

# まえがき

1990年代後半に商用インターネットサービスが導入されて以来、インターネットは目覚ましい勢いで普及し続けている。今日では、キーワードの意味を調べる、電子メールを送る、ネットショッピングをする、音楽をダウンロードする、動画サイトで映像を見るなど、インターネットサービスは、電気や水道と同じく生活するうえで不可欠なインフラストラクチャとなっている。

このようなインターネットにおいては、回線上にデータを転送する際の電気的条件やフォーマット、通信開始や終了の通知や通信データの紛失からの回復を行う方法などについて、通信する装置が同一の規則に従う必要がある。この規則をプロトコルと呼ぶ。

近年、インターネットの機能が多様化するにつれ、プロトコルの種類が膨大となっている。インターネットの仕組みを理解するためには、それぞれのプロトコルが、どのような考え方でどう定められているかを理解する必要がある。

インターネットにおけるプロトコルは総称して「TCP/IP プロトコル」と呼ばれる。本書では、以下の点を考慮して、TCP/IP プロトコルを解説する。

- (1) インターネットの全体像が把握できるよう、なるべく多くのプロトコルを対象とした。例えば、無線 LAN、DHCP・PPP・ルーティングプロトコルなどの IP 通信を支えるプロトコル、IP バージョン 6、TCP の詳細手順、インターネット電話で用いられる SIP、TLS や無線 LAN セキュリティなど。
- (2) プロトコルの概念のみでなく、技術的内容を詳細に説明するように努めた。各プロトコルについて、パケットのフォーマットや通信シーケンスについて解説している。さらに、なぜその方法が使われたかの背景を説明することにも留意している。

- (3) 各プロトコルについては、なるべく独立に説明するように努めた。特定のプロトコルについて調べたい場合は、その部分を直接読んでも理解できるような構成となっている。
- (4) 逆に、専門的すぎると判断した場合は読み飛ばすことができるような構成とした。このため、理解が難しいと思われた場合は、章または節の単位でスキップすることも可能であろう。

本書により、複雑とされているインターネットの仕組みを理解する一助になればと願っている。

2012年10月

加藤 聰彦

# 目 次

## 1 ネットワークアーキテクチャ

---

1.1 インターネットの構成例	1
1.2 OSI 参照モデルとレイヤ	4
1.3 標準化の枠組み	10

## 2 イーサネット

---

2.1 LAN のデータリンクレイヤ	12
2.2 イーサネットの MAC サブレイヤ	13
2.2.1 初期のイーサネット	13
2.2.2 スター型構成の採用とスイッチング技術の導入	17
2.2.3 多様なタイプのイーサネット	19
2.3 LLC サブレイヤ	20

## 3 無 線 LAN

---

3.1 概 要	22
3.2 多重アクセス方式	23
3.3 フレームの種類とフォーマット	28
3.4 物理レイヤのためのヘッダ	32
演 習 問 題	33

## 4 IPバージョン4

---

4.1 IPv4 アドレス	34
4.1.1 構成	34
4.1.2 IPアドレスの割当て方法	36
4.1.3 特殊なIPアドレス	38
4.2 ヘッダフォーマット	41
4.2.1 フォーマットと固定パラメータ	41
4.2.2 IP オプション	46
4.3 IP ルーティング	48
4.3.1 ルーティングテーブルとIPフォワーディング	48
4.3.2 ソースルーティング処理	54
4.4 アドレス解決プロトコル	55
4.4.1 概要	55
4.4.2 メッセージ形式	56
4.4.3 ARP キャッシュ	57
4.4.4 根拠のないARP	58
演習問題	59

## 5 ICMPバージョン4

---

5.1 概要	60
5.2 あて先到達不可	61
5.3 エコー要求/エコー応答によるPing機能	66
5.4 時間超過とtraceroute機能	69
5.5 ルートリダイレクト	74

## 6 IP ネットワークを支えるネットワーク関連プロトコル

---

6.1	DHCP	76
6.1.1	概要	76
6.1.2	DHCP メッセージのフォーマット	77
6.1.3	DHCP の手順	79
6.2	プライベートネットワークと NAT	82
6.3	ポイントツーポイントプロトコル	85
6.3.1	PPP カプセル化	85
6.3.2	リンクの確率・解放手順	88
6.3.3	ノードの認証手順	90
6.3.4	IP 通信のための補助機能	92
6.3.5	通信シーケンス	93
6.4	ルーティングプロトコル	95
6.4.1	概要	95
6.4.2	OSPF	98
	演習問題	103

## 7 IP バージョン 6

---

7.1	特徴	104
7.2	ヘッダフォーマット	105
7.3	IPv6 拡張ヘッダ	107
7.3.1	構造	107
7.3.2	ホップバイホップオプションヘッダ	108
7.3.3	ルーティングヘッダ	108
7.3.4	フラグメントヘッダ	110
7.3.5	あて先オプションヘッダ	112
7.3.6	ヘッダの終わりを示すネクストヘッダ値	112

7.4	アドレスアーキテクチャ	113
7.4.1	概 要	113
7.4.2	ユニキャストアドレス	114
7.4.3	エニーキャストアドレス	116
7.4.4	マルチキャストアドレス	117
7.5	ICMPv6	118
7.6	隣接探索手順	121
7.6.1	ルータ請願とルータ広告	121
7.6.2	隣接請願と隣接広告	124
7.6.3	リダイレクト	125

## 8 UDP と DNS

---

8.1	UDP	127
8.1.1	フォーマットと通信手順	127
8.1.2	なぜUDPを採用するのか	130
8.2	DNS	132
8.2.1	概 要	132
8.2.2	メッセージフォーマット	135
8.2.3	通 信 例	139
	演 習 問 題	140

## 9 TCP

---

9.1	ヘッダフォーマット	141
9.2	コネクションの確立と解放	145
9.2.1	通信シーケンス	145
9.2.2	TCPの状態遷移	148

9.3 データの送信と受信確認	150
9.3.1 概要	150
9.3.2 インタラクティブデータ転送	152
9.3.3 バルクデータ転送	155
9.4 フロー制御	157
9.5 再送制御	159
9.5.1 往復遅延時間の推定	160
9.5.2 タイムアウト再送	163
9.5.3 高速再転送	167
9.6 輻輳制御	168
9.6.1 概要	168
9.6.2 スロースタートと輻輳回避	170
9.6.3 高速リカバリ	174
9.6.4 通信シーケンス例	176
9.7 新たな TCP オプション	179
9.7.1 ウィンドウスケールオプション	179
9.7.2 タイムスタンプオプション	179
9.7.3 選択的確認応答	180
演習問題	181

## 10 アプリケーションプロトコル

---

10.1 電子メール	182
10.1.1 ネットワークモデル	182
10.1.2 SMTP	183
10.1.3 POP3	186
10.2 ウェブサーバアクセス	188
10.3 SIP	191
10.3.1 概要	191

10.3.2 SIP の通信例.....193

## 11 セキュリティ

---

11.1 セキュリティの基本.....198

    11.1.1 暗号化方式.....198

    11.1.2 セキュリティ要件.....200

11.2 TLS .....201

11.3 無線 LAN セキュリティ : WEP .....203

11.4 無線 LAN セキュリティ : WPA .....206

    11.4.1 概 要.....206

    11.4.2 認 証 方 式.....207

    11.4.3 フレームの送信.....210

引用・参考文献.....211

演習問題解答.....215

索 引.....221

# COMPUTER SCIENCE TEXTBOOK SERIES □

# 1 ネットワーク アーキテクチャ

## 1.1 インターネットの構成例

現在インターネットが広く普及し、オフィスや家庭から、ホームページの検索や電子メールの送受信が、日常的に行われている。このようなインターネットのイメージをつかむために、まずネットワークの構造がどのようになっているかを、簡単に例示しよう。図 1.1 は、マンションの居住する加入者が、インターネットサービスプロバイダ (internet service provider, **ISP**) の光ファイ

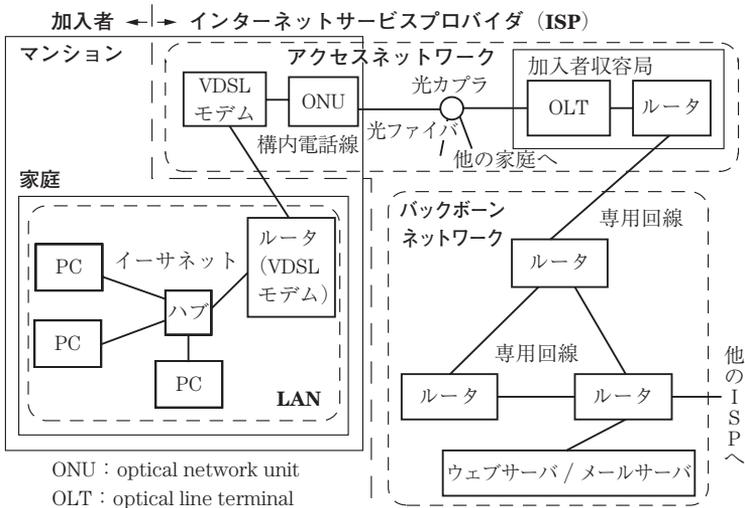


図 1.1 ネットワークの例

## 2 1. ネットワークアーキテクチャ

バによるインターネット接続サービス（このような接続形態を **FTTH**（fiber to the home）と呼ぶ）を利用し、ホームページ検索や電子メール送受信を行うためのネットワーク構造の概要を示したものである。

インターネットは、**ルータ**（router）と呼ばれる中継装置が相互に接続されたネットワークとして実現される。ネットワークは、図 1.1 のように家庭内の **LAN**（local area network）、ISP が加入者を収容するための **アクセスネットワーク**（access network）、日本規模や世界規模で広がった **バックボーンネットワーク**（backbone network）に大別される。

LAN とは、家庭やオフィスなどの限られた（ローカルな）範囲で使用される高速ネットワークである。図 1.1 の例では、家庭内にイーサネットという有線 LAN が設置されている。現在広く使用されているイーサネットでは、ハブと呼ばれる装置を中心にして、ISP が用意したルータや、パソコン（以下 PC と略す）などが接続される。

アクセスネットワークとは、加入者と ISP の加入者収容局とを結ぶネットワークである。図の例では光ファイバを使用している。光ファイバは、加入者収容局から各家庭まで、途中で光プラと呼ぶ分配器を介して、1 対多の構成で敷設されている。光ファイバの終端では、家庭側および加入者収容局側で、それぞれ、ONU（optical network unit）、OLT（optical line terminal）と呼ばれる装置が接続され、光信号を電気信号に変換している。

ただし、建築済みのマンションでは壁に新たに穴を開けられず、光ファイバを各住居まで敷設できない場合がある（図はそのような場合を示す）。そこで図の例では、マンション内の通信は、既存の電話回線を用いて高速なデータ転送を行う VDSL を利用している。ONU はマンション内の主配線盤の近くに置かれ、家庭には VDSL モデムと電話回線を経由して接続される。家庭内のルータには、対向する VDSL モデムの機能をもたせている。

バックボーンネットワークは、国内に広がった ISP のルータが専用回線で接続された構成をとる。さらに ISP の提供するウェブサーバ（ホームページの情報を持する）やメールサーバ（電子メールの送受信や蓄積などを行う）が接

続される。さらに、別の ISP のルータとも接続される場合がある。専用回線としては、光ファイバを用いた高速回線が用いられる。

このようなネットワーク構造においては、多くの要素技術が組み合わされている。例えば、以下の例などが考えられる、

- (1) イーサネット、光ファイバ、DSL などを用いて高速なデータ転送を行う技術。
- (2) 新しい PC を LAN に接続するだけで、すぐにインターネットに接続することを可能とする技術。
- (3) http:// から始まるアドレス（正式には URL : universal resource locator という）を指定するだけで、世界中のウェブサーバから情報を引き出す技術。
- (4) 1 GB（ギガバイト）を超えるような大量の情報を誤りなく転送する技術。

このうち、光ファイバと DSL について簡単に説明しよう。

**光ファイバ** (optical fiber) は石英ガラスを線状に伸ばしたものである。通常のガラスと異なり、光の減衰率を 1 km で数%程度にしている。厚さ 1 km のガラス窓を介して向こうが見えるということである。その構造は図 1.2 (a) に示すように、中心部のコア、外部のクラッド、ガラス部分を覆う被覆から構成される。コアのほうがクラッドよりも屈折率が高くなっている。コアの部分にレーザを用いて光パルスを照射すると、図 1.2 (b) に示すようにコアを全反射しながら光パルスが伝わり、受信側の受光器でパルスを検出する。

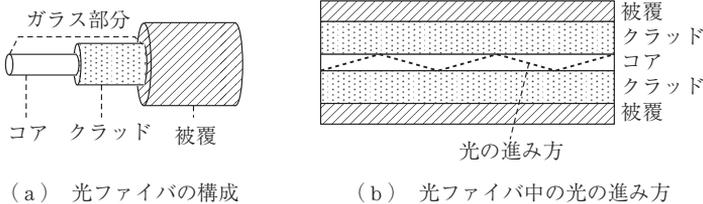


図 1.2 光ファイバの構造

**DSL** (digital subscriber line) は、既存のアナログ電話回線を用いて、高速なデータ通信を行う技術である。通常のアナログ固定電話は、4 kHz (キロヘルツ) 以下の周波数の音声を伝送するように設計されている。人間は 20 kHz までの音が聞こえるとされているが、アナログ電話網が導入された当時は、高品質の音声を伝えるようなネットワークをつくることはできなかった。そこで、個人の声の違いや、相手の声の調子 (機嫌がよいか悪いかなど) が判別できるという理由で、4 kHz (正確には 3.4 kHz) 以下の音声を伝送するように設計した。このため、電話局間の回線では、一つの電話通話につき 4 kHz 分の帯域を使用し、複数の電話通話を、まとめて一つの回線に乗せて (多重化して)、回線の効率的利用に努めている。一方、電話の加入者回線は、それぞれの家庭と加入者電話局を接続するものであり、家庭ごとに個別に用意されている。このため加入者回線では、4 kHz 以下の帯域のみが電話に使用され、残りの帯域は空いていることになる。そこで、加入者回線の 4 kHz よりも高い周波数を用いてデータのデジタル伝送を行おうとするのが DSL である。DSL 技術としてはインターネットアクセスの一種として用いられている **ADSL** (asymmetric DSL) が代表的である。ここで利用される **VDSL** (very high-rate DSL) は、ADSL よりも短い距離で用いられ、より高速なデータ転送が可能となる方式である。

## 1.2 OSI 参照モデルとレイヤ

前節では、インターネットが、複雑な構造をもち、さまざまな要素技術が組み合わさって実現されていることを述べた。インターネットでは、その要素技術のそれぞれに対して、通信のための規則が定められている。この規則を **プロトコル** (protocol) と呼ぶ。すなわちインターネットでは膨大な数のプロトコルが使用されているのである。

インターネットのような、コンピュータを相互に接続する **コンピュータネットワーク** (computer network) を実現するために、プロトコルを体系的に整理

する方法を、**ネットワークアーキテクチャ** (network architecture) という。その代表例としては、1970年代から1980年代にかけて国際標準として検討された **OSI 参照モデル** (OSI reference model) が挙げられる。なお、**OSI** とは Open Systems Interconnection (**開放型システム間相互接続**) の略である。インターネットの各種プロトコルも OSI 参照モデルに従って整理できる。

OSI 参照モデルは、**図 1.3** に示すような七つの**レイヤ** (layer) を定めるものである。各レイヤの概要はつぎのとおりである。なお以下では、ルータ、PC、サーバなどインターネットを構成する通信装置を**ノード** (node) と呼ぶ。また、PC やサーバなど、ネットワークの端 (エンド) にあるノードを、特に**エンドノード** (end node) と呼ぶ場合がある。

アプリケーションレイヤ
プレゼンテーションレイヤ
セッションレイヤ
トランスポートレイヤ
ネットワークレイヤ
データリンクレイヤ
物理レイヤ

**図 1.3** OSI 参照モデル

(1) **物理レイヤ** (physical layer) 物理レイヤは、通信回線の種別ごとに、回線を通る電気信号や光パルスの強さ、信号の周波数、回線コネクタの形状など、「物理的な」規則を定めるレイヤである。例えば ADSL では、使用される周波数帯や変調方式などが定められている。また、光ファイバを用いた専用回線の場合は、SDH (synchronous digital hierarchy) / Sonet と呼ばれる伝送方式が用いられるが、光パルスの形状、伝送フォーマット、オーバーヘッドと呼ばれる制御情報の意味づけなどが定められる。

(2) **データリンクレイヤ** (data link layer) 「リンク」とは点と点を結ぶ「線」を意味する。データリンクレイヤでは、回線で接続された「隣接するノード」までデータを転送するための規則が定められる。このレイヤでは、

LAN と広域の通信回線とで、異なる機能が必要となる。

LAN においては、LAN に接続されたすべてのノードが隣接ノードとなる。図 1.1 のイーサネットではハブに接続されたすべての PC とルータが隣接するわけである。このような環境では、ある時点では一つのノードのみがデータを LAN に送出できる。そこで、LAN のためのデータリンクレイヤプロトコルでは、あるノードがデータを送信中には、他のノードは送信を待つという処理（**多重アクセス制御**, multiple access control）が必要となる。

一方、広域の通信回線では、回線の両端の通信装置が隣接するノードとなり、それぞれのノードは回線を占有してデータを送信できる。このため、LAN のような多重アクセス制御は必要ない。その代わり、回線には「0」と「1」を示す状態しか存在せず、送信すべきデータがない場合もつねになんらかのビットパターンが伝送される。そこで、このビットパターンと実際のデータとを区別する処理（**フレーム化**, framing）が必要となる。

（3） **ネットワークレイヤ** (network layer) このレイヤでは、データリンクとノードを組み合わせて、世界規模に広がった「ネットワーク」を構築するためのプロトコルを定めるレイヤである。インターネットでは IP (internet protocol) がこのレイヤに相当する。IP では、すべてのノードに IP アドレスを割り当て、ルータが IP アドレスで指定されたあて先のノードまでデータを配達するための手順を定めている。

（4） **トランスポートレイヤ** (transport layer) データは、データリンクレイヤにより隣接ノードまで、ネットワークレイヤによりあて先のエンドノードまで転送される。これに対し、トランスポートレイヤの一つの役割は、ノードの中で動作するプログラム（プロセス）の間でのデータ転送機能を定めることである。例えば、図 1.1 で家庭内の PC がホームページ検索と電子メールの送信を同時に行ったとする。さらに図のようにウェブサーバとメールサーバとが同一のサーバノードで動作していたとする。その場合は、ホームページ検索も電子メールの送信も、同じ PC とサーバの間で行われることになる。しかし実際の通信は、PC 上のウェブブラウザとサーバ上のウェブサーバプロセス、

# 索引

<b>【あ】</b>	インフラストラクチャ モード 23	確認応答 141
アイドル 13	<b>【う】</b>	確認応答番号 142
アクセスネットワーク 2	ウィンドウ検査 219	隠れ端末問題 23
アクセスポイント 22	ウィンドウ更新 159	仮想キャリアセンス 27
アクティブオープン 146	ウィンドウサイズ 144	加入者収容局 2
アソシエーション 32	ウィンドウスケールオブ ション 179	可用性 200
あて先オプションヘッダ 108, 112	ウェルノウンポート番号 128	完全指定ドメイン名 134
あて先到達不可 61	<b>【え】</b>	完全性 200
あて先到達不可メッセージ 119	エクステリアゲートウェイ プロトコル 97	完全性チェック値 205
アドホックモード 23	エコー応答メッセージ 66, 120	慣用系暗号方式 198
アドレス解決プロトコル 55	エコー要求メッセージ 66, 120	管理フレーム 28, 31
アプリケーションレイヤ 8	エニーキャストアドレス 113, 116	<b>【き】</b>
アルゴリズム 102	エフェメラルポート番号 128	ギガビットイーサネット 20
暗号化 198	遠隔手続き呼出し 131	擬似ヘッダ 129
暗号文 200	エンドノード 5	規準名 138
暗号ペイロードヘッダ 108	エントリ 48	機密性 200
<b>【い】</b>	エンベロープ 185	キャリアセンス 16
イーサネット 13	<b>【お】</b>	共通鍵暗号方式 198
イーサネットフレーム 15	往復遅延時間 160	距離ベクトル型 98
イテレイティブ検索 135	オールホストグループアド レス 41	緊急ポインタ 144
インタードメインルーチ ングプロトコル 97	<b>【か】</b>	<b>【く】</b>
インターネットサービス プロバイダ 1	回答 RR 137	クエリ 133
インターネット制御メッ セージプロトコル 60	開放型システム間相互接続 鍵 198	クラスレスインタードメイ ンルーチング 54
インターネットプロトコル 34		クラッド 3
インタフェース ID 114		グループマスター鍵 209
インテリアゲートウェイ プロトコル 96		グローバルユニキャスト アドレス 114, 115
		<b>【く】</b>
		ゲートウェイ 48
		権威 RR 137
		権威のある回答 136



トップレベルドメイン 133 ドメイン内ルーチングプロ トコル 96 ドメイン名 132 トラヒッククラス 105 トランシーバ 13 トランスポートレイヤ 6 トランスポートレイヤ セキュリティ 202 トレーラ 16	ハッシュ値 201 ハードウェアアドレス 14 ハブ 18 ハーフクローズ 148 パラメータ問題メッセージ 120 半二重通信 19 反復検索 135	ブロック型暗号 199 ブロードキャスト 35 ブロードキャストアドレス 14, 39 プロトコル 4 フローラベル 106
<b>【に】</b>	<b>【ひ】</b>	<b>【へ】</b>
認 証 200 認証局 199 認証ヘッダ 108	光カプラ 2 光ファイバ 3 非シールドより対線ケー ブル 17 非対称暗号方式 199 秘密鍵 198 平 文 200	ペアマスター鍵 208 ヘッダ 8, 185
<b>【ね】</b>	<b>【ひ】</b>	<b>【ほ】</b>
ネットヘッダ 106 ネットマスク 48 ネットワークアーキテク チャ 5 ネットワーク指定のプロ ードキャストアドレス 39 ネットワークファイルシス テム 131 ネットワークレイヤ 6 ネームサーバ 132	<b>【ふ】</b>	ポインタ照会 134 ホスト ID 36 ポストオフィスプロトコル 183 ホスト名 132 ボーダゲートウェイプロト コル 97 ホップバイホップオブ ションヘッダ 108 ポート番号 127, 141 本 文 185
<b>【の】</b>	<b>【ふ】</b>	<b>【ま】</b>
ノード 5	輻 輳 168 輻輳ウィンドウ 170 輻輳回避手順 173 物理レイヤ 5 ブートストラッププロト コル 78 プライベートアドレス 40 プライベートネットワーク 82 プライマリネームサーバ 134 フラグパターン 87 フラグメントオフセット 111 フラグメントヘッダ 108, 110	マスタシークレット 203 マルチキャスト 35 マルチキャストアドレス 35, 114, 117 マルチキャストグループ 36 マルチモードファイバ 20 マンチェスター符号 13
<b>【は】</b>	<b>【ふ】</b>	<b>【み】</b>
バイトスタッフィング 87 バイトストリームサービス 150 ハイパーテキスト 189 パケット 9 パケット過大メッセージ 119 パス MTU ディスカバリ 66 バックオフ時間 25 バックボーンネットワーク 2 パッシブオープン 146 ハッシュ関数 201	プリアンブル 15 プレゼンテーションレイヤ 7 プレフィックス情報オブ ション 123 プレマスタシークレット 203 フレーム 9 フレーム化 6 フレーム制御 28 プロキシ 191 フロー制御 157	未指定アドレス 114
		<b>【む】</b>
		無線 LAN 22
		<b>【め】</b>
		メッセージ 9 メッセージ転送エージェ ント 182

メッセージ認証コード	201	リゾルバ	132	ルータ	2
メディアアクセス制御サブ レイヤ	12	リダイレクトサーバ	192	ルータ広告メッセージ	121
メトリックス	48	リダイレクトメッセージ	125	ルータ 請願メッセージ	121
メーラ	182	リミテッドブロードキャ ストアドレス	39	ルーチングテーブル	48
メールホスト	182	リンクステート型	98	ルーチングプロトコル	95
<b>【も】</b>		リンクステート広告	98	ルーチングヘッダ	108
モアフラグ	44	リンクステートデータ		ルートネームサーバ	134
<b>【ゆ】</b>		ベース	99	ルートリダイレクト	74
優先ビット	42	——の同期	99	ループバックアドレス	39, 114
ユーザエージェント	182	リンクローカル IPv6 ユニ キャストアドレス	116	<b>【れ】</b>	
ユーザエージェントクライ アント	191	リンクローカルアドレス	40	レイヤ	5
ユニキャスト	35	リンクローカルユニキャ ストアドレス	114	レジストラ	191
<b>【ら】</b>		隣接広告メッセージ	124	<b>【ろ】</b>	
ラベル	133	隣接請願メッセージ	124	ロケーションサーバ	191
<b>【り】</b>		隣接探索手順	121	論理リンク制御サブレイヤ	12
リカーシブ検索	135	隣接ルータ	99	<b>【る】</b>	
リソースレコード	138	<b>【る】</b>		累積型の確認応答	152
		ルーズソースルーチング	47		

<b>【A】</b>		ATM	87	CHAP パケット	91
ACK	141	Authentication	206	CIDR	54
ACK フレーム	25	Authentication フレーム	31	CNAME レコード	138
ADSL	4	A レコード	138	Configure-Ack	88
AES	198	<b>【B】</b>		Configure-Nak	88
All Nodes Address	118	Base64	8, 183	Configure-Reject	88
All Routers Address	118	Beacon フレーム	31	Configure-Request	88
ANonce	209	BGP	97	CRC	16, 201
APNIC	11	BOOTP	78	CSMA/CA	25
Apple Talk	15	BOOTREPLY	78	CSMA/CD	17
ARP	55	BOOTREQUEST	78	CTL	21
ARP キャッシュ	57	BSS	23	CW	25
AS	96	<b>【C】</b>		cwnd	170
ASN.1	7	CA	199	<b>【D】</b>	
Association Request フレー ム / Association Response フレーム	32	Challenge	91	DAD	125
		CHAP	89	DCF	24
				DF フラグ	65

DHCP	76		LCP configuration option	88
DHCPACK	77	<b>【I】</b>	LCP パケット	88
DHCPCDECLINE	81	ICANN	Left Edge	180
DHCPDISCOVER	76	ICMP	LLC サブレイヤ	12
DHCPOFFER	76	ICMPv6	Long PPDU	33
DHCPRELEASE	82	ICMPv6 エラーメッセージ	LSA	98
DHCPREQUEST	77		——のフラッディング	99
DiffServ	43	ICMPv6 情報メッセージ	lwe	158
DIFS	24	ICV		
DNS	132	IEEE	<b>【M】</b>	
Draft Standard	11	IETF	MAC	201
DS	23	IFS	MAC アドレス	14
DSAP	21	IGP	MAC アドレステーブル	19
DSL	4	IMAP	MAC サブレイヤ	12
		Internet-Draft	MAC フレームバッファ	19
<b>【E】</b>		IP	MD5	89, 90, 201
EAPOL	207	IPCP	MIC	209
EAPOL-key	208	IPsec	Michael	210
EGP	97	IPv4 射影 IPv6 アドレス	MIME	8
ESP ヘッダ	108	IPv6	Modified EUI-64 フォー	
ESS	23	IPv6 Router Alert Option	マット	115
		IPv6 拡張ヘッダ	MRU	85
<b>【F】</b>		IP オプション	MSS	145
Failure	91	IP ソースルーチングオブ	MTA	183
FCS	16, 29	ション	MTU	15
FQDN	134	IP バージョン 6	MTU オプション	123
FromDS ビット	29	IP フォワーディング	M フラグ	111
FTTH	2	IP フラグメンテーション		
		IP フラグメント	<b>【N】</b>	
<b>【G】</b>		IP マスカレード	Nagle アルゴリズム	154
GbE	20	IP レコードルートオブ	NAPT	83
GMK	209	ション	NAT	83
Go-Back-N 再送	166	ISM バンド	NAV	27, 28
		ISN	NCP	92
<b>【H】</b>		ISP	net-id	35
HDLC	86	IV	NFS	131
HDLC フレーム	87		NIC	11
host-id	35	<b>【J ~ L】</b>		
HR/DSSS	32	JPNIC	<b>【O】</b>	
HTML	189	Jumbo Payload Option	OLT	2
HTTP	190	Karn アルゴリズム	ONU	2
		LAN	OSI	5
		LCP	OSI 参照モデル	5

OSPF	98			ToS ビット	42
OUI	14, 21			traceroute	70
		<b>【P】</b>	<b>【S】</b>	TSecr	180
PAP	89		SACK	TSval	180
PCF	24		SACK-Permitted オプ ション	TTL	44
PIFS	24		SACK オプション	T ビット	117
Ping 機能	66		SDH/Sonet		
PLCP	32		SDP	<b>【U, V】</b>	
PMK	208		secret	UA	182
POP	183		SFD	UAC	191
PPP	85		SHA-1	UDP	127
PPPoA	88		Short PPDU	universal/local ビット	115
PPPoE	87		SIFS	URL	188
PPP カプセル化	85		SIP	UTP ケーブル	18
Probe Request フレーム	31		SIP URI	uwe	158
Probe Response フレーム	31		SIP サーバ	VDSL	4
Proposed Standard	11		SIP 台形		
PTR レコード	138		SIP 台形	<b>【W】</b>	
		<b>【Q】</b>	SMTp	WDS	30
			SNAP	WEP	203
QoS 通信	43		SNonce	WEP ビット	29
		<b>【R】</b>	Solicited-Node Address	Wi-Fi アライアンス	22
			SSAP	WiMAX	11
			ssthresh	WPA	206
			STA		
			Standard	<b>【数字】</b>	
			Standard track RFC	1000BASE-LX	20
			Subnet-Router エニーキャ ストアドレス	1000BASE-SX	20
			Success	1000BASE-T	20
				100BASE-FX	20
		<b>【T】</b>		100BASE-TX	20
			TA	10BASE-2	17
			TCP	10BASE-5	17
			TCP Reno	10BASE-T	17
			TCP Tahoe	1の補数和	45
			TCP オプション	3 ウェイハンドシェーク	147
			Terminate-Ack	4B5B 符号	20
			Terminate-Request	4 ウェイハンドシェーク	208
			TKIP	802.11a	23
			TLS	802.11b	23
			TLS over EAP	802.11g	23
			ToDS ビット	8B10B 符号	20
			ToS		
RA	30				
RADIUS	208				
RC4	198				
Reassociation Request フレ ーム/Reassociation Re- sponse フレーム	32				
Response	91				
Retry ビット	29				
RFC	11				
Right Edge	180				
RIP	96				
RPC	131				
RR	138				
RSA 公開鍵暗号	199				
RTO	160				
RTP	131				
RTS フレーム/CTS フレ ーム	27				
RTT	160				

—— 著者略歴 ——

- 1978年 東京大学工学部電気工学科卒業  
1983年 東京大学大学院工学系研究科博士課程修了（電子工学専門課程）  
工学博士  
1983年 国際電信電話株式会社研究所勤務  
1991年 国際電信電話株式会社研究所主任研究員  
1995年 国際電信電話株式会社研究所（KDDI 研究所）  
グループリーダー  
2001年 KDDI 研究所執行役員  
2002年 電気通信大学助教授  
2007年 電気通信大学教授  
現在に至る

インターネット

Internet

© Toshihiko Kato 2012

2012年12月7日 初版第1刷発行

検印省略

著者 加藤 聡彦  
発行者 株式会社 コロナ社  
代表者 牛来真也  
印刷所 新日本印刷株式会社

112-0011 東京都文京区千石4-46-10

発行所 株式会社 コロナ社

CORONA PUBLISHING CO., LTD.

Tokyo Japan

振替00140-8-14844・電話(03)3941-3131(代)

ホームページ <http://www.coronasha.co.jp>

ISBN 978-4-339-02710-5

(金) (製本：牧製本印刷)

Printed in Japan



本書のコピー、スキャン、デジタル化等の無断複製・転載は著作権法上での例外を除き禁じられております。購入者以外の第三者による本書の電子データ化及び電子書籍化は、いかなる場合も認めておりません。

落丁・乱丁本はお取替えいたします