最終更新　2022.12.20

# デジタル画像の基礎

デジタル画像のしくみ

　デジタル画像は多数の画素（pixel）がタイル状に並んで構成されています。画素は通常は正方形です。

　白黒画像（モノクロ画像）の場合、1画素を1 byte = 8 bitで表します。8 bitで表せる数値は0～255の256（28）段階なので、白黒画像の各画素は256階調の明るさを持ちます。白黒画像のファイルサイズ（単位はバイト）は画素数と一致します。

　カラー画像の場合は、1画素につきRGB（赤緑青）の3色にそれぞれ1 byte割り当てます。RGBの各色を256段階で表すので、1つの画素は256×256×256＝約1700万個（1677万7216）の色を表現することができます。カラー画像のファイルサイズは画素数の3倍です。

　画素数の概数を手計算するとき、SI接頭語であるk（キロ: 103）やM（メガ: 106）を使うと便利です。例えば、横2000ピクセル、縦1000ピクセルの画像の画素数は以下ように計算します。

2000×1000 = 2 k×1 k = 2 M

　数値同士のかけ算は2×1 = 2です。SI接頭語同士の計算はk×k = M (103×103=106) です。このように、数値と接頭語を別々に計算することにより、迅速かつ桁数の誤りなく計算できます。「1 M＝100万」と「1 G＝10億」は暗記しておきましょう。2 Mピクセル=200万画素です。

　デジタルテレビの縦横の比率は16:9であり、画素数は1920×1080ピクセルです。ですから、デジタルテレビの画素数は約200万画素です（正確には1920×1080＝207万3600）。スマホのカメラは4000×3000 = 4 k×3 k = 12 M = 1200万画素程度のものが多いです。

　なお、本単元で扱う大抵の画像は「640×480＝307200≒30万画素」であり、2020年代の現在では低解像度です。これは本単元の初版を作成したのが2002年であり、その頃のデジカメの解像度が640×480だったことに起因します。

（注意）

　コンピューターの世界では、ファイルを表すとき1 KB = 1024 B（Kが大文字であることに注意）, 1 MB = 1024 KB（MBとの区別をつけるためMiBと書くのが正式な書き方）です。ただし、本単元では 1 kB = 1000 B（kが小文字であることに注意）, 1 MB = 1000 kB = 106 Bとします。解答もこの様式に従って書きなさい。

課題1

　次の画像を表すのに何バイト必要か答えなさい。

* 2000×1000ピクセルのモノクロ画像
* 4000×3000ピクセルのカラー画像

## 画像のフォーマット

　デジタル画像データを保存する場合、そのまま保存するなら課題1で示したファイルサイズが必要です（ヘッダなどが付くので課題1でのファイルサイズより若干大きくなります）。通常は、データ圧縮と呼ばれる技術を用いてファイルサイズを小さくします。ここで重要なことは、「画像をデータ圧縮してファイルに保存し、次にそのファイルを開いたとき、元の画像と全く同じになる圧縮方式とそうでない圧縮方式がある」ということです。「ファイルに保存（圧縮）」→「ファイルを開く（復元）」を行ったとき、元の画像と同一の画像が得られる圧縮方式を可逆圧縮、そうでない圧縮方式を非可逆圧縮といいます。非可逆圧縮では画像に含まれていた情報の一部が圧縮の過程で失われます。代表的な画像ファイルのフォーマットとその特徴を表1に示します。

表1　代表的な画像のフォーマット

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 拡張子 | 圧縮 | 特徴 |
| bmp | なし | Windowsが標準として用いている画像形式。ファイルサイズは非常に大きくなる。 |
| jpg,jpeg | 非可逆 | デジカメで撮影した写真画像を保存するときに用いられる。圧縮率が非常に高い。文字や図形を含むイラスト画像には適さない。圧縮率は可変。 |
| png | 可逆 | 可逆圧縮なので劣化がない。図形や文字を含む画像の保存に用いる。背景を透明に設定することができる。 |
| tif,tiff | 可逆(lzw使用時） | 圧縮方式として、無圧縮, lzw, zip, jpegなどが選べる。lzw, zipは可逆、jpgは非可逆である。通常はlzwが用いられる。圧縮率はpngより劣る。商業印刷では画像のカラーモードはRGBではなくCMYKで扱う。tiffはCMYKをサポートしているので印刷業界で用いられる。 |
| gif | 可逆減色 | 使用可能色数が最大256色という制約がある。通常のフルカラー（約1700万色）画像をgifで保存すると減色時に大幅な画質の劣化が発生するため、写真画像の保存には適しない。イラストやWeb用画像に用いる。背景を透明に設定することができる。 |
| heic | 非可逆 | Appleが開発した圧縮方式。jpegに比べるとファイルサイズが1/2程度になる。ただし取り扱うには特許を使用する必要があるため、あまり普及していない。iPhoneのカメラはデフォルトのままだとheicでセーブされる。jpegでセーブするには「設定」→「カメラ」→「フォーマット」を「互換性優先」に設定する。PCに転送するときjpegに変換するには「設定」→「写真」→「MACまたはPCに転送」を「自動」に設定する。 |

　ここで注目したいのは、非常にポピュラーな形式であるjpeg形式が非可逆圧縮であることです。すなわち、一旦圧縮して保存したのち、その画像を開くと元の画像とは異なる画像になります。画像は劣化します。写真画像ではほとんど気になりませんが、文字や図形を含む画像ではこの劣化は大変見苦しい結果となります。

## 画像処理ソフト

　画像処理ソフトとしてはAdobe社のPhotoshopが出版業界の定番ソフトです。Adobe社のPhotoshop（画像処理ソフト）, Illustrator（ドローソフト）, InDesign（組版ソフト）はDTP（Desk Top Publishing）の3種の神器と言われています。

　Photoshopは2015年4月以降、Creative Cloudという形態のライセンスしかありません。このライセンスは「一度購入すると永久に使える」というライセンスではなく、毎年の支払いが発生し、支払いを中断すると、使えなくなってしまいます。

　無料で使える画像処理ソフトとしてGimp（ギンプ）があり、十分な機能を持っています。GimpはPortable版（Gimp Portable）があります。Portable版はGimpが入ったフォルダをUSBメモリにコピーすると、そのUSBメモリを持って行った先でも使えます。アンインストールは不要で、使わなくなったときはフォルダを削除すればよいです。

　本実習ではGimp 2.10を使います。自宅で受講する場合は、自分のパソコンにGimpあるいはGimp Portable をダウンロードし、インストールして下さい。Googleで「Gimp ダウンロード」で検索すると、ダウンロード用サイトが見つかります。Gimp 2.10の使い方は

http://denki.nara-edu.ac.jp/~yabu/kyokyo/gimp2\_10.html

にまとめてあります。GimpのインターフェースはMicrosoftやAdobeの製品と大幅に異なるので、最初は戸惑うと思います。

課題2

　tanuki-tokei.jpgをGimpで読み込んで以下の問いに答えなさい。

1. 画像を構成する縦横のピクセル数は幾つですか。「画像」→「画像の情報」で得られます。

2. 圧縮しない場合、この画像を表すのに何バイト必要ですか。

3. ファイルサイズは何バイトですか。エクスプローラで「ファイルを右クリック」→「プロパティ」で表示させると厳密なバイト数を得ることが出来ます。

サイズ:　　　12.5 KB (12,800 バイト)

 のように書かれているとき、12800 byteが厳密なバイト数です。ディスク上のサイズはその画像をハードディスクに保存するときハードディスク上で占めるサイズです。ハードディスクはクラスタ単位（例えば512バイト）で使用するので、ハードディスク上で占めるサイズはファイルサイズよりも少し大きくなります。

4. ファイルサイズは圧縮しない場合の何パーセントですか。小数第1位を四捨五入して答えなさい。

5. 「ファイル」→「名前を付けてエクスポート」で、jpeg形式で、品質（圧縮率）を変えて保存して下さい。拡張子をjpgとするとjpeg形式で保存します。品質が50, 90, 100の場合について、「ファイルサイズ」と「圧縮しない場合に比べて何%になったか」を答えなさい。

6. bmp, png形式で保存して下さい。それぞれ、「ファイルサイズ」と「圧縮しない場合に比べて何%になったか」を答えなさい。

課題3

　「ファイル」→「新しい画像」で新しい画像を作成して下さい。サイズは「幅、高さ」ともに単位をpixelに設定して300×300 pixelにします。

　「鉛筆で描画」で線幅1の線で落書きをして下さい。色は黒に設定してください。

　時間に余裕があれば「テキスト」で文字（できれば漢字）を入力してください。「ツールオプション」の「なめらかに」のチェックは外して下さい。

　その画像をjpeg形式で保存して下さい。「ファイル」→「エクスポート」でファイル形式をセーブして下さい。品質は50にして下さい。

　「ファイル」→「開く／インポート」で開いて下さい。

　400 %～800 %程度に拡大して下さい。

　画像に劣化が生じており、モスキートノイズが発生しています。「選択」→「すべて選択」で画像を選択した後、「編集」→「コピー」でクリップボードにコピーし、WordかPowerPointに貼り付けなさい。

## トリミング

　画像の一部を取り出す作業をトリミングといいます。ツールボックス中の「切り抜き」をクリックし、取り出したい領域をドラッグし、ダブルクリックでトリミングができます。

## 画像処理とは

　デジタル画像はタイル上に並んだピクセルの集合体であり、各ピクセルはカラー画像の場合RGBそれぞれの色につき0～255のいずれかの値を保持しています。各画素のRGB値を何らかの法則に従って変換するのが画像処理です。本単元では教員として仕事をする上で、頻度が高そうな画像処理の基礎について実習します。

作業を始める前に

　画像に関する作業を行う場合、ディスプレイの明るさやコントラストの設定を適切にしておく必要があります。ディスプレイ調整用の画像cal.pngは256×256の大きさで、(0,0,0)→(255,255,255)、(0,0,0)→(255,0,0)、のように1ピクセル毎に階調が1変化しています。これを200%以上の倍率で表示し、ディスプレイのコントラストとブライトネスを調節して黒は真っ黒、白は真っ白、中間の階調は滑らかに変化して見えるように設定して下さい。

　WordやPowerPointにも簡易な画像処理機能（明るさとコントラストの変更）とトリミング機能は付いているので、簡単な画像処理はWord, PowerPointでも可能です。

## トーンカーブによる補正

　tanuki-tokei.jpgを開いて下さい。画素数は640×480です。「ウィンドウ」→「ドッキング可能なダイアログ」→「ヒストグラム」で各画素の明度の分布が分かります。明度Lは0（暗）～255（明）の値をとり、各ピクセルのRGB値を*R*, *G*, *B*とすると、次式で与えられます

$$L=max⁡(R, G, B)$$

　ヒストグラムは明度0から255までの範囲に広がっているのが適切な分布です。そうでない場合は、そのような分布になるように、各画素のグレーレベルを変換してヒストグラムの適切な形状にすると画像が見やすくなります。

　例えば、下図のようにグレーレベルの変換を行えば、ヒストグラムを適切な形状にすることが出来ます。



図7.1　グレーレベルの変換

　図7.1では直線で補間していますが、図7.2のようにカーブを上向けに少し膨らませると、より明るく鮮明な感じになります。代表的なトーンカーブについては、以下のサイトが詳しくて分かりやすいです。非常に面白いので、読んで下さい。

<https://nipponphoto.net/phototechnique-retouch-tonecurve/>

(現像とレタッチ：よく使うトーンカーブの種類をまとめてみた)



図7.2　上向けに少し膨らませたトーンカーブ

課題4

　この課題は全て「色」→「Curves...」のメニューでトーンカーブの調整で行って下さい。

　トーンカーブウィンドウの「プレビュー」のチェックボックスをon/offすることにより、今行っている操作の効果を確認することが出来ます。

1. dark-tanuki.jpgはフラッシュなしで暗いところに置いた狸の置物です。狸がよく見えるようにトーンカーブを設定しなさい。

2. scan.pngはスキャナで教科書を取りこんだ画像です。紙が薄いため、裏のページが写り込んでいます。写り込みがほとんど見えなくなるように、補正しなさい。

 なお、白黒の文字物をスキャンするときは解像度300 dpiで取り込めば十分な解像度を得ることが出来ます。ただし、このscan.pngはファイルサイズを小さくするため、150 dpi程度の解像度です。

3. tanuki-tokei.jpgは明度が15以下の画素はほとんどありません。明度が15の画素を明度0に変換し、さらにトーンカーブを上向けに少し膨らませて、より鮮明な感じの画像にしなさい。トーンカーブの途中を掴んでドラッグすると、新しい節点が自動生成されます。

4. kiban.jpgは電子回路の基板の裏側の写真です。まず、トリミングをして基盤の部分のみを取り出して下さい。次に、トーンカーブを適切に設定して、基盤の配線部分が鮮明に見えるようにして下さい。図7.2のように少し上に膨らませると鮮明な感じになります。上部の発光ダイオードは見えにくくなっても構いません。

5. room-3mono.jpgはカラー画像ですが、各色の階調がR=G=Bであるため、見かけはモノクロ画像です。RGBそれぞれにトーンカーブを設定することによりセピア調の画像にしなさい。セピア調にするためにはRのトーンカーブを上側に膨らませ、Bのトーンカーブを下側に膨らませます。

　課題の解答は画像処理後の画像ファイルをWordかPowerPointに貼り付け、Teamsにアップロードして下さい。Word, PowerPointには画像を貼り付けるとデフォルトでは解像度が粗くなるという問題がありますが、本実習では解像度が粗くなっても構いません。

注意

　どんな画像処理を行っても、元の画像に含まれている情報以上のものを得ることは出来ません。トーンカーブを設定して見やすい画像にした場合でも調整後の画像に含まれている情報量は、元の画像よりも少なくなっています。ですから、画像処理においてはオリジナル画像を破棄してはいけません。

## 画像の一部を劣化させる

　画像の一部をぼかしたり、モザイクをかけたりすることができます。文字の一部、顔などを隠す場合に用います。ぼかすときは「Filters」→「Blur（ぼかし）」→「Gaussian Blur...」、モザイクをかけるときは「Filter」→「Blur」→「Pixelize...」です。ツールボックスの「矩形領域」あるいは「楕円領域」で、適用したい領域を選んでおきます。

課題5

　ブラウザで奈良教育大学の奈教の教員紹介の薮哲郎のページhttp://www.nara-edu.ac.jp/guide/list/technical/yabu.htmlを開き、ブラウザのウィンドウをalt + Print Screenでクリップボードにコピーしなさい。

　「編集」→「クリップボードから生成」→「画像」でGimpで編集できるようにしなさい。

　「切り抜き」で、職名・氏名～専門分野と顔写真の部分のみを切り出しなさい。以後は100 %～200 %くらいの倍率で表示して作業するとよい。

　写真の顔の部分のみにぼかし (Gaussian Blur) を入れなさい。ぼかしすぎないように、サイズは適切な値に設定しなさい。

　連絡先の電話、fax、e-mailの部分にモザイク（Pixelize）をかけなさい。ぼかしすぎないように、サイズは適切な値に設定しなさい。

## スタンプツール

　スタンプツールによる傷の修復は、画像のある部分を他の場所に移植する作業です。実際に作業して理解しましょう。

課題6

　stamp-test2.pngを対してコピースタンプツールを使い、その働きを確認しなさい。

　「ツールボックスの［スタンプで描画］をクリック」→「ctrlを押しながら左クリックでスタンプ元の場所を指定」→「クリックまたはドラッグすることで転写先を指定」と操作します。

　ブラシはHardness 050を選び、サイズを用途に応じたサイズに設定します。「硬さ」は境界のぼかし具合を設定します。「強さ」は転写元と転写先の画像のミックスの度合いを設定します。強さが大きいほど転写元の割合が大きくなります。

　前回転写した場所との相対位置を維持したいときは、「ツールオプション」タブの一番下にある「Alignment（位置合わせ）」を「揃える」にします。

　densen.jpgにおいて画面を大きく横切っている電線をスタンプツールを使って除去しなさい。

## Microsoft Officeの画像処理機能

　Word, Excel, PowerPointには簡便な画像処理機能が備わっています。

　まず、最初にOfficeで画像を扱うときの注意点があります。「ファイル」→「オプション」→「イメージのサイズと画質」を見て下さい。「ファイル内のイメージを圧縮しない」にチェックを入れると、画像の劣化は全くありません。その代わり、pptxファイルのサイズは、元の画像のサイズと同程度増加します。チェックを入れない場合、画像の解像度は落とされます。商業印刷は通常175 lpiで印刷されます。それにはその2倍の解像度の画像、すなわち350 ppiの画像が必要です。デフォルトでは220 ppiになっているの解像度が不足しています。330 ppi以上に設定して下さい。

　画像をクリックすると「図ツール：書式」というリボンが出現します。「サイズ：トリミング」をクリックし、不要な部分をトリミングした後、もう一度「サイズ：トリミング」をクリックすると、トリミングのモードから抜けます。

　「調整：修正」をクリックすると、明るさとコントラストを変更するウィンドウがオープンします。20 %刻みで明るさとコントラストを選択することができます。1 %刻みで設定したいときは、一番下の「図の修正オプション」をクリックします。

　ここで「明るさ」と「コントラスト」を変更することは、どのようなトーンカーブを設定することになるのか？　を調査しました。以下の方法で調べます。

1. 横のサイズが256 pxで、グレーレベルが左端から右端にかけて0～255まで変化する画像を作成する（C言語でプログラム）。
2. その画像をパワポで読み込み、明るさ、コントラストを変更する。
3. 変更した画像をPhotoShopにコピペしてpng形式でセーブ
4. png形式の画像を読み込んで、水平1ラインの画素のグレーレベルを数値としてファイルに書き出す（C言語でプログラム）
5. Excelでその数値を読み込んでグラフ表示

　その結果が図7.3です。明るさを上げることは、(0, 0)～(x, 255) を結ぶ直線をやや上に膨らませたカーブを設定することを意味します。コントラストを上げることはS字型のカーブを設定することを意味します。明るさとコントラストを上げることは、明るさで設定したカーブをさらにS字型に変形するようなトーンカーブを設定します。想像していたよりも、複雑な処理をしています。



図7.3　Microsoft Officeの画像処理機能