

---

0.0.1版

---

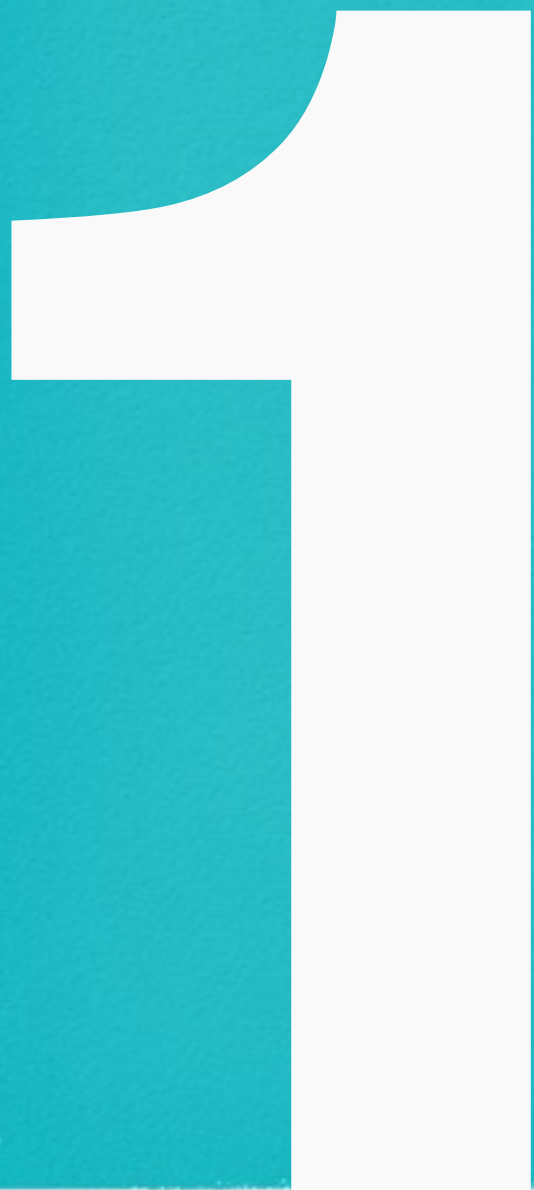
なぜなにトレ  
ント

はっじまる  
よ!!

---

Lorem Ipsum Dolor Facilisis

# はじめに





# はじめに

1. Torrent は悪いイメージもあるが貢献している

2. P2Pの学習に最適

## はじめに

Torrentクライアントを開発しています。この本は、その時にP2Pについて学習した事をまとめたものです。

今でこそ、仕様書に書かれている内容に満足していますが、当初は上手く理解できない所が、かなりありました。

実際に作成していくうちに、理解できる範囲が広がっていきました。そして、そろそろ完成というところまで進みました。

この本では、この経験にならい、実際にTorrent クローンを作成しながら、P2Pについて解説して行きたいと思います。

## ネガティブなイメージ

ちまたでは、Torrent は違法なファイル共有アプリという認識が強いように思います。Twitter の検索機能で、Torrent と検索してみてください。Torrentについてネガティブなイメージを持つことでしょう。違法な利用を助長するようなツイートを発見する事ができるからです。

Google で、Torrentと検索してみてください。「アメリカ合衆国のデジタルミレニアム著作権法に基づいたクレームに応じ、このページからxx件の検索結果を除外しました。」といった文言が表示されます。また、Twitterで検索した結果と同じように違法な利用を助長するようなサイトを発見することができるでしょう。

## ネガティブなイメージ

しかし、こういったネガティブなイメージは Torrent の一面でしかありません。まっとうな使い方も多くされています。

例えば、大規模なネットワークシステムのデプロイといった事があげられます。デプロイとは、ユーザーへサービスを提供するための、準備作業の事をいいます。

Google であれば、データを即座に検索できる用にサーバーを立ち上げる。Twitter ならば、ツイートの送信、表示、などができるようにするといった事です。

大手のネットワークでは数千、数万のコンピュータが動作しています。

これらのコンピュータへ変更を加える必要が出てきた場合には、この変更を数千、数万のコンピュータへ反映する必要があります。こういったデータの配信の Torrent の技術が利用されています。

また、大量にデータを配信する環境が必要なのは企業だけではありません。個人でも活用されています。例えば、OSのイメージの配信に利用されています。

OSというと、WindowsやMACなどメーカーが CD や DVD といった記憶媒体を通して配布される事をイメージするかも知れません。

しかし、独自にOSをパッケージングする事は、大手の企業だけがする仕事ではありません。今では個人が趣味でOSをパッケージングして配信する事も可能です。可能なだけでなく、ありふれた行為になりつつあります。



---

しかし、個人で配信する場合、当然ながら数千、数万のサーバーを用意する事はできません。また、CD や DVD の記憶媒体を大量に配るにしても限界があります。そういった、個人がデータを配布するのにTorrentの技術が利用されています。

## 学習に最適

また、Torrent を学ぶことは、P2Pを学ぶ上で最適な教材でないかと考えられます。

まず Torrent は、もっとも普及した P2P の通信方法であります。それだけではなく、最新の技術を取り入れ進化し続けている技術でもあります。

Torrent を学習すると、ネットワークアプリの作成のノウハウ、分散ハッシュテーブル、ゲーム理論を応用した柔軟なネットワークなどなど、基本から応用まで扱う事になります。

なによりも、おおくのアプリや仕様がオープンに公開されており、P2Pを実例をもって学ぶことができます。

Torrent 以外でメジャーな P2P アプリはあります。しかし Torrent ほど、オッピログなはないでしょう。日本で流行した Winny のソースは公開されていません。Winny について知りたければ、ハックする必要があります。海外で流行したWinmxもそうです。

Torrentはその仕様が公開されています。どのような通信プロトコルが利用されているのか文章化されています。おおくの実装例がオープンソースとして公開されています。公開されているだけではありません。さまざまな言語で書かれています。

Python、Ruby、Java、JavaScript、C++ などなど、ありとあらゆる言語で書かれています。

もしも、煮詰まった時は、これらの実装を読む事で保管する事も可能でしょう。あなたの得意な言語で読む事ができるので。

## さいごに

Torrent のネガティブなイメージは一面にすぎない事。多くの史実的なプロダクトを利用されていること。また、Torrent が

---

P2P の教材として優れている事は理解して頂けたでしょうか？  
少しでも興味を持たれた方、本書を通してTorrentの理解の助け  
になれば幸いです。



# Torrentって何

1. データの配信はコストが高い
2. Torrentは、低コストでデータは配信を可能にした

## Torrentって何

Torrentを違法なファイル共有ソフトという認識をもたれているかも知れません。しかし、それは間違いです。Torrent は違法な利用を助長するような機能は含まれていません。たとえば、Torrent には匿名性はほとんどありません。また、Torrent クライアントはネットワークから特定のファイルを探し出し共有する機能を持っていません。

つまり、Torrent クライアントを利用してデータをダウンロードする事は、Webブラウザを利用して、Webサーバーからデータをダウンロードするのと差がありません。

Google などの検索エンジンを使用して欲しいデータを探し、データをダウンロードします。ただ違うのは、Torrent はどの通信方法よりも効率良くデータを配信することができることです。

**データの配信はとてもコストが高い**

---

インターネットでデータ配信としましょう。例えば生放送で動画を配信したい場合、どのくらいのコストがかかるでしょうか？

例えば、320×240 の画面サイズの動画だと、1秒間に50kb程度の帯域を使用します。任期のある生放送などは、一度に2000人以上の人が視聴します。この場合、 $2000 \times 50\text{kb} = 100\text{mb}$ のデータ転送が必要になります。

ご家庭にある通信回線は10MB程度ですから、100MBという値は既に個人で配信できる量ではありません。

## 低コストでデータ配信が可能な優れたもの

Torrentはこれらのコストをきわめて最小化することができます。Torrentの仕組みを利用すれば、こういったサービスを個人が提供する事ができます。

Torrent はデータをダウンロードするユーザーもデータの配信に加わるようにする事でこの問題を解決しました。

当然のことですが、配信に加わるコンピュータが増えれば増えるほど配信できるデータ量は増えます。

例えば、2.5MBのデータ配信を配信としましょう。これは、同時に50人くらいに配信できます。しかし、これが限界です。もしも、この50人が2.5MBの帯域をデータの配信に利用してくれたら、 $50 \times 2.5\text{mb} = 150\text{mb}$ の配信が可能になります。3000人程度にデータを配信できます。

さらに、この3000人がデータの2.5MBの帯域を利用してくれたら、 $3000 \times 2.5\text{mb} = 7500\text{mb}$ の配信が可能です。これは、15万人に配信が可能な規模です。

Torrentはこのような仕組みを実際に形にしました。Torrentによって、データを欲しがっている全ての人に素早くデータを配信する事ができるようになったのです。



# 序文

## Lorem Ipsum

### 1. 本書の目的は、P2Pが難解な問題であるという誤解をとく事

## 序文

本書は、Torrentプロトコルについてまとめたものです。しかし、作者(kyorohiro)はBittorrentの作成者ではないので、その仕組みや、その仕組みにした意図をすべて組み取ることはできません。本書に記載されている内容は、kyorohiroがせ解釈し解決した事が書かれています。オリジナルではありません。オリジナルのように思案して、思考できるようになるべく、Torrentクローンを作成しました。

その仕組みを理解して実現しました。そして、独自のP2Pネットワークを思案して検討するに至ります。しかし偽物です。

色々書いていますが、偽物の発言ですから「そのように解釈したのか?」「それは違うのではないか?」「この人もしかして理解できていないのでは?」的な視点で見てもらうのが、丁度良いと思います。

## 本書が目指すゴール

本書を読む事で

---

誰もがP2Pアプリを作る事ができるようになります。P2Pで動画配信、P2Pを応用した柔軟なネットワークについて思案し、実現できる事ができるようになります。

P2Pと聞いて「何か難しい事をしているのではないか?」「しDHTと聞いて、高度な数学的難解な問題?」といった誤解を解きます。

本書を読んだ後もP2Pはなんら難しい事ではなくて、小学生が算数の問題を解くような簡単な問題なのだと理解していることでしょう。そして、あなたは、最新の論文を読み。それも足らず、新たな仕組みを提案する側にたっているに違い有りません。



# おおまかな仕組み



Lorem ipsum dolor rutur  
amet. Integer id dui sed  
odio imperd feugiat et nec  
ipsum. Ut rutrum massa  
non ligula facilisis in  
ullamcorper purus dapibus.



# おおまかな仕組み

## Lorem Ipsum

1. トラッカーサーバーでPeerを管理
2. 協力してデータを配信

## おおまかな仕組み

本章では、Torrentクライアントを利用してデータをダウンロードする時のおおまかな処理の流れを解説します。

- ・ データを配信している端末をさがす
- ・ ネットワークに加わり、データをダウンロードする

最初に宣言した通り、本書はTorrentクライアントを実そうする仮定を通して、P2Pの仕組みを解説していきます。なので、直にTorrentの実装に入りたいのですが、ワンクッションおくことにしました。

この章では、これから対峙する相手を紹介します。対峙する相手の姿、形を明らかにします。

実装を行っていくと「行き詰まるポイント」があります。そのほとんどは、Torrentで扱われている技術がシンプルな事に由来します。シンプルな問題と理解しつつも、そのシンプルさゆえに、確信がもてず行き詰まります。



---

本章ではTorrentが難解でない事を解説します。本章を読み終えた頃には、得た確信を疑うことなく実装できるようになっていることでしょう。

## 配信している端末を探す

Torrent ネットワークでは、ひとつのデータに対して配信する端末は多数存在します。以前に説明した通り、データをダウンロードする端末がデータの配信に加わる訳ですから当然の事でしょう。

データをダウンロードするには、広大なネットワークからデータを配信している端末を探しだす必要があります。本パートでは、データを持っている端末を探し出す方法について解説します。

## 配信している端末を探すのは大変

インターネット上には数えられないほどの端末が存在しています。そして、どの端末がどのデータを持っているか知るすべはありません。

例えば、インターネットは、IPv4アドレスで管理されています。IPv4の数だけインターネット上に端末が存在できます。IPv4は24bitの数字で表現されていますから、 $2^{24}$ 乗=42億以上の端末を扱う事ができます。

さらに、現時点では、このアドレスは足りなくなりつつあり。IPv6というよりたくさん端末を扱う事ができる方法が利用されるようになりました。つまり、42億で収まらない端末が既にネットワーク上に存在しているのです。

この42億以上の端末から任意のデータを配信している端末を探すのは困難です。例えば、ひとつの端末へ確認するのに、10ミリ秒必要だとしましょう。すべての端末へ確認するとしたら、420億秒必要になります。これは、一年以上かかる事を意味します。

## Torrent でお互いに位置を知る方法は2つある



---

Torrent では2つの方法が提供されています。ひとつは、サーバー・クライアントの仕組みを利用したものです。データを配信したい端末を管理するサーバーを用意する方法です。そのサーバーに聞く事で、配信している端末を発見する事ができます。

もうひとつは、DHTを利用したものです。データの配信/ダウンロードをしたい端末が協力してデータを配信したい端末を管理します。DHTに参加している端末に、欲しいデータの在処を聞く事で、配信しているデータを発見する事ができます。

## サーバー・クライアント方式

データを配信したい場合、「データを配信する端末を管理するサーバー」を用意します。このサーバーの事を Tracker と呼びます。Tracker はGoogleやYahooといったサーバーと同じ仕組みで動作しており、「[www.exsample.com](http://www.exsample.com)」や「xx.xx.xx.xx」といったアドレスを指定する事でアクセスできます。

「xxxx.torrent」と拡張子をもつデータTorrentファイルに、このアドレスを記載しておいて、データをダウンロードしたい端末に渡します。データをダウンロードしたい端末は、Tracker

にアクセスして、データを配信している端末を知ることができます。

Tracker を用意する必要があります。すこし敷居が高いです。公開されたサーバーをレンタルするなりして公開されたIPを取得する必要があります。

しかし、その瞬間データを配信している端末のアドレスを管理するだけの、超軽量なサーバーアプリを用意すめだけで、数千、数万の端末へデータを配信できるようになる訳ですから、メリットは大きいです。

また、自身で用意しなくても、公開されている Tracker サービス を利用する事もできます。

## DHT(kademulia)を利用する方式

サーバー・クライアント方式と同じように、データをダウンロードとしたい端末へTorrentファイルを渡します。



---

サーバー・クライアント方式と異なり、データを配信している端末を管理しているサーバーはTorrentファイルに記載されていません。

Torrentファイルから機械的に生成されるID (Hash値) を、元に、DHTネットワーク上から、データを配信している端末を管理している端末を探し出します。

## 六次の隔たりを利用する

では、どのようにして、IDから配信している端末を探すのでしょうか？。その仕組みは簡単です。周知のTorrentクライアントへ、そのデータを配信している端末を紹介してもらいます。これを繰り返す事で、データを配信している端末へたどりつくことができます。

例えば、自分は欲しいデータを配信している端末の事は知らなくても、友人は欲しいデータを配信している端末を知っているかも知れません。

友人は知らなくても、友人の友人は知っているかもしれません。現実世界では、「六次の隔たり」と言われており、6人もたどれば、世界中の誰とでもつながっているそうです。

Torrent ネットワークも同様の仕組みを利用することで、データを配信している端末を探し当てます。

## 距離を定義する

では、どのようにして、IDから配信している端末を探すのでしょうか？。その仕組み