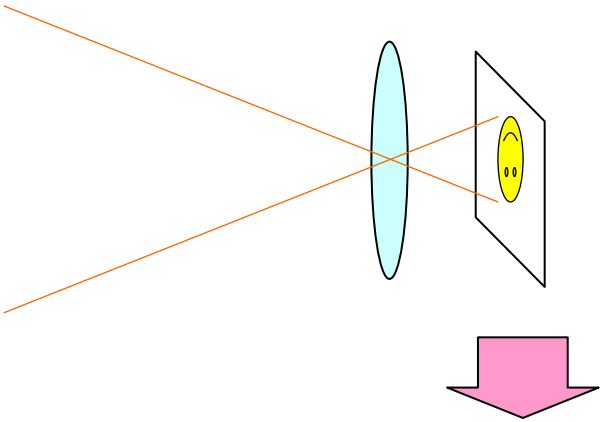
知能制御システム学

画像処理の基礎 (1)
— 基礎概念と OpenCV の導入 —

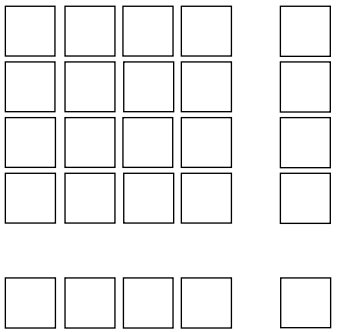
東北大学 大学院情報科学研究科
鏡 慎吾
swk(at)ic.is.tohoku.ac.jp
http://www.ic.is.tohoku.ac.jp/~swk/lecture/
2012.06.12

ディジタル画像



撮像面における入射光
強度のアナログ分布

2次元離散化（「画素」への分割）
量子化（A/D変換）

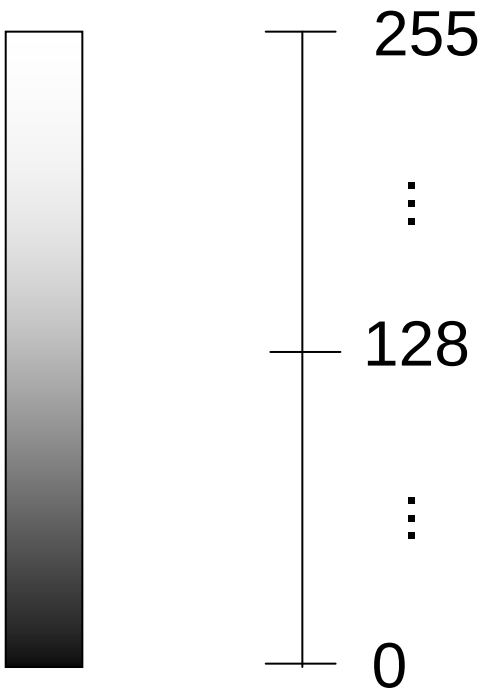


ディジタル画像:

画素の明るさを表す値（画素値）が2次元に並んだもの

画素値

「明るさ」なり「電圧」なりというアナログの量を，ディジタルな数字に量子化する．このようにして得られた値を濃度値，濃淡値，グレイレベル，あるいは単に画素値などと呼ぶ



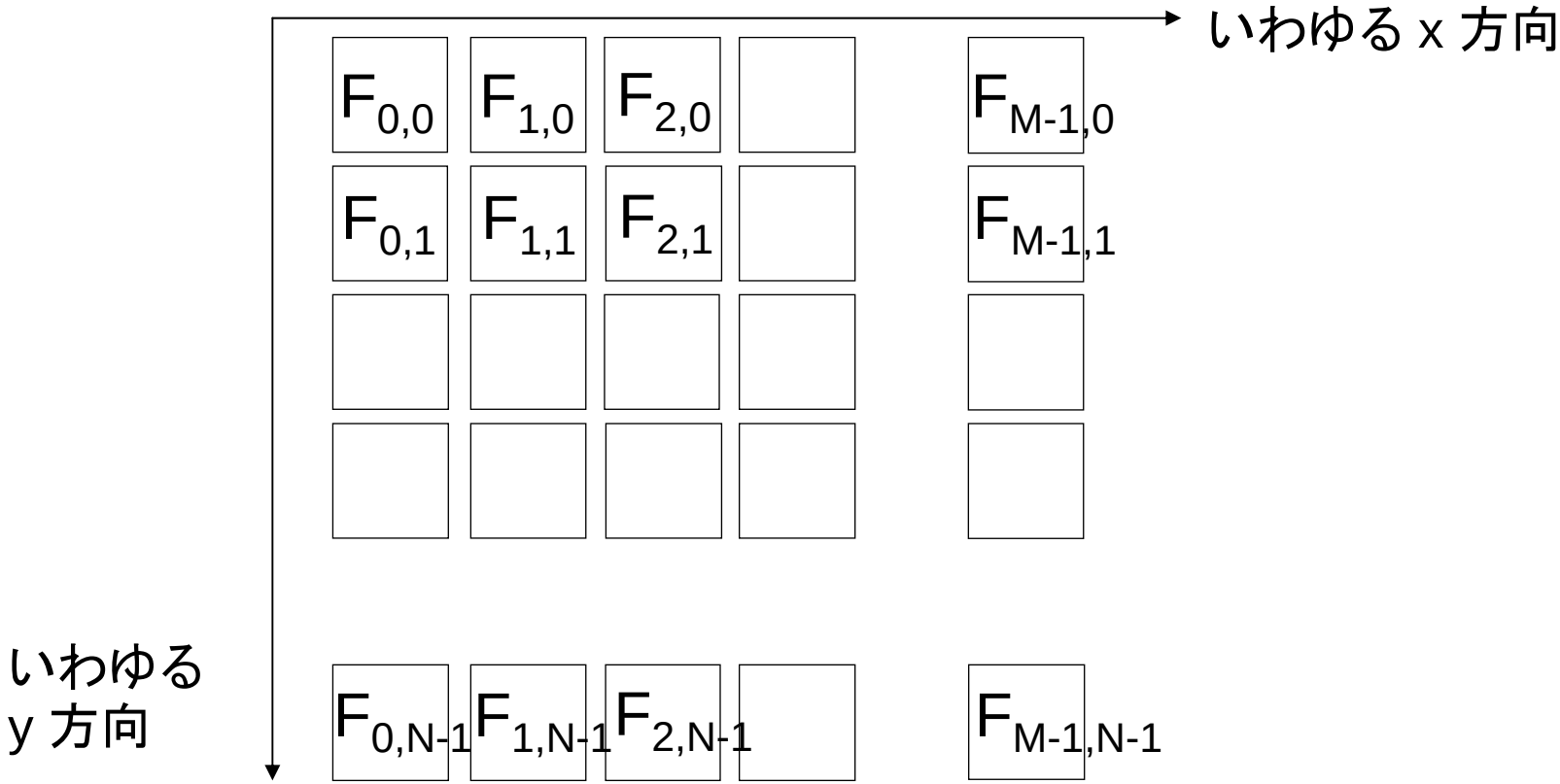
0～255 の 256 階調に一様量子化する例
→ 8ビット多値画像
（8-bit grayscale image）

特に1ビット画像のことを2値画像 (binary image) と呼ぶ

ディジタル画像の表現

M × N 画素のディジタル画像: 画像上の位置 (x,y) における画素値を $F_{x,y}$ で表す

$\{ F_{x,y} \}$, $x = 0, 1, \cdots, M-1$, $y = 0, 1, \cdots, N-1$



Cでの表現

- 8ビットグレイスケール画像であれば，unsigned char 型の配列で表せばよい
- 通常はx方向を優先して走査したいので，x方向に画素が連続して配置されるような構造が望ましい

```
#define M 640
#define N 480

unsigned char image1[N][M];
// (unsigned char の N 要素の配列) の N 要素の配列

unsigned char *image2[N];
// (unsigned char の配列へのポインタ) の N 要素の配列

unsigned char image3[M * N];
// unsigned char の (M * N) 要素の配列
```

- 2次元配列（またはポインタの配列）をそのまま使うと，添え字の順番が慣例と逆になる
- 「配列へのポインタ」の配列にする方が，ランダムアクセスの際のアドレス計算の回数は減らせる（その分，動的確保に手間はかかり，余分な記憶領域が必要）
- むしろ最初から1次元配列にしてしまうことも多い

```
#define M 640
#define N 480
unsigned char image3[M * N];

image3[M * y + x] = 30;
// F(x, y) := 30
```

image1, image3

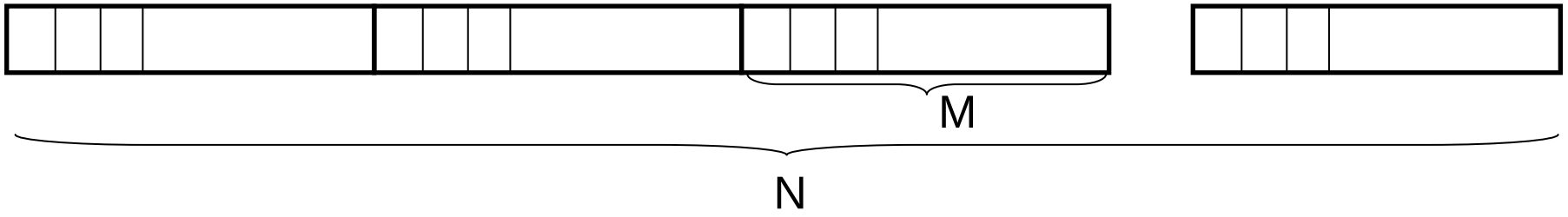
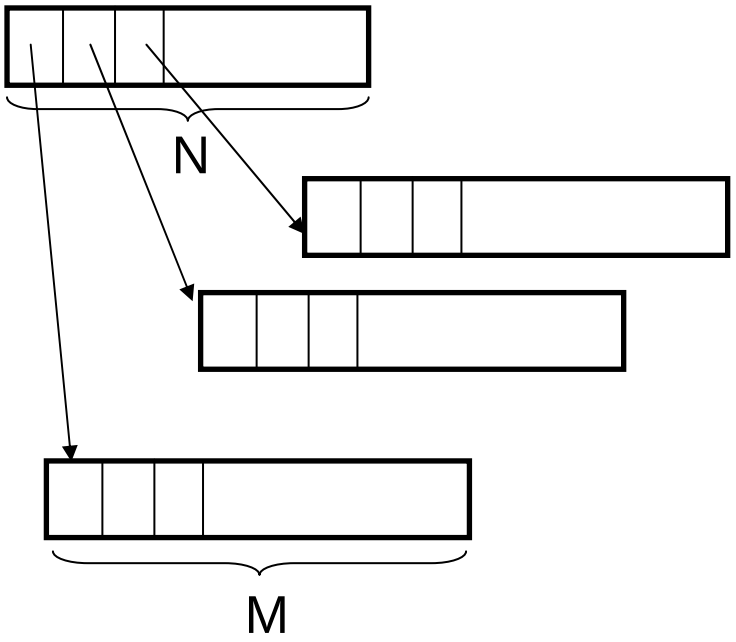


image2



(要 動的確保)

典型的な画像処理

2値化 (binarization, thresholding)

```
#define M 640
#define N 480
unsigned char image[M * N];
int i, j;

for (j = 0; j < N; j++) {
    for (i = 0; i < M; i++) {
        if (image[M * j + i] >= 128) {
            image[M * j + i] = 255;
        } else {
            image[M * j + i] = 0;
        }
    }
}
```

画像処理ライブラリ

このように自前で画像処理を書くことはもちろん可能だが，標準的なライブラリを利用すると（あるいは少なくともデータ構造だけでも標準的なライブラリに合わせておくと），いろいろと便利．
この講義では OpenCV を紹介する．

- 講義で示すプログラム例は，説明用に簡略化されたものであり，そのまま実用に耐えるものではない点に注意すること．
- OpenCVに標準関数として用意されているものを敢えて再実装している場合もある．
- OpenCV 2.x (現行メジャーバージョン) では，C++ インタフェースが採用されている．講義では旧来 (1.x) の C インタフェースを用いる．(つまり古い書き方)

講義で用いる実行環境

- OS: Microsoft Windows 7
- 開発環境.: Microsoft Visual Studio 2008 Professional
- 言語: C (C++)
- ライブラリ: OpenCV 2.3.1
  (現時点での最新バージョンは 2.4.1)

  http://opencv.willowgarage.com/wiki/

OpenCV のインストール

- 詳しくは http://opencv.willowgarage.com/wiki/InstallGuide
- superpack と呼ばれるコンパイル済みのものを使うと楽．バージョンによっては用意されていないので，自前でビルドする必要がある．
  - OpenCV-2.3.1-win-superpack.exe を実行
  - 生成された opencv フォルダを適当な場所に置く (以下，C:¥OpenCV2.3.1 と仮定)
  - DLLファイルのあるフォルダに実行パスを通す:
    - C:¥OpenCV2.3.1¥build¥x86¥vc9¥bin
    - (C:¥OpenCV2.3.1¥build¥common¥x86)
    - (C:¥OpenCV2.3.1¥/build¥common¥tbb¥ia32¥vc9)

      - vc9 = Visual Studio 2008
      - x86 / ia32 = 32 bit 環境

Visual Studio の設定

- 講義では Microsoft Visual Studio Professional 2008 を使用. インストール法などの説明は省略.
  - フリーのバージョン (Visual Studio Express) でも同様の開発は可能だが，一部機能に制限がある.

- パスの設定 (ツール-オプション-プロジェクトおよびソリューション-VC++ディレクトリ)
  - ライブラリ: C:¥OpenCV2.3.1¥build¥x86¥vc9¥lib
  - インクルード: C:¥OpenCV2.3.1¥include

  (64ビット環境では，プラットフォーム Win32 の代わりに x64 を選んで設定する)

新規プロジェクトの作成

- プロジェクトのプロパティで構成プロパティ-リンカ-入力の「追加の依存ファイル」に（とりあえず）以下を追加

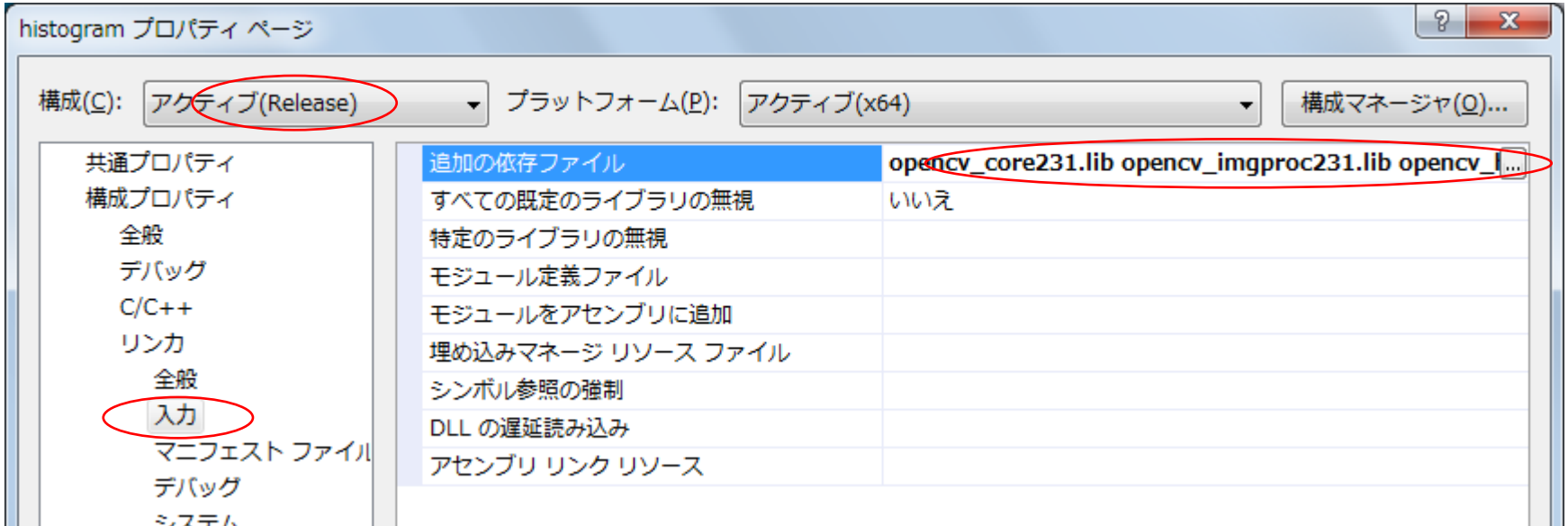
Release構成:

opencv_core231.lib opencv_imgproc231.lib opencv_highgui231.lib

Debug構成:

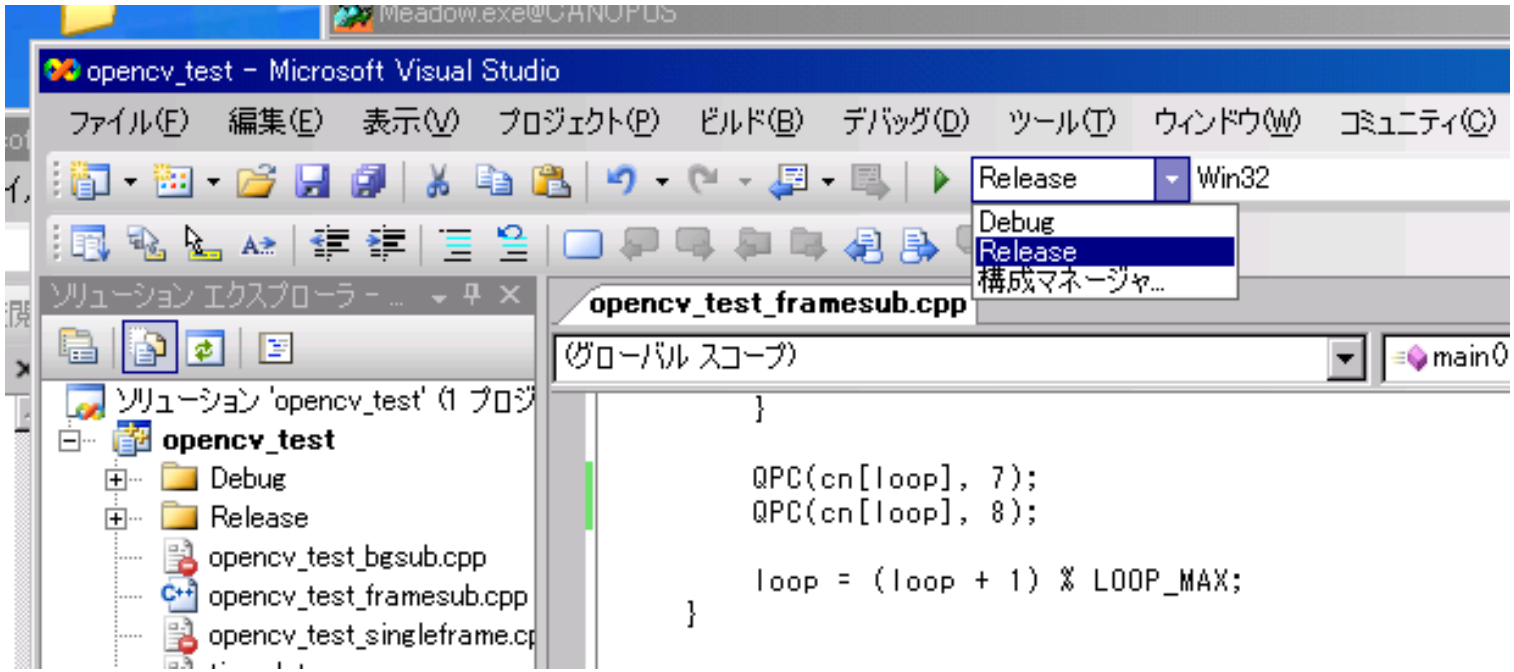
opencv_core231d.lib opencv_imgproc231d.lib opencv_highgui231d.lib

- 64ビット環境ではプラットフォームx64を選ぶ（なければ構成マネージャで作成）



Debug 構成と Release 構成

Debug 構成だと，あまり最適化が効いていないので注意．
性能を測定するときは Release 構成でビルド・実行すること（設定を忘れないように）



典型的な流れ（単一の画像）

```
#include "opencv2/opencv.hpp“

int
main()
{
  // Initialize

  // Load Image

  // Process the Image

  // (Display or output the result)

  // (Finalize)

  return 0;
}
```

sample programs:

- single_image.cpp
- single_image_load.cpp

IplImage Structure

```
typedef struct _IplImage {
    ...
    int nChannels;
    int depth;
    int origin;
    int width;
    int height;
    char *imageData;
    int widthStep;
    ...
}
```

※ OpenCV 2.x では cv::Mat 型の使用に移行しつつある

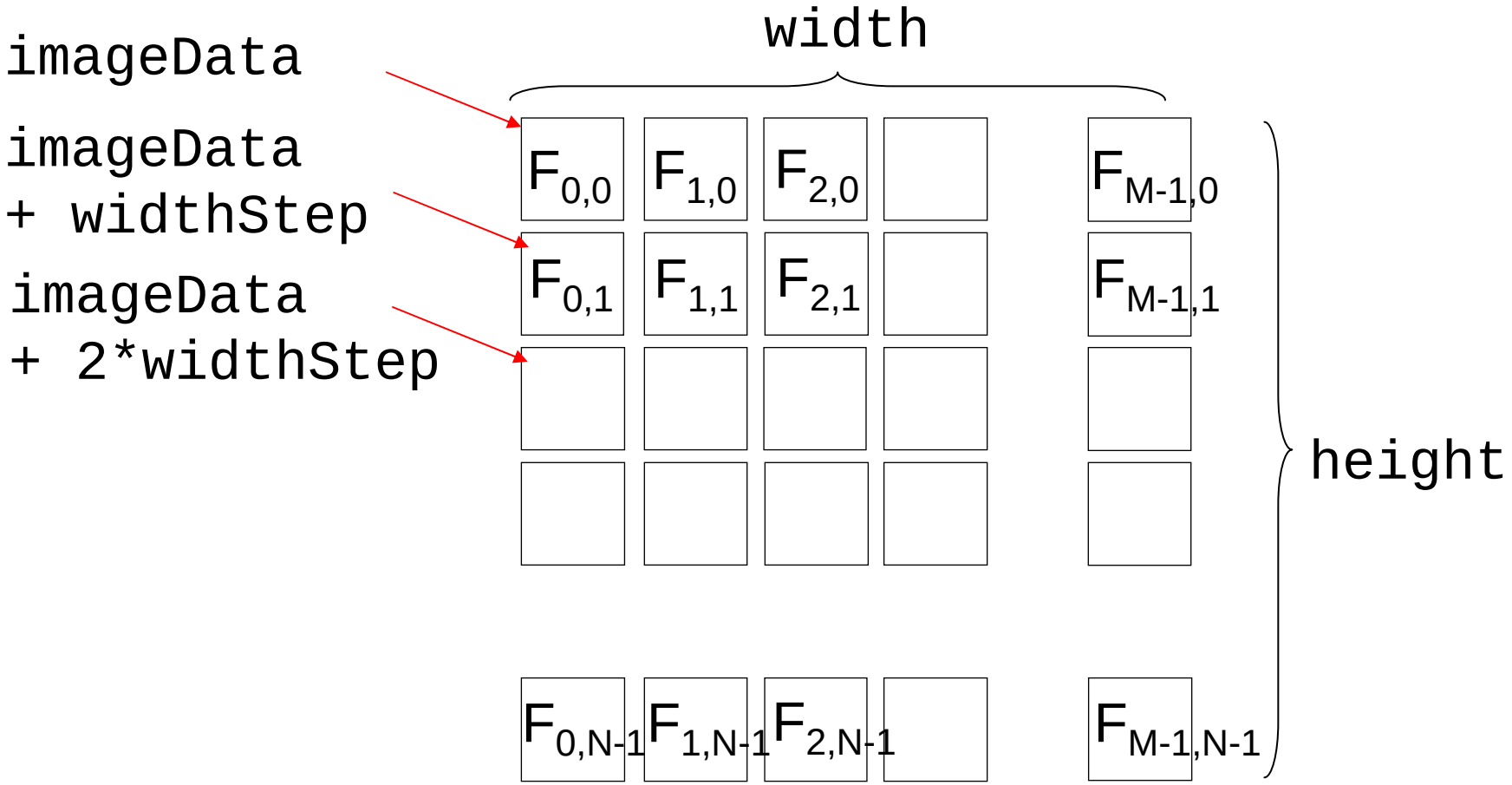
IplImage Structure

```
nChannels
   1: grayscale images
   3: color images

depth
   IPL_DEPTH_8U: 8-bit natural number (i.e. uchar)
   IPL_DEPTH_8S: 8-bit integer (i.e. signed char)
   IPL_DEPTH_16U: 16-bit natural number (i.e. ushort)
   IPL_DEPTH_16S: 16-bit integer (i.e. signed short)
   IPL_DEPTH_16S: 32-bit integer (i.e. signed int)
   IPL_DEPTH_32F: 32-bit real number (i.e. float)
   IPL_DEPTH_64F: 64-bit real number (i.e. double)


origin
   0: origin at top-left
   1: origin at bottom-left (e.g. Windows BMP)
```

imageData（モノクロ画像用）



画像の水平方向が連続に並んだ char 型の配列

画素データへのアクセス

depth = IPL_DEPTH_8U, nChannels = 1 の場合

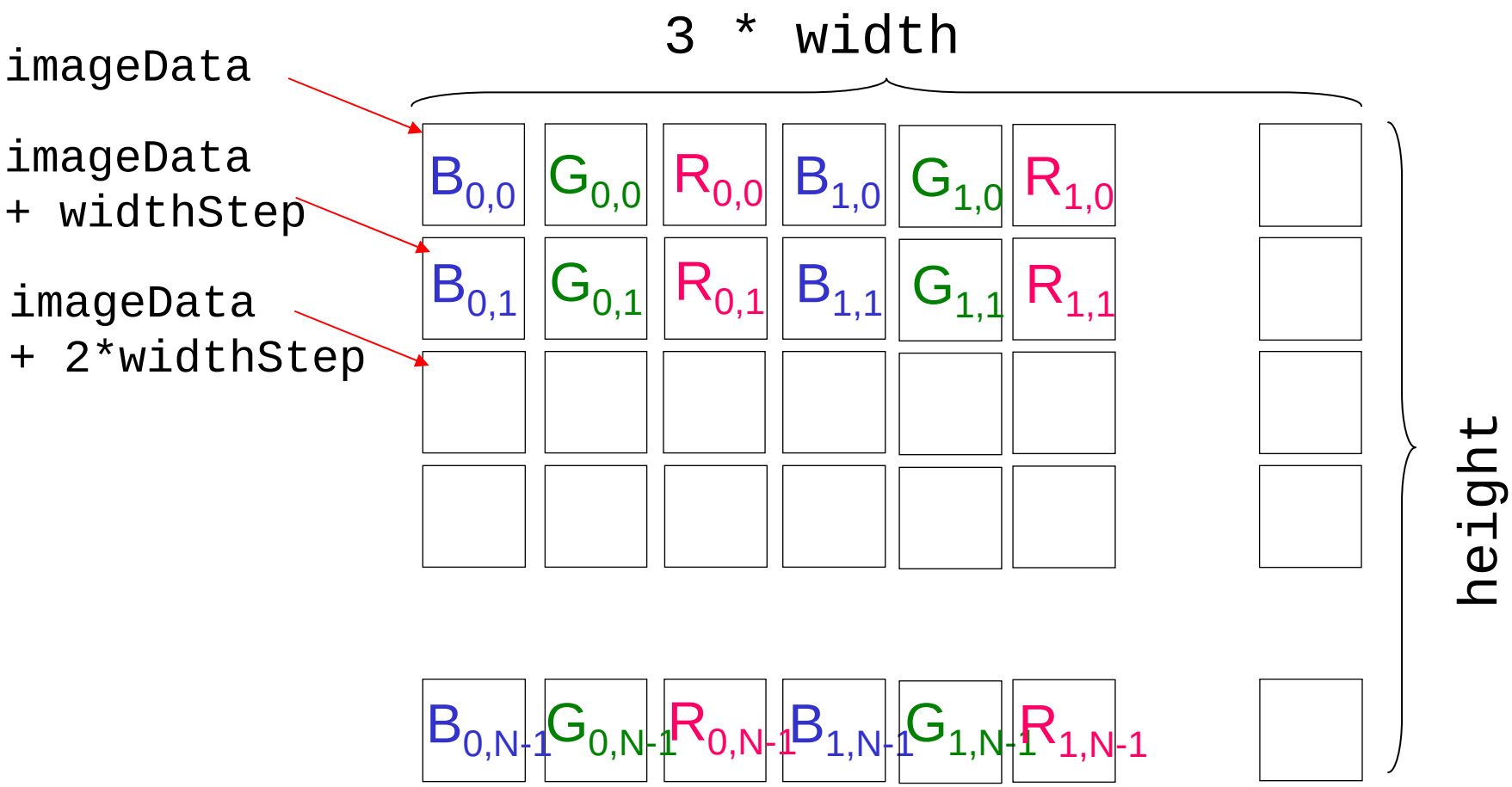
$F_{x,y}$ ~ (*(uchar *)(img->imageData
+ y * img->widthStep
+ x))

```
#define PIXVAL(iplimagep, x, y) ¥
  (*(uchar *)((iplimagep)->imageData ¥
   + (y) * (iplimagep)->widthStep + (x)))

PIXVAL(img, 10, 20) = 30;
x = PIXVAL(img, 128, 150);
```

ただし，このマクロで画素にアクセスすると，シーケンシャルアクセスの場合でも毎回アドレス計算が発生するので，速度面では好ましくない

imageData（RGBカラー画像用）



画素データへのアクセス (多チャンネル)

depth = IPL_DEPTH_8U, nChannels = 3 の場合

$F_{x,y,c}$ ~ (*(uchar *)(img->imageData
+ y * img->widthStep
+ x * img->nChannels + c))

```
#define PIXVALC(iplimagep, x, y, c) ¥
  (*(uchar *)((iplimagep)->imageData ¥
   + (y) * (iplimagep)->widthStep +
   + (x) * (iplimagep)->nChannels)
   + (c))

PIXVALC(img, 10, 20, 0) = 30;
x = PIXVALC(img, 128, 150, 2);
```

典型的な流れ（複数フレーム）

```
int
main()
{
  // Initiallize

  while (1) {

    // capture image from camera

    // Process the Image

    // (Display or output the result)

  }

  // (Finalize)

  return 0;
}
```

USBカメラから画像を得る

```
CvCapture *capture;
IplImage *frame;

capture = cvCaptureFromCAM(0); // 0: the first camera
/* returns NULL if no camera is found */

frame = cvQueryFrame(capture);
/* Note that this image must not be modified, so copy it
   before you modify */
```

sample program :
•framediff.cpp

USBカメラを持っていない人は

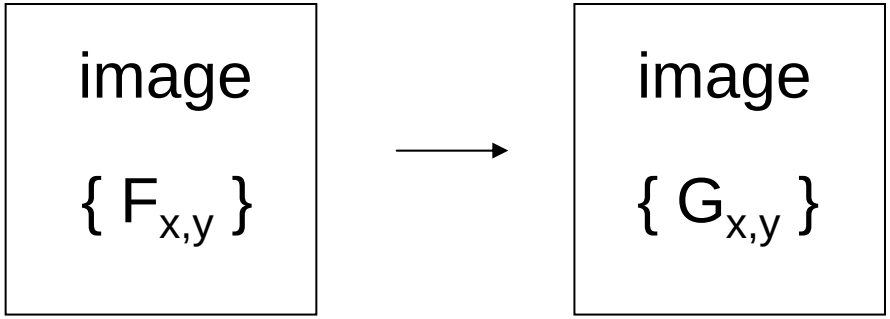
1. デジタルカメラ等で撮った写真を cvLoadImage で読み込めばよい (連続写真を撮っておいて連番のファイル名に格納して，順次読み出せば動画処理ができる)

2. cvCaptureFromCAM の代わりに cvCreateFileCapture を使ってビデオファイル (avi 等) を読み込める

画像処理の分類

input	output	example
image	image (2-D data)	image to image processing Fourier trans., label image
	1-D data	projection, histogram
	scalar values	position, recognition
image sequence	image (2-D data)	motion image processing
	...	

画像から画像への変換



point operation (点処理)

$G_{i,j}$ が $F_{i,j}$ にのみ依存

local operation / neighboring operation (局所処理)

$G_{i,j}$ が $\{F_{i,j}\}$ のうち(i, j)の近傍の画素のみに依存

global operation (大域処理)

$G_{i,j}$ が $\{F_{i,j}\}$ の(ほぼ)すべての画素に依存

点処理の例

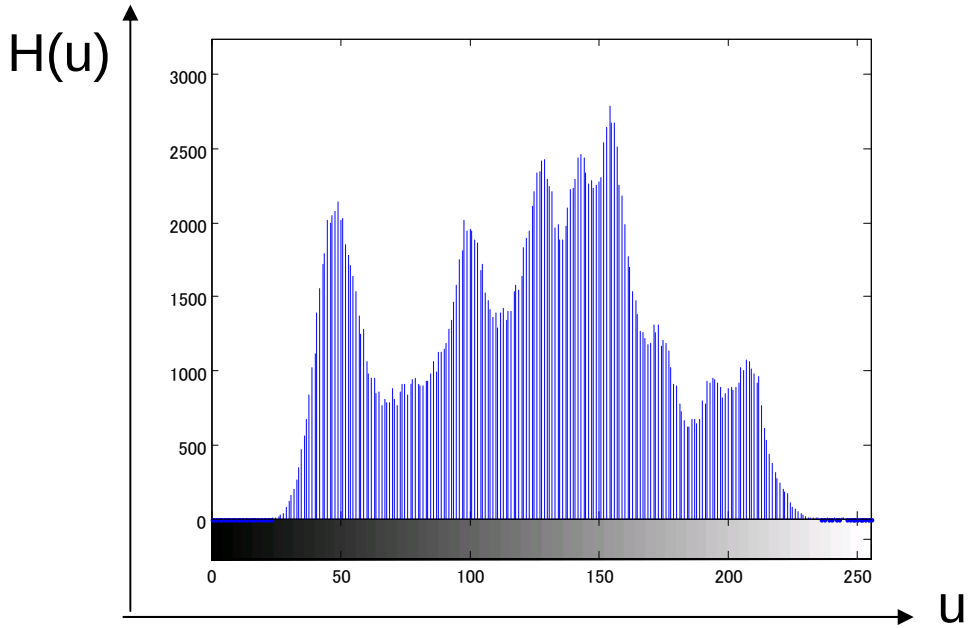
濃度変換，色変換など
- 2値化，色反転，ガンマ変換などが代表的な例

```
for (j = 0; j < img->height; j++) {
    for (i = 0; i < img->width; i++) {
        // PIXVAL(img, i, j) の操作
    }
}
```

sample program:
- binarize.cpp

※ OpenCVで実際にプログラミングする際は
- 2値化を行うには cvThreshold() を使うとよい

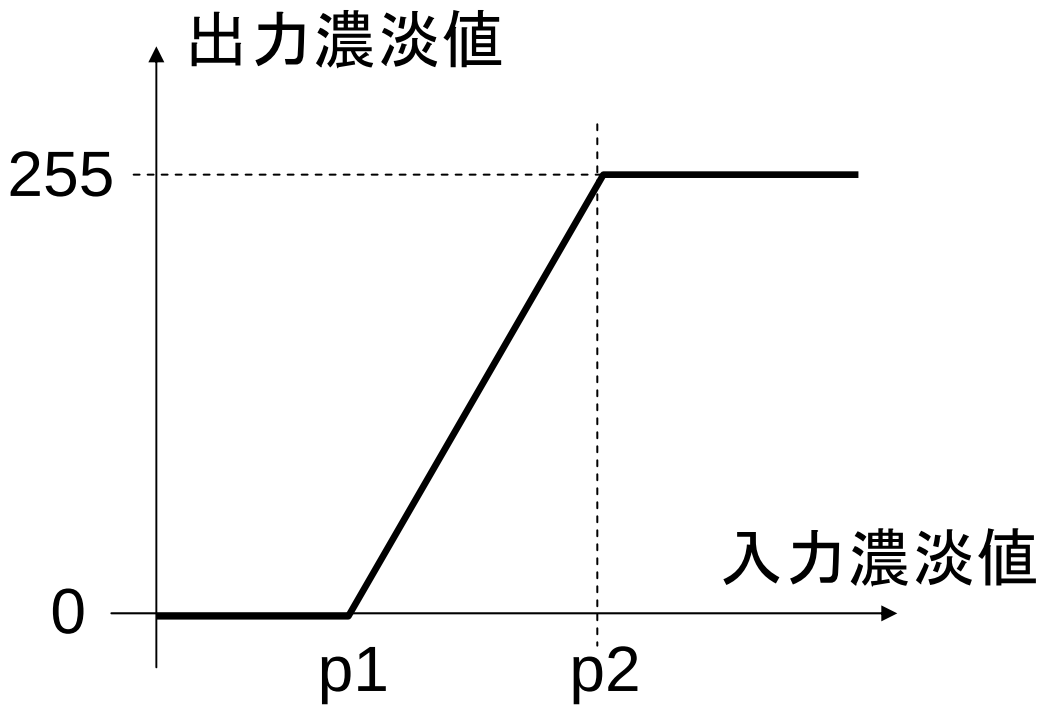
(濃淡値)ヒストグラム



$$\boldsymbol{H} = \{H_u\}_{u=1,2,\cdots,m}, \quad H_u = \sum_{\boldsymbol{x} \in S(u)} 1$$

ただし画素値がビン u に含まれる画素の集合を S(u) と書いた

濃度変換の簡単な例



sample program:
•histogram.cpp

※ OpenCVにはヒストグラムを扱うデータ構造 CvHistogram が用意されているので利用を検討するとよい

References

[1] 田村: コンピュータ画像処理, オーム社, 2002.
[2] ディジタル画像処理編集委員会: ディジタル画像処理, CG-ARTS協会, 2004.
[3] http://opencv.willowgarage.com/
[4] G. Bradski and A. Kaebler: Learning OpenCV, O‘Reilly, 2008. (松田 訳: 詳解OpenCV, 2009)
[5] 奈良先端科学技術大学院大学 OpenCVプログラミングブック制作チーム: OpenCVプログラミングブック 第2版, 毎日コミュニケーションズ, 2009. (OpenCV 2対応版が出版済み)