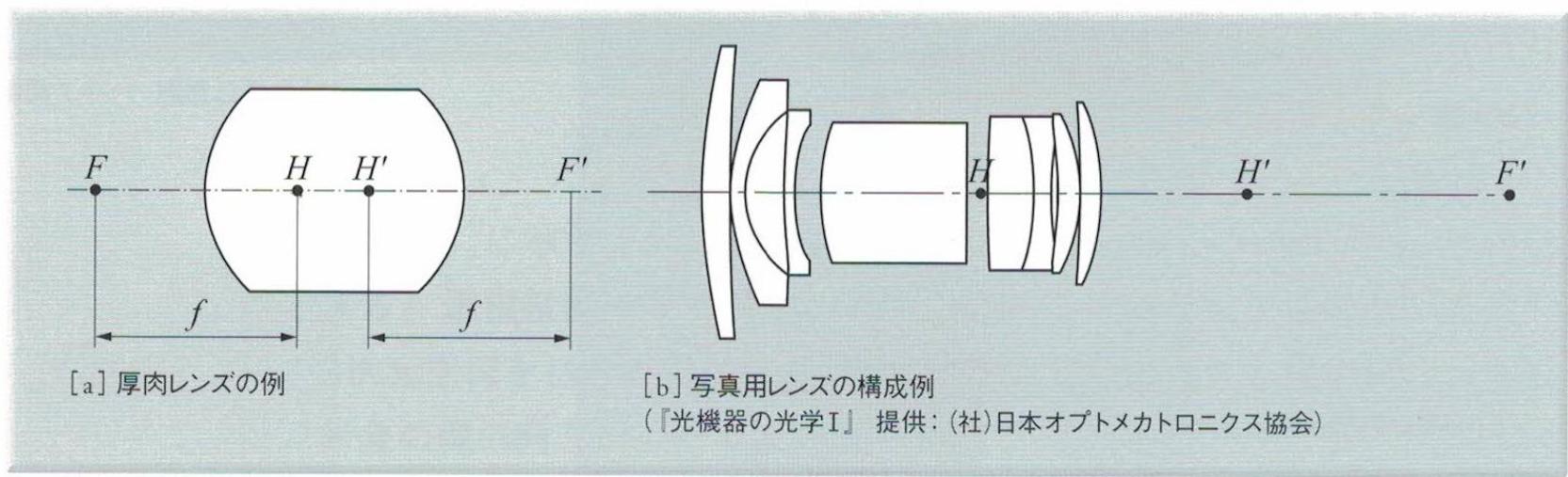
- 光軸に平行な光線は焦点で光軸と交わる
- 焦点で光軸と交わる光線は光軸と平行になる
- レンズの主点を通過する光線は直進する

$$\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f} \quad (\text{ガウスのレンズ公式})$$



レンズモデル: 厚肉レンズ

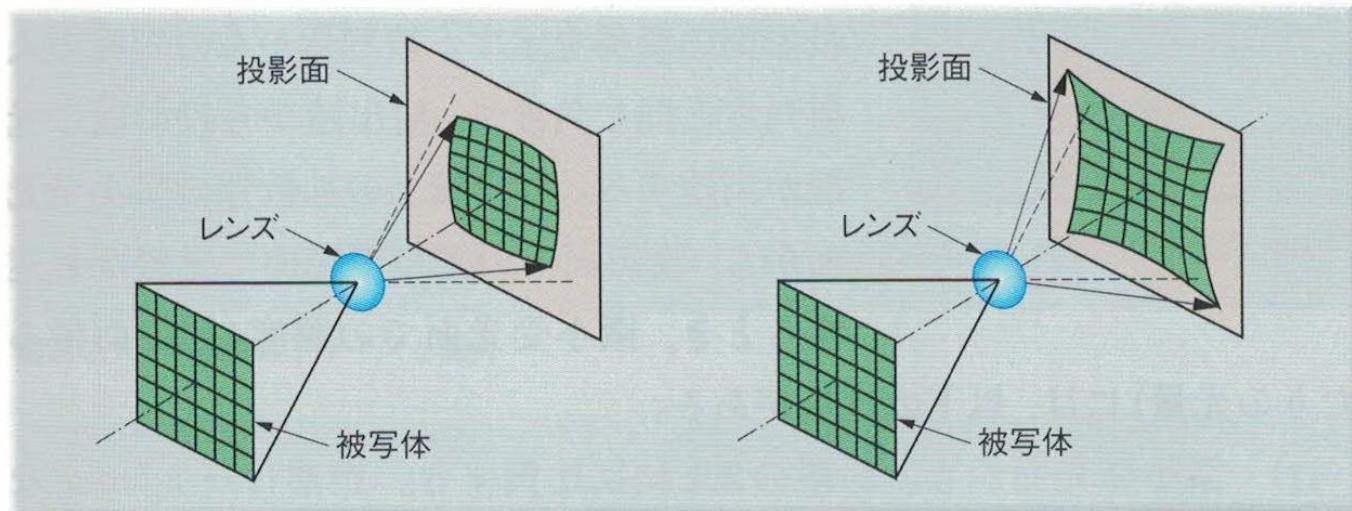
- 厚肉レンズ: 焦点距離に対して、レンズの厚みが無視できないレンズ
- 実際の写真用レンズは何枚かのレンズで構成されており、厚肉レンズと考えることができる



■図2.6——厚肉レンズモデルと撮影レンズの構成例

レンズモデル: 歪曲収差

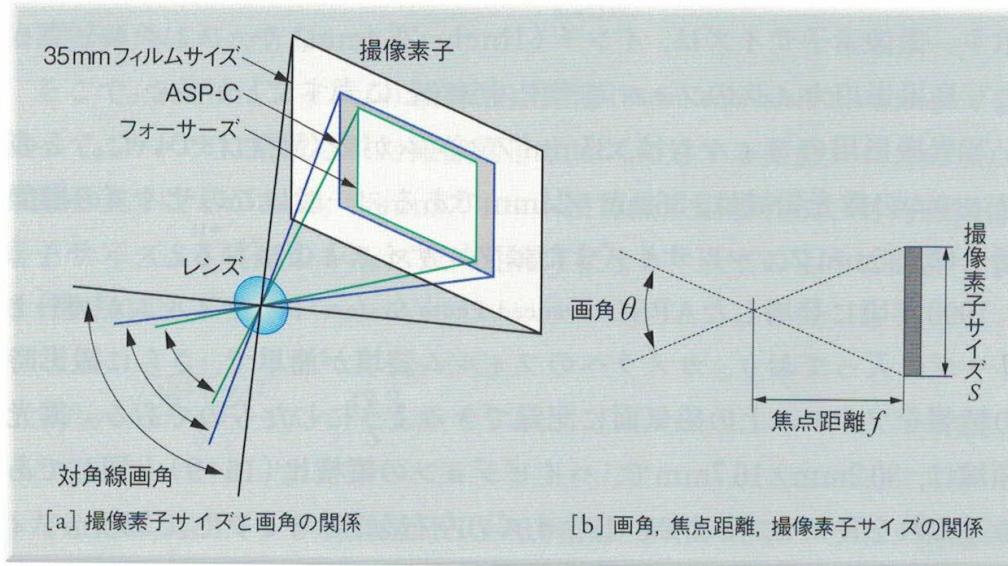
- レンズを通して得られる画像が、
実際の物体の形状から歪んでしまう現象
- 半径方向の歪曲収差は、被写体から出た光線の
入射角と出射角が等しくならないために生じる



[a] レンズの半径方向の歪曲収差

撮影パラメータ: 撮影画角

- 撮像素子とレンズを選定すると撮影画角が決定する
- レンズと撮像素子(対角線両端)のなす角度で表す
- 撮影レンズの焦点距離が同じなら、
撮像素子サイズが大きいほど広い範囲を撮影できる



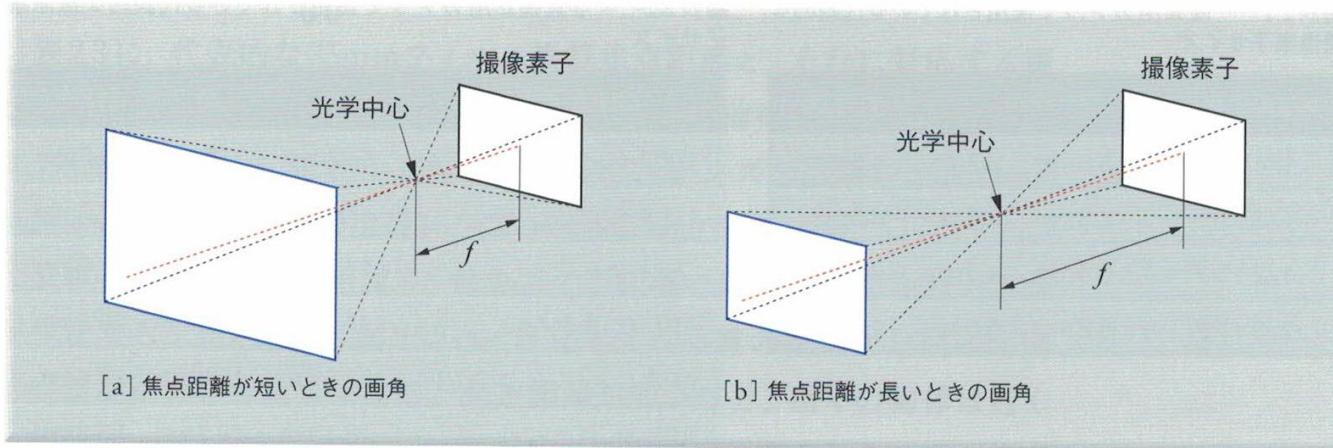
■図 2.9 — 撮像素子サイズと画角

奥富 正敏他, 「デジタル画像処理」, 画像情報教育振興協会より

撮影パラメータ：撮影画角

- 撮像素子サイズが同じなら、
レンズの焦点距離が短いほど広い範囲を撮影できる
- 画角 θ の計算式(レンズ焦点距離 f , 撮像素子サイズ S)

$$\theta = 2 \tan^{-1} \frac{S/2}{f}$$



■図2.10——焦点距離と画角の関係
青の四角は、光学中心から一定の距離での撮影範囲を示す。

画像の明るさ:レンズ絞り

- 像の明るさ I は撮影レンズの直径 D の2乗に比例し
焦点距離 f の2乗に反比例する

$$I \propto \left(\frac{D}{f}\right)^2$$

- 撮影レンズの焦点距離をレンズの直径で割った値を
Fナンバとよび、レンズの集光性能を表す

$$F\text{ナンバ} = \frac{f}{D}$$

画像の明るさ:レンズ絞り

- レンズ絞りでFナンバを調整して、画像の明るさを変える
- レンズ絞りで設定したFナンバを絞り値とよぶ

$$I \propto \frac{1}{F\text{ナンバ}^2}$$



[a] 写真撮影用レンズの例



[b] 絞り値2.8



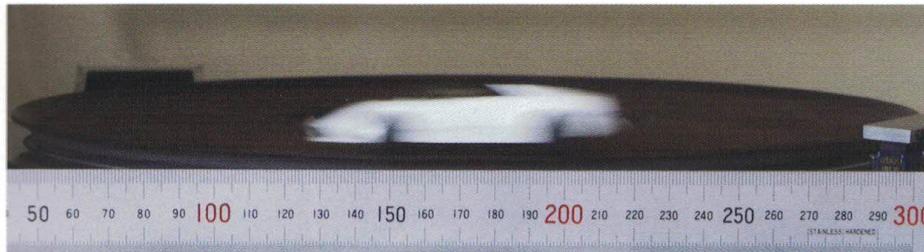
[c] 絞り値11

■図2.14——レンズ絞り

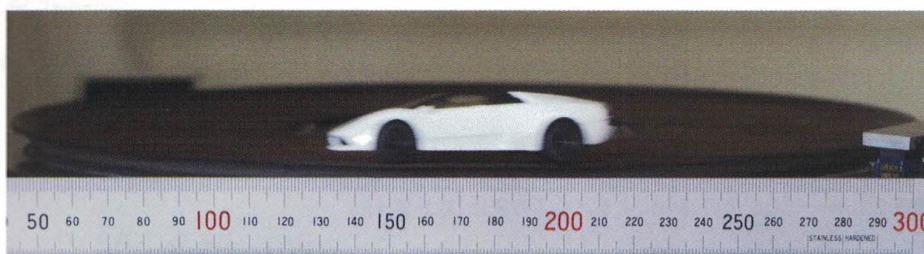
画像の明るさ: シャッタースピード

- 画像を撮影するために撮像面上に光を当てる時間をシャッタースピード(露光時間)とよぶ
- 単位は「秒」。
 $1/1000, 1/500, \dots, 1/4, 1/2$ 秒など
- 撮像素子が受け取るエネルギーは,
光量 × 時間と考えることができるために,
シャッタースピードを長くすると、画像は明るくなる
- シャッタ的方式としては,
メカニカルシャッタ方式と電子シャッタ方式がある

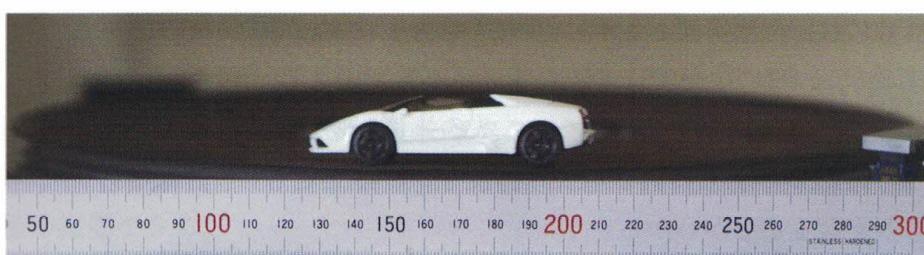
シャッタースピードの違い



[a] 1/30秒, 紋り値8



[b] 1/125秒, 纹り値4



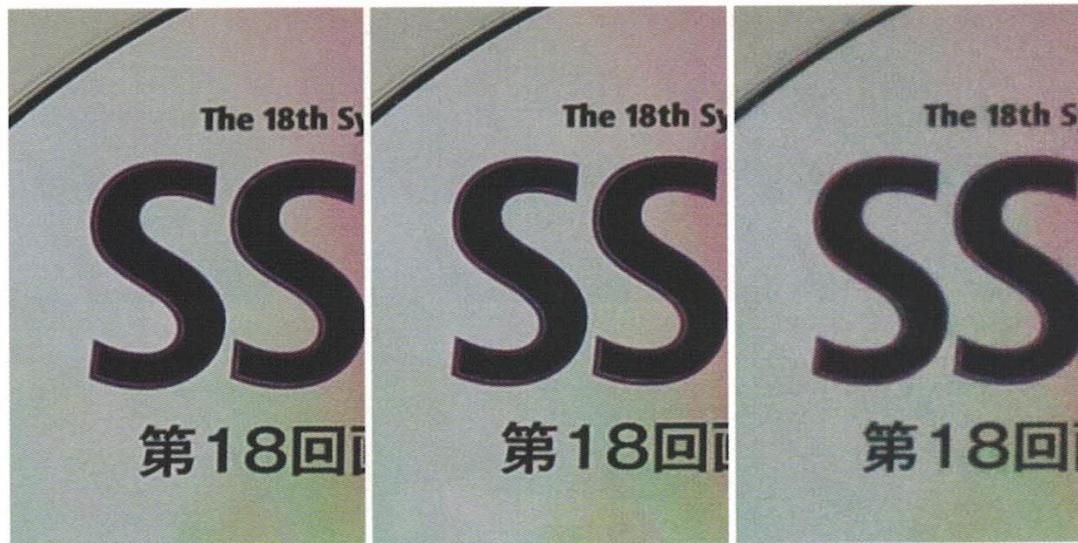
[c] 1/500秒, 纹り値2

■図2.15——シャッタースピードの違いによる画像の変化
撮影対象である白いミニカーは、半径約15cmの円周上を100/3rpmで回転している。

奥富 正敏他, 「デジタル画像処理」, 画像情報教育振興協会より

画像の明るさ: ISO感度

- レンズから入ってきた光を,
カメラ内でどのくらい増幅させるかの指標
- ISO感度を上げると画像は明るくなるが,
画像に含まれるノイズも増加する



[a] ISO100, 1/15秒

[b] ISO800, 1/125秒

[c] ISO6400, 1/1,000秒

■図2.16——ISO感度の違いによるノイズの変化(絞り値4)

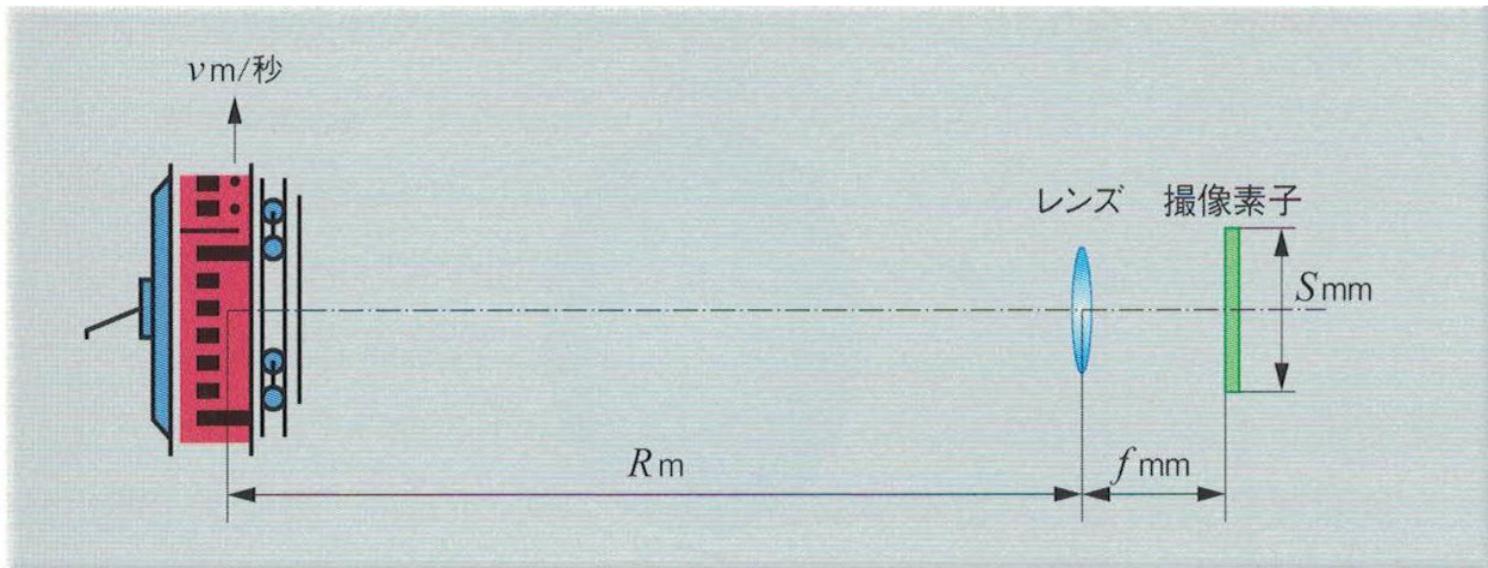
画像の明るさ：ぶれない画像の撮影

- 画像の明るさを同じにするための絞り値とシャッタースピード、ISO感度の組み合わせは多数
→目的に応じて適切に設定する必要がある
- 目的の例：
被写体が移動することに起因する移動ぶれを防ぐ
 - 短いシャッタースピードを設定し、
それに応じて絞り値やISO感度を調節する

画像の明るさ：ぶれない画像の撮影

- 移動する被写体をぶれなく撮影できる
シャッタースピードは以下のように算出できる

$$vt_s : R = \frac{S}{N} : f \quad \therefore t_s = \frac{S}{N} \frac{R}{vf}$$



■図 2.17—移動する被写体をぶれなく撮影できるシャッタースピードを求める

奥富 正敏他, 「デジタル画像処理」, 画像情報教育振興協会より

画像のA-D変換

アナログ信号とデジタル信号

- デジタル信号の方がアナログ信号より
- コンピュータ上で処理できるため,
データの加工や再利用が容易となる

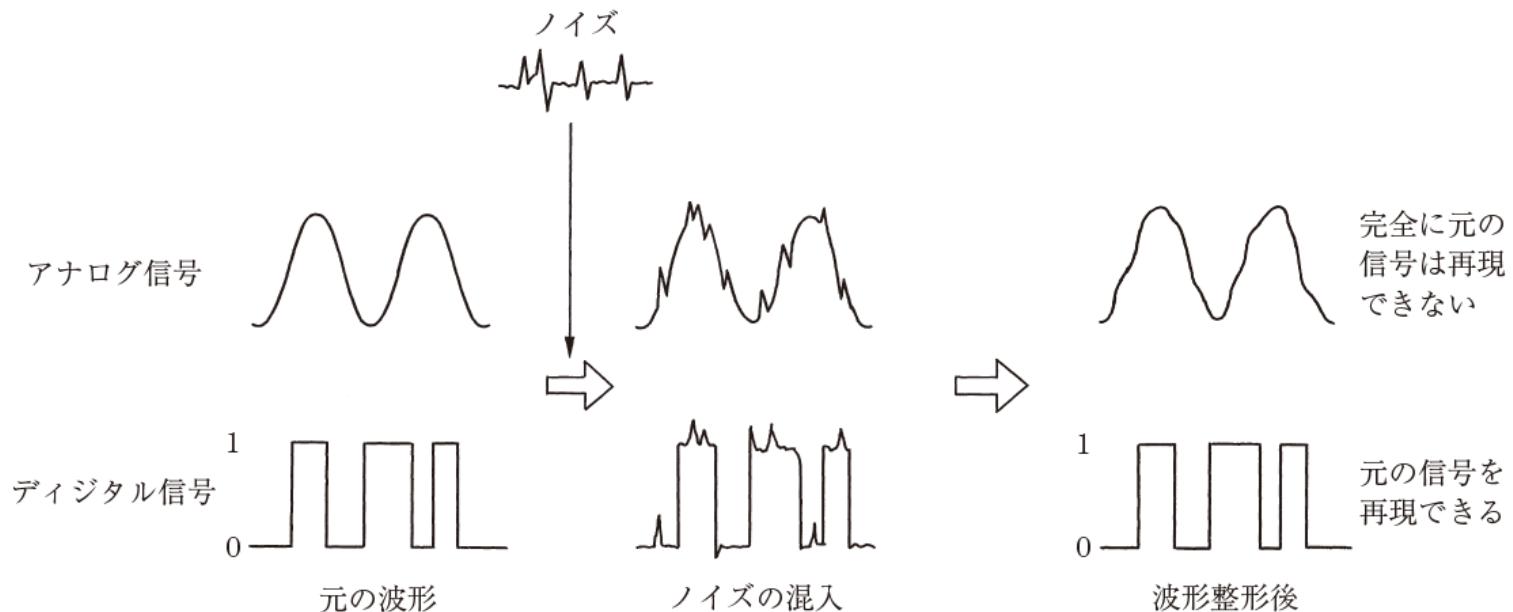
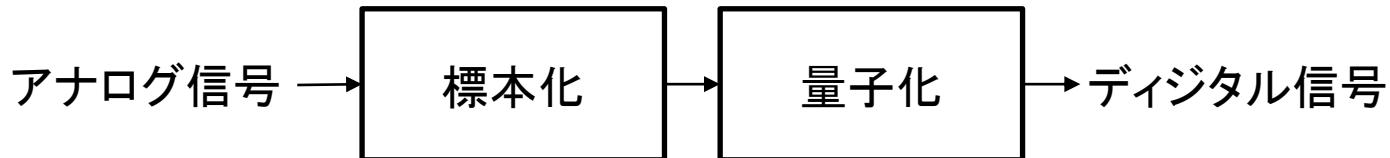


図 2.1 アナログ信号とデジタル信号の比較（波形の復元）

画像のA-D変換

- 撮像素子で, 光信号を電気信号に変換
- コンピュータで画像データとして扱うために,
標本化, 量子化を行ってA-D変換
- 標本化
連続データを一定の間隔で区切って取り出す
- 量子化
標本化で取り出した値に, 段階的な値を割り当てる



撮像素子による標本化

- 撮像素子: CCD, CMOSイメージセンサなど
フォトダイオード(受光素子)が格子状に並んだ構造
- 空間的に連続した信号を, 離散的な画素の集合で表現
- 標本化間隔は画素ピッチ, 標本数は画素数に対応

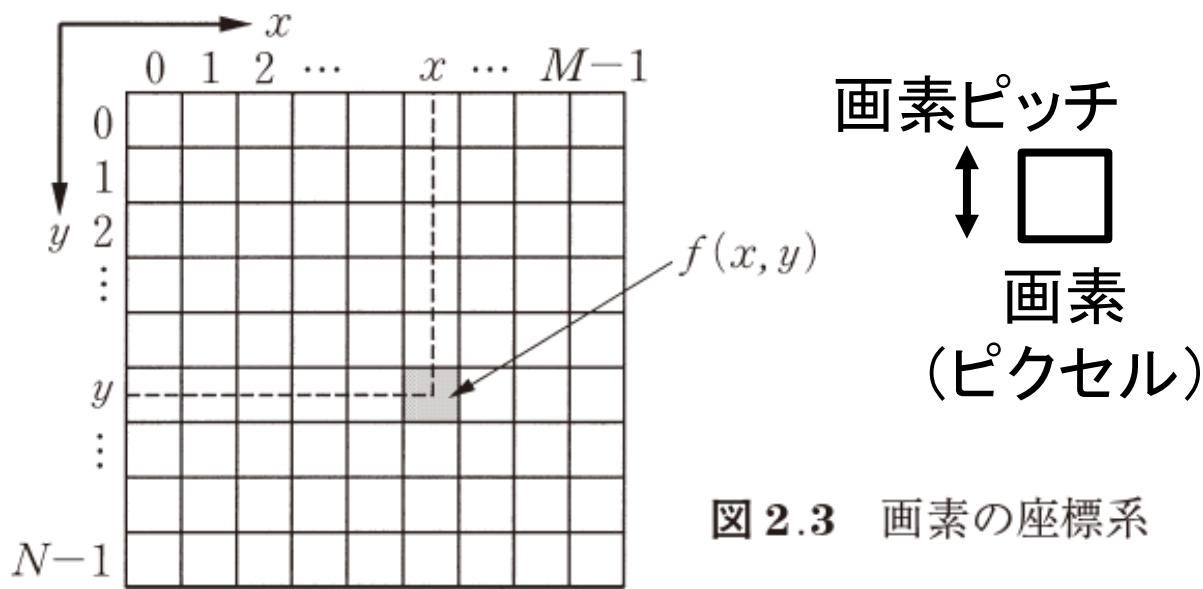


図 2.3 画素の座標系

代表的なディスプレイの画素数

通称	画素数(横×縦)	画面当たりの画素数
VGA(Video Graphics Array)	640×480	約30万画素
SVGA (Super VGA)	800×600	48万画素
XGA (eXtended GA)	1024×768	約78万画素
SXGA (Super XGA)	1280×1024	約130万画素
UXGA (Ultra XGA)	1600×1200	約190万画素
FHD (Full-High Definition)	1920×1080	約200万画素
4K UHD (Ultra HD)	3840×2160	約800万画素
8K UHD	7680×4320	約3300万画素

画像における量子化

- 各画素は、画像の明るさに相当する濃度値を持つ
- 濃度値を離散的に表現する処理を量子化という
- 量子化された濃度値のことを量子化レベルという
- 量子化された値は2進数で表現される(符号化)

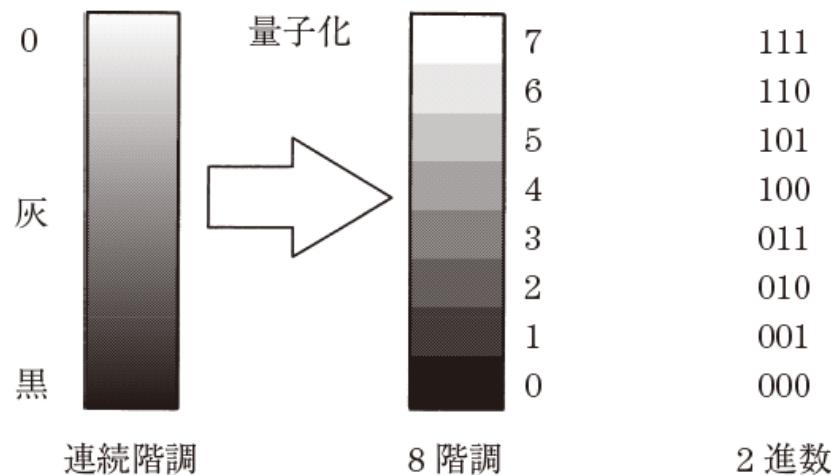
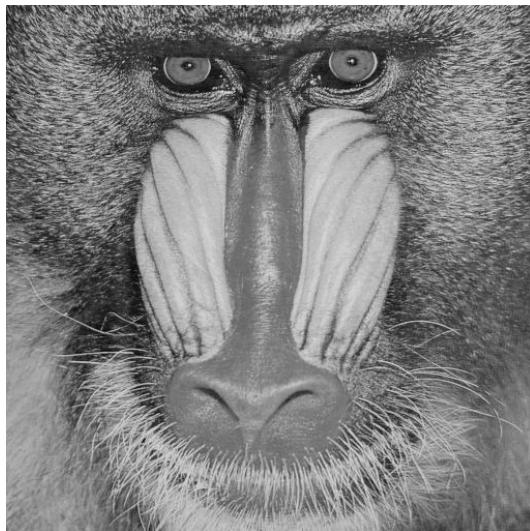


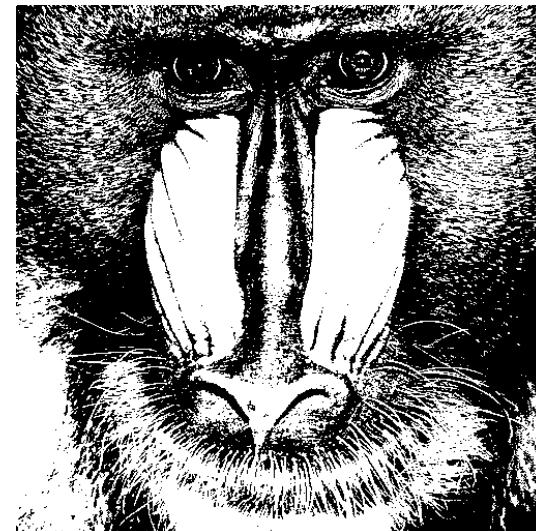
図 2.4 3 bit での量子化

階調数の例

- 一般的な画像 : **8bit(256階調)**
- 医療(胸部X線等) : 10bit (1024階調) が要求される
- 階調数が1bitの画像のことを**2値画像**と呼ぶ



8bit濃淡画像



2値画像

量子化の方法

- ダイナミックレンジ: 濃度値の最大値と最小値の範囲
- 線形量子化 : 量子化間隔が一定の場合
- 非線形量子化 : 量子化間隔が一定でない場合

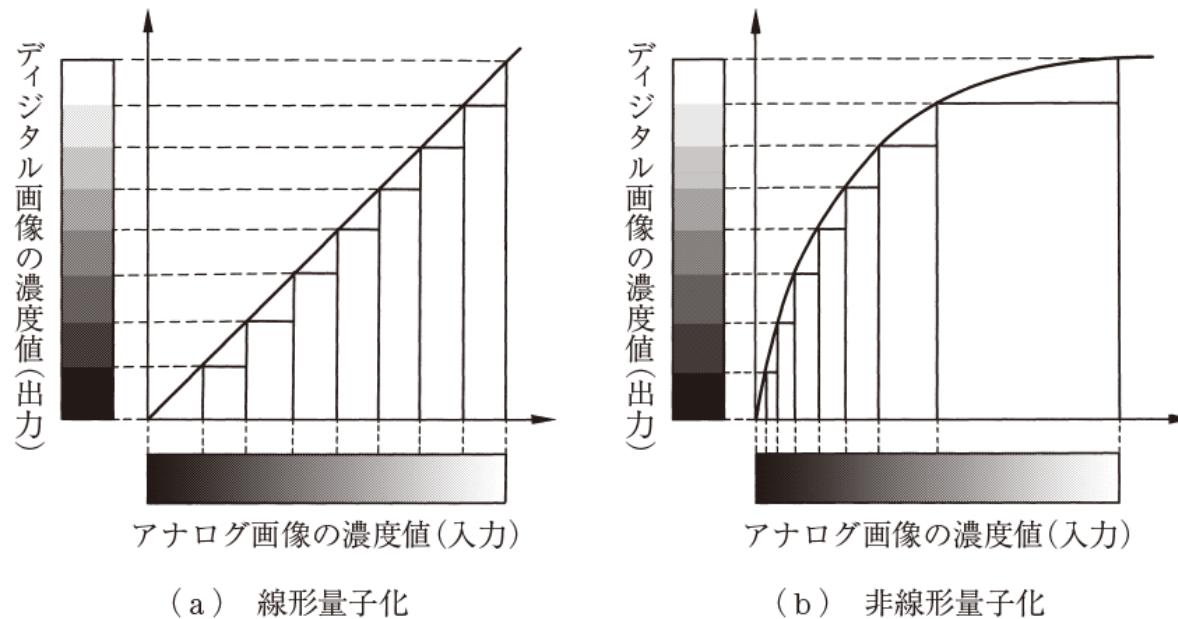


図 2.5 量子化の方法

デジタル画像は画素の集合

- デジタル画像は、多数の画素で構成される
- 各画素が明るさに対応する濃度値を持ち、それらの集合で画像が表現される

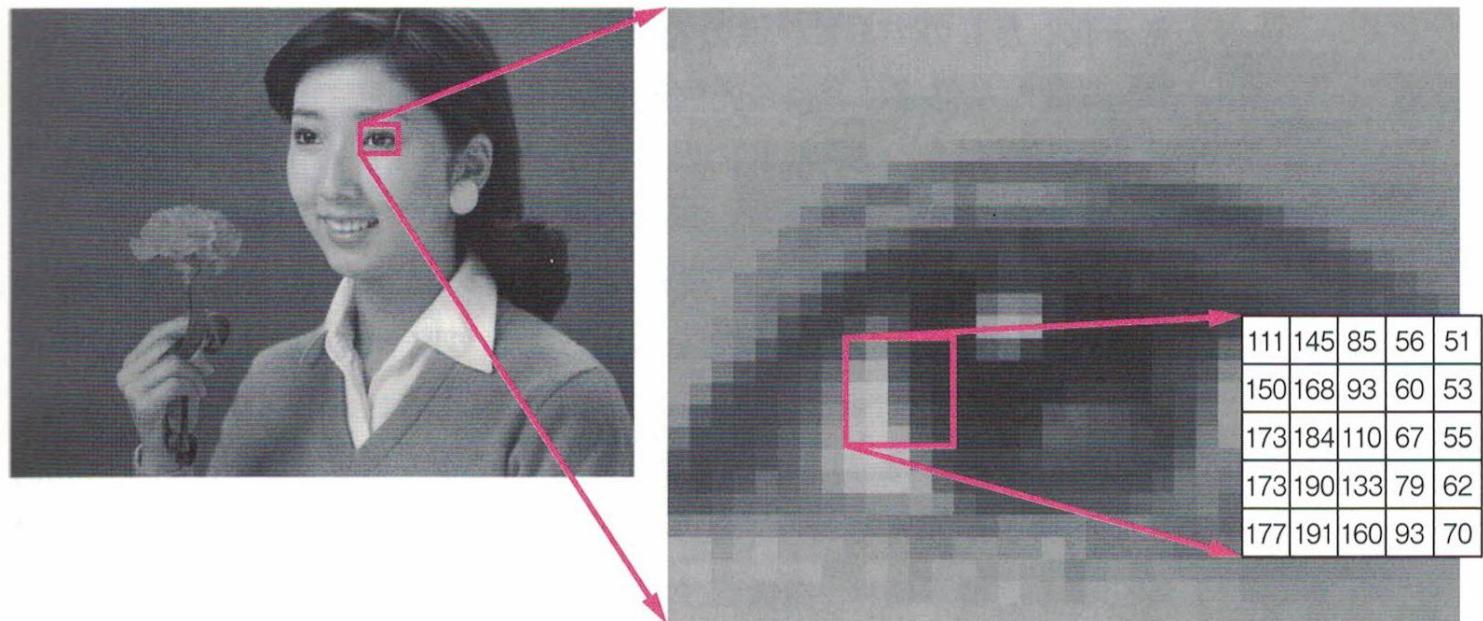


図2.24——デジタル画像とその拡大図(『ITE肌色チャート』を撮影。提供:一般社団法人映像情報メディア学会)

画素数と画質の関係

- 画像サイズが同じとき、画素数が多いほうが高画質



(a) 256×256 画素



(b) 128×128 画素



(c) 64×64 画素

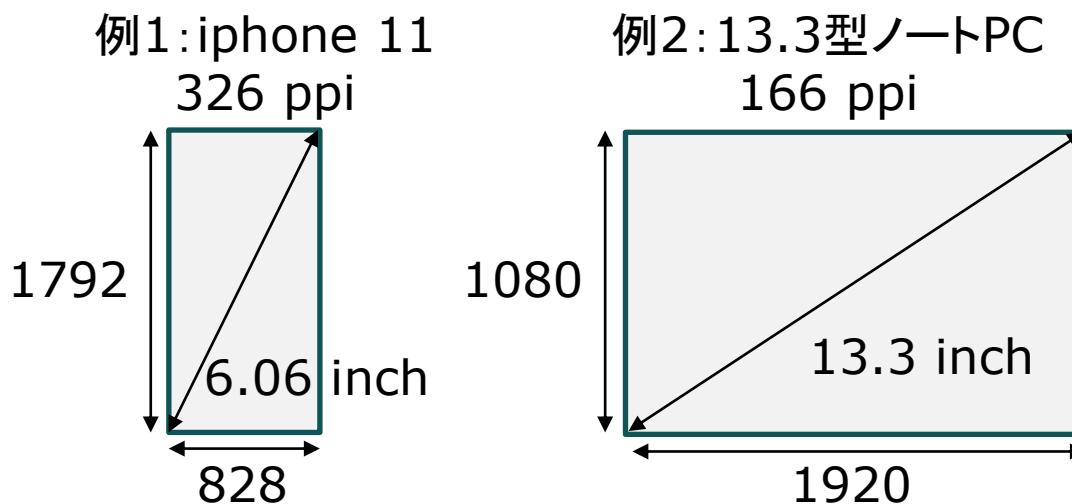


(d) 32×32 画素

図 2.6 画素数を変化させた画像の例

A-D変換された画像の解像度

- 画像の解像度は、画像データの画素数と出力するデバイスの画像の大きさとの関係で決まる
- 1インチ(2.54cm)あたりに含まれる画素数であるppi(pixel per inch)で評価する



階調数と画質の関係

- 階調数が大きいほど、量子化誤差が小さくなり高画質



(a) 64 レベル



(b) 16 レベル



(c) 4 レベル

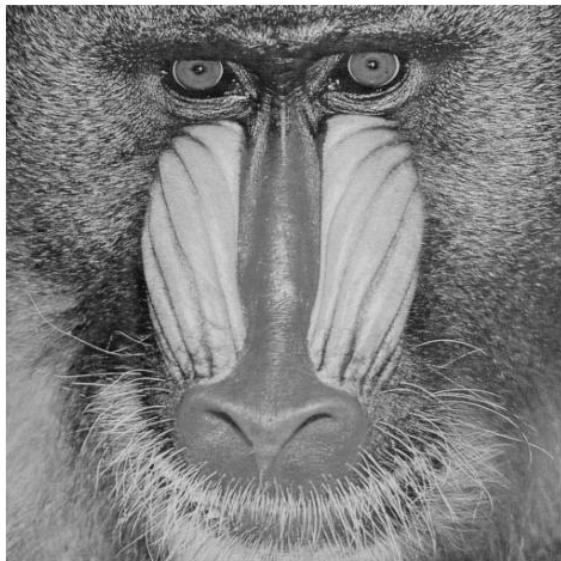


(d) 2 レベル

図 2.7 量子化レベル数を変化させた画像 (512×512 画素)
山田 宏, 末松 良一 「画像処理と画像認識 —AI時代の画像処理入門」 コロナ社より

ダイナミックレンジと画質の関係

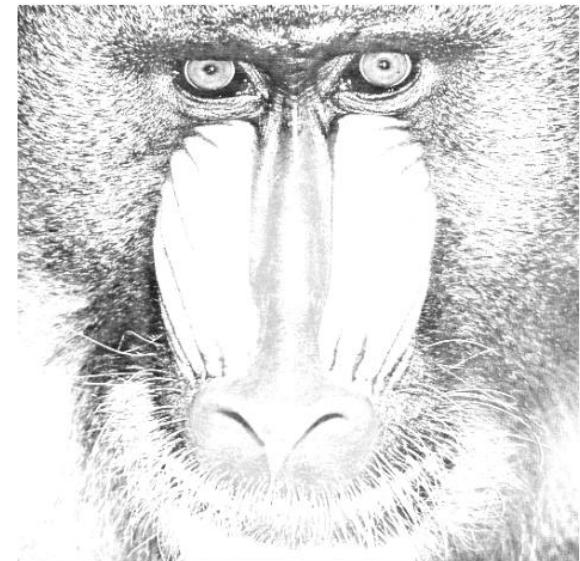
- ダイナミックレンジを広くとりすぎると、色の変化の範囲が狭くなり、コントラストの低い画像となる
- ダイナミックレンジを狭くとりすぎると、明るい部分が潰れてしまう



元画像



ダイナミックレンジ
が広すぎる例



ダイナミックレンジ
が狭すぎる例