

神奈川大学

電子情報特別講義(第1回)

コンピュータを使った デジタル画像処理

神奈川工科大学

工学部 電気電子情報工学科

武尾 英哉

講師略歴

武尾 英哉 (たけお ひでや)

1986年 神奈川大学大学院工学研究科電気工学専攻修了

1986～2006年 富士フイルム(株)

2005年 東京農工大学大学院BASE博士後期課程修了 博士(工学)

2006年 神奈川工科大学工学部電気電子情報工学科 助教授

2007年～ 同准教授

2009年～ 同教授

現在：神奈川工科大 工学部

電気電子情報工学科

武尾研究室

(博士後期2名, 博士前期2名,
卒研究生11名)

趣味：少年サッカーの指導(土日)

フットサル

サッカー観戦

など

**大学時代
(1980-1986)**

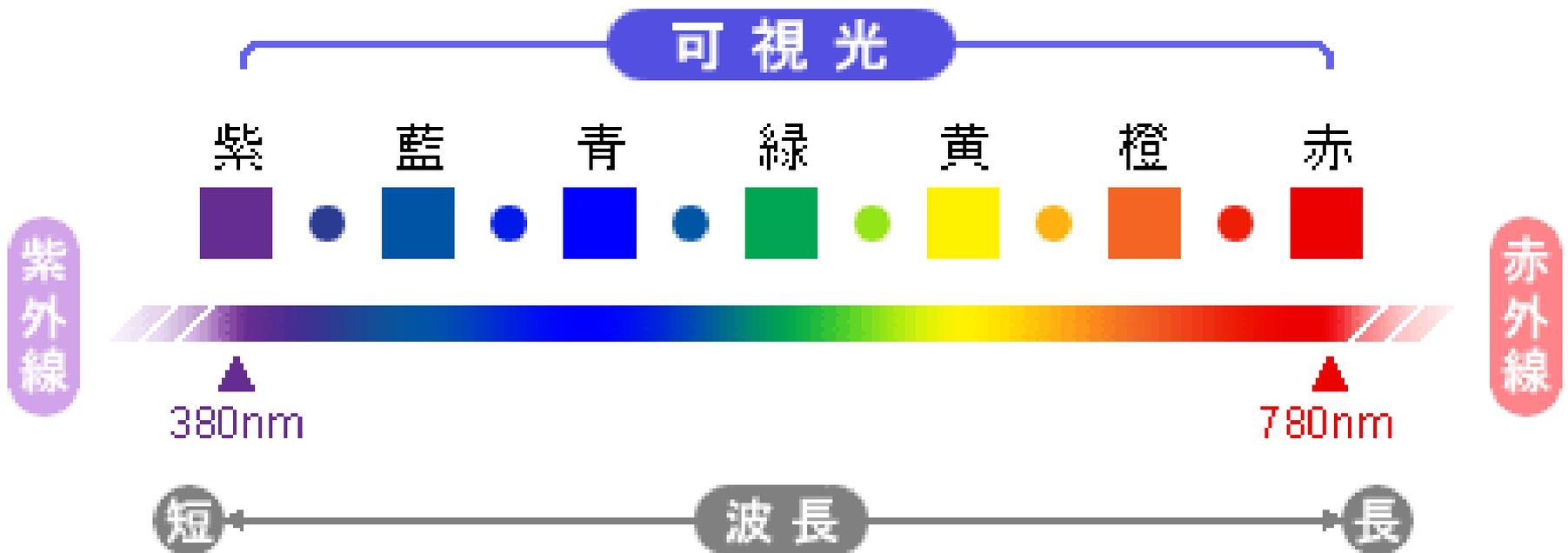
電気工学科

- 自宅(松田)より片道2時間通学
- だいたい2年までで120単位, 卒業の時約180単位
- 得意専門科目は電気回路など
- 教職課程(数学:4年の時に母校の高校に教育実習)
- 4年の時, 神奈川県教員試験(高校数学)に合格
- 齊藤研究室(3期生)に配属
- 卒研テーマは, 画像データの圧縮

光の正体

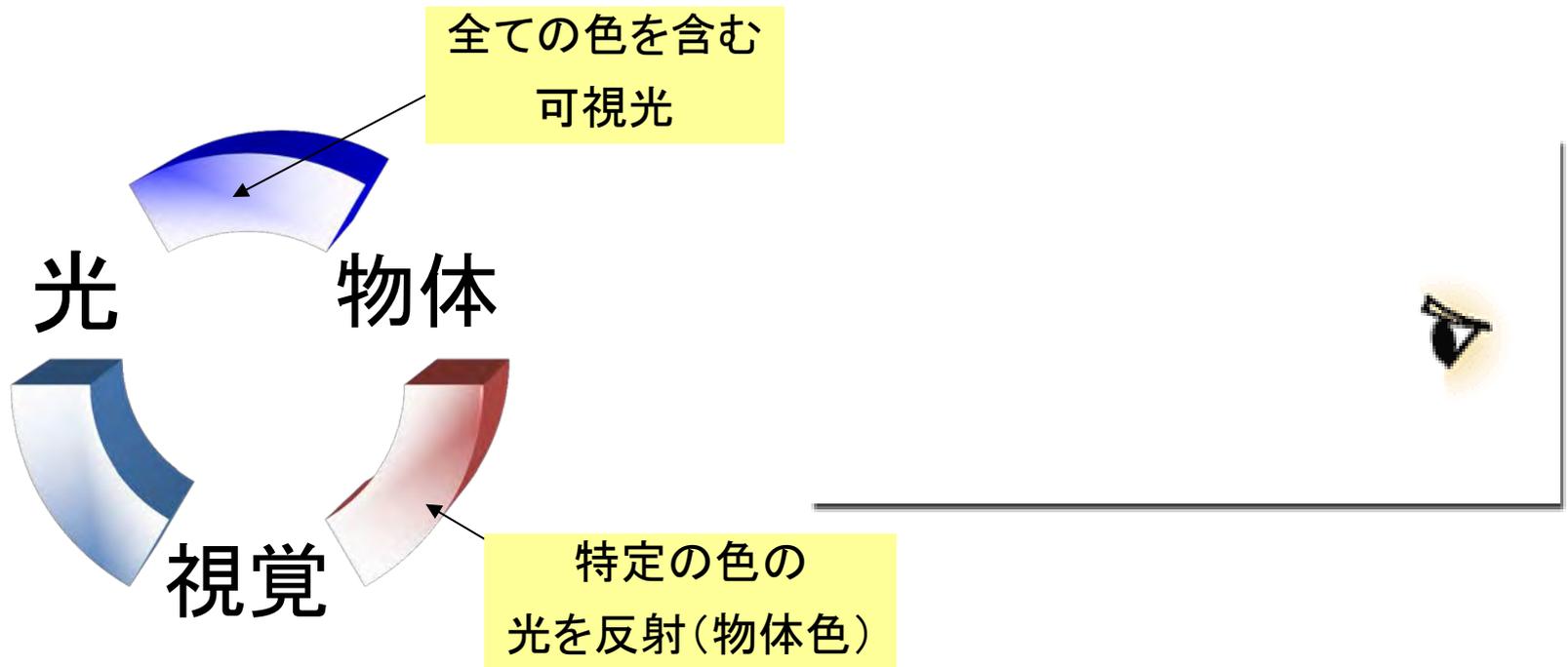
■ 人間に知覚される電磁波

■ 380 nm ~ 780 nm (nm = 10^{-9} m) の範囲が**可視光**



色が見える原理

- 「色」が人間に知覚されるために必要な3要素
- なぜリンゴは赤く見える？



混色と3原色

■ 混色

- 異なる色を混合して、別の色を作ること

■ 3原色(3色刺激)

- 他の二つを混色してももう一つの色を作ることのできないような、独立した3つの色
- 適当な割合で混色すると、任意の色を生成可能
→ 三色性

加法混色

■ 混ぜると明るく白くなる混色

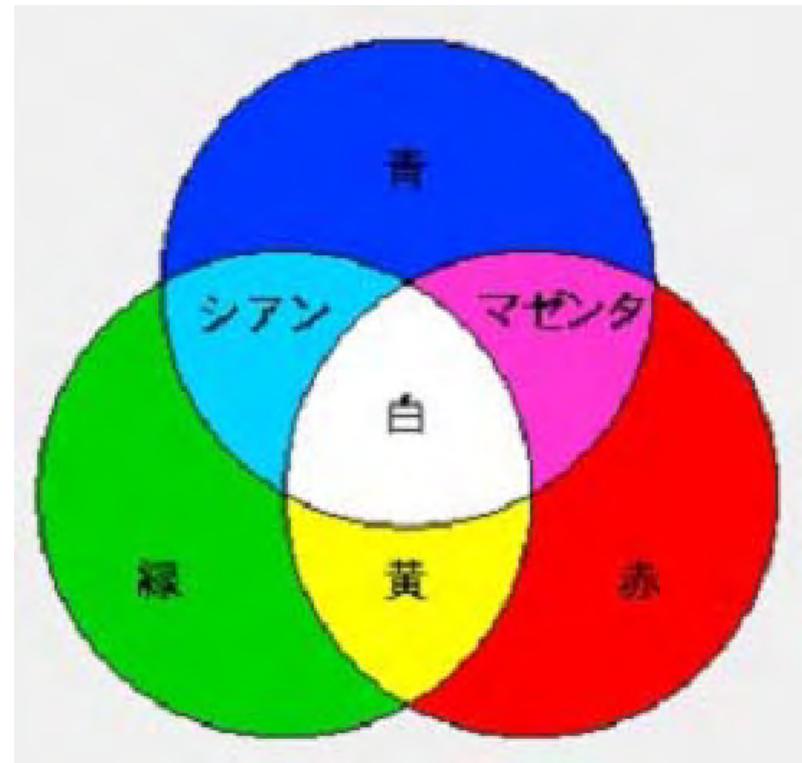
例) 白いスクリーンの上に異なる色の光を重ねて投影

■ 3原色

赤(R), 緑(G), 青(B)

カラーテレビの色表示

→ デジタル画像



減法混色

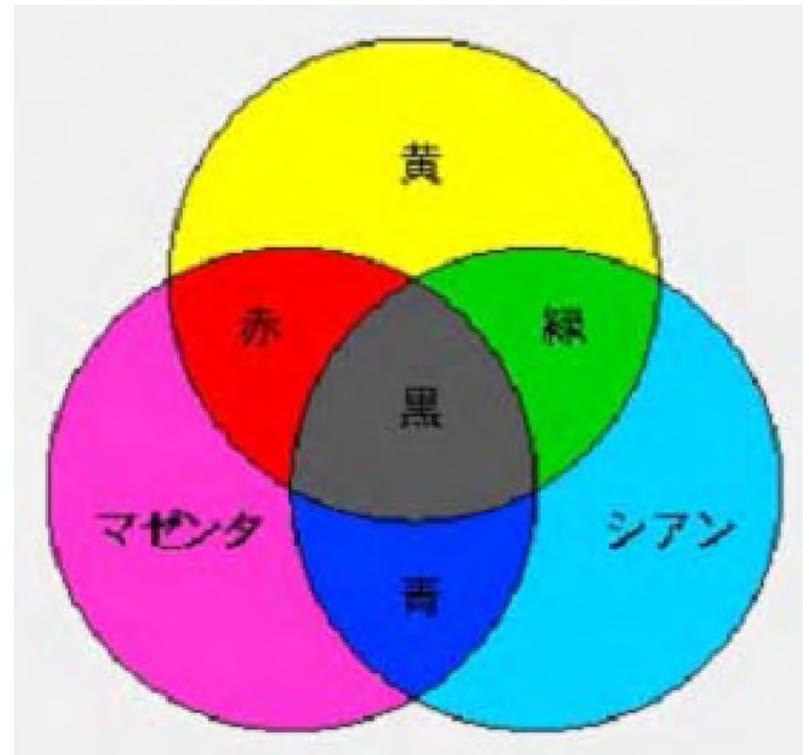
■ 混ぜると暗く黒くなる混色

例) 白い紙の上で水彩絵の具を混ぜ合わせる

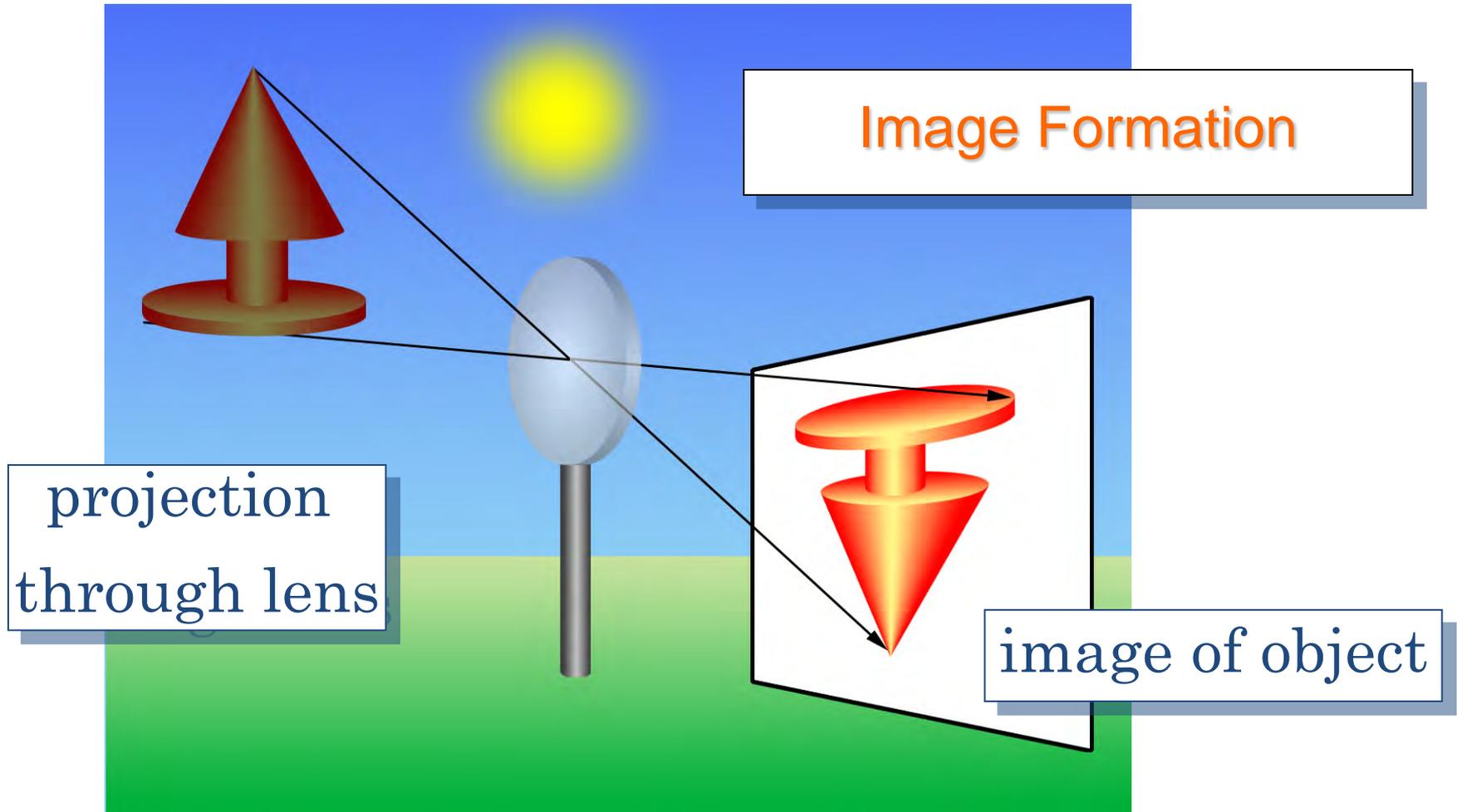
■ 3原色

シアン(C), マゼンタ(M), 黄(Y)

カラー印刷

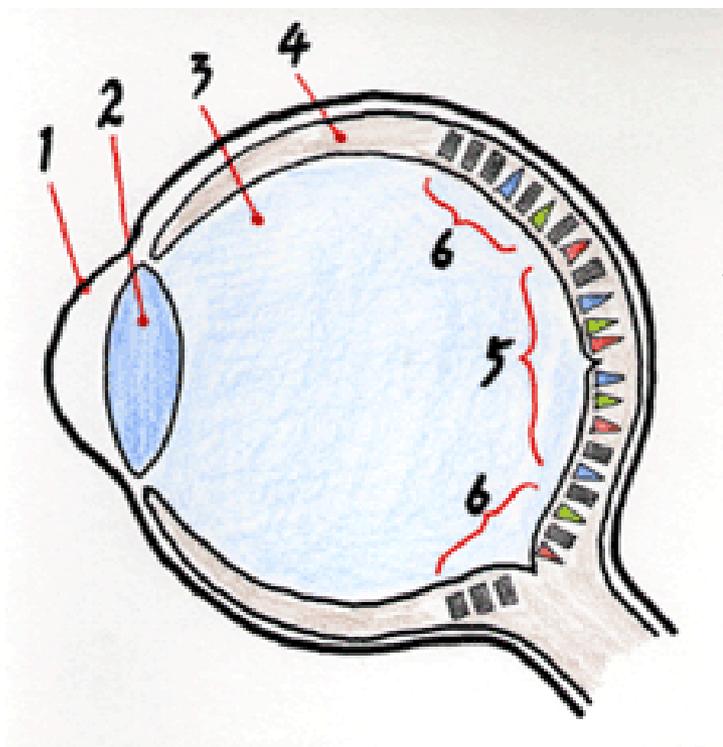


物体像の獲得



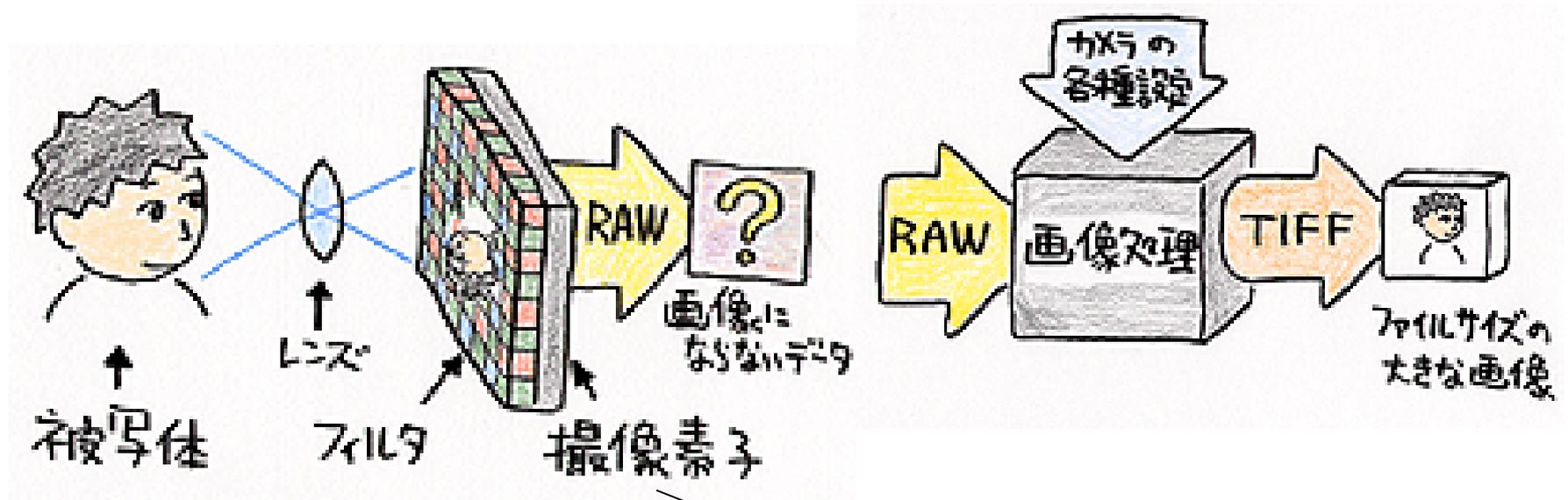
人間の視覚における画像の獲得

- デジタル画像, 銀塩写真, 印刷物 → 3原色で表現, なぜ?
- 人の眼が3原色の光をそれぞれ感じ, 様々な色調を脳の中に描くようにできている
- 角膜・水晶体 → レンズの役割
- 網膜=撮像素子(フィルム), 2種類の視細胞(幹体と錐体),

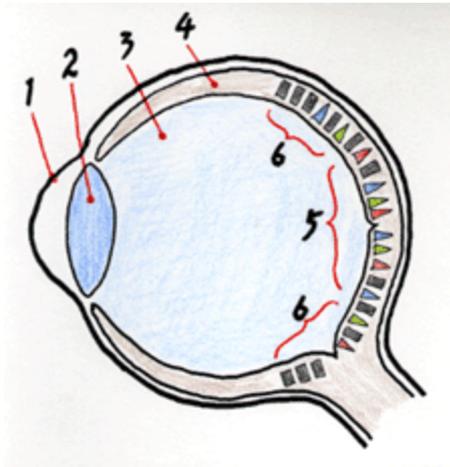


→ 簡略化した人の目のつくり。
1. 角膜、2. 水晶体、3. ガラス体、
4. 網膜、5. 錐体、6. 幹体

デジタルカメラにおける画像の獲得



光電変換！



- 簡略化した人の目のつくり。
1. 角膜、2. 水晶体、3. ガラス体、
4. 網膜、5. 錐体、6. 幹体

アナログ画像とデジタル画像

■ アナログ画像

- 写真, 紙の上に書かれた図形
- 連続値

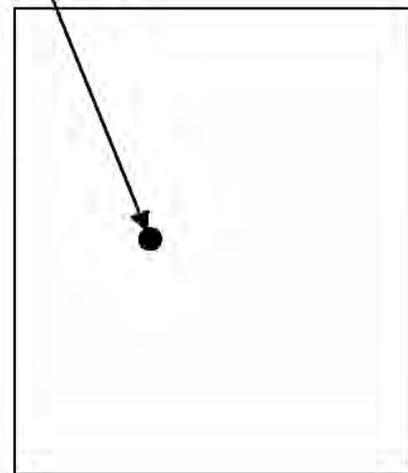


標本化 (Sampling)
量子化 (Quantization)

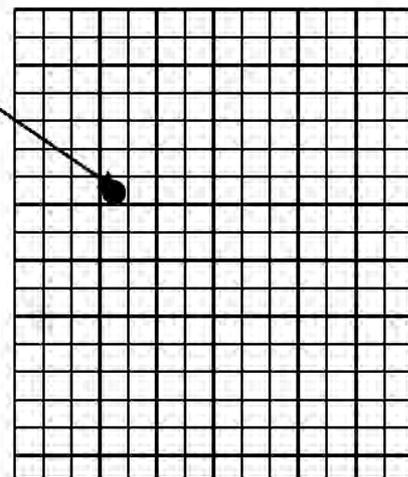
■ デジタル画像

- 通常画像と呼んでいるのはこちらの方
- 離散値 (座標は整数値しか取らない)

(x, y, f)



$f(i, j)$



標本化 (Sampling) と量子化 (Quantization)

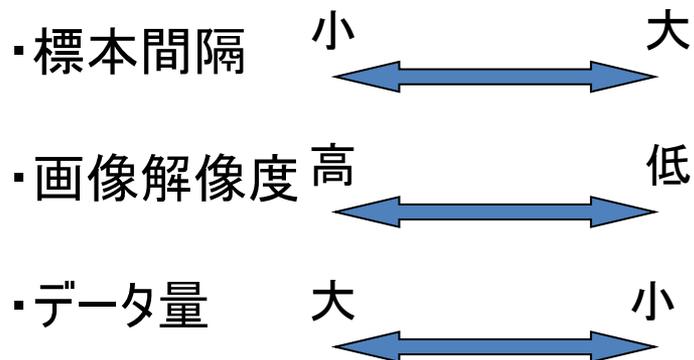
→ 画像のA/D変換

標本化 (Sampling)

座標 (X, Y) を離散的な値に変換 ～ **空間的離散化**

アナログ画像を格子状に分割し (標本化格子), その格子内の濃淡の平均値を取り出す操作

- 一つ一つの格子 (標本点) → **画素 (Pixel)**
- 標本化格子の間隔 (標本間隔)



標本化定理

標本化 (Sampling) と量子化 (Quantization)

→ 画像のA/D変換

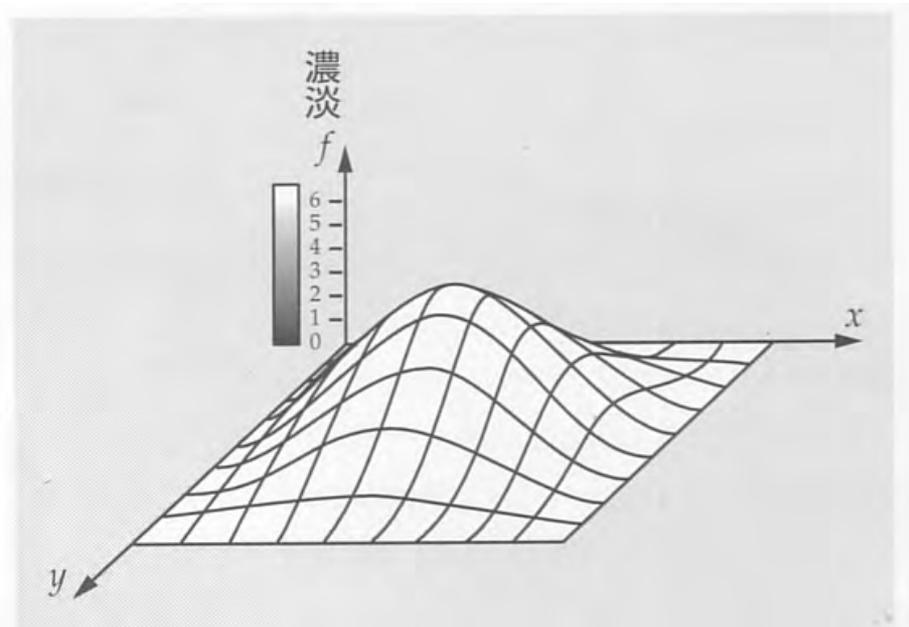
量子化 (Quantization)

濃淡値 f を離散的な値に変換 ～ 信号強度の離散化

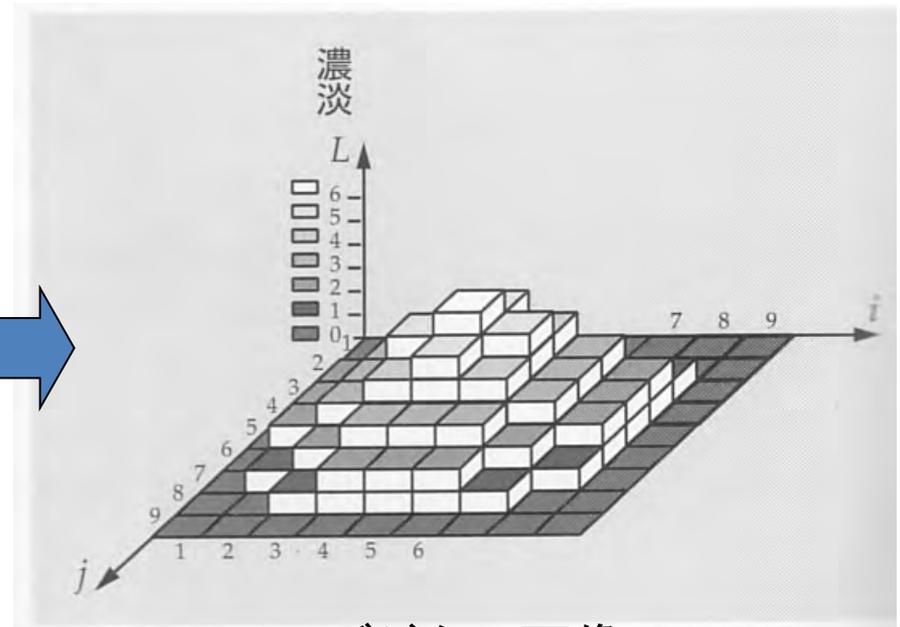
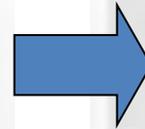
- 量子化された値 → 量子化レベル, 濃淡レベル, 画素値
- 濃淡レベル数 2^G → G ビット量子化
 - 256レベル (2^8) = 8ビット量子化
 - 一般の写真 (8ビット), X線写真 (10ビット)

量子化誤差, ダイナミックレンジ

標本化 (Sampling) と量子化 (Quantization)



アナログ画像



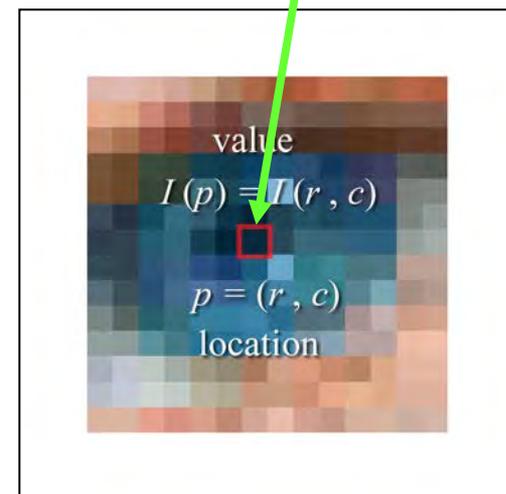
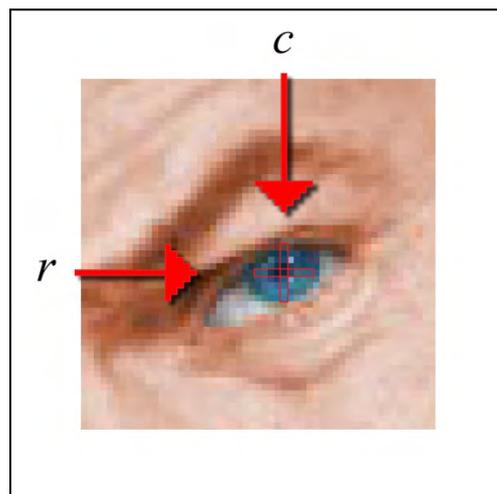
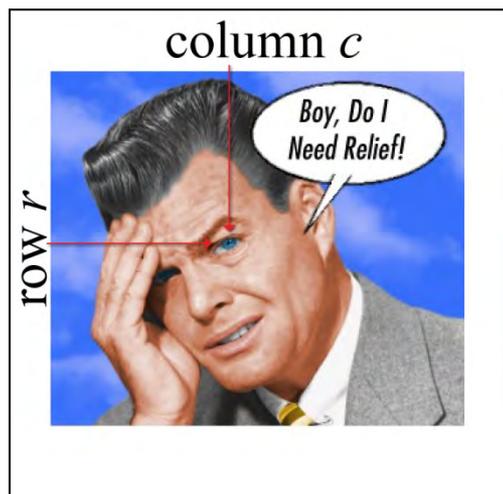
デジタル画像

画素 (Pixel)

- 濃淡や色を表す最小単位
- 画像の大きさを画素単位で表すことが多い

例) 640 X 480 画素 (ピクセル)

400万画素 (デジタルカメラ)

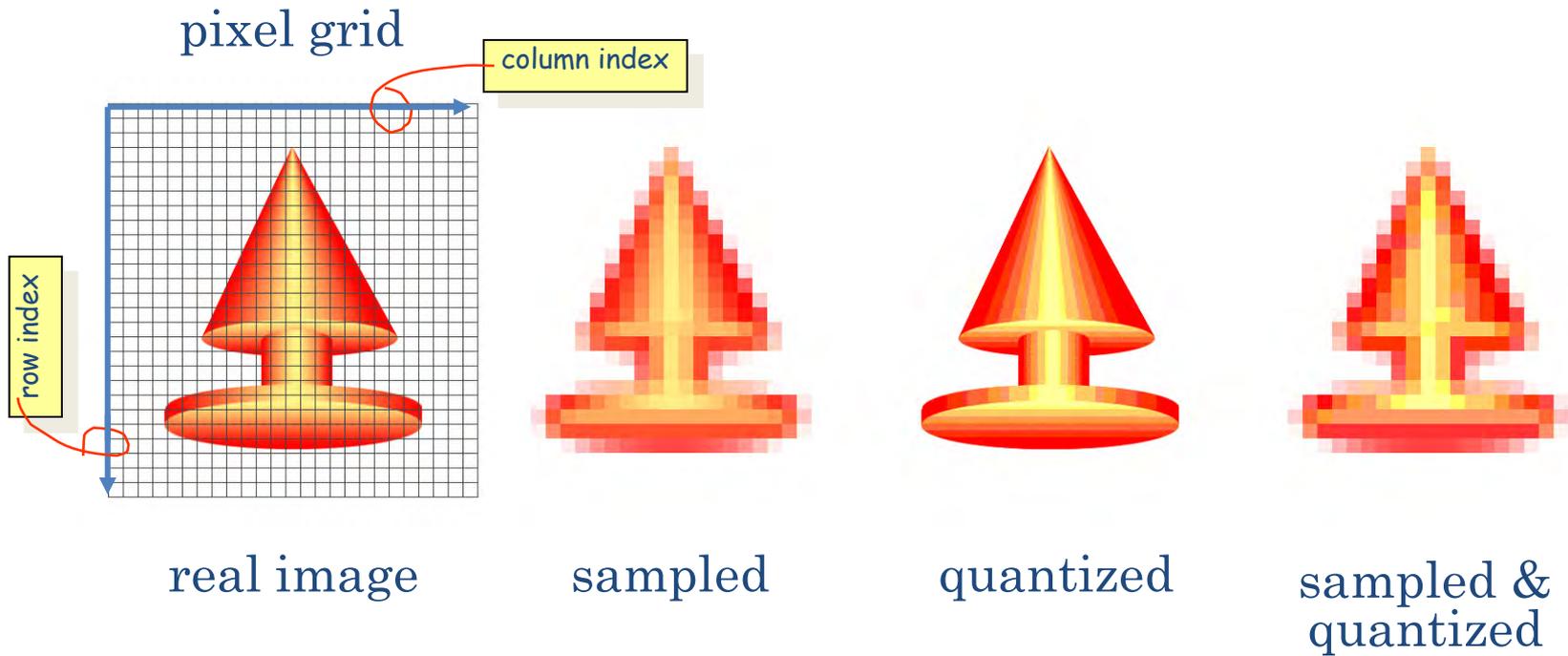


Pixel Location: $p = (r, c)$

Pixel Value: $I(p) = I(r, c)$

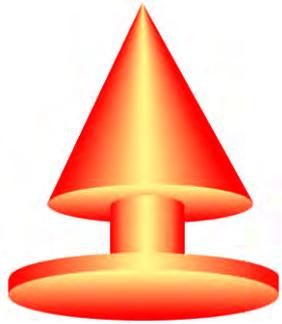
Pixel : $[p, I(p)]$

Sampling and Quantization



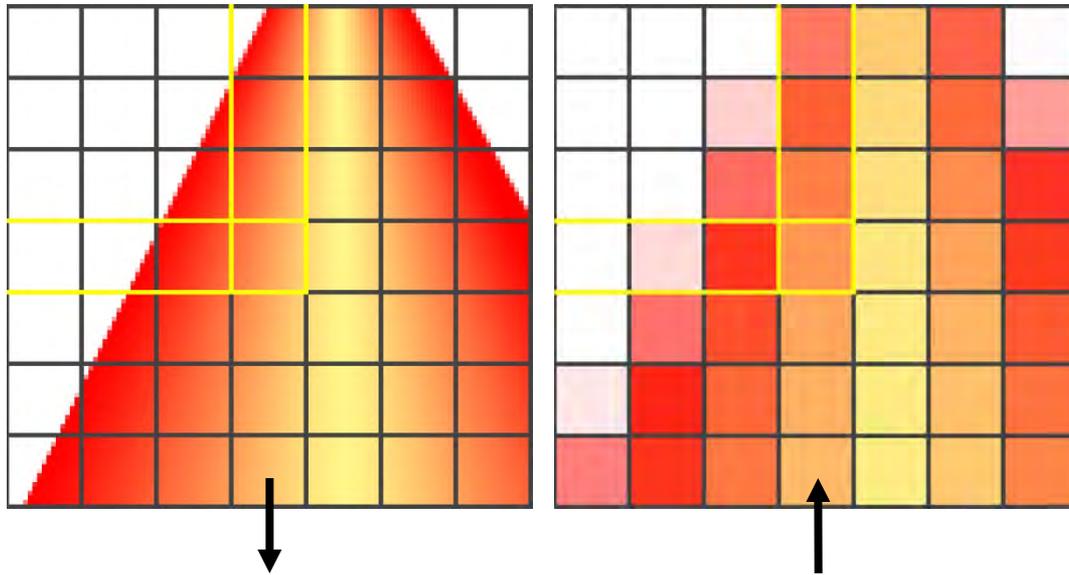
Sampling

Take the average within each square.



$I_C(\rho, \chi)$

continuous image



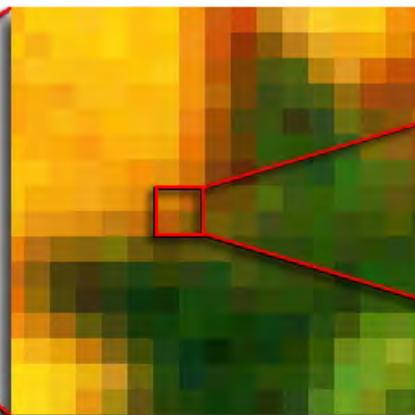
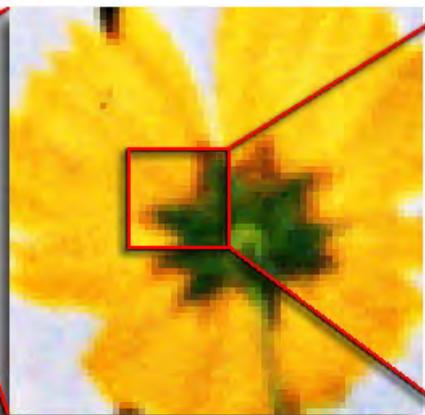
$$I_S(r, c) = \frac{1}{\Delta^2} \int_{r\Delta}^{(r+1)\Delta} \int_{c\Delta}^{(c+1)\Delta} I_C(\rho, \chi) \delta\rho \delta\chi$$



$I_S(r, c)$

sampled image

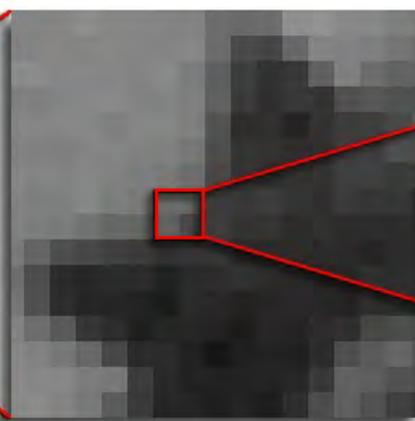
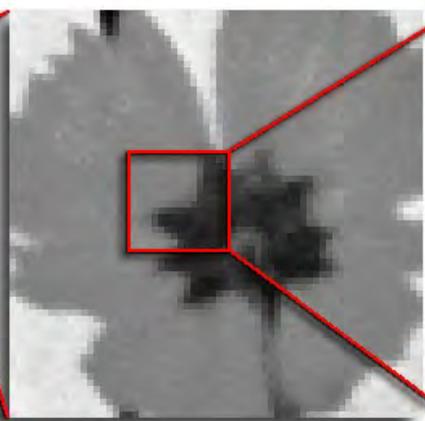
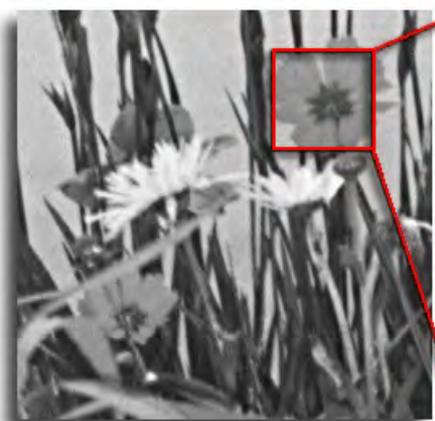
カラー画像とモノクローム(モノクロ)画像



206	194
128	100
9	14
184	140
95	97
12	11

red intensity
green intensity
blue intensity

(R, G, B)
3成分/
pixel



107	104
98	75

intensity

輝度値(濃淡値)
1成分/
pixel

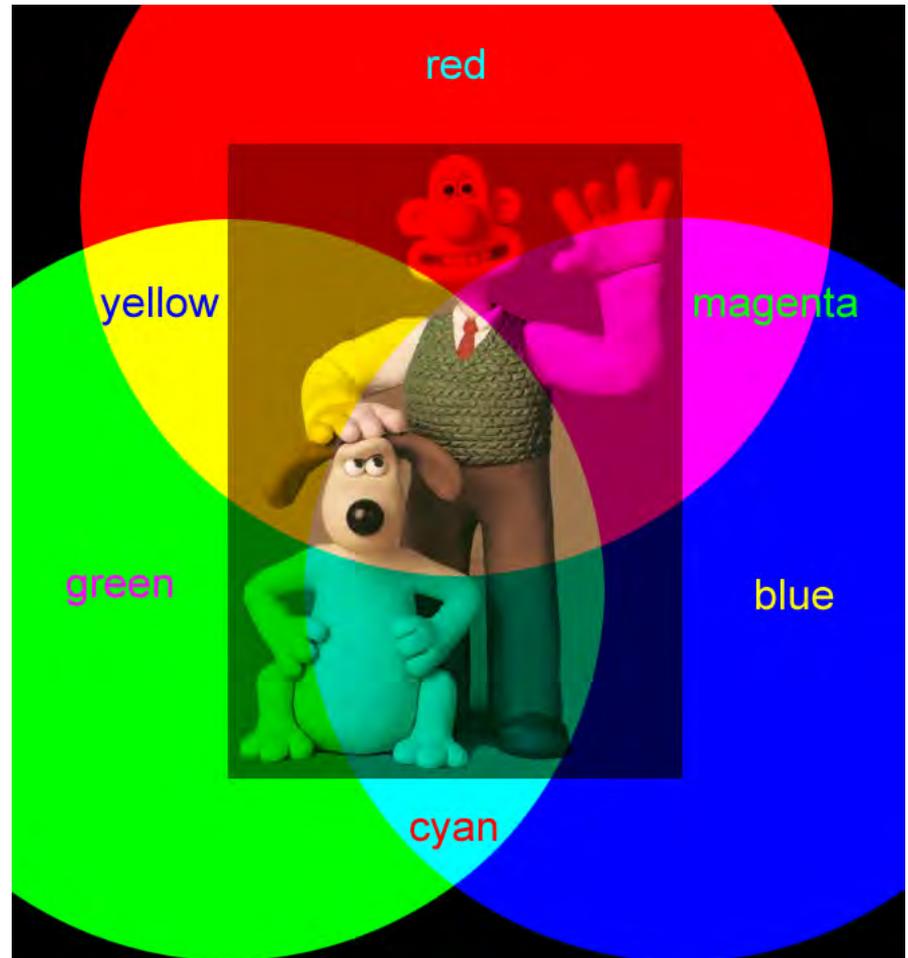
Color Images

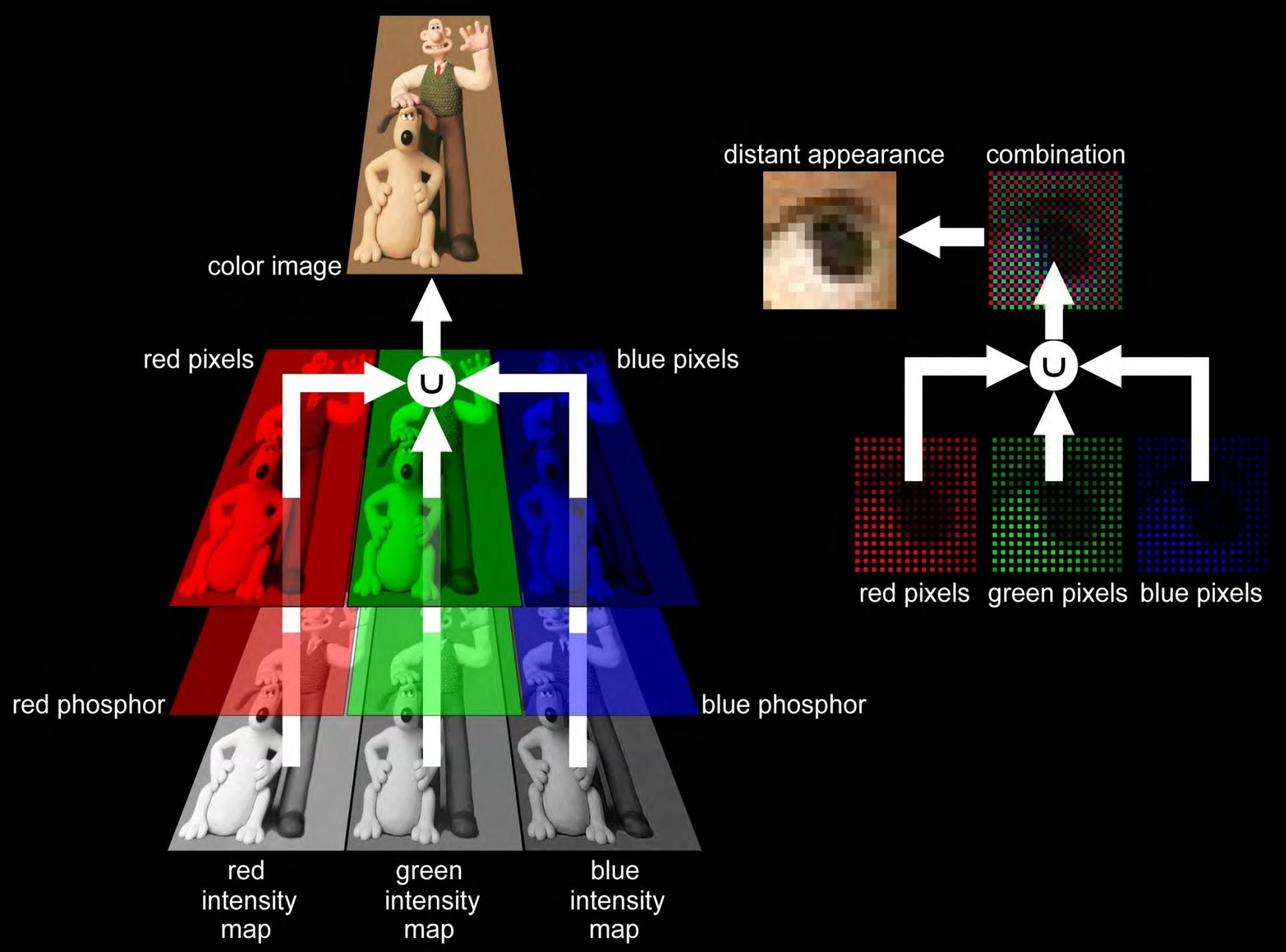
Are constructed from three intensity maps.

Each intensity map is projected through a color filter (*e.g.*, red, green, or blue, or cyan, magenta, or yellow) to create a monochrome image.

The intensity maps are overlaid to create a color image.

Each pixel in a color image is a three element vector.

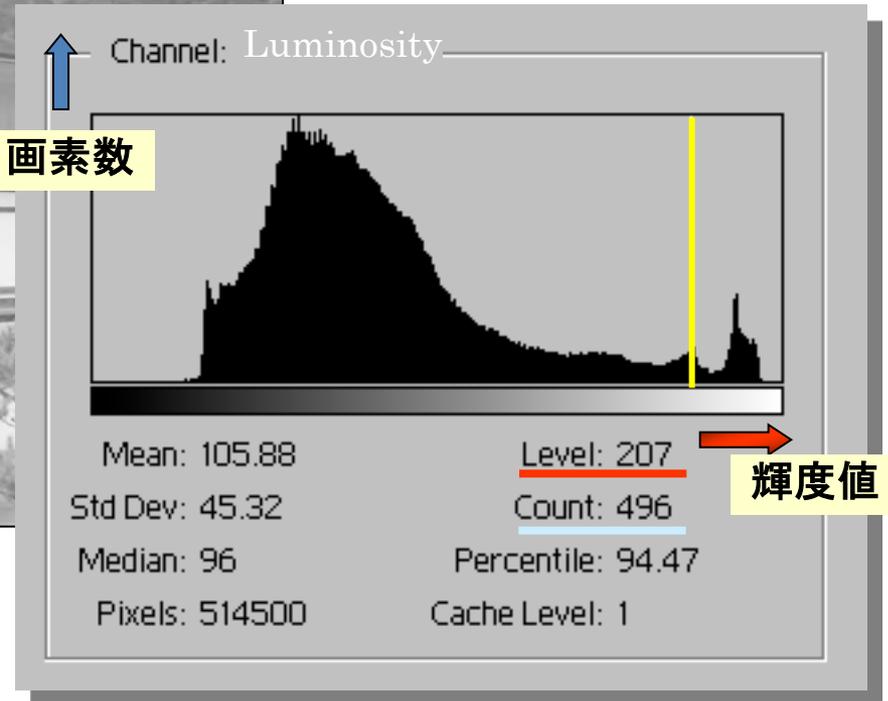




ヒストグラム(濃淡画像)

各濃淡レベル(輝度値)の画素の数を数えあげたもの

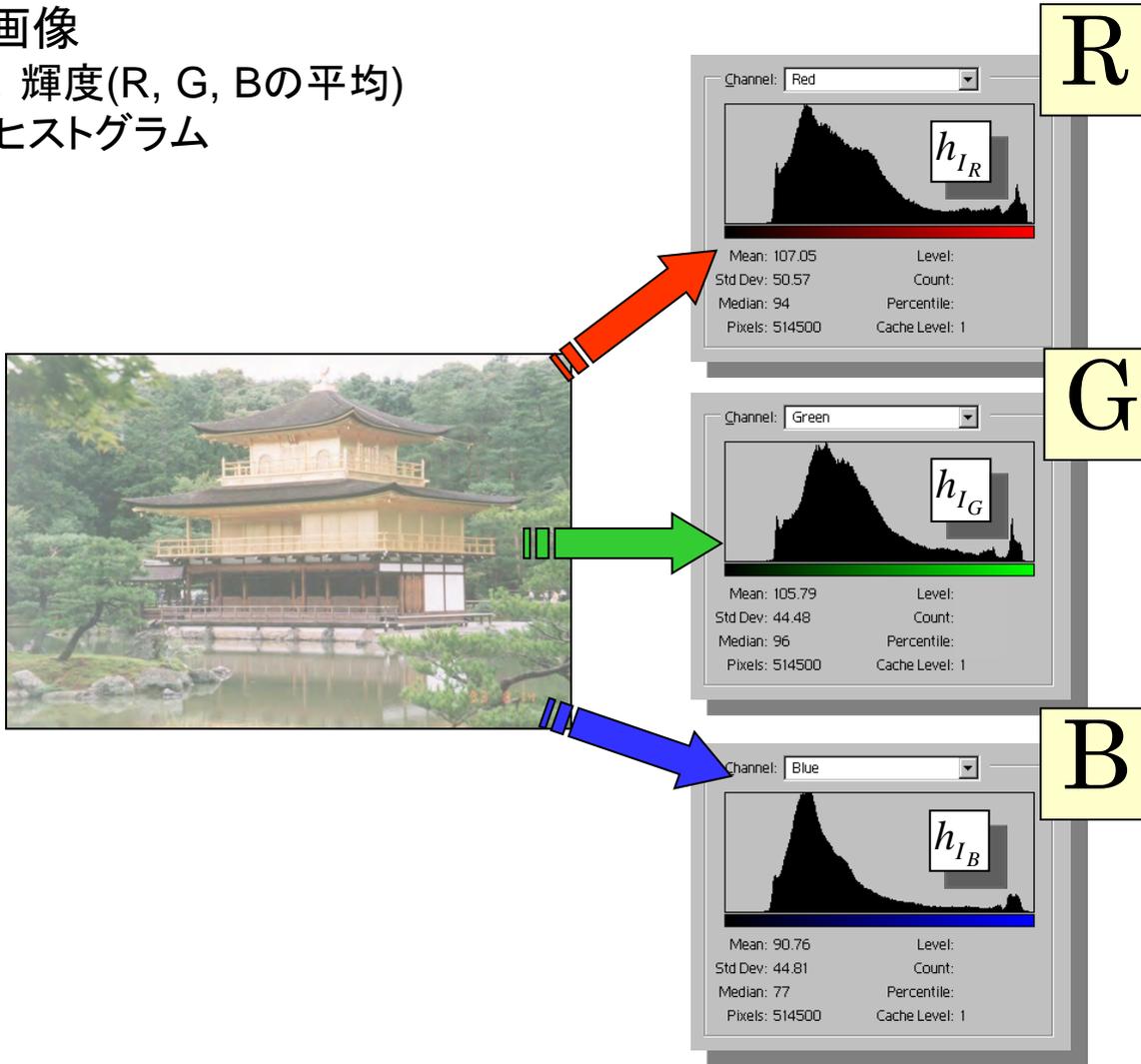
→ 輝度値の分布がわかる



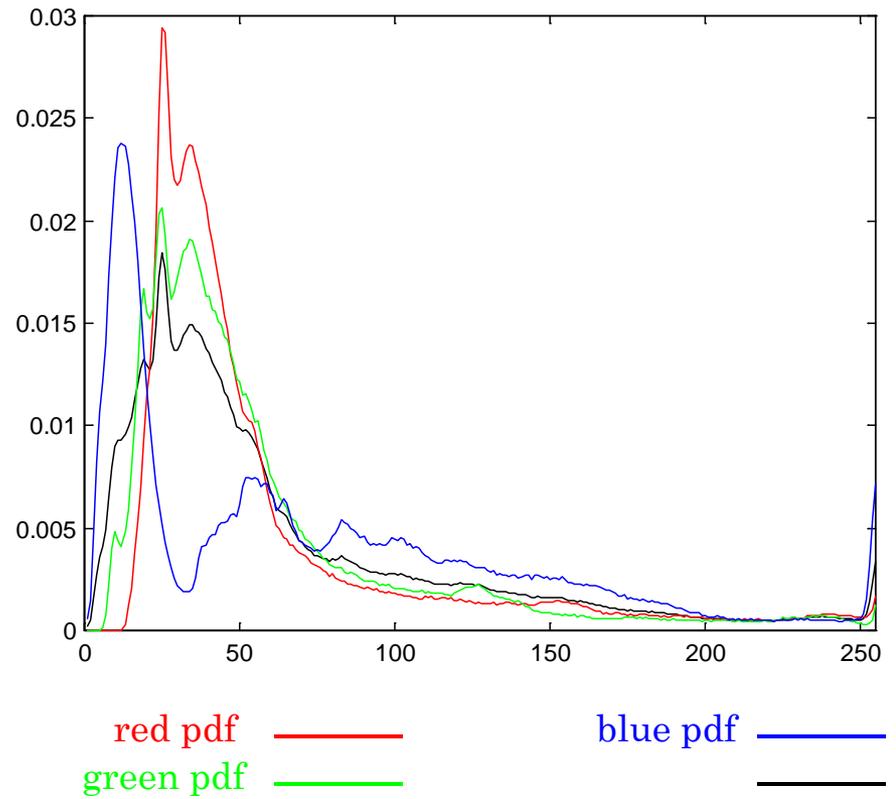
ヒストグラム(カラー画像)

フルカラー画像

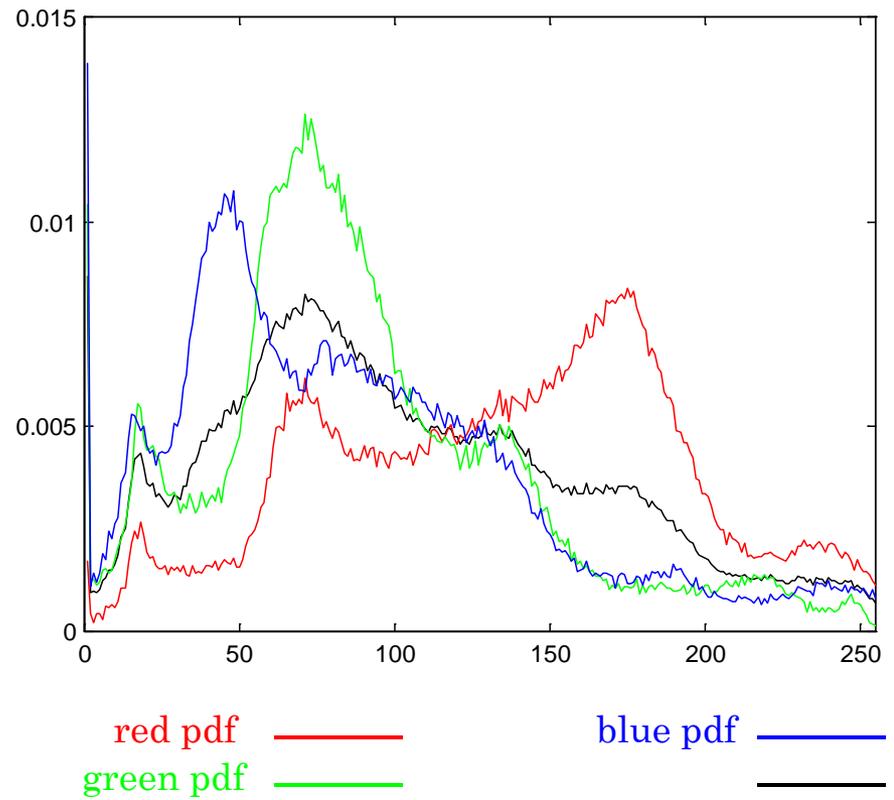
- R, G, B, 輝度(R, G, Bの平均)の3つのヒストグラム



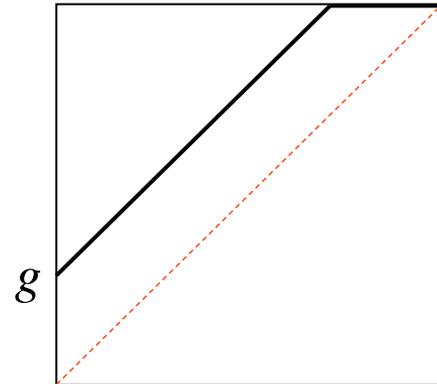
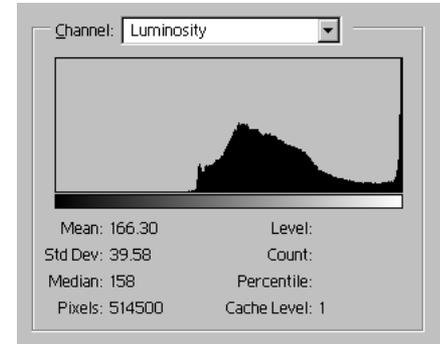
ヒストグラム(カラー画像1)



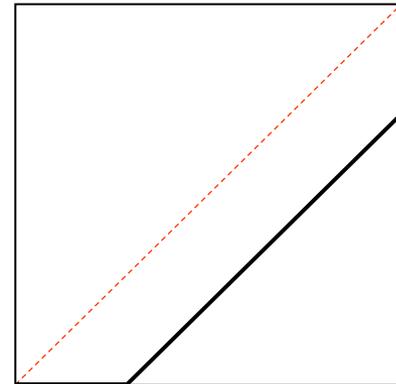
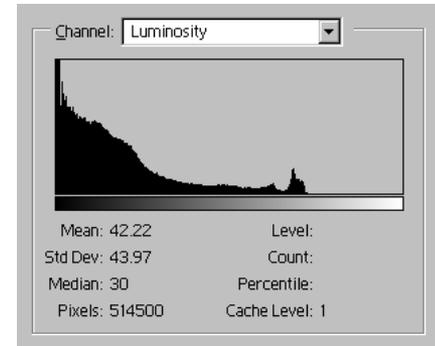
ヒストグラム(カラー画像2)



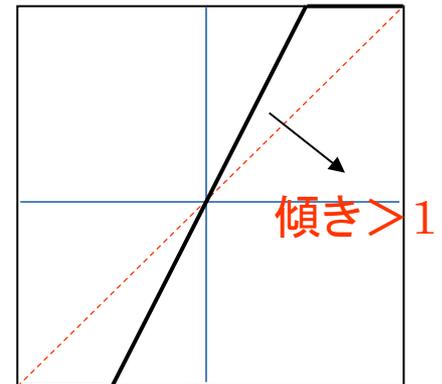
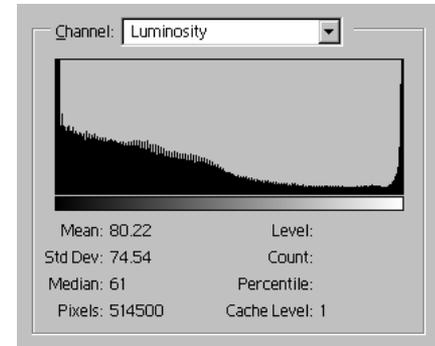
明るさの調整



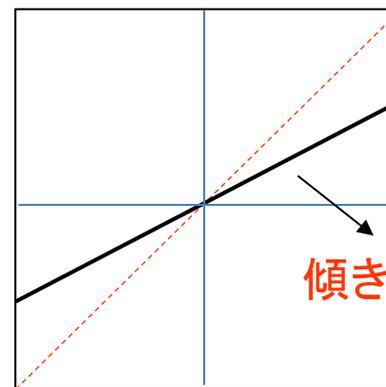
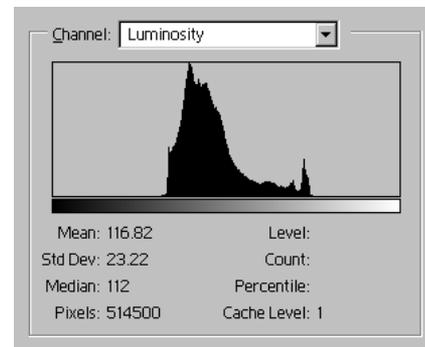
明るさの調整



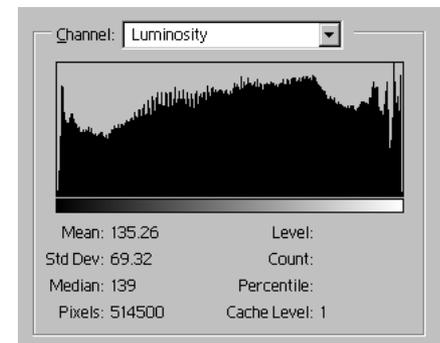
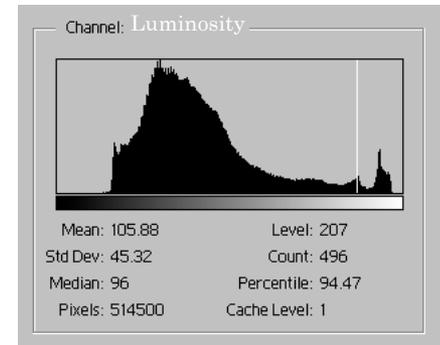
コントラストの調整



コントラストの調整



ヒストグラム平坦化 (Histogram Equalization)



コントラストの調整



- contrast



original



+ contrast

明るさの調整



- brightness

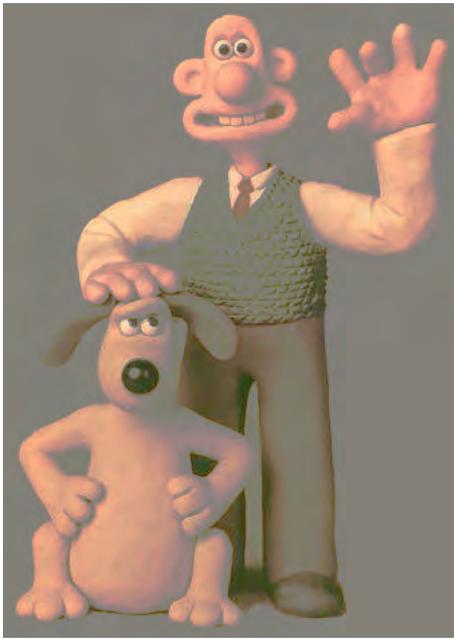


original



+ brightness

ヒストグラム補正



histogram mod



original



histogram EQ

画像の補正処理



- brightness



original



+ brightness



- contrast



original



+ contrast

カラーバランスと彩度変化



画像処理の応用技術

内容

1. 医療分野
2. 一般フォト分野
3. シネマ映像分野

研究の目標

“知的画像情報システム”

医用画像・人物画像・シネマ動画
における高度メディア処理技術の探求

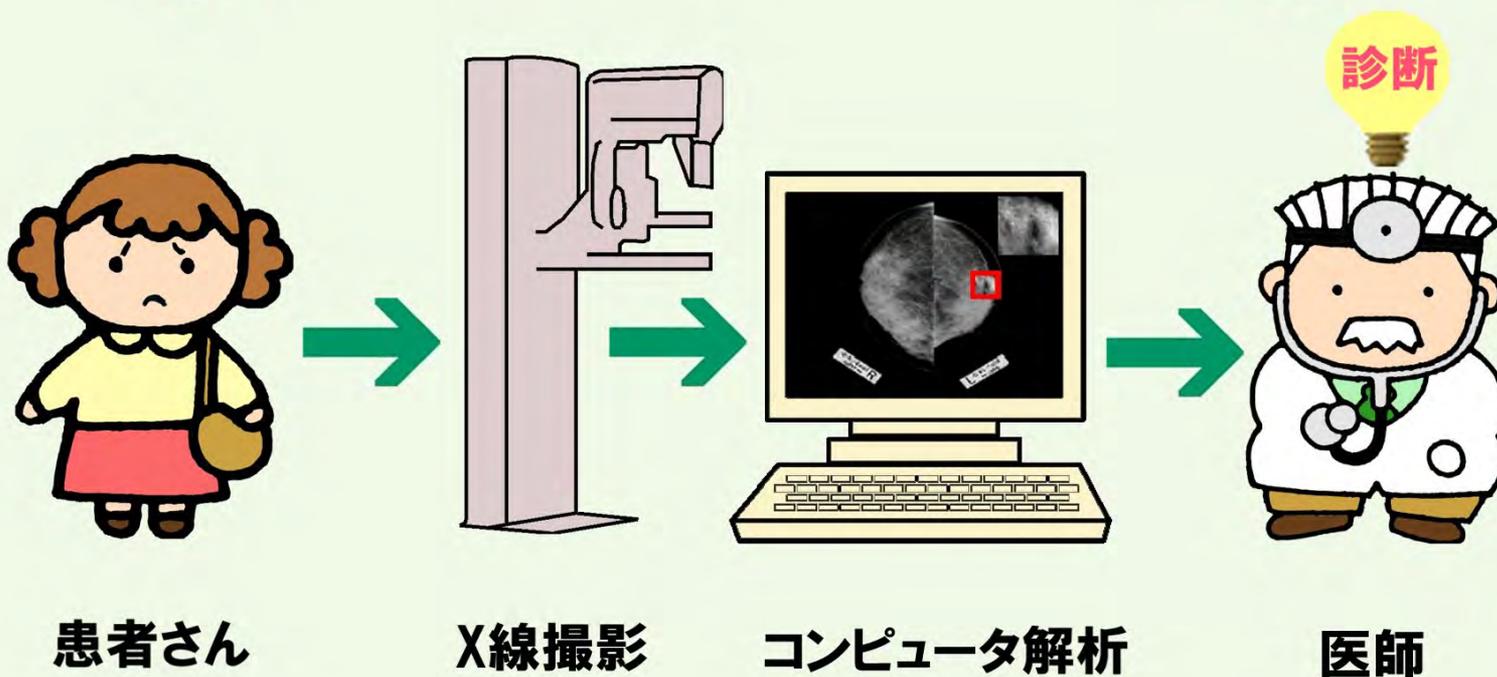
キーとなる技術

- 画像認識, 理解, 生成技術
- パターン情報処理
- メディア処理
- 知識処理
- コンピュータ支援画像診断
- CV (コンピュータビジョン)
- CG (コンピュータグラフィックス)
- VR (バーチャルリアリティ)

医療分野 (医療画像処理)

コンピュータ支援画像診断

コンピュータを使った乳癌検診



マンモグラフィ撮影

以下の2方向の撮影を行います



頭尾方向 (Cranio-Caudal) で、乳房の内側部と中央部の描出に適する。

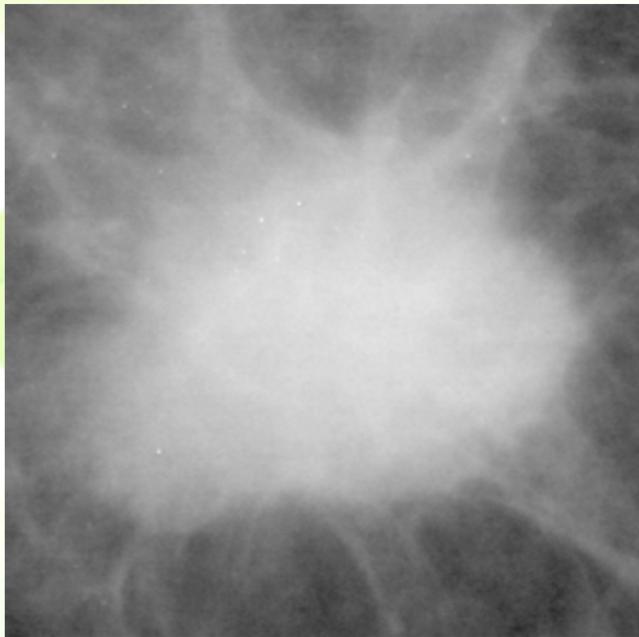
●MLO方向撮影

内外側斜方向 (Medio-Lateral-Oblique) で乳腺組織の全体を捉えるのに適する。

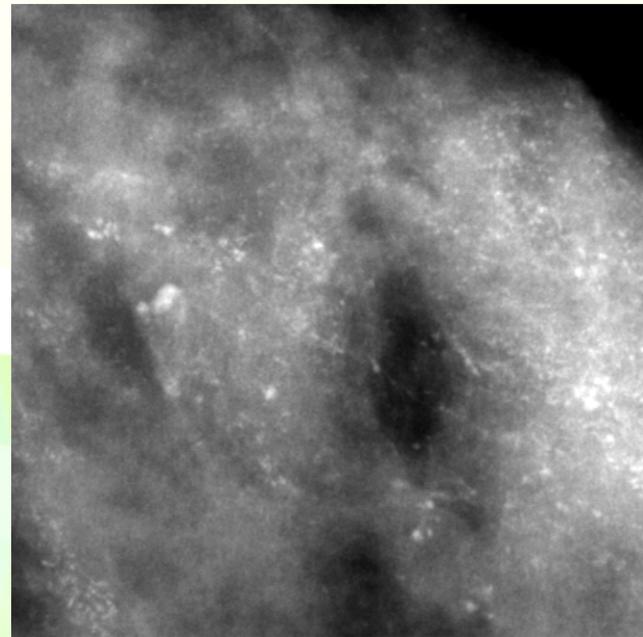


マンモグラフィ画像中の乳がん代表所見

「腫瘍」と呼ぶ白い塊と「石灰化」と呼ぶ白い点々が乳がんの代表所見（全体の70%）として現れます。



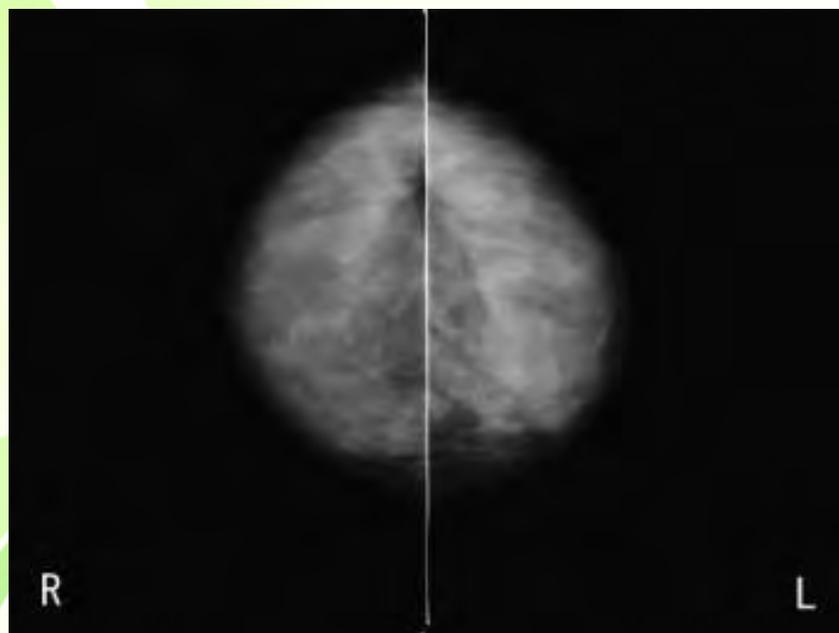
腫瘍



石灰化

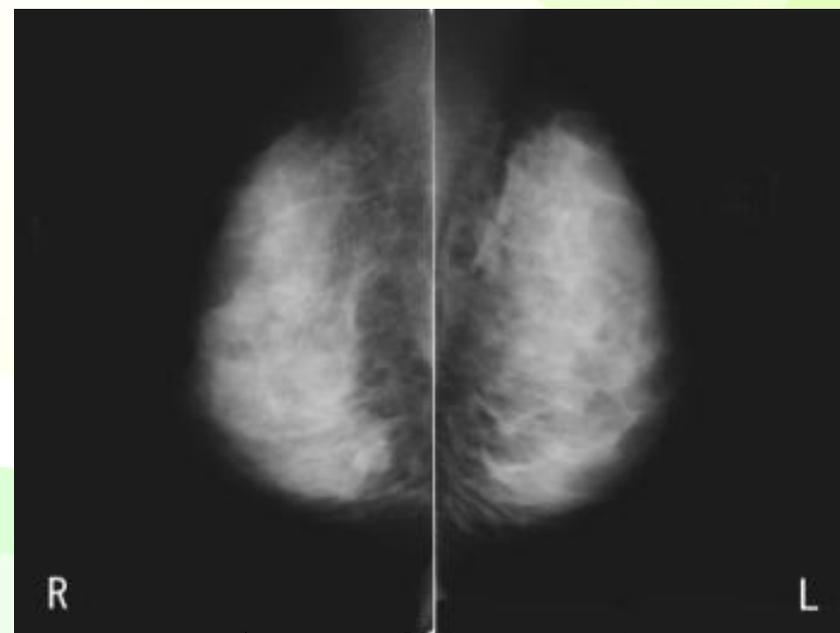
マンモグラム

左右それぞれの乳房で、2方向の画像を下記のように並べて読影します。



右乳房
CC

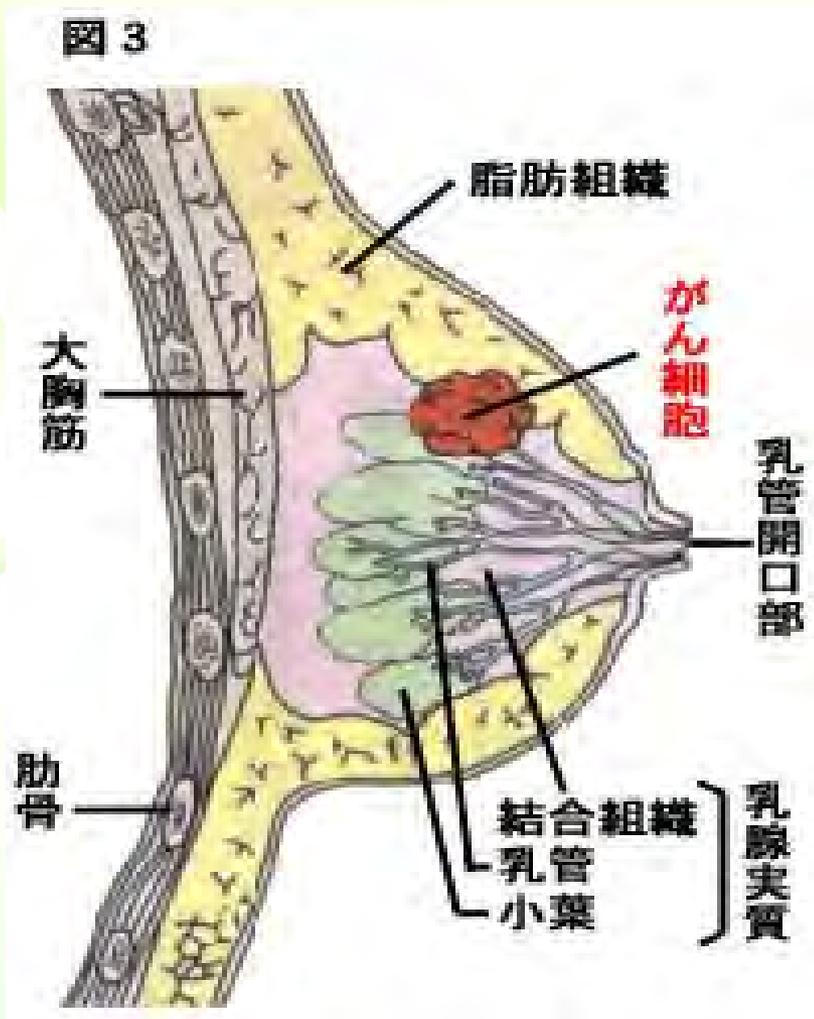
左乳房
CC



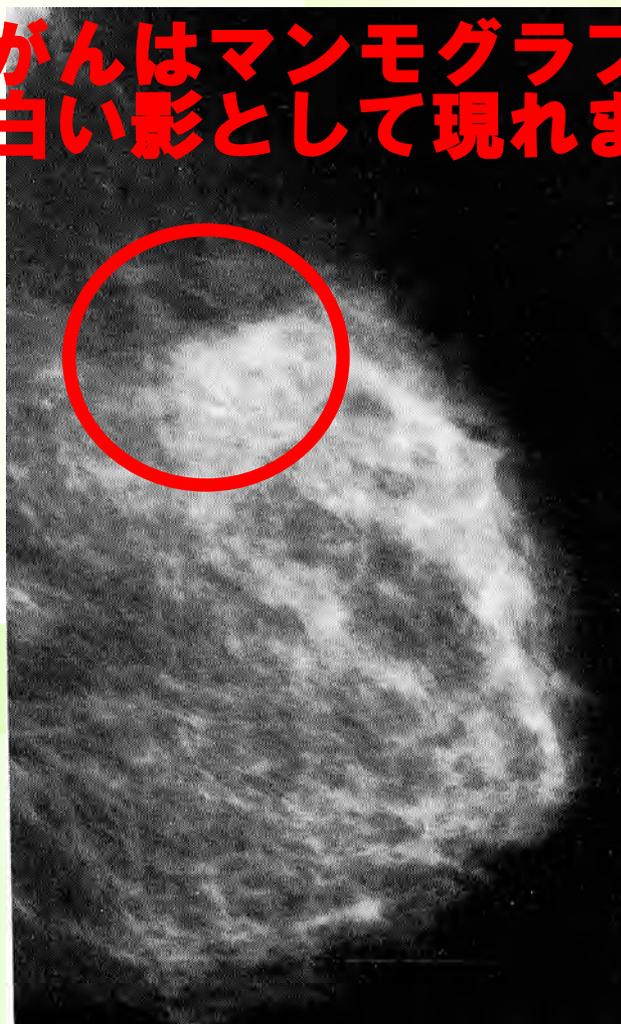
右乳房
MLO

左乳房
MLO

乳がん所見



がんはマンモグラフ上
白い影として現れます



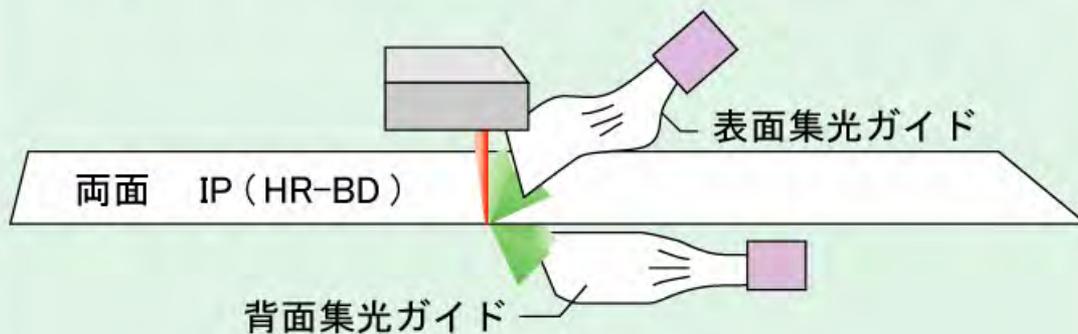
CR (コンピュータッドラジオグラフィ) とは？



CRは、フィルムの代わりにIP (イメージングプレート) を用いて撮影を行います。IPはフィルムと比べてX線の感度が高いことが特長です。

CRは、撮影されたIPをレーザースキャンすることで読み取り、デジタル画像を生成します。

DUAL Side Reading Technology



撮影～診断までの流れ



CR



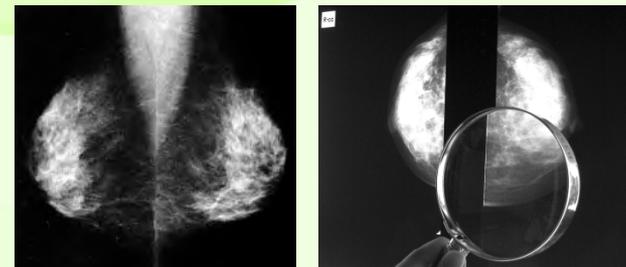
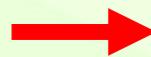
IP



CADシステム



プリンター



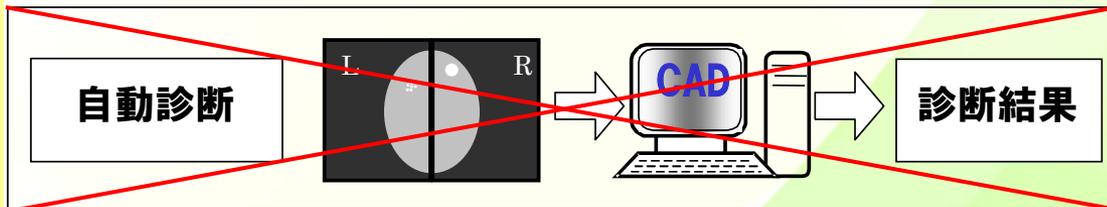
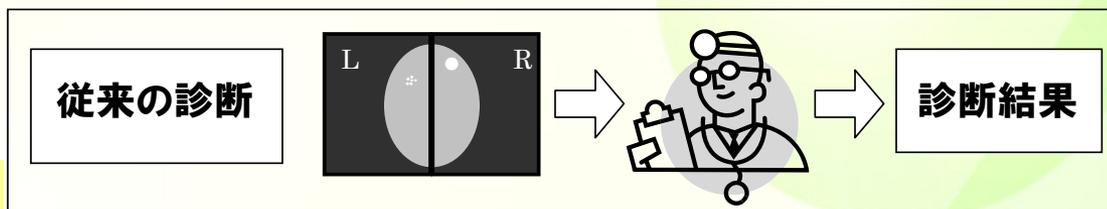
フィルム

乳腺撮影

CADとは？

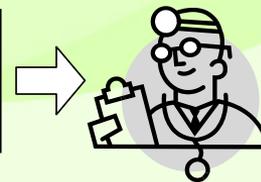
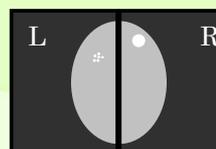
CADは、決して医師の代わりに診断を行うものではない。CADは、

マンモグラフィ画像をコンピュータ解析し、その結果を呈示することで医師の読影に注意を喚起するものである。



**本システム
の使用目的**

**CAD
コンピュータ
検出支援画像
診断**

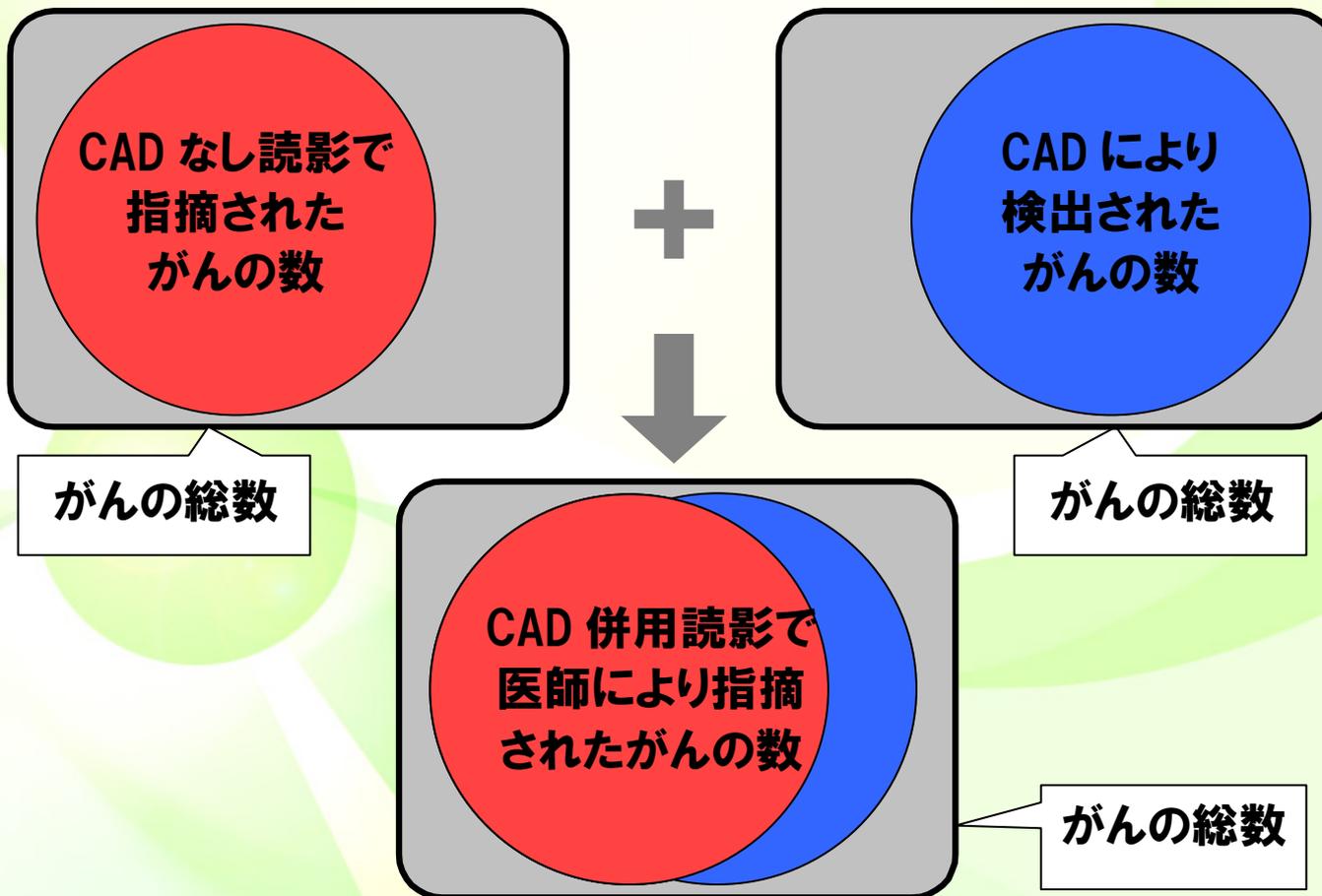


診断結果



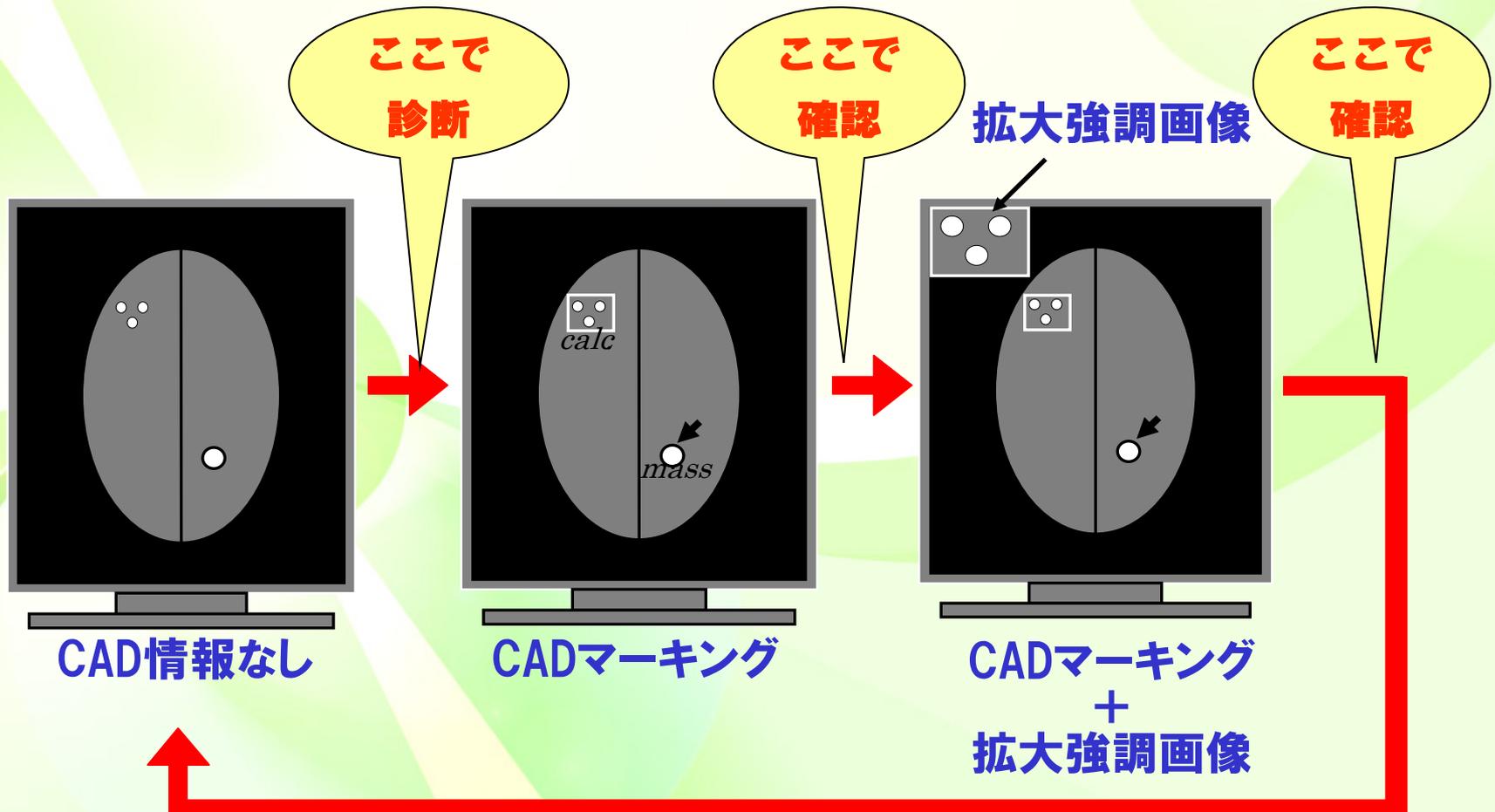
↑ 注意の喚起

CAD併用によるがん検出率の向上



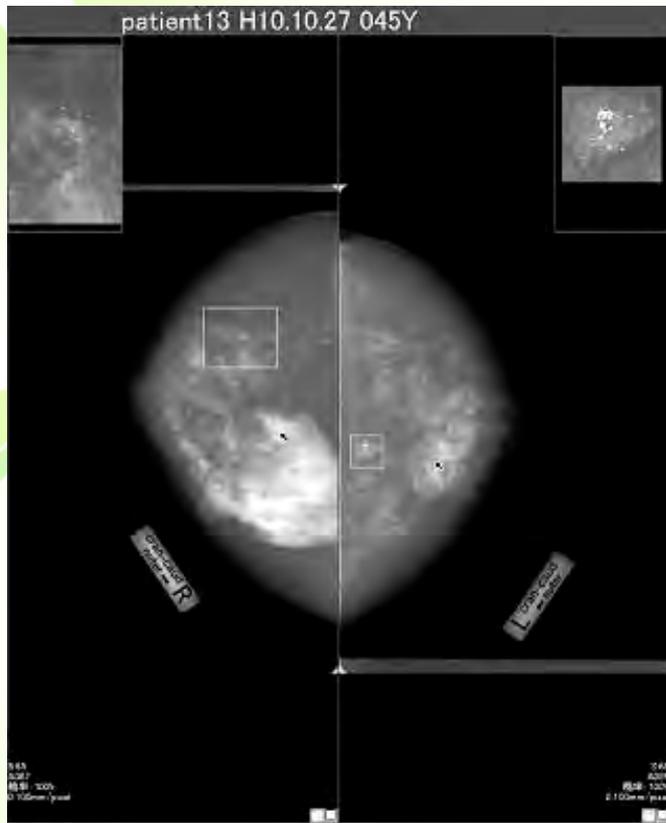
「赤」 + 「青」によりがん検出率は向上する。

画面表示の流れ



乳がん検出診断支援処理

FCRで撮影した乳房画像から乳がん候補陰影を自動検出し、マーキング及び拡大強調表示することによりする、ドクターの診断を支援する



表示画面



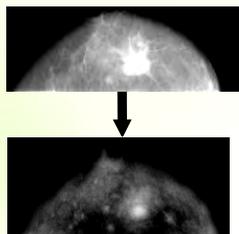
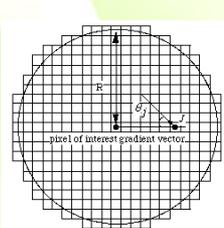
FCR



Mammography CAD System

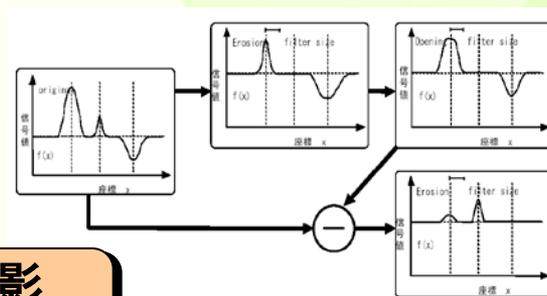
乳がん検出診断支援処理の概要

適応リングフィルタによる候補検出



$$C = \sum_{j=1}^S \cos\theta_j / S$$

モフォロジーフィルタによる検出



画像データ

腫瘍影候補
検出

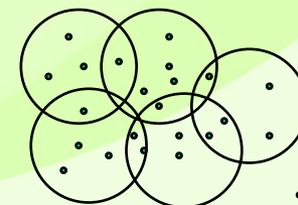
石灰化陰影
検出

1. 腫瘍影の特徴を
数式で記述できる物理
特徴量として表現

2. N個の物理特徴量をN次元
空間内の座標として表現。
腫瘍影パターンからの距離を指
標として腫瘍影と正常影を識別

腫瘍影判別

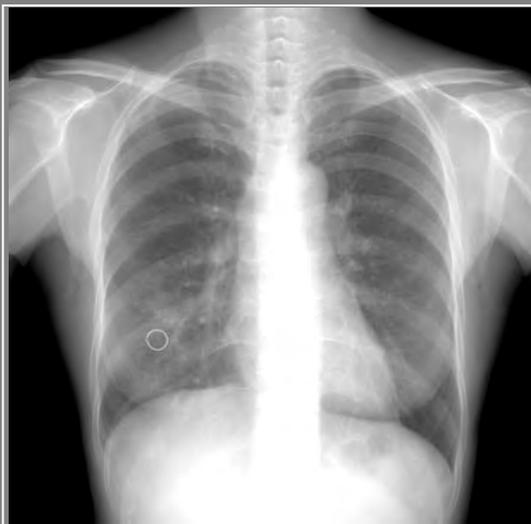
クラスタ
検出



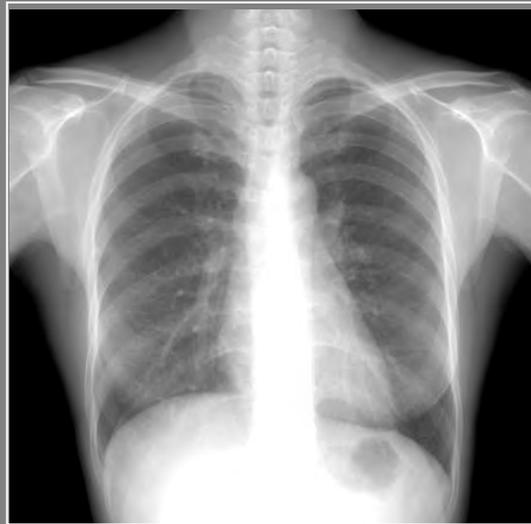
石灰化抽出結果をもとに画像中の
石灰化分布密度を調べ、所定密度
以上の領域をクラスタとして抽出

乳がん候補決定

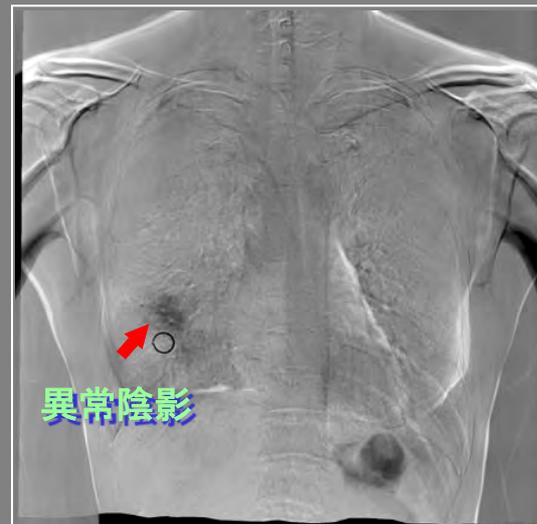
経時サブトラクション技術



今回撮影された画像



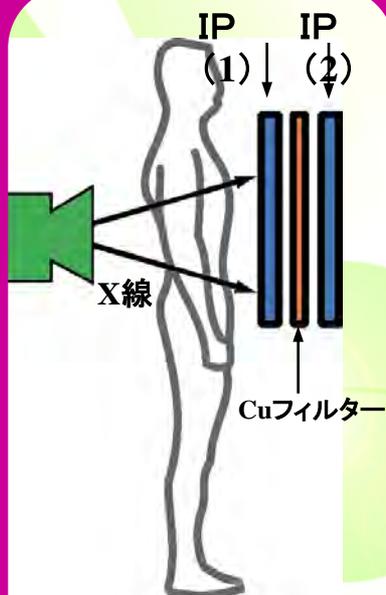
前回撮影された画像



経時サブトラクション画像

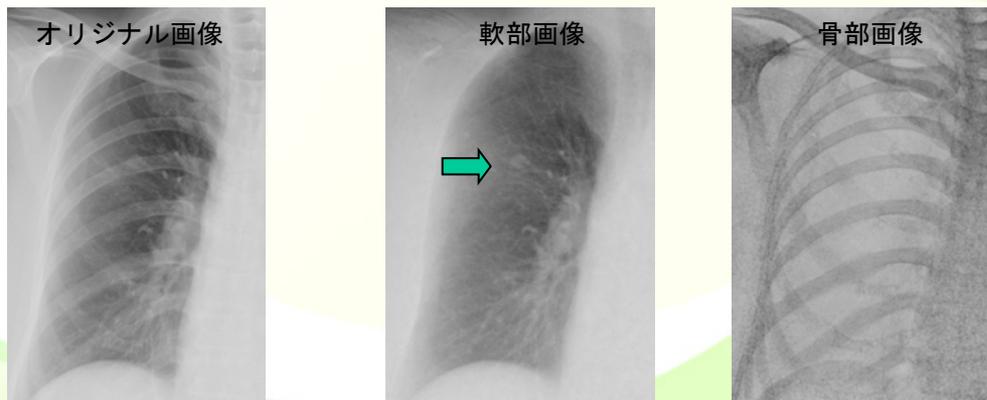
エネルギーサブトラクション技術

異なるX線エネルギーで記録された2枚の画像情報を加重・減算することにより読影・診断に支障ある物質を消去する画像処理。

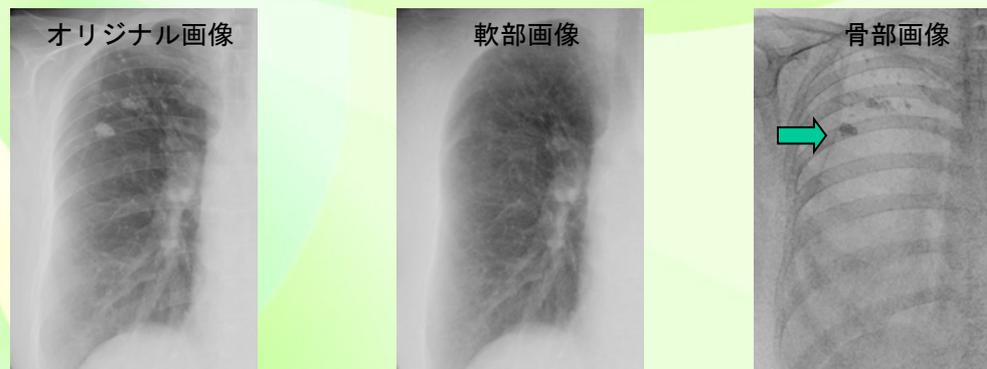


X線照射された画像情報はCuフィルターをはさんだイメージングプレート(IP)2枚に記録される。IP(2)はCuフィルターによって高エネルギー偏った画像が撮影される。

効果(a) 肋骨に重なって見落としやすい肺がん陰影を骨を消去した軟部画像で抽出



効果(b) 軟部を消去した骨部画像で石灰化部分の鑑別が容易になった



Takeo Lab.

Histogram Control by mouse!

VOI info
channel no: 10
(0,0,0)
183x202x176

min: 0
max: 515

mean: 34.4
sigma: 54.5
mode: at 0

value: 0
(4335928)

Close

Visibility

- Axial Section
- Coronal Section
- Sagittal Section
- Oblique Section
- Auto Sync
- Frame (bounding box)
- Curse

Close

LEGO-RENDER 1.0

File Settings Help

Execute Meshing

Import Threshold

87060 triangles / 174160 vertices

VOLUME-ONE v1.28 (C) 2002 VOLUME-ONE.ORG

File Edit Display Analysis Visualization Tools Help

CursorMemory 1.0

File Edit Help

No.	x	y	z	memo
1	38	156	131	
2	79	134	143	
3	79	134	143	
4	70	134	143	

memo

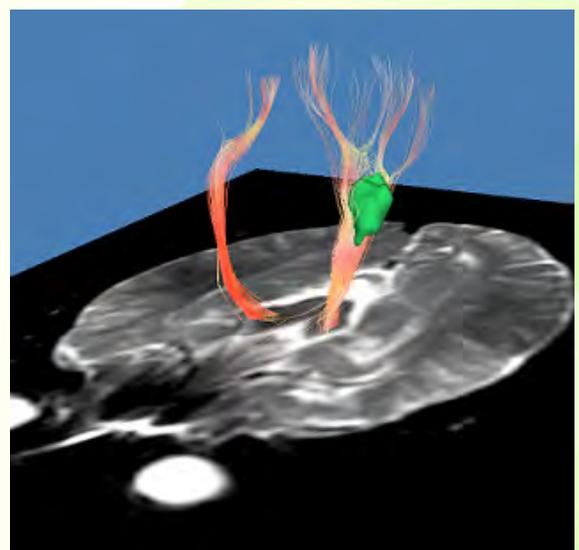
add remove replace

Layout

- Axial
- Coronal 3D
- Axial Sagittal
- Sagittal
- Coronal 3D
- Axial
- Coronal
- Sagittal
- Axial 3D
- Coronal 3D
- Sagittal 3D
- Axial 3D
- Coronal 3D
- Sagittal 3D
- Axial
- Coronal
- Sagittal
- 3D

Close

voxel value: 0.0 at (38,156,131)



Patient Applications Report Tools View Type Orientation VOI NEV Options System Help

F/U Nodule, 8
1269830.1
*16-Sep-1958, M, 43Y
07-Mar-2002
11:38:20.99
3 IMA 1
MPR

A Klin.Radiologie.Uni.Muenster
Volume Zoom
VA40C

SL 15.79 W 1200 C -400

F/U Nodule, 8
1269830.1
*16-Sep-1958, M, 43Y
07-Mar-2002
11:38:35.36
3 IMA 188
SPI 3
SP -118.4

A Klin.Radiologie.Uni.Muenster
Volume Zoom
VA40C
H-SP-CR

KV 120
eff.mAs 20
mA 47
TI 0.76
GT 0.0
SL 1.25/1.07.0
950.0/0
B50s L360

W 1200 C -400

F/U Nodule, 8
1269830.1
*16-Sep-1958, M, 43Y
07-Mar-2002
11:38:20.99
3 IMA 1
MPR

H Klin.Radiologie.Uni.Muenster
Volume Zoom
VA40C

SL 0.8 W 1200 C -400

F/U Nodule, 8
1269830.1
*16-Sep-1958, M, 43Y
07-Mar-2002
11:38:20.99
3 IMA 1
VRT

PFL Klin.Radiologie.Uni.Muenster
Volume Zoom
VA40C

Nodule ID: 8
Status: reported

Volume in mm³: 41.89
X-Diameter in mm: 4.20
Y-Diameter in mm: 5.25
Z-Diameter in mm: 4.20
Min.-Diameter in mm: 4.08
Max.-Diameter in mm: 5.62

SL 0.35 W 500 C -200

F/U Nodule 8

Type Orientation

VOI Tools

Recon

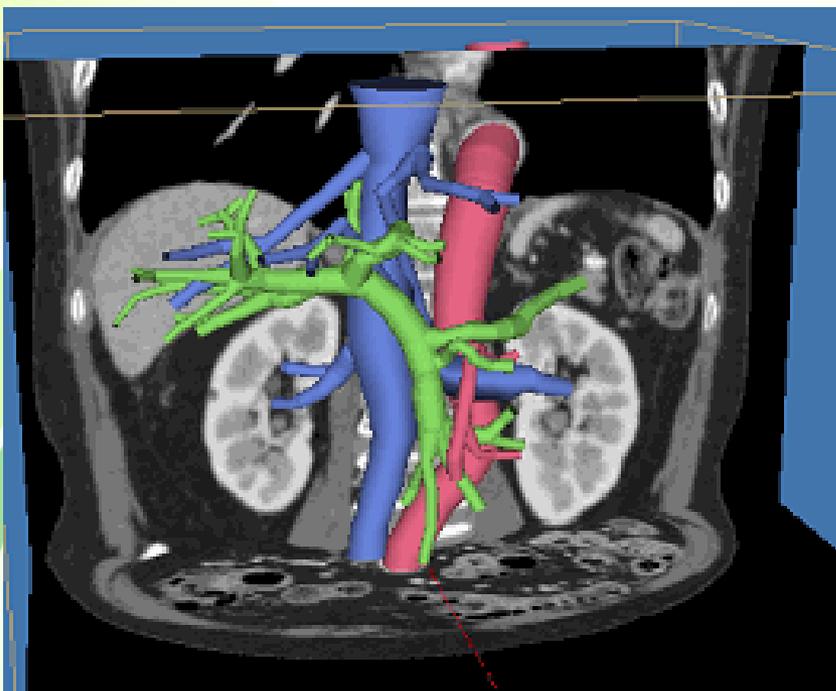
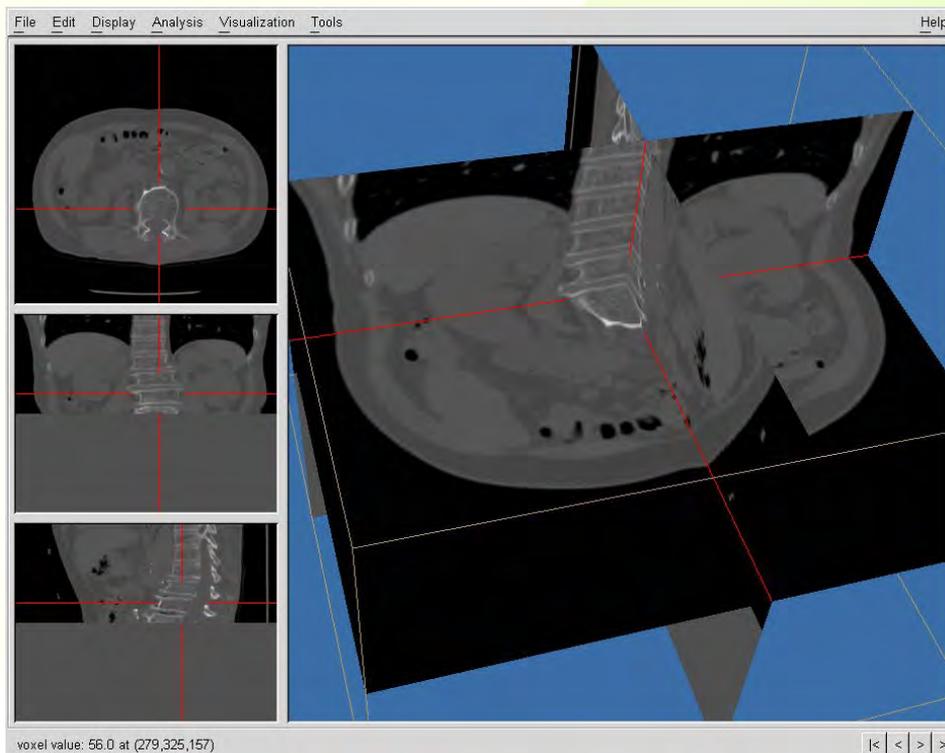
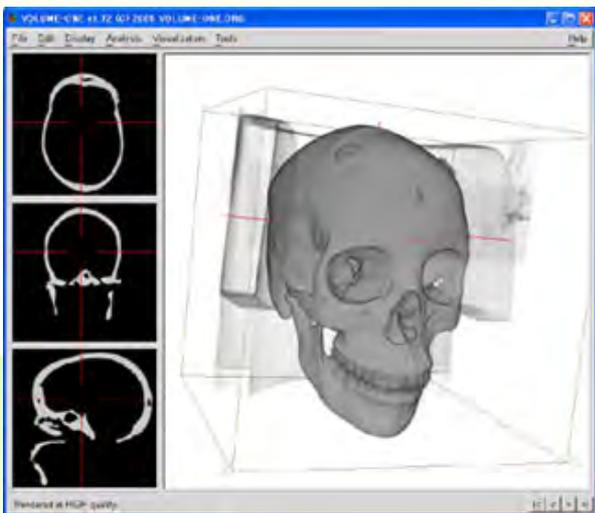
Viewing

Filming

3D

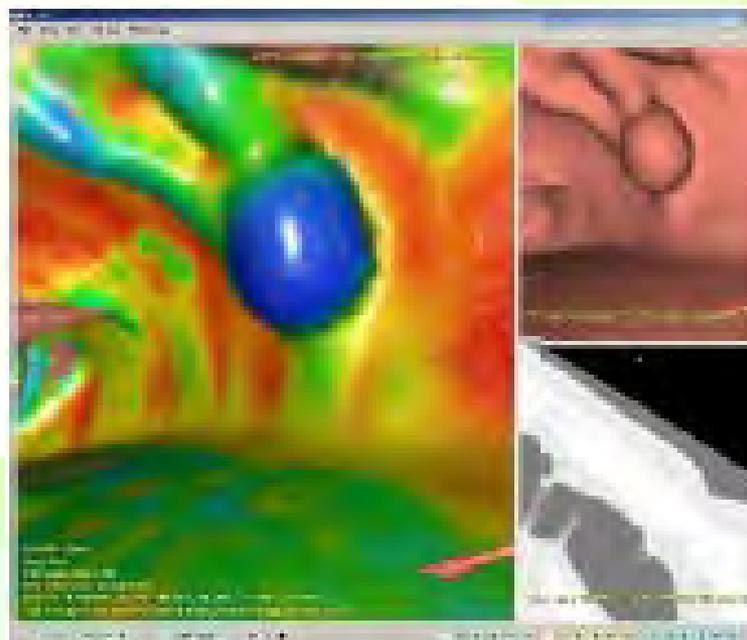
LungCARE

27-Oct-2003 17:30:04



3次元画像処理
は当たり前！

VR（バーチャルリアリティ）



一般フオト分野

ライバルはカメラマン

・人の視覚と入出力デバイスにあるギャップ

・対象の明るさに応じた感度調整



・観察できる明るさのレンジ



・光源への順応



・理想とする記憶色の補正



・光源への不完全順応



※ 左:人 / 右:カメラ

具体例-顔検出

様々なシーン, サイズ,
人数に対応!!

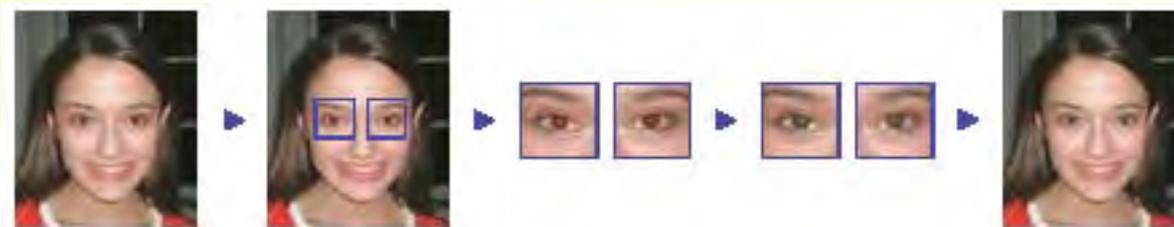


2002 01 05

具体例2-赤目検出・修正, 顔部品検出

・赤目検出・修正

- ・検出のみならず自然な修正技術も重要となります。



・顔部品検出

- ・より精密な構造特定へと, 技術はさらに進化します。



オートセットアップ技術



シーン解析
アルゴリズム

人物顔抽出

明るさ分布解析

光源推定

画像表現
アルゴリズム

ダイナミックレンジ
圧縮技術

暗部は明るく、明部は濃く、
それぞれ最適に再現

オートセットアップ技術



シーン解析
アルゴリズム

人物顔抽出

光源推定

画像表現
アルゴリズム

色バランス補正

白を綺麗に！

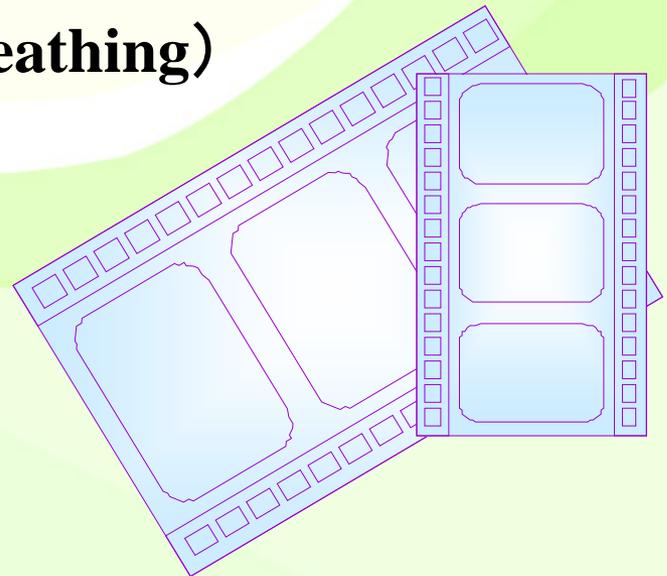
濃度・階調設計技術

好ましい顔濃度とコントラスト

シネマ映像分野
(動画像処理)

経年劣化映像のデジタル損傷修復

- 経年劣化
 - ブロッチ・スクラッチ
 - フリッカ(明るさの不規則な時間変動)
 - フレームの不規則な位置ずれ
 - 時間的に変動するボケ(Breathing)
- 画像処理技術
 - コスト削減
 - 自動化・高速化
 - ロバスト性



損傷（ノイズ）の検出と修復



損傷のある画像



損傷領域の検出画像



損傷の修復された画像

Takeo Lab.

