

■目次 (ほげが今回の範囲)

第1部 0と1だけでどうやって計算するの?

第2部 コンピュータの気持ち

第3部 情報をどのように表現するか

⇒ ★7 情報をどのように表現するか

第4部 コンピュータシステム

★8 情報の転送と圧縮

第3部ではこれまで、様々な情報をコンピュータで扱えるデジタル情報に変換する方法と、デジタル情報のデータ量を求める方法を学んできた。今回はまずはじめに、前回の音響信号の例に続いて画像の例を考察する。その後は、デジタル情報を記憶しておいたり移動(転送)させたりすることに関わる問題として、情報の転送速度および情報の圧縮について学ぶ。

★7 情報をどのように表現するか (承前)

★7.7 画像の例

画像とは、人間が視覚系を通じて受け取れるように加工した情報のことである。時間変化に注目して画像を分類すると、時間にともなって変化する**動画像**(映像ともいう)と、時間変化のない**静止画像**に分けられる。色に注目すると、色味のある**カラー画像**と色味がなく明るさ変化のみの**グレースケール画像**(☆2)に分けられる。また、画像の「形」(☆1)に注目すると、2次元平面状のものや3次元立体状のもの等に分けられる。以下では、主として2次元の静止画像を考える。

2次元の静止画像は、2次元の変数で平面上の位置を表し、その位置の明るさや色を表す数量を値にもつ情報と考えられる。コンピュータで扱えるように加工された**デジタル画像**では、縦横一定間隔の格子点上の明るさや色を整数値で表すことが多い(☆3)。このとき、明るさや色を表す個々の点を**画素**といい、その値を**画素値**という(☆4)。グレースケール画像の場合、画素値は1つの数であり、カラー画像の場合、色を表す複数の数の組である。色を数量で表すには様々な方法があるが、典型的なのは、赤(Red)、緑(Green)、青(Blue)3つの色の強さで表す方法である。

図1に、グレースケール画像の例を示す。この画像は横640画素、縦480画素から成り、画素値は8ビットで表されている。したがって、量子化段階数は256である。デジタル画像の場合、量子化段階数を**階調数**と呼ぶこともある。図2は、同じ画像の階調数を減らしたものである。また、図3に、カラー画像の例と、その階調数を減らしたものを示す。

☆1) 画像に写っているものの形ではなく、画像を作っている媒体の形である。

☆2) モノクローム画像ともいう。いわゆる白黒画像のこと。「白黒」だと明るさが白と黒の2段階しかないと誤解しやすいので、避けている。

☆3) 離散的な位置の明るさや色を観測することが標準化に、明るさや色を整数で表すことが量子化に相当する。

☆4) **ピクセル** (pixel) および**ピクセル値**ともいう。

Q1. 図1の画像のデータ量をKiBの単位で求めなさい。

Q2. 縦512画素×横512画素の静止画像がある。この画像の1画素はR,G,Bの3つの数で表され、各色は256段階の値をとる。この画像のデータ量をKiBの単位で求めなさい。

Q3. Q.2 の大きさの静止画像を $\frac{1}{30}$ 秒ごとに切り替える（つまり1秒分が静止画像30枚からできている）動画がある。この動画60秒分のデータ量を MiB の単位で求めなさい。

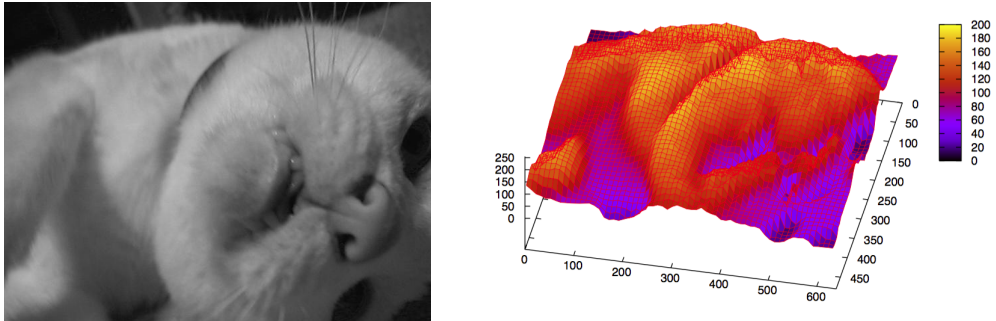
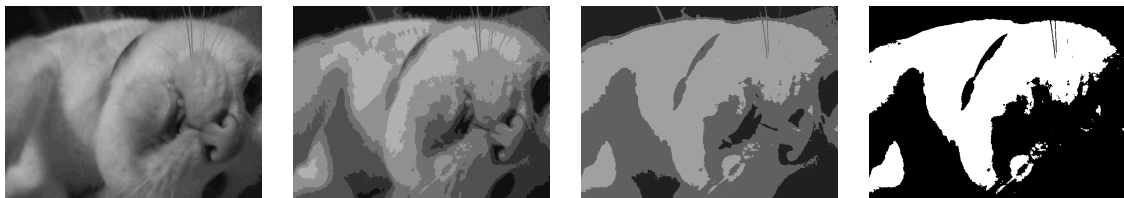
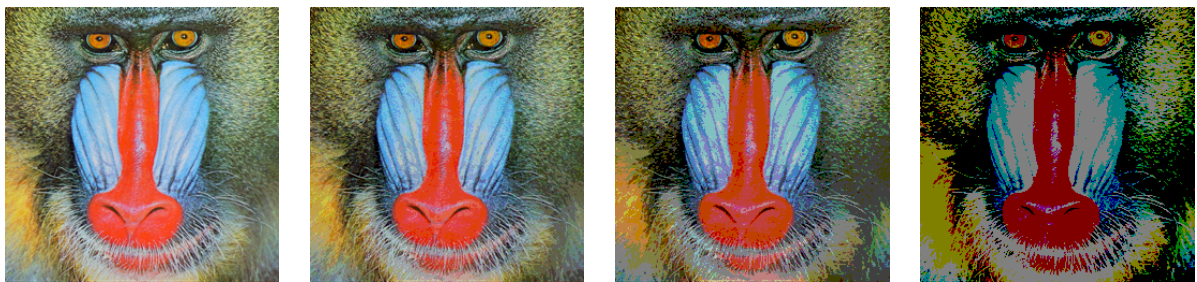


図1: グレースケール画像の例（左）と、その画素値を高さで表した図（右）。
この画像は 640×480 個の画素から成り、1つの画素の値は8ビットで表されている。



32 階調 8 階調 4 階調 2 階調

図2: 図1の画像の階調数を減らしたもの。例えば32階調のグレースケール画像では、1つの画素値を $32 = 2^5$ 通りの数で表すので、1画素あたり5ビット使っていることになる。



元画像 (8ビット × 3) 3ビット × 3 2ビット × 3 1ビット × 3
 $2^{24} = 16777216$ 色 $2^9 = 512$ 色 $2^6 = 64$ 色 $2^3 = 8$ 色

図3: カラー画像の例（左端）とその階調数を減らしたもの。

★ 8 情報の転送と圧縮

★ 8.1 情報の転送

情報のある場所から別の場所へと移動させることを**転送**（または**伝送**）という（☆5）。コンピュータは、メモリとCPUの間やコンピュータ内部と外部の機器との間などで頻繁に情報を転送している。このような情報転送に関わる仕組みの性能を考えるには、その情報転送路が「一定の時間にどれくらいのデータ量を転送できるか」を測るのがよいだろう。このような値を左右する要因は、主に2つある。

一つ目は、データの転送を要求してから実際にデータが転送され手元に届くまでにかかる時間である。これを**レイテンシ**（☆6）という。たとえば、CPUがメモリからデータを読み込む命令を実行するとき、メモリに対して読み込み要求の信号を送ってからデータが実際にCPUに届くまでに要する時間がCPU-メモリ間のレイテンシである。

二つ目は、その情報転送路が単位時間あたり転送できるデータの量である。これを**スループット**（☆7）（または**転送速度**）という。コンピュータと周辺機器の間やコンピュータ同士を接続するネットワークといった転送路の場合、1秒間に何ビット転送できるかでスループットを測ることが多い。この場合、スループットは**bps**(bit per second)という単位を用いて表す（☆8）（☆9）。スループットが1bpsならば、1秒間に1ビットを転送できる。このようにbpsの単位で測るスループットを**ビットレート** (bitrate) と呼ぶこともある。

情報転送の性能を向上させるには、レイテンシとスループットの両方を小さくすることが大事である（詳しくは省略するが、レイテンシとスループットは、情報転送だけに限らず、何らかの処理の効率・能力を測る指標となるものである。あるコンピュータが一定時間でどれだけ処理ができるかとか、コンビニでバイト中のほげお君は1時間にどれだけのお客さんの対応ができるか、とか）。

Q4. ある情報転送路では、図1の画像のデータを転送するのにちょうど1秒かかるという。スループットをkbpsの単位で求めなさい。

Q5. 次のもののスループットを調べなさい（注）。

- USB 2.0(☆10)
- 1000BASE-T(☆11)
- 小惑星探査機「はやぶさ」の低利得アンテナでの通信（最小時）(☆12)

注) ウェブ等で調べて出てくるスループットは、「規格で定められた値」や「理論上の最大値」であることが多いが、このQの解答はそれで構わない。実際に何らかのデータを転送してスループットを測定すると、そのような値を下回る値しかでないことがほとんどである。

☆5) 物体の場合、ある位置から別の位置へと言葉通り移動させることになるが、情報の場合、何の物理的な実体も2地点間を移動させずに転送を実現できる。

☆6) latency

☆7) throughput

☆8) 単位はbit/s, b/s やビット毎秒と書くこともある。また、ビット単位ではなくバイト単位で表す場合、bを大文字にした**Bps**, Byte/s, B/s, バイト毎秒を用いる。

☆9) bpsの大きな値を表す場合、kbpsやMbpsのように10進の接頭辞を使うことが多い。1秒間に1000ビットを転送できるならばスループットは1000bpsであり、これは1kbpsに等しい。

☆10) コンピュータと周辺機器を接続する仕組みの規格**USB**(Universal Serial Bus)の一つ。現在ではより高いスループットのUSB 3.0 / 3.1も登場している。

☆11) コンピュータネットワークの規格**イーサネット**(Ethernet)の一つ。ツイストペアケーブルというケーブルによる有線接続。

☆12) http://spaceinfo.jaxa.jp/hayabusa/about/apparatus_i.html

★ 8.2 情報の圧縮

これまでいろいろ計算してみた結果から分かるように、デジタル情報のデータ量は、ものによってはかなり大きくなることもある。そのような情報は、記憶装置に格納しておくのに大きな容量を必要とする。また、ある場所から別の場所へ転送するのに長い時間を必要とする。そのため、「情報を、その本質的な内容を損なわないようにしながら、よりデータ量の少ないビットパターンに符号化する」処理を行うことがある。この処理を**データ圧縮** (data compression) という。あるデータにデータ圧縮を施すことを「**圧縮する／符号化する**」といい、元のデータに戻すことを「**伸長する／復号する**」という。

データ圧縮の手法には様々なものがあり、いろいろな観点から分類できる (☆13)。例えば、全てのデータ圧縮手法は次の二つに分けられる。

可逆圧縮 (lossless compression) 逆が可能、つまり、圧縮したデータを伸長したら元のデータと完全に同じビットパターンが再現できる方法。プログラムやテキストデータが対象ならこちらを用いる。

非可逆圧縮 (lossy compression) 不可逆圧縮とも。伸長しても元のデータを完全に再現できるとは限らない方法。その分、可逆圧縮よりも高い圧縮率を実現しやすい。音声や画像といった、情報の欠落や変化が多少あっても許容できる性質のデータに用いられる。

身近なところでは、コンピュータ上のファイルを圧縮するツール (☆14) は可逆圧縮を行なっている。音声、静止画像や動画はデータ量が大きいので、補助記憶中にファイルとして格納したりネットワークを介して転送したりする際は、データ圧縮されているのが普通である。例えば、静止画像の形式としてよく知られた PNG は可逆圧縮を用いており、JPEG は不可逆圧縮を用いている (☆15)。動画の形式である MPEG や、オーディオデータの形式である MP3 など不可逆なデータ圧縮方式を採用している (☆16)。

☆13) データ圧縮の理論、アルゴリズム、音声や画像への適用については、3年の「パターン情報処理」で学べるかも。

☆14) `compress`, `gzip`, `bzip2` といった UNIX 系 OS のコマンドや、Windows や Mac OS X で良く用いられる ZIP 形式 (データ圧縮 + 複数のファイルをひとまとめにする処理の形式) を扱うツールなど。

☆15) PNG: Portable Network Graphics. JPEG: Joint Photographic Experts Group (この方式を作った組織の名前でもある)。JPEG は可逆・非可逆両方組み合わせているので全体として不可逆。ただし、可逆圧縮のみ行うことも可能。

☆16) MPEG: Moving Picture Experts Group. MPEG-1, MPEG-2 など様々な規格がある。DVD-Video は MPEG-2 をベースとしている。MP3 はもともと MPEG-1 のオーディオデータの規格。