

画像データの構造解説

はじめに

現代において、デジタル画像は私たちの生活のあらゆる側面に浸透しています。ウェブサイトやソーシャルメディアから、医療や科学研究に至るまで、画像データは情報を伝達し、視覚的な記録を提供するための不可欠な手段となっています。この広範な利用を踏まえ、画像データの基本的な構造を理解することは、ウェブ開発者、グラフィックデザイナー、写真家、そしてデジタルイメージングに関わるすべての人々にとって非常に重要です。本報告書では、画像データの構造を詳細に解説し、その基本的な構成要素から、一般的なファイルフォーマット、コンピュータ上での処理、そして効率的な保存と伝送を可能にする圧縮技術までを網羅的に説明します。理解を深めるために、図解を多用してこれらの複雑な概念を視覚的に表現します。

画像データの基本構造

デジタル画像は、いくつかの基本的な要素によって構成されています。これらの要素を理解することは、画像データがどのように表現され、操作されるのかを知る上で不可欠です。

ピクセル: 定義と役割

デジタル画像の最小単位はピクセル(画素)です。画像は、この小さな正方形の要素が格子状に並んだものであり、各ピクセルは特定の色または輝度情報を持っています。コンピュータのメモリ内では、これらのピクセル値が順番に格納されます。通常、左上の角を原点とし、文字が書かれる順序、つまり右横の値が次に来るように格納されます¹。例えば、白黒画像の場合、各ピクセルは白または黒のいずれかの状態を表すため、1ビットの情報で表現できます。これは、1ビットの情報量で1ピクセル、1バイトで8ピクセルのデータを表現できることを意味します²。このように、ピクセルはデジタル画像を構成する基本的な要素であり、その集まりによって画像全体が表現されます。各ピクセルが持つ情報の量(ビット深度)は、表現できる色の数や階調の滑らかさに直接影響を与えます。ビット深度が高いほど、より多くの色や滑らかな色の変化を表現でき、画像の品質が向上します。

解像度: 意味と画質への影響

画像の解像度は、画像に含まれるピクセルの総数を指し、通常は画像の幅と高さのピクセル数の積で表されます(例: 320×240ピクセル²)。解像度が高いほど、画像に含まれるピクセル数が多くなり、より細部まで鮮明に表現できるため、画質が向上します。逆に、解像度が低い画像は、ピクセルが粗く見えるため、詳細な表現が難しくなります。例えば、320×240ピクセルの白黒画像は、76,800個のピクセルで構成されています²。この数値が大きいほど、より多くの情報が画像に含まれていることになり、より高精細な画像となります。解像度は、画像の用途によって適切な値が異なります。ウェブサイトに掲載する画像であれば、ファイルサイズを小さくするために比較的低い解像度が選択されることがありますが、印刷物など高い品質が求められる場合には、より高い解像度が用いられます。解像度は、画像の視覚的な品質に直接影響を与える重要な要素です。

カラーモデル

カラーモデル(またはカラースペース)は、色を数値的に表現するための体系です。デジタル画像では、主にRGBとCMYKの2つのカラーモデルが使用されます。

RGB: 原理と図解

RGB (Red、Green、Blue) は、主にデジタルディスプレイ(コンピュータモニタ、スマートフォン画面など³⁾で使用される加法混色モデルです。このモデルでは、赤、緑、青の3つの原色の光をさまざまな強度で組み合わせることで、幅広い色を表現します。3つの原色が最大の強度で混ざり合うと白になり、すべての原色が最小の強度(またはゼロ)の場合には黒になります。RGBは光の三原色に基づいており、光を加えることで明るさが増し、最終的には白色を作り出すという原理で動作します³。RGBの色域はCMYKよりも広く、より鮮やかで明るい色を表現できます⁴。

CMYK: 原理と図解

CMYK (Cyan、Magenta、Yellow、Black) は、主に印刷物で使用される減法混色モデルです³。このモデルでは、シアン、マゼンタ、イエローのインクをさまざまな割合で混ぜ合わせることで色を表現します。これらのインクは、特定の波長の光を吸収(減算)し、残りの波長が私たちの目に届くことで色が認識されます。理論的には、シアン、マゼンタ、イエローをすべて混ぜ合わせると黒になりますが、実際には純粋な黒を表現するために黒インク(K)が追加されます。RGBと比較して、CMYKは表現できる色域が狭いため、全体的にくすんだ印象になることがあります⁵。

RGBとCMYKの比較

RGBとCMYKは、使用する原色、用途、色の生成方法において大きな違いがあります⁵。RGBは赤、緑、青の光を使用し、デジタルメディアでの表示に適しており、加法混色によって色を生成します。一方、CMYKはシアン、マゼンタ、イエロー、黒のインクを使用し、印刷物に適しており、減法混色によって色を生成します。RGBの色域はCMYKよりも広いため、RGBで表現できる鮮やかな色がCMYKでは再現できないことがあります⁴。そのため、ディスプレイ上で作成した画像をCMYKで印刷すると、色が異なって見えることがあります⁴。制作物の最終的な出力方法を考慮し、適切なカラーモデルを選択することが重要です⁴。

表 1: RGBとCMYKの主な違い

特徴	RGB	CMYK
主な用途	デジタルメディア(ディスプレイ、ウェブなど)	印刷物全般
原色	赤(Red)、緑(Green)、青(Blue)	シアン(Cyan)、マゼンタ(Magenta)、黄(Yellow)、黒(Black)
色の生成	加法混色(光を足すことで明るくなる)	減法混色(インクで光を吸収する)
色域	広い	狭い
黒の表現	光の発光がない状態	黒インクを使用

一般的な使用場面	ウェブサイト、動画、デジタル画像	雑誌、ポスター、パンフレットなどの印刷物
----------	------------------	----------------------

代表的な画像ファイルフォーマットの構造

画像データは、特定のファイルフォーマットに従ってコンピュータに保存されます。これらのフォーマットは、画像データ本体だけでなく、ヘッダー情報やメタデータなど、画像を適切に表示・処理するために必要な情報を含んでいます⁷。代表的な画像ファイルフォーマットとして、JPEG、PNG、GIFがあります。

JPEG

JPEG (Joint Photographic Experts Group) は、静止画像を圧縮して保存するための標準的なファイル形式であり、非可逆圧縮方式を用いることが一般的です⁷。

ファイル構造の概要

JPEGファイルは、先頭にSOI (Start Of Image) マーカー (0xFFD8) があり、末尾にEOI (End Of Image) マーカー (0xFFD9) があります⁷。これらのマーカーの間には、複数のセグメントとイメージデータが存在します⁷。各セグメントは、セグメントの種類を示す2バイトのマーカー (最初の1バイトは必ず0xFF⁸) で始まり、その後にセグメントの長さ (マーカーを除く) が2バイトで示され、最後にそのセグメントが保持する情報が続きます⁸。

主要なセグメント

JPEGファイルには、様々な情報を格納するための多くのセグメントが存在します。主要なセグメントには以下のようなものがあります⁷:

- **SOI (Start Of Image) (FFD8):** JPEGファイルの開始を示すマーカー¹⁰。すべてのJPEGファイルはこのバイナリシーケンスで始まります¹⁰。
- **APPn (Application Segments) (FFEn):** アプリケーション固有の情報を格納するために使用されます。例えば、APP0 (FFEO) はJFIF (JPEG File Interchange Format) データを含み¹⁰、APP1 (FFE1) はExif (Exchangeable Image File Format) データ (撮影日時やGPS情報など¹¹) を含むことがあります。
- **DQT (Define Quantization Table) (FFDB):** 量子化テーブルを定義します。量子化は、見た目をあまり変えずに圧縮率を上げる処理であり、JPEGが非可逆圧縮である理由の一つです⁷。
- **DHT (Define Huffman Table) (FFC4):** ハフマン符号化のためのハフマンテーブルを格納します。ハフマン符号は、データの出現頻度に基づいて符号化を行い、データを圧縮するアルゴリズムです⁷。
- **SOF (Start Of Frame) (FFC0-FFCF):** JPEGファイルの種類や画像の横幅、縦幅など、最も重要なパラメータを記録します。一般的にFFC0とFFC2の2種類が利用されます⁷。
- **SOS (Start Of Scan) (FFDA):** 実際に画像として描画されるイメージデータの先頭にあるセグメントで、圧縮方式などの情報が格納されています。このセグメント以降のデータをデコードすることで、描画に用いるRGB情報を取得できます⁷。
- **EOI (End Of Image) (FFD9):** JPEGファイルの終端を示すマーカー⁷。

データ格納の仕組み

JPEGファイルでは、画像は通常、RGBデータからYCbCr色空間に変換され、クロマサブサンプリングによって色情報が削減されることがあります。その後、画像は8x8ピクセルのブロックに分割され⁷、各ブロックに対して離散コサイン変換(DCT)が適用されます⁷。DCTによって得られた周波数成分は、量子化テーブルに基づいて量子化され、ここで多くの情報が失われます(非可逆圧縮)。量子化されたデータは、ジグザグスキャンによって一次元の順序に並べ替えられ、最後にハフマン符号化などのエントロピー符号化によってさらに圧縮されます⁷。

PNG

PNG(Portable Network Graphics)は、ラスターグラフィックス形式であり、可逆圧縮をサポートしています⁷。GIFの特許問題に対する代替として開発されました。

ファイル構造の概要

PNGファイルは、8バイトの固定のシグネチャ(PNGファイルであることを示す⁷)で始まり、その後一つ以上のチャンクと呼ばれるデータブロックが続きます⁷。ファイルはIENDチャンクで終わります⁷。各チャンクは、長さ(4バイト)、チャンクタイプ(4バイトのASCII文字列)、チャンクデータ(0バイト以上)、CRC(巡回冗長検査、4バイトのエラー検出情報)で構成されています⁷。

主要なチャンク

PNGファイルには、必須チャンクと任意チャンクがあります⁷。

- **IHDR (Image Header):** PNGファイルの最初のチャンクであり、画像の幅、高さ、ビット深度、カラータイプ、圧縮方式、フィルタ方式、インターレース方式など、画像に関する基本的な情報が格納されています⁷。
- **IDAT (Image Data):** 実際の画像データが格納されているチャンクです。PNGファイルには複数のIDATチャンクが存在することができ、画像データはzlib/Deflateアルゴリズムによって可逆圧縮されています⁷。
- **IEND (Image End):** PNGファイルの終端を示す必須チャンクです。データ部分は空で、長さは常に0です⁷。
- **その他チャンク:** PNGは、メタデータ(テキスト情報、作成者情報など)、ガンマ補正情報、色空間情報、透明度情報など、さまざまなオプションのチャンクをサポートしています¹⁴。例えば、Adam7インターレース方式¹⁵を使用するためのチャンクなどがあります。チャンクタイプの大文字・小文字は、そのチャンクが必須か任意か、公開されているかプライベートかを示します¹⁴。

データ格納の仕組み

PNGファイルでは、画像データはまずフィルタリングされ、その後zlib/Deflateアルゴリズムによって可逆圧縮されます⁷。フィルタリングは、隣接するピクセルの値に基づいて現在のピクセルの値を予測することで、圧縮率を向上させるために行われます。圧縮された画像データは、一つまたは複数のIDATチャンクに格納されます。PNGは可逆圧縮であるため、圧縮・解凍の過程で画質の劣化は起こりません。ピクセル値は、通常、左から右、上から下の順に格納されます¹。

GIF

GIF (Graphics Interchange Format) は、ビットマップ画像フォーマットであり、シンプルなアニメーションや透過処理をサポートしています⁷。LZW (Lempel-Ziv-Welch) という可逆圧縮アルゴリズムを使用し、最大256色のカラーパレットを持つという特徴があります⁷。

ファイル構造の概要

GIFファイルは、ファイルヘッダ、一つ以上のブロック(画像ブロックまたは拡張ブロック)、そしてトレーラーで構成されています⁷。アニメーションGIFの場合、複数の画像ブロックが存在し、それぞれに表示制御情報を持つグラフィック制御拡張ブロックが先行します。

主要なブロック

GIFファイルには、以下のような主要なブロックがあります⁷:

- **ファイルヘッダ (Header):** GIFフォーマットのバージョン(例: GIF87a、GIF89a¹⁶)、画像の論理的な幅と高さ、グローバルカラーテーブルに関する情報などが格納されています。
- **論理画面記述子 (Logical Screen Descriptor):** 画像のサイズや背景色、グローバルカラーテーブルの有無とサイズなどの情報が含まれます。
- **グローバルカラーテーブル (Global Color Table):** 画像全体で使用される色のパレットです。最大256色まで定義できます。
- **グラフィック制御拡張 (Graphic Control Extension):** 後続の画像ブロックの表示方法を制御する情報(アニメーションの遅延時間、透過色の指定など)が含まれます⁷。
- **画像ブロック (Image Block):** 実際の画像データが格納されています。描画開始位置、画像の幅と高さ、ローカルカラーテーブルの有無、圧縮データなどが含まれます⁷。
- **ローカルカラーテーブル (Local Color Table):** 画像ブロックごとに定義できるオプションのカラーパレットです¹⁸。グローバルカラーテーブルよりも優先されます。
- **アプリケーション拡張 (Application Extension):** アプリケーション固有の情報(例: アニメーションGIFのループ回数⁷)を格納するために使用されます。Netscape Application Extensionは、ループ回数を指定するのに一般的に使用されます¹⁶。
- **コメント拡張 (Comment Extension):** 画像に関するコメントなどのテキスト情報を格納できます。
- **プレーンテキスト拡張 (Plain Text Extension):** 画像上にテキストを表示するための情報が含まれます。
- **トレーラー (Trailer):** ファイルの終端を示す固定値(0x3B¹⁶)です。

データ格納の仕組み

GIFファイルでは、画像データはLZWアルゴリズムによって可逆圧縮されます¹⁶。画像は、ヘッダで定義されたグローバルカラーテーブル、または画像ブロックごとに定義できるローカルカラーテーブルを参照して表示されます。各ピクセルは、カラーテーブル内のインデックス値を持ちます。GIFは、インターレースという表示方式をサポートしており、画像を段階的に表示することで、ダウンロード中に大まかな内容を早期に把握できるようにすることができます¹⁶。

画像データのコンピュータ上での処理

コンピュータ上で画像データは、表示や編集など、さまざまな目的で処理されます。

表示の仕組み

コンピュータに保存された画像ファイルを表示するためには、まずファイルから画像データを読み込み、解凍する必要があります。オペレーティングシステムや画像ビューアアプリケーションは、ファイルフォーマットに基づいてデータを解釈し、ピクセル情報を生成します。生成されたピクセルデータは、グラフィックカード(GPU)のビデオメモリ(VRAM)に転送されます¹⁹。VRAMは、画面に表示するピクセルデータを一時的に格納する場所です。CPUからVRAMにRGBデータが書き込まれ¹⁹、ディスプレイコントローラはVRAMからこのRGBデータを1ピクセルずつ読み出し、モニタに信号を送って対応するピクセルを適切な色で点灯させます¹⁹。画像は、通常、ラスタースキャンと呼ばれる方法で、上から下へ一行ずつ順番に描画されます²⁰。画像は、ピクセル値の行列として考えることができ²¹、表示プロセスでは、この行列の各要素(ピクセル値)が画面上の対応する位置にレンダリングされます。

編集の仕組み

画像編集は、画像データのピクセル値を操作することによって行われます。画像編集ソフトウェア(例: Photoshop、GIMP)は、ユーザーがさまざまなツールや機能を使用して画像を変更できるようにします。基本的な編集操作には、明るさやコントラストの調整、色の変更、リサイズ、トリミングなどがあります。これらの操作は、実際にはピクセル値に対する数学的な演算として実行されます²¹。例えば、画像の明るさを上げるには、すべてのピクセルのRGB値に一定の値を加算します。ノイズ除去²²やエッジ検出²³などのより高度な処理も、特定のアルゴリズムに基づいてピクセル値を変更することで実現されます。画像編集のワークフローは、一般的に、画像の読み込み、編集操作の適用、そして編集結果の保存という手順で構成されます。ソフトウェアによっては、編集履歴を保持し、元に戻す機能を提供しているものもあります。画像編集は、単に見た目を変更するだけでなく、画像の情報を強調したり、不要な部分を修正したり、特定の効果を追加したりするために行われます。

画像データの圧縮技術

画像データのファイルサイズを小さくするために、圧縮技術が用いられます。圧縮技術は、可逆圧縮と非可逆圧縮の2つの主要なカテゴリに分類されます²⁴。

可逆圧縮: 仕組みと例

可逆圧縮は、元のデータを完全に復元できる圧縮方式です²⁴。圧縮されたデータを解凍すると、元のデータと全く同じデータが得られます。この方式は、データの冗長性(同じパターンや繰り返し)を見つけて、より効率的な表現に置き換えることでファイルサイズを削減します。画像ファイルフォーマットでは、PNG⁷やGIF⁷が可逆圧縮を使用しています。PNGではzlib/Deflate⁷、GIFではLZW¹⁶というアルゴリズムが用いられます。可逆圧縮は、画質の劣化が許されない場合に適しており、医療画像や重要な文書のアーカイブなどに利用されます。

非可逆圧縮: 仕組みと例

非可逆圧縮は、ファイルサイズを大幅に削減するために、元のデータの一部を永久に削除する圧縮方式です²⁴。削除されるデータは、人間の目には認識しにくい情報であることが多いため、圧縮後の画質の劣化は比較的小さいと感じられるように工夫されています²⁵。JPEG⁷は、非可逆圧縮を用いる代表的な画像ファイルフォーマットです。JPEGの圧縮では、離散コサイン変換(DCT)⁷、量子化(ここでデータが失われる⁷)、そしてハフマン符号化などの手順が用いられます。非可逆圧縮は、ファイルサイズを小さくすることを優先する場合に適しており、ウェブサイトに掲載する写真など、多少の画質劣化が許容される用途で広く利用されています。

まとめ

本報告書では、画像データの基本的な構造から、代表的なファイルフォーマットの内部構造、コンピュータ上での処理、そして圧縮技術に至るまでを解説しました。画像データは、ピクセルという最小単位の集まりであり、解像度によってその詳細度が決まります。色はRGBやCMYKなどのカラーモデルによって数値化され、JPEG、PNG、GIFといったファイルフォーマットは、それぞれ異なる構造と圧縮方式を持っています。コンピュータ上での画像処理は、ピクセルデータの読み書きと操作によって行われ、効率的な保存と伝送のためには可逆圧縮や非可逆圧縮といった技術が用いられます。これらの基本的な概念を理解することは、デジタル画像を扱う上で非常に重要であり、様々な分野での応用につながります。今後も、画像処理技術は進化を続け、より効率的で高品質な画像データの取り扱いが実現されることが期待されます。

引用文献

1. vislab.jp, 3月 26, 2025にアクセス、<https://vislab.jp/hiura/lec/iip/image.pdf>
2. 画像のデータはどの様に保存されているの?, 3月 26, 2025にアクセス、<https://apec.aichi-c.ed.jp/kyouka/jouho/contents/2018/jissyuu/043/gazou.files/fileformat.htm>
3. 【今さら聞けない】CMYKとRGBの違い | 特殊印刷・特殊加工が得意な東京都北区の印刷会社「新晃社」, 3月 26, 2025にアクセス、https://www.shinkohsha.co.jp/blog/cmyk_rgb/
4. 印刷会社が解説！RGBとCMYKの違い | わかりやすいシミュレーター付き, 3月 26, 2025にアクセス、<https://www.popri.co.jp/know-how/rgb-vs-cmyk/>
5. RGBとCMYKについて - ミュキ印刷, 3月 26, 2025にアクセス、https://mimj.jp/rgb_cmyk/
6. RGBとCMYKとは?カラーモードについて解説 - 印刷のWAVE, 3月 26, 2025にアクセス、<https://www.wave-inc.co.jp/data/basic/color.html>
7. プログラマなら知っておきたい画像ファイルの知識 - Qiita, 3月 26, 2025にアクセス、<https://qiita.com/ymiya14/items/17159773cf3bb54d2179>
8. JPEG画像の中をちょっとだけのぞいてみる #画像 - Qiita, 3月 26, 2025にアクセス、<https://qiita.com/kazuaki0213/items/d3e71fe203b4f1d19abc>
9. JPEGって中身どうなってるの? #画像 - Qiita, 3月 26, 2025にアクセス、<https://qiita.com/hrichii/items/eba9b6608fe6133bea8b>
10. JPG形式のバイナリデータ構造と解析方法【初心者向けガイド】 | AI ..., 3月 26, 2025にアクセス、<http://recov.blog63.fc2.com/blog-entry-499.html>
11. 【備忘録】jpegファイルのフォーマット - 滝澤家信のメモ - ライブドアブログ, 3月 26, 2025

- にアクセス、<https://takizawa544-ienobu.blog.jp/archives/50911462.html>
12. デジタルスチルカメラ用 画像ファイルフォーマット規格 Exif 2.3 - Camera & Imaging Products Association, 3月 26, 2025にアクセス、
https://www.cipa.jp/std/documents/j/DC-008-2012_J_C.pdf
 13. PNGファイル爆発しろ！ - Zenn, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://zenn.dev/yohhoy/articles/exploding-pngfile>
 14. Portable Network Graphics - Wikipedia, 3月 26, 2025にアクセス、
https://ja.wikipedia.org/wiki/Portable_Network_Graphics
 15. PNGを読む #Go - Qiita, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://qiita.com/kouheiszki/items/17485ccb902e8190923b>
 16. とほほのGIFフォーマット入門 - とほほのWWW入門, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.tohoho-web.com/wwwgif.htm>
 17. 【GIFとは？】読み方や人気の理由・GIF画像の作り方をご紹介！ | Webmedia - manaable, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.itra.co.jp/webmedia/what-is-gif.html>
 18. GIF ファイルフォーマット, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.setsuki.com/hsp/ext/gif.htm>
 19. 1605 ディスプレイへの表示のしくみ, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.sugilab.net/jk/joho-kiki/1605/index.html>
 20. インターレース方式とプログレッシブ方式 | みるみるコラム | TOA株式会社, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.toa.co.jp/miru2/column/column6.htm>
 21. 画像処理のしくみ - Aoki Laboratory - Tohoku University, 3月 26, 2025にアクセス、
https://www.aoki.ecei.tohoku.ac.jp/oc2020/image_processing/
 22. 【図解】AI画像処理の仕組み、ディープラーニング画像認識 - 株式会社FAプロダクツ JSS事業部, 3月 26, 2025にアクセス、
https://jss1.jp/column/column_86/
 23. 【図解】画像処理の6つの種類をご紹介。画像処理メーカー7社厳選 - 株式会社FAプロダクツJSS事業部 | 関東最大級のロボットSler, 3月 26, 2025にアクセス、
https://jss1.jp/column/column_78/
 24. 【ビデオ圧縮形式の基本】MJPEGなど3形式を基礎から紹介 - ケイエルバイ, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.klv.co.jp/corner/what-video-compression-format.html>
 25. 情報の圧縮・伸張 - ITの基礎知識 | ITパスポート・基本情報, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://basics.k-labo.work/2017/10/27/%E6%83%85%E5%A0%B1%E3%81%AE%E5%9C%A7%E7%B8%AE%E3%83%BB%E4%BC%B8%E5%BC%B5/>
 26. 今更だけど、データ圧縮についてまとめてみたい | 株式会社PLAN-B, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://www.plan-b.co.jp/blog/tech/10282/>
 27. 情報圧縮, 3月 26, 2025にアクセス、
https://www.mnc.toho-u.ac.jp/v-lab/yobology/information_compression/information_compression.htm
 28. 画像圧縮のいろは【非圧縮,可逆圧縮,非可逆圧縮とは？】シンプルに解説 - ブリーズグループ, 3月 26, 2025にアクセス、
<https://breezegroup.co.jp/202005/image-compression/>