

TCP/IP とインターネット

情報社会論
(252S0541)

講義概要
第 4 回目

プロトコル (通信規約): コンピュータ同士のデータ通信を行うため、データの形式や通信方法 (手順や規格) などを決めたルール。分散型ネットワークのパケット通信規約の **TCP/IP** は、現在のインターネットの基本。特に、TCP プロトコルと UDP プロトコルが代表的。

インターネット: インターネットは、TCP/IP プロトコルによる世界的分散型ネットワークパケット通信システムのこと。

4 インターネットの仕組み (1)

ここでは、インターネットの歴史とその基本構造について説明する。

4.1 歴史

1945 年第二次世界大戦が終了後、米ソによる軍拡競争と冷戦が始まった。それに伴い、米国では科学振興政策が次々と始まった。1950 年 **NSF**³⁰が発足、1958 年には **ARPA** や **NASA**³¹が発足した。

ARPA(Advanced Research Projects Agency) 米国国防総省高等研究計画局³²は 1960 年代初頭から、独立したコンピュータを相互に接続し、情報交換が可能な分散型ネットワークを研究していた。1969 年その実験ネットワークを開始した。このネットワークは **ARPANET** と呼ばれ、後の **インターネット**の基になった。

1969 年	ARPANET 実験ネットの開始, RFC 1 の発行。
1971 年	電子メールの発明。
1972 年	Telnet(RFC318), FTP(RFC354)。
1975 年	ARPANET 運用ネットの開始。
1983 年	ARPANET TCP/IP プロトコルを採用。
1983 年	ARPANET が ARPANET と MILNET に分割される。 2つのネットワークの結合体を Internet と呼ぶようになる。
1984 年	DNS の発明。日本では、 JUNET 運用開始。
1986 年	NSFNet が発足、インターネットに接続。
1989 年	HTML の開発。WWW の始まり。日本では、IP アドレスの割り当て開始。 ドメイン名が JUNET から JP へ移行し、DNS の運用が開始された。
1990 年	ARPANET 解散、NSFNet に吸収。商用プロバイダの成立。
1991 年	WWW が公開、運用される。日本では、 JNIC 発足、ドメイン名割り当て開始。
1992 年	日本最初のホームページ。
1993 年	JNIC から任意団体 JPNIC へと改組した。
1999 年	NTT ドコモの携帯電話 IP 接続サービス i-mode 開始。

- **RFC**(Request for Comments) は ISOC (Internet Society) の下部組織 **IETF**(Internet Engineering Task Force) で作成されているネットワーク プロトコルの公式的ドキュメント³³。2024 年 6 月現在、**RFC9598** が発行されている。現在インターネットで利用されているほとんどすべてのプロトコルは、RFC として公開され誰でも参照できるようになっている。

³⁰National Science Foundation: 全米科学財団。

³¹National Aeronautics and Space Administration: アメリカ航空宇宙局。

³²1972 年 **DARPA**(Defense Advanced Research Projects Agency) に改変

³³<https://tools.ietf.org/rfc/> で全体を見ることが出来る。

JPNIC (日本ネットワークインフォメーションセンター)では、RFC とは：
「インターネット」といったキーワードに関連づけられて広く公開しておくべきだと思われる情報を公開するための管理された文書シリーズである。

- JUNET(Japanese University Network) 東京工大，慶応大，東大を結ぶネットワーク
- NSF 全米科学財団
- プロバイダー (provider)：ネットワーク接続業者

4.2 インターネットプロトコル

インターネットは、TCP/IP プロトコルによる、世界的分散型ネットワークパケット通信。

- プロトコル (protocol) とは「通信規約」のこと。コンピュータ同士のデータ通信を行うため、データの形式や通信方法（手順や規格）などを決めたルール。
- パケット (packet) とは、ネットワーク上でやり取りされるデータの一まとまり。ネットワークの中ではデータは、数十～数千バイト程度の小さな塊に分割されて運ばれる。パケットは、ヘッダーとデータの2つの部分からなる。
- 分散型ネットワークとは、核となるコンピュータによって運用されるのではなく、接続されたコンピュータがある程度自律的に動き、相互に連携して運用されるネットワークのこと。

TCP/IP プロトコル(Transport Control Protocol/Internet Protocol)

DARPA によって開発が始められた通信規約。現在のインターネットの基本となる、分散型ネットワークのパケット通信規約。

TCP/IP は1つの規約ではなく、RFC で規程された、インターネットを構成する規約の集まり。IP 規約 (RFC791, RFC1122, RFC1812) と TCP 規約 (RFC793, RFC1122, RFC1323) などが中心となる。

1975 年頃から開発が始まり、1982 年頃仕様が決まる。現在も改定が続いている。

TCP/IP に関連するプロトコルを4つの階層：アプリケーション層，トランスポート層，インターネット層，リンク層（ネットワークインターフェース層）に分割して，DARPA モデル³⁴ということがある。これは、RFC-1122, RFC-1123 によって規定されている。

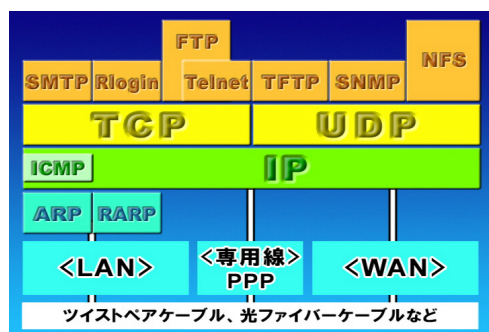


図 4.1: 標準プロトコル TCP/IP



図 4.2: DARPA モデル

³⁴似た分類として、OSI(Open Systems Interconnection) 参照モデルがある。そこでは7分類になっている。

4.3 ネットワークインターフェース

TCP/IP 通信を支える基礎的階層として、**ネットワークインターフェース層**（ネットワークアクセス層とも言う）がある。

ネットワークインターフェース層（物理層とデータリンク層）

IP プロトコルを実現するための、物理的・データ転送規格。色々な物理的、通信形態が存在している。従来の有線 LAN には、トークンリング³⁵や FDDI (Fiber Distributed Data Interface) 等の様々な形態があったが、最近ではイーサネットが最も普及している。

LAN で利用（LAN = Local Area Network, 構内通信網）

- **イーサネット (Ethernet/IEEE 802.3)**：米国の DEC, Intel, Xerox の 3 社が公開した LAN 方式及びその拡張仕様。最高通信速度に応じて、**Ethernet, Fast Ethernet, Gigabit Ethernet, 10/25/40/100 Gigabit Ethernet** 等の種類がある。主なものとして、10BASE-T³⁶, 100BASE-T (IEEE 802.3u)³⁷, 1000BASE-T (IEEE 802.3ab)³⁸ 等の規格がある。

WAN で利用（WAN = Wide Area Network, 広域通信網）

- 遠く離れた場所とつながったネットワークのことで、インターネットとはほぼ同じ意味で使われるが、特に、通信事業者の拠点施設と加入者宅・施設を結ぶ回線を**アクセス回線**と呼ぶ。一般家庭なら、ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line), FTTH(Fiber To The Home), CATV, 電話回線, ISDN を利用し、会社なら色々な専用線を使う。WAN で利用される主なプロトコルに PPP, ATM, イーサネット (PPPoE) 等がある³⁹。

4.4 TCP/IP の階層

TCP/IP 通信は、**アプリケーション層, トランスポート層, インターネット層**で構成される。

- **アプリケーション層** … アプリケーションがデータ送受信の依頼をする時に使用。
 - － HTTP(Hypertext Transfer Protocol)：ブラウザが Web サーバにアクセスして HTML ソースファイルを取得したり、データを送信する通信規約。
 - － SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)：サーバー間でメールを配送（転送）する通信規約。
 - － POP(Post Office Protocol), POP3：メーラがメールサーバからメールをダウンロードする通信規約。
 - － SSH(Secure Shell)：暗号や認証の技術を利用して、安全にリモートコンピュータを管理する通信規約。
 - － FTP(File Transfer Protocol)：ネットワークで結ばれたコンピュータ間でファイル転送をする通信規約。

³⁴ リング状の接続形態の LAN 規格で、伝送媒体に使用 1984 年に米 IBM 社が開発し、IEEE 802.5 として標準化された。通信速度は 4Mbps あるいは 16Mbps。

³⁵ トークンリングと同じ制御方式だが、伝送媒体に光ファイバーを使用し、最高 100Mbps で通信可能な LAN 規格。

³⁶ 最高通信速度 10Mbps で通信が可能な LAN の規格である。125MHz までの周波数の信号を 100m 伝送できるものと規定されている。初期の 10BASE5（テンベースファイブ）は直径約 9.5mm の同軸ケーブル（イエローケーブル、最大 500m）を使用していた。多段接続（カスケード）は 3 段まで等の条件があった。

³⁷ 最高通信速度 100Mbps で通信が可能な LAN の規格である **Fast Ethernet** のうち、より対線（ツイストペアケーブル）を通信ケーブルに使う規格群の総称。

³⁸ 最高通信速度 1Gbps の通信が可能な LAN の規格である **Gigabit Ethernet** 規格の一つ。

³⁹ **PPP** = Point-to-Point Protocol は、電話回線や ISDN 等の通信回線を使って通信するときに使う仕組み。**ATM** = Asynchronous Transfer Mode は、データを 53 バイトの固定長のセル (cell) と呼ばれる単位に分割して伝送する方式。**PPPoE** = Point-to-Point Protocol over Ethernet は、ADSL や FTTH 等のブロードバンド・アクセス回線を通じてインターネットに接続する際に、イーサネット上で利用できるように工夫されたもの。

- **トランスポート層** … アプリケーションの依頼に応じてパケットを作成・送受信
 - **TCP(Transport Control Protocol)**：ブラウザやメール等のアプリケーション用のコネクション通信規約。データを小さな塊に分割し、送信元や宛先などの情報（**ポート番号** 16 ビット等）を記録した **TCP ヘッダー**を先頭につけてパケットを作成し、IP へ引き渡す。
 - **UDP(User Datagram Protocol)**：DNS サーバへの問合せ等の制御情報や音声・映像のデータ送信用の通信規約。データを小さな塊に分割し、送信元や宛先などの情報（**ポート番号** 16 ビット等）を記録した **UDP ヘッダー**を先頭につけてパケットを作成し、IP へ引き渡す。
- **インターネット層** … パケット送受信のコントロール
 - **IP** は目的地を見定めて次の IP の中継装置を示す通信規約。具体的には、TCP や UDP から受け取ったパケットに送信元や宛先などの情報（**IP アドレス** 32 ビット）を記録した **IP ヘッダー**を追加し、さらにイーサネットを使う IP の中継装置の情報（送信元と宛先の **MAC アドレス** 48 ビット）を記録した **MAC ヘッダー**を先頭に追加する。そして、このパケットを LAN アダプタに渡して、前後に制御用のデータを付け加えて通信してもらう。
 - IP パケットはいくつかの**ルータ**を介して、目的のコンピュータに届けられる。
 - **ICMP(Internet Control Message Protocol)** はエラーメッセージや制御メッセージの通信規約。

4.5 IP アドレス

TCP や UDP から受け取ったパケットに、IP が追加する送信元や宛先などの情報の中で一番重要なものがコンピュータを識別するための IP アドレスである。

インターネットに接続されたコンピュータの接続口の識別番号を**IP アドレス**と言う。

- インターネットは TCP/IP で接続された LAN ⁴⁰
- 各コンピュータは一意の IP アドレス⁴¹を持ち、それでインターネット上識別する。⁴²
- IP アドレスは 32 ビットで構成される⁴³。普通、8 ビットずつ区切り、それらを 10 進数で表し、その間を、（ドット）で区切る。
例 (1) 133.35.116.45 (2) 0.0.0.0 (3) 255.255.255.255
- IP アドレスは **IANA**(Internet Assigned Numbers Authority) によって国際的に管理・割り振りが行われ、日本では **JPNIC**(Japan Network Information Center) によって管理・割り振りが行われている。
- インターネットでの通信はこの IP アドレスを基本に通信を行う。
- **プライベートアドレス**の範囲：
 - 10.0.0.0 ～10.255.255.255 (10.0.0.0/8)
 - 172.16.0.0 ～172.31.255.255 (172.16.0.0/12)
 - 192.168.0.0 ～192.168.255.255 (192.168.0.0/16)
 プライベートアドレスは、インターネットに直接接続されていないネットワークで自由に使うと良い。上記の IP アドレスの末尾についた /8, /12, /16 は、上位何ビットまでがネットワーク番号であるか示している、**(サブ) ネットマスク**である。

⁴⁰LAN(Local Area Network) 自前の回線での構内ネットワークの集合体

⁴¹通常は「グローバルアドレス」

⁴²これに対して、グローバルアドレスとしては使われていないアドレスで、組織内で自由に割り当てることの可能なアドレスが決まっている (RFC1918)。これらのアドレスを「**プライベートアドレス**」と言う。

⁴³原理的には、 $2^{32} = 4,294,967,296$ 通りの異なる番号が可能。この方式は IPv4 と言われる。現在 IPv6 (128 ビット) が使われ始めている。