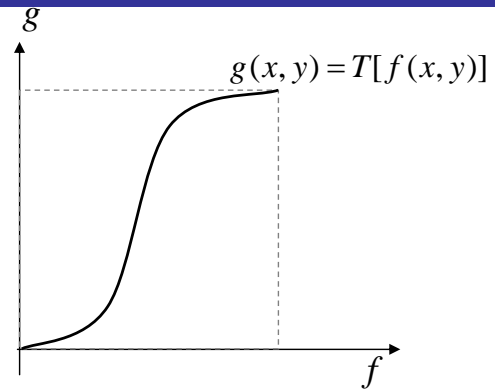


階調変換

階調変換の一般的表現

$$g(x, y) = T[f(x, y)] \quad \leftarrow \text{画素ごとの処理を意味している}$$

$f(x, y)$: 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处理
 - CTにおけるX線強度データから投影データへの変換

1. CRTの入出力特性に対応した階調変換

CRTの輝度特性モデル

GOGモデル

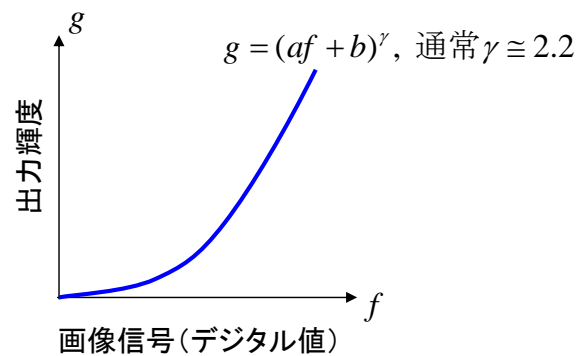
Gain offset gamma model

ゲイン

ガンマ

オフセット

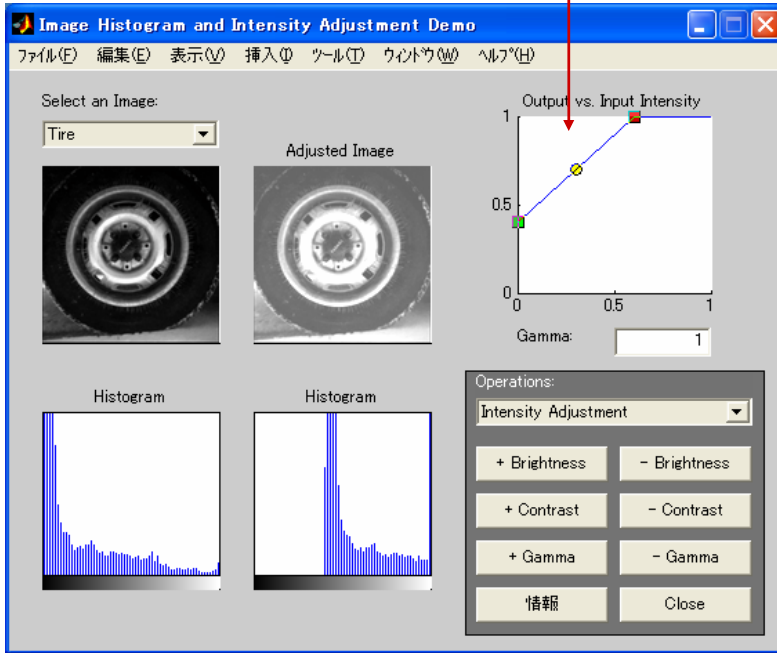
$$g = (af + b)^\gamma$$



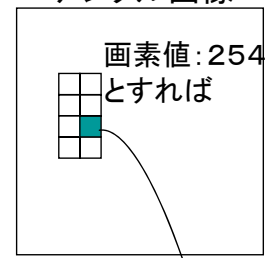
実行例 (MATLABのdemoより)

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

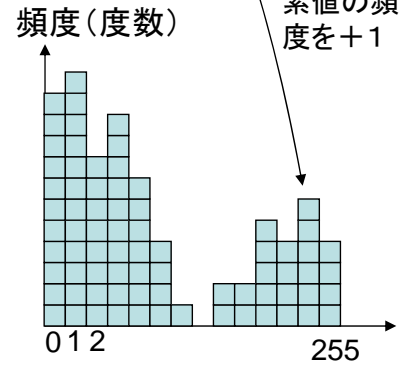
階調変換の特性を
現すグラフ



デジタル画像



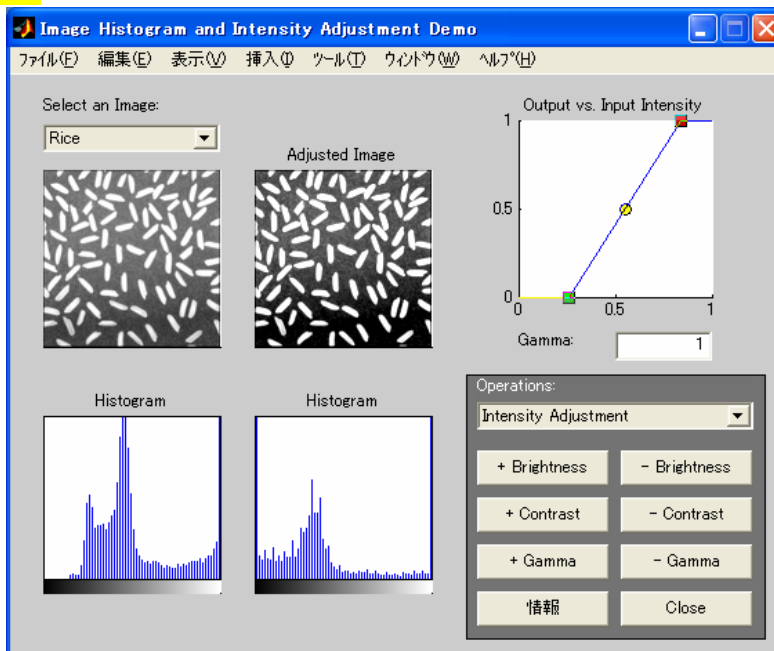
対応する画
素値の頻
度を+1



ヒストグラムの意味

実行例 (MATLABのdemoより)

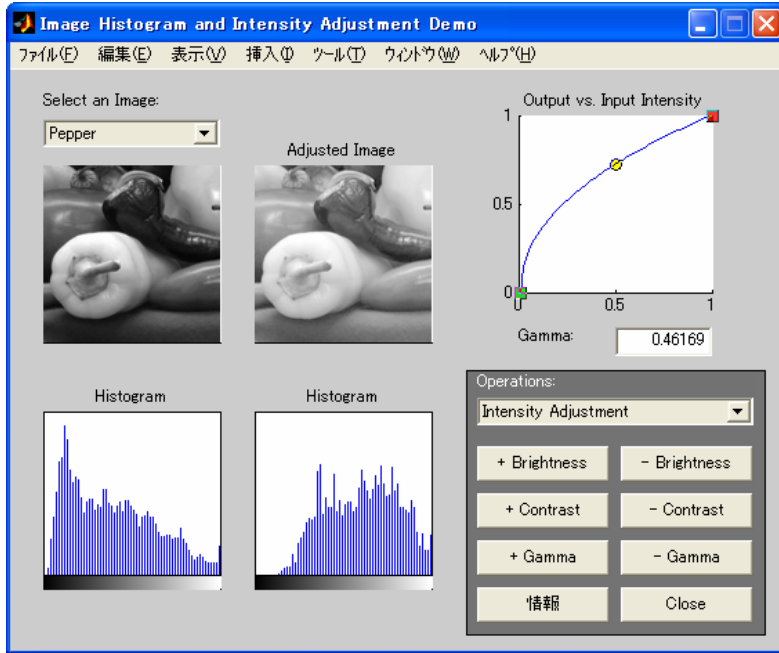
$$g = (af + b)^\gamma$$



ガンマの増加・減少

実行例 (MATLABのdemoより)

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



ヒストグラム平滑化 histogram equalization

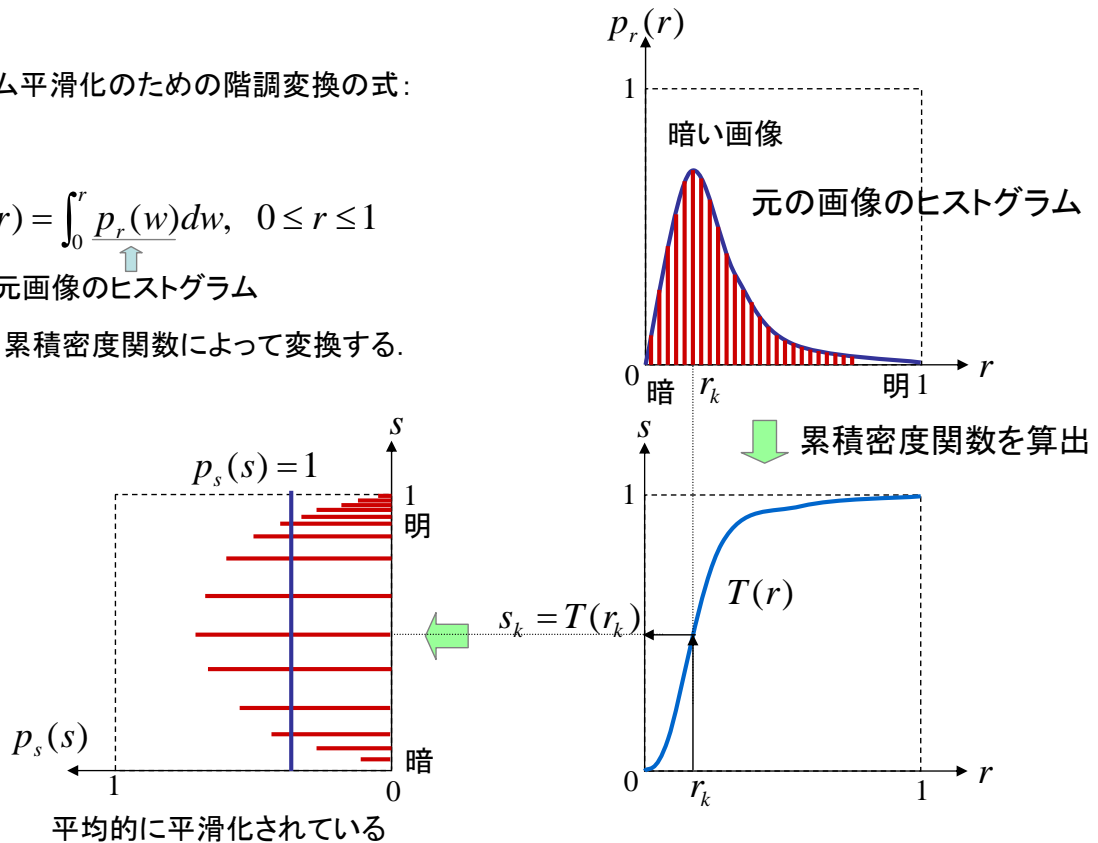
理論

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。

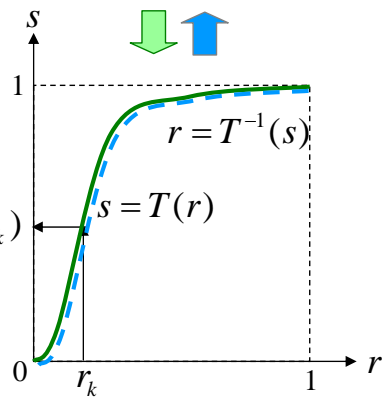
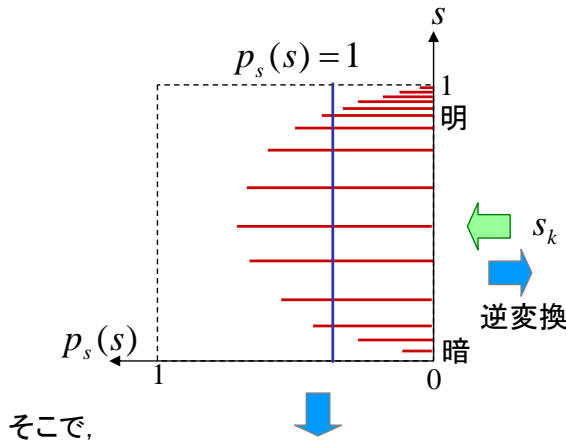
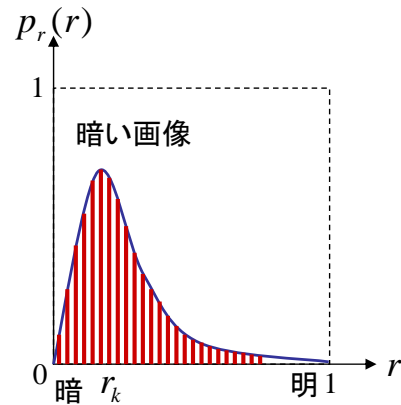


理論

ヒストグラム平滑化のための階調変換の式:

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

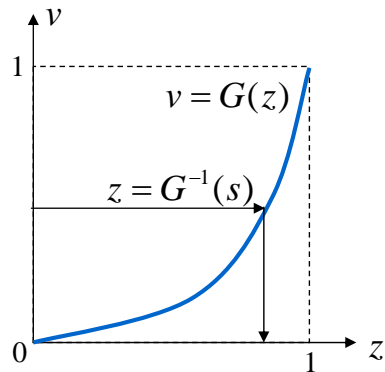
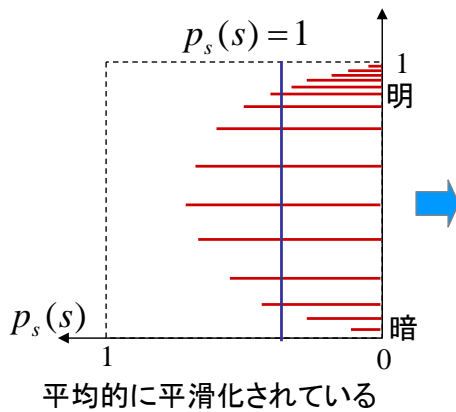
↑
元画像のヒストグラム



そこで,

ヒストグラム特定化 (つづき)

理論

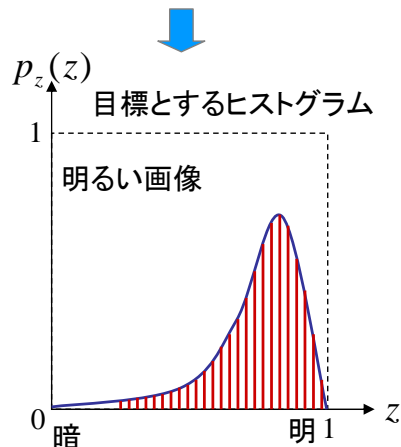


目標とするヒストグラムの累積密度関数

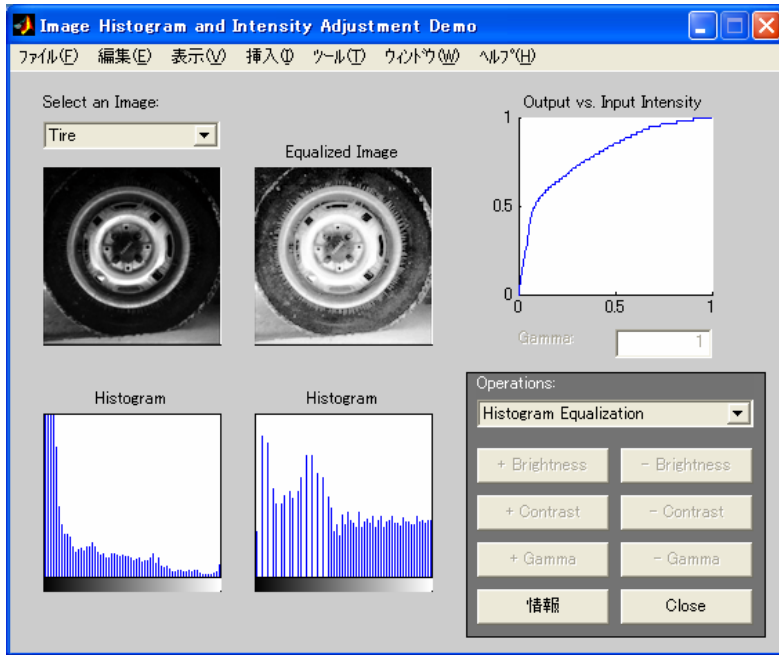
$$v = G(z) = \int_0^z p_z(w) dw$$

まとめると, 以下の式で与えられる

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

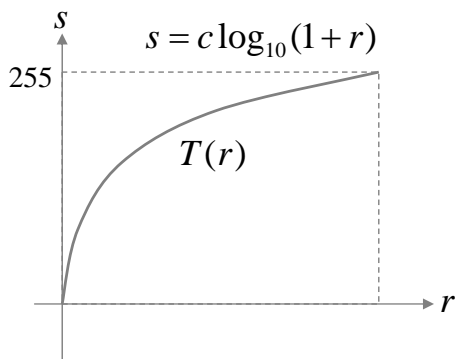


実行例 (MATLABのdemoより)



ダイナミックレンジ圧縮

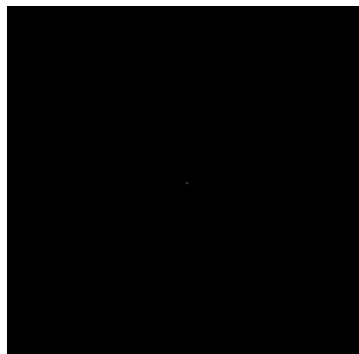
例: パワースペクトル画像の表示



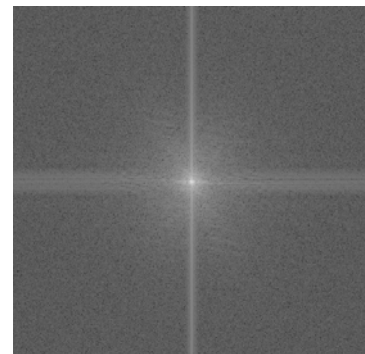
フーリエスペクトルの絶対値 $|r|$ の範囲が $[0, 4.5 \times 10^7]$ とすると
 $\log_{10}(1+|r|)$ の計算により、範囲は $[0, 7.7]$ となる。
 この最大値7.7が255になるように c の値を
 $c = 255/7.7$
 と与える。



原画像

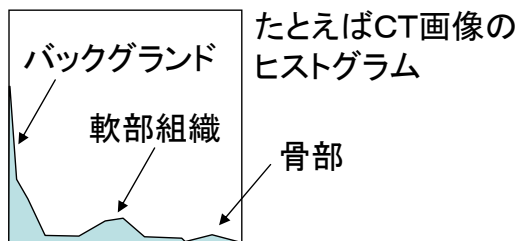


スペクトル(DR圧縮前)

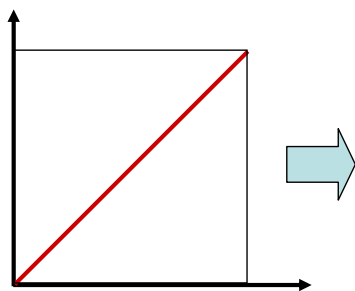


スペクトル(DR圧縮後)

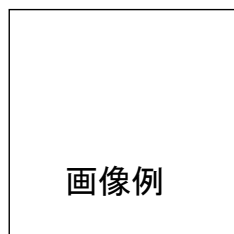
もともと量子化レベルの多い画像
例) 10bits, 12bits



階調特性1

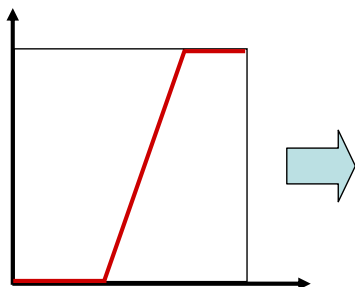


そのまま表示



関心のある部位の詳細が見つづらい

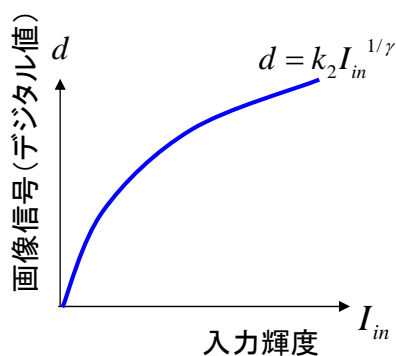
階調特性2



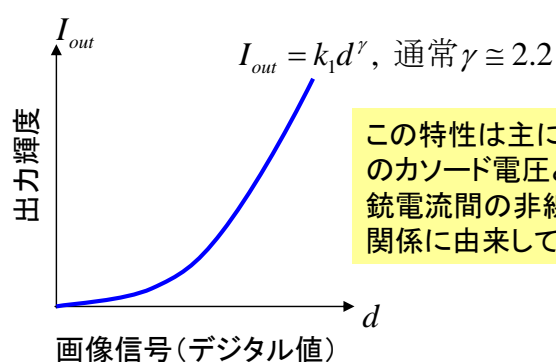
研究室独自開発ソフトでデモ

画像入出力機器の入出力特性

汎用的な光学カメラの特性



CRTの特性(ガンマ特性)



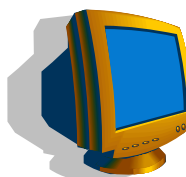
この特性は主にCRTのカソード電圧と電子銃電流間の非線形な関係に由来している。



画像信号伝送



画像入出力機器が直接、接続されるケース

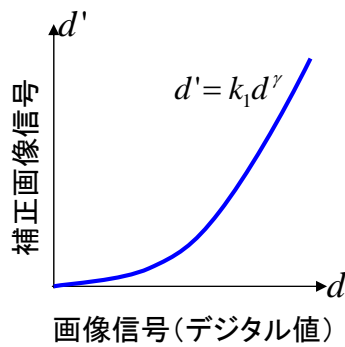
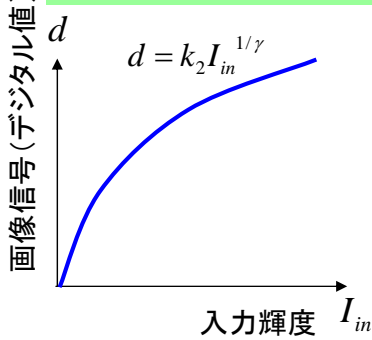


一般に、CRTのガンマ特性に合わせて、カメラ側で逆のガンマ特性を与えている。これにより、表示画像の輝度が、撮影される被写体の輝度とリニアになる。

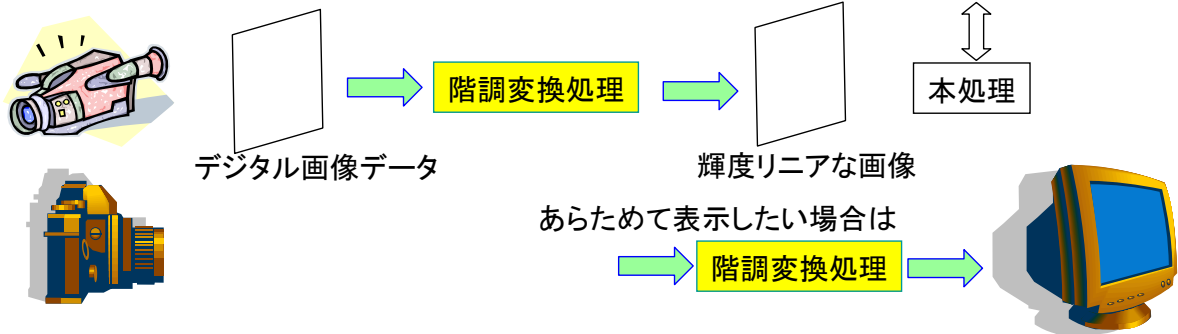
輝度に対してリニアなデジタル処理を行いたい場合

リニアな空間での処理例

汎用的な光学カメラの特性



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.



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)

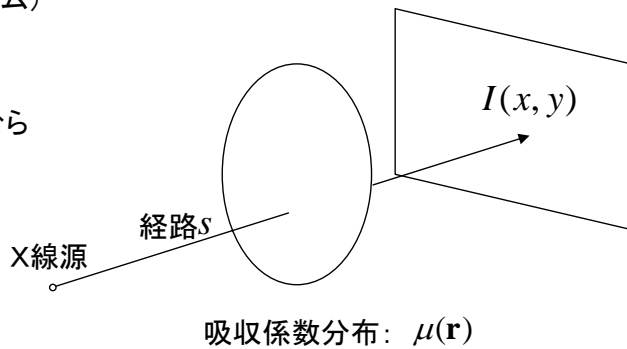
$$I(x, y) = I_0(x, y) \exp[-p(x, y)]$$

被写体なしのときのX線強度むら

投影データ:

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

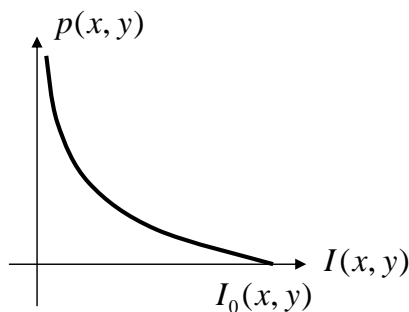
吸収係数分布の経路sに沿った積分



投影データの算出手順

$$p(x, y) = -\ln\left(\frac{I(x, y)}{I_0(x, y)}\right) = -\ln I(x, y) + \ln I_0(x, y)$$

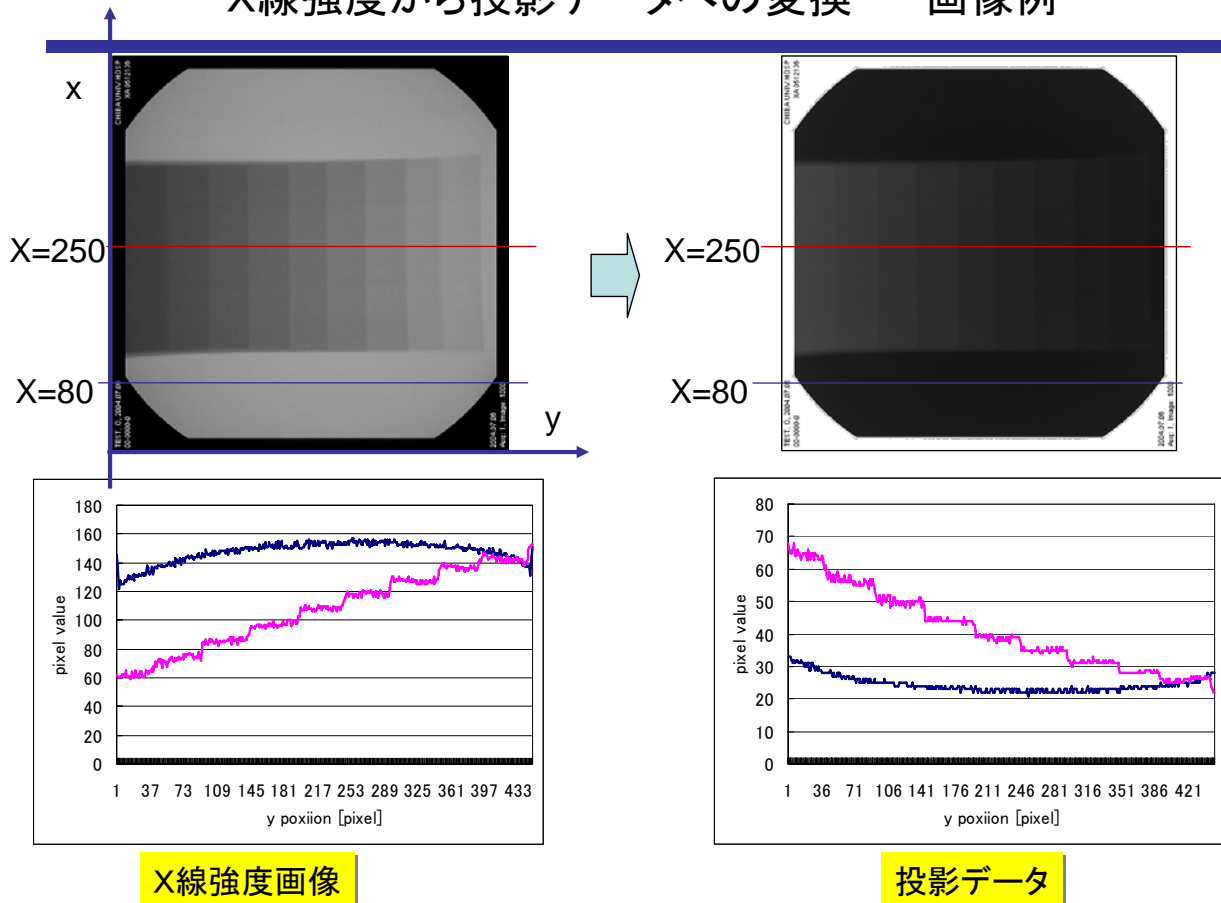
- ① X線強度むらでの正規化
- ② 対数変換





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.

X線強度から投影データへの変換 一画像例一



ヒストグラム平滑化

証明

ヒストグラム平滑化のための階調変換の式:

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

$$r = T^{-1}(s), \quad 0 \leq s \leq 1$$

$$p_s(s) = \left[p_r(r) \frac{dr}{ds} \right]_{r=T^{-1}(s)}$$

$$\frac{ds}{dr} = p_r(r)$$

$$\begin{aligned} p_s(s) &= \left[p_r(r) \frac{1}{p_r(r)} \right]_{r=T^{-1}(s)} \\ &= [1]_{r=T^{-1}(s)} \\ &= 1, \quad 0 \leq s \leq 1 \end{aligned}$$

