

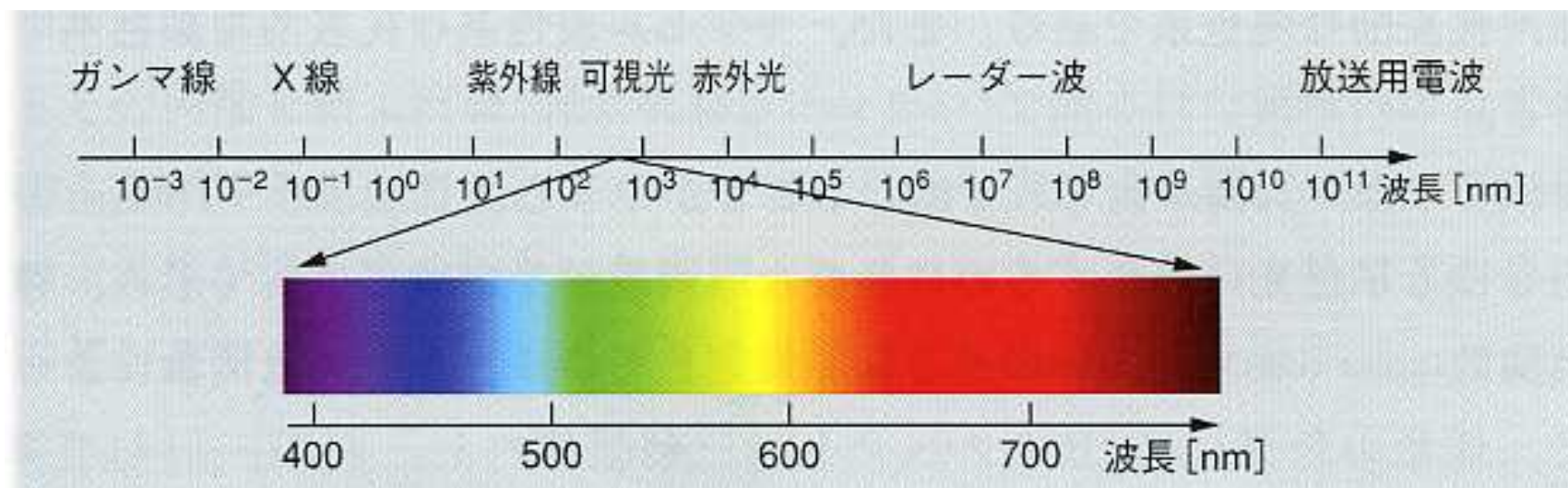


第2回

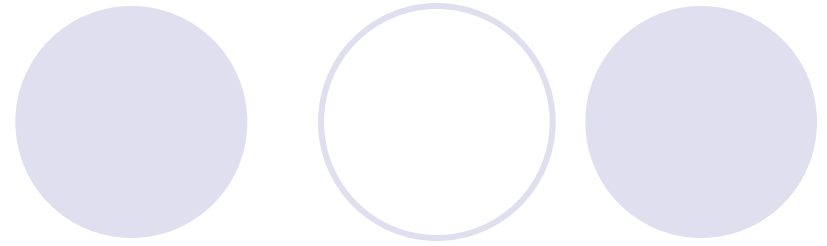
画像の色彩情報、コントラスト変換、
特殊効果

電磁波の波長と色

- 可視光(visible light): 波長380-780nmの電磁波
- 紫外線(ultraviolet wave): 380nmより波長の短い電磁波
- 赤外線(infrared wave): 780nmよりもやや長い電磁波



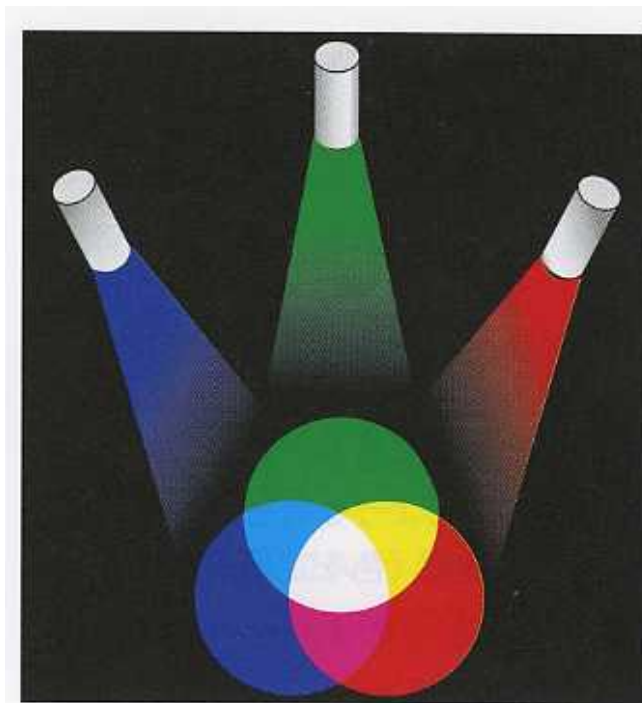
三原色と混色



- 色彩(カラー)情報は、互いに独立した三つの色成分(三原色(three primaries)または三原刺激という)の組み合わせによって表現できる。
- 独立した色要素として、赤(R)、緑(G)、青(B)の三原色がある。
- 混色(color mixture): 互いに異なる色を混ぜ合わせて別の色を作る。
- 等色(color matching): ある与えられた色に対して、基本となる別の複数の色の混色によって、分光特性が同等となる色を作り出す。

加法混色と減法混色

- 加法混色(additive color mixture): 互いに波長分布の異なる光(色光)を重ね合わせて別の色を作る。黒(何も光がない状態)から始めて、異なる波長成分を加えていく操作。カラーテレビ、カラーディスプレイなど。
- 減法混色(subtractive color mixture): 光の吸収特性が異なる成分(色材)を重ね合わせて別の色を作る。白(すべての波長成分が存在する状態)から初めて、不要な波長成分を取り除いていく操作。カラープリンタ。

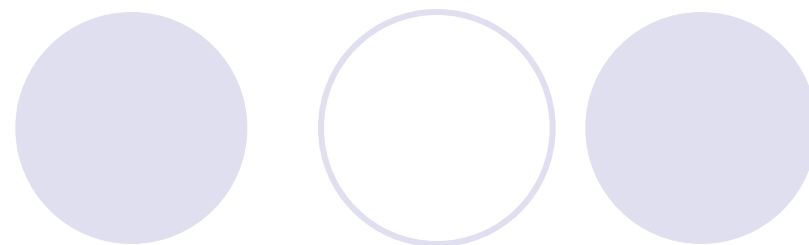


■図3.30——加法混色



■図3.31——減法混色

RGB表色系



- CIE:国際照明委員会
- R_0, G_0, B_0 を三原刺激(色)とし、各原刺激の大きさを R, G, B とすると、任意の色 S は次式で表される。

$$S = RR_0 + GG_0 + BB_0$$

$$R = \int L(\lambda) \bar{r}(\lambda) d\lambda$$

$$G = \int L(\lambda) \bar{g}(\lambda) d\lambda$$

$$B = \int L(\lambda) \bar{b}(\lambda) d\lambda$$

ここで、 $L(\lambda)$:分光エネルギー分布

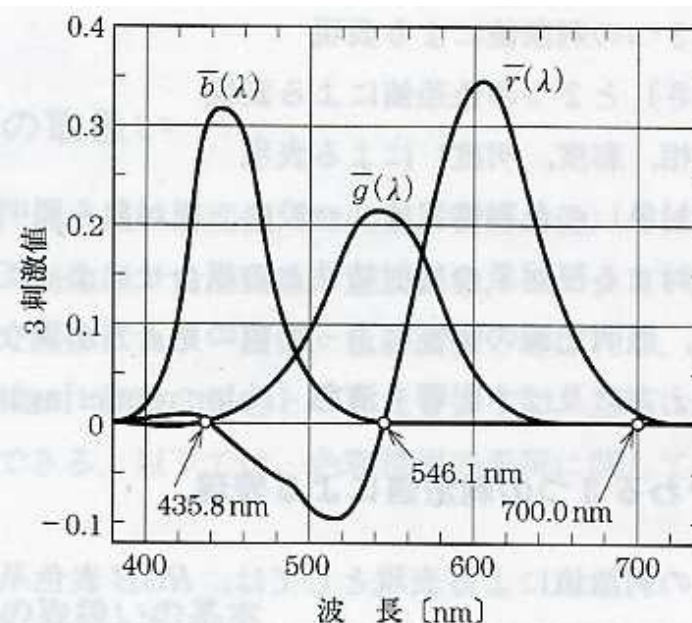


図 2・44 RGB 表色系における等色関数

色空間、色度座標、色度図

- **色空間**: R,G,Bを三つの軸とした三次元空間
- 任意の色はその空間中の1点Cに対応する。ベクトルOCの長さは明るさに関係し、向きが色に関係する
- 色のみを考える場合、R,G,Bの代わりに正規化された r,g,b を用いる。 (r,g,b) は $(1,0,0)$, $(0,1,0)$, $(0,0,1)$ の3点を頂点とする三角形(単位面)内に位置し、**色度座標**とよぶ。
- $r+g+b=1$ なので、2変数(一般に r,g)を用いて色を表現できる。 r,g を直交座標に取ったものは、**色度図**と呼ぶ。

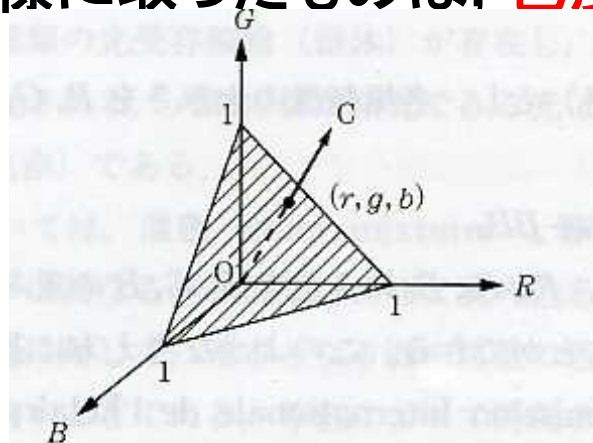
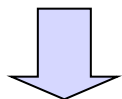


図 2・45 色空間

XYZ表色系

- RGB表色系では、等色関数に負の部分がある。



XYZ表色系(仮想3原刺激)

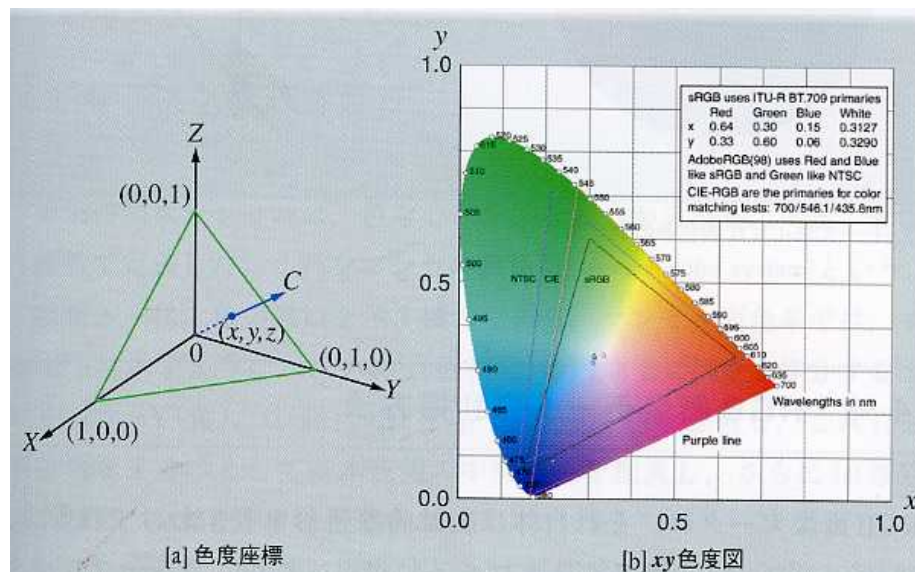
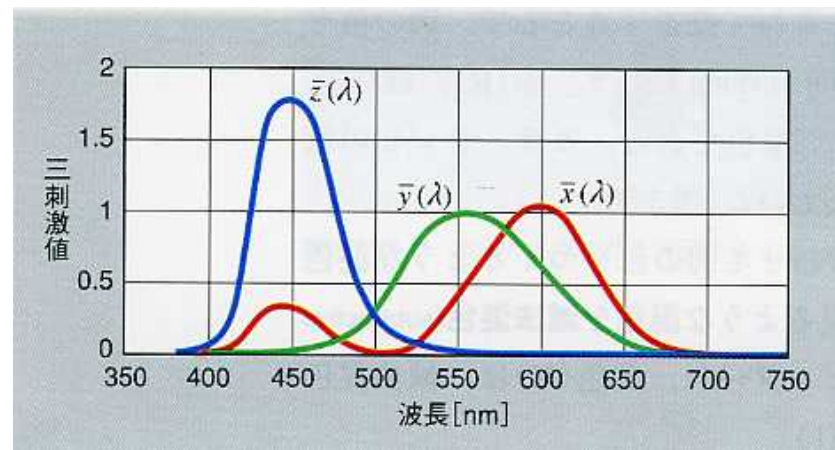
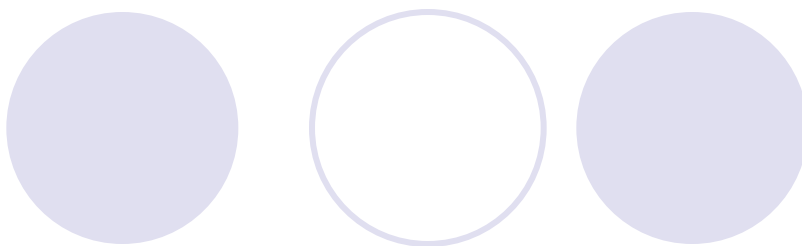
$$\begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 2.7689 & 1.7517 & 1.1302 \\ 1.0000 & 4.5907 & 0.0601 \\ 0.0000 & 0.0565 & 5.5943 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

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

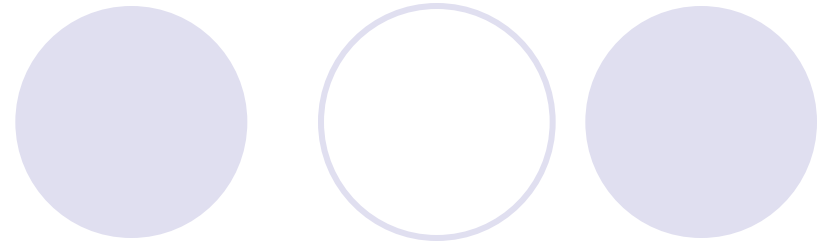
実際にY, x, yの3成分で表現

Y: 輝度

x,y: 色度座標、色合いを表現

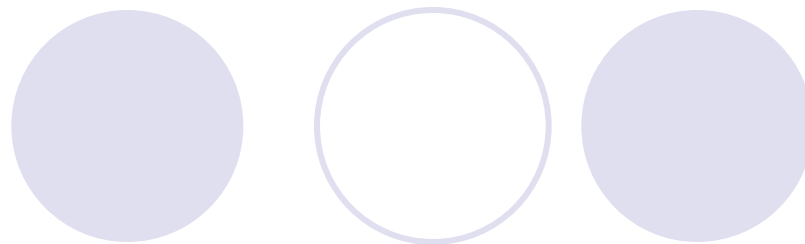


CMY表色系



- RGB表色系とXYZ表色系→加法混合
- CMY表色系: R, G, Bの補色であるC(cyan), M(magenta), Y(yellow)を3原色とした表色系→減法混合
- 印刷やプリンタでは、減法混合による色再現を用いている。実際の印刷では、黒色の再現をよくするために、K(Black)が加えられる。

L*a*b*表色系 (明るさと2つ色差による表現)



- 特徴: 均等色空間を表現できる(X,Y,Z表色系はできない)

$$L^* = 116(Y / Y_n)^{1/3} - 16, \quad Y / Y_n > 0.008856$$

$$L^* = 903.29(Y / Y_n), \quad Y / Y_n \leq 0.008856$$

$$a^* = 500\{(X / X_n)^{1/3} - (Y / Y_n)^{1/3}\}$$

$$b^* = 500\{(Y / Y_n)^{1/3} - (Z / Z_n)^{1/3}\}$$

X_n, Y_n, Z_n : 標準光の下の完全拡散面の3刺激値

L^* : メトリック明度(明るさを表す)

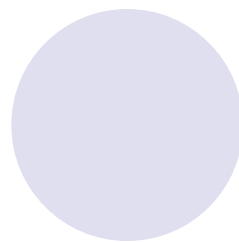
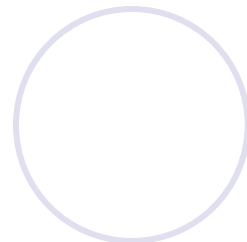
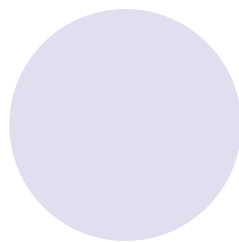
a^*, b^* : 色相と彩度にかかわる量

2つ色の差

$$\Delta E_{a,b}^* = \{(L_2^* - L_1^*)^2 + (a_2^* - a_1^*)^2 + (b_2^* - b_1^*)^2\}^{1/2}$$

YIQ表色系

(明るさと2つ色差による表現)



$$\begin{bmatrix} Y \\ I \\ Q \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.299 & 0.587 & 0.114 \\ 0.596 & -0.274 & -0.322 \\ 0.211 & -0.522 & 0.311 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix}$$

Y: 輝度信号(グレースケール画像)

I,Q:色差信号

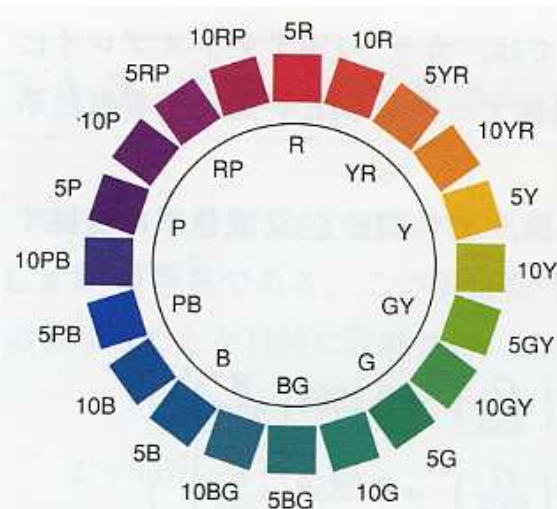
カラー画像からグレースケール(gray scale)画像への変換

$$Y=0.299R+0.587G+0.114B$$

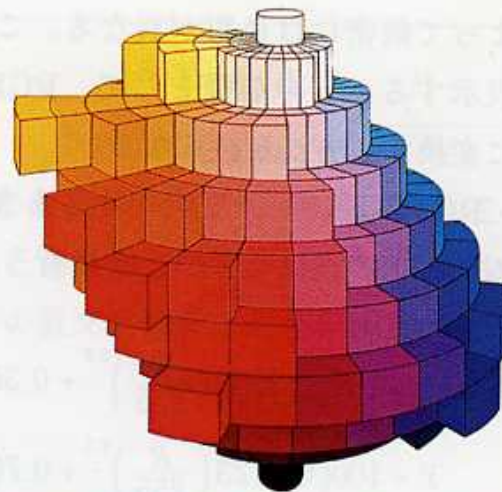
マンセル表色系

(色の三属性による表現)

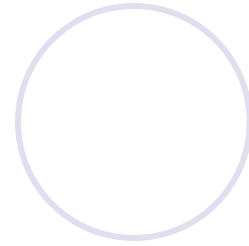
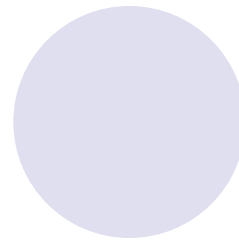
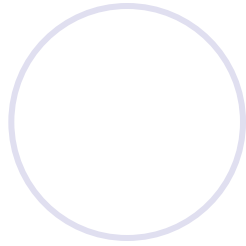
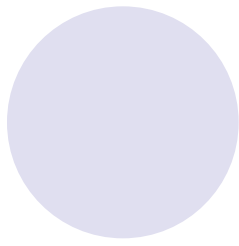
- 米国の画家マンセルは、色を心理学的な観点から色相、明度、彩度の三属性を定義した。
- **色相(H: Hue):** 赤・黄・緑・青・紫といった色の違いを表現する。マンセル色相環
- **明度(I: Intensity):** 色の明さ。黒(0)から白(10)までの11段階に等分割して表現する。
- **彩度(S: Saturation):** 色の鮮やかさ。各色相と明度ごとに、無彩色グレーから最も鮮やかな色までを等間隔で区きり、数値で表現する。
- 例えば、10R7/8(色相10R, 明度7, 彩度8)
- マンセルの三属性を立体的に表現したものが**マンセルの色立体**である。



[a] マンセルの色相環



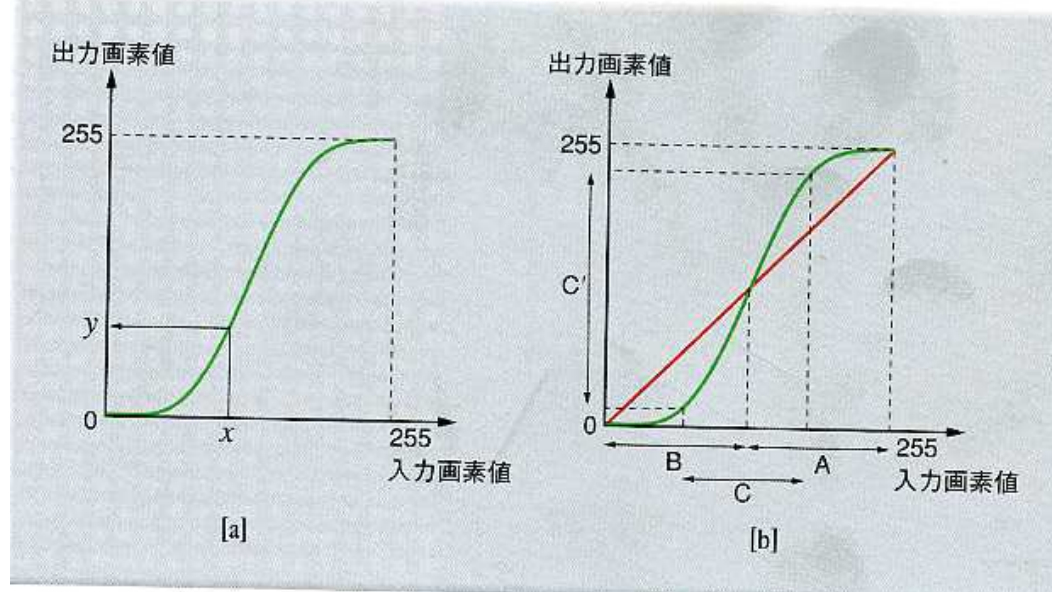
[b] マンセルの色立体 (提供: 川上元郎, 他 (編)「色彩の事典」朝倉書店 1987)



1. 明るさ・コントラストの変換

トーンカーブ

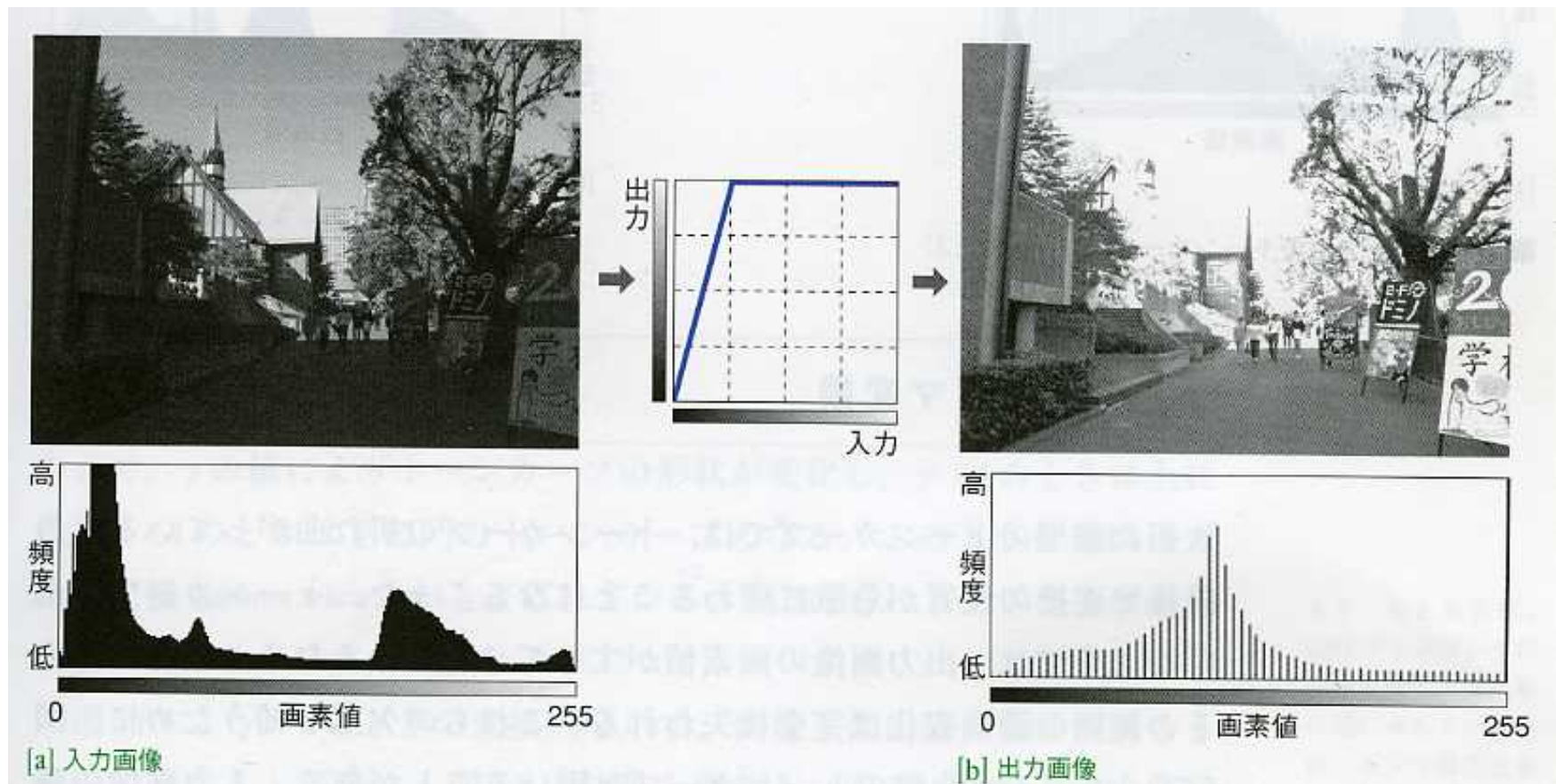
- 画像の濃淡を変化させるために、入力画像のそれぞれの画素値が出力画像の画素値との対応関係を**諧調変換関数 (gray-level transform function)**という。
- それをグラフで表したものを**トーンカーブ (tone-curve)**という。



1. 直線より上に出ている部分(図のA)では、入力より出力のほうが明るい
2. 直線より下に出ている部分(図のB)では、入力より出力のほうが暗い
3. 傾きが1より大きな部分(図のC)では、出力における濃淡の範囲が広げられ、コントラストがあげられる

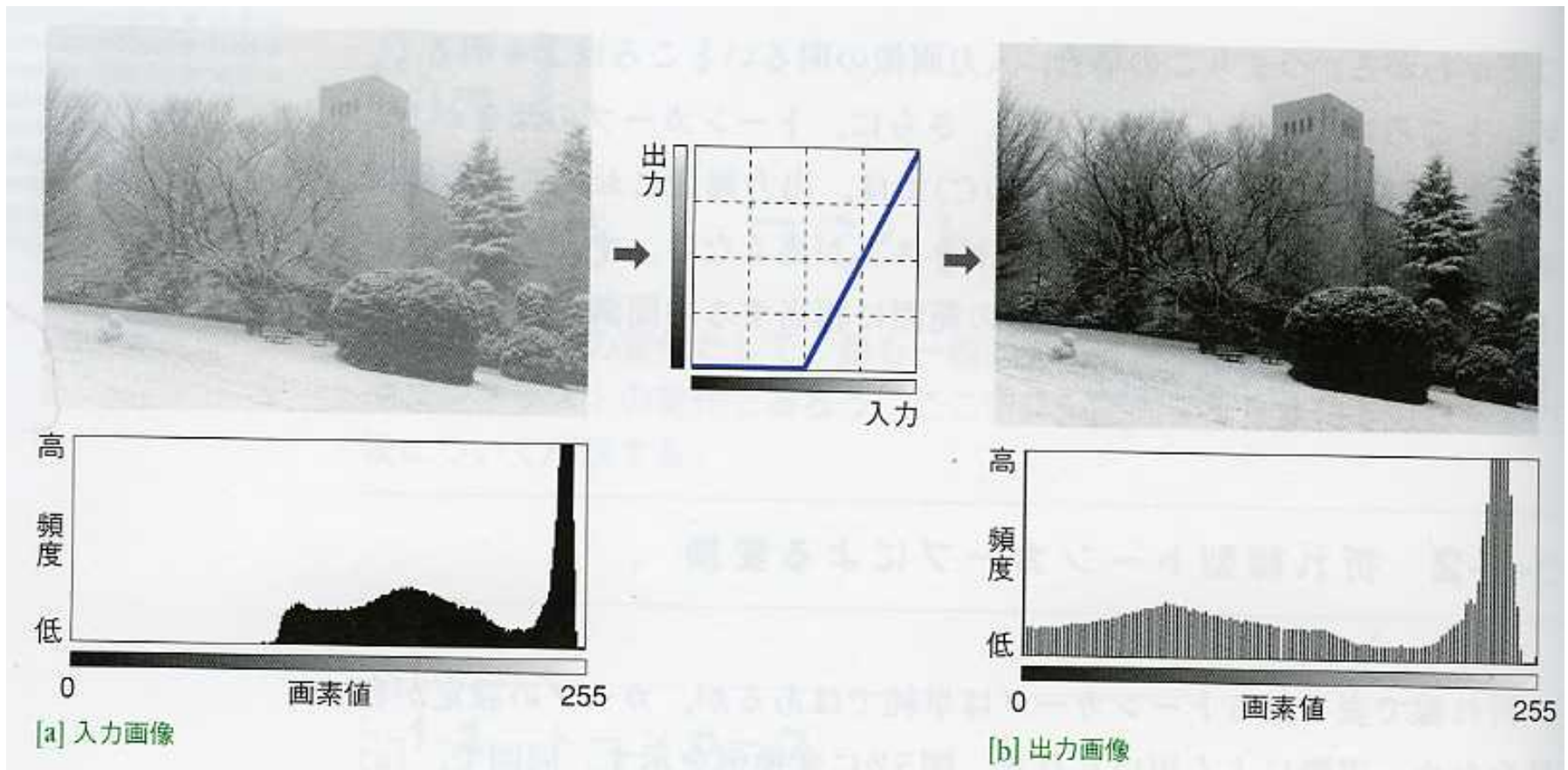
折れ線型トーンカーブによる変換(1)

- 画像全体が明るくなり、コントラストを上げる例(傾きが1より大きい)



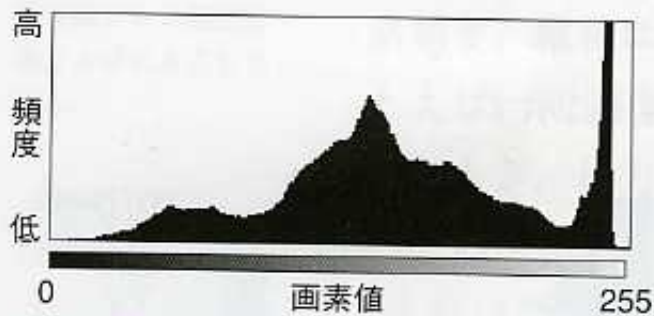
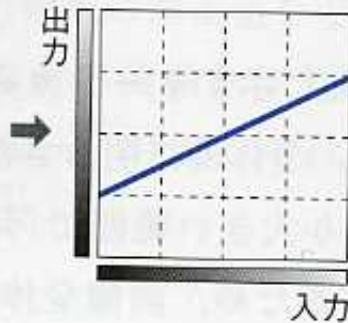
折れ線型トーンカーブによる変換(2)

- 明るさを抑え、コントラストを上げる例(傾きが1より大きい)

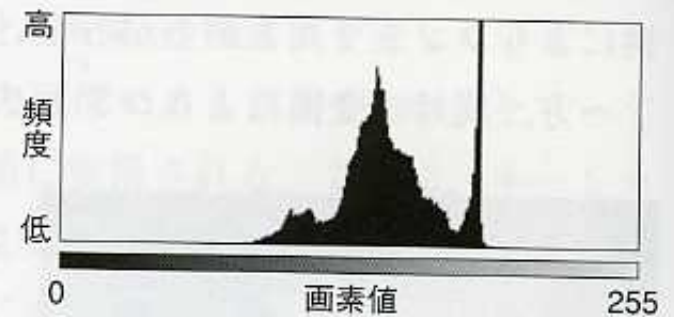


折れ線型トーンカーブによる変換(3)

- コントラストを下げる例(傾きが1より小さい)



[a] 入力画像



[b] 出力画像

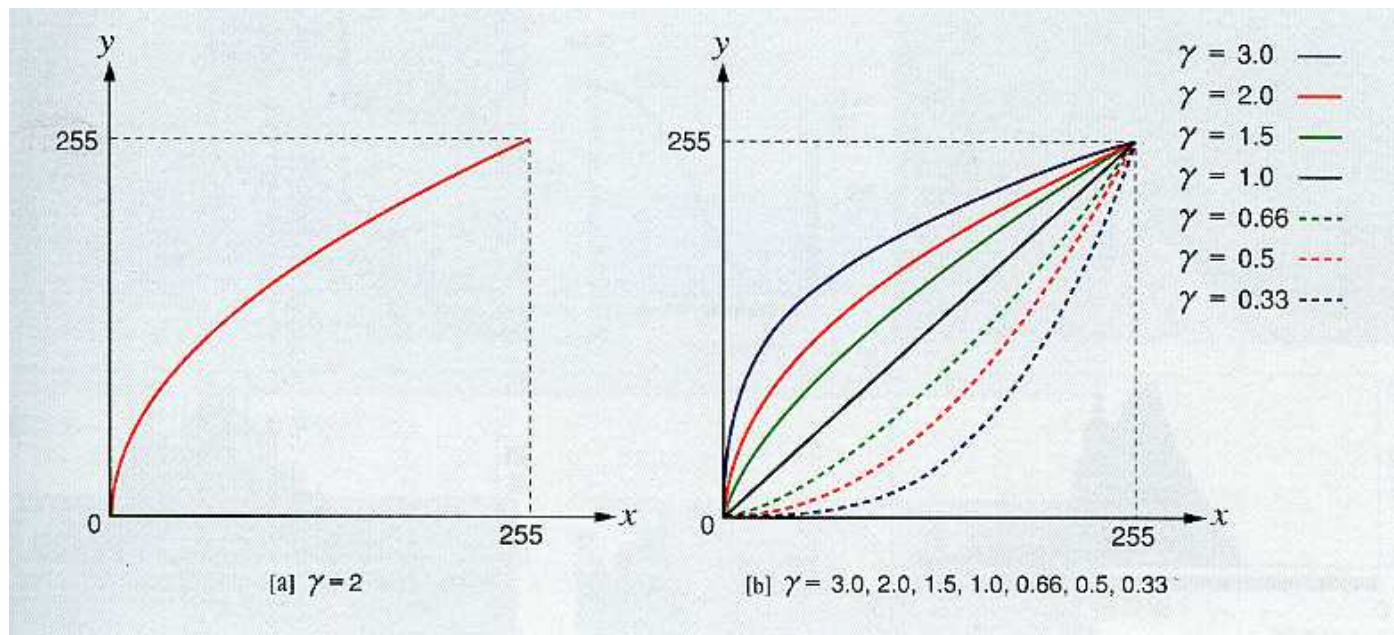
ガンマ変換（非線形変換）

- ガンマ特性：CRTディスプレイの電気－光変換特性

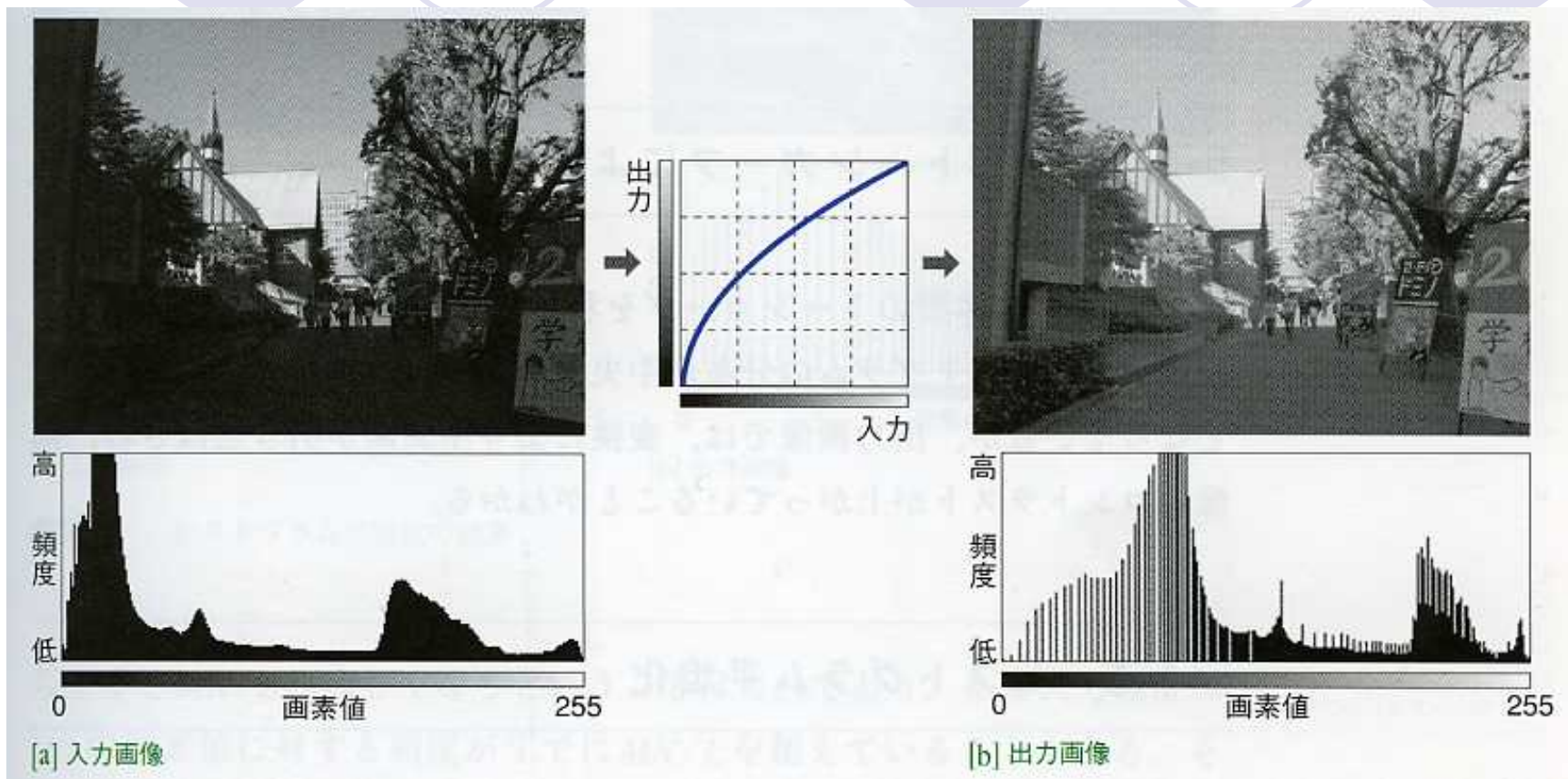
$$I_{out} = cI_{in}^{\gamma}$$

- ガンマ変換は、もともとCRTディスプレイの特性を補正するために用いられていた（ガンマ補正ともいう）が、最近、単なる濃淡変換として用いられることが多い（連続、非線形）

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

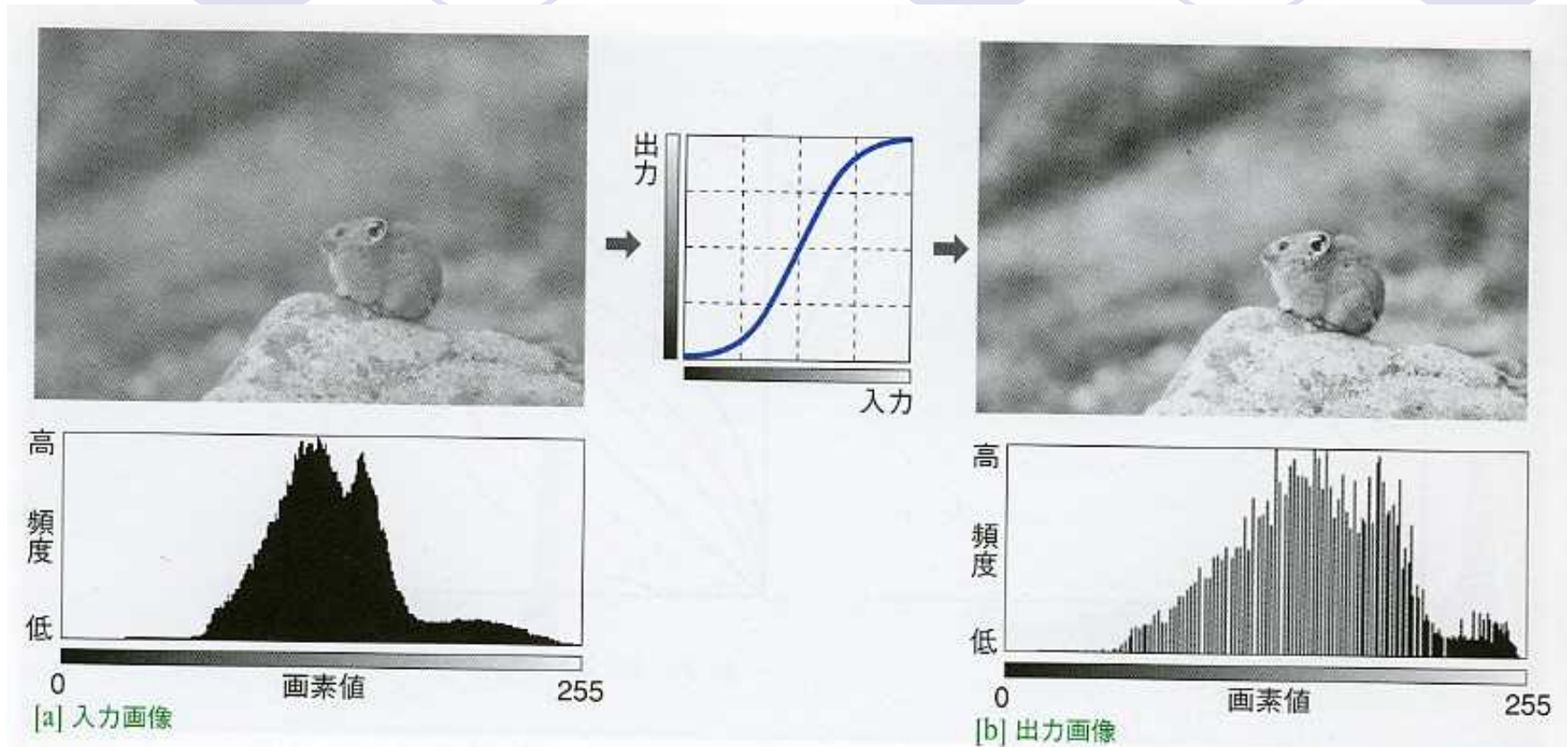


ガンマ変換例



画像下部の暗い部分が明るく見やすくなると同時に、折れ線型トーンカーブの結果と異なり、明るい屋根と空の部分の濃淡の違いも残っている

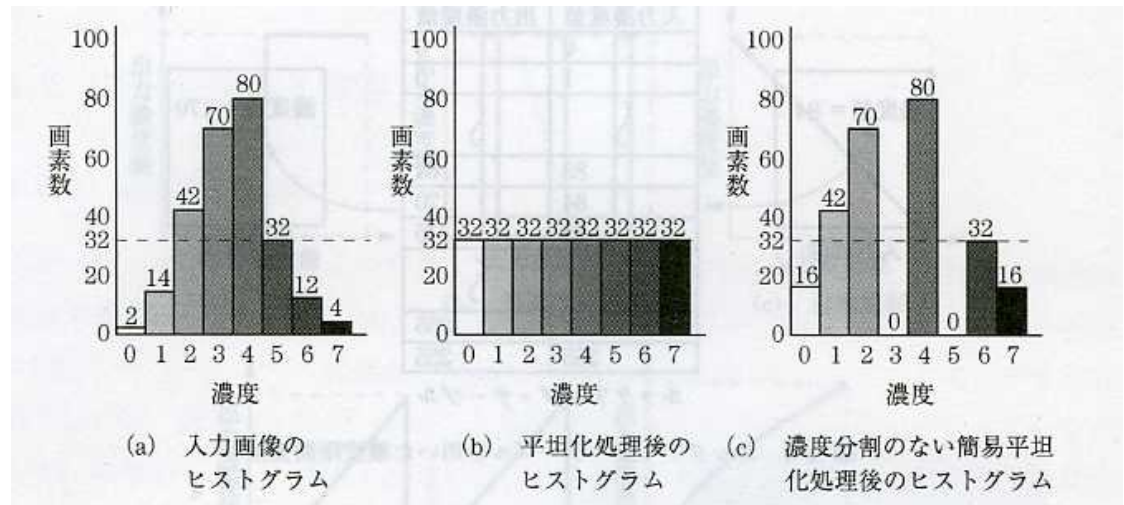
S字トーンカーブ

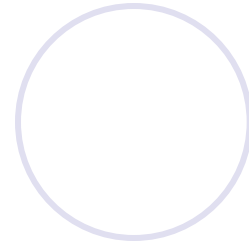
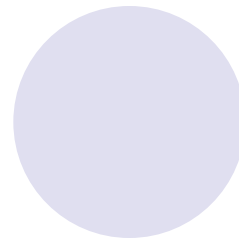
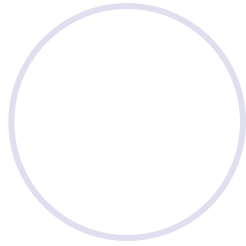
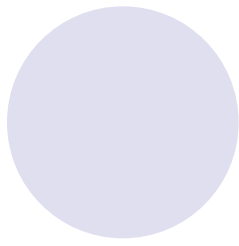


中央に固まっていた濃度範囲が広げられ、コントラストが上がっている。

ヒストグラムの平坦化

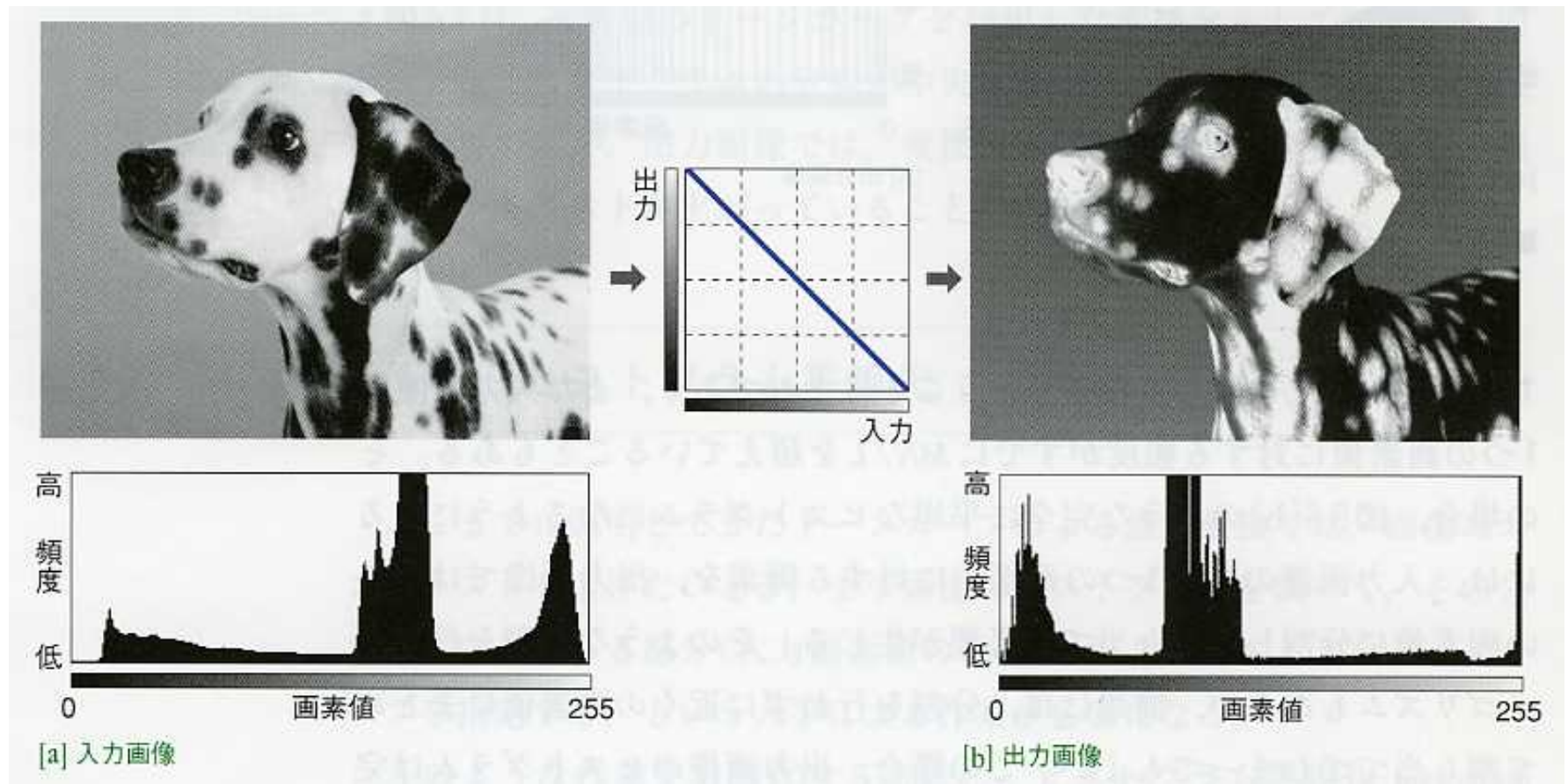
- **トーンカーブによる変換**では、画像のヒストグラムを調べ、その分布が集中している部分を引き伸ばすようなトーンカーブ(傾きが1より大きい)を人間が指定する
- **ヒストグラムの平坦化(histogram equalization)**:そのような作業を自動的に行う。すなわち、出力画像のヒストグラムが、画素値の全域にわたって均等に分布するように自動的に変換を行う。
- 画像サイズ: $M \times N$, 出力画像濃淡レベル数: $L \rightarrow$ 平坦の結果、各画素値の頻度は MN/L となる
- 方法1: 画素値の小さいほうから頻度を積算し、その数が MN/L に達するまでの画素値を一まとめにして、出力画像の画素値に割り当てる(b)
- 方法2: 分割を行わず、近くの画素値にまとめて割り当ててしまう(c)



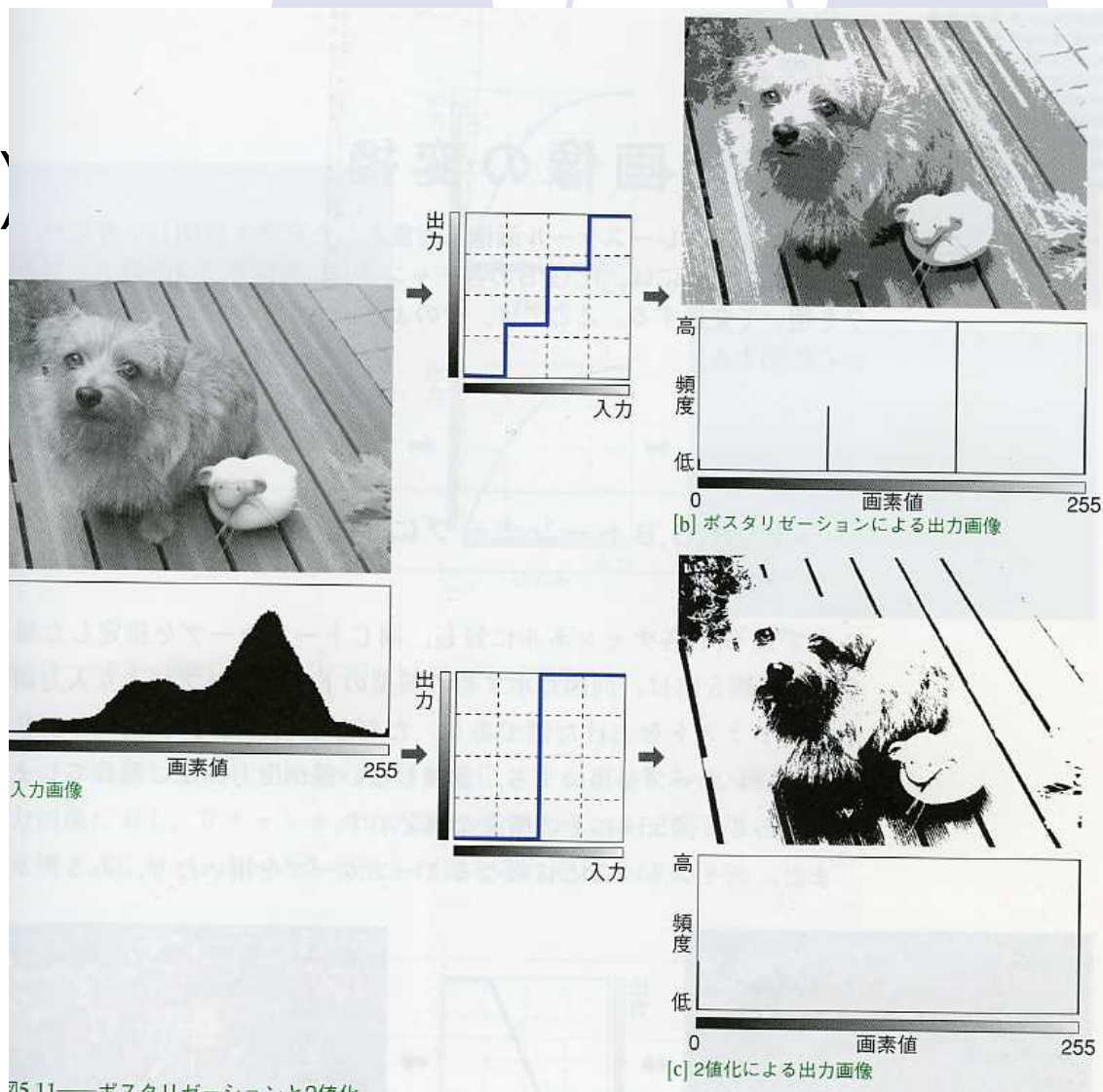


2. 特殊な効果

濃淡の反転(ネガ・ポジ反転)



ポスタリゼーション (posterization)と 2値化(binarization)

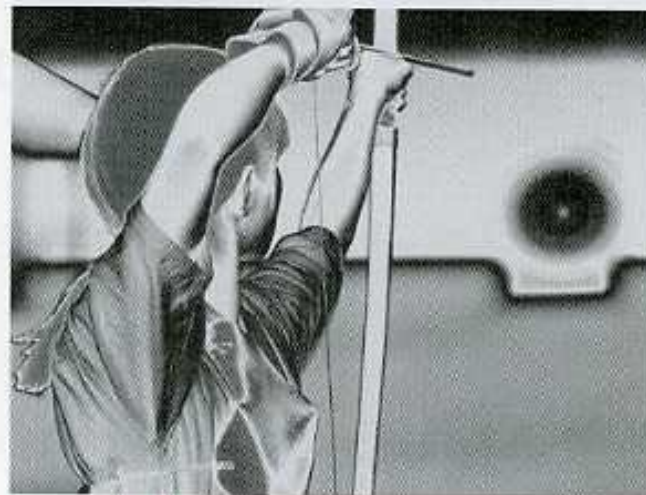
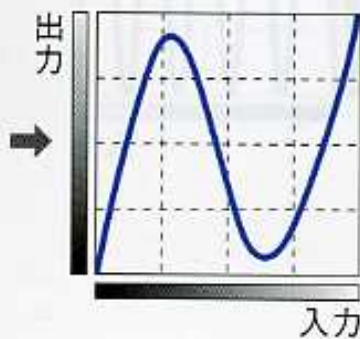


ソラリゼーション(solarization)

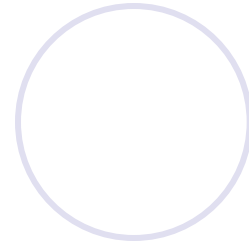
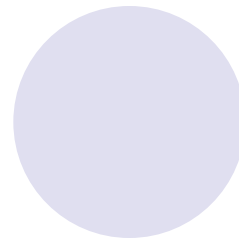
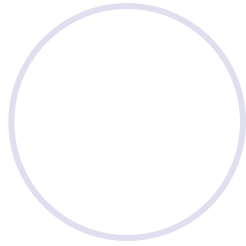
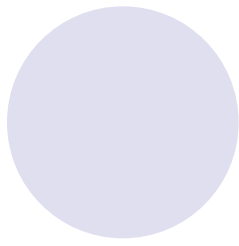
(ネガ画像とポジ画像が混じりあったような効果)



入力画像



[b] 出力画像



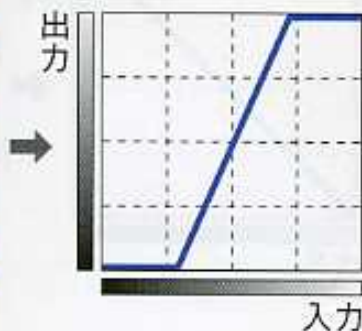
3. カラー画像の変換

R,G,Bトーンカーブによる変換(1)

- R,G,B各チャンネルに同じトーンカーブを用いる場合



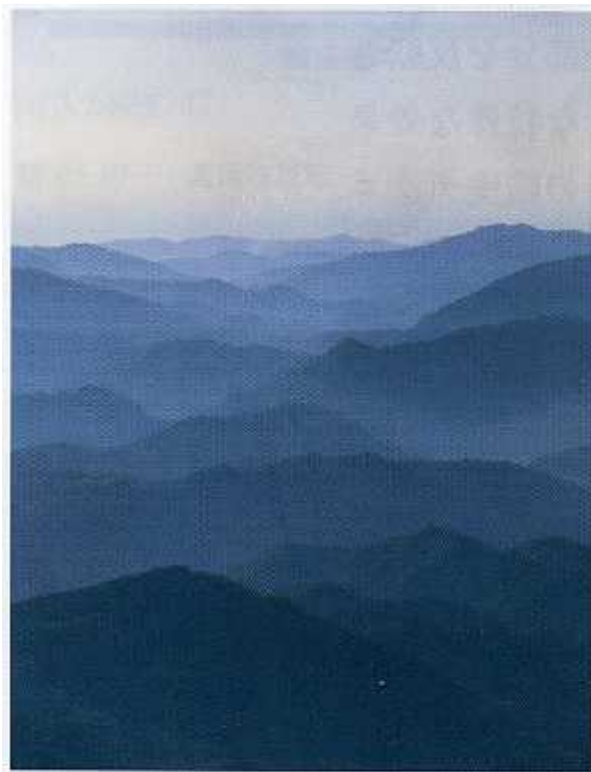
[a] 入力画像



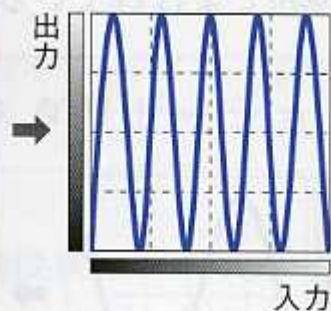
[b] 出力画像

R,G,Bトーンカーブによる変換(2)

- 同じトーンカーブを用いる場合、意図しない色が出力されることがある。



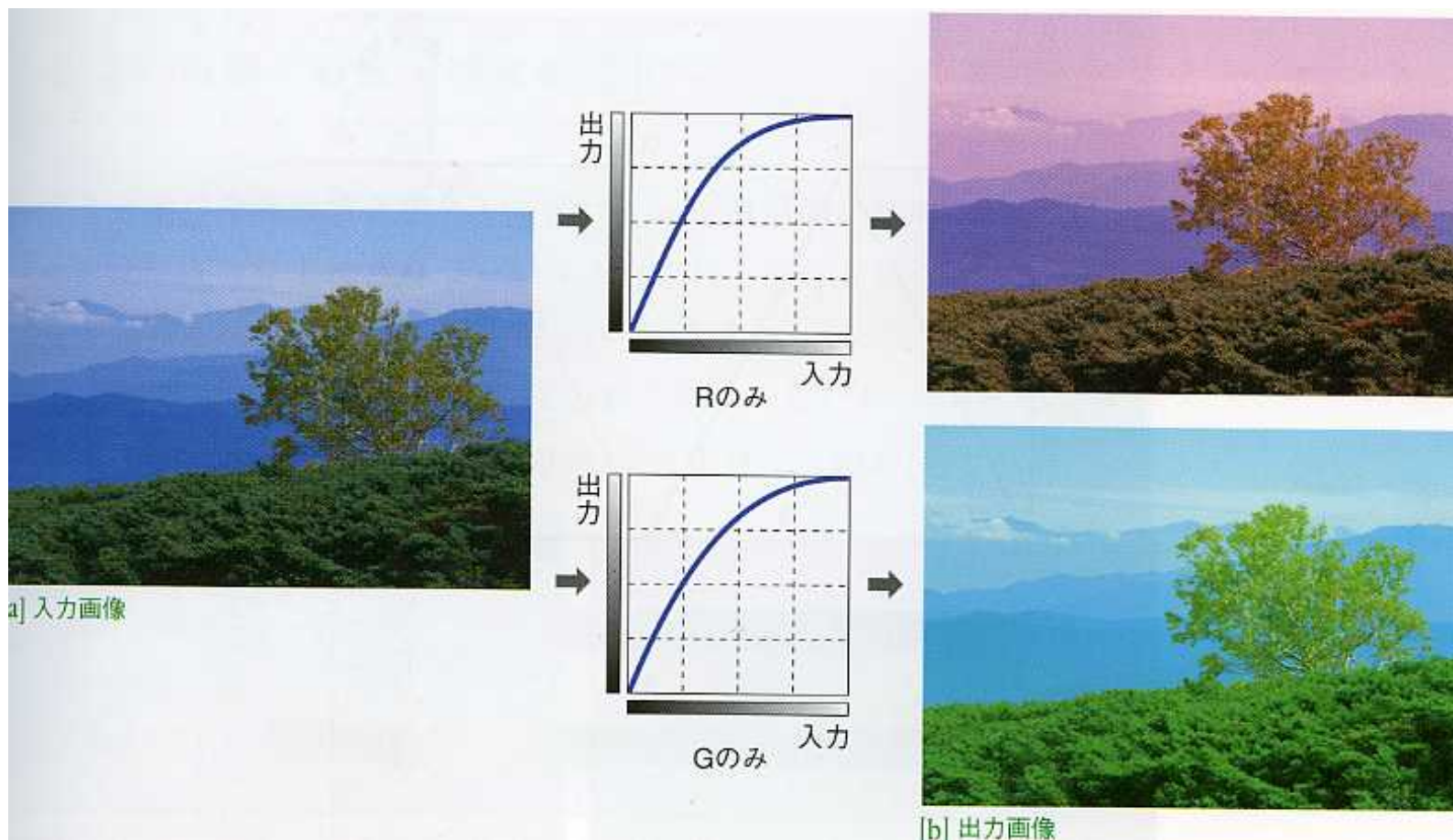
[a] 入力画像



[b] 出力画像

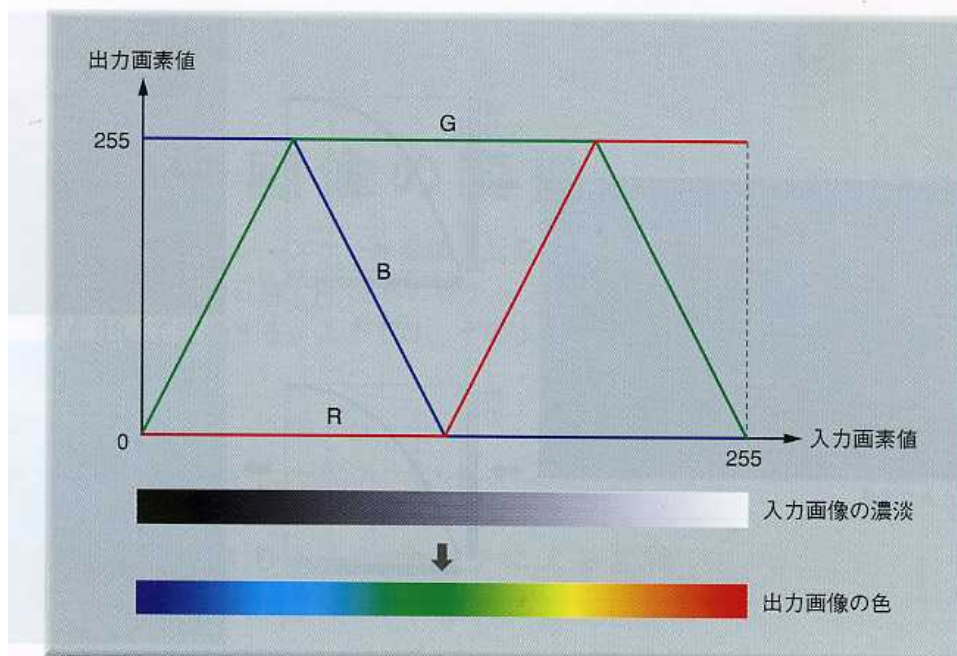
R,G,Bトーンカーブによる変換(3)

- R,G,B各チャンネルごとに異なるトーンカーブを用いる場合もある

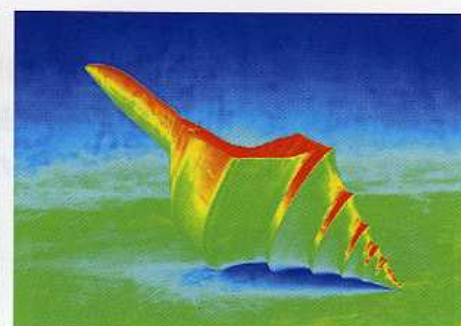


擬似カラー (pseudo color)

- 濃淡画像の各画素値をカラー画像のR,G,B各チャンネルの値とすることにより、濃淡画像と等価なカラー画像が得られる。
- それぞれのチャンネルに対し適当に異なるトーンカーブを用いることで、濃淡画像に対して擬似的に色をつけることができる。**擬似カラー**という。



■図5.16——擬似カラー画像作成のためのトーンカーブの例



色相、彩度、明度の変化

- カラー画像を色相、彩度、明度に変換してから、各成分を調整する。(直感的に理解しやすい)



[a] 入力画像



[b] 入力画像の色相を変える



[c] 入力画像の彩度を下げる



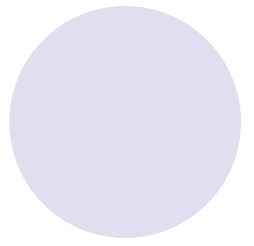
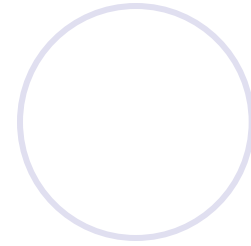
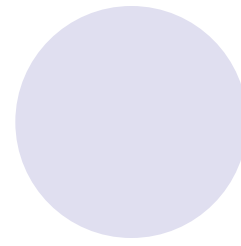
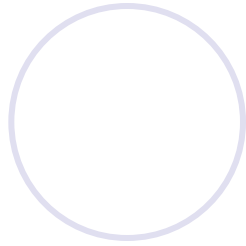
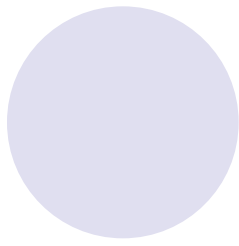
[d] 入力画像の彩度を上げる



[e] 入力画像の明度を下げる



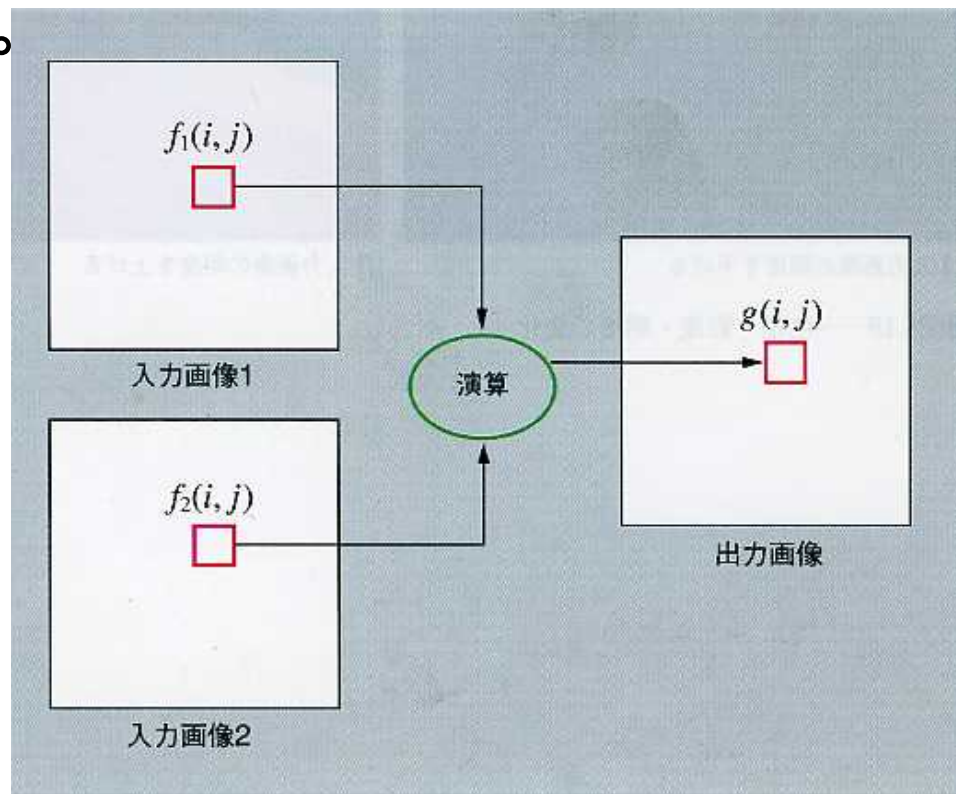
[f] 入力画像の明度を上げる



4. 複数の画像の利用

画像間演算

- それぞれの画像の**同じ位置にある画素ごと**に、ある決められた演算を行う。
- 演算には、算術演算 (arithmetic operation) と論理演算 (logic operation) がある。



画素値の平均



[a] 入力画像1



[b] 入力画像2



[c] 出力画像

$$g=(f_1+f_2)/2$$

アルファブレンディング(alpha blending)

- α の値が、画像左端で0、右端で1で、その間では直線的に変化させた。



[a] 入力画像1



[b] 入力画像2

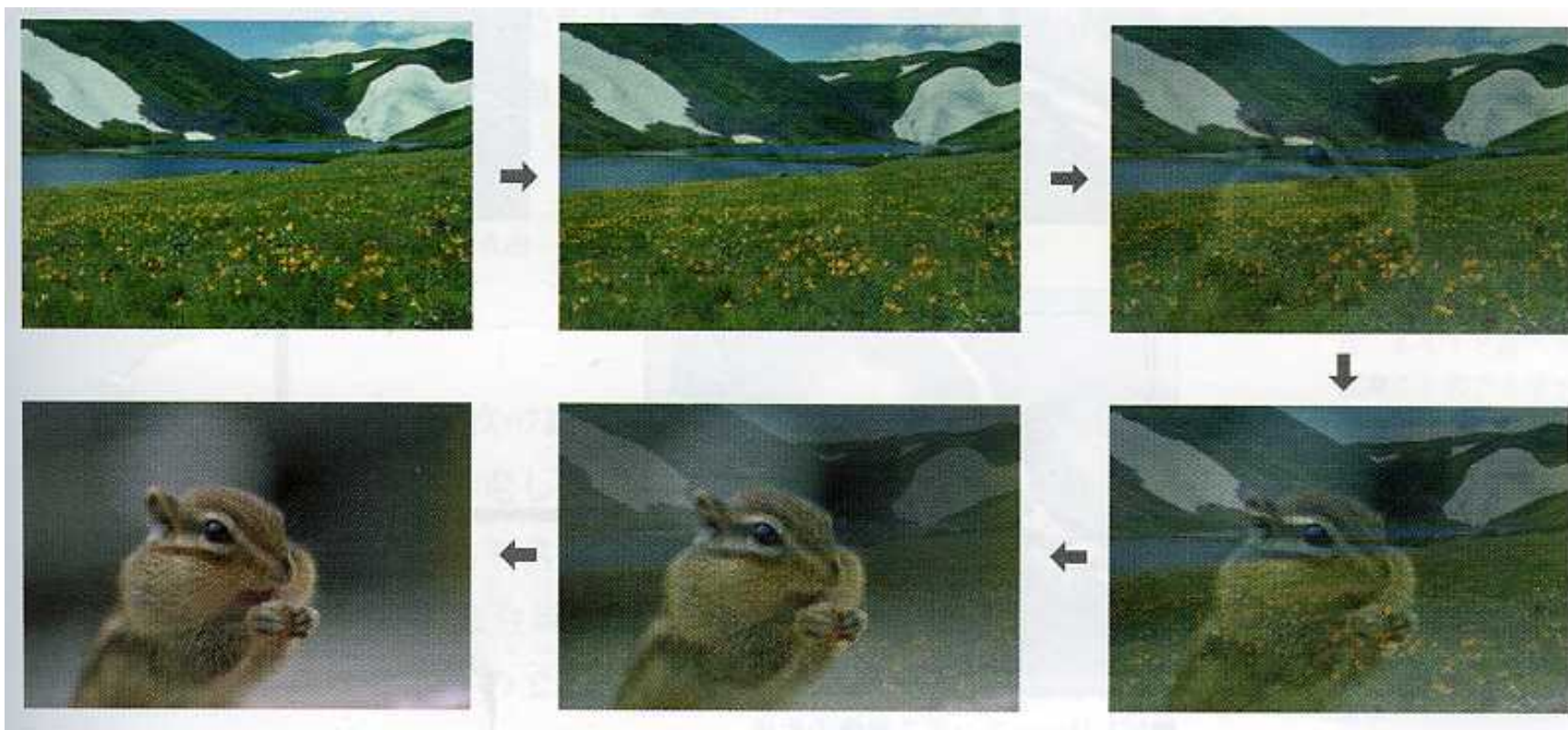


[c] 出力画像

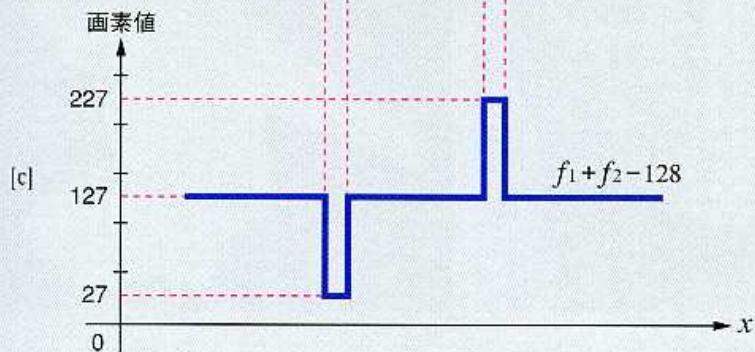
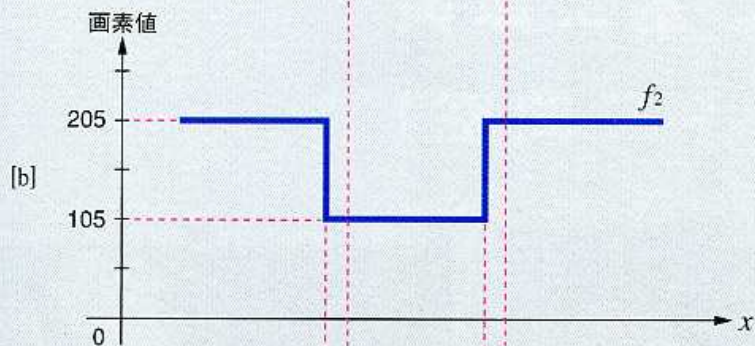
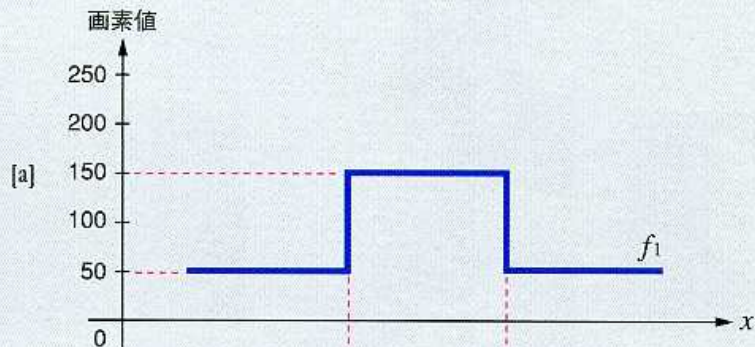
$$g = \alpha f_1 + (1 - \alpha) f_2$$

ディゾルブ(dissolve) or オーバーラップ(overlap)

- 動画像において α の値を時間的に変化させ、あるシーンから別のシーンに徐々に変化していく手法



エンボス(emboss)

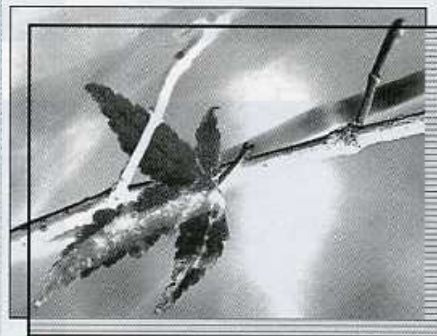


入力画像

↓ ネガ・ポジ反転



↓ 平行移動



■ 図5.23 — エンボス画像の生成

