

階調変換

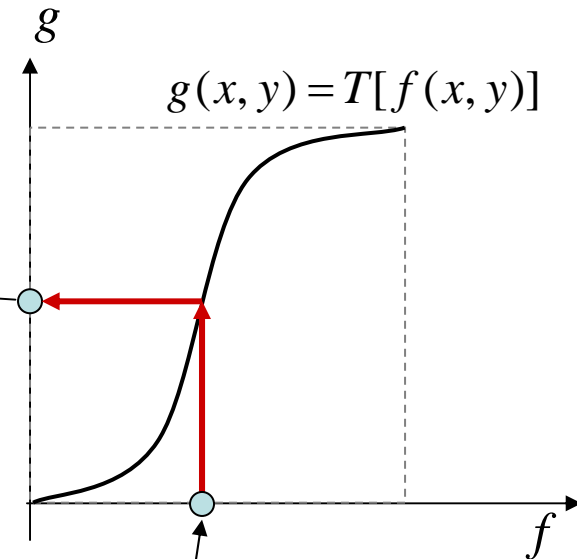
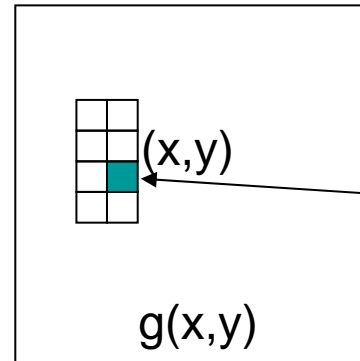
階調変換の一般的表現

$g(x, y) = T[f(x, y)]$ ← 画素ごとの処理
を意味している

$f(x, y)$: 原画像

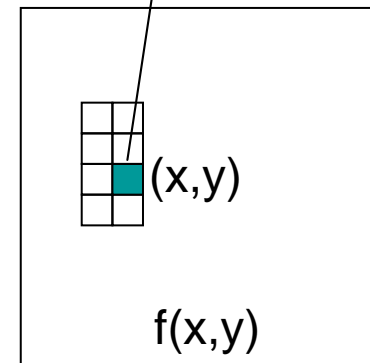
$g(x, y)$: 処理画像

$T[\]$: 階調変換オペレータ



今回取り上げる階調変換

1. CRTの入出力特性に対応した階調変換
2. ヒストグラムに基づいた階調変換
 - ヒストグラム平滑化
 - ヒストグラム特定化
3. ダイナミックレンジを圧縮する階調変換
 - 対数を用いる階調変換
 - 医用画像に多用されるウィンドウ処理
4. 画像入力機器の特性を考慮した階調変換
 - 光学カメラ入力信号に対する線形化処理
 - CTにおけるX線強度データから投影データへの変換



CRTの輝度特性モデル

GOGモデル

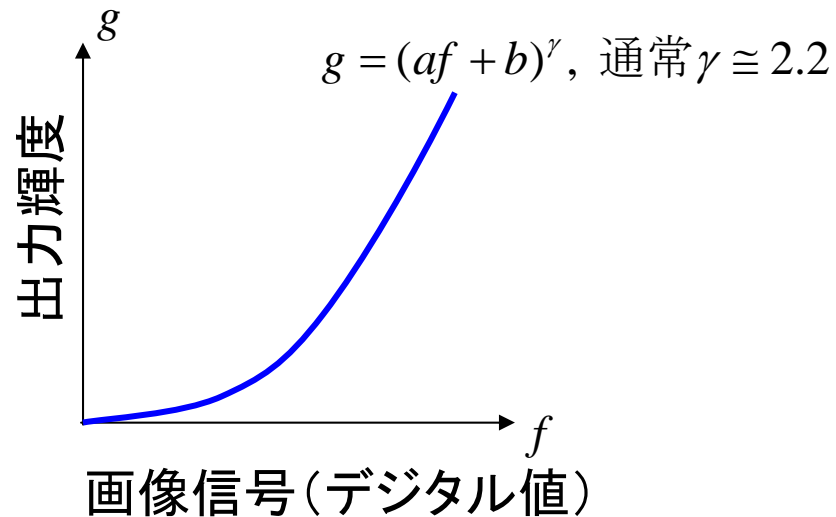
Gain offset gamma model

ゲイン

オフセット

ガンマ

$$g = (af + b)^\gamma$$

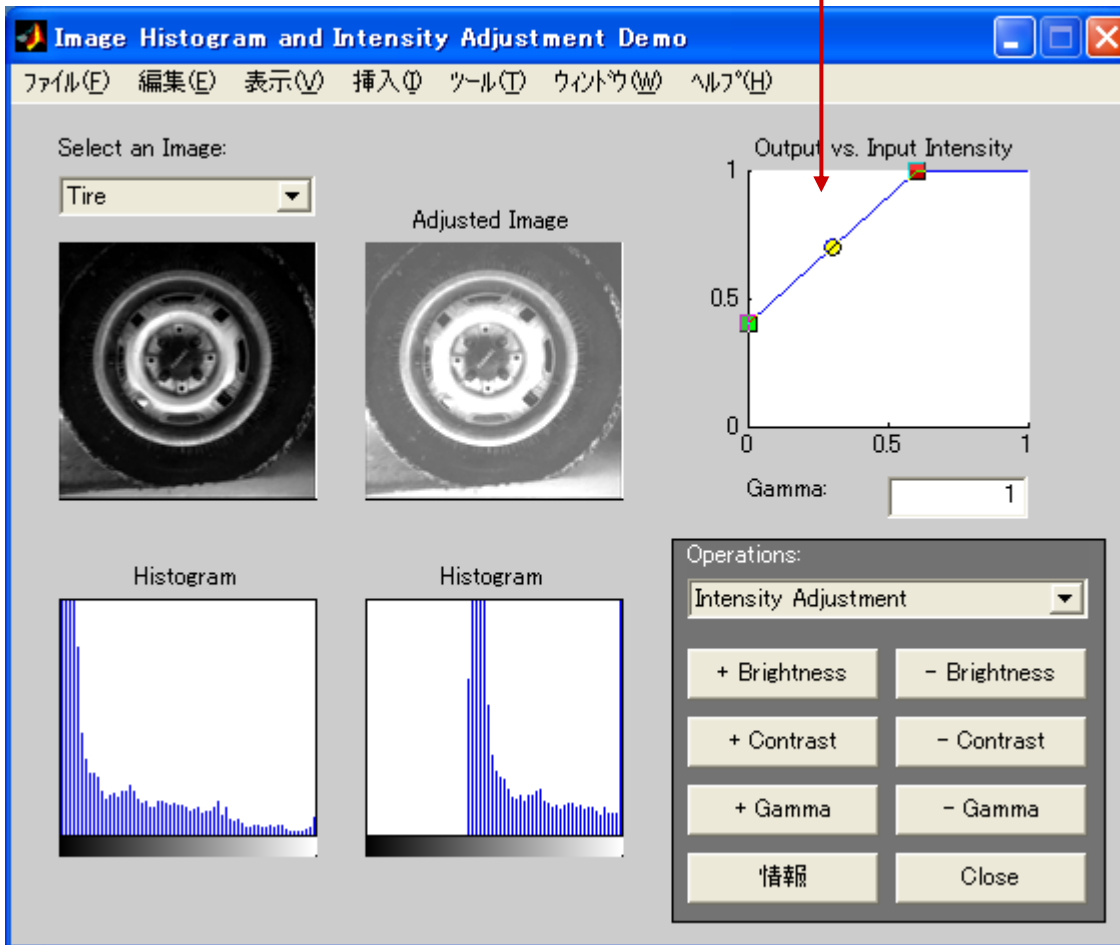


ブライトネスの増加

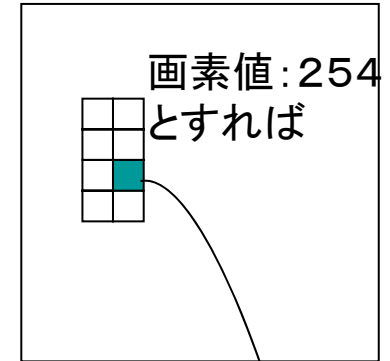
実行例 (MATLABのdemoより)

$$g = (af + b)^{\gamma}$$

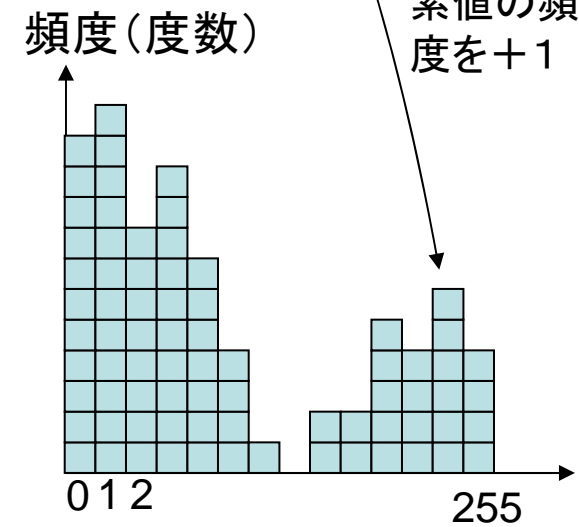
階調変換の特性を
現すグラフ



デジタル画像



対応する画
素値の頻
度を+1

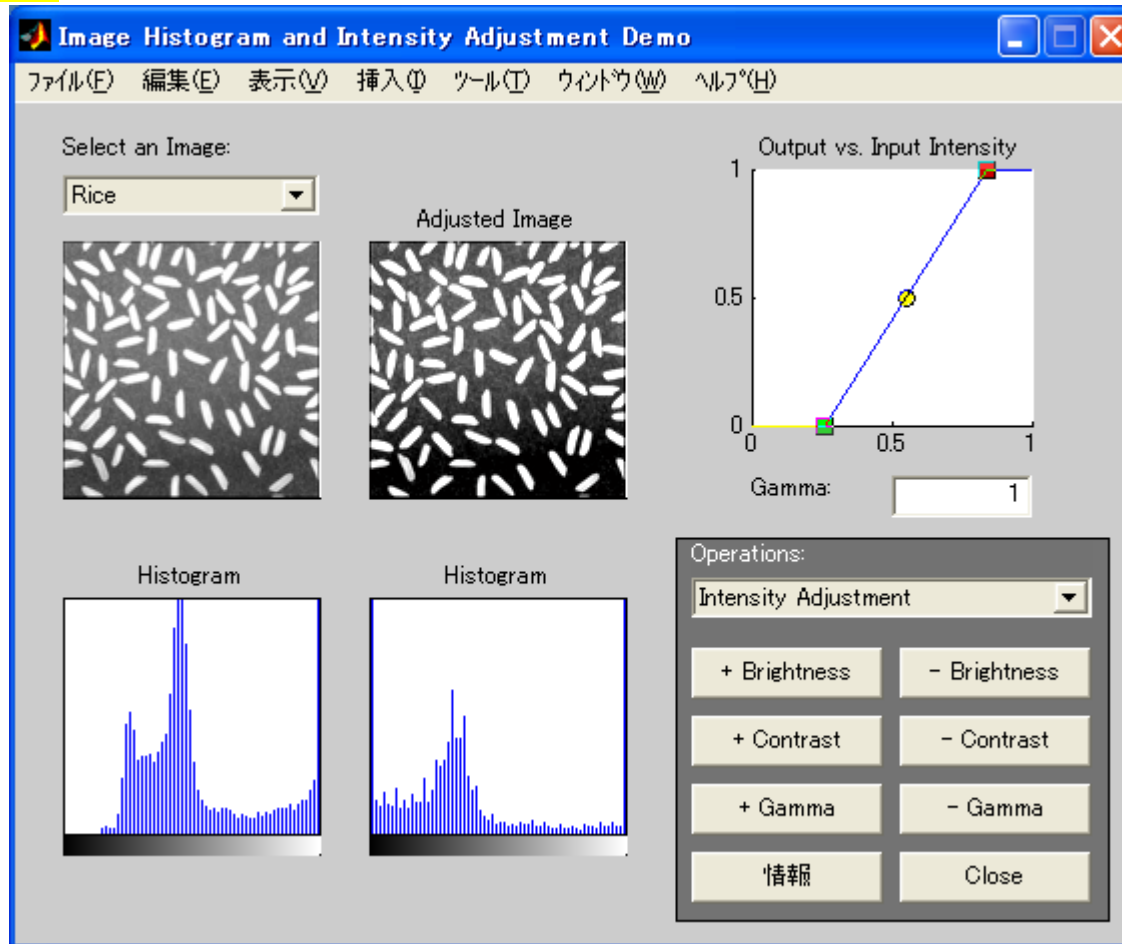


ヒストグラムの意味

コントラストの増加

実行例 (MATLABのdemoより)

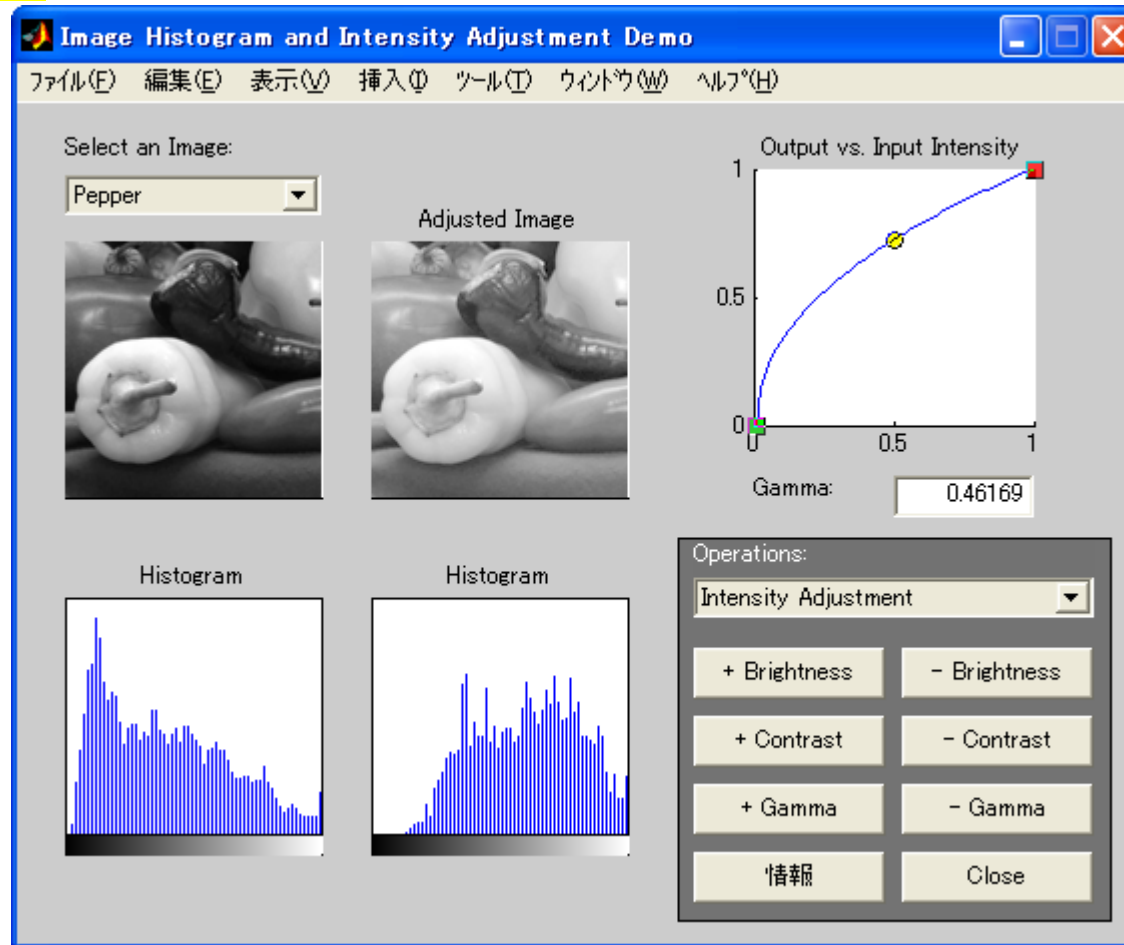
$$g = (a f + b)^{\gamma}$$



ガンマの増加・減少

実行例 (MATLABのdemoより)

$$g = (af + b)^\gamma$$



MATLAB demo

ヒストグラム平滑化 histogram equalization

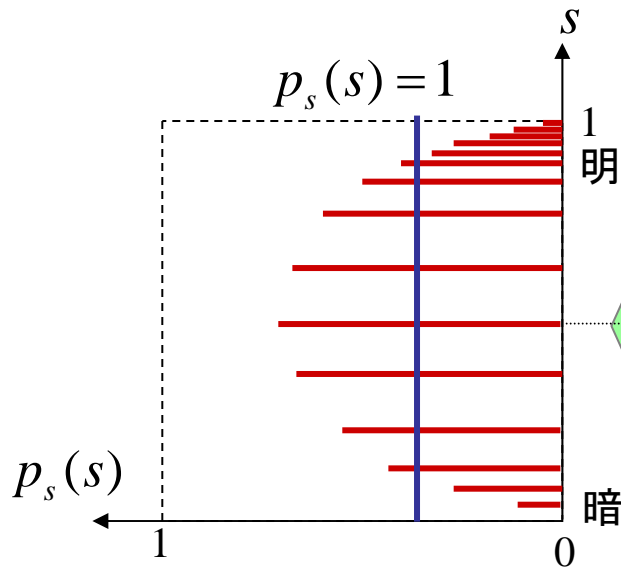
理論

ヒストグラム平滑化のための階調変換の式:

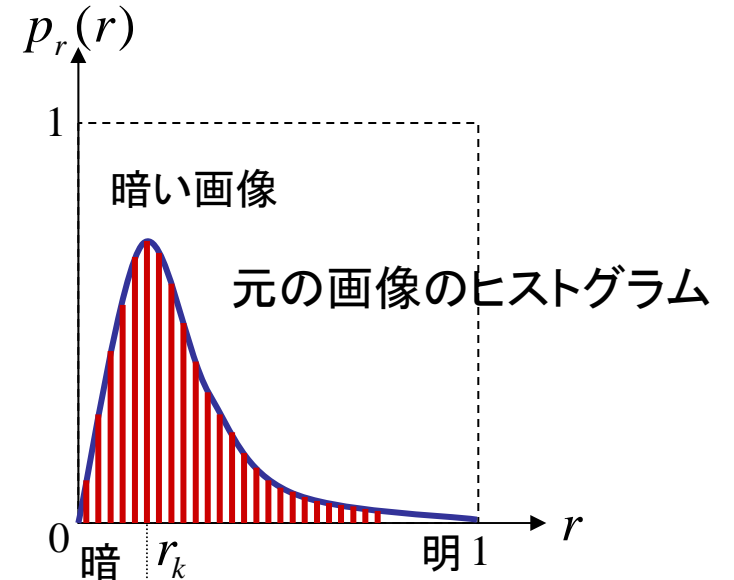
$$s = T(r) = \int_0^r p_r(w) dw, \quad 0 \leq r \leq 1$$

↑
元画像のヒストグラム

すなわち, 累積密度関数によって変換する.



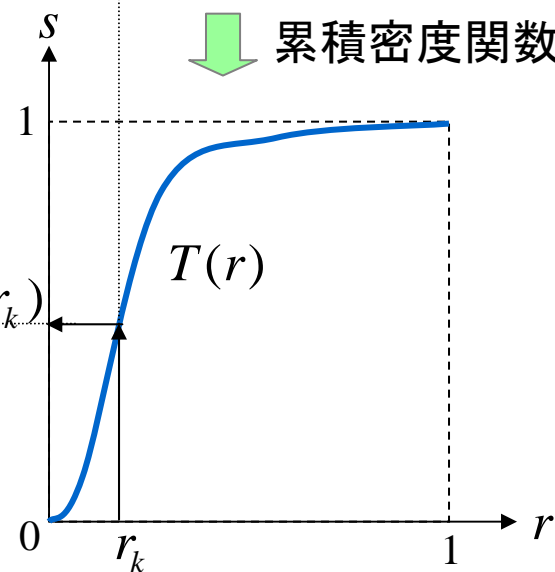
平均的に平滑化されている



暗い画像

元の画像のヒストグラム

↓ 累積密度関数を算出



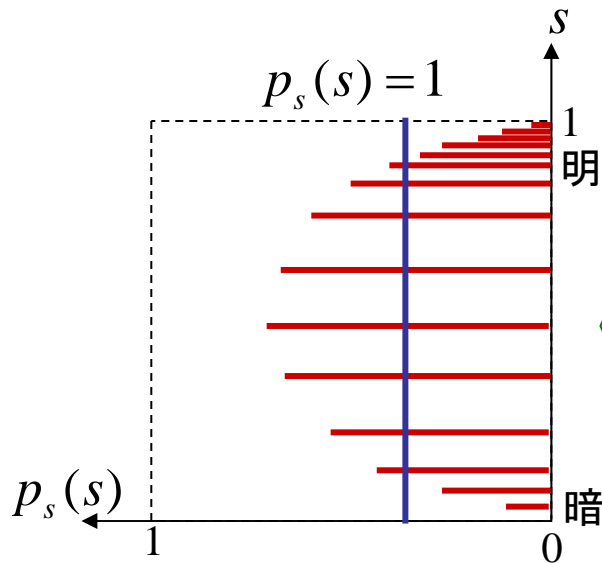
ヒストグラム特定化 histogram specification

理論

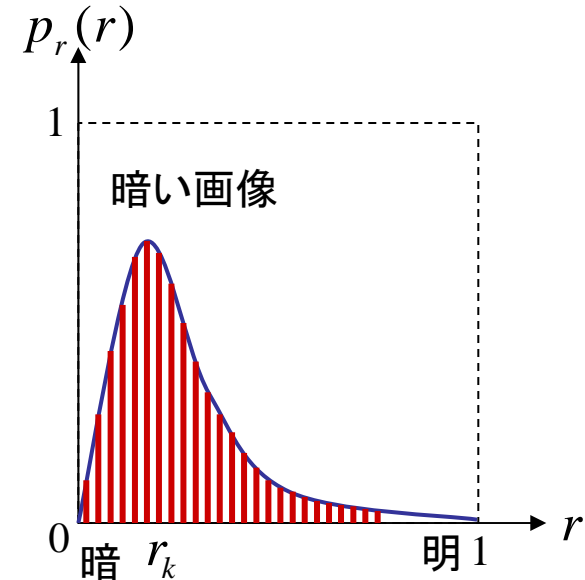
ヒストグラム平滑化のための階調変換の式:

$$s = T(r) = \int_0^r \underbrace{p_r(w)}_{\substack{\uparrow \\ \text{元画像のヒストグラム}}} dw, \quad 0 \leq r \leq 1$$

元画像のヒストグラム

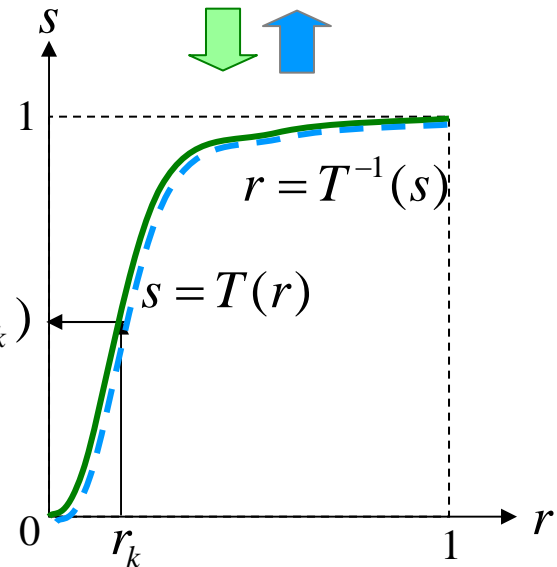


そこで,



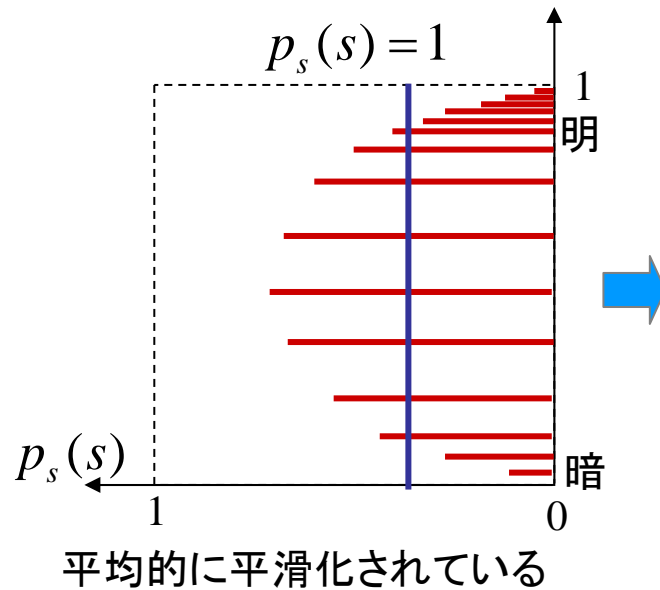
$$s_k = T(r_k)$$

逆変換



ヒストグラム特定化 (つづき)

理論

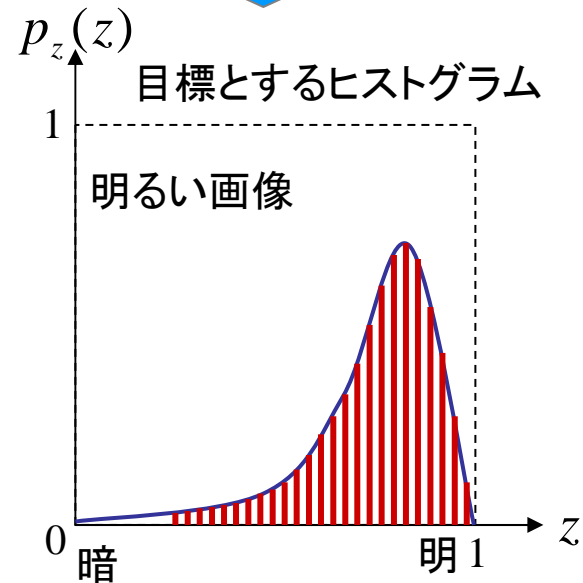
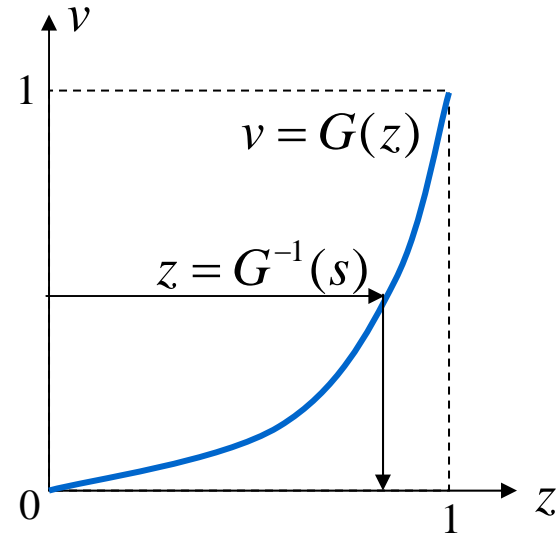


目標とするヒストグラムの累積密度関数

$$v = G(z) = \int_0^z p_z(w) dw$$

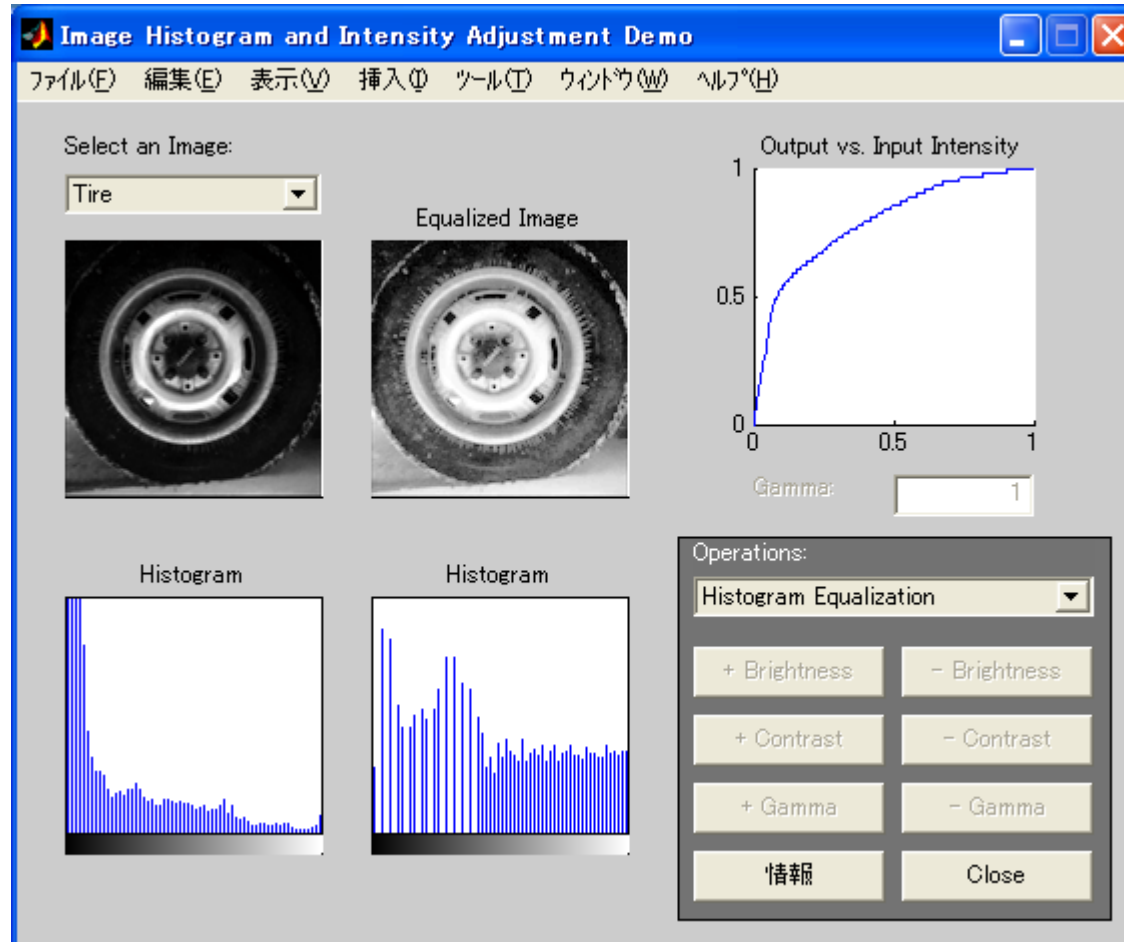
まとめると、以下の式で与えられる

$$z = G^{-1}[T(r)]$$



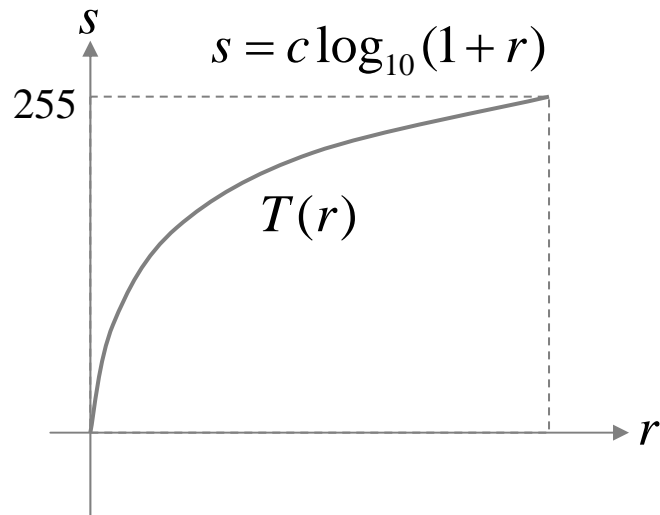
ヒストグラム平滑化

実行例 (MATLABのdemoより)



ダイナミックレンジ圧縮

例: パワースペクトル画像の表示



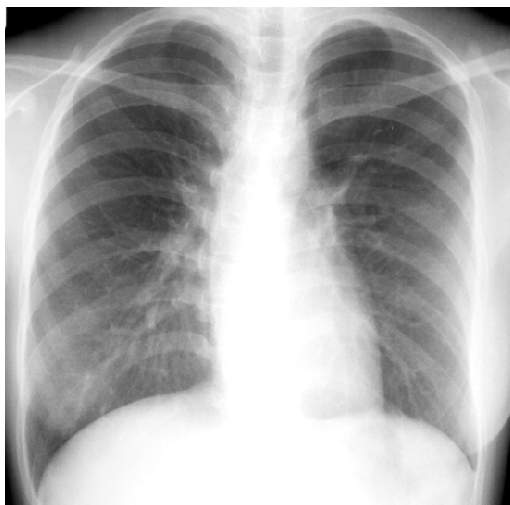
フーリエスペクトルの絶対値 $|r|$ の範囲が $[0, 4.5 \times 10^7]$ とすると

$\log_{10}(1+|r|)$ の計算により、範囲は $[0, 7.7]$ となる.

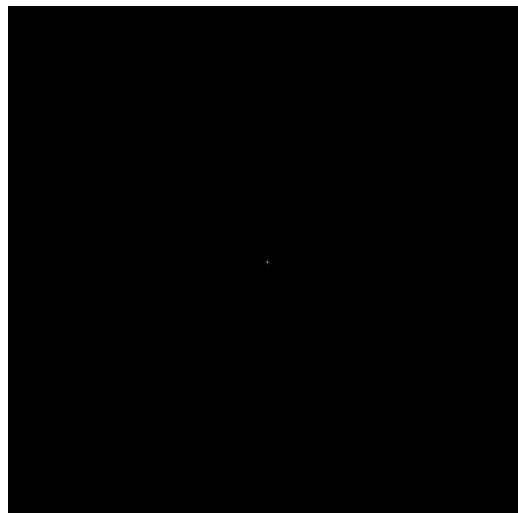
この最大値7.7が255になるように c の値を

$$c = 255/7.7$$

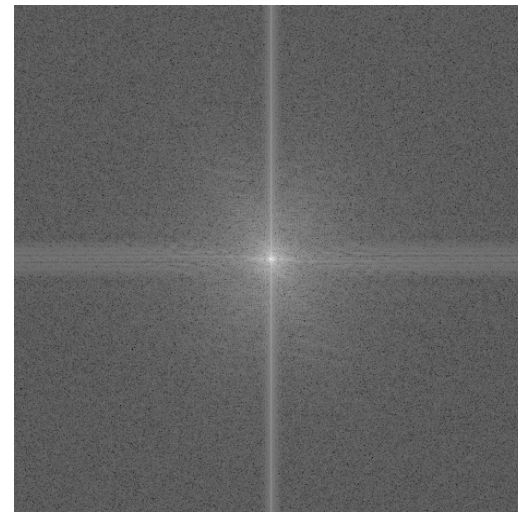
と与える.



原画像



スペクトル(DR圧縮前)



スペクトル(DR圧縮後)

ダイナミックレンジとデシベルについて

ダイナミックレンジ(dynamic range)とは、識別可能な信号の最小値と最大値の比率をいう。信号の情報量を表すアナログ指標のひとつ。
写真の場合、ラティチュードと同じ意味で用いられることが多い。

デシベル:

音の強さや電気回路における増幅率、減衰率などの表現に用いられる無次元の単位。実用上はパワー比(音のエネルギーや電力)よりも強度比(音圧や電圧)で考える場合が多く、その場合パワーは強度の2乗に比例するので、dB値は「信号強度と基準信号の強度の比の常用対数に20を乗じた値」で表される

一般の音楽用コンパクトディスクが持つダイナミックレンジは、96dBである。
デジタル媒体であるため、規格から計算によって導かれる。

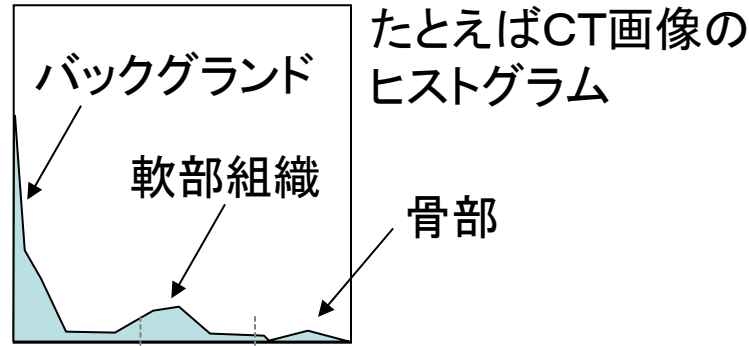
$$20 \times \log_{10}(2^{16}) = 20 \times \log_{10}(65536) = 96\text{dB}$$

データ形式	リニアPCM
サンプリング周波数	44.1kHz
ビットレート	1411.2kbps
量子化ビット深度	16bit
チャンネル数	2.0chステレオ

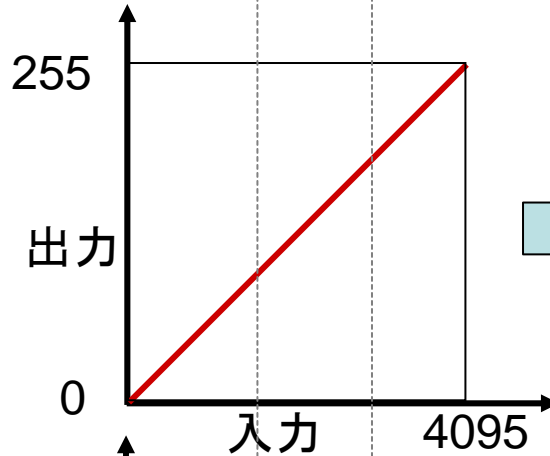
医用画像に多用されるウィンドウ処理

もともと量子化レベルの多い画像

例) 10bits, 12bits



階調特性1

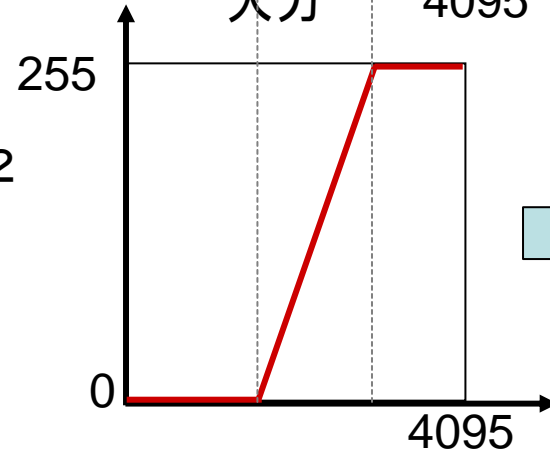


そのまま表示



関心のある部位の詳細が見つらい

階調特性2

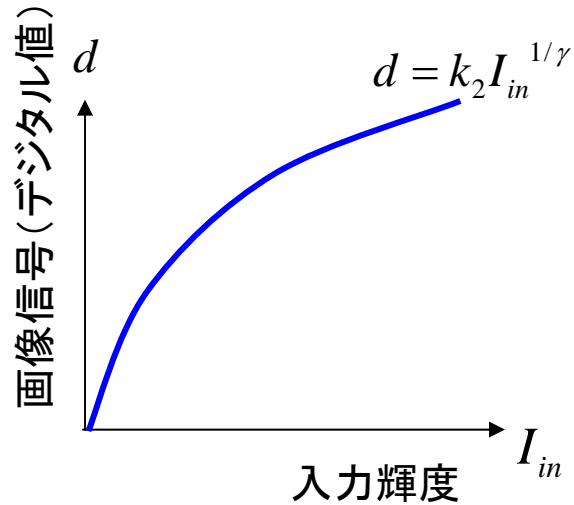


研究室独自
開発ソフトで
デモ

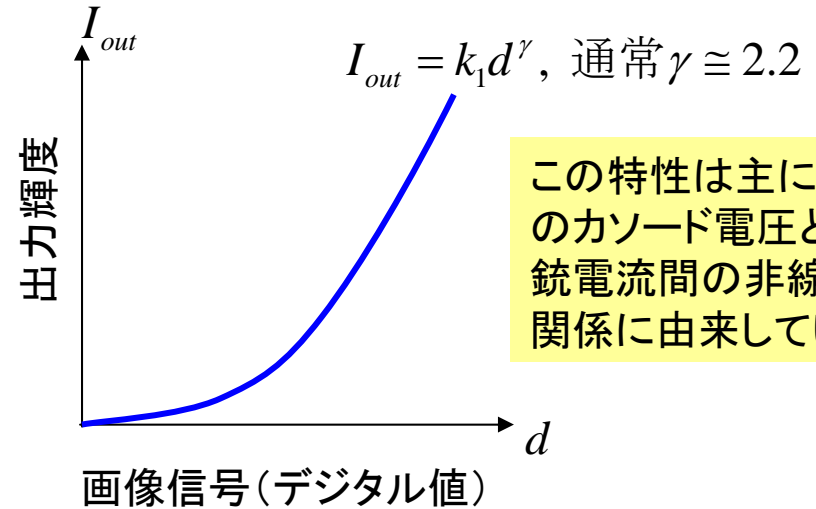
画像入出力機器の入出力特性

とばす

汎用的な光学カメラの特性



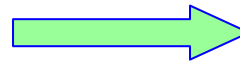
CRTの特性(ガンマ特性)



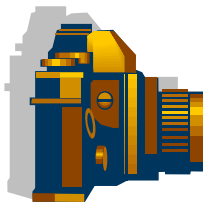
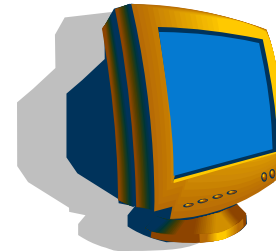
この特性は主にCRTのカソード電圧と電子銃電流間の非線形な関係に由来している。



画像信号伝送



画像入出力機器が直接,
接続されるケース

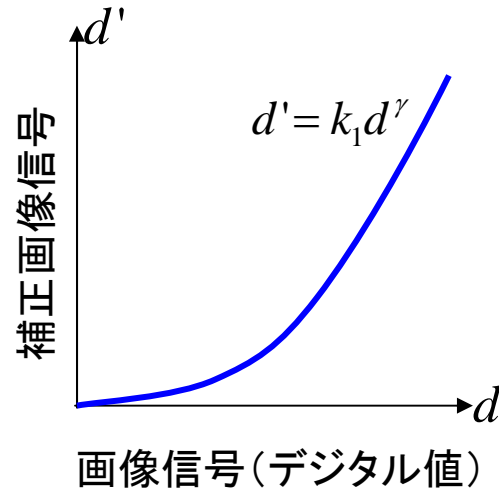
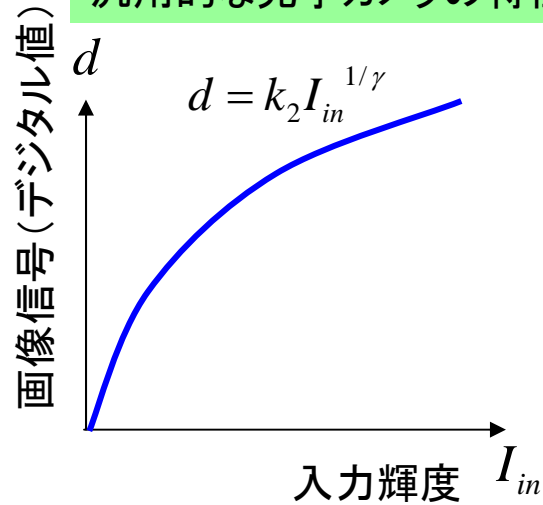


一般に、CRTのガンマ特性に合わせて、カメラ側で逆のガンマ特性を与えている。これにより、表示画像の輝度が、撮影される被写体の輝度とリニアになる。

画像入出力機器を考慮した階調変換

輝度に対してリニアなデジタル処理を行いたい場合

汎用的な光学カメラの特性



リニアな空間での処理例

物理的な特性に基づいて輝度に対する処理が必要な場合の例:

劣化画像の復元

$$g(x, y) = NL\{f(x, y) * h(x, y)\}$$

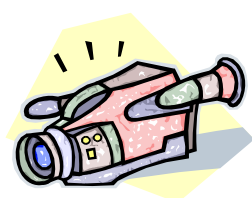
一旦、非線形の階調変換を補正して

$$f(x, y) * h(x, y)$$

劣化関数をデコンボリューションして

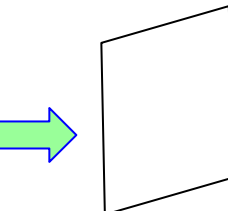
$$f(x, y)$$

を得る.



デジタル画像データ

階調変換処理

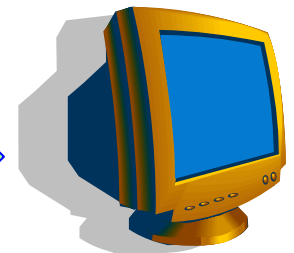


輝度リニアな画像

本処理

あらためて表示したい場合は

階調変換処理



X線強度から投影データへの変換

X線透視像(強度データ) (CTではサイノグラム)

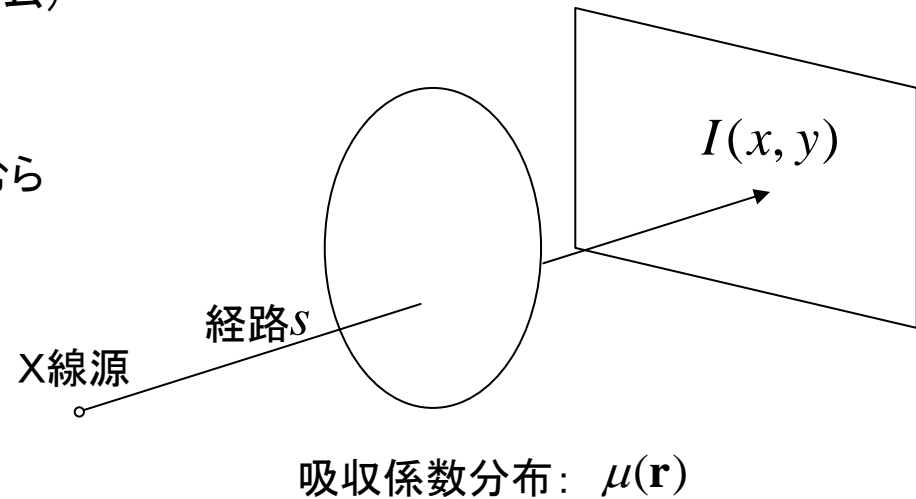
$$I(x, y) = \underline{I_0(x, y)} \exp[-p(x, y)]$$

被写体なしのときのX線強度むら

投影データ:

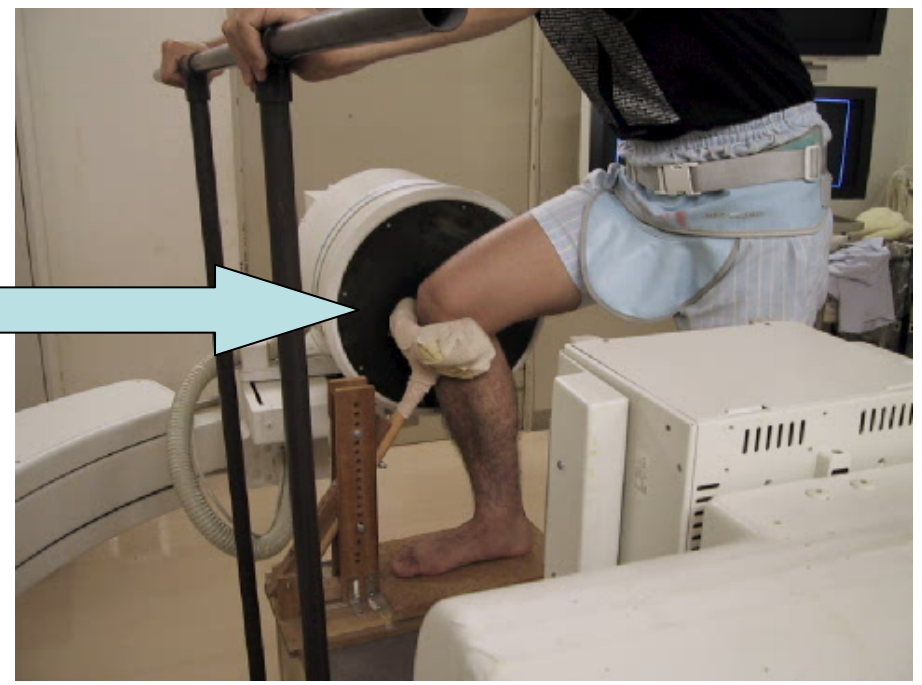
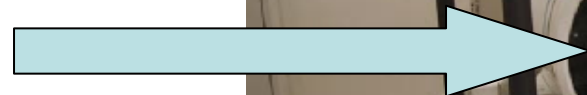
$$p(x, y) = \int_s \mu(\mathbf{r}) ds$$

吸収係数分布の経路 s に沿った積分

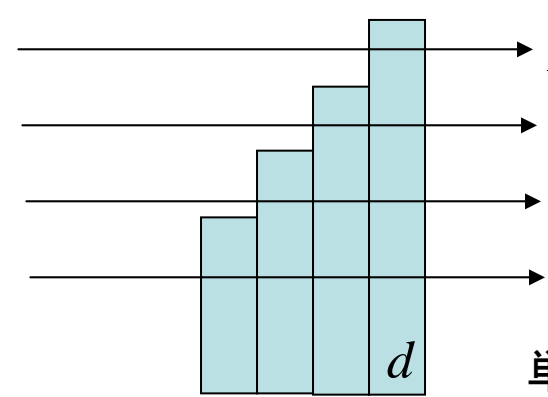


投影データの算出手順

実験



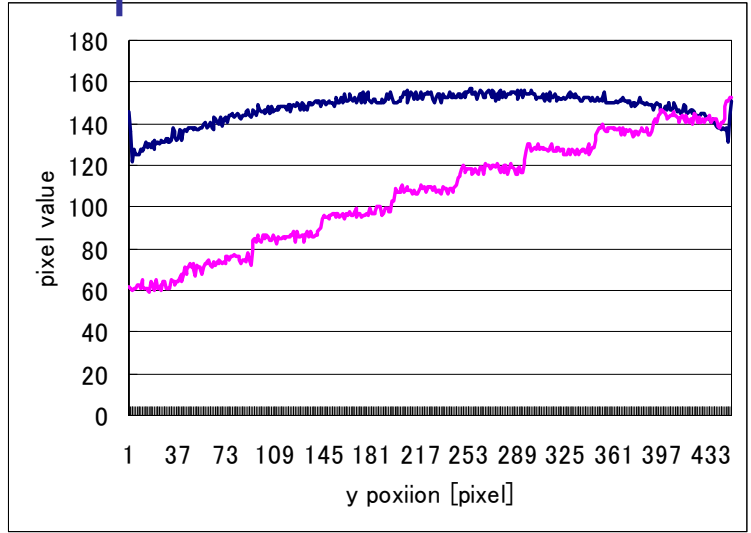
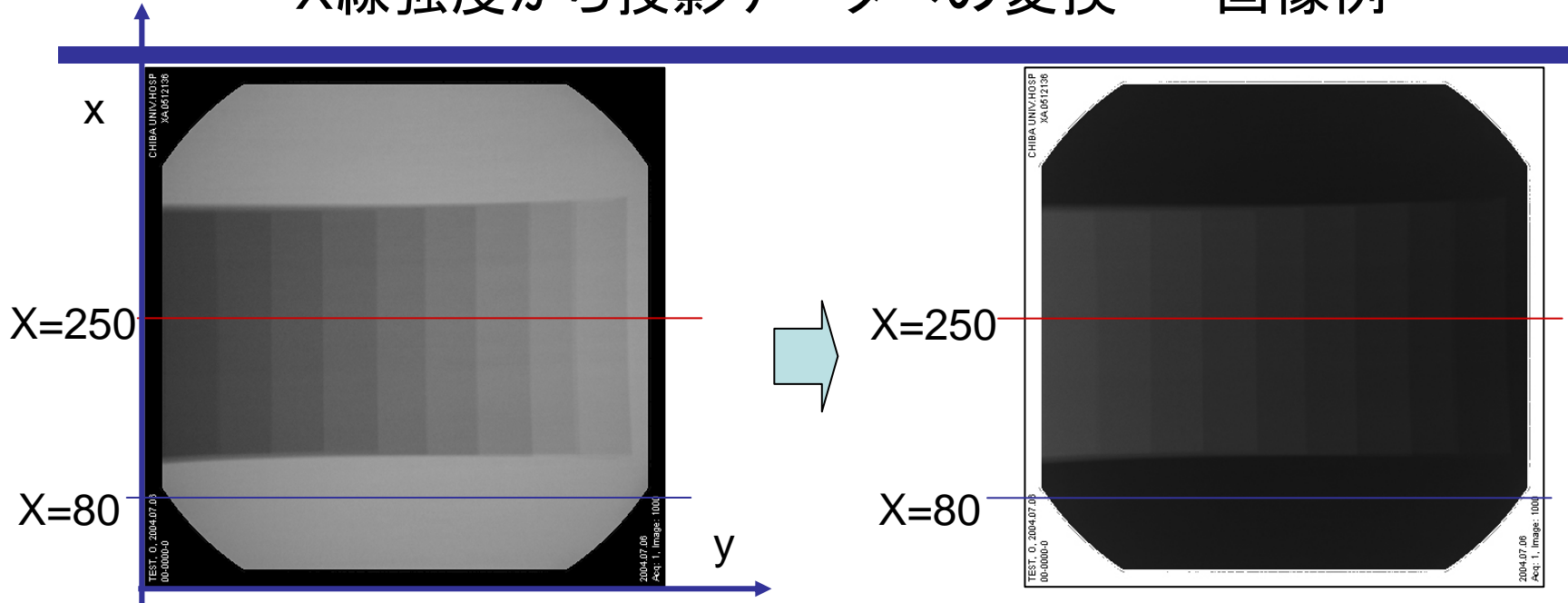
厚さが等しいアクリルの板を階段状に重ねたものをX線で透視撮影.



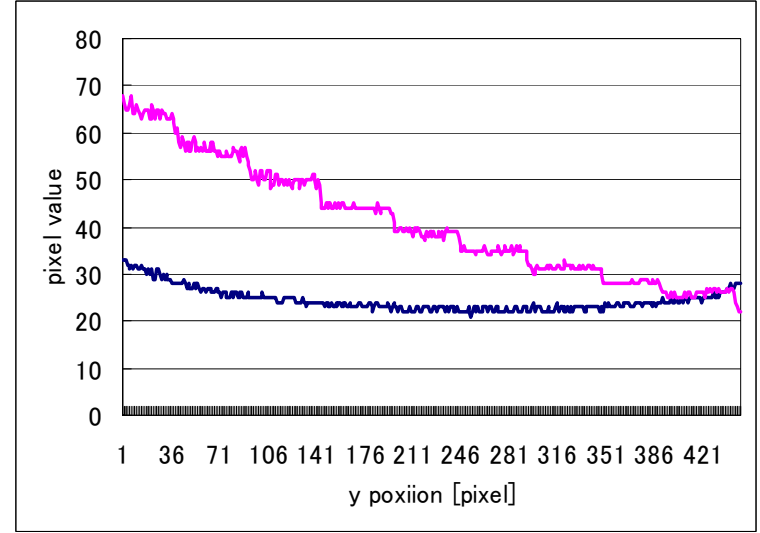
$$p(x, y) = \int \mu(s) ds = d\mu_0$$

単位長さあたりの吸収係数 μ_0

X線強度から投影データへの変換 ー画像例ー



X線強度画像



投影データ