

目次

第 1 章	TCP/IP の概論	1
1.1	鳥類キャリアによる IP 伝送	1
1.2	鳩はインターネットのどこにいるのか	3
1.3	カプセル化	7
1.4	TCP/IP と OSI 参照モデル	8
1.5	練習問題	11
第 2 章	ネットワークアクセス層	13
2.1	そもそもネットワークとは何か	13
2.2	二つの端点を直結するネットワーク	14
2.3	ループバックインタフェイス	18
2.4	複数の端点を結ぶネットワークとしてのイーサネット	18
2.5	練習問題	44
第 3 章	インターネットプロトコル層	45
3.1	異なるネットワークを結ぶ	45
3.2	そもそもインターネットとは何か	49
3.3	インターネットプロトコル層	50
3.4	インターネットプロトコルアドレス	51
3.5	データグラムとヘッダ	56
3.6	インターネットプロトコルの動作	58
3.7	特別な意味を持つ IP アドレス	67
3.8	データグラムの寿命	69
3.9	フラグメントとゲートウェイ	69
3.10	ループバックインタフェイスと自分宛の通信	70
3.11	インターネットプロトコルの動作を実際に見る	71
3.12	練習問題	71
第 4 章	ICMP による IP 層通信の制御	73
4.1	ICMP	73
4.2	ICMP の送信元と宛先	74
4.3	ICMP で送信されるメッセージ	75
4.4	ICMP を使用するアプリケーション	80
4.5	練習問題	81

第 5 章	トランスポート層	83
5.1	トランスポート層とはなにか	83
5.2	トランスポート層の機能	83
5.3	UDP	88
5.4	TCP	90
5.5	練習問題	103
第 6 章	アプリケーション層	105
6.1	アプリケーション層とはなにか	105
6.2	ping や traceroute はアプリケーション層か?	105
6.3	アプリケーション層のプロトコルとトランスポート層	106
6.4	アプリケーションサーバの実装	106
6.5	アプリケーション層のプロトコル	109
6.6	練習問題	116
付録 A	TCP に関する補講	117
A.1	遅延 ACK の無効化	117
A.2	最大セグメントサイズ (MSS Maximum Segment Size)	117
A.3	Nagle のアルゴリズム	118
A.4	スロースタート	119
A.5	輻輳回避	120
A.6	再転送と送信内容の再構築	122
A.7	どれだけ待てばタイムアウトになるのか	122
参考文献		125
あとがき		129

第 1 章

TCP/IP の概論

1.1 鳥類キャリアによる IP 伝送

鳩でインターネット通信ができる。そのための規格があることをご存知だろうか。インターネットにおける規格を提案する RFC^{*1}の 1149 番に、鳥類キャリアによる IP 伝送 (IPoAC IP over Avian Carrier) という規格がある。どのような規格かを簡単に説明しよう。紙に IP データグラムの情報を書いて伝書鳩^{*2}にくくりつけて飛ばす、そのための規格である。

IP データグラムとは、後に説明する内容に沿った用語を使ったが、鳩が運ぶ「情報」の単位だと思ってもらえばよい。鳩が運べるサイズの紙に書いた情報である。IPoAC は、鳩に持たせるための IP データグラムを作成する規約、鳩の挙動などについて言及し、伝書鳩をインターネットの通信に使用できるようにした規格である。

種を明かせば、これは毎年 4 月 1 日に発行されるジョーク RFC と呼ばれるもののひとつである。その中でも、割と人気があり、引用されることも多いのが、この IPoAC である。

ジョーク RFC ではあったが、実証実験は行われている。その実証実験では、パケットロス^{*3}が多く、伝送遅延も大きい、つまり、ものすごく時間がかかるという、ある意味当然の結論が出た。だが、伝送遅延を許容し、たくさんの鳩を用意できるなら、伝書鳩でインターネットの通信を行うことは可能である。実用的ではないが、TCP/IP は、伝書鳩でも通信を行うことが可能なプロトコルである。それについて説明していこう。

1.1.1 IPoAC の概念はまじめに研究されている

RFC1149 はジョークであった。だが、インターネットのための通信において、情報伝達に鳩を使う以上に、パケットロスや伝送遅延が大きくなる環境がある。それは、宇宙である。

このような環境でインターネット通信は、惑星間インターネット (Interplanetary Internet) として研究開発が行われている。

*1 Request for Comment

*2 規格では avian carrier であり、伝書『鳩』と明記はされていない

*3 鳩が宛先にたどり着かなかった状態

1.1.2 伝書鳩でインターネット通信ができるのはなぜか

では、伝送遅延を許容し、たくさんの鳩を用意すればインターネットの通信ができるのはなぜだろう、そして、なぜたくさんの鳩が必要なのだろう。それを考えるために、まず鳩が果たす役割について考えてみよう。伝書鳩の役割とは、通信を行う双方の間で、IP データグラム、つまり情報を運ぶことである。そして、これだけしか役目がない。鳩なので、途中で餌になる虫を見つけたり、交尾相手を見つけてふらふらとそちらに飛んでいくことがある。鷹に追いかけて逃げたりするかもしれない。そして、そんな鳩は到着が遅れたり、場合によっては相手のところに到着しなかったりする。

だが、鳩は、通信の相手先に到着することを期待されていても、通信の相手先に到着する義務は負っていない。それでも鳩を使った通信が成功するのはなぜであろうか。

ここで一つだけルールを追加する。それは、鳩が届けた IP データグラムを受け取った側は、鳩を使って「到着した」という返事をしなければならないことにする。^{*4}

そのルールのもとで、伝書鳩を使って通信する手順を定義してみよう。

1. 発信側が鳩を飛ばす
2. 受信側に鳩が到着したら、「到着した」という情報を持たせた鳩を発信側に飛ばす
3. 発信側に「到着した」の情報をもった鳩が到着したら、発信側は自分が送り出した鳩が無事に到着したと判断する。
4. 発信側は、一定時間内に「到着した」の鳩がこなければ、それに対応する情報についてはもう一度別の鳩を持たせて送り出す。

この手順で通信すると、無事に到着しない鳩がいても、鳩を送り直すことを繰り返せば、最終的に通信は成立する。鳩がたくさん必要なのは、何度同じ情報を持たせた鳩を飛ばすことになるか、事前にわからないためである。

実際これは、TCP/IP における、TCP という通信手順をものすごく簡略化したものに相当する。

鳩と人間の役割分担

次に、IPoAC を使った通信での、鳩と人間の役割分担について考えてみよう。

IPoAC による通信では、鳩は、「IP データグラムを運ぶ」のが役割である。それ以外の役目は持っていない。発信側から受信側に飛ぶだけである。繰り返すが、鳩は、受信側にたどり着く義務すら負っていない。鳩が運ぶ IP データグラムがたどり着いたか、たどり着いていないかを判断し、たどり着いていないと思われる場合に別の鳩を送り出すのも、人間の役目である。

ここで、通信に関わる人間を増やして、その担当する仕事を更に分けてみよう。IP データグラムの到着を管理し、IP データグラムを受け取ったら「到着した」という返事を送り出す役目の者が一人。そちらから指示された内容で IP データグラムを作り、鳩にくくりつけて送り出し、到着した鳩の足から IP データグラムの書かれた紙を取り外す役目の人間が一人、である。それによって、IP データグラムの到着したときに返事する担当者は、鳩が何匹飛んでいるか、何匹帰ってこないかを気にしないですむ。また、鳩の担当者も、「到着した」パケットを送り出すタイミングのことを考えずに、ただ、鳩を送り出し、

^{*4} 電話を使って鳩が持ってきたパケットの到着を連絡すればよいと思うかもしれない。だが、電話を使える状況なら、最初から電話で通信して、鳩を使って通信しなくていい。

やってくる鳩を受け入れることに集中できる。

発信側と受信側の協調

次に、発信側と受信側はどのくらい協調して通信を行うか、それについて考えよう。前提として、この両者は、鳩以外の情報伝達手段を持っていないとする。^{*5}

発信側は、IP データグラムを送る必要がある場合は、事前連絡なしに鳩を放つ。実際、鳩より早い情報伝達手段がない前提なのだから、事前連絡のしようもない。受信側は、いつ鳩がきてもいいように受け入れる準備はしている。だが、鳩がこない限りは何もしない。受信側から送られる「到着した」情報についても同様である。受信側は、事前連絡なしに「到着した」という返事を持たせた鳩を放つ。発信側は、「到着した」の鳩がいつ来てもいいように準備はしている。だが、鳩が来ずには時間切れになったら、事前連絡なしに先ほど送り出した鳩と同じ IP データグラムを持った鳩を送り出す。

これも、TCP/IP における TCP で、通信を行う双方の関係を簡単に書き直したものとなる。UDP というプロトコルでは、鳩は基本送りっぱなしである。一方の受信側も「到着した」の鳩を送り返すこともしない。

1.2 鳩はインターネットのどこにいるのか

では、実際のインターネットにおいて、鳩はどこにいるのだろうか。それを考えるためには、もう一度、鳩と人間の役割分担を考えなければならない。

表 1.1 人と鳩の役割分担

役割
パケットの到着を管理し、「到着した」の送信を指示
鳩を送り出し受け入れる
パケットを運ぶ

役割ごとに上下に重ねて書くと、表 1.1 となる。この表では、ある役割の者は、直上の者から依頼を受け、直下の役割の者に作業を任せる。どういうことかということ、鳩は必ず、鳩の受け入れ担当者にのみ IP データグラムを渡す。到着とその返事を管理している者に対してはなにもしない。逆に、到着と返事を管理する者が、直接に鳩を送り出すこともない。

そして、鳩を送り出し受け入れる担当者は、鳩が持ってきた IP データグラムを、到着と応答を管理している者に渡す。また、「到着した」返事を送る指示を受けたら、それを鳩に持たせて送り出す。

つまり、各担当者、そして鳩は、表 1.1 で、直接上下に接している相手からのみ指示を受け、指示をする。これをインターネットの用語に置き換えてみよう。説明はこの先で行うので、今はインターネットでの用語が何になるかだけ見てもらうのでかまわない。

^{*5} 変な言い方ではあるが、我々はインターネットで通信を行う際に、インターネットしか情報伝達手段を持っていない。特に、トランスポート層について学習する際に、それを思い出してほしい。

表 1.2 インターネットの用語との対応関係

役割	インターネットでの名称
パケットの到着を管理し、「到着した」の送信を指示	トランスポート層
鳩を送り出し受け入れる	インターネットプロトコル層
パケットを運ぶ	ネットワークアクセス層

もう一人の担当者とアプリケーション層

ここまで説明を行わなかったが、実は鳩を使った通信にはもう一人の担当者を追加することができる。それは、鳩に乗せて送り出すメッセージを考えたり、届いたメッセージの内容を解釈して何かしたりする担当者である。実際、これまでの説明ではメッセージの伝達しか行っておらず、届いたメッセージに対して何をするかについて、あえて記載せずにいた。

この、送り出すメッセージを作成したり、届いたメッセージを解釈する担当者を、インターネットの用語に直してみよう。どんなメッセージを送り出すか、届いたメッセージをどう解釈するかを考える層を、インターネットではアプリケーション層と呼んでいる。

インターネットプロトコルスイートと TCP/IP

インターネットの通信方法である TCP/IP は、このように、いくつかのプロトコルが相互に役割分担してできている。これを、インターネットプロトコルスイート、と呼んでいる。また、表 1.3 のように、上下に層となって重なっているように表されることから、その一つ一つを層 (レイヤ) と呼ぶ。

表 1.3 インターネットプロトコルスイート

レイヤ名
アプリケーション層
トランスポート層
インターネットプロトコル層
ネットワークアクセス層

では、ここまで何となく使ってきた TCP/IP という用語は何であろうか。TCP はトランスポート層のプロトコルの一つ、IP はインターネットプロトコル層のプロトコルの名称である。一見すると、表 1.3 の、トランスポート層とインターネットプロトコル層のプロトコルの名前をつなげただけに見える。

だが、この名称で、四層からなるインターネットプロトコルスイートそのものをあらわしている。そのため、単に TCP/IP と言うときは、インターネットプロトコルスイートであると考えてよい。

レイヤの上下関係とサービス

インターネットプロトコルスイートの各層は、自分より下の層が自分にサービスすることを前提に、自分より上の層に対してサービスを行う。IPoAC で説明すれば、インターネットプロトコル層の担当者は、鳩（ネットワークアクセス層）から「IP データグラムを運ぶ」というサービスを受け、上位の担当者（トランスポート層）に対して、「指示があれば鳩を送り出し、到着した鳩の持ってきた IP パケットを届ける」ということとなる。

このように、下位の層からサービスを受け、上位の層に対してサービスを行うことを、 n 層のサービスは、 $n-1$ 層からサービスを受け、 $n+1$ 層にサービスする、というように言い表す。

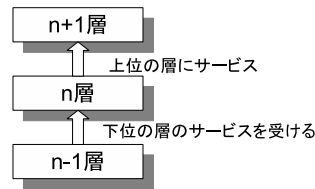


図 1.1 レイヤの上下関係

レイヤ間の依存関係

次に、層と層の間の依存関係について考えてみよう。実は、それぞれの層は、お互いに全く依存しあわない。鳩を使うかわりに、糸電話を使っても、瓶詰めの手紙を海に流しても、はじめてのお使いをする姪っ子に持たせても、通信は成立する。^{*6}

これは、直接に接していないレイヤのことは全く気にする必要がないということでもある。トランスポート層の担当者は、情報のやりとりに使われているのが糸電話なのか、姪っ子なのか、考える必要はない。

また、本書で解説するインターネットプロトコル層は、バージョン 4 の、いわゆる IPv4 である。だが、この部分を IPv6 に置き換えても、トランスポート層、ネットワークアクセス層は、プロトコルの変更なく通信を行うことができる。^{*7}

トランスポート層の置き換えの例もある。インターネットの通信で WAN 高速化を行う機器がある。これは、対抗する機器の間でトランスポート層で、TCP や UDP などの従来のプロトコルと違うものに置き換えて、通信時間の短縮を計る。では、トランスポート層を置き換えても、通常のインターネットを経路として通信できるのはなぜだろうか。途中の経路はインターネットプロトコル層のプロトコルで通信が行われる。そのため、トランスポート層になにを使っても、インターネットプロトコル層から見れば、同じ IP データグラムとなる。そのため、インターネットプロトコル層では何の変更もなく通信が可能である。

エンドツーエンド原則

TCP/IP には、二つの意味を持つエンドツーエンド原則というルールがある。では、二つある意味とは何であろうか。

一つ目は、通信制御などの複雑な処理は通信の端点、つまりエンド側で飲み行き、途中の経路は通信の導管に徹するべきである、ということである。TCP/IP の用語で言えば、

^{*6} Two can and tin. 意識すれば「糸電話でもおk」

^{*7} 実際には、インタフェイスの違いなどから、全く変更が必要ないわけではない。

途中の経路はインターネットプロトコル層のデータ、IP データグラムであるとする。そして、IP データグラム以上の扱いは行わない。この原則があるので、先ほど説明したように、通信のエンドで WAN 高速化機器を使用したとしても、通常のインターネットで通信を行うことが可能となるわけだ。

このように、途中経路の実装を簡単にして、経路の敷設を行いやすくしていたのだ。^{*8}

もう一つは、インターネットに接続されたすべてのエンドは、対等な立場で通信が可能であるべきという原則である。対等な立場というのは、インターネットに接続されたすべてのホストは、自分を含むすべてのホストに対して送信を行うことができ、逆に、すべてのホストからの通信を受信できるべき、ということである。

もっとも、現在のインターネットはこのエンドツーエンド原則の理念が、多くの場合において失われている。OBP25 と呼ばれる、あるインターネットプロバイダに接続されたホストからは、そのインターネットプロバイダが外にあるメールサーバに直接接続できない様にする制限などは、一つ目の原則に反する者であると言えよう。また、IPv4 のアドレス不足の対策として現在家庭や企業で多く使用される NAT^{*9}は、後者の原則に反している。もっとも、エンドツーエンド原則が提唱された当時は、インターネットに接続していた組織がすべて顔見知りであった、いわゆる性善説が成り立っていた時代であることを記載しておかなければ不公平になるであろう。残念ながら現在は、エンドツーエンド原則を崩さねばならないこともある時代である。

レイヤごとの役割

では、各層の役割を、もう少しだけ、インターネットの用語を使って説明し直そう。

■**ネットワークアクセス層** 同じネットワークの中で、ホストを区別し、通信するための層である。「同じネットワーク」とは、伝送媒体を共有し、二つ以上の危機を直接に接続したものであるとする。

ケーブルや信号などの電気的な規格と、ソフトウェアレベルでどのような情報を送るかの規格がネットワークアクセス層となる。^{*10}

■**インターネットプロトコル層** ネットワークアクセス層の範囲のネットワークが複数あった場合に、そのネットワークとネットワークの間での通信を行う層になる。ただし、インターネットプロトコル層は、ネットワーク間の通信手段を提供するのみであり、通信が成立しているかは保証しない。IP アドレスは、インターネットプロトコル層でネットワークとそこに接続されたホストを特定するためのアドレスである。

■**トランスポート層** トランスポート層には大きく二つの役割がある。一つは、ポート番号とよばれる、通信を行うアプリケーションを特定するための番号を提供して、一つの IP アドレスを用いて複数のアプリケーションが同時に通信できるようにすることである。

もう一つは、エンドツーエンドでの確実な通信を担当することである。確実な通信が成立している条件は、通信相手がデータを受信したことを確認した状態であるとする。

^{*8} 昔はトランスポート層以上の実装には、かなりのリソースを必要とした。そのため、重い処理をするノードを減らしたいという意味もあった。

^{*9} Network Address Translate 一つのグローバルな IP アドレスを複数のホストで共用するための技術の一つ。NAPT や IP マスカレイドなど、いくつか呼び方がある

^{*10} 同一のネットワークでのプロトコルがネットワークアクセス層であると言われることもある。だが、ネットワークアクセス層のプロトコルは伝送媒体に依存する。そのため、本書では伝送媒体とそれを利用したプロトコルを、ネットワークアクセス層として併せて説明する。

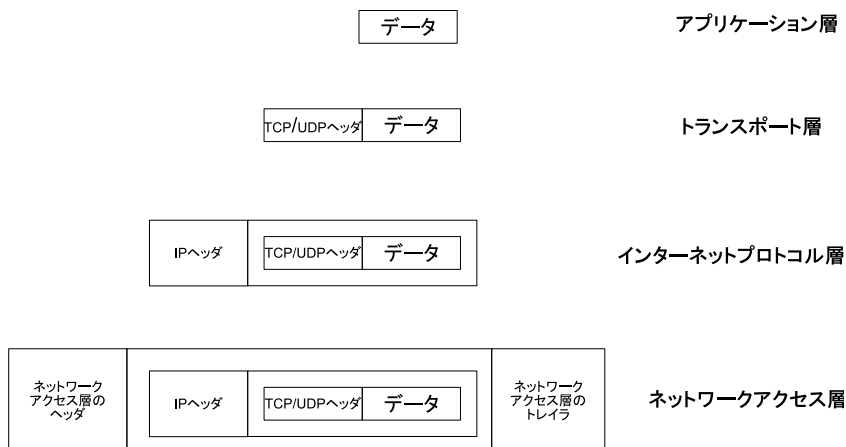


図 1.2 カプセル化

そのため、通常はエンド側にあたる装置に実装する。

■**アプリケーション層** アプリケーション層とは、トランスポート層以下が提供する通信を使って、他のホストと通信するソフトウェアをである。たとえば、メールサーバやメールのクライアントソフトは、アプリケーション層となる。他のホストの別のアプリケーションと通信するときの規約は、アプリケーション層のプロトコルと呼ばれる^{*11}

トランスポート層と同様に、通常は、通信のエンド側にあたる装置に実装する。

1.3 カプセル化

TCP/IP だけではないが、ここまで説明した、複数レイヤからなるプロトコルには、カプセル化という概念がある。それについて説明しよう。アプリケーション層から発行されたデータは、トランスポート層で扱えるデータにしてやらないと、トランスポート層から送り出すことができない。トランスポート層から送り出せるデータにするには、トランスポート層のデータとして必要なデータを追加する。このデータの追加を、粉薬をカプセルに入れて形を変えるイメージで、カプセル化と言う。

このカプセル化は、アプリケーション層のデータをトランスポート層に送り出すときだけではない。トランスポート層から送り出されたデータは、インターネットプロトコル層で扱えるようにする必要がある。このときも、インターネットプロトコル層に必要なデータを付加する、カプセル化が行われる。

更に、インターネットプロトコル層からネットワークアクセス層にデータが送り出され

^{*11} SMTP や HTTP は、アプリケーション層のプロトコルである。

る際も、同様にカプセル化が行われる。

1.3.1 闘士ゴーディアンによるカプセル化のイメージ

このように、あるレイヤで扱うデータは、それより上の層で扱うデータをカプセルに幾重にもくるんだかたちとなる。薬とカプセルのたとえでは多重にカプセル化するイメージがつかみにくいかもかもしれない。そこで、たとえを変えることにしよう。

闘士ゴーディアンというタツノコのロボットアニメをご存じだろうか。この作品の主役ロボットは、いわば着用型のパワードスーツである。主人公のダイゴ大滝は、プロテッサーという小型ロボットを着用する。ユニークなのはここからで、プロテッサーは、デリンガーという一回り大きいロボットを着用する。更にデリンガーは、ガービンというもう一回り大きいロボットを着用する。^{*12}

長々とゴーディアンの話をしたのは、TCP/IP におけるカプセル化のイメージがまさにこの形だからだ。アプリケーション層のデータがダイゴ大滝であるとするれば、プロテッサー、デリンガー、ガービンの着用は、各層のカプセル化に掃討する。

1.3.2 カプセルをはがす

では、受信側に届いたデータはどうなるのであろうか。データを受信したネットワークアクセス層は、ネットワークアクセス層で通信するためのデータを外し、インターネットプロトコル層にデータを渡す。インターネットプロトコル層、トランスポート層でも同様に、自分が通信に使うデータを外して、一つ上のレイヤに残りデータを渡す。

最終的に、アプリケーション層は、送信元のアプリケーション層が発信したデータのみを受け取るわけだ。先ほどのたとえに従えば、ガービン、デリンガー、プロテッサーの順に外していけば、最終的にダイゴ大滝が出てくるわけである。

1.4 TCP/IP と OSI 参照モデル

ネットワークの役目を層として表すもので、TCP/IP と別に、OSI 参照モデル (Open Systems Interconnection Reference Model)^{*13}、と呼ばれるモデルがある。古いネットワークの教科書では、TCP/IP でなく、OSI 参照モデルが取り上げられていることも多い。

OSI 参照モデルは七つのレイヤを持つ。そのレイヤの名前と、対応するレイヤ番号は、表 1.4 となる。

OSI 参照モデルは、TCP/IP と対比されることが多い。たとえば、TCP/IP のネットワークアクセス層は、OSI 参照モデルでは、物理層とデータリンク層をあわせたものに相当するとされる。同様に、OSI 参照モデルのネットワーク層はインターネット層、OSI 参照モデルのトランスポート層は TCP/IP でもトランスポート層に相当する。また、OSI 参照モデルのそこから上の層は、TCP/IP のアプリケーション層に相当する。^{*14}

^{*12} ゴーディアンは玩具先行のデザインである。そのため、DX 超合金ではダイゴ大滝のフィギュアが各ロボットを着用するという構造なのだが、関節の処理に破綻がない。

^{*13} レイヤーが七つあることから、OSI7 階層モデルと記載されることもある

^{*14} 名前は同じだが、OSI 参照モデルとインターネットプロトコルスイートのアプリケーション層は異なるものである。

表 1.4 OSI 参照モデル

レイヤ番号	レイヤ名
7	アプリケーション層
6	プレゼンテーション層
5	セッション層
4	トランスポート層
3	ネットワーク層
2	データリンク層
1	物理層

ただし、OSI 参照モデルとインターネットプロトコルスイートは、一対一でマッピングすることができない。これは、TCP/IP のある層の機能が、OSI 参照モデルでは複数の層にまたがっていたり、OSI 参照モデルのある層の機能が、TCP/IP では対応するとされている層には実装されていなかったりするためである。

前述の通り、インターネットプロトコルスイートのネットワークアクセス層は OSI 参照モデルでは物理層とデータリンク層になる。また、OSI 参照モデルのトランスポート層に対応するインターネットプロトコルスイートのトランスポート層の機能の一部は、OSI 参照モデルのセッション層にも含まれている。また、インターネットプロトコルスイートでは、回線の全二重、半二重の判別が必要であれば、ネットワークアクセス層以下で実装される。だが、OSI 参照モデルでは回線の全二重、半二重の判別とそれぞれに対応した通信は、セッション層で実現することになっている。

また、OSI 参照モデルのレイヤ 3 であるネットワーク層では、確実な通信を行うためのコネクション型通信と、そうでない場合のコネクションレス通信の両方が規定されている。だが、TCP/IP のインターネットプロトコル層は、コネクションレス通信のプロトコルである。

更に、OSI 参照モデルでは、トランスポート層がエラー訂正の機能を持つとされている。だが、TCP/IP には、エラー訂正の機能はない。データの破損を検出する機能は存在する。だが、その場合は単にデータを破棄する。そして、確実に届かなければならないデータであれば、相手が再送することを期待する。エラー訂正が必要であれば、アプリケーション層が送出するデータにエラー訂正のための冗長な情報を含めておくか、ネットワークアクセス層で同様に実現するかとなる。^{*15}

1.4.1 OSI 参照モデルとネットワーク機器の機能

現在では、OSI 参照モデルは、ネットワーク機器の機能を表すために用いられることが多い。^{*16}先ほど説明したように、TCP/IP と OSI 参照モデルのレイヤーは一対一対応しているわけではない。だが、ネットワーク機器の機能を表現するには、ネットワークアクセス層機器ではなくレイヤ 2 機器、インターネットプロトコル層機器でなく L3 機

^{*15} ネットワークアクセス層でエラー訂正機能を実装する必要があるのは、たとえば、衛星通信のように、エラー訂正の情報でデータが大きくなる以上に、エラーによる再送のコストが高くなる場合が挙げられる。

^{*16} ネットワーク系のエンジニアと話をする場合は、OSI 参照モデルと TCP/IP がおおむねどのように対応しているかを理解しておかないと話が通じないと思っかまわないうらう。

器、というように、インターネットプロトコルスイートの各層と「おおむね対応している」OSI 参照モデルの層のレイヤ番号を用いる。

どこにでもあるネットワーク機器の SW-HUB は、ネットワークアクセス層に対応する機器である。そのため、ネットワークアクセス層におおむね対応する OSI のレイヤ番号を用いて、L2 スイッチ、あるいはレイヤ 2 スイッチと呼ぶ。SW-HUB が用いるネットワークアクセス層での機能は、OSI 参照モデルでは下から 2 層目、データリンク層に相当する機能の機器であるためだ。^{*17}

また、TCP/IP でインターネットプロトコル層の機器であるルータは、OSI 参照モデルではおおむねネットワーク層に相当するとされる。そのため、ネットワーク層のレイヤ番号 3 を用いて、L3 機器と表現する。見た目が SW-HUB であるがインターネットプロトコル層の機能を持った、L3 スイッチと呼ばれる機器も存在する。^{*18}

高レイヤ機器

ネットワーク機器には、L4 機器、L7 機器と呼ばれる機器もある。これらの機器は、L2 や L3 の機器と対比して、高レイヤ機器と呼ばれることもある。L4 の機器はトランスポート層に対応するためポート番号を判別する。また、L7 の機器は、通信しているアプリケーションのプロトコルも含めて判別する。ではこれらの高レイヤ機器は何を行うための機器であろうか。

L4 の機器は、インターネットプロトコル層の IP アドレスとトランスポート層のポート番号を識別する。それを利用して実現できる機能は、ファイアウォールや SSL-VPN 機器などである。

L7 機器は、アプリケーションのプロトコルとその状態も判別する。これを利用すると、たとえば HTTP のセッション情報を維持して負荷分散を行うことが可能となる。

OSI 参照モデルのレイヤ 8

スペイン宗教裁判ではないが、七階層ある OSI 参照モデルには、レイヤ 8 から上が存在する。これは公式の規格ではなく、ジョークの類に属するものである。だが、覚えておくとネットワークエンジニアとの会話がスムーズになるので、併せて触れておこう。

ネットワークの問題は、ネットワークの外で発生してしまうことがある。つまり、事件は現場で起きても障害は会議室で起きる、ということだ。それは経済的事情で機器やそのサポートが買えなかったり、社内政治の事情でベンダや代理店が変更されたり、上司の宗教的理由で特定のベンダの機器を使わないことになっていたり、という具合で、現場ではどうにもならないレイヤの問題である。

そのため、OSI 参照モデル、つまり OSI 七階層モデルの上には、第八層とか第九層とか第十層が存在する、という言い方がされる。第八層から上のレイヤにならがあるかは諸説あるが、ここではそのうちのひとつ取り上げておくことにしよう。^{*19}

^{*17} 唯一の例外は L1 の物理層である。LAN ケーブルなどは、L1 と呼ばず、物理層と呼ぶことが多い。たとえば、ケーブルの断線は「物理層の問題」である。

^{*18} ルータと L3 スイッチの違いは、対応するネットワークアクセス層で区別する。おおむね、イーサネット以外のネットワークアクセス層に対応していればルータ、イーサネット専用であれば L3 スイッチであるとされる。以前はインターネットプロトコル層の機能をソフトウェアで実装していればルータ、ハードウェアなら L3 スイッチとして解説していた資料もあった。実のところ一番確実な区別の仕方は、メーカがルータと呼ぶか L3 スイッチと呼ぶかである。

^{*19} だが、どの説でも、第八層から第十層までの三つの層が追加されるという点で共通している。

表 1.5 OSI 参照モデルの第 8 層から第 10 層

レイヤ番号	レイヤ名
10	宗教層
9	政治層
8	経済層

1.5 練習問題

通常問題

IPoAC で、「到着した」返事を返さない通信はどのような場合に行うべきかを考察しなさい。

■ヒント 「到着した」という返事をする場合、相手に IP データグラムが届いたことは確認できるが、時間と手間が余計にかかる。

発展問題

IPoAC を実際に行って検証しなさい。ただし、伝書鳩の入手は容易でないため、鳩のかわりであることが分かるようにした人間を*20、IP データグラムの伝送に用いてかまわない。ただし、通信を行う両者は、お互いに伝書鳩以外の通信手段を持たないものとする。

■ヒント 伝書鳩は、万が一パケットロスが生じても自力で帰還できる年齢の者を用いるべきである。

*20 オライリーの Postfix を携帯する、など。