

# ネットワークにおけるデータ容量制御に関する検討

The Examination About Data Capacity Control in Network

児玉 満

## 1. はじめに

1995年頃から爆発的に広まったインターネットをはじめIT技術の進歩、ネットワークの高度化やセンサー等の発達によるIoTの実現、VR(Virtual Reality：仮想現実)やAR(Augmented Reality：拡張現実)、MR(Mixed Reality：複合現実)といった技術による物理空間とデジタル空間の融合の加速、それらに伴い様々な事柄がデータ化され、その量は年々加速度的に増大している。

また、近年ではビジネスシーンでのテレワーク、教育分野でのICTを活用した教育やオンライン授業、データサイエンスやAI、一般におけるスマートフォン・タブレットの普及や利活用の拡大、4G・5Gといった移动通信システムの高速化の実現、HD(High Definition)映像などの高品位コンテンツなどあらゆる要因がネットワークのトラフィック量の増大につながっている。そのため、なるべく品質を落とさずにデータ容量を如何に減らし、制御していくかが今後の大きな課題となっている。

そこで、通信等にかかる負担をデータの作成の手法や圧縮技術などでどの程度軽減できるのかを検討することとした。

## 2. データ容量の変遷

インターネット黎明期であれば、文字を主体としたデータのやり取りが多くまた、利用者も少なかったため一度の通信で大きくとも

数キロバイト程度のデータで事足りていた。その後、ブラウザが開発されインターネット利用者が増える頃にはやり取りされるものとして文字だけでなく画像や音声などのメディアデータが含まれるようになったため数メガバイト～数十メガバイト程度まで容量が増大した。さらに、近年では一般利用者の増大によるSNSの利活用やリアルタイムでの動画コンテンツの配信が主体となり、画像や動画についても高品位化が進み、数十メガバイト～数ギガバイトといった常に大きなデータがネットワーク上でやり取りされる状態になっている。今後も、5GやWi-Fi 6の普及と、4K・8Kといった高品位映像の一般化やネットワークを介したサブスクリプションサービスの多様化によりさらにデータ量の増大はすすんでいくであろう。

## 3. データ圧縮について

データ圧縮とは、同じ情報を短いデータ長で表現することで、記憶装置上で占有する領域を小さくすることやネットワークなどでより短い時間や占有率で通信ができるというものである。しかし、圧縮後のデータでは元のデータを扱う処理系統では使用できないため、必ず使用前には元の状態に戻す処理(解凍、展開など)が必要である。

### (1) データ圧縮の歴史

デジタルデータの圧縮に関する歴史は古く、1830年代に発明されたモールス符号も圧縮の一種であるといわれる。これは文字通信で比較的出現頻度の高いアルファベットに短い符号を割り当てることで通信に要する手間を省くという考えである。その後はコンピュータの発達とともに、データ圧縮の重要性が高まることで研究が進み、1970年代後半頃からデータ圧縮の要素技術に関する特許も出願されるようになった。

1980年代には、音声通信分野のデジタル化に伴いADPCMなどの比較的単純な圧縮方式が実用化された。また、PC等の普及においてはZIPやLHA、7zという現在でも広く使用されているファイル圧縮方式も考え出された。1990年代前半では音声圧縮・画像圧縮の分野で多くのデータ圧縮方式が発表され、1992年には音声圧縮方式としてはATRAC(MDに搭載)、画像圧縮としてはJPEGが普及し始めた。動画圧縮の分野でもTV会議システム用の動画圧縮方式としてH.261、ビデオCDの圧縮方式としてMPEG-1も標準化されている。1990年代後半には動画圧縮の分野でMPEG-2が標準化され、1996年に登場したDVDプレイヤー、2000年に開始されたBSデジタル放送などでテレビなど家電製品にも採用されるようになった。

### (2) データ圧縮方式について

データ圧縮の方式は、圧縮率や解凍の速度によって様々な方式が考え出された。例えば基本的な圧縮アルゴリズムであるランレングス圧縮や代表的なハフマン符号、辞書圧縮と呼ばれるLZWなどがある。

ランレングス圧縮は「AAAA」という文字列があるとすると文字と回数を組み合わせ

「4A」のように表現することでデータ長を減らす仕組みである。ただし、これだけでは連続する文字が少ない場合にはデータが大きくなってしまう場合もあるため、負数を用い絶対値の長さ分は元のデータをそのままにするなどといった法則を追加し、データを減らす方策をとっており、FAXのような余白が多く2値で表現され、用いられる符号の数が少なく繰り返し箇所が多い画像などで効率よく圧縮できる。

ハフマン符号は1952年にデビット・ハフマンが考案したものでデータ内に出現するパターン頻度を調べ高頻度で出現するパターンを短符号、低頻度のパターンを長符号にすることで全体を圧縮するというものである。実装も比較的容易であることから、現在でも多く用いられている。

LZWは1978年にエイブラハム・レンペルとジェイコブ・ジブが考案したLZ78を1984年にテリー・ウェルチが改良したもので、元となったLZ78は辞書圧縮と呼ばれる。これは圧縮対象のデータを読み込み、すでに読み込み済みの部分の一覧の中に一致する箇所があれば、その位置と長さで置き換えていき圧縮を行うものである。

その他には、完全に元のデータに戻すことのできる可逆圧縮、元のデータを一部削除や改変することで高い圧縮率を得る代わりに完全には元に戻せない非可逆圧縮(または不可逆圧縮)というものがある。

先に述べたランレングス圧縮、ハフマン符号、LZWは可逆圧縮であり、完全な復元が必要なデータで多く用いられている。非可逆圧縮は、画像や動画、音声など多少のデータ改変や欠落があっても影響の少ないものに用いられている。

次に、ファイル、音声、画像、動画に分類しそれぞれで用いられる圧縮方式について解説する。

### 1) ファイルデータ圧縮方式

複数のファイルやフォルダ（ディレクトリ）を1つのファイルにまとめて格納するアーカイブファイルの標準的な方式の1つ。ファイルを格納する際に、データ圧縮を行うため圧縮形式とみなされる。また、ファイルデータは基本的に可逆圧縮が用いられる。

#### ・ZIP

LZ77圧縮アルゴリズムとハフマン符号を組み合わせたDeflate方式を採用。ファイル単位で圧縮を行い、容量を削減することが可能である。

近年では、特定のデータ形式およびディレクトリ構造で複数のファイルを生成・配置し、それをZIPで圧縮して1つにまとめたものを標準のファイル形式とするものが増えている。例えば、Java言語のJAR形式やMS OfficeのDOCX、XLSX、PPTX形式などがある。（つまりWindowsなどでは拡張子をzipに変更することで解凍ができ、ファイル構造を見ることができる。）

#### ・LZH

1988年に吉崎榮泰が開発したLHAで採用された圧縮方式。LZSS方式で圧縮したデータをハフマン符号でさらに圧縮することで高い圧縮率が得られる。前述のZipとほぼ同じ圧縮方式を用いているが、機能面が異なるため別の方式として扱われる。近年では、他の方式の方が圧縮率で上回ることが多く、また開発も事実上停止しており、Unicodeを含むファイル名を扱えない、暗号化機能が無いなどの不便さから使用されることは少なくなった。

#### ・7z

Zipで用いられているDeflate方式やその

他のPPMd方式、BZIP2方式などのデータ圧縮方式にも対応しているが、標準では独自のLZMA方式またはその改良型のLZMA2方式が用いられる。これはdeflate方式よりも高い圧縮率が得られる事でも知られている。またUnicodeですべてのデータを格納しているため文字体系の異なる名称のファイルを混在させることも可能である。

#### ・RAR

オリジナルのデータ圧縮方式が使われており、これもZIPよりも高い圧縮率が得られる。また、誤り訂正符号を付加することによる圧縮ファイルの破損をある程度まで修復できる。バージョン5.0より誤り訂正符号としてリード・ソロモン符号が用いられている。これは1960年にアービング・リードとギュスタブ・ソロモンによって開発されたもので誤り訂正能力が高く、RAR以外にも地上デジタル放送・衛星通信・CD・DVD・BD・QRコードなどでも使われている。

また、RARは一定サイズ毎に分割して圧縮する機能も持っている。

### 2) 音声データ圧縮方式

音声データは、コンピュータ上で格納する際のコンテナフォーマットが使用されており、主に非圧縮音声、可逆圧縮音声、非可逆圧縮音声の格納に用いられる。

非圧縮音声はWAVやAIFFといった形式が用いられる。これには任意のサンプリング周波数とビットレートの音声を格納することができる。（一般的には44.1KHz、16bitが用いられる）

可逆圧縮音声は、FLACやALAC、MPEG-4 ALSなどの形式がある。可逆圧縮のためすべての形式の音質は同一であり、圧縮率・エ

ンコード・デコード・付加機能などを比較し、有用性の判断を行うことが多い。

非可逆圧縮音声は、MP3、AAC、WMA、ATRACなどの形式がある。一般的には元データに復元することはできないが、音響心理学などの技法により、同じ音源のリニアPCMファイルよりも数分の1のサイズにすることができ、さらに体感的な音質はそれなりに保つことが可能。

#### ・ADPCM

Adaptive Differential Pulse Code Modulationの略で、日本語では「適応的差分PCM」という。つまり過去の値の変化から次の値を予測し、予測値との差をデータとして格納する非可逆圧縮の一種。音声データが予測に近い変化をする点を利用し、予測値との差分を取ることで値の幅を小さくするというもの。非可逆圧縮ながらリニアPCMとほとんど同じ品質を維持したままデータを削減でき、自然な音声を記録する場合で約6～7割程度までデータを減らすことができる。

#### ・AC-3

Audio Code number 3の略で、別名ドルビーデジタルという。非可逆圧縮音声の1つ（ただしロスレス圧縮も可能なため可逆圧縮の場合もある）で、映画の音声やDVD、BD、ゲーム機など幅広い規格媒体での音声記録に利用されている。

これは1.0chモノラルから5.1chサラウンドまでの音をデジタル的に圧縮しデータ量を減らす。映画の場合、エンコード処理をしたものをフィルムのパーフォレーションの間（フィルムの両端に等間隔であいている穴と穴の間）にし号を光学的に記録する。

#### ・ATRAC

ソニーが開発した音声データの圧縮方式。同社の磁気ディスク装置MDの音声記録形式として1992年に開発したもの。音声の一部を改変または削除することで圧縮率の向上を図る非可逆圧縮方式を採用している。改変または削除される一部のデータとは、人間の聴覚の特性から聞こえにくい成分や大きな音の前後のデータのこと、これを間引くことで音質を維持しつつデータ量を減らしている。

#### ・MP3

先に述べたATRACと同様に非可逆圧縮方式を採用している。また、このMP3圧縮アルゴリズムが最初に発明され、その方法を前述のATRACや後述するAACが踏襲している。

#### ・AAC

Advanced Audio Codingの略で、先と同様に非可逆のデジタル音声圧縮を行う音声符号化規格の1つである。MP3の後継規格であり、一般的にAACは同程度のビットレートであればMP3よりも高品位である。

### 3) 画像データ圧縮方式

画像データは音声データと同様に可逆圧縮、非可逆圧縮の方法があり用途や目的に合わせて利用することが多い。

#### ・GIF

Graphics Interchange Formatの略で、通信回線が今ほど大きくなかった時代に、容量をできるだけ減らし、かつWebページでの表示もできるように開発されたもの。圧縮アルゴリズムとして独自のLZWを使用し、色数は256色までに限定されるためデータ容量は非常に小さくすることができる。また、使用に

特許料が要求された時期があるため使用が激減したり新たな形式としてPNGの開発に繋がった経緯がある。

#### ・JPEG

Joint Photographic Experts Groupの略で、規格を策定した組織の略称が方式名となっている。圧縮率が高く、約1677万色の画像を扱えるため、写真などの記録に使用されることが多い。JPEGは非可逆圧縮方式のため完全に元の画像に戻すことはできない。その方法は、画像を8×8ドット単位の正方形で区切り、それを1つのブロックとして近似色に置き換える。その際にデータを切り捨てることをして圧縮している。圧縮率を高くするとそのブロックの色が均一化され画像がモザイク状になる。

#### ・PNG

Portable Network Graphicsの略で、Webで画像を扱う形式として開発された。8bitと24bitを選択でき、8bitの場合は前述のGIFと同様で256色での表示となる。24bitでは約1677万色を扱える他、透明色を持たせることも可能である。また、前述のJPEGと違い可逆圧縮方式のため、完全に復元できるがJPEG程の圧縮率は期待できない。

#### 4) 動画データ圧縮方式

音声データと同じく、コンテナフォーマットが使用されており、これには一般的にmp4、wmv、avi、flvなど多くの形式が存在する。これらコンテナフォーマットに映像と音声格納されており、コンテナに格納する際にコーデックと呼ばれる圧縮方式を使用している。音声データ部分は策の音声データ圧縮方式のものが利用されるが、映像の部分は様々なも

のが存在している。ここではMPEG-1/2/4について解説するが、他にもH.264やH.265といったものもある。

#### ・MPEG-1

Moving Picture Experts Group phase 1の略でJPEGのように規格を策定した組織の略称が方式名になっている。その組織が最初に出した規格で、1993年に標準化されている。352×240または352×288ピクセル（アナログテレビの約1/4のサイズ）の動画・音声データをVHSビデオテープ並の品質で圧縮・記録できる規格。動画部分の圧縮方式はJPEGなどで用いられているDCT(離散コサイン変換)やエントロピー符号化などに加えて、直前の映像との比較を効率よく符号化するための動き補償という技術を採用している。音声部分は、MP3がそのまま利用されている。

#### ・MPEG-2

Moving Picture Experts Group phase 2の略。MPEG-1の上位互換にあたる。これはデジタルテレビ放送やDVDなどで用いられている映像・音声の圧縮・記録の規格である。動画部分の圧縮方式はMPEG-1と基本技術の大部分が同じであるため殆ど変わらない。しかしながらネットワーク環境やHDTVなど動画性能の向上を受け、インターレース、多重化、色情報フォーマットの拡充、圧縮効率の変更が行われている。音声部分はMPEG-1との互換性を保持するためのBC(Backward Compatible)と互換性を排除し高音質・高圧縮を達成したAACが存在する。

#### ・MPEG-4

MPEG-1、MPEG-2と同様に、Moving Picture Experts Group phase 4の略。1999

年に最初の仕様が発表され、現在も新たな仕様  
が追加されている。MPEG-1/2の主な用途と  
して蓄積型メディア、放送・通信に加え、モ  
バイル端末やモバイルデータ通信を視野に入  
れ、低速通信回線でも実用に耐える仕様とし  
て規格化が進められた。動画部分の圧縮方式  
はMPEG-1/2で標準化されたH.263を参考  
に、DCTやエントロピー符号化、動き補償、  
フレーム間予測などの技術を基盤に構成され、  
さらに人間の体や顔などを3Dグラフィック  
スで合成する技術などの仕様も盛り込まれた。  
また、MPEG-4 AVC(H.264)としての規格も  
追加されており、同画質で高圧縮率が得られ  
る。音声の圧縮方式は、多くの形式を規定し  
ており、ロスレス圧縮方式や、MIDI形式など  
も利用できる。

#### 4. データ容量の制御

単純にデータ容量を減らすという目的を達  
するのであれば、その用途に合わせた圧縮技  
術を利用するのが簡単である。しかしながら、  
普段から利用する通常のファイルをZIP等で  
圧縮してしまうとファイルを利用する都度、  
解凍を行わなければならないかたたりする  
ため、扱いが面倒になる。また、画像や動  
画・音声データは元から圧縮技術を使用した  
データフォーマットになっていることが多  
いため、これらファイルを単純に圧縮すれば  
よいというものでもない。つまりMPEG-4  
で圧縮されたファイルをさらにZIPで圧縮  
しても意味がない上に、データの扱い自体  
が難しくなる。

そのため、データを作成する時点から目的  
に合わせ、無駄なデータ容量を使用しない  
ようにする事が必須となってきているので  
その手法などについて検討を試みたい。

#### (1) 画像データについて

画像データは圧縮方式としてはJPEGを利  
用することで特に問題はない。しかしなが  
らJPEGでもデータ作成時にどの程度の圧  
縮率を選ぶかが問題となる。これは、元の  
画像をどのように利用するかを考え、全体  
像が理解できる程度で良いのなら圧縮率  
を高め、細部の情報まで必要であれば圧縮  
率を低めに設定する。

JPEGの非可逆圧縮の特性上、圧縮率を  
高く設定することで8×8ドット単位のブ  
ロックが平坦化するため細部情報が失われ  
るからである。

また、データ作成時にはそのデータをJPE  
Gで開いたり保存したりを繰り返すのは極  
力避ける必要がある。これは先に述べた非  
可逆圧縮の特性で保存時に平坦化されるの  
で、開くと保存を繰り返すと何度も平坦化  
され、画質がどんどん下がるためである。  
そのため通常はPNG等の可逆圧縮のもの  
を利用し、最終的に完成したデータをJPE  
Gで保存して利用することが望ましい。

#### (2) 音声データについて

音声データも画像と同じく編集段階では  
非可逆圧縮の方式を利用するのは好ましく  
ないので、通常はリニアPCMのデータを用  
いて編集作業をし、最終的に非可逆圧縮  
方式のもので保存すると良い。

また、音声データはCDと同じ品質のもの  
を利用したいのであれば、サンプリング周  
波数は44.1kHzでビットレートを16bitに  
することを意識しておくことが必要である。  
仮にCD音源を取り込み、編集する段階で  
高音質だからという理由だけでサンプリ  
ング周波数を48kHzにしたり、ビットレ  
ートを24bitにしたりしても元々のデー  
タがそうでなければ

データ量が増えただけで音質が良くなるわけではない。

データ容量を減らす方策としては、音声データがナレーションのように人の声が主なものであるなら、ステレオをモノラルにするだけで容量は半減する。他にもMP3やAACといった圧縮方式を使用し適切な設定をすることで音声データは数十～数百分の一まで減らすこともできる。

### (3) 動画データについて

動画データは特に容量が大きくなるが、これも音声や画像と同じく編集段階では可逆圧縮可能なコーデックを利用し、最終段階でMPEG-4やH.264などの非可逆圧縮を用いるのが画質の劣化を最小限に留める方法となる。また、データ容量は圧縮方式だけでなく、動画の大きさや音声のチャンネル数によっても変わるため用途を考え、調整することが望ましい。例えば、動画内容が伝わる程度でネット配信するのであれば、画角はそこまで大きなものでなくても構わない。(1280×720や1024×768など)

逆に映像の精細さが必要なのであればフルHDや4K・8Kといった高精細を利用する必要があるので、その場合にはコーデックによる圧縮の比率を調整し、無駄に大きなデータにならないようにする。

オンライン講義用データの場合、画面の動きを極力減らすことや、画角の調整、必要箇所の拡大表示など撮影時にも注意すべき点がある。動画データはデータ前後で差分を取りそれを記録する方式のコーデックが多いため、動きを減らすことで差分を減らせ、データを減らすことに繋がる。また、細かな部分を見せたいために画角を大きくするのではなく、見せたい部分を拡大表示することで全体の画

角を変更しなくてもすむ。

このように動画の場合は編集作業でデータ容量を減らせる工夫が多くあるため積極的に取り組むと良い。

### (4) リアルタイム配信の場合について

オンライン講義などの場合、リアルタイムで配信元からデータが送出されるが、これにはオンライン配信を行うアプリケーションによっても特性が異なるため一概に説明することはできないが、注意する点は多くある。

例えば、動画のデータ容量を減らすことと同じ方法でもあるが配信する画面に映す映像はなるべく平坦で動きの少ないものであれば、リアルタイムであっても差分を利用しているためデータ量は減らせる。またデスクトップを共有し配信する際には、デスクトップの画角を小さく設定しておくことも重要である。近年では1920×1080のデスクトップサイズが一般的であり、このサイズはフルHDでもあるのでデータ量はかなり大きくなる。そこでPCの設定であらかじめ1280×720などと小さい画角に設定しておいて配信することで生成するデータも抑えることができる。

### (5) オンデマンド等の場合

データを配布する方法の場合、書類データなどはZIP等で1つにまとめておくことも重要である。ファイル自体が圧縮されているものも多いため、ZIPなどで再圧縮しても容量を小さくすることはほとんどできない場合も多いが、複数ファイルを1つにまとめると考えればそれを取得する手間などが軽減される。また、それぞれのデータも必要最小限のデータ量にすることでネットワークへの負荷も減らせる。たとえば、パワーポイントは書類の特性上、画像などメディアデータを多く使う

ために全体のデータ量が大きくなりがちだが、保存時の設定で全体容量を一括で減らしたりすることもできる。こういった機能なども使いこなすことで配信のためのデータ量を減らすことに繋がる。

## 5. 考察

コンピュータで利用するデータには多くの種類があり、それらを個別で使うのではなく組み合わせることで1つのコンテンツを作ることが現在の方法である。そのためひと昔前に比べるとはるかに多岐に渡るデータの扱い方を知る必要があるのだが、実際はそこまで考えて作られていないものも多く存在しており、ひいてはそういったデータがネットワーク上を飛び交うことでトラフィックの増大を招く原因の1つになっている。

近年、テレワークやオンライン授業などが多く利用されるようになったために、さらにネットワークに負荷をかけていることを認識し、改めて適切なデータ容量で利用することを利用者が意識して考える必要が出てきているのではないと思われる。

## 6. まとめ

インターネットやコンピュータが普及し始めてから、現在に至るまでに加速度的な技術の向上やネットワーク利用者の増加があり、情報化社会がさらに高度化される状況において、やりとりされるデータも高品位化がなされその量も増大している。

そこで、どのように品質を落とさずにデータ量を減らしていくかに着目することとした。

現在のデータは大きくわけて、書類データ、画像データ、音声データ、動画データが主なものであり、それぞれデータを減らす方法を考えてみた。

まず書類ファイルは近年アプリケーション側でデータ圧縮を取り入れており、複数ファイルを個別に圧縮し1つのファイルにまとめたものを標準ファイルとして扱うものが増えていることや、書類を保存する際に冗長部分を省く設定や、拡大縮小等で発生する無駄な情報を切り捨てる設定などもアプリケーションに備わっているのが最終的に保存する際にはその用途（ネット配信や印刷など）に合わせた設定値を用いることが適正なデータ量にする方法である。

画像データは、JPEG形式が多く使われているが、これは非可逆圧縮のため画質が劣化することを覚えておき、編集ではPNGなどの非可逆圧縮方式でデータを保存し、これも最終段階でJPEGにすることで品質をなるべく落とさずにデータ容量を減らす方法となる。

音声データは、その用途を考えナレーションのようなデータの場合はモノラルにすることや、CD音源から取り込んだものはサンプリング周波数を44.1kHz、ビットレートを16bit以上にしないことなどで無駄なデータを作らないで済むことや、MP3やAACなどで圧縮することでデータ量が減らせることができる。

動画データは、映像部分と音声部分で異なるが最終的にはいずれも非可逆圧縮のコーデックを利用することになるので、編集段階で品質を落とさない方策をとることや、作成する映像の目的に合わせる事なども必要となる。例えば、オンライン授業用データであれば激しい動きは必要無いものが多いため、動きは極力減らすことや、なるべく平坦な映像になることに気を配るだけで最終的なデータ容量はかなり減じることができる。そういった、制作や編集段階での手技手法の工夫をすることが必要と考える。

今後もデータの種類などは新しいものが



次々考え出されていき、さらに効率よくデータを作成することも可能になっていくであろうし、より複雑化していくとも考えられるが、基本的には使用する道具の使い方をきちんと習得し、基礎的な知識を活用することで適切なデータの使用ができるため、基礎基本となる知識・技能を修得しておくことは今後も重要なことであると考ええる。

## 7. 参考文献

- ・総務省『令和2年版「情報通信白書」』
- ・総務省『令和元年版「情報通信白書」』
- ・総務省『平成30年版「情報通信白書」』
- ・総務省『平成29年版「情報通信白書」』
- ・児玉満『プログラミング教育に関する考察』西日本短期大学総合学術研究論集第8号（平成30年3月）
- ・児玉満『ICT教育におけるCloudサービスの活用に関する考察』西日本短期大学総合学術研究論集第6号（平成28年3月）
- ・児玉満『教育現場における「G Suite」についての考察』徳山大学総合研究所『紀要』第41号（平成31年3月）
- ・児玉満『webサイト構築の現状と効率化』徳山大学総合研究所『紀要』第42号（令和2年3月）

