# プログラミング応用

信号処理技術

担当：福嶋 慶繁

更新履歴
2019年　福嶋

# 概要

# “いらすとや“を探せ



ここ！

画像に埋め込まれている，いらすとやの画像を探す！

# “いらすとや”を探せ



- 課題
  - C言語のプログラムと画像処理加工ソフトをシェルスクリプトで組み合わせて，いらすとやの画像を見つける
- コンテスト
  - 評価項目
    - どれだけ見つけられたかの検出率
    - どれだけ速くみつけられたかの実行速度
  - 4週目にコンテストを開催

# スケジュール



- １週目：説明および演習
- ２週目：作業
- ３週目：作業
- ４週目：作業およびコンテスト

# 学習内容・目的



- 小さなアプリケーションを一つ完成させる
- チームで分担してプログラミングを行う
- 画像処理を学ぶ
  - ImageMagickによるコマンド処理
  - C言語によるプログラミング
- シェルスクリプトプログラミングを学ぶ
- Makefile，コンパイルオプションを学ぶ
- プログラムの実行速度の概念を学ぶ

# 難易度



- レベル　１：正解はテンプレートの中から１つ
- レベル　２：画像にノイズが混入＋レベル１
- レベル　３：画像のコントラスト変わる＋レベル１（(0.5, 1.0, 1.5, 2.0)）
- レベル　４：テンプレートの背景透過する＋レベル１
- レベル　５：テンプレートサイズが可変（0.5，1，2）＋ レベル１
- レベル　６：テンプレートが回転（0，90，180，270）＋レベル１
- レベル　７：最終テスト用．来週公開．１～６全部入りがまぜまぜ．
- レベル　∞：テンプレートが拡大（0.5，1，2），回転（0，90，180，270），テンプレートが透過．フォルダ名はlevelinf

# 難易度（コメント）



- level 1: 単一画像埋め込み
- level 2: 単一画像埋め込み，インパルスノイズ付与
- level 3: 単一画像埋め込み，コントラスト変化 (0.5, 1.0, 1.5, 2.0)
- level 4: 単一画像埋め込み，テンプレート背景透過
- level 5: 単一画像埋め込み，テンプレートリサイズ（0.5, 1.0, 2.0)
- level 6: 単一画像埋め込み，テンプレート回転（0, 90, 180, 270)
- level 7: １～６全部入りがまぜまぜ.
- level ∞: 単一画像埋め込み，Seamless Cloning，テンプレート回転（0, 90, 180, 270)，リサイズ（0.5, 1.0, 2.0)

# レベル 7



Seamless Cloning
https://github.com/cheind/poisson-image-editing

# コンテスト



- 各レベル毎に精度と速度を評価．テストが７回走る．
- 正解データは当日まで非公開．現在テストしているものとは違う画像を使用．
  - どこかのレベルに合わせてプログラムが最適化されていることを期待
  - もしくはレベル７の汎用のデータすべてでうまく動くプログラムの作成
  - レベル∞はおまけ

# 班による役割分担例



- 各レベルに必要な機能のプログラムを書く
- パラメータを記録する
- データを整理する
- 進捗を管理する

# レポート等



- レポート提出は最終のレポートだけ.
- 各回の小課題は自習用で提出の必要なし.
- 班ごとで課題に取り組むが，最終レポートは個人で書くこと.

# レポートの注意事項



- 表紙に学籍番号，名前，**班の番号**を書くこと
- 提出形式は**pdf**．（tex, wordなどエディタは何で書いてもよいがpdfで出力）
- レポートは半角で，．打たないこと．（読みづらい）
- 生の出力結果の羅列はレポートにコピーしないこと．
  - シェルスクリプト等を工夫して，その羅列を強調したい場合は除く．
  - 単純にこうなりましたの結果を示すなら，表やグラフにしてください．
  - あからさまにスクリプト出力結果でページ数を稼ぐようなものは，読みづらいだけなので減点．
- ソースコードはレポートにコピーしないこと．
  - あからさまにコードのコピペでページ数を稼ぐようなものは，読みづらいだけなので減点．
  - **ただし，工夫した点をわかりやすく説明するためにソースコードを貼ることは推奨する．その場合は，該当部分だけを貼ること．**
- レベルごとの検出率と速度の表を書くこと．
  - 速度はtimeコマンドのrealの結果だけでよい
- 自分のやったところだけではなく班全体でやったところのレポートを書くこと．
- 各レベルごとの対処を書くこと．
- 共通するところは共通部分を書くこと．

# 連絡先



- 場所
- ２０号館４階４０２号室
  - 必ずメールしてから来てください.
- メール
  - fukushima “あっと ”nitech.ac.jp

# 注意事項



- 難易度は順番にやる必要はありません.
- サンプルコードとやり方は提供していますが，全くサンプルコードを使わなくても構いません．解決の手段は問いません.
  - プログラミング言語も問いません.
  - ※できる人を召喚するは禁止

# 画像処理

# 画像処理って？

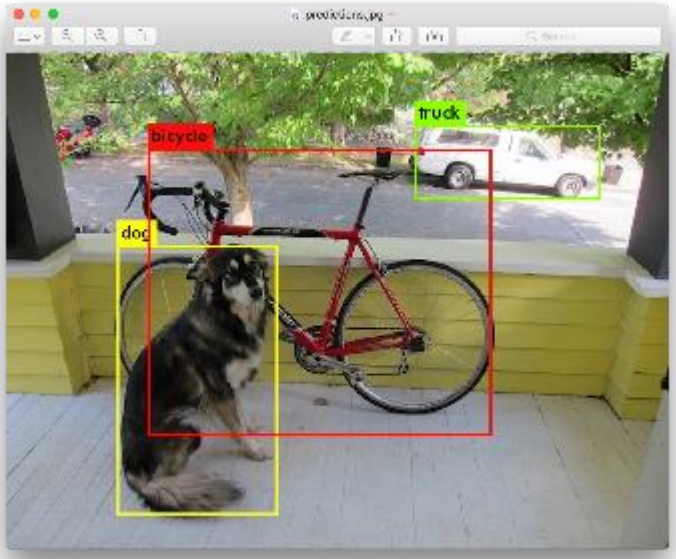


- 画像処理（Image Processing）
- 画像を加工して，人間の目やコンピュータにとって都合の良いように変換する処理
  - 写真編集
  - 画像圧縮
  - 画像検出・認識
  - ３次元復元

# アプリケーション



写真加工




物体検出・認識


VR・AR

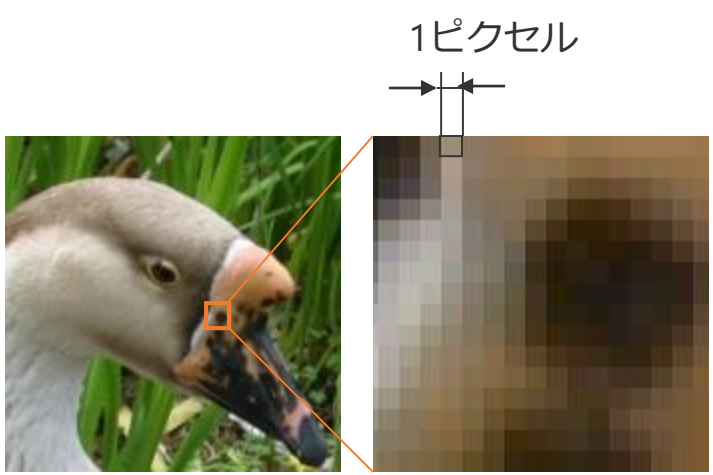

自動運転

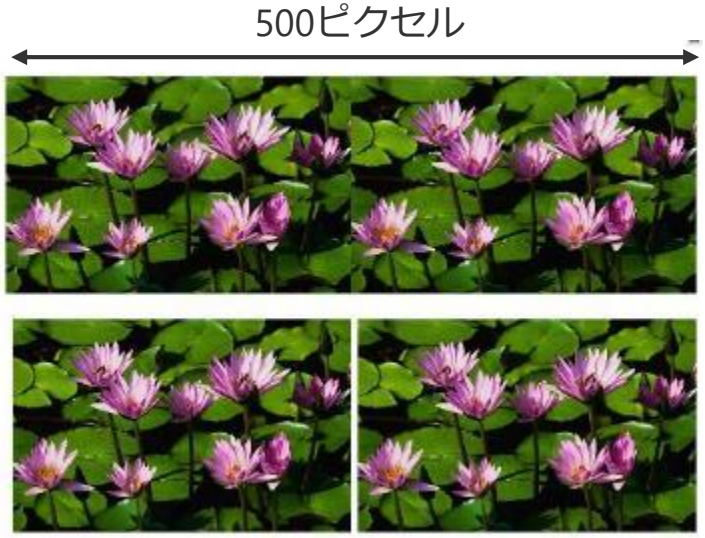
# 画像信号の重要性



- スマホ，監視カメラが増加
- Web上のデータも画像，動画がほとんど
- これからのアプリケーション
  - 自動運転
  - ロボット
  - AR・VR
- 画像を効率的に処理することは重要

# デジタル画像



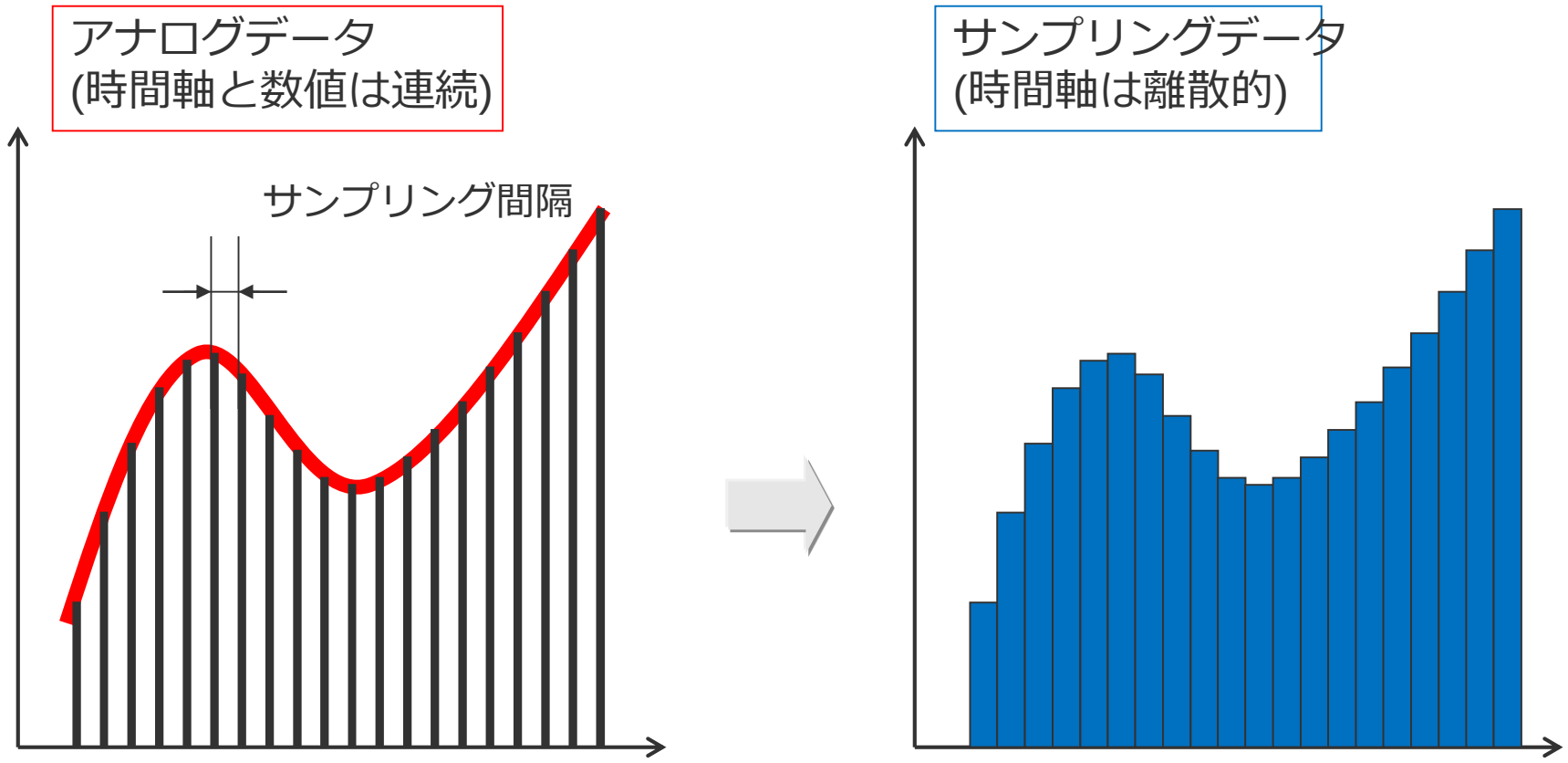




250ピクセルだと２枚横並びにできます。

**ピクセル**とは、デジタル画像を構成する単位である、色のついた「■」のことです。1677万色のうちの１色を選べます。（**R**x**G**x**B**=256x256x256、8bit(256色)）

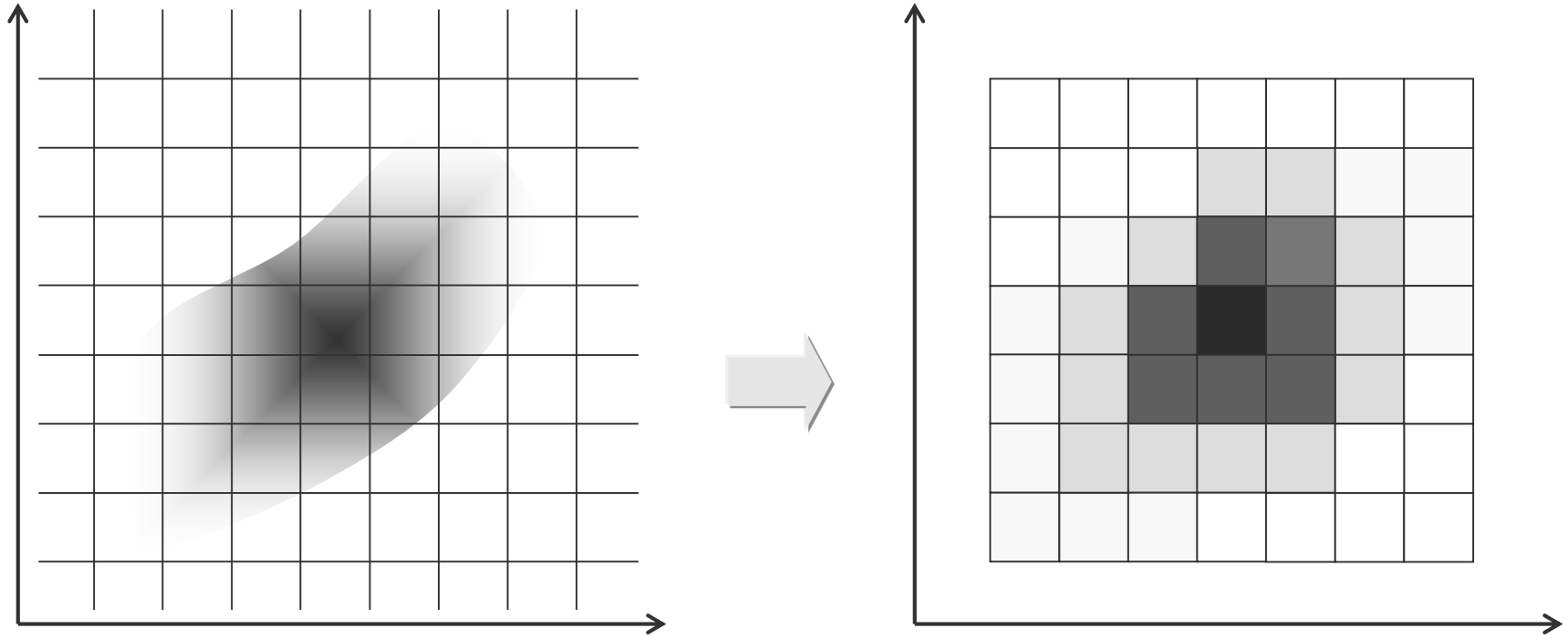
# 標本化

## ロアナログデータを離散的に領域分割



# 標本化（続き）

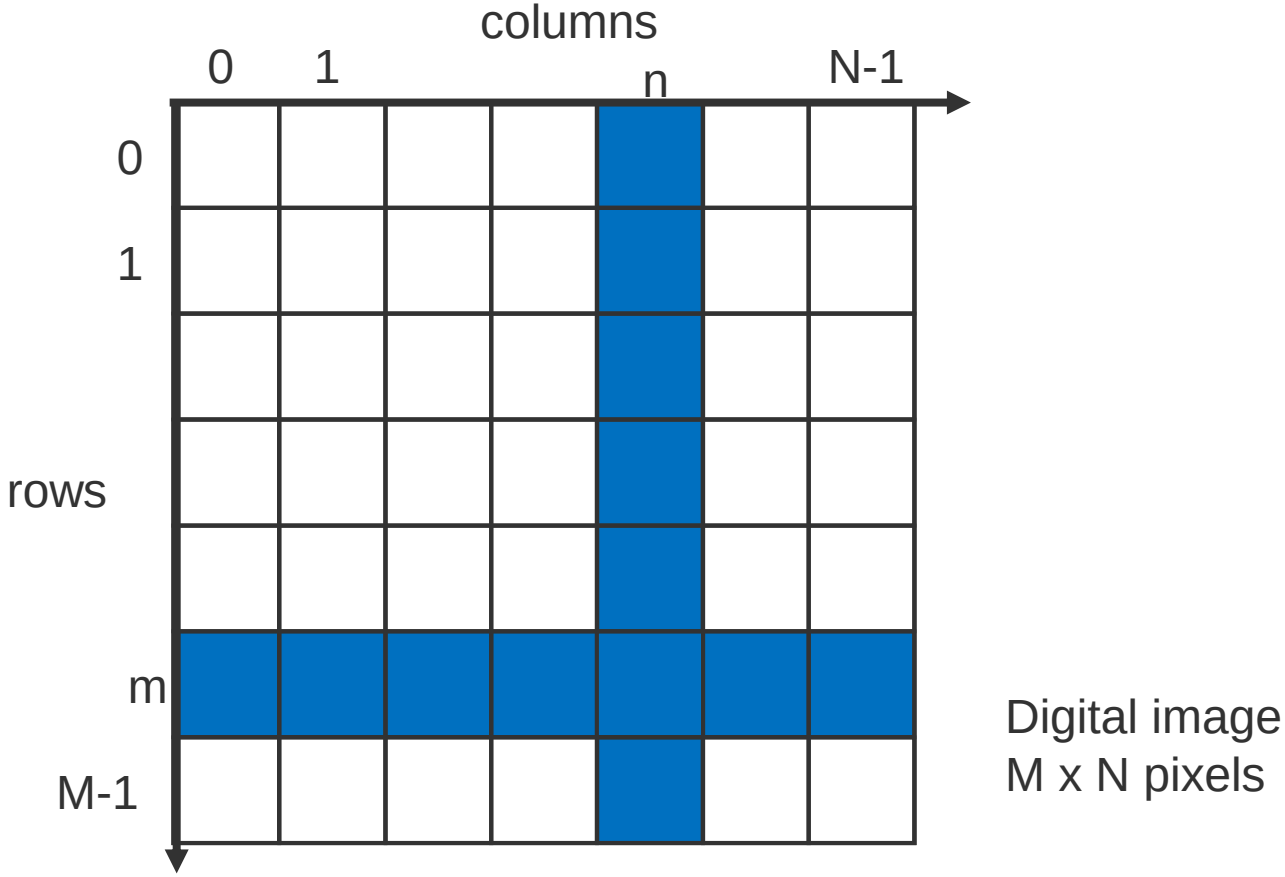
## ◘2-D デジタル画像の場合



サンプリング間隔によって画像解像度が決まる

# 画素／ピクセル　（Pixel）

- 2-Dデジタル画像の単位
- 空間分割



# 空間的標本化（解像度）

40 x 30
pixels

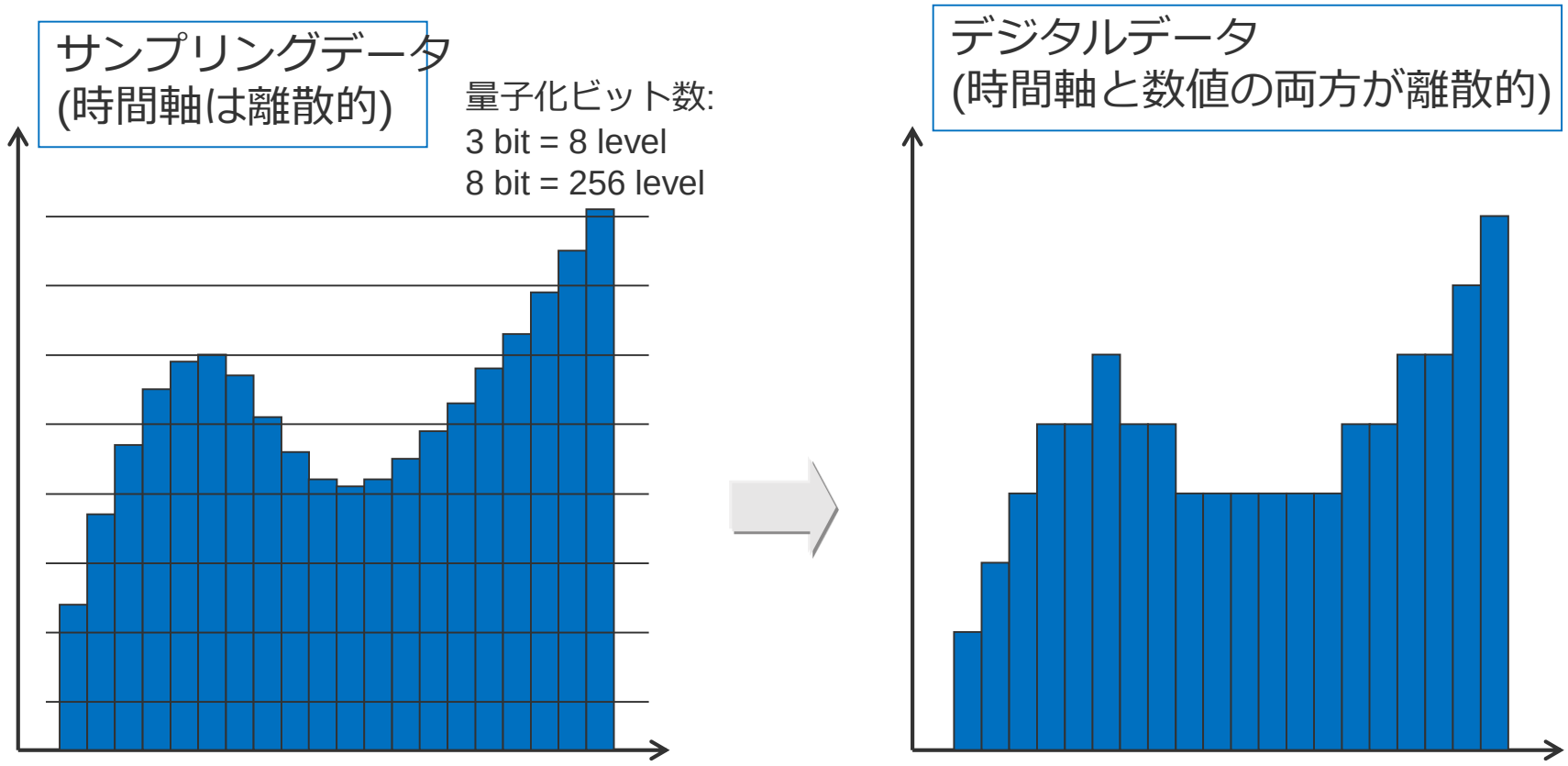
80 x 60
pixels

160 x 120
pixels

320 x 240
pixels

# 量子化

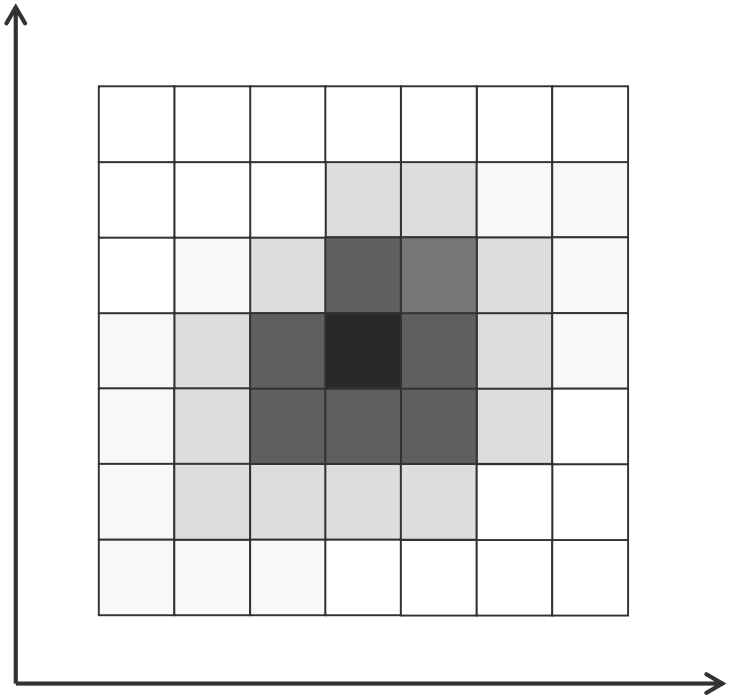
- サンプリングされたデータの数値を離散的に分ける



# 量子化（続き）

## □2-Dデジタル画像の場合

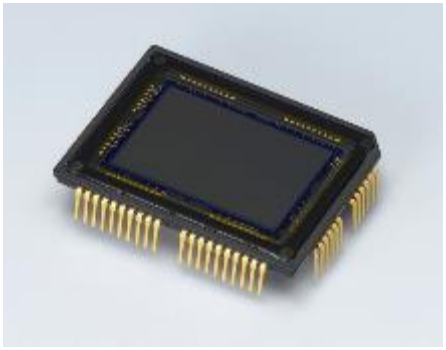
色は数値として表される
(行列形式)

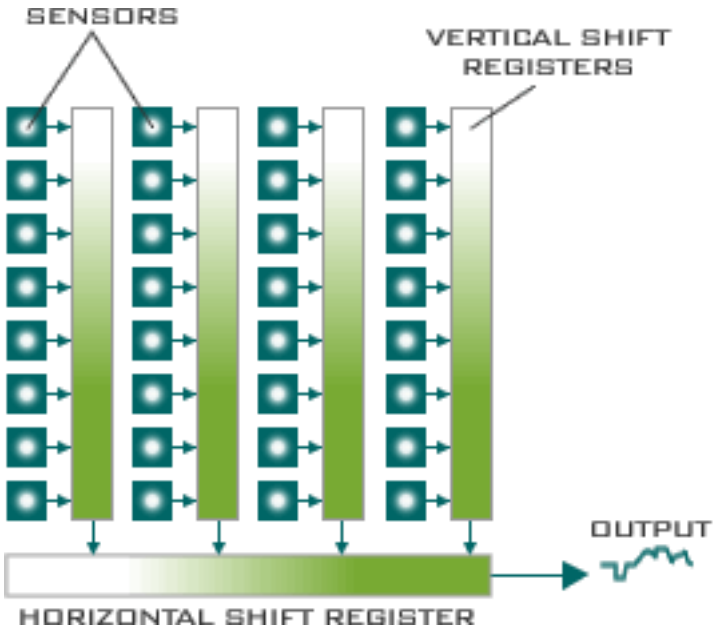


| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 1 | 1 |
| 0 | 1 | 2 | 3 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 5 | 3 | 2 | 1 |
| 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 2 | 0 |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 |
| 1 | 1 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 |

量子化ビット数によって色数が決まる

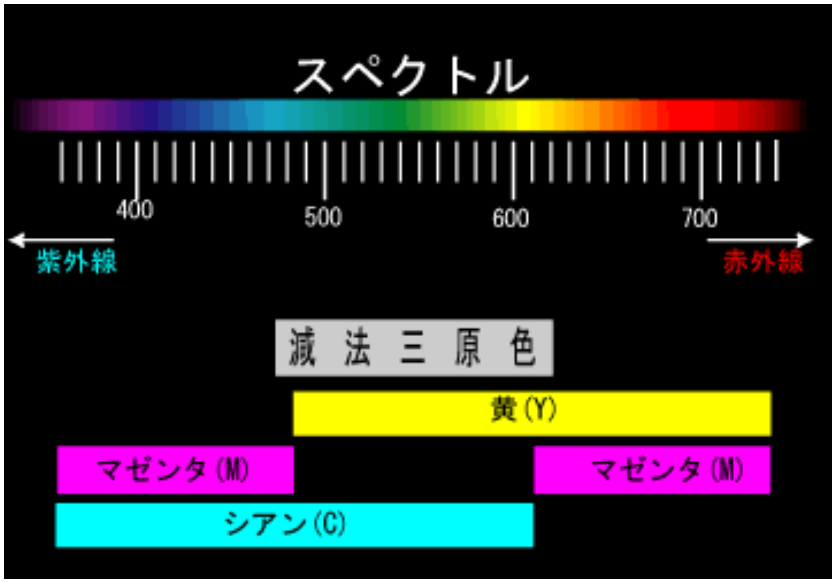
# 受光素子





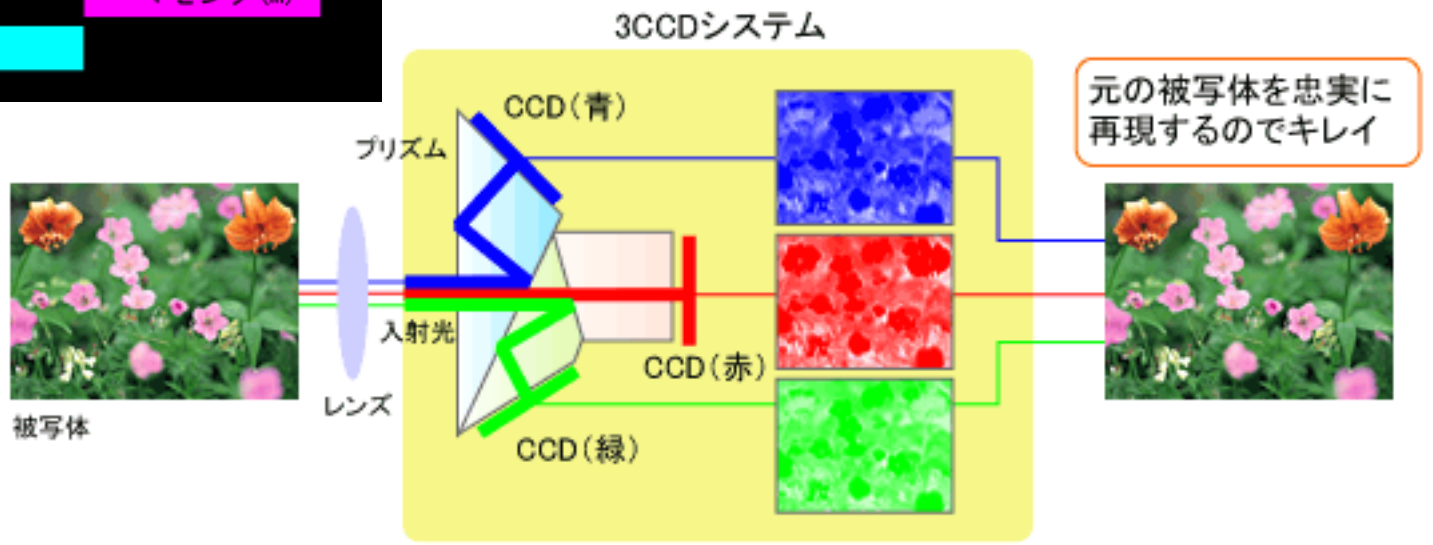

フィルムの代わりにCCDやCMOSといったデジタル素子が使用される
　１画素に１素子！
例えば４０００x３０００＝１２，０００，０００画素のカメラ：１２０

# 色の表現




光（つまり色）は連続値→量子化の必要性？
例えば虹は７色に見えるが．．．
実は無限色ある

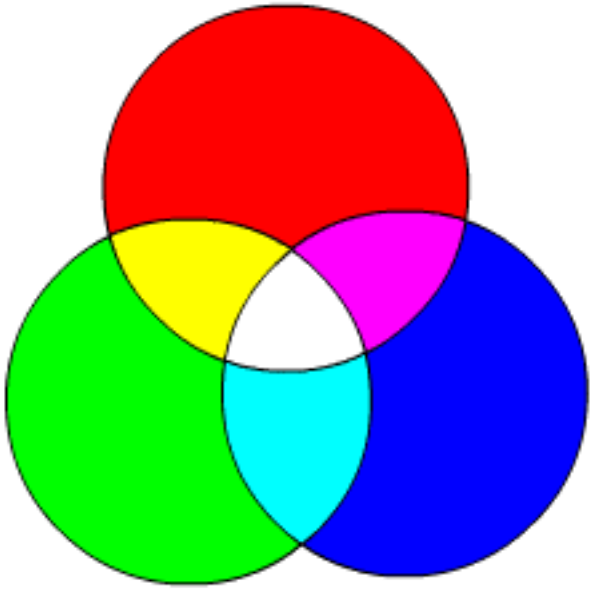
実は３色あれば表現可能！




3CCDによる撮影
通常のデジカメは１CCDのベイヤ式だがここでは簡単のため

# 光の三原色

- 一つの画素にR、G、Bに０～２５５の値が一つづつ入っている



# 表現の色数

- 何色で十分か?

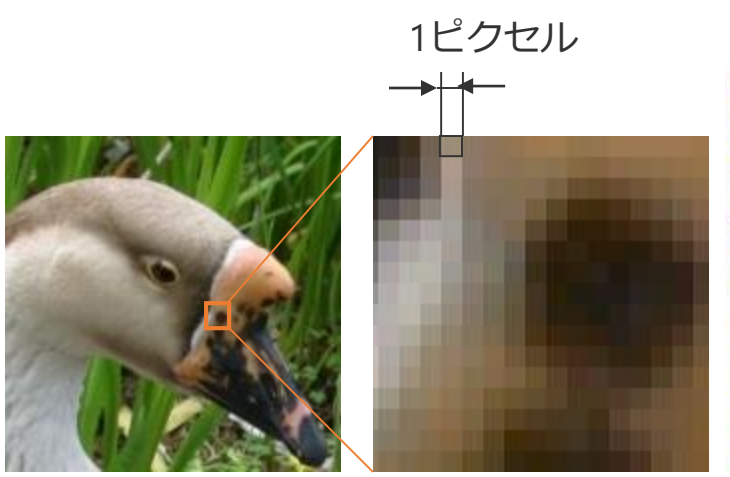
16.7 million colors

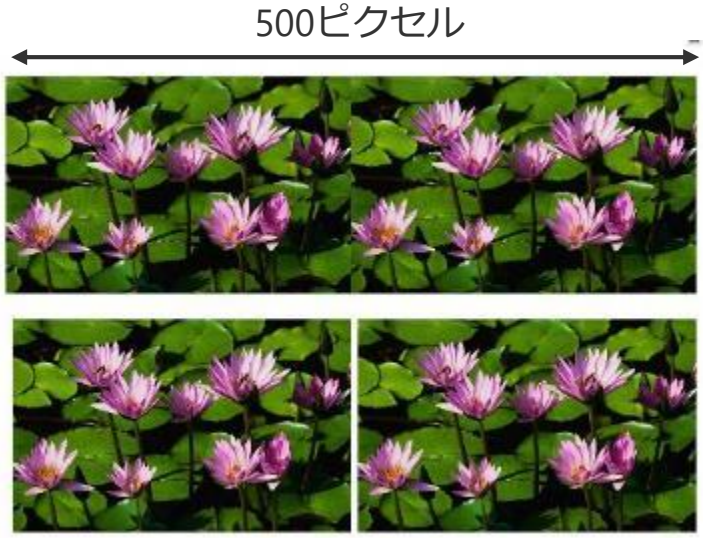
256 colors

16 colors

4 colors

# デジタル画像（再掲）




250ピクセルだと２枚横並びにできます。

**ピクセル**とは、デジタル画像を構成する単位である、色のついた「■」のことです。1677万色のうちの１色を選べます。（**R**x**G**x**B**=256x256x256、8bit(256色)）

# ImageMagickによる画像処理

# ImageMagick



- ImageMagick（イメージマジック）は画像を操作したり表示したりするためのコマンドラインのソフトウェア
- **基本的な画像処理が可能**
- JPEG，PNG，GIF，PDF，TIFFなどの100種類以上の画像ファイルフォーマットに対応
- プログラム上からの画像の変換・編集などに必要な多数の機能を搭載

# コマンド



- 基本
  - convert [option] input_image output_image
- convert
  - 旧コマンド名（古いとこっち．Ｖ６）
    - convertはwindowsだと別のコマンドとかぶるため
- magick
  - 新コマンド名（Ｖ７）

※windowsの場合インストーラでインストール時にlegacy utilitiesをインストールすれば convert.exe がインストールできるので、V7 系でも convert.exe が使える

※CSEのバージョン（ちょっと古い）

Version: ImageMagick 6.4.3 2013-03-20 Q16 OpenMP

（ 2018年 現在）

# 使用例



- 画像フォーマット変換
  - magick src.jpg out.png
    - jpeg画像をpng画像に変換
  - magick src.png out.jpg
    - png画像をjpeg画像に変換
  - magick src.png –quality 20 out.jpg
    - png画像を品質20（最小１，最大１００）でjpeg画像に変換.
  - mogrify –format jpg *.png
    - ディレクトリ内のpngファイルをすべてjpegファイルに変換
- 画像表示
  - imdisplay src.jpg
    - windows
  - display src.jpg
    - linux

# 使用例２



- 処理したものを即座に表示する
  - windows
    - magick lena.png  -quality 20 out.jpg |imdisplay out.jpg
  - Linux
    - convert lena.png  -quality 20 out.jpg |display out.jpg
  - 画像表示コマンドimdhisplay もしくはdisplayをパイプ“|”でつなぐ

# 使用例 3



- 複数の画像をpdfにまとめる．bashのブレーズ展開を利用
- convert a_01{.jpg,.pdf}

# 画像処理（一部抜粋）



- サイズ変更
- 回転
- 二値化
- エッジ検出
- 白黒化
- 減色
- 彩度，色相の変換
- コントラスト強調，ガンマ変換
- ぼかし
- 選択的ぼかし（バイラテラルフィルタ）
- メディアンフィルタ
- 先鋭化
- ノイズ除去
- ノイズ付与

# サイズ変更



- convert -resize 50% lena.png out.png
  - サイズを半分に
- convert -resize 1024x1024 lena.png out.png
  - 画像サイズを1024 x 1024に直接指定
- convert -resize 200% lena.png out.png
  - 画像サイズが512の場合，上の直接指定と同じ
- convert -resize 100x lena.png out.png
  - 縦を省略．縦横比は固定
- convert -resize x100 lena.png out.png
  - 横を省略．縦横比は固定
- convert -resize 2048x1024! lena.png out.png
  - 画像サイズを2048 x 1024に直接指定．“！“がないと縦横比をキープしようとするためうまくいかない
- convert -scale 200% lena.png out.png
  - resizeよりも速いが画像の品質は低い．

# 回転



- convert -rotate 30 lena.png out.png
- convert -rotate -30 lena.png out.png
  - 画素値が無い場所は，白になる．白い部分を含めると実画像サイズも大きくなる

# 二値化



- convert lena.png -threshold 30% out.png
  - 明るい場所を白に，暗い場所を黒にする．この場合，明るさが最大の３０%以上の場合に白にする.
- convert lena.png –auto-threshold OTSU out.png
  - 自動でパラメータを決める二値化
  - OTSU以外にもTriangle，Kapurがある

# エッジ検出



- convert lena.png -canny 0x1+5%+20% out.png
  - キャニーエッジ検出．5%ー20%と書いてある場所の数字を変えると結果が変わる．小さいほど細かい模様まで出る．

# 白黒化



- convert -colorspace gray lena.png out.png
  - 白黒に変換
- convert -colorspace lineargray lena.png out.png
  - 上と少しだけ違う白黒変換
- convert lena.png -monochrome out.png
  - 新聞っぽい白黒変換
- convert lena.png -sepia-tone 100% out.png
  - セピアカラーに変換

# 減色



- convert -colors 128 lena.png out.png
  - –色の数を減らす．この場合128色
  - –デフォルトのカラー画像は，
    256x256x256= 16,777,216色
- convert -posterize 4 lena.png out.png



# 明るさ，彩度，色相を変更する



- convert -modulate 100,100,100 flower.png out.png
  - 100,100,100が明るさ，彩度（鮮やかさ），色相を表し，すべて１００は何もしないに等しい.

100，100，100

150，100，100

100，200，100

100，100，50

100，150，100

80，120，180

# modulateがおかしかったら？



- convert -set option:modulate:colorspace hsv -modulate 50 inputimage outputimage


なんかこうなってしまうときは上記で変換


hsv色空間を指定

# modulateがおかしかったら？2



- convert -level 0%,200% out1.png out.png
  - –これでもOK

- levelは，入力を0:100%へリマップする関数
- 上記の意味は，０を０に，２００%を１００%にマップするので，値が半分になる.

# コントラスト強調



- convert -equalize beijing.png out.png
  - コントラストを自動で強調
- convert -contrast beijing.png out.png
  - コントラストを強調
- convert +contrast beijing.png out.png
  - コントラストを弱める
- convert -contrast -contrast -contrast beijing.png out.png
  - コントラストを３回強調


入力


強調


強調ｘ３

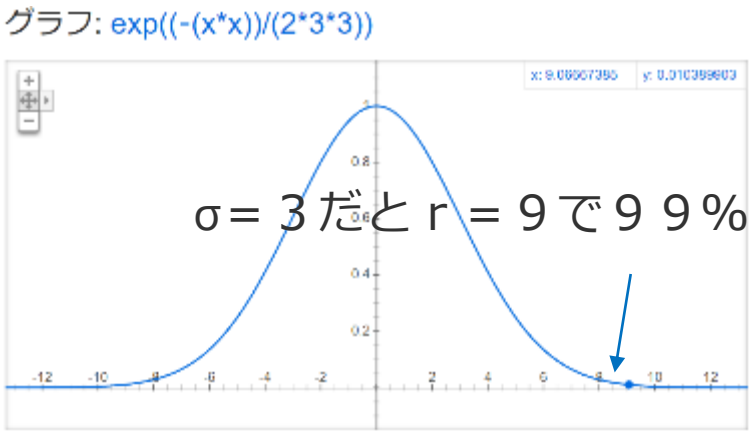

弱める

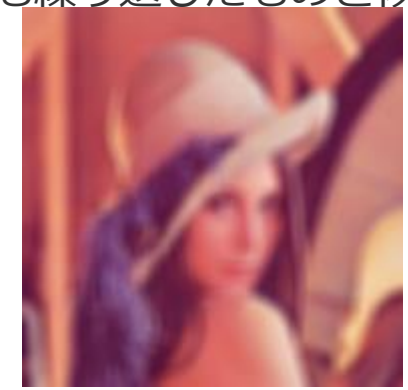

自動

# ぼかし

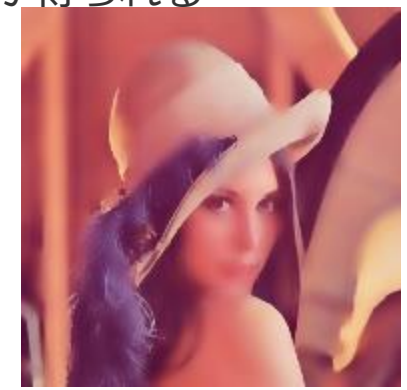


- convert -blur 10x30 lena.png out.png
  - 半径１０，シグマ３０のガウスぼかし．半径ｘ３くらいのシグマにすると99%の裾になる
  - -gaussian-blurオプションは2次元畳み込み実装．こっちはセパラブル実装なので速い．
- convert -selective-blur 10x30+30% lena.png out.png
  - 古いとないかも
  - 選択的ガウスぼかし（バイラテラルフィルタ）３０％くらいの近さの画素だけガウスぼかし．ノイズ除去に有効．
  - -mean-shiftにするとこれを何度も繰り返したものと似た結果が得られる



ガウスぼかし

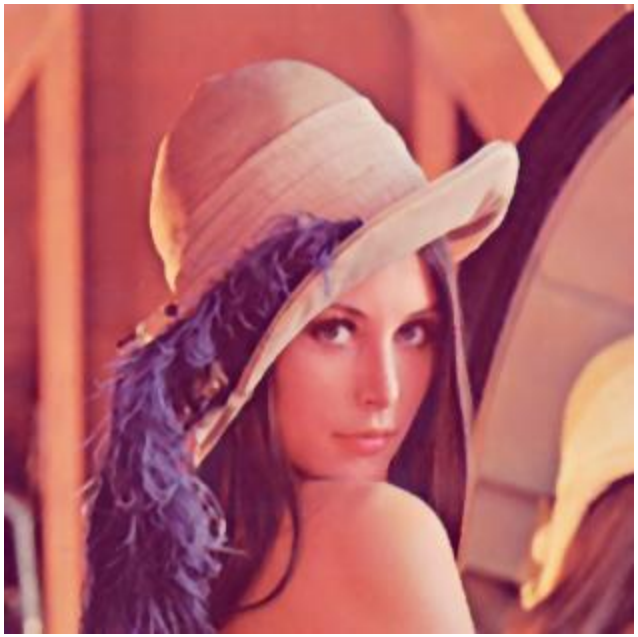


選択的ガウスぼかし

# メディアンフィルタ



- convert -median 1 lena.png out.png
  - 半径なので2*r+1.
  - 3 x 3の範囲の中央値でフィルタ．例外がある画素を修復可能.



# 先鋭化



- convert -sharpen 7 lena.png out.png
  - 数字が大きいとより広い周辺をみて強調．unsharpでより詳細な指定が可能
- convert -adaptive-sharpen 7 lena.png out.png
  - こちらのほうがきれい
- convert -adaptive-sharpen 7 -adaptive-sharpen 7 lena.png out.png
  - なんどもやるとより強調

入力

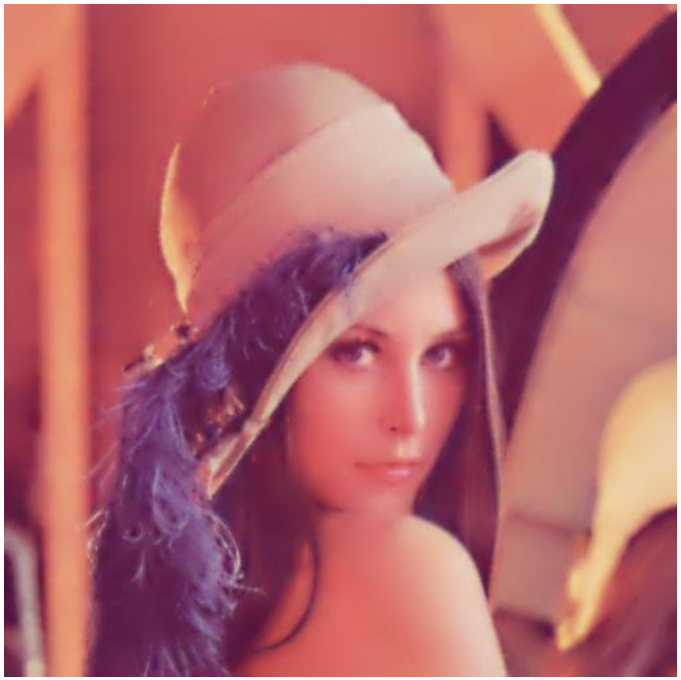
sharpen

adaptive-sharpen

# ウェーブレットデノイズ



- convert –wavelet-denoise 20% lena.png out.png
  - –ウェーブレットを使ったデノイズ
  - –古いとないかも



# ノイズ付与



- convert +noise Impulse lena.png out.png
  - これでノイズを追加した画像を作れる．メディアンフィルタの時に追加したノイズはImpluse.
  - 画像のノイズはガウシアンであることが多い.
  - ノイズのタイプ：Gaussian，Impulse，Laplacian，Multiplicative，Poisson，Random，Uniform
- convert lena.png -attenuate 4 +noise Gaussian out.png
  - ノイズ量の強化．数字を大きくするとノイズが増える.

# 複数コマンドの連結



- optionを並べた順番に画像処理が適用
  - convert -rotate 30 -threshold 30% -blur 3x6 src.ppm out.ppm
- ３０度回転して，閾値処理をしたあとガウスぼかし

# コマンドラインオプション一覧



- ImageMagickのコマンドオプションマニュアル（英語）
  - 必要なことは全部書いてあります

  http://www.imagemagick.org/script/command-line-processing.php#option

# ImageMagick 参考情報



- http://imagemagick.rulez.jp/
- https://qiita.com/mtakizawa/items/94b4cb6d2da99482c6ac
- http://shumilinux.blogspot.jp/2016/06/imagemagick-mogrify.html
- http://www.gi.ce.t.kyoto-u.ac.jp/user/susaki/image/magick_process.html

# C言語による プログラミング

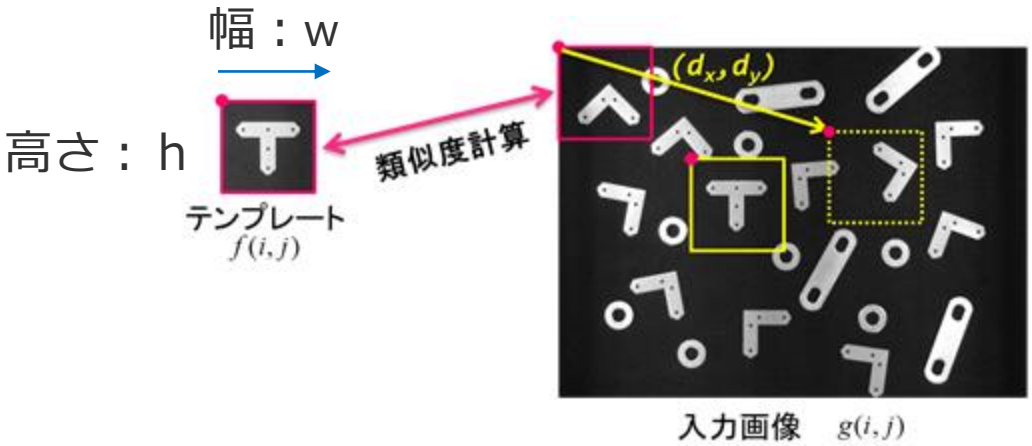
# テンプレートマッチング



入力画像からテンプレートに似た場所を探す方法

# 似ているとは？






**類似度**

$$\sum_{j=0}^{h-1}\sum_{i=0}^{w-1}\left(f(i,j)-g(x+i,y+j)\right)^2$$

完全に一致すればテンプレートと画像の差が 0 になるはず！
差の二乗和で測ることを「SSD：Sum of Square Difference」と呼ぶ.

※画像は中京大橋本研究室より

# 色々な類似度



- SAD（Sum of Absolute Difference）
  - 二乗和ではなく絶対値をとる
- 正規化相互相関（NCC）
  - 相関係数で計る
- 0 平均正規化相互相関（ZNCC）
- 似ている画素の個数で測る
- 微分画像のSAD，SSD
- 相互情報量

※詳しくは最後のページの橋本先生の資料を参照のこと

# 実装している関数



- カラーとグレイのSSD
- 画像全部を探索して，もっとも類似度が小さくなった点を全画像を走査して見つける
  - void templateMatchingColor(Image* src, Image* template, Point* position, double* distance)
  - void templateMatchingGray(Image* src, Image* template, Point* position, double* distance)

- positionが発見した位置
- distanceがその位置の類似度
- これを改良することで精度向上＆速度向上

# さまざまなテクニック



- いらすとやの背景になっている部分（黒い部分は類似度として測らない）
- 正規化相互相関を使う
- カラーではなくグレイ画像を使って高速化
  - ただし精度は落ちるかも
- テンプレート画像を間引いて高速化
  - forループでi++，j++,となっているところをi+=2,j+=2などに
  - ただし，精度は落ちるかも
- 疎密探索
  - 小さい画像で探索して，だいたいの位置をみつけてその周りをもう一度大きい画像で探索
- 探索打ち切り 1
  - もし，画像中にそのテンプレートの画像が 1 つしかないのなら，それなりに類似度が小さくなったらbreakして発見したことにすればいい.
- 探索打ち切り 2
  - 類似度のスコアが閾値以上になったらテンプレートの計算を途中で打ち切る

# コンパイルの仕方



- 「make」と打つだけ
- コンパイルしなおしたいのに
  “make: `matching‘ は更新済みです”
  と出たら 「make clean」と打てばOK
- コンパイルの方法の指定はMakefileを編集

# Makefile



- Makefile
  - gcc –c a.c
  - gcc –o a.out a.o
  - などの複数のコマンドをまとめてくれるもの.
  - make cleanでごみを削除とかも書ける.
  - makeと書けばコンパイル可能.
  - 授業でやった？

- 参考情報
  - https://qiita.com/petitviolet/items/a1da23221968ee86193b

# プログラムの使い方



- matching 入力画像 テンプレート画像 回転角 閾値 オプション[cwpg]
- 例
  - matching src_image.ppm temlate_image.ppm 0 1.0
    - オプションなし，回転角なし，閾値1.0でマッチング．閾値は，類似度がこれを下回ったら発見したとする数字.
    - 回転情報を入れても回転しないので，imagemagickで回転させること．この情報は結果を保存するために使用されている.
  - matching src_image.ppm temlate_image.ppm 0 1.0 cwpg
    - グレイ画像として処理して，結果をprintしつつ，検出結果を画像として書き出し，結果txtを初期化してから保存
- オプション
  - ｃ：結果をクリアしてから結果を記述．クリアしないと，実行のたびに結果が結果ファイルに追加されている.
  - ｐ：結果をprintしてコンソールに出力
  - ｗ：結果を画像として書き出し．発見した場所を赤い枠で囲む．出力画像名はout.ppm
  - ｇ：マッチングをカラーではなくグレイ画像で行って高速化

※ 実際は後述するshellスクリプトから呼び出すためコマンドを打つことはないかも？

# サンプルコードの対応画像フォーマット



- 対応フォーマット
  - ppm，pgm
    - 非圧縮の画像フォーマット．ppmがカラー，pgmがグレイ．
- 未対応のメジャーなフォーマット
  - jpeg
    - 自然画像用の圧縮フォーマット
  - png
    - 可逆圧縮フォーマット
- 入力画像が，jpeg, pngの場合はimagemagickでppm，pgmに変換してから使うこと

# コンパイラ



- C言語をコンパイルするものはgccだけではない.
  - gcc： GNU Compiler Collection．linux, unixの基本はこれ
  - icc：Intel C++ Compiler，Intel CPU向け．有料.
  - vc：Microsoft VisualStudioのコンパイラ
  - clang：LLVMベースのコンパイラ
- コンパイルした結果のアセンブラは，各コンパイラごとに違う可能性．実行結果はほとんど同じ.
- CSEではgccとiccが使える
  - iccのほうが，プログラムの実行速度が速いことが多い.
  - コンパイル時間はiccのほうが長いことが多い.

# シェルスクリプトプログラミング

# シェルスクリプト



シェルスクリプトとは？

- コマンドを並べて実行するもの
- for，if，変数，関数などがあるため，複雑な制御も可能

# シェルスクリプトサンプル１



- test.shでファイルを作成して以下を記述
- #!/bin/sh　はシェルスクリプトであることを書くもの
- echoはecho以下の引数をプリントする命令
- sh test.sh　で実行可能
- もしくは，”chmod –x test.sh”してから，”./test.sh”

```
#!/bin/sh

echo "Hello, World!"
```

# シェルスクリプトサンプル２



- test.shでファイルを作成して以下を記述
- #以下はコメント（冒頭を除く）
- このシェルスクリプトは，画面をクリアしたあとにlsを実行するスクリプト

```
#!/bin/sh

#画面をクリア
clear
#lsの命令
ls -l -a
```

# 文法（コメント）



- #以降はコメント行となり¥で改行できる

```
#!/bin/sh
# コメント
echo "Hello, ¥
bourne shell world."
exit 0
```

# 文法（変数）



## 値の代入（宣言がいらない）

VAR=value
（＝の前後にスペースを入れないこと！）

## 値の参照

$VAR
${VAR}
参照の仕方の違いは，スペース，スラッシュ，コロン，ハイフンといった記号の文字列内での処理で異なります.

```
#!/bin/sh

COLOR=green
echo "/home/who/$COLOR/here"
echo "/home/who/${COLOR}/here"
echo "This looks $COLORish"
echo "This seems ${COLOR}ish"
exit 0
```

# 特別な変数



引数などを使うことが出来る

- Cの場合は，int main (int argc, char** argcv)

| | |
|---|---|
| $0 | スクリプト名 |
| $1 ～ $9 | 引数１番目から９番目 |
| $* | すべての引数（"$*"とした場合、"$1 $2 ..."のように展開） |
| $@ | すべての引数（ダブルクォートで囲んだ場合の処理が $* と異なり個別に引用される） |
| $# | 引数の数 |

# if



```
if 条件; then
    コマンド
elif 条件; then
    コマンド
else
    コマンド
fi
```

```
#!/bin/sh
#
USER_ID=`/usr/bin/id -u`

if [ $USER_ID -ne 0 ]; then
    echo "You must be super-user to execute $0"
    exit 1
fi

echo "Welcome to $0 script world"

exit 0
```

スーパーユーザー以外は修了するプログラム

# forループ



```
for 変数 in リスト
do
    コマンド
done
```

```
#!/bin/sh

HOST_LIST="h1.example.com h2.example.com h3.example.com"
for HOST in $HOST_LIST
do
    echo "$HOST"
done
```

ホスト数だけループ

# 関数



- 変数は全部グローバル変数になることに注意．ローカル変数という概念はない

```
name()
{
        なにかコマンド
}
```

# バッククオート



- シェルスクリプトの文法中にコマンドを実行する場合，そのコマンドの結果がほしい場合はバッククートで囲む
  - bname=`basename ${image}`
  - echo `basename ${template}`

# リンク



- 初心者向けシェルスクリプトの基本コマンドの紹介
  - https://qiita.com/zayarwinttun/items/0dae4cb66d8f4bd2a337
- 時代はシェルスクリプト
  - https://qiita.com/b4b4r07/items/726df1543fc48d2cb20b

# 並列実行について



- 各命令を並列に実行することで高速化
- 詳しくは以下参照
  - シェルスクリプトで単純に並列実行・直列実行を行う
  - https://qiita.com/nyango/items/7b6b719f248b2ee8d379

# コメント



- シェルスクリプトではなく，perl, pythonなどのスクリプト言語を使っても可.
- できのよいスクリプトも評価.
- シェルスクリプトなどを駆使して，グラフを自動生成するプログラムを作ったり．．．

# 実行マニュアル

# ディレクトリ構成



- /image　テスト用の画像が入っている
- /imgproc　run.sh中のimagemagickの結果保存用
- /result　matchingの結果保存用
- /levelx
  - 　テンプレート画像が入っている
  - /test　テスト画像が入っている
- Makefile　makeファイル
- imageUtil.c　画像処理関数群．編集必要なし
- imageUtil.h　上のヘッダ
- main.c　テンプレートマッチングはここ
- run.sh　実行用シェルスクリプト

# 実行方法



- 以下のURLからコード・実験データをzipでダウンロードして，適当なフォルダ（例えばmyouyou）に展開
  - https://github.com/fukushimalab/advanced_programming
- cd myouyou
  - 適切なディレクトリに移動
- make clean
  - (ゴミがたまってたら)
- make
  - コードをコンパイル
- time sh run.sh level2
  - シェルスクリプトを実行
  - imagemagickの画像処理を途中で挟むときは

# 実行時間の計測



- timeコマンド
  - time “コマンドもしくはシェルスクリプト”
  - 例えば3秒スリープするコマンド

```
$ time sleep 3


real    0m3.008s
user    0m0.000s
sys     0m0.000s
```

  - 読み方
    - real　　プログラムの呼び出しから終了までにかかった実時間（秒）
    - user　　プログラム自体の処理時間（秒）（ユーザCPU時間）
    - sys　　プログラムを処理するために、OSが処理をした時間（秒）（システム時間）

# コンパイルオプション



- 基本
  - gcc –o test test.c
  - （-O0になっているはず？）
- 最適化コンパイル
  - gcc –O0 –o test test.c （最適化なし）
  - gcc –O1 –o test test.c （最適化弱）
  - gcc –O2 –o test test.c （最適化中）
  - gcc –O3 –o test test.c （最適化大）
- その他
  - -lm 数学関数用
  - -w ワーニングをすべて消す
  - -Wallワーニングをすべて出す

# シェルスクリプト



- run.sh
  - 画像処理を行ってからマッチング
  - オプションはpを有効化
  - デフォルトは画像のコピーをする（何もしない）画像処理を実行

# スクリプト実行出力例



- hogehoge@cse:~/hoge> time sh run.sh level7
- ----------./imgproc/level7/1/level7_018.ppm----------
- [Not found] 000ocean_beach_kinzokutanchi 660 389 64 64 0 0.360132
- [Not found] 000kids_chuunibyou_girl 332 246 64 79 0 0.493493
- [Not found] 000airgun_women_syufu 427 414 64 59 00.355795
- [Not found] 000mokuzai_hakobu 105 176 64 64 0 0.446102
- [Found ] 200kids_chuunibyou_girl 260 296 128 158 0 0.123424
- [Not found] 200mokuzai_hakobu 79 343 128 128 0 0.182720
- [Not found] 050kids_chuunibyou_girl 456 453 32 40 0 0.480053
- [Not found]050ocean_beach_kinzokutanchi 587 383 32 32 0 0.401376
- [Not found] 050mokuzai_hakobu 211 249 32 32 0 0.521351
- [Not found] 200ocean_beach_kinzokutanchi 527 317 128 128 0 0.140866
- [Not found] 050airgun_women_syufu 6 376 32 30 0 0.466503
- [Not found] 200airgun_women_syufu 173 224 128 118 0 0.156752
- [Not found] 180ocean_beach_kinzokutanchi 378 325 64 64 180 0.273984
- [Not found] 270kids_chuunibyou_girl 426 351 79 64 270 0.258538

# シェルスクリプト（run.sh）解説 89

```
#!/bin/sh
# imagemagickで何か画像処理をして，/imgprocにかきこみ，テンプレートマッチング
for image in $1/test/*.ppm; do #第1引数/test/のディレクトリ内のすべてのppmファイルに関してループ
    bname=`basename ${image}`
    name="imgproc/"$bname
    x=0     #変数ｘを０に
    convert -median 1 "${image}" "${name}"#Imagemagickで処理して/imgprocに書き出し
    rotation=0 #回転の値をセット．今回は何もしないので０
    echo $bname: #ベースネームを表示
    for template in $1/*.ppm; do #第1引数のディレクトリ内すべてのppmに関してループ
echo `basename ${template}`   #テンプレート画像の名前を表示
if [ $x = 0 ]   #もし変数ｘが０だったら？
then
    #下記コマンドを実行．cpは，出力テキストをクリアして，結果をprint
    #オプションや閾値の変更を試してみること．
    ./matching $name "${template}" rotation 0.5 cp
    x=1   #xに１を代入して，同じ画像ファイルではクリア命令をしないようにする
else
    #最初以外（x=１)はcオプションを使わない
    ./matching $name "${template}" rotation 0.5 p
fi
    done
    echo  “”    #空行を表示
done
```

# Makefile解説



```
matching: main.c imageUtil.c
#gcc -w -O3 -o matching main.c
imageUtil.c -lm
icc -w -fast -o matching main.c
imageUtil.c -lm

clean:
$(RM) matching
```

gccかiccでコンパイル
#はコメントアウト
残りはいろいろなオプションを試した名残
初期値はgccにセットしてある

# 出力結果



- 出力は入力画像名.txt
  - 中身
    - airgun_women_syufu 715 412 64 59 0 0.000000
    - テンプレート名　座標ｘ　座標ｙ　幅　高さ　回転　マッチングスコア
    - マッチングスコアは，SSDをテンプレートサイズで割ったものになっている
- matchingのオプションにｗがついている場合，下図のように発見結果が赤枠で囲まれる．
- 失敗の場合出力
  - その時は変な場所に赤枠が出る．

# 正解判定シェルスクリプト



- sh answer.sh result level1
  - 結果のフォルダ，レベルのフォルダを指定したら判別可能

- 不正解の場合は，
  - echo "[NOT CORRECT]“
  - echo “[NOT CORRECT (NOT MATCH TEMPLATE)]“
    NOT CORRECTの場合は，テンプレートはあってるけど，位置とかの情報があわない場合

# 課題

# 1 週目小課題



- 様々な画像処理を実行せよ.
- image/lena.ppmの画像中のインパルス雑音を消せ.
- 課題のレベル１をクリアせよ

- matchingのコンパイルオプションを変えると実行速度が変わることを確認せよ
- 課題のレベル２をクリアせよ
- 来週以降の分担・計画を立てよ

# 2・3週目演習内容



- レベル7までクリア

# 参考資料

# 参考資料



- テンプレートマッチングの魅力
  - 中京大 橋本先生
  - http://isl.sist.chukyo-u.ac.jp/Archives/SSII2013TS-Hashimoto.pdf

# ヒント１



- 画像に色が変わったり，ノイズが乗ったり，テンプレートの一部が欠損すると，テンプレートとの一致度が必ず０にならなくなる．その場合，以下の対策をとるとうまくいく場合がある．これらをいろいろ変えて複数回実行し，最も良さそうなものを取ればうまくいく可能性があります．
  - ノイズ除去をやってみる
  - 白黒画像でやっている
  - コントラストを変えてやってみる
  - 色空間を変えてやってみる
  - テンプレートの距離関数を変えてみる
  - テンプレートの距離を測る場所にマスクを採用してみる

# ヒント2



- サイズが違ったり，いろんな方向に回転したりしている場合，テンプレートの形をいろいろ変えて挑戦する必要がある．
  - テンプレートをリサイズしたり，回転させたりして複数回実行し，最も良さそうなものを選べばうまくいく可能性があります．
  - 画像をぼかしてやってみると，少し拡大縮小や回転のパラメータがずれた場合でもうまくいく場合があります．
  - 距離関数を変えてみると，上と同じく，少し拡大縮小や回転のパラメータがずれた場合でもうまくいく場合があります．
  - 発展した方法だと特徴点による対応付けや位相限定相関法というアルゴリズムとかもあります．
  - ディープラーニングでもできます．
  - ほかにも多数あります．

# ヒント3

100

- いろんな工夫をすることで計算時間を高速化することができます．ただし，高速化すると探索が荒くなることもあり精度が劣化することもあります．
  - テンプレートを計算する画素を飛び飛びにすることで間引いて計算する．
  - 入力画像を縮小して実行すると，探索範囲，処理範囲が小さくなるため高速に実行できる．
  - カラー画像よりも白黒画像のほうが速く計算できる．
  - バイナリ画像にするとxorとpopcountで何個画素が違っているかを高速に測ることができる．
  - このように荒く検索したら，だいたい正解を見つけてくるが正確な位置になっていない場合がある．この場合は，荒い検索で求まった結果を初期値として，その近くに答えがあると思って，大きな画像で少数の候補だけから探すことで，小さなコストで正確な位置を見つけることができる．
  - 各画像を並列計算すると高速に計算できる.スクリプトを改変するとできる．
  - プログラムを立ち上げること自体に計算コストがかかるため，プログラムを改変して，共通のテンプレート，画像は一括して処理すると速くなる．

# 最後に



もちろん，これ以外にもたくさんあるので各自工夫してみてください.